

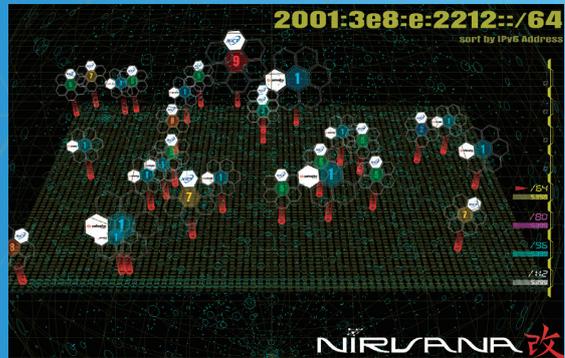
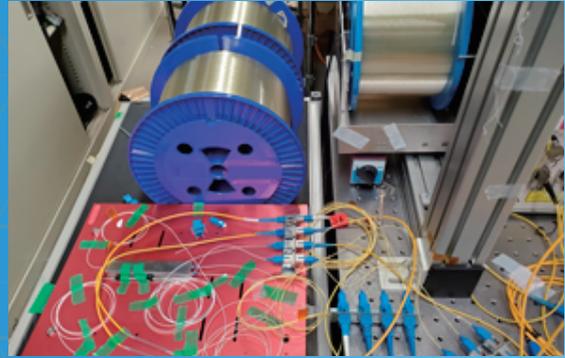
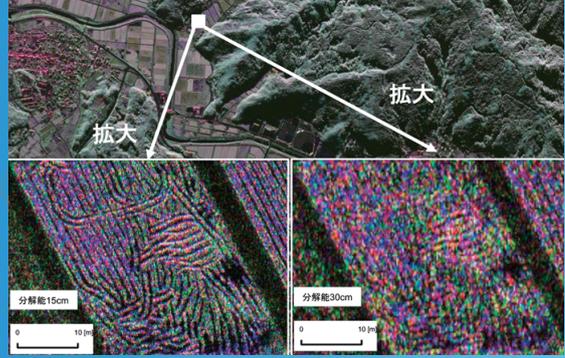
情報通信研究機構

# 年報

令和3年度  
(2021年度)



<https://www.nict.go.jp/>





## 理事長挨拶



徳田 英幸

情報通信研究機構 (NICT) は、ICT を専門とする我が国で唯一の国立研究開発法人として、未来社会を切り拓く情報通信技術の研究開発へのチャレンジと、その社会展開のためのコラボレーションやオープンイノベーションの推進を一体的に進めております。

一昨年からの新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) パンデミックは、社会経済活動をアナログ・対面型からデジタル・オンライン型へと大きくシフトさせました。今後のウィズコロナ・アフターコロナ社会に向けて、社会の更なるデジタルトランスフォーメーションを進めることが重要です。また、今年2月のロシアによるウクライナ侵攻は、力による一方的な現状変更の試みであり、国際社会の秩序を根底から揺るがす暴挙として、今後の国際社会の様相を大きく変貌させ、予測することが困難な時代へと向かわせています。このハイブリッド戦争におけるサイバー攻撃、SNS を利用したフェイクニュースの拡散など、ますます社会インフラとしての情報通信インフラの重要性や情報の信憑性の担保が問われています。

また、最近注目の集まる経済安全保障においては、重要インフラのセキュリティ対策、AI や量子情報通信など先端研究に注目が高まっています。これらは NICT がこれまで重点的に取り組んできた分野であり、今後はますます研究機関としての役割が重視されるだけでなく、国内の研究開発のハブとして、産学官のコラボレーションに主体的な役割を果たすことが期待されるものと感じています。

令和3年度は、第5期中長期目標・計画(令和3～7年度)の初年度に当たります。第5期中長期計画では、新たなICT技術戦略に基づいた重点5分野(電磁波先進技術、革新的ネットワーク、サイバーセキュリティ、ユニバーサルコミュニケーション、フロンティアサイエンス)の研究開発とオープンイノベーションの推進という主なミッションに加えて、Beyond 5G、AI、量子情報通信、サイバーセキュリティといった戦略4領域の研究開発を積極的に進めております。

初年度である令和3年度は4月にBeyond 5G、量子情報通信の2つの分野で、それぞれホワイトペーパーを発行し、上記の各分野において、推進体制の再整備を行いました。5つの研究所組織に再編するとともに、Beyond 5G、量子情報通信、サイバーセキュリティといった分野では新たにコラボレーションを加速するために、国内外の研究開発活動の拠点となる組織を新設しました。AI分野では、多言語音声翻訳技術を更に進化させ、2025年頃までに同時通訳レベルの機能を提供し、言葉の壁のない世界を目指す取組を進めています。

さらに、NICT自身の運営方針は、従来のCOCを更に進め、COC 2.0 (Collaboration, Open Mind & Open Innovation, Challenger's Spirit)に加えてDX及びComputing & Communication for Carbon neutral)として、DXの更なる加速とカーボンニュートラルプロジェクトの推進を目指してまいります。

本年報を、NICTをご理解いただく一助として、さらには、NICTとの一層の連携推進にご活用いただければ幸いです。

今後とも変わらぬご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

## 理事長挨拶

### 1 序説

1.1	概要	2
1.2	組織及び業務	2

### 2 組織等

2.1	組織	10
2.2	組織の変遷	13
2.3	役員・職員数	13
2.4	予算	14

### 3 活動状況

#### ●電磁波先進技術分野

3.1	電磁波研究所	18
3.1.1	電磁波伝搬研究センター	20
3.1.1.1	リモートセンシング研究室	22
3.1.1.2	宇宙環境研究室	24
3.1.2	電磁波標準研究センター	26
3.1.2.1	電磁環境研究室	28
3.1.2.2	時空標準研究室	30
3.1.3	電磁波先進研究センター	32
3.1.3.1	デジタル光学基盤研究室	34

#### ●革新的ネットワーク分野

3.2	ネットワーク研究所	38
3.2.1	先端ICTデバイスラボ	40
3.2.2	ネットワークアーキテクチャ研究室	42
3.2.3	フォトニックICT研究センター	44
3.2.3.1	フォトニックネットワーク研究室	46
3.2.3.2	光アクセス研究室	48
3.2.4	ワイヤレスネットワーク研究センター	50
3.2.4.1	ワイヤレスシステム研究室	52
3.2.4.2	宇宙通信システム研究室	54
3.2.5	レジリエントICT研究センター	56
3.2.5.1	企画連携推進室	58

3.2.5.2	サステナブルICTシステム研究室	60
3.2.5.3	ロバスト光ネットワーク基盤研究室	62

●サイバーセキュリティ分野

<b>3.3</b>	<b>サイバーセキュリティ研究所</b>	66
3.3.1	サイバーセキュリティ研究室	68
3.3.2	セキュリティ基盤研究室	70
3.3.3	サイバーセキュリティネクサス	72
3.3.4	ナショナルサイバートレーニングセンター	74
3.3.4.1	サイバートレーニング事業推進室	76
3.3.4.2	サイバートレーニング研究室	78
3.3.5	ナショナルサイバーオブザベーションセンター	80

●ユニバーサルコミュニケーション分野

<b>3.4</b>	<b>ユニバーサルコミュニケーション研究所</b>	84
3.4.1	先進的音声翻訳研究開発推進センター	86
3.4.1.1	先進的音声技術研究室	88
3.4.1.2	先進的翻訳技術研究室	90
3.4.2	データ駆動知能システム研究センター	92
3.4.3	統合ビッグデータ研究センター	94
3.4.4	先進的リアリティ技術総合研究室	96

●フロンティアサイエンス分野

<b>3.5</b>	<b>未来ICT研究所</b>	100
3.5.1	神戸フロンティア研究センター	102
3.5.1.1	超伝導ICT研究室	104
3.5.1.2	ナノ機能集積ICT研究室	106
3.5.1.3	バイオICT研究室	108
3.5.1.4	神経網ICT研究室	110
3.5.1.5	深紫外光ICT研究室	112
3.5.2	小金井フロンティア研究センター	114
3.5.2.1	量子ICT研究室	116
3.5.2.2	超高周波ICT研究室	118
3.5.2.3	グリーンICTデバイス研究室	120
3.5.3	脳情報通信融合研究センター	122
3.5.3.1	脳情報通信融合研究室	124
3.5.3.2	脳機能解析研究室	126
3.5.3.3	脳情報工学研究室	128

●Beyond5G研究開発推進ユニット／量子ICT協創センター

<b>3.6</b>	<b>Beyond5G研究開発推進ユニット</b>	132
------------	---------------------------	-----

3.6.1	テラヘルツ研究センター	134
3.6.1.1	テラヘルツ連携研究室	136
3.7	量子ICT協創センター	138

●オープンイノベーション推進本部

3.8	オープンイノベーション推進本部	142
3.8.1	総合プロデュースオフィス	143
3.9	ソーシャルイノベーションユニット	144
3.9.1	戦略的プログラムオフィス	145
3.9.1.1	研究企画推進室	146
3.9.1.2	地域連携・産学連携推進室	147
3.9.2	総合テストベッド研究開発推進センター	148
3.9.2.1	テストベッド連携企画室	150
3.9.2.2	テストベッド研究開発運用室	152
3.9.2.3	北陸StarBED技術センター	154
3.9.2.4	ソーシャルICTシステム研究室	156
3.10	イノベーション推進部門	158
3.10.1	連携研究推進室	160
3.10.2	委託研究推進室	162
3.10.3	受託研究推進室	164
3.10.4	知財活用推進室	166
3.10.5	標準化推進室	168
3.11	グローバル推進部門	170
3.11.1	国際連携推進室	172
3.11.2	国際研究連携展開室	174
3.12	デプロイメント推進部門	176
3.12.1	研究成果事業化支援室	178
3.12.2	アントレプレナー支援室	180
3.12.3	事業・技術研究振興室	182
3.12.4	情報バリアフリー推進室	184

●業務企画部／イノベーションデザインイニシアティブ／NICTナレッジハブ

3.13	業務企画部	188
3.13.1	DX企画推進室	188
3.13.1.1	情報システムグループ	190
3.13.2	電波利用管理・ものづくり室	192
3.14	イノベーションデザインイニシアティブ	194
3.15	NICTナレッジハブ	196

## 4 成果普及

4.1	広報	200
4.1.1	報道発表一覧	200

4.1.2	NICT主催共催等によるシンポジウム・イベント一覧	204
4.1.3	研究成果外部出展等一覧	207
4.1.4	広報普及	210
4.2	研究支援	211

## 5 知的財産権等

5.1	特許権	214
5.1.1	国内特許出願数	214
5.1.2	国際特許出願数	214
5.1.3	国内特許登録一覧	214
5.1.4	国外特許登録一覧	217
5.2	研究成果発表	220
5.2.1	誌上発表論文	220
5.2.1.1	査読付き論文件数	220
5.2.1.2	誌上発表論文一覧	220
5.2.2	口頭発表論文件数	231
5.3	技術移転	232
5.3.1	特許等の有償技術移転実績	232
5.3.2	技術移転関連出展一覧	234

## 6 委託研究・助成等、受託研究等

6.1	委託研究・助成等	236
6.1.1	高度通信・放送研究開発委託研究一覧	236
6.1.2	革新的情報通信技術研究開発委託研究一覧	237
6.1.3	革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）	239
6.1.4	海外研究者招へい・国際研究集会開催支援	240
6.2	受託研究等	241
6.2.1	受託研究	241
6.2.2	研究助成金の受け入れによる研究（個人）	250

## 7 研究交流等

7.1	共同研究一覧	258
7.2	連携大学院	259
7.3	招へい専門員	260
7.4	協力研究員	261
7.5	研修員	262
7.6	委員委嘱等	263

## 8 表彰・学位取得

8.1	表彰	266
8.2	学位取得	272

## 9 財務諸表

9	財務諸表	275
---	------	-----

## 10 役職員の報酬・給与等

10.1	役員の報酬等の支給状況	292
10.2	職員給与の支給状況	293
10.3	職員と国家公務員の給与水準（年額）の比較指標	293

## 11 中長期計画、年度計画

11.1	国立研究開発法人情報通信研究機構が達成すべき業務運営に関する目標を達成するための計画（第5期）	296
11.2	国立研究開発法人情報通信研究機構における令和3年度の業務運営に関する計画（令和3年度計画）	329

# 1 序説

1.1 概要

1.2 組織及び業務

## 1.1

# 概要

国立研究開発法人情報通信研究機構は、情報通信分野を専門とする唯一の公的研究機関として、我が国の国際競争力と社会の持続的発展の源泉であるICT（情報通信技術）に関して、基礎的な研究開発から応用的な研究開発までを統合的な視点で推進するとともに、大学、民間等が実施する研究開発の支援、通信・放送事業の振興等を総合的に推進することを主たる業務としている。

### 国立研究開発法人情報通信研究機構の目的

- ・情報の電磁的流通及び電波の利用に関する技術の研究及び開発
- ・高度通信・放送研究開発を行う者に対する支援
- ・通信・放送事業分野に属する事業の振興

等を総合的に行うことにより、情報の電磁的方式による適正かつ円滑な流通の確保及び増進並びに電波の公平かつ能率的な利用の確保及び増進に資することを目的とする。（国立研究開発法人情報通信研究機構法より）

平成13年4月から平成18年3月までの5年を第1期中期目標期間、以降5年ごとに第2期中期目標期間、第3期中長期目標期間<sup>\*1</sup>、第4期中長期目標期間として、総務大臣から示された中長期目標を達成するために中長期計画を立てて業務を実施してきた。その間、第1期中期目標期間中の平成16年4月1日、独立行政法人通信総合研究所（CRL）と認可法人通信・放送機構（TAO）との統合により、独立行政法人情報通信研究機構（NICT：National Institute of Information and Communications Technology）が発足した。

平成27年4月には、独立行政法人通則法が改正され、科学技術に関する研究開発を主要な業務として、国が中長期的な期間について定める業務運営に関する目標（中長期目標）を達成するための計画に基づき業務を行う「国立研究開発法人」として、国立研究開発法人情報通信研究機構となった。令和3年度は、令和8年3月までの5年間の第5期中長期目標期間における初年度にあたる。

<sup>\*1</sup> 平成26年の独立行政法人通則法の改正により、平成27年3月31日以前に「中期目標期間」と呼ばれていた目標期間について、法改正時期を含む第3期以降は「中長期目標期間」と呼ばれることになった。

## 1.2

# 組織及び業務

NICTは、予算（収入）が約1216.3億円（うち運営費交付金約283.7億円）、要員が常勤職員446名（うち研究者275名）、有期雇用職員825名の規模を有する。役員は理事長、理事5名、監事2名で構成される。機構は5つの研究所（電磁波研究所、ネットワーク研究所、サイバーセキュリティ研究所、ユニバーサルコミュニケーション研究所、未来ICT研究所）、Beyond 5G研究開発推進ユニット、量子ICT協創センター、オープンイノベーション推進本部等の研究開発及び関連業務を行う組織（総合プロデュースオフィス、ソーシャルイノベーションユニット、イノベーション推進部門、グローバル推進部門、デプロイメント推進部門）、機構の企画・運営・管理や広報活動等を行う5つの部（総務部、財務部、経営企画部、業務企画部、広報部）のほか、イノベーションデザインイニシアティブ、NICTナレッジハブ、監査室で構成される。組織の詳細については、「2 組織等」に示す。

NICTの第5期中長期計画（令和3年4月～8年3月）では、第4期中長期計画における「重点5分野」を継承し、研究開発成果を広く社会に還元し、オープンイノベーションを推進している。「重点5分野」は、電磁波先進技術、革新的ネットワーク、サイバーセキュリティ、ユニバーサルコミュニケーション、フロンティアサイエンスの5つの分野である。各分野とも中長期的視点に立ち、先端的かつ基礎的・基盤的なテーマに取り組んでいる。さらに、戦略的に進めるべき4つの研究領域（「戦略4領域」）を定め、横断的かつ戦略的に研究開発を推進している。「戦略4領域」は、Beyond 5G、AI、量子情報通信、サイバーセキュリティの4つの領域である。加えて、分野横断的なコラボレーションを通して、NICTは社会課題・地域課題の解決、新しい時代に向けた社会システムのデジタル変革や価値創造、そして多様性や持続可能性を含むSDGsの達成などに貢献すべく、オープンイノベーションを推進している。以下に、本年度の主な業務成果を示す。なお、各成果の詳細については、「3 活動状況」に示す。

電磁波先進技術分野では、①電磁波伝搬に大きな影響を与える大気・地表面の状態把握やその情報を活用した

防災・減災に資する「リモートセンシング技術」、②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を計測・予測する「宇宙環境技術」、③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の「電磁環境技術」、④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・配信を実現するための「時空標準技術」、⑤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す「デジタル光学基盤技術」等の研究開発を進め、以下の成果を得た。

- ①高精度航空機搭載合成開口レーダー (Pi-SAR X3) で世界最高分解能15 cmでの地表面画像取得や、マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー (MP-PAWR) を用いて東京オリンピック・パラリンピック競技大会期間中に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のリアルタイム実証実験に成功した。
- ②AI技術を用いて、イオノゾンデ観測データの電離圏エコートレース手法の機能を向上させるとともに、磁気圏シミュレーションを用いた静止軌道衛星の表面帯電リスク評価システムを公開した。
- ③単一の無線設備と複数の広帯域電磁雑音源を考慮した電磁雑音許容値設定のための電磁干渉確率モデルについて、電磁雑音源の世帯普及率に応じた集積効果を明らかにした。また、携帯電話基地局等からの電波ばく露レベルの大規模調査の一環として、前年度までの測定結果について過去との比較を含め統計解析を行い、国内で初めて大規模に電波ばく露の長期レベル変動を明らかにした。
- ④NICTのストロンチウム光格子時計を間欠的に運用した結果を国際度量衡局に報告し、協定世界時 (UTC) の歩度 (時刻の刻み幅) を8か月間連続で校正するとともに、セシウム一次周波数標準を含めた全ての周波数標準の中で最も小さい不確かさ $1.9 \times 10^{-16}$ でUTCの歩度を校正した。
- ⑤安定的なホログラムプリント技術として、波面収差を干渉に基づく測定手法で計測し、被検波面を推定し補償する方法を開発した。また、振動に強く、持ち運びが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つながる小型センサの試作に成功した。

革新的ネットワーク分野では、①B5G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の「計算機複合型ネットワーク技術」、②ニューノーマル時代の

社会経済の変革とB5G基盤技術の実現を目指す「次世代ワイヤレス技術」、③B5G時代の増加を続ける通信トラヒックに対応するための「フォトニックネットワーク技術」、④B5G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の「光・電波融合アクセス基盤技術」、⑤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想定した「宇宙通信基盤技術」、⑥B5Gを見据えた更なる周波数利用拡大を目指す「テラヘルツ波ICTプラットフォーム技術」、⑦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への対応を可能とするための「タフフィジカル空間レジリエントICT基盤技術」等の研究開発を進め、以下の成果を得た。

- ①多様なアプリケーションQoE保証を行う高度分散協調型テレメトリに基づく情報分析/管理技術による自動制御管理機構として、大規模マルチベンダネットワークの運用自動化レベル4 (特定環境での完全自動化) を対象とした制御管理機構の基本設計及び評価を実施した。また、情報・コンテンツ指向型ネットワークワーキング (ICN/CCN) 用通信基本ソフトウェア『Cefore』を用い、ネットワークサービス機能のオフローディング機構を設計・実装し、ネットワーク負荷を80%程度削減した。
- ②B5G基地局への適用を想定したフルデュプレクス実装技術として、怠惰学習を用いたデジタル自己干渉キャンセラを開発し、フェージング環境下でも134 dBのキャンセル性能が得られることを確認した。また、複数無線システムの同時可視化・監視が可能なSRF無線センサを開発した。
- ③標準外径4コアファイバで、波長多重技術と2種類の光増幅方式を駆使し毎秒319テラビット、3,001 km伝送し、容量距離積の世界記録 (毎秒957ペタビット×km) を達成しました。また、中継器無しで毎秒372テラビット、213 km伝送し、無中継伝送の容量距離積の世界記録 (毎秒79.5ペタビット×km) を達成した。
- ④空間光通信の伝送容量の大容量性と高い軸ズレ耐性を実現するため、高速PDアレイと4芯バンドルファイバを活用する技術を実証し、10 Gbaud 64 QAM (総計毎秒240ギガビット) 光信号の1.5 m空間伝送に成功した。ミリ波無線信号と光ファイバ信号の品質を保ちつつ遅延なく相互変換するため、100 GHz帯光変調器を新規開発し、周波数101 GHzミリ波におけるOFDM-64 QAM信号 (毎秒70ギガビット相当) のミリ波・光直接変換を実証した。
- ⑤ドローンと地上間の高速な光回線を実現及び設計す

るための到着角度変動や受信電力の確率分布などの重要なチャネル特性や数値データを取得・解析し、ドローンのホバリングの影響に対する光精密追尾技術の有効性を実証した。また、現在 3 GPPで標準化が進められている衛星5G技術を活用した地上・衛星ネットワークの連携を目的として、欧州宇宙機関(ESA)との衛星5G/B5G共同トライアル並びにNICT委託研究を統括し、日本初の衛星リンクを含む日欧の国際間長距離5Gネットワークの接続実験及び日欧間衛星5G統合制御を実証した。

⑥周波数300 GHzを超えるようなテラヘルツ帯の伝送評価技術の実現を目指してテラヘルツ通信用アンテナの特性評価技術の構築を行い、様々なアンテナ放射パターン計測などを実施するとともに、これらの成果を基にテラヘルツ帯スペクトラムの国際標準化に向けて、ITU-RやIEEE802への寄書などの活動を行った。

⑦タフ無線環境における電波伝搬予測技術の研究開発に着手し、カメラ映像から受信信号強度を予測する手法の原理検証と屋内実験を行い、将来の群ロボット遠隔制御に利用できる見込みとなる1秒先の強度予測誤差を3 dB以内とする確率が95%以上になることを確認した。また、MEMSセンサを利用したインフラサウンド(可聴域以下の音波)観測モジュールを開発し、宮城県内に設置した4か所の計測データを日本気象協会に提供して公開した。

サイバーセキュリティ分野では、①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の「サイバーセキュリティ技術」、②社会の持続的発展において欠くことのでき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の「暗号技術」、③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の「サイバーセキュリティに関する演習」、④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形成を目的とした「サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成」、⑤IoT機器のサイバーセキュリティ対策のための「パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査」等を進め、以下の成果を得た。

①サイバー攻撃統合分析プラットフォーム『NIRVANA改』の内部モジュールをすべてIPv6対応にし、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。また、サイバー攻撃誘引基盤『STARDUST』の並行ネットワーク構築機能を強化し、テレワーク、クラウド、制御システム等、仮

想・物理混在環境の模擬を可能にした。

②情報理論的に安全な小型衛星・小型ロケット用通信セキュリティ技術を観測ロケットMOMOV1に搭載し、機体から地上局に飛行状況を伝送する実用チャネルにおいてセキュア通信の実証実験に成功した。また、テレワークで活用されるビデオ会議システムのエンドツーエンド暗号化方式の安全性評価を実施し、ZoomやWebexの脆弱性を発見・脆弱性を悪用した攻撃手法・防御対策を提案した。

③実践的サイバー防御演習「CYDER」において、オリパラ関係者向け演習「サイバーコロッセオ」のレガシーを生かした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に貢献したほか、オンラインAコースを新設し、時間・地理的要因で受講困難な方への受講機会を提供した。また、公的機関初となる情報処理安全確保支援士向け特定講習として、実践サイバー演習「RPCI」の提供を開始した。さらに、25歳以下の若年層を対象に、NICT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を安全に利用できる環境を活かした、セキュリティイノベーター育成プログラム「SecHack365」を実施するとともに、修了生の活動継続の促進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た。

④サイバーセキュリティ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・構築を行うとともに、4つのサブプロジェクト「Co-Nexus A/S/E/C」を立ち上げ、令和5年度を目途に立ち上げを予定しているアライアンスを見据えた体制の構築を開始し、37組織の参加申し込みがあった。

⑤Telnet/SSHに対して、容易に推測可能なID/パスワードによるログイン可否の調査(特定アクセス調査)を実施し、注意喚起対象として計21,024件の通知をISPに対して送付し、ISPから利用者に対する適切な注意喚起につなげた。継続した調査と注意喚起の実施により、注意喚起対象数は2022年3月時点まででピーク時(2021年12月)から17%減少し、日本国内に存在するサイバー攻撃に悪用されるおそれのある機器の削減に貢献した。

ユニバーサルコミュニケーション分野では、①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」、②高度な深層学習技術等を用いて、イン

ターネット等にある知識（社会知）を取得し、それらの組み合わせや類推等で仮説を推論し、目的やポリシー等を持つ仮想人格を用いて対話等ができる「社会知コミュニケーション技術」、③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する「スマートデータ利活用基盤技術」等の研究開発を進め、以下の成果を得た。

- ①チャンク（文より短い翻訳単位）を深層学習した分割モデルに従って翻訳するアルゴリズムを開発し、翻訳精度の劣化を補償する手法を提案した。また、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会において、VoiceTraが活用され、都内の競技会場や選手村等にNICTの技術を利用している翻訳端末が約300台配備された。
- ②高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システムMICSUSの完成度を高め、省リソース、高速化するとともにWebの情報を使いつつ、ユーザの好みに応じた雑談を可能にするなど新機能も実現した。また、自動並列化深層学習ミドルウェアRaNNCを高度化し、GPT-3を超える2,000億パラメータ規模の巨大なニューラルネットワークをそのアーキテクチャに依らず自動分割し、並列学習を容易にする世界で唯一のソフトウェアとした。
- ③ローカルに収集されるプライベートデータの分布の偏り（場所や事象ごとの発生データ量）を考慮した連合学習方式を設計し、秘密分散学習等では扱うことが難しい複雑な深層学習モデルを対象に学習性能を改善できることを示した。また、時空間ラスタ画像認識と周期的頻出パターンマイニングを組み合わせた複合イベント予測手法（3 DCNN-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の予測精度と処理速度を向上させた。さらに、これまでに開発した成果をxDataプラットフォームの情報資産として整理し、ASEAN IVOなどで利活用拡大に向けた活動を進めるとともに、環境モニタリング事業者と連携した自治体とのパイロット試験を実施した。

フロンティアサイエンス分野では、①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「フロンティアICT基盤技術」、②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た「先端ICTデバイス基盤技術」、③あらゆる計算機で読解不可能な安全性を実現する「量子情報通信基盤技術」、④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の創出を目指す「脳情報通信技術」等の研究開発を進め、以下の成果を得た。

- ①NbN/AlN/NbNエピタキシャル接合を用いた2次元磁束量子ビットを作製・評価し、従来比44倍の23  $\mu$ sのコヒーレンス時間を確認するとともに、転写法を用いて上下配置型アンテナEOポリマー導波路THz検出器を試作し、150 GHz電磁波による従来比10倍以上の高効率直接光変調を実証した。
- ②縦型Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FET開発に必要となる、エッチング等プロセス要素技術の開発し、耐圧1,600 V超、オン抵抗7.6 m $\Omega$ cm<sup>2</sup>の世界最高レベルのデバイス特性を実現した。また、265 nm高強度深紫外LEDを用い、液体中及びエアロゾル中の新型コロナウイルスに対し0.5秒照射で99.999%以上の極めて高い不活性化効果を実証した。
- ③秘密分散処理及び秘匿通信の高速化に取り組み、量子暗号ネットワークテストベッドに実装してゲノム・医療分野等における想定ユースケースで性能を検証し、QKD分散ストレージネットワークでの大容量（80 GB）ゲノム解析データの高速度分散ストレージに成功した。また、イオンを二次元的に配列して光時計の安定度を向上させる新型イオントラップシステムの動作実証に成功した。
- ④自然で多様な知覚・認知を司る脳内情報表現を包括的に扱う脳機能モデルの構築に向けて、より多様な知覚・認知条件下での脳活動データを収集し、脳機能モデルの構築と高度化を行ない、脳に倣う人工知能への応用を行うとともに、ヒトの脳領域間抑制機構が発達とともに成熟し、加齢に伴い劣化することをMRI計測により明らかにした。

Beyond 5Gの推進では、B5Gを実現するための鍵を握る要素技術（超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続、自律性、拡張性、超安全・信頼性、超低消費電力等）の早期確立に資する成果の創出を目指し、①ネットワークからサービスまでの多様な参画者が集い産学官での研究開発を有機的に連携し加速させるB5Gのアーキテクチャに関する研究や標準化に関する取組、②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に関する業務等を実施し、以下の成果を得た。

- ①B5Gのアーキテクチャの重点課題として、地上系-非地上系通信システムを連携させる「ヘテロジニアスネットワークの統合」、フィジカル空間とサイバー空間を統合させるための「データの分散処理機

能」、サービスやアプリケーションをフィジカル空間とサイバー空間を越えて実行するための基盤となる「イネーブラー機能」などを特定し、Beyond 5G / 6Gホワイトペーパー第2版や策定中のアーキテクチャに反映させた。また、B5G応用に向けた社会展開に向けたロードマップと重点化すべき課題を具体化し、ITU-R WP 5 Dや3 GPP等において世界に先駆けた寄与文章の入力を実施した。

②公募型研究開発プログラムでは、委託研究として令和3年度末までに、「Beyond 5G機能実現型プログラム（基幹課題）」を6課題（うち、1課題は令和2年度に採択）、「Beyond 5G機能実現型プログラム（一般課題）」を20課題、「Beyond 5G国際共同研究型プログラム」を3課題、「Beyond 5Gシーズ創出型プログラム（委託）」を15課題（うち、若手・中小企業枠で4課題）、計44課題を採択し委託契約を締結した。採択した課題では多岐にわたる技術分野をカバーしており、特にB5Gのネットワーク基盤となる無線・光通信分野を中心に、B5Gの実現に寄与する委託研究を実施した。また、「革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）」に係る助成金事業を公募し、3事業を採択した。

分野横断的な研究開発その他の業務では、①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、②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、③知的財産の積極的な取得と活用、④戦略的な標準化活動の推進、⑤研究開発成果の国際展開の強化、⑥国土強靱化に向けた取組の推進、⑦戦略的ICT人材育成、⑧研究支援業務・事業振興業務等を実施し、以下の成果を得た。

①産学官連携の強化を目指し、NICTシーズ集第4版を発行した（45件のシーズを掲載）。NICTシーズ集へのリンクのQRコードをNICTニュースに掲載するなどの広報強化を行い、前年度比約39%増のページビューを得た。NICTの研究開発シーズの社会実装に向けた試みとして、ベンチャーの起業に向けたビジネスプランの検討支援や事業パートナーの開拓等、計4件の技術シーズに対して、伴走型プロジェクトを試行した。

②B5Gネットワークの技術検証環境となる「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」を、ネットワーク、ミドルウェア、プラットフォームの各レイヤに分けて構成し、構築を進めた。これにより、ミドルウェアレイヤでのエミュレーションによりネットワーク、プラットフォーム各レイヤの機能拡張を可能と

したほか、これまで総合テストベッドでは未対応であったワイヤレスアクセス環境の設置を完了した。また、物理事象などのシミュレーション、エミュレーションと実デバイスやソフトウェアを連結させて検証を可能とするCyReal（サイリアル）検証環境の設計を行った。

③知的財産の積極的な取得と活用については、発明創出・権利化から技術移転まで、研究現場が主体的に取り組める体制を整える等周辺支援を強化し、NDAや共同研究契約書等の作成支援、共同出願契約や技術移転契約等を進めるとともに、NICTとしての知財戦略の策定にも取り組んだ。また、科学技術振興機構との共催によりNICT新技術説明会を開催する等、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を行った。

④戦略的な標準化活動の推進については、国際電気通信連合（ITU）、アジア・太平洋電気通信共同体（APT）、欧州電気通信標準化機構（ETSI）等の標準化機関のメンバーになるとともに、議長や副議長、エディターなどの役職を担って、国際標準化活動を精力的に推進した。令和3年度は、ITUにおいて、将来ネットワークに関する研究グループの議長にNICTの職員が任命されたほか、量子情報通信技術、ネットワークアーキテクチャ技術、情報セキュリティ技術、電磁環境技術等でNICTの研究成果を反映した国際標準が策定された。

⑤研究開発成果の国際展開の強化については、B5G及び量子ICTに関するNICTのホワイトペーパーを米国の政府関係者、研究機関、シンクタンク等に紹介し、米国国立科学財団（NFS）との間で、B5Gに関する意見交換を開始した。また、日米共同研究等の国際共同研究プロジェクトを精力的に推進した。

⑥国土強靱化に向けた取組の推進については、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、民間企業とも連携して研究開発してきた、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」を活用し、防災科研・ATRとの連携の下、ポータブルSIP 4Dの開発に取り組んだ。また、同技術を搭載した防災情報通信・管理システムを高知県高知市が民間企業に委託して導入に着手しており、NICTは通信エリアや通信性能などの計測とその取りまとめを行うなどして同システムの設計に貢献した。

⑦量子ネイティブ人材を育成するプログラムNICT

Quantum Camp (NQC) を前年度から拡大して開催した。NICTがカバーする分野だけでなく、NICT外からも大学、企業の方々を講師・アドバイザー（17名）に招き、量子ICTの網羅的学習が可能なプログラムを提供した。

- ⑧研究支援業務・事業振興業務としては、コロナ禍の入国制限に伴う招へいスケジュールや集会のオンライン開催への変更などに柔軟な対応をすることで、2名の海外研究者招へいと8件の国際研究会開催の支援を実施し、また、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、ICTメンターを派遣し、情報の提供、助言・相談等を実施し、地域のイベントで選抜された学生、ICTスタートアップがビジネスプランを発表する全国コンテストとして「起業家甲子園」及び「起業家万博」を開催した。

NICT法第14条第1項第3号から第5号までの業務として、①周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報（第3号）、②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（第4号）、③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（第5号）を以下のと

おり実施した。

- ①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業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施した。非常時通信用に携帯IP電話機を導入し、首都圏災害時に日本標準時発生局を神戸副局に移転するBCP訓練を実施した。
- ②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、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施した。コロナ禍において遠隔宇宙天気予報会議等を活用し、予報業務を実施するとともに、国際民間航空機関（ICAO）グローバル宇宙天気センターの一員として、宇宙天気レポートの配信等、運用を着実に実施した。
- ③高周波利用設備を含む無線設備の機器の較正に関する業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施した。コロナ禍においても、例年とほぼ同数の較正業務を遅滞なく実施するとともに、新たに、B5G / 6Gの研究開発用実験局の免許申請に必要なテラヘルツ帯（110-330 GHz）の電力較正も行った。



## 2 組織等

2.1 組織

2.2 組織の変遷

2.3 役員・職員数

2.4 予算

## 2.1 組織（令和4年3月31日現在）

理事長

理事

執行役

監事

主管研究員

理事長

理事（5名）

監事（2名うち非常勤1名）

執行役

主管研究員

### ● 電磁波研究所

総合企画室

管理グループ

沖縄管理グループ

電磁波伝搬研究センター

リモートセンシング研究室

宇宙環境研究室

宇宙天気予報グループ

電磁波標準研究センター

電磁環境研究室

標準校正グループ

時空標準研究室

日本標準時グループ

電磁波先進研究センター

デジタル光学基盤研究室

### ● ネットワーク研究所

総合企画室

管理グループ

先端ICTデバイスラボ

ネットワークアーキテクチャ研究室

フォトニックICT研究センター

フォトニックネットワーク研究室

光アクセス研究室

ワイヤレスネットワーク研究センター

企画室

横須賀管理グループ

鹿島管理グループ

ワイヤレスシステム研究室

宇宙通信システム研究室

レジリエントICT研究センター

企画連携推進室

サステナブルICTシステム研究室

ロバスト光ネットワーク基盤研究室

### ● サイバーセキュリティ研究所

総合企画室

管理グループ

サイバーセキュリティ研究室

セキュリティ基盤研究室

サイバーセキュリティネクサス

ナショナルサイバートレーニングセンター

サイバートレーニング事業推進室

サイバートレーニング研究室

ナショナルサイバーオペレーションセンター

サイバーオペレーション事業推進室

サイバーオペレーション運用室

### ● ユニバーサルコミュニケーション研究所

総合企画室

管理グループ

企画戦略グループ

知財契約グループ

共通基盤グループ

システム開発グループ

先進の音声翻訳研究開発推進センター

先進の音声技術研究室

先進の翻訳技術研究室

データ駆動知能システム研究センター

統合ビッグデータ研究センター

先進のリアリティ技術総合研究室

### ● 未来ICT研究所

総合企画室

神戸管理グループ

神戸フロンティア研究センター

超伝導ICT研究室

ナノ機能集積ICT研究室

バイオICT研究室

神経網ICT研究室

深紫外光ICT研究室

小金井フロンティア研究センター

企画室

量子ICT研究室

超高周波ICT研究室

グリーンICTデバイス研究室

脳情報通信融合研究センター

企画室

吹田管理グループ

脳情報通信融合研究室

脳機能解析研究室

脳情報工学研究室

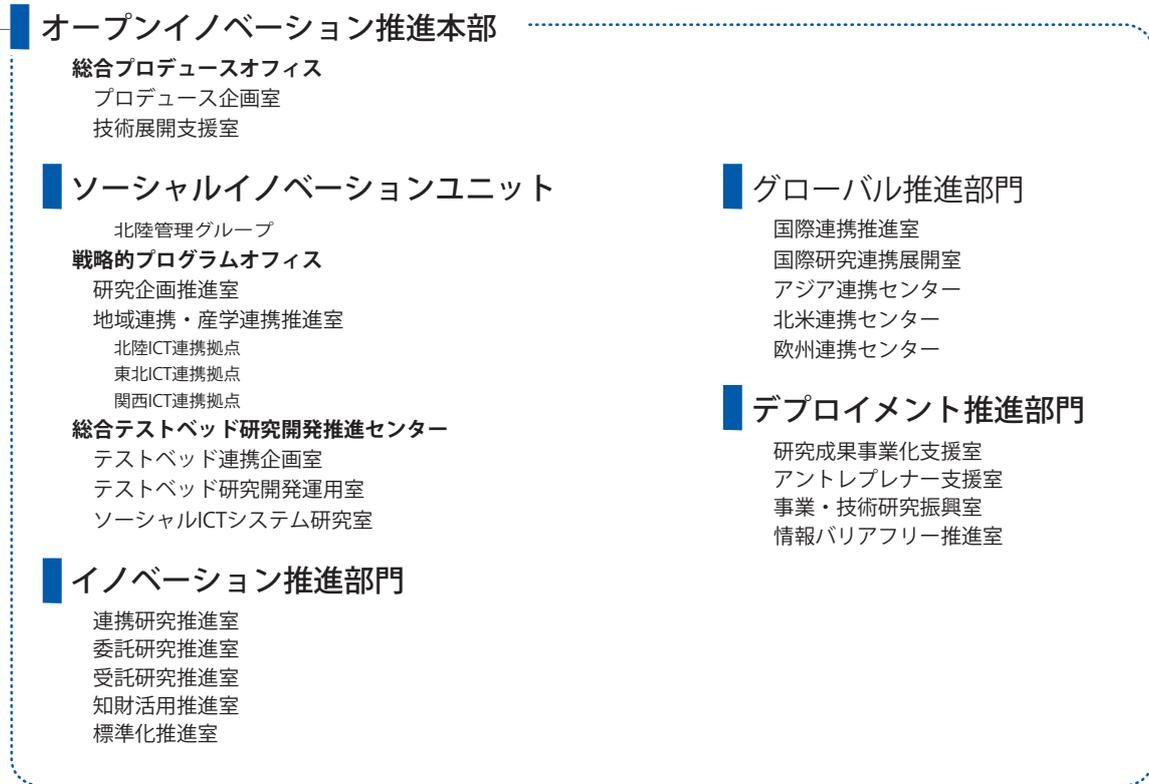
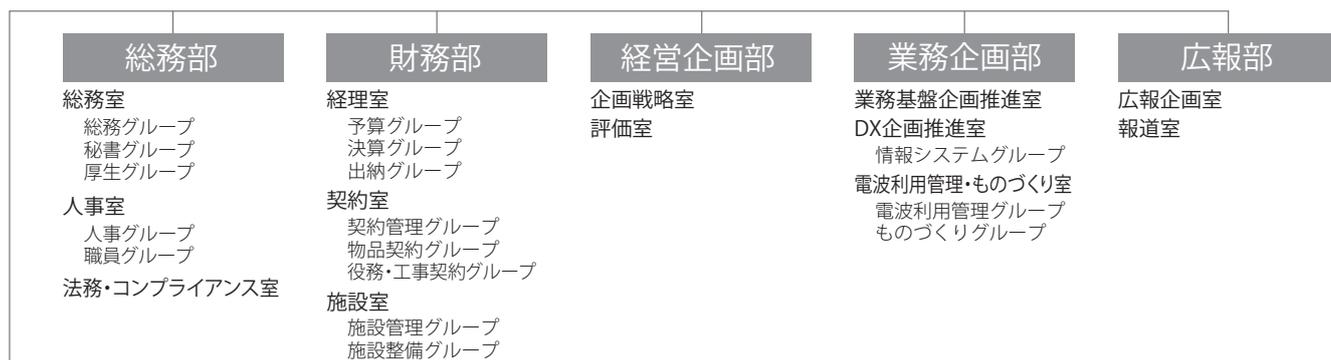
● 電磁波先進技術分野

● 革新的ネットワーク分野

● サイバーセキュリティ分野

● ユニバーサルコミュニケーション分野

● フロンティアサイエンス分野



## 情報通信研究機構の主な施設等（令和4年3月31日現在）



## 2.2 組織の変遷

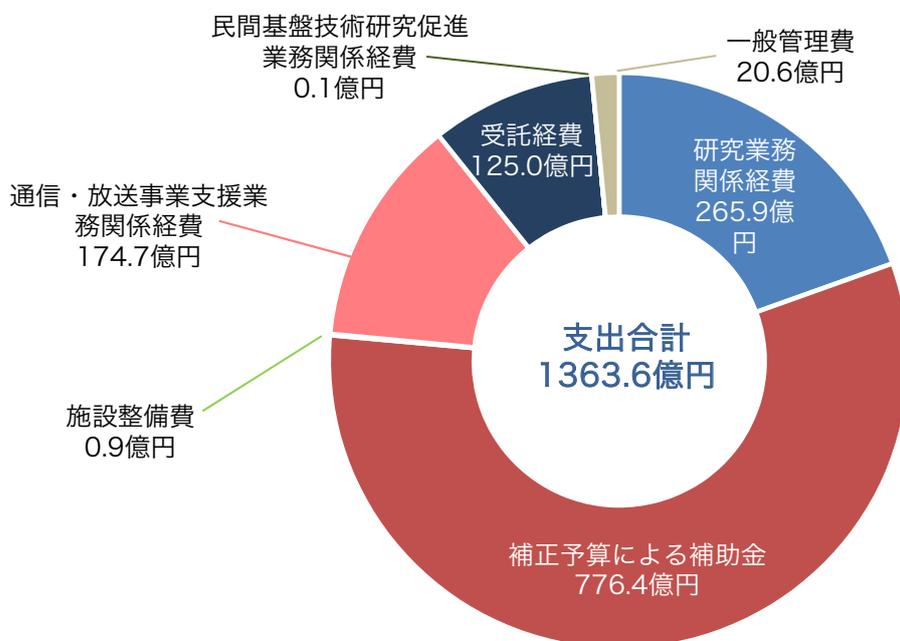
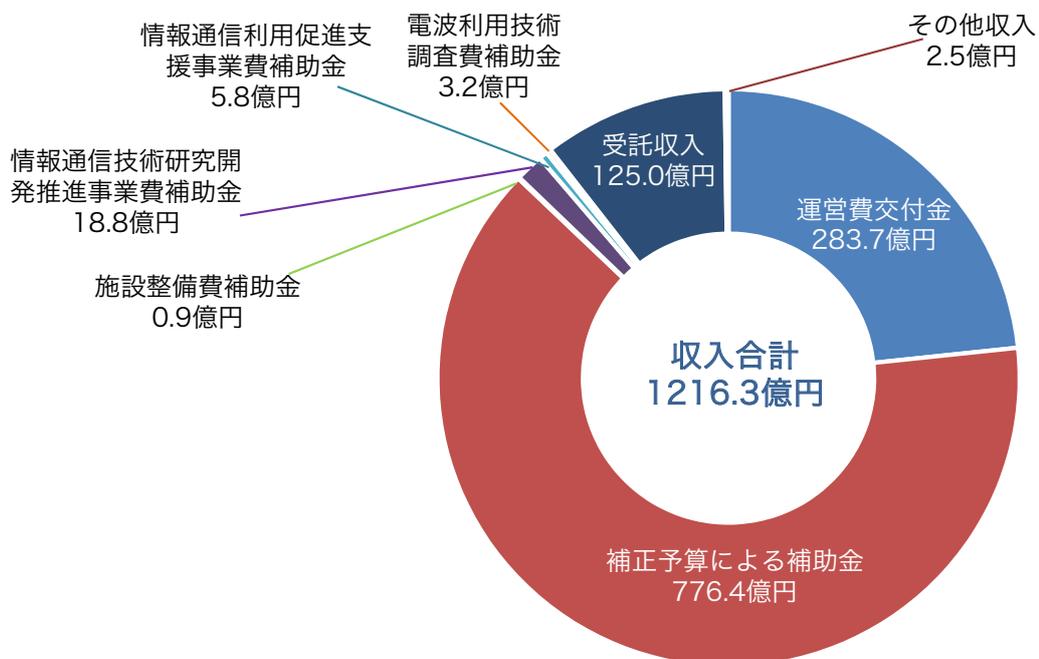
日付	内容
R3.4.1	第5期中長期計画開始に伴う組織の改編
R3.4.1	(臨時に置く組織)ユニバーサルコミュニケーション研究所にAI研究開発本部を新設(R8.3.31限り効力を失う。)
R3.4.1	(臨時に置く組織)機構にサイバーセキュリティ統合知的・人材育成基盤技術特定プロジェクトを新設(R8.3.31限り効力を失う。)
R3.4.1	(臨時に置く組織)機構に先進的音声・言語AI技術特定プロジェクトを新設(R8.3.31限り効力を失う。)
R3.4.20	(臨時に置く組織)イノベーションデザインイニシアティブに、共創デザインプロジェクト、ブランディングデザインプロジェクトを置く(R8.3.31限り効力を失う。)
R3.4.20	(臨時に置く組織)オープンイノベーション推進本部にBeyond 5G公募型研究開発推進プロジェクトを新設

## 2.3 役員・職員数(令和4年3月31日現在)

役員	常勤職員	合計
7	446	453

## 2.4 予算

### 令和3年度予算



●電磁波先進技術分野

## 3.1 電磁波研究所

●革新的ネットワーク分野

## 3.2 ネットワーク研究所

●サイバーセキュリティ分野

## 3.3 サイバーセキュリティ研究所

●ユニバーサルコミュニケーション分野

## 3.4 ユニバーサルコミュニケーション研究所

●フロンティアサイエンス分野

## 3.5 未来 ICT 研究所

## 3.6 Beyond5G 研究開発推進ユニット

## 3.7 量子 ICT 協創センター

●オープンイノベーション推進本部

## 3.8 オープンイノベーション推進本部

## 3.9 ソーシャルイノベーションユニット

## 3.10 イノベーション推進部門

## 3.11 グローバル推進部門

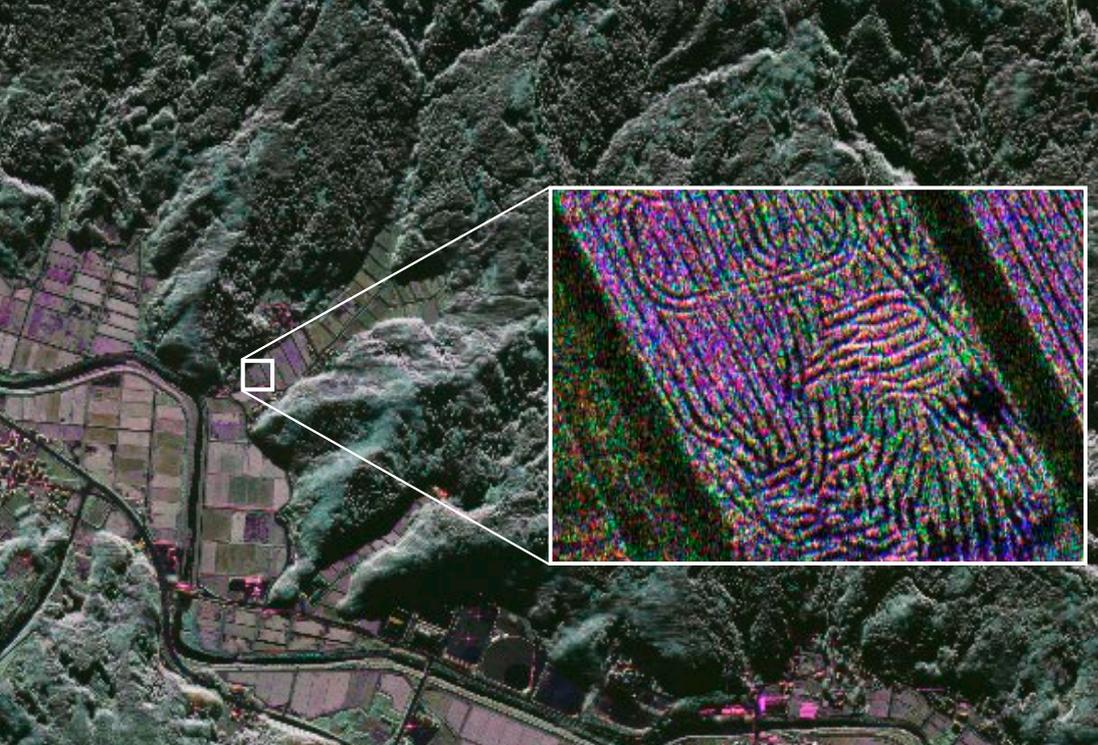
## 3.12 デプロイメント推進部門

## 3.13 業務企画部

## 3.14 イノベーションデザインイニシアティブ

## 3.15 NICT ナレッジハブ





# ● 電磁波先進技術分野

## 3.1 電磁波研究所

### 3.1.1 電磁波伝搬研究センター

#### 3.1.1.1 リモートセンシング研究室

#### 3.1.1.2 宇宙環境研究室

### 3.1.2 電磁波標準研究センター

#### 3.1.2.1 電磁環境研究室

#### 3.1.2.2 時空標準研究室

### 3.1.3 電磁波先進研究センター

#### 3.1.3.1 デジタル光学基盤研究室

### ■概要

電磁波研究所は、ICTの中でも特に「電磁波」に関する様々な技術の研究開発と、それら技術の社会での活用に関する活動を推進する組織である。当研究所は、電磁波を活用することによりSociety 5.0を実現させることを目指しており、その過程において、以下に示す3つの役割を果たしていく。

- ・多様なセンサを使って、フィジカル空間の情報をサイバー空間に集約する「センシング（計測・観測）」の機能を実現する役割
- ・多種多様なデータを解析することにより、「未来の姿」をサイバー空間上に作り上げる「プロセッシング（情報の加工・処理）」の機能を実現する役割
- ・サイバー空間上のデータを活用して、フィジカル空間を作り上げる「アクチュエーション（作動・行動）」の機能を実現する役割

さらに、各役割から得られた成果を効果的に連携させ、その結果、気象の変化や宇宙環境の変化の早期かつ精密な把握や、災害等の非常時を含む社会状況の正確な把握を実現するとともに、精度の高い未来予測を可能にして、実社会における私たちのスマートな生活を実現させることを目指す。

第5期中長期目標期間の5年間では、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や、様々な機器・システムの電磁的両立性（EMC：Electromagnetic Compatibility）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について研究開発を実施するとともに、国内外における標準化や研究開発成果の普及、社会実装につなげる活動を行う。また、電磁波技術分野の将来を担う研究開発人材の育成にも力を入れていく。これらの活動を行うために、当研究所の中に3つの研究センター、5つの研究室、そして活動全体を効果的に推進する「総合企画室」を設置した。

- ・電磁波伝搬研究センター：リモートセンシング研究室・宇宙環境研究室
- ・電磁波標準研究センター：電磁環境研究室・時空標準研究室

- ・電磁波先進研究センター：デジタル光学基盤研究室

### ■主な記事

電磁波研究所における令和3年度の主なトピックスを以下に示す。なお、1.の詳細については、それぞれの研究室の報告において記す。

#### 1. 各研究室における活動の概要

##### (1) リモートセンシング研究室

- ・航空機搭載合成開口レーダー「Pi-SAR X3」の研究開発を進め、初の本格的な観測飛行と技術的な実証を12月に実施し、世界最高レベルの分解能15 cmを有していることを実証して、成果を報道発表した。
- ・NICTが運用する「マルチパラメータ・フェーズドレイ気象レーダー」のデータを用いて、防災科学研究所や日本気象協会等の外部組織と協力して、東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会、東京都オリンピック・パラリンピック準備局にリアルタイム気象予測を提供する実証実験を行った。
- ・地上デジタル放送波を用いた水蒸気量観測について、戦略的イノベーション創造プログラム第2期の枠組みで民間企業と共同で九州地方に観測装置の設置を進め、15地点の観測装置による観測網が完成した。
- ・日本・欧州共同で開発を進めている地球観測衛星「EarthCARE」の打ち上げ後に実施する地上校正に向けて能動型校正装置を改修するとともに、地上検証用W帯高感度雲レーダーにより雲鉛直分布等のデータを取得した。

##### (2) 宇宙環境研究室

- ・情報通信研究機構法（以下、機構法）第14条第1項第4号に定められている「電波の伝わり方の観測、予報・異常に関する警報の送信等」の業務を着実にを行うために、国内4か所の電波観測施設及び南極においてイオノゾンデによる電離圏観測を24時間365日実施し、宇宙天気予報を発出した。
- ・総務省からの委託研究「ひまわりの高機能化研究技術開発」に東京都市大学と共同で採択され、衛星に搭載が可能な高エネルギー粒子計測装置の開発及び内部帯電計測装置の開発に着手した。
- ・「太陽フレアAI予測モデル（DeFN-Reliable）」のリアルタイム版を開発し、ウェブで公開して外部利用を可能に

するとともに、宇宙天気予報会議での活用を開始した。

### (3) 電磁環境研究室

- ・機構法第14条第1項第5号に定められている「無線設備の機器の試験及び校正」の業務を着実にを行い、電波の公平かつ能率的な利用の実現に貢献するとともに、周波数標準に関する我が国の計量システムの維持に務めた。
- ・1台の無線通信端末の周囲に複数の広帯域電磁雑音源が一樣に分布するモデルを用いて、電磁雑音源の世帯普及率に応じた電磁雑音受信電力の統計分布を導出し、雑音源が1つのみ存在する場合と比較して、複数の電磁雑音源が存在する場合における電磁雑音の集積効果を明らかにした。
- ・5Gサービスの開始に伴って普及が拡大するミリ波帯携帯無線端末について、通話状態における人体側頭部を対象に入射電力密度の最大空間平均値データを取得した。このデータにより、国際規格で規定されている側頭部のモデル形状が妥当であることを明らかにした。
- ・日常生活における電波環境を網羅的に明確にするために、過去に電波環境測定を実施した場所における電波環境の測定を昨年度・一昨年度に実施したが、今年度はこれらの測定データを統計的に解析し、我が国で初めて電波ばく露レベルの長期変動を定量的に示した。

### (4) 時空標準研究室

- ・機構法第14条第1項第3号に定められている「周波数標準値の設定、標準電波の発射、標準時の通報」の業務を着実にを行い、標準電波の発射では年間99.9%の時間で送信を行い、NTP（ネットワークタイムプロトコル）サービスでは1日あたり最大80億を超えるアクセスがあった。
- ・NICTのストロンチウム光格子時計を間欠的に運用した結果を国際度量衡局に報告し、協定世界時（UTC）の歩度（時刻の刻み幅）を8か月間連続で校正した。また12月には、セシウム一次周波数標準を含めた全ての周波数標準の中で最も小さい不確かさ $1.9 \times 10^{-16}$ でUTCの歩度を校正した。
- ・半導体超格子ハーモニックミキサを用いたテラヘルツ波用の周波数計測システムを開発し、0.1 THz～2.8 THzの広帯域において精度16桁の計測が可能となり、小型・室温で動作する広帯域・高精度なテラヘルツ周波数カウンタを実現させた。

### (5) デジタル光学基盤研究室

- ・高精度かつ安定的なホログラフィック光学素子（HOE）の製造を可能とするために、ホログラムセル内に生じる波面収差を推定し補償する方法を開発し、

作製されるHOEの光学機能の高精度化を実現した。

- ・HOEの光通信用モジュールへの実装を目指し、通信用波長帯域（850 nm）におけるホログラムデータの基本的な設計に取り組み、2枚の駆動鏡を用いて信号を追尾する空間光通信装置のビット誤り率が $10^{-12}$ を下回る角度として、5多重記録で±0.06度に相当する性能を得た。
- ・自然光デジタルホログラフィをコア技術として、ホログラフィック定量位相動画測定光学システム、手のひらサイズのホログラムセンサの試作、LEDや太陽光のフルカラーホログラムを単一露光で記録可能な自然光デジタルホログラフィ光学システムの試作にそれぞれ成功し、著名な国際論文誌に掲載された。

## 2. 研究所共通の活動

### (1) 関連施設の運用

「沖縄電磁波技術センター」、標準電波を送信する「おたかどや山標準電波送信所」及び「はがね山標準電波送信所」、電離圏観測を行う「サロベツ電波観測施設」、「山川電波観測施設」及び「大宜味電波観測施設」等を運用し、研究開発及びパブリッシングサービスの実施に資した。

### (2) 広報活動

計7件の報道発表を行い、TV・ラジオ番組等に11件取り上げられ、新聞や雑誌にそれぞれ136件、35件の記事が掲載された。また、延べ594名の視察・見学依頼に対応した。新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、沖縄電磁波技術センターにおけるオープンハウスの開催は見送った。

### (3) リクルート説明会の開催

若い研究者に将来、電磁波研究所を就職先のひとつとして検討していただけるよう、当研究所の活動等を紹介するとともに、情報交換が容易にできる場を構築することを目的として、3月1日に大学生・大学院生・ポスドクを対象とした「電磁波研究所リクルート説明会」をオンラインで開催し、39名の参加者があった。

### (4) 次世代安心・安全ICTフォーラムにおける活動

「次世代安心・安全ICTフォーラム」は、ICTを利用した安心・安全な社会の実現を目指した取組を産学官の連携により推進することを目的として平成19年に設立された。当研究所では平成22年度からこの活動に参画するとともに、事務局も担当している。3月8日に「次世代安心・安全フォーラム講演会―活動の総括と今後―」をオンラインで開催し、全7件の講演に対して99名の参加者があった。

# 3.1.1

## 電磁波伝搬研究センター

研究センター長 石井 守

### ■概要

電磁波伝搬研究センターは、リモートセンシング研究室及び宇宙環境研究室の2つの研究室から成り、主に電磁波を用いて自然現象等を計測することを研究対象としている。

近年、地球温暖化の影響もあり、我々を取り巻く気象現象は激甚化する傾向がある。いわゆるゲリラ豪雨や線状降水帯の発生など、想定外の豪雨が長時間続くことによる洪水や堤防の決壊などの災害が毎年のように発生している。さらには日常生活に甚大な影響を及ぼすクラスの地震も近年多発している状況である。

また、宇宙に目を転じて見れば、太陽活動の社会生活への影響は、ICT社会の高度化とその普及に伴い、ますます深刻なものとなっている。電波を用いた通信・放送は太陽フレアと同時に発生する広帯域の電波雑音及び電離圏擾乱によって利用が制限されることが知られているほか、衛星測位も電離圏の乱れにより深刻な影響を受けることが知られている。また、更に大規模な現象では人

工衛星の利用が制限されたり、高緯度地域を中心に電力網に影響が現れたりすることが知られている。

このような自然災害に十分に備えるためには、まずは状況を正確に把握し、それを基に数理的及び経験的モデルを用いた将来予測を行い、想定されるリスクを定量的に見積もり、それを回避する方策をとることが求められる。電磁波伝搬研究センターでは、主に電波を用いた地球・宇宙環境のモニタリング及び予測技術の研究開発を推進している。リアル空間での事象を、電磁波を用いてセンシングしサイバー空間にその状況を構築、シミュレーション等の技術で将来を予測し、その結果をリアル空間にフィードバックすることでリスク回避につなげている。

現状、リモートセンシング研究室は、現況把握において独自の開発技術を有するのに対し、宇宙環境研究室は将来予測において開発技術を有する。これは、両者の協力により長所を伸ばし、課題を解決するシナジー効果が期待できる状況である。

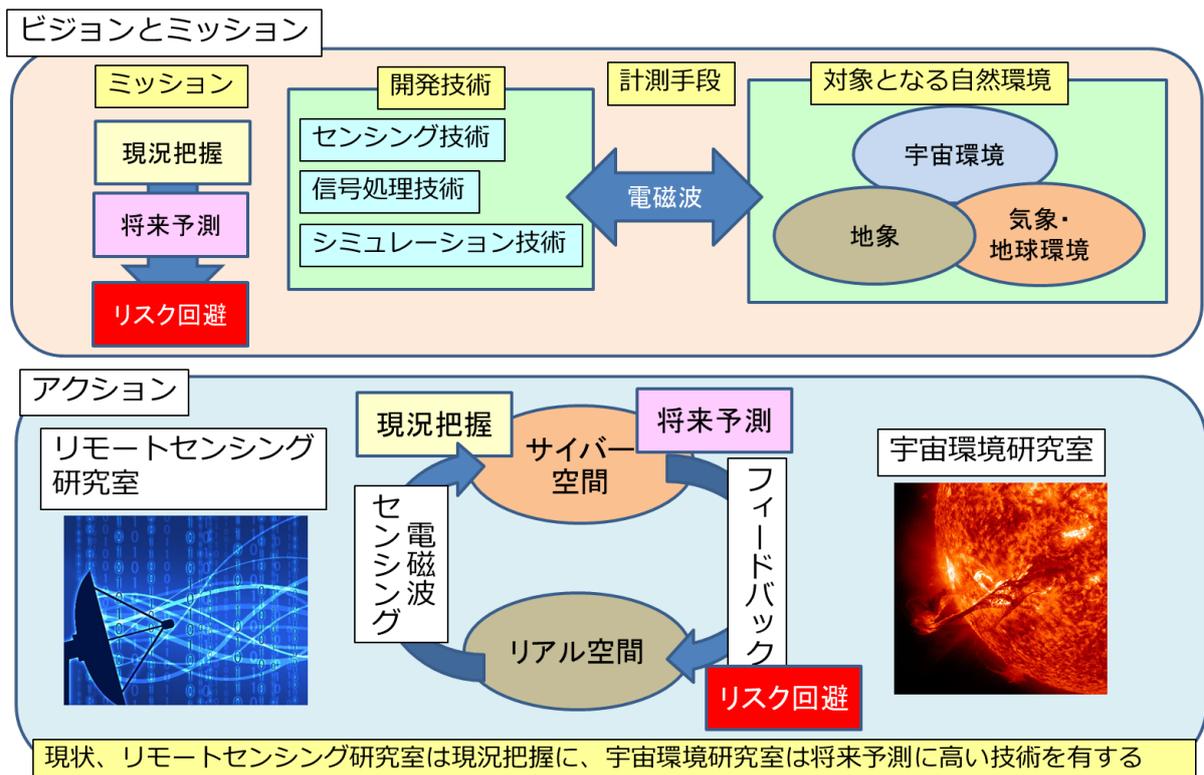


図1 電磁波伝搬研究センターの戦略イメージ

## ■主な記事

令和3年度は電磁波伝搬研究センター発足1年目として、前項で述べたシナジー効果を加速するために、2つの研究室間での情報共有と連携を活発にする活動を開始した。

まずは、両研究室で独立して行われていた研究会についての開催情報を共有し、お互いに相手の研究室の研究会にも自由に参加することができるようにした。これにより、相手の研究室での研究活動の状況を詳細に知ることができ、連携の可能性を模索することが容易となった。以下は令和3年度に両者の連携で行われた主な課題である。

- ・衛星センサ開発情報の連携：リモートセンシング研究室では長年にわたり、衛星からの降雨及び雲観測のためのセンサ開発を行ってきたノウハウを有する。一方宇宙環境研究室では令和3年度から新規に内閣府スターダストプログラムによる「ひまわりの高機能化研究技術開発」が開始され、電子・陽子フラックスセンサ及び帯電モニタの開発に着手した。宇宙環境研究室では20年ほど衛星センサ開発から遠ざかっていたため、手順等のノウハウを共有できたことはプロジェクト遂行に大きく役立った。
- ・解析手法：リモートセンシング研究室ではセンサ開発とともに、信号処理技術を長年にわたり磨いてきた実績を有する。この技術を、宇宙環境研究室が定常業務として行う電離圏観測データの解析に応用し、電離圏パラメータの自動読み取り精度の向上に寄与した。
- ・人的ネットワーク：宇宙環境研究室では、東南アジア域での電離圏観測を現地の研究機関の協力の下、20年

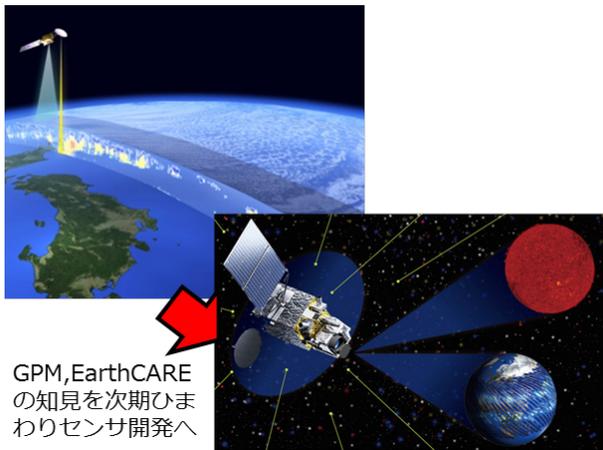


図2 電磁波伝搬研究センター内の連携例  
(1) 衛星センサ開発ノウハウの展開

以上にわたり行ってきた実績を有する。この連携の中で旧知のマレーシアのUniversiti Kebangsaan Malaysiaの研究者よりリモートセンシング技術に関する連携についての打診があり、技術協力を行う形で当機構のASEAN-IVOプロジェクトへ応募した。残念ながら本計画は不採択となったが、引き続き情報交換を進める方向である。

- ・情報発信：宇宙環境研究室では、長年にわたり継続的に宇宙環境に関する観測データを蓄積、保存、公開を行っており、WDSのWorld Data Center for ionosphere and Space Weatherとしても活動している。また宇宙天気予測モデル等の公開も積極的に行っている。これらのWebコンテンツ開発で培ったノウハウをリモートセンシング研究室と共有し、リモートセンシング観測情報の公開・提供のためのコンテンツ作りに展開している。

また、両研究室が有する地球・宇宙環境データの活用に向けて、石井研究センター長が令和3年からWorld Data System Science Committee (WDS-SC) メンバー及びThe Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics (SCOSTEP) bureauに選出され、利用しやすく運用コストが小さいデータベースを構築するための調査を開始した。



宇宙環境の情報提供技術をリモセンへ

図3 電磁波伝搬研究センター内の連携例  
(2) 情報公開ノウハウの展開

## 安心・安全な社会を実現するためのリモートセンシング手法の創出

## ■概要

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・予測等に役立つリモートセンシング技術の研究開発に取り組んでいる。

ローカルセンシング技術の研究開発においては、局所的（ローカル）な電磁波伝搬に大きな影響を与える大気中の水蒸気・雲・降水などの分布や、地面・構造物・植生等を含む地表面や海表面などを高精度に把握する観測・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するなど、実社会で活用される成果の創出を目指している。具体的には、航空機搭載合成開口レーダー（Pi-SAR X3）の性能評価のための観測実験の実施、ドローン搭載適合型映像レーダー（DAIR）の試作機の開発、マルチパラメータ・差分吸収ライダー（MP-DIAL）を構成する各コンポーネントの開発、マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー（MP-PAWR）を活用したゲリラ豪雨等の早期捕捉や発達メカニズムの解明に関する研究、地上デジタル放送波を利用した水蒸気量観測について九州北部の観測網の整備、ウィンドプロファイラ（WPR）

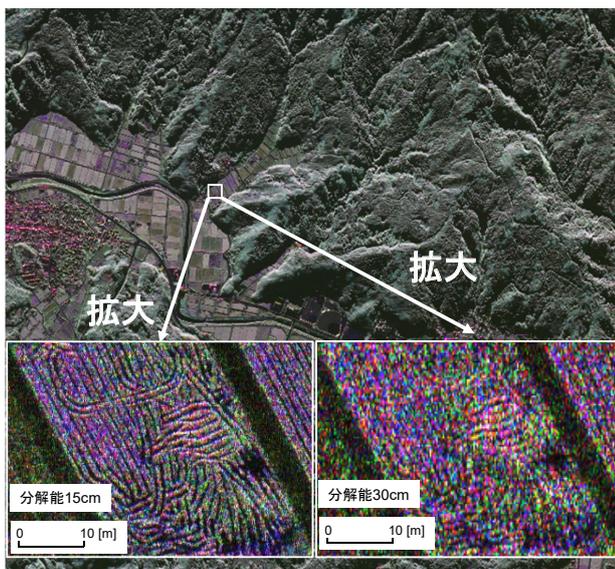


図1 Pi-SAR X3による観測例 拡大右図が従来機（Pi-SAR2）相当の30 cm分解能、拡大左図が15 cm分解能による田んぼの画像。15 cm分解能では、田んぼの“わだち”が鮮明に見える。

の測定データ品質向上を目的とした信号処理手法の高度化、センシングデータの利活用のための研究開発としてAI技術を用いた情報抽出技術の開発等を行う。

グローバルセンシング技術の研究開発においては、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雲・降水などの分布を、衛星に搭載されたりリモートセンサを用いて全球的（グローバル）かつ高精度に把握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を行い、地球規模の気候変動の監視や天気予報の予測精度向上、地球温暖化・水循環メカニズムなどの解明に資することを目指している。具体的には、雲エアロゾル放射ミッション（EarthCARE）衛星の打ち上げに備えた準備、全球降水観測計画（GPM）の後継となる将来の衛星搭載センサの開発に向けた検討等を実施する。

## ■令和3年度の成果

## 1. ローカルセンシング技術

Pi-SAR X3について、初の本格観測・技術実証を令和3年12月に実施し、同レーダーが世界最高レベルの15 cm分解能を有することを実証した。田んぼにできたトラクターによる“わだち”の観測にも成功し（図1）、今後地震や火山噴火等の自然災害による地表面の変化を今まで以上に詳細に把握すること、さらに環境モニタリング、船舶や漂流物等の海面監視などへの利用可能性を示すことができた。DAIRの開発では、ドローン搭載用のレーダー試作機的设计・製造を行った。SARの信号処理では、AIを用いた土地被覆分類処理の高速化を実施したほか、SARデータのスパース性を利用した信号処理的高



図2 NICTで内製したMP-DIAL用2 μm帯種レーザー

分解能化の手法を開発し、周波数帯域幅によらない高分解能化の可能性を示した。

MP-DIALについては、実際に社会で広く使われる安価な装置開発のため、2  $\mu\text{m}$ 帯の種レーザーを内製で試作し(図2)、その波長制御に成功したほか、プロトタイプの高動作パルスレーザーの開発も完了した。水蒸気観測における測定バイアスを $\pm 5\%$ に抑えることができるようになり、MP-DIALによる水蒸気観測実現の目的が立った。

MP-PAWRに関して、AIP加速課題(JST)の枠組みで理化学研究所など複数機関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のリアルタイム実証実験を行った。1,000個のアンサンブル予測を用いることで予報の不確かさを減らすとともに、ゲリラ豪雨の発生確率も予測できるようになった。また、SIP第2期の枠組みで防災科学研究所・日本気象協会など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、自治体や民間屋外イベントなどでも同様の実証実験を行った。また、AI技術(セマンティックセグメンテーション)を用いたデータ品質管理の手法をリアルタイムデータ配信に使えるように高速化したほか、AIを用いた短時間降水ナウキャストの研究開発も進めている。

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主な対象として九州に観測装置の展開を進め、15地点の観測網が完成した。また得られたデータを収集配信するクラウドシステムを構築したほか、得られたデータを同化して面的水蒸気分布の現況を表示するシステムを構築中である。海外方式の地デジ放送波に対応するシステム開発として欧州方式(欧州・東南アジア・一部アフリカ等)に対応した装置が完成した。

WPRに関して、アダプティブクラッタ抑圧(ACS)でヘリコプターからのクラッタエコーを抑圧することに成功した(図3)。これは気象庁との共同研究や、NICT委託研究による民間企業との共同研究の成果であり、ACS機能付きWPRの普及に向けた実用的な性能アピールにつながるものである。また、WPRについてISO国際規格策定に向けた議論をNICTが主導しており、最終国際規格案(FDIS)を作成する段階にある。

Pi-SARやMP-PAWRなどの高機能センサで取得される大容量データを効率的にユーザに届けて利活用を促進するために、リモートセンシング技術のユーザ最適型データ提供に関する要素技術の検討に着手し、次年度からの研究体制を構築した。

## 2. グローバルセンシング技術

EarthCARE衛星の打ち上げ後の地上校正に向けて、能動型校正装置(ARC)の改修を実施しているほか、地上検証用のW帯高感度雲レーダー(HG-SPIDER)の連続観測を実施し、雲鉛直分布やその鉛直速度などのデータを1年以上蓄積している(図4)。EarthCARE衛星搭載雲レーダー(CPR)のデータ処理アルゴリズムの評価・改良として、ドップラー速度の水平積分及び折返し補正手法による誤差低減の評価を全球レベルで実施した。

次世代衛星搭載降水レーダーで検討されているドップラー観測について、二つの観測手法の検証を行った。そのうちの一つのDPCA(Displaced Phase Center Antenna)方式について、Pi-SAR2によってDPCA条件で取得された過去のデータを用いて、同方式で移動体速度に起因するバイアス誤差を効果的に低減できることを実証した。

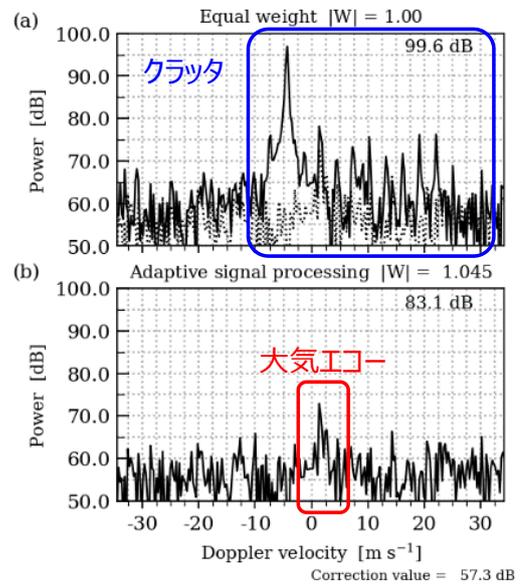


図3 WPRによるクラッタエコー抑圧の例 ヘリコプターからのクラッタエコーが混入したドップラスペクトル(a)からACSにより大気エコーを抽出(b)

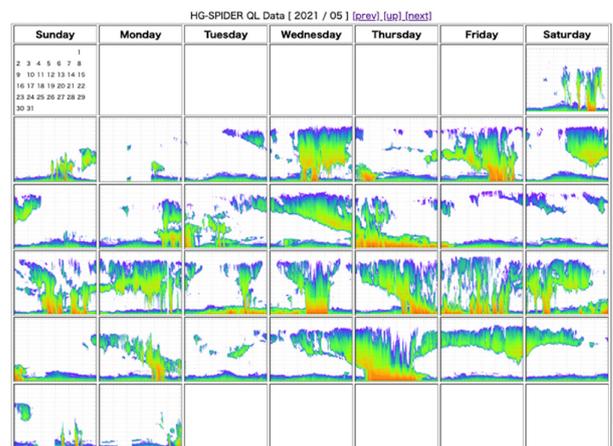


図4 HG-SPIDERによる雲鉛直分布の連続観測例(2021年5月)

## 宇宙天気予報精度向上とニーズに即したサービス提供

## ■概要

当研究室では、主に太陽を起源とする電磁波や高エネルギー粒子、磁気圏及び電離圏のじょう乱などの宇宙天気現象を監視し、宇宙天気予報を毎日提供するとともに、宇宙環境の現況監視及び予測・警報を高度化する技術及び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している。

宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発として、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（より高精度の情報をより早期に提供する）に関する技術の開発を進めている。具体的には、衛星による宇宙環境計測センサの開発及び利用の検討、国内及び国際協力に基づく地上からの宇宙天気監視網の充実、大気・電離圏モデルを用いたデータ同化による電離圏じょう乱の予測モデルの実用化に向けた開発、太陽風数値モデルを用いた太陽嵐到達時刻予測精度向上スキームの開発、磁気圏・電離圏モデルの結合の検討を進めている。また、宇宙天気予報業務を安定的に遂行するため、国内太陽電波及び電離圏定常観測を滞りなく遂行するための基盤整備、国内及び国際的に情報を発信するシステム整備を進めている。

宇宙天気予報の社会実装に係る活動として、宇宙天気ユーザーズフォーラム及び宇宙天気ユーザー協議会等を開催し、宇宙天気情報の利用者との交流を進め、ユーザーニーズの調査を進めている。ユーザー協議会は各分野の議論を深化させるため、分科会体制とするなど体制を強化した。

国際連携に係る活動としては、国際民間航空機関（ICAO）のグローバル宇宙天気予報センターのひとつACFJコンソーシアム（日本・豪州・カナダ・フランス連合）の一員として、民間航空運用に用いられる宇宙天気情報提供等運用を着実にしている。また、ITU-R、CGMS（気象衛星調整会議）等国際会議へ参加及び情報入力を行い、宇宙天気予報に関わる標準化に向けた活動を行っている。

## ■令和3年度の成果

## 1. 研究活動

- 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の機能を向上、自動化が難しかった電離圏F1領域の検出を可能とする手法を試作し、評価に取り組んだ。
- 東南アジア域電離圏観測網（SEALION）のウェブサイトをリニューアル、プラズマバブル監視用VHFレーダーのクイックルックの公開を開始した。また、プラズマバブル警報を出す「プラズマバブルアラートシステム」のプロトタイプを構築した。
- 総務省委託研究課題「ひまわりの高機能化研究技術開発」に採択、衛星搭載が可能な高エネルギー粒子計測装置の開発（JAXAと共同研究契約締結）及び内部帯電計測装置の開発（東京都市大学と共同研究契約締結）に着手した。
- 大気・電離圏モデルGAIAにアンサンブルカルマンフィルタ手法を用いて電離圏全電子数（TEC）データを同化、太陽紫外光強度を推定パラメータとして、日中のTECについて再現性を改善した。
- 短波電波伝搬シミュレータ（HF-START）について、ユーザーからのフィードバックを反映した改修及び機能向上を進めた。
- アンサンブル太陽風到来予測システムの本格運用を開始、令和3年10月29日に発生したX1.0クラスフレア太陽嵐の影響を予報し、結果の検証を実施した。
- 磁気圏シミュレーションを用いた静止軌道衛星の表面帯電リスク評価システムを公開、衛星事業者や衛星開発者との意見交換を行い、よりユーザーフレンドリーなシステムへ拡張した。
- 改良版太陽フレアAI予測モデル（DeFN-Reliable）をリアルタイム化・ウェブ公開し、予報会議での利用を開始した。

## 2. 宇宙天気予報業務に係る活動

- コロナ禍の影響を受けないようにウェブ会議システムによる遠隔宇宙天気予報会議等を活用して、予報業務を継続的・安定的に実施した。

- ・山川・太陽電波観測システムの老朽化したバックエンド部等の全面改修、太陽電波バーストの自動検出プログラムの検証、GEONETを利用したTEC観測システムの堅牢化など、観測に必要な基盤の整備を進めた。
- ・確率情報を伴った予報を発信していくために、開発している確率予報モデルの評価を開始した。
- ・令和3年10月29日に発生したX1.0フレアについてウェブ発表し、多数のメディアで放送・掲載された。

3. 社会実装・国際連携に係る活動

- ・宇宙天気ユーザーズフォーラムを令和3年11月30日に、ユーザー協議会を令和3年8月22、25日に開催し、ユーザーへの情報発信及びニーズ・シーズマッチングの検討を推進した。
- ・ユーザー協議会における議論を深化させるため、分科会体制とするなど体制を強化、各分科会にて活発な議

論が進められている。

- ・総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」及び「宇宙天気の警報基準に関するWG」に参画、社会的影響も踏まえた新たな警報基準の具体化等の予報・警報の高度化に取り組んだ。
- ・国際民間航空機関(ICAO) グローバル宇宙天気センターの一員として、宇宙天気レポートの配信や会議への参加等、運用を着実に実施した。
- ・宇宙天気予報に関わる標準化に向けて、ITU-RやCGMS(気象衛星調整会議)等国際標準会議において、日本の宇宙天気関連情報を入力し標準化に貢献した。
- ・タイの宇宙機関GISTDAとのMOUに基づき、タイでの宇宙天気予報サービス配信体制の準備をサポートした。また、タイ・科学週間イベントNSTF2021(協力：グローバル推進部門)へ出展した。

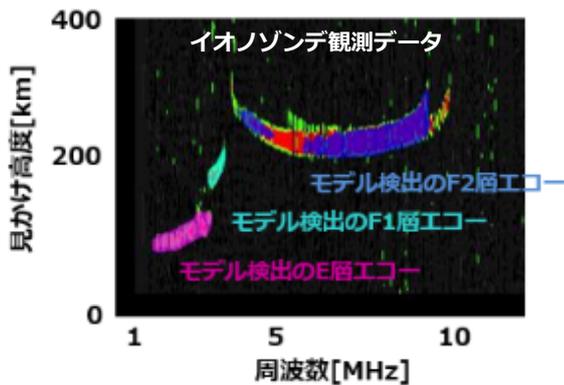


図1 AI技術を用いたイオゾンデ観測の電離圏エコートレース手法の機能を向上、自動化が難しかった電離圏F1領域の検出を可能とする手法を試す

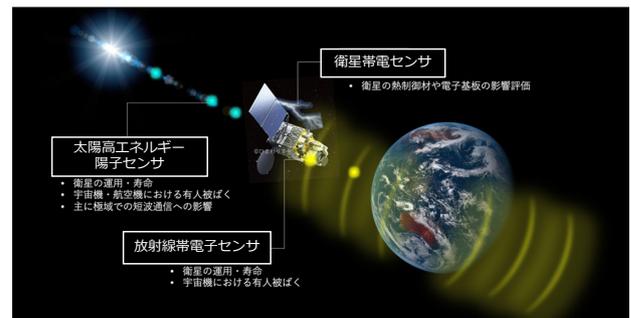


図3 衛星搭載可能な高エネルギー粒子計測装置の開発及び内部帯電計測装置の開発に着手



各地点のイオゾンデ観測によりバブル自動検出  
バブルの影響領域を表示、VHFレーダー、GNSS受信機で検証

図2 プラズマバブル警報を出す「プラズマバブルアラートシステム」のプロトタイプを構築

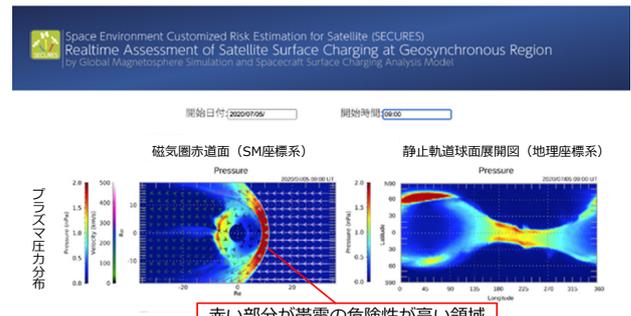


図4 磁気圏シミュレーションを用いた静止軌道衛星の表面帯電リスク評価システムを公開

## 3.1.2

# 電磁波標準研究センター

研究センター長 花土 ゆう子

### ■概要

令和3年4月の組織改正において電磁波標準研究センターが発足した。電磁環境研究室とその一部である較正業務グループ及び時空標準研究室とその一部である日本標準時グループ、から構成される研究センターである。

当研究センターは、電磁波に対する計測基準の構築に貢献するという目標の下、「国家標準・国際標準を支える標準機関」と「最先端計測技術を研究開発するラボ」という二つの対外的役割を担っている。

令和3年度の主な活動として、研究センター発足に伴い活動の方向性を整理した。また研究センター内外の連携活動を行った。

### ■主な記事

#### 【研究センターの概要】

令和3年4月の組織改正において、電磁波研究所の下に新たに3研究センターが発足した。その一つである電磁波標準研究センターは、電磁環境研究室とその下の標準較正グループ及び時空標準研究室とその下の日本標準時グループ、を統括する位置づけである（図1）。

各研究室については従来から継続する組織であり、第5期中長期目標・計画の下、電磁環境研究室において

は様々な機器・システムの電磁的な影響や安全性を評価する技術に関して、時空標準研究室では正確な周波数と時刻を作って配る技術に関して、それぞれ研究開発と機構法に基づく定常業務を行っている。各研究室内で定常業務を行ってきたチームについては、令和3年4月の組織改正において正式にグループとして組織化された。電磁環境研究室に属する標準較正グループでは、無線設備の機器の試験及び較正に関する業務（機構法第14条第1項第5号）を行う。また時空標準研究室に属する日本標準時グループでは、周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報に関する業務（機構法第14条第1項第3号）を行う。

当研究センターは、科学技術や現代社会の基盤に不可欠な、電磁波に対する計測基準の構築に貢献することを目標とする。各研究室における技術的・学術的な活動領域は異なるが、対外的な役割において両研究室は共通して、「国家標準、国際標準を支える日本の標準機関」と「最先端計測技術の研究開発を行うラボ」という二つの顔を持つ。この二つの実行においては、注力ポイントやアプローチの仕方などまるで異なる場合も多いが、双方が同じ組織内に共存していることで、標準化においては最先端技術との乖離（かいり）を防ぎ研究においては実用化の視点を

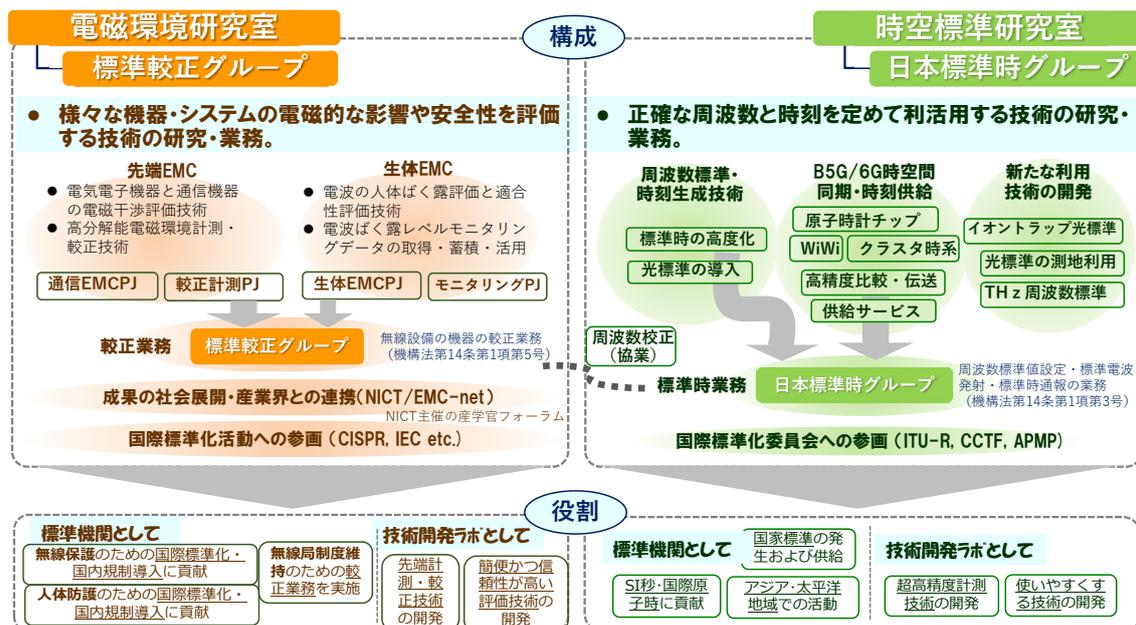


図1 電磁波標準研究センターの構成・役割

常に意識するといった相乗効果が生まれるとともに、最先端研究の成果を国家標準や国際標準の構築に反映しやすいというメリットがある。これが当研究センターの大きな強みである。

以下、令和3年度の主な研究センター活動について報告する。

【活動報告：研究センターの方向性を整理】

研究センター発足に伴い、各研究室の活動履歴や計画などを踏まえて研究センターとしての方向性を整理した(図2)。

具体的な方向性としては以下の3本を柱とした。一つ目は、「標準の実現」。ここで重要となるのは、正確さ、信頼性、中立性である。課題としては法定業務の実施が第一であるが、停滞と形骸化を防ぐとともに、効率的な業務を実現し、より確実に安定したサービスを提供していくため、研究開発や普及活動にも注力していく。

この「標準」をコアとし、次の2方面にも活動を展開する。一つが、「実利用化」。ここではユーザーのニーズに合うことが重要である。標準は使われてこそ、という強い意識を持って進めていく。もう一つは、上記とはある意味逆の方向性ともいえる、「先鋭化」である。自分たちにしか成し得ない技術を開拓する。今期は特に、B5G / 6Gをにらんだ開発が大きなテーマとなる。

【活動報告：研究センター内外の連携活動】

- 研究活動における連携： 同研究センター内で共通の方向性は持ちながらも、両研究室の専門分野はかなり

異なる。ただ「電磁波に対する高精度計測技術」や「計測結果に対する確からしさの評価法」など、共通に必須となる要素も多い。クロスオーバーしながらの調査や研究開発などを通じた相互理解を目指して、各計測技術応用の情報共有や研究室セミナーの相互乗り入れ等を開始した。

- 校正/校正業務に関する内部連携： 校正/校正業務に関しては従来、周波数以外の高周波電力などの校正メニューについては電磁環境研究室で、周波数校正メニューについては時空標準研究室でそれぞれ担当していたが、共通化できる活動の統合などを数年前から進め、令和3年4月からは両メニューを標準校正グループで実施することと位置づけをして整理した。ただ、実働においては両メニューにはかなりの相違があり、各エキスパートの持つ専門知識や技術の共有を一朝一夕に実現するわけにはいかないため、各メニューの担当職員が双方の業務に対応できるよう相互乗り入れをしながら実務訓練を行うなど、校正業務実働の実質的な融合に向けた取組を開始した。
- 産業技術総合研究所(AIST)との連携： 令和2年度に引き続いてAISTとの定例交流会を3回行い、主に校正業務について、運用の効率化に向けた提案や今後に向けた研究課題などについて意見交換を行った。また、アジア太平洋域の計量標準機関から構成される国際的枠組みAPMP(Asia Pacific Metrology Programme)総会の令和4年度ホストを日本が担当(AIST主催)することになったことから、APMP2022組織委員会に参画し、コロナ禍での開催形態などについて協議を行った。

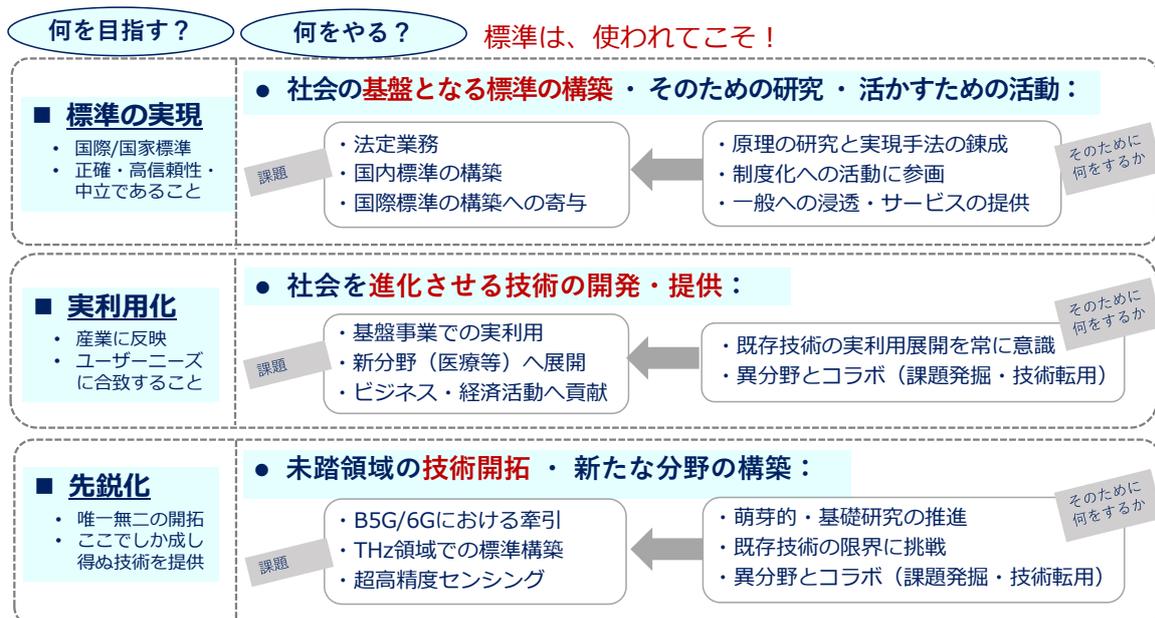


図2 電磁波標準研究センターの活動の方向

## 最新の電波利用に対応した電磁環境構築のための研究開発と業務

## ■概要

人工システムが、電磁環境を汚染し他に妨害を与えるような不要電磁エネルギーを放出することも、また同時に電磁環境の影響を受けることもなく、その性能を十分に発揮できる能力を電磁的両立性（Electromagnetic Compatibility: EMC）と呼ぶ。電磁環境研究室では、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ために、先端EMC計測技術と生体EMC技術の研究開発を行っている。また、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している。さらに、機構法第14条第1項第5号で規定されている、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継続的かつ安定的に実施している。

## ■令和3年度の成果

## 1. 先端EMC計測技術

国際規格における電気電子機器の電磁妨害波許容値は、干渉を受ける無線通信端末と雑音源となる電気電子機器とが1対1（1:1）の電磁干渉確率モデルに基づいて決定されているが、電気電子機器の普及に伴い、複数の

雑音源を想定した1:Nモデル導入の必要性が指摘されている。そこで、複数の広帯域電磁雑音源がある場合の電磁雑音許容値を設定するために、一台の無線通信端末の周囲に複数の電磁雑音源が一様に分布する2次元1:Nモデルにおいて、電磁雑音源の世帯普及率に応じた電磁雑音受信電力の統計分布を導出し、雑音源が一つの場合と比較して、電磁雑音の集積効果を明らかにした（図1）。この成果が2件の国際学術論文として掲載・採録されたほか、成果の一部を国際標準化寄与文書として電磁妨害波の許容値設定モデルを所掌とする国際電磁障害特別委員会（CISPR）へ提出した。本成果により、広帯域に複数の電磁雑音源がある場合の雑音許容値の設定式に必要なパラメータ等について今後の検討が可能となり、スマートシティなどにおいて問題化すると見込まれる複数雑音源による電磁障害を防止するための国際的な議論を大きく進めることができた。

電気自動車（EV）等において導入が見込まれるワイヤレス電力伝送（Wireless Power Transfer：WPT）やLED照明等の普及において重要となる、30 MHz以下の放射妨害波測定に用いるループアンテナの新しい較正方法を開発し、CISPR国際規格の策定に大きく寄与した。この国際規格は令和4年3月に発行されている。また同時に開発した標準ループアンテナについても、CISPR国際規格に反映させるための活動を行った。さらに、開発した

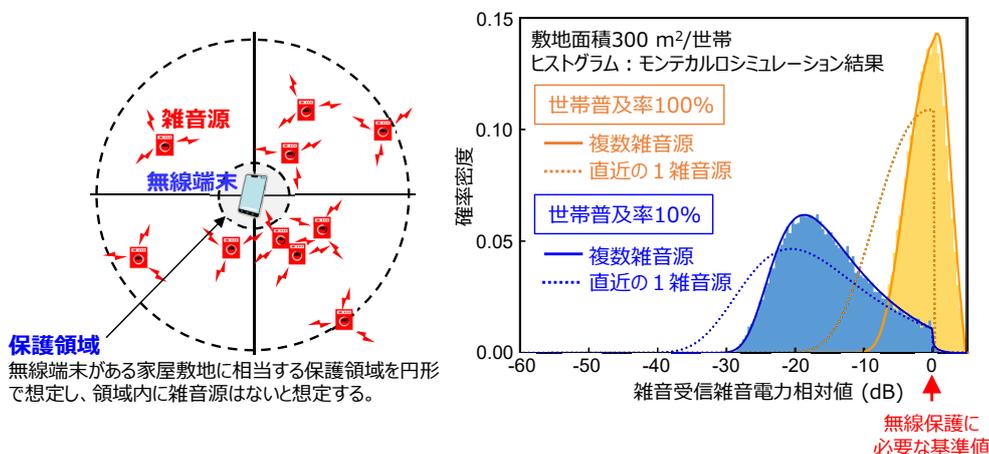


図1 無線端末周辺に複数の雑音源が配置された2次元1:Nモデル（左図）における雑音受信電力の確率密度分布グラフ（右図）単一雑音源の場合（青色）に比べて、複数雑音源の場合（黄色）の集積効果が明らかである。

較正方法と標準ループアンテナを用いて、ISO/IEC 17025規格（試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項）に準拠するとともに国際相互認証（国際MRA）にも対応した較正サービスを着実に実施しており、国際的に通用する妨害波測定を国内でも実施可能にした。

## 2. 生体EMC技術

5Gスマホ等のミリ波帯電波を発射する携帯無線端末からの入射電力密度が電波防護指針に適合していることを確認する方法が総務省告示で規定されており、同様の内容の最終国際規格案が承認されている。国内で5Gサービスが始まり、今後ミリ波帯携帯無線端末が急速に普及していくに伴い、実際に市販されているミリ波帯携帯無線端末に対して、日本における適合性評価方法の妥当性を確認する必要がある。このことから、通話状態での人体側頭部を対象に、側頭部のモデル・空間平均電力密度の定義・メインビームの方向等の組合せ300条件について、28 GHz帯での入射電力密度の最大空間平均値の評価データを取得し、この評価データにより国際規格で規定されている側頭部のモデル形状が妥当であることを明らかにした。

5Gの本格導入やBeyond 5G / 6Gに向けた研究開発の進展を背景に、電波利用の発展と拡大に伴うリスクの可能性について適切な説明と対話を可能とするリスクコミュニケーションが求められている。そのためには、日常生活における電波環境を網羅的に明らかにし、人体ばく露の実態について定量的な根拠に基づく理解を深める

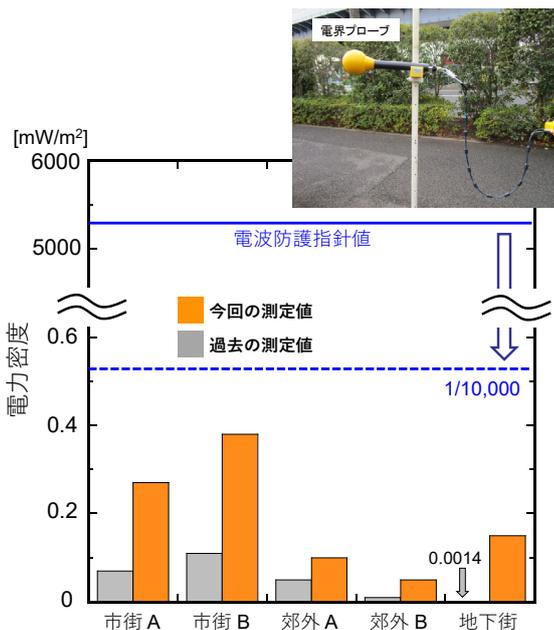


図2 携帯電話基地局周辺の電波強度を500地点以上で測定し、過去の測定結果と比較することで、我が国で初めて電波ばく露レベルの長期変動を明らかにした。

ことが重要である。そこで、携帯電話基地局等からの電波ばく露レベルについて、令和元年度には市街地と郊外、令和2年度には地下街において合計500地点以上にわたり測定を行い、この測定結果について令和3年度にとりまとめと統計解析を行った。同一地域における過去（約10年前）の測定結果と比較したところ、市街地・郊外共に、現在のほうが電波ばく露レベルは上昇して（3倍程度）おり、特に地下街では不感地帯が解消されていることにより顕著に上昇している（100倍程度）ものの、いずれの場合も電波防護指針に対しては十分に低いレベル（中央値で約1万分の1以下、最大値で約1千分の1以下）であることが明らかとなった（図2）。本データは我が国で初めて電波ばく露レベルの長期変動を示したものであり、今後本格的に普及が進む5Gによる電波ばく露レベル変動の比較参照データとなるものである。

## 3. 無線設備の機器の較正業務

機構法第14条第1項第5号業務において、電波法における無線局制度の国内最上位に位置付けられる較正機関として、前年度を上回る74件の較正作業を着実に実施し、電波の公平かつ能率的な利用の実現に貢献した。特に110-330 GHz用の電力計やスペクトラムアナライザの較正を10件実施して、新スプリアス規格に対応できる体制を整備し、5Gベンダー等の無線機器・測定機器メーカー等に提供できる体制を整えたことに加えて、300 GHz帯の無線局（実験試験局）の免許申請・交付ができるようにした。その結果、実験試験局を用いた屋外実験が可能になり、Beyond 5Gの技術開発に大きく貢献した。4K/8 K放送の受信設備等に必要となる75 Ω系の電力計較正システムをISO/IEC17025に対応させるとともに国際MRA認定も合わせて取得し、JCSS登録事業者として我が国で唯一のサービス提供を継続した。これにより、国内で開発されたテレビ等、受信設備の輸出に必要な性能試験を国内で実施できるようになり、輸出先で行っていた試験に掛かる経費の削減を可能にした。

周波数標準器の較正については、国家標準である周波数原器が生成する周波数と直接比較した較正結果を提供するjcss校正を実施する指定校正機関（計量法における国内最上位の校正機関）として、国外の専門家によるレビューを含む継続審査を受けて合格し、我が国の計量システムの維持に務めた。さらに、国際相互認証（国際MRA）を可能とするASNITE認定も更新し、NICTによる較正結果が国外でも受入れられ、諸外国との取引において重複して行われていた輸出先国での試験を省くことができるOne-stop Testingを可能にした。

## 高精度な周波数と時刻を生成・維持、そして供給する技術の開発

## ■概要

時空標準研究室は、正確な時刻と周波数を生成・維持・供給する日本標準時の業務を通して情報通信システムの維持・発展を支え、また精密物理計測の基盤を提供している。国家標準・国際標準の進化に向けては、光周波数標準による標準周波数の高精度化や、複数の局に配置された原子時計を使い尽くす分散化時系の開発を行うとともに、2030年頃に想定される秒の再定義への貢献を目指す。また、多彩な時空標準技術を転用して開発した双方向無線時空間測定技術（ワイワイ）、原子時計チップ（CLIFS）、及びTHz域における周波数標準・計測技術等について次世代無線通信技術（Beyond 5G）での利用を提案して行くとともに、相対論的測地技術や量子ネットワーク技術等、2030年以降の発展が期待される未踏領域の研究開発にも挑戦していく。令和3年度は第5期中長期計画の最初の年であり、日本標準時や国際原子時への光格子時計技術の一部導入や、Beyond 5Gへの提案のための大学や民間企業を巻き込んだ連携研究の成果を複数得た。

## ■令和3年度の成果

## 1. 標準時及び周波数標準の発生と供給に関する業務

日本標準時の発生を協定世界時からの誤差20ナノ秒の範囲内で安定に維持した。標準時運用における非常時対応マニュアルを定期的に改訂し、災害を想定した神戸副局への標準時マスタ局切替訓練を年度内に2回実施した。日本標準時の供給では、標準電波の送信を2局体制で安定に維持し、年度全体の送信時間率99.9%以上で安定に運用した。公開NTPサービスでは1日あたり最大で80億回を超えるアクセスに対応した。光電話回線による時刻供給（光テレホンJJY）アクセス数が令和4年3月に月間12万を超えアナログ回線を上回った。光テレホンJJYと公開NTPは本部に加え神戸副局からも時刻供給しており、十分な冗長性を持つサービスとしている。

NICTの開発した衛星双方向通信モデムを使い、韓国・台湾の標準機関との間で衛星双方向方式（TWSTFT）による高精度周波数比較の運用を行い、比較データを国際度量衡局に提出した。次世代通信モデムについてはドイツPTBやフランスOPなどの機関が導入を検討してお

り、NICT発の高精度計測技術の国際的な普及促進を図っている。また、国際的な活動として国際度量衡委員会時間周波数諮問委員会において、秒の再定義についてのロードマップ策定等に継続的に関わり、ITU-R SG7においては日本代表としてうる秒の廃止に関する議論等に参加した。

## 2. 次世代日本標準時システムの開発

標準時分散化システムの構築では、引き続き神戸副局にて日本標準時に同期した時系信号を安定に維持した。光周波数標準においては、令和3年7月から令和4年3月まで、週1回以上の頻度で間欠運用を継続し、結果を国際度量衡局に報告して、協定世界時の歩度校正を8か月間連続で行った。また令和3年12月には毎週2回以上の運転を行い、これまでのセシウム一次周波数標準を含めて最も小さい不確かさ $1.9 \times 10^{-16}$ でUTCの歩度校正を行った（図1）。光格子時計の運用データは日本標準時の歩度を維持するための周波数調整にも参照され、標準時の安定運用への寄与を開始した。

光有線／無線に対応した標準周波数伝送システムについては、日本標準時の周波数と時刻信号を劣化させずに光ファイバで配信するシステムを開発し、JGNの光ファイバテストベッドを利用し東京大学への常時配信を開始した。時空標準研究室で開発した衛星双方向通信モデムを用いて伝送先の東京大学で得られる信号との時刻差を計測し、開発した配信システムで両拠点で13ナノ秒以

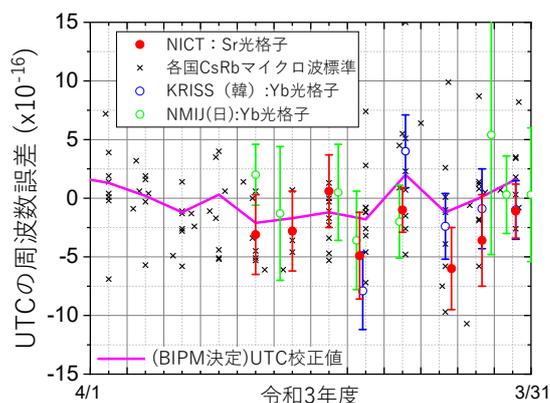


図1 光格子時計による協定世界時の歩度校正

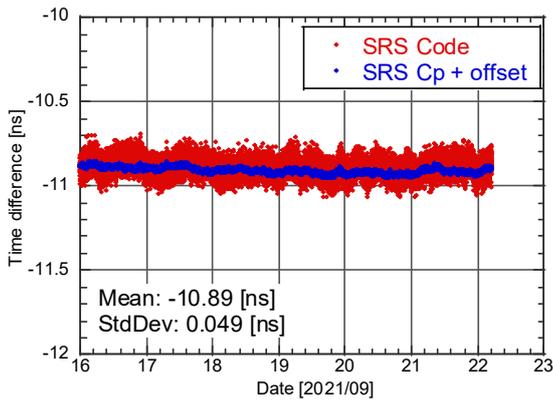


図2 本部-東京大学間の標準時信号の時刻差

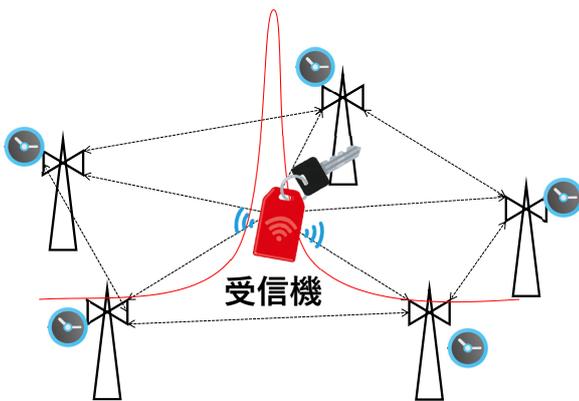


図3 時刻同期による協調無線電力伝送

下で同期できていることを確認した (図2)。

### 3. 時空標準技術の次世代無線技術Beyond 5G での利用

双方向無線時空間測定技術 (ワイワイ) については、東京大学、東北大学、日本電波工業と共同研究を進め、ワイワイによる時刻同期を基盤とした通信プロトコルの研究開発、小型ワイワイモジュールの試作及びロボット群制御への適用研究を進め共同研究先との共著で論文発表、学会発表を行った。また微小変位計測アプリケーションに用いる小型微小変位センサーモジュールを開発した。大阪大学と共同で無線電力伝送へ高精度無線時刻同期を適用して伝送効率を高める実証実験及び学会発表を行った (図3)。無線位相同期を活用した秘匿通信技術を開発した。

原子時計チップ (CLIFS) の開発については、東工大と連携し、国内に半導体製造ラインが存在するレガシープロセス (>150 nm) を活用した発振器の製作を行った。また、東北大と連携し、波長可変VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: 垂直共振器面発光レーザー) の試作を行った。ここではMEMS静電可変ミラーの動特性を取得するとともに、当該ミラーチップにhalf-VCSELを搭載し、レーザーキャビティを構成したときのレーザー

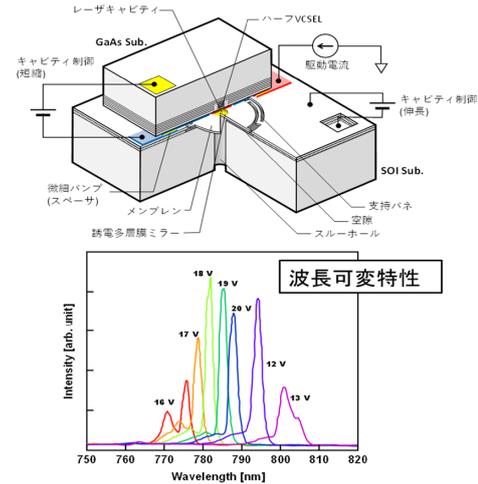


図4 波長可変型面発光レーザー

発振も確認した (図4)。

分散型時刻同期網の研究については3台の原子時計搭載有線ノードを開発し、Ethernet PHYによる高精度時刻比較RTLを実装した。3台の原子時計搭載有線ノードを用いた安定度測定を行った。アルゴリズム開発における東工大・群馬大との連携強化を図るために、検証と評価のためのエミュレーション環境の構築に着手した。

テラヘルツ周波数標準技術においては、昨年度開発したテラヘルツ帯で動作する超高精度・広帯域の小型周波数カウンタについて、計量標準分野のトップジャーナル (Metrologia) に誌上発表するとともに、電波業界などにも広く周知するための報道発表を行った。その他、小型・可搬型THz波長標準器については、2台のアセチレン安定化レーザーの光差周波0.3 THz標準信号を発生させ、その周波数精度及び安定度がそれぞれ $3.5 \times 10^{-7}$ 及び $5 \times 10^{-8}$  (平均時間10秒) に到達することを確認した。

### 4. 未踏領域の研究開発

光周波数標準器による重力ポテンシャル計測については、周波数変動への地下構造の影響と地盤上下変動との切り分けを定量的に進めるため、本部2号館において相対重力計による重力加速度観測を開始した。また、国土地理院の協力を得てNICT本部 (東京都小金井市) での水準測量と相対重力測定を実施し、光格子時計の重力ポテンシャル値を $0.5 \text{ m}^2/\text{s}^2$ の不確かさで決定した。これにより重力シフトによる光周波数標準の不確かさが $2.2 \times 10^{-17}$ から $5 \times 10^{-18}$ に減少し、遠隔地の時計との18乗台での比較が可能になった。

インジウムイオン光周波数標準では、質量数が近いイッテルビウムイオンとともに多数個のイオンをトラップして周波数安定度の向上や量子もつれを実現する2号機の開発に着手した。

## ■概要

電磁波先進研究センターでは、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とその応用に関する研究開発及び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実施するデジタル光学基盤研究室の活動（図1参照）を支援している。また、NICTの中長期計画に縛られない、電磁波を用いた萌芽的・学際的な研究や、異分野のユーザーとの共同研究開発を推進している。

## ■主な記事

デジタルホログラムプリント技術により開発した回折型光学素子の実用化に向けて、電磁波先進研究センター内のデジタル光学基盤研究室との役割を明確化した。

図2に示すように、研究室では光学素子ユーザーからの様々なニーズに共通な基盤となる技術や、現時点でのニーズの一步先に進むための研究開発を実施し、研究センターでは各ユーザーのための試作等を実施することとした。さらに実用化を進める上で不可欠な、市場開拓のための広報や将来的な事業化の検討など事業部的な活動を、NICT内の事務系職員や民間企業からの協力研究員の協力を得て行った。

また、デジタル光学基盤研究室内の萌芽的技術として支援したAIを用いた光学設計の研究は、3.1.3.1で後述するように顕著な成果が得られたことから、令和4年度から研究室内のプロジェクトとして実施することとなった。

