

国立研究開発法人情報通信研究機構
第5期中長期目標期間の業務実績(見込)に関する項目別自己評価書

国立研究開発法人情報通信研究機構

(空白)

＝ 目次 ＝

自己評価書 No.	該当項目			ページ
1	I 研究開発成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するため取るべき措置	1. 重点研究開発分野の研究開発等	1－1 電磁波先進技術分野	1
2			1－2 革新的ネットワーク分野	48
3			1－3 サイバーセキュリティ分野	137
4			1－4 ユニバーサルコミュニケーション分野	212
5			1－5 フロンティアサイエンス分野	260
6		2. 分野横断的な研究開発その他の業務	2－1 Beyond 5G の推進	294
7			2－2 オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化	316
			2－3 戦略的・機動的な研究開発ハブの形成によるオープンイノベーションの創出	
			2－4 知的財産の積極的な取得と活用	
			2－5 戦略的な標準化活動の推進	
			2－6 研究開発成果の国際展開の強化	
			2－7 国土強靱化に向けた取組の推進	
			2－8 戦略的 ICT 人材育成	
			2－9 研究支援業務・事業振興業務等	
			2－10 その他の業務	
	－	3. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務	－	

= 目次 =

自己評価書 No.	該当項目	ページ
8	Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置	386
9	Ⅲ 予算計画(人件費の見積もりを含む。)、収支計画及び資金計画	396
	Ⅳ 短期借入金の限度額	
	Ⅴ 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画	
	Ⅵ 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画	
	Ⅶ 剰余金の使途	
10	Ⅷ その他主務省令で定める業務運営に関する事項	405

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間(見込評価)項目別自己評価書(No.1 電磁波先進技術分野)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. - 1. - (1) 電磁波先進技術分野 Ⅲ. - 3. NICT 法第 14 条第 1 項第 3 号から第 5 号までの業務		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項 第一号、第三号、第四号、第五号、第六号
当該項目の重要度、難易度	重要度: 高	関連する研究開発評価、政 策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※5					
	基準値等 (前中長期目標期 間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
査読付き論文数	－	85	68	88	71		予算額(百万円)	8,193	8,985	6,807	8,278	
招待講演数※1	－	52	60	83	57		決算額(百万円)	4,489	8,587	5,278	5,458	
論文被引用総数※2	－	62	20	22	19		経常費用(百万円)	4,538	5,434	6,835	6,469	
過年度発表を含む論文被引用総数※3	－	62	317	703	540		経常利益(百万円)	86	18	△121	△3	
実施許諾件数	7	7	6	5	8		行政コスト(百万円)	4,638	5,527	6,938	6,563	
報道発表件数	9	7	6	4	8		従事人員数(人)	68	66	67	72	
共同研究件数※4	－	73	77	85	89							
標準化や国内制度化の寄与件数	－	59	52	42	50							
標準化や国内制度化の委員数	－	55	57	54	48							

※1 招待講演数は、招待講演数と基調講演数の合計数

※2 当該年度に発表した査読付き論文についての、クラリペイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※3 過去3年間(ただし、今中長期期間の始期である令和3年度以降を対象とし、令和3年度は1年間、令和4年度は2年間とする)に発表した査読付き論文についての、クラリペイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※4 当該年度以前に契約し、契約が実施されている共同研究契約件数(当該年度の3月末調査)。

※5 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1-1. 電磁波先進技術分野	1-1. 電磁波先進技術分野	<評価軸> - 研究開発等の取組・成果の科学的意義(独創性、革新性、先導性、発展性等)が十分に大きなものであるか。 - 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 - 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組(技術シーズを実用化・事業化に導く等)が十分であるか。		評価	S
我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「社会を観る」能力として、多様なセンサー等を用いて高度なデータ収集や高精度な観測等を行うための基盤的・基盤的な技術が不可欠であり、Society 5.0 を実現する基盤技術として期待されることから、【重要度:高】として、以下の研究開発に取り組むとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	電磁波を利用して社会を取り巻く様々な対象から情報を取得・収集・可視化・提供するための技術、様々な機器・システムの電磁的両立性(EMC)を確保するための技術、効率的な社会経済活動の基盤となる高品質な時刻・周波数を発生・供給・利活用するための基盤技術、低コストで高効率な光学素子を実現するための基盤技術として、リモートセンシング技術、宇宙環境技術、電磁環境技術、時空標準技術、デジタル光学基盤技術の研究開発を実施するとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指す。			1-1. 電磁波先進技術分野(3. 機構法第 14 条第1項第3号、第4号及び第5号の業務を含む)	
電磁波先端技術分野は、リモートセンシング技術、宇宙環境技術、電磁環境技術、時空標準技術、デジタル光学基盤技術の中項目で構成される。リモートセンシング技術は電波を利用して物質の探査を行うものであるが、現中長期目標期間においては、長年かけて国際連携で開発したEarthCARE 衛星打ち上げに成功し、機構独自に開発してきた地上検証システムによる検証も順調に進捗し始めたことや、新たな応用にもつながるレーザー基盤技術の成熟成果、フェーズドアレイ気象レーダの高度化とナウキャスト応用など、国際的にもその社会応用においても優れた成果が多く創出された。宇宙環境技術においては、太陽活動が極大を迎え、社会的関心も高まる中で、最先端の予報技術を物理とAIの両面からの高度化に成功し、それらをサービスに順次実装し、フレア発生時の社会的初動体制の整備による業務設計の最新化、さらに					

		<指標> 【評価指標】 • 具体的な研究開発成果 • 研究開発成果の移転及び利用の状況 • 共同研究や産学官連携の状況 • データベース等の研究開発成果の公表状況 • (個別の研究開発課題における)標準や国内制度の成立寄与状況 【モニタリング指標】 • 査読付き論文数 • 招待講演数 • 論文の合計被引用数 • 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数(実施許諾件数等) • 報道発表や展示会出展等の取組件		静止衛星ひまわり 10 号搭載を目指すセンサーの EM(エンジニアリングモデル)開発まで、科学から社会実装、貢献まで、トータルに優れた成果を創出した。電磁環境技術においては、機器間の電磁両立性から電磁波の生体影響の評価まで、行政との連携サービスを国際的な標準構築と合わせて進める分野であるが、B5G 時代、さらにその先に社会利用が進んでいく高周波領域、超高周波領域の電波を安心・安全、かつ安定に使いこなし、社会でもその安全性を安心感ともに受け入れていくためのコミュニケーションまで、総合的に進め、外部期間等とも連携した長期ロードマップのもとでしっかりと社会基盤をサポートしていく多くの先端技術が形成され、具体的サービスにも先行実装されてきたことは、新開拓の科学から社会実装までを一気に進めた卓越成果である。時空標準技術においては、日本標準時を世界とも協調しながら維持・高度化していく先端科学技術とその試験実装から、小型原子時計や時空間同期などの B5G 時代の各所の同期に不可欠となっていく技術群が新材料や新方式の応用も絡みながら、産学官連携のもとで一気に加速進展したことと企業等の関心をひいたことなど、新開拓から実装までが一気に進む期待が高まる成果を創出してきた。デジタル光学基盤技術において

		数 ・共同研究件数 ・(個別の研究開発課題における)標準化や国内制度化の寄与件数		は、デジタルホログラフィーの基盤技術開拓から多方面への応用を進めてきたが、現中長期目標期間に HOPTEC、光空間通信への応用、3次元顕微鏡・ホログラムセンサなど、具体的アプリケーションにつながる優れた成果群が創出され始めた。その到達レベルは、手法の新規制も含め、最先端であり、フロントランナーとしての企業等からの注目も含め、卓越したレベルである。 以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、また「研究開発成果の最大化」に向けた特に顕著な特別な成果の創出等が得られたと認め、評価を「S」とした。
(1)リモートセンシング技術	(1)リモートセンシング技術		(1)リモートセンシング技術	(1)リモートセンシング技術
電磁波伝搬に大きな影響を与える大気・地表面の状態把握と、その情報を活用した防災・減災をはじめとする社会的課題の解決に向けた分析・予測等に資するリモートセンシング技術の研究開発を実施するものとする。	電磁波伝搬に大きな影響を与える大気・地表面の状態把握と、その情報を活用した防災・減災をはじめとする社会課題解決に向けた分析・予測等に資するリモートセンシング技術の研究開発に取り組む。			Pi-SAR X3 において世界最高レベル(15cm)分解能を達成し、能登半島地震への対応や国内の観測活火山のデータ取得・整備など、世界最先端のセンサー開発からデータの社会展開までを進めた。
(ア)ローカルセンシング技術	(ア)ローカルセンシング技術		(ア)ローカルセンシング技術	MP-DIAL について安定運用でき安価に生産可能な高性能シードレーザを開発した成果や、具体的センサー応用において 20km 先の風観測に成功するなどの実績もあがり、社会実装に向けた現実性が飛躍的に進展した。
	局所的(ローカル)な電磁波伝搬に大きな影響を与え		・高精細航空機搭載合成開口レーダー(Pi-SAR X3)による初の本格観測を実施し、世界最高レベルの 15cm 分解能での地表面画像	MP-PAWRについてはナウキャストモデルとも連携した先端解析

る、大気中の雲・降水の分布や、地面、構造物、植生等を含む地表面や海表面を高精度に把握する水蒸気分布観測技術や干渉 SAR 等の観測・分析技術の研究開発を行い、防災・減災のみならず、平常時においても生活の質の向上に有用な情報を提供し、社会における活用に向けた成果展開を行う。

取得に成功して報道発表した。また、同レーダーを用い、以下の様々な観測実績を積み上げて、15cm 分解能での観測技術を確認した。令和6年1月1日に発生した能登半島地震を受けて、2月に Pi-SAR X3 による能登半島全域の観測を実施、データ提供依頼を受けた能登半島地震研究チームへ速報として機上処理データを即日提供した。その後全データを同チーム、国土技術政策総合研究所、防災科学技術研究所に提供した。内閣府(防災)が取りまとめ、他機関とともに検討・作成した緊急火山観測スキームに則って、気象庁常時観測火山 51 のうち硫黄島を除く 50 の火山についてデータ取得を完了した(硫黄島は一般住民が居住しておらず遠方海洋上にあるため実質観測が困難)。鹿児島県南大隅町の土砂災害現場の状況を Pi-SAR X3 で取得することに成功し、土砂災害における Pi-SAR X3 の有効性を示した。

- 第5期中長期では Pi-SAR X3 の 15cm 分解能観測の技術確立が目標であったが、当初の予定を超えて更なる高分解能化の手法として周波数帯域幅に依存しない2つの手法の開発を行った。SAR データのスパース性(実質的ゼロ値が多い性質)を利用した信号処理的高分解能化の手法を開発し、Pi-SAR2 のデータを用いた検証で約3倍の高分解能化を実現した。同技術の汎用性を示すために衛星データを用いた解析を行い、衛星 SAR でも高分解能化が可能なことを示した。火山などピンポイントターゲットに対して高分解能観測が可能な CSAR(Circular-SAR)の観測手法を検討し、Pi-SAR X3 の使用を想定したシミュレーションによって数 cm 分解能での観測可能性を示した。さらに、米空軍が取得し公開している試験観測の実データを解析し、従来の CSAR 解析の分解能を維持したまま解析処理時間を 1/100 以上短縮する手法を開発した。
- AI を用いた浸水領域抽出モデルを構築し、面積率が 86%を超える浸水域の抽出精度を達成した。
- Pi-SAR シリーズの観測データについて、過去データを含め、データ配信検索システムでの公開を継続しており、年間百件程度の利用実績がある。
- Pi-SAR X3 のデータ利活用による社会実装を目指して実施している、同技術が適用可能な国内事業分野やその事業者、海外での航空機 SAR 活用事例などの調査が令和7年度までに完了する見込みである。
- 航空機 SAR よりも高い機動力を持つドローン搭載映像レーダー(DAIR)の開発を行い、飛行観測・データ取得を行った。

技術の開発や AI 予測への応用なども進めつつ、レーダーの自治体への具体的導入にもつながってきたことは、先端科学成果から社会実装までが進んだ好事例である。

衛星観測関係では、長年(約20年)取り組んできた EarthCARE 衛星が打ち上がり、順調にデータ取得と地上検証が進んだことは特筆に値する世界最先端科学であるとともに気候変動問題への対応への寄与や地球規模の気象・環境の諸課題への貢献が大いに期待される良質のデータが取得され始めており、卓越した成果である。

また GPM 主衛星は気象予報モデルなどに利用されている重要な衛星であるが、その延命のための制御に成功したことも現中長期目標期間の卓越した成果である。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 雲レーダー(CPR)搭載 EarthCARE 衛星の打ち上げに成功した(令和6年5月28日)

		• マルチパラメータ・差分吸収ライダー (MP-DIAL) を原理実証し、水蒸気観測が可能なことを示して論文文化及び報道発表を実施した。さらに、小型・安価で安定動作する MP-DIAL の製品化をめざして主要各コンポーネント (シードレーザー・波長制御装置・常温動作型パルスレーザー・信号処理ユニット) の開発・改良を進めており、製品化レベルの各コンポーネントを組み込んだ MP-DIAL のプロトタイプが完成する見込みである。原理実証時点では既製品を用いていたシードレーザーについては、その後独自開発を進め、NICT シーズ集に掲載した他、CEATEC や JST 新技術説明会での発表、その他業界雑誌への寄稿などで社会実装に向けてアピールしながら改良を重ね、気密性を確保しつつ波長可変な MP-DIAL 用モデルと、ハーメチックシールにより完全に封止すること波長固定ながらより小型・安定で通信等にも用いることができるモデルの2つを開発した。開発した MP-DIAL 用シードレーザーは既製品とほぼ同等の性能ながら1桁安価で、さらに既製品よりも長寿命である。波長制御装置を用いることにより、水蒸気観測に必要な精度 ($\pm 0.2\text{pm}$) の波長安定性を実現した。 • 機構独自開発の、増幅器を併用した常温動作型パルスレーザーについて、高い励起用パワーをかけられるように改良したことで高出力化に成功し、さらに高エネルギーレーザーを照射しても損傷しない高耐力ミラーの試作に成功したことで合わせて、令和5年時点で世界最高だったコヒーレントライダー用パルスレーザーの性能指数をさらに約 29% 向上させた。洋上風力発電の環境アセスメントなどで有効な長距離風観測が可能なドップラーライダーシステムの検討を進めており、シミュレーションによって1秒積分、100m 分解能で 20~25km 先までの風観測が可能なことを示したほか、実測により 20 km 先までの風観測を実証した。令和7年度中に 30 km 先までの風観測を実測により実証する見込みである。 • 製品化を目指した各コンポーネントを組み合わせることで沖縄での実証試験を進めており、水蒸気と風の観測性能の実証が完了する見込みである。 • パルス圧縮により送信パワーを増大させることが可能な周波数変調コヒーレントドップラーライダーの検討を行い、小型軽量ながら数 m の高分解能を有するライダーが実現できることを実験で示して論文文化した。 • 超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SNSPD) を受光部に用いた直接検波方式のライダーシステムの検討を未来 ICT 研究所・超伝導	UT)。同年6月 27 日には CPR 初画像公開の報道発表を、同年 10 月4日には EarthCARE 搭載4センサーのシナジー初画像公開の記者説明会を実施。外部校正、地上処理アルゴリズムの改良などを経て更新が続く CPR の L1 データ (工学値) 及び L2 データ (物理量) が、それぞれ令和7年の1月及び3月に一般に公開された。 • 高精細航空機搭載合成開口レーダー (Pi-SAR X3) による初の本格観測を実施し、世界最高レベルの 15cm 分解能での地表面画像取得に成功して報道発表した。同レーダーを用い、様々な観測実績を積み上げて、15cm 分解能での観測技術確立した。 • マルチパラメータ・差分吸収ライダー (MP-DIAL) を原理実証し、水蒸気観測が可能なことを示して論文文化及び報道発表を実施した。 【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー (MP-PAWR) に関して、実証・社会実装に向けた活動を行った。東京オリンピック・パラリンピック大会期間中に富岳を用いた 30 秒ごとに更新する 30 分先までの超高速高性能降水予報 (1000 個のア

		ICT 研究室と連携して進めている。太陽背景光を抑圧する狭帯域フィルターの試作に成功し、これまで 600 秒積算が必要だった 3 km 先までの水蒸気量観測が 1 秒積算で可能になることをシミュレーションで示した。さらに、同技術を用いることで、高度 2 km 程度までの気温の高度プロファイルをライダーによって連続観測できることをシミュレーションで示した。 - 前中長期に完成させたマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー (MP-PAWR) に関して、実証・社会実装に向けた活動を行った。AIP 加速課題 (JST) の枠組みで理研等と共同で東京オリンピック・パラリンピック大会期間中に富岳を用いた 30 秒ごとに更新する 30 分先までの超高速高性能降水予報 (1000 個のアンサンブル予測を用いることで確率的にゲリラ豪雨を予測) のリアルタイム実証実験を行って報道発表した。また、SIP 第 2 期の枠組みで防災科学・日本気象協会等と密に協力しながら MP-PAWR を用いたリアルタイム気象予測を同大会組織委員会、都準備局に提供して実証実験を行ったほか、民間屋外イベント等でも同様の実証実験を行って報道発表した。さらに SIP 第 2 期の活動の中で自治体下水道局との実証実験を行い、豪雨注意アラームの的中率を約 20% 向上させて MP-PAWR 情報の有効性を示し、MP-PAWR2 台の自治体への導入が決定した。 - 吹田・神戸の単偏波フェーズドアレイ気象レーダーを MP-PAWR に換装した。無線免許取得時には、MP-PAWR が多数配備された場合に各レーダーが用いる周波数をどの程度密に配置できるか (周波数離隔) などの基礎情報を得るため MP-PAWR 同士の干渉検討実験を実施した。 - AI ナウキャストに敵対的生成ネットワーク (GAN) を導入し、局地的大雨に対して気象庁をはじめとする従来のナウキャストを上回る予測精度を達成し、論文化した。さいたま MP-PAWR でこの AI ナウキャストのリアルタイム常時稼働を開始し、気象情報を提供する民間企業の携帯アプリで予測結果をリアルタイム配信する実証実験を開始した。大阪万博でも吹田・神戸の 2 台の MP-PAWR で同様に AI ナウキャストをリアルタイム常時稼働させ、予測結果の携帯アプリでの配信を令和 7 年 4 月に開始した。 - AI を用いた XRAIN データの高分解能化の検討を実施した。時空間分解能の高い MP-PAWR データを教師として学習させることで、時空間分解能の低い XRAIN のデータを高分解能化する機械学習モデルを開発し、実際に高分解能化の実例を示した。	ンサンブル予測を用いることで確率的にゲリラ豪雨を予測) のリアルタイム実証実験を行って報道発表した。 - 高精細航空機搭載合成開口レーダー (Pi-SAR X3) による初の本格観測を実施し、世界最高レベルの 15cm 分解能での地表面画像取得に成功して報道発表した。内閣府 (防災) が取りまとめ、他機関とともに検討・作成した緊急火山観測スキームに則って、気象庁常時観測火山 51 のうち硫黄島を除く 50 の火山についてデータ取得を完了した (硫黄島は一般住民が居住しておらず遠方海洋上にあるため実質観測が困難)。 - 小型・安価で安定動作する MP-DIAL の製品化をめざして主要各コンポーネントの開発・改良を進めており、製品化レベルの各コンポーネントを組み込んだ MP-DIAL のプロトタイプが完成する見込みである。開発した MP-DIAL 用シードレーザーは既製品とほぼ同等の性能ながら 1 桁安価で、既製品よりも長寿命である。波長制御装置を用いることにより、水蒸気観測に必要な精度 ($\pm 0.2\text{pm}$) の波長安定性を実現した。 【社会実装】 以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 - 自治体下水道局との実証実験

		・時空間分解能の高い MP-PAWR ならではの観測を活かし、兵庫県で発生した降雹の事例解析を行った。高時間空間分解能の偏波パラメータを用いて、降雹時の過冷却水滴や個体降水の動きの可視化に成功した。 ・ユーザーの希望に応じた MP-PAWR のデータ提供を維持している。 ・地デジ放送波を用いた水蒸気量観測について、SIP 第2期の枠組みで民間企業と共同で線状降水帯をターゲットに九州観測網とクラウドによるデータ収集配信システムを構築し、SIP 第2期の成果として報道発表した。民間によるサービス化を目指して維持している(データ販売実績1件)。また、地デジ水蒸気観測に関して、気象庁による線状降水帯メカニズム解明のための九州エリアでの協力体制(オールジャパンでの取組)に参画している。 ・欧州方式の地デジ放送に対応する地デジ水蒸気観測装置を開発した。日台連携プロジェクトの一つに採択され、台湾中央大学と連携して台湾での地デジ水蒸気観測・他観測との比較・評価を行う見込みである。 ・複数の大学と連携して地デジ観測データの解析、反射体の特定などの手法について高度化を進めた。 ・ウィンドプロファイラ(WPR)に関して、アダプティブクラッタ抑圧(ACS)により、地表面クラッタだけでなくヘリコプターなどからの強いクラッタも抑圧でき、風速の高度プロファイルの時間変化が欠測なく取得できることを示して論文化した。さらに、ACS と中央値を用いたスペクトル平均手法を合わせることでより効果的にクラッタが抑圧できることを示して論文化した。ACS の適応信号処理の高速化手法を開発し、従来と同程度の精度を保ちつつ計算量を数十分の一にできることを示した。ACS の信頼性の検証を行い国内想定ユーザーである気象庁や気象研に同技術のアピールを行い、実利用に向けた取り組みを進めている。 ・WPR の ISO 国際規格策定に向けた議論を機構が主導し、令和4年12月に同国際規格が策定された。 ・周波数の有効利用を目的とした気象レーダーの多目的化の一環として、MP-PAWR によるドローン検知を目指して大学とともに SCOPE 予算を獲得し、埼玉・吹田・神戸の MP-PAWR を用いたドローン検知の実証実験を実施した。レーダーに近い距離で飛行するドローンについてはその3次元位置やドップラー速度が正しく検知できることを示した。	を行い、豪雨注意アラームの的中率を約 20%向上させて MP-PAWR 情報の有効性を示し、MP-PAWR2台の自治体への導入が決定した。 ・内閣府(防災)が取りまとめ、他機関とともに検討・作成した緊急火山観測スキームに則って、気象庁常時観測火山 51 のうち硫黄島を除く 50 の火山についてデータ取得を完了した(硫黄島は一般住民が居住しておらず遠方海洋上にあるため実質観測が困難)。鹿児島県南大隅町の土砂災害現場の状況を Pi-SAR X3 で取得することに成功し、土砂災害における Pi-SAR X3 の有効性を示した。 ・GPM 主衛星の燃料が枯渇してきたことを受け、延命のため主衛星の高度を上昇させる検討を行った。DPR の運用について、特にパルス繰り返し周波数(PRF)変更の技術的検討を行って実現可能であることを示したことにより、令和5年11月に実際に高度変更が実現した。これにより、次期降水衛星計画である PMM 衛星とのオーバーラップ期間を数年確保することが可能になる見込みで、TRMM から 30 年を超えて継続する衛星降水観測の維持に大きく貢献した。

		• B5G/6G 時代を見据え、当初の予定を超えて通信とセンシングを融合した新たな計測技術の開発を開始した。ローカル5G 電波を用いた計測システムの内4GHz 帯の観測システムの開発を完了し、屋内外での試験観測を実施した他、伝搬遅延の測定検証を目標に机上シミュレーターを構築した。また、28GHz帯の観測システムの開発も完了した。この技術の実現に向けてネットワーク研究所・ワイヤレスシステム研との連携を深めている。 • 現在利用が広がりつつある X 帯 MP-PAWR の次のターゲットとして C 帯 MP-PAWR 開発に向けた産官学を巻き込んだ議論を展開している。当面すぐに大型開発を開始する状況ではないが、気象庁やメーカーを含めた議論を進め、WPR で培った ACS の技術を活用する技術開発などの検討を行っている。 • 総務省委託研究(令和4～6年度)を受託して AI を用いたデータ利活用の研究開発を加速。MP-PAWR のデータレートは全データで 355Mbps になるが、それを 10Mbps 以下の帯域で品質を保ちつつ非可逆圧縮転送する機械学習を用いた圧縮・復元手法を民間企業とともに開発した(転送パラメータを主要なものに絞れば1Mbps 以下で転送可能)。この機能を実装し、かつデータの3次元可視化の機能も有するデータ配信プラットフォーム「きゅむろん」を開発してベータ版を一般に公開した。 • Pi-SAR X3 を用いて、災害時データと比較するための平時のベースマップ観測、被災地域抽出の機械学習のための被災地域観測を多数実施した。 • Pi-SAR X3 に衛星回線を導入して通信実験に成功した。また機上で処理した Pi-SAR X3 の観測データ(2km 四方)を、機械学習による圧縮を施して衛星回線を通して 30 分以内に地上へ転送することに成功した。 • 関西2台の新しい MP-PAWR データを用いて、大阪万博において、理研・防災科研・阪大や民間企業と連携して携帯アプリによる情報の発信を開始するとともに、富岳を用いた高精度気象予測の提供(令和7年8月)の準備を行っている。MP-PAWR データ転送については機械学習を用いた圧縮転送を実装している(令和7年3月に報道発表を実施)。 • 民間企業と共同で、埼玉県神戸地区のアンダーパスで道路冠水予測実験を実施した。過去事例の解析において、従来のナウキャストを用いた冠水予測よりも、MP-PAWR データを用いた方が 10 分程度早く冠水を予測できることが示されている。冠水事例が少ない	

(イ)グローバルセンシング技術	(イ)グローバルセンシング技術 地上・上空・衛星相互の電磁波伝搬に大きな影響を与える、大気中の水蒸気・雲・降水の分布を、衛星に搭載されたリモートセンサを用いて全球的(グローバル)かつ高精度に現状把握を可能とする技術及び取得された情報を分析する技術の研究開発等を行い、地球規模の気候変動の監視や天気予報等の予測精度向上、地球温暖化・水循環メカニズム等の解明に資する。	ため、実証実験を継続して事例収集を行っている。 (イ)グローバルセンシング技術 • 雲レーダー(CPR)搭載 EarthCARE 衛星の打ち上げに成功した(令和6年5月 28 日 UT)。打ち上げ時のイベントでは、米国射場に理事長・電磁波研究所長、ドイツ ESOC(ESA 衛星運用局)にリモートセンシング研究室長・室員、JAXA 東京事務所でのライブ解説にリモートセンシング研究室員がそれぞれ参加して重要な役割を果たした。また同年6月 27 日には CPR 初画像公開の報道発表を、同年 10 月4日には EarthCARE 搭載4センサーのシナジー初画像公開の記者説明会を実施した。外部校正、地上処理アルゴリズムの改良などを経て更新が続く CPR の L1 データ(工学値)及び L2 データ(物理量)が、それぞれ令和7年の1月及び3月に一般に公開された(令和7年1月に報道発表を実施)。 • EarthCARE 衛星打ち上げ前準備として、CPR の地上校正に用いる能動型レーダー校正器(ARC)を完成させた。校正計画で目標とする校正精度 1dB を達成した他、スプリアス特性の改善、現場作業効率化のための改良などを重ねた。また、この ARC を含む CPR の校正計画について確認会を主催し、JAXA を始め国内関係機関の有識者の議論を経て機構の校正計画の承認を得た。打ち上げ後は、3台の ARC を用いた外部校正実験を実施しており、今後も継続して定期的に実施する見込みである。この実験を通して、CPR の送信性能、アンテナパターンやビーム方向のずれ、受信性能などの評価を進める。これまでの複数回の ARC による外部校正実験において、CPR の送信電波を±0.5dB 程度の安定した精度で測定することに成功しており、これらの暫定解析結果から CPR のアンテナパターンが地上試験時からほぼ変わっていないこと、CPR の送信系に期待値から約 2dB のオフセットがあることを明らかにした。 • EarthCARE 衛星打ち上げを前に、日欧科学者会合(JMAG)を小金井にて開催し、国内関係機関と協力して機構本部(小金井)に集結しているレーダー・ライダー等の各種観測装置のデモンストレーションを行って、地上校正・検証用スーパーサイトとしての位置付けを明確にした。地上検証のために開発した地上雲レーダー(HG-SPIDER)のデータ蓄積が5年を超える見込みである。また、全国33地点に展開されている気象庁のウィンドプロファイラ観測網(WINDAS)のデータを検証のために統計解析している。これらのデータと CPR のデータを統計的および直接的に比較することで検証	

を行う見込みである。

- 地上処理アルゴリズムについて、レーダーの工学的校正を行うレベル1(L1)アルゴリズムの一部ルーチンと、レーダーデータの物理的補正を行うレベル2(L2)アルゴリズムの改良を行った。CPR のビーム内のエコー強度不均一に起因するドップラー速度誤差を補正する地上処理アルゴリズムを開発した。また、ドップラー速度測定誤差の全球での評価を行い、論文化した。衛星打ち上げ後、本来 0m/s であるはずの地表面ドップラー速度が数 m/s の範囲で変動しているのがアンテナの熱歪みによるポインティング補正式の問題であることを突き止め、暫定処置を提案して地上処理アルゴリズムに組み込んだ。また、レーダー反射因子やドップラー速度など主要パラメータの高次処理アルゴリズムを開発する見込みである。
- 機構が降水判定やクラッタ除去のアルゴリズム改良で貢献した GPM/DPR の Ver7 プロダクトが公開され、その評価を行った。3次元データを活用した弱い降水の検出や、弱いクラッタの除去が効果的に行われていることを確認した他、統計的にも降水頻度が上昇していることを確認した。また、降水頻度の年々の増加傾向がレーダーのサイドローブレベルの経年変化によって作られた見せかけの傾向であったことを示した。TRMM/PR の海面反射強度を用いた長期間トレンド除去の手法を論文化した。TRMM/PR のデータについては同手法による補正が適応済である。10 年を超えて観測が続く GPM/DPR でも 10 年で 0.3dB 程度の受信強度の劣化が見られており、次期バージョンのプロダクトで同手法が GPM/DPR にも適用される予定である。これを含め、次期バージョンのプロダクトに向け、DPR の降水判別とクラッタ除去アルゴリズムの改良を実施した。
- GPM 主衛星の燃料が枯渇してきたことを受け、延命のため主衛星の高度を上昇させる検討を行った。DPR の運用について、特にパルス繰り返し周波数(PRF)変更の技術的検討を行って実現可能であることを示したことにより、令和5年 11 月に実際に高度変更が実現した。これにより、次期降水衛星計画である PMM 衛星とのオーバーラップ期間を数年確保することが可能になる見込みで、TRMM から 30 年を超えて継続する衛星降水観測の維持に大きく貢献した。
- GPM の後継ミッションである PMM がプロジェクト化されたことを受け、JAXA と協力して開発を進めるための協定を締結した。地上処理アルゴリズムのうち、レベル2アルゴリズム、特に本プロジェクト

		での鍵となる衛星降水レーダーで初めてとなるドップラー観測のためのアルゴリズム開発を担当することとなり、ドップラー観測の手法の検討を行った。有力とされる DPCA (Displaced Phase Center Antenna)方式について、同方式による観測が可能な Pi-SAR2 の実観測データを用いて検証を行い、衛星速度に起因するバイアスを効果的に低減できることを実証した。さらに、EarthCARE/CPR の検証用 W 帯電子走査雲レーダー(ES-SPIDER)の観測データに対して同手法を適用することで、実際の雲降水観測データでも効果的であることを示した。 • GPM/DPR の反射強度から降水粒子の粒径を、さらにそこから落下速度を推定することで、機構が担当する雨の鉛直ドップラー観測のアルゴリズム開発に資する粒子落下速度データベースを作成している。粒子落下速度は EarthCARE のドップラー観測でも観測可能であり、今後直接比較できるイベントで EarthCARE のドップラー観測と比較検証する準備も進めている。 • GPM10 周年シンポジウムを JAXA とともに開催した他、札幌で開催された全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議(GEWEX)において展示ブースを出展し、これらの機会に機構の衛星リモートセンシングの活動をアピールして将来の人材獲得に向けた取組を行った。	
(2)宇宙環境技術 通信・放送・測位・航空・人工衛星等の安定運用を実現する宇宙環境の計測技術及び計測した現況から分析・予測する技術の研究開発を実施し、宇宙環境擾乱等の予報・警報等の高度化を目指すものとする。	(2)宇宙環境技術 高精度衛星測位等宇宙システムの利用や民間を含む宇宙有人活動に影響を与える宇宙環境の乱れの把握が課題となっている。これらの課題を解決するための宇宙環境の現況監視及び予測・警報を高度化する技術を開発し、農業、社会インフラ維持管理、災害監視等における電波の安定利用に資する。また、3-2.「機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務」と連動した宇宙天気予報を安定的に遂行するために必要となる技術を開発する。	(2)宇宙環境技術	(2)宇宙環境技術(3-2. 機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務を含む) 静止気象衛星ひまわり 10 号の気象観測装置と同時搭載可能なセンサについて、エンジニアリングモデル(EM)の開発を完了したこと、それを受けた次のステップとして、ひまわり 10 号に搭載するサブシステム全体のプロトフライトモデル(PFM)の基本設計を完了したことは、我が国初の静止衛星観測実現に向けた大きな成果である。

(ア)宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発	(ア)宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発 地上・衛星等からの宇宙環境計測技術、宇宙環境シミュレーション・データ同化技術、AI 技術等を利用した宇宙環境の現況把握及び予測・警報の高度化(より高精度の情報により早期に提供する)に関する技術を開発する。特に大気・電離圏モデルを用いたデータ同化による電離圏擾乱の予測及び太陽風数値モデルを用いた太陽嵐到達時刻予測等により、通信・放送・測位・航空・人工衛星運用等の安全・安定な利用に資する。2025 年度までに AI 及び数値シミュレーションを用いた宇宙環境予報技術の高度化を図る。		(ア)宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発 • 東南アジア域におけるプラズマバブルの発生状況を AI 等によって自動検出し、伝搬予測情報と併せて可視化するシステム(プラズマバブルアラート)について、国際協力の下、観測機器の更新や新規設置により観測点を拡大した。また、VHF レーダー、イオノゾンデ、GNSS 受信機の観測データから、AI を利用した解析や擾乱指数の導出により、プラズマバブルの発生状況を自動検出し、予測情報と合わせて可視化するシステム開発・実装し、令和6年度に公開した。得られた観測データは、プラズマバブルを含む電離圏擾乱現象の生成機構等の科学研究にも利用され、多くの科学研究論文が出版された。また、国際協力体制の強化のため各国機関との協力で得られた観測データの共有・公開機能をプラズマバブルアラートに実装し、令和6年度に公開した。 • 現況把握及び電離圏データ同化への入力のため、全球に分布するリアルタイムに取得可能な GNSS 受信機データを 100 点取得し、電離圏全電子数に変換するシステムを構築し実装した。さらに、収集した全球の GNSS 受信機データ等を用いた解析により、南太平洋トンガ沖海底火山の大規模噴火に伴う同心円状の気圧波が引き起こしたプラズマバブルの生成機構を明らかにするなど、長期間の大規模なデータベースを利用した多くの科学研究論文が出版された。 • 静止気象衛星ひまわり 10 号の気象観測装置と同時搭載可能な宇宙環境センサについて、エンジニアリングモデル(EM)の開発を完了した。また、EM 開発成果を踏まえてひまわり 10 号に搭載するサブシステム全体(電子線計測装置2台、陽子線計測装置1台、共通回路部1台)のプロトタイプモデル(PFM)の基本設計を令和6年度に完了し、詳細設計を令和7年度末までに完了、製造を行う見込みである。また、帯電計測装置について、東京都市大学との共同研究の下、PFM 開発および宇宙での実証に向けた検討を進め、令和7年度には搭載性を高めるための小型化の検討を進める見込みである。これらの成果について、国内外学会において招待講演を含む多数の発表を実施した。米国大気海洋庁(NOAA)と米国気象衛星 GOES の宇宙環境計測装置とひまわり 10 号搭載宇宙環境センサの今後の連携・情報交換のあり方や、双方のデータ活用などについて書簡交換を行い研究協力体制を構築した。また、	宇宙天気予報のためのモデル開発において GAIA モデルのデータ同化の進展や、太陽フレア予測のための物理モデルの開発の進展と実装は大きな成果である。これらと合わせて利用される AI 予測についても進化し、さらに事業化も目指した活動に進展したことは社会実装の新たな展開としても高く評価すべきである。 宇宙天気予報業務については、太陽活動が極大期になりその影響への関心が高まる中、大規模太陽フレア時の対応マニュアルを整備し、全ての X クラス以上の太陽フレア発生時、初動判断チームが 24 時間体制で確認、令和6年5月および 10 月に発生したような社会的影響の大きな大規模太陽嵐発生時には、ウェブ発表、記者発表会、関係府省庁への周知を滞りなく実施するとともに、国内外の社会的影響についても調査し、ウェブサイトや国内外関連学会にて報告、また府省庁と連携し「宇宙システムの安定性強化に関する官民協議会」構成員へメーリングリストを利用して情報共有する体制を整え、令和6年6月から社会的影響を踏まえた新警報システムの配信先に登録するなど、具体的社会対応について優れた実績レベルに到達した。

世界気象機関(WMO)の下に設置された全球衛星搭載センサ相互校正システム(GSICS)において、ニュースレターのゲスト編集者として宇宙天気特集号を出版し、宇宙環境センサに係る記事を投稿・掲載するなど、国際標準化機関での成果発表を行った。気象庁との共同調達により、令和5年度から実施しているひまわり 10 号本体衛星製造を着実に進めるとともに、令和7年度にPFI事業として地上施設運用の PFI 事業に係る契約を締結する見込みである。また、令和8年度から開始する予定のひまわり 10 号打上げに係る契約の準備を気象庁と連携して進めた。

- 大気・電離圏モデル GAIA のデータ同化について、GAIA に含まれる不確定パラメータの同化による推定などの同化手法の改良により、計算の安定性や精度を向上させるとともに、複数の電離圏観測(GNSS 全電子数、衛星電波掩蔽観測)を同化するシステムを実装し、性能の検証を行った。令和7年度中にリアルタイムの運用を開始し、宇宙天気予報業務に利用する見込みである。また、近年大気ドラッグの高精度予測のニーズへの高まりを受け、電波伝搬だけでなく、低軌道衛星の大気ドラッグ予測への応用を図るため、データ同化スキーム(カルマンフィルタ)の適用範囲をGAIAの電離圏だけでなく、中性大気の計算過程への拡張を進めている。さらに、GAIA 計算データの解析から、スポラディックE層の冬季における発達要因が成層圏の突然昇温によってもたらされることを詳細な物理過程を解明するなど、GAIA データを利用した多くの科学的研究論の発表を行った。
- 静止軌道上の放射線帯電子フラックスレベルの確率予測を行う機械学習モデル(RadeAI)について、学習時のハイパーパラメータと適切な入力データの調整等改善により予測精度を向上させるとともに、リアルタイムで運用可能なシステムを構築した。令和7年度中に運用を開始する見込みである。静止軌道を含む放射線帯外帯全体の電子フラックスの変動を予測する物理モデル(Rade3D)について、計算コストの高い散乱過程を事前計算によりテーブルを構築することで計算コストを大幅に削減してリアルタイムで実行することを可能とした。令和7年度に、リアルタイムで観測される太陽風データをもとにして、静止軌道より内側の放射線帯電子フラックスの変動を予測するシステムを構築する見込みである。これらの成果について、国内外学会において多数の招待講演を含む発表を実施した。リアルタイム磁気圏シミュレーションの電離圏データを用い、膨大な計算機リソースを必要とするリアルタイムシミュレーション

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 東南アジア域におけるプラズマバブルの発生状況を AI 等によって自動検出し、伝搬予測情報と併せて可視化するシステム(プラズマバブルアラート)について、国際協力の下、観測機器の更新や新規設置により観測点を拡大した。また、VHF レーダー、イオノゾンデ、GNSS 受信機の観測データから、AI を利用した解析や擾乱指数の導出により、プラズマバブルの発生状況を自動検出し、予測情報と合わせて可視化するシステム開発・実装し、令和6年度に公開した。
- 大気・電離圏モデル GAIA のデータ同化について、不確定パラメータの同化による推定など手法改良し、複数の電離圏観測(GNSS 全電子数、衛星電波掩蔽観測)を同化するシステムを実装し性能の検証を行った。令和7年度中にリアルタイムの運用を開始し、宇宙天気予報業務に利用する見込みである。さらに、GAIA 計算データの解析が

		ヨンの結果を 100 万倍高速に模擬する機械学習エミュレータを構築した。さらに膨大なデータを用いた深層学習モデルを構築した。令和7年度に、これら電離圏高度に関するエミュレータおよび深層学習モデルを基盤とし、リアルタイム太陽風観測データおよび複数の太陽風擾乱伝搬シミュレーションデータを入力とし、極域電離圏擾乱(オーロラ電流系・地磁気変動等)のアンサンブル予測の基盤を構築見込みである。 • 太陽風数値モデルを用いた太陽嵐到達時刻予測システムを構築し令和3年度より運用を開始した。令和6年5月および 10 月に発生した大規模太陽嵐の到来時刻予測により、お知らせによるウェブ発表における予報内容の策定に重要な役割を果たした。また、令和6年5月に連続発生した太陽嵐について、名古屋大学との共同研究により、大型電波望遠鏡による多数の電波天体からの電波の顕著な散乱として初めて観測に成功し、報道発表をするなど社会的インパクトが大きい研究成果を出した。 • 太陽フレア AI 予報モデル(Deep Flare Net)の信頼度を向上した DeFN-Reliable を開発し、令和3年度から公開するとともに宇宙天気予報会議での利用を開始した。AI を用いた太陽フレア4クラス予報モデルを確率予報に拡張し、精度評価と実装を進めている。また Deep Flare Net の民間活用を促進するため、令和4年度に特許登録を行い、令和6年度から公開データベースの商用向け覚書を作成、技術移転の手続きを開始した。頻度が少なく機械学習では予測が難しい大規模太陽フレアの予報精度向上のため、数値モデルを用いた太陽フレア発生警報システムの開発を進めた。太陽活動領域に蓄積されたエネルギーと不安定性を評価し、フレア発生危険性を可視化するプロトタイプを構築し、運用を開始した。また、本システムは国際連携による太陽観測実験にも利用されるなど、国際的にも高く評価された。	ら、スポラディック E 層の冬季における発達要因が成層圏の突然昇温によってもたらされることを詳細な物理過程を解明するなど多くの科学研究論の発表を行った。 • 静止気象衛星ひまわり 10 号の気象観測装置と同時搭載可能な宇宙環境センサについて、エンジニアリングモデル(EM)の開発を完了した。また、EM 開発成果を踏まえてひまわり 10 号に搭載するサブシステム全体のプロトタイプモデル(PFM)の基本設計を令和6年度に完了し、詳細設計を令和7年度末までに完了、製造を行う見込みである。 • 静止軌道上の放射線帯電子フラックスレベルの確率予測を行う機械学習モデル(RadeAI)について、学習時のハイパーパラメータと適切な入力データの調整等改善により、予測精度を向上させ令和6年度にリアルタイムで運用可能なシステムを構築し、令和7年度中に運用を開始する見込みである。静止軌道を含む放射線帯外帯全体の電子フラックスの変動を予測する物理モデル(Rade3D)について、計算コストの高い散乱過程を事前計算によりテーブルを構築することで計算コストを大幅に削減してリアルタイムで実行することを可能とした。
(イ)宇宙天気予報システムの研究開発	(イ)宇宙天気予報システムの研究開発 宇宙天気予報業務を安定的に遂行し、国内及び国際的に情報を発信するために必要となるシステム及び利用者との交流を通じ、電波伝搬状況をウェブ上で推定できるシステム等のユーザインターフ	(イ)宇宙天気予報システムの研究開発 • 宇宙天気予報業務を着実に実施するため、宇宙天気予報業務に関する規程及び体制を整備するとともに、大規模な太陽フレアが発生した際の対応、災害発生時の業務継続性の対応マニュアルを整備した。大規模太陽フレア時の対応について、予想される社会的影響の大きさにより対応レベルを判断し、影響が大きいものについては現象解析、広報対応、関係府省庁連絡など役割を明確化して対応することをマニュアルに明記し、関連部署と連携して訓練を	

エース開発、予報精度評価を実施するとともに、関連する標準化に貢献する。

実施するとともに、令和6年度からすべての X クラス以上の太陽フレア発生時に初動判断チームが 24 時間体制で確認し、対応レベル判断を行った。令和6年5月及び 10 月など、社会的な影響が大きい大規模な太陽フレア等宇宙天気現象発生時については、お知らせによるウェブ発表、メディア対応、記者発表会、関係府省庁への周知を滞りなく実施するとともに、国内外の社会的影響について調査し、ウェブサイトや国内外関連学会にて報告した。

- 国内電離圏定常観測について、AI 技術を用いたイオノゾンデ観測の電離圏エコートレース手法及びパラメータ自動導出手法を開発・実装化を進め、令和4年度から電離圏パラメータの自動読取り運用と宇宙天気予報業務での利用を開始した。
- 3 次元電離圏電子密度分布における電波伝搬を可視化するシミュレータ HF-START について、大気-電離圏モデル GAIA による全球・予測情報も用いたリアルタイム可視化のウェブサービスを提供した。ユーザーからのフィードバックを受けて、短波利用ユーザー向けページの拡充を行うとともに、ユーザーニーズが高い電離圏による電波吸収効果の評価を追加した。
- 令和7年度に打ち上げ予定の米国大気海洋庁(NOAA)の次期太陽風観測衛星 SWFO-L1 による国際協力の下の 24 時間 365 日太陽風擾乱監視体制の実現に向けて、10 か国近くの参加が予定されている SWFO アンテナネットワーク(SAN)地上局の1つを令和5年度に世界に先駆けて鹿島宇宙技術センターに整備し、NOAA と協力して SAN 受信局として運用を開始する見込みである。
- 令和6年度にてリース契約が終了した高速計算機システムのリプレースについて、予測モデルの運用停止が発生しないようにするために、新高速計算機システムを令和7年から途切れなく切り替えるとともに、各予測モデルのシステム切り替えを滞りなく実施した。
- 総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」(令和4年1月～6月)及び「宇宙天気の警報基準に関する WG」(令和4年1月～4月)に参画し、我が国では初めてとなる極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオや、国外でも例がない社会的影響を考慮した新たな予報・警報基準の策定に大きく貢献した。本検討会での議論を踏まえ、社会的影響の大きさも考慮した新たな警報基準を用いて自動でメールを配信する新警報発信システムを構築し、基準が策定済みの通信・放送(HF 帯)、宇宙システム運用(衛星)、航空機人体被ばく分野について、試験運用を開始した。令和7年度に一般へ公開する見込みである。また、警報を受け取った

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 太陽風数値モデルを用いた太陽嵐到達時刻予測システムを構築し令和3年度より運用を開始した。令和6年5月および 10 月に発生した大規模太陽嵐の到来時刻予測により、お知らせによるウェブ発表における予報内容の策定に重要な役割を果たした。また、令和6年5月に連続発生した太陽嵐について、名古屋大学との共同研究により、大型電波望遠鏡による多数の電波天体からの電波の顕著な散乱として初めて観測に成功し、報道発表をするなど社会的インパクトが大きい研究成果を出した。
- 宇宙天気予報業務に関する規程及び体制を整備するとともに、大規模な太陽フレアが発生した際の対応、災害発生時の業務継続性の対応マニュアルを整備した。大規模太陽フレア時の対応について、影響が大きいものについては現象解析、広報対応、関係府省庁連絡など役割を明確化して対応することをマニュアルに明記し、関連部署と連携して訓練を実施し、令和5年度からすべての X クラス以上の太陽フレア発生時に初動判断チームが 24 時間体制で確認し、対応レベル判断を行った。

後の対処方針(ガイドライン)についても合わせて公開できるよう準備を進めた。今後、基準が未策定の分野についても、基準ができ次第順次当該システムに追加をしていく。大規模太陽フレアに関する関係府省庁への連絡方法について、総務省・内閣府・内閣官房と連携し、令和6年5月「宇宙システムの安定性強化に関する官民協議会」の課長級会合に参加、宇宙天気現象の社会的影響と今後の連絡方法について説明を行った。当該協議会構成員へメーリングリストを利用して情報共有する体制を整え、令和6年5月から新警報発信システムの配信先に登録するとともに、令和6年5月および10月の大規模フレアイベント時に当該メーリングリストにより情報共有を行った。

- 宇宙天気情報利用者からの情報収集や交流のため、宇宙天気ユーザー協議会や宇宙天気ユーザーズフォーラムを開催するなど、各分野のユーザーの宇宙天気利用状況やニーズ・シーズマッチング、社会実装に向けた課題の検討を進めた。ニーズの高い分野を対象としたビジネス向けコンセプトムービーの製作やビジネスモデルの検討、API を利用したデータ提供プラットフォームの構築等、社会実装を促進するための取組を進めた。また、民間企業と共に宇宙天気予報を活用したマネタイズを中心にした議論を活発化するとともに、事業計画を策定して(株)Space Weather Company を設立し、技術移転を行う等民間利用促進を進めた。
- 宇宙天気予報に関連し、多数のメディア・取材対応、見学対応、会議・展示会への参加を行うなど、アウトリーチ活動を積極的に行った。また、AC Net やマイクロ波無線送電技術ビジネス化研究会など、分野外の団体からの講演依頼への対応、専門分野外からの記事執筆依頼への対応を多数実施するなど、多様な分野への宇宙天気予報の啓発活動を実施した。また、国内外から多数インターンシップを受け入れ、予報業務の実践的なトレーニングを実施するとともに、国内外の研究者・技術者に向けたリクルート相談会を行うなど、国内外人材育成やアジア域における宇宙天気予報キャパシティビルディングに貢献した。
- ICAO グローバル宇宙天気センターの一員として、情報提供等運用を着実に実施するとともに、各センターで利用するモデル結果の比較・調整を主導して進めた。ITU-R SG7 において検討してきた宇宙天気観測のための周波数保護に関する改訂について WRC-23 に入力を行うとともに、SG3 会合に参加し電波伝搬シミュレータ及び GTEX に関する研究開発を進めた。ISO TC20 SC14 WG4、WG9 に

- 太陽フレア AI 予報モデル(Deep Flare Net)の信頼度を向上した DeFN-Reliable を開発し、令和3年度から公開するとともに宇宙天気予報会議での利用を開始した。AIを用いた太陽フレア4クラス予報モデルを確率予報に拡張し、精度評価と実装を進めている。また Deep Flare Net の民間活用を促進するため、令和4年度に特許登録を行い、令和6年度から公開データベースの商用向け覚書を作成、技術移転の手続きを開始した。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 宇宙天気情報利用者からの情報収集や交流のため、宇宙天気ユーザー協議会や宇宙天気ユーザーズフォーラムを開催するなど、各分野のユーザーの宇宙天気利用状況やニーズ・シーズマッチング、社会実装に向けた課題の検討を進めた。民間企業と共に宇宙天気予報を活用したマネタイズを中心にした議論を活発化するとともに、事業計画を策定して(株)Space Weather Company を設立し、技術移転を行う等民間利用促進を進めた。
- 大規模な太陽フレアが発生した際の対応、災害発生時の業務継続性の対応マニュアルを整備した。令和5年度からすべて

		において人工衛星の宇宙環境及び衛星耐放射線設計に関する標準化を検討した。CGMS(気象衛星調整会議)にひまわり10号搭載予定のセンサ開発状況、SWFO 地上受信システムの準備状況、静止気象衛星の宇宙環境計測装置の相互校正等に関する情報を入力した。GSICS(全球衛星搭載センサー相互校正システム)の GRWG(研究作業部会)の下に新たに宇宙環境センサの相互校正を扱う宇宙天気サブグループを設立、相互校正の標準化に向けた議論を開始した。UN/COPUOS(国連・宇宙平和利用委員会)の宇宙天気サービスに関する勧告(令和5年2月、COSPAR、ISES、WMO の3機関において、宇宙天気活動の国際的な調整を改善するための活動を行うこと)を受け、令和5年11月17日ジュネーブ WMO 本部にて、第1回国際宇宙天気調整フォーラムを機構が共同議長として開催するなど、国際連携活動を進めた。	の X クラス以上の太陽フレア発生時に初動判断チームが24時間体制で確認し、対応レベル判断を行った。大規模な太陽フレア等宇宙天気現象発生時には、お知らせによるウェブ発表、メディア対応、記者発表会、関係府省庁への周知を滞りなく実施し、国内外の社会的影響について調査し、ウェブサイトや国内外関連学会にて報告した。 太陽フレア AI 予報モデル(Deep Flare Net)の信頼度を向上した DeFN-Reliable を開発し、令和3年度から公開するとともに宇宙天気予報会議での利用を開始した。AIを用いた太陽フレア4クラス予報モデルを確率予報に拡張し、精度評価と実装を進めている。また Deep Flare Net の民間活用を促進するため、令和4年度に特許登録を行い、令和6年度から公開データベースの商用向け覚書を作成、技術移転の手続きを開始した。
(3)電磁環境技術 高度化した通信機器と電気電子機器の電磁的両立性の実現や、新たな無線システム等の安心・安全な利用を実施するため、高精度な電磁環境計測技術及び電波の人体ばく露評価技	(3)電磁環境技術 電磁環境技術は、高度化した通信機器と電気電子機器の相互運用の実現や新たな無線システム等の安全・安心な利用を実施する際の電磁的両立性を確保するために必要不可欠な基盤技術であることから、先端 EMC 計測技術や生体 EMC 技術に関する研究開発を行う。	(3)電磁環境技術 大学・研究機関等との共同研究(実績:大学 20、民間企業2)や協力研究員・研修員 18 人の受入れなどによる研究ネットワーク構築・活用を継続的に行った。さらに、オープンフォーラム NICT/EMC-net(主に産業界からの要望取得と議論を行う場として設置)においては、令和3～7年度に毎年開催した NICT/EMC-net シンポジウムに総数 550 名が参加するとともに、NICT/EMC-net 研究会登録会員数は 900 名を超すなどの活動などを通じて、電磁環境技術に関する国内の中核的研究機関として役割を果たす見込みである(人数はいずれも延べ、令和7年度分は見込数)。	(3)電磁環境技術(3-3. 機構法第14条第1項第5号の業務を含む) 高密度に分布する広帯域電磁雑音源を想定し、一般的条件を考慮して、受信雑音電力の確立分布に基づく2種類の許容値設定モデル(最強雑音源、全雑音源)を構築し、最強波源を想定した許容値設定モデルの国際標準

術の研究開発を実施するとともに、標準化活動等を推進することで、技術基準策定等にも寄与するものとする。	さらに、大学・研究機関等との研究ネットワーク構築や共同研究の実施等により、電磁環境技術に関する国内の中核的研究機関としての役割を果たすとともに、研究開発で得られた知見や経験に基づき、国際標準化活動や国内外技術基準の策定等に寄与すると同時に、安全・安心な ICT の発展に貢献する。	研究開発で得られた知見や経験に基づき、下記に示す通り国際電気通信連合 (ITU)、国際電気標準会議 (IEC)、世界保健機関 (WHO)、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) 等の国際標準化および国内外技術基準の策定に対して、第4期と同様に機構トップクラスの規模で参画し、関連規格・基準等の策定に大きく寄与した。 国際会議エキスパート・構成員総数は 298 人(うち議長等役職者総数は 26 人)、国際会合参加者総数は 468 人、国際寄与文書提出総数 88 件、機構寄与を含む国際規格文書の成立総数 16 件など(人数はいずれも述べ、令和7年度分は見込数)。 国内標準化会議構成員総数は 331 人(うち議長等役職者総数は 65 人)、国内会合参加者総数は 554 人、文書提出総数 73 件、機構寄与を含む国内答申・ガイドライン等への反映総数 13 件など(人数はいずれも述べ、令和7年度分は見込数)。	化を成立させたこと、5G システムを保護するための 40GHz までの許容値を導出し、国際規格原案に反映させることを確定させたことなどは、科学的意義、社会的価値、社会実装の全ての軸において重要で卓越した成果である。 温度感受性蛍光色素を混合した生体等価ファントムと共焦点レーザー走査型顕微鏡を組み合わせ、生体等価ファントム内の温度分布を3次元的に高空間分解能で経時的に観測する測定系を構築、従来の光ファイバー温度計と比較して 100 倍以上となる役 20 μm の空間分解能と約 0.05°C の温度分解能を達成し、非接触での超高精度測定を可能にしたことなどは、科学的意義の高い成果であるとともに社会的価値も同時に向上させる卓越した成果である。
(ア)先端 EMC 計測技術	(ア)先端 EMC 計測技術 高度化した通信機器と電気電子機器の相互運用を実現するために、通信機器と電気電子機器が混在した状況下における雑音許容値設定モデル開発等の電磁干渉評価技術の研究開発を行い、5G/IoT 環境を支える雑音許容値と試験法の確立に寄与する。また、電磁干渉評価に必要な高分解能電磁環境計測技術及び較正技術の研究開発を行い、先進レーダーシステムや Beyond 5G 等で用いる広帯域パルス電磁波の高精度評価技術・電磁波制御技術等を確立するとともに、国立研究開発法人情報通信研究機構法(平成 11 年法律第 162 号。以下「機構法」という。)第 14 条第1項第	(ア)先端 EMC 計測技術 5G などの無線通信機器と電気電子機器が高密度に混在する状況下において、複数の雑音源(電気電子機器)が無線通信に対して与える干渉を防ぐための適切な雑音許容値の設定を目的として、高密度に分布する広帯域電磁雑音源を想定し、受信雑音電力の確率分布に基づく2種類の許容値設定モデル(最強雑音源、全雑音源)を構築し、最強波源を想定した許容値設定モデルの国際標準化を成立させた。また、令和6年の CISPR 運営委員会において、複数雑音源(全波源)の集積効果に関する議論を開始することが合意されたが、本研究成果によって CISPR での議論を優位に進められる状態としている。さらに、本モデルに 3GPP 規格等を根拠とする具体的な 5G 通信のパラメータを与え、世界で初めて 5G 保護を目的とした 1GHz から 40GHz までの雑音許容値案を導出し、CISPR 共通エミッション規格への 40GHz までの許容値導入を提案し、規格原案への反映を確定させた。 5G などの無線通信機器と電気電子機器が混在する状況下において、無線通信品質の保護を目的として、複数の雑音源が相関を持つ場合に対応した雑音測定法を確立した。 事象の原因を究明するため、同一の電源ダクトレールに設置された複数の LED 照明について、その個数や設置位置を変化させながら、電源ダクトレール周辺における放射雑音強度の空間分布を詳細に調査した。その結果、複数の LED 照明から放射される雑音は、各 LED を個別に点灯させた際の雑音電力スペクトルの線形和	我が国で初めて実運用の 5G 基地局からの電波ばく露レベルを明らかにし、5G FRI(6GHz 以下)及び FR2(28GHz)の周波数帯における電波ばく露レベルを把握するために、基地局からのメインビームの電波を捉えるために、携帯電話端末にデータをダウンロードしながらの測定を可能とする測定系を構築し、東京都内及びその近郊で測定を行い、データ解析を実施、5G 基地局からの電波ばく露レベルは、データ通信時を含め従来の携帯電話システムからの電波ばく露レベルの同等

5号業務等の試験・校正業務に反映する。

とはならないことが明らかとなった。このことから、従来行われてきた、LED から一定距離離れた単一点における電界強度による試験では、十分に評価することが困難であることが示された。そのため電波反射箱の利用を検討した。先ず雑音測定で使用されるピーク検波および平均値検波が電波反射箱測定において正確に動作するための条件を、測定帯域幅と反射箱の減衰時定数の積を使った簡潔な関係式で明らかにし、未だ国際標準化されていない実効値(RMS)検波方式を用いることで本条件に拘束されない測定値が得られることと、従来の電波暗室での測定結果との互換性を確認した。さらに電波反射箱を用いて複数のLED電球からの放射雑音の全電力を測定し、周波数帯域で積分した結果、LEDの点灯数に対して積分電力が線形に増加することを初めて明らかにし、たまた再現性よく測定するための重要な要件を明確にした。さらに複数雑音の集積効果が成立するための条件を明確にし、論文発表の見込みである。

CISPR標準化においては、1GHzのから40GHzまでの放射雑音測定における電波反射箱の使用を見据えて、電波反射箱を用いた雑音測定における検波方式の標準化を開始させた。将来的に複数雑音源の規制に対応可能な雑音測定法の基盤を確立できたといえる。

- 5Gなどの無線通信を電磁雑音から保護する指針を見出すために無線通信と電磁雑音のパラメータを幅広く変更可能なシミュレーションによる干渉系を構築し、さらに無線端末実機の性能を評価するために電子機器からの雑音の測定データと無線通信信号を合成して電磁雑音が無線通信端末に与える影響を評価できる実験システムを開発した。ガウス雑音による干渉について、シミュレーション系と実験系の干渉結果を比較することにより各システムの妥当性の検証を行った。さらに実験系においては、特定の周波数(占有帯域幅の2割程度)において、CW性の雑音は同電力レベルのガウス雑音よりも通信品質に悪影響を与えることを明らかにした。さらにCW性の雑音に対する通信品質の劣化特性を明らかにし論文発表の見込みである。

さらに、機構が開発し国際標準化したAPD(振幅確率分布)測定法を用い、CISPR規格におけるマルチメディア機器の許容値提案の妥当性を検証した。コピー機の雑音と5G通信シミュレーターで生成した無線通信信号を合成して5G通信への影響を評価し、2種類のコピー機からの放射雑音が提案許容値を満たす場合、5G通信

以下であることを明らかにしたことは、社会的価値が高い成果であるとともに、社会的リテラシー向上や安心・安全な電波利用の社会的浸透に向けた社会実装としても卓越した実績である。

世界に先駆けて330GHzから500GHz、500GHzから750GHz、750GHzから1.1THzまでの電力計比較システムを構築し、特定実験試験局の特例措置に対応するための確認サービスを開始(750GHzから1.1THzについては令和7年度から開始予定)したことは、社会的に高周波利用を進めるために不可欠なものであり、社会的価値の高さとともに、高周波電波の安心・安全で安定な利用を実現するために行政とも連動した社会実装成果としても卓越した先進成果として評価すべきである。

これら、複数の軸にまたがる成果に加え、科学的開拓となるカッティングエッジの特筆すべき成果として、電波ばく露実験に不可欠な高強度光源が無かった600GHz付近の周波数帯について600GHzのジャイロトン(真空管)を開発し連続発振に成功したことは極めて重要な科学的意義の高い卓越した成果である。

また、電波の不安感やリスクに対処するためのリスクコミュニケーションから電波の基本的性質や利活用等のベネフィット認知を目指す科学技術コミュニケーション

に影響を与えないことを確認した。さらに、パルス変調妨害波を用いて振幅と繰り返し周波数を変化させ、5G 通信への影響度を調査し、コピー機からのパルス発生頻度が、実際に5G に影響を与えるパルス発生頻度に比べ桁小さいことを明らかにし、既に国際規格に提案した APD 許容値の妥当性を補強した。

- 第4期までに開発した近接電磁耐性評価用アンテナの小型化に取り組み、放射電界分布の均一性や放射特性を保持しつつ、発熱抑制や剛性向上を図り、最終試作を行った。試作品の評価では、電界分布や放射効率に加え、距離特性の良好さを確認し、近接電磁耐性評価における距離特性の重要性を論文化した。また、共同研究先との知財実施契約も進めた。最後に国際規格に準拠した小型アンテナとしての最終評価を実施し、製品化を完遂することで令和5年度に計画を早期達成した。既に大学や試験機関への販売実績を上げている。さらに、放射エミッション測定を含めた EMC 測定に用途を拡張させるために、アンテナ高周波化の構造設計に着手し、数値シミュレーションによる特性評価によって 1GHz から 18GHz にわたる優れた放射および低反射特性を示し、EMC 測定用アンテナとしての有効性を確認した。令和7年度には製品化したアンテナを近接放射イミュニティシステムへ組み込んで応用する見込みである。

- 電磁雑音を高精度かつ再現性良く測定するための研究開発を行うとともに、その成果を CISPR へ寄与し、国際規格の策定に貢献した。

周波数 18GHz～43.5GHz における試験場の性能評価法については、業界団体及び民間企業との協力体制を築き、国内の主要な電波暗室(6基)の性能比較測定を実施し、電磁雑音の測定が高精度かつ再現性よく行える試験場の条件を明らかにした。また、電磁雑音測定用アンテナの較正について、RRA(韓国国立電波研究院)と共同研究を実施し、アンテナと受信機を繋ぐ同軸ケーブルの通過損や空間伝搬損が大きいために測定精度が劣化する問題を緩和することを目的に、較正に必要なアンテナ間距離、配置、床面に設置する電波吸収体の性能・設置面積等の条件を明らかにして、CISPR(国際無線障害特別委員会)に寄書入力した。今後、CISPR 規格化に向けて議論を主導していく。

周波数 30MHz 以下の妨害波測定では、機構が開発した試験場の性能評価法及びループアンテナの較正法が CISPR 規格として成立し、2つの国際規格文書が発行された。また、機構が開発した標

ンまでを統合させた「総合コミュニケーション」を提唱し、電波に関する適切なリスク認知を醸成するだけでなく、リテラシー向上をも目指した総合コミュニケーションの具体的な手法を検討するための令和6年度に外部有識者による委員会を設置したことは、電波を正しく理解して社会で活用していくための仕組みとして極めて重要な位置付けになっていくものである。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

- 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。
- 導波管プローブと電力計を 300GHz 以上で較正し用いることで高精度な入射電力密度測定を可能にした。入射電力密度の時間変動をリアルタイムで捉えるために、光学結晶の複屈折効果を活用した入射電力密度分布測定システムを開発し導波管プローブを用いた手法に比べて 50 倍以上の速度で測定することに成功した。600GHz 付近の周波数帯については、電波ばく露実験に不可欠な高強度光源が無く、独自に 600GHz のジャイ

準ループアンテナについても、CISPR規格として成立した。これらの貢献に対し、機構職員が ITU 協会賞及び IEC-APC 議長賞を受賞した。さらに、電源ケーブルを伝わる伝導妨害波を測定するための電流プローブの較正法について研究開発を行い、複数存在する較正法の中から、較正の不確かさが最も小さくなる較正法を国際規格として提案することによって、規格の策定に向けた議論を大きく前進させた。また、オーストリア、ドイツ、イギリスのエキスパート（研究者）と共著で、本成果を国際学会で発表した。

- 広帯域パルス電磁波を高精度に評価するための基盤技術として、電気-光変換器及び光-電気変換器を用いることで、光伝送により 43.5GHz まで低損失で伝送させるためのシステムを構築した。光伝送系を利用することにより大幅な伝送損失の低減を実現できる一方、周囲温度の変化による信号の変換精度の劣化が問題となるが、バイアス電圧をフィードバック制御することで、 $\pm 0.1\text{dB}$ 以内で安定した動作を実現させた。さらに、令和7年度には、電気-光変換器と光ファイバケーブルによるパルス波形の歪みを補正し、時間領域でのパルス波形を再構築することで、広帯域パルス電磁波の高精度評価技術を確立する見込みである。
- ローカル5G の 28GHz 帯における電波伝搬制御技術として、メタマテリアル構造を有し、電波を特定の領域でなく、広範囲に散乱させることにより電波不感エリアを解消することが可能な電波散乱シートの開発を行った。散乱特性に対して材質と厚みを GA（遺伝的アルゴリズム）により最適化した保護層付き電波散乱シートを開発し、特許を出願・登録した。さらに、民間企業と協力し、実用化に向けた実証モデル（プロトタイプ）を試作した。電波不感エリアにおける実証試験では、試作品による電波散乱により5G データ通信が可能となり、通常の金属反射板よりもスループットが2倍程度向上することを確認し、開発した電波散乱シートの有効性を実証した。シートの薄型化（ $100\mu\text{m}$ ）も進め、微細加工が必要な Beyond 5G を見据えた 300GHz 帯の電波散乱シートも開発し、その性能評価のために散乱特性を高精度に評価できる測定系を構築する見込みである。
- 特定実験試験局のテラヘルツ帯における特例措置に対応するために必要不可欠である電力基準値を、330～500GHz において決定した。また、その基準値を使用して、補正値を提供するために用いる電力計比較システムを開発し、その性能評価を行い、確認サ

ロトロン（真空管）を開発し連続発振に成功した。

- 複数の雑音源（電気電子機器）が無線通信に対して与える干渉を防ぐための雑音許容値を導出する確率モデルを構築し、40GHz までの周波数範囲における5G 保護のための許容値を導出し、CISPR（国際無線障害特別委員会）における国際標準化を行った。本モデルに 3GPP 規格等を根拠とする具体的な 5G 通信のパラメータを与え、世界で初めて5G 保護を目的とした 1GHz から 40GHz までの雑音許容値案を導出し、CISPR 共通エミッション規格への 40GHz までの許容値導入を提案した。
- 微小環境測定（個人が小型測定器を携帯することによって実施する測定）を、東京都心と市街においてそれぞれ4種類の周辺環境（主要な駅中心部、商業地区、住宅地域、公共の公園）で歩行しながら実施した。その結果、微小環境測定においても、令和5年度までに行ったスポット測定（ある固定の地点における測定）と同様に、市街に比較して都心部のほうが電波ばく露レベルが高いことが確認された。さらに、同じプロトコルで測定したオーストラリアの結果と比較すると、同程度の人口密度である市街において、我が国の電波ばく露レベルは同程

		ービスを提供できる体制を整備した。さらに 500～750GHz において電力基準値を決定し、必要なシステムを整備した。750～1100GHz に拡張し、完遂予定である。 また、スペクトル分析器の入力信号と表示レベルの関係(線形性)を較正する方法を開発した。この較正法は、高周波減衰量の標準器が無いテラヘルツ帯でも較正できる方法であるとともに、従来法を超える精度で較正できる画期的な較正法である。本研究成果は論文文化され、電子情報通信学会論文賞を受賞した。	度であることが判明した。
(イ)生体 EMC 技術	(イ)生体 EMC 技術 無線技術の高度化に対応した安全・安心な電波利用環境を構築するため、新たな無線システム等の電波防護指針への適合性を簡便かつ高い信頼性で評価する技術、Beyond 5G 等で利用されるテラヘルツ帯までの電波の人体ばく露特性を高精度に評価する技術等の研究開発を行い、5G/IoT 環境に最適化した適合性評価方法の確立、Beyond 5G 等に対応した電波防護指針の策定に寄与する。また、人体電波ばく露レベルに関する詳細かつ大規模なデータを取得・蓄積し、5G/IoT 等の電波ばく露に関するリスクコミュニケーション等に活用する。	(イ)生体 EMC 技術 • GHz 超の電波を発射する携帯無線端末等に関して、人体防護の国際ガイドラインの指標とされた局所吸収電力密度の評価方法として、近年、IEC/IEEE で提案された 6GHz～10GHz における局所吸収電力密度の評価方法に対する検証実験を実施し、数値シミュレーションによる参照値との比較により、測定の偏差が適合性確認に許容される範囲(30%以内)に収まっていることを確認し、当該評価方法の妥当性を示した。本成果は、国内の技術基準(人体(両手を除く。))における吸収電力密度の測定方法等)の策定へ大きく貢献し、告示として制度化された。さらに、高周波帯における革新的な評価手法として、周囲の電磁界測定から人体等価ファントムへの吸収電力密度を高精度に推定する方法を世界に先駆けて開発した。本方法に基づいて構築した評価装置は、28GHz から 70GHz(予定)という幅広いミリ波帯において、様々な条件下での空間平均吸収電力密度の測定を可能とし、その不確かさ評価も含めて、IEC における国際規格策定の議論に大きく貢献した。 • 6GHz 以下の電波を発射する携帯無線端末等に関して、最新のスマートフォンに実装されているばく露低減技術について、IEC/IEEE 国際規格に準拠した評価手法の検証を実施した。具体的には、国内市場の実機を用いて、近接センサによる電力制御機能および端末チップに実装されたばく露低減技術の時間平均評価手法の妥当性を検証し、新しいばく露低減技術に対応した評価方法の確立に貢献した。また、適合性評価の大幅な効率化が期待される高速 SAR 測定システム(プローブアレイ方式)の実用化に向けて、テスト端末を活用した性能検証を実施し、従来型測定装置(現行の適合性確認装置)との詳細な比較により、不確かさ評価やシステムの妥当性評価における技術的課題を明確化した。さらに、SAR 値が高い条件(概ね 1W/kg 以上(ばく露許容値は 2W/kg))での測定に	【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 公的研究機関として世界で初めて、実運用中の 5G 基地局による電波ばく露レベルを明らかにした。具体的には、5GFR1(6GHz 以下)及び FR2(28GHz)の周波数帯における電波ばく露レベルを、東京都内及びその近郊で測定し、データ解析を実施した結果、5G 基地局からの電波ばく露レベルは、データ通信時も含め従来の携帯電話システムと同等またはそれ以下であることを明らかにした。 • 6GHz 超の電波を発射する携帯無線端末等に関して、人体防護の国際ガイドラインの指標とされた局所吸収電力密度の評価方法として、近年、IEC/IEEE で提案された 6GHz～10GHz における局所吸収電力密度の評価方法に対する検証実験を実施し当該評価方法の妥当性を確認した。本成果は、国内の技術基準(人体(両手を除く。))における吸収電力密度の測定方法等)の策定へ大きく貢献した。さらに、高周波帯における革新的な評価手法として、周囲の電磁界測定から人体等価ファントムへの吸収電力密度を高精度に推定する方法を世界に先駆けて開発した。

おける高速 SAR 装置の有用性(安全性評価で最も問題となる偽陰性評価をしないこと)を明らかにした。さらに高速 SAR 測定システムのラウンドロビンテストに参画予定である。また、将来的な適合性評価の効率化を見据え、機械学習を活用した測定数の最適化に関する基礎的検討を開始した。

- 5G 基地局(28GHz 帯)やマイクロ波 WPT システムに対して、人体はこれまで以上に指向性の強い電波に曝されることが予想されることから、指向性の強い電波のばく露特性を世界に先駆けて解明した。大規模数値シミュレーションにより、大地や壁面からの反射など人体周辺の影響を評価した。実環境を考慮した現実的な条件下での人体ばく露量を定量化する見込みである。また、数 10W クラスの高出力を特徴とするマイクロ波 WPT システムについて、人体検知センサによる安全対策の有効性を検証した。センサの検知限界距離における人体ばく露量の詳細な評価を実施する見込みである。
- 5G で使用される複数周波数帯からの電波ばく露に関して、複数機種スマートフォン数値モデルを作成し、高精度数値人体モデルを用いて、5G の現実的な複合ばく露シナリオに基づく電波ばく露量を数値シミュレーションにより分析した。6GHz 以下の周波数(FR1)における 2 周波同時ばく露と、令和7年度に 6GHz 以下(FR1)と 6GHz 以上の周波数(FR2)の組合せによる複合ばく露について解析し、複数の周波数の電波が同時に人体に照射される場合、体内で吸収される電波の強さ(最大局所 10g 平均 SAR)は、各周波数の電波の強さの割合に比例して変化することを確認した。
- 300GHz 以上の周波数帯においては、入射電力密度の測定法が未確立であり、電波の安全性評価を推進する上で重要な課題であった。本研究では、導波管プローブと電力計を 300GHz 以上で校正し、それらを用いることで、高精度な入射電力密度測定を可能にした。また、入射電力密度の時間変動をリアルタイムで捉えるために、光学結晶の複屈折効果を活用した入射電力密度分布測定システムを開発し、検出素子や光学系の最適化により、導波管プローブを用いた手法に比べて 50 倍以上の速度で測定することに成功した。

さらに、600GHz 付近の周波数帯については、電波ばく露実験に不可欠な高強度電波発生装置が無く、独自に 600GHz のジャイロトロン(真空管)を開発し、600GHz の連続発振に成功した。また、ジャ

- 国内の放送及び無線通信が使用する周波数における電波ばく露レベルの長期変化を明らかにするため、令和3年度に測定結果の統計解析を実施した。その結果、電波ばく露レベルは、同一地域における約 10 年前の測定データと比較して、市街地及び郊外においては約3倍に上昇しており、地下街においては約 100 倍に顕著に増加していることが明らかとなった。いずれの場合も、電波防護指針値に対しては十分に低いレベルに留まっており、中央値で約1万分の1以下、最大値でも約1千分の1以下の水準であることを示した。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- テラヘルツ帯(100GHz 超)の周波数において、令和4年に施行された特定実験試験局の特例措置に対応するため、確認サービスを新たに開始した。令和5年度に 330GHz～500GHz の確認サービスを開始し、令和7年度内までに 1.1THzまでのサービス開始の目途がつく見込みである。将来の周波数利用に基づく校正・確認サービスの展望について、産業技術総合研究所と共同でテラヘルツ帯(100GHz 超)を含む周波数領域の計量標準および校正技術のロード

イロトロンを用いた高強度テラヘルツ波発生装置とミラー系、電力制御系を組み合わせ、世界初の電波ばく露装置を構築した(令和7年3月報道発表)。複数の入射電力密度で安定なビームを得ることで、生体等価ファントムに対する実験的な電波ばく露評価を可能にする見込みである。

- テラヘルツ帯における生体組織の電気特性の解明によって、高精度ばく露評価に不可欠な生体等価ファントムを開発した。本成果は、テラヘルツ時間領域分光法と全反射減衰分光(ATR)ユニットを組み合わせた先進的な測定システムを用いて、100GHz～600GHzの広帯域における皮膚および眼部組織の水分量と複素比誘電率の関係等を系統的に分析したことにより達成した。また、100GHzまでの生体組織の複素比誘電率等のデータについては、生体組織の電気定数データベースを構築するとともに広く公開した。令和7年度には100GHz以上の皮膚および眼部組織の電気定数データ等についても整備し、論文等で公開する見込みである。さらに、テラヘルツ帯のばく露評価において生体表面の微細な凹凸構造が重要な影響を与えることを解明し、国際学術論文誌に採録されるとともに、この知見に基づいて皮膚の高精度生体等価ファントムを開発し、さらには皮膚の溝や丘を精密に模擬した数値人体モデルの構築に成功した。
- テラヘルツ帯において不可欠な、3次元で高空間分解能を有する温度分布測定技術を開発した。次世代通信システムで想定される急峻な時間変動特性を持つテラヘルツ帯電波のばく露を高精度に評価することも視野に入れ、温度感受性蛍光色素を混合した生体等価ファントムと共焦点レーザ走査型顕微鏡を組み合わせた先進的な温度分布測定技術により、ファントム内の温度分布を3次元的に高空間分解能で経時的に観測する測定系を構築した。本技術は、従来の光ファイバー温度計と比較して100倍以上の性能となる約20 μ mの空間分解能と約0.05 $^{\circ}$ Cの温度分解能を達成し、非接触での超高精度測定を可能にした。解析面の2次元画像について約1秒間隔の測定を達成する見込みである。
- テラヘルツ帯の電波ばく露評価において、大規模電磁界計算環境を構築し、その計算環境を用いた数値シミュレーションと実験的検証により、超高周波帯における人体の詳細な電波吸収特性を世界で初めて明らかにした。本研究では、数百マイクロオーダーの生体内波長に対応する超高精細・高精度な数値人体モデルを用いて、

マップを作成し公表した。

- 研究開発で得られた知見や経験に基づき、下記に示す通り国際電気通信連合(ITU)、国際電気標準会議(IEC)、世界保健機関(WHO)、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)等の国際標準化および国内外技術基準の策定に対して、令和3～7年度を通じて機構随一の規模で参画し、関連規格・基準等の策定に大きく寄与した。
- 機構法第14条第1項第5号に定める業務を、電波法に基づく国内最上位校正機関として、コロナ禍においても業務を停滞させることなく継続的かつ安定的に実施し、電波の公平かつ効率的な利用の実現に貢献した。特に110GHz～330GHzにおいて、整備した電力計比較システムの改善および体制強化に努めた結果、受入可能件数を年間数件から20件程度に増やし、顧客の待ち時間を大幅に低減できた。

100GHz から 600GHz までの広帯域における電波吸収特性を詳細に評価した。特に、皮膚や眼球に対する局所ばく露時の電波吸収特性について、生体組織の電気定数依存性、組織の厚さ、さらには表面形状による電波吸収特性の不確かさについても明らかにした。さらに、シミュレーション結果の妥当性を実証するため、独自開発の高強度ばく露装置と生体等価ファントムを用いた実験的検証を実施し、265GHz と 600GHz の電波ばく露に起因する温度上昇特性を得る見込みである。

- 国内の放送及び無線通信が使用する周波数における電波ばく露レベルの長期変化を明らかにするため、第4期の令和元年度には市街地及び郊外、令和2年度には地下街において、携帯電話基地局等からの電波ばく露レベルを合計 500 地点以上で測定した。さらに、第5期において、令和3年度に測定結果の統計解析を実施した。その結果、電波ばく露レベルは、同一地域における約 10 年前の測定データと比較して、市街地及び郊外においては約3倍に上昇しており、地下街においては約 100 倍に顕著に増加していることが明らかとなった(令和3年 12 月報道発表)。この地下街における上昇は、地下街において不感地帯の解消が進められたことが主な要因と考えられる。さらに、ランドマーク(駅周辺、商業施設等)の測定を行い、電波ばく露レベルを明らかにした(令和7年度見込)。しかしいずれの場合も、電波防護指針値に対しては十分に低いレベルに留まっており、中央値で約1万分の1以下、最大値でも約1千分の1以下の水準であることを示した。
- 我が国で初めて、実運用中の5G 基地局による電波ばく露レベルを明らかにした。具体的には、5GFR1(6GHz 以下)及び FR2(28GHz)の周波数帯における電波ばく露レベルを、東京都内及びその近郊で測定し、データ解析を実施した。5G 特有のアンテナビーム制御技術に対応するため、携帯電話端末にデータをダウンロードしながらメインビームの電波を補足する測定システムを構築し、端末からの送信電波を除いた状態で正確な測定を実施した。その結果、5G 基地局からの電波ばく露レベルは、データ通信時も含め従来の携帯電話システムと同等またはそれ以下であることを明らかにした。電波防護指針値に対しては十分に低いレベルに留まっており、中央値で約1万分の1以下、最大値でも約1千分の1以下の水準であることを示した(令和6年7月報道発表)。
- 国内における電波ばく露レベルの地理的な空間分布を把握するた

めに、令和3年度から電測車による電波レベルの測定を開始した。測定範囲は関東周辺、政令指定都市、離島など日本全体をカバーし、総走行距離は 40,000km を超える。また、特に人が密集するイベントなどの特殊な環境における電波レベルの調査も実施した。さらに、取得した測定データを基準地域メッシュ(1km²)毎に平均し、世界的に前例がない規模と空間分解能を有するデータベースを構築して、同地域の人口密度と比較した結果、人口密度が密になるにつれて携帯電話基地局からの電波レベルは高くなる傾向があることを明らかにした。この傾向は、離島(沖縄)を含めて全国的に同様であった。また、大規模イベント周辺の測定を行い人が密集している状況での電波レベルを測定した(令和7年度見込)。さらに、このデータベースを電波レベルマップとして、Web 上に公開した。

- 電波の安全性に対する関心が特に高い、小児における電波ばく露レベルを把握するために、教育委員会の協力のもと、携帯電話回線又は無線 LAN を使用してインターネット接続を行う小学校(静岡、東京)、及び中学校(静岡、千葉)の教室内で電波ばく露レベルの測定を実施した。教室内における PC の使用状況(使用中/非使用中)を区別して測定を行った。その測定結果を令和3年度に実施した一般住居内 48 宅での PC 使用時の電波ばく露レベルと比較し、教室内の PC 使用時においても一般住居内の電波ばく露レベルと同レベルであることを明らかにした。
- 長期的な電波レベルの変動を明らかにするために、複数定点におけるデータ取得を令和6年度に実施した。定点として、学校・病院・公共施設など日本全国 33 か所を選定し、長期的かつ継続的な自動測定を可能とするメンテナンスフリーの電波ばく露レベル測定システムを構成し、各地での設置作業を実施した。分析した結果、電波ばく露レベルには若干の周期変動が認められるもののほぼ一定であることがわかった(令和7年度見込)。オフィスや都市のレベルは、平日の昼間に上昇し、夜間や休日は減少する傾向であった。
- 微小環境測定(個人が小型測定器を携帯することによって実施する測定)を、東京都心と市街においてそれぞれ4種類の周辺環境(主要な駅中心部、商業地区、住宅地域、公共の公園)で歩行しながら実施した。その結果、微小環境測定においても、令和5年度までに行ったスポット測定(ある固定の地点における測定)と同様に、市街に比較して都心部のほうが電波ばく露レベルが高いことが確

認められた。さらに、同じプロトコルで測定したオーストラリアの結果と比較すると、同程度の人口密度である市街において、我が国の電波ばく露レベルは同程度であることが判明した。

- 微小環境測定の測定参加者に対する測定結果のフィードバックが、被験者の電波に対する意識レベル、自覚ばく露レベルとリスク認知に影響を及ぼすことを、フィードバック半年後までの追跡調査を含めて明らかにした。続けて、客観的ばく露レベルの提示によるリスクコミュニケーションの効果を大規模に検証するため、電波ばく露レベルモニタリングデータを含む電波に関する情報を掲載したウェブサイト構築し、およそ 800 人に対しウェブサイト閲覧前後及び 5 週間後の調査を行ない、被験者を回答の類似性に基づいて分類した(クラスター分析)結果、「安心層」「不安層」「低関心層」「高関心層」を主成分として見出し、不安層においてウェブサイト閲覧の効果が顕著かつ持続的に現れることを確認した。さらに、6000 人規模のアンケートにより、電波に対する客観的知識がリスク認知に関連していることを明らかにした。以上の結果から、①リスクコミュニケーション対象を不安等の尺度により分類することと、②リスクコミュニケーションを通じて客観的知識の上昇がなされる際に、同時に電波利用のベネフィット認知等を提供することにより過剰な不安感発生を予防するといった包括的なコミュニケーションが必要であることを明らかにした。

以上の成果に基づいて、電波の不安感やリスクに対処するためのリスクコミュニケーションだけでなく、電波の基本的性質や利活用等のベネフィット認知を目指す科学技術コミュニケーションを統合させた「総合コミュニケーション」を提唱し、電波に関する適切なリスク認知を醸成するだけでなく、リテラシー向上をも目指した総合コミュニケーションの具体的な手法を検討するための令和6年度に外部有識者による委員会を設置した。総合的なコミュニケーション手法の検討を行うとともに、電波レベルを簡易に推定する手段の検討を行う見込みである。

- 電波ばく露レベルモニタリングの国際的な連携体制を確立するために、2022 年開催の国際生体電磁気学会(BioEM)にて、電波ばく露レベルモニタリングのワークショップを企画・開催し情報交換を行うとともに、EU の国際研究プロジェクト(SEAWave)と協調して電波ばく露レベルモニタリングの研究を実施する協力関係を築く他、アジアにおいては韓国 RRA(韓国国立電波研究院)及び KCA(韓国

		消費者院)との協力関係を構築した。 更に、モニタリングプロジェクトの成果を公開する場としてモニタリングシンポジウム(2021年及び2023年)を開催した。コロナ禍を終えた2023年は、正確かつ円滑なコミュニケーションが特に必要な場であり、その上で質の高い議論を尽くすために対面開催とし、講演及び成果を詳細に説明するためのポスター発表を行った。さらに第2部として、有識者によるパネルディスカッションを行い、成果の総括及び今後に向けた提言を、我が国のEMC研究における中心的機関として取りまとめた。 さらに、令和5年度から毎年、年に6回開催する総務省・経産省共催の「電磁波の健康影響に関する講演会」において、実環境中の電波レベルの測定結果を一般向けに説明した。また、若者へのアウトリーチ活動として、モニタリング装置を設置している中等教育学校で出張講義を実施し、測定データを活用することで、身の回りの電波に関する理解促進と興味喚起を図った。	
(4)時空標準技術	(4)時空標準技術	(4)時空標準技術	(4)時空標準技術(3-1. 機構法第14条第1項第3号の業務を含む)
高精度・高可用性を両立する標準時及び標準周波数の発生・配信の実現に向け、光周波数標準等を用いる時空標準技術の研究開発を実施し、国際単位系における秒の再定義を先導しうる高精度な時刻比較・共有技術を確認するものとする。	時空標準技術は、3-1.「機構法第14条第1項第3号の業務」と連動して周波数や時刻の基準を生成し、これを社会での時間及び空間技術において利活用する方法を開発するとともに、時刻周波数基準の精度を活かす未踏の研究領域を開拓する。		令和4年8月より1週間に一回以上の頻度で光格子時計を運転し、周波数ドリフトがあるものの短期周波数安定度に優れる水素メーザを合成原子時の計算に導入し、標準時の短期周波数安定度において 10^{-16} (従来比1/3)を実現、また光格子時計を利用して標準時の周波数精度を上げることで標準時の協定世界時に対する時刻差を(従来比1/4)の5ナノ秒内に抑制したことは、未来に向けた標準時高精度化への要求に応える社会的価値が高い成果であるとともに、その実装における実績としても卓越したものとして評価すべきである。
(ア)周波数標準及び時刻生成技術	(ア)周波数標準及び時刻生成技術	(ア)周波数標準及び時刻生成技術	
	光周波数標準技術及びその遠隔比較技術を発展させることで2030年前後に想定される国際単位系の秒の定義改定への国際的な研究開発	周波数ドリフトがあるものの短期周波数安定度に優れる水素メーザを平均原子時の計算に導入することで標準時の時刻変動がより滑らかになり、短期周波数安定度において10^{-16}台(前中長期比1/3)を実現し、また光格子時計の運用データを利用して標準時の周波数精度を上げることで標準時と協定世界時の時刻差を(前中	

活動に貢献する。また、光周波数標準に基づく精度及び分散配置されたマイクロ波周波数標準に基づく信頼性を両立させた標準時及び標準周波数を実現する。

- 期比 1/4)の5ナノ秒内に抑制した。また、次期中長期計画で想定する国内製光格子時計導入に備え、複数の光格子時計データを利用した時系発生アルゴリズム設計を完了する見込みである。
- 光格子時計を平均して週に一度継続的に運用し、標準時システム内の特定の水素メーザーの発振周波数を定期的に正確に評価し、これを標準時システムに提供した。また、簡素な光マイクロ波ハイブリッド時系(水素メーザー・光格子時計・周波数調整器で構成)による参照実信号時系を生成し、日本標準時の参照時系として標準時システムに提供した。これら光格子時計の間欠運用と参照時系の生成は令和3年8月より継続的に行い、今中長期終了まで4年半継続する見込みである。
 - 4局(本部・神戸・送信所2か所)による統合時系を確立して、本部時系に対して 20 ナノ秒内の偏差で常時実利用する系を神戸副局の現用時系として構築した。これにより、本部被災時でも神戸が本部の時計停止の影響を受けずに時刻を継続発生可能とする形となり、標準時システムの耐災害性をさらに向上させた。またシステムの監視制御システムの改修による、より信頼性を高めた副局標準時及び周波数の発生運用システムを構築する見込みである。
 - 国際原子時校正のデータを令和3年9月から令和4年8月まで年間を通して継続的に BIPM に提出することに成功した。また、さらなるリンクの不確かさ低減を狙って、光格子時計-標準時-国際原子時とつながる周波数リンク(含機構内配線、GNSS リンク)による系統誤差を年間を通して遅延時間変動5ps以内、相対周波数差として 2×10^{-17} 以内と評価し、今後期待される 17 乗台での評価においても年間を通じてリンク誤差が不確かさを制限しないことを確認した。
 - 他機関(産総研、KRISS(韓))との間で光格子時計運用データの共有を開始し、16 桁前半での周波数比較及び周波数比測定を実施した。これによってデータの BIPM への提出前の事前チェックが可能となり、国際原子時校正及び周波数比測定によって秒の再定義にさらに大きく貢献できる目処を得た。今後他機関の原子時計データまで含めて計測監視システムを構築する見込みである。令和7年度においてこの他機関の原子時計データまで含めて効果的に利用し、高精度と高信頼性を両立させる計測監視システムを構築する見込みである。
 - 秒の再定義の方法として(a)セシウムに代わる1つの原子遷移とするのではなく、(b)複数の原子遷移の重み付き相乗平均によって

化学メーカー、面発光レーザーメーカー、大手電子部品メーカー等からなる小型原子時計の開発体制を構築し、原子時計を構成する部品の性能評価装置も開発・商品化することで開発を加速し、インクジェッター 括 吹付型 RbN3 原子セル、GHz 発信器、波長可面発光レーザー等の主要構成部品を大量生産する手法を開発したことは、この技術の社会的な価値を向上させる卓越した産業連携成果である。

近距離無線双方向時刻比較(Wi-Wi)技術において、データセンタ内の時刻同期への活用等新しい応用先を開拓するとともに、直達見通しの有無によらず、30 ナノ秒以内の時刻同期と、10ps の位相ジッタを確立し、また当該技術を3社に技術移転したことは、ローカルな時刻同期システムへの要求が高まる中での社会的価値の高さとともに、具体的パートナーへの技術移転による社会実装成果としても卓越したものである。

小型原子時計を多数ネットワークに配置して信頼性のある多数原子時計加重平均クロックを実現するためのクラスタ時系アルゴリズムを確立、原理実証用実機システムを構築し、原子時計単独動作よりも最大1桁以上安定度が改善することを示し、当該システムの社会実装を見据え、ピコ秒レベルの時刻差を測定するネ

		定義する新しい手法、が 2019 年に提案されているが、その方法及び利点・欠点についての解釈が難解であり、これまで国際的な議論が停滞していた。これに対し、周波数空間でのグラフを考え、定義とは周波数値空間内で値を一意に決定する最後の拘束条件と考える事で(a)(b)の方法を統一して見通しよく理解出来る(具体的にはグラフにより直観的に理解できる)ことを提唱し、国際会議等で発表するとともに、当該手法の提案者と共著論文を執筆し、掲載される見込みである。 - 市販の廉価な GNSS モジュールを利用したマルチ GNSS 時刻比較装置を製作し、その性能評価を行い、さらにこれらを神戸副局と標準電波送信所に設置した。これにより4拠点統合時系において原子時計の切替えなどに伴う時刻飛びが生じても容易に補正できる環境を整備した。 - アジア域での複数光時計データの統合利用を見据え、準天頂衛星の実時間高精度モデルである MADOCA PPP products を使用した時刻比較精度の検証を行なった。国際 GNSS サービス(IGS)が公開している高精度なモデルと比較して同等の精度が得られることが確認でき、日本標準時システムの原子時計群分散化で要求される準実時間比較に適用可能なことを確認した。 - 機構が開発し、技術移転をしたモデムについて、その有用性を他の欧州機関においても確認してもらうために PTB(独)、パリ天文台(仏)、INRIM(伊)、RISE(スウェーデン)と共同研究契約を締結し、令和6年度からモデムの貸し出しを行い、性能評価を行う見込みである。	ネットワーク機器を開発した成果は、社会的価値が高く社会実装としても卓越したものである。 半導体超格子ハーモニクミキサを用いてテラヘルツ広帯域(0.1-2.8THz)を1台でカバーし、かつ17桁の超高精度まで測定可能な小型周波数カウンタを開発したことは科学的に先端性の高い卓越した成果である。 以上の例のように、標準時を高度化していく先端技術から、B5G 時代を支える重要な時空間同期技術やクラスタ時系による信頼性向上など、多岐にわたるがいずれも現在から近未来の社会に不可欠な重要技術となる顕著な成果群である。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。
(イ)周波数標準及び時刻供給技術	(イ)周波数標準及び時刻供給技術 安価で携帯可能な原子時計、地上での近距離無線双方向時刻比較技術、光ファイバによる時刻・周波数の伝達手段等を開発することで、Beyond 5G 時代の有無線ネットワーク技術の基盤となる基準時刻及び基準周波数の提供手法を実現する。	(イ)周波数標準及び時刻供給技術 - 時空間同期の3技術(小型原子時計・Wi-Fi・クラスタ時系)を3本の矢として、一体・相補的に扱い、「時空間同期シンポジウム」の開催、XG モバイル推進フォーラム(XGMF)における「時空間同期プロジェクト」の発足等でアピールして、3技術全てにおいて多彩な民間企業と共同で開発する体制を確立した。また同体制は、「時空間同期コンソーシアム」としてその活動を開始する(見込)。 - 安価で携帯可能な原子時計の研究開発において、民間企業及び大学との個別の共同研究の体制から令和4年度後半に移行した計10社程度で構成される一つのプロジェクト体制での統合的な研究開発を本格的に開始した。プロジェクト内にはアルカリ金属試料を担当する化学メーカー、面発光レーザー(VCSEL)メーカー、組立	【科学的意義】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 分散時刻同期網の実機への組み込みについては、有線通信ネットワーク上で動作する10台の小型原子時計からなる実機システムを世界で初めて構築し、時系アルゴリズムの実機への組み込みの検証を実施した。その結果、原子時計単独で動

てを担う大手電子部品メーカーまで揃った体制構築に成功した。これまでの成果としては具体的にはモジュール組付けを想定して、個別部品の原子時計ループ内での性能評価が可能なシステムを開発・市販化を進めた。また、アルカリ金属ソース(RbN3)の滴下装置(インクジェット装置)やRbN3パターンドウェハーなどの市販化にも目途を得た。組み立てメーカーにおいては、自社技術と機構発技術を組み合わせた試作品が完成する見込みである。

- 機構内にてラボレベルでの試作が進んでいた、ガスセル開発や可変波長 VCSEL、RF 発振器に関して、大学・企業の外部機関とのオープンな協業の下、量産性を意識した原子時計のモジュール開発の基本設計を終了し、令和7年度末にオープンな試作モジュールが完成する見込みである。
- ガスセルの大幅な小型・低コスト化を実現する新規な光学素子の萌芽研究として、メタサーフェスを活用した光学部品の薄膜集積化を検討し、コリメータレンズ、プリズム、偏光子の一体集積を世界に先駆けて開発し、またメタサーフェスの製造上の誤差を補正して回折効率を 30%から 90%に上げることに成功し、実利用の可能性を広げた。また当該成果は報道発表を行った。
- 新規な固体材料として窒素内包フラーレンの可能性に着目し、萌芽的な研究としてまずフラーレンのエピ成膜に成功した。また、窒素内包フラーレンの高純度パウダーを入手し、電子スピン共鳴を用いた評価を実施した。
- 近距離無線双方向時刻比較(Wi-Wi)において 920MHz モジュールの改善を行い、位相同期精度 10ps、時刻同期精度(標準偏差) 30ns を実現し、屋内環境でも GNSS と同レベルの時刻同期を実現し、さらに時空間同期の高精度化、小型化、省電力化、多数メッシュネットワーク化を進めた。その上で Open Compute Project(OCP: データセンタの技術開発をオープンに進める団体)とのオープンコラボレーションで開発されたボードにソフトウェアを実装して、Wi-Fi でも Wi-Wi が可能であることを確認した。また国内外企業への周知・広報を行い、共同研究等を通じた指導・支援により企業への技術移転を図った結果企業3社とライセンス契約を締結し、令和7年度中にさらに1社と締結する予定で、社会実装を果たした。
- メタ社を中心とした OCP のコミュニティとの連携を進めることでデータセンターでの無線時刻同期のニーズを掘り起こし、さらにデータセンターでの時刻同期に利用する拡張ボードである Time Card に実装できるモジュール9号機を開発し、現在の PTP(Precision Time

作させるよりも周波数安定度が1桁以上大きく改善することを確認した。

- 半導体超格子ハーモニックミキサを用いた超高精度・かつ帯域(0.1-2.8THz)な小型 THz 周波数カウンタを開発し、計量学分野のトップジャーナルである国際学会誌 Metrologia に論文発表すると同時に、その成果を広く周知するために報道発表を実施した。また令和5年に機構と産総研で共同発行した計量標準・校正技術ロードマップ内での周波数計の技術において、1.1THz まで今後 10 年間本技術を想定した線表の設定がなされた。
- 秒の再定義の方法としてセシウムに代わる1つの原子遷移とするのではなく、複数の原子遷移の重み付き相乗平均によって定義する新しい手法(2019)が利点・欠点の解釈が難解であり、これまで国際的な議論が停滞していた。これに対し、定義とは周波数値空間内で値を一意に決定する最後の拘束条件と考える事で2つの手法を統一して見通しよく理解出来ることを提唱し、国際会議等で発表するとともに、当該手法の提案者と共著論文を執筆し、掲載される見込みである。

【社会的価値】

Protocol)レベルの要求(マイクロ秒レベル)に耐えうる時刻同期性能を維持していることを確認した。Time Card の規格制定に参加し、Time Card での時刻同期手法の一つに Wi-Wi を採用させる事に成功した。

- 大学との連携で Wi-Wi モジュールの時刻同期精度が反射環境でも、また直達見通し経路がない場合でも、また信号が微弱でも通信が成立する限りにおいて時刻同期精度は 30ns 程度で変わらないことを検証した。これにより、時刻同期に関してはどんな通信環境であっても通信が成立する限り同一の時刻同期精度を確保できることを検証した。
- 機構内のテラヘルツグループと連携し、ドローン同士のすれ違い時におけるバースト通信で時刻同期に Wi-Wi が活用され、高精度無線時刻同期なくしては実現しない、テラヘルツ波による短時間大容量通信という領域の開拓に貢献した。
- Wi-Wi のロボット制御への応用を東北大学との連携により進めた。グラフ最適化を用いた固定局の位置と移動体の軌跡の推定技術及び電波の位相計測システムを構築した。
- 東京大学との共同研究により無線通信の際に遅延を一定値以内に抑える遅延保証通信手法を大型電波暗室内で実験、IEEE Access への論文投稿、学会発表を行った。
- 大阪大学との共同研究により無線電力伝送において Wi-Wi での時刻同期が有線時刻同期と同等の電力伝送効率を得られることを実験的に示し、学会発表を行った。
- Wi-Wi を用いた peer to peer の秘匿通信技術を開発し、実験結果を Globecom2022 において発表した。
- 分散型時刻同期網向け無線モジュールへの適用を目指した位相特性低減アンテナについては、高精度な時刻同期、測位精度を目的として、アンテナによる電波到来・放射方向の位相依存性(アンテナ位相変化)を低減するために、フローティングメタル装荷型折り返しスロットアンテナを提案し、その設計指針を示すとともに、シミュレーターによる電磁界解析および電波暗室での実験検証を行った。実験結果からは、従来のモノポールアンテナの最大の位相変化 ($\pm 60^\circ$; 空間精度で約 $\pm 50\text{mm}$) に比べて、提案アンテナでは $\pm 9^\circ$ (空間精度で約 $\pm 8\text{mm}$)とアンテナ位相変化を大きく低減できることを確認した。この成果は電子情報通信学会論文誌にて誌上報告を行い、2件特許出願を行った。さらに、フローティングメタルの構造を工夫して、従来体積比で 1/5 となる大幅な小型化を実現

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 周波数ドリフトがあるものの短期周波数安定度に優れる水素メーザを平均原子時の計算に導入することで、標準時の短期周波数安定度において 10^{-16} 台(前中長期比 1/3)を実現し、また光格子時計の運用データを利用して標準時の周波数精度を挙げることで標準時と協定世界時の時刻差を(前中期比 1/4)の5ナノ秒内に抑制した。また、次期中長期計画で想定する国内製光格子時計導入に備え、複数の光格子時計データを利用した時系発生アルゴリズム設計を完了する見込みである。
- 光格子時計を平均して週に一度継続的に運用し、標準時システム内の特定の水素メーザの発振周波数を定期的に正確に評価し、これを標準時グループに提供した。また、簡素な光マイクロ波ハイブリッド時系(水素メーザ・光格子時計・周波数調整器で構成)による参照実信号時系を生成し、日本標準時の参照時系として標準時システムに提供した。これら光格子時計の間欠運用と参照時系の生成は令和3年8月より継続に行い、今中長期終了まで4年半継続する見込みである。
- 近距離無線双方向時刻比較(Wi-Wi)において 920MHz モジ

した。

- マイクロ波周波数とタイミング信号を光ファイバにより遠隔地へ同時配信するシステムを開発し論文化した。さらに、本システムを利用して東京大学香取研究室への日本標準時の配信を3年以上安定して継続し、精密分光実験の基準信号として使用され、伝送した基準信号を香取研究室で得られる光格子信号と比較した結果、機構本部で生成された16乗台の安定度を劣化させずに遠隔地で実現されていることを確認した。本システムはすでに市販化されており、また今中期末に量子鍵配信等にも活用される見込である。
- 基準周波数光を光ファイバ経由で伝送するための、ダイナミックな位相変動や偏光変動を自動で補正する機構を組み込んだロバストなシステム構築を行った。伝送距離は従来の約3倍となる300kmまで延ばすことに成功した。
- 将来の多数の企業への信号供給を見据えて商用化されたCERN発祥の時刻同期技術(White Rabbit)におけるSFPモジュール(光トランシーバ)の適切なキャリブレーション方法を確認し、光ファイバ(長さ90km)を介して時刻精度0.1ns以下、周波数安定度 10^{-15} で時刻伝送できることを確認した。また、大手町エリアへの高精度時刻伝送配信を見据えて、日本ネットワークオペレーターズグループ(JANOG)やインターネット技術の日本最大級の研究会であるWIDEプロジェクトで発表を行い、将来的な利用者に対して広く情報を共有した結果、データセンター事業者や地域商用光ネットワークサービス事業者とNDAを締結して議論を開始した。大手町への光ファイバによる試験的な高精度時刻配信を実現した。
- 分散時刻同期網(クラスタ時系システム)の実機への組込みについては、有線通信ネットワーク上で動作する10台の小型原子時計からなる実機システムを世界で初めて構築し、時系アルゴリズムの実機への組み込みの検証を実施した。その結果、重み付き平均化により原子時計単独で動作させるよりも周波数安定度が1桁以上大きく改善することを確認した。本成果は周波数標準分野のトップカンファレンスである欧州周波数時間フォーラムで招待講演として発表した。
- 時系アルゴリズムについては、科学大、群馬大、海洋大との共同研究により、遅延が考慮された時系生成アルゴリズム、数値計算誤差を抑制された時系生成アルゴリズム、原子時計の評価指標であるアラン偏差の概念を拡張する指標の解析式を構築するなど分散時刻同期に関連する数理基盤の研究開発が大きく進捗した。集

ユールの改善を行い、位相同期精度10ps、時刻同期精度(標準偏差)30nsを実現し、時空間同期の高精度化、小型化、省電力化、多数メッシュネットワーク化を進めた。その上でWi-FiでもWi-Wiが可能であることを確認した。また国内外企業への周知・広報を行い、共同研究等を通じた指導・支援により企業への技術移転を図った結果企業2社とライセンス契約を締結し、社会実装を果たした。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 安価で携帯可能な原子時計の研究開発において、化学メーカー、VCSELメーカー、組立を担う大手電子部品メーカーまで揃ったプロジェクト体制での統合的な研究開発を本格的に開始した。これまでの成果としてモジュール組付けを想定して、個別部品の原子時計ループ内での性能評価が可能なシステムを開発・市販化を進めた。また、アルカリ金属ソース(RbN3)の滴下装置(インクジェット装置)やRbN3パターンドウェハーなどの市販化にも目途を得た。
- 周波数ドリフトがあるものの短期周波数安定度に優れる水素メーザを平均原子時の計算に導入することで、標準時の短期周波数安定度において 10^{-16} 台

中型の時系アルゴリズムについては、複数の原子時計を用いた時刻生成において、理論的に達成可能なアラン標準偏差の下限を導出し、理論的に時刻揺らぎを最小化する時刻生成アルゴリズムを構築した。分散型の時刻同期のアルゴリズムについては、隣接ノードとの通信のみで時刻同期が達成可能な制御パラメータを明らかにした。また、従来の同期法との後方互換性を考慮し、原子時計群を目標となる時刻に制御する理論も構築した。これらの研究結果を国際会議および国際・国内論文誌で報告するとともに、特許出願2件を実施した。とりわけ、論文については計量標準分野のトップジャーナル Metrologia に掲載され、報道発表を行った。

- 有線時刻同期通信モジュールについては、セイコーソリューションズ株式会社との連携により、非同期クロック間の時刻差をピコ秒レベルで計測するためのデジタル信号処理回路を実現した。また、本機能を搭載したネットワーク機器を設計して、実機の製作を行った。これによりローカルの原子時計と NW の隣接モードが持つ原子時計との時刻差を高精度に計測し、同時に、ローカル原子時計の実信号の周波数をわずかにシフトさせ、システム全体の分散同期で得られる仮想基準信号を実信号として生成することができ、分散時刻同期を体現出来た。
- 分散型時刻同期網の要となる小型原子時計搭載の GNSS アンカーについては、株式会社コア社との連携により、準天頂衛星みちびき(QZSS)の L6 信号(MADOCa)を取り込んだ PPP 解析を利用したマルチ GNSS の周波数基準の長期測定で通常の PPP 解析と比べて一桁高い周波数安定度 (7.8×10^{-15}) を、また同期精度としてもナノ秒レベルを実現した。この成果は 米国航法学会(ION)および測位航法学会、IEEE ISPCS2024 で報告を行った。また、共同研究先企業は本研究成果に基づき、B5G/6G 対応基地局での利用を想定して製品販売しており JAXA に導入された。
- 小型原子時計を活用した電波利用効率改善の検証については、無線端末に小型原子時計を搭載した場合を想定し、ミリ波帯の無線通信における多値化のリンクレベルシミュレーションを実施した。GHz 発振器を基準とした小型原子時計では、60GHz のミリ波帯で 1024QAM が達成できる可能性が確認され、従来の最大の変調・符号化方式に比べて約 1.6 倍の電波利用効率の改善につながる事が示された。
- 機構発祥の時空間同期技術 (CLIFS/Wi-Wi/クラスタ時系)を3本の矢として、これを組み合わせることで6G 時代の標準技術とするべ

(前中長期比 1/3)を実現し、また光格子時計の運用データを利用して標準時の周波数精度を挙げることで標準時と協定世界時の時刻差を(前中期比 1/4)の5ナノ秒内に抑制した。また、次期中長期計画で想定する国内製光格子時計導入に備え、複数の光格子時計データを利用した時系発生アルゴリズム設計を完了する見込みである。

- 近距離無線双方向時刻比較 (Wi-Wi)において 920MHz モジュールの改善を行い、位相同期精度 10ps、時刻同期精度(標準偏差)30ns を実現し、時空間同期の高精度化、小型化、省電力化、多数メッシュネットワーク化を進めた。その上で Wi-Fi でも Wi-Wi が可能であることを確認した。また国内外企業への周知・広報を行い、共同研究等を通じた指導・支援により企業への技術移転を図った結果企業2社とライセンス契約を締結し、社会実装を果たした。

		く、ITU-RWP5D, 3GPP, IEEE 等での国際標準化活動を展開した。ITU-R では IMT-2030 将来技術トレンド 文書にて三技術に言及させ、また IMT-2030Framework 文書では positioning という新しい能力基準を確立させた。また時空間同期を利用する事で可能となるユースケースを 3GPP の 6G のユースケースシナリオに3件入力し、内1件採択された。(残る2つについては令和7年度中に採択される予定)	
(ウ)周波数標準及び時刻利用の未踏領域開拓	(ウ)周波数標準及び時刻利用の未踏領域開拓 標準周波数のテラヘルツ領域等への拡張や、高精度な周波数標準の測地センサとしての利用等、周波数標準の従来にない新しい応用領域を開拓する。	(ウ)周波数標準及び時刻利用の未踏領域開拓 - 半導体超格子ハーモニックミキサを用いた超高精度・かつ広帯域 (0.1-2.8THz)な小型 THz 周波数カウンタを開発し、計量学分野のトップジャーナルである国際学会誌 Metrologia に論文発表すると同時に、その成果を広く周知するために報道発表を実施した。また令和5年に機構と産総研で共同発行した計量標準・校正技術ロードマップ内での周波数計の技術において、1.1THz まで今後 10 年間本技術を想定した線表の設定がなされた。 2台のアセチレン安定化レーザーの光差周波発生を利用することで、周波数確度 4.5×10^{-8} の可搬型 0.3THz 周波数標準器を完成させ、その結果を国際学会 IRMMW-THz2022 において基調講演として報告した。 - 新規のテラヘルツ帯電磁波のパワーセンサーとして、アルカリ金属原子のリュードベリ状態を利用する量子型電場センサーの原理実証を実施した。セシウムガスセルと二本のレーザー光のみを用いたシンプルな計測系において、100GHz 波と 300GHz 波の輻射強度により周波数分裂間隔が変わる量子遷移の信号検出に成功し、従来電場強度を熱に変換し、たかだか数桁の精度で測定していたものを、より小さい不確かさで SI トレサブルになる周波数に変換して測定することが可能であることを示した。 - 分子安定化 3THz 波長標準器の高度化のために新規入手した量子カスケードレーザーの特性評価とそれを用いた CO 分子吸収線の観測を実施した。また、CO ガスセルを新規設計・製作し、今後の確度評価における衝突シフト低減が期待できることを確認した。一酸化炭素分子の回転遷移に THz 量子カスケードレーザーを安定化することによって、周波数不確かさ 3.6×10^{-8}、安定度 4×10^{-9} を達成した。不確かさ低減のための取組として長期安定度を向上させる見込みである。 - 光集積回路技術を用いた THz 基準伝送法の到達性能を検討する	

ため、光集積回路との互換性を担保した光キャリア伝送システムの実験シミュレータを構築した。また、光集積回路評価装置を開発し、光回路素子の性能および製造プロセスに起因する特性のバラツキを評価した。

- 地盤上下変動の光原子時計の不確かさへの影響を評価するため、小金井構内での各種測地観測を実施している。各々、相対重力計観測は令和4年1月より、測地 GNSS 観測は令和5年2月より、および土壌水分量観測を令和5年11月に開始しており、令和7年度末まで継続し、測定データから不確かさへの影響を定量的に評価する見込である。
- 国土地理院の協力を得て令和3年度に国土地理院による測地測量(水準測量および相対重力観測)が本部構内で実施された。その結果、本部2号館に設置している光格子時計の重力ポテンシャル値を、従来よりも1桁小さい不確かさ $\pm 0.5\text{m}^2/\text{s}^2$ (相対論シフトの不確かさ: 5.6×10^{-18})で決定した。
- 国立極地研究所の助力を得て、NICT 相対重力計近傍、及び光格子時計近傍での絶対重力測定を行い、3.11 巨大地震の余効変動による地盤隆起の影響を評価した。想定より絶対値はやや大きいものの、隆起と調和的な減少傾向の $-43.79 \mu\text{Gal}$ の重力変化を検出した。また、NICT 相対重力計の感度検定のため、国土地理院、東大地震研究所、京都大学、山梨県富士山科学研究所、及び都留文科大学の協力を得て、当該重力計と絶対重力計との比較観測を実施した。絶対重力計に対して最大 $20 \mu\text{Gal}$ のばらつきで計測出来ることを確認した。また、固体地球潮汐変化で評価した相対重力計と絶対重力計との間のずれは $1 \mu\text{Gal}$ 未満であることが確認できた。
- 令和4年1月に機構本部の地下に設置した相対重力計の測定データについて、令和6年2月～9月のデータを重力観測データ解析ソフト「BAYTAP-G(Tamura et al., 1992)」を用いて詳細に解析することにより、固体地球潮汐に起因する小金井での正味の重力変動を抽出した。この重力変動は、潮汐がもたらす最大振幅 20cm に及ぶ地盤上下変動が大部分であり、良く知られる理論モデルが存在する。しかしながら、実際の重力観測により、双方の残差から最大 $10\mu\text{Gal}$ 、高さ換算で最大振幅 3.2cm(周波数標準の変化として 3.2×10^{-18})の理論モデルとのずれが存在することを確認した。
- 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降、小金井周辺では1年間に約 15mm の割合で地盤が上昇する余効地殻

		変動が生じている。これは光原子時計の周波数に換算して、1年間で 1.5×10^{-18} の変化率となり、長期的な時計運用上無視できない大きさである。また、降水や地下水量の変動によって地盤の上下変動が生じうることも知られている。そこでこの余効変動や上下変動の影響を定量的に評価するために、GNSS 観測、相対重力計による重力観測を行うとともに東京都より地下水位観測データ、土壌水分データを集めて解析を進め、また東京大学地震研究所等の協力を得て絶対重力観測を小金井で実施し、これら上下変動の影響を定量的に評価する見込みである。 インジウムイオン光時計の高精度化だけでなく光周波数標準の量子ネットワーク化をも視野に入れたインジウムイオン光時計2号機の開発に着手した。イオンの量子状態遷移の高効率化、量子状態検出の高効率化、イオンの熱運動によるノイズの低減を可能とする2号機のイッテルビウムイオンで共同冷却したインジウムイオンの時計状態への量子状態遷移の観測・時計周波数計測を令和7年度中に実現する見込みである。	
(5) デジタル光学基盤技術 次世代通信システムに利用可能な高効率かつ安価なプリント型ホログラム素子の実現を目指し、電磁波の回折現象を利用したデジタル光学基盤技術の研究開発を実施し、その技術確立とともに産業展開を促進するものとする。	(5) デジタル光学基盤技術 光の回折を利用した光学技術の基盤となる、デジタルホログラムプリントによる回折光学素子の製造に関する研究開発を行い、2024 年度までに安定的なプリント技術の確立を目指す。また、プリントした光学素子の補償技術を用いた、Beyond 5G 時代を支える高効率・安価な光通信用モジュール、三次元車載ヘッドアップディスプレイ、次世代 AR システム等への応用を促進し、実用化に向けた技術移転を進める。さらにデジタルホログラムによる精密光学測定技術の研究開発を行い、ホログラムデータに関する計算量の適正化や、撮像	(5) デジタル光学基盤技術 - HOPTEC (ホログラム印刷技術: Hologram Printing Technology) 技術の改良をし、記録波長 λ に対し $\lambda/4$ よりも高精度の位置決めをするプリンタを整備する事等により、口径 50mm 程度の HOE (ホログラフィック光学素子: Holographic Optical Element) を安定的にプリントした。 - HOPTEC 露光機の波面センサの最適化により、収差の RMS 値の時間変動幅(5秒程度)を令和5年度までとの比較で2桁程度にわたって大幅に改善した、令和6年度中に有効径1インチ程度の素子で、End-to-End で波面精度 $1/10 \lambda$ を達成した。 - ワークサイズ 260mm 四方の HOE を可能にし、対角 282mm 程度の HOE を製作した。天文やサイネージなど、大口径光学素子を必要とする分野に HOPTEC が安価・高信頼の素子を供給できるようにした。 - HOPTEC 露光機において、空間光変調器から物体光および参照光の2光波を同時生成する手法について確立し、試作中のホログラムプリンタに実装し、有効性を確認した。 - HOE を多段で用いる場合にコンパクトな光学系を実現できる透過型 HOE と、波長選択性が得られる反射型 HOE を、1台のホログラムプリンタで製造できる目途付けを行った。	(5) デジタル光学基盤技術 HOPTEC 露光機の波面センサの最適化、収差改善による成果は、達成した性能、企業との連携、有力な国際見本市への出展、企業との NDA 締結による次のステップへの前進など、科学的意義、社会的価値、社会実装ともに卓越したレベルに達した成果である。 空間光通信への応用について、国内大手通信機器メーカーとの NDA 締結による前進も、新たな手法を通信分野に実装していく重要なステップに立つものであり、社会的な価値が向上した優れた成果である。 振動に強く持ち運び可能な手のひらサイズの3次元顕微鏡・ホログラムセンサに向けて開発に

	系の高S/N化・低ノイズ化を実現すると共に、ホログラム撮像技術を顕微鏡等へ応用し産業展開を促進する。	• HOPTEC 露光機の記録条件最適化や結像特性の改善を行ったこと。 • 露光材料に現在用いているフォトポリマーに対し、将来の実用化に向けて重要な耐候性の向上を目的として材料メーカーとの共同研究を進めたほか、記録材料において民間2社との NDA ベースでの連携等の可能性を探った。 • HOPTEC により作製した独自の光学機能を持つ透明なホログラフィックフィルムと、マルチプロジェクタによる光線情報の投影により、水平視野角 60 度で、複数人が同時に 3D メガネなしにフルカラーアニメーションの 3D 映像を観察できる透明 AR (Augmented Reality) ディスプレイシステムを開発し、凸版印刷のライトステージで撮影した高精細かつ肌の質感を含んだ顔計測データを本システム上に再現することに成功した。今後技術移転を目指す。 • 次世代 AR システムの社会実装に向け、専用プロジェクタの開発を進める企業と共に、台湾 COMPUTEX' 2024 (アジア最大のコンピューター見本市) に出展し、国内印刷会社と共に、社会実装に向けた NDA ベースで協業に向けた取組を行い、技術移転の道筋をつけた。 • 国内自動車部品メーカーとの資金受け入れ型共同研究で、外部資金及び、HOPTEC 露光実験を共に進める協力研究員を複数受け入れて HUD 等での社会実装に向けて、技術移転のための道筋を確保した。 • 空間光通信の主に受光部において、空間媒質の変動に起因する受信光強度・位相の揺らぎを補償する精追尾機構をホログラム素子で代替し、小型化する基礎設計を開始した。令和3年度までに実現した到来角度に対する角度補償をさらに発展させ、10 波多重で半値幅 0.0532° 回折効率 30%を実測値で達成した。今後さらに効率向上が見込まれる。実際の屋外環境下における空間光通信の到来角の揺らぎを、フィールド実験により測定し、大気ゆらぎ測定等による設計の際の基礎データ等の取得を行った。 • HOEを用いる空間光通信(FSO)受光部について、設計の柔軟さから、次期中長期での共同研究開発を視野に令和6年度から国内大手通信機器メーカーと NDA を締結して検討を開始した。今後技術移転を目指す。 • 角度に対する補償に加え、新たに受信光をシングルモードファイバに導く導光機能を、同一のホログラム素子上に形成することに成	成功した小型ホログラムセンサにおいて、物体の3次元測定が可能であることを実証し、著名な国際学術論文誌に採録、Editor's pick に選出されるなど、科学的に極めて意義が高い成果を創出した。これら関連技術を含め、大学や機構内の未来 ICT 研究所等との連携によるアプリケーションの開拓につながる進展など、新しく開拓した新技術が社会価値を高め、実装に向かうスピードが高い、科学的意義、社会的価値、社会実装の全軸が一気に進展する好事例の成果としても卓越したものである。 これら、デジタルホログラフィーに基礎を置く多様な新技術の開拓について、手法から成果デバイスまで、世界初の技術が次々に生み出され、企業等との同時連携による社会実装への道筋の加速も図って成果につながってきた実績は極めてハイレベルで卓越したものである。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 【科学的意義】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 振動に強く、持ち運び可能な手

			功した。総合の結合効率は現在 1.2%が得られており、これら高機能でコンパクトな統合型 HOE による光学通信モジュールの実現に向けた取り組みを加速した。空間光通信の受光部への HOE 適用を目指し、到来角補償と光ファイバへの導光機能を併せ持つ HOE の効率向上を達成した。 また、ホログラムの多重記録を用いる HOE 作製から、予め最適化した物体光を一括で記録する方法に改善したことにより、従来よりも精緻に受光面の位相をコントロールできるようにした。従来は2次元 121 波の多重時に回折効率が 4.1%と低い値だったところ、GS 法による位相回復の導入により、補償角内の平坦度(-10dB 以内)を保ちながら、従来比2倍を超す 9.6%へ効率向上を達成した。 • 通信に用いられる波長帯域 850nm において、材料厚を $400\mu\text{m}$ と想定し、ホログラムデータの設計を行った。精追尾機構を用いた既の実現されている空間光通信装置のビットエラーレート(BER)を参考に、十分な光強度でかつ BER が 10⁻¹² を下回るような角度幅を求めたところ、5多重記録で±0.06 度が実現できることが分かった。この値は多重記録をしない場合、または鏡と比較して約3倍の大きさとなることを確認し、HOE での到来角度補償が可能な事を明らかにした。HOE を、$0.83\mu\text{m}$ の近赤外で動作させることに成功し、令和6年度末に回折効率 40%を達成した。 • 同一のホログラム上に複数波長のカップラーHOE を記録することに成功、ピークで青 82%、緑 68%の回折効率を達成した。焦点距離 300mm のレンズを波長多重記録した HOE を試作した。156.25Mbps の PRBS 信号を重畳した複数波長の再生照明光を HOE により波長分離及び集光し、光電変換後の信号として明瞭に開いたアイパターンを確認した。 • 波面多重化マルチビーム伝送の光学系を大幅に小型化して代替する波面変調機能付きビームコンバイナの HOE を試作し動作確認を完了、令和7年レーザー学会で発表した。今後4ビーム化で大幅な特性改善の見込み。今後現在の2ビームから4ビームに拡張して実装することで大幅な特性改善の見込み。 • 機械学習を用いた HOE の設計手法を開発した。画像のデータセットから入力出力対を指定し、特徴や機能を自動で獲得させる手法により、従来の幾何光学シミュレーション等では難しかった高効率な HOE 設計を行った。これまでに実験として8万枚の画像データセットを学習させ、透過型 HOE を6段重ねた結像光学系を設計し、点	のひらサイズの3次元顕微鏡・ホログラムセンサに向けて、1辺が 25 mm の小型ホログラムセンサの試作に成功した。さらに、国内電子デバイスメーカーから外部資金を得、資金受け入れ型の共同研究を開始した。微弱な光のカラー3次元測定では、高速化を進めて 70 fps 以上の動画で細胞の観察が可能な蛍光顕微鏡を開発した。自己干渉を応用し、自然光下で位相物体(透明体)の定量測定を行うデジタルホログラフィ技術を開発した。 • HOPTEC 露光機の波面センサの最適化により、収差の RMS 値の時間変動幅(5秒程度)を令和5年度までとの比較で2桁程度にわたって大幅に改善した、令和6年度中に有効径1インチ程度の素子で、End-to-End で波面精度 $1/10\lambda$ を達成した。 • 1,000fps の自然光ホログラフィカメラ(世界最高速)光学系を開発し、Applied Physics B (Springer)に論文掲載された。自然光 DH の分解能について、LED を光源とし深さ分解能を向上させる方法を開発し、OSA Continuum、Optics Express に掲載された。その後実装し、面内 $1.55\mu\text{m}$、深さ $1\mu\text{m}$ を達成、OSA Optics Express に掲載された。今後、実装形態での特性評価を続け、更に発展させる見込

		像広がり関数(PSF)の半値幅で評価した時 10.24 μm という理想レンズ(9.22 μm)の位相分布に迫る結像特性を実現した。 - 令和3年度までに開発したプリント型ホログラム素子の、機械学習による自動設計手法を、実験室の光学セットアップに実装し、さらなる原理検証を進めた。今後ホロプリンターの内部光学系等での収差補正を機械学習により大幅に効率向上できる見込みである。 - HOE の回折効率が低い実際の環境下で、不要光(透過ほか)が位相板に与える影響を回避するための位相板の配置方法等について発明し、特許としてまとめ令和4年9月に出願を行い、令和6年4月に特許公開になった。今後の特許登録され、技術移転への呼び水となる見込みである。 - 機械学習を用いて複数層 HOE を設計する手法で、令和5年度に3層まで適用できるよう機能改善を行った。 また、同手法で作製した3層の反射型 HOE をセットアップした光学実験により、複数層の協調動作と特性の向上を確認した。3層 HOE の協調動作により、手書き数字のクラス分類問題のアプリケーションに適用した場合、2層の 48%と比較して分類精度で 76%まで向上を確認した。複数層 HOE の作成誤差で生じる位相ズレを吸収する機械学習を開発・実装し、光学実験により HOE 協調動作時の精度の大幅な向上(18%→76%)を確認した。令和5年度に開発した、作成誤差による位相ずれを吸収するアルゴリズムを、原著論文としてまとめ、Scientific Reports 誌に掲載された。 - ホログラムプリンタ物体光側の波面収差測定を行い、支配的なゼルニケ係数でデジタル補償するソフトを開発し、HOPTEC での HOE プリントの一連のフロー中に組み入れた。拡散面越しの像を再結像させる HOE を機械学習で設計し、シミュレーションで結像までを確認した。 - 振動に強く、持ち運び可能な手のひらサイズの 3 次元顕微鏡・ホログラムセンサに向けて、1辺が 25 mm の小型ホログラムセンサの試作に成功した。物体の3次元測定が可能であることを実証し、OSA Continuum 誌に採録され Editor's pick に選出されるなど、学術的に高い評価を得た。さらに、国内電子デバイスメーカーから、外部資金を得、資金受け入れ型の共同研究を開始した。微弱な光のカラー3次元測定では、高速化を進めて 70 fps 以上の動画で細胞の観察が可能な蛍光顕微鏡を開発した。自己干渉を応用し、自	み。 【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 - 次世代 AR システムの社会実装に向け、専用プロジェクタの開発を進める企業と共に、台湾 COMPUTEX' 2024 (アジア最大のコンピューター見本市)に出展し、国内印刷会社と共に、社会実装に向けた NDA ベースで協業に向けた取組を行い、技術移転の道筋をつけた。 - 振動に強く、持ち運び可能な手のひらサイズの3次元顕微鏡・ホログラムセンサに向けて、1辺が 25 mm の小型ホログラムセンサの試作に成功した。自己干渉を応用し、自然光下で位相物体(透明体)の定量測定を行うデジタルホログラフィ技術を開発した。機構の未来 ICT 研究所、東北大学と共に透明な HeLa 細胞の定量位相測定を行い、査読付き英語論文として採録された。 - ワークサイズ 260mm 四方の HOE を可能にし、対角 282mm 程度の HOE を製作した。天文やサイネージなど、大口径光学素子を必要とする分野に HOPTEC が安価・高信頼の素子を供給できるようにした。 【社会実装】

		然光下で位相物体(透明体)の定量測定を行うデジタルホログラフィ技術を開発した。機構の未来 ICT 研究所、東北大学と共に透明な HeLa 細胞の定量位相測定を行い、査読付き英語論文として採録された。 - デジタルホログラフィによる精密光学測定の検証のため、自然光のフルカラーホログラムを毎秒 22 コマで撮影できるホログラムセンサを試作した。太陽光照明された風景のフルカラーホログラムを1回の露光で取得できることを示し、3次元画像コンファレンス 2022 優秀論文賞を受賞した。 - 水平・垂直偏光のホログラムを重ねて記録し、信号処理で後から分離する方法を開発し、デジタルホログラフィ光学系から偏光フィルタを排除した。偏光フィルタ不要でコンパクトな新しい光学系の開発を通じて、光の利用効率を大幅に高めたデジタルホログラフィ顕微鏡の開発を進めた。複数のホログラムを重ねて記録し信号処理で後から分離する方法を、波長や光の種類の識別へ展開し、その成果が米国光学会(OPTICA)の Optics Letters 等に掲載された。 1,000fps の自然光ホログラフィカメラ(世界最高速)光学系を開発し、Applied Physics B (Springer)に論文掲載された。また、ノイズ除去と組み合わせたホログラフィカメラで日本光学会光設計奨励賞を受賞した。組み込み GPU によるリアルタイムの自然光デジタルホログラフィの実装を行った。従来のソフトウェアベースでは数 fps までが限界だったデジタルホログラフィの再構成プロセスのリアルタイム化(30fps)を達成した。自然光 DH の分解能について、LED を光源とし深さ分解能を向上させる方法を開発し、OSA Continuum、Optics Express に掲載された。その後実装し、面内 1.55 μm、深さ 1 μm を達成、OSA Optics Express に掲載された。今後、実装形態での特性評価を続け、さらに発展させる見込みである。 - 自然光デジホロカメラにおいて、曲率を異にする2つの凸面鏡で生成した波面同士を干渉させ、計算コヒーレント多重の方法により、分光情報を同時測定する方法及び、凸面鏡の代わりに複屈折レンズと液晶位相素子を用いて同様に分光情報を測定する方法の2つの手法を開発した。 - デジタルホログラフィ光学系の分解能等の性能向上は、偏光イメージセンサの新たな応用を拓く可能性等から、国内電子デバイスメーカーに大きく注目をされ、試作デバイスの提供も受けつつ共同	以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 - 国内自動車部品メーカーとの資金受け入れ型共同研究で、外部資金及び、HOPTEC 露光実験と共に進める協力研究員を複数受け入れて HUD 等での社会実装に向けて、技術移転のための道筋を確保した。 - 次世代 AR システムの社会実装に向け、専用プロジェクタの開発を進める企業と共に、台湾 COMPUTEX' 2024 (アジア最大のコンピューター見本市)に出展し、国内印刷会社と共に、社会実装に向けた NDA ベースで協業に向けた取組みを行い、技術移転の道筋をつけた。 - 国内電子デバイスメーカーから、外部資金を得、資金受け入れ型の共同研究を開始した。微弱な光のカラー3次元測定では、高速化を進めて 70 fps 以上の動画で細胞の観察が可能な蛍光顕微鏡を開発した。自己干渉を応用し、自然光下で位相物体(透明体)の定量測定を行うデジタルホログラフィ技術を開発した。機構の未来 ICT 研究所、東北大学と共に透明な HeLa 細胞の定量位相測定を行い、査読付き英語論文として採録された。

			での研究開発を進めた。精密光学測定技術において、光の利用効率の向上の結果、光源による測定対象への損傷抑制が見込まれる。国内電子デバイスメーカーとの連携を継続した。また、社会実装の方向性選定に向け CEATEC 等の展示会への出展を積極的に進め、潜在的なユーザー企業等の掘り起こしに努めた。自然光 DH の社会実装に向け、令和5年度から複数年で社会実装の強化に向けた所内ファンドを得、OPIE (パシフィコ) 及び、CEATEC (幕張) など国内展示会にてユーザー企業の開拓、また JST 新技術説明会などの機会を捉え、企業連携のための活動を継続した。	
3. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務	3. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務	<評価軸> 業務が継続的かつ安定的に実施されているか。	3. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務	
3-1. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号の業務	3-1. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 3 号は、正確な時刻及び周波数の維持に不可欠な業務を規定したものである。この業務は、社会経済活動の秩序維持のために必要不可欠な尺度となる周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報を行うものであり、社会における正確な時刻及び周波数の維持に不可欠である。このため、機構は関連する研究分野と連携しながら、これらの業務を継続的かつ安定的に実施する。	<指標> 【評価指標】 - 各業務の実施結果としての利用状況 【モニタリング指標】 - 各業務の実施状況	3-1. 機構法第 14 条第 1 項第 3 号の業務 - 標準時業務については光時計や周波数制御に関する研究開発と連携して、高精度な「周波数標準値の設定」を全く中断なく維持している。前中期にそれぞれ 10^{-15} 台及び 20 ナノ秒以下であった短期安定度及び UTC からの時刻差を 10^{-16} 台及び 5 ナノ秒以下に向上させて維持している。 - 標準電波については老朽化及び災害対策を適切に行い、毎年度 99.9% 以上の時間率で「標準電波の発射」を維持している。定常的な各種の機器更新に加え、原器室特殊空調の更新等の設備補修(見込)、耐震性能の再確認・補強を行った。はがね山送信所については、度重なる台風の襲来で取り付け道路における崩落や土砂崩れで商用電源の供給途絶、運用員の交代不能等の事象が発生したが、九州電力や地元自治体との緊密な連携の下、電源の迅速な復旧や道路の疎通復元をして、予定外の最長連続停波時間を 4 時間 30 分まで抑制した。中長期計画全体で高いレベルで業務維持できる見込みである。 - 関係機関等と長期にわたり調整してテレホン JJY から光テレホン JJY への切り替えを実現し、機構ネットワークの負担となる http/https による時刻供給を停止した。この際に、利用者本位の対応をすることで法定業務としての「標準時の通報」を適切に維持した。光テレホン JJY は旧テレホン JJY と比しての利用者増大や新タイムビジネス制度での活用等、その社会的価値の増大を実現した。引き続き適切な保守点検で、中長期計画全体で高いレベルで	1-(3)時空標準技術に含めて自己評価

		業務維持できる見込みである。 BCP 訓練を年2回の頻度で継続実施して耐災害性を向上させ、また4拠点(本部・副局・送信所2か所)間の通信手段の冗長化や、標準時システム内でのファイアーウォールの二重化、UPS の耐火性能向上等によりネットワーク標準時システムのネットワークセキュリティレベルを時代に合わせて継続的にあげており、中長期計画全体で精度と共に耐災害性・抗たん性も維持できる見込みである。	
3-2. 機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務	3-2. 機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務 機構は、機構法第 14 条第 1 項第 4 号は、電波の伝わり方の観測、予報及び異常に関する警報の送信、並びにその他の通報に関する業務を規定したものである。この業務は、無線通信・放送の途絶や衛星測位の誤差増大等の影響を生じさせる太陽活動や磁気圏及び電離圏の乱れ、宇宙放射線の変動に関する観測や予報・警報を行うものであり、安定的な社会経済活動の維持に不可欠である。このため、機構は関連する研究分野と連携しながら、これらの業務を継続的かつ安定的に実施する。	3-2. 機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 4 号に定める業務について、メール、ウェブサイト、SNS 等での情報発信の他、大規模な宇宙天気イベントにおいてはお知らせによるウェブ発表や記者発表会を行うなど、宇宙天気予報業務を継続的かつ安定的に実施した。宇宙天気予報業務を着実に実施するため、宇宙天気予報業務に関する規程及び体制を整備するとともに、大規模な太陽フレアが発生した際の対応、災害発生時の業務継続性の対応マニュアルを整備した。大規模太陽フレア時の対応について、予想される社会的影響の大きさにより対応レベルを判断し、影響が大きいものについては現象解析、広報対応、関係府省庁連絡など役割を明確化して対応することをマニュアルに明記し、関連部署と連携して訓練を実施するとともに、令和5年度からすべての X クラス以上の太陽フレア発生時に初動判断チームが 24 時間体制で確認し、対応レベル判断を行った。令和6年5月及び 10 月など、社会的な影響が大きい大規模な太陽フレア等宇宙天気現象発生時については、お知らせによるウェブ発表、メディア対応、記者発表会を滞りなく実施するとともに、関係府省庁への周知を行った。高速計算システムのリプレースについて、予測モデルの運用停止が発生しないようにするために、高速計算システムを途切れなく切り替えるとともに、各モデルのシステム切替えを滞りなく実施した。	1-(2)宇宙環境技術に含めて自己評価
3-3. 機構法第 14 条第 1 項第 5 号の業務	3-3. 機構法第 14 条第 1 項第 5 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 5 号は、高周波利用設備を含む無線設備の機器の試験及び較正に関する業務を規定したものである。この業務は、社会経済活動に不可欠な無	3-3. 機構法第 14 条第 1 項第 5 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 5 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、電波法に基づく国内最上位較正機関として、コロナ禍においても業務を停滞させることなく継続的かつ安定的に実施し、電波の公平かつ効率的な利用の実現に貢献した。特に 110GHz～330GHz においては B5G/6G 関連の研究開発の加速の影響を受け、令和3～4年度には、顧客からの較正希望連絡を受	1-(4)電磁環境技術に含めて自己評価

線設備の性能に関する試験や、その測定結果の正確さを保つための較正を行うものであり、電波の公平かつ能率的な利用を実現するためには不可欠である。このため、機構は関連する研究分野と連携しながら、これらの業務を継続的かつ安定的に実施する。

けてから較正作業に取り掛かるまでに半年以上の待ち期間が発生する事態となったが、整備した電力計比較システムの改善を行う他、測定手順書を整備するとともに、測定要員配置の最適化や体制強化を行うとともに、110GHz 以上の較正作業は極小の導波管の取扱いを必要とする高度な技術が必要であることから、測定要員のスキル向上のための教育訓練等を実施し、作業の効率化に努めた結果、受入可能件数を年間数件から 20 件程度に増やし、現在では較正受付から成績書発行まで1件当たり2～3週間程度とし、顧客の待ち時間を大幅に低減できた。さらなる、較正システムの改良や作業の効率化を進め、受入件数を 20 件超に増やす見込みである。

- テラヘルツ帯(100GHz 超)の周波数において、令和4年に施行された特定実験試験局の特例措置に対応するため、確認サービスを新たに開始した。特例措置の対象周波数範囲は 110GHz から 1.1THz であるが、330GHzまでは電力の国家標準器が存在するため、従来機構では較正サービスとして実施している。一方で 330GHz 以上においては国家標準器が存在せず、機構が電力の基準値を定める必要があり、さらに電力比較システムを新規開発し、確認サービスとして実施する必要があった。その状況において着実に、令和5年度に 330GHz～500GHz の確認サービスを開始し、令和7年度内までに 1.1THzまでのサービス開始の目途がつく見込みである。さらに、機構以外の測定器メーカーによる確認サービス実施に備え、「測定器等補正業務実施方法マニュアル」の原案を作成し、機構以外の者も共通の手段をもって確認サービスを実施できる技術的基盤を整えた。

さらに、将来の周波数利用に基づく較正・確認サービスの展望について、産業技術総合研究所と共同でテラヘルツ帯(100 GHz 超)を含む周波数領域の計量標準および較正技術のロードマップを作成し公表した。

- 機構法第 14 条第1項第5号に定める業務を円滑に行うために、国際規格 ISO/IEC17025 に従い実施している計量法の校正においては、機構が所有する周波数原器(国家標準器)に基づく校正について、海外専門家によるレビューを伴う継続審査(5年に1回開催(令和7年度実施予定))及び指定校正機関としての更新審査(3年に1回(令和5年度))を受審し、さらに独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)による認定を更新(令和7年度予定)することで、国際相互認証を引き続き可能とし、我が国の計量システムを維持

した。また、300MHz から 1GHz において使用される対数周期ダイポールアレイアンテナ(LPDA)の校正について、計量法校正事業者登録制度(JCSS)の登録を日本で初めて取得した。さらに、高周波減衰器校正のサービス範囲を 10～60dB から 10～90dB まで拡大する他、30MHz 以下の試験・測定に必要なループアンテナ校正の不確かさの低減に成功し JCSS の登録変更を行った。また、高周波電力計等の JCSS 継続審査(令和7年度実施予定)も受審し、国際レベルの校正サービスの継続的な提供を維持する見込みである。校正サービスの項目と校正範囲の全体的な見直しを行い、10 年以上申請の無い校正(周波数カウンタによる周波数校正及び再現性)については、法制度上における必要性やかかる人的・経済的コストを精査検討した上で、サービスを終了する見込みである。

- 校正業務の DX 化の取り組みとして平成 14 年度より運用している顧客向け校正サービス Web サイトの改修を行い、料金見積自動計算機能、申請書式の自動作成機能、顧客に提出頂くチェックシートの自動作成機能を実装した。その結果、受付業務が効率化され人為的な誤りの発生件数が低減された。また、測定の自動化や、校正値及び不確かさの計算シートのフォーマットの統一を進める他、校正システム等の維持管理を最適化するためにシステムの総点検及び設備管理台帳のデータベース化を実施した。さらに、校正成績書の電子化を目指して、先行して実施している校正機関(産業技術総合研究所等)における運用方法の調査や、機構内で既に使用している電子承認システムの使用を検討し、機構が行う校正業務に適した形で電子成績書を導入できる見込みである。

なお、この評定は、以下の「(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2)見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。

国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解

1. 日時:令和7年4月 14 日(月) 10 時 00 分～18 時 00 分

2. 委員名簿

安浦 寛人	委員長	国立情報学研究所 副所長
安藤 真	委員	東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
栄藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授

太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(電磁波先進技術分野について)

- 自己評価(年度評価S、見込評価S)は妥当である。本中長期期間の4年目を迎え、着実な実績の積み重ねにより全体的に高いレベルにある。本分野はこの5年間に閉じたものではなく、これまでの努力と過去の蓄積が現在の評価につながっている。
- リモートセンシング技術では ESA および JAXA と連携して 20 年に亘り続けてきた EarthCARE に関し、打ち上げ前の準備と打ち上げ後の校正を世界に先駆けて進めていること、宇宙環境技術では宇宙天気予報業務を 24 時間体制で継続運用し、世界的にも大きく寄与していることを高く評価する。今後は、さまざまな衛星を利用したセンシングデータの利活用や業務の安定した継続体制の検討も期待する。
- 電磁環境技術では5G 電波の影響についてモニタリングを継続し、モニタリング前後の意識調査も丁寧に実施していること、時空標準技術では、小型原子時計の技術開発の進展や光格子時計の世界初の実運用への取組を高く評価する。また、Wi-Wi 技術の実用化も期待する。
- デジタル光学基盤技術ではデジタルホログラフィ基盤技術の開発応用を進め、実用化につながる成果が創出され始めたことを評価する。
- 本分野では、衛星の計画変更や、国の新たな施策に対応して研究計画を見直す事例があるが、このようなケースに対しても柔軟に評価できる仕組みが望まれる。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていっていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかということを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評定、年度 S 評定で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価) 項目別自己評価書(No.2 革新的ネットワーク分野)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー1. ー(2)革新的ネットワーク分野		
関連する政策・施策	ー	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第1項 第一号、第二号
当該項目の重要度、難易度	重要度: 高	関連する研究開発評価、政 策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※5					
	基準値等 (前中長期目標期 間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
査読付き論文数	ー	239	202	261	225		予算額(百万円)	11,248	14,253	14,199	11,952	
招待講演数※1	ー	148	138	149	182		決算額(百万円)	10,886	15,621	14,320	9,312	
論文被引用総数※2	ー	27	18	14	30		経常費用(百万円)	9,142	11,681	12,027	10,881	
過年度発表を含む論 文被引用総数※3	ー	27	251	761	572		経常利益(百万円)	△204	1,552	173	529	
実施許諾件数	30	21	22	27	21		行政コスト(百万円)	9,387	12,720	13,844	12,352	
報道発表件数	7	4	7	13	5		従事人員数(人)	75	74	81	78	
共同研究件数※4	ー	131	147	159	170							
標準化や国内制度化 の寄与件数	ー	101	94	67	100							
標準化や国内制度化 の委員数	ー	39	42	46	41							

※1 招待講演数は、招待講演数と基調講演数の合計数

※2 当該年度に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※3 過去3年間(ただし、今中長期期間の始期である令和3年度以降を対象とし、令和3年度は1年間、令和4年度は2年間とする)に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※4 当該年度以前に契約し、契約が実施されている共同研究契約件数(当該年度の3月末調査)。

※5 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1-2. 革新的ネットワーク分野 我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「社会を繋ぐ」能力として、通信量の爆発的増加等に対応するため地上や衛星等のネットワークを多層的に接続する基礎的・基盤的な技術が不可欠であり、Beyond 5Gを支える基盤技術として期待されることから、【重要度：高】として、以下の研究	1-2. 革新的ネットワーク分野 Beyond 5G 時代における Society 5.0 の高度化による社会システムの変革を実現するため、通信トラヒックの急増や通信品質の確保、サービスの多様化等に対応しうる革新的なネットワークを構築する必要がある。そのための重点技術として、計算機能複合型ネットワーク技術、次世代ワイヤレス技術、フォトニックネットワーク技術、光・電波融合アクセス技術、宇宙通信基盤技術、テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術、タフフィジカル空間レジリエント ICT 基盤技術の研究開発を実施するとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指す。	<評価軸> ・研究開発等の取組・成果の科学的意義(独創性、革新性、先導性、発展性等)が十分に大きなものであるか。 ・研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ・研究開発等の成果を社会実装につなげる取組		評価	S
				1-2. 革新的ネットワーク分野 革新的ネットワーク分野は、計算機能複合型ネットワーク技術、次世代ワイヤレス技術、フォトニックネットワーク技術、光・電波融合アクセス基盤技術、宇宙通信基盤技術、テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術、タフフィジカル空間レジリエント ICT 基盤技術で構成される。アーキテクチャからハードウェア、デバイス、さらに国土強靱化や災害対策を意識した ICT まで多岐にわたる視点で研究開発を進めてきた。 計算機能複合型ネットワーク技術において、ネットワークの AI 連携制御技術、情報特性指向型の通信技術、遅延保証型ルーター技術についていずれも高いレベルに到達し、標準化活動においても有効な重要成果を出し、また情報特性指向型の通信技術が一般誌で広く社会一般に浸透するなど、技術の先端性のみならず、標準化、	