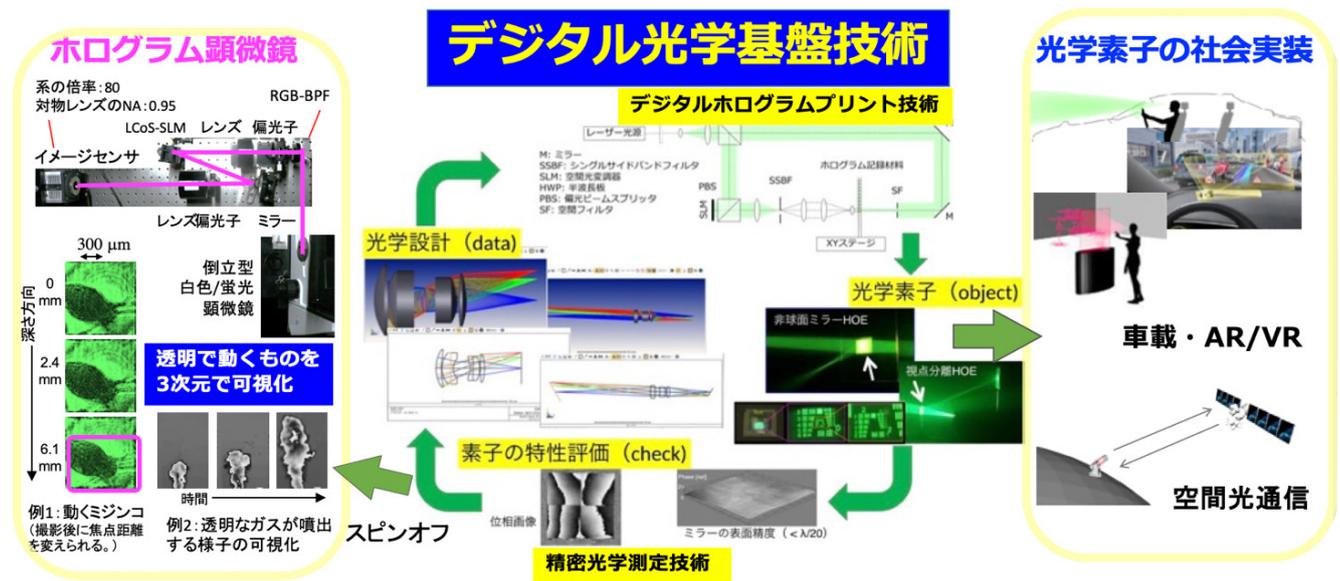


図1 デジタル光学基盤研究室の活動概要

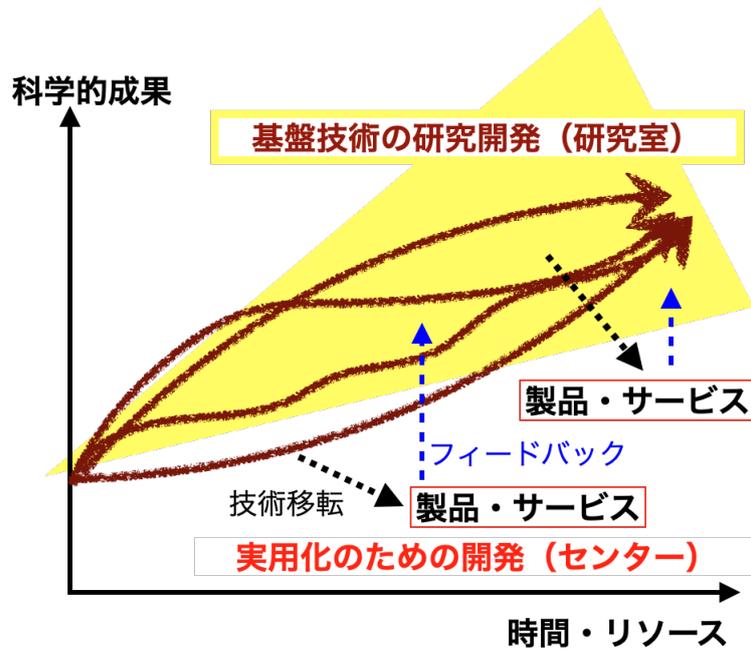


図2 デジタル光学基盤研究室と電磁波先進研究センターの役割

## 回折光学技術とデジタル技術の融合による新しい光学を拓くために

## ■概要

デジタル光学基盤研究室では、ホログラムプリント技術による光の回折を利用した高機能な光学素子の研究開発を行い、Beyond 5G時代を支える高効率・安価な光通信モジュール、ヘッドアップディスプレイ、次世代ARシステムなど各種の光デバイスの実用化に向けた技術移転を進めるとともに、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、顕微鏡などへの応用を通じて産業展開を促進している。

光デバイス技術は我が国が強みを有する分野のひとつだが、Beyond 5Gに向けての光通信技術の国際競争加速や、急速なXR技術（AR, VR, MR技術の総称）の進展などに伴って、今後の競争力維持に向けた光デバイス自体の高度化、デジタル化が急がれている。ホログラムプリント技術においては、数値計算ホログラフィを主体としたデジタル技術を用いて、回折光学技術を高度化することにより、現代社会の様々なニーズに適合させる取り組みを行っている。デジタル設計された光学機能を1枚の薄型デバイスで実現するホログラフィック光学素子（HOE）は、次世代の光産業に貢献が期待される素子として、波長選択性や大口径対応などの優れた機能と特徴を有している。HOEをデジタル領域で高精度かつ安定的に製造する波面プリント技術の研究開発は、今後の光デバイス分野の発展に大きく寄与すると期待される。

透明な試料の測定技術は、生命科学分野をはじめとする生体細胞の無染色な定量測定をはじめ、広く科学技術全般及び産業界において特に重要視されている。精密光学測定技術においては、試料の3次元情報を、デジタルホログラフィ技術を中心とした光の波長程度の分解能を持つ撮影技術を新たに開発することにより、従来は導入のハードルとなっていたホログラムデータに関する計算量を現実的なレベルに収めることや、撮像系の高S/N化・低ノイズ化を実現するなどの取組を通じて、透明位相物体を定量的に観測できるホログラム顕微鏡の開発など、実用技術の確立に向けた研究開発をしている。顕微鏡の歴史は長く、従来から共焦点顕微鏡や位相差顕微鏡などの個別の技術は存在していたが、イメージセンサを撮像面として用い、ホログラフィ技術による光の逆伝搬を

計算することで被写体像を得る革新的なデジタルホログラフィ技術の開発により、例えば複数の種類の顕微鏡を組み合わせることなく、一括で被写体像を得ることができ効率的になった。また、被写体を波長精度で定量的に位相計測することができるなどの発展が期待される。

## ■令和3年度の成果

## 1. ホログラムプリント技術

令和3年度は、ホログラムプリント技術の高精度化、安定化に関する研究開発を行った。露光装置に起因してホログラムセル内に生じる波面収差を推定し補償する方法を開発し、作製されるホログラフィック光学素子の光学機能の高精度化を実現した（図1）。また記録波長に対し十分に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、100 mm四方程度の反射型ホログラフィック光学素子を安定的にプリントできる露光設備を整備した。また、ホログラムを記録する露光材料について、将来の実用化に向けて重要となる耐候性の向上を目的とした取組を行った。これらの成果によって、高精度かつ安定的なホログラフィック光学素子の製造が可能となり、XR技術に組み込むための透明な光学スクリーンや光通信デバイスに組み込むための光学素子の実現への貢献が期待される。

## 2. 光通信モジュール

プリントした光学素子の応用のひとつとして、HOEの光通信モジュールへの実装を目指している。令和3年度は、光通信モジュールの光学系の小型化・軽量化に寄与する、ホログラムデータの基礎設計を行った（図2）。また通信の波長帯域（850 nm）におけるホログラムデータの基本的な設計に取り組み、材料の厚さを400  $\mu\text{m}$ と仮定してシミュレーションを行った。移動体から送出される信号を効率よく受信するために、2枚の駆動鏡を用いて信号を追尾する精追尾機構を用いた空間光通信装置のビットエラーレート（BER）値等を参照することにより、十分な強度でかつBERが $10^{-12}$ を下回る角度幅を求めた。その結果、5多重記録で $\pm 0.06$ 度に対応する性能を得た。これは多重記録をしなかった場合

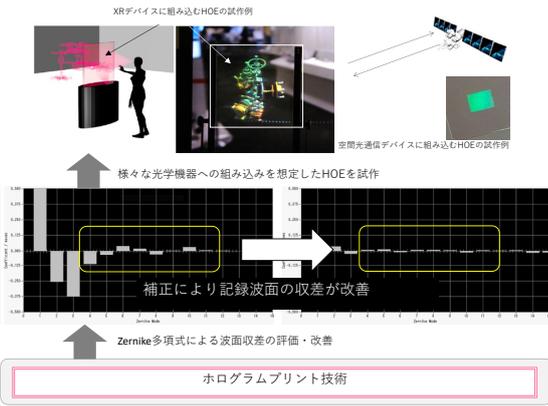


図1 ホログラムプリント技術及び露光装置に起因する波面収差の補償・改善

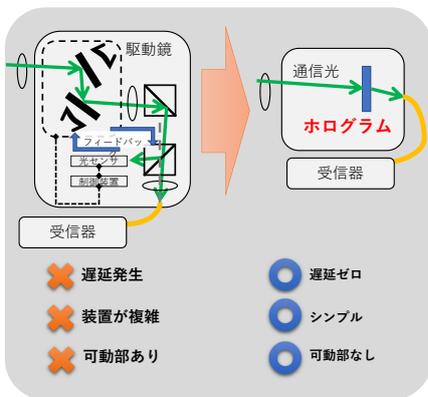


図2 小型化・軽量化に寄与する光通信モジュールの例

と比較して約3倍の大きさとなる性能に相当する。レーザービーム用いた空間光通信はホログラムとの相性がよく、また精追尾機構を搭載した装置に比べて遅延や動作の不安定性が解消されることから、今後も実用化に向けた研究開発を進めていく。

### 3. 機械学習を用いた設計の効率化

HOEは単一の光学素子でも様々な機能を実現することができるが、機能の設計にはホログラムプリンタによって決まる様々な制限が存在する。しかし、複数枚のホログラフィック光学素子で特定の機能を実現する協調設計により表現力が増え設計の制限を拡張することができる。このような設計はこれまで複雑な設定が必要などの要因から難しかったが、実現したい機能から機械学習により回折パターンへのバックキャストを行いHOEの設計自動化を行う手法を新たに開発した。本手法により複数枚のホログラフィック光学素子の協調設計が可能になる。実験では、結像系の機能を学習し自動設計した2枚の回折パターンを空間光変調器に表示し、所望の機能が実現できていることが確認できた(図3)。今後もHOE素子の自動化設計の研究開発を進めていく。

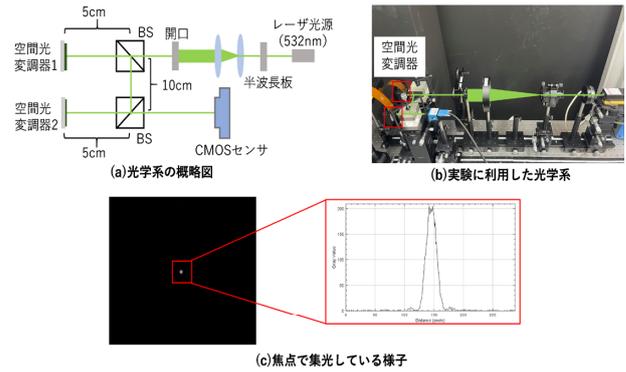


図3 機械学習を用いたHOE設計の効率化の取組

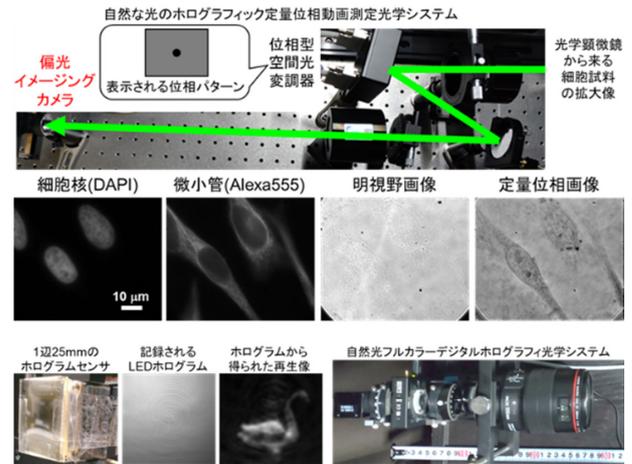
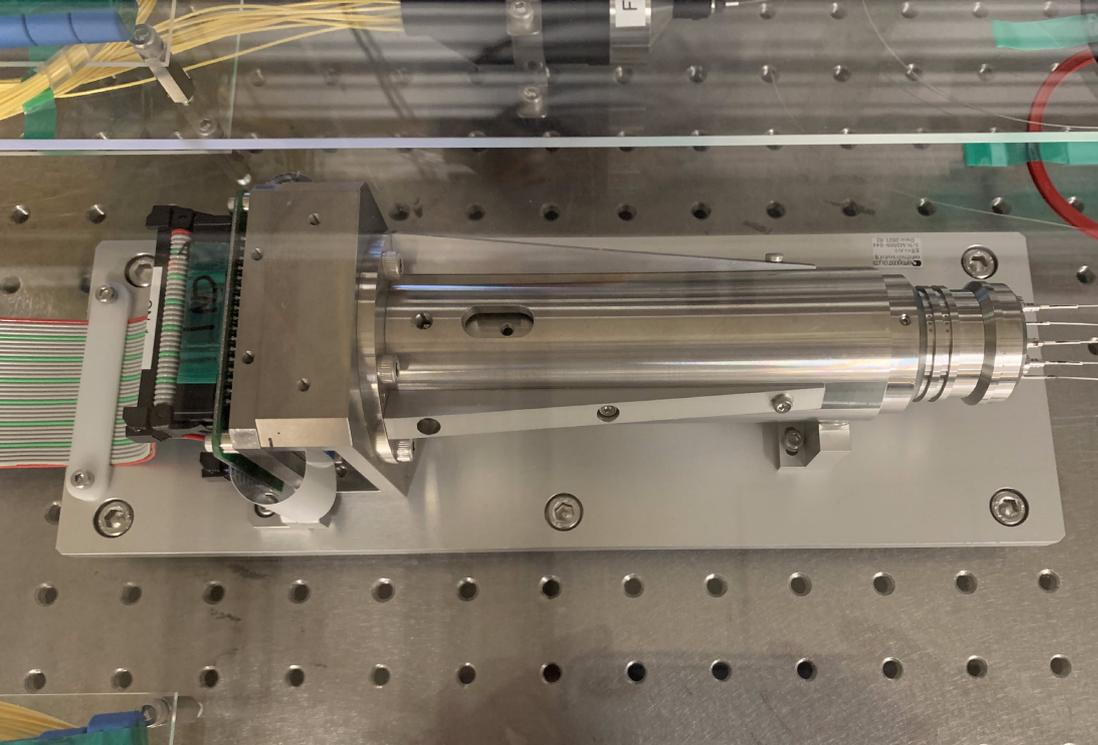


図4 定量位相顕微鏡及び振動に強く、持ち運べるホログラムセンサ

### 4. 精密光学測定

自然光のホログラムを記録する、自然光デジタルホログラフィをコア技術として、顕微鏡等の測定機器としての応用展開を志向した。令和3年度はLEDを光源として透明体の屈折率差や3次元情報を測定する、ホログラフィック定量位相顕微鏡システムを未来ICT研究所とともに開発した。この成果は米国光学会 (OPTICA) 発行のOSA Continuum誌に掲載された。また、蛍光画像の測定にも切替えが可能な、自然光のホログラフィック定量位相動画測定光学システムの開発に成功し(図4)、この成果はOptics Express誌に掲載された。また、振動に強く、持ち運べるホログラムセンサの試作に着手した。1辺が約25 mmとコンパクトな手のひらサイズのホログラムセンサの試作に成功し、物体の3次元測定が可能であることを実証した(図4)。この成果はOSA Continuum誌に採録され、さらにEditor's pickに選出された。4種類のホログラムセンサを試作しながら検討を重ね、LEDや太陽光のフルカラーホログラムを単一露光で記録可能な自然光デジタルホログラフィ光学システムの試作に成功した(図4)。





# 革新的ネットワーク分野

## 3.2 ネットワーク研究所

- 3.2.1 先端 ICT デバイスラボ
- 3.2.2 ネットワークアーキテクチャ研究室
- 3.2.3 フォトニック ICT 研究センター
  - 3.2.3.1 フォトニックネットワーク研究室
  - 3.2.3.2 光アクセス研究室
- 3.2.4 ワイヤレスネットワーク研究センター
  - 3.2.4.1 ワイヤレスシステム研究室
  - 3.2.4.2 宇宙通信システム研究室
- 3.2.5 レジリエント ICT 研究センター
  - 3.2.5.1 企画連携推進室
  - 3.2.5.2 サステナブル ICT システム研究室
  - 3.2.5.3 ロバスト光ネットワーク基盤研究室

### ■概要

ネットワーク研究所は、前中長期計画期間における「統合ICT基盤分野」の研究開発で培った技術を礎に、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、通信トラフィ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得る「革新的ネットワーク」分野の重点技術として、計算機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、タフフィジカル空間レジリエントICT基盤技術の研究活動を実施する（図1）。すなわち、SDGsなど2030年代に期待される社会を実現するため、Beyond 5Gで望まれる機能である広帯域通信や超低遅延、高信頼を叶えるため、光・無線・ネットワーキング等の基礎・システム技術を高める研究活動をしている。より具体的には、数量面と通信領域（陸上に加え海上や上空・宇宙）の拡張性や、災害・障害といった場面でも情報流通を支えるレジリエンスを追求している。さらには、円滑な情報流通を根幹で支える大容量の光通信技術や光と電波を調和利用する技術、柔軟に省力に通信・計算・蓄積・センシングリソース（資源）を制御管

理し、さまざまな情報特性に合うネットワークサービスを共存させるためのネットワーク基盤技術を確立する。合わせて、サイバー空間上のネットワーク技術検証技術の確立へ挑戦する。産官学連携で技術革新を進め、新たな技術の標準化や成果の普及、社会実装を目指す。

ネットワーク研究所は、3研究センター、直轄を含む7研究室、直轄ラボなど、5か所（東京・小金井、神奈川・横須賀、宮城・仙台、茨城・鹿島、兵庫・神戸）を拠点に活動する（図2）。

### ■主な記事

研究開発活動の概要は研究センター等の項に記述し、ここでは、令和3年度に研究所下の職員が実施した活動及び同活動によって掲載された記事の一部を列挙する。

#### 学術的社会活動

- 研究開発に関係深い以下の国際会議の長となり貢献。
- IEEE/ACM IWQoS (International Symposium on Quality of Service) 2021 General Chair
  - IAF (国際宇宙航行連盟 International Astronautical Federation) SCAN委員会 Co-Chair
- 研究開発分野の幅広い裾野の拡大や最新技術動向の共

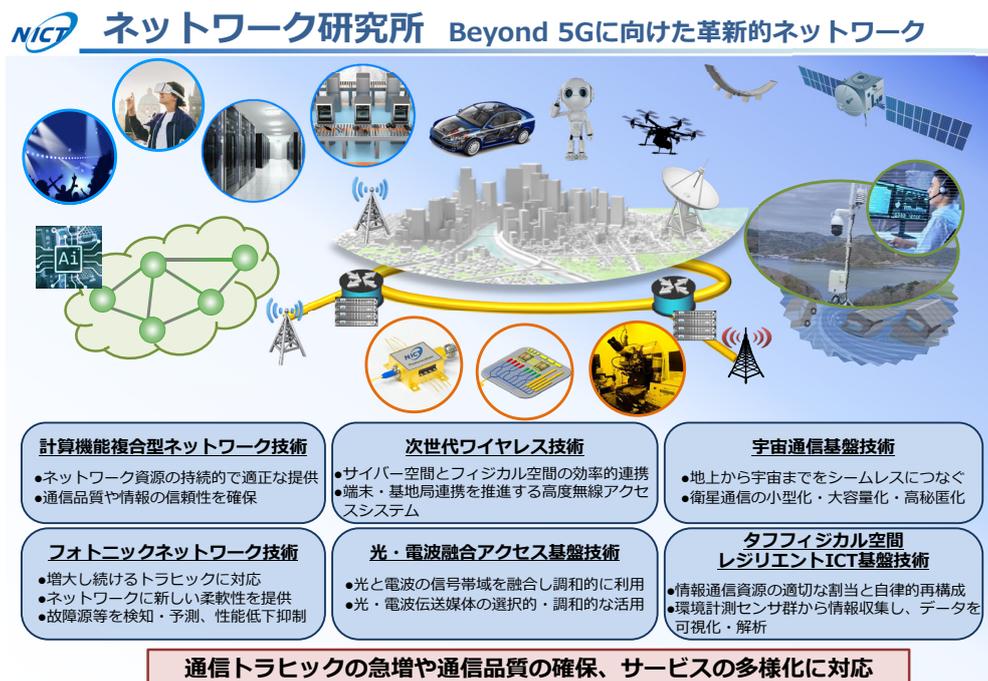


図1 ネットワーク研究所の研究開発領域

有を図るため、以下の国際会議を主催・共催。

- EXAT 2021 (Extremely Advanced Optical Transmission Technologies)
- WPMC 2021 (International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications)
- IEEE ICSOS 2022 (International Conference on Space Optical Systems and Applications)

学術的普及活動

技術の普及を目指して、技術解説やレビュー論文執筆、技術ハッカソンなど、以下の活動を実施。

- 電子情報通信学会誌4月号 情報指向ネットワークの最新動向「オープンソースCeforeがもたらす新しいネットワークサービスの可能性」
- 電子情報通信学会誌5月号 特集: 6Gがひらく2030年の超スマート社会「超スマート社会におけるICT×宇宙通信」
- FFPJ「製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻」6月
- 車載テクノロジー7月号「空の移動体における自律飛行のための通信およびEMC」
- 電子情報通信学会, ICN研究会ワークショップ“Ceforeハンズオン&ハッカソン”8月
- Optica誌(旧OSA)招待Review論文“Space-division multiplexing for optical fiber communications”(引用文献272件のうち国内文献約152件)9月
- ECOC 2021チュートリアル講演, “Phase retrieval for optical communication”9月
- 電子情報通信学会 基礎境界ソサイエティマガジン10月号「電波を使った無線通信を海中で試してみる」

- 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン 12月号(報告・解説)「ICTを活用した災害対応とICTの耐災害性に関する国際標準化動向」
- 電子情報通信学会ICETC 2021基調講演, “Toward making the world more resilient”12月
- OFC 2022 Symposia講演 “Optical Satellite Communications – Entering a New Era”3月

標準化活動

ネットワーク(IETF, IRTF, ITU-T)、フォトニック(ITU-T, IEC, APT ASTAP, APT AWG)、ワイヤレス(ITU-R, 3GPP, IEEE, CCSDS, APT AWG)、レジリエント(ITU-D, APT ASTAP)にて、技術の普及に貢献すべく、標準化仕様を策定するエディタや役職を務めた。

活動掲載記事

- 4月9日 小型衛星による光衛星通信 高度化へ 科学新聞
- 6月28日 標準外径光ファイバで世界記録 NICTがBeyond5G以降を視野 電経新聞
- 7月19日 光ファイバーに直接伝送 ミリ波無線信号機器の簡素化期待 情通機構など 日刊工業新聞
- 9月3日 [Next Tech2050] 次世代基地局 省電力・低コスト 超高速通信の6G・7G向け日経産業新聞
- 11月19日 超低周波音観測データを公開 NICT インフラサウンドで追加 電波タイムズ
- 1月28日 光回線、6G向けに進化 NEC、容量4倍の次世代品 グーグルなどに供給狙う 日本経済新聞
- 1月24日 宮城県内の4拠点での観測データが利用可能に 超低周波音の観測データ NICT 緊急追加公開 電波タイムズ

- 3月1日【ビジネス・テック】電波伝送再現 仮想空間上で 情通機構、地形干渉検証に 日本経済新聞
- 3月7日 NICT レジリエントICT研究シンポジウム2022「国土強靱化」の重要な柱 電波タイムズ
- 3月18日 [Next Tech2050] 次世代ネット「ICN」遅延減少なく つながる車や次世代都市に 日経産業新聞
- 3月25日 NICTとトヨタ自動車システム導入前に課題を把握 工場内の無線通信安定化を実現 本格導入までの検証ステップを短縮 電波タイムズ

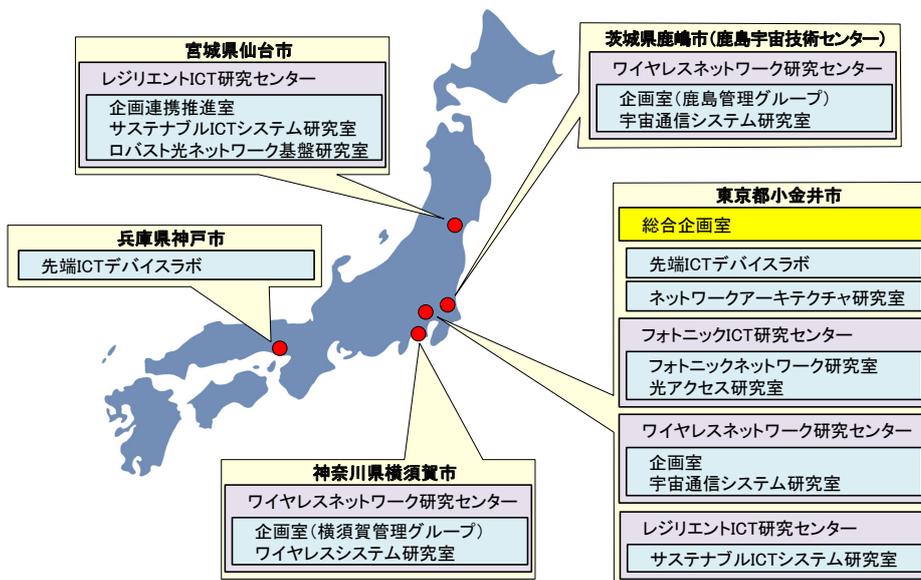


図2 ネットワーク研究所の組織とロケーション

3 革新的ネットワーク分野

## 3.2.1

# 先端ICTデバイスラボ

ラボ長（兼務） 山本 直克 ほか6名

### 未来社会を形作る革新的デバイス技術の創出をめざして

#### ■概要

未来社会を想像するときSociety 5.0が一つの重要なキーワードであり、明るく豊かな人生のために、もしくは暗く耐え難い社会課題を解決するために、多くの魅力的なアプリケーション（パーソナルモビリティ、遠隔医療・介護、デジタルツイン、リアルアバターなど）が期待される。これらは人間の時間的、空間的、物理的（身体的）、さらに精神的な開放につながるが、このような高度社会には、物理空間で発生する大量情報と、データセンター内で演算された情報を相互作用させるサイバーフィジカルシステムが必要であり、結果として大容量・超高速で低遅延な情報通信インフラが必須となる。また、身近な通信では「わずかに動くモノ」が多く存在することから、図1に示すような光と電波が融合したネットワークインフラが必須となる。

高度で革新的なデバイス技術は、このようなサイバーフィジカル社会を支える新たなインフラを創造・構築する上で重要となる。デバイス技術の研究開発を推進するためには、新たな材料物性やデバイス機能の発見、適切なデバイス構造による機能の効率的発見、さらに環境負荷やコスト等を考慮したサステナビリティなど、理学・

工学にまたがる広い知見が必要である。このため、デバイスの研究開発では、多くの知見を得るために様々な分野の研究者が情報交換し、連携しながら進めることが肝要となる。このような背景の下、NICTではチャレンジングで先端的なデバイス基盤技術の研究開発を推進するために「先端ICTデバイスラボ」を組織化しており、デバイス分野における産学官のオープンイノベーション拠点として機能している。先端ICTデバイスラボでは、広い範囲の「デバイス基盤」の研究開発が実施されており、将来の情報通信インフラへの応用はもちろん、基礎科学や社会展開などの日本の産業のシーズになり得る新たな知の創造に貢献すると期待される。

#### ■令和3年度の成果

デバイス基盤技術とシステム基盤技術は図2に示すように相互に干渉しながら高度化されるため、どちらが欠けても将来の社会インフラを構築することはできない。大容量光ネットワークや光・電波融合ネットワーク、高周波無線ネットワークなどで構成される革新的インフラ技術：Beyond 5Gを具現化するために、先端ICTデバイスラボはその研究開発拠点として機能している。以下に令和3年度の成果を列記する。

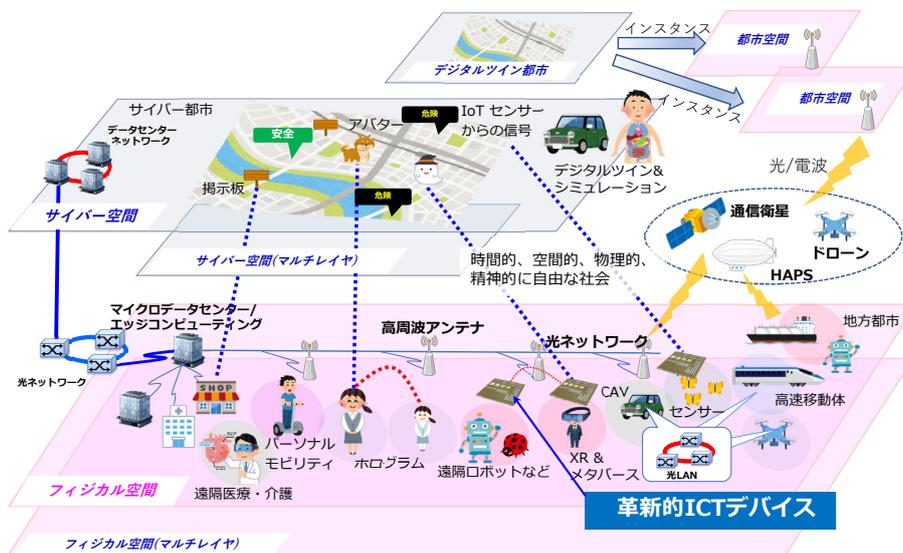


図1 未来社会の様々なサービスアプリケーションを支える情報通信ネットワークインフラ

1. オープンラボとしての展開とデバイス加工技術の高度化  
先端ICTデバイスラボでは、光ネットワーク大容量化のための高速光・電子集積デバイス技術や、光と電波（ミリ波やテラヘルツ波等の高周波）を融合して活用する革新的デバイス技術、情報通信インフラの低消費電力化に寄与する酸化半導体デバイス技術、次世代信号処理のための量子デバイス技術、超伝導エレクトロニクス技術、ナノ構造・有機半導体等の先端材料を用いた各種要素デバイス、

さらに深紫外デバイスなど、非常に多岐にわたるデバイス基盤技術の研究が進められている。令和3年度は、外部機関41団体207名（本部クリーンルーム）の利用登録を数え、NICT内外合わせた施設利用者総数は延べ5,900人を超えている。このような多くの研究者の研究連携を図るために、令和3年度は「先端ICTデバイスラボ研究成果報告書」を発行した（図3左）。令和元年度までは有機的交流を図る場としてポスターセッション等によるワークショップを開催していたが、令和2年度以降は新型コロナの影響を受け、紙面を通して利用の状況を相互に理解することで技術的交流を図ることとした。成果報告書では、実施されている研究開発45タイトルを掲載し、材料基礎からデバイス応用技術まで幅広いスペクトルをカバーしている。今後も、先端ICTデバイスラボをオープンイノベーション拠点とすることで、産学官交流の場として日本のデバイス技術の発展と新たな価値の創造に貢献していきたい。

また、世界の研究開発情勢を鑑みながら、デバイス加工・計測技術を高度化する必要がある。図3右は、導入した最先端の微細加工装置で描いたNICTのロゴマークである。ナノメートルレベルの加工精度でおよそ2ミクロン角内にロゴがきれいに描かれていることがわかる。将来の超高速光・電子デバイス等の極限的な性能向上を目指すには、ナノメートルレベルの非常に微細で正確な加工技術が必要になると考えており、先端ICTデバイスラボではこのような先駆的な加工技術・装置を順次整備していく計画である。

## 2. 環境・安全管理と研究者育成

先端ICTデバイスラボは、施設利用者がそれぞれの研究開発業務に専念できる環境の実現を目的とし、専門知識を有する職員等を適切に配置し、施設や装置の運営業務を実施している。具体的には、法令順守活動、

ISO14001の継続的取得、化学物質や高圧ガス等の適正管理、各種ユーティリティの管理、実験装置等の管理・高度化、作業環境のリアルタイム監視とインシデント対応などその業務は多岐にわたり、NICT内外の研究者が安心して研究活動に専念できる環境づくりを心がけている。このような運営活動や環境への取組は、図4左に示す「環境報告書」としてNICT Webサイト上で情報発信している。また、化学物質や高圧ガス等の安全管理や法令順守の状況を定期的にチェックしており、NICT内部の監査体制による調査はもちろんのこと、ISO14001に沿った外部審査（図4右）を実施することで「外部の目」による監視の元で、適切な運用を進めている。さらに、これらの活動によって蓄積された様々な運用ノウハウをNICT内で展開する試みを進めている。令和3年度は総務部や経営企画部と連携し、NICT研究職員向けに「危険有害性化学物質・高圧ガス等の取扱いに関する講習会」、施設利用者へはデバイスの研究開発が環境に与える影響等について「ラボ新規・継続利用講演会」を実施した。これらの講習会は若手デバイス研究者の育成やNICT職員等の安全啓発につながると期待している。

先端ICTデバイスラボは、施設・装置の運用で発生する各種問題に真摯に向き合いながら、NICTのみならず産業界・アカデミアのデバイス研究者が最高のパフォーマンスを発揮できる環境提供を目指している。これらの活動が日本のデバイス研究分野の発展に貢献することを期待し、NICT内外の関係者とコミュニケーションを取りながら、よりアグレッシブな運営を進めていきたい。



図3 施設を利用した研究成果報告書（左）とデバイス加工技術の高度化（右）

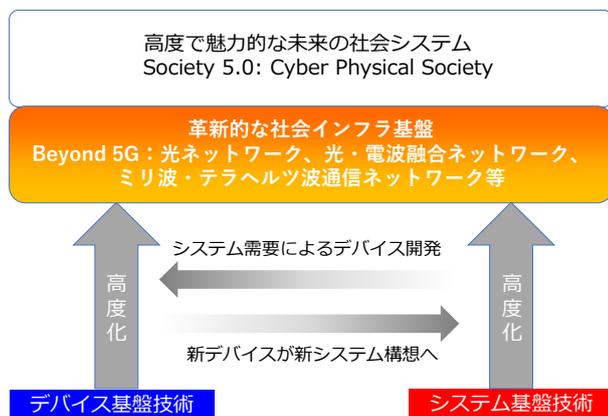


図2 先端ICTデバイスラボが目指す研究開発の方向性



図4 活動概要を記載した環境報告書（左）とクリーンルーム内の安全性評価の様子（右）

## ネットワークとコンピューティングの融合：持続可能な未来へ向けて

## ■概要

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。

令和3年度は以下の計画に沿って、研究を実施した。

## 1. 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

多様なアプリケーションQoE (Quality of Experience) の保証に向けて、拡張性の高いオープンネットワークテレメトリによる情報収集管理技術及びヒューリスティック手法を用いた高度情報分析モデルに基づくネットワーク制御技術の設計に着手する。また、制御管理対象基盤

として、新たなデータ転送プラットフォームを設計し、仮想化通信基礎基盤及びインターフェースを実装する。さらに、当該技術に関する国際標準化活動を開始する。

## 2. 遅延保証型ルーター技術

遅延保証型ルーターにおける処理機能オフローディングのため、プログラマブルハードウェアルーターフレームワークの基本設計を行う。低遅延処理の一機能として、FPGAで実行可能なデータ改ざん検証機能及び送信者認証機能の実装を行う。また、パケット転送機構と連携しながらこれらの機能を呼び出すデータ転送処理機構の基本設計を行い、FPGAに当該基本機能実装を行う。

## 3. 分散情報管理機構を用いた情報特性指向型通信技術

アプリケーションやサービスが求める信頼性や有効性等の特性を判断して情報提供を可能とする情報特性指向型ネットワークプラットフォームの基本設計を行う。情報特性に基づく経路制御のシミュレーションを可能とするネットワークシミュレータを一次実装・検証するとともに、同プラットフォームに適した分散台帳による制御管理プレーンの実現に向けたネットワーク機能の開発に着手する。

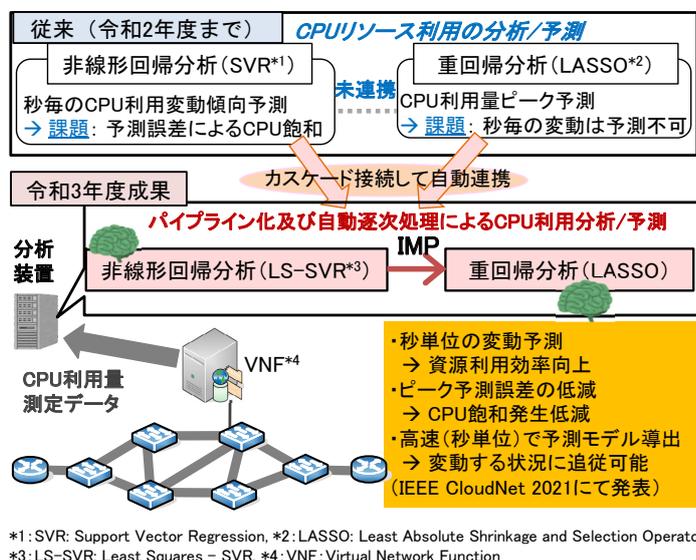


図1 VNFデータ分析IMP (Intelligent Model Pipelining)

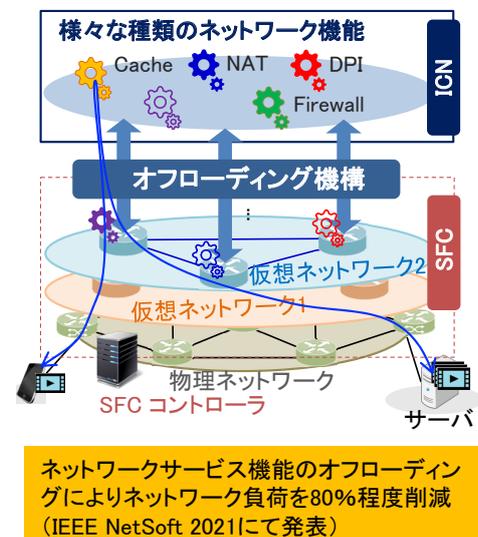


図2 Ceforeを用いたネットワークサービス機能のオフローディング機構

### 令和3年度の成果

先ず、令和3年度における代表的な外部発表を以下に示す。

- IEEE Communications Standards Magazine (Impact Factor =4.23) 誌に1件掲載。
- IEEE Access誌 (Impact Factor =3.367) に1件掲載。
- IEEE CloudNet'21 (Invited Paper) に1件採録。
- IFIP/IEEE IM'21 (Main session) に1件掲載。
- IEEE NetSoft 2021 (short) に1件採録。
- IEEE GLOBECOM'21 (Main session) に1件採録。
- 国際標準化提案として、ITU-T SG13 勧告承認2件 (Y.3077、Y.3178)。
- 国際標準化提案として、IETF への標準化提案2件と IRTFへの提案2件がラストコールを完了。

次に、

1. 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研究として、多様なアプリケーションQoS保証を行う高度分散協調型テレメトリに基づく情報分析／管理技術による自動制御管理機構（大規模マルチベンダネットワークの運用自動化レベル4を対象とした制御管理）の基本設計及び評価を実施した。仮想網機能(VNF)のCPU利用分析を高度化させる2段階Intelligent Model Pipelining (IMP) 技術で、AI未使用と比較したピーク予測誤差を24%以上低減できるモデルを6秒未満で自動導出し、成果をIEEE CloudNet 2021招待論文にて発表した(図1)。

2. 遅延保証型ルーター技術研究として、Beyond 5G時代に必要となる高機能なプログラブルルーターの実現を目指し、従来の約4倍の回路規模と約7倍の内部メ

モリを有する次世代FPGAを用い、高負荷な処理を低遅延化するためのオフローディング機能として、パケット転送中のコンテンツ改ざん検証機能及びパケット転送時間保証のための優先制御機構を持つプログラブルルーターの基本設計・開発を実施した。

3. 分散情報管理機構を用いた情報特性指向型の通信技術研究として、電子情報通信学会誌解説論文にて発表した「Cefore」を用いてネットワークサービス機能のオフローディング機構を設計・実装し、ネットワーク負荷80%程度の削減に成功した。本成果はIEEE NetSoft 2021にて発表した(図2)。また、量子鍵配送ネットワーク(QKDN)と情報指向ネットワーク(ICN)の連携・融合を世界で初めて提案し、量子暗号鍵の利用効率を2.5倍以上に向上、またコンテンツ取得時間を半分程度に低減可能であることをシミュレーションにて確認し、成果をIEEE GLOBECOM '21にて発表した(図3)。

国際標準化活動として、国内の通信事業者及びSI事業者と共同でITU-T SG13に提案した「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」がY.3178として、国内の大学と共同でITU-T SG13に提案した「ICNによるヘテロロジーニアスなアプリケーション環境の連携機構」がY.3077として勧告承認された。IETF OPSAWG、PIM WGに対して標準化提案していた2件のインターネットドラフト及びIRTF ICNRG、NWCRCGへ提案していた2件のインターネットドラフトがラストコール（技術詳細を検討するグループのレビューが完了した状態で、この後、最終的な文章チェックが行われてRFCが発行される）を完了した。

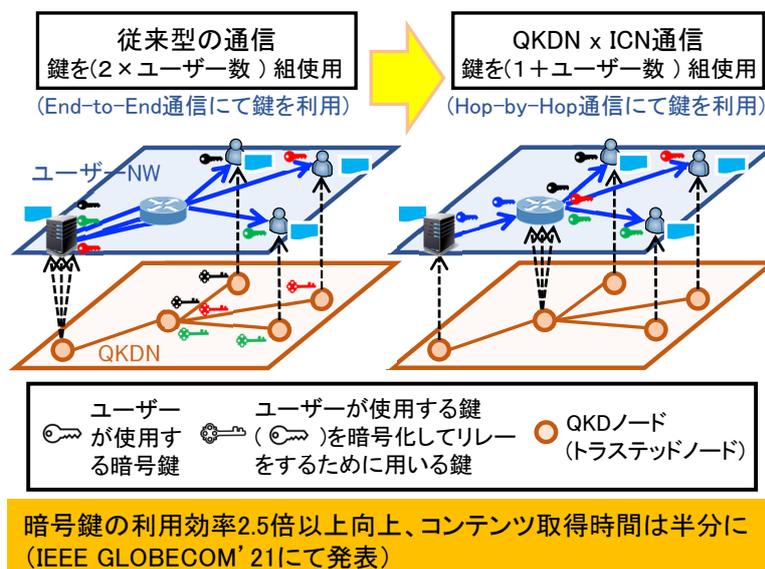


図3 QKDNとICNの連携・融合技術

### ■概要

フォトリックICT研究センターは、Beyond 5G時代の通信ネットワークの要となる光ICT基盤技術、特に増加を続ける通信トラフィックに対応するための光ネットワーク技術を始めとして、多種多様なユーザの要求に対応してネットワークを効率的に提供できる技術、ネットワークのより柔軟な運用を実現するために光と電波を融合させたハードウェア集積技術やアクセス基盤技術といった、革新的ネットワークで社会を「繋ぐ」ための基礎・基盤的な研究開発を行っている。

研究センターを構成する2研究室のうち、フォトリックネットワーク研究室では、Beyond 5G時代の増加を続ける通信トラフィックに対応するためのマッシブチャネル光ネットワーク技術と、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っている(図1)。加えて、短距離向け超高速光リンク技術の開発を行う。

光アクセス研究室では、Beyond 5G時代のネットワークのより柔軟な運用を実現するために、光と電波の周波数帯域の高精度な相互変換や広帯域なパラレル波形処理等の機能を有するマッシブ集積ICTハードウェア技術、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や基準信号配信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っている(図2)。

令和3年度は、今中長期計画期間が始まって最初の年であり、主に研究環境の整備や基盤技術の実験等を実施



図1 マッシブチャネル光ネットワーク技術とリソースの動的再構成及び利用効率化技術のイメージ

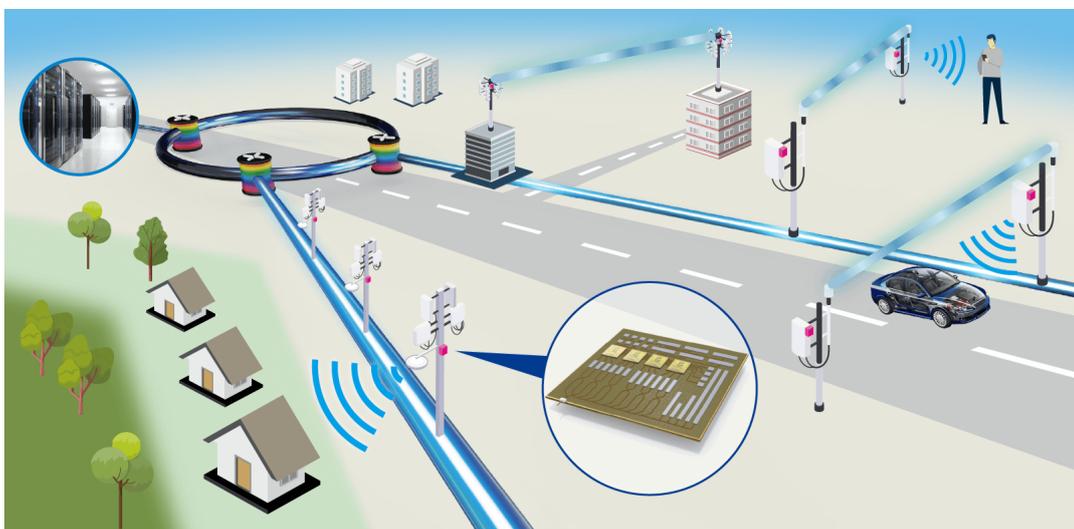


図2 マッシブ集積オールバンドICTハードウェア技術と伝送メディア調和型アクセス基盤技術の利用イメージ

した。

## ■主な記事

### 1. 特筆すべき研究成果

#### (1) OFC2021（令和3年6月6～11日、オンライン開催）

において、2件のポストデッドライン論文に採択  
光通信分野・ネットワーク分野のトップカンファレンスである光ファイバ通信国際会議（OFC: Optical Fiber Communication Conference）において、2研究室の論文が高い評価を得て、ポストデッドライン（Postdeadline: 特別設定の締切りを設けた、世界最高峰の成果が競合する国際会議内での最難関セッション）論文に選出された。

#### (2) 世界記録更新、4コア光ファイバで毎秒319テラビット・3,001 km伝送達成

フォトニックネットワーク研究室では、研究開発用の標準外径（0.125 mm）4コア光ファイバを用い、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、3,001 km伝送実験に成功した。この結果は、伝送能力の一般的な指標である伝送容量と距離の積に換算すると、毎秒957ペタビット×kmとなり、標準外径光ファイバの世界記録となる（図3）。

#### (3) ミリ波無線受信機を簡素化する光・無線直接伝送技術の実証成功

光アクセス研究室は、民間企業、大学との共同により、2つの要素技術を組み合わせた新たなミリ波受信技術を開発し、周波数101 GHz・毎秒70ギガビットを超える高速ミリ波無線信号を光ファイバに直接伝送することに成功した（図4）。

### 2. NICTが主催するシンポジウム等

#### (1) 国際シンポジウム EXAT 2021の開催

令和3年11月3～5日にNICTと電子情報通信学会光通

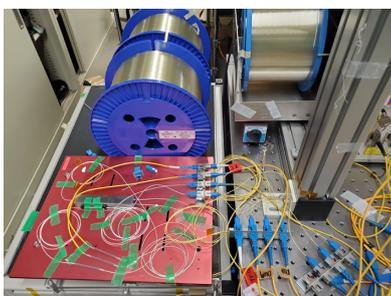


図3 4コア光ファイバ伝送実験による実験系の一部



図4 無線受信機の構成

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）が共催して、The 6th International Symposium on Extremely Advanced Transmission Technologies (EXAT 2021) をオンラインで開催した。

EXAT研究会は、3M（マルチコア、マルチモード、マルチレベル変調）と呼ばれる次世代の光通信インフラ研究において国内外で主導的な役割を果たしている。国際シンポジウムは、これまで5回開催され、空間分割多重（SDM）技術や光通信技術に関する情報交換や社会実装の促進を目的とした EXAT 研究会の活動の中でもハイライトのひとつとなるもので、世界的に著名な研究者が最新の研究結果を発表する。

今回のシンポジウムでは、国内外から初めて150名を超える参加者が集まり大変盛況で、基調講演2件を含む21件の招待講演が行われた。また、ポスターセッションでは、参加者が約1時間にわたり発表者らと詳細な議論を交わすことができ、SDM 関連の研究プロジェクトや、この分野における最新かつホットな研究トピックの概要を参加者間で共有することができた。

#### (2) 国際研究集会 IWOO 2021の開催

令和3年12月8日に、NICTと中国の清華大学の共催で、第16回光信号処理及び光交換国際ワークショップ（16th International Workshop on Optical Signal Processing & Optical Switching (IWOO 2021)) を開催した。本ワークショップは、平成18年から日本と中国で会場を入れ替えて毎年開催しているが、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、昨年に続きオンラインで開催した。

参加者数は講演者を含め約50名で、基調講演や招待講演では著名な有識者から最新成果を発表していただいた。NICTからは、Beyond 5G に向けたアクセスネットワーク技術について講演した。今回は、将来のアクセスネットワークに関する PON (Passive Optical Network) 技術やコヒーレント技術、光ファイバ無線技術に関する講演が集まり、Beyond 5G の取組が中国でも加速している印象を受けた。また、昨年に続き、光コンピューティングに関する講演を依頼して、本会議が新しい光分野の開拓につながることを期待した。

#### (3) 来所者向け展示

今年度は、金子総務大臣、衆議院議員、経済産業省や防衛装備庁の関係者を始め多数の方にご来訪をいただき、フォトニックICT研究センターの活動の概要を説明するとともに、研究成果の実物を手に取ってご覧いただく機会を得た。

## Beyond 5G以降の通信トラフィックを支える光ネットワーク技術

## ■概要

近年、第5世代モバイル通信システム（5G）の普及やデジタル・トランスフォーメーション（DX）の推進に加え、新型コロナウイルス感染症拡大防止のためのサービスのオンライン化等、通信トラフィック増大の傾向は今後も続くと予想される。2030年代には、サイバー空間と現実世界（フィジカル空間）が一体化するサイバー・フィジカル・システム（CPS）の構築と、それを活用した様々なシステムの実現により、社会経済活動の活発化・効率化や安全・安心な社会の到来が期待されている。

本研究室では、このCPSの技術基盤となるBeyond 5G情報通信ネットワーク構築に資する、超高速・大容量、柔軟性・高弾力性等の機能を実現し、増大を続ける通信トラフィックに対応可能にするために、以下のフォトニックネットワーク技術の研究開発に取り組んでいる。

## 1. マッシュチャンネル光ネットワーク技術

マルチコアファイバ・マルチモード方式等の空間多重技術の活用や新たな光波長帯域の開拓を目指し、光ネットワークの飛躍的な大容量化を達成するための研究開発に取り組む。

## 2. 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

多様な通信サービス要求に対して最適な通信環境をオ

ンデマンドで提供するために、プログラマブルな制御が可能な光ネットワークを実現するハードウェア技術や光資源有効利用技術の研究開発に取り組む。

## 3. 短距離向け超高速光リンク技術

モバイルフロントホールを含むアクセスネットワークやインターコネクションについて、ユーザ当たりテラビット超の短距離光リンク技術の研究開発に取り組む。

## ■令和3年度の成果

## 1. マッシュチャンネル光ネットワーク技術

既存のケーブル製造設備が利用可能で大容量長距離伝送の早期実用化が期待できる標準外径（0.125 mm）4コア光ファイバを用いた二種類の伝送実験に成功した。一つは、広帯域波長多重技術を駆使した光伝送システムを構築し（図1）、大容量長距離（319 Tbps・3,001 km）伝送実験に成功した。これまで利用されている波長帯域（C帯、L帯）に加え、利用が難しく一般的に商用化されていないS帯も用いて広帯域化し、552波長多重により大容量化を図った。さらに、希土類添加ファイバを使った増幅器とラマン増幅の2種類の光増幅方式を駆使し、3,001 kmの長距離伝送に成功した。この結果は、伝送能力の一般的な指標である伝送容量と距離の積に換算すると、毎秒957ペタビット×kmとなり、標準外径光ファイバの世界記録となる（図2）。本実験結果の論文は、

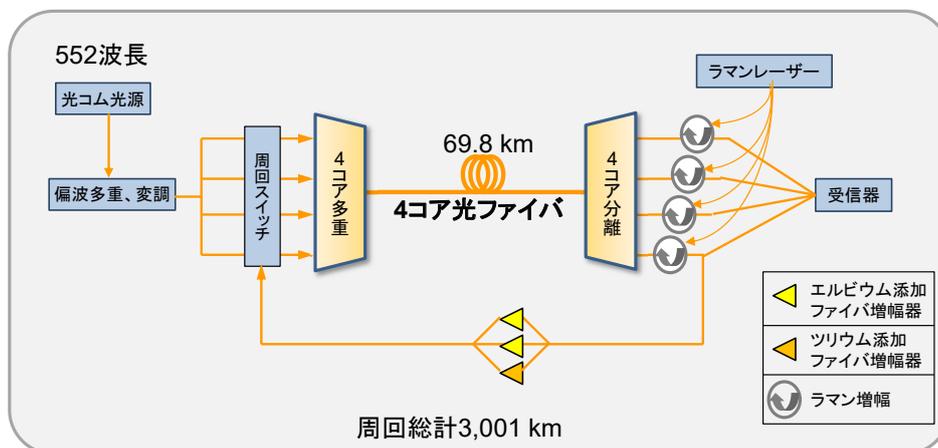


図1 4コアファイバを用いた長距離光伝送実験系

光通信分野のトップカンファレンスである国際会議OFC2021において非常に高い評価を得て、最優秀論文(通称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。二つ目の実験は、電力制限がありながら大容量化が求められている海底ケーブル網への適用を想定し、標準外径4コア光ファイバと双方向ラマン増幅技術を駆使し中継増幅器を使用しない光伝送システムを構築し、372 Tbps・213 km無中継伝送に成功した。本成果は国際会議OFC2022にて発表した。

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、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議ECOC 2022にて発表した。また、モード制御技術の高度化に向けて、光学的にモード信号補償を実施する手法を提案した。事前推定されたモード分散量・結合量を元に、空間光変調器を用いた光学系でモード分散・結合を補償する技術に関する基礎的検討を実施し、特許出願を行った。

## 2. 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

波長資源の動的制御時のシステム動作安定化のためのハードウェアとして高線形性光増幅器を開発し、Cバンド帯における波長数の増減に対して線形的に利得応答することを実証し、本サブシステムを用いて200 km程度の光中継伝送システムを構築した。さらに、オープンソースのソフトウェアであるGNPyを用いて、本光中継伝送システムをモデルとした光伝送シミュレーションを実施した。

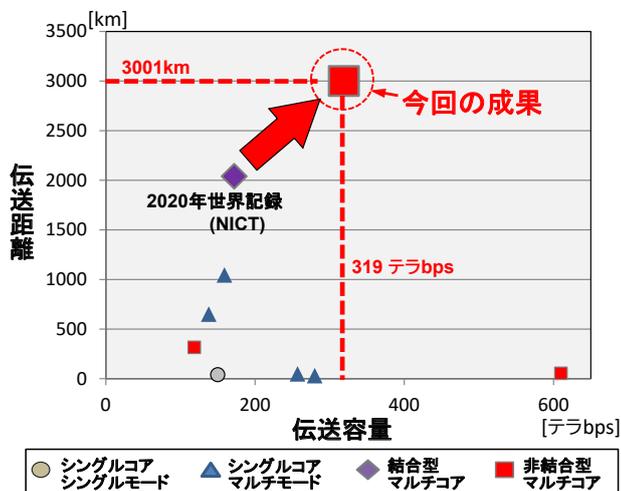


図2 標準外径光ファイバの伝送容量距離積の記録

従来、計算を行うための計算機資源を通信資源としても利用可能であることを示すために、計算機資源であるGPUによるデジタル信号処理(DSP)をベースとしたコヒーレント光伝送技術に取り組んだ。今回、光電変換器とGPUが設置されたサーバ、10,000 km光中継伝送システムを用いて(図3)、GPUによる1 Gbaud信号のリアルタイムコヒーレント光伝送の実証実験を行い、4-QAM変調方式による10,000 km伝送を含めた5種類の変調方式による長距離伝送に成功した。本成果を国際会議OFC2021にて発表し、計算機資源の有効活用の可能性を示した。

## 3. 短距離向け超高速光リンク技術

100 Gbaud伝送に向けた強度変調-直接検波方式(IMDD)伝送技術の評価した。1,550 nm帯外部変調器(MZM)を用いて1,060 nm帯56 Gbps NRZ(Non Return to Zero)信号のシングルモードファイバ1 km伝送を実証し、等価処理による伝送後の波形信号の品質改善を実現した。また、NEDO「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業/先導研究(委託)」プロジェクトにて、マイクロレンズアレイを介した10 chのVCSELアレイと光ファイバアレイの空間並列結合技術を開発し(図4)、低損失接続を実証して1 Tbps(チャンネル当たり100 Gbpsを想定)の伝送容量ポテンシャルを示した。金属開口型VCSELを用いて、46 Gbps NRZ信号と60 Gbps 4値パルス振幅変調信号の伝送を実証した。

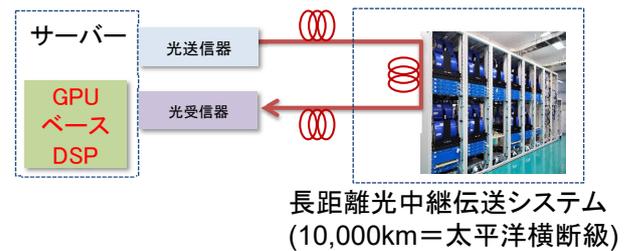


図3 GPUによるデジタル信号処理を用いた10,000級長距離コヒーレント光伝送実験系

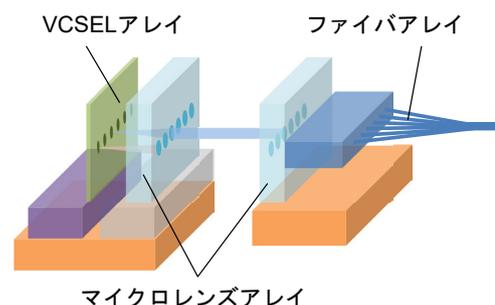


図4 VCSELアレイと光ファイバアレイの空間並列結合技術

## 光と無線をシームレスにつなぐアクセスネットワークの実現に向けて

## ■概要

当研究室では、光、電波などの伝送メディアを意識せずに自由に取り扱うことができるアクセスネットワークの実現を目指し、デバイス・ハードウェアを主に扱う「マッシュ集積ICTハードウェア技術」と送受信技術・システムを主に扱う「伝送メディア調和型アクセス基盤技術」の研究開発を推進している。

サイバーフィジカル社会において情報伝達の血流となるBeyond 5Gネットワークの実現に向け、光と電気だけでなく電波機能もハードウェアに集積し高機能化と低消費電力化を実現する「マッシュ集積ICTハードウェア技術」の研究開発を材料・デバイス製造プロセスから実施し、チップ化、モジュール化まで行っている。開発したハードウェアを活用し、光、電波、空間光などの通信伝送メディア選択を協調・調和的に行うことで広帯域性と大容量性、高い可用性を実現する「伝送メディア調和型アクセス基盤技術」の研究開発を行っている。また、NICT技術の社会展開・社会実装へ向け、産学官連携による研究開発の取組も合わせて推進している。

## ■令和3年度の成果

令和3年度は上記三つの取組について、以下の研究開発を実施した。

## 1. マッシュ集積ICTハードウェア技術

集積化によるデバイスの実装面積削減や動作電力の低減によるハードウェアそのものの低消費電力化を見据え、光通信機能と電波通信機能を集積・融合する研究開

発を実施した。光源、変調機能など光機能をワンチップに集積し高機能化を図る取組を推進し、シリコンフォトリソ技術による要素機能デバイスの高密度集積化を達成した。今後は更なる高密度化を目指した取組を継続して実施する。また、レーザー光源においては、その動作安定のため温度調整機能が必要不可欠であったが、レーザー材料として量子ドット構造を活用しイオン注入技術による混晶化を実施することにより、レーザー発振閾値の温度特性を向上させた。動作温度15～50℃において特性温度 $T_0$ として1,000 Kに迫る特性が実現可能であることを示した。以上の取組によりハードウェアの省電力化において一定の成果を得た。

また、光ファイバー通信における大容量性の向上のみならず、空間上をレーザー等光信号がビーム状に伝搬し通信を行う空間光通信の高度化と実装に向け、光検出器を2次元アレイ状に配置した2次元高速光検出器アレイによる研究開発を推進した。データセンター等で活用されている複数本の光ファイバーを束ねたバンドル光ファイバーを送信機として用い、2次元光検出アレイを空間受信器として利用することで、バンドル光ファイバーの各ファイバーコアから射出された信号を独立に受信することが可能となる。変調速度10 Gbaudの64値QAM信号を4芯から射出し受信することで、ラインレート240 Gbpsの空間光伝送が実現可能であることを示した(図1)。加えて、アレイ型高速光検出器の信号取り出し部を工夫することで、あたかも一つの大面積光検出器として扱うことができる直並列接続アレイ型光検出器を新たに開発した(図2)。試作した400素子(20×20素子)

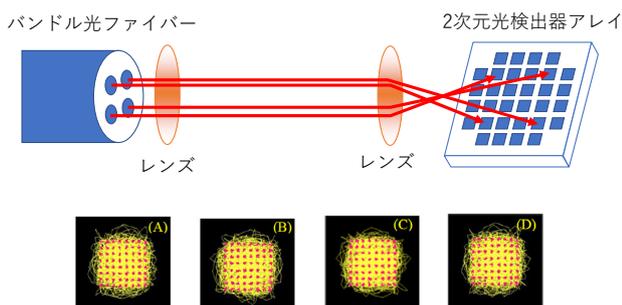


図1 バンドル光ファイバーと2次元光検出器アレイによる空間光伝送

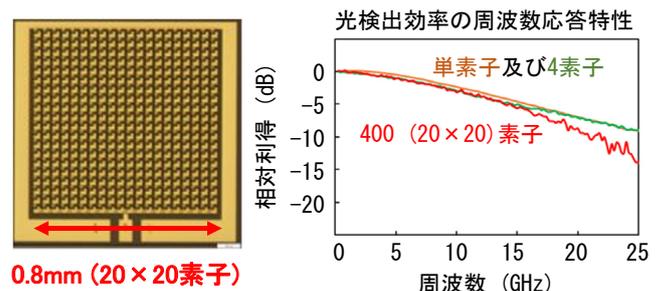


図2 光検出器の直並列接続による高速大実効面積光検出器

デバイスの周波数応答特性は素子単体の特性から顕著な劣化が見られず、広帯域応答性を維持しながら実効面積を100倍以上に拡大できることを示した。

## 2. 伝送メディア調和型アクセス基盤技術

電波通信と光ファイバー通信をシームレスに接続する技術のひとつとして光ファイバー無線 (Radio over fiber; RoF) 技術の研究開発を推進している。無線信号を光変調技術により光信号へ重畳させることで光ファイバー中を伝送させることが可能な技術であり、光技術のもつ原理的な広帯域性によりミリ波周波数の無線信号だけでなくテラヘルツ帯の信号も収容可能である。Beyond 5G時代には、無線信号周波数の高周波化、広帯域化が予想されるため光変調技術の高周波化対応が急務である。そこで、100 GHz以上のミリ波帯信号を直接収容することを目指した高速光変調器を産官連携で開発した。光変調器の光電 (EO) 効果材料として利用されているニオブ酸リチウム (LN) 結晶を薄膜化し周波数応答特性の改善を図ることで、周波数応答特性の改善を図った (図3)。光変調器の特性指標である半波長電圧は100 GHzにおいておよそ6 Vが得られており、100 GHzの高周波ミリ波信号でも有効な光変調が実現可能であることを示した。この変調技術をミリ波無線信号から光信号への変換デバイスとして活用することで、光ファイバー信号からミリ波信号を高速光検出技術により発生させ、空間伝搬したミリ波信号を高速光変調器により直接光信号へ変換することで、再び光ファイバー信号へと再変換する技術の実証を行った。周波数101 GHzにおいて、帯域幅10 GHz以上の直交周波数分割多重64値QAM信号を光ファイバー通信技術により発生させ、ミリ波変換・伝搬後に高速光変調器による光・無線直接変換器 (図4) にて信号変換しRoF受信器にて受信信号を評価したところ、70 Gbps以上の伝送容量においてもシステム

構築が可能であることを示した。ハードウェア開発と送受信システム開発を両輪として研究開発を推進することで得られた成果であり、Beyond 5Gにおけるミリ波～テラヘルツ波の活用を促す技術であり、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議OFC2021において非常に高い評価を得て、最優秀論文 (通称ポストドクトライン論文) に採択された。

また、大容量光ファイバー通信を実現するコヒーレント通信において、受信時には光の強度情報だけでなく位相情報を同時に受信する必要があるため、コヒーレント受信器には高度な集積光回路と光局発信号源 (レーザー光源) が必要である。そのため受信器構成が複雑となっていたが、デジタル信号処理による位相回復処理技術を活用することで、高速光強度検出器1台のみで位相情報も復元する技術について産学官連携で実証した。400 Gbpsを超える偏波多重16値QAM信号も単一光検出器とデジタル信号処理で受信・復調が可能であることを示され、受信器の簡素化のみならず光ルータなどに必要とされる光信号モニタ技術としても活用可能であることを示した。

## 3. 産学官連携による研究推進

自動運転レベル5時代における車載センサの高画素・大容量化要求を収容するため車載向け大容量光ファイバー通信技術の研究開発を産学官連携により推進した。光源と変調・検出デバイスを分離することで広範な動作温度要求が求められる車載システムにおいても大容量・低遅延ネットワークの実現が可能であることが示唆された。またITU-TにおいてRoF技術の国際標準化を推進しており補助文書G.Suppl.55改訂作業を実施した。加えて、IECやAPT等国際標準化団体において通信技術や光デバイス計測技術等の国際標準化活動を推進しており、NICT技術の社会実装に向けた取組を推進した。

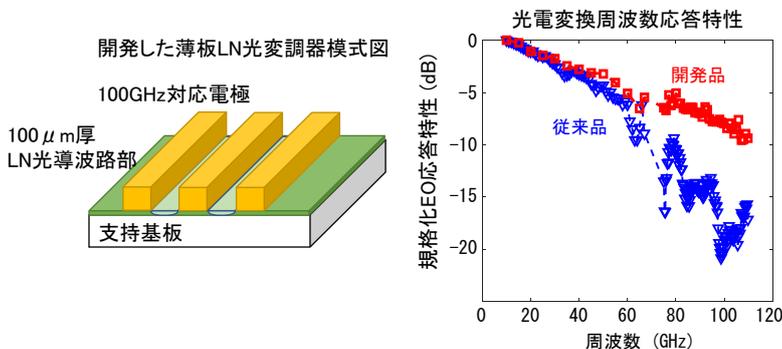


図3 薄板ニオブ酸リチウム基板による高速光変調器の周波数応答特性

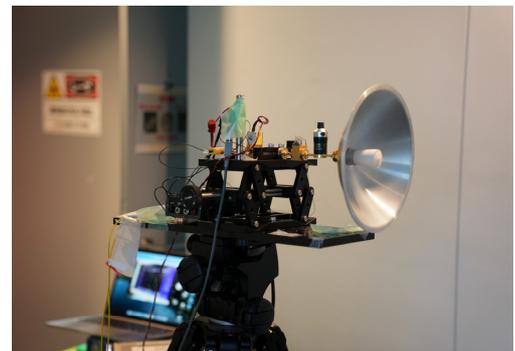


図4 光・ミリ波直接変換型試作RoF送受信機の外観

### ■概要

Beyond 5G時代を見据えて、非地上系ネットワーク（NTN）と地上系の融合により海洋から宇宙まで3次元のシームレスな通信ネットワークをグローバルに拡張し、あらゆる状況や環境の下で「つながる」ワイヤレスネットワーク技術の研究開発を推進している。令和3年度は第5期中長期計画の初年度に当たり、新たな中長期目標に応じた計画を立て研究開発を立ち上げるとともに、各種イベントの開催、視察者の対応等、研究成果の対外的な情報発信に努めるとともに、専門的な知見に基づき、総務省の施策等に対する貢献を行った。

### ■主な記事

#### 1. 令和3年度における研究開発の主要トピック

##### (1) 次世代ワイヤレス技術

ワイヤレスエミュレータの研究開発に関して、利活用を推進する「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、令和4年3月4日に「ワイヤレスエミュレータ利活用シンポジウム」を開催し成果の周知に貢献した。スペクトラム利用高効率化を促進する干渉把握・制御技術を開発し、スマート無線研究会論文賞を受賞した。工場等の製造現場の無線リソースキャパシティ計算手法を提案し、WPMC 2021にてBest Paper Awardを受賞した。さらに「製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻」の評価手法に基づき、無線通信安定化を実証し報道発表を実施した。その他詳細は、ワイヤレスシステム研究室の記述を参照いただきたい。

##### (2) 宇宙通信基盤技術

衛星5G技術を活用した地上・衛星ネットワークの連携を目的として、欧州宇宙機関（ESA）と日欧国際間長距離5Gネットワークの接続実験を実施し、日欧間衛星5G統合制御実験を実証した。国内外へのコミュニティの形成と拡大を目指し、スペースICT推進フォーラム及び分科会（衛星5G / Beyond 5G連携技術分科会及び光通信技術分科会）を運営し、令和3年8月6日に第1回スペースICT推進シンポジウムを約380名参加で開催した。飛翔体<sup>ひしょう</sup>に搭載し最大400 Gbps伝送を実現する光通信機器の基本設計を完了し、2種類の初期モデルを完成させた。その他詳細は、宇宙通信システム研究室の記述を参照いただきたい。

#### 2. 各種イベントの開催

##### (1) スペースICT推進フォーラム令和3年度定期総会の開催

令和3年5月17日、ワイヤレスネットワーク研究センターが事務局を務めているスペースICT推進フォーラムの令和3年度定期総会を開催した。本フォーラムは、衛星通信に関連する企業・機関やユーザー等が広く参加するコミュニティを形成し議論する場を設けることを目的に設立され、事務局はNICTとJAXAが担当している。

##### (2) WTP 2021への出展及び講演

令和3年6月2～4日の3日間、「ワイヤレス・テクノロジー・パーク（WTP）2021」において、最新成果の展示及び講演を行った（図1）。同イベントは、ワイヤレスの最新技術や人材交流、及びビジネスマッチングを目的とした国内最大級のワイヤレス専門のイベントで、NICTは特別協力という形でサポートを行っている。

##### (3) 周波数資源開発シンポジウム2021の開催

令和3年7月9日、明治記念館にて周波数資源開発シンポジウム2021を開催した（図2）。本シンポジウムは、電波利用拡大に対応するため、安定した周波数資源の確保と利用の効率化を目指し、周波数資源開発を巡る様々な取組をテーマとして毎年開催しており、産学官の専門家にご講演いただいた。

##### (4) 国際会議WPMC 2021の開催

令和3年12月14～16日の日程で、WPMC 2021（International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2021：国際パーソナルマ

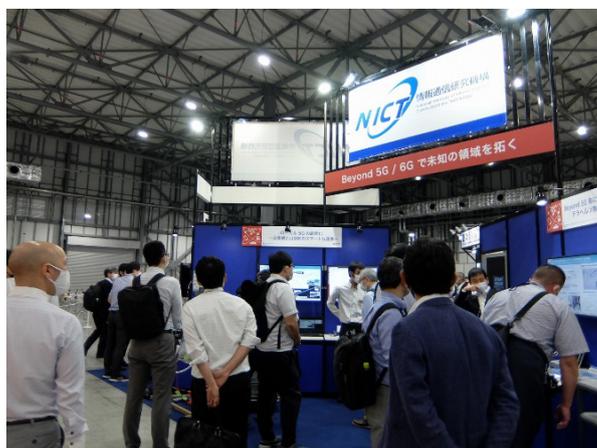


図1 WTP 2021におけるNICTブースの様子



図2 周波数資源開発シンポジウム2021における松村室長の講演

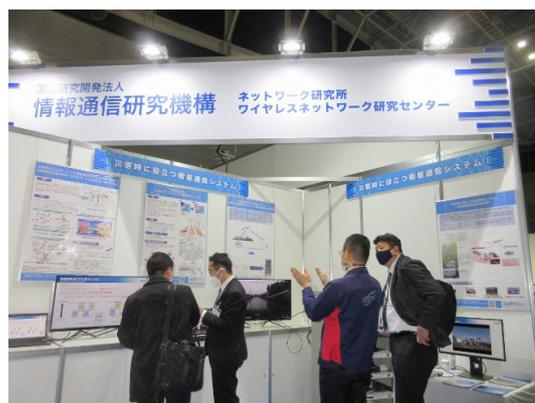


図4 震災対策技術展におけるNICTブースの様子



図3 国際会議WPMC 2021における徳田理事長の挨拶



図5 国際会議IEEE ICSOS 2022の挨拶等の様子

ルチメディア無線通信シンポジウム)をYRP研究開発推進協会、岡山大学との共催により岡山コンベンションセンターでハイブリッド形式にて開催した(図3)。19か国から計120編の論文投稿があり、査読を経て75編を採択し70編の論文が発表された。

#### (5) 第26回震災対策技術展への出展

令和4年2月3・4日にパシフィコ横浜で開催された「第26回震災対策技術展」に、宇宙通信システム研究室を中心に「災害時に役立つ衛星通信システム」をテーマに展示を実施した(図4)。本技術展は、災害時の被害軽減のための技術・製品の普及を目的とし、NICTは平成19年から毎年出展して研究成果の広報に努めている。

#### (6) 国際会議IEEE ICSOS 2022の開催

令和4年3月29～31日にIEEE ICSOS 2022 (International Conference on Space Optical Systems and Applications 2022: 宇宙光学システムと応用に関する国際会議)をIEEE主催、NICT共催でオンライン開催した。光衛星通信に関する国際的なコミュニティ形成を目的に、日本と欧米で交互に開催されている。全世界20か国から99編の投稿があり、査読を経て15か国48編を採択し招待講演を含み57件が発表された(図5)。

### 3. 情報通信施策等への貢献

総務省の情報通信審議会や関連委員会等において、専門委員、主任及び構成員等として専門的知見に基づき無線技術に関する法制化案の審議に寄与した。YRP研究開発推進協会で代表幹事を務め、また、ITS情報通信システム推進会議においては、技術企画委員長を務め、関連技術の企画に貢献した。さらに人材育成に関して、学会等で研究者募集等を実施し、研究センターの情報発信及び人材確保について活動を行った。

### 4. 視察、見学対応

マレーシア通信マルチメディア省、航空自衛隊、防衛装備庁、内閣衛星情報センター、一橋大学、多摩科学技術高校、日本SLR技術連絡会、会計検査院、鹿嶋市役所、茨城新聞社、総務省等による約20件(横須賀、本部、鹿島の合計)の視察・見学の受入れや、総務省新規採用技官、横須賀地域研究機関等連絡協議会、小中学校の理科特別事業の講師、中学生を対象とした職場体験学習等を務め、ワイヤレス通信の技術動向や研究センターの活動を紹介し、研究開発成果への理解と啓発活動に努めた。

## Beyond 5G時代の社会を支える高度通信インフラを目指した研究開発

## ■概要

Beyond 5G (B5G) 時代の無線通信基盤は、5Gの3つの性能要件である高速大容量、超低遅延・高信頼、多数接続の進化に加え、自律性や拡張性等の新たな機能追加による更なる発展が求められている。これは、社会構造の変革に伴い無線通信の活用シーンがドローン/ロボット、高度道路交通システム (ITS) 等のモノ主体システムへ発展的に展開する中、多様化する性能・品質要求に応える基幹インフラとしての役割が求められるためである。大規模かつ複雑なモノ主体システムを実現するための喫緊の課題としては、異なる性能の無線アクセスを技術面・リソース面で様々に連携させ、ネットワーク全体でこれらの要件を満たすための技術確立が挙げられる。また、技術開発においては、設計・検証・評価に必要なコストや期間の増大を解決する必要があり、サイバー・フィジカル連携技術等を活用した新しい無線評価技術が求められる。さらに宇宙空間をも含む人間の社会活動領域の拡張を加速するため、空中や海中など極限環境をも想定した無線エリアの拡張や、衛星通信等の非地上系ネットワークとの連携等、挑戦的な課題への取り組みを推進する必要がある。

ワイヤレスシステム研究室では、地上系電波利用の有効な提言を行う唯一の国立研究開発機関であるNICTの役割を念頭に、国内電波産業界とも密な連携を図りつつ、標準化・認証等を経て成果の社会展開を図ることを目標として先進的な研究開発を推進している。具体的には、1. 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、2. 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、3. モビ

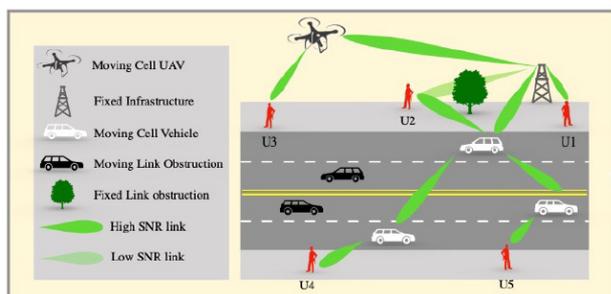


図1 ミリ波ネットワークにおける移動基地局混在環境の概念

リティ制御・無線エリア拡張技術の研究開発をサブプロジェクトに設定し、研究開発を進めている。

## ■令和3年度の成果

令和3年度は、上述の3つのサブプロジェクトにおいて、それぞれ次のような成果を上げた。

## 1. 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

サイバー空間上で電波システムを模擬し、低コスト、短時間で次世代システムの評価・検証を可能とするワイヤレスエミュレータの開発を国内10機関及び総合テストベッド研究開発推進センターと共同で実施し、WPMC2021等で成果発表を行った。また、「ワイヤレスエミュレータ利活用社会推進フォーラム」の設立に寄与するとともに、「ワイヤレスエミュレータ利活用シンポジウム」において、ITSやスマートオフィス等の利活用シナリオを想定したデモを実施した。B5Gの広帯域システムを想定し、130%の比帯域を有する帯状広帯域アンテナを試作開発した成果がJ. Eng.に採録された。また、330 GHzまでのテラヘルツ帯の屋内環境電波伝搬モデル開発に資する電波測定実験等を実施し、AWGに3件、ITU-Rに11件、IEEE 802に1件、計15件の提案を行い、周波数分配に対する国際標準化に寄与した。柔軟かつオンデマンドな無線ネットワーク実現を目指し、過密な利用が想定される将来のミリ波ネットワークにおいて移動基地局の導入を想定し、固定基地局との混在環境において、移動基地局の最適配置・選択により通信容量が70%以上向上できることを示した論文がIEEE Open J. Commun. Soc.に採録された(図1)。また、スマート電子カーブミラーで取得した実環境情報に基づき、緊急性の高い交通情報伝送への無線リソース優先割当手法の有効性を示した論文がElsevier Veh. Commun.に採録された。

## 2. 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

異種ネットワーク連携技術として、営業列車を用いた自営網—公衆網高速接続切替実証の成果がIEICE英文誌の5G / B5Gトライアル及び概念実証の特集号に採択され

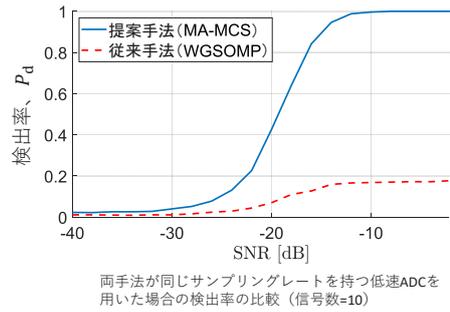
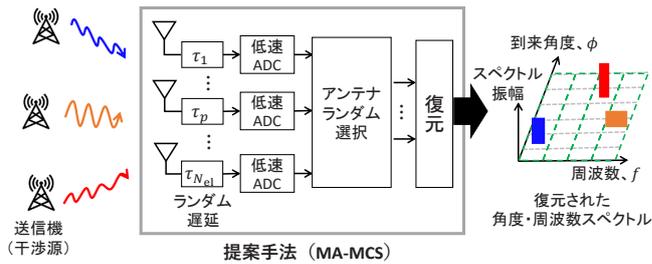


図2 電波到来角推定による干渉把握技術の概要 (左) と検出率評価結果 (右)



図3 発行した「製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻」(左) と開発したSRF無線センサ (右)

た。また、自営網と公衆網のマルチリンク集約技術をサイクリングイベントの動画伝送に適用した実証の成果がSR研技術特別賞を受賞した。スペクトラム利用高効率化を促進する干渉把握技術として、500 MHzの広帯域で複数の既存システムからの電波到来方向を同時推定するアルゴリズムを開発し、SR研論文賞を受賞した (図2)。全二重無線通信の基地局実装技術として、フェージング環境下でも110 dB以上の自己干渉キャンセル性能を達成可能な怠惰学習を用いたデジタルキャンセラを開発し、国際会議IEEE PIMRC2021に採択された。さらに電力増幅器などの非線形性の影響を理論的に解析・評価する手法を開発し、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、線形条件に対してシンボル誤り率の2桁低減を達成した成果がIEEE Trans. Wireless Commun.に採録された。高高度プラットフォームステーション (HAPS) と地上間のネットワーク制御に関して、フィードリンクと通信リンクの共通リソースを空間・周波数・時間で分割する共用技術を開発した。工場での無線活用促進に寄与する「製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻」を発行し、その評価手法に基づき、国内自動車関連企業と共同で実工場の部品搬送工程に搬送機器を自動運転化する無線システムを導入し、無線通信安定化の実証実験に成功した (図3)。さらにフレキシブルファクトリパートナーアライアンス (FFPA) によるSmart Resource Flow (SRF) 無線プラットフォーム技術仕様書の一般公開に貢献し、また製造現場の制御処理パケット群の遅延補償制御に必要なパラメータ設定手法をIEEE 802.1 QjにAnnexとして追記するための新規標準化プロジェクトIEEE 802.1 Qdqを立ち上げた。



図4 STABLE実験におけるDL送信ダイバーシチアンテナ (左)、車載移動局 (右上)、屋内移動局 (右下)

### 3. モビリティ制御・無線エリア拡張技術

低遅延と多数接続を両立する無線アクセス技術STABLEについて、並列干渉除去と逐次干渉除去のハイブリッド方式を用いて非直交多元接続 (NOMA) の演算量90%削減による低遅延化に成功し、屋外実験においてダウンリンクの平均パケット誤り率3.8%から1.2%に低減した (図4)。また、国内自動車関連企業と連携し、3GPP TSG RAN WG1へ標準化の寄書を入力した。機械学習による複数端末協調制御技術を提案し、最大25%の消費電力削減効果を示した論文がWCMCに採択された。端末協調通信について輻輳を改善する制御アルゴリズムを開発し、通信エリア内端末からの信号が所定の信号対干渉プラス雑音電力比 (SINR) を満たす割合を示す平均受信率が70%以下の環境下で受信率99%への改善を示した。狭帯域無線をパイロットとして用いた超広帯域無線通信 (UWB) チャネルアクセス方式を考案し特許出願を行うとともに、海外通信機器メーカーと共同で同方式の標準化の補強提案をIEEE802.15.4 abに入力した。極限環境への無線エリア拡張に関する取組として、海中近接通信用の小型アンテナを検討し、長さ約16 cmの2.4 GHz帯アンテナにより約3 cmの距離で-60 dB程度の減衰で通信できる見込みを得た。また国内企業と連携し、模擬人体内を状に移動する飲み型デバイスの位置を誤差10 mm以内で推定できることを実証した成果が国際会議IEEE EMBC 2021に採択された。

## 非地上系ネットワークの大容量・フレキシブル・高秘匿通信を実現

## ■概要

第5期中長期計画において宇宙通信システム研究室では、世界中で小型衛星、高高度プラットフォームステーション（HAPS）、ドローンなどの様々な非地上系ネットワーク（NTN）プラットフォームの開発が進む中、Beyond 5G（B5G）時代のNTNにおける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光通信の研究開発を推進している（図1）。衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の研究開発においては、衛星・航空機・ドローン等が3次元方向に展開され、それぞれ高度や特徴が異なるため、個々の通信容量や遅延特性等を踏まえ統合的かつ効率的なデータ流通を可能とする研究開発に取り組んでいる。一方、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の研究開発では、小型かつ大容量通信可能で、周波数資源ひっ迫の解決として期待される光通信技術を、デジタル化によるフレキシブルな通信技術の適用により、陸上・海上・空域・地球近傍・月等あらゆる場所の多地点間をつなぐ技術の実現に向け研究開発を進め

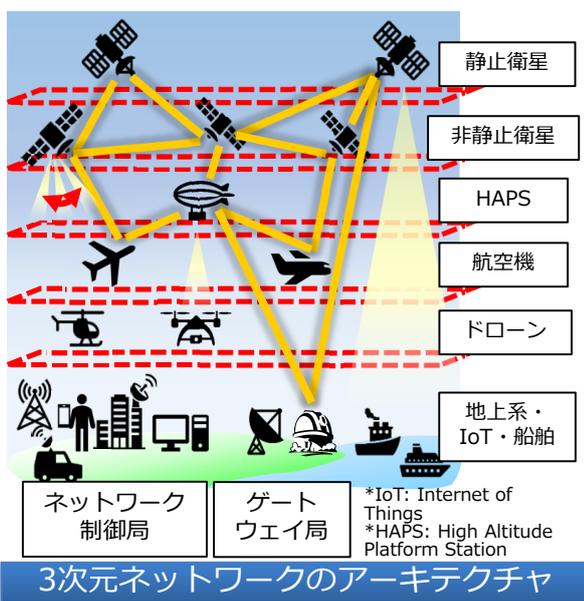


図1 宇宙から地上までが3次元的に接続されるネットワーク

る。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。以上の技術を活用し、衛星等を用いた要素技術の実証実験を実施し、実用化を目指した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。以下に、衛星フレキシブルネットワーク基盤技術と大容量光衛星通信・フレキシブル通信・高秘匿通信基盤技術の各プロジェクトについて令和3年度の成果を述べる。

## ■令和3年度の成果

## 1. 衛星フレキシブルネットワーク基盤技術

NTNと地上系の5Gも含めて海洋から宇宙までをシームレスに接続する3次元ネットワークの制御に必要な統合制御アルゴリズムの開発に向け、複数国間、複数事業者間、NTN-地上間等をつなぐインタフェースを定義し、ネットワークアーキテクチャの検討を行い、機能確認のための衛星地上接続シミュレータの基本部分を製作した。これにより地上・衛星ユーザ双方に対してリソース割当を最適化して収容できるなどの性能を確認した。

現在3GPPで標準化が進められている衛星5G技術を活用した地上・衛星ネットワークの連携の実現に向けて、欧州宇宙機関（ESA）との衛星5G / B5G共同トライアル及びNICT委託研究を統括し、衛星リンクを含む日欧間衛星5G統合制御による日欧の国際間長距離5Gネットワークの接続実験に日本で初めて成功した（図2）。一方、次世代衛星通信システムの開発では、令和5年度打上げ予定の技術試験衛星9号機（ETS-9）に搭載する光通信機器とビーコン送信機のプロトフライトモデルを開発した。今後これらを衛星バス担当のJAXA側へ引き渡す見

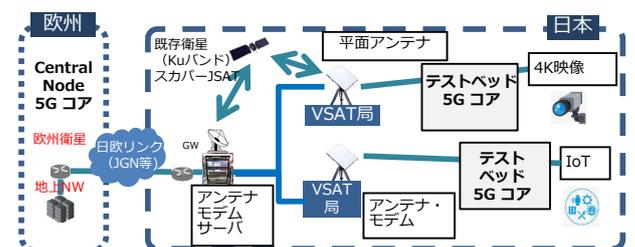


図2 欧州宇宙機関（ESA）との衛星5G / B5G共同トライアル

込みである。これらの結果より、今中長期で目指す世界最高レベルの10 Gbps超高速光通信や5G / B5G実証の最重要要素である衛星搭載機器の開発を大きく進展させた。地上系システムでは、衛星5G / B5Gが接続し、かつ電波の放射ビームや帯域をフレキシブルに最適に制御する衛星用地球局制御技術について、総務省委託研究を活用し衛星-地上系5Gの接続、トラフィック需要や気象による回線条件の変動予測に基づく衛星運用計画とリソース制御の方式検討及び上記技術を実装する管制系や地球局等の地上ネットワークの基本設計を完了し、ETS-9打上げ後の評価のための総合評価シナリオと試験構成案を作成した。

一方、社会実装に向けた異分野連携を促進するため、スペースICT推進フォーラムを運営し、公開シンポジウム及び複数回に及ぶ検討会・交流会や衛星5G / Beyond 5G連携技術分科会及び光通信技術分科会を開催し、国内コミュニティを拡大した。また、同フォーラムが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。国際標準化については、標準化推進室と連携し、ITU-R WP5Dの将来技術トレンド (FTT) 報告書作成活動に寄与文書を入力し、NTN・衛星に関する記述を残すことに貢献した。また、アジア・太平洋電気通信共同体 (APT) におけるAPT Wireless Group (AWG) において寄与文書を入力し、NICTの成果を反映させ、IoTへの衛星技術の応用の標準化報告書が完成した。さらに、NTNの相互接続に関する報告書作成の新たな作業計画を提案し承認され、新報告書に向けた検討を開始した。

## 2. 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での大容量光通信の実現に向け、令和2年度までに開発したHAPSや超小型衛星へ搭載可能な超小型高速光通信機器 (ブレッドボードモデル) の評価を行い、実証実験に向けた飛行体搭載用の2種類の初期モデル (プロトタイプモデル) を完成させた (図3)。また、ドローンを使った実験により、ドローンと地上間の光伝搬特性



図3 飛行体に搭載する初期モデル (プロトタイプモデル2種類)

として、到来角度変動や受信電力の確率分布などの重要なチャネル特性や数値データを取得し解析を行い、ドローンのホバリングの影響に対する光精追尾技術の有効性を実証し、地上とドローン間の光回線のフェージングチャネルの時間-周波数特性を初めて解析した。これによりドローンと地上間の高速な光回線の実現及び設計に向けて成果を得た。また、これらの結果をIEEE Accessに投稿し論文が採択された (図4)。

フレキシブル通信の研究開発では、3次元多層ネットワーク用のデジタルフレキシブルペイロードのシミュレータを用いた概念検討に着手した。想定する衛星軌道とアンテナ、通信機器に関する諸元をパラメータとして、全体システムのシミュレータによる検討を実施した。また、NTN向け適応型衛星光ネットワークのシステムモデルの概念検討を実施し、提案システムの評価に必要なデジタルコヒーレント方式の実験プラットフォームを試作した。本方式による評価結果を元にシステムへの適用を検討した結果、回線設計上システムが成立可能であることを示した。また、提案の通信システムに関して特許を出願した。

通信光ビームの方向ずれ成分を補正する補償光学系機能について、国際宇宙ステーション搭載光通信ターミナルを使った予備実験を実施し、基本性能を確認した。さらに大気による光の波面揺らぎ (大気揺らぎ) を緩和する補償光学系とその較正ユニットの組み込み作業や、自然天体の光や人工光源等を用いて受信系における大気揺らぎ緩和の実証試験を行い、次世代衛星光通信を実現するための受信系補償光学系の確立と送信系の制御系を構築する上での設計指針を導出した。

標準化・産学との連携の推進においては、国際的に光衛星通信の利活用が活発化する中、光衛星通信の国際会議IEEE ICSOS 2022をNICTがIEEEと共催し、最新の成果が発表され、コミュニティ形成を主導した。

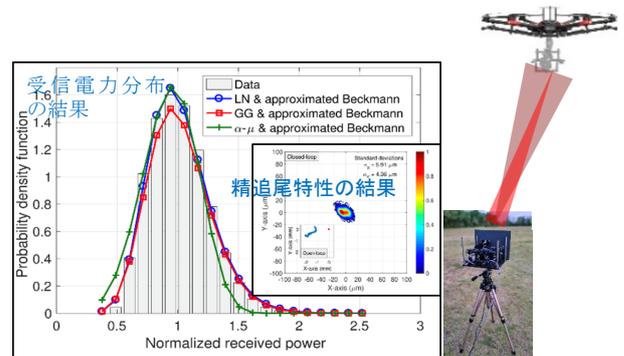


図4 ドローン実験による光チャネル・精追尾特性の検証

## ■概要

本研究センターは、東日本大震災の教訓を活かして災害に強いICTの研究開発を行うために平成24年度に発足した耐災害ICT研究センターを継承し、令和3年度に体制を整備して活動を開始した組織である（図1）。

本研究センターは3室で構成されている。第5期中長期目標期間において、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担当する「サステナブルICTシステム研究室」及び「ロバスト光ネットワーク基盤研究室」並びに産学官連携やガイドライン策定等を通じて研究成果の社会実装を促進し国土強靱化に向けた取組の推進を担う「企画連携推進室」である。

## ■主な記事

### 1. レジリエンスに対する社会的要請

世界各地で地震、津波、台風、地滑り、洪水、豪雪、猛暑、火山噴火、感染症などの脅威が頻発・激甚化し、人命や社会インフラが失われている。こうした脅威に備え、影響をできるだけ抑制し、速やかに回復させる「レジリエント」な社会の実現が求められている。国連が提

唱するSDGsでもレジリエントなインフラ構築やレジリエントな都市と人間の居住地が明示的に謳われている。

### 2. 本研究センターの取組概要

このような背景から、本研究センターでは「ICTで世界をレジリエントに」をキャッチフレーズに、前述の3室体制により研究開発とその成果の社会利用推進に取り組み始めた。

研究開発のテーマは、大別するとレジリエントな性質を備えたICTと世界をレジリエントにするためのICTになる。前者は三つで構成される。

一つ目は、従来の無線通信技術では通信が困難だった「タフ」な電波環境でも低遅延・高信頼な通信を提供することを目指したタフ環境適応無線アクセス技術である。5G（3GPP Release17）が規定する伝搬損失よりも損失が大きな環境の他、電波が過密、伝搬が複雑といったタフな電波環境でも、回線が切れる前に他の回線を確立させることで通信を提供し続けることを目指している（サステナブルICTシステム研究室）。

二つ目は光ネットワークのレジリエンシー向上技術である。光ネットワークの障害の予兆までも機械学習等を適用して検知しかつ障害を能動的に回避する技術、規格のオープン化に伴って難しくなる相互接続や統合利用を可能にしてレジリエンシーを高める相互接続基盤技術、

そして通信ネットワーク資源だけではなく計算（クラウド）資源をも含めて需給マッチングを図り障害復旧を迅速化する通信資源・計算資源連携基盤技術を研究開発していく（ロバスト光ネットワーク基盤研究室）。

三つ目はこれらのレジリエントなネットワークの上で機能するエッジクラウドを対象とした技術である。現在の情報サービスはクラウド方式が主流であり、災害時の情報

## ICT で世界をレジリエントに

1. 研究開発：レジリエントな性質を備えたICT、世界をレジリエントにするためのICT
2. 国土強靱化：産学官・地域連携等による成果の社会利用の推進

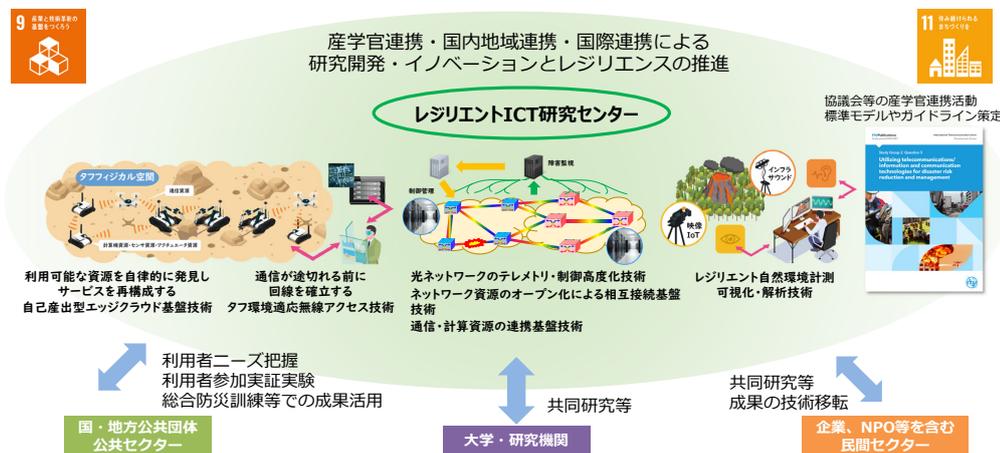


図1 レジリエントICT研究センターの概要



図2 レジリエントICT研究シンポジウム2022の様様

共有にもクラウドが使われている。しかし、災害の場面では通信が不安定なケースが多くあり、情報共有に支障が生じる。そこで、通信が不安定な環境であっても、あたかもクラウドサービスを使い続けているかのように、各ノードが持つ計算機資源や通信資源をノード間で共有し、仮想的なエッジクラウド機能を提供し続けることができる自己産出型エッジクラウド技術の研究に取り組んでいく（サステナブルICTシステム研究室）。

世界をレジリエントにするICTについては、様々な環境計測データの複合解析と可視化の研究に取り組んでいる。モバイル回線でも高精細な映像を低遅延で伝送できる映像IoT技術と、超低周波音（インフラサウンド）のセンシング技術をコアに、時空間データGISプラットフォーム（NICT総合テストベッド研究開発推進センター）にデータを集約して複合解析と可視化を行うレジリエントな自然環境リアルタイムモニタリング基盤技術を研究開発していく。これは、火災、噴火、河川氾濫、降雪等を含む災害の検知に加え、発生位置の同定、追跡、発報なども行えることを目指して将来の実現が期待される地域レジリエンス情報基盤のコアになるものと考えている（サステナブルICTシステム研究室）。

これらの技術の実証を東日本大震災の被災地である宮城県女川町、南海トラフ地震に備える和歌山県白浜町、九州地方の火山、スリランカの地滑り地域やネパールの山岳地域で進めているほか、民間企業と共同で高知県香南市の防災情報通信・管理システムの導入を進めている。耐災害ICT研究協議会を運営して災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドラインを策定・改訂したり、国際電気通信連合（ITU）などに情報提供したりするなど、技術標準に向けた活動も継続していく（企画連携推進室）。

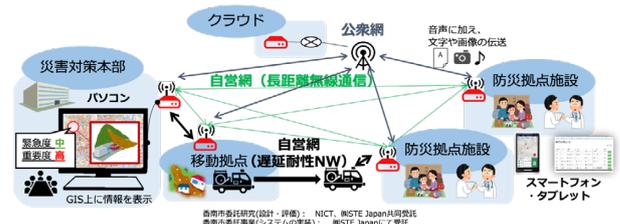


図3 高知県香南市の防災情報通信・管理システム

### 3. 令和3年度のセンター内横断活動の例 レジリエントICT研究シンポジウム2022開催

今年度から新たに開始された第5期中長期計画に基づく本研究センターの取組紹介を中心とする構成で、令和4年2月22日（火）に「レジリエントICT研究シンポジウム2022～世界をレジリエントにするICT～」をオンライン開催した（主催：NICT、耐災害ICT研究協議会）（図2）。約340名に対して当研究センターのビジョンや前述の4つの研究開発テーマ、そして2つの連携機関の取組を紹介し、社会基盤としてのレジリエントな通信環境とその研究の重要性を認識してもらう機会を提供した。講演資料の閲覧と講演映像の視聴が現在も可能である。  
<https://www.nict.go.jp/resil/>

### 4. 高知県香南市「防災情報通信・管理システム」の設計・評価

内閣府SIP第2期課題「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」等で研究開発してきた、通信途絶地域でもエッジノード同士が近接通信により情報を同期共有できる「接近時高速無線接続技術」（民間企業との共有知的財産を含む）を搭載した防災情報通信・管理システムを高知県香南市が導入途中である（民間企業が実装して導入）（図3）。当センターは同システムの設計と評価を民間企業と共同で同市から受託し、通信エリアや通信性能の計測や取りまとめを行うなどして導入に貢献した。

## 実際の災害で支援できる研究成果の社会展開を目指して

### ■概要

国土強靱化に向けた取組の推進として、企画連携推進室はセンター内の各研究室・研究プロジェクトとの連携協力体制の下、耐災害ICTの社会実装に向けた連携及び研究成果の社会展開活動に取り組んだ。具体的には、防災訓練などを通じた実証実験及び実災害時の利活用、シンポジウムや展示などを通じた研究成果の社会展開を実施するとともに、東北大学及び各大学との連携推進、産学官連携の推進等の活動を実施した。また、戦略的プログラムオフィスの地域連携・産学連携推進室の東北ICT連携拠点として、東北地域の産学官連携推進及び地域でのICT利活用推進の活動を行った。

### ■令和3年度の成果

#### 1. レジリエントICTの基盤研究、応用研究の推進及び研究成果の社会展開活動

国土強靱化に向けた取組の推進として、サステナブルICTシステム研究室やロバスト光ネットワーク基盤研究室と連携して、レジリエントICTの社会実装に向けた技

術実証や研究成果の社会展開に向けた活動に取り組んでいる。基盤研究、応用研究の推進とその成果の社会実装に向けた活動として、内閣府SIP第2期「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」において民間企業とも連携して研究開発してきた、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」を活用し、防災科研・ATRとの連携の下、ポータブルSIP4Dの開発に取り組んだ。また、同技術を搭載した防災情報通信・管理システムを高知県香南市が民間企業に委託して導入に着手しており、NICTは通信エリアや通信性能などの計測とその取りまとめを行うなどして同システムの設計に貢献した。さらに、同技術は高知市消防局が民間企業に発注して導入した災害時オペレーションシステムにも搭載され、消防業務で利用されている。

地方自治体の防災訓練への参加や、地域課題解決型研究の推進を通じた社会実装の促進として、神戸市市民版防災訓練（情報投稿訓練）に協力し、令和3年6月9日から2日間、防災チャットボットSOCDAのLINEアカウントを通してユーザ（神戸市民）に投稿を呼びかけ、大雨警報が発表された状況下を想定し、被害状況等の情報収集を行った。この訓練において利便性を向上させた新しいユーザーインターフェースを提供し、神戸市関係者側から好評を得ることができた（図1）。また、同市の令和4年1月17日の訓練でも利用された。加えて、新たな自治体にてSOCDAを活用する商用サービスが開始され、令和3年8月の豪雨時に実活用された他、令和4年3月16日

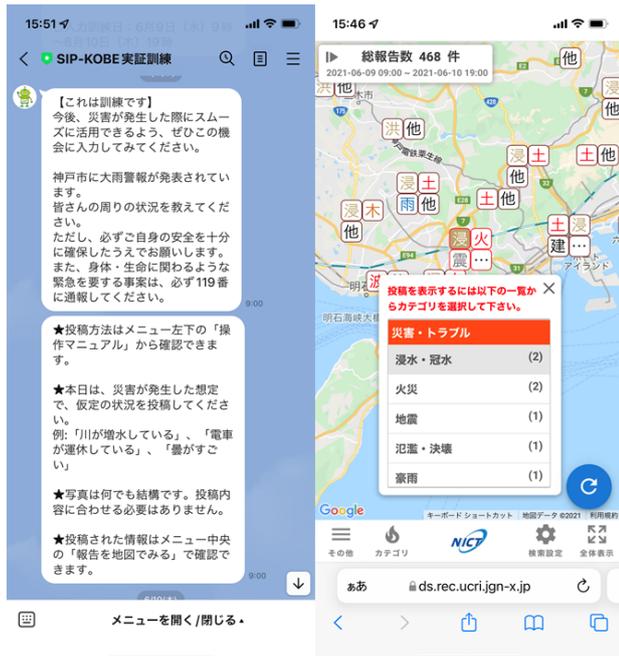


図1 新たに導入した改良版SOCDAインターフェース（地図データ©2021 Google）

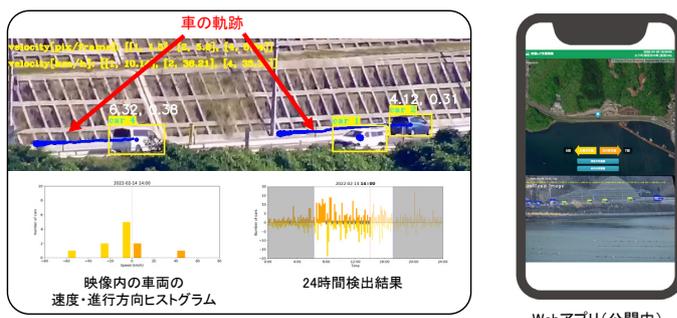


図2 宮城県大川町でのAIを用いた車両自動検出による道路通行量モニタリング

に福島県沖で発生した地震において先行して商用サービスを導入していた別の自治体においても実活用されるなど、自治体での情報収集に役立った。また、東北地域の課題解決型研究の推進に向け、宮城県女川町のニーズに基づく、映像IoT技術・画像処理技術を活用した豪雨による冠水等に伴う町の幹線国道沿いの交通渋滞状況等モニタリングの実証実験を推進した（図2）。

シンポジウム・展示などを通じた研究成果の社会展開活動として、一般市民や学生を対象として、レジリエントICTの研究開発成果を分かりやすく紹介することを目的としたNICTオープンハウス2021 in 仙台（令和3年10月9日）をオンラインで開催し、研究紹介の動画公開やオンラインコンテンツによる体験コーナー、Web会議を用いて研究者が直接視聴者の疑問に答えるQ&Aコーナーの開設などを実施したほか、耐災害ICT研究協議会と共同で、レジリエントICT研究シンポジウム～世界をレジリエントにするICT～（令和4年2月22日）のオンライン開催を行った（図3）。また、展示への参加として、ICTフェアin東北2021（オンライン開催、令和3年6月22日）、防災推進国民大会2021（釜石、令和3年11月6・7日）、第26回震災対策技術展（横浜、令和4年2月3・4日）など、センター全体で10件の展示・イベントへの参加・開催を行った。

また、国際標準化活動として、ITU-T SG2 FG-AI4NDMにAIチャットボットの取組事例の寄書を入力し

他、アジア・太平洋電気通信標準化機関（ASTAP）の第33回会合にて2件の発表の実施に加え、レジリエントな地域情報共有・通信システムのワークプランの提案を行い承認された。

2. 東北大学及び各大学との連携推進、産学官連携の推進  
 タフ環境における群ロボット通信制御、海洋通信、The Greenest Area構想（仙台市）、映像IoT・インフラサウンドによる火山監視等、東北大学とのマッチング支援事業で採択された共同研究6件を含め、総計23件の共同研究に基づく大学・研究機関との研究連携を推進した。また、電磁波研究所電磁環境研究室と連携して、東北大学AIE卓越大学院への参画に向けた準備を行った。

さらに、宮城県内の農業高校と連携して、映像IoT技術を活用してニューノーマル時代にも対応可能な遠隔農業実習・指導システムの開発を行い、時空間データを活用した農業実習教材アプリケーションの開発に取り組むとともに、高精細・低遅延映像伝送を用いた遠隔実習の実証実験に成功した（図4）。

### 3. 地域連携の推進

戦略的プログラムオフィスの地域連携・産学連携推進室の東北ICT連携拠点として、東北地域の産学官連携推進及び地域でのICT利活用推進の活動を行った。ICTを活用した東北地域の課題解決に向けた大学・高専との連携として、電気関係学会東北支部大会の企画セッション「ニューノーマルにおけるICT-地域課題への利活用-」（令和3年8月26日）をオンライン開催した他、NICTと東北大学が連携し、大学・企業・地方自治体との連携、地域貢献、人材育成、研究課題の発掘等を目的として、仙台都市圏の地域課題を解決する新しいアプリやサービスを検討・提案する、「アイデアソン+仙台」～まちの魅力発信/住みやすいまちに活かすオープンデータ～を令和3年12月4・5日にオンライン開催した。また、LPWA搭載超小型無線ネットワーク端末で構成される地域ICTオープンプラットフォームを活用した地域課題解決に向けた研究開発・連携として、

弘前大学、秋田県立大学、山形大学と共同研究を推進した。さらに、東北産学官ローカルネットワーク（T-MJSNT）の研究支援制度合同説明会等においてNICTの研究支援制度に関する説明を行った。



図3 NICTオープンハウス2021 in 仙台の様子



図4 遠隔農業実習・指導システムの実証実験

## 通信環境や自然環境の急激な変化に対応するICTの実現をめざして

## ■概要

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に向けて、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に関する研究開発と、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に関する研究開発に取り組んでいる。

## ■令和3年度の成果

タフフィジカル空間における情報通信基盤の構築に向けて、回線途絶リスクの定量化及び検出に必要なリアルタイム電波伝搬予測技術、回線が途絶する前にバックアップ回線を確立する無線アクセス技術、遍在する情報通信資源を自律分散環境下でも利用可能とする分散資源仮想化技術に関する研究開発に着手した。また、レジリエントな自然環境計測の実現に向けて、インフラサウンドセンサーデータと気象・地理データを用いた音波伝搬シミュレーション技術、映像IoT情報とインフラサウンド情報の融合可視化技術、エネルギーハーベスト技術による電源自立性に配慮した高耐候・省電力IoTモジュール、上空通信の低ロス性やLPWAの多重化を活用した通信技術の研究開発に着手した。主な成果は以下のとおり。

## 1. タフフィジカル空間情報通信基盤技術

回線途絶リスクの定量化及び検出に必要なリアルタイム電波伝搬予測技術として、人の立ち入りが困難な環境における遠隔制御ロボットを用いた作業実施をユースケースに設定し、単一カメラ映像から畳みこみニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) 及び長・短期記憶 (Long-Short Term Memory: LSTM) を階層的に利用することを特徴とする電波強度予測手法を新たに考案した。考案した手法が将来利用できる十分な性能を達成できる見込みを得るとともに、成果が国際会議IEEE ICC2022に採択された。また、回線が途絶する前にバックアップ回線を確立する無線アクセス技術として、通信方式によらず、低遅延性を確保しつつ通信範囲の拡張を柔軟に行うことができる、新たな非再生中継方式の研究開発に取り組み、中継先における信号品質が改善されるよう、電波伝搬環境に応じた中継器における時空間等化処理 (256タップ) を低遅延で実行する手法を考案した。ケーブル接続による原理検証を行った結果、5Gダウンリンク信号を3.2マイクロ秒の処理遅延 (従来の再生中継ではミリ秒オーダーの遅延) で中継し、通信方式の仕様を変更することなく受信できることを確認した。

遍在する情報通信資源を自律分散環境下でも利用可能とする分散資源仮想化技術として、サービスを提供するインターネット側のクラウドとの回線が途絶する環境においても、エッジクラウド側に偏在するノードが持つ情報通信資源 (計算機、メモリ、データ等) をノード間で共有し、サービスの自律的な再構成を実現する基本アー

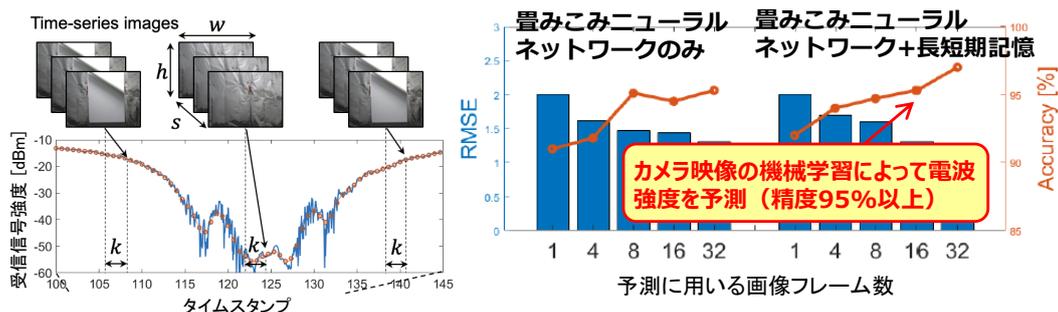


図1 カメラ映像を利用した畳みこみニューラルネットワークを用いた電波伝搬予測技術

キテクチャの研究開発に取り組んだ。具体的には、基本機能となるオーケストレーション機能の分散化手法を設計し、この機能を汎用コンテナツールによって実装し、3台のノードによる構成において、いずれかのノードに障害が起きても、残りのノードが持つ情報通信資源を活用してサービスを再構成し、継続できることを確認した。関連する研究成果として、クラウドサーバ群、エッジサーバ群、ユーザ近傍ノード群から構成される分散エッジクラウドを対象として、クラウドサーバへの通信回線が途絶した場合でも、クラウドサービスを継続利用とする手法を開発し、国際会議IEEE ICC2022ワークショップへ投稿した。また、大学との共同研究を通じて、高速なノード間相互認証を行い、相互のデータ交換を実現する接近時高速無線接続技術を自動車間のすれ違い通信へ適用し、従来技術と比較して、相対速度80 km/hにおいてデータ転送量を10 MB 以上増加できるフィールド実証結果について、IEEE Accessに採録された。さらに、内閣府戦略的イノベーション創造プログラムを外部機関とともに受託し、政府等が災害時に情報共有を行うクラウドファイルシステムSIP4Dを対象として、クラウドとの通信回線が途絶する環境においても利活用可能とする「ポータブルSIP4D」の開発に向けて、基本機能であるSIP4D代行機能の開発を完了した。

## 2. レジリエント自然環境計測技術

インフラサウンド（周波数20 Hz以下の可聴域下の長

周期音波）センサーデータと気象及び地理に関するデータを併用した音波伝搬シミュレーションコードの試作を進めるとともに、スパコンによる大規模並列計算環境を整備した。また、高解像度3次元時空間地理情報システム上へ、インフラサウンドセンサーによる観測データを可視化するツールを開発した。インフラサウンドセンサーを新たに宮城県内3か所に設置し、日本気象協会内Webサイトにおいて宮城県内計4か所の観測データを研究目的で公開した。トンガ海底火山噴火に起因する空振と思われる観測データについては、複数の大学・研究機関において活用された。映像IoT情報の可視化技術として、悪条件下（夜間・霧・強風・降雨等）における映像からの状況把握性能の向上に向けて、汎用ネットワークカメラ映像から機械学習を用いて、移動体（車両）または煙の検出を目的としたツールを開発し、それぞれ80%以上の検出率を達成した。

エネルギーハーベスト技術による電源自立性に配慮した高耐候・省電力IoTモジュールとして、太陽光バッテリーと燃料電池を主電源とするIoTモジュールセンサーシステムを開発し、大学との共同研究を通じて、実フィールド（活火山周辺）において7週間にわたる自立運用（映像・インフラサウンド・気象に関するデータ取得と取得データの送信）が行うことができることを確認した。また、上空通信の低ロス性やLPWAの多重化を活用した通信技術に関する研究開発として、非地上系ネットワーク（Non-terrestrial Network: NTN）を用いたIoT向け

小サイズデータ伝送に関して、GNSSによる端末間時刻同期を活用した多元接続手法を開発し、計算機シミュレーションによって、Sバンドを用いた低軌道周回衛星を用いて10台以上の端末との同時通信が行うことができる可能性を示し、国際会議IEEE VTC-fall2021に採択された。



図2 接近時高速無線接続（左：車両間すれ違い通信への適用、右：「ポータブルSIP4D」の開発）

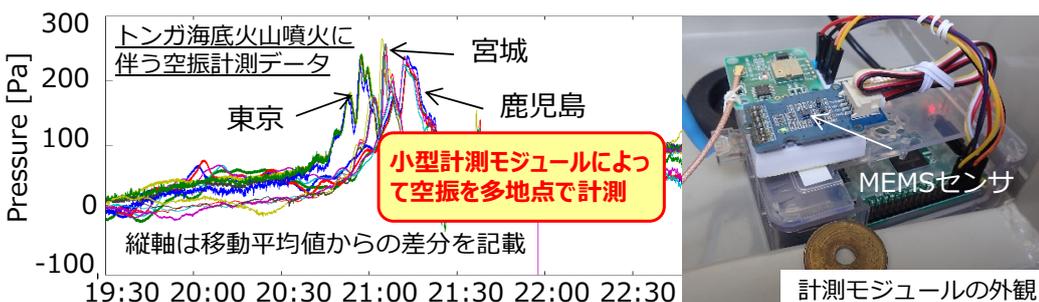


図3 インフラサウンド計測モジュール（左：空振に起因する計測データ、右：モジュールの外観）

## 光ネットワークのレジリエンシー向上に向けて

## ■概要

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。

## ■令和3年度の成果

## 1. 光ネットワークのテレメトリ・制御高度化技術の研究開発

通信ネットワークを利用するサービスの普及に伴い、基幹部分である光ネットワークでは、様々な障害に対してロバストに接続性などを維持する頑強性を高めることが重要である。光ネットワークでは、光ファイバ切断などのハード障害に加えて、特有の物理的な現象に由来する障害も起こりうる。そのため、潜在的な故障源などの早期検知・予測するテレメトリ技術と、それに対してパフォーマンスを維持するための制御高度化技術の研究開発を進めている。

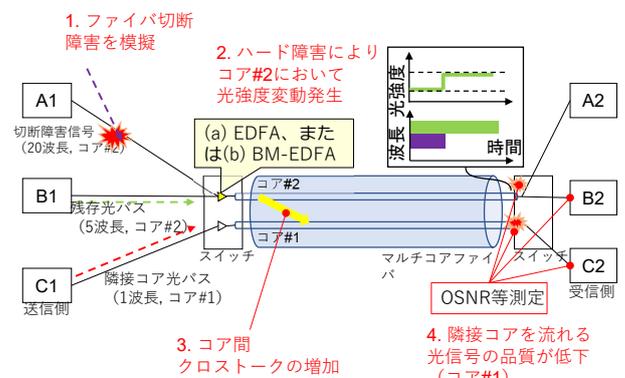
令和3年度は、光信号の時系列物理パラメータを取得するテレメトリ技術を用いたシステム開発を実施した。また、カスケード障害事例として、図1 (a) に示すような障害予防実験を実施した。マルチコアファイバにおいては、光パスの設定状況が変動した場合、隣接コアを流れる既存光パスへ影響を及ぼすクロストークも変動する。その結果、図1 (b) に示すように、経時変化や更なる環境変動によりスループットが大幅に低下することが起こり得る。一方で、これまでに開発を進めてきたバーストモード光増幅器 (BM-EDFA) を用いた場合、図1 (c) のようにスループットの低下を抑制することが可能であることを明らかにした。

## 2. 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の研究開発

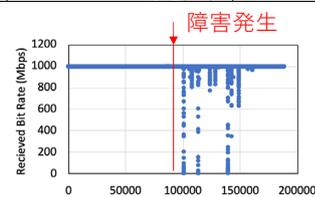
異種ブレードベンダ異種システムインテグレータ光ネットワーク、異種トランスポートネットワークの高度な相互接続・統合利用を促進するための、下位層光ネットワーク及び上位層パケットトランスポートネットワーク資源のオープン化基盤技術を確立する。令和3年度は、まず下位層光ネットワークの実証実験を行った。

光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の研究開発において、光装置多様性に対応する必要がある。産業技術総合研究所、KDDI総合研究所と連携し、光装置の多様性に柔軟に対応するFunctional Block-based Disaggregation (FBD) (産総研開発) に基づく

## (a) 実験概要



## (b) スループット測定結果 (EDFAの場合)



## (c) スループット測定結果 (BM-EDFAの場合)

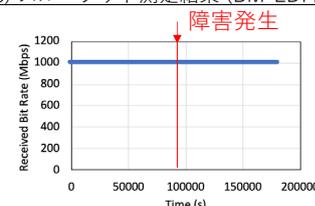


図1 テレメトリシステムを用いた模擬障害実験とバーストモード光増幅器による性能劣化抑制

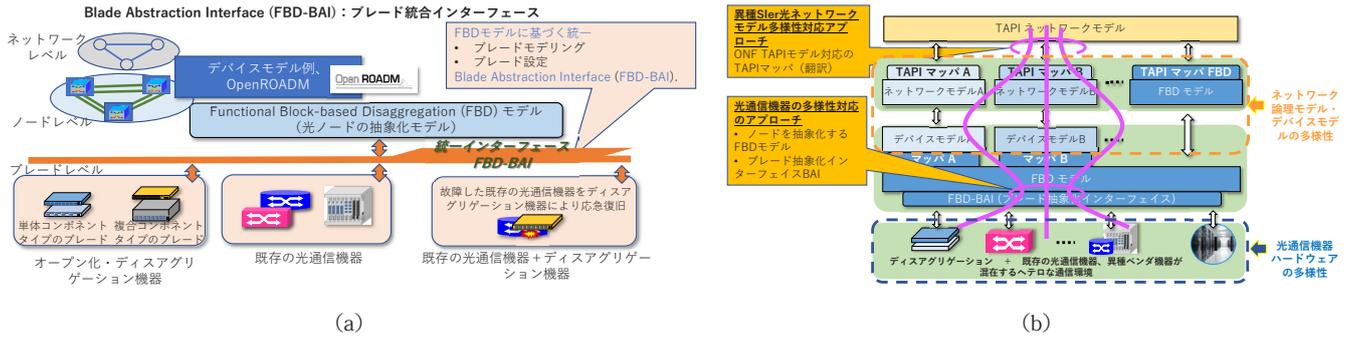


図2 オープン化による光網相互接続提案：(a) 装置の多様性対応、(b) ヘテロな光網統合・自動制御

モデリングの統一的方法アプローチ及びBlade Abstraction Interface (BAI) 技術 (NICT開発) についての研究開発を行った。ディスアグリゲーション装置とレガシー装置が混在するヘテロな光ネットワーク資源上のオープンな統合制御、ディスアグリゲーションブレードに基づくレガシー装置の応急復旧の実証実験を実施した (図2(a))。また、異種ブレードベンダ、異種システムインテグレータ (Sler)、マルチドメイン、テレコム・データセンターなど異なる領域を含むヘテロな光通信環境において、ハードウェア装置の多様性にFBD+BAIで対応し、異なるSlerのネットワークモデルの多様性をONFのTransport-API (TAPI) 及びモデル翻訳ミドルウェアで収容するという多様性対応の統一的方法アプローチを提案し、実証実験に成功した (図2(b))。

### 3. 通信・計算資源連携基盤技術の研究開発

インタークラウド環境を含むクラウドエコシステムを新設・調整するには、通信基盤における通信資源の供給状況とインタークラウド環境における通信回線需要との間の動的かつ効率的な情報共有・需給マッチング機能が必要である。

大規模障害時にデータセンター事業者と通信事業者間の連携について、米国カリフォルニア大学デービス校 (UC-Davis) と共同で、第三者仲介で相互の秘密情報の漏えいなく連携を行うアプローチ及び連携復旧計画方法を提案し、モデリング研究を実施した (図3(a))。初期段階の数値評価により、連携なしの場合と比べ提案手法に基づく連携は異なる通信事業者網に分散される通信資源の利活用を可能にし、データセンター間通信応急復旧後に復旧されるデータセンターサービス量が著しく改善 (>70%増) されることが判明した (図3(b))。

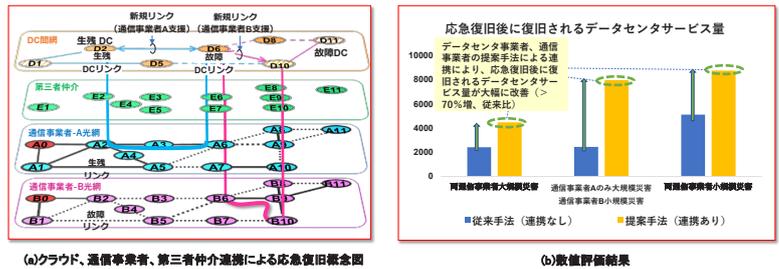


図3 通信・計算基盤連携復旧戦略の策定：(a) 第三者仲介による通信・計算基盤連携復旧、(b) 数値評価結果

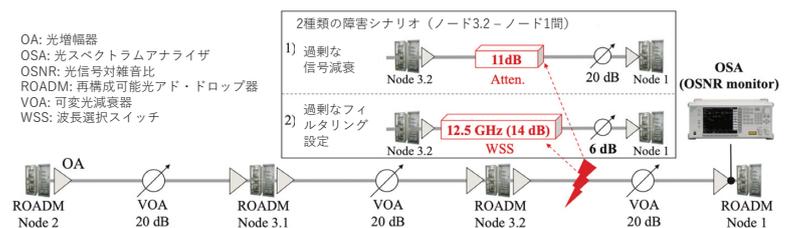


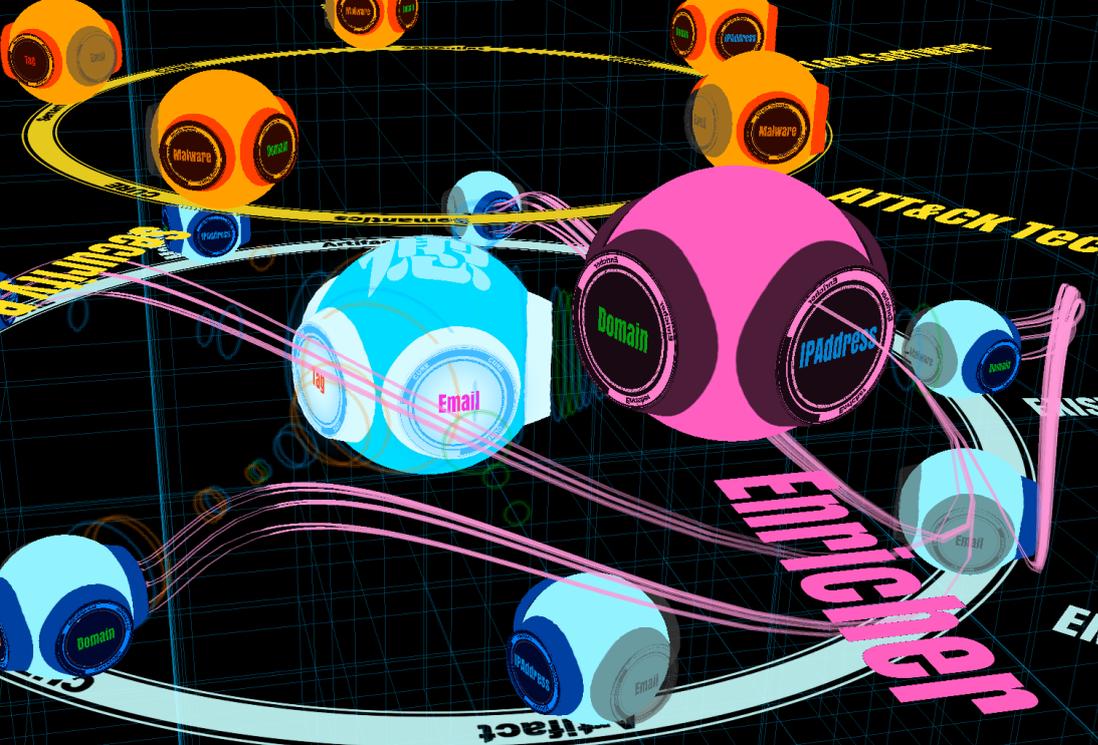
図4 機械学習による障害検知・同定のためのデータセット構築実験概要

### 4. 日米連携プログラムJUNO2

平成30年9月から令和3年8月までの期間で日米共同研究プログラムJapan-US Networking Opportunity 2 (JUNO2) の中で、課題名「次世代メトロ光ネットワークの耐災害戦略」としてUC-Davisと共同研究を実施した。本プロジェクトの一環として、令和3年度は、テレメトリによって収集した情報による機械学習を用いた障害検知技術の研究開発を実施した。

転移学習とドメイン適応技術により新しい環境下においても限られたデータで効率良く学習し、障害の検知及び種類同定するフレームワークの開発を行った。図4に実験概要図を示す。強度減少・狭さくフィルタの2種類の障害を模擬実験し、光信号強度及びOSNRの時系列データを取得した。十分なデータ量を用いて学習した後、異なる光パスにおける少量のデータを用いて学習器のチューニングを行うことで高速に学習し、障害検知及び2種類の障害種別同定に関して当該環境において十分な量の学習用データを用いた場合と同等の精度を達成可能であることを実証した。





## ●サイバーセキュリティ分野

### 3.3 サイバーセキュリティ研究所

- 3.3.1 サイバーセキュリティ研究室
- 3.3.2 セキュリティ基盤研究室
- 3.3.3 サイバーセキュリティネクサス
- 3.3.4 ナショナルサイバートレーニングセンター
  - 3.3.4.1 サイバートレーニング事業推進室
  - 3.3.4.2 サイバートレーニング研究室
- 3.3.5 ナショナルサイバーオブザベーションセンター

### ■概要

巧妙化・複雑化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いる。令和3年度から開始した第5期中長期計画において、サイバーセキュリティ研究所は図1に示す新たな組織体制で発足した。サイバーセキュリティ研究室及びセキュリティ基盤研究室では、産学と連携し、それぞれサイバーセキュリティ技術及び暗号技術に関する研究開発等に取り組むとともに、その成果の普及・社会実装を目指した取組を行った。また、政府の方針を踏まえ、新設のサイバーセキュリティネクサスではサイバーセキュリティ産学官連携拠点形成に向けた活動を開始、ナショナルサイバートレーニングセンターではサイバーセキュリティに関する演習、ナショナルサイバーオブザベーションセンターではパスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査などの業務等を実施した。

### ■主な記事

サイバーセキュリティ研究所における令和3年度の主要な成果を以下に示す。なお、詳細については、それぞれの研究室やセンターの項を参照いただきたい。

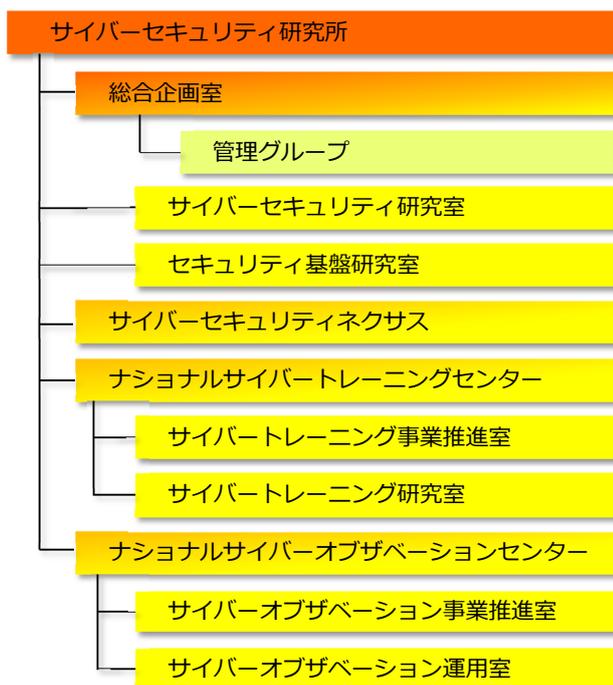


図1 サイバーセキュリティ研究所の組織体制

### 1. 主要な成果

#### (1) サイバーセキュリティ研究室

- サイバー攻撃誘引基盤STARDUSTの並行ネットワーク構築機能強化
- AIによるマルウェア活動早期検知技術とアラート低減技術の高度化
- サイバー攻撃統合分析プラットフォームNIRVANA改のIPv6対応と技術移転
- 5Gセキュリティ検証基盤の構築とセキュリティ検証

#### (2) セキュリティ基盤研究室

- プライバシー保護連合学習技術 DeepProtect の展開
- 観測ロケットMOMOで情報理論的に安全な実用無線通信に成功
- 量子コンピュータ時代に向けた暗号技術の安全性評価
- Webex等で使われるエンドツーエンド暗号化の脆弱性発見と防御対策の提案

#### (3) サイバーセキュリティネクサス

- 産学官連携拠点のハードウェア基盤設備の設計・調達・構築
- 4つのサブプロジェクトCo-Nexus A/S/E/Cの体制構築
- サイバーセキュリティ演習基盤CYROPのオープン化トライアルの開始

#### (4) ナショナルサイバートレーニングセンター

- 実践的サイバー防御演習「CYDER」準上級コースとオンラインコースの新設
- 情報処理安全確保支援士向け特定講習「RPCI」の開始
- セキュリティイノベーター育成事業「SecHack365」フルオンライン実施

#### (5) ナショナルサイバーオブザベーションセンター

- パスワード設定等に不備のあるIoT機器調査及び利用者への注意喚起の継続実施
- HTTP/HTTPSのBasic認証/Digest認証に対する特定アクセスの予備調査開始

### 2. 研究成果等の発信及び社会貢献

#### (1) Interop Tokyo 2021への出展

令和3年4月14～16日にInterop Tokyo 2021展示会が幕張メッセにて開催された。Interopで構築・運用される世界最先端のネットワーク「ShowNet」において、IPv6

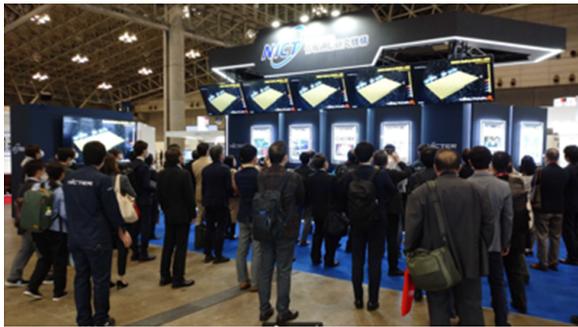
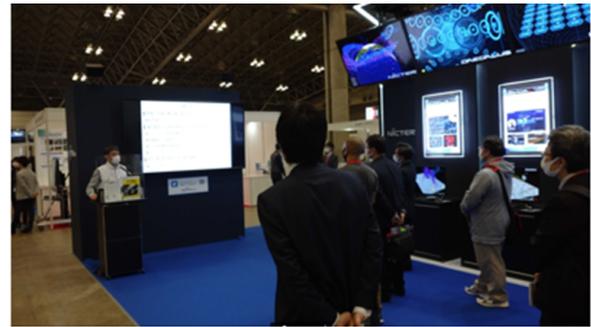


図2 Interop Tokyo 2021展示会でのIPv6版NIRVANA改のデモ説明の様子



版NIRVANA改や、NICTER、CUREなどサイバーセキュリティ研究室が研究開発する技術を導入、安定した運用を実現し、ShowNet構築を成功へと導いた。事前検証期間（HotStage）から13名が「ShowNetコントリビュータ」として現地でのシステム検証を行い、システム導入期間（Deploy）でも継続してシステムの実運用を実施した。このうち、ShowNetの構築・運用主体「NOC(Network Operation Center)」として、陣頭指揮担当（ジェネラリスト）の遠峰主任研究技術員、セキュリティ担当の神宮主任研究技術員は、HotStageが始まる半年以上前からShowNetの企画・構想から携わった。

展示会に先立ち、令和3年4月12日にプレスリリース「サイバー攻撃統合分析プラットフォーム“NIRVANA改”がIPv6に対応」を行い、展示会にて動態展示を行った（図2）。展示会ではナショナルサイバートレーニングセンターでの人材育成についても紹介を行った。3日間の幕張メッセへの来場者数は37,703人で、ライブ配信視聴者数は25,381人であった。

#### (2) 東京オリンピック・パラリンピック競技大会への貢献

サイバーセキュリティ研究所は、平成27年より「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会におけるサイバーセキュリティ体制に関する体制検討会」に参画、東京2020大会を想定したシステム観測と情報共有の試験運用に協力してきた。令和3年の大会準備期間から大会終了までの間は、内閣サイバーセキュリティセンターに設置された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、東京2020大会関連システムのシステム観測と情報共有を実施し貢献した。また、ナショナルサイバートレーニングセンターは、平成29年度から東京2020大会向けサイバー演習「サイバーコロッセオ」を実施し、大会関連組織のセキュリティ関係者に対して大会開催時を想定した模擬環境で攻撃・防御双方の実践的



図3 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会からの感謝状



な演習を行い、4年間で延べ145日（128回）、延べ約2,300名が受講した。これらの貢献により、大会組織委員会から感謝状を授与された（図3）。

#### (3) NICTサイバーセキュリティシンポジウム2022の開催

令和4年2月18日にNICTサイバーセキュリティシンポジウム2022を開催した。NICTからは第5期中長期計画におけるサイバーセキュリティ研究所の取組や最新の研究成果、サイバーセキュリティネクサスやナショナルサイバートレーニングセンターの活動に関する講演を行った。また、招待講演として、インターステラテクノロジー株式会社の森岡澄夫氏より「宇宙開発の大きな変革と重要性を増すセキュリティ基盤」、日本シーサート協議会運営委員長の萩原健太氏より「一人CSIRTでもできる備え」の講演をいただいた。本シンポジウムは、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、ZoomウェビナーとYouTubeを活用したオンライン開催で実施され、参加申し込み者数は468名、当日の参加者数は319名（Zoom及びYouTubeの視聴者合計）と、全国各地の行政、企業、大学等の研究機関等から幅広く参加があり、盛況であった。

今後も、研究成果の積極的な発信や、サイバーセキュリティ技術の社会展開を着実に進めていきたい。

### 3.3.1

## サイバーセキュリティ研究室

室長（兼務） 井上大介 ほか53名

### 理論と実践を融合した最先端のサイバーセキュリティ研究

#### ■概要

サイバーセキュリティ研究室では、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した。

#### ■令和3年度の成果

##### 1. STARDUSTの機能強化

サイバー攻撃誘引基盤STARDUSTの並行ネットワーク構築機能の強化を進め、Geneve (Generic Network Virtualization Encapsulation) に基づくネットワーク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、テレワーク環境、制御システム、クラウドなど、より多様な環境の模擬が可能になった(図1)。また、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。

##### 2. CURE高度化とセキュリティキュレーションプロジェクト始動

サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリCUREに6種類のデータを新たに追加し、既存のものと合わせて17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。さらに、従来の観測したIoC (Indicator of Compromise: サイバー攻撃の痕跡情報) 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、CUREに蓄えたデータに対して評価・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た(図2)。

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、セキュリティキュレーションプロジェクトを始動した。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。また、NICT内の研究開発の知見を最大活用するべく、ユニバーサルコミュニケーション研究所データ駆動知能システム研究センター (DIRECT) と連携し研究開発体制を強化した。

##### 3. AIによるマルウェア活動早期検知技術とアラート低減技術の高度化

これまでに開発した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を構築した(図3)。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%) を達成した。また、早期検知処理において除外する必要のあ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CSS 2021学生論文賞受賞)。

セキュリティアラートのトリアージ技術等の基礎検討



図1 STARDUST機能強化

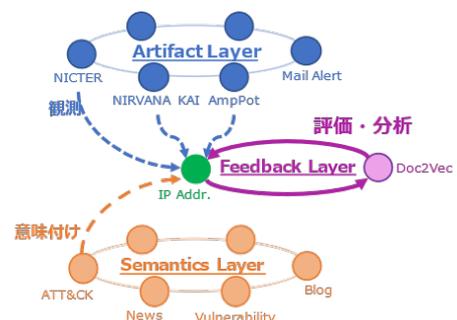


図2 CURE高度化

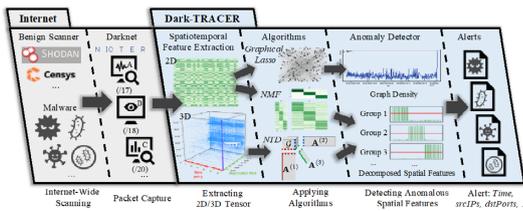


図3 Dark-TRACER

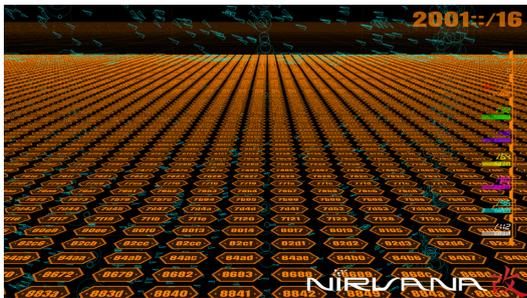


図4 NIRVANA改

及びプロトタイプ開発については、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0.001%を達成した。

#### 4. IPv6版NIRVANA改の新規開発と技術移転

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可視化に世界で初めて成功した(図4)。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。

#### 5. 東京2020大会への技術協力と外部情報提供・発信・オペレーション強化

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。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。

各種サイバー攻撃観測技術を活用し、適切な外部組織への情報提供・発信を実施した。具体的には、ダークネット観測で捕捉した国内組織のインシデント報告、国産WiFiルータのゼロデイ脆弱性の早期警戒パートナーシップへの報告、国内ルータベンダに対し各社製品の感染状況の共有、対策検討打合せに加え、NICTER Blog

の記事(6本)やNICTER解析チームのTwitterアカウントからの情報発信(22件)を実施した。

6. 5Gセキュリティ検証基盤の構築とセキュリティ検証オープンソース(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。本検証環境を用いて、5GコアネットワークにおけるDoSなどの攻撃可能性についての検証を実施した。また、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ネットワーク構築のためのセキュリティガイドライン第1版」を作成した。

#### 7. ローレイヤセキュリティ

ファームウェアを含むソフトウェア検証を効率化するために、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。本成果はCSEC優秀研究賞を受賞した。また、FPGAに使用されるRTL回路を効率的に検証するシミュレータを研究開発し、国内学会コンピュータセキュリティシンポジウム2021にて発表した。さらに、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構築し、電磁波研究所との連携の下、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開始した。

#### 8. ユーザブルセキュリティ

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。そのうち、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助言を行った結果、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であるIEEE S&P 2022に論文が採録された。また、NICTERダークネット等による4年間にわたる観測結果から把握した世界342ISPにおけるIoTマルウェアの感染傾向と、各ISPが実施しているセキュリティ対策の状況を分析し、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説明可能なモデルを構築した。本成果は難関国際会議であるIEEE Euro S&P 2021に論文が採録された。

## ネットワークのセキュリティを根幹から支える暗号技術の研究開発

## ■概要

セキュリティ基盤研究室では、第5期中長期計画のサイバーセキュリティ分野における「暗号技術」に示されている下記の2つの課題の研究開発に取り組んでいる。

## 1. 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、安全なテレワーク等の社会的な課題解決に貢献する。

## 2. 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でも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発を実施する。具体的には、将来的に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。

## ■令和3年度の成果

## 1. 安全なデータ利活用技術

- 金融機関等と連携し、AIを活用したプライバシー保護データ解析技術として、複数の参加者が持つデータセットを互いに秘匿したまま深層学習を行うプライバシー保護深層学習システム (DeepProtect) の社会実装を進め、秘匿協調学習社会展開の環境構築のための法的 (個人情報保護法) 課題の整理、プラットフォームの整備や技術移転、プライバシー保護連合学習技術の充実化や通信の効率向上を実施するなど、実証実験実施のビジネス化に向けた取り組みを行った。また、プライバシーポリシーのユーザ理解支援ツールを構築して、実プライバシーポリシーを対象とした実証実験を行った (図1)。
- テレワーク時代に有用なEnd-to-End Encryption

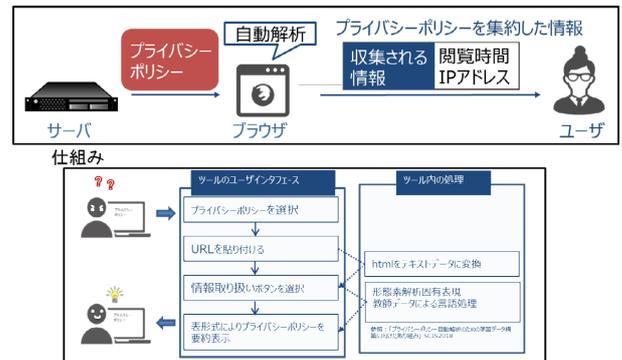


図1 プライバシーポリシーを対象とした実証実験の概要

- (E2EE) の機能強化のため、検索可能暗号・匿名認証に関して研究開発及びライブラリ化を進めた。具体的に、前年度構築した検索可能暗号を用いたセキュアストレージシステムとセキュアチャット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た。またNHKとの共同研究では、E2EEを実現するセキュアグループメッセージングについて、放送サービスに適した方式及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で発表するとともに、特許出願を行った。またTIS株式会社との共同研究では、キャッシュサーバが通信内容を閲覧することなくキャッシュサービスを提供可能な暗号化キャッシュ技術について、耐量子計算機暗号 (格子、符号、同種写像) にて設計・実装性能の評価を行った。また匿名認証などプライバシー保護とデータ利活用の実現に有用なゼロ知識証明について、効率と安全性を両立させ、より広い分野の複雑なステートメントにも適用可能な方式を提案し、暗号理論研究の分野の難関国際会議 TCC2021 に採録された。複数組織による高効率な秘密計算を可能とする乗法的秘密分散について、組織間で異なるセキュリティポリシー (データの秘匿・公開の条件) を可能とするための条件を世界で初めて解明し、具体的な構成法を示した成果が、電子情報通信学会2021年EMM優秀研究賞を受賞した。
- アクセス制御の一つである改ざん防止技術に関して、研究開発及び実利用を想定した実験などを進めた。具体的に、NewSpaceと呼ばれる宇宙開発におけるセキュ

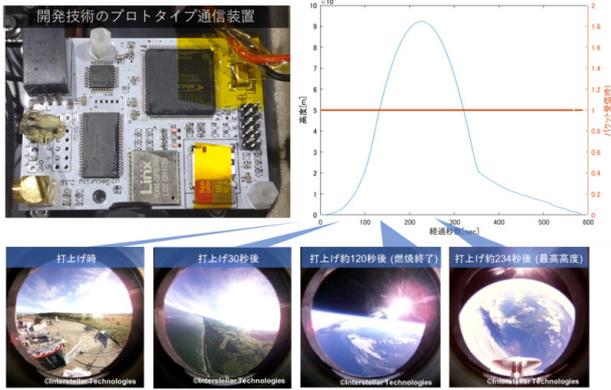


図2 開発技術のプロトタイプ通信装置と実験期間中の機体高度とパケット受信状況

リティ課題解決のため、インターステラテクノロジズ株式会社と法政大学との共同研究で、2021年7月31日の観測ロケットMOMOの打ち上げでダウンリンクの実用無線通信に成功した（図2）。本成果は2021年8月17日に報道発表し、情報処理学会 第84回全国大会 IPSJ-ONE 2022にて招待講演を実施した。また電気通信大学との共同研究において、階層型IDベース暗号における鍵失効を標準的仮定の下で実現する方式を提案し、論文誌Designs, Codes and Cryptographyに採録された。また筑波大学との共同研究では、ブロックチェーンを利用した封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、実装評価を行い、国内会議CSS2021にてCSS奨励賞を受賞した。

2. 量子コンピュータ時代に向けた暗号技術の安全性評価

- デジタル庁、総務省、経済産業省及び独立行政法人情報処理推進機構（IPA）と連携して行っているCRYPTREC<sup>\*1</sup>において、RSA 暗号及び楕円曲線暗号の鍵長に関する指標を提示した。さらに、耐量子計算機暗号ガイドライン及び高機能暗号ガイドラインの作成を開始し、令和4年度末に公開する予定である。平成28年度に公開された「CRYPTREC暗号技術ガイドライン（軽量暗号）」で紹介された暗号方式を含む代表的な軽量暗号の安全性評価に関する動向調査を実施し、技術報告書としてまとめた。また、デジタル署名EdDSAの実装性能評価を実施し、CRYPTREC暗号リストへの新規追加候補として問題が無いことを確認した。
- 耐量子計算機暗号である多変数公開鍵暗号の解読アルゴリズムとして利用されるグレブナー基底計算アルゴリズムを改良することで解読の計算コストの削減に成功し、多変数公開鍵暗号の安全な暗号パラメータの見積もりに貢献した。本成果はJSIAM Lettersに採録された。
- D-Wave、IBM Quantum<sup>\*2</sup>などの量子コンピュータを

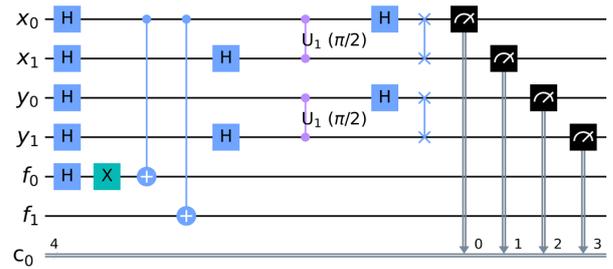


図3 量子コンピュータを用いた暗号解読に利用した実際の回路

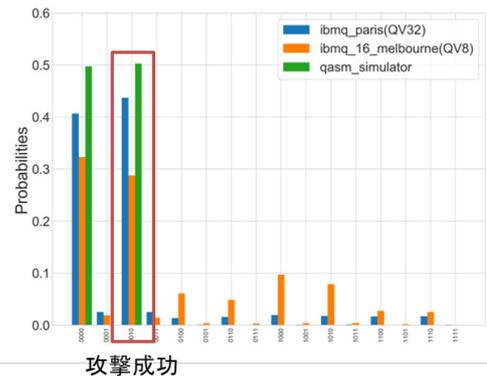


図4 量子コンピュータの解読結果と事前のシミュレーションとの比較

利用できる環境を整理するとともに、学校法人慶應義塾（慶應義塾大学）、株式会社三菱UFJフィナンシャル・グループ（MUFG）、株式会社みずほフィナンシャルグループ（MHFG）と協力して、量子コンピュータを用いた場合に2048ビットRSAが危殆化<sup>きたい</sup>する時期を評価した（図3、4）。また、この成果をCRYPTRECやNICTの量子ICT人材育成プログラム「NICT Quantum Camp（NQC）」にフィードバックした。

- 5Gとテレワーク時代における暗号技術の安全性評価として、ビデオ会議システムWebexなどで採用されるE2EE技術SFrameに対する安全性評価を兵庫県立大学、日本電気株式会社と共に実施し、3件の脆弱性を発見するとともに、脆弱性を悪用した3件の攻撃手法とこれらの攻撃への防御対策について提案した。本成果は国際会議ESORICS 2021に採録された。ビデオ会議システムZoomのE2EEに対して安全性評価を兵庫県立大学と共に実施し、6件の脆弱性を発見するとともに、脆弱性を悪用した8件の攻撃手法とこれらの攻撃への防御対策について提案した。本成果は国際会議ACISP 2021と論文誌IEEE Accessに採録され、CSECにて招待講演を実施した。

<sup>\*1</sup> CRYPTREC: Cryptography Research and Evaluation Committees、電子政府推奨暗号の安全性を評価・監視し、暗号技術の適切な実装法・運用法を調査・検討するプロジェクト

<sup>\*2</sup> D-Wave、IBM Quantum: 研究開発等に利用可能な商用量子コンピュータ

### ■概要

サイバーセキュリティネクサスは、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目的で、令和3年度より発足した。そのため、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。併せて、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。

### ■令和3年度の成果

#### 1. 産学官連携拠点のハードウェア基盤設備の設計・調達・構築

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・構築を行った。また、この基盤設備上に、大規模並列型サイバー攻撃分析環境、多種多様なサイバーセキュリティ関連情報の大規模集約データベース、セキュリティ機器テスト環境、セキュリティ人材育成基盤等の構築を行った。

#### 2. CYNEXの組織立ち上げと参画準備

サイバーセキュリティネクサス（CYNEX）の組織新規立ち上げに際し、職員の採用などの体制整備を進めるとともに、参画機関からの協力を得て要望やフィードバックを反映しつつ産学官連携拠点の枠組み構築が円滑に進むよう、初期参画予定組織から協力研究員2名を受け入れた。

令和5年度を目途に立ち上げを予定しているアライアンス体制を見据え、産学官連携を円滑に進めるため、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、体制の構築を開始した（図1）。

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、初期参画組織として想定される組織を対象に令和3年

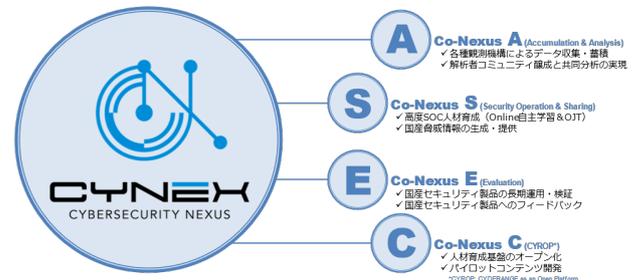


図1 4つの“Co-Nexus”によるプロジェクト推進

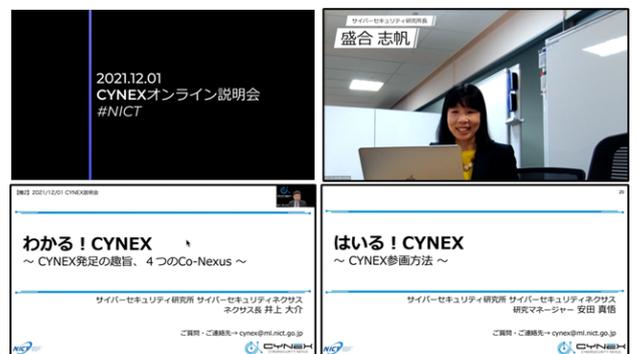


図2 2021年12月1日 CYNEXオンライン説明会の模様

12月1日に参画説明会を実施した（図2）。参画説明会には産学官40組織から69名の参加があり、37組織が参加申込を完了した。その結果、年度計画に記載した初期参画組織10～20機関程度の目標を達成した。

#### 3. Co-Nexus A（Accumulation & Analysis）

Co-Nexus Aでは、主に標的型攻撃に関するサイバー攻撃のデータ収集・分析活動として、実在の組織に送付されたメールを1日10万件以上収集し、標的型攻撃に利用されることの多いPDF、XLS、DOC、EXE、ZIP形式等が添付されたメールを抽出。その添付ファイルからマルウェア検体を収集した。そのマルウェア検体の中から接続先解析、表層／動的解析を通して選定した150検体余りに対してSTARDUSTを用いた動的活動観測を延べ333日行った。また、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の会合にて共有した。また、WarpDrive Projectを委託研究からNICT事業として移管すると共に、センサーエージェントの改修を行い導入の容易さを向上した。Co-Nexus Aの参画組織は30組織となった。

4. Co-Nexus S (Security Operation & Sharing)

Co-Nexus Sでは、高度SOC人材育成のためのオンライントレーニングカリキュラムを参画組織と共同で開発・システム導入し、解析チーム及び出向者を対象に受講を開始した。また、OJTでの高度SOC人材育成のため、PDS (Plan：目標・計画、Do：教育・OJT、See：スキル評価) サイクルを採用するとともに、セキュリティ知識分野人材スキルマップ (SecBok) に基づいたスキル定義を行い、OJT受け入れの準備を整えた (図3)。Co-Nexus Sの参画組織は6組織となった。

5. Co-Nexus E (Evaluation)

Co-Nexus Eでは、国産セキュリティ製品の評価のため、CYNEX Red Team (攻撃チーム) の立ち上げを開始し、NICT内ライブネットに届くリアルなサイバー攻撃だけに頼らない、模擬攻撃による能動的な検証に向けて、検証方法の検討・技術評価環境の構築を実施した。Co-Nexus Eの参画組織は4組織となった。

6. Co-Nexus C (CYROP：CYDERANGE as an Open Platform)

Co-Nexus Cでは、人材育成基盤のオープン化の取組の先駆けとして、ナショナルサイバートレーニングセンターのCYDER演習教材をベースとしたトレーニング環境を1社に提供し、当該事業者が演習事業を実施した (図4)。また、人材育成のパイロットコンテンツ開発として、大学等での演習講義を想定した演習コンテンツの共同開発を高知工科大学、高知工業高等専門学校、長崎県立大学と開始した。さらに、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ともに、KSAにマッピングされたモジュール構造を持つ演習課題の組合せによって、多様かつ柔軟な演習コンテンツの開発に着手した。Co-Nexus Cの参画組織は8組織となった。



図3 Co-Nexus Sにおける高度SOC人材育成

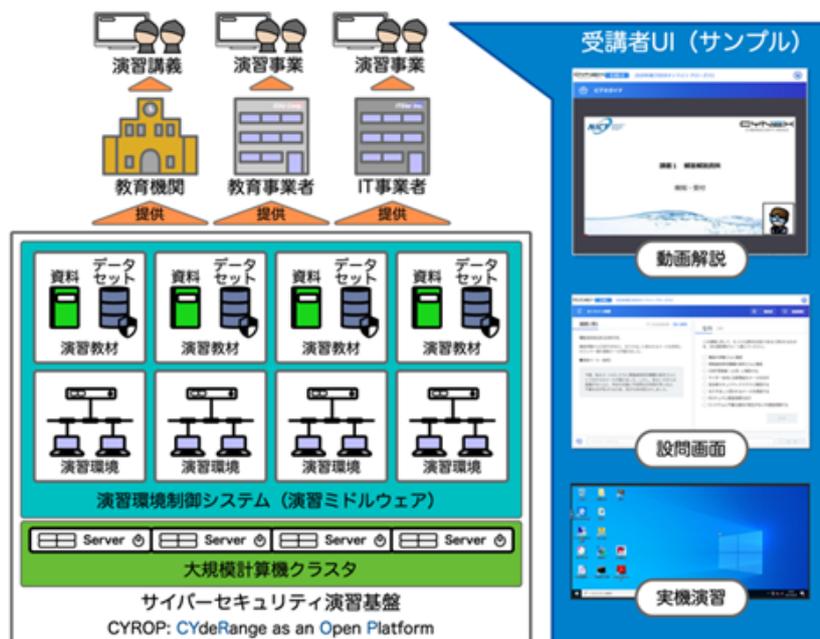


図4 Co-Nexus CにおけるCYROPのオープン化トライアル開始

## ■概要

ナショナルサイバートレーニングセンターは、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関であるNICTの技術的知見、研究成果及び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・推進する組織として、平成29年4月1日に設置された組織である。

当センターは、「サイバートレーニング事業推進室」と「サイバートレーニング研究室」で構成しており、相互に緊密な連携をとりながら、サイバーセキュリティやICTに係る人材育成事業として、「セキュリティオペレーター（実践的運用者）」育成事業及び「セキュリティイノベーター（革新的研究・開発者）」育成事業を行いつつ、これら事業に関連する研究・開発を行っている（図1）。

「セキュリティオペレーター」育成事業では、行政機関や民間企業等の組織内のセキュリティ運用者を対象に、所属組織が深刻なサイバー攻撃を受けた際、すなわち「有事」に即応可能なインシデント対応能力を育成することを目的に、実機を用いた実践的サイバー防御演習として「CYDER（サイダー）(CYDER: CYber Defense Exercisewith Recurrence)」及び「実践サイバー演習RPCI（リプシ、RPCI: Response Practice for Cyber Incident)」の2つの演習を実施している。

「セキュリティイノベーター」育成事業では、セキュリティマインドを持ち、既存ツールの運用にとどまらず、革新的なセキュリティソフトウェア等を自ら「研究・開発」していくことができるハイレベルな人材を育成することを目的とした「SecHack365（セックハックサンロクゴ）」を実施している。SecHack365では、若年層のICT人材を対象に、サイバーセキュリティに関するソフトウェア開発や研究、実験を1年間継続してモノづくりをし、その成果を発表する機会を提供する長期ハッカソンによる人材育成に取り組んでいる。

## ■主な記事

1. 「セキュリティオペレーター」育成事業  
(1) 「CYDER」の概要と実績（図2）

セキュリティ人材の育成が喫緊の課題となっている現在、当センターは、情報通信研究機構法第14条1項7号に基づく業務として、NICTが有する大規模サーバー群「StarBED」を活用することにより、大規模組織のネットワーク環境を擬似的に構築した上、NICTのサイバーセキュリティ研究に係る技術的知見を活用することで、最新のサイバー攻撃事例をベースとしたリアルな演習プログラムをコンパクトな日程で提供する実践的サイバー防御演習CYDERを、全国的に実施・展開している。受講者は仮想組織の情報システム担当者として演習に参加し、組織のネットワークを模した環境下で、サイバー攻撃の検知から対応、報告までの一連の流れが1日に凝縮されたプログラムを体験しながら学ぶことが可能となっている。

令和3年度においては、前年度に引き続き、全国47都道府県において合計100回以上の集合演習を実施した結果、平成25年度の演習開始からの累計受講者数が16,000人を超え、日本最大級のサイバーセキュリティ演習プログラムに成長した。また、従来のAコース（初級）Bコース（中級）に加えCコース（準上級）を新設し、多彩なコース設定で、初学者から熟練者までの学びをサポートした。一方で、会場に集合する形式の演習では、

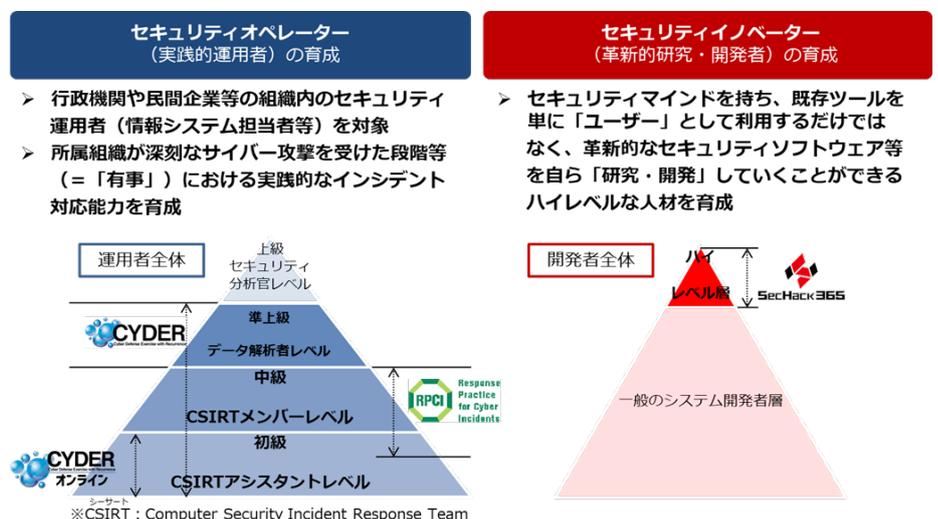


図1 ナショナルサイバートレーニングセンター事業概要

会場が遠い、開催日に都合が付かない等、時間的・地理的要因で参加が困難な未受講の地方公共団体などが受講できるようオンラインコースを新設し641名が受講した。

## (2) 「実践サイバー演習RPCI」の概要と実績 (図3)

これまでCYDERで培ってきたNICTの強みである大規模環境と実機演習のノウハウを活かし、情報処理安全確保支援士(登録セキスペ)の更新用の講習である特定講習向けのカリキュラムとシナリオを構築し、令和3年度から実践サイバー演習RPCIの提供を開始した。

技術に寄った講習を希望する情報処理安全確保支援士の受講者のニーズに対応する講習を提供し、受講者から高い満足度(受講者の56%が5段階評価で最上位の「大変満足」と回答)を得られた。感染症対策等を徹底し感染者を発生させることなく事業を完遂し、国家資格の更新講習として着実かつ高品質な演習の提供により我が国のサイバーセキュリティ人材育成に寄与した。

## 2. 「セキュリティイノベーター」育成事業

### (1) 「SecHack365」の概要 (図4)

当センターは、NICTが有する遠隔開発環境「NONSTOP」及び研究・開発に関する知見や人的資源という強みを活用することにより、ほかに類を見ない、1年を通して行われる、アイデアソン、ハッカソン、遠隔研究・開発、発表の組合せによる総合的能力開発プログラム「SecHack365 (セックハック サンロクゴ)」を

平成29年度から提供している。

### (2) 「SecHack365」の実績

実施5年目となる令和3年度においては、従来の対面式の集合イベントも検討したが、コロナ禍によりオンラインでの開催となった。4月1~15日の募集期間中203名から応募を受け付け、選抜された45名の受講者(トレーニー)に対し、セキュリティに関わる研究・開発のトレーニングを実施した。45名のトレーニーに対しては、従来の遠隔研究・開発環境の提供及びトレーナーからのオンラインでの遠隔指導と並行して、イベントウィークと呼ばれる作品作りの期間と、その間に設定したイベントデイと呼ばれる全員参加型のオンラインイベントを組み合わせ、9か月で計6回のイベントを実施した。1月末の最終発表では全員が事前収録動画で発表を行い、6人の優秀修了生を審査により選出した。3月には一般に向けオンラインでの成果発表会を実施し、全員のポスター展示と成果の発表を行った。平成30年度からは、修了生のコミュニティ構築にも着手し、コミュニケーションツールの導入や、修了生を対象としたイベント「SecHack365 Returns」を実施しているところであるが、NICTからの修了認定カードの発行、修了生用のコミュニケーションツール及び成果収集や情報発信ツールとしての「修了生ポータルサイト」の運用を開始し、修了生の成果の収集とコミュニティの拡充を目指している。

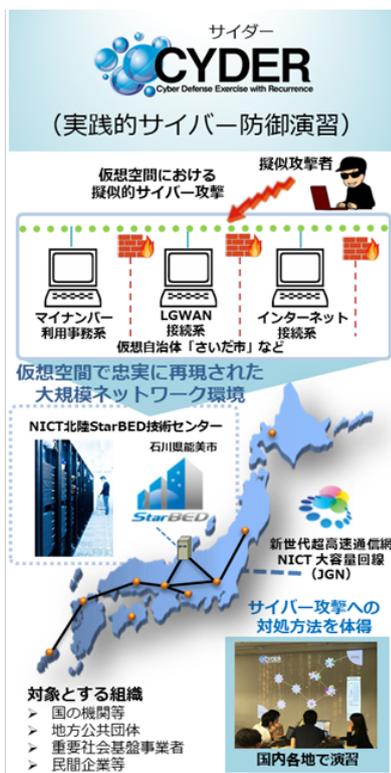


図2 CYDERの概要

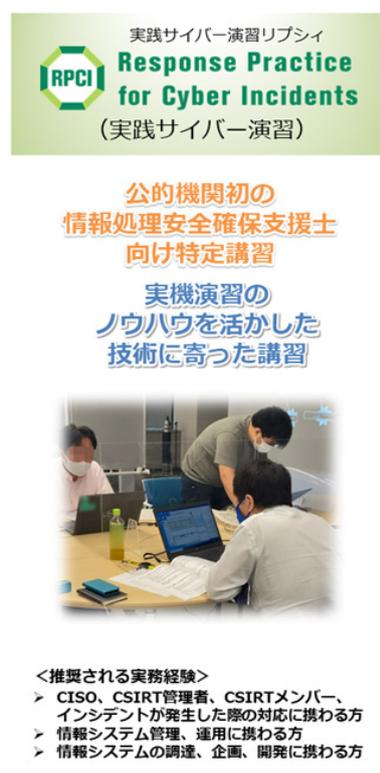


図3 実践サイバー演習RPCIの概要



図4 SecHack365の概要

## セキュリティ人材育成を通じて、更なる社会の安心・安全に貢献

## ■概要

サイバートレーニング事業推進室は、ナショナルサイバートレーニングセンターにおけるサイバーセキュリティ及びICTに係る人材育成事業を円滑に推進するための業務を担当している。

当センターでは、全国規模で毎年100回以上、累計約16,000人以上に対し実践的サイバー防衛演習「CYDER(サイダー)」を実施してきただけでなく、情報処理安全確保支援士の特定講習として認定されている「実践サイバー演習RPCI(リップシィ)」を実施している。さらに、若年ICT人材を対象に、若手セキュリティイノベーター育成プログラム「SecHack365(セックハック サンロクゴ)」を実施している。これら当センターが実施する演習等の事業を執行し、NICTの研究・開発成果を社会に還元するためには、以下の多種多様な業務を行う必要がある。

・演習等予算の確保及び関係省庁等連絡調整 ・事業方針の企画及び立案 ・年間演習計画の策定 ・予算及び要員等執行管理 ・演習等支援業者の選定、契約及び管理 ・演習会場、演習設備及び募集システム等管理 ・受講生の募集、受付及び受講者決定 ・周知啓発、広報及び取材対応 ・外部問い合わせ、見学及び情

務等の視察等対応 ・事業別実行委員会等(アドバイザーコミッティー、CYDER実行委員会及びSecHack365実行委員会)事務局運営及び実施

これらの業務は、当センターの事業執行の屋台骨を担う必要不可欠な業務である上、事業規模の拡大に伴い、その業務量が飛躍的に増えているとともに、重要性は一段と高まってきている。

## ■令和3年度の成果

## 1. CYDER演習の着実な広がり

平成25年度に開始されたCYDER演習は、当初、総務省を実施主体として東京都内を中心に年間受講者200人規模で実施されていたが、NICTに移管された平成28年度以降、現実には起きたサイバー攻撃の最新事例を踏まえたコース別に異なるシナリオを提供するとともに、演習会場の一部を、元来開催している県庁所在地から受講が望まれる地域でも設定するなどし、より多くの受講機会を確保するための取組をしてきた。その結果、演習規模は飛躍的に拡大してきており、令和3年度における累計受講者数は16,000人を超え、国内最大規模の演習に成長した(図1)。

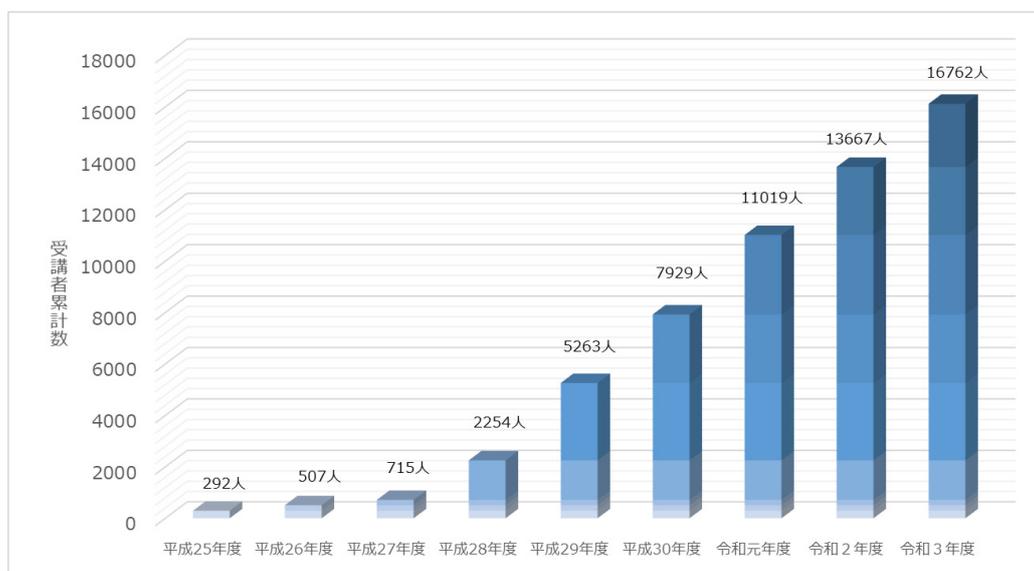


図1 CYDER集合演習累計受講者数の推移

令和3年度においては、従来のAコース（初級）Bコース（中級）に加えCコース（準上級）を新設し、全国47都道府県で合計105回の集合演習を開催し2,454人が受講した。一方で、会場に集合する形式の演習では、会場が遠い、開催日に都合が付かない等、時間的・地理的要因で参加が困難な未受講の地方公共団体などの要望に応えるためオンラインコースを新設し、641人が受講、集合演習とオンライン演習合計で3,095名のセキュリティオペレーターを育成した。

また、平成29年度から実施してきた省庁への広報活動が実を結び、デジタル庁が中央省庁向けに実施する情報システム統一研修事業を昨年度、一昨年度に引き続き当センターが受託して、合計58名に対する演習を実施するなど、CYDER演習の裾野は着実に広がってきている。

## 2. 実践サイバー演習RPCIの実施

令和3年度から公的機関初の情報処理安全確保支援士向け特定講習として実践サイバー演習「RPCI」を開始した。本講習を受講・修了することで、登録資格の更新に必要な実践講習（3年に1度受講必須）の要件を満たすことができる。

RPCIは当センターがサイバーセキュリティ人材育成事業で培ってきた実践的演習のノウハウ、NICTの強みである大規模演習環境やサイバーセキュリティ研究の知見を活かし、情報処理安全確保支援士（登録セキスペ）向けにシナリオを構成した講習である。

令和3年度においては全10回の演習を開催し、「事前オンライン学習」と「集合演習（ハンズオン&グループ

ワーク形式）」により、座学のみで終わらない本格的なトレーニングを提供した。

## 3. SecHack365…各コース実施内容の更なる充実と修了生コミュニティの継続支援

5年目となったSecHack365では、昨年度からの5コース制を継続しコースごとの特色を明確にすることで、受講者の多様なニーズに対する指導の充実を図った。新型コロナウイルス感染症の影響により、オンライン開催となったが、203名の応募者より選出された45名のトレーニーに対し、令和3年4月から令和4年2月までの間、イベントウィークと呼ぶリアルなコミュニケーションをとりながらの作品作りや各種教養を学ぶことに費やす期間と、その期間中に設定する全員参加型イベントを開催するイベントデイを組み合わせ、従来の集合イベントと同様の内容で計6回のイベントウィークを実施した。また、その成果を一般に向けて発表する場として3月に「成果発表会」をオンラインで開催した。

また、修了生コミュニティの構築も継続し、修了生を対象としたイベント「SecHack365 Returns」を実施(図2)や、修了生向けのコミュニケーションツールの導入として「修了生ポータルサイト」の作成を行った。

なお、今年度受講生は、1年間を通しての研究・開発、作品作りの成果として、「開発環境に馴染むWebアプリ向けFuzzingツールSecHackFuzz」、「Seknot あなただけの暗号資産で新しい世界を」等、優秀な作品を多数発表した。修了生の成果はSecHack365 Webサイトから確認できる。



図2 オンラインで開催された「SecHack365 成果発表会」の様子

セキュリティ人材育成の未来を切り拓く<sup>ひら</sup>

## ■概要

サイバートレーニング研究室は、ナショナルサイバートレーニングセンター内において、サイバーセキュリティないしICTに係る人材育成事業であるCYDER（サイダー）、実践サイバー演習RPCI（リブシィ）及びSecHack365（セックハック サンロクゴ）の演習及びプログラムの実施を主に技術的側面で支えつつ、当研究室固有の研究テーマとして、より効果的、効率的に演習事業を推進するための研究開発、他分野への応用に向けた技術開発及び外部への技術移転のための研究開発等に取り組んでいる。

セキュリティ人材不足が深刻な問題となっている現在において、一人でも多くのセキュリティ人材を迅速に育成する必要性から、セキュリティ人材育成を効率化し、その効果を最大化する必要性は非常に高いところ、当研究室は、その担当業務自体に存在する課題に直面しながら、その解決のための研究開発に取り組むという独自の立ち位置で業務を行っているところに、その特色と強みがある。

## ■令和3年度の成果

## 1 CYDERANGE（サイダーレンジ）の実運用

当研究室は、平成29年度までに、これまでのCYDERの事業運営を通じて得られた知見とNICTが有するサイバーセキュリティ研究に関する技術を活かし、演習シナリオの自動生成、演習環境の自動構築等を可能とする演習自動化システム「CYDERANGE」を開発した。平成30年度からCYDER事業においてCYDERANGEの本格運用を開始しており、令和元年度以降においても地方自治体向け、国の行政機関向けといったコースごとに、きめ細かく最適化されたサイバー演習環境等を、迅速かつ低コストに開発・運用している。

さらに、演習受講者数の拡大のためのオンライン演習を可能にする高度化開発に取り組んだ新たなCYDERANGEにおいては、受講者は自らのPCを用いて北陸 StarBED 技術センターの演習環境にリモート接続し、動画等による指導を受けながら実践的な演習に取り組むことができる（図1）。集合演習の会場に来ることなく、PCのWebブラウザのみで演習が完結するため、

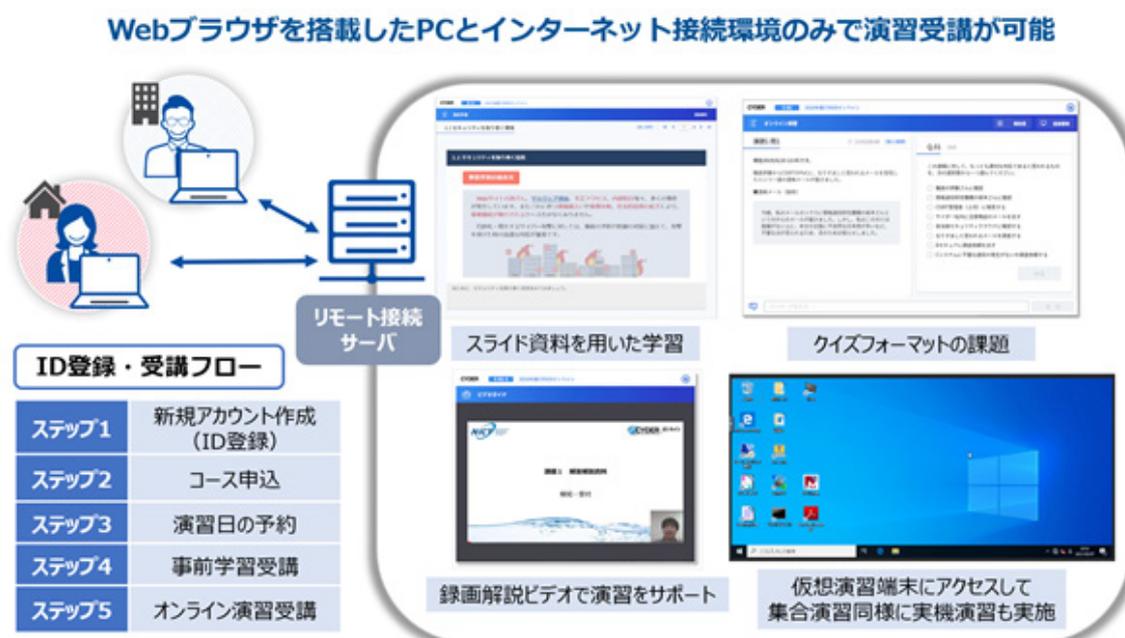


図1 CYDERオンラインAコース受講イメージ

特に時間的、地理的な理由により集合演習への参加を見送っていた受講対象者も容易に受講が可能となる。新たな CYDERANGE は令和 2 年度からはじめたテスト運用を経て、令和 3 年度より CYDER 事業において本格運用を開始した。

## 2 CYDER演習内容の拡充等

当センターは、実践的サイバー防御演習CYDER (CYDER: CYber Defense Exercise with Recurrence) を実施し、行政機関、重要インフラ等の情報システム担当者等が、組織のネットワーク環境を模擬した環境で実践的な防御演習を行うことができるプログラムを提供することにより、年間100回、3,000人を超える演習規模でセキュリティオペレーターを育成している。このうち当研究室では主に演習カリキュラムの策定、シナリオ開発、演習環境の構築・運用等を推進している。

CYDERでは、全47都道府県に展開する初級レベルの演習 (Aコース)、地方公共団体、国の行政機関、重要社会基盤事業者、民間企業等の中級レベルの演習 (Bコース) に加え、令和3年度からはサイバーコロッセオ演習におけるレガシーを活用した準上級レベル (Cコース) を提供し、それぞれのコースごとに受講対象者に応じた演習シナリオを用意した。受講者の学習効果を最大化するため、コースごとの詳細な教育マニュアルを作成し、提供する演習品質の維持向上に継続的に取り組んでいる。

受講者からのアンケートや受講後のヒアリングなどによる演習上の改善点の把握、インシデント事例の情報収集なども継続して行い、演習内容が受講者の業務環境に即したものになるよう努めている。また、受講者のキー入力、マウス操作、ウィンドウ操作等をパーソナルデータ保護に配慮しつつ記録するデータ収集エージェントにより収集された膨大なデータを、機械学習等の技術によって分析することで、演習による学習効果を精密に測定することが可能となる予定である。

演習で使用する環境は、NICTが有する大規模計算環境「StarBED」に受講者グループごとの専用環境を構築し、受講者が実際の業務で使用するネットワーク環境を

模した形で提供した。

会場に集合する形式の演習では、会場が遠い、開催日に都合が付かない等、時間的・地理的要因で参加が困難な未受講の地方公共団体などの要望に応えるため、日程・場所を問わず参加できるオンライン演習も令和3年度から正式にサービスの提供を開始し、当初目標を上回る641名が受講した。さらに、デジタル庁が中央省庁向けに実施する情報システム統一研修を昨年度、一昨年度に引き続き受託して、3回・58名に対する演習を実施するなど、活動の裾野の拡大を行った。

## 3 実践サイバー演習RPCIの実施

これまでCYDERで培ってきたNICTの強みである大規模環境と実機演習のノウハウを活かし、情報処理安全確保支援士 (登録セキスペ) の更新用の講習である特定講習向けのカリキュラムとシナリオを構築した。

技術に寄った講習を希望する情報処理安全確保支援士の受講者のニーズに対応する講習を提供し、受講者から高い満足度 (受講者の56%が5段階評価で最上位の「大変満足」と回答) を得られた。国家資格の更新講習として着実かつ高品質な演習の提供により我が国のサイバーセキュリティ人材育成に寄与した。

## 4 SecHack365の実施

平成29年度から開始された若手セキュリティイノベーター育成事業であるSecHack365では、当研究室において事業の企画と指導方針の策定等を担当するほか、当研究室のメンバーもトレーナーを務めている。令和3年度は新型コロナウイルス感染症の影響で前年度に続いてオンラインでの開催となったが、選抜された45名のトレーニーに対し、NICTが有する遠隔開発環境「NONSTOP」及び研究・開発に関する知見や人的資源という強みを活用することにより、他に類を見ない1年を通して行われる長期アイデアソン・ハッカソン、遠隔研究・開発、発表の組み合わせによる総合的能力開発プログラムを実施した。

### ■概要

NICTは、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、機構法附則第8条第2項の規定に基づき、NICTの有する技術的知見を活用して、日本国内に存在する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（インターネット・サービス・プロバイダ。以下「ISP」という。）への情報提供に関する業務を令和6年3月31日まで実施することとなっている。本業務を実施するナショナルサイバーオブザベーションセンターは、令和3年度より、第5期中長期計画に基づき、サイバーセキュリティ研究所の下で一体的に取り組むこととなった。令和3年度は、総務省や関係機関と連携しつつ調査業務を継続するとともに、調査対象プロトコルとして新たにHTTP/HTTPSに対する調査を実施した。

### ■令和3年度の成果

#### 1. IoT機器調査及び利用者への注意喚起の取組（NOTICE）

多種多様な機器がインターネットに接続し便利な機能が実現されるIoT（Internet of Thing：モノのインターネット）時代が到来している。IoT機器が社会に普及していく一方で、十分なセキュリティ対策が施されていないIoT機器を狙ったサイバー攻撃が社会問題となっている。特に、デフォルト設定等の容易に推測可能なID・パスワード設定のまま利用されているIoT機器（例えば、Webカメラやルーター、デジタルビデオレコーダー等）が不正プログラムに感染し、大規模なサイバー攻撃に悪用される事例が多発している。

IoT機器等を悪用したサイバー攻撃の深刻化を踏まえ、NICTの業務に、パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査等を追加（5年間の時限措置）する国立研究開発法人情報通信研究機構法の改正が行われ、平成30年11月1日に施行された。NICTでは、同改正及び実施計画の認可に伴い、ナショナルサイバーオブザベーションセンターを平成31年1月25日に設置し、総務省、NICT及びISPの連携の下、サイバー攻撃に悪用されるおそれのあるIoT機器の調査及び当該機器の利用者への注意喚起を行う取組「NOTICE（National Operation Towards IoT Clean Environment）」を平成31年2月20日より開始した。

#### 2. 調査の流れ

NOTICEプロジェクトにおけるNICTの役割は、日本国内に存在するサイバー攻撃に悪用されるおそれのあるIoT機器を発見し、当該機器の情報をISPへと通知することである。具体的には図1に示す流れで調査を実施している。以下、主要な調査手順について説明する。

##### (1) ポートスキャン

日本国内のグローバルIPアドレス（IPv4かつNOTICEに参加しているISPが利用するアドレスに限定）を対象として、複数の宛先ポート番号に対して通信を行い反応が返ってくるかを確認する。ポートスキャンでは、大量のIPアドレスに対して通信を行う必要があるため、オープンソースソフトウェアの高速スキャンツールであるMASSCANを用いている。

##### (2) バナー収集

ポートスキャン調査によって応答が得られたIPアドレス・ポート番号に対して実際にリクエスト等を送信し、機器からの応答（バナー）を収集する。収集されたバナーを分析することで、当該IPアドレス・ポート番号で稼働する機器が何の機器なのか判定したり、特定アクセスの対象となるID・パスワードによる認証要求を返す機器かを確認したりすることができる。バナー収集対象数はポートスキャン対象数に対して2桁のオーダーで少なくなるため、バナー収集では高速性よりも安定性と拡張性を考慮してオープンソースソフトウェアのZgrab 2.0を用いている。

##### (3) 特定アクセス

ID・パスワードによる認証要求のあった機器に対し、実際に容易に推測可能なID・パスワードを用いてログインを試みる行為を「特定アクセス行為」と呼ぶ。バナー収集の結果、NOTICEの調査対象プロトコルが動作しておりID・パスワードによる認証要求のあった機器に対して特定アクセス行為を行い、特定アクセスに成功する機器（＝サイバー攻撃に悪用されるおそれのある機器）であるか確認する。特定アクセスに用いるプログラムはNICTで開発したものである。

##### (4) ISPへの通知

特定アクセスに成功した機器について、当該機器への通信の送信元IPアドレス、送信先IPアドレス、通信日時（タイムスタンプ）等の情報を内容とする通信履歴等の

電磁的記録を作成し、ISPへと通知を行う。

### 3. 実施状況（令和3年度）

令和4年3月までの時点で、国内69社のISPがNOTICEへの参加手続きが完了している。当該ISPに係る約1.12億IPアドレスに対して約600種のID・パスワードを用いて調査を実施し、令和3年度では延べ21,024件が注意喚起対象としてISPへと通知された(図2)。調査の実施状況は、毎月NOTICEのWebサイト (<https://notice.go.jp/status>)にて公表されている。通知を受けた各ISPから機器の所有者に対して注意喚起が実施され、令和4年3月時点で注意喚起対象数はピーク時（令和2年12月時点）と比較し約17%の削減につながっている。なお、新たに接続された

IoT機器がNOTICE調査で発見され、通知数の増加につながるケースがあるため、NOTICEの注意喚起によって対処されたIoT機器は単純な通知件数の削減数よりも多いことが想定される。

また、令和3年度は、特定アクセスの調査対象プロトコルとして従来のTelnet及びSSHに加え、HTTP/HTTPSのID・パスワード認証（Basic認証及びDigest認証）に対する特定アクセス機能を実現し、令和4年3月に予備調査を実施した。予備調査で発見したIoT機器については、令和4年度以降に機器所有者への注意喚起を行うことで、日本国内のIoT機器のセキュリティ対策向上へ貢献していく。

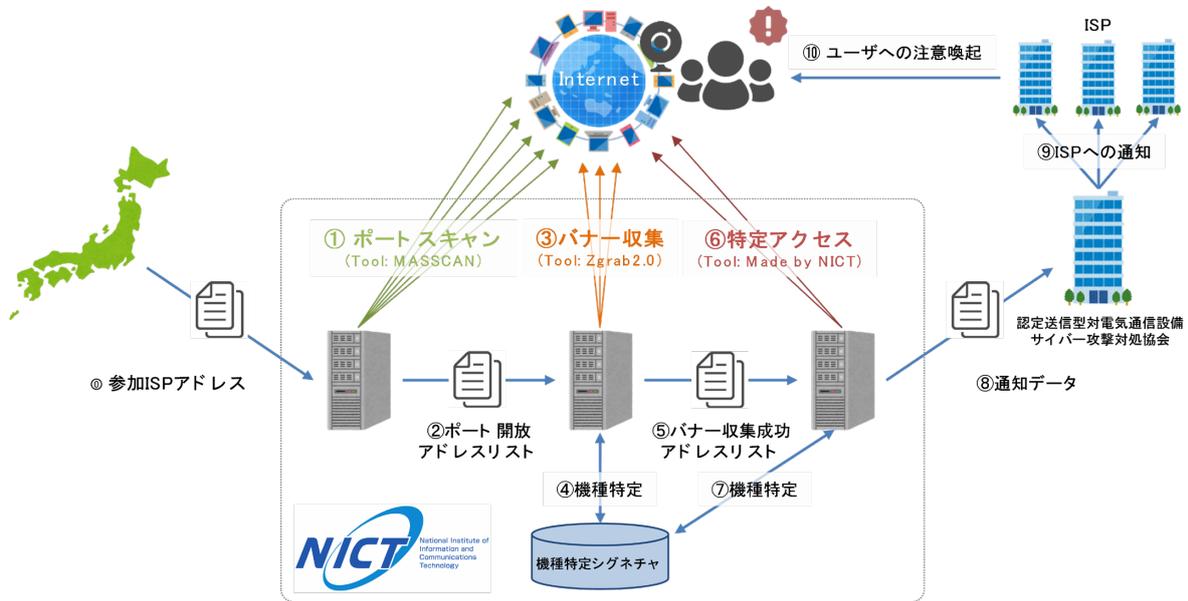


図1 IoT機器調査の流れ

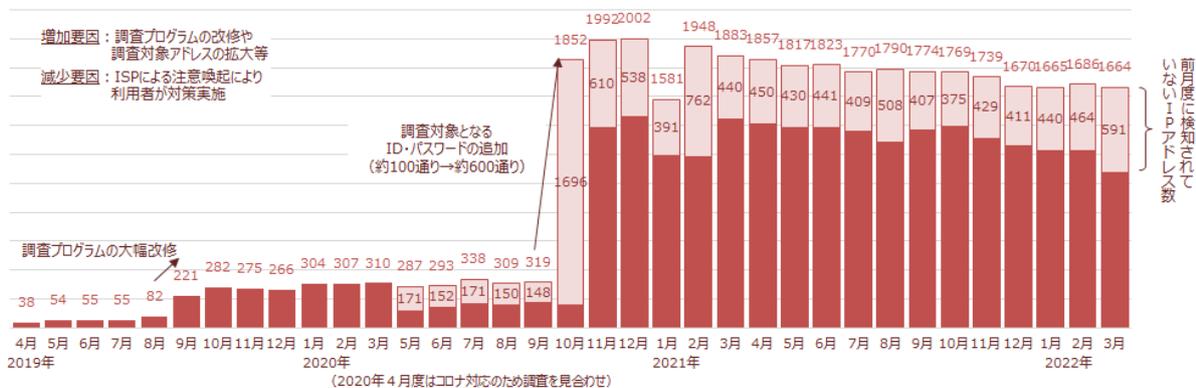


図2 NOTICEの実施状況（令和4年3月時点）





MICSUS : 内閣府 SIP 第二期にて KDDI 株式会社、NEC ソリューションイノベータ株式会社、株式会社日本総合研究所と共同開発

### 3.4 ユニバーサルコミュニケーション研究所

#### 3.4.1 先進的音声翻訳研究開発推進センター

##### 3.4.1.1 先進的音声技術研究室

##### 3.4.1.2 先進的翻訳技術研究室

#### 3.4.2 データ駆動知能システム研究センター

#### 3.4.3 統合ビッグデータ研究センター

#### 3.4.4 先進的リアリティ技術総合研究室

### ■概要

ユニバーサルコミュニケーション研究所 (UCRI) では、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、スマートデータ利活用基盤技術の研究開発を実施している。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んでいる。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ことを目指している。

研究開発の具体的な内容は、本年報中、**3.4.1** 先進的音声翻訳研究開発推進センター、**3.4.2** データ駆動知能システム研究センター、**3.4.3** 統合ビッグデータ研究センター、**3.4.4** 先進的リアリティ技術総合研究室の項を参照いただきたい。以下では、研究開発の主な成果と、成果の社会展開・地域連携活動について記載する。

### ■主な記事

#### 1. 多言語コミュニケーション技術の研究開発

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）<sup>1)</sup>に基づき、同時通訳技術の研究開発を進め、チャンク（文より短い翻訳単位）を深層学習した分割モデルに従って翻訳するアルゴリズムを開発した。音声合成では、GPGPUを使用する方式に迫る、CPU版の高品質音声合成モデルを開発した。東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会では、NICTの技術を活用した製品・サービスが活用されるとともに、同時通訳プロトタイプデモシステムを用いた実証実験も行われた。NICTの音声翻訳技術の多分野での活用も拡大している。

#### 2. 社会知コミュニケーション技術の研究開発

自動並列化深層学習ミドルウェアRaNNCの高度化を行い、さらにPyTorch Annual Hackathon 2021で1位を獲得した。詳細で正確な意味的關係を抽出する技術を開発し、世界最大規模の日本語の意味的關係知識を獲得した。これを用いて、複雑な文間の意味的關係の仮説を生成する技術も開発した。高齢者介護支援用マルチモーダ

ル音声対話システムMICSUSの研究開発を進め、実証実験を実施し、YES/NOの意味解釈を94.3%というほぼ完璧な精度で行うという良好な結果を得た。防災用チャットロボットSOCDAは商用化が進展し、実災害でも活用された。

#### 3. スマートデータ利活用基盤技術の研究開発

プライベートデータを保護したまま予測の性能改善を図る連合型データ連携分析について、新たな連合学習方式を設計し、エッジ、プラットフォームの双方で学習性能を改善できることを示した。複合イベント予測について新たな手法を開発し、異常気象等による混雑の時系列発生パターンの予測等で、予測精度と処理速度を同時に向上させた。これまでに研究開発した成果をxDataプラットフォームの情報資産として整理し、ASEAN IVOなどで利活用拡大に向けた活動を進めた。また、事業者と連携した自治体とのパイロット試験を実施した。

#### 4. 先進的リアリティ技術の研究開発

カメラ1台の映像から個人のリアルな3Dアバターを構築し、表情や動作を豊かに再現するREXR（Realistic and EXpressive avataR：レクサー）技術を開発し、報道発表を行った。本技術では、特殊なセンサや多数のカメラは不要であり、複数のAIモジュールを連動させて身体と顔の統合モデルを構築する。また、「Beyond 5GとXR技術の融合」をテーマとして産学官連携を進め、戦略的プログラムオフィスと共にURCF（超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム）内に「XR遠隔コミュニケーションWG」を発足させた。

#### 5. 国のAI戦略への貢献

第5期中長期計画の開始にあたり、NICTではAIを戦略的に進めるべき研究領域の1つとして位置づけ、UCRIにAI研究開発本部を設置した。AI研究開発本部では、CiNet等のNICT内の他研究所及び経営企画部と連携して、国の定めるAI戦略2021<sup>2)</sup>（令和3年6月11日、統合イノベーション戦略推進会議）に基づき、それに貢献する研究開発を推進している。また、産業技術総合研究所及び理化学研究所と共に「人工知能研究開発ネットワーク」に中核センター群として参画し、情報発信等の活動

を行っている。

## 6. けいはんな学研都市における地域連携活動

けいはんな学研都市及び近隣地域に立地する企業・大学・公的機関等の協力の下、研究成果の発信、相互連携の促進、地域への貢献を行うことを目的とした地域連携イベント「けいはんなR&Dフェア」を、令和3年11月にオンラインで3日間開催した(図1)。講演は、Zoomで383名、YouTube Liveで240名のユニークユーザーに視聴いただいた。Web展示でも、ツールを用いた質疑応答等を実施した。本フェアの併設イベント及び高度言語情報融合フォーラム(ALAGIN)のイベントとして、中高生を対象に「多言語音声翻訳ハッカソン」を実施した。

けいはんなの産学官連携を進めるために設置されている「けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会」の活動として、けいはんな情報通信オープンラボシンポジウム2021「遠隔コミュニケーション技術がもたらす、新たな社会的価値の創出」を令和4年2月にオンラインで開催した。今回は、UCRIが研究開発を進めているXR技術と音声翻訳技術及びその接点をテーマとし、例年を大きく上回る243名の参加者があった(図2)。

## 7. 今後の展開

UCRIでは、引き続き上記技術の研究開発と社会実装に取り組み、国際ビジネス・高齢者ケア・環境リスク低減等における言葉の壁・知識の壁・データ利活用の壁をなくし、社会課題の解決や新たな価値創造等に貢献することを目指す。

<sup>1</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000678485.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000678485.pdf)

<sup>2</sup> <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/index.html>



図1 けいはんなR&Dフェア2021トップページ

2/25 (金)開催 **けいはんな情報通信 オープンラボシンポジウム2021**

● 遠隔コミュニケーション技術がもたらす、新たな社会的価値の創出 ●

**日時：2022年2月25日(金) 13:00~16:30**  
**会場：Zoom Webinarを使用したオンライン開催**  
 参加申込 [https://zoom.us/webinar/register/WN\\_LXnEBZD2QNS-ssY6iWrvdg](https://zoom.us/webinar/register/WN_LXnEBZD2QNS-ssY6iWrvdg)

■主催：けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会 (<https://www.khn-openlab.jp/>)  
 ■共催(予定)：(公社)関西経済連合会、(国研)情報通信研究機構、総務省近畿総合通信局、(公財)関西文化学術研究都市推進機構  
 ■定員：150名(定員になり次第締切ります)  
 ■費用：無料

けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会は、情報通信技術の産学官連携による研究開発を支援し、新技術を新たな産業の創出に展開するとともに、国際標準化活動の支援や研究者人材育成の取り組みを行っています。近年、グローバル化が加速するとともに、昨今のコロナ禍により、遠隔会議によるコミュニケーションが広がり、遠隔コミュニケーションがニューノーマルとなりつつあります。今回のシンポジウムでは、このような遠隔コミュニケーションを可能とするXR技術と音声翻訳技術、及び、その接点に着目し、これらの技術がもたらす新たな社会的価値の創出について、産業界の第一線の方々よりご講演をいただきます。どなた様も参加いただけますので、是非オンライン会場にお越しください。

プログラム	
<p>■ <b>開会挨拶</b> (13:00 ~ 13:05)</p> <p>けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会 運営研究部会長 内元 清貴 (情報通信研究機構)</p> <p>■ <b>基調講演</b> (13:05 ~ 14:05)</p> <p>「<b>人間拡張による遠隔コミュニケーションの未来</b>」 凸版印刷株式会社 情報コミュニケーション事業本部 事業開発本部 事業推進部 EDIT 兼 R&amp;D部 インキュベーション1 TOPPAN FUTURE SOCIETY LABO 部長 名塚 一郎 氏</p> <p>■ <b>XR技術を使った地域共創型まちづくり紹介</b> (14:05 ~ 14:35)</p> <p>「<b>地域共創型XRまちづくり「PARALLEL CITY事業」の取組み</b>」 大日本印刷株式会社 ABセンターDX事業開発本部 地域創生事業推進ユニット 事業開発ディレクター 小田 将史 氏</p> <p>【休憩】 (14:35 ~ 14:50)</p>	<p>■ <b>トークセッション</b> (14:50 ~ 15:50)</p> <p>「<b>遠隔コミュニケーション技術の活用事例の紹介 ～東京2020オリンピック・パラリンピック 競技大会と今後について～</b>」 ヤマハ株式会社 クラウドビジネス推進部 サービスプロデュースグループ グループリーダー 瀬戸 俊樹 氏 東京都オリンピック・パラリンピック準備局 安 登 里 美 氏 公益財団法人 東京オリンピック・パラリンピック競技大会 組織委員会 園田 一 誠 氏</p> <p>■ <b>WG活動報告</b> (15:50 ~ 16:20)</p> <p>「<b>オープン光ネットワーク基盤WGの活動と 5G/6G時代の通信インフラ</b>」 けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会 IoTネットワーク基盤分科会 オープン光ネットワーク基盤WG 主査 釣合 剛宏 (KDDI総合研究所)</p> <p>■ <b>閉会挨拶</b> (16:20 ~ 16:25)</p> <p>関西文化学術研究都市推進機構 理事 江見 和明 氏</p> <p>【アンケート】 (16:25 ~ 16:30)</p>

■お申し込み方法 Web入力にてお申し込みください。  
 Web入力先: [https://zoom.us/webinar/register/WN\\_LXnEBZD2QNS-ssY6iWrvdg](https://zoom.us/webinar/register/WN_LXnEBZD2QNS-ssY6iWrvdg)

■お問い合わせ けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会事務局  
E-mail: [kyogikai-info@khnucrt.go.jp](mailto:kyogikai-info@khnucrt.go.jp) Tel: 0774-98-6805 Fax: 0774-98-6955

図2 けいはんな情報通信オープンラボシンポジウム2021リーフレット

## ■概要

先進的音声翻訳研究開発推進センター（ASTREC）は、世界の「言葉の壁」をなくし、グローバルで自由な交流を実現することを目的としたグローバルコミュニケーション計画<sup>1</sup>に基づき、多言語音声翻訳技術の研究開発及び社会実装を推進してきた。令和2年3月には、2025年に向けたAIによる「同時通訳」の実現など多言語翻訳技術の更なる高度化を推進する目的で、総務省施策グローバルコミュニケーション計画2025<sup>2</sup>（以下、「GC計画2025」という。）が発表された。

令和3年度からの第5期中長期計画では、GC計画2025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している。これらの具体的な内容は、本年報中、3.4.1.1先進的音声技術研究室、3.4.1.2先進的翻訳技術研究室の項を参照いただきたい。

社会実装においては、令和3年度は、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会（以下「東京2020大会」という。）期間中、VoiceTraをはじめNICTの技術を使ったシステムが活用されたほか、競技会場における実証実験も実施した。さらに、音声翻訳の精度向上と対応言語数及び対応分野の拡充、同時通訳技術の研究開発成果を用いたデモシステムの開発、外部機関との実証実験を実施し、NICTの技術の利用が更に拡大した。



図1 東京2020大会におけるVoiceTraの利用状況

## ■主な記事

## 1. 東京2020大会における活用

東京2020大会において、ボランティア向けの冊子にVoiceTraや、NICTの技術を活用した“はなして翻訳（NTTドコモ）”、こえとら（フィート）が紹介され、活用された。VoiceTraは、都内の競技会場や選手村周辺で、大会前後と比較して1,000件/日程度多く利用されたと推定される（図1）。NICTの技術を利用しているPOCKETALK（ポケットーク）も、都内の競技会場や選手村等に約300台配備され、活用された。また、総務省からの受託研究「多言語翻訳技術の高度化に関する研究開発」の枠組で、ヤマハと協力して、日本語・英語のMCアナウンサーの音声を、NICTの技術を用いて文字化・配信する実証実験を行い、約40のほとんどの会場にて活用された。

NICTは、大会前の組織委員会のイベントにも協力しており、東京都とも各種イベントでのVoiceTra実証実験、多言語字幕付与実験や出展等を行ってきた。このような活動が評価され、NICT及びNICTが事務局をつとめる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。）<sup>3</sup>は、大会後、東京2020大会組織委員会より感謝状を頂いた（図2）。

## 2. 産学官連携による研究開発と社会実装への取組

GCP協議会は、産学官の力を集結して、GC計画2025の推進に資することを目的に活動している。令和3年度は、総会、普及促進部会、技術部会に加え、令和4年3月に一般も対象とした自動翻訳シンポジウムを開催し、約570名が参加した。また、同時通訳技術のアピールとし



図2 東京2020大会組織委員会からの感謝状

て、日本国際博覧会協会と協力し、講演の字幕表示を行う実証実験に貢献した。中高生に音声翻訳APIに触れてもらうハッカソンも実施した。これらの活動により、NICTの技術移転先の作成した多言語翻訳システムの利用は、報道件数で新たに57件確認された。

公共応用に関しては、警察関連で、NICTの技術を用いた警察庁のシステムや独自のオンプレの利用が進んでおり、15道府県警ではVoiceTraの利用も継続されている。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724本部中、671本部（92.7%）で導入されている（令和4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。

「翻訳バンク」の活動としては、金融庁と協力しての翻訳文書の大量収集や、名古屋大学からの外国人研究者や留学生等のための事務的文書の大規模な対訳データの提供など、新たに5者から提供を受け、辞書・コーパスの提供組織は92者となった。収集した辞書等はVoiceTraの基盤となる音声翻訳エンジン・サーバで活用されたほか、金融分野での高精度の翻訳システムの技術移転を令和4年3月から開始し、3社にライセンスした。

さらに、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ISO/IEC27001の認証を令和4年3月に取得した。

### 3. 民間企業等への技術移転

技術移転に向けて、新たに15件の特許出願及び国内移行手続きを行った。特許登録は新たに11件増えた。

NICT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新たに3件（3者）増え、計49件（42者）となり、NICTの技術を活用した商用製品・サービスも新たに11件生まれた<sup>4</sup>。既存の製品・サービスも、自治体・医療・製造業・IT関連企業をはじめ、多数の分野・業界で利用が拡大している。特に、POCKETALK Sや凸版印刷の「VoiceBiz」、コニカミノルタの「MELON」が、新型コロナウイルスワクチン接種会場や感染者の宿泊療養施設向けに提供され、活用されるなど、音声翻訳技術の利用が拡大した。

### 4. VoiceTra及び同時通訳プロトタイプシステムの開発・改良

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、プロダクティブ版言語識別の導入を行った（図3）。VoiceTraのダウンロード数は、今年度に約100万件増加し、累計で約659万件、シリーズ累計では約792万件（令和4年3月末時点）となった。また、逐次音声翻訳から同時通訳への発展状況を示すものとして、現在までの技術で構成したライブ音声翻訳サーバの開発・改良を行い、東京2020大会やCEATECにおける実証実験にて活用するとともに、そのデモシステム・アプリを製作して、展示や視察で活用した（図4）。

### 5. 今後の展開

引き続き、GC計画2025に基づいて同時通訳技術の研究開発を進めるとともに、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んでいく。



図3 令和3年度におけるVoiceTraの進化



図4 同時通訳デモシステム

<sup>1</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000285578.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000285578.pdf)

<sup>2</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000678485.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000678485.pdf)

<sup>3</sup> <https://gcp.nict.go.jp/>

<sup>4</sup> [https://gcp.nict.go.jp/news/products\\_and\\_services\\_GCP.pdf](https://gcp.nict.go.jp/news/products_and_services_GCP.pdf)

## 講演・会議の同時通訳に向けた音声の認識・合成技術の研究開発

## ■概要

当研究室では、第5期中長期計画において次の3つの研究開発課題に取り組んでいる。第一に、日英中等の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の音声を実用的な精度で自動文字化するための音声認識技術。音声認識精度の向上においては、モデル化手法の改良と並行して音声認識モデルを学習するための大規模な音声コーパス（音声とその内容を文字起こししたテキストを大量に集積したデータ）の構築が不可欠である。第二に、翻訳結果等を円滑に伝達するための肉声レベルの音声を合成する技術及び自然性劣化を極力抑えつつ、話速等の声質を制御する技術。音声合成においてもモデル化手法の改良とモデル学習用音声コーパスの構築を並行して進めることが重要である。第三に、日常会話の音声認識及び音声合成に関して対象とする言語の拡大。現在は、特定技能制度によりわが国に在留する外国人の生活・仕事を支援することを目的として、ネパール、クメール、モンゴルの各言語をおもな対象としている。

令和3年度は、第一の課題に関して日英中各言語の模擬講演・模擬会議の音声コーパスの拡充及び日英両言語の音声認識精度の改良を行った。また、音声認識エンジンに関して処理遅延時間を短縮するとともに、1時間程度の安定動作を可能とした。第二の課題に関して汎用のCPUを用いてリアルタイムで音声合成可能なニューラルネット型の音声合成モデルを開発した。さらに、伸縮可能範囲が広い話速変換技術を開発した。第三の課題に関して前記3言語の音声認識用音声コーパスの拡充、音声認識精度の改良及び従来方式による音声合成モデルの開発を行った。

## ■令和3年度の成果

## 1. 講演・会議の音声認識

講演、議論における発声では、音声翻訳アプリ等でスマートフォンに向かって1文ずつ丁寧に発話する場合と異なり、正確に調音しようとする意識が働きにくいために明瞭性が低下し、音響的特徴の分布も変化する傾向がある。このような音声を明瞭に発話された音声用の音響モデルで識別しようとすると、音声の特徴量が識別境界

から外れるために認識精度が大きく劣化する。これに対処するため、すでに構築済みの明瞭に発話された音声コーパス（日英中韓は2,000時間、その他の言語は1,000時間）を基本として、明瞭性が低下した音声のコーパスを30%程度追加して音響モデルを学習し、識別境界をそのような音声に適応させる。音声コーパスの素材は、実際の講演、会議から取得することが望ましいが、機密保持、個人情報保護、著作権保護など解決困難な課題が多いことから、模擬講演、模擬会議を中心としてコーパス構築を進めている。令和3年度は、日英中の3言語について発話時の状況設定を改まった場面から気楽な場面の間で複数通りに設定することで合計1,050時間の音声コーパスを構築した。前年度に構築した音声コーパスを用いるなどして音声認識モデルの改良を行い、模擬講演・模擬会議の音声において日本語では人間レベル、英語では実用レベルの精度を達成した。リアルな講演の音声認識においては、現時点では、日本語では実験レベルの精度である。なお、音声認識精度は、単語誤り率で定量的に測定可能であるが、テスト用音声データの内容によって数値が大きく変動するため、公表する際には、表1のような言葉で表すこととしている。

講演、会議等の長文の音声認識では、部分認識結果を遅滞なく返却することが良好なユーザ体験を与える上で有効であることから、アルゴリズム及び音響モデルの改良を行い、文中の単語が音声認識エンジンに入力されてから結果が出力されるまでに4.1秒要していたものを2.1秒に短縮した。

## 2. 肉声レベルの音声合成

前年度に日本語についてニューラルネットを用いた高品質音声合成モデルを開発したが、音声翻訳サービスなどリアルタイム性が必要な用途では、計算を高速に行うためにGPGPUが必要であった。しかしながら、GPGPU

表1 音声認識精度の区分

S	人間レベル	音声認識結果を問題なく読んで理解できる
A	実用レベル	軽微な誤りがあるが音声認識結果を読んで十分に理解できる
B	準実用レベル	誤りがあるが音声認識結果を読んである程度理解できる
C	実験レベル	誤りが多く音声認識結果を読んで理解するのが難しい
D	試作レベル	誤りが多く音声認識結果を読んで理解するのが極めて困難

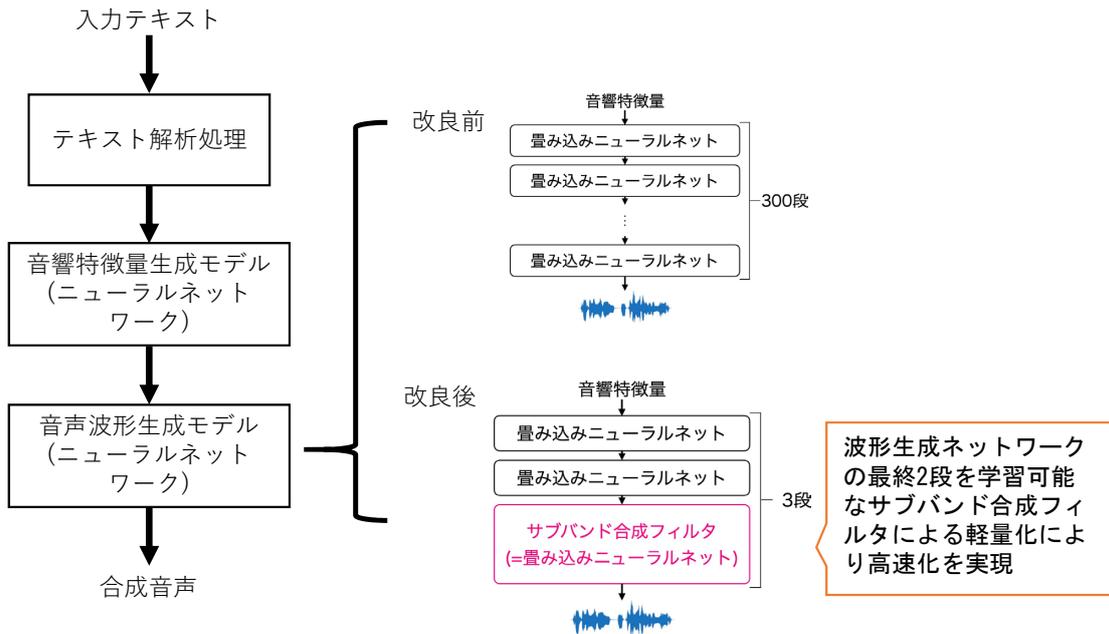


図1 汎用CPUで動作可能な高速・高音質ニューラル音声合成の開発

は高価な装置であるため、これを必要とする音声合成システムを導入することは、経済的ハードルが高く、汎用CPUで高速処理可能な従来方式からの置換が進まない懸念があることから、汎用のCPUのみを使用し、リアルタイム動作可能な音声合成モデルを開発した。波形生成モデルの構成を工夫した結果（図1）、CPUにより音声時間長の0.15倍の計算時間（6.7倍速）で音声合成可能となった。この方式を日本語に適用し、音質の自然性を主観評価実験により5段階評価したところ、MOS（Mean Opinion Score）値が男声、女声とも4.3であった。これは、GPGPUを使用する方式と同等であり、肉声に近い値（4.5程度）である。開発した方式をわが国において需要の多い英語、中国語、韓国語及びベトナム語に適用し、多様なテキストが入力された場合の頑健性強化等を行った上で実証実験システムVoiceTraで一般に公開するとともに、商用ライセンスを開始した。

### 3. 声質制御

音声合成の応用においては、話速の変更が有用であることが多い。例えば自動同時通訳サービスにおいて翻訳結果をテキストと合成音声の両方の手段で伝える場合、両者の表出速度差を短縮するために話速を速くすることが有効である。人間が話す速さを変える場合、発話全体が一様に伸縮するのではなく、音素（言語音声の最小の単位であり、言語ごとに異なる。日本語では、母音と子音合わせて40個程度ある）ごとに伸び縮みのしやすさが異なることが従来から知られている。そこで、音素の継続時間長の分散を考慮して伸縮率を推定する方式を

表2 合成音質の区分

S	人間レベル	読み誤りが少なく、ほとんどのテキストを肉声と遜色のない音質で読み上げる
A	実用レベル	読み誤りが少なく、ほとんどのテキストを明瞭かつ自然に読み上げる
B	準実用レベル	読み誤りが多少あるが、明瞭性・自然性は実用上は問題ない
C	実験レベル	読み誤りがあるが、明瞭性は許容範囲で内容の理解は可能である
D	試作レベル	読み誤りや不明瞭箇所があって聞き取りが困難なことがある

CPUのみで高速動作する音声合成モデルに導入し、伸縮時の音質劣化を主観実験により評価したところ、伸縮率0.75倍から1.25倍の範囲では大幅な音質劣化のないことを確認した。

### 4. 日常会話の音声認識・音声合成

音声認識用音響モデルの学習データとして、模擬の日常会話を行ってネパール語、クメール語及びモンゴル語について合計1,450時間の音声コーパスを構築した。これらのコーパス等を利用して音声認識モデルを改良し、ネパール語、モンゴル語の日常会話の音声認識において準実用レベル、クメール語においては実用レベル（レベルの定義はいずれも表1に記載）の認識精度を達成した。これらの成果は、順次VoiceTraで公開した。

ネパール語、クメール語及びモンゴル語の音声合成に関して、従来方式である隠れマルコフモデルを用いた音声合成モデルを開発し、ネパール語とクメール語で準実用レベル、モンゴル語で実験レベルの品質を達成し、3言語とも商用ライセンスを開始した。なお、音声合成の品質は、MOS値で測定する自然性だけでなく、読み生成処理の精度にも左右され、これは適用対象ジャンルに大きく依存することから、公表する際には、表2のような言葉で表すこととしている。

## 自動翻訳技術の研究・開発と多言語・多分野での社会実装

## ■概要

世界中に一気にリモート会議が普及した新しい環境の中で、自動化された逐次通訳が上市され利用の増大が期待されている。自動逐次通訳には克服すべき大きな課題がある。それは、逐次通訳を介したコミュニケーションの効率の悪さ、すなわち、相手に話が伝わるまでに話す時間と通訳する時間を合わせた倍の時間を要することである。

本研究室では自動同時通訳の実用化を実現するために以下を進めている。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。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。並行して、自動同時通訳技術の要素技術の公開や社会実装も実施している。

本研究の一部は、総務省施策GCP2025<sup>\*1</sup>で公募された委託「多言語翻訳技術の高度化に関する研究開発」に採択され実施している。

## ■令和3年度の成果

## 1. 同時通訳の低遅延性をコンピュータで実現する

「令和2年度末に試作完了した同時通訳にかかわる日英データ(同時通訳コーパス)」に含まれる人手分割から、同時通訳のチャンク（文より短い翻訳単位）を深層学習<sup>\*2</sup>した分割モデルに従って翻訳するアルゴリズムを開発しプログラムとして実装した（図1）。日英の実験では、入力の平均単語数はおおよそ20で、文分割、チャンク分

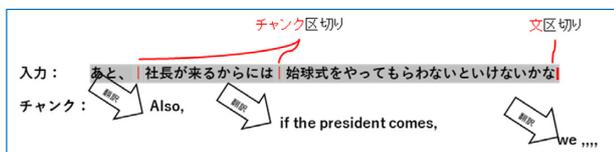


図1 チャンクと文の2種類の区切り

割の平均単語数はそれぞれおおよそ12、7であり、遅延がそれぞれおおよそ8、13（語）少なくなることを確認した。遅延を縮小するために行うチャンク分割では翻訳への情報入力文全体に比べて欠落するので必然的な副作用として翻訳精度BLEUは約1割劣化する。文末において再度入力をまとめた文で機械翻訳を実施して翻訳精度の劣化を補償する手法を創出した（世界初：特願2021-27112）。前記の同時通訳コーパスについて日英を増量し多言語化（中韓越）に着手した（2021年度に構築した分は2022年度において研究開発に用いる）。

## 2. 収集した対訳データと活用アルゴリズムの改良で多言語化を進める

対訳データに翻訳方向（翻訳のSOURCE側言語とTARGET側言語の組）を表すタグを付加して、モデルを学習する手法を創出した。1個のモデルで全翻訳方向を扱えることから、ユニバーサル・モデルと呼ぶことにする。30言語に対して全言語対をカバーするユニバーサル・モデルを試作、評価し、大多数の翻訳方向で従来手法を上回る精度（BLEU）を確認できた。870（30\*29）個のモデルの総体が1個のユニバーサル・モデルで置換可能となり、30言語間の全方向翻訳を個別モデルによる実装に比べて1/870の省スペースで実現することが可能となり、社会実装時のリソース・コストの大幅な削減を実現できる。令和3年11月末に試用アプリであるVoiceTra<sup>\*3</sup>に搭載し、運用評価を開始した（パッケージングして令和4年5月に技術移転開始予定）。

## 3. 収集した対訳データと活用アルゴリズムの改良で多分野化を進める

現在の自動翻訳では、表1に例示したように、SNSに見られる崩れたテキスト、例えば(a)は(b)のような不適切な翻訳をする。これはSNSの対訳データが少量しか存在しないことから来る問題である。本研究室では、対訳データ依存性を最小化する技術を研究しており、単

表1 SNSの翻訳

(a) 入力	#COVID19 in NYC, plz dont go out and stay @home!!!
(b) 従来 MT の出力	#NYC の COVID19、PLZ は外出せず@home!
(c) 提案法の出力	#COVID19 NYC、外出しない、家に行ってください!!!

言語データや汎用言語モデルを活用した疑似対訳データを生成して、(c) のような適切な翻訳を得ることができると提案し、難関国際会議<sup>\*4</sup>に採択され発表した。

#### 4. 一文を越えた情報を考慮した翻訳技術を実装し実験のため公開する

一文を越えた情報を考慮した翻訳技術（今年度は、入力文の文脈を参照して日本語の主語を補って翻訳する手法）の試行を一般向けサイトTexTra<sup>\*5</sup>（図2）で公開している。

#### 5. 人間の同時通訳の能力評価について定式化を検討する

自動同時通訳の高度化に必要となる、同時通訳の能力評価に向けた基礎データの収集を行った。また、「自動翻訳の出力の品質推定の説明性」に関するコンテスト<sup>\*6</sup>に参加し、種々の尺度を活用する新たなニューラルネットワークを考案し「Best Overall Approach」を受賞した。

#### 6. 多分野化のための翻訳バンクのデータの加工・洗浄方法の研究開発を行う

総務省・NICTの連携による対訳データの大規模蓄積活動である翻訳バンクの多分野化において、異なるOSSコミュニティ（Linux FoundationやLibre Office）による翻訳、茶道をはじめとする文化にかかわる翻訳、官民連携のモデルケースとなる金融業界翻訳等、波及効果が大きい新展開ができた。

上記の金融業界から翻訳バンクに寄付された日英の対訳文書対（金融庁内及び同庁からの呼びかけに応じた金融団体・会社からの多様なデータ）を対象として、文対訳のデータを自動抽出し、同データを半自動洗浄する方

法を改良した。洗浄方法で有効だったのは、対訳の訳文の逆翻訳と原文の類似度によるフィルタリング等である。

今回は約600冊の原本から、約20万文取得でき、日英双方向で汎用モデルから大幅に精度改善し「高品質で流暢とされる」50ポイント台のBLEUを達成した。金融業界専用の高精度エンジンを構築できた。同じ原文に対する従来の汎用翻訳システムによる訳文と上記の金融分野向けの高精度AI翻訳システムによる訳文の品質の比較（図3）を行ったところ、最高品質である金融専門翻訳者レベルに達した割合は、前者で約2割だったが、後者では約5割と大きく増加し、NGレベルの割合は半減するなど、圧倒的な高精度化を実現した。令和4年3月から技術移転を開始し3者にライセンスした。

#### 7. 実用レベルの翻訳品質を実現する基盤として話し言葉の対訳コーパスを拡張する

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世界最大規模<sup>\*7</sup>の話し言葉の対訳データの構築が有効であることをグローバルコミュニケーション計画<sup>\*9</sup>で決められた異なる10言語<sup>\*9</sup>を対象として検証できたことを踏まえ、特に、訪日外国人・定住外国人と日本人のコミュニケーションを支援するため、令和2年度末までに2言語（ブラジル語、フィリピン語）追加したことに加え、令和3年度末までに3言語（ネパール語、クメール語、モンゴル語）追加した。言い換えると政策的に重点化すべき15言語について高精度化基盤を確立した。これらに基づく音声翻訳システムを試用アプリであるVoiceTraとして公開し、成果物を技術移転している。



図2 NICTの多言語テキスト翻訳技術を公開しているお試しいサイト「みんなの自動翻訳@TexTra」

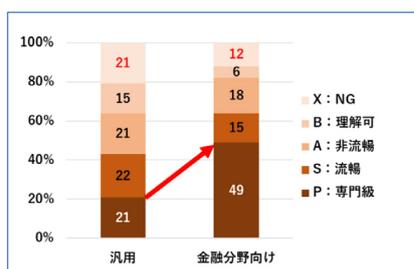


図3 金融分野の対訳投入前後の比較

\*1 [https://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01tsushin03\\_02000298.html](https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000298.html)

\*2 文分割モデルをファインチューニングしてチャンク分割モデルを試作。

\*3 <https://voicetra.nict.go.jp/>

\*4 Benjamin Marie and Atsushi Fujita. Synthesizing Parallel Data of User-Generated Texts with Zero-Shot Neural Machine Translation. In Proceedings of The Joint Conference of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (ACL-IJCNLP 2021), August 1-6, 2021.