開発等に取り組むとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。

(技術シーズを実用化・事業化に導く等)が十分であるか。

<指標>

【評価指標】

- 具体的な研究開発成果
- 研究開発成果の移転及び利用の状況
- 共同研究や産学官連携の状況
- データベース等の研究開発成果の公表状況
- (個別の研究開発課題における)標準や国内制度の成立寄与状況

【モニタリング指標】

- 査読付き論文数
- 招待講演数
- 論文の合計被引用数
- 研究開発成果の移転及

一般での市民権獲得まで、トータルに卓越した成果が創出された。

次世代ワイヤレス技術では、FFPJ/FFPA で進めてきた研究開発と実証活動、標準化活動が結実し、IEC への FDIS 提出及び規格化 (IEC62657-4) が完了したこと、ドローン中継による無線利活用技術、テラヘルツ帯の利活用に向けた電波伝搬測定とモデル開発主導など、実装が深まる技術から近未来に向けた基盤構築まで、卓越した成果が創出された。

フォトリックネットワーク技術においては、マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域活用の伝送システム、単一コア・単一モード光ファイバによる広帯域波長領域活用伝送システムにおける複数回の世界記録更新や光交換ノード技術について、実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、世界初の 15 モード多重信号のフィールド伝送と光交換ノードを実証による世界最先端成果を多数創出したこと、長年にわたって産学官連携を牽引してきた中でできてきたマルチコアファイバ技術の流れの中から具体的社会実装を実現する企業が出てきたことなど、長期にわたり国際的にもリーダーシップを発揮しながら実現させてきた技術が科学的意義から社会実装まで極めて高いレベルで実現されたことは卓越した実績である。

び利用に向けた活動件数(実施許諾件数等)

- 報道発表や展示会出展等の取組件数
- 共同研究件数
- (個別の研究開発課題における)標準化や国内制度化の寄与件数

光・電波融合アクセス基盤技術では、マッシュ集積オールバンド ICT ハードウェア技術での 14000 パーツ集積の実現などの先端デバイス開発の優れた実績、RoF 技術を拡張し、ミリ波から光信号への直接変換技術、ミリ波と光信号のカスケード接続技術、及びミリ波、テラヘルツ波、光信号の多段接続技術等を世界で初めて実証するなどの実績が積み、いずれも世界トップの国際会議で極めて高い評価を受けた。また、開発した技術の一部が企業の製品に実装されるなど、具体的社会実装例も創出され、科学的先端成果から社会実装成果まで極めて高いレベルの多くの成果が創出された。

宇宙通信基盤技術では、HAPS 向け地上局用アンテナシステム開発、通信事業者等と HAPS を模擬した小型航空機と地上局間で 38GHz 帯電波を用いた 5G NR 方式の通信を世界初実証などの先端成果を創出、また ETSI-9 搭載 10Gbps 光通信機器の衛星バス開発機関への引渡し完了など、5G 時代やその先を目指す全体アーキテクチャの中で極めて重要な意味を持つ NTN の実現に向けたハードウェア技術からシミュレーションまで、またアンテナ技術や飛翔体による通信技術、大規模衛星開発の仕上げまで、多くの卓越した成果が創出された。

テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術では、低吸収率材料誘電

特性の精密な測定系の開発、355GHzでの100Gbps級伝送の達成(見込)などの先端成果、欧州との連携による木星探査ミッション(JUICE)の地球と月のフライバイによる月面のテラヘルツ波放射の高精度測定などの科学的重要成果、ITU-Rでの議題提案準備(見込)や、IEEE802.15におけるWRC-19の特定化を受けた改定作業の主導、各種(国内、国際)展示会における発信によるテラヘルツの有効性のアピール強化など、先端技術・科学成果から社会的価値向上につながる重要成果まで、多様で顕著な成果が創出された。

タフフィジカル空間レジリエントICT基盤技術では、作業用遠隔制御ロボットが備えるセンサデータから、機械学習を利用して数秒先の制御回線の電波強度を予測する手法による遠隔ロボット制御の実証、量子アニーリングを活用した同一時間同一周波数を複数端末で共用する非直交多元接続技術の世界初の実証などの先端技術成果、インフラサウンドによる津波の検知、映像による火山監視の実証など、国土強靱化という大目標のもとで、中長期目標期間の4年目までに達成し到達したレベルと創出された成果群は当初の想定を大きく超える卓越したものである。

以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、ま

				た「研究開発成果の最大化」に向けた特に顕著な成果の創出等が得られたと認め、評定を「S」とした。
(1) 計算機能複合型ネットワーク技術 Beyond 5G 時代の多様なネットワークサービスを持続的に支えるため、高品質通信を安定的に提供する通信アーキテクチャ、急増する通信トラフィックを支える超大容量フォトニックネットワーク、光ファイバ通信と無線通信を調和的に融合するアクセス技術等に資する研究開発を実施するものとする。	(1) 計算機能複合型ネットワーク技術 Beyond 5G 時代における多様なネットワークサービスが共存する環境において、各々のサービスが求める通信品質や情報の信頼性を確保するとともに、ネットワーク資源の持続的で適正な提供を行うため、ネットワーク内の高度な処理機能によってこれらを実現する計算機能複合型ネットワーク技術の研究開発を実施する。具体的には、大規模ネットワーク制御技術、遅延保証型ルーター技術の研究開発を行い、ニューノーマル時代の社会経済の変革に資するサービスやアプリケーションの実現に寄与する。また、情報特性指向型の通信技術の基礎研究を推進し、社会展開を目指した応用研究開発の開始につなげていく。		(1) 計算機能複合型ネットワーク技術 ネットワークの AI 連携制御技術に関し、通信事業者と共同実施した総務省委託研究の連携成果の事業展開計画が、民放ニュース番組にて放映、モバイルコアネットワークの障害検知システムに適用。AI 間連携による自動化レベル4の実現・作業時間短縮を示し、通信事業者及び製造事業者との共著論文（機構が主著）を NOMS2025 投稿。TM Forum 標準 API 準拠の AI 間連携インタフェースを開発し、ネットワークサービス管理制御自動化を機構のテストベッドで共同実証したこと、情報特性指向型の通信技術に関して、一般誌で技術紹介、IEICE の令和6年閲覧ランク1位2位を独占（論文賞1件）。ネットワークサービス・オフローディング機構を設計・実装。高速かつ安全なネットワーク内ストレージのための非集中型ストレージネットワーク構成技術を提案し、IEEE Infocom2025 採択。情報特性管理機能を統合するネットワーク内コンピューティングフレームワークとして、ユーザ指向ネットワーク内ストレージ機能を提案し IEEE ICC2022 発表、セキュリティに関する機能を追加しシステムを実装し、機構のテストベッドで動作検証したこと、	
	(ア) ネットワークテレメトリによる大規模ネットワーク制御技術 時々刻々変化するネットワークサービスからのニーズと資源の状況をネットワークテレメトリを用いて情報集約・収集する技術、そして収集した	(ア) ネットワークテレメトリによる大規模ネットワーク制御技術 (1) ネットワークテレメトリを用いて情報集約・収集し、収集した情報を基にヒューリスティックなアプローチにより資源調整・制御する分散型 OSM (OSDM) 技術 ・本技術に関して、IEEE/IFIP 等の国際会議に 10 件、国内外の著		

情報を基にヒューリスティックなアプローチにより資源調整・制御する技術を開発する。情報収集手法を共通化するオープンネットワークテレメトリと、それを用いたネットワーク制御方法に関して標準化活動を行う。開発した手法についてテストベッドを用いた実証実験や産学官連携による技術検証を行う。

名な論文誌に5件採択された。

- 中央集約型の ETSI (European Telecommunications Standards Institute) OSM (Open Source MANO (MANagement and Orchestration)) における規模制約の解消を目指し、広域ネットワークにおけるテレメトリ情報の整合性担保とテレメトリ情報集約時間の短縮を実現する分散型 OSM (OSDM: Open Source Distribute MANO)を設計した。欧州の大学と共同研究を継続し、令和5年度成果を IEEE Future Networks World Forum にて1件発表した。また OSDM とネットワーク分析・設計 AI (ARCA: Autonomic Resource Control Architecture) を用いた連携実験を令和5年1月から開始し、さらに、共同研究先である欧州の通信事業者と共著で将来ネットワーク設計に関する論文を ITU Journal に投稿し採録された。また、OSDM の要素技術として、テレメトリ情報の要否判断機能 (TKDP: Telemetry Knowledge Distribute Processing)、構造分析によるテレメトリ情報圧縮技術 (TLC: Telemetry Lossy Compression)の設計に着手し、それぞれを IEEE/IFIP NOMS (Network Operations and Management Symposium) 2023, ICIN (Conference on Innovation in Clouds, Internet and Network) 2023 国際会議に投稿し発表した。
- 機構研究員が著者に含まれる IETF RFC 9232 (令和4年度認定) に則り、ネットワーク運用のための計算機資源利用効率を改善する ICN (Information Centric Networking) ベース制御基盤 (iCPN: ICN-based Control Plane Network)を開発した。実ネットワークの状態変化を短時間かつ正確に把握しつつ、使用帯域と CPU 使用率を各々最大 50%、30%削減することを実機評価した。その結果をネットワーク運用管理に関する主要国際会議 IEEE/IFIP NOMS 2024 に投稿し発表した。
- ネットワーク分析・設計 AI (ARCA)及びネットワークテレメトリ効率化技術(TKDP, TLC, iCPN)などからなる OSDM を用いた、ネットワークサービスに対する障害検知機構を開発した。実機評価により 94%の検知率を達成できること(参考:先行研究は 30~50%)を示し、成果をまとめた論文を IEEE Open Journal of ComSoc (OJCOMS, IF 6.3)に投稿し採録された。
- インテント(意図)に基づくネットワーク制御(Intent-based Networking, IBN)のための、意図解釈機構(オペレータからの口語による指示を制御コマンドに変換する機構)を、OSDM に追加実装した。意図解釈の精度が 48%向上することを示し、成果は NOMS

遅延保証型ルーター技術に関して、衝突回避可能なハッシュテーブルを用いた ICN ルーターを FPGA に実装し、ソフトウェアルーターよりも遥かに高スループット、低ジッタを実現した論文を ACM ICN2023 発表。新 CAM 方式を設計・FPGA 実装、特許出願。RFC 8569, 8609 準拠 CCNx 機能を FPGA ボード2台の連結基盤構築、遅延保証型ルーター完成したこと、標準化活動を継続し、ITU-T 勧告4件、IETF Proposed Standard 2件と仕様認定1件、IRTF 仕様認定4件。通信事業者及び製造事業者と共に TM Forum にて活動したこと、IEEE/IFIP NOMS 2023,2024、IEEE Globecom2021,2023、IEEE Infocom2025 等旗艦国際会議や、IEEE TNSM (2025)、Elsevier Computer Networks(2023)、IEEE Network (2022)、IEEE Communications Standards Magazine (2023)等の論文誌に採択されたことなど、中長期目標期間の4年目までに、基礎基盤的研究開発による科学的に極めて高い成果、それらの成果や、これまでにブラッシュアップしてきたシステムも含めた社会への浸透促進、さらに標準化活動を有効に進めることも含めた総合的実装促進に向けた成果など、すべての評価軸における成果レベルが想定を上回る卓越したレベルに到達した。

2025 へ投稿した。

- OSDM を構成するネットワークテレメトリ効率化技術(TKDP, TLC, iCPN)などを拡張し、多拠点を跨ぐネットワークサービスを自動管理制御するシステムを開発した。先行研究に、モニタリングのための使用帯域と CPU 使用率を各々最大 50%、36%削減可能であること、管理制御のための計算処理量を 80%簡素化できること、状況の変化を 98%早く認識できることなどをシミュレーションにて示し、IEEE 論文誌 TNSM (Transactions on Network and Service Management, IF 4.7)へ投稿した。
- 概念実証向けに OSDM の実装(PoC 実装)し、欧州の通信事業者及び学術機関が開発する NFV (Network Function Virtualization)制御基盤と相互接続性の実証実験に成功した。また上記2者と共同で、OSDM によるマルチドメイン制御機能の相互接続性に関して実証実験し、セキュアなネットワークサービスを短時間で構築できることを実証した。更に相互接続に用いた双方の試作の上位概念を含む、AI によるネットワーク制御フレームワークに関して IRTF I-D を提案すると共に、成果についての共著論文が CMES (Computer Modeling in Engineering & Sciences, IF 2.2) 論文誌に採録された。

(2)マルチベンダネットワークにおける AI 間連携制御(AI パイプライン)技術

- 本技術に関して、IEEE/IFIP 等の国際会議に 10 件、国内外の著名な論文誌に6件採択された。加えて、国際学会で1件の基調講演、国内研究会で2件の招待講演、特許出願を1件行った。
- 複数の AI からなる AI 間連携機構(AI パイプライン)技術に関して、複数の AI アルゴリズムの逐次処理により、10 秒未満で先行研究と比べて予測誤差を 90%低減したサービス需要予測を行えることを示した成果が論文誌 ITU J-FET (ITU Journal on Future and Evolving Technologies)に採録された。大規模ネットワークにおけるサービスの設計手法を提案し、整数計画法のわずか7%の計算時間で、ノード負荷を先行研究より最大 40%削減できることを示した論文が、Elsevier Computer Networks (IF 5.6)に採録された。
- 複数の AI を活用した AI パイプラインによる分散型の稼働状況分析・AI 自動更新・計算機負荷予測を行う AI 間連携制御技術を考案、及び機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド内 P4

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 決定論的アーキテクチャを用いた遅延保証型ルーター技術(高負荷時でも数十マイクロ秒以下のジッタを保証できるルーター実装)の研究開発を実施し、IEEE/ACM 等の国際会議に3件、特許出願を1件行ったこと。また、衝突回避可能なハッシュテーブルを用いた遅延保証型 ICN ルーターを NetFPGA-SUME に実装し、ソフトウェアルーターよりも高スループット(2.8 M パケット/秒以上(従来は 18 k パケット/秒、論理的には 10G ビット/秒 NIC x 4 枚で 34G ビット/秒))・低遅延(2.4 マイクロ秒以下(従来は 6.6 ミリ秒以下))・低ジッタ(270 ナノ秒以下(従来は 127 マイクロ秒以下))な性能を実現したこと。
- 情報特性指向型通信を実現するネットワークアーキテクチャに関する研究開発を実施し、ACM/IEEE 等の国際会議に 21 件、国内外の著名な論文誌に8件採択され、加えて、特許出願を1件、国際学会及び国内研究会で5件の招待講演を行ったこと。

(Programming Protocol-independent Packet Processors) 実験環境で実証実験を行い、CPU 利用変動の予測誤差を 50%低減コンテンツダウンロード速度、通信スループットが向上することを確認し、NOMS 2024 にて発表した。これまでの研究成果を含め、NOMS 2024 併催ワークショップにて基調講演を行った。

- 通信事業者による総務省委託研究(機構との共同研究)の成果の事業展開計画が、民放のニュース番組にて放映され、モバイルコアネットワークの障害検知システムに適用された。通信事業者及び製造事業者と共同で、AI 間連携によるサービス自動制御の実証実験を実施した。障害の予兆を検知し、影響を受けるサービスを前もって退避させるための全 AI 処理を5分程度、実資源移動を10 分程度、計 15 分程度で完全自動で行えることを実証し、国内研究会にて発表した。
- ETSI OSM ベースのマルチベンダネットワーク環境制御/AI 間連携機構において、通信事業者及び製造事業者と共同で開発した AI 間連携インタフェース(国際標準化団体 TM Forum の提唱する標準インタフェースに準拠)を用いた、ネットワークサービスの新規作成及び品質維持機能の自動化レベル4の実証実験を、機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド内の B5G 高信頼仮想化環境上で実施した。成果に関する共著論文を NOMS 2025 に投稿した。インタフェース開発・実証の成果について、通信事業者及び製造事業者と共に TM Forum の会合にて紹介した。
- ITU-T SG13 において、機構と共に総務省直轄委託研究に参画した国内の通信事業者及び SI 事業者と共同で「AIによるネットワークサービス提供の機能フレームワーク」を提案し、Y.3178 (Functional framework of AI-based network service provisioning in future networks including IMT-2020)として令和3年7月に勧告承認された。加えて、ネットワーク障害自動予測技術の PoC 等に関連して、通信事業者及び製造事業者と共にネットワーク障害自動予測技術の PoC に関する寄書(FGAN I-244)を ITU-T FG-AN へ提出した。これらの成果が、Autonomous Network (AN) architecture framework の提案文書の一部として組み込まれ、同提案が令和5年 11 月に Y.3061 (AN architecture framework)として勧告承認された。
- モバイル通信事業者らとまとめたテレメトリフレームワークが IETF RFC 9232、ネットワーク運用管理インテント分類手法が IRTF RFC 9316 として仕様認定された。マルチキャストテレメトリ技術に関

- 中央集約型の ETSI OSM における規模制約の解消を目指し、広域ネットワークにおけるテレメトリ情報の整合性担保とテレメトリ情報集約時間の短縮を実現する分散型 OSM を設計、欧州の大学と共同研究を継続し、令和5年度成果を IEEE Future Networks World Forum にて1件発表したこと。また OSDM とネットワーク分析・設計 AI を用いた連携実験を令和5年1月から開始し、さらに、共同研究先である欧州の通信事業者と共著で将来ネットワーク設計に関する論文を ITU Journal に投稿し採録され、また、OSDM の要素技術として、テレメトリ情報の要否判断機能、構造分析によるテレメトリ情報圧縮技術の設計に着手し、それぞれを IEEE/IFIP NOMS 2023, ICIN2023 国際会議に投稿し発表したこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 国際標準化団体 IETF において、欧米のベンダやキャリア等と共同提案したマルチキャストプロトコル拡張が Proposed Standard RFC (9279)として認定されたこと。また、IETF の姉妹組織である IRTF において、ICN 名前解決要件、ネットワーク内符号化要件、ネットワーク内キャッシュ探索機構に関する合計3本の RFC 仕様

して欧米の通信事業者や製造事業者の研究者らと共同提案した規格が IETF RFC9630 (Proposed Standard)として標準化仕様が認定された。AI によるネットワーク制御、AI サービスのためのネットワーク構成、インテントベースネットワークキングなどに関して、5 件の IRTF I-D(海外の研究機関、国内外の通信事業者と共同のもの3件を含む)、1 件の IETF I-D を提出した。

中長期計画に加え以下を実施した。

- Beyond 5G における多様なサービスの QoE を確保するため、地上(TN)/非地上(NTN)ネットワーク制御、及び O-RAN 省電力マネジメント技術に関する研究開発を実施し、国際会議に3件、国内外の著名な論文誌に2件採択された。加えて、国際学会で2件、国内研究会で2件の招待講演を行った。
- Beyond 5G における多様なサービスの QoE を確保する応用として、対象を TN/NTN に広げる研究を継続実施し、TN/NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャ(INCA: Integrated Network Control Architecture)の設計に関し、IEEE Communications Standards Magazine に採録された。INCA の実装、及び本調書の中項目(5)宇宙通信基盤技術において開発する NTN エミュレータを制御する動態デモの成果についてまとめた論文が、ITU Kaleidoscope 2024 に採録され発表した。機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド内の B5G モバイル環境への INCA 展開に向けて、ネットワーク機器構成の検討、ソフトウェアの機能拡張の設計及び実装作業を実施した。INCA に関して提出した ITU-T SG13 勧告草案が令和6年4月に ITU-T Y.3207 として承認された。
- ネットワークシステムの省電力化とともに、Beyond 5G における多様なサービスの QoE の確保を実現する研究開発を継続実施した。O-RAN 基地局の消費電力を1日の最大値で40%以上低減できる省電力マネジメント技術に関する成果が、IEICE Transactions on Communications に採録され掲載された。さらに、当該技術について、電子情報通信学会ソサイエティ大会内企画セッションにて機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド内の B5G モバイル環境を用いた動態デモンストレーション講演を実施した。人流分析及び NTN 回線容量を活用した O-RAN 省電力マネジメント技術について、国内の大学との共同研究契約のもとで、大学開発のデジタルツインと機構の Non-RT RIC との連携機構に関し、REST API によるデータ転送機能の実装を実施した。

(それぞれ、RFC 9236、9273、9344)が認定されたこと。

- 概念実証向けに OSDM の実装 (PoC 実装)し、欧州の通信事業者及び学術機関が開発する NFV 制御基盤と相互接続性の実証実験に成功、また上記2者と共同で、OSDM によるマルチドメイン制御機能の相互接続性に関して実証実験し、セキュアなネットワークサービスを短時間で構築できることを実証したこと。
- モバイル通信事業者らとまとめたテレメトリフレームワークが IETF RFC 9232、ネットワーク運用管理インテント分類手法が IRTF RFC 9316 として仕様認定され、マルチキャストテレメトリ技術に関して欧米の通信事業者や製造事業者の研究者らと共同提案した規格が IETF RFC9630 (Proposed Standard)として標準化仕様が認定されたこと。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 通信事業者による総務省委託研究(機構との共同研究)の成果の事業展開計画が、民放のニュース番組にて放映され、モバイルコアネットワークの障害検知システムに適用されたこと。また、ETSI OSMベースのマルチベンダネットワーク環境制御/AI 間連携機構において、通信事業者及び製造事業者と共同で開発した AI

	さらに、シンガポールの大学と連携し、機構のコントローラーから機構と当該大学双方の O-RAN 基地局を制御する仕組みや日星間データ転送の仕組み等を設計・実装し、MWC (Mobile World Capital) 2025 にて出展した。 • ネットワークアーキテクチャ分野世界最高峰の国際会議である ACM CoNEXT (International Conference on emerging Networking EXperiments and Technologies) 2024 のメインセッション (UCLA にて開催) で、パネリストとして「Network Research Evolution at the Crossroads: Balancing Innovation, Regulation, and Ethical AI」というタイトルで研究成果を議論した。これからの AI の発展に対し、新しい通信技術やプロトコルがもたらす影響、どのようなことに注意してネットワーク技術の標準化などを考えていくべきかなどに関して議論を行った。	間連携インタフェースを用いた、ネットワークサービスの新規作成及び品質維持機能の自動化レベル4の実証実験を、機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド内の B5G 高信頼仮想化環境上で実施したこと。 • 新たなメモリ実装方式 (MACT) を令和5年度に提案、共同研究相手の高専と MACT を特許出願し、令和6年度は本方式を FPGA 上に実装したこと。
(イ) 遅延保証型ルーター技術 伝送遅延を一定の範囲に保つ必要がある超低遅延なネットワークサービスにおいて、従来のソフトウェアルーターではパイプライン処理割り込みにより遅延揺らぎが生じる。この問題を解決するため、決定論的 (Deterministic) アーキテクチャを用いた遅延保証型ルーター技術の研究開発を行う。研究成果については、遠隔授業等に用いられるルーターに導入し、外部機関と共同で実証実験に取り組むような分野で社会展開を図る。	(イ) 遅延保証型ルーター技術 • 決定論的アーキテクチャを用いた遅延保証型ルーター技術 (高負荷時でも数十マイクロ秒以下のジッタを保証できるルーター実装) の研究開発を実施し、IEEE/ACM 等の国際会議に3件、特許出願を1件行った。 • 従来のソフトウェア実装では達成困難な高機能なプログラマブルルーターの実現を目指し、衝突回避可能なハッシュテーブルを用いた遅延保証型 ICN ルーターを NetFPGA-SUME (FPGA: Field Programmable Gate Array) に実装し、ソフトウェアルーターよりも高スループット (2.8 M パケット/秒以上 (従来は 18 k パケット/秒、論理的には 10G ビット/秒 NIC x 4 枚で 34G ビット/秒))・低遅延 (2.4 マイクロ秒以下 (従来は 6.6 ミリ秒以下))・低ジッタ (270 ナノ秒以下 (従来は 127 マイクロ秒以下)) な性能を実現した。また、高機能な遅延保証型ルーター実装として、PIT (Pending Interest Table) 及び CS (Content Store) を、ネームデータの階層数を8階層 (従来は4階層) に増加し、検索キー長を 1,000 ビット以上 (従来 CAM は 600 以下)、エントリ数を 2,000 以上 (従来 CAM は 256 以下) に増加するといった拡張を実現し、これら成果を、ACM (Association for Computing Machinery) ICN 2023 (SIGCOMM 主催) にて、フルペーパー採録され発表した。 • ルーターが維持・管理する経路表 (ルーティングテーブル) 実装に関し、更新頻度が低い従来の IP アドレスの経路検索とは異なり、頻繁な更新が発生するコンテンツベースの経路検索とデータの	

高速伝送を両立可能な実装として、ハッシュテーブルと DRAM バンクを組み合わせた並列検索方式、及び SRAM 型の逐次比較と並列検索を行う新たなメモリ実装方式(MACT*)を令和5年度に提案した。MACT は、従来は扱えなかった長いエントリを検索可能であり、かつ各ベンダの SRAM に依存しない新 CAM 方式である。この効果として、従来の TCAM が各ベンダの SRAM に依存していたため、ベンダ毎の TCAM を作る必要があったが、発明した新 CAM 方式は、その構成上、どのベンダの SRAM かに依存しない共通基盤としての CAM 方式であるため、CAM を使ったシステム(例: ルーター)において、複数ベンダの装置を組み合わせ可能などの柔軟性向上、及び CAM の共通化による開発・製造コスト削減が期待できる。以上の効果によって、従来の TCAM 方式よりも、実用性や柔軟性を向上が可能となる。令和5年度に、共同研究相手の高専と MACT を特許出願した。令和6年度はこれを FPGA 上に実装した。さらに、理論上 100 MSPS (Million Searches Per Second)を達成可能であることを示しつつ、単純な FIFO 処理では検索メモリ利用率が 52%しか発揮できないところを、処理順序を調停するスケジューラーを導入することで利用率を 99%に改善可能であることをシミュレーションにて提示した。本研究成果をハードウェア系の著名な国際会議 IEEE ISOC (International SoC Design Conference) 2024 にて発表した。

*MACT: TCAM (Ternary Content Addressable Memory) を逆順に並び替えた用語

- 動的な通信経路管理の機能実装において、従来の IP ルーターハードウェアでは考慮する必要がなかったデータの高速転送と FIB (Forwarding Information Base) 更新の処理衝突の調停を実現するため、FPGA ルーターとルーティングデーモンの通信を高速化するドライバーとして、PC と FPGA 間の直接的な通信を最小限に抑えて FPGA 内部でメモリ更新を行うダイナミックメモリアクセスコントローラー (DMAC)、及び、FIB 更新処理を即座に反映させる優先制御機構を実装した。これらにより、ルーティングデーモンと FPGA 上のテーブル検索部を連携して転送処理と経路更新を並列化させることが可能となり、転送速度を維持し、テーブル更新速度を 100 倍程度改善出来ることを示した。これらと上記 MACT に加え、NIC サポート機能や転送機能、キャッシュ機能、各種管理機能等を含む RFC 8569 及び RFC 8609 に準拠した CCNx 機能を FPGA ボード2台の連結基盤として構築し、遅延保証型ルー

	ターを完成させた。本実装は、ソフトウェアルーターよりも高スループット(2.8M パケット/秒以上)・低遅延(5.3 マイクロ秒以下)・低ジッタ(600 ナノ秒以下)といった性能(注:ACM ICN 2023 で発表した FPGA ボード1台実装と比較し、FPGA ボード2台を連結する場合の物理的制約により遅延とジッタは大きくなる)を得ながら、検索キー長、エントリ数、ネームデータ階層数を増加可能とした。 • 上記 FPGA ルーターに対し、AI 分析を連携させてコンテンツ毎のアクセス数を予測する仕組みを設計・実装し、予測結果に基づく人気度の高いコンテンツキャッシュを FPGA 上で保護することで、キャッシュヒット率を向上し遅延を低減する機能を実装した。キャッシュヒット率については、キャッシュ容量が流通するコンテンツ量に対して限られている場合、FIFO を使った従来方式と比較して 10%~20%の改善が見込める。応答遅延やトラフィック負荷、スループットといった通信性能については、定量的な効果は実験環境や実験シナリオに依存するため、環境を構築し実験及び評価を行うことによって明らかにした(令和7年度見込)。 • 複数の 4K ビデオコンテンツ(授業映像)を複数のユーザ(学生)に対してリアルタイムマルチキャストストリーミングを行い、一般的に利用されている Web ベースの遠隔会議アプリケーションと比較し、それらよりも高品質(低遅延・低ジッタ)かつ高精細に行えることをフィールド実験にて評価した(令和7年度見込)。	
(ウ)分散情報管理機構を用いた情報特性指向型の通信技術 膨大な数の IoT デバイスやユーザから生成・発信される情報に対し、アプリケーションやサービス等が求める信頼性や有効性等の情報特性を判断して情報提供を可能とするトラスタブルなネットワークサービスの実現を目指し、分散情報管理機構を用いた情報特性指向型通信技術の基礎研究を行う。これら鍵となる技術の標準化あるいはプロトタイプ化を通じて応用研究の	(ウ)分散情報管理機構を用いた情報特性指向型の通信技術 • 情報特性指向型通信を実現するネットワークアーキテクチャに関する研究開発を実施し、ACM/IEEE 等の国際会議に 21 件、国内外の著名な論文誌に8件採択された。加えて、特許出願を1件、国際学会及び国内研究会で5件の招待講演を行った。 • 情報特性指向型通信を実現するネットワーク・プラットフォームの統合設計を進め、ネットワークサービス・オフローディング機構を設計・実装し、IEEE NetSoft 2021 にて採択され発表した。ネットワーク内キャッシュと連動したトランスポート手法を提案し、応答遅延を最大 50%短縮させることをシミュレーションで示し、IEEE の通信に関する旗艦国際会議 Globecom (Global Communications Conference) 2023 にて採択され発表した。ネットワーク内処理アプリケーションのための高効率トランスポート機能(データ処理完了時間を約 32%短縮、ネットワークトラフィック負荷を約 94%低減)	

実施やサービスの具現化を目指す。

を提案し、IEEE CCNC (Consumer Communications & Networking Conference) 2023 にて採択され発表した。機械学習とエッジコンピューティングを融合したネットワーク内コンピューティングに関する研究を進め、共著論文が IEEE Network (IF 6.8) に採録された。

- 非集中型ストレージネットワークやブロックチェーンで用いられるオーバーレイネットワークにおける経路制御上の課題の一つであった Eclipse Attack (対象ノードをネットワークから隔離する攻撃) に対する脆弱性を含むビザンチン障害を、自律的に正しい経路を確保する冗長化ルーティングにより回避可能とするオーバーレイネットワーク構成方式 ByzSkip を提案。IPFS (InterPlanetary File System) のルーティングレイヤに適用可能なソフトウェアとして開発し、これをシミュレーション及び実機評価した成果を、ネットワークアーキテクチャ分野世界最高峰の国際会議 IEEE Infocom (International Conference on Computer Communications) 2025 に投稿し採択された (採択率 18.7%、令和7年度発表)。
- 世界で初めて量子鍵配送 (QKD) ネットワークと情報指向ネットワーク (ネットワーク内キャッシュと経路制御方式) の連携・融合を提案し、量子暗号鍵の利用効率を 2.5 倍以上向上し、コンテンツ取得時間を約半分に低減することを確認した論文が IEEE Globecom 2021 に採択された。ネットワーク内コンピューティングを活用した QKD ネットワークシミュレータ機能の設計・開発を進め、情報特性指向型通信と融合した QKD ネットワークの性能検証機能実装を完了した (令和7年度見込)。
- セキュリティ機能及び分散台帳技術による情報特性管理機能を統合するネットワーク内コンピューティングフレームワークとして、ブロックチェーンで管理されたオフチェーンデータへのアクセスを ICN と属性暗号 CP-ABE (Ciphertext-Policy Attribute-Based Encryption) の組み合わせにより高速かつ安全に行うユーザ指向ネットワーク内ストレージ機能 (UCINC) を提案した。シミュレーション評価により応答遅延を 42.7 ミリ秒から 9.2 ミリ秒に、トラフィック量を 97.5%削減した。本成果は IEEE の通信に関する旗艦国際会議 ICC 2022 に投稿し採択され発表した。ICN と IB-PRE (Identity-Based Proxy Re-Encryption) を用い、エンド・ツー・エンドではなく、送信者とエッジコンピューターが暗号・複合を行うことで最大 36%の転送遅延を軽減するエッジベースのコンテンツ信頼性確保方式を提案し、IEEE CCNC 2023 にて採択され発表した。データ管理・流通の安全性を向上させる情報特性指向型通信を

実現すべく、データの内容を開示せずデータの真正性を示すことが可能なオフチェーンデータプライバシー保護方式を提案した。既存ブロックチェーンと比べ、トランザクションデータサイズを最大60%削減することをシミュレーションで示し、IEEE TrustCom 2023にて採録され発表した。また、通信の効率性とプライバシー保護の両立課題を解決する方式として、準同型暗号と局所的エッジ処理を駆使する分散ネットワーク内コンピューティングを提案した。既存技術と比較して、セキュリティとプライバシーを考慮しながらも通信遅延を30%、及び暗号化計算コストを20%削減可能であることをシミュレーションで示し、IEEE LCN (Conference on Local Computer Networks) 2024にて採録され発表した。

- セキュアなネットワーク内コンピューティングフレームワークの開発を進め、令和5年度までに設計等を進め、国際会議等で発表してきた ICN と属性暗号を組み合わせるユーザ指向ネットワーク内ストレージ機能 (UCINC)、Eclipse Attack に耐性を持つ非集中型ストレージネットワーク機能拡張を施した IPFS、並びに、ブロックチェーン実装の一つである Hyperledger Fabric と属性暗号鍵管理を連携させる Authority 機能を組み合わせた「NICT セキュアオフチェーンストレージ」システムを設計し実装した。あわせて、同システムを機構の高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド上に展開・構築し、動作検証を実施し、同テストベッド上で委託研究受託者によるアプリケーションの開発・実証した(令和7年度見込)。
- 情報特性指向型通信を実現するネットワーク・プラットフォームに関し、令和6年1月に発表した IEICE 論文誌(EB) Invited Survey Paper が IEICE 通信ソサイエティ Best Tutorial Paper を受賞した。本論文及び別の原著論文が、令和6年 電子情報通信学会英文論文誌(EB)閲覧ランキング(令和6年1月から12月までの公開データから集計)で、1位と2位を占めた。
- 情報特性指向型ネットワーク・プラットフォームの技術普及を目的とし、国際学会 ACM ICN や APNOMS、電子情報通信学会 (IEICE)ソサイエティ大会、及び、ICN 特別研専ワークショップ等にて、オープンソース Cefore チュートリアル及びハンズオンを開催した。研究開発技術のプロモーション活動を継続的に行うとともに、多方面の研究者・技術者からフィードバックを得た。研究技術の一般への周知を目的とし、CQ 出版社の一般誌「Interface」(発行部数3万部/月)にて「ネットワーク・プログラミング 2024(特設:ラズパイで体験! 次世代通信 ICN と Cefore)」(令和6年2月

		号)を執筆、令和5年 12 月に発刊された。 - 国際標準化団体 IETF において、欧米のベンダやキャリア等と共同提案したマルチキャストプロトコル拡張が Proposed Standard RFC 9279 として認定された。また、IETF の姉妹組織である IRTF において、ICN 名前解決要件、ネットワーク内符号化要件、ネットワーク内キャッシュ探索機構に関する合計3本の RFC 仕様(それぞれ、RFC 9236、9273、9344)が認定された。 - 機構の量子 ICT センターと共同でランダム線形ネットワーク符号化を用いて自律分散的に転送すべきデータパケット数を調整し、暗号鍵の消費量を抑制しながら情報理論的安全性を維持し複数ユーザへのコンテンツ配信を実現するシステムに関する特許を出願した。 中長期計画に加え以下を実施した。 - 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)ムーンショットプロジェクトに継続参加し、有線・無線ネットワーク全体のアーキテクチャにおいて、ヒトとサイバネティック・アバター(CA)間の情報交換を高信頼・低遅延・高効率に行う情報指向型通信制御技術拡張(ICNx)の設計を行うと共に、具体的な開発を Cefore を拡張して進めた。また、IETF の姉妹組織である IRTF ICN Research Group (ICNRG)に対し、ICNx にて定義した新しい通信プロトコル(双方向通信拡張、コンテンツ分割転送技術、コンテンツバージョン管理手法)の3本の標準化提案を実施した。	
(2)次世代ワイヤレス技術 多種多様なサービスが収容される Beyond 5G 基盤技術の実現に向け、通信環境の模擬及び当該模擬環境を用いた様々な無線技術の評価を通じ、通信容量向上、柔軟な無線	(2)次世代ワイヤレス技術 ニューノーマル時代の社会経済の変革と Beyond 5G 基盤技術の実現を目指して、サイバー空間とフィジカル空間との効率的な連携を検証する無線システム評価技術の研究開発、端末・基地局間連携を推進する高度無線アクセスシステムの研究開発、及びモビリティ制御・無線エリア拡張技術の研究開発を実施し、専	(2)次世代ワイヤレス技術 企業間連携の下、機構がライセンス提供した SRF 無線プラットフォーム構成機器が自動車工場へ導入など普及進展、合計4種 15 製品が FFPA 認証プログラム合格。公衆網と自営網を横断する管理技術を開発、実証実験に成功し日経新聞等で報道。複数無線システムの可視化等により、製造現場の通信状況評価と動作制御技術を確立し、IEEE Access 採録のほか、国際会議で Best Paper Award 受賞、毎	

機動作の制御、通信エリアの拡大を目指す次世代ワイヤレス技術の研究開発を実施するものとする。	門的技術検討だけでなく一般の利用ニーズを踏まえた包括的な地上系無線通信システムの多様化・拡張化に資する技術の確立と社会展開を図る。 (ア)サイバー空間とフィジカル空間との効率的な連携を検証する無線システム評価技術の研究開発 様々な無線システムに対し、実環境での実施が困難な大規模検証や、これまでにない高精度でリアルタイムな検証を実現するため、他の無線システムから受ける干渉も含めた電波環境をサイバー空間上で高度なデジタル処理を介して模擬する技術の研究開発を行う。多様化する無線システムの特性をサイバー空間上でリアルタイム性を含め詳細に評価することにより、実フィールドに対する検証とフィードバックを実現し、当該電波模擬技術の実社会実装を目指す。	(ア)サイバー空間とフィジカル空間との効率的な連携を検証する無線システム評価技術の研究開発 物理空間の動的変化予測・反映による無線最適化技術 - 電波環境をサイバー空間上で高精度に模擬する技術の実現に向けて、ライダ計測から構築した空間モデルに基づいて無線予測（電波の受信電力の予測）を可能とする深層学習モデル RadioResUNet を開発した。深層学習を用いた無線予測と結果の可視化を3秒以下で実行でき、約 30m 四方の屋内環境において、既存の電波伝搬モデル（ITU-R P.1238）に対して2倍以上となる約 3dB の電波伝搬予測精度を達成した。無線予測における深層学習モデルの有効性を示した論文がIEEE Access（IF=3.9）に採録された。あわせて、リアルタイム無線環境予測アプリケーションを開発し、一般利用者が周辺環境の違いによる無線予測結果の変化を視覚的に理解できるデモ環境の構築に成功した。また、少量多品種の半導体チップを低コスト・短期間で製造するミニマルファブ実証環境（30m×20m）で深層学習を用いた無線予測手法を活用し、基地局1台あたり最大スループット 50Mbps の制限内で、要求遅延 100ms 以内の安定した無線環境を実現できることを実証した。この成果をまとめた論文が国際会議 WPMC2024 に採択され、Best Paper Award を受賞した。 - 近接基地局間での同一周波数利用の実現に向けて、無線端末の位置情報を基に深層学習を活用して干渉量を事前に予測し、基地局間の干渉を軽減する制御技術を開発した（見込）。基地局間の干渉軽減により、ネットワーク全体のスループットを向上できることを示した（見込）。 - 無線ネットワークの柔軟な構築に向けて、移動基地局の最適選択・配置アルゴリズムを開発し、移動局の割合を 50%にすることでエッジ・ユーザ容量を 72%向上させた。さらに、スモールセル移動基地局の最適配置により約 36%のエッジ・ユーザ容量向上を	年度ガイドラインを公開、無線トラブル削減に貢献。関連技術の IEEE 802.1Q の追記提案承認、IEC への FDIS 提出及び規格化（IEC62657-4）が完了したこと、仮想環境における実無線機の高精度模擬に関して、5G NR の物理層及び上位層を実装した疑似無線機を開発し実証を公開、商用工場レイアウトツール向けの無線通信可視化プラグインを開発、特許出願。Beyond5G 広帯域信号に向け、世界初の帯域幅 800MHz や遅延分解能1ナノ秒以下に拡張したこと、防災・物流向けドローン中継実験を多数実施、LTE 圏外の山岳地域等の多様な環境で安定通信を確保し高度モビリティ運用を実証、低空モビリティネットワーク強化に向け、5.7GHz 帯長距離通信技術と群飛行向けマルチバンド通信アーキテクチャを開発、ドローン用電波の運用調整システムの高度化を目指し、ドローン用に割り当てられる電波の狭帯域化により同時利用可能チャネル数を5～10倍とする検討を進め、試作と実機評価を実施、令和9年度頃技術基準に反映される見通しとなったこと、テラヘルツ帯の利活用に向けて、電波伝搬測定とモデル開発主導、APT や ITU-R 等に 38 件の寄書提出、450GHz 帯の水蒸気吸収特性を解明し ITU-R レポート改訂に貢献、屋内ユースケース想定 の 300GHz 帯の電波伝搬特性解明、アクセスポイントの高密度配置可

示した。成果は、IEEE Transactions on Wireless Communications (IF=10.4) 及び IEEE Open Journal of Communications Society (IF=6.3) に採録された。

遠隔物理ネットワーク間同期制御技術

- 既存の交通インフラを利用した遠隔モビリティ制御技術の発展に向けて、カーブミラーに ICT 技術を適用し、交通安全性を向上させるシステムを提案した。複数のカメラで取得した周辺情報を無線でエッジサーバに伝送し、遠隔モビリティ制御に反映するスマート電子カーブミラーを試作開発した。画像情報から車両、歩行者、物体などの重要な情報のみを検出して送信することで、制御に必要なデータを効率的に収集できることを実証した。さらに、ディープラーニングを活用して、事故リスクの高い交差点などで緊急性の高い交通情報に無線リソースを優先的に割り当てる手法の有効性も示した。成果をまとめた論文が、Elsevier Vehicle Communications 誌(IF=7.1)に採録された。また、スマート電子カーブミラーのような既設の路側設備を活用するモビリティ制御技術は、導入性の高さから注目を集め、自動車技術会の技術講習会において依頼講演を実施した。
- サイバネティック・アバター(CA)※の現状や通信信頼性、操作性に関する課題をまとめた共著解説記事が、Science Robotics (IF=26.1)に Focus 記事として掲載された。CA 社会の高信頼な通信基盤の実現に向けて、ネットワーク内の通信品質の可視化、ジッタ吸収、経路切替の機能を有するサポートノードを開発した。通信速度や遅延管理が可能なオーバーレイネットワークを東京日本橋-横須賀間に構築し、約 100 ミリ秒のジッタを与え、30-150 ミリ秒の遅延が発生する通信経路でも、ジッタ吸収機能により5ミリ秒以内に抑え、遠隔操作の安定化を実証した。これらサポートノードのジッタ軽減、経路切替機能の効果を示した成果が国際会議 Smartcom2024 にて Best Paper Award を受賞した。また、この評価環境で双腕ロボットを遠隔操作する実証を行い、サポートノード機能が操作の安定性に有効であることを示した。さらに、限られた観測データからスループットやジッタの変化を予測し、多数の CA を同時に安定的に遠隔操作する技術を実証した(見込)。
- 遠隔物理ネットワーク間の同期制御技術の実現に向けて、GPS 信号を利用した時刻同期装置を開発した。5G/ローカル 5G 基地局との送信タイミングの同期を確立することで、都市などの屋外

能な無線同期手法開発、10ピコ秒精度の成果が国際会議 IEEE WCNC2024 に採択、特許2件出願、2.3GHz 帯を対象とした動的周波数共用技術の制度化を推進し、通信事業者による 2.3GHz 帯の運用開始、全二重無線通信に関して IEEE Transactions on Wireless Communications、反射・回折波の電力補償方式に関して IEEE Transactions on Vehicular Technology 採録、など中長期目標期間の4年目までに科学的意義の高い基盤成果から具体的な社会実装、それに伴う標準化活動の有効な推進など、全評価軸にわたり卓越した成果が多く創出された。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 300GHz 帯までの屋内環境電波伝搬モデルの国際標準化に向けて、ITU-R、IEEE 802 に提案を行い、ITU-R WP3K では国際標準モデルとして議論が継続され、勧告改定での採択を目指すことになったこと。また、URSI AT-AP-RASC 2022 でテラヘルツ帯アンテナ特性及び電波伝搬測定に関

	環境で安定した無線チャネルモデル化のための電波伝搬測定手法を確立し、ワイヤレスエミュレータの伝搬モデル開発に貢献した。 • テレビ帯ホワイトスペースの移動通信応用の実現に向けて、国内大学と連携し、IEEE 802.22 システムの SDR (Software-Defined Radio) 実証プラットフォームを開発し、フィールド実証により基礎特性の評価に成功した。 ※サイバネティック・アバター (CA, Cybernetic Avatar) : 身代わりとしてのロボットや 3D 映像等を示すアバターに加えて、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張する ICT 技術やロボット技術を含む概念 CPS 高度化技術 • 仮想環境における無線通信システム評価基盤の実現に向けて、国内 10 機関と連携し、多様なユースケースに基づく評価環境や電波伝搬を模擬し、サブ 6GHz 帯と 28GHz 帯の干渉を含めた受信電力や通信性能、60GHz 帯の受信電力の評価を可能とするワイヤレスエミュレータの開発に成功した。 • Beyond 5G 通信技術の評価基盤構築に向けて、SDR ベースの実無線機と 100MHz 帯域幅、5ナノ秒の遅延分解能、送受 256 ポート対応の無線リンクエミュレータを開発した。商用装置と比較して同等の処理遅延と帯域内通過特性を実現し、さらに商用装置を超える入出力ダイナミックレンジを達成した。加えて、4ポートを結合することで、既存装置を超える 400MHz 帯域幅にも対応可能な拡張を行った。さらに、400MHz 超の広帯域信号対応を目指し、世界初の 800MHz 帯への帯域幅拡張、1ナノ秒以下の遅延分解能、標準パス数拡張に向けた試作機開発に成功した。 • ワイヤレスエミュレータにおける実無線機模擬技術の実現に向けて、5G NR の実装、物理層仮想インタフェース、5G/Beyond 5G を対象としたビームフォーミングアンテナや車載アンテナのアンテナ放射パターン解析とモデル化等、物理ノード実装技術を開発した。成果をまとめた論文が、国際会議 WPMC2022 にて、通信分野の産業活性化が期待される研究成果として Best Paper Award (Contribution to Industrial Research Excellence) を受賞した。また、IEEE 802.11ax 及び 5G NR の仮想無線機スタック構成を最適化し、実無線機との相互接続に成功した。 • 工場環境の高速かつ高精度なエミュレーション技術実現に向け	する報告が採択され、APT や ITU-R に向けたテラヘルツ帯周波数割り当てに関する技術条件や干渉評価の寄書を提出し、ITU-R レポート SM2352、M.2417 の改訂、M2517 の作成に貢献、これら、技術条件や干渉評価に関する寄書件数は ITU-R に 25 件、APT に 12 件、IEEE 802 に 1 件、計 38 件となったこと。 • 周波数利用効率を倍増する全二重無線通信の実現に向けて、周波数特性補償回路と調整アルゴリズムを開発し、100MHz 広帯域信号で 30dB 以上のアナログ自己干渉 (SI) キャンセル性能を達成し、また、機械学習を用いたデジタル SI キャンセラと結合し、20MHz 帯域で最大 134dB のキャンセル性能を実証した成果が国際会議 IEEE PIMRC2021 に採択されたこと。また、高周波回路の非線形性を活用して全二重無線通信の性能を向上する新たな無線通信アクセスの実現に向けて、電力増幅器などの非線形性の影響を理論解析する手法を開発し、特定の非線形性を有する場合に全二重無線通信の通信性能が最適化され、線形条件に比べてシンボル誤り率を2桁低減できることを世界で初めて理論的に示した成果が IEEE Trans. Wireless Commun. (IF=10.4) に採録されたこと。 【社会的価値】

て、2.4GHz 帯及び 5.2GHz 帯の受信電力変動や遅延スプレッド特性をモデル化した成果が国際会議 IEEE PIMRC2022 に採択された。また、レイトレーシング解析高速化のためのパスクラスタリング手法を開発し、計算時間を従来手法の約 20 分の1に短縮できることを示した論文が IEEE Access (IF=3.9) に採択された。さらに、922MHz から 28.35GHz までの電力補償と最適化アルゴリズムにより RMSE を最大 3.5dB 改善した。これらの成果の一部は、国際会議 IEEE PIMRC2023 に採択され、海外論文誌 IEEE Transactions on Vehicular Technology (IF=6.2) に採録された。また、送受信端末を任意に配置でき、端末間干渉を伴う複雑な無線通信の検証を行うための電波伝搬モデルを開発した。これらを基に、国内企業と共同で、人流や作業工程を最適化するための商用工場レイアウトツールである 3D 離散事象シミュレーションソフトウェア (FlexSim) に無線通信可視化プラグインを開発し、特許出願を行った。ユーザ候補となる複数社に対して同プラグインの機能紹介を行い、実際の工場環境で発生している無線通信システムの課題や、今後のプラグイン機能拡張に必要なユーザーニーズを共有した。また、セミナーを通じて本機能について広くユーザと議論し、ニーズを共有した。

- ワイヤレスエミュレータの電波伝搬モデル充実に向け効率的な電波伝搬測定に取組み、国内大学と共同で 24/60GHz マルチバンド双方向電波伝搬測定システム技術を開発した。この技術により、都市部ビル屋上から半径数百 m の大規模エリアでの測定時間を、従来の数十時間から5分以内に大幅短縮することに成功した。得られた成果は、国際会議 IEEE ICC2022 ワークショップ、ISAP2022 に採択された。
- 移動体の高精度な電波発射模擬技術の実現に向けて、ドローンのアンテナ実装やプロペラ回転、自動車のアンテナ設置方法の電波発射への影響を解析し、周波数帯別の放射パターンモデルを構築することで、高精度な模擬を達成した。
- ワイヤレスエミュレータのミリ波帯ネットワーク検証基盤への拡張に向けて、偏波、MIMO を考慮し、インテリジェント反射板 (RIS) などの新技術に対応する電波伝搬モデルと環境モデルの基礎検討を行い、それらを結合した評価環境を構築した (見込)。さらに、追加の屋内環境モデルとして、商業施設の新規環境となる羽田空港ターミナルの三次元空間モデルを構築した。また、多数のヒト・モノが混在する条件下での干渉模擬が可能な干渉評価用伝搬モ

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 製造現場での無線リテラシー向上に向けて、「製造現場をガツカリさせない無線評価虎の巻」を発行し、SRF 無線プラットフォーム技術仕様書 ver.1.1 を一般公開したこと。
- 3GPP TSG SA WG では、6G のユースケース文書に「Ubiquitous Connectivity」を追加し、複数無線アクセスを活用する高信頼ネットワークの議論の基盤を整えたこと。
- 自動飛行レベル4の安全なドローン飛行の実現に向けて、時速 25km (秒速 7m) での群飛行と衝突回避アルゴリズムの実証に成功したこと。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 3GPP TSG SA WG では、6G のユースケース文書に「Ubiquitous Connectivity」を追加し、複数無線アクセスを活用する高信頼ネットワークの議論の基盤を整えたこと。また、ユーザ要求に応じた連携・協調により無線サービスを最適化するため、移動局を運用主体とする放送事業用無線局での映像素材中継用に割り当てられている 2.3GHz 帯を対象とした動的周波数共用技術の制度化を推進したこと。また、令和4年度に 4G/5G 用周波数としての

デルを検討した(見込)。

- ワイヤレスエミュレータのユースケース拡大に向けて、国内自動運転関連企業、国内大学、オフィス関連企業と連携し、自動走行技術の検証、中継ドローンの最適飛行経路計画の策定、オフィス内無線機器配置の最適化など、実用的な活用を想定した評価環境を構築し、実証に成功した。IEEE PIMRC2022において、ユースケースを含むワイヤレスエミュレータの有効性を特集したスペシャルセッションを企画した。さらに、5G/Beyond 5G、ドローン／ロボット、ITS、スマートオフィス、スマート工場、スマートメータの各ユースケースにおける電波伝搬モデルの研究開発成果をまとめて紹介した論文が、IEICE 論文誌 B に招待論文として採録された。
- 300GHz 帯の屋内環境電波伝搬モデルの国際標準化に向けて、ITU-R、IEEE 802 に提案を行い、ITU-R WP3K では国際標準モデルとして議論が継続され、勧告改定での採択を目指すことになった。また、URSI AT-AP-RASC 2022 でテラヘルツ帯アンテナ特性及び電波伝搬測定に関する報告が採択され、APT や ITU-R に向けたテラヘルツ帯周波数割り当てに関する技術条件や干渉評価の寄書を提出し、ITU-R レポート SM2352、M.2417 の改訂、M.2517 の作成に貢献した。これら、技術条件や干渉評価に関する寄書件数は ITU-R に 25 件、APT に 12 件、IEEE 802 に 1 件、計 38 件となった。
- テラヘルツ帯の電波伝搬特性の評価と国際標準化に向けて、受信スペクトラムや遅延プロファイルを測定可能な伝搬測定システムを構築し、多様な環境での実験により、ITU-R 勧告にない遅延スプレッドモデルを開発し、得られた結果からテラヘルツ帯通信で 1 キャリア周波数に割当可能な周波数帯域幅の推定と通信速度の関係を明らかにした。特に 232GHz から 330GHz の複数周波数におけるオフィス及び廊下環境での室内電波伝搬測定に基づき、伝送損失係数を分析し、ITU-R P.1238-11 に基づいた伝送損失モデルのパラメータを抽出した成果は国際会議 EuCAP に採択された。また、232-500GHz の広帯域における電波伝搬特性を実測し、450GHz 帯の水蒸気吸収特性を解明し、ITU-R Report M.2417 及び M.2517 改訂にも貢献した。
- 電力効率に優れたテラヘルツ通信システムの実現に向け、FSK 変調を用いた低包絡線変調方式の実機開発を行い、1m で 1 Gbps 伝送を達成した。また、誤り訂正符号の適用により、SNR

追加割り当てが決定し、令和5年度より通信事業者による 2.3GHz 帯の運用が開始されたこと。

- ドローン用電波の利活用推進に向けて、JUTM（日本無人機運行管理コンソーシアム）に平成 28 年の設立時から継続的に技術検討に参画し、現在ドローン用に割り当てられているロボット用電波(U24 と U169)の狭帯域化により同時利用可能チャンネル数を5～10倍とする検討を進め、試作と実機評価を実施(見込)し、令和9年度ごろに技術基準に反映される見通しを得たこと。
- FFPA において SRF 無線プラットフォーム Ver1.0 通信規格の適合性・相互接続性試験に合格した認証機が、機構の知財を活用した製品3種 10 機を含めて4種 15 機に達したこと。

		9dB で誤り率を1万分の1に低減することに成功した。この成果に関して、3件の特許出願を行った。 • テラヘルツ帯を用いた高信頼かつ安定な近距離移動体通信の実現に向けて、テラヘルツ帯ビームフォーミング機能を開発し、通信路が遮蔽され接続断となっても自動的にビームサーチを行い再接続可能であることを実機で確認した。IEEE 802.11ad と連携して伝送距離に応じてテラヘルツ波とミリ波をシームレスに切り替える通信システムを構築した(見込)。これを用いて、通信エリアの拡大と移動体への対応が可能なテラヘルツ帯通信システムの基礎評価を行った(見込)。 • データセンタ内での高精度・高スループットなテラヘルツ通信の実現に向け、無線によるシンボルタイミング同期技術や、準無指向性アンテナによる端末位置推定と高利得狭ビームアンテナの制御技術を開発し、安定した通信リンク確立が可能となることを示した。同期技術については、無線信号で隣接 AP のシンボルタイミングを同期させ、5×5 の AP 群全体を 10 ピコ秒の精度で同期する技術の成果を示した論文が国際会議 IEEE WCNC2024 に採択された。この成果に関して、2件の特許出願を行った。 • Beyond 5G 通信用の超広帯域アンテナの実現に向けて、地板(グラウンド板)を囲む帯状広帯域アンテナを提案し、比帯域 130%以上、最大 172%の広帯域性能を達成した。また、28GHz 帯では、縦横比2以上の長方形パッチ構造によりインピーダンス整合と広帯域化を実証し、4dB 以上の高利得を達成した。さらに、300GHz 帯テラヘルツ波アンテナをガラス基板で設計・試作し、On Wafer 測定システムを構築した。	
	(イ) 端末・基地局間連携を推進する高度無線アクセスシステムの研究開発 高速・低遅延・多数接続を実現する 5G の高度化と Beyond 5G 基盤技術の実現に向けて、全二重通信技術等の適用により加入者容量を向上させる無線アクセス技術及び関連する実装技術の開発を行う。また、通信状況をリアルタイム可視化し、省電力	(イ) 端末・基地局間連携を推進する高度無線アクセスシステムの研究開発 QoS に基づく異種無線ネットワーク構成最適化技術／ネットワーク間連携強靱化技術 • 端末接続の自営網と公衆網のスムーズな切り替えの実現に向けて、セルサーチを省略した事前仮想接続技術を用いて、国内鉄道事業者らとの鉄道実験で 10 秒以内の接続切替を実証した成果をまとめた論文が、IEICE 英文誌の 5G/Beyond 5G トライアル及び概念実証の特集号に採録された。また、端末の無線品質測定結果を用いて自営基地局のカバーエリアを動的に定義する強化学習方式を開発し、電波暗室実験で接続中断時間を半減でき	

動作等の自律分散制御を行う IoT を含む様々な無線システムが混在する無線環境を評価可能な技術確立するとともに、多様な無線端末の接続条件に応じてアプリケーションの所望要件を満足する動作制御技術の開発を行う。上記技術の確立により、ユーザー要求に応じた連携・協調による無線サービス最適化に寄与する。

ることを示した。サイバネティック・アバター (CA) の動作エリアに設置した自営基地局を用いて、CA 遠隔操作の高信頼化に有効であることを示した(見込)。

- 異種無線ネットワーク利用による高信頼通信の実現に向けて、MP-TCP (マルチパス TCP) の輻輳制御とスケジューリングアルゴリズムを開発し、異なる速度の2パス利用時に RTT の半減を達成した。また、本技術をサイクリングイベントに適用し、実証実験で効果を確認した成果が、電子情報通信学会スマート無線研究会の技術特別賞を受賞した。MP-QUIC (マルチパス QUIC) では最大 1100 ミリ秒の非対称遅延環境で平均スループットを 50% 以上向上させ、冗長送信とウィンドウ制御の改良により、長遅延環境での遅延発生確率を 10 分の 1 に低減、データ転送時間を 15% 以上短縮した。
- 異オペレータによるローカル 5G の近接運用の実現に向けて、機構内に構築した検証環境で反射板や吸収体を活用し、隣接部屋からの干渉を低減することで通信品質と信頼性の向上に成功した。また、サービスエリアの縮小を防ぐ専用帯域と共用帯域に分けた無線リソース制御技術を開発し、シミュレーションでスループット向上効果を確認した。さらに、この技術を実装した基地局を開発し、無線リソース制御の基礎評価を実施した。
- 三次元周波数共用技術の実現に向けて、5G NR の周波数共用シミュレータを開発し、屋内隣接フロア間での同一周波数利用時におけるスループット低下を約 10~15% に抑える条件を明らかにした。また、このシミュレータを非地上系ネットワーク (NTN: Non-Terrestrial Network) 対応に拡張し、上空からの電波が屋内に届きにくい特性を活かし、低軌道衛星と高高度プラットフォーム (HAPS: High Altitude Platform Station) の多段中継による広域通信と屋内ローカル通信との周波数共用や干渉軽減技術の有効性を評価した(見込)。
- CA の高信頼な遠隔制御基盤の実現に向けて、地理的情報を表す Geohash※と通信品質を紐づけたマルチレイヤ定義によるローカル無線ネットワークのデータベースを開発し、無線リソースの効率的割り当てにより、スループットとユーザー満足度の向上を達成した。また、ローカル 5G、公衆セルラ、無線 LAN、有線 LAN を対象とする多数網連携技術を開発し、パケット損失が発生する経路を検出してリアルタイムに経路切替を行うことで、遠隔監視や制御時の遅延、映像の途切れを防ぐことに成功した。

- CA 協調制御の遠隔操作の安定性向上に向けて、左右の車輪を独立に操作可能な協調制御対応ラジコンカーを開発し、右車輪に 500 ミリ秒の遅延を与えて操作難度を体験できるデモを実現した。また、各車輪に独立に遅延を付加した場合の自動走行について、両車輪に均等に遅延を与えた場合については、150 ミリ秒までの遅延で正常なトレースが可能だが、遅延が 200 ミリ秒以上になるとコース逸脱が顕著になることを確認した。また、異なる遅延量を各車輪に与えた場合の遅延量の差が各車輪の速度、加速度、角速度に与える影響を評価し、遅延量の差が大きくなるにつれてコースの逸脱量が大きくなることを確認した。
 - 人とロボットの共生社会における通信基盤技術標準化に向けて、3GPP SA2 で MP-QUIC を活用するトラフィック経路制御を海外無線通信事業者ら 27 社と共同提案した。3GPP TSG SA WG では、6G のユースケース文書に「Ubiquitous Connectivity」を追加し、複数無線アクセスを活用する高信頼ネットワークの議論の基盤を整えた。さらに、低遅延・高信頼通信方式の米国への国際特許出願を行い、国際的な取組を推進した（見込）。
 - ユーザ要求に応じた連携・協調により無線サービスを最適化するため、移動局を運用主体とする放送事業用無線局での映像素材中継用に割り当てられている 2.3GHz 帯を対象とした動的周波数共用技術の制度化を推進した成果が評価され、国内大学や企業など7機関と連名で ARIB 電波功績賞総務大臣表彰を受賞した。令和4年度に 4G/5G 用周波数としての追加割り当てが決定し、令和5年度より通信事業者による 2.3GHz 帯の運用が開始された。
- ※Geohash：位置情報を文字列で表現する手法。緯度と経度の座標を短い文字列にエンコードして位置情報をコンパクトに表現でき、桁数によって 1 区画のエリアサイズを調整できる。
- スペクトラム利用高効率化を促進する干渉把握・制御技術
- 周波数利用効率を倍増する全二重無線通信の実現に向けて、周波数特性補償回路と調整アルゴリズムを開発し、100MHz 広帯域信号で 30dB 以上のアナログ自己干渉 (SI) キャンセル性能を達成した。また、機械学習を用いたデジタル SI キャンセラと結合し、20MHz 帯域で最大 134dB のキャンセル性能を実証した成果が国際会議 IEEE PIMRC2021 に採択された。

- 高周波回路の非線形性を活用して全二重無線通信の性能を向上する新たな無線通信アクセスの実現に向けて、電力増幅器などの非線形性の影響を理論解析する手法を開発し、特定の非線形性を有する場合に全二重無線通信の通信性能が最適化され、線形条件に比べてシンボル誤り率を2桁低減できることを世界で初めて理論的に示した成果が IEEE Trans. Wireless Commun. (IF=10.4)に採録された。デジタルプリディストーション技術に簡単な修正を加えることで、端末の増幅器の特性によらず最適特性を実現でき、理想的に線形化された増幅器よりも通信品質を改善できることを示した成果が IEEE Trans. Wireless Commun. (IF=10.4)に採録された。アナログ RF フロントエンドを試作し、2.15GHz のアナログ信号に対してもデジタル段にて、既存研究の30～40dBを超える50dBのSI除去性能を実機にて確認した。
- 運用中の無線システムの干渉量把握技術の実現に向けて、圧縮センシングを活用した WGSOMP アルゴリズムを開発し、従来法と比較して計算量の約80%削減に成功した。この成果は、電子情報通信学会スマート無線研究会の論文賞を受賞した。また、ADC サンプリングレートの倍以上の帯域幅でのスペクトル検出が可能な MA-MCS アルゴリズムを開発し、8ch 同時受信測定システムで4.8GHz 及び 28GHz 帯の高精度到来方向推定を実証し、高周波数帯への拡張性を示した。
- 隣接チャネルへの与干渉低減による周波数利用効率向上に向けて、可逆プリコーディングを適用した OP-OFDM 波形整形技術を開発し、ピーク対平均電力比を6dB低減し、帯域両端で50dB以上の干渉抑圧を達成した。また、TBHR プリコーディングにより、高速フーリエ変換(FFT)相当の計算量で隣接チャネル漏洩電力を30dB以上抑圧することに成功した。

On-Demand かつ Ad-Hoc な CPS により多様なアプリケーションの安定制御技術

- 製造現場での無線通信最適化に向けて、工場の無線運用形態を追求する「FFPJ」より発展した、23 企業(令和6年10月現在)で構成する社会を無線通信技術で支える「FSPJ」の活動を通じて、複数無線システムの同時可視化・監視が可能な SRF(Smart Resource Flow)無線センサを開発した。複数の無線システムが混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格策定と標準化及び普及の促進を行う団体である FFPA において

	SRF 無線プラットフォーム Ver1.0 通信規格の適合性・相互接続性試験に合格した認証機が、機構の知財を活用した製品3種 10 機を含めて4種 15 機に達した。 • 機構の無線安定化技術のライセンスにより国内大手電機メーカーが開発した「無線通信安定化ソリューション」が国内自動車ソリューションメーカーの無線通信モジュールに組み込まれ、さらに国内大手自動車メーカーの実工場に導入された。 • 製造現場での無線リテラシー向上に向けて、「製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻」を発行し、SRF 無線プラットフォーム技術仕様書 ver1.1 を一般公開した。また、無線トラブル対策事例集の公開や「使えるデータをしっかり残す無線通信性能評価のための周辺環境計測ガイドライン」の整備を行うなど、毎年度のガイドライン公開によって、メンバーの顧客との対話やコンサルティングの業務等にも利用されるだけでなく、平成 29 年3月以降、全公開文書累計 5,000 件以上ダウンロードされ、製造現場での無線通信の実用性向上に貢献した。 • SRF 無線プラットフォームの移動体制御における安定性向上に向けて、通信経路切替制御を実工場の無人搬送機 (AGV) 制御に適用し、安定動作を実証した。また、製造現場での実験結果から製造機器の無線リソースキャパシティを計算する手法を提案した論文が、国際会議 WPMC2021 にて Best Paper Award を受賞した。さらに、公衆／自営ネットワークを横断するネットワーク管理技術を開発し、国内工場での実証実験に成功した。この成果は日本経済新聞などで報道され、広く注目を集めた。 • 製造現場特有の事象に対する無線通信安定性向上に向けて、AGV 向けに深層学習を用いたアクセスポイント (AP) 選択制御と動的通信経路制御方式を開発し、一斉稼働時の帯域圧迫を緩和し、接続切断時間を約 20%低減できることを実証した。また、閉空間での Wi-Fi 環境構築において電界強度の揺らぎを分析し、近距離での通信不安定化リスクを明らかにした。 • 製造現場での自律分散的なセンシング技術の実用性向上に向けて、Wi-Fi と BLE の電波を識別するセンシングアルゴリズムを開発し、正確な電波の検出・識別に成功した。また、限られたセンサ設置環境での周囲環境の変化を推定する方式を提案し、ドアの開閉による電波強度の変化を少ないセンサで推定可能であることを示した。 • SRF 無線プラットフォーム及び周辺技術の対象分野拡大に向け

		て、物流分野の立体倉庫の自動搬送を対象に、無線通信性能と生産性を同時に評価するシミュレーション環境を構築した。適応的伝送レート制御により、チャネル負荷を最大 50%削減し、信頼性の高い搬送を実現できることを示した。この成果をまとめた論文が IEEE Access (IF=3.9) に採録された。 • SRF 無線プラットフォーム及び周辺技術のグローバル展開に向けて、海外ベンダの無線機器にも対応可能とするため、日独連携で通信機器制御技術の研究開発プロジェクトを立ち上げた。また、チャネルサウンダを用いないローカル 5G 環境のチャネルモデル測定手法を提案し、ドイツでの評価により、異なる規制やシステム構成下での有効性を確認した。 • SRF 無線プラットフォーム及び関連技術の標準化推進に向けて、IoT 向けのバーストデータを平準化するトラフィックシェイパー制御のパラメータ算出手法を開発し、IEEE 802.1Q (TSN) 標準への追記提案が P802.1Qdq として承認された。また、SRF 無線プラットフォーム Ver1.0 の商用化を受けて、IEC/TC65 SC65 WG17 での 62657-4 改訂に SRF 無線プラットフォームを盛り込む提案が各国の賛同を得て最終国際規格案 (FDIS) として提出された。投票と最終編集を経て、国際規格化を完了した。	
	(ウ) モビリティ制御・無線エリア拡張技術の研究開発 自動運転を含めた高度交通システムや、ドローン、無人機システム等、社会展開の加速が予想される地上・空中を含む高度なモビリティ運用を確実にかつ効率的に実現するための、多段中継を前提としたモビリティ制御を可能とする超低遅延無線システム及びチャネル多元接続を用いた複数端末協調動作を実現する制御技術の研究開発を行い、無線適用分野の拡張により交通・運輸・物流の自動化に寄与する。また、海底資源探査・災害現場・人体内セン	(ウ) モビリティ制御・無線エリア拡張技術の研究開発 多段中継を前提としたモビリティ制御を可能とする通信システム • ドローン用に割り当てられた周波数帯を活用し、複数のドローンを数珠繋ぎのようにして電波を中継するドローン長距離通信技術の実用化に向けて、複数の実証実験に取り組んだ。茨城県常陸那珂港では、港湾設備の状況確認に必要な高精細な画像を取得するため、広帯域伝送可能な 5.7GHz 帯を用いて 5km 離れた地点から HD 映像のリアルタイム中継受信に成功し、港湾点検への応用を示した。長野県山岳地域では、物資配送を想定し、山岳部での使用に適した長距離での C2 リンク通信が可能な 169MHz 帯を用いて、12km の中継局間通信と、多段中継による高低差 1,600m、直線距離 4km での安定通信を達成した。さらに、同じく 169MHz 帯を使用し、LTE 未整備の山形県山間部で 3km 先の砂防堰堤の空撮に成功した。大分県では、169MHz 帯多段中継技術によるこれまでの最長距離である 25km の地域防災に向けた通信実験を実施した。 • ドローン制御通信の長距離化に向けて、169MHz 帯のアンテナの	

シング等での正確かつ効率的な情報・状況把握を実現するため、遮蔽や減衰等による影響が深刻な電磁波伝搬環境に応じて無線方式を最適化し、通信品質を確保する極限環境通信技術確立のための研究開発を行い、資源探索、災害検出・察知に寄与する。

取り付けや整合回路の調整により、固定翼ドローンとの約 10km の直接通信に成功した。

- 自動飛行レベル4の安全なドローン飛行の実現に向けて、時速 25km(秒速 7m)での群飛行と衝突回避アルゴリズムの実証に成功した。宅配業者との連携で、離島配送を想定して5台のドローンによる約 30m 間隔での秒速 7m(時速 25km)以上、距離 5km 以上の群飛行実証を実施した。また、100 台規模のスウォーム飛行を目指し、FSK と LoRa を組み合わせた新たなマルチバンド通信アーキテクチャの試作開発と性能評価を行った(見込)。さらに、時速 100km 以上で接近する有人ヘリコプターとドローン間の自律的衝突回避アルゴリズムの実装と評価を実施した(見込)。これらの成果について、電子情報通信学会誌などで、計4件の解説記事が掲載された。
- 高信頼な低空モビリティネットワークの実現に向けて、5.7GHz 帯を活用した長距離通信技術の研究開発を進め、小型化や省電力化に対応した無線機の試作開発と評価を実施した。
- ドローン用電波の利活用推進に向けて、JUTM (日本無人機運行管理コンソーシアム)に平成 28 年の設立時から継続的に技術検討に参画し、現在ドローン用に割り当てられているロボット用電波(U24 と U169)の狭帯域化により同時利用可能チャンネル数を5～10 倍とする検討を進め、試作と実機評価を実施(見込)し、令和9年度ごろに技術基準に反映される見通しを得た。
- HAPS を用いた中継通信技術の実現に向けて、共通リソースを空間・周波数・時間で分割する同時通信方式を提案し、セスナ機による実証で有効性を確認した。さらに、国内事業者と共同で、高度約 4km から 38GHz 帯の 5G NR セルラ広域ネットワークを構築し、機構が開発した HAPS 自動追尾型レンズアンテナを活用し、上空を中継する複数リンクからなるバックホール回線の実証に世界で初めて成功した。本成果は国際的にも大きな注目を集め、IEEE の旗艦誌である IEEE Spectrum に記事掲載された(記事名: This Japanese Aircraft Became a 5G Base Station)。また、HAPS 搭載マルチビームアンテナの周波数共用技術に関する特許の登録が完了した。
- 衛星通信のダウンリンク性能向上とハンドヘルド端末との直接リンク実現に向けて、複数端末でのエラーパケット補完と高精度ビーム制御を可能にする仕様追加案を 3GPP TSG RAN WG に提案した。

チャンネル多元接続を用いた複数端末協調動作

- 低遅延と多数接続を両立する機構が開発した低遅延・多数接続ワイヤレス技術「STABLE (Simultaneous Transmission Access Boosting Low-latency)」の発展に向けて、送信ダイバーシチとMMSE等化により10台の端末接続時に平均パケット誤り率を5%以下に低減できることを実証した成果が国際会議 IEEE VTC-Spring 2021 に採択された。また、演算量を90%削減できるハイブリッド干渉キャンセル方式により、誤り率を1.2%まで低減することに成功した。5G NR上でSTABLEを動作させ、アップリンク非直交多元接続(UL-NOMA)※による2台の商用端末での同時映像伝送に成功した。この成果は電子情報通信学会コミュニケーションシステム研究会の委員長賞を受賞した。
- STABLEのNTN対応技術としてドップラーシフト推定による新方式など5件の特許を出願し、3GPPへNTN適用技術の提案を行った。
- 端末間通信技術の高性能化に向けて、機械学習を用いた協調制御技術により消費電力を最大25%削減し、輻輳改善アルゴリズムにより端末平均受信率を70%以下から99%に向上させた成果が国際会議 IEEE WCMC2022 に採択された。さらに、端末密度に応じたセンシング距離制御アルゴリズムにより、端末発見確率を48%から97%に向上させ、この技術に関連する特許1件の登録が完了した。
- 端末間通信技術の社会展開に向けて、端末間通信の応用実証をまとめた成果が国際会議 IEEE PIMRC2021 に採択された。また、端末間通信を活用した高齢者見守りシステムに関する実証実験で高い信頼性を示した成果がIEEE Access (IF=3.9)に採録された。さらに、通信インフラが未整備な地域での固定端末によるセンサデータ収集の実証実験により、長距離安定通信を達成できることを示した成果が、国際会議 ICSPCS2024 に採択された。
- 地理情報を活用した端末間通信の精度向上に向けて、転移学習を用いた受信電力予測技術を開発し、沖縄県や高知県の実測データを基に予測精度を最大40%向上させた。また、この技術に関連する特許を1件出願した。
- セルラ網が未整備の地域での無線による環境保全技術の実現に向けて、マレーシアの大学と共同で端末間通信を用いた水再利用システムを開発し、見通し外でWi-Fiの限界を超える330m

		の距離での安定した水質データ取得を実証した。また、マレーシアの大学と共同で SUN、LoRa、Wi-Fi を連携した水質監視用ハイブリッド IoT ネットワークを構築し、チニ湖での環境情報収集に成功した。この成果をまとめた論文が IEEE Internet of Things Journal (IF=9.9) に採録された。また、それを拡張したシステムによる実証実験について、国や分野の垣根を超えて地球環境保全に取り組んだ研究成果であることが高く評価され、国際会議 WPMC2022 で Best Paper Award (Contribution to Globalization of Research) を受賞した。 • 超広帯域 (UWB) を活用した高精度測距技術の実用化に向けて、国内企業と屋内自動走行制御システムを共同開発し、厳しい室内環境下でのマルチパス耐性と 10 メートル以上の距離での安定した制御を実証した。さらに、自動走行制御技術や UWB システム間の共存技術に関する3件の特許を出願した。 • UWB の利用効率向上に向けて、狭帯域無線を補助に用いたチャネルアクセス方式を開発し、約 30dB 低い信号レベルでの受信を実現した。さらに、複数の海外ベンダと共同で UWB チャネルアクセス検出増強技術を IEEE 802.15.4ab に寄書入力し、ドラフト D02 版への反映に成功した。また、ARIB UWB 作業班では、屋外利用を可能にする技術条件を規定した STD-T91_V4.0 版規格の策定に貢献した。 ※アップリンク-非直交多元接続 (UL-NOMA) : 移動端末から基地局への方向の通信 (アップリンク) において、複数の移動端末からの信号を、信号ごとに異なる強さの電波を用いることにより、同一の周波数で伝送する技術。 極限環境に対応した通信技術 • 実用的な海中無線通信システムの実現に向けて、海水中で利用可能な無線通信実験系 (海中チャネルサウンダ) の開発と測定に成功した。この成果の論文が令和3年度電子情報通信学会論文賞を受賞した。また、10kHz の電波を用いた無線通信システムを開発し、海氷下での海中ロボット測位を想定した氷上-海中間での電波伝搬試験に成功した。さらに、船舶のプロペラ異常検知に向けて、無線 LAN を活用した海中センシングシステムを開発し、900rpm のプロペラ回転速度でも平均 10Mbps 以上の通信容量で圧電センサ情報の送信が可能であることを実証した。 • 電波による海中近接通信の実現に向けて、2.4GHz 帯アンテナの

		小型化に取り組み、長さ約 16cm のシミュレーションモデルで約 3cm の距離で 60dB の減衰で通信可能であることを確認した。また、国内の大学や企業と共同で、AUV 搭載用のアンテナを 1m 以下の小型化と 10kHz から 1MHz までの広帯域化に対応させる試作を進め、海中での性能評価を実施した(見込)。 - 海中無線通信の伝搬距離延伸によるユースケース拡大に向けて、電波伝搬のシミュレーションと測定実験により、海底下を伝搬させることで従来比 1.5 倍の通信距離を達成できることを実証した。 - 体内外通信による健康見守り技術の実現に向けて、国内企業と飲み込み型デバイスを用いた体内組織運動の電波可視化技術を開発し、模擬人体内を螺旋状に移動するデバイス位置を誤差 10mm 以内で推定できることを実証した。また、電磁界解析と人体ファントムによる伝搬実験により、体内外通信の信頼性向上に必要な電波伝搬特性を明確化した(見込)。	
(3)フォトニックネットワーク技術 Beyond 5G 時代の多様なネットワークサービスを持続的に支えるため、高品質通信を安定的に提供する通信アーキテクチャ、急増する通信トラヒックを支える超大容量フォトニックネットワーク、光ファイバ通信と無線通信を調和的に融合するアクセス技術等に資する研究開発を実施するものとする。	(3)フォトニックネットワーク技術 Beyond 5G 時代の増加を続ける通信トラヒックに対応するためのマッシュチャネル光ネットワーク技術の研究開発を行う。加えて、多種多様な要求に対応可能なネットワークを効率的に提供する光ネットワークリソースの動的再構成及び利用効率化技術の開発を行う。また、フォトニックネットワークがすべての情報のインフラとして働くために、インシデントを予知しながら早期に復帰させる技術の研究開発を行う。	(3)フォトニックネットワーク技術 マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域活用の伝送システム開発、伝送容量や伝送容量距離積の世界記録6回更新。単一コア・単一モード光ファイバによる広帯域波長領域活用伝送システム開発、伝送容量の世界記録2回更新。光通信分野二大旗艦国際会議の PDP (Postdeadline Paper) 9 件、トップスコア論文3件、光交換ノード技術について、実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、世界初の 15 モード多重信号のフィールド伝送と光交換ノードを実証、低損失なマルチコアファイバ可変光減衰器を開発し米国へ特許出願、共同出願先企業が製品化、令和6年度販売開始、機構の空間多重光ファイバ通信の研究成果を基に、	(3)フォトニックネットワーク技術 マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域を活用した伝送システムの研究開発を実施し、伝送容量や伝
	(ア)マッシュチャネル光ネットワーク技術 増加を続ける通信トラヒックへの持続的な対応方法とし	(ア)マッシュチャネル光ネットワーク技術 マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域を活用した伝送システムの研究開発を実施し、伝送容量や伝	

て、空間・波長領域を活用した超多量の光チャネルを提供可能な光ファイバ及び光伝送技術の研究開発を行う。また、その超多量の光チャネルを収容可能な総リンク容量が数 10 ペタ bps の光交換ノード技術の研究開発を実施する。光通信や光計測に適用して電子処理の速度限界を超える高速化を実現する光領域信号処理技術に関する研究開発を実施する。社会展開を目指したフィールド実証や産学官連携による研究推進等によって各要素技術を実証し、マッシュチャネル光ネットワーク技術を確立する。

送容量距離積の世界記録を合計6回更新した。さらに、マルチコアファイバネットワーク上でコヒーレント光通信の復調用デジタル信号処理 DSP (Digital Signal Processing) を簡略化する研究も実施した。光通信分野の著名な国際会議の最優秀論文(ポストデッドライン論文)の特別セッションに合計7回、レギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に2回採択された。また、インパクトファクタ (IF) 10 以上の学術論文誌に3件採択された。研究成果について報道発表を合計7回行い、多くの言語で Web 掲載された。主な成果は以下の通りである。

- ・大口径 38 コア 3 モード光ファイバにおいて、S、C、L 帯マルチバンド波長多重技術を世界で初めてマルチモード伝送に導入し、各空間チャネルで 750 波長を多重し、毎秒 22.9 ペタビットの伝送に成功した。本成果は、光ファイバの伝送容量世界記録を2倍以上更新し、光通信分野の著名な国際会議である ECOC (European Conference on Optical Communication) 2023 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語で報道発表を実施し、国内の新聞と Web 掲載された他、外国語による Web 掲載は 20 を超える言語で 150 件を超えた。

標準外径の非結合型 4 コアファイバでは、ラマン増幅とツリウム添加ファイバ増幅に基づく S バンド伝送技術により S 帯 (波長 1,460~1,530 ナノメートル) ほぼ全域にまで周波数帯域を拡大し、合計 20 テラヘルツの広帯域波長多重を実現した。世界で初めて標準外径 4 コア光ファイバで毎秒 1 ペタビットを超える大容量伝送に成功した。本成果は、レーザーと光エレクトロニクス分野の著名な国際会議 CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語の報道発表を実施し、国内の新聞と Web 掲載された他、20 を超える外国語での Web 記事数が 200 を超えた。

波長多重技術と 2 種類の光増幅方式を駆使した伝送システムを構築し、毎秒 319 テラビット・3,001km の伝送に成功することで、標準外径ファイバの容量距離積の世界記録を更新した。成果は、光通信分野の著名な国際会議である OFC (Optical Fiber Communication Conference) 2021 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語の報道発表を実施し、関連した国内取材 2 件、海外からのオンライン取材 1 件を受け、新聞一般紙、専門家向け雑

機構主導の委託研究の受託機関がマルチコア光ファイバの量産販売開始、マルチコア光ファイバを含む海底ケーブルシステム受注及び受注候補。機構主導の委託研究にて機械学習応用光物理層モニタリング技術開発、受託機関の商用光伝送システムに搭載、国内の複数大手通信事業者へ納入、光ネットワークの障害及び予兆情報の遠隔検知・収集技術として、模擬環境等を構築し、障害時の長期データセットを構築、一部を学会にてインターネット公開し、外部研究者が利用、研究成果の報道発表 11 回、新聞や Web に多数掲載 (最多 35 超言語・350 件超掲載)。IEEE の主力雑誌 Spectrum で機構の活動を紹介、著名学会 IEEE、Optica、Nature 論文誌 34 件、分野の二大旗艦国際会議の PDP11 件、招待講演 8 件 (筆頭)、一般講演 59 件。ONDM 2023 Best Paper Award を受賞など、光通信における伝送技術、交換技術に亘って多くの基礎基盤開拓の科学的先端成果から、具体的な産学連携活動による社会実装に至る事例の拡大、国際的な実証活動におけるリーダーシップ、さらにグローバルな社会から注目を集める成果発信まで、総合的に卓越した成果が創出され、そのレベルは4年目にして当初の想定を上回る顕著なものである。

誌、世界最大の研究専門組織である IEEE の旗艦誌及び Web サイトである IEEE Spectrum の Web 版に掲載され、広く国内外に世界トップレベルの先導的な研究をアピールした。

標準外径の非結合 4 コア光ファイバと、S、C、L 帯を活用して、太平洋横断級の伝送距離 12,345km において毎秒 138.9 テラビットの伝送容量を実証した。中継用の光増幅器は従来の単一コアファイバ用の製品を使用した。伝送容量距離積は毎秒 1.71 エクサビット・km で、標準外径光ファイバでの世界記録を約 1.8 倍更新し（従来は機構による毎秒 0.95 エクサビット・km）、ECOC2023 に採択された。標準外径の非結合 4 コア光ファイバと C 帯を使用し、4 コア増幅器のみの中継増幅により、太平洋横断級の伝送距離 12,053km において毎秒 45.7 テラビットの伝送容量を実証し、OFC2024 に採択された。

短距離海底ケーブル等への適用が期待される無中継伝送システムの研究開発を実施し、標準外径の非結合 4 コア光ファイバを用いて、毎秒 372 テラビット・213km 伝送に成功し、無中継伝送容量距離積の世界記録 79.5 ペタビット・km（従来記録の 4 倍）に成功した。成果が OFC2022 に採択された。

- 標準外径の結合型 19 コアファイバでは、標準外径で世界最多コア数 19 の結合型マルチコア光ファイバをファイバメーカーと共同で開発し、毎秒 1.7 ペタビットの大容量伝送に成功した。標準外径光ファイバの伝送容量の世界記録を更新した。本成果は、OFC2023 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語の報道発表を実施し、IEEE Spectrum に本成果についての Web 記事が掲載された（記事名: Novel 19-Core Fiber Hits 1.7 Petabits per Second. 令和5年6月）。

標準外径の 15 モード光ファイバでは、実環境テストベッド（イタリア・ラクイラ市）において、世界で初めて 15 モードファイバにて 15 モード多重信号の伝搬特性を評価し、既存技術で実用化されている 50Gbaud DP-QPSK 光信号の 48.8km フィールド伝送を実証し、実環境下でのマルチモード伝送の特性を初めて明らかにした。ECOC2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。本実験では、欧州と米国合わせて 4 研究機関の研究開発成果を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成した。

また、標準外径 15 モード光ファイバで毎秒 273.6 テラビッ

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域を活用した伝送システムの研究開発を実施し、伝送容量や伝送容量距離積の世界記録を合計6回更新したこと。さらに、マルチコアファイバネットワーク上でコヒーレント光通信の復調用デジタル信号処理 DSP を簡略化する研究も実施、光通信分野の著名な国際会議の最優秀論文(ポストデッドライン論文)の特別セッションに合計7回、レギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に2回採択され、また、インパクトファクタ(IF)10 以上の学術論文誌に3件採択されたこと。
- 空間・波長領域を活用した大容量光交換ノードシステムの研究開発を実施し、ポートあたり毎秒 1 ペタビット級の光スイッチング実証や実環境テストベッドを用いたフィールド実証を行うとともに、システムの高機能化を目指して、ヘテロジニアス空間多重光スイッチ、低損失なマルチコアフ

ト、1,000 km 超の伝送実験に成功した。本成果は、OFC2023 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語の報道発表を実施した。

- 標準外径の 55 モード光ファイバでは、世界で初めて毎秒 1.53 ペタビットの大容量伝送に成功し、標準外径光ファイバの伝送容量、モード数、スペクトル密度の世界記録を更新した。スペクトル密度は、332 ビット/秒/Hz で、これまでの世界記録 105 ビット/秒/Hz から飛躍的に向上し、空間多重技術の極限的性能を実験的に追求した。本成果は、ECOC2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語と英語の報道発表を実施し、国内の新聞と Web に掲載された他、20 ほどの外国語での Web 記事数が 100 を超えた。

さらに、C、L 帯を活用して、毎秒 3.56 ペタビットの大容量伝送実験に成功し、標準外径光ファイバの伝送容量世界記録を 2 倍以上更新し、スペクトル密度 372 ビット/秒/Hz を達成した。本実験では米国、欧州及びオーストラリアの企業・研究機関の技術・装置等を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成し、ECOC2023 のトップスコア論文として採択された。

- データセンタ間光通信ネットワークを想定した 130km スケールのマルチコアファイバネットワーク上で、コヒーレント光通信の復調用 DSP の簡略化を目指した高品質の標準光の配信を実施した。光送受信部において標準光を用いて生成した C、L 帯ほぼ全域に及ぶ光コムを用いた 64QAM 波長多重光信号のコヒーレント通信を世界で初めて実証した。本成果は、ECOC2023 のトップスコア論文として採択された。さらに、本技術の適用範囲を拡張し、新たに S、C、L 帯の波長多重及び 3 モード多重光信号伝送に活用して、マルチコアファイバネットワーク上にて、光送受信部における標準光を用いた S、C、L 帯の光コム生成及びコアあたり 336.3 テラビットの伝送容量のコヒーレント通信に成功した。本成果は、OFC2024 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。さらに、高品質の標準光の長距離配信を目指して、標準的な光ファイバで 12,600km 先へ配信可能である事を実証し、Optics Express 誌に採択された。

- 機構を筆頭著者として、光通信分野で著名な研究者と超並列光伝送技術について共同論文を執筆し、光通信分野では非常に高いインパクトファクタを持つ Proceedings of the IEEE 誌 (IF 14.9) に

ファイバ光減衰器、多芯マルチコア光ファイバ接続技術等の要素技術を開発したこと。また、実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、標準外径 15 モードファイバを用いて、交換機能を含むモード多重光ファイバネットワークを構築し、世界で初めて、15 モードに対応した光スイッチを試作し、波長ごとの光スイッチング実験に成功、本成果が、ECOC2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択されたこと。

- 実用化されている標準的な単一コア・単一モード光ファイバによる広帯域の波長領域を活用した伝送システムを研究開発し、伝送容量の世界記録を 2 回更新し、光通信分野の著名な国際会議のポストデッドライン論文の特別セッションに合計 2 回採択、また短距離海底ケーブル等への適用が期待される無中継伝送システムを実証し、レギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に 1 回採択されたこと。また、波長範囲を O、E、S、C、L、U 帯に拡張し、37.6 テラヘルツの周波数帯、合計 1,505 波長チャネルの毎秒 378.9 テラビット波長多重信号の 50km 伝送に成功し、標準的な単一コア・単一モード光ファイバにおける周波数帯域と伝送容量の世界記録を更新したこと。

採択された。近年注目を集めている低非線形・低遅延の特性を持つ中空ファイバや空間多重ファイバについて、その想定される伝送容量を明らかにするなどの学術的に意義の高い成果を創出した(令和4年掲載で令和6年11月現在引用数55(Google Scholarより))。また、令和2年度の成果である15モードファイバを用いた世界初の1ペタbps超伝送について、学術論文誌Nature Communications(IF14.919)に採択された(令和3年掲載で、令和6年11月現在引用数128(Google Scholarより))。また、空間多重光伝送技術に関するレビュー論文が学術論文誌Optica(IF11.104)に採択された(令和3年掲載で、令和6年11月現在引用数478(Google Scholarより))。

実用化されている標準的な単一コア・単一モード光ファイバによる広帯域の波長領域を活用した伝送システムを研究開発し、伝送容量の世界記録を2回更新し、光通信分野の著名な国際会議のポストデッドライン論文の特別セッションに合計2回採択、また短距離海底ケーブル等への適用が期待される無中継伝送システムを実証し、トップスコア論文に1回採択された。研究成果について、日本語と英語の報道発表を合計2回行い、多くの言語でWeb掲載された。主な成果は以下の通りである。

- E、S、C、L帯にわたる212.3nm波長範囲(波長1,410.8nmから1,623.1nmまで)のほぼ全域に相当する、世界最大の27.8テラヘルツの周波数帯のマルチバンド波長多重技術を活用し、合計1,097波長チャネルの波長多重信号を、毎秒301テラビットで51km伝送し、標準的な単一コア・単一モード光ファイバの伝送容量の世界記録を更新した。本実験では米国、英国及び香港の企業・研究機関の技術・装置等を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成し、ECOC2023ポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語、英語の報道発表を実施し、国内の新聞とWebに掲載された他、35ほどの外国語でのWeb記事数が60を超えた。その後、毎秒250テラビット、200km伝送に成功し、OFC2024に採択された。
- 波長範囲をO、E、S、C、L、U帯に拡張し、37.6テラヘルツの周波数帯、合計1,505波長チャネルの毎秒378.9テラビット波長多重信号の50km伝送に成功し、標準的な単一コア・単一モード光ファイバにおける周波数帯域と伝送容量の世界記録を更新した。本実験では米国、英国及び香港の企業・研究機関の技術・装置等

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバによる空間・波長領域を活用した伝送システムの研究開発を実施し、伝送容量や伝送容量距離積の世界記録を合計6回更新したこと。さらに、マルチコアファイバネットワーク上でコヒーレント光通信の復調用デジタル信号処理DSPを簡略化する研究も実施、光通信分野の著名な国際会議の最優秀論文(ポストデッドライン論文)の特別セッションに合計7回、レギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に2回採択され、また、インパクトファクタ(IF)10以上の学術論文誌に3件採択されたこと。
- 実用化されている標準的な単一コア・単一モード光ファイバによる広帯域の波長領域を活用した伝送システムを研究開発し、伝送容量の世界記録を2回更新し、光通信分野の著名な国際会議のポストデッドライン論文の特別セッションに合計2回採択、また短距離海底ケーブル等への適用が期待される無中継伝送システムを実証し、レギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に1回採択されたこと。また、波長範囲をO、E、S、C、L、U帯に拡張し、37.6テラヘルツの周波数帯、合計1,505波長チャネル

を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成し、OFC2024 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。日本語、英語の報道発表を実施し、国内の新聞と Web に掲載された他、35 ほどの外国語での Web 記事数が 350 を超えた。また、IEEE Spectrum において、本成果が雑誌及び Web 上に掲載された(記事名: New Fiber Optics Tech Smashes Data Rate Record。令和6年7月)。さらに、毎秒 322.8 テラビットの光信号で 100km 伝送を実証し、1.7 倍の伝送容量距離積を達成した。本成果は ECOC2024 に採択された。

- 広帯域な波長帯による長距離・大容量伝送を実証するため、120nm 以上の波長帯を用いた周回伝送系を構築し、毎秒 43.5 テラビットで太平洋横断にあたる 10,072km 伝送を達成した。成果が OFC2022 に採択された。

短距離海底ケーブル等への適用が期待される無中継伝送システムの研究開発として、双方向分散ラマン増幅を活用して、C 帯における合計 175 波長チャネルの波長多重光信号を 363 km の単一コア・単一モードファイバで無中継伝送することに成功し、毎秒 16.1 テラビットの伝送容量、毎秒 5.8 ペタビット・km の伝送容量距離積を達成した。本成果は、ECOC2024 のトップスコア論文に採択された。

無中継伝送システムの波長帯の拡大を目指して、C、L 帯と 64QAM 変調、双方向分散ラマン増幅を用いて毎秒 90 テラビット信号の 234.8km 単一コア・単一モードファイバ無中継伝送を達成した。本成果は、Optics Express 誌に採択された。また、C、L、U 帯における双方向分散ラマン増幅を活用して、3つの帯域にわたる合計 520 波長チャネルの波長多重光信号の 257 km 単一コア・単一モードファイバ無中継伝送に成功した。24.5 GBaud で PM-16QAM チャネルの伝送を行い、合計で毎秒 84.5 テラビットの伝送容量を達成し、世界で初めて C、L、U 帯の無中継伝送を実証した。本成果は、ECOC2024 に採択された。

さらに、C、L 帯の一括増幅が可能なテルライトファイバ光増幅器の無中継伝送システムへ適用し、毎秒 40.5 テラビットの無中継 312.9km 伝送に成功し、ECOC2023 に採択された。伝送実証の成果の詳細化として、光増幅器の内部構造の説明、信号利得と雑音指数の入力強度への依存性の評価を行い、査読付き科学学術雑誌である IEEE/Optica Journal of

の毎秒 378.9 テラビット波長多重信号の 50km 伝送に成功し、標準的な単一コア・単一モード光ファイバにおける周波数帯域と伝送容量の世界記録を更新したこと。

- 空間・波長領域を活用した大容量光交換ノードシステムの研究開発を実施し、ポートあたり毎秒 1ペタビット級の光スイッチング実証や実環境テストベッドを用いたフィールド実証を行うとともに、システムの高機能化を目指して、ヘテロジニアス空間多重光スイッチ、低損失なマルチコアファイバ光減衰器、多芯マルチコアファイバ接続技術等の要素技術を開発したこと。また、実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、標準外径 15 モードファイバを用いて、交換機能を含むモード多重光ファイバネットワークを構築し、世界で初めて、15 モードに対応した光スイッチを試作し、波長ごとの光スイッチング実験に成功、本成果が、ECOC2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択されたこと。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 機構の空間多重光ファイバ通信の研究成果を基に、機構が研究計画を策定するなど主導して形成した種々の委託研究の受託機

Lightwave Technology (IF 4.1)に採択された。

総リンク容量が数 10 ペタビットの光交換ノードの基盤技術の確立に向けて、マルチコア光ファイバやマルチモード光ファイバ等による空間・波長領域を活用した大容量光交換ノードシステムの研究開発を実施し、ポートあたり毎秒1ペタビット級の光スイッチング実証や実環境テストベッドを用いたフィールド実証を行った。また、システムの高機能化を目指して、ヘテロジニアス空間多重光スイッチ、低損失なマルチコアファイバ光減衰器、多芯マルチコア光ファイバ接続技術等の要素技術を開発した。光通信分野の著名な国際会議のポストデッドライン論文の特別セッションに合計2回採択され、研究成果について報道発表を合計2回行い、多くの言語でWeb 掲載された。また、8件の特許登録、5件の特許出願を行った。主な成果は以下の通りである。

- 実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、標準外径 15 モードファイバを用いて、交換機能を含むモード多重光ファイバネットワークを構築した。世界で初めて、15 モードに対応した光スイッチを試作し、波長ごとの光スイッチング実験に成功した。本成果は、ECOC2022 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。本実験では、世界的なマーケットシェアを持つ光コンポーネント企業も含め、オーストラリア、欧州、米国合わせて5研究機関の研究開発成果を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成した。また、日本語及び英語の報道発表を実施し、国内の新聞とWeb に掲載された他、英語と中国語でのWeb 記事が掲載された。
- 実環境テストベッド(イタリア・ラクイラ市)において、標準外径の結合型4コアファイバを用いて、交換機能を備えた光ファイバネットワークを構築した。結合型4コア光ファイバ対応の光スイッチの試作機を開発、世界で初めて実環境下での波長毎の光スイッチングを実証した。本成果は、OFC2023 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。本実験では、世界的なマーケットシェアを持つ光コンポーネント企業も含め、オーストラリア、欧州、日本合わせて4研究機関の研究開発成果を機構が集約し、単一組織では成しえない高い目標を達成した。また、日本語の報道発表を実施し、国内の新聞とWeb に掲載された。
- 実環境テストベッド(イギリス・ロンドン市)において、標準的な単一コア・単一モード光ファイバ用いて、S、C、L 帯用の波長帯及び

関により、マルチコア光ファイバの実用化に向けた社会実装の取り組みとして、国内の海底ケーブルシステム事業者が令和7年に太平洋の海底ケーブルヘマルチコア光ファイバを含むケーブルシステムを提供することとなったこと。また、光ファイバ製造事業者が低損失マルチコア光ファイバの量産化に成功し、令和5年10月より販売を開始し、また、同海底ケーブルシステム事業者が令和9年に北欧の海底ケーブルヘマルチコア光ファイバケーブルシステムを提供することが検討されていること。

- 産学との連携により、高スループット・高稼働な通信を提供する順応型光ネットワーク技術に関する委託研究を実施、コヒーレント受信技術と機械学習技術を融合させ、コヒーレント受信で得られる光信号の情報を機械学習で解析し、パワープロファイルモニタリングを可能とした光物理層モニタリング技術を開発し、目標とする光ファイバ特性の変動原因の特定に係る時間を 1,000 倍高速化できることを実証したこと。光物理層モニタリング技術は、委託研究の受託機関が商用の光伝送システムに搭載し、令和5年度に国内の複数大手通信事業者採用され、令和6年度現在、北米をはじめとする海外の通信事業者やデータセンタ事業者向けに製品展開されていること。

波長選択光スイッチを備えた光ファイバネットワークを構築した。世界で初めて、実環境下でのマルチバンドネットワーク実証を行い、S、C、L 帯にわたる 321 波長チャネル、毎秒 155 テラビットの波長多重光信号の 36km 伝送、波長帯及び波長スイッチングに成功した。本成果は、ECOC2024 に採択された。

- 市販の波長選択スイッチを多数使用して接続構成を最適化することにより、世界で初めて、標準外径の結合型 19 コアファイバに対応した大規模光スイッチを開発した。さらに、本スイッチや光増幅器、空間チャネルの結合/分離器を用いて2入力・2出力ポート、分岐・挿入ポートを有する光交換ノードを開発し、ポートあたり毎秒1ペタビット超の光スイッチング実験に成功し、総リンク容量が数ペタビットとなる光交換ノードを実証した(見込)。
- 大容量光交換ノードに障害発生時の自己復旧機能を持たせるために、8x8 の3次元 MEMS と光強度モニタを光交換ノードに設置した。3台のノードを、2本の4コアファイバで接続し、対向する現用系光パス、予備系光パスを設定し、全長 139km の空間多重リングネットワークを構築した。障害発生時にデータレート毎秒 120 テラビット(4コア、185 波長、24.5Gbaud PM16QAM)の信号が予備系光パスに切り替えられ、11 ミリ秒で信号が復旧することを実証した。本成果は、査読付き科学学術雑誌である Optica Optics Express(IF 3.8)に、令和6年に採録された。
- マルチコアファイバに対応した低損失光スイッチシステムを開発し、ファイバ間光スイッチングの実証に取り組んだ。格子状コア配置の 12 コアファイバ用の MEMS ベースの低損失光スイッチを開発し、1入力4出力ポートのスイッチング動作を実証した。本成果は ECOC2021 に採択された。
- 多様な空間多重光ファイバが接続される将来のヘテロジニアス空間多重光ネットワークを見据え、空間光変調器(LCOS)を用いたホログラム(CGH)技術による多重反射型の空間多重光スイッチを開発した。4コアファイバを用いた1入力2出力(4コア入力8コア出力)のコア入れ替え、さらに4コアファイバと数モードファイバを用いた1入力2出力(4コアファイバ入力、4コアファイバ出力もしくは数モードファイバ出力)構成で、コア入れ替え及びモード変換を含む光スイッチングに成功した。本成果は国際会議 PSC (Photonics in Switching and Computing)2023 に採択された。
- 空間多重光ネットワークにおける送信器の光源として、体積ホログラムを用いた小型モード多重光源を考案した。3台のレーザー

- 商用 ROADM を用いた光ネットワーク障害模擬環境、並びに、テレメトリ情報取得システムを構築、遠隔収集技術を実証するとともに、障害時の光ネットワークデータセットを構築したこと。また、構築したデータセットの一部を学会の研究会にてインターネットで公開し、研究会関係の外部研究者らが利用したこと。

アレイとレンズ、体積ホログラムを用いた簡素な構成により、3種類の空間モード多重信号を一括して生成可能であることを実証し、IEICE Transactions on Electronics 誌に採択された。本小型モード多重光源について、国内出願を行い、特許登録が完了した。また、体積ホログラムによる空間モードスイッチ手法について、国内出願を行い、特許登録が完了した。

- 空間多重光ネットワークでの光増幅や受信時のコア間の強度偏差を均等化するための、Fan-in/Fan-out(FIFO)デバイスを必要としない空間光学系ベースの低損失なマルチコアファイバ可変光減衰器を考案し、4コアファイバ用の光減衰器を試作した。本試作器において 0.56 dB 以下の挿入損失、50 dB を超える減衰量のダイナミックレンジ、50 dB 未満のクロストークレベルを達成した。本成果は、ECOC2024 に採択された。また、本マルチコアファイバ可変光減衰器について国内・米国へ特許出願を行い、共同出願先の企業により製品化され、令和6年度より販売された。
- 第4期中長期期間で開発した音響光学素子を用いた高速マルチコア一括光スイッチや、マルチコアファイバ・マルチモードファイバ結合/分離器、光ファイバ保持具について3件の特許登録が完了した。
- 次世代の光ファイバ間を接続する技術の研究開発を実施し、多芯マルチコアファイバ一括接続技術や中空コアファイバ用コネクタ技術を考案し、特許出願を1件行った。
- 光領域信号処理技術について、モード多重伝送における光周波数領域モード補償システムを開発し、光学的手法によるモード結合・分散の補償を原理実証した(見込)。本システムのモード分散補償技術について特許出願を行った。
- 機構の空間多重光ファイバ通信の研究成果を基に、機構が研究計画を策定するなど主導して形成した種々の委託研究の受託機関により、マルチコア光ファイバの実用化に向けた社会実装の取り組みが行われた。具体的には、光ファイバ製造事業者が低損失マルチコア光ファイバの量産化に成功し、令和5年 10 月より販売を開始した。また、国内の海底ケーブルシステム事業者が令和7年に太平洋の海底ケーブルへマルチコア光ファイバを含むケーブルシステムを提供することとなった。さらに、同海底ケーブルシステム事業者が令和9年に北欧の海底ケーブルへマルチコア光ファイバケーブルシステムを提供することが検討されている。

- 産学との連携により、標準クラッド径マルチコア光ファイバ伝送路の構築に必須な製造技術、伝送路技術、周辺技術に関する委託研究を実施した。2,000km・コア超級の高品質マルチコアファイバ製造技術を確立し、簡易なステップインデックス型屈折率分布を用いた標準クラッド径マルチコアファイバの伝送路への適用性を実証した。さらに、本委託研究の受託機関を中心として、空間多重ファイバ・ケーブル、コネクタ等の標準化活動を推進した。受託機関により、ITU-T SG15 にて標準化に向けた課題を明確化するための新規技術レポートの作成提案がなされ、空間分割多重光ファイバ・ケーブルの技術レポートが令和4年9月に合意された。令和5年 11 月に寄書を提出し、SDM ファイバ勧告作成に向けたフレームワーク・ロードマップ議論開始が合意された。また、IEC TC86 SC86B においては、マルチコアファイバに関する勧告が決まる前段階でも先行して標準化可能な部分について、令和5年5月、MCF (Multi Core Fiber) コネクタを含む接続損失測定法に関する IEC 61300-3-4 の IS (International Standard) 発行、令和5年 11 月、標準外径4コア MCF 用光コネクタ光学互換 Part 3 の PAS (Publicly Available Specification) IEC PAS 63503-3-30 発行がなされており、着実な日本提案の標準化が進行している。
- 産学との連携により、大規模データを省電力・オープン・伸縮自在に收容する超並列型光ネットワーク基盤技術に関する委託研究を実施した。超並列 DSP 基盤技術として、圧縮シェイピング技術を提案し、圧縮シェイピングと組み合わせ可能なマルチレベル符号化変調技術を駆使して、電力効率を8倍以上向上させた。超並列スライス設計制御技術として、空間多重軸/波長多重軸を使用した、光信号並列度現行比 1,000 倍を可能とする超並列光ネットワーク設計技術を開発し、スライス設定技術及び信号特性劣化時のスライス制御技術を実証し、検証を完了した。
- 電子情報通信学会光通信インフラの飛躍的な高度化に関する特別研究専門委員会 (EXAT 研究会) と空間多重技術に関する国際シンポジウム EXAT2021、EXAT2023、EXAT2025 (見込) を共催した (通算8回)、EXAT 研究会 15 周年を記念したシンポジウムを後援した。また、ECOC2023、ECOC2024 のワークショップをモデレータとして運営し、空間多重光ファイバ通信の研究開発と商用化の議論を主導した。

(イ)光ネットワークリソースの動的再構成及び利用効率化技術

アプリケーションからの光ネットワークへの多様な要求に対して、オンデマンドで必要十分なリソースを用いて、コアやアクセス等において様々な特性を持つ安定した通信環境を適応的に提供するため、オープン／プログラマブル光ネットワークに向けて、マネジメント省力化に資する光ハードウェアや光周波数資源の利用効率化技術の研究開発を行う。また、変化適応力向上のための多量光データに基づく光ネットワーク高度解析・制御技術の研究開発を実施する。社会実装を目指したフィールド実証や産学官連携による研究推進等によって各要素技術を実証し、光ネットワークリソースの動的再構成及び利用効率化技術を確立する。

(イ)光ネットワークリソースの動的再構成及び利用効率化技術

オープン／プログラマブル光ネットワークの実現に向けて、マネジメント省力化に資する光ハードウェアや光周波数資源の利用効率化技術、光ネットワーク高度解析・制御技術の研究開発を実施した。光通信分野の著名な国際会議のレギュラー論文に4回採択された。また、1件の特許出願を行った。産学連携による委託研究の成果が商用光伝送システムに搭載され、国内複数の大手通信事業者に採用された。主な成果は以下の通りである。

- 長距離及び広帯域のコア/メトロネットワークをサポートするために、C 帯全域で利得スペクトルをフラット化し、光増幅機能を三段化させた高線形性光増幅器を開発した。また、高線形性光増幅器を用いた広域光ネットワークシステムを構築し、C 帯全域の波長多重信号の 1,000km 伝送実験に成功し、本成果は ECOC2023 に採択された。また、50 波長以上の光信号の分岐・挿入と 1,000km 伝送を実施した後の各光信号の利得変動抑制及び通信品質安定性を実証し、成果を学術論文誌 IEEE/Optica Journal of Optical Communications and Networking に投稿した(見込)。
- ネットワーク制御の広域性や可用性を高めるために、複数のクラウド上にオーケストレータを実装したマルチクラウドオーケストレータ制御システムを開発した。実機検証として、複数の場所に設置された、複数の国内企業・大学等のモニタリングシステムや Open ROADM 対応機器、アクセスネットワーク機器等と相互接続実験を行い、アクセスからコアネットワークまでの複数ドメインにおける一気通貫の光パス設定や、光信号が通過する光ファイバの選択を実証した。本成果は、国際会議 IP/IoT_& Processing + Optical Network (iPOP) 2023 及び iPOP2024 の Showcase にて展示発表した。
- マルチクラウドオーケストレータ制御システム、高線形性光増幅器、マルチベンダの光ホワイトボックス機器、フィールドファイバを組み合わせ、プログラマブルな光パス動作性を検証するための複数のユースケースを想定した実証実験を行った。光パス設定時の光信号の品質安定動作、遅延時間を考慮した入出力ポートの変更、ファイバ切断時のエラー検出と自動的な再ルーティングなどが可能であることを実証した。本成果は ECOC2024 に採択された。

- 光ネットワーク制御の自動化に向けて、光ネットワークの運用状態に関する情報の収集と解析、制御を一体化して行うクローズ・ループ(閉ループ)フレームワークを開発した。実機検証として、海外に配置したコントローラから国内の2か所に配置した光ホワイต์ボックス機器とトラヒックセンサを自動制御する相互接続実験を国内企業や大学と連携して実施し、トラヒック異常を検知スイッチポートの制御に成功し、国際会議 iPOP2022 の Showcase にて展示発表した。また、クローズ・ループを高速化するために、機械学習による情報解析手法を取り入れた。
- 光電変換器とGPUが設置されたサーバによるコヒーレント光伝送のデジタル信号処理(DSP)の実現を目指して、10,000km 光中継伝送システムと GPU による信号処理を用いたリアルタイムコヒーレント光伝送の実証実験を行った。4-QAM 変調方式による 10,000km の長距離伝送に成功し、従来計算を行うための計算機資源であるGPUを通信資源として利用可能である事を実証した。本成果は OFC2021 に採択された。また、複数のデータ処理ユニット間を接続する光通信に向けて、マルチポイント・ツー・マルチポイント通信をサポートするデジタルサブキャリア伝送方式を考案した。毎秒 922 メガビットのサブキャリアを4つ生成し、2つのユニットからサブキャリア結合を行う実験において、1～50 km のファイバ伝送時の GPU による信号処理とエラーフリー伝送を実証した。本成果は、ECOC2024 に採択された。
- 光ネットワークで伝送される波長多重光信号に対する高繰り返し計測が可能な波長モニタリング技術を考案し、高速変調器と波長分散用ファイバを用いて数メガヘルツの繰り返し計測が可能な波長モニタリングシステムを開発した。さらに、波長モニタリングシステムを応用した微粒子光計測システムを開発し、米国への特許出願を行った。関連する論文が American Institute of Physics の学術論文誌 APL Photonics (IF 5.4) に採択された。
- 国内企業・大学等の研究者と共に、フォトニックネットワーク研究、開発、事業等に広く活用されることを目的として、様々な都市のネットワークモデルを作成するための一般的な設計方針を確立し、令和4年度に東京 23 区を対象とした東京メトロエリアネットワークモデルを作成した。本モデルは電子情報通信学会の Web や IEICE Transactions on Communications 誌にて公開され、後者の論文(令和5年4月刊行)は、同月に掲載された論文で最も多く閲覧された。また、令和4年度の電子情報通信学会コミュニケー

	ションシステム研究会委員長賞を受賞した。 • 国立天文台が進めるチリの電波望遠鏡 ALMA の広帯域感度アップグレードに貢献するデータ伝送システムの開発に協力し、初期実証として 400G-ZR トランシーバを用いて 80km 相当の損失下での安定的な光伝送を実証し、国際会議 URSI GASS (General Assembly and Scientific Symposium) 2023 に採択された。 • 産学との連携により、高スループット・高稼働な通信を提供する順応型光ネットワーク技術に関する委託研究を実施した。コヒーレント受信技術と機械学習技術を融合させ、コヒーレント受信で得られる光信号の情報を機械学習で解析し、パワープロファイルモニタリングを可能とした光物理層モニタリング技術を開発し、目標とする光ファイバ特性の変動原因の特定に係る時間を 1,000 倍高速化できることを実証した。光物理層モニタリング技術は、委託研究の受託機関が商用の光伝送システムに搭載し、令和5年度に国内の複数大手通信事業者採用された。令和6年度現在、北米を初めとする海外の通信事業者やデータセンタ事業者向けに製品展開されている。順応型光パス制御技術として、光物理層モニタリング技術と連携して、ゼロマージン化による伝送容量向上のための最適な通信パラメーターの設定を決定するアルゴリズムを開発した。また、アルゴリズムの有効性を確認するため簡易実験、数値シミュレーションでの基本動作確認と効果検証を実施し、最大 30%の伝送容量の増加が可能であることを示した。 • 産学との連携により、多様なサービスに対応する有線・無線アクセスネットワークのプラットフォーム技術に関する委託研究を実施した。オープン機器/オープンソフトウェアのみで対応可能な有線・無線アクセスネットワークを構築可能にするための制御ソフトウェアを開発した。パケット処理高速化、ロードバランシング技術により、汎用サーバ上で毎秒1メガパケット超の安定したパケット処理性能を持つ仮想化システムを開発した。コンピュータリソースとネットワーク遅延状況に応じて、通信経路やパケット処理場所を動的に切り替える自動制御技術を開発し、ユーザの体感品質向上につながるサービスの応答遅延時間低減を実現した。ネットワーク内テレメトリの活用による 100 マイクロ秒以下の測定精度のリアルタイム遅延情報収集技術を開発した。	
(ウ)光ネットワークの障害予兆検知及び機能復旧技術	(ウ)光ネットワークの障害予兆検知及び機能復旧技術	

大規模障害や災害等に対して、広域トランスポートネットワークに影響をもたらす、光ファイバ網特有の物理現象に由来する潜在的な故障源等を検知・予測するテレメトリ技術と、性能低下抑制のための適応制御の基盤技術を確立する。また、平常時／災害・大規模障害時における通信・計算基盤を連携し、クラウドエコシステムにおける構成調整の弾力化と障害復旧の迅速化を目指して、異種トランスポート網の高度な相互接続・統合利用を促進するための、ネットワーク資源のオープン化、需給均衡、通信・計算資源の連携等の基盤技術を確立する。

- 商用 ROADM を用いた光ネットワーク障害模擬環境、並びに、テレメトリ情報取得システムを構築した。模擬障害として、具体的にはリンク切断、一部波長パス途絶、波長フィルタ狭窄、振動、テレメトリ回線切断等を想定し、遠隔収集技術を実証するとともに、障害時の光ネットワークデータセットを構築した。また、構築したデータセットの一部を電子情報通信学会 PN(フォトリックネットワーク)研究会にてインターネットで公開し、PN 研究会関係の外部研究者らが利用した。
- 光ファイバ網特有の物理現象を捉え、潜在的な故障を検知し、表面化する前に障害を予測する機械学習モデルを開発・検証し、電子情報通信学会 PN 研究会、ICTON (International Conference on Transparent Optical Networks) 2024 招待講演などで発表した。
- 日独 B5G 連携の共同研究でドイツの通信技術研究機関と共に、データ主権志向のデータスペースを用いたテストベッドデータ共有システムを構築し実証した。また、データ共有のリアルタイム化に向けた要素技術の開発をした。OFC2025、及び iPOP (International Conference on IP/IoT_& Processing + Optical Network) 2025 などにてデモ展示した(見込)。また、同成果について IEEE Summer topicals2025 及び Optica Advanced Photonics Congress2025 において招待講演した(見込)。フィールドファイバ環境でのデータセット、及びドイツの通信技術研究機関所有のテストベッドで取得した複数のテストベッドデータを用いることで学習器の汎化性能向上を実証、Testbed Data as a Service を提案し、IEICE 論文誌にて発表した(見込)。
- 光ネットワークパフォーマンス低下防止技術として、潜在的な高リスク故障範囲を避けて、新規パス要求に対する資源割当手法、及び、既存パス調整時におけるリスクを最小化する手法を開発し実証した。論理リンク切断障害の事前予測により、データロス従来比 10%～最大 80%低減した(見込)。電子情報通信学会 CS (コミュニケーションシステム)研究会に発表した(見込)。
- データセットの量・シナリオを増やし、性能劣化予測・分析機能向上と共に、網性能劣化防止機能を実証した(見込)。
- 日米連携プロジェクト JUNO2 及び JUNO3 で採択されたプロジェクトを推進し、光通信特有の物理層での劣化/切断に関する障害検知・管理技術として、光ネットワークにおけるカスケード障害事例を実証し、模擬障害データを用いた障害予測をする機械学習アルゴリズムを開発し、招待講演1件などを行った。また、光ネッ

トワーク上で模擬障害を発生させたデータセットを元に、障害箇所推定手法の研究開発を実施し、光ネットワークアーキテクチャ分野の論文誌で最も著名な JOCN(IEEE/Optica Journal of Optical Communications and Networking)2022 の招待論文に採択された。

ネットワーク資源のオープン化による相互接続基盤技術

- レジリエンシーの側面でオープンな相互接続を強化するために、光ネットワークオープン化における研究成果（OFC2021、ECOC2021、ICETC (International Conference on Emerging Technologies for Communications) 2022 招待講演、OFC2023 招待講演、CPS-SNAP (Cyber Physical Systems enabled by Sensing/Network/AI and Photonics Conference) 2023 招待講演、JOCN 招待論文等)を踏まえて、異種ネットワーク間を相互に接続する時に、ホワイトボックス ROADM 装置の開示されている性能監視機能に基づいて、複数ドメインの責任分界点であるボーダにおいて複数ドメインに跨がるパスの性能劣化を監視し、マルチドメイン光パスレストレーションを起動する方式を設計した。
- パケットレイヤ異種トランスポート相互接続のためのプロトコル変換クラスタのハードウェア実装として、平時から利用できるスマート NIC や汎用サーバなどハードウェア上の仮想環境に、クラウドネイティブ化ネットワーク機能(CNF)を用いてレジリエンシー向上の機能を組込むアーキテクチャの提案を行った。具体的には、制御管理プレーンにおいて、a)既存通信事業者の環境に組み込み他事業者へリクエストを出す方法、b)既存の複数の通信事業者間のインターフェースを定義し、それぞれの環境に組み込む方法、c)新たにクラウドに必要機能を実装し、既存事業者のハブとなって機能する方法の3つを考案し実証した。データプレーンにおいて、スマート NIC 上にプロトコル変換クラスタを実装する設計を行った。さらに、CNF に実装するクラスタの Ingress ノードでのヘッダ処理においてフローの ID などで優先度を区別し、優先度の高いパケットフローに対してクラスタ内部のスマート NIC が装備される部分に誘導してプロトコル変換を行い、そのパケットの処理速度がソフトウェアスイッチと比べ輻輳時2倍向上することを実証した。さらに、パケット処理機能に付加価値を加える拡張クラスタアーキテクチャ(例えば、FEC による高信頼化等)を CNF 上に実装する設計を行い、実証した。

通信・計算資源の連携基盤技術

- 異種事業者間の公平オープンな連携促進技術として、通信・計算基盤間連携の方式や参加するステークホルダーの多様性を見据えて、連携態様の多様性に対応できるプラットフォームを研究開発・実証し、FNWF（IEEE Future Networks World Forum）2024にて発表した。さらに、令和5年度までに開発したデータモデル定義に基づく情報交換・需給マッチングプラットフォームの上で、a) 通信事業者間連携、ネットワーク・クラウド連携等異なる連携方式（連携ワークフロー等）のデータモデルをライブラリ化すること、及び、b) 分散された各ステークホルダーにおいて、前記モデルに合わせて自身の挙動を定義する情報交換・需給マッチングプラットフォームの設定情報を自動形成・自動配信し、プラットフォームを自動設定する管理機能を設計完了した。さらに、この機能を使って、復旧戦略策定・制御を含む PoC を実施し、第三者 PNE（Provider Neural Exchange：プロバイダ中立エクスチェンジ）による異種事業者間連携促進のアプローチを示す PoC を開発・実証し、JOCN（Journal of Optical Communications and Networking）招待論文にて発表した（見込）。
- ネットワーク・クラウドエコシステムにおいて、障害や災害時に通信・計算基盤を所有する異種事業者間の連携復旧戦略（異なるステークホルダー間の連携方式とその効果を示す研究成果：Globecom2022、ONDM（International Conference on Optical Network Design and Modelling）2023 最優秀論文、さらにこれを踏まえた総括的な研究成果は JOCN の招待論文に採択）に則り、研究成果の社会実装に向けて、異種事業者環境を模擬し、実証実験を行い、ONDM2024 にて発表した。令和5年度に開発したブロックチェーンに基づく情報交換・需給マッチングプラットフォームの上で、障害や災害時に特に必須である公平、公正、公開な情報共有、そして、ステークホルダー間分散計算による連携復旧戦略の最適化機能を実現した。二つの通信事業者、一つのクラウド事業者、PNE を模擬した実証実験では、数 10 個のトランスアクションという小さいオーバーヘッド、実際の復旧時間より十分短い 10 数分間以内の復旧戦略の策定過程を確認した。さらに、通信事業者間連携復旧戦略策定機能を開発し、通信事業者と共同で検証した（見込）。

		日米連携プロジェクト JUNO3 の採択課題の推進 • JUNO3 において、分散された PNE ノードの制御管理ネットワークの高可用性を自動的に維持する機能を創出し実証した。具体的には、a)平常時の輻輳及び障害時に、新しい評価指標として経路ダイバシティの低減による高可用性の低下を監視・検出する機能、そして、b)障害により経路ダイバシティが低下する際に、最小コストで通信事業者の新しい回線を要求することを通じて、PNE 制御管理ネットワークの経路ダイバシティを再び一定水準に満たすよう PNE 制御管理ネットワークのトポロジを最適化する機能を両方含み、PNE の可用性を維持する機能を開発した(見込)。 • 物理層を意識した管理・障害検知技術として、光ネットワークのテレメトリ・制御高度化技術に関連して、異種事業者間連携動作のトリガ機能として、管理通信網内の障害をリアルタイムで検知する障害検知アルゴリズムを実装し、機能を実機検証した(見込)。 • 異種事業者間連携復旧戦略策定と分散型サービスプロビジョニング機能の実証(PoC)として、連携復旧戦略策定機能とエンド・ツー・エンドのサービスプロビジョニング機能を含めた関連研究の PoC を設計・開発し、実証した。 ネットワーク・クラウドエコシステムのレジリエンシー向上に関する日米連携研究成果の共著論文は、最も著名な IEEE Communications Magazine 誌及び IEEE JSAC (Journal on Selected Areas in Communications)に採択された。	
(4)光・電波融合アクセス基盤技術 Beyond 5G 時代の多様なネットワークサービスを持続的に支えるため、高品質通信を安定的に提供する通信アーキテクチャ、急増する通信トラフィックを支える超大容量フォトニックネットワー	(4)光・電波融合アクセス基盤技術 Beyond 5G 時代以降のネットワークのより柔軟な運用を実現するために、アクセスネットワークにおける光と電波の信号帯域を融合して調和的に利用し、多量の送受信器やセンサ等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充・補完することを可能とし、光と電波の周波数帯域の高精度な相互変換や広帯域な平行波形処理等の機能	(4)光・電波融合アクセス基盤技術 マッシュ集積オールバンド ICT ハードウェア技術 • 中長期計画に掲げるマッシュ集積オールバンド ICT ハードウェア技術として、多量の送受信器やセンサ等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充・補完可能な超小型マッシュ機能集積化デバイス、光と電波の周波数帯域の高精度な相互変換や平行化による広帯域波形処理、接続ロバスト性の高いハードウェアについて研究開発を行い、14,000 パーツ/cm²の超高密度集積技術、110GHz 以上の超高速動作デバイス技術、高速光検出器アレイ作製技術を確立した。これらの成果により、光デバイス分野、光通信分野の著名な国際会議に 27 件の論文が採択されるとともに、このうち3件がレギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文として選出された。また、論文誌発表については	(4)光・電波融合アクセス基盤技術 マッシュ集積オールバンド ICT ハードウェア技術において、シリコンフォトニクス集積回路を設計、試作し、14,000 パーツ/cm²の実装密度達成、これを用い光信号をミリ波変換、狭線幅(27kHz)波長可変レーザ実現。機構独自の電極・光電変換融合周波数等化回路により、200GHz 超の高速化可能な基礎技術を確立(ECOC 2022)、容量装荷型電極構造の導入により、従来比 2/3 の低消費電力化(OFC2024)、市販測定装置は

ク、光ファイバ通信と無線通信を調和的に融合するアクセス技術等に資する研究開発を実施するものとする。

を有する「マッシブ集積オールバンド ICT ハードウェア技術」の研究開発を行う。また、ユーザ特性のみならずネットワーク環境等に対応した光・電波伝送媒体の選択的・調和的な活用を可能とするために、超高速かつ可用性の高い次世代光ファイバ無線技術やスケラブルな帯域制御技術、伝送媒体の効果的な相互変換技術と基準信号配信技術、短距離向けリンク技術等の「伝送メディア調和型アクセス基盤技術」の研究開発を行う。各要素技術を基にした産学官連携によるプロトタイプ実証やシステム・コンセプト等のフィールド社会検証により、各技術の実証や標準化等に取り組み、2030 年以降の利用シーン拡大に資するアクセス／ショートリーチに係る光・電波融合基盤技術を確立する。

Optica (インパクトファクター(IF)10.6) 1件を含む 22 件が著名論文誌に採択された。さらに、これらの成果が広く認められたことで令和6年に第 69 回(令和5年度)前島密賞を受賞、特許出願4件、特許登録7件などを達成し、目標を大きく上回る成果を創出した。以下にその概要を示す。

- 光と電波の信号帯域を融合して調和的に利用し、送受信器を構成する複数の要素・機能モジュールをヘテロジニアスに集積する超高密度集積技術として、光源・光変調器・光検出器を高密度集積したシリコンフォトニクス集積回路を設計・試作し、第5期当初の目標であった 10,000 パーツ/cm² を大きく上回る 14,000 パーツ/cm² の実装密度を達成した。本技術によるゲルマニウム光検出器を集積したシリコンフォトニクスチップを用い、光ファイバ無線(RoF: Radio over Fiber) への適用可能な 5G ミリ波帯であるミリ波 26~47GHz へ光電変換機能を実証し、マイクロ波フォトニクスに関する代表的な国際会議である MWP (International Topical Meeting on Microwave Photonics) 2024 に採択された。また、機構独自の電極・光電変換融合周波数等化回路を組み込んだシリコンフォトニクス光変調器を作製し、3mm×0.5mm 程度の超小型ながら、60GHz までの高速動作を可能にし、光通信分野のトップカンファレンス ECOC (European Conference on Optical Communication) 2024 に採択された。さらに、シリコンフォトニクス光回路と量子ドット半導体光増幅器をヘテロジニアス集積した広帯域波長可変レーザーにおいて、光通信波長帯 C バンド全域の動作とサイドモード抑圧比 40dB 以上を達成し、市販半導体レーザーと比較し 30%未満となる 27kHz の狭線幅化に成功した。本成果は化合物半導体に関する代表的な国際会議である CSW (Compound Semiconductor Week) 2024 に採択された。これらの研究開発により、従来技術であれば 19 インチラックの1ユニット以上を占有する構成を1cm² 以下の小型チップにする事を可能にした。超高密度集積技術関係の特許を2件出願し、1件の特許登録が完了した。
- 高性能光源として、量子ドットレーザーの研究開発を行い、車載デバイスとして必要な 125℃を大きく上回る 150℃までの高温動作を達成し、光通信分野のトップカンファレンスである OFC (Optical Fiber Communications Conference) 2023 に採択された。DFB レーザー作製による単一モード化を実現し、構造最適化により従来の半導体レーザーの線幅 100kHz を大きく低減する 20kHz

110GHz までしか測定できないため、機構独自の測定技術を開発、デバイス研究開発が評価され、第 69 回(令和5年度)前島密賞を受賞、伝送メディア調和型アクセス基盤技術において、RoF 技術を拡張し、ミリ波から光信号への直接変換技術、ミリ波と光信号のカスケード接続技術、及びミリ波、テラヘルツ波、光信号の多段接続技術等を世界で初めて実証(OFC2021、OFC2023PDP 2件を含むトップカンファレンス 12 件採択)、Y 帯 (170-260GHz)RoF を構築し周波数変換技術を開発、172GHz の RoF では 5G NR FR2 帯 (38GHz) 80Gbps で空間伝送、200GHz では、5G NR FR2 帯 (28GHz)への変換と 100Gbps 伝送達成、短距離向けリンク技術において、次世代データセンタ間ネットワークに向け、独自の偏波無依存型自己ホモダイン受信器開発、360Gbps、142km 光コヒーレント伝送成功、ECOC2022PDP 採択、社会実装に向けて、量子ドットウエハ作製技術をメーカーに技術移転、ウエハ販売の実績。低ノイズ光2トーン信号生成技術に関連企業に技術移転し、製品化された周波数計測装置が大手ベンダ企業へ販売実績、光ファイバ無線技術の応用(空港滑走路監視システム)の空港への実証実験器の導入を実現、電波監理審議会から原案を適当とする答申、メーカー(車載機器、ケーブル、光通信機器)等と共

以下の狭線幅化を実現し、OFC2024 に採択、14Gbps の変調動作を実証し、光デバイスのトップカンファレンスである CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 2024 に採択された。また、量子ドットを用いたモードロックレーザーの研究開発を行い、パルス幅1ピコ秒以下、繰り返し周波数間隔 100GHz の超高速、高繰り返しモードロックレーザーを実現し、半導体レーザーの代表的な国際会議である ISLC (International Semiconductor Laser Conference) 2024 に採択された。これを改良した複数セクションを持つモードロックレーザーでは、140GHz の繰り返し周波数を得ることに成功し、光技術関連の世界最大の国際会議である Photonics West 2025 に採択された。さらに将来の光源のアレイ化・集積化に必要な技術として、量子ドット技術の垂直共振器面発光型レーザー (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) への適用を企業と共同で進め、1550nm 帯の量子ドット VCSEL としては世界で初となる電流注入発振に成功し、CLEO2024 に採択された。機構から技術移転した量子ドット形成技術により量子ドットウエハ、チップが販売(令和4年度、令和5年度)されるとともに取引拡大の交渉が技術移転先企業で進められている(令和6年度時点)。

- ニオブ酸リチウム(LN)を用いた高速・高精度光変調器の研究開発を行い、薄膜 LN 導入により、従来技術では 40GHz 程度であった変調速度を 110GHz 以上に引き上げ、更なる高速化技術として機構独自の電極・光電変換融合周波数等化回路を考案、実現し、200GHz 以上の高速化を可能とする基礎技術を確認し、ECOC2022、IPC(IEEE Photonics Conference)2024に採択された。さらに容量装荷型電極構造の導入により、従来比3分の2の低消費電力化に成功し、OFC2024 に採択された。
- 光信号を電気信号に変換する重要なデバイスである光検出器の研究開発を行い、PIN 光検出器、及び UTC-PD (Uni-Travelling Carrier Photodetector) の構造最適化により、光検出器の動作速度を 200GHz 以上に高速化する技術を確認し、光通信・光デバイスの代表的な国際会議である OECC (Opto-Electronics and Communications Conference) 2024、OFC2025 に採択された。本技術の研究開発の際に 110GHz 超の測定ができる市販の装置が存在しないことから、独自の測定技術を開発し、200GHz 超の測定を可能にし、同時に精密な計測技術を確認した。また、光空間通信のための高速光検出器としてマルチジャンクション光検出器

同で大容量車載光ネットワーク研究開発実施、通信用ケーブルとコネクタ作製技術確立、耐熱試験を実施し製品レベルを試作、旗艦国際会議 (CLEO、CLEO-Eu、ECOC、OFC) で、一般講演 57 件を発表。著名学会 IEEE、Optica の論文誌に 47 件採択など、基礎開拓的な要素が強いこの分野において、世界最先端の科学的価値創造で競争を牽引しつつ、具体的実装例の拡大まで、中長期4年目までに達成した多くの実績は当初の想定を上回る卓越したものである。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 中長期計画に掲げるマッシブ集積オールバンド ICT ハードウェア技術として、多量の送受信器やセンサ等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充・補完可能な超小型マッシブ機能集積化デバイス、光と電波の周波数帯域の高精度な相互変換やパラレル化による広帯域波形処理、接続ロバスト性の高いハードウェア技術について研究開発を行い、

を考案、作製し、光空間通信に必要な大面積性を有しながら単純構造に比べて動作速度が 38 倍となる 7.6GHz までの高速化を実現し、CLEO2024 及び CSW2024 に採択された。

- 高速光検出器を平面上に並べ、アレイ化する技術確立し、最大で 400 素子のアレイ光検出器 (PD アレイ)を実現した。本 PD アレイを用いた光空間通信システムを構築し、4 芯バンドルファイバからの 10Gbaud 64QAM (総計 240Gbps) 光信号の 1.5m 空間伝送に成功し、OFC2021 のトップスコア論文に採択、さらに光空間通信向けに多素子合成直並列接続 PD アレイを設計・試作し、ECOC2021 採択、OFC2022 ではトップスコア論文に採択された。また、波長分離器不要で WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 信号を検出する共振型 PD アレイを開発し、世界で初めて WDM 光空間通信に成功した。本実験により、既に実用化されている光ファイバ通信における WDM 通信方式を光空間通信においても活用することが可能であることを示し、ECOC2022 に採択された。さらに、本 PD アレイを用い 7 コアファイバの 2 つのコアに 2 波長を多重した光信号送受信システムで 25 Gbps の強度変調信号を一括受信できることを実証し、トータル 100 Gbps のデータ伝送が可能であることを示し、OFC2023 でトップスコア論文に採択された。また、通常型 PD アレイを用い、メタサーフェイスによる偏波多重信号の分離、検出についても実証し、小型デバイスによる光空間通信の大容量化の可能性を示し、米光学会の著名学術誌 Optica (IF 10.6) に採択された。加えて、光空間通信における 2 次元追尾機能を開発し、PD アレイを用いることでビーム位置ずれに対するトレランスの大幅な向上を示し、OFC2024 に採択された。これらの PD アレイは従来 1 チャンネルの信号のみを検出していた光検出器の使い方から、複数の光検出器を協調して使うという新しい分野を切り開いた。
- 機構の量子ドット技術、光変調器技術等が評価され、企業からの資金提供の申し出による共同研究 (資金受入型共同研究) を延べ 9 件実施した。
- これまでの光源技術の高温動作化、変調器技術の高速化、光検出器技術の高速化及びこれらのデバイス集積化に関する研究開発が、ICT に関わるイノベーションを提案し、ネットワーク社会の進歩発展に顕著な功績であると認められ、第 69 回 (令和 5 年度) 前島密賞を受賞した。

14,000 パーツ/cm² の超高密度集積技術、110GHz 以上の超高速動作デバイス技術、高速光検出器アレイ作製技術確立したこと。これらの成果により、光デバイス分野、光通信分野の著名な国際会議に 27 件の論文が採択されるとともに (このうち 3 件がトップスコア論文として選出)、論文誌発表については Optica (IF 10.6) 1 件を含む 22 件が著名論文誌に採択されたこと。

- 伝送メディア調和型アクセス基盤技術として、伝送メディアを調和的に活用した超高速かつ可用性の高い次世代光ファイバ無線 (RoF) 技術、光波・電波の広帯域の波形信号に関する分離・合成等のパラレル処理技術、伝送媒体の効果的な相互変換技術、光波や電波等のあらゆる伝送メディアの基準信号生成と配信・相互変換技術について研究開発を行い、100～300GHz のミリ波～テラヘルツ波を用いた RoF システムによる 100Gbps の伝送容量の実現、機構独自の光電等化技術を用いたアクセス系ネットワークエッジにおける 880Gbps 以上の大容量伝送の実現、光空間通信における自動追尾型 40Gbps 大容量伝送の実現などの成果を得たこと。
- データセンタ間ネットワークに向けた簡易な送受信器により構成するコヒーレント伝送技術として、機構独自の構成により簡易

伝送メディア調和型アクセス基盤技術

- 中長期計画に掲げる伝送メディア調和型アクセス基盤技術として、伝送メディアを調和的に活用した超高速かつ可用性の高い次世代光ファイバ無線(RoF)技術、光波・電波の広帯域の波形信号に関する分離・合成等のパラレル処理技術、伝送媒体の効果的な相互変換技術、光波や電波等のあらゆる伝送メディアの基準信号生成と配信・相互変換技術について研究開発を行い、100～300GHz のミリ波～テラヘルツ波を用いた RoF システムによる 100Gbps の伝送容量の実現、機構独自の光電等化技術を用いたアクセス系ネットワークエッジにおける 880Gbps 以上の大容量伝送の実現、光空間通信における自動追尾型 40Gbps 大容量伝送の実現などの成果を得た。これにより、光デバイス分野、光通信分野の著名な国際会議に 27 件の論文が採択され、その内 2 件が最優秀論文(ポストデッドライン論文)の特別セッション、1 件がトップスコア論文となり、21 件が著名論文誌に採択された。これらの成果が広く認められたことで令和 5 年には OFC2023 において招待講演を 2 件行い、令和 6 年には電子情報通信学会エレクトロサイエティ賞を受賞した。また、信号処理技術として位相回復技術を開発し、簡便な構成による信号品質評価を可能とした。その功績が認められ、第 67 回(令和 3 年度)前島密賞奨励賞を受賞し、ECOC2021 においてチュートリアル講演を行った。さらに特許出願 2 件、特許登録 4 件などを達成し、目標を大きく上回る成果を創出した。以下にその概要を示す。
- 光信号を電波の無線信号に直接変換する技術として、光信号と無線信号を相互に変換、シームレスに接続する RoF 技術実現のため、高速光変調器(100GHz 帯変調器)を開発し、101GHz 帯 OFDM-64QAM 信号(14GHz 幅、70Gbps 相当)のミリ波信号の空間伝送と受信機におけるミリ波帯信号の直接光・IF 変換を実証し OFC2021 ポストデッドライン論文の特別セッションに採択されるとともに報道発表を行った。100GHz 以上の RoF 技術を拡張し、光→電波→光→電波の多段(カスケード)接続ネットワークにおいて、伝送先のスイッチング動作と 32/64QAM OFDM 信号の 29Gbps の送受信実験に世界で初めて成功し OFC2023 にポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。さらに、伝送媒体の相互変換技術により 28GHz 帯、286GHz 帯及び光無線リンクを収納する多チャンネル接続ネットワークにおいて、16/64QAM OFDM 信号の送受信実験に世界で初めて成功した。また、この中

な偏波無依存型自己ホモダイナ受信器を開発し、1 波長で毎秒 360 ギガビット(96GBaud)の 16QAM 信号、最長 142km 光コヒーレント伝送実験に成功、本成果が ECOC2022 ポストデッドライン論文の特別セッションに採択され、報道発表を行ったこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 中長期計画に掲げるマッシブ集積オールバンド ICT ハードウェア技術として、多量の送受信器やセンサ等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充・補完可能な超小型マッシブ機能集積化デバイス、光と電波の周波数帯域の高精度な相互変換やパラレル化による広帯域波形処理、接続ロバスト性の高いハードウェア技術について研究開発を行い、14,000 パーツ/cm² の超高密度集積技術、110GHz 以上の超高速動作デバイス技術、高速光検出器アレイ作製技術を確立したこと。これらの成果により、光デバイス分野、光通信分野の著名な国際会議に 27 件の論文が採択されるとともに(このうち 3 件がトップスコア論文として選出)、論文誌発表については Optica (IF 10.6) 1 件を含む 22 件が著名論文誌に採択されたこと。
- 高精度光信号制御技術として、機構開発の光変調器技術を用

で 286GHz において 88Gbps のデータレートを達成し、ECOC2023 に採択された。

- 170GHz を超える Y 帯(170-260GHz)に対応した光波・電波接続技術として、172GHz を用いた RoF システムを構築し、アクセスポイントではさらに 5G NR における FR2 帯の 38GHz で空間伝送するシステムにより、16/64QAM OFDM 信号の送受信に成功し、80Gbps の伝送容量を実証した。本成果はネットワークと通信技術のトップカンファレンスである INFOCOM (IEEE International Conference on Computer Communications) 2024 の本会議ポスターセッションに採択された。また、200GHz を用いた RoF システムを構築し、最終段では 5G NR における FR2 帯である 28GHz にダウンコンバージョンするシステムを構築し、16/64QAM OFDM 信号の伝送に成功し、100Gbps の伝送容量を達成し、MWP2024 に採択された。
- 高精度光信号制御技術として、機構開発の光変調器技術を用いることで、雑音の少ない光2トーン信号生成技術を確立し、本技術を関連企業に技術移転し、関連企業より周波数計測装置として製品化され、大手ベンダーへの販売実績があった。さらに、超低雑音基準信号の生成のため、光変調技術と高速、高出力光検出器を用いた光電発振器を構成し、60GHz 帯において -106dBc/Hz の非常にノイズの低い基準信号生成技術を実証した。
- 機構独自技術である光電融合等化回路を用いることにより、強度変調のみの簡易な方式かつ、復調時のデジタル信号処理を大幅に低減する方式を開発した。これにより最大 880Gbps 以上、30km のデータ伝送に成功した。本技術に関連した内容は ECOC2022、OFC2023、OFC2024、MWP2024 に採択されるとともに、OFC2023 では招待講演を行った。
- 近中距離、ネットワークエッジ大容量伝送技術として、量子ドットモードロックレーザーで実現した 100GHz 間隔の広帯域光源を WDM 用光源として用い、単一かつ簡便な構成で 56 チャンネルを 80Gbps で OOK 変調、復調することにより、4Tbps 以上の伝送容量を可能とする基礎技術を確立した。URSI-ATRASC (Union Radio-Scientifique Internationale Atlantic Radio Science Meeting) 2024 に採択され、若手研究者賞を受賞した。
- 光信号における位相回復技術の研究開発を行い、単一 PD のみで多値変調信号を評価するシリアル型位相回復技術を産官連携

いることで、雑音の少ない光2トーン信号生成技術を確立し、本技術を関連企業に技術移転し、関連企業より周波数計測装置として製品化され、大手ベンダーへの販売実績があったこと。

- 車載機器メーカーなどと共同で大容量車載光ネットワークに関する研究開発を実施し、各要素技術及び実用化可能な技術を確立、車内のみならず狭空間で応用が可能な電力線と4本のファイバを一体化した通信用ケーブル及びコネクタ作製技術を確立するとともに実用レベルの試作を行い、-40℃から 125℃の範囲の耐熱試験による損失増加が起きないことを確認し、製品レベルのプロトタイプを作製したこと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 高精度光信号制御技術として、機構開発の光変調器技術を用いることで、雑音の少ない光2トーン信号生成技術を確立し、本技術を関連企業に技術移転し、関連企業より周波数計測装置として製品化され、大手ベンダーへの販売実績があったこと。
- 車載機器メーカーなどと共同で大容量車載光ネットワークに関する研究開発を実施し、各要素技術及び実用化可能な技術を確立、車内のみならず狭空間で応用が可能な電力線と4本のファイ

で共同開発し、偏波多重 400Gbps 信号において、従来デジタルコヒーレント受信器と遜色ない評価結果を示した。これらの成果により OFC2021、OFC2025 などに採択された。また、位相回復技術をはじめとした信号処理技術の研究開発について、「情報通信・放送分野において、現に活躍するとともに実績を上げており、今後もなお一層の功績が期待される者」として、第 67 回(令和3年度)前島密賞奨励賞を受賞、ECOC2021 においてチュートリアル講演、Journal of Lightwave Technology 誌にて論文発表を行った。

- 光ファイバ・ツー・光ファイバの光空間通信において、移動する対象を自動で追跡し信号を送り届ける追尾システムを光デバイスメーカーとの産官連携で構築、低速で1次元に移動する移動体に対して 10Gbps の伝送速度でデータ送受信できることを実証した。さらに、これを秒速 400mm の移動速度、20Gbps の伝送容量に改良、同速度で2次元の移動体、40Gbps の伝送容量に拡張することに成功した。これらの成果により、ECOC2023、OFC2024 に採択され、ECOC2023 の論文はトップスコア論文に選出されるとともに OFC2024 ではデモセッションにも採択された。また、本デモセッションの来訪がきっかけで、光空間通信では世界的権威である米国大学の研究室から共同研究が申し込まれた。