\*5 <https://mt-auto-minhon-mlt.ucrjgn-x.jp/>

\*6 最難関国際会議の一つである The Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP) の併設ワークショップ The 2nd Workshop on Evaluation & Comparison of NLP Systems が実施した。

\*7 研究開発の競争状態を鑑み数量は非公開としている（令和3年5～9月実施）。

\*8 [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000285578.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000285578.pdf)

\*9 日本語、英語、中国語、韓国語、タイ語、インドネシア語、ベトナム語、ミャンマー語、スペイン語、フランス語

### ■概要

令和3年度から開始された第5期中長期計画においてデータ駆動知能システム研究センター（以下DIRECT）では、インターネット等にある知識（社会知）を人間にとってわかりやすい形式で取得し、それらの組み合わせや類推等で仮説を推論する技術及び深層学習技術等を活用して社会知やそこから得られる仮説、目的やポリシー等を持つ仮想人格を用いてユーザの興味、背景や文脈にあわせて対話等ができる社会知コミュニケーション技術の研究開発に取り組んでいる。

### ■主な記事

社会知コミュニケーション技術の研究開発においてはBERT等の強力な巨大ニューラルネットワークが必要であることから、巨大なニューラルネットワークの学習、推論をそのアーキテクチャを問わず自動的に並列化し、複数のGPUを使って高速な学習を可能とする自動並列化深層学習ミドルウェアRaNNC（ランク）を高度化した。その結果、RaNNCを2,000億パラメータという巨大なニューラルネットワークを自動で分割し並列学習を容易に実現する世界で唯一のソフトウェアとすることに成功した。RaNNCはgithubにて公開（<https://github.com/nict-wisdom/rannnc>）している。また、Facebook（現在はMeta）が主催するPyTorch Annual Hackathon 2021のPyTorch Developer Tools & Libraries部門にて第1位を獲得した。RaNNCはBERTのようなTransformer-baseのニューラルネットワークだけでなく、CNN等の多様なニューラルネットワークの学習も大規模化、高速化することができることから、社会課題の解決に貢献できると考えている。

次に、社会知をインターネットから取得する技術として、膨大なWebテキストから「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も多い→リハビリテーションは患者負担が増加する要因となる」のように文の間にある因果関係等の意味的關係を獲得する技術をBERT等の大規模言語モデルを用いて開発した。この手法の特徴は、文間の意味的關係を獲得すると同時に、それらの文で省略されている表現を補完することで、より完備していて、今後開発する推論、仮説生成等の処理で使いやすい意味的關係を獲得できることである。実際に、この技術を用いてWeb約200億ページから因果関係や矛盾、含意等の12種類の意味的關係に関して35億件以上となる世界最大規模の意味的關係知識を獲得した。この知識は、従来から我々が用いてきた一般的な因果関係のみならず、それを詳細化した解決策、目的、逆説関係等のタイプに区別されており、より精密な推論機構の実現や、仮想人格を持つ対話システムの開発につながる。

また、このように獲得した膨大な因果関係等の意味的關係知識を超大規模言語モデルで学習することで、入力文に対して指定された文間意味的關係を持つ文を仮説として自動生成する技術を研究開発し、一定の範囲で仮説の生成出力を制御できるニューラルネットワークを構築した（図1）。同様に獲得した意味的關係知識を用いて、「リニアが奈良を通ったらいいよね」に対し「リニアが奈良を通ると京都の経済力が落ちるかもしれない」を出力するといったユーザの多様な入力に対して反論を生成する手法も開発した。生成結果を評価した結果を詳しく調査すると、人間の評価者によって不適切な反論と見なされた出力も補足説明を加えることで適切な反論と見なせるケースが多数（不適切と判定された反論の36%）

因果関係等の文間意味的關係知識を学習データとして入力文に指定された意味的關係を持つ文を仮説として生成する技術を研究開発。さらに生成出力を制御できるニューラルネットワークを開発→以下の例のように同じ因果関係の仮説でもユーザの関心に合わせて仮説を生成することが可能に

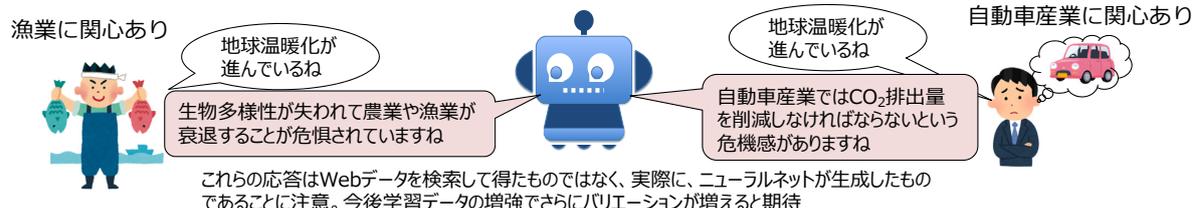


図1 因果関係等の文間意味的關係知識を用いた仮説生成技術

あることがわかった。これはつまり、反論の理解に評価者の知識が追いついていないとも言え、その点である意味人間を超えつつあるとも解釈できる。

社会知コミュニケーション技術の最終目標である対話技術に関しては、膨大なWebページの情報と深層学習を駆使してユーザと雑談をすることができる次世代音声対話システムWEKDA（ウエクダ）や、高齢者介護の負担軽減を狙い、高齢者の健康状態のチェックやWEKDAを用いた雑談も可能なマルチモーダル音声対話システムMICSUS（ミクスス）といった音声対話システムの研究開発に取り組んでいる。特に今年度はMICSUSに関して、高齢者を含む多数のユーザと対話してもらった実証実験を多数回実施し、音声認識誤りが適切な対話進行を妨げる大きな要因であることを確認した。そこで、ユーザ発話の意味解釈で活用するため、従来入力として用いられていた仮名漢字表記に加えてその読みも入力として使う、音声認識誤りに頑健な超大規模言語モデルを開発した。これをMICSUSの実証実験で収集した、YESかNOで回答する質問に対するユーザ発話のデータで音声認識誤りを多数含むものを用いて評価を行ったところ、従来の言語モデルに対して正解率で8.6%（74.7%⇒83.3%）の向上を確認した。さらに音声認識誤りが無い入力においても正解率の低下がないことを確認しており、日本語の漢字の読みを活用して、音声認識誤りの影響を抑えて高い精度で意味解釈を行える超大規模言語モデルを世界で初めて実現した。

次世代音声対話システムWEKDAに関しては、社会実装上課題となる必要計算リソースを抑えるために軽量化に取り組んだ。WEKDAが雑談を行う際には、Web60億ページの情報に基づいて様々な質問に回答することができる大規模Web情報分析システムWISDOM X（ウィズダムエックス）を多数回用いて、その質問応答の結果から応答を生成している。そのため、ユーザ入力に対し、応答を生成するために大量の計算リソース、計算時間が必要であった。今年度はこうした処理をオフラインで事前に実施し、応答の候補をあらかじめデータベース化し、ユーザ入力を与えられた際には、単純なデータベースアクセスだけで応答が生成できるように改良し、大幅な高速化、省リソース化に成功した。加えて、この新方式に合わせる形で直近のユーザ入力との適合性、過去の対話履歴等から得られたユーザの好み等を同時に勘案してその好みを反映した対話を行う機構も開発した。これは、例えば、ユーザの好みや対話全体から見た際の整合



図2 高齢者介護支援用マルチモーダル音声対話システムMICSUSの実証実験の様子

性、システムのポリシー等を考慮した雑談の実現につながる技術であり、社会知コミュニケーション技術における重要な概念である仮想人格の基礎をなす技術である。

また、現在一般公開している大規模Web情報分析システムWISDOM Xの軽量化にも取り組んだ。WISDOM Xでは、入力された質問に対しその回答を含む可能性が高いパッセージと呼ぶ複数の文からなる単位を特定するが、それを効率化する方法を新規に研究開発し、軽量化を達成した。検証の結果、従来と同程度の速度、精度を維持したまま、従来の1/40のGPGPUで質問応答を実現できることを確認した。この技術は、WISDOM Xをはじめとする検索エンジンを用いるありとあらゆる質問応答システムに適用可能であり、それらの運用コストを削減し、その普及を加速する技術である。

SIP第2期において実施してい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の研究開発については、上述した音声認識誤りに頑健な言語モデルや、WEKDAの軽量、高速化の成果を取り入れ、意味解釈のための学習データの増強による各種意味解釈の精度向上等を実施し、システムの完成度を高めた。コロナの影響で1名のみであるが、施設在住の高齢者に対し15日間毎日使用してもらった実証実験を問題なく実施し（図2）、音声認識誤りがある中で94.3%というほぼ完璧な精度でYES/NOの意味解釈を行うことに成功した。意味解釈に失敗した最多の要因はそもそも長く複雑であって、人間であっても意味解釈が難しい発話を高齢者が入力したことであった。これらの研究開発により一段とシステムの完成度が高まりさらにより社会実装に近づいた。高齢者介護をターゲットとしたシステムでこうした成果が出ている事例は、我々の知る限り存在せず、共同研究の申し出等が増加するなど求心力が高まっている。

以上の研究開発に関し計32件の新聞報道等があった。

### ■概要

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、実世界の様々なイベントデータを収集し、それらの分野横断的な相関を発見・学習・予測するデータ連携分析技術の研究開発を行うとともに、個々のプライベートデータを共有することなく状況把握や行動支援のための共通の予測モデルを構築する分散連合AI技術を行っている。また、これらの基盤技術を実装したxDataプラットフォーム<sup>\*1</sup>を構築し、APIやユーザ開発環境を提供するとともに、自治体やサービス事業者らのデータやノウハウを活用した共創型の課題解決を推進している。令和3年度は、データ連携分析の連合学習方式の基本設計と応用性能の改善を行うとともに、これまで開発してきた予測モデルやプログラム等を応用分野ごとに情報資産化して共用利用できるようにし、環境モニタリングや行動ナビゲーションなどへの社会実装の取組を推進した。

### ■主な記事

従来のパブリックデータを中心としたデータ連携分析による種々のリスク予測をユーザの行動支援に活用するため、ユーザ側に蓄積されたプライベートデータを用いて共通の予測モデルを学習し、プライベートデータを保護したまま予測の性能改善を図るための連合型データ連携分析の基本設計を行った(図1)。ローカルに収集されるプライベートデータの分布の偏り(場所や事象ごとの発生データ量)を考慮した連合学習方式を設計し、xDataプラットフォームとローカルサーバ(xData Edge)

上に実装して基礎検証を行った。その結果、ローカルサーバにデータを保持したままでも、xDataプラットフォームに全データを集中させる従来方式と同等性能の予測モデルを作成できることを確認し、基本方式の有効性を示した。また、連合回数とローカル学習回数のバランスを調整し、学習の途中経過を集約するタイミングを最適化することで、ローカルサーバ上のデータを用いた予測モデルの適応化と、xDataプラットフォーム側での予測モデルの全体最適化の両方で学習効率を改善できることを確認し、その最適化手法の検討を進めた。一方、時空間3Dラスタ画像を用いたマルチモーダルイベント予測(Fusion-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み合わ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(図2)。さらに、画像ログから周辺の交通障害イベントを発見するMMセンシング技術を開発し、事前学習モデル(EfficientNet)の転移学習によるイベント予測精度の改善(平均4%)に加え、発見したイベントの画像検索クエリログから画像のキャプションを生成し予測モデルに追加学習することで、例えば“混雑”から“交差点での混雑”や“列車による混雑”などの派生イベントを90%以上の高い精度で発見できるようにした。これらの研究成果は、国際ジャーナルやICONIP, IEEE BigData等の難関国際会議に論文採択された。

これまでに開発したデータ連携分析の予測モデルや

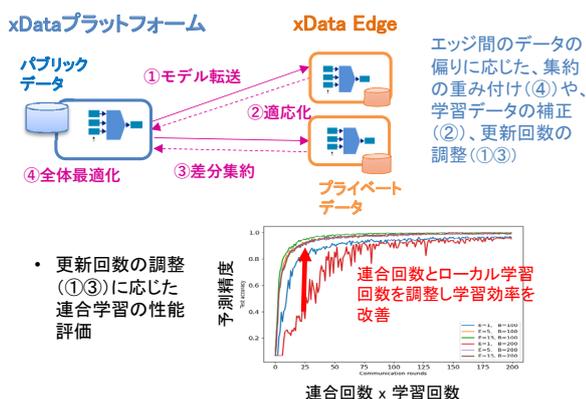


図1 データ連携分析の連合学習方式の開発

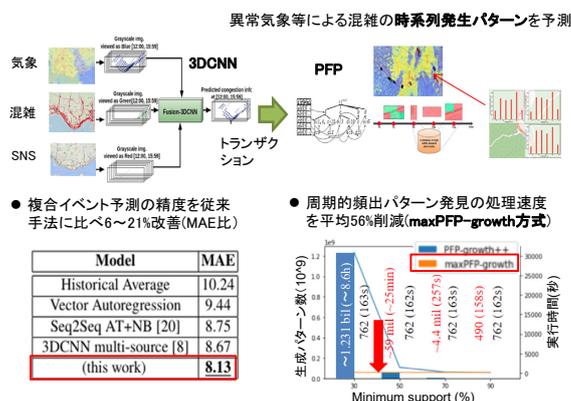


図2 移動環境リスク予測の性能改善

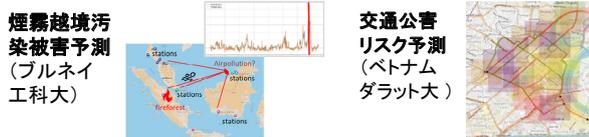
データセット、処理プログラムなどを応用分野ごとに整理し、6種類の情報資産を作成するとともに、xDataプラットフォーム利用者による情報資産の変更を追跡・マージするリポジトリシステムをxDataプラットフォーム上に構築し、利用者向けに公開した。これにより、プラットフォーム利用者による情報資産の改善やアプリケーション開発が可能となり、国内外の環境問題対策や行動ナビゲーション等に関する共同研究等を5件実施した。ASEAN IVOプロジェクトでは、環境問題が深刻なASEAN地域の研究機関が主体となり、現地で収集したデータを用いて、情報資産を応用した煙霧越境汚染被害予測（ブルネイ工科大）やMMセンシングによる交通公害予測（ベトナム ダラット大）などを開発した（図3①）。また、煙霧越境汚染被害予測の情報資産の一部を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競うなど、情報資産の協調開発と社会展開を効果的に実現した。その結果、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位と高い評価を得た。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での安全な住環境や観光支援、交通対策の研究開発に発展するとともに、現地スマートシティ基盤へのセンサーネットワークの組み込みが開始されるなど、共同実験で実施したデータ利活用の手法などをもと

にした現地での社会課題対応への横展開につながった。

データ連携分析の情報資産を活用した安全・快適な移動や健康的な生活を支援する行動支援サービスの開発と社会実装に向けた取組を推進した。環境品質短期予測から派生した光化学オキシダント注意報予測の情報資産を活用し、自治体における光化学オキシダント注意報・警報早期警戒支援に展開すべく、自治体の環境基準監視業務の支援を行う環境モニタリング事業者への情報資産の技術移転に向けた議論を開始した。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（図3②）、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自治体と連携して実施し、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。また、情報資産のライセンスの検討を開始した。そのほかにも、民間企業らと連携し、異常気象等による交通リスクを避けた行動ナビゲーション技術の基本設計や、マルチメディアセンシングを用いてドライブレコーダーの画像ログから様々な運転状況イベントを抽出しDB化することで運転業務管理のDX化を推進する応用について検討を行った。

xDataプラットフォームの機能モジュールや情報資産のNICT総合テストベッドへの提供を進め、データ・サービス連携基盤Data Centric Cloud Service (DCCS)として応用開発や実証実験を加速するための環境構築を推進、環境モニタリング事業者による光化学オキシダント注意報予測の情報資産の応用開発に利用できるようにした。また、xDataプラットフォームの要素技術を参考に、Beyond 5G研究開発推進ユニットや総合テストベッド研究開発推進センターらと連携し、Beyond 5Gにおける大容量・低遅延・超多様なIoTデータの流通・蓄積・分析・予測を行うためのサイバー空間アーキテクチャを設計し、要素技術“エッジAI行動支援”とともに、Beyond 5G/6Gホワイトペーパー第2.0版に掲載した。

#### ① ASEAN IVOプロジェクト(令和元～3年度)



#### ② 光化学オキシダント注意報・警報早期警戒支援(環境モニタリング事業者)



図3 情報資産を活用した社会実証・実装の推進

\*1 <https://www.xdata.nict.jp>

## 空間・時間・身体の制約を超えたコミュニケーションの実現

## ■概要

先進的リアリティ技術総合研究室では、空間・時間・身体の制約を超えたコミュニケーションの実現を目指して、実世界の人物や環境をデジタル化してサイバー空間に再構築し、ノンバーバルな情報や多感覚の情報を遠隔の人々に伝えることで相互理解を深化させる技術の研究開発を推進する。特に、1) ヒトが多感覚の情報から感じるリアリティ（実在感）の本質をヒトの行動解析や脳機能イメージングにより探求し、2) 実世界の人・物・環境をデジタル化し理解・拡張するための人工知能(AI)技術を開発するとともに、3) 遠隔の人々にそれらを映像・音響・感触等でリアルかつ自然に伝えるXR (VR/AR/MR) インタフェース技術の開発を行う。このような技術を社会に実装していくことでBeyond5G/6Gが描く未来社会の実現に寄与する。そのために、URCF（超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム）等との連携を通じて、研究成果の社会展開を図っていく。

第5期中長期計画の期間においては、現状のオンライン会議では十分に伝えられない非言語情報（表情・視線・ジェスチャ等）をリモートでも効果的に伝え、複数人による一体感のある遠隔の円卓会議を3D共有空間で可能にするための基盤技術を開発する。特に、本人のリアルで表情豊かな3Dアバターをカメラ映像だけから構築し、リアルタイムでサイバー空間に再現するための技術を開発する。将来、このアバター構築・再現技術とNICTで現在開発が進められている同時通訳システムを連動させることで、海外にいる人とも同じサイバー空間内でそれぞれの母国語を用いて心豊かなコミュニケーションがとれるようなシステムの開発につなげていく。また、ヒトの心理・行動・脳機能解析により、3Dアバターの表情／視線／動作の再現効果の検証や共有仮想空間の設計のための要件導出等を行う。さらに、モノ・環境とのインタラクションを感触・音響等を含む多感覚情報を用いてサイバー空間内で実現するためのクロスモデル・データベースの構築を行う。

## ■令和3年度の成果

令和3年度は、カメラ1台の映像から自分のリアルな

3Dアバターを構築し、表情や動作を豊かに再現するREXR（Realistic and EXpressive 3D avataR：レクサー）技術の開発を行った。本技術を用いると、多数のカメラや特殊なセンサは必要とせず、カメラ1台の映像だけから身体の3D形状・テクスチャ・姿勢及び顔の3D形状・表情の構築を行い、刻々と変化する細やかな顔の表情や動作をどの方向からでも入力映像と同程度に精細に再現することができる。本成果に関しては、2022年3月に国際会議IEEE VR 2022において発表するとともに、NICTから報道発表を行った（<https://www.nict.go.jp/press/2022/03/14-1.html>）。

## ・背景と狙い

仮想空間（メタバース）や複合現実（MR）空間を共有し、自分の分身となる3Dアバターを用いて遠隔のコミュニケーションを行う技術の開発やサービスの提供が各所で進められているが、現状の3Dアバターは、あらかじめ用意しておいたCGキャラクター（アニメのような人や動物など）が用いられることが多く、コミュニケーション時に表出される本人の豊かな表情や動作は十分に再現できていない。例えば、現状のアバターでは目のランダムな瞬きや発話に合わせた口の開閉（リップシンク）程度は表現できているものの、目元・瞼・視線・眉・口元・頬等の微細な変化の忠実な再現はできていない。一方、本人のフォトリアリスティックな3Dモデルを構築するためには、これまで多数のカメラを装備した大規模な設備や特殊なセンサ（奥行き・位置センサ等）を用いる必要があり、カメラ1台だけを用いて、本人の細やかな表情や動作を3D空間に再現することは困難であった。今回、当研究室では、自分のデジタルツインとなるリアルな3Dアバターをカメラ1台の映像だけから構築し、本人の表情や動作をどの方向からでも入力映像と同程度に精細に再現することを可能にするREXR技術の開発を行った。

## ・REXR技術の構成と処理過程

REXR技術は、本人の身体の3Dモデル、顔の表情、身体姿勢をカメラの映像から再構築するための複数のAIモジュール（機械学習により獲得されたニューラルネットワーク）から構成されている。まず、カメラ（Webカ

メラ等)の前で自ら一回転し異なる方向から身体の2D映像を取得し、それらの情報をもとに本人のフルボディの基本モデルを再構築する(図1上参照)。この基本モデルは、身体の骨格、体表面の3D形状(メッシュモデル)、テクスチャ画像(服装や顔のパーツ・手足の画像等)から構成されている。次に、カメラの前で本人が様々な動作や発話を行うと、フレームごとに顔の表情(3Dテクスチャ画像)と身体の姿勢(3D骨格・関節角)が推定され、あらかじめ構築しておいた身体の基本モデルがこれらの情報を基に更新される。この3Dアバターを仮想空間上に任意の向きで配置することで、刻々と変化する本人の表情や身体動作を様々な方向から表示・再生させることが可能となる(図1下)。

このREXR技術を用いると、本人が無意識に表出する細やかな表情(微表情: micro-expressions)やジェスチャーをどの方向からでも入力映像と同程度に精細に本アバターで再現できるため、相手の心の機微(微妙な感情変化・意図など)をこれらの非言語情報から読み取ることが可能になる(図2)。また、このような非言語情報は相手に対する同意・誠実さ・好意等の社会的関係性の情

報を豊富に含むため、円滑なコミュニケーションを成立させるためには極めて重要な情報と考えられる。

・今後の展開

今回開発したREXR技術を将来、仮想空間における多人数のオンラインの遠隔ミーティングに活用すれば、リモートであっても仮想空間内で各人が互いに向き合い、参加者同士の深い信頼関係の構築やシビアなビジネス交渉も可能になり、現在のオンライン会議システムでは困難な相互理解の深化が図れる遠隔コミュニケーションの実現が期待される(図3、動画は<https://youtu.be/LuqhKmkAEag>に掲載)。

今後は、このような複数の人々が仮想空間を共有できる遠隔コミュニケーションの実現を目指して、3Dアバター構築の精度向上(3次元形状の正確さや動きの滑らかさ等)や処理の高速化(リアルタイム対応)を可能にする技術開発を更に進めていく。また、本技術の活用や実証実験、本技術を普及していく上での倫理的・法的・社会的課題に関しては、URCF(超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム)のXR遠隔コミュニケーションWG等とも連携して、本技術の社会展開に取り組んでいく。

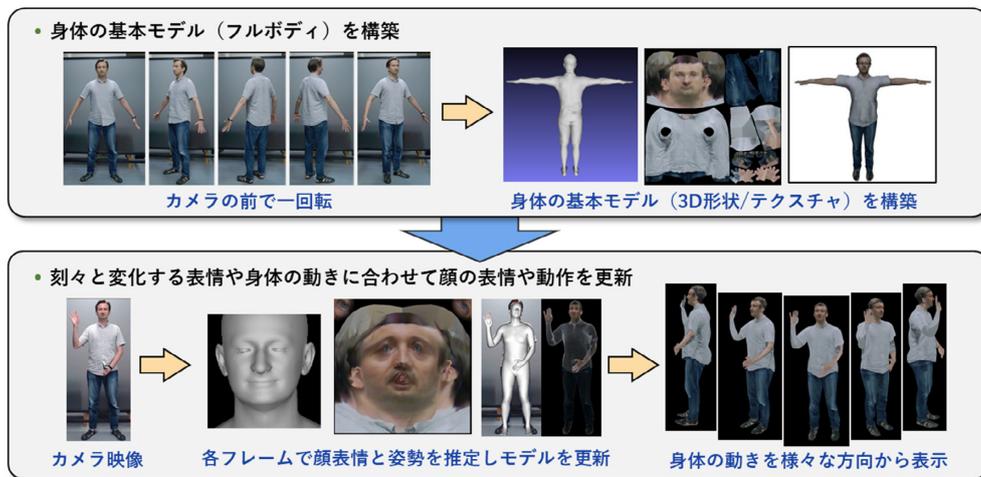


図1 REXR技術: カメラ1台の映像から3Dアバターを構築し、刻々と変化する表情や動作を様々な方向から再現

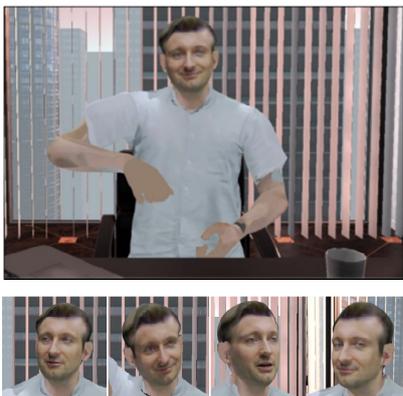
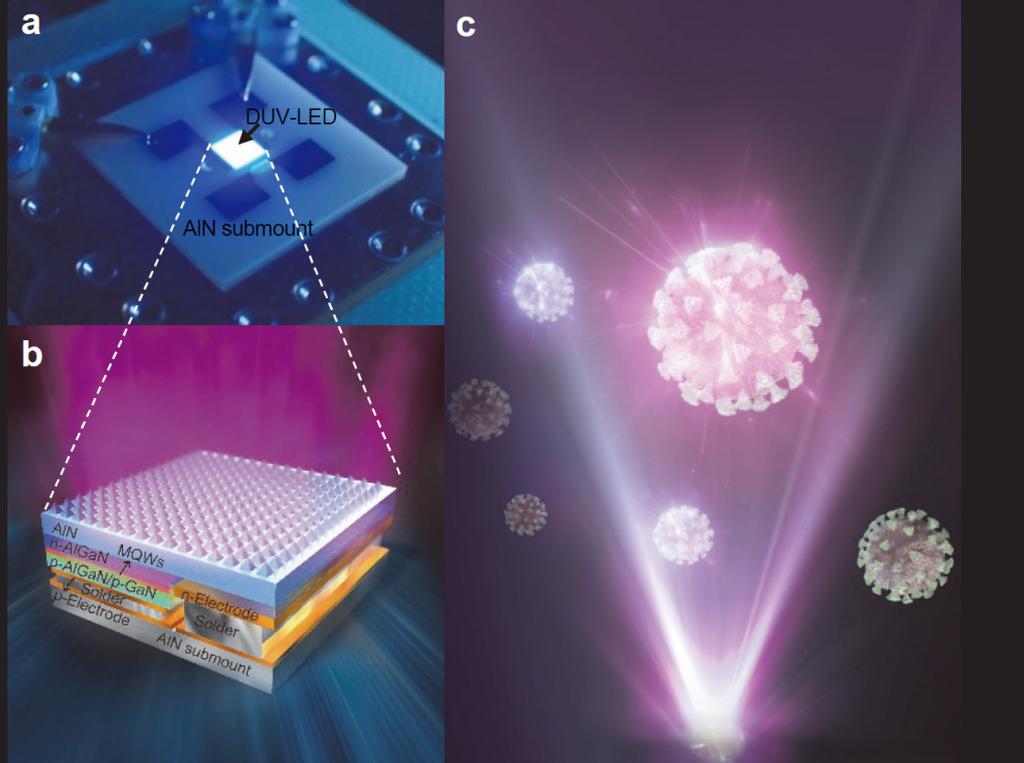


図2 細やかな表情の変化を様々な方向から再現した3Dアバター



図3 仮想空間内で互いに向き合い、各人の表情・動作を豊かに伝えて相互理解の深化が図れる将来の遠隔コミュニケーションに活用





# ● フロンティアサイエンス分野

## 3.5 未来 ICT 研究所

### 3.5.1 神戸フロンティア研究センター

#### 3.5.1.1 超伝導 ICT 研究室

#### 3.5.1.2 ナノ機能集積 ICT 研究室

#### 3.5.1.3 バイオ ICT 研究室

#### 3.5.1.4 神経網 ICT 研究室

#### 3.5.1.5 深紫外光 ICT 研究室

### 3.5.2 小金井フロンティア研究センター

#### 3.5.2.1 量子 ICT 研究室

#### 3.5.2.2 超高周波 ICT 研究室

#### 3.5.2.3 グリーン ICT デバイス研究室

### 3.5.3 脳情報通信融合研究センター

#### 3.5.3.1 脳情報通信融合研究室

#### 3.5.3.2 脳機能解析研究室

#### 3.5.3.3 脳情報工学研究室

## ■概要

未来ICT研究所は、今中長期計画から「フロンティアサイエンス研究分野」を研究開発する組織としてスタートを切った。今回その研究領域名に新たに「サイエンス」が加わったことを踏まえ、「不毛に見える辺境 (Frontier) の大地を、失敗を恐れることなく科学 (Science) という鋤(すき)で開拓する」という気概の下、情報通信技術の未来を拓くため、高度な学術知識に裏付けされた先端的・基礎的な研究開発を進めていく所存である。

研究所の新たな体制として、これまでの神戸と小金井の研究室・センターに吹田の脳情報通信融合研究センター (CiNet) を加えたうえで拠点ごとに再編され、神戸フロンティア研究センター、小金井フロンティア研究センター、脳情報通信融合研究センターの3センター体制となった。それぞれの室による研究成果の詳細は、以下、各センター・研究室の報告を参照いただきたい。

神戸フロンティア研究センター

- ・超伝導ICT研究室
- ・ナノ機能集積ICT研究室
- ・神経網ICT研究室
- ・バイオICT研究室
- ・深紫外光ICT研究室

小金井フロンティア研究センター

- ・超高周波ICT研究室
- ・グリーンICTデバイス研究室
- ・量子ICT研究室

脳情報通信融合研究センター (CiNet)

- ・脳情報通信融合研究室
- ・脳情報工学研究室
- ・脳機能解析研究室



図1 フロンティアサイエンスシンポジウム2021

## ■主な記事

未来ICT研究所では、産学官連携に基づく研究開発を推進するとともに、研究成果の社会展開や地域貢献として、各種展示会への出展、ワークショップ・国際学会の開催、各種広報活動にも注力している。

### 1. ワークショップの主催と各種展示会への出展産学官・国際の連携強化

#### ・フロンティアサイエンスシンポジウム2021 (FSS2021) の開催

令和3年5月28日、未来ICT研究所は今中長期のキックオフイベントとして「フロンティアサイエンスシンポジウム2021～ICT社会の未来を拓くサイエンス&テクノロジー最前線～」をオンライン開催した。本シンポジウムは第5期中長期計画のスタートにあたり新体制となった未来ICT研究所が取り組む研究開発を紹介し、それらを足がかりとして今後どのような未来を切り拓いていくのかについて情報発信する場として開催した。新体制の研究室長の講演のほか、それぞれの研究開発領域の最前線でご活躍されている外部識者に登壇いただいた (図1)。

#### ・脳情報通信融合研究センター (CiNet) 設立10周年記念式典、第11回 CiNetシンポジウム開催

令和3年11月5日、脳情報通信融合研究センター (CiNet) の設立10周年記念式典と第11回 CiNetシンポジウムをを同時開催した。いずれもオンラインと現地でのハイブリットで開催した。(3.5.3 脳情報通信融合研究センター図2)

#### ・国際フロンティア産業メッセ2021

9月2日、3日の2日間、研究成果の発信・普及活動を



図2 国際フロンティア産業メッセ2021

目的に「国際フロンティア産業メッセ2021」に出展した。本メッセは企業や大学・研究機関による産官学の技術交流やビジネスマッチングを促進することを目的とした関西最大級の国際総合産業見本市であり、今回で21回目の開催となる。当展示会では、イノベーション創出に向けた研究所の取り組みを紹介したほか、研究トピックとして神経網ICT研究室から最新の研究成果を展示した(図2)。

・ nano tech 2022—第 21 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議—

1月26～28日に東京ビッグサイトで開催された世界最大級の先端技術展である「nano tech 2022—第 21 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議—」に出展した。本年はCOVID-19対策としてハイブリット形式にて開催された。当研究所も現地での対応人員は最小とし、説明員の質疑応答はオンラインで実施した。展示ブースでは「ICTデバイス」と「脳・バイオ」の2つのカテゴリに分け、プロジェクト毎に研究開発に関わる展示説明を行うとともに、未来ICT研究所一般公開で開発した「バーチャル研究所」を展示ブースで再度公開した(図3)。

・ The 7th CiNet Conference New horizons in brain mapping を主催

2月1～3日までの3日間、脳情報通信融合研究センター(CiNet)は、「The 7th CiNet Conference -New horizons in brain mapping-」をオンラインにて主催(大学共同利用機関法人自然科学研究機構生理学研究所との

共催)した。この会議は、「世界に通用する会議をCiNetで創り上げる」を合言葉に、CiNetの研究者が国際的研究者ネットワークの核となり、CiNetの脳機能研究分野における世界的知名度の向上のために、会議の企画から運営までをCiNetが主体となって行うものであり、第7回目となる。(3.5.3 脳情報通信融合研究センター図3)

2. 教育・アウトリーチ活動の推進と人材教育

・ 未来ICT研究所一般公開ONLINE2021

アウトリーチ活動の一環として未来ICT研究所一般公開を7月30・31日にオンライン開催した。本年度は「物理的距離による制限がないバーチャル空間」の強みを活かし、未来ICT研究所を構成する3拠点(神戸、小金井、吹田)を一同に取りまとめでの開催とするとともに、電磁波研究所、NICT電波研クラブ、未来ICT研究所と協力関係にある明石市立天文科学館にも出展協力をいただいた。バーチャル空間内に開設した展示会場では各研究室・プロジェクトが進めている最新の研究内容や研究の背景にある科学原理についてポスターや動画を使って詳しく紹介した。同時に開催した研究講演会や当日のライブ中継などもTV会議システムやYouTube配信などを使い、新しいかたちの一般公開となった。公開した「バーチャル研究所」は夏休暇での需要を見込み開催後約1か月間限定公開した。(図4)

・ 大学生のためのCiNet研究ワークショップ開催

6月14日、3月15・16日、「大学生のためのCiNet研究ワークショップ」をオンラインで開催した。このワークショップはCiNetの先進的研究について大学生の理解を深め、将来の優秀な人材確保に資するため、定期的で開催している。

未来ICT研究所ではこのような活動を通じて、人に優しい豊かな社会創造のため、長年培ったゆるぎない基盤を育みながら、社会のニーズや時代の変化にも柔軟に対応できる、発展的な基礎研究体制の強化を進め、ICTイノベーションの創出に引き続き貢献していく。

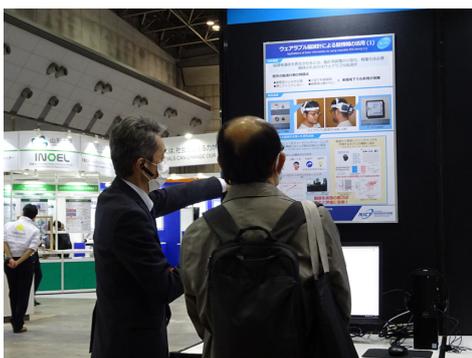


図3 nano tech 2022 (上: 会場での説明の様子 下: バーチャル研究システム内の来場者(アバター)と説明員)

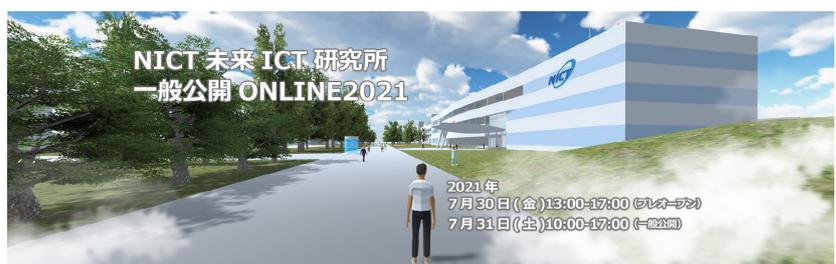


図4 未来ICT研究所一般公開ONLINE2021

**【概要】**

従来の未来ICT研究所のうち、神戸に拠点を置く研究室を統括する組織として、令和3年度から新たに神戸フロンティア研究センターが設置された。未来ICT研究所とその支援組織（総合企画室）の本拠は神戸に所在しており、研究設備、施設等を含む神戸地区の管理運営、センター関連の研究連携なども、支援組織の無いセンターではなく研究所が実施している。以下に研究に関する当センターに所属する5つの研究室の概要について述べるが、その他センターの関係する具体的な活動内容については、研究所が直接実施しているため、研究所概要の神戸関連事項を参考いただきたい。

**【主な記事】**

当研究センターは、現未来ICT研究所となる、通信総合研究所（現NICT）の関西支所に原点を求められる。神戸フロンティア研究センターは、研究所の組織拡大に伴い、神戸を拠点とする研究分野のまとめりとして、未来ICT研究所の下に新たに組織された。革新的ICT研究開発を進める未来ICT研究所の中でも、既存技術の延長線上に無い新たな技術の種を創出し芽吹かせるため、最先端融合領域の基礎・基盤研究を、幅広い研究分野にわたり総合的に実施している。そして、研究所設立当初の理念を継承しつつ、設立の地神戸から「未来を拓く」研究を発信していく。

未来ICT研究所では、令和3年度より開始された第5期中長期計画の「フロンティアサイエンス分野」の実施を行うが、その中で、当センターでは、5つの研究室体制の下、① フロンティア ICT 基盤技術と、② 先端 ICT デバイス基盤技術に関係する分野の研究開発を担務する。

ナノ機能集積ICT研究室では、有機材料を基盤技術とした、超高速光デバイスの基盤研究開発を実施、B5G研究、超高周波研究との連携、応用につながる研究を進めている。

超伝導ICT研究室では、独自の超伝導材料を基盤技術として持ち、SSPD等の量子暗号通信応用や、量子ビット等の将来の量子情報通信基盤技術に係る基盤／応用研究を進めている。

バイオ系基礎基盤研究では、これまでのバイオ情報システム、センシングなどの研究全般を実施するバイオICT研究室に加え、今中期計画より、生物の行動や記憶の原点を研究解析し、自然知の機能の応用展開を図る、神経網ICT研究室が新しく立ち上がった。

前中期では、社会展開の近い研究と位置付けられて研究を進めていた、深紫外ICT研究室では、通信／センシング等の基盤研究も実施しつつ、引き続き殺菌などアフターコロナに向けた小型光源の開発、社会展開を実施した。

令和3年度は、第5期中長期計画の初年度にあたり、各研究分野において、明確な計画目標を定め、目標達成へ向けた第一歩を着実に踏み出す重要な1年である。本分野の研究は、「サイエンス」という分野も含め、基礎、基盤の研究を進めることとなるが、計画目標から派生した研究や、融合分野での応用、社会展開への研究成果、方向性も見られ、本研究センターの特徴でもある、多様な成果につながる点も見られている。新たな研究PJの立ち上げ、内外の研究PJや企業との連携も進展しているが、これら詳細、特に融合研究分野、内外の共同研究等については、それぞれの研究所、連携研究先などの報告を参照いただきたい。



図1 神戸フロンティア研究センターの所在

## 超伝導によるICTイノベーションを目指して

## ■概要

超伝導ICT研究室では、第5期中長期計画において、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) の高速化、高機能化に向けて重要となる多ピクセル化技術を研究開発し、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、単一光子感度のイメージングの実証を目指している。また、超伝導量子ビットの高性能化に向けて、窒化物材料を用いた超伝導量子ビット作製、評価技術の確立を目指す。

## ■令和3年度の成果

SSPDの多ピクセル化を進める上で超伝導ナノワイヤの作製歩留りは重要であり、作製歩留りの改善が多ピクセル化の成否を左右するといっても過言ではない。そこで、第5期中長期計画の初年度にあたる令和3年度においては、作製歩留りの改善を主眼として研究開発を行った。まず、現状の超伝導ナノワイヤを走査電子顕微鏡 (SEM) により観察した結果、ナノワイヤ間隙部に短絡箇所が多数見付き、このようなナノワイヤ間隙のレジスト残渣が作製歩留りの低下要因となっていることがわかった (図1)。この問題は、電子線レジスト現像後、フッ素系プラズマでNbTiN薄膜をエッチングする前に、

酸素プラズマ等による前処理 (デスクラム) を行うことで改善できるが、ナノワイヤ線幅の大幅な縮小や線幅の均一性を悪化させる要因となるため、できるだけナノワイヤ間隙にレジスト残渣が残らないパターニング条件を検討した。その結果、最適な電子線ドーズ量で描画し、かつウェハを縦置きで現像することで、ナノワイヤ間隙のレジスト残渣が大幅に減少し、ドライエッチング条件の最適化もあわせて、作製歩留りの一定の改善効果を確認することができた (図1)。また、超伝導薄膜の成膜条件についても併せて検討し、結晶粒の細かい均質な膜質が得られる高ガス圧下で成膜条件を最適化し、従来の成膜条件では1秒程度であった成膜時間を5秒程度にまで延ばすことに成功し、そのような低成膜レートで成膜したNbTiN薄膜を用いて作製したSSPDにおいて、十分な内部効率を実現できることを確認した。

SSPDについては、科研費基盤S、ムーンショット、Q-LEAP、総務省委託研究等の外部資金を活用した研究開発にも取り組み、単一光子イメージング、検出光波長の中赤外域への拡大等、新たな課題への挑戦も開始した。特に中赤外域のSSPDについては、 $4.33\ \mu\text{m}$ の光子に対してSSPDが単一光子応答していることが確認され、システム検出効率として1.2%が得られた (図2)。米国のNISTやオランダ Single Quantum社からも中赤外域に感度を持つSSPDの報告があるが、内部効率 (システム検出効率は、内部効率、ファイバ結合効率、光吸収率を掛け合わせたも

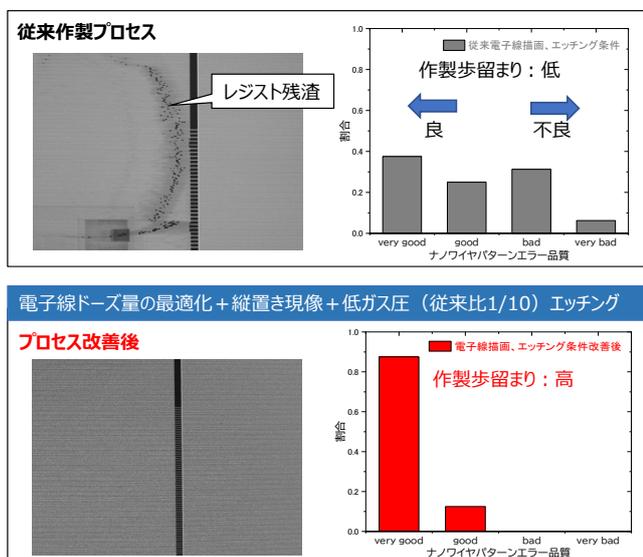


図1 超伝導ナノワイヤの作製条件の最適化と歩留りの改善

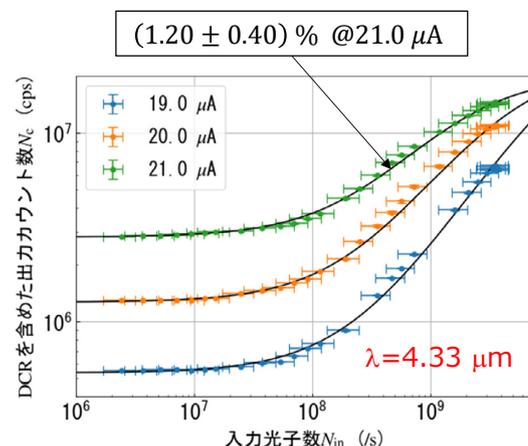


図2 超伝導ナノワイヤの作製条件の最適化と歩留りの改善

の)について報告があるのみで、4  $\mu\text{m}$ 以上の光波長でシステム検出効率の評価に成功したのは世界初の成果である。一方で、中赤外域で高いシステム検出効率を実現することが難しい要因として、SSPDの暗計数率が最大計数率に達するほど室温の黒体輻射による影響が深刻であることが明らかとなり、狭帯域のフィルタリング等、適切な迷光対策が今後の研究開発で重要となることが明らかとなった。

超伝導量子ビットについては、作製プロセス課題の抽出を目的に、NbN/AlN/NbNエピタキシャル接合を用いたトランズモン量子ビット（電荷型量子ビットの一種）を作製し、理研・東大の協力を得てAl製の空洞共振器中で評価を行った。その結果、50  $\mu\text{s}$ を超えるエネルギー緩和時間 $T_1$ を観測したが、同一設計の素子間でも量子ビット周波数にばらつきがあり、数十 nmの精度で接合寸法を制御可能なパターンニング・エッチング技術の確立、ウェハ面内での接合の臨界電流密度の均一性向上が課題であることがわかった。また、通常の絶縁体をトンネル障壁としたジョセフソン接合では接合抵抗に温度依存性は見られないが、AlNトンネル障壁層では極低温での接合抵抗が室温の約3.5倍になっており、半導体的な電気伝導特性を有していることがわかった。このようなAlNトンネル障壁層の半導体的な振舞いは量子ビットのデコヒーレンス要因となる可能性があるため引き続き調査が必要と考えている。一方、巨視的量子プロジェクト、名古屋大学、産総研と連携し、Al空洞共振器でなくTiN/NbN薄膜からなる準平面型（2次元）の共振器と結合した磁束型量子ビットについても作製・評価を行い、20  $\mu\text{s}$ を超えるコヒーレンス時間の観測に成功し、この成果をCommunications Materials誌に発表、報道発表を行った。また、超伝導量子ビットの時間領域の測定系を

NICTでも立ち上げるべく、任意波形発生器、IQミキサ、ディジタイザ等の調達を進め、冷凍機内部配線の伝送テスト、低温アンプのキャリブレーション等を完了した。

NICTではERATO/Q-LEAPプロジェクトを通じて理研・東大にシリコン基板上の低損失TiN薄膜を提供しており、従来装置で成膜したTiN薄膜では、3インチ基板上での膜厚・膜質の分布が課題となっていた。令和3年度は、このような課題の解決に向けて令和2年度に導入した新成膜装置（基板自転機構を装備）の立ち上げを行った。従来装置の場合と同様、水素終端処理したSi(100)基板上に500 $^{\circ}\text{C}$ 以上に基板加熱を行い成膜することで、結晶配向が(100)に揃ったTiN薄膜の成長が可能であることを確認した。また、850 $^{\circ}\text{C}$ で成膜したTiN薄膜の抵抗率、超伝導転移温度を3インチ基板上の5か所（中心とウェハ周辺部4か所）で評価したところ、10 Kにおける抵抗率は2.66~3.17  $\mu\Omega\text{cm}$ の範囲で分布しており、超伝導転移温度については測定した5か所すべてで5.5 Kという結果が得られた。同様の評価を従来装置で行った結果では、10 Kにおける抵抗率が2.99~6.07  $\mu\Omega\text{cm}$ の範囲で、超伝導転移温度についても5.3~5.5 Kの範囲で分布しており、基板自転機構を備えた新装置の導入により、膜質の均一性が大幅に向上していることが確認できた。10 Kにおける抵抗率2.66~3.17  $\mu\Omega\text{cm}$ と超伝導転移温度5.5 Kから、共振周波数10 GHz、信号線幅20  $\mu\text{m}$ の準平面型共振器における共振周波数のシフト量は、120~140 MHzと見積もられ、3インチウェハ全面での共振周波数のばらつきを $\pm 10$  MHz程度に抑制できると考えられる。また、シリコン基板上のTiN薄膜を用いた $\lambda/4$ 準平面型共振器において、シングルフォトンレベルのマイクロ波パワーで120万の内部Q値を達成した（図3）。

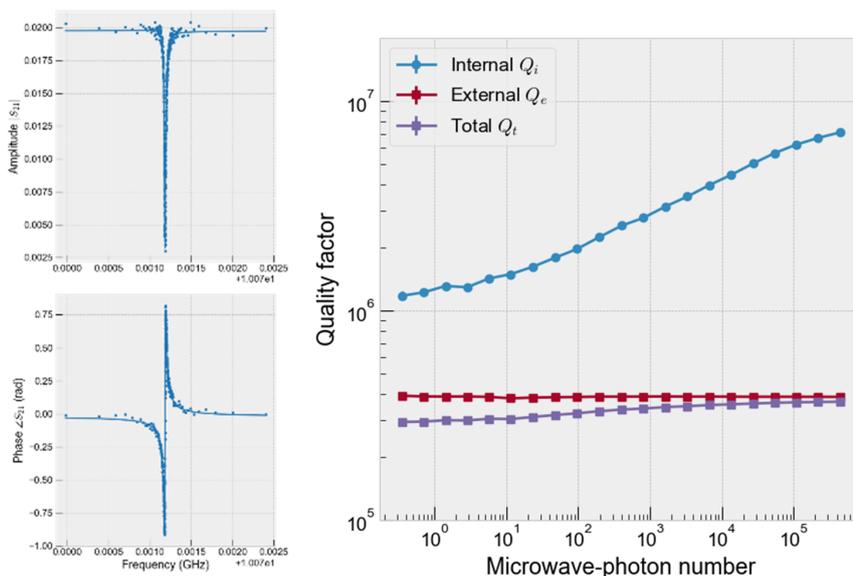


図3 TiN薄膜を用いた $\lambda/4$  CPWR共振器の共振特性と内部Q値のマイクロ波パワー依存性

## 有機無機ハイブリッドによる革新的デバイスの創出を目指して

## ■概要

Beyond 5Gやそれにつづく未来世代の通信システムにおいては、現在の10倍以上の高速化と同時に消費電力を1/100以下にすることが必要とされる。よって、デバイスやサブシステムの更なる高速化・低消費電力化・広帯域化・小型化等が必須となるが、従来材料を用いたデバイスでは早晚性能が限界に達すると予想されている。当研究室では、従来限界を打破する超高速・超低消費電力・超小型光変調器や超広帯域無線光変調器などの革新的デバイス・サブシステムの創出を目指して、有機電気光学(EO)ポリマーなどの優れた光機能を有する有機材料と無機誘電体・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行っている。また、有機無機ハイブリッドデバイスの社会展開に向けて、耐久性や量産など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にも、企業と連携し取り組んでいる。

令和3年度は、小型光変調器等の超高速光制御デバイスに係る基盤技術として、低電圧動作や短波長動作に向けたSi/有機EOポリマーハイブリッド光変調器の構造や作製プロセスの最適化等の検討を実施した。また、無線光変調素子や電界センサ等の超広帯域電磁波制御デバイスに係る基盤技術として、150 GHz帯無線光変調素子の試作と評価を行うとともに、広帯域化や高効率化に向けた積層技術等の開発を実施した。実用化に向けた取組としては、有機EOポリマーを用いた光制御デバイスの光劣化要因を明らかにするとともに、光耐久性強化技術の検討とその有効性の検証を行った。

## ■令和3年度の成果

小型光変調器等の超高速光制御デバイスに係る基盤技術として、データセンターなどの中短距離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/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発」を進めた。データセンター内のデータ通信では、Siフォトニクス技術を用いたOバンド(波長1,308 nm)の光インターコネクが標準となっている。一方で、Si/有機EOポリマーハイブリッド

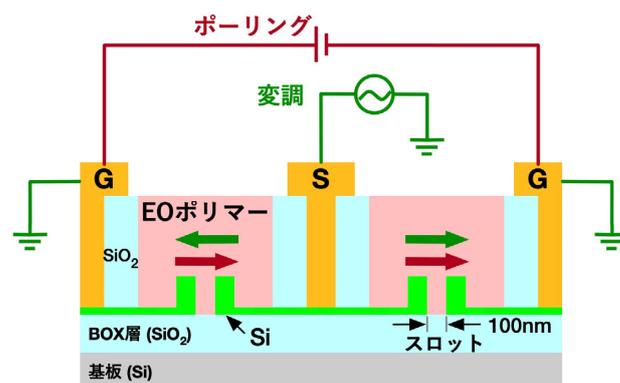


図1 Si/有機EOポリマーハイブリッド光変調器の構造

光変調器(図1)は、Si光変調器に比べて高速で低消費電力であることが報告されているが、これまでOバンド用に適した有機EO材料がなくCバンド(波長1,550 nm)でのみの実証であった。NICTでは、これまでにOバンドで優れた特性を有するEOポリマーの開発に成功しており、これを用いてOバンド用ハイブリッド光変調器の試作を行ってきた。実用化に向けた製造技術の確立を図るため、Siスロット光導波路構造は、量産化において不可欠なSiフォトリソグラフィ技術を利用して作製した。フォトリソグラフィ技術を利用して作製したSiスロット構造に対して、NICTが開発したEOポリマーの無空隙充填プロセスを適用することにより、Oバンドにおいて汎用Si光変調器( $V\pi L=2$ )に対して7倍以上高効率の光変調( $V\pi L=0.27$ )を実現した。

EOポリマー光変調器の光フェーズドアレイなどへの応用について、安価なSiディテクタが使用できる1,100 nm以下の短波長化に向けた検討を行った。これまで、赤色光において透明でEO効果が大きい赤色光用EOポリマーの開発に成功しており、これを用いることで従来のCバンド用EOポリマー変調器( $V\pi L=1.8$ )よりも3倍以上高効率( $V\pi L=0.52$ )で短波長(640 nm)の光変調動作を世界で初めて実証した(図2)。また、可視光フェーズドアレイの実証に向けて、赤色光用EOポリマーを用いて8分岐導波路を試作し、明瞭な8ch分岐出射光を確認した。

超広帯域電磁波制御デバイスに係る基盤技術として、光ファイバー無線モバイルフロントホールの一部無線区間やリモートアンテナにおける高速無線-光信号変換に

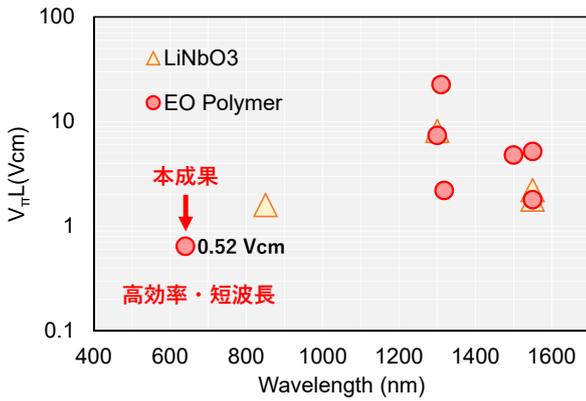


図2 光変調器の比較

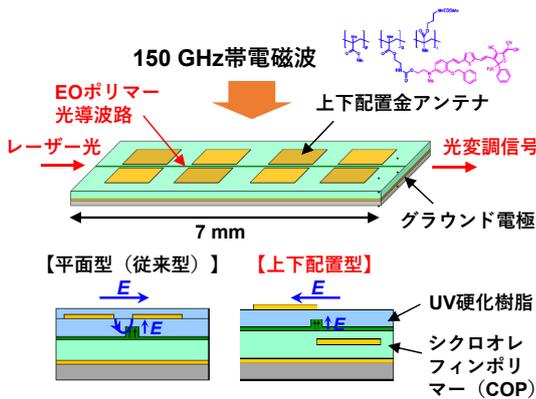


図3 上下配置金アンテナを用いた150 GHz帯光変調器

に向けた150 GHz帯無線光変調素子の試作と評価を行った。高周波電磁波の照射による直接光変調の効率向上を目指し、従来の平面アンテナ構造よりも大きな電場増強効果が得られる上下配置アンテナ構造とEOポリマー導波路を用いた新規構造のデバイスを試作した(図3)。試作したデバイスに150 GHz電磁波を照射した結果、150 GHz電磁波による従来比10倍以上の高効率直接光変調を実証した。本デバイス構造は、EOポリマーの転写法を用いて作製しており、デバイスの量産化への展開が期待できる。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)』に共同採択された(徳島大、NICT、岐阜大(令和3年度~))。

電磁波制御デバイスの量産化や広帯域化・高効率化に向けて、ウエハサイズでのEOポリマー膜の汎用的な転写技術や自立膜・積層膜を作製する技術を世界で初めて開発した。具体的には、これまで開発を進めてきたEOポリマーの転写技術を発展させることで、3インチウエハ基板上にEOポリマー膜を転写することに成功した(図4)。ウエハサイズでのEOポリマーの転写技術は、電磁波制御デバイス等の量産化に向けた基盤技術となるも

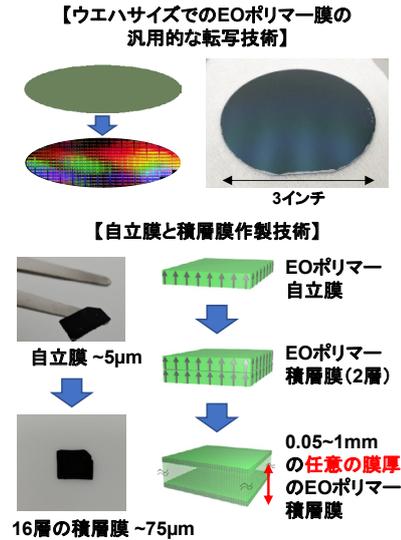


図4 ウエハサイズでのEOポリマー膜の転写技術と自立膜・積層膜の作製技術

のである。また、EOポリマーの転写技術を応用して、EOポリマーの自立膜・積層膜を作製する技術を開発した。EOポリマーの自立膜・積層膜作製を行うために、化学関連企業と共同で開発を行った、ガラス転移温度が189℃の耐熱性及び靱性の高いポリカーボネート系のEOポリマーを用いた。エッチング等のウェットプロセスを用いて、まず5 μm程度のEOポリマー自立膜を多数個作製した。その後、表面処理技術、真空熱圧着技術等を用いて、EOポリマー自立膜を、ポーリング方向をそろえて張り合わせることによって、EOポリマー積層膜の作製を行った(図4)。75 μm程度の厚さの16層のEOポリマー積層膜の作製に成功し、今後、任意の膜厚のEOポリマー積層膜を作製していく上での技術基盤を開発した。EOポリマー積層膜を用いた広帯域・高感度電界検出デバイス開発に向けての基盤となる成果が得られた。

EOポリマーを用いたデバイスの光耐性強化に向けて、光劣化の要因を明らかにするために、85℃における光劣化速度定数の光強度依存性を測定した。光劣化速度定数は、一重項酸素励起エネルギーよりも低いCバンドの光照射では光強度の二乗に比例するのに対して、一重項酸素励起エネルギーよりも高いOバンドの光照射では光強度に比例した。この結果は、光劣化が光励起一重項酸素の関与する光酸化であることを示しており、ガスバリア膜などでデバイスを封止し酸素の関与を遮断することにより、デバイスの光耐性を向上させることができることを示唆している。ガスバリア膜として酸化アルミ原子層堆積(ALD)膜によるデバイスレベルの封止技術を検討したところ、ポリカーボネートフィルム上に形成した膜厚48 nmのガスバリア膜により酸素透過度が約4桁減少し、光耐久性を大幅に改善可能であることを確認した。

## 生物の有用機能を人工的に再現した新奇情報素子の研究開発

## ■概要

バイオICT研究室では、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信号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する基盤的研究開発に取り組んでいる。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など、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、生物システムにおいて普遍的にみられる、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としての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の構築を目指す。取組の柱は以下の2つである。

## 1. バイオマテリアルによる情報識別法の高度化

分子に付随した情報を評価するためのベースを構築するため、化学的ラベルを識別することで大きなメリットを得られる評価対象の検討と、効果的な評価を実現するために必要な計測システムの設計を行う。令和3年度には、化学的ラベル識別対象の基礎的な検討と計測システムの設計に取り組んだ。

## 2. バイオマテリアルを活用した新奇情報素子の構築

天然の生体分子由来のパーツを組み合わせて情報処理システムを構成するための要素技術の検討を行うとともに、細胞内に人工的に微小な機能構造を構築する技術を用いて細胞のもつ有用な機能を人工的に再現するための基礎技術の検討を行う。令和3年度には、生体分子を組み合わせた情報処理システムを構成するための要素技術の検討と、細胞内微小空間構築技術を用いて細胞の有用機能を人工的に再現するための基礎技術の検討を行った。

## ■令和3年度の成果

## 1. バイオマテリアルによる情報識別法の高度化

(1) バイオマテリアルを活用した情報識別法として、これまで我々は、化学物質入力に応答するバクテリアを基板表面に固定し、入力物質の種類や濃度に依存して変調するそれらの回転運動を高スループットで検出する計測システムを構築、これにより収集したデータとベイズ推定法及び機械学習法を活用し、入力された未知の溶液の化学的ラベルを識別する新しいコンセプトのセンシング技術を提案してきた。今年度は、この技術についてのフレームワークを明確化し、その有効性について精査を行って、化学情報を識別するためのバクテリアセンシング技術のコンセプトをとりまとめ、論文を発表した（Scientific Reports誌掲載）（図1左）。人が舌で味わうように化学物質の情報を見分ける新しい手法であり、これまでセンシング困難であった領域にまで検出対象を拡張する技術として注目され、多数の記事に取り上げられている。また、化学的ラベルを識別する対象の調査をすすめ、ヘルスケア分野と環境分野に関する連携先との協力関係を構築して具体的なターゲットの設定をおこなった。さらに、この技術の社会展開を加速するための取組として、オンサイト計測を容易に実施できるようにするための計測システムの可搬化を進め、計測システムの小型化とそれに伴う解

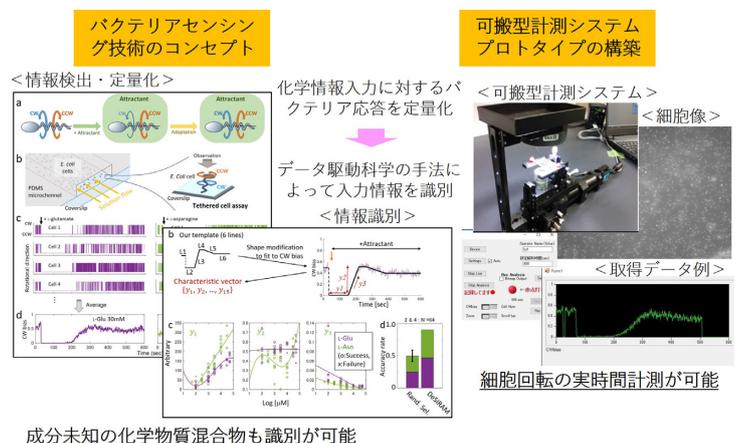


図1 化学的ラベル識別対象の基礎検討と計測システムの設計

析システムの改良を行うことでプロトタイプシステムを構築した(図1右)。

- (2) 入力に対する細胞の応答などの細胞現象の追跡を非染色で最小限の生体毒性で実現するための新しい技術として、電磁波研究所と共同でデジタルホログラフィー技術を応用した細胞内微細構造の屈折率差の定量計測を試みた。その結果、細胞内の屈折率差を定量的に画像化することに成功した(図2)。この成果はOSA Continuum誌に掲載された。このデータは補償光学計測システムの設計にも不可欠なものである。

2. バイオマテリアルを活用した新奇情報素子の構築

- (1) バイオマテリアルを活用した新奇情報素子の構築に関し、これまで我々は、天然の生体分子の部品をうまく組み合わせることで、これまでにない新しい機能を発現する人工生体分子素子についての研究開発を行ってきた。令和3年度においては、DNAナノテクノロジーと人工分子素子を組み合わせた新奇情報処

理システム構築のコンセプトの提案と、これによって実際に情報運搬分子の流れを制御するための基本要素である分子レベルの分別器・集積器の作製を行い、それらの性能を定量化して有効性を確認するに至った(図3)。この成果は、生体分子を用いて細胞が実際に行っている組合せ爆発を起こすような対象の省エネルギー・省リソースでの情報処理の実現を人工的に再現するためのベースとなるものとして注目を集めて、国際科学誌Scienceへの掲載に至っている。また、自律的に動作する人工分子構築に関する国際コンソーシアムを形成し、中心的な役割を担うに至っており、今後の研究の加速が期待される。

- (2) 細胞内微小空間構築技術を用いての細胞の有用機能を人工的に再現するための基礎技術の検討に関し、人工ビーズ表面における細胞機能の発現系の設計を行い、必要な実験試料の調製及び細胞へのビーズ導入条件の検討を行った(図4上)。その結果、ビーズ表面に結合させた外来DNAから遺伝子発現を誘導するためには、DNAの塩基配列だけでなく、ビーズへの結合様式や、ビーズ侵入直後に起こる細胞内応答の理解と制御が必要であることが分かった。また、細胞内における分子認識過程を再構成するために、精製したタンパク質やRNAを用いた液-液相分離(LLPS)による分子認識の定量方法を検討しアッセイ系を構築した。以上に加え、細胞内における細胞機能の発現に関して、細胞内における染色体末端集合化と染色体機能との関係を明らかにした(図4下)。この成果はMicroorganisms誌に掲載された。

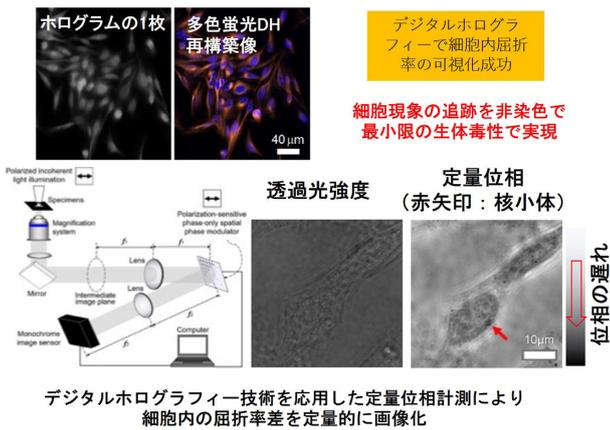


図2 デジタルホログラフィー技術を応用した細胞内微細構造の屈折率差の定量

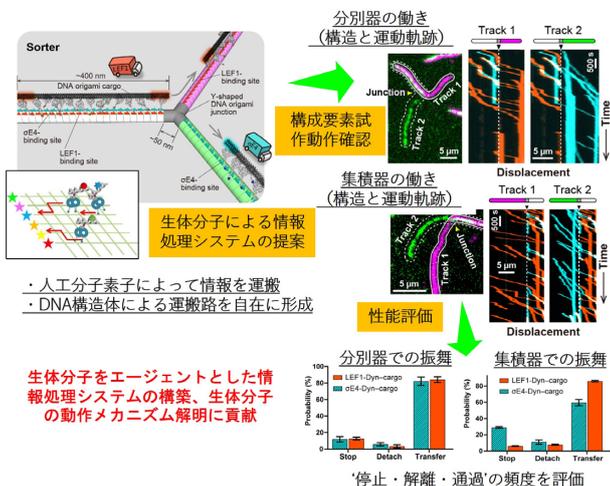


図3 生体分子を組み合わせた情報処理システムの要素技術検討

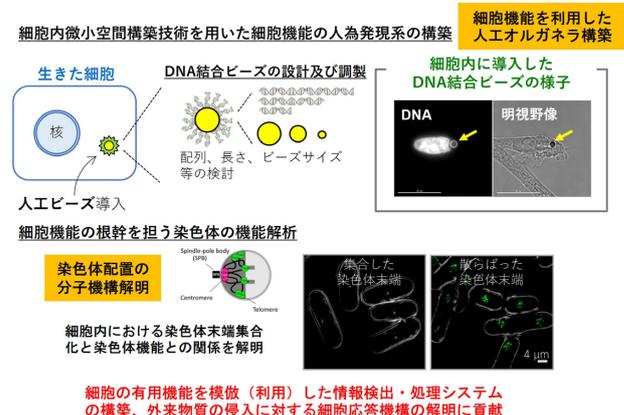


図4 細胞の有用機能を人工的に再現するための基礎技術の検討

## 昆虫脳に倣った効率的な情報処理技術の研究開発に向けて

## ■概要

今後の社会では、日常生活の様々な場面においてIoT機器をはじめとする小型の情報機器の利用が爆発的に増加すると予想される。それらの情報機器においては、限られた電力と計算資源で実行できる簡潔な方法で情報を処理し、必要最低限の機能を生み出すことができる、効率性に優れた情報技術が求められる。こうした要請に応えるため、当研究室では、ごく小規模な神経系で環境の情報を処理し、多彩な行動を生み出すことが可能な「昆虫の脳」に着目した研究開発に取り組んでいる。昆虫は優れた感覚能力と定型動作を組み合わせることにより、迅速かつ精緻な運動制御（飛行・歩行）や個体間コミュニケーションなど、様々なタスクを実行可能である。その一方で、学習・記憶によってその行動を柔軟に変容させ、環境に適応するように振る舞うことも可能である。こうした行動を生み出す昆虫脳の効率的な情報処理機構を新奇ICTの創出に活かすため、当研究室では、各種神経機能の計測・評価技術の開発を行うとともに、環境情報のセンシング・感覚情報の処理と統合を担う神経機構の解析を行っている。令和3年度はこのミッションの下、1. 視覚を手がかりとした運動制御機構、2. 記憶メカニズムの分子・細胞機構、3. 生体機能を支える情報識別の分子・神経機構に注目して神経・生体調節機能の評価・計測技術の開発及びそれを活用した機能解析に取り組んだ。

## ■令和3年度の成果

## 1. 昆虫の視覚行動解析とそのための脳機能解析技術

近年、ヒト以外の動物を対象とした神経科学研究においても仮想現実（Virtual Reality: VR）の導入が進んでいる。VRを用いれば、より厳密な制御が可能な人工刺激を、より自然に近い状況下で動物に呈示することが可能になる。この刺激によって生じる神経活動や行動の解析によって感覚入力と行動出力との間の定量的関係のより詳細な把握が可能になり、行動制御アルゴリズムの推定やモデル構築のためのより精緻な基礎データの取得が可能になる。目下、行動神経生物学プロジェクトではショウジョウバエの視覚系の機能を解析するためのVR

実験環境の構築に取り組んでいる。令和3年度は、視覚刺激により生じたハエの歩行運動を、視覚刺激にフィードバックさせる閉ループ系の構築に向けて、システム設計を行った。また、システム構築に必要なハードウェアの設計・試作を行い、その新たな装置においては、視覚刺激を呈示できる視野範囲が大幅に拡大されることを確認した（図1）。一方、視覚による歩行運動制御に関連した神経機能解析では、光遺伝学（遺伝子工学的手法を用いてニューロンに光応答性を付与し、人為的に神経活動を操作する技術）を用いたニューロン機能の検討を行い、視覚情報処理を担う神経回路と運動制御を担う神経回路の結節点を構成するとみられる、複数の高次ニューロンの特定に成功した。

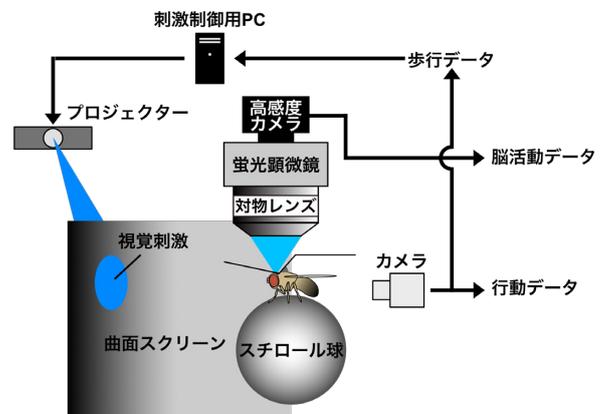
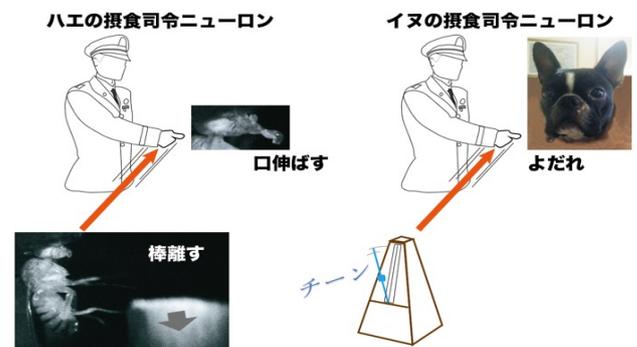


図1 VR行動解析系の概要

図2 新規開発したハエの連合学習モデル  
摂食司令ニューロン（フィーディング・ニューロン）での情報処理が変わり、棒の引き離しによって口吻の伸展が引き起こされる

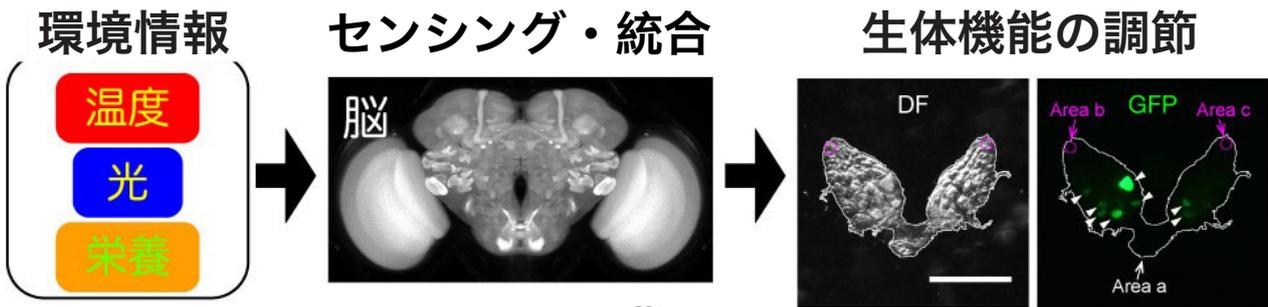


図3 新規マーカーを用いた環境応答の定量・評価技術  
蛍光タンパク質(GFP：緑色)の蛍光測定によって、過酷環境下で生じる生体機能調節(生殖細胞の成熟度の変化)の定量評価が可能になる

## 2. 脳内に作られつつある記憶実体“エンGRAM”を脳内の一個のニューロンから検出

脳を形作る個々の神経細胞は、回路を構成する素子であると同時に、経験に従って自身の特性を変化させる性質、即ちメモリーとしての機能を併せ持つ。この性質は情報処理系としての神経系の顕著な特徴であり、生物規範型の情報処理素子等への応用可能性を有する。しかし現状においては、分子・細胞レベルでの記憶形成のメカニズムの十分な理解は得られていない。令和3年度、記憶神経生物学プロジェクトはこの記憶の形成過程を特定のニューロンに着目して解析するため、古典的条件づけに基づく新たな記憶解析系の開発に成功した(図2)。通常、ショウジョウバエは餌となるショ糖液を口器に触れさせると口吻を伸ばして摂食行動を開始する。この実験系では、あらかじめハエの肢に棒をあてがって捕まらせ、その棒を引き離すたび、口器をショ糖液に触れさせることを繰り返す。その結果、ハエは棒を引き離すとショ糖刺激が無くても摂食行動を示すようになる。パプロフの犬における「音」の刺激を機械刺激(棒の引き離し)に置き換えたものと言える。つまり、棒を引き離すとショ糖が得られるという記憶を形成することが可能になったのである。さらに、この実験系と神経活動の光学計測を組み合わせ、記憶形成に随伴した神経活動の変化を初めて捉えることに成功した。これまでに同プロジェクトでは、脳に一对あるフィーディング・ニューロンの活動によって摂食行動が引き起こされることを見出していた。そこで上記の条件付けのさなかこのニューロンの

活動を記録したところ、条件付けの前には生じなかったカルシウム上昇が条件付けによって出現した。たった1個の特定されたニューロンで記憶実体が観測されたことは、記憶を支えるシナプスの変化を解明する糸口となる大きな成果である。

## 3. 情報を識別する生体機能を支える分子レベルの仕組みの解明

生体の働きの基本はDNA(時にRNA)分子に担われた遺伝子情報にコードされている。内外環境もまた様々な分子によって組み立てられており、脳は分子と分子のやりとりを介して環境をセンシングし生体の機能をコントロールする。この分子と分子のやりとりを1つのネットワークとして捉え、環境からの入力信号に始まり生体が適応的にその機能を変化させる出力に至る情報処理過程を定量的に記述することを試みた。この情報処理過程がどのように進化してきたかという点にも焦点を当てた。生体にとって最も根元的な物質環境である温度、光、食物に関する情報が、脳のごく少数のニューロンによって統合され、生殖か生存かを決する過程や、ごく少数のタンパク質(マスター遺伝子*fruitless*の作るタンパク質)が脳の特定の細胞の発生運命を決する過程を定量的に調べて、その入出力関係を定式化することに成功した(図3)。また、*fruitless*というたった1つの遺伝子に由来するシグナル分子がその機能を定量的に変化させることで、生物に多様性を進化させることが可能であることも明らかになった。

深紫外光デバイス技術により安心・安全で持続可能な未来を切り拓く<sup>ひら</sup>

## ■概要

深紫外 (Deep Ultraviolet: DUV) 光は、おおむね200～300 nmの波長領域の光の名称であり、空气中を伝搬できる光の中で最も波長の短い光に分類される。特にUV-Cとして分類される280 nm以下の光波長領域は、オゾン層ですべて吸収されるため、太陽光が地表まで到達せず、ソーラブラインド領域と呼ばれる。このため、太陽光の背景ノイズの影響を受けない通信・センシングや、大気中の高い散乱係数を利用した見通し外 (Non Line of Sight: NLOS) 光通信などへの応用が期待されている。また生物のDNAやタンパク質は自然界には存在しない280 nm以下の光に対して強い吸収構造を持つ。この特性により、深紫外光を使えば、塩素などの薬剤を用いずに、細菌やウイルスなどを極めて効果的に殺菌・不活性化できる。このような応用以外にも、空气中を伝搬できる光の中で最も波長の短い深紫外光は、光加工や3Dプリンタの高精細化、樹脂の硬化、印刷、環境汚染物質の分解、分光分析、医療応用など、多様な技術領域において今後画期的な役割を果たしていくものと期待されている。従来、この深紫外光を発する光源として、主にガス放電ランプである水銀ランプが用いられてきた。しかし、光源としてのサイズや消費電力が極めて大きく、その利用範囲は限定されていた。またさらに、2017年「水銀に関する水俣条約」が発効され、人体や環境に対し有害な水銀の削減・廃絶に向けた国際的な取組が加速している。このような状況から、これまでになく低環境負荷で小型・高出力・長寿命な深紫外半導体固体光源の実現とその早期社会展開が切望されている。深紫外光ICT研究室では、材料科学・ナノ光デバイス技術などに係る基礎研究から産官連携による応用技術開発の取組までを一貫して進めることで、従来性能限界を打破する深紫外半導体固体光源や新たな深紫外光ICTデバイスの創出とその社会実装を目標とした研究開発に取り組んでいる。

## ■令和3年度の成果

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界規模での流行が続いている。COVID-19感染経路の一つとし

て、エアロゾル感染の存在が明らかになってきている。エタノールなどの液体薬剤は、新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) に対して顕著な不活性化効果を示すことから、物体表面の除染等に広く使用されている。しかし、液体薬剤を使用することができない条件やSARS-CoV-2エアロゾルに関しては、有効な不活性化方法が未だ確立されておらず、感染対策上の大きな課題として残されていた。

このような状況において、DUV-LED照射によるウイルスの不活性化に大きな期待が寄せられている。しかしながら、従来市販されているDUV-LEDの光出力は数十 mW程度以下と小さく、迅速に高い不活性化率を達成するには不十分であった。また、これまで光照射技術を用いたSARS-CoV-2に対する不活性化効果の評価については、試験皿内のウイルス懸濁液を用いた条件に限られており、SARS-CoV-2エアロゾルに対するDUV-LEDの定量的な照射効果については明らかにされていなかった。

これらの社会的課題を解決するため、令和3年度の主な研究取組の一つとして、DNAやRNAの吸収極大波長と重なる波長265 nmの発光ピークを示す高出力な窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn) 系DUV-LEDを開発し、医療研究機関 (東京大学医科学研究所) と共同で、液体中

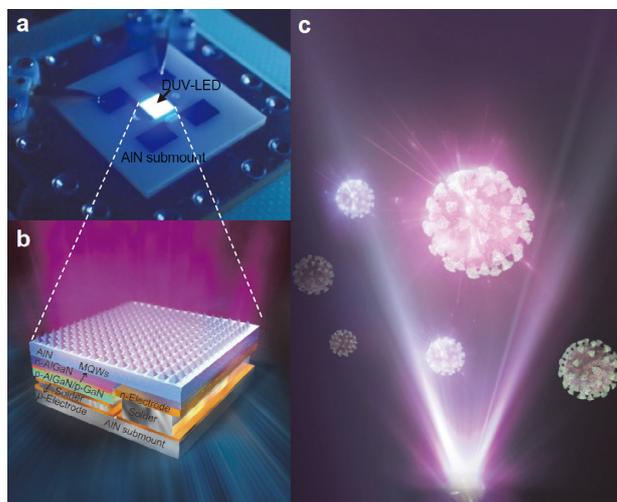


図1 (a) NICTで開発した高出力深紫外LEDの外観写真、(b) デバイス層構造の模式図、(c) ウイルスへの深紫外光照射のイメージ図

並びにエアロゾル中のSARS-CoV-2に対する光不活性化効果を定量的に検証した。

窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn) 系DUV-LEDの極めて低い光取出し効率や効率ドロップの問題を改善する、ナノフォトニック構造技術や各種デバイス要素技術等を開発することで、室温・連続駆動・シングルチップの条件下で、従来市販DUV-LEDの約10倍に相当する、500 mWを超える高出力265 nm帯DUV-LED照射システムの開発に成功した (図1)。

液体中のSARS-CoV-2に対するDUV-LEDの不活性化効果を調べるため、スライドガラスの上にSARS-CoV-2懸濁液を円形に広げ、真上からDUV-LED光を照度54 mW/cm<sup>2</sup>で照射した。ウイルス懸濁液を回収しプラークアッセイを用いてウイルス力価を測定すると、ウイルスの感染力は照射0.167秒後に1/1000、0.270秒後に1/10000、0.387秒後に1/100000に減少した。各タイムポイントにおける照射光量は、それぞれ9.02 mJ/cm<sup>2</sup>、14.58 mJ/cm<sup>2</sup>及び20.90 mJ/cm<sup>2</sup>であり、DUV-LED光によるSARS-CoV-2懸濁液のD99.9は9.02 mJ/cm<sup>2</sup>であった (図2)。

次にエアロゾルに対するDUV-LEDの照射効果を調べるため、バイオセーフティレベル3施設の安全キャビネット内にSARS-CoV-2エアロゾルの解析が可能な試験チャンバーを設置した。試験チャンバー内のネブライザーを用いてSARS-CoV-2を含むエアロゾル (94.9%以上の粒子が直径2 µm未満) を生成し、DUV領域の光透過性の極めて高い合成石英で作製された管を介してエアロゾルをエアサンプラーで採取する実験系を構築した。DUV-LED照射システムは合成石英管内を通過するエアロゾルを石英管の外側から光照射できるように設置され、エアサンプラーの吸引流量を調整することでエアロゾルが照射領域を通過する時間 (照射線量) を制御した。エアロゾル化したSARS-CoV-2は、DUV-LED照射により、0.0043秒 (0.23 mJ/cm<sup>2</sup>) 後に1/10、0.0074秒 (0.40 mJ/cm<sup>2</sup>) 後に1/100、そして0.019秒 (1.04 mJ/cm<sup>2</sup>) 後に1/1000にまで急速に不活性化された (図3)。SARS-CoV-2エアロゾルのD99.9に必要な総線量は1.04 mJ/cm<sup>2</sup>であった。DUV-LED照射は、ウイルスエアロゾルに対して、ウイルス懸濁液に比して約9倍の高い有効性を示すことを世界で初めて明らかにした。

本研究では高出力DUV-LEDの照射効果を定量的に検証するために、石英管の内径サイズ (20 mm) と同じ、直径約20 mmの範囲で照射量が均一になるようにLED・レンズ光学系を調整し、試験サンプルと光学系との距離 (ワーキングディスタンス) を550 mmで固定して実験を実施した。LED光源の照射範囲及び照射距離についてはDUV-LEDのチップ数、出力、照射時間等を調

整することで、使用用途に応じた最適化が可能である。DUV-LEDのウイルス不活性化用途における実用化の際には、人体への安全性を確保するために、皮膚や目への直接照射を避ける運用が必要となる。ウイルスエアロゾルの不活性化に対しては、空気清浄機やエアコン等の内部に組み込むなど、安全な遮蔽機構を有する製品を開発し利用していくことが有望である。

本研究により、波長265 nm帯のシングルチップ500 mW高出力 DUV-LED照射システムを用いることで液体中及びエアロゾル中のSARS-CoV-2を迅速に不活性化できることが実証された。265 nm 高出力DUV-LEDは、低コスト・高効率に物体表面の殺菌に利用できるほか、空気清浄機やエアコンに組み込むことで、エアロゾル中のSARS-CoV-2の迅速な不活性化を実現し、感染拡大の防止や公衆衛生の向上に寄与することが期待される。

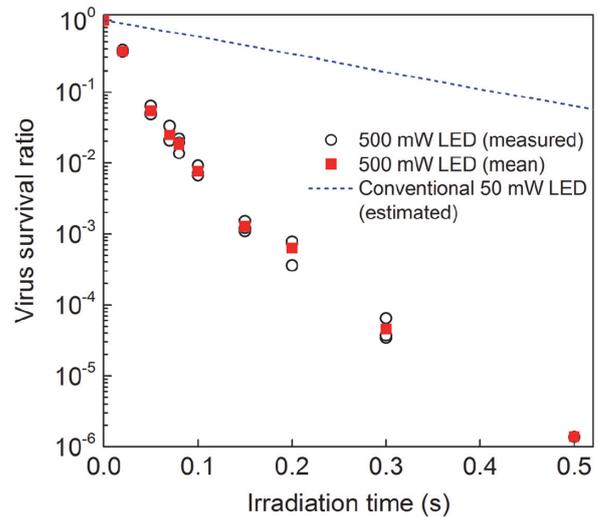


図2 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) 懸濁液に対する DUV-LEDの不活性化効果

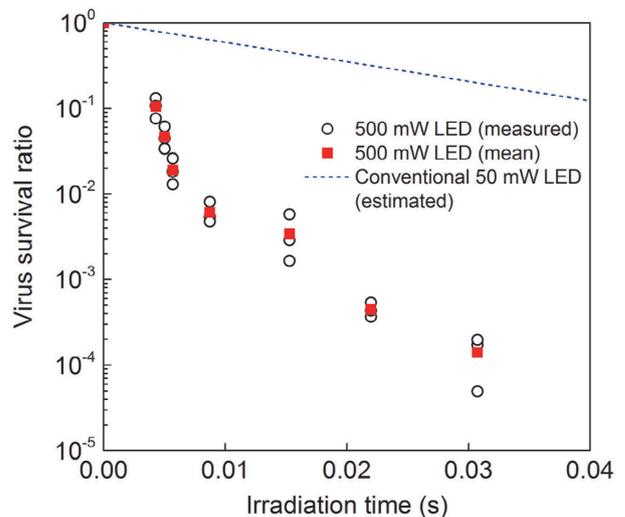


図3 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) エアロゾルに対する DUV-LEDの不活性化効果

### ■概要

未来ICT研究所のうち、NICT本部（東京都小金井市）に拠点を置く研究室を統括する組織として、令和3年度から新たに小金井フロンティア研究センターが設置された。これまで、未来ICT研究所とその支援組織（企画室）の本拠は神戸に所在していたため、小金井の部署は「サテライト」の立場だったが、当センターの設置により、拠点密着で手厚い研究支援が可能となる体制が構築された。所属する3つの研究室の概要について以下に述べる。

### ■主な記事

令和3年度からの新たな第5期中長期計画の開始にあたり、未来ICT研究所のうちNICT本部（東京都小金井市）に拠点を置く研究室を統括する組織として、新たに小金井フロンティア研究センターが設置された（図1）。NICTの本部は東京都小金井市に所在し、本部には数多くの部署が存在しているが、部署名に正式に「小金井」の文字が含まれているのは小金井フロンティア研究センターのみである。これは、同じく今中長期計画から新たに

に設置された神戸フロンティア研究センターと、所在地名として神戸と小金井で対になっているための名称である。令和2年度までの第4期中長期計画期間では、神戸と小金井の両方に研究員が所在する「フロンティア創造総合研究室」という大きな研究室があったが、第5期中長期計画の組織再編で、旧フロンティア創造総合研究室のうち小金井に拠点を置いていた研究グループと2つの先端開発センターが、新たな小金井フロンティア研究センターに所属することとなった。同時に、研究センター内に企画室が設置され、これまで以上に拠点密着で手厚い研究支援が可能となる体制が構築された。このような経緯で設立された当研究センターでは、以下の3つの研究室がICT分野における「フロンティア」を切り拓く最先端の科学技術に取り組んでいる。

「量子ICT研究室」は、光や電磁波の波としての性格／粒子としての性格のうち、特に後者に着目し、それを様々な情報通信に活かすことをテーマとしている。例として、光の量子的性質をネットワークの中で暗号に使う技術に取り組んでいる。将来的に計算機的能力が非常に



図1 小金井フロンティア研究センターの所在

高まったとしても解析されてしまうことがない暗号を指して研究を進めている。また、ネットワークのつなぎ目である「ノード」に光の量子的性質を応用しようという研究も行っている。さらには、物理的な量子の性質を様々な計算機に活かし、高性能化を図るといった、より将来的な応用を見据えた研究も手掛けている。

「グリーンICTデバイス研究室」では、名称の“グリーン”が示すように、環境負荷の少ないデバイスの研究を実施している。具体的には、高電圧に耐え、伝送損失が少なく、耐放射線性能も高いなどの特長を持つ、酸化ガリウムを素子に使ったデバイスの研究を行っている。酸化ガリウムは、物質の存在としては知られていたものの、それを使ったデバイスの開発はNICTが世界に先駆けて取り組み始めたテーマで、現在もグリーンICTデバイス研究室が世界のフロントランナーとして走り続けている。

最後に、「超高周波ICT研究室」のテーマは、ミリ波やテラヘルツ波といった高い周波数領域の電波を情報通信に活用していこうというもので、そのためのデバイスや

システムの研究開発を実施している。テラヘルツの周波数は、従来の携帯電話や無線LANで使っている電波と、可視光や光通信に使われる光などとのちょうど中間にあり、そのため、従来の無線デバイスと光デバイスで使われる技術の両方を見つつ、それらを融合させたり、歩み寄りたりしながら研究を進めている。テラヘルツ帯には、未利用の周波数帯が広く空いており、Beyond 5Gや6Gでの活用も期待されている。

当初からNICTの未来志向研究の拠点として設立された「神戸」に対し、小金井フロンティア研究センターが手掛けているテーマの中には比較的近い将来に社会実装が期待されるものもいくつか存在している。数年で世の中に出てしかるべき技術と、更に先を見据えて10年、20年、30年後に実用となる技術が混在しているのが当センターの特徴ともいえる。小金井フロンティア研究センターは、将来の情報通信にブレークスルーをもたらす重要な要素技術の研究開発を進めつつ、新しいICTを世界に先駆けて社会へ提案していく役割を果たすべく、活動を続けている。

## 量子情報通信技術が作る新しい情報ネットワークの実現を目指して

## ■概要

現在の情報通信技術は19世紀に確立された物理法則に基づいており、既に光ファイバの電力密度限界や最新技術による暗号解読の危機が指摘されるなど、今後も次々と物理的限界を迎えることが予測される。このような限界を打破するため、「量子力学」における物理法則を駆使し、情報理論的安全を物理法則が担保する量子暗号技術や関連する物理レイヤセキュリティ技術（量子セキュアネットワーク技術）、また従来理論の容量限界を打破する量子情報通信の研究開発（量子ノード技術）を自ら研究と産学官連携により戦略的に進めている。令和3年度は、以下に挙げる成果を達成した。

## ■令和3年度の成果

## 1. 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研究開発において、想定ユースケースで性能を検証した。一例として東芝等と連携し、大容量ゲノムデータの分散バックアップのデモンストレーションを実施し、300 Mbps以上の速度のOTP暗号伝送により80 GBのデータの高分散バックアップに成功し、プレスリリースを実施した（図1）。また、本件を含む成果を招待講演4件で報告した。また量子セキュアクラウドを用いて、個人情報を保護しながらゲノム解析データを利用する、いわゆる安全なデータの二次利用を可能とする実装形態を提案し、信頼できるサーバを仮

定し、量子セキュアクラウド内に保管されたデータの完全性を情報理論的に担保できる技術を開発した。また、量子暗号装置単体の高性能化への取組として、既存光通信との同一ファイバでの共存を容易とする連続量子鍵配送（CV-QKD）方式における鍵生成レート改善のため、誤り訂正符号LDPC（low-density parity-check）を用いた新たな鍵情報整合（reconciliation）プロトコルをEindhoven工科大学（蘭）、Karlsruhe工科大学（独）と連携して提案し、フレームエラーレートを従前手法よりも10%低減し8.5%の鍵生成レート改善に成功した。

光空間通信に適した量子暗号・物理レイヤ暗号の基盤となる実装方式として、実装装置の簡素化が容易であるDPS方式を採用し、地上テストベッド上に実装し原理検証を行った。また衛星-地上間での光通信など、チャンネルが見通せてreceive and resend attackなどの盗聴者の攻撃が困難であるケースにおいて、高い鍵生成レートを実現できる見通し通信QKDというプロトコルを新規開発した。高度な計算処理を必要とする鍵蒸留処理を衛星搭載環境でも実施可能であるかどうかを評価するため、民生品で構成された鍵蒸留基板に放射線を照射後の動作確認を実施し、データベースを作製した。例として従来衛星搭載品としての信頼性が不確定であったSSDメモリが低軌道衛星環境で10年分の放射線を被ばくしても正常に動作することを確認し、その結果に対しデータベース化を実施した。

中軌道や静止軌道上の衛星と地上局間で情報理論的に

安全な暗号通信を実現可能な新方式として、見通し通信QKDの理論を構築し基本原理の実証実験を実施した。またフェーディング効果まで考慮した物理レイヤ暗号の未解決課題であった秘匿通信容量の定式化に世界で初めて成功した。さらに衛星量子暗

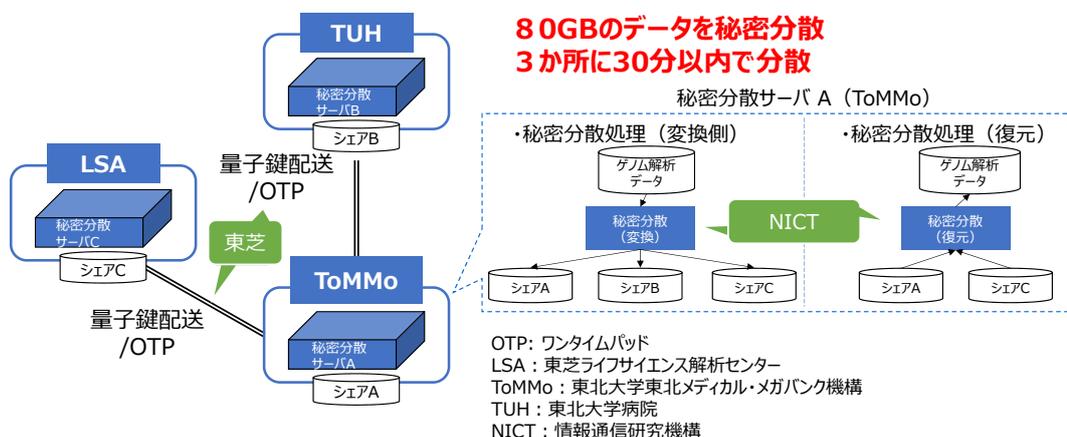


図1 大量ゲノムデータの分散ストレージ

号・物理レイヤ暗号技術の方式検討と数値解析を行い、搭載機器の要件定義を完了した。また見通し通信QKDに関しての初めての理論構築に成功した。

社会実装試験等を通じて量子暗号技術の標準化を進めた。具体的には電子カルテ、ゲノムデータ、企業機密情報、金融データに対しTokyo QKD Network上の量子セキュアクラウド等を用いて、Proof of Concept (POC)を進めた。特に金融データに関し、野村証券、野村HDと共に量子暗号の低遅延性、大容量耐性、連続稼働特性のパフォーマンステストを実施し、有用性を実証した。

さらにITU-T、ISO/IEC、ETSIにて標準活動を精力的に進めている。ITU-Tでは日本技術を骨格とする8勧告体系を整備した。マルチベンダによるQKDN構築と事業者間接続に必要なプロトコルとインタワーキングの勧告草案の検討を進めている。ISO/IECでは評価・検定法に関する草案に対し世界でトップの修正コメントを提出している。量子鍵配送装置の評価検定の指針となる日本版 Protection profile (PP) をEAL2をターゲットとしての第一案の作成を完了した (図2)。

## 2. 量子ノード技術

量子計測標準技術として、イオンを二次元的に配列して光時計の安定度を向上させる新型イオントラップシステムの動作実証を、大阪大学、ハノーバー大学、ドイツ物理工学研究所との協力で世界で初めて成功した。本成果はQuantum Science and Technology誌に掲載された。また量子波長変換技術の開発及び量子光源・検出器の高度化を進めた。具体的には量子計測標準技術にも応用を想定した新規量子もつれ光子対源を用いて、世界最高速の繰り返し周波数(3.2 GHz)での高明瞭度な二光子量子干渉の観測に成功した。

新型超伝導量子ビットの実現に向けては、シリコン基板上にエピ成長させた窒化物超伝導磁束量子ビット作製・評価技術の研究開発を進めた。超伝導量子ビットの新たな材料プラットフォーム実現に向け共同研究機関と共に、超伝導材料としてアルミニウムを一切使用しないエピタキシャルジョセフソン接合を有する全窒化物の超伝導磁束量子ビットをシリコン基板上で安定にコヒーレント動作させることに世界で初めて成功した (図3)。

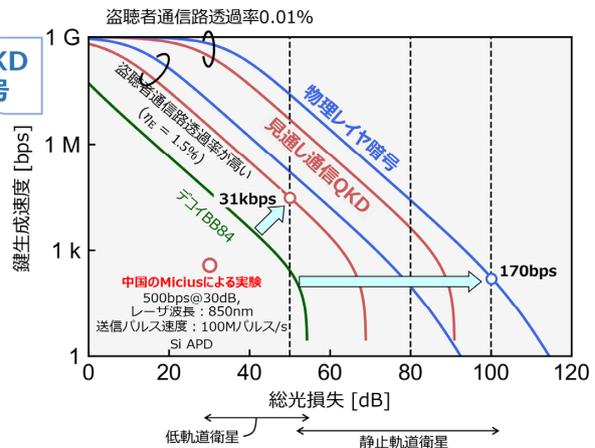
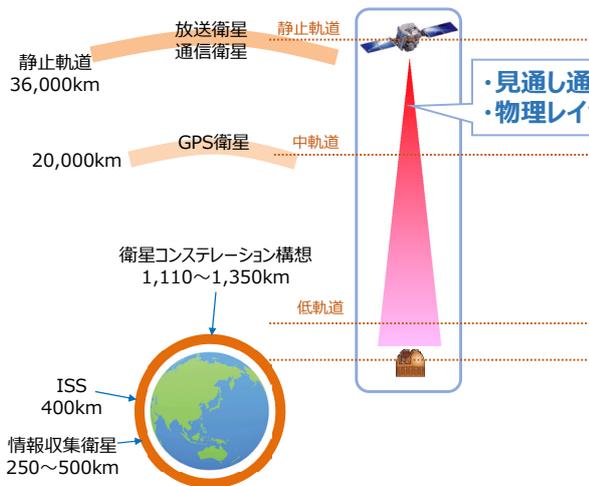


図2 見通し通信QKDの利用イメージと予想性能

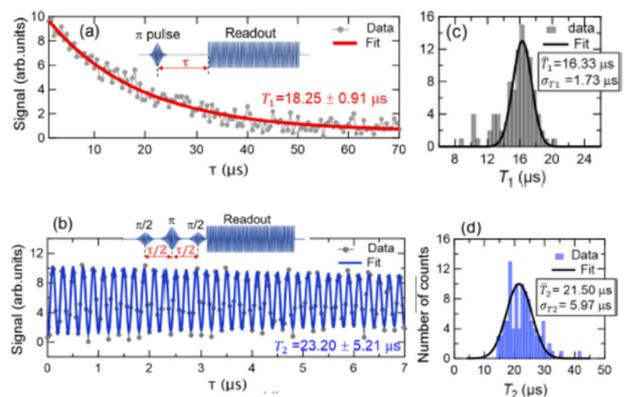
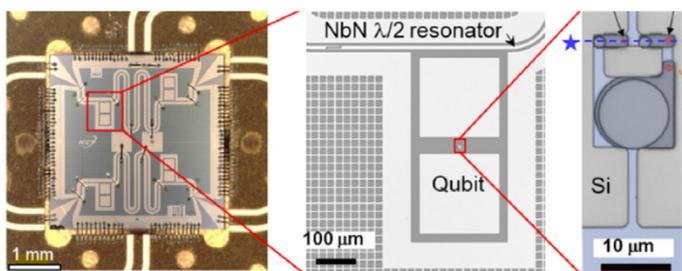


図3 全窒化物超伝導磁束量子ビットの性能

## 高速・大容量通信及び高精度センシングを目指した研究開発

## ■概要

当研究室は、ミリ波及びテラヘルツ波（周波数30 GHz～3 THz）を用いた無線システムの実用化に向けて重要となるトランシーバのモジュール化技術の確立に向けて、ビーム制御技術、無線伝送システムの評価技術、これらの基盤となる電子デバイスの高性能化に取り組むテラヘルツエレクトロニクスプロジェクト（PJ）と、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技術の研究開発を行うテラヘルツフォトニクスPJを設け、いまだ十分に利活用が進んでいないミリ波及びテラヘルツ波帯などの周波数帯を“新たな電波・周波数資源”として開拓する技術開発を進めている。

## ■令和3年度の成果

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回路技術の開発として、テラヘルツ帯トランシーバ集積回路に用いる局部発振（LO）信号用の9通倍器回路を、一般普及に適したシリコンCMOSプロセスを利用して試作した（図1）。9通倍器回路は、2つの3通倍器回路と各中間周波数帯に対応した増幅器、そして最終段のインジェクションロック型電力増幅器により構成され、25 GHzの入力信号を通倍・増幅させて225 GHzの出力信号を得る。キャパシタクロスカップルによる増幅器のゲインブースト手法、段間インピーダンス整合と2次高調波成分の不要波の抑制を狙った独自設計のトランス、不安定領域における高出力

整合を利用したインジェクションロック型増幅器などの技術を利用し、他の不要波を抑制しつつ、周波数225 GHzにおいて+4 dBmの出力電力を達成した。このパワー合成によらないシングルパス構成で、国内外トップクラスの高い出力性能と回路面積や消費電力の低減、更には位相雑音の抑制を実現した（図2）。

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、ワイドバンドギャップⅢ-V族化合物半導体でSiやGaAsなどと比較して熱伝導率が大きく、放熱性に優れるため高温動作が可能で、また電子の飽和速度が高く、絶縁破壊電圧が高いため高出力・高耐圧なパワーエレクトロニクス材料やデバイスとしての応用が期待されている窒化ガリウム（GaN）系高電子移動度トランジスタ（HEMT）の高出力化のため、国内最高の最大発振周波数（ $f_{\max}$ ）287 GHzを達成したNICT製GaN基板上MIS型 $\text{In}_{0.18}\text{Al}_{0.82}\text{N}/\text{AlN}/\text{GaN}$ -HEMT（ゲート長 $L_g = 45 \text{ nm}$ 、ゲート幅 $W_g = 100 \text{ }\mu\text{m}$ 、ソース・ドレイン間距離 $L_{sd} = 1.0 \text{ }\mu\text{m}$ ）の周波数70 GHzでの出力特性をロード・ソースプル出力特性評価システム（図3）により評価し、出力電力密度（ $W_g = 1 \text{ }\mu\text{m}$ あたりの出力電力 $P_{\text{out}}$ ）0.75 W/mm以上かつ $P1\text{dB} = 15.0 \text{ dBm}$ を達成した。これはGaN系HEMTよりも高い $f_{\max} = 425 \text{ GHz}$ をもつNICT製InP基板上 $\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ 系HEMT（ $L_g = 50 \text{ nm}$ 、 $W_g = 100 \text{ }\mu\text{m}$ 、 $L_{sd} = 1.8 \text{ }\mu\text{m}$ ）と比べて約7.2倍、約4.4倍高い $P_{\text{out}}$ 、 $P1\text{dB}$ で、GaNデバイスの高い出力性能と線形増幅性を示した（図4）。

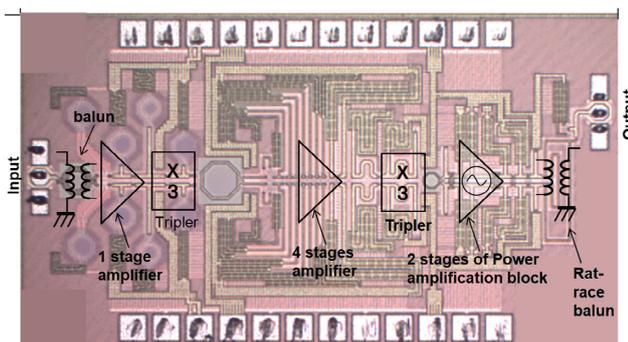


図1 225 GHz信号用9通倍器回路のチップ写真

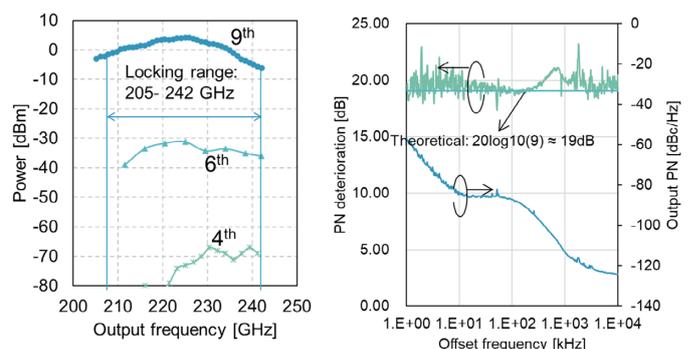


図2 9通倍器の出力周波数特性（左）と位相雑音（右）

一方、次世代の高周波トランジスタへの応用を目指して、電子有効質量が小さく、電子移動度や電子飽和速度が高いアンチモン (Sb) 系Ⅲ-V族化合物半導体であるガリウムインジウムアンチモン (GaInSb) を電子走行層 (チャンネル層) に用いた微細T型ゲートGa<sub>0.22</sub>In<sub>0.78</sub>Sb/Al<sub>0.4</sub>In<sub>0.6</sub>Sb系HEMTの開発として、今年度は分子線エピタキシー法によりAlInSbスペーサ層を薄層化成長することによりゲート・チャンネル間距離を短縮し、このスケールリングがHEMTのDC及び高周波特性に与える効果について調査した。同じL<sub>g</sub>をもつ従来HEMT構造と比較し、薄スペーサ構造HEMTは約30%高いドレイン電流 (I<sub>ds</sub>) 403 mA/mmを示すとともに相互コンダクタンス (g<sub>m</sub>) 及び電流利得遮断周波数 (f<sub>T</sub>) も高い値を示し、L<sub>g</sub> = 70 nmにおいてg<sub>m</sub>の最高値0.81 S/mmを、L<sub>g</sub> = 35 nmにおいてf<sub>T</sub>の最高値301 GHzをそれぞれ得た。なお、薄スペーサ構造HEMTで高い特性が得られた要因について遅延時間解析を行った結果、主にゲート・チャンネル間距離の短縮に伴うゲート電極直下の電子速度の増大とソース抵抗 (R<sub>s</sub>) とドレイン抵抗 (R<sub>d</sub>) の低減による寄生抵抗の減少に起因することを確認した。

Beyond 5G / 6Gを見据えた高速・大容量無線通信においては、広い帯域の利用が可能であるテラヘルツ帯の周波数を活用することが一つの候補となる。無線通信技術の中で重要となる要素の一つに高安定な基準信号源が

あるが、テラヘルツ帯における高安定信号源技術を中心に研究開発を実施した。テラヘルツ帯基準信号源開発においては特に周波数コム技術に着目し、更に小型化が期待できる微小共振器による光コム光源の研究開発を行った。令和3年度は (1) 高Q値微小共振器のデバイス構造作製の検討及び (2) 集積化テラヘルツ信号源に向けた信号処理回路の機能集積について検討した。(1) については、窒化シリコン (SiN) 堆積プロセスの見直しを行い、これまでの高温 (>700°C) から低温 (<400°C) での堆積を行った。この手法だとひずみの影響が避けられるため、集積化におけるダメージを防げるというメリットがある一方、水素基が膜内に残留するためにCバンドの吸収によるQ値の低下という問題がある。そこでポストアニールプロセスを導入することにより残留水素基除去を行い、1.55 μm帯でQ値が10<sup>4</sup>台から>3×10<sup>5</sup>という顕著な向上が確認できた。(2) に関しては、チューニング可能なテラヘルツ信号源実現のため、信号処理回路としてのオンチップフィルタを微小共振器と共に作製した。作製したオンチップフィルタの特性は図5 (上) となり、7.8 GHzの半値全幅の共振特性が得られた。この共振波長をオンチップフィルタに装荷されたヒーター電極によりチューニングを行い (ヒーター投入電力: P<sub>1</sub> = 53.5 mW、P<sub>2</sub> = 18.8 mW)、実際に300 GHz間隔の光ソリトンコムから600 GHz間隔のtwo-tone信号発生を実現した (図5 (下))。

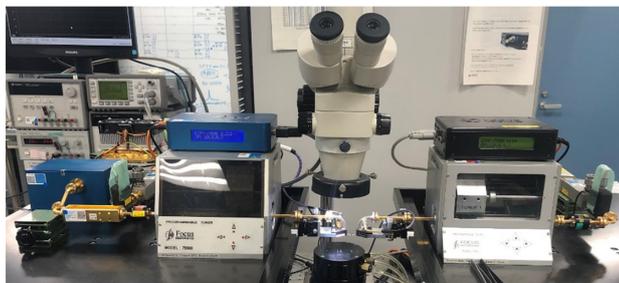


図3 70 GHz帯ロード・ソースプル出力特性評価システム

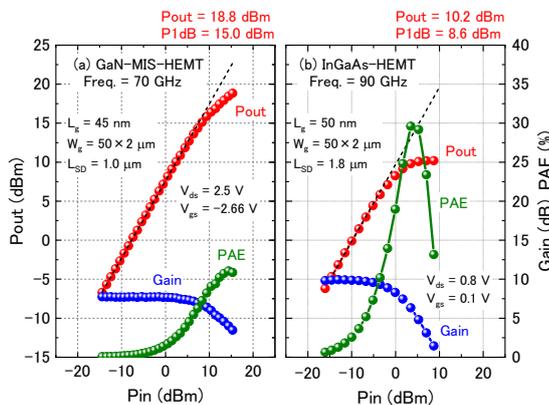


図4 NICT製GaN系HEMTの出力特性 (周波数70 GHz、左) と NICT製InGaAs系HEMTの出力特性 (周波数90 GHz、右)

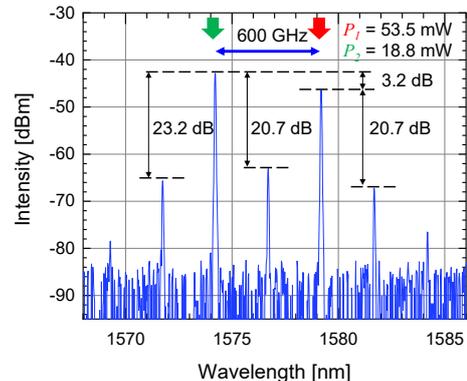
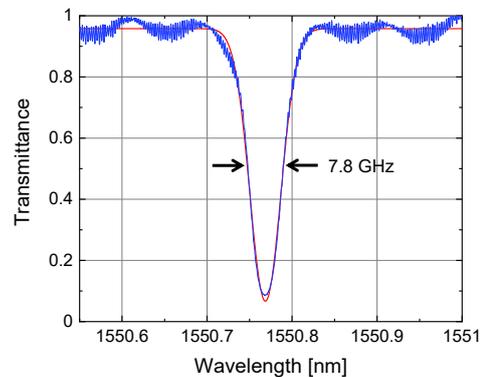


図5 作製したオンチップフィルタの透過スペクトル (上) とこれにより生成したtwo-tone信号スペクトル (下)

## 酸化ガリウムエレクトロニクス ～パワー、極限環境、その先へ～

## ■概要

我々の日常生活において、半導体エレクトロニクスの重要度は日に日に増している。実際、身近に接するほとんど全ての家電製品には、電力供給、制御などの様々な機能をつかさどる半導体デバイスが組み込まれている。現在のコロナ禍における半導体デバイスの供給不足が、我々の日常生活の様々な面で大きな影響を与えていることから、半導体デバイス技術の社会的重要度、日常生活への浸透度が見て取れる。このような社会的状況において、世界規模での省エネ・低炭素化に貢献する技術開発の必要性から、電力変換・スイッチングに用いる半導体パワートランジスタ、ダイオードの高効率化に向けた研究開発が、近年これまでも増して活発化した。その一つの方向性として、現在主流のシリコン (Si) デバイスを、必要性、目的に応じて、より物性的に適したSi以外の半導体デバイスに置き換えるための研究開発が盛んに行われている。

上述の社会情勢及び理念に基づき、グリーンICTデバイス研究室では、新ワイドバンドギャップ半導体酸化ガリウム ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) を材料とするパワートランジスタ、ダイオードの研究開発を中心テーマの一つとしている。 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ は、我々が世界に先駆けてトランジスタ化に成功した新しい半導体材料であり、半導体の最も基本的な特性を示すバンドギャップという物性値が大きいという特徴を有する。当研究室では、これまで $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 材料、デバイス研究開発を継続的に行ってきたり、様々なキーテクノロジーの開発に成功するなど本分野を牽引し続けている。

令和3年度にスタートした第5期中長期計画では、第4期に行ってきた $\text{Ga}_2\text{O}_3$ デバイス技術開発を継続し、実用化・産業化を目指した研究開発に注力する。そのワイドバンドギャップに起因する優れた物性から期待されるデバイス応用は、パワーデバイスだけにとどまらず様々な領域に広がる。例えば、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ デバイスは、Siに代表される既存の半導体デバイスでは長期間の安定利用が不可能な、「極限環境」と呼ばれる高温、放射線下などの過酷な条件での無線通信、信号処理応用が期待される。本研究室では、この極限環境エレクトロニクス応用に向け

た高周波 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ トランジスタ開発にも取り組んでいる。

これら $\text{Ga}_2\text{O}_3$ パワーデバイス、極限環境デバイスの研究開発に関しては、機構内自主研究だけにとどまらず、大学及び企業との緊密な連携のもと推進している。また、研究開発において生じる特許などの知的財産に関して、戦略的かつ効率的な取得を目指して活動している。

## ■令和3年度の成果

1. 縦型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ パワートランジスタ、ショットキーバリアダイオード開発

令和3年度は、令和4年度以降に本格開発を予定する、縦型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 電界効果トランジスタ (FET) 作製に必要な種々のデバイスプロセス技術の開発を行った。その中でも、エッチングプロセス技術開発に注力し、深掘りドライエッチング技術及びエッチングにより生じる表面ダメージの除去プロセスを開発した。現在までに、原子層レベルで平坦な $\text{Ga}_2\text{O}_3$ フィン側壁が得られるようになっていく。

続いて、本年度開発した一連のエッチングプロセスを、FETよりも構造が簡便なショットキーバリアダイオードの作製に適用した。図1(a)に、作製した縦型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ショットキーバリアダイオード構造を示す。深掘りトレンチを $\text{SiO}_2$ で埋めた後、その上に階段状フィールドプレートを作製した電界集中緩和のため終端構造に特徴がある。この階段状トレンチフィールドプレートが効果的に働いた結果、耐圧1,600 V超、オン抵抗7.6 m $\Omega$  cm<sup>2</sup>の世界最高レベルのデバイス特性を実現した(図1(b))。この結果は、トレンチ作製に用いたエッチングプロセスが、構造面のみならず、実際のデバイス応用で重要となる電気的特性の面でも高い技術レベルにあることを示している。令和4年度以降、本年度得たエッチングプロセス技術に関する知見を活用して、縦型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  FET開発を推進していく。

2. 極限環境応用を目指した横型高周波 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  FET開発

令和元年度に作製し、令和2年度に種々のデバイス特性評価を行った横型短ゲート $\text{Ga}_2\text{O}_3$  FETにおいては、寄生成分であるアクセス抵抗が他の半導体材料系FETと比

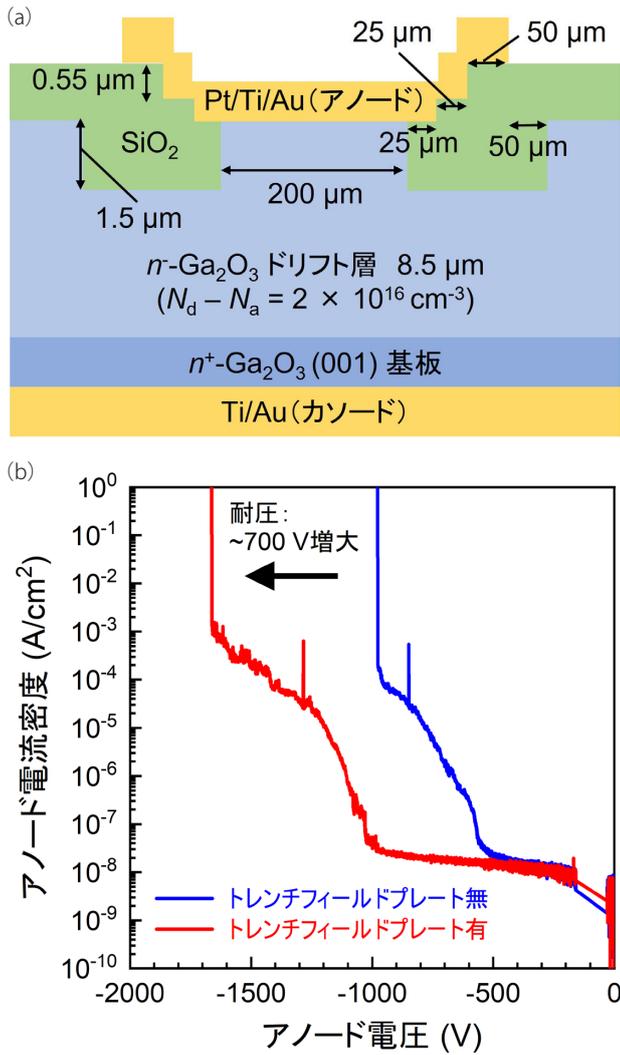


図1 階段状トレンチフィールドプレートを有するGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ショットキーバリアダイオードの(a)断面模式図、(b)逆方向電流-電圧特性

較して高いことが、様々な高周波デバイス特性を律速していることが分かっていた。そのため令和3年度、寄生アクセス抵抗を低減し、高周波デバイス特性を改善することを目的として、セルフアラインゲートGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOSFET構造を設計した。次に、本デバイス構造を作製するのに必要となる微細リセスエッチング及びゲート作製プロセスの開発を行った。図2に、リセス部分に作製した微細ゲート電極の走査型電子顕微鏡像を示す。令和4年度は、令和3年度から引き続き、セルフアラインゲートGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOSFETの作製、デバイス特性評価を行い、優れた高周波デバイス特性の実現を目指す。

### 3. 直接接合技術によるGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Siヘテロ接合ダイオード開発

本課題は、格子不整合が生じる単結晶材料同士の場合、従来のエピタキシャル成長では実現が困難な高品質ヘテロ接合構造を、表面活性化接合技術により作製を試

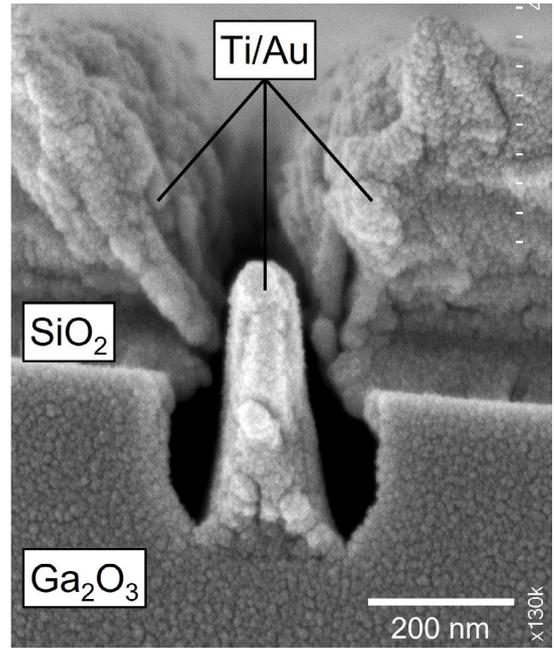


図2 リセス部分に作製した微細ゲート電極の走査型電子顕微鏡像

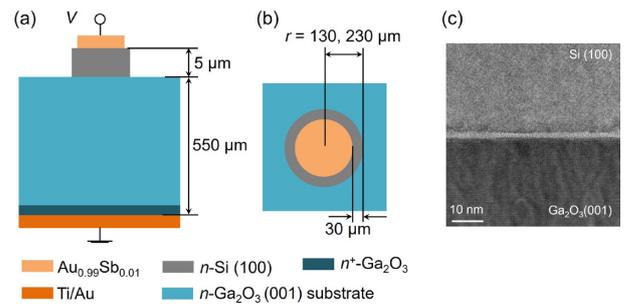


図3 表面活性化接合により作製したn-Si (100)/n-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)ヘテロ構造の(a)断面模式図、(b)平面図、(c)接合界面の透過型電子顕微鏡像

みるという探索的研究である。

令和3年度、表面活性化接合技術を用いて、n-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板とn-Si基板の直接接合を行った。そして、n-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/n-Si接合基板を用いて、図3 (a)、(b)に模式図を示す縦型ヘテロ構造を作製し、構造及び電気的特性を評価した。図3 (c)に示す接合部分の断面透過型電子顕微鏡像から、厚さ2 nm程度の極薄アモルファス領域が形成された高品質な界面が得られていることが分かった。また、作製したヘテロ構造の電流-電圧、容量-電圧特性から、n-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/n-Si接合界面にはエネルギー障壁が形成されていることが分かった。さらに、ヘテロ接合界面の伝導帯バンドオフセット、帯電界面準位密度等の物性パラメータの抽出にも成功した。今後、令和3年度開発したデバイスプロセス及び確立した評価技術を用いて、より実用的に求められるn-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/p-Si接合構造、さらにはn-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSi以外の半導体材料とのヘテロ接合構造の作製、電気的特性評価へと研究展開していく予定である。

## ■概要

人間の脳機能研究の知見を情報通信技術の革新的応用につなげることを目的として、平成23年（2011年）にスタートした脳情報通信融合研究センター（CiNet）は、令和3年に10周年を迎えた。CiNetは5つの原則からなる基本理念を謳っている。我が国及び世界のトップクラスの英知の結集を図り、産学官連携・協力を一層強化することによって最大限の成果を実現し、科学技術の発展、国民生活の向上及び経済社会の発展に寄与し、人類の福祉の向上に貢献する『貢献原則』、グローバルかつ他分野の知見の融合による開かれた先端的融合研究の実現とその成果の公開と享受されることを目指す『オープン原則』、脳情報通信分野に関わる政府指針を認識し、他研究機関との適切な役割分担、効果的な連携の下に主体的な役割を果たす『統一原則』、生命の尊厳の重要性を常に認識する『尊厳原則』、研究実施を通して人材育成へ貢献する『育成原則』である。この理念の下、令和3年4月から始まったNICTの第5期中長期計画では、Society 5.0 で謳われているヒューマンセントリックなICT社会の実現に向けて、人間の脳機能の研究を更に加速してい

る。特に、人間の認知、情動、知覚、意思決定、運動、社会性、言語などの高次脳機能について、多様な知覚・認知条件下における脳活動データを収集・分析することで脳内情報処理全体を包含するモデル『CiNet Brain』の構築を進めている（図1）。これは、脳に倣う人工知能への応用として高い評価を得ているほか、成果の応用も進んでおり、視聴覚刺激に対する脳活動から読み取った脳情報を用いて、ユーザーが製品やサービスに対して抱く印象・感覚の客観的評価を企業との連携の下で実施している。

## ■主な記事

令和3年4月に開始された第5期中・長期計画では、3つの計画目標を掲げた。『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』では、認知科学や脳神経科学の基礎的かつ先端的の研究を進め、社会行動における行動選択の葛藤のモデル化で、未解明であった行動選択と反応に至る回路を明らかにしたほか、社会脳に関わるビッグデータの収集システムの構築や行動選択における性差とその脳メカニズムを、定量データとともに

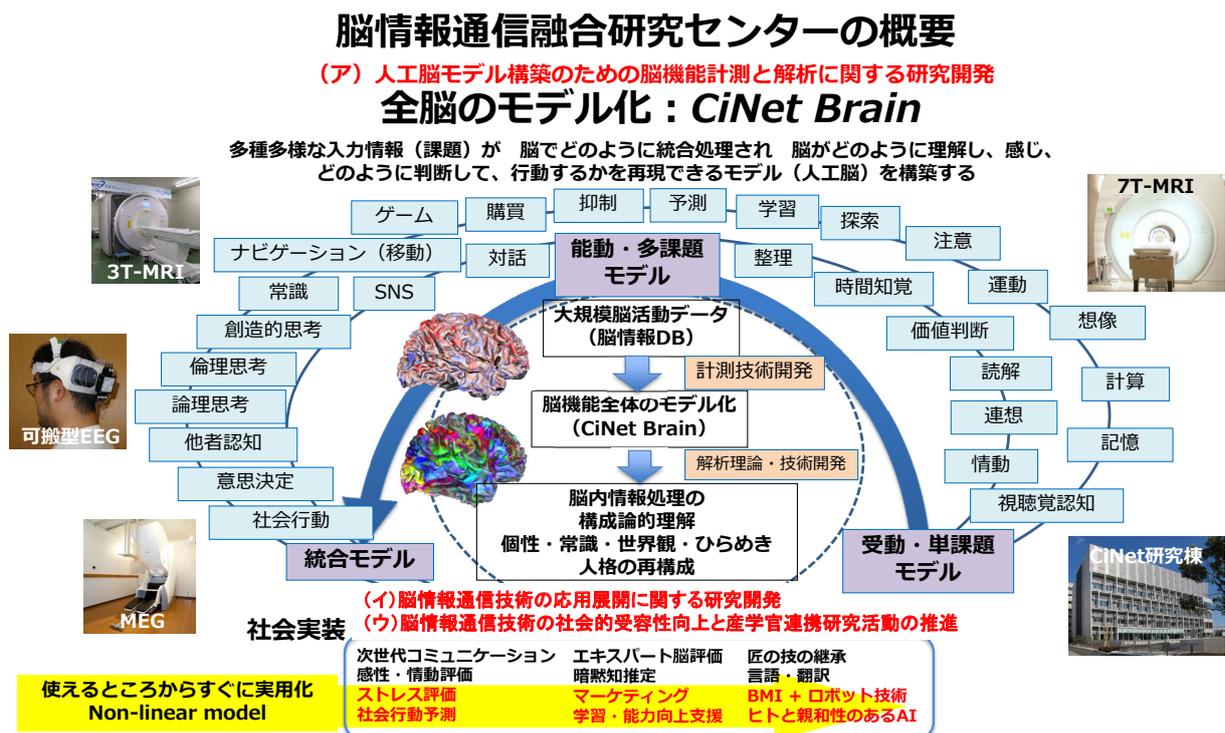


図1 CiNet Brainの概念図

## CiNet設立10周年記念式典及び第11回 CiNetシンポジウム



図2 10周年記念式典と第11回CiNetシンポジウム

に示すなど大きなインパクトを与えた。また、磁気共鳴画像装置MRIの中で選択的に香り（嗅覚刺激）を与えることができる実験系を構築した。これによって、香りが視覚の主観評価を変化させ、対応する脳活動レベルにも差を生じさせることを示した。視覚と嗅覚のクロスモーダル現象の神経科学的証拠を示したものとして注目されている。また、日本語母語話者が英語の自然発話を聴いている時の脳波から、言語的特徴別の脳波応答を同定し、脳波指標からリスニング習熟度を評価するモデルを構築した。脳情報による情報理解度の評価技術につながる成果である。

また、『イ. 脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発』では、運動機能に関する脳機能の知見から社会実装された成果を生み出している。脳領域間の抑制機構が、成長とともに成熟し、加齢に伴い劣化することをMRI計測によって明らかにした。これは、人間の脳における領域間抑制機構のライフスパンでの変化を初めて可視化した成果である。また、脳の半球間抑制機能と手指の巧緻性に関連があることを明らかにした。企業との連携によって、この知見を高齢者向け運動トレーニングプログラムに実装して社会展開することができた。

『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』では、CiNetの研究成果を広く産業界に知らせるための取組を行い、企業との共同研究を積極的に進めた。また、ヒトの脳機能研究とその成果を、社会受容につなげるための課題やその解決法を明らかにしていくことは、最先端研究を実施する上で重要となってくる。CiNetでは倫理・法律・社会課題(ELSI)に係る研究を行うべく、センター内にELSI研究グループを設置して、この分野を先導する大阪大学ELSIセンターとの協働によって、ELSIへの取組を開始した。加えて、内閣府のPRISMとして実施中の「脳情報から知覚情報を

## CiNetカンファレンス New Horizons in Brain Mapping

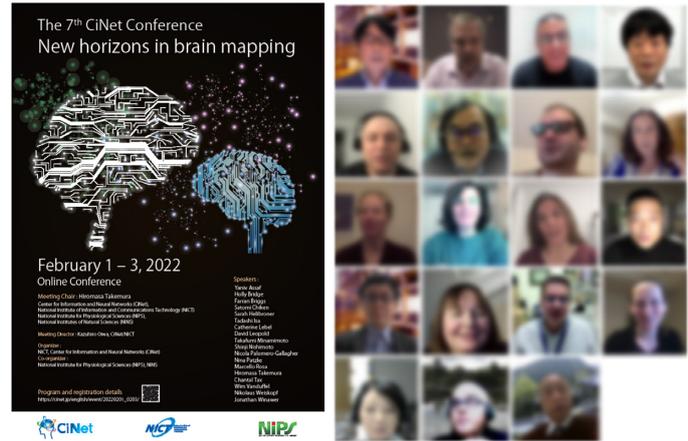


図3 第7回CiNetカンファレンス

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行い、社会実装に向けた検討会を開催して議論を重ねた。

成果発信の一つとして、設立以来、毎年実施しているCiNetシンポジウムとして、COVID-19 感染症対策を十分施したハイブリッド形式で、設立10周年記念式典と記念講演会を令和3年11月5日に開催した(図2)。このシンポジウムでは、ブラウン大学教授で認知科学の先端的かつ重要な成果で著名な渡邊武郎教授による招待講演、北澤茂大阪大学教授による特別講演、CiNetでの研究活動の主体である3研究機関を代表する研究者による講演を行い、300名超の参加者に対してCiNetの研究活動を広く示すことができた。また、海外からの研究者をCiNetに招へいして行うCiNetカンファレンスでは、リモート会議システムの特徴を生かして、世界から著名な研究者、新進気鋭の研究者の参加を得て、「New horizons in brain mapping」として最先端の脳機能計測技術とそれによって明らかになった新たな知見が紹介された。延べ300名近くの参加者を得て、令和4年2月1日から3日までの3日間にわたる会議で、知の創造につながる議論が展開された(図3)。

CiNetでは基礎から応用まで幅広い研究が行われているが、基礎研究段階であっても社会応用が可能なものはいち早く社会展開するノンリニア型の研究開発を推進している。社会展開には産業界の理解と協力が必須であり、このために企業連携フォーラムへ積極的に参加している。CiNetの研究成果を産業界に示す機会を増やすことで、企業からの資金受け入れ型共同研究を促進して成果につなげている。今後も、人々が安心して豊かな暮らしを享受できるICT社会の構築に貢献できる脳情報通信融合技術を育てていく。

## 人の脳機能を理解して、脳機能向上のための支援技術を研究開発する

## ■概要

脳情報通信融合研究室は、第5期中長期計画において、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・解析する技術を開発し、人間の様々な脳機能の向上を支援できる技術等の脳情報通信技術の研究開発を目標としている。この目標を達成するために、2つのサブ目標を設定している。1つは、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であり、ここでは、(1) 自然で多様な知覚・認知を司る脳内情報表現を包括的に扱う脳機能モデルの構築に向け、より多様な知覚・認知条件下での脳活動データを収集し、脳機能モデルの構築と高度化を行うとともに、当該モデルの脳に倣う人工知能への応用を検討すること、(2) 視覚情報処理と脳波の関係や時間感覚の脳内処理メカニズムを解析し、人間の時空間感覚の制御・拡張技術を検討すること、(3) 視覚刺激などの刺激提示手法を高度化し、3D（次元）視覚情報処理などに関する脳活動データを収集することを具体的な目標としている。これらの目標に対して、令和3年度は、視覚刺激提示手法の高度化と3D視覚情報処理に関する脳活動解明において成果を出すことができた。サブ目標の2つ目は、脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発であり、ここでは、(1) ブレインマシンインターフェースシステムの高度化に向け、神経電極のさらなる多点高密度化を図るため、表面型神経電極の作成プロセスの改善を行うとともに、体内外無線通信技術の課題抽出を行うこと、(2) 運動パフォーマンス向上技術の開発に向け、脳の半球間抑制機構のモデル化を開始し、手指の器用さとの関連を調査すること、(3) 人間の運動機能解析や向上に資する、多様な組織を包含した筋骨格モデルを構築することを具体的な目標としている。令和3年度は、運動パフォーマンス向上技術の開発と筋骨格モデルの構築に関して成果を出すことができた。以上のように、第5期中長期計画に従って、着実に研究を進め、成果を上げている。

## ■令和3年度の成果

## 1. 刺激提示手法の高度化と人の3D 視覚情報処理機構の解明

視覚刺激提示手法の高度化については、MEGを使った脳機能計測実験で利用できる視覚刺激呈示システムを構築した（図1）。このシステムは、現行のMEG用視覚刺激システムとしては最大視野を誇る視野80度までをカバーでき、かつ、バーチャルリアリティのような3D画像・映像も提示でき、これらの刺激映像はMEG操作室から制御できる利点をもつ。加えて、3D映像を観察中の眼球運動を計測できるシステムも開発した（図1）。これまでの眼球運動計測装置は、主に2D画像観察中の眼球運動を計測するものであったが、このシステムの開発により、3D空間内でヒトの眼がどこを注視するのかを捉えることを可能にした。これらのシステムの開発は、より自然で多様な知覚・認知条件下での脳活動データの収集を可能にし、今後の脳機能モデルの構築と高度化に資するものである。3D 視覚情報処理に関する脳活動解明に関しては、人の顔認知が奥行き知覚とは独立に処理されているのではないことを明らかにした。正立顔と倒立顔の刺激を用意して、これらの刺激を被験者から離れた様々な位置に提示した。このとき、正立顔と倒立顔の位置に関する奥行きを評価してもらると、正立顔の方が奥行き弁別成績が悪いことがわかった。これは、顔認知が奥行き知覚に影響を与えていることを意味した。実際、奥行き知覚の中間処理領域（V3）の脳活動から正立顔と倒立顔の判別ができることがわかり、奥行き知覚の中

MEG用視覚刺激呈示システム



投影サイズを大きくし、視野全体を覆うような視覚映像の呈示も可能



刺激映像はMEG室外より制御可能

3D映像を観察中の眼球運動計測システム



3D空間内でヒトの眼がどこを注視するのかを捉えることが可能

図1 視覚刺激提示手法の高度化

間処理領域（V3）は顔認知にも関与していることが明らかとなった。従来まで、顔認知は腹側視覚経路、奥行き知覚は背側視覚経路と、それぞれ異なる経路で処理されていると考えられていたが、この成果は人の顔認知が奥行き知覚の中間処理領域でも処理されているという新しい科学的知見をもたらした（図2）。

2. 運動パフォーマンス向上技術の開発

65歳以上の人口が3,600万人を超える超高齢日本社会では、高齢化に伴う認知・運動機能低下が喫緊の課題になっている。脳情報通信融合研究室では、運動制御や知覚・認知情報処理に関わる脳のシステム論的理解を図りながら、これらの脳機能を支援・改善できる技術の開発を行っている。高齢者の脳の特徴として、抑制機能が低下していることを挙げる事ができる。脳が正常に機能し、健全なパフォーマンスを実現するためには、この抑制機能が適切に働くことが極めて重要である。そこで、脳内抑制機構の代表といえる左右運動野間の半球間抑制機能を65歳以上の高齢者を対象にして、機能的磁気共鳴画像法で調査すると、高齢者では半球間抑制機能が減弱または消失していることがわかった。左右運動野間の半球間抑制機能は、運動中の左右の運動野間の不必要な相互干渉を抑えるための機構と考えられており、高齢化

に伴った半球間抑制機能の減弱・消失は手指の器用さの低下に関連していることがわかった（図3）。そこで、トレーニングによって、半球間抑制機能を改善できれば手指の器用さも改善できるかを検証した。左右手指のコーディネーショントレーニングを2か月にわたって行くと、この抑制機能を再活性化でき、合わせて手指の器用さも改善できることを実証した（図3）。興味深いことに、トレーニング前に半球間抑制機能が消失していた被験者ほど（図3の塗りつぶし点）、トレーニング後に半球間抑制がよく改善され、器用さもよく向上していることもわかった。以上の結果は、高齢化に伴う抑制機能の低下は決して不可逆的なものではなく、トレーニングによって改善できること、また、この抑制機構の改善は、脳機能の改善にもつながる可能性を示している。これまでの脳のトレーニングは脳を活性化することに重点がおかれてきたが、我々は世界ではじめて脳の抑制機構を改善することで脳機能を向上させることができることを実証した。この研究は運動用品会社との共同研究として行われ、この研究で効果が実証されたコーディネーショントレーニングは、この会社が社会展開している高齢者向けの運動プログラムに実装され、社会還元されている。

3. 筋骨格モデルの構築 (3D超音波イメージングの確立)

個人ごとに異なる筋骨格形状を計測して精緻な筋骨格モデルを作成するには個人のMRI画像が有用であるが、計測が大掛かりでコストがかかるというデメリットもある。そこで、我々は2D超音波技術と3Dモーションキャプチャ技術を融合した3D 超音波イメージング技術(3DUS)を開発した。被験者の姿勢を型取り、全く同一の姿勢でMRIと3DUSで筋骨格形状を計測し、MRIモデルと3DUSモデルの誤差を評価したところ、表面間距離で平均約1mmの誤差しかないことがわかった（図4）。つまり、3DUSは簡便かつ低コストで高精度な計測が可能であり、今後リハビリテーションやトレーニングなどの実応用への大きな貢献が期待できる。

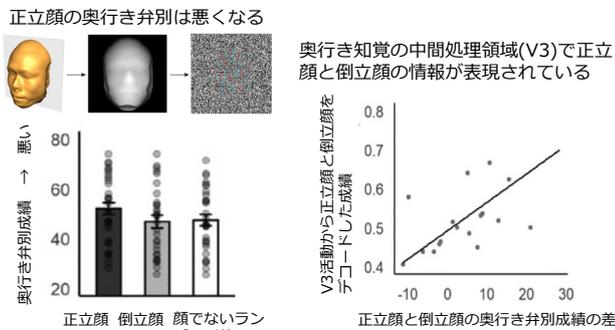


図2 3D視覚情報処理機構の解明

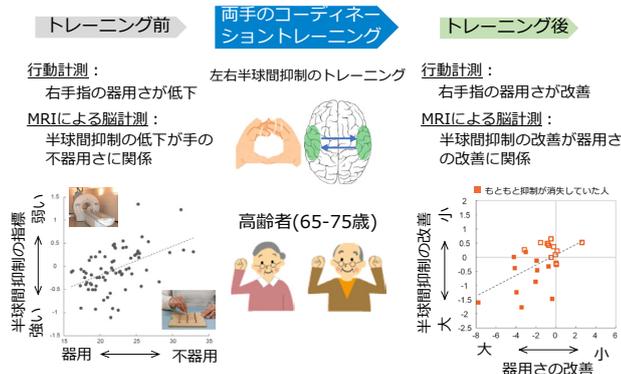


図3 運動パフォーマンス向上技術の開発

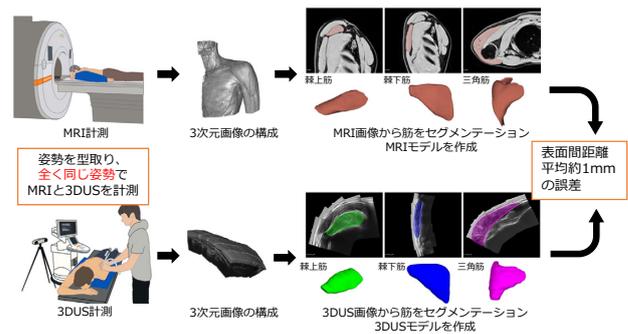


図4 3D超音波イメージングの確立

## 新たな実験・解析手法による嗅覚等の脳機能の研究開発を推進

## ■概要

脳機能解析研究室は、脳活動計測の高度化に関する技術やこの技術を利用した高度な脳活動計測による神経科学的な研究、また、脳活動やその時の心的状態を日常の環境でも計測できる技術の開発などを進めている。この中で令和3年度においては、7テスラの磁気共鳴イメージング (7TMRI) 装置を利用して、これまで計測が難しかった嗅覚に関する脳活動の計測に成功した。また、ヒトは視覚、聴覚、嗅覚など、いわゆる五感を通して外界の情報を得ているが、例えば、映画を見ているときは視覚と聴覚など、いくつかの異なる感覚を同時に使い、さらには、お互いの感覚が影響を及ぼし合いながら外界の情報を処理している。これはクロスモーダル現象と呼ばれるが、嗅覚と視覚のこの現象に関して、心理学的・神経科学的アプローチにより研究を進め、クロスモーダル現象に関する新たな知見を得た。さらに、人間が日常生活の中で体験する感情、とりわけポジティブ感情への注目はますます高まっていることから、日常環境において、アンケートなどを取得できるクラウドシステムを開発し、このシステムで毎日、感謝したことを書く「感謝日記」を記録したところ、感謝日記をつけた場合には、学習モチベーションが上がり、無気力が下がったことから、ウェルビーイングが向上したと思われる結果を得ることができた。

## ■令和3年度の成果

自然で多様な知覚・認知を司る脳内情報表現を包括的に扱う脳機能モデルの構築に向け、嗅覚の脳内表現データを収集し、解析を行った。嗅覚機能については、新型コロナウイルス感染 (COVID-19) による障害がQOLに影響したり、アルツハイマー病などの神経変性疾患により障害が初期に発症したりと重要性が再認識されている。嗅覚末梢レベルにおける匂いの認識は、嗅覚受容体遺伝子の発見によって解明が進んでいるが、高次中枢レベルにおける嗅覚情報処理については分かっていないことが多い。高次中枢において主たる嗅覚関連領域は、他の感覚と比較すると小さく、脳の奥側に位置しているため、その活動を測定することは難しい。そのため、高感度かつ高解像度で撮像できるCiNetの7TMRI装置を用い

て、匂いを嗅いだときの脳活動をfMRIにより計測した。用いた匂いは、心地よいとされるオレンジやラベンダー、不快とされる濡れた雑巾や汚れた靴下の匂いである。しかし、ラベンダーを不快と感じたり、靴下の匂いは不快に感じなかったりと匂いに対する評価は人によって異っていた。また、匂いの強度についても個人の評価にはバラツキがあった。fMRI計測では、これらの匂いに対して、嗅皮質である梨状皮質、扁桃核、眼窩前頭前野で脳活動がみられた (図1A)。そこで、各領域内のfMRI信号を平均し、その信号と個々で評価した匂いの強度や快不快度を比較した。梨状皮質では、匂いを強く評価するほどfMRI信号は大きく、弱いと感じた場合は小さい (図1B)。他の領域でも同様の傾向は見られたが、梨状皮質ほど顕著ではなかった。一方、快不快度との比較では、どの評価でもfMRI信号はほぼ一定であった (図1B)。したがって、領域内の平均fMRI信号は匂いの強度を反映し、快不快度は反映していない。次に、領域内の平均fMRI信号ではなくfMRI信号パターンと匂いの評価との関係を調べた。言い換えれば、各領域の信号パターンから匂いの評価予測ができるかの可能性について検討した。梨状皮質や扁桃核の信号パターンから匂いの快不快予測はできないが、眼窩前頭前野の信号パターンでは予測が可能であった (図1C)。一方、各領域の信号パターンでは、匂いの強度評価は予測できなかった。これらの成果は正常な嗅覚機能を理解する上でとても重要でありNeuroImage誌に掲載された。なお、この研究は

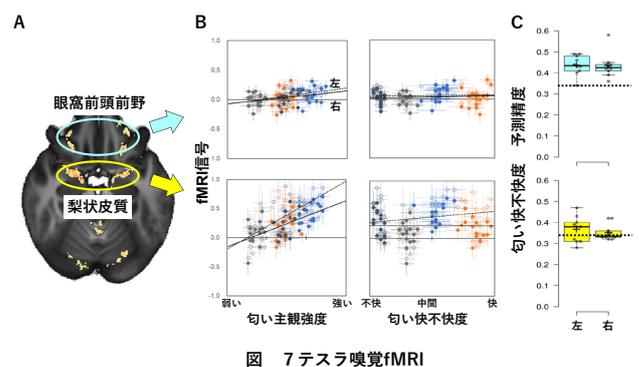


図 7テスラ嗅覚fMRI

図1 (A) 匂いに対するfMRI信号 (B) fMRI信号と匂い評価との関係 (C) 匂い快不快予測精度

ダイキン株式会社との共同で行われた。

嗅覚刺激によるクロスモーダル現象は、香水のように香りによって自身や相手の気分を変える効果や、アロマセラピーのようなリラクゼーション効果などが知られており、嗅覚刺激のクロスモーダル効果は様々な場面で楽しられているが、この嗅覚刺激を利用したクロスモーダル感覚の科学的研究は、いまだ発展途上であり、その効果は不明な点が多いのが現状であった。その主な理由として、嗅覚刺激の制御の難しさ、嗅覚刺激に対する感性評価の難しさなどが挙げられるが、今回、心理物理実験の手法やfMRI実験を駆使することで、香りで映像のスピード感が変わることを科学的に証明することに成功した。実験ではAroma Shooter (図2左上)を使用することで嗅覚刺激を制御し、心理物理実験の手法を用いることで、モーションドット (小さな動く白点、図2左下)の動きが、同じ速さの場合でも、レモンの香りが伴う時は遅く、バニラの香りが伴う時は速く感じることを発見した (図2真ん中)。また、fMRI実験では、香りによって視覚野 (hMT: Human middle temporal, V1: The primary visual area)の脳活動が変わることも確認され (図2右)、クロスモーダル感覚が、心理学的、生理学的に証明された。香りによってなぜ映像のスピード感が変わるのか、時間感覚が変わるからか、注意の配分が変わ

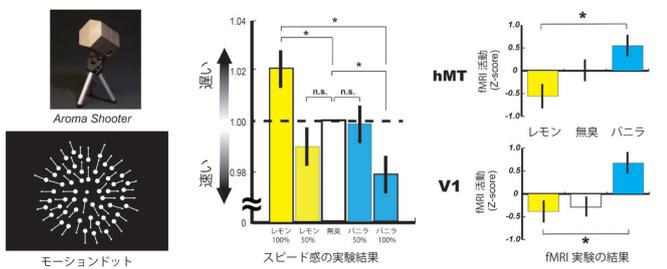


図2 今回の実験で使用した装置、視覚刺激、実験結果。左上: 実験に用いた嗅覚制御装置Aroma Shooter、左下: 心理物理実験での参加者が視聴する画面、中央: 心理物理実験によるスピード感の実験結果、右: fMRI実験による脳部位hMT、V1それぞれの脳活動の結果

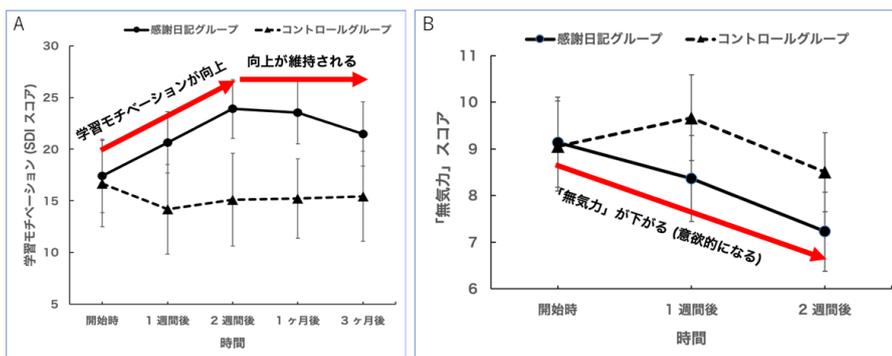


図3 学習モチベーション(A)と無気力(B)に関するスコアの変化

るからか、その詳細なメカニズムは今後ひきつづき調査されることが期待される。嗅覚刺激によるクロスモーダル感覚はこれまで、脳の活動の中でも、感情や記憶のような高次の脳機能への影響が取りざたされることが多かったが、嗅覚刺激が映像のスピード感のような、脳の活動の中でも低次の知覚に影響を与えることが発見されたことは、嗅覚機能の基本的な役割の再考とともに、その学術的意義は大きいと思われる。今回の研究結果は、クロスモーダル感覚とは何か、感覚とは何か、ヒトの情報処理の特性を知る上で、非常に示唆に富んだ研究成果といえることができる。本研究成果はFrontiers in Neuroscience誌に掲載された。

近年、脳科学や心理学研究のみならず、人間が日常生活の中で体験する感情、とりわけポジティブ感情への注目はますます高まっている。その背景には、感情が及ぼす影響は記憶や注意のような認知機能だけではなく、人の動機づけやウェルビーイング (身体的、精神的、社会的に良好な状態)とも深く関わっていると考えられるからである。本研究では、独自のクラウドシステムを開発し、毎日、感謝したことを書く「感謝日記」を記録することで大学生の学習モチベーションへの影響を調べた。実験参加者は84名の大学生で、「感謝日記」を書くグループと、書かないグループに、ランダムに振り分けた。どちらのグループの参加者も、それぞれの日常生活の中で、一日に一回、スマートフォンやPCから、クラウドシステムにアクセスした。クラウドシステムにログインすると、カレンダーが現れ、その日に行うことが示され、「感謝日記」の記述や、心理指標課題に取り組んだ。その結果、「感謝日記」を書くグループでは、学習モチベーションが有意に向上したことが分かった (図3 A)。また1か月後と3か月後にフォローアップ調査を実施し、学習モチベーションの向上は3か月後まで維持されることも分かった。これに対し、「感謝日記」を書かなかったグループでは、学習モチベーションの有意な変化はなかった。さらに、学習モチベーションを構成する3つの

要因 (内発的モチベーション、外発的モチベーション、無気力)のうち、「感謝日記」を書くグループでは、無気力要因が2週間以下下がることが明らかになった (図3 B)。2週間にわたって、毎日、感謝を記録する時間を持つことで、無気力度が下がり、学習モチベーションが上がるということが実験で明らかになった。本研究成果はBMC Psychology誌に掲載された。

## 脳ネットワークが行う情報処理を数理的に解釈しモデル化する

## ■概要

脳情報工学研究室では、行動・fMRIビッグデータに基づく社会脳モデルの研究、自然で多様な知覚・認知を扱う脳機能モデルの構築とその人工知能への応用を中心に、脳ネットワークの情報処理を脳データから解釈しモデル化する研究開発を実施した。これらの技術と知見は、CiNet Brainをはじめとする将来の脳に学ぶICT技術に貢献することが期待できる。

## ■令和3年度の成果

各人の主観的幸福感とその人が持つソーシャルネットワークにおけるアクティブなコミュニケーションの量が相関することが報告されているが、その背後にある脳ネットワークメカニズムは未知であった。そこで、独自に開発したシステムにより収集した、大量のfMRIデータとTwitterデータに基づき、Twitter上のアクティブコミュニケーションの量と相関を示す安静時fMRIのネットワークを探索した。各ユーザーにReplyした相手の数で定義されるアクティブコミュニケーションの頻度を定義した。その結果、250名のTwitterユーザーの安静時fMRIを解析することで、言語関連の脳ネットワークと相手の心を読む「心の理論」の脳ネットワークの結合パターンから (図1A)、アクティブコミュニケーションの

頻度を予測できることを発見した (図1B)。この結果は、社会脳のネットワーク状態が各人のアクティブコミュニケーションを規定し、その人の幸福感に影響を及ぼす可能性を示唆する。

行動科学の知見として、自己の報酬を犠牲にして他の人や社会のためになる向社会行動を取る方が自己の報酬を重視する向自己行動を取るより反応時間が短いことが知られている。このことは、向自己行動が単純に報酬の最大化で行われていると考えると説明出来ないが、その脳ネットワークメカニズムは知られていなかった。

最後通牒ゲームと呼ばれる行動課題ではお金の配分に関する提案者の提案を被験者が受入れれば両者提案通りお金がもらえ、拒否すれば両者とも何も受け取れない。このゲームでは不公平な提案の受入れが向自己行動に、不公平な提案を拒否して提案者を罰することが向社会行動に対応する。

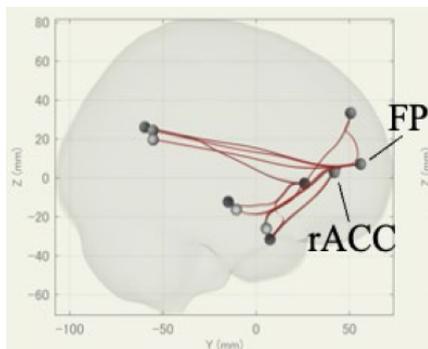
今回、fMRI計測を行いながら最後通牒ゲームの実験を実施し (図2A)、被験者の行動を拡散過程モデルでモデル化することで、行動選択に不公平を考慮しない向自己的な人ほど前帯状回皮質が不公平に対し活動することを見出した。向自己的な人ほどこの前帯状回皮質の活動が不公平に対する扁桃体の活動を抑制することを発見した (図2B)。さらに2つの領域の抑制強度が反応時間を

予測した (図2C)。今回の結果は、向自己行動が扁桃体の向社会な脳活動を抑制することで生じる可能性を示す。

これらの研究に加え、ビッグデータを用いた社会脳の研究により、協力行動の主要な動機である、相手や社会の期待と実際の差を少なくしようとする傾向は平均的に男性で女性より強いことを示し、その脳ネットワーク相関として右背外側前頭前野と腹内側前頭前野の結合を同定した。

ヒトは言語情報を音声でも文字でも理解できるモダリティ不

A



B

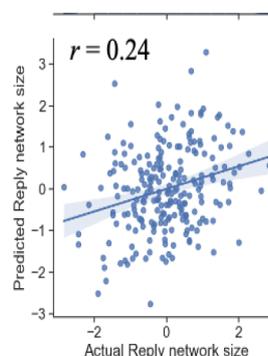


図1 Twitter上でのアクティブコミュニケーションと相関する脳ネットワークA 言語領域、心の理論に関連する安静時fMRIの結合と各Twitterユーザーにアクティブ・ネットワークサイズ(Replyを返す人数)が相関 B 言語領域、心の理論の安静時fMRIの結合から各ユーザーのアクティブ・ネットワークサイズを予測

変性と、音声と文字で異なる入力があるとき一方を優先し、他方を無視する注意選択性の両方を持つ。しかし、その脳内基盤が重なるのか、別々にあるのかは不明であった。本年度実施した研究では、視覚、聴覚、視聴覚注意時のfMRI計測を行って各モダリティの意味特徴エンコーディングモデルを作成し、モダリティ不変性と注意選択性の脳領域を同定した。その結果、両者が一部重なることを示した(図3)。重なりは図3中では白色部分に対応する。本研究では、マルチモーダル情報処理という重要なプロセスにおける論争に解決を与えた。また、MIT-IBM主催の脳活動予測コンテストにおいて世界の73チーム中の3位となる成果を収めた。

個人差を含めた脳情報処理をモデル化する技術と、脳

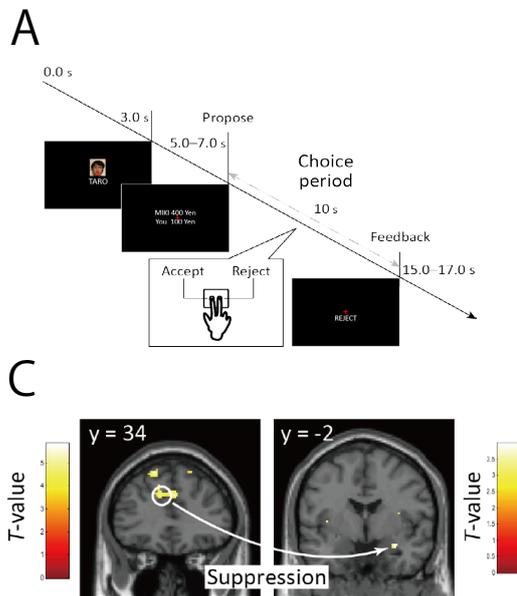


図2 向自的な行動選択と反応時間を生む脳メカニズム A 最後通牒ゲーム 10秒以内に様々な分配提案の受入/拒否を決定 B 不平等/報酬から行動と反応時間を決める拡散モデル C 不平等があっても提案を受入れる人は前帯状回が扁桃体の不平等に対する活動を抑制 D 帯状回-扁桃体ネットワークの結合パターンが反応時間を予測

モデルと脳情報以外の情報を用いて簡易的に脳情報処理を推定する研究開発も実施した(図4)。図4は、被験者の脳情報モデルと質問紙に対する答えを融合した研究を説明している。まず、各被験者のペアに対する、脳情報モデル間の距離行列と質問紙への回答の距離行列をそれぞれ作成する。次に、回答距離行列から脳モデル距離行列を予測する機械学習モデルを作成した。この時に、質問紙の属性選択を行ったところ10程度の質問項目から予測が可能であり、予測された脳モデル距離行列の要素と実際の値の相関係数で0.6程度の精度を得た。これらの結果は、脳情報以外の情報から脳情報処理プロセスが推定できる可能性を示す成果であり、将来のAIに脳型情報処理の知見を簡便に導入できる可能性を示唆する。

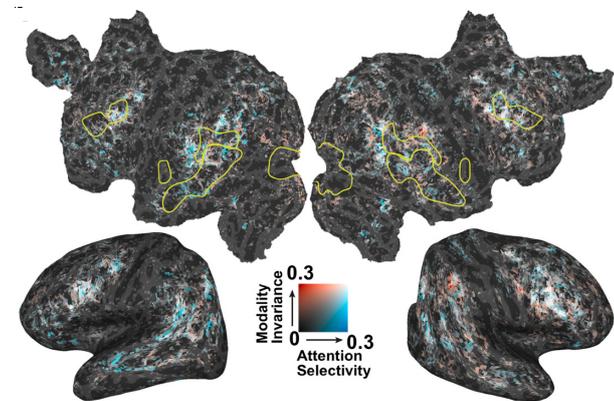
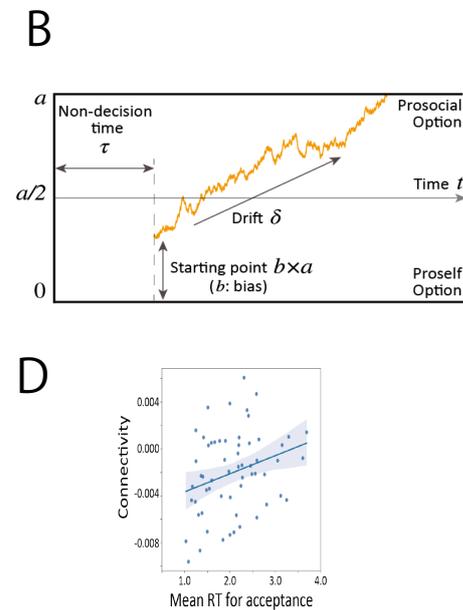


図3 言語認知に関する視聴覚モダリティ不変性(赤)と注意依存性(青)の脳内統合(白)

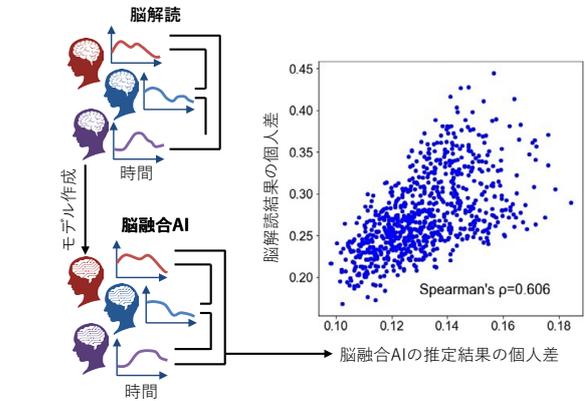


図4 知覚・認知内容の個人差を反映する脳融合人工知能(AI)映像視聴時の意味知覚を、脳活動から解読した結果と、アンケート結果を融合したAIが推定した結果において、個人差に高い相関関係が存在する。



### 3.6 Beyond5G 研究開発推進ユニット

#### 3.6.1 テラヘルツ研究センター

##### 3.6.1.1 テラヘルツ連携研究室

### 3.7 量子ICT協創センター

### ■概要

目覚ましい進化を遂げている移動体通信システムにおいて第5世代の次となるBeyond 5Gでは、単に情報インフラとしての位置づけを越え、実世界(フィジカル空間)とコンピュータやネットワークなどの中の仮想に置かれた空間(サイバー空間)とが有機的に統合され、それらの相互作用で物事が進んでいくサイバーフィジカルシステム(CPS: Cyber Physical System)の概念が提唱されている。CPSの活用により、実世界(フィジカル空間)にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析・知識化を行って、フィジカル空間を最適に駆動することにより、産業の活性化や社会問題が解決されることが期待されている。

Beyond5G研究開発推進ユニットは、NICTにおけるBeyond 5Gの実現に向けた研究開発の司令塔としてNICT内の先端的な要素技術の研究開発を強力に推進するとともに、これまで物理的・社会的に分断されていた分野を異にするコミュニティー相互が協働・共創できる場としてBeyond 5Gを機能させることで、全ての人が自ら新たな価値を自由に創造することができ、Beyond 5GがSDGsやSociety 5.0の達成に繋がるような社会基盤となることを目指している。

組織発足の初年度である令和3年度は、刻一刻と変わるBeyond 5Gの研究開発動向を睨みつつ走りながら考えるアジャイルなマネジメントスタイルを取り、NICTが

関わるBeyond 5Gに係る研究開発全体を俯瞰した上で、ミッシングリンクの発見、重点化すべき課題の抽出、アーキテクチャの議論、ホワイトペーパーを通じた情報発信などを進めるとともに、この一年で研究開発戦略の基本的なフレームワークを確立した。

### ■主な記事

#### 1. Beyond 5G研究開発実施体制の構築

2030年頃のBeyond 5G実現の鍵を握る要素技術等の早期創出を目指した集中取組期間において、Beyond 5Gに係るNICT内の自主研究を各研究所とともに推進するBeyond5G研究開発推進ユニットとBeyond5G研究開発促進事業を進めるオープンイノベーション推進本部とが連携して適切な管理と効果的な推進を行うことにより、自主研究と委託研究の相乗的成果を創出する研究開発実施体制を構築した。

その体制の下で、潜在的なステークホルダと共にBeyond 5G時代を支える新たなサービス創出するオープンコラボレーションの実現を目指して、ホワイトペーパーを通じたBeyond 5G概念形成を進めるとともにNICT内外の有識者等との間でその概念の共有を進め、また、概念に沿った自ら研究の強化及びオープンイノベーション推進本部による公募型研究開発プログラムの具体的取組を進め、ハイレベルな研究課題活動を推進する全体として研究開発を推進するシステムティックな仕組みを構築した。(図1)このうち、自主研究においては

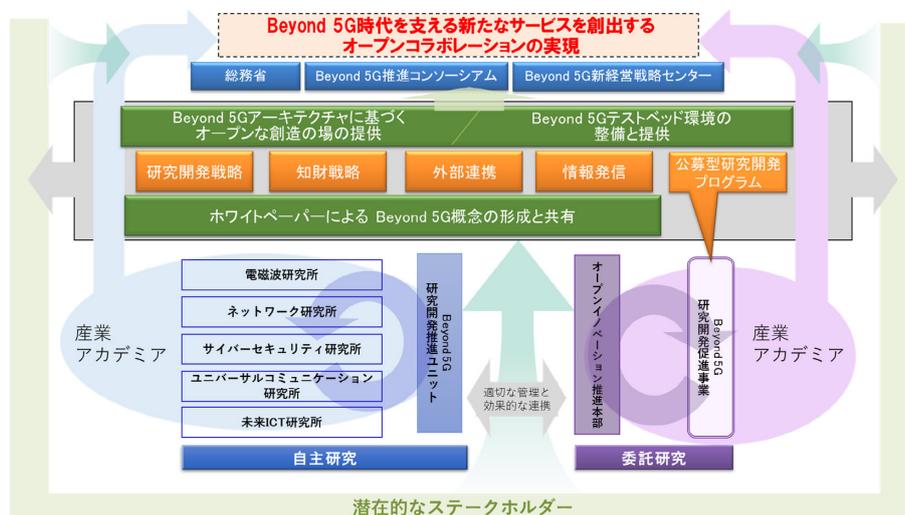


図1 Beyond 5G研究開発実施体制

Beyond 5Gデザインイニシアティブを中心にして、Beyond 5G関連技術の早期確立に資する成果の創出を目指したオープンコラボレーションの活性化及びNICT自らの先端的な研究開発の強化に向けた取組を進めた。

## 2. Beyond 5Gアーキテクチャの策定・ホワイトペーパー第2版の改定

ネットワークからサービスまでの多様な参画者が集い産学官での研究開発を有機的に連携し加速させることを狙い進めているBeyond 5Gのアーキテクチャの課題として、NICT内外の有識者とのブレインストーミングにより、重点課題として地上系-非地上系通信システムを連携させる「ヘテロジニアスネットワークの統合」、フィジカル空間とサイバー空間を統合させるための「データの分散処理機能」、サービスやアプリケーションをフィジカル空間とサイバー空間を越えて実行するための基盤となる「イネーブラー機能」などを特定し更新したBeyond 5Gアーキテクチャ（図2）や、Beyond 5G/6Gホワイトペーパー第2版に反映させた。

ホワイトペーパーについて講演等を通して認知を高めることのほか、グローバルファーストの動きに合わせて英語版をタイムリーに公開し、ウェブサイトで多くのダウンロードを得た（日本語版は令和3年4月1日の公開後1.5か月で約2,200件、英語版は令和3年8月31日の公開後米国・欧州・アジアの全域から3週間で130件のダウンロードを達成）。

令和4年3月にオープンディスカッションを開催し、NICTのBeyond 5Gの活動内容をアピールするとともに、ホワイトペーパーを通して様々な分野や年代の潜在的なステークホルダーと率直に意見交換をして議論を深めることができた。特に、将来を担う高校生・大学生や国際的な社会展開において重要な役割を果たす海外研究機関とも

議論をして、今後の連携強化につなげた。

## 3. 標準化への寄与等

Beyond 5G推進コンソーシアムでの白書作成に参画し、標準化推進室と連携してNICTが強みを持つ技術（テラヘルツ波、時空間同期、非地上系通信）に関して執筆し白書に盛り込むとともに、検討が進んでいない分野（生活関連・食料・農業・飲食業界）に関する記載も担当した。これらにより、ITU-R WP5Dへの日本からの貢献に道筋を付けた。また、NICTが強みを持つ技術について日本提案に先行してNICT独自にITU-R WP5D及び3GPP SA Rel.18ワークショップへタイムリーに入力を行うとともに、その内容を踏まえコンソーシアムにおける白書の作成につなげた。

## 4. 情報発信や社会的課題に関する議論

NICTが行うBeyond 5G活動について、ユニットのウェブサイトの立ち上げ、NICTの他の取組にも活用できる情報発信モデルとしてのロゴの開発、仮想キャラクターを活用した研究活動の紹介手法の確立、それを活用した非専門家にわかりやすいホワイトペーパーの解説など連載記事（「Sakuraのいいね！」や「ひらめき時間」）の執筆（月1回）、国際学会において配布するパンフレットの作成と配布など多面的な研究開発の発信を行った。

新しい技術を活用した将来のサービスコンセプトの負の側面や倫理的・法的・社会的課題（ELSI）をあぶりだし、今後の検討に資するため関連トピックを作成し、NICT内関係者によるアイデアソンやブレインストーミングなどを実施してBeyond 5GにおけるELSI的視点の課題を抽出するとともに、その重要性に着目したトピックの一部をホワイトペーパー第2版にて公開するなど、この視点からの議論の端緒を開いた。

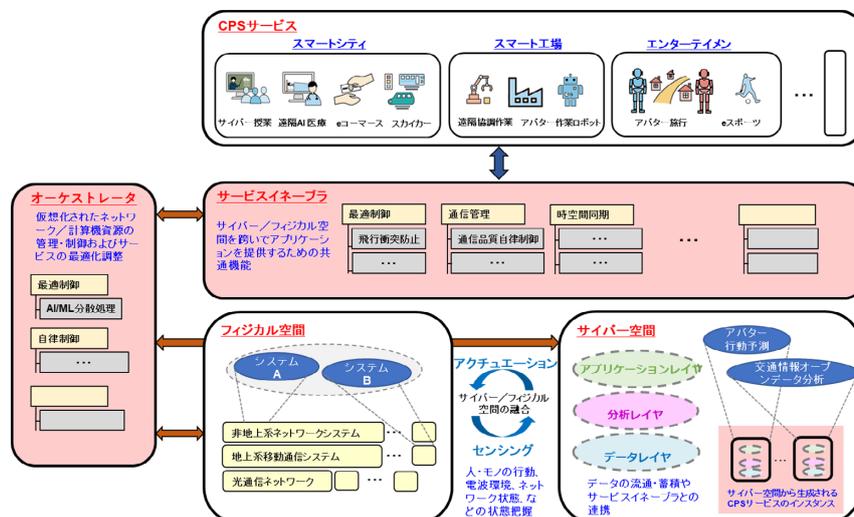


図2 Beyond 5Gアーキテクチャの概念図（ホワイトペーパー2.0版より）

## ■概要

テラヘルツ波（周波数100 GHzから10 THz（波長にして3 mmから30 μm））の活用を目指し、未来ICT研究所小金井フロンティア研究センター超高周波ICT研究室・神戸フロンティア研究センター超伝導ICT研究室・ナノ機能集積ICT研究室、電磁波研究所電磁波標準研究センター電磁環境研究室・時空標準研究室、ネットワーク研究所フォトニックICT研究センター光アクセス研究室等との連携によって、テラヘルツ帯を用いた超高速無線やリモートセンシング技術の研究開発を推進した。デジュール標準においては、総務省電波部の指導と協力の下、国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R: International Telecommunication Union Radiocommunication Sector）におけるテラヘルツ波の利用に関する議論に積極的に寄与した。さらにデファクト標準では、米国電気電子学会（IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers）においてローカル・エリア・ネットワークなどの規格を定める802委員会の中でテラヘルツ無線の規格を議論しているIEEE802.15 Standing Committee Terahertzにも積極的に参画した。国内においてはテラヘルツシステム応用推進協議会の運営等を通じて、産業界や学界との研究連携の促進や標準化の議論を進めた。

## ■主な記事

### ・研究開発

テラヘルツ連携研究室を中心にして、①テラヘルツ無線テストベッド基盤技術の開発、②テラヘルツスペクトラム計測基盤技術の開発、③超高周波電磁波の宇宙利用技術を進めた。（①、②の詳細はテラヘルツ連携研究室の記述に譲る。）

### ・デジュール標準

Beyond 5G/6Gの研究開発活動への注目が高まる中、第5世代移動通信システム（5G）の約10倍以上の超高速無線を実現する手段としてテラヘルツ波を用いた無線通信技術への注目が集まっている。Beyond 5G/6Gにおいてテラヘルツ波無線を実現するためには、2027年の世界無線会議（WRC-27）でテラヘルツ帯を移動通信用帯域として特定化する必要がある。このためにはWRC-23で適切な議題が立てられていることが大前提であるため、WRC-23での議題を立てるため、複数のワーキングパーティー（WP5A/5C、WP1A、WP3J/3K/3M等）への寄与文書を提出した。

### ・デファクト標準

IEEE802.15では、WRC-19でのFS、LMSへのTHz周波数帯の特定を受けて、IEEE802.15.3dの周波数帯の拡張、バックホール応用におけるリトライ・インターフレー

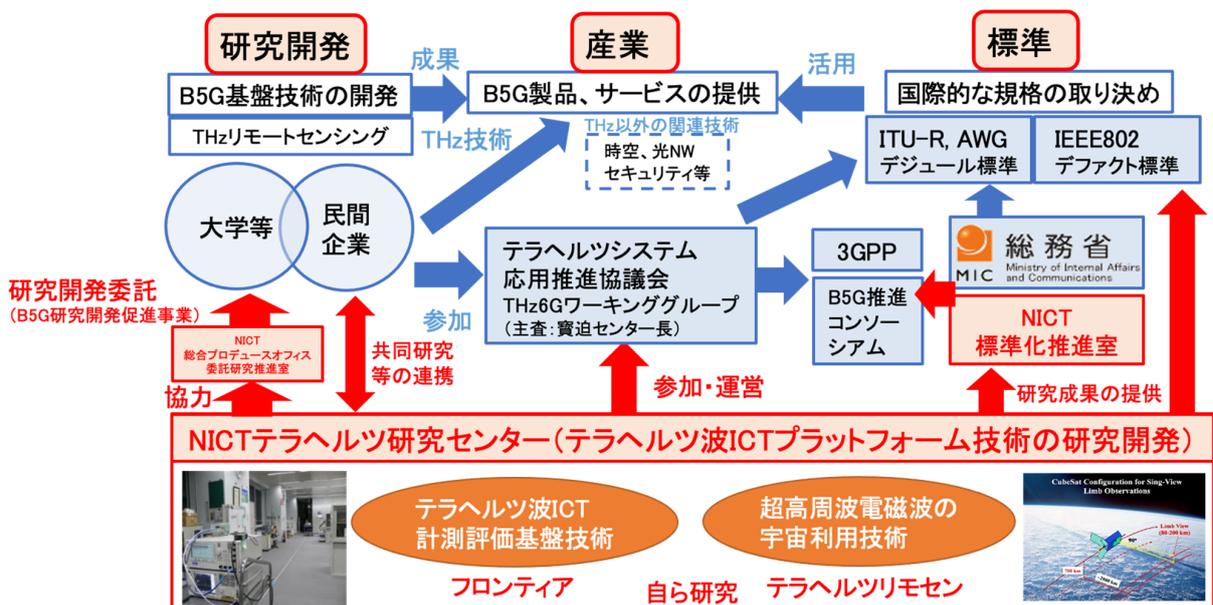


図1 テラヘルツ研究センター概要

ム・スペース（RIFS）の見直しなどを行う改正に向けた準備のための研究グループSG3maを立ち上げ、研究グループSG3ma内で改正内容の範囲を合意形成した。その後、改正作業を行うタスクグループTG3maを立ち上げ、改正作業を開始した。竇迫巖テラヘルツ研究センター長がTG3maの副議長に就任した。

・テラヘルツシステム応用推進協議会等における活動

テラヘルツ波を用いた無線通信技術への注目が高まる中、テラヘルツシステム応用推進協議会において令和2年度に立ち上げた「THz-6Gワーキンググループ（THz-6G WG）」（主査：竇迫巖テラヘルツ研究センター長、副査：川西哲也早稲田大学教授）で6Gで想定されるユースケース等を複数回にわたって議論し、令和3年10月に取りまとめた。その結果を、令和4年3月1日にwebinarを利用して開催した講演会「テラヘルツ無線のB5G/6Gに向けての取り組み」のなかで報告した。370人を越える接続者があり、Beyond 5Gにおけるテラヘルツ無線通信に対する関心・期待の大きさを実感した。

また、10月にはテラヘルツ技術の新たなユーザーの掘り起こしを目的にビジネスセミナーを実施した。

・宇宙テラヘルツリモートセンシング

欧州宇宙機関と協力し木星圏氷衛星観測JUICE（JUperiter ICy moons Explorer）ミッション搭載のテラヘルツ分光計（SWI）の宇宙モデル（フライトモデル）開発に成功し、欧州宇宙機関に引き渡しを行った（図2）。現在、欧州で衛星バスにおけるインテグレーションを推進。打上予定は2023年である。また、テラヘルツ波の特徴を活かし水や土壌などの資源の実態把握を行う探査センサを開発し、既存の地球観測用マイクロ波のセンサと比較して1/30以下の小型化に成功した。

・宇宙ビッグデータ

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」における大気汚染物質NO<sub>2</sub>のデータ処理システムを国立環境研究所や

JAMSTEと開発するとともに、スマホカメラによる大気エアロゾルの測定を目指して、カメラ画像xICTを利用したエアロゾル濃度測定と推定簡易型数値アルゴリズム（SNAP-CII）を開発した。福岡を対象に機械学習を用いたエアロゾル濃度のクラス分類の検証を行い、2クラス分類では正解率80～90%を達成した。社会実装パートナーと連携したスマートフォン搭載カメラによる大気エアロゾルの測定アルゴリズムの開発と実証実験の実施等、社会実装に関する着実な成果を上げた（図3）。

### TRU vibration test campaign

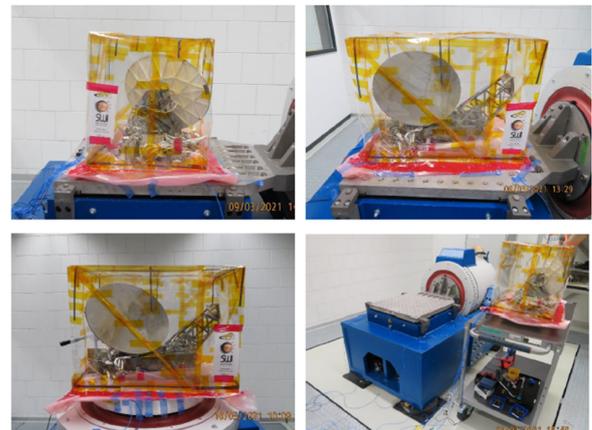


図2 木星圏氷衛星生命探査用の宇宙品開発



図3 「画像×環境×ICT」センシング研究とスマホアプリ化

## テラヘルツ帯の有効利用による快適なBeyond 5G社会の実現

## ■概要

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基盤技術の研究開発を実施する。特に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促進を目指す。これらの研究開発成果を基にテラヘルツ波ICTシステムの社会実装に向け、周波数割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。

令和3年度は、テラヘルツ送受信基盤技術や、テラヘルツスペクトラム計測のための基盤技術を重点課題として研究開発を推進し、研究開発成果を最大化するための業務として、ITU-RやIEEE802等のテラヘルツ国際標準化活動を推進した。

## ■令和3年度の成果

## 1. テラヘルツ無線テストベッド基盤技術

Beyond 5G時代に必要不可欠なテラヘルツ通信技術実現のため、広帯域な光ファイバー通信技術等を活用したテラヘルツ波信号生成・受信技術の検証を実施してい

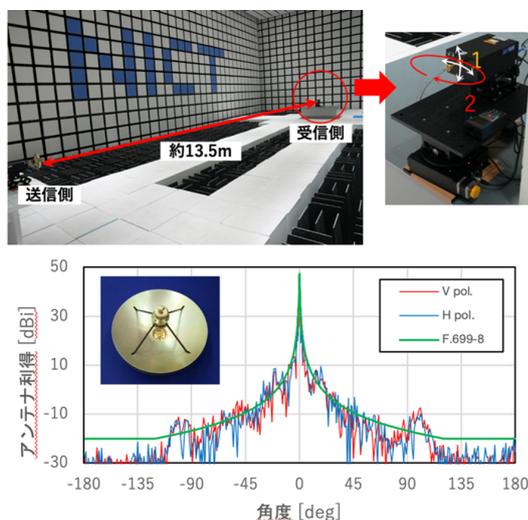


図1 (上)構築したテラヘルツ帯アンテナパターン遠方界計測システムと(下)計測したカセグレンアンテナの放射パターン

る。一般的に搬送波周波数300 GHzを超えるテラヘルツ波は波長が1 mm程度以下と短いため回折現象が引き起こされにくくビーム状の無線通信様態となるが、通信リンク確立のためには小型かつ高性能なアンテナ技術が必要不可欠である。また、毎秒100ギガビットを超える超大容量テラヘルツリンクの実現には、周波数利用効率が高い多値変復調方式の採用が必要不可欠であり、高精度な変復調方式のテラヘルツ通信への最適化、低雑音かつ高周波動作が可能な高精度信号源の実現が重要課題である。

令和3年度は、周波数300 GHzを超えるテラヘルツ通信アンテナの特性計測技術の構築を行い評価技術の確立を目指した。図1にNICT 6面大型電波暗室内に構築した、テラヘルツ帯アンテナ遠方界計測系の概要を示す。テラヘルツ送信側と受信側を13 m程度離隔し、受信側アンテナを回転させることでアンテナ放射パターンを計測するシステムである。本計測システムを利用し、オフセットパラボラアンテナやカセグレンアンテナ、標準ゲインホーンアンテナ等のアンテナ放射パターン計測を実施した。計測結果は評価を行い、アジア太平洋州における国際標準化機関であるアジア・太平洋電気通信共同体(APT)下のAPT無線グループ(AWG)においてテラヘルツ無線技術レポート文書案への寄与を実施した。また、テラヘルツ通信信号の低雑音化を目指し、注入同期型光電気発振回路技術を用いた位相雑音補償技術の検証を実施した。光ファイバーループ回路による高Q値と長共振器長により位相雑音が低減できる光電気発振回路へ、従来技術によるミリ波・テラヘルツ信号を入力することで、位相雑音を低減させる方式である。周波数102 GHzの信号を入力した結果、周波数オフセット2 kHz時の単側波帯位相雑音が5 dB改善される効果を得た。この技術を送受信機局発信号源として用いることにより、周波数間隔の狭いマルチキャリアシステムでの多値変復調技術が実現できるものと期待される。

## 2. テラヘルツスペクトラム計測基盤技術

テラヘルツ帯におけるスペクトラム計測はこれまで、波長分散型分光器やフーリエ変換赤外分光光度計、テラヘルツ時間領域分光法等によって行われてきたが、同帯域における周波数標準及び出力標準が存在しないため確

度が低く、テラヘルツ光利用開拓が他の領域に比べ遅れている「テラヘルツギャップ」と呼ばれる一因となっていた。そこで、高精度なテラヘルツ帯スペクトラム計測の実現を目指し、先進的な発生・制御・計測等の基盤技術が既に確立している光波帯（近赤外光）との相互波長変換を利用した国家標準トレーサブルな高精度テラヘルツ光発生・制御・計測手法を提案している。図2(a)にテラヘルツスペクトラム計測基盤技術の概要を示す。非線形光学結晶を利用した波長変換を行う際、計測対象となる「テラヘルツ光」のスペクトルは、変換後の「近赤外光」のスペクトルに反映される。そのため、周波数制御技術や周波数標準が既に確立している近赤外光領域において国家標準トレーサブルな基準光を用意すれば、測定対象との周波数差に相当する変換された近赤外の光領域に準じた高精度な計測が可能となる。基準となる励起光として、国家標準にトレーサブルな光基準信号を光ファイバーにより導入し、高強度化して波長変換時の励起光かつ周波数基準とした。図2(b)に基準光（1.54 μm）出力の励起光（1,064 nm）エネルギー依存性を示す。入射光が約40 μJ/pulseのとき、励起光エネルギーが増加するにつれて基準励起光エネルギーが単調に増加し、最高出力は励起光エネルギーが約1.7 mJ/pulseのとき、約0.34 mJ/pulseであった。これはピーク出力約0.51 MWに相当し、光ファイバーから供給される光基準信号（約5 mW）から8桁程度の高出力化を実現した。波長変換による高精度テラヘルツ光計測に十分であるが、計測範囲の広帯域化及び高感度化を目指して更なる高輝度化を進める予定である。

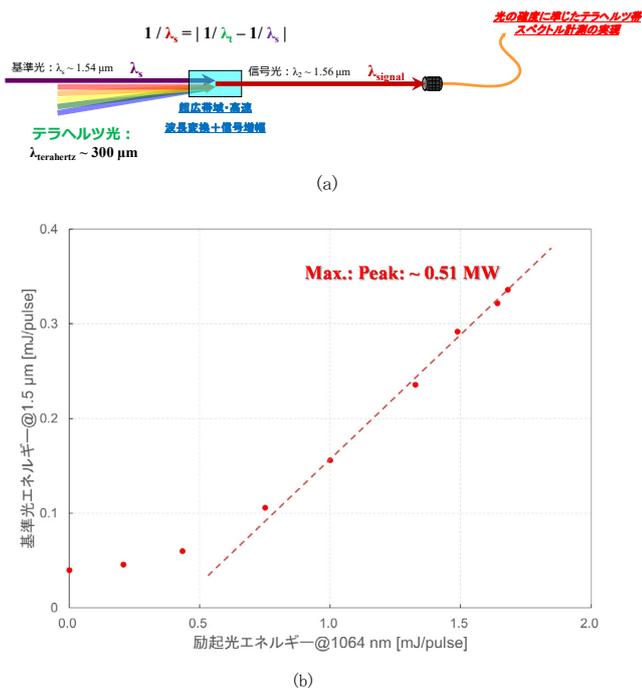


図2 (a) 波長変換によるテラヘルツスペクトラム計測概要、  
(b) 基準光出力の励起光エネルギー依存性

### 3. 国際標準化活動

275 GHz以上のスペクトラムの標準化に向けたITU-Rでの活動を行い、下記の成果を得た。

- ①2021年のWP1A会合では、レポートSM.2352-0の改定に向けた作業文書の格上げ提案を行い、レポート改定草案として次会合にキャリアフォワードした。
- ②2021年のWP5A会合では、新レポートM.[252-296 GHz.LMS.FS.COEXIST]に向けた作業文書の更新を行い、さらにレポートM.2417-0の改定に向けた作業文書の格上げ提案を行い、レポート改定草案として次会合にキャリアフォワードした。
- ③2021年のWP5C会合では、レポートF.2416の改定に向けた作業文書の格上げ提案を行い、レポート改定草案として次会合にキャリアフォワードした。さらに追加したアンテナパターンは勧告F.699の改定にも貢献し、周波数範囲の450 GHzまでの拡張への審議に貢献した。
- ④2021年のWP5D会合では、将来技術に関する新レポートに対してTHz技術を追加する貢献を行った。
- ⑤2021年のAWG会合において、252-296 GHz帯固定システムに関するAPTレポート及びウクオークスルーイメージングシステムに関するAPTレポートの成立に貢献した。
- ⑥2021年のAPG会合において、WRC-23議題10に対してTHz標準化動向を紹介し、APT暫定見解案に貢献した。

また、無線機器の標準化を進めている IEEE802標準委員会においては、WSN (Wireless Specialty Networks) システムで初めての300 GHz帯無線標準規格であるIEEE std 802.15.3dが2017年10月に出版されたが、ITU-R WRC-19で追加された新脚注5.564 Aの周波数帯域に合わせた修正検討のため、新たなタスクグループ (IEEE std 802.15.3 ma) が2022年1月の会合において設置され、テラヘルツ研究センター長の竇迫 巖が同タスクグループの副議長に就任し、同年3月の会合から修正のための提案募集などの作業が始まった。最大450 GHzまでの周波数帯の拡張、優先度マッピングのため参照しているIEEE Std. 802.1D-2004の廃止に伴うIEEE Std. 802.1Qへの入れ替え、バックホール/フロントホール等の長距離伝送における再送信フレーム間スペース (RIFS) の適正化等を予定している。Standing Committee Terahertz (SC THz) では、テラヘルツ研究センター長の竇迫 巖が引き続き同Committeeの副議長として参画している。ITU-Rの該当Working Partyとの連携を取りつつ、IEEE std 802.15.3 dの周波数テーブルの修正等を行う予定である。

## ■概要

近年のデジタル技術の急速な発達により、国家、企業、個人の様々な重要情報がクラウド上に永遠に保存され続ける時代が到来した。これらの情報のセキュリティを世紀単位という超長期間にわたって保証していくためには、いかなる計算機でも解読不可能、すなわち情報理論的に安全である量子暗号技術を導入し、情報セキュリティ技術をアップデートしていく必要がある。この視点の下、量子暗号の社会実装が日本を含む主要各国で加速している。しかし、量子暗号の本格的普及を実現するためには、距離・速度の限界やサービス停止（DoS: Denial of Service）攻撃への脆弱性など、課題がまだ山積している。

これらの課題を克服し、クラウド技術がもたらす利便性と超長期間に渡る情報セキュリティとを両立したセキュアクラウドシステムを構築するためには、量子暗号を中心とした量子情報分野と様々な周辺領域とを組み合わせさせた新たな融合領域、『量子セキュリティ分野』の開拓が必要となる。この領域は、光空間通信の性質を活用することで量子暗号の長距離・高速化を図る衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術、量子暗号のネットワーク化により広域化、改竄耐性、DoS攻撃耐性の向上を目指す高度分散化技術、量子コンピューティング技術や量子計測・センシング技術に量子暗号を組み合わせることで機密性、完全性、可用性、機能性を総合的に実現する量子セキュアクラウド技術、といった要素技術により成り立つ。

以上の背景の下、量子ICT協創センターは国の量子技術イノベーション拠点のひとつ『量子セキュリティ拠点』を運営するコア組織として令和3年度に設立された。

そのミッションは、(1) 量子暗号・量子通信を現代暗号、情報理論、ネットワーク技術等と融合した新たな学術領域『量子セキュリティ分野』を開拓し、その基本概念の実証とシステム実装に取り組むこと、(2) 量子セキュリティ分野、量子コンピューティング分野、量子計測・センシング分野の融合を図り、高度な計算処理、計測・センシング、通信・暗号の機能を提供する新たな基盤『量子技術プラットフォーム』（図1）のアーキテクチャを導出しテストベッド化に取り組むこと、と定義される。これらのミッションに対して、NICT内外の連携により産学官の協創環境を整備しながら、研究開発、オープンテストベッドでの実装・試験、社会展開、人材育成までを一気通貫で取り組んでいく（図2）。

## ■主な記事

令和3年度における衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術の成果として、静止軌道-地上間もカバー可能な超長距離向けの新秘匿通信方式『見通し通信QKD』の考案が上げられる（図3）。本方式の論文がNew Journal of Physics誌に掲載されたことにより、当該分野の新たな方向性を提示した。この方式に関連して、通信路の状態に応じて適切な方式を選択する鍵共有システムの発明など、合計で5件の特許出願を行った。また、衛星網、航空機網、地上網を量子暗号・物理レイヤ暗号により階層的に接続して秘匿通信網を構成するための基礎概念に関する特許も成立した。さらに、長年の未解決問題であった、フェーディング効果まで考慮した一般的な場合の物理レイヤ暗号の秘匿通信容量定理の証明にも成功し、関

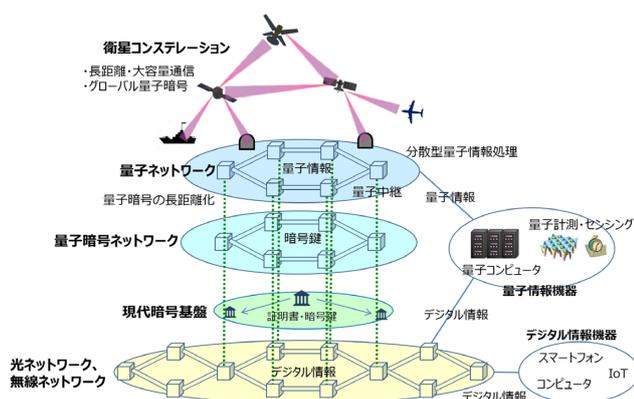


図1 量子技術プラットフォームの構成概念図

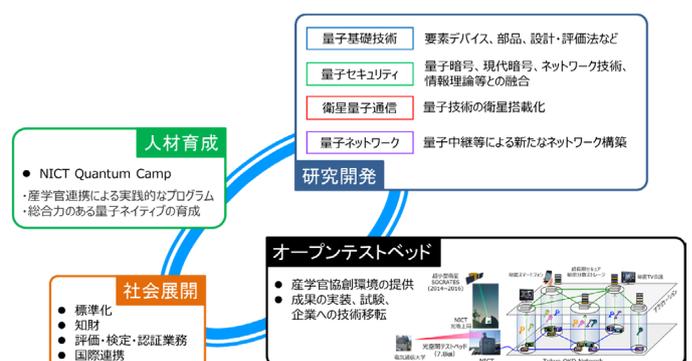


図2 量子ICT協創センターの概要

連する成果がIEEE Transactions on Information Theory 誌に掲載された。中国が衛星量子暗号（低軌道衛星）の開発で先行する中、NICTは静止軌道までカバーできる見通し通信QKD・物理レイヤ暗号の研究開発を進めることにより、国際競争力の強化に取り組んでいる。

また、物理レイヤ暗号の概念を多地点ネットワークへ拡張し、一部のノードやリンクが危殆化した場合でもネットワーク全体の機密性や改竄耐性、可用性を保証できる暗号通信技術を開発した。特に、量子暗号とネットワーク符号化の概念を組み合わせることで、暗号鍵やデータを分散的に処理・伝送・保管する高度分散化技術を開発し、DoS攻撃耐性、信頼性、サービス性、広域化のスケール性を向上させる見通しを得た。今年度は上記技術の実験室環境での動作検証を実施するとともに、関連する合計3件の特許出願を行った。

オープンテストベッドに関しては、令和2年度補正予算事業により、小金井拠点と府中地域2拠点の3拠点を結ぶ量子暗号ネットワークを新たに構築した。このネットワークをNICTが2010年度から運用している量子暗号ネットワークテストベッドである『Tokyo QKD Network』に接続し、より大規模な量子暗号ネットワークテストベッドを構築するための準備等も完了している。

社会展開に関して、外部企業と連携した耐量子-公開鍵認証基盤の社会実装や、医療機関と連携した災害時の医療支援のための電子カルテデータ処理系の開発といった、量子セキュアクラウドの社会実装を推進した。さらに、量子鍵配送装置及び量子暗号ネットワークの国際標準化に向けて、33回の標準化会合（ITU-T:17回、ISO:3回、ETSI:13回）に参加し、60編（ITU-T:29編、ISO:5編、ETSI:26編）もの寄書を提出した。これらにより、令和3年10月に量子暗号ネットワーク・セキュリティの基本勧告群が、日本が主導権を維持する形で完成した。現在は量子セキュアクラウド及びプロトコル・インターワークの標準化、勧告草案を編纂中である（図4）。

人材育成に関しては、昨年度に引き続き量子ネイティブ人材育成プログラムNICT Quantum Campを実施した。昨年度同様にNICT外から招いた講師・アドバイザー（17名）による学習プログラムを提供するとともに、量子ICTに関心のある一般向けの公開セミナーの新規開催や、選抜メンバー向けの体験型プログラム及び高度量子ICT研究者の育成を図る探索型プログラムの採択枠の増加（前者では昨年度30名採用に対して今年度49名採用、後者では昨年度2件採択に対して今年度5件採択）など、昨年度よりもプログラムの規模を大幅に拡大した。併せて、昨年度修了生の今年度プログラムへのアシスタント登用や、昨年度修了生1名のNICTの国内インターンシップ制度の枠組みでの追加研修の実施など、昨年度のプログラムと連続性のある活動も実施した。

以上の成果の国内外への情報発信のために、量子関連の主要国際会議（QCrypt2021等）でのパネル討論会に参加した。さらに、8か所の量子イノベーション拠点と合同で量子技術分野の国際シンポジウムQuantum Innovation 2021を開催し（2021年12月7日～9日）、37か国から1,200名もの参加者を集めた。これらの会議では、欧米アジアの第一線の研究者、ベンダ、ネットワークオペレータとの意見交換を通して、量子技術と関連する周辺技術との融合によるシステム構築が重要なフェーズに到達したという合意を得た。また、当センターは量子ICT技術の発展の牽引を目的とした団体である一般社団法人量子ICTフォーラムの活動を主導している。今年度は一般社団法人情報通信技術委員会との合同セミナー（第1回 2021年1月19日：参加者数326名、第2回 2021年10月12日：参加者数328名）や、一般ユーザ向けガイドラインや国内向け技術仕様発刊に向けた協議も実施した。

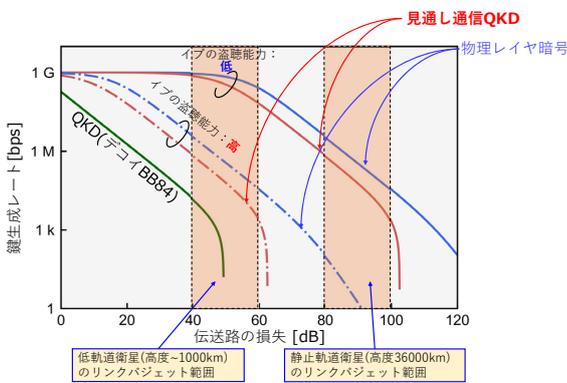


図3 見通し通信QKDと物理レイヤ暗号、量子暗号の鍵生成レートの比較

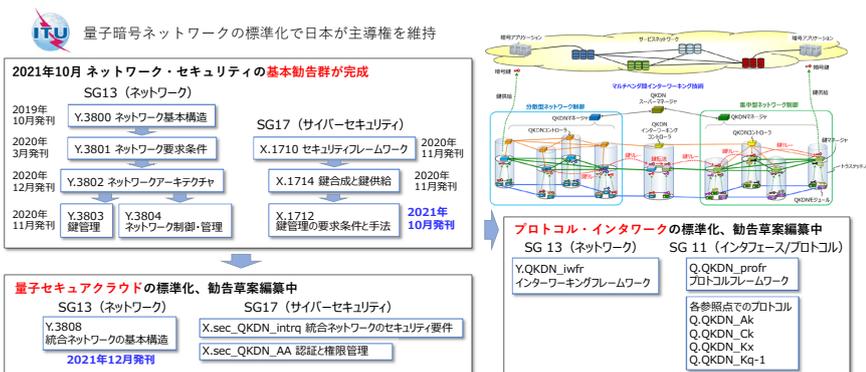


図4 当センターが関与した量子暗号ネットワーク関係のITU-T勧告群



## 3.8 オープンイノベーション推進本部

3.8.1 総合プロデュースオフィス

## 3.9 ソーシャルイノベーションユニット

3.9.1 戦略的プログラムオフィス

3.9.1.1 研究企画推進室

3.9.1.2 地域連携・産学連携推進室

3.9.2 総合テストベッド研究開発推進センター

3.9.2.1 テストベッド連携企画室

3.9.2.2 テストベッド研究開発運用室

3.9.2.3 北陸 StarBED 技術センター

3.9.2.4 ソーシャル ICT システム研究室

## 3.10 イノベーション推進部門

3.10.1 連携研究推進室

3.10.2 委託研究推進室

3.10.3 受託研究推進室

3.10.4 知財活用推進室

3.10.5 標準化推進室

## 3.11 グローバル推進部門

3.11.1 国際連携推進室

3.11.2 国際研究連携展開室

## 3.12 デプロイメント推進部門

3.12.1 研究成果事業化支援室

3.12.2 アントレプレナー支援室

3.12.3 事業・技術研究振興室

3.12.4 情報バリアフリー推進室

## ■概要

オープンイノベーション推進本部は1つのユニット、1つのオフィス及び3つの部門から構成されており、それぞれの部署が連携してオープンイノベーション創出に向けた取組の強化やBeyond 5Gの推進に取り組んでいる。具体的には、企業や大学等との共同研究等による産学官連携の強化、技術移転等による知財活用、研究成果の標準化に向けた活動、国際共同研究の推進、ベンチャー創出等の様々な取組を行い、研究開発成果の普及や社会実装を推進している。

また、次世代通信インフラとして期待されているBeyond 5Gの2030年頃の実現に向け最先端の要素技術等の研究開発を推進するため、「Beyond 5G研究開発促進事業」として、公募型委託研究（「革新的情報通信技術研究開発委託研究」）及び助成金事業（「革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）」）を実施するとともに、「Beyond 5G共用研究開発テストベッド」を整備して産学官共同研究を促進している（図1）。

## ■主な記事

オープンイノベーション推進本部は「ソーシャルイノベーションユニット」、「総合プロデュースオフィス」、「イノベーション推進部門」、「グローバル推進部門」及び「デプロイメント推進部門」で構成されている。

令和3年度の主な取組として、産学官連携では、協調制御技術の規格化等について民間企業とともにフレキシブルファクトリーパートナーアライアンス（FFPA）の技術仕様ver2.0の発行に取り組んだ。知財活用では、Beyond 5Gの関連知財取得等のための支援内容・体制の

検討を進めるとともに、標準化活動では、ITU-R WP5Dの「将来技術トレンド報告」や3GPPのRelease18の検討において、時空間同期関連技術といったNICTの関連技術を盛り込むべく寄与文書を提出する等、積極的な取組を行った。国際連携関係では、米国のNSFとBeyond 5G、量子ICTやサイバーセキュリティ分野の研究開発の連携を推進したほか、6G Flagshipとの連携に取り組んだ。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」に基づく成果活用型出資等業務について、「研究開発法人による出資等に係るガイドライン」を踏まえ、NICT発ベンチャー支援に向け関連規程を整備した。

「Beyond 5G研究開発促進事業」の「革新的情報通信技術研究開発委託研究」では、開発内容や予算規模等に応じて、①具体的な開発目標を定めた研究計画書に基づきハイレベルな研究開発を行う「機能実現型プログラム（基幹課題）」、②提案者の自由な発想に基づき研究開発を提案する「機能実現型プログラム（一般課題）」、③国際的なパートナーとの共同研究開発を提案する「国際共同研究型プログラム」、④イノベーション創出を目指し技術シーズから研究開発を提案する「シーズ創出型プログラム」の4つのスキームを実施し、計44件の研究開発課題を採択し、企業や大学等での研究開発を促進した。また、「革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）」では、スタートアップ等の中小企業の3事業に助成金の交付を決定した。テストベッド関連では、エッジコンピューティング環境の初期サービスを始めるとともに、Beyond 5Gを支える量子暗号実証設備のオープンテストベッド化を進め、研究開発ハブの形成を促進した。

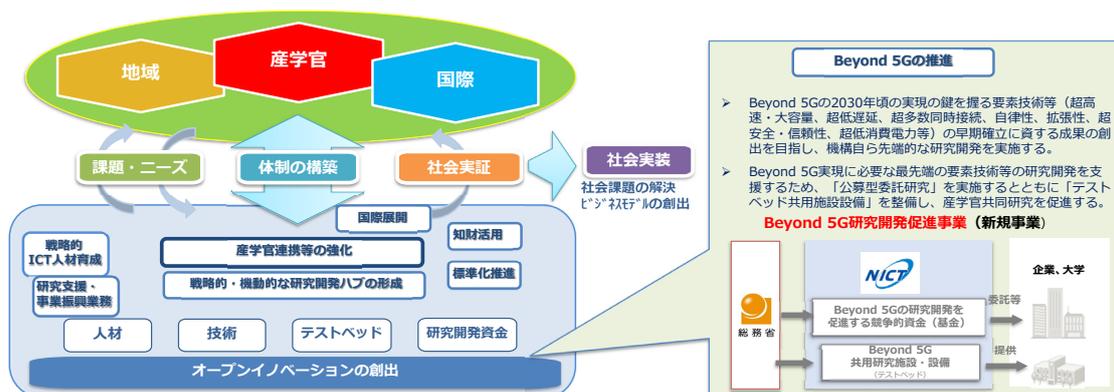


図1 オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化

## 3.8.1

## 総合プロデュースオフィス

オフィス長 沼田 文彦 ほか10名

## Beyond 5G研究開発促進事業等、オープンイノベーションに向けた事業の推進

## ■概要

総合プロデュースオフィスは、令和3年4月にオープンイノベーション推進本部に新たに設置された組織で、社会的実証重視型の研究開発の計画・推進や支援活動などを一体的に推進していくオープンイノベーション推進に関する業務全般の総合調整機能を担っている。具体的には、総務省と連携した「Beyond 5G研究開発促進事業」等における民間企業や大学等の外部機関、NICT内の関係部署との総合調整を行うプロデュース企画業務、NICTの研究開発成果や専門的知識を活かした外部からの「技術相談」に対する総合窓口業務、NICTの研究開発成果を事業活動に活用する者に対する出資等に関する業務などを実施している。

## ■令和3年度の成果

「Beyond 5G研究開発促進事業」については、令和2年度末にNICTに造成した革新的情報通信技術研究開発推進基金（300億円）を用いた公募型研究開発プログラムの「革新的情報通信技術研究開発委託研究」を企画・運営している。その際、個々の要素技術が連携し、Beyond 5G実現のための成果の最大化が図れるよう、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）を公募により配置するとともに、各研究開発課題間の横連携等を図る「運営調整会議」を開催するなどの課題間連携や、知財・標準化活動の支援を行う「知財化・標準化アドバイザー」の配置など、総括的な推進体

制を構築した（図1）。

「革新的情報通信技術研究開発委託研究」では、今後の技術動向や市場動向等を踏まえ、Beyond 5Gの中核となり得る技術開発を対象とする「Beyond 5G機能実現型プログラム（基幹課題、一般課題）」、国際共同研究開発プロジェクトを推進する「Beyond 5G国際共同研究型プログラム」及び技術シーズ創出からイノベーションを生み出す「Beyond 5Gシーズ創出型プログラム」の3種のプログラム（4つのスキーム）編成により、多様なプレーヤーの研究開発力を活用できるようにした。令和3年度までに44課題の委託研究を採択し、企業や大学等での研究開発を促進している。

さらに、Beyond 5G実現に向けての新たな研究開発課題等の検討のため、令和3年10～11月に提案募集を行い、その結果を踏まえて令和4年2月に「Beyond 5G研究開発ワークショップ」を開催した。ワークショップでは、Beyond 5Gの推進方策や将来像等に関して産学官の関係者でオープンな意見交換を行った。

「技術相談」については、製品開発や測定方法等に関して、企業等からの依頼を受けてNICTの研究部門が有する専門的知見に基づく技術的な助言・支援を行うもので、技術移転や共同研究の契機となり得るものである。

「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に基づく成果活用型出資業務については、「研究開発法人による出資等に係るガイドライン」等を踏まえ、今後の業務実施の基盤となる規程の整備等を行った。

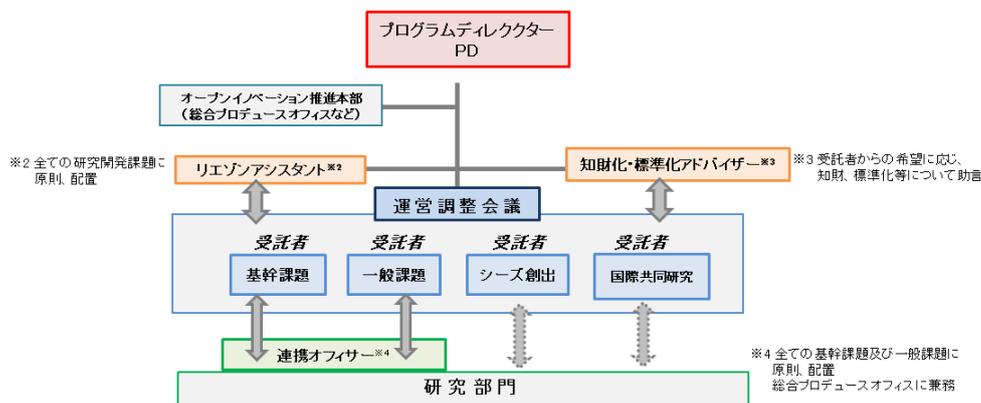


図1 Beyond 5G研究開発促進事業の推進体制

3

●オープンイノベーション推進本部

## オープンイノベーション創出に向けた産学官連携の強化を目指して

## ■概要

ソーシャルイノベーションユニットは、オープンイノベーション創出に向けた取組の強化やBeyond 5Gの推進等に取り組むオープンイノベーション推進本部の中であり、ICT技術の社会実装の推進や社会課題・地域課題の解決に向けた産学官連携等の強化を推進する戦略的プログラムオフィスと、研究開発・技術実証・社会実装のオープンイノベーション拠点として総合テストベッドの構築と運営、循環進化を推進する総合テストベッド研究開発推進センター及び北陸管理グループから構成される。これら組織を重層的に連携させ、NICTの内と外（社会）とのスムーズな連携を促進することにより、NICTのオープンイノベーション創出のスタイルの確立を目指す（図1）。

ソーシャルイノベーションユニットにおける令和3年度の主なトピックスを以下に示す。なお、詳細については、それぞれの部署の項を参照いただきたい。

## ■主な記事

戦略的プログラムオフィスでは、令和3年度に社会実装を推進するチームや研究成果展開に関わる組織間連携

体制を構築して、総合調整機能を強化した。また、NICT内で横断的に研究者からの相談を受け付けるワンストップ相談会を開催し、研究者のシーズについて様々な可能性を議論した結果、社会実装のための新たな連携先を見出すことにより研究開発成果の出口戦略の検討に繋げた。また、社会実装勉強会を開催し、社会実装の支援者人材の育成に着手した。さらに、60種にも及ぶNICTの研究開発シーズについて研究者にヒアリング等を実施し、技術成熟度レベル（TRL）に応じて分類することで社会実装に向けた活動を推進した。

NICT総合テストベッド研究開発推進センターでは、Beyond 5Gネットワークの技術検証環境となる「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」の構築を進め、ワイヤレスアクセス環境の設置を完了した。物理事象に対して実デバイスやソフトウェアを連結させて検証を可能とするCyReal（サイリアル）検証環境の構築のため、運用視点から支援ソフトウェア試作と実装を行った。さらに、NICTが事務局を務める「スマートIoT推進フォーラム」のテストベッド分科会において体制を見直して4つのタスクフォースに再構成したことで、産学官関係者による検討を新たにスタートさせた。こうして、NICTが持つテストベッドの機能・性能等の継続的な高度化（新機能の追加等）への反映の検討を開始した。

ソーシャルイノベーションユニットは、戦略的プログラムオフィスにおける産学官連携等強化のための戦略的な活動と、総合テストベッド研究開発推進センターにおける研究拠点としての実践的なテストベッド利活用に向けた活動を有機的に連携させることにより、新しい価値の創造に貢献した。

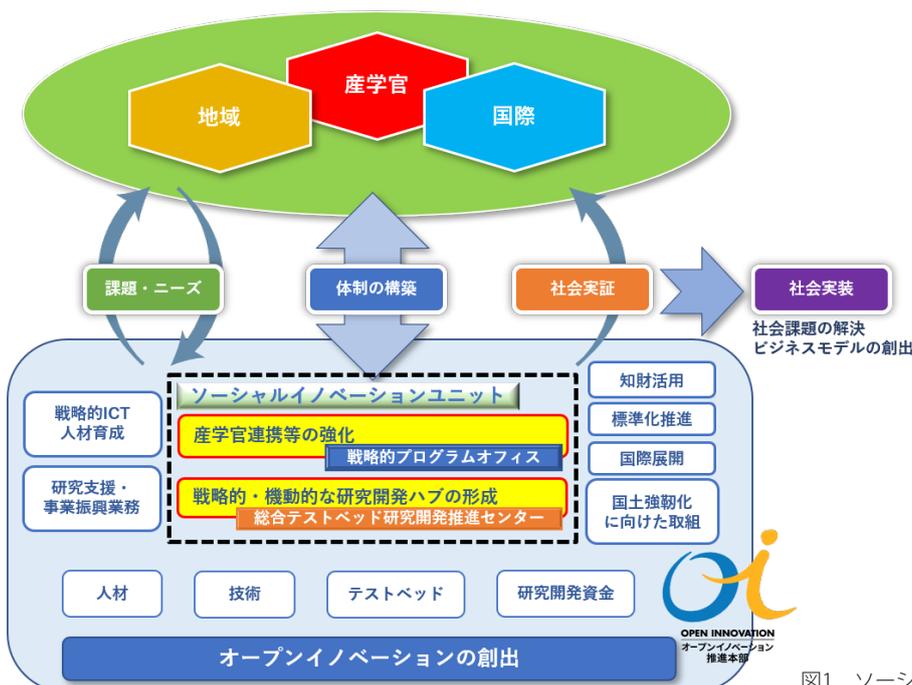


図1 ソーシャルイノベーションユニットの概要

## 3.9.1

## 戦略的プログラムオフィス

オフィス長 西永 望

## 機構の研究成果を用いたイノベーションを興すための結節点

## ■概要

戦略的プログラムオフィスは、オープンイノベーション推進本部ソーシャルイノベーションユニットにおける活動の中核として、NICTの研究開発成果の普及や社会実装の推進を目標に置きつつ、課題の分析、戦略的な計画の立案と実行、効果の検証といった一連の活動を任務としている（図1）。戦略的プログラムオフィスの下には、研究企画推進室、地域連携・産学連携推進室を置き、それぞれの室の業務と戦略的プログラムオフィス直下で実施する業務とを合わせてその任務を遂行するとともに、特に令和3年度は中長期目標計画期間の最初の一年目として、社会実装の推進に関する新しい業務に取り組んだ。

## ■令和3年度の成果

戦略的プログラムオフィスは、NICTにおける研究開発における様々なリスク管理を実施するための各種委員会の事務局を務める研究企画推進室と、社会課題・地域課題とNICTの内外の研究者を結びつけ、連携しながら解決すると同時に、NICTの研究開発成果の社会実装の推進を行う地域連携・産学連携推進室の2つの室を持ち、NICTの研究開発成果の社会実装の推進に関する総合調整機能を持つ。戦略的プログラムオフィスの特徴は、ともしればブレーキ役ともなる研究企画推進室とアクセル役の地域連携・産学連携推進室のそれぞれの業務の調和を取り

つつ、オープンイノベーションにつながる活動を推進するところにある。令和3年度は、以下の活動を行った。

令和2年度からNICTで実施しているBeyond 5G研究開発促進事業による委託研究が、令和3年度には本格的に立ち上がりこれまでのNICTが実施してきた研究領域、分野を超える様々な研究課題を扱う必要性が出てきた。それに対し、研究企画推進室では、そこで実施される生体情報研究を低リスクで実施するために規程の改正を行った。またNICTの研究開発成果の社会実装を推進するために、NICTの研究開発成果と委託研究成果を組み合わせ社会実装するためのフレームワークを検討し、令和3年開始の委託研究に導入した。地域連携・産学連携推進室では、第4期中長期目標期間に培った様々なオープンイノベーション推進のための方策と新たな方策を駆使し、NICTの研究開発成果の社会実装を推進することをミッションとし、NICT内の様々な部署にまたがっている社会実装の推進体制を組織横断的に連携するため研究成果展開サポートグループを立ち上げ、部署間での情報共有、連携した社会実装支援策の実施などを行う。社会実装に強い思いを持つ研究者にメンターとして伴走するなどして、研究開発成果の社会実装を推進するとともに、NICT全体の社会実装に対するマインド醸成と社会実装支援人材の育成に努めた。



図1 戦略的プログラムオフィスの活動一覧

3

●オープンイノベーション推進本部

## オープンイノベーションに必要な制度面の対応や戦略の検討

## ■概要

研究企画推進室は、NICT職員が研究開発等の様々な活動をする際、また、NICT職員が他機関と共同研究等を実施する際、他機関に委託して研究開発を実施する際に、倫理的な側面などで問題なく適切に行えるようにするための制度の整備や運用を行っている。

高度通信・放送研究開発委託研究の対象主題の選定と研究計画作成の協力を行うことでNICTの研究開発成果の普及等を推進する。

## ■令和3年度の成果

研究企画推進室は、倫理面等についての制度の運営を円滑にすすめ、研究開発成果の普及に向けた活動を行った。

NICT職員が研究開発等の業務を進め、外部と連携し、また、研究開発成果を社会展開するうえで、関係法令などの遵守はもとより、一般社会に信頼され安心して受け入れられるように、社会的受容性の観点でも適正なマネジメントを行うことが必要である。研究企画推進室では、こういった制度面での対応のため、パーソナルデータ取扱研究開発業務審議委員会、利益相反マネジメント委員会、生体情報研究倫理委員会の事務局としての機能を果

たしている。令和3年度は、これらの委員会の事務局業務を円滑に進めた。パーソナルデータ取扱研究開発業務審議委員会では、「Beyond 5G研究開発促進事業」等の多数の提案を含む283件の研究開発課題について個人情報保護及びプライバシー侵害防止等の観点で審議した。そのうちリスクの高いと認められる課題については委員会の意見としてとりまとめ理事長に提出した。リスクの低い案件についても更にリスクを低減する方策を研究者等に助言しリスク低減を図った。生体情報研究倫理委員会では、NICT職員が実施する人間情報実験の適正性について4回の委員会と3回の迅速審査により審査を行った。NICTが委託し他機関が実施する研究開発に含まれる生体情報研究についての確認・監督のあり方を検討し一部を規程化することで委託研究に伴う倫理的リスクを低減する制度を整備した。

高度通信・放送研究開発委託研究の対象主題の選定においては、令和3年度に開始する委託研究の課題は委託研究の研究開発成果をNICTの研究開発成果と組み合わせることでNICTが将来社会実装を進めていくことも可能として課題生成を行うことで、NICTにとって新たなオープンイノベーションの方法を実現した。

## 3.9.1.2

## 地域連携・産学連携推進室

室長（兼務） 西永 望 ほか10名

## NICTの外と中をつなぎ、研究開発成果の社会実装を推進

## ■概要

地域連携・産学連携推進室は、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、NICT内で組織横断的に外部との連携方策等を検討・実施するほか、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するとともに、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を推進しつつ、外部へ研究開発成果の積極的な情報発信を行っている。

## ■令和3年度の成果

戦略的な社会実装を推進するために、社会実装を推進するチームを構成し、そのチームを核にNICT内部の組織間連携体制（研究成果展開サポートグループ）を構築するとともに、月2回の定期的な連絡会議を開催し、総合調整機能を強化した。研究成果展開サポートグループで研究開発成果の社会実装に向けた課題とその解決のために必要な取り組みを検討し、その一つとして、NICT内で横断的に研究者からの相談を受け付けるワンストップ相談会を2回開催した。また、戦略的な社会実装を推進するため、社会実装につながる可能性のあるNICTの研究開発シーズの調査としてヒアリングを実施した。ヒアリングの結果から、その技術成熟度レベル（TRL）に応じて分類し、社会実装に向けてTRLを上げるための方策を検討した。社会実装に向けたプロジェクトの推進として、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（Smart Resource Flow）無線プラットフォーム）について、平成29年度に民間6社と共に設立したフレキシブルファクトリパートナーアライアンス（FFPA）の事務局を務め、規格化、普及促進活動を推進した。ローカル5Gを含む5GとWi-Fi等アンライセンス系無線システム双方をサポートする改訂を行い、Ver.2.0として令和3年12月に発行した（図1）。また技術仕様Ver.1.1.1への製品適合性を確認するための製品認証プログラムを令和3年12月に開始した。これにより、SRF認証された製品が市場に投入される準備が整った。今後、NICT技術を組み込んだ製品開発から利用までに渡る事業継続性までを考慮したエコシステムの事例となることが期待される。

NICTの研究開発成果等の技術移転を促進し、新たな価値の創出や課題の解決に役立てるために、NICTの研究開発成果等を紹介するNICTシーズ集について、産学官連携の強化を目指し、シーズ集第4版として改訂し、令和3年6月に発行した（図2）。外部への提供可能な技術等44件を掲載。9月に1件を追加し、現在計45件を掲載。NICTシーズ集のwebサイト（<https://www2.nict.go.jp/oihq/seeds/>）のQRコードをNICT NEWSの背表紙や名刺、オンライン会議などで使用するバーチャル背景へ載せるなどして広報強化を行った結果、今年度はページビューが30%以上伸びた。

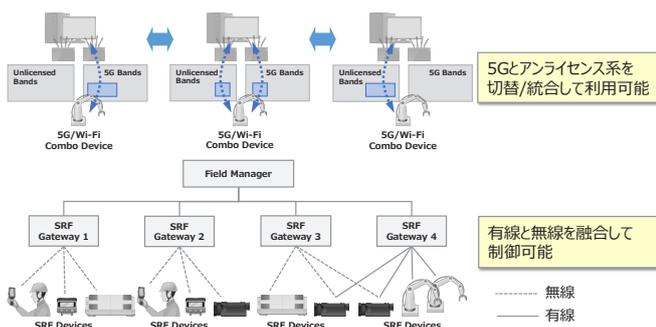


図1 FFPA技術仕様Ver.2.0で新たにサポートされる機能



図2 新規シーズを加えたNICTシーズ集第4版（令和3年6月発行）

3

オープンイノベーション推進本部

### ■概要

総合テストベッド研究開発推進センターでは、第5期中長期計画期間に以下の実践を目指している。

- ・有線・無線網とインフラによるネットワークテストベッドに加えて、データ利活用・各種のアプリケーションを想定するプラットフォームレイヤ、エミュレーション・可視化をサポートするミドルウェアレイヤへの拡張を行う（図1）。
- ・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「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」（図2）を構築し、我が国のICT分野の研究開発・技術実証・社会実装に貢献する。
- ・JGNの100 Gbps回線の国際回線との結合を用いて、国際連携の更なる展開を推進する。
- ・データ駆動型社会の実現に資する、様々なデータを組み合わせたアプリケーション開発と検証に資するサービスレイヤテストベッドの構築を推進しつつ、データ分析・可視化サンプルプログラムを試作する。
- ・従来のネットワークテストベッドのソフトウェア化と、サービスレイヤテストベッドとの連携検討を行う。
- ・シミュレーション等で模倣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、サイバー空間とフィジカル空間の融合する研究開発を推進し、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。
- ・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

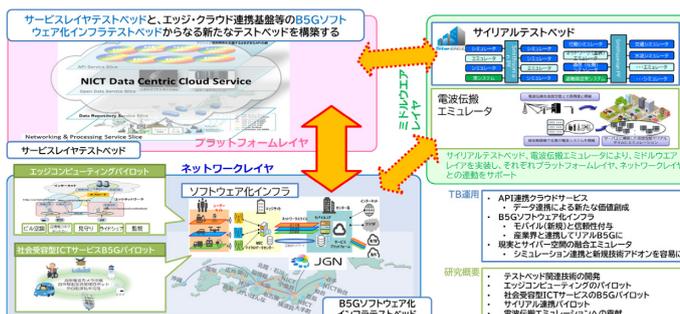


図1 Beyond 5Gに向けたテストベッドの構成概要

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資するICTサービスのエコシステムを形成することを目標とした研究開発と社会実証実験を実施し、得られた知見をNICTのテストベッド及び社会にフィードバックする。

### ■主な記事

総合テストベッド研究開発推進センターでは、令和3年度に、以下を実施した。

1. Beyond 5G時代に向けたテストベッド方向性の検討  
Beyond 5G時代の多様なシステム・サービス検証に資する環境として、従来の有線・無線網とインフラによるネットワークテストベッドに加えて、データ利活用・各種のアプリケーションを想定するプラットフォームレイヤ、エミュレーション・可視化をサポートするミドルウェアレイヤへの拡張を行った。（図1）。技術開発動向に合わせて柔軟な機能拡張を進め、B5Gテストベッド機能の循環進化の取組を開始した。
2. 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの構築と利活用の促進  
Beyond 5Gネットワークの技術検証環境となる「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」（図2）の構築を開始するとともに、Beyond 5G研究開発の推進やデータ連携という観点からタスクフォースを再構成し、テストベッド利用者をはじめとした産官学の関係者による検討を開始した。これらの検討結果を踏まえ、B5Gの実現に資するテストベッド環境となるよう、継続的に機能・性能等の高度化に関する検討を開始した。  
また、JGN及びStarBEDの安定的な運用により、NICT内外での利用件数は96件（共同研究契約等の件数）となるなど、多くの組織での利用を実現することができた



図2 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド

(詳細は、3.9.2.1テストベッド連携企画室の項を参照いただきたい)。

### 3. 100 Gbps国際回線等を用いた国際連携

JGN 100 Gbps国際回線を用いて進めてきたアジア・太平洋・オセアニア地域での100 Gbps高速ネットワークによる連携 (APOnet) (図3) 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国内外の機関とそれぞれ締結した。これにより、Beyond 5G実現に向けた技術検証に資するアジア・欧米のみならずオセアニアも含めた200 Gbps以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を構築し、国際研究・教育用ネットワーク間での回線相互バックアップ及び国内外の研究・教育機関との協力関係を強化した。以上の成果による国際回線環境は、SC (Supercomputing Conference)、大容量データ伝送を競う技術コンテストData Mover Challenge等で活用されるとともに、ひまわりリアルタイムWeb(図4)等のアジアへの展開等の国際的な技術実証に活用された。

テストベッドを通じた国際共同研究を効果的に推進するため、米国国立科学技術財団 (NSF) との日米ネットワークオポチュニティー (JUNO3) として、「次世代コアとBeyond 5G / 6Gネットワークに関する日米共同研究」について意見交換を進めた結果、NSF及びNICT関連部門と連携し、当初想定していた水準を上回る内容により共同公募を実施することができた。具体的には、高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドにおける検証環境の整備・充実化に資する技術であるスライス技術、ソフトウェアルータ実装技術について議論を行うとともに、将来のテストベッド利用シナリオについても意見交換を実施し、共同公募に反映したことで、Beyond 5G関連技術開発の有効な場を形成した。

### 4. データ駆動型サービスのためのデータ分析・可視化技術の検討

時空間データGISアプリケーション開発のための8つのデータ可視ライブラリ (API) を開発。すべてのライ

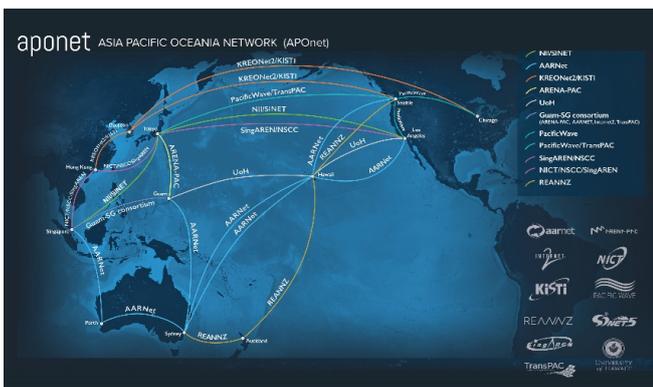


図3 APOnetのネットワーク図

ブラリをGitHub等においてオープン化した。また、NICT/国内8大学間広域分散クラウドの構築と大規模時空間GISデータベースの構築に成功。国土交通省のすべての国土数値情報データベースをバイナリベクタタイル化・2次元及び3次元時系列GISアプリケーション上でスケラブル可視化に成功した。

### 5. ネットワークテストベッドのソフトウェア化とサービスレイヤテストベッドとの連携検討

Beyond 5Gの実現に資するソフトウェア化ネットワークテストベッドの基盤の構築を推進した。さらには、データ駆動型社会の実現に資するため、様々なデータを組み合わせたアプリケーションの開発と検証に資するサービスレイヤテストベッドの構築を推進しつつ、関連するフォーラム活動との連携によりデータ分析・可視化サンプルプログラムを試作した (詳細は、3.9.2.2テストベッド研究開発運用室の項を参照いただきたい)。

### 6. CyReal (サイリアル) 検証環境の構築

また、リアルタイムエミュレーション環境の整備に向けて、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技術を接続し、それぞれの相互影響を検証するための機構の基礎設計及び試作を行った。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利用者に提供するためのインターフェースの検討と試作を行った (詳細は、3.9.2.3北陸StarBED技術センターの項を参照いただきたい)。

### 7. 異分野・異業種の企業等と連携した研究開発と社会実証実験

Beyond 5Gに親和性の高いICT技術の社会実装を推進するため、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たIoT無線技術、AI技術、自律移動型ロボットを融合的に活用することで構築可能となる構内のデータ集配信システムの開

発を行い、システムの開発者と運用者の双方を含めた共同体制で概念実証を実践した (詳細は、3.9.2.4ソーシャルICTシステム研究室の項を参照いただきたい)。

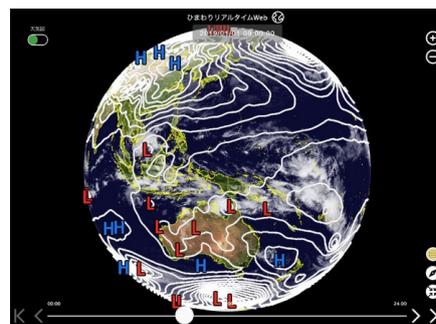


図4 HTML5/iframe技術によるひまわりリアルタイムへの天気図のリアルタイムオーバーレイ

## Beyond 5G向けテストベッドの構築と技術実証・社会実証の推進

## ■概要

テストベッド連携企画室は、IoT技術など最先端のICT技術に関する実証を支援するため、「NICT総合テストベッド」の構築・運用を行っており、第5期中長期計画期間中は、Beyond 5G時代の社会的・技術的ニーズを検証可能とするテストベッドに進化させ、利用を促進している。

令和3年度は、Beyond 5Gネットワークの技術検証環境となる「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」(図1)の構築を開始するとともに、「テストベッド分科会」の構成を見直すことにより、Beyond 5G研究開発の推進等の観点でのテストベッド利用者をはじめとした産官学の関係者による検討を開始した。

また、JGN及びStarBEDの安定的な運用により、NICT内外での利用件数は96件(共同研究契約等の件数)となるなど、多くの組織での利用を実現することができた。

## ■令和3年度の成果

## 1. 「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」の構築

令和2年度第3次補正予算に基づいて、Beyond 5Gネットワークの高い信頼性・可塑性の確保に向けた技術検証環境となる「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」の構築を進めた。技術開発動向に合わせ本テストベッド機能を循環進化させ、研究開発に活用できるようにするため、テストベッド構成をネットワーク、ミドルウェア、プラットフォームの各レイヤに分け、ミドルウェアレイヤでのエミュレーションによりネットワークレイヤ及びプラットフォームレイヤ間を連携させるとともに、レイヤ内だけではなく、レイヤ間連携による機能拡張を想定する構成とした。また、本テストベッドのネットワークレイヤ部の構成要素である「Beyond 5G/IoT機能検証システム

(モバイルシステム部)」(図2)として、これまで総合テストベッドでは未対応であったワイヤレスアクセス環境の設置を完了した。本ワイヤレスアクセス環境は、東京(NICT本部)に加え、大阪大学、九州工業大学に設置するとともに、ネットワークレイヤのハードウェアの拡張やミドルウェアとの連携により、レイヤ内、レイヤ間連携を通じて機能を循環進化させる構成を採用し、Beyond 5G関連の研究開発、社会実証に向けた多様なパートナーが柔軟に参画・拡張できる構成とした。令和4年10月までに順次利用を開始する予定である。



図1 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの構成

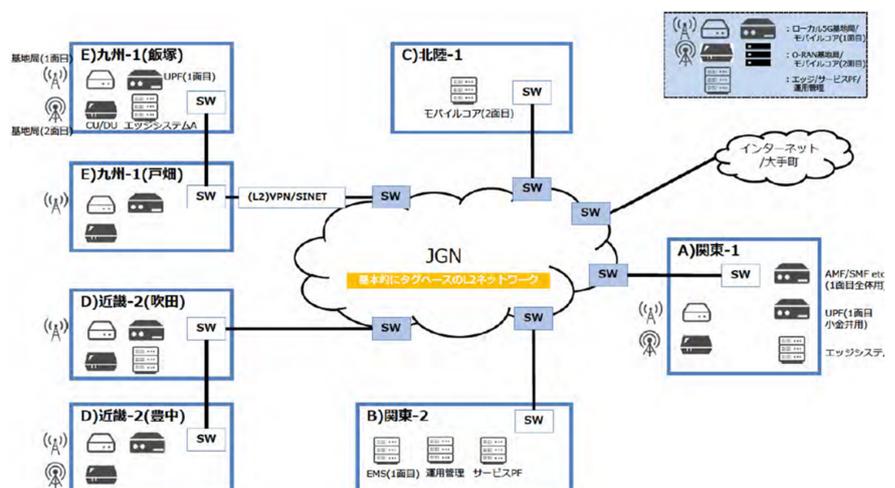


図2 「Beyond 5G/IoT機能検証システム(モバイルシステム部)」の構成図

表1 テストベッド分科会のTFの構成、目的、活動状況

ユーザ連携・循環進化検討TF	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	第1回（8月） 第2回（12月）
B5GネットワークTF	B5G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	コアメンバー会合（1月） シンポジウム（1月）
データ分析・可視化TF	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	第1回（7月）、第2回（9月） 第3回（11月）、第4回（2月）
データ連携・利活用TF	テストベッドにおけるデータ連携・利活用の在り方の検討	

## 2. テストベッドの利活用の促進のための連携

NICTが事務局として活動してきている「IoT推進コンソーシアム」／「スマートIoT推進フォーラム」の下部組織である「テストベッド分科会（分科会長：河川 信夫教授（名古屋大学）」において、これまでの体制をBeyond 5G研究開発やデータ連携の促進という観点から見直し、以下の4つのタスクフォースに再構成した。（表1）これにより、テストベッド利用者間の連携、Beyond 5Gにおけるテストベッドのあり方、データ分析・可視化機能、データ利活用に関する課題とその対応策に関して、テストベッド利用者をはじめとした産官学の関係者による検討をスタートさせた。外部連携を活用したこれらの検討結果を踏まえ、テストベッドの機能・性能等の継続的な高度化（新機能の追加等）への反映の検討を開始した。これらに関連して、大阪大学、九州工業大学と協力し、「高信頼・高可塑Beyond 5G/IoTテストベッドシンポジウム」を民間企業・大学等から200名を超える参加を得て開催し（令和4年1月）、テストベッドの利用促進に必要な機能・体制等について議論がなされ、今後の検討の方向性について知見を得た。