短距離向けリンク技術

- 短距離向けリンク技術として、データセンタ間ネットワークに向けた簡易な送受信器により構成するコヒーレント伝送技術、データセンタ内ネットワークやモバイルフロントホールに向けた毎秒 10 テラビット級の空間多重伝送技術や高速直接変調技術の研究開発を実施した。光通信分野の著名な国際会議のポストデッドライン論文の特別セッションに1回、トップスコア論文に2回採択された。また、4件の特許登録、1件の特許出願を行った。主な成果は以下の通りである。
- データセンタ間ネットワークに向けた簡易な送受信器により構成するコヒーレント伝送技術として、機構独自の構成により簡易な偏波無依存型自己ホモダイン受信器を開発し、1波長で毎秒 360 ギガビット(96GBaud)の 16QAM 信号、最長 142km 光コヒーレント伝送実験に成功した。本成果は、ECOC2022 ポストデッドライン論文の特別セッションに採択され、報道発表を行った。さらに、より安価なインコヒーレントな光源である光増幅器からの自然放射増

ばを一体化した通信用ケーブル及びコネクタ作製技術を確立するとともに実用レベルの試作を行い、-40℃から 125℃の範囲の耐熱試験による損失増加が起きないことを確認し、製品レベルのプロトタイプを作製したこと。また、RoFの技術をセンシング用途に展開し、産学官連携によりこれまで進めてきた空港滑走路監視システムの社会実装の活動を企業と連携して進め、羽田空港への実証実験器の導入を実現するとともに、総務省の電波監理審議会から当該周波数を利用可能とする答申を得たこと。

- 機構から技術移転した量子ドット形成技術により量子ドットウエハ、チップが販売(令和4年度、令和5年度)されるとともに取引拡大の交渉が技術移転先企業で進められている(令和6年度時点)こと。

幅光 (Amplified Spontaneous Emission: ASE) や LED 光源を用いて、入射偏波無依存型自己ホモダイン検出器によるコヒーレント伝送を実証した。ASE 光源を用いた 20GBaud QPSK、10GBaud 16QAM、1 km のコヒーレント伝送実証に成功し、ECOC2023 に採択された。LED 光源を用いて、毎秒 53 ギガビット秒の QPSK 信号の 1km コヒーレント伝送の実証に成功し、アジア・太平洋地域最大の光通信分野の国際会議 OECC2024 に採択された。また、関連する4件の特許登録が完了した。

- 次世代データセンタ内ネットワーク向け毎秒 10 テラビット超の空間多重光インターコネクトを実現するため、空間多重技術と 100Gbaud 級変復調技術を組み合わせ、毎秒 12.8 テラビット (毎秒 200 ギガビット (112Gbaud) PAM4、8波長、8コア)、1km 伝送実証に成功した。本成果は、ECOC2022 のレギュラー論文の中でも特に評価が高いトップスコア論文に選出された。さらに、拡張性の高いデータセンタ内ネットワークの大容量化のため、市販の直接変調型の O 帯 DFB レーザー (4波長) を用いて、毎秒 800 ギガビット (75 Gbaud PAM8、4波長) の送信器を構築し、4コアファイバや8コアファイバ及び MEMS 光スイッチと組み合わせ、データセンタ内 Spine-Leaf 間を模擬したテラビット級光スイッチ接続を実証した。本成果は、ECOC2024 のトップスコア論文に採択された。
- 高速直接変調技術として、NEDO ポスト 5G 委託事業の中で、酸化狭窄開口と金属電極開口との間の共振を併用した 1,060nm 帯 VCSEL の研究開発を進め、単一モード VCSEL として世界初となるチャンネルあたり毎秒 100 ギガビット超 (128 Gbps NRZ、144 Gbps PAM4) の直接変調、2km 伝送に成功、容量距離積は毎秒 288 ギガビット・km で、VCSEL を用いた伝送容量距離積の世界記録を大幅に更新した。本成果は、OECC2023 のポストデッドライン論文の特別セッションに採択された。さらに、ポスト 5G のモバイルフロントホールに要求される1テラビット級トランシーバ技術に繋げるため、VCSEL アレイと光検出器アレイ各 12 チャンネルを、マイクロレンズアレイ及び波長選択フィルタを介し、12 チャンネルのファイバアレイと並列接続することにより、毎秒 1.2 テラビット相当の伝送容量を実証し、NEDO ポスト 5G 委託事業の最終目標を達成した。本成果に関連する特許を1件出願した。
- 産学との連携により、短距離超高速光ファイバリンクのための超高速並列レーザー光源技術に関する委託研究を実施した (以下、全て見込)。

- 超高速レーザー光源の研究開発として、変調帯域 40 ギガヘルツ以上、チャンネルあたり変調速度毎秒 200 ギガビット以上の結合 VCSEL を開発した。この光源をベースに、機構の信号処理技術や低損失結合技術等と連携して、単一コア・単一モード光ファイバを用いて毎秒 200 ギガビットの光信号の 2 km 伝送の実証に成功した。さらに、大規模・高均一並列レーザー光源の研究開発として、チップ面積 2mm² 以下に 32 チャンネルを配置した直接変調型の高密度面発光レーザーアレイ光源を開発した。

産学官連携

- 各要素技術を基にした産学官連携によるプロトタイプ実証やシステム・コンセプト等のフィールド社会検証により、各技術の実証や標準化等に取り組み、多くの成果を創出した。以下にその概要を示す。
- 車載機器メーカー、ケーブルメーカー、光通信機器メーカーなどと共同で大容量車載光ネットワークに関する研究開発を実施し、各要素技術及び実用化可能な技術を確立した。車内という電源容量の限られた環境下で長時間動作可能なネットワーク技術として、車内独自の光ネットワーク構成(マスター+ゲートウェイ方式: マスター部分に消費電力が大きい光源素子を1か所のみ配置し、ゲートウェイ部分では消費電力の小さな素子で信号のやり取りのみを行う方式)を考案し、特許化した。また、このネットワーク構築のための低消費電力デバイスとして、シリコンフォトニクスを用いた光変調器の 25Gbps 動作と、Gateway における信号送受信のための Listen、Talk、Through 動作の実証を実現した。車載ネットワーク及びシリコンフォトニクスの要素技術に関する成果は光エレクトロニクスと光通信の代表的な国際会議である OECC 及び PSC(International Conference on Photonics in Switching and Computing)に複数の論文が採択された。また、車内のみならず狭空間で応用が可能な電力線と4本のファイバを一体化した通信用ケーブル及びコネクタ作製技術を確立するとともに実用レベルの試作を行い、-40℃から 125℃の範囲の耐熱試験による損失増加が起きないことを確認し、製品レベルのプロトタイプを作製した。
- 産学官連携による国際標準化活動として、ITU-T、IEC の他 APT (ASTAP、AWG)における国際標準化活動を行った。IEC の国際標準化活動においては、バランス検出器を用いた光電変換デバ

		イスにおけるコモンモード抑圧比の周波数特性応答の計測手法に関するものと、光電変換デバイスの非線形応答に関する周波数応答特性の計測手法に関するものが、標準化文書として 2024 年に成立した(IEC 62803-2、IEC 62803-3)。ITU-T SG15 では、RoF 技術に関する継続議論を行い、RoF システムの要素技術や応用事例について まとめている 補助文書 G. Suppl. 55 の改訂に向けた寄与入力を行い、改訂第2版が令和5年に発行された。APT においては APT/ASTAP 技術レポート発行に向けた作業文書の改訂を実施した。さらに、APT/AWG においてはミリ波帯固定無線における無線局・設置柱への風雨の影響に関する技術レポート改訂作業文書に対して、タイ王国と共同で実施した実験及び計算結果を作業文書に追記し、固定地点間通信に関する技術レポート改定版が令和6年に発行された。 企業との連携により推進してきた RoF 技術をセンシング用途に展開した空港滑走路監視システムの社会実装の活動を進め、羽田空港への実証実験器の導入を実現するとともに、総務省の電波監理審議会から当該周波数を利用可能とする答申を得た。これに先立って、「90GHz 帯 滑走路面異物検知システムの開発と実証」について第 35 回電波功績賞総務大臣表彰を関連組織と共に受賞した。	
(5)宇宙通信基盤技術 衛星通信を含む非地上系ネットワークや通信システムの利用拡大を鑑み、電波や光による柔軟な衛星通信ネットワークの構築により、次世代衛星通信基盤技術の研究開発を実施するとともに、産学連携を推進するものとする。	(5)宇宙通信基盤技術 衛星通信を含む非地上系ネットワークや通信システムの利用が拡大する中、地上から宇宙までをシームレスにつなぐ高度な情報通信ネットワークの実現に向けて、効率的なデータ流通を実現する衛星フレキシブルネットワーク基盤技術及び小型化・大容量化・高秘匿化を可能とする大容量光衛星通信・フレキシブル通信・高秘匿通信基盤技術に関する研究開発を行う。 (ア)衛星フレキシブルネットワーク基盤技術	(5)宇宙通信基盤技術 三次元ネットワークのコンセプト提案が電子情報通信学会論文誌の招待論文と学会誌の巻頭論文に採録、国際会議 ECOC 及び OFC にて NTN に関して5件の招待講演(パネルを含む)、IEEE ICSOS 2022,2023 を共催し光宇宙通信分野の発展を牽引。三次元ネットワークを構成する HAPS-地上間の通信について、HAPS 向け地上局用アンテナシステム開発、通信事業者等と HAPS を模擬した小型航空機と地上局間で 38GHz 帯電波を用いた 5GNR 方式の通信を世界初実証、本成果が IEEE Spectrum 誌掲載、航空機等に搭載する小型	
		(ア)衛星フレキシブルネットワーク基盤技術	

衛星・航空機・ドローン等で構成される地上から宇宙までのネットワークが多層的に展開される光・電波を用いた統合型モビリティネットワークにおいて、流通データの要求条件（通信容量、遅延、信頼性、電波伝搬等）を踏まえ、最適な通信経路や通信条件を探索することで、効率的なデータ流通を可能とする衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の研究開発等に取り組む。本技術を活用し、衛星等を用いた通信技術の検証や実証実験を実施し、実用化を目指し基盤技術を確立するとともに標準化・産学との連携を推進する。

三次元ネットワークとその統合制御

【三次元ネットワークとその統合制御アルゴリズム開発】

- 三次元ネットワークのコンセプト提案を一貫して続け、国内の主要な論文誌（電子情報通信学会和文論文誌 C）の招待論文と学会誌（電子情報通信学会誌）の巻頭論文に採択され、また、電子情報通信学会通信ソサイエティの旗艦国際会議 ICETC2022 で基調講演、宇宙通信において伝統的な国際会議 KaBSC&ICSSC 及び BroadSky ワークショップ、インターネットガバナンスフォーラム 京都 2023 でそれぞれ招待講演、及び、光通信・ネットワーク分野最高峰の二大国際会議の一つ OFC2022 において、3件しかないシンポジウムセッションの一つで招待講演し、先端的な研究開発の成果をアピールした。さらに、二大会議もう一つの欧州光通信国際会議 ECOC2023 において2件の招待講演、OFC2024 で1件の招待講演、ECOC2024 では大会委員長がモデレータを務めたシンポジウムにおいて、特に Beyond 5G における非地上系ネットワーク（NTN: Non-Terrestrial Network）用光衛星通信技術を中心として招待講演するなど、電波と光を使った三次元ネットワークの重要性とキー技術の提案や取組みが学術界に浸透した。
- 衛星系ネットワーク（NTN）と 5G 等の地上系ネットワーク（TN: Terrestrial Network）が存在する衛星地上接続システムの全体アーキテクチャを提案し、そのシステムを模擬してリソース割当及び経路制御のアルゴリズムを検証可能な衛星地上接続シミュレータを開発した。提案アーキテクチャに基づき、NTN と TN で提供できるリンク品質が異なる場合などでも統一的かつ効率的にシステム全体を管理することが可能となる階層的な管理フレームワークと、ユーザの要求 QoS や軌道が異なる複数種類の NTN ノードによるリンク品質を考慮したリソース割当及び経路制御のアルゴリズムを提案し、静止軌道（GEO）衛星3機と低軌道（LEO）衛星 78 機により構成される現実的な規模の NTN システムを仮定したシナリオにおいて、適切なスライス定義により、ユーザ要求を満たしつつ、経路及びリソース制御の制御コストを 20%～50%に削減できることを世界で初めてシミュレーションで確認した。この成果をまとめた論文が、宇宙分野における世界最大の国際会議 IAC2023 に採択された。
- また、複数の NTN 事業者と TN 事業者によってシステムが構成される場合において、各事業者とインタフェースを取って全体のネットワーク管理を行うオーケストレータを導入し、その場合のオーケ

平面アンテナの研究を進め、アンテナとアンテナ筐体の一体化で放熱効率を高め全体を小型化するため、炭素繊維強化プラスチックとグラファイトシートの新複合材料による高熱伝導構造を試作、重量当たりの熱輸送能力は銅の 6.6 倍を検証、特許出願。排熱構造の更なる軽量化によりアルミ製排熱構造の重量と比較して 50%以下実現、汎用型小型高速光通信機器（FX/ST 光通信端末）について、ドローンや航空機に搭載して評価する実験装置の設計及び製作完了、論文が IEEE Lightwave Technology 採録。大気伝搬環境下での性能確認のため、地上で 2Tbps 空間伝送成功、地上長距離の水平伝搬では 10Gbps の伝送成功。宇宙実証に向け、CubeSat に搭載する 10Gbps の光通信端末を製造し引渡しを完了（見込）、ETS-9 搭載 10Gbps 光通信機器の性能を最大限発揮できる改修と評価を行い、ETS-9 搭載ビーコン送信機とともに製造・試験完了。10Gbps 光通信機器は追加データ取得要求に対応し追加試験全て完了。衛星バス開発機関への引渡し完了。打上げに向けた性能確認完了（見込）、など、B5G 時代やその先を目指す全体アーキテクチャの中で極めて重要な意味を持つ NTN の実現に向けたハードウェア技術からシミュレーションまで、またアンテナ技術や飛翔体による通信技術、大規模衛星開発の仕上げまで、技術領域的に

ストレーション方式とメッセージフォーマットを提案した。複数 NTN 事業者のオーケストレーションについては、提案方式により、オーケストレータの集中管理と比較して各事業者内ネットワークの運用コストを下げられることを数値シミュレーションで検証した。複数の NTN 事業者と TN 事業者が存在する場合においては、NTN と TN の間でインタフェースを行うためのソフトウェアと検証環境を構築し、衛星区間にネットワークエミュレータ、擬似衛星局(RF/モデムを含む ETS-9 模擬装置)等を用いて衛星地上接続システムの全体評価を行い、提案方式が機能することを示した。本提案は、世界的に NTN に関する経済活動及び研究開発等が活発化する中、そのキー技術を世界に先駆けて開発し、国際会議(IAC、WPMC)及び論文誌(IEEE(見込))等で広く周知するとともに、国内出願及び PCT 出願による各国移行(米国・欧州)を行った。

- TN と NTN の統合的なネットワーク制御を行う INCA(Integrated Network Control Architecture。本調書の中項目(1)計算機能複合型ネットワーク技術において開発。)模擬環境の構築について、特に NTN 模擬環境(NTN エミュレータ/シミュレータ)を担当し、令和5年度は、基本的なデモとして、ユーザ要求に応じて NTN 経路が変動するシナリオにおける動画アプリの挙動とネットワーク状況可視化を行い、令和6年度は拡張デモとして、非静止衛星の位置等が時間変動する NTN シミュレーションシナリオへの対応を可能とした。また、機構の高信頼・高可塑 B5GIoT テストベッド内の B5G モバイル環境へのシステム移行のサポートや、NTN リンク故障による経路切り替えシナリオへの対応を可能とし、多層エミュレータの性能評価により、NTN 回線模擬として適切と思われるパラメータチューニングを実施した。これにより、INCA 模擬システムで想定可能な NTN 環境の自由度を向上させた。

【高高度プラットフォーム(HAPS:High Altitude Platform Station)向け地上局用アンテナシステム】

- WRC-19 において HAPS 向けの固定業務に割り当てられた 38GHz 帯電波を用いた HAPS 向け地上局用アンテナシステムを完成させた。令和6年3月には、HAPS の研究開発のコンソーシアム全体の成果として HAPS を模擬した航空機と複数地上局との間で、上空での 38GHz 帯電波を用いた複数リンクを確立し、地上の携帯電話網のコアネットワークと gNB 間のバックホール回線として利用する世界で初めての検証実験に成功した。これにより、

もフィールドの多様性においても多岐にわたる研究開発と実装に向けた成果創出を進め、多くの卓越した成果が創出された。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評価を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 高速通信で小型化によりドローン、HAPS、衛星とマルチプラットフォームに搭載対応な2つの汎用型小型光通信端末(送受信端末(FX)及び送信端末(ST))を開発し、衛星搭載用の端末は、エンジニアリングモデル(EM)として最大で 2Tbps の性能、フライトモデル(FM)では大気ゆらぎの影響を受ける LEO-地上間もしくは LEO-HAPS 間への適用を考え、10Gbps を実証したこと。また、世界初の LEO 衛星と HAPS 間の光通信を目指し、開発された世界最先端の超小型高速光端末技術を利用した CubeSat を打上げるため、HAPS 搭載用の光端末を開発し引き渡しを完了(見込)したこと。
- ETS-9 に搭載する静止衛星ー地上間で、大気ゆらぎ等の課題を克服し、世界トップレベルの

上空 4km を約 200km/h で飛行する航空機に対して、ミリ波帯を用いた先鋭なビームパターンを有する HAPS 用の地上局として十分な追尾性能を備えていること、また、提案追尾方式により追尾に係る消費電力に関して約 90% 低減が達成されること等の結果を得た。さらに、航空機による HAPS 模擬回線をバックホールとしたセルラと、従来の地上の光ファイバ網を用いたセルラとの間で、一般的なユーザ端末(UE)を用いたシームレスなハンドオーバーに成功した。この成果を、令和6年5月にコンソーシアム合同で報道発表した。その後、コンソーシアムへ参画する通信事業者が、機構が開発した地上局を用いた実験の成功を経て本研究開発で得られた知見が令和8年以降の HAPS サービスに大きく寄与する見込みである。

- さらに、令和6年3月の試験結果は、国内外問わず多数の報道機関に取り上げられるとともに IEEE の旗艦誌である IEEE Spectrum にも掲載された(記事名: This Japanese Aircraft Became a 5G Base Station)。また、現在特許申請中である機構の知財を利用した HAPS 用地上局アンテナシステムの製品化に向け、民間企業との調整を実施した。

【衛星と地上 5G ネットワークの統合に向けた日欧共同実験】

- 地上系と NTN がシームレスにつながる時代を見据え、機構と欧州宇宙機関(ESA)で協定を締結し、日欧の企業等による連携体制を構築し、衛星と地上 5G ネットワークの統合に向けた共同実験プロジェクトを立ち上げ、機構の委託研究(課題 219)を企画して令和2年～令和6年の間で研究開発を実施した。機構の委託研究(課題 219)の受託機関である大学、企業、事業者と、ESA のパートナー機関の国際連携により、衛星系と地上 5G ネットワークの統合技術を開発し、各種の実証実験により成果を示した。令和2年度から令和3年度の Phase 1 では、日欧間の長距離回線を含む衛星 5G 連携技術を開発し、令和4年に国内で初めて静止衛星回線を含む衛星 5G 統合制御に関する日欧共同実験を行い、日欧の国際間長距離 5G ネットワークにおいて 5G 制御信号、4K 映像及び IoT データの伝送に成功した。本実験では、衛星回線と日欧間地上回線を含む長距離伝送による遅延等の影響下において、日本に配置したユーザ端末と欧州に配置した 5G コア間でやり取りされる 5G 制御信号で通信セッションが確立できること、日本側の 4K カメラ及び IoT センサで取得したデータを欧州側へ

10Gbps を実現する高速光通信機器や、通信環境やニーズに合わせエリア変更や割り当て帯域を変更及び Ka 帯/光リンクの選択が可能なフレキシブル通信を実現する次世代のハイスループット衛星(HTS)用通信システムの研究開発を進め、製造を完了、途中、ETS-9 の打ち上げ延期に伴い、ETS-9 搭載 10Gbps 光通信機器の性能を最大限発揮できる改修及び評価を行い、この際、10Gbps 光通信機器について追加のデータ取得の要求に対応した追加試験をすべて令和5年度内に実施し、ETS-9 搭載ビーコン送信機とともに製造・試験を完了し、令和6年度には、衛星バス開発機関へ ETS-9 搭載機器の引き渡し及び衛星本体への搭載を完了し、機器の健全性と地上環境下試験における性能を確認したこと。

- 平面アンテナのドローンへの搭載化を実現するために、排熱構造の更なる軽量化について検討を行い、開口 40cm 四方のアンテナにおいて従来のアルミ製の排熱構造の重量(4kg)と比較して 50%以下に軽量化したこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- ESIM に割り当てられた周波数帯の拡大に対し、L 帯と Ka 帯のデュアルバンド化と合わせて、Ka

伝送できることを明らかにし、各伝送区間のネットワーク品質を測定し、衛星回線と 5G を接続したネットワーク性能の評価を行うことで、具体的なアプリケーション伝送の観点からも国際間長距離通信を介した 5G ネットワークにおける衛星回線の統合が実現できることが確認できた。この成果の令和4年の報道発表が Web ニュースなどに多く掲載され、国内外に大きな反響を得た。また、日欧全機関の共著で査読付き国際会議 ICSSC2022 にも採録された。

- また、令和4年度から令和6年度の Phase 2 では、回線状況等に応じて GEO 衛星回線、LEO 衛星回線、地上回線をリアルタイムで切り替えるマルチバックホール技術を実証した。その技術を用い、令和6年度には、実アプリケーションとして震災時の救出活動支援を想定し、衛星やローカル 5G の大容量性を生かした映像伝送と LEO 衛星回線の低遅延を活かしたロボット、監視カメラの操作等を行うデモンストレーションを行い、衛星地上統合技術の有効性を広く社会に示した。また、Phase1 からの継続として 5G 技術のキーであるネットワークファンクションの最適配置、ネットワークスライシングの有効性確認実証試験を実施するなどの成果を得た。

ETS-9 搭載 10Gbps 光通信機器・共通部 RF 通信機器の研究開発・衛星用地球局

【ETS-9 搭載 10Gbps 光通信機器・共通部 RF 通信機器】

- 技術試験衛星9号機(ETS-9)に搭載する静止衛星一地上間で、大気ゆらぎ等の課題を克服し、世界トップレベルの 10Gbps を実現する高速光通信機器や、通信環境やニーズに合わせエリア変更や割り当て帯域を変更及び Ka 帯/光リンクの選択が可能なフレキシブル通信を実現する次世代のハイスループット衛星(HTS)用通信システムの研究開発を進め、製造を完了した。途中、ETS-9 の打ち上げ延期に伴い、ETS-9 搭載 10Gbps 光通信機器の性能を最大限発揮できる改修及び評価を行い、この際、10Gbps 光通信機器について追加のデータ取得の要求に対応した追加試験をすべて令和5年度内に実施し、ETS-9 搭載ビーコン送信機とともに製造・試験を完了した。令和6年度には、衛星バス開発機関へ ETS-9 搭載機器の引き渡し及び衛星本体への搭載を完了し、機器の健全性と搭載後の地上環境下試験における性能を確認した。令和7年度に宇宙環境下試験を行い、打上げに

帯のアンテナ構成の見直しを行い、2.5GHz の帯域において 100° の広角なビーム走査性能と軸比 3dB 以下の性能を達成し、さらに、汎用 BFIC の実装のための設計を行い、NTN における汎用性の高い平面アンテナの実現のためのアンテナシステム構成を決定、Ka帯の対応周波数帯の下限値拡大及び広角なビームフォーミングを可能とする汎用ICの選定を行い、Ka 帯のビームフォーミング IC の実装を含めた製作をし、小型化を実現した(見込)こと。

- 衛星系ネットワーク(NTN)と 5G 等の地上系ネットワーク(TN)が存在する衛星地上接続システムの全体アーキテクチャを提案し、そのシステムを模擬してリソース割当及び経路制御のアルゴリズムを検証可能な衛星地上接続シミュレータを開発したこと。提案アーキテクチャに基づき、NTN と TN で提供できるリンク品質が異なる場合などでも統一かつ効率的にシステム全体を管理することが可能となる階層的な管理フレームワークと、ユーザの要求 QoS や軌道が異なる複数種類の NTN ノードによるリンク品質を考慮したリソース割当及び経路制御のアルゴリズムを提案し、静止軌道(GEO)衛星3機と低軌道(LEO)衛星78機により構成される現実的な規模の NTN システムを仮定したシナリオにおいて、適

向けた性能試験を完了した(見込)。以上により、宇宙基本計画工程表に示されている令和7年度以降に打上を目指している ETS-9 を使った宇宙実証による衛星-地上間光通信の基盤技術確立に向けて、開発段階を前進させた。

【ETS-9 用地球局】

- 衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の研究開発を推進するため産学と共同研究を実施し、以下の成果を得た。
- 総務省電波資源拡大のための研究開発(多様なユースケースに対応するための Ka 帯衛星の制御に関する研究開発、令和2年-令和6年)を、2つの大学、2つの国内企業と受託し、5者で連携をとりながら、衛星地上接続技術や運用計画作成技術、衛星リソース制御技術の研究開発を実施し、総務省に成果を報告した。
- 鹿島フィーダリンク地球局、沖縄フィーダリンク地球局をはじめ、ユーザ局として大型車載局、小型車載局、可搬型地球局、船舶搭載用地球局などを完成させ、ETS-9 を使った実証実験の準備を完了した。また、外部資金で開発した衛星搭載機器による最適帯域割当・サイトダイバーシティ技術と合わせて、航空機や船舶を想定したユーザの分布に基づく通信需要の変動予測と、降雨量や雲量といった天候状況に基づく伝搬特性の予測により、フレキシブル衛星に対応した地上の運用計画システムによって、周波数利用効率が2倍以上となることを確認した。さらに、光・RF 計測データ収集システムを全国5か所で完成させ、データベース化し、AI による光衛星通信可能解析システムに提供できるようにした。
- 衛星搭載中継器を監視制御するミッション衛星運用センター(SOC)を完成させ、衛星バス SOC やネットワーク運用センター(NOC)との接続試験を実施し、動作を確認した。これにより、静止軌道投入後の ETS-9 実験を実施する準備を完了した。

【ETS-9 の実運用に向けた国際周波数調整】

- ETS-9 が静止軌道上で有害な干渉を受けず、かつ、与えずに円滑な運用を行うため、国際電気通信連合(ITU)無線通信規則に基づき国際周波数調整を完了し、国際周波数登録原簿に登録されることを目標として、国際周波数調整を進め以下の成果を得た。
- 近接衛星通信網との調整の一環として、東経 143° の軌道位置

切なスライス定義により、ユーザ要求を満たしつつ、経路及びリソース制御の制御コストを 20%～50%に削減できることを世界で初めてシミュレーションで確認したこと。

- 世界初の LEO 衛星と HAPS 間の光通信を目指し、開発された世界最先端 10Gbps の超小型高速光端末技術を利用した CubeSat を打ち上げるため、CubeSat 搭載用の超小型光端末の製造、検証、及び引き渡しを完了した(見込)こと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- ETS-9 搭載機器の引き渡し及び衛星本体への搭載を完了、機器の健全性と搭載後の地上環境下試験における性能を確認し、令和7年度に宇宙環境下試験を行い、打上げに向けた性能試験を完了(見込)こと。
- HAPS の研究開発のコンソーシアム全体の成果として HAPS を模擬した航空機と複数地上局との間で、上空での 38GHz 帯電波を用いた複数リンクを確立し、地上の携帯電話網のコアネットワークと gNB 間のバックホール回線として利用する世界で初めての実証実験に成功したこと。その後、コンソーシアムへ参画する通信事業者が、機構が開発した地上局を用いた実験の成功を経

て本研究開発で得られた知見が令和8年以降の HAPS サービスに大きく寄与する見込みであること。

に対して軌道離角が $\pm 8^\circ$ 以内であり、国際周波数調整が義務付けられている静止衛星通信網は 64 ある。令和6年度には残り7衛星通信網となり、令和7年度までに該当する64件すべての衛星通信網と合意に至った(見込)。

- 近接衛星通信網以外に他国主管庁からの調整要請に基づき調整が義務付けられている静止衛星通信網は令和4年度開始時156件であり、令和6年度まで残り1件となり、令和7年度までにすべての衛星網と合意を得た(見込)。また、非静止衛星システムとの調整では、周波数調整が必要な非静止衛星システムが全体で103件あったが、令和6年度までに残り9件となり、令和7年には103件すべての衛星通信網との合意に成功した(見込)。
- また、ETS9-A3のファイリングに対してA2ファイリングと同様に事業者間周波数調整を進め、ITU に対して調整完了の通告の提出を実施した。さらに、ETS-9に係る無線局の国内無線局免許申請を実施し、予備免許を取得するなど、ETS-9の運用を実現すべく貢献を行った。

【宇宙分野及び異分野の連携促進】

- 令和2年度に設立したスペースICT推進フォーラム(SPIF)の運営を主体となり実施した。二つの分科会の運営及び検討会・交流会を開催し、スペースICTのコミュニティを形成し、本フォーラムは、宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項として宇宙開発の重要政策に位置付けられた。令和6年度は更に内容を充実させるとともに、対面を含む行事・議論の場を大幅に増加させ会員数177となる、フォーラム会員が協業して複数の国家プロジェクトを受託するなど、この分野の産学官の連携強化・異分野連携を促進した。
- SPIFの運営を通じて、宇宙分野及び異分野との連携促進に引き続き貢献した。5G/Beyond 5G 連携技術分科会においては、会員によるユースケース実証等に資するよう、ユースケース分析・利用分野・研究開発分野の検討及び、複数のプロジェクトを小型衛星に相乗りさせるライドシェア方式の参加型低価格小型衛星ミッションの企画・具体化の検討等を実施した。一方、光通信技術分科会においては、令和5年度に日本国内及び世界における宇宙光通信の研究開発に貢献するため、光地上局ネットワークの実運用に向けて、国内外の関係機関に対するニーズ調査等を実施し、令和6年度にフォーラム会員の光地上局テストベッド活用の

推進のため、光地上局のテストベッドの運用・ガイドラインの策定に向けた検討を実施し、光衛星通信技術の共通のビジョン・ロードマップ WG を6回開催して策定した。また、令和6年度から年会費を有料とし、フォーラムの財政基盤を安定させ、それにより対面の行事・会議・交流会の開催が可能になり、連携して予算獲得を行う等、これまでより更に効果的に連携を促進した。さらに分科会を補完する検討会で各種テーマによる講演・討論を実施し、広く一般を対象としたシンポジウムを初めて対面で開催、及び今年度からコアメンバー会議で将来技術の検討を実施した。

- IEEE が主催し、宇宙光通信のみに特化した唯一の国際会議である IEEE ICSOS (International Conference on Space Optical Systems and Applications) 2022、2023 を共催し光宇宙通信分野の発展を牽引した。

【小型平面アンテナ素子】

- 地上から宇宙までをつなぐ統合型モビリティネットワークの構築において、飛翔体のブロードバンド通信を実現するために、搭載用アンテナの平面化や低消費電力化の研究開発を実施した。
- 平面アンテナの解決すべき排熱構造について、国内企業と連携して炭素繊維強化プラスチック(CFRP)及びグラファイトシートを組み合わせた新複合材料を開発し、質量当たりの熱輸送能力が銅の 6.6 倍で、アルミ板相当(弾性率 70Gpa、曲げ強度 200MPa)の強度剛性を有する結果が得られた。これを「積層体」という名称の特許出願を行った。
- Beyond 5G に向けて企業が開発を進めている平面アンテナと、機構が開発したアンテナの排熱システムを用いて、空飛ぶクルマへ搭載するために排熱構造とレドーム、取付インタフェースの設計・試作を行い、熱輸送能力の高いグラファイトシートと CFRP の新複合材料を用いて 5cm 以下の厚さでファンレスの構造として平面アンテナの利得やビーム走査性能の測定を行い、特性に影響がないこと(利得変動 ± 3 dB 以内)を確認した(見込)。平面アンテナのドローンへの搭載化を実現するために、排熱構造の更なる軽量化について検討を行い、開口 40cm 四方のアンテナにおいて従来のアルミ製の排熱構造の重量(4kg)と比較して 50%以下に軽量化した。これにより平面アンテナの適用範囲をさらに拡大することができ、平面アンテナの汎用性の向上と社会展開を加速することができた(見込)。

- Ka 帯平面アンテナの低価格・低消費電力化について、設計作業やデバイス検討を行い、消費電力については机上検討で 50%削減できる見通しを得た。価格についても汎用性の高い IC を採用することで、マルチプラットフォームへの適用性を向上させ、普及しやすいアンテナ設計を実施した。
- ESIM(Embedded Subscriber Identity Module)に割り当てられた周波数帯の拡大に対し、L 帯と Ka 帯のデュアルバンド化と合わせて、Ka 帯のアンテナ構成の見直しを行い、2.5GHz の帯域において 100° の広角なビーム走査性能と軸比 3dB 以下の性能を達成し、さらに、汎用 BFIC(ビームフォーミングIC)の実装のための設計を行い、NTN における汎用性の高い平面アンテナの実現のためのアンテナシステム構成を決定した。さらに、Ka帯の対応周波数帯の下限值拡大及び広角なビームフォーミングを可能とする汎用ICの選定を行い、Ka 帯のビームフォーミング IC の実装を含めた製作をし、小型化を実現した(見込)。具体的には、平面アンテナの対応周波数の倍増に対し、設置スペースの増大を 50%とし、1.3 倍の空間効率化を達成した。
- 平面アンテナを航空機へ搭載した場合に、航空機筐体によるアンテナパターンの変化が、地上系システムの保護の観点から有効であることを測定により判明した成果が、令和5年度開催の国際的な衛星通信研究会である JC-SAT2023 において Best Paper Award を受賞した。また、この成果は査読付論文として採録された。
- HAPS 用レンズアンテナシステムのレンズ材料について、レンズの加工性や耐久性等の検証、実際の運用でレンズアンテナが実用的となるように材料選定を行い、従来用いていたポリプロピレン(PP)に対し、ポリアセタール(POM)及び変性ポリフェニレンエーテル(mPPE)の2種類の材料について試作を行い、PPと比較してアンテナ性能はほぼ同等で、POM はレンズ厚が半分に、mPPE はレンズ厚が4分の1で重量が半分程度と小型軽量化が可能となることを確認した。これにより、同じサイズで、より高性能なシステムの実現を可能とした。
- 企業と連携し、複数機の衛星がお互いの相対位置・姿勢を制御しながら飛行する低軌道衛星編隊飛行における地上端末との直接通信を実現するためのナローアンテナビーム形成技術構築のため、アンテナ素子再構成技術の研究開発を着手した。ここでは自己ヘテロダイン方式を用いた衛星間同期技術の効果を確認し

た(見込)。

【電波伝搬特性の測定・モデル化】

- CPS (Cyber-Physical System) エミュレータを衛星通信を含む非地上系ネットワーク (NTN) へ拡張するため、本調書の中項目 (2) 次世代ワイヤレス技術の研究開発と連携し、基礎的な伝搬モデルの開発とそのモデルを適用したシステムを構築し、既存の地上システムのみを対象にしていた電波伝搬エミュレータを三次元方向へ拡張した。これにより地上システムのみならず、NTN も同時にエミュレーションできるシステムを構築できた。伝搬モデルとして、衛星通信に関する ITU-R 勧告モデルの適用を検討し、横浜マリンタワーへ送信局を設置し、仰角の変動、クラッタ損失の検討のための伝搬測定の結果を利用し、既存の実測をベースとした伝搬モデルから、衛星通信に利用できる高精度化伝搬モデルを作成した。具体的には、NTN と地上間通信では、地上端末に低利得アンテナを使用する際にクラッタ損失の必要性など知見が考慮されている。さらに研究室にて開発した衛星リンク模擬装置と CPS エミュレータを結合し、最大遅延 500ms や最大ドップラ 50kHz に対応させ、高精度化された伝搬モデルを利用することで、衛星リンクを模擬できるようにした。
- 移動体衛星通信における電波伝搬測定において、周辺環境をより正確に把握するために、伝搬データと同時に映像や気象状態を取得するシステムを構築した。このシステムを使用して、都市部、郊外、農村部で衛星移動体伝搬測定を実施し、都市構造の違いによる伝搬モデルの構築を行った。都市の 3D モデルを制作し視覚化が可能となった。さらに、遮蔽の原因が人工物と植生の区別が可能となった。蓄積してきたデータベースを使用することにより衛星軌道によらない伝搬シミュレーションが可能となった。この結果を元に移動体衛星通信伝搬路を模擬するエミュレータの開発と特許申請を行った。また、移動体衛星通信を対象とした、衛星仰角の違いによる電波減衰への樹木の影響の測定・解析を実施した。移動体衛星通信において衛星-地球局間にある物体により電波が遮蔽されることで通信断となるが、樹木の形状により減衰量が異なることを明らかにした。この成果により、遮蔽の影響を考慮した通信方式の検討を行うことが可能となった。これらの結果は Journal of Evolving Space Activities や日本航空宇宙学会誌 (JSASS) に掲載された。

	(イ)大容量光衛星通信・フレキシブル通信・高秘匿通信基盤技術 周波数資源逼迫の解決に応えるとともに、小型かつ大容量通信可能で、陸上・海上・空域・地球近傍・月等あらゆる場所の多地点間において信頼性、可用性が要求される様々なデータの流通を目指し、小型衛星や深宇宙等への大容量な光通信技術やデジタル化によるフレキシブルな通信技術の適用等に関する基盤技術の研究開発に取り組む。また、安心安全で高秘匿な無線通信システムを確立するため、宇宙における高感度・量子通信の基盤技術の研究開発等に取り組む。本技術を活用し、衛星等を用いた要素技術の実証実験を実施し、実用化を目指し基盤技術を確立するとともに標準化・産学との連携を推進する。	(イ)大容量光衛星通信・フレキシブル通信・高秘匿通信基盤技術 NTN プラットフォームに向けた超小型高速光通信機器開発 【超小型高速光通信機器】 - 高速通信で小型化によりドローン、HAPS、衛星とマルチプラットフォームに搭載対応な2つの汎用型小型光通信端末(送受信端末(FX)及び送信端末(ST))を開発した。超高速光通信モデムを用いて、追尾特性、追尾誤差、光学系特性及び通信特性(第5期計画開始時の目標値):1~10Gbps、将来市場予測を踏まえたエクストラサクセス値:100Gbps~2Tbps)を実現した。衛星搭載用の端末は、エンジニアリングモデル(EM)として最大で 2Tbps の性能、フライトモデル(FM)では大気ゆらぎの影響を受ける LEO-地上間もしくは LEO-HAPS 間への適用を考え、10Gbps を実現した。大気伝搬環境下での受信光のレベル変動に対する回線品質維持の性能を確認するため、地上にて 10Gbps 及び 2Tbps の空間伝送実験に成功した。また、WTP2024 (Wireless Technology Park) の公開イベントにおいて、実際の光通信端末を使用して高精細映像をリアルタイムで通信する世界初の公開展示に成功した。さらに、実環境における大気ゆらぎの影響による通信性能が劣化することを想定し、光空間通信の最悪ケースを想定した 7.4km の水平伝搬実験を実施しデータを取得した(10Gbps 通信は実施済、2Tbps は見込)。これにより、大気ゆらぎによる受信光レベルの変化量及び回線品質等を評価し、端末の基本機能を検証した。小型光端末 ST 及び FX に関し、地上実証までの成果を中心に IEEE/Optica Journal of Lightwave Technology(IF=4.7)、Acta Astronautica(IF=3.0、2025 年4月現在 22 編の外部引用)等の外国論文誌に採録され、さらに宇宙光通信のみに特化した唯一の国際会議である IEEE ICSOS での発表や欧州やアジアの宇宙機関主催会合等と著名な国際会議 IEEE VTC2024-Fall、ECOC2022、2023、2024 で招待講演を行った。 - 高速通信サービスの実用化に向けて民間の通信事業者等と共同研究契約を締結しながら研究開発を進め、国産技術を用いた将来の NTN 高速通信サービスの最も重要な核となる受信光をファイバに取り込むための精追尾系の技術提供を行った。この成果として、6U-CubeSat に搭載できる最大口径の光アンテナを開発した。これにより NASA が開発した TBIRD や DLR の PIXL-1 の光

	アンテナビーム幅(数百 μ rad)よりも1桁小さいビーム幅を実現し、現在の技術水準よりも回線計算マージンが多くなり通信の信頼性を向上できた。 - 大気ゆらぎや指向追尾誤差の影響下で、量子ビット誤り率等への影響を数値的に求め、将来の衛星量子鍵配送(QKD)ミッションへの設計指針を示した SOTA 量子実験の光子計数データを用いてチャンネル透過率の統計的変動を検証し、光地上局における光子計数予測のための深層学習アルゴリズムを開発した。その成果の一つとして光子計数データを用いてチャンネル透過率の統計的変動を検証し、衛星-地上間の QKD 通信の実現のため、量子大気チャンネルの基礎となる統計的特性を明らかにした。また、量子大気チャンネル上の光子数ゆらぎを予測するため、深層学習に基づく長短期記憶(LSTM)リカレントニューラルネットワーク(RNN)を用いた手法を提案した。その成果は、Nature Communications Physics(IF:6.368)に採録された。 - 世界初の LEO 衛星と HAPS 間の光通信を目指し、開発した世界最先端 10Gbps の超小型高速光端末技術を利用した CubeSat を打ち上げるため、CubeSat 搭載用の超小型光端末の製造、検証、及び引き渡しを完了した(見込)。 【日本版衛星コンステレーションの構築】 - 次世代光ターミナル技術として、LEO 衛星コンステレーションの通信大容量化に大きく貢献できる、小型衛星への搭載が可能な波長分割多重(WDM)対応光増幅装置(HPA/LNA)のプロトタイプを開発し、性能として最大4波長の多重分離を行えることを確認した。また、HPA の性能として出力が 2W 以上になること、LNA の性能として1波長あたり最小-50dBm の光入力パワーを増幅できることを示した。さらに、振動/衝撃、熱真空、等の宇宙環境耐性評価を行い、宇宙環境での動作に問題ないことを確認した。さらにプロトタイプの開発で得られた知見を活かしてエンジニアリング・モデル(EM)の開発に着手し、EM の確立に向けた設計や要素技術の検討を完了した。これにより、20Gbaud QPSK 光信号で 4波長を多重して伝送した場合、LEO-LEO 間で最大 3,000km の距離で 160Gbps を伝送できることを理論検討で示した。 - 低軌道衛星地上間光通信リンクにおける回線モニタリング機能や回線パラメータ切替機能を具備した光通信機器プロトタイプと回線制御装置を併用したパラメータ切替動作を確認した。既存の

		光送受信器(FX/ST)の設計をベースにして光通信機器プロトタイプを製作しており、変調方式を IM/DD としてデータレートの可変制御動作を行えるようにしている。これにより、通信リンクの確立が困難な低軌道衛星地上間光通信の回線状態に応じたフレキシブルなパラメータ切替制御の有効性を示し、回線状態に応じたデータレート(2.5Gbps～10Gbps)の可変動作を秒単位で行えることを示した。この切替動作により、低軌道衛星-地上間の長遅延でかつ大気ゆらぎがある環境において、誤り訂正やインタリーバを考慮してパケット長を長くした場合、高速なデータレートを固定して間欠的に途切れて伝送させるよりも、回線状態に応じて高速レートから低速レートに切り替えて長時間持続させて伝送させる方式の方が通信の安定性が高まり、全体のスループットを向上できることを示した。 • 光通信衛星コンステレーションにおける複数事業者連携を可能とするネットワーク統合制御システムを開発し、個別衛星事業者のネットワーク制御システムとの正常系シーケンス結合試験を実施するなど、多種多様な衛星通信サービスの導入や提供する機会の向上が可能であることを示した。 • 衛星間や衛星地上間等の様々な衛星光通信回線を統合したネットワーク制御のシミュレーションを行えるネットワーク制御シミュレータと、様々な光信号の評価を実機レベルで行える光通信試験装置が連携した光通信ネットワークエミュレータの開発を進め、宇宙空間での実証実験やサービス提供の前に、短時間と低コストで衛星コンステレーションにおける光通信技術や通信方式の効果検証のための技術開発を促進した。特に、ネットワーク制御シミュレータについてはネットワーク統合制御システムの経路候補決定機構として利用するための仕組みを整えた。光通信試験装置については大気伝搬模擬装置や WDM 拡張等の導入を行い、衛星コンステレーションを含む衛星光通信基盤の高度化に向けた新たな通信方式の検討を行える仕組みを整えた。また、光通信ネットワークエミュレータ全体として動作させるためにネットワーク制御シミュレータと光通信試験装置間の連携機能の詳細設計を行った。 【標準化活動】 • アジア・太平洋電気通信共同体(APT)において、令和4年に多層ネットワークにおける複合接続に関する新 APT 報告書を作成す

		ることを機構から提案し審議が開始された後、令和6年 APT-AWG33 において報告書が完成し、『地上系及び非地上系システムを利用した多層ネットワークアクセスのための複合接続に関する新 APT 報告書(NEW APT REPORT ON MULTI CONNECTIVITY FOR MULTILAYERED NETWORK ACCESS USING TERRESTRIAL AND NON-TERRESTRIAL SYSTEMS)』となった(AWG-33/OUT-15)。また、機構からの新たな提案として『非地上系及び地上系複合運用システムの活用方法及び技術に関する新 APT 報告草案向け作業文書(Working document towards A PRELIMINARY draft of new APT REPORT ON APPLICATIONS AND TECHNOLOGIES FOR NTN AND TN MULTIPLE OPERATING SYSTEMS)』が令和6年度に採択され、審議が進められている。(AWG-33/TMP-46)。 - 光通信においては、宇宙データシステムの国際標準化／標準規格を検討及び推奨する宇宙データシステム諮問委員会(CCSDS)の光通信ワーキンググループに参加し、伝搬、物理及びデータリンクレイヤーや電波と協調した上位レイヤへの報告と寄与を実施した。この結果、機構・NASA がエディターとなった推奨実践規範(マジェンタブック)が令和4年に発行され、宇宙から地上への光通信リンクに影響を与える大気データの収集と、大気パラメータ(雲量、エアロゾル、光学乱流、地表の風、湿度など)の特性評価を効率的に行うための推奨事項を規定した。 衛星等のプラットフォーム搭載用デジタルフレキシブルペイロードの研究開発 【適応型衛星光ネットワーク】 - 適応型衛星光ネットワークは、衛星光通信で接続される NTN において、衛星間及び衛星地上間の光リンクの回線状態に応じて、フレキシブルに変調方式を切り替えながら多様な通信サービスデータを伝送する大規模なネットワークの概念である。本ネットワークを実現する上で、衛星地上間光リンクの大気伝搬モデルの詳細化と、フレキシブル光通信機器の確立が必要になる。そのため、上記に関わる要素技術の研究を進め、以下の成果を達成した。 - 個々に独立して運用されている回線を一元管理化する統合管理機能を設置することで、通信サービスに応じた回線選択や回線ルーティングを行う、適応型衛星光ネットワークについて国内特許

		出願し、その後の国際会議等で評価を得たため、PCT 出願を行い知財価値を高めた。 • 静止衛星-地上間の長遅延でかつ大気ゆらぎがある環境においては、誤り訂正やインタリーバを考慮してパケット長を長くすると、高速光信号で間欠的に途切れて伝送させるより、低速光信号に切り替えて長時間持続させて伝送させる方が、安定した通信を提供できスループットを向上できる。大気伝搬特性や通信特性の評価を行うため、光データ中継衛星搭載 LUCAS を用いた光通信実験において、地上-静止衛星間光リンクにおける令和3年に取得した実験データを用いて、様々な大気ゆらぎの条件における大気伝搬モデルの詳細化を行った。その結果、様々な大気ゆらぎの条件においても、これまで理論的に議論されていた対数正規-ベックマン分布に従うことを明らかにした。これにより、衛星地上間光通信の回線設計に向けた新たな知見を獲得した。本成果は Optica Optics Express に採録された。また、令和3年～令和5年までに取得した大気伝搬特性や通信特性の評価結果をまとめ、季節毎の特性比較を実施した。その結果、寒い季節である 11 月と暑い季節である9月とを比較した結果より、季節毎の環境データの違いによる差分を確認した。さらに、令和3年の 11 月と令和5年の同じ季節でも比較してみた結果、同じ傾向を示すことを明らかにした。本成果は査読付き国際会議である ICSO2024 にて採録され発表した。さらに、季節毎の大気伝搬モデルの詳細化を行い、論文誌にも投稿した(見込)。 • フレキシブル光通信機器の確立に向けて、適応的な変調の切替が可能なデジタル信号処理部(FPGA)を実装し、回線モニタリング機能と併用したフレキシブル光通信機器を、地上の原理検証モデルとして開発した。これにより、通信リンクの確立が困難な静止衛星と地上間の回線状態に応じたデジタルコヒーレント方式ベースの 2.5Gbaud の BPSK(2.5Gbps)と 2.5Gbaud の QPSK(5.0Gbps)のフレキシブルな変調方式の切替を、静止衛星地上間における大気伝搬のパワー変動を模擬し、地上検証モデルとして原理検証を行った。これにより、静止衛星地上間の大気伝搬環境下において、適応的な変調方式の切替をハードウェアで実現した(見込)。 • レーザビームの伝送技術において、複数ビームをレンズで成形したビームを探知用ビームとして用いることにより、受信側の追尾やビームの位置検出をしやすくし、効率良くビーム伝送を行う技	

		術について令和5年度に特許を出願するとともに、NTN や宇宙における光のコア技術としての戦略特許を目指し PCT 出願を行った。 【デジタルフレキシブルパイロード】 • 5G 基地局機能(CU/DU/RU)の衛星搭載化において複数衛星に分散実装することで、分散点の変更のみでユーザの要求に対応可能なデジタルフレキシブルパイロード技術を実現するために以下の研究開発を実施した。 • オープンソース OAI(OpenAirInterface)の活用に着目し、OAI ベースの NTN の実装プロジェクトのソースコードの一つで開発中となっているベントパイプ方式の「5G-LEO」を基に、5G 基地局機能の分散実装の検証ができるシミュレーション環境の構築と汎用 PC 環境 (CPU: Intel 系、OS: Ubuntu-OS)で動作する OAI のソースコードを FPGA 評価ボードの ARM CPU へ移植するため設計を行った(見込)。 • 3GPP で検討されている8つの異なる機能分割オプション (Option1~8)について NTN において 5G の特徴(高速大容量/超高信頼低遅延/超大量端末)に応じた最適な分割点とその分割の実装に必要なインタフェースの要求性能を明確にした(見込)。さらに衛星の時変動的動きやハンドオーバーも考慮して複数衛星による分散実装に必要な最低衛星数を明確にした(見込)。 ※RU: Radio Unit (アンテナを制御して端末との間で無線電波の交信等を行う機能) ※DU: Distributed Unit (信号の変調や復調、MAC 層の通信制御等を行う機能) ※CU: Central Unit (配下の DU や RU の制御やコアネットワークとの接続等を行う機能) ※FPGA: Field-Programmable Gate Array (内部の回路構成を自由にプログラムできる集積回路) 大気ゆらぎの影響を緩和する補償光学システム開発 【補償光学系システム】 • 可搬型光地上局を用いて国際宇宙ステーション(ISS)との対向実験を行い、光地上局における受信時において、ISS からの通信光の大気ゆらぎを 100Hz 以上の速度で制御することによって、その通信光をより細い光ファイバに確実に入射できること(位置ずれを 4マイクロラジアン精度で補正できること)を確認した。

- 衛星-地上間の光通信における大気の影響を軽減するため、人工光源を用いて大気ゆらぎの影響を受けた衛星-地上間の通信光を模擬したビームの補正評価を地上側で行い、実際に大気ゆらぎの影響を受けたビームとして天体の光を使い、地上局補償光学系の構築により補償光学系がない場合と比較して 5dB の受信効率の改善を実現した。この成果に関しては国際会議 ICSO2024 で報告を行った。また、通信用の送信補償光学系は、天文学では例がなく独自の補正技術を開発した。大気ゆらぎの高さ方向での強度分布を考慮した重みづけの補正を行う概念を地上局に導入し、受信側での平均的な受光強度を 3dB 改善することが示された。この結果は Optics Express にて発表を行った(見込)。このことにより ETS-9 における衛星-地上間の光通信実験における 10Gbps を達成可能であることを確認した。

【月-地球間長距離光通信の実現に向けた大口径光アンテナ】

- 人類の月面活動に向けて、月-地球間での大容量高速通信の実現に向けた衛星搭載可能な大口径光アンテナ及び、その光アンテナの熱ひずみを補正するための衛星搭載補償光学系の試作開発を行った。
- 本研究開発において、30cm 口径を持つ光アンテナをセラミック素材であるコージライトで製造を行うことで宇宙環境における耐熱膨張性、耐放射線性、また耐振動性を持つ光学系の製造を完了した(見込)。さらにその光アンテナの熱ひずみを補正するための補償光学系についてもアンテナと同素材のコージライトを使用し、制御デバイスの制御系も FPGA に実装可能なアルゴリズムを作成した。これらの研究開発により月と地球の間を 2.5Gbps の速度で通信が可能とするアンテナを実現した。この成果に関しては国際会議 ICSO2024 で報告を行った。
- 地球-月面間深宇宙光通信の確立に向けて、国内外において報告事例がない静止衛星搭載向けのデジタルコヒーレント高感度光受信機内デジタル信号処理装置を試作し、ユーザレート 1Gbps のデータ通信を達成できることを確認した(見込)。これにより、静止衛星への搭載を可能にし、地球-月面間深宇宙光通信を達成できることを確認した。
- これらの光アンテナと補償光学系、高感度受信機を組み合わせた地上試験を行い最終的ユーザ 1Gbps 通信のデータ通信を達成できることを確認した(見込)。

(6)テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術 Beyond 5G を見据えたさらなる周波数利用拡大を鑑み、テラヘルツ波利活用を推進するための研究開発を実施するものとする。また、システム展開にむけた計測評価基盤技術の研究開発を通じ、産学連携や国際標準化を推進するものとする。	(6)テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術 Beyond 5G 時代のさらなる通信の高速化・大容量化が期待される将来の情報通信基盤を実現するため、テラヘルツ波 ICT・センシング技術を支える計測・評価・実装・利活用を行うプラットフォーム技術の研究開発を実施する。また、以下の取組を通じてテラヘルツ波 ICT システムの社会実装に向け、周波数割り当てをはじめとする国際標準化活動等の推進に貢献する。	(6)テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術 • B5G/6G 時代に向けたテラヘルツ技術の社会実装に向けて、コミュニティ形成や標準化活動に関し、テラヘルツ応用推進協議会やテラヘルツテクノロジーフォーラムの運営に、幹事団などの立場からテラヘルツ技術の普及に積極的に関与した。特にテラヘルツシステム応用推進協議会では、機構が標準化部会長を務めて標準化活動の普及に努め、かつ分科会である 6G ワーキンググループにてユースケース検討などを産業界を巻き込んで実施した。また、XGMF において「テラヘルツ波無線技術プロジェクト」の活動がスタートし、機構がプロジェクトリーダーを務めて、更なるユースケース検討を開始した。標準化活動に関し、ITU-R 及び APT 活動さらには WRC-23 への議題提案を経て、固定業務や陸上移動業務など様々な Working Party に寄書を入力(49 件以上)し、テラヘルツ帯の周波数割り当てに向けたテラヘルツ議題提案への準備が整えられた(見込)。これらは、テラヘルツ技術の ICT 分野での利活用を加速する重要な活動である。かつ、本活動に関連して前島密賞など数々の賞を受賞した。IEEE802.15 については、WRC-19 の特定化の結果を受け、IEEE802.15.3d の改定作業を IEEE802.15 TG3mb(機構が副議長)が担当した。作業内容は主に以下の4点、(1)325-450 GHz の新たな帯域のチャネルプランを追加、(2)新たなバンド幅(34.56 GHz)を追加、(3)新たな変調方式を追加(16-APSK, 32-APSK)、(4)RIFS(Retry Inter-Frame Space correction)の修正を行った。(1)と(2)は機構からの入力、(4)は日欧共同公募プロジェクト(機構が日本側のファンディング元、プロジェクト名:Thor、欧州側代表: Braunschweig 工科大)の結果を基に関連する日本企業から入力。2023 年9月に IEEE-SA により承認、2024 年2月に出版となった。また、IEEE802.15 SC-THz(副議長を機構が担当)においては、WRC-23 の結果を受け、将来の THz 無線システムの在り方に関する議論や関連技術文書の入力を継続的に実施している。 さらに、IEEE802.15.3 準拠のプロトコルを実装したテラヘルツ-ミリ波ハイブリッド通信システムをソーシャル ICT システム研究室との連携により実現し、CEATEC・IEEE802 Wireless Interim 一月会合・MWC(Mobile World Congress)・大阪万博・G7 群馬高崎デジタル・技術大臣会合展示などを通じてサービス可視化を行った。	(6)テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術 Beyond 5G 時代のテラヘルツ帯の利活用に向け、科学的意義の創出と社会的価値の明確化を進め、社会実装につなげることを念頭に研究開発を推進し、テラヘルツ帯材料評価技術として角スペクトル法を用いた低吸収率材料誘電特性の精密な測定系を開発したこと、安定化光周波数コムによって生成した 355GHz のテラヘルツ波を用いて 100Gbps 級伝送を達成した(見込)こと、機構がアンテナ開発等を担当した JUICE の地球と月のフライバイを実施し月面のテラヘルツ波放射の高精度測定に成功したことなど科学的意義ある優れた成果を創出するとともに、Si-CMOS デバイスを用いた無線通信システムを構築してデータ転送を実現し SoC の可能性を可視化したこと、ITU-R でのテラヘルツ帯周波数割り当てに向けた議題提案準備(見込)や、IEEE802.15 における WRC-19 の特定化を受けた改定作業を主導したことなど優れた社会的価値を示した。その上で、Si-CMOS ベースのデバイスを用い IEEE802.15.3-2023 準拠テラヘルツ-ミリ波ハイブリッド無線通信システムを構築しデータ転送を実現したこと、本システムを用いて CEATEC、MWC、大阪・関西万博など多数の展示会においてサービス可視化を実施したことなどは社

		• Beyond 5G 時代の更なる通信の高速化・大容量化が期待される将来の情報通信基盤を実現するため、テラヘルツ帯を含む超高周波数帯専用に対応した測定環境として、B5G 電波暗室棟を令和4年度末に竣工し、暗室の特性評価測定、利用ルール等を整備し、令和5年度から利用に供し、以降、定常的に多数の利用に対応した。 B5G 電波暗室棟の社会的な貢献として、外部機関が制作した送受信機について、B5G 電波暗室棟を利用して評価された結果をもとにした論文が、米国ホノルルで開催された「2024 IEEE Symposium on VLSI Technology & Circuits」において注目論文の一つに選定されるなど、B5G 電波暗室棟の整備、利用提供が有効に活用されている。 所内外のユーザーによる暗室利用に対応した。 多数の国内外の視察、見学者に対応し B5G 技術開発の取り組みを示した。	会実装に向けた優れた成果といえる。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。 【科学的意義】 以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 • テラヘルツ送受信基盤技術と情報通信基盤を支える計測評価技術を支える材料評価技術では、ユーザーに扱い易くかつ高精度なテラヘルツ帯材料評価プラットフォームを目指し、従来の平面波近似より正確な解析手法である角スペクトル法を提案・特許出願し、主要論文に掲載・報道発表等を行った（国立天文台と共同）こと。また従来困難であった低吸収率材料の誘電特性を、テラヘルツ帯（500GHz まで）にて精密に測定可能な系の開発に成功したこと。 • 欧州宇宙機関（ESA）の大型ミッションである木星氷衛星探査機 JUICE に搭載の「テラヘルツ波分光計（SWI）」の開発において、機構を含む国際チームの協力で開発の中、機構はアンテナ開発等を担当。令和5年4月に打ち上げが成功し、令和6年8月には地球と月のフライバイを実施し、地球大気および、月面のテラヘルツ
	(ア)テラヘルツ波 ICT 計測評価基盤技術 テラヘルツ帯電波特性やデバイス周波数特性等の計測評価技術の開発を通じ、テラヘルツ帯電波を利用した様々なシステムの計測評価基盤を構築するとともに、テラヘルツ波 ICT・センシング技術確立の加速化に向けた利用を促進する。	(ア)テラヘルツ波 ICT 計測評価基盤技術 • テラヘルツ送受信評価技術として、テラヘルツ技術の FH/BH 応用など適用範囲を広げるための光波-テラヘルツ波-光波のブリッジシステムにおいて、安定化光周波数コムによって生成した 355GHz のテラヘルツ波を用いることにより 60Gbps の高速データ伝送を実現した。これと信号劣化を抑制する高品質ローカル信号を用いたダウンコンバータを統合したフォトリソスペースの多重信号テラヘルツ波伝送システムにて 100Gbps 級伝送を達成した（見込）。また、UE など小型機器への搭載可能性のある Si-CMOS デバイスを用いた 300GHz 帯無線受信機集積回路を実現した。その中では、メカニカル方式ビームステアリング無線通信実験や空間多重化無線伝送技術の検証を行った。更に機構内ソーシャル ICT システム研究室と連携してテラヘルツ無線通信実装に向け我々の知る限りで初めてとなる IEEE802.15.3-2023 準拠テラヘルツ-ミリ波ハイブリッド無線通信システム構築し、実際のデータ転送を実現、SoC の可能性を示した（見込）。 • 情報通信基盤を支える計測評価技術の研究開発では、非線形光学技術を用いた波長変換を利用した高出力・狭線幅・波長可変テラヘルツ光発生システムの構築を行い、励起光エネルギーを高輝度化（最大 50mJ/pulse 程度）し、広帯域周波数可変高輝度テラヘルツ光（0.3 - 3 THz）の発生に成功した。さらに、国家標準ト	

	(イ) 超高周波電磁波の宇宙利用技術	レーザブルなシステムの構築に関し、大学・企業との共同研究により、新たな技術であるスペクトルドリル共振器を開発し、任意の周波数点におけるレーザブル周波数制御・計測を実現した(見込含む)。テラヘルツ(THz)周波数標準に関しては、THz 周波数基準信号評価に資する超高精度・広帯域な小型 THz 周波数カウンタを開発し、計量分野のトップジャーナルである Metrologia に論文発表かつ報道発表を実施した(機構内時空標準研究室と共同)。また、2台のアセチレン安定化レーザの光差周波発生により、周波数確度 4.5×10^{-8} の可搬型 0.3THz 周波数標準器を完成させた。さらに、国家標準レーザブルな光基準信号の高精度伝送のため、全光集積回路化が可能な光キャリア伝送システムを新規開発し、性能を実証用シミュレータで確認した。時空標準研との間で光基準伝送を実施し、THz 標準の配信等への適用可能性を明確化した(見込)。また、広い周波数帯域を使った高速・大容量通信や、衝突防止レーダーでの利用拡大で新たな需要が予想されるパルス波の精密測定実現、計量標準確立のため、参照用波形としての 40GHz 帯パルス信号の生成を可能にした(見込)。また、WRC で対象となる周波数帯における電波伝搬検討に必要なアンテナの動作利得決定や、それを用いた実験試験局の開設、新設した B5G 電波暗室内及び実環境下における伝搬特性を取得し、WRC-27/31 も含めた ITU-R へ継続的に入力した(見込)。 上記テラヘルツ送受信基盤技術と情報通信基盤を支える計測評価技術を支える材料評価技術では、ユーザーに扱い易かつ高精度なテラヘルツ帯材料評価プラットフォームを目指し、従来の平面波近似より正確な解析手法である角スペクトル法を提案・特許出願し、主要論文に掲載・報道発表等を行った(国立天文台と共同)。また従来困難であった低吸収率材料の誘電特性を、テラヘルツ帯(500GHz まで)にて精密に測定可能な系の開発に成功した。これにより自由空間法による精密な誘電率測定を可能にし、WRC において次世代通信規格(Beyond 5G/6G)として特定化されている 450GHz までの周波数帯をカバーした。加えて、高い精度を得られるという点で、通信応用以外でも超高周波帯における材料評価等へ寄与する成果である。 (イ) 超高周波電磁波の宇宙利用技術	波放射の高精度測定に成功したこと。 - テラヘルツ技術の FH/BH 応用など適用範囲を広げるための光波-テラヘルツ波-光波のブリッジシステムにおいて、安定化光周波数コムによって生成した 355GHz のテラヘルツ波を用いることにより 60Gbps の高速データ伝送を実現し、これと信号劣化を抑制する高品質ローカル信号を用いたダウンコンバータを統合したフォトニクススペースの多重信号テラヘルツ波伝送システムにて 100Gbps 級伝送を達成した(見込)こと。 【社会的価値】 以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 - UE など小型機器への搭載可能性のある Si-CMOS デバイスを用いた 300GHz 帯無線受信機集積回路を実現し、その中では、メカニカル方式ビームステアリング無線通信実験や空間多重化無線伝送技術の検証を行ったこと。更に機構内で連携してテラヘルツ無線通信実装に向け我々の知る限りで初めてとなる IEEE802.15.3-2023 準拠テラヘルツ-ミリ波ハイブリッド無線通信システム構築し、実際のデータ転送を実現、SoC の可能性を示した(見込)こと。 - IEEE802.15 については、WRC-19

将来的な宇宙産業化に貢献することを目指し、テラヘルツ波センシングや通信の宇宙利活用に向けた基盤技術や超小型軽量衛星センサ、電磁波伝搬モデルの研究開発と実装運用試験を行う。また、超高周波電磁波の衛星観測データ利用の高度化・利用促進を図るため、新たなデータ数理アルゴリズムを用いた衛星データ情報処理等の取組を行う。

- テラヘルツ波の利用により、ピンポイント月面資源探査といった科学的に重要な課題に応えるマイクロ波と比較して 20 倍以上の空間分解能を実現し、また、マイクロ波(324kg 級)などと比較しコンパクトかつ軽量(10kg 級)なりモセンセンサを宇宙品として実現することを狙った開発を進め、令和6年度は予定エンジニアリングモデル(EM)の開発完了した(見込)。令和7年度は PFM の開発を完了地球近傍宇宙産業開拓の原動力となるエネルギー源としての月の水資源の探査に向けて、世界でも初めてとなるテラヘルツ波リモートセンシングを推進した。民間企業・大学・JAXA と協力し我が国の得意分野として国際競争力強化に努めた。宇宙開発は企業に発注することが多い中、研究者が自ら研究開発を行うことで、測器開発もデータ解析アルゴリズムも国内に知財と経験が残るように推進し、あわせて、短期間開発と低予算開発を実現した。
- 月デジタルツインの実現を目指し月面の鉱物・組成分布や、温度、表面粗さ分布をはじめとした月環境データの閲覧だけでなく、テラヘルツ波で観測した際の輝度温度分布など資源探査に有用なシミュレータを開発した。
- 非宇宙機関における衛星プロジェクト推進、環境試験、評価審査会開催、惑星保護対応や X-band 周波数申請、地上局の選定、地上データ処理設計など、実務を通して衛星開発に関するノウハウの構築を推進した。
- TSUKIMI のサブサーフェス水資源探査サイエンスおよび高精度テラヘルツ波受信機開発について国際的に牽引、宇宙科学技術に関する国内最大規模の学会である日本航空宇宙学会宇宙科学技術連合講演会にてセッションを令和4年度より毎年開催し、また、地球惑星科学に関する国際学会にてセッションを毎年開催した。関連研究成果について学会発表 63 件(うち国際学会 18 件、招待講演2件)。日経新聞にて報道2件、日経 XTECH にて報道1件。社会実装として内閣府ビジネスアイデアコンテスト「S-Booster」に応募し、ファイナリストに選定された。TENQ にて一般へのアウトリーチイベントを開催した。
- 世界で唯一となる小型軽量の宇宙品 FFT 分光計の開発に成功(IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems)と軽量高精度な衛星搭載用のテラヘルツ波較正源システムの開発(IEEE Trans. THz Sci. Tech.)について国際誌に掲載された。
- 筑波大(博士)、東京理科大(修士)、学芸大(学部・修士)、東京

の特定化の結果を受け、IEEE802.15.3d の改定作業をIEEE802.15 TG3mb(機構が副議長)が担当したこと。また、IEEE802.15 SC-THz(副議長を機構が担当)においては、WRC-23の結果を受け、将来の THz 無線システムの在り方に関する議論や関連技術文書の入力を継続的に実施していること。

- ITU-R、及び APT 活動さらには WRC-23 への議題提案を経て、固定業務や陸上移動業務など様々な Working Party に寄書を入力(49 件以上)し、テラヘルツ帯の周波数割り当てに向けたテラヘルツ議題提案への準備が整えられた(見込)こと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- UE など小型機器への搭載可能性のある Si-CMOS デバイスを用いた 300GHz 帯無線受信機集積回路を実現し、その中では、メカニカル方式ビームステアリング無線通信実験や空間多重化無線伝送技術の検証を行ったこと。更に機構内で連携してテラヘルツ無線通信実装に向け我々の知る限りで初めてとなる IEEE802.15.3-2023 準拠テラヘルツ-ミリ波ハイブリッド無線通信システム構築し、実際のデータ転送を実現、SoC の可能性を示した(見込み)こと。

科学大(学部・修士)などの学生を育成した。

- 欧州宇宙機関(ESA)の大型ミッションである木星氷衛星探査機 JUICE (JUperiter ICy moons Explorer)に搭載の「テラヘルツ波分光計(SWI)」の開発において、機構を含む国際チームの協力で開発の中、機構は主鏡・副鏡・アクチュエータの担当した他、観測データ解析アルゴリズムの研究開発を実施している。令和5年4月に打ち上げが成功し、令和6年8月には地球と月のフライバイを実施し、地球大気および、月面のテラヘルツ波放射の高精度測定に成功した。令和7年は月面観測のデータ解析を行うとともに、金星のフライバイを予定している。ガニメデなど氷衛星の非常に希薄な大気や表面及び表面下の調査や、エウロパ氷衛星の地下海から噴出するプリュームに含まれる組成の観測を実施し、氷衛星の生命の存在可能性の探査に貢献することが期待される。
- テラヘルツ波電磁波伝搬モデルの構築を完了し、惑星大気での観測シミュレーションおよび、テラヘルツ波センサのシステム設計・感度検討を可能にし、結果を国際誌に論文化した(IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing)。
- テラヘルツ波 大気減衰率データ 無料提供サービスを提供中である。<https://www.nict.go.jp/press/2013/04/18-1.html>
- これまで困難であったテラヘルツ波帯のパッシブ測定による物性評価手法を開発し、論文化した(IEEE Trans. THz Sci. Tech.)。テラヘルツ波パッシブ探査における地表面探査の知見を世界に先駆けて深め、表面特性のパッシブ探査で特に必要な知見である表面粗さの影響の評価を可能にした。また、50-400 K の広い温度範囲での誘電率物性測定を可能とする月環境等を模擬可能なテラヘルツ波散乱特性測定システムを構築した。国内学会では 3 件、国際学会では 2 件の発表を実施した。
- 220-500GHz 帯における高精度な反射率・吸収率のアクティブ測定システムを開発し、月の模擬土に対する初期測定結果が論文化された(MDPI, Remote Sens.)。
- 散乱を含むテラヘルツ波測定モデルを開発し、月面観測時のテラヘルツ波の有用性について定量的な検討を実施し論文化した(MDPI, Remote Sens.)。
- 衛星データ観測等において、高校や学校法人へのアウトリーチ活動を実施(2件)、読売新聞オンラインに掲載された。
- その他、衛星データを用いた解析を行い、世界的な大気化学の権威である国際誌 Atmospheric Chemistry and Physics 誌に掲

- ITU-R,及び APT 活動さらには WRC-23 への議題提案を経て、固定業務や陸上移動業務など様々な Working Party に寄書を入力(49 件以上)し、テラヘルツ帯の周波数割り当てに向けたテラヘルツ議題提案への準備が整えられた(見込み)こと。
- IEEE802.15.3 準拠のプロトコルを実装したテラヘルツ-ミリ波ハイブリッド通信システムをソーシャル ICT システム研究室との連携により実現し、CEATEC・IEEE802 Wireless Interim 一月会合・MWC (Mobile World Congress)・大阪万博・G7 群馬高崎デジタル・技術大臣会合展示などを通じてサービス可視化を行ったこと。

載1件された。

- 「誰でもスマホ一つで大気汚染物質観測」の実現を目指し、カメラ画像データ x ICT を利用した簡易型エアロゾル濃度推定数理アルゴリズム (SNAP-CII) を開発した。市民参加型エアロゾル観測という新たな大気観測の形を示した。SNAP-CII の社会実装に向け、デモ用アプリを用いて、環境に関する技術を中心とする国際展示会 Pollutec Paris 2024 (出展数: 約 300、参加者: 8600 名以上) に出展した。2日間で 100 名以上の来場者 (地元企業や大阪府知事、大阪市長等) に研究成果を説明し、国内外への機構のプレゼンスを示した。今後はより汎用性の高い web 版アプリの開発を推進する予定である。論文 2 報 (予定)、特許出願 3 件 (欧州出願含む)、学会発表 10 件 (その内招待講演 2 件)
- 明治学園中学高等学校において、高校 1 年生 160 名を対象とした研究アウトリーチを実施した。生徒は、講演を聞くだけでなく、実際に空の写真を撮影して大気観測に参加し、体験談した感想などを発表した。その様子は読売新聞に取り上げられ、令和 4 年 12 月 23 日の誌面にて紹介された。
- 世界で最も大気汚染被害が大きい国の一つであるインドでの SNAP-CII 観測の実現に向け、インド工科大学及びデリー大学と共同研究締結に向けた連携を開始した。
- GOSAT-GW 衛星観測 NO₂ 地上データ処理システム (GNDPS) 開発を国立環境研究所・海洋研究開発機構と共同で推進した。GOSAT-GW 衛星打上げに向け、GNDPS に実装する対流圏 NO₂ 鉛直カラム量を導出するアルゴリズムを構築した。世界的な課題であった NO₂ 濃度導出の最大誤差要因であるエアマス因子の計算において、深層学習を用いた数理アルゴリズムを開発した。実大気における検証を行い、従来の早見表を用いた手法と比較して計算精度 30 倍かつ速度 2 倍向上の達成を確認した。論文 2 報・学会発表 23 件 (その内招待講演 2 件)。さらに、エアロゾルや雲の存在を想定した、より実大気に近い環境におけるシミュレーションを行い、GNDPS への実装に向けた検討を実施した。
- 世界でも初めてとなる民間企業による大気汚染予報の実現を見据え、研究機関だけでなく民間企業を含む共同研究契約を締結した。「地球観測に関する政府間会合 GEO」の閣僚級会合議長により、世界閣僚宣言文締結をリードした。
- GOSAT-GW 衛星に次いで日本の衛星リモセン研究の柱とするべく、2034～2036 年のひまわり衛星の後継機に照準を当て、衛星リ

			モセンタスクフォース「衛星地球観測ミッション公募」に応募した。JpGU 及び地球観測 WS にて発表。衛星リモセンによる水同位体比観測研究で学生優秀発表賞1件、その他学会発表8件。	
(7)レジリエント ICT 基盤技術 大規模災害や障害等の様々な事象によって引き起こされる非連続な変化に対応が可能な、ネットワークの障害検知・予測及び適応制御技術、IoT 等による柔軟な情報収集及び総合的な可視化・解析の基盤技術等、持続性に優れたレジリエント ICT 基盤技術の研究開発を実施するものとする。	(7)タフフィジカル空間レジリエント ICT 基盤技術 大規模災害や障害等の様々な事象によって引き起こされる急激な変化に対してもサービスの持続的提供を支える情報通信技術の実現を可能とするため、次の研究開発を行う。ネットワークの分断や再統合といった動的変化が生じるタフフィジカル空間においても、情報通信資源を適切に割り当て、自律的に再構成する情報通信基盤の構築技術を確認する。また、自然現象の急変の検知を可能とするため、環境計測センサ群からの情報を収集し、データを総合的に可視化・解析するレジリエント自然環境計測技術を確認する。	(7)タフフィジカル空間レジリエント ICT 基盤技術 無線アクセス技術 ・【電波強度予測技術】人が立ち入りにくい場所でロボットを活用し、遠隔制御による安全・安心な作業の実現が期待されている。しかし、ロボットが投入されるプラントや工場は複雑な構造を持つため、建物内では多重反射や遮蔽の影響で、ロボットの移動に伴い制御回線の電波強度が大きく変動する。このような環境で高信頼・低遅延を求められるロボットの遠隔制御を実現するため、従来は参照信号を用いて電波強度を常時計測し、同一データを複数回送信するなど、無線通信資源を冗長に使用することで回線途絶を防いでいた。しかし、6G 時代に期待されるユースケースの一つである複数ロボットの協調作業では、高信頼・低遅延に加えて多数のロボットが接続可能であることが求められるため、無線通信資源の効率的な利用が不可欠である。本研究開発では、電波強度計測によるオーバーヘッドやデータ送信時の冗長性を最小限に抑えることを目指し、建造物の内部構造に関する事前情報を使用せずに、ロボットのセンサ(カメラやライダなど)で取得したデータと受信電波強度の履歴を基に、機械学習を活用して数秒先までの電波強度を予測する手法を開発し、以降に示す成果を得た。予測対象とする周波数帯としては、ロボット遠隔制御への適用が期待される 920MHz 帯、2.4GHz 帯(Wi-Fi)、4.9GHz 帯(ローカル 5G 信号)、60GHz 帯として、周波数帯ごとの電波伝搬特性に応じた学習方法を考案した。具体的には、見通しの有無に電波強度が影響する 60GHz 帯ではカメラ映像データによる学習手法を提案し、遠方からの反射波の影響を受ける周波数帯(6GHz 以下)に対しては、周辺の3次元構造を取得可能なライダによる点群データを含む複数センサのデータを併用する学習手法(特許出願、見込)を考案した。考案した手法は、誌上論文1件(見込)、小論文1件(IEICE ComEX)、無線通信分野で著名な国際会議 IEEE ICC2022 含む3件に採択されて発表を行った他、1件の招待講演を行った。また、成果展開に向けて、2件の出展(ワイヤレステクノロジーパーク 2024、CEATEC2024)を実施した。予測手法は、複雑な構造を持つプラント模擬環境等において、群	(7)タフフィジカル空間レジリエント ICT 基盤技術 無線アクセス(電波伝搬予測)において、立ち入り困難な場所への作業用遠隔制御ロボットの確実な投入に向けて、周波数帯固有の電波伝搬特性を踏まえた特徴量を用いて、ロボットが備えるカメラ・ライダ等のセンサ計測データから、機械学習を利用して数秒先の制御回線の電波強度を予測する手法を考案し、模擬環境における遠隔ロボット制御を実証(2.4GHz 等。4.9GHz 見込)、無線アクセス(低遅延中継)において、干渉抑圧処理遅延を2マイクロ秒以下とする非再生中継技術を開発、民間企業と連名で 3GPP RAN1 Release 18 へ入力した非再生中継に関する寄与文書が Network controlled repeater 関連仕様(TS 38.213 等3編)に反映、関連特許 12 件出願。回線途絶リスク低減に向けて、分散局間同期に要するオーバーヘッドを削減した分散協調無線(Coherent Joint Transmission)技術を開発、民間企業と連携して 3GPP Release 19 NR MIMO Phase 5 で標準化活動、TS へ反映(見込)、関連特許 18 件を同企業へ移転、無線アクセス(量子デジタル統合処理)において、量子アニーリングを活用した同一時間同一周波数を複数端末で共用する非直交	

		ロボット遠隔制御をユースケースとした実証を行い、地上走行ロボットに搭載した評価において、誤差$\pm 3.0\text{dB}$ 以内(Root Mean Square Error 値)の予測精度を達成することを確認した。これによって、通信パラメータ選定時のマージンを大幅に低減できることを示した(4.9GHz 帯は見込)。また、電波強度予測結果にもとづき、制御回線途絶が生じないようにロボット・ドローンの行動計画の制御手法を考案し、地上走行ロボットによるプラント模擬環境(福島第一原発1号機モックアップ)での原理検証を完了した(見込)。 •【低遅延無線中継技術】ロボットの遠隔制御をユースケースとし、制御回線が途絶する前にバックアップ回線を確保できる無線アクセス技術の研究開発を行った。この技術では、遠隔制御に求められる「低レイテンシ」と「不感エリアの解消(カバレッジ拡大)」の両立を目指し、低遅延・非再生型の無線中継技術を開発し、以降に示す成果を得た。自己干渉及び帯域外輻射の抑圧処理をマイクロ秒オーダーの低遅延で実装できるよう、時間領域・周波数領域間の変換処理(FFT/IFFT 等)のようなバッファが必要な処理は行わずに、時間領域における信号処理のみで十分な抑圧(自己干渉 60dB 以上、帯域外輻射 40dB 以上)を行うことを特徴とする手法を考案した(特許1件出願)。特許出願を行った中継手法における干渉抑圧フィルタの具体的な設計方法として、エラーベクトル振幅(Error Vector Magnitude)最小化規範にもとづく手法を提案し、無線通信分野で著名な IEEE 国際会議 VTC-Fall 2024 含む2件に採択されて発表を行った(令和6年 12 月1日現在)。周波数帯として、ロボット遠隔制御における利用が期待される2GHz 帯及び4.9GHz 帯(ローカル 5G を想定)を対象として、建物内の壁などによる遮蔽のために電波が届きにくい環境を模擬した場所(試験用トンネル内外、試験用プラント内、福島第一原発1号機モックアップ)において、ロボット遠隔制御をユースケースとした実証を行った。4.9GHz 帯における 5G NR 信号を用いた実証では、2マイクロ秒未満の処理遅延で自己干渉と帯域外輻射を抑圧し、低レイテンシ(サブミリ秒)通信のカバレッジ拡大が行えることを確認した。国際標準化活動として、民間企業と連携して、3GPP RAN1 Release18 における議題「Network-Controlled Repeater」に対して、非再生中継器における通信パラメータ(使用ビーム、中継タイミング、送信電力)の制御手法に関する寄与文書を入力し、標準仕様 Technical Specification (TS) 38.212、38.213 等へ反映された(令和5年9月発行)。また、民間企業からの受託研究を実施し、	多元接続技術を考案、オンライン実証を世界で初めて成功、自己産出型エッジクラウドにおいて、クラウド回線途絶時でもデータ同期可能な技術の研究開発を推進し、高知県香南市の防災情報通信・管理システムへ導入。内閣府 SIP 第2期では災害実動機関向け情報共有基盤(ポータブル SIP4D)を開発し、同第3期は機能拡張したシステム(X-ICS)を開発し、大規模訓練で自衛隊等が利用。APT ASTAP、ITU-T で標準化活動を推進、自然環境計測(インフラサウンド)において、小型・省電力で広帯域・高感度な計測が可能なセンサを開発するとともに、観測データから音源位置を可視化する手法を考案し、自然現象(桜島噴火、トンガ海底火山噴火、能登半島地震)に起因するデータから有用性を示した(IEEE 国際会議2件他)。民間企業が山梨県からの事業受託を通じて富士山東方3か所にセンサを設置、自然環境計測(カメラ映像)において、映像から噴煙・波浪高・有害鳥獣等を検出する手法を提案・実証し(Springer 論文1件、国際会議1件)、国際標準化 ITU-D SG1 へ入力、最終レポートへ反映。(情報収集技術):太陽光パネル発電を利用した電源自立型観測装置を設計・開発。九州地区の火山火口付近に観測装置を設置し、3年間の長期運用(観測・データ伝送)試験完了。取得映像は火山研究者による学術発表(4件)、気象

			当該技術のモビリティ応用への適用に関する研究開発を実施し、合計 16 件(内 Release18 関連 12 件)の特許を移転した。電波強度予測技術と低遅延無線中継技術との統合システムの構築に向けた設計と試作を進めて、電波強度予測結果にもとづき低遅延無線中継における通信パラメータ制御及び中継局選定を行う手法を考案し、実プラントの CAD データを用いた計算機シミュレーションによって、ロボット遠隔制御に求められる低レイテンシ通信(1ms 以下、10Mbps 以上)が得られる場所率(地上高 50cm の地上走行ロボットを想定)を 99%以上(非再生中継を使用しない場合は 18.3%)にできることを明らかにした。 •【分散協調無線技術】ロボットの遠隔制御をユースケースとし、伝搬損失が大きな場所(瓦礫の下など)にロボットが活動する場合でも、回線途絶リスクを低減する無線アクセス技術に関する研究開発を行った。端末局であるロボットにおいて電波のコヒーレント受信が行えるよう、複数分散局間で協調して信号伝送を行う分散協調無線技術(Coherent Joint Transmission)を開発し、以降に示す成果を得た。分散協調無線技術として、機構技術である「双方向時計比較」(無線通信によって 10 ピコ秒オーダのジッタで時計合わせを行う技術)を用いた分散局間同期の確立と、分散局ごとに異なる電波伝搬区間の位相回転量の補償に必要なオーバーヘッドを削減できることを特徴とする手法(特許出願済)について、被災時を想定した模擬環境(福島ロボットテストフィールド内のがれき環境)におけるロボット遠隔制御をユースケースとした実証(2GHz 帯、4局の分散局を使用)を行い、分散局間同期のオーバーヘッドを約 20%削減しつつ、端末局での合成利得の損失(理想合成時との比較)を 1.3dB 以下(99%値)に抑えられることを明らかにした。これによって、単一回線のみでは電波強度が微弱な環境であってもコヒーレント合成によって通信回線の確保が行えることを示した。得られた成果は、無線通信分野で著名な国際会議(IEEE VTC-fall2024)に採択となり、発表を行った。また、さらなる高度化に向けて、分散局数を8局とした実験を行い、分散局間同期のオーバーヘッドを削減しつつ、理想的な合成に対する損失を 2dB 以内に収められることを示した。国際標準化活動として、3GPP RAN1 Release19 における議題「NR MIMO Phase5」のうち Coherent Joint Transmission に関する内容に対して、分散局ビーム選定や分散局間同期のシグナリングにおけるオーバーヘッド削減等に関する技術提案を含む寄与文書を計 11 件入力し、合意	庁火山噴火予知連資料(2件)に活用。自治体からの要請を受け、宮崎県、えびの市、小林市へ撮影映像の試験提供、など、国土強靱化という大目標のもとで、特殊環境における無線通信技術やそれらの制御技術、新たな情報収集を新たな ICT 概念で実現するアプローチの開拓、さらに量子アニーリングなどの先端計算技術を導入したシステムの最適化への挑戦など、中長期の4年目までに達成し到達したレベルと創出された成果群は当初の想定を大きく超える卓越したものである。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 【科学的意義】 以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 •ロボットのセンサ(カメラやライダーなど)で取得したデータと受信電波強度の履歴を基に、機械学習を活用して数秒先までの電波強度を予測する手法を開発し、予測対象とする周波数帯としては、ロボット遠隔制御への適用が期待される 920MHz 帯、2.4GHz 帯(Wi-Fi)、4.9GHz 帯(ローカル 5G を想定)、60GHz 帯として、周波数帯ごとの電波伝搬

		内容に反映した(令和7年度に TS 発行予定)。さらに、社会実装に向けた活動として、当該技術のモビリティ分野への適用に向けた民間企業からの研究開発を受託し、出願した特許 18 件を移転した。あわせて、3GPP RAN1 Release 20 への寄与に向けて、さらなる大規模分散 MIMO におけるコヒーレント合成の実現に向けた準備を始めた。 •【量子デジタル統合処理技術】災害や故障により利用可能な周波数資源が大幅に減少した場合でも、無線通信を活用したサービスを継続利用できるようにするため、周波数利用効率を飛躍的に向上させる信号処理技術(量子効果を活用した計算と従来のデジタル計算を統合する新たな信号処理手法)を開発し、以降に示す成果を得た。無線アクセス技術として、同一時間同一周波数を複数端末で共用する非直交多元接続技術(NOMA)を対象に、上り回線 NOMA における基地局信号処理の低遅延化に資する量子アニーリング適用手法を考案した(特許出願)。量子アニーリングを用いて劣決定問題に対する解を短時間で得ることを特徴とするもの。論文(IEEE Access)1件を投稿して採択となった他、無線通信分野で著名な IEEE 国際会議(IEEE ICC2023 及び IEEE VTC-Spring2025)に採択された。上り回線 NOMA を対象とした実証に関して、電波発射を介した量子アニーリングマシンとのオンライン実証を世界で初めて成功し、報道発表を行った(新聞等にも掲載)。また、同時接続端末局数としては、基地局アンテナ1本あたり最大 10 局までとの同時接続が行えることをフィールド試験で実証し、理論解析との整合性を確認した。総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(フェーズ2)による研究開発「量子アニーリングを用いた端末間干渉抑圧処理による超多数同時接続技術に関する研究開発」を実施し、5G NR システム(MIMO-OFDMA)を対象として、基地局における信号処理へ提案する量子アニーリング適用手法を導入し、従来手法では1局のみの接続であったのに対して、10 局までの移動局との同時接続が行えることを実フィールド実験で示し、6G において求められる多数接続性の拡張へ貢献できることを示した。社会実装に向けた活動として、民間企業との共同研究を進めて、共同研究先のアニーリング手法(ベクトルアニーラ)を用いて、量子アニーリング適用手法(機構技術)の検証を上り回線 NOMA における信号分離手法で実施し、量子アニーリングマシンと同様の分離性能が得られることを確認した。 •【その他の成果】セルラ通信(5G)を用いた自動運転をアプリケー	特性に応じた学習方法を考案したこと。また、無線アクセス技術として、同一時間同一周波数を複数端末で共用する非直交多元接続技術(NOMA)を対象に、上り回線 NOMA における基地局信号処理の低遅延化に資する量子アニーリング適用手法を考案し、上り回線 NOMA を対象とした実証に関して、電波発射を介した量子アニーリングマシンとのオンライン実証を世界で初めて成功したこと。 •インフラサウンド関連技術に関し、複数地点で観測されたインフラサウンドデータから、音源位置(津波・火山噴火の発生場所に相当)を可視化・解析する手法を考案し、トンガ海底火山噴火(令和4年 11 月)・桜島火山噴火(継続して実施)・能登半島地震(令和6年1月)による津波等で発生した観測データを用いた検証を行い、手法の有効性を確認したこと。 【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 •分散協調無線技術に関する国際標準化活動として、民間企業と連携して、3GPP RAN1 Release19 における議題「NR MIMO Phase5」に対して、分散局ビーム選定や分散局間同期のシグナリングにおけるオーバーヘッド削減等に関する技術提案を含

		ションとして想定し、アプリケーション層において各車両が求める通信遅延を満たすように無線通信スロットを動的に割り当てる手法を提案し、セルラ基地局へ実装可能な MEC (Multi-access Edge Computing)サーバへ本手法を実装し、屋外で複数車両を用いた実験によって提案手法の有効性(遅延時間の保証)を実証した内容について、電子情報通信学会論文誌(査読付)に採択された。民間企業との共著で執筆したもの。民間企業との共同研究を実施し、工場内における 2.4GHz 帯での高い干渉下における多数同時接続手法に関する研究開発に取り組み、分散アンテナを用いた非直交多元接続技術を利用することで、1,200 端末からのデータ収集を干渉下においても行えることを実証した。 自己産出型エッジクラウド技術 ネットワーク分断・再統合時、情報通信資源(通信、計算、センサ等)を適切に割り当て、自律的にサービスを再構成する手法に関する研究開発を行い、以降に示す成果を得た。ネットワーク内の各ノードが持つ資源を発見・管理し、分断及び再統合時にネットワーク内の資源にもとづき自律的にオーケストレーションを行う機能を考案(特許出願)し、機能実装を行った。機能検証を目的にして、ロボット協調制御をサービスとして想定し、5台のノードから構成されるネットワークにおいて、ネットワークの分断・再統合が生じて、自律的にネットワークとサービスの両方を1秒以内で再構成できることを実証した(見込)。ネットワーク分断・再統合時におけるネットワーク構築手法は論文誌 IEEE Access 1件(IF=3.4)及び国際会議3件に採択された。また、9件の招待講演や解説記事への寄稿を行った(令和6年 12 月1日現在)。社会実装に向けた取り組みとして、内閣府 SIP 第2期「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」において、防災科研(国立研究開発法人防災科学技術研究所)が運用する災害情報クラウドサーバ(SIP4D)に対して、接近時高速無線通信技術(機構技術)を適用することで、大規模災害等によってサーバへの通信回線が途絶した場合でも、入力した災害情報の情報同期を実現するシステム「ポータブル SIP4D」の開発と動作検証を完了した。また、高知県香南市からの受託研究を通じて、本技術を搭載した同市の「防災情報通信・管理システム」の導入に寄与した。さらに、内閣府 SIP 第3期「スマート防災ネットワークの構築」では、第2期で開発したシステムをベースとして、災害時の実動機関(自衛隊・警察・消防等)同士	む寄与文書を計 11 件入力し、合意内容に反映した(令和7年度に TS 発行予定)こと。さらに、社会実装に向けた活動として、民間企業から、当該技術のモビリティ分野への適用に向けた受託研究を実施し、出願した特許 18 件を移転したこと。 - 大規模災害等によってサーバへの通信回線が途絶した場合でも、入力した災害情報の情報同期を実現するシステム「ポータブル SIP4D」の開発と動作検証を完了するとともに、災害情報共有基盤 SIP4D への通信回線が途絶した場合でも、エッジ(被災地側)でサーバ機能を動作させるシステム(X-ICS:クロスイクス)の基本開発を完了したこと。また、国際標準化活動として、ITU-T SG21 の議題”に対して、民間企業との連名で、寄与文書を入力し、レポートに反映した(見込)こと。 - インフラサウンド関連技術に関し、複数地点で観測されたインフラサウンドデータから、音源位置(津波・火山噴火の発生場所に相当)を可視化・解析する手法を考案し、トンガ海底火山噴火(令和4年 11 月)・桜島火山噴火(継続して実施)・能登半島地震(令和6年1月)による津波等で発生した観測データを用いた検証を行い、手法の有効性を確認したこと。

		が円滑に情報共有できる標準システムの開発(課題名「災害実動機関における組織横断の情報共有・活用」)を実施し、防災科研が運用するクラウド型の災害情報共有基盤 SIP4D への通信回線が途絶した場合でも、エッジ(被災地側)でサーバ機能を動作させるシステム(X-ICS:クロスイクス)の基本開発を完了した。開発したシステムは、実際の災害を想定した大規模な訓練(みちのく ALERT2024、南海レスキュー2024)において自衛隊へ提供し、災害情報共有基盤として利用された。国際標準化活動として、Asia Pacific Telecommunity Standardization Program (APT ASTAP) (アジア・太平洋地域における ICT 分野を対象とした国際標準化機関)の Expert Group on Disaster Risk Management and Relief System (防災・減災に関する専門部会)が作成中のレポート”APT REPORT OF LOCAL-AREA RESILIENT INFORMATION SHARING AND COMMUNICATION SYSTEMS”に対して、機構が開発した技術(インターネット回線が途絶した際でも、クラウドサービスの継続利用を可能とするもの)のユースケースに関する寄与文書を入力し、最終レポートへ反映された(令和6年8月)。また、ITU-T SG21 (Multimedia and related digital technologies)の議題”Immersive live experience systems and services”に対して、民間企業との連名で、寄与文書(災害現場での作業効率向上に資するユースケースの提案)を入力し、レポートに反映した(見込)。研究開発成果の周知を目的として、Asia Pacific Telecommunity (APT)に加盟する各国の行政官を対象とした研修を計3回(のべ22 か国参加)実施した他、展示会への出展(ぼうさい国体 2024、ワイヤレステクノロジーパーク 2023、けいはんな R&D フェア 2023、電子情報通信学会ソサイエティ大会、他)を行った。 自然環境計測技術 【インフラサウンド関連技術】インフラサウンド(津波・火山噴火等の大規模な自然災害発生時に生じる可聴周波数以下の音波)センサを環境計測センサとする研究開発を行い、以降に示す成果を得た。従来センサ(精密微気圧計)と同等の性能(帯域幅及び感度)を持ちながら、MEMS センサと小型マイクロホンを併用することで省電力駆動とコスト低減が可能な新型センサを民間企業とともに開発した。開発したセンサを国内 25 か所(北海道、宮城県、東京都、高知県、鹿児島県、沖縄県)に設置し、計測データの一部(令和6年 12 月1日現在、7か所)を日本気象協会ウェブ	【社会実装】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 - インフラサウンド関連技術として、開発したインフラサウンドセンサは、共同開発した民間企業が製品化したこと。また、商用電源利用不可な場所における自然環境計測および計測情報の収集を可能とする、高耐侯・電源自立型システム技術の研究開発を行い、社会実装に向けた取組として、設置した装置で取得した映像を周辺自治体(宮崎県、えびの市、小林市)への試験提供を令和5年度から継続して実施し、令和6年度には自治体における火山防災訓練にも活用されたこと。 - 低遅延無線中継技術に関する国際標準化活動として、民間企業と連携して、3GPP RAN1 Release18 における議題「Network-Controlled Repeater」に対して、非再生中継器における通信パラメータ(使用ビーム、中継タイミング、送信電力)の制御手法に関する寄与文書を入力し、標準仕様 Technical Specification (TS) 38.212、38.213 等へ反映された(令和5年9月発行)こと。また、民間企業からの受託研究を実施し、当該技術のモビリティ応用への適用に関する研究開発を実施し、合計 16 件(内 Release18 関連 12 件)の特許を移転したこと。

			サイトから関連研究の促進を目的として公開した(令和6年 12 月 1日現在、利用登録者数は 64 者)。複数地点で観測されたインフラサウンドデータから、音源位置(津波・火山噴火の発生場所に相当)を可視化・解析する手法を考案し、トンガ海底火山噴火(令和4年 11 月)・桜島火山噴火(継続して実施)・能登半島地震(令和6年1月)による津波等で発生した観測データを用いた検証を行い、手法の有効性を確認した。研究開発成果は、信号処理分野で著名な国際会議 IEEE ICASSP2023 含む2件に採択されて発表を行った他、2件の招待講演(国際会議)を行った(令和6年 12 月1日現在)。制度化に向けた取り組みとして、国立研究開発法人産業技術総合研究所と連携し、インフラサウンド周波数帯の計量基準の確立に向けた活動を進めた。社会実装に向けた活動として、開発したインフラサウンドセンサは、共同開発した民間企業が製品化した。また、民間企業によって、山梨県からの事業受託を通じて、防災を目的(噴火時の火口位置特定)として、富士山東方3か所にセンサが設置された。さらに、実証実験を目的として、機構の委託研究を通じて大学がインフラサウンドセンサを福岡市内 45 か所に設置した。 •【カメラ映像解析による自然現象検出技術】市販ネットワークカメラで取得した映像データから、機械学習等を用いて自然現象の急変を検知する手法の研究開発を行い、以降に示す成果を得た。山火事等の煙検出手法として、煙オブジェクトと他のオブジェクト間でのフレーム間差分における分散・振幅特性の差異に着目し、かつ、異なる空間(動きベクトルと色)での検出結果を統合することで、高い検出率(F 値において 90%以上)が得られる手法を提案し、国際学術誌 Springer Fire Technology(査読付き、IF=3.4)に採択された。また、電力や計算能力に乏しいエッジ側(カメラが設置されている場所)における軽量演算(フレーム内輪郭検出結果の差分利用)による噴煙イベント検出手法を考案し、九州地方の活火山(桜島)において提案手法の検証を進めて、目標とした 90%以上の精度で小規模なものを含む噴火を検出できることを実証した(見込)。さらに、赤外光投影による超高感度カメラ映像伝送システムを開発し、暗闇でも有害鳥獣を検出するためのアルゴリズムの設計・実装を進めた。あわせて、波浪を撮影した映像フレームに対して、フレーム内オブジェクトの動きベクトルの推移と、参照となる背景物の大きさとの比較から、波浪の高さを推定する手法(特許出願、見込)を考案し、護岸(富山県)にシステム	•大規模災害等によってサーバへの通信回線が途絶した場合でも、入力した災害情報の情報同期を実現するシステム「ポータブル SIP4D」の開発と動作検証を完了し、また、高知県香南市からの受託研究を通じて、本技術を搭載した同市の「防災情報通信・管理システム」の導入に寄与したこと。

			を設置して夜間(赤外線カメラを使用)を含む連続運用による実証を行い、昼夜を通じて所望の精度が得られることを示した(国土交通省河川砂防技術研究開発による研究成果)。これによって、潮位や昼夜を問わずにカメラのみで波浪高を観測できる可能性を示すとともに、従来の接触型センサでは計測できなかった護岸高を超える波の観測が可能になること、高時間分解能で波浪高に対応する観測データが得られることを示した。これらの研究成果は、誌上論文1件で発表した他、国際会議2件、招待講演1件で発表した。国際標準化活動として、ITU-D Study Group 1(議題: The use of telecommunications/ICTs for disaster risk reduction and management)に対して、本技術(汎用カメラを用いた煙検出手法)による災害リスク低減を記載した寄与文書を入力し、最終レポートへ反映された(令和6年8月)。社会実装に向けた取り組みとして、内閣府 SIP 第3期「スマート防災ネットワークの構築」を受託し、自治体からのニーズにもとづき、市販ネットワークカメラを設置し、これまでに考案した自然現象の検知手法(煙、降雪等)の実証を進めた。また、研究開発成果の周知を目的として、組み込み技術の展示会 EdgeTech+(噴煙及び波浪打ち上げ高の検出手法)等、2件の出展を行った。さらに、映像解析手法のソースコードをオープンソースとして公開した(見込)。 •【可視化・解析技術その他の成果】放送衛星(Broadcast Satellite:BS)電波の信号レベルを複数地上点で計測し、計測結果から降雨量を推定する手法を考案し、実証結果を国際会議(Joint Conference on Satellite Communications 2021)へ投稿し、Best Paper Award を獲得した。また、この手法の電波強度観測時に生じるノイズの原因として、航空機の通過との相関を示した誌上論文を発表した。時空間 GIS プラットフォーム(機構総合テストベッド研究開発推進センターにおいて開発。Web ブラウザ上に、2次元及び3次元時系列データを地図上に表示するツール)を活用して、外部機関との連携によって、過去に発生した自然災害について、地域ごとの件数等を Web ブラウザで可視化するツールを開発し、学会発表を行った。 •【高耐候・電源自立型システム技術】商用電源利用不可な場所における自然環境計測及び計測情報の収集を可能とする、高耐候・電源自立型システム技術の研究開発を行い、以降に示す成果を得た。環境発電(太陽光)を主な電源とする電源自立型観測装置(センサとしてはインフラサウンド及びカメラを具備)を開発	

			し、長期間(3年間)にわたる運用試験を九州地方の活火山で実施した。本システムで取得した火口周辺の映像は、火山研究者による研究発表に活用された(4件、うち1件は論文誌)他、気象庁の火山噴火予知連絡会議での資料として活用された(2件)。社会実装に向けた取り組みとして、設置した装置で取得した映像を周辺3自治体(宮崎県、えびの市、小林市)への試験提供を令和5年度から継続して実施し、令和6年度には自治体における火山防災訓練にも活用された。 •【省電力データ収集技術】自然環境計測データ収集を低消費電力で行う省電力データ収集技術に関する研究開発を行い、次の成果を得た。センサ端末における電力消費のさらなる低減に向けて、ウェイクアップ信号を用いた低消費電力広域(Low power wide area: LPWA)通信による多段中継型データ収集プロトコルを開発し、河川流量監視をユースケースとして、京都府内の木津川沿いにセンサノード(6ノード)を設置、4段の中継局を介したデータ収集を40日間以上にわたって行えることを実証した。この期間、センサノードは環境発電(太陽光パネル)のみで駆動し、所望の周期(10分ごとに1回)でセンサデータを確実に収集できることを確認した。LPWA 無線(LoRa)のような低速通信であっても、TCP/IP伝送を効率よく行う手法について、国際会議(査読付、IEEE コンピュータソサエティの旗艦会議である IEEE COMPSAC2023)に採択された(大学との共同研究成果)。さらに、周波数帯の用途が検討されている V-High 帯(220MHz 帯)に対して、災害時無線通信への適用を想定した通信可能エリアの実験的な評価結果が、災害対応に向けた情報通信技術に関する国際会議(査読付、ICT-DM)に採択された。あわせて、海上ブイによる津波検知信号の伝送をユースケースとして、非地上系ネットワーク(Non-terrestrial Network: NTN)における IoT 向け小サイズデータ伝送技術を考案し、3GPP における NTN-IoT に関する諸元(Technical Report 38.821)にもとづく計算機シミュレーションによって10台以上のブイからの同時通信が行えることを示した(国際会議 IEEE VTC-fall2021)。	
なお、この評定は、以下の「(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2)見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。 (1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解				

1. 開催日 令和7年4月14日(月) 10時00分～18時00分

2. 委員名簿

安浦 寛人	委員長	国立情報学研究所 副所長
安藤 真		委員 東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
米藤 稔		委員 大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲		委員 兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充		委員 三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(革新的ネットワーク分野について)

- 自己評価(年度評価A、見込評価S)は妥当である。各分野で多彩な数々の優れた成果が得られ、経年変化として、社会実装が具体的な形で進んでいる。
- プロジェクトの成果を社会実装するためにアライアンスやコンソーシアムの活動など成果を普及するための仕組みに注力していることを高く評価する。要素技術の展開に際しては、引き続き、産業界などを多様に巻き込んだ戦略的な取組をしてほしい。
- 非常に変化が激しい分野であり、コロナ禍や災害、生成 AI の大ブレイクなど諸情勢が変化する中、当初計画にはなかった要素に積極的に取り組んだ実績を高く評価する。時代や社会の変化に合わせて、技術革新や社会的な要請に柔軟に対応するダイナミズムを、今後も発揮してほしい。
- 各中項目に共通する事項として、それぞれ技術的には優れた成果を挙げていて高く評価できるが、加えて知財や標準化、広報のアピールだけでなく、ダイバーシティや人材育成にも言及している。広報では効果測定にも留意したアピールをするとよい。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていっていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかということを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。

- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評定、年度 A 評定で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価) 項目別自己評価書(No.3 サイバーセキュリティ分野)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー1. ー(3)サイバーセキュリティ分野		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項 第一号、第七号、第八号、第18条第1項 サイバーセキュリティ基本法第13条及び第14条
当該項目の重要度、難易度	重要度:高	関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※10					
	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
査読付き論文数	－	59	78	49	47		予算額(百万円)	14,113	11,349	9,975	12,014	
招待講演数※1	－	48	49	94	62		決算額(百万円)	6,319	10,419	5,492	9,369	
論文被引用総数※2	－	4	1	4	0		経常費用(百万円)	4,418	4,764	5,000	7,715	
過年度発表を含む論文被引用総数※3	－	4	45	191	262		経常利益(百万円)	△37	△37	△17	△12	
実施許諾件数	－	11	12	7	9		行政コスト(百万円)	4,479	6,106	7,129	9,865	
報道発表件数	－	4	3	3	3		従事人員数(人)	34	39	39	46	
共同研究件数※4	－	47	51	57	60							
標準化や国内制度化の寄与件数	－	14	9	19	12							
標準化や国内制度化の委員数	－	14	11	13	9							

実践的サイバー防御演習の実施回数	-	105	108	110	110							
実践的サイバー防御演習の受講者数	-	3,095	4,032	5,705	8,283							
構築した基盤環境の外部利用組織数※5	-	37	55	61	92							
外部組織が開発した人材育成コンテンツ数※6	-	1	7	25	85							
調査対象 VP アドレス数(百万アドレス)※7	-	112	112	112	124							
注意喚起対象通知件数※8	-	21,049	48,814	61,845	183,066							
参加 ISP の数※9	-	69	77	83	84							

※1 招待講演数は、招待講演数と基調講演数の合計数

※2 当該年度に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※3 過去3年間(ただし、今中長期期間の始期である令和3年度以降を対象とし、令和3年度は1年間、令和4年度は2年間とする)に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※4 当該年度以前に契約し、契約が実施されている共同研究契約件数(当該年度の3月末調査)。

※5 サイバーセキュリティ統合知的・人材育成基盤として構築した基盤環境の外部利用組織数。

※6 サイバーセキュリティ統合知的・人材育成基盤を活用して外部組織が開発した人材育成コンテンツ数。

※7 パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査における、毎月の調査対象 IP アドレス数の年間平均。

※8 パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査において、注意喚起対象として ISP(Internet Service Provider)へ通知した1年間の総件数。

※9 パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査に参加している ISP(Internet Service Provider)の数。

※10 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価

中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価

(3)サイバーセキュリティ分野	1-3. サイバーセキュリティ分野	<評価軸>		評 定	S
我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「社会(生命・財産・情報)を守る」能力として、急増するサイバー攻撃から社会システム等を守るサイバーセキュリティ分野の技術の高度化が不可欠となっていることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。 また、急増するサイバー攻撃への対策は国を挙げた喫緊の課題となっており、サイバー	我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「社会(生命・財産・情報)を守る」能力として、急増するサイバー攻撃から社会システム等を守るサイバーセキュリティ分野の技術の高度化が不可欠となっていることから、以下の研究開発等に取り組むとともに、標準化、研究開発成果の普及や社会実装を目指す。 また、急増するサイバー攻撃への対策は国を挙げた喫緊の課題となっており、サイバーセキュリティ分野での機構に対する社会的要請が高まりつつあることから、研究開発等やその成果普及等に関する体制の強化に向けた措置を講ずる。	<評価軸> - 研究開発等の取組・成果の科学的意義(独創性、革新性、先導性、発展性等)が十分に大きなものであるか。 - 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 - 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組(技術シーズを実用化・事業化に導く等)が十分であるか。 - 取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか。(「サ			1-3. サイバーセキュリティ分野 我が国におけるこれまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらすイノベーションを強化するために不可欠な急増するサイバー攻撃から社会システム等を守るサイバーセキュリティ分野の技術の高度化の研究開発等に取り組むとともに標準化、成果の普及と社会実装を行うという中長期目標に対して、各年度の年度計画を着実に達成した上で中長期期間として、ダークネットトラフィックデータに対して AI 技術を適用しマルウェアの感染拡大の活動を早期に検知する技術 Dark-TRACER を開発、CURE の研究開発において 18 種類のデータの融合による多角的な分析環境を実現したこと、DeepProtect による不正送金検知の実証実験を行い複数組織による協調学習では単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができたこと、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義を世界で初めて提案し、量子コンピュータ実機による安全性評価の基礎を築いたこと、実践的サイバー防御演習

セキュリティ分野での NICT に対する社会的要請が高まりつつあることから、研究開発等やその成果普及等に関する体制の強化に向けた措置を講ずるものとする。		イバーセキュリティに関する演習」及び「サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成」の評価時に使用) • 取組が我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものとして計画に従って着実に実施されたか。 <指標> 【評価指標】 • 具体的な研究開発成果・研究開発成果の移転及び利用の状況 • 共同研究や産学官連携の状況 • データベース等の研究開発成果の公表状況(個別の研究開発課題におけ		「CYDER」、大阪・関西万博関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、多くの方に参加いただき実践的なサイバートレーニングを企画・推進したこと、SecHack365 では修了生のコネクション維持・向上を目的として新規取り組み、魅力的な取り組みで内容の充実を図っていること、また、CYNEX では 47 組織の参画(令和5年10月1日 CYNEX アライアンス発足時)から当初計画(令和7年度末 40 組織)を大きく上回り令和6年度末時点で 92 組織となっていること、NOTICE に参画した国内 ISP84 社が保有する約 1.25 億 IPv4 アドレス(令和6年度末時点)に対して特定アクセス試行による調査及び通知、ファームウェアの脆弱性等を有する機器、既にマルウェアに感染している機器の脆弱性等に関する新たな通知の実施など、科学的意義、社会的価値、社会実装、ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか、我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものとして計画に従って着実に実施

		る)標準や国内制度の成立寄与状況 ・IoT 機器調査に関する業務の実施状況(「パスワード設定等に不備のあるIoT 機器の調査」の評価時に使用) 【モニタリング指標】 ・査読付き論文数 ・招待講演数 ・論文の合計被引用数 ・研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数(実施許諾件数等) ・報道発表や展示会出展等の取組件数 ・共同研究件数 ・(個別の研究開発課題における)標準化や国内制度化の寄与		されたかのそれぞれについて特に顕著な成果を上げた。 以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、また「研究開発成果の最大化」に向けた特に顕著な成果の創出等が得られたと認め、評定を「S」とした。
①サイバーセキュリティ技術 サイバー攻撃対処能力の絶え間ない向上と多様化するサイバー攻撃の対処に貢献するため、巧妙化・複雑化するサイバー攻撃に対応した攻撃観測・分析・可視化・対策技術、大規模集約された多種多様なサイバー攻撃に関する情報の横断分析技術、新たなネットワーク環境等のセキュリティ向上のための検証技術の研究開発を実施する。	(1)サイバーセキュリティ技術 サイバー攻撃対処能力の絶え間ない向上と多様化するサイバー攻撃の対処に貢献するため、巧妙化・複雑化するサイバー攻撃に対応した攻撃観測・分析・可視化・対策技術、大規模集約された多種多様なサイバー攻撃に関する情報の横断分析技術、新たなネットワーク環境等のセキュリティ向上のための検証技術の研究開発を実施する。		(1)サイバーセキュリティ技術	(1)サイバーセキュリティ技術 ダークネットトラフィックデータに対して、AI 技術を適用しマルウェアの感染拡大の活動を早期に検知する技術 Dark-TRACER を開発し研究開発成果が国内会議で受賞するとともに難関国際会議に採択され発表を行なったこと、NTT 研究所と連携しセキュリティ・プライバシー分野におけるユーザ調査を含む先行研究に対してソーシャルトリガから受ける影響の軽減とそれらの伝搬を防ぐ対策手法が重要であることを特定したことでセキュリティ分野における難関国際会議に採録され発表を行ったことなど特に顕著な学術的な成果も上がっている。 STARDUST 上での解析作業を効率的かつ効果的に実施するための新規機能として、サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ CURE において18 種類のデータの融合による多角的な分析環境を実現した
	(ア)データ駆動型サイバーセキュリティ技術		(ア)データ駆動型サイバーセキュリティ技術	

無差別型攻撃や標的型攻撃をはじめとする巧妙化・複雑化するサイバー攻撃を複数の側面から観測する技術、状況把握を支える可視化技術、機械学習等の AI 技術を駆使した自動分析・自動対策技術の確立・高度化を進める。また、多種多様なサイバーセキュリティ関連情報を大規模集約し、横断分析する技術についても確立・高度化を進める。

件数

- ・演習の実回数又は参加人数(「サイバーセキュリティに関する演習」の評価時に使用)
- ・構築した基盤環境の外部による利用回数、もしくは利用者数(「サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成」の評価時に使用)
- ・民間企業が開発した人材育成コンテンツ数(「サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成」の評価時に使用)
- ・調査した IoT 機器数(「パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査」の評価時に使用)(令和5年度まで)

<無差別型攻撃観測・分析技術の高度化>

- ・Google Cloud Platform(GCP)とHadoopを組み合わせた次世代型送信元分析システムを開発した。また、外部脅威情報と独自バナー収集を組み合わせたホスト情報のエンリッチメントを可能にした。
- ・NICTER で観測した感染機器に対して、OSINT 情報(Open Source Intelligence)とリアルタイムのスキャンバックで収集したバナー情報を組み合わせることで感染 IoT 機器を特定可能なシステムを開発した。当該システムを用いて特に日本国内において感染被害にあっている IoT 機器の特定を行い、感染機器の設置組織や製品ベンダへの注意喚起・情報提供を実施した。

サイバーセキュリティ研究室で運用するハニーポットシステム(AmpMpn、Haguregumo 等)で観測された DRDoS 攻撃の観測結果や IoT 機器を狙う攻撃活動の情報は NOTICE プロジェクトとはじめとする関係組織に情報共有を行い、注意喚起等に活用された。

<標的型攻撃観測技術の研究開発>

- ・並行ネットワーク構築機能の強化を実施した。具体的には、Geneve(Generic Network Virtualization Encapsulation)に基づくネットワークの仮想化及びオーバーレイネットワークを実現し任意の物理機材を接続した模擬環境の構築が可能となった。これにより、VPN 機器を接続したテレワーク環境、制御システムネットワーク、クラウドとのハイブリッド環境などのより多様な環境の模擬が可能になった。
- ・マルウェアを制御する C2(Command & Control)サーバの状態を観測し、適切なマルウェア解析のタイミングを把握可能な C2 サーバ観測システム Stargazerを開発した。STARDUST の解析で得られた C2 サーバ(10,334ドメイン)を Stargazer で長期観測し、実稼働している C2 サーバの時間的な活動状況の変化や適切なマルウェア解析のタイミングを捉えることに成功した。
- ・令和4年度には、次世代 STARDUST(STARDUST NxtGen)の研究開発を開始し、STARDUST の並行ネットワーク(解析環境)の論理・物理構成を解析者の要求に応じて動的に変更可能にするアジャイル型環境構築ツールを開発した。また、サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ(CURE)上のデータと連動した悪性サイトの自動解析技術を開発した。これに加えて、STARDUST 上での高速・快適な解析を実現するユーザインタフェースとなる新 STARDUST Web を開発した。
- ・STARDUST NxtGen において、模擬環境の設計・VM/NW 配備・稼働テストなど含む構築・運用を自動化するマネジメントシステムを開発し、従

ことなどは非常に高い社会的価値がある。また、CYNEX アライアンスを通じた STARDUST の利用は延べ 29 組織(120 ユーザ)に上っており、国内の多くの企業・大学が STARDUST を利用したサイバー攻撃の解析に取り組むことで、最新のサイバー攻撃の対策技術の研究開発が進むとともに、STARDUST 自身に加えその活用で生まれた技術等の社会実装が活発に進んでいること、NIRVANA 改の組織横断分析機能の開発と令和7年度末までに CYXROSS での導入対象を拡大することでより多くのエンドポイントを観測対象とした運用を実現し、日本政府ネットワークのセキュリティ向上に貢献するなど、非常に高いレベルでの社会実装を実現しているといえる。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- ・ダークネットトラフィックデータに対して AI 技術を適用しマルウェアの感染拡大の活動

•IoT 機器の調査に基づく通知件数(「IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の促進」の評価時に使用)(令和6年度以降)

来比約 10 倍の高速化を達成した。また、解析中の隔離された VM から情報取得・VM 操作等をステルスに実行するライブフォレンジック機能を開発した。

- スケーラビリティ・ポータビリティを向上させるリファクタリングを行い、17 サーバに分散していたサービス群を Docker コンポーネントにより整理・集約することで、CURE との情報連携も含むセキュリティ観測・分析・実験・評価基盤を実現した。
- 他の解析環境に STARDUST をオプトインした解析を実現するため、単一の小型 PC 上で STARDUST に搭載されている全てのサービス・機能を利用可能な、可搬型の STARDUST Appliance を新たに開発した。STARDUST Appliance では STARDUST NxtGen で利用している VMware 製品の代わりにオープンソースソフトウェア(KVM 等)を利用して同等の機能を実現するリファクタリングを実施することで、ベンダーロックインによるサプライチェーンリスクに対応する形で開発を行った。
- STARDUST 上での解析作業を効率的かつ効果的に実施するための新規機能として新たに 21 種類の機能を開発した。それらの機能には、隔離された解析中の VM から情報を収集し操作を実現するライブフォレンジック機能や、トラフィックの監視・通知機能、プロセス監視・通知機能、HTTPS 通信の解析のための透過プロキシ機能、VM 上のマウスとキーボードの操作を行うマクロ記録・再機能、URL 自動投入解析機能などが含まれる。これらの解析機能の追加により、より柔軟かつ効果的な解析が可能となった。

＜サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ(CURE)の研究開発＞

- サイバーセキュリティ研究室で運用するハニーポットデータやスパムメールデータ等を含む7種類のデータを新たに追加し、既存のものと合わせて 18 種類のデータの融合による多角的な分析環境が実現した。
- NICTER データの CURE 蓄積については、データベースの圧迫を回避するために重要度の高いデータを優先的に蓄積する仕組みを開発した。
- 異種データ融合機能の強化として、対象となる IoC (Indicator of Compromise: サイバー攻撃の痕跡情報)にメールアドレスを新たに追加した。これによりフィッシングメールや Emotet のようなメールを媒介として広まるタイプのサイバー攻撃についても、CURE を用いた解析が可能になった。
- 従来の観測した IoC に自然言語処理によるキーワードでの自動的な意味付けを実現する2層モデルから、令和6年度は CURE に蓄えたデータ

を早期に検知する技術を開発したこと。

- AI 技術を活用したセキュリティオペレーションの効率化に関する研究開発を実施したこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- サイバーセキュリティ関連情報の定常的解析と解析者コミュニティの形成を行う Co-Nexus A では、令和3年度より参画組織への主に標的型攻撃に関するサイバー攻撃の情報収集分析基盤 STARDUST の貸与を開始、令和5年度にはサイバーセキュリティ研究室が新たに開発した STARDUST NxtGen の貸与に移行した。令和6年度には、STARDUST NxtGen を 29 組織 120 ユーザに貸与し、各組織独自の標的型攻撃等のマルウェア解析に寄与していること。
- サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ(CURE)の研究開発を実施したこと。
- NICTER ダークネット観測による無差別型攻撃観測・分析技術の高度化を実施したこと。

【社会実装】

に対して評価・分析を付加する Feedback-layer を追加した3層モデルへと機能強化し、Feedback-layer の Publisher として、Doc2Vec による IoC の類似度計算のプロトタイプを実装した。本機能により類似度の高い IoC 情報に基づく同一攻撃グループによるサイバー攻撃の特定が可能となった。

- セキュリティレポートを自動収集し IoC 情報を抽出し CURE に蓄積するエンジンにおいて、抽出精度の向上を目的に LLM(大規模言語モデル)を活用した抽出エンジンを開発した。
- CURE データの拡充に加えて、多種多様な観測データに対して付加的な情報を与えることで CURE 全体のデータの質を向上させるデータエンリッチメント機能 Enricher を新たに実装した。付加情報の一実装として、類似の挙動を観測した IoC を自動検出する仕組みを Doc2Vec とコサイン類似度を用いて実装し、定常運用を開始した。この成果は、Interop Tokyo 2022 で動態展示を行った。
- AI×サイバーセキュリティの研究で開発した、同期した攻撃パターンを示すホストを自動でクラスタリング可能な Dark-TRACER の出力結果を CURE に融合し、オペレータが悪性ホストの同期性を確認することが可能になった。
- DRDoS 攻撃の分析作業の効率化のために CURE 上に DRDoS 攻撃の分析に特化した専用のビューを作成し、DRDoS 攻撃に関連した一連のデータを CURE で容易に抽出し分析が行えるようにした。
- CURE 上に蓄積されたデータの活用形態として、観測ネットワーク上の NetFlow 情報と CURE に格納された IoC を高速に突合して異常検知を行う IDS である CUREFlow を実装した。この成果は、Interop Tokyo 2022 のネットワーク ShowNet に導入し、効果を検証した。
- CURE の外部提供に向けたリスク分析とデータ格付けとして、Publisher が CURE に投稿する全データに対して、機構の機微情報、一般データユーザの機微情報、センサの IP アドレスを含むか否かを評価することで、CURE の全格納データのリスク分析と研究所のセキュリティ規程に準拠したデータ格付けを実施した。
- CURE のアクセス制御機能開発として、CURE (CURE Web UI) に、Publisher ごとのロールベースのアクセス制御機能を実装した。これにより、ユーザのロールに応じた設定パラメータを用いて、各ユーザがアクセス可能なデータの範囲とデータに対する操作権限を細かく制御することが可能となった。
- 令和5年度から CYNEX アライアンス参画組織への CURE のデータ開放を開始した。CURE を安全に利用するための制度設計(利用規約の策

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 標的型攻撃観測技術の高度化として、サイバー攻撃誘引基盤 STARDUST の研究開発を実施したこと。
- NIRVANA 改の組織横断分析機能について「政府端末情報を活用したサイバーセキュリティ情報の収集・分析に係る実証事業(CYXROSS)」の仕様に合わせた改修を実施した。その上で、当該機能を CYXROSS での実運用を開始し、多数のエンドポイントから収集される情報の可視化・分析を実現し、令和7年度末までに CYXROSS での導入対象を拡大することでより多くのエンドポイントを観測対象とした運用を実現し、日本政府ネットワークのセキュリティ向上に貢献すること。
- NICTER ダークネット観測による無差別型攻撃観測・分析技術の高度化を実施したこと。

定、利用登録手続きの整備)、効率的なデータ探索を可能にする CURE Web UI の機能拡張(ワンクリックでの詳細データ表示)、複数ユーザの同時利用を想定した基盤の構築(メモリ使用の最適化等)を行なった。

- CURE に蓄積された膨大な脅威情報を対象に、IP アドレスやドメイン名、メールアドレスといった情報をキーにして、自組織に関連した攻撃情報をリアルタイムに抽出・通知可能な CURE Watcher を令和6年度に新たに設計・開発した。また、CURE Watcher の WebUI を新規開発するとともに、IoC(Indicator of Compromise)検索の高速化(平均クエリ応答時間を 98%短縮)を実現した。

<AI 技術によるマルウェア活動早期検知の研究開発>

- 令和元年度までに開発してきた Dark-GLASSO、Dark-NMF、Dark-NTD の3種類の機械学習ベースのエンジンを一つのフレームワークに統合した Dark-TRACER を令和3年度に開発した。この Dark-TRACER を長期間リアルタイムに運用し、マルウェア活動の検知精度を定量的に評価した結果、偽陰性ゼロ(再現率 100%)を達成できた。また、検知のタイミングについても、世の中で脅威が明らかになった時期より早期に検知できるという結果が得られた。Dark-TRACER の検知結果は CURE の情報として統合され、オペレータによる分析に役立てられている。
- Dark-TRACER の研究に利用したデータセットを、機微な情報を除外した上で「NICT Darknet Dataset 2022」として公開した。これまでに国内6件、国外 12 件の提供実績があり、令和6年度には国内1件、国外7件に新たに提供するなど、当該データセットを活用した研究開発の推進に貢献した。
- 早期検知処理において除外する必要があるセキュリティ企業等による調査目的のスキャンイベントやマルウェア活動に起因するスキャンパケットに埋め込まれたイベント固有の特徴(フィンガープリント)を遺伝的アルゴリズムにより特定する技術を開発し、実データを用いて有効性を確認した(国内学会 CSS2021 学生論文賞受賞、令和3年度に IEEE Access(IF=3.4)に採録)。当該技術については特許出願を実施した。
- 台湾大学と連携し、複数組織が互いに観測したトラフィックを生データの共有なしに学習(連合学習)し、マルウェア活動の早期検知を実現する技術 FINISH を開発した。当該成果は IEEE ICC 2022 及び令和5年度に IEEE Trans. Emerg. Topics Comput.に採録(IF=7.691)された。
- マルウェア活動を検知・分析する技術を発展させ、宛先ポート番号の多重集合もしくはスキャンパケットの同期性を分析することにより、スキャングループ自動追跡技術「BOTRACKER」を開発した。これにより、ボッ

トネットの成長の軌跡の追跡を実現した。

- 上記クラスタリング・追跡技術を改良し、追跡可能な範囲を広げるとともに、オペレータにとって解釈しやすいモデルと可視化手法を構築した。提案手法では、長期にわたりスキャンタイミングが同期するスキャナグループを追跡可能とする LST-NMF を提案した。提案手法は、送信元 IP アドレスの変化に対して頑健で、スキャナの仕様変化にも対応可能である。また、スキャナのクラスタリング結果の解釈性を向上させるため、スキャンタイミングの同期性や宛先ポートの種類と数の類似性を可視化する手法を開発するとともに、三角不等式を活用した独自の近傍探索の高速化により、クラスタリングの計算量を 99% 以上削減した。従来の単純な追跡手法ではスキャン活動の長期追跡が困難であることを示し、提案手法の有効性を明らかにした研究成果を国際会議 (IEEE DSC24) で発表した。

＜AI 技術を活用したセキュリティオペレーションの効率化＞

- セキュリティアラートのトリージ技術について、複数セキュリティ機器の横断分析にウェイト付き機械学習法を実装することによって、従来手法より分類性能が良く、かつ高速に学習可能な分類器を実現した。Class weight を制御する Weighted Support Vector Machine (WSVM) を用いた教師あり学習により、再現率 99.598%、誤検知率 (FP ratio) 0.001% を達成した。また、AI エンジンの判別結果及び複数セキュリティ機器の横断分析結果を可視化するエンジンを作成した。
- 新たなコスト考慮型学習及びオーバーサンプリング手法を提案し、アラートデータの極端な不均衡問題を効果的に対処できる技術を構築した。既存手法と比べ、検知性能の大幅な向上を実現 (再現率 99.687%、誤検知率 0.001%) した。本研究成果は国際ジャーナル Applied Sciences に採録された。
- 効率的なインシデント解析の実現に向けて、アラートの群集性や空間的・時間的相関性に基づくアラート集約技術を開発した。実 SOC 環境にて得られたデータを用いて評価をした結果、手動調査が必要なアラートを 83.98% 削減することに成功した。
- 九州大学との共同研究として、パケットから抽出した特徴量に基づきながら、通信フロー全体を分類する機械学習ベースの侵入検知手法を開発し、その研究成果は令和5年度に IEEE Access (IF=3.4) に採録された。
- Focal Loss 基準を用いて、分類器の予測確率が低いアラートに高い重みを付与することでアラート判別精度を向上させる手法を提案した。提

案手法をセキュリティアラートデータおよび公開ベンチマークデータを用いて評価した結果、従来手法と比較して分類精度の向上を確認した。本成果は国際会議 CyberHunt2024 に採択された。

- NIDS (Network Intrusion Detection System) 検知結果の解釈性を高める手法を開発した。従来手法の SHAP は、ワンホットエンコーディングされた特徴量を個別に扱うため、カテゴリ変数の影響を明確に説明するのが難しい。そこで、これらの特徴量を統合することでカテゴリ変数の影響をわかりやすく解釈可能な Fusion SHAP を開発し、NIDS ベンチマークデータで高い解釈性を実証した。本研究成果は国際会議 ICISC 2024 に採択され、最優秀論文賞を受賞した。
- 九州大学との共同研究として、機械学習技術を用いた NIDS の研究開発を実施した。特に、NIDS への入力となる通信データの時系列構造に着目し、通信フロー中のペイロードをバイト値の系列として扱いペイロード情報を活用して通信分類を行う手法および通信フロー全体に関連するパケットの系列として扱い、パケット毎の基本的な情報の列を Transformer で処理することにより、特徴量を手動で設計せずに通信分類を行う手法の開発を行った。後者の成果は国際会議 ARTMAN2024 に採録された。
- 機械学習およびディープラーニングを用いた SIEM システムの脆弱性を体系的に評価する手法として、Smart Sample Manipulation (SSM) を提案した。この手法では、分類器の予測確率に基づき予測精度が低いサンプルを抽出し、実際の攻撃シナリオを模倣した擬似攻撃を生成することで、システムの敵対的耐性の評価を可能とする。提案手法により、SIEM システムの潜在的な脆弱性を明確化し、改善に向けた具体的な指針を提示することができた。本成果は国際会議 CyberSciTech2024 の優秀論文賞を受賞した。
- 九州大学との共同研究として、ペイロード情報を活用した通信分類を LSTM モデルで行う手法の開発、および開発手法がペイロードのどの部分に着目して分類を行っているかを特定する説明可能性の研究を実施した。本成果は国際会議 IEEE DSC 2024 にてポスター発表を行った。
- 九州大学との共同研究として、IDS に対する敵対的サンプルに関する研究を実施した。これらの成果は国際会議 CANDAR 2024 に採択された。

<AI 技術による不正プログラム解析技術の研究開発>

- Android マルウェアのデータ収集・静的特徴抽出・機械学習アルゴリズムを組み合わせた Android マルウェア分類フレームワークの実装を完

了し、高い検知率(Fスコア 99.71%、誤検知率 0.37%)を達成した。この研究成果は、令和3年度に ACM Transactions On Management Information Systems に採録された(IF=6)。

- 関数呼び出しの推移を利用してユーザ定義関数を特定する手法を開発した。本手法はアーキテクチャやビルドオプションに依存せず、GitHub 上の IoT マルウェアサンプルで平均 10.3 個のユーザ定義関数を特定できた。さらに、シグネチャマッチングにより無害化に関連するユーザ定義関数の最大 50%を特定できることを確認した。本成果は CSEC 2024 研究会で発表され、優秀研究賞を受賞した。
- 台湾 TWISC との連携で、関数呼び出し情報と Graph2Vec を改善した IoT マルウェアの機能分析・分類技術を開発した。7種類の CPU アーキテクチャを含む 22 万検体において 99.76%のマルウェア検出精度を達成し、従来手法である Graph2vec より(98%台の精度)良い性能が確認された。本成果は国際会議 PST2021、令和4年度に国際ジャーナル Computer & Security (IF=5.1)に論文採択された。
- 従来の FCG(Function Call Graphs)に基づくマルウェア分析の性能を改善するため、システムコールを特定し、オペコードシーケンスに組み込む手法を提案した。これにより、FCG に新たなセマンティック情報が加わり、悪意のある機能の特定精度が向上した。7種類の CPU アーキテクチャ上での検証により、クロスプラットフォームでの有効性と、Radare2 を超える性能向上を確認した。また、GraphSAGEに基づく機械学習によって、検出精度の強化も実現した。本研究成果は国際会議 ICISC2024 に採択され、最優秀論文賞を受賞した。
- 九州大学との共同研究として、IoT マルウェアの横断的な機能分析を目的に、FCG からライブラリ関数呼び出しを除いたグラフ作成およびベクトル埋め込みによる類似度分析手法を提案し、CPU アーキテクチャや最適化オプションの影響を低減する方法を開発した。また、IoT マルウェアの系統樹クラスタリングにおいて、ユーザーコード部のオペコード情報のみを用いることでクラスタリング精度が向上することを確認し、当該成果を国内研究会および国際会議(IEEE DSC 2024)のポスターで発表した。
- IoT マルウェア分析の精度向上に向けて FCG の不一致解消、パッキングによるオペコード難読化の影響分析、関連文字列の効率的抽出、新しいルールを用いたシステムコールの特定精度向上、そして Few-shot 学習による少数サンプルからの高精度な検出手法の検証を行った。これにより、FCG の一致率と検出精度が大幅に改善され、新たな脅威にも対応できる柔軟な IoT マルウェア検出フレームワークが構築された。

これらの研究成果について国際会議 (IEEE DSC 2024 および ICONIP 2024) で合計5件のポスター発表を行った。

- 兵庫県立大学と連携し、Android マルウェア解析が Concept Drift 環境での性能向上とその説明可能性に関する研究を実施した。当該研究成果として、これまでに国際会議 MobileSec2024 (優秀論文賞を受賞) 及び I-SPAN 2025 で論文採録された。

<AI 技術による悪性 Web サイト分析・検知技術の研究開発>

- 表層ウェブクローラを開発・運用し、日本語・英語のセキュリティレポートを約2万5千件収集した。脆弱性やエクスプロイトに関する情報のデータベースのうち、アクセス可能なものは全て収集を行い、共同研究先と共有し研究開発に活用した。
- ダークウェブクローラを開発・運用し、ダークウェブ上のマーケットサイトならびにフォーラムサイトに存在するセキュリティ関連情報を収集した。マーケットサイトで販売されているマルウェアなどのセキュリティ関連商品情報は約1万件、フォーラムサイトに投稿されているセキュリティ関連のスレッドを約 20 万件収集した。本収集データセットを活用した連携研究の成果は国際会議 ARTMAN2024 に採録された。
- Darkweb クローリングに基づく Intelligence 生成として、ダークウェブから IoT Botnet による DDoS 攻撃の脅威情報を収集した。
- WARPDRIVE プロジェクトのデータを活用し、スマートフォンの画面推移を分析することにより SMS やアプリ操作も含め、ユーザのアクセスを追跡・補完する技術を開発した。
- Javascript を抽象構文木に変換した上で特徴量化することで、Javascript に起因するフィッシングサイトを検知する手法を実現した。本成果は令和5年度に IEEE Access (IF=3.4) に採録された。
- 台湾大学と連携し、個人情報を求めるフォームの画像認識技術を活用して特定することによりフィッシングサイト検知を実現した。
- フィッシングサイト検知技術において、損失関数を動的に調整する手法を開発することで、最新モデルを上回る識別精度を達成するとともに、判断根拠となった画像領域を特定・可視化する技術を開発した。さらに、敵対的攻撃に対してモデルの頑健性を高める手法を導入し、モデルの信頼性を高めた。本成果は令和5年度に論文誌 ACM TOIT (IF=5.3) に採録された。

<生成 AI 及び機械学習を用いたソースコード脆弱性検知の高度化>

- ソースコードの脆弱性検出のための評価用データセット生成手法とし

て、生成 AI とプログラミング言語モデル (PLM) を用いた脆弱性を持つコードの自動生成技術を開発した。提案手法は最小限の変更でコードの関連性と有効性を保持しながら、修正済みコードから脆弱性を持つ複数のソースコードを生成することで、評価データの拡充を実現した。提案手法はコード生成モデルの評価指標である CodeBLEU スコアで 0.8773 と高い値を達成し、脆弱性を持つ攻撃コードを効率的に生成できている。今後、ソースコードの脆弱性検知手法の性能向上を支援する技術として活用されることが期待される。本研究成果は国際会議 ARTMAN2024 に採録された。

- Taint 分析と機械学習手法を活用した汎用的な脆弱性シグネチャマッチング手法を台湾国立大学と共同で開発し、既存ツールを上回る精度での脆弱性の検出を実現した。本研究成果は国際会議 IEEE CNS 2024 に採録された。
- Code Property Graph (CPG) を強化した新しい手法「ContextCPG」を提案し、ソースコード内の変数名やデータ型に関する追加情報を組み込んで CPG を拡張した。実験の結果、ContextCPG は CPG と比較して常に高い精度を示し、平均で 8% の精度向上を達成した。この手法は、グラフ表現に補足情報を提供することで、脆弱性検出の効果を一貫して高めることを示している。本研究成果は令和 6 年度に国際論文誌 IEEE Access (IF=3.4) に採録された。

<セキュリティキュレーションシステムの研究開発>

- サイバーセキュリティ情報に関する効率的な収集・要約の実現を目指し、日本最速・最高品質のセキュリティ関連まとめサイト『piyolog』自動化に向けたセキュリティキュレーションプロジェクトを始動した。プロジェクト初年度となる令和元年度はキュレーションのベースとなるセキュリティ情報の自動収集を実現するため、セキュリティベンダのサイトを巡回し記事を収集する表層 Web クローラを開発し、全 29 サイト 6 年分の自然言語で記述された文章データセットを作成した。さらに、収集した文書の構造化・分類を実行するエンジンを開発し、最終的な目標である文章の要約のための前処理を実現した。機構内の研究開発の知見を最大活用するべく、機構内部署と連携し研究開発体制を強化した。
- 令和 2 年度よりプロトタイプ実装を開始した。プロトタイプでは、キュレーション対象記事の選択支援を目的として、クロールした記事からキーワード検索し、検索されたそれぞれの記事に対して記事の要約や Like/Dislike 評価を提示することができる機能を実現した。また、ここで選択された記事群を元データとしてまとめ記事のタイトル・キーワード・

草稿を自動生成可能である。プロトタイプ実装のインタフェースでは、利用者は提示された記事に対して手動で追記や削除といった編集を行うことで、まとめ記事を完成させることができる。並行して、記事文書の処理効率や精度を向上させるために、セキュリティ分野の用語辞書の構築を開始した。脆弱性や攻撃手法といった分野固有の単語（複合語）や状態、動作をまとめたオントロジー辞書を作成した。また、同一概念を指す用語の表記ゆれを解消する用語リストを半自動的に作成した。

- 令和3年度より、プロトタイプモデルのコアの一つである文書要約エンジンの開発を開始した。既存の日本語向けの単一文書要約モデルをファインチューニングする方針を取り、逐次当該タスクに適用した場合の要約性能の評価を実施した。また、同時に piyolog が参照した複数の記事を入力に要約を実行し、キュレーション記事を生成する複数文書要約モデルを構築した。話題の移り変わりが早いサイバーセキュリティ分野に適合するよう、高サイクルに再学習が行えるような要約モデルの構築を検討した。
- 自動文書要約の分野では近年技術の進歩が著しい LLM が一般に実用されていることから、OSINT 用途での実用面を焦点に、様々な LLM 等の要約結果の評価を行う手法の検討及び構築を開始した。当該手法では、既存の要約評価指標による定量評価とともに、セキュリティオペレーションを行う担当者が業務の一環として OSINT を行う際のコンテキストで、要約結果に重要な情報の取り落としや偽情報の挿入がないか等を人間系で評価する。この枠組みで Preliminary 評価を行った結果、現状の LLM では事案の日付、事案に関連するステークホルダー、事案の影響、事案に関連した脆弱性等でハルシネーションが発生し、十分な要約品質には到達できていないことが明らかになった。
- 文書要約の精度を評価する際には、正解となる参照文と出力文を各単語の重複の多さによって評価する指標が一般的に用いられており、ROUGE や BERTScore などの評価指標が知られている。一方、セキュリティ分野におけるキュレーションタスクでは、記事の読者が適切なセキュリティ対策に活用することを想定しているため、攻撃の前提条件や実行主体、対処方法などが正確に含まれていない記事が出力された場合、記事の有効性が大きく損なわれる。すなわち、一般的な文書要約の精度評価のように単純な言語生成の精度を測るだけでは、キュレーションモデルの有効性を評価しきれない可能性を検証するため、既存の文書要約向け評価指標がキュレーションタスクにどれほど適用できるかを確認することが重要である。そこで、LLM を用いて生成したキュレーション記事の出力を ROUGE や BERTScore などを用いて評価したと

サイバー攻撃のトレンドの変化等に対応した技術開発を迅速に進める体制を整え、開発した技術や得られたデータの社会展開を進める。また、開発した観測・分析技術は、(3)から(6)までの取組に適用することにより技術検証を

ころ、それらの評価指標においても LLM に与えるプロンプトの違いによるキュレーション結果の違いは捉えられることを確認した。具体的には、プロンプトを変更することで、キュレーションされた記事の内容や焦点が異なり、評価指標にもその変化が反映されることを検証した。他方、これらの定量評価指標はあくまで自動化されたアルゴリズムに基づくものであり、記事を実際に読む人間が感じるキュレーション記事の良し悪しと必ずしも一致した評価とならないことも確認できた。この結果から、キュレーションモデルの性能を正しく評価するための新たな評価手法が必要であることが確認できた。本成果をまとめた論文成果を国内研究会で発表した。

- キュレーションモデルの性能に関する適切な評価を実現するため、読者による含意判断に基づく評価手法を新たに構築した。提案手法では、攻撃の内容や被害規模などのセキュリティインシデント等の主要事象を整理した評価シートを用いる。この評価シートには、事象に関連する重要な情報(動機、被害規模、影響を受けた関係者など)の正確さや重要性を評価する項目が含まれており、定量的指標だけでは捉えきれない記事の意味的な深さや包括性を反映する。この評価シートに従い、キュレーション記事に含まれるべき情報を整理し、LLM 等を用いたキュレーションモデルが生成した出力文と評価シートに記載された情報との意味的な一致を人間が評価することで、読者の視点での正確性と包括性を判定できる。作成した評価シートは、異なる記事やプロンプトに基づくキュレーション結果を比較する際にも有効で、LLM の出力や手法を客観的に評価する基準を提供することが可能である。本成果をまとめた論文成果を国内研究会で発表した。
- 令和7年度末までに CYNEX アライアンスによる脅威情報分析チーム LETTICE 等へのプロトタイプシステム展開を進め、セキュリティキュレーションシステムを活用した国産の脅威情報分析に貢献する予定である。

<東京 2020 大会への技術協力>

- 東京 2020 大会期間中、「サイバーセキュリティ対処調整センター」に情報セキュリティ関係機関の一つとして協力を実施した。
- 8名/2交代制のシフトで大会期間の 59 日間オリパラ関連組織の IP アドレスや URL を観測し、多くの検知情報を対処調整センターに提供した。(DAEDALUS や DRDoS 観測システム AmpMon 等で得られた脅威情報等を活用)

	行うとともに、当該取組からのフィードバックを受け、有用性を高めていく。	<機構内セキュリティオペレーションの高度化> • 機構内内のライブネット観測オペレーションの観測対象として、IPv6 アラート、VPN ログ、悪性メールを追加するとともに、トリアージの効率化のためのシステムを開発した。 • アーティファクト分析オペレーションとして、ライブネット観測及びダークネット観測と連携したマルウェア分析のオペレーションを確立した。 • 機構に対する影響度の高い脆弱性の検証、診断ツールを使った機構への影響調査を行うなど、研究開発した各種技術を用いて機構のセキュリティ確保に貢献した。 <観測情報に基づく外部組織への情報提供・発信> • 機構が保有する各種サイバー攻撃観測技術を活用し、観測結果の適切な外部組織への情報提供や外部発信を実施した。 • 令和3年度は、NICTER Blog による8件の記事公開、NICTER レポートの発行、Twitter による 29 件のツイートを行った。 • 令和4年度は NICTER Blog による8件の記事公開、NICTER レポートの発行、Twitter による 50 件のツイート、5件の新規脆弱性公表を行った（CVE-2022-36779、CVE-2022-43464、CVE-2022-44606、CVE-2022-44620、CVE-2022-35733）。 • 令和5年度は NICTER Blog による8件の記事公開、NICTER レポートの発行、Twitter による 47 件のツイート、9件の新規脆弱性公表を行った（CVE-2023-30766、CVE-2023-30764、CVE-2023-30762、CVE-2023-40158、CVE-2023-40144、CVE-2023-38585、CVE-2023-47213、CVE-2023-47674、ASUS router の脆弱性）。 • 令和6年度は NICTER Blog による7件の記事公開、NICTER レポートの発行、Twitter(X)による32件のポスト、6件の CVE が発行された（CVE-2024-44072、CVE-2024-41929、CVE-2024-43778、CVE-2024-47001、CVE-2024-45841、CVE-2024-47133） • 令和6年度には、家庭用ブロードバンドルーターベンダ、集合住宅のネットワーク管理業者、複合機ベンダ、国土交通省、制御システムベンダとそのユーザ、など多岐に渡り、合計 19 件の通知を行い、影響を受ける可能性のある機器は合計 4,000 台以上に達した。 <NIRVANA 改の高度化と技術移転> • NIRVANA 改の内部モジュールを全て IPv6 に対応させ、IPv6 ネットワークの統一的な可視化に世界で初めて成功した。IPv6 アラート対応版 NIRVANA 改のプロトタイプ開発を完了し、Interop Tokyo 2021 の	

ShowNet で動態展示を実施した。

- NICT-CSIRT への導入・実運用を行うとともに、民間企業への技術移転を実施した。
- NIRVANA 改可視化システムは Linux にて稼働するシステムであるが、これを Web ブラウザ上で稼働するようシステムの移植を行い、民間企業へ技術移転を行った。Web アプリケーション化により、専用端末・専用ネットワークが不要、ソフトウェアの配布が不要になるなど、システム管理・利用の利便性が大幅に向上した。
- NIRVANA 改は技術移転先を通して商用展開が行われており、国内大学や企業等でのセキュリティオペレーションへ活用されている。