### 【テストベッド分科会における新たな体制】

#### テストベッド分科会

（分科会長：名古屋大学 河川教授）

本年度第1回（9月）、第2回（令和4年2月）

#### ①ユーザ連携・循環進化検討タスクフォース

（リーダ：名古屋大学 河川教授）

▶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

▶本年度第1回（8月）、第2回（12月）、第3回（令和4年2月）

#### ②B5Gネットワークタスクフォース

（リーダ：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

▶本年度第1回（令和4年1月）

▶「高信頼・高可塑Beyond 5G/IoTテストベッドシンポジウム」（令和4年1月）

#### ③データ分析・可視化タスクフォース

（リーダ：名古屋大学 河川教授）

▶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

▶本年度第1回（7月）、第2回（9月）、第3回（11月）、第4回（令和4年2月）

#### ④データ連携・利活用タスクフォース

▶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

## 3. 「NICT総合テストベッド」の利活用の状況

JGN、StarBED等から構成される「NICT総合テストベッド」の安定的な運用により、NICT総合テストベッドのNICT内外での研究開発プロジェクトの利用件数は96件（共同研究契約等の件数）となっているほか、StarBEDの年間の予約率は55%を超える（11月のピーク時には80%強）状況となるなど、NICT内外の多くの組織での利用を実現することができた。また、総合テストベッドの更なる利用拡大に向け、利用手続きの簡素化や申請フォームの見直しを実施し、これにより、外部利用において、利用申請から利用許可までにかかる日数が4、5日程度短縮した。さらに、複数のNICT内の組織が整備・構築・運用することとなるBeyond 5G用のテストベッドの施設群である「Beyond 5G共用研究開発テストベッド」について、多くの機関においてその利活用が円滑に行われることで、我が国のBeyond 5G分野の研究開発の促進が図られるよう、当該施設群の情報提供や問合わせ・相談窓口の一元化（ワンストップ化）を進め、10月から「委託研究におけるBeyond 5G（B5G）共用研究施設・設備等の利用について」というホームページを開設し、運用を開始した。

## サービス創成基盤としてのテストベッドの研究・開発・運用

### ■概要

テストベッド研究開発運用室は、最先端のICTを実基盤上に展開して実現性の高い技術検証を行うための大規模実基盤テストベッドと、模擬された基盤を一部組み合わせることで多様な環境下での技術検証を行うための大規模エミュレーション基盤テストベッドについて、それらの実現に求められる研究開発を実施するとともに、基盤環境の構築、運用を行っている。第5期中長期計画期間では、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ことを計画している。

なお、大規模エミュレーション基盤テストベッドについては、3.9.2.3北陸StarBED技術センターの項を参照いただきたい。

### ■令和3年度の成果

#### 1. 次世代SDNプログラミング言語P4のマルチテナントテストベッド環境構築

「Beyond 5G/IoT機能検証基盤装置（検証基盤装置）」（高速回線JGN）構築の一環として、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テストベッドの構築を推進している。令和3年度は①ソフトウェアP4スイッチ②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し、外部利用者に、利用者の今後の実証の効率化のため、テストベッド自体や新たなコンパイラを早期理解することをチュートリアル開催など技術サポートを行うことで支援した。また、1台のサーバに複数のP4対応のスマートNICを備えたスマートNIC P4スイッチについて、異なる利用

者が同時に各々のスマートNICを利用できるように開発を行い、スマートNIC P4スイッチのマルチテナント化に向けた開発を実施した。

#### 2. サービスレイヤテストベッド (Data Centric Cloud Service) の構築

Beyond 5Gネットワークを用いた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テストベッドとなるサービスレイヤテストベッド (Data Centric Cloud Service) (図1) の構築を進め、その第一段階のバージョン (DCCS Ver. 1) の提供用途を令和4年10月頃とし、特段の遅延なく整備を推進した。また、DCCS Ver. 1に想定されるデータ連携分析機能については、NICT内の連携により、統合ビッグデータ研究開発センターのxDataプラットフォームの機能を活用した。本連携において、光化学オキシダント注意報予測の技術移転に向けた、環境モニタリング事業者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で実施できるようにDCCSでの環境構築を令和3年度内に行った。また、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

- ▶ 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テストベッド
- ▶ 機構保有のデータや先進的技術など機構の強みを活かした価値を提供
- ▶ Beyond 5Gネットワークを用いた新サービスの開発環境
- ▶ アプリケーションのサンプルや活用事例を蓄積しユーザと共有することで、新サービスの萌芽を促し、いち早い検証と実用投入を可能とする
- ▶ 外部とも協力しながらデータや機能を開発 (テストベッド分科会との連携、共同研究等)

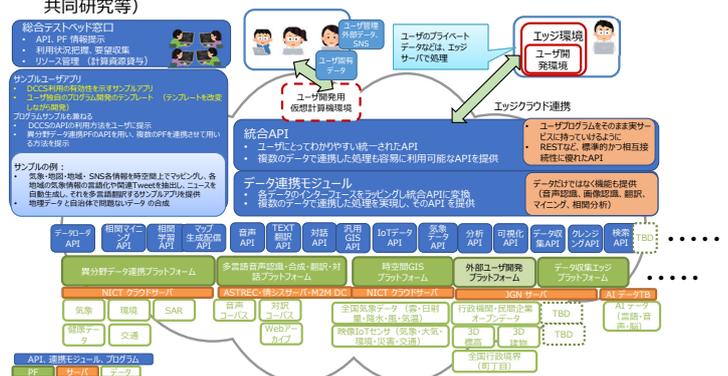


図1 Data Centric Cloud Service (DCCS) の概要

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(図2)。また、DCCSの機能拡張の方向性を見極めるために、Beyond 5G時代のDCCSの将来像を前倒し検討し、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。また、統合ビッグデータ研究センターと連携し、Beyond 5Gサイバー空間アーキテクチャを検討し、参照実装の

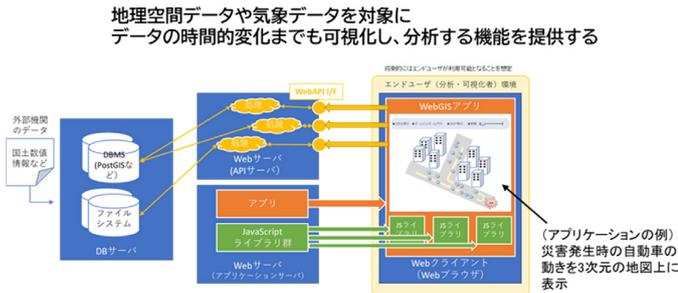


図2 データ分析・可視化システムの概要

一環として、Beyond 5GネットワークとDCCSを接続し、Beyond 5Gネットワークを用いたIoTデータの収集等を容易に行うためのBeyond 5G連携機能について、当初のスケジュールを前倒して令和4年度に開発を開始できるよう検討を進めた。

3. コネクテッドカー向けエッジデータ収集プラットフォームソフトウェア

ソフトウェア化ネットワークテストベッド活用のサンプルプログラムのひとつとして第4期中長期より研究開発を進めているコネクテッドカー向けエッジデータ収集プラットフォームソフトウェア(図3)について、マルチテナントのエミュレーションを実行可能とする実装を行い、複数ユーザによる同時利用を可能とした。また、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及び初期実装を完了し、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が可能となる見通しを得た。コネクテッドカーデータ収集技術に関する特許について、海外出願を3件完了、うち1件を大手自動車メーカーと共同出願した。

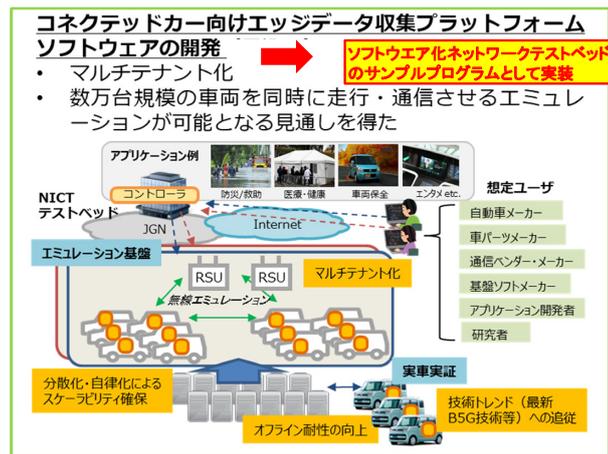


図3 コネクテッドカー向けエッジデータ収集プラットフォームソフトウェアの開発

4. エッジコンピューティングプラットフォーム

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期中長期より研究開発を進めているエッジコンピューティングプラットフォームCLINET (Cross-Layer Inter-edge Networking Environment for virtualized Things) (図4)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を実装した。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である「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」を開始した。さらに、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)の初期サービスを開始し、外部機関に利用された。加えて、大手空調機器メーカーとスマート空調の共同実証を開始した。上記共同研究については、当初想定していた一社単位との連携にとどまらず、大阪大学と大手空調機器メーカーとの連携について機構が参画する等、技術的により高度な取組を実現できる連携体制を進めることができた。

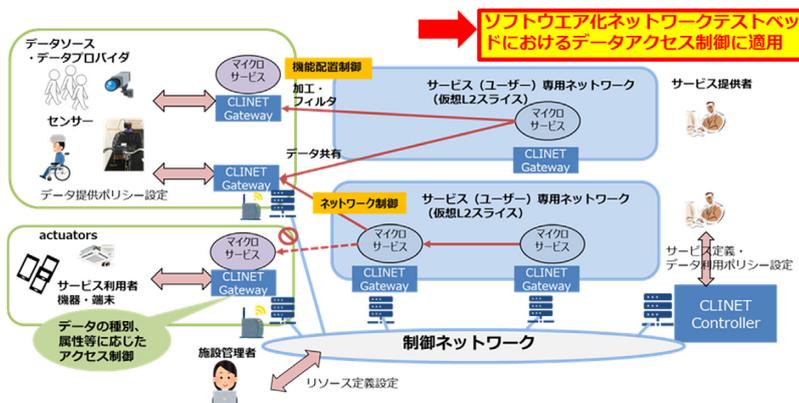


図4 NICT開発のエッジインフラ機能CLINET (Cross-Layer Inter-edge Networking Environment for virtualized Things) によるプラットフォーム実証  
データのアクセス制御を行う仮想ネットワーク機能及び資源配置を柔軟に行うアルゴリズムを実装し、ユーザごとにセキュアなサービスの提供形態の評価を実施

3  
オープンイノベーション推進本部

## 物理現象を含めた総合的なICT検証を実現するCyReal検証環境

## ■概要

テストベッド研究開発運用室においては、北陸StarBED技術センターに設置されている大規模エミュレーションテストベッド（StarBED）を用いた研究開発及びその活用を行ってきた。StarBEDでは実環境で動作する実装そのものを実環境に近い環境で動作させることで、検証の精度を高めるというアプローチを取っており、これをエミュレーションと呼んでいる。

第5中長期計画期間では、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を目指す。

令和3年度は、リアルタイムエミュレーション環境の整備に向けて、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技術を接続し、それぞれの相互影響を検証す

るための機構の基礎設計及び試作を行った。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利用者に提供するためのインターフェースの検討と試作を行った。

## ■令和3年度の成果

## CyReal（サイリアル）検証環境の構築

物理事象などのシミュレーションとエミュレーション、そして実デバイスやソフトウェアを連結させて検証を可能とするCyReal(サイリアル)検証環境の構築(図1)に向け、StarBEDの実験リソース群を柔軟かつ効率的に利用した支援ソフトウェアの実装を推進し(図2)、無線シミュレータとエミュレーション環境を連動させる複数のユースケースを令和3年度中に構築(図3)した。また無線エミュレーション技術の一環としてBeyond 5Gの検証技術の設計と検討を実施し、利用者及び運用視点からのユーザインターフェイス及び外部のソフトウェアの連携を想定した支援ソフトウェア試作と実装を実施した。

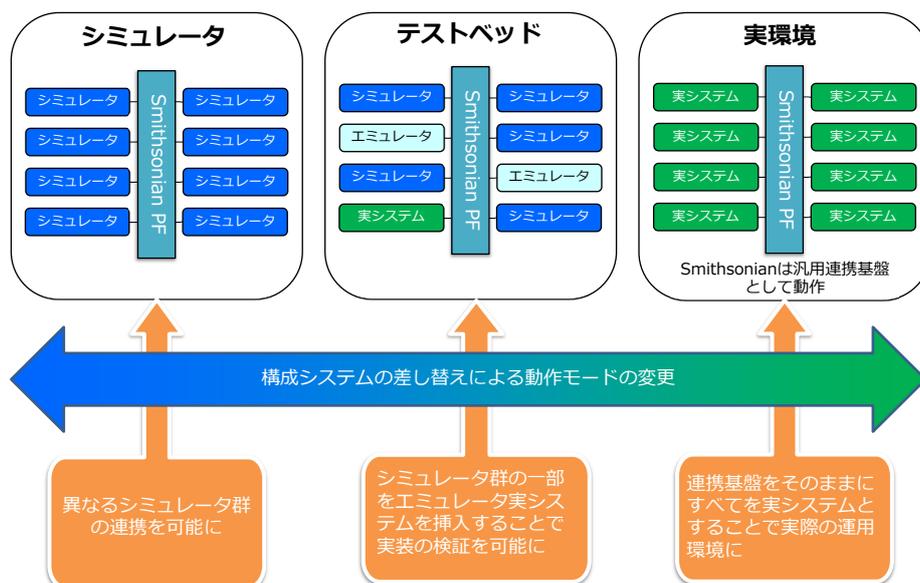


図1 CyReal（サイリアル）：サイバーとリアルを組み合わせた検証環境  
物理事象などのシミュレーションとエミュレーション、そして実デバイスやソフトウェアを連結させた検証が可能な検証環境

CyReal (サイリアル) 検証環境の構築を可能とするための支援ソフトウェアの研究開発において、特に、Beyond 5G時代の超多数接続を想定してシステム・サービスの検証を行う際には、厳密なシミュレーションの手法では評価できないユーザ側の特性を、実環境と同様に実時間でアプリケーション実装が動作するリアルタイムエミュレーションが必須となる。これを実現するため

計算資源とのトレードオフを考慮した基本的な検証環境の設計を行った。また、当初想定していなかった電波パラメータを適切に反映するエミュレーション技術について、電波パラメータを含めた物理事象に関するシミュレータとのリアルタイム性を有する連携を可能とするとともに新たな研究開発成果の取り込みを容易にして循環進化のためのプラットフォームとして活用可能にした。

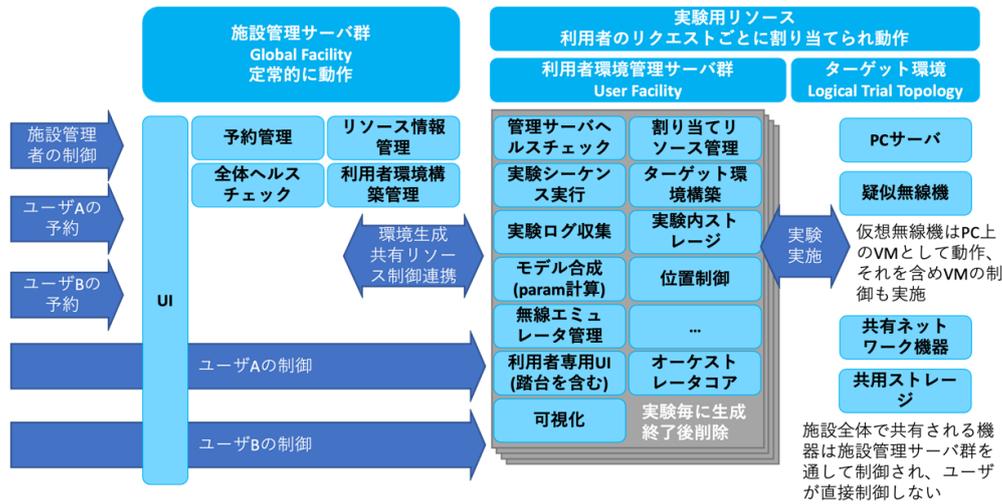


図2 CyReal (サイリアル)：サイバーとリアルテストベッドを実現するアーキテクチャ  
PCやネットワーク機器の制御とともに、無線環境などを模擬するための各種「ファシリティ」を連携動作させサイリアルテストベッドを構築する。

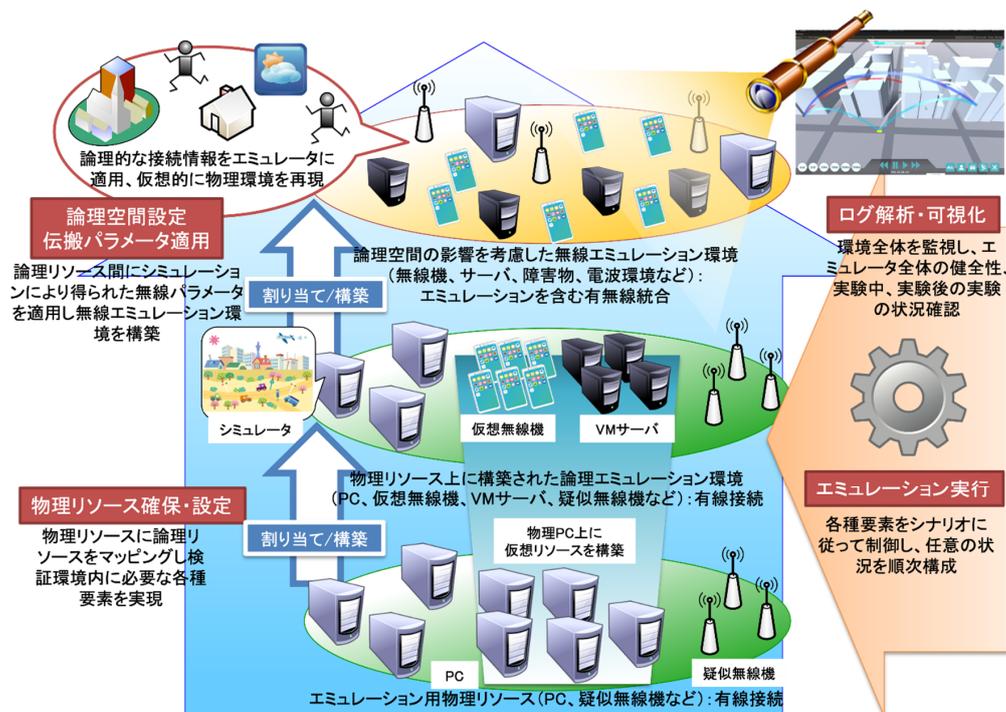


図3 無線エミュレーションのアーキテクチャ  
計算機等のリソース上に、無線エミュレーション環境を構築する概念と、エミュレーションを進行するための動作ステップを定義

3  
オープンイノベーション推進本部

## 超高速周波を搭載した異業種ロボット協働プラットフォームを開発

## ■概要

ソーシャルICTシステム研究室は、第5期中長期計画期間において、NICT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速周波を用いる 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資する ICT サービスのエコシステムを形成することを目標とした研究開発と社会実証実験を実施し、得られた知見をNICTのテストベッド及び社会にフィードバックしていくことを計画している。

令和3年度は、Beyond 5Gに親和性の高いICT技術の社会実装を推進するため、「1. 超高速周波を使ったミリ波IoT無線を活用する研究開発」「2. 異業種ロボット協働プラットフォームの模擬的実証環境の構築」「3. エレベーター移動支援システムの技術実証と社会実証」に関わる活動を中心に実践した。

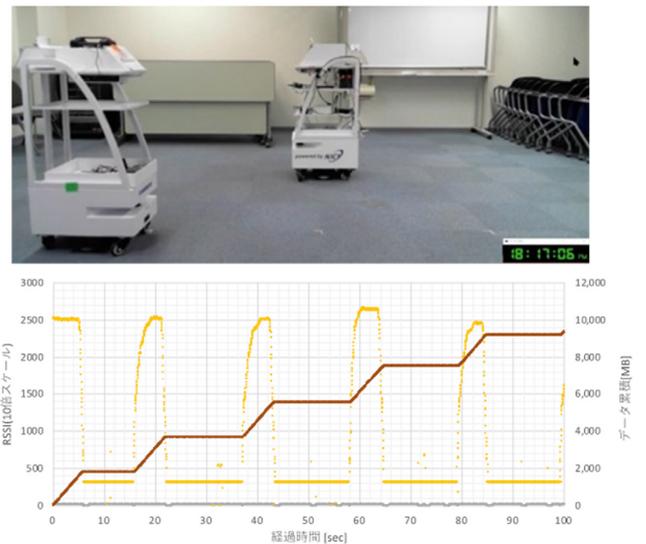
## ■令和3年度の成果

## 1. 超高速周波を使ったミリ波IoT無線を活用する研究開発

ロボット・ドローン・自動運転車両等への搭載により市場開拓が期待される、5G技術のコア技術である指向性が極端に高い超高速周波を使ったミリ波IoT無線を活用する研究開発を進めた。自律型モビリティに搭載されたミリ波IoTデバイス間通信について、極めて短時間の近接通信を繰り返すことで、一度では転送しきれない大容量データを効率よく転送しつつ、さらには、モビリティの移動そのものによるデータの搬送力を活用するデータ転送方式を提案し、その有効性を基本的な実証実験で明らかにした。実証実験は、ソニーセミコンダクターソリューションズ株式会社との共同研究の下、同社が有する超高速通信性のみならずリンク確立時間が2 msec以下となる超短時間接続性を有する世界最先端の60 GHz帯を用いるミリ波IoTデバイスを活用して、ミリ波IoT搭載自律移動型サービスロボットによる協働型見廻りシステムを開発（図1）して実施した。その結果、広帯域通信インフラが存在しない、ないしは新規通信インフラの敷設が難しいエリアであっても、比較的近距离の屋内や



図1 ミリ波IoT搭載自律移動型サービスロボットによる協働型見廻りシステム



瞬間的ロボット間近接の繰り返し実証の風景

図2 ロボットの瞬間的な近接の繰り返しでデータ転送量が増加する様子  
(黄色はRSSI値、データレート：2.9 Gbps、リンク確立時間：2 msec以下)

構内エリアであれば、5G無線にも匹敵する実効スループットにて大容量コンテンツの収集・配信が可能となることを確認した(図2)。プレスリリースとYouTube動画による実証状況の公開を実施した(6月)。実験の成果は、国際会議WPMC2021(12月開催)に採録された(採録率60%)。

## 2. 異業種ロボット協働プラットフォームの模擬的実証環境の構築

国内最大手ロボット事業展開企業との連携体制を新規構築し、NICTテストベッド設備も自ら活用した、異業種ロボット(お掃除ロボット・デリバリーロボット・音声対話型案内ロボット)協働プラットフォームの模擬的実証環境をNICT構内に構築した。上記実証環境において、ロボットが働き“ながら”収集する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で収集する、“キャッチアップ&ランデブー(C&R)”方式での分散大容量データ収集実証システム(特許出願中)を構築した(図3)。ミリ波IoT技術に加えマイクロ波IoT技術も併用した構内ロボット間追尾・協調による大容量コンテンツ集配信の実証及び株式会社JR東日本商事との共同活動から着想に至った、人もロボットも案内する受付ロボット提供サービス“一見さんロボット”案内サービスの令和4年度におけるPoC実証の準備を進めた。

## 3. エレベーター移動支援システムの技術実証と社会実証

Beyond 5G時代の多様なサービス実現に向けたヘテロジラスNWの活用に関する研究開発として、自律型モビリティ活躍社会を支援するIoT無線の利活用技術に関し、

超高速通信を実現する超高周波を用いたIoT無線のみでなく、より安定したマイクロ波IoTも併用したモビリティ制御等の研究開発を進めた。令和3年度に登録されたエレベーター移動支援システムに関する特許を構成するIoT無線アジャスタについて、さらに小型化を達成すると同時に遠隔のロボットを誘導することが可能な機能の実装を実施し、技術実証と社会実証の一体的な活動を、株式会社JR東日本商事の協力を得て、高輪ゲートウェイ駅構内にて実施した(図4)。ロボット事業系ベンチャー企業及び国内大手システムインテグレーターとも連携し、同駅の2階と3階間の往復移動の確認に成功するとともに、ロボット搭載カメラが移動中に撮影したその状況等はリアルタイム映像として、5G回線を介してリモート可視化できることも確認した。また、さらに同システム技術を活用して、大手建設事業者とも連携して、羽田イノベーションシティをフィールドとした実証実験を実施した。上記、エレベーター移動支援システムに関する特許の技術は、複数のロボット関連事業者より技術移転及びライセンス供与の問い合わせを受け調整を進めた。

また、開発済みのエレベーター移動支援システムの高度化と社会実装性をより高める活動として、国内著名建築設計事務所との連携体制を構築し、同事務所との意見交換や共同設計も踏まえた新規設置機構を備えたIoT無線アジャスタを再開発し、高輪ゲートウェイ駅のエレベーターに実装し、マルチフロア対応性、人が密集した環境下での動作安定性、人・異種ロボットでのエレベーター共用時に必須となる、エレベーター庫内で停止中フロア(開扉中フロア)を認識する技術の実用性に関わる実証実験を実施した。

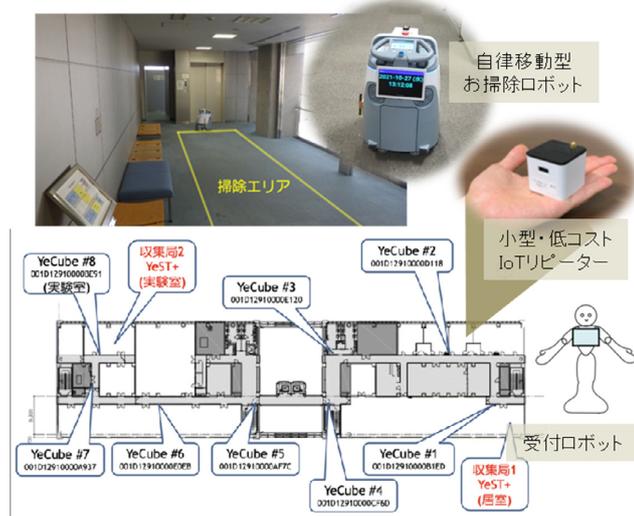


図3 C&R分散大容量データ集配信実証システム構築の様子(赤色部分はお掃除ロボットの活動エリア)

①エレベーターの改修が必要、②エレベーター庫内が携帯回線不通となりロボットが制御不能となる、③複数の人・ロボットと共用が出来ない、の全てを解決する「エレベーター移動支援システム」の着想と一次試作は昨年度達成。年度末(2021年2月・3月)に複数ロボット事業者のロボットを使用した実証実験に成功済み。



2021年2月～3月実施実証実験の様子@高輪ゲートウェイ駅

### ■概要

イノベーション推進部門は、図1に示す5室体制で、NICT内外と連携し、研究開発成果の最大化に向けて、以下のミッションに取り組んでいる。

- ・共同研究、委託研究、受託研究の各スキームにより外部の研究リソースを有効に活用して、効率的・効果的に研究開発を推進し、より一層の産学官連携の強化に貢献する。
- ・知的財産の適切な確保と有効活用、産学官連携による効果的な標準化活動により、研究開発成果の社会実装を通じたオープンイノベーションの創出に貢献する。

### ■主な記事

イノベーション推進部門を構成する各室においては、以下の運営方針の下、担当業務に取り組んだ。

#### 1. 連携研究推進室

企業、大学、公的研究機関等との共同研究や、研究者の派遣・受入等による研究者交流を推進し、産学官連携の強化に貢献する。

#### 2. 委託研究推進室

NICTが自ら行う研究との一層の連携強化を図りつつ、産業界や大学等の研究ポテンシャルを活用する「高度通信・放送研究開発委託研究」及び次世代通信技術Beyond

5Gの実現に必要な要素技術について、民間企業や大学等への公募型研究開発を実施するために令和2年度に新たに創設された「革新的情報通信技術研究開発委託研究」を推進し、産学官連携の強化に貢献する。

#### 3. 受託研究推進室

競争的資金や研究助成金等の外部研究資金の適正な執行及び研究開発実施に伴う手続きを支援し、NICTの有する研究開発能力の有効活用を図るとともに、資金獲得を推進して、自己収入の拡大及び産学官連携の強化に貢献する。

#### 4. 知財活用推進室

発明創出段階から技術移転契約までの一貫した知財サービスの提供により、適切な知財の保護と活用を推進し、自己収入の拡大及びオープンイノベーションの創出に貢献する。

#### 5. 標準化推進室

国、産業界及び国内外の標準化機関・団体との密な連携の下、NICTの持つ専門的知見や研究開発成果を踏まえた効果的な標準化活動を推進し、オープンイノベーションの創出に貢献する。

なお、主な活動の現況は図2～9のとおりである。

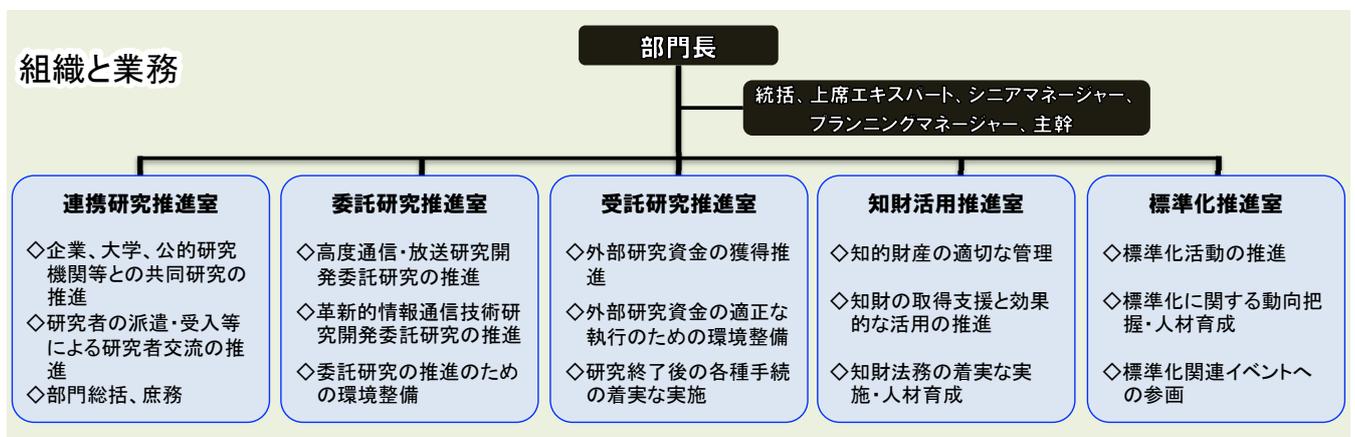


図1 イノベーション推進部門の組織と業務

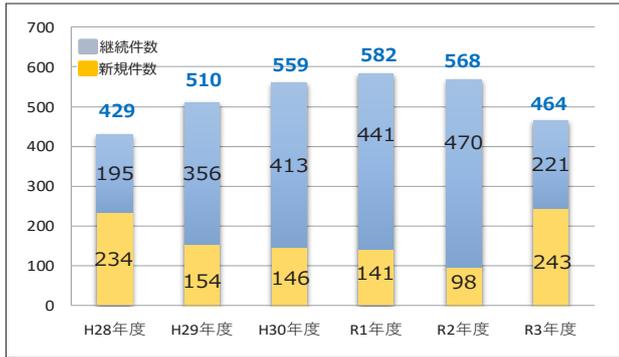


図2 共同研究契約件数の推移

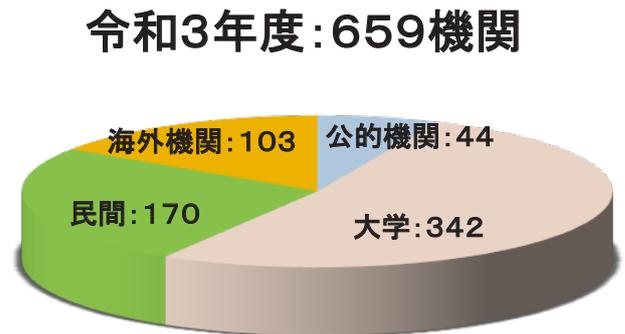


図3 令和3年度の共同研究相手先機関数

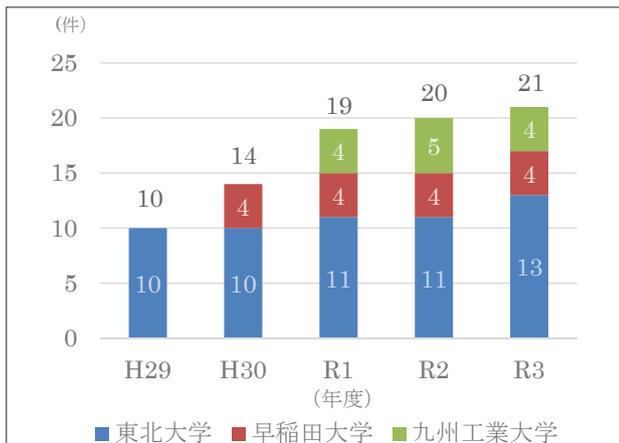


図4 大学とのマッチング研究支援事業実施課題数の推移

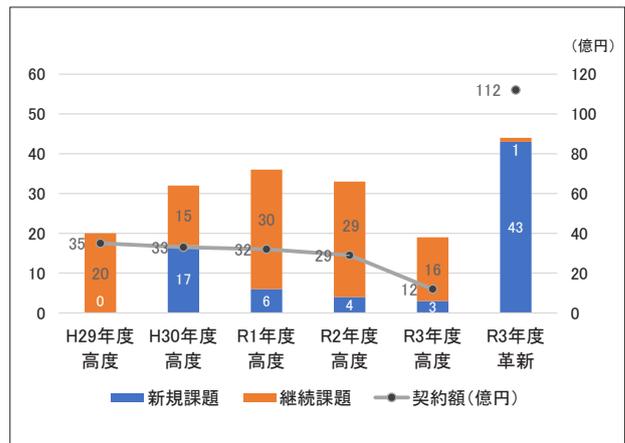


図5 委託研究の課題数と契約額の推移

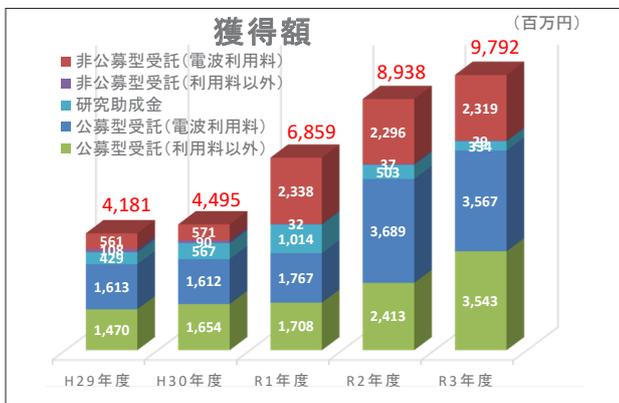


図6 競争的研究資金獲得額の推移

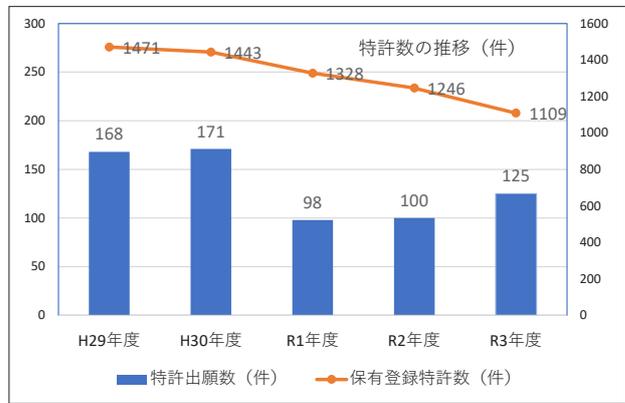


図7 特許数の推移(自主研究)

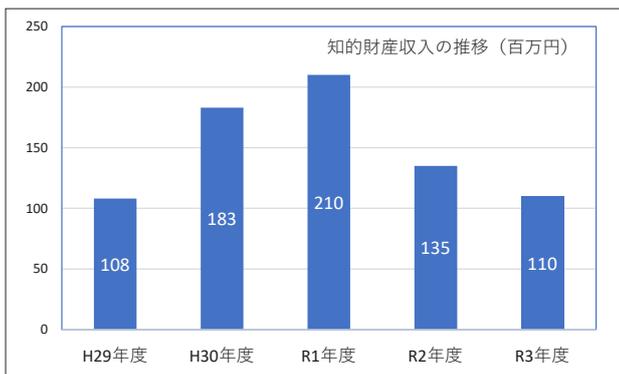


図8 知的財産収入の推移

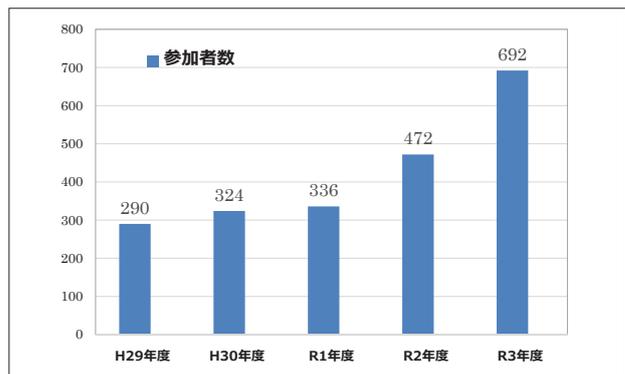


図9 国際標準化会議等への参加者数の推移

3

オープンイノベーション推進本部

## 3.10.1

# 連携研究推進室

室長（兼務） 村上 聡 ほか10名

### 共同研究・研究者交流による産学官連携の強化

#### ■概要

連携研究推進室は、企業、大学、公的研究機関等との共同研究や、研究者の派遣・受入等の研究者交流を推進し、産学官連携の強化に貢献している。

#### 1. 企業、大学、公的研究機関等との共同研究の推進

連携研究推進室は、通常共同研究に加え、NICTが共同研究者から研究費用の提供を受ける「資金受入型共同研究」等を推進している。連携研究推進室では、研究部署からの相談対応、相手機関との交渉、契約書ひな形の作成、契約締結マニュアルの充実、関連情報の蓄積及び検索機能の提供等、契約締結に関する支援業務を実施している。

また、共同研究の事前準備等の段階で、NICTと相手機関との間で重要な研究・技術情報を開示する場合に情報の漏えい等を防ぐためにあらかじめ締結する「秘密保持に関する契約」について、契約締結のための手続きの案内、契約書ひな形の作成、契約案の文作成支援等、契約締結に関する支援業務をあわせて実施している。

#### 2. 研究者の受入・派遣等による研究者交流の推進

NICTでは、大学等との間で情報通信分野における相互協力を推進するため、共同研究や研究者交流等に関する相互協力協定を締結している。また、連携大学院制度に基づき、大学院生等がNICTにおいて研究を実施したり、NICTの研究者による研究指導を受けたりする機会を確保するなど、学界との研究交流の推進を図っている。さらに、研究開発人材の育成を推進するため、協力研究員、研修員を受け入れるとともに、NICT職員への指導・助言のために研究者を招へい専門員として招へいしている。

連携研究推進室では、これらの業務に関する手続きの案内、各種受入書類のひな形作成等の支援を実施している。

#### ■令和3年度の成果

#### 1. 企業、大学、公的研究機関等との共同研究の推進

##### (1) 共同研究

令和3年度、共同研究契約は、464件（前年度からの継

続案件を含む）に達し、このうち、令和3年度に開始された新規案件は243件となった。（内訳については表1参照）。

また、「秘密保持に関する契約」については、238件に達した（令和3年度新規案件は、86件）（内訳については表2参照）。

##### (2) 資金受入型共同研究

相手機関とNICTが共通の研究課題を設定し、分担・協力して研究を行う共同研究において、NICTの分担する研究の費用の一部を相手機関に負担いただくことで研究の加速を目指す「資金受入型共同研究」について、令和3年度は、31課題（前年度からの継続案件を含む）が実施され、新規案件は21件となった。

##### (3) 大学との連携

大学とNICTとの連携・協力に関する協定に基づき、双方の研究ポテンシャルを掛け合わせることで、新たな共同研究テーマを掘り起こすためのフィージビリティスタディを支援する「マッチング研究支援事業」を東北大学、早稲田大学及び九州工業大学との間でそれぞれ実施している。令和3年度においては、それぞれ東北大学13課題、早稲田大学4課題、九州工業大学4課題、計21課題が採択され、共同研究が実施された（表3）。この取組により、本支援事業開始（平成28年度）以後、約30件の外部資金獲得につながった。

表1 令和3年度 共同研究契約件数（新規）

	共同研究契約	うち資金受入型共同研究
国内	231	21
海外	12	0
計	243	21

表2 令和3年度 秘密保持契約件数（新規）

	秘密保持契約
国内	82
海外	4
計	86

## 2. 研究者の受入・派遣等による研究者交流の推進

## (1) 大学等との相互協力協定

情報通信分野におけるNICTと大学等との幅広い協力を行うための包括協定の締結数は、前年度同様18であった。令和3年度は、同協定に基づく取組において、担当部門同士の連携にとどまらず、国立天文台とは、同台長とNICT理事長とのトップ会談の場を設け研究トピックの共有を行った。

## (2) 連携大学院制度

国や民間の研究機関と大学が協定等を締結し、研究機関の研究者が当該大学院の教育に参画する連携大学院制

度のもと、NICTでは、16の大学院等と協定を締結しており、令和3年度は協定を締結している大学院から34名の大学院生を受け入れ、研究経験を得る機会を確保するとともに、NICTの研究者延べ25名を講師として大学院へ派遣した。

## (3) 研究者の交流

NICT職員への指導・助言等を目的とする招へい専門員66名、NICTの研究をより効率的に推進するための協力研究員418名及びNICTの研究者から研究指導を受ける研修員64名を受け入れ、研究者交流を推進した（表4）。

表3 令和3年度 大学とのマッチング研究支援事業実施課題数

東北大学	13
早稲田大学	4
九州工業大学	4
計	21

表4 令和3年度 招へい専門員・協力研究員・研修員受入人数

	招へい専門員	協力研究員	研修員
国内	63	409	61
海外	3	9	3
計	66	418	64

## 3.10.2 委託研究推進室

室長 青木 美奈 ほか29名

### 民間企業や大学等の研究リソースを活用した研究開発の推進

#### ■概要

委託研究推進室では、「高度通信・放送研究開発委託研究」により、NICTが自ら行う研究と一体的に実施することで効率化が図られる研究開発課題について、外部の研究リソースの有効利用による効率的・効果的な研究開発を推進している。

また、2030年代のあらゆる産業・社会活動の基盤となる次世代通信インフラBeyond 5Gの実現に必要な要素技術を確立するために令和2年度に開始した「Beyond 5G研究開発促進事業」における「革新的情報通信技術研究開発委託研究」により、民間企業や大学等での研究開発を促進した。

これらの委託研究の実施にあたっては、外部有識者で構成される評価委員会の審査を経て受託者を決定している（図1）。

#### ■令和3年度の成果

##### 1. 高度通信・放送研究開発委託研究の推進

令和3年度においては、前年度から継続して実施する研究開発課題16件に加えて、新たに3件の研究開発課題に着手した（詳細は、6.1.1参照）。NICTの研究者がプロジェクトオフィサーとして委託研究を統括し、NICTの研究開発と一体となった研究開発を行うことで、効果の最大化を図っている。研究成果として、論文発表102件、一般口頭発表204件、標準化提案71件及び産業財産権出願50件（国内22件、外国28件）が挙げられた。

##### (1) 令和3年度に終了した研究開発課題の主な成果

－ Beyond 5Gに向けたモバイル収容大容量光アクセスインフラの研究開発 －

Beyond 5G時代のモバイルサービスを収容するために、RoF（Radio over Fiber）・IFoF（Intermediate Frequency over Fiber）伝送方式をベースとした光アクセスインフラの研究開発を実施した。RoF・IFoFハイブリッドモバイルフロントホールとして、上りリンク96 Gbps超、下りリンク120 Gbpsの伝送容量を達成した。また、64素子のフォトニックアンテナアレイを開発し、100 μsec未満のビーム切替え時間を実現した（図2）。

##### (2) 令和3年度に着手した研究開発課題の主な取組

－ 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 －

新型コロナウイルス感染症の流行により、これまでとは異なる“新しい生活様式”の導入を余儀なくされ、ソーシャルディスタンスや3密回避等、これまでの資源の集中配置による効率性の追求とは相反するため、様々な社会的、経済的課題が表面化している。さらに、将来、別の病原体による同様の世界的な感染爆発、いわゆるパンデミックが発生する可能性は十分にあり、パンデミック対策へのICTの貢献は重要となる。このような状況において、

- A) ウイルス等感染症により発生するパンデミック対策に資するICT
- B) 新型コロナウイルス感染症対策“新しい生活様式”を実現するためのICT
- C) アフターコロナ社会を形成するICT

の3段階に対応した計8個別課題の研究開発に着手した。

##### 2. 革新的情報通信技術研究開発委託研究の推進

令和3年度は、「Beyond 5G研究開発促進事業」の各プログラム（図3）において、前年度から継続して実施する機能実現型プログラム基幹課題1件に加えて、新たに43件（機能実現型プログラム基幹課題5件、機能実現型プログラム一般課題20件、国際共同研究型プログラム3件、シーズ創出型プログラム15件。詳細は、6.1.2参照）の研究開発課題について採択し、契約を締結、研究開発に着手するとともに、今後の研究計画について確認するスタートアップミーティングを開催した。採択した課題は多岐にわたる技術分野をカバーしており（図4）、特にBeyond 5Gのネットワーク基盤となる無線・光通信分野



図1 委託研究のスキーム

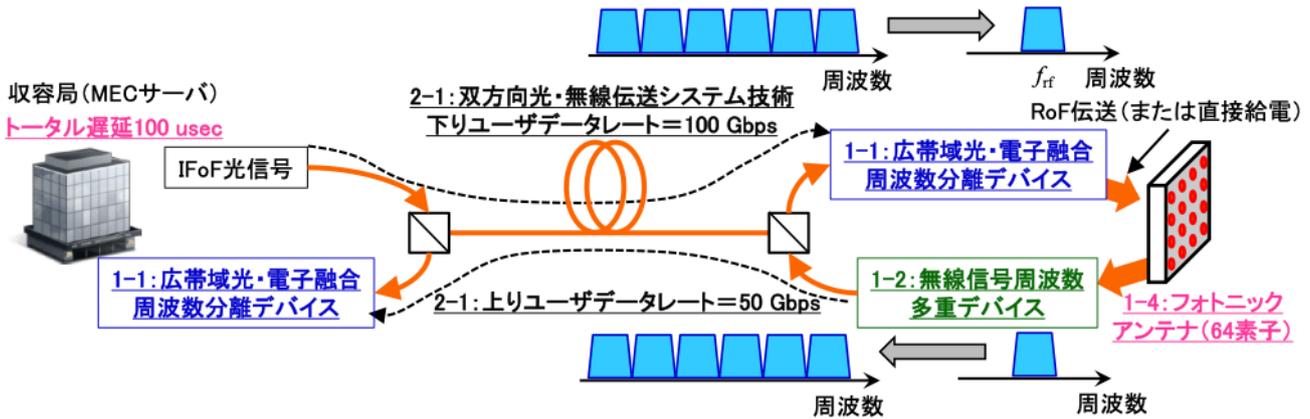


図2 RoF・IFoFハイブリッドモバイルフロントホール技術

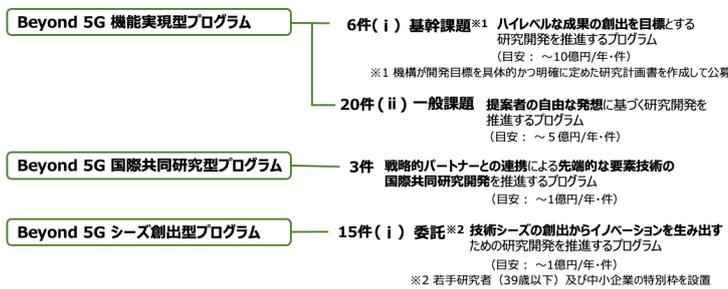


図3 Beyond 5G研究開発促進事業（委託研究）の概要

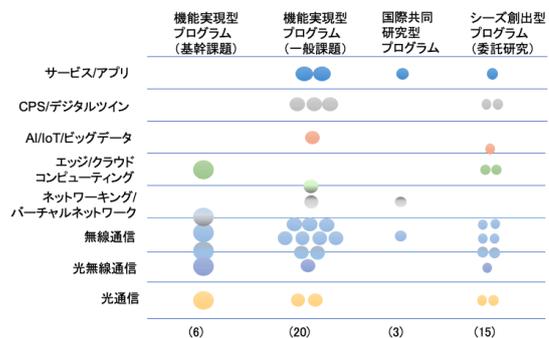


図4 革新的情報通信技術研究開発委託研究採択課題の技術分野

を中心に、Beyond 5Gの実現に寄与する委託研究を推進している。研究成果として、論文発表53件、一般口頭発表339件、標準化提案5件及び産業財産権出願78件（国内58件、外国20件）が挙げられた。

令和3年度に実施した機能実現型プログラム基幹課題の概要

■ Beyond 5G超大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発

Society5.0の中核技術であるCyber-Physical System (CPS) の実現に向けて、サイバー空間を高度化する革新的ハードウェア技術、情報処理基盤及びそれを用いた高速モバイル制御を創出する。

■ Beyond 5G超大容量無線通信を支える空間多重光ネットワーク・ノード技術の研究開発

Beyond 5Gを支える通信インフラとして、超大容量化と長距離化を経済的に実現する空間多重光ネットワーク・ノードのシステム技術等の研究開発を行う。

■ テラヘルツ帯を用いたBeyond 5G超高速大容量通信を実現する無線通信技術の研究開発

様々な利用が進んでいるワイヤレスパーソナルネットワーク (WPAN)、ワイヤレスローカルネットワーク (WLAN) と非地上ネットワーク (Non-Terrestrial Network: NTN) へのテラヘルツ帯無線を適用するための

研究開発を行う。

■ Beyond 5Gに向けたテラヘルツ帯を活用した端末拡張型無線通信システム実現のための研究開発

テラヘルツ帯を活用して、ユーザ端末の無線部分を拡張すると共に、大規模かつ稠密に分散して配置された基地局を連携させることで、あらゆる場所で高い通信品質を提供することを可能とする端末拡張型無線通信システムの研究開発を行う。

■ Beyond 5G超大容量無線ネットワークのための電波・光融合無線通信システムの研究開発

光ファイバや空間光等の光信号とテラヘルツ帯信号を超高速に超低遅延で相互変換してシームレスに伝送するための技術の研究開発を行う。

■ Beyond 5G次世代小型衛星コンステレーション向け電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発

限りある周波数資源を有効に活用しつつ、広帯域な光空間通信を併用する、コンステレーション用小型衛星搭載電波・光ハイブリッド通信技術とBeyond 5G時代を見据えた超広帯域光衛星通信システムの実現に向けた基幹技術の研究開発を行う。

## 応募前から研究期間終了後まで一貫して受託研究の支援を行う

## ■概要

受託研究、研究助成金など外部資金の獲得推進及び支援（図1）等を行うため、以下の業務を実施している。

## 1. 外部資金の獲得推進

他機関からの受託研究、研究助成金の受け入れを拡大することにより、NICTが持つ技術の優位性を国の政策や社会の要請に対して発揮するとともに、NICT自らの研究開発能力の向上、他研究機関との連携強化、新たな技術シーズの創生につなげる。

## 2. 外部研究資金の適正な執行のための環境整備

受託研究、研究助成金による研究について、応募申請・契約・経理検査等の支援を行い、研究者の負担低減、手続きの適正化、業務の効率化を図る。また、研究経費の適正な執行・管理のための啓発活動を行う。

## 3. 研究終了後の各種手続きの着実な実施

受託研究、研究助成金の終了後も続く、知財の報告や取得資産の管理などの着実な実施を行う。

## ■令和3年度の成果

## 1. 外部資金の獲得推進

様々な研究資金制度について、内容・ルールを調査し、NICT内に情報提供するとともに、応募書類（200件超）のチェック、アドバイス、事務作業の支援等を行い、外部資金獲得の拡大を図った。また、応募要領等に関する説明会の開催、「外部資金獲得推進制度」の実施などにより、外部資金獲得のインセンティブ向上を図った。令和3年度の外部資金獲得実績の概要を表1に示す。

## 2. 外部研究資金の適正な執行のための環境整備

受託研究、研究助成金による研究について、契約締結、分担金の授受、実績報告等の事務手続き及び受託契約に係る検査対応作業の支援を行った。また、機関代表業務（応募取りまとめ、電子申請手続き等）を実施するとともに、資金配分機関に対する窓口として統一的な事務を行い、手続きの適正化、研究者負担の低減に努めた。

研究費不正を防止するため、競争的資金等に関するコンプライアンス研修（e-Learning）を実施するとともに、

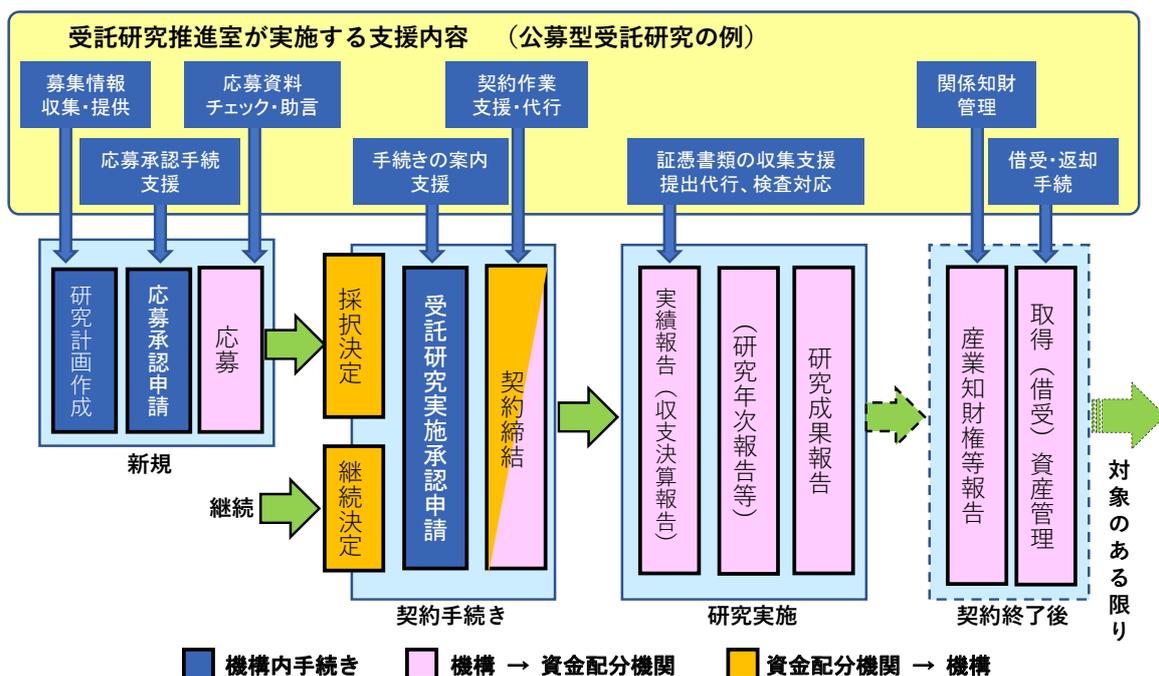


図1 受託研究推進室が実施する支援内容

表1 令和3年度外部資金獲得実績

受入形態		研究資金名	件数	獲得額(千円)
公募型	受託研究	電波資源拡大のための研究開発(総務省)	12	3,006,058
		電波の安全性に関する評価技術研究(総務省)	2	560,893
		情報通信技術の研究開発に係る提案(総務省)	9	2,298,652
		戦略的情報通信研究開発推進事業(総務省)	4	33,449
		戦略的創造研究推進事業((国研)科学技術振興機構)	19	211,280
		戦略的イノベーション創造プログラム(内閣府等)	5	273,478
		その他の公募型受託研究	28	698,533
	研究助成	個人助成	科学研究助成事業(文部科学省、(独)日本学術振興会)	93
		その他の公募型研究助成制度	7	7,000
非公募型	内閣府財源受託	研究成果展開事業(COI、指名による受託)	1	27,950
	電波利用料財源受託	標準電波、電波伝搬(総務省)	2	2,319,331
	一般受託	国、大学、民間企業からの受託	8	28,530
計			190	9,791,794

注意すべき事項を整理し、NICT内部Webに掲載・周知した。また、コンプライアンス講習会でも説明を行った。

受託研究等に係る契約事務・経理検査の支援に際しては、研究費の適正な執行、研究実施に伴う手続きの確実な実施に留意し、コンプライアンス強化に努めた。特に、誤請求防止に向けては、事前確認手法等を改善した。また、外部資金獲得額は年々増加しており、事務手続き等を支援する人員を補強するなど支援体制の充実を図った。

応募・実施時に必要となる、生体倫理・パーソナルデータ・デュアルユース等の審査承認をチェック項目として確認を行った。e-Radでの応募時の機関登録と提出承認、成果・実績報告時の入力支援を行った。

e-Radへの各研究者の情報登録・修正の支援、転入・転出時の対応を行うとともに、研究者ごとの研究エ

フォートの記入を必須として、各研究所で管理している情報及びe-Rad上の情報を併用して、研究エフォートの確認を行った。

### 3. 研究終了後の各種手続きの着実な実施

受託研究に係るバイ・ドール条項に基づく知財の手続きを周知し、研究者が行う手続きの確認・リマインド(出願届34件)及び代行(出願届4件)をするとともに、登録・放棄の報告(登録22件、放棄8件)を行った。また、総務省などの委託元からの調査にも対応した。

総務省の借受資産に関する手続きについては、確実に履行するとともに、過去の文部科学省・経済産業省の資産についても確認作業を続けている。

# 3.10.4 知財活用推進室

室長（兼務） 岡崎 幸夫 ほか16名

## 研究開発成果の社会展開に向けて積極的な知財の取得と活用を促進

### ■概要

知財活用推進室では、NICTの研究開発成果を広く社会に展開することを目指して、知財の専門性を基盤に研究者や関連部署と連携し、積極的な知財の取得と活用の推進に取り組んでいる。発明創出段階における適切な知財の保護から、その活用としての技術移転契約等に結び付けるまでの知財サービスを、研究者と連携を取りながら一貫して行うことで、オープンイノベーションの創出に貢献する。具体的には以下のような業務を行っている。

#### 1. 知的財産の適切な管理

特許等の出願・登録・維持に必要な期限管理や手続等を着実に実施する。研究現場が知財の取得・維持の要否を主体的かつ迅速に判断していけるように、必要な情報提供及び支援を実施する。

#### 2. 知財の取得支援と効果的な活用の推進

各研究部署担当の「技術移転コーディネータ」が、知財の取得から技術移転まで研究者と連携して推進する(図1)。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するなど、研究現場及び関連部署と連携して知財のプロモーションに取り組む。特許の出願、登録、実施、譲渡時の補償金の支払いに係る手続を適切に実施する。

#### 3. 知財法務の着実な実施・人材育成

有効な権利保護・活用のため、共同出願やライセンス等の契約における交渉・調整及び研究所等が締結する共同研究契約等の調整支援等の知財法務サービスを提供する。研究者や知財関係職員の知財スキル向上を図るためのセミナーや研修を実施する。

### ■令和3年度の成果

#### 1. 知的財産の適切な管理

- (1) 「知的財産戦略委員会」での議論を踏まえ、技術の特性等も考慮し、「迅速」かつ「柔軟」な視点で知的財産の活用促進に取り組めるよう、知財の取得・維持において研究現場主体の体制を整備した。具体的には、特許出願、登録、維持等の知財の取得・維持に係る判断を、従来のNICT全体による一元管理

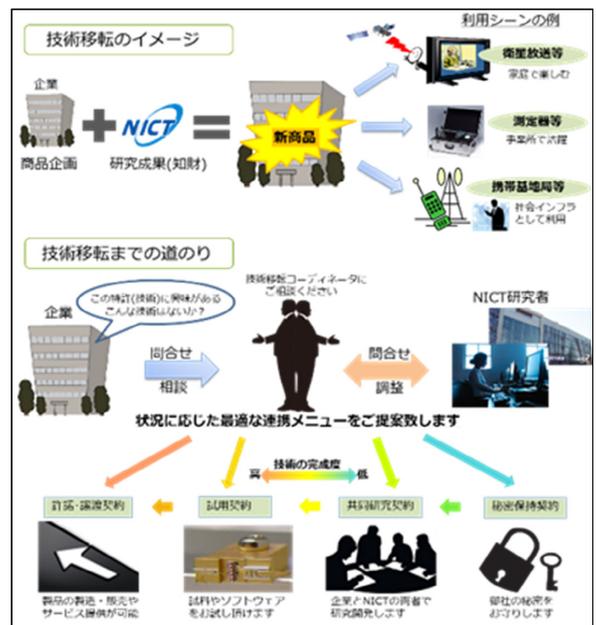


図1 技術移転活動の取組

表1 情報通信研究機構 新技術説明会で発表した4件の新技術

技術	発表タイトル	技術の概要
(1)	生体深部のリアルタイム観察に適した蛍光顕微鏡	脳などの生体深部を観察するための蛍光顕微鏡では、生物試料が厚みを持つため光学収差により分解能が低下する。今回の技術は、通常の蛍光顕微鏡に特別な装置を付加することなく、3次元画像に対する演算処理のみで深部分解能を改善する。生体毒性となる過度の光照射を不要とし、安価・高速・簡単に分解能が向上できる。
(2)	Beyond 5G無線通信に向けた有機電気光学ポリマーデバイス技術	有機電気光学ポリマーは、高効率かつ数百GHz以上の超高速光変調を可能にすることから、Beyond 5G時代の光ファイバー無線における無線から光信号への変換や電界センシング、広帯域テラヘルツ波(0.1~10 THz)発生・検出等への応用が期待できる。開発技術によりテラヘルツ波の損失を大幅に抑制したデバイス開発が可能になった。
(3)	安全・安心なグローバルネットワークに向けた物理レイヤ暗号	物理レイヤ暗号は指向性が高いという光通信の性質を活用し、さらに盗聴者の能力を予測することにより、量子暗号に次ぐ安全性を担保しつつ、高速・遠距離な暗号通信が実現可能。今回の技術はドローンや航空機への搭載が容易な、大気ゆらぎなどの擾乱に強い物理レイヤ暗号を実現する。
(4)	ニューノーマル社会における共同体験プラットフォーム技術	バーチャル空間内の様々なシーンを複数人で一緒に体験することができる。360度の実映像や3Dスキャンデータを共有したり、シーンが変わってもユーザーの途切れない繋がりを実現したりすることができるため、これまでにない臨場感ある実映像空間内でユーザー同士の新たな体験が期待される。

の体制から、必要な経費（知財予算）とともに各研究所に委任する仕組みを導入した。

- (2) 研究現場主体の体制に合わせた、特許の出願、登録、維持のための業務フローを整備し定着化を図った。特許管理データの整備とともに、外部専門業者も活用した特許料支払い業務の実施など、ミスのない特許管理業務に努めた。
- (3) 今年度の特許出願数は125件（国内67件、国外58件）、年度末での保有登録特許数は1,109件（国内737件、国外372件）であり、前年度に比べて国内出願は微減、国外出願は増加の状況にある。

## 2. 知財の取得支援と効果的な活用の推進

- (1) 「知的財産戦略委員会」での議論を踏まえ、重点推進分野の知財取得・維持・活用を戦略的に推進するための知財戦略の策定を行った。初めにNICTの知的財産ポリシーを具体化した技術分野によらない共通戦略を策定したのち、技術特性を考慮した各技術分野の知財戦略骨子を研究所と協力して策定した。
- (2) NICT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、科学技術振興機構との共催により「NICT新技術説明会」（令和3年10月14日オンライン開催、273名聴講）を開催し、研究者自身が産学連携に関心のある企業向けに技術を紹介し個別質問にも対応した（表1）。Interop Tokyo 2021（令和3年4月14-16日、幕張）では、サイバーセキュリティ研究所と連携して、技

術移転の取組や導入事例を技術移転先企業とも協力して紹介した。加えて、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NICT内の関係部署との連携体制も強化した。

- (3) 令和3年度の新規技術移転契約件数は18件、年度末での技術移転契約件数は133件、技術移転収入は10,994万円であり、契約件数、収入は前年度と比較してやや減少傾向である。今年度の技術移転の例を図2、3に示す。
- (4) Beyond 5G知財創造に資するため、Beyond 5G研究開発推進ユニットの主導により、サイバーセキュリティ研究所の協力の下で特許アイデアソンを試行的に実施した（令和3年11月15日オンライン開催）。また、知財創造のインセンティブとするため、各研究所のBeyond 5G関連技術の特許出願に対して通常の出願経費に加えて予算支援を実施した。
- (5) Beyond 5G研究開発促進事業（委託事業）において、研究委託プロジェクトにおける知財化・標準化支援を強化するため、標準化推進室と連携し外部専門家も活用した支援体制を整備した。また、Beyond 5G新経営戦略センターのIPランドスケープWGに参加し、企業にとって使いやすいIPランドスケープ作成方針の策定に協力した。

## 3. 知財法務の着実な実施・人材育成

- (1) 研究現場主体の体制整備に合わせ、知財の専門家を補強し、知財法務等の周辺支援にも注力した。具体的には、NDA、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（相談対応件数約500件）し、

NICT全体の知財取得・活用とともに、法務的チェックによって紛争等のリスク低減にも努めた。

- (2) 研究者や知財関係職員の知財スキル向上を図るために、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知財セミナー2回（3日間・オンライン）を企画し開催した（各回共に延べ約200名が参加）。サイバーセキュリティ研究所内の特許セミナーにも講師を派遣した。



図2 技術移転例1

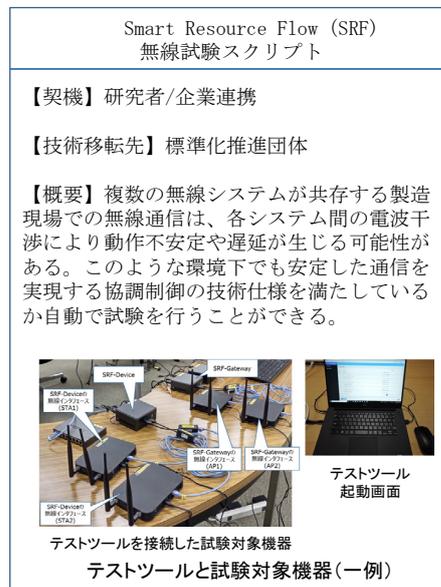


図3 技術移転例2

## 研究成果を社会還元するためオープン戦略として国際標準化を推進

## ■概要

戦略的かつ重点的な標準化活動を実現するために策定されたNICTの標準化に係るアクションプランに基づき、NICTの研究成果が実社会において広く活用されるよう、国際標準化活動の強化、推進を行い、我が国の国際競争力の強化に貢献している。具体的には、国際標準への反映を念頭においた研究開発を推進し、その成果を国際電気通信連合（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とを支援している。また、NICTは専門的な知見を有する中立的な立場であることから、国内における各種の標準化関係委員会への委員の派遣等を積極的に行っている。さらに、標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の我が国での開催を積極的に支援している

## ■令和3年度の成果

## 1. 標準化活動の推進

(1) ITU-R WP5Dで作成中の「将来技術トレンド報告」に対してはNICT関連技術に関する寄与文書を提出し、同WPの作業文書に反映されたほか、3GPPにおいてもRelease 18を検討するワークショップの段階から時空間同期関連技術と移動体通信のNon-

Public Network関連技術といった機構関連技術について、世界的にも初期の段階から積極的に提案し、Release 18のStudy Itemに盛り込まれた（図1）。

(2) Beyond 5Gコンソーシアムで行われている「Beyond 5Gホワイトペーパー」の策定において、NICT関連技術の反映を行うほか、関連する技術項目のエディターを務めるなど活動に精力的に参加・貢献した（図2）。ITU-R WP5Dについては、機構が独自に寄与文書を提出していることに加え、Beyond 5G推進コンソーシアムの日本寄与文書の作成についても議論に精力的に参画・貢献した（図2）。

(3) 研究開発成果の国際標準化に資するため、今中長期目標期間における戦略的な標準化推進の基礎として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」（平成29年3月策定）を、研究開発・標準化活動の進展や標準化機関の動向の変化等を踏まえて更新した。

研究開発成果を国内外の標準に反映していくため、標準化機関等における会議等に積極的に参加するとともに、令和3年度においては研究開発成果等に基づいた寄与文書を国際標準化機関等へ210件、国内標準化機関等へ104件提出した。また令和3年度は、

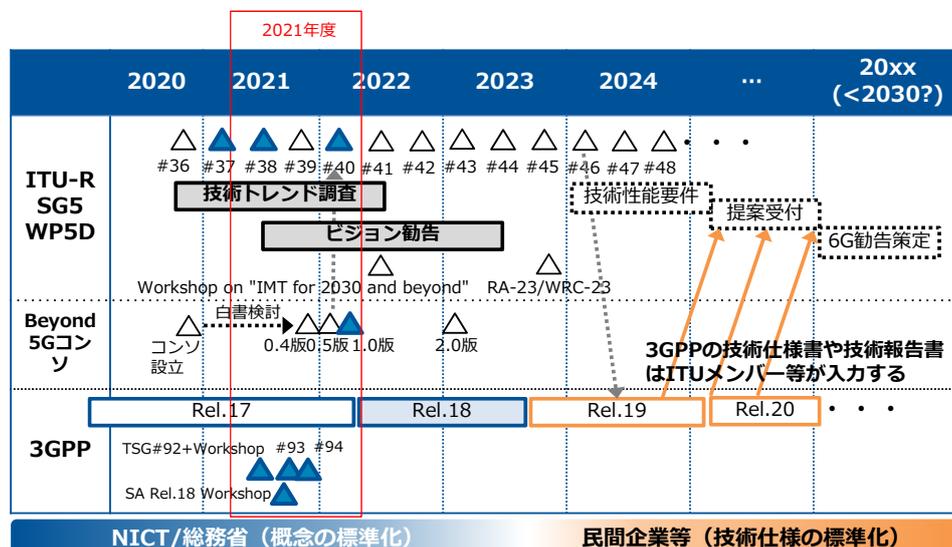


図1 Beyond 5Gの標準化関連活動

国際標準化会議等では延べ61人、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では延べ75人が役職者として会議の運営に携っており、特にITU-T SG13の議長として谷川参事が任命された。その他、機構の研究開発成果に基づく国際標準等12件、国内標準等8件の成立に貢献した。例として、国際標準化では、量子鍵配送技術においてITU-TでQKDNのセキュリティ等要求条件と、QKDNとセキュアストレージネットワークの統合フレームワークの2つの勧告を成立させ、ネットワークアーキテクチャでも、ITU-T SG13でAIベースネットワークプロビジョニング、ICN (Information Centric Network) に関する勧告を2件成立。電磁環境では、IECでイミュニティ試験と5 GHzまでのエミッション測定の手順に係る標準等が成立した(図3)。

また、国内標準化でも、量子鍵配送技術が、TTCで6つの標準策定(JT-Y3800 V1.1(QKDNの概要)、JT-Y3802 V1.1(QKDNのアーキテクチャ)、JT-Y3803 V1.1(QKDNの鍵管理)、JT-Y3804 V1.1(QKDNの制御と管理)、JT-X1710(QKDNのセキュリティフレームワーク)、JT-X1712(QKDNのセキュリティ条件)を主導し、その他国内標準化会合でも標準化策定に向けて貢献を果たした。

(4) NICT職員が国際標準化活動に関して、令和3年度においては、情報通信技術賞TTC会長表彰、日本ITU協会創立50周年記念賞及びIEC1906賞を受賞した。

2. 標準化に関する動向把握・人材育成  
一般社団法人電波産業会(ARIB)との間で平成24年度に締結した連

携・協力の推進に関する協定に基づき、第9回NICTとARIBの連携・協力推進に関する連絡会(令和3年8月)をオンライン開催し、無線通信関係の標準化活動に関する意見交換を行った。

3. 標準化関連イベントへの参画

ITU Virtual Digital World 2021(令和3年9~12月)において、ビデオ上映にてバーチャル展示を行い、NICTの研究活動を紹介した。

① ITU-R WP5D 将来技術トレンドに関する暫定新報告案

令和3年度、NICTから2つの寄与文書(5D/609, 958)を入力



- (青太字がNICT関連技術を入力した項)
- 1 Introduction
  - 2 Scope
  - 3 Related ITU-R documents
  - 4 Overview of emerging services and applications
  - 5 Emerging Technology Trends and Enablers
  - 5.7 **Technologies to natively support real-time services/communications**
  - 6 Technologies to enhance the radio interface
  - 6.5 **Tera-Hertz (THz) communications**
  - 6.7 **Technologies to support ultra-high accuracy positioning**
  - 7 Technology enablers to enhance the radio network
  - 7.6 **Technologies for interconnection with non-terrestrial networks**

② Beyond 5Gホワイトペーパー1.0版(令和4年3月 Beyond 5G推進コンソーシアム)

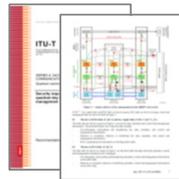


1. はじめに
  2. トラセクトトレンド
  3. 通信業界のマーケットトレンド
  4. 他業界から得られたトレンド
  5. Beyond 5Gで求められるCapabilityとKPI
  6. 技術トレンド(中略)
  - 6.5 **非地上系ネットワーク (NTN) によるネットワークカバレッジ拡張**
  - 6.6 ネットワークアーキテクチャ
  - 6.7 **無線通信技術と光通信技術**
  - 6.7.2 **広帯域化・周波数利用高度化技術**
  - 6.7.4 **超高信頼性と低レイテンシの通信**
  - 6.7.6 **統合されたセンシングと通信および高正確度なローカリゼーション**
  7. おわりに
- 略語集
- (青太字はNICTが機構関連技術の反映を行ったもの、うち赤太字がNICTがエディターを務めたもの)

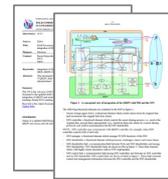
図2 NICTが関連技術を入力した文書

④ NICTの研究成果を反映し成立した国際標準の例

- 量子暗号通信(量子鍵配送)
- セキュリティ技術及びガイドライン



ITU-T勧告X.1712 (QKDのセキュリティ等要求条件)



ITU-T勧告Y.3808 (QKDNとセキュアネットワークインフラのフレームワーク)



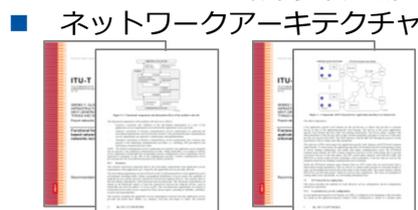
ISO/IEC 27002:2022 (情報セキュリティ、サイバーセキュリティ、プライバシー保護-情報セキュリティコントロール)



■ 電磁環境



IEC 61000-4-20:2022-02 (Ed. 3) (電磁両立性(EMC) 第4部: 試験及び測定技術 第20章: TEMセルに対する要求: イミュニティ試験と5GHzまでのエミッション測定の手順 第3版)



ITU-T勧告Y.3178 (将来ネットワークを視野に入れたAIベースネットワークのフレームワーク)



ITU-T勧告Y.3077 (ICNに接続されたアプリケーションドメインのインターワーキングフレームワーク)

図3 NICTの研究成果を反映し成立した国際標準の例

## ■概要

1. NICTの研究成果を世界に発信するとともに、諸外国との連携により研究開発成果の相乗効果を発揮  
情報通信技術の研究開発及び成果展開においてより良い成果を上げるためには、有力な海外の研究機関や大学等との連携が重要となっている。

グローバル推進部門では、研究開発成果の最大化及びグローバルな普及を目指し、NICTの研究開発活動における国際連携、研究開発成果の国際的展開を推進している。

### 2. グローバル推進部門の構成

当部門の業務は、次の2室及び海外の3連携センターにより実施しており、その業務概要は以下のとおり。

#### (1) 国際連携推進室

外国為替及び外国貿易法（外為法）に基づく安全保障輸出管理業務、インターンシップ研修員受入等人材交流、海外連携センターを通じた海外のICT分野の研究開発動向や世界的な技術トレンド、ICT政策等についての調査・情報収集

#### (2) 国際研究連携展開室

NICTと諸外国の関連研究機関との国際共同研究・研究協力の推進、研究協力覚書（MOU）の締結、複数の研究所等が関わるワークショップ及び国際会議の主催あるいは共催、NICTの研究開発成果の国際展開、NICTの研究開発成果の最大化を目指した国際共同研究プロジェクトの創出

#### (3) 海外連携センター（アジア連携センター、北米連携センター、欧州連携センター）

各地域における研究開発等に係る情報の収集、研究連携のための企画、推進、支援及び関係機関との連絡調整

## ■主な記事

### 1. 国際的な研究協力の推進

国際連携を円滑に進めるため、海外の有力な研究機関や大学と覚書を取り交わし、共同研究や人的交流を推進している。令和3年度においては、海外の大学や研究機関等との19件（更新）の覚書を取り交わし（令和3年度末時点で24か国75機関77件）国際的な研究連携を推進するとともに、NICTの研究成果の国際展開に積極的に取

り組んだ。

### 2. 東南アジアとの連携推進と国際共同研究プロジェクトの推進

ASEAN域内の研究機関・大学等と共同で平成27年2月に設立したバーチャルな研究連携組織「ASEAN IVO（ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT）」の体制を拡大するとともに、ASEAN IVO Forum 2021をオンラインで開催し、参加者から、食料、環境保護・防災、安心・スマートコミュニティ、健康・福祉等の分野を対象とする計26件のプロジェクトのアイデアが紹介され、活発な議論が行われた。

### 3. 米国との国際共同研究の推進

米国国立科学財団（National Science Foundation: NSF）と共同で運営するネットワーク領域の国際共同研究プログラム「JUNO2」（Japan-US Network Opportunity 2）を終了するとともに、ネットワーク領域の新たな国際共同研究プログラム「JUNO3」を開始した\*1。

### 4. 欧州との国際共同研究の推進

欧州委員会、総務省と共同で取り組む日欧国際共同研究については、2018年に開始した共同研究1件\*2（スマートシティのためのマルチレイヤセキュリティ技術）のFinal Reviewをオンラインで実施した。

### 5. 国際展示会等への出展

NICTの研究開発成果の国際展開に向け、タイ科学技術博覧会2021（令和3年11月、タイ）、国際光工学会 Photonics West（令和4年1月、米国・サンフランシスコ）など各種イベントや国際展示会への出展等を積極的に行った。

### 6. 国際的な人材交流

令和3年度は1名のインターンシップ研修員を前年度から継続してNICTの各研究所に受け入れた。また、日本語研修の開催や各種資料の英語化など、海外からの研究者に対する支援を行った。

### 7. 安全保障輸出管理関連業務

安全保障輸出管理審査会を開催し、MOU等で提供予定の技術及び締結相手先機関について審査を行い、締結の可否等を確認した。

### 8. 海外連携センターの活動

海外連携センターにおいては、北米、欧州、アジアにおけるICT技術動向等に関する情報を収集・分析し、NICTの内部関係者に対しフィードバックを行った。令和3年度は、上記5.の国際展示会への出展に関して海外連携センターが中心的な役割を担ったほか、Beyond

5G / 6G及び量子ネットワークに関するホワイトペーパー（令和3年4月公表）を政府関係者や研究機関等に重点的に説明した。また、タイのチュラロンコン大学と共同でフォトニックネットワーク分野に関するオンラインワークショップを開催（令和4年1月）するなど、NICTの研究開発についての情報発信、NICTと海外の機関との研究交流や連携の促進に取り組んだ。

\*1 <https://www.nict.go.jp/press/2021/09/29-1.html>

\*2 <https://www.nict.go.jp/press/2018/07/02-1.html>

## 国際連携を推進

## ■概要

国際連携推進室は、安全保障輸出管理に関する業務、インターンシップ研修員の受入による国際的な人材交流、海外連携センターにおける情報発信・収集等を通じて、NICTが行う研究開発成果の国際展開を支援している。

## ■令和3年度の成果

## 1. 安全保障輸出管理関連業務

外国為替及び外国貿易法（外為法）に定められた「輸出者等遵守基準」に対応するため、NICTでは「安全保障輸出管理規程」に基づき、安全保障輸出管理に係る該非判定や取引審査の手続を行うとともに、必要なものについて経済産業大臣の輸出許可を取得した。

令和3年度は、平成27年度から開催している安全保障輸出管理審査会を引き続き定期的に開催し、MOU等提供予定の技術及び締結相手先機関について審査し、締結の可否を確認した。

また、職員が安全保障輸出管理に関する理解を深め、NICTの輸出管理が確実に実施されるようにするため、説明会及びeラーニング等を通じた教育活動を行った。

## 2. インターンシップ研修員の受入

国際的な人事交流の一環として、令和3年度は、1か国1機関から1名のインターンシップ研修員を受け入れた（平成20年度からの累計196名）。

## 3. 海外からの研究者の支援

国際的な人材交流を活性化するため、海外からの研究者に対する研究活動支援として、専門の日本語講師による日本語研修を実施した。

## 4. 海外連携センターの管理運営並びに情報発信・収集

NICTの国際展開を支援するためのハブとしての機能を発揮できるよう、各海外連携センター（アジア連携センター、北米連携センター、欧州連携センター）における事務所管理運営に必要な手続を支援した。

また、各海外連携センターでは、NICTの国際的なプレゼンスを高めるため、NICT内の各研究所等と連携しつつ、国際的な会議やフォーラムへの参加、国際展示会への出展等を積極的に行った（図1、2）。さらに、各地域におけるICT技術動向等に関する日常的な情報収集に加え、有識者や専門家との人脈形成により、現地ではか入手できない貴重な情報の収集と分析を行い、これらをNICT内での研究活動に活かせるよう速やかに提供した。



図1 科学技術博覧会における展示（令和3年11月、バンコク）  
（左：タイのプラユット首相（中央）と日本ブース関係者、右：NICTの展示内容に関するプラユット首相へのご説明）

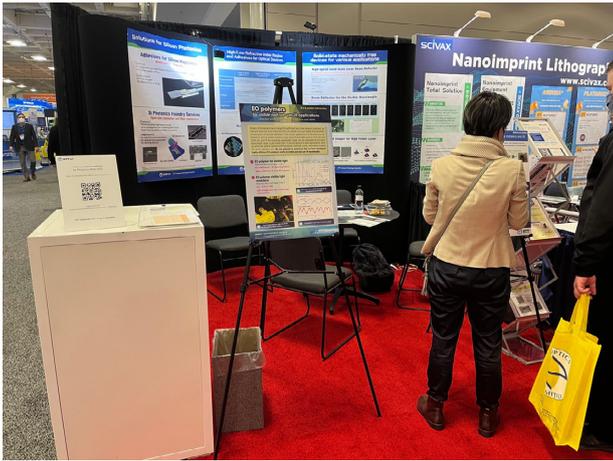


図2 国際光学会Photonics Westにおける電気光学ポリマーに関するポスター展示（令和4年1月、サンフランシスコ）

## 国際的な研究連携と成果の国際展開を推進

## ■概要

NICTは中長期計画の下で、研究開発成果の国際展開を目指し、国際連携、欧米や東南アジアとの国際共同研究、国際実証実験等を推進してきた。令和3年度も、持続的な研究連携につながる研究協力覚書の取り交わしや来訪への対応、欧米や東南アジアとの国際共同研究の継続と新たな研究の立ち上げ、成果展開を主眼とした国際展開ファンドの推進に取り組んだ。

## ■令和2年度の成果

## 1. 国際連携関係の構築と新たな連携の推進

海外の大学や研究機関等との19件（更新）の覚書取り交わし（令和3年度末時点で24か国75機関77件（図1））、共同研究契約22件や秘密保持契約（NDA）9件等の安全保障輸出管理審査会での審査支援及び研究連携を目的とした海外関係者の来訪1件（駐日ドイツ連邦共和国大使（図2））に対応し、国際連携関係を構築・維持した。これらの覚書の下で、ドイツ自動化・通信研究所（ifak）との工場無線標準化連携推進、韓国国立電波研究院（RRA）とのアンテナ校正標準化連携推進、アジア太平洋・オセアニア・ネットワークコラボレーション（APOnet）での環太平洋高速ネットワーク網の拡大、アジア太平洋-欧州リング協力（AER）でのアジア・太平洋と中東・欧州高速ネットワーク網の拡大等の新たな国際連携活動の開始・拡大に寄与した。

## 2. 米国、欧州との国際共同研究の推進

米国国立科学財団（National Science Foundation:

NSF）と共同で運営するネットワーク領域の国際共同研究プログラム「JUNO2」（Japan-US Network Opportunity 2）の下で高信頼なネットワークをテーマとする5件の日米共同研究が令和3年8月に終了し、オンラインで最終PI会合を開催した。また、令和2年11月にNSFと共同で開催したProgrammable Networkingに関する日米ワークショップ（オンライン）の報告書に基づき、ネットワーク領域の国際共同研究プログラム「JUNO3」の外部公募<sup>\*1</sup>及びNICT内部募集を行い、12件の応募があり、外部4件と内部1件の合計5件が採択候補を決定した。並行して、計算論的神経科学領域を対象とし、米、独、仏、イスラエル、スペイン、日本（NICT）が参画する国際共同研究プログラム「CRCNS」（Collaborative Research in Computational Neuroscience）の下で新たに3件（内部提案1件を含む）の共同研究<sup>\*2</sup>を開始し、また、令和4年度開始分の新規共同研究の公募<sup>\*3</sup>を行った。

欧州委員会、総務省と共同で取り組む日欧国際共同研究については、2018年に開始した共同研究1件<sup>\*4</sup>（スマートシティのためのマルチレイヤセキュリティ技術）のFinal Reviewをオンラインで実施（図3）した。また、今後の進め方について、総務省と連携して検討を進めた。

## 3. アジアでの国際共同研究と成果展開の推進

NICTがASEAN域内の研究機関・大学等と共同で運営する研究連携組織「ASEAN IVO（ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT）」<sup>\*5</sup>は、ASEAN地域における認知度が高まり、74機関<sup>\*6</sup>が参加する大きな共同研究体へ成長した（図4）。その下で、ASEAN共通の社会課

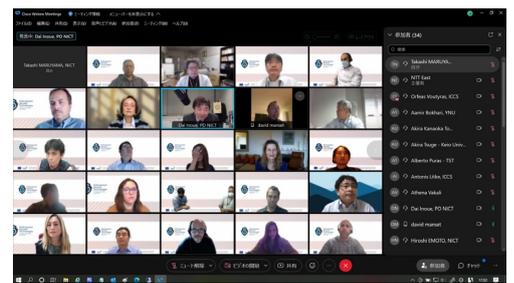
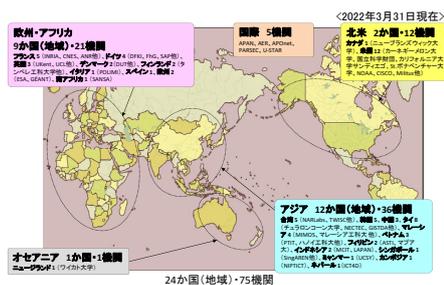


図1 研究協力覚書を取り交わしている海外機関（令和3年度末時点）

図2 駐日ドイツ連邦共和国大使来訪（令和3年12月、未来ICT研究所・CiNet）

図3 日欧国際共同研究プロジェクト（スマートシティのためのマルチレイヤセキュリティ技術）オンライン最終審査会（令和3年8月）

題に対するICTソリューションを追究する共同研究開発プロジェクト14件<sup>\*7</sup>（2017年度～2021年度開始）を推進した。例えば、農業を対象としたスマート灌漑<sup>かんがい</sup>、都市型農業に関するプロジェクトでは、それぞれの環境に適したセンサーを開発して、水田、垂直栽培棚などに設置・検証する等の活動を行った。環境保護を対象とした泥炭地火災監視プロジェクトでは、環境に適したセンサネットワークやデータ収集用監視タワーを設置してモニターリングシステム構築を行った（図5）。本プロジェクト成果を基に、システムの高度化、データの解析、解析結果に基づく森林火災予報システム構築等のため、APT（アジア太平洋電気通信共同体）が実施する国際共同研究スキーム（Category-I）に提案して採択された。ASEAN IVO開始以降、累計33件のプロジェクトを実施し、延べ202機関367名が参画している。また、翌年度開始プロジェクトを形成するためのASEAN IVO Forum 2021を11月18日にオンライン同時参加形式の発表講演と11月下旬から翌年の1月上旬まで一般公開としたポスター展示を行うハイブリッド形式で行った<sup>\*8</sup>。参加者から、食料、環境保護・防災、安心・スマートコミュニティ、健康・福祉等の分野を対象とする計26件のプロジェクトのアイデアの発表が行われた。フォーラムによって活発な議論やグループ形成が行われた結果、29件の新規プロジェクトの提案がとりまとめられ、運営委員会においてそのうち5件を採択することを決定した。

台湾NARLabs (National Applied Research Laboratories: 国家実験研究院) と共同で、2021年4月にオンラインでワークショップ（図6）を開催し、2021年3月に終了した第1弾の共同研究プロジェクト2件の成果報告及び2021年度から開始する第2弾の共同研究プロジェクト3件の計画紹介及び議論を行った。

#### 4. 成果展開国際プロジェクトの創出と推進

国際展開ファンドプログラムを運営し、成果の国際展開を目指すNICT内部からの提案6件を採択して実施した。フィールド用IoTノードの開発ではCOVID-19感染拡大に伴う世界的な半導体不足の影響で開発機器の納期が遅れたため研究期間を1年間延長して進めているが、オンラインミーティング等を利用して協力機関とのトレーニングや実験環境の構築を行い、タイでの光半導体バイオセンシング技術、音声認識の対象言語をモンゴル語、カザフ語、ウィグル語、チベット語等の拡張、水再利用のためのIoTシステムにおける端末間通信システムの構築などの取組を加速した。

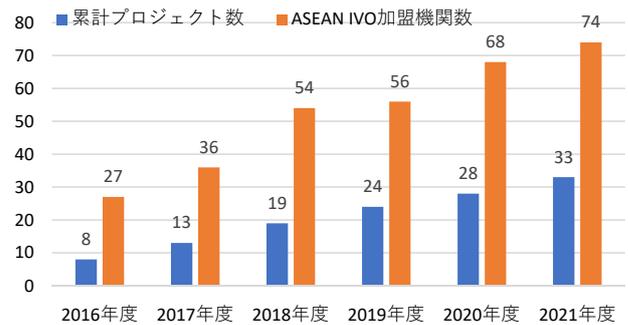


図4 ASEAN IVOの実施プロジェクト数と加盟機関数



図5 ASEAN IVOプロジェクト：NAPC: Networked ASEAN Peat Swamp Forest Communities

「左上から」監視領域の設定、気象センサーやデータ収集の監視タワー、土壌水分・温度センサーや水位センサーなどの設置



図6 NICT-NARLabs共同ワークショップ（令和3年4月、NICT本部）

\*1 <https://www.nict.go.jp/press/2021/09/29-1.html>

\*2 <https://www.nict.go.jp/info/topics/2021/09/01-1.html>

\*3 <https://www.nict.go.jp/press/2021/08/25-1.html>

\*4 <https://www.nict.go.jp/press/2018/07/02-1.html>

\*5 [https://www.nict.go.jp/en/asean\\_ivo/](https://www.nict.go.jp/en/asean_ivo/)

\*6 [https://www.nict.go.jp/en/asean\\_ivo/members.html](https://www.nict.go.jp/en/asean_ivo/members.html)

\*7 [https://www.nict.go.jp/en/asean\\_ivo/Project\\_List\\_of\\_ASEAN\\_IVO.html](https://www.nict.go.jp/en/asean_ivo/Project_List_of_ASEAN_IVO.html)

\*8 <https://naivo.org/>

### ■概要

社会生活、経済活動の基盤となる情報通信分野において、新たな情報通信サービスを生み出す情報通信ベンチャー等の事業化促進、多様かつ新たな情報通信の利活用を可能とする情報通信インフラストラクチャーの充実・高度化、誰もが情報通信サービスを利用できる情報バリアフリー環境の推進、民間における基盤技術研究の促進、研究開発における国際交流の支援等を通じて、産業の活性化、安心・安全で豊かな生活の実現に貢献し、利便性の高い情報通信サービスの国民生活・国民経済への浸透を支援するという観点に立って、情報通信分野の各種振興業務を効率的・効果的に実施し、次の取組を推進している。

#### 1. 情報通信ベンチャーの支援

情報通信分野における我が国の中長期的な産業競争力強化を図る政策的観点から、情報通信ベンチャーの起業努力、事業化を支援する。

##### (1) ICTスタートアップに対する情報及び交流機会の提供

リアルな対面の場だけでなくオンライン・メディアも活用しつつ、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を促進する。

##### (2) 情報通信ベンチャー等への出資

過去に旧通信・放送機構が直接出資した会社について管理を行う。

##### (3) 情報通信ベンチャー等に対する助成金の交付及び債務保証

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助成金の交付及び債務保証を行う。なお、本支援は、令和3年度で終了した。

##### (4) 革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）

Beyond 5G研究開発促進事業研究開発方針（令和3年1月 総務省）に基づき、Beyond 5G研究開発促進事業のうち、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を対象に助成金の交付を行う。

##### (5) NICT発ベンチャー支援

NICT発ベンチャーに対し、施設貸与、大規模展示会

への出展などの支援を行う。

#### 2. 情報通信インフラ普及支援

##### ・地域通信・放送開発事業の支援

大都市以外の地域において行われる電気通信の高度化に資する事業（CATVの高度化、地上デジタルテレビ放送の中継局整備等）に対して、銀行その他の金融機関が行う貸付けに対し、利子補給を行う。なお、本支援は令和3年9月に終了した。

#### 3. 情報バリアフリー環境の推進

誰もが等しく通信・放送サービスを利用できる情報バリアフリー環境を推進し、我が国における情報化の均衡ある発展に寄与する。

##### (1) 字幕・手話・解説番組制作の促進

視聴覚障害者向けの字幕番組・解説番組及び手話番組の制作、放送番組に合成表示する手話翻訳映像の制作、生放送番組に字幕を付与する設備の整備に係る経費の一部を助成する。

##### (2) 身体障害者向け通信・放送役務提供及び開発の促進

身体障害により通信・放送サービスの利用に支障のある者が、これらを円滑に利用できるようにするため、通信・放送役務の提供・開発を行う者に対して必要な資金の一部を助成する。

##### (3) 情報バリアフリー関係情報の提供

「情報バリアフリーのための情報提供サイト」〈<https://barrierfree.nict.go.jp/>〉を通じて、高齢者や身体障害者等に役立つ情報を提供する。

#### 4. 民間における通信・放送基盤技術に関する研究の促進

##### ・基盤技術研究の民間への委託業務

過去に行われた情報通信分野の基盤技術研究の民間委託に関して、研究成果の事業化を促すとともに、契約に基づき、関連する売上収入の一部を納付してもらうなど管理を行う。

#### 5. 海外研究者招へい・国際研究集会開催支援

国際交流プログラム海外招へい、国際研究協力ジャパントラスト事業により、海外研究者を国内の大学等の研究機関に受け入れるほか、国際交流プログラムの国際研

究集会支援として、国内で開催される国際研究集会の開催を支援する。

#### ■主な記事

各取組の令和3年度の成果については、各室の報告を参照いただきたい。

### 3.12.1

## 研究成果事業化支援室

室長 大高一弘 ほか2名

産業界・大学等の研究開発の支援、NICTの研究成果の社会還元

### ■概要

研究成果事業化支援室は、産業界・大学等における国際共同研究や国際的な人材交流等への支援を通じて、我が国の情報通信技術の高度化、研究開発の推進に貢献している。具体的な取組としては、NICTが渡航費、滞在費等を負担し、海外の優れた研究者を国内の研究機関に招へいしたり、国内において世界的な研究集会の開催を支援することにより、海外の研究機関との人材交流を行っている。

また、NICT発ベンチャーの設立や事業展開への支援、地域の自治体やベンチャーコミュニティとの交流を通じてNICTの研究成果の社会還元に寄与している。

### ■令和3年度の成果

#### 1. 海外研究者の招へい・国際研究集会開催支援

##### (1) 支援の実績

NICTでは、NICT独自の事業である国際交流プログラムと民間篤志家からの寄付による国際研究協力ジャパントラスト事業（注）において、海外研究者をNICT以外の研究機関へ招へいする事業を実施するとともに、国際交流プログラムにて国際研究集会開催支援を実施している（図1）。

海外研究者の招へいについては、国際交流プログラム

として大学の2件について招へいを行った（6.1.3（1）参照）。コロナ禍により、国際的な人の流れが大幅に減少したものの、招へいスケジュールを柔軟に変更するなど状況に対応し、事業を実施した。しかし、我が国の水際対策のために招へい者が入国できず、実績数が令和2年度に続き大幅に減少した。

国際研究集会については、オンライン開催への変更などに柔軟な対応をし、「人と情報システムの相互作用に関する国際会議」等の8件の国際研究集会に対し、支援を行った（6.1.3（2）参照）。

##### (2) 公募の実績

令和3年度については、8月から10月の間で公募を行い、優れた提案を競争的に採択するため、NICT内の研究所や大学等の産学連携窓口、総務省総合通信局、学会やフォーラム等の各種団体へ周知依頼を行うとともに過去の応募者へも直接周知をするなど、積極的な周知活動を行った。

海外研究者の招へいの令和4年度の公募については、17件（大学14件、民間企業3件）の応募があり、審査委員会での審査結果を踏まえ、国際交流プログラムとしては新潟大学、福井大学等の9件、国際研究協力ジャパントラスト事業としては（株）KDDI総合研究所、（株）国

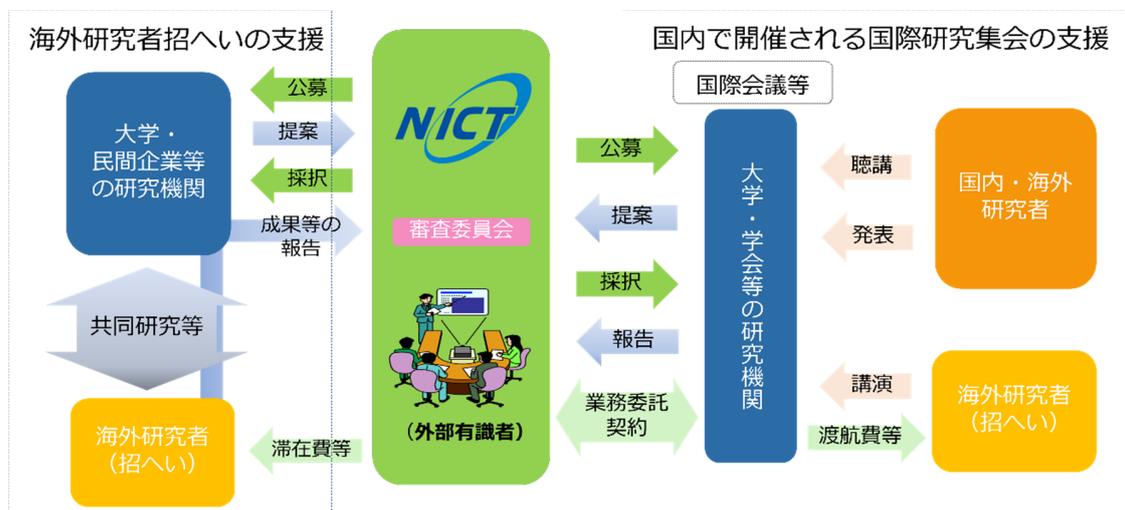


図1 海外研究者への支援の概念図

際電気通信基礎技術研究所、(株) IJイノベーションインスティテュートの3件を採択した(表2)。

また、国際研究集会開催支援の令和4・5年度の公募については、16件(令和4年度分15件、令和5年度分1件)の応募があり、審査委員会での審査結果を踏まえ、10件(令和4年度分9件、令和5年度分1件)を採択した(表3)。

## 2. NICT発ベンチャー支援業務

令和3年度は、CEATEC 2021 ONLINE(10月19~22日開催)における2社((株)ノベルクリスタルテクノロジー、ゴレタネットワークス(株))の出展支援など、NICT発ベンチャーへの事業支援を行った。

表1 海外研究者の招へい・国際研究集会開催支援の実績(単位:件)(前年度からの継続を除く)

区 分	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
国際交流プログラム(招へい) (ジャパントラストを含む)	13	12	7	2	2
国際交流プログラム(集会)	12	10	10	10	8

(注) 国際研究協力ジャパントラスト事業については、NICTと国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が共同で事業を実施しており、NICTは通信・放送分野の研究者、NEDOは鉱工業分野の研究者の招へいを行っている。

表2 海外研究者の招へいの公募の実績(単位:件)

区 分	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度
応 募	20	13	16	11	17
採 択	12 (2)	7 (2)	12	9 (1)	12 (3)

(注) 採択数は総数(カッコ内がジャパントラスト)

表3 国際研究集会開催支援の公募の実績(単位:件)

区 分	平成30・令和元年度	令和元・2年度	令和2・3年度	令和3・4年度	令和4・5年度
応 募	32	17	24	13	16
採 択	11	8	17	12	10

## 3.12.2 アントレプレナー支援室

室長 新蔵 健一郎 ほか3名

地域発ICTスタートアップを支援し、事業化を促進します

### ■概要

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ICT技術シーズを有し、かつ、資金調達・販路拡大が困難なICTスタートアップに対して事業化に役立つ情報及び交流の機会を提供し、ICTスタートアップ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を支援して、グローバルに活躍するICTスタートアップの創出を目指している。

#### 1. イベントの開催等

将来のICTスタートアップの担い手となる高専生、大学生等の若手人材の発掘・育成を目的とする「起業家甲子園」\*1を、ICTスタートアップが、工夫を凝らした新規事業を発表しビジネスマッチングにチャレンジする「起業家万博」\*2を、いずれも毎年3月に開催している。

また、ICTスタートアップに対する国内外の展示会への出展機会の提供や地域の「起業家応援団」\*3と連携したイベント等の開催により、地域のICTスタートアップ等の発掘・育成及び事業化の促進を支援している。

#### 2. インターネット上での情報提供

「ICTスタートアップ支援センター」HP<<https://www.nict.go.jp/venture/index.html>>において、ICTスタートアップに係るNICTの支援施策を紹介するなど、ICTスタートアップに対して有益でタイムリーな情報を提供している。

### ■令和3年度の成果

#### 1. イベントの開催等

##### (1) 起業家甲子園・起業家万博

起業家甲子園を令和4年3月8日に、起業家万博を同年3月9日に、いずれも丸ビルホール&コンファレンススクウェア（東京・丸の内）において開催した。

いずれのイベントも、当日は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、当該会場への入場は審査委員、ICTメンターその他関係者のみに限定し、全国から選抜された発表者においてはオンラインを利用し、地元からプレゼンテーションを行い、会場内の審査委員により審

査が行われた。

当該審査の結果、起業家甲子園においては、出場全9チームの中から、総務大臣賞は「Smart Gathering NEXT」を発表した大島商船農業支援研究会（代表：田口 創氏）に、審査委員特別賞は「日本の臨床工学技術で開発途上国を支援する医療機器管理・教育システム」を発表したCeTrax（代表：稲垣 大輔氏）に、それぞれ授与された（図1）。

また、起業家万博においては、出場全10社の中から、総務大臣賞は「多品種少量生産の金属加工業界に生産性革命をもたらす製造AI「アルムコード1」事業」を発表したアルム株式会社（代表取締役 平山 京幸氏）に、審査委員特別賞は「パイプ探査ロボット「配管くん®」を活用した、設備業DX化の推進」を発表した株式会社弘栄ドリームワークス（代表取締役社長 菅原 康弘氏）に、それぞれ授与された（図2）。

#### (2) 展示会への出展等

「CEATEC 2021 ONLINE（令和3年10月）」への出展を希望した起業家万博出場者（12社）及びNICTベンチャー（4社）に対し、出展の機会を提供するとともに、「起業家甲子園・起業家万博」と「NICT発ベンチャー」の紹介動画及び「令和2年度起業家万博ダイジェスト動画」を



図1 起業家甲子園の発表の様（令和4年3月8日）



図2 起業家万博の発表の様（令和4年3月9日）

当該オンラインサイトにアップし、起業家甲子園・起業家万博のブランディングの向上に努めた。

また、「ILS（イノベーション・リーダーズ・サミット）（令和4年2月）」に対し、同イベントへの出展を希望した起業家万博出場者（4社）及びNICT発ベンチャー（2社）を推薦した。

さらには、一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）主催の「第7回JEITA ベンチャー賞」において、当機構が推薦した株式会社otta（平成27年度起業家万博出場。代表取締役 山本 文和 氏）及び株式会社エイシング（平成29年度起業家万博出場。代表取締役CEO 出澤 純一 氏）の2社が同賞を受賞した。

### (3) ICTスタートアップの発掘・育成

地域の有望なICTスタートアップや起業家の卵を発掘・育成するため、地域の起業家応援団と連携し、ブラッシュアップセミナー等を開催し、地域連携イベントの充実を図った。

## 2. インターネット上での情報提供

前年度に引き続き、インターネット上の「ICTスター

トアップ支援センター」においては、ICTスタートアップに有益な情報提供の充実を図るべく、全国各地で開催した地域連携イベント等の状況を速やかに配信したほか、起業家甲子園・起業家万博のビデオライブラリ等を配信する等、情報内容の一層の充実を図った。また、Facebookを活用したタイムリーな情報発信も行った。

## 3. アンケート調査及び意見の反映等

各イベントの発表者へのアンケート調査では、回答者から約97%の肯定的な回答を得た。アンケートから得られた意見・要望については、地域の起業家応援団からの要望とともに、令和4年度における起業家甲子園・起業家万博等の各種施策の実施に向けた検討に活用していく。

\*1 「起業家甲子園」は、情報通信研究機構の登録商標。

\*2 「起業家万博」は、情報通信研究機構の登録商標。

\*3 全国各地での連携イベントを企画・運営するほか、地域のスタートアップコミュニティの核として同地域におけるベンチャー・エコシステム作りに向けた諸取組を実施している個人、団体等。

情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援及び民間基盤技術研究促進業務

■概要

1. 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援

(1) 債務保証等による支援

①地域通信・放送開発事業に対する支援

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期間終了の令和3年度まで、着実に実施した。

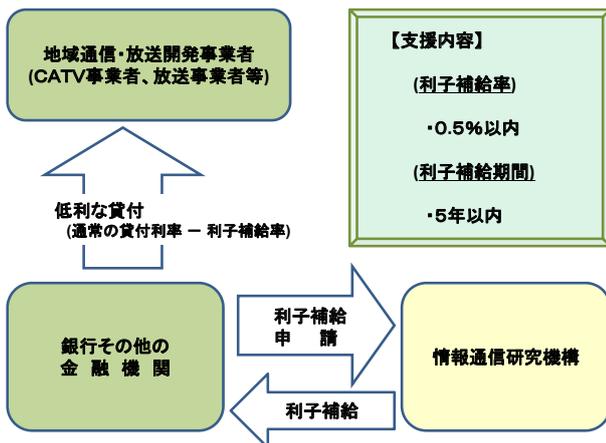


図1 地域通信・放送開発事業に対する利子補給

②IoTテストベッド事業及び地域データセンター事業への助成業務

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・展開につながるよう努めた。

(2) 出資業務

出資業務については、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ている。



図2 IoTテストベッド事業の概要



図3 地域データセンター事業の概要

## 2. 民間基盤技術研究促進業務

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ている。

### ■令和3年度の成果

#### 1. 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援

##### (1) 債務保証等による支援

###### ①地域通信・放送開発事業に対する支援

令和3年度は、1件（1社）に対して、総額1万円（前年度50万円）の利子補給（図1）を実施した。これにより、地域においてCATVの高度化の整備を行う事業に貢献した。

###### ②IoTテストベッド事業及び地域データセンター事業への助成業務（図2、3）

令和3年度は、新規募集を終了し、交付決定済みの既存案件のうち残り2件について、助成対象事業者から実績報告を求め、いずれも、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であることを確認の上、助成金の支払いを行い、同業務を終了した。

##### (2) 出資業務

旧通信・放送機構が直接出資しNICT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事業運営の改善を求めることによって、今期においても1社は黒字を計上した。他の

1社については、新型コロナウイルス感染症の影響もあり赤字に転じたが、資金は十分に保有されているため問題は無い。また、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で処分し得ると見込まれる企業に対しては、株式処分に関する協議を進めた。

#### 2. 民間基盤技術研究促進業務（図4）

既往の委託研究締結案件に関して、研究成果の事業化や売上等の状況把握を行うため、年度当初に策定した実施方針に基づき、書面調査やヒアリングを実施し収益納付・売上納付の回収を進めたこと及び業務経費の低減により繰越欠損金を着実に縮減した。

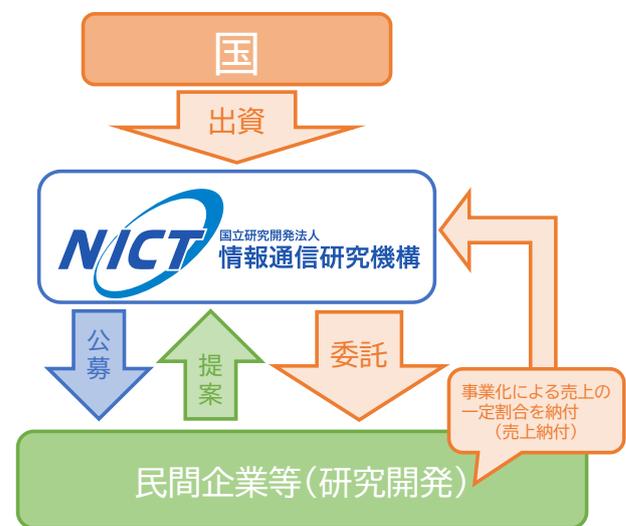


図4 民間基盤技術研究促進業務の概要

## 誰もが情報通信サービスを利用できる情報バリアフリー環境の推進

## ■概要

誰もが等しく通信・放送のサービスを利用できる環境を整備するため、放送事業者等が番組に字幕等を付与することへの助成、身体障害者のための新たな設備整備やサービスの開発・提供を行う民間事業者への助成及び情報バリアフリー関係情報の提供等を実施している。

## 1. 字幕・手話・解説番組制作の促進

- (1) テレビジョン放送における聴覚障害者向け字幕番組や手話番組及び視覚障害者向け解説番組の制作に係る経費の一部を助成
- (2) 「情報・意思疎通支援用具<sup>※</sup>」を介して放送番組に合成表示する手話翻訳映像の制作に係る経費の一部を助成

※障害者の日常生活及び社会生活を総合的に支援するための法律第七十七条第一項第六号の規定に基づき厚生労働大臣が定める日常生活上の便宜を図るための用具（厚生労働省告示第529号、平成18年9月29日）

- (3) 生放送番組に字幕を付与する設備の整備に係る経費の一部を助成

## 2. 身体障害者向け通信・放送役務の提供及び開発の促進

身体障害者の利便増進に資する波及性・有益性のある通信・放送役務の提供・開発事業に対して経費の一部を助成

## 3. 情報バリアフリー関係の情報提供

身体障害者や高齢者に直接役立つ情報や情報バリアフリー関連の取組状況といったトピック記事を毎月掲載するなど、情報バリアフリーに関わる幅広い情報を提供

## ■令和3年度の成果

## 1. 字幕・手話・解説番組制作の促進（図1、2）

## (1) 字幕番組・解説番組及び手話番組制作促進助成金

- ①令和3年度は、全国120の放送事業者等に対して助成を行い、字幕、解説及び手話が付与された番組（計50,257本）の放送に貢献した。

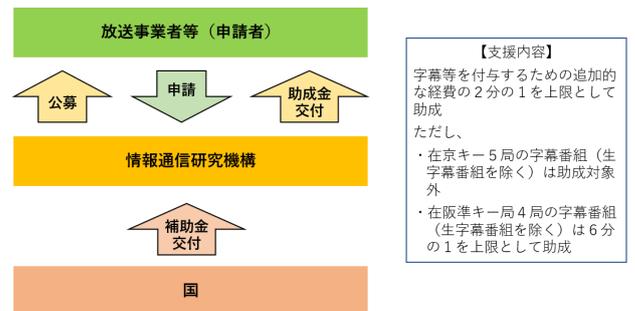


図1 字幕番組・解説番組及び手話番組制作促進助成金 スキーム図

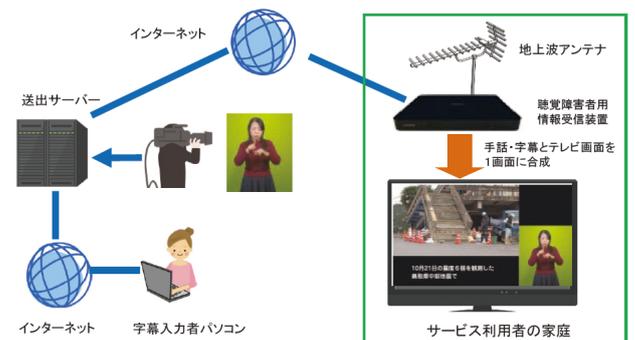


図2 手話翻訳映像提供のイメージ図

②字幕番組に比べて放送数が少ない解説番組や手話番組に対して重点的に予算配分を行うとともに、ローカル局に対して優先的に予算配分を行うなど効果的な助成を実施した。

## (2) 手話翻訳映像提供促進助成金

令和3年度は、放送番組に手話翻訳映像を合成表示した放送番組113本に対して助成を行い、聴覚障害者が放送から情報を入手できる機会の提供に貢献した。

## (3) 生放送字幕番組普及促進助成金

令和3年度は、放送事業者1者に対して助成を行い、生放送字幕番組の普及に資する設備整備促進を図った。

## 2. 身体障害者向け通信・放送役務の提供及び開発の促進（図3、表）

情報バリアフリー通信・放送役務提供・開発推進助成金により、令和3年度に5件の事業を助成し、身体障害者の利便向上に資する通信・放送役務の提供に貢献した。

なお、公募の際、報道発表や関連サイト掲載、メール配信による周知等を行い、身体障害者利用円滑化事業評価委員会の評価を受けて交付決定した。

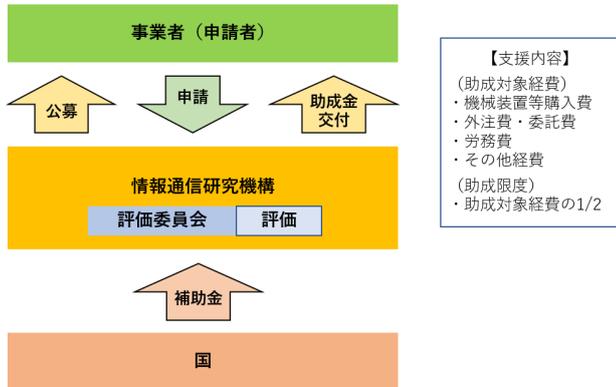


図3 情報バリアフリー通信・放送送務提供・開発推進助成金スキーム図

3. 情報バリアフリー関係情報の提供等

- ①NICT Webサイトに掲載している「情報バリアフリーのための情報提供サイト」(図4)を通じて、身体障害者や高齢者、関連事業者等に役立つ情報やNICTが行う情報バリアフリー事業(助成金制度)の概要や成果等の情報を提供した。令和3年度のアクセスは約26万件であった。
- ②第48回国際福祉機器展(令和3年11月10~12日、東京ビッグサイト)において、令和2年度助成事業の成果発表やNICTが技術移転した「こえとら」など