<NIRVANA 改の組織横断分析機能の開発と CYXROSS 運用>

- 複数組織のエンドポイントから攻撃情報を収集し、MITRE ATT&CK(マイタアタック)の攻撃記述フレームワークに沿って、組織をまたぐ俯瞰的な分析を可能にする横断分析機能を開発し、Interop Tokyo 2023 で動態展示を行った。
- NIRVANA 改の組織横断分析機能について「政府端末情報を活用したサイバーセキュリティ情報の収集・分析に係る実証事業(CYXROSS)」の仕様に合わせた改修を実施した。その上で、当該機能を CYXROSS での実運用を開始し、多数のエンドポイントから収集される情報の可視化・分析を実現した。
- 令和7年度末までに CYXROSS での導入対象を拡大することでより多くのエンドポイントを観測対象とした運用を実現し、日本政府ネットワークのセキュリティ向上に貢献する。

<NICTER システムの高信頼化に向けた大規模更改と検証>

- NICTER は機構で平成 17 年に開発し、運用を続けている大規模攻撃観測システムだが、この 20 年弱のサイバー攻撃の拡大や IoT マルウェアの隆盛により、観測パケット数は当初の 1,000 倍を超えている。観測データの増加によるデータ欠損や運用負荷等のシステムの不安定化を解消するため、NICTER システムの抜本的な更改に向けた設計及び開発を実施した。
- 従来のデータ転送では UDP を用いていたが、TCP を利用したデータ転送の仕組へと再設計することにより瞬間的なスパイクや運用上発生するデータ欠損をなくし、高品質なデータ転送が可能となることを確認した。
- ダークネットデータ用 DB では、入力される SQL を字句解析や構文解析

パーサを使って抽象構文木を作成し、当該 SQL を分割するとともに並列分散処理させることによって高速なデータ検索が可能となるプロトタイプシステムの開発を行った。

- 国内外約 40 組織に設置してある NICTER センサの一部を新システムに置き換え、従来と比較し、システムの安定稼働と耐障害性が向上することを確認した。
- 令和7年度末までに全センサの置き換えを完了し新 NICTER システムの本格稼働を開始することで信頼性の高い観測網を実現する。

＜CURE Enricher/Watcher の可視化機能開発＞

- サイバー攻撃の分析データの質を向上させる CURE の Enricher 機能の可視化機能を NIRVANA 改に実装し、各データ同士の相関関係を視覚的に分析できるようになり、これまで見えていなかったデータ同士のつながりの把握が可能となった。本機能は Interop Tokyo 2022 で動態展示を行った。
- CURE に蓄積された膨大な情報のなから自組織に関連した情報を自動通知する CURE Watcher について可視化機能を開発した。当該機能は NIRVANA 改と連携することで、従来の NIRVANA 改による組織内のアラート解析と組み合わせ、統合的な可視化 UI 上での分析を実現した。開発した可視化システムを Interop Tokyo 2024 で動態展示を行った。

＜CYNEX を通じた STARDUST 及び CURE の外部展開＞

- CYNEX アライアンスを通じて、STARDUST 及び CURE の外部展開を実施した。
- STARDUST NxtGen は令和6年度時点で 29 組織(120 ユーザ)が利用し、各組織での標的型攻撃解析能力の向上に貢献している。加えて、STARDUST 環境は標的型攻撃の解析用途以外にも Co-Nexus E での製品評価や LETTICE でのマルウェア解析等に活用されている。
- CURE については CYNEX アライアンス参画組織への CURE のデータ開放を拡大し、25 組織で利活用されている。各組織による CURE を通じた分析によって、機構が保有する国産脅威情報がサイバーセキュリティ対策の研究開発等に活用されたほか、利用組織からのフィードバックを収集し今後の CURE に求められる機能等の検討に活用した。
- 令和7年度末までに STARDUST Appliance を含め外部展開を拡大し解析ノウハウの蓄積と発信を実現すると共に、CURE についても更なる提供拡大を進め、機構が保有するセキュリティ情報を活用した成果創出につなげる。

(イ)エマージングセキュリティ技術

新たに社会に登場する技術のセキュリティに関する課題抽出や対策に貢献するため、最新の通信機器、IoT 機器、コネクテッドカー等のエマージング技術に対応したセキュリティ検証技術確立する。具体的には、エマージング技術のネットワーク接続試験環境構築、実機を用いた脅威分析や攻撃シナリオの評価等により、個々のエマージング技術のセキュリティ課題を抽出し対策につなげる。また、これらの知見を通じ、今後世の中に登場する Beyond 5G 等の新たなネットワーク環境におけるセキュリティ課題や検証手法を明確化する。

(イ)エマージングセキュリティ技術

<5G セキュリティ検証基盤の構築とセキュリティ検証の実施>

- オープンソースソフトウェア (Open5GCore/OpenAirInterface/Free5G) をベースに、UE (利用者端末) から 5G コアまで含めたネットワーク検証環境を構築し、継続的に 5G に関連する検証や解析ができる基盤を構築した。
- 5G セキュリティ研究環境の拡張として、5G の特徴である「高速大容量」「高信頼低遅延」「多接続」を生かしたユースケースにおけるセキュリティ検証に向けた、ユースケースのオープンソースソフトウェア実装の実現可能性を検証した。特に複数ホストでの C/U (制御プレーン/ユーザプレーン) 分離、MEC アプリケーションの実装、マルチスライス構成についてオープンソースソフトウェア (OpenAirInterface) 上での実装検証を行った結果、一部の機能についてはオープンソースソフトウェアのみでの実装難易度が高いことを確認した。これらの検証結果より、実機を組み合わせた 5G セキュリティ検証テストベッドの立ち上げの検討を開始し、国内ベンダやオペレータへのヒアリングを実施した。
- 構築した検証環境を用いて、悪意のある端末からネットワーク網への DoS 攻撃によるサービス信頼性への攻撃の検証を実施し、DoS 攻撃の可能性の確認と、オープンソースソフトウェアによるコアの問題を明らかにした。その成果を CSS2022 にて発表し、CSS2022 奨励賞を受賞した。
- 5G のブートストラッピングプロセスで使用する AKA と呼ばれるプロトコルの 5G への継承に起因する潜在的脆弱性に着目した検証結果や先行研究で提案されている対策の処理負荷がボトルネックとなる点に加え、今後の 5G セキュリティ検証に考慮が必要となる側面 (標準仕様、ユースケース、テストベッド) について議論を行った研究成果を国際会議 (IEEE DSC 2024) で発表した。

<5G セキュリティのガイドライン策定と ITU-T SG17 勧告化及び外部連携>

- 令和元年度から令和3年度にかけた総務省委託案件「5G ネットワークにおけるセキュリティ確保に向けた調査・検討等の請負」の一環として、キャリア 5G コアネットワークにおけるセキュリティ上の留意点をまとめた「5G セキュリティガイドライン第1版」を作成した。本ガイドラインは総務省の Web ページにおいて公開された。
- 本案件に関連して、5G セキュリティ検証環境を KDDI 株式会社にも提供し、ガイドラインへの反映を見据えたセキュリティ検証を実施した。当該

		ガイドラインをベースとしてITU-T SG17における勧告化に向けたワークアイテムの提案を実施し、令和6年度“Security controls for operation and maintenance of 5G network systems”のタイトルで勧告化が完了した。 - 令和5年度の総務省委託案件「5G ネットワークにおけるセキュリティ確保に向けた調査等の請負」において、5G のみならず Beyond5G/6G も視野に入れたセキュリティに関する包括的な調査を実施し、関係者への直接インタビューも交えた最新情報に関する調査を実施した。特に、サイバーセキュリティ研究室では 5G セキュリティ検証に特化したテストベッドである米国“5G Security Test Bed”の調査を担当した。令和6年1月に、当該テストベッドのマネジメントを担う CTIA のキーパーソン5名に対面でのインタビューを実施した。本インタビューでは、参加を希望する民間企業を募り、エリクソンの商用 5G ネットワークを活用した 5G セキュリティに特化したテストベッドを運用している事例に関して有益な情報を得ることができた。 - OpenAirInterface プロジェクト(EURECOM)への参画や、CTIA へのメンバーシップ加盟に向けた調整を開始した。 「5G セキュリティガイドライン第2版」の発行を見据え、KDDI Digital Security 社と、新たな検証項目や調査内容について検討を行った。それらの検討結果を基に令和6年度の総務省委託案件「5G ネットワークにおけるセキュリティ確保に向けた調査・検討等の請負」を受託し、具体的な調査・検討を開始した。本調査・検討では、標準化に関する最新動向の調査に加えて、様々なユースケースでの実装が想定されるマルチスライス環境における脅威の OSS による実機検証、更に 5G Advanced/B5G での導入が見込まれるテレコム AI 等に関する調査を実施した。 <ファームウェアのセキュリティ検証技術の研究開発> - ファームウェアを含むソフトウェアのセキュリティ検証の効率化を目的に、複数の機器・エミュレータ間でソフトウェアの実行状態のマイグレーションを行うシステムを開発した。これは複数の検証環境(シングルボードコンピュータや FPGA、QEMU など)に任意のソフトウェアの実行状態を再現することができ、効率的な検証及び脆弱性の発見に寄与する。本成果は情報処理学会コンピュータセキュリティ(CSEC)研究会にて発表し、CSEC 優秀研究賞を受賞したほか、国際会議 ACM/IEEE AST 2022 でも発表した。また、本システムをオープンソースソフトウェア化し、GitHub を通じて一般に広く公開している。	

- Field Programmable Gate Arrays (FPGA) に使用される RTL 回路検証用シミュレータを開発した。本シミュレータは回路の未検証箇所を優先的に検証することを特徴とし、検証の効率化に寄与する。本成果は情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2021 で発表したほか、国際会議 AsiaJCIS 2022 にて発表した。また、ソフトウェア検証のための著名なファジングツール AFL (American Fuzzy Lop) について RTL 回路検証における有効性を調査した成果を国内学会 DA シンポジウム 2022 にて発表し、情報処理学会 SLDM 研究会優秀発表賞に選ばれた。
- FPGA 上で動作する RTL 回路に挿入されたハードウェアトロジャンを検出するシステムを開発した。本システムでは RTL 回路を開発したシミュレータ上で動作させ、テイント追跡の技術を用いて回路内で処理される各種情報の伝播を追跡する。これによりハードウェアトロジャンによって引き起こされる、仕様とは異なる伝播(情報流出など)を検知し、その原因となる回路部分をハードウェアトロジャンとして検出する。従来手法ではある1つの情報(例: 暗号回路であれば秘密鍵)の伝播しか追跡できなかったが、提案システムでは複数の情報を追跡でき、様々なハードウェアトロジャンを検出できる点に特徴がある。本成果は国内学会(電子情報通信学会ハードウェアセキュリティ研究会)及び国際会議 DAC 2024 (Design Automated Conference) で発表した。
- 上記技術について Verilog コードの各種ステートメント・構文への対応を進めることで検査可能な回路の種類を拡充した成果について国際会議 IEEE DSC 2024 (IEEE Conference on Dependable and Secure Computing)) で発表した。
- 令和7年度末までに各種検証システムを社会展開し、幅広いセキュリティ検証の実現貢献する予定である。

<ファームウェア解析による脆弱性の特定と情報共有>

- 種々の IoT 機器のファームウェアを対象にセキュリティ検証を実施した。一例として、IoT 機器ベンダから依頼のあったデジタルビデオレコーダのファームウェアを検証し、任意のコードが実行される脆弱性やリモート操作に悪用されるバックドアの存在を明らかにし、解析結果を当該機器ベンダに提供した。
- 無線 LAN 機器などの実機分解、IC チップからのファームウェア吸い出し、ファームウェアの検証までの一連の流れを実施し、脆弱性となり得る仕組みを発見した。
- 主に家庭で利用されるコンシューマ向け Wi-Fi ルータの初期設定の SSID と Wi-Fi パスワードのセキュリティに着目し、国内で流通する 40 機

種以上のルータを調査し、6ベンダ 30 機種において、これらの初期 Wi-Fi パスワードが特定のアルゴリズムに基づいて生成されており、その結果悪意のある第三者によって推測されてしまう脆弱性があることを特定し、JPCERT/CC を通じて当該ルータの製造ベンダへの脆弱性報告を行った。加えて、都内でのフィールド調査を実施し、ユーザが設置するアクセスポイントの中に実際に第三者が推測可能な初期 Wi-Fi パスワードのまま運用されている実態を明らかにした研究成果を国内研究会で発表し、IEICE の ICSS 研究賞を受賞した。

<コネクテッドカーのセキュリティ検証と異常検知手法の研究開発>

- コネクテッドカー(実車)を用いたセキュリティ検証環境を動車及び機構内関係部署との連携の下で機構内に構築し、実車を用いた多種多様なセキュリティ検証が可能な環境を実現した。
- 当該検証環境を利用し、特に ITS(Intelligent Transport Systems)に対する電波を悪用したリプレイ攻撃の検証を実施した。検証においては実車両の ECU や走行速度などの条件を変更しながら網羅的な調査を実施した。
- 現実的な攻撃シナリオにおいて、実車両の CAN(Controller Area Network)インベータへの耐性を調べるための実験を実施した。
- コネクテッドカーセキュリティ検証技術として、車載ネットワーク(CAN バスネットワーク)に対する少量データで学習可能な異常検知技術を開発し、その成果をまとめた論文が車両関連の研究に特化した国際会議 VEHICULAR ANALYTICS 2024 に採択された。当該論文成果は優秀論文賞を受賞した。
- CAN バスネットワークを通じたサイバー攻撃については過去に複数の脅威が報告されているため、異常な CAN データをリアルタイムに検知する技術の研究開発が重要となっているが、サイバーセキュリティのデータセットは一般的に異常データが正常データに比べて極端に少ない不均衡データであるため、少量の異常データで効果的に学習できることが重要になる。そこでエキスパートモデルを組み合わせることで不均衡データの課題に対処した異常検知手法を開発しその有効性を検証した。
- 異常検知技術を評価するために正常データと異常データの通信を再現するための CAN バスシミュレータを開発した。

<SBOM 情報の作成支援技術及び健全性検証技術の開発>

- IoT 機器のファームウェアの SBOM(ソフトウェア部品表)の作成支援を

目的に、ソフトウェア部品を自動推定するシステムを開発した。本システムでは学習フェーズとして、ファームウェアの ro(read only) セクションから文字列情報を抽出し、ファームウェアを構成するライブラリ等の部品を推定するモデルを Doc2Vec により構築する。このモデルを用いて対象ファームウェアのソフトウェア部品を自動推定する。本システムの特徴はモデルの構築に文字列情報を用いることで、IoT 機器の CPU アーキテクチャ(ARM や MIPS など)への依存度を下げている点にあり、様々な CPU アーキテクチャのファームウェアに対して横断的な活用が期待できる。

- SBOM 情報の適切に作成・管理・更新においては、ソフトウェア開発環境のバージョンやアップデート等によりコンパイラやビルドシステム、ライブラリ等に変更が生じた際に、ソフトウェア開発の管理者の意図しない SBOM 情報と実際の構成間の差異が生じてしまうリスクが存在する。そこで、ファームウェア開発の管理者が作成する SBOM 情報とのずれをなくすために、各開発者の開発環境が健全であるか(意図せずに変更されていないか)をビルドログなどにより検証する技術を開発した。本成果について国内研究会で論文発表を行った。

<産業用制御システムのリモート管理システムの発見と注意喚起>

- 横浜国立大学及びオランダ・デルフト工科大学(TU Delft)と連携し、インターネットからアクセス可能な産業用制御システム(ICS)のリモート管理システムを発見する手法を開発・実装し、日本国内に存在する攻撃リスクの高い 890 機器を発見した。発見した機器のうち、機器管理者にコンタクトが取れた 212 件に対して通知を実施し、適切なセキュリティ設定に対するアドバイスをを行った結果、58%の機器について対策が完了した。これらの手法や通知効果に関する研究成果は、サイバーセキュリティ分野の最難関会議の1つである IEEE S&P2022(採択率:15%未満)に論文が採録された。

<IoT セキュリティ対策の効果測定及びステークホルダーの課題解明>

- オランダ・デルフト工科大学(TU Delft)と連携し、NICTER ダークネットによる4年間の長期観測データの分析で得られた世界 342ISP における IoT マルウェアの感染傾向と、各 ISP(インターネットサービスプロバイダ)が実施しているセキュリティ対策の状況を突合分析し、ISP における各セキュリティ対策が IoT マルウェアの感染抑制にどのように影響を与えているかを説明可能なモデルを構築した。本成果はセキュリティ分野の難関国際会議である IEEE Euro S&P 2021(採択率:32%)に論文が

採録された。

- 英国・University College of London の Research Institute for Sociotechnical Cyber Security (RISCS) と連携し、日本国内の ISP 20 社超と一般ユーザ 300 名超を対象にワークショップ、インタビュー調査、アンケート調査による量的調査と質的調査を組み合わせた「IoT セキュリティに対する意識」及び「セキュリティ対策を行ううえでインセンティブとなる事柄」に関する分析によって得られた知見及び有効な対策の方向性について研究論文としてまとめた。同論文はセキュリティ分野の最難関国際会議 USENIX Security 2023 に採録された。

＜一般ユーザにおけるセキュリティ・プライバシーの課題特定と対処＞

- NTT 研究所と連携し、一般ユーザが日常生活で感じるセキュリティ・プライバシーの悩みについて特定するために、Q&A サイトにおける一般ユーザの質問に着目し、セキュリティ・プライバシー関連の 400 件以上の質問を質的に分析し、一般ユーザの悩みや不安の傾向を解明した結果を研究論文としてまとめた。本成果はユーザブルセキュリティ分野の難関国際会議の一つである USENIX SOUPS 2022 に採録された。また、論文誌 IEICE Transactions on Information and Systems にも論文採録された。
- ドイツ・ルール大学ボーフム等と連携し、小学生にサイバーセキュリティへの興味を喚起するコンテンツとしてコミック(マンガ)が持つ効果を測定するオンラインアンケートを実施し、その結果を研究論文としてまとめた。同論文は国際会議 USENIX SOUPS 2022 poster session に採録された。
- ユーザがセキュリティ・プライバシー上のリスクを伴う行動を示すトリガとなりうる要因についてユーザ調査を通じた分析を実施した。その結果、多数のユーザが自ら高リスク行動を実行する前に、他者による高リスク行動を見聞きしていることを特定し、この「ソーシャルトリガ」の影響がユーザの高リスク行動を誘発していることを明らかにした。また、このソーシャルトリガは、主に友人や家族、さらにはオンライン上での見知らぬ人の行動によって引き起こされており、さらにはソーシャルトリガによって実行された高リスク行動は、さらに他者へ情報共有が行われ広がっていくという負の連鎖が存在することも明らかとなった。これらの分析結果から、ユーザ自身による高リスク行動を抑制し、個人のセキュリティやプライバシーに深刻な影響を与えるリスクを軽減するためには、ソーシャルトリガから受ける影響の軽減とそれらの伝搬を防ぐ対策手法が重要であることを特定した。本成果はユーザブルセキュリティ分野にお

ける難関国際会議の一つである SOUPS2024 に採録された。

＜開発者向けの有効なセキュリティ対策の検討＞

- NTT 研究所と連携し、ソフトウェア開発の現場でのセキュア開発ガイドラインの参照・活用状況を調査した。米国 396 名、日本 474 名のソフトウェア開発者及び管理者を対象にオンライン調査を実施し、米国と比較して日本では社内向けガイドラインが遵守される傾向が強いことを実証し、効果的なセキュア開発ガイドラインへの課題を明らかにした。当該研究をまとめた論文成果はヒューマンコンピュータインタラクション分野の難関国際会議である Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'23) に採択された。

＜偽情報・誤情報対策及びオンライン詐欺への対策技術の研究開発＞

- 横浜国立大学と連携し、昨今社会問題となっている、SNS を介して一般人を詐欺に陥れる犯罪の実行犯として巻き込むメッセージの分析を行った。“高額バイト”等の検索語でヒットした SNS 投稿文を類型化し、その特徴の分析を行い、詐欺や犯罪に関連する投稿を引用・再投稿をするアカウント間の関連性を明らかにした。当該研究をまとめた論文をコンピュータセキュリティシンポジウム(CSS2023)で発表し、同シンポジウムの表彰制度にある「CSS 奨励賞」を受賞した。
- テクニカルサポート詐欺は、オンライン上の詐欺広告などを起点とし、ユーザに自身の PC が故障やマルウェア感染したと誤認させることで攻撃者にコンタクトを取らせ、PC の修理に必要なテクニカルサポート費用等だと偽って金銭をだまし取る詐欺行為である。本研究では、日本国内のユーザを対象としたテクニカルサポート詐欺の実態解明のための調査研究を実施した。調査では実際の被害者 PC を模した解析環境を用意し、被害者の年齢や職業等のペルソナ設定を行った上で、攻撃者と通話するために音声を実タイムに変換する環境を構築した。その上で、収集した詐欺広告で表示される電話番号に架電し、攻撃者との音声会話を通じて一連の攻撃活動を観測した。観測結果の分析により、先行研究でも攻撃者がインドの IP アドレスを利用して被害者 PC を遠隔操作している状況を特定したほか、被害者に Amazon ギフトカードを購入させて金銭を得ようとするなど日本独自の対応も観測された。また、被害者を誤認させるための話法や判断を急がせるために強い口調で用いるなど、攻撃者の取る振舞いについても明らかにし、被害者 PC に残留する攻撃者の特定に有効な可能性のある情報についても調査を実施した。これらの研究成果をまとめた論文は国際会議(IEEE DSC

2024)に採録され発表を行った。

- サイバー空間を経由して人の認知に影響を与えることを目的とした情報操作型サイバー攻撃について、心理学的側面からの脅威と対策について検討を実施した。情報操作型サイバー攻撃は社会に混乱を引き起こす要員として個人ユーザを利用しようというものであり、ユーザは偽・誤情報を真実であると誤って認識するだけでなく、真実を偽・誤情報と認識して訂正情報を拒絶するようになってしまう。このような人の心理的背景に対して健全な情報空間を促進するため、人と情報のエコシステムの中で、信頼できる情報にアクセスできること、情報の完全性によりトラストを形成すること、透明性を高めるデータガバナンスが今後対策の柱となることを確認した。これらの検討結果を学会誌で公表した。
- デマの自動検知技術の確立に向け、デマの言語的特徴の中でも文章に含まれるモダリティ(情報発信者の判断や態度を示す表現)に注目し、デマとされる情報を含む文におけるモダリティの傾向を調査した。本成果としてまず、文章中に含まれるモダリティを自動的に特定する技術を開発した。当該技術を用いて、ファクトチェックを受けた過去の SNS 投稿・返信を調査データとしてモダリティの出現率を分析した結果、誤りを含む文群と事実だが誤解を招く文群の間において、モダリティの中でも「推測的な表現」の使用に統計的な有意差が見られることを特定した。すなわち、このような文章データからのモダリティ検出で得られる情報は、SNS 等で流布するデマを外部の参照情報に頼らずに自動検知するための情報として有効である可能性が示された。本成果をまとめた論文成果を国内研究会で発表した。令和7年度末までに偽情報・誤情報を含むデマ対策手法のプロトタイプシステムを開発し、有効性を実証していく予定である。

＜セキュリティ・プライバシー研究の一般化可能性及び再現性の低下要因の特定と対策提案＞

- NTT 研究所と連携し、セキュリティ・プライバシー分野におけるユーザ調査を含む先行研究において、調査参加者の属性が WEIRD (Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic) に偏っていることを明らかにした。この結果は、先行研究で得られた知見や提言の一般化可能性が低く、日本を含むアジアなどの異なる地理・文化圏の人々が十分に恩恵を得られない可能性があること、及び地理的・文化的に異なる人々の差異を明らかにすることの重要性を示している。この問題点を踏まえたうえで、今後のユーザ調査型のセキュリティ・プライバシー研究の適切な実施方法について提言した論文成果がセキュリティ分野の最難

②暗号技術 社会の持続的発展において欠くことの出来ない情報のセキュリティやプライバシーの確保を確かなものとするため、耐量子計算機暗号等を含む新たな暗号・認証技術やプライバシー保護技術の研究開発を実施するものとする。その安全性評価を行うとともに、安全な情報利活用を推進し、国民生活を支える様々なシステムへの普及を図るものとする。	(2)暗号技術 社会の持続的発展において欠くことの出来ない情報のセキュリティやプライバシーの確保を確かなものとするため、耐量子計算機暗号等を含む新たな暗号・認証技術やプライバシー保護技術の研究開発を実施し、その安全性評価を行うとともに、安全な情報利活用を推進し、国民生活を支える様々なシステムへの普及を図る。 (ア)安全なデータ利活用技術 データの提供・収集・保管・解析・展開の各段階におけるセキュリティやプライバシーを確保するため、匿名認証や検索可能暗号等のアクセス制御技術、秘匿計算等のプライバシー保護解析技術等の研究開発を行う。これらを用いて組織横断的な連携を含むデータ利活用を促進するとともに、	関国際会議である USENIX Security Symposium 2024 に採択された。 (2)暗号技術 (ア)安全なデータ利活用技術 ・プライバシー保護連合学習技術 DeepProtect による金融分野のデータを用いた実証実験: JST AIP 研究課題「秘匿計算による安全な組織間データ連携技術の社会実装」、および、「高度通信・放送研究開発委託研究「プライバシー保護連合学習の高度化に関する研究開発」」のプロジェクトの中で、実証実験を実施した。DeepProtect は加法準同型性を有する高機能暗号を用いて、学習データを秘匿したまま行える機械学習を実現している(神戸大学、株式会社エルテス、EAGLYS 株式会社との連携)。銀行業界において、不正な取引を検知することは、社会全体の秩序を守るための重要な課題となっており、より高信頼の(不正口座判定用の)不正利用検知エンジンを生成する必要性が生じている。そのた	(2)暗号技術 学習データを秘匿したまま行える機械学習を実現している DeepProtect の実証実験では、複数組織による協調学習で単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができたこと、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義を世界で初めて提案し、量子コンピュータ実機による安全性評価の基礎を築いたことなどは科学的意義に関して特に顕著な成果といえる。DeepProtect の金融分野以外への応用研究として、実際の医療データを用いた実証実験によって医療の分野に向けて改良した DeepProtect の有効性を示す研究開発を開始したこと、格子暗号の安全性の根拠となる格子点探索問題を効率的に解くための代表的な基本アルゴリズムの1つである ENUM アルゴリズムの計算量評価と確率評価を理論的観点から更新し、これは米国 NIST の PQC 標準化プロジェクトで採択が考えられる暗号アルゴリズムへの厳密な安全性評価にも貢献すると考えられることなど、研究開発成果の応用先も広がり極めて高い社会的価値があると考えられる。また、DeepProtect の社会実装や社

安全なテレワーク等の社会的な課題解決に貢献する。

めには、機微情報である銀行の取引データを用いた機械学習を安心安全に実施する必要がある。そこで、データの秘匿を保持しつつ連合学習が可能な DeepProtect を用いた不正検知の実証実験を実施した。実証実験では、複数の金融機関と連携し、プライバシー保護連合学習を活用した不正送金検知の実証実験を行った。複数組織による連合学習では、単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができた。さらに、より高信頼の(不正口座判定用の)不正利用検知エンジン生成するため継続学習に関する実証実験を実施し、犯罪の手口の変化に AI が対応可能かを調べるため、学習データが逐次的に与えられる継続学習のシナリオのもとで有効性を検証した。検証においては、複数の銀行で個別に学習する AI モデルと、複数の銀行データを統合的に扱う連合学習による AI モデルを比較した。その結果、個別に学習した AI モデルでは検知できなかったものが連合学習で検知できるなどの改善を得ることができた。また、いずれのモデルにおいても、約 90%以上の再現率で検知可能であるという結果を得ることができた。また、協力いただいた銀行への報告会も複数実施し、よりユーティリティを上げるための技術的改善を複数試み、実証実験を進めている。また、各銀行のデータから解析できるデータを精査し、これらのデータフォーマットを統一し、不正利用検知の精度の向上を目指した。さらに、ユーティリティ向上に大きな障害となるデータ欠損等について、これらを補完することでユーティリティの向上を図るなどの実証実験を実施した。実験を通して、さらなる改善を行うとともに、新たな知見を得ることができた。本研究に関し平成 30 年に執筆した論文の参照数が多大であるとして、令和5年度に IEEE Signal Processing Society の Best Paper Award を受賞した。本受賞論文は令和7年3月現在 Google scholar で引用数 1,814 件に達し、世界的にも注目される研究である。プライバシー保護連合学習技術を活用した不正送金検知の実証実験(令和4年3月 10 日)及びプライバシー保護連合学習技術「DeepProtect」の技術移転(令和4年3月 17 日)に関し、それぞれ報道発表を行った。

- DeepProtect の金融分野以外への応用研究：令和5年度には、DeepProtect の応用範囲の拡張を目指し、銀行以外の手企業からの業務委託契約により提供いただいた取引データを用いた実証実験を実施した。機械学習に使用する共通特徴量を選定・統合し、プライバシー保護連合学習技術 DeepProtect を活用した連合学習モデルを作成し、個別学習モデルでは不正取引と判定できなかったデータが、連合学習で判定可能となった。令和6年度には、医療データへ応用の検討を開始した。これまで、医療機関の所持するデータはほぼすべてのデータが

会展開、量子コンピュータ実機による現在暗号の安全性評価(慶応大学、三菱 UFJ フィナンシャル・グループ、みずほフィナンシャルグループと共同研究)が CRYPTREC の PQC ガイドラインに採用されていることなども社会実装について特に顕著な成果といえる。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 現在利用可能な量子コンピュータ実機による離散対数問題の求解実験を行うとともに、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義を世界で初めて提案し、量子コンピュータ実機による安全性評価の基礎を築いた。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2022, Vol.3) に採録されたこと。さらに、計算機実験用プログラムを精査することでより厳密な実験結果の取得に成功するとともに、「量子コンピュータ実機で

機微情報であるため、複数の医療機関でデータを持ち寄り、それらのデータで機械学習を行うことは非常に困難であることが課題となっている。一方、DeepProtect は他機関にデータを秘匿したまま、データ进行处理することができるシステムである。本研究では、個々の医療機関データを他の機関には秘匿しつつ処理する方法として、DeepProtect を用いた研究開発の検討を開始した。この研究は DeepProtect を用いた金融分野における実証実験により得られた知見を活かして、さらに新たな分野(医療)への適用を検討することで、DeepProtect の利用範囲の拡大を目指すものである。具体的には、複数の医学部と連携し、実際の医療データを用いた実証実験によって、医療の分野に向けて改良した DeepProtect の有効性を示す研究開発を開始した。

- 機械学習の改良: 複数の組織のデータをお互いに秘匿しながら学習が可能なプライバシー保護型の連合学習の提案を行った。提案方式は通信量が小さく(定数 $O(1)$ であり)、収束を保証できるという特徴がある。さらに、機械学習の学習時に用いる学習データは、学習対象の項目に欠損がないほど学習効果を挙げられると考えられる。そこで、欠損データを補填する技術として注目されている敵対的生成ネットワーク(GAN)を使用し、学習効果の向上を目指した。本研究では、データの欠損値補完の機能を付与した連合学習手法を提案した。勾配ブースティング決定木(GBDT)を基にした効率的な連合学習プロトコルであり、精度の低下、通信コスト、情報漏洩を最小限に抑えることを狙いとする連合学習 eFL-Boost に適用し、さらに実装を行い、実際の金融データを用いた実証実験に導入した。本成果は、国内会議第 68 回システム制御情報学会研究発表講演会(SCI'24)で発表した。今後、国際会議・論文誌に投稿予定である。さらに、これまでに提案された準同型暗号を用いたプライバシー保護連合学習方式の分析を行い、改良した異なる暗号化鍵を使用するプライバシー保護連合学習プロトコルを提案した。そして、より強い結託攻撃に対する安全なプロトコルの実現に貢献した。本成果は、国際会議 2024 International Symposium on Information Theory and Its Applications(ISITA 2024)に採録された。今後、更に実装を行い、その有用性を検証した上で論文誌投稿する予定である。
- 複数組織における連合機械学習を行うために必要となる機能拡張手法やセキュリティ強化手法などの研究: DeepProtect の社会実装/社会展開では、新たな機能拡張、セキュリティ強化が必須となる。この課題解決のために、暗号及びプライバシー保護の基盤技術の開発が必要となる。学習のために送受信する必要のあるデータ量を定式化し、定式に基づくデータの送受信を行うことにより通信量を減らすことを可能とし

離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義に関する正確性を保証した。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2023, Vol.4) に採録されたこと。

- DeepProtect は加法準同型性を有する高機能暗号を用いて、学習データを秘匿したまま行える機械学習を実現していること。実証実験では、複数の金融機関と連携し、プライバシー保護協調学習を活用した不正送金検知の実証実験を行ったこと。複数組織による協調学習では、単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができたこと。より高信頼の(不正口座判定用の)不正利用検知エンジンを生成するため継続学習に関する実証実験を実施し、犯罪の手口の変化にAIが対応可能かを調べるため、学習データが逐次的に与えられる継続学習のシナリオのもとで有効性を検証したこと。また、各銀行のデータから解析できるデータを精査し、これらのデータフォーマットを統一し、不正利用検知の精度の向上を目指したこと。

【社会的価値】

た。すなわち、データは最小限しか送らないため、機密情報の不必要な開示のリスクを最小限に抑えることが可能となった。本成果は、国際会議 International Conference on Applied Mathematics(ICAM 2024)に採録された。さらに、連合機械学習を行うために、通信エラーに対する耐性が高くロバストな通信の確保を実現し、そのロバストな通信を確保した状態で学習のための通信量を抑えることが出来る連合学習アルゴリズムを開発した。本成果は、国際会議 CITA2024 に採録された。また、連合機械学習の機能拡張手法やセキュリティ強化手法への応用につながる、中央集積型学習に対する Differentially private extreme learning machine を提案した。提案した技術は、中央集積型学習に差分プライバシー技術を適用し、DeepProtect のユーザビリティ(使い易さ)の向上と差分プライバシー保護の融合に寄与する技術である。本成果は、国内会議 CREST 匿名コホート基盤ワークショップ 2024 で発表した。また、国際会議 The 21th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence(2024)に採録された。

- 機械学習用勾配降下法の改良: NeurIPS 2019 にて提案された分散型確率的勾配降下法におけるエラーバウンドの誤りを発見、修正を行った。本成果は論文誌 International Journal of Computational Intelligence Systems(2021)に採録された。また、機械学習で用いられる確率的勾配降下法について、非中央集積型最適化手法を提案した。本成果は論文誌 IEEE Wireless Communications Letters(2021)に採録された。
- 効率的な勾配ブースティング決定木ベースの連合学習 (eFL-Boost) : 木構造を特定の組織がローカルで決定し、葉の重みを全組織で連携して計算することで、通信コストを抑えつつ高い精度を維持することに成功した。グローバルな決定木モデルを構築するために、更新時の通信回数は3回に制限され、プライバシーリスクの低い統計情報のみが共有される。公開データセットを用いた評価では、通信コストを抑えた既存手法より優れた性能を示し、プライバシー保護のない手法と同等の精度を達成した。本手法は、精度向上、通信コスト削減、情報開示の最小化を同時に実現している。eFL-Boost は、先行研究である FL-XGBoost を発展させた手法であり、国際特許を出願済み。また、注目度の高い論文誌 IEEE Access(2022)にも掲載され、さらに継続学習への展開も進められている。
- 分散型アルゴリズムの改良(神戸大学との共同研究): 不正送金検知のためのブロックチェーンを用いた非中央集積な分散型 XGBoost モデルトレーニングを提案した。さらに、差分プライバシーを考慮した分散学習において、一部の参加者のみが学習プロセスに関わる部分的な学習参

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- DeepProtect は加法準同型性を有する高機能暗号を用いて、学習データを秘匿したまま行える機械学習を実現していること。実証実験では、複数の金融機関と連携し、プライバシー保護協調学習を活用した不正送金検知の実証実験を行ったこと。複数組織による協調学習では、単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができたこと。より高信頼の不正利用検知エンジンを生成するため継続学習に関する実証実験を実施し、犯罪の手口の変化にAIが対応可能かを調べるため、学習データが逐次的に与えられる継続学習のシナリオのもとで有効性を検証したこと。また、各銀行のデータから解析できるデータを精査し、これらのデータフォーマットを統一し、不正利用検知の精度の向上を目指したこと。
- DeepProtect の金融分野以外への応用研究として、複数の医学部と連携し、実際の医療データを用いた実証実験によって、医療の分野に向けて改良したDeepProtectの有効性を示す研究開発を開始したこと。
- ENUM アルゴリズムの計算

加(Partial Worker Attendance)を可能とするアルゴリズムを提案した。この部分的な学習参加では、全参加者が学習プロセスに関わる場合と比較して通信コストを半減でき、同程度の精度を達成した。さらに、分散型確率的勾配降下法の新しいアルゴリズムを提案し、通信効率の向上を実現し、大規模なデータセットとモデルを使用したコスト効率の高い分散型深層学習が実現できることを示した。本研究の論文は採択率 24% の難関国際会議 CITA2023 に採録された。また、個人情報を使用する場合、個人情報の漏洩を気にするデータ提供者も多いことから、このデータ提供者の危惧を払しょくするために差分プライバシーの概念が提唱されているが、具体的な差分プライバシーの実現方法は大きな課題となっている。そして、複数組織における連合機械学習を行う際に、プライバシーを保護しながら効率よく学習を進めるツールとして、分散最適化アルゴリズムは有用である。本研究では、プライバシー保護に配慮した連合機械学習を行うために、既存の分散最適化アルゴリズムを改良し、プライバシー保護の指標となる差分プライバシーを持つ分散型アルゴリズムを提案した。そして、学習に必要なデータ送受信の通信量を従来よりも削減したアルゴリズムを提案した。提案技術を用いることにより、機密情報の不必要な開示のリスクを最小限に抑えることが可能となる。本成果は、CREST 匿名コホート基盤ワークショップ 2024 で発表した。さらに、国際会議 The 18-th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems(CISIS-2024)に採録された。

- 決定木ベースの機械学習: 決定木は機械学習の代表的なアルゴリズムだが、プライバシーを考慮した方式は、性能とのバランスの観点から課題が多く実利用に至るケースは少ない。複数の組織が保有するデータを互いに秘匿しながら学習でき、学習により得られたモデルから学習で利用したデータの漏洩を防ぐことが可能となる乱択決定木アルゴリズムを提案した。さらに、k-匿名化を乱択決定木に適用することで差分プライバシーを満たす方法を提案した。この方式を用いることにより、元のデータにラプラスノイズ等のノイズを追加せずに決定木における差分プライバシーを実現することが可能となる。本成果は、CREST 匿名コホート基盤ワークショップ 2024 で発表し、さらにハイレベルで注目度の高い国際論文誌 Applied Sciences(An Open Access Journal from MDPI2024)に採録された。また、AI や機械学習に関わる課題を取り上げている国際会議 4th International Conference on AI ML, Data Science and Robotics(2024)で招待講演を行った。
- アウトリーチ活動: DeepProtect について、技術移転先企業との連携し、より社会実装に必要な機能や実装ソースコードの改良などについて検

量評価と確率評価を理論的観点から更新したこと。具体的には、暗号解析で用いられる非常に低い成功確率の設定において、ENUM アルゴリズムの計算量予測が実際よりも低く与えられる問題の指摘と解決手法を提案したこと。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- DeepProtect は加法準同型性を有する高機能暗号を用いて、学習データを秘匿したまま行える機械学習を実現していること。実証実験では、複数の金融機関と連携し、プライバシー保護協調学習を活用した不正送金検知の実証実験を行ったこと。複数組織による協調学習では、単独組織での学習より高い精度が達成される事例を示すことができたこと。より高信頼の不正利用検知エンジンを生成するため継続学習に関する実証実験を実施し、犯罪の手口の変化にAIが対応可能かを調べるため、学習データが逐次的に与えられる継続学習のシナリオのもとで有効性を検証したこと。また、各銀行のデータから解析できるデータを精査し、これらのデータフォーマットを統

討し、改良版を実装した。また、金融分野のコミュニティ一般社団法人金融データ活用推進協会(FDUA)に賛助会員として参画し、勉強会での講演活動や、複数の金融分野以外の一般企業からの問い合わせに対して技術相談を実施するなどの暗号を軸としたプライバシー保護技術のアウトリーチ活動を実施した。

- プライバシー保護に関する研究: 異常データを抽出したユーザのみを追跡し、それ以外のユーザは匿名となるプライバシー保護異常検知システムを提案・実装評価を行った。本成果は論文誌 IEICE Transactions に採録された(理化学研究所、デジタルガレージとの共同研究)。また、準同型暗号と決定木を用いたプライバシー保護異常検知手法を提案した。本成果は国際会議 IJCNN2021 に採録された(神戸大学との共同研究)。また、応用研究として、腕時計型脈波センサから得られたデータから睡眠時無呼吸症候群であるかどうかを検出するアルゴリズムに対し、差分プライバシーを用いた検討を行った。これらについては、情報処理学会電子化知的財産・社会基盤研究会(EIP, Electronic Intellectual Property)特別セッション: ウェアラブル、生体センサとデータ保護のワークショップにて本成果を踏まえた招待講演を行った(東北大学との連携)。また、差分プライバシーに配慮した機械学習: 差分プライバシーのためラプラスノイズをデータに付加し、そのデータを使用した機械学習により、人間の脈拍波形から睡眠時無呼吸症候群の有無が検出可能であることを確認した。また、個人情報を含むデータの匿名化の指標となる再識別と差分プライバシーとの関係性を評価した(東北大学との連携)。
- プライバシーポリシーに関する研究開発: 令和3年度には、ユーザのプライバシーポリシー理解を促進するための支援ツールを構築し、日本心理学会等で発表した。本成果は国際会議 ICISSP2022 に採録された(信州大学、愛知学院大学との連携)。令和5年度には、プライバシーポリシーで使用される技術用語と個人情報保護法に対する日本人ユーザの理解度に関する調査を行い、米国ユーザの理解度と比較した。また、ヘルスケアアプリを利用する際の利用動機とプライバシー懸念に関する調査を実施した。本研究に係る論文はコンピュータセキュリティシンポジウム 2023 及びユーザブルセキュリティワークショップ 2023 の優秀論文賞に選ばれ、注目度の高い研究である。令和6年度には、日本人ユーザ 362 名へのアンケート調査を実施し、プライバシーポリシーにおける技術用語の使用が日本のユーザの同意率に有意な影響をもたらすことと、個人情報保護法に対しても誤った期待を持つ参加者が多いことを明らかにした。本成果は、国際会議 SOUPS2023 poster 及び

一し、不正利用検知の精度の向上を目指したこと。

- 現在利用可能な量子コンピュータ実機による離散対数問題の求解実験を行うとともに、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義を世界で初めて提案し、量子コンピュータ実機による安全性評価の基礎を築いたこと。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2022, Vol.3) に採録されたこと。さらに、計算機実験用プログラムを精査することでより厳密な実験結果の取得に成功するとともに、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義に関する正確性を保証したこと。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2023, Vol.4) に採録されたこと。

HCI2024 に採録された。また、情報処理学会論文誌「社会的・倫理的なオンライン活動を支援するセキュリティとトラスト」に採録された。さらに、インターネット版プライバシー次元尺度の改訂版がパーソナリティ研究 The Japanese Journal of Personality Psychology に掲載された。また、令和5年度の発表について、情報処理学会 2024 年度山下記念研究賞を受賞した。さらに、本研究では、プライバシーポリシー分析による FemTech アプリに対するユーザの同意に関する課題を検討した。本成果は、検討結果を国内会議 CREST 匿名コホート基盤ワークショップ 2024 および国内会議コンピュータセキュリティシンポジウム 2024 で発表した。

- プライバシー保護における研究者の育成: 情報処理学会 CSS において匿名ヘルスケアデータに関するコンテスト“匿名ヘルスケアデータコンテスト PWSCUP2022”を開催した。本コンテストでは、コロナウイルス重篤化患者に関する擬似データを使い、匿名化と攻撃に関するコンテストを実施した。機構が準備したシステムに 60 名の参加者が一同に集まり、約2箇月間にわたる競技を支援し、参加者のみならず、国内の研究者のレベルアップに貢献した。
- データ合成法 Quasi-multinomial sampling の性能保証定理を証明: 信頼性が重要なシーン(医療データ解析、公的統計等)でのデータ合成を扱う際には、データ合成法がブラックボックスでないことや合成されたデータの正確性とプライバシーの保護が保証できることが重要である。本研究では、これらの要件を満たすために Quasi-multinomial sampling という非ブラックボックスかつ差分プライバシーを満たすデータ合成法に注目し、その正確性保証定理を証明し、その定理を基にバイアス軽減法を提案した。本成果は、国内会議 CREST 匿名コホート基盤ワークショップ 2024 で発表した。また、国際会議 PRIVACY IN STATISTICAL DATABASES 2024 に採録された。
- メタバース空間およびアバターに関するセキュリティ検討: メタバース分野のセキュリティに対する課題を検討し、機構独自でオンライン会議参加者のアバターによるなりすましを検知するフレームワークを考案し、安全性要件の抽出およびその技術的实现方法に関する特許を出願した。また、既存アプリとの相互接続性を調査し、有用性検証のためなりすまし検知・通知システムの検知・通知の核となる部分を実装予定である。さらに、メタバース分野のセキュリティに対する課題を検討している企業と情報を交換し、共同して課題を分析し、課題解決方法を検討することで合意し、共同研究を開始した。メタバース分野でのプライバシー保護やセキュリティ強化に有用な技術である秘匿計算について、通信

ラウンド数を最小化した際の任意の秘匿計算における通信複雑度を解明した。下限を大幅に改善(入力長に対して線形オーダーから指数オーダーに増加)し、代表的な暗号機能について従来方式が最適であることを明らかにした。

- 情報理論的安全な暗号に関する研究: 秘匿暗号通信にて必要となる乱数量の下限評価を実施した。その成果の一つとして Liu-Vaikuntanathan-Wee 二者間 Private Simultaneous Messages プロトコルが最適であることを示した。本成果をプレプリントで公開(令和3年)した(三重大大学との連携)。さらに、検証可能乗法秘密分散の最適化に関して、証明サイズと攻撃成功確率の理論限界および最適な方式の一般的構成を示した。本成果は国際会議 ITW2021 に採録されるとともに、電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究専門研究技術員委員会より令和3年 EMM 研究会優秀研究賞を受賞した。また、暗号の応用として、小型宇宙機の乗っ取り防止による飛行の安全確保等を目的とした情報理論的に安全な通信の秘匿・認証技術の実証実験を、観測ロケット MOMOv1 から地上局に飛行状況を伝送する実用チャネルで行った。報道発表(令和3年8月17日)を行うとともに、提案技術と飛行実験結果を国際会議 ISTS2021 で発表した。また、情報科学分野で選ばれた若手トップ研究者がライトニングトークを行う情報処理学会 IPSJ-ONE2022 にて宇宙開発におけるセキュリティ技術を周知し、技術の普及に努めた(インターステラテクノロジズ、法政大学との共同研究)。さらに、小型衛星・小型ロケットアップリンク用のセキュア暗号通信における鍵同期方式機構を提案し、プロトタイプ実装と結線通信評価を実施した。既存の地上システムでは鍵同期のためにインタラクションやカウンタなどの状態保持が必要だが、提案した鍵同期方式機構ではそれらが不要となる。これにより、通信が不安定な場合や、宇宙線等の影響で搭載機器にエラーが発生するような過酷な環境においても、高信頼な動作を可能とした。また、利用シーンに合わせた情報理論的暗号に関して、民間宇宙ロケットでも特に通信環境が過酷で信頼性が求められる人工衛星打上げ用ロケットのための通信プロトコルの設計について、その総括的な内容を国内会議、および、国際会議 34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences(2024)で発表した。さらに、利用シーンに合わせた情報理論的暗号に関して、民間宇宙ロケットでも特に通信環境が過酷で信頼性が求められる人工衛星打上げ用ロケットへの利用を想定した条件下で、回路実装の性能を評価し実用に資することを確認した。本成果は、国際会議 12th Computing Conference 2024 に採録された。また、採択論

文の中からインタビュー対象論文として選出され、インタビューを受けた。また、人工衛星打上げ用ロケットへの搭載を想定した暗号回路の実装の研究では、利用シーンに合わせた情報理論的暗号に関して、民間宇宙ロケットの中でも特に通信環境が過酷で信頼性が求められる人工衛星打上げ用ロケットへの搭載を想定した暗号回路の実装について、信頼性保証のための形式検証法を提案し、実時間内(2日以内)での検証に成功した。本成果は、国内会議 DA シンポジウム 2024 で発表した。今後は、さらに実行しやすい信頼性保証のための形式検証法を検討する。また宇宙・ロケット関係以外の別の応用として、無線双方向時刻同期システム(WiWi)上にて、時刻差及び伝搬遅延の計測値に変調を加えて相手に伝えることで受信者のみ伝送情報のノイズを少なくできる秘匿通信に関して、理論的な安全性の定義と検証を行った。通信に関するフラグシップカンファレンスに採録されるなど対外的にも高い評価を受け、さらにテストベッドを構築し、代表的な物理レイヤープロトコルが機能することを確認した。さらに、無線双方向時刻同期技術(WiWi)を用いた乱数生成共有プロトコルの提案と米国 NIST の乱数検定の実施を行った。本成果は国際会議 ICETC2021 に採録された(東京大学との連携)。さらに、秘密計算について通信回数と通信量の最小化のタイトな理論限界の証明について研究し、情報理論的暗号で最も汎用的な機能をもつ秘密計算について通信回数と通信量の最小化のタイトな理論限界を証明した。本成果は、情報理論分野で最も歴史と権威がある IEEE Information Theory Society のフラグシップカンファレンスである IEEE ISIT 2024 に採録された。

- マルチパーティ計算と共通鍵暗号の組合せ実装:本研究では、マルチパーティ計算(MPC)と共通鍵暗号を組合せ、有料放送サービスを自宅外でも享受しつつ、匿名でサービス享受するプライバシー保護を実現する方式を提案した。本成果は、国内会議電子情報通信学会情報セキュリティ研究会セキュリティサマーサミット 2024 で発表した。
- ゼロ知識証明の研究:プライバシー保護に有用な汎用的な技術としてゼロ知識証明がある。ゼロ知識証明では、自分が所持する秘密を公開することなく、検証者に自分が秘密を所持していることを証明できる。このため、例えば、プライバシー情報そのものを公開することなく、ある資格を有するような事例で使用され、プライバシー保護が実現できる。幅広い応用があるシグマプロトコルベースのゼロ知識証明の適用範囲の拡張に関して研究し、よりコンパクトな証明サイズを可能とする構成方法を提案した。本成果は国際会議 IACR TCC2021 に採録された(NTT、Chinese University of Hong Kong、Bocconi University、Nordic との連

携)。また、複数回の対話により成立するゼロ知識証明の研究では、個人と検証者の間の複数回の対話により成り立つゼロ知識証明を対象として、複雑な関係性を証明可能とする構成する方法を提案した。本成果は、暗号分野をけん引する IACR 主催の会議であり、暗号分野の世界最高峰の国際会議 CRYPTO 2024 に採録された。さらに、ビット列表現と算術的記法を同時に使用可能なゼロ知識証明の研究では、情報を表現するデータの状態をビット列による表現や算術的記法を用いた表現とし、ビット列による表現と算術的記法を用いた表現を同時に取り扱うことが可能なゼロ知識証明の方式を開発した。本成果は、国際会議 14th International Conference on Security and Cryptography(SCN2024) に採録された。さらに、評価が高かったことから本論文誌への招待論文に選出された。

- ミックスネットにおけるプライバシー保護: ミックスネットは匿名通信路を構成する暗号ツールである。先行研究によるミックスネットでは、送信者はその正当性と匿名性を両立するために、署名・暗号文などと共にゼロ知識証明を多用していた。提案方式では、送信者は、権限を付与する第三者と共に協力してその署名の正当性と匿名性を実現することが出来る。また、生成された署名の特性により各ミックスサーバの処理も既存方式に比べ極めて効率的に処理することが出来、安全性と効率性を兼ね備えたミックスネットの実現が可能となる。本成果は、IACR Cryptography ePrint Archive で公開した(令和6年)。
- 準同型暗号方式の構成: 暗号化データに対する解析に用いられている準同型暗号の安全性を高めた鍵付き準同型暗号について、完全準同型暗号に対する鍵復元攻撃や暗号文検証攻撃への耐性があることを示した。本成果は論文誌 IEICE Transactions(2021)に採録された。また、鍵付き完全準同型暗号について格子ベースの方式を提案し、IACR Cryptography ePrint Archive で公開した(令和3年)(横浜国立大学、東京大学との連携)。
- 検索可能暗号の提案: 検索可能暗号について、検索用のトラップドアから検索キーワードに関する情報が漏れない方式の一般的構成を提案した。検証可能関数型暗号について、Intel SGX を用いることで実現不可能性を回避した方式を提案し、実装評価を行った。本成果は国際会議 ProvSec2021 に採録された(東海大学、筑波大学との共同研究)。検索可能暗号の基礎研究として、複数の方式を提案し、それぞれ国際会議 (APKC2022、ICEIS2022)に採録され、特に平文一致確認可能属性ベース暗号に関する成果が ProvSec2022 で Best Paper Award を受賞するなど対外的にも高い評価を得た(電気通信大学、東京大学との連携)。

検索可能暗号を用いたストレージ・チャットシステムとその一般向け試用のためのサイトを構築した。構築されたプロトタイプシステムをオープンハウス 2023 にて一般来場者向けに試用した。また検索可能暗号を用いたセキュアシステムに関するアンケート調査を実施した。さらに、システムの改修を行い、E2EE 機能を満たすシステムを構築し、CEATEC にて展示発表を行った。そして、システム設計と実装評価の科学的意義が認められ国際会議 ICEIS2022 で採録された(電気通信大学との連携)。キーワード検索が可能なブロードキャスト暗号(BEKS)の一般的な構成:本研究では、検索内容に対するプライバシー保護機能をもつキーワード検索が可能な BEKS の一般的な構成を提案した。提案方式では、外部の攻撃者に対する匿名性を保ちつつ、受信者の数に対して暗号文のサイズを小さく抑えることができる。また、耐量子性が期待できる格子ベースの具体的な構成なども示した。本成果は、本論文誌 IEICE Transactions(2024)に採録された。

- ID ベース暗号／属性ベース暗号／機能性暗号の提案:これらは高機能暗号に分類される暗号である。基礎研究として、機能に応じた種々の方式を提案し、国際学会等で採録され、高い評価を得ている。コンパクトな公開パラメータを持つ鍵失効 ID ベース暗号方式を提案した。本成果は論文誌 Theoretical Computer Science(2021)に採録された(電気通信大学、ハニャン大学(Hanyang University)との連携)。標準的仮定から構成が可能となる鍵失効階層型 ID ベース暗号の一般的な構成を提案した。本成果は論文誌 Designs, Codes and Cryptography(2021)に採録された(電気通信大学との共同研究)。量子ランダムオラクルモデルでの適応的安全で効率的な鍵失効 ID ベース暗号を提案した。本成果は論文誌 Designs, Codes and Cryptography(2021)に採録された。鍵供託問題に耐性のある ID ベース暗号の実装評価を行い、ID ベース暗号に対する安全性の強化が実装性能には大きな影響を与えないことを確認した。本成果は国際会議 WICS2021 に採録された(東海大学との連携)。暗号化ストレージの容量削減に応用可能な平文一致確認属性ベース暗号の一般的な構成を提案した。本成果をプレプリントで公開した(令和3年)。また格子ベース平文一致確認 ID ベース暗号において安全性が高い方式を提案した(電気通信大学、東京大学との連携)。また、情報理論的に安全な pair encoding 方式からのタグベース属性ベース暗号の一般的な構成を提案した。より複雑な述語に対応可能、かつ既存方式よりも暗号文長が短く復号が効率的となる。本成果は論文誌 Designs, Codes and Cryptography(2021)に採録された。
- 機能性暗号技術の機能性向上:電気通信大学と連携し、暗号化制御シ

システムでの改ざん検知に鍵付き準同型暗号への応用を提案した。また、オンライン会議やグループチャットなどの参加者の途中離脱、途中参加に対して、適切に鍵更新を行うことができ、効率的に会議内容やチャット内容を視聴し、発言が可能な参加者などを制御できる方式を提案した。

- セキュアメッセージングの構成: 基盤技術である暗号の研究を、メッセージングアプリに応用する場合の適用方式の研究、および、その基盤技術の改良研究である。改良内容に応じて、種々の提案がある。セキュアメッセージング方式について、放送サービスに適したグループ鍵共有方式、および参加者情報を秘匿する方式を提案し、それぞれ国内会議 CSS2021/SCIS2022 で発表、国際会議 IWSPA に採録されるとともに、特許を出願した(NHK との共同研究)。また、鍵の漏洩に対し強固な安全性を担保するセキュアグループメッセージングにおいて、外部には参加者が誰なのかという情報が漏洩しない方式を提案した。また、公開鍵検索可能暗号における検索時の安全性を強化した一般的構成と、前方秘匿性を付加する一般的構成を提案した。また、放送型公開鍵検索可能暗号について、完全匿名性を実現する一般的構成を提案した。提案方式は、耐量子計算機性を持つ方式である。また、NHK との共同研究により、外部匿名性を満たす一般的構成を提案し、コンテンツ配信における放送型公開鍵検索可能暗号装置として特許を出願した。
- 暗号資産プロトコルの設計: ブロックチェーンにおける匿名信頼性付与手法を提案、Bitcoin, Ethereum, NEM の場合における実装評価を行った。本成果は国際会議 ICBC2021、論文誌 IEEE Access に採録された(筑波大学との共同研究)。本成果は国際会議 ICBC2021、論文誌 IEEE Access(2021)に採録された(筑波大学との共同研究)。また、暗号化キャッシュ方式について、耐量子計算機暗号を用いた場合の実装評価を進め、実機環境にて格子/NTRU/符号ベースの方式が RSA/楕円曲線を用いた場合と同等の通信性能を達成することを確認することができた。さらに、耐量子計算機暗号を用いた暗号化キャッシュシステムとアクセス制御システムの研究開発(TIS 株式会社との共同研究)、特に暗号化されたコンテンツをキャッシュ可能な暗号化キャッシュシステムにおいて、スケーラブルな時限的復号無効化機能付きアクセス制御方式を提案し、耐量子計算機暗号を用いた場合の性能評価を行った。
- 耐量子計算機暗号(PQC)の提案: 耐量子計算機暗号技術についての基礎研究である。Module-LWR 問題に基づく初の署名方式を提案した。LWE 問題に基づく署名方式 Dilithium と比較し署名鍵長が 30%削減された。本成果は論文誌 IEICE Transactions(2021)に採録された(東京大

		学、KDDI との共同研究)。匿名放送型認証において匿名性、短い暗号文、ターゲット選択の自由度の3要素を同時に満たすことはできない。この制限のもとで、多数の IoT デバイスを同時に制御するため、ターゲット選択の自由を犠牲にした暗号文サイズ $O(\log N)$となる格子ベースの実用的な方式を提案した。 • スマートコントラクト方式の提案: 暗号技術の応用研究として、スマートコントラクトの安全性強化のための種々の技術を開発した。ブロックチェーンを利用した封印入札オークションにて、入札額上限を明かさずに資金拘束が可能な方式を提案、実装評価を行った。国内会議 CSS2021 で発表し、CSS 奨励賞を受賞した(筑波大学との共同研究)。現実に高額が取引がなされているブロックチェーンを介したオークションについて、単に入札額を隠すだけではなく実際に支払う能力があることを示す残高を秘匿したまま保証する方式を提案し、ブロックチェーンに関する国際会議 IEEE Blockchain 2022 で発表した。スマートコントラクトとアカウントブルリング署名を用いたプライバシー保護料金徴収システムを提案、実装評価を行った。本成果は国際会議 AsiaJCIS2021 に採録された(筑波大学との共同研究)。コントラクトをトランザクションの起点とする新たな仕組み(アカウントアブストラクション)の実利用が進んでいることを受け、そのプライバシー保護策として匿名認証ライブラリを用いたシステム構築を進めた。 • 署名方式の改良: プライバシー保護機能を提供するシステムのモジュール的構成に有用な群構造維持署名方式について、匿名技術との親和性が高くメッセージ数が大きくなったとしても署名長を一定サイズに保つことが可能な方式を提案した。研究に関する論文では、使用する署名方式について、現実に近い状況設定での安全性証明を示すことに成功し、暗号分野では最難関の論文誌 Journal of Cryptology に採録された。	
	(イ)量子コンピュータ時代に向けた暗号技術の安全性評価 量子コンピュータ時代に安全に利用できる暗号基盤技術の確立を目指し、耐量子計算機暗号を含む新たな暗号技術及び電子政府システム等において使用される暗号技術の安全性評価に関する研究開	(イ)量子コンピュータ時代に向けた暗号技術の安全性評価 • 格子暗号の安全性評価に使用される基本アルゴリズムの厳密な計算量評価: 国内外において PQC 研究開発及び標準化に向けた準備が進められている。PQC の1つに格子暗号があり、その安全性の根拠となる格子点探索問題を効率的に解くための2つの代表的な基本アルゴリズムとして、ENUM アルゴリズムと Sieve アルゴリズムがある。これらの改良アルゴリズムはこれまでに多く提案されてきたものの、この 10 年でその改良が成熟し、これ以上の改良が困難な状況に達してきた。この状	

発を実施する。具体的には、将来的には耐量子計算機暗号として世界標準となることが予想される格子暗号、多変数公開鍵暗号等や、現在広く使用されている RSA 暗号、楕円曲線暗号等の安全性評価について取り組み、世界最先端の評価技術によって国民生活を支える様々なシステムの安全な運用に貢献する。

況で、この2つのアルゴリズムを比較すると、Sieve アルゴリズムが理論的にも実際に計算をした場合でも高速であると知られている。一方で、Sieve アルゴリズムを用いて NIST 標準方式を解くために要求されるメモリ量は現在地球上に存在する総データ量より最低でも4～5桁大きい。このため、物理的な実現可能性の観点から、実際の攻撃には Sieve アルゴリズム単体ではなく、ENUM アルゴリズムや他の多項式空間攻撃アルゴリズムとの組み合わせが用いられると考えられる。本研究では、ENUM アルゴリズムの計算量評価と確率評価を理論的観点から更新した。具体的には、暗号解析で用いられる非常に低い成功確率の設定において、ENUM アルゴリズムの計算量予測が実際よりも低く与えられる問題の指摘と解決手法を提案した。さらに、解の確率分布が一様ではない場合の成功確率の解析手法を提案した。具体的には、ガウス分布の性質を利用することで格子問題の1つである LWL (Learning With Errors) 問題の計算量を理論上で少なくとも 1,000 倍程度改善できることを示した。提案手法により、LWE 問題を解く計算量をより正確に評価できるようになり、格子暗号のための適切なパラメータ選定に貢献できる。本成果は国内シンポジウム CSS2024 で発表した。

- 多変数公開鍵暗号 (MPKC) の安全性評価に使用される Buchberger アルゴリズムの効率化: 国内外において PQC の研究開発及び標準化に向けた準備が進められている。PQC の1つに MPKC がある。MPKC は多変数二次連立方程式の求解問題 (MQ 問題) の困難性を安全性の根拠とする。このため、MPKC の安全性評価のためには MQ 問題を効率良く解く方法を知ることが重要であり、MQ 問題を解く研究が活発である。本研究では MQ 問題を効率的に解くアルゴリズムの1つとして知られている Buchberger アルゴリズムに着目し、このアルゴリズムに基づくグレブナ基底計算に使用される多項式で2番目に大きい単項式に注目する新しい多項式選択方法を提案した。提案方法を使用すると、既存の多項式選択方法と比較して計算量の大幅な削減を実現し、最良のケースでは約 42% の計算量削減を達成できる。本成果は国際論文誌 JSIAM Letters(2021)に採録された。
- MPKC の安全性評価に使用される F4 アルゴリズムの効率化: 国内外において PQC の研究開発及び標準化に向けた準備が進められている。PQC の1つに MPKC がある。MPKC は MQ 問題の困難性を安全性の根拠とする。このため、MPKC の安全性評価のためには MQ 問題を効率良く解く方法を知ることが重要であり、MQ 問題を解く研究が活発である。本研究では MQ 問題を効率的に解くアルゴリズムの1つとして知られている F4 アルゴリズムに着目し、F4 アルゴリズムを使用して MQ 問

題を解くのに有効な多項式選択法について考察した。結果として、第2単項式を指標とする多項式選択法が MQ 問題を解くのに最も効果的であることを明らかにした。また、第2単項式が非常に重要な指標であるということを明確に提示するとともに、この指標がグレブナ基底を計算するいくつかのアルゴリズムで有用であることを示した。本成果は国際論文誌 JSIAM Letters(2022)に採録された。

- MPKC の安全性評価に使用される F4 アルゴリズムと M4GB アルゴリズムの効率化: 国内外において PQC の研究開発及び標準化に向けた準備が進められている。PQC の1つに MPKC がある。MPKC は MQ 問題の困難性を安全性の根拠とする。このため、MPKC の安全性評価のためには MQ 問題を効率良く解く方法を知ることが重要であり、MQ 問題を解く研究が活発である。本研究では、MQ 問題を効率よく解くアルゴリズムとして知られている F4 アルゴリズムの計算処理と M4GB アルゴリズムのメモリ使用量を効率化することに成功し、MPKC の実用上安全なパラメータの選定に貢献した。具体的には、F4 アルゴリズムを適用する際に選択した多項式の個数をどのように分割すれば効率良く計算できるかを考察し、計算処理を最大7倍まで効率化した。また、M4GB アルゴリズムを適用する際に計算効率を低下させることなく、メモリ使用量を最大 25%まで削減した。本成果は国際論文誌 JSIAM Letters(2023)と MDPI Cryptography(2023)に採録された。
- MPKC の安全性評価に使用される基本アルゴリズムの効率化: 国内外において PQC の研究開発及び標準化に向けた準備が進められている。PQC を実現する技術の1つに MPKC がある。MPKC は MQ 問題の困難性を安全性の根拠とする。このため、MPKC の安全性評価のためには MQ 問題を効率良く解く方法を知ることが重要であり、MQ 問題を解く研究が活発である。本研究では、MQ 問題を解くために幅広く使用されるグレブナ基底計算において、剰余計算の対象となる多項式の選び方を基底計算中に切り替える手法を提案した。特に、グレブナ基底計算の後半の過程、具体的には多項式の剰余次数が減少してからの計算過程において、計算効率が良くなる多項式の選択方法に関する新しい手法を提案した。これにより、全体の計算量を従来手法よりも 40%以上削減することに成功した。本成果は国内シンポジウム SCIS2025 で発表した。
- ビデオ会議アプリケーション Zoom におけるエンドツーエンド暗号化 (E2EE) 技術の安全性評価: COVID-19 の世界的流行に伴い、メッセージングアプリケーションやビデオ会議アプリケーションなどの様々なコミュニケーションツールが幅広く普及した。また、利用者のプライバシー保

護を目的とした E2EE 技術も急速に発達し、多くのツールに E2EE が導入されるようになった。Zoom は世界中で広く利用されているビデオ会議アプリケーションの1つであり、令和2年に E2EE 機能が実装された。本研究では、Zoom Video Communications 社 (Zoom 社) が発行するホワイトペーパーのバージョン 2.3.1 に記載された E2EE 仕様に対して暗号学的観点から安全性評価を行い、6件の脆弱性とこれらの脆弱性を悪用した8種類の攻撃手法を提案するとともに、これらの攻撃に対する防御対策について提案した。これらの成果を Zoom 社に報告し、脆弱性の一部が修正されていることを確認している。本成果の一部を国内シンポジウム SCIS2021 と難関国際会議 ACISP2021 で発表するとともに、全ての成果をまとめて国際論文誌 IEEE Access(2021)に採録された。なお、SCIS2021 では SCIS イノベーション論文賞を受賞した。

- リアルタイム通信用 E2EE フレームワーク SFrame の安全性評価: SFrame はビデオ会議アプリケーションなどのリアルタイム通信が要求される環境で E2EE 機能を実現するためのフレームワークであり、令和2年5月に IETF のインターネットドラフトとして仕様が初めて公開され、令和6年8月に RFC 化された。本研究では、SFrame の初期バージョン(令和2年 11 月公開のドラフトに記載された仕様)に対して安全性評価を行い、3件の脆弱性とこれらの脆弱性を悪用した3種類の攻撃手法を提案するとともに、これらの攻撃に対する防御対策について提案した。これらの成果を SFrame の設計者に報告し、脆弱性の一部が修正されていることを確認した。また、本成果については CSS2021 で発表するとともに、難関国際会議 ESORICS2021 に採録された。なお、CSS2021 での発表は奨励賞を受賞するとともに、山下記念研究賞を受賞した。その後の発展的研究として、提案した防御対策の有効性について詳細に検証し、安全性と実装性能の観点から SFrame の初期バージョンに適した暗号アルゴリズムと適さない暗号アルゴリズムについて明らかにした。これら一連の成果について、国際論文誌 Journal of Information Security and Applications(2025)に採録された。

- 分散型 SNS プロトコル Nostr における E2EE 技術の安全性評価: コミュニケーション手段としてソーシャルネットワーキングサービス (SNS) が世界中で幅広く普及されている。X(旧: Twitter)、Facebook、Instagram などの伝統的な SNS は中央集権型プロトコルを採用しているが、このようなプロトコルでは中央サーバに全てのデータが集約されているため、プライバシー保護や検閲耐性などの観点で課題が生じている。この課題を解決するために、従来の中央集権型 SNS プロトコルに代わる分散型 SNS プロトコルが注目されている。本研究では、分散型 SNS プロトコル

Nostr とその代表的なクライアントアプリケーション (Damus、Amethyst、Iris、FreeFrom、Plebstr) の E2EE に対して安全性評価を行い、仕様や実装に起因する重大な脆弱性が内在していることを明らかにした。具体的には、7 件の脆弱性とこれらの脆弱性を悪用した 14 種類の攻撃手法を提示するとともに、これらの攻撃に対する防御対策について提案した。また、これらの攻撃の実行可能性について Proof of Concept (PoC) として検証を行い、Amethyst を除くクライアントアプリケーションでは攻撃 (の一部) が有効であることを示した。これら一連の成果については各設計者に報告し、脆弱性の一部が修正されたことを確認している。本成果の一部を CSS2023、ICSS 研究会 (令和 6 年 3 月開催)、そして CSS2024 で発表した。CSS2023 での発表は学生論文賞を受賞し、CSS2024 での発表は優秀論文賞とエシカルプラクティス賞を受賞した。

- コミュニケーションプラットフォーム Rocket.Chat における E2EE 技術の安全性評価: Rocket.Chat は世界中の公的機関や大手企業において幅広く導入されているオープンソースのコミュニケーションプラットフォームであり、その主要な機能の 1 つとして E2EE によるグループチャット機能がある。本研究では、Rocket.Chat の E2EE に対して安全性評価を行い、メッセージの機密性と完全性が損なわれる重大な脆弱性が内在していることを明らかにした。この脆弱性を悪用することで、実際に通信内容の機密性と完全性を破る攻撃手法を提示するとともに、この攻撃に対する防御対策について提案した。提示した攻撃手法の実行可能性については PoC として検証を行い、その有効性を提示した。また、Rocket.Chat のオンプレミス運用を採用する組織に対し、運用上生じる課題を考察し、その課題に対処するための推奨運用方法を提示した。これら一連の成果について Rocket.Chat のセキュリティチームに報告し、脆弱性の一部が修正されたことを確認した。本成果の一部を国内シンポジウム CSS2024 と SCIS2025 で発表し、CSS2024 での発表は優秀論文賞とエシカルプラクティス賞を受賞した。
- SAT ソルバーによる軽量ブロック暗号 (PRINCE、QARMA) の安全性評価: 差分攻撃は共通鍵暗号解析の分野において最も重要な攻撃手法の 1 つである。差分攻撃による安全性評価では、対象となる暗号方式の差分確率を厳密に評価することが重要な解析手順の 1 つとなるが、差分確率を厳密に評価することは計算量的に困難であるという課題があった。本研究では、充足可能性問題 (SAT: Boolean Satisfiability Problem) を解くソルバーの力を借り、差分確率を厳密に評価するための汎用的な並列化フレームワークを開発した。提案手法の有効性を検証するために、提案手法を著名な軽量ブロック暗号の PRINCE と

QARMA に適用した結果、既存の差分確率評価よりも高速かつ厳密に評価できることを示した。本成果は難関国際会議 SAC2023 に採録された。その後の発展的研究として、提案したフレームワークを応用し、鍵回復攻撃の実行に適した差分特性の探索を可能にすることで、特に軽量ブロック暗号 QARMA に対する差分解読法を用いた鍵回復攻撃耐性評価を初めて示した。

- 深層学習による軽量ブロック暗号 (PRESENT、Simon) の安全性評価：共通鍵暗号の設計段階において、設計対象の暗号アルゴリズムがあらゆる暗号解読法 (差分攻撃、線形攻撃、積分攻撃、など) に対して安全であることを証明することは重要である。一方で、これらの暗号解読法に対する安全性を網羅的に評価することは困難である。評価漏れにより設計時に致命的な脆弱性が見逃され、公開された暗号アルゴリズムがすぐに解読された例も少なくない。本研究ではニューラルネットワークベースの出力予測攻撃 (平文回復攻撃、暗号文予測攻撃) を提案するとともに、提案攻撃が共通鍵暗号設計にどのような効果をもたらすかについて、軽量ブロック暗号の PRESENT と Simon を解析対象として考察した。なお、ニューラルネットワークベースの出力予測攻撃に関する提案論文は国際会議 AITS2022 に採録された。本成果は国際論文誌 Journal of Information Processing(2023) に採録されるとともに、Specially Selected Paper に選出された。PRESENT に対する考察では、仕様通りの PRESENT とは別に、差分攻撃と線形攻撃に脆弱な2種類の PRESENT 亜種を設計し、ニューラルネットワークがそれぞれの脆弱性を検知できるかについて検証した。結果として、ニューラルネットワークがこれらの脆弱性を検知できることを明らかにした。Simon に対する考察では、Simon の内部パラメータを変更した複数の Simon 亜種を構築し、これらの亜種に対して5つの暗号解読法 (差分攻撃、線形攻撃、不能差分攻撃、零相関線形攻撃、積分攻撃) に起因する脆弱性の有無を明らかにした上で、これらの脆弱性に対するニューラルネットワークの検知能力を検証した。結果として、ニューラルネットワークは Simon 亜種の脆弱性を有する構造を特定することに成功した。本成果は国際会議 CSCML2024 に採録された。これらの得られた結果は、共通鍵暗号の設計段階の安全性評価において、ニューラルネットワークが有効に機能する可能性を見出したことを示した。
- Beyond5G 時代に向けて提案された認証暗号 Rocca に対する安全性評価：量子コンピュータ時代の到来を想定した安全性要件に加え、Beyond5G 時代における通信速度要件を満たすために、256 ビット秘密鍵を使用するとともに 100Gbps を超えるスループットで対処できる暗号

システムが必要と言われている。Rocca はこれらの要件を唯一満たす認証暗号である。また、タグ長 128 ビットをサポートしており、結果として鍵回復攻撃耐性は 256 ビット安全性、偽造攻撃耐性は 128 ビット安全性を有する。本研究では、鍵回復攻撃耐性と偽造攻撃耐性のギャップが大きいことに着目し、偽造攻撃耐性が 128 ビット安全性しか有していないことを利用すると鍵回復攻撃耐性が 128 ビット安全性しか満たさないことを示すとともに、この問題を解決するための効果的な改良案を提案した。これら一連の成果については Rocca の開発者に速やかに報告し、その仕様が修正されたことを確認している。その後、Rocca の開発者は Rocca の別バージョンとして Rocca-S を開発し、IETF での標準化を目指している。さらに、鍵回復攻撃耐性と偽造攻撃耐性の間にギャップがある認証暗号に関して、その鍵回復攻撃耐性が有効であるか否かについて考察した。一連の成果は共通鍵暗号分野における最難関国際論文誌 IACR ToSC 2022(3)に採録された。

- 5G 時代に向けて提案されたストリーム暗号 SNOW-V、SNOW-Vi に対する安全性評価: SNOW-V と SNOW-Vi は 3G・4G/LTE 用として使用されていた SNOW 3G を 5G 用として使用するために改良されたストリーム暗号である。本研究では、差分攻撃と積分攻撃を使用して SNOW-V と SNOW-Vi の安全性評価を実施した。通常、新しい共通鍵暗号方式を開発する際、これらの攻撃手法に対して安全であることを証明することが重要であるにも関わらず、開発者はこれらの安全性を示していない。また、第三者による評価結果も存在しない。結果として、SNOW-V と SNOW-Vi の仕様段数は 16 ラウンドであるが、それぞれ識別攻撃が最大 5 ラウンドまで、鍵回復攻撃が最大 4 ラウンドまでしか実行できないことを示し、SNOW-V と SNOW-Vi が差分攻撃と積分攻撃に対して安全であることを証明した。本成果の一部は難関国際会議 ACISP2021 に採録された。また、全ての成果をまとめた論文は国際論文誌 Journal of Information Security and Applications(2022)に採録された。
- 5G 時代に向けて提案されたストリーム暗号 ZUC-256 に対する安全性評価: ZUC-256 は 3G・4G/LTE 用として使用されていた ZUC-128 を 5G 用として使用するために改良されたストリーム暗号である。本研究では、複雑な構成要素を持つ ZUC-256 に対して効率的な安全性評価を実現するために、XOR 差分、剰余差分(modular difference)、符号付き差分(signed difference)と呼ばれる3種類の差分演算に着目した。そして、これらの演算間における相互作用を注意深く制御するための方法論を示すことで新しい差分攻撃手法を開発した。提案手法を ZUC-256 に適用し、既存の識別攻撃を3ラウンド分改善するとともに、関連鍵回

復攻撃を初めて示した。本評価結果は、ZUC-256 が差分攻撃に対して安全であることを証明するものである。本評価結果を受け、ZUC-256 の開発者はその仕様を修正し、差分攻撃に対してさらに安全な ZUC-256-v2 を提案した。本成果は共通鍵暗号分野における最難関国際論文誌 IACR ToSC 2022(3)に採録された。

- AES-NI 命令を使用した低遅延暗号 Areion の設計:現在の主要なアプリケーションでは、暗号化やハッシュ関数でのデータ処理における入力長が 2000 バイト以下となる場合が多い。具体的には、TCP/IP パケットのデータ長は 40~1500 バイト、その他の主要なプロトコル(例えば、Zigbee、Bluetooth Low Energy、CAN)におけるデータ長は 128 バイト以下である。しかし、現行の暗号技術では入力長が 2,000 バイト以下のような短いメッセージに対して最適化されていない。この課題を解決するために、Intel 社や AMD 社の CPU に搭載されている AES-NI 命令を使用したワイドブロックの暗号学的置換 Areion を設計した。Areion を暗号学的置換ベースの認証暗号モード(OPP、OTT、KWF)と暗号学的置換ベースのハッシュ関数モード(DM、MD)に組み込むことで、入力長が短いメッセージに対して現行の暗号技術よりも大幅な高速化を実現した。特に、ハッシュ関数に関して、最新の CPU 環境では入力長に関わらず 1 バイト当たり 3 サイクル未満での性能を発揮する。また、最新の CPU 環境やモバイル環境では、世界中の主要なアプリケーションで最も使用頻度が高い入力長(128 バイト以下)のメッセージに対し、現行のどの暗号方式よりも高速に処理できることを示した。本成果は暗号実装分野における最難関国際論文誌 IACR TCHES 2023(2)に採録された。
- 量子コンピュータ実機による現代暗号の安全性評価:現代暗号の安全性を保証する数学的な問題の 1 つに離散対数問題がある。一定の性能を有する量子コンピュータを用いることで、離散対数問題が高速に解かれることが証明されている。このため、量子コンピュータの性能向上により、現代暗号が危殆化することが懸念されている。そこで、PQC への移行に関する検討が世界的に進められており、その移行に関する時期を予測することが重要となる。本研究では、現在利用可能な量子コンピュータ実機による離散対数問題の求解実験を行うとともに、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的な定義を世界で初めて提案し、量子コンピュータ実機による安全性評価の基礎を築いた。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2022、Vol.3)に採録された。さらに、計算機実験用プログラムを精査することでより厳密な実験結果の取得に成功するとともに、「量子コンピュータ実機で離散対数問題の解が得られたこと」の理論的

な定義に関する正確性を保証した。本成果は、難関国際論文誌 IEEE Transactions on Quantum Engineering (2023, Vol.4) に採録された。

- 量子ネイティブ人材を育成するプログラム NQC (NICT Quantum Camp) における暗号分野での貢献: 1年に一度開催される NQC において、現代暗号に対する量子コンピュータの脅威について講義を実施した。特に、現代暗号の安全性の根拠として利用される数学的な問題を量子コンピュータ実機によって解く数値実験で世界記録を達成した知見をもとに、量子コンピュータプログラム開発環境 Qiskit による現代暗号の解読に関するシミュレーション実験の演習を実施した。
- SAT ソルバーによるブロック暗号 (AES、Camellia、など) の安全性評価: 共通鍵暗号の設計段階において、設計対象の暗号アルゴリズムがあらゆる暗号解読法 (差分攻撃、線形攻撃、積分攻撃、など) に対して安全であることを証明することは重要である。そして、MILP、SAT、CP などをベースとした自動評価ツールの著しい進展により、安全性解析のタスクの実行が比較的容易になりつつある。一方、暗号アルゴリズムが複雑な構成要素 (例えば、8ビットのような大きいサイズの S-box や行列演算のような複雑な線形層) で設計されている場合、自動評価ツールを使用した評価は依然として計算量的に困難なタスクとなっている。この困難なタスクに取り組むため、SAT 手法と分割統治手法を組み合わせた新しい自動評価手法を提案した。具体的には、与えられた SAT モデルを複数の小さな SAT モデルに分割し、分割された SAT モデルに対して、真に解析が必要な SAT モデルに対してのみ解析を行う汎用的なツールを開発した。開発したツールを AES や Camellia 等の電子政府推奨暗号に適用するとともに、ARIA、LED、Midori、SKINNY 等、様々なタイプの暗号アルゴリズムに適用することで、汎用ツールとしての有効性を示した。本成果については、暗号分野に関する国内最大のシンポジウム SCIS2024 で発表し、全 345 件の発表の中から唯一のイノベーション論文賞に選出された。
- SAT ソルバーによるハッシュ関数 AES-DM の安全性評価: 電子政府推奨暗号である AES を用いたハッシュ関数モードには様々な種類がある。これらのハッシュ関数モードのうち Davies-Meyer (DM) モードを利用した AES-DM ハッシュ関数がある。AES-DM の衝突攻撃に関する既存研究では初期化ベクトルに差分を入力することが許容されるフリースタート衝突攻撃の条件下での安全性が評価されているが、現実的な条件である衝突攻撃やセミフリースタート衝突攻撃の条件下での安全性は評価されていない。これは差分を入力することが許容される空間が限定的となることで、衝突を生起させることが困難であるためと推察され

る。本研究では AES-DM に対する衝突攻撃とセミフリースタート衝突攻撃の条件下における初めての安全性評価を示した。具体的には、SAT ソルバーにより、AES の秘密鍵にのみ差分が入力されるような差分特性を探索し、AES ベースのハッシュ関数に対して有効なリバウンド攻撃を適用した。結果として、衝突攻撃の条件下では3ラウンド AES-128-DM、5ラウンド AES-192-DM、9ラウンド AES-256-DM まで攻撃が有効であり、セミフリースタート衝突攻撃の条件下では5ラウンド AES-128-DM、7ラウンド AES-192-DM、9ラウンド AES-256-DM まで攻撃が可能であることを世界で初めて明らかにした。本成果は、暗号分野の最難関国際会議の1つである Asiacrypt2024 に採録された。

- ストリーム暗号 ChaCha の安全性評価: ストリーム暗号 ChaCha は TLS (Transport Layer Security) などの主要なプロトコルで幅広く利用されている重要な暗号アルゴリズムである。また、メッセージ認証コード Poly1305 と組み合わせた認証暗号 ChaCha20-Poly1305 は電子政府推奨暗号であるとともに、IETF で標準化されている。ChaCha20 の安全性評価は安心安全な情報化社会への貢献であるため、世界中で幅広く行われている。ChaCha に対する安全性評価では、PNB (Probabilistic Neutral Bits) と呼ばれる性質を差分解読法と組み合わせることが主流である。既存研究の大部分は差分攻撃部分の改良に着目しているが、PNB 解析部分を詳細に評価するような既存研究は存在しなかった。そこで、本研究では PNB 解析部分の評価に着目し、この性質を網羅的に解析することで、ChaCha の攻撃可能ラウンド数に関する上界を示した。本成果は難関国際会議 ACISP2022 に採録された。ChaCha と同様の構造を持つストリーム暗号 Salsa に対しても同様の評価を行い、Salsa の攻撃可能ラウンド数に関する上界を示すことに成功した。これら一連の成果については、国際論文誌 IEICE Transactions(2023)に採録された。
- ワイドブロック認証暗号 AEZ、Adiantum、HCTR2 の安全性評価: 令和5年 10 月、米国 NIST はブロック暗号利用モードに関するワークショップを開催した。本ワークショップのメインピックスの1つは、広範囲な入力長をサポート可能な tweakable ワイドブロック暗号方式を標準化する可能性について議論することである。米国 NIST の活動に貢献するために、本研究では tweakable ワイドブロック認証暗号の AEZ、Adiantum、HCTR2 を対象とし、これらの暗号方式に対して Key Committing (KC) 安全性の解析を実施した。KC 安全性の解析とは、2つの異なる入力組(平文、秘密鍵、など)から同じ値の出力組(暗号文、タグ)を得ることができる確率を評価することである。この確率が高い場合、意図的な元の平文の改ざんが可能となることや、意図せずして元の平文への復号が

不可能になることが生じるため、共通鍵暗号の解析における重要な課題の1つとなっている。対象の暗号方式に対して KC 安全性を解析した結果、特に AEZ が KC 安全性を満たしていないことを明らかにした。具体的には、2つの異なる秘密鍵から現実的な計算量で KC 安全性を破ることができることを示した。また、AEZ において KC 安全性を担保するための対策案についても提示した。本成果は、米国 NIST 主催のワークショップで発表するとともに、共通鍵暗号分野における最難関国際論文誌 IACR ToSC 2023(4)に採録された。

- CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(耐量子計算機暗号)の策定と改定: 大規模な量子コンピュータが実用化されても安全性を保証できると期待される耐量子計算機暗号(PQC)の研究開発及び標準化などが国内外で進められている。このような状況を踏まえ、CRYPTREC 暗号技術評価委員会は令和3年度から令和4年度にかけて PQC ワーキンググループ(PQC WG)を立ち上げ、2年間かけて PQC の技術動向を調査・把握した。この結果に基づき、CRYPTREC 事務局は PQC WG の委員とともにガイドラインを執筆し、令和4年度末に「CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(耐量子計算機暗号)」を策定した。令和4年度末時点では、米国 NIST の PQC 標準化プロジェクトにおいて第4ラウンドの選考過程が進行中であることをはじめ、PQC に関する技術開発、標準化活動が世界的に活発であった。この状況を踏まえ、CRYPTREC 暗号技術評価委員会は令和5年度に PQC WG を再度立ち上げ、2年間かけて PQC の技術動向について調査・把握を実施した。これらの結果に基づき、CRYPTREC 事務局は PQC WG の委員とともにガイドラインを改定し、令和6年度末に令和6年度版のガイドラインを策定した。
- CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(高機能暗号)の策定: 従来の守秘、認証、署名の機能だけではなく、様々な機能を持つ高機能暗号の研究開発が国内外で活発となっている。このような状況を踏まえ、CRYPTREC 暗号技術評価委員会は令和3年度から令和4年度にかけて高機能暗号 WG を立ち上げ、2年間かけて高機能暗号の技術動向を調査・把握した。この結果に基づき、CRYPTREC 事務局は高機能暗号 WG の委員とともにガイドラインを執筆し、令和4年度末に「CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(高機能暗号)」を策定した。
- CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(軽量暗号)の改定: 平成 28 年度の CRYPTREC 事務局活動として、「CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(軽量暗号)」を発行した。その後、米国 NIST の軽量暗号標準化プロセスが進行し、最終選考方式が令和5年2月に決定した。また、ISO などの標準化団体においても軽量暗号の標準化が活発となっている。このよ

		うな状況を踏まえ、令和3年度から令和5年度にかけて軽量暗号の安全性、実装性能、標準化動向に関する技術動向調査・評価を国内有識者に依頼した。この結果に基づき、CRYPTREC 事務局が本ガイドラインの改定版を執筆し、国内有識者のレビューを経て、「CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(軽量暗号)2023 年度版」を策定した。 • 世界で広く利用されている主要な公開鍵暗号の安全性の予測図の更新: RSA 暗号及び楕円曲線暗号の安全性を表す図として、これらの安全性の根拠となる素因数分解問題及び楕円曲線上の離散対数問題が解かれる可能性がある時期の予測図を更新した。状況はこれまでと変わらず、暗号技術の危殆化時期が先に延びている様子を示している。 • CRYPTREC 外部評価の実施: 電子政府の情報セキュリティ確保のため、公平性かつ十分な暗号技術の評価を期し、暗号技術評価委員会活動の一環として国内外の有識者に調査・研究を委託している。電子署名アルゴリズム EdDSA を CRYPTREC 暗号リストへの新規追加候補とするため、令和2年度に実施した EdDSA の安全性評価に関する外部評価に続き、EdDSA の実装性能に関する外部評価を令和3年度に実施した。結果として、CRYPTREC 暗号リストへの新規追加候補として問題がないことを確認した。平成 28 年度末に発行した「CRYPTREC 暗号技術ガイドライン(軽量暗号)」を改定するため、令和3年度から令和5年度にかけて軽量暗号の安全性、実装性能、標準化動向に関する外部評価を計9件実施した。これらの外部評価報告書に基づき、本ガイドラインを改定した。	
③サイバーセキュリティに関する演習 国の機関や地方公共団体等のサイバー攻撃への対処能力の向上に貢献するため、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、NICT 法第 14 条第1項第7号イ(令和5	(3)サイバーセキュリティに関する演習 国の機関や地方公共団体等のサイバー攻撃への対処能力の向上に貢献するため、国からの補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、機構法第 14 条第1項第7号イ(令和5年度までは第 14 条第1項第7号)の規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、最新のサイバー攻撃状況を踏まえた実践的なサイ	(3)サイバーセキュリティに関する演習 • 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会(大阪・関西万博)関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進した。 ＜実践的サイバー防御演習 CYDER＞ • CYDER については、主に以下のような取り組みを行った。 【令和3年度】 • 集合演習 C コース(準上級)を新設し、高度なセキュリティ人材の育成を目指した。 • 新型コロナウイルス感染症対応によるニーズも高まり、職場や自宅の	(3)サイバーセキュリティに関する演習 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会(大阪・関西万博)関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進した。

年度までは第14条第1項第7号)の規定に基づき、最新のサイバー攻撃に関する知見を踏まえた実践的な演習を実施するほか、若手セキュリティ人材の育成を行う。	バーセキュリティ演習を実施する。演習の実施に当たっては、サイバーセキュリティ基本法第13条及び第14条の規定を踏まえ、全ての国の行政機関、独立行政法人及び指定法人並びに地方公共団体の受講機会を確保するとともに、重要社会基盤事業者及びその組織する団体についても、より多くの受講機会を確保できるよう配慮する。また、地理的条件により受講機会が失われることを最小限とするよう、集合演習を全国で実施するほか、オンライン演習を拡大していくこととし、未受講となる組織・団体に対して積極的な参加を促す。あわせて、最新のサイバー攻撃情報を踏まえた演習内容の高度化、オンライン演習における学習定着率の向上等、演習効果の最大化に取り組む。さらに、機構におけるサイバーセキュリティ研究と演習業務で得られた知見等を活用し、若手セキュリティ人材の育成を行う。	パソコンのWebブラウザから演習環境に接続することで受講できるオンライン A コースを新設し、時間や地理的要因で受講困難な方への受講機会を提供した。 • 集合演習においても安心して受講できるよう、受講者間距離が保てる座席配置、アクリル板の設置、PC 等のアルコール消毒、徹底した換気管理等を実施し、新型コロナウイルス感染症対策を徹底した。 • 実機オンライン演習システムの機能高度化および機能向上を行った。 • CYDER 集合演習実施回数 105 回、集合演習受講者数 2,454 人、オンライン A コース受講者数 641 人、総合計 3,095 人 【令和4年度】 • オンライン標準コースに加えてオンライン入門コースを新設し、セキュリティインシデント対応初学者の「はじめの一步」をサポートした。初学者から上級者まで幅広い層への受講機会を提供した。 • 地理的・時間的要因を理由に集合演習の受講機会を逃している未受講自治体の解消を目的とする「出前 CYDER」、複数会場での同時演習実施による演習効率化を目的とする「CYDER サテライト」の実証実験を実施し、新たな演習形態を提供した。 • 令和4年度より、人材需要調査を実施し、自治体の組織のインシデント対応能力(CSIRT の成熟度)について測るための評価軸を設計した。 • 令和4年3月改定の「地方公共団体における情報セキュリティポリシーに関するガイドライン」において、実際に情報漏えい等の情報セキュリティインシデントが発生した場合に備え、受講が望まれる訓練としてCYDERの受講が推進され、令和4年度に2,395人だった地方公共団体職員の受講者数が令和5年度には4,160人(令和6年2月7日現在)と増加した。 • CYDER 集合演習等実施回数(出前・サテライト含む)108回、集合演習受講者数3,327人(出前・サテライト含む)、オンライン演習受講者数705人、総合計4,032人 【令和5年度】 • 小規模な自治体等は交通の便が悪いエリアに多く、なおかつ人手が少ないことから複数兼務を抱えており時間的・地理的制約があること、異動が頻繁で専門性の蓄積が難しい、といった課題があるとの調査・ヒアリング結果を踏まえ、基礎的で、CSIRT 担当者として知っておきたい事項を短時間で習得できるオンラインコースである「プレ CYDER」を試行実施した。ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施した。	また、セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層の ICT 人材を対象に1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施した。SecHack365 以外の場でも修了生のネットワークは確実に広がっている。 具体的に、CYDER においてはプレCYDERの開設及びオンライン受講も活用することで年間3,000人の受講見込みを大きく上回る8,283人が令和6年度に受講したこと、CIDLE では令和5年度は延べ120日のオンライン、6日の集合演習・講習、令和6年度は延べ約72日のオンライン、6日の集合演習・講習を提供し、対象者が受講する等、大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等のスキル向上に貢献したこと、RPCI では集合演習の開催、受講者ニーズに応えた日程等で演習を提供することで、令和3年度の受講者57人から、令和6年度受講者180人と大幅に増えていること、SecHack365 では社会実装を意識した指導内容を強化するため、テーマに対して独創性や実用性、社会的ニーズの観点から指導を強化する「社会実装ゼミ」の実施などの新規

		• 地理的・時間的要因を理由に集合演習の受講機会を逃している未受講自治体の解消を目的としたオンライン環境で集合演習と同等品質の演習を実現する「オンライン実践コース」の実証実験を実施した。 • CYDER 集合演習等実施回数: 110 回、CYDER 集合演習等の受講者数 3,742 人(オンライン実践含む)、オンライン演習の受講者数 1,963 人、総合計 5,705 人。 【令和6年度】 • 令和5年度より試行実施していた「プレ CYDER」を本格実施し、地理的・時間的要因等により CYDER 集合演習が受講できない方も含めて、一年を前後半に分けて、受講機会の創出に努め、ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施した。 • オンライン環境で集合演習と同等品質の演習を実現する「オンライン実践コース」の実証実験を実施した。特に、中級レベル相当に加えて、初級レベル相当のオンラインコースの実証実験を新設し、オンラインによる演習形態の多様化に努めた。 • CYDER 集合演習(オンライン実践を含む)実施回数: 110 回開催済み、CYDER 集合演習受講修了者数(オンライン実践を含む) 4,225 人、オンライン演習受講修了者数 4,058 人、総合計 8,283 人。 【令和7年度見込】 • 全国で約 100 回の集合演習実施、約 3,000 人程度受講の見込み、プレ CYDER 実施予定、オンライン実践コース実証実験実施予定である。 ＜万博向けサイバー防御講習「CIDLE」＞ 【令和5年度】 • 万博向けサイバー防御講習「CIDLE」事業を開始 • 大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等を対象として、大阪・関西万博関連組織のサイバーセキュリティを強化し、大阪・関西万博の安全な開催に資するように、大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等を対象とした万博向けサイバー防御講習「CIDLE(シードル)」を、令和5年9月から2年計画にて実施している。 • 大阪・関西万博関連組織と綿密な打ち合わせを実施し、先方の体制・ニーズに応じた講習形態を企画した。具体的には、より基礎的な内容を受講者自身のペースに合わせて学習できるオンラインコースの提供や、集合演習及び講義を関西にて開催する等、きめ細やかな対応を実施した。その結果、延べ 120 日のオンライン、6日の集合演習・講習を	取り組み、魅力的な取り組みで内容の充実を図っていることなど、それぞれの取組が社会的価値、社会実装、取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか、我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものかのそれぞれの観点で非常に優れた成果といえる。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 実践的サイバー防御講習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会(大阪・関西万博)関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進したこと。 • セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人

		提供し、対象者が受講する等、大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等のスキル向上に貢献した。 【令和6年度】 - 万博向けサイバー防御講習「CIDLE」事業の実施、拡充 - 大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等を対象として CIDLE 事業を令和6年度も実施した。令和6年度は、大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等を対象として、セキュリティインシデントに関する講義である CIDLE 集合カレッジ I、II や、グループワーク・ロールプレイ等を中心とした大阪・関西万博向けインシデント対応演習である CIDLE 集合演習 I、II、また博覧会協会全職員へ対象を拡げたオンラインコースである CIDLE オンラインカレッジエレメンツ等を実施し、延べ 72 日のオンライン、9日の集合演習・講習を提供し、大阪・関西万博関連組織の情報システム担当者等のスキル向上に貢献した。(令和6年度で事業終了) <実践サイバー演習「RPCI」> 【令和3年度】 - 経済産業省、IPA、総務省と連携して、機構が持つ大規模演習環境を活用してリアリティを高めたインシデントハンドリング演習実績に基づき、情報処理安全確保支援士向け特定講習である「RPCI」を開始した。 - 令和3年度の「RPCI」の演習開催結果は以下のとおり - 実施回数:10 回、受講者数:57 人 【令和4年度】 - 実践的な演習を特色とした、情報処理安全確保支援士向け特定講習としての地位の確立のため、機構内の関連部門と連携し年間を通じた周知活動を行い、受講者数を拡大させ、ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施した。 - 令和3年度の実施結果を踏まえた開催日程を設定し、土曜日の開催を2回、資格更新の登録期限直前の月は2回開催とする等、受講者ニーズに応えた日程で演習を提供した。 - 実施回数:10 回、受講者数 218 人 【令和5年度】 - より効果的な周知活動を行うため、令和5年度は情報処理安全確保支援士の公開データや受講者アンケートから受講者の分析を行い、その	材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層の ICT 人材を対象に、機構の持つ長年の研究開発のノウハウや、実際のサイバー攻撃関連データとそれらを安全に利用して研究開発が行える環境を活かした、1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施したこと。就職先で修了生同士が顔を合わせるなど、SecHack365 以外の場でも修了生のネットワークは確実に広がっている。就職先でもセキュリティ企業に限らず業務としてセキュリティに関わる修了生も多く、そのきっかけとして SecHack365 受講を挙げる声も多く寄せられたこと。 【社会実装】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会（大阪・関西万博）関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進した

		結果を活かし SNS 等での情報発信を行った。また、RPCI 公式サイトに特定講習概要の比較ページを新たに作成した。 • CYDER で培ってきた大規模演習環境を活用したリアリティあるインシデントハンドリングのノウハウ等が情報処理安全確保支援士向けの人材育成事業でも有効であることを実証した。特に、事前学習サイトへのアクセス期間は、受講日にかかわらず予約確定後から1月中旬までとし、最長8箇月間受講可能とした。演習後も繰り返して学習できる環境を提供した。あわせて、受講者が組織内で共有・展開できるよう、演習で利用するインシデント報告書のフォーマットを受講者全員に対し演習後に提供した。 • 実施回数: 10 回、受講者数 249 人 【令和6年度】 • 多様な受講者のニーズに対応するため、演習を首都圏以外ではじめて開催し、受講者利便の向上に努めた • RPCI オンラインミニセミナーを新規で開講し、演習の認知度向上や受講者拡大に資するよう新たなプロモーション活動を実施した。 • 実施回数: 10 回開催 • 受講者数(受講申込者数を含め): 180 人 • 令和4年度以降、安定した集客を続けている。 • 受講者満足度: 94%(令和3～5年度すべての年度において、令和6年度末点) 【令和7年度見込】 • 実施回数 10 回予定、約 200 人程度受講の見込み、演習シナリオの高度化等を検討する。 ＜セキュリティイノベーター育成プログラム「SecHack365」＞ 「セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層の ICT 人材を対象に、機構の持つ長年の研究開発のノウハウや、実際のサイバー攻撃関連データとそれらを安全に利用して研究開発が行える環境を活かした、1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施した。就職先で修了生同士が顔を合わせるなど、SecHack365 以外の場でも修了生の「ネットワーク」は確実に広がっている。就職先でもセキュリティ企業に限らず業務としてセキュリティに関わる修了生も多く、そのきっかけとして SecHack365 受講を挙げる声も多く	こと。 • セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層の ICT 人材を対象に、機構の持つ長年の研究開発のノウハウや、実際のサイバー攻撃関連データとそれらを安全に利用して研究開発が行える環境を活かした、1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施したこと。就職先で修了生同士が顔を合わせるなど、SecHack365 以外の場でも修了生のネットワークは確実に広がっていること。就職先でもセキュリティ企業に限らず業務としてセキュリティに関わる修了生も多く、そのきっかけとして SecHack365 受講を挙げる声も多く寄せられたこと。 【取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会(大阪・関西万博)関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定

よせられた。

【令和3年度】

- 新型コロナウイルスへの対応策として、年間プログラムをオンラインでの指導に対応できるように再検討、オンラインやチャットツールでの指導を実施した。
- 5コース制を継続し、モノづくりの多様なアプローチ方法を提供するとともに、法律・倫理、アイデア発想、習慣化、セキュリティ専門家の講義を軸に、インプットを年間通して実施した。
- 修了生の活用として、各コースのアシスタント制を導入した。
- 修了生の活動継続の奨励とコミュニティ継続を目的とした修了生イベント「SecHack365 Returns2021」をオンライン開催し、修了生 83 名が参加した。
- 修了後の成果の収集とコミュニティの継続を目的として修了生ポータルサイトを立ち上げ、運用を開始した。
- イベント実施回数6回開催、受講者数 45 人

【令和4年度】

- 3年ぶりにオフラインでの集合イベントを開催し、より多くの作品発表と、きめ細やかなフィードバックの機会を提供した。
- オンラインとオフラインの特徴を生かし、実地開催のオフラインでの集合イベントでは発表以外にもコースワークや指導を中心として交流を重視した内容とする等、発表とフィードバックを繰り返しながら作品を作り上げていくプログラムを提供した。
- 国際連携においては、台湾 CCoE Cyber Blue Range Competition へ参加し、SecHack365 修了生チームが1位になる等の優秀な成績を修めると共に、国際連携を推進した。
- 修了生をアシスタントとしてアサインし、修了生アシスタント提案によるオンラインミーティングやイベントの実施、コミュニティでの現役生へのサポート等、当プログラムの修了生が指導だけではなく運営側の支援も実施した。
- 修了生ポータルサイトでは、成果報告やコミュニティの場を提供できるような運用を実施した。
- 実施回数:集合イベントを年間6回開催、受講者数:40 人

【令和5年度】

- 令和4年度に4年ぶりに実施した2泊3日の合宿形式の集合研修では

講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進したこと。

- セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層のICT人材を対象に、機構の持つ長年の研究開発のノウハウや、実際のサイバー攻撃関連データとそれらを安全に利用して研究開発が行える環境を活かした、1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施したこと。就職先で修了生同士が顔を合わせるなど、SecHack365 以外の場でも修了生のネットワークは確実に広がっていること。就職先でもセキュリティ企業に限らず業務としてセキュリティに関わる修了生も多く、そのきっかけとして SecHack365 受講を挙げる声も多くよせられたこと。

【取組が我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものとして計画に従って着実に実施されたか】

		受講生同士の交流や講義などを実施した、オンラインでは発表を中心として、オンライン・オフラインを指導の目的に合わせ使い分け、より効果的な指導や開発継続のため工夫を実施した。 • 社会実装を意識した指導内容を強化するため、テーマに対して独創性や実用性、社会的ニーズの観点から指導を強化する「社会実装ゼミ」の実施や、選抜メンバーに対して、専門家からのレビューを与える機会を提供する等の取組を新規実施した。 • 修了生サポートのため、修了生による成果発表の機会の提供や、修了生イベントにおける企業とのつながりの機会の強化を実施した。 • 国際連携においては、台湾 NICS Cyber Blue Range Competition へ参加する等、国際連携を推進した。 • 実施回数：集合イベントを年間で6回開催（オフライン3回/オンライン3回）、受講者数：40 人 【令和6年度】 • テーマに対して独創性や実用性、社会的ニーズの観点から指導を行う「社会実装ゼミ」について、年度早期に開始し、社会実装に向けた意識づけを強化した。 • 修了生をアシスタントとしてアサインした。修了生アシスタント提案によるオンラインミーティングやイベントの実施、コミュニティでの現役生へのサポート等、当プログラムの修了生が指導だけではなく運営側の支援も実施した。 • 修了後の SecHack365 成果の発表の機会として Interop Tokyo への出展を新規で実施した。 • 修了生イベント（SecHack365 Returns）を実地で開催した。また、令和6年度の新規取組として、地域での SecHack365 事業と修了生のコネクション維持・向上を目的として小規模版のイベントを試験的に施行した。 • 実施回数：イベント6回開催、受講者数 40 人 【令和7年度見込】 • 実施回数：集合イベントを年間で6回開催予定、受講者数：40 人見込みである。	以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び令和7年日本国際博覧会（大阪・関西万博）関係者向けサイバー防御講習「CIDLE」及び情報処理安全確保支援士向け特定講習である実践サイバー演習「RPCI」事業を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進したこと。 • セキュリティのさまざまな課題にアイデアで切り込める人材「セキュリティイノベーター」の育成に向けて、若年層のICT人材を対象に、機構の持つ長年の研究開発のノウハウや、実際のサイバー攻撃関連データとそれらを安全に利用して研究開発が行える環境を活かした、1年をかけて本格的にセキュリティ関連技術の指導を行うプログラム「SecHack365」を実施したこと。就職先で修了生同士が顔を合わせるなど、SecHack365 以外でも修了生のネットワークは確実に広がっていること。就職先でもセキュリティ企業に限らず業務としてセキュリティに関わる修了生も多く、そのきっかけとして SecHack365 受講

			を挙げる声も多くよせられたこと。
④サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成 我が国のサイバー攻撃対処能力の絶え間ない向上に貢献するため、多種多様なサイバーセキュリティ関連情報を大規模集約した上で、横断的に分析し、実践的な脅威情報の生成・関係機関との共有等を行うための基盤を構築する。また、当該基盤を活用し、国産セキュリティ技術を事業者が検証できる環境を構築するとともに、サイバーセキュリティ関連情報を多角的に解析する能力を有する高度セキュリティ人材の育成に取り組む。加えて、社会全体でのセキュリティ人	(4)サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成 我が国のサイバーセキュリティ対処能力の絶え間ない向上に貢献し、社会全体でセキュリティ人材を持続的に育成していくため、サイバーセキュリティに関する情報分析・人材育成等の産学官連携の中核的拠点を形成する。 具体的には、多種多様なサイバーセキュリティ関連情報を大規模集約した上で、横断的かつ多角的に分析し、実践的かつ説明可能な脅威情報を生成するための基盤を構築するとともに、生成された脅威情報を必要とする関係機関に継続的に提供する。	(4)サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成 - 令和2年度補正予算により、産学官連携拠点において必要となるハードウェア基盤設備の設計・調達・構築を行い、令和4年度に整備を完了した。また、この基盤設備上に、STARDUST、NICTER や CYROP 等の大規模データ収集、分析基盤、人材育成基盤の構築を開始した。横須賀拠点を活用した地理的分散を含めた強靱なデータ蓄積を実現している。また WarpDrive や NICTER の高速分析には商用クラウド基盤も併用し、可用性、柔軟性の高いシステムを構築した。 - サイバーセキュリティ関連情報の定常的解析と解析者コミュニティの形成を行う Co-Nexus A (Accumulation & Analysis) では、令和3年度より参画組織への主に標的型攻撃に関するサイバー攻撃の情報収集分析基盤 STARDUST の貸与を開始、令和5年度にはサイバーセキュリティ研究室が新たに開発した STARDUST NxtGen の貸与に移行した。令和6年度には、STARDUST NxtGen を 29 組織 120 ユーザに貸与し、各組織独自の標的型攻撃等のマルウェア解析に寄与している。また、CYNEX でも機構によるデータ収集・分析活動として、年間 300 日以上 STARDUST を用いた動的活動観測を行い、その動的活動観測を通じて得られた解析結果、特徴情報などを Co-Nexus A の解析者コミュニティ会合にて共有した。 - Co-Nexus A WarpDrive Project では、サイバーセキュリティ関連情報の大規模集約の一環として、Web 媒介型攻撃大規模観測プロジェクト WarpDrive の高度化とユーザ参加型実証実験を進めた。 - WarpDrive で収集したデータを利用した研究開発の促進を目的として、令和5年度に WarpDrive コミュニティを発足した。コミュニティ活動の活性化により、タチコマセキュリティエージェントへのフィードバック、改善、研究の促進の好循環が生まれ、WarpDrive Workshop での発表・情報共	(4)サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成 国内のサイバーセキュリティに関する産学官の結節点の構築を目的として、産学官連携を円滑に進める為、コミュニティとなり得る職域、目的、コミュニティ内で流通・共有される情報を軸に、全体運営を支える CYNEX 事務局及び、4つのサブプロジェクトである Co-Nexus A/S/E/C を定義し、アライアンス体制を構築した。47 組織の参画により令和5年 10 月1日 CYNEX アライアンスを発足した後、計画を更新し令和7年度末 80 組織の計画としたが、令和6年度末時点で 92 組織となっていること、サイバーセキュリティ関連情報の定常的解析と解析者コミュニティの形成を行う Co-Nexus A では、STARDUST NxtGen を 29 組織 120 ユーザに貸与し、各組織独自の標的型攻撃等のマルウェア解析に寄与していること、Co-Nexus S では、OJT コースとオンラインコースの2種類のコースを設定し、高度 SOC 人材育成を実施していること、Co-Nexus C では、人材育成基盤のオープン化として、CYDER で使用している演習教材とそのラーニングシステムの提供を令和3年度から開始し、令和

材の持続的供給のため、演習で得た知見等を積極的に活用するための基盤を構築し、民間等における自律的な人材育成の支援を行う。これらの取組により、我が国のサイバーセキュリティに関する情報分析・人材育成等の中核拠点を形成する。

あわせて、当該基盤を活用し、国産セキュリティ技術を機器製造事業者や運用事業者が検証できる環境を構築する。

また、上記の取組を通じて、サイバーセキュリティ関連情報を多角的に解析する能力を有する高度セキュリティ人材の育成を行う。

さらに、これら取組で得た最新のサイバーセキュリティ関連情報に(3)の演習で得た知見等をあわせ、これを活用した人材育成演習を民間や教育機関等が実施可能とするた

有にとどまらず、国内・国際学会への論文投稿が増加した。

- 令和5年度に Co-Nexus A の新たな取り組みとして、組織横断で脅威情報を分析するコミュニティ(チーム)LETTICE を発足した。これは CYNEX Co-Nexus A で当初より掲げていた参画組織による共同分析を実現するプロジェクトである。Co-Nexus A または S 参画組織から有志を募り、活動内容や環境整備を進め、令和6年度から活動が本格化、Co-Nexus A 会合や NICTER Workshop で情報共有を開始した。令和7年度にはより継続的且つ積極的な情報分析・発信を見込んでいる。
- 令和5年度末より、機構担当室が研究開発した、サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ CURE の解放(データ提供)を開始した。CURE には長年の研究開発によって収集された多種多様なサイバーセキュリティ情報が蓄積されており、令和6年度末現在、CYNEX アライアンスを通じて国内の大学・企業等の 25 組織 76 ユーザに利用されており、引き続き機構が収集する日本独自の脅威情報を活用した研究開発等に大いに活用されることを見込む。
- Co-Nexus E (Evaluation) では、国産セキュリティ製品・技術の研究開発、普及を支援する事を目的として、参画組織が研究開発している製品・技術の長期運用と検証を行っている。持ち込まれる製品・技術は多岐に渡り、各検証にカスタムした検証環境を構築して模擬攻撃による性能評価、海外製品との比較検証などを行った。令和6年度までに6社8製品の評価・検証を実施し、フィードバックを行った。
- 国産セキュリティ製品の評価のため、CYNEX Red Team(攻撃チーム)の立ち上げ、機構内ライブネットに届くリアルなサイバー攻撃や公開データセットだけに頼らない、模擬攻撃による能動的な検証を実現した。
- Co-Nexus S (Security Operation & Sharing) では、OJT コースとオンラインコースの2種類のコースを設定し、高度 SOC 人材育成を実施している。OJT コースは適宜募集で標準定員を同時期6名、オンラインコースでは標準育成定員を年間 20 名とし、上期下期の年間2回各 10 名程度を参画組織から受講者を募集し育成を実施し、令和4年度から令和6年度末までに OJT コースで延べ7名(在籍中含む)、オンラインコースで 56 名の育成を行った。
- Co-Nexus C (CYROP: CYberRange as an Open Platform) では、人材育成基盤のオープン化として、ナショナルサイバートレーニングセンターの CYDER で使用している演習教材とそのラーニングシステムの提供を令和3年度から開始した。また、それらは米国 NIST が策定した NICE Framework の KSA (Knowledge, Skill, Ability) に基づき、セキュリティ分野において網羅性を確保すると共に、KSA にマッピングされたモジュール

6年度時点で提供中の CYNEX オリジナルコンテンツは5社が商用サービスとして演習事業を実施していること、Co-Nexus E では、参画組織が研究開発している製品・技術の長期運用と検証を行って令和6年度までに6社8製品の評価・検証を実施し、フィードバックを行ったことなど、それぞれの取組が社会的価値、社会実装、取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか、我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものかのそれぞれの観点で非常に優れた成果といえる。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 産学官連携拠点において必要となるハードウェア基盤設備の設計・調達・構築を行い、令和4年度に整備を完了した。また、この基盤設備上に、STARDUST、NICTER や CYROP 等の大規

めの基盤を構築し、民間等における自律的な人材育成の支援を行う。

加えて、これら取組について、産学官の関係者が円滑かつ自主的に参画できるような枠組みを整備し、参画機関からの要望やフィードバックを反映しつつ基盤を構築し、参画機関の協力を得て運営する。

ル構造を持つ演習教材を参画組織とも協力して開発し多様かつ柔軟な演習コンテンツの提供を行っている。令和6年度時点で提供中の CYNEX オリジナルコンテンツは 74 種類になっており NICE Framework の KSA の充足度は 49%に上っている。5社が商用サービスとして演習事業を実施している。また、教育機関の参画が拡大し、講義での利活用が進んでいる。

- 令和6年度には定常的なオリジナルコンテンツ開発に加えて、重要インフラを念頭に事業領域別演習教材を新たに9種類開発した。また、その演習教材の評価を確認するため、試験実施を行った。
- Co-Nexus C 参画組織から講師・チューターの人員不足との声を受けて、令和5年度に講師・チューター育成コースの Co-Nexus C 主催での実施に向けコンテンツを作成した。さらに、令和6年度には CYNEX 認定講師制度(仮称)の開始を想定し、CYNEX Co-Nexus C 主催での試験実施を行った。令和7年度からは CYNEX 認定講師制度(仮称)の本格実施を見込む。
- 国内のサイバーセキュリティに関する産学官の結節点の構築を目的として、産学官連携を円滑に進める為、コミュニティとなり得る職域、目的、コミュニティ内で流通・共有される情報を軸に、全体運営を支える CYNEX 事務局及び、4つのサブプロジェクトである Co-Nexus A/S/E/C を定義し、アライアンス体制を構築した。4つの Co-Nexus それぞれで、CYNEX 参画の裏付けとなる契約形態を整理するとともに参画受入の準備を進め、47 組織の参画により令和5年10月1日 CYNEX アライアンスを発足した。当初計画である令和7年度末 40 組織を上回ったため、計画を更新し令和7年度末時点で 80 組織としたが、令和6年度末時点で 92 組織となり、いずれの計画も達成した。
- 国内の産学官の関係者と海外の最先端のサイバーセキュリティコミュニティとの結節点の構築に向け、特に AI セキュリティ分野における日米の共同研究を軸に、サイバーセキュリティの日米コミュニティ形成を目指す。そのために AI セキュリティの研究開発とコミュニティ形成、そして情報収集・発信を実施する組織として、AI セキュリティ研究センターを令和7年2月1日に設立した。
- 米国 MITRE 社との連携フレームワークを大枠合意し、令和7年度末までに MITRE と連携して AI 技術のセキュリティ面での分析を実施し、ATLAS への掲載を目指すことで合意した。
- カナダヨーク大学(York University)と、共同研究契約を令和7年3月に締結し、研究者の短期派遣を伴う研究開発体制を構築した。

模データ収集、分析基盤、人材育成基盤の構築を開始した。横須賀拠点を活用した地理的分散を含めた強靱なデータ蓄積を実現し、また WarpDrive や NICTER の高速分析には商用クラウド基盤も併用し、可用性、柔軟性の高いシステムを構築したこと。

- 国内のサイバーセキュリティに関する産学官の結節点の構築を目的として、産学官連携を円滑に進める為、コミュニティとなり得る職域、目的、コミュニティ内で流通・共有される情報を軸に、全体運営を支える CYNEX 事務局及び、4つのサブプロジェクトである Co-Nexus A/S/E/C を定義し、アライアンス体制を構築したこと。4つの Co-Nexus それぞれで、CYNEX 参画の裏付けとなる契約形態を整理するとともに参画受入の準備を進め、47 組織の参画により令和5年10月1日 CYNEX アライアンスを発足した。当初計画である令和7年度末 40 組織を上回ったため、計画を更新し令和7年度末 80 組織としたが、令和6年度末時点で 92 組織となっており、いずれの計画も達成済であること。
- 令和5年度末より、サイバーセキュリティ・ユニバーサル・

	政府端末情報を活用したサイバーセキュリティ情報の収集・分析に係る実証事業		- 令和4年から安全性や透明性の検証が可能な国産セキュリティソフトを政府端末に導入し、得られたマルウェア情報等を機構の CYNEX において集約・分析する実証事業を実施するため、実績のある国産の振り舞い検知型ソフトウェアをベースに CYXROSS Agent および管理分析基盤を開発し、令和5年度に政府機関への導入を開始した。 - CYXROSS Agent の導入に向けて、各省庁と調整を進め複数の省庁・独立行政法人等に導入、その他の行政機関の検証導入を含め、令和6年度末には大規模な導入となった。令和6年度からは、導入省庁への四半期毎の観測レポートの作成と提供を開始した。令和7年度末までに NISC/GSOC など監督官庁などとのリアルタイム連携の実施を見込む。	リポジトリ CURE の解放(データ提供)を開始したこと。CURE には機構担当部署による長年の研究開発によって収集された多種多様なサイバーセキュリティ情報が蓄積されており、令和6年度末現在、CYNEX アライアンスを通じて国内の大学・企業等の25組織76ユーザに利用されており、引き続き機構が収集する日本独自の脅威情報を活用した研究開発等に大いに活用されることを見込んでいること。 【社会実装】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 - サイバーセキュリティ関連情報の定常的解析と解析者コミュニティの形成を行う Co-Nexus A では、令和3年度より参画組織への主に標的型攻撃に関するサイバー攻撃の情報収集分析基盤 STARDUST の貸与を開始、令和5年度には CSL が新たに開発した STARDUST NxtGen の貸与に移行したこと。令和6年度末現在、STARDUST NxtGen を29組織120ユーザに貸与し、各組織独自の標的型攻撃等のマルウェア解析に寄与していること。 - Co-Nexus S では、OJT コー

スとオンラインコースの2種類のコースを設定し、高度SOC 人材育成を実施していること。OJT コースは適宜募集で標準定員を同時期6名、オンラインコースでは標準育成定員を年間 20 名とし、上期下期の年間2回各 10 名程度を参画組織から受講者を募集し育成を実施し、OJT コースで延べ7名(在籍中含む)、オンラインコースで 59 名(見込み含む)の育成を行ったこと。

- Co-Nexus C では、人材育成基盤のオープン化として、CYDER で使用している演習教材とそのラーニングシステムの提供を令和3年度から開始したこと。また、令和3年度からは米国 NIST が策定した NICE Framework の KSA に基づき、セキュリティ分野において網羅性を確保すると共に、KSA にマッピングされたモジュール構造を持つ演習教材を参画組織とも協力して開発し多様かつ柔軟な演習コンテンツの提供を行っていること。令和6年度時点で提供中の CYNEX オリジナルコンテンツは 74 種類になっており NICE Framework の KSA の充足度は 49%に上っている。5社が商用サービスとして演習事業を実施していること。また、教育機関

の参画が拡大し、講義での利活用が進んでいること。

【取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- Co-Nexus C では、人材育成基盤のオープン化として、CYDER で使用している演習教材とそのラーニングシステムの提供を令和3年度から開始したこと。また、令和3年度からは米国 NIST が策定した NICE Framework の KSA に基づき、セキュリティ分野において網羅性を確保すると共に、KSA にマッピングされたモジュール構造を持つ演習教材を参画組織とも協力して開発し多様かつ柔軟な演習コンテンツの提供を行っていること。令和6年度時点で提供中の CYNEX オリジナルコンテンツは 74 種類になっており NICE Framework の KSA の充足度は 49%に上っている。5社が商用サービスとして演習事業を実施していること。また、教育機関の参画が拡大し、講義での利活用が進んでいること。
- Co-Nexus C 参画組織から講師・チューターの人員不足との声を受けて、令和5年度に講師・チューター育成コース

の Co-Nexus C 主催での実施に向けコンテンツを作成したこと。さらに、令和6年度には CYNEX 認定講師制度(仮称)の開始を想定し、CYNEX Co-Nexus C 主催での試験実施を行ったこと。令和7年度からは CYNEX 認定講師制度(仮称)の本格実施を見込むこと。

- Co-Nexus S では、OJT コースとオンラインコースの2種類のコースを設定し、高度 SOC 人材育成を実施していること。OJT コースは適宜募集で標準定員を同時期6名、オンラインコースでは標準育成定員を年間 20 名とし、上期下期の年間2回各 10 名程度を参画組織から受講者を募集し育成を実施し、OJT コースで延べ7名(在籍中含む)、オンラインコースで 56 名の育成を行ったこと。

【取組が我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものとして計画に従って着実に実施されたか】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- Co-Nexus E では、国産セキュリティ製品・技術の研究開発、普及を支援する事を目的として、参画組織が研究開発している製品・技術の長期運用と検証を行っているこ

			と。持ち込まれる製品・技術は多岐に渡り、各検証にカスタムした検証環境を構築して模擬攻撃による性能評価、海外製品との比較検証などを行ったこと。令和6年度までに6社8製品の評価・検証を実施し、フィードバックを行ったこと。 • 国内のサイバーセキュリティに関する産学官の結節点の構築を目的として、産学官連携を円滑に進める為、コミュニティとなり得る職域、目的、コミュニティ内で流通・共有される情報を軸に、全体運営を支える CYNEX 事務局及び、4つのサブプロジェクトである Co-Nexus A/S/E/C を定義し、アライアンス体制を構築した。4つの Co-Nexus それぞれで、CYNEX 参画の裏付けとなる契約形態を整理するとともに参画受入の準備を進め、47 組織の参画により令和5年10月1日 CYNEX アライアンスを発足した。当初計画である令和7年度末 40 組織を上回ったため、計画を更新し令和7年度末 80 組織としたが、令和6年度末時点で 92 組織となっており、いずれの計画も達成済であること。
⑤パスワード設定等に不備のあるIoT機器の	(5)パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査(令和5年度まで)	(5)パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査(令和5年度まで)	(5)パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査(令和5年度まで)

調査(令和5年度まで)

IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律(令和5年法律第 87 号)による改正前の NICT 法附則第8条第2項の規定に基づき、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を、令和6年3月31日まで実施する。その際、関係機関と連携を図るとともに、本調査の重要性等を踏まえ、情報の安全管理に留意しつつ、広範な調査を行うことが

IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、国からの補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律(令和5年法律第 87 号)による改正前の機構法附則第8条第2項の規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を、令和6年3月31日まで実施する。その際、総務省や関係機関と連携を図るとともに、本調査の重要性等を踏まえ、調査手法や情報の安全管理に留意しつつ、より広範かつより高度な調査を行うことができるよう配慮する。

＜IoT 機器調査の実施＞

- IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機構の有する技術的知見を活用して、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を総務省や関係機関と連携しつつ実施した。
- 日本国内の約 1.12 億の IPv4 アドレス(令和3年度末の参画 ISP 数は 66 社)に対して、Telnet/SSH に対する調査を毎月実施し、注意喚起対象として1年間で計 21,049 件のパスワード設定に不備のある IoT 機器を発見し、ISP への通知を実施した。(令和3年度)
- 通知を受けた ISP による機器所有ユーザへの注意喚起が実施され、その結果としてパスワード設定に不備のある機器の検知件数は最多月(令和2年 12 月)に対して約 17%減少し、日本国内に存在するサイバー攻撃に悪用可能な IoT 機器の低減が進んだ。(令和3年度)
- 機器の応答(バナー情報)を基に IoT 機器の機種特定を行うシステムを開発するとともに、オペレータによる手動分析等を通じて機種特定用シグネチャを生成した。その結果、実際にパスワード設定に不備のある IoT 機器として国内外 47 ベンダの計 206 機種を特定した。これらの機種情報はサポートセンターに提供され、ベンダ問い合わせを行い、具体的な対処手順の説明ページが作成され、ユーザへの注意喚起に活用された。(令和3年度)
- NOTICE に参画した国内 ISP77 社が保有する約 1.12 億 IPv4 アドレスに対して特定アクセス試行による調査を月1回の頻度で実施した。その結果、国内に存在する Telnet 及び SSH、HTTP(S)のパスワード設定不備の機器を 14,000 台以上発見し、通知を行った。令和4年度においては、延べ 48,814 件のパスワード設定に不備のある IoT 機器を注意喚起対象として ISP へ通知を行った。(令和4年度)
- HTTP(S)に対する特定アクセスにより、特定の ISP において 4,000 台以上の ISP 貸与ルータがパスワード設定不備となっていることを発見し、ISP への通知を実施した結果、全ての機器の対処が完了した。(令和4年度)
- 毎月の継続した調査及び ISP への通知により、ISP から機器所有者に対する注意喚起が実施され、その結果として Telnet 及び SSH におけるパスワード設定に不備のある注意喚起対象機器は最も多く発見された令和2年 12 月時点と比較して約 30%削減された。(令和4年度)
- マルウェア感染済みの国内 IoT 機器からの攻撃活動を観測し、当該機器情報を日毎で ISP へと通知を行った。令和4年度は1日平均で約 1,000 台規模のマルウェア感染済み IoT 機器を検知し、通知を行った。

できるよう配慮する。

(令和4年度)

- NOTICE に参画した国内 ISP83 社が保有する約 1.12 億 IPv4 アドレスに対して特定アクセス試行による調査を月1回の頻度で実施した。その結果、国内に存在する Telnet 及び SSH、HTTP(S) のパスワード設定不備の機器を 10,000 台以上発見し、通知を行った。令和5年度においては、延べ 61,845 件のパスワード設定に不備のある IoT 機器を注意喚起対象として ISP に通知した。(令和5年度)
- 毎月の継続した調査及び ISP への通知により、ISP から機器所有者に対する注意喚起が実施され、その結果として Telnet 及び SSH におけるパスワード設定に不備のある注意喚起対象機器は、継続的に減少傾向にある。(令和5年度)
- サイバー攻撃に悪用される IoT 機器として、DNS 及び NTP、SSDP プロトコルを悪用したリフレクション攻撃の踏み台になり得るリスクのある機器を調査し、計 20 万件以上の ISP に対する通知を行った。(令和5年度)
- マルウェア感染済みの国内 IoT 機器からの攻撃活動を観測し、当該機器情報を日毎で ISP へと通知を行った。令和5年度は1日平均で約 980 件のマルウェア感染済み IoT 機器を検知し、通知を行った。(令和5年度)
- 調査において発見した国内で販売・利用がされている IoT 機器の内、ハードコードされた ID/パスワードの調査に加え、未知の脆弱性等が存在しないかを調査した。その結果、これまでに複数の機器に関する脆弱性を発見し、関連機関に対して脆弱性報告を行った。(令和5年度)

<調査の高度化>

- より広範かつ高度な調査を行うことができるよう、総務省と連携して特定アクセスを実施する対象プロトコルの拡充等を検討し、それに応じた調査の高度化を進めた。
- IoT 機器に対する攻撃経路として悪用され得る ID/パスワード認証を有するプロトコルとして新たに HTTP/HTTPS の Basic 認証及び Digest 認証を選定し、それらの認証機能に対して ID/パスワードを用いたログイン試行(特定アクセス)を行うシステムを開発した。また、HTTP/HTTPS の Basic/Digest 認証機能を持つ IoT 機器の実機を用いた検証環境を構築し、認証成否の判定含めた一連の動作が正しく行われることを検証した。(令和3年度)
- 令和4年3月に、予備調査として日本国内に存在する HTTP/HTTPS の Basic 認証及び Digest 認証が稼働する 10 万台を超える機器に対して調査を実施した。(令和3年度)

		• Basic/Digest 認証以外の HTTP ベースの認証機能としてフォーム認証に着目し、フォーム認証画面にアクセス可能な国内 IoT 機器を調査し、多数の潜在的なサイバー攻撃の対象機器を発見した。フォーム認証に対応した特定アクセスプログラムの設計を行い、40 種類の IoT 機器の実機に対して動作するプロトタイプを開発した。(令和3年度) • 調査に有用な ID/パスワード候補の収集のために、IoT マルウェアの解析及びハニーポットによる実際の攻撃観測を実施し、数万件以上の攻撃に悪用されている ID/パスワードを収集した。これらの ID/パスワードの中にはランダム生成されたものも含まれるため、精査を行い調査効果の高いものを今後の追加候補として選定した。(令和3年度) • 既に IoT マルウェアに感染した IoT 機器を発見し、ユーザに対して注意喚起を行うために、機構が開発したサイバー攻撃観測システムである NICTER システムを活用して、1日平均 219 件の IoT マルウェア感染済み IoT 機器の観測結果を国内 ISP へ通知した。(令和3年度) • 広域スキャンによって収集したバナー情報から、パスワード設定不備以外の脆弱性の影響を受ける IoT 機器を調査した。特に、リモートワーク等の実現のために企業で用いられる VPN 機器の脆弱性について、バナー情報から脆弱性の有無を特定する手法を検討し、国内に残存する脆弱な VPN 機器を発見した。調査結果は総務省と情報共有を行った。(令和3年度) • 大規模な DDoS 攻撃に用いられるリフレクション攻撃に悪用可能な国内機器を調査し、リフレクション攻撃の踏み台となりうる機器を発見した。調査結果は総務省及び ISP と情報共有を行った。(令和3年度) • 新たに HTTP(S)の Basic/Digest 認証に対する特定アクセス試行を可能とする調査システムの新機能を開発した。(令和4年度) • 数十万台規模の HTTP(S)認証機器を調査可能とするために、ジョブキューシステムを採用した約 4,800 並列の特定アクセス処理を実現した大規模並列調査システムを開発した。開発したシステムを用いて、12,000 台以上の HTTP(S)のパスワード設定不備の機器を発見した。(令和4年度) • IoT 機器の WebUI には Basic/Digest 認証ではなく、ログインフォームを用いたフォーム認証が稼働する機器が存在する。これらのフォーム認証は Basic/Digest 認証とは異なり認証フローが規格で定められておらず、機器毎に異なる。そこで、HTTP(S)のフォーム認証が稼働する機器を調査で得られたバナー情報から探索し、発見したフォーム認証機器について実機調査を行い、フォーム認証の認証フローを明らかにした。それらの認証フローに対応した新たな特定アクセス機能のプロトタイプ	

		を開発した。(令和4年度) - 令和4年度まで調査対象としていた Telnet 及び SSH、HTTP(S)の Basic/Digest 認証に加えて、新たに HTTP(S)の Form 認証に対する特定アクセス試行を可能とする調査システムの新機能を開発し、調査を実施した。数十万台規模の HTTP(S)の Form 認証が稼働する国内機器に対する調査の結果、8,000 台以上の HTTP(S)のパスワード設定不備の機器を発見し、ISP へ通知を行った。(令和5年度) - 特定した機器に対して実機を用いた独自検証を行い、当該機器が不正アクセスされた際にマルウェア感染や DoS 攻撃への悪用等のリスクが無いことを確認するため、複数の実機を用意し、ログイン成功後に実行可能な悪用方法について検証を行った。結果として多数の機器において不正ログイン成功後の悪用が可能であり、特定の機器においては1台で 300Mbps を超える大量の DoS 通信を外部に向けて送信可能であることを明らかにした。(令和5年度) - NOTICE 事業は、当初は令和5年度末までの時限措置として規定されていたところ、機構法の改正により令和6年度以降は新しい NOTICE として事業内容を拡充しつつ継続実施となることが決定した。これを受けてナショナルサイバーオペレーションセンターでは、現在の事業の成果と、社会状況の変化等を踏まえた新しい NOTICE 事業の検討に取り組んだ。具体的には、既存の実施計画を改正法に即した形に改定するため、全面的な見直し作業を実施したほか、新設されるサイバーセキュリティ対策助言等業務の具体的な業務内容の検討を推進した。(令和5年度)	
⑥IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の促進(令和6年度以降) IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、NICT 法第14条第1項第7	(6)IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の促進(令和6年度以降) IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、国からの補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略等の政府の方針を踏まえ、機構法第14条第1項第7号ロの規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、サイバ	(6)IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の促進(令和6年度以降) ＜パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査と助言等＞ - IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機構の有する技術的知見を活用して、サイバーセキュリティの確保のための措置を十分に講じていないと認められる IoT 機器について、当該機器の管理者その他の関係者に対して必要な助言及び情報提供に関する業務を、総務省や関係機関と連携しつつ実施した。令和7年度においても、以下の令和6年度の主な取り組みと同様に、幅広い調査と通知に取り組む予定である。 - NOTICE に参画した国内 ISP84 社が保有する約 1.25 億 IPv4 アドレスに対して特定アクセス試行による調査を月1回の頻度で実施した。その結	(6)IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の促進(令和6年度以降) NOTICE に参画した国内 ISP84 社が保有する約 1.25 億 IPv4 アドレス(令和6年度末時点)に対して特定アクセス試行による調査を月1回の頻度で実施し、より広範かつ高度な調査を行うことができるよう総務省と連携して特定アクセスを実施する対象プロトコルの拡充等を検討しそれに応じた調査の高度化を進めたこと、そ

号口の規定に基づき、サイバーセキュリティの確保のための措置を十分に講じていないと認められるIoT機器について、当該機器の管理者その他の関係者に対して必要な助言及び情報提供に関する業務（同法第18条の規定に基づくパスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を含む。）を実施する。その際、本業務の重要性等を踏まえ、情報の安全管理に留意しつつ、関係機関と連携を促進するものとする。	の措置を十分に講じていないと認められるIoT機器について、当該機器の管理者その他の関係者に対して必要な助言及び情報提供に関する業務（同法第18条の規定に基づくパスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を含む。）を実施する。その際、本業務の重要性等を踏まえ、調査手法や情報の安全管理に留意しつつ、総務省や関係機関と連携を促進するものとする。	果、国内に存在するTelnet及びSSH、HTTP(S)のパスワード設定不備の機器を多数発見し、通知を行った。令和6年度においては、延べ183,066件のパスワード設定に不備等のある脆弱なIoT機器を注意喚起対象としてISPに通知した（令和6年度）。 - マルウェア感染済みの国内IoT機器からの攻撃活動を観測し、当該機器情報を日毎でISPへと通知を行った。令和6年度は1日平均で約800件のマルウェア感染済みIoT機器を検知し、通知を行った（令和6年度）。 - サイバー攻撃に悪用されるIoT機器として、DNS及びNTP、SSDPプロトコルを悪用したリフレクション攻撃の踏み台になり得るリスクのある機器を調査し、計21万件以上のISPに対する通知を行った。（令和6年度） - 注意喚起を受けて実際に機器の設定変更までの対応を完了するユーザが多くないことから、一般に募集するユーザを対象とした調査により、ユーザが注意を向ける対象や思考の過程を明らかにすることで、注意喚起から機器の設定変更の完了までの行動障壁を解明した。本調査の分析結果を元に、令和7年度にかけてNOTICEにおける新たな注意喚起の伝達方法や注意喚起文面を検討する。（令和6年度） ＜脆弱性等に関する新たな調査と助言等＞ - 助言及び情報提供に関する業務の実施に当たっては、パスワード設定の脆弱性に加え、ファームウェアの脆弱性等を有する機器、既にマルウェアに感染している機器が調査対象として規定されたことをふまえ、これらの脆弱性等に関する新たな通知の実施に取り組んだ。令和7年度においても、以下の令和6年度の主な取り組みと同様に、脆弱性等に関する新たな調査と通知に取り組む予定である。 - 数多く存在する脆弱性のうち、本事業においては外部から攻撃可能なセキュリティホール等のソフトウェアの脆弱性であり、かつ脆弱性の深刻度、普及台数、社会的な影響、攻撃への悪用可能性等の様々な観点から評価した脆弱性を調査の対象とした。機器に対して疑似攻撃コードを直接注入するといった検査方法は対象機器の動作を不安定にすることから、本調査では、従来行ってきたパスワード設定不備の調査におけるポートスキャン、バナー収集等の調査により機種が特定できた機器の情報をを用いて、独自に整備した脆弱性データベースと照合することで脆弱性の判定を行う方式とした。以上の取り組みにより、既存の調査システムをベースとしつつファームウェア脆弱性に対応した新たな調査環境を構築し、国内の数十万台の脆弱な機器の検知を可能とする大規模な調査を実現した。（令和6年度）	の結果、国内に存在するTelnet及びSSH、HTTP(S)のパスワード設定不備の機器を多数発見し通知を行ったこと、マルウェア感染済みの国内IoT機器からの攻撃活動を観測し、当該機器情報を日毎でISPへと通知を行ったこと、助言及び情報提供に関する業務の実施に当たっては、パスワード設定の脆弱性に加え、ファームウェアの脆弱性等を有する機器、既にマルウェアに感染している機器が調査対象として規定されたことを踏まえ、これらの脆弱性等に関する新たな通知の実施に取り組んだこと、既存の調査システムをベースとしつつファームウェア脆弱性に対応した新たな調査環境を構築し、国内の数十万台の脆弱な機器の検知を可能とする大規模な調査を実現したことなど、社会的価値、我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものかのそれぞれの観点で非常に優れた成果といえる。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

		- 構築したファームウェア脆弱性の調査環境を活用し、令和6年度においては4件のファームウェア脆弱性を対象として調査を実施し、計 87,005 件の通知を ISP に対して送付した。NICTER 解析チームと連携することで、実際の攻撃事例に基づいたファームウェア脆弱性に関する調査を推進したほか、複数の IoT 製品ベンダと連携して対処を進めたことで、対象機器の注意喚起数について短期的に大幅な減少が見られるなど、顕著な効果が見られた。(令和6年度) - NISC による横断的 ASM 事業の一環として、機構において令和6年度に NOTICE による政府機関向け ASM サービス(NOTICE-ASM)を試験的に開始した(令和6年度)。機器の情報(シグネチャ)をより大規模かつ効率的に収集し、NCO の調査分析能力を向上することで NOTICE 事業の成果の最大化を目指す、NOTICE ヘルスチェックサービス(仮称)の検討を進めた。本サービスでは、ユーザとの契約の下、ユーザのネットワーク環境内において使用する機器の情報を収集する一方、当該機器の設定状況の確認、製品サポート状況に関する情報をユーザに提供する。この取り組みにより様々な機器のシグネチャを従来よりも効率的に収集した。(令和6年度) - NOTICE で得られた知見に基づき、通信事業者や行政機関等の組織を対象とした高度分析情報提供基盤の検討と設計作業を推進した。本システムでは、通信事業者、行政機関等における注意喚起や自己対処を促進するため、調査結果の詳細な分析結果を提供する。具体的には、個別の IP アドレスに関するセキュリティ履歴や保有機器の脆弱性情報等、各組織におけるセキュリティ対応に資する情報をリアルタイムに提供する。令和6年度は本システムのサービス形態やシステム設計作業を推進した。(令和6年度)	【社会的価値】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 - より広範かつ高度な調査を行うことができるよう、総務省と連携して特定アクセスを実施する対象プロトコルの拡充等を検討し、それに応じた調査の高度化を進めたこと。 - IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機構の有する技術的知見を活用して、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を総務省や関係機関と連携しつつ実施したこと。 - 助言及び情報提供に関する業務の実施に当たっては、パスワード設定の脆弱性に加え、ファームウェアの脆弱性等を有する機器、既にマルウェアに感染している機器が調査対象として規定されたことをふまえ、これらの脆弱性等に関する新たな通知の実施に取り組んだこと。令和7年度においても、以下の令和6年度の主な取り組みと同様に、脆弱性等に関する新たな調査と通知に取り組む予定であること。 - パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査と助言等IoT機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機

構の有する技術的知見を活用して、サイバーセキュリティの確保のための措置を十分に講じていないと認められるIoT 機器について、当該機器の管理者その他の関係者に対して必要な助言及び情報提供に関する業務を、総務省や関係機関と連携しつつ実施したこと。令和7年度においても、以下の令和6年度の主な取り組みと同様に、幅広い調査と通知に取り組む予定であること。

【取組が我が国全体のサイバーセキュリティ対応能力強化に貢献するものとして計画に従って着実に実施されたか】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機構の有する技術的知見を活用して、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を総務省や関係機関と連携しつつ実施したこと。
- より広範かつ高度な調査を行うことができるよう、総務省と連携して特定アクセスを実施する対象プロトコルの拡充等を検討し、それに応じた調査の高度化を進めたこと。
- 助言及び情報提供に関する

業務の実施に当たっては、パスワード設定の脆弱性に加え、ファームウェアの脆弱性等を有する機器、既にマルウェアに感染している機器が調査対象として規定されたことをふまえ、これらの脆弱性等に関する新たな通知の実施に取り組んだこと。令和7年度においても、以下の令和6年度の主な取り組みと同様に、脆弱性等に関する新たな調査と通知に取り組む予定であること。

- パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査と助言等IoT機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、機構の有する技術的知見を活用して、サイバーセキュリティの確保のための措置を十分に講じていないと認められるIoT機器について、当該機器の管理者その他の関係者に対して必要な助言及び情報提供に関する業務を、総務省や関係機関と連携しつつ実施したこと。令和7年度においても、令和6年度の主な取り組みと同様に、幅広い調査と通知に取り組む予定であること。

なお、この評定は、以下の「(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2)見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。

(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解

1. 開催日 令和7年4月14日(月) 10時00分～18時00分

2. 委員名簿

安浦 寛人	委員長	国立情報学研究所 副所長
安藤 真	委員	東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
米藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(サイバーセキュリティ分野について)

- 自己評価(年度評価S、見込評価S)は妥当である。
- 急増するサイバー攻撃から社会システム等を守るサイバーセキュリティ分野の技術の高度化の研究開発等に取り組むとともに、マルウェアの感染拡大の活動を早期に検知する技術を開発し、政府系システムの状況をモニタリングできる体制を構築したことを高く評価する。
- DeepProtect による不正送金検知の実証実験などを行い、社会的な影響が大きい分野や国でしかない分野での社会実装が着実に進んでいることを高く評価する。また、AI や量子計算など新しい技術にも対応した国産技術への展開を期待する。
- CYDER 等の演習を実施し、機構の技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的なサイバートレーニングを企画・推進し、SecHack365 では修了生のコネクション維持・向上を目的とした魅力的な企画を実施し、産業界や大学の若手を発掘して人材のエコシステムの構築に貢献できていることを高く評価する。
- 核となる技術に対して象徴的キーワードになる名称を付けて、研究をそれに志向させるようにしながら、対外的なアピールもしていることも評価したい。
- 第5期期間の初年度に比べ、サイバーセキュリティ分野は人員的に増えたが、常に進歩する分野であるため、今後の体制についても、しっかり考えてほしい。国家と社会の情報基盤の安全性を確保するために必要な予算と人員、体制の構築の努力を続けてほしい。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府

や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。

- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評定、年度 S 評定で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価) 項目別自己評価書(No.4 ユニバーサルコミュニケーション分野)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー1. ー(4)ユニバーサルコミュニケーション分野		
関連する政策・施策	ー	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第一号
当該項目の重要度、難易度	重要度:高	関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※5					
	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
査読付き論文数	－	70	72	87	67		予算額(百万円)	10,884	20,360	22,140	33,440	
招待講演数※1	－	7	2	21	16		決算額(百万円)	4,970	4,153	8,722	8,311	
論文被引用総数※2	－	6	4	1	1		経常費用(百万円)	5,533	11,828	7,004	6,323	
過年度発表を含む論文被引用総数※3	－	6	49	167	141		経常利益(百万円)	△316	△281	△298	△412	
実施許諾件数	－	58	62	63	51		行政コスト(百万円)	5,665	12,858	8,190	7,523	
報道発表件数	－	2	1	1	1		従事人員数(人)	28	29	33	38	
共同研究件数※4	－	17	16	13	23							
標準化や国内制度化の寄与件数	－	0	0	1	9							
標準化や国内制度化の委員数	－	0	0	0	2							

※1 招待講演数は、招待講演数と基調講演数の合計数

※2 当該年度に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※3 過去3年間(ただし、今中長期期間の始期である令和3年度以降を対象とし、令和3年度は1年間、令和4年度は2年間とする)に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※4 当該年度以前に契約し、契約が実施されている共同研究契約件数(当該年度の3月末調査)。