を紹介したほか、情報バリアフリーに関するNICTの取組について情報発信した。同展NICTブース来場者は約200人であった。

情報バリアフリーのための情報提供サイトへようこそ

図4 情報バリアフリーのための情報提供サイト

表 令和3年度情報バリアフリー通信・放送送務提供・開発推進助成事業

事業の名称	事業者
がん・がん検診に関する聴覚障害者向けプッシュ型情報提供システムの開発及び環境構築	株式会社アイエスゲート
聴覚障がい者向けライブ字幕サービス	株式会社アイセック・ジャパン
聴覚障害者向け 字幕電話	合同会社シーコミュ
らくらくトーク音声認識	株式会社SowonSoft
映画・映像・舞台芸術等に対応したクラウド型情報保障サービスの提供	特定非営利活動法人メディア・アクセス・サポートセンター

3

オープンイノベーション推進本部



### 3.13 業務企画部

#### 3.13.1 DX 企画推進室

##### 3.13.1.1 情報システムグループ

#### 3.13.2 電波利用管理・ものづくり室

### 3.14 イノベーションデザインイニシアティブ

### 3.15 NICT ナレッジハブ

## NICTのデジタルトランスフォーメーションを企画・推進

## ■概要

DX企画推進室は、第5期中長期計画より新設された部署であり、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進め、コミュニケーションの活性化をはかる等NICTにおけるデジタルトランスフォーメーションの推進をミッションとしている。働き方改革に資す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るとともに、業務の電子化を促進し、事務手続きの簡素化を図り研究開発業務の円滑な推進に貢献することを目的とする。

## ■令和3年度の成果

令和3年度は、業務基盤企画推進室と連携し、NICTのDX戦略（業務及び組織に関するDX、研究開発に関するDX）を策定するとともに、それに基づくNICTの基幹業務システムの刷新、最適化・効率化による業務改善、コスト削減、生産性向上、研究成果の価値最大化等を目指し、以下の業務に取り組んだ。

## 1. DX推進委員会の設置、事務局運営、各プロジェクトの推進

今中長期計画期間から、NICTのDXをより一層推進する必要があることから、NICTの業務に事務・事業だけでなく研究も含め、更に将来に向けた脱炭素化の実現も見据えた推進体制整備のためNICT-DX委員会を令和3年8月3日に設置した（図1）。

委員会内にはDX検討チーム、DX企画推進WG、外部Web改善WG、内部Web改善WGを設置。なお、DX企画推進WGは、6つのプロジェクト（業務DXプロジェクト、経営DXプロジェクト、研究開発プロジェクト、カーボンニュートラルプロジェクト、共通プラットフォームプロジェクト、DXセキュリティプロジェクト）で構成され、各プロジェクトを中心に、短期・中長期課題の抽出とマイルストーンを定め、活動を開始した。

令和3年度は、委員会を3回開催（令和3年8月3日、令和3年11月4日、令和4年3月29日）し、各WGの取組状況及び今後の予定を確認するとともに、検討すべき議題を整理し、活動の方向性を定めた。

## 2. チャットツール導入検討

働き方改革やコロナ感染拡大に伴いテレワークが常態化する中で、コミュニケーションプラットフォームとして、チャットツール導入方針を策定し、一斉導入に向けて、先行試験導入し、検証を行った。令和4年度からの本格導入に向け、マニュアルや問合せ対応及び運用方針を検討した。

## 3. NICT内部Webページの更改

NICT内の業務に関する情報について、アクセシビリティ、一覧性・網羅性、横断的サービスのワンストップ化を基本方針として、内部Webの改善を進めた。具体的には、新トップページを令和3年9月17日公開、1か月の移行期間の後、同年10月18日より本格運用開始した（図2）。また、トピックの掲載ルールの見直し等逐次改善を進めた。さらに、組織別・目的別掲載項目の関係部署への照会、所内アンケート等を実施し、新セカンドページの構築を行った（令和4年4月末公開予定）。内線スマートフォンからのアクセス、閲覧可能なデザインも併せて行った。

## 4. 各種業務システムの共通プラットフォーム整備

リモートアクセス、サイボウズガールーン、Microsoft、Adobeライセンス認証、各種業務システム等のシングルサインオンを可能とするクラウド型認証基盤の導入を検討し、POCを実施した。これによりユーザの利用デバイスや接続ネットワーク等に応じた認証制御を実施できるようになり、利便性とセキュリティを両立した認証基盤が運用可能となる。また、各システム更改に向けクラウド化、データ連携、認証等の観点で横串的な助言、調整を行った。

5. DXセキュリティの推進

IT資産管理ツール導入検討：セキュリティ対策とコンプライアンスの強化を目的にハードウェアやソフトウェアなどのIT資産を管理するツールとして、IT資産管理ツールの導入の検討・準備を行った。

端末／機器の情報、ソフトウェア情報の自動収集、脆弱性診断とアプリケーション更新を遠隔で実施。

政府統一基準に記載されているアクセス制御機能に関

するゼロトラストセキュリティ対応については、EDR (Endpoint Detection and Response)の導入を検討中である。

また、国研協情報セキュリティタスクフォース事務局として、企画戦略室と連携し、各研究開発法人(計27法人)のDX推進の取り組み状況、統一基準改定及びISMAP制度対応の状況等に関するアンケートを実施し、共通課題やベストプラクティスに関する情報共有を図った。

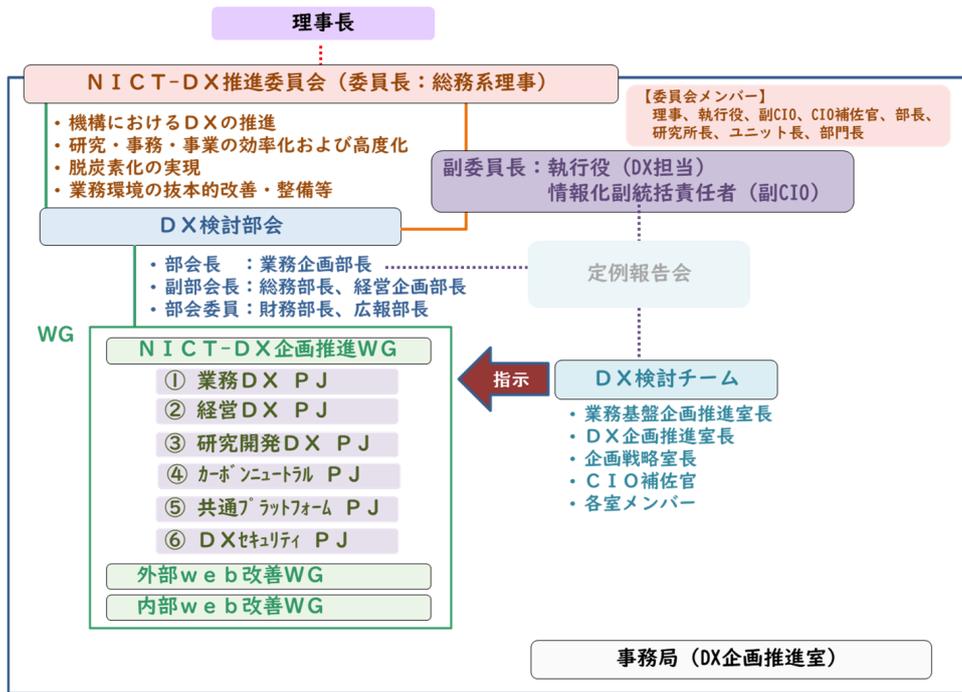


図1 NICT DX推進委員会



図2 内部Webページの更改

## 情報システム、研究活動をサポート

## ■概要

情報システムグループでは、機構の基幹情報システム及びネットワークの構築・維持・運用を通じ、幅広いアクティビティでNICTの先端的な研究活動をサポートしている。特に、NICT内の情報通信インフラである共用ネットワーク、共用サーバ、外部接続ネットワーク、事務用共通パソコン、テレビ会議システム、構内電話システム等の整備・運用及び情報セキュリティの維持・監視を行い、高度な研究活動やその他支援業務を支えている。

## ■令和3年度の成果

## (1) 情報通信インフラの整備・運用

基幹インフラの整備として、構内電話システムの更新し、内線スマートフォンを5拠点（小金井、神戸、仙台、鹿島、吹田）に約1,500台導入運用開始。新型コロナウイルス感染症対策本部の要請を受け、「新型コロナウイルス接触確認アプリ（COCOA）」を一斉導入した（令和3年6月1日）（図1）。テレワークが常態化する中で、職員のコミュニケーションの支援に貢献した。また昨年度導入したTV会議システムの運用を開始するとともにWeb会議システムを連携することでリアルとオンラインのハイブリッド化を実現し、NICT内外の重要イベントに関するTV会議、ネットワーク関連の支援（NICTオープンハウス、VIP視察、国際会議、部内表彰、年賀式等多数）を行った。さらに、レジリエントICT研究センター基幹ネットワーク更新を行った。

また、共通事務PCを150台更新し（令和3年12月末）、ユーザーへのサポートも行った。さらに次期SE契約に関して、総務省市場化テスト小委員会対応を進め、情報システムの円滑な運用に努めた。

## (2) 情報セキュリティ対策の推進

昨年度に引き続きNICT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、24時間365日の監視体制の下、情報システムや研究成果のセキュリティ確保に努めた。情報セキュリティイ

ンシデント等対応については、初動の対応から更なる被害の拡大や再発防止に努め、インシデント0件を達成した。

政府統一基準改定に伴う情報セキュリティポリシー、セキュリティ管理規程等の改正を行い、外部サービスの考えに基づくクラウド利用申請の見直しを行った。また、情報セキュリティに関する役職員の意識向上のために、情報セキュリティセミナー、eラーニングを用いた研修、標的型攻撃メール訓練及び自己点検を実施した。さらに、内線スマートフォンのMDM化を推進し、紛失・盗難等



## COCOAのアイコン

図1 内線スマートフォンの導入とCOCOAアプリの一括インストール

の万一のインシデント発生時に即応できる環境を整備した。また、情報システム台帳等の整備・更新及び情報収集自動化へむけたPOCを進めた。

### (3) 研究開発のサポート

研究開発で利用する個別システムのインフラの運用、ネットワークインフラの構築に関する技術的な相談対応や周辺サービスの支援、設定変更、周辺設備の提供を実施した。具体的には、①研究設備に関する支援(神戸APII棟 NTP副局、宇宙天気関係)、②研究施設の移転対応(鹿島34 m庁舎廃止に伴う小金井へネットワークの引っ越し対応、ファイアウォールの設置、ダークファイバ貸し出し、JGNとのVLAN調整など)、③研究公開(Web)関係の業務支援(http/httpsを利用した時刻配信ページのクローリングに向けた対応、宇宙天気アクセス集中対

策としてのCDN化)等に取り組み、研究活動のサポートを行った。

### (4) 業務システムの強化・更新及び業務効率化の取組

各担当部署と連携し、新会計システムの構築、成果公開システムの構築、勤務管理システムの改修を進めた。

申請書等の紙様式・押印のワークフロー化を実施(14件移行済、11件移行中、累計99件移行済)、さらに外部申請フォームの整備を行い(計7件:人事・採用エントリー関係2件、入札参加関係等4件、企画戦略室・所内ファンド1件)(図2)、業務の効率性を向上させた。また、アンケートフォーム(Microsoft Forms)も整備し、内部Web改善WGでのアンケート実施等、機構内部の展開・運用を開始した。



図2 外部申請フォーム(採用関係)の整備

## 高度な専門性を要する2つの技術支援業務を推進

## ■概要

電波利用管理・ものづくり室は、NICTにおける研究開発を技術面からサポートするため、高度な専門性を要する2つの技術支援業務に取り組んでいる。

1. 電波利用管理グループでは、研究開発等のために研究所等が設置する無線局及び高周波利用設備が、電波法に則り適正に設置・運用されるために、総合通信局に対する申請・届出事務と、装置の運用実態の把握と指導を、一元的に実施している。装置を保有する研究室等の管理負担の軽減と、コンプライアンスの遵守とを両立させることで、研究開発の促進に貢献している。
2. ものづくりグループでは、多数の工作機械を保有・維持し、専門の技術者を配置することで、最先端ICT研究に必要な高品質・高精度な治具等の内製を可能にし、研究成果の創出と研究開発の加速化に貢献している。金属切削加工や3Dプリンタによる樹脂造形のほか、回路基板加工等も行っている。このような従来からの試作開発業務を継承した上で、令和3年度からは、新たなものづくりやサービスの開発にも着手している。

## ■令和3年度の成果

## 1. 電波利用管理グループ

（グループリーダー事務取扱 滝澤 修 ほか3名）

## (1) 無線局の申請・管理

実験試験用無線局等の各種申請・届出(開設、再免許、変更等)のほか、運用管理及び無線局を開設・変更する際の相談対応など、幅広い支援を行った。令和3年度に申請・届出を行った件数を、4.2研究支援に示す。令和3年度に新たに無線局免許を取得した実験試験局の例を図1に示す。また、無線局制度に対する職員の理解を深めるため、すべての職員を対象とするeラーニング研修、及び無線局の設置・運用に関わる職員を対象とするオンライン説明会を開催した。eラーニング研修は、すべての職員に関係する、Wi-FiやBluetoothなど免許の要らない無線局に関する制度を中心とした解説と修了テストを実施し、受講対象者である1,300人の全員が年度内に受講を修了した。オンライン説明会は、令和3年10月29日に開催し、当日視聴参加者数は102名であった（後日のオンデマンドによる再視聴者数は含まず）。さらに、無線局を保有する部署に対する自己点検を年度初めに実施し、電波法に則った適切な管理運営がなされていることを確認した。

NICTは、実験試験局を対象とする登録検査等事業者になっており、登録点検を行う部署に対して、測定機器

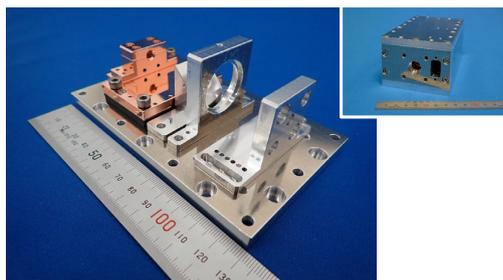


図1 令和3年度に無線局免許を取得した実験試験局の例

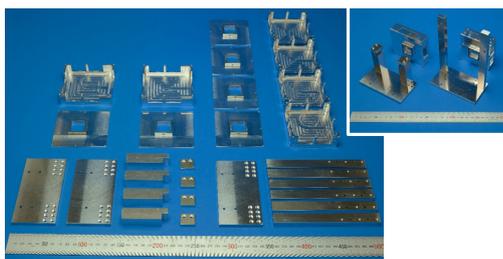
の較正期限の管理等を行うとともに、測定機器・点検員・研究室の追加・削除等に伴う登録検査等事業者業務実施方法書の更新を随時行った。また令和3年度は、技術基準適合証明の未取得機器を用いた実験等の特例制度（電波法第四条の二の二）の適用が初めて1件あり、令和4年3月14日に開設届出を行った。

## (2) 高周波利用設備の申請・管理

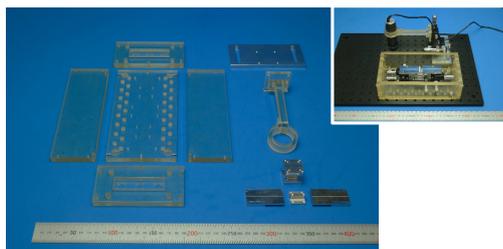
NICTの研究に必要な高周波利用設備の各種申請・届出及び運用管理を行うことで、研究開発支援を行った。令和3年度に変更許可申請・届出を行った件数を、4.2研究支援に示す。高周波利用設備に対する職員の理解を深めるため、すべての職員を対象とするeラーニング研修及び高周波利用設備の業務に携わる職員を対象とするオンライン説明会を開催した。eラーニング研修は、受講対象者である1,300人の全員が年度内に受講を修了した。オンライン説明会は、令和3年10月29日に開催し、当日視聴参加者数は121名であった（後日のオンデマンドによる再視聴者数は含まず）。さらに、高周波利用設備を



(a)マルチモードNd:YAGレーザー筐体  
(電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室)



(b)無線伝送実験ステージ用基板筐体・治具  
(未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室)



(c)集積光チップ用の調芯系のジグ  
(Beyond 5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室)

図2 令和3年度の製作物の例

保有する部署に対する自己点検を実施し、電波法に則った適切な管理運営がなされていることを確認した。

## 2. ものづくりグループ

(グループリーダー 中村 賢司 ほか3名)

### (1) 試作開発業務

高度な工作技術を要する治具等の製作を行い、NICTの研究活動推進に貢献した。令和3年度の製作件数等の実績を、4.2研究支援に示す。令和3年度の製作物の例を図2に示す。また、研究者等自身による材料加工・工作機器の利用に際して、工作機械操作支援、工作設計の助言、安全対策（安全指導）を行うとともに、材料・部品等の在庫管理を行い、利用者の利便を図った。

新型コロナウイルス感染防止のため令和2年度には実施できなかった機械工作講習会を、令和3年度にはeラーニングと少人数による実習のハイブリッド方式を初めて導入して再開した。令和3年11月から年度末までeラーニングを実施した上で、eラーニング修了者を対象に希望者に対して、少人数（4名以下）の対面による実習を、令和4年2月に日程を分散して実施した（図3）。eラーニングと実習のそれぞれの受講者数を、4.2研究支援に示す。

### (2) 新たな取組

ものづくりグループが有する工作機械及び精密測定機器と、それを扱える技術者を活かして、NICT内の試作開発の需要に応えるとともに、外部連携によって社会に寄与していく取り組みを開始した。令和3年度は、国立大学法人東京学芸大学 ハードウェア工学研究室との間で共同研究契約を締結し、学校教育用3Dプリンタの造形精度向上に関する共同研究を実施した。また、NICT内のDX推進として、工作機械等の使用電力量の見える化（カーボンニュートラル）及びものづくり業務の利用者に対するサービス向上のための調査・アンケート（業務改革）を、令和4年度に実施するための準備を進めた。



図3 令和3年度機械工作講習会（実習）

## 情報収集・分析と戦略デザイン機能を持つシンクタンク

## ■概要

イノベーションデザインイニシアティブは、NICTにおける経営や研究開発方針の検討に資する理事長直属のシンクタンク機能として、今年度より正式な組織として発足した。国内外のICT分野における研究開発・政策・産業のタイムリーな情報収集・分析を行うとともに、中長期視点での戦略デザインや提言を行うことを任務としている。新組織として発足した今年度は、様々なトピックについてNICT内の関係者がフラットに集い議論する場の提供を軸とした活動を行っている。具体的には新たな業務開拓に係る試行的活動の一環として、共創活動のデザインを行うプロジェクト（共創デザインプロジェクト）と、NICTのブランド力向上を目指すプロジェクト（ブランディングデザインプロジェクト）を推進するとともに、将来の人事制度や研修制度の検討のための調査・分析等を実施した。

## ■令和3年度の成果

最新の技術動向、市場・ニーズ動向、標準化動向等を把握するために、国内及び海外の情報の調査分析及び議論を、定例会の開催を通じて実施した。海外動向に関してはNICTの北米・欧州・アジアの各拠点より最新のイベント・標準化・産業動向等に関する情報について定期的に議論した。具体的には、Beyond 5Gや量子技術等を含む最新のICT研究開発動向やITU及び3GPPといった標

準化会議の動向、それらを取りまく支援政策・法規制の動向、さらにICT分野の産業動向やスタートアップ動向について、Consumer Electronic Show（CES）やMobile World Congress（MWC）といった国際的な展示会等のイベント報告も交えながら情報共有と議論を行った。これらの一部はBeyond 5G及び量子ネットワークのホワイトペーパー（図1）作成にも寄与した。

また、産業界、学術界、公的機関等から国内有識者による内部講演会を6回実施した。各講演者の方々からは、科学技術政策の方向性、公的研究機関の研究開発戦略及び民間企業の先端技術研究や人材育成等について幅広くご講演頂き、意見交換を行った。

これらの議論の内容は、マンスリーレポートとしてとりまとめ、各発表資料とともにNICT内部に広く共有した。

## 1. 共創デザインプロジェクト

共創デザインプロジェクトにおいては、外部機関との共創を通じた研究開発成果の社会実装に向けた試みとして、計4件の技術シーズに対して伴走型・組織横断型プロジェクトを推進した。

具体的には、電子ホログラフィ技術に基づきデジタル設計した光学機能を持つホログラフィック光学素子を作製するホログラムプリント技術（HOPTEC）、微生物を



図1 Beyond 5G及び量子ネットワークのホワイトペーパー（英語版）

使ったバイオアッセイ技術と機械学習技術の融合による汎用的化学物質溶液評価技術、スピーカの音が聞こえる範囲を制御する技術、複数の異なる大気汚染物質に関するデータを規格化・平均化して包括的に大気汚染の程度を数値化する指数の4件の技術シーズの社会展開に取り組んだ。

例えば、HOPTECの社会展開活動においては、AR-3Dディスプレイへの応用に向けた建設・広告業界等の市場調査、知財ポートフォリオの強化や他社特許の調査などを実施した。さらに、凸版印刷の保有する高精度の人体計測が可能な装置「ライトステージ」を用いて計測した高精度な顔計測データから成る映像を3D表示する実験に成功し、同社と共同で報道発表を行った(図2)。

## 2. ブランディングプロジェクト

ブランディングデザインプロジェクトにおいては、ブランディングの推進方針やブランド体系に関する指針等について記載したガイドラインのドラフト作成を行った。また、研究者・研究技術者採用に対する興味・関心を高めるため、イメージCM動画の制作や、SNSを活用した広告や外部著名人との対談等の企画を実施した。

- ・若手研究者・研究技術者インタビュー調査とイメージCM動画の制作

近年のNICT入構者がNICTに対してどのようなブランドイメージを持っていたかを把握すべく、10数名の研究者・研究技術者にインタビューを行い、NICTへ入所を決めるまでのプロセスを調査した。調査を通じて、多様な研究分野を抱えるが故にNICT全体としてのブランドイメージが薄いという課題が明らかとなった。これを受けて、NICT全体のイメージを訴求するため、「知の限界を超える」というメッセージを選定し商業動画を作成した(図3)。

- ・SNSスペシャル対談

全く新しい角度からNICTの魅力を発見しアピールする試みとして、Forbes Japanによる30 UNDER 30 JAPAN(日本発「世界を変える30歳未満」30人)に選出された方から2名をゲストにお迎えし、NICT研究者とスペシャル対談を実施した。対談の様子を収録し、動画の形でSNSに公開した(図4)。

- ・デザインバンクサイト制作

NICTから外部に発信するコンテンツのデザイン面での共通化促進を目的に、オリジナルイラストを制作し、内部で自由に利用可能なWebサイトを構築した(図5)。



図2 ホログラムプリント技術に関連するプレスリリース「透明ARディスプレイに高精度計測データによるフォトリアルな3D表示を実現」(2022年1月31日、<https://www.nict.go.jp/press/2022/01/31-1.html>)



図3 制作したNICTイメージCM動画



図4 著名人とNICT研究者の対談企画



図5 デザインバンクサイトの構築

## 過去・現在・未来のICTを見据えた知の基盤構築へ向けて

## ■概要

NICTナレッジハブは、令和3年度に新設された部署であり、最新のICT、関連技術やその社会展開の国内外動向等について、将来にわたるNICTの研究開発戦略などに活かしていくため、情報を整理して知の集積を行い、調査・分析・発信及び新たな価値創出を視野に入れた知的基盤の構築を目指す。今年度はKnowledge Hub ReportをNICT内向けに定期刊行するとともに、NICT外の国のイベント、科学館や研究機関、また国際連合等で情報発信した。また、NICTのOB・OG人脈・連携推進や技術史的資料の保存管理、平磯太陽観測施設記念碑建立等、歴史の中のNICTの視点からの価値についても取り組みを行った。

## ■令和3年度の成果

NICTナレッジハブは、国内外のICT及びNICTの業務に係る情報、知見の集積に関すること、NICT内外の有識者や関係者の知的連携の促進に関すること、NICTのOB・OGとの知的連携の促進に関すること等を目的に令和3年度に新設された組織である。特に、最新のICT及び関連技術やそれらの社会展開等の動向について、情報を整理して知の集積を行い、将来にわたるNICTの研究開発戦略等に活かしていくため、国内外の関連動向等の調査・分析・発信に取り組むとともに、我が国のICTの新たな価値創出を視野に入れた知的基盤の構築を目指す。

主な活動としては、次のような方向性で業務に取り組んでいる。まず、NICT、国内外社会の発展、ICT技術・ICT基盤についてメンバーの知識経験と他部署との連携等を通じて専門的な知的貢献、一般向け啓蒙活動を行うとともに、科学技術、研究からマネジメントまで、広い視野でNICTの知的活動やノウハウについて、NICT内共有、知の蓄積の高度化をめざしている。またメンバーの実績、経験と個性を最大限に活かし、それぞれのアプローチによる活動の工夫を行いつつ、活動成果や知見を「Knowledge Hub Report」としてまとめている。さらに、他部署とも連携し、NICT内のディスカッション・交流を通じて発信すべき議論を熟成しながら、NICT内へ浸透させることを狙う、といった活動である。

令和3年度の主な成果を大きくまとめると、以下のようになる。

NICT内の重要な知見、論考についてメンバーが執筆した記事をまとめ、「Knowledge Hub Report」として隔月で定期刊行して、NICT内で共有をすすめた。IDI定例ミーティングやNICT内での各分野の談話会にメンバー有志が参加し、議論や発表を行うなどして、若手からシニアまでの研究員の知的啓発に努めた。またナレッジハブセミナー「テレビ世界中継ことはじめ」(令和3年12月20日)という形で、NICTが電波研時代に果たした衛星通信技術とそれを通じた大きな社会貢献の歴史を振り返る講演をメンバーが行い、NICT内で情報共有を図った(図1)。

当部署研究員がもつ、高度な科学的情報については、我が国社会において重要な科学技術イベントを含め、メンバーが要請に応じてひろく社会へ知的情報発信を行った。2021年6月には、多摩六都科学館において、「暦と時空」という題で、暦が天体の動きや時空の標準に大きく関わっていて、技術の進歩でその基準が変わってきていることを講演した。内閣府等が主催した「Society5.0科学博」(2021年7月)では、時間や空間の標準の進歩と、それが人類の歴史の中で農耕時代、大航海時代から宇宙開発に至る中でどのような役割を果たしてきたかを講演した。さらに2022年2月に、兵庫県立大学主催の、西はりま天文台開設30周年記念宇宙天文科学シンポジウムでは、招待された基調講演において、時間と空間の精密計測が宇宙の研究に大きく資してきたことと、NICTが我が国を先導して開発してきたVLBI技術の発展など



図1 ナレッジハブセミナー「テレビ世界中継ことはじめ」で使用した資料の一部。歴史的に貴重な資料が紹介された。

で我々の銀河系の大きさ、運動、星々の質量などをより精密に計測できる可能性が広がっていることなどを講演した(図2)。また、農業食料工学会が開催した第26回テクノフェスタ(2021年12月)でも依頼をうけた基調講演として、専門的データの整備・取扱いの課題に関する国際潮流及びオープンサイエンス政策動向等について講演した。国際的には国際連合より招待をうけて、国内外で将来的に重要な潮流になると目されるオープンサイエンスや研究データのあり方に関する講演、パネリストとしての情報発信を行うとともに、G7科学技術大臣会合枠組みにおいて、G7オープンサイエンス部会共同議長として科学政策への情報インプットや発表・議論に参画して、国際的にも重要かつ国内への影響についても重要な活動を行った。

出版関係では、2021年7月に、メンバーが共著として原子時計の原理と歴史に関する章を担当した「時間の日本史」が小学館より刊行され、2022年1月には電波技術協会から発行されている電波技術協会報誌1月号に「挑戦!わかる量子!!」と題して、メンバー執筆の量子情報や量子もつれに関する解説記事が掲載された。また、オープンサイエンス、オープンデータ関連分野に関しては、国連世界オープンサイエンス会議(2021年7月)アウトプット文書(図3)や国際アカデミー文書への寄稿や査読、G7オープンサイエンス部会関連報告書等の執筆に参画して国際的な情報発信や貢献を行った。

またオープンサイエンス等の先端的国際知見を活かす国際共同研究(ベルモントフォーラム政府間予算枠組み)等を実施するとともに、当部署研究員がこれまで蓄積してきた人脈を活かした、新規研究領域、将来ビジネスの開拓につながるような、新たなNICT内外の知的連携の可能性探索、調査活動等を行った。



図2 兵庫県立大学宇宙天文科学シンポジウムでの基調講演の様子

NICTは、我が国の電波伝搬実験黎明期から数えれば100年以上にわたる情報通信技術の歴史に寄与してきた。数十年以上より前については、残された書籍、文献やレポート類で、現代及び今後の情報通信が歴史の発展や曲がり角においてどのように科学技術として推進されるべきか、学ぶべき過去の関連科学技術研究と社会とのかかわりなどを調査した。その成果の一部は、令和3年10月発行の情報通信研究機構研究報告「宇宙環境計測・予測技術特集」(Vol.67, No.1)の中で、「我が国における宇宙天気予報の前史 ～電離層観測の黎明期を中心に～」と題して公刊した。さらにこれを電子化・ナレッジベース化する方向性を検討するとともに、まだ電波研究所時代でご存命の元研究員・職員(OG・OB)との連携ハブとして、親ばく会運営を図り、また人脈形成を図る活動を中心的に実施した。とくに、平成28年(2016年)に閉鎖された平磯太陽観測施設(茨城県ひたちなか市)は、1915年の通信省電気試験所平磯出張所から我が国の無線研究、宇宙天気予報研究の重要な拠点として大きな成果を残してきた。この業績を我が国の社会において風化させないため、「無線と電波研究発祥の地」として、同地に記念モニュメントを設置する計画を推進した。

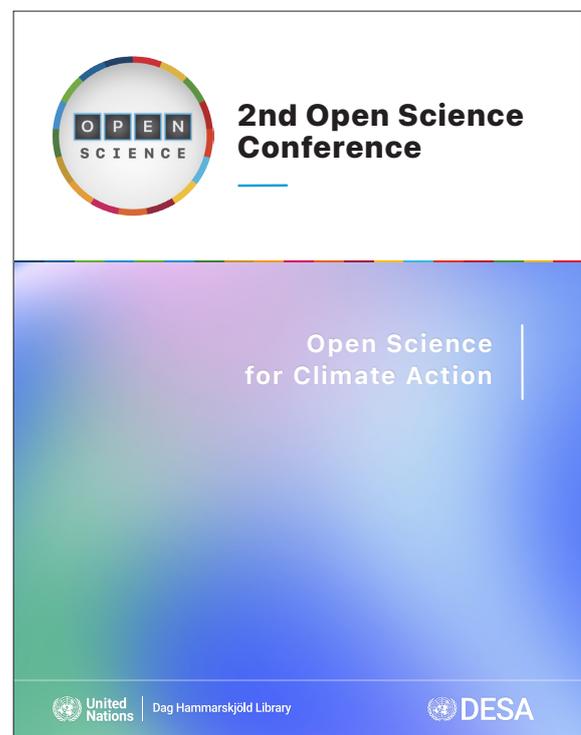


図3 国際連合世界オープンサイエンス会議2021より発表されたアウトプット文書 (<https://www.un.org/en/library/OS21>, Copyright © 2021 United Nations)。メンバーが会議及び文書執筆に貢献した。



## 4 成果普及

4.1 広報

4.2 研究支援

# 4.1

## 4.1.1

# 広報

## 報道発表一覧

計57件

報道発表日	報道発表件名	担当部署
R3.4.1	国立研究開発法人情報通信研究機構の理事の任命について	総務部 人事部
R3.4.1	情報通信研究機構 第5期中長期計画をスタート	経営企画部
R3.4.1	Beyond 5G / 6G及び量子ネットワークに関するホワイトペーパーの公表	Beyond5G研究開発推進ユニット Beyond5Gデザインイニシアティブ/ 経営企画部
R3.4.9	宇宙の灯台「かにパルサー」に隠れていたX線のきらめき —巨大電波パルスに同期したX線増光の検出に成功—	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室
R3.4.12	サイバー攻撃統合分析プラットフォーム“NIRVANA改”がIPv6に対応 ～世界初！IPv6の膨大なアドレス空間を流れるパケットのリアルタイム可視化に成功～	サイバーセキュリティ研究所 サイバーセキュリティ研究室
R3.4.22	実践的サイバー防御演習「CYDERオンライン」オープンβ版の受講者を募集	サイバーセキュリティ研究所 ナショナルサイバートレーニングセンター サイバートレーニング研究室
R3.4.27	令和3年度「字幕番組、解説番組及び手話番組制作促進助成金」及び「手話翻訳映像提供促進助成金」の助成事業の交付先決定について	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R3.4.30	「Beyond 5G研究開発促進事業」に係る令和3年度新規委託研究の公募（第1回）を開始	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.5.13	日々の感謝を記録することが学習モチベーションを向上させる ～2週間の「感謝日記」の効果は、3か月後でも維持される～	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳機能解析研究室
R3.5.20	2021年度 実践的サイバー防御演習「CYDER」の受講申込受付を開始 ～準上級コース、オンラインコースを新設～	サイバーセキュリティ研究所 ナショナルサイバートレーニングセンター サイバートレーニング事業推進室
R3.6.9	「見廻りお願い！」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 ～広帯域通信インフラなしで4K映像など大容量データの短時間・非接触での収集・配信を実現～	ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター ソーシャルICTシステム研究室
R3.6.21	世界記録更新、4コア光ファイバで毎秒319テラビット・3,001 km 伝送達成 ～広帯域波長多重技術・光増幅方式を駆使した伝送システムを構築～	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター フォトニックネットワーク研究室
R3.6.25	独立行政法人通則法に基づく届出の未履行に関する報告及び総務省からの指導について	財務部 経理室/ 総務部 人事部
R3.6.30	「Beyond 5G研究開発促進事業」に係る令和3年度新規委託研究の公募（第2回）を開始 —Beyond 5Gシーズ創出型プログラム及びBeyond 5G国際共同研究型プログラム—	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.7.7	地域発ICTスタートアップ創出に向けた全国アクセラレータ・プログラム始動！ ～令和3年度 起業家甲子園・起業家万博及び地区（連携）大会の開催～	デプロイメント推進部門 アントレプレナー支援室

報道発表日	報道発表件名	担当部署
R3.7.13	「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報 —首都圏で30秒ごとに更新するリアルタイム実証実験を開始—	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室
R3.7.13	令和3年度情報バリアフリー通信・放送役務提供・開発推進助成金の交付決定	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R3.7.14	公的機関初の情報処理安全確保支援士向け特定講習 実践サイバー演習「RPCI」の受付開始	サイバーセキュリティ研究所 ナショナルサイバートレーニングセンター
R3.7.15	ミリ波無線受信機を簡素化する光・無線直接伝送技術の実証成功	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター 光アクセス研究室
R3.7.16	「Beyond 5G研究開発促進事業」に係る令和3年度新規委託研究の 公募（第3回）を開始	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.7.20	簡易アンケートでCM視聴者の脳反応の個人差を予測 視聴者に与える好感度を予測し、効果的なマーケティングの実 現へ	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室
R3.7.26	ゲリラ豪雨等の直前予測を屋外イベント運営等に活用する実証 実験を実施 ～「Marunouchi Street Park 2021 Summer」の運営者・来街者 へ情報提供～	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室
R3.7.29	テラヘルツ帯で動作する、超高精度・広帯域の小型周波数カウ ンタを開発 ～Beyond 5G / 6G時代に向けて新たな電波資源の有効利用へ前進～	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室/ Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室
R3.8.5	パプロフ条件反射の正体を発見 ～司令ニューロンが操られることによって条件反射は起こる～	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター
R3.8.5	令和4・5年度の「国際研究集会開催支援」の公募開始	デプロイメント推進部門 研究成果事業化支援室
R3.8.5	令和4年度の「海外研究者招へい」の公募開始	デプロイメント推進部門 研究成果事業化支援室
R3.8.17	観測ロケットMOMOV1で情報理論的に安全な実用無線通信に成功	サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室
R3.8.19	香りでスピード感が変わることを発見 ～レモンは遅い、パニラは速い～	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳機能解析研究室
R3.8.25	脳情報通信に関する国際共同研究開発の公募（第5回）を開始	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.8.26	量子暗号通信技術と秘密分散技術を活用しゲノム解析データの 分散保管の実証に成功 ～ゲノム研究・ゲノム医療分野における安全なデータ管理に貢献～	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室
R3.9.20	シリコン基板を用いた窒化物超伝導量子ビットの開発に成功 ～超伝導量子ビットの大規模集積化に向けた新しい材料プラッ トフォームを提案～	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室/ 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室
R3.9.21	令和3年度「生放送字幕番組普及促進助成金」の第2回公募につ いて	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R3.9.29	次世代コアとBeyond 5G / 6Gネットワークに関する日米共同研 究の公募を開始	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.9.30	Beyond 5G研究開発のシーズ創出に資する「革新的ベンチャー等 助成プログラム（SBIR）」の公募を開始	デプロイメント推進部門

報道発表日	報道発表件名	担当部署
R3.10.11	Beyond 5G研究開発促進事業におけるプログラムディレクター(PD)の公募	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
R3.10.14	高度通信・放送研究開発委託研究に係る令和3年度新規委託研究の公募を開始	イノベーション推進部門 委託研究推進室
R3.10.29	「Beyond 5G研究開発ワークショップ(仮称)」の開催及び新たなBeyond 5G研究開発課題に関する提案募集	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
R3.11.9	実践的サイバー防御演習CYDER「オンラインAコース」の提供を開始	サイバーセキュリティ研究所 ナショナルサイバートレーニングセンター
R3.12.2	令和3年度「生放送字幕番組普及促進助成金」の助成事業の交付先決定について	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R3.12.6	自動並列化深層学習ミドルウェア RaNNCがPyTorch Annual Hackathon 2021において First Place(第1位)を受賞	ユニバーサルコミュニケーション研究所 データ駆動知能システム研究センター
R3.12.7	生活環境における携帯電話基地局等の電波強度を明らかに～我が国で初めて電波ばく露レベルの大規模・長期測定を実施～	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室
R4.1.14	大容量金融取引データの量子暗号による高秘匿通信・低遅延伝送の検証実験に成功	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室
R4.1.20	令和4年度「字幕番組、解説番組及び手話番組制作促進助成金」、「生放送字幕番組普及促進助成金」及び「手話翻訳映像提供促進助成金」の公募について	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R4.1.25	航空機から地表面を観測する合成開口レーダーの高分解能化と技術実証に成功 ～次世代レーダーにより従来比2倍、世界最高分解能15cmを達成～	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室
R4.1.31	透明ARディスプレイに高精度計測データによるフォトリアルな3D表示を実現	電磁波研究所 電磁波先進研究センター デジタル光学基盤研究室
R4.2.3	サイバーセキュリティ演習基盤CYROPのオープン化トライアルを開始 ～国内のセキュリティ人材育成事業促進に向けて～	サイバーセキュリティ研究所 サイバーセキュリティネクサス
R4.2.4	令和4年度情報バリアフリー事業助成金の公募について ～情報バリアフリー通信・放送役務提供・開発推進助成金～	デプロイメント推進部門 情報バリアフリー推進室
R4.2.10	NICTER観測レポート2021の公開	サイバーセキュリティ研究所 サイバーセキュリティネクサス
R4.2.25	令和3年度起業家甲子園・起業家万博の開催	デプロイメント推進部門 アントレプレナー支援室
R4.3.10	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を実施 ～被害取引の検知精度向上や不正口座の早期検知を確認～	サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室
R4.3.11	米国総合科学誌Scienceに論文掲載 DNAナノチューブのルール上をプログラムどおりに自走するナノマシンを開発 ～ナノメートルサイズの「荷物」を自動的に仕分ける分子輸送システムを実現～	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター バイオICT研究室
R4.3.11	金融分野向けの高精度AI翻訳システムを開発 ～金融庁による翻訳文書の大量収集と、NICTによる深層学習の連携で高精度化～	ユニバーサルコミュニケーション研究所 先進的音声翻訳研究開発推進センター
R4.3.14	カメラ1台の映像から自分の3Dアバターを構築し表情や動作を豊かに再現 ～深い相互理解が生まれる遠隔コミュニケーションの実現に向けて～	ユニバーサルコミュニケーション研究所 先進的リアリティ技術総合研究室

報道発表日	報道発表件名	担当部署
R4.3.15	走化性を持つバクテリアを用いた新たな化学情報識別技術を開発 ～大腸菌の化学物質センシング能力と機械学習を活用～	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター バイオICT研究室
R4.3.16	工場における無線通信安定化に向けた新たな評価方法の実証実験に成功 ～無線システム導入前に課題を把握して、本格導入までの検証ステップを短縮～	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室
R4.3.17	プライバシー保護連合学習技術「DeepProtect」を技術移転 ～複数組織の機密性の高いデータ解析が必要なビジネス分野への活用に期待～	サイバーセキュリティ研究所 総合企画室
R4.3.18	高出力深紫外LED（265nm帯）によりエアロゾル中の新型コロナウイルスの高速不活性化に成功	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 深紫外光ICT研究室

## 4.1.2

# NICT主催共催等によるシンポジウム・イベント一覧

国内 42件 国外 5件 計47件

### 国内

部署	会議・イベント名	開催日	開催場所
未来ICT研究所	フロンティアサイエンスシンポジウム2021	R3.5.28	オンライン開催
広報部広報企画室	NICオープンハウス2021 ONLINE	R3.6.11・12	オンライン開催
NICTナレッジハブ	ジャパン・オープンサイエンス・サミット2021	R3.6.14-19	オンライン開催
ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター	周波数資源開発シンポジウム2021	R3.7.8	ハイブリッド開催 明治記念館とオンライン
電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室	第15回NICT/EMC-net シンポジウム	R3.7.12	オンライン開催
未来ICT研究所	NICT未来ICT研究所一般公開ONLINE2021	R3.7.30・31	オンライン開催
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室	第10回宇宙天気ユーザー協議会	R3.8.22	オンライン開催
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室	第11回宇宙天気ユーザー協議会	R3.8.25	オンライン開催
ユニバーサルコミュニケーション研究所	URCF（超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム）シンポジウム2021	R3.8.27	オンライン開催
ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター	オープンハウス2021 in 仙台	R3.10.9	オンライン開催
イノベーション推進部門 知財活用推進室	情報通信研究機構 新技術説明会	R3.10.14	オンライン開催
ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター	先端ネットワーク利用研究に関するワークショップ（ADVNET2021）	R3.10.15	オンライン開催
ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター	The 6th International Symposium on Extremely Advanced Transmission Technologies (EXAT 2021)	R3.11.3~5	オンライン開催
未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター (CiNet)	CiNet設立10周年記念式典ならびに第11回CiNetシンポジウム	R3.11.5	ハイブリッド開催 イノホール オンライン
サイバーセキュリティ研究所	第14回NICTERプロジェクトワークショップ	R3.11.11・12	オンライン開催
ユニバーサルコミュニケーション研究所	けいはんなR&Dフェア2021 NICTオープンハウス2021 in けいはんな	R3.11.11~13	オンライン開催
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室	第12回宇宙天気ユーザー協議会	R3.11.17	オンライン開催
グローバル推進部門	ASEAN IVO Forum 2021	R3.11.18~R4.1.11	オンライン開催
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室	第16回宇宙天気ユーザーズフォーラム	R3.11.30	オンライン開催

部署	会議・イベント名	開催日	開催場所
ソーシャルイノベーションユニット 戦略的プログラムオフィス 地域連携・産学連携推進室	ICTイノベーションセミナー2021 in 東海	R3.12.3	名古屋工業大学第4号館ホール
ソーシャルイノベーションユニット 戦略的プログラムオフィス 地域連携・産学連携推進室/ ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター	アイデアソン+仙台	R3.12.4・5	オンライン開催
量子ICT協創センター	Quantum Innovation 2021	R3.12.7-9	オンライン開催
サイバーセキュリティ研究所	The 14th International Workshop on Artificial Intelligence and Cyber Security (AICS2021) The 12th International Cybersecurity Data Mining Competition (CDMC2021)	R3.12.8	オンライン開催
ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター	第16回光信号処理/光スイッチング技術に 関する国際ワークショップ 16th International Workshop on Optical signal processing and Optical switching	R3.12.8	オンライン開催
ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究セ ンター	第24回国際パーソナルマルチメディア無 線通信シンポジウム (WPMC2021)	R3.12.13~16	ハイブリッド開催 岡山市とオンライン
電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室	電波ばく露レベルモニタリングシンポジウム	R3.12.16	オンライン開催
電磁波研究所総合企画室	次世代安心・安全ICTフォーラム 通信技術部会講演会	R3.12.22	オンライン開催
ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター/ グローバル推進部門 アジア連携センター	CU-NICT Workshop on Photonic Network Research 2021	R4.1.14	オンライン開催
ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進 センター	高信頼・高可塑Beyond 5G / IoTテストベ ッドシンポジウム~Beyond 5G研究開発・ 実証の促進に向けたキックオフ~	R4.1.24	オンライン開催
未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター	The 7th CiNet Conference: New horizons in brain mapping	R4.2.1~4	オンライン開催
ソーシャルイノベーションユニット 戦略的プログラムオフィス 地域連携・産学連携推進室	ICT研究開発支援セミナー in 九州	R4.2.4	オンライン開催
サイバーセキュリティ研究所	NICTサイバーセキュリティシンポジウム 2022	R4.2.18	オンライン開催
ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター	レジリエントICT研究シンポジウム 2022	R4.2.22	オンライン開催
ソーシャルイノベーションユニット 戦略的プログラムオフィス 地域連携・産学連携推進室	『ビジネス』を護るサイバーセキュリティ デイズ2022	R4.2.24・25	北國新聞交流ホール (2.24) ITビジネスプラザ武蔵 (2.25)
Beyond5G研究開発推進ユニッ トテラヘルツ研究センター	講演会「テラヘルツ無線のB5G / 6Gに向 けての取り組み」	R4.3.1	オンライン開催
ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進 センター	ワイヤレスエミュレータ活用シンポジウム	R4.3.4	オンライン開催
電磁波研究所総合企画室	次世代安心・安全ICTフォーラム講演会 ー活動の総括と今後ー	R4.3.8	オンライン開催
デプロイメント推進部門 アントレプレナー支援室	起業家甲子園・起業家万博	R4.3.8 (起業家甲子園) R4.3.9 (起業家万博)	オンライン開催

部署	会議・イベント名	開催日	開催場所
Beyond5G研究開発推進ユニット	第1回 Beyond 5Gオープンディスカッション	R4.3.10・11	NICT本部（小金井）
ユニバーサルコミュニケーション研究所	第5回自動翻訳シンポジウム ～2025年に向けたグローバルコミュニケーション技術～	R4.3.11	オンライン開催
ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター	IEEE宇宙光学システムと応用に関する国際会議2022（IEEE ICSOS 2022）	R4.3.29～31	オンライン開催
NICTナレッジハブ	科学データ研究会・WDS国内シンポジウム（第9回）	R4.3.30	オンライン開催

## 国外

部署	会議・イベント名	開催日	開催場所
グローバル推進部門	2021 NICT-NARLabs Joint Workshop	R3.4.21	オンライン開催
グローバル推進部門	SEMINAR: STI x LIVELIHOOD x WOMEN FOR THE SUSTAINABLE USE OF PEATLAND AND MANGROVE: FEMALE EMPOWERMENT TO PEATLAND AND MANGROVE RESEARCH THROUGH ASEANJAPAN COLLABORATION	R3.7.12	オンライン開催
グローバル推進部門	ASEAN IVO Steering Committee Workshop 2021	R3.10.14	オンライン開催
グローバル推進部門	NECTEC-NICT Joint Workshop 20	R3.10.27	オンライン開催
グローバル推進部門	ASEAN IVO Forum 2021	R3.11.18	オンライン開催

## 4.1.3 研究成果外部出展等一覧

国内 26件 国外 4件 計30件

### 国内

開催時期	イベント名	場所	出展概要
R3.5.22～6.6	駅からハイキング&ウォーキングイベント	国分寺駅周辺	国分寺周辺のハイキングルートに情報通信研究機構本部を含む。日本標準時を生成・維持・供給している機関として紹介。
R3.6.2～10 (会場)、 R3.6.9～30 (オンライン)	ワイヤレス・テクノロジー・パーク (WTP) 2021	ハイブリッド開催 東京ビッグサイト(東京国際展示場)、オンライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 極限時刻同期に基づく革新的通信デバイスと応用開拓</li> <li>・ 空中・地上・海中における統合モビリティ無線ネットワーク技術</li> <li>・ 光・電波フレキシブル技術実証チームの研究開発活動の紹介</li> <li>・ Beyond 5G 等に期待されるテラヘルツ無線技術</li> <li>・ Beyond 5G に向けた衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の研究開発</li> <li>・ ローカル 5G の高度化 ～公衆網と自営網のスマートな連携～</li> <li>・ Flexible Factory - ワイヤレスで変える製造現場</li> </ul>
R3.6.14～16	Japan Drone 2021	幕張メッセ (NEDOブースにて オンライン参加)	遠隔からの機体識別及び有人航空機との空域共有に関する研究開発
R3.6.22～8.31	ICTフェア in 東北 2021	オンライン開催	<p>レジリエントICT研究センター 防災チャットボットSOCDA* (ソクダ) の研究開発、ダイハードネットワーク、どんな時も繋がる通信を目指して、レジリエント社会実現に資する映像IoT技術、地域連携活動の紹介</p> <p>NICT総合テストベッド 実践的サイバー防御演習「CYDER」 NICTの地域連携活動のご紹介 ユニバーサルコミュニケーション研究所 「言葉の壁をなくす！多言語音声翻訳技術」</p>
R3.7.3・4	ちょっと先のおもしろい未来	東京ポートシティ竹芝 オフィスタワー	ソーシャルICTシステム研究室の注力テーマの一つである4Kカメラ及び大容量データ転送デバイス搭載の自律移動サービスロボットに特化したPR
R3.7.10～8.31	日本標準時制定135周年 記念企画「新・旧の原子時計を交換展示・保存」	明石市立天文科学館	日本標準時制定135周年の記念企画において、NICTの原子時計 5071A と明石市立天文科学館の原子時計 5060A を交換展示・保存。
R3.7.15～9.5	Society5.0科学博	東京スカイツリー タウンエリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フェーズドアレイ気象レーダ</li> <li>・ 多言語音声翻訳アプリ VoiceTra (ボイストラ)</li> <li>・ インシデント分析センター NICTER</li> <li>・ 対サイバー攻撃アラートシステムDAEDALUS</li> <li>・ サイバー攻撃統合分析プラットフォーム NIRVANA改</li> <li>・ Pi-SARアンテナポッド、飛行機模型、マルチレイヤー画像表示システム</li> <li>・ NerveNet</li> <li>・ タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発</li> <li>・ デジタル地球儀「ダジック・アース」</li> <li>・ 原子泉型一次周波数標準器 (初号機)</li> </ul>
R3.8.18・19	こども霞が関見学デー	オンライン開催	NICTホームページ掲載のキッズコンテンツ

開催時期	イベント名	場所	出展概要
R3.8.26・27	電子情報通信学会 第19回ICN研究会 ワークショップ	オンライン開催	NICTネットワークアーキテクチャ研究室が開発している情報指向ネットワーク技術（ICN）用オープンソースソフトウェア「Cefore」のハンズオンを電子情報通信学会ICN研究会にて実施。また国内複数の学術機関を交え、Ceforeを用いた次世代の通信サービス提案を目的としたハッカソンを実施。
R3.9.2・3	国際フロンティア産業 メッセ2021	神戸国際展示場	研究紹介用パネル・模型
R3.9.23	令和3年度山形県防災フ ォーラム・展示	オンライン	ポータブルSIP4Dのデモンストレーション
R3.9.30・10.1	iPOP2021	オンライン開催	(1) 仮想ネットワーク用自律リソース制御技術及び外部機関装置との相互接続検証をポスタで紹介。 (2) 上記の技術の実験基盤を外部機関装置と接続した相互接続デモ（Showcase展示、ビデオ上映）
R3.10.8～12.12	令和3年度特別展「今日 から防災！ー過去を知 り、未来へ備えようー」	岐阜県博物館	Pi-SARアンテナポッド
R3.10.19～22	CEATEC 2021 ONLINE	オンライン開催	・ 理事長メッセージ動画 ・ Beyond5G、AI関連、量子情報通信、サイバーセキュ リティに関するオンライン展示 宇宙天気予報 ～宇宙天気予報センターバーチャル展示～
R3.10.19～22	CEATEC 2021 ONLINE Co-Creation PARK	オンライン開催	ICTスタートアップ等のうち、出展を希望する16社
R3.10.27～29	第2回量子コンピューテ ィングEXPO【秋】	幕張メッセ	パネル及びビデオにより、NICTの取り組み等を紹介
R3.11.6・7	防災推進国民大会2021	岩手県釜石市市民ホール 他	ダイハードネットワーク®及びNerveNet
R3.11.11・12	Matching HUB Hokuriku2021	ANAクラウンプラザ ホテル金沢	StarBEDの概要、活用事例のパネル紹介
R3.11.11～13	けいはんなR&Dフェア 2021	オンライン開催 けいはんなプラザ5階 「黄河」からライブ配信	・ 端末間直接通信を用いたライフログ収集システム ・ ダイハードネットワーク®、映像IoT、ネットワーク の輻輳緩和と早期障害復旧技術の紹介 ・ 研究所紹介ポスター・ショートプレゼンテーション
R3.11.19～20	ロボット・航空宇宙 フェスタふくしま2021	ビッグパレットふくしま (オンライン参加)	遠隔からの機体識別及び有人航空機との空域共有に関する研究開発
R3.11.25	陸上自衛隊・第5旅団訓 練・展示	帯広駐屯地	ダイハードネットワーク®
R4.1.19～21	スマート工場EXPO	東京ビッグサイト	NICTが事務局を務めるフレキシブルファクトリパート ナーアライアンス（FFPA）のブースにおいて、NICTと してのパネル展示（1枚）
R4.1.26～28	nano tech 2022 第21回 国際ナノテクノロジー総 合展・技術会議	東京ビッグサイト	パネルやビデオ、研究者によるオンライン質疑応答等によ り、未来ICT研究所や先端ICTデバイスラボの研究開発、 成果を紹介。
R4.2.3・4	第26回 「震災対策技術展」	パシフィコ横浜	電磁波研究所 ・ 気象災害の予報精度向上に向けて （地デジ放送波を用いた水蒸気量観測について、装置 を含めた紹介） ワイヤレスネットワーク研究センター ・ 災害時に役立つ衛星通信システム （ETS-9を用いた災害時衛星通信の紹介） レジリエントICT研究センター ・ 世界をレジリエントにするICT （映像IoT技術による耐災害システム、ダイハードネ ットワーク®/～レジリエントな情報通信基盤を目 指して～、防災チャットボットSOCDA*（ソクダ） を用いた災害時の被災者対応支援システム）

開催時期	イベント名	場所	出展概要
R4.2.22	第13回産業日本語研究会・シンポジウム	オンライン開催	ポスターセッションへの出展（第3世代ニューラル翻訳技術と翻訳バンクの展開報告）
R4.2.26～3.4	第33回 ISTS国際宇宙展示会	オンライン開催	令和2年7月1日にNICTを中心として発足したスペースICT推進フォーラムと共同で、NICTの研究成果・フォーラムの活動について展示

\* SOCDAはNICTと株式会社ウェザーニューズ、国立研究開発法人防災科学技術研究所（NIED）との共同研究の成果でありNIEDの登録商標です。

## 国外

開催時期	イベント名	場所	出展概要
R3.5.17～21	RSA Conference 2021	オンライン開催	サイバーセキュリティ研究所研究成果（DAEDALUS、NIRVANA等）の簡単な紹介動画、ダウンロード資料（研究室パンフレット）及びNICTER Webへのリンク等
R3.7.1～12.15	MediaEval2021 Insight for Wellbeing task	オンライン開催	ASEAN IVOプロジェクトのデータセットとデータ連携分析モデルを用いたベンチマーキングタスクを運営
R3.11.9～11.19	タイ科学技術博2021 National Science and Technology Fair 2021	タイ国・ノンタブリー県 IMPACT展示場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NICTとタイ国チュロンコン大学及びモンクット王工科大学ラカバン校（KMUTL）等との共同研究の取り組みやASEAN IVOの取り組み等を紹介したポスター等を展示</li> <li>・宇宙天気予報関係（タイ南部チュンポン県のVHFレーダーの模型を展示）</li> <li>・プライベートセルラーシステムの高度化、空港滑走路異物検知システムに関するNICTの研究開発をポスターにまとめ展示</li> </ul>
R3.11.16	ICMR2021 workshop on Intelligent Cross-Data Analysis and Retrieval	オンライン開催	データ連携分析をテーマとした国際ワークショップを運営

## 4.1.4

## 広報普及

	日 時	場 所	内 容	来場者数等
NICTオープンハウス	R3.6.11・6.12 (オンライン)	本部 (オンライン)	「ニューノーマル社会を切り拓く最先端のICT -Beyond 5Gの実現を目指して-」と題して開催した。	視聴数 開催日：2,416回 年末まで：2,787回
施設一般公開等	R3.7.30・7.31 (オンライン)	未来ICT研究所		視聴数 開催日：1,281回 8月末まで：6,007回
	コロナのため、中止	鹿島宇宙技術センター		—
	R3.10.9 (オンライン)	レジリエントICT研究センター		視聴数 開催日：約500回 掲載継続中：3,795回
	R3.11.11～11.13 (オンライン)	ユニバーサルコミュニケーション研究所 (けいはんな R&D フェアの一部として開催)		視聴数 開催日：623回 掲載継続中：917回
	コロナのため、中止	沖縄電磁波技術センター		—

	場 所	件数及び人数	
視 察 ・ 見 学 者	本部	142	886
	ワイヤレスネットワーク研究所	1	5
	ユニバーサルコミュニケーション研究所	14	101
	未来ICT研究所	10	48
	脳情報通信融合研究センター	10	19
	鹿島宇宙技術センター	12	58
	沖縄電磁波技術センター	4	89
	計	193	1,206

	項 目	内 容
出 版 物	情報通信研究機構年報	令和2年度（2020年度）版
	情報通信研究機構研究報告	第67巻第1号、第67巻第2号
	NICTニュース	第487号～第492号
	NICT REPORT	2022年版

## 4.2 研究支援

	項目	内 訳
図 書	書籍所蔵数	和書：約4万3千冊、洋書：約2万1千冊
	雑誌所蔵数	約23万冊
無 線 局	免許申請	138局（開設126局 申請中12局）
	再免許申請	63局（再免許6局 申請中57局）
	変更申請・届	38局（変更26局 申請中12局）
	廃止届	29局
	定期検査	2局
	無線従事者選任届	296局
	その他の手続き	256局
高 周 波 利 用 設 備	変更許可申請・届	12装置（増設等9装置、撤去等3装置）
試 作 開 発	試作依頼による設計製作及び改修	32件
	研究者等による工作室利用数	222件
	機械工作講習会参加者	eラーニング591名（うち実習13名）



# 5 知的財産権等

- 5.1 特許権
- 5.2 研究成果発表
- 5.3 技術移転

## 5.1

# 特許権

### 5.1.1

## 国内特許出願数

国内特許出願数

67件

### 5.1.2

## 国際特許出願数

国際特許出願数

58件

### 5.1.3

## 国内特許登録一覧

国内特許登録一覧

計58件

\*は外部の共同発明者を示す

登録日	発明の名称	登録番号	発明者
R03.04.02	光通信システムおよび光通信方法	6861970	和田 尚也、*
R03.04.08	電極シート及びその製造方法	6865427	鈴木 隆文、*
R03.04.13	雑音低減手法を備えたブレインマシンインターフェースシステム、およびその制御方法	6867565	鈴木 隆文、安藤 博士、*
R03.04.22	光源装置、及び、光素子	6872750	松本 敦、山本 直克、*
R03.05.17	訓練用データ生成装置、最適パラメータ取得装置、訓練用データ生成方法、および最適パラメータ取得方法	6884945	レモ リュウ、藤田 篤
R03.05.17	音響モデルの学習装置及びそのためのコンピュータプログラム	6884946	神田 直之
R03.05.17	高速フォトディテクターアレー	6884948	梅沢 俊匡、坂本 高秀、菅野 敦史、山本 直克、川西 哲也
R03.05.17	対話システム及びそのためのコンピュータプログラム	6884947	阿部 憲幸、大西 可奈子、鳥澤 健太郎、クルンカライ カナサイ、木俣 豊
R03.05.17	ホログラム生成装置、ホログラム生成プログラムおよびホログラフィックプロジェクトシステム	6884949	市橋 保之、大井 隆太郎、奥井 誠人、山本 健詞、涌波 光喜、ボワズ ジャキン
R03.05.24	宇宙通信システム、通信システム	6888232	コレフ ディミタル、豊嶋 守生
R03.05.24	光制御デバイス及びその製造方法、光集積回路並びに電磁波検出装置	6888231	井上 振一郎
R03.05.24	カラーホログラム記録装置およびカラーホログラム製造方法	6888233	奥井 誠人、山本 健詞、大井 隆太郎、市橋 保之、涌波 光喜、ボワズ ジャキン

登録日	発明の名称	登録番号	発明者
R03.05.24	検索装置、検索プログラム、及び検索方法	6888234	井上 朋哉、高野 祐輝、三輪 信介
R03.05.24	原子時計およびそれを用いた磁界強度計	6888235	矢野 雄一郎、原 基揚、梶田 雅稔
R03.05.25	通信資源の同時共有が可能な通信システム	6889468	滝沢 賢一、森山 雅文、手塚 隼人、 大堂 雅之、児島 史秀
R03.05.25	空間整合受信	6889470	坂本 高秀、梅沢 俊匡、山本 直克
R03.05.28	半導体積層膜の製造方法、および半導体積層膜	6890802	広瀬 信光、笠松 章史、 松井 敏明、*
R03.06.04	無線装置	6893631	ヴェルティナ ラバリジョンナ、 児島 史秀
R03.06.07	光通信応急復旧方法及び装置	6894079	白岩 雅輝、徐 蘇鋼、 淡路 祥成、*
R03.06.07	光ファイバ保持具	6894078	淡路 祥成、住本 浩之、*
R03.07.01	無線通信方法及び無線通信システム	6906204	児島 史秀、*
R03.07.02	コンテンツベースの通信システム	6906782	森山 雅文、滝沢 賢一、大堂 雅之、 児島 史秀、手塚 隼人
R03.07.12	立体画像観察システム	6911269	吉田 俊介
R03.07.15	無線通信システム、及び無線通信方法	6913957	板谷 聡子、丸橋 建一、大堀 文子、 児島 史秀
R03.07.29	空間光通信装置及び方法	6920710	コレフ デイミタル、豊嶋 守生
R03.08.02	無人航空機を介した暗号鍵共有システム、 無人航空機による信号伝送システム、 無人航空機→無人航空機による信号伝送システム	6923151	佐々木 雅英、藤原 幹生、 西澤 亮二、伊藤 寿之、*
R03.08.06	光学画像を用いた雲の高度および風速の計測方法	6925619	久保田 実
R03.08.11	脳活動予測装置、知覚認知内容推定システム、及び脳活動予測方法	6928348	西田 知史、西本 伸志、*
R03.08.11	分類器、分類器の学習方法、分類器における分類方法	6928371	沈 鵬、ルー・シュガン、河井 恒
R03.08.13	無線通信システム	6929530	ヴィラーデイ ガブリエル ポルト、 石津 健太郎、児島 史秀
R03.08.13	ノン・ファクトイド型質問応答システム及び方法並びにそのための コンピュータプログラム	6929539	呉 鍾勲、鳥澤 健太郎、 クルンカライ カナサイ、飯田 龍、 クロエツェー ジュリアン
R03.09.07	半導体光デバイス、半導体光源、光集積回路、 及び半導体光デバイスの製造方法	6940866	松本 敦、赤羽 浩一、山本 直克
R03.09.13	高速マルチコア一括光スイッチシステム	6943370	古川 英昭、和田 尚也、*
R03.09.13	ゲーム評価装置、及びゲーム評価方法	6943425	横田 悠右、成瀬 康
R03.09.30	暗号化システム	6952337	王 立華、青野 良範、 レチュウフォン
R03.10.01	自動翻訳装置及び翻訳用モデル学習装置	6952967	富士 秀、内山 将夫、隅田 英一郎
R03.10.13	ホログラム記録装置及びホログラム製造装置	6960143	山本 健詞、大井 隆太郎、 奥井 誠人、市橋 保之、涌波 光喜、 ボワズ ジャキン
R03.10.13	ホログラム製造方法及びホログラム記録装置	6960144	山本 健詞、大井 隆太郎、 奥井 誠人、市橋 保之、涌波 光喜、 ボワズ ジャキン
R03.11.12	照応・省略解析装置	6976585	飯田 龍、鳥澤 健太郎、橋本 力、 呉 鍾勲、大竹 清敬、木俣 豊
R03.11.17	空間モード多重制御技術	6979190	品田 聡
R03.11.17	学習方法	6979203	李 勝、ルー・シュガン、 高島 遼一、沈 鵬、河井 恒
R03.11.30	無線通信方法及びシステム	6985658	児島 史秀、*
R03.11.30	無線通信方法及び無線通信システム	6985659	児島 史秀、*

登録日	発明の名称	登録番号	発明者
R03.12.03	ニューラルネットワークの学習方法	6987378	藤本 雅清、河井 恒
R03.12.10	移動体の移動支援連携システム	6991610	酒造 孝、荘司 洋三、中内 清秀
R03.12.20	無線通信方法	6996702	児島 史秀、*
R04.01.05	省電力通信システムのための端末間協調方法	7002745	単 麟、服部 聖彦、天間 克宏、趙 欧
R04.01.05	量子鍵配送システム用の送信装置、受信装置、量子鍵配送方法、および量子鍵配送プログラム	7002713	藤原 幹生、佐々木 雅英、*
R04.01.13	Ga2O3系半導体素子	7008293	東脇 正高、中田 義昭、上村 崇史、ワンマン ホイ、*
R04.01.14	真空作成装置	7008976	田中 秀吉
R04.01.25	立体ディスプレイ	7015033	吉田 俊介
R04.02.01	超伝導体-絶縁体-超伝導体接合を用いた低雑音マイクロ波増幅器	7017752	鶴澤 佳徳、*
R04.02.14	電気光学効果を有するポリカーボネート及びその製造方法、並びにそのポリカーボネートを用いた光制御素子	7023469	大友 明、山田 俊樹、*
R04.02.28	無線通信システム及び方法	7031842	グエン キエン、キブリア ミルザ ゴーラン、石津 健太郎、児島 史秀
R04.03.09	ホログラム記録装置およびホログラム製造方法	7037797	大井 隆太郎、山本 健詞、市橋 保之、奥井 誠人、涌波 光喜、ボワズ ジャキン
R04.03.22	対話システム補強装置及びコンピュータプログラム	7044245	阿部 憲幸、大西 可奈子、鳥澤 健太郎、木俣 豊
R04.03.23	通信監視システム及び通信監視方法	7045050	津田 侑、遠峰 隆史、金谷 延幸、安田 真悟、高野 祐輝、井上 大介、中尾 康二
R04.03.31	半導体発光素子及びその製造方法並びに発光モジュール	7050270	井上 振一郎

## 5.1.4 国外特許登録一覧

計50件

\*は外部の共同発明者を示す

登録日	発明の名称	登録番号	国情報	発明者
2021.05.12	AN INTERNAL DEVICE OF BRAIN-MACHINE INTERFACE SYSTEM INCLUDING NOISE REDUCTION TECHNIQUE, AND METHOD OF CONTROLLING THE INTERNAL DEVICE 雑音低減手法を備えたブレインマシンインターフェースシステム、およびその制御方法	60 2017 038 448.8	DE	鈴木 隆文、安藤 博士、*
2021.05.12	AN INTERNAL DEVICE OF BRAIN-MACHINE INTERFACE SYSTEM INCLUDING NOISE REDUCTION TECHNIQUE, AND METHOD OF CONTROLLING THE INTERNAL DEVICE 雑音低減手法を備えたブレインマシンインターフェースシステム、およびその制御方法	3318186	FR	鈴木 隆文、安藤 博士、*
2021.05.12	AN INTERNAL DEVICE OF BRAIN-MACHINE INTERFACE SYSTEM INCLUDING NOISE REDUCTION TECHNIQUE, AND METHOD OF CONTROLLING THE INTERNAL DEVICE 雑音低減手法を備えたブレインマシンインターフェースシステム、およびその制御方法	3318186	NL	鈴木 隆文、安藤 博士、*
2021.05.18	機器管理システム	ZL201780007045.3	CN	板谷 聡子、児島 史秀
2021.05.19	深紫外光を放射する半導体発光素子を備える発光モジュール	60 2016 058 285.6	DE	井上 振一郎、谷口 学、中屋 晃成
2021.05.20	ノン・ファクトイド型質問応答システムおよび方法	10-2256240	KR	呉 鍾勲、鳥澤 健太郎、橋本 力、佐野 大樹、ステイン デサーガ、大竹 清敬
2021.05.21	半導体積層膜の製造方法、および半導体積層膜	I728151	TW	広瀬 信光、笠松 章史、松井 敏明、*
2021.05.25	音声認識装置及びコンピュータプログラム	ZL201680029440.7	CN	神田 直之
2021.06.01	SPOKEN DIALOG SYSTEM, SPOKEN DIALOG DEVICE, USER TERMINAL, AND SPOKEN DIALOG METHOD 音声対話システム、音声対話装置、ユーザー端末、および音声対話方法	11024286	US	廣江 厚夫、岡本 拓磨、木俣 豊
2021.06.29	SPOKEN DIALOG DEVICE, SPOKEN DIALOG METHOD, AND RECORDING MEDIUM 音声対話装置、音声対話方法、および記録媒体	11049493	US	廣江 厚夫、岡本 拓磨
2021.07.13	METHOD FOR TRANSMITTING AND RECEIVING DATA データ送受信方法	371873	IN	児島 史秀、原田 博司
2021.07.14	MULTICORE/MULTIMODE FIBER COUPLING DEVICE マルチコア・マルチモードファイバ結合装置	3136145	GB	淡路 祥成、*
2021.07.14	MULTICORE/MULTIMODE FIBER COUPLING DEVICE マルチコア・マルチモードファイバ結合装置	3136145	FR	淡路 祥成、*
2021.07.14	MULTICORE/MULTIMODE FIBER COUPLING DEVICE マルチコア・マルチモードファイバ結合装置	60 2015 071 320.6	DE	淡路 祥成、*

登録日	発明の名称	登録番号	国情報	発明者
2021.07.14	MULTICORE/MULTIMODE FIBER COUPLING DEVICE マルチコア・マルチモードファイバ結合装置	3136145	DK	淡路 祥成、*
2021.07.27	2次元通信シートへの電力供給システム、給電ポート	ZL201780010852.0	CN	張兵、松田隆志、加川敏規、三浦龍
2021.08.02	電界検知出力装置、電界調整システム及び電界調整方法	10-2287234	KR	土屋昌弘、*
2021.08.10	高耐圧ショットキーバリアダイオード	ZL201680016834.9	CN	東脇正高、*
2021.08.10	POLARIZATION DIVISION MULTIPLEXING INTENSITY MODULATION SYSTEM AND METHOD USING THE SYSTEM	11088777	US	ソアレス ルイス ルーベン、ラーデマツハゲオルグ、パットナム ベン、品田聡、和田尚也
2021.08.11	立体ディスプレイ	10-2291075	KR	吉田俊介
2021.08.18	TRANSMITTING DEVICE, RECEIVING DEVICE, QUANTUM KEY DISTRIBUTION METHOD, AND QUANTUM KEY DISTRIBUTION PROGRAM FOR QUANTUM KEY DISTRIBUTION SYSTEM	3512158	GB	藤原幹生、佐々木雅英、*
2021.08.31	脳律動周波数変調装置	ZL201780053991.1	CN	天野薫
2021.08.31	SUMMARY GENERATING APPARATUS, SUMMARY GENERATING METHOD AND COMPUTER PROGRAM 要約生成装置、要約生成方法及びコンピュータプログラム	11106714	US	飯田龍、鳥澤健太郎、呉鍾勲、クルンカライカナサイ、浅尾仁彦、阿部憲幸、水野淳太、クロエツェー ジュリアン
2021.09.01	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER	3281313	GB	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニューエタホゼマニユエル、淡路祥成、和田尚也
2021.09.07	INTERACTIVE SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM THEREFOR 対話システム及びそのためのコンピュータプログラム	11113335	US	阿部憲幸、大西可奈子、鳥澤健太郎、クルンカライカナサイ、木俣豊
2021.09.14	EQUIPMENT MANAGEMENT SYSTEM 機器管理システム	11119452	US	板谷聡子、児島史秀
2021.09.24	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER	60 2015 072 981.1	DE	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニューエタホゼマニユエル、淡路祥成、和田尚也
2021.10.07	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER	3281313	FR	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニューエタホゼマニユエル、淡路祥成、和田尚也
2021.10.27	Ga2O3-BASED SEMICONDUCTOR ELEMENT Ga2O3系半導体素子	60 2012 077 038.4	DE	東脇正高、*
2021.11.02	光信号発生方法及び光信号発生装置	ZL201780013606.0	CN	菅野敦史、川西哲也
2021.11.16	NON-FACTOID QUESTION-ANSWERING DEVICE ノン・ファクトイド型質問応答装置	11176328	US	呉鍾勲、鳥澤健太郎、クルンカライカナサイ、飯田龍、クロエツェー ジュリアン
2021.11.17	POWER SUPPLY SYSTEM TO TWO-DIMENSIONAL COMMUNICATION SHEET, POWER SUPPLY PORT 2次元通信シートへの電力供給システム、給電ポート	3416310	FR	張兵 (Bing ZHANG)、松田隆志、加川敏規、三浦龍

登録日	発明の名称	登録番号	国情報	発明者
2021.12.07	HOLDING APPARATUS, CONTAINER PROVIDED WITH TAG, OBJECT HOLDING PROGRAM AND OBJECT HOLDING METHOD 把持装置、タグが付された容器、対象物把持プログラムおよび対象物把持方法	11192242	US	杉浦 孔明、*
2021.12.07	電気光学ポリマー層を含む非線形光学用積層体及びその製造方法	11194225	US	梶 貴博、富成 征弘、山田 俊樹、大友 明
2021.12.15	Olfactory Display 嗅覚ディスプレイ	2816544	GB	キム ドンウク、安藤 広志
2021.12.15	Olfactory Display 嗅覚ディスプレイ	60 2012 077 381.2	DE	キム ドンウク、安藤 広志
2021.12.15	Olfactory Display 嗅覚ディスプレイ	2816544	FR	キム ドンウク、安藤 広志
2021.12.24	POWER SUPPLY SYSTEM TO TWO-DIMENSIONAL COMMUNICATION SHEET, POWER SUPPLY PORT 2次元通信シートへの電力供給システム、給電ポート	602017049461.5	DE	張 兵 (Bing ZHANG)、松田 隆志、加川 敏規、三浦 龍
2021.12.29	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER FOR SPATIAL-DIVISION MULTIPLEXING SYSTEMS	3281314	GB	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニユエタホゼマニユエル、淡路 祥成、和田 尚也
2021.12.29	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER FOR SPATIAL-DIVISION MULTIPLEXING SYSTEMS	3281314	FR	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニユエタホゼマニユエル、淡路 祥成、和田 尚也
2021.12.29	POLARIZATION INSENSITIVE SELF-HOMO-DYNE DETECTION RECEIVER FOR SPATIAL-DIVISION MULTIPLEXING SYSTEMS	602015076155.3	DE	ソアレス ルイス ルーベン、パットナム ベン、デルガドメンディニユエタホゼマニユエル、淡路 祥成、和田 尚也
2022.01.12	EQUIPMENT MANAGEMENT SYSTEM 機器管理システム	3407149	GB	西本 伸志、西田 知史、柏岡 秀紀
2022.01.12	EQUIPMENT MANAGEMENT SYSTEM 機器管理システム	3407149	FR	西本 伸志、西田 知史、柏岡 秀紀
2022.01.12	EQUIPMENT MANAGEMENT SYSTEM 機器管理システム	602017052253.8	DE	西本 伸志、西田 知史、柏岡 秀紀
2022.02.01	ELECTRO-OPTIC POLYMER 電気光学ポリマー	11236188	US	大友 明、青木 勲、山田 俊樹
2022.02.22	CAUSALITY RECOGNIZING APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM THEREFOR 因果関係認識装置及びそのためのコンピュータプログラム	11256658	US	クレンカライ カナサイ、橋本 力、鳥澤 健太郎、クロエツェー ジュリアン、呉 鍾勲、田仲 正弘
2022.03.01	SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, SEMICONDUCTOR ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE 半導体基板、半導体素子、及び半導体基板の製造方法	11264241	US	東脇 正高、小西 敬太、*
2022.03.04	トピック推定装置、トピック推定方法、および記録媒体	ZL201780011714.4	CN	田村 晃裕、隅田 英一郎、木俣 豊
2022.03.08	IN-VEHICLE OPTICAL NETWORK	11271653	US	高橋 亮、川西 哲也、山本 直克
2022.03.18	質問応答システムの訓練装置及びそのためのコンピュータプログラム	ZL201680049453.0	CN	呉 鍾勲、鳥澤 健太郎、橋本 力、飯田 龍、田仲 正弘、クロエツェー ジュリアン

## 5.2 研究成果発表

### 5.2.1 誌上発表論文

#### 5.2.1.1 査読付き論文件数

査読付き論文件数

499件

#### 5.2.1.2 誌上発表論文一覧

(NICT 研究者が筆頭の研究論文・小論文のみを掲載)

誌上発表論文数

計125件

※DOI: Digital Object Identifier (デジタルオブジェクト識別子) DOIがない論文は巻・号を記載 \*外部機関所属

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/4/1	Creation of double-well potentials in a surface-electrode trap towards a nanofriction model emulator	Quantum Science and Technology	10.1088/2058-9565/abe51a	田中 歌子、中村 充宏*、早坂 和弘、A. Bautista-Salvator*、C. Ospelkaus*、T. E. Mehlstaebler*
2021/4/1	Propagation Measurements of Multi-hop Command and Telemetry Communications System in 169 MHz Band for Drones	Journal of Robotics and Mechatronics	10.20965/jrm.2021.p0363	三浦 龍、加川 敏規*、小野 文枝、単 麟、松田 隆志、児島 史秀
2021/4/6	Data-Driven Simulation of Rapid Flux Enhancement of Energetic Electrons With an Upper-Band Whistler Burst	JGR Space Physics	10.1029/2020JA028979	齊藤 慎司、S. Kurita*、Y. Miyoshi*、S. Kasahara*、S. Yokota*、K. Keika*、T. Hori*、Y. Kasahara*、S. Matsuda*、M. Shoji*、S. Nakamura*、A. Matsuoka*、S. Imajo*、I. Shinohara*
2021/4/7	Linear elements are stable structures along the chromosome axis in fission yeast meiosis	Chromosoma	10.1007/s00412-021-00757-w	丁 大橋、松田 厚志、岡正 華澄、Yasushi Hiraoka*
2021/4/8	Efficient revocable identity-based encryption with short public parameters	Theoretical Computer Science	10.1016/j.tcs.2021.02.024	江村 恵太、Jae Hong Seo*、Yohei Watanabe*
2021/4/16	Predicting and Attending to Damaging Collisions for Placing Everyday Objects in Photo-Realistic Simulations	Advanced Robotics	10.1080/01691864.2021.1913446	Magassouba Aly、Sugiura Komei、Nakayama Angelica*、Hirakawa Tsubasa*、Yamashita Takayoshi*、Fujiyoshi Hironobu*、Kawai Hisashi

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/4/19	Hierarchical motor adaptations negotiate failures during force field learning	Plos Computational Biology	10.1371/ journal.pcbi.1008481	池上 剛、 Gowrishankar Ganesh*、 Tricia L. Gibo*、 Toshinori Yoshioka*、 Rieko Osu*、 Mitsuo Kawato*
2021/4/20	Communication-Efficient Distributed SGD with Error-Feedback, Revisited	International Journal of Computational Intelligence Systems	10.2991/ijcis.d.210412.001	チャン ティフーン、 LE TRIEU PHONG
2021/5/1	Sparse Regression Model-based Relearning Architecture for Shortening Learning Time in Traffic Prediction	電子情報通信学会 英文論文誌ED IA小 特集号	10.1587/ transinf.2020NTP0010	平山 孝弘、宮澤 高也、 地引 昌弘、 Ved Prasad Kafle
2021/5/1	テラヘルツ波帯の無線通信規則の改定と今後の展望	ITUジャーナル	IVol. 51 No. 5 (2021. 5)	小川 博世
2021/5/6	Theoretical Analysis of In-Band Full-Duplex Radios with Parallel Hammerstein Self-Interference Cancellers	IEEE Transactions on Wireless Communications	10.1109/ TWC.2021.3076496	小松 和暉、宮路 祐一*、 上原 秀幸*
2021/5/7	Measurement of geomagnetically induced current (GIC) around Tokyo, Japan	Earth, Planets and Space	10.1186/ s40623-021-01422-3	亘 慎一、中村 紗都子*、 海老原 祐輔*
2021/5/10	Dual-wavelength locking technique for coherent 2- $\mu$ m differential absorption lidar applications	Applied Optics	10.1364/AO.423234	青木 誠、岩井 宏徳
2021/5/12	3 $\times$ 3 MIMO Fiber-Wireless System in W-Band with WDM/PDM RoF Transmission Capability	IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology	10.1109/ JLT.2021.3079431	Pham Tien Dat、 François Rottenberg*、 Kanno Atsushi、 Yamamoto Naokatsu、 Tetsuya Kawanishi*
2021/5/13	Bit-wise Cryptanalysis on AND-RX Permutation Friet-PC	Journal of Information Security and Applications	10.1016/j.jisa.2021.102860	伊藤 竜馬、芝 廉太郎*、 阪本 光星*、Fukang Liu*、 五十部 孝典*
2021/5/13	Enhanced Academic Motivation in University Students Following a 2-week Online Gratitude Journal Intervention	BMC Psychology	10.1186/ s40359-021-00559-w	Nawa Norberto Eiji、 Yamagishi, Noriko*
2021/5/15	Adaptively secure revocable hierarchical IBE from k-linear assumption	Designs, Codes and Cryptography	10.1007/ s10623-021-00880-w	江村 恵太、高安 敦、 渡邊 洋平*
2021/5/15	Millimeter-wave radio-over-fiber system using optical phase modulation and photonic down-conversion for uplink fronthaul transmission	Optical Society of America Optics Letters	10.1364/OL.425267	Pham Tien Dat、 Yamaguchi Yuya、 Kanno Atsushi、 Yamamoto Naokatsu、 MASAYUKI MOTOYA*、 SATOSHI OIKAWA*、 JUNICHIRO ICHIKAWA*
2021/5/17	Convergence of Modality Invariance and Attention Selectivity in the Cortical Semantic Circuit	Cerebral Cortex	10.1093/cercor/bhab125	中井 智也、山口 裕人、 西本 伸志
2021/5/20	Double-thin-shell approach to deriving total electron content from GNSS signals and implications for ionospheric dynamics near the magnetic equator	Earth, Planets and Space	10.1186/ s40623-021-01427-y	Maruyama Takashi、 Hozumi Kornyanat、 Ma Guanyi*、 Supnithi Pornchai*、 Tongkasem Napat*、 Wan Qingtao*

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/5/21	Space Weather Benchmarks on Japanese Society	Earth Planet and Space	10.1186/ s40623-021-01420-5	塩田 大幸、石井 守、 埜 千尋、Y. Ebihara*、 H. Fujiwara*、T. Ishii*、 K. Ichimoto*、 R. Kataoka*、K. Koga*、 久保 勇樹、K. Kusano*、 Y. Miyoshi*、長妻 努、 中溝 葵、M. Nakamura*、 西岡 未知、S. Saito*、 T. Sato*
2021/5/23	Bimanual digit training improves right hand dexterity in older adults by reactivating declined ipsilateral motor-cortical inhibition.	bioRxiv	10.1101/ 2021.05.21.445083	内藤 栄一、守田 知代、 廣瀬 智士、木村 和夏、 Hideya Okamoto*、 Chikako Kamimukai*、 Minoru Asada*
2021/6/1	Polarization Dependences in Terahertz Wave Detection by Stark Effect of Nonlinear Optical Polymers	IEICE Trans. Electron.	10.1587/ transele.2020MS0011	山田 俊樹、梶 貴博、 山田 千由美*、大友 明
2021/6/1	Characterization of Nonlinear Optical Chromophores Having Tricyanopyrroline Acceptor Unit and Amino Benzene Donor Unit with or without a Benzyloxy Group	IEICE Trans. Electron.	10.1587/ transele.2020MS0010	山田 俊樹、高木 義博*、 山田 千由美*、大友 明
2021/6/3	Tag-based ABE in prime-order groups via pair encoding	Designs, Codes and Cryptography	10.1007/ s10623-021-00894-4	高安 敦
2021/6/3	Temporal Fluctuation of Mood in Gaming Task Modulates Feedback Negativity: EEG Study With Virtual Reality	Frontiers in Human Neuroscience	10.3389/ fnhum.2021.536288	横田 悠右、成瀬 康
2021/6/5	Adaptively Secure Lattice-based Revocable IBE in the QROM: Compact Parameters, Tight Security, and Anonymity	Designs, Codes and Cryptography	10.1007/ s10623-021-00895-3	高安 敦
2021/6/10	Advantage of Handwriting Over Typing on Learning Words: Evidence From an N400 Event-Related Potential Index	Frontiers in Human Neuroscience	10.3389/ fnhum.2021.679191	井原 綾、中島 加恵、 Akiyuki Kake*、 Kizuku Ishimaru*、 大杉 清之、成瀬 康
2021/6/21	Selective observation of transverse optical phonons of Au modes to evaluate free charge carrier parameters in $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> substrate and homoepitaxial film	Applied Physics Letters	10.1063/5.0059070	尾沼 猛儀、佐々木 公平*、 山口 智広*、本田 徹*、 倉又 朗人*、山腰 茂伸*、 東脇 正高
2021/6/23	Behavioral correlates of cortical semantic representations modeled by word vectors	PLOS Computational Biology	10.1371/ journal.pcbi.1009138	西田 知史、Blanc Antoine、 前田 直哉、角 将高、 西本 伸志
2021/6/30	Development of a Molecular Assessment High-resolution Observation Spectrometer (MAHOS) for Microsatellites	Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	10.1109/ jmass.2021.3093549	中川 真秀、山田 崇貴、 佐藤 滋、加藤 一郎、 西堀 俊幸*、原田 健一*、 Toru Taniguchi*、 Hiroaki Kawamoto*、 Kazuyuki Nakamura*、 Kazuyuki Nakamura*、 Takahiro Kuhara*、 笠井 康子

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/7/1	Security Analysis of End-to-End Encryption for Zoom Meetings	IEEE Access	10.1109/ ACCESS.2021.3091722	伊藤 竜馬、五十部 孝典*
2021/7/4	Wideband strip antenna surrounding a ground plate	The Journal of Engineering, The Institution of Engineering and Technology	10.1049/tje2.12088	飯草 恭一、沢田 浩和、松村 武、児島 史秀
2021/7/5	Report of 3.2 Gbps transmission experiment result using WINDS Satellite	日本航空宇宙学会特集号	10.1049/cp.2019.1208	鈴木 健治、矢羽田 将友*、渡辺 哲也*、星 健一*、奥居 民生*、荒川 佳樹、浅井 敏男*、菅 智茂、高橋 卓、豊嶋 守生
2021/7/7	Compact 480-GHz Radiometer Calibration Unit With Specular Reflection Absorber for Atmospheric Remote Sensor On-Board Microsatellite	IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology	10.1109/ TTHZ.2021.3095436	中川 真秀、内山 由侑基、山田 崇貴、Toshiyuki Nishibori*、落合 啓、水野 麻弥、Akihisa Uematsu*、中野 幸夫*、笠井 康子
2021/7/9	Peta-bit-per-second optical communications system using a standard cladding diameter 15-mode fiber	Nature Communications	10.1038/ s41467-021-24409-w	Rademacher Georg Friedrich, Puttnam Ben, Soares Luis Ruben, Eriksson Tobias A.*、Fontaine Nicolas K.*、Mazur Mikael*、Chen Haoshuo*、Ryf Roland*、Neilson David T.*、Sillard Pierre*、Achten Frank*、Awaji Yoshinari、Furukawa Hideaki
2021/7/12	Full-band LPCNet: A real-time neural vocoder for 48 kHz audio with a CPU	IEEE Access	10.1109/ ACCESS.2021.3089565	松原 圭亮、岡本 拓磨、高島 遼一*、滝口 哲也*、戸田 智基、河井 恒、志賀 芳則
2021/7/16	Prediction of Second Language Proficiency Based on Electroencephalographic Signals Measured While Listening to Natural Speech	Frontiers in Human Neuroscience	10.3389/ fnhum.2021.665809	井原 綾、松本 敦、尾島 司郎*、片山 順一*、仲村 圭太*、横田 悠右、渡部 宏樹、成瀬 康
2021/7/19	Terahertz frequency counter based on a semiconductor-superlattice harmonic mixer with four-octave measurable bandwidth and 16-digit precision	Metrologia	10.1088/1681-7575/ ac0712	長野 重夫、熊谷 基弘、伊東 宏之、花土 ゆう子、井戸 哲也
2021/7/20	Behavioral effect of mismatch negativity neurofeedback on foreign language learning	PLOS ONE	10.1371/ journal.pone.0254771	常 明、安藤 英由樹*、前田 太郎*、成瀬 康
2021/7/26	Effect of Nonlinear Detection Response Characteristics of Electric Field Probe on LTE Signal Measurement and Statistical Evaluation of Its Detection Response	IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	10.1109/ TEMC.2021.3092353	呉 奕鋒、清水 悠斗、松本 泰、後藤 薫、和氣 加奈子、渡邊 聡一
2021/7/30	Radiofrequency Exposure levels from mobile phone base stations in outdoor environments and an underground shopping mall in Japan	International Journal of Environmental Research and Public Health	10.3390/ijerph18158068	大西 輝夫、幾代 美和、飛田 和博、Liu Sen、多氣 昌生、渡邊 聡一

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/8/2	Olfactory Stimulation Modulates Visual Perception Without Training	Frontiers in Neuroscience	10.3389/ fnins.2021.642584	對馬 淑亮、西野 由利恵、 安藤 広志
2021/8/4	Alteration in information flow through a pair of feeding command neurons underlies a form of Pavlovian conditioning in the Drosophila brain	Current Biology	10.1016/j.cub.2021.07.021.	櫻井 晃、J. Troy Littleton*、 小嶋 寛明、吉原 基二郎
2021/8/9	Palm-sized single-shot phase-shifting incoherent digital holography system	OSA Continuum	10.1364/OSAC.431930	田原 樹、大井 隆太郎
2021/8/13	Dosimetry of Various Human Bodies Exposed to Microwave Broadband Electromagnetic Pulses	Frontiers in Public Health	10.3389/ fpubh.2021.725310	Chakaro thai Jerdvisanop、 和氣 加奈子、藤井 勝巳
2021/8/15	Radio over FSO Communication Using High Optical Alignment Robustness 2D-PDA and its Optical Path Switching Performance	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY	10.1109/ JLT.2021.3097304	梅沢 俊匡、Pham Tien Dat、 実野 邦久*、山本 直克、 川西 哲也*
2021/8/18	Differences in Mechanical Parameters of Keyboard Switches Modulate Motor Preparation: A Wearable EEG Study	Frontiers in Neuroergonomics	10.3389/ fnrgo.2021.644449	渡部 宏樹、中島 加恵、 高木 駿介*、水山 遼*、 齋藤 真由美*、 古澤 光一*、中谷 邦夫*、 横田 悠右、片岡 宏隆*、 中嶋 宏*、成瀬 康
2021/8/20	Existence of Interhemispheric Inhibition between Foot Sections of Human Primary Motor Cortices: Evidence from Negative Blood Oxygenation-Level Dependent Signal	Brain Sciences	10.3390/brainsci11081099	内藤 栄一、守田 知代、 木村 和夏、Minoru Asada*
2021/8/20	Performance Analysis of Incident Power Density Evaluation by Inverse Source Method for Compliance Assessment at Quasi-Millimeter and Millimeter Wave Bands	IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	10.1109/ TEM.C.2021.3100575	大見 峻太郎、佐々木 謙介、 和氣 加奈子
2021/8/27	Offline map matching using time-expanded graph for low-frequency data	Transportation Research Part C: Emerging Technologies	10.1016/j.trc.2021.103265	田中 智、立岩 齊明*、 秦 希望*、吉田 明広*、 若松 孝*、長船 将太*、 藤澤 克樹*
2021/8/30	W-band optical modulators using electro-optic polymer waveguides and patch antenna arrays	optics express	10.1364/OE.434028	梶 貴博、諸橋 功、 富成 征弘、関根 徳彦、 山田 俊樹、大友 明
2021/9/1	A Virtual Pre-connection Scheme Enabling Fast Connection to Local Spot Cell in Private Cellular Network	IEICE Transactions on Communications	10.1587/ transcom.2020FGP0012	伊深 和雄、川崎 耀、 松村 武、児島 史秀
2021/9/1	Wiretap Channels With Causal and Non-Causal State Information: Revisited	IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY	10.1109/ TIT.2021.3097101	韓 太舜、佐々木 雅英
2021/9/1	Compensation of inter-core skew in multi-core fibers with group velocity dispersion	Optics Express	10.1364/OE.435555	Soares Luis Ruben、 Puttnam Ben、 Rademacher Georg Friedrich、 Shinada Satoshi、 Furukawa Hideaki

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/9/2	Space-Division Multiplexing for Optical Fiber Communications	OSA Journal Optica	10.1364/OPTICA.427631	Puttnam Ben、 Rademacher Georg Friedrich、 Soares Luis Ruben
2021/9/3	Seamless Fiber-Wireless System in W-Band Using Optical Phase Modulation and Self-Homodyne Receiver	IEEE Photonics Technology Letters	10.1109/ LPT.2021.3110258	Pham Tien Dat、 Umezawa Toshimasa、 Kanno Atsushi、 Yamamoto Naokatsu、 Kawanishi Tetsuya
2021/9/9	Decentralized Descent Optimization With Stochastic Gradient Signs for Device-to-Device Networks	IEEE Wireless Communications Letters (IEEE WCL)	10.1109/ LWC.2021.3087156	チャン ティフーン、 LE TRIEU PHONG
2021/9/10	Development of the Substorm as a Manifestation of Convection Transient	JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-SPACE PHYSICS	10.1029/2020JA028942	田中 高史、海老原 祐輔*、 渡辺 正和*、田 光江、 藤田 茂*、菊池 崇*、 橋本 久美子*、 片岡 劉邦*
2021/9/13	Towards Tokenization and Part-of-Speech Tagging for Khmer: Data and Discussion	The ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing	10.1145/3464378	Kaing Hour、丁 塵辰、 内山 将夫、隅田 英一郎、 Sethserey Sam*、 Sopheap Seng*、 須藤 克仁*、中村 哲*
2021/9/14	Single-pixel optical modulation analyzer: a low-complexity frequency-dependent IQ imbalance monitor based on direct detection with phase retrieval	Optics Express	10.1364/OE.433148	吉田 悠来、吉田 節夫*、 小田 祥一朗*、 星田 剛司*、山本 直克、 菅野 敦史
2021/9/15	Horizontal Movement of Polar Mesospheric Clouds Observed From the Himawari-8 Geostationary Meteorological Satellite	Journal of Geophysical Research: Atmospheres	10.1029/2021JD035081	穂積 裕太、津田 卓雄*、 細川 敬祐*、安藤 芳晃*、 鈴木 秀彦*、村田 健史、 中村 卓司*
2021/9/17	Photostability of organic electro-optic polymer under practical high intensity continuous-wave 1550nm laser irradiation	Japanese Journal of Applied Physics	10.35848/1347-4065/ ac235a	富成 征弘、山田 俊樹、 梶 貴博、山田 千由美*、 大友 明
2021/9/20	Enhanced coherence of all-nitride superconducting qubits epitaxially grown on silicon substrate	Communications Materials	10.1038/ s43246-021-00204-4	金 鮮美、寺井 弘高、 山下 太郎*、丘 偉、 布施 智子、吉原文樹、 Ashhab Sahel、侯 邦宏*、 仙場 浩一
2021/9/29	Multiwavelength-multiplexed incoherent digital holography based on computational coherent superposition	MDPI Journal of Imaging	無し	田原 樹、石井 あゆみ*、 荒神 尚子、松田 厚志、 小澤 祐市*、大井 隆太郎
2021/9/30	Capacity differences in working memory based on resting state brain networks	Scientific Reports	10.1038/ s41598-021-98848-2	苧阪 満里子、金田 みずぎ、 東 美由紀、矢追 健*、 下川 哲也、苧阪 直行*
2021/9/30	Use of Cyclic-Delay Diversity (CDD) with Modified Channel Estimation for FER Improvement in OFDM Downlink	IEICE Transactions on Communications	10.1587/ transcom.2021EBP3060	森山 雅文、滝沢 賢一、 手塚 隼人*、児島 史秀
2021/10/1	High-Density Resource-Restricted Pulse-Based IoT Networks	IEEE Transactions on Green Communications and Networking	10.1109/ TGCN.2021.3090044	Peper Ferdinand、 Leibnitz Kenji、 田中 智恵美*、 本多 顕太郎*、 長谷川 幹雄*、 Theofilis Konstantinos、 李 傲寒*、若宮 直紀*

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/10/13	Experimental Channel Statistics of Drone-to-Ground Retro-Reflected FSO Links with Fine-Tracking Systems	IEEE Access	10.1109/ ACCESS.2021.3117266	Trinh Phuc、 Carrasco Casado Alberto、 Okura Takuya、 Tsuji Hiroyuki、 Kolev Dimitar、 Shiratama Koichi、 Munemasa Yasushi、 Toyoshima Morio
2021/10/13	Design of a Skin Equivalent Phantom for Estimating Surface Temperature Elevation due to Human Exposure to Electromagnetic Fields from 10 to 100 GHz	IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	10.1109/ TEMC.2021.3100887	佐々木 謙介、 KAWABATA Kengo*、 清水 悠斗、渡邊 聡一、 和氣 加奈子、 SUGA Ryosuke*、 HASHIMOTO Osamu *
2021/10/15	Constituency Parsing by Cross-Lingual Delexicalization	IEEE Access	10.1109/ ACCESS.2021.3120382	Kaing Hour、 Ding Chenchen、 Uchiyama Masao、 Sumita Eiichiro、 Katsuhito Sudoh*、 Satoshi Nakamura*
2021/10/18	Network Control and Management Automation: Architecture Standardization Perspective	IEEE Communications Standards Magazine	10.1109/ MCOMSTD.121.2100043	Ved Prasad Kafle、 平山 孝弘、宮澤 高也、 地引 昌弘、原井 洋明
2021/10/18	Relative Contribution of ULF Waves and Whistler-Mode Chorus to the Radiation Belt Variation During the May 2017 Storm	Journal of Geophysical Research: Space Physics	10.1029/2020JA028972	高橋 直子、関 華奈子*、 Mei-Ching Fok*、 Yihua Zheng*、 三好 由純*、笠原 慧*、 桂華 邦裕*、 David Hartley*、 笠原 禎也*、笠羽 康正*、 東尾 奈々*、松岡 彩子*、 横田 勝一郎*、堀 智昭*、 小路 真史*、 中村 紗都子*、今城 峻*、 篠原 育*
2021/10/26	Growth of InPBi on InP (311) B Substrate by Molecular Beam Epitaxy	physica status solidi (a)	10.1002/pssa.202100411	赤羽 浩一、松本 敦、 梅沢 俊匡、富永 依里子*、 山本 直克
2021/10/26	Ultra-fast Hong-Ou-Mandel interferometry via temporal filtering	Optics Express	10.1364/OE.430502	達本 吉朗、和久井 健太郎、 藤原 幹生、佐々木 雅英、 武岡 正裕
2021/10/28	Functional Connectivity and Networks Underlying Complex Tool-Use Movement in Assembly Workers: An fMRI Study	Frontiers in Human Neuroscience	10.3389/ fnhum.2021.707502	谷口 星来、東 佑一朗*、 片岡 宏隆*、中嶋 宏*、 下川 哲也
2021/11/1	$\beta$ -Gallium Oxide Devices: Progress and Outlook	Physica Status Solidi (RRL) - Rapid Research Letters	10.1002/pssr.202100357	東脇 正高
2021/11/1	Near-field characteristics of a TEM horn used for radiated immunity tests	IEICE Communications Express	10.1587/ comex.2021XBL0154	張間 勝茂、久保 崇将*、 後藤 薫、石田 武志*
2021/11/4	Polynomial selection for computing Gröbner bases	Japan Society for Industrial and Applied Mathematics (JSIAM) Letters	10.14495/jsiaml.13.72	伊藤 琢真、新田 篤志*、 星 雄大*、篠原 直行、 内山 成憲*

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/11/8	Electromagnetic Diffusion of a Wall with Modified Checkerboard Pattern	IEICE Communications Express	10.1587/comex.2021XBL0187	村上 靖宜、Chakarothai Jerdvisanop、藤井 勝巳
2021/11/10	Quantitative phase imaging with single-path phase-shifting digital holography using a light-emitting diode	OSA Continuum	10.1364/OSAC.435949	田原 樹、小澤 祐市*、松田 厚志、大井 隆太郎
2021/11/13	Aerial clutter suppression in a wind profiler radar with antenna subarrays	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	10.1109/TGRS.2021.3127208	山本 真之、川村 誠治、今井 克之*、山口 博史*、斎藤 浩二*、西村 耕司*
2021/11/17	Validation of Aeolus Level 2B wind products using wind profilers, ground-based Doppler wind lidars, and radiosondes in Japan	Atmospheric Measurement Techniques	10.5194/amt-14-7255-2021	岩井 宏徳、青木 誠、大城 満、石井 昌憲*
2021/11/21	1550nm-Band InAs/InGaAlAs Quantum Dot Distributed Feedback Lasers Grown on InP (311) B Substrate with Side-Wall Gratings Simultaneously Fabricated with a Ridge Waveguide	Physica Status Solidi A	10.1002/pssa.202100453	金子 瑠那、森田 凌介*、勝原 龍海、矢吹 諒太、松本 敦、赤羽 浩一、Matsushima, Yuichi*、Ishikawa, Hiroshi*、宇高 勝之*
2021/11/22	Bimanual digit training improves right hand dexterity in older adults by reactivating declined ipsilateral motor-cortical inhibition	Scientific Reports	10.1038/s41598-021-02173-7	内藤 栄一、守田 知代、廣瀬 智士、木村 和夏、Hideya Okamoto*、Chikako Kamimukai*、Minoru Asada*
2021/11/30	Work Function of Layered Graphene Prepared by Chemical Vapor Deposition in High Vacuum	Journal of Surface Science and Nanotechnology	無し	田中 秀吉
2021/12/1	Insights for Urban Road Safety: A newFusion-3DCNN-PFP Model to Anticipate FutureCongestion from Urban Sensing Data	Periodic Pattern Mining: Theory, Algorithms, and Applications	10.1007/978-981-16-3964-7=14	Dao Minh-Son、Rage Uday kiran、Zetsu Koji
2021/12/8	QoE-Aware Bitrate Selection in Cooperation with In-Network Caching for Information-Centric Networking	IEEE Access	10.1109/ACCESS.2021.3133851	速水 祐作、後藤 航輝*、萬代 雅希*、山本幹*
2021/12/13	Photon detection at 1 ns time intervals using 16-element SNSPD array with SFQ multiplexer	OSA Optics Letters	10.1364/OL.438416	三木 茂人、宮嶋 茂之、知名 史博、藪野 正裕、寺井 弘高
2021/12/15	A Selection Support System for Enterprise Resource Planning Package Components using Ensembles of Multiple Models with Round-trip Translation	自然言語処理	10.5715/jnlp.28.1270	出内 将夫、坂本 陽平*、笈田 佳彰*、岡田 伊策*、東山 翔平、内山 将夫、隅田 英一郎、渡辺 太郎*
2021/12/21	Coupling a generative model with a discriminative learning framework for speaker verification	IEEE Trans. TASLP	10.1109/TASLP.2021.3129360	Lu Xugang、沈 鵬、Yu Tsao*、河井 恒
2021/12/22	Microstructural Properties of Human Brain Revealed by Fractional Anisotropy can Predict the After-effect of Intermittent Theta Burst Stimulation	Cerebral Cortex Communications	10.1093/texcom/tgab065	木村 一皓、大石 浩輝*、林 正道、天野 薫

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2021/12/22	Detecting web-based attacks with SHAP and tree ensemble machine learning methods	Applied Sciences	10.3390/app12010060	Ndichu Samuel、Sangwook Kim*、小澤 誠一*、班 涛、高橋 健志、井上 大介
2021/12/22	Validation and reliability of the Japanese version of the Modified Parkinson Activity Scale (M-PAS)	Progress in Rehabilitation Medicine	10.2490/prm.20210051	谷口 星来、中田 洋子*、井上 美智子*、丸本 浩平*
2021/12/27	Online machine learning algorithms to optimize performances of complex wireless communication systems	AIMS Press	10.3934/mbe.2022097	大島 浩嗣、Daisuke Yamamoto*、Atsuhiko Yumoto*、Song-Ju Kim*、Yusuke Ito*、Mikio Hasegawa*
2021/12/28	Performances of Conventional SOAs Versus QD-SOA in 1530-nm Upstream Transmission of 40 Gb/s Access Network	IEEE PHOTONICS JOURNAL	10.1109/JPHOT.2021.3138492	Boriboon Budsara、Duang-rudee Worasuchep*、清水 智、品田 聡、古川 英昭、松本 敦、赤羽 浩一、山本 直克、和田 尚也
2021/12/29	Analyses of Transient Energy Deposition in Biological Bodies Exposed to Electromagnetic Pulses Using Parameter Extraction Method	IEICE Transactions on Communications	10.1587/transcom.2021ISI0003	Chakarothai Jerdvisanop、藤井 勝巳、鈴木 敬久*、柴山 純*、和氣 加奈子
2022/1/3	Effects of Food and Temperature on Drosophila melanogaster Reproductive Dormancy as Revealed by Quantification of a GFP-Tagged Yolk Protein in the Ovary	Frontiers in Physiology	10.3389/fphys.2021.803144	原 佑介、山元 大輔
2022/1/4	Single-path single-shot phase-shifting digital holographic microscopy without a laser light source	Optics Express	10.1364/OE.442661	田原 樹、小澤 祐市*、大井 隆太郎
2022/1/7	Transparent Fiber-Millimeter-Wave-Fiber System in 100-GHz Band Using Optical Modulator and Photonic Down-Conversion	IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology	10.1109/JLT.2022.3141058	Pham Tien Dat、Yamaguchi Yuya、Masayuki Motoya*、Satoshi Oikawa*、Junichiro Ichikawa*、Kanno Atsushi、Yamamoto Naokatsu、Tetsuya Kawanishi*
2022/1/8	Identity-based encryption with security against the KGC: A formal model and its instantiations	Theoretical Computer Science	10.1016/j.tcs.2021.11.021	江村 恵太、Shuichi Katsumata*、Yohei Watanabe*
2022/1/10	Propagation direction analysis of medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) observed with 2D GPS-TEC map using three-dimensional spectral analysis method over North America	JGR-Space Physics	10.1029/2020JA028791	Septi Perwitasari、Nakamura Takuji*、Tsugawa Takuya、Nishioka Michi、Yoshihiro Tomikawa*、Ejiri Mitsumu*、Kogure Masaru*、Otsuka Yuichi*、Shinbori Atsuki*、Jin Hidekatsu、Tao Chihiro

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2022/1/17	Machine Learning-Aided Energy Efficiency Strategy for Multiuser Cooperative Networks	Hindawi, Wireless Communications and Mobile Computing (WCNC)	10.1155/2022/3951376	単麟、趙 欧、天間 克宏、児島 史秀、安達 文幸*、松村 武
2022/1/17	$\beta$ -Ga2O3 material properties, growth technologies, and devices: a review	AAPPS Bulletin	10.1007/s43673-021-00033-0	東脇 正高
2022/1/31	High-speed fiber-wireless-fiber system in the 100-GHz band using a photonics-enabled receiver and optical phase modulator	Optica Optics Letters	10.1364/OL.452987	Pham Tien Dat、Umezawa Toshimasa、Kanno Atsushi、Yamamoto Naokatsu、Tetsuya Kawanishi*
2022/2/1	Laser Characteristic and Strain Distribution Dependence on Embedding Layer Thickness of Quantum Dots Laser Diodes Grown on InP (311) B Substrate	Physica Status Solidi A: Applications and Materials Science	10.1002/pssa.20210046	松本 敦、赤羽 浩一、梅沢 俊匡、中島 慎也、山本 直克、菅野 敦史
2022/2/1	Dark-TRACER: Early Detection Framework for Malware Activity Based on Anomalous Spatiotemporal Patterns	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2022.3145966	韓 燦洙、竹内 純一、高橋 健志、井上 大介
2022/2/2	Long-Term Secure Distributed Storage Using Quantum Key Distribution Network With Third-Party Verification	IEEE transactions on Quantum Engineering	10.1109/TQE.2021.3135077	藤原 幹生、野島 良、鶴丸 豊広*、盛合 志帆、武岡 正裕、佐々木 雅英
2022/2/2	Ultrafast measurement of a single-photon wave packet using an optical Kerr gate	Optics Express	10.1364/OE.446010	藪野 正裕、TAKAHIRO TAKUMI*、知名 史博、三木 茂人、寺井 弘高、PETER J. MOSLEY*、RUI-BO JIN*、RYOSUKE SHIMIZU*
2022/2/3	Quantum state preparation protocol for encoding classical data into the amplitudes of a quantum information processing register's wave function	Physical Review Research	10.1103/PhysRevResearch.4.013091	Ashhab Sahel
2022/2/3	Neural speech-rate conversion with multispeaker WaveNet vocoder	Speech Communication	10.1016/j.specom.2022.01.003	岡本 拓磨、松原 圭亮、戸田 智基、志賀 芳則、河井 恒
2022/2/10	Determinants of impaired Bed Mobility in Parkinson's disease: Impact of hip muscle strength and motor symptoms	NeuroRehabilitation	10.3233/NRE-210301	谷口 星来、Nicholas D'cruz*、Miho Nakagoshi*、Toshinori Osaki*、Alice Nieuwboer*
2022/2/15	Fabrication of n-Si/n-Ga2O3 heterojunctions by surface-activated bonding and their electrical properties	Journal of Applied Physics	10.1063/5.0080734	Wang Zhenwei、Takatsuki Daiki*、Liang Jianbo*、Kitada Takahiro、Shigekawa Naoteru*、Higashiwaki Masataka
2022/2/16	Observation Capability of a Ground-Based Terahertz Radiometer for Vertical Profiles of Oxygen and Water Abundances in Martian Atmosphere	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	10.1109/TGRS.2022.3152271	山田 崇貴、Philippe Baron*、Lori Neary*、Toshiyuki Nishibori*、Richard Larsson*、黒田 剛史、Frank Daerden*、笠井 康子

発表年月日	論文名	誌名	DOI / 巻号※	発表者
2022/2/17	Interference Aggregation Involving Near- to Far-field Propagation of Disturbance and Its Impact on Emission Limits for Radio Protection	IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	10.1109/TEMC.2022.3145006	松本 泰、後藤 薫、山中 幸雄
2022/2/22	Bayesian-based decipherment of in-depth information in bacterial chemical sensing beyond pleasant/unpleasant responses	Scientific Reports	10.1038/s41598-022-06732-4	田中 裕人、數田 恭章、成瀬 康、富成 征弘、梅原 広明、Yoshiyuki Sowa*、Takashi Sagawa*、大岩 和弘、Masato Okada*、Ikuro Kawagishi*、小嶋 寛明
2022/2/25	Line-of-sight quantum key distribution with differential phase shift keying	New Journal of Physics	10.1088/1367-2630/ac5056	遠藤 寛之、佐々木 寿彦*、武岡 正裕、藤原 幹生、小芦 雅斗、佐々木 雅英
2022/3/1	Comparison of real-time multi-speaker neural vocoders on CPUs	Acoustical Science and Technology	10.1250/ast.43.121	松原 圭亮、岡本 拓磨、高島 遼一*、滝口 哲也*、戸田 智基、河井 恒
2022/3/10	Effect of substrate orientation on homoepitaxial growth of $\beta$ -Ga2O3 by halide vapor phase epitaxy	Applied Physics Letters	10.1063/5.0087609	後藤 健、村上 尚*、倉又 朗人*、山腰 茂伸*、東脇 正高、熊谷 義直*
2022/3/11	Programmable molecular transport achieved by engineering protein motors to move on DNA nanotubes	Science	10.1126/science.abj5170	指宿 良太、森下 達矢*、古田 茜、中山 慎太郎、吉雄 麻喜、小嶋 寛明、大岩 和弘、古田 健也
2022/3/14	S-, C- and L-band transmission over a 157 nm bandwidth using doped fiber and distributed Raman amplification	Optica Journal Optics Express	10.1364/OE.448837	Puttnam Ben、Soares Luis Ruben、Rademacher Georg Friedrich、Manuel Mendez-Astudillio*、Awaji Yoshinari、Furukawa Hideaki
2022/3/15	High-Throughput and Long-distance Transmission with >120nm S-, C- and L-band signal in a 125 $\mu$ m 4-Core Fiber	IEEE Journal of Lightwave Technology	10.1109/JLT.2021.3128725.	Puttnam Ben、Soares Luis Ruben、Rademacher Georg Friedrich、Awaji Yoshinari、Furukawa Hideaki
2022/3/15	A Comparative Study of Few-Mode Fiber and Coupled-Core Multi-Core Fiber Transmission	Journal of Lightwave Technology	10.1109/JLT.2021.3124521	Rademacher Georg Friedrich、Soares Luis Ruben、Puttnam Ben、Ryf Roland*、van der Heide Sjoerd*、Eriksson Tobias*、Fontaine Nicolas K.*、Chen Haoshuo*、Essiambre Rene-Jean*、Awaji Yoshinari、Furukawa Hideaki
2022/3/25	Investigation of amplitude and phase evolution of a short-pulse propagating through a gain saturated semiconductor optical amplifier	IEICE Electronics Express	10.1587/elex.19.20220057	清水 智
2022/3/29	Quadripulse Stimulation: A Replication Study with A Newly Developed Stimulator	Brain Stimulation	10.1016/j.brs.2022.03.006	木村 一皓、宇川 義一*、林 正道、天野 薫