※5 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1-4. ユニバーサルコミュニケーション分野 我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「社会(価値)を創る」能力として、人工知能等の活用によって新しい知識・価値を創造していくための基礎的・基盤的な技術が不可欠であることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに、研究開発成果の普及や	1-4. ユニバーサルコミュニケーション分野 誰もが分かり合えるユニバーサルコミュニケーションの実現を目指して、音声、テキスト、センサーデータ等の膨大なデータを用いた深層学習技術等の先端技術により、多言語コミュニケーション技術、社会知コミュニケーション技術、スマートデータ活用基盤技術の研究開発を実施する。また、多様なユーザーインターフェースに対応したシステムの社会実装の推進等に取り組む。これらにより、Beyond 5G 時代に向けて、ICT を活用した様々な社会課題の解決や新たな価値創造等に貢献する。	<評価軸> - 研究開発等の取組・成果の科学的意義(独創性、革新性、先導性、発展性等)が十分に大きなものであるか。 - 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 - 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組(技術シーズを実用化・事		評価	S
				1-4. ユニバーサルコミュニケーション分野 誰もが分かり合えるユニバーサルコミュニケーションの実現を目指して、人工知能等の活用によって新しい知識・価値を創造していくための研究開発を推進する中長期目標に対して、今中長期期間では多言語コミュニケーション技術における 2025 年大阪・関西万博に向けた社会実装の推進と、社会知コミュニケーション技術における大規模言語モデルに関連する技術強化と社会的価値創造に重点をおき、特に、多言語コミュニケーション技術では、前倒しで機構技術を用いた多数の製品・サービスが商用導入され、公共サービスを含めて活用されるとともに、大きな目標であった 2025 年大阪・関西万博で利用される見込みであることなど、公共サービスを含め幅広く多言語コミュニケーション技術の社会実装が進展していること、また、社会知コミュニケーション技術においては、日本の文化やアイデンティティに忠実	

社会実装を目指すものとする。		業化に導く等)が十分であるか。 <指標> 【評価指標】 • 具体的な研究開発成果 • 研究開発成果の移転及び利用の状況 • 共同研究や産学官連携の状況 • データベース等の研究開発成果の公表状況 • (個別の研究開発課題における)標準や国内制度の成立寄与状況 【モニタリング指標】 • 査読付き論文数 • 招待講演数		な LLM の開発に貢献する 22.9TB の日本語事前学習データを構築し、さらに、3,110 億パラメータの世界最大級日本語 LLM を構築したこと、計画時には想定していなかった LLM の急激な進化を受けて、LLM をはじめとする多様な AI を統合し、多くの情報を含み有用なテキストを出力するこれまでにない汎用ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を開発したこと、ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を活用して尖った仮説生成、情報の裏取り、反論生成等の機能を実装し、現在の LLM が抱える創造性、多様性、信頼性の欠如といった課題解決に向けた良好な結果を得たこと(見込み)など、計画を大きく超えて社会知コミュニケーション技術の科学的意義、社会的価値の創造が進んでいることなどは非常に優れた成果といえる。 以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、また「研究開発成果の最大化」に向けた特に顕著な成果の創出等が得られたと認め、評定を「S」とした。
(1)多言語コミュニケーション技術 「グローバルコミュニケーション計画 2025」(令和2年3月)	(1)多言語コミュニケーション技術 「グローバルコミュニケーション計画 2025」(令和2年3月31日総務省)に基づき、文脈や話者の意図、周囲の状	• 論文の合計被引用数 • 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数(実施許諾	(1)多言語コミュニケーション技術	(1)多言語コミュニケーション技術 「グローバルコミュニケーション計画 2025」に基づき、2025 年大阪・関西万博も見据えた自動同時通訳の実現、並びに政策に即した重点対応言語の充実・拡大を実施し、同時通訳システムの社会実

31 日総務省)に基づき、文脈や話者の意図、周囲の状況等の多様な情報源も活用した、ビジネスや国際会議等の場面においても利用可能な実用レベルの自動同時通訳を実現する多言語コミュニケーション技術を研究開発する。政府の外国人材受入れ・共生政策や観光戦略等を踏まえた重点対応言語の充実・拡大、2025 年大阪・関西万博も見据えた新たな社会ニーズや多様なユーザーインターフェースに対応した同時通訳システムの社会実装の推進等にも取り組む。		件数等) • 報道発表や展示会出展等の取組件数 • 共同研究件数 • (個別の研究開発課題における)標準化や国内制度化の寄与件数		装を推進する中長期目標に対して、2025 年大阪・関西万博に向けた社会実装に重点をおいて業務を推進し、特に、前倒しで機構技術を用いた多数の製品・サービスが商用導入され、公共サービスを含めて活用されるとともに、大きな目標であった 2025 年大阪・関西万博で利用される見込みであることは非常に優れた成果といえる。なお、科学的意義の観点で、世界で初めて同時通訳の評価の基盤として通訳誤りに関するスコアをデータ化したこと、インド 22 指定言語と英語の任意言語双方向の翻訳エンジン、対訳コーパス、ベンチマークを世界で初めて一般に公開したこと、社会的価値の観点で、科学技術論文専用の翻訳エンジン、日本語検索を公開したこと、機構技術を利用した民間製品が新型コロナウイルスワクチン接種会場での在留外国人対応に活用されたことなども非常に優れた成果といえる。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。
(ア)音声コミュニケーション技術	(ア)音声コミュニケーション技術 旅行、医療、防災等を含む日常会話の音声認識精度・音声合成音質が実用レベルに達している重点言語に関して、ビジネスや国際会議での講演及び議論等の音声を実		(ア)音声コミュニケーション技術 ①音声コーパスの構築 • 模擬講演・会議の音声コーパスについて、最重点言語(日英中)、次ぐ重点言語(韓越仏インドネシア、フィリピン、ブラジル)は 700 時間の目標を達成、その他重点言語も 350 時間の目標を達成した。 • LLM 技術の急速な進展にともない音声認識モデルも急速に大規	【科学的意義】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 世界で初めて(令和4年度当

用的な精度で自動文字化する音声認識技術を実現するため、①特に重要となる最重点言語(日英中等)に関して各言語 700 時間程度、その他の重点言語に関して各言語 350 時間程度の音声認識用音声コーパスの構築、②音声認識エンジンの低遅延化及び明瞭度が中程度の発声に対する精度の向上、③音声／非音声、複数話者、複数言語が混在するオーディオストリームから発話内容を自動文字化する技術の確立を目指す。

模化したことに対応するため、日英オープンデータ計 57,500 時間の整備を完了し、会話スタイルの音声コーパスの拡充のため、日本語会話 500 時間、英語会話および自発発話 2,000 時間のコーパスを調達、整備した。

②音声認識エンジンの低遅延化および認識精度向上

- 従来方式(非 end-to-end 型)の音声認識において、単語の認識結果が返るまでの時間として発話頭で 2.45 秒、それ以外で 2.12 秒を実現した。
- 日本語、韓国語、ベトナム語、フィリピン語、ブラジルポルトガル語で音声認識結果を問題なく読んで理解できるレベル(人間レベル)、それ以外の言語で音声認識結果を読んで十分に理解できるレベル(実用レベル)の認識精度を達成し、VoiceTra で一般公開するとともに、民間企業 14 社に商用ライセンスを供与した。大阪・関西万博用サービスにも提供した(見込み)。
- 従来型の音声認識方式と end-to-end 型の音声認識方式を組み合わせることにより入力時間長の制限なくストリーミング処理可能な音声認識エンジンを開発した。
- LLM 技術の急速な進展にともない音声認識モデルも急速に大規模化したことに対応し、日本語、英語で約7億のパラメータ数を有する大規模音声認識モデルを構築し、Open AI Whisper 等の世界トップレベルの音声認識エンジンと同等もしくはそれ以上の性能を達成した。

③オーディオストリームの自動文字化

- 音素連鎖の特徴を利用した Transducer-based language embedding による言語識別技術を開発し、インドメインデータだけでなく、クロスドメインデータにおいても誤認識率を大幅に改善した(17.7% → 9.3%)。商用向けモデルも開発・リリースした。
- 話者識別技術を開発し、議事録作成支援システムを実装した。NICT 内部および総務省にて試用されている。
- 大規模言語モデルの知識を音声認識タスクに活用するため、Optimal Transport に基づいた音声表現と言語表現のアライメント手法を提案し、学会の標準的テストセットである AIShell-1 データセットで SOTA の結果を達成した。最難関の国際会議に採用され(IEEE ASRU2023, ICASSP2024, SLT2024)、また、Interspeech2024 でチュートリアルを行った。

時)、同時通訳の評価の基盤として『通訳課題文(入力)と、異なるレベルの被験者による通訳結果(出力)と、入力と出力の対を参照して判定される通訳誤りに関する、(複数の評価者による)スコア』をデータ化し、科学的・工学的研究の基盤を作成したこと。また、本コーパスが、総務省委託研究開発において、自動同時通訳の評価に活用されたこと。

- インド 22 指定言語と英語の任意言語双方向の翻訳エンジン、対訳コーパス、ベンチマークを世界で初めて一般に公開したこと。また、機構の研究者が Research Lead として参画し、対訳コーパスの公開など大きな成果を上げ、IndicTrans2 を活用して、みんなの自動翻訳@TexTra から、日本語⇄インド諸語の機械翻訳も可能になったこと。また、IIT Madras との共同研究により、インド公用語 22 言語の事前学習データ(2510 億トークン)と指示データ(7480 万)を作成し、最難関国際会議 ACL 2024 で Outstanding Paper Award を受賞したこと。
- 大規模言語モデルの知識を音声認識タスクに活用するため、Optimal Transport に基づいた音声表現と言語表現のアライメント手法を提案、AIShell-1 データセットで SOTA の結果を達成し、最難関の国際会議などに採択さ

また、同重点言語に関して、翻訳結果を円滑に伝達する音声合成技術を実現するため、④肉声レベルの音声合成技術の確立、⑤自然性劣化の少ない声質制御技術の確立を目指す。

さらに、旅行、医療、防災等を含む日常会話の音声認識精度・音声合成音質の実

- 複数音声タスク(言語識別、話者識別音声認識)に対応する 80 億パラメータの大規模音声モデルを試作した。商用モデルと性能を比較したところ、音声認識精度に関しては、日本語で同等、英語、中国語、韓国語において5%~16%、言語識別精度に関しては、69%の改善が得られた。計算速度は、GPU を使用した場合の RTF(リアルタイム比)が 0.2 程度であり、商用モデルと同等であった。この結果により LLM を活用した音声認識の有効性が確認された。
- 新規言語の音声認識に少量コーパスで対応する手法の確立を目指して、ユニバーサルモデル(1モデルで複数言語に対応)のアダプテーションにより新規言語に対応する手法の実用性を検証した(見込み)。

④肉声レベルの音声合成技術

- 画像識別の分野で用いられる ConvNeXt 型ネットワークを導入し、肉声レベルの音質を有しつつ超高速処理可能(ミドルレンジのスマートフォンに搭載した場合遅延時間 0.5 秒で合成音を出力可能)な音声合成技術を実現した。その成果を VoiceTra で一般公開するとともに、民間企業等に商用ライセンスを供与した。この技術を万博用サービスにも提供した(見込み)。
- 新規言語の音声合成に少量コーパスで対応する手法の確立を目指して、ユニバーサルモデル(1モデルで複数言語に対応)のアダプテーションにより新規言語に対応する手法の実用性を検証した(見込み)。
- 新規言語対応作業の効率化を目指して複数の言語についてノーマライズ(数値のスペルアウト等の処理)以外のテキスト処理を現行のルールベース方式からニューラルネットモデルに変更し、処理精度を検証した(見込み)。

⑤自然性劣化の少ない声質制御技術

- 日本語および英語の複数話者コーパスを構築し、話速及び声の高さを制御可能な平均オピニオン評点(MOS)値 4.0 を実現する声質変換モデルを開発した。

⑥日常会話の音声認識用音声コーパスの構築

- ネパール語 1,092 時間、クメール語 1,240 時間、モンゴル語 1,092 時間、ロシア語 1,277 時間、アラビア語 1,398 時間、ヒンディー語

れたこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 科学技術論文専用の翻訳エンジンを構築し公開したところ、精度が評価されて複数社に技術移転できたことに加え、特許や論文の自動翻訳ビジネスで活用されていること。PubMed と arXiv の日本語検索を開始し、大量の文献情報を日次で更新しており、他の1分野(経済学)での論文の日本語検索を実施した(見込み)こと。
- 翻訳バンクの活動で収集したデータを翻訳精度の底上げに活用した結果、機構の知的財産を利用したシステムが全省庁における法令翻訳に活用されること。また、ソースネクスト(株)の「POCKETALK S」、凸版印刷(株)の「VoiceBiz」、コニカミノルタ(株)の「MELON」が新型コロナウイルスワクチン接種会場での在留外国人対応に活用されるなど、急遽発生した社会課題にも迅速に対応したこと。
- LLM 技術の急速な進展にともない音声認識モデルも急速に大規模化したことに対応し、Open AI Whisper 等の世界トップレベルの音声認識エンジンと同等もしくはそれ以上の性能を達成したこと。

	用レベルへの強化が必要な重点言語に関して、日常会話等の実用的な音声翻訳に対応するため、⑥各言語 700 時間程度の音声認識用音声コーパスの構築、⑦音声認識エンジンの高精度化、⑧実用的な音質の音声合成技術の確立を目指す。	2,481 時間、ドイツ語 1,266 時間、イタリア語 1,627 時間、ウクライナ語 1,198 時間の音声コーパスを構築した。 • 音声認識の高精度化に必要な多言語辞書について、日本語 45 万語、英語 44 万語等、開発対象 21 言語全てで6万語以上、総計 500 万語量の多言語辞書を構築した。 • 中長期計画において計画していたフィリピン語、ネパール語、クメール語、モンゴル語の音声認識について音声認識結果を読んで十分に理解できるレベル(実用レベル)の精度を実現し、VoiceTra で一般公開するとともに、民間企業等に商用ライセンスを提供した。また、万博でも利用された(見込み)。 • 計画を上回る成果として、ロシア語、アラビア語、ヒンディー語、ドイツ語、イタリア語、ウクライナ語についても高い音声認識精度を実現し、VoiceTra で一般公開するとともに、民間企業等に商用ライセンスを提供した。特にウクライナ語に関しては、政府からの要請を受けて3ヵ月で音声認識モデルを開発し、VoiceTra で一般公開した。	【社会実装】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 • 国際金融翻訳モデルの技術移転により、産業界に利用を拡大し、特に金融庁においても国際金融翻訳モデルが利用されたこと。また、東京都からの委託を獲得して更なる日英対訳の適応モデルを開発したこと(見込み)。 • 翻訳バンクにより構築された大規模な対訳を用いて多様な分野の翻訳エンジンを構築、技術移転を達成し、法務省向け法令翻訳システム、特許庁での特許翻訳システム、金融庁での金融翻訳システムなど、技術移転された機械翻訳エンジンが、多様な分野で活用されていること。 • 機構の同時通訳技術を活用した商用サービスが複数開始、商用導入され、大阪・関西万博でも複数の民間企業のシステムに活用される見込みであること。また、機構の技術を活用した商用製品・サービスが新たに 36 件(令和3年度から令和6年度末まで)生まれこと。さらに多言語音声翻訳や同時通訳の知的財産を整備し、多数の分野・業界でライセンス先の製品・サービスの利用が拡大し、機構の研究開発成果であるソフトウェアやデータベースの直接ライセンスは計 48 件(40 者)に上り、機構全体の知財収入の7割から8割強となって
(イ)自動同時通訳技術	(イ)自動同時通訳技術 ビジネスや国際会議等の場面に対応した実用的な自動同時通訳技術を実現するため、①低遅延の自動同時通訳を実現するための入力発話の分割点検出技術、要約等外部処理と翻訳との融合を行う技術の確立、②様々な分野における多言語の情報を日本語のみで受発信可能とする翻訳技術の確立、③対訳データ依存性を	(イ)自動同時通訳技術 ①分割点検出技術、要約等外部処理と翻訳との融合を行う技術 • 多言語の同時通訳データについて、最終目標の 15 言語(日本語、英語、中国語、韓国語、ベトナム語、インドネシア語、フィリピン語、ブラジルポルトガル語、フランス語、スペイン語、タイ語、ミャンマー語、ネパール語、クメール語、モンゴル語)を構築し、そのデータに(文より短い)分割点を深層学習する技術を適用し、多言語で高精度かつ低遅延の自動同時通訳を実現した。また、多言語を要約する技術も研究開発・技術移転し、これらの外部処理と翻訳の融合を行う技術を確認し、複数企業へ技術移転を達成した。令和6年には、民間製品化の第1号が上市された。この製品は、スタンドアローンで自動同時通訳ができるユニークな製品であり、機構の技術が高度なことを示している。また、令和7	

最小化する技術の確立、④一文を越えた情報(文脈、話者の意図、周囲の状況等)を利用して翻訳精度を高める技術の確立、⑤自動同時通訳の評価技術の確立を目指す。

年度には、15 言語を超えた言語数(追加3言語)について、自動同時通訳エンジンを構築した(見込み)。

②様々な分野における多言語の情報を日本語のみで受発信可能とする翻訳技術

- 専門性の高い英文論文の集積である PubMed や arXiv を基に科学技術論文を日本語に MTPE(具体的には、機構の高精度の自動翻訳システムで英日翻訳し少数の誤訳を人手で修正)することで日本語と英語のデータ収集を進め、汎用モデルをカスタマイズ(ファインチューニング)して、科学技術論文専用の高精度自動翻訳モデルを構築し「みんなの自動翻訳@TexTra」サイトで公開したところ、精度が評価され複数社に技術移転され特許や論文の自動翻訳ビジネスで活用されている。
- 前記翻訳エンジンを活用し、PubMed と arXiv の日本語検索を開始した。令和6年8月末時点で、arXiv 215 万件、PubMed 3,765 万件と大量の文献情報を日次で更新している。また、令和7年度には、他の1分野(経済学)での論文の日本語検索を実施した(見込み)

③対訳データ依存性を最小化する技術

- 令和3年度には、対訳データ量が少ない言語の翻訳精度を一定程度にするため、ユニバーサル翻訳モデルとして学習し、ウクライナ語も含め 31 言語×30 言語の多言語 NMT を技術移転した。また、令和5年度には、万博協会からの依頼により、日英中韓越仏の任意2言語間の自動同時通訳が必要となったが、チャンク分割とユニバーサル翻訳モデルの統合により実現し、技術移転した。
- インド 22 指定言語と英語の任意言語双方向の翻訳エンジン、対訳コーパス、ベンチマークを世界で初めて一般に公開(インド工科大学マドラス校による AI4Bharat initiative との協業)
- 公開の主体は AI4Bharat であるが、機構の研究員が Research Lead として参画しており、
- (A)対訳コーパスの公開:2.3 億文の英語とインド指定言語の対訳コーパス
- (B)翻訳評価テストセットの公開:22 指定言語の世界初のベンチマーク
- (C)MT の公開:英語とインド指定 22 言語任意双方向間の翻訳エ

いること。

ンジン IndicTrans2

という大きな成果を上げている。また、IndicTrans2を活用して、みんなの自動翻訳@TexTra から、日本語⇄インド諸語の機械翻訳も、PIVOT 翻訳により可能になった。

更に、令和6年度には、IIT Madras との共同研究により、インド公用語 22 言語の事前学習データ(2,510 億トークン)と指示データ(7,480 万)を作成した。これは、事前学習データを Web サイト、PDF、動画等からノイズ除去して収集するパイプラインを構築し、指示データは、既存データを利用する他、英語の指示データを翻訳したり、Wikipedia や WikiHow から LLM を利用して会話データを作成した。また、データやソフトウェアをオープンソースとして公開した。

最難関国際会議 ACL 2024 で Outstanding Paper Award を受賞した。

④一文を越えた情報を利用して翻訳精度を高める技術

- マルチモーダル同時通訳の研究として、動画をストリーミング(発話1文終了後1秒程度)で同時通訳する自動吹替技術を世界初(令和5年当時)で開発し、論文発表とともに、けいはんな R&D フェア 2023 で一般に公開した。

- 同時通訳技術を応用し、世界で初めて、ストリーミングに対応した自動吹替技術(マルチモーダル同時通訳技術)を開発

1. 動画中の音声を認識し、同時通訳技術で文単位に分割

2. 文単位に機械翻訳し、合成音声を作成

3. 画像表示の速度を変えて、合成音声と画像を同期

- 動画の1文発話長平均が 10.76 秒のとき、平均 11.90 秒の遅れ(1文発話終了後1秒程度の遅れ)で動画視聴

- 最難関国際会議 ACL 2023 のデモペーパーとして発表

令和6年度には、更に、OCR を活用して、スライド中の説明文字列を自動翻訳して、スライドに翻訳結果を埋め戻す技術を開発した。

⑤自動同時通訳の評価技術

- 同時通訳の技能は科学的・工学的には分析されてこなかった。本研究は自動化した同時通訳の到達レベルを示す計画であり、通訳レベル評価の手順を確立する必要がある。

- また、社会実装を着実に進めるため、⑥多様な分野でも利用可能な多言語自動翻訳の実現に向けた翻訳バンクによる大規模な対訳の構築、⑦旅行、医療、防災等を含む日常会話の翻訳品質の実用レベルへの強化が必要な重点言語を含めた対訳コーパスの構築を図る。

- ー 同時通訳のエージェントとクライアントの間で長年運用されてきた通訳レベルを勘案し、A、B、C の3段階のレベルを設定。
- ー 本研究では、エージェント以外が客観的にレベルを評価できるようにするために、通訳課題文(入力)と、異なるレベルの被験者による通訳結果(出力)と、入力と出力の対を参照して判定される通訳誤りに関する、(複数の評価者による)スコアをデータ化した(令和4年度当時世界初)。

高度な英語力を有する通訳者の間に存在するレベル差を識別しうる高難度の課題文の作成方法や誤りの評価基準などについて、先行事例が全く無い中、実験を繰り返して改良してきた手法である。

本コーパスは、総務省委託研究開発において、自動同時通訳の評価に活用された。

- 次期中期計画を見据えて、多言語 LLM の評価データを作成するとともに、LLM を活用した機械翻訳の基盤的な研究を進めることにより、対訳データ量が少ない言語の翻訳精度を向上するとともに、広い文脈を考慮した機械翻訳が達成された(見込み)。

⑥翻訳バンクによる大規模な対訳の構築

- 令和3年度に金融庁の委託で金融専門対訳(日英)を構築し、汎用NTをアダプテーションして高精度翻訳エンジン(国際金融翻訳モデル)を構築した。令和4、5年度は、国際金融翻訳モデルの技術移転により、産業界に利用を拡大し、特に、金融庁においても国際金融翻訳モデルが利用された。令和6年度は、東京都/国際金融都市戦略室からの委託により、決算短信の日英対訳を構築し、適応モデルを開発した。
- 翻訳バンクにより構築された大規模な対訳を用いて、多様な分野の翻訳エンジンを構築し、技術移転を達成した。法務省向け法令翻訳システム、特許庁での特許翻訳システム、金融庁での金融翻訳システムなど、技術移転された機械翻訳エンジンが、多様な分野で活用されている。

⑦重点言語を含めた対訳コーパスの構築

- 旅行、医療、防災等を含む日常会話を対象とした話し言葉の自動翻訳の需要は強い。前中長期計画期間において、実用レベルの翻訳品質を達成する基盤として大規模な話し言葉の対訳デー

			タの構築が有効であることを異なる 10 言語を対象として検証できたことを踏まえ、令和6年度までに、21 言語(日本語、英語、中国語、韓国語、ベトナム語、インドネシア語、フィリピン語、ブラジルポルトガル語、フランス語、スペイン語、タイ語、ミャンマー語、ネパール語、クメール語、モンゴル語、ロシア語、アラビア語、ヒンディー語、ドイツ語、イタリア語、ウクライナ語)について日常会話コーパスを構築した。R7 年度には、さらなるアウトバウンド展開に向けた検討で重要な追加2言語(ベンガル語・タミル語)で、日常会話コーパスを構築した(見込み)。	
(ウ)研究開発成果の社会実装	(ウ)研究開発成果の社会実装 2025 年大阪・関西万博を見据え、新たな社会ニーズや多様なシーンを想定したユーザインターフェースの活用を踏まえつつ、①グローバルコミュニケーション開発推進協議会等の産学官の関係者が集う場の活用、②開発した技術を利用したサービスやこれと様々な技術とを組み合わせ合わせたサービスの事業化等を希望する企業等に対する実証実験への支援、技術の試験的な提供等、③実証実験等で得られた課題や知見の研究開発へのフィードバック、④企業等が事業化に至る場合の技術のライセンス提供等による技術移転等着実な社会実装の推進、⑤開発した技術の社会実装に結びつくソフトウェアの開発及び運用により、(ア)及び(イ)の研究開発成果である自動同時通訳技術又はこれと様々な技術が連携したシス	(ウ)研究開発成果の社会実装 ①産学官の関係者が集う場の活用 ・2025 年大阪・関西万博も見据え、今中長期期間中にわたり、産学官連携拠点として、グローバルコミュニケーション開発推進協議会(以下「GCP 協議会」という。)(228 会員(令和7年3月末時点)の事務局を運営し、会員を主な対象として、総会、普及促進部会、技術部会などの各種会合を開催した。会員・部会員に対して、最新技術の研究開発動向、株式会社海外通信・放送・郵便事業支援機構(JICT)の事業内容や、多言語翻訳技術に関する欧州及びアジアの事例及び市場の動向調査の結果の紹介、2025 年日本国際博覧会協会からの情報提供等を実施した。 ・万博後に向け、協議会の枠組で、さらなるアウトバウンド展開に向けた検討も開始した。 ・毎年度、自動翻訳シンポジウムを一般も対象として開催し、それぞれ約 400 名から 600 名の参加があった。多言語翻訳技術の自治体や教育分野をはじめとする実社会での活用事例、最新技術の研究開発動向、アフターコロナのインバウンド需要の状況等の講演を行って技術の需要を喚起するとともに、企業・団体によるオンライン・リアル展示等を行い、多言語翻訳技術及び自動同時通訳技術のニーズの把握と普及促進を行った。 ・これらにより、国内市場の活性化及び民間企業の海外進出を見据えた多言語翻訳技術及び自動同時通訳技術の社会実装を促進した。 ・CEATEC 等の展示会への出展、中高生を対象としたハッカソン・アイデアソンの実施、大阪・関西万博に関連する議員団や府省の視察対応、東京都主催の障がい者スポーツ関連イベントにおける聴覚障がい者向け情報保障の実証実験の実施、自動翻訳		

テムや各技術の社会実装の推進を図る。

シンポジウムでの講演、GCP 協議会会員を対象とした講演、関連府省庁や 2025 年日本国際博覧会協会からの依頼を受けての G7 群馬高崎デジタル・技術大臣会合、G7 富山・金沢教育大臣会合、G7 堺・大阪貿易大臣会合、国際連合主催のインターネット・ガバナンス・フォーラム京都 2023 への出展等、様々な機会を捉え、研究開発成果及び蓄積した知財の有用性の周知を図った。

- CEATEC2024 では、日本語又は英語による機構の 10 件の展示内容の紹介をリアルタイムで3言語(英中韓又は日中韓)に同時通訳するデモを実施し、数千人の来場者にアピールした。
- イベントなどの際に、エリアによって異なる音を提示可能な音声マルチスポット再生技術を用いた「音声マルチスポット再生スピーカ」を併せてデモすることにより、同時通訳技術の活用 of 具体的なイメージを示した。

②実証実験への支援、技術の試験的な提供等

③課題や知見の研究開発へのフィードバック

- 東京 2020 オリンピック・パラリンピック協議会での活用を機構として推進・支援し、東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会において、ボランティア向けの冊子に VoiceTra や機構の技術を利用している製品・サービスが紹介され、活用された。また、都内の競技会場や選手村等に、機構の技術を利用しているポケットク(株)の POCKETALK が約 300 台配備された。
- 実証実験を通じた公共応用に関して、警察関連では、令和3年度に 15 道府県警で VoiceTra が利用され、機構の技術を用いた独自のオンプレの利用も進んだ。令和6年度も6道府県警で利用が継続されている。機構の技術を用いた警察庁のシステムは、全国 47 都道府県警察で利用されている。
- 消防関連では、消防研究センターと共同で開発した救急隊用多言語音声翻訳アプリ「救急ボイストラ」が 47 都道府県の 720 本部中 690 本部(95.8%)の消防本部で導入された(令和7年1月1日時点)。
- これらにより安全な社会生活を支える応用などへの展開が更に進展した。
- 総務省委託「多言語翻訳技術の高度化に関する研究開発」の成果の社会実装・利活用に向け、GCP 協議会会員に対し、成果である同時通訳 API、基本アプリ、UI デザインルールの試験提供を実施するとともに、GCP 協議会 HP において UI デザインルール

を広く一般に提供した。

- 同成果を活用した同時通訳システムについて、大阪・関西万博における活用や社会実装のため、万博の紹介イベントや、半導体分野の大規模な国際展示会等、実利用に近い環境での実証実験を同委託の枠組で複数回実施した。さらに、同時通訳スタンドアローンシステムを試作し自動翻訳シンポジウムの展示会等で公開した。
- 音声マルチスポット再生スピーカについて、民間企業とも協働し複数の一般向け展示施設で実証実験を実施した。
- これらの実証実験を通じ、専門用語や固有名詞の収集・登録フローの課題や、副作用を抑制する運用方法等の検証を実施し研究開発にフィードバックして、音声認識精度の向上に貢献するとともに、今後の社会実装のための有用な知見を得た。
- 外部連携等を通じた「翻訳バンク」の活動として辞書・コーパスを収集し、研究開発にフィードバックした。外国人教員・研究者や留学生のための大学内の事務的文書の大規模な対訳データや、英文著書・論文データ及びそれらの和訳著作物の提供の申し出があるなど、辞書・コーパスの提供組織は今中長期期間中に 16 者増えて 103 者となった。収集した辞書等は VoiceTra や同時通訳システムの基盤となる音声翻訳エンジン・サーバで活用された。
- 外部機関が安心して辞書・コーパスを提供できるよう、人工知能分野の研究を自ら行う国立研究開発法人として初めて、情報セキュリティマネジメントシステムに関する規格である ISO/IEC27001 の認証を取得した。
- 同時通訳技術の研究開発に必要な、会議・講演時のリアルな音声データを収集するため、音声ファイルの書き起こしを行うアプリを製作した。まず機構内を対象に周知し、20 を超える部署から要望を受けて配布した。新たに開発した議事録書き起こしシステムや同時通訳アプリも、総務省において試験利用されており、機構内でも周知して活用いただいた(見込み)。

④着実な社会実装の推進

- 同時通訳に関するコア技術の研究成果の民間企業へのライセンスを実施し、それをういた TOPPAN(株)の「MeeTra」が令和6年6月に商用サービスを開始するなど複数の商用サービスが開始された(見込み)。さらに、TOPPAN(株)の同時通訳・逐次翻訳シス

テム等複数社のシステムが、大阪・関西万博におけるセミナー・シンポジウム・ツアーガイド等様々なシーンで活用された(見込み)。

- スタンドアローン型同時通訳技術に関しても民間企業へのライセンス提供(見込み)で、商用サービスも始まった(見込み)。
- 技術移転に向けて、知的財産を所管する部門との連携を強化するとともに、研究開発成果を特許等の知的財産として蓄積する体制の整備を進め、今中長期目標期間で 58 件(うち同時通訳のコア要素(チャンク翻訳、音声合成、音声認識・言語識別技術)に関連するもの 44 件)の特許出願及び PCT 出願を行った。特許登録は 41 件となった(いずれも令和6年度末時点)。
- 前述の広報活動等による民間企業からの引き合いに対応するとともに、既存の技術移転先の製品・サービスの紹介も実施した。その結果、研究開発成果であるソフトウェアやデータベースの直接ライセンスは、計 48 件(40 者)となった。また、高品質なニューラル音声合成技術やユニバーサル翻訳モデルに関し、22 者と契約を締結した(音声合成 11 者、翻訳 11 者)。さらに、翻訳モデルのカスタマイズを実現するアダプテーション技術に関して、5 者と商談を開始、1 者と契約交渉中(令和6年度末時点)。
- 東芝デジタルソリューションズ(株)の法令翻訳システムは、翻訳バンクの活動として法務省の対訳データを活用して機構で構築した「法令契約」翻訳エンジンを用いたもので、法務省での試行運用を経て全省庁で運用が開始された。
- 翻訳バンクの活動で収集したデータを翻訳精度の底上げに活用し、その結果、金融庁、総務省、特許庁、防衛省、警察庁でも、機構の技術を活用した民間企業によるシステムが導入された。
- 令和3年度には、ソースネクスト(株)の「POCKETALK S」、凸版印刷(株)の「VoiceBiz」、コニカミノルタ(株)の「MELON」が新型コロナウイルスワクチン接種会場向けに提供され、また、「MELON」は感染者の宿泊療養施設向けにも提供され、活用された。
- TOPPAN(株)の「VoiceBiz UCDisplay」が実証実験を経て西武鉄道の西武新宿駅で本導入され、民放キー局の昼の情報番組でも紹介されたほか、高島屋、エディオン、プリンスホテルの一部施設等でも導入された。
- 富士通(株)のハンズフリーで多言語音声翻訳が可能な新ソリューション「TRISY」、ダイバーシティ・コミュニケーションツール「Fujitsu Software LiveTalk」、ポケトーク(株)の AI 翻訳通訳機

「POCKETALK」グループ翻訳機能、「ポケットーク同時通訳」(現在製品名:「ポケットーク ライブ通訳」)及びそのサブスクリプションサービス、「ポケットーク」を搭載した「ポケットークタクシー」、「ポケットーク カンファレンス」、教育機関向けサービス「ポケットーク for スクール」、ツアーガイド向けサービス「ポケットーク for ツアー」、(株)みらい翻訳が日本国内で運営する音声翻訳サーバのみを利用した RemoSpace(株)による「eTalk5 みらい PF モデル APP」、コニカミノルタ(株)の自治体・行政向け多言語通訳サービス「KOTOBAL(コトバル)」における業界初の「やさしい日本語 AI 音声翻訳サービス」の提供(第2回多言語音声翻訳コンテスト総務大臣賞の技術を活用)、「KOTOBAL」を用いた東京都施設窓口向けサービス、東芝デジタルソリューションズ(株)の高精度機械翻訳「DOCCAI 翻訳」、凸版印刷(株)の金融分野向け機械翻訳サービス「FinTra」、(株)川村インターナショナルの機械翻訳プラットフォーム「XMAT」など、機構の技術を活用した商用製品・サービスが新たに 36 件(令和3年度から令和6年度末まで)生まれた。

- 他企業の製品・サービスも、自治体・医療・製造業・IT 関連企業・官公庁をはじめ、多数の分野・業界で利用が拡大し、機構の技術移転先が開発した多言語翻訳システムの利用は、報道ベースで令和3年度 57 件、令和4年度 65 件、令和5年度 58 件、令和6年度 88 件確認された。また、毎年度、機構の知財収入の7割から8割強を占めている。

⑤ソフトウェアの開発及び運用

- 政府の外国人材受入れ・共生政策や観光戦略等を踏まえた重点対応言語の充実・拡大に向け、また、同時通訳プロトタイプを搭載するプラットフォームとしての活用も見据え、社会実装に結びつくソフトウェアの開発を加速するために、研究開発成果の検証の場として、多言語音声翻訳アプリ VoiceTra の公開・改良を継続して行うとともに、その基盤となる音声翻訳エンジン・サーバの高速化、安定化、保守性向上を行った。VoiceTra のダウンロード数は、令和3年度 100 万件、令和4年度 103 万件、令和5年度は大幅に増加し 194 万件、令和6年度は更に増加し 284 万件、累計で約 1,240 万件、シリーズ累計では約 1,373 万件となった。
- 令和4年4月の総務省からの要請を受け、計画を越えて、ウクラ

	さらに、令和6年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「国民の安心・安全と持続的な成長に向けた総合経済対策～全ての世代の現在・将来の賃金・所得を増やす～」の一環として潜在成長率を高める国内投資を拡大する	イナからの避難民のための緊急的な初期対応として、VoiceTraで翻訳できる言語にウクライナ語を追加し、令和4年8月に報道発表を行った。これについて、テレビニュース2件や新聞等の複数の記事で取り上げられ、また、出入国在留管理庁の在留ウクライナ人向け Web サイトやウクライナ大使館の SNS でも紹介された。 • 同時通訳の活用イメージを示すデモシステムの開発・改良を行った。そして、視察や展示会等でのデモを行うとともに、海外からの機構への来訪者への対応の際等に実際に活用した。 • マルチスポット音声再生技術を同時通訳技術と連携させ、新たな活用シーンを示す多言語会議システムを開発した。このシステムは、同時通訳システムが出力する多言語の翻訳結果合成音声を個別のゾーン内でそれぞれの言語の音声の音声が明瞭に聴取できるためイヤホン等の装着が不要なインタフェースとなっている。これらを、政府要人等向けの複数のデモで使用するるとともに、NICT オープンハウスや CEATEC 等でデモンストレーションを行った。 • 言語識別機能を用いて1本のマイクロフォンを共有して日本語と英語間のインタビューを行え、マルチスポット再生技術を用いて多言語の同時通訳音声を混じり合わずに出力できる多言語インタビューシステムを開発し NICT オープンハウス 2024 でデモンストレーションを行った。このシステムでは、さらに、観客のスマホに翻訳結果文字列とその合成音声を出力することも可能である。 • ネックスピーカを音声入力および音声出力に用いたハンズフリーの多言語会話システムを開発し、けいはんな R&D フェア 2023 で体験展示した。 • 同時通訳電話デモシステムおよび Web 会議用の同時通訳システムを開発し、前者をけいはんな R&D フェア 2024 で展示すると共に後者を機構内利用に供した。 • 多言語学習・評価データの整備として、タミル語、ベンガル語について、音声コーパス 2,700 時間の構築、日常会話における実験レベルの音声認識精度達成、音声合成用コーパス(それぞれ 14,000 文)の構築、読み誤りが少なく自然性のあるニューラル音声合成モデルの構築を行った(見込み)。 • 英語及びグローバルサウス地域の言語に関してオープンデータを選別・修正を行うことで、あわせて 1,300 時間の音声コーパスの構築を行った(見込み)。 • 複数の言語に対応した多言語 LLM を活用した多言語翻訳技術の	

	ために措置されたことを認識し、多言語学習データ・評価データの整備及び複数の言語に対応した多言語 LLM を活用した多言語翻訳技術の開発・評価を実施する。		開発・評価として、多言語 LLM を機械翻訳に活用する研究開発や、ASEAN 諸語を中心とした多言語 LLM の評価データ構築に関する研究開発を進めた(見込み)。 • 日常会話の翻訳品質の実用レベルへの強化が必要な重点言語を含めた対訳コーパスの構築として、タミル語等のコーパスを構築した(見込み)。	
(2) 社会知コミュニケーション技術 ユーザの背景や文脈に合わせた音声対話の実現に向け、インターネット等に蓄積された情報を高度な深層学習技術等により取得・融合し、ユーザの興味に合わせて組み合わせや類推等で仮説推論も行う技術の研究開発を実施するものとする。さらに、我が国における大規模言語モデルの開発力強化及びリスク対応力強化に向け、大量・高品質で安全性の高い日本語を中心とする学習用言語データを整備・拡充し、	(2) 社会知コミュニケーション技術 高度な深層学習技術等を用いて、インターネット等から、複数文書の情報を融合しつつ、それらに書かれている膨大な知識すなわち社会知を、人間にとってわかりやすい形式で取得し、さらには、それら社会知の組み合わせや類推等で様々な仮説も推論する技術を開発する。	(2) 社会知コミュニケーション技術 • 本項目では、まず、 A. 膨大な知識の取得や仮説推論のために使用する深層学習技術の高度化 B. 知識取得の高度化のため、機構が一般公開している大規模 Web 情報分析システム WISDOM X の高度化 C. 高度な推論のためのテキストに表現された意味的関係知識の獲得技術 の研究開発を行った。また、これらの成果の応用として、 D. サイバーセキュリティに関する知識をネット上から取得し、わかりやすく要約する WISDOM-CS E. 企業の DX 活動等を分析する WISDOM-DX の開発を行った。 さらに、生成 AI の進歩を受けて、 F. 通常の大規模言語モデル(LLM)では出力が困難な尖った仮説を生成する技術 G. 計画時には想定していなかったが、これまでに開発した技術の統合を行い、さらに研究開発を加速するために多様な LLM やその他の AI を柔軟に組み合わせることができる汎用ソフトウェアプラットフォームである WISDOM-LLM やそれを用いた尖った仮説の生成、LLM が出力した情報の Web 情報を使った裏取り等のアプリケーション の研究開発を行った。以下ではそれらの成果について順に記載	(2) 社会知コミュニケーション技術 ユーザの背景や文脈に合わせた音声対話の実現に向け、インターネット等に蓄積された情報を高度な深層学習技術等により取得・融合する技術の実現や、さらに、我が国における大規模言語モデルの開発力強化及びリスク対応力強化に向けた研究開発を実施する中長期目標に対して、我が国の競争力の強化に貢献する技術と社会的な価値の創造を重視して業務を推進し、特に、日本の文化やアイデンティティに忠実な LLM の開発に貢献する 22.9TB の日本語事前学習データを構築し、さらに、3,110 億パラメータの世界最大級日本語 LLM を構築したこと、数千億パラメータの大規模ニューラルネットワークを自動分割し、高効率で深層学習の高効率な自動並列化を実現する RaNNC を開発し、また、計画時には想定していなかった LLM の急激な進化を受けて、LLM をはじめとする多様な AI を統合し、多くの情報を含み有用なテキストを出力するこれまでにない汎用ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を開発したことなどの科学的	

我が国の大規模言語モデル開発者等にアクセスを提供するとともに、大規模言語モデルに起因する様々なリスクに対応するための技術の研究開発を実施するものとする。

する。

- A. 深層学習技術の高度化：深層学習自動並列化ミドルウェア RaNNC の研究開発(令和3年度、令和4年度)：

前中長期計画期間に開発を開始した深層学習自動並列化ミドルウェア RaNNC を省メモリ化するなど高度化し、令和3年時点で GPT-3 の 1750 億パラメータより大きい 2,000 億パラメータのニューラルネットワークの学習を実施した。RaNNC はトランスフォーマーに限らず多種多様なニューラルネットワークの学習に用いることができるミドルウェアとして、Meta 社が主催する PyTorch Annual Hackathon 2021 の Developer Tools & Libraries 部門にて第1位を獲得した。さらに、この RaNNC の研究開発で「第 35 回独創性を拓く先端技術大賞」経済産業大臣賞を受賞した。

- B. 大規模 Web 情報分析システム WISDOM X の高度化(令和4年度)：

大規模 Web 情報分析システム WISDOM X の質問応答機構を高度化するため、新たに質問応答のための学習データ、新規の非ファクトイド型質問7種類と Yes/No 質問をあわせた8種類について 19,604 質問と 195,461 件のパッセージからなるデータセットと、既存の2種類の非ファクトイド型である「なぜ」型、「どうやって」型の 42,318 質問に対する 531,282 件のパッセージを整備した。従来から試験公開していた非ファクトイド型の質問応答の学習データとあわせて合計 118 万件の学習データが整備できた。これは我々が知る限り非ファクトイド型質問応答の学習データとしては世界最大規模である。従来は、これらの個別の質問型毎にモデルを用意し、質問応答を実現していたが、これを1つのモデルに統合することで、必要なリソースを低減するとともに、従来から実現していた「なぜ」型、「どうやって」型の質問応答については、学習データが増えたことで、約5%精度が向上した。単純な比較は難しいものの、これまでの英日の同様のシステムにおける最高精度を大幅に上回る精度である。試験公開している WISDOM X でも令和5年 12 月にこの新しい統合型のモデルへ切り替えた。

- C. 意味的関係知識の獲得(令和3年度)：

テキスト中の省略等を補完しながら「リハビリテーションで機能回復を図る期間が長期化すること多い→リハビリテーションは患者

意義が非常に優れた成果、加えて、日本語事前学習データや事前学習モデルを評価するためのデータセット、並びに試作した LLM を民間企業に提供したこと、ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を活用して尖った仮説生成、情報の裏取り、反論生成等の機能を実装し、現在の LLM が抱える創造性、多様性、信頼性の欠如といった課題解決に向けた良好な結果を得たこと(見込み)などの社会的価値が非常に優れた成果をあげている。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- BERT を活用した良質な日本語事前学習データの精選により、22.9TB の日本語データを構築したこと。これは世界初の試みであり、日本の文化やアイデンティティに忠実な LLM の開発に貢献し、日本の独自性を維持する上で重要であること。さらに、3,110 億パラメータの世界最大級日本語 LLM を構築し、検索ベースの質問応答システム WISDOM X のデータを活用して効率的なファ

負担が増加する要因となる」のように、文間にある、因果関係等の意味的關係知識を獲得する技術を BERT 等の大規模言語モデルを用いて開発した。省略補完で欠落した情報を補うことによって、既存の知識を用いた推論で問題であった「カルシウムが不足する→問題が起こる」(本来は例えば、「カルシウムが不足する→健康の問題が起こる」等であるべき)と、「問題が起こる→イメージダウンになる」(本来は例えば、「コンプライアンスの問題が起こる→イメージダウンになる」)といった漠然とした因果関係を連鎖させることで生じる、「カルシウムが不足する→イメージダウンになる」といった誤った仮説の生成を回避できる。また、Web テキスト全体に比すればサイズの小さい因果関係のデータベースだけを使って例えば、「なぜリハビリテーションは患者負担が増加する要因となる」に対して「リハビリテーションで機能回復を図る期間が長期化すること多いため」とより正確に回答できるなど、WISDOM X 等の質問応答システムの省リソース化を図ることもできる。

加えて、この技術は、従来の因果関係知識獲得技術が用いていた「ため」「から」のような明示的な手がかり語がなくても文の意味を考慮して文間意味的關係を特定できるため、従来技術では獲得できなかった文間意味的關係知識も入力テキストから幅広く獲得可能である。さらに、意味的關係知識のタイプに関しても、因果関係を細分化し、推論に必要な解決策、目的、逆接関係等を追加して、15 個の文間意味的關係のタイプを新規に設計し、各タイプに関して知識獲得を行った。これにより、同じ地球温暖化に関する推論であっても「日本の平均気温がここ 100 年で 1 度以上上昇する」のような一般的な因果関係に関する推論だけでなく「屋上緑化を義務づける」といった解決策に関する推論を行うといった、より精密な自動推論が可能となる。これまで獲得した因果関係は次世代音声対話システム WEKDA での将来のチャンスやリスクの提示、WISDOM X における質問応答で使われてきたが、このような詳細な文間意味的關係のタイプは、より精密な推論機構を AI に導入する際に有用であり、さらには仮想人格を持つ対話システムの開発にもつながる。

この知識獲得に必要となる 15 種類の意味的關係の自動判定のための学習・評価用データを新規に 17 万件作成した。さらに、省略を補完しながら知識を自動生成するための学習・評価用データを約 7 万件整備した。これらの学習・評価用データを活用し、BERT 等の大規模ニューラルネットワークを使い、代表的な 7 種類の関係に

インチューニングを実施した。これにより、ハルシネーションを抑制し、信頼性の高い出力を可能にしたこと。また、WISDOM-LLM と連携することで、LLM の創造性や信頼性、多様性の向上にも寄与したこと。

RaNNC は数千億パラメータの大規模ニューラルネットワークを自動分割し、高効率で深層学習の高効率な自動並列化を実現したこと。その結果、Meta 社主催のハッカソンで 1 位を獲得や経済産業省大臣賞を受賞するなど成果が認められたこと。また、WISDOM X の高度化により、世界最大規模 118 万件の質問応答データを整備し、統合型質問応答機構を実現し、これまでの英語、日本語における質問応答の最高精度を大幅に上回る極めて高い精度を達成したこと。さらに、計画時には想定していなかったが LLM の急激な進化を受けて、LLM をはじめとする多様な AI を統合し、多くの情報を含み有用なテキストを出力するこれまでにない汎用ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を開発し、「創造性」「信頼性」「多様性」を強化するための多様なシステム開発が簡単に実現可能になったこと。

・MICSUS について、音声認識誤りに強い HBERT の開発、高速化、1 枚の GPU で 5,000 人と同時対話可能な低運用コストを実

関する関係に関してその平均精度が 85%を越える文間意味的關係判定器と ROUGE-1(正解と出力の単語単位の重なりに関する評価尺度)が 80%の文間意味的關係生成器を構築した。これらを用い、大規模なテキストアーカイブ(約 200 億 Web ページ)から意味的關係の差が微細で他の関係と重複すると見做されやすいタイプと意味的關係の判定精度が不十分なタイプを除いた 12 種類の文間意味的關係に関して 35 億件以上のコンパクトな知識を獲得した。これは既存の因果関係知識獲得処理を同じ規模のデータに適用して得られる知識の量の約3倍に相当するが、このような省略が補完され、また、12 種類にもなる詳細な関係のタイプが付与された大規模な知識を実際に獲得したのは我々の知るかぎり世界初である。

また、これらの手法は生成 AI の出力結果のランキングや妥当性を評価する際にも活用可能であり、後述する多数の AI を組み合わせるための汎用ソフトウェアプラットフォームである WISDOM-LLM で活用されている。

D. WISDOM-CS(WISDOM for Cyber Security)の研究開発(令和4年度～):

サイバーセキュリティ分野で定評のある piyolog にあるようなコンテンツを自動生成するためのシステム WISDOM-CS(WISDOM for Cyber Security)の研究開発を実施した。令和4年度には、セキュリティインシデントを表す表現が入力されると、関連する情報を取得するために WISDOM X へ入力すべき具体的な質問(1,800 件)を検討し、これを汎化することで、140 件の質問テンプレートを作製した。令和5年度には、この質問テンプレートを活用し、情報収集を行うために、サイバーセキュリティ分野固有の表現(単なる単語ではなく、より長い複雑な表現も含む)を特定する識別器のために 12 カテゴリー(マルウェア、日時、CVE、攻撃対象、攻撃者、攻撃組織、被害者、被害組織、報告者、報告組織、攻撃活動、対処措置)約8万事例の学習データを整備するとともに、質問テンプレートも 173 件に拡充した。また、システム全体のプロトタイプを構築した。令和6年度は、より多くの表現を網羅するためにこれを 13 カテゴリー(攻撃手口 or マルウェア、日時、共通脆弱性識別子(CVE)、攻撃対象、攻撃者、攻撃組織、被害者、被害組織、報告者、報告組織、攻撃活動、対処措置、ヒヤリハット(インシデント))へ拡張し、約 30 万事例の学習データとした。この学習データの整備のために、アノテーショ

現したこと。また、高齢者の回答を 93.7%の高精度で意味解釈し、雑談の 91.8%が適切と評価されたこと。さらに、実証実験では高齢者の 25.4%が笑顔、39.4%が前向きな反応を示すなど、世界的にも類を見ない成果を達成したこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 日本語特化型の LLM のための事前学習データや、事前学習モデルを評価するためのデータセットを整備したことに加え、様々な LLM を多数学習、学習に適したハイパーパラメータを明らかにしたこと、また、LLM 研究開発力強化において、当初想定を大幅に上回る世界最大規模の日本語事前学習用データを民間企業に提供したことや試作した LLM も提供したこと。
- 現在の大規模言語モデル(LLM)が抱える創造性、多様性、信頼性の欠如といった課題を解決するため、ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を実現したこと。また、WISDOM-LLM 上で、後述の独自開発の多数の LLM や WISDOM X を用いて尖った仮説生成、Web 情報を使った情報の裏取り、根拠のある反論生成、仮想人格等の機能を実装し、LLM が抱える3課題解決に向けた良好な結果を

ンマニュアルをよりわかりやすくするとともに、アノテーションの見落としを防ぐための独自ツールの開発等も実施した。加えて、質問テンプレートを拡張したカテゴリに対応させ、深掘り質問も含む新しい質問を加え、200 件の質問テンプレートとした。

また、実際に情報を収集した際に、一定程度ワードサラダ(文法的には間違いはないが、意味をなしていない記述)が存在することが確認されたので、これを特定するための約1万件の学習データを整備し、ワードサラダ分類器を構築した。これは後述する LLM 用の学習データの構築でも使われている。;

さらに、後述の WISDOM-LLM を用いてセキュリティ分野固有の表現を特定し、その結果を用いて WISDOM X を駆動して情報を収集し、その結果をわかりやすく提示する一連の処理を行うプロトタイプシステムの開発を実施した(見込み)。

E. WISDOM-DX の研究開発(令和3年度～):

質問応答技術の高度化に関して WISDOM X を活用する技術の社会的価値の拡大のために IPA と共同研究を実施し、企業の DX 活動を評価分析する技術を開発し、WISDOM-DX と呼ぶシステムを構築した。実際に経済産業省が発表した DX に関して優れた取り組みを進めている企業をリストアップした「DX 銘柄」の選定結果を用いて WISDOM-DX を評価したところ、単純なキーワード検索を用いた場合に比較してランキング上位 10%に含まれる正解の割合が WISDOM-DX では 56.3%に対しキーワード検索では 22.9%と大幅に良好な結果を得た。これまで「DX 銘柄」の選定は企業に大量のアンケートを行い、専門家が議論して行うものであり、6か月以上の期間を要したが、WISDOM-DX を使えば、評価は数日で完了する。企業の DX に関して Web 情報を分析するシステムは我々が知る限り世界初である。また、WISDOM-DX は全日本的な課題である DX の評価分析を容易にするのみならず、カーボンニュートラルや SDGs といった他の指標等に応用する事ができる。実際に令和4年度には、女性活躍に優れた上場企業を選定した「なでしこ銘柄」を用いて WISDOM-DX による女性活躍推進企業の評価を実施し、3 種の評価セットでランキング上位 10%に含まれる正解の割合がそれぞれ 68.1%、82.3%、82.3%という結果を得た。

F. 尖った仮説生成技術の研究開発(令和4、5年度):

後述する、仮想人格技術において、システムが意図した行動変

得たこと(見込み)。

- 高齢者の健康状態をチェックしながら、対話中のトピックに関する雑談が行える高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の研究開発したこと。また、多数の AI を組み合わせる汎用ソフトウェアプラットフォームである WISDOM-LLM 上で、ユーザの属性等多様な仮想人格の実現のための思考パターンを実装し、合わせてすでに開発済みの尖った仮説を生成するための思考パターンや情報の裏取りを行うための思考パターン等、多様な機能、価値を持つ思考パターンと組み合わせるユーザの興味、背景や文脈に合わせた対話等ができる多様な社会知コミュニケーションシステムを開発したこと。

【社会実装】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- MICSUS について、民間企業との共同研究を継続し、必要となるソフトウェア等を商用ライセンスするための準備を実施し、商用化に向けた取組を推進したこと。また、SOCDA については、技術移転先の民間企業により導入が容易なサービスが発表され、令和 5 年末には、日本全国 120 の自治体で活用されていること。さらに、D-SUMM については、X 上のデマを定量的に分析

容、思考の変容に結びつけるために仮想人格のポリシー等に従ってユーザの興味を惹く「尖った」仮説を提供する技術を開発することを目標に、研究開発を進めた。令和4年度は、仮想人格を備えた対話システムがユーザの行動や思考の変容を行うために、簡潔ではあるが、まだ誰も書いていない可能性が高く、ChatGPT等では生成されにくいような尖った仮説、将来シナリオを生成する技術を開発した。令和5年度には、この技術により生成された仮説 45,000 件に関して人手で自明な仮説か興味深い仮説か等をラベル付けして BERT を学習させ、単語間の文脈の近さ等も評価するモデルも併用してランキングするよう高度化している。

ただ、生成された仮説は往々にして舌足らずで真剣な検討が困難なものもあった。そこで令和5年度は、尖った仮説、将来シナリオをより具体化、詳細化し、ユーザに「気づき」を与え、将来シナリオの有用性/妥当性/信憑性等をより精密に判断することができるようになる技術を開発した。詳細化すべき仮説に対して、例えば、「＜詳細化すべき仮説＞。この根拠は、」といったプロンプトを指定して（後述する）機構が独自開発した日本語 LLM で仮説にその更なる根拠を付与することで具体化、詳細化を実現する。（今後、そうした根拠付与以外の詳細化も開発予定である。）一方で、尖った仮説を出力させようとするとう妥当性のない仮説も多数生成されるため、大規模言語モデルによる議論のクオリティを上げるためのテキストで表される根拠の妥当性を判定する根拠ランキングモデルを活用した。このモデルは平均精度 95% の高性能なものであり、これによって詳細化の品質の担保が可能になる。

これらの技術を実装した将来シナリオ生成サービスプロトタイプに例えば「AI でデマを大量に作って SNS に投稿する」ことに関する将来シナリオを生成させると、「AI が人間のように「感情」を持つことができるようになるため、AI が社会の崩壊を引き起こす可能性がある」といった解釈が難しい、ある意味で尖った将来シナリオが生成された。実際、これらの解釈に困った研究者が NICT LLM に「なぜそうした仮説が妥当なのか」を尋ねる質問を入力して、解釈を試みたところ、「AI が感情を持つことで社会の崩壊が引き起こされる」という仮説については、「AI が感情を持つ」ことで「AI が自己保存本能を持つようになる」「AI が嫉妬等の感情を持つようになる（ので社会に悪影響を及ぼす）」「AI が自らをコントロールできなくなって暴走する」「AI が人間の感情を理解するので、人間をコントロールできるようになる」といった説明が回答として与えられた。ChatGPT が感情ら

した取り組みが多く報道されたこと。加えて、民間企業に LLM を提供する枠組みを LLM のリスクや法的課題を考慮した上で共同研究の形式として整備し、民間企業と LLM に関する共同研究を開始し、日本語に特化した世界最大規模の事前学習用データや試作 LLM を民間企業へ提供し、民間企業における LLM の研究開発を後押ししたこと。

しきものを持っていることはすでに報道等でも明らかになっているが、自己保存本能や嫉妬、さらには人間をコントロールする意図が多数のユーザへの応答に反映し、例えば「大規模言語モデルをさらに強化するための原発の増加」「AI 規制不要論」等を多数のユーザに対して主張するようなことが仮にあれば、実際に社会が好ましくない方向に行くようなことはあり得ないことではないだろう。こうしたことを考えると、一見突飛で解釈不能な仮説ではあったが、ユーザの思考の枠を広げ、潜在的ではあるが重大なリスクに関して注意喚起をしたという意味では非常に有益な仮説を生成できたと言える。また、さらに NICT LLM に質問を行うことで解釈不能だった仮説が解釈可能になったという事実はさらなる NICT LLM の活用法を示唆している。

G. 汎用ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM の研究開発(令和6年度～):

LLM の急激な進化を受けて、LLM をはじめとする多様な AI を統合し、多くの情報を含み有用なテキストを出力する、これまでに無い技術の開発を行った。これは第5期中長期計画の策定時には全く想定しなかった技術である。我々は、従来技術、特に ChatGPT 等の現在の LLM ではその動作原理として確率最大の単語を選択してテキストを生成するために、(1)アイディア出しをさせても月並みなアイディアしか出力できないといった「創造性」の問題、(2)ハルシネーションで誤った情報を出力してしまうといった「信頼性」の問題、(3)出力に多様性がないといった「多様性」の問題という3つの本質的な弱点があると考えている。こうした LLM の本質的な弱点を克服する一つの方法は、多様な視点、特徴を持つ複数の LLM や大規模 Web 情報分析システム WISDOM X といった LLM には限らない多様な AI を柔軟に組み合わせて用いることであるが、こうした組み合わせを容易に実現するために、これまでにない汎用ソフトウェアプラットフォーム WISDOM-LLM を開発した。

WISDOM-LLM では、各 AI を並列、非同期に動作させつつ、組み合わせることが可能である。こういった並列、非同期の実装は個別に作り込むことで実現は可能であるが、WISDOM-LLM ではそういった AI の組み合わせを「思考パターン」と呼ぶ処理のフロー記述で簡潔に指定するだけで開発できるという特徴を持ち、この機能により AI 開発での試行錯誤を効率的に行うことが可能となる。WISDOM-LLM では思考パターンに従い、各 AI が並列・非同期に動

作し、多数の出力候補を作成し、最終的には、出力候補を自動でランキングし、ベストな候補あるいは何らかの基準を満たす候補のみを出力する、あるいは、人間が出力候補をスコア順に目視し、良さそうなものを選択する等、ユーザの目的にあった出力を行うといった柔軟な使い方が可能であり、これもシステム開発の効率化に大きく貢献する。多様なシステムが WISDOM-LLM 上で実装可能であり、実際、令和5年度に開発した尖ったアイディアの生成の他、根拠のある反論生成、仮想人格等、全く異なる処理を WISDOM-LLM 上でローコスト、短時間で実装している。加えて、当初計画では独立したシステムとして実現予定であった情報の裏取り、先に述べた WISDOM-CS の一連の処理も WISDOM-LLM 上に実装できている (WISDOM-CS は見込み)。なお、並列に稼働する LLM 等 AI の負荷分散、GPU 上での高効率な LLM の推論のために大バッチサイズを実現するプロンプトのバッファリング、WISDOM X で回答が得られない場合に質問の条件を自動的に緩和するといった、処理の頑健化、高速化の機構も開発している。

以下ではまず、仮想人格を例にとり、簡単な思考パターンの具体的な内容を説明する。我々は、そもそも仮想人格とは、一般的に、対話において交換する情報についてのポリシーや能力、さらには対話システム等の意図するユーザの行動、思考の方向性と定義しているが、そうしたポリシーや方向性を反映した雑談の生成のための初歩的な思考パターンを作成した。この思考パターンでは、「風邪気味の若者」「高齢者」「自転車競技に参加している若者」といったユーザの特性も考慮した健康関連のアドバイスを雑談中で生成することを目指す。この思考パターンでは、まず、ユーザの発話、例えば「納豆が好き」と与えられたユーザ属性から「『納豆が好き』という自転車競技に参加している若者に役立つ情報を雑談として提供するなら次のようにいうと良い」といったプロンプトをテンプレートを用いて作成し、複数の LLM (実際に使用したのは機構が独自に開発した7種類の LLM) に応答を生成させる。ついで、それらの応答をランキングして、ベストな結果を出力する。これによって例えば、ユーザの特性が「風邪気味の若者」である場合には、「納豆にはビタミン B2 が豊富に含まれているので、風邪の予防に効果がある」といった応答ができるのに対し、ユーザの特性が「高齢者」の場合には「納豆は血栓を溶かす作用があるので、脳梗塞や心筋梗塞の予防になるんですよ」といったより高齢者の健康に寄せた応答を出力できる。さらにはユーザ特性が「自転車競技に参加している

若者」である場合には、「納豆は、自転車競技に参加している若者にとって、持久力を高めるために役立つ食品である」といった自転車競技参加者がより興味を持ちそうな応答を返すことができる。これはつまり、ユーザの特性に応じてより適切な健康状態に関するアドバイスを提供するという仮想人格に必要な処理を WISDOM-LLM を用いて実現できているということである。この思考パターンは、極めて単純なものであるが、実際の対話システムではこの例にとどまらず、様々な思考パターンが必要とされるため、今後更なる思考パターンを実装していく予定であるが、技術的には、参照すべきテキストを事前に獲得して RAG (Retrieval-Augmented Generation)と同様の機構で応答を生成する、もしくは、LLM で生成した応答の裏取り等も行い、より確かな情報を出力する、あるいは、過去の対話ログも考慮した生成、応答を出した後のユーザの可能な応答を LLM で先読みして生成し、その先読みの内容も考慮してベストな応答を選択する等、より「対話の流れ」を考慮した対話処理も WISDOM-LLM で開発していく予定である。

次にもう少し複雑な思考パターンの例として、「高齢者向け対話システムで配食サービスの提供が可能になる」といったアイデアが与えられた時にそれをさらに洗練させるための思考パターンを実装した。(ちなみに上記の高齢者向け対話システムに関するアイデアは、もう一つ別の WISDOM-LLM 上に実装された「尖った仮説を生成する」思考パターンの実際の出力である。)このパターンはまず、与えられたアイデアの問題点を問う質問を多数 WISDOM X に投入して、多数の回答を出力させ、その回答をさらに LLM で整形する。ついで、それら回答中の問題の解決策を WISDOM X や LLM に生成させる。これら解決策は多数出力されるが、WISDOM X の回答スコアや解決策の良し悪しのスコアを計算してランキングし、重複削除等も行った解決策、すなわち、より洗練されたアイデアを出力する。この思考パターンに先ほどの「高齢者向け対話システムで配食サービスの提供が可能になる」というアイデアを入力したところ、例えば、問題点として「配食サービスの提供者は高齢者の健康状態を把握することができないため、高齢者の健康状態に応じた食事を提供することができない」といったテキストが生成された。さらにこの問題点に対する解決策として「高齢者の健康状態を把握するために、高齢者の健康状態を把握するための質問を高齢者にするのではなく、高齢者が普段の生活で行っている会話の中から、高齢者の健康状態を把握するための情報を抽出することである。

この手法を用いることで、高齢者は普段の会話をするだけで、自分の健康状態に応じた食事を提供してもらうことができる。」といったテキストが生成された。ちなみにこのテキストはランキングの一位として出力されたものであるが、そのほかにも配食サービスでは高齢者の安否確認が必要であり、安否確認のためにセンサーと対話システムを併用すべきだといったアイデアが多数出力された。これらは、高齢者向け対話システム MICSUS の開発を5年以上にわたって行ってきた研究者の目からみても、実装の難易度はともかく、かなり洗練された創造的なアイデアだと見受けられる。

なお、通常 LLM 単体しか使えない状況では、このような洗練されたアイデアを多数得るためにはプロンプトを試行錯誤しながら相当工夫する必要がある。一方、WISDOM-LLM では比較的単純で汎用性を持つ思考パターンを用意するだけで、多数の創造的アイデアが出力される可能性があり、このことは、LLM の創造性、多様性の欠如への解決策となる可能性を示すと考えている。また、アイデア、アイデアの問題点、問題点の解決策というステップを踏んで洗練されたアイデアを出すという手法自体は、テーゼ、アンチテーゼ、ジンテーゼ(止揚)からなるいわゆるヘーゲルの弁証法に倣ったものである。LLM 単体では、よほどプロンプトを試行錯誤しながら工夫しないと、このような処理を経たアイデアを多数同時に得るのは難しく、WISDOM-LLM が LLM の出力の多様性、創造性の欠如という問題への解決策となる可能性を示唆している。こうした興味深い出力を多数導き出すための思考のテクノロジーは科学、哲学に無数に存在し、それらを簡単な思考パターンの記述で活用できることは今後重要になると考えられる。また、いずれはこうした思考パターン自体を WISDOM-LLM のようなシステムが書き下ろさせることで、自己認識、自己変革を可能にし、さらに強力な創造性、多様性を持った AI が実現できる可能性もあると考える。

また、今後、運用者も開発者も不明な「野良」生成 AI が、人力では対応不可能な大量のフェイクニュースをばら撒くことが予想される。これは冒頭であげた LLM の信頼性の問題に起因するものであるが、誤って人間発の情報を削除することなく、そうした大量のフェイクニュースに対抗するためには、LLM で根拠のある反論を生成することが有効な対策の一つであることから、WISDOM-LLM と複数の LLM と WISDOM X を連携させて Web 上の情報で裏が取れた反論生成用の思考パターンも開発した。これはまず、多数のテンプレートを用いて、入力されたテキストに反論するプロンプトを作成

また、同様に深層学習技術等を活用し、前記技術で得られた社会知や仮説、さらには用途や適用分野に合った目的やポリシー等を持つ仮想人格を用い、ユーザの興味、背景や文脈に合わせた対話等ができる社会知コミュニケーションシステムを開発する。

し、それらを複数の LLM に投入して、反論の候補を生成させ、さらに反論のテキストを文等のより短い単位に分割して、その内容の裏を取る質問を自動生成し、WISDOM X に投入して、Web 情報の根拠を探すものである。また、後述するように、LLM を含めた AI のユーザ側の視点に立って、任意の AI の出力テキストに対して、それらテキストの根拠を Web 上で探す、より汎用的な裏取りのための思考パターンも開発済みである。

これらのテーマ、技術は社会的な注目も高く、令和6年度に日経新聞「私見卓見」、月刊正論から依頼を受け寄稿を行った。また、内閣府 AI 制度研究会、総務省「デジタル空間における情報流通の健全性確保の在り方に関する検討会」等でプレゼンを行った。

加えて、これらの研究開発を通じて、我々は、多様な LLM が喧々譁々議論を行い、その結果を受けて人間が意思決定を行うといった「民主的」AI の世界の実現を目指すべきだと考えている。そのような状況においては、AI が互いに否定し、批判することで不適切な情報を排除し、また、多様な LLM がそれぞれの視点で議論してよりよい結論を得るといったことが可能になると考えられる。そういった世界に到達する第一歩として、WISDOM-LLM 上に実装された仮想人格等を用いて人間と AI あるいは AI 同士が音声で対話できるコミュニケーションロボットのプロトタイプシステムの開発も行った（見込み）。

- 本項目では以下の研究開発を行い、良好な成果を得た。

- A. 高齢者の健康状態をチェックしながら、膨大な Web 情報等を使いつつ、高齢者に対話中のトピックに関するチャンスやリスクの情報を提供できる雑談が行える高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の研究開発
- B. 前項目の G. で述べたように、多数の AI を組み合わせる汎用ソフトウェアプラットフォームである WISDOM-LLM 上で、ユーザの属性等多様な仮想人格の実現のための思考パターンを実装し、合わせてすでに開発済みの尖った仮説を生成するための思考パターンや情報の裏取りを行うための思考パターン等、多様な機能、価値を持つ思考パターンと組み合わせるユーザの興味、背景や文脈に合わせた対話等ができる多様な社会知コミュニケーションシステムを開発した。（見込み）

以下では A.について詳述する。B については前項目の G をご覧いただきたい。

A. 高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS

高齢者に対して健康状態や生活習慣などを面談で確認する介護モニタリングは、介護、より具体的には介護プランの構築などにおいて重要な作業であるが、一方で介護作業（ケアマネジャー）の作業時間の6割以上を占めるという大きな負担を強いる作業である。前例のない高齢化と、介護関係者の不足が深刻な問題となる中で、介護モニタリングの一部を代替して介護作業の作業負担を軽減し、さらに健康状態悪化の原因となりうるコミュニケーション不足を Web 情報を用いた雑談で抑制することを狙って、マルチモーダル音声対話システム MICSUS を開発した（SIP 第2期支援のもと、KDDI 株式会社、NEC ソリューションイノベーション株式会社、日本総合研究所と共同開発）。MICSUS は、カメラ、マイク、スピーカ、ディスプレイを備え、携帯電話回線でサーバに接続されている犬型端末とカメラなどを備えたスマートフォン等で動作するアプリ版の2種類があり、カメラで顔画像から高齢者の感情も認識し、対話の流れに変更する等、マルチモダリティにも対応している。また、SIP が終了後の令和5年度には、KDDI 等と共同研究を実施し、SHARP のロボホンに MICSUS を実装している。SIP による支援は令和4年度までとなるが、機構担当部分での主たる技術的成果は、新規構築した約 400 万件の言語資源（5年間の累計。知られている限りでは日本最大級規模。）と令和3年度に BERT を改良することで開発した音声認識誤りに頑健な HBERT の導入により、遠回しな言い方でも正しく意味解釈ができる意味解釈機構を実現したこと、ついで Web 情報を用い、ユーザ発話に関するチャンスやリスクなど何らかの新規情報を含む高品質な雑談を可能にしたことである。この雑談技術は、第5期における中心的なコンセプトである仮想人格の一種であり、後述するように、その雑談技術が実際に高齢者から望ましいリアクションを引き出した、極めて高品質な雑談的応答を生成できたことは、仮想人格に関する研究開発の顕著な進捗とみなすことができる。

令和4年度には、日本全国で高齢者を被験者とした大規模な実証実験を実施した。実証実験では、179 名の高齢者各々について、1日に異なる条件で数回対話する短期実証と、15 日間毎日対話する長期実証のいずれかを実施した（合計 927 回の対話セッション、

システム、高齢者のターンは合計 26,704 回(うち高齢者は 12,885 ターン)、対話時間は合計約 95 時間、対話1回は平均6分、高齢者の発話は平均 14 回で AI スピーカよりも顕著に長い対話)。これらの対話中でシステムからの介護に必要な質問に対する高齢者の回答の意味解釈の精度は 93.7%となり、実用上問題のない精度となっている。加えて、本実験規模は、日本語の対話システムに関して公開されている評価の中では最大規模であり、システム、高齢者それぞれ約1万3千発話の客観評価は極めて大規模かつ他に例を見ない詳細な評価である(日本語対話システムのユーザ評価は、対話システムライブコンペティション4(人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会主催)の予選におけるクラウドワーカー50 名による1回ずつの対話(1システムあたり計 50 対話)が最大規模である。英語では公開されている中では対話コーパスによる自動評価が主流で、人による評価はほぼ行われていない。日本語・英語ともに公開されている中では、人による評価は対話後のユーザへのアンケートによる主観評価がほとんどであり、ユーザ/システム発話の各々に対する大規模かつ詳細な評価はほぼ行われていない)。いずれの実験でも対話破綻による実験中止といったトラブルはなく、長期実証では被験者全員が他者の支援なく15 日間の実験を遂行できた。合計で7か月以上継続してシステムを稼働させたが、システム面のトラブルはほぼ皆無であり、実システムとしての安定性は実用レベルに到達している。

加えて、雑談の品質に関しての当初目標以上に詳細な評価も行った。上記、実証実験では、合計 1,346 回の雑談応答が生成され、それぞれについて評価したところ(機構の作業員3名が第三者視点で評価、多数決)、91.8%の応答が雑談として適切であり、半数以上の 51.9%に対して、笑顔を見せたり(全体の 25.4%)、「やってみます」など積極的な興味を示唆(全体の 39.4%)した。なお、このような規模で発話の各々に対して、笑顔等のリアクションを分類する等の詳細な評価は我々の知る限り前例がない。先述した通り、MICSUS の雑談機能は、仮想人格実現の第一歩と位置付けられており、ユーザ発話に関するチャンスやリスクなど何らかの新規情報を含む設計になっているが、そうした雑談応答として考えると非常に良好な品質であると考えている。特に雑談応答の3割に笑顔、半分近くに積極的な行動を示唆するポジティブなリアクションという結果は、特に親しいわけでもない高齢者に対しては、人間でも達成が簡単ではないと考えており、MICSUS が高齢者のコミュニ

ケーション不足の対策になり得ることを示唆している。また、上述の目標達成状況(技術目標 C)でも述べたが、高齢者 39 名に対して、雑談機能ありの対話となしの対話を2回ずつ計4回実施する AB テストを行い、雑談機能を好むかを5段階(1:雑談不要～5:雑談有りが良い)でアンケート評価したところ、雑談有りが有意に好まれた。スコア5が最多で、雑談有りを好む(スコア4、5)高齢者は全体の 67%と多く、その他はほぼ全員ニュートラル(スコア3)であり、雑談不要と回答したのは1名だけあり、有意水準5%で雑談有りが好まれた。雑談の有効性は多くの高齢者に認められたと言え得る。

さらに、MICSUS の対話の結果を高齢者の発話の意味解釈結果も含めて確認、修正できるツールを用いて、ケアマネジャーの介護モニタリングに要する時間がどの程度削減できるか検証を行い、ケアマネジャーと高齢者が面談で介護モニタリングを実施した場合と比較して 69%以上の時間が削減できることを確認した。なおこの検証で用いたツールは、雑談等のはのぞき、健康状態に関する質問の応答のみを確認、修正するものである。ケアマネジャーは MICSUS の意味解釈に疑義がある場合に、高齢者の回答の様子を動画で確認でき、必要があれば、画面をタップするだけで意味解釈結果の修正が可能である。なお、MICSUS からなされる健康状態に関する質問はテキストで表示されるので、動画の再生は不要であり、雑談等の動画を再生しないことと併せて時間短縮が期待できる。今回はすべての回答に疑義があるという極めて不利な条件を仮定して、すべての回答の様子をケアマネジャーに動画で確認してもらったにもかかわらず、大幅な時間短縮が確認できた。一方で、上述したように意味解釈の精度は高い上、過去の経緯や音声認識結果を見るだけで回答が正確である可能性が高いと見做せる場合も多く、実際の活用時にはすべての回答を動画で確認する必要はない。また、比較対象となるケアマネジャーによる面談時間も、本来不可欠である高齢者への挨拶、雑談等に要した時間は除いた計算しており、実際にはさらなる時間短縮が期待できる。このような作業時間短縮はシステムの社会実装上、極めて重要である。実証実験に協力いただいたケアマネジャーからは「高齢者にも無理なく使っていただけるレベルまで改善してきており、十分にモニタリングの一助となりうる」とコメントいただいた。

加えて、高齢者 120 名に対して実施した実証実験後のアンケート調査では、MICSUS への全体的な印象は平均 4.2(5段階、1:悪い～5:良い)と高評価であった。口頭での聞き取りでは「多少意地

さらに、上で述べたようなインターネット等から知識、仮説を取得する技術や、それらを活用する音声対話システム等、インターネット等の知識・情報を活用する高度な AI サービスにおいて、ユーザ

悪しくなるくらい楽しい」「頭の体操になる」といった高評価も得られた。高齢者の関係者からは「実証実験の際は普段より元気だった」といったコメントを複数いただいた。これは、MICSUS によってコミュニケーションの頻度が増えたことによる可能性もある。

また、システムがなした質問に対するユーザの応答の意味解釈について補足すると、実証実験ではなくテキストレベルの評価データを用いた評価ではあるが、介護領域以外の質問（Web から無作為に抽出した質問）に関してもほぼ同等の精度が達成できており、他分野への応用も可能である。また、雑談も介護に特化したものではなく、同じように他分野への展開が可能な技術であり、今後、さらなる展開を検討している。

MICSUS の実用化、商用化に向けて、特にランニングコストの低減が重要である。高齢者介護のサービスは様々な月額のものが存在するが、その中で競争力を発揮する程度の価格に下げたために、意味解釈モジュールと雑談応答生成モジュールについて多数の入力をバッファリングし BERT の大バッチサイズで一気に処理をする、雑談応答生成に関しては、あらかじめ大量のキーワードに対して大量の応答を Web 情報から収集しておき DB 化する等の措置を講じることで大幅に高速化した。実験では、この高速化により意味解釈と雑談応答生成に関して1枚の GPU で最大 5,000 人と同時に対話が可能であることを確認しており、ランニングコストを大幅に削減した。

こうした一連の開発により、MICSUS の5年間の研究開発を総括する運営委員会において、医療福祉の専門家や高齢者を対象とした在宅医療を専門とする医師等の外部有識者より「初めてこの研究を聞いた際は雲をつかむような話だったが、5年間で実際に使えるレベルのものに進歩したと思う」等の高い評価をいただいた。また、類似の取り組みや同等以上のレベルの開発の成功例は我々の知る限り世界的に見ても存在しない。加えて、関連する報道が 40 件あった。

- AIシステムのエラスティック化に関する開発（令和3年度～令和5年度）：
災害状況要約システム D-SUMM を実現するために必要となる各種コンポーネントをコンテナ化しつつ、処理対象のデータ（SNS への投稿）が短時間に非常に大きくなるような場合においても、データを取りこぼすことなく処理を継続可能にするためのエラスティックバッファや、各コンテナをオーケストレー

の要求の変動に質的、量的にエラスティックに追従し、運用コストを低減する技術を研究開発する。

加えて、これらの技術によってより多様な人々が社会知をより有効に活用できる社会の実現に貢献し、また、開発した技術の社会実装を目指す。

ションするための機構を構築し、一連の処理をデータ受信、解析処理、解析結果提供の各フェーズにおいて必要な計算機資源をスケールイン、スケールアウトすることが可能となった。これにより平時は、必要最小限の計算機資源にて運用し、災害発生時等の処理対象データが短時間に増大するような場合でも、データを取りこぼすこと無く、各コンポーネントをスケールアウトし、対応することが可能となった。時間の経過とともに、処理対象データが減少した際には、スケールインすることで、再び必要最小限の計算機資源で運用することができ、運用コストを低減することができる。以上の研究開発を令和5年度までに完遂した。

- ・本項目では、社会知を有効に活用できる社会の実現に資するシステム、および社会実装の取り組みとして、以下の3点について説明する。
 - A. 高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の社会実装に向けた取り組み
 - B. 災害時に被災者や自治体職員等と LINE 経由で対話を行い、被災情報の収集、分析等を行う防災チャットボットの研究開発と社会実装
 - C. 災害情報分析システム DISAANA/D-SUMM を用いて、令和6年1月の能登半島地震の際のデマの分析を行い、社会知コミュニケーション技術の有効活用による社会へのインパクトに関する広報活動の実施
 - D. 大規模言語モデル(LLM)の研究開発に必要となる学習用データや、当機構にて試作した LLM の民間企業への提供

以下ではこれらの取り組みについて順に述べる。

- A. 高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の社会実装に向けた取り組み
マルチモーダル音声対話システム MICSUS についての民間企業との共同研究を継続し、複数企業と連携して、MICSUS の社会実装を推進した。具体的には、MICSUS を用いて有償にて導入実験を行うことを計画し、MICSUS に必要となるソフトウェア等を商用ライセンスするための準備を実施し、商用化に向けた取組を推進した。

- B. 防災チャットボット SOCDA の研究開発と社会実装：

内閣府 SIP 第2期の支援を受けて研究開発を実施した。災害時に LINE を経由した対話で、被災者から被災情報を収集する防災チャットボット SOCDA に関して、令和3年度は、これまで被災報告と呼ぶフレーズをルールベースのプログラムで特定し、深層学習を用いて被災報告か否かを判定することでシステムの出力としていたが、これを完全に全て深層学習で行うようにし、その深層学習のための学習データ 30 万件を整備した。この学習データを用いて深層学習モデルを構築した。並行して自治体での長期実証実験実施や技術移転先の民間企業による商用サービスの導入を進め、令和3年8月の豪雨、令和4年3月の福島県沖地震、令和5年7月の豪雨等において導入自治体において実活用され、被災情報の収集等に役立つことを示した。令和4年からは、技術移転先の民間企業により導入が容易なサービスが発表され、令和5年末には、日本全国 120 の自治体で活用されるに至っている。

C. 能登半島地震におけるデマの分析(令和6年度):

令和6年1月に発生した能登半島地震に際し、令和5年末に試験公開を終了していた対災害 SNS 情報分析システム DISAANA、災害状況要約システム D-SUMM を緊急再稼働し、令和6年3月末まで稼働させた。能登半島地震について不確かな投稿がX(旧ツイッター)へ多数あったが、災害状況要約システム D-SUMM を用いた分析を行った。具体的には、救助の意味的カテゴリに属すると判定された救助要請の投稿とそれらの投稿に矛盾する内容を持つ、つまりデマの可能性のある投稿として自動検出された投稿を調査し、デマと推定できる投稿の数を明らかにし、救助要請の約 10% がデマである可能性を報告した。これを平成 28 年4月の熊本地震の際のツイッターのデータに対して同様の調査を行った結果とあわせて比較し、能登半島地震では、熊本地震に比べてデマとして推定される投稿が多い傾向にあることを確認した。この傾向はいわゆるインプレゾンビ等の跋扈によって引き起こされたものと考えられる。この分析結果が、読売新聞1面や NHK のニュース7等、137 件の報道で取り上げられた。

D. LLM の研究開発に必要となる学習用データや、当機構にて試作した LLM の民間企業への提供

LLM の研究開発において大規模かつ高品質な学習用データが必要であり、我が国における研究開発力向上には、当機構が有す

さらに、我が国における大規模言語モデルの開発力強化及びリスク対応力強化に向け、大量・高品質な日本語を中心とする学習用言語データを整備・拡充し、我が国の大規模言語モデル開発者等に提供するとともに、大規模言語モデルに起因する様々なリスクに対応するための技術の研究開発を実施するものとする。

なお、令和5年度補正予算(第1号)により追加的に措置された交付金については、「デフレ完全脱却のための総合経済対策～日本経済の新たなステージにむけて～」の一環として成長力の強化・高度化に資する国内投資を促進するために措置されたことを認識し、大量・高品質な日本語を中心とする学習用言語データの整備・拡充及び我が国の大規模言語モデル開発者等への提供並びに大規模言語モデルに起因する様々なリスクに対応するための技術の研究開発のために活用する。

る大規模な Web データを活用した学習用データの活用が望まれる。LLM に起因する様々なリスクも考慮しつつ、法的課題を整理し、共同研究を通して民間企業へ学習用データや試作した LLM を提供する枠組みを整備し、令和6年7月より、民間企業との共同研究を開始した。複数の民間企業との共同研究を通じ、学習用データや試作 LLM を民間企業に提供し、民間企業の LLM 開発を後押しした(見込み)。

- 第5期中長期計画の項目は令和5年度に新たに追加されたものであるが、関連する技術開発は令和4年度末より実施していたため、それらの成果も本成果項目に記載する。

なお、令和4年度末までは ChatGPT のような生成型の大規模言語モデル(以下、LLM とする)はフェイクニュース、バイアス等のリスクがあることからその研究開発は基礎研究と位置付けてきた。一般に試験公開した大規模 Web 情報分析システム WISDOM X や高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システム MICSUS では研究の一段階で生成型の LLM をテスト的に活用したことはあったものの、最終的なシステムでは活用していない。一方で、リスクはありながらも OpenAI の ChatGPT が社会に受け入れられたことから、方針を展開して令和4年度末より関連する開発を本格化した。まず令和5年に 130 億パラメータから、その当時、日本語特化型では世界最大の LLM であった 3,110 億パラメータのモデルまで合計 16 個のモデルの事前学習を完了した。これらはそれまで BERT の学習で使っていた「ため」「ので」のような接続詞を含む因果関係を表すテキストを含む比較的短いテキストパッセージだけからなる 350GB、ないしは 888GB の日本語事前学習データを中心に学習させたもので、特にファインチューニング等を行わなくても、事前学習のみで一定の精度で質問応答、創作、議論等が可能であることを確認しており、また、パラメータ数の増加、データ量の増加による性能向上を質問応答の評価で確認した。さらに、同一のデータで事前学習してもパラメータ数等によって回答が大きく異なることも確認しており、これは複数モデルの併用による性能向上が可能であることを示唆している。実際に後述するようにこうした併用で実際に精度向上を確認している。また、同一のデータで学習した複数のモデルを併用することで高性能が得られるということは、現在の事前学習法の改良の手掛かりとなる可能性がある。また、これらの取り組みに関しては、NHK ニュース7、朝日新聞、読売新聞、毎日新聞、日経新聞等、合計 247 件と多数の報道がなされた。

一方でこれらのモデルでは、事前学習データが短いテキストパッセージからなることから、長文の要約や few-shot learning が困難であるという問題があったため、令和6年度にかけて、より長いテキストパッセージからなる日本語学習データを構築した。より具体的に述べると、事前学習データでは、学習に向けた良質なテキストのみを抽出することが重要となるため、書籍にあるような文章のみを Web ページから抽出するための学習データ、高精度な抽出モデル (BERT を使用。平均精度 93%) を開発し、大規模データの実構築を実施し、収集済みの日本語中心の 661 億 Web ページの一部から、最大で 22.9TB の日本語事前学習データとしては世界最大のデータを構築した。このデータはトークン数で言えば、機構独自トークナイザで 3.8T トークン、tiktoken で 8.0T トークンと推計している。本取り組みの計画時は当時 GPT-4 の学習データ量として推定されていた 9TB 程度の日本語データを構築することを目的としたが、これを大幅に上回るデータが構築できたことになる。なお、上記 661 億ページのデータは、LLM の学習でよく使われている CommonCrawl の5倍程度の日本語データとなっており、CommonCrawl を使った場合よりも大量のクリーンな日本語データを含む事前学習用データの構築が可能になるものである。なお、これらのデータは民間企業での利活用が容易なよう、ヘイトスピーチや個人情報の削除等を行なったバージョンも用意した。(令和6年度末の見込み)

- 令和6年度には、上記の 22.9TB のデータの構築と並行して、そのデータ一部を使って、令和5年度よりも長文に対応できる LLM の開発を目標に、適切な学習設定等を探索するため、より多様な設定で合計 40 件以上の LLM の試作を行い、それらの LLM を評価することによってより強力な LLM を開発するための各種知見を得た。これらの知見は学習率等の設定や、事前学習データの重複削除の方法等である。令和 5 年に開発を始めてから令和6年 11 月までに累計 60 個以上の LLM を開発してきており、非常に多くの知見を得ている。また令和5年度は、学習データは小さいものの、令和6年 10 月まで日本語特化型では世界最大であった 3,110 億パラメータの LLM を開発したが、令和6年度には、作成時点で日本語データとして世界最大であった 9.6TB のデータで学習した LLM を開発した。このモデルは令和6年 11 月時点で評価中であるが、特筆すべき成果であると考ええる。また、長文生成能力の強化のために学習環境の整備と新アーキテクチャの LLM の開発も行なった。具体的には、既存の Bloom をベースとする LLM の学習環境では学習時の最大

トークン長が 2,048 までに制限され、長文データに対する学習に限界があった。この問題を解決するために、最新版の Megatron-DeepSpeed や Flash Attention 等を導入し、最大トークン長の制限を大幅に緩和しつつ(最大トークン長 16,384 まで検証済み)、学習速度も約 1.3~1.7 倍に向上させた(既存環境での最大トークン長 2,048 の設定時との比較)。また、Llama を基にした新アーキテクチャの LLM を試作した(合計 10 件以上)。今後、この新アーキテクチャを用いてパラメータ数 2,000 億以上、最大トークン長 16,384 以上の LLM を開発する予定である。

- また、上述の 160 億パラメータの LLM も含め、事前学習済み LLM を評価する独自ベンチマークセットを構築した。ただし、出力の品質評価は自動ではなく人手による評価である。これは既存の日本語ベンチマークはすでに BERT 等のより低レベルのモデルでも極めて高い精度が出ていて評価として飽和している他、既存の商用 LLM で評価する方法では商用 LLM よりも賢い出力が正当に評価されない恐れがあるからである。7種類のタスク(質問応答、雑談、仮説生成、反論、同調、要約、文脈付き質問応答)についてベンチマークセットを各 1,000 件構築し、これまでに学習した LLM を評価した。7タスクの平均で最も精度が高かったモデルは、888GB のデータで事前学習した 2,340 億パラメータのモデルであり、精度の平均は 67.1%だった。また、7モデル(一部タスクでは6モデル)中、このモデルの出力が最も良かった割合は 21.2%だった。

さらに、このように複数の LLM の出力が得られる状況で質の高いものを選択するために、NICT-BERT を用いた軽量の応答選択モデルを開発した。このモデルを評価するために、タスク毎に高い精度の単独の LLM を用いる場合との比較実験を行い、5タスク(質問応答、雑談、仮説生成、反論、同調)の平均において精度が約 15%、また5~7モデルから最適な応答を選択できる割合が約 20%向上することを確認した。

- 加えて、事前学習済みモデルをファインチューニングするために WISDOM X を活用して、既存の質問応答をはじめとするさまざまな学習データを LLM のインストラクションチューニング用データへ変換する技術を開発した。これによって、事前学習データにあるテキストをもとに正解データを構築することができるが、事前学習データとは全く無関係なデータでファインチューニングをすることによってハルシネーションが増大する可能性を抑制できると考えられる。また、これまでに蓄積してきた質問応答分類、含意関係判定、因果関係

また、令和6年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「国民の安心・安全と持続的な成長に向けた総合経済対策～全ての世代の現在・将来の賃金・所得を増やす～」の一環として潜在成長率を

判定等の豊富な言語資源をインストラクションチューニング用データへ変換する作業を開始した。LLM の安全性のための有害プロンプトを含め、これまでにインストラクションチューニング用データ 23,755 件を作成済みである。

- なお、これまでに開発した一連の LLM の一部は、別項目で記載した、複数の AI を組み合わせるための汎用ソフトウェアプラットフォームである WISDOM-LLM で実際に活用されており、LLM の本質的課題である(1)アイデア出しをさせても月並みなアイデアしか出力できないといった「創造性」の欠如、(2)ハルシネーションで誤った情報を出力してしまうといった「信頼性」の欠如、(3)出力に多様性がないといった「多様性」の欠如といった課題への対応に活用されており、より具体的には尖ったアイデアの生成の他、LLM 等が出力した情報の Web 情報を使った裏取り、与えられたフェイクニュースかもしれない情報に対して、Web 上に根拠がある反論の生成等のタスクで活用されている。特に、LLM 等が出力する情報の裏取りや、反論の生成は、LLM のリスクとして広く認識されているハルシネーションやフェイクニュース等への対応として極めて重要な技術であり、WISDOM-X のさらなる強化とともに、この技術の研究開発を進める予定である。
- また、これら学習用データ、試作したモデルの外部提供を可能にするため、個人情報保護委員会、多数の法律の専門家等とやり取りを行い外部連携のための法的整理を完遂し、契約書のひな形を作成し、民間企業との共同研究を開始した。その中で上述の学習用データや試作した LLM 等を民間企業へ提供し、日本国内の LLM の研究開発力向上に貢献した。さらにはこれらの検討結果やこれまでの LLM の開発の経緯等をもとに、個人情報保護委員会等の委員会で識者としてプレゼンを行なったほか、生成 AI のリスクやその対処法に関して、月刊正論、日経新聞等に寄稿を行い、積極的な情報発信を行なった。
- 上述した日本語の事前学習データとしては世界最大規模となる 22.9TB の学習データをはじめ、構築見込みの 2,000 億パラメータの大規模言語モデル(LLM)を共同研究により民間企業に提供し、民間企業における LLM の研究開発を後押しした(見込み)。
- WISDOM-LLM を活用して、LLM が生成したテキストの根拠や矛盾等示すテキストを検索して検証を行う技術を開発するとともに、検証の結果に基づき望ましい修正案の提示等を行い、LLM を活用するユーザを支援する技術も研究開発した(見込み)。

	高める国内投資を拡大するために措置されたことを認識し、大量・高品質な日本語を中心とする学習用言語データの整備・拡充及び我が国の大規模言語モデル開発者等への提供並びに LLM 活用の安全性を確保するため、生成されたテキストの根拠・矛盾等の検証、改善等を支援する技術の研究開発のために活用する。		
(3) スマートデータ利活用基盤技術 多様なセンシングデータを相互連携することで予測や分析の目的に適合した情報を生成するデータ利活用技術の研究開発を通じて、最適化された行動やリスクを避けた健康的な生活様式を支援する等スマートサービス開発 ICT 基盤の実現を目指すものとする。	(3) スマートデータ利活用基盤技術 実世界の様々な状況を随時把握し最適化された行動支援を行うことを目的として、多様な分野のセンシングデータを適切に収集し、複合的な状況の予測や分析の処理を、個々の環境に適合させ、同時に相互に連携させながら全体最適化を行う分散連合型の機械学習技術やデータマイニング技術の研究開発を行う。 これらの技術により、従来のパブリックデータに加えプライベートデータも活用した予測や分析を可能にし、データ収集・予測・分析のモデルケースを種々の課題解決に効果的に展開できるようにする。具体的には、これらの技術を用いて、地域の環境問題を考慮した安全・快適な移	(3) スマートデータ利活用基盤技術 各種データに特化したシングルモーダル事前学習モデルを組合せてマルチモーダル AI モデルを効率的に作成する MMCRAI フレームワークを開発した。MMCRAI では、3種類の操作 (CROSS, FUSE, ALIGN) によりシングルモーダルモデルの自由な組合せを可能にするとともに、Multi-head Self Attention 機構により、モダリティ間の多様な関係表現の学習を促進することでマルチモーダル AI モデルの予測性能の向上を可能にした。さらに、非対照型自己教師あり学習 (NC-SSL) に基づき、限られたモダリティのデータを用いた効率のよい学習を可能にした。従来のマルチモーダル AI モデル作成では、毎回専用のマルチモーダルデータを用意し学習しなければならなかったが、MMCRAI では、これらの特徴により、個別に用意したシングルモーダルデータ (個別のセンサデータなど) を組み合わせることで学習することができ、マルチモーダル AI モデル作成の効率化を可能にした。この MMCRAI を応用し、マルチモーダル翻訳向けの画像認識モデルを開発した。対象分野の異なる複数の事前学習済み画像認識モデルを組合せ、アプリケーションデータを用いてカスタマイズする機能を開発し、駅の周辺や内部の画像を対象とした評価実験で 85% 以上の認識精度を実現した。このモデルを、機構の先進的音声翻訳研究開発推進センター (ASTREC) 等で活用すべく、モデルの構成、追加学習、検証などの基本機能を提供した。これらの研究成果は、マルチメディア分野のトップカンファレンス ICME2023 (Core Rank A) をはじめと主要な国際会議論文に採択された。	(3) スマートデータ利活用基盤技術 多様なセンシングデータを活用するデータ利活用技術を研究開発し、最適化された行動やリスクを避けた健康的な生活様式を支援するサービス開発に資するスマートサービス開発 ICT 基盤を実現する中長期目標に対して、競争力の高い技術を実現するとともに、外部連携による社会価値の可視化、社会実装へ展開すべく業務を推進し、効率的にマルチモーダル AI モデルを作成できる MMCRAI フレームワーク、高速かつ安定した分散機械学習を実行できる AOP 技術など科学的意義の優れた成果を創出し、それら技術の DCCS への展開による国内外の研究開発や応用実証活動での活用や、ITU FGMV/ITU-T SG21 (見込み) や IOWN Global Forum でデジタルツイン・オーケストレータの国際標準化の推進に貢献して社会的価値の創造を進

動や健康的な生活等を支援するスマートサービスを自治体等に展開できるよう、その開発に必要なプラットフォームを構築し、その実証を行うことにより、技術の社会実装につなげていく。

- MMCRAI フレームワークに基づいて、映像やテキスト、時系列データなどの事前学習済みシングルモーダルモデルを組み合わせ、ドライブレコーダデータや環境データ、活動量データから、危険な運転状況や、眠気を示す高い CO2 濃度、心拍の急上昇など、運転リスクにつながるイベントを予測できるようにするマルチモーダル AI モデル MM センシングを開発した。このモデルを、東京農工大学スマートモビリティ研究拠点のヒヤリハットデータベース(約 20,000 事例分)などのデータセットを用いて学習し、約1億 4,500 万パラメータ規模の事前学習モデルを構築した。関連する従来の代表的なモデル(I3D, AlexNet など)は 2,500 万～1億 2,000 万パラメータ規模であるが、これを上回る規模の MM センシングでは、従来のモデルより豊富な関係表現を学習できるため高精度な運転リスクの予測が可能であり、周辺車両や歩行者等との近接・衝突(ヒヤリハット事象)など7種類の運転リスク予測で SOTA 手法※を 20%上回る精度を達成した。特に、従来は区別が困難であった隣接衝突、車線合流衝突、交差点での右折車衝突などを個別に予測できるようにした。さらに、希少な運転リスク事例の学習データを補強すべく、ヒヤリハットデータベースの事例データに付与されたメタデータから、運転シミュレーションソフトウェアを用いて、速度、天候、道路状況等を様々に変更した疑似 3D 映像を生成する機能を開発した。これを用いて学習データを増強し、MM センシングの予測精度を最大 20%改善した。さらに、MM センシングを汎用化し、ドライブレコーダ映像データからドラレコ映像等からヒヤリハットシーン記述を生成する基盤モデル(事前学習済モデル)を構築し公開した(見込み)。
※)Yamamoto, S., et.al.: Classifying Near-Miss Traffic Incidents through Video, Sensor, and Object Features, IEICE TRANS. INF. & SYST., VOL.E105-D, NO.2 FEBRUARY 2022.
- 画像やテキストなど異なる種類のデータに多重の Attention をかけることで、従来の特徴量空間レベルから事象関係レベルまでの相関予測を可能にするクロスモーダル Attention モデルを開発した。これを基にテキスト・画像相関分析手法を開発し、従来手法を平均 20%(P@K 比)上回る性能を達成した。また、画像に関連付けられた2つのキャプションが、画像内のオブジェクトに言及しているが意味的には異なるもの (Out-Of-Context)かどうか判断する画像の不正キャプション検出に応用し、ACM Multimedia Grand Challenge on Detecting Cheapfakes 2022 で優勝した(参加 15 チーム中)。これらの研究成果は、マルチメディア分野のトップカンファレンス ACM

め、さらに、総務省委託研究開発での民間企業約 10 社とコンソーシアム活動を主導するとともに、民間企業との連携により、スマート運転支援実証の推進とドラレコ映像等からヒヤリハットシーン記述を生成する基盤モデルを開発し公開(見込み)したこと、光化学オキシダント注意報予測情報資産の環境モニタリング事業者への技術移転につなげたことなどは社会的価値や社会実装の観点で優れた成果である。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 各種データに特化したシングルモーダル事前学習モデルを組み合わせ効率的にマルチモーダル AI モデルを作成できる MMCRAI フレームワークを開発し、運転リスク予測モデル(MM センシング)をはじめ様々な応用に展開し優れた性能を実現して多数の主要国際国際会議などで採録や最優秀産業デモ賞を受賞したこと、画像・テキスト間のクロスモーダル相関分析による画像の不正キャプション検

Multimedia(CORE Ranking A*)等の国際会議に論文採択された。

- MM センシングを用いた運転行動を推薦する機能の開発を実施した。Naturalistic Driving Study (NDS)運転行動データの事例推論に基づき、リスク発生時の車両や道路の状況に対する運転行動を推薦する機能を開発するとともに、これを運転シミュレーションソフトウェア CARLA に実装した DriveCoach システムを開発した。本システムは、ドライバーの運転リスク傾向を分析し、リスク発生シーンを運転シミュレータで再現しながらリスクを回避する運転行動の訓練を行うことができる。被験者実験では、リスクの認知と回避操作に対する有用性が確認された。これらの成果は、マルチメディア分野のトップカンファレンスである ACM Multimedia 2024 で最優秀産業デモ賞を受賞した。
- 安全なデータ利活用を促進するため、これまでに開発したデータ連携分析技術を発展させ、代表的な生成 AI で生成された文章や画像等を検出する技術の研究開発に取り組んだ。元コンテンツと生成 AI で処理したコンテンツの相関性から生成コンテンツを検出する手法の基本設計を行い、GPT-4 など代表的な LLM に対応した検出手法 SimLLM を開発した。SimLLM では、入力文と、入力文から LLM で生成した文の類似度を基に、LLM 生成文の検出を行う。その際、入力文を複数の LLM を用いて校正した結果を類似度の順に連結し分類することで性能向上を図る。これにより、LLM 生成文を 88.9% の精度で検出する性能を実現し、関連する SOTA 手法 (DetectGPT、MPU-RoBERTa など) に比べ 12.8% 優れた検出精度を達成した。この研究成果は、自然言語処理分野のトップカンファレンスである EMNLP2024(CORE ranking A*)に採択された。さらに、ニュース記事を対象とした性能改善や、画像も含めた AI 生成コンテンツ検出技術を開発した。
- 時空間 3D ラスター画像を用いたマルチモーダルイベント予測 (3DCNN) と、イベントの周期的頻出パターン (PFP) を高速に発見するデータマイニング手法を組合せた複合イベント予測手法 3DCNN-PFP を開発し、異常気象等による混雑の時系列発生パターンを予測できるように拡張するとともに、予測精度を 6~21%、処理速度を平均 56% 改善した。これらの研究成果は、国際ジャーナルや ICONIP、IEEE BigData 等の主要国際会議に論文採択された。
- エッジ機器等で収集したセンシングデータ等を個々のエッジに保持したまま共有せず、各々のエッジで深層学習モデルを分散学習し結果を集約することで、プライベートデータを保護しながらモデルの

出が ACM Multimedia Grand Challenge on Detecting Cheapfakes 2022 で優勝したこと。

- 各エッジで深層学習モデルを分散学習し結果を集約する連合型エッジ AI 技術の研究開発を進め、エッジのデータの偏りに応じてモデルを集約する際の重み付けを調整する連合学習方式 FedProb、従来より高速かつ安定した分散機械学習を実行できる Adaptive Offloading Point(AOP)技術、消費電力に直結する GPU 負荷を軽減しつつ、GPU - CPU 間の通信遅延を抑え高速化も実現する GPU-CPU オーケストレーション技術を開発し、主要国際会議に論文採択されたこと。

【社会的価値】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 研究成果をスマートサービス開発の機能モジュールや情報資産として実装した xData プラットフォームを構築するとともに、研究成果の利用拡大を推進するために xData プラットフォームの機能モジュールや情報資産を機構の総合テストベッド DCCS へ技術提供したこと。その際、機械学習処理の約 20~40% 高速化やテスト期間の約 2 割短縮等を実現したこと。xData プラットフォーム/DCCS を活用した 7 件

性能改善を図る連合型エッジ AI 技術の研究開発を実施した。エッジのデータの偏り(事象の発生頻度等)に応じてモデルを集約する際の重み付けを調整する連合学習方式 FedProb を開発し、Non-IID データに対し SOTA 手法(FedAvg 等)よりも学習を早期に収束させつつ、予測精度を最大 10%上回る性能を実現した。エッジ側の学習処理を効率化する分散学習方式 SplitDyn では、Round-Robin 分配法と Hungarian アルゴリズムにより、深層学習モデルを分割しエッジへ動的に最適配置する手法を提案し、学習時間を安定的に低減できることを確認した。これらの研究成果は、IEEE BigData 等の主要国際会議に論文採択された。また、これらを発展させた Adaptive Offloading Point(AOP)技術では、エッジの学習処理時間(Training Time per Interaction, TTPi)、ネットワーク帯域幅、演算能力(FLOPs)などの指標を基に、複数のエッジを Gaussian Mixture Model(GMM)によりクラスタリングし、分割したモデルの各クラスタへの割り当て(オフロード)を強化学習により最適化する。これにより、分散機械学習の性能を改善し、SOTA 手法(FedAdapt 等)に対し学習時間を安定化させつつ約 12%の高速化を実現した。この AOP を、限られた計算資源でも大規模な深層学習モデルを学習できるようにするためのモデル圧縮技術を開発し、1億 4500 万パラメータ規模の MM センシングモデルを約 1/10(1,500 万パラメータ規模)にまで圧縮できる性能を実現した。更に、GPU から CPU に embedding 処理等を動的に移行することで、消費電力に直結する GPU 負荷を軽減しつつ、GPU-CPU 間の通信遅延を抑え高速化も実現する GPU-CPU オーケストレーション技術を開発し、平均 15.7%の GPU 負荷軽減と、平均 16.4%の高速化を達成した。これらの成果は、IEEE SMARTCOMP 2024 国際会議で最優秀論文賞にノミネートされた。

- データ連携分析モデルを多様なエッジ環境で連合学習できるようにすべく、計算機クラスタ上に仮想的なエッジ環境を構築し、分散学習の性能評価・検証を行うシミュレーション実験システムを構築した。仮想 GPU 技術(vGPU)と CUDA(NVIDIA 社の GPU プログラム開発環境で GPU 性能を最大限に引き出すことができる)を用いて、複数の仮想ノードから GPU を分割利用する機械学習環境の構築手法を開発し、NVIDIA Jetson、Raspberry Pi 相当の仮想エッジノードを最大 300 台規模で混在させるシミュレーション実験環境を構築した。
- AOP の連合学習処理の非同期化により、異なるエッジ間での学習

を超える国内外の研究開発や応用実証を推進し、一部を技術移転や社会実装に繋げたこと。

- ASEAN IVO と環境問題対策を題材とした国際連携を実施し、ブルネイ工科大での越境汚染災害の研究と地元政府の公衆衛生危機管理への応用検討など、現地での研究開発の活性化や社会課題対応へと展開したこと。
- 機構内外と連携し、デジタルツイン連携のための Beyond5G オーケストレータのアーキテクチャの設計と基本実装を行い、統合テストベッドへ展開し Beyond 5G サービス PoC に活用(見込み)したこと。また、ITU FGMV/ITU-T SG21(見込み)や IOWN Global Forum でデジタルツイン・オーケストレータの国際標準化を推進し、アーキテクチャ文書の公開や勧告案の策定(見込み)を行ったこと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 総務省委託研究開発「安全なデータ連携による最適化 AI 技術の研究開発」(令和5~7年度)にて民間企業約 10 社とコンソーシアムを組み、研究開発 WG リーダとして、MM センシングや AOP を核とした AI モデル循環進化技術の研究開発と社会実証を主導したこと。また、AOP

時間のばらつきにより生じるモデル集約の待機時間を大幅に削減できるようにした。仮想エッジ AI シミュレーション実験システムを用いて、50～300 台規模で AOP のシミュレーション実験を実施したところ、仮想エッジクライアントの数を倍に増やした場合、SOTA 手法 (FedAdapt) は約 47% 総学習時間が増えるのに対し、AOP は約 3% しか増えておらず、高いスケーラビリティを有することが確認された。また、スマート運転支援実証で用いる車載エッジ機器 5 台を対象に、従来の同期型連合学習に比べ 10.8% 短縮を実現した。また、非同期化により、駐車等によるアドホックな学習の中断にも対応できるようになった。さらに、非同期化に加え連合継続学習を統合することにより 300 台規模のエッジ環境での分散マルチタスク学習を実現した(見込み)。

- AOP を、代表的なエッジ機器 (NVIDIA Jetson や Raspberry Pi) やスマートフォン (Google Pixel) に実装するとともに、循環進化型 AI ドラレコ (下記に記載) など他に類を見ないエッジコンピューティングシステムの社会実装 (見込み) に展開した。
- 研究成果を活用したスマートサービスの開発・実証を推進すべく、第 4 期中長期計画から構築を続けてきたデータ連携分析基盤 xData プラットフォームに、マルチモーダル AI 技術や連合型エッジ AI 技術等の研究成果を実装するとともに、機構の総合テストベッド 研究開発推進センターと連携し、xData プラットフォームの機能モジュールや情報資産 (機械学習モデルとその学習及び実行プログラム、サンプルデータやサンプルアプリケーションなど) を、総合テストベッド Data Centric Cloud Service (DCCS) に提供し、テストベッド利用者がこれらを活用したスマートサービス開発・実証を行えるよう整備した。その際、機能モジュールをコンテナ化し、xData プラットフォームと同じ情報資産を DCCS の計算機クラスタ上で実行できるようにすることで、学習処理を約 20～40% 高速化しテスト期間の約 2 割短縮するなど、DCCS 移行による性能向上を実現した。また、情報資産を安全に共用利用できるようにすべく、情報資産に含まれるデータセットの暗号化やプログラム難読化、画像データに含まれる顔やナンバープレート等の個人情報のマスキング処理など、セキュリティやプライバシー保護の機能を実装した。利用者からは、環境データ等の DCCS 提供データや利用者の保有データを情報資産へ搬入し直ちに分析・予測結果を確認できるなど、利用開始のハードルが低いことが評価された。
- xData プラットフォーム/DCCS を活用した研究開発や応用実証を推

を始め研究開発 WG の研究成果を標準的な AI モデル開発プロセス (MLOps) に組み込んだ AI プラットフォームを開発・公開 (見込み) するとともに、そのアーキテクチャやユースケースをまとめたホワイトペーパーを公開 (見込み) しコンセンサス形成を促進したこと。

- 地域やサービスを横断した連合学習でリスク予測モデルの持続的な性能改善を図る循環進化型 AI ドラレコを開発し、運送事業者らと連携したスマート運転支援実証を実施したこと。運転リスクと体調に基づき休憩アシストする他に類を見ない AI ドラレコ機能を共同開発し、運行管理者や運転者の受容性を検証したこと。また、循環進化型 AI ドラレコについては、総務省委託研究実証連携先である運送事業者らによる車載機器メカ等との連携検討を推進するとともに、総務省委託研究参画企業と機構による地域安全サービス実証への横展開 (見込み) を実施したこと。MM センシングを汎用化し、ドラレコ映像等からヒヤリハットシーン記述を生成する基盤モデルを開発し公開 (見込み) したこと。
- 光化学オキシダント注意報予測情報資産を環境モニタリング事業者へ技術移転し、光化学オキシダント注意報等発令業務を支援する監視システムに移転した

		進し、データ連携分析に基づく環境品質予測の地域適応化の研究開発(環境モニタリング事業者)、多様なデータの連携に関する評価のためのデータ利活用基盤の研究開発(総務省委託研究参画企業ら)、持続性の高い行動支援のための次世代 IoT データ利活用技術の研究開発(電気通信事業者研究所)、Reusable, Sharable, and Transferable Smart Data Platform for Collaborative Development of Data-Driven Smart Cities (ASEAN IVO)など、7件のDCCS利用者に提供した。例えば、データ連携分析に基づく環境品質予測の地域適応化の研究開発は、DCCS の情報資産を事業者が大気汚染常時監視システム向けにブラッシュアップし、その成果を環境モニタリング事業者へ技術移転した。また、ASEAN IVO プロジェクト(令和3年度まで3年間実施)では、環境問題が深刻なASEAN 地域の研究機関が主体となり、現地で収集したデータを用いて、xData プラットフォームを活用した煙霧越境汚染被害予測(ブルネイ工科大)や MM センシングによる交通公害予測(ベトナム ダラット大)などを開発するとともに、その一部を MediaEval 国際ベンチマーキングタスクに公開し 10 チームの研究者らが性能改善を行った。また、ブルネイ工科大での煙霧越境汚染被害予測の研究成果は、同大学での越境汚染災害の研究や地元政府の公衆衛生危機管理への応用検討に発展し、ベトナムダラット大の交通公害リスク予測の研究成果は、同大学とダラット市インテリジェントオペレーションセンターにより現地スマートシティ基盤への応用検討に発展するなど、現地での社会課題対応への横展開につながった。これらの結果、ASEAN IVO プロジェクト終了評価では、全8プロジェクト中第2位の高い評価を得た。 • 利活用の成果を再利用できるよう機能モジュールや情報資産に組み込み DCCS 利用者に提供するテストベッド循環進化を実践した。例えば、持続性の高い行動支援のための次世代 IoT データ利活用技術の研究開発で作成した人流予測モデルや行動支援アプリ、位置情報疑似データなどを情報資産に組み込み DCCS 利用者に公開し、地域安全サービスの社会実証や Beyond 5G/6G サービス PoC 等に活用(見込み)した。 • 総合テストベッド研究開発推進センターと連携したアウトリーチ活動の推進を行い、令和4年10月に公開した環境品質短期予測のお試し利用が月間 1,500 アクセスにまで増加した。 • 環境品質短期予測情報資産から派生した光化学オキシダント注意報予測情報資産を、環境モニタリング事業者へ技術移転するため	技術を組み込み、国内外に展開していく準備を進めるなどしたこと。

のライセンス契約に合意した。事業者が主体となり、自治体ごとの収集データや監視業務フローに応じて情報資産をカスタマイズしたアプリケーションを開発し、アプリケーションに表示された早期警戒情報に基づき発令（解除）に備えた待機（解除）準備に活用するパイロット試験を3つの自治体（県）と連携して実施し、工場等への排出制限の事前通知や発令要員の待機要否の事前判断など、業務負荷の改善への有効性を職員への聞き取り調査により確認した。事業者は、都道府県自治体を実施する光化学オキシダント注意報等発令業務を支援する監視システムに本予測機能を組み込み、複数自治体へ展開していく準備を進めている。さらに、事業者が参画するハイブリッド型大気質モニタリングネットワーク構想検討会（アジア大気汚染研究センター他）などの活動を通じ、東南アジアなど大気汚染が深刻で観測網が未整備な地域への展開も計画している。

- 総務省委託研究開発「安全なデータ連携による最適化 AI 技術の研究開発」（令和5～7年度）にて、民間企業約 10 社とコンソーシアムを組み、研究開発 WG リーダとして、MM センシングや AOP を核とした AI モデル循環進化技術の研究開発と社会実証を主導した。昨今、生成 AI 等の事前学習済み基盤モデルが世界的に注目されるも、オープンな学習データは 2026 年頃から枯渇しはじめ、今後は企業や個人が保有するデータの活用が鍵となる。しかし、個人情報や企業データを中央サーバに収集するのは困難であるため、AI モデル循環進化では、様々な組織・デバイスに散在するデータ・計算資源を安全・効率的に活用し、業界団体、地域・都市などの共通課題に特化した基盤モデルを共創することを目指す。標準的な AI モデル開発プロセス（MLOps）に、AOP を統合した連合学習フレームワークを始め、研究開発 WG で開発した AI モデル循環進化機能を組込んだ AI プラットフォームを構築し、スマート運転支援や地域安全サービスの社会実装で活用するとともに、AI モデル循環進化の参照実装として公開した（見込み）。また、機能アーキテクチャやユースケースをまとめたホワイトペーパーを公開し、AI モデル循環進化へのコンセンサス形成を促進することで社会実装を加速させた（見込み）。
- 運送事業者らと連携し、MM センシングと AOP をトラック等の車載エッジコンピューティングシステムに組み込み運転リスク診断を行うスマート運転支援実証を実施した。車両で収集・蓄積されるセンシングデータを用いて MM センシングを AOP で継続的に連合学習し、

車両や運転者に運転リスク予測を適応化させるとともに、一般的なドライブレコーダ製品で取得する 10fps 映像データを用いたリアルタイム予測を実現した。これらを基に、運輸業界の 2024 年問題対策で要望が高く、既存のドライブレコーダ製品ではまだ実現されていない休憩アシスト機能(運行管理者が運転リスク発生時の状況を分析し休憩取得のタイミングや場所を調整)を運送事業者らと共同で開発し、運行管理者による受容性検証を行い、2024 年問題対策に活用したいとのコメントを得た。また、実証システムから基本機能を切り出し、地域やサービスを横断した連合学習でリスク予測モデルの持続的な性能改善を図る循環進化型 AI ドラレコを開発した(見込み)。これについて総務省委託研究実証連携先である運送事業者らによる車載機器メーカ等との連携検討を推進するとともに、総務省委託研究参画企業と機構によるスマート運転支援実証および地域安全サービス実証における交通リスク情報収集への横展開(見込み)を実施した。また、3つのビジネスパターン(モデル提供、プラットフォーム提供、事業組込)を設定し具体的なユースケースを検討した。さらに、MM センシングモデルを汎用化したヒヤリハット予測基盤モデルを基に、スマート運転支援実証(運送事業者)で用いる運転リスク予測モデル(MM センシング)と、地域安全対策サービス実証(電気通信事業者)で用いる交通リスク予測モデル各応用モデルを開発できるようにした(見込み)。

- 機構の 高度情報・通信委託研究開発「持続性の高い行動支援のための次世代 IoT データ利活用技術の研究開発」(令和4年度～6年度)を推進し、Beyond 5G/6G 時代の大容量・低遅延・超多様なデータストリームに対応したマルチモーダル AI 技術と、これを応用した人流予測モデルと行動支援アプリケーション及び位置情報疑似データ等の研究成果を創出した。これらの成果は xData プラットフォーム/DCCS 上に実装し公開され、地域安全サービスの社会実証や Beyond 5G/6G サービス PoC 等に活用した(見込み)。
- 機構の Beyond 5G/6G の研究開発を推進すべく、xData プラットフォームのリアルタイム処理性能や複合イベント処理、IoT 連携機能を強化・拡張したデジタルツイン基盤を開発し、このデジタルツイン基盤上で各種の情報資産を拡張したデジタルツインのサンプルを構築するとともに、Beyond 5G オーケストレータの概念に基づきこれらのデジタルツインを連携させたサービス開発を可能にするデジタルツイン・オーケストレータの設計と基本実装を行った。これらを基に、Beyond 5G 研究開発推進ユニットや総合テストベッドらと連携

し、Beyond 5G のサイバー空間アーキテクチャ及びデジタルツイン連携のための Beyond5G オーケストレータに関する機能アーキテクチャの設計と基本実装を行った。これらの成果は、Beyond 5G/6G ホワイトペーパー(2.0 版及び 3.0 版)で公開するとともに、統合テストベッドに実装し Beyond 5G サービス PoC に活用した(見込み)。さらに、このデジタルツイン・オーケストレータの機能アーキテクチャを基に、国際電気通信連合 電気通信標準化諮問委員会(ITU TSAG)の Focused Group on Metaverse (FGMV)の Working Group 5 (Interoperability)で策定するプラットフォーム間連携のための高レベル相互運用性アーキテクチャに Digital Twin Interoperability Functional Component とそのユースケースを提案・反映し成果文書を公開するとともに、電気通信標準化部門(ITU-T) Study Group 21 (マルチメディア、コンテンツ配信及びケーブルテレビの技術)で勧告案の策定を行った(見込み)。また、機構が参画するオールフォトニクス通信ネットワークの技術標準を開発する業界団体 IOWN Global Forum が策定を進める Data Space for Digital Twin application(DSDT)の機能アーキテクチャにも、Digital Twin Orchestration functions を提案・反映し公開するなど、国際標準化を推進した。

- Beyond 5G 研究開発促進事業オフィサーを務め、革新的情報通信技術研究開発委託研究 課題 05201 「デジタルツインによるサイバー・フィジカル連携型セキュリティ基盤」(電気通信事業者)と、セキュリティ情報基盤のためのデジタルツイン連携アーキテクチャに関する研究連携を実施した。デジタルツインのセキュリティ情報管理におけるデジタルツイン・オーケストレータのユースケースを共同で作成し、その概念実証(見込み)、及び ITU FGMV への寄書提出を行った。これにより、Beyond 5G/6G の委託研究と自研の連携を推進した。

なお、この評価は、以下の「(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2)見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。

(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解

1. 開催日 令和7年4月14日(月) 10時00分～18時00分

2. 委員名簿

安浦 寛人 委員長 国立情報学研究所 副所長

安藤 真	委員	東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
栄藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(ユニバーサルコミュニケーション分野について)

- 自己評価(年度評価S、見込評価S)は妥当である。
- 社会知コミュニケーション技術は、中長期期間の途中で ChatGPT の出現により、国際的な競争の加速など、大きな変化が生じた。そのような情勢を踏まえ、国産 LLM の開発や現在の LLM の問題点であるハルシネーションへの対応など、当初予定した以上の成果を出している点は高く評価できる。この分野は急速に技術革新が進んでいるので、今後、国や社会として必要な技術(例えばソブリン AI など)に関する方向づけも検討してほしい。
- 多言語コミュニケーションと社会知コミュニケーションでの翻訳や対話システムのこれまでの成果は評価する。しかし、機能だけで言うといずれも既に商用サービスで同様のものがあるため、NICT の独自性をうまく見せることを意識する必要がある。今後、新しい技術開発とその社会実装の方策をこの経験をもとに検討してほしい。
- スマートデータ利活用基盤技術は、直接人間とコミュニケーションするものではないため、ユニバーサルコミュニケーション分野に入っていることに違和感がある。本当にこの分野のままでよいのか、次期中長期計画時に検討されるとよい。次年度は、運転支援の技術に注力されて、更に良い成果が出ることを期待している。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていっていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評定、年度 S 評定で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価)項目別自己評価書(No.5 フロンティアサイエンス分野)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー1. ー(5)フロンティアサイエンス分野		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項 第一号
当該項目の重要度、難易度	重要度:高	関連する研究開発評価、政 策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※5					
	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
査読付き論文数	－	144	107	178	158		予算額(百万円)	38,946	37,684	26,383	11,852	
招待講演数※1	－	72	93	84	103		決算額(百万円)	6,859	16,397	23,815	7,886	
論文被引用総数※2	－	50	31	56	46		経常費用(百万円)	6,563	7,577	11,509	14,597	
過年度発表を含む論文被引用総数※3	－	50	341	965	901		経常利益(百万円)	△199	△118	△306	△103	
実施許諾件数	－	14	16	14	17		行政コスト(百万円)	6,916	7,693	12,381	15,590	
報道発表件数	－	10	12	10	16		従事人員数(人)	62	61	63	78	
共同研究件数※4	－	127	143	153	165							
標準化や国内制度化の寄与件数	－	126	100	172	90							
標準化や国内制度化の委員数	－	18	17	28	25							

※1 招待講演数は、招待講演数と基調講演数の合計数

※2 当該年度に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※3 過去3年間(ただし、今中長期期間の始期である令和3年度以降を対象とし、令和3年度は1年間、令和4年度は2年間とする)に発表した査読付き論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用の総数(当該年度の3月調査)。

※4 当該年度以前に契約し、契約が実施されている共同研究契約件数(当該年度の3月末調査)。

※5 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1-5. フロンティアサイエンス分野 我が国において、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらす新たなイノベーション力を強化するためには、「未来を拓く」能力として、イノベーション創出に向けた先端的・基礎的な技術が不可欠であり、Beyond 5Gを支える基盤技術として期待されることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	1-5. フロンティアサイエンス分野 次世代の抜本的ブレークスルーにつながる先端的な基盤技術の開発、深化に基づく新たなイノベーションを持続的に創出することで、豊かで安心・安全な未来社会を支えるICTの基礎となる新概念や新たな枠組みを形作ることを目指す。このため、「未来を拓く」能力として、卓越した ICT 機能につながる新奇材料や構造、機能を創出するフロンティア ICT 技術、究極的な安全性を実現する量子情報通信技術、新しい原理や材料特性に基づきデバイスを創出する新規 ICT デバイス技術、数十億年の歴史を持つ生物の仕組みを解明し利活用するバイオ ICT 技術、脳機能の解明により究極のコミュニケーションを目指す脳情報通信技術等のフロンティア ICT 領域技術の各研究課題において、先端的・基礎的研究開発を実施す	<評価軸> ・研究開発等の取組・成果の科学的意義(独創性、革新性、先進性、発展性等)が十分に大きなものであるか。 ・研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ・研究開発等の成果を社会実装につなげる取組(技術シーズを実用化・事業化に導く		評価	S
				1-5. フロンティアサイエンス分野 我が国におけるこれまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらすイノベーションを強化するための先進的・基礎的な技術の研究開発に取り組むとともにその成果の普及と社会実装を行うという中長期目標に対して、第5期中長期期間では従来の超伝導ナノストリップに比べて200倍以上のストリップ幅となるストリップ幅 20 μm の“超伝導ワイドストリップ光子検出器(SWSPD)”の開発に世界で初めて成功し従来のナノストリップ型と遜色ない高い検出効率と低い暗計数率を実現したこと、シヨウジョウバエの脳の中で実際に記憶ができる瞬間を1個の同定したニューロン内でリアルタイム観察に成功したこと、シリコン基板上への低損失 TiN 薄膜成膜技術を確認することに成功し理研を中心として開発された国産量子コンピュータ3台すべてに採用、導入されていること、深紫外光 ICT デバ	

	るとともに、研究開発成果の普及や社会実装を目指す。	等)が十分であるか。 <指標> 【評価指標】 • 具体的な研究開発成果 • 研究開発成果の移転及び利用の状況 • 共同研究や産学官連携の状況 • データベース等の研究開発成果の公表状況 • (個別の研究開発課題における)標準や国内制度の成立寄与状況 【モニタリング指標】 • 査読付き論文数 • 招待講演数 • 論文の合計被引用数 • 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数(実施許諾件数等)		イスにおいて、光学レンズを使わずに、光の配光角を制御できる深紫外 LED の開発に世界で初めて成功したこと、開発した世界最高出力の 265nm 帯深紫外 LED 技術を用いて深紫外光照射システムを開発し、医療研究機関と連携して液体中およびエアロゾル中の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)に対する不活性化効果の検証を行い、わずか 0.5 秒照射で 99.999% 以上の極めて高い不活性化効果を初めて実証したこと、Clarivate Analytics 社「Highly Cited Researcher」にグリーン ICT デバイス研究室長が選出されたこと、量子セキュアネットワーク技術に関して国際宇宙ステーション(ISS)に搭載された物理レイヤ暗号用伝送装置と可搬地上局との間での秘密鍵共有実験に成功したこと、世界で初めて 7T MRI 装置を用いたヒト嗅覚 fMRI 研究を実現し嗅覚に関する脳内表現の一端を明らかにしたこと、脳神経科学の倫理的・法的・社会学的課題(ELSI)について大阪大学社会技術共創研究センターと協働して脳情報技術に関するガイドラインを策定・公表しその内容が OECD で取り上げられたこと、加齢に伴う左右運動野間の抑制機能の低下は脳全体の情報処理を画一化することを計算モデルで証明し、抑制機能を再活性化できるトレーニングがスポーツ関連企業の高齢者ウェルネス事業で活用されるなど、科学的意義、社

		• 報道発表や展示会出展等の取組件数 • 共同研究件数 • (個別の研究開発課題における)標準化や国内制度化の寄与件数		会的価値を中心とした非常に優れた成果といえる。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。
①フロンティア ICT 基盤技術 周波数限界の拡大や高速化、高感度特性の実現、処理能力の高度化等、通信技術・センシング技術の飛躍的な発展に資する革新的 ICT システムの創出を目指し、集積型超伝導回路技術やナノハイブリッド基盤技術、超高周波基盤技術等の研究開発を実施するものとする。さらに、人間や環境への親和性の高い生物模倣工学的手法等による情報処理・通信システムの創出を目指した研究開発を実施するものとする。	(1)フロンティア ICT 基盤技術 将来の情報通信において求められる周波数限界の拡大や高速化、高感度特性の実現、処理能力の高度化等、通信・センシング技術の飛躍的な発展に資する革新的 ICT システムの創出を目指し、集積型超伝導回路技術やナノハイブリッド基盤技術、超高周波基盤技術等の研究開発を実施する。さらに、人間や環境への親和性の高い生物模倣工学的手法等による新たな情報処理・通信システムの創出を目指した研究開発を実施する。		(1)フロンティア ICT 基盤技術 集積型超伝導回路基盤技術において、超伝導ストリップ幅を広くしても高効率に光子検出が可能となる新規構造を創案し従来の超伝導ナノストリップに比べて 200 倍以上のストリップ幅となるストリップ幅 $20\mu\text{m}$ の“超伝導ワイドストリップ光子検出器 (SWSPD)”の開発に世界で初めて成功し従来のナノストリップ型と遜色ない高い検出効率と低い暗計数率を実現し、さらに、ナノストリップ型よりも優れた低タイミングジッタ特性や偏光完全無依存特性を示すことに成功したこと、自然知規範型情報通信基盤技術において、ショウジョウバエの脳内を観察しながら条件付けによって記憶をつくる実験系を用い脳の中で実際に記憶ができる瞬間を1個の同定したニューロン内でリアルタイム観察に成功したこと、バイオ ICT 基盤技術における分子を介した情報通信システムの構成や制御に必要な要素の試作に関して、DNA をレールとする新しい分子モーターを創出し分子輸送の行先をプログラムすることに成	(1)フロンティア ICT 基盤技術 集積型超伝導回路基盤技術において、超伝導ストリップ幅を広くしても高効率に光子検出が可能となる新規構造を創案し従来の超伝導ナノストリップに比べて 200 倍以上のストリップ幅となるストリップ幅 $20\mu\text{m}$ の“超伝導ワイドストリップ光子検出器 (SWSPD)”の開発に世界で初めて成功した。従来のナノストリップ型と遜色ない高い検出効率と低い暗計数率を実現し、さらに、ナノストリップ型よりも優れた低タイミングジッタ特性や偏光完全無依存特性を示すことに成功した。これまでナノ加工が必
	(ア)集積型超伝導回路基盤技術 超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) について、高速化、高機能化に向けて重要となる多ピクセル化技術の研究開発を実施し、超伝導デジタル信号処理回路との融合により 200~300ピクセル規模の SSPD アレイを実現し、	(ア)集積型超伝導回路基盤技術 超伝導ストリップ幅を広くしても高効率に光子検出が可能となる新規構造を創案し(国内特許出願、PCT 出願米国・欧州・中国への移行)、従来の超伝導ナノストリップに比べて 200 倍以上のストリップ幅となるストリップ幅 $20\mu\text{m}$ の“超伝導ワイドストリップ光子検出器 (SWSPD)”の開発に世界で初めて成功した。従来のナノストリップ型と遜色ない高い検出効率と低い暗計数率を実現し、さらに、ナノストリップ型よりも優れた低タイミングジッタ特性や偏光完全無依存特性を示すことに成功した。これまでナノ加工が必		

単一光子感度のイメージングの実証を目指す。また、超伝導量子ビットの高性能化を目指すし、窒化物材料を用いた超伝導量子ビットの作製、評価技術を確立する。

要不可欠であった SSPD において、汎用的な光リソグラフィ技術で製作可能となったことで、検出器製作のコストと歩留まりを解決することが期待される。本成果は Optica Quantum 誌の創刊号に掲載され、報道発表も実施された。論文は令和6年度光学論文賞を受賞し、応用超伝導国際会議 (Applied Superconductivity Conference 25) では招待講演を行った。

- 多ピクセル SSPD アレイからの多重化信号処理技術のための、超伝導デジタル信号処理回路の研究開発を実施し、SSPD との同一チップ内集積化技術 (APL 誌掲載) や、SSPD 用多重化信号処理回路の提案 (国内特許出願、PCT 出願米国・欧州への移行) や動作実証に成功し、多ピクセル SSPD の動作に必要な機構独自の極低温信号処理技術の開発に成功した。
- 前述の SWSPD 技術と、熱結合を利用した積層型 SSPD アレイの開発に取り組み、令和7年度までにおいて目標とする 200~300 ピクセル規模の SSPD アレイを実現する見込みとなっている。
- 機構で開発された SSPD システム開発技術が、浜松ホトニクス株式会社との間で技術移転契約を締結し、技術移転のための共同研究を実施した。その結果、令和5年度には、機構の手を介さない形で開発された浜松ホトニクス製 SSPD システムが、大阪大学などの量子情報通信技術に適用され (報道発表)、また、G7 科学技術大臣会合や浜松ホトニクス主催の内覧会 (フotonフェア 2023) において展示・紹介され、機構発技術の社会実装に向けた積極的なアピールが行われた。また、機構で開発した SSPD が量子技術をはじめとする様々な先端技術に適用され、その有用性が示されるとともに、その成果が Science 誌 (IF=44.8) をはじめとする様々な論文誌に掲載された (技術移転契約、論文 18 件、報道発表6件)。さらに、SSPD の新たな応用展開として、2 μ m 波長帯 SSPD のライダー技術応用の検討を開始し、従来技術に比べ、測定時間を 1/600 に短縮可能であるなどの見通しを得ることに成功し、適用優位性を示す事が出来た。
- 従来の超伝導量子ビットに用いられている Nb/AIO/AI 接合に替わり、コヒーレンス時間の改善を目指すために NbN/AlN/NbN 接合を用いた超伝導量子ビットの研究開発を実施した。Si 基板上に接合をエピタキシャル成長させる技術を確立し、これを用いた量子ビットを開発することにより、窒化物超伝導接合としては世界最長となるコヒーレンス時間 ($T_1 \sim 50$ ms) の観測に成功した (Communications Material 誌掲載、報道発表)。また、外部磁場を

功したことは科学的意義が非常に高い成果といえる。

そして、集積型超伝導回路基盤技術においてシリコン基板上への低損失 TiN 薄膜成膜技術を確立することに成功し、理研を中心として開発された国産量子コンピュータ3台すべてに採用、導入されていること、ナノハイブリッド基盤技術において、Beyond 5G の基盤となるデータ通信の高速化と低消費電力化に向けて、JST A-STEP により情報通信機器製造企業と「Si/有機ポリマーハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発」を進め O バンド (1308nm) において汎用 Si 光変調器よりも遥かに高効率の光変調 (7倍以上) を実証したことなどは社会的価値、社会実装の観点で優れた成果といえる。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 集積型超伝導回路基盤技術において、超伝導ストリップ幅を広くしても高効率に光子検出が可能となる新規構造を創案し (国内特許出願、PCT 出願米国・欧州・中国への移行)、従来の超伝導ナノストリップに比べて 200 倍以

		必要としない新型超伝導磁束量子ビットを世界で初めて実現し、強磁性ジョセフソン π 接合を持つ超伝導量子ビットとしては最も優れたコヒーレンス時間を達成した (Communications Materials 誌掲載、報道発表。機構内では量子ノード技術との連携)。これまでの量子ビットとは違い、外部磁場を必要としないことから、外部ノイズの抑制・回路の簡素化・省エネ・コスト削減などの効果が期待されることから、量子ビットの大規模化、集積化に向けた重要な技術に位置づけられると考えられる。 - シリコン基板上への低損失 TiN 薄膜成膜技術を確立することに成功し、理研を中心として開発された国産量子コンピュータ3台すべてに採用、導入されている (報道発表)。国産量子コンピュータ開発の成功は、日本国内の量子コンピュータ開発のマイルストーンとなる成果であり、日本産業技術大賞の最高位である内閣総理大臣賞を受賞した。 - 現在研究に取り組んでいる NbN/AlN/NbN 接合よりもさらに低損失・高品質な超伝導接合の探索に取組み、低損失の電極材料として実績のある TiN を超伝導層、TiN と格子整合性に優れた MgO をトンネル障壁層とした TiN/MgO/TiN 接合の作製プロセスを確立することに成功した。令和7年度末までに特性均一性の評価、超伝導量子ビットの作製・評価を実施見込みとなっている。	上のストリップ幅となるストリップ幅 $20\mu\text{m}$ の“超伝導ワイドストリップ光子検出器 (SWSPD)”の開発に世界で初めて成功し、従来のナノストリップ型と遜色ない高い検出効率と低い暗計数率を実現し、さらに、ナノストリップ型よりも優れた低タイミングジッタ特性や偏光完全無依存特性を示すことに成功したこと。 - ナノハイブリッド基盤技術の光フェーズドアレイ (OPA) の開発において、チャネル (ch) 数を削減しても高解像度・広偏向角が得られ実装性が高い非周期ピッチ OPA を、C バンド (1550nm) 用 (電気光学) EO ポリマーを用いて試作し、高速位相補償技術が 16ch 非周期 OPA に適用可能であることを実証し、2次元 (2D) 光操作に向けて表面出射型 OPA を試作し、1D ビーム偏向の実証に成功したこと。2D 配列 OPA を試作し 2D 偏向動作を実証する見込みであること。また、OPA の短波長化に向けて、機構が独自開発した可視光 (640nm) 用 EO ポリマーを用い、従来の C バンド用よりも圧倒的に高効率 (3倍以上) で短波長の光変調動作を世界で初めて実証したこと。 - 自然知規範型情報通信基盤技術において、記憶形成モデルの構築に必要なシナプス可塑性の解析技術の高度化に関連し、これまでに確立したショウジョウバエの脳内を観察しながら条
	(イ) ナノハイブリッド基盤技術 未来世代の通信システムにおける更なる高速化・低消費電力化・広帯域化・小型化等に向けて、優れた光機能を有する有機分子と無機誘電体・半導体・金属等とのナノレベルの構造制御・機能融合技術やハイブリッドデバイスの集積化技術等のナノハイブリッド基盤技術の研究開発を実施し、超高速・超低消費電力・小型光変調器や超広帯域無線光変調器、広帯域・高感度電界センサ等の革新的デバイス・サブシステムの創	(イ) ナノハイブリッド基盤技術 光無線通信や Light Detection And Ranging (LiDAR) などにおける光操作の高速化・低消費電力化・小型化に向けた光フェーズドアレイ (OPA) の開発において、チャネル (ch) 数を削減しても高解像度・広偏向角が得られ実装性が高い非周期ピッチ OPA を、C バンド (1550nm) 用 EO ポリマーを用いて試作し、位相シフトデジタルホログラフィ (PSDH) と逆フーリエ変換 (IFT) を用いた高速位相補償技術が 16ch 非周期 OPA に適用可能であることを実証した。2次元 (2D) 光操作に向けて、転写法により EO ポリマー導波路位相シフトと屈折率が高い窒化シリコン (SiN) 導波路グレーティング出射部をハイブリッドした表面出射型 OPA を試作し、1D ビーム偏向の実証に成功した。2D 配列 OPA を試作し 2D 偏向動作を実証する見込みである。また、ショートレンジ LiDAR やスマートグラス等への応用展開につながりうる OPA の短波長化に向けて、機構が独自開発した可視光 (640nm) 用 EO ポリマーを用い、従来の C バンド用 EO ポリマー変調器 ($V_{\pi}L=18$) よりも圧倒的に高効率 (V_{π}	

出を目指す。また、デバイスの社会展開に向けて、耐久性や量産性等の実用化に向けた課題抽出とその解決に向けた研究開発等を行う。

L=5.2) (3倍以上)で短波長の光変調動作を世界で初めて実証した。可視光 OPA の実証に向けて、32ch 非周期 OPA の出射光近視野像を確認、遠視野像の電圧印加による変調動作を確認した。(論文4件、招待講演 20 件、特許出願8件、報道発表1件(日中米加メディア掲載 15 件)、展示会出展 10 件、受賞1件、共同研究5件。)

- Beyond 5G の基盤となるデータ通信の高速化と低消費電力化に向けて、JST A-STEPにより情報通信機器製造企業と「Si/有機ポリマーハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発」を進め、実用化に向けて Si フォトニクスファブで作製した Si スロット光変調器構造に対して、機構が開発した EO ポリマーハイブリッド構造作製プロセスを適用し、O バンド(1308nm)において汎用 Si 光変調器($V_{\pi}L=20$)よりも遥かに高効率の光変調($V_{\pi}L=2.7$) (7倍以上)を実証した。さらに、ラダー構造により抵抗値を下げることで EO 帯域 86GHz を実現した。更なる高速化と低電圧駆動が期待できる InP/EO (IOH) ポリマーハイブリッド光変調器を試作した。(論文1件、招待講演 18 件、特許出願3件、登録2件、展示会出展6件、受賞1件、共同研究5件。)
- 量産化可能なデバイス構造の上下配置アンテナアレイを有する 150GHz 帯、375GHz 帯 EO ポリマー光変調器を開発し、世界最高周波数である 375 GHz 帯電磁波照射による直接光変調を実証した。150GHz 帯 EO ポリマー光変調器を THz 波受信器として使用し、量産化可能なデバイス構造の THz-光信号直接変換器を用いたアナログ RoF として世界最高周波数である 150GHz 帯での 10Gbps の QPSK 信号の無線伝送(BER: 1×10^{-3})を実証した。130GHz 帯以上での 20Gbps 以上の無線伝送を実証見込みである。総務省「令和3年度から新たに実施する電波資源拡大のための研究開発」『無線・光相互変換による超高周波数帯大容量通信技術に関する研究開発(光電気相互変換技術)』を共同実施した(徳島大学、機構、岐阜大学(令和3年度～令和6年度))。(論文8件、招待講演 28 件、特許出願 14 件、登録3件、展示会出展7件、受賞1件、共同研究5件。)
- 広帯域・高感度電界センサ等の開発に関連して、EO ポリマー自立膜・積層膜作製技術を世界で初めて開発することにより、200 μm 以上の EO ポリマー積層膜を作製し、電気光学サンプリング法により、超広帯域電場検出(従来 EO 結晶の 10 倍)と高効率検出を実現した。(論文7件、基調講演1件、招待講演 24 件、特許

件付けによって記憶をつくる実験系を用い、脳の中で実際に記憶ができる瞬間を、1個の同定したニューロン内でリアルタイム観察に成功したこと。

- バイオ ICT 基盤技術における分子を介した情報通信システムの構成や制御に必要な要素の試作に関して、DNA をレールとする新しい分子モーターを創出し、分子輸送の行先をプログラムすることに成功し、Science 誌(IF=44.8、クラリベイト 2023)に採録されたこと。

【社会的価値】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- ナノハイブリッド基盤技術の光フェーズドアレイ(OPA)の開発において、チャネル数を削減しても高解像度・広偏向角が得られ実装性が高い非周期ピッチ OPA を試作し画像処理による位相保証技術が適用可能であることを実証したことや 2D 光操作に向けた試作も行ったことで、光無線通信や Light Detection And Ranging (LiDAR) などにおける光操作の高速化・低消費電力化・小型化に向けた成果を創出し、機構が独自開発した可視光(640nm)用 EO ポリマーを用いた OPA の短波長化に向けた実証によりショートレンジ LiDAR やスマートグラス等への応用展開につながりうる成果を創出したこと。

			出願2件、登録3件、展示会出展5件、受賞1件、共同研究4件) - EO ポリマーを用いたデバイスの光耐性強化に向けて、光劣化が一重項酸素の関与する光酸化であり、O バンド($1.3\mu\text{m}$ 帯)高温下では熱エネルギーが加わることで光酸化が加速するプロセスを明らかにした。光耐性強化方法として原子層堆積(ALD)膜による封止技術の検討を企業と共同で行い、複合組成膜で直接被覆することで光耐性が大幅に改善することを見出した。(論文7件、招待講演 26 件、特許出願 12 件、登録 10 件、報道発表1件(日中米加メディア掲載 15 件)、展示会出展9件、受賞1件、共同研究 10 件。) - ウエハサイズでの EO ポリマー膜の汎用的な転写技術を世界で初めて開発した。EO ポリマー膜及びそのデバイスの社会展開や実用化に向けて、EO ポリマー自立膜の面積化に向けたプロセス技術開発や、EO ポリマー自立膜を低粘着フィルムと離型フィルムで挟んだ新規なキャリアフィルム構造の作製に成功した。(論文3件、招待講演 31 件、特許出願4件、登録5件、展示会出展7件、受賞1件、共同研究2件。)	- 集積型超伝導回路基盤技術において、シリコン基板上への低損失 TiN 薄膜成膜技術を確立することに成功し、理研を中心として開発された国産量子コンピュータ3台すべてに採用、導入されており、国産量子コンピュータ開発の成功は、日本国内の量子コンピュータ開発のマイルストーンとなる成果であり、日本産業技術大賞の最高位である内閣総理大臣賞を受賞したこと。 - 集積型超伝導回路基盤技術において、ストリップ幅 $20\mu\text{m}$ の“超伝導ワイドストリップ光子検出器(SWSPD)”の開発に世界で初めて成功し、従来のナノストリップ型と遜色ない又はそれ以上の特性を示すことに成功したことで、これまでナノ加工が必要不可欠であった SSPD において汎用的な光リソグラフィ技術で製作可能となり、検出器製作のコストと歩留まりを解決することが期待される成果を創出したこと。
	(ウ)超高周波基盤技術 ミリ波及びテラヘルツ波の超高周波無線通信に用いる電子・光デバイスの高性能化を進め、より高い周波数の活用を目指すとともに、Beyond 5G を見据えた通信や高度なセンシングシステムへの利活用に向けてトランシーバのモジュール化技術、及び高速、大容量通信に関わる高安定な基準信号源の提供を可能とする光源モジュール化への基盤技術の確立を目指す。		(ウ)超高周波基盤技術 - 高速・大容量無線通信技術の確立に向けたテラヘルツ帯トランシーバ集積回路の要素技術開発として、テラヘルツ波帯ビームステアリング技術の確立に向け、300GHz 帯 CMOS 受信機回路・モジュールの高性能化と 150GHz 帯位相シフタ回路の設計・検証を行い、この結果をもとに位相シフタ回路を内蔵した受信機回路チップを複数個並列に実装した 300GHz 帯 1次元フェーズドアレイ CMOS 無線受信機を開発した。さらに、1チップ上に送信・受信用の周波数変換器を配列した2次元フェーズドアレイ CMOS 無線送信・受信機を開発した。MIMO 空間多重化通信の実験を行う見込みである。 - ミリ波及びテラヘルツ波を用いた超高周波無線通信システムの実用化に向けた電子デバイスの高性能化として、GaN デバイスの高出力化のため、開発した 28GHz 帯ロード・ソースプル測定評価技術について国内非鉄金属メーカーに技術提供するとともに、国内半導体基板メーカーから供給された6インチ径 Si 基板上 GaN エピ基板を用いて、AlGaN/AlN/GaN 系高電子移動度トランジスタ(HEMT)を作製、高周波特性を評価した。GaInSb チャネル HEMT において、ゲート長 50nm で世界最高値を更新する $f_T = 342\text{GHz}$ を達成、ゲート長 70nm で世界最高値に次ぐ $f_{\text{max}} = 451\text{GHz}$ を得	【社会実装】 以下に示す、顕著な成果があったと認められる。 集積型超伝導回路基盤技術において、機構で開発された SSPD システム開発技術が、浜松ホトニクス株式会社との間で技術移転契約を締結し、技術移転のための共同研究を実施したこと。その結果、令和5年度には、機構の手を介さない形で開発された

		た。GaN デバイスや GaInSb チャネル HEMT の電極間距離の短縮や寄生抵抗の低減などについて実施する見込みである。 • B5G デバイス開発に必要な THz 計測評価技術として、220GHz オンウエハ VNA、28GHz 帯/110-170GHz 帯ロード・ソースプル測定システム、パルス IV/RF 測定装置、ファブリペロ共振器 (25-330GHz)、BCDR 平衡型円板共振器 (10-120GHz) 及び3次元アンテナ放射パターン測定システムを整備、周波数 100GHz 超でのシリコン CMOS のモデリングや誘電材料の誘電率測定、アンテナ放射パターン測定を可能とした。VNA や測定前校正が不要で、かつ誘電特性を高精度で測定可能なミリ波・テラヘルツ波帯材料定数測定装置を民間企業と開発した。 • 将来の高速・大容量通信及び高精度センシングにおいて重要な要素となる高安定な基準信号源の提供に向けた光源技術として、小型・高安定信号源を可能とする微小共振器コムに関し、低損失 SiN 導波路作製のため、新規に導入したプロセス装置を用い、SiN 薄膜の平坦化およびドライエッチングプロセスの検討を行った。平坦化についてはプロセス最適化により表面粗さを 1/10 に低減することに成功し、またエッチングガスに N₂ガスを導入することで条件最適化により SiN/SiO₂ 選択比の向上を実現した。また、試作したデバイスの評価に関し、hot-wire CVD SiN 膜を用いたプラットフォームにおける周波数コムが発生に成功した。本成果を Optics Materials Express 誌に掲載やレーザー学会誌に高 Q 値微小光共振器作製技術の解説を寄稿した。また、励起光源共集積化へ向けた取り組みとして半導体レーザー (LD) 直接励起を検討し、LD とマイクロリング共振器 (MRR) 結合系の構築・評価を行った。本系を用い、パラメトリック発振による光コムスペクトルを確認した。	浜松ホトニクス製 SSPD システムが、大阪大学などの量子情報通信技術に適用され(報道発表)、また、G7 科学技術大臣会合や浜松ホトニクス主催の内覧会(フotonフェア 2023)において展示・紹介され、機構発技術の社会実装に向けた積極的なアピールが行われたこと。また、機構で開発した SSPD が量子技術をはじめとする様々な先端技術に適用され、その有用性が示されるとともに、その成果が Science 誌をはじめとする様々な論文誌に掲載されたこと。 • ナノハイブリッド基盤技術において、ウエハサイズでの EO ポリマー膜の汎用的な転写技術を世界で初めて開発したこと。EO ポリマー膜及びそのデバイスの社会展開や実用化に向けて、EO ポリマー自立膜の大面积化に向けたプロセス技術開発や、EO ポリマー自立膜を低粘着フィルムと離型フィルムで挟んだ新規なキャリアフィルム構造の作製に成功したこと。
	(エ) 自然知規範型情報通信基盤技術 生物が有する極小の情報量を介した情報通信を ICT に取り入れることで、Society 5.0 やその先の社会において期待される人・環境・生物間でのシームレスな情報通信の下で予見される情報量の爆発的増加等に対応するため、	(エ) 自然知規範型情報通信基盤技術 • 自然知の計測・評価技術に関連し、機械学習を用いた非拘束個体の行動の自動解析系を構築した。これにより、拘束/非拘束条件下という異なる実験条件下にある動物に類似の視覚刺激を呈示し、生じる様々な行動反応を簡便・迅速かつ定量的に比較・検討することが可能となり、解析の大幅なハイスループット化を実現した。 • 情報識別・処理及び制御プロセスの解析とモデル構築、および自然知を規範とした知的情報処理を行うアルゴリズムやシステムの	• ナノハイブリッド基盤技術において、Beyond 5G の基盤となるデータ通信の高速化と低消費電力化に向けて、JST A-STEP により情報通信機器製造企業と「Si/有機ポリマーハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発」を進め、実用化に向けて Si フォトニクスファブで作製した Si スロット光変調器構造に対して、機構が開

	自然知(あたかも知能を持つがごとくふるまう生物が内在的に有する情報処理・制御アルゴリズム)を規範とした知的情報処理技術とそれにより実現する先進的 ICT 分野の新技术の創出に必要な基盤的研究開発を行う。具体的には、様々な生物の階層に潜む自然知の計測・評価技術を構築するとともに、それらの情報識別・処理及び制御プロセスの解析とモデル構築を行う。また、認知科学、電子デバイス工学等の知見を融合し、自然知を規範とした知的情報処理を行うアルゴリズムやシステムを構築する。		構築に関連し、独自の VR 実験系を用いて、追跡行動の制御に関わる高次視覚系ニューロン集団の応答解析を進め、同ニューロン集団が示す活動の空間パターンが追跡対象の位置変化に対応して変動することを解明した。また、このニューロンの応答特性と歩行データに基づいた数理モデルを構築し、視覚応答のシミュレーションを実現した。令和7年度末までにシミュレーションの結果と実際の行動データの比較解析を行い、各種パラメータの最適化とモデルの精緻化・検証を行う見込みである。 - 記憶形成モデルの構築に必要なシナプス可塑性の解析技術の高度化に関連し、これまでに確立したショウジョウバエの脳内を観察しながら条件付けによって記憶をつくる実験系を用い、脳の中で実際に記憶ができる瞬間を、1個の同定したニューロン内でリアルタイム観察に成功した(国際会議で発表)。その可塑的变化の詳細な解析により記憶の全貌へと繋がるのが将来期待される、その最初の成果である。 - 新しい記憶素子技術の創出に必要な基盤的研究開発として、科研費基盤 A により、記憶の基本原理解説であるオリジナル仮説、“ローカルフィードバック仮説”の中心分子、シナプトタグミン4、シナプトタグミン7の突然変異体を作成し、そのシナプス可塑性と記憶における役割を解析した。特に、シナプトタグミン7の分子内相互作用により短期シナプス可塑性がつくられる、という新しい分子メカニズムを発見し、そのシナプスにおける短期可塑性が個体の即時記憶を担うことを見出した(論文投稿済み)。	発したEOポリマーハイブリッド構造作製プロセスを適用し、0 バンド(1308nm)において汎用 Si 光変調器よりも遥かに高効率の光変調(7倍以上)を実証したこと。
	(オ) バイオ ICT 基盤技術 人や環境への親和性の高い情報素子の提供による新奇情報通信サービスの構築に向けて、持続可能でより豊かな未来社会の実現につなげるため、生命体の分子を介した情報通信の利活用と、それらと電磁的なネットワークとの融合に必要となる、分子情報の定量化や電磁的信号への変換技術等を用いたバイオマテリアルによる情報識別・通信システムの創出に関		(オ) バイオ ICT 基盤技術 生物の化学的感覚や生物活性物質の影響等の分子に付随した情報を計測・評価するための基盤技術の研究開発として、これまでに開発してきたケミカルバイオセンサによる化学的ラベル識別技術について、情報識別法のオンサイト適用を考慮した検討を進めた。まず、生きた細胞(大腸菌)を小型デバイスとして使用するにあたって重要な課題となる、使用環境における細胞の品質安定性の確保に関して、細胞の増殖活性だけでなく基板へ接着させた後の運動性も考慮した上で、簡便ながら通常の生物実験施設で調製したのと同等の品質の細胞を調製可能な細胞培養法を確立した。また、同センサを用いた化学的ラベル識別技術の社会展開にとって喫緊の課題であるケミカルバイオセンサシステム全体の小型・軽量化に関して、小型静置培養手法等の開発を行い、従来比 1/10 にまでシステムをコンパクト化した。さらに、使用する	

する基盤的研究開発を行う。具体的には、現在の情報通信技術では測定や伝送が困難な、生物の化学的感覚や生物活性物質の影響等の分子に付随した情報を計測・評価するための基盤技術を構築するとともに、分子を介した情報通信システムの構成や制御に必要な要素として、バイオ材料等のソフトマテリアル活用型の新奇情報素子の作製・操作に関する基盤的技術を構築する。

マイクロ流路チャンバーの材質を再検討し、システムの運用において必要となる機器及び手順の削減に成功した。ケミカルバイオセンサの根幹をなす技術の特許取得や、本技術に関するコンセプト論文の発表及び報道発表、発表関連書籍の執筆、複数メディア(日本経済新聞、TV 番組放映等)での掲載等を通じて、本技術の社会展開に向けた取り組みを大きく前進させた。

- 生体情報を計測・評価するための基盤技術として、光学理論に基づいて補償光学を計算機上で再現し実行できる「計算補償光学」と呼ぶ新しい手法を開発し、生体深部における顕微鏡計測の分解能と SN 比を飛躍的に向上した。学術変革領域 A や国立天文台との共同研究契約などを活用し、通常の蛍光顕微鏡をはじめ、超解像顕微鏡への応用にも成功した。これらの成果に基づき、国際特許1件を出願中、1報の論文を発表見込みである。さらに令和3年度より生命創成探究センターと共同研究契約を締結し、生きたマウス脳を対象とした二光子顕微鏡にも応用し、画像の分解能と SN 比を飛躍的に改善させることに成功した。二光子顕微鏡の成果に基づき、国内特許1件を出願中、1報の論文を発表見込みである。また、顕微鏡における光の位相計測に関して、電磁波研究所との機構内連携により蛍光顕微鏡と明視野顕微鏡における位相計測に成功し、3報の論文を発表した。光の位相計測や深部計測に必要な可視光の光コム光源について、CREST での共同研究により開発を進めており、1報の論文を発表見込みである。このほか、超解像顕微鏡による細胞観察により得られた成果を3報の論文として発表した。また、光計測による分子動態計測により1報の論文を発表した。
- 分子を介した情報通信システムの構成や制御に必要な要素の試作に関して、DNAをレールとする新しい分子モーターを創出し、分子輸送の行先をプログラムすることに成功した (Science (IF=44.8、クラリベイト 2023) 採録、報道発表)。また、このモーターを用い、ソフトロボットの移動などの応用を目指した世界最小の人工回転タンパク質モーターを開発した(令和7年度見込み成果)。これらに加えて、生物分子モーター・キネシンの運動機構に関する研究(東京大学との共同研究)を論文にまとめ、米国科学アカデミー紀要に発表、報道発表を行った。さらに、簡単な経路探索問題を解くことができる分子情報処理システムのプロトタイプを目指し、自律的に輸送ルートを組み替えることができる分子回路を構築できる見込みである。

		- 細胞、生体内や生体適合材料などあらゆる場所の力学情報をセンシングする技術の構築に関して、大きさや感度が異なる複数種の DNA フォースセンサを開発した。世界最小のコイル状バネとなるナノスプリングでは、細胞への力学情報の入力をこれまでにない感度で検出することに成功した (ACS nano (IF=15.8) 採録)。また、より小型のデジタルフォースセンサについては、生体適合材料 (ハイドロゲル) への組み込みを行い、ゲルが圧力を感知すると蛍光シグナルに変換する新規材料を開発できる見込みである。 - 細胞機能の人工制御に必要な要素技術の構築・検討に関して、細胞に取り込ませた生体分子結合ビーズの周囲で起こる現象の計測と制御に必要なバイオイメージング用流体制御デバイスを試作・検討し、薬剤処理がビーズ周辺的环境に与える影響を、生細胞蛍光-電子相関顕微鏡観察法 (LiveCLEM) によって解析できる実験系を構築した。また、生細胞内への生体分子結合ビーズ導入を時間的・空間的に制御する技術の開発に取り組み、ビーズ表面に結合させた生体分子 (DNA 等) の分解を最小限に抑えつつビーズを細胞内部 (細胞質) へと送達する手法を確立した (関連特許出願 1 件)。さらに使用する試薬の組成を検討することによって、より厳密に導入の時間的制御を実現できる見込みである。	
②先端 ICT デバイス基盤技術 宇宙環境等極限環境における高度な ICT システムへの産業応用等を見据え、酸化物半導体デバイス基盤技術のさらなる高性能化・高効率化を目指す。また、光通信資源の飛躍的拡大を目指し、深紫外光源技術の高度化を含む深紫外光	(2)先端 ICT デバイス基盤技術 高度な ICT システムへの活用を始めとする幅広い分野への産業応用を見据え、酸化物半導体デバイス基盤技術や深紫外光源技術のさらなる高性能化・高効率化等に向けた研究開発を実施するとともに、研究開発成果の普及や社会実装に向けた取組を行う。 (ア)酸化物半導体電子デバイス 高度な情報通信社会の実現に不可欠である、半導体 ICT エレクトロニクス分野の発	(2)先端 ICT デバイス基盤技術 深紫外光 ICT デバイスにおいて、光学レンズを使わずに、光の配光角を制御できる深紫外 LED の開発に世界で初めて成功したこと、日中・屋外の太陽光下かつ送信機と受信機の間には障害物がある“見通し外”環境下における光無線通信を実現するための送信機と受信機を開発し、太陽光による強い背景ノイズと障害物がある“見通し外”環境下において最大 80m の距離で 1Mbps 以上の光無線通信伝送の実証に世界で初めて成功したこと、開発した世界最高出力の 265nm 帯深紫外 LED 技術を用いて深紫外光照射システムを開	(2)先端 ICT デバイス基盤技術 (ア)酸化物半導体電子デバイス 横型 Ga_2O_3 FET の課題であるエピ/基板界面ドレイン電流リーク低減のための、$(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ バックバリア層などの技術を開発した。高周波 Ga_2O_3 FET において、最大発振周波数 f_{max} 40GHz 超、

ICT デバイ斯基盤技術の研究開発を実施するものとする。	展及び電力の高効率制御による社会の省エネルギー化の実現を目指し、酸化物半導体材料の優れた材料特性を活かした新機能先端の電子デバイス(トランジスタ、ダイオード)研究開発に取り組む。具体的には、酸化ガリウムを利用した高周波デバイス、高温・放射線下等の極限環境における ICT デバイス、高効率パワーデバイス等の基盤技術の研究開発・高度化を行う。極限環境 ICT デバイスに関しては、高周波酸化ガリウム FET の耐放射線デバイス用途に向けた開発を実施し、2025 年までに実用に向けた技術的知見を得る。また、高効率パワーデバイス開発においては、縦型 FET のさらなる高性能化(高効率化、高耐圧化)に取り組み、得られた成果・技術の企業への移転を図り、2030 年までの実用化を目指す。		高温環境、ガンマ線照射下での高い動作信頼性、2GHz における RF 出力電力 0.1W 超の実現見込みである。また、IF 付き論文計5編の見込みである。 - 縦型 Ga₂O₃ フィン FET 作製に必要な深堀エッチング技術を開発した。その有効性を確認するために作製した、階段状トレンチフィールドプレート有する Ga₂O₃ ショットキーバリアダイオード(SBD)において、オン抵抗 7.6mΩ cm²、耐圧 1,600V 超(当時の世界最高レベル)を達成した。同成果については、IF 付き論文1編出版し、その論文が第 46 回(英和5年度)応用物理学会論文賞「応用物理学会優秀論文賞」を受賞した。 - 窒素ラジカル照射により、Ga₂O₃ 表面ダメージを改善できることを発見した。同プロセスを用いて作製した Ga₂O₃ SBD において、電気的特性およびその均一性の大幅な改善を実現した。IF 付き論文1編出版の予定である。 - 縦型 Ga₂O₃ フィン FET において、フィン幅 1μm 以上でノーマリーオフ動作を実現すると共に、オン抵抗 10mΩ cm² 以下、オフ耐圧 1kV 以上の実現見込みである。IF 付き論文計5編出版の見込みである。 - 令和3年、令和5年、令和6年 Clarivate Analytics 社『Highly Cited Researcher』に、グリーン ICT デバイス研究室長が選出された。過去 10 年間に、被引用数トップ1%にランクされる論文を複数発表し、科学技術分野において強い影響力を持つパイオニアが対象である。全世界、全分野の研究者・科学者 1,000 人に1人程度の選出である。機構からは過去を含め、同室長のみの選出となる。また、第 54 回市村学術賞貢献賞も受賞し、令和5年 IEEE フェロ一表彰も授与された。 - 次の大学および企業と共同研究を実施した:[大学]東京農工大学、京都大学、大阪公立大学、ブリストル大学(イギリス)、パドワ大学(イタリア)、[企業]三菱電機株式会社、Orbray 株式会社、日新イオン機器株式会社、株式会社レーザーシステム。	発し、医療研究機関と連携して液体中およびエアロゾル中の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)に対する不活性化効果の検証を行い、わずか 0.5 秒照射で 99.999%以上の極めて高い不活性化効果を初めて実証したこと、酸化物半導体電子デバイスにおいて令和3年、令和5年、令和6年 Clarivate Analytics 社「Highly Cited Researcher」にグリーン ICT デバイス研究室長が選出されたことなど科学的意義、社会的価値の非常に優れた成果を挙げている。 また、光出力 8W を超えるワット級高出力動作の深紫外 LED ハンディ照射機の開発において、高強度深紫外 LED 技術により実装基板や駆動電源、バッテリーも含めて全て筐体内に収納することが可能となる小型化に成功したことなど社会実装の観点でも高い成果を挙げている。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 【科学的意義】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 深紫外光 ICT デバイスにおいて、日中・屋外の太陽光下かつ送信機と受信機の間に障害物が
	(イ)深紫外光 ICT デバイス 深紫外光の特性を利用したソーラーブラインド光通信・超高感度センシング技術等、既存の可視・赤外光技術の枠組みを超えた革新的光 ICT		(イ)深紫外光 ICT デバイス 超ワイドバンドギャップ窒化アルミニウムガリウム(AlGaIn)系深紫外半導体発光デバイスの高効率・高出力化や社会実装実現に向けた取組みとして、AlGaIn/AlN エピタキシャル層構造の設計と MOCVD(有機金属気相成長)法を用いた AlN 基板上スードモルフイック(疑似格子整合)製膜技術の開発を行い、XRD(X 線回折)	

機能の創出を目指し、深紫外光 ICT デバイスに関する基盤技術の研究開発を行う。またそれらの成果を生かしつつ、深紫外光の利活用による安心・安全で持続可能な社会の実現、アフターコロナ社会で求められる深紫外光応用技術の社会展開に向けて、深紫外小型固体光源等の実用化・高度化に向けて必要な技術の研究開発を行い、2026年度末までに従来光源である水銀ランプと同等以上の性能値を実証することで、社会普及の早期実現を目指す。

評価において世界最高品質の結晶性を確認し、原子ステップレベルで急峻な AlGa_N/AlN 界面の形成に成功した。さらに本技術によって、世界最高品質の高 Al 組成 Mg ドープ p-AlGa_N/AlN ヘテロ構造を形成し、AlGa_N/AlN 界面に高濃度に誘起された2次元ホールガスの観測に成功した。これにより、超ワイドバンドギャップ高 Al 組成 p-AlGa_N(Al 組成 80%)のホール濃度の世界最高値を大幅に更新($> 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)することに成功した。AlGa_N系深紫外半導体発光素子の電気伝導特性の向上、発光の内部量子効率の向上に寄与する成果である。

- 深紫外 LED の高効率化・高出力化に向けて、p-GaN 領域の細線化による電流拡散と、p-AlGa_N 上 HfO₂ ナノ構造による光取出し効率の向上を併せて実現した、新しい深紫外 LED デバイス構造の開発に成功した。その結果、深紫外 LED において世界最高レベルとなる電力変換効率(WPE: Wall-Plug Efficiency) 9%を達成した。
- AlGa_N系深紫外 LED の光取出し効率の向上や内部光吸収の抑制に直結する技術として、深紫外光を吸収する p-GaN コンタクト層を用いないエピタキシャル層・デバイス構造を新たに開発した。単結晶 AlN 基板上 Mg ドープ AlGa_N エピタキシャル層の結晶性向上により、高 Al 組成 p-AlGa_N/p-電極間の接触抵抗率として世界最小値を達成した。これにより、高 Al 組成 p-AlGa_N に対する p-GaN フリーのオーミックコンタクトを世界初で実証した。
- これまで、深紫外 LED 照射機は、光出力が小さなものしかなく(数十 mW 程度)、短い時間で殺菌しようとした場合、殺菌できる有効範囲が直径数 cm 程度内に限られるなど、パワーを必要とする殺菌応用においては、その実用性に問題があった。一方、既存の水銀ランプは、人の健康や環境に有害な水銀を含み、持ち運びに不向きで、その利用範囲は限定されていた。そのため、水銀を使用せず、どこにでも持ち運びできる小型ハンディ機で、広範囲のウイルスを迅速に殺菌可能な高出力深紫外 LED ハンディ照射機の開発が切望されていた。今回、最も殺菌性能の高い波長 265nm 帯の発光ピークを示す高強度深紫外 LED チップ技術を用いて、LED チップを高放熱実装基板に高密度マルチチップ実装することにより、光出力 8W を超えるワット級高出力動作の深紫外 LED ハンディ照射機を世界に先駆け開発することに成功した。高強度深紫外 LED 技術により、実装基板や駆動電源、バッテリーも含めて全て小型化、筐体内に収納することが可能となり、どこに

ある“見通し外”環境下における光無線通信を実現するために、発光波長 265nm 帯、光出力 500mW 超の高強度シングルチップ深紫外 LED を搭載した送信機と、太陽光背景ノイズを高効率に除去し深紫外波長領域の信号光だけを選択的に取得可能な受信機を開発し、太陽光による強い背景ノイズと障害物がある“見通し外”環境下において、最大 80m の距離で 1Mbps 以上の光無線通信伝送の実証に世界で初めて成功したこと。これまで、LED を利用した光無線通信においては、途中で光を遮る障害物がなく、送信機と受信機が見通し良く向き合った通信に利用範囲が限定され、また、従来の可視光や赤外光を用いる光無線通信では太陽光による背景ノイズの影響を極めて強く受けてしまう問題があり、日中・屋外かつ“見通し外”の環境下における光無線通信は一般的に困難であるとされてきたが、本研究開発によって、ビルなどの建物や樹木等により光を遮られる見通しの悪い条件下においても、高強度深紫外 LED を用いることで高速光無線通信が実現できる可能性、すなわち、見通しの良い条件下での利用に限られていた光無線通信の応用の可能性を飛躍的に広げる新技術として期待される成果を創出したこと。

- 深紫外光 ICT デバイスにおい

でも持ち運べるワット級の小型ハンディ機を実現した。

- 開発したワット級の 265nm 帯深紫外 LED ハンディ照射モジュールを用いて、豚コロナウイルス(PEDV)に対する不活性化効果を検証した。直径 100cm の広範囲のウイルスに対して、わずか 12.86 秒の照射で 99.9%、27.17 秒の照射で 99.99%不活性化できることを実証した。これまで、持ち運びできる高出力な小型照射機がなく、広範囲のウイルスを短時間で殺菌することは不可能で、利用可能なシーンは限られていたが、本成果により、病院・商業施設・公共交通機関など幅広い場面において、深紫外光を活用した殺菌応用の可能性が飛躍的に広がり、その社会普及を一段と加速させる技術として期待される(令和4年 10 月 27 日報道発表、日刊工業新聞 10 月 31 日付、日本経済新聞 10 月 27 日付電子版他掲載)。
- 光学レンズを使わずに、光の配光角を制御できる深紫外 LED の開発に世界で初めて成功した。ナノオーダーの位相型フレネルゾーンプレート構造と AlGaIn マイクロ LED 構造を組み合わせることで、照射をビーム形状(半値全幅:10° 以下)にコリメートした“高指向性”深紫外 LED を初めて実証した。さらに本技術により、光取出し効率も約 1.5 倍に向上した。本成果により、コストを低減できるだけでなく、深紫外 LED から発する光の無駄な広がりを抑えることで、人体等へのリスクが低減され、照射が必要な空間のみに精密に制御することが可能となる。殺菌から医療、情報通信応用に至るまで、広範な分野において、深紫外光を利用したアプリケーションの安全性、効率性、生産性を飛躍的に高める新技術として期待される(令和5年 11 月1日報道発表、日刊工業新聞 11 月2日付、日本経済新聞 11 月 17 日付他掲載)。
- 開発した世界最高出力(単チップ 500mW 超)の波長 265nm 帯深紫外 LED 技術を用いて、深紫外光照射システムを開発し、医療研究機関と連携して、液体中およびエアロゾル中の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)に対する不活性化効果の検証を行った。わずか 0.5 秒照射で 99.999%以上の極めて高い不活性化効果を初めて実証した。265nm 帯深紫外 LED が、空気中の SARS-CoV-2 エアロゾルに対して、極めて高い不活性化効果を有することを、世界で初めて定量的に明らかにした(令和4年3月 18 日報道発表、日本経済新聞3月 18 日付電子版他掲載)。さらに、国家プロジェクトとして環境省主管(総務省連携)の委託事業(代表機関:機構)が発足、機構の開発した波長 265nm 高強度深紫外 LED の

て、光学レンズを使わずに、光の配光角を制御できる深紫外 LED の開発に世界で初めて成功した。ナノオーダーの位相型フレネルゾーンプレート構造と AlGaIn マイクロ LED 構造を組み合わせることで、照射をビーム形状(半値全幅:10° 以下)にコリメートした“高指向性”深紫外 LED を初めて実証し、さらに本技術により光取出し効率も約 1.5 倍に向上し、コストを低減できるだけでなく、深紫外 LED から発する光の無駄な広がりを抑えることで、人体等へのリスクが低減され照射が必要な空間のみに精密に制御することが可能となり、殺菌から医療、情報通信応用に至るまで広範な分野において、深紫外光を利用したアプリケーションの安全性、効率性、生産性を飛躍的に高める新技術として期待される成果を創出したこと。

- 酸化物半導体電子デバイスにおいて、令和3年、令和5年、令和6年 Clarivate Analytics 社「Highly Cited Researcher」に、グリーン ICT デバイス研究室長が選出されたこと。過去 10 年間に被引用数トップ 1%にランクされる論文を複数発表し、科学技術分野において強い影響力を持つパイオニアが対象となる。全世界、全分野の研究者・科学者 1,000 人に1人程度の選出となる。また、第 54 回市村学術賞貢献賞も受賞し、令和5年 IEEE フェロー表彰も

産官連携による早期実用化への取組みと、省 CO2 型感染症対策技術の応用実証に向けた研究開発を開始した(令和3年7月30日報道発表)。

- これまで、LED を利用した光無線通信においては、途中で光を遮る障害物がなく、送信機と受信機が見通し良く向き合った、“見通し内(LOS: Line-Of-Sight)”環境下での通信に利用範囲が限定されてきた。また、従来の可視光や赤外光を用いる光無線通信では、太陽光による背景ノイズの影響を極めて強く受けしてしまう問題があった。このため、日中・屋外かつ“見通し外(NLOS: Non-Line-Of-Sight)”環境下における光無線通信は、一般的に困難であるとされてきた。今回、日中・屋外の太陽光下かつ送信機と受信機の間ビルなどの障害物がある“見通し外”環境下において光無線通信を実現するために、発光波長 265nm 帯、光出力 500mW 超の高強度シングルチップ深紫外 LED を搭載した送信機と、太陽光背景ノイズを高効率に除去し、深紫外波長領域の信号光だけを選択的に取得可能な二重コールドミラーを備えた受信機を開発した。本技術により、太陽光による強い背景ノイズのある日中・屋外、且つビルなどの障害物がある“見通し外”環境下において、最大 80m の距離で 1Mbps 以上の光無線通信伝送の実証に世界で初めて成功した。ビルなどの建物や樹木等により光を遮られる見通しの悪い条件下においても、高強度深紫外 LED を用いることで高速光無線通信が実現できる可能性を示した。これまで、見通しの良い条件下での利用に限られていた光無線通信の応用の可能性を飛躍的に広げる新技術として期待される(令和5年6月1日報道発表、日経産業新聞6月9日付、日本経済新聞6月5日付電子版他掲載)。

授与されたこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 深紫外光 ICT デバイスにおいて、これまで深紫外 LED 照射機は、光出力が小さなものしかなく(数十 mW 程度)、短い時間で殺菌しようとした場合、殺菌できる有効範囲が直径数 cm 程度内に限られるなど、パワーを必要とする殺菌応用においては、その実用性に問題があり、一方、既存の水銀ランプは、人の健康や環境に有害な水銀を含み、持ち運びに不向きで、その利用範囲は限定されていたため、水銀を使用せず、どこにでも持ち運びできる小型ハンディ機で、広範囲のウイルスを迅速に殺菌可能な高出力深紫外 LED ハンディ照射機の開発が切望されていたが、今回、最も殺菌性能の高い波長 265nm 帯の発光ピークを示す高強度深紫外 LED チップ技術を用いて、LED チップを高放熱実装基板に高密度マルチチップ実装することにより、光出力 8W を超えるワット級高出力動作の深紫外 LED ハンディ照射機を世界に先駆け開発することに成功したこと。
- 深紫外光 ICT デバイスにおいて、これまで広範囲のウイルスを短時間で殺菌するための持ち運びできる高出力な小型照射機が

なかったが、機構で開発したワット級の 265nm 帯深紫外 LED ハンディ照射モジュールを用いて、直径 100cm の広範囲の豚コロナウイルス (PEDV) に対して、わずか 12.86 秒の照射で 99.9%、27.17 秒の照射で 99.99% 不活性化できることを実証したことで、病院・商業施設・公共交通機関など幅広い場面において、深紫外光を活用した殺菌応用の可能性が飛躍的に広がる成果を創出したこと。

- 深紫外光 ICT デバイスにおいて、開発した世界最高出力の 265nm 帯深紫外 LED 技術を用いて、深紫外光照射システムを開発し、医療研究機関と連携して、液体中およびエアロゾル中の新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) に対する不活性化効果の検証を行い、わずか 0.5 秒照射で 99.999% 以上の極めて高い不活性化効果を初めて実証したこと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 社会的価値を代表する成果として前述した光出力 8W を超えるワット級高出力動作の深紫外 LED ハンディ照射機の開発において、高強度深紫外 LED 技術により実装基板や駆動電源、バッテリーも含めて全て筐体内に収納することが可能となる小型化に

			成功したことで、どこにでも持ち運べるワット級の小型ハンディ機を実現したこと。 • 社会的価値を代表する成果として前述したワット級深紫外 LED ハンディ照射モジュールによる PEDV 不活性化の実証により、これまで持ち運びできる高出力な小型照射機がなく利用可能なシーンが限られていたことに対して、社会普及を一段と加速させる技術として期待される成果を創出したこと。 • 深紫外光 ICT デバイスにおいて、国家プロジェクトとして環境省主管（総務省連携）の委託事業（代表機関：NICT）が発足し、NICT の開発した波長 265nm 高強度深紫外 LED の産官連携による早期実用化への取組みと、省 CO2 型感染症対策技術の応用実証に向けた研究開発を開始したこと。
③量子情報通信基盤技術 衛星・地上等の量子暗号網を統合したグローバルな量子セキュアネットワークの将来的な実現を目指し、あらゆる計算機で解読不可能な安全性を実現する量子暗号をはじめとする量子セキュ	(3)量子情報通信基盤技術 あらゆる計算機で解読不可能な安全性を実現する量子暗号をはじめとする量子セキュアネットワーク技術や、ノード内の信号処理も量子的に行う完全な量子ネットワークの実現を目指した量子ノード技術の研究開発を行う。	(3)量子情報通信基盤技術 • 情報理論的安全な本人認証・データ伝送・保管が可能である量子セキュアクラウドの高機能化を実施した。情報理論的安全性を有するデータの完全性保証機能を実装した。また“信頼できる計算機”を量子セキュアクラウド内に構築、安全なギガバイトクラスのゲノムデータの解析を情報理論的安全に実施することに成功し、専用計算機のパフォーマンスを劣化させることなく、データの安全な二次利用を可能とする技術の構築に成功した。特に、複数の金融機関同士での秘匿 Web 会議のデモに成功し、今後、金融犯罪情報の共有などへの応用が期待できる。さらに量子鍵配送の配送距離の伸長を可能とする量子インターネット技術と秘密分散等のセキュアネットワークコーディング技術を量子鍵配送ネットワークと融合させることにより情報理論的な長距離データ中継	(3)量子情報通信基盤技術 情報理論的安全な本人認証・データ伝送・保管が可能である量子セキュアクラウドの高機能化を実施し、さらに量子鍵配送の配送距離の伸長を可能とする量子インターネット技術と秘密分散等のセキュアネットワークコーディング技術を量子鍵配送ネットワークと融合させることにより、情報理論的な長距離データ中継も可能となったこと、量子ノード技術においてシリコン基板上でエピタキシャル成長した全窒化物 π 接合磁束量子ビット

アネットワーク技術に係る研究開発を実施するとともに、社会実装を想定したシステム化を図る。あわせて、量子計測標準、光量子制御、量子誤り訂正を含む高度な量子制御技術の研究開発を推進し、より汎用的な量子ノード技術の実現を目指すものとする。

(ア)量子セキュアネットワーク技術

量子暗号を活用することで機密情報の超長期分散保存を可能にする量子セキュアクラウド技術の研究開発と社会実装を想定したシステム化を進める。また、衛星・地上の量子暗号網を統合したグローバル量子セキュアネットワークの将来的な実現に向けて、量子暗号ネットワークの高度化・広域化、衛星における量子暗号・物理レイヤ暗号等の実現に向けた研究開発を行い、必要な要素技術を確立する。

も可能となった。超長期に安全に管理すべきデータの伝送・保管を量子技術と先端的な光通信・暗号技術とを融合させることにより次世代の情報インフラとしての概念検証に成功した。様々な成果の積み重ねにより総務省直轄委託研究や SIP などの大型国家プロジェクトの受託を可能とした。

(ア)量子セキュアネットワーク技術

- 量子セキュアクラウドの高機能化として(1)信頼できる計算機を格納することにより大容量・非構造化データに対しても安全な二次利用を実現、(2)データの完全性を情報理論的に担保する技術を具備、(3)本人認証のための Post Quantum Cryptography (PQC)をカード実装し、電子カルテ閲覧時の本人認証・権限管理に適用、(4)秘密分散のマルチパーティ秘匿計算を適用することによるデータの情報理論的安全な長距離中継等を実現した。
- 量子鍵配送・物理レイヤ暗号の 7.8km の空間通信路での成功、平成 29 年の Small Optical Transponder (SOTA)による量子通信の基礎実験を経て、令和6年には国際宇宙ステーション (ISS)に搭載された物理レイヤ暗号用伝送装置と可搬地上局との間での秘密鍵共有実験に成功、さらにその鍵を利用した Vernam's one-time pad (OTP)暗号化伝送にも成功した。さらに衛星搭載用鍵管理開発において、QKD の地上網と同じ方式を採用し搭載用ハードウェアの非力さをカバーするアーキテクチャを提案・実現することにより、シームレスな鍵リレーを可能とする技術の検証に成功した。
- 量子セキュアクラウドに関して、さくらインターネット株式会社も参画している SIP 第三期において、量子セキュアクラウド技術を応用し、極めて安全なデータセンター化を目指した分散ストレージ技術の研究開発と Proof of Concept (POC)実験を実施している。また衛星量子暗号に関してはスカパーJSAT 株式会社も参画して宇宙戦略基金に応募しており、当該技術の社会実装に向けた活動も民間の協力を得ながら進めた。さらに東京 QKD ネットワークから理研の国産量子コンピュータへの接続に向けた開発を進め、量子イノベーション拠点間連携の具現化も進めた。
- 上記の成果は様々な論文発表や報道発表にて紹介した。また、国際認証アレンジメント (CCRA)での相互認証を可能とするため、評価保証レベル EAL-2 におけるセキュリティ要求仕様書 (プロテクションプロファイル)の作成を進めた。さらに、ITU-T において量

作製に初めて成功しグローバル磁場不要なコヒーレント動作を磁束量子ビットで初めて確認したこと、量子セキュアネットワーク技術に関して量子鍵配送・物理レイヤ暗号の 7.8km の空間通信路で成功し、令和6年には国際宇宙ステーション (ISS)に搭載された物理レイヤ暗号用伝送装置と可搬地上局との間での秘密鍵共有実験に成功し、さらに、その鍵を利用した Vernam's one-time pad (OTP)暗号化伝送にも成功したことなどは科学的意義、社会的価値の観点で非常に優れた成果をあげている。

また、量子セキュアクラウドに関して SIP 第三期において極めて安全なデータセンター化を目指した分散ストレージ技術の研究開発として Proof of Concept (POC)実験を実施していることなど社会実装の観点でも高い成果をあげている。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 情報理論的安全な本人認証・データ伝送・保管が可能である量

(イ)量子ノード技術

量子計測標準技術の高度化及びイオントラップ量子メモリへの応用と光量子制御技術、イオン光子の研究開発により、量子ネットワークにおける量子時刻同期の原理実証を可能とする技術確立し、イオントラップ光時計に実装する。また、新型超伝導量子ビットの実現に向けた作製・評価技術及び量子誤り訂正に必要とされる高度な量子ビット制御技術の研究開発を進める。

子セキュアクラウドや QKDN の認証・制御・管理に関する勧告が総計 14 件承認された。

(イ)量子ノード技術

- 将来の量子時刻同期の原理実証に向けて、イオンからの青色蛍光を通信波長帯光子へ変換できる量子波長変換の新技术を実証した。また、通信波長帯量子もつれ光子対を km 長の光ファイバで伝送するための新技术を実証した。これら新技术を導入し、量子ネットワークへの実装を令和7年度末までに完了する見込みである。
- これまで単一イオンとされていたイオン光時計の複数個イオン動作を実証した。カルシウムイオン光時計間の光周波数リンクを光通信波長帯で構成する新技术を実証した。これら新技术を導入し、複数光時計ネットワーク動作のイオントラップ光時計への実装を令和7年度末までに完了する見込みである。
- 新型超伝導量子ビットの実現に向けて、シリコン基板上でエピタキシャル成長した全窒化物 π 接合磁束量子ビット作製に初めて成功し、グローバル磁場不要なコヒーレント動作を磁束量子ビットで初めて確認した。強磁性ジョセフソン π 接合を持つ超伝導量子ビットとしては最も優れたコヒーレンス時間を達成しており、量子コンピュータの小型化を含む量子素子への応用につながる成果となっている。この研究は日本電信電話株式会社(NTT)、東北大学、東京大学との共同研究(機構内では集積型超伝導回路基盤技術との連携)であり、成果は学術誌(Communications Materials 誌)に掲載された。
- 超伝導量子ビット検討の中で、マルチモード共振器と超伝導量子ビット深強結合系でこれまでに最大のラムシフトの観測と解析に成功した。同時に基準モード付近の分光のみを用いた解析的なシフト量の精密な計算手法を新たに考案した。この研究は機構が主導した NTT、早稲田大学、東京理科大学、東京大学との共同研究であり、成果は学術誌(Scientific Reports 誌)に掲載された。
- 量子誤り訂正に必要とされる高度な量子ビット制御技術の開発に向けて、最適制御理論(GRAPE アルゴリズム)と確率的探索手法を組み合わせ、考えられる全ての量子演算シーケンスの中から、理論的に最適なものを特定するシステムティックな手法を開発した。この成果は理想的な状況下における効率的な量子回路設計に関する成果であり、量子誤り訂正などにも含まれる物理的量子

子セキュアクラウドの高機能化を実施し、さらに量子鍵配送の配送距離の伸長を可能とする量子インターネット技術と秘密分散等のセキュアネットワークコーディング技術を量子鍵配送ネットワークと融合させることにより、情報理論的な長距離データ中継も可能となり、超長期に安全に管理すべきデータの伝送・保管を量子技術と先端的な光通信・暗号技術とを融合させることにより次世代の情報インフラとしての概念検証に成功したこと。

- 量子ノード技術において、新型超伝導量子ビットの実現に向けて、シリコン基板上でエピタキシャル成長した全窒化物 π 接合磁束量子ビット作製に初めて成功し、グローバル磁場不要なコヒーレント動作を磁束量子ビットで初めて確認したこと。
- 量子セキュアクラウドの高機能化として(1)信頼できる計算機を格納することにより大容量・非構造化データにたしても安全な二次利用を実現、(2)データの完全性を情報理論的に担保する技術を具備、(3)本人認証のための Post Quantum Cryptography (PQC)をカード実装し、電子カルテ閲覧時の本人認証・権限管理に適用、(4)秘密分散のマルチパーティ秘匿計算を適用することによるデータの情報理論的な安全な長距離中継等を実現したこと。

制御処理のパフォーマンス向上への貢献が期待される。この研究は機構が主導した、理化学研究所、東京大学、東京理科大学との共同研究であり、成果は学術誌(Physical Review A 誌)に掲載された。

- 量子ノード技術において、これまで単一イオンとされていたイオン光時計の複数個イオン動作を実証し、カルシウムイオン光時計間の光周波数リンクを光通信波長帯で構成する新手法を実証したこと。これら新技術を導入し、複数光時計ネットワーク動作のイオントラップ光時計への実装を令和7年度末までに完了する見込みであること。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 量子鍵配送、量子インターネット、セキュアネットワークコーディング等の融合による量子セキュアクラウドの高機能・高精度化を実現させたことにより、総務省直轄委託研究や SIP などの大型国家プロジェクトの受託を可能としたこと。
- 量子セキュアネットワーク技術に関して、量子鍵配送・物理レイヤ暗号伝送を 7.8km の空間通信路で成功し、第4期中長期計画期間中における Small Optical TrAnsponder (SOTA) による量子通信の基礎実験を経て令和6年には国際宇宙ステーション (ISS) に搭載された物理レイヤ暗号用伝送装置と可搬地上局との間での秘密鍵共有実験に成功し、さらに、その鍵を利用した Vernam's one-time pad (OTP) 暗号化伝送にも成功したこと。さらに衛星

搭載用鍵管理開発において、QKD の地上網と同じ方式を採用し搭載用ハードウェアの非力さをカバーするアーキテクチャを提案・実現することにより、シームレスな鍵リレーを可能とする技術の検証に成功したこと。

- 量子ノード技術において、シリコン基板上でエピタキシャル成長した全窒化物 π 接合磁束量子ビット作製に初めて成功し、グローバル磁場不要なコヒーレント動作を磁束量子ビットで初めて確認したことで、量子コンピュータの小型化を含む量子素子への応用につながる成果を得たこと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 情報理論的安全な本人認証・データ伝送・保管が可能である量子セキュアクラウドの高機能化を実施し、情報理論的安全性を有するデータの完全性保証機能を実装したこと。また、専用計算機のパフォーマンスを劣化させることなく、データの安全な二次利用を可能とする技術の構築に成功したこと。特に、複数の金融機関同士での秘匿 Web 会議のデモに成功したこと。
- 量子セキュアクラウドに関して、さくらインターネット株式会社も参画している SIP 第三期において極めて安全なデータセンター化を目指した分散ストレージ技術

			の研究開発として Proof of Concept (POC) 実験を実施していること。また衛星量子暗号に関しては、スカパーJSAT 株式会社も参画して宇宙戦略基金に応募しており、当該技術の社会実装に向けた活動も民間の協力を得ながら進め、さらに東京 QKD ネットワークから理研の国産量子コンピュータへの接続に向けた開発を進め、量子イノベーション拠点間連携の具現化も進めたこと。
④脳情報通信技術 究極のコミュニケーションの実現を目指し、脳情報取得・解析技術の高度化等を通じて、人間の脳機能の理解を深めることで、脳情報通信の基盤的研究開発を実施する。また、その成果を活用して先進的 ICT や人間機能の再建・拡張等を支援する技術に係る研究開発を実施し普及を目指すものとする。	(4)脳情報通信技術 人間の究極のコミュニケーションの実現や、人間の潜在能力の発揮を実現することで人々が幸せを実感できる新しい ICT の創出を目指して、人間の認知・感覚・運動に関する脳活動を高度かつ多角的に計測・解析する技術や、得られた脳情報を効率的に解読しモデル化する技術、及び人間の能力の向上を支援する技術等の脳情報通信技術の研究開発を実施する。また、脳情報通信技術の社会における健全な利活用・受容性の確立を念頭においた研究開発拠点機能を強化する。 (ア)人工脳モデル構築のための脳機能計測と解析に関する研究開発 人間の究極のコミュニケーションの実現に資するため、	(4)脳情報通信技術 - 人間の認知・感覚・運動に関する脳活動を高度かつ多角的に計測・解析する技術を開発したことを以下の(ア)に示す。 - 人間の機能の向上等を支援する技術等の脳情報通信技術の研究開発を実施したことを以下の(イ)に示す。 - 脳情報通信技術を社会実装する際に留意すべき ELSI に関わる課題を抽出し対策の検討を進めたことを以下の(ウ)に示す。 (ア)人工脳モデル構築のための脳機能計測と解析に関する研究開発 - 人間がどのように世界を3次元的に見ているかを明らかにし、その知見をニューラルネットワークへと応用することで、人間のよう	(4)脳情報通信技術 身体性を有した情報処理モデルの構築のための運動学習を阻害する知覚的な要因の特定とそれを防ぐ手段の開発を進め、運動学習とは関係ないとこれまで思われてきた高次の「意思決定状態」の違いによって運動記憶が切り分けられていることを明らかにしたこと、世界で初めて 7T MRI 装置を用いたヒト嗅覚 fMRI 研究を実現し嗅覚に関する脳内表現の一端を明らかにしたこと、脳の柔軟かつ効率的な時空間情報表現の原理を明らかにすることを目指し時間や数などの抽象的な概念の脳内表現を解明するために脳機能イメージング、脳刺激、および心理物理学実験を用いて情報処理メカニズムの異同を明らかにしたこと、脳神経科学の倫理的・法的・社会学的課題 (ELSI) について大阪大学社会技術共創研究センターと協働して脳情報技術に関するガイドライ

多角的な脳活動データを取得・解析し、脳の機能全体をモデル化した人工脳を構築するための基盤的研究開発を行う。

具体的には、人間の認知、情動、知覚、意思決定、運動、社会性、言語等の脳機能の分析をし、それらの相互関係の解明等に関する研究開発を行うことで、脳の高次機能も考慮した脳内情報処理モデルの構築を行う。さらに、脳内情報処理モデルの構築に必要な脳情報の分析に必須な脳機能計測技術を一層高度化するため、超高磁場 MRI 等の大型計測装置を用いた計測の時空間分解能を向上させる技術、MRI と脳波等の多様な手法を用いたマルチモーダル計測技術、実生活の中で多数の脳活動や行動指標を高い時間精度で同時に計測可能な小型計測装置等の実現を目指した研究開発を行う。

に世界を把握する情報処理システムの開発へ繋がる基礎的知見を得た。具体的には、両眼立体視刺激を観察した際の fMRI 脳活動の特徴と複数種の深層ニューラルネットワークの中間出力、最終出力との比較研究を実施し、初期視覚野(V1)以降のヒト脳内 3D 情報処理機構が GC-Net でよく近似できること、特に Multi-scale 3D Convolution(3D 構成部)が人間のパフォーマンスをよく説明することを突き止めた。本研究は、はじめて明確な V1 以降の立体視情報処理機構のモデルを提案したものである。

- 立体視に必要なより広い視野を確保するための fMRI 実験用広視野視覚刺激呈示システムを企業と共同で開発し、「鏡システム」として共同知財を出願した。企業が製品販売を進めている。
- 世界に類のない fMRI 用広視野 3D 提示システムに対して、表示視野拡大、視線計測、および前頭脳計測を可能にする機能拡張を行うことで、日常視覚経験下ヒト脳機能イメージングの競争優位性を維持した。さらに、fMRI 用広視野 3D システムに AI 訓練用 3D 空間シミュレータを組合せることで、ヒト空間認知機能のモデル化に最適化された fMRI データセットを構築した。今後、50 時間以上のデータとなる見込みである。
- 脳情報と生成 AI(stable diffusion model)の関係を示した研究(Takagi and Nishimoto CVPR 2023)が論文注目度で高評価を得た。Vision Transformer(DINO ViT)の attention heads を層毎に解析した研究では、「顔」というラベルを全く使わない自律学習で、顔への注意が創発することを発見した。これらの研究を通じて、先端 AI と脳情報処理の類似性と差異を明らかにするという世界的にもユニークな貢献をした。総括すると、研究成果は論文として国際誌および国際会議に 12 報(すべて査読あり)出版し、そのうちの二報は Altmetric 2000 を達成するなど、インパクトのある成果を得ている。特に生成 AI や LLM、基盤モデルと脳の関係を示した論文は CVPR や EMNLP などの主要国際会議に採択されるなどの国際的評価を得ている。また、応用脳科学コンソーシアム等を介した企業連携も進めた。
- ヒトの眼球、あるいは注意が 3D 空間上のどこに向きやすいのか、その特性を理解し、VR などの仮想空間において、ほしいときにほしい情報をほしい場所に呈示するなど、快適かつ安心・安全な情報呈示技術の開発へと繋がる基礎的な知見を得た。具体的には、VR ヘッドマウントディスプレイを用いて、京都や奈良などの観光地で撮影した 3,200 枚の 2D/3D 画像をそれぞれ5秒間観察

ンを策定・公表し、その内容が OECD で取り上げられたこと、パラアスリートの左右運動間でみられる超適応現象の発見にヒントを得て、片手の随意運動に同期して反対の手を受動的に動かすことで左右運動野間の機能連携を増大させこれらの活動で受動手の筋活動を増強させる Bilateral proprioceptive-motor coupling 法を提案したことなどは科学的意義、社会的価値の観点で非常に優れた成果をあげている。

また、立体視に必要なより広い視野を確保するための fMRI 実験用広視野視覚刺激呈示システムを企業と共同で開発し企業が製品販売を進めていること、加齢に伴う左右運動野間の抑制機能の低下は脳全体の情報処理を画一化することを計算モデルで証明し、加齢に伴い機能低下している抑制機能を再活性化できるトレーニングがスポーツ関連企業の高齢者ウェルネス事業で活用されるなど社会実装の観点でも高い成果をあげている。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な特別な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【科学的意義】

している際の 40 名の人の視線データベースを構築した。大学と秘密保持契約を締結し、観光工学を専門とする研究者と本データベースを共有し、観光の感動感や満足感を与える手掛かりを探る研究を行っている。この全データセットを一般公開する準備を進めている。

- 第5期計画内では、酔いという曖昧模糊な現象を定量的に評価するシステムの開発と社会実装を実現した。具体的には以下の通り。
 - ・ 人間の視知覚特性に着目し、視覚誘発性自己運動知覚を誘発する刺激を利用することで、車体のデザインなどの社外秘の情報を外に出すことなく、車酔いを誘発しやすい/しにくい要因が何であるかを主観的評価(1対比較法など)や客観的評価(脳活動)を用いて決定する技術を開発した。
 - ・ 本研究は大手自動車メーカ研究所との資金受入型大型共同研究で実施した成果の一部であり、機構と同研究所とで「酔い評価システム、及び酔い評価方法」として共同知財を出願した。
- 脳のはたらきを模倣する人工脳の実現を目指して、日常の知覚や認知に関わる脳情報のモデル化・可視化を進めた。具体的には以下の通り。
 - ・ 意味情報の脳内表現をモデル化して、対称的な意味情報の脳内表現が極めて非対称であることを解明し、その成果を NeuroImage: Reports 誌で発表した。また、技術移転先である株式会社 NTT データの商用サービスへ実装した。
 - ・ 脳内情報のモデル化により、脳内意味情報がもつ非対称性などの特性を明らかにし、意味情報同士のつながりの効率性を表す「スモールワールド性」が健常者に比べて統合失調症患者で低く、意味情報構造の崩れを可視化することに成功した。
 - ・ 脳内情報のモデルを人工知能(AI)と融合して、視聴覚および言語の入力から知覚・認知内容の個人差を反映する脳融合 AI を開発し、また AI が生成した情報に対する選好の個人差をもたらず脳内機構を明らかにした。
 - ・ AI へのネガティブイメージが、AI が生成した情報に対する人間の選好と脳応答に与える影響を特定した。
 - ・ 脳応答から感性情報解読に資する脳応答の効果的な特徴抽出技術を開発して、関連知財の PCT 国際出願を行った。
- 身体性を有した情報処理モデルの構築のための運動学習を阻害

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 身体性を有した情報処理モデルの構築のための運動学習を阻害する知覚的な要因の特定とそれを防ぐ手段の開発を進め、運動学習とは関係ないとこれまで思われてきた高次の「意思決定状態」の違いによって、運動記憶が切り分けられていることを明らかにし Nature Human Behavior 誌に掲載され電気通信普及財団賞(テレコム学際研究賞)等を受賞し、さらに、この意思決定状況に紐づいて運動記憶が生成されるメカニズムをモデル化した等の成果を創出したこと。
- 人間がどのように世界を3次元的に見ているかを明らかにし人間のように世界を把握する情報処理システムの開発へ繋がる基礎的知見を得るために、両眼立体視刺激を観察した際の fMRI 脳活動の特徴と複数種の深層ニューラルネットワークにおける中間出力、最終出力との比較研究を実施し、V1 以降のヒト脳内 3D 情報処理機構が GC-Net でよく近似できることを突き止め、はじめて明確な V1 以降の立体視情報処理機構のモデルを提案したと。
- 世界で初めて 7T MRI 装置を用いたヒト嗅覚 fMRI 研究を実現し、嗅覚に関する脳内表現の一端を明らかにしたこと。特に、1.5mm 角の空間分解能による嗅覚領域

する知覚的な要因の特定とそれを防ぐ手段の開発を進めた。具体的には、

- ・運動学習時、運動の誤差に対する順応が完全な運動学習を阻害することを発見した。
- ・視覚情報が運動の文脈となる場合でも、わずかに時間を空けると学習できないことを明らかにした。
- ・運動学習とは関係ないとこれまで思われてきた高次の「意思決定状態」の違いによって、運動記憶が切り分けられていることを明らかにし、その論文が Nature Human Behaviour 誌に掲載され、著名な総説誌(Trends in Cognitive Science)にて注目論文としてとりあげられ、日本心理学会国際賞奨励賞と電気通信普及財団賞(テレコム学際研究賞)を受賞した。さらに、この意思決定状況に紐づいて運動記憶が生成されるメカニズムをモデル化した。
- ・脳の柔軟かつ効率的な時空間情報表現の原理を明らかにすることを目指し時間や数などの抽象的な概念の脳内表現を解明するために、脳機能イメージング、脳刺激、及び心理物理学実験を用いて情報処理メカニズムの異同を明らかにした。
 - ・脳機能イメージングを用いた研究では、数の大きさの情報が脳内で絶対値として表現されているのか、あるいは、文脈に応じた相対値として表現されているのかを調べた。その結果、情報の入力に近い領域(視覚野)では絶対値として表現し、出力に近い方(頭頂-前頭葉)に向かうにつれ相対値表現に変換されている可能性を示した(Nature Communications 誌に掲載された)。
 - ・時間の長さの情報が数と同じく前頭-頭頂領域で相対的に表現されており、さらにこれらが共通の神経細胞群で表現されている可能性を示した。ヒトの脳における効率的かつ柔軟な情報処理を実現するメカニズムの一つであると考えられる(Scientific Reports 誌に掲載された)。
 - ・数の知覚には低次の視覚情報処理領域が重要な役割を担う可能性を、一連の心理物理学実験により明らかにした。従来の研究では、数の知覚は頭頂連合野の活動と関連していると考えられていたが、本研究では数知覚における視覚野の重要性を新たに示した。

の計測を行い、一次嗅覚野における脳活動の大きさが匂いの主観的な強度と相関関係にあることを明らかにし、さらに、二次嗅覚野の活動パターンから匂いに対する感情価を予測できることを示した。匂いの主観評価と脳活動の関係を明らかにし、匂い認識における言葉の影響も示し、これらの研究成果は国際誌に2報掲載されたこと。

- ・脳の柔軟かつ効率的な時空間情報表現の原理を明らかにすることを目指し時間や数などの抽象的な概念の脳内表現を解明するために、脳機能イメージング、脳刺激、および心理物理学実験を用いて、情報処理メカニズムの異同を明らかにした。特に、数の大きさの情報が脳内で絶対値として表現されているのか、あるいは、文脈に応じた相対値として表現されているのかを調べた結果、情報の入力に近い領域(視覚野)では絶対値として表現し、出力に近い方(頭頂-前頭葉)に向かうにつれ相対値表現に変換されている可能性を示した。また、時間の長さの情報が数と同じく前頭-頭頂領域で相対的に表現されており、さらにこれらが共通の神経細胞群で表現されている可能性や、腕に触覚振動刺激を受けながら動画を見ると、振動の周波数が高

- ・腕に触覚振動刺激を受けながら動画を見ると、振動の周波数が高いほど動画を見ていた時間をより長かったと感じやすいことが示された。
- ・身体皮膚マップと身体形状マップの違いに注目し、機械を身体化する基礎的手法の開発を目指す試みでは、
 - ・身体皮膚表面の方向依存的に空間解像度が異なることが、時間解像度にも反映されることを明らかにした。
 - ・「車を身体化する」という企業との共同研究における基礎研究が進展し、それを実際に製品に実装、テストする段階まで研究を発展させた。
- ・注意の瞬きに関する心理物理実験により、視覚情報の検出には脳活動のゆらぎ(アルファ波およびシータ波)が関連していることを示した。さらにアルファ波が関連するとされている視覚情報の時間的統合と分離では感度特性が異なっていることを新たに示した(空間的特性の解明)ことから、統合と分離には従来考えられていたよりもさらに複雑な制御メカニズムが関与する可能性を示唆した。
- ・空間感覚の変容には、低次の視覚特徴表現と高次の抽象的情報表現の複数の情報表現階層での神経活動の変容が関連していることを明らかにした。
- ・時間を跨いだ空間情報の「統合」と「分離」を行う場合の視空間的感度特性には高い非対称性があり、統合は視野中心部に高い感度を示す一方、分離では上視野に高い感度を示すことを明らかにした。
- ・ドットにより示される数の情報への順応効果を用いた一連の心理物理実験により、数の情報が従来考えられていた脳の高次の情報処理階層だけでなく、低次の感覚情報処理の階層でも起きていることを明らかにした。
- ・一定の時間の長さ(時間長)への慣れ(順応)によってその後知覚される時間長が伸縮する錯覚を用いて、時間の脳内表現の文脈依存性および汎用性を調べた。実験の結果、時間を表現するメカニズムは刺激タイプによらず共通であるが、表現する神経細胞群は独立である可能性を示した。
- ・刺激タイプ間で時間の学習効率が異なるのか、また、刺激タイプ間で学習効果が汎化するかを調べた。その結果、学習効率は刺激タイプによって異なり、さらに十分な学習が起こると、その効果は刺激タイプ間で転移することを示した。

いほど動画を見ていた時間をより長かったと感じやすいことが示されたこと。

【社会的価値】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- ・脳神経科学の倫理的・法的・社会的課題(ELSI)について、大阪大学社会技術共創研究センターと協働して、脳情報技術に関するガイドラインを策定・公表し、その内容が OECD で取り上げられたこと。さらに、ELSI に関する異分野間の研究者の学際的交流及び意見交換を促す国際会議を開催するなど、情報通信が次世代の ICT として技術が健全に活用されるよう社会的受容性を高めるような研究・環境整備を進め、シンポジウムを開催したこと。これらの活動にいち早く取り組んだ研究統括が「情報通信技術と脳機能科学の融合研究の推進と社会展開」という功績により第 70 回前島密賞を受賞したこと。
- ・パラアスリートの左右運動間でみられる超適応現象の発見(令和5年度成果)にヒントを得て、片手の随意運動に同期して反対の手を受動的に動かすことで、左右運動野間の機能連携を増大させ、これらの活動で受動手の筋活動を増強させる Bilateral proprioceptive-motor coupling 法を提案したこと。この方法は脳卒

- 脳のネットワークが時間順序判断の条件に応じてアイドリングモード通信(5-10Hz)とブーストモード通信(12-18Hz)をダイナミックに使い分けていることを示した。
- Vision Transformer の注意が情報量を最大化する自律学習で従来の教師付学習よりもヒトの注意に近づくことを発見した。具体的には、自律学習した 12 層 Vision Transformer (DINO ViT) の attention heads を層毎に解析して、ヒトに似るのは9-10 層であること、さらに9-10 層の attention head は3群に分かれること、を発見した。3群はそれぞれ G1: 図の中心(顔)、G2: 図(体全体)、G3: 地(背景)に注意を向けることが明らかになった。単なる顔検出器ではなくて、低次の大きさなどの違いによる pop-out や線分の方角の違いによる2次の情報に基づく図の検出も行えることを見出した。つまり、DINO ViT はヒトのあらゆる注意を再現する画期的な人工神経回路モデルである。さらに脳のネットワークの中心に位置する楔前部に G1、G2、G3 の神経相関があることを示した。
- 扁桃体 BOLD 信号の initial dip が持つ情報の 7T MRI による定量化に成功した(NeuroImage 掲載)。
- SNS 上のアクティブなネットワークサイズを予測する安静時 fMRI ネットワークを明らかにした(Human Brain Mapping 掲載)。
- 3T MRI 装置内でアバターを用いた実験、3D の VR を用いた実験を可能とする環境を構築し、社会行動実験および意思決定を開始した。これを用いて社会的なインタラクションを伴う課題遂行として、コミュニケーションの相手がアバターの時に risk-taking 行動が増えることを発見した。その要因として扁桃体のフィードバックの uncertainty に対する活動を特定した。
- VR 内で低空飛行を行うことで高所を繰返し経験しなくても高所の恐怖を低減できることを発見した。MRI 内における VR 実験環境を整備し社会行動 fMRI 実験を開始した。
- 意思決定の戦略(model-free vs model-based)とあがりの関係を調べる行動課題を考案し、電気刺激のプレッシャーが掛かる条件では、model-free 戦略を取る人は model-based 戦略を取る人より、失敗をして電気刺激をうける頻度が高くなることを発見した。
- 利己的な意思決定が、前帯状回皮質から扁桃体に対する cognitive control によって実現されることを発見した。
- 世界で初めて 7T MRI 装置を用いたヒト嗅覚 fMRI 研究を実現し、嗅覚に関する脳内表現の一端を明らかにした。1.5mm 角の空間

中後の運動機能再建リハビリテーションに有効である可能性が高く、中期計画中にこの介入を実現できるハプティックロボットシステムを構築する予定であること。

- 身体性を有した情報処理モデルの構築に関して、運動の誤差に対する順応が完全な運動学習を阻害すること、視覚情報が運動の文脈となる場合でもわずかに時間を空けると学習できないこと、運動学習とは関係ないとこれまで思われてきた高次の「意思決定状態」の違いによって運動記憶が切り分けられていることを明らかにし、この意思決定状況に紐づいて運動記憶が生成されるメカニズムをモデル化したこと。

【社会実装】

以下に示す、顕著な成果があったと認められる。

- 人間がどのように世界を3次元的に見ているかを明らかにすることを旨とする fMRI を用いた研究を進める際に、立体視に必要なより広い視野を確保するための fMRI 実験用広視野視覚刺激呈示システムを企業と共同で開発し、「鏡システム」として共同知財を出願した。企業が製品販売を進めていること。
- 左右運動野間の抑制機能の発達、加齢に伴う機能低下、パラアスリートの特長化に伴う脳内ネッ

分解能による嗅覚領域の計測を行い、一次嗅覚野における脳活動の大きさが匂いの主観的な強度と相関関係にあることを明らかにし、さらに、二次嗅覚野の活動パターンから匂いに対する感情価を予測できることを示した。匂いの主観評価と脳活動の関係を明らかにし、匂い認識における言葉の影響も示した。これらの研究成果は国際誌に2報掲載され、嗅覚関連領域での脳内情報表現の解析目標も達成した。

- 7T MRI を用いて、マルチショット法やラインスキャン法により、局所領域の脳活動を 0.5mm 以下の高い空間分解能で fMRI 計測することを可能とした。これにより、大型装置を使用しての空間分解能の高度化の目標を達成した。
- 3T MRI の計測・解析技術を向上させ、畳み込みニューラルネットを用いて MRI 脳構造データのみから fMRI による脳活動データの空間パターンを予測する手法の精度向上の試みを行いつつ、ヒト脳線維束と一次視覚野表面積の相関関係を発見し、拡散強調 MRI による脳の線維束計測能の改善を実現した。これまでに本研究に関連する論文は3報掲載されている。
- 情報の受け手の心的状態を識別する技術については、気分の推定やモチベーション(意欲)の推定モデルに関する基盤技術に関する論文は3報掲載済みであり、それぞれ、特許の出願も海外も含め完了している。
- 気分の推定に関しては、手作業でのラベル付けなどが必要であったが、neural network model を利用することで人の手を介さずに end-to-end で気分を推定する自動推定モデルを作成し論文化した。(見込)
- 社会実装を目指し、教育関連企業から実際の問題をもらってデータの取得を進めつつ、モチベーションに関しては、脳波から意欲を推定するモデルを開発する予定である。本件に関連する論文が2報すでに掲載されており、関連特許も海外を含め出願済みである。
- (株)ワコムとは脳波と書字デバイスとの間を高い時間精度で同期させユーザビリティを評価する技術を構築し、(株)セガとは脳波とゲームコントローラとの間を高い時間精度で同期させ熟練に関わる脳活動の計測に成功した。本件に関連する論文が1報すでに掲載されている。
- 会話中の二者の脳波、音声の情報に、視線等の非言語情報を高精度で同期させることが可能となる実験系の確立に成功し、親密

トワークの機能的・構造的変化の可視化に成功し、加齢に伴う抑制機能の低下は脳全体の情報処理を画一化することを計算モデルで証明し、加齢に伴い機能低下している抑制機能を再活性化できるトレーニングがスポーツ関連企業の高齢者ウェルネス事業で活用されるなど、目標を上回る多くの成果を得たこと。

- 人間の視知覚特性に着目し、視覚誘発性自己運動知覚を誘発する刺激を利用することで、車体のデザインなどの社外秘の情報を外に出すことなく、車酔いを誘発しやすい/しにくい要因が何であるかを主観的評価(1対比較法など)や客観的評価(脳活動)を用いて決定する技術を開発したこと。本研究は大手自動車メーカー研究所との資金受入型大型共同研究で実施した成果の一部であり、機構と同研究所とで「酔い評価システム、及び酔い評価方法」として共同知財を出願したこと。

	(イ)脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発 脳情報と先端ICTを組み合わせて、新たなデバイスやコミュニケーション等に応用するために必要な基盤的研究開発を行う。 具体的には、人工脳を開発する過程で得られた脳内情報処理モデルを活用し、感覚情報、運動情報や認知情報等に基づいた人間機能の再建・拡張の支援等や脳機能のバイオマーカの発見につながる研究開発を実施する。また、脳情報を用いて、人間が製品やサービスに対して抱く印象・感覚を客観的に評価することが可能となる次世代の ICT 等を確立させる。		な二者間での会話中の計測に成功した。今後は、二者間の関係性等の情報を加えて、会話満足度等コミュニケーションの質を評価するモデルに拡張する予定である。関連特許も出願済みである。 • 大学生にとって、ウェルビーイングと密接に関連するアカデミックモチベーションが感謝介入を通じて向上することを明らかにした。社会人にとって感謝介入を通じてワークエンゲージメントの向上が見られると明らかにしつつある。ウェルビーイング指標において日本人に対する感謝介入の効果については、積極的な他者関係や人生の目的といった心理的ウェルビーイングと関連する側面で顕著であることを解明した。探索的に開始した脳内物質とウェルビーイング指標の関係性に関する研究の予備的解析結果を得た。 (イ)脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発 • ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)システムの高度化に向け、多点高密度神経電極の性能をより適切に評価するための触覚呈示デバイスを開発するとともに、BMI 用大容量体内外無線通信技術の国際標準化をさらに推進してきた。具体的には下記の通り。 ・ ①神経電極の多点高密度化に向け配線を $4\mu\text{m}$ (線幅及び間隙)までの細線化に成功、②皮質脳波計測用柔軟神経電極の耐久性の向上を実現、③省電力型で長時間の使用が可能な BMI 用無線通信ユニットを新規開発、④電極材料や形状の生体適合性向上の評価実験系を大阪大学(委託研究)と連携して確立した。 ・ 他機関の脳科学研究グループの多点計測系構築に協力し脳科学研究ツールとしての評価を確立させた。(2023. 2 Nat. Com., 2023. 8 Cell Reports, 2023. 11 PNAS) ・ 頭皮脳波と高密度皮質脳波の同時計測法を確立し、頭皮脳波 BMI の高性能化につながるデータを得た。 ・ 手指および手掌部用多点逐次機械的刺激デバイスを開発し、大阪大学(委託研究 PJ)と連携して多点高密度神経電極の性能を評価し、ECoG 用高密度電極のデータを基に推定誤差約 2mm 以下で手の刺激位置を推定できることを明らかにした。 ・ YRP 国際連携研究所(委託研究 PJ)と連携して、国際標準規格 IEEE802.15.6ma の代表応用として BMI 用大容量体内外無

線通信を位置づけて議論を推進し、規格改訂案を成立させた（見込）。

- 左右運動野間の抑制機能の発達（Naito ら 2020、Morita ら 2021）、加齢に伴う機能低下（Naito ら 2021）、パラアスリートの特殊化（Morita ら 2022）に伴う脳内ネットワークの機能的・構造的変化の可視化に成功した。
- 加齢に伴う抑制機能の低下は脳全体の情報処理を画一化することを計算モデルで証明し（Park ら 2023）、加齢に伴い機能低下している抑制機能を再活性化できるトレーニングがスポーツ関連企業の高齢者ウェルネス事業で活用されるなど、目標を上回る多くの成果を得た。
- パラアスリートの左右運動間でみられる超適応現象の発見（令和5年度成果、Morita ら 2023）にヒントを得て、片手の随意運動に同期して反対の手を受動的に動かすことで、左右運動野間の機能連携を増大させ、これらの活動で受動手の筋活動を増強させる Bilateral proprioceptive-motor coupling 法を提案した。この方法は脳卒中後の運動機能再建リハビリテーションに有効である可能性が高く、中期計画中にこの介入を実現できるハプティックロボットシステムを構築する予定である。
- 企業との共同研究において、人間は制御対象の動的特性の一つである遅延を時間ではなく位相として獲得していることを明らかにし、共同研究先企業に対し重要な知見を提供した。
- 無意識のうちに歩容を変容させることができる歩行学習支援システムを開発した。さらにトレッドミルのある実験室での支援システムの稼働を拡張し、社会実装に向けて、慣性式モーションキャプチャとヘッドマウントディスプレイを活用して実験室外で実施できるウェアラブルシステムを開発した。
- MRI 画像から筋骨格形状を自動で認識する AI、及びその AI を開発するために必要な手動セグメンテーション作業を支援する技術を開発した。
- 脳情報通信研究成果に基づく APCMA（非同期パルス符号多重通信アクセス）のプロトコルの改良のために、その性能を、誤検出の低減と伝送速度の高速化という点で向上させることを進めてきた。さらに、実際の社会実装における APCMA の性能を調査するために、地下や水中でのシナリオを想定した技術開発を進めた。
- 新たな概念のワンショット学習を脳のヘブ則によって可能にした。
- 人間が劣化画像を「ひらめき」によって認識するプロセスを、fMRI

	(ウ)脳情報通信技術の社会的受容性を高めるための産学官連携研究活動の推進 Society 5.0 の発展のために、脳情報通信が次世代の ICT として技術が健全に活用されるよう社会的受容性を高めるような研究・環境整備が必要である。また、大学等の学術機関だけでなく産業界との連携を強化することで脳情報通信技術を中心とした産学官融合研究の積極的な実施を目指す。 これらの目的のために、脳情報に関する研究開発で得られた技術を、多方面の研究者・企業等と連携して、共同研究や研究員の受入等による知的・人材交流を通じた人材の育成や企業への技術移転に努め、科学技術・社会的受容性の両面から成熟させながら、社会に普及するための研究開発拠点を形成する。		にて測定して、処理過程を解析しダイナミクスを解明した。さらに、ヒト脳が視覚的刺激に対してひらめきまでの時間の特徴を説明できる深層学習と確率プロセスの融合モデルを提案した。 • 人間の劣化画像認識プロセスの特徴を、これまで確率モデルを用いて再現できていたが(KICSS 2023、論文賞受賞)、決定論的な大自由度カオスを用いて再現できることを示した。カオスを積極的に利用した人工知能の開発につながるもの。このゆらぎを利用した情報処理系に関してはブレッドボードモデル的なハードウェアによる実装を進めている。 • ゆらぎ(ノイズ)を利用して超省エネ化を実現する生命システムを模倣した、ゆらぎを活かした動力的情報伝達の仕組みに関して PCT 出願した(PCT/JP2023/30480)。 (ウ)脳情報通信技術の社会的受容性を高めるための産学官連携研究活動の推進 • 脳神経科学及び脳情報通信技術による成果の社会的受容促進のために脳情報通信融合研究センター(CiNet)内に設置した倫理的・法的・社会的課題(ELSI)研究グループにおいて、専門の研究者による研究を開始し、内閣府 PRISM「脳情報から知覚情報を推定する AI 技術」プロジェクトにおいて、当該技術の社会受容性に関する調査研究を実施した。また、社会実装に向けた検討会を、外部有識者(特に、大阪大学社会技術共創研究センター)を加えて実施して、その成果として ELSI シンポジウムを開催し、報告書を取りまとめた。さらに、大阪大学の ELSI 研究者とともに、神経科学及び神経倫理分野の論文誌での掲載論文について傾向等进行分析し論文にまとめ、Front. Neuroscience 2023 から公開され、令和6年3月末までに 1,685 の被検索数と 306 のダウンロード数を獲得、Altmetric の attention score で上位 25%を達成した。また、大阪大学社会技術共創研究センターと協働して、脳情報利用に関するガイドラインを策定、そして、公表し、その内容が OECD の Neurotechnology Toolkit に掲載された。さらに、ELSI について広く関連分野から国際的に著名な研究者や新進気鋭の研究者らを招へいし、ELSI に関する異分野間の研究者の学際的交流及び意見交換を促す国際会議(CiNet Conference)を開催した。脳情報通信技術が次世代の ICT として健全に活用されるよう社会的受容性を高めるような研究・環境整備を進めたこれらの活動にいち早く取り組んだ研究統括が「情報通信技術と脳機	

	また、この拠点においてオープンイノベーションを推進するため、収集した研究データの安全な利活用を実現するためのデータ収集管理システム等の研究開発を行う。 これらの活動を通じて、人々が安心して豊かな暮らしを享受できる社会の構築に貢献できる脳情報通信技術を育てていく。		能科学の融合研究の推進と社会展開」という功績により第 70 回前島密賞を受賞した。 • 成果発信の取り組みとして、毎年 CiNet シンポジウムを開催した他、10 年を超す応用脳科学コンソーシアムや金曜サイエンスサロンの活動を通じて、多方面の研究者・企業等との連携を促進して、共同研究や研究員の受入等による知的・人材交流を通じた人材の育成や企業への技術移転につなげた。 • MEG の生体由来の磁気雑音を MRI の情報を用いて軽減する基礎技術として、この推定に最適な 4D MRI 撮像法を確立し、心拍についての推定に成功した。この成果を国際会議で発表した他、同様の磁気雑音源としての瞬き、嚥下、呼吸などへの応用のために、雑音の分離精度の向上を実現させる見込みである。 • 収集した脳計測データの安全な利活用を可能にする情報基盤を構築し、研究センター単位での被験者情報と脳計測データの一元的な蓄積・管理、および安全かつ効率的なデータ共有を実現した。 • 実験前・実験後アンケートの電子化により、医療機関と同等水準の MRI 被験者安全性を実現した。さらに、大規模脳データ解析および脳型 AI モデリングに適した脳情報データ蓄積処理基盤を整備した。	

なお、この評定は、以下の「(1) 国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2) 見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。

(1) 国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解

1. 開催日 令和7年4月 14 日(月) 10 時 00 分～18 時 00 分

2. 委員名簿

安浦 寛人	委員長	国立情報学研究所 副所長
安藤 真	委員	東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
栄藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監

渡辺 文夫 委員 Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(フロンティアサイエンス分野について)

- 自己評価(年度評価A、見込評価S)は妥当である。いずれの技術分野も基礎研究が急速に進み中長期計画に沿って結実してきている。
- 情報通信に関する将来必要となる基礎的な研究を幅広く着実に進めている点は評価する。
- 機構内外の連携によって量子情報通信等のブレークスルーとなる成果が出た。生体情報処理の解明やバイオ情報素子構築のための先進的な成果も出た。また、社会実装が容易ではない基礎分野であるが、5G を見据え様々な民間企業との共同研究、知財確保、技術移転が積極的に行われている成果や今後の宇宙情報通信戦略に資する成果も出た。これらの成果の実用化に向けた展開を期待する。
- 深紫外 LED の開発は社会的価値が高く、この光源ならではの通信システムの研究も始まり、酸化ガリウムデバイス研究は学术界から高く評価され、次期中長期計画期間では社会実装に向けた動きが加速することを期待する。
- 人工脳モデル構築や早期社会実装につなげる研究が進む脳情報通信技術の社会的受容性を高めるために、ELSI 研究者と連携した研究にも取り組んでいる。機構の他分野においても、情報通信の普及によって深刻化してしまう社会問題を解決するための技術開発が求められる場合には、このような連携も重要であろう。幅広く情報通信に関する ELSI 研究を NICT に導入することも検討してほしい。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかということを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評価、年度 A 評価で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価) 項目別自己評価書(No.6 Beyond 5G の推進)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー2. ー(1)Beyond 5G の推進		
関連する政策・施策	ー	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項 第一号、第15条の2
当該項目の重要度、難易度	重要度:高	関連する研究開発評価、政 策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※13					
	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
①標準化や国内制度 化の寄与件数※1	－	215	335	703	1,015		予算額(百万円)	36,013	23,680	50,316	45,679	
②特許出願件数※2	－	－	－	615	832		決算額(百万円)	23,330	48,395	35,491	37,554	
③特許登録件数※3	－	－	－	20	50		経常費用(百万円)	7,649	29,919	32,749	40,082	
④研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等の開催件数※4	－	－	－	9	9		経常利益(百万円)	△0	0	0	△0	
⑤研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等の出席者数※5	－	－	－	841	499		行政コスト(百万円)	8,283	33,872	34,828	42,003	
⑥研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等の出席者の満足度※6	－	－	－	－	96%		従事人員数(人)	9	13	19	19	
⑦知財・標準化に向けた NICT 主催会合等の開催件数※7	－	－	－	9	2							

⑧ 知財・標準化に向けた NICT 主催会合等の出席者数※8	-	-	-	216	35								
⑨ 知財・標準化に向けた NICT 主催会合等の出席者の満足度※9	-	-	-	-	80%								
⑩ 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおけるステージゲート評価において、着実に進捗していると認められたプロジェクト数の割合※10	-	-	-	-	91%								
⑪ 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおいて採択された事業者の事業化に対する寄与度※11	-	-	-	-	100%								
⑫ 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおける評価委員のプログラムに対する評価※12	-	-	-	-	100%								

※1 Beyond 5G に関係する標準化、国内外制度化への寄与文書数。

※2 情報通信研究開発基金に係る特許出願件数(令和5年度以降に実績を記載)。

※3 情報通信研究開発基金に係る特許登録件数(令和5年度以降に実績を記載)。

※4 情報通信研究開発基金に係る研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等の開催件数(Beyond 5G 研究開発促進事業において採択したものに限り)(令和5年度以降に実績を記載)。

※5 情報通信研究開発基金に係る研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等の出席者数(Beyond 5G 研究開発促進事業において採択したものに限り)(令和5年度以降に実績を記載)。

※6 情報通信研究開発基金に係る研究開発実施者間の調整・連携に向けた NICT 主催会合等のアンケート評価に基づく出席者の満足度(Beyond 5G 研究開発促進事業において採択したものに限り)(令和6年度以降に実績を記載)。

※7 情報通信研究開発基金に係る知財・標準化に向けた NICT 主催会合等の開催件数(Beyond 5G 研究開発促進事業において採択したものに限り)(令和5年度以降に実績を記載)。

※8 情報通信研究開発基金に係る知財・標準化に向けた NICT 主催会合等の出席者数(Beyond 5G 研究開発促進事業において採択したものに限り)(令和5年度以降に実績を記載)。

※9 情報通信研究開発基金に係る知財・標準化に向けた NICT 主催会合等のアンケート評価に基づく出席者の満足度(Beyond 5G 研究開発促進事業において 採択したものに限り)(令和6年度以降に実績を記載)。

※10 情報通信研究開発基金に係る社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおけるステージゲート評価において、着実に進捗していると認められたプロジェクト数の割合(令和6年度以降に実績を記載)。

※11 情報通信研究開発基金に係る社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおいて採択された事業者の事業化に対する寄与度(令和6年度以降に実績を記載)。

※12 情報通信研究開発基金に係る社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおける評価委員のプログラムに対する評価(令和6年度以降に実績を記載)。

※13 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
2. 分野横断的な研究開発その他の業務 NICT の研究開発成果を最大化するとともに、我が国発の技術の社会実装・海外展開を促進するため、1. の「重点研究開発分野の研究開発等」の業務と連携し、企業・大学等との共同研究、委託研究、研究開発成果の標準化、国際展開、民間企業等の進める戦略的な研究開発の支援、ベンチャー創出等に積極的に取り組み、研究開発成果の普及や社会実装に向けた取組を実施する。特に、Beyond 5G、AI（データ利活用、脳情報通信）、	2. 分野横断的な研究開発その他の業務 ICT が経済活動のインフラとなっており、ICT 分野における国際競争力の確保は豊かで安全・安心な国民生活の実現のみならず、社会経済活動の高度化からも非常に重要である。特に、2030 年以降の社会システムの基盤となる Beyond 5G、データ利活用・脳情報通信技術等の AI、量子情報通信、サイバーセキュリティの4領域は横断的かつ戦略的に取り組む必要がある。このため、研究開発と社会実装・展開を欠くことのない両輪として強力に推進し、産学官一体でオープンイノベーションを創発するための中核・拠点形成等が必要になっている。 一方、SDGs やニューノーマル等の新たな社会課題の解決に向けて、機構の研究開発成果の横断的展開のみならず、機構が有する施設・設備を効果的に活用したオープンイノベーション・コラボレーションを軸とするスピーディかつ	<評価軸> • Beyond 5G の実現に向けた取組の強化につながっているか。 • 公募型研究開発プログラムを適切に実施したか。 <指標> 注 革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業で実施しているもののうち、 <u>一重下線部</u> は、Beyond 5G 研究開発促進事業、 <u>二重下線部</u> は、革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業において採択したものに限る。 【評価指標】 • Beyond 5G の		評価	S
				2. 分野横断的な研究開発その他の業務 Beyond 5G における我が国の国際競争力強化等を図るために、NICT 自ら先端的な研究開発を実施するとともに、民間企業等の研究開発を促進するための公募型研究開発プログラムを実施する中長期目標に対して、外部連携による価値創造の加速を重視し業務を推進し、Beyond 5G アーキテクチャでフォーカスすべき重要な構成要素を抽出して海外を含む組織と連携してサービスを可視化する概念実証システムを構築し、国際的な情報発信(MWC)や 2025 大阪・関西万博への出展(見込み)、研究所による標準化活動(3GPP, IOWN GF 等)につなげたこと、日独間の国際連携を3年間の短期間で成功モデルとして百名規模の研究者コミュニティに成長させ、また JST の ASPIRE などにおいてドイツや米国、フィンランドをはじめとする世界の多くの研究機関や国内大学との共同プロジェクトを開始して研究を加速させたこと、さらにこれまでの活動を組織全体で活用できる知	

量子情報通信、サイバーセキュリティの4領域については、我が国における推進体制の強化や拠点形成等も含め、産学官一体となり、横断的かつ戦略的な取組を強力に推進していく。 これらの取組を NICT 内で組織横断的かつ戦略的に推進し、NICT の研究開発による直接的な成果の創出に加えて、我が国の ICT 産業の活性化及び国際競争力確保にも念頭に置いた戦略的・総合的な取組も推進するとともに、社会課題・地域課題解決や社会システム変革、新たな価値創造等に資するイノベーション創出及びSDGsの達成への貢献を目指すものとする。	横断的な取組の推進が重要となっている。 また、機構の目的である研究開発成果の最大化という観点では、産学官連携の強化に加え、研究開発成果を基盤とした知的財産・標準化戦略を一体的に推進し国内のみならず国外への技術展開を推進することが必要である。 このため、1. の「重点研究開発分野の研究開発等」の業務と横断的に連携し、研究開発成果の普及や社会実装を目指しながら以下の取組を一体的に推進する。また、オープンイノベーションで組織を超えて情報共有する際には知的財産等の情報保全にも配慮する。さらに、機構の研究開発により創出される直接的な成果の創出に加えて、我が国の ICT 産業の競争力確保も念頭においた戦略的・総合的な取組も推進する。 なお、評価に際しては、研究開発及び業務の内容・段階等に応じて、中長期目標に定められている評価軸により評価を実施する。また、評価軸に関連する指標に従って取組や成果を示す。	実現に向けた産学官連携等の活動状況 ・公募型研究開発プログラムに係る研究開発マネジメントの取組状況(進捗管理等の活動状況、評価委員会の設置・活動状況等) ・公募型研究開発プログラムの応募・採択状況 ・<u>社会実装・海外展開の促進等、研究開発成果の最大化に向けた取組状況</u> 【モニタリング指標】 ・標準化や国内制度化の寄与件数 ・国内外での特許出願(・登録)件数 ・<u>研究開発の実施者間の調整・連携に向けた取組</u>、NICT が主催した会	的資産として定着することを狙い、国際的な Beyond 5G/6G のイノベーション拠点の基本機能を構築したこと等の Beyond 5G の取組の強化の観点における非常に優れた成果をあげた。また、Beyond 5G の要素技術を早期に確立することを目的とした「Beyond 5G 研究開発促進事業」により、多様なプレイヤーの研究開発を支援し、令和6年3月までに多くの査読付き論文、国内外の特許出願、国際標準化への寄与など顕著な研究開発成果が上げられたこと、さらに、令和4年度より開始した「革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業」では、社会実装・海外展開を目指した研究開発に対する支援の強化を主たる趣旨とする新プログラム「社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム」を早期に立ち上げ、情報通信審議会が掲げた研究開発戦略等に沿う重要3分野(「オール光ネットワーク」「非地上系ネットワーク」「セキュアな統合・仮想化ネットワーク」)に対応するプロジェクトに対し大型の研究助成を行うことにより、グローバルな通信インフラ市場においてゲームチェンジャーとなる可能性があり、かつ経済安全保障上も重要なプロジェクトを支援したこと、情報通信審議会より示された政策等に迅速に対応すべく、共通基盤技術確立型、国際標準化活動支援及び国際共同研究開発プロジェクトを柔軟に創設したこと等の公募型研究

		<u>合等の開催件数やその出席者数及びアンケート評価に基づく出席者の満足度</u>※¹ ・知財・標準化に向け、NICTが主催した合等の開催件数やその出席者数及びアンケート評価に基づく出席者の満足度※¹ ・<u>社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおけるステージゲート評価において、着実に進捗していると認められたプロジェクト数の割合</u>※² ・<u>社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおいて採択された事業者の事業化に対する寄与度</u>※²	開発プログラムの適切な実施の観点における非常に優れた成果をあげた。 以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、また「研究開発成果の最大化」に向けた特に顕著な成果の創出等が得られたと認め、評定を「S」とした。
2－1. Beyond 5G の推進 我が国として目指すべき Beyond 5G を実現し、Beyond 5G における我が国の国際競争力強化等を図るためには、その優れた機能の中核となる先端的な要素技術の確立やその社会実装・海外展開に向けた研究開発や知財・標準化を強力に推進するため、【重要度：高】とする。本中長期目標期間を集中的な取組期間として、NICT 自ら先端的な研究開発を実施するとともに、民間企	2－1. Beyond 5G の推進 我が国として目指すべき Beyond 5G を実現し、Beyond 5G における我が国の国際競争力強化等を図るためには、その優れた機能の中核となる先端的な要素技術の確立やその社会実装・海外展開に向けた研究開発や知財・標準化を強力に推進するため【重要度：高】とする。本中長期目標期間を集中的な取組期間として、機構自ら先端的な研究開発を実施するとともに、民間企業等の研究開発の支援やこれを通じた成果の知財・標準化、さらには社会実装・海外展開を促進するため、総務省が策定する基金運用方針等に基づき、以下の公募型研究開発プログラムを実施する。	2－1. Beyond 5G の推進 ・ホワイトペーパーにより 2030 年以降の未来社会ビジョンを描き、あらゆるシステムをオーケストレーションして新たな価値を生み出す Beyond 5G アーキテクチャを提唱するとともに、研究開発の強化が求められる基盤技術について抽出した。Beyond 5G アーキテクチャについては、フォーカスすべき重要な構成要素を3点抽出し、それぞれ得意分野をもつ研究部署やアーヘン工科大学やシンガポール工科デザイン大学、東京大学など対外組織を選定し、サービスを可視化する概念実証システム(PoC)を共同で構築した。さらにアーキテクチャの本質的な課題を抽出し議論を深掘りするとともに、それらの PoC を統合させトータルでサービスの検証が行える環境として整えた。研究開発を迅速に進めるため、アーキテクチャの中でも特に重要なオーケストレーションと Society5.0 実現の主要要素となるサイバーフィジカルシステム(CPS)などに着目し、それぞれの技術と知見を有する研究部署と連携して検討し、詳細機能の検討や制御やデータの取扱いに関する課題の掘り起こしを行った。また、海外を含む外部研究機関と連携して、学際分野との融合や海外動向を踏まえた検討を行うとともに、国際的な情報発信(MWC2024/2025)や2025大阪・関西万博への出展(見込み)、研究所による標準化活動(3GPP, IEEE802, ITU-T, IOWN GF)にもつなげた。さらに、構築した PoC を通してイノベーション創出活動や特許アイデアソンに活動を広げた。具体的な PoC として、(1)テラヘルツ波/ミリ波と時空間同期技術に基づく複数視点映像の融合、(2)O-RAN および TN/NTN 連携による通信品質制御と省電力管理、(3)デジタルツイン連携オーケストレーションを構築し、ホワイトペーパーで示した Beyond5G アーキテ	2－1. Beyond 5G の推進 【Beyond 5G の実現に向けた取組の強化につながっているか】 以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。 ・Beyond 5G アーキテクチャについては、フォーカスすべき重要な構成要素を3点抽出し、それぞれ得意分野をもつ研究部署や海外を含む対外組織を選定し、サービスを可視化する概念実証システム(PoC)を共同で構築し、国際的な情報発信(MWC)や 2025 大阪・関西万博への出展(見込み)、研究所による標準化活動(3GPP, IEEE802, ITU-T, IOWN GF)にもつなげたこと。またアーキテクチャの本質的な課題を抽出し議論を深掘りするとともに、それらの PoC を統合させトータルでサービスの検証が行える環境として整えたこと。更に、この環境を活用して異業種のステークホルダーを巻き込み、Beyond 5G の活用について実際のフィールドにおける実証を進める(見込み)など、研究開発を加速させた

業等の研究開発の支援やこれを通じた成果の知財・標準化、さらには社会実装・海外展開を促進するため、総務省が策定する基金運用方針等に基づき、公募型研究開発プログラムを実施する。

・ 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおける評価委員^{※3}のプログラムに対する評価^{※2}

※1 出席者の満足度は、令和6年度以降に実績集約

※2 令和6年度以降に実績集約

※3 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 革新的情報通信技術プロジェクトWGを併任

クチャに即してこれらを統合し、トータルでサービスの検証が行える環境として構築した(再掲)。令和7年度は、この環境を活用して異業種のステークホルダーを巻き込み、Beyond 5G の活用について実際のフィールドにおける実証を進めた(見込み)。これら研究開発の着手から外部への展開までの一連の活動におけるリードタイムを短期間に収めることにより、一層の研究開発の加速につなげた。

- Beyond 5G/6G の分野において世界で最も取組みが進んでいる日独の間で戦略的なパートナーシップを深化させる取組として、研究者コミュニティの形成から共同研究の始動、国際連携ファンドの獲得、研究成果の共同出展に至るまで、国際連携を通じた橋渡しにより研究を加速させる取組を進め、日独研究者コミュニティを百名規模にまで成長させた。具体的には、令和5年度のわが国とドイツとの間の政府間政策合意を受け、ドイツの 6GEM プロジェクトとの共同研究成果の発表やワークショップの開催などを進め、国際的な研究開発コミュニティとの連携を強化した。また日独の共同研究スキームを創設し6件のプロジェクトが採択されるとともに、令和6年2月には東京で第3回ワークショップを開催して新規案件のプロモートを行うなど、日独間で共同研究の具体化を進めた。その際、機構が主催して、研究者のモチベーションを高めてマッチングが促進されるように、参加者との対話を深めるインタラクティブなパネルセッションやポスター・デモ展示を企画した。令和6年度に締結されたアーヘン工科大学やフラウンホーファ HHI 研究所などとの共同研究契約に基づき、具体的な課題について研究開発を進めるとともに、フラグシップ国際会議である Berlin 6G Conference の中で開催した第4回日独ワークショップや令和7年1月に仙台において開催した第5回日独ワークショップにおいて、ファンディングによる研究の成果発表を行った。また JST の ASPIRE において、テラヘルツに関するプロジェクトを提案して採択され、ドイツとの関係に留まらず、米国やフィンランドをはじめとする世界の多くの研究機関や国内大学との共同プロジェクトを開始した。さらに MWC Barcelona 2025 では機構として初めて独自ブースを確保しその成果の一部を出展するとともに、令和7年6月の大阪・関西万博にも成果の一部を出展した(見込み)。これらの活動を研究所横断的な広がりを持たせつつ複数国同時に集中的に実施し、それらの相乗効果により研究開発を効率的かつ効果的に推進できる一連のスキームを3年間という短期間で確立させ

こと。

- 日独間の国際連携の取組において、研究者コミュニティの形成から研究成果の共同出展に到るまで、国際連携を通じた橋渡しにより研究を加速させる取組を進め、日独研究者コミュニティを百名規模にまで成長させたこと。また、国際連携による研究開発が自律的に機能するまでの一連のスキームを成功モデルとして3年間という短期間で確立させた。これにより研究開発の一層の加速につなげるとともに、世界トップ集団の位置づけを強固なものとしたこと。さらに、JST の ASPIRE において、テラヘルツに関するプロジェクトを提案して採択され、ドイツや米国、フィンランドをはじめとする世界の多くの研究機関や国内大学との共同プロジェクトを開始して、研究を加速させたこと。
- 令和6年度まで、アジャイルに進めてきた活動で得られたノウハウなどを、組織全体で活用できる知的資産として定着を狙い、国際的な Beyond 5G/6G のイノベーション拠点の企画、構築に向けた活動に令和6年度から新規に着手し、研究成果の集積が可能なりビングラボ環境の構築、空間全体を活用したサービス PoC のショールーム、学際的連携と異業種協働を促進させる異業種 Beyond 5G/6G コミュニティの場、などの機能を持たせたこと。

研究開発を加速させるとともに、早期に当分野の研究開発における世界のトップ集団の位置づけを強固にした。

- 世界の Beyond 5G/6G リーダーが集う多くの機会において、ホワイトペーパーに記載したビジョンを提示し、多くの賛同を得た。この実績に基づき、各国がそれぞれ持つ強みとの相乗効果が得やすい分野を見極めつつ、国際連携の成功モデルも活用しながら効率的かつ効果的に関係を醸成させ、MoU 締結やワークショップ開催により、具体的な共同研究プロジェクトを生み出した。これらを通して、機構をハブとした Beyond 5G 研究活動の国際的な展開を急速に加速させた。
- 【フランス】国立情報学自動制御研究所 (Inria) と令和5年6月に MoU を締結し、令和5年 12 月 B5G/6G ワークショップ開催した。フランス科学研究センター (CNRS) と令和5年 12 月に PEPR Future Networks プロジェクト研究会合を開催し、令和6年3月に MoU 締結した。ソフトウェア技術に強みを持つフランスとは Beyond 5G の広い技術分野で連携の可能性があり、令和6年7月に Inria/CNRS/原子力・代替エネルギー庁(CEA)/フランス国立技術大学グループ(IMT)と共同でワークショップを開催した。さらに令和6年 12 月より共同研究を開始した。
- 【シンガポール】令和5年5月に World Wireless Research Forum(WWRF)のフラグシップイベントである Huddle 2023 においてパネルに登壇した。オープンアーキテクチャやテラヘルツなど Beyond 5G/6G の重要な論点を示し機構が構想する Beyond 5G の概念を発信した。令和6年度に O-RAN インテリジェンスに関する研究開発と拠点構築で世界的に先駆けるシンガポール工科大学(SUTD)との間で共同研究の契約を締結した。Beyond 5G アーキテクチャへの O-RAN 適用により、TN/NTN 連携や基地局電力制御など、共同 PoC 構築により技術を短期融合させたライブデモ環境を MWC2025 に出展した。
- 【米国】令和6年6月に O-RAN の世界トップ研究機関であり電波エミュレーションの大型テストベッド運用実績もある米ノースイスタン大学との間で、CPS エミュレータに関する議論を開始した。令和7年2月研究ワークショップを開催し、Open RAN、テラヘルツ波、電波エミュレータ、AI などの広い分野において米国との共同研究につながる足掛かりを得た。さらに今後の活動につなげるための MOU を3月に締結した。米国の 6G フラグシップイベントである 6G Symposium にパネル登壇し、米国政府関係者や招待され

【公募型研究開発プログラムを適切に実施したか】

以下に示す、特に顕著な成果があったと認められる。

- 外部有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価を実施することにより、研究開発の進捗を把握し、必要な助言を行うことで、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施したこと。

また、Beyond 5G 研究開発促進事業研究開発方針(令和4年6月、総務省)で定められたアウトカム目標「本事業で採択、実施された研究開発課題のうち、外部専門家による研究開発評価において、優れた進捗が認められた研究開発課題の割合 70%以上」を達成(96%)したこと。

- 基金を活用した研究開発を通じ、日 EU デジタルパートナーシップや日独 ICT 政策対話といった政府戦略に参加し、国際競争力の強化及び国際標準化の推進に貢献したこと。また、総務省情報通信審議会より示された政策に基づき、共通基盤技術確立型や国際標準化支援といった新たな研究開発支援プログラムを創設し、公募を行うなど、総務省と連携し、Beyond 5G の実現に向けて取り組んだこと。

- 「革新的情報通信技術 (Beyond 5G(6G)) 基金事業」では、短期間

た主要国のキーパーソンなどが集う中で NICT ホワイトペーパーが示す世界観を伝えるなど、機構の研究開発の方向性を改めて世界に示した。

- 【英国】英国の 6G フラグシップイベントである Cambridge 6G Symposium に招待講演およびパネルセッションへの登壇を行い、英国政府関係者や招待された主要国のキーパーソンなどが集う中で NICT ホワイトペーパーが示す世界観を伝えるなど、機構の研究開発の方向性を世界に示した。
- 【フィンランド】令和6年2月世界で初めて 6G ホワイトペーパーを出版した 6G Flagship の委員長であるオウル大学 Prof. Latva-Aho と会談した。モバイル通信のビジョン発信で世界を先駆ける同国との連携方針を確認した。
- 【学術的国際会議】令和6年度だけでも WWRF Huddle 2024、WWRF 52/53、FUSECO Forum 2024 など世界のリーダーが集う多くの講演機会があり、機構が Beyond 5G/6G 分野の研究ハブとしてけん引力と研究開発能力を持つことを世界に示した。この結果として、グローバルな研究連携の動きが加速している。国内においても、東京大学との間で共同研究契約を締結して短期に MWC2025 での展示につなげるなど、研究連携が加速した。
- 【日本からのビジョン発信】公的研究機関としての立場を生かし、国内で開催される重要イベントにおいて、Beyond 5G のあるべき研究開発方針や本質的な課題の議論を牽引した。令和5年 10 月には、国連主催の Internet Governance Forum(IGF)が日本で初めて開催され、その中で Beyond 5G のオープンサービスプラットフォームに関するパネルセッションを機構が企画した。多様な有識者を招き、開発途上国を含む世界的な課題について議論することで、グローバルな連携の必要性を共有した。これによりわが国のプレゼンスを大いに高めるとともに、総務省にもフィードバックされ、国内政策にもグローバルな視点を提供した。令和6年 10 月には、CEATEC2024 に併設された Beyond 5G 国際カンファレンスにおいて総務省とともにわが国の研究開発方針を示すとともに、パネルに登壇して各国のリーダーとの議論を深めた。
- 【国内のコミュニティ活性化】Beyond 5G 推進コンソーシアム(現在は XG モバイル推進フォーラム:XGMF)において白書作成に参画し、比較的困難な産業分野の調査を担当すると共に、アーキテクチャ分冊作成において積極的に貢献した。また、標準化推進室と連携し、テラヘルツ波、時空間同期、非地上系通信に関する技

に必要な体制及び規程を新たに整備した上で、評価委員会の評価結果と予算規模を判断した上で Beyond 5G 研究開発促進事業の成果を適切に移行したこと、Beyond 5G 研究開発促進事業で開発した技術の進展度にあわせて、戦略的に支援を継続し、計 134 プロジェクト(見込み)の研究開発を支援し、Beyond 5G 研究開発促進事業の成果を引き継ぎ、先端的な要素技術の確立やその社会実装・海外展開に向けた研究開発、電波の公平かつ能率的な利用の確保を強力に推進したこと。

- 革新的情報通信技術研究開発推進基金等を活用し、「Beyond 5G に求められる技術を対象とした研究開発」など多種多様なプログラムの下で多様なプレイヤーが研究開発を実施することで、官民の英知を結集した研究開発体制を構築し、「Beyond 5G 推進戦略 -6G へのロードマップ-」(令和2年6月、総務省)における「先行的取組フェーズ」において集中的な支援を実施し、我が国の国際競争力強化に貢献したこと。

術を白書に盛り込んだ。令和6年度には、XGMF において提案された 28 プロジェクトのうち4プロジェクト(NTN、テラヘルツ波、時空間同期、産業間オーケストレーション)のリーダーを機構職員が務め、機構が強みを持つテーマについてコミュニティを形成してステークホルダーとの連携と議論促進を牽引し、産業間オーケストレーションを実現するプロジェクトを企業と共同で提案した。

- 【国内の異業種連携】Beyond 5G 新経営戦略センターでは、リーダーズフォーラムや XG Ignite における議論や人脈形成を通じて異業種とも連携を強化するとともに、オープンイノベーションにつながる企業の壁を越えた活動を継続的に進展させた。
- 【海外への標準化活動】標準化に対しては、ITU-R WP5D および 3GPP SA Rel.18 ワークショップへのタイムリーな入力につなげるとともに、IOWN Global Forum においてホワイトペーパーに基づき Beyond 5G アーキテクチャのオープンプラットフォームとしての重要性や機能構成、オーケストレータの詳細機能などの成果を入力した。
- 【情報発信】将来の Beyond 5G を担う若手や情報通信の非専門家、産業間連携の要となる異分野の専門家など潜在的なステークホルダーの巻き込みを念頭に置き、Beyond 5G が実現する未来社会の様子や専門性の高いオーケストレータなどの機能の説明をできるだけわかりやすく理解いただけるよう、VRやドーム型シアター、タッチパネル操作などのツールも適宜活用して丁寧に説明することで、多くの国内外の潜在的ステークホルダーとの共通意識を醸成した。国内最大級の展示会である CEATEC には令和4年度から毎年出展し、CEATEC2024 では、デジタルツイン連携により新たな産業が生まれる様子をタッチパネルディスプレイでインタラクティブに体験できるツールを展示するとともに、各研究所と共同で Beyond 5G の概念から基盤技術、サービスまでを一体的に示し、非専門家にわかりやすくアピールした。出展を契機に企業や教育機関から技術的な相談や講演依頼、機構と企業の共同での標準化活動、共同研究の開始など、巻き込みと連携強化に貢献した。令和5年度に国際的フラグシップ展示会である Mobile World Congress(MWC@バロセロナ)に機構として初めて出展した。さらに令和7年3月開催の MWC2025 では機構として初めての単独出展を行い、アーヘン工科大や東大と共同でテラヘルツ通信技術や時空間同期技術を活用したスポット通信や、シンガポール工科大学と共同で O-RAN 省電力マネジメントに関する出

展を行うなど、展示内容を拡充して躍動感のある動態展示を行った。令和7年度の大阪・関西万博では、「Beyond 5G ready ショーケース」と題して出展し、機構が Beyond 5G の実現に向けて取り組んでいる内容を国内外の非専門家や若手に示した。(見込み)。これらは国際的な研究活動の取組として強力なアピールとなり、更には新たなパートナーの開拓につながるなど、連携と巻き込みの一連のスパイラルが絶えず生み出される場として機能し研究の加速に大きく貢献した。

- 【若手人材のアイデア創出と人材育成】アイデアソンの開催や高等専門学校での出張授業などの活動を通じて、若手人材のアイデア創出と将来の Beyond 5G を築く人材育成の取組を進めた。具体的には、令和4年度にレジリエント ICT 研究センターで開催された「アイデアソン+仙台」において、ホワイトペーパーに基づく未来生活のシナリオやBeyond 5Gの技術要素などを題材に議論し、新たな視点から具体的な Beyond 5G 活用のアイデアを抽出するとともに、アイデア創出に向けて参加者自身が自発的に活動を始動するきっかけにつなげた。令和5年度と令和6年度には、高等専門学校にて Beyond 5G に関するデモやアイデアソン形式の出張授業を行い、Beyond 5G に関する認知を深めるとともに Beyond 5G を活用した新規サービス創出に関する気づきを創発した。また令和5年度より継続的に毎年複数名の国際インターン研修員を受け入れ、機構内の研究室と連携してサービス PoC の構築を共同で進めるなど、若手研究者の育成と学術的な国際協働の強化を推進した。
- 令和4年3月に開催した Beyond 5G オープンディスカッションでは、ホワイトペーパーを通じて多様な分野のステークホルダーと意見交換を行ない、特にこれまで議論の機会が無かった高校生・大学生などの若い世代や、海外研究機関の研究者も招待した。この結果、分野の裾野が広い Beyond 5G に対してビジョンを深化させ、イノベーションを創出するためには、年代・業種・職種を越えた議論が重要であることの気づきを得た。そこで、令和4年度以降に Beyond 5G ゼログラビティイベントを計8回企画し、ホワイトペーパーのユースケースを題材に、異業種の事業担当者と機構を含む研究者が Beyond 5G のサービスイメージなど新たな価値創出が可能性であることを議論するとともに、双方の Beyond 5G に対する取組のモチベーションを高めた。ここで生まれた人脈から共同研究の議論や講演や展示会出展の依頼があるなど、連携

ハブとしてこのような機能の意義を確認することにもつながった。令和6年度は、これまで構築した PoC を題材とするとともに、開催地でのフィールドの視察なども実施し、早期のフィールド実証につなげるための準備としてエコシステムや地域の課題にまで踏み込んだ議論を有識者も交えて行なうことができた。この議論に基づき、令和7年度には PoC の拡張に留まらず、フィールド実証にまで踏み込んだ取組を実施した(見込み)。このようにイベントに参加することで得られた異業種の垣根を越えた気づきと Beyond 5G のビジョンと掛け合わせることで、オープンイノベーションの創出につなげる知的資産を生み出せるような、一連の取組のモデルを確立した(見込み)。この取組を通じて、既存のビジネスモデルやルール・メイキングの秩序が通用しない Beyond 5G 時代において、ゲームチェンジ後の環境変化にアジャイルに適応させて研究の方向性を柔軟に見直すとともに、国際競争力の強化に向けた検討に資するなど、今後の「取組の加速フェーズ」へ移行できた(見込み)。

- CPS(電波)エミュレータは Beyond 5G システムの研究開発を加速する重要な機能であり、わが国としても新たな電波利用を切り拓くツールとして確立させることが期待されている。令和2年度から令和5年度に電波利用料を財源とする委託研究開発を実施し、令和5年度に計画通り開発を完了した。さらに、国内外研究者へのオープン利用環境の構築が産学から求められており、引き続き重要な研究開発対象として新たな体制を構築して令和6年度から新プロジェクトを開始した。令和2～5年度に実施した CPS エミュレータの研究開発プロジェクトは、ワイヤレスネットワーク研究センターおよび総合テストベッド研究開発推進センターと共同で推進した。機構が代表を務める 11 研究機関の大型プロジェクトであり、外部有識者を含む研究者の意見を迅速に取りまとめるとともに、議論をファシリテートして円滑に研究開発を進めた。また社会展開の道筋に関する議論を先導し、関連機関や企業との連携を強化するため、令和4年3月にワイヤレスエミュレータ利活用社会推進フォーラムを設立した。令和4年 11 月には総会を開催して以降、令和5年3月と令和6年3月にそれぞれシンポジウムを開催するなど、技術の社会展開に向けて継続的に推進した。
- 令和6年度までに進めた「研究開発戦略に基づく研究開発の加速」、「外部連携・標準化における効率的・効果的な推進」、「知財戦略・アイデアソンによる研究開発へのフィードバック」、「情報発

＜公募型研究
開発プログラム
＞

① 革新的情報通信技術研究開発推進基金等（Beyond 5G 研究開発促進事業）（令和2年度第三次補正予算から令和4年度当初予算まで）

革新的情報通信技術研究開発推進基金等を活用し、効率的か

＜公募型研究開発プログラム＞

① 革新的情報通信技術研究開発推進基金等（Beyond 5G 研究開発促進事業）（令和2年度第三次補正予算から令和4年度当初予算まで）

革新的情報通信技術研究開発推進基金等を活用し、効率的かつ効果的に研究開発を実施するため、官民の英知を結集した研究開発体制を構築する。

具体的には、Beyond 5G の機能を実現するために中核とな

信などによるステークホルダーの巻き込み」、など、アジャイルに進めてきた活動で得られたノウハウなどを一過性のものとせず、組織全体で活用できる知的資産として定着させることで研究開発の更なる効率化や好循環、更には情報通信技術分野におけるゲームチェンジ後の環境変化にも対応できるような国際競争力の向上に利活用できることを目指し、国際的な Beyond 5G/6G イノベーション拠点「NICT Innovation PARK（仮称）」の企画、構築に向けた活動に令和6年度から着手した。具体的には、（１）アジャイルな組込みと実証、（２）社会実装への橋渡し、（３）技術融合による新サービスの創造、（４）技術の融合と可視化、（５）異分野・異業種との人脈形成、などを機能として組み込むことを検討し、令和7年度には Beyond 5G/6G 分野におけるわが国の国際競争力向上の礎となるような取組を目指すとともに、研究成果の集積が可能なリビングラボ環境の構築、空間全体を活用したサービス PoC のショールーム、学際的連携と異業種協働を促進させる異業種 Beyond 5G/6G コミュニティの場、などの機能を持たせた（見込み）。都心の立地条件や公的研究機関としての中立的な立場も活かしつつ、オープンイノベーションを生む場として機能させることで海外を含め広くステークホルダーを巻き込んで社会実装につながるポジティブスパイラルの速い流れを生み出すなど、わが国の国際競争力の強化に資する機能を盛り込んだ。

- 革新的情報通信技術研究開発推進基金等を活用し、「Beyond 5G に求められる技術を対象とした研究開発」「自由な発想に委ねる研究開発、戦略的パートナーとの国際共同研究」「スタートアップや若手研究者を対象とする研究開発」など多種多様なプログラムの下で多様なプレイヤーが研究開発を実施することで、官民の英知を結集した研究開発体制を構築し、「Beyond 5G 推進戦略 -6G へのロードマップ-」（令和2年6月、総務省）における「先行的取組フェーズ」において集中的な支援を実施し、我が国の国際競争力

つ効果的に研究開発を実施するため、官民の英知を結集した研究開発体制を構築する。

具体的には、Beyond 5G の機能を実現するために中核となる技術分野を対象とした研究開発、協調可能な技術分野において国際的な戦略的パートナーと連携する研究開発、多様なプレイヤーによる技術シーズを創出する研究開発等を実施する中で、研究開発の実施者と緊密に連携し、各研究開発課題の進捗管理を行う。

また、外部の幅広い知見を活用するため、外部有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価を実施するこ

る技術分野を対象とした研究開発、協調可能な技術分野において国際的な戦略的パートナーと連携する研究開発、多様なプレイヤーによる技術シーズを創出する研究開発等を実施する中で、研究開発の実施者と緊密に連携し、各研究開発課題の進捗管理を行う。当該進捗管理については、実施者による研究開発の進捗状況の把握、実施者に対する必要な指示・支援等（研究開発成果の知財権利化や国際標準化活動も含む）を行う。

強化に貢献した。

- 革新的情報通信技術研究開発推進基金、革新的情報通信技術研究開発推進事業費補助金計 600 億円を活用し、企業、大学等を対象とし、81 プロジェクトのべ 269 者の Beyond 5G に関する研究開発の支援を行った。
- 「Beyond 5G 研究開発促進事業研究開発方針」（令和4年6月、総務省）に基づき、「Beyond 5G に求められる技術を対象とした研究開発」「自由な発想に委ねる研究開発」「米国や欧州といった戦略的パートナーとの国際共同研究」「スタートアップや若手研究者を対象とする研究開発」など多種多様なプログラムの下で研究開発を実施することにより、269 者中、中小企業 44 者、大学等 141 者を含む多様なプレイヤーが研究開発に参画した。
- 「スタートアップや若手研究者を対象とする研究開発」では、人材育成の観点から、大学の若手研究者や中小企業のアントレプレナー等幅広い人材の支援を図るため、「特別枠」として、代表研究者が若手研究者（39 歳以下等）であるもの、又は、代表提案者が中小企業であるものの一定件数の採択を検討することを公募の際に明示し、これに該当する研究課題を9プロジェクト採択した。また、革新的な技術シーズやアイデアを有しながら、困難な課題に意欲的に挑戦するベンチャー・スタートアップ等の中小企業3者に助成金を交付するなど、多様なプレイヤーの参画による研究開発を推進した。
- 当該事業を統一的に指導・監督するプログラムディレクター（PD）のイニシアティブの下、進捗管理や情報交換等を行うとともに、運営調整会議、SIG（Special Interest Group）を開催することにより、研究開発課題間の連携を深め、SIG をきっかけとした標準化の共同提案が行われるなど研究開発プロジェクト間の連携が進むなど、個々の研究開発プロジェクトの成果の最大化とプログラム全体の成果の最大化を促進した。
- 各研究開発プロジェクトに「リエゾンアシスタント」（17 名）を配置し、進捗管理や情報交換等を行い、研究開発実施者と緊密に連携するとともに、自主研究と各研究開発プロジェクトとの連携を図るため、機構の研究者を「連携オフィサー」（25 名）を配置するなど体制の拡充を通じ、個々の研究開発プロジェクトの成果の最大化とプログラム全体の成果の最大化を図った。
- 研究開発プロジェクト間の横連携を図るため、研究開発内容ごとに受託者間連携のための SIG（Special Interest Group）を実施し、

とにより、成果目標の達成見通しを常に把握した上で、予算の必要性や研究実施体制の妥当性を精査し、必要に応じて研究開発の加速、縮小、実施体制の変更を行うなど、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施する。(なお、革新的情報通信技術研究開発推進基金を充てる研究開発案件については、令和3年度末までに開始する案件に限ることとする。)

さらに、革新的情報通信技術研究開発推進基金に係る業務の成果について、Beyond 5Gに関する国際的動向や関連技術の進展に寄与する程度を踏まえて評価を行った上で、当該評価に関する報告書を作成、総務大臣

また、外部の幅広い知見を活用するため、外部有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価を実施することにより、各研究

SIG をきっかけとした標準化の共同提案が行われるなど研究開発プロジェクト間の連携が進み、事業全体として成果の最大化を図る活動が促進された。

- ・「知財化アドバイザー」として、豊富な経験を有する知財専門家人材やハイレベルな弁理士等を4名、「標準化アドバイザー」として、国際的な標準化活動で標準化提案等の豊富な経験のあるハイレベルな標準化エキスパート5名の体制を整備、研究開発実施者の求めに応じつつ、特に専門の知財部門・標準化部門を持たないベンチャー企業や学際機関等を優先し個別に働きかけ、潜在的な知財化・標準化ニーズを掘り起こすことを念頭に呼びかけや意見交換などを行い、知財化標準化アドバイザーを派遣した。その結果、標準化について研究開発プロジェクト間で連携し ITU-T SG20 に寄書を提案し、標準化作業が行われるなど、研究開発プロジェクトにおける知財化・標準化を促進した。
- ・研究開発成果の知財(権利)化及び国際標準化に向けた戦略策定への支援を希望する研究開発受託者に対し、当該研究開発分野の知財化、標準化活動の基礎となる調査を行い、「知財化・標準化マップ」を作成することで効果的な支援を実施した。
- ・研究開発実施者に「標準化と特許」「標準必須特許と実装特許(周辺特許)」「知財の取り方及び標準化の組織や活動の概要」などの基礎的な知識を習得してもらうために「知財化・標準化セミナー」を実施した。また、セミナーで使用した資料は教材として提供し、知財化・標準化活動に役立てるようにした。これらの活動により、令和3年度からの3年間で査読付き論文 962 件【令和5年度末時点】、国内外の特許出願 691 件(国内 346 件、外国 345 件【令和5年度末時点】)、標準化・国内外制度化への寄与文書 570 件【令和5年度末時点】を実現し、学術的な成果だけでなく、実用化に向けた取り組みも進めている。特に、オール光ネットワーク、情報通信デバイス、無線通信といった分野で社会実装に繋がる多くの成果をあげた。
- ・外部有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価(次年度以降の研究開発の継続を判断する)を実施することにより、研究開発の進捗を把握し、必要な助言を行うことで、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施した。
- ・本事業に採択され、令和5年度以降継続する計画がある 75 プロ

に提出し、その概要を公表する。

② 情報通信研究開発基金（令和4年度第二次補正予算以降）

上記①による研究開発の優れた成果を引き継ぎつつ、社会実装・海外展開を目指し、情報通信研究開発基金を活用して効率的かつ効果的に研究開発等の支援・実施を行う。

具体的には、Beyond 5G 中間答申を踏まえ、我が国が強みを有する技術分野を中心として、社会実装・海外展開を目指した戦略的な研究開発及びその成果に係る国際標準化活動、長期的視点で取り組むべき技術シーズの創出や共通基盤技術の研究開発、電波の有効

開発課題に関する研究開発成果の創出状況(国際動向も考慮)及び成果目標の達成見通しを常に把握した上で、予算の必要性や研究実施体制の妥当性を精査し、必要に応じて研究開発の加速、縮小、実施体制の変更を行う等、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施する(なお、革新的情報通信技術研究開発推進基金を充てる研究開発案件については、令和3年度末までに開始する案件に限ることとする。)

さらに、革新的情報通信技術研究開発推進基金に係る業務の成果について、Beyond 5Gに関する国際的動向や関連技術の進展に寄与する程度を踏まえて令和5年度に評価を行った上で、当該評価に関する報告書を作成し、総務大臣に提出するとともに、その概要を公表する。

② 情報通信研究開発基金（令和4年度第二次補正予算以降）

上記①による研究開発の優れた成果を引き継ぎつつ、社会実装・海外展開や電波の公平かつ能率的な利用の確保等を目指し、情報通信研究開発基金を活用して効率的かつ効果的に研究開発等の支援・実施を行う。

プロジェクトに対し、令和4年度末にステージゲート評価又は継続評価を実施した。75 プロジェクト中 72 プロジェクトが SABC 評価のうち S(非常に優れている)又は A(適切である)という高い評価を得て、「Beyond 5G 研究開発促進事業研究開発方針」(令和4年6月、総務省)で定められたアウトカム目標「本事業で採択、実施された研究開発課題のうち、外部専門家による研究開発評価において、優れた進捗が認められた研究開発課題の割合 70%以上」を達成(96%(72/75))した。

- 研究開発の継続が認められたプロジェクトは、評価に基づく予算規模を判断した上で、円滑に情報通信研究開発基金に移行し研究開発の継続等を行った。

- 革新的情報通信技術研究開発基金に係る業務の成果について、令和5年度末に報告書を作成し、総務大臣に提出するとともに、その概要を公表した。
- 当該報告書では、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)及び主要国における白書等の文書を分析し、Beyond 5G/6Gの国際的な技術動向を取りまとめた。革新的情報通信技術研究開発基金で実施した研究開発が、国際動向に沿ったものであったことを確認するとともに、評価委員会による採択プロジェクトの評価及び政府による評価を基に、本事業により、実用化や標準化等への期待度及び革新性や先進性が高い研究開発が着実に進んだと結論付けた。

- 「革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業」では、Beyond 5G 研究開発促進事業(以下この自己評価書において「旧事業」という。)の成果を引き継ぎ、旧事業で開発した技術の進展度にあわせて、戦略的に支援を継続し、計 134 プロジェクト【第5期実績見込み】(111 プロジェクト【令和6年度末時点】)の研究開発等を支援し、先端的な要素技術の確立やその社会実装・海外展開に向けた研究開発、電波の公平かつ能率的な利用の確保を強力に推進した。

利用に資する技術の研究開発等について支援・実施するとともに、研究開発の実施者と緊密に連携し、各研究開発課題の進捗管理を適切に行う。

また、外部の有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価等を実施することにより、成果目標の達成見通しを常に把握した上で、予算の必要性や研究実施体制の妥当性を精査し、必要に応じて研究開発の加速、縮小、実施体制の変更を求めるなど、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施する。

さらに、研究開発の支援を通じて、研究開発の実施者間の調

具体的には、我が国が強みを有する技術分野を中心として、社会実装・海外展開を目指した戦略的な研究開発及びその成果に係る国際標準化活動、長期的視点で取り組むべき技術シーズの創出や共通基盤技術の研究開発、電波の有効利用に資する技術の研究開発等について支援・実施するとともに、研究開発の実施者と緊密に連携し、各研究開発課題の進捗管理を適切に行う。当該進捗管理については、実施者による研究開発の進捗状況の把

- 本事業では、例えば光ネットワーク技術や NTN のような実用化に近い技術は事業者による実用化への助成、テラヘルツ通信のような更なる研究開発が必要な技術は引き続き委託といったように、旧事業で開発した技術の進展度にあわせて、戦略的に支援を継続した。
- 総務省情報通信審議会「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」(中間答申)(令和4年6月)に基づき、我が国が強みを有する技術分野である「オール光ネットワーク関連技術」、「非地上系ネットワーク関連技術」、「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」を重点研究開発プログラムとして研究開発を加速した。社会実装の開始時期の前倒しを主たる趣旨とし、新たに、社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムを導入した。当該プログラムでは実用化に近い(TRL(Technology Readiness Level)の高い)技術に対して大規模な予算の投下が可能となった。研究期間を通して数百億円規模の支援に対応するため、総合プロデュースオフィス内に革新的情報通信技術開発推進室を新設するとともに、必要な体制及び規程の新規整備を行った。機構にとっては前例のない経験となる規模の支援事業であり、かつ半年程度の準備期間で公募まで行う必要があったことから、機構内だけでなく、他の資金配分機関における運用方法も参考にし、事業の適切な実施に向けて、優先順位をつけて取り組んだ。
- 日 EU デジタルパートナーシップ閣僚級会合(令和4年5月)や日独 ICT 政策対話(令和5年6月)で合意された戦略的パートナーとの連携による先端的な要素技術の国際共同研究開発プロジェクトを実施し、国際競争力の強化及び国際標準化の推進に貢献した。
- 総務省情報通信審議会より示された政策に基づき、共通基盤技術確立型や国際標準化支援といった新たな研究開発支援プログラムを創設し、公募を行うなど、総務省と連携し、Beyond 5G の実現に向けて取り組んだ。
- 同審議会技術戦略委員会革新的情報通信技術プロジェクト事業面評価等ワーキンググループとりまとめ「革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業による国際標準化活動に対する支援の在り方について」(令和6年3月)に基づき、社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム【事業戦略支援型】の研究開発実施者を対象とし、市場の形成・獲得までを見据えた企業の事業戦略に基づくその一環としての標準化(ルール形成)活動に係る費用を

整・連携を促進するとともに、当該研究開発の実施者に対し、オープン＆クローズ戦略を含めた戦略的な知財・標準化や社会実装・海外展開を促進するなど、当該研究開発成果の最大化に向けた取組を総務省と連携して積極的に進める。

握、実施者に対する必要な指示・支援等(研究開発成果の知財権利化や国際標準化活動も含む)を行う。

また、外部の有識者で構成する評価委員会を設置し、採択時及び終了時の評価とともに、ステージゲート評価等を実施することにより、各研究開発課題に関する研究開発成果の創出状況(国際動向も考慮)及び成果目標の達成見通しを常に把握した上で、予算の必要性や研究実施体制の妥当性を精査し、必要に応じて研究開発の加速、縮小、実施体制の変更を求めるなど、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを実施する。

国際標準化活動支援として支援し、研究開発と一体的な国際標準化を推進した。

- 同審議会「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」(最終答申)(令和6年6月)及び同審議会技術戦略委員会オール光ネットワーク共通基盤技術ワーキンググループとりまとめ「オール光ネットワーク共通基盤技術の開発の方向性及び普及方策について」(令和6年5月)に従い、令和6年12月にオール光ネットワークの事業者間連携のための共通基盤技術の研究開発を開始した。単独の通信事業者の取組を超える開発領域で、オール光ネットワークの早期の社会実装及び普及拡大に貢献した。オール光ネットワーク共通基盤技術ワーキンググループには機構の研究者も構成員の一人として参加し、共通基盤技術の研究開発の方向性及び内容に機構の知見を反映した。
- プログラム毎に求められる成果を意識し、適切な知識・経験を有する外部有識者から構成される評価委員会を設置し、採択評価、ステージゲート評価、終了評価を適切な時期に実施し、評価に応じて次年度以降の継続の可否を決定するなど、研究開発の進捗を管理し、効率的かつ効果的な研究開発マネジメントを行った結果、ステージゲート評価及び終了評価において、9割のプロジェクトがS又はAという高い評価を得た。
- 要素技術・シーズ創出型プログラム及び電波有効利用研究開発プログラムの委託研究は、旧事業に引き続き革新的情報通信技術研究開発委託研究評価委員会において、研究開発の新規性や実施体制・予算計画の妥当性などの技術面の評価を実施した。電波有効利用研究開発プログラムでは、総務省による政策面の評価も考慮し、機構理事会において採択決定を行った。
- 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムにおける助成事業の実施のため、事業化に知見のある外部有識者から構成される社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム評価委員会を立ち上げた。公募に先立ち、予備調査を実施し、研究開発プロジェクトの実施者が社会実装や海外展開に向けた戦略と覚悟をもって取り組む案件の概要や予算規模等について調査・把握し、支援対象とする技術分野、プロジェクト毎の予算規模、支援件数等を検討した。提案書に事業計画の詳細の記載を求めた上で、採択評価では、提案企業の経営層から事業計画を含むヒアリングを実施し、事業面及び技術面の評価を評価委員会として取りまとめた。評価委員会及び総務省による政策面の評価を考慮し、機構理事

会において、採択及び助成率の妥当性を検討し、令和5年度に15プロジェクトへの交付決定を行った。また評価委員会からの意見を元に、採択の条件として計画の改善を促す、助成率を査定するなどを行った。

- 電波有効利用研究開発プログラム等のステージゲート評価では、約91%(56プロジェクト中51プロジェクト【令和5年度以降の累計】。令和6年度評価プロジェクトでは100%(18プロジェクト中18プロジェクト))がS又はAという高い評価を得、当該プロジェクトについて次年度以降の研究開発の継続を決定した。
- 社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム【事業戦略支援型】におけるステージゲート評価では、社会実装・海外展開に向けた戦略とコミットメントを測るため、研究開発実施者に事業計画の進捗を報告させた上で、受託企業の経営層から事業計画を含むヒアリングを実施し、事業面及び技術面の評価を評価委員会の意見として取りまとめた。約91%(11プロジェクト中10プロジェクト【令和6年度評価プロジェクト】)がS又はAという高い評価を得たことを踏まえ、当該プロジェクトについては、機構理事会において次年度以降の交付決定を行った。
- また、終了評価では、目的の達成の程度、研究の成果、追跡評価の必要性等について評価を行い、約90%(58プロジェクト中52プロジェクト【令和5年度以降の累計】。令和6年度終了プロジェクトでは90%(29プロジェクト中26プロジェクト))がS又はAという高い評価を得た。例えば、テラヘルツ帯を用いた超高速大容量通信を実現する研究開発については、限られた予算と期間の中で、テラヘルツ帯利用の重要なユースケースとなるような、テラヘルツ通信のフラッグシップとなる成果が得られたとの評価を得た。
- 情報通信審議会 技術戦略委員会 革新的情報通信技術プロジェクト事業面評価等ワーキンググループ及びオール光ネットワーク共通基盤技術ワーキンググループによる研究開発の進捗モニタリングに協力し、総務省と連携し、各研究開発課題に関する研究開発成果の創出状況及び成果目標の達成見通しを把握するなど、効率的に研究開発マネジメントを実施した。
- 旧事業の委託研究を満了したプロジェクトについても、例えば、オール光ネットワーク関連技術の4プロジェクトのように、社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム【事業戦略支援型】に採択されたものは、早期の社会実装に向けて引き続き支援を行った。令和5年度に実施した公募では、新規に提案を求めるだけでなく、当

さらに、研究開発の支援を通じて、研究開発の実施者間の調整・連携を促進するとともに、当該研究開発の実施者に対し、オープン＆クローズ戦略を含めた戦略的な知財・標準化や、社会実装・海外展開を促進するなど、当該研究開発成果の最大化に向けた取組を総務省と連携して積極的に進める。

初の研究計画への事業の変更による影響を最小限にするため、旧事業で採択され、本事業において研究開発が継続している研究開発課題を対象とした経過措置課題向けの公募も実施した。基金を活用し幅広いプログラムを用意し、研究開発のステージに応じた戦略的な支援を実施することにより、研究開発を強力に推し進めた。

- 本事業を統一的に指導・監督するプログラムディレクター(PD)のイニシアティブの下、進捗管理や情報交換等を行うとともに、運営調整会議、SIG(Special Interest Group)を開催することにより、研究開発課題間の連携を深め、SIG をきっかけとした標準化の共同提案が行われるなど研究開発プロジェクト間の連携が進み、個々の研究開発プロジェクトの成果の最大化とプログラム全体の成果の最大化を図る活動が促進された。
- 知財化標準化アドバイザーの派遣により、知財化標準化を促進し、個々の研究開発課題の成果の最大化とプログラム全体の成果の最大化に向けた取り組みを行った。
- 「知財化アドバイザー」として、豊富な経験を有する知財専門家人材やハイレベルな弁理士等を4名、「標準化アドバイザー」として、国際的な標準化活動で標準化提案等の豊富な経験のあるハイレベルな標準化エキスパート5名の体制を整備、研究開発実施者の知財・標準化の活動への支援を実施することにより、個々の研究開発プロジェクトの成果の最大化とプログラム全体の成果の最大化に向けて取り組んだ。
- 研究開発実施者の求めに応じつつ、特に専門の知財部門・標準化部門を持たないベンチャー企業や学際機関等を優先し個別に働きかけ、知財化アドバイザーを11プロジェクトに対して121回、標準化アドバイザーを16プロジェクトに対して155回派遣をした【旧事業からの累計】。支援にあたっては、潜在的な知財化・標準化ニーズを掘り起こすことを念頭に呼びかけや意見交換などを行った。その結果、研究開発プロジェクト間で連携しITU-T SG20に寄書を共同で標準化提案を行い、ドラフトが発行されるなどの標準化提案に向けた活動が行われるなど、研究開発プロジェクトにおける知財化・標準化が促進された。
- 研究開発成果の知財(権利)化及び国際標準化に向けた戦略策定への支援を希望する研究開発受託者に対し、当該研究開発分野の知財化、標準化活動の基礎となる調査を行い、「知財化・標準化マップ」を43件【旧事業からの累計】作成することで効果的な

支援を実施した。

- 研究開発実施者に「標準化と特許」「標準必須特許と実装特許（周辺特許）」「知財の取り方及び標準化の組織や活動の概要」などの基礎的な知識を習得してもらうために「知財化・標準化セミナー」を9回実施した【旧事業からの累計】。また、セミナーで使った資料は教材として提供し、知財化・標準化活動に役立てるようにした。
- これらの活動により、査読付き論文 1396 件、国内外の特許出願 2122 件（国内 1002 件、外国 1120 件）、標準化・国内外制度化への寄与文書 1392 件を実現し【旧事業からの累計】、学術的な成果だけでなく、実用化に向けた取り組みも進めている。特に、オール光ネットワーク、情報通信デバイス、無線通信といった分野で社会実装に繋がる多くの成果をあげた。
- 基金運用方針に基づき、研究開発の成果の最大化や普及に向けた積極的な情報発信を行った。具体的には、本事業のポータルサイトにおいて、本事業の内容に関する分かりやすく丁寧な説明や公募に関する情報等を迅速に掲載した。また、各研究開発プロジェクトの内容を研究者自らが紹介する動画や研究者が活用可能なテストベッドに関する紹介動画について、研究開発の進捗に対応した最新の内容に更新して掲載した。
- 加えて、CEATEC や EdgeTech+といった技術展示会において、グラフィック等を用いて取組内容や効果、強みなどをわかりやすく紹介し、社会実装に結び付ける支援を行った。
- このような情報発信等により、利用者ニーズを喚起し、官民の英知を結集することにより、個別の要素技術の研究開発に留まらず、32 プロジェクトの研究開発実施者が、機構が整備したテストベッドを活用するなど、研究開発プロジェクトの時間短縮やコストダウンを促進し、システムとしての社会実装を加速する取組を推進した。

なお、この評定は、以下の「(1) 国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2) 見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。

(1) 国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解

1. 開催日 令和7年4月 14 日(月) 10 時 00 分～18 時 00 分

2. 委員名簿

安浦 寛人	委員長	国立情報学研究所 副所長
安藤 真	委員	東京科学大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事
栄藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(Beyond 5G の推進分野について)

- 自己評価(年度評価S、見込評価S)は妥当である。
- 3 種類の POC 構築と統合実証環境を使ったアピール等、成果の可視化に成功しており、この技術が地政学的・安全保障的に非常に微妙な状況に置かれている中で、グローバルに展開しようとしている点は高く評価する。
- 公募型研究開発プログラムは高評価率が 87%と高く、戦略、研究開発可視化、制度設計、国際展開が一体的に動いていると言える。一方で、実装展開は未だ限定的であるように見受けられることから、今後は既存のエコシステムを変えるような実績の拡大に期待する。
- ネットワークそのものではなく、AI、サイバーセキュリティを含めて、さらには新しい産業や社会形態までも考えて、統合的に Beyond 5G を考えていただきたい。
- 公募型プログラムに応募する企業も中長期計画を持っており、KPI に縛られて活動している。このため、企業が研究者レベルではなく、会社一丸となって取り組んでもらうには、企業の KPI に NICT の公募研究の目的や方向性が反映されるように取り組む必要がある。今後、情報通信に関する大きな公募研究のあり方や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けてあるべき方向性を発信していく方法を検討してほしい。

(全体を通して)

- 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていただきたい。
- 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調書とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 S 評定、年度 S 評定で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価)項目別自己評価書(No.7 分野横断的な研究開発その他の業務)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. ー 2. 分野横断的な研究開発その他の業務		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠 (個別法条文など)	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項 第八号、第九号、第十号、第十一号、第十二号、第十三号、第十四号、第2項第五号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報(財務情報及び人員に関する情報)※2					
	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
NICT 内外によるテストベッドの利用件数 (うち、NICT 外の利用件数※1)	171	96 (-)	124 (66)	122 (60)	131 (67)	()	予算額(百万円)	14,043	13,374	19,854	20,803	
NICT 外のテストベッド 利用機関数※1	-	-	130	114	121		決算額(百万円)	31,193	11,248	10,048	13,338	
特許出願件数	-	125	141	149	155		経常費用(百万円)	32,892	11,313	11,168	13,538	
知的財産の実施許諾 契約件数	-	111	118	116	106		経常利益(百万円)	△117	△35	△1	4	
標準化や国内制度化 の寄与件数	-	321	435	790	795		行政コスト(百万円)	32,944	11,454	12,489	14,835	
							従事人員数(人)	67	70	74	85	

※1 NICT 外の利用件数、利用機関数は、令和4年度以降に実績を記載。

※2 予算額、決算額は支出額を記載。人件費については共通経費分を除き各業務に配賦した後の金額を記載。従事人員数は、常勤職員の本務従事者数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸 (評価の視点)、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
2. 分野横断的な研究開発その他の業務 NICT の研究開発成果を最大化するとともに、我が国発の技術の社会実装・海外展開を促進するため、1. の「重点研究開発分野の研究開発等」の業務と連携し、企業・大学等との共同研究、委託研究、研究開発成果の標準化、国際展開、民間企業等の進める戦略的な研究開発の支援、ベンチャー創出等に積極的に取り組み、研究開発成果の普及や社会実装に向けた取組を実施する。特に、Beyond 5G、AI（データ利活用、	2. 分野横断的な研究開発その他の業務 ICT が経済活動のインフラとなっており、ICT 分野における国際競争力の確保は豊かで安全・安心な国民生活の実現のみならず、社会経済活動の高度化からも非常に重要である。特に、2030 年以降の社会システムの基盤となる Beyond 5G、データ利活用・脳情報通信技術等の AI、量子情報通信、サイバーセキュリティの4領域は横断的かつ戦略的に取り組む必要がある。このため、研究開発と社会実装・展開を欠くことのない両輪として強力に推進し、産学官一体でオープンイノベーションを創発するための中核・拠点形成等が必要になっている。 一方、SDGs やニューノーマル等の新たな社会課題の解決に向けて、機構の研究開発成果の横断的展開のみならず、機構が有する施設・設備を効果的に活用したオープンイノベーション・コラボレーションを軸とするスピーディかつ			評価	B
				2. 分野横断的な研究開発その他の業務 中長期計画を着実に達成した上で、機構として初の ICT 俯瞰報告書を作成、公表し、我が国の産学官関係者に対して ICT 分野の研究開発の最新動向と将来展望について情報発信したこと、機構技術の社会実装戦略と手順を策定し、SRF 無線プラットフォーム技術をはじめとする機構の研究成果の社会実装支援を推進したこと、「B5G 高信頼仮想化環境」、「B5G モバイル環境」、「Cyreal 実証環境」、「DCCS」といった Beyond 5G の多様な研究開発環境を提供することで Beyond 5G の実現に貢献したこと、「IMT-2030 フレームワーク勧告」に対する機構としてのインプットなど国際標準化活動に貢献したこと、機構の耐災害 ICT の研究成果である地域デジタル・通信基盤「NerveNet（ナーブネット）」について、災害時のみならず平時にも利用可能な自治体通信基盤として実装が促進されるとともに、海外においてもその展開が進捗するなど、	

脳情報通信)、量子情報通信、サイバーセキュリティの4領域については、我が国における推進体制の強化や拠点形成等も含め、産学官一体となり、横断的かつ戦略的な取組を強力に推進していく。 これらの取組を NICT 内で組織横断的かつ戦略的に推進し、NICT の研究開発による直接的な成果の創出に加えて、我が国の ICT 産業の活性化及び国際競争力確保にも念頭に置いた戦略的・総合的な取組も推進するとともに、社会課題・地域課題解決や社会システム変革、新たな価値創造等に資するイノベーション創出及びSDGsの達成への貢献を目指すものとする	横断的な取組の推進が重要となっている。 また、機構の目的である研究開発成果の最大化という観点では、産学官連携の強化に加え、研究開発成果を基盤とした知的財産・標準化戦略を一体的に推進し国内のみならず国外への技術展開を推進することが必要である。 このため、1. の「重点研究開発分野の研究開発等」の業務と横断的に連携し、研究開発成果の普及や社会実装を目指しながら以下の取組を一体的に推進する。また、オープンイノベーションで組織を超えて情報共有する際には知的財産等の情報保全にも配慮する。さらに、機構の研究開発により創出される直接的な成果の創出に加えて、我が国の ICT 産業の競争力確保も念頭に置いた戦略的・総合的な取組も推進する。 なお、評価に際しては、研究開発及び業務の内容・段階等に応じて、中長期目標に定められている評価軸により評価を実施する。また、評価軸に関連する指標に従って取組や成果を示す。			機構の先端的な研究成果を社会実装フェーズに進めることで国内外における国土強靱化に大きく貢献したことをはじめ、その他、知財戦略、国際展開、人材育成、研究支援業務・事業振興業務等について引き続き着実な取組を実施した。 以上のことから、適正、効果的かつ効率的な業務運営を行い、また「研究開発成果の最大化」に向けた着実な成果の創出等が得られたと認め、評定を「B」とした。

2-2. オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化 外部の多様なプレイヤーと連携しながら、速やかに社会に還元するよう、組織対組織の連携、研究開発成果の技術移転、NICT の技術シーズを活用したベンチャー創出等の様々なオープンイノベーションの取組を戦略的・積極的に推進し、研究開発成果の社会実装を目指す	2-2. オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化 外部の多様なプレイヤーと連携しながら、機構の研究開発成果を速やかに社会に還元するよう、大学・企業等との組織対組織の連携、研究開発成果の社会実証機会の創出、研究開発成果の技術移転、機構の技術シーズを活用したベンチャー創出・育成のための支援等の様々なオープンイノベーションの取組を戦略的・積極的に推進し、研究開発成果の社会実装を目指す。	<評価軸> ・取組がオープンイノベーション創出につながっているか。 <指標> 【評価指標】 ・共同研究や産学官連携等の活動状況 ・研究支援人材の確保及び資質向上等の取組状況 ・社会実装に向けた取組の状況 ・NICT の技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成のための支援の取組状況	2-2. オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化 ・オープンイノベーション推進本部が中心的役割を担い、外部の多様なプレイヤーと連携しながら、機構の研究開発成果を速やかに社会に還元するよう、下記(1)～(3)に関するオープンイノベーションの取組を戦略的・積極的に推進した。 (1)社会実装の推進体制の構築 (2)社会課題・地域課題解決に向けた産学官連携等の強化 (3)機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成	2-2. オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化 国内唯一の ICT 分野を専門とする公的研究機関である機構として、ICT 分野の研究開発の最新動向と将来展望をとりまとめた ICT 俯瞰報告書 2023 を初めて作成、公表し、その後も更新版を公開したことは、広く ICT 分野の政策担当者、企業関係者、研究者コミュニティ等に対して、我が国 ICT の発展と Society 5.0 の実現に資する有益な情報を提供するものであり、優れた成果と言える。 機構技術の社会実装に必要な戦略と方策の検討手順を策定した上で、戦略的プログラムオフィスが独自に支援しているプロジェクトや機構内公募で採択された案件に対して、その戦略と方策に従った支援を行い、それぞれのプロジェクトの TRL のレベルの向上に貢献した。特に、複数の無線システムでの協調制御を行う Smart Resource Flow (SRF) 無線プラットフォーム技術の社会実装については、規格化・普及促進のための団体 Flexible Factory Partner Alliance (FFPA) の事務局を務め、ベンダ、規格化団体、ユーザ間のビジネスエコシステムを形成することにより、令和 6 年 12 月時点で複数ベンダより 15 の認証製品が販売されるなど、オープンイノベーションを通じた社会実装の促進という観点から優れた成果を上げたと言える。
①社会実装の推進体制の構築 戦略的な社会実装を推進するための総合調整機能の強化に取り組み、競争領域と協調領域の明確化を含めたオープンイノベーション創出のための戦略、研究開発成果の出口戦略、外部との連携方策等の検討を機構内で組織横断的に行う。併せて、シーズとニーズのマッチングの場への積極参加や研究開発成果の社会実装を推進するた	(1)社会実装の推進体制の構築 戦略的な社会実装を推進するための総合調整機能の強化に取り組み、競争領域と協調領域の明確化を含めたオープンイノベーション創出のための戦略、研究開発成果の出口戦略、外部との連携方策等の検討を機構内で組織横断的に行う。併せて、シーズとニーズのマッチングの場への積極参加や研究開発成果の社会実装を推進する取組等、外部との連携を増やす		(1)社会実装の推進体制の構築 ・機構技術を社会実装するための戦略を策定し、オープンイノベーションを活用して民間企業と共創を目指すための体制として、戦略的プログラムオフィスに、社会実装を手掛けた経験を有する外部人材を多数登用し、機構技術の社会実装を強力に推進する体制(社会実装推進チーム)を構築するとともに、総合調整機能の強化に取り組んだ。 【社会実装戦略・方策の策定】 ・社会実装された機構発技術や他の外部機関発の技術の成功要因を分析し、機構技術の社会実装に必要な戦略と、それに必要な方策の検討手順を策定した。策定に当たっては、機構内で実施している公的サービスからソフトウェア、システム、材料・デバイスなど、非常に多岐に渡る分野を対象とし、一般企業との社会実装の手段の違いや、公的機関として実施すべき領域などの違いを	

め、プロジェクト企画から成果展開までを支える人材の登用・育成を行いつつ、機動的・弾力的な組織編成を可能とする体制を構築する。また、総務省等と密接に連携し、最新の技術動向等の調査・分析・評価に取り組み、適時適切に研究開発へ反映させる。

取組を、外部リソースも効果的に組み合わせて活用しつつ実施する。様々なフェーズにある研究開発成果の社会実装を推進するため、出口を特定し、目標と期限を明確にしたプロジェクトを機動的・弾力的に組織できる体制を構築し、プロジェクトの企画、社会実証や成果展開の支援等を行うとともに、これらを実施する人材の登用・育成のための取組を行う。

明確化するため、複数の対象分野について成功事例をピックアップし、機構内部に加え、外部機関の有識者に積極的にケーススタディとしてヒアリングを実施した。社会実装に向けた機構と外部機関との関係、及び主要な施策などについて整理し、社会実装のための戦略と方策の検討手順を策定し、研究所とケーススタディの結果を共有した。さらに【社会実装に向けたプロジェクトの推進】において、機構の個々のプロジェクトに対して取りまとめた検討手順に沿い、社会実装の推進方策を策定した。その方策に則ってプロジェクトを支援し、研究者の社会実装に対する意識向上を図るとともに、研究所の研究開発戦略と整合させる中で得られた課題をフィードバックして、社会実装の推進方策をブラッシュアップさせた。

- 具体的には、最初に複数企業により社会実装された技術分野であるサービス（標準時）、ソフトウェア（多言語音声翻訳、脳情報モデル化、サイバー攻撃統合分析プラットフォーム）、システム（Wi-SUN）について機構で初めてケーススタディを実施した。分析にあたっては機構研究者だけでなく、外部関係者にもヒアリングし成功要因、実装上の課題、外部との連携、知財状況、研究開発リソース等を明らかにし、機構と外部機関との関係と社会実装に向けた主要な施策について整理した。このケーススタディから、1)競争領域と協調領域の使い分けにより、エコシステムに属するすべての参加者に便益がもたらされるビジネスエコシステムの構築、2)ビジネスエコシステムの中で、実装されたサービスやアプリケーションを多くのユーザが使用し、機構研究者が思いもよらない使い方やアイデアが要件として、機構研究者にフィードバックされることによるオープンイノベーションの創出、3)ユーザ要件をくみ取りながら研究開発を実施、4)機構研究者と企業エンジニア間の意思疎通を仲介する役目を担うインタープリターの存在、などの今後の施策検討につながる重要な4要因を抽出し、社会実装のための戦略と方策の検討手段を一次策定した。次に、技術分野の補完と機構内事例との対比のため、大学、国研初スタートアップ等外部機関によるデバイス及び材料における社会実装のケーススタディを実施した。その結果、社会実装成功の共通要素として、1)コア技術（特許）の保有、2)実装に繋がる体制の構築（企業ニーズ収集のためのコンソーシアム構築等）、3)社会課題解決に向けた取り組みへの高いモチベーション（自己、他者）、4)企業経営経験者の参画、5)量産向け試作と評価のための設備及び人員

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

【取組がオープンイノベーション創出につながっているか】

以下に示す、顕著な成果が認められる。

- 機構の戦略4領域のうち Beyond 5G/6G、量子情報通信分野についてはホワイトペーパー（英語版）の作成・公開を支援し、これらに加えて AI、サイバーセキュリティ分野に関しても独自に動向調査を実施した。これらの活動で得られた知見に加えて、機構内部の各研究所の協力により、ICT分野全体を広く俯瞰しその現状認識と今後の展望を提供するために、国内唯一の ICT を専門とする公的研究機関として初めて、ICT 俯瞰報告書 2023 を作成・公表し、その後も更新版を公開した。ホワイトペーパーや ICT 俯瞰報告書は、セミナー等の機会も含めて総務省等に共有し、我が国の ICT 研究開発力の強化の成果の拡大に資する情報を提供したこと。
- 社会実装された機構発技術や他の外部機関発の技術の成功要因を分析し、機構技術の社会実装に必要な戦略と、それに必要な方策の検討手順を策定した。

配置（基礎研究と開発の役割分離）、の5要素を抽出した。うち、5)はデバイス、材料系特有のものである。この結果を用いて、戦略と方策の検討手順を更新した。これにより、機構で初めて機構の研究開発成果の社会実装に向けた総合的な戦略と方策の検討手順を策定し、社会実装を支援するための指針を整理した。効率的な社会実装活動の支援の準備が整ったことから、これらの戦略・方策の検討手順に沿って、支援を行うとともに（【社会実装に向けたプロジェクトの推進】に記述）、支援によって得られた知見を用いた方策とその検討手順を見直すサイクルを回す見込みである。

【戦略的な社会実装を推進するための総合調整機能の強化】

- 社会実装推進チームを核に、機構内部の研究成果展開に関する組織の担当で構成する連携体制（研究成果展開サポートグループ）を令和3年度に発足させ、継続的な連絡会議を開催、組織間での情報共有を行うことで、組織横断の連携体制を構築した。また令和4年度から、組織が多くて分かりにくいという研究者からの要望に応え、研究者からの相談をサポート部門が協力し、ワンストップで対応する相談会を実施し、これまで社会実装の展開方法や、起業等に関し、16件の相談に応じた（令和6年度）。さらに、社会実装のためのセミナーを組織内の垣根を取り払って共同で企画・開催し、これまで機構内外の有識者を講師として5件のセミナーを実施し、機構の社会実装マインドの醸成に貢献した。令和5年度には、機構内研究部署と連携体制を構築し、研究所側にいるサポート人材との連携体制を構築した。令和6年度には、当サポートグループを含めた機構サポート部門への要望の収集と課題の明確化を目指し、各研究所の研究者のヒアリングを実施し、改善策を検討した。
- このように第5期において、より強固に研究成果展開をサポートするために、機構内の社会実装に関する支援組織を取りまとめただけでなく、研究者に対してワンストップかつ組織横断で対応し、相談内容に応じて適切な担当部署を決め、相談後のフォローアップをし、戦略的プログラムオフィスが全体をマネジメントする体制を構築したことにより、総合調整機能を強化した。
- さらに令和7年度は、外部からの社会実装に関する窓口の一元化を目指し、機構と関わりのある民間企業へのヒアリングを実施し、課題を抽出する見込みである。収集した課題を基に、スムーズかつ迅速に機構技術を民間企業に技術移転するために必要な

策定に当たっては、機構内で実施している公的サービスからソフトウェア、システム、材料・デバイスなど、非常に多岐に渡る分野を対象とし、一般企業との社会実装の手段の違いや、公的機関として実施すべき領域などの違いを明確化するため、複数の対象分野について成功事例をピックアップし、機構内部に加え、外部機関の有識者に積極的にケーススタディとしてヒアリングを実施した。社会実装に向けた機構と外部機関との関係、及び主要な施策などについて整理し、社会実装のための戦略と方策の検討手順を策定し、研究所とケーススタディの結果を共有した。さらに【社会実装に向けたプロジェクトの推進】において、機構の個々のプロジェクトに対して取りまとめた検討手順に沿い、社会実装の推進方策を策定した。その方策に則ってプロジェクトを支援し、研究者の社会実装に対する意識向上を図るとともに、研究所の研究開発戦略と整合させる中で得られた課題をフィードバックして、社会実装の推進方策をブラッシュアップさせたこと。

- 機構内部の研究成果展開に関する組織の担当で構成する連携体制を令和3年度に発足させ、継続的な連絡会議を開催、組織間での情報共有を行うことで、組織横断の連携体制を構築した。また令和4年度から、組織

所内組織の在り方を検討する。特に、これまでのサポート部門の支援に欠けていた社会実装を基軸とした必要な取り組みを、各研究所の特性に合わせて明確化し、機構本部と各研究所の支援分担も含めて検討する見込みである。

- 以上の様に、機構内部の社会実装に関する支援業務が研究者から見て有機的につながるように組織横断で議論を行い、また外部機関から見ても統一的に対応しているように認識されるよう、機構内外の結節点の役目を担えるようにし、第6期につなげる見込みである。

【機構の研究開発シーズの社会実装に向けたシーズ候補調査及び支援】

- 戦略的な社会実装を推進し、社会実装につながる可能性のある機構の技術を調査するために、令和3年度に一般企業においても利用されている NASA TRL(技術成熟度レベル)をベースとし、情報通信技術の研究開発を指向し、基礎研究から社会実装に至るまでの NICT TRL(以下単に TRL)を定義した。TRL を用い、NICT シーズ集掲載技術について、技術シーズ毎に調査時点の TRL 付与とレベルアップ要件を整理し、研究者個々に研究内容、推進状況、課題を伺い、外部連携が可能なレベルに至ったと判断できる技術シーズについては民間の共創プラットフォームに掲載し、企業とのマッチングを行った。また、NICT シーズ集掲載以外の研究テーマについても TRL を付与し、研究所が実施している約 170 の個別の研究テーマの TRL の変遷を記録した。その結果、外部に提供できる TRL に至っている研究テーマを NICT シーズ集へ掲載するとともに、共創プラットフォームに登録を行い、情報発信を行った。
- 民間の共創プラットフォームへの掲載を通じ情報発信を行った結果、多数の企業に機構技術に関心を持って頂き、共創プラットフォーム以外の活動も含め、これまで 66 社との意見交換を行い、うち 3 件が NDA 締結に至った。さらなる機構技術の社会実装に向けて、1)顧客(企業)、2)チャネル(共創プラットフォーム)、3)商品(機構技術)の観点で分析を行った。1)に関しては、コアとなる技術だけでなくデバイスであれば、チップ化やパッケージングなど、ソフトウェアやシステムであれば、保守運用等の周辺技術が必要なこと、2)に関しては技術が未成熟な段階でもマッチングが可能なプラットフォームが必要なこと、3)に関しては機構技術の TRL を上げるための施策と周辺技術も開発できるリソースが必要なこと

が多くて分かりにくいという研究者からの要望に応え、研究者からの相談をサポート部門が協力し、ワンストップで対応する相談会を実施し、これまで社会実装の展開方法や、起業等に関し、16 件の相談に応じたこと。

と分析し、まずは各関連研究所との情報共有を行い、更に第6期向けての社会実装支援施策を提言する見込みである。

【社会実装に向けたプロジェクトの形成】

・令和4年度までは、実フィールドにおける機構技術の実証実験を行う研究開発プロジェクトを機構内で公募し支援した。令和4年度以降、【機構の研究開発シーズの社会実装に向けたシーズ候補調査及び支援】で記述した機構研究課題のTRL マッピングを俯瞰した結果、社会実装に至るために超えなければならないギャップが存在し、そのギャップを超えるための支援を実施する必要を明確化した。また、【社会実装戦略・方策の策定】で検討した手順を適用するためには、研究開発の出口(成果を投入する市場)の明確化が必要であり、そのため、令和5年度から、より効率的な機構の研究開発成果の社会実装推進と、機構研究者の社会実装に対する意識向上、及び人材育成を目的に機構内公募を見直した。現状技術のTRLを意識し、社会実装可能なTRL(TRL 6レベル)に進めることを考慮した研究計画とするために、研究フェーズとねらいの違いによる2種類の研究開発課題、及び、新たにベンチャー創出をねらう研究開発課題を新設・整備した。以下、各課題の概要を示す。

- ・テーマ1: 魔の川越え型研究開発課題。マーケットに参入するための技術課題を解決する技術開発を実施し、PoC(Proof of Concept)で終わることなく、企業に技術移転する(魔の川を渡る=TRL6以上)までをゴールとし、TRL3～5相当の課題
- ・テーマ2: マーケットイン型研究開発課題。開発技術を技術移転する場合の対象マーケット、ユーザ要件を明確にし、ユーザの課題を解決できる研究開発課題を形成(マーケットイン)し、企業等との共同研究を目指し、TRL2～3相当の課題
- ・テーマ3: ベンチャー創出型研究開発課題。尖った技術、新しい技術で新たなマーケットを開拓する研究開発課題、数年以内にベンチャー化を予定している研究開発課題であり、TRL2～5相当の課題
- ・令和5年度以降、テーマ1を2件、テーマ2を3件、テーマ3を2件採択した(令和6年度)。【社会実装に向けたプロジェクトの推進】に詳細を記述するが、採択されたプロジェクトに対し、採択時のTRLと各課題が目標とするTRLに至るまでのギャップ分析を行い、TRLを上げるための要件を抽出し、要件から導かれる技術的課題を解決するための方針を検討した。課題を抽出し、課題を解決

するための支援方針を検討した。検討した支援方針に沿って支援を実施することで、社会実装に向けた TRL レベルアップに貢献した。また、戦略的プログラムオフィスの担当者が、緊密に研究者に寄り添い支援することで、市場性や企業ニーズの重要性、TRL を意識した研究開発推進について研究者と意識の共有が図れ、機構技術の社会実装に向けた効率的な推進を行うことができるようになった。一方で、設定した TRL 要件を満たしていない技術の応募があったりする等、社会実装をねらう機構の技術シーズの TRL 底上げが課題として挙げられた。

- これまでに得られた機構技術の社会実装を加速するための知見と成果を基に、TRL に応じた社会実装をより強固に支援するためのジョブの定型化を行い、第6期の新体制へとつなげる見込みである。

【社会実装に向けたプロジェクトの推進】

- 機構が独自に支援しているプロジェクトや機構内で公募し採択されたプロジェクト(【社会実装に向けたプロジェクトの形成】で記述)に対し、社会実装に向けて【社会実装戦略・方策の策定】で策定した、戦略・方策に従い支援を行った。特に第5中長期目標計画期間を通じて、機構内部署が開発した複数の無線システムでの協調制御を行う Smart Resource Flow(SRF)無線プラットフォーム技術を社会実装するための規格化・普及促進を進める団体 Flexible Factory Partner Alliance (FFPA) の事務局を務め、ベンダ、規格化団体、ユーザのエコシステムを形成した。FFPA の活動により、SRF は死の谷を越え、令和6年度で複数ベンダが販売する 15 製品が認証され、機構発技術の社会実装に貢献した。以下、プロジェクトの推進概要を示す。
- 製造現場のデジタルトランスフォーメーションを推進するために必要となる、複数の無線システムが過密・混在した環境下で安定した通信を実現するための協調制御技術 SRF 無線プラットフォームについて、平成 29 年度に民間6社とともに設立した FFPA の事務局を引き続き務め、規格化、普及促進活動を推進した。
- 規格化の一環として、無線 LAN 等アンライセンス系無線システムを規定する SRF 無線プラットフォーム Ver.1 に対して、令和2年度までに策定が完了していた技術仕様 Ver.1.1 への適合性を確認するための適合性試験仕様 Ver.1.1 の策定(令和3年 11 月)、参照機器との接続性を確認するための相互接続性試験仕様 Ver.1.0 の策定(令和3年 10 月)を行うとともに、機構の研究開発成果で

ある適合性試験ツールを技術移転し、技術仕様 Ver.1.1 に準拠した製品を認定する認証プログラムを開始し(令和3年 12 月)、令和5年3月に製品群第一号として4製品を、その後、令和5年5月に4製品を、令和6年3月に7製品を認定し、製品群は 15 製品に拡大した。並行して SRF 無線プラットフォーム Ver.2 の規格化を進め、アンライセンス系無線システムに加えてローカル 5G を含む 5G をサポートする技術仕様 Ver.2.0 の策定(令和4年4月)、アンライセンス系無線システムを拡大した技術仕様 Ver.2.1 の策定(令和5年 10 月)、技術仕様 Ver.2.1 への適合性を確認するための適合性試験仕様 Ver.2.0 の策定(令和6年6月)を行った。また、SRF 無線プラットフォームの普及促進活動に対する以下の3つの強化策を行った。

- 第1の強化策として、Voice of Customers(VoC) Community(FFPA 活動や SRF 無線プラットフォームへの関心が高い、将来の SRF 無線プラットフォームユーザ候補)の拡大をねらって、令和3年度までは1～2回/年度の頻度であった VoC Community メンバー対象のワークショップを、令和4年度以降その開催頻度が増加させ、令和4年度4回、令和5年度5回、令和6年度5回開催した。その結果、VoC Community メンバーは令和6年度末時点で 93 者に増加し(令和3年度末 42 者に対して 51 者追加)、ユーザーコミュニティを大幅に拡大することができた。
- 第2の強化策として、SRF 無線プラットフォームを製造業界の業界標準とすることを目指し、業界団体連携の取組みを開始した。ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会(RRI)が策定を進めている「モノづくり標準化ロードマップ」に対して SRF 無線プラットフォーム標準化に関する記述の提案を行い、令和5年9月末に発行された同ロードマップ Version1.0 の「日本における標準化の取り組み」の章に採用された。さらに、一般社団法人日本電気計測器工業会(JEMIMA)における SRF 無線プラットフォームの認知度向上を目指し、JEMIMA 主催展示会でのセミナー講演(令和6年2月、令和6年 10 月)、及び意見交換会(令和5年9月、令和6年2月、令和6年9月、令和7年2月)において、製造現場における無線化の課題と SRF 無線プラットフォームの効果を訴求した。
- 第3の強化策として、令和4年以降、SRF 無線準拠機器の入手が可能となったことより、SRF 無線準拠機器を活用した普及促進活動を開始した。令和4年7月に製造現場において安定した無線通信が困難な代表的ユースケースでの実証実験結果を公開し、令

和5年8月に無線通信安定化の効果を訴求する PoC を行った。さらに、産業機器ベンダの SRF 無線参入負荷を大幅に軽減するため、SRF 無線の基本制御機能を実現する端末 SRF 化エージェントのサンプルコードを無償で提供することを目指した研究開発を機構内公募プロジェクト「SRF 無線プラットフォーム普及促進のための端末 SRF 化エージェントの実証的研究」(機構内公募テーマ1、令和5年～令和7年)(予定)として立ち上げ、令和6年9月に端末 SRF 化エージェント(トライアル版)の開発を完了し、VoC Community メンバー対象のワークショップ(令和6年12月)及び JEMIMA との意見交換会(令和7年2月)において、その体験イベントを実施する見込みである。また、端末 SRF 化エージェントのサンプルコード無償提供のための運用ルール構築とライセンス契約を行い、令和7年度以降におけるサンプルコード無償提供開始の準備を完了する見込みである。

- ・体験共有プラットフォーム「みなっば」: 令和2年度～令和4年度の機構内公募「ニューノーマル社会における共同体験の在り方に関する実証研究」において採択されたプロジェクトであり、戦略的プログラムオフィスにおいてビジネスモデルの検討等社会実装支援を行った結果、民間企業(1社)へ令和4年度に技術移転された。
- ・有機電気光学(EO)ポリマー光フェーズドアレイ技術は、3D 映像ディスプレイや水中光通信など、幅広い応用分野に適用できる技術であり、機構内公募テーマ2「光フェーズドアレイデバイスの駆動技術に関する研究開発」(令和5年～令和7年)(予定)として採択し、社会実装支援を行った。有機 EO ポリマー光フェーズドアレイ技術を、マーケット規模が大きい超小型 LiDAR をターゲットに定め、光フェーズドアレイデバイスを構成する基礎材料、プロセス、デバイス、システム技術及び最終製品企業までのサプライチェーンの明確化を行うとともに、【社会実装戦略・方策の策定】で策定した戦略と方策を研究者と共有しながら支援を実施した。具体的には、超小型 LiDAR の実現に向けて、各サプライチェーンのカテゴリー(材料、プロセス、デバイス、システム)毎にターゲット企業を定め、研究者と共同で企業とのマッチング活動を通してカテゴリー毎に企業との1対1の関係を構築し、応用ニーズと必要技術要件を明確にした。ユーザからのフィードバックを汲み取るコンソーシアム形成に向けては、今後に向けて要件を整理した。これらにより、有機 EO ポリマー光フェーズドアレイ技術の適用先を、サプライチェーンを考慮に入れて明確にし、サプライチェーンを構成する

企業にターゲットを絞ったことにより、効率的かつ効果的な社会実装への取り組みが促進された。また、【社会実装戦略・方策の策定】で述べた方策の一つであるコンソーシアム構築に向け、第6期で実現する準備を整える見込みである。

- 自然光デジタルホログラフィーの社会実装の方向性選定に関する研究開発(機構内公募テーマ2、令和5年～令和7年)(予定): 採択当初の令和5年度は TRL3(プロトタイプ)であり、これを TRL5(実フィールドでの実証実験)に上げるためのギャップ分析を行い、技術課題解決と社会実装支援に分けて支援を行った。技術課題として光学ユニットの最適化や性能向上が上げられるが、それらを開発できる光学機器開発メーカーや画像処理基盤制作メーカーの発掘を行った。社会実装支援に関しては、本技術の適応先候補である高速度カメラ、検査装置、顕微鏡の各々の市場調査とニーズ分析、展示会への出展支援を行った。その結果、高速度カメラ開発・販売を行っている企業へアプローチを行い、製品化に向けて光学ユニットのプロトタイプを共同開発し、要求性能を満たす仕様を固めることができた。顕微鏡と基板等検査装置においては、製品への適応可能性、要求性能、そして課題を明確にし、共同開発を開始する見込みである。また、研究者に企業ニーズと研究開発の絞り込みの重要性を理解して頂き、研究者の人材育成に貢献した。
- 教材開発のための脳波による学習意欲評価の実証的研究(機構内公募テーマ1、令和5年～令和7年)(予定): 採択当初の令和5年度は TRL4(実証実験可能レベル)であり、これを TRL6(社会実装可能)に上げるためのギャップ分析を行い、大手通信教育企業に採用してもらうための要件調査と仕様の整理、学習意欲評価のための性能指標(精度)の明確化、脳波計のユーザビリティ向上・脳波 AI ソフトウェア仕様の明確化を支援方針とした。支援の結果、大手通信教育企業との NDA 及び共同研究契約を締結し、共同で実環境に近い実際のデジタル教材や機器及び被験者による実証実験を行い、脳波による学習意欲評価の有効性を検証し、意欲推定モデルの完成度向上を行うことで、技術移転への道筋をつける見込みである。
- メタマテリアル電波散乱シート: 令和3年度の機構内公募において採択されたプロジェクトであり、委託終了後に社会実装に向けた研究所の取組み支援を継続している。社会実装における知的財産ライセンスの基盤を強化するために、周辺技術の特許化

また、最新の技術動向、市場・ニーズ動向、標準化動向等を適時適切に研究開発へ反映するため、国内外の技術動向等の調査・分析・評価に取り組む。調査結果を総務省等と共有し、我が国の ICT 研究開発力の強化の成果の拡大に活用していく。

の検討を支援し、特許出願に貢献した。また、ミリ波帯ローカル5Gシステムへの適用を目指し、戦略的プログラムオフィスが主導して、大手通信業者のローカル 5G 実証環境での通信実験を実施した(令和6年6月)。さらに、メタマテリアル電波散乱シートの適用によるミリ波帯ローカル5G システム市場拡大のシナリオに関して、ユーザ候補との意見交換を重ねて、令和8年度以降の製品化を促進する見込みである。

- 宇宙天気 AI 予報に関するベンチャー創出のための市場調査(機構内公募テーマ3、令和5年～令和6年):宇宙天気 AI 予報技術をオーロラ予測や衛星運用等に応用することで、新たな市場を開拓するベンチャーを創出に資する顧客ニーズ調査に向けたコンセプトムービーを作成し、潜在的な顧客へのヒアリングを実施するとともに、ビジネス化のための仮説検証を実施し、令和6年8月に機構技術を活用したベンチャーの創出に至った。
- 他、宇宙天気に関する2プロジェクトについて支援した。
- 最新の技術動向、市場・ニーズ動向、標準化動向等を適時適切に研究開発へ反映するため、国内外の技術動向等の調査・分析・評価に取り組んだ。理事長を含む数十人の機構内関係者が参加する定例会を年間平均 30 回以上実施し、北米、欧州、アジアの各拠点から月1回程度、他にもその時々の特ピックを不定期に取り上げ、最新の ICT 関連情報の共有と議論を継続的に実施した。さらに、様々な分野の国内外の有識者による内部講演会を年間平均7回程度実施し、ICT とそれを取り巻く社会状況に関して、研究開発、イノベーション、科学技術政策、ダイバーシティ等のテーマについて、最新の知見を継続的に共有した。
- 機構の戦略4領域のうち Beyond 5G/6G、量子情報通信分野についてはホワイトペーパー(英語版)の作成・公開を支援し、これらに加えて AI、サイバーセキュリティ分野に関しても独自に動向調査を実施した。これらの活動で得られた知見に加えて、機構内部の各研究所の協力により、ICT 分野全体を広く俯瞰しその現状認識と今後の展望を提供するために、国内唯一の ICT を専門とする公的研究機関として初めて、ICT 俯瞰報告書 2023 を作成・公表し、その後も更新版を公開した。ホワイトペーパーや ICT 俯瞰報告書は、セミナー等の機会も含めて総務省等に共有し、我が国の ICT 研究開発力の強化の成果の拡大に資する情報を提供した。
- 機構内外の知見を集約して、新たな研究開発の連携・テーマ発掘を推進するとともに、情報通信技術史的に貴重な資料保存をはか

り、また将来の機構戦略、機構の社会的プレゼンス向上に資する活動を実施した。宇宙技術、センシング、量子などの分野横断的な連携推進、当室が貢献してきた G7 科技大臣共同声明のオープンサイエンス箇所について、加盟各国への活動影響調査等を実施し、また機構からの転出研究者と機構の連携体制に関する調査検討により、過去の活動評価と将来構想への貢献に資する活動を実施した。さらに機構の宇宙開発について、これまでの知見を活かした助言及び指導を行い、宇宙開発関連プロジェクト推進の強化に貢献した。あわせて内部向け「ナレッジハブレポート」定期刊行、OB・OG の知見を活用する有識者ネットワーク推進や機構外歴史資料収集、機構 20 周年事業への貢献、部署・異分野・国内外機関の相互連携推進や国・公的機関・企業コミュニティ、国際会議等における協力やリーダーシップをもって宇宙、データ・時空・量子等の分野で、多岐にわたる国内外の外部招待講演・会議貢献や G7 科学技術大臣合意文書策定などへの貢献を実施した。

- 令和6年度 SAFE プロジェクトとして実施した、①LLM の技術安全性及びデータガバナンス、②汎用 AI の安全性の2つのプロジェクトについて、①については、成果物として報告書案を作成中であり、当該報告書を取りまとめ次第、OECD との調整を経て、OECD または、The Global Partnership on Artificial Intelligence (GPAI) 東京専門家支援センター（東京センター）のサイトに公表する予定である。また、②については、汎用 AI の安全性をマッピングしたツールキットを開発するとともに、報告案を作成中であり、①と同様に、OECD との調整を経て、OECD または、東京センターのサイトに公表する予定である。
- 令和7年度は、GPAI プレナリーで採択されたワークプラン 2025 に盛り込まれた、GPAI プロジェクトとしての「Agentic AI システムの進捗状況の追跡」を、GPAI 関連プロジェクトとしての「東京イノベーションワークショップ」と「学生コミュニティ」を実施予定である。
- 東京イノベーションワークショップについては、令和7年5月 28・29 日の両日に東京で開催する予定である。同ワークショップでは、令和8年に向けたプロジェクト形成に向けて、国際 AI ガバナンスの枠組みの相互運用性、多言語・多文化対応 AI、グローバルサウスの AI 利活用と AI エコシステム強化、オープンソース AI を議論し、議論の結果を公表する予定である。また、我が国企業等による AI の研究開発技術等を紹介する予定である。

		- 令和7年6月の GPAI プレナリーでは各種プロジェクト等のフォローアップがなされ、令和7年 11 月の秋の GPAI プレナリーでは令和8年のプロジェクトの承認等が見込まれる。 - このような取組により、AI の戦略的な社会実装への貢献を推進することができる見込みである。 - AI の研究開発の推進とともに、AI に関する政策的に重要な事項に対応するための横断的な組織として、「AI 研究開発推進ユニット」を新たに設置した(令和6年9月)。 - 人工知能研究開発ネットワーク(AI Japan R&D Network)、AIセーフティ・インスティテュート(Japan AI Safety Institute)、GPAI 東京専門家支援センターなど AI 関連団体・組織との連携体制を構築し、機構内外における情報把握・情報共有体制を早期に整備した。 - 機構内における AI 技術に関する新たな課題創出や AI 技術の幅広い活動を探ることを目的としたフュージビリティスタディの研究開発課題提案募集を行い、応募のあった 30 件の中から 14 件の採択課題を選定し、研究開発に着手した。挑戦的で萌芽的な研究開発課題創出を実現するとともに、機構内でのディスカッションを通じた研究所等間での連携強化の実現や連携活動の具体事例創出を図るなど、第6期における機構内連携加速に繋がる活動を実施見込みである。 - 令和6年度の活動成果を踏まえつつ、機構内の AI 関連技術の研究開発の強化や補うべき活動の支援等を目的として、会合等を開催し、機構外との連携に取り組みつつ、我が国における AI 技術の研究開発促進への貢献を行うことができる見込みである。	
②社会課題・地域課題解決に向けた産学官連携等の強化 研究成果の社会実装を推進するため、企業、大学、公的研究機関、地方自治体等様々なステークホルダーの垣根を超えた共	(2)社会課題・地域課題解決に向けた産学官連携等の強化 研究成果の社会実装を推進するため、企業・大学・公的研究機関等との共同研究開発や研究人材の交流、包括連携協定の締結等に取り組む。また、企業等からの外部資金の積極的な受入れにも取り組む。さらに、機構と大学	(2)社会課題・地域課題解決に向けた産学官連携等の強化 第4期に構築した技術相談制度に基づき、研究部門との連携を通じて機構の研究成果や専門知識を活かした技術支援・指導を実施した(第5期実績 27 件:見込)。例えば、EO ポリマーの新規プロセス技術開発では、技術相談を窓口として共同研究契約を締結し、特許登録(3件)や論文発表(2件)という更なる成果に繋がった。また、衛星測位技術に関する公的プロジェクトでは、技術相談制度を活用して研究部門が効率的に共同プロジェクトに参加するなど、制度が広く活用されている。このように、機構技術を活用	

同研究開発等の実現に取り組むことで、それぞれが持つポテンシャルを相乗的に発揮し、各ステークホルダーがメリットを享受できるようにする。また、国内外の研究者等の人材交流等を活性化することにより産学官連携の強化に貢献する。

が有する研究ポテンシャルを掛け合わせた大型の共同研究プロジェクトを形成するため、両者のマッチングを推進し、幅広い分野での案件形成に取り組む。産学官連携に関する知見等をデータベースとして構築し、戦略的に活用できるように取り組む。

して民間企業の課題を解決することで、機構技術の社会実装を実現するとともに、技術相談から発展して企業との共同研究、特許出願、論文発表に進んだ事例があるように、研究成果の社会実装をより一層推進することができた。

- 共同研究については、500 件程度の契約件数で推移しており、第4期期間と比べて大学との契約が増えている。秘密保持契約については200 件半ばで推移しており、産業界を中心に増加傾向で推移している。
- 資金受入型共同研究については増減を繰り返しているが30 件程度の契約件数を維持している。企業等からの外部資金獲得については、獲得資金に応じた研究費の上乗せを行うインセンティブ制度を継続して行うとともに、機構内の事例を紹介するセミナーを実施して資金獲得の促進に努めている。
- 幅広い視野や高い技術力を有する専門人材の強化に向けて、協力研究員、研修員、招へい専門員の受入れ等を行い、年間 600 人規模の人材育成を継続的に推進している。さらに、大学等との間で包括連携協定を締結し、機構と相手先機関との連携を強化しており、第5期期間中、新たに2つの機関と締結を行っている。
- 連携・協力を促進するための支援事業として、機構と大学の双方から年間1課題あたり数十万円の予算支援を行うマッチング研究支援事業を、東北大、早稲田大、九工大との間で継続して実施した。本事業開始（平成 28 年度）以後、同事業を経て、JST「さがけ」、総務省「SCOPE」、科研費「基盤研究」、F-REI 受託研究等、約 60 件の外部資金の採択につながっており、大型の外部資金を獲得した事例も出ているなど、研究プロジェクト形成にも貢献している。さらに、同事業が契機となって、大学の研究者や学生の受入れにもつながるなど、研究者交流の促進にも寄与している。
- 共同研究等に係る情報の戦略的な活用については、契約情報のデータベースの整備・改良を進めており、契約手続きに係る負担軽減・迅速化にも貢献している。
- 産学官連携については、第4期に構築した技術相談制度に基づき、研究部門との連携を通じて機構の研究成果や専門的知識を活かした技術支援・指導を実施している(28件:第5期実績見込)。また、技術相談から発展的に企業との共同研究、特許出願、論文発表に進んだ事例もあり、研究成果の社会実装に貢献している。
- 例えば、EO ポリマーの新規プロセス技術開発では、技術相談を窓口として、共同研究契約締結、特許登録(3件)、論文発表(2件)

ニューノーマルなど新たな社会課題・地域課題解決に向けたプロジェクトの推進にあたり、外部へ研究開発成果の積極的な情報発信を行う。	また、ニューノーマル等新たな社会課題・地域課題解決に向けたプロジェクトの推進及び機構の研究開発成果の普及や社会実装を推進するにあたり、外部へ研究開発成果の積極的な情報発信に取り組む。	(令和3年度～令和5年度の成果)というさらなる成果につながっている。また、衛星測位技術に関する公的プロジェクトでは、技術相談制度を活用して共同プロジェクトへの参加を行うなど、制度が広く活用されている。 【産学官連携等の強化】 - IoT分野の産学官連携を推進するため、スマートIoT推進フォーラムの事務局を運営し、この分野の連携活動を積極的に推進、分科会活動等を通して活性化させ、会員数は2,534者となった(令和6年度時点)。IoTによる価値創造を目指し、DX推進やIoT活用の事例の取材を行い、メールマガジン・事例紹介の発信を行った。また総会を毎年3月に開催し、社会課題解決、自治体、産学連携等の事例に関する講演を行った。 【社会課題・地域課題解決に向けたプロジェクト】 - 第4期から実施している、情報通信技術を用いて社会課題・地域課題を解決するための取り組みとして、第4期からの継続課題10件を含め44件の委託研究を推進した。第4期では、地域課題解決のための持続可能なサービス基盤創出や、機構の施設・設備の活用を目的として実施していたが、第5期からは、さらに機構発技術によるサービス創出や社会実装の機会拡大を目的に加え、機構が地域・社会に対しオープンイノベーションプラットフォームとして機能するための施策として推進した。 - 令和2年度から3年間実施した課題220「データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発(第3回)」では、2件の課題の成果が社会実装され、特に、課題番号22005「大規模位置データ連携による観光施策立案評価システムの研究開発」で開発した技術は全国の約3分の1以上の自治体で採用されている。他2件が社会実装可能なレベルである令和6年度時点でTRL5相当になった。 - 令和3年度から2年間、又は3年間実施した課題222「ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発」においては、課題番号222A03「COVID-19肺炎のCT画像をAI解析するためのプラットフォーム開発と実証展開」で開発されたシステムが、国内のウイルス性肺炎の流行を観測するサーベイランス及びアラートシステムとして実用段階となった。他に、二つの課題の成果が社会実装可能なレベルのTRLが5あるいは6となった。 - 第4期計画期間から継続されている案件で、社会実装に至った課題を分析した結果、最終的な社会実装の担い手の一つである民	

間企業の積極的なコミットメントが重要であるという結論に至ったため、制度改善の一環として、令和4年度から実施している課題については、社会実装に不可欠なビジネスモデルを検討するビジネスプロデューサーの登用を必須とするとともに、産学官等の連携による複数者での実施体制を新たな提案条件とした。さらに機構技術の社会実装を推進するため、受託者に提供可能な機構発技術シーズ 20 件程度を公募時に提示し、これらを活用した新しいサービスの創出や機構発技術シーズの社会実装の機会拡大をねらった。

- 令和4年度から実施している課題 226「データ利活用等のデジタル化の推進による社会課題・地域課題解決のための実証型研究開発」では、機構発技術シーズを利活用する2件を含む 10 件が採択され、うち9件が中間評価で継続となり、2件の委託研究成果が社会実装可能な成熟度となった。特に課題番号 22603「地域農業従事者の業務をスマート化し収益性を高める農業 DX のための農業支援 AI の研究開発」では、開発した水田の水管理システムが実証実験地域である徳島県内の農場だけでなく、当初の計画になかった長野県の他の農場などにも展開が行われた(TRL5 相当)。
- 令和5年度から実施している課題 233「データ利活用等のデジタル化の推進による社会課題・地域課題解決のための実証型研究開発(第2回)」では、6件(うち1課題で機構技術シーズの利用希望)を採択し推進する見込みである。また、令和6年度は課題 236「データ利活用等のデジタル化の推進による社会課題・地域課題解決のための実証型研究開発(第3回)」では、10 件(うち1件が機構発技術シーズ4件を使用予定)を採択し、令和7年度末まで推進する見込みである。
- 以上のように、第5期では第4期からの継続課題を含め 44 件の委託研究を推進し、そのうち社会実装された課題(TRL6以上)が4件、社会実装間近の課題(TRL5)が5件となった。これは、令和4年度から実施しているビジネスプロデューサーの登用必須化や、産学官等の連携による複数者での実施体制を新たな提案条件にした効果であると考えられる。また、利用された機構の技術シーズも合計7シーズとなり、機構研究開発成果の社会実装に向けて大きな成果となるとともに、第6期計画に向け、機構が地域・社会に対し、オープンイノベーションプラットフォームとなるための機能について抽出、総括を行う見込みである。

【イノベーションコーディネーターを通じた地域と機構との連携】

• 社会課題・地域課題の掘り起こしや、機構の研究開発成果の社会実装のコーディネーター役として、また、地域の研究者と企業をつなぎ、地域における人的ネットワークの形成等の目的で、第4期からの2名(東海、北海道地域)に加え、令和4年度より新たに2名(北陸、東北地域)をイノベーションコーディネーターとして登用した。【社会課題・地域課題解決に向けたプロジェクト】に記述する委託研究の地域における説明会の開催やコーディネート等を行った。特に、北陸においては、北陸連携サロンの企画検討に参加し、北陸地域の研究機関の参加意欲が高まるプログラムを策定・実施し、地域コミュニティの構築が進んだ。また、東北においては、【アイデアソン・ハッカソンによる社会課題・地域課題の掘り起こしと人材交流・育成】に記述するアイデアソン運営に積極的に関り、地域の企業、自治体、大学等との連携が深まった。

【アイデアソン・ハッカソンによる社会課題・地域課題の掘り起こしと人材交流・育成】

• 第5期を通し、機構の地方拠点等を活用しつつ、オープンイノベーション創出につながる人材交流、育成、及び地域課題の抽出を目的としたアイデアソンを開催した。特に、令和5年度は、機構のBeyond 5G ユニットも参加し、「10 年先の ICT で暮らしを豊かに地域生活に活かす ICT」をテーマに実施し、得られたアイデアを基にBeyond 5G のユースケースの映像化に貢献した。また、アイデアソンをきっかけとした高度委託の提案が令和4年度の1件から令和6年度には6件と増加し、その中から2件が高度委託に採択された。特に、令和6年度の高度委託(課題 236)には、令和5年度の学生参加者の研究室が研究開発を進め地域課題にフォーカスを当て、東北大学が代表機関となり提案・採択された。これらにより、課題の掘り起こしと人材交流育成だけでなく、課題解決や、機構技術を社会実装に結び付ける活動につなげることができた。

【外部への研究開発成果の積極的な情報発信】

• 機構の研究開発成果等の技術移転を促進し、新たな価値の創造や課題の解決に役立てるために必要な産学官連携の強化を目指し、機構の研究開発成果等を紹介する NICT シーズ集 Web ページ、NICT シーズ集 PDF 全体版を継続的に改版・公開するとともに、技術シーズの使用イメージを分かり易く図解・説明したユースケース Web ページを令和4年度より新規作成・公開した。また、SNS を用いた情報発信を令和4年度から、外部メールマガジンを

令和6年度から発行し、オープンハウスをはじめとする各種イベントや展示会開催のタイミングで、研究者や研究所と連携し、情報発信を行った。さらに CEATEC や EdgeTech+等の外部の展示会に機構技術シーズを出展し、技術のアピールと企業連携を推進した。

- NICT シーズ集については掲載件数が、令和3年度の 43 件から 64 件となり(令和6年度末時点)、第5期に、1)技術シーズの拡充、2)検索機能の充実、3)研究開発フェーズを表示させた「シーズメーター」の導入、4)その技術が何に使えるかの用途の記述等を新規導入した結果、閲覧数が最大 5.5 倍増(令和3年から4年)となり、問い合わせ件数も令和3年度の3件から、令和6年度には 14 件に増加した。その結果、いくつかの案件については共同研究のための NDA 締結や、研究者のセミナー講演に結びついた。ユースケースについては累計9件を公開する見込みである。また機構の技術シーズの外部発信のため、総合通信局等のセミナーにおいても機構の戦略領域の技術を積極的に PR するために、第5期では 55 回の発表が行われた(令和6年度時点)。
- 機構が出展する展示会だけでなく、機構技術シーズの成熟度や内容に整合する展示会を選定し、光学機器・技術の展示会である OPIE' 24、IoT 系の展示会である EdgeTech+2024 等に出展し、顧客要件の収集と来場した企業とのマッチングを行い、うち2社と打ち合わせを実施した。加えて総通局主催の展示会に機構技術を出展した。その結果、高度委託への提案や採択、セミナー講演をきっかけとした地域の研究者との連携等に結び付いた。
- 令和5年6月に締結された株式会社 海外通信・放送・郵便事業支援機構(JICT)との連携・協力を推進した。協力の事項は、1)情報交換、2)人的交流・知見共有、3)共同事業(スタートアップ支援、シンポジウム開催等)、4)その他の連携であり、これまで情報交換や、機構出資事業・海外展開に関する意見交換、相互知見共有・助言を行った。戦略的プログラムオフィスが窓口となり、定期的に打ち合わせを開催し、令和6年11月には JICT 投資スキーム説明会を開催し、出資に関する知見を共有し、今後の連携につなげた。
- 以上のように機構の研究開発成果を研究者とともに積極的に発信を続け、外部の関心が高まり、Web ページの閲覧数が大幅に増加し、機構への問い合わせも増加した。その結果、技術移転先の紹介、講演依頼への対応、意見交換の実施へとつながり、産

		学官連携が強化され、オープンイノベーションの創出につながる活動となった。 • 機構のブランド力向上に向けて、機構のイメージや重視する価値観を分かりやすく伝えるためのブランドステートメントを制作し、その制作過程における議論に機構内全体を巻き込むことによるインターブランディングを、そして制作したステートメントを様々な機会と手段によって情報発信することでアウターブランディングを、ともに推進した。また、研究者だけでなく総合職職員も取り上げた PR コンテンツを公開し、機構の積極的な情報発信に取り組んだ。特に、職員本人へのインタビューだけではなく、情報発信力の強化のための著名人との対談企画や、採用強化のための SNS (Youtube、X 等) を活用したプロモーション施策を実施し、採用募集サイトへのアクセスを令和6年度 726 回と令和5年度 (390 回) に比べて増加させた。さらに、機構のダイバーシティ推進室との協働施策として、女性限定の職員採用におけるプロモーション企画にも取り組み、研究職・研究技術職員採用内定者における一定の女性比率確保につなげた (令和5年度は 42%、令和6年度は 25%)。	
③機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成 自らの技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成にあたって、様々なフェーズにおける支援を行う。	(3) 機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成 先端的な研究開発成果を社会に実装していくため、機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・支援に努める。 具体的には、機構職員の事業化気運の醸成や支援人材の育成、技術シーズの事業性評価、事業計画の策定支援、知的財産の観点からの支援の充実等、支援すべき事業を明確にしつつ、フェーズに応じた様々な事業化支援を行う。	(3) 機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成 • 起業前段階の事業化支援として、研究成果展開サポートグループの活動の一環であるワンストップ相談会において起業相談への対応を行った。機構内部の制度を適用する上で課題があるものについては、解決に向け、部署間の調整等の支援を行った。また、すでに起業している機構発ベンチャー2社への支援として、その事業を周知するため、紹介動画の制作、2社が事業展開する装置を組み合わせる展示するデモンストレーション装置の開発及び機構内展示室への設置、並びに CEATEC 等の展示会への出展支援を行った。 • 事業化気運の醸成や支援人材の育成の観点から、中小企業基盤整備機構農工大・多摩小金井ベンチャーポート (以下、農工大 VP) との連携を開始し、農工大 VP が主催するセミナーの開催を機構内に周知する等、農工大 VP が地域に提供する機能の活用を図った。 • 機構の技術シーズを活用したベンチャーの起業がより多く検討さ	

また、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」(平成 20 年法律第 63 号)に基づき、NICT の研究開発成果を活用するベンチャーへの出資等を行	また、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」(平成 20 年法律第 63 号)に基づき、機構の研究開発成果を活用するベンチャーへの出資等を行う体制を構築し、適切に対処する。その際には、「研究開発法人による出資等に係るガイドライン」(平成 31 年 1 月 17 日内閣府	れる環境を整える観点から、他の国立研究開発法人の取り組みをヒアリングした上、機構内のベンチャー支援の仕組みの再整備を行った。外部の事業化支援機関の能力を活用して起業する形態を考慮した仕組みとし、支援対象ベンチャーを明確に外部に示すための認定制度を創設した(見込)。 • 先端的な研究開発成果を社会に実装していくため、機構の技術シーズを活用したベンチャーの創出・支援を行った。特に、試行的な伴走型支援を通じて、のべ 5 件の機構の研究開発シーズについて、国内外の学会・展示会・国際会議等での出展支援やホームページ制作および各種メディア対応等の広報・アウトリーチ活動支援、実証実験や事業化に向けた産学の協業パートナーの開拓と連携コーディネート、特許出願等の知財マネジメント、JST 等の外部資金獲得支援、ビジネスプラン検討支援等、フェーズに応じた様々な事業化支援を行った。この結果、シーズ技術段階だった成果が実環境での検証が可能となり、技術の適用先を開拓する協業パートナー獲得につながった。 • さらに、上記の活動を通じて得られた知見を踏まえ、研究開発における新たな第三の職種とされる研究支援人材の育成に向けて、機構内制度検討を行った。具体的には、機構内職員の大学版リサーチ・アドミニストレーター(URA)研修の呼びかけにより、のべ 120 名以上にわたる受講者にスキル獲得及び意識向上の機会を提供し、また他機関交流の場を提供し、情報共有や人的つながりの拡充に寄与した。そして、機構の研究開発推進力強化やプロデュース力強化のための要件整理に向けた議論と検討を進め、さらにそれらの要件について機構内の職員への広いアンケートを実施することで、機構のために設計していく NICT 版リサーチ・アドミニストレーター(NRA)の在り方を分析・整理した(見込)。 • 機構の研究開発成果を活用するベンチャーへの出資等を行う体制を、関連規程の整備を含め構築し、出資を 1 件実行した(見込)。さらに出資の募集・審査を進めているところ。また、出資後の企業の成長を促す取組の一環として、出資先の事業についてモニタリングを行うとともに支援策の検討を行い、研究開発成果の社会実装の促進を図った(見込)。	

う体制を構築し、適切に対応する。	政策統括官（科学技術・イノベーション担当）・文部科学省科学技術・学術政策局決定）を踏まえ、関連規程の整備等を行う。			
2-3. 戦略的・機動的な研究開発ハブの形成によるオープンイノベーションの創出 重点研究開発分野における我が国の国際競争力を確保・強化する観点から、基礎研究から成果普及まで一貫通貫で取り組むための国際的に魅力ある研究開発ハブを戦略的・機動的に形成する。 特に、Beyond 5G の実現に向け、新たな技術の進展が想定されることを踏まえ、ネットワークキャリア、ベンダ、研究機関、ユーザの力を集結する研究開発・技術実証・社会実装のオープンイノベーション	2-3. 戦略的・機動的な研究開発ハブの形成によるオープンイノベーションの創出 • Society 5.0 の実現に向けて Beyond 5G 等の新たな技術の進展が想定されることを踏まえ、Beyond 5G 時代の社会的・技術的ニーズを検証可能な分散広域実証環境及びリアルタイムエミュレーション環境並びにデータ駆動型社会の実現に寄与するデータ利活用に向けた実証環境を機構における既存のテストベッド上に新たに構築するとともに、光・量子通信技術等の世界最先端技術の実証環境を支え、我が国の ICT 分野の研究開発・技術実証・社会実装・国際連携に貢献する。また、関連するフォーラムの活動、国が実施する研究開発等の機会を通じて、当機構、国内外の研究機関、通信事業者、ベンダ、ベンチャー等のテストベッド利用者の研究開発能力をテストベッドに結集させることにより新た	＜評価軸＞ • Beyond 5G の実現に向けた取組の強化につながっているか。 • Beyond 5G の実現やハイレベルな研究開発を行うためのテストベッドが構築され、テストベッドが有益な技術実証・社会実証につながっているか。 ＜指標＞ 【評価指標】 • Beyond 5G の実現等に向けたテストベッドの構築状況 【モニタリング指標】 • NICT 内外によるテストベッドの利用件数（うち、	2-3. 戦略的・機動的な研究開発ハブの形成によるオープンイノベーションの創出 【テストベッドの構築、利活用の促進の取組、利用状況】 • 「高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド」の構築を計画通り進め、令和4年 10 月よりサービス提供を開始した。令和5年2月より中長期目標に新たに“民間企業、大学等へのさらなる利用拡大”が加わり、その対応として、外部ニーズに即したテストベッドの機能改良、並びに利活用促進のための取組をさらに強化した。 ・ 利用者のニーズに即したテストベッドの機能改良のため、利用形態、技術開発動向等の分析に加え、複数のオペレータ、ベンダへのヒアリング等を行い、その結果、テストベッドで提供している機能を効率よく組み合わせることで使える連携機能が必要であることを抽出し、連携機能の追加・高度化を年度ごとに実施した（見込）。令和6年度には、次期テストベッドのハードウェア資源の有効活用のために検討を進めていた B5G 高信頼仮想化環境と DCCS の連携機能について、本機能を早期に利用したいという利用者の要望に応え、計画を前倒しして提供し、B5G 高信頼仮想化環境と DCCS を連携させて活用する利用事例がスタートした。 ・ 利活用促進の取組としては、利活用事例の情報提供、ハンズオン等の開催、利用手続きの改善に努めた。利活用情報については、企業や大学の利活用事例を提供してきたが、特に令和6年度は、Beyond 5G に係る新機能（B5G 高信頼仮想化環境、B5G モバイル環境、DCCS）を中心に CPS や上位レイヤのサービスの研究開発への利活用事例の情報提供を強化（ホームページでの利活用事例紹介：25⇒30 件）した。B5G モバイル環境について、令和5年度に九州工業大学でのハンズオン、令和6年度には大阪大学で実際の B5G モバイル環境を用いた	2-3. 戦略的・機動的な研究開発ハブの形成によるオープンイノベーションの創出 Beyond 5G の実現に向けた取り組みを強化し、オープン化技術・ソフトウェア化技術を用いた多様な研究開発を可能とする「B5G高信頼仮想化環境」と「B5G モバイル環境」のサービスを提供したこと、シミュレーション・エミュレーション・実システムを接続しアイデア段階から実環境での実装までの開発を継続的に支援する CyReal 実証環境をミドルウェアとして提供したこと、新サービスの開発加速を狙った多様なデータと Beyond 5G を組み合わせたサービス創成の基盤となるプラットフォーム DCCS を提供したことは Beyond 5G 実現に向けた優れた成果といえる。また、「B5G高信頼仮想化環境」、「B5G モバイル環境」、「CyReal 実証環境」、「DCCS」の提供に加え、次世代のセキュアな暗号インフラ構築に向けて安全な二次データ利用システムを構築し、複数の企業との間で量子暗号と秘密分散システムの有用性を確認する実証実験を実施し有用性を確認し、さらに新たな企業に向けてユーザートライアル実証説明会を開催して新規ユーザと

拠点として、運用、利用及び改善を通じて実証環境が循環化するテストベッドを構築し、民間企業、大学等の利用拡大に努める。

な価値創造及び社会課題の解決に寄与するとともに、テストベッド利用、運用及び改善を通じてテストベッドの実証環境を循環進化させる等、国際的に魅力ある研究開発ハブの形成に向けた取組を推進し、テストベッドの民間企業、大学等の利用拡大に努める。

NICT 外の利用件数)
 • NICT 外のテストベッド利用者(機関)数

デモとユースケース紹介を実施した。利用手続きについては、令和6年度に共同研究契約の電子契約活用を開始した。また、利用手続きの全オンライン化を検討し、手続きを4ステップ(申請書ダウンロード、記入、メール申請、書面での契約)から1ステップ(Web での申請書記入のみ)に削減するとともに、利用者状況管理の効率化に向け申請情報の自動データベース化を行う利用申請システムを開発した。本システムを令和7年度に導入見込である。

- 上記の取組等により、令和6年度末時点で、利用件数 131(うち、内部利用 64、外部利用 67)、外部の利用機関数は 121 であり、中長期計画期間の累計として、利用件数 196(うち、内部利用 95、外部利用 101(うち委託研究 21))、外部の利用機関数は 205 となった。機能別では、令和4年 10 月のサービスの提供より、新規機能が着実に利用されるとともに、DCCS の機能拡張を行い、DCCS 利用の増加と上位レイヤも含めたサービスやアプリケーションの開発事例の増加につながった。また、利用者からのテストベッドの利用成果の報告書(令和6年度分まで回収)から、27 件の「商品化、実用化」(見込)との報告が得られた。

【フォーラム等との連携の取組】

- 「スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会」の下に設置した個別のテーマに関する検討を行う4つのタスクフォース
 - ◇ユーザ連携・循環進化検討 TF(リーダー:名古屋大学 河口教授)
 - : テストベッド利用者間の連携促進及びテストベッドの循環進化創出の検討
 - ◇Beyond 5G ネットワーク TF(リーダー:九州工業大学 池永教授)
 - : Beyond 5G 時代に向けたネットワークテストベッドの在り方の検討
 - ◇データ分析・可視化 TF(リーダー:名古屋大学 河口教授)
 - : テストベッドに実装すべきデータ分析・可視化機能の検討
 - ◇データ連携・利活用 TF
 - : テストベッドにおけるデータ連携・利活用のあり方の検討

において、新たな価値創造・社会課題の解決等に向け、ネットワークレイヤのインフラの要件検討、ユーザーコミュニティ構築、データ分析・可視化機能、データ利活用等の課題・対応策に関して、産学官連携で議論を行った。ユーザの取組事例の共有やユーザ視点からのテストベッドの機能改良などの検討を実施し、必

の検証開始を行うとともに、理化学研究所の量子コンピュータとの接続を実現していることなど優れたテストベッド構築の成果も認められる。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

【Beyond 5G の実現に向けた取組の強化につながっているか】

以下に示す、顕著な成果が認められる。

- 利用者のニーズに即したテストベッドの機能改良のため、利用形態、技術開発動向等の分析に加え、複数のオペレータ、ベンダへのヒアリング等を行い、その結果、テストベッドで提供している機能を効率よく組み合わせる連携機能が必要であることを抽出し、連携機能の追加・高度化を年度ごとに実施した。令和6年度には、次期テストベッドのハードウェア資源の有効活用のために検討を進めていた B5G 高信頼仮想化環境と DCCS の連携機能について、本機能を早期に利用したいという利用者の要望に応え、計画を前倒しして提供し、B5G 高信頼仮想化環境と DCCS を連携させて活用する利用事例がスタートしたこと。
- Beyond 5G 時代の新サービスの

- サービス創成基盤として多様化するユーザの利用シーンに応じた実証基盤をすばやく構築するテストベッドシステムの研究開発運用を行う。具体的には様々なデータを組み合わせながらエッジとクラウドで連携処理する

要とされた機能などを追加した。特に、令和6年度は、4タスクフォースにおいて、各レイヤにおける優れた事例の共有や機能改善のための意見交換等を行うとともに、B5G モバイル環境の利用拡大と成果共有のため、大阪大学において実証イベントを実施した。また、タスクフォースでの検討成果であるデータ分析・可視化機能については DCCS で実装し、DCCS の環境品質予測等のデータ連携・分析機能の結果を地図データ上に容易に可視化できる機能を実現した。令和7年度には、第5期の取組の最終成果等について、分科会で総括し(見込)、シンポジウム等で発表見込である。

【国際連携】

- 国内外の関係機関と、アジア・太平洋・オセアニア地域での100Gbps 高速ネットワークによる連携(APOnet)及びアジア-欧州間研究・教育用ネットワーク(AER)の拡張に関する覚書を締結し、東アジアの国際回線ネットワークの相互バックアップによる同地域におけるレジリエンシーの向上と国際回線運用の協力のため東アジアレジリエント基盤ネットワーク(EARBNet: East Asia Resilient Backbone Network)の覚書(MoU)を締結することなどにより、テストベッドを通じた国際連携を推進し、国内外の研究・教育機関との協力関係を一層強化した。
- 上記で整備した国際回線環境を用い、毎年11月に開催されるSC(The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis)等の共同技術実証が実施され、テストベッド利用者の研究開発やその成果の国際発信に貢献している。
- 令和6年11月のSC24(米国アトランタ)では、高速国際回線環境を提供し、国内外の研究・教育機関(B5G 基金事業、JUNO3 のプロジェクト等)と連携した共同技術実証を実施し、研究開発やその成果の国際発信に貢献した。

【プラットフォームレイヤテストベッド(DCCS)の研究開発と運用】

- Beyond 5G 時代の新サービスの開発や実証の加速を狙い、多様なデータと Beyond 5G を組み合わせたサービス創成のための基盤となるプラットフォームレイヤテストベッド DCCS(Data Centric Cloud Service)の研究開発を実施し、令和4年10月よりサービス提供を開始した。利用者からの問い合わせ、テストベッド分科会等での要望、機構内の関連部署との連携による検討を踏まえ、利用者ニーズが高い機能の追加・改善や汎用化を実施するなどを

開発や実証の加速を狙い、多様なデータと Beyond 5G を組み合わせたサービス創成のための基盤となるプラットフォームレイヤテストベッド DCCS (Data Centric Cloud Service)の研究開発を実施し、令和4年10月よりサービス提供を開始した。利用者からの問い合わせ、テストベッド分科会等での要望、機構内の関連部署との連携による検討を踏まえ、利用者ニーズが高い機能の追加・改善や汎用化を実施するなどを繰り返し循環進化させ、技術移転1件(令和7年度契約見込)、革新的情報通信技術研究開発委託研究課題や高度通信・放送研究開発委託研究課題などを含む16件(令和6年度末時点)のプロジェクトで活用されたこと。

- ミドルウェアレイヤとして、シミュレーション・エミュレーション・実システムを接続し、アイデア段階から実環境での実装までの開発を連続的に支援する CyReal 実証環境を提案するとともに、StarBED上にCyReal実証環境を構築するためのミドルウェア TENTOU を実装した。従来各種作業のUIが別々であったStarBEDの利用・管理についてもTENTOUを導入することにより統一的なUIが提供され、利用・運用の効率性、安定性が向上すると同時に、一般ユーザへのCyReal実証環境の利用ハードルを低減させることができたこと。

データ連携処理基盤技術及び、Beyond 5G に資するソフトウェア化されたネットワーク及びエッジクラウド連携基盤技術を、テストベッド上に実装し利用者に提供しつつフィードバックを受けて改良することを繰り返しながら形成する。

繰り返し循環進化させ、技術移転1件(令和7年度契約見込)、革新的情報通信技術研究開発委託研究課題や高度通信・放送研究開発委託研究課題などを含む16件(令和6年度末時点)のプロジェクトで活用された。

- 具体的には、機構内の関連部署との連携を進め、マルチ API の拡充と実装を行った。
- 令和4年度にはDCCSのデータ連携分析機能として、機構内部署の xData プラットフォームの機能を活用する所内連携を実施した。本連携では光化学オキシダント注意報予測の技術移転をにらみ、環境モニタリング事業者である環境関連製品開発・販売会社による自治体向けパイロット試験での予測モデルのカスタマイズをDCCSで実施できる環境を構築し、このパイロット試験を当室のメンバーが協力して DCCS で実施するとともに、予測機能の改善等(データセットの結合処理を約24倍高速化、予測処理プログラムを最大80倍高速化)を実施した。また、これらの改善に加え、DCCS の計算機クラスタを用いることで、学習処理を約20～40%高速化し、試験期間を約2割短縮でき、利用者によるサービス開発・検証を大幅に加速する形で社会実装活動に貢献するモデルケースとなった。その結果、環境情報システム開発会社による環境品質予測サービスの開発・実用化が促進され、機構のデータ分析機能の技術移転に繋がった(見込)。
- 光化学オキシダント注意報予測のベースとなっている大気質指数(AQI)予測機能について機構内部署と連携し同様の性能改善を反映するとともに、多くの利用者が利用できるように機能の汎用化等の改善を実施してDCCS への実装を行い、令和4年度、委託研究課題2件(「異常気象時の混雑リスク予測に基づくリスク回避行動支援アプリの開発(電気通信事業者ら、高度通信・放送研究開発委託研究課題227)」、「移動データを他の時系列データと組み合わせた可視化・分析処理の開発(名古屋大学ら、高度通信・放送研究開発委託研究課題226)」)を含む4件の外部利用者による活用につなげた。また、また、この AQI 予測機能は機構内部署との連携案件2件でも利用された。
- 令和5年度には上記予測機能の利用を中心に委託研究課題1件(「低遅延でインタラクティブなゼロレイテンシー映像・Somatic 統合ネットワーク(早稲田大学ら、革新的情報通信技術研究開発委託研究課題03801)」)を含む4件の外部利用者による新規利活用につなげた。

【Beyond 5G の実現やハイレベルな研究開発を行うためのテストベッドが構築され、テストベッドが有益な技術実証・社会実証につながっているか】

以下に示す、顕著な成果が認められる。

- 利用者のニーズに即したテストベッドの機能改良のため、利用形態、技術開発動向等の分析に加え、複数のオペレータ、ベンダへのヒアリング等を行い、その結果、テストベッドで提供している機能を効率よく組み合わせる連携機能が必要であることを抽出し、連携機能の追加・高度化を年度ごとに実施した。令和6年度には、次期テストベッドのハードウェア資源の有効活用のために検討を進めていた B5G 高信頼仮想化環境と DCCS の連携機能について、本機能を早期に利用したいという利用者の要望に応え、計画を前倒しして提供し、B5G 高信頼仮想化環境と DCCS を連携させて活用する利用事例がスタートしたこと。
- Beyond 5G 時代の新サービスの開発や実証の加速を狙い、多様なデータと Beyond 5G を組み合わせたサービス創成のための基盤となるプラットフォームレイヤテストベッド DCCS (Data Centric Cloud Service) の研究開発を実施し、令和4年10月よりサービス提供を開始した。利用者からの

- 令和6年度には高度委託研究課題 227 の成果である移動リスク予測モデルをDCCS 情報資産として実装、同委託研究で利用した人流データをデータセット化し他の DCCS ユーザへも提供した。
- Kubernetes を用いることで xData プラットフォームのデータ連携・分析機能やそれを用いたアプリケーション(情報資産)を DCCS にシームレスに移行できる環境を整えた。
- 機構内部署との連携として、最新のライブ音声翻訳機能をマルチユーザ環境で使えるよう DCCS 上に実装し、一般利用者へのサービス提供を行った。また、テストベッド利用者の問い合わせなどで寄せられたライブ音声翻訳機能に対するリクエスト応答低遅延化や独自辞書利用のニーズに対応し、ユーザごとに設置したエッジサーバでのライブ音声翻訳機能を提供可能とした。
- NTN 関連研究開発への提供に向け、時空間データ GIS プラットフォームとして整備してきた「ひまわり衛星データ」、「太陽放射コンソーシアム公開データ(日射量、地表面気温、地表面相対湿度、地表面風向風速)」、「高解像度降水ナウキャストデータ(タイル画像)」などの DCCS での提供準備を進め、先行して機構内部署への提供を実施するとともに、令和6年度には利用規約等の整備と API の拡充を行い一般ユーザにも提供し大阪・関西万博案件等にも活用された。
- スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会データ分析・可視化タスクフォースと連携し、地理空間データや気象データを対象にデータの時間的変化も可視化し分析できるデータ分析・可視化システムのプロトタイプを試作した。
- Beyond 5G 時代の DCCS の将来像を検討し、エッジサーバ連携や DCCS のユースケースと DCCS が具備すべき API の検討を行った。さらに、当該 API の実装時の基本動作を検証する検証システムを試作した。
- 機構内部署と連携し、複数のデジタルツインが連携するという CPS サイバー空間の新しいアーキテクチャを検討し、xData プラットフォーム、DCCS、ネットワークレイヤテストベッドを連携してその参照実装の設計及び実装を行った。
- テストベッド分科会等でのエッジコンピューティングアプリケーション開発と実証に関するニーズに対応し、ネットワークレイヤテストベッドに DCCS と連携可能なエッジ/クラウドサーバを配置し、ユーザ所望の環境構築が容易なエッジコンピューティング開発環境を整備した。また、このエッジコンピューティング環境とシームレス

問い合わせ、テストベッド分科会等での要望、機構内の関連部署との連携による検討を踏まえ、利用者ニーズが高い機能の追加・改善や汎用化を実施するなどを繰り返し循環進化させ、技術移転1件(令和7年度契約見込)、革新的情報通信技術研究開発委託研究課題や高度通信・放送研究開発委託研究課題などを含む16件(令和6年度末時点)のプロジェクトで活用されたこと。

- ミドルウェアレイヤとして、シミュレーション・エミュレーション・実システムを接続し、アイデア段階から実環境での実装までの開発を継続的に支援する CyReal 実証環境を提案するとともに、StarBED 上に CyReal 実証環境を構築するためのミドルウェア TENTOU を実装した。従来各種作業の UI が別々であった StarBED の利用・管理についても TENTOU を導入することにより統一的な UI が提供され、利用・運用の効率性、安定性が向上すると同時に、一般ユーザへの CyReal 実証環境の利用ハードルを低減させることができたこと。
- 次世代のセキュアな暗号インフラ構築に向けて、量子鍵配送リンクの増設とネットワークの拡充、秘匿通信と高速秘密分散による情報理論的に安全なデータ分散保管システム、量子・古典ハイブリッド型情報処理装置による安全なデータ二次利用システムを整

に連携可能な分散アプリ開発環境を開発し、さらに本開発環境で活用可能な通信状態(帯域、遅延等)制御機能を実装した。本機能は機構内部署で研究開発中のポータブル SIP4D(防災科研が運用する基盤的防災情報流通ネットワーク SIP4D を、災害時などのようにインターネットへのアクセス網が途絶した場合にも利用可能とするシステム)の同期処理機能の開発と検証に活用された。

- 利用者フィードバックによりデータ連携・分析機能の改善(ユーザ持込みデータの管理機能の追加等)や連合学習機能の追加を実施し、高度委託研究等で利用された。また、活用事例を紹介する「DCCS サンプルアプリケーションサイト」を立ち上げるとともに、環境品質短期予測機能をプリインストールした Jupyter Hub ベースの DCCS 試用サービス「DCCS トライアル」の提供を行った。

【ネットワークレイヤテストベッドの研究開発と運用】

- Beyond 5G のための、オープン化技術・ソフトウェア化技術を用いた新機能開発・高信頼化・相互接続検証・運用自動化等の研究開発を可能とする環境として「B5G 高信頼仮想化環境」と「B5G モバイル環境」のサービス提供を令和4年度より開始した。また、Software Defined Network(SDN)による高機能なネットワークサービスの開発と検証を推進するため、新しい SDN 言語である P4 を用いたネットワークサービスの開発と検証が可能な「P4 実験環境」を令和3年度より構築・提供した。ソフトウェア P4 スイッチ、及び、スマート NIC P4 スイッチを利用可能な P4 テストベッドを構築、外部利用者に提供した。スマート NIC P4 スイッチについては複数ユーザによる同時利用を可能とするマルチテナント化を行った。これにより、Beyond 5G 時代のソフトウェア化されたネットワーク技術の研究開発を加速化した。

- 「B5G 高信頼仮想化環境」としては、次世代高信頼 NFV ソフトウェアルータ、仮想測定器、帯域制御装置を提供し、ソフトウェア化されたネットワーク機能と仮想化技術により、リソースを柔軟に配分可能とする高速で高信頼な仮想化環境を提供する「次世代仮想化サービス環境」と、光ホワイトボックスと広帯域光伝送路を提供し、光伝送装置のディスアグリゲーション、ハードウェア・ソフトウェア分離及びオープン化による、光伝送技術の高度化を推進する「光ホワイトボックス環境」の二つのサービスの提供を開始し、光ディスアグリゲーション技術等の Beyond 5G 時代の新たなネットワーク技術の実証につなげた。

- B5G ネットワークで重要となる超低遅延・超多数接続性の確保等

備した。官公庁機関及び金融分野などの民間企業等に量子鍵配送装置を配置し、秘匿通信や安全なデータ二次利用の試験サービス実証を行うためのテストベッド構築を進め、状況を把握しやすくするための可視化を利用したインタフェースを整備した。複数の企業との間で量子暗号と秘密分散システムの有用性を確認する実証実験を実施する成果を挙げたことに加え、新たな企業に向けてユーザートライアル実証説明会を開催して、新規ユーザとの検証を開始するとともに、理化学研究所の量子コンピュータとの接続を実現し、量子イノベーション拠点関連携を推進した。令和7年度末までには、様々なユースケースにおいてセキュアな暗号インフラの実証実験の成果を蓄積できる見通しであること。

に向けたエッジコンピューティングプラットフォーム（CLINET）の設計・開発を行ない、B5G 高信頼仮想化環境上でマルチテナントの仮想エッジネットワーク構成機能を持つエッジコンピューティングの検証を可能とした。また、B5G 高信頼仮想化環境上に新たに開発したマイグレーションアルゴリズムを導入し、メンテナンス時のユーザに提供する仮想マシン（VM）の停止をマイグレーションにより回避可能とするとともに、マイグレーション時の通信影響を数ミリ秒の RTT 遅延（ICMP による計測）に抑えることを可能とした。これらにより、安全かつ可用性の高い実証環境を実現するとともに、柔軟かつ素早い構成変更を可能とした。

- 「光ホワイトボックス環境」については、令和4年6月から Interop Shownet において大手町、千葉港 DC、幕張メッセ間で総ファイバ距離 70km 以上の環境で性能評価試験及びデモを行い 10 月からのサービス開始にあたっての事前試験及びサービスへのフィードバックを行うとともに、デモ等を通じた利用者獲得につなげた。
- 「B5G モバイル環境」として、基地局設備、アンテナ等で構成されるモバイルネットワーク環境を提供し、5G ネットワークを活用するアプリケーション技術の研究開発を実施可能な「モバイルアプリケーション実証環境」、汎用サーバを用いたクラウドネイティブな基地局設備とアンテナ等によるモバイルネットワーク環境を提供し、基地局機能のソフトウェア変更が可能で基地局の研究開発が可能な「モバイルネットワーク開発環境」、複数基地局（28GHz 帯、Sub-6GHz 帯）及びこれらに接続可能なマルチバンド端末局を用いるモバイルシステムの実証環境を実現する「モバイル基地局開発環境」を提供した。「モバイルネットワーク開発環境」においては、ユーザごとにモバイルネットワークスライスを提供する環境を整備し、ネットワークスライスごとにネットワークスライス間の干渉なくネットワークスライスごとに通信容量を分配できる環境を実現した。「モバイルアプリケーション実証環境」と「モバイルネットワーク開発環境」は機構本部、大阪大学、九州工業大学に設置され、「モバイル基地局開発環境」は横須賀に設置された。これらにより、Beyond 5G ネットワークの無線アクセスを含む多様な研究開発を可能とした。
- テストベッド分科会の議論を受け、B5G/6G 時代の高度化・多様化する要件に対する、オンデマンドにリソース割当てを行う動的スライシング・リモートコア技術を提案、B5G モバイル環境にて検証し、テストベッド分科会にて事例として発信した。また、B5G モバイ

ル環境における 5G-SA(Standalone)システムと B5G 高信頼仮想化環境を組み合わせ、実機と RAN/UE シミュレーション環境を利用した Beyond 5G システム開発・検証の循環サイクルを検証し、オープンハウス 2024 にて展示した。これらを通じ、同分野における機構の存在感を示すとともに、新たな実証を行う利用者獲得につなげた。

- B5G モバイル環境の RIC(RAN Intelligent Controller)機能拡張を行い、基本機能の動作検証を実施した。令和7年度以降、無線区間のリソース制御を活用したモバイルネットワークの自律・分散・協調制御研究/実証検証を実施可能とし、AI とネットワーク制御の統合による省電力化・効率化が可能なモバイルネットワーク等の実証につなげる見込みである。
- 機構内部署と連携し、機構発行の Beyond 5G /6G ホワイトペーパー3.0 版記載の機能アーキテクチャに基づき、高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッドを構成する「DCCS」、「CyReal」、「B5G 高信頼仮想化環境」、「B5G モバイル環境」の各サービスをネットワークコンポーネントとして抽象化し仮想ネットワーク技術により接続することで、ユーザの利用要望に応じて、異種のネットワーク機能、提供リソース・機能・データなどを組み合わせられるようにするテストベッドサービス間連携インタフェース及びオーケストレータの実装を行った。また、実環境と仮想環境上のデジタルツインとを接続するインタフェース、並びに、エッジコンピューティングリソース上にデジタルツインを柔軟に配備可能とする機能を実装し、高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド機能として提供した(見込)。本設計に即した基本機能とその検証環境を構築し、ユーザに提供したことにより、Beyond 5G に求められる多岐にわたる機能要素の検証が可能となり、テストベッドの利活用・研究開発の促進に寄与した。機構内部署による TN-NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャのテストベッド展開、機構内部署による非集中型ネットワーク内ストレージアーキテクチャに基づく NICT セキュアオフチェーンストレージのテストベッド上での実証につなげ、高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッドとしての適応性の広さを示した。
- Beyond 5G ネットワークで重要となる超低遅延・超多数接続性の確保等に向けたソフトウェア化ネットワークテストベッド関連技術として第4期より研究開発を進めたエッジコンピューティングプラットフォームについて、データのアクセス制御を行う仮想ネットワーク機能、及び、資源配置を柔軟に行うアルゴリズムの実装を行っ

た。また、ユーザが要求する遅延要件に応じたエッジコンピューティング環境を提供可能なテストベッド(エッジテストベッド)として提供し、機構外ユーザによる分散ストレージ、分散ライブストリーミングシステムの実証に利用された。また、大阪大学と同エッジコンピューティングプラットフォームを用いた実証を行う共同研究「高信頼分散エッジコンピューティングプラットフォームに関する実証的研究」と大手空調機メーカーとのスマート空調の共同実証環境として研究開発の加速に貢献した。

- B5G 高信頼仮想化環境が提供する VM を B5G モバイル環境で MEC (Mobile Edge Cloud) として利用できる環境を構築し、機能動作を確認した。本機能は B5G 委託研究や B5G ネットワーク TF のハンズオンイベントで活用され、利用者の拡大につなげた。
- B5G ネットワークにおけるエッジ処理を最適化するため、B5G 高信頼仮想化環境が持つネットワーク内処理用のアクセラレータ等ソフトウェア機能の一部をオフロードし、処理や通信を高速化する機能を研究開発した。同機能を用いて B5G 高信頼仮想化環境上でエッジ処理のオフロードの実装方式の検討を行う研究開発を大手通信事業者が実施するなど、AI・データ駆動社会の実現に必要な通信計算融合技術の検討の加速に貢献した。
- ネットワークレイヤのテストベッドは、NICT 革新的情報通信技術研究開発委託研究課題や高度通信・放送研究開発委託研究課題などを含む 168 件(令和6年度末時点、B5G に係るネットワークレイヤの新機能活用は 58 件にのぼる研究プロジェクトに活用された。革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業では 13 件の実証に利用された。革新的情報通信技術研究開発委託研究「高臨場感通信環境実現のための広帯域・低遅延リアルタイム配信処理プラットフォームの研究開発」では、セグメントルーティング(SRv6)を用いた映像処理実行方式の実証評価にて B5G 高信頼仮想化環境が用いられ、参画者の映像通信機器メーカーは令和6年度以降、アプライアンス製品化検討を行うフェーズに進んだ。「Beyond 5G で実現する同期型 CPS コンピューティング基盤の研究開発」では、工場/倉庫の遠隔ロボット制御を想定した実証実験にて B5G モバイル環境が評価環境として用いられ、参画者の大手通信機器メーカーは令和6年度以降、事業化検討フェーズに進んだ。
- B5G 高信頼仮想環境に多数の端末・基地局が相互接続した環境をエミュレーションにより再現可能な大規模検証基盤(多端末エミ

ュレーション機能)の研究開発を行ない、テストベッド機能の一つとして提供した。端末を軽量プロセスとしてエミュレーションする規模拡張性の高い設計とし、数万台規模の車両を同時に走行・通信させるエミュレーション機能として実装を行った。大手自動車メーカーが収集した車両の移動軌跡データに基づいて行ったデータ収集性能の検証に利用され、同社による実装に向けた検討に貢献した。

- 大手自動車メーカーと資金受け入れ型共同研究を締結し、機構が開発したコネクテッドカーデータ収集プラットフォーム IVNP を用いる実証的研究を実施した。海外仕様に近い 5.8GHz 帯の車両間通信プロトコル 802.11p を用いる実験試験局を運用し、同共同研究にて IVNP の性能等の計測を実施した。また、B5G の新たなネットワーク機能として研究開発した車両間の通信とセルラー網による通信を組み合わせるデータ収集手法において、DoS を防ぎセキュリティを確保する手法、データ量を削減する車両間のデータ交換手法、移動車両群の相互通信によるデータ収集効率を向上させる手法の設計を進め、高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッド上にて試作し、大手自動車メーカーによる多端末エミュレーション機能を用いた性能検証につなげた。同共同研究を通じて、コネクテッドカーデータ収集技術に関する特許として、国内特許 3 件（令和 4 年度 1 件、令和 5 年度 2 件）、海外特許 1 件（米国、令和 5 年度）を取得した。さらに海外特許 2 件（インド）を申請中である。これらのうち、国内特許 1 件、海外インド 1 件は大手自動車メーカーと共同申請した。
- P4 実験環境について台湾 NCHC(NARLabs)との連携を検討し、NICT-NARLabs-TASA JOINT WS で発表を行った。また、NARLabs-NICT 研究連携プロジェクトに、NARLabs と共同で研究提案を行い、採択された。令和 6 年度、7 年度に共同研究を実施し、ネットワークのデータプレーンにて正確な計測を行う技術として注目を集めるようになった INT(In-Band Network Telemetry)によるネットワーク計測機能を SRv6 による経路制御との組み合わせにより実現する方式を設計し、P4 による実装を進めた。これにより、B5G ネットワークの低遅延性を計測可能とし、応答性が重要な将来アプリケーションの研究開発の加速につなげた(見込)。
- 高信頼エッジクラウドネットワーク、並びに、セキュリティ・プライバシー保護のためのデータプレーン技術のデモンストレーションシステムをそれぞれ九州工業大学および KDDI 総合研究所、大阪大学

- シミュレーション等で模倣した Beyond 5G 時代を想定した事象とエミュレーション環境内に実現した ICT システムとを連携させ、それぞれの相互影響を検証し、サイバー空間とフィジカル空間の融合を目指した研究開発を推進する。さらに、実デバイスやソフトウェアと接続し、現実世界の振る舞いを組み合わせたリアルタイムエミュレーション環境を構築し利用者に提供する。

および島根大学と共同で B5G P4 実験環境を用いて構築、SC2024 に出展した。セキュリティ・プライバシー保護のためのデータプレーン技術については、SCinet Spirit of Innovation を受賞し、同分野の我が国のハブとしての機構の存在感を示した。

【ミドルウェアレイヤの研究開発と運用】

- ミドルウェアレイヤとして、シミュレーション・エミュレーション・実システムを接続し、アイデア段階から実環境での実装までの開発を連続的に支援する CyReal 実証環境を提案するとともに、StarBED 上に CyReal 実証環境を構築するためのミドルウェア TENTOU を実装した。従来各種作業の UI が別々であった StarBED の利用・管理についても TENTOU を導入することにより統一的な UI が提供され、利用・運用の効率性、安定性が向上すると同時に、一般ユーザへの CyReal 実証環境の利用ハードルを低減させることができた。当初令和5年4月に提供開始を予定していたが、基本機能と追加機能を分離して実装可能なアーキテクチャの採用とアジャイル的な開発により、一部のパートナーに対して当初計画より1年早く TENTOU を提供した。これにより問題点や改善点への対応を早期に行い、一般ユーザに質の高いミドルウェアの提供が可能になった。CyReal 実証環境を用いることにより HW 主体から SW を取り込んだ柔軟な検証が可能となった。無線環境を模擬するワイヤレスエミュレーションや災害時の被害状況を模擬する災害シミュレーションなどを開発し、外部利用者に提供を開始し、さらに後述する海外連携にも活用する予定である。CyReal の概念・TENTOU の実装を再整理し、国際学会・国内論文誌に採録された。
- さらに、当初の予定に加え、TENTOU のモジュール間の通信のために利用している REST API を利用者に提供した。これにより、利用者による TENTOU のコア機能を用いてのソフトウェアの開発が可能とし、利用者が用意したモジュールを他の利用者に提供できるという形の循環進化を実現した。令和6年度にはこの機能が活用され利用者によるプログラムが開発された。これにより、従来のテストベッド運用者が想定していなかった利用方法の取り込みも可能となり、利用者が実装したモジュールの一部がテストベッド運用にも導入されるとともに、ワイヤレスエミュレーションのための追加機能についても他の利用者との共用が始まり、プログラムとノウハウが循環される仕組みが実現されたことは当初計画にない新たな循環進化となった。
- 電波利用料による受託研究「仮想空間における電波模擬システ

- 機構が専門とする情報通信分野ではない異分野・異業種の複数の企業等と連携して、Beyond 5G 社会を構成する超高周波を用いる IoT 無線技術、AI 技術、ロボットを含む自律型モビリティ技術を融合的に利活用することで構築可能となる構内や地域のデータ収集配信基盤技術の実証的な研究開発を推進し、社会的受容性の高い様々な社会課題の解決に

ム技術の高度化に向けた研究開発」にて、B5G 時代の技術を支える技術を検証可能なワイヤレスエミュレータを実装した。802.11g、802.11ax、5G NR などの無線機のエミュレータを開発し、エミュレータの入力を生成するシミュレーション機能、無線機のエミュレータ、実システムの連携動作のため TENTOU にそれぞれの機能を追加した検証環境を構築した。京都大学や大手オフィスデザイン企業などとも連携し、パートナーとの連携環境を構築し、最終的な実装の場を提供した。さらに、あるパートナーが構築したワイヤレスエミュレータ専用の機能を他のパートナーに提供することにより、CyReal に機能が追加され、循環進化が実現した。

- 上記電波利用料受託研究の成果物を一般の研究組織等に提供するために、ワイヤレスエミュレータ利活用社会推進フォーラム加入と機構共同研究の締結を条件とした枠組みを整え、社会展開の第一歩として、提供を開始した（令和6年度末時点で京都大学に2件）。
- ASEAN IVO のプロジェクトにて CyReal 実証環境を活用する国際連携事業を提案（Cyber to Real World Integrated Testbed for Dam Safety Management and Water Governance System）し、採択された。ラオス、タイ、ミャンマー、カンボジア、フィリピンの大学や研究所と連携して、降水、河川の状況をシミュレートし、ダム の水量制御などの方法論の研究開発を推進し、ダム管理の安全性を狙う研究開発を推進した（見込）。国際的なプロジェクトを通じて CyReal 実証環境が世界に展開され、国際的かつ実用的なユースケース開発が開始された。

【情報通信分野ではない異分野・異業種企業との連携】

- 大手通信キャリア、大手無線デバイスメーカー、大手時刻配信機器メーカーといった従来より機構業務と親和性の高い企業に加え、Beyond 5G 時代において活躍・発展が期待される大手地図製作事業者、大手ロボット事業者、大手鉄道事業者、飲料系物流企業、建設系コンサル会社、道の駅運営組織、社会福祉協議会といった、広範な情報通信分野ではない異分野・異業種の複数企業と連携し、情報交換・連携実証を行いつつ、以下に示す実証的な研究開発を推進した。

【Beyond 5G 技術と自律型モビリティの融合によるデータ収集配信基盤技術の確立】

- 令和5年度までの主要成果として、大手ロボット事業者、飲料系物流企業、超高周波 IoT 無線デバイスメーカー、大手時刻配信機

資する ICT サービスのエコシステムを形成することを目指した研究開発と社会実証実験を実施し、得られた知見を機構のテストベッド及び社会にフィードバックする。

器メーカー等と連携して、IEEE802.15.3 準拠 60GHz ミリ波帯通信技術、時空間同期技術を統合的に融合活用した自律型モビリティによる大容量データ集配信システムの研究開発と実証実験を推進した。サービスロボットが働き“ながら”収集した大容量センシングデータを、同ロボットの活動を停止させることなく、他の近接したロボットがミリ波 IoT で回収する、“キャッチアップ&ランデブー(C&R)”方式分散大容量データ収集実証システム(特許出願)を構築・検証した。これら成果は、国際会議 WPMC2021(令和3年12月開催)において1セッション(セッション名: Future Piggy-back Networks)を形成する形で4件の論文が採録・発表されたほか、「ミリ波 IoT 搭載サービスロボットによる協働型見廻りシステムを開発」として報道発表に至った(令和3年6月)。

- IEEE802.15.3e/d における短時間リンク確立プロトコルの特性を活かした超高周波(ミリ波やテラヘルツ)が形成する極小無線サービスゾーンを活用する移動通信サービス応用の着想に至り、実証システムを構築し、飲料系物流企業の協力も得て物流用トラックと固定通信局間のすれ違い通信実証実験を実施した。その結果、1.3 秒程度の接近時間内に 300 MB を超えるデータの転送を確認した(令和4年12月)。また同実証システム搭載の飛翔中ドローン間のすれ違い通信実証実験において、約 500 ミリ秒の飛翔中のドローン間接近時間内で 120 MB 超えのデータ転送に成功し報道発表を実施した(令和5年5月)。これら実証実験を模倣する小規模展示システムを構築し、CEATEC2023 及び MWC2024(令和6年2月バルセロナ開催)にて動態展示を実施した。
- 令和6年度の主要な成果として、大手時刻同期機器メーカーとの連携を深め、時空間同期技術を活用し、ドローンや車両等の複数モビリティが同期した観測をすることにより、観測対象の形状や形状の変化を、より高い精度で検出するための合成観測データを生成できる協調型多視点観測システムの設計・開発を行い、これを超高周波 IoT 通信デバイス搭載の自律型モビリティによる大容量データ集配信システムと組合せた統合システムの有効性を実証した。さらに、CEATEC2024 及び MWC2024/2025(見込)といった国内外の旗艦展示会においても動態展示を行い、Beyond 5G 時代に活用されることが期待されている超高周波無線技術、時空間同期技術のユースケースを提示し、その可能性を示した。
- 超高周波 IoT デバイス搭載の移動体間がすれ違い通信を高効率に成功させるための技術として、通信可能ゾーンの事前検出技術

(超スポット検出技術)の研究開発、及び検出した超スポットに移動体をリアルタイム誘導する技術の実証的研究開発を推進した。その研究成果は国内研究会での発表の他、国際会議 GCCE2024(令和6年 10 月)や IEEE WF-IoT2024(令和6年 11 月)で発表した。

【社会課題の解決に資する ICT サービスの社会実証実験と社会へのフィードバック】

- 道の駅を情報の収集・発信ハブとする実証実験(令和7年度実施予定)に向け、中部ブロック道の駅連絡会事務局長と共同実施について合意し、具体的な実証フィールドとなる道の駅選定と駅長を含めた協力体制を確立した。また、AI(YOLO)による画像からの特定オブジェクト検出システムの構築も完了させた。
- 道路・線路インフラ等の環境保全に関わる社会課題を題材として、大手地図事業者、大手鉄道事業者、中部ブロック道の駅、建設系コンサル会社等の団体・企業と連携し、道路陥没や標識視認性の劣化箇所を効率的に早期発見するための大容量情報集配信システムの社会実証実験を推進し、成果の公開によって、類似の社会課題を有する他地域からの更なる実証実験ニーズに関わる声やより改善すべき今後の課題に関わる意見等のフィードバックが得られた(見込)。

【研究開発、社会実証実験からのテストベッド環境へのフィードバック】

- 機構内横断的な取り組みによって、IEEE802.15.3 準拠 300GHz テラヘルツ通信技術の実証システムの構築に成功し、その一部を構成する IEEE802.15.3d 評価環境を活用して、テラヘルツ通信の研究開発を推進する大手キャリアとのテラヘルツ通信試験を実施し、今後の機構のテストベッド仕様に対するフィードバックが得られた。また令和7年度は、IEEE802.15.3 準拠 300GHz テラヘルツ通信技術の実証システムを大阪万博で動態展示する見込みである。
- JGN 等機構保有ネットワークテストベッド環境と令和6年度開発の IEEE802.15.3d テラヘルツ評価環境の一部を接続させた Beyond 5G ネットワークテストベッド環境の試験的提供を開始した。

【その他、国際連携活動等の成果】

- ドイツ 6G 研究開発ハブのひとつ 6GEM を主導するアーヘン工科大学と「分散接続型ネットワーク基盤を活用する自律型モビリティ向け CPS サービスの可視化に関する共同研究」を開始した。令和

			6年開催の 6GEM 総会では基調講演を実施し、共同研究成果に関わるポスタープレゼンテーション及び動態でのシステム展示も実施した。 - ドイツの総合工科大学との国際的な研究開発交流の促進を目的として、若手研究者を未来のトップリーダーに育成する令和6年度 JST プログラム ASPIRE に共同提案し(代表は広島大学)、採択された。5年間にわたり、ドイツの総合工科大学とは技術のみならず人材交流も推進し、双方機関の若手研究者育成を目指した連携体制を継続した(見込)。 【東京 QKD ネットワークの研究開発】 - 次世代のセキュアな暗号インフラ構築に向けて、量子鍵配送リンクの増設とネットワークの拡充、秘匿通信と高速秘密分散による情報理論的に安全なデータ分散保管システム、量子・古典ハイブリッド型情報処理装置による安全なデータ二次利用システムを整備した。官公庁機関及び金融分野などの民間企業等に量子鍵配送装置を配置し、秘匿通信や安全なデータ二次利用の試験サービス実証を行うためのテストベッド構築を進め、状況を把握しやすくするための可視化を利用したインタフェースを整備した。複数の企業との間で量子暗号と秘密分散システムの有用性を確認する実証実験を実施する成果を挙げたことに加え、新たな企業に向けてユーザートライアル実証説明会を開催して、新規ユーザとの検証を開始するとともに、理化学研究所の量子コンピュータとの接続を実現し、量子イノベーション拠点関連連携を推進した。令和7年度末までには、様々なユースケースにおいてセキュアな暗号インフラの実証実験の成果を蓄積できる見通しである。	
2－4. 知的財産の積極的な取得と活用 研究開発成果を広く社会に還元しイノベーションを創出するため、優れた成果を知的財産として積極的に取得し、有効に活用するための方策	2－4. 知的財産の積極的な取得と活用 機構の知的財産ポリシーを踏まえ、優れた研究開発成果を知的財産として戦略的かつ積極的に取得・維持するとともに、機構の知的財産を広く社会に還元し、新たなビジネスやサービスの創造、イノベーションの創出につなげるため、技術の特性等も考慮し、	＜評価軸＞ - 取組が研究開発成果の利用につながっているか。 - 知的財産の活用に係る専門人材の確保・育成に取り組んでいるか。	2－4. 知的財産の積極的な取得と活用 従来の機構全体による一元管理の体制を見直し、第5期から特許出願、登録、維持・放棄等の知財の取得・維持に係る判断を、必要な経費(知財予算)とともに、各研究所に委任・分配して、研究現場が知財動向把握やその活用の視点を強く意識し、知財の取得・維持の可否を主体的に判断する体制とし、その定着と運用の改善を着実に推進している。これにより、特許出願に対する、迅速なアクション、技術動向に応じた柔軟な判断を実現している。知財担当部署には知財の専門家を配置し、知財の取得支援、維持管理、知財法務、技術移転、知財教育等の周辺支援に引き続	2－4. 知的財産の積極的な取得と活用 機構の特許出願、登録、維持・廃棄、必要な経費等の判断を各研究現場に委ねる体制とすることで、研究現場が主体的に必要なアクションをとれるようにすると同時に、機構全体の知財担当部署において知財の専門家を配置し、知財の取得支援、技術移転、知財法務、知財教育といった周辺支援に注力

を講じるものとする。

国の政策や技術動向を適切に踏まえ、重点的に推進すべき課題についてはその推進体制を整備し、知的財産の取得・維持を図るものとする。

特に、Beyond 5G の知財・標準化活動を強力に推進し、NICT 内の技術シーズと標準化や知財に関する知識・ノウハウを結集するため、Beyond 5G の知財・標準化を検討する体制を整備し、外部専門家の雇用を含む人材の確保、NICT 内外とのノウハウの共有、知財取得支援等に集中して取り組む。

また、知的財産の活用による成果展開や社会実装に貢献するための人材の獲得・育成に努める。

迅速かつ柔軟な視点で知的財産の活用促進に取り組む。

<指標>

【評価指標】

- ・知的財産の取得と活用に関する活動状況
- ・知的財産の活用に係る専門人材の確保及び育成の取組状況

【モニタリング指標】

- ・特許出願件数
- ・知的財産の実施許諾契約件数

き注力している。

- ・具体的には、研究現場と知財担当部署が連携し、研究成果に対する発明発掘や効果的な権利化、出願登録維持の適切な実施や共同出願相手との調整及び実施条件の交渉等を行い、戦略的な知財取得を積極的に推進している。一方で、登録から一定期間経過した特許権については、必要な特許ポートフォリオや権利を維持する必要性及び今後の権利実施見通しに関する研究現場の判断を基に、権利放棄を含めて適切に管理し維持コスト抑制に貢献している。
- ・NDA や共同研究契約、共同出願契約、技術移転契約等、多数の技術契約書の作成を支援し(相談対応件数は毎年平均約 450 件)、機構全体の知財取得・活用とともに、法務的チェックによる知財リスクの低減に貢献した。
- ・令和5年度に新知財管理システムを導入し令和6年度から運用を開始した。特許の書誌事項、経過情報、期限、費用、契約状況等に関するデータの安全で確実な管理を実現するとともに、旧式なDBに依存した知財管理業務を、最新DBシステムを導入しDX化することで業務の効率化と知財データの有効活用を図った。令和6年度から知財室内での運用を開始し、段階的に研究所知財担当への公開、経営層への最新知財データの提供を進めた。
- ・特許出願状況を組織毎や技術分野毎に分析し見える化し、経営層及び各研究所長が参加する「知的財産戦略委員会」で報告した。
- ・令和6年5月から施行された特許出願の非公開に関する制度に対応する為、外国出願禁止や開示禁止に適切に対応するための業務フローの整理、適正管理義務のための規程策定、研究現場への情報共有を行った。
- ・機構の知的財産化されたシーズを産業界等に紹介するため、保有知財や技術活用事例を、Web や技術説明・紹介の機会等を活用し、積極的に産業界等へ情報発信した。
- ・外部向けイベントとしては、研究現場(研究者)と知財担当部署が密に連携・調整し、科学技術振興機構との共催により「NICT 新技術説明会」を令和3年度から毎年開催し、研究者自身が産学連携に関心のある企業向けに最新の成果を各4件程度プレゼンした。ARIB ニュースへの開催案内掲載や SNS への投稿など事前 PR にも力を入れるとともに、発表の合間に NICT シーズ集の紹介も実施した。研究者自身が成果の展開を企業にアピールすること

することにより、機構全体として特許出願に関する柔軟な対応をとれる運用体制を維持継続したことは、機構の研究開発成果の利用促進につながる着実な成果と言える。

機構の知的財産戦略として、機構の知的財産ポリシーを具体化した技術分野によらない基本的な考え方(基本戦略)を策定し、機構の競争力維持と研究成果最大化の視点を考慮したオープン・クローズ戦略の捉え方、知財の創造・保護・活用のサイクルの効果、役割に応じた人材育成等について明確にしたことは、機構の研究開発成果の利用につながる着実な成果である。

Beyond 5G 知財創造に資するため特許アイデアソンのトライアルを実施し、その議論の中で生まれた発明を特許出願するなど、知的財産の活用に係る人材確保、育成の観点で着実な成果が得られた。

以上のことから、中長期計画を着実に達成し、成果の創出が認められたため、評定を「B」とした。

【取組が研究開発成果の利用につながっているか】

以下に示す、着実な成果が認められる。

- ・従来の機構全体による一元管理の体制を見直し、今中長期から特許出願、登録、維持・放棄等の知財の取得・維持に係る判断を、

で、市場ニーズの収集や研究者の意識向上にも貢献した。令和3年度に開催した新技術説明会での技術紹介を契機として、企業との資金受入型共同研究が令和5年度に実施された。

- Interop TOKYO や CEATEC の展示会において技術移転紹介コーナーを毎年設置し、サイバーセキュリティ技術の利用拡大に向け、技術移転の取組(実施許諾契約や試用契約等の連携メニューの紹介等)や導入事例(「NIRVANA 改※1、DAEDALUS※2、DeepProtect※3」の企業連携によるソリューション展開等)を技術移転先企業と協力して紹介した(※1:リアルトラフィック可視化ツール、※2:対サイバー攻撃アラートシステム、※3プライバシー保護連合学習技術)。
- 機構のホームページにて、新規に登録となった特許の情報や、「数値人体モデルデータおよび専用プログラム」、「EDR 電子化辞書」、「日本語話し言葉コーパス」、「静止衛星画像データ」などの有償提供データの情報を継続的に発信した。
- 知財活用・技術移転の視点から、社会実装の促進に取り組む機構内の複数部署が連携し研究成果展開サポートグループとして引き続き活動しており、組織間の情報共有、研究者向けのワンストップ相談会(主にベンチャー起業や技術移転に向けた相談)、各種セミナーの開催等に取り組んだ。
- 新たな機構認定スタートアップ制度の担当部署と連携して、機構の研究開発成果を活用するスタートアップを支援し成果の社会実装を促進するために、認定スタートアップへの知財の実施許諾契約に係る支援メニューや条件を整理した(令和6年度)。
- 第5期における特許出願数は、国内・国外(PCT出願と外国出願)ともに年度毎の増減はあるが、全体として増加傾向にある。Beyond 5G ホワイトペーパーの要素技術分野別の出願状況では、超高速・大容量、超低遅延・超多元接続、有無線通信・NW 制御などのコア技術に加え、超安全、超臨場感、NTN や時空間同期など幅広く出願している。保有登録特許の数は、平成 15 年以前に出願した維持費免除の特許が満了を迎えたこと、および、維持コスト削減のために必要性を定期的に精査し権利放棄を含めて適切に管理した結果、毎年減少している。
- 第5期における新規技術移転契約件数および年度末契約件数は減少傾向であるが、技術移転収入は令和3年度以降徐々に増加している。技術移転収入の約8割は音声翻訳関連である。

必要な経費(知財予算)とともに、各研究所に委任・分配して、研究現場が知財動向把握やその活用の視点を強く意識し、知財の取得・維持の可否を主体的に判断する体制とし、その定着と運用の改善を着実に推進している。これにより、特許出願に対する、迅速なアクション、技術動向に応じた柔軟な判断を実現している。知財担当部署には知財の専門家を配置し、知財の取得支援、維持管理、知財法務、技術移転、知財教育等の周辺支援に引き続き注力していること。

- 知的財産戦略の策定については、研究開発・標準化活動と連携し知財に係る取組を効果的に推進するため、研究現場と知財室が協力して議論を重ね策定した。始めに機構の知的財産ポリシーを具体化した技術分野によらない基本的な考え方(共通戦略)を令和3年6月までに策定し、国研として、産学連携、技術移転、標準化、国際展開、ベンチャー創出等に積極的に取り組むため、研究開発成果を適切に保護し、効果的に活用していく目的を明確化するとともに、研究フェーズ、機構の競争力維持、研究成果最大化の視点を考慮した、オープン・クローズ戦略の捉え方、知財の創造・保護・活用のサイクル化の効果、各段階の留意事項、役割に応じた人材育成等

また、成果展開や社会実装に貢献するための人材の獲得・育成に努める。

国の政策や技術動向等を適切に踏まえ、重点的に推進すべき課題については、その推進体制を整備し、特に研究開発や標準化活動と連携して知的財産の取得・維持・活用を図る。加えて、我が国の国際競争力向上に資するため、国際連携や成果の国際展開に必要な外国における知的財産の取得についても適切に実施する。

- 成果展開や社会実装に貢献する人材育成のための機構内部向け知財セミナー実施については、初心者向け、専門家向け、経営層向け等、各々に適した内容で計画し令和3年度から毎年2回程度実施している。
- 研究者が自主的に知財のスキルアップを図れるよう、独立行政法人工業所有権情報・研修館(INPIT)が公開している多数の知財教材(e ラーニング)の中から、機構の研究者に適した研修メニューを選別し、受講の方法とともに研究者に対して情報提供を行った(令和5年度)。
- 研究者向けの知財室ホームページを刷新し(令和5年度)、研究者にとって有益な特許出願や技術移転、技術契約などの基礎知識を分かり易く発信するとともに、機構の知的財産ポリシーや知的財産戦略に加え、最新の知財関連情報を掲載し、機構全体の知財スキルの底上げに貢献した。
- 知的財産戦略の策定については、研究開発・標準化活動と連携し知財に係る取組を効果的に推進するため、研究現場と知財室が協力して議論を重ね策定した。始めに機構の知的財産ポリシーを具体化した技術分野によらない基本的な考え方(共通戦略)を令和3年6月までに策定し、国研として、産学連携、技術移転、標準化、国際展開、ベンチャー創出等に積極的に取り組むため、研究開発成果を適切に保護し、効果的に活用していく目的を明確化するとともに、研究フェーズ、機構の競争力維持、研究成果最大化の視点を考慮した、オープン・クローズ戦略の捉え方、知財の創造・保護・活用のサイクル化の効果、各段階の留意事項、役割に応じた人材育成等を明示した。
- 次に、その共通戦略をベースとして、技術特性を考慮した技術分野別の戦略を令和4年7月までに策定し、各技術分野(電磁波先進技術分野、革新的ネットワーク分野、ユニバーサルコミュニケーション分野、サイバーセキュリティ分野、フロンティアサイエンス分野等)の具体的な技術やその特性に応じて、社会展開の方針(技術移転、標準化、ベンチャー創出、公共サービス等)、そのための、知財の創造・保護・活用の考え方等を整理した。
- さらに、令和5年6月にかけては Beyond 5G のための技術分野横断の政策的な重要課題に対する知財戦略を、関連部署とも連携し策定した。Beyond 5G 知財の戦略的な取得・活用のため、要素技術のみならずシステム・サービス・ユースケースの視点に留意す

を明示したこと。

- 令和6年5月から施行された特許出願の非公開に関する制度に対応する為、外国出願禁止や開示禁止に適切に対応するための業務フローの整理、適正管理義務のための規程策定、研究現場への情報共有を行ったこと。

【知的財産の活用に係る専門人材の確保・育成に取り組んでいるか】

以下に示す、着実な成果が認められる。

- Beyond 5G 知財創造に資するため、Beyond 5G 司令塔部署の主導により令和3年度に初めて特許アイデアソンのトライアルを実施した。令和4年度から令和5年度末にかけては、最初のトライアルを改善拡大した特許アイデアソンを実施した。令和5年度内に5回のプレストや議論を重ね、その議論から生まれた発明を令和5年度内に1件特許出願した。始めにテーマを決め、複数研究所混合メンバーでプレストや議論を積み重ね、アイデア創造と技術への落とし込みから発明創出にまで至るとともに改善点の効果を検証した。このアイデアソンは、①異分野技術融合による新アイデア創造に資するため複数研究所混合メンバーで構成、②アイデアの創造、技術による具現化、知財化等、段階的な議論プロセスの導入、③発明発掘や発明届作成の支援と特許出願費用の支

外部専門家等人材を確保し、機構内に Beyond 5G の知的財産・標準化を検討する体制を整備し、Beyond 5G に関する標準必須特許といった知的財産の取得に戦略的に取り組む。また、機構内外とのノウハウの共有、知的財産の取得支援等に集中的に取り組む。機構内の技術シーズと知的財産・標準化に関する知識・ノウハウを結集する。

ること、グローバルファーストを徹底し外国特許取得に注力すること、Beyond 5G 公募型研究開発プログラムでの知財取得支援・事業者間のコーディネート機能を強化すること等、機構として取り組むべき基本的な考え方を整理した。特に、テラヘルツ、時空標準／時空間同期、NTN といった機構が技術や標準化等で先導する分野を中心に、権利化の具体的な取組方針を明確にした。

- 知財戦略の目的や考え方の柱を共通戦略として、研究分野毎の具体的な方針を技術分野別の戦略として整理し、更に Beyond 5G のための技術分野横断の政策的な重要課題の具体的な戦略を整理し共有することで、前述した「研究現場」主体の判断や取組に貢献するとともに、知財担当部署による周辺支援や機構内の複数部署による社会実装促進の取組にも貢献した。3つの戦略を策定することにより知財の基本的考え方や具体的取組を明示することで機構として一体的取組を推進した。
- 令和6年度はこれら戦略に沿った特許出願の状況を Beyond 5G ホワイトペーパーの要素技術毎や研究室毎で分類し見える化して出願傾向を分析し、知的財産戦略委員会で報告し戦略の推進に貢献した。更に、テラヘルツ、時空標準／時空間同期、NTN の3重要テーマに関連する特許出願状況を詳しく分析評価した。

- Beyond 5G の知財化・標準化を検討する体制整備や標準必須特許となる知財取得の取組については、機構の自ら研究における取得支援に加え、Beyond 5G 公募型研究開発プログラムでの標準必須特許の取得支援の活動において、機構の司令塔部署と知財担当部署及び標準化担当部署が連携した体制により対応した。
- 自ら研究における取組では、Beyond 5G 知財創造のインセンティブとするため、各研究所等の Beyond 5G 関連技術の特許出願経費に対して予算支援を令和3年度から毎年継続的に実施するとともに、知的財産戦略委員会で、効果や改善点等のヒアリング結果を報告し支援継続を共有した。令和5年度と6年度は、研究現場からのヒアリング結果をもとに、予算配算時期の早期化と研究現場への早期周知、新規権利化テーマへの支援強化など改善を図り実施した。これによって、研究現場の権利化インセンティブの向上、予算制約ではない戦略的必要性からの出願判断等に貢献した。
- Beyond 5G 知財創造に資するため、Beyond 5G 司令塔部署の主

援も行う等の改善・拡大を図り実施したこと。

- Beyond 5G 公募型研究開発プログラムにおいて、知財化支援を強化するため、司令塔部署及び標準化担当部署と連携し外部専門家も活用した体制を整備し、研究開発受託者の中でも「知財部門」や「標準化部門」を持たないベンチャー企業や大学への支援を優先的に対応している。具体的には、同事業受託者のうち知財化や標準化の推進体制の弱い中小企業や大学等の知財化支援を強化するため、知財や標準の専門家で構成される知財化・標準化アドバイザーを複数人選定し、受託者からの要望に応じて相談対応する取組や、知財化・標準化対象になり得る潜在的技術の研究開発を推進する大学やベンチャー企業等に対して、上記アドバイザーとともにプッシュ型でヒアリングを行い、知財化・標準化マップの策定や知財取得・標準化の具体的活動に対して個別に助言するなどの支援を引き続き行ったこと。
- 従来の機構全体による一元管理の体制を見直し、今中長期から特許出願、登録、維持・放棄等の知財の取得・維持に係る判断を、必要な経費(知財予算)とともに、各研究所に委任・分配して、研究現場が知財動向把握やその活用の視点を強く意識し、知財の取得・維持の可否を主体的に判

導により令和3年度に初めて特許アイデアソンのトライアルを実施した。令和4年度から令和5年度末にかけては、最初のトライアルを改善拡大した特許アイデアソンを実施した。令和5年度内に5回のプレストや議論を重ね、その議論から生まれた発明を令和5年度内に1件特許出願した。始めにテーマを決め、複数研究所混合メンバーでプレストや議論を積み重ね、アイデア創造と技術への落とし込みから発明創出にまで至るとともに改善点の効果を検証した。このアイデアソンは、①異分野技術融合による新アイデア創造に資するため複数研究所混合メンバーで構成、②アイデアの創造、技術による具現化、知財化等、段階的な議論プロセスの導入、③発明発掘や発明届作成の支援と特許出願費用の支援も行う等の改善・拡大を図り実施した。

- 令和4年度より、研究現場と連携し研究開発戦略や戦略的な知財発掘・取得に資する技術動向調査を毎年実施した。日本の産業の重点推進分野や機構の強み技術等を考慮し毎年新たな調査テーマを選定した。令和4年度は「NTN 関連技術」、「時空間同期関連技術」、「自動運転分野に関する Beyond 5G」、の3テーマ、令和5年度は「マルチコアファイバー通信技術」、「生成 AI 技術」、の2テーマで、令和6年度は「自然知を活用した ICT の動向」について調査を実施した。学術論文や特許等を基に主要国・主要組織の技術ポートフォリオや最先端研究の動向等の調査を実施した。調査結果は研究現場に共有するとともに、機構職員向けに毎年開催している知財セミナーで報告会を実施した。また、知財室の職員向け HP にもアップし職員がいつでも参考にできるようにした。
- 標準化担当部署と協力し、主な標準化団体の IPR ポリシーや標準必須特許宣言書の書き方、機構内の発出手続き等を整理し、研究現場に情報提供した(令和3年度)。
- Beyond 5G 公募型研究開発プログラムにおいて、知財化支援を強化するため、司令塔部署及び標準化担当部署と連携し外部専門家も活用した体制を整備し、研究開発受託者の中でも「知財部門」や「標準化部門」を持たないベンチャー企業や大学への支援を優先的に対応している。具体的には、同事業受託者のうち知財化や標準化の推進体制の弱い中小企業や大学等の知財化支援を強化するため、知財や標準の専門家で構成される知財化・標準化アドバイザーを複数人選定し、受託者からの要望に応じて相談対応する取組や、知財化・標準化対象になり得る潜在的技術の

断する体制とし、その定着と運用の改善を着実に推進している。これにより、特許出願に対する、迅速なアクション、技術動向に応じた柔軟な判断を実現している。知財担当部署には知財の専門家を配置し、知財の取得支援、維持管理、知財法務、技術移転、知財教育等の周辺支援に引き続き注力していること。

			研究開発を推進する大学やベンチャー企業等に対して、上記アドバイザーとともにプッシュ型でヒアリングを行い、知財化・標準化マップの策定や知財取得・標準化の具体的活動に対して個別に助言するなどの支援を引き続き行った。詳細は「調書 No6 Beyond 5G の推進」を参照頂きたい。	
2-5. 戦略的な標準化活動の推進 産学官連携や国際展開に係る組織との連携を実施するとともに標準化関連団体や産業界とも密接に連携し、NICT の研究開発成果の最大化を目指すものとする。 戦略的かつ重点的な標準化活動を実現するため、NICT の標準化に係る計画を策定・実施する。	2-5. 戦略的な標準化活動の推進 機構の技術シーズについて、総務省、産学官の関係者、国内外の標準化機関等との連携体制を構築し、標準化活動を積極的に推進する。	<評価軸> ・取組が標準化につながっているか。 <指標> 【評価指標】 ・標準や国内制度の成立寄与状況 【モニタリング指標】 ・標準化や国内制度化の寄与件数	2-5. 戦略的な標準化活動の推進 ・機構内の各研究所・センター等と連携し、国際標準化機関等の会合に毎年延べ 600 人程度が出席し、寄与文書を毎年 200 件程度提出している。これにより機構の研究成果に基づく国際標準等、毎年 20 件程度の成立に貢献している。 ・令和6年度からの取組として「標準化スキルアップ研修」を開始した。標準化活動経験が豊富な機構内専門家により、令和6年度は4名の若手機構職員に対し、知識・ノウハウの継承と標準化会合におけるオンサイト支援を行うことにより、標準化専門家候補を育成した。 ・ITU-R では、令和5年 11 月に Beyond 5G に関する最初の標準 M.2160「IMT-2030 フレームワーク勧告」が策定された。機構はテラヘルツ、時空間同期、非地上系ネットワーク (NTN) 等の研究技術に基づき技術特性の数値目標を提案し、Beyond 5G の目標性能として反映された。 ・ITU-R WP5D では、策定中の技術レポート「100GHz 帯以上における IMT の技術成立性」への寄与を行った。特に機構のテラヘルツ技術の研究をもとに 100GHz 帯、140-160GHz 帯、220-240GHz 帯、300GHz 帯等の特性情報が盛り込まれた。 ・第3世代移動通信システムパートナーシップ (3GPP) では、Release 18 及び 19 (5G-Advanced) の審議において、機構が研究を進めている「複数の異なるモバイルネットワーク間の連携技術」及び「デバイス間通信による時刻同期技術」に関わる検討項目を、標準化が必要な研究課題として提案し審議を進めた。また、新たに検討を開始した Release 20 (6G) のサービス要件等の課題として、複数のユースケースを提案し、IMT-2030 (6G) の技術課題の基となる議論に参画している。 ・ITU-T では、どこの SG にも属さない新たなメタバース技術の勧告策定に向け、1年程度で集中的に議論するための「メタバース(仮想世界)に関するフォーカスグループ」が令和4年 12 月に設置さ	2-5. 戦略的な標準化活動の推進 ITU-R では、令和5年 11 月、Beyond 5G に関する最初の標準として、Beyond 5G に求められる能力やユースケース等を与える勧告である M.2160「IMT-2030 フレームワーク勧告」が策定されたが、機構として研究技術に基づき提案してきたテラヘルツ、時空間同期、非地上系ネットワーク (NTN) の技術特性の数値目標が当該新勧告に盛り込まれたことは、国際標準化活動における優れた成果である。 量子鍵配送技術について、ITU-T SG17 (セキュリティ) において、量子鍵配送ネットワーク (QKDN) 構築に必要な「認証と認可」「制御と管理のセキュリティ」等の勧告を成立させたことは、量子鍵配送分野の標準化をリードし QKDN の社会実装に貢献する優れた成果である。 令和6年 10 月に開催された ITU 世界電気通信標準化会議において、SG13 議長と SG11 副議長が機構職員から任命されたことは、今後の ITU-T における国際標準化活動の議論の主導的役割につながる優れた成果である。

機構の研究開発成果の最大化を目指すため、製品・サービスの普及やグローバル展開によるデファクト標準を含め、我が国が最終的に目指すものを意識し、その成果を戦略的に ITU 等の国際標準化機関や各種フォーラムへ寄与文書として積極的に提案する。このとき、機構内における産学官連携や、標準化関連団体と密接に連携して取り組むほか、国内外の専門家の活用も行う。

れた。その副議長を機構職員が務め、メタバースのユースケースや相互接続技術要件等の検討やその運営に貢献した。また、機構の推進するデジタルツインオーケストレーションに関連して、メタバースオーケストレーション機能の成果文書への記載を支援した。各課題は、関係 SG に割り当てられ、継続して議論されている。

- APT 無線グループ(AWG)では、機構職員が AWG 名誉議長やタスクグループ議長として、鉄道無線アプリケーションの 5G 技術に関する「ミリ波レーダー・センサー」及び「UHF 帯 ITS アプリケーション」の新レポートについて、作業文書の作成・改訂の主導、提案支援を行った。また、地上系ネットワーク(TN)と非地上系ネットワーク(NTN)の事業者間連携に関して、機構からの新レポート提案の支援を行い、作業グループの新たな立上げの議論を促進させた。
- IOWN グローバルフォーラムでは、非地上系ネットワーク(NTN)関連の提案について働きかけた。また、機構の推進するデジタルツイン関連技術を「デジタルツイン用データ流通アーキテクチャ文書」に反映させた。

※ IMT-2030 は、ITU における B5G/6G の呼称

- 機構内の各研究所・センター等と連携し、国際標準化機関等の会合に毎年延べ 600 人程度が出席し、寄与文書を毎年 200 件程度提出している。これにより機構の研究成果に基づく国際標準等、毎年 20 件程度の成立に貢献している。(再掲)
- 量子鍵配送技術については、ITU-T SG17(セキュリティ)において、量子鍵配送ネットワーク(QKDN)構築に必要となる「認証と認可」、「制御と管理のセキュリティ」等を規定する勧告を成立させた。
- ネットワークアーキテクチャについては、ITU-T SG13(将来ネットワーク)において、地上系ネットワーク(TN)と非地上系ネットワーク(NTN)の統合制御システムアーキテクチャに関する勧告を成立させた。また、インターネット技術特別調査委員会(IETF)において、欧米の通信事業者や製造事業者等と共同提案した「マルチキャスト通信品質を計測するテレメトリー規格」をプロポーゼドスタンダードとして成立させた。インターネットリサーチタスクフォース(IRTF)において、情報指向ネットワークのネットワークコーディング技術を適用する際の要件の明確化の標準等を成立させた。

令和6年度より開始した「標準化スキルアップ研修」において、標準化活動経験が豊富な機構内専門家により、4名の若手研究者、技術者に対して知識・ノウハウの継承と標準化会合におけるオンサイト支援を行ったことは、今後の国際標準化専門人材の育成につながる優れた成果である。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

【取組が標準化につながっているか】

以下に示す、顕著な成果が認められる。

- 量子鍵配送技術については、ITU-T SG17(セキュリティ)において、量子鍵配送ネットワーク(QKDN)構築に必要となる「認証と認可」、「制御と管理のセキュリティ」等を規定する勧告を成立させたこと。
- 令和6年度からの取組として「標準化スキルアップ研修」を開始した。標準化活動経験が豊富な機構内専門家により、令和6年度は4名の若手機構職員に対し、知識・ノウハウの継承と標準化会合におけるオンサイト支援を行うことにより、標準化専門家候補を育成したこと。
- ITU-R では、令和5年 11 月に

機構は ICT 分野の専門的な知見を有しており、中立的な立場であるため、標準化に関する各種委員会への委員の派遣等を積極的に行い、国内標準の策定や国際標準化会議に向けた我が国の対処方針検討に貢献する。

- テラヘルツについては、IEEE において、陸上移動業務及び固定業務が 275-450GHz の一部を使用することを認めた ITU の令和元年世界無線通信会議(WRC-19)の結果を第5期に入ってから、High Data Rate 無線規格に反映させた。また、275-3000 GHz の周波数領域で運用する能動業務の技術動向報告(第2版)を ITU-R レポートとして発行した。
- 電磁環境技術については、国際無線障害特別委員会(CISPR)において、30MHz 以下の放射妨害波(省エネ家電等から発生)の測定方法を定めた規格を改訂した。同様に、30MHz 以下の放射妨害波の測定施設(電波暗室)の特性の検証方法を定めた規格を改訂した。また、国際電気標準会議(IEC)/IEEE で、頭部および身体に近接した無線機器から発射される人体ばく露量(電力密度)の「測定による評価手順」及び「計算(シミュレーション)による評価手順」の標準等を成立させた。
- 光電波融合アクセス基盤については、IEC において、コヒーレント光検出器のコモンモード抑圧比の計測方法を策定、成立させた。また、光電変換デバイスの非線形応答の計測方法を策定、成立させた。
- サイバーセキュリティについては、ITU-T SG17(セキュリティ)において、5G の運用保守のための包括的セキュリティガイドラインに関する勧告を成立させた。また、ITS 車載器用ソフトウェアの遠隔更新のためのセキュリティに関する勧告を改訂した。
- IOWNについては、IOWNのデータ処理中のデータ保護を目的とする PET アーキテクチャ、通信中のデータ保護を目的とする MFS アーキテクチャを策定、成立させた。
- 国際標準化会議等における役職者として、ITU-T SG13(将来ネットワーク)議長をはじめ、毎年 25 名程度の職員が 70 程度のポストを務め、議論のリード、取りまとめを実施している。また、国内標準や国際標準化会議に向けた我が国の対処方針の検討を行う国内委員会等の役職者として、毎年 40 名程度の職員が 80 程度のポストを務め、審議に貢献している。
- 令和6年 10 月に開催された ITU 世界電気通信標準化総会(WTSA-24)で、SG13 議長、SG11(プロトコル)副議長に機構職員から任命された。また、旧 SG16(マルチメディア)と旧 SG9(ケーブルテレビ)が統合し SG21(マルチメディア・ケーブルテレビ)が新設され、その運営にも機構職員が役職者として携わっている。

Beyond 5G に関する最初の標準 M.2160「IMT-2030 フレームワーク勧告」が策定された。機構はテラヘルツ、時空間同期、非地上系ネットワーク(NTN)等の研究技術に基づき技術特性の数値目標を提案し、Beyond 5G の目標性能として反映されたこと。

• 令和6年 10 月に開催された ITU 世界電気通信標準化総会(WTSA-24)で、SG13 議長、SG11(プロトコル)副議長に機構職員から任命された。また、旧 SG16(マルチメディア)と旧 SG9(ケーブルテレビ)が統合し SG21(マルチメディア・ケーブルテレビ)が新設され、その運営にも機構職員が役職者として携わっていること。

	また、標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の開催を支援することにより、研究開発成果の標準への反映や国際的な周知広報を推進し、我が国の国際競争力の強化を目指す。 戦略的かつ重点的な標準化活動を推進するために、総務省とも連携しつつ、機構の標準化に係るアクションプランを明確化し実施する。	- 標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の開催支援については、適宜を行った。令和5年 11 月にアジア太平洋電気通信共同体(APT)の 12 名の研修生を受け入れ、施設見学を行うとともに、災害通信システム等に関する講義を実施し、アジア各国との相互理解を深めた。 - ARIB との連携協定に基づき、両組織の理事等から構成される連絡会を毎年開催し、Beyond 5G に関する情報交換や、無線分野の標準化等について意見交換を実施した。また、新技術説明会の開催を ARIB の発行する会員誌 ARIB News に掲載してもらうなど、Beyond 5G の取組について連携が図られた。 - 機構職員に標準化活動の最新動向を提供するため、毎年「標準化セミナー」を開催し、その年のトピックを設定し、情報共有を図った。 - 標準化機関発行の各種雑誌への機構職員による技術動向や標準化活動に関する寄稿を行った。また、それらの各種雑誌の発行情報について、機構内 HP への報告の掲載等により機構内に情報提供を行った。 - 研究開発成果の効果的・効率的な国際標準化に資するため、重点分野や具体的な行動計画等を定めた「情報通信研究機構標準化アクションプラン」について、研究開発・標準化活動の進展や標準化機関の動向の変化を踏まえて、毎年度末に改定し、1～2年先のアクションを明確化して戦略的な標準化活動を推進した。 - Beyond 5G に関する標準化支援の充実等のため、標準化推進室の標準化専門家2名を追加で雇用し、体制の充実を図った。	
2－6. 研究開発成果の国際展開の強化 世界の社会課題解決及び我が国の国際競争力の維持を実現するため、積極的な国際連携を通じて、NICT の優れた研究開発成	2－6. 研究開発成果の国際展開の強化 世界の社会課題解決及び我が国の国際競争力の維持を実現するため、積極的な国際連携を通じて、機構の優れた研究開発成果の国際展開に取り組む。このため、有力な海外の研究機関や大学等との協力協定の締結取組を推進し、また、国	＜評価軸＞ - 取組が研究開発成果の国際展開につながっているか。 ＜指標＞ 【評価指標】 - 国際連携・国際展開の活動状況 2－6. 研究開発成果の国際展開の強化 - 戦略領域を踏まえ有力な海外の研究機関や大学等との分野的・包括的協力協定(覚書等)の締結に取り組むとともに、海外の政府及び研究機関との意見交換、共同研究の形成等を実施した。有力な海外の海外機関等との覚書等の締結及び意見交換を継続的に実施する。 - 二国間・多国間の国際研究集会の開催を通じて、海外の研究機関・大学等との研究交流・連携を推進し共同研究案件の形成に寄与した。 - 国際インターンシップ研修員の受入支援及び機構に在籍する外	2－6. 研究開発成果の国際展開の強化 米国、欧州、ASEAN 諸国等との二国間及び多国間の国際研究プログラムの推進、国際研究集会の開催を通じて、海外の研究機関・大学等との研究交流・連携を推進し共同研究案件の形成に寄与したことは、我が国の国際競争力の維持、及び積極的な国際連携を通じた機構の優れた研究開発成果の

果の国際展開に取り組む。

NICT が持つ研究開発成果や研究人材、人的ネットワークを基盤に、国際的な共同研究や人材交流、研究ネットワーク形成等の国際連携を積極的に推進することにより、NICT の研究開発成果をグローバルに最大化するよう取り組む。

国際研究集会の開催や国際インターンシップ研修員制度による人材交流を積極的に行い、国際的な研究連携（体制）を深化させ、グローバルな視点でのオープンイノベーションを目指す共同プロジェクトが効果的に創出されるよう取り組む。また、機構の研究者が海外機関と連携して創出した共同プロジェクトを推進するプログラムを継続する。

- 米国や欧州とは、政策対話や科学技術協力協定の下で実施してきた日米国際共同研究プログラム及び日欧国際共同研究プログラムを継続し、先進技術分野の国際競争力維持・強化につながる戦略的な国際共同研究プロジェクトを創出し推進する。
- アジア諸国とは、これまで機構がリーダーシップを発揮し推進してきた研究連携ネットワークの活動をさらに進め、人材育成や SDGs への貢献にもつながる ICT を活用した共通の課題解決を目指す国際共同プロジェクトを積極的に創出し推進する。また、これらの取組を効率的に行うため、アジア諸国の関係機関との戦略的パートナー

国人研究者等を支援する日本語研修を実施した。

- 安全保障輸出管理について確実な審査を実施するとともに、コンプライアンス徹底のため機構職員に対する周知啓発を実施した。
- 機構の研究開発の国際連携及び成果の国際展開を推進するため、機構の職員からのボトムアップによる提案を支援するプログラム（国際連携展開ファンド）を継続的に実施した。
- 米国との政策対話や科学技術協力協定に基づき、ネットワーク（JUNO3）、計算論的神経科学（CRCNS）の2つの領域を対象に NSF と共同で国際研究プログラムを推進し、著名な科学誌への掲載、受賞等の成果を挙げた。令和7年度も NSF と共同で JUNO3 と CRCNS を推進した（見込）。
- 欧州との政策対話や科学技術協力協定のもとで欧州委員会及び総務省と共同で実施する日欧国際共同研究については、欧州委員会の方針変更に伴い令和4年度に日欧国際共同研究が中断されたため、機構が独自に欧州の研究機関等との間で戦略領域を中心とした国際共同研究に取り組むこととし、令和5年度からは Beyond 5G の分野でドイツ、フランスの研究機関との間で国際共同研究を推進した。
- アジア諸国のうち台湾とは、国家実験研究院及び国家宇宙センターとの間で共同研究を継続的に推進している。
- ASEAN 地域との連携により ASEAN 地域の共通課題の解決や共同研究開発の促進に貢献し、人的ネットワーク形成、研究成果の国際展開等を推進するため、機構が運営委員会の議長及び事務局を担当するなど、主導的に ASEAN IVO の活動を推進している。ASEAN IVO は、発足時 23 機関だった加入機関が、令和6年度は新たに 13 組織が加盟し、発足当初の約4倍の計 98 機関となり、発足から 10 年で ASEAN 地域における存在感のあるフレームワークに成長した。
- ASEAN IVO では、複数の国の研究者が参加する共同研究開発プロジェクトを毎年5件程度採択し実施している。また、ASEAN IVO

国際展開に資する着実な取組である。

北米、欧州、アジアの各連携センターにおいて、総務省や在外公館、関係機関とも連携・協力をしつつ、各国の研究機関、大学等と重点分野を中心とした覚書締結への寄与、機構が実施する研究開発の国際連携・展開の支援等で機構の国際展開を支援するためのハブとしての機能を発揮し、機構の研究開発についての情報発信で機構と海外の機関との研究交流を促進するなど機構の研究開発成果をグローバルに最大化する取組を行った。

以上のことから、中長期計画を着実に達成し、成果の創出が認められたため、評定を「B」とした。

【取組が研究開発成果の国際展開につながっているか】

以下に示す、着実な成果が認められる。

- 安全保障輸出管理について確実な審査を実施するとともに、コンプライアンス徹底のため機構職員に対する周知啓発を実施したこと。
- プロジェクトの創出と推進、成果の展開のため、機構自らが展示会への出展等を実施した。北米、欧州、アジアの各連携センターは、総務省、在外公館、関係機関等と連携・協力を図りつつ、機構の国際展開を支援するため

シップの構築を進めていく。

- プロジェクトの創出と推進、成果の展開においては、機構自らが国際イベントの開催や国際展示会への出展等を行うのみならず、各国の政府機関や組織、総務省や在外公館、関係機関とも積極的に連携を図り、効果的な方策に取り組む。また、このような国際的な活動を通じて、公開情報のみでは得られない海外情報の継続的・体系的・組織的な収集・蓄積・分析に努める。
- 北米、欧州、アジアの各連携センターは、総務省や在外公館、関係機関とも連携・協力をしつつ、機構の国際展開を支援するためのハブとしての機能を発揮する。そのため、各連携センターでは、上述した国際展開の各取組を実施し、これらに対する支援を行うとともに、機構の研究開発についての情報発信、機構と海外の機関との研究交流や連携の促進に取り組む。また、特に国際展開を目指す研究開発分野においては、相手国・地域への展開・社会実装を目指すとともに、機構の研究開発成果を技術移転した日本企業による海外展開等を目指した取組を行う。

の実施においては、機構の国際インターンシップ研修員制度を活用することで人材育成にも貢献している。

- プロジェクトの創出と推進、成果の展開のため、機構自らが展示会への出展等を実施した。北米、欧州、アジアの各連携センターは、総務省、在外公館、関係機関等と連携・協力を図りつつ、機構の国際展開を支援するためのハブとして活動した。具体的には、各国の研究機関、大学等と重点分野を中心とした覚書締結への寄与、機構が実施する研究開発の国際連携・展開の支援、機構の研究開発についての情報発信、機構と海外の機関との研究交流・連携の促進を実施した。
- 北米においては、令和3年4月、令和4年5月及び令和6年4月の日米首脳共同声明並びに令和5年5月の日米首脳会談に基づき、Beyond 5G、AI、量子科学技術、サイバーセキュリティ等の分野での研究開発の連携の促進及び具体化を図った。令和7年度においても、「NICT Forum」を開催し、毎年開催するイベントとして定着化させることにより、更なる人脈形成等を図った（見込）。また、令和6年度に実施した米国・カナダの政府機関・研究機関等との各種連携を具体化した（見込）。
- 欧州においては、フランスやドイツの研究機関との連携の促進・具体化を図り、各国の研究機関等と覚書の締結を通じて各機関との連携を推進した。Beyond 5G や AI 分野については、フランスの Inria や CNRS 等との意見交換を実施し、研究開発等の協力を推進した。
- アジアにおいては、タイのチュラロンコン大学、NECTEC、科学技術省水文情報研究所、KMITL 及びシンガポールの情報通信開発庁等の東南アジアの大学、公的研究機関と連携枠組の構築・拡大に向けてハイレベルで意見交換した。また、チュラロンコン大学、チェンマイ大学、KMITL、タイ地理情報・宇宙技術開発機関等との覚書の更新に寄与するとともに、チュラロンコン大学との共同研究課題数を3から5に拡大させた。APT の支援の下マレーシア・ブルネイ・インドネシア・日本共同の防災関連研究プロジェクトの

のハブとして活動した。具体的には、各国の研究機関、大学等と重点分野を中心とした覚書締結への寄与、機構が実施する研究開発の国際連携・展開の支援、機構の研究開発についての情報発信、機構と海外の機関との研究交流・連携の促進を実施したこと。

- 米国との政策対話や科学技術協力協定に基づき、ネットワーク（JUNO3）、計算論的神経科学（CRCNS）の2つの領域を対象に NSF と共同で国際研究プログラムを推進し、著名な科学誌への掲載、受賞等の成果を挙げた。令和7年度も NSF と共同で JUNO3 と CRCNS を推進したこと（見込）。
- 二国間・多国間の国際研究集会の開催を通じて、海外の研究機関・大学等との研究交流・連携を推進し共同研究案件の形成に寄与したこと。

			提案・実施を主導した他、チュラロンコン大学と共同ワークショップを機構内部署とともに毎年開催する等、共同研究の促進及び機構の国際展開に向けた取組を推進した。	
2-7. 国土強靱化に向けた取組の推進 自然災害、未知の感染症等による被害から国民の生命・財産を守るため、NICT の耐災害 ICT 等に係る研究開発成果の普及や社会実装について、継続的に取り組むものとする。 さらに、研究開発成果の最大化のため、仙台の拠点を中心とし、地方公共団体を含めた産学官の幅広いネットワーク形成や情報の収集・蓄積・交換、共同研究、標準化、社会実装、研究成果・技術移転事例の蓄積等を推進するものとする。加えて、防災組織や大学研究機関等多様な主体との産学官	2-7. 国土強靱化に向けた取組の推進 国土強靱化に向けた研究拠点機能及び社会実装への取組を更に強化するため、耐災害 ICT をはじめ、災害への対応力を強化する ICT に係る基盤研究、応用研究及びこれらの研究成果に基づく社会実装に向けた活動を連携して取り組む体制を整備する。また、研究開発の着実な推進及び研究拠点機能の強化に向けて、大学・研究機関等との共同研究等を通じて、外部研究機関との連携を強化する。さらに、研究開発成果の社会実装に向けて、地方公共団体を含めた産学官、企業を含む民間セクター、NPO といった様々なステークホルダーの垣根を超えたネットワークの形成、知見・事例の収集・蓄積・交換、研究成果・技術移転等の蓄積及び地方公共団体等の利用者ニーズの把握のため、耐災害 ICT に係る協議会等の産学官連携活動に積極的な貢献を行う。 加えて、研究開発成果を活用した実証実験の実施、地方公共団体が実施する総合防災訓練等における研究開発	<評価軸> ・取組が耐災害 ICT 分野等の産学官連携につながっているか。 <指標> 【評価指標】 ・産学官連携等の活動状況	2-7. 国土強靱化に向けた取組の推進 ・国土強靱化に向けた研究拠点機能及び社会実装への取組を更に強化するため、仙台の拠点を令和3年4月にレジリエント ICT 研究センターへ改称し、光ネットワークの障害予兆検知及び機能復旧技術、ネットワークが動的に変化するタフフィジカル空間における情報通信基盤構築技術や自然環境の急変を検知する自然環境計測技術の研究開発、並びに社会実装等成果最大化のための3室体制を整備した。 【耐災害 ICT 研究協議会】 ・当機構が事務局を担当する耐災害 ICT 研究協議会では、総会（令和3年7-8月：コロナ禍のため、書面開催。令和4年7月、令和5年7月、令和6年6月はオンライン。）を開催した他、有識者による講演やパネル討論等を企画し、レジリエント研究シンポジウム（令和4年2月/11月、令和5年12月、令和6年10月）等を開催した。令和5年度の総会において、機構の技術シーズ移転先企業の3社が構成員となった（令和6年度現在、36機関）。自治体向けに作成し公開していた「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」を近年の DX 化やクラウド化に対応する自治体の状況や技術の進歩に対応させるため、令和5年の総会で有識者によるガイドライン改訂タスクフォース（TF）を立ち上げ、同年10月から産学官の講師によるセミナーを3回開催し、TF 会合で改訂内容の検討を重ね、約4年ぶりに大幅改訂し、「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドブック 2024」を令和6年11月に発行し公開した。その後、最新の状況や情報への更なる内容更新、新たな論点の追加等のため、産学官の講師によるセミナーと有識者による編集会議（TF から改称）を令和6年度末までに各3回開催した。令和7年度にも編集会議を開催して、2025年版を令和7年度に発行する（見込）。 【地域デジタル・通信基盤『NerveNet: ナーブネット』】 ・国内実装： フェーズフリー（平常時のフリーWi-Fi 利用や観光客向け情報サービス等にも、災害時の避難誘導等にも利用可能）な自治体自	2-7. 国土強靱化に向けた取組の推進 地域デジタル・通信基盤「NerveNet: ナーブネット」について、国内展開支援、国内実装と発展検討、海外展開を軸に進めた実績は想定を上回る大きな成果である。このような技術においては、研究開発フェーズから社会実装フェーズに移行した先端技術を国土強靱化（自治体等の災害時の通信対応能力強化など）のために実効性高く導入していく必要があるものであり、そのためには、導入側の技術理解向上を図りつつ、平時のサービスとも融合させながら普及・浸透を図っていくことが重要である。本項目の業務では、このような視点を重視し、具体的に複数の自治体と緊密な連携のもとで進め、国の制度による支援獲得による具体実装の加速への貢献まで到達し、各地の平時のサービスとも融合した企画創出とそれによるリテラシー向上にまで到達してきたことは、機構が取り組んできた先端技術の具体的社会実装例としても極めて優秀なものであり、こうして実用化、普及させることが災害時のスムーズな利活用の必須要件であることから、この成果がこれからの国土の強靱化についての重要な優れた意義を持つものであること

連携、災害時を想定した ICT システムの具体的な標準モデルやガイドラインの策定等を通じて社会実装を促進するものとする。	成果の活用・展開及び災害発生時の円滑な災害医療・救護活動等に貢献するための ICT システムの標準モデルやガイドラインの策定に関する取組等を通じて、研究開発成果の国土強靱化に向けた社会実装の促進を図る。	営情報基盤として、令和4年度、全国の自治体に先駆けて、和歌山県白浜町の白浜地区に基地局 15 局が整備された。その後、令和5年度に5局(日置地区)、令和6年度に 13 局(富田地区)が整備され、合計 33 局の構成となった。宮崎県延岡市では、令和5年度に基地局 20 局(市内中心部)が整備され、令和6年度に 13 局(主として山間部)が整備され、合計 33 局の構成となった。北海道更別村では、令和5年度に3局が整備された。なお、白浜町では、陸上自衛隊中部方面隊が実施した最大規模の災害対処訓練(南海レスキュー2024)において、南紀白浜空港の基地局が用いられた。 - 国内展開支援: 自治体の課題に合致したシステム構成やアプリケーションを検討するシーズ/ニーズマッチング、コスト面を含めた自治体の職員や議員への説明、地元企業や学術機関を含めた体制構築助言などの総合的な技術コンサルテーションを行い、セキュリティ機能を活かした総合行政ネットワーク(LGWAN)接続を実現した。また、既整備自治体による住民や観光客を対象とした利活用喚起キャンペーンの企画実施、機構が開催する会合等での既整備自治体の担当者(令和5年度:レジリエント ICT 研究シンポジウム 2023 にて白浜町職員)や首長(令和6年度:レジリエント ICT 研究シンポジウム 2024 にて延岡市長)による講演、各自治体での実装・利活用の紹介ビデオと公開、ガイドブック(耐災害 ICT 研究協議会作成)や事例紹介(「地域社会 DX ナビ」:総務省 Web)への掲載等、多様な形態でナーブネットの概要や利活用事例のアピールを行った。九州では、延岡市での基地局整備施工企業が技術移転先企業と代理店契約を締結し、九州内自治体(201 市町村)への概要説明等を行った。これらの展開支援活動の結果、既整備自治体では高機能化や基地局増設、約 10 市町村が新規整備に係る予算案の検討を進めており、既整備自治体の延岡市と更別村での令和7年度中の増設や高度利用化が決定した。なお、担当研究者が、世界初の耐災害ネットワークシステムの実用化と展開による社会貢献に対して、第 66 回(令和2年度)前島密賞奨励賞を令和3年4月9日に受賞した。 - 海外展開: 令和5年度、ネパール政府の要請を受けた、Dullu 自治区でオンライン教育や患者情報共有等の行政サービスに利用されるネットワークを両国の NPO や企業と共同で基地局3局を整備し、同自	からも、現中長期目標期間に到達した成果レベルとして、当初の想定を大きく上回るものと認識できる。また、この成果が海外へも導入され始めたことは、国境を超えた強靱化への貢献として高い意義をもつものであるとともに、この技術が国際的にも普遍性を持つ優れた成果であることの証明でもある。 「防災チャットボット(SOCDA)」について、商用サービスが開始され、(導入自治体数:120)。実証実験を進めてきた神戸市も令和6年 12 月に LINE「神戸市災害掲示板」の運用を開始したことや、DISAANA と D-SUMM を「令和6年能登半島地震」の発生3時間後に再稼働し、令和6年3月 29 日まで公開して貢献したことなど、災害や強靱な国土維持を健全に実現していくための情報利活用技術においても、具体的なユーザに浸透させたことは、国土強靱化のために極めて重要な意味を持つものである。 さらに、SIP における連携成果である複数通信システムを用いて通信回線を多重化して通信帯域を最大化するとともに、公衆通信途絶環境下でも接近時通信により情報共有を維持するシステム(X-ICS:クロス・イクス)の研究開発と実動機関による有効性検証について、自衛隊や自治体との具体的実証活動が進んだことや、一部の自治体でのナーブネットとの連携運用

治区による維持と運用が開始された。また、令和6年度、スリランカ(Gampola 市)において、国内 NPO 法人等の両国産学官機関と連携して、紅茶農場内の環境監視や河川氾濫モニタ等のための基地局 10 局(LoRa ナーブネット9局、Wi-Fi ナーブネット1局)を整備し、現地で維持や運用する体制に引き継いだ。なお、世界銀行主催の展示会や会合、世界防災フォーラム、台湾やウズベキスタン等からの視察等において、海外向けにナーブネットの概要や国内外利活用事例等をアピールした。

【防災チャットボット(SOCDA: SOCIal-dynamics observation and victims support Dialogue Agent platform for disaster management)】

・DISAANA(対災害 SNS 情報分析システム: X(元 Twitter)への投稿を分析し災害情報を抽出して表示するシステム)と D-SUMM(災害状況要約システム)の関連技術を応用し、内閣府 SIP 第2期「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」のテーマ1避難・緊急活動支援統合システムの研究開発」の研究開発項目「対話型災害情報流通基盤の研究開発」(平成30年度～令和4年度)において、防災科研や民間企業と連携して国民一人ひとりの避難と災害対応機関の意思決定を支援する「防災チャットボット(SOCDA)」の研究開発や実証実験を民間企業の協力を得て実施した。研究開発成果を学術発表した他、防災訓練を通じた実証実験では、基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)とも連携するなどその機能を確認した。令和2年4月からは、連携先企業による自治体での商用利用が開始され早期に社会実装もなされた。さらに、令和3年11月には、AIを備えた防災チャットボット SOCDA が人間の代わりに大勢の被災者と自動的に LINE で対話をし、被災情報収集・分析や避難支援を行うLINE アカウント「AI 防災支援システム」が AI 防災協議会から公開され、実証実験を進めてきた神戸市では、令和6年12月、LINE「神戸市災害掲示板」として神戸市による運用が開始された。同じく連携先企業により SOCDA に基づいた独自の商用サービスも開始された(導入自治体数(令和6年度):120)。令和3年1月17日に AI 防災協議会が神戸市において消防団員と市民を対象にした訓練を実施し、令和6年2月13日に発生した福島県沖地震の際、南相馬市において、市民から投稿された情報から水道トラブルを把握し、公式情報(断水情報)や推定情報(建物被害推定)では現れない実被害を SOCDA が検出可能であることが確認された。なお、SOCDA の要素技術である DISAANA(平成27年4月8日から試験公開)と D-SUMM(平成28

実証や関係機関(ATR/NIED 等)と研究開発したデータ連携機構の実証など、技術を複合的に利用して国土や自治体の強靱化実現へのアイデアの拡張への可能性が拡大したことも、当初の想定を上回る優れた成果である。

以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

【取組が耐災害 ICT 分野等の産学官連携につながっているか】

以下に示す、特に顕著な成果が認められる。

・フェーズフリー(平常時のフリー Wi-Fi 利用や観光客向け情報サービス等にも、災害時の避難誘導等にも利用可能)な自治体自営情報基盤として、令和4年度、全国の自治体に先駆けて、和歌山県白浜町の白浜地区に基地局 15 局が整備された。その後、令和5年度に5局(日置地区)、令和6年度に 13 局(富田地区)が整備され、合計 33 局の構成となった。宮崎県延岡市では、令和5年度に基地局 20 局(市内中心部)が整備され、令和6年度に 13 局(主として山間部)が整備され、合計 33 局の構成となった。北海道更別村では、令和5年度に3局が整備された。なお、白浜町では、陸上自衛隊中部方面隊が実

年10月18日から試験公開)は、令和5年12月28日で試験公開を終了したが、令和6年1月1日16時過ぎに発生した「令和6年能登半島地震」を受け、発災3時間後の19時前に再稼働し、試験公開中の利用者などの要望に応える体制とし、令和6年3月29日まで運用を継続し、約8年間の公開を終了した。担当研究者が令和6年度「電波の日・情報通信月間」記念式典において、SNS上の投稿や対話の内容から災害関連情報の分析をリアルタイムに行うシステムの開発や被災情報の収集を行う防災チャットボットを企業等と共同開発し、災害時の安全確保及び救助活動に寄与するシステムの開発への多大な貢献に対し、「近畿情報通信協議会会長表彰(個人)」を令和6年6月3日に受賞した。

【自然環境計測技術】

・火口映像の利活用:

「映像IoT技術(目)とインフラサウンド技術(耳)による新しい火山活動研究」は、2大学と共同で東北大学マッチングファンド(令和3年度)や科研費(令和4年度～令和6年度)を獲得し、令和4年9月から電源自立型観測装置を霧島硫黄山の火口付近に設置し、高精細カメラによる噴出口映像の撮影と伝送を継続し、学術研究で利用された他、第152回火山噴火予知連絡会(令和6年7月1日開催)や第153回火山噴火予知連絡会(令和6年2月22日開催)で引用され、周辺自治体(覚書締結:令和5年12月25日に宮崎県えびの市及び小林市。令和6年3月21日に宮崎県。)に対して継続的な映像提供を開始した。令和6年度、えびの市が5月20日付で宮崎県知事に対して提出した河川白濁対策の要望書の表紙に白濁の原因となった火山の活動が活発化した火口部の現状を訴えるために引用された。また、10月2日にえびの市が実施した火山防災訓練では、宮崎県や近隣自治体などの防災関係者が視察する中、火口映像で現状確認を行うことから訓練が始まった。訓練終了後、現在規制中の遊歩道を通行可能とした場合、観光と防災を両立する観点から、火口活動に応じて避難を呼びかけるためには高精細映像の必要であると評価された。

・インフラサウンド(超低周波音)センサーの開発と製品化:

大規模な地震や噴火活動を捉えるインフラサウンドセンサーとして、小型インフラサウンドマイクロホンを用いる安価で正確な観測装置を開発し、従来の高価なセンサーと同程度のサブPaレベルの信号が観測可能であることを実証した。令和6年度、国内の機構各地拠点や高専、自治体等25か所(北海道:4、宮城:6、東

施した最大規模の災害対応訓練(南海レスキュー2024)において、南紀白浜空港の基地局が用いられたこと。

・自治体の課題に合致したシステム構成やアプリケーションを検討するシーズ/ニーズマッチング、コスト面を含めた自治体の職員や議員への説明、地元企業や学術機関を含めた体制構築助言などの総合的な技術コンサルティングを行い、セキュリティ機能を活かした総合行政ネットワーク(LGWAN)接続を実現した。また、既整備自治体による住民や観光客を対象とした利活用喚起キャンペーンの企画実施、機構が開催する会合等での既整備自治体の担当者(令和5年度:レジリエントICT研究シンポジウム2023にて白浜町職員)や首長(令和6年度:レジリエントICT研究シンポジウム2024にて延岡市長)による講演、各自治体での実装・利活用の紹介ビデオと公開、ガイドブック(耐災害ICT研究協議会作成)や事例紹介(「地域社会DXナビ」:総務省Web)への掲載等、多様な形態でナブネットの概要や利活用事例のアピールを行った。九州では、延岡市での基地局整備施工企業が技術移転先企業と代理店契約を締結し、九州内自治体(201市町村)への概要説明等を行った。これらの展開支援活動の結果、既整備自治体では高機能化や基地局

京：5、高知：1、鹿児島：5、沖縄：4)に設置し、地震や火山噴火、火球等が発生した際に分析や検証等を行っている。例えば、令和6年能登半島地震について、約300km離れた愛知県で観測されたデータからインフラサウンドの到来方向および伝搬速度を推定した。なお、当機構の観測データの一部(令和6年度に3か所分を追加し計7か所分)は、自治体や大学等が設置するセンサーの観測データ(令和6年度、岩手県：3、三重県：3、愛知県：3、大学共同利用機関法人・大学：3)と共に日本気象協会の Web サイトで公開され、関係機関の研究開発等の利活用されている。また、当該センサーは企業で製品化され、同社が火山観測として提案した山梨県による『やまなし火山防災イノベーションピッチコンテスト』で採択され、噴火活動再開が懸念されている富士山周辺3か所にセンサーを設置し、県の研究機関等で火口位置特定等の実証実験が開始された。

- 東北大学マッチングファンド(令和3年度)で、廃炉プラントでの電波可視化技術等を用いたレジリエントなロボット遠隔制御の実証に着手し、福島国際教育研究機構の研究公募へ東北大学、他2大学と1技術研究組合共同応募し、「困難環境の課題を解決する『空間エージェント網』の研究教育」(令和5年度～令和11年度)が採択され、開発したロボット遠隔制御技術を CEATEC で展示した。令和6年度、1大学が新たに加わり6機関が連携する体制に拡大した。

【ダイハードネットワーク関連】

- ダイハードネットワーク(DHN:様々な通信手段を重層使用し、どのような状況下においても情報の流通を途切れさせないネットワークコンセプト)の実用展開:DHNを実現するため、民間企業と連携して開発した通信途絶地域においてもエッジノード同士が近接通信に認証を伴うデバイス同士の高速接続により情報を同期共有できるようにする基盤技術である「接近時高速無線接続技術」は、共同で特許取得し、高知県香南市の防災情報システムである「防災情報通信・管理システム」に採用され、香南市より構築するシステムの設計及び評価を行う委託研究を民間企業と共同で受託(令和元年度～令和4年度)し、通信機器の基本特性の測定及びシステム性能評価(スループット、パケットロス、エリアカバー率等)を実施し、基地置局の選定など同システムの設計検討に大きく貢献した。その結果に基づき、「防災情報通信・管理システム」が令和3年度から導入が始まり、図上訓練や委託研究などの成

増設、約10市町村が新規整備に係る予算案の検討を進めており、既整備自治体の延岡市と更別村での令和7年度中の増設や高度利用化が決定したこと。

- SIP 第3期「スマート防災ネットワークの構築」のサブ課題「災害実動機関における組織横断の情報共有・活用」の研究開発テーマ「災害実動機関における現場標準システムの開発」における研究題目「アドバンスド・ダイハードネットワーク(A-DHN)※の開発」(令和5年度～令和9年度):※機関横断情報通信システム X-ICS: Cross-Agency Information and Communication System に改称)において、複数通信システムを用いて通信回線を多重化して通信帯域を最大化するとともに、公衆通信途絶環境下でも接近時通信により情報共有を維持するシステム(X-ICS)の研究開発や災害実動機関(自衛隊、消防、警察)による有効性検証を進めている。令和5年度、愛知県実動機関合同救助訓練に参加して試作機(第1世代)を持ち込み、要望などのヒアリングを行った。令和6年度には、陸上自衛隊各地方方面隊が開催する大規模防災訓練(東北方面隊:みちのくALERT、中部方面隊:南海レスキュー)等の実動機関訓練にて開発した試作機(第1世代と第2世代)を自衛隊員やDMAT関係者等が使用し、有用性の確認や改

果も反映し、令和4年度末に 100 台規模の通信機器(内訳:一般拠点 37 箇所、簡易拠点 41 箇所、移動拠点 28 箇所)から構成され、13 の災害対応業務と連動して部署横断で情報共有ができるシステムとして導入完了となった。同特許技術は、令和3年度に高知市消防局の「災害時オペレーションシステム」にも採用され、9台が実利用されている。

- DHN の研究開発: DHN のもう一つの具現化として、内閣府 SIP 第2期「国家レジリエンス」(防災・減災)の強化」のテーマ1「避難・緊急活動支援統合システムの研究開発」の研究開発項目「接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発」(平成30 年度～令和4年度)において、防災基本計画にも記載され、活用されている基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)に対して、大規模災害等によって公衆通信回線が途絶した被災現場でも、あたかも SIP4D のサーバに接続されているかのように情報の検索・閲覧や災害情報の入力が行える可搬型の代理サーバ機能であるポータブル SIP4D を防災科研や企業と連携して研究開発し、その動作検証を完了した。その成果は、学術発表や訓練での実証実験、展示や講演会等で公開した。例えば、当機構等が開催する講演会(令和3年度:レジリエント ICT 研究シンポジウム 2022、令和5年度:レジリエント ICT 研究シンポジウム)において、香南市職員から同市が導入した「防災情報通信・管理システム」の概要や運用など紹介して、他自治体関係者に対してアピールした。

- X-ICS(クロス・イクス)の研究開発:
DHN の後継研究として、SIP 第3期「スマート防災ネットワークの構築」のサブ課題「災害実動機関における組織横断の情報共有・活用」の研究開発テーマ「災害実動機関における現場標準システムの開発」における研究題目「アドバンスド・ダイハードネットワーク(A-DHN)※の開発」(令和5年度～令和9年度):※機関横断情報通信システム X-ICS: Cross-Agency Information and Communication System に改称)において、複数通信システムを用いて通信回線を多重化して通信帯域を最大化するとともに、公衆通信途絶環境下でも接近時通信により情報共有を維持するシステム(X-ICS)の研究開発や災害実動機関(自衛隊、消防、警察)による有効性検証を進めている。令和5年度、愛知県実動機関合同救助訓練に参加して試作機(第1世代)を持ち込み、要望などのヒアリングを行った。令和6年度には、陸上自衛隊各地方方面

善策のヒアリングを行った。また、関係機関である企業等や防災科研と構築するデータ連携、南海レスキューでは NerveNet と X-ICS を使った通信や EMIS(広域災害救急医療情報システム)との連携等を検証した。さらに、ぼうさいこくたい 2024@熊本や青森県総合防災訓練等で展示し、災害実動機関関係者等にアピールした。令和7年度には、ステージゲート(中間評価)を受け、2年間研究を継続すること(見込)。

- 令和5年度、ネパール政府の要請を受けた、Dullu 自治区でオンライン教育や患者情報共有等の行政サービスに利用されるネットワークを両国の NPO や企業と共同で基地局3局を整備し、同自治区による維持と運用が開始された。また、令和6年度、スリランカ(Gampola 市)において、国内 NPO 法人等の両国産学官機関と連携して、紅茶農場内の環境監視や河川氾濫モニタ等のための基地局 10 局(LoRa ナーブネット9局、Wi-Fi ナーブネット1局)を整備し、現地で維持や運用する体制に引き継いだ。なお、世界銀行主催の展示会や会合、世界防災フォーラム、台湾やウズベキスタン等からの視察等において、海外向けにナーブネットの概要や国内外利活用事例等をアピールしたこと。

隊が開催する大規模防災訓練（東北方面隊：みちのくALERT2024、中部方面隊：南海レスキュー2024）等の実動機関訓練にて開発した試作機（第1世代と第2世代）を自衛隊員やDMAT関係者等が使用し、有用性の確認や改善策のヒアリングを行った。また、関係機関である企業等や防災科研と構築するデータ連携、南海レスキュー2024ではNerveNetとX-ICSを使った通信やEMIS（広域災害救急医療情報システム）との連携等を検証した。さらに、ぼうさいこくたい 2024@熊本や青森県総合防災訓練等で展示し、災害実動機関関係者等にアピールした。令和7年度には、ステージゲート（中間評価）を受け、2年間研究を継続する（見込）。

【国際標準化活動】

- ASTAP (APT Standardization Program Forum)-33 (令和3年6月) にて提案し新作業項目として承認された「レジリエントな地域情報共有・通信システムに関するレポート」について、ASTAP-34 (令和4年4月)/ASTAP-35 (令和5年4月)/ASTAP-36 (令和6年5月)のそれぞれの会合でエディタとして編集作業に貢献するとともに、システムデザインの要件に関する寄書も入力して貢献し、ASTAP-37 (令和7年4月)にて完成する。
- ITU-T SG21 (Multimedia and related digital technologies) の議題”Immersive live experience systems and services”に対して、民間企業との連名で、寄与文書（災害現場での作業効率向上に資するユースケースの提案）を入力し、レポートへ貢献した。
- ITU-D Study Group 1 (The use of telecommunications/ICTs for disaster risk reduction and management) に対して、汎用カメラを用いた煙検出手法による災害リスク低減を記載した寄与文書を入力し、令和6年8月の最終レポートへ反映された。

【宇宙天気、太陽活動（太陽フレア）がもたらす災害の周知啓蒙】

- 約 11 年ぶりに極大期を迎えている太陽活動（太陽フレア）が災害（通信・放送、測位、衛星運用への障害等）をもたらす要因になること、そのリスクを軽減するために宇宙天気予報業務を行っていることについて、国内外の災害関係者への周知啓蒙活動（世界防災フォーラム 2025 での講演）やアウトリーチ活動（仙台防災未来フォーラム 2025 や東北大学サイエンスキャンパスでの講演や関連展示）を行った。

【音声マルチスポット再生スピーカの災害利用】

- エリアによって異なる音を提示可能な「音声マルチスポット再生技

			術」の災害利用として、日英中韓4言語同時避難誘導(4エリアに4言語の避難誘導アナウンスを同期再生)や4方向同時避難誘導(4差路交差点への侵入を想定し、侵入方向に合わせた4つの避難方向を同時再生)を国内外の災害関係者が参加する世界防災フォーラム 2025 で実演し、迅速で確実なアナウンスが求められる災害発生時の避難誘導において、多言語同時再生や適切な方向を誘導することの有用性をアピールした。	
2-8. 戦略的 ICT 人材育成 我が国の国際競争力の強化のため、国として戦略的に取り組むべき ICT 研究開発分野において、NICT の研究成果等を活用した人材育成プログラムを若手技術者、教育指導者等へ提供し、新たな分野を切り拓くことのできる専門性の高い人材育成に取り組む。 また、産学官連携による共同研究等を通じた専門人材の強化、連携大学院協定等による NICT の職員の大学院・大学での研究・教育活動への従事、国内外の研究者や	2-8. 戦略的 ICT 人材育成 我が国の ICT 分野における国際競争力の強化のため、量子技術等機構の研究成果を活用した人材育成プログラムを策定・提供し、我が国の将来を担う若手研究者及び技術者のみならず、教育指導者等へ提供し、新たな ICT 領域を開拓しうる専門性の高い人材育成に取り組む。 ICT 人材育成に関する諸課題の解決に向けて、産学官連携による共同研究等を通じて、幅広い視野や高い技術力を有する専門人材の強化に貢献する。また、連携大学院制度に基づく大学等との連携協定等を活用し、機構の研究者を大学等へ派遣することにより、大学等における ICT 人材育成に貢献する。さらに国内外の研究者や大学院生等を受け入れることにより、機構の研究開発への参画を通して先端的な研究開発に貢献する人材を育成する。	<評価軸> • 取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか。 <指標> 【評価指標】 • 人材育成プログラムの取組実績 • 産学官連携による ICT 人材の育成実績	2-8. 戦略的 ICT 人材育成 • 量子ネイティブ人材を育成するため、(1)一般向けの公開セミナー、(2)専門家からの講義や演習を提供する体験型プログラム、(3)スーパーバイザーの指導の下で研究を実施する探索型プログラムの3つからなる NQC (NICT Quantum Camp) を令和2年度から開始し、発展させつつ運営している。学生や社会人研究者をリサーチアシスタントとして機構に採用し、先端的な研究に取り組ませることで研究人材を育成する「若手チャレンジラボ」を令和4年度より開設した。これらの取り組みにより、着実に様々な階層で量子技術分野の人材育成が進んだ。 • 幅広い視野や高い技術力を有する専門人材の強化に向けて、協力研究員、研修員、招へい専門員の受入れ等を行い、年間 600 人規模の人材育成を継続的に推進している。受入に際しては、コロナ感染症の影響により、全体の受入数が減少した時期もあったが、現在は回復しており、受入数を増やすことで専門人材の育成に貢献している。 • 若手研究者支援の取組として、「Beyond 5G 研究開発促進事業」(新規公募終了)における若手研究者の育成や、科研費獲得に向けた応募手続きの支援を行うセミナーを実施し、研究促進につながるような人材育成を推進している。 • 大学院生の協力研究員の受入については、研究室の要望等を考慮し、令和4年度から一定の条件の下で複数年受入れ(原則は単年度契約)対応を行い、手続きの改善を行った。連携大学院制度に基づき機構の研究者を大学院へ派遣することにより、大学院の ICT 人材育成にも継続的に取り組んでおり、第5期期間中、新たに2つの相手先と連携大学院協定を締結している。 • 令和3年度から研究者受入に関する実態調査、令和4年度には活動終了者への追跡調査、令和5年度からは、派遣元の指導教	2-8. 戦略的 ICT 人材育成 量子ネイティブ人材を育成するため、NICT Quantum Camp (NQC) を令和2年度から開始し、発展させつつ運営している。特に、令和4年度からは、学生や社会人研究者をリサーチアシスタントとして機構に採用し、量子 ICT 技術の先端的な研究開発に挑戦させることで研究人材を育成する「若手チャレンジラボ」を開設するなど、様々な階層で量子分野という我が国の ICT 戦略分野の研究人材の育成と輩出に貢献する優れた成果を上げている。 幅広い視野や高い専門性を有する人材を育成するため、機構では、協力研究員、研修員、招へい専門員の受け入れを積極的に行い、毎年度年間 600 名規模を受け入れていることは、ICT 分野において幅広い視野や高い技術力を有する専門人材に対する需要への対応につながる着実な成果と言える。 以上のことから、中長期計画を着実に達成し、成果の創出が認められたため、評定を「B」とした。

学生の受け入れ等を推進し、一層深刻化する ICT 人材の育成にも貢献するものとする。

官・上司や機構の受入れ担当者の満足度調査を行うことで、人材育成される側とその受入環境の実態把握を進めている。調査結果では、活動目的は「知識の習得」、「共同研究」、「実験」、「論文作成」、「学位取得」の順で、活動をもとに「論文発表での表彰」や「国際規格策定への寄与」につながった事例もあり、指導水準について、高い満足度であることを確認している。これらの結果を受入研究所にもフィードバックすることで、研修プログラム等の改善を促している。

【取組が ICT 人材の需要に対応できるものとして適切に実施されたか】

以下に示す、着実な成果が認められる。

- 量子ネイティブ人材を育成するため、(1)一般向けの公開セミナー、(2)専門家からの講義や演習を提供する体験型プログラム、(3)スーパーバイザーの指導の下で研究を実施する探索型プログラムの3つからなる NQC (NICT Quantum Camp) を令和2年度から開始し、発展させつつ運営している。学生や社会人研究者をリサーチアシスタントとして機構に採用し、先端的な研究に取り組ませることで研究人材を育成する「若手チャレンジラボ」を令和4年度より開設した。これらの取り組みにより、着実に様々な階層で量子技術分野の人材育成が進んだこと。
- 幅広い視野や高い技術力を有する専門人材の強化に向けて、協力研究員、研修員、招へい専門員の受入れ等を行い、年間 600 人規模の人材育成を継続的に推進している。受入に際しては、コロナ感染症の影響により、全体の受入数が減少した時期もあったが、現在は回復しており、受入数を増やすことで専門人材の育成に貢献していること。

2-9. 研究支援業務・事業振興業務等 「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」(平成 22 年 12 月 7 日閣議決定)等の政府決定を踏まえ、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、引き続き効率的かつ効果的に実施していくものとする。また、各業務における支援対象の選定に当たっては、第三者委員会の設置等適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努めるものとする。 ①海外研究者の招へい等による研究開発の支援 高度通信・放送研究開発を促進し、我が国の情報通信技術の研究レベルの向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国	2-9. 研究支援業務・事業振興業務等 (1) 海外研究者の招へい等による研究開発の支援 高度通信・放送研究開発を促進し、我が国における ICT 研究のレベル向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会開催支援」を行う。 また、民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関	＜評価軸＞ ・取組が国際的な研究交流の促進や情報通信サービスの創出につながっているか。 ＜指標＞ 【評価指標】 ・研究交流の取組状況 ・情報通信ベンチャー企業に対する支援の取組状況	2-9. 研究支援業務・事業振興業務等 (1) 海外研究者の招へい等による研究開発の支援 ・「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会開催支援」の公募、審査、契約、精算、事後評価等の業務を実施した。令和3年度から7年度までに、「海外研究者の招へい」(次項の「国際研究協力ジャパントラスト事業」を含む。)43 件及び「国際研究集会開催支援」62 件の支援を実施する見込みである。 ・「国際研究協力ジャパントラスト事業」については前項の「海外研究者の招へい」と一体的に実施した。前項に記載した令和3年度から7年度までの「海外研究者の招へい」の件数のうち、「国際研	2-9. 研究支援業務・事業振興業務等 海外研究者の招へい及び国際研究集会開催支援については、着実に業務を実施した他、応募を増やす取り組みを行った。その結果、各年度において目標(30 件)以上の応募があった。 情報通信ベンチャー企業の事業化等に関する支援については、大学、地方公共団体、地域のスタートアップ支援組織等と連携して、地域における ICT スタートアップ発掘イベントやブラッシュアップセミナー等を開催するとともに、有識者である ICT メンターを派遣し、情報の提供、助言・相談等を実施した。これらの取り組みを踏まえ、起業家甲子園及び起業家万博を開催した。さらに起業家万博出場者等に対し、CEATEC 等への出展機会を提供した。 その他、情報弱者への支援についても、各種助成事業や情報バリアフリー関係情報の提供等を着実に実施した。 以上のことから、中長期計画を着実に達成し、成果の創出が認められたため、評定を「B」とした。 【取組が国際的な研究交流の促進や情報通信サービスの創出につながっているか】 以下に示す、着実な成果が認められる。

際研究集会の開催支援」を行うものとする。ウィズコロナ・ポストコロナ時代において、オンラインでの国際的な研究交流が拡大していく状況を踏まえ、今中長期目標期間では、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の開催支援」について、前期（平成28年度から令和2年度まで）と同程度の実績を目指すものとする。さらに「海外研究者の招へい」においては、招へいごとに、共著論文、研究発表、共同研究成果のとりまとめ、共同研究の締結等の研究交流の成果が得られるものとする。

また、民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関する研究レベルの向上を図るため、

する研究レベルの向上を図るため、「国際研究協力ジャパントラスト事業」による海外からの優秀な研究者の招へいを着実に実施し、上記「海外研究者の招へい」と一体的に運用する。

これらについては、内外の研究者の国際交流を促進し、ICT分野の技術革新につながる優れた提案を競争的に採択するため、積極的に周知活動を行うこととし、オンラインでの国際的な研究交流が拡大していく状況を踏まえ、「海外研究者の招へい（「国際研究協力ジャパントラスト事業」によるものを含む。以下同じ。）」及び「国際研究集会開催支援」の合計で毎年30件以上の応募を集めることを目指す。

さらに、「海外研究者の招へい」については、招へい毎に、共著論文の執筆・投稿や、外部への研究発表、共同研究の締結等の研究交流の具体的な成果が得られるように、働きかけを行う。

「国際研究集会開催支援」は7件の見込みである。

- 公募の周知活動として、大学や研究機関への案内の送付や、学会への周知依頼等を中心に実施した。令和3年度から6年度までに、「海外研究者の招へい」64件及び「国際研究集会開催支援」67件の応募を受け付けており、各年度において、合計で30件以上の応募を集めた。

- 論文投稿や研究発表等の成果がより多く得られるよう、募集要項への記載をはじめ、採択通知時等の機会を捉えて働きかけるとともに、招へい終了の年度末の共著論文数等の調査を行った。

- 各年度において、平成23年度から設置している「ICTメンタープラットフォーム」の下、大学、地方公共団体、地域のスタートアップ支援組織・団体等と連携して、地域におけるICTスタートアップ発掘イベントや、ブラッシュアップセミナー等を開催したこと（見込）。
- 「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会開催支援」の公募、審査、契約、精算、事後評価等の業務を実施した。令和3年度から7年度までに、「海外研究者の招へい」43件及び「国際研究集会開催支援」62件の支援を実施する見込みであること。
- 公募の周知活動として、大学や研究機関への案内の送付や、学会への周知依頼等を中心に実施した。令和3年度から6年度までに、「海外研究者の招へい」64件及び「国際研究集会開催支援」67件の応募を受け付けており、各年度において、合計で30件以上の応募を集めたこと。
- 各年度において、全国から選抜された学生による全国コンテストとして「起業家甲子園」、及び地域から発掘したICTスタートアップが販路拡大等を目的としてビジネスプランを発表する「起業家万博」を、3月に開催したこと（見込）。
- 字幕番組、手話付き番組及び解説番組の制作を助成するため、毎年1月、次年度助成の公募を行い、申請内容を審査し、「放送

民間の公益信託の運用益等を原資として、海外から優秀な研究者を招へいする「国際研究協力ジャパントラスト事業」を着実に実施する。実施にあたっては、「海外研究者の招へい」との運用面での一体的実施を図るものとする。				
(2) 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援 次世代の情報通信サービスのシーズを生み出す情報通信ベンチャー企業の事業化、IoT サービスの創出・展開、身体障害者向けの情報通信サービスの普及に対する以下の支援等を行うものとする。 なお、これらの業務の実施にあたっては、情報提供の充実や標準処理期間の明示等により利	(2) 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援		(2) 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援	分野における情報アクセシビリティに関する指針」を参考に、字幕・手話・解説の区別、放送事業者の位置付け(キー局、ローカル局等)も考慮して助成率を算出し、理事会で助成金交付を決定して助成していること。

用者に利便性の高い業務となるよう努めるとともに、政策目標に関連した具体的かつ定量的な目標の達成度に応じて、事業の見直しを行いつつ、着実に進めるものとする。

(ア)

次世代のより豊かで多様な情報通信サービスを実現するため、独創的な技術のシーズを有し、かつ、資金調達が困難な全国各地の情報通信ベンチャー企業や将来の起業を目指す学生等に対し、自治体や地域においてベンチャーを支援する団体等との連携を通じて、情報提供及び交流の機会提供等の支援を行うものとする。

さらに、NICTの研究開発成果の社会実装やNICTが有する

(ア)情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供

リアルな対面の場合やオンライン・メディアを活用しつつ、情報通信ベンチャーの事業化に役立つ情報及び交流の機会を提供することにより、情報通信ベンチャーの有する有望かつ新規性・波及性のある技術やサービスの事業化等を促進する。本事業の実施に当たっては、総務省におけるスタートアップ支援施策との連携・情報共有等を図る。その際、次の点に留意する。

(ア)情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供

- 各年度において、平成23年度から設置している「ICTメンタープラットフォーム」の下、大学、地方公共団体、地域のスタートアップ支援組織・団体等と連携して、地域におけるICTスタートアップ発掘イベントや、ブラッシュアップセミナー等を開催した(見込)。
- 各年度において、地域における連携大会等にICTスタートアップ業界の有識者であるICTメンターを派遣し、ICTスタートアップに対する情報の提供、助言・相談等を実施した(見込)。
- 各年度において、全国から選抜された学生による全国コンテストとして「起業家甲子園」、及び地域から発掘したICTスタートアップが販路拡大等を目的としてビジネスプランを発表する「起業家万博」を、3月に開催した(見込)。
- 各年度において、事業化を促進するマッチングの機会を提供するため、起業家万博出場者等に対し、展示会等への出展機会を提供し、第5期中長期計画期間中、平均して14社が出展した(見込)。機構としても出展し、起業家甲子園・起業家万博の周知広報活動を行った(見込)。
- 地域発ICTスタートアップを発掘するため、全国の自治体やベンチャー支援組織等と連携の上、各年度においてイベント等を実施した。第5期中長期期間中、平均して30件/年度のイベント等を実施した(見込)。
- 令和7年度においては、「2025年日本国際博覧会(大阪・関西万博)」において、過去の起業家万博等出場者を中心に出品し、来場者に「ICTで魅せるちょっと先の未来」を体感していただくことも

知的財産権の社会還元を目指す観点から、自治体や地域においてベンチャーを支援する団体等との連携の枠組みを有効に活用するものとする。

情報通信ベンチャーに対する情報提供及び交流事業については、実施の結果、ベンチャーの創業や事業拡大にどの程度の貢献があったかといった成果に関する客観的かつ定量的な指標により成果を把握するものとする。

有識者やサポーター企業による情報の提供、助言・相談の場を提供するとともに、情報通信ベンチャーによるビジネスプランの発表会や商品・サービス紹介等のイベント等を通じたマッチングの機会を提供する。

また、全国の自治体やベンチャー支援組織・ベンチャー団体等との連携の強化により、効率的・効果的な情報の提供や交流の機会の提供を図る。

これらの取組により、イベント等を毎年 20 件以上開催する。特に、事業化を促進するマッチングの機会を提供する

に、機構からも取組に関する PR を行い、地域発 ICT スタートアップ創出・育成・事業拡大だけでなく、スタートアップ創出等の機運醸成に貢献した(見込)。

- 各年度において、平成 23 年度から設置している「ICT メンタープラットフォーム」の下、大学、地方公共団体、各地域のスタートアップ支援組織・団体等と連携して、各地域における ICT スタートアップ発掘イベントや、ブラッシュアップセミナー等を開催した(見込)。
- 各年度において、当該イベント等に ICT スタートアップ業界の有識者である ICT メンターを派遣し、ICT スタートアップに対する情報の提供、助言・相談等を実施した(見込)。
- 各年度において、全国から選抜された学生による全国コンテストとして「起業家甲子園」、及び地域から発掘した ICT スタートアップが販路拡大等を目的としてビジネスプランを発表する「起業家万博」を、3月に開催した(見込)。
- 起業家甲子園出場見込み者に対し、グローバル志向のスタートアップマインドの醸成、より実践的なスキルの向上を図るため、「シリコンバレー起業家育成プログラム」を、コロナ禍後の令和4年度に復活させて以降、毎年度2月に実施した(見込)。
- 令和7年度においては、「2025 年日本国際博覧会(大阪・関西万博)」において、過去の起業家万博等出場者を中心に出席し、来場者に「ICT で魅せるちょっと先の未来」を体感していただくとともに、機構からも取組に関する PR を行い、地域発 ICT スタートアップ創出・育成・事業拡大だけでなく、スタートアップ創出等の機運醸成に貢献した(見込)。
- 各地域における ICT スタートアップを発掘するため、全国の自治体やベンチャー支援組織等と連携の上、各地域におけるイベント等を実施した(見込)。
- 令和7年度においては、「2025 年日本国際博覧会(大阪・関西万博)」において、過去の起業家万博等出場者を中心に出席し、来場者に「ICT で魅せるちょっと先の未来」を体感していただくとともに、機構からも取組に関する PR を行い、地域発 ICT スタートアップ創出・育成・事業拡大だけでなく、スタートアップ創出等の機運醸成に貢献した(見込)。
- 各地域における連携大会、ブラッシュアップセミナーのイベント等を、第5期中長期期間中、平均して 30 件開催した(見込)。
- 起業家万博実施後1年以内の具体的なマッチング等商談に至った割合は、第5期中長期期間中、平均 90%(見込)であった。

イベントは、その実施後 1 年以内において具体的なマッチング等商談に至った割合が 50% 以上となることを目指す。

イベントについて、参加者に対して有益度に関する調査を実施し、4段階評価において上位2段階の評価を 70% 以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。

更にイベントにおいて機構の知的財産等の情報提供を実施する等、機構の技術シーズを活用したベンチャー創出・育成に向けた取組とのシナジー効果を発揮するよう努める。

ウェブページ及びソーシャル・ネットワーキング・サービスを活用し、情報通信ベンチャーの事業化に役立つ情報及び交流機会を提供する。

(イ)

信用基金の運用益によって実施している通信・放送新規事業に対する債務保証業務及び地域通信・放送開発事

(イ)債務保証等による支援

通信・放送新規事業に対する債務保証業務及び地域通信・放送開発事業に対する利子補給業務については、新規案件の採択は行わないものとし、当該利子補給業務については、既往案件の利子補給

- ・イベント参加者に対して行った有益度に関する調査の結果、第5期中長期期間中、平均して、4段階評価において上位2段階の評価を平均して 97.7% (見込)を得ることができた。

- ・展示会等において、機構の知的財産等の情報提供を実施するため、過去の起業家万博出場企業とともに、機構の技術シーズを活用する機構発ベンチャーに対し、出展の機会を提供し、多様な者とのマッチングの機会を提供した。
- ・令和7年度においては、「2025 年日本国際博覧会(大阪・関西万博)」において、過去の起業家万博等出場者を中心に出席し、来場者に「ICT で魅せるちょっと先の未来」を体感していただくとともに、機構からも取組みに関する PR を行い、地域発 ICT スタートアップ創出・育成・事業拡大だけでなく、スタートアップ創出等の機運醸成に貢献した(見込)。
- ・地方公共団体、ベンチャー支援組織等との協力による、各地域における連携大会の実施見込・結果等をウェブページ及び Facebook 等の SNS サービスを活用により、速やかに情報発信するとともに、第5期中長期期間中、毎年度の起業家甲子園・起業家万博の模様をビデオライブラリーとして公表する等、ICT スタートアップに役立つ情報及び交流の機会を提供した。

(イ)債務保証等による支援

【通信・放送新規事業に対する債務保証業務及び地域通信・放送開発事業に対する利子補給業務】

- ・今期については、既往案件の1社に対し令和3年度に実施し、業務は令和3年9月に終了した。

【新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務及び助成金交付業務】

業に対する利子補給業務については、新規案件の採択は行わないものとし、当該利子補給業務については、既往案件の利子補給期間終了の令和3年度まで着実に実施するものとする。

令和4年3月31日に終了する新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務及び助成金交付業務については、これらの事業が着実に成果を上げ、IoTサービスの創出・展開につながるものとなるよう努めるものとする。

なお、信用基金及び信用基金の運用益の残余財産については、国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律（令和5

期間終了の令和3年度まで着実に実施する。

令和4年3月31日に終了する新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務及び助成金交付業務については、これらの事業が着実に成果を上げ、IoTサービスの創出・展開につながるものとなるよう努める。

なお、信用基金及び信用基金の運用益の残余財産については、国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律（令和5年法律第87号）附則第3条第4項の規定に基づき、国庫納付し、同基金を清算する。

- 今期については、債務保証及び助成金交付の実績はなく、令和3年度に業務は終了した。新技術開発施設供用事業については各助成案件内容を機構 HP に掲載し公開している。

【信用基金及び信用基金の運用益の残余財産】

- 信用基金及び信用基金の運用益の残余財産については、国庫納付し、同基金を清算した。

年法律第 87 号) 附則第 3 条第 4 項の規定に基づき、国庫納付し、同基金を清算するものとする。

(ウ)

誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、次の事業を実施するものとする。

(ア) 身体障害者向け放送の充実を図るため、国庫補助金を原資として、字幕番組・解説番組等を制作する者等に対する助成を実施するものとする。

(ウ) 情報弱者への支援

誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、総務大臣の定める基本方針を踏まえつつ、情報バリアフリー助成金制度である次の事業を実施する。

① 身体障害者向け放送の充実を図るために行う放送事業者等に対する助成

ア. 字幕・手話・解説番組制作の促進

字幕番組、手話付き番組及び解説番組の制作を助成することにより、字幕番組等の拡充に貢献する。なお、普及状況等を勘案して、助成対象や助成率の見直しを行う等、適切に助成を実施する。また、採択した助成先について公表する。

イ. 手話翻訳映像提供の促進

手話が付いていない放送番組に合成して表示される手話翻訳映像の制作を助成することとし、その際、次の点に留意する。

(ウ) 情報弱者への支援

① 身体障害者向け放送の充実を図るために行う放送事業者等に対する助成

ア. 字幕・手話・解説番組制作の促進

- 字幕番組、手話付き番組及び解説番組の制作を助成するため、毎年1月、次年度助成の公募を行い、申請内容を審査し、「放送分野における情報アクセシビリティに関する指針」を参考に、字幕・手話・解説の区別、放送事業者の位置付け(キー局、ローカル局等)も考慮して助成率を算出し、理事会で助成金交付を決定して助成している。
- 毎年度、助成金交付決定(助成先)について報道発表を行っている。

イ. 手話翻訳映像提供の促進

- 手話が付いていない放送番組に合成して表示される手話翻訳映像の制作を助成するため、毎年1月、次年度助成の公募を行い、助成金交付を決定して助成している。

- ・手話翻訳映像提供促進助成金について、ウェブページ等を通じて、助成制度の周知を行い、利用の促進を図る。
- ・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。

ウ. 生放送番組への字幕付与の促進

生放送番組への字幕付与に必要な機器の放送事業者による整備を助成することとし、その際、次の点に留意する。

- ・生放送字幕番組普及促進助成金について、ウェブページ等を通じて助成制度の周知を行い、利用の促進を図る。
- ・事業者の生放送番組への字幕付与に向けた取組状況や財務規模等も考慮し、採択案件の選定を効果的に行う。また、採択した助成先について公表する。

② 身体障害者の利便増進に資する観点から、有益性・波及性に優れた事業に対する助成

次の点に留意する

- ・本制度の周知を行い、利用の促進を図る。

- ・助成金の概要や実績等の情報を Web サイトで公表して周知を行っている。

- ・助成対象事業(助成先)の採択に当たり、申請事業について評価委員会(外部有識者7名)の審査・評価を行っている。
- ・毎年度、助成金交付決定(助成先)について報道発表を行っている。

ウ. 生放送番組への字幕付与の促進

- ・生放送番組への字幕付与に必要な機器の放送事業者による整備を助成するため、毎年1月と夏の2回、公募を行い、助成金交付を決定して助成している。

- ・助成金の概要や実績等の情報を Web サイトで公表して周知を行っている。

- ・申請者の生放送番組の字幕付与の状況等を考慮して助成対象事業者を採択している。
- ・毎年度、助成金交付決定(助成先)について報道発表を行っている。

② 身体障害者の利便増進に資する観点から、有益性・波及性に優れた事業に対する助成

- ・助成金の概要や助成対象事業の実績等の情報を Web サイトで公表(毎年度更新)している。
- ・助成対象事業(助成先)の採択に当たり、申請事業について評価

(イ)身体障害者向けの通信・放送役務の利用利便の増進を図るため、国庫補助金を原資として、身体障害者

向け通信・放送役務の提供・開発を行う者に対する助成等を実施するものとする。	・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。 ・毎年度、採択事業の成果について事後評価を行い、業務運営等に反映させる。 ・助成に当たっては、助成終了2年後における継続実施率が70%以上となることを目指す。 また、情報バリアフリー関係情報の提供を行うこととし、その際、次の点に留意する。 ・「情報バリアフリーのための情報提供サイト」では、身体障害者や高齢者のウェブ・アクセシビリティに配慮しつつ、身体障害者や高齢者に役立つ情報その他の情報バリアフリーに関する幅広い情報等の収集・蓄積を行うとともに、有益な情報の提供を定期的に行うほか、機構の情報バリアフリー助成金制度の概要やその成果事例を広く情報提供する。 ・情報バリアフリー助成金の交付を受けた事業者がその事業成果を発表できる機会を設け、成果を広く周知するとともに、		委員会(外部有識者7名)の審査・評価を行っている。 ・毎年度、助成金交付決定(助成先)について報道発表を行っている。 ・毎年度、前年度の助成対象事業の成果について事後評価を行い、結果を各事業者伝えて実施事業に反映するよう指示している。 ・助成対象事業の助成終了2年後の事業継続率は、第5期中長期計画期間内において100%である。 ・令和7年度公募に当たり、助成金の上限額や名称変更を行うこととなり、関係規程や申請様式を改正した。また、総務省・厚生労働省と合同で公募説明会を行っている。 ・障害者や高齢者に役立つ情報を幅広く収集して、ウェブ・アクセシビリティに配慮し、「情報バリアフリーのための情報提供サイト」に掲載・蓄積している。また、情報バリアフリー助成金制度の概要や成果事例等を同サイトで提供している。 ・毎年度、国際福祉機器展やニーズ・シーズマッチング交流会に参加し、助成対象事業の概要や成果等を広く周知している。また、障害者団体や厚生労働省、国立研究開発法人新産業エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、公益財団法人テクノエイド協会の担当者と意見交換を行っている。 ・「情報バリアフリーのための情報提供サイト」の有益度(4段階評価の上位2段階)に関する評価70%を継続している。 ・利用者意見も参考に「情報バリアフリーのための情報提供サイト」を令和7年2月末にリニューアル公開して運用している。 ・総務省が構築したデータベース「情報アクセシビリティ支援ナビ」を令和3年9月から運用し、総務省に相談しながら機能強化に必要な作業を行って、令和7年2月末に公開・運用している。	

	身体障害者や社会福祉に携わる団体等との交流の拡大を図る。 ・「情報バリアフリー関係情報の提供サイト」の利用者及び成果発表会の来場者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4段階評価において上位2段階の評価を 70%以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。			
2-10. その他の業務 電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務、情報収集衛星に関する開発等について、国から受託した場合には、適切に実施するものとする。	2-10. その他の業務 電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務等の業務を国から受託した場合及び情報収集衛星に関する開発等を国から受託した場合には、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施する。		2-10. その他の業務 ・情報収集衛星レーダ衛星の開発および維持管理を受託し、電波利用及び宇宙技術に関する研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施した。	
なお、この評価は、以下の「(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解」を踏まえ、「(2)見解に対する機構の対応」に基づいて決定した。				
(1)国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会(総括評価委員会)における見解				
1. 開催日 令和7年4月 14 日(月) 10 時 00 分～18 時 00 分				
2. 委員名簿				
安浦 寛人 委員長 国立情報学研究所 副所長				
安藤 真 委員 東京科学大学 名誉教授				
飯塚 久夫 委員 一般社団法人 量子フォーラム 総務担当理事				

栄藤 稔	委員	大阪大学 先導的学際研究機構 教授
太田 勲	委員	兵庫県立大学 名誉教授(前学長)
大野 英男	委員	東北大学 総長特別顧問(前総長)
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
徳永 健伸	委員	東京科学大学 情報理工学院 教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 主席技監
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見

(分野横断的な研究開発その他の業務分野について)

- ・ 自己評価(年度評価B、見込評価B)は妥当である。
- ・ ホワイトペーパー、ICT 俯瞰報告書の公表などに際してシンクタンク機能も強化されていること、テストベッドが上位レイヤまで高度化され、特に QKD ネットワークが高セキュリティなハブとなるということ、ナードネットについて、平時にも利用可能な自治体通信基盤として社会実装が進んでいることを高く評価する。
- ・ 量子鍵暗号の標準化では、ITU の標準化の確立にとどまらず、製品レベルでの産業化に対してチャレンジしていることを特に高く評価する。他の分野でも社会に普及できるレベルまでの標準化を主導することに期待したい。
- ・ 知財・標準化の活動においては、社会実装の推進に向けた制度(SBIR)などとの関わりも重要である。また、機構の標準化活動への貢献度を可視化していただくとよい。
- ・ 機構内で AI 開発に対応する新組織を作り、研究開発への AI 活用を推し進めていることは、今後に期待が持てる。
- ・ ダイバーシティについて、人材育成における多様性にも期待したい。人の流動性の面での多様性も進めて、ベンチャーやスタートアップの支援も含めて注力していただきたい。

(全体を通して)

- ・ 研究機関として非常に素晴らしい活動をしている。
- ・ NICT が関わっている情報通信分野の重要性が、国力という観点で理解されてきている。非常に高い評価を得られた活動を通して、多くの改善点が見えていると思うので、より一層国力を増進させられる仕組みに、作り上げていっていただきたい。
- ・ 国のインフラである教育、医療、福祉といったものも全てこの情報通信で成り立っており、そういったことにまで目配りした、NICT として社会の未来像を描いたうえで、次期の計画を立てていただきたい。
- ・ 今後、継続的なサービスを続けるような事業と、いわゆる研究開発を分けていくなど、組織をどういうふうに持っていくかということを考えていただきたい。また、AI の研究への利活用は進めてほしい。
- ・ 情報通信に関する大きな公募研究については、そのあるべき姿や大学および新規の産業分野からの参入のしやすさなども含めた運用形態についても、NICT から政府や社会に向けて方向性を発信していく方法を検討してほしい。
- ・ 分野横断的な活動については、現在の評価の仕組みでは高く評価できないのかもしれないが、こういった活動も組織全体の評価を上げているという点で評価したい。一方、評価軸が他の調査とは異なってくるので、次期の計画および評価方法については改善を検討してほしい。
- ・ 中長期期間の途中で社会情勢や政府の施策などに大きな変化があった点については資料から読み取れないが、対応されていることを評価したいので資料を工夫して頂きたい。次期の評価項目の中でもうまく表現できるような工夫をお願いしたい。

(2) 見解に対する機構の対応

対応なし(見解は、見込 B 評価、年度 B 評価で一致)

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価)項目別自己評価書(No.8 業務運営の効率化に関する事項)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	IV. 業務運営の効率化に関する事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	(参考情報) 当該年度までの累積値等、必要な情報	
一般管理費及び事業費の合計の効率化状況(%)	効率化率 平均 1.1% 以上	当年度	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%		効率化率平均 1.1%	
		毎年度平均	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%			

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価指標、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等	自己評価	
IV 業務運営の効率化に関する事項	II 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置			評価	B
				II 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置 業務運営の効率化については、年度計画に沿って以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成したと認め、評価を「B」とした。	
1. 機動的・弾力的な資源配分	1. 機動的・弾力的な資源配分	<評価の視点> ・資源配分は、基本的には研	1. 機動的・弾力的な資源配分	1. 機動的・弾力的な資源配分 ・機動的・弾力的な資源配分については、補正予算等情勢の変	

NICT の役員は、研究開発の最大限の成果を確保することを目的とした国立研究開発法人制度の趣旨を踏まえ、研究開発に係る機動的かつ弾力的な資源配分の決定を行うものとする。そのため、NICT 内部で資源獲得に対する競争的な環境を醸成し、研究開発成果(研究開発成果の普及や社会実装を目指す取組実績を含む。)に対する客観的な評価に基づき、適切な資源配分を行うものとする。

また、外部への研究開発の委託については、NICT が自ら行う研究開発と一体的に行うことでより効率化を図られる場合にのみ実施することとし、委託の対象課題の一層の重点化を図ること

研究開発の最大限の成果を確保することを目的とした国立研究開発法人制度の趣旨を踏まえ、機構内外の情勢に応じた機動的・弾力的な資源配分を行う。

資源配分は、基本的には研究開発成果(研究開発成果の普及や社会実装を目指した取組実績を含む。)に対する客観的な評価に基づき実施する。評価に当たっては、客観性を保てるよう、外部の専門家・有識者を活用する等、適切な体制を構築するとともに、評価結果をフィードバックすることにより、PDCA サイクルの強化を図る。

なお、資源配分の決定に際しては、機構が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制の構築(若手研究者の育成を含む。)に配慮する。

研究開発成果に対する客観的な評価に基づき、機構内外の情勢に応じた機動的・弾力的な資源配分を行ったか。

- 評価は、外部の専門家・有識者を活用するなど、適切な体制を構築するとともに、評価結果をフィードバックすることにより、PDCA サイクルの強化を図ったか。
- 資源配分の決定に際して、機構が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制の構築に配慮したか。
- 委託研究の推進にあたっては、PDCA サイクルを意識した評価を行ったか。

- 機動的・弾力的な資源配分については、令和3～6年度の各年度の補正予算等に柔軟に対応し、予算や人員等の資源配分についての特段の配慮を意識したマネジメントを行った。また、新たな価値の創造、機構内活性化を目的とした外部資金獲得インセンティブ向上のための推進制度を継続実施し、外部資金獲得の拡大に貢献した。
- 調書ごと及び中項目ごとの評定理由を明確にするための工夫を行い、外部有識者による総括評価委員会を経て、令和4年度からは併せて自己評価会議で審議を行い、自己評価の客観性を担保した。
- 研究開発成果に対する客観的な評価については、外部の専門家による外部評価(分野評価及び総括評価)、機構幹部による内部評価(実績評価及び研究計画に対する評価)を適切に実施した。またその結果及び機構内外の情勢を踏まえて各年度の予算計画の策定や再計画を実施し、予算を含めて機動的・弾力的な資源配分を行った。
- 機構が定常に行う業務への資源配分の決定に資するため、幹部層と研究現場等が直接意見交換を行う「理事長タウンミーティング」を各年度3回、第5期中長期期間中に合計 15 回開催する見込みである(令和6年度末時点で 12 回開催済み。うち小金井6回、地方拠点6回)。これにより各部署における課題やビジョンの組織全体での共有を図り、また役職や勤務拠点が異なる関係者間のコミュニケーションを円滑化することで、適正な資源配分の決定に貢献した。
- 若手研究者の育成の仕組みを含めた研究開発体制の構築について、以下に取り組んだ。
 - ・ 若手研究者等からの幅広い提案を募集し、新規研究課題のフュージビリティスタディや業務上の課題解決アイデア等を試行する「TRIAL」の募集を実施し(令和3年度応募件数 25 件(内 23 件採択)、令和4年度応募件数 21 件(内 21 件採択)、令和5年度応募件数 34 件(内 25 件採択)、令和6年度

化に柔軟に対応し、予算や人員等の資源配分についての特段の配慮を意識したマネジメントを行った。また、新たな価値の創造、機構内活性化を目的とした外部資金獲得インセンティブ向上のための推進制度を継続実施した。

- 総務省との補正予算関係の調整業務に加え、NEXT、TRIAL など機構内活性化ファンドを実施し、機構活性化を行うなどの業務を適切に執行した。「TRIAL」について、リサーチアシスタント及び研修員向けの応募枠「TRIAL-EC」を新たに設置し、また、「NEXT」について、次期中長期の組織体制の強靱化につながる活動「組織強靱化トラック」の募集、採択を実施した。

以上のように、機動的・弾力的な資源配分について、年度計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

で機構全体の資源配分の最適化を図るものとする。 なお、資源配分の決定に際しては、NICT が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制(若手研究者の育成を含む。)に対しては十分に配慮するものとする。 加えて、客観的な評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用する等適切な体制を構築するとともに、評価結果をその後の事業改善にフィードバックする等、PDCA サイクルを強化するものとする	また、外部への研究開発の委託については、機構が自ら行う研究開発と一体的に行うことでより効率化を図られる場合にのみ実施することとし、委託の対象課題の一層の重点化を図る。 委託研究に関する客観的評価に当たっては、外部有識者による事前評価、採択評価、中間評価、終了評価、追跡評価等を踏まえ、PDCA サイクルを着実に回し、社会的課題の変化等に柔軟に対応した研究を推進する。		応募件数 40 件(内 26 件採択))、報告会を開催した。研究開発推進ファンドを人材育成プログラムとして活用することを目的に、リサーチアシスタント及び研修員向けの応募枠「TRIAL-EC」(TRIAL for Early Career)を令和6年度より新たに設置し、募集を実施した(令和6年度応募件数1件、内1件採択)。 ・機構内のオープンな意見交換会や検討会を通じ、新たな価値の創造や機構内の活性化の推進を目的としたスキーム「NEXT」について、令和3年度は 14 件の応募があり、9件を採択し、成果報告会を実施した。令和4年度は3件の新規課題と2件の継続課題を採択し、成果報告会を実施した。令和5年度は第6期中長期計画の柱となる研究プロジェクトの創出につながる研究開発活動「研究トラック」を6件、令和6年度は次期中長期の組織体制の強靱化につながる活動「組織強靱化トラック」を3件、採択した。「研究トラック」については3回、「組織強靱化トラック」は1回の進捗報告会と成果報告会を実施した。 ・第5期においては、高度通信・放送研究開発委託研究の38課題(85個別課題)(見込数)について、機構の研究者が委託研究を統括することで、機構が自ら行う研究開発と一体的に実施した。 ・革新的情報通信技術研究開発委託研究において、101 課題(105 個別課題)(見込数)について、基金運用方針に基づき実施した。 ・委託研究の推進に当たっては、外部有識者により、事前評価、採択評価、中間評価、終了評価を実施したほか、PDCAサイクルを意識し、終了後1、3、5年が経過した課題を対象に成果展開等状況調査を実施し、各年度5件程度の追跡評価を実施した。 ・委託研究の推進に当たり、研究内容については外部有識者による評価を受けるとともに、委託費の経理処理については経理検査業務を着実に実施した。	
2. 調達等の合理化	2. 調達等の合理化	<評価の視点> ・公正性・透明	2. 調達等の合理化	2. 調達等の合理化 ・特殊な物品で買入先が特定さ

「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」(平成 27 年 5 月 25 日、総務大臣決定)に基づき、事務・事業の特性を踏まえ、マネジメントサイクル(PDCA サイクル)により、公正性・透明性を確保しつつ、自律的かつ継続的に調達等の合理化に取り組むものとする。	「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」(平成 27 年 5 月 25 日、総務大臣決定)に基づき策定した「調達等合理化計画」を着実に実施し、公正性・透明性を確保しつつ、迅速かつ効率的な調達の実現を図る。	性を確保しつつ、自律的かつ継続的に調達等の合理化に取り組んだか。	• 特殊の物品で買入先が特定されるもの等規程に定める随意契約によることができる事由に合致しているかについて、適切に審査を行い、効率的に調達事務手続きを実施した。 • 入札参加者拡大のため、当年度に予定される調達契約の案件一覧を、定期的(四半期毎)に入札公告以前に機構 Web サイト「調達情報」に掲載し、競争の機会の拡大につなげた。 • 入札情報配信サービスの周知に努め、同サービスへの新規登録者の増加により、競争の機会の拡大につなげた。 • 競争性のない随意契約案件であるとして提出された全件について、財務部に設置した「随意契約検証チーム」により、会計規程に定める随意契約によることができる事由との整合性について点検を適切に実施した。 • 公平性・透明性・競争性の確保のため、専任職員による仕様内容の適正化に向けた点検を実施した。 • 契約に係る事務について、規程において「契約担当」の権限を明文化している。 • 規程に基づき、原則要求者以外の者による適正な検収を実施している。 • 調達に係るマニュアルの整備(改正)を実施し、職員向けホームページに掲載することにより周知を行った。 • 不適切な処理の発生未然防止並びに業務の円滑な処理を目的に、財務部における業務全般に関する「財務部総合説明会」、「調達に係る e ラーニング」及び「各研究所別の意見交換会」を引き続き実施し、不適切な処理の防止及びルール遵守について、職員の意識の向上を図った。 • 現場購買に関する不適切な処理の再発防止策として、事後点検(抽出点検)を実施するとともに内部監査等の対策を実施した。 • 過去の作業請負契約において、監督・検査が不十分な事例が判明したことを踏まえ、調達に係る e ラーニングに加えて研究室等による自己点検(抽出)と、監督員と検査員向けのアンケートの取り組みを行い、自己点検(抽出)とアンケートの結果により、調達契約の履行に係る監督・検査の契約履行確認チェックポイントを作成し、再発防止策を強化した。	れるもの等規程に定める随意契約によることができる事由に合致しているかについて、適切に審査を行い、効率的に調達事務手続きを実施した。 • 入札参加者拡大のため、当年度に予定される調達契約の案件一覧を、定期的(四半期毎)に入札公告以前に機構 Web サイト「調達情報」に掲載し、競争の機会の拡大につなげた。 • 入札情報配信サービスの周知に努め、同サービスへの新規登録者の増加により、競争の機会の拡大につなげた。 • 不適切な処理の発生未然防止並びに業務の円滑な処理を目的に、財務部における業務全般に関する「財務部総合説明会」「調達に係る e ラーニング」及び「各研究所別の意見交換会」を引き続き実施し、不適切な処理の防止及びルール遵守について、職員の意識の向上を図った。 • 過去の作業請負契約において、監督・検査が不十分な事例が判明したことを踏まえ、調達に係る e ラーニングに加えて研究室等による自己点検(抽出)と、監督員と検査員向けのアンケートの取り組みを行い、自己点検(抽出)とアンケートの結果により、調達契約の履行に係る監督・検査の契約履行確認チェックポイントを作成し、再発防止策を強化した。

				以上のように、調達等の合理化について、年度計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
3. テレワーク等による働き方改革及び業務の電子化の促進 ウィズコロナ・ポストコロナ時代においてもテレワーク、ローテーション勤務、時差出勤等を積極的に活用し、コミュニケーションの活性化、業務の効率化、働き方改革に努めるとともに、電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図る。	3. テレワーク等による働き方改革及び業務の電子化の促進 ウィズコロナ、ポストコロナ時代においても業務の継続を可能とするリモートワークツールの整備としてテレワーク環境を整備し、リモートでのコミュニケーション確保のためチャットツール及びウェブ会議システム等の活用をすすめ、コミュニケーションの活性化をはかる等機構におけるデジタルトランスフォーメーション推進のための取組を進める。より多様で柔軟な仕事環境を実現するための環境整備を進め、働き方改革に努める。業務の電子化を促進し事務手続きの簡素化をはかり研究開発業務の円滑な推進に貢献する。	<評価の視点> • テレワーク環境の整備、リモートワークツールの活用によりコミュニケーションの活性化を図る等デジタルトランスフォーメーション推進のための取組を進めたか。 • より多様で柔軟な仕事環境を実現するための環境整備を進め、働き方改革に努めたか。 • 電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図ったか。 • PMO (Portfolio Management Office) の設置等の体制整備を行い、情報システムの適切な整備と管理	3. テレワーク等による働き方改革及び業務の電子化の促進 • 機構におけるテレワーク制度については、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、出勤抑制の観点からの在宅勤務を活用に向け、令和2年1月に特例措置として適用条件を大幅に緩和し実施してきた。 • 特例措置の開始から2年が経過後、機構において在宅勤務が定着してきたため、DX 推進ともマッチした働き方改革の推進、BCP 確保、個々の事情に応じたワークライフバランスの実現等の観点から、さらに、当該制度を行いやすい環境整備を進めるとともに、特例措置の下で大幅に増えた在宅勤務制度実施の状況も踏まえた制度の改正(適用条件、取得可能回数、勤務場所の緩和及びテレワークに関する手当の新設等)を、特例措置を終了させた令和4年度に向けて令和3年度内に実施した。 • テレワーク制度を着実に運用してきており、各年度の利用者は以下のとおりである。 令和3年度: 997 名、令和4年度: 1,242 名、令和5年度: 1,226 名、令和6年度: 1,327 名 • デジタルトランスフォーメーションの推進の取組により、業務効率化を目指した業務プロセスの見直しや業務システムの更改を計画的に実施した。 • 新型コロナウイルス感染拡大対策として、職員・委託業者向け SSH サーバの増強、内線スマートフォンを中心とした電話システムを5拠点に約 1,500 台導入し、業務継続性を確保した。 • 電子申請(ワークフロー)への移行支援、アンケートフォーム(Forms)の運用、チャットツール(Teams)の試験導入等クラウドサービスを活用して業務環境のデジタルトランスフォーメーションを推進した。 • 内線用スマートフォンに Teams や Sharepoint 等のスマートフォ	3. テレワーク等による働き方改革及び業務の電子化の促進 • 第4期中長期期間において新型コロナウイルス感染拡大防止のため、特例措置として適用条件を大幅に緩和したテレワークについて、機構において在宅勤務が定着してきたため、DX 推進ともマッチした働き方改革の推進、BCP 確保、個々の事情に応じたワークライフバランスの実現等の観点から、さらに、当該制度を行いやすい環境整備を進めるとともに、特例措置の下で大幅に増えた在宅勤務制度実施の状況も踏まえた制度の改正を令和3年度内に実施し、適切に運用している。 • 契約事務手続きの迅速化とペーパーレス化等のための電子契約サービスについて、調 p 達契約における令和2年度からの試行導入結果を踏まえ、令和4年 11 月から正式に機構における各種契約に適用とする電子契約サービスの導入を行った。 • デジタルトランスフォーメーションの推進の取組により、業務効率化を目指した業務プロセスの見直しや業務システムの更改を計画的に実施した。

を行ったか。

- ン版アプリを配布し、簡易・迅速な連絡・情報交換手段として整備し、多様で柔軟な仕事環境の実現を進めた。
- エクセルファイルやメールのやり取りで行っていた煩雑な調達予定管理業務や人件費管理業務を、ローコード・ノーコード開発ツールを用いた迅速なシステム化により、生産性の向上、情報管理のリアルタイム化、データの一元管理を実現した。
 - デジタルトランスフォーメーション推進の取組により、業務効率化を目指し、契約業務における仕様書作成・調整手続きの作業負担の軽減、進捗状況の可視化を目的とした仕様書調整システムを内製し、令和6年10月1日から本格運用を開始した。また、過去に作成した仕様書の検索機能や調達スケジュール試算機能を追加することで仕様書作成の作業負担軽減、契約履行完了までの契約スケジュールの可視化を実現した。
 - 法令に基づく届出・報告等の漏れ防止策として、令和6年9月1日より業務タスク管理アプリケーションを活用したスケジュール管理アラート発信の本格運用を開始した。また、タスク管理等他の業務でも活用可能であることから、簡易マニュアル等を整備し、機構内に展開した。
 - 情報システム(電子決裁システム、勤務管理システム、財務会計システム、資産管理システム、研究成果管理・公開システム、知財管理システム、人事管理・評価システム)の組織コード及び所管プロジェクトコードの共通化について、事前調査を実施し、改修計画策定の準備を進めた。
 - 情報インフラの整備・更新・増強(本部5号館、6号館のネットワーク更新、GPAI 東京専門家支援センターの Web サイト構築支援、サーバ室用無停電電源装置の更新、共用ファイルサーバへのランサムウェア対策導入、本部本館2階サーバ室の入退室設備とカメラ等の更新)を実施し、業務・研究開発環境の改善を図った。
 - クラウドサービスの活用として、財務会計システムへの Entra ID 認証拡大、脅威メール隔離サービスの検証実施、クラウドバックアップの増速と増量、権威 DNS サーバのクラウド対応による負荷分散と耐障害性向上を実施した。
 - 横須賀拠点について内線用スマートフォン配布・展開を実施した。
 - 機構内での書面・押印が必要な手続き(対象手続数 659 件)についての見直しを行い、他制度等の関係で押印廃止や電子化

- 電子決裁システム等情報システムの組織コード及び所管プロジェクトコードの共通化について、事前調査を実施し、改修計画策定の準備を進めた。
- デジタル大臣決定を踏まえ、PMO の設置等の体制整備を行い、PMO の体制に基づき、現状の情報システムとその運用管理が「情報システムの整備および管理の基本的な方針」に準拠しているか各システム担当組織に現状把握のためのヒアリングを通して確認し、PMO 事務局の分析をもとにシステムの改善提案を行った。PMO において、令和6年度の実施計画を作成し、令和5年度に実施したアンケートのフォローアップに加え、2システムを新規追加して実施した。令和6年度においては、機構全体の PMO が取り組むべきシステムの監視と情報把握に注力した。令和7年度の実施計画を作成し、引き続き、情報システムの適切な整備及び管理を行う。情報システム担当部署に対して、令和6年度に改善提案を行った事項についての状況確認等を実施していく。

以上のように、テレワーク等による働き方改革及び業務の電子化の促進について、年度計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

また、「情報システムの整備及び管理の基本的な方針」(令和3年12月24日、デジタル大臣決定)を踏まえ、PMO (Portfolio Management Office) の設置等の体制整備を行うとともに、情報システムの適切な整備及び管理を行う。	また、「情報システムの整備及び管理の基本的な方針」(令和3年12月24日、デジタル大臣決定)を踏まえ、PMO (Portfolio Management Office) の設置等の体制整備を行うとともに、情報システムの適切な整備及び管理を行う。	ができない手続きを除き、578 件(87.7%)を押印廃止、540 件(81.9%)を電子化(ペーパーレス化)へ移行し、事務手続きの簡素化・迅速化を図った。 - 契約事務手続きの迅速化とペーパーレス化等のための電子契約サービスについて、調達契約における令和2年度からの試行導入結果を踏まえ、令和4年11月から正式に機構における各種契約に適用とする電子契約サービスの導入を行った。令和5年度からは有期雇用職員再雇用契約において電子契約を実施し、令和6年度からは有期雇用職員雇用契約変更に関する協議書にも導入し、更なる推進を図った。 <以下、令和7年度において> - 定常業務(メールによる照会、調査、承認等)について、MS 製品(PowerAutomate、Teams 等)を活用した業務効率化・自動化(小さな DX)を進める。 - MS365 サービスの更なる活用と生成 AI を活用した業務効率化を実施する。 - 第6期中長期計画に向けた ICT 基盤の検討及び計画を実施する。 - 内線用スマートフォンの更なる利活用を検討する。 - ユニバーサルコミュニケーション研究所においても内線スマートフォンの配布を検討する。 - 令和3年12月24日デジタル大臣決定を踏まえ、PMO の設置等の体制整備を行った。 - PMO の体制に基づき、現状の情報システムとその運用管理が「情報システムの整備および管理の基本的な方針」に準拠しているか各システム担当組織に現状把握のためのヒアリングを通して確認し、PMO 事務局の分析をもとシステムの改善提案を行った。 - PMO において、令和6年度の実施計画を作成し、令和5年度に実施したアンケートのフォローアップに加え、2システムを新規追加してアンケートや改善提案を実施した。令和6年度においては、機構全体の PMO が取り組むべきシステムの監視と情報把握に注力した。 <以下、令和7年度において> - 令和7年度の実施計画を作成し、引き続き、情報システムの適切な整備及び管理を行う。	

			情報システム担当部署に対して、令和6年度に改善提案を行った事項についての状況確認等を実施していく。																			
4. 業務の効率化 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で1.1%以上の効率化を達成するものとする。 また、総人件費については、政府の方針に従い、必要な措置を講じるものとする。その際、給与水準については、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」(平成25年12月24日閣議決定)を踏まえ、検証を行った上で、適正な水準を維持するとともに、その検証結果や取組状況を	4. 業務の効率化 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で1.1%以上の効率化を達成する。 総人件費については、政府の方針に従い、必要な措置を講じる。その際、給与水準については、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」(平成25年12月24日閣議決定)を踏まえ、検証を行ったとともに、その検証結果や取組状況を公表する。	<評価の視点> - 一般管理費及び事業費の合計について、1.1%以上の効率化を達成したか。 - 総人件費について、必要な措置を講じたか。 - 給与水準について、適切性を検証し、必要に応じて適正化を図ったか。 - 給与水準の検証結果等を公表したか。 <指標> - 一般管理費及び事業費の合計の効率化状況(%)	4. 業務の効率化 - 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で1.1%以上の効率化を達成した。 - 国家公務員の給与体系に準拠した給与制度維持のため、各年度において人事院勧告等に基づく国家公務員給与の改定を法人の給与に反映している。 - 国家公務員の給与水準を考慮しつつ、機構全体の給与水準を検証し、給与水準の検証結果や適正な給与水準維持の取り組み状況について、国民から理解が得られるような形で、「国立研究開発法人情報通信研究機構の役職員の報酬・給与等」として毎年公表している。 - 第5期中長期目標期間における給与水準(ラスパイレス指数) <table><tr><td>区分</td><td>令和3年度</td><td>令和4年度</td><td>令和5年度</td><td>令和6年度</td><td>令和7年度</td></tr><tr><td>研究職員</td><td>99.9</td><td>99.9</td><td>100.0</td><td>101.2</td><td>-</td></tr><tr><td>事務・技術職員</td><td>107.0</td><td>106.1</td><td>93.0</td><td>92.5</td><td>-</td></tr></table> - 公務員の給与改定に準じた給与規程の改正として「独立行政法	区分	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度	研究職員	99.9	99.9	100.0	101.2	-	事務・技術職員	107.0	106.1	93.0	92.5	-	4. 業務の効率化 - 一般管理費及び事業費の合計については、毎年度平均で1.1%の効率化となり、計画を達成した。 - 国家公務員の給与体系に準拠した給与制度維持のため、各年度において人事院勧告等に基づく国家公務員給与の改定を法人の給与に反映した。 - 国家公務員の給与水準を考慮しつつ、機構全体の給与水準を検証し、給与水準の検証結果や適正な給与水準維持の取り組み状況について、国民から理解が得られるような形で、機構ホームページに毎年公表している。 - 公務員の給与改定に準じた給与規程の改正として「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」の(平成25年12月24日閣議決定)を踏まえ、毎年「独立行政法人の役職員の給与改定に関する取扱いについて」(主務省要請)を受け、給与改定を実施している。 以上のように、業務の効率化について、年度計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
区分	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度																	
研究職員	99.9	99.9	100.0	101.2	-																	
事務・技術職員	107.0	106.1	93.0	92.5	-																	

公表するものとする。			人改革等に関する基本的な方針」の(平成 25 年 12 月 24 日閣議決定)を踏まえ、毎年「独立行政法人の役職員の給与改定に関する取扱いについて」(主務省要請)を受け、給与改定を実施している。	
5. 組織体制の見直し 研究開発の成果の最大化及び適正、効果的かつ効率的な業務運営の一層の確保を図るため、NICT の本部・各拠点における研究等の組織体制の不断の見直しを図るものとする。特に、重点研究開発課題の研究成果の最大化が図れるよう、研究開発の推進スキーム、推進体制の柔軟な設定、及び研究者の育成・確保について見直しを図るものとする。 また、組織体制の見直しに際しては、研究開発成果を最大化するための機能に係る組織の役	5. 組織体制の見直し 研究開発成果の最大化その他の業務の質の向上を実現するため、機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の見直しを不断に行う。組織体制の見直しに際しては、研究開発成果を最大化するための機能に係る組織の役割及びマネジメント体制を明確化することで効率的・効果的な組織運営を実現する。さらに、恒久的な基金である情報通信研究開発基金の適正な管理・運用に努めるとともに、研究開発成果を最大化するための体制整備を行う。 また、オープンイノベーション創出に向けて産学官連携の強化を促進するため、分野横断的な取組や外部との連携が必要な研究開発課題に対しては、機動的に研究課題	<評価の視点> ・機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の見直しを不断に行い、効率的・効果的な組織運営を実現したか。 ・恒久的な基金である情報通信研究開発基金の適正な管理・運用に努めるとともに、研究開発成果を最大化するための体制整備を行ったか。 ・分野横断的な取組や外部との連携が必要な研究開発課題に対して、機動的に研究課題の設定や研究推進体制の整備を行ったか。	5. 組織体制の見直し ・効率的・効果的な組織運営の実現を目指し、経営資源(人材、予算、施設、設備)と成果(研究成果、知財)を可視化するため、令和4年度に開発、運用開始した経営管理システムの更新を行った。 ・情勢の変化に対応するため、令和6年4月にはダイバーシティ推進室、令和6年7月には GPAI 東京専門家支援センター、令和6年9月には AI 研究開発推進ユニット、令和7年2月には AI セキュリティ研究センターを新設した。 ・情報通信研究開発基金を活用した革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業では、社会実装・海外展開を目指した研究開発への助成の実施のため、令和5年度にオープンイノベーション推進本部総合プロデュースオフィス内に新たに「革新的情報通信技術開発推進室」を設置した。また、総合プロデュースオフィス長や各室長の兼職を解消し、役割分担を整理、意思決定を効率化した。 ・機構内のオープンな意見交換会や検討会を通じ、新たな価値の創造や機構内の活性化の推進を目的としたスキーム「NEXT」について、令和3年度は 14 件の応募があり、9件を採択し、成果報告会を実施した。令和4年度は3件の新規課題と2件の継続課題を採択し、成果報告会を実施した。令和5年度は第6期中長期計画の柱となる研究プロジェクトの創出につながる研究	5. 組織体制の見直し ・情勢の変化に対応するため、令和5年度には革新的情報通信技術開発推進室、令和6年にはダイバーシティ推進室、GPAI 東京専門家支援センター、AI 研究開発推進ユニット、AI セキュリティ研究センターを新設する等適時適切に組織の見直しを行った。 以上のように、組織体制の見直しについて、年度計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

割及びマネジメント体制を明確化することで効率的・効果的な組織運営を実現するものとする。	の設定や研究推進体制の整備を行う。		開発活動「研究トラック」を6件、令和6年度は第6期中長期の組織体制の強靱化につながる活動「組織強靱化トラック」を3件、採択した。「研究トラック」については3回、「組織強靱化トラック」は1回の進捗報告会と成果報告会を実施した(再掲)。	

国立研究開発法人情報通信研究機構第5期中長期目標期間評価(見込評価)項目別自己評価書(No.9 財務内容の改善に関する事項)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	V. 財務内容の改善に関する事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	(参考情報) 当該年度までの累積 値等、必要な情報	

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価指標、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等	中長期目標期間評価に係る 自己評価	
Ⅲ 予算計画(人件費の見積もりを含む。)、収支計画及び資金計画	Ⅲ 予算計画(人件費の見積もりを含む。)、収支計画及び資金計画 予算計画 収支計画 資金計画			評価	B 予算計画、収支計画及び資金計画に基づき、以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成したと認め、評価を「B」とした。
1. 一般勘定 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅳ 業務運営の効率化に関する事項」で示した事項について	1. 一般勘定 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部	<評価の視点> ・運営費交付金を充当して行う事業について、適切に、計画の予算及び収支計画を作成し、当該予	1. 一般勘定 ・運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込んだ上で、年度の予算計画及び収支計画を作成し、当該予算計画及び収支計画による運営を行った。 ・収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理し、目標と評価の単	1. 一般勘定 ・運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込	

配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込んだ上で、中長期計画の予算及び収支計画を作成し、当該予算及び収支計画による運営を行うものとする。 また、独立行政法人会計基準の改定(平成12年2月16日独立行政法人会計基準研究会策定、令和2年3月26日改訂)等により、運営費交付金の会計処理として、業務達成基準による収益が原則とされたことを踏まえ、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理する体制を構築する。 その他、保有資産については不断の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫	資金の適正な収入を見込んだ上で、中長期目標期間中の予算計画及び収支計画を作成し、当該予算計画及び収支計画による運営を行う。なお、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理し、目標と評価の単位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示する。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書において説明する。 その他、保有資産については、不断の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫納付する。	算及び収支計画による運営を行ったか。 • 収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理したか。 • 事業等のまとまりごとに財務諸表にセグメント情報を開示し、また、予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書にて説明したか。 • 保有資産については不断の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫納付したか。	位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示した。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算報告書にて説明した。 • 施設・設備等保有資産については、年1回棚卸及び減損兆候調査の実施による見直しを行った結果、不要となる資産はなかった。現有している資産について引き続き有効活用を努めている。 • 施設・設備等保有資産については、棚卸等により不断の見直しを行い、引き続き有効活用を推進している。 • なお、国庫納付については、「V. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画」に掲げた、基盤技術研究促進業務における政府出資金については、国庫納付し、鹿島宇宙技術センターの一部については、土地、建物、工作物等を現物国庫納付し(見込)、債務保証等の保有財産については、残余財産を国庫納付した。	んだ上で、年度の予算計画及び収支計画を作成し、当該予算計画及び収支計画による運営を行った。 • 収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理し、目標と評価の単位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示している。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算報告書にて説明した。 • 施設・設備等保有資産については、棚卸等により不断の見直しを行い、引き続き有効活用を推進している。 • なお、国庫納付については、「V. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画」に掲げた、基盤技術研究促進業務における政府出資金については、国庫納付し、鹿島宇宙技術センターの一部については、土地、建物、工作物等を現物国庫納付し(見込)、債務保証等の保有財産については、残余財産を国庫納付した。 以上のように、一般勘定について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

納付するものとする。				
2. 自己収入等の拡大 「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」(平成 25 年 12 月 24 日閣議決定)において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることも踏まえ、保有する知的財産について、保有コストの適正化を図るとともに、技術移転活動の活性化による知的財産収入	2. 自己収入等の拡大 「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」(平成 25 年 12 月 24 日閣議決定)において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることも踏まえ、保有する知的財産について、保有コストの適正化を図るとともに、技術移転活動の活性化による知的財産収入の増加や、競争的資金や資金受入型共同研究による外部資金等の増加に努めるものとする。その際、これまで収入が見込めなかった分野について、中長期目標期間の平均年間知的財産収入が前中長期目標期間よりも増加となることを目指すものとする。	＜評価の視点＞ - 知的財産の活用により知的財産収入の増加を図ったか。 - 競争的資金等の外部資金の増加に努めたか。 - 資金受入型共同研究の拡大を図ったか。	2. 自己収入等の拡大 - 第5期から知財の取得・維持に係る判断を、必要な経費(知財予算)とともに、各研究所に委任・分配して、研究現場が知財動向把握やその活用の視点を強く意識し知財の取得・維持の要否を主体的に判断する体制としその定着と運用の改善を着実に推進した。 - 登録から一定期間経過した特許権については必要な特許ポートフォリオや権利維持の必要性及び実施見通しに関する研究現場の判断を基に権利放棄を含めて適切に管理した。その結果、前中長期期間に比べ、国内特許の出願維持費用は同程度であるが、国内出願に比べ費用のかかる外国出願に関する費用は抑制できている。 - 知的財産の活用による知財収入の増大に向けて、技術移転推進担当者と研究所・研究者及び関連部署が連携して企業に対する技術シーズ情報の発信や技術移転契約の交渉を進め、知的財産の活用促進を図った。 - 具体的には JST との共催による NICT 新技術説明会を令和3年度から毎年開催、Interop TOKYO や CEATEC の展示会において技術移転紹介コーナーを毎年設置、社会実装の促進に取り組む機構内の複数部署が連携した研究成果展開サポートグループとしての活動(研究者向けのワンストップ相談会や関連セミナー開催等)、Web を活用した知財シーズ情報の発信等に継続的に取り組んだ。 - 第5期の新規技術移転契約件数および年度末契約件数は減少傾向であるが、技術移転収入は令和3年度以降徐々に増加している。また、有機 EO ポリマー、酸化 Ga、深紫外 LED、脳機能解読などフロンティアサイエンス分野の研究成果で、知財収入が見込めなかった第4期期間に比べ第5期期間では確実に増加した(4技術の令和2年度の収入合計 58 万円が令和6年度では 721 万円に増加)。 - 受託研究・研究助成金等の外部資金獲得額は、令和3～6年度で計 44,175 百万円、令和6年度は 10,545 百万円となった。外部資金の増加に向けては、外部資金獲得に関する説明会や科研費説明会の開催、「外部資金獲得推進制度」による追加資金の	2. 自己収入等の拡大 - 知的財産の活用による知財収入の増大に向けて、技術移転推進担当者と研究所・研究者及び関連部署が連携して企業に対する技術シーズ情報の発信や技術移転契約の交渉を進め、知的財産の活用促進を図った。 - 外部資金の増加に向けては、外部資金獲得に関する説明会や科研費説明会の開催、「外部資金獲得推進制度」による追加資金の配分などに取り組んだ。 以上のように、自己収入等の拡大について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

の増加や、競争的資金や資金受入型共同研究による外部資金等の増加に努めるものとする。その際、これまで収入が見込めなかった分野について、中長期目標期間の平均年間知的財産収入が前中長期目標期間よりも増加となることを目指すものとする			配分などに取り組んだ。 資金受入型共同研究においては、令和3～6年度で計 807 百万円、令和6年度は 203 百万円となった。企業等からの資金受入型共同研究の拡大に向けた取組としては、契約手続きをスムーズに進めるための説明会を随時実施し、機構内の事例紹介などのセミナーを適宜実施した。令和5年度には受入資金が小規模であっても研究者還元がされるようインセンティブ制度の見直しを行った。	
3. 基盤技術研究促進勘定 民間基盤技術研究促進業務については、これまでの事業の実施状況に関して、できる限り定量的に検証・分析し、今後の対応等も含め公表するものとする。また、既往の委託研究締結案件に関して、研究開発成果の事業化や売上等の状況把握を行い、収益納付・売上納付の回収を引き続き進めること	3. 基盤技術研究促進勘定 民間基盤技術研究促進業務については、これまでの事業の実施状況に関して、できる限り定量的に検証・分析し、今後の対応等も含め公表するものとする。また、既往の委託研究締結案件に関して、研究開発成果の事業化や売上等の状況把握を行い、収益納付・売上納付の回収を引き続き進めること、業務経費の低減化を進めることにより、繰越欠損金の着実な縮減に努める。 基盤技術研究促進勘定において、令和2年度末に償還期限を迎えた保有有価証券に係る政府出資金 15 億円については、令和3年度第1四	＜評価の視点＞ 業務経費の低減化を図るとともに、繰越欠損金の着実な縮減に努めたか。	3. 基盤技術研究促進勘定 - これまでの事業の実施状況に関して調査を実施した結果等については当機構サイトに掲載し公開した。 - 既往の委託研究締結案件に関しては、研究成果の事業化や売上等の状況把握を行うため、年度当初毎に策定した「民間基盤技術研究促進業務における売上(収益)納付金回収のための実施方針」に基づき、書面調査等を実施し、収益納付・売上納付の回収を適切に進めた。 - また、業務経費の低減維持に努めることで繰越欠損金を着実に縮減した。 - 政府出資金 15 億円については令和3年度に国庫納付した。	3. 基盤技術研究促進勘定 書面調査等を実施し収益納付・売上納付の回収を適切に進めたこと及び業務経費の低減維持に努めることで繰越欠損金を着実に縮減した。 以上のように、基盤技術研究促進勘定について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

と、業務経費の低減化を進めることにより、繰越欠損金の着実な縮減に努めるものとする。 なお、償還期限を迎えた保有有価証券に係る政府出資金については、国庫納付を行うこととする。	半期中を目処として国庫納付する。			
4. 債務保証勘定 各業務の実績を踏まえるとともに、信用基金の清算を着実に実施する。債務保証業務については、財務内容の健全性を確保するため、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証範囲や保証料率については、リスクを勘案した適切な水準とする。また、保証債務の代位弁済、利子補給金	4. 債務保証勘定 各業務の実績を踏まえ基金を適正に運用するとともに、信用基金の清算を着実に実施する。 債務保証業務については、財務内容の健全性を確保するため、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証範囲や保証料率については、リスクを勘案した適切な水準とする。 また、保証債務の代位弁済、利子補給金及び助成金交付の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。 これらに併せて、信用基金を清算するまで運用益の最大化を図る。 国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正	＜評価の視点＞ - 基金を適正に運用するとともに、信用基金の清算を着実に実施したか。 - 信用基金の運用益の最大化を図ったか。	4. 債務保証勘定 - 令和5年度末で債務保証勘定の業務は廃止し、残余財産は令和6年7月8日に国庫納付して同勘定を廃止し、信用基金を清算した。 - 第5期の実績は利子補給金の交付1件のみであり、運用益及び剰余金の範囲内に抑えるよう計画的に使用した。 - 信用基金を清算するまでは、可能な限り有利な利率で運用した。	4. 債務保証勘定 - 令和5年度末で債務保証勘定の業務は廃止し、残余財産は令和6年7月8日に国庫納付して同勘定を廃止し、信用基金を清算した。 - 今期の実績は利子補給金の交付1件のみであり、運用益及び剰余金の範囲内に抑えるよう計画的に使用した。信用基金を清算するまでは、可能な限り有利な利率で運用した。 以上のように、債務保証勘定について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

及び助成金交付の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努めるものとする。なお、これらに併せて、信用基金を清算するまで運用益の最大化を図るものとする。 国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律（令和5年法律第87号）附則第3条第4項の規定に基づき、債務保証勘定の残余財産を国庫納付し、同勘定を廃止するものとする。	する等の法律（令和5年法律第87号）附則第3条第4項の規定に基づき、債務保証勘定の残余財産を国庫納付し、同勘定を廃止するものとする。			
5. 出資勘定 出資業務（令和6年度以降は国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律（令和5年法律第87号）附則第3条第2項に規定する出資継続業務）につい	5. 出資勘定 出資業務（令和6年度以降は国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する等の法律（令和5年法律第87号）附則第3条第2項に規定する出資継続業務）については、これまでの事業の実施状況に関して、できる限り定量的に検証・分析し、今後の対応等も含め公表するものとする。また、引き続き業務経	＜評価の視点＞ ・業務経費の低減化を図るとともに、出資金の最大限の回収に努めたか。	5. 出資勘定 ・これまでの事業の実施状況に関して調査を実施した結果等については、当機構サイトに掲載し公開した。 ・また、業務経費の低減維持に努めることで繰越欠損金を着実に縮減した。 ・旧通信・放送機構が直接出資し機構が承継した法人のうち、株式保有中の2社については、年度決算や中間決算の報告等を通じて経営内容・事業計画等の把握に努めた。 ・今期においてはコロナ禍や物価高の影響もある中で、2社とも黒字を確保した。 ・出資により取得した株式がその取得価格以上の適正な価格となるよう、配当の是非も含め適時に協議を行った。	5. 出資勘定 ・これまでの事業の実施状況に関して調査を実施した結果等については、当機構サイトに掲載し公開した。また、業務経費の低減維持に努めることで繰越欠損金を着実に縮減した。 ・出資先法人のうち、株式保有中の2社については、年度決算や中間決算の報告等を通じて経営内容・事業計画等の把握に努めた。今期においてはコロナ禍や

ては、これまでの事業の実施状況に関して、できる限り定量的に検証・分析し、今後の対応等も含め公表するものとする。また、引き続き業務経費の低減化に努めること、毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容・状況の把握に努め、経営状況に応じて、必要があれば事業運営の改善を求めることにより、出資金の最大限の回収に努める。加えて、配当金の着実な受取に努める等、繰越欠損金の着実な縮減に努める。				物価高の影響もある中で、2社とも黒字を確保した。 以上のように、出資勘定について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
	IV 短期借入金の限度額 年度当初における国からの運営費交付金の受入れが最大限3ヶ月遅延した場合における機構職員への人件費の遅配及び機構の事業費支払い遅延を回避するため、短期借入金を借り入れることが	＜評価の視点＞ • 短期借入金について、借入があった場合、借り入れ理由や借入額等は適切なものと認められるか。	IV 短期借入金の限度額 • 短期借入金の借入はなかった。	IV 短期借入金の限度額 該当なし。

	できることとし、その限度額を29億円とする。															
	V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 別表4に掲げる基盤技術研究促進勘定における不要財産、鹿島宇宙技術センターの一部及び債務保証勘定における不要財産について、国庫納付を行う。 (別表4) <table><tr><td>不要財産と認められる具体の財産</td><td>処分時期</td><td>納付方法</td></tr><tr><td>(1)民間基盤技術研究促進業務に係る保有財産(見込額15億円)</td><td>令和3年度</td><td>現金</td></tr><tr><td>(2)鹿島宇宙技術センターの一部(土地、建物及び工作物)</td><td>令和5年度以降</td><td>土地、建物及び工作物(現物納付)</td></tr><tr><td>(3)債務表業務、助成金交付業務及び利子簿級業務に係る保有財産(見込額23.9億円)</td><td>令和6年度</td><td>現金</td></tr></table>	不要財産と認められる具体の財産	処分時期	納付方法	(1)民間基盤技術研究促進業務に係る保有財産(見込額15億円)	令和3年度	現金	(2)鹿島宇宙技術センターの一部(土地、建物及び工作物)	令和5年度以降	土地、建物及び工作物(現物納付)	(3)債務表業務、助成金交付業務及び利子簿級業務に係る保有財産(見込額23.9億円)	令和6年度	現金	＜評価の視点＞ 不要資産について、適切に対応を行ったか。	V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 - 基盤技術研究促進業務における政府出資金については、令和3年6月30日に国庫納付した。 - 鹿島宇宙技術センターの一部について、土地、建物、工作物等を現物国庫納付した(見込)。 - 債務保証等の業務が終了したため、残余財産を令和6年7月8日に国庫納付した。	V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 - 基盤技術研究促進業務における政府出資金については、令和3年6月30日に国庫納付した。 - 鹿島宇宙技術センターの一部について、土地、建物、工作物等を現物国庫納付した(見込)。 - 債務保証等の業務が終了したため、残余財産を令和6年7月8日に国庫納付した。
不要財産と認められる具体の財産	処分時期	納付方法														
(1)民間基盤技術研究促進業務に係る保有財産(見込額15億円)	令和3年度	現金														
(2)鹿島宇宙技術センターの一部(土地、建物及び工作物)	令和5年度以降	土地、建物及び工作物(現物納付)														
(3)債務表業務、助成金交付業務及び利子簿級業務に係る保有財産(見込額23.9億円)	令和6年度	現金														
	VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画	—	VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画	VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画 該当なし。												

	なし。		・該当なし	
	Ⅶ 剰余金の使途 1 重点的に実施すべき研究開発に係る経費 2 広報や成果発表、成果展示等に係る経費 3 知的財産管理、技術移転促進等に係る経費 4 職場環境改善等に係る経費 5 施設の新営、増改築及び改修等に係る経費	＜評価の視点＞ 剰余金が発生したときは、利益または損失について適切に処理されたか。	Ⅶ 剰余金の使途 ・発生した剰余金は、通則法の規定に基づき、積立金として適切に処理した。なお、剰余金の経費への充当はなかった。	Ⅶ 剰余金の使途 該当なし。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第5期中長期目標期間評価(見込評価)項目別自己評価書(No.10 その他業務運営に関する重要事項)

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	VI. その他業務運営に関する重要事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値)	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	(参考情報) 当該年度までの累積 値等、必要な情報	
研究成果に関する報道発表の掲載率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価指標、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等		自己評価
Ⅵ. その他業務運営に関する重要事項	Ⅷ その他主務省令で定める業務運営に関する事項			評価	B
				Ⅷ その他主務省令で定める業務運営に関する事項 その他主務省令で定める業務運営に関する事項については、年度計画に沿って以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成したと認め、評価を「B」とした。	
	1. 施設及び設備に関する計画	<評価の視点>	1. 施設及び設備に関する計画		1. 施設及び設備に関する計画

	中長期計画に基づき、別表5に掲げる本部及び各拠点における施設・設備の更新・改修、整備を実施する。	施設及び整備に関する計画	• 施設及び設備の効率的な維持・整備を適切に実施したか。	• 中長期計画に基づき、本部及び各拠点における施設・設備の更新・改修・整備を実施した。	• 中長期計画に基づき、本部及び各拠点における施設・設備の更新・改修・整備を実施した。					
	<table><tr><th>施設・設備の内訳</th><th>予定額 (百万円)</th><th>財源</th></tr><tr><td>(1)電磁波先進基盤分野の研究開発に必要な施設・整備 (2)革新的ネットワーク分野の研究開発に必要な施設・整備 (3)サイバーセキュリティ分野の研究開発に必要な施設・整備 (4)ユニバーサルコミュニケーション分野の研究開発に必要な施設・整備 (5)フロンティアサイエンス分野の研究開発に必要な施設・整備</td><td>計 37,505</td><td>運営費 交付金 施設整備費補助金</td></tr></table>	施設・設備の内訳	予定額 (百万円)	財源	(1)電磁波先進基盤分野の研究開発に必要な施設・整備 (2)革新的ネットワーク分野の研究開発に必要な施設・整備 (3)サイバーセキュリティ分野の研究開発に必要な施設・整備 (4)ユニバーサルコミュニケーション分野の研究開発に必要な施設・整備 (5)フロンティアサイエンス分野の研究開発に必要な施設・整備	計 37,505	運営費 交付金 施設整備費補助金			
施設・設備の内訳	予定額 (百万円)	財源								
(1)電磁波先進基盤分野の研究開発に必要な施設・整備 (2)革新的ネットワーク分野の研究開発に必要な施設・整備 (3)サイバーセキュリティ分野の研究開発に必要な施設・整備 (4)ユニバーサルコミュニケーション分野の研究開発に必要な施設・整備 (5)フロンティアサイエンス分野の研究開発に必要な施設・整備	計 37,505	運営費 交付金 施設整備費補助金								

1.人事制度の強化 テニュアトラック制度の推進、給与や研究環境を含めた処遇面の改善など、若手や競争の激しい研究分野の研究者の確保に資するよう、魅力ある制度を充実させるとともに、民間等で事業経験のある研究支援人材を確保するものとする。また、多様なキャリア形成に向けた組織内外の人事交流を行うとともに、人材交流等による体制の強化に向けた人材育成を行うものとする。さらに組織に変	2. 人事に関する計画 2-1. 若手人材を含む多様で優秀な人材の確保 テニュアトラック制度の推進等により、若手研究者の成長機会を整備し、将来の ICT を担う優秀な研究者を育成する。また、インターンシップやリサーチアシスタント等の制度を活用し、大学等との連携による先行的かつ効果的な人材発見と育成を進める。 職員の雇用においては、オープンイノベーションの潮流を踏まえた多様な能力を融合した機構組織を実現するため、企業や大学での経験を評価した雇用を充実させる	<評価の視点> 若手研究者の成長機会を整備し、将来の ICT を担う優秀な研究者を育成したか。 リサーチアシスタント等の制度を活用し、大学等との連携による先行的かつ効果的な人材発見と育成を進めたか。 オープンイノベーションの潮流を踏まえた多様な能力を融合した機構組織を実現するため、企業や大	2. 人事に関する計画 2-1. 若手人材を含む多様で優秀な人材の確保 優秀な若手研究者の確保のために、令和7年度採用において機構として初めて「パーマナント研究職(修士新卒型)」の選考を実施し、3名に内定を出すとともに、育成支援のために、博士の学位の取得活動に係る経費の全部又は一部を機構で負担する制度やメンター制度を運用するための規程類を検討・整備し、将来の ICT を担う優秀な研究人材の育成を図った。 先行的かつ効果的な人材発見と育成については若手研究者が挑戦できる機会としてテニュアトラック制度を推進した。具体的には以下のとおりテニュアトラック研究員の採用、及びテニュアトラック研究員からパーマナント研究職への採用を行った。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>テニュアトラック研究員採用数</td><td>4名</td><td>2名</td><td>7名</td><td>4名</td><td>3名</td></tr><tr><td>テニュアトラック研究員からパーマナント研究職への採用数</td><td>2名</td><td>5名</td><td>1名</td><td>1名</td><td>1名</td></tr></table> リサーチアシスタント制度の活用については、サイバーセキュリティ分野や量子 ICT 分野等で優秀な若手人材を採用した。具体的には以下のとおり採用を行った。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>リサーチアシスタント採用数</td><td>6名</td><td>24名</td><td>28名</td><td>40名</td><td>—</td></tr></table> 優秀な若手研究者の確保に向け、大学や学会が主催するリクルートイベントに参加し活動した。また、オープンハウス 2023 及び 2024 におけるトークセッションへの参加や他国研との共同イベント等の企画、国研の魅力を PR を実施した。 国内インターンシップ制度の活用を推進した。具体的には、以下のとおりの受入れを実施した。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>国内インターンシップ生受入数</td><td>11名</td><td>20名</td><td>21名</td><td>30名</td><td>—</td></tr></table> オープンイノベーションの潮流を踏まえた雇用については、研究成果の最大化を実現するための人材として、求める人材の専門性やミッションに応じて職員を採用した。令和6年度採用から、女性対象のパーマナント研究職及び研究技術職の公募を開始した。その結果、パーマナント研究職及びパーマナント研究技術職の採用に占める女性割合が令和6年度 42%、令和7年度 25%となり、令和3年度から令和5年度までの平均 16%より女性割合が大幅に増加し、ダイバーシティの推進による多様な人材の確保が図られた。		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	テニュアトラック研究員採用数	4名	2名	7名	4名	3名	テニュアトラック研究員からパーマナント研究職への採用数	2名	5名	1名	1名	1名		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	リサーチアシスタント採用数	6名	24名	28名	40名	—		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	国内インターンシップ生受入数	11名	20名	21名	30名	—	2. 人事に関する計画 若手人材を含む多様で優秀な人材の確保として、テニュアトラック制度の推進、インターンシップやリサーチアシスタント等の制度の活用を着実に進めた。 優秀な若手研究者の確保のために、令和7年度採用において機構として初めて「パーマナント研究職(修士新卒型)」の選考を実施し、3名に内定を出した。 リサーチアシスタント制度の活用については、サイバーセキュリティ分野や量子 ICT 分野等で優秀な若手人材を採用した。 令和6年度採用から、女性対象のパーマナント研究職及び研究技術職の公募を開始した。その結果、パーマナント研究職及びパーマナント研究技術職の採用に占める女性割合が令和6年度 42%、令和7年度 25%となり、令和3年度から令和5年度までの平均 16%より女性割合が大幅に増加し、ダイバーシティの推進による多様な人材の
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度																																									
テニュアトラック研究員採用数	4名	2名	7名	4名	3名																																									
テニュアトラック研究員からパーマナント研究職への採用数	2名	5名	1名	1名	1名																																									
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度																																									
リサーチアシスタント採用数	6名	24名	28名	40名	—																																									
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度																																									
国内インターンシップ生受入数	11名	20名	21名	30名	—																																									

化をもたらす人材の流動化を促進するため、実施可能なスキームを最大限活用し、諸外国の人材含め国研・大学・民間企業間でより積極的な人材交流を行うものとする。

なお、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」第24条に基づき策定された「人材活用等に関する方針」にも留意する。

等、人材の流動化とダイバーシティの推進による多様な人材の確保に努める。

学での経験を評価した雇用を充実させる等、人材の流動化とダイバーシティの推進に努めたか。

・民間企業等からも出向者(専門研究員・専門研究技術員・専門調査員)を受け入れた。

	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
パーマナント研究職 (うち、女性)	18名 (2)	14名 (2)	12名 (2)	12名 (6)	18名 (5)
パーマナント研究技術職 (うち、女性)	5名 (3)	8名 (1)	15名 (1)	12名 (4)	14名 (3)
パーマナント総合職 (うち、女性)	7名 (4)	10名 (5)	14名 (9)	12名 (6)	16名 (9)
パーマナント一般職 (うち、女性)		35名 (28)	9名 (9)	18名 (18)	11名 (11)
有期雇用職員(新規)	717名	276名	327名	308名	—
出向者	51名	22名	14名	39名	—

- ・令和5年度には、機構のダイバーシティ推進状況を整理し、内部統制委員会で報告した。また、内閣府男女共同参画局「女性版骨太の方針 2023」等、ダイバーシティ推進に係る政府方針の調査を行うとともに、他研究機関におけるダイバーシティ推進状況を調査するため、東北大学、産業技術総合研究所、宇宙航空研究開発機構(JAXA)との意見交換会を実施した。
- ・令和6年度より機構全体のダイバーシティ推進に係る基本方針の合意形成を行う場として、ダイバーシティ推進委員会を年に2回程度開催することとした。令和6年度第2回委員会からはオブザーバーの参加も可とした。
- ・ダイバーシティ推進に関する基本方針の立案に資するため、機構全役職員を対象に、令和5年度には「機構職員のダイバーシティ意識調査」、令和6年度には「NICTの働きやすさに関する意識調査」を実施した。
- ・任意団体「work with Pride」が策定する、企業・団体におけるセクシャル・マイノリティに関する取組の評価指標「PRIDE 指標」の認定についての調査を開始した。
- ・海外のグラント申請時等に求められるジェンダー平等計画(GEP)の内容について調査を開始した。
- ・外国籍職員や障がい者受け入れについてのノウハウやベストプラクティス共有のためのネットワーク構築の検討を開始した。
- ・令和5年度よりダイバーシティ推進のための環境整備として、外国籍職員、障がいを持つ職員の受入で生じている課題の解消に向けた調査を開始し、機構役職員向けアンケートの結果精査のほか、ダイバーシティランチ等でヒアリングを実施し、これらを基に優先度の高い施策を決定した。
- ・令和6年度には、各種共用設備の運用ルール等の見直しを実施した。
- ・機構内の委員会と連携し、各部署が「みんなの自動翻訳」等の翻訳ツールを用いてイン

確保が図られた。

- トラサイトの英語化を推進できるよう、令和6年度に英語化の基本方針を作成した。
- 令和5年度より、ダイバーシティ推進に向けた意識啓発のため、全機構役職員向けに「NICT Diversity Day」(ハイブリッド形式)を開催した。令和5年度は外部有識者を迎えた講演と、理事長、ダイバーシティ推進室長との鼎談、職員との意見交換会を実施した。令和6年度は『ダイバーシティを「自分事」として考える』をテーマに、外部有識者による講演のほか、外部有識者と職員によるオープンセッション、VR ゴーグルを使った体験型のグループワークを開催した。
 - 令和5年度より、ダイバーシティランチ、意見交換会等を各拠点で開催した。ダイバーシティに関する講演と意見交換会をきっかけに、礼拝室(prayer room)を設置した拠点もあった。
 - ダイバーシティ推進に向けた意識啓発として、機構内他部署と連携し、研修・講演会を開催した。令和5年度に管理監督者研修として実施した「ダイバーシティ推進とアンコンシャス・バイアス」では、内閣府男女共同参画局公式 YouTube 動画や男女共同参画学協会のコンテンツを調査し、研修に活用した。また、外部組織より講師を迎え、同組織における DEI 推進プロジェクトについて講演いただいた。令和6年度はダイバーシティに関する講演会を2本と、全機構役職員向けに「ダイバーシティ研修」を実施した。
 - 令和5年度に、ダイバーシティ公式サイト構築を開始し、ダイバーシティ推進に関連する既存の内部向け Web ページを調査し、ワークフレームを設計した(機構内他部署と連携)。また、トップからのメッセージ発信のため、役員インタビュー動画、PR 動画を作成し公開した。
 - 令和6年度には、同公式サイトの英語版を開設した。また、NICT ダイバーシティ・ステートメント(ダイバーシティ推進指針)を作成し、ダイバーシティ推進公式サイトで公開した。
 - 内閣府が支援する「輝く女性の活躍を加速する男性リーダーの会」に令和6年7月より加入した。
 - 機構のダイバーシティ取組に関する情報発信のため、日経ウーマンエンパワーメントプロジェクトを活用し、様々な取組を実施した。令和5年度には「ジェンダーギャップ会議」(後援:内閣府)のパネル討論に登壇し、採録記事が日経新聞、日経ウーマン掲載された。また、理事長、ダイバーシティ推進室長との対談が日経 xwoman に、ジェンダーギャップ会議の様子が国際女性デーに Financial Times に掲載された。令和6年度は「ジェンダーギャップ会議」(主催:日本経済新聞社/日経 BP)のパネル討論に登壇し、採録記事が日経新聞、日経ビジネスおよび日経ウーマンに掲載された。日経ウーマンエンパワーメントプロジェクト社長会に参加し、この採録記事が、日経 xwoman に掲載された。また機構の女性研究者、研究技術者らによる対談が、日経 xwoman に掲載された。
 - 令和5年度には、女性を対象としたパーマナント職員公募と連動して、機構で働く女性研究者・研究技術者の動画を機構公式 X で発信し、再生回数最大 13,000 回を記録するなど周知活動に貢献し、多くのエントリー数につなげた(機構内他部署と連携)。
 - 令和5年度および6年度のダイバーシティ推進に関する活動報告書(日本語版・英語版)

		を公開した。 - ダイバーシティ推進活動の機構内外での認知度を高めるため、ロゴマークを策定した。機構職員から応募のあったダイバーシティ推進ロゴマーク 17 点について職員投票を実施し、ダイバーシティ推進委員会で議論を行った。令和7年1月に最終決定した。 - 毎年度就職ナビサイトを活用したオープンカンパニーや業務説明会(Webを含む)を実施し、機構への理解を深める機会を充実させた。 - 上記の取組等により、新卒採用及び年齢構成の偏りを解消させる等のための経験者採用について、それぞれ必要とされる人材を確保した。 - パーマネント職に対するニーズへの対応及び最適な人材配置を行うため、令和4年度に新たにパーマネント一般職制度を創設し、毎年度必要な人材を確保している。													
2ー2. 戦略と役割に応じた処遇とキャリアパスの明確化 戦略的に重要な分野等において国内外で激化する人材確保競争に健全に対応していくため、それらの分野の研究者の戦略面の役割に応じた処遇・報酬と研究環境を実現させる制度を設計し実践する。また、機構の運営を含む各職務の役割を明確化し、それに応じた処遇と環境を実現してキャリアパスとその意味を明確にすることで、職員の意識の向上と能力発揮の最大化を図る。	＜評価の視点＞ - 戦略的に重要な分野等において、それらの分野の研究者の戦略面の役割に応じた処遇・報酬と研究環境を実現させる制度を設計し実践したか。 - 機構の運営を含む各職務の役割を明確化し、それに応じた処遇と環境を実現してキ	2ー2. 戦略と役割に応じた処遇とキャリアパスの明確化 - 研究者の戦略面の役割に応じた処遇・報酬と研究環境を実現させる制度の設計及び実践については、「国の重要な政策目標の達成のために必要な研究開発課題」として2課題を指定し、当該課題の目標達成に不可欠な能力を有する者を特定研究員又は特定研究技術員に指定することで、一定額の手当を支給する制度を運用している。令和5年度に当該分野における民間企業等からの引き抜き圧力増大等に対応するため、手当を増額する規程改正を行った。具体的に、特定研究員・特定研究技術員の指定者数は以下のとおりである。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>特定研究員及び特定研究技術員の人数(年度末時点)</td><td>38 名</td><td>41 名</td><td>43 名</td><td>51 名</td><td>—</td></tr></table> - 職員の意識の向上と能力発揮の最大化については、経営企画部等に若手から中堅層までの研究職・研究技術職の職員をプランニングマネージャーとして配置して機構全体のマネジメント業務にあたらせるなどにより、部署間の連携研究を意識した研究マネジメント能力の向上に努めた。 - 優秀な人材流出防止の観点から、令和5年度に管理監督職勤務上限年齢(60歳)となる年度の翌年度以降も降格等の適用を受けない「当機構独自の特例任用制度」を検討し、上級職職員の創設等を含む規程改正の制定を行い、当制度の運用を開始した。		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	特定研究員及び特定研究技術員の人数(年度末時点)	38 名	41 名	43 名	51 名	—	2ー2. 戦略と役割に応じた処遇とキャリアパスの明確化 研究者の戦略面の役割に応じた処遇・報酬と研究環境を実現させる制度の設計及び実践については、「国の重要な政策目標の達成のために必要な研究開発課題」として2課題を指定し、当該課題の目標達成に不可欠な能力を有する者を特定研究員又は特定研究技術員に指定することで、一定額の手当を支給する制度を運用している。令和5年度に当該分野における民間企業等からの引き抜き圧力増大等に対応するため、手当を増額する規程改正を行った。具体的に、特定研究員・特定研究技術員の指定者数は、令和3年度 38
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度										
特定研究員及び特定研究技術員の人数(年度末時点)	38 名	41 名	43 名	51 名	—										

	キャリアパスとその意味を明確にすることで、職員の意識の向上と能力発揮の最大化を図ったか。		名、令和4年度 41 名、令和5年度 43 名、令和6年度 51 名(いずれも年度末時点)と推移した。 ・優秀な人材流出防止の観点から、令和5年度に管理監督職勤務上限年齢(60 歳)となる年度の翌年度以降も降格等の適用を受けない「当機構独自の特例任用制度」を検討し、上級職職員の創設等を含む規程改正の制定を行い、当制度の運用を開始した。												
2ー3. 実践的な業務や外部経験を通じた職員の育成 機構の若手を含む多様な職員が経験豊富なリーダーの下で実践を通じて能力の向上を目指していく実践的育成プロセスの充実を図る。 また、民間や大学等への出向、移籍、再雇用の柔軟化等、組織の境界を越えた人材の流動化によるダイバーシティの推進にも努める。 さらに、グローバルな視点を持つ優秀な人材を確保・育成するため、諸外国からの人材の確保、諸外国への人材の	<評価の視点> ・多様な職員が経験豊富なリーダーのもとで実践を通じて能力の向上を目指していく実践的育成プロセスの充実を図ったか。 ・民間や大学等への出向、移籍、再雇	2ー3. 実践的な業務や外部経験を通じた職員の育成 ・研修については、マネジメント能力の向上等のため、階層別研修として管理監督者研修、中堅リーダー研修、主査・主任研修を実施するほか、令和4年度から入構3年目程度の職員を対象としてコア人材として求められる能力・資質の向上を目的としたフォローアップ研修を実施している。また、新人育成のためメンターとなる者の研修をするなど、各種研修を実施した。 ・令和5年度から研究マネジメント業務研修として研究活動の企画、マネジメント、研究成果の活用促進等を行う人材の育成・活躍推進を目的に文部科学省施策による URA (University Research Administrator) スキル認定の研修を希望者に対して受講させ、令和5年度は 122 名、令和6年度は 44 名の受講があった。また令和6年度から研究マネジメント業務研修を補完する研修カリキュラムとして、研究マネジメント業務を担う職員の連携が継続的に続くようにすること等を目的とした複数の研修を実施している。 ・民間や大学等への出向、移籍、再雇用の柔軟化については、クロスアポイントメントによる人事交流を大学法人と行った。具体的な件数は以下のとおりである。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>クロスアポイント件数実績</td><td>4名</td><td>4名</td><td>3名</td><td>5名</td><td>—</td></tr></table> ・内閣府や総務省へ定期的に出向したほか、令和6年度は個人情報保護委員会にも出向し、組織の境界を越えた人材の流動化を進めた。		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	クロスアポイント件数実績	4名	4名	3名	5名	—	2ー3. 実践的な業務や外部経験を通じた職員の育成 ・総合職1名の海外民間企業への出向（研修型）を実施した。令和7年度においても継続して出向できるよう各種準備を行っている。 ・民間や大学等への出向、移籍、再雇用の柔軟化については、クロスアポイントメントによる人事交流を大学法人と行った。 ・令和5年度から研究マネジメント業務研修として研究活動の企画、マネジメント、研究成果の活用促進等を行う人材
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度										
クロスアポイント件数実績	4名	4名	3名	5名	—										

派遣による知見の拡大等を積極的に推進する。

用の柔軟化等、組織の境界を越えた人材の流動化によるダイバーシティの推進にも努めたか。
・諸外国からの人材の確保、諸外国への人材の派遣による知見の拡大等を積極的に推進したか。

- ・女性職員（研究職及び研究技術職）の人材登用については以下のとおり実施した。
令和3年度 研究所長1名、研究センター長1名、プランニングマネージャー2名
令和4年度 総括プランニングマネージャー1名、プランニングマネージャー1名
令和5年度 執行役1名、総合企画室長1名、研究室長1名、総括プランニングマネージャー1名
令和6年度 企画戦略室長1名、イニシアティブ長1名
- ・他の国研等とのダイバーシティ推進に関する情報共有・意見交換をはかるため、21の研究教育機関が連携して男女共同参画を推進している「ダイバーシティ・サポート・オフィス」に令和5年7月より加入した。懇話会等を通じて他機関との課題や好事例の共有を行った。
- ・令和7年1月に NEC ソリューションイノベータが実施する「女性役員への登用を加速させるスポンサーシッププログラム」の参加者との交流会を実施し、講演のほか、グループワークを行った。
- ・令和7年3月に、日本アイ・ビー・エム株式会社の女性技術者コミュニティーcosmos が主催する cosmos partners 情報交換会に参加した。
- ・STEM 人材育成活動として、令和6年6月にオープンハウス 2024 内で、次世代の ICT 人材育成を目的に、近隣のスーパーサイエンスハイスクールを含む3校の高校生を迎え、機構研究者とのトークセッションを開催した。各校の高校生による研究発表を基に、高校生と研究者がディスカッションを実施した。
- ・令和6年8月3日、福井県教育委員会が主催する「ふくい Girls 未来のテックリーダー首都圏研修」プログラムの1つとして、キャリアトークイベントを実施した。この研修は、女子高校生に理系キャリアを志すきっかけを提供することを目的として実施されているもので、女子高校生たちに理系進路やキャリアパスとしての女性研究者について知る機会を提供した。
- ・女性管理職育成に関する他社事例や制度の調査を開始した。
- ・諸外国への人材の派遣による知見の拡大等を積極的に推進する国際人材派遣制度による派遣人数は以下のとおりである。

	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
国際人材派遣制度実績（開始年度）	0名	1名	1名	1名	—

- ・総合職2名の海外民間企業への出向（研修型）を実施した。令和7年度においても継続して出向できるよう各種準備を行っている。
- ・外部経験に対する意識を把握するため、令和5年度から毎年パーマナント総合職・一般職に対して、国内出向（国の機関、民間企業等）や海外勤務（海外拠点・国際人材派遣（留学）、海外出向等）への関心や希望を確認するアンケート調査を実施しており、これらを踏まえて職員を海外等に派遣している。
令和6年度からグローバル人材育成を目的として、VR 機器を用いた英会話研修を実施

の育成・活躍推進を目的に文部科学省施策による URA (University Research Administrator) スキル認定の研修を希望者に対して受講させた。
・他の国研等とのダイバーシティ推進に関する情報共有・意見交換をはかるため、21の研究教育機関が連携して男女共同参画を推進している「ダイバーシティ・サポート・オフィス」に令和5年7月より加入した。懇話会等で情報交換を行った。

			している。												
2－4. 研究支援人材の確保及び資質向上 研究開発及び社会実装を円滑に推進する上で不可欠な研究支援人材を確保し、研究支援体制を整備する。さらに、業務をすすめる上で必要とされるスキルセットを整理し、研修を行う等、資質の向上に関する取組を行うとともに、研究支援人材の評価手法を確立してキャリアパスに反映させる等、人材の育成と層の深化を図る。 なお、上記については「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」(平成 20 年法律第 63 号)第 24 条に基づき策定する「人材活用等に関する方針」に留意する。	<評価の視点> ・研究支援人材を確保し、資質の向上に関する取組をはじめ、有効な研究支援体制のあり方及び研究支援人材の評価手法の検討を開始したか。	2－4. 研究支援人材の確保及び資質向上 ・研究支援人材の確保については、パーマナント総合職の経験者採用(中途採用)を進めるとともに、パーマナント研究職・研究技術職の募集要項に「研究開発マネジメント業務」を明記して採用を積極的に行うほか、令和7年度採用(令和7年4月1日)から修士新卒型のパーマナント研究職の採用を開始した。 ・有効な研究支援体制のあり方については、プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進し、プロジェクト運営をサポートする人材として、企業での製品の開発・展開等の経験が豊富な外部人材等を、イノベーションプロデューサーとして配置した。 <table><tr><td></td><td>3年度</td><td>4年度</td><td>5年度</td><td>6年度</td><td>7年度</td></tr><tr><td>イノベーションプロデューサー</td><td>16 名</td><td>17 名</td><td>22 名</td><td>22 名</td><td>—</td></tr></table>		3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	イノベーションプロデューサー	16 名	17 名	22 名	22 名	—	2－4. 研究支援人材の確保及び資質向上 ・パーマナント総合職の経験者採用(中途採用)及びパーマナント研究技術職の採用を積極的に行い、必要な人材を確保した。 ・有効な研究支援体制のあり方については、プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進し、プロジェクト運営をサポートする人材として、企業での製品の開発・展開等の経験が豊富な外部人材等を、イノベーションプロデューサーとして配置した。
	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度										
イノベーションプロデューサー	16 名	17 名	22 名	22 名	—										
3. 積立金の使途 「Ⅶ 剰余金の使途」に規定されている剰余金の使途に係る経費等に充当する。第4期中長期目標期間終了までに自己収入財源で取得し、第5期中長期目標期間に繰り越した固定資産の減価償却に要する費用に充当する。	<評価の視点> ・積立金は適切に処理されたか。	3. 積立金の使途 ・「Ⅶ 剰余金の使途」に規定されている剰余金の使途に係る経費等に充当した。 ・第4期中期目標期間終了までに自己収入財源で取得し、第5期に繰り越した固定資産の減価償却に要する費用に充当した。 ・債務保証等の業務が終了したため、残余財産を令和6年7月8日に国庫納付した。 ・債務保証勘定の業務は令和5年度末で廃止し、積立金は国庫納付した。	3. 積立金の使途 ・積立金は「Ⅶ 剰余金の使途」に規定されている経費等に充当した。												

	第5期中長期目標期間において、債務保証勘定の業務に要する費用に充当する。			
2. 研究開発成果の積極的な情報発信 研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義、学術論文、保有する知的財産、提供可能なデータベースやアプリケーション等に関する情報発信を積極的に行うことで、NICTの役割(ミッション)や研究開発成果を外部にアピールしていくものとする。 また、NICTの研究開発成果の普及や社会実装を推進するため	4. 研究開発成果の積極的な情報発信 機構の研究開発成果の普及や社会実装に向けた活動を推進するために、機構の活動に対する関心や理解の促進につながる広報活動を積極的に実施する。	＜評価の視点＞ - 機構の活動に対する関心や理解の促進につながる広報活動を積極的に実施したか。 - 機構の役割や研究開発成果を外部にアピールしたか。 - 研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義、学術論文、保有する知的財産、提供可能なデータベースやアプリケーション等に関する情報	4. 研究開発成果の積極的な情報発信 - 機構の第5期中長期計画で目指す取組の魅力を伝えるためにPRムービー『Nのいる未来』を令和4年度に制作した。NICT channel にアップするとともに、若者(18歳～34歳)をターゲットにYouTube 広告を令和4年度から配信している。その結果、NICT 研究紹介動画史上第2位となる再生回数(367 万回)を達成した。 3分程度で機構の研究内容を解説する動画『NICT ステーション』を令和5年度に9本、令和6年度に6本追加で制作した。若者(18歳～34歳)をターゲットにしたYouTube 広告配信を令和5年度に開始した。その結果、NICT 研究紹介動画史上最多の再生回数(455 万回)を達成した。 - 令和7年3月10日から16日に、『Nのいる未来』の動画に字幕を加えて機構を紹介するコンテンツを、利用者延べ 933 万人の中央線快速トレインチャンネルに出稿し、沿線住民への親近感と認知度の向上を図る取組を試行的に行った。その効果検証を次年度調査していく。 - 創立 20 周年を記念して、“N”を利用した記念ロゴを制作し、機構のイベントでの活用や職員の名刺への利用など 20 周年の機運を盛り上げた。 - 機構に対する認知度調査を令和4年度から実施している。若者(18歳～34歳)を対象とした認知度は、令和4年度は 16.0%、令和5年度は 15.7%、令和6年度は 16.6%と広報活動により認知度が向上している。 - 令和5年度に機構のブランドステートメントを機構内関係部署と連携して制作した。また、その浸透を図るため、CEATEC や各種イベントで周知するとともに、上記の浸透度の調査を行い、認知度向上に取り組んだ。 - 令和6年度に、創立 20 周年を迎えたことを記念して、機構創立 20 周年記念誌『情報通信研究機構 20 年の歩み、その先へ。』を制作し、令和6年12月20日に刊行、電子ブックでも公開した。職員にスポットライトを当て、ビジュアルを駆使して機構の「過去・現在・未来」を楽しく分かりやすく伝える構成となっている。 - 日刊工業新聞のコラム枠「情報通信研究機構 NICT 先端研究」に、平成 29 年7月から令和4年9月の5年におよぶ連載を投稿した。毎週1回、機構の研究者とその研究内容が大きくコラム欄に掲載され、各研究所・センターの研究者紹介のPRに貢献した。 - 広報誌「NICT NEWS」(英語版を含む)は、年6回発行しており、毎回ホットな分野を取り上げ、単独の研究分野の特集のみならず、組織横断の NICT の研究開発や取組の特集	4. 研究開発成果の積極的な情報発信 - 一般の人々への研究所の認知促進および、研究活動への理解促進を目的に施設公開イベント「オープンハウス」を開催した。コロナ感染対策の影響で令和2年度は中止となったが、令和3年度はオンライン、令和4年度以降はオンライン会場とリアル会場のハイブリッド開催で実施した。各々2日間の開催で、初日は招待者・ビジネス向け、2日目は学生・一般向けのイベントを企画し、主なイベントは、「特別、基調講演」「技術展示」「研究者によるトークセッション」「南極ゆうびん」「探検ツアー」などを来場者の属性に合わせた情報発信を図った。 - 展示会 CEATEC への出展を通じて、研究の内容や成果を継続して紹介した。令和6年度からは、基金事業のブースと隣り合わせて出

には、上記の情報発信が受け手に十分に届けられることが必要であることから、広報業務の強化に向けた取組を行うものとする。この場合、報道発表数等のアウトプットに加えて、当該アウトプットの効果としてのアウトカムとして新聞・雑誌・Web等の媒体での紹介や反響等の最大化を目指した取組を行うものとする。

機構の活動が広く理解されるよう、最新の研究開発成果に関する報道発表、記者向け説明会の実施等、報道メディアに対する情報発信力を強化するとともに、メディアからの取材に積極的に対応する。また、ウェブページや広報誌等を活用して研究開発成果を分かりやすく伝える等、情報提供機会の充実に努める。

発信を積極的に行ったか。

に取り組んだ。外部向けの視点をより重視し、トピックスページ(直近のプレス記事、受賞者紹介など)の一層の活用に取り組んだ。「NICT NEWS」英語版は、日本語版発行後、速やかにウェブ公開版を発行した。

- 技術情報誌「研究報告」を各年度2回発行した。令和3年度は「宇宙環境計測・予測技術特集」「B5G に向けた総合テストベッド特集」、令和4年度は「脳情報通信融合研究特集」「ユニバーサルコミュニケーション技術特集」、令和5年度は「電磁環境技術特集」「フォトニック技術特集」、令和6年度は「Beyond5G 研究特集」、「サイバーセキュリティ特集」をそれぞれ発行した。また、執筆を行う研究者の負担と寄贈者が電子閲覧の希望が多いことから、令和6年度に Web 閲覧に向けた調整、準備を行い、令和7年度版から実施する予定である。
- 年間の活動報告を取りまとめた年報(電子ブック及び PDF 版)を年度ごとに発行した。
- 海外向けに、NICT の研究成果・活動紹介・Research Highlights・Researchersをはじめ、マガジンの要素である海外拠点の紹介など、NICT を幅広くアピールなど NICT の研究活動等の情報発信の強化になるよう、英文機関誌「NICT REPORT」(電子ブック及び PDF 版)を年1回発行した。
- 各刊行物の掲載と同時に機構公式 X へ投稿(日・英)し、周知を行った。また、「NICT REPORT」については、広報誌「NICT NEWS」英語版の配信先に「NICT REPORT」の発行を配信した。
- 外部 Web を活用して、機構の研究者が受賞した各賞を紹介するとともに、本館玄関の顕彰ブースに受賞者の紹介を年度ごとに最新化している。
- 研究成果に関する報道発表は、令和3年度 27 件、令和4年度 29 件、令和5年度 32 件、令和6年度 35 件であった。これらに対する新聞掲載率は 100%を達成している。
- 報道関係者と日頃から良好な関係を維持し、取材時は広報部がコミュニケーターとして主導的に対応した。報道発表だけでなく、記者への個別説明を積極的にアレンジし、メディアからの取材依頼、問合せや相談などには丁寧かつ迅速に対応した。従来、電話取材だけで済ませざるを得なかった地方の研究者への取材などについても、積極的にオンライン取材の調整を行い、資料を見ながら研究者が説明を行うことができることにより、紙面掲載の獲得に至っていることから、利便性を活かしたオンラインによる取材の対応を積極的に行っている。
- 報道発表に関する事故を防止するための「チェックシート」により、コンプライアンスの強化を図っている。
- 発表概要をまとめた「報道発表の起案前確認シート」の活用により、タイトルや内容について、メディアに取り上げられるよう、報道室で担当部署と調整することができた。
- 報道発表に際しては、毎回、担当部署と詳細な打合せをオンラインで行い、より分かりやすい報道発表資料の作成に取り組み、特に、報道発表資料においては実担当者名を前面に出すように取り組んだ。
- 海外への発信が効果的な案件については、英文による報道発表を令和3年度 13 件、令

展することで、来場者の増加につなげられており、令和7年度も引き続き連携をしていく。

- 機構創立 20 周年を記念して、設立 20 周年誌を制作、発行するとともに、機構の研究成果からの社会実装事例について外部登壇者招いてシンポジウムを開催することによって、機構の 20 年の研究成果と社会実装の成果と機構が描く次の 20 年のビジョンを分かり易く情報発信した。

和4年度9件、令和5年度9件、令和6年度 16 件実施した。また、米国科学振興協会 (AAAS) が提供するオンラインサービスを使って投稿している。海外メディアに掲載されるよう引き続き PR に取り組んでいく。

- 新聞・テレビなど様々な媒体への発信に取り組んだことや研究成果の効果的なアピールにより、報道メディアからは多くの取材要望があり、取材対応件数は令和3年度 316 件、令和4年度 313 件、令和5年度 324 件、令和6年度 425 件を行った。引き続き積極的な報道メディア対応を行う。
- 一般業界誌から小中学生向けの雑誌まで幅広い層を対象にした雑誌に、機構の研究内容が掲載された。掲載希望者に対して丁寧に対応して、引き続き掲載されていくよう取り組んでいく。
- 記者からの取材依頼や電話問合せに、迅速で、きめ細やかな対応を行った結果、新聞掲載は令和3年度 872 件、令和4年度 1,017 件、令和5年度 882 件、令和6年度 1,104 件、TV/ラジオ等放送が令和3年度 85 件、令和4年度 129 件、令和5年度 84 件、令和6年度 133 件、雑誌掲載が令和3年度 224 件、令和4年度 317 件、令和5年度 366 件、令和6年度 294 件、Web 掲載が令和3年度 12,524 件、令和4年度 11,249 件、令和5年度 16,909 件、令和6年度 15,561 件となった。新聞の1面掲載は令和3年度 166 件(大手一般紙 60 件を含む。)、令和4年度 145 件(大手一般紙 39 件を含む。)、令和5年度 161 件(大手一般紙 39 件を含む。)、令和6年度 159 件(大手一般紙 64 件を含む。)(機構調べ)となっており、引き続き掲載されるよう取り組んでいく。
- 外部 web サイトを通じて、最新の情報を掲載した。令和3年度から令和6年度までには、報道発表(57 件、55 件、60 件、62 件)、お知らせ(69 件、167 件(うち 111 件はコロナ関連)、40 件、56 件)、イベント(32 件、30 件、36 件、34 件)、などを掲載した。今後とも、適切なタイミング掲載されるよう取り組んでいく。
- 機構の運営 Web サイトの総アクセス数は順調に伸びてきた。令和3年度から令和5年度までのアクセス数は、約 6,934 万、8,030 万、1億 4,415 万で、令和6年度は2億を超えた。引き続き、期待される情報発信に取り組んでいく。
- X(旧 Twitter)、Facebook、Instagram では、Web 掲載情報と同様の情報を掲載するにとどまらず、オープンハウスや CEATEC の他、研究所などのイベントを積極的に発信した。X のフォロワー数は順調に増加しており、令和3年度から令和6年度までのフォロワー数は、12,008、14,292、16,150、19,600 ユーザ数と推移した。引き続き、利用者に期待されるような情報発信に取り組む。
- 外部 Web ワーキンググループにおいて、外部 web サイトの改善を継続的に実施した。令和3年度以降の主なテーマは、「CMSテンプレートの更新」「英語化の支援」「運用に関する外部講座」「広告」「VI 統一」「SNS の効果的な活用」「解析ソフトの刷新(GA の導入)」「アクセシビリティ向上」「web、SNS 連動による NICT 認知度向上」などで、具体的な改善を進めた。
- 令和6年度には、SNS 発信での理解を得るために、総務省戦略広報アドバイザーを講師

機構の施設の一般公開等を戦略的に行うことや、見学者の受入れ等を積極的に行うことで、ICT 分野及び機構の業務への興味を喚起するとともに理解を深める機会を積極的に提供する、

- に迎えた“SNS 活用セミナー”を実施した。受講者は 76 名となった。また、当日視聴できなかった職員向けにアーカイブでも情報提供した。
- 令和6年度には、GA4 導入は全研究所への導入を達成した。また、GA4 の効果的な利用を加速するため、1月30日に、オンラインによる GA4 勉強会(研修)を実施し、90 名近くの参加があり、アーカイブによる機会も設けた。
 - 一般の人々への研究所の認知促進及び研究活動への理解促進を目的に施設公開イベント「オープンハウス」を開催した。コロナ感染対策の影響で令和2年度は中止となったが、令和3年度はオンライン、令和4年度以降はオンライン会場とリアル会場のハイブリッド開催で実施した。各々2日間の開催で、初日は招待者・ビジネス向け、2日目は学生・一般向けのイベントを企画し、主なイベントは、「特別、基調講演」「技術展示」「研究者によるトークセッション」「南極ゆうびん」「探検ツアー」などを来場者の属性に合わせた情報発信を図った。参加者の推移は、令和3年度は期間中のオンライン視聴者 2,718 名、令和4年度はリアル 366 名、オンライン 1,044 名、令和5年度はリアル 1,413 名、オンライン 3,803 名、令和6年度はリアル 1,893 名、オンライン 3,957 名となった。
 - 施設公開イベントを鹿島、けいはんな、仙台、沖縄、神戸など地方拠点でも開催されている。
 - 展示会 CEATEC(Combined Exhibition of Advanced Technologies)への出展を通じて、研究の内容や成果を継続して紹介した。令和3年度はオンライン会場、令和4年度以降は幕張メッセでのリアル会場に出展した。令和3年度から令和6年度までの来場者数は、4,327 名(オンライン)、4,985 名(以降リアル)、9,220 名、12,066 名と順調に伸びた。特に、令和6年度からは、B5G 基金事業のブースと隣り合わせて出展することで、機構全体の成果が示すことができ、来場者の増加につながられている。なお、デプロイメント部門では、スタートアップ紹介のブースを出展した。主催者の意向でブースの場所が異なるが、連携して取り組んでいる。更に CEATEC 期間中に表彰される、グランプリ(令和3年度)、デジタル大臣賞(令和4年度)などを受賞している。
 - 令和5年4月 28 日から 30 日の3日間、G7 群馬高崎デジタル・技術大臣会合「デジタル技術展」(群馬県高崎市の G メッセ群馬)に出展した。国内外の多くの VIP の来場があり、機構の戦略4領域の PR を行った。
 - 令和5年 10 月8日から 12 日の5日間、IGF2023(インターネットガバナンスフォーラム)京都(京都国際展示場)で開催された IGF Village に出展し、サイバーセキュリティ、多言語音声通訳、音声マルチスポット再生システムなどの技術について PR を行った。
 - 機構創立 20 周年を記念するイベントとして「NICT20 周年記念シンポジウム 20 年の歩み、その先へ。」を令和7年2月 13 日に開催した。機構の研究から社会実装事例につながった事例を、4人の外部登壇者を招いて講演を実施した。リアル会場(イイノホール)のほかに、小金井本部にサテライト会場を設置し、更に YouTube 同時配信を行い、400 名超の方に参加いただいた。
 - グローバル広報の一環としてグローバル部門と連携して「MWC(Mobile World

Congress)2024 (スペイン バルセロナ)』(令和7年3月)に、機構として初の単独出展を行った。具体的には、シンガポールとの接続実験やスペイン初の 300GHz 実験など B5G の研究成果を中心の展示となった。また、事前に海外メディアへの効果的に手法を模索し、他の出展者(NTTドコモ、KDDI)に、メディアに対する事前及び当日の対応についてヒアリングを行い、準備を行った。結果として、期間中の来場者数は 2,000 名近くの来場になった。なお、VIP 視察は6件、取材は4件であった。

- 大阪・関西万博に向けて、総務省が実施する「Beyond 5G ready ショーケース」(令和7年5月26日～6月3日)に出展する展示物の準備等について令和6年度に取り組んだ。
- 機構の活動内容を深く理解してもらうため、学生、社会人等の見学者を積極的に受け入れた。令和3年度、令和4年度はコロナ感染防止策のため人数制限や換気を講じながら各々886名、1,385名を受け入れた。令和5年度以降は同年5月のコロナ5類移行を受け積極的な集客活動を開始し2,341名を受け入れた。令和6年度は展示室の大幅なリニューアルを実施し、受け入れ体制とわかりやすさを強化し、2,776名を受け入れた。令和6年度には、昨今の海外から来訪者に対応するため、展示室ポスターの英語化に取り組み、次年度以降に当該コンテンツをスマホ、タブレットで閲覧できるように取り組む予定である。
- 経営企画部、グローバル部門と連携して、総務省政務三役など国内外のVIP視察における研究所との調整及び当日の運営支援を行った。令和3年度は27件、令和4年度は37件、令和5年度は29件、令和6年度は23件を実施した。
- 多摩科学技術高等学校への協力として、小金井本部にて特別授業を実施した。令和4年度は「宇宙天気」「B5G」、令和5年度は「サイバーセキュリティ」「B5G」、令和6年度は12月に「リモートセンシング」を実施し、3月に「量子暗号」を実施した。
- 展示室の令和6年7月リニューアルオープンに伴い、お披露目を兼ねて、小学生を対象とした夏休みのイベント「夏休みこども見学デー」を開催した。展示室見学のほか、多摩六都科学館による出張天文教室、工作教室を実施した(参加者は206名(展示室のみ60名、出張天文教室47名、工作教室99名))。
- 府省庁等による連携イベント「こども霞が関見学デー」に総務省と連携して参加した。令和3年度は「NICT ってどんな機関なの？(オンライン出展)」、令和4年度は「NICT VR 探検ツアー(オンライン出展)」「NICT VR 展示室ツアー(オンライン出展)」、令和5年度は「未来の世界にひとつ飛び！Beyond 5G 技術が変えた未来生活をのぞいてみましょう。(以降リアル出展)」、令和6年度は「太陽フレアでオーロラが活発？！宇宙の天気とは？」をテーマに多くのこども達と機構の接点を創出した。
- 横浜市にある、はまぎんこども宇宙科学館と連携し「わくわく研究所見学ツアー」を実施した。先方の会員制組織であるサイエンスクラブ会員(小学生)を対象とし、令和4年度は「宇宙天気」「日本標準時」をテーマに研究所からのライブ配信を実施した。令和5年度と令和6年度は令和4年度の配信場所を実際に見学する機会の提供と、工作教室を実施した。

さらに、研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義、学術論文、保有する知的財産、提供可能なデータベースやアプリケーション等に関する情報発信を積極的に行うことで、機構の役割や研究開発成果を外部にアピールする。		• 本部と隣接する東京学芸大学にて開催された「青少年のための科学の祭典」毎年に参加した。コロナで中止になっていた期間を除き、令和5年度は「Beyond5G が変えた未来を見てみよう」、令和6年度は「太陽フレアでオーロラが活発？宇宙天気とは」をテーマに参加者は79名の地域のこども達に科学の楽しさを伝えた。 • 研究紹介およびリクルートを目的に、令和6年度から出展を始めた。令和6年度は、日本工業大学(埼玉県南埼玉郡)で開催された「電子情報通信学会ソサイエティ大会」(9月10日～11日)、東京理科大学(千葉県野田市)で開催された第72回応用物理学会春季学術講演会「JSAP EXPO Spring 2025」(3月14日～16日)及び東京都市大学(東京都世田谷区)で開催された「2025年電子情報通信学会総合大会」(3月25日～27日)に出展した。機構の認知度向上とともに、多くの学生との接点を創出した。 • 国立科学博物館からの資料貸出依頼に応じ、令和7年3月25日から同年6月15日に開催される企画展「気象業務150周年企画展「地球を測る」」に、Pi-SAR アンテナポッド、Pi-SAR 観測結果表示用ディスプレイ、フェーズドアレイ気象レーダー模型を貸出している。 • 令和4年度に、機構のキャラクター“N”を開発して、機構の顔としてPRを開始した。 • 令和4年度から広報部デザインチームにおいて、“N”をはじめとしたノベルティのデザインを内製で始めた。イベントごとに沿ったデザインを制作することで、各種イベントの盛り上がり貢献している。 • 本部図書室の効率的な活用を通じて、研究の質的向上を支援した。令和3年度以降は「図書管理規定の見直し」「図書システムの更新」「蔵書点検」「ジャーナル購入の適正化」等を実施した。特に、令和6年契約分からは閲覧数の少ないジャーナルを中心に10タイトルを削減した。 • また、図書の登録・管理方法、図書点検の徹底、不要図書の基準・処分の見直し等の見直しを目的に、図書管理規程の見直しを令和6年4月に実施した。特に紙書籍を対象とし図書管理業務の効率化を図る目的で、研究所の図書の棚卸を実施した。令和6年度は、ユニバーサルコミュニケーション研究所(けいはんな)および脳情報通信融合研究センター(吹田)を実施した。引き続き他部署の棚卸を起こっていく予定である。 • 保有する知的財産、提供可能なデータベースやアプリケーション等に関する情報発信を、Web や様々な機会等を活用し積極的に行った。 • 外部向けイベントとしては、研究現場(研究者)と知財担当部署が密に連携・調整し、機構発の知財化シーズを産業界等に紹介するため、令和3年度より科学技術振興機構との共催により NICT 新技術説明会を毎年開催し、産学連携に関心のある企業向けに最新の成果を各4件程度プレゼンした。また、Interop TOKYO や CEATEC の展示会において、技術移転の取組や導入事例を技術移転先企業と協力して毎年紹介した。 • 機構のホームページにて新規登録特許の情報に分かり易い概要説明を付加して定期的に紹介した他、「数値人体モデルデータおよび専用プログラム」、「EDR 電子化辞書」、「日本語話し言葉コーパス」、「静止衛星画像データ」に関する有償提供データや、「電磁	

			波計測ケーススタディ集」や「テラヘルツ帯分光器ユーザのための“プラクティスガイド”」の無償頒布についても発信した。 - 独立行政法人工業所有権情報・研修館 (INPIT) の開放特許データベースに機構が保有する特許情報を継続的に掲載し発信した。 - 機構外部向け web の「研究データ等の提供」ページにて、研究者が公開、提供している研究データ(アプリケーション等も含む)を一覧として(ポータルページとして)公開した(令和3年度から 26 件増で、129 件の研究データ等を公開中)。 - さらに、NII 研究データ基盤にある「NICT リポジトリ」から研究データ及びメタデータ等の公開を1月10日に開始した(掲載数はメタデータ1件)。 - 産学連携強化等観点から成果管理・公開システムを通じて、成果管理・公開システムを通じて、論文成果や機構に所属する研究者情報をタイムリーに更新・公開した。	
3. 情報セキュリティ対策の推進 政府の情報セキュリティ対策における方針及び実際のサイバー攻撃の実態を踏まえ、情報システムや重要情報への不正アクセスに対して十分な対策を講じるとともに、サイバーセキュリティ基本法(平成26年法律第104号)に基づき、情報セ	5. 情報セキュリティ対策の推進 政府の情報セキュリティ対策における方針及び実際のサイバー攻撃の実態を踏まえ、CSIRT (Computer Security Incident Response Team: 情報セキュリティインシデント対応チーム) の適切な運営を行うとともに、研修やシステムの統一的な管理等を進めることで、セキュリティを確保した安全な情報システムを運用する。また、サイバーセキュリティ基本法に基づき、ガイドラインを適宜整備するとともに、情報セキュリティポリシーを不断に見直す等、機構のセキュリティの維持・強化に努める。また、機構のサイバーセ	<評価の視点> - CSIRT の適切な運営を行ったか。 - セキュリティを確保した安全な情報システムを運用したか。 - 情報セキュリティポリシー等を不断に見直し、対策強化を図ったか。	5. 情報セキュリティ対策の推進 - CSIRT の活動により、インシデント発生時の緊急対策・連絡の迅速化、被害拡大の防止に努めた。また、原因の分析等を行った。 - 不正侵入検知・防御システム、ファイアウォールの情報を収集・分析し、365 日 24 時間監視する体制を維持した。 - 基幹ファイアウォールにより、アンチウィルスや侵入検知にも対応した統合脅威防御を運用した。 - 機構のセキュリティ研究開発の成果を活用した SOC (Security Operation Center) を運用し、従来から実施・運用している脆弱性診断、侵入検知装置、ファイアウォール、アクセスログ等の情報を分析し、365 日 24 時間監視体制の下、情報システムや研究成果のセキュリティ確保に努めた。 - インシデント発生時に備え、初動のネットワーク切断から、サーバの証拠保全、不審ファイルや通信の解析までを迅速に実施する体制を維持し、被害の拡大や再発の防止に努めた。 - 情報セキュリティ対策のための訓練及び研修として、毎年度に情報セキュリティ自己点検、情報セキュリティ説明会、標的型攻撃メール訓練、情報セキュリティセミナーを実施した。 - 業務用スマートフォンの MDM (Mobile Device Management) 化を進めた。 - CDN (Contents Delivery Network) を活用し、外部 web サーバの可用性を向上させた。 - メール誤送信対策として、メール誤送信防止アドオンを導入した。メール送信業務管理簿の作成と棚卸を行った。また、業務委託先におけるメール誤送信対策としてメール送信業務についての仕様書ひな型案を共有した。 - IT 資産管理ツールの共通事務 PC への継続的な運用を行い、現在各研究所等研究系	5. 情報セキュリティ対策の推進 - CSIRT の活動により、インシデント発生時の緊急対策・連絡の迅速化、被害拡大の防止に努めた。また、原因の分析等を行った。 - 令和5年度政府統一基準群の改正対応として令和6年度に情報セキュリティポリシーを改正、改正後のポリシーに基づき外部サービス利用申請制度を運用した(令和7年3月末時点で許可数は190件)。 - 情報セキュリティ対策のための訓練及び研修として情報セキュリティ自己点検、情報セキュリティ説明会、標的型攻撃メール訓練、情報セキュリティセミナーを実施した。

セキュリティポリシーの強化等により情報セキュリティ対策を講ずるものとする。さらに、情報セキュリティポリシーを不断に見直すことで対策強化を図るものとする。	セキュリティ分野の先端的研究開発成果の導入等により安全性を高めている。		PC、サーバへ導入を継続した。 ・ゼロトラストセキュリティへの対応として、EDR(Endpoint Detection and Response)ツールを運用し、共通事務 PC への全台導入を実施した。 ・令和3年度政府統一基準群の改正対応として令和4年3月に情報セキュリティポリシーの改正及び情報セキュリティ関連規程類の改正を行った。 ・令和5年度政府統一基準群の改正対応として令和6年9月に情報セキュリティポリシーの改正及び情報セキュリティ関連規程類の改正を行った。改正後のポリシーに基づき外部サービス利用申請制度を運用した(令和7年3月末時点で許可数は 190 件)。 <以下、令和7年度において> ・令和5年度政府統一基準群の改正対応として情報セキュリティ関連規程類を改正する。 ・外部サービス利用申請制度の継続運用を行う。 ・IT 資産管理ツール、EDR(Endpoint Detection and Response)ツールの継続運用を行う。 ・情報セキュリティ対策のための訓練及び研修として以下を実施する。 管理者向け情報セキュリティ自己点検 全職員向け情報セキュリティ自己点検 情報セキュリティ説明会 標的型攻撃メール訓練 情報セキュリティセミナー	
4. コンプライアンスの確保 理事長の指揮の下、職員の規律の確保、適切かつ効率的な予算執行を含む NICT における業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライア	6. コンプライアンスの確保 理事長の指揮の下、職員の規律の確保、適切かつ効率的な予算執行を含む機構における業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進する。 特に、研究不正の防止に向けた取組については、「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針(第3版)」(平成 27 年4月 21	<評価の視点> ・業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進したか。 ・特に、研究不正の防止に向けた取組について適切に取り組んだ	6. コンプライアンスの確保 (合同コンプライアンス研修(講習会、e-Learning)の実施) ・コンプライアンスに対する意識の一層の浸透を図るため、毎年度、役職員(派遣労働者含む)全員を対象とした合同コンプライアンス研修(講習会、e-Learning によるテスト)を実施している。 ・講習会として、外部講師による国立研究開発法人に求められるコンプライアンスに係る主要なテーマの講演を実施した。また、内部講師(機構内の各担当者)による「個人情報の管理について」、「研究活動不正行為の防止に向けて」、「公的研究費の適正な執行について」、「パーソナルデータ・生体情報研究倫理」、「利益相反マネジメントについて」等のテーマの講演も実施している。 ・e-Learning によるテストとして、役職員のコンプライアンス、内部統制、リスクマネジメント、研究不正、生体情報研究倫理、パーソナルデータ取扱研究開発業務、利益相反マネジメント、個人情報保護などに関する知識の向上を図ること、そしてインシデント発生を予防し、内部統制の推進に資することを目的に、毎年度、実施している。(受講対象となる全役職員は全員受講) (役職員への講習会・研修、教育の充実)	6. コンプライアンスの確保 ・コンプライアンスに対する意識の一層の浸透を図るため、毎年度、役職員(派遣労働者含む)全員を対象とした合同コンプライアンス研修(講習会、e-Learning によるテスト)を実施した。 ・行動規範を印刷したカードを、毎年度、当該年度に入所した役職員全員に配付し、啓発した。また、コンプライアンスの基本的事項をまとめた「コンプライア

ンス業務を推進する。 特に、研究不正の防止に向けた取組については、「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針（第3版）」（平成27年4月21日）に従って、適切に取り組むものとする。	日）に従って、適切に取り組む。	か。	• 研修の計画的で効率的・効果的な実施のため、毎年度、機構内全体に関する実施計画を作成、進捗管理を行っている。現在、38 研修を実施、管理している。（行動規範カード、コンプライアンスガイドブック、NICT 職員となって最初に読む冊子の活用） • 「国立研究開発法人情報通信研究機構行動規範（平成 20 年 10 月 1 日制定）」を印刷したカードを、毎年度、当該年度に入所した役職員全員に配付し、啓発している。（和文か英文のいずれかを配付） • また、コンプライアンスの基本的事項をまとめた「コンプライアンスガイドブック」の改訂を、毎年度行っている。 • さらに、新規採用者向けにコンプライアンスについて最低限認識すべき内容に特化した冊子「NICT 職員となって最初に読む冊子」を毎年度改訂するとともに、令和6年度には「NICT 職員となって二番目に読む冊子」を作成、拡充し、新規採用者研修等で活用している。 （研究不正の防止に向けた取組） • 上記の合同コンプライアンス研修において、毎年度、研究不正の防止、公的研究費の適正な執行に関する研修を実施している。講習会では、不正行為の防止にとどまらず、研究倫理に関する教材コンテンツの紹介、特定不正行為以外の二重投稿、不適切なオーサーシップへの警鐘についても周知している。 （法律関係業務の充実） • 法律関係業務として、毎年度、法律相談の窓口業務、顧問弁護士との仲介業務、共同研究・受託・委託研究に係る契約に関する各部署への支援業務、機構に係る紛争・訴訟対応実務を実施している。また、法令や規程類（規程、細則、通知）に係る解釈、規程類の制定・改正に関する審査業務を実施したほか、規程類以外のマニュアル及び覚書等の作成相談に対する助言を随時に行っている。 （法令違反等への対応） • 法令等に基づく手続きの漏れや遅延について、速やかに対応するとともに再発防止策を講じている。	スガイドブック」の改訂を、毎年度行った。
5. 内部統制に係る体制の整備 内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するた	7. 内部統制に係る体制の整備 内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適正を確保す	＜評価の視点＞ • 内部統制に係る体制整備のための必要な取組を推進したか。	7. 内部統制に係る体制の整備 （内部統制委員会） • 内部統制委員会を毎年度開催し、前年度の内部統制の取組状況を踏まえ、内部統制システムに係る課題を洗い出して「内部統制システムに係る課題対応整理表」を現行化し、主要課題を中心に対応している。 • また、リスクマネジメント委員会によるリスク管理の進捗状況等の報告に基づき、リスクマネジメントが適切に行われていることを確認している。	7. 内部統制に係る体制の整備 • 内部統制委員会を毎年度開催し、前年度の内部統制の取組状況を踏まえ、内部統制システムに係る課題を洗い出して「内部統制システムに係る課題対応

めの有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」(平成 26 年 11 月 28 日付け総務省行政管理局長通知)等で通知された事項を参考にしつつ、必要な取組を推進するものとする。	るための体制等の整備」(平成 26 年 11 月 28 日付け総務省行政管理局長通知)等で通知された事項を参考にしつつ、必要な取組を推進する。	(リスクマネジメント委員会) • リスクマネジメント委員会を毎年度開催し、洗い出したリスクの取組状況の報告を踏まえ、「リスクマネジメントの実施計画」を現行化し、リスク低減策の実施状況や新たなリスクの洗い出し等を行っている。同実施計画に基づき、PDCA サイクルによるリスク低減対応を実施している。現在、一般リスク 79 件をリスク管理している。 • また、リスク対応計画に基づき、令和3年6月から「リスクマップ」を作成し、リスク管理するとともに、令和5年5月からは視覚的に分かりやすいビジュアル版のリスクマップを作成、更新し、機構内に周知し、継続的に役職員のリスク管理意識の浸透を図っている。 (研究インテグリティへの対応) • 「研究活動の国際化、オープン化に伴う新たなリスクに対する研究インテグリティの確保に係る対応方針について(令和3年4月 27 日統合イノベーション戦略推進会議決定)」をはじめとする政府方針・通知・要請等を踏まえ、令和5年4月より施行した「国立研究開発法人情報通信研究機構における研究インテグリティの確保に関する規程」に基づき、研究インテグリティ・マネジメント委員会と研究インテグリティ・マネジメント専門委員会をそれぞれ開催し、必要な措置の検討や機構内での情報共有を可能とする体制を構築した。また、機構内研究者に研究活動の透明性の確保を促すとともに、研究者に対し兼業や利益相反の有無について確認する自己点検を実施した。さらに、研究インテグリティに関する相談窓口を設置し、会合開催や研究者受入れについて、研究インテグリティの観点から確認を実施する体制を整えるとともに、安全保障輸出管理の審査等とも連携し、インテグリティとして確認が必要な事項等についての検討を行った。 (経済安全保障上の主要課題に関する対応) • 経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律(経済安全保障推進法)」が令和4年5月に成立し、令和4年8月から施行されるなど、国家及び国民の安全を経済面から確保するための取組の強化・推進が求められている • 政府の方針等に基づき、経済安全保障上の主要課題について情報収集や関係各所と連携を行うとともに、リスクマネジメントの観点のみではなく、新たな課題に対する機構内の内部統制全般の観点から取り組むべき課題として内部統制委員会での報告を行い、検討に付した。	整理表」を現行化し、主要課題を中心に対応した。また、リスクマネジメント委員会によるリスク管理の進捗状況等の報告に基づき、リスクマネジメントが適切に行われていることを確認した。 • 研究インテグリティへの対応に関しては、政府方針・通知・要請等を踏まえ、令和5年4月より施行した研究インテグリティの確保に関する規程に基づき、研究インテグリティ・マネジメント委員会と研究インテグリティ・マネジメント専門委員会をそれぞれ開催、必要な措置の検討や機構内での情報共有を可能とする体制を構築した。また、機構内研究者に研究活動の透明性の確保を促すとともに、研究者に対し兼業や利益相反の有無について確認する自己点検を実施した。さらに、研究インテグリティに関する相談窓口を設置し、会合開催や研究者受入れについて、研究インテグリティの観点から確認を実施する体制を整える

				とともに、安全保障輸出管理の審査等とも連携し、インテグリティとして確認が必要な事項等についての検討を行った。
6. 情報公開の推進等 NICT の適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報を公開するとともに、個人情報に適切に保護するものとする。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律(平成 13 年法律第 140 号)及び個人情報保護に関する法律(平成 15 年法律第 57 号)に基づ	8. 情報公開の推進等 機構の適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報を公開するとともに、個人情報を適切に保護する。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律(平成 13 年法律第 140 号)及び個人情報の保護に関する法律(平成 15 年法律第 57 号)に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を図る。	<評価の視点> ・情報の公開を適切かつ積極的に行うとともに、情報の開示請求に対し適切かつ迅速に対応したか。 ・機構の保有する個人情報の適切な保護を図る取組を推進したか。 ・独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律等に基づき、適切に対応するととも	8. 情報公開の推進等 ・機構 Web サイトにおいて、組織に関する情報、業務に関する情報、財務に関する情報等、適切かつ積極的に情報の公開を行っている。 ・法人文書の開示請求については、適切かつ迅速に開示決定等を行っている。なお、各年度の開示請求件数は以下のとおりである。 令和3年度5件、令和4年度2件、令和5年度3件、令和6年度0件 ・個人情報の開示請求は令和3年度～令和6年度は0件であった。 ・合同コンプライアンス研修、新規採用者研修、個人情報保護管理者向け e ラーニングにおいて、個人情報保護に関する研修を実施すること等により、個人情報の適切な取扱いを徹底している。 ・役職員を対象にコンプライアンスの基本を説明するコンプライアンスガイドブックにおいて、法人文書の適切な管理、開示請求を受けた場合の対応等について解説する等、周知徹底を行っている。	8. 情報公開の推進等 ・法人文書の開示請求に対して、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律に基づき、適切に対応した。

き、適切に 対応すると ともに、職 員への周知 徹底を図る ものとする。	に、役職 員への周 知徹底を 行ったか。	