## 5.2.2 口頭発表論文件数

口頭発表論文件数 914件  
(うちNICT研究者筆頭論文 701件)

(注)「口頭発表論文」とは、学会等の定期講演会やシンポジウム等で口頭発表された論文をさす。

## 5.3

# 技術移転

### 5.3.1

## 特許等の有償技術移転実績

令和3年度における、技術移転の実績は以下のとおりである。

*有償技術移転契約数	18件
*移転の対象となった知的財産	60件
(内訳：特許13、ノウハウ12、プログラム24、データベース7、その他4)	

移転先	知的財産の概要	主な知財の種類	発明者所属室等（発明時）
ネットワーク研究所（3件）			
標準化推進団体	試験スクリプト	著作物	ワイヤレスシステム研究室
システムソリューション企業	直流高圧検電器（12相対応版）	ノウハウ	ネットワーク研究所
レーザー機器メーカー	SLR計測システム	外販	宇宙通信システム研究室
ユニバーサルコミュニケーション研究所（1件）			
印刷情報・ネットワーク企業	AI画像認識ソフトウェア	プログラム	情報利活用基盤総合研究室
先進的音声翻訳研究開発推進センター（9件）			
システムソリューション企業	逐次音声翻訳ソフトウェア	プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室 先進的音声技術研究室
システムソリューション企業	翻訳ソフトウェア（特許公報）	特許、プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室
翻訳サービス企業	翻訳ソフトウェア（SMT&NMT）	プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室 先進的音声技術研究室
金融商品サービス企業	翻訳ソフトウェア（金融アナリストレポート）	特許、プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室
総合電気メーカー	翻訳ソフトウェア	プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室
AI導入支援企業	音声翻訳ソフトウェア	プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室 先進的音声技術研究室
翻訳サービス企業	翻訳ソフトウェア	特許、プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室
総合電気メーカー	翻訳ソフトウェア	特許、プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室
AI導入支援企業	音声翻訳ソフトウェア	プログラム、データベース、ノウハウ	先進的翻訳技術研究室 先進的音声技術研究室

移転先	知的財産の概要	主な知財の種類	発明者所属室等（発明時）
サイバーセキュリティ研究所（3件）			
セキュリティシステム企業	NIRVANAリファクタリングソース	著作物	サイバーセキュリティ研究室
ITサービス企業	秘密計算ソフトウェア	特許	セキュリティ基盤研究室
セキュリティシステム企業	Deep Protectソフトウェア（POC）	外販	セキュリティ基盤研究室
未来ICT研究所（1件）			
光計測システム企業	超伝導ナノワイヤ単一光子検出器（SSPD）	特許、 ノウハウ	フロンティア創造総合研究室
ソーシャルイノベーションユニット（1件）			
ロボットメーカー	Wi-SUNインターフェースソフトウェア（自律航行ロボット）	プログラム	ソーシャルICTシステム研究室

## 5.3.2 技術移転関連出展一覧

令和3年度技術移転関連出展一覧

計1回

番号	開催時期	イベント名	開催場所	主催者	出展物等
1	R3.4.14～16	Interop Tokyo 2021	幕張メッセ&ライブ配信	Interop Tokyo 実行委員会	NIRVANA改

## 6 委託研究・助成等、受託研究等

6.1 委託研究、助成等

6.2 受託研究等

# 6.1

## 委託研究・助成等

### 6.1.1

### 高度通信・放送研究開発委託研究一覧

□：令和3年度継続実施研究開発課題

■：令和3年度新規開始研究開発課題

NO	研究開発課題	受託者	実施年度
1	衛星搭載光通信用デバイスの国産化及び信頼性確保に関する研究開発	日本電気(株)	H28～R3
2	スマートコミュニティを支える高信頼ネットワーク構成技術の研究開発	奈良先端科学技術大学院大学ほか8者	H30～R3
3	国際共同研究プログラムに基づく日米連携による脳情報通信研究	東京大学ほか1者	H30～R3
4	欧州との連携によるハイパーコネクテッド社会のためのセキュリティ技術の研究開発	東日本電信電話(株)ほか5者	H30～R3
5	欧州との連携によるBeyond 5G先端技術の研究開発	早稲田大学ほか4者	H30～R3
6	超長期セキュア秘密分散保管システム技術の研究開発	(株)ワイ・デー・ケー	H30～R4
7	マルチコアファイバの実用化加速に向けた研究開発	日本電信電話(株)ほか4者	H30～R4
8	超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発	三菱電機(株)ほか4者	H30～R3
9	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の研究開発	富士通(株)ほか1者	H30～R3
10	5G・Beyond 5Gの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の研究開発	富士通(株)ほか1者	H30～R4
11	Beyond 5Gに向けたモバイル収容大容量光アクセスインフラの研究開発	(株)KDDI総合研究所ほか2者	H30～R3
12	BMIオープンイノベーションのための脳活動マルチモーダル計測データの解析とその応用技術の研究開発	(株)国際電気通信基礎技術研究所	H30～R4
13	国際共同研究プログラムに基づく日米連携による脳情報通信研究(第3回)	東京工業大学ほか2者	R2～R5
14	高度自動運転に向けた大容量車載光ネットワーク基盤技術の研究開発	慶應義塾大学ほか4者	R2～R3
15	Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発	日本無線(株)ほか2者	R2～R3
16	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)	室蘭工業大学ほか22者	R2～R3
17	国際共同研究プログラムに基づく日米連携による脳情報通信研究(第4回)	筑波大学ほか1者	R3～R6
18	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	アンドロボティクス(株)ほか23者	R3～R4
19	自動翻訳の精度向上のための「マルチモーダル情報の外部制御可能なモデリング」の研究開発	東京工業大学ほか5者	R3～R5

## 6.1.2

## 革新的情報通信技術研究開発委託研究一覧

□：令和3年度継続実施研究開発課題

■：令和3年度新規開始研究開発課題

NO	研究開発課題	受託者	実施年度
1	Beyond 5G超大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発	東京工業大学ほか9者	R2～R4
2	Beyond 5G超大容量無線通信を支える空間多重光ネットワーク・ノード技術の研究開発	香川大学ほか4者	R3～R4
3	テラヘルツ帯を用いたBeyond 5G超高速大容量通信を実現する無線通信技術の研究開発	富士通(株)ほか5者	R3～R4
4	Beyond 5Gに向けたテラヘルツ帯を活用した端末拡張型無線通信システム実現のための研究開発	(株)KDDI総合研究所ほか5者	R3～R4
5	Beyond 5G超大容量無線ネットワークのための電波・光融合無線通信システムの研究開発	三重大学ほか4者	R3～R4
6	Beyond 5G次世代小型衛星コンステレーション向け電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発	(株)アクセルスペースほか5者	R3～R4
7	Beyond 5Gを活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現	日本電気(株)ほか1者	R3～R4
8	継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォームの研究開発	シャープ(株)ほか4者	R3～R4
9	超低雑音信号発生技術に基づく300GHz帯多値無線通信に関する研究開発	大阪大学ほか4者	R3～R4
10	Beyond 5G時代に向けた空間モード制御光伝送基盤技術の研究開発	日本電信電話(株)ほか4者	R3～R4
11	行動変容と交通インフラの動的制御によるスマートな都市交通基盤技術の研究開発	東京大学ほか2者	R3～R4
12	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	日本電気(株)ほか1者	R3～R4
13	Beyond 5G超高速・超大容量無線通信システムのためのヘテロジニアス光電子融合技術の研究開発	東北大学ほか4者	R3～R4
14	Beyond 5G通信インフラを高効率に構成するメトロアクセス光技術の研究開発	三菱電機(株)ほか4者	R3～R4
15	NTNノードのネットワーク化技術開発とカバレッジ拡張ユースケースのシステム開発・実証	スカパーJSAT(株)ほか3者	R3～R4
16	スマートモビリティプラットフォームの実現に向けたドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームの研究開発	KDDI(株)ほか1者	R3～R4
17	協調型自律ネットワークの研究開発	沖電気工業(株)ほか2者	R3～R4
18	Beyond 5Gに資するワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス技術／回路技術の研究開発	(株)ブロードバンドタワーほか3者	R3～R4
19	低軌道衛星を利用したIoT超カバレッジの研究開発	東京大学ほか1者	R3～R4
20	移動通信三次元空間セル構成	ソフトバンク(株)	R3～R4

NO	研究開発課題	受託者	実施年度
21	超低消費電力・大容量データ伝送を実現する革新的EOポリマー／Siハイブリッド変調技術の研究開発	徳島大学ほか2者	R3～R4
22	Beyond 5G のレジリエンスを実現するネットワーク制御技術の研究開発	東北大学ほか2者	R3～R4
23	海中・水中IoTにおける無線通信技術の研究開発	九州工業大学ほか1者	R3～R4
24	完全ワイヤレス社会実現を目指したワイヤレス電力伝送の高周波化および通信との融合技術	ソフトバンク(株)ほか2者	R3～R4
25	エマージング技術に対応したダイナミックセキュアネットワーク技術の研究開発	アラクサラネットワークス(株)ほか2者	R3～R4
26	次世代の5次元モバイルインフラ技術の研究開発	日本電気(株)ほか3者	R3～R4
27	テラヘルツ帯チャンネルサウンディング及び時空間チャンネルモデリング技術の開発	新潟大学ほか1者	R3～R4
28	GaN系真空マイクロフォトニクス技術による無線通信用ハイパワーテラヘルツ波発生に関する研究開発	九州大学ほか5者	R3～R4
29	人間拡張・空間創成型遠隔作業支援基盤の研究開発	東京大学ほか1者	R3～R4
30	共鳴トンネルダイオードを用いたテラヘルツ無線通信と映像伝送に関する研究開発	大阪大学ほか4者	R3～R4
31	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	神奈川工科大学ほか3者	R3～R4
32	低コスト・高品質なミリ波・テラヘルツ帯へのB5G対応高周波数移行技術の研究開発	大阪大学ほか1者	R3～R4
33	マルチチャンネル自動接続を実現する赤外自己形成光接続の研究開発	宇都宮大学ほか1者	R3～R4
34	Intelligent Reflecting Surfaceによるプロアクティブな無線空間制御と耐干渉型空間多重伝送技術の研究開発	東北大学ほか1者	R3～R4
35	Beyond5Gの高速通信・低遅延等に適したエッジAIソフトウェアの開発と動作実証に関する研究開発	大阪大学	R3～R4
36	空間並列チャンネル伝送に向けた垂直入射型ナノハイブリッド光変調器・受信器の研究開発	東京大学ほか3者	R3～R4
37	B5G超低消費電力高効率ネットワーク構成に向けた高機能材料の研究開発	産業技術総合研究所ほか2者	R3～R4
38	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	早稲田大学ほか2者	R3～R4
39	超多数・多種移動体による人流・物流のためのダイナミックセキュアネットワークの研究	ジャパンデータコム(株)ほか1者	R3～R4
40	関数型パラダイムで実現するB5G時代の資源透過型広域分散コンピューティング環境	東京大学ほか5者	R3～R4
41	300GHz帯アンテナ評価技術の実用化	(株)フォトニック・エッジほか1者	R3～R4
42	Beyond 5G超大容量無線通信を支えるテラヘルツ帯のチャンネルモデル及びアプリケーションの研究開発	シャープ(株)ほか2者	R3～R4
43	欧州との連携による300GHzテラヘルツネットワークの研究開発	岐阜大学ほか2者	R3～R4
44	次世代公衆無線LANローミングを用いたオープンかつセキュアなBeyond 5Gモバイルデータオフローディング	京都大学ほか3者	R3～R4

## 6.1.3 革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR）

No.	助成事業の名称	助成金の交付の決定を受けた事業者	実施年度
1	超低遅延通信を活かした感情解析技術によるリアルタイムコミュニケーション支援事業	株式会社Imbesideyou	R3～R4
2	5GとLPWA技術の融合による大容量・省電力分散同期通信基盤を用いた被災度判定サービス	ソナス株式会社	R3～R4
3	港湾スマート化のためのデジタルツイン環境の構築	ナシュア・ソリューションズ株式会社	R3～R4

## 6.1.4

# 海外研究者招へい・国際研究集会開催支援

### (1) 国際交流プログラム海外個別招へい

No.	研究テーマ	招へい研究者名	受入機関
1	安全な擬似乱数生成器を用いた効率的なセキュア通信に関する研究	Ali Md. Arshad アリ エムディ アーシャド	岡山大学
2	IoT向け軽量暗号の安全性評価と低遅延暗号の設計	Liu Fukang リュ フウコウ	兵庫県立大学

### (2) 国際交流プログラム国際研究集会開催支援

No.	研究集会名	実施主体
1	人と情報システムの相互作用に関する国際会議	東北大学
2	第32回IEEEインテリジェントビークル国際シンポジウム	東海国立大学機構
3	第26回微小光学国際会議	応用物理学会
4	最新画像技術国際会議2021／プリンティング・フォー・ファブ리케이션2021	日本画像学会
5	第24回二次元電子系国際会議／第20回半導体超構造国際会議 合同国際会議	東京大学
6	第18回モバイル・ユビキタスシステムに関する国際会議	大阪大学
7	2021年 最先端通信技術に関する国際会議	電子情報通信学会
8	アジア太平洋信号情報処理協会年次サミット	東京農工大学

## 6.2

## 受託研究等

## 6.2.1

## 受託研究

制 実施主体	度 制度名	課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間
総務省	電波資源拡大 のための研究 開発	高ノイズ環境における周波数 共用のための適応メディアア クセス制御に関する研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *松村 武、板谷 聡子、大堀 文子、大澤 智喜、大須賀 徹	R1～R3
		無人航空機の日視外飛行にお ける周波数の有効利用技術の 研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *松田 隆志、三浦 龍、単 麟	R1～R3
		セキュリティ強化に向けた移 動物体高度認識レーダー基盤 技術の研究開発	Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター *寶迫 巖、齋藤 伸吾	R1～R3
		集積電子デバイスによる大容 量映像の非圧縮低電力無線伝 送技術の研究開発	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター *笠松 章史 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室 原 紳介、董 鋭冰、Mohamed Mubarak、渡邊 一世、 関根 徳彦、田野井 聡、萩野 達雄 テラヘルツ研究センター 寶迫 巖、小川 博世	R1～R4
		第5世代移動通信システムの 更なる高度化に向けた研究開 発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *松村 武、李 可人、伊深 和雄、廖 偉舜、趙 欧、 川崎 耀、小松 和暉	R1～R4
		電波の有効利用のためのIoT マルウェア無害化/無機能化 技術等に関する研究開発	サイバーセキュリティ研究所 サイバーセキュリティ研究室 *高橋 健志、韓 燦洙、班 涛、藤田 彬、Ndichu Samuel、 古本 啓祐、中村 大典、海崎 光宏、梅村 勇貴、 倍味 幸平	R2～R4
		HAPSを利用した無線通信シ ステムに係る周波数有効利用 技術に関する研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *三浦 龍、松田 隆志、単 麟、松村 武 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 辻 宏之、菅 智茂、大倉 拓也	R2～R5
		仮想空間における電波模擬シ ステム技術の高度化に向けた 研究開発	Beyond5G研究開発推進ユニット *寶迫 巖 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 原田 博司 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 松村 武、沢田 浩和、飯草 恭一、松田 隆志、李 可人、 村上 誉、表 昌佑、Villard Gabriel Porto、森山 雅文、 伊深 和雄、川崎 耀、Haniz Azril、趙 欧、 Liao Wei Shun、菅 良太郎、小松 和暉 ソーシャルイノベーションユニット 原井 洋明 ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター 児島 史秀	R2～R5

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間
実施主体	制度名			
総務省	電波資源拡大のための研究開発	仮想空間における電波模擬システム技術の高度化に向けた研究開発	ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター テストベッド研究開発運用室 宮地 利幸、井上 朋哉、三輪 信介、高木 雅裕、 石田 陽太、三浦 良介、高橋 佑輔、藤川 賢治、 赤井 哲志	R2～R5
		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	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター *豊嶋 守生 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 辻 宏之、三浦 周、高橋 卓、吉村 直子、森川 栄久、 久保岡 俊宏、飯草 恭一、織笠 光明、大川 貢、阿部 侑真、 大倉 拓也、菅 智茂、布施 哲治、Kolev Dimitar、 若菜 弘充、山本 伸一、鄭 炳表、高橋 靖宏、鈴木 健治、 関口 真理子、白玉 公一、國森 裕生、大津留 豪	R2～R6
		リアルタイムアプリケーションを支える動的制御型周波数共用技術に関する研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *松村 武、板谷 聡子、大堀 文子、大須賀 徹	R3～R5
		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	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター ナノ機能集積ICT研究室 *梶 貴博、鎌田 隼 Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 諸橋 功、菅野 敦史	R3～R6
		安全な無線通信サービスのための新世代暗号技術に関する研究開発	サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室 *青野 良範、伊藤 琢真、黒川 貴司、篠原 直行 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 滝沢 賢一	R3～R6
	生体電磁環境研究及び電波の安全性に関する評価技術研究	電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室 *渡辺 聡一、多氣 昌生、大西 輝夫、松本 泰、 山中 幸雄、藤井 勝巳、後藤 薫、Liu Sen、飛田 和博、 幾代 美和、塩田 貞明、呉 奕鋒、長岡 智明、 佐々木 謙介、亀谷 和久	R1～R5
		Beyond 5G/6G 等の多様化する新たな無線システムに対応した電波ばく露評価技術に関する研究	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 電磁環境研究室 *長岡 智明、渡辺 聡一、多氣 昌生、大西 輝夫、 水野 麻弥、佐々木 謙介、藤井 勝巳、清水 悠斗、 櫛山 祐次郎、Andrenko Andrii、川上 博士、山崎 祥他	R3～R7
	電波利用料財源電波監視等実施費による委託業務	標準電波による無線局への高精度周波数の提供	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室 *井戸 哲也、松原 健祐、伊東 宏之、土屋 茂、小竹 昇、 大坪 望、齊藤 春夫、岩間 司、今村 國康、宮内 結花、 碓氷 ひろみ、有村 智、市川 隆一、後藤 忠広、藤枝 美穂、 熊谷 基弘、長野 重夫、蜂須 英和、原 基揚、 Nils Nemitz、矢野 雄一郎、李 瑛、森川 真樹、 和久井 健太郎、木原 亜美、小室 純一	-
		電波伝搬の観測・分析等の推進	電磁波研究所 *平 和昌 電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 石井 守 電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室 津川 卓也、久保 勇樹、亘 慎一、石橋 弘光、坂口 歌織、 陣 英克、田 光江、中溝 葵、西岡 未知、前野 英生、 大辻 賢一、塩田 大幸、齊藤 慎司、品川 裕之、 Hozumi Kornyanat、埜 千尋、西塚 直人、直井 隆浩、 永原 政人、山川 浩幸、中山 健司、高橋 直子、 穂積 裕太	-

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間
実施主体	制度名			
総務省	電波利用料財 源電波監視等 実施費による 委託業務	電波伝搬の観測・ 分析等の推進	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室 川村 誠治、児島 正一郎、佐藤 晋介、花土 弘、 岩井 宏徳、上本 純平、大野 裕一、堀江 宏昭、青木 誠、 金丸 佳矢、牛腸 正則、萩原 雄一郎、辻 隆之 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 辻 宏之、高橋 卓、森川 栄久、吉村 直子、三浦 周、 川崎 和義、阿部 侑真、山本 伸一、大倉 拓也、菅 智茂、 織笠 光明 ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター 児島 史秀、村上 聡、的場 真一、寺田 健次郎、 齋藤 祐貴、高橋 佑輔、中村 一彦、平野 研太、 長倉 恭子、青野 浩明、横山 達也、平峰 ゆう、 藤川 賢治、石井 秀治、木全 崇、宮地 利幸、宮澤 義幸、 井上 朋哉、赤井 哲志、瀧本 周平	-
	情報通信技術 の研究開発	衛星通信における量子暗号技 術の研究開発	量子ICT協創センター *佐々木 雅英、遠藤 寛之 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 藤原 幹生、小澤 俊介、北村 正雄、西澤 亮二 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 豊嶋 守生 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 辻 宏之、久保岡 俊宏、布施 哲治、高橋 靖宏、 斉藤 嘉彦、 Kolev Dimitar、Alberto Carrasco-Casado、小竹 秀明、 Trinh Viet Phuc、白玉 公一、中園 純一 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 三浦 龍、松田 隆志	H30～R4
		グローバル量子暗号通信網構 築のための研究開発	量子ICT協創センター *佐々木 雅英、小林 宏明、遠藤 寛之、加藤 一郎 未来ICT研究所 武岡 正裕 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 藤原 幹生、都筑 織衛 未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 寺井 弘高、三木 茂人、藪野 正裕	R2～R6
	多言語翻訳技術の高度化に関 する研究開発	ユニバーサルコミュニケーション研究所 先進的音声翻訳研究開発推進センター 先進的翻訳技術研究室 *隅田 英一郎、内山 将夫、藤田 篤、田中 英輝、 王 一然、東山 翔平 ユニバーサルコミュニケーション研究所 先進的音声翻訳研究開発推進センター 先進的音声技術研究室 河井 恒、水上 悦雄	R2～R6	

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間	
実施主体	制度名				
総務省	情報通信技術 の研究開発	先進的仮想化ネットワークの 基盤技術の研究開発	ネットワーク研究所 *原井 洋明 ネットワーク研究所 ネットワークアーキテクチャ研究室 Ved Prasad Kafle、宮澤 高也、地引 昌弘、平山 孝弘、 石井 秀治	R3	
		次世代省エネ型デバイス関連 技術の開発・実証事業	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター グリーンICTデバイス研究室 *東脇 正高、上村 崇史、大槻 匠、Sandeep Kumar、 Zhenwei Wang、北田 貴弘	R3～R5	
		脳の仕組みに倣った省エネ型 人工知能関連技術の開発・実 証事業	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター *柏岡 秀紀 未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 村田 勉、下川 哲也、細田 一史	R3～R5	
		ひまわりの高機能化研究技術 開発	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター *石井 守 電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室 津川 卓也、久保 勇樹、長妻 努、坂口 歌織、齊藤 慎司、 大辻 賢一、穂積 裕太	R3～R5	
		グローバル量子暗号通信網構 築のための衛星量子暗号技術 の研究開発	量子ICT協創センター *佐々木 雅英、遠藤 寛之、鈿吉 薫、半村 清孝 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 藤原 幹生、小澤 俊介、北村 正雄、西澤 亮二 未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 寺井 弘高、三木 茂人 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 豊嶋 守生 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 辻 宏之、吉村 直子、高橋 靖宏、齊藤 嘉彦、中園 純一、 小竹 秀明	R3～R7	
		テラヘルツ波を用いた月面の 広域な水エネルギー資源探査	Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター *笠井 康子 Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 山田 崇貴、王 蘇芸、川田 宗靖	R3～R7	
		南極地域観測 事業における 電離層観測の 委託業務	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室 *津川 卓也、前野 英生、西岡 未知、石橋 弘光、 直井 隆浩、永原 政人	-	
		戦略的情報通 信研究開発推 進事業 (SCOPE)	原子スペクトルを利用した超 高安定発振器チップに関する 研究開発	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室 *原 基揚	R1～R3
			超高密度IoTを実現する非同 期パルス符号多重通信の研究 開発	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *Peper Ferdinand、Leibnitz Kenji	R2～R4
			反射伝搬を用いたテラヘルツ 帯ポイントツーポイント無線 アクセス技術の研究開発	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室 *原 紳介、渡邊 一世 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 笠松 章史	R3

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間
実施主体	制度名			
総務省	戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)	船用プロペラ運航モニタリングのための海中無線通信技術の研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *菅 良太郎、松田 隆志 ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 滝沢 賢一	R3～R5
文部科学省	科学技術試験研究委託事業 量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)	量子計測・センシング技術研究開発/量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究(東京工業大学 再委託)	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *寺井 弘高 未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室 *寺井 弘高、三木 茂人、宮嶋 茂之、藪野 正裕、知名 史博、美馬 寛	H30～R3
		知的量子設計による量子ソフトウェア研究開発と応用 (大阪大学 再委託)	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *仙場 浩一、吉原 文樹、Ashhab Sahel ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 滝沢 賢一 サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室 青野 良範	R2～R3
		①[Flagship] 超伝導量子コンピュータの研究開発/量子情報処理に関するネットワーク型研究拠点 (理化学研究所 再委託)	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *寺井 弘高、丘 偉、高木 佳寿代	R2～R3
		月面活動に向けた測位・通信の網羅的なアーキテクチャ検討と技術開発 (JAXA 再委託)	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室 *斉藤 嘉彦、小竹 秀明	R3-R4
国立研究開発法人科学技術振興機構	戦略的創造研究推進事業 チーム型研究 (CREST)	社会脳科学と自然言語による社会的態度とストレスの予測/実社会行動の神経基盤	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *春野 雅彦、田中 敏子、森 数馬 脳情報通信融合研究センター 企画室 沼野 正太郎、藤原 万櫻 未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 柏岡 秀紀	H27～R3
		プライバシー保護データ解析技術の社会実装/プライバシー保護データ解析技術の高度化と社会実装	サイバーセキュリティ研究所 *盛合志帆 サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室 野島 良、レ チュウ フォン、王 立華、江村 恵太、金森 祥子、伊藤 琢真 サイバーセキュリティ研究所 企画室 山本 俊太郎、芹澤 大輔	H31～R3
		グローバル量子ネットワーク/高効率・低雑音を兼ね備えた光子数識別器の開発	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *三木 茂人、藪野 正裕、宮嶋 茂之、寺井 弘高、知名 史博	H28～R3
		ナノ光学と光カオスを用いた超高速意思決定メカニズムの創成/フォトニック意思決定メカニズムの創成	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター 光アクセス研究室 *赤羽 浩一、松本 敦 未来ICT研究所 大岩 和弘 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 笠松 章史、 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室 原 紳介、董 鋭冰、田野井 聡	H29～R4
		超伝導量子メタマテリアルの創成と制御	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *仙場 浩一、吉原 文樹、布施 智子、金 鮮美 未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 寺井 弘高、丘 偉	H29～R4

制 度	課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間	
実施主体	制度名			
国立研究開発法人科学技術振興機構	戦略的創造研究推進事業 チーム型研究 (CREST)	オンチップ・イオントラップによる量子システム集積化／オンチップ・イオントラップデバイスの研究開発	Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 *関根 徳彦、諸橋 功、古澤 健太郎	H29～R4
		オンチップ・イオントラップによる量子システム集積化／オンチップ・イオントラップによる光クロックの研究開発	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *早坂 和弘	H29～R4
		情報網に潜む因果構造解析と高次元脳計測による意識メータの創出／高次元・能動的脳計測系の基盤開発	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 企画室 *鈴木 隆文、白木 晴子 脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室 海住 太郎、深山 理、高橋 めぐみ、朴 成哲	H30～R4
		非古典スピン集積システム／非古典スピン集積システム；ソフトウェアとデバイス	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *Peper Ferdinand	R2～R4
		時空間を一括取得する超高速超解像光センサー／超高速超解像光センサーの顕微イメージングへの応用研究	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター バイオICT研究室 *松田 厚志 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 井原 章之 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高速周波ICT研究室 浜崎 淳一	R3～R4
		時空間を一括取得する超高速超解像光センサー／光変調アレイデバイスの開発	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター 光アクセス研究室 *山口 祐也、山本 直克、赤羽 浩一、梅沢 俊匡、菅野 敦史	R3～R4
		安全性と有用性の保証のあるヘルスケア匿名コホート基盤／高次元データに対するプライバシー保護技術の研究開発	サイバーセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室 *野島 良、レチュウフォン、江村 恵太、王 立華、伊藤 琢磨、金森 祥子、阿部 妙子	R3～R4
	戦略的創造研究推進事業 AIP加速課題	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室 *佐藤 晋介、花土 弘、川村 誠治、磯田 総子 業務企画部 DX企画推進室 岩爪 道昭 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 紺野 友彦	H31～R3	
	戦略的創造研究推進事業 ベルモントフォーラム CRA	自然保護区が社会経済に及ぼす影響の多国融合研究を通じた新たなデータ共有・再利用手法の構築 (PARSEC)	NICTナレッジハブ *村山 泰啓	R1～R4
	国際科学技術共同研究推進事業 戦略的国際共同研究プログラム (SICORP)	地すべりのモニタリングと予報システムの構築／現地観測とデータ伝送システムの構築	ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター *村田 健史 ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 大和田 泰伯	H31～R3
	戦略的創造研究推進事業 個人型研究 さきがけ	人工神経回路フィードバックによる主観的時間の制御	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室 *林 正道、藤原 夏葉	R1～R4
		脳情報に基づいたAIの信頼性評価技術の開発	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *西田 知史、Blanc Antoine、小山 ひとみ	R2～R4
	戦略的創造研究推進事業 個人型研究 ACT-X	環境ストレス応答を担う脳内神経ペプチド産生細胞の機能的連関	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 神経網ICT研究室 *原 佑介	R1～R3

制 度	課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間	
実施主体	制度名			
国立研究開発法人科学技術振興機構	戦略的創造研究推進事業 総括実施型研究 (ERATO)	ERATO 中村巨視的量子機械プロジェクト/超伝導配線3次元実装化および高品質窒化物超伝導回路に関する研究	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *寺井 弘高、丘 偉、菱田 有二	H28～R3
		ERATO 池谷脳AI融合プロジェクト/池谷ERATOプロジェクトにかかる脳情報解析の基盤技術開発	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室 *番 浩志、羽倉 信宏、村上 奈緒美、林 美保、市川直人 未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 篠崎 隆志	H30～R4
	未来社会創造事業	クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築/秒の再定義を見据えた光格子時計ネットワークの設計と統合運用技術の開発	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室 *井戸 哲也、蜂須 英和、Nemitz Nils、李 瑛、熊谷 基弘、藤枝 美穂、大坪 望	H31～R4
	研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)	異種材料のレーザ接合を実現するマイクロライダーによるレーザ加工システムの開発	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター フォトニックネットワーク研究室 *古川 英昭、牧野 健、橋本 崇弘	R1～R3
		Si/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター ナノ機能集積ICT研究室 *大友 明、富成 正裕、横濱 秀雄、梶 貴博、田中 孝一、上田 里永子、鎌田 隼、山田 俊樹、小原 周	H30～R3
		生物に学ぶ表面構造と樹脂製抗菌・殺菌材の開発	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター バイオICT研究室 *小嶋 寛明	R2～R4
	ムーンショット型研究開発事業制度	ネットワーク型量子コンピュータによる量子サイバースペース/高性能光子検出技術開発	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *三木 茂人、藪野 正裕、知名 史博	R2～R4
		誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現/脳反応計測	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *春野 雅彦、榎本 一紀	R2～R4
		イオントラップによる光接続型誤り耐性量子コンピュータ/高性能イオントラップ作製・評価技術の確立	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *早坂 和弘、達本 吉朗 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室 関根 徳彦、古澤 健太郎、諸橋 功 電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室 和久井 健太郎	R2～R4
		超伝導量子回路の集積化技術の開発/エピタキシャル接合を用いた量子ビットの研究開発	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *吉原 文樹、仙場 浩一、Ashhab Sahel、布施 智子、金 鮮美 未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 寺井 弘高、丘 偉、瀬戸浦 真衣	R3～R4
		超伝導量子回路の集積化技術の開発/超伝導SISミキサを用いた低雑音マイクロ波増幅器の開発	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 超伝導ICT研究室 *川上 彰	R3～R4
		研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム	乳幼児からの健やかな脳の育成による積極的自立社会創成拠点 (R1年度までは「人間力活性化によるスーパー日本人育成拠点」)	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター *田口 隆久、柳田 敏雄 未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳機能解析研究室 成瀬 康、春野 雅彦、常 明、榎本 一紀、田中 敏子
	PM育成・活躍推進プログラム	『音声マルチスポット再生技術の実用化』に係る調査研究/「音声マルチスポット再生技術の社会展開」	グローバル推進部門 国際連携推進室 (契約書上：イノベーションデザインイニシアティブ 共創デザインプロジェクト) *疋田 啓太 先進的音声翻訳研究開発推進センター 先進的音声技術研究室 岡本 拓磨	R3～R3

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (*：研究代表者又は主担当者)	研究期間
実施主体	制度名			
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術	高度マルチモーダル対話処理技術/ Web等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究	ユニバーサルコミュニケーション研究所 *鳥澤 健太郎 ユニバーサルコミュニケーション研究所 データ駆動知能システム研究センター *大竹 清敬、飯田 龍、呉 鍾勲、クロエツェー ジュリアン、田仲 正弘、水野 淳太、浅尾 仁彦、釜谷 博子、福原 裕一、木下 温夫、松本 隆、井上 竜矢、田中 真知子、原 紀代子、今村 佳子、村上 麻佐美、パビトラ レンカ、鎌倉 まな、緒方 桂、二宮 大空	H30～R4
	ロボットドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト	無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発/ 遠隔からの機体識別および有人航空機との空域共有に関する研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *三浦 龍、松田 隆志、単 麟、越川 三保	R1～R3
	ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業	先導研究(委託)/ 極限時刻同期に基づく革新的通信デバイスと応用開拓	ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室 *滝沢 賢一、志賀 信泰、安田 哲、森山 雅文	R2～R3
		先導研究(委託)/ フロントホール向け大容量光リンク技術の研究開発	ネットワークシステム研究所 フォトリックネットワークシステム研究室 品田 聡、赤羽 浩一、清水 智、松本 敦、Soares Luis Ruben	R2～R3
		ポスト5G情報通信システムの開発/ 超低遅延向けSDR対応5G半導体チップの研究開発	ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター ワイヤレスシステム研究室 *松村 武、森山 雅文、松田 隆志、村上 誉、伊深 和雄、川崎 耀	R3～R4
国立研究開発法人防災科学研究所	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/ 国家レジレンス(防災・減災)の強化	避難・緊急活動支援統合システムの研究開発/ 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/ 通信網構築技術	ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター *久利 敏明、大和田 泰伯、佐藤 剛至、天間 克宏	H30～R4
		避難・緊急活動支援統合システムの研究開発/ 対話型災害情報流通基盤の研究開発	ユニバーサルコミュニケーション研究所 データ駆動知能システム研究センター *大竹 清敬、松本 隆、鳥澤 健太郎	H30～R4
		線状降水帯の早期発生および発達予測情報の高度化と利活用に関する研究/ 水蒸気・降水マルチセンシング技術開発	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室 *川村 誠治、花土 弘、佐藤 晋介、岩井 宏徳、金丸 佳矢、辻 隆之	H30～R4
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/ 光・量子を活用したSociety5.0実現化技術	量子暗号化技術/ 量子セキュアクラウドシステムの構築と実証	未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 量子ICT研究室 *藤原 幹生、松尾 昌彦、都筑 織衛、西澤 亮二、北村 光雄、小澤 俊介、雑賀 敏宏、浅野 峰子 サイバーセキュリティ研究所 盛合志帆 未来ICT研究所 武岡 正裕 量子ICT協創センター 遠藤 寛之、小林 宏明	H30～R4
(独)日本学術振興会	二国間交流事業 共同研究・セミナー	日韓の光格子時計及びセシウム原子泉における周波数比較及び合成時刻信号の生成	電磁波研究所 電磁波標準研究センター 時空標準研究室 *井戸 哲也、藤枝 美穂、熊谷 基弘、蜂須 英和、Nemitz Nils、大坪 望、矢野 雄一郎、後藤 忠広、市川 隆一	H31～R3
		ガンマ帯脳波のニューロフィードバック法の開発と実装に関する研究	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳機能解析研究室 *成瀬 康、横田 悠右、渡部 宏樹	R3～R4
国土交通省	交通運輸技術開発推進制度	ジェットエンジン出力停止および航法計器異常を引き起こす高濃度氷晶雲の実態把握と検出法・予測法開発に関する基礎的研究	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室 *堀江 宏昭	R1～R3

制 度		課 題 名	NICTの実施部署及び参加研究者 (* : 研究代表者又は主担当者)	研究期間
実施主体	制度名			
環境省	革新的な省CO <sub>2</sub> 型感染症対策技術等の実用化加速のための実証事業 環境省	脱炭素社会に貢献する265nm帯高強度深紫外LED開発とウィルス不活性化・CO <sub>2</sub> 排出削減効果実証	未来ICT研究所 神戸フロンティア研究センター 深紫外光ICT研究室 *井上 振一郎、松下 智紀、Hao GuoDong、韋 靈傑、鷲山 瞬、谷口 学、吉田 啓二、神岡 武文	R3~R3
(独)環境再生保全機構	環境研究総合推進費	大気モニタリングネットワーク用低コスト高スペクトル分解ライダーの開発(国立環境研究所 再委託)	電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室 *青木 誠	R2-R3
国立研究開発法人国立環境研究所		温室効果ガス・水循環観測技術衛星による二酸化窒素濃度観測に関する導出アルゴリズムの開発、データ処理系の構築、プロダクト検証体制の構築及びデータの利活用研究	Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センター *笠井 康子、寶迫 巖、 Beyond5G研究開発推進ユニット テラヘルツ研究センターテラヘルツ連携研究室 佐藤 知紘、中川 真帆、寺園 淳也、中村 綾乃、奈良 誠大、佐藤 滋	R2-R3
一般受託	RESTART 2016-2020 RPF キプロス大学	Photonically Enabled Metasurfaces for 5G	ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター 光アクセス研究室 *菅野敦史、Pham Tien Dat	R1~R3
	一般企業	低遅延・多数接続を実現する無線アクセス技術 ~モビリティ分野への拡張~	ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室 *滝沢 賢一、児島 史秀、森山 雅文、黒澤 敦	R2~R3
	一般企業	非再生中継通信等を利用した無線アクセス技術 ~モビリティ分野への拡張~	ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 *滝沢 賢一	R3~R4
	一般企業	<機密保持に基づき記載しない>	サイバーセキュリティ研究所 サイバーセキュリティ研究室 *井上 大介、伊沢 亮一、有末 大、丑丸 逸人、 豎野 有久美、後藤 薫	R3~R3
	香南市防災情報通信・管理システム開発業務	複数の通信システムから構成される柔軟かつ効率的な耐災害通信システムの研究開発	ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター サステナブルICTシステム研究室 *久利 敏明、大和田 泰伯、天間 克宏、佐藤 剛至、 及川 壽雄	R2~R4
	成人の自閉症スペクトラム障害に関する文理融合型の共同研究	ビッグデータ解析に基づく自閉症の細分類とその神経基盤の解明	未来ICT研究所 脳情報通信融合研究センター 脳情報工学研究室 *春野 雅彦	R2~R3

## 6.2.2

## 研究助成金の受け入れによる研究（個人）

注意：科研費は期中で出入りがあるため、リストの数（年初交付申請数）とは一致しない。通常助成金は、R3に実施があるもののみ。（終了後の残金があるもの・来年度開始で採択分は含まない）

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 （*：研究代表者）	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
(独)日本学術 振興会	科学研究費助 成事業	新学術領域研 究 (研究領域提 案型)	ヒト意思決定における大脳皮質・皮 質下領域の脳情報動態の解明と利用	*春野 雅彦	H29～R4
			生体発動分子の創成：自然界の生体 分子の改造とゼロからの設計	*古田 健也	H30～R4
			知覚学習と脳刺激による主観的時間 の操作	*林 正道	R1～R3
			実験生態系を用いた生態系変化の情 報物理学的理解	*細田 一史	R2～R3
			神経活動の時間的ダイナミクスに埋 め込まれる未来の運動情報の研究	*羽倉 信宏	R3～R4
			脳結合操作による時間情報処理ネッ トワークの因果的解明	*林 正道	R3～R4
		基盤研究(S)	超伝導シングルフォトンカメラによ る革新的イメージング技術の創出	*寺井 弘高	H30～R4
		基盤研究(A)	ミリ波で観る地球 - 高精度水蒸気モ ニターで切り拓く次世代自然ハザード 精密予測	*市川 隆一、佐藤 晋介	H30～R3
			社会脳を支える安静時ネットワーク とワーキングメモリネットワークの 動的相互作用	*苧阪 満里子	H30～R4
			記憶の局所フィードバック仮説一そ の中枢単一同定ニューロンでの検証	*吉原 基二郎	R1～R3
			金属・半導体多層系フアノ共鳴励起 による深紫外LEDの輻射場制御	*井上 振一郎、Hao GuoDong	R2～R6
			経験依存的な性指向性決定機構のシ ョウジョウバエモデルでの解析	*山元 大輔	R3～R5
		基盤研究(B)	行為が知覚を「創りだす」脳内メカ ニズムの解明	*羽倉 信宏	H30～R3
			ワイヤレス時刻同期脳波計の開発と 多人数同時脳波計測による共感に関 する研究	*成瀬 康	H30～R3
			時間情報読み出し機構の脳局在性の 検証	*林 正道	H30～R4
			自然光の高速レンズレス分光3次元 動画イメージング法の創成	*田原 樹	H30～R3
			ショウジョウバエにおける求愛定位 行動解発の神経回路メカニズム	*古波津 創	H30～R4
			情報通信資源としての深紫外帯の再 探索	*淡路 祥成、吉田 悠来	R1～R3
			超伝導単一光子検出素子の集積化に よるオンチップ量子光学回路の実現	*三木 茂人、藪野 正裕、 宮嶋 茂之、寺井 弘高	R1～R3
			観光誘致のためのVR映像の効率的 な利活用に関する実証研究	*室野 栄、成瀬 康、今井 弘二	R1～R3
			パワーデバイス応用に向けた酸化ガ リウム/IV族半導体直接接合界面形 成	*東脇 正高	R1～R4

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 (* : 研究代表者)	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
(独)日本学術 振興会	科学研究費助 成事業	基盤研究(B)	生細胞内で1nmの距離測定精度を実現する超解像蛍光イメージング	*松田 厚志、浜崎 淳一	R1～R4
			脳循環代謝カップリング解明に向けたfMRI定量化と高解像度脳酸素代謝計測法の開発	*黄田 育宏	R1～R4
			交差共鳴磁束バイアスによる超伝導量子ビット測定法の研究開発	*吉原 文樹	R1～R5
			CMB観測の超高感度化に向けた超電導ラジオメーターの開発	*美馬 覚	R2～R4
			無意識的な運動学習系を利用した歩容改善支援システムの開発：健康寿命延伸に向けて	*平島 雄也	R2～R4
			自己検証・自己回復能力を持つ構造化オーバーレイネットワーク	*寺西 裕一	R2～R4
			情報指向ネットワークコンピューティングによるネットワークサービスプラットフォーム	*朝枝 仁、速水 祐作、大岡 睦	R2～R5
			運動領野から視覚領野へのクロスモーダル抑制の機能的役割および形成ルールの解明	*守田 知代	R2～R5
			皮質脳波BMIのニューロリハビリテーションへの応用	*鈴木 隆文	R3～R5
			運動伝染を利用した動作トレーニングシステムの開発	*池上 剛	R3～R5
			脳情報空間を介してマルチモーダル認識問題を解く脳融合型AIの開発	*西田 知史	R3～R5
			マルチモーダル脳イメージングによるヒト脳空間視覚情報処理機構の個人特徴の解明	*竹村 浩昌	R3～R5
			VR環境下におけるヒト3D視覚特徴抽出機構の解明とその応用	*番 浩志	R3～R6
			昆虫精子鞭毛の運動解析から明らかにする鞭毛波形成・伝播の普遍的メカニズム	*大岩 和弘	R3～R6
		複数人動画同時視聴時の脳波等の生体情報データベース構築による共感モデルの構築	*成瀬 康	R3～R6	
		基盤研究(C)	MRI撮像における胎児内SARと温度上昇の高精度評価	*長岡 智明	H29～R4
			話し合いに相転移をもたらす談話行動の研究	*水上 悦雄	H29～R4
			広帯域・室温動作の連続発振テラヘルツ光源の開発	*梶 貴博	H30～R3
			磁場アセンブリ法による2次元部品の縦配置技術開発と遮熱構造への応用	*青木 画奈	H30～R4
			日本語音声の時間構造処理機構モデルの研究	*加藤 宏明	H30～R4
			アクティブマルチスポット音空間再生システムの開発	*岡本 拓磨	H30～R4
量子ビット-調和振動子結合系におけるシュレディンガー猫状態の制御	*布施 智子		R1～R3		

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 (* : 研究代表者)	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
(独)日本学術 振興会	科学研究費助 成事業	基盤研究(C)	直接検波器アレーの空間的冗長性を用いた位相回復型光コヒーレントレシーバ	*吉田 悠来	R1～R3
			皮質脳波の長期超高密度多点計測による運動情報の解読とBMIへの応用	*海住 太郎	R1～R3
			報酬と罰に基づく社会行動における神経基盤解明	*榎本 一紀	R1～R3
			Construction of a computational model to deal with the cocktail-party problem for intelligent speech interface	*Lu Xugang	R1～R3
			磁気流体近似プラズマ乱流から生成される運動論的プラズマ乱流の性質	*齊藤 慎司	R1～R4
			大気圏電離圏モデルGAIAの拡張による多領域相互作用下の電離圏嵐の発生・伝搬解析	*埜 千尋	R1～R4
			超高磁場MRI：多素子並列RF励起技術の安全性確立と局所超高分解能撮像への展開	*上口 貴志	R1～R4
			セキュリティレベルを更新可能とするアクセス構造を備えた最適秘密分散に関する研究	*吉田 真紀	R1～R4
			エッジコンピューティングの安全なグローバル利用に関する研究	*山中 広明	R1～R4
			自然視覚経験下の空間認識を支える脳内表現の定量的モデル化	*和田 充史	R1～R4
			相同染色体対合に寄与するRNAタンパク質複合体のダイナミクス	*Ding Da-Qiao	R1～R4
			SAR画像中で自動認識された建物・樹木等のフットプリントに関する応用研究	*上本 純平	R1～R5
			体積ホログラムを用いたモード多重光源の研究開発	*品田 聡	R2～R4
			周波数領域光信号処理を利用した最適化演算加速器に関する研究	*清水 智	R2～R4
			プライバシー保護とデータ利活用を両立させるモジュール構成可能な暗号技術	*大久保 美也子	R2～R4
			外力・応力情報を用いたベイズ推定による脳波アーチファクト除去の高精度化	*梅原 広明	R2～R4
			脳における情報の高効率なゲーティング機構の解明	*篠崎 隆志	R2～R4
			異業種データマイニング向けプライバシー保護機械学習メカニズムに関する研究開発	*Wang Lihua	R2～R5
			超多チャンネル型光ネットワークにおける高速周波数資源割当制御に関する研究	*廣田 悠介	R3～R5
			絶縁基板上グラフェンの転写レス微細パターン形成および電極接続の手法開拓とナノ評価	*田中 秀吉、富成 征弘	R3～R5
Bi系化合物半導体量子ドットによる完全温度無依存レーザ	*赤羽 浩一	R3～R5			

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 (*: 研究代表者)	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
(独)日本学術 振興会	科学研究費助 成事業	基盤研究(C)	情報指向ネットワークによる情報の 価値に基づくデータトランスポート システム	*松園 和久	R3~R5
			生体の調和的律動構造：脳磁界計測 による検証	*大塚 明香、西本 博則	R3~R5
			データの利活用を促進するセキュア システムの証明可能安全性に関する 研究	*江村 恵太	R3~R6
		挑戦的研究 (萌芽)	体性神経系の恒常性を活用した新しい 手指痙縮軽減法の提案	*内藤 栄一	R1~R3
			疲労やモチベーションなどの内的な 状態により変化する脳の余裕度定量 評価	*成瀬 康	R1~R3
			序列関係の中で協力・競合を決める 神経回路の特定	*春野 雅彦	R2~R4
			3D自然画像観察中のヒト眼球運動 データベース構築とその応用	*番 浩志	R3~R6
		挑戦的研究 (開拓)	超多点化と生体適合性の制御による 神経電極の新展開	*鈴木 隆文	H30~R4
			脳内ネットワークの動的平衡がもた らすワーキングメモリの促進と高齢 者への適用	*苧阪 満里子	R3~R5
		若手研究(A)	ヒト脳情報伝達効率の定量化と予測	*竹村 浩昌	H29~R3
			ヒト脳内視覚野における3D物体の 表象・処理・統合機構の解明と知覚 との関連性の研究	*番 浩志	H29~R3
		若手研究(B)	広域分散電極配置型BMIを用いた運動・ 感覚情報の抽出フレームワークの 構築	*深山 理	H29~R4
		若手研究	パルス電磁界を用いた体内小型医療 デバイスの高精度位置推定システム に関する研究	*Chakarothai Jerdvisanop	H30~R3
			運動系におけるノルアドレナリンを 介した情報伝達・調節機構の解明	*横井 惇	H30~R3
			テラヘルツ帯半導体光源の高性能化 に向けた高精度評価技術の構築	*酒瀬川 洋平	H30~R4
			衛星グローバル観測によるCO2炭素 同位体比を指標とした炭素収支の定 量的解明	*佐藤 知紘	H30~R4
			新規構造半導体レーザーの高温動作メ カニズムの解明と光電子融合集積回 路への応用	*松本 敦	R1~R3
			連合学習過程で摂食コマンドニュー ロンに生じる可塑的变化のリアルタイム 解析	*櫻井 晃	R1~R3
			情報指向ネットワークにおける高効率 なキャッシュ・経路協調制御方式の 研究	*大岡 睦	R1~R3
			VR空間と完全に時刻同期可能な脳 波計測システムの研究開発	*横田 悠右	R1~R3
			2位相変調法によるチップスケール 原子時計の小型化	*矢野 雄一郎	R1~R4
			量子アルゴリズムを活用した耐量子 公開鍵暗号の安全性解析	*高安 敦	R1~R4

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 (* : 研究代表者)	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
(独)日本学術 振興会	科学研究費助 成事業	若手研究	光子対の周波数制御による光量子情報処理の高速化	*遠本 吉朗	R2~R3
			次世代アナログ光ファイバ無線用高線形性光変調器の高度化に関する研究	*山口 祐也	R2~R3
			Neural Machine Translation for User-Generated Content	*Marie Benjamin	R2~R3
			5G網におけるリンク顕著性に着目したネットワークスライス共生環境構築手法の研究	*平山 孝弘	R2~R4
			生体情報のフィードバックループを用いた学習者のモチベーション向上に関する研究	*渡部 宏樹	R2~R4
			非対称性を持つ単位構造からなる漏れ波アンテナの研究	*櫛山 祐次郎	R2~R4
			電波散乱壁を用いた次世代高速無線通信の室内伝搬環境制御技術に関する研究	*村上 靖宜	R2~R4
			環境適応的な食性の変化による睡眠制御機構の解明	*原 佑介	R2~R4
			超高磁場MRIを用いた聴覚野における複層的な音の情報処理機構の解明	*森 数馬	R2~R4
			物理レイヤ暗号による高秘匿衛星通信技術の確立	*遠藤 寛之	R3~R4
			Multi-Band Transmission over Space-Division Multiplexing Optical Fibers	*Rademacher Georg Friedrich	R3~R4
			パーキンソン病患者のすくみ足における脳内ネットワークの解明	*谷口 星来	R3~R4
			Phantom in the Opera: the Vulnerabilities of Speech Interface for Robotic Dialogue System	*Li Sheng	R3~R4
			惑星大気テラヘルツ波放射過程理解のためのモデル構築及び実験室圧力幅測定	*山田 崇貴	R3~R5
			プラズモニクアンテナによる光フェーズドアレイの高機能化	*鎌田 隼	R3~R5
		Self-supervised graph-based representation for language and speaker detection	*Shen Peng	R3~R5	
		量子機械学習の実践に向けた基盤アルゴリズムの創出	*世永 公輝	R3~R5	
		研究活動スタート支援	太陽風加速に対する太陽微細磁場構造の役割	*塩田 大幸	R1~R4
			171Yb+イオンを用いた共同冷却による115In+イオン光周波数標準の精度向上	*木原 亜美	R3~R4
			Beyond 5Gへ向けた無線通信システムの非線形理論の拡張	*小松 和暉	R3~R4
			超伝導ナノワイヤを積層した高性能な単一光子検出器の開発	*知名 史博	R3~R4
			Linguistic Typology Aware Neural Machine Translation	*Chen Kehai	R3~R4

制 度			課 題 名	NICTの参加研究者 (*：研究代表者)	研究期間
実施主体	制度名	研究種目等			
セコム科学技術振興財団	挑戦的研究助成		端末間協調・相互扶助による無線リンク仮想化	*天間 克宏	H29～R4
ひょうご科学技術協会	学術研究助成		超伝導単一光子検出器アレイを用いた単一光子の高効率分光検出技術の開発	*藪野 正裕	R3
三菱財団	自然科学研究助成(若手助成)		ビデオレート記録するマルチカラー多重ホログラフィック蛍光顕微鏡システムの開発	*田原 樹	R3～R4



## 7 研究交流等

- 7.1 共同研究一覧
- 7.2 連携大学院
- 7.3 招へい専門員
- 7.4 協力研究員
- 7.5 研修員
- 7.6 委員委嘱等

## 7.1

## 共同研究一覧

共同研究数

計464件

部 署	契約件数	相手先機関数						合計
	うち（ ）は海外機 関との契約件数	国内			海外			
		公的	大学	民間	公的	大学	民間	
電磁波研究所	73 (12)	10	56	8	10	8	1	93
ネットワーク研究所	114 (23)	7	60	35	8	21	1	132
サイバーセキュリティ研究所	47 (0)	4	33	15	0	0	0	52
ユニバーサルコミュニケーション研究所	17 (4)	1	6	11	1	5	1	25
未来ICT研究所	125 (5)	14	100	54	0	5	0	173
Beyond5G研究開発推進ユニット	20 (1)	4	15	7	1	0	0	27
量子ICT協創センター	3 (0)	1	1	5	0	0	0	7
ソーシャルイノベーションユニット戦略的プログラムオフィス	7 (0)	0	8	1	0	0	0	9
ソーシャルイノベーションユニット総合テストベッド研究開発推進センター	52 (2)	3	57	33	5	9	0	107
グローバル推進部門	5 (5)	0	5	1	6	20	1	33
業務企画部	1 (0)	0	1	0	0	0	0	1
計	464 (52)	44	342	170	31	68	4	659

注1.「公的」とは、国、地方公共団体、国立研究開発法人、独立行政法人等の公的な機関をいう。

注2. 令和3年度に実施がある部署のみを記載。

## 7.2 連携大学院

連携大学院

計16か所

大学名(16件)	研究科等	連携大学院教員氏名(延べ25名)
電気通信大学大学院	情報理工学研究科	辻 宏之、布施 哲治、李 還幫、Ved Prasad Kafle
神戸大学大学院	工学研究科 保健学研究科	Ferdinand Peper、下川 哲也、三木 茂人、井上 振一郎
東京都立大学大学院	システムデザイン研究科	菅野 敦史
兵庫県立大学大学院	工学研究科 生命理学研究科	菅野 敦史、大岩 和弘
北陸先端科学技術大学院大学	先端科学技術研究科	
大阪大学大学院	理学研究科 生命機能研究科	鈴木 隆文、春野 雅彦
九州工業大学大学院	生命体工学研究科	
上智大学大学院	理工学研究科	
京都大学大学院	医学研究科	
大阪府立大学大学院	工学研究科	
東京都市大学大学院	工学研究科	
東京電機大学大学院		山本 直克
東京農工大学大学院	工学府	渡邊 聡一、梶田 雅稔、赤羽 浩一、辻 宏之、廣瀬 信光
同志社大学大学院	理工学研究科	Lu Xugang
奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	河合 栄治、小林 和真、鳥澤 健太郎、飯田 龍
千葉大学大学院	融合理工学府 工学研究院	市橋 保之

## 7.3

## 招へい専門員

招へい専門員数

計66名

所属	件数
ネットワーク研究所	2
サイバーセキュリティ研究所	19
ユニバーサルコミュニケーション研究所	6
未来ICT研究所	12
Beyond 5G研究開発推進ユニット	4
量子ICT協創センター	1
ソーシャルイノベーションユニット	11
イノベーション推進部門	2
グローバル推進部門	1
経営企画部	2
イノベーションデザインイニシアティブ	4
NICTナレッジハブ	2

注. 令和3年度に実施がある部署のみを記載。

## 7.4 協力研究員

協力研究員数

計418名

部署	件数
電磁波研究所	32
ネットワーク研究所	120
サイバーセキュリティ研究所	15
ユニバーサルコミュニケーション研究所	22
未来ICT研究所	167
Beyond 5G研究開発推進ユニット	14
ソーシャルイノベーションユニット	43
グローバル推進部門	1
経営企画部	3
NICTナレッジハブ	1

注. 令和3年度に実施がある部署のみを記載。

## 7.5

## 研修員

研修員数

計64名

派遣元	件数
Chulalongkorn University	3
会津大学	2
青山学院大学	7
大阪大学	7
京都大学	3
航空自衛隊	2
神戸大学	2
小堀鐸二研究所	1
さいたま地方検察庁	1
島根大学	2
千葉大学	3
千葉工業大学	8
東海大学	1
東京大学	1
東京学芸大学	2
東京地方検察庁	1
東京都立大学	1
東京農工大学	2
豊橋技術科学大学	3
長岡技術科学大学	1
名古屋工業大学	1
日立国際電気	1
兵庫県立大学	6
早稲田大学	3

## 7.6 委員委嘱等

令和3年度において、依頼による(1)審議会、委員会等の委員、調査員、(2)研修や大学等の短期セミナー講師、(3)大学の非常勤講師、(4)招へい研究員、客員研究員、(5)講演、に従事した延べ人数を以下に示す。

従事区分	依頼元の区分	延べ人数	依頼元の組織、委嘱先委員会
(1) 委員	総務省	34	国際戦略局、総合通信基盤局、情報流通行政局、各地方総合通信局、情報通信審議会専門委員、各評価・運営委員会構成員等
	国の機関	25	内閣府、文部科学省、内閣官房、中小企業庁等
	学会会議	21	日本学会会議
	独立行政法人	75	日本学術振興会、科学技術振興機構、宇宙航空研究開発機構、産業技術総合研究所、新エネルギー・産業技術総合開発機構、日本医療研究開発機構、情報・システム研究機構、製品評価基盤機構、物質・材料研究機構等
	非営利法人	89	テラヘルツシステム応用推進協議会、日本電線工業会、テラヘルツテクノロジーフォーラム、日本地球惑星科学連合、量子ICTフォーラム、応用脳科学コンソーシアム、情報通信技術研究交流会、重要生活機器連携セキュリティ協議会、新化学技術推進協会、大学技術移転協議会、アジア太平洋機械翻訳協会、日本ネットワークセキュリティ協会、電波産業会、ヒト脳イメージング研究会等
	電子情報通信学会	99	各種研究専門委員会、論文誌編集委員会等
	電気学会	18	各種調査専門委員会、編集委員会等
	情報処理学会	16	各種運営委員会、論文誌編集委員会等
	学会(その他)	47	日本音響学会、言語処理学会、日本赤外線学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、日本光学会、日本気象学会、日本数式処理学会、人工知能学会、情報通信学会、日本測地学会、日本放射線技術学会、日本医学物理学会等
	大学法人	30	京都大学、名古屋大学、東京大学、東京工業大学、大阪大学等
	民間	25	15社
	国際会議実行委員会	81	EMNLP2021、NAACL-HLT2021、ACNS2021,2023、ACL-IJCNLP2021、ACISP2021,2022、OECC2022等
	国際学術団体・国際機関	37	IEEE等
その他	17		
(2) 講師(短期)	大学・高校	30	東京大学、東京電機大学、京都大学、早稲田大学、大阪工業大学、武庫川女子大学附属高等学校等
	その他	34	総務省、防衛省、国土交通省、鹿嶋市教育委員会等
(3) 大学非常勤講師	大学	69	33校
(4) 招へい研究員等	大学	110	大阪大学、北陸先端科学技術大学院大学等
	独立行政法人	15	理化学研究所、人間文化研究機構、産業技術総合研究所等
	その他	6	防衛装備庁、文部科学省等
(5) 講演(講演講師)	総務省	17	各地方総合通信局等
	国の機関	6	内閣サイバーセキュリティセンター等
	独立行政法人	7	産業技術総合研究所、理化学研究所等
	地方自治体	10	潮来市教育委員会、枚方市等
	非営利法人	63	自動車技術会、情報サービス産業協会、応用脳科学コンソーシアム、日本計量機器工業連合会、内外情勢調査会、日本ネットワークインフォメーションセンター、電波環境協議会等

従事区分	依頼元の区分	延べ人数	依頼元の組織、委嘱先委員会
(5) 講演(講演講師)	学会	27	電子情報通信学会、情報処理学会、電気学会、日本磁気共鳴医学会等
	大学・高校	32	25校
	民間	51	40社
	その他	25	国際会議実行委員会等

## 8 表彰・学位取得

## 8.1

## 表彰

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
井上 真杉	2021/4/9	前島密賞 奨励賞	公益財団法人通信文化協会	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
大和田 泰伯	2021/4/9	前島密賞 奨励賞	公益財団法人通信文化協会	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
寺井 弘高	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	超伝導ナノワイヤを用いた単一光子検出器の開発
三木 茂人	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	超伝導ナノワイヤを用いた単一光子検出器の開発
小川 博世	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
竇迫 巖	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
笠松 章史	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
菅野 敦史	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
稲垣 恵三	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
沢田 浩和	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
藤井 勝巳	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
關根 徳彦	2021/4/9	前島密賞	公益財団法人通信文化協会	テラヘルツ無線に向けた標準化活動
衛藤 将史	2021/4/14	令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	文部科学省	国産基盤技術を活用したセキュリティ対応手順の普及啓発
金濱 信裕	2021/4/14	令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	文部科学省	国産基盤技術を活用したセキュリティ対応手順の普及啓発
花田 智洋	2021/4/14	令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	文部科学省	国産基盤技術を活用したセキュリティ対応手順の普及啓発
佐藤 公信	2021/4/14	令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	文部科学省	国産基盤技術を活用したセキュリティ対応手順の普及啓発
石川 大樹	2021/4/14	令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	文部科学省	国産基盤技術を活用したセキュリティ対応手順の普及啓発
西山 大輔	2021/4/18	日本放射線技術学会総会学術大会 Bronze Award	公益社団法人 日本放射線技術学会	GRE系連続撮像法による生体脳のSNR特性：7Tと3Tの対比
土師 知己	2021/4/18	日本放射線技術学会総会学術大会 Bronze Award	公益社団法人 日本放射線技術学会	GRE系連続撮像法による生体脳のSNR特性：7Tと3Tの対比
西本 博則	2021/4/18	日本放射線技術学会総会学術大会 Bronze Award	公益社団法人 日本放射線技術学会	GRE系連続撮像法による生体脳のSNR特性：7Tと3Tの対比

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
上口 貴志	2021/4/18	日本放射線技術学会 総会学術大会 Bronze Award	公益社団法人 日本放射線技術学会	GRE系連続撮像法による生体脳のSNR特性： 7Tと3Tの対比
西塚 直人	2021/4/20	IOP Publishing Outstanding Reviewer Awards 2020	IOP Publishing (Institute of Physics Publishing, 英 国物理学会出版局)	IOP出版 Research in Astronomy and Astrophysics誌の2020年における論文の優 秀査読者
伊沢 亮一	2021/5/11	LOIS功労賞	一般社団法人 電子情報 通信学会ライフインテリ ジェンスとオフィス情報 システム研究会	ライフインテリジェンスとオフィス情報シス テム研究会の運営と発展に寄与
藤田 彬	2021/5/21	優秀論文賞	一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ	IoT機器の実機を用いたマルウェア動的解析 手法の検証
吉岡 克成 (招へい専門員)	2021/5/21	優秀論文賞	一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ	IoT機器の実機を用いたマルウェア動的解析 手法の検証
佐々木 雅英	2021/6/1	令和3年度「情報通信 月間」情報通信月間推 進協議会会長表彰 「志田林三郎賞」	情報通信月間推進協議会	長年にわたり量子暗号通信技術に関する研究 開発等の取組を牽引し、世界最先端の技術 の確立や、関連する国際標準化活動に尽力 し、我が国における量子暗号通信分野の発展 に多大な貢献をした（NICT News 2021 No.5 記事より）。
佐々木 謙介	2021/6/3	業績賞	一般社団法人 電子情報通信学会	5 Gシステム・ミリ波からの生体防護に関す る先駆的研究と国際標準化
渡邊 聡一	2021/6/3	業績賞	一般社団法人 電子情報通信学会	5 Gシステム・ミリ波からの生体防護に関す る先駆的研究と国際標準化
大和田 泰伯	2021/6/8	優秀発表賞	一般社団法人 電子情報 通信学会センサネットワ ークとモバイルインテリ ジェンス研究会	分散サーバ間の移動体による非同期通信を用 いた災害時情報共有システム
谷川 和法	2021/6/15	情報通信技術賞 TTC 会長表彰	一般社団法人情報通信技 術委員会	マルチメディア応用通信技術などの国際標準 化およびその普及推進にかかわる功績
大石 浩輝	2021/6/28	Merit Abstract Award	Organization for Human Brain Mapping	Quantitative structural mapping of the lateral geniculate nucleus subdivisions in living human brain
三浦 龍	2021/7/1	オーラルセッション研 究奨励賞	一般社団法人 電子情報通信学会	目視外ドローン運航のための169MHz帯マル チホップコマンド・テレメトリ通信実験
藤田 篤	2021/8/4	Outstanding Paper Award: ACL-IJCNLP 2021	ACL and AFNLP	Scientific Credibility of Machine Translation Research: A Meta-Evaluation of 769 Papers
Liu Sen	2021/9/3	URSI GASS 2021 Young Scientist Award	The International Union of Radio Science Union Radio-Scientifique Internationale	Young Scientist Award
Zhu Paikun	2021/9/9	2020年度通信方式研 究会委員長賞	一般社団法人 電子情報通信学会	論文名:「Real-time ADX-RoF based fronthaul for (B)5G radio access network」
吉田 悠来	2021/9/9	2020年度通信方式研 究会委員長賞	一般社団法人 電子情報通信学会	論文名:「Real-time ADX-RoF based fronthaul for (B)5G radio access network」
北山 研一 (招へい専門員)	2021/9/9	2020年度通信方式研 究会委員長賞	一般社団法人 電子情報通信学会	論文名:「Real-time ADX-RoF based fronthaul for (B)5G radio access network」
宮澤 高也	2021/9/15	電子情報通信学会 通 信ソサイエティ 活動 功労賞	一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ	電子情報通信学会 通信ソサイエティ 活動 功労賞

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
後藤 薫	2021/9/15	活動功労賞	一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ	活動功労賞
辻 宏之	2021/9/15	電子情報通信学会 通 信ソサイエティ 活動 功労賞	一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ	通信ソサイエティにおける編集全般に関する献 身的活動
辻 宏之	2021/10/5	電子情報通信学会 2020年度衛星通信研 究賞	一般社団法人 電子情報 通信学会衛星通信研究専 門委員会	伝送遅延差を考慮した低軌道衛星と静止衛星 併用複数衛星MIMO伝送手法の検討
三浦 周	2021/10/5	電子情報通信学会 2020年度衛星通信研 究賞	一般社団法人 電子情報 通信学会衛星通信研究専 門委員会	伝送遅延差を考慮した低軌道衛星と静止衛星 併用複数衛星MIMO伝送手法の検討
西村 竜一	2021/10/8	Best Paper Award	2021 Joint Conference on Satellite Communications (IEICE, KOSST)	論文名：「A potential cause of pulsive noises in receiving BS signals」
鄭 炳表	2021/10/8	Best Paper Award	2021 Joint Conference on Satellite Communications (IEICE, KOSST)	論文名：「A potential cause of pulsive noises in receiving BS signals」
薄田 一	2021/10/8	Best Paper Award	2021 Joint Conference on Satellite Communications (IEICE, KOSST)	論文名：「A potential cause of pulsive noises in receiving BS signals」
高橋 卓	2021/10/8	Best Paper Award	2021 Joint Conference on Satellite Communications (IEICE, KOSST)	論文名：「A potential cause of pulsive noises in receiving BS signals」
和氣 加奈子	2021/10/20	IEC1906賞	国際電気標準会議 (IEC: International Elec- trotechnical Commission)	IEC/TC106（人体ばく露に関する電界、磁界 及び電磁界の評価方法）における標準化活動 への貢献
田中 智	2021/10/28	CSS学生論文賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会（CSEC）	コンピュータセキュリティシンポジウム2021
韓 燦洙	2021/10/28	CSS学生論文賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会（CSEC）	コンピュータセキュリティシンポジウム2021
高橋 健志	2021/10/28	CSS学生論文賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会（CSEC）	コンピュータセキュリティシンポジウム2021
金谷 延幸	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案
藤原 吉唯	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案
津田 侑	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案
高野 祐輝 (協力研究員)	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
伊沢 亮一	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案
井上 大介	2021/10/28	CSEC優秀研究賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	FPGAによるソフトウェア解析環境「Iana」 の提案
江村 恵太	2021/10/28	CSS2021 奨励賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	入札額の上限漏洩を防止した資金拘束型の 封印入札オークション
陳 浩太	2021/10/28	CSS2021 奨励賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	入札額の上限漏洩を防止した資金拘束型の 封印入札オークション
面 和成	2021/10/28	CSS2021 奨励賞	一般社団法人 情報処理学会 コンピュータセキュリティ 研究会	入札額の上限漏洩を防止した資金拘束型の 封印入札オークション
鈴木 龍太郎	2021/11/10	第35回電波技術協会賞	一般財団法人電波技術協会	多値化・多重化技術による衛星デジタル通信 システムの高速度大容量化に貢献
東脇 正高	2021/11/16	クラリベイト 2021年 高被引用論文著者 (Clarivate Highly Cited Researcher 2021)	クラリベイト (Clarivate)	酸化ガリウムデバイスの研究開発
東山 翔平	2021/11/19	Best Paper Award	The 7th Workshop on Noisy User-generated Text	A Text Editing Approach to Joint Japanese Word Segmentation, POS Tagging, and Lexical Normalizati
内山 将夫	2021/11/19	Best Paper Award	The 7th Workshop on Noisy User-generated Text	A Text Editing Approach to Joint Japanese Word Segmentation, POS Tagging, and Lexical Normalizati
隅田 英一郎	2021/11/19	Best Paper Award	The 7th Workshop on Noisy User-generated Text	A Text Editing Approach to Joint Japanese Word Segmentation, POS Tagging, and Lexical Normalizati
大友 明	2021/11/25	第38回 プラズマ・核 融合学会 年会 若手 学会発表賞	一般社団法人 プラズマ・核融合学会	レーザー核融合燃焼計測のための超高速中性 子計測器の開発
山田 俊樹	2021/11/25	第38回 プラズマ・核 融合学会 年会 若手 学会発表賞	一般社団法人 プラズマ・核融合学会	レーザー核融合燃焼計測のための超高速中性 子計測器の開発
藤田 篤	2021/11/26	Best Overall Approach	The Program Committee of the 2nd Workshop on "Evaluation & Comparison of NLP Systems"	Error Identification for Machine Translation with Metric Embedding and Attention
Raphael Rubino	2021/11/26	Best Overall Approach	The Program Committee of the 2nd Workshop on "Evaluation & Comparison of NLP Systems"	Error Identification for Machine Translation with Metric Embedding and Attention
Benjamin Marie	2021/11/26	Best Overall Approach	The Program Committee of the 2nd Workshop on "Evaluation & Comparison of NLP Systems"	Error Identification for Machine Translation with Metric Embedding and Attention
清水 悠斗	2021/11/30	PEM Best Pape Award	一般社団法人 電子情報 通信学会 光応用電磁界 特別研究専門委員会	Uncertainty Evaluation of Optical Electric- Field Probe Calibration for Human Exposure Assessment at 85 kHz

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
Ved Prasad Kafle	2021/12/1	Certificate of Appreciation	ITU-T Study Group 13	In recognition of the contribution to ITU-T Study Group 13 standardization activities performed as Co-rapporteur of Q22/13 during the 2017-2020 Study Period of ITU-T.
大友 明	2021/12/3	2021年度材料技術研究協会討論会 ゴールドポスター賞	材料技術研究協会	ナノ電解法による新規フタロシアニンナノ単結晶の作製とその物性
大友 明	2021/12/3	2021年度材料技術研究協会討論会 ゴールドポスター賞	材料技術研究協会	バクテリオロドプシンGaborフィルタを用いたパターン認識
山田 俊樹	2021/12/3	2021年度材料技術研究協会討論会 ゴールドポスター賞	材料技術研究協会	バクテリオロドプシンGaborフィルタを用いたパターン認識
田中 秀吉	2021/12/3	2021年度材料技術研究協会討論会 ゴールドポスター賞	材料技術研究協会	バクテリオロドプシンGaborフィルタを用いたパターン認識
萩野 達雄	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
笠松 章史	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
渡邊 一世	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
原 紳介	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
Dong Ruibing	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
Mubarak Mohamed	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
田野井 聡	2021/12/9	BEST PAPER AWARD	International Conference on Technology and Social Science 2021 (ICTSS 2021)	Terahertz Radio in System Level Simulation
三浦 周	2021/12/15	シニア会員	一般社団法人 電子情報通信学会	電子・情報・通信ならびにその関連事業の発展への寄与
今井 弘二	2021/12/27	感謝状	特定非営利活動法人 枚方文化観光協会	ICTを活用したニューノーマルな施設案内
HANIZ Azril	2022/3/3	スマート無線研究会 論文賞	一般社団法人 電子情報通信学会	Angular-Frequency Wideband Spectrum Sensing based on Multi-Coset Sampling
松村 武	2022/3/3	スマート無線研究会 論文賞	一般社団法人 電子情報通信学会	Angular-Frequency Wideband Spectrum Sensing based on Multi-Coset Sampling
児島 史秀	2022/3/3	スマート無線研究会 論文賞	一般社団法人 電子情報通信学会	Angular-Frequency Wideband Spectrum Sensing based on Multi-Coset Sampling
川崎 耀	2022/3/3	スマート無線研究会 技術特別賞	一般社団法人 電子情報通信学会 SR研究会	スマートスペクトラムに基づいた 5G無線ネットワークの実証実験
伊深 和雄	2022/3/3	スマート無線研究会 技術特別賞	一般社団法人 電子情報通信学会 SR研究会	スマートスペクトラムに基づいた 6G無線ネットワークの実証実験

氏名	日付	受賞名	授与団体名	内容（主に業績名）
松村 武	2022/3/3	スマート無線研究会 技術特別賞	一般社団法人 電子情報通信学会 SR研究会	スマートスペクトラムに基づいた 7G無線ネットワークの実証実験
児島 史秀	2022/3/3	スマート無線研究会 技術特別賞	一般社団法人 電子情報通信学会 SR研究会	スマートスペクトラムに基づいた 8G無線ネットワークの実証実験
吉田 真紀	2022/3/8	2021年EMM研究会 優秀研究賞	一般社団法人 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 ント研究専門委員会	ハイブリッド乗法的秘密分散
岡本 拓磨	2022/3/10	第9回学会活動貢献賞	一般社団法人 日本音響学会	日本音響学会研究発表会遠隔実行委員会活動
西村 竜一	2022/3/10	日本音響学会 論文賞佐藤賞	一般社団法人 日本音響学会	防災行政無線屋外拡声子局における出力レベルの最適化
三木 茂人	2022/3/15	功労感謝状	一般社団法人 電子情報通信学会 エレクトロニクスソサエティ	功労感謝状
豊嶋 守生	2022/3/17	フェロー	一般社団法人 電子情報通信学会	光衛星通信における宇宙実証とレーザーの大気伝搬に関する研究開発
鈴木 悠	2022/3/19	優秀論文賞	情報セキュリティ大学院 大学	感情の喚起がDisinformationの二次的な社会的共有に及ぼす影響
藪野 正裕	2022/3/22	超伝導分科会奨励賞	公益社団法人 応用物理学会 超伝導分科会	Scalable implementation of a superconducting nanowire single-photon detector array with a superconducting digital signal processor
鈴木 悠	2022/3/24	ISSスクエア賞・ベストポスター賞	研究と実務融合による高度情報セキュリティ人材育成プログラム (ISSスクエア)	感情の喚起がDisinformationの二次的な社会的共有に及ぼす影響
三木 茂人	2022/3/31	業績賞	一般社団法人 電子情報通信学会 超伝導エレクトロニクス 研究専門委員会	第2回電子情報通信学会超伝導エレクトロニクス研究会業績賞

## 8.2

## 学位取得

氏名	論文題目	学位	大学名	取得年月日
Ndichu Samuel	A Machine Learning Approach to Web-based Cyber-Attack Detection (ウェブ媒介型サイバー攻撃検知への機械学習アプローチ)	博士	神戸大学	2021/9/25
大島 浩嗣	Online Machine Learning Algorithms to Optimize Performances of Complex Wireless Communication Systems	博士	東京理科大学	2021/9/30
鈴木 悠	感情の喚起がDisinformationの二次的な社会的共有に及ぼす影響	修士	情報セキュリティ大学院大学	2022/3/19
田中 智	Offline Map Matching Using Time-Expanded Graph for Low-Frequency GPS Data (疎なGPS測位情報に対する時間拡大グラフを用いたオフラインマップマッチング)	博士	九州大学	2022/3/23

## 9 財務諸表



令和3事業年度財務諸表

(法人単位)

(独立行政法人通則法第38条第1項に基づく財務諸表)

事業年度 自 令和 3年 4月 1日

(第21期) 至 令和 4年 3月31日

国立研究開発法人情報通信研究機構

# 貸借対照表

(令和4年3月31日)

法人単位

(単位：円)

科 目	金 額		
資産の部			
I 流動資産			
現金及び預金		65,802,424,718	
棚卸資産		181,671,182	
前渡金		6,201,900,000	
前払費用		342,223,542	
未収収益		166,027	
未収入金		15,169,674,926	
貸倒引当金		△ 19,665,000	
賞与引当金見返 (注)		393,194,490	
流動資産合計			88,071,589,885
II 固定資産			
1 有形固定資産			
建物	49,300,422,600		
減価償却累計額	△ 25,352,824,696		
減損損失累計額	△ 5,730,760	23,941,867,144	
構築物	10,005,364,236		
減価償却累計額	△ 8,117,705,383		
減損損失累計額	△ 1,354,559	1,886,304,294	
機械装置	1,045,887,950		
減価償却累計額	△ 1,021,366,587	24,521,363	
車両運搬具	46,137,184		
減価償却累計額	△ 46,137,169	15	
工具器具備品	146,991,358,470		
減価償却累計額	△ 115,271,586,136		
減損損失累計額	△ 155,408,240	31,564,364,094	
土地	37,086,661,043		
減損損失累計額	△ 1,567,968,235	35,518,692,808	
建設仮勘定		742,255,797	
有形固定資産合計			93,678,005,515
2 無形固定資産			
特許権		327,478,857	
施設利用権		1,231,725	
ソフトウェア		6,372,932,872	
電話加入権		2,796,000	
著作権		12,600,000	
工業所有権仮勘定		228,600,305	
無形固定資産合計			6,945,639,759
3 投資その他の資産			
投資有価証券		150,000,000	
関係会社株式		728,583,962	
破産更生債権等	12,987,806		
貸倒引当金	△ 12,987,806	0	
長期前払費用		674,566,018	
敷金・保証金		14,673,876	
退職給付引当金見返 (注)		2,943,490,710	
投資その他の資産合計			4,511,314,566
固定資産合計			105,134,959,840
資産合計			193,206,549,725

科 目	金 額		
負債の部			
I 流動負債			
運営費交付金債務 (注)		3,919,197,553	
預り施設費 (注)		5,209,753,026	
未払金		38,424,591,612	
未払費用		105,680,061	
未払法人税等		23,032,000	
未払消費税等		103,439,100	
前受金		7,613,040,627	
預り金		177,540,384	
引当金			
賞与引当金	395,025,265	395,025,265	
流動負債合計			55,971,299,628
II 固定負債			
資産見返負債 (注)			
資産見返運営費交付金	16,538,582,936		
資産見返補助金等	4,557,974,891		
資産見返寄附金	212,573,587		
資産見返物品受贈額	773		
建設仮勘定見返運営費交付金	488,454,797		
建設仮勘定見返施設費 (注)	10,659,000	21,808,245,984	
長期預り補助金等 (注)		18,801,376,006	
引当金			
退職給付引当金	2,943,545,275	2,943,545,275	
資産除去債務		489,548,269	
固定負債合計			44,042,715,534
負債合計			100,014,015,162
純資産の部			
I 資本金			
政府出資金		142,321,477,415	
日本政策投資銀行出資金		2,800,000,000	
民間出資金		433,500,000	
資本金合計			145,554,977,415
II 資本剰余金			
資本剰余金		104,616,822,237	
その他行政コスト累計額 (注)		△ 108,834,100,770	
減価償却相当累計額 (△)		△ 84,619,236,474	
減損損失相当累計額 (△)		△ 1,579,957,219	
利息費用相当累計額 (△)		△ 104,520,817	
除売却差額相当累計額 (△)		△ 22,530,386,260	
民間出えん金 (注)		2,386,650,000	
資本剰余金合計			△ 1,830,628,533
III 繰越欠損金			△ 50,879,669,934
IV 評価・換算差額等			
関係会社株式評価差額金 (注)		347,855,615	
評価・換算差額等合計			347,855,615
純資産合計			93,192,534,563
負債純資産合計			193,206,549,725

(注)これらは、独立行政法人固有の会計処理に伴う勘定科目である。

## 行政コスト計算書

(令和3年4月1日～令和4年3月31日)

法人単位

(単位：円)

科 目	金 額	
<b>I 損益計算書上の費用</b> 研究業務費 通信・放送事業支援業務費 民間基盤技術研究促進業務費 国及び地方公共団体受託業務費 その他の団体受託業務費 一般管理費 臨時損失 法人税等 損益計算書上の費用合計	25,247,478,709 9,800,757,064 5,056,243 33,851,339,209 1,801,191,030 2,167,822,651 50,000,206 23,032,000	72,946,677,112
<b>II その他行政コスト</b> 減価償却相当額 (注) 利息費用相当額 (注) 除売却差額相当額 (注) その他行政コスト合計	2,033,132,180 11,214,671 △ 2,425,861	2,041,920,990
<b>III 行政コスト</b>		74,988,598,102

(注) これらは、独立行政法人固有の会計処理に伴う勘定科目である。

## 損益計算書

(令和3年4月1日～令和4年3月31日)

法人単位

(単位：円)

科 目	金 額		
経常費用			
研究業務費			
人件費 * 1	7,900,984,544		
減価償却費	6,288,452,718		
その他の研究業務費 * 2	11,058,041,447	25,247,478,709	
通信・放送事業支援業務費			
人件費	294,119,887		
情報通信技術開発支援等助成金	516,767,000		
新技術開発施設供用事業及び地域	28,602,000		
特定電気通信設備供用事業助成金			
減価償却費	568,163,156		
その他の業務費 * 3	8,393,105,021	9,800,757,064	
民間基盤技術研究促進業務費			
人件費	4,495,112		
その他の業務費	561,131	5,056,243	
国及び地方公共団体受託業務費			
人件費	754,351,059		
減価償却費	220,455,432		
その他の受託業務費 * 4	32,876,532,718	33,851,339,209	
その他の団体受託業務費			
人件費	269,442,380		
減価償却費	436,264,301		
その他の受託業務費 * 5	1,095,484,349	1,801,191,030	
一般管理費			
人件費 * 6	1,192,709,225		
減価償却費	110,758,914		
その他の一般管理費 * 7	864,354,512	2,167,822,651	
経常費用合計			72,873,644,906

科 目	金 額	
経常収益		
運営費交付金収益（注）		19,228,529,467
施設費収益（注）		89,409,816
補助金等収益（注）		9,167,807,720
事業収入		
基盤技術研究促進事業収入	19,011,088	
信用基金運用収入	308,093	19,319,181
受託収入		
国及び地方公共団体受託収入	33,984,300,820	
その他の団体受託収入	1,724,394,949	35,708,695,769
寄附金収益（注）		42,605,731
資産見返負債戻入（注）		
資産見返運営費交付金戻入	6,304,913,527	
資産見返補助金等戻入	569,430,956	
資産見返寄附金戻入	126,139,442	7,000,483,925
賞与引当金見返に係る収益（注）		393,194,490
退職給付引当金見返に係る収益（注）		195,781,610
財務収益		
受取利息	398,199	
有価証券利息	514,198	
為替差益	774,931	1,687,328
雑益		
研究開発資産売却収入	27,231,050	
雑益 * 8	279,814,185	307,045,235
経常収益合計		72,154,560,272
経常損失		△ 719,084,634
臨時損失		
固定資産除却損		49,985,509
減損損失		14,697
臨時利益		
資産見返運営費交付金戻入（注）		361,530
資産見返物品受贈額戻入（注）		53
資産見返寄附金戻入（注）		1,141,308
固定資産売却益		150,053
		1,652,944
税引前当期純損失		△ 767,431,896
法人税、住民税及び事業税	23,032,000	23,032,000
当期純損失		△ 790,463,896
前中長期目標期間繰越積立金取崩額（注）		1,271,485,461
当期総利益		481,021,565

(注)これらは、独立行政法人固有の会計処理に伴う勘定科目である。

結算変動計算書  
(令和3年4月1日～令和4年3月31日)

法人単位

(単位：円)

	I 資本金			II 資本剰余金						IV 評価・換算差額等		純資産合計		
	政府 出資金	日本政策投資銀行 出資金	民間出資金	資本金合計	資本剰余 金	その他行次コスト累計額			民間出 金	資本剰余 金合計	利益剰余金 (又は繰越次 期利益)		関係会社株式評価 差額金	評価・換算差額等 合計
当期末残高	143,324,477,415	2,800,000,000	433,500,000	147,054,977,415	81,474,794,972	△86,557,989,027	△1,579,957,219	△93,306,146	△18,569,927,398	2,386,650,000	△22,930,744,808	337,445,159	337,445,159	79,644,777,484
当期末高														
I 資本の当期変動額														
I 資本金の当期変動額														
不要財産に係る国庫納付等による減資	△1,500,000,000			△1,500,000,000										
II 資本剰余金の当期変動額														
固定資産の取得				23,142,037,265										23,142,037,265
減価償却						3,971,884,733								2,425,861
時の経過による資産除去債務の増加						△2,033,132,180								△2,033,132,180
利益剰余金(又は繰越欠損金)の当期変動額(純額)														△11,214,671
IV 評価・換算差額等の当期変動額(純額)														△6,062,769,652
当期末変動合計	△1,500,000,000			△1,500,000,000	23,142,037,265	1,938,722,553	-	△11,214,671	△3,969,458,872	-	21,100,116,275	10,410,456	10,410,456	10,410,456
当期末残高	142,324,477,415	2,800,000,000	433,500,000	145,554,977,415	104,616,822,237	△84,619,238,474	△1,579,957,219	△104,520,817	△22,510,385,290	2,386,650,000	△1,830,628,533	347,855,615	347,855,615	93,192,534,563

## キャッシュ・フロー計算書

(令和3年4月1日～令和4年3月31日)

法人単位

(単位：円)

科 目	金 額
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	
人件費支出	△ 11,106,904,058
その他の業務支出	△ 36,308,613,285
科研費預り金支出	△ 524,094,232
運営費交付金収入	28,372,047,000
補助金等収入	2,155,181,267
事業収入	19,567,487
国及び地方公共団体受託収入	17,438,799,765
その他の団体受託収入	1,271,824,248
手数料収入	8,057,820
科研費預り金収入	519,378,087
その他の業務収入	296,180,184
小計	2,141,424,283
利息及び配当金の受取額	1,621,419
国庫納付金の支払額	△ 662,758,649
法人税等の支払額	△ 23,032,000
業務活動によるキャッシュ・フロー	1,457,255,053
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	
定期預金の預入による支出	△ 306,753,248,131
定期預金の払戻による収入	306,753,248,131
有価証券の取得による支出	△ 150,000,000
有価証券の償還・売却による収入	3,150,000,000
有形固定資産の取得による支出	△ 14,498,035,264
有形固定資産の売却による収入	238,793
無形固定資産の取得による支出	△ 4,155,878,139
施設費による収入	20,801,050,063
敷金・保証金の返戻による収入	2,195,101
投資活動によるキャッシュ・フロー	5,149,570,554
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	
不要財産に係る国庫納付等による支出	△ 1,500,000,000
財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 1,500,000,000
IV 資金に係る換算差額	659,905
V 資金増加額	5,107,485,512
VI 資金期首残高	60,694,939,206
VII 資金期末残高	65,802,424,718

(法人単位)

## 注 記 事 項

## I. 重要な会計方針

当事業年度より、改訂後の「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」（令和3年9月21日改訂）並びに『独立行政法人会計基準』及び『独立行政法人会計基準注解』に関するQ & A」（令和4年3月最終改訂）（以下「独立行政法人会計基準等」という。）を適用して、財務諸表等を作成しております。

なお、独立行政法人会計基準等のうち、時価の算定に係る改訂内容は令和4事業年度から、収益認識に係る改訂内容は令和5事業年度から、それぞれ適用します。

## 1. 運営費交付金収益の計上基準

業務達成基準を採用しております。

なお、業務の進行状況と運営費交付金の対応関係が明確である活動を除く管理部門の活動については期間進行基準を採用しております。

## 2. 減価償却の会計処理方法

## (1) 有形固定資産（リース資産を除く。）

定額法を採用しております。なお、主な耐用年数は以下のとおりです。

建物	5年～50年
構築物	7年～60年
機械装置	7年～15年
車両運搬具	6年
工具器具備品	4年～15年

また、特定の償却資産（独立行政法人会計基準第87第1項）及び資産除去債務に対応する特定の除去費用等（独立行政法人会計基準第91）に係る減価償却に相当する額については、減価償却相当累計額として資本剰余金から控除して表示しております。

## (2) 無形固定資産（リース資産を除く。）

定額法を採用しております。なお、法人内利用のソフトウェアについては、法人内における利用可能期間（3年～5年）に基づいております。

## (3) リース資産

リース期間を耐用年数とし、残存価額をゼロとする定額法を採用しております。

## 3. 引当金の計上基準

## (1) 貸倒引当金

債権の貸倒れによる損失に備えるため、一般債権については貸倒実績率により、貸倒懸念債権等特定の債権については個別に回収可能性を検討し、回収不能見込額を計上しております。

## (2) 賞与引当金

役職員の賞与の支給に備えるため、賞与支給見込額のうち、当事業年度に負担すべき金額を計上しております。なお、役職員の賞与については、運営費交付金及び国庫補助金により財源措置がなされる見込みである部分については、同額を賞与引当金見返として計上しております。

## (3) 退職給付引当金

退職一時金については、期末自己都合要支給額を退職給付債務とする方法を用いた簡便法を適用しております。このうち、運営費交付金及び国庫補助金により財源措置がなされる見込みである退職一時金については、退職給付引当金と同額を退職給付引当金見返として計上しております。

#### 4. 有価証券の評価基準及び評価方法

##### (1) 満期保有目的債券

償却原価法（定額法）によっております。

##### (2) 関係会社株式

出資先持分額により評価（移動平均法による取得原価との評価差額は部分純資産直入法により処理）しております。

#### 5. 棚卸資産の評価基準及び評価方法

##### (1) 仕掛品

個別法によっております。

##### (2) 貯蔵品

最終仕入原価法によっております。

#### 6. 外貨建資産及び負債の本邦通貨への換算基準

外貨建金銭債権債務は、期末日の直物為替相場により円貨に換算し、換算差額は損益として処理しております。

#### 7. 消費税等の会計処理

消費税及び地方消費税の会計処理については、税込方式によっております。

#### 8. 重要な会計上の見積り

翌事業年度の財務諸表に重要な影響を及ぼす可能性のある会計上の見積りはありません。

## II. 貸借対照表

### 1. 資産除去債務のうち貸借対照表に計上しているもの

#### (1) 当該資産除去債務の概要

当法人においては、所有する建物に係る建設リサイクル法に基づく処分費用及び不動産賃貸契約における賃借期間終了時の原状回復義務に関し、資産除去債務を計上しております。

#### (2) 当該資産除去債務の金額の算定方法

所有する建物については、耐用年数を47年から50年、割引率は2.484%から2.606%を採用しております。

また、不動産の賃借については、使用見込期間を15年から50年、割引率は0.268%から2.548%を採用しております。

#### (3) 当期における当該資産除去債務の総額の増減

期首残高	478,333,598 円
当期増加額	11,214,671 円
当期減少額	0 円
期末残高	489,548,269 円

### 2. 減損処理

#### 減損の認識

##### ①減損を認識した固定資産の用途、種類、場所、帳簿価額の概要

場 所	用 途	種 類	減損前帳簿価額	減 損 額
ア 京都府相楽郡精華町	研究機器	工具器具備品	14,700 円	14,697 円
合 計			14,700 円	14,697 円

## ②減損の認識に到った経緯

上記資産について、使用が想定されていないため、減損を認識しております。

## ③減損額のうち損益計算書に計上した金額及び計上しなかった金額

損益計算書に計上した金額	14,697 円
損益計算書に計上しなかった金額	0 円

## ④回収可能サービス価額の算定方法

備忘価格としております。

## 3. 出資を財源に取得した資産

出資を財源に取得した資産に係るその他行政コスト累計額	28,085,002,967 円
----------------------------	------------------

## Ⅲ. 行政コスト計算書

## 1. 独立行政法人の業務運営に関して国民の負担に帰せられるコスト

行政コスト	74,988,598,102 円
自己収入等	△36,130,089,650 円
法人税等及び国庫納付額	△23,032,000 円
機会費用	376,330,749 円
独立行政法人の業務運営に関して	39,211,807,201 円
国民の負担に帰せられるコスト	

## 2. 機会費用の計上方法

- (1) 国又は地方公共団体の財産の無償又は減額された使用料による貸借取引の機会費用  
無償使用している財産については、減価償却費相当額を計上しております。
- (2) 政府出資又は地方公共団体出資等の機会費用の計算に使用した利率  
10年利付国債の令和4年3月末利回りを参考に0.210%で計算しております。
- (3) 国又は地方公共団体との人事交流による出向職員から生ずる機会費用の計算方法  
当該職員が国又は地方公共団体に復帰後退職する際に支払われる退職金のうち、独立行政法人での勤務期間に対応する部分について、給与規則に定める退職給付支給基準等を参考に計算しております。

## Ⅳ. 損益計算書

## 1. 主要な費目の内訳

## \* 1. 研究業務費 人件費の内訳

役員報酬	91,289,238 円
給与	6,162,093,899 円
退職手当	71,875,218 円
共済掛金	475,128,507 円
法定福利費	609,748,476 円
賞与引当金繰入	324,747,895 円
退職給付費用	166,101,311 円

## \* 2. その他の研究業務費のうち主要な費目及び金額

委託料	6,880,969,493 円
資材消耗品費	1,659,948,733 円
賃借料損料	874,031,877 円

＊ 3. 通信・放送事業支援業務費	
その他の業務費のうち主要な費目及び金額	
委託料	8,053,427,412 円
資材消耗品費	290,259,741 円
＊ 4. 国及び地方公共団体受託業務費	
その他の受託業務費のうち主要な費目及び金額	
委託料	27,503,894,848 円
資材消耗品費	4,136,999,014 円
雑費	774,619,918 円
＊ 5. その他の団体受託業務費	
その他の受託業務費のうち主要な費目及び金額	
委託料	615,097,834 円
資材消耗品費	378,332,231 円
雑費	79,811,590 円
＊ 6. 一般管理費 人件費の内訳	
役員報酬	18,753,770 円
給与	919,232,306 円
退職手当	13,676,649 円
共済掛金	99,734,548 円
法定福利費	48,932,861 円
賞与引当金繰入	62,690,675 円
退職給付費用	29,688,416 円
＊ 7. その他の一般管理費のうち主要な費目及び金額	
委託料	566,933,127 円
雑費	169,919,243 円
光熱費	49,694,944 円
＊ 8. 雑益のうち主要な費目及び金額	
個人研究助成金間接経費	76,694,397 円
特許料収入	109,935,961 円

## V. キャッシュ・フロー計算書

1. 資金の期末残高の貸借対照表科目別の内訳	
現金及び預金	65,802,424,718 円
定期預金	0 円
資金期末残高	<u>65,802,424,718 円</u>
2. 重要な非資金取引	
(1) 寄附による資産の取得	82,427,351 円

## VI. 金融商品の時価等に関する事項

### 1. 金融商品の状況に関する事項

当法人は、資金運用については短期的な預金及び公社債等に限定しております。

また、投資有価証券は、独立行政法人通則法第47条の規定等に基づき、公債及び証券取引所に上場されている株式会社が発行する担保付社債又は信頼のある格付機関により最高位若しくはそれに準ずる格付けを付与された社債のみを購入しております。

### 2. 金融商品の時価等に関する事項

期末日における貸借対照表計上額、時価及びこれらの差額については、次のとおりであります。なお、時価を把握することが極めて困難と認められるものは、次表には含まれていません。

(注2)を参照ください。

区 分	貸借対照表計上額	時 価	差 額
(1) 現金及び預金	65,802,424,718 円	65,802,424,718 円	0 円
(2) 投資有価証券	150,000,000 円	142,605,000 円	△7,395,000 円
(3) 前渡金	6,201,900,000 円	6,201,900,000 円	0 円
(4) 未収入金 貸倒引当金	15,169,674,926 円 △19,665,000 円		
	15,150,009,926 円	15,150,009,926 円	0 円
(5) 未払金	38,424,591,612 円	38,424,591,612 円	0 円
(6) 前受金	7,613,040,627 円	7,613,040,627 円	0 円

(注1) 金融商品の時価の算定方法並びに有価証券取引に関する事項

#### (1) 現金及び預金

これらは短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

#### (2) 投資有価証券

これらの時価については、取引所の価格又は取引金融機関から提示された価格によっております。また、保有目的ごとの有価証券に関する注記事項については「VII. 有価証券」に記載しております。

#### (3) 前渡金

前渡金は短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

#### (4) 未収入金

未収入金のうち一般債権については、短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

未収入金のうち貸倒懸念債権については、回収不能見込額に基づき貸倒見積額を算出しているため、時価は決算日における貸借対照表価額から現在の貸倒見積額を控除した金額に近似しており、当該価額をもって時価としております。

#### (5) 未払金

未払金は短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

#### (6) 前受金

前受金は短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

(注2) 関係会社株式(貸借対照表計上額728,583,962円)は、市場価格がなく、かつ将来キャッシュ・フローを見積もることなどができず、時価を把握することが極めて困難と認められるため時価開示の対象とはしていません。

## VII. 有価証券

### 1. 満期保有目的の債券で時価のあるもの

区 分		貸借対照表計上額	決算日における時価	差 額
時価が貸借対照表計上額を超えるもの	国債・地方債等	—	—	—
	社債	—	—	—
時価が貸借対照表計上額を超えないもの	国債・地方債等	150,000,000 円	142,605,000 円	△7,395,000 円
	社債	—	—	—
合 計		150,000,000 円	142,605,000 円	△7,395,000 円

### 2. 時価評価されていない有価証券

関係会社株式

関係会社株式で時価のあるものは、ありません。

### 3. その他有価証券のうち満期があるもの及び満期保有目的の債券の決算日後における償還予定額

区 分	1 年以内	1年超5年以内	5年超10年以内	10 年 超
国債・地方債等	—	—	—	150,000,000 円
社債	—	—	—	—
合 計	—	—	—	150,000,000 円

## VIII. 退職給付に関する注記

### 1. 採用している退職給付制度の概要

当法人は、国立研究開発法人情報通信研究機構役員退職手当規程及び国立研究開発法人情報通信研究機構パーマネント職員退職手当規程に基づく非積立型の退職一時金制度及び国家公務員共済組合法の退職等年金給付制度を採用しております。非積立型の退職一時金制度では、給与と勤務期間に基づいた一時金を支給しており、簡便法により退職給付引当金及び退職給付費用を計算しております。

### 2. 確定給付制度

#### (1) 簡便法を適用した制度の退職給付引当金の期首残高と期末残高の調整表

期首における退職給付引当金	3,203,890,271 円
退職給付費用	195,789,727 円
退職給付の支払額	△456,134,723 円
期末における退職給付引当金	<u>2,943,545,275 円</u>

#### (2) 退職給付に関連する損益

簡便法で計算した退職給付費用	195,789,727 円
----------------	---------------

### 3. 退職等年金給付制度

当法人の退職等年金給付制度への要拠出額は、30,834,119円であります。

## IX. 不要財産に係る国庫納付等

①	資産種類	現金及び預金	
②	不要財産となった理由	将来において業務を実施する上で必要がなくなったと認められたため	
③	国庫納付等の方法	現金納付	
④	国庫納付等の額 納付等年月日	(1) 国庫納付額	1,500,000,000 円
		納付年月日	令和3年6月30日
		(2) 地方公共団体への払戻額	—
		納付年月日	—
		(3) その他民間等への払戻額	—
⑤	減資額	1,500,000,000 円	
⑥	備考		

## X. 重要な債務負担行為

契約内容	契約金額	翌事業年度以降の 支払金額
レーダ時間軸多様化衛星1号機総合システムの開発 E M及びP F M1	9,416,000,000 円	6,879,800,000 円
マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー2式調達	2,988,700,000 円	2,988,700,000 円
2021年度サイバーセキュリティ統合知的基盤セキュリティネットワーク 機器の整備および北陸サイバーセキュリティ研究開発環境セキュリティ ネットワーク機器の更改	2,164,742,800 円	2,164,742,800 円
量子鍵配送テストベッド構築	1,999,800,000 円	1,999,800,000 円
2021年度サイバーセキュリティ統合知的基盤サーバ機器の整備および北 陸サイバーセキュリティ研究開発環境サーバ機器の更改	1,959,392,743 円	1,959,392,743 円
2021-2022年度生活会話多言語対訳コーパスの構築作業	1,870,000,000 円	1,870,000,000 円
Beyond5G/IoT機能検証システム（モバイルシステム部）	1,747,988,000 円	1,747,988,000 円
レーダ7号機・8号機ミッション系2及び地上系システム2の開発 R 7 P F M2	1,725,973,700 円	281,973,700 円
レーダ7号機・8号機ミッション系2及び地上系システム2の開発 衛星実機モデル（F M）製作試験（その4）	1,023,825,000 円	379,925,000 円
2021年度オンライン演習のための統合環境基盤	895,785,000 円	895,785,000 円

## XI. 重要な後発事象

当該事項はありません。

## XII. 積立金の国庫納付等

前中長期目標期間最終年度の積立金の期末残高は1,747,253,044円であり、これに前中長期目標期間の最終年度の未処分利益12,899,257,089円及び前々中期目標期間繰越積立金の使用残578,330,007円を加えると、積立金は15,224,840,140円となります。

この積立金15,224,840,140円のうち、今中期目標期間の業務の財源として繰越の承認を受けた額は14,562,081,491円であり、差し引き662,758,649円については、国庫納付しております。



## 10 役職員の報酬・給与等

- 10.1 役員の報酬等の支給状況
- 10.2 職員給与の支給状況
- 10.3 職員と国家公務員の給与水準（年額）の比較指標

## 10.1

## 役員報酬等の支給状況

役名	令和3年度年間報酬等の総額				就任・退任の状況	
		報酬(給与)	賞与	その他(内容)	就任	退任
法人の長	千円 21,339	千円 13,284	千円 6,062	千円 1,992 (特別調整手当)		
A理事	千円 14,666	千円 9,132	千円 3,969	千円 1,369 (特別調整手当) 195 (通勤手当)		令和4年3月31日
B理事	千円 14,634	千円 9,132	千円 4,031	千円 1,364 (特別調整手当) 135 (通勤手当)	令和3年4月1日	
C理事	千円 15,986	千円 9,816	千円 4,480	千円 1,472 (特別調整手当) 217 (通勤手当)		
D理事	千円 14,827	千円 9,132	千円 4,167	千円 1,369 (特別調整手当) 158 (通勤手当)		
E理事	千円 16,228	千円 9,816	千円 4,480	千円 1,472 (特別調整手当) 460 (通勤手当)		
A監事	千円 4,929	千円 2,587	千円 1,953	千円 388 (特別調整手当)		令和3年7月12日
B監事	千円 9,790	千円 6,544	千円 2,015	千円 981 (特別調整手当) 248 (通勤手当)	令和3年7月13日	
C監事 (非常勤)	千円 8,173	千円 8,173	千円 0	千円 0		

注1:「特別調整手当」は、東京都小金井市に在勤する役員に支給しているものである。

注2:千円未満切り捨ての関係で、総額が内訳と合わない場合がある。

## 10.2 職員給与の支給状況

区分	人員	平均年齢	総額	令和3年度の年間給与額（平均）		
				うち所定内	うち通勤手当	うち賞与
事務・技術職員	人 89	歳 48.0	千円 7,989	千円 5,870	千円 162	千円 2,119
研究職員	人 241	歳 49.8	千円 9,798	千円 7,239	千円 115	千円 2,559
研究技術職員	人 16	歳 45.6	千円 9,054	千円 6,795	千円 154	千円 2,259
無期一般職	人 25	歳 49.7	千円 4,480	千円 4,480	千円 108	千円 0
無期研究技術職	人 3	歳 39.8	千円 5,613	千円 5,613	千円 65	千円 0
在外職員	人 4	歳 42.5	千円 12,440	千円 10,425	千円 3	千円 2,015

注：支給状況は給与水準における公表値である。

## 10.3 職員と国家公務員の給与水準（年額）の比較指標

	年齢勘案	年齢・地域勘案	年齢・学歴勘案	年齢・地域・学歴勘案
事務・技術職員 （対行政職（一））	107.0	107.5	107.7	107.8
研究職員 （対研究職）	99.9	100.1	99.8	100.7

当法人の年齢別人員構成をウエイトに用い、当法人の給与を国の給与水準に置き換えた場合の給与水準を100として、法人が現に支給している給与費から算出される指数をいい、人事院において算出。

※詳細につきましては、下記のホームページに掲載しております。

<https://www.nict.go.jp/disclosure/additional-resolution.html>



- 11.1 国立研究開発法人情報通信研究機構が達成すべき業務運営に関する目標を達成するための計画（第5期）
- 11.2 国立研究開発法人情報通信研究機構における令和3年度の業務運営に関する計画（令和3年度計画）

# 国立研究開発法人情報通信研究機構が達成すべき業務運営に関する目標を達成するための計画（第5期）

## 序文

国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、「機構」という。）は、情報通信分野を専門とする唯一の公的研究機関であり、研究開発に係る業務を主要な業務として、中長期的な目標・計画に基づき業務を行うことにより、我が国の科学技術の水準の向上を通じた国民経済の発展その他の公益に資するため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である。主務大臣の下での政策のPDCAサイクルを強化するため、主務大臣を評価主体とする等目標・評価の一貫性・実効性を向上させる仕組みが構築された。

「第6期科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月）において、「ICTの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させるDX（デジタルトランスフォーメーション）の推進は、個々のニーズに適ったソリューションを提供する可能性を広げている」と分析されているように、情報通信技術（ICT）の発展及び浸透がデジタルトランスフォーメーションを加速し、Society 5.0として謳われる社会経済の変革を実現させることが期待されている。また、情報通信審議会「新たな情報通信技術戦略の在り方」第4次中間答申（令和2年8月、以下「第4次中間答申」という。）において、デジタルトランスフォーメーションを推進するため「Beyond 5Gの実現」「AI（脳情報通信、データ利活用）」「量子情報通信」「サイバーセキュリティ」を戦略的に推進すべき4研究領域と定め、戦略的な取組を強力に推進することが求められている。そこで機構は、災害や未知の感染症等の社会の非連続な変化に柔軟に対応しうるSociety 5.0の実現に向け、サイバー空間とフィジカル空間の融合を目指すICTの役割や期待を認識した上で、第5期中長期目標に掲げられている国の政策体系における機構の位置付けと役割（ミッション）を踏まえ、令和3年度から令和7年度までの新たな中長期目標期間において、次のとおり取り組む。

第一に、第4期中長期計画までの研究開発成果に基づき、機構の基礎体力としての基礎的・基盤的な研究開発を引き続き推進する。その際、第4次中間答申を踏まえ、研究開発を5つの分野（①電磁波先進技術分野、②革新的ネットワーク分野、③サイバーセキュリティ分野、④ユニバーサルコミュニケーション分野、⑤フロンティアサイエンス分野）の下で推進する。

第二に、限られたリソースを活用して研究開発成果の最大化を実現するため、機構内部の連携を深化させてイノベーションを創出することと併せ、機構内部の能力と機構外部（国内外の産業界、大学、利用者、地域社会等）の能力を横断的に連携させてBeyond 5G時代を見据えたイノベーションを加速する取組を行うこととし、体制を整備して強く推進する。

第三に、機構が国立研究開発法人としての社会的責務を効果的に果たしていくため、研究開発を実施する中で引き続き効率的な業務運営を図る。

## 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とるべき措置

### 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

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) 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。

## (ア) ローカルセンシング技術

局所的（ローカル）な電磁波伝搬に大きな影響を与える、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。

## (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。

## (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。

## (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（より高精度の情報を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。

## (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ェース開発、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。

## (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。

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同時に、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。

## (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、機構法第14条第1項第5号業務等の試験・較正業務に反映する。

## (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。

## (4) 時空標準技術

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。

(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。

(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。

(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かった新しい応用領域を開拓する。

(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確立し、プリントした光学素子を用いた、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。

## 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。

(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。

(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。

(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。

(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実施やサービスの具現化を目指す。

## (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徴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。

### (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を確認するとともに、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。

### (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ン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。

## (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フィックに対応するためのマッシュチャン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。

### (ア) マッシュチャンネル光ネットワーク技術

増加を続ける通信トラフィックへの持続的な対応方法として、空間・波長領域を活用した超多量の光チャン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ン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、マッシュチャンネル光ネットワーク技術を確立する。

### (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

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りソースを用いて、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。

### (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。

(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パラレル波形処理等の機能を有する「マッシュ集積オールバンド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。

(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

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。

(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。

(6) テラヘルツ波ICTプラットフォーム技術

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。

(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。

(イ) 超高周波電磁波の宇宙利用技術

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。

## (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。

## 1-3. サイバーセキュリティ分野

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（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。

## (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。

## (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。

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(5)までの取組に適用することにより技術検証を行うとともに、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。

## (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を確認する。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。

## (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、安全なテレワーク等の社会的な課題解決に貢献する。

## (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。

## (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。

#### (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。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。

#### (5) パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査

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。

### 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、スマートデータ利活用基盤技術の研究開発を実施する。また、多様なユーザ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。

#### (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。

これらの取組にあたっては、以下の(ア)、(イ)及び(ウ)を密接に連携させて行う。

#### (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。

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。

#### (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。

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。

#### (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テムや各技術の社会実装の推進を図る。

#### (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。

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。

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、ユーザの要求の変動に質的、量的にエラスティックに追随し、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。

#### (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。

### 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るとともに、研究開発成果の普及や社会実装を目指す。

(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。

(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、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、評価技術を確認する。

(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。

(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。

(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、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。

(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な、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。

(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更なる高性能化・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的電子デバイス（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。

(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。

(3) 量子情報通信基盤技術

あらゆる計算機で読解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。

(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。

(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を確立し、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な高度な量子ビット制御技術の研究開発を進める。

(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読解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、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。

(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应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。

#### (ウ) 脳情報通信技術の社会的受容性向上と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。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。

### 1-6. 評価軸等

1-1. から1-5. までの各分野の研究開発等に係る評価に当たっては、研究開発課題の内容・段階等に応じて、中長期目標に定められているいずれかの評価軸により評価を実施する。また、評価に際しては、評価軸に関連する指標に従って取組や成果を示す。

## 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。

### 2-1. Beyond 5G の推進

我が国として目指すべきBeyond 5G を実現するには、その優れた機能の中核となる先端的な要素技術の研究開発を強力に推進する必要があるため【重要度：高】とする。Beyond 5Gの2030年頃の実現の鍵を握る要素技術等（超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続、自律性、拡張性、超安全・信頼性、超低消費電力等）の早期確立に資する成果の創出を目指し、本中長期目標期間を集中取組期間（先行的取組フェーズ）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を促進するため、総務省が策定する研究開発方針に基づき、以下の公募型研究開発プログラムを実施する。

### <公募型研究開発プログラム>

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（研究開発成果の知財権利化や国際標準化活動も含む）に対する必要な指示・支援等を行う。

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。）。

#### 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。

##### (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。

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。

##### (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取り組む。

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。

##### (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。

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

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する。

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。

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。

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資するICTサービスのエコシステムを形成することを目標と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。

### 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、迅速かつ柔軟な視点で知的財産の活用促進に取り組む。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。

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。

### 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。

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。

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。

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。

## 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。

## 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。

## 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領域を開拓す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。

## 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、招へいごとに、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。

## (2) 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援

### (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。その際、次の点に留意する。

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) 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、信用基金については、令和3年度末の債務保証業務終了後、清算する。

### (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。

- ・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。
- ・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、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。

## 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

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。

### 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。

### 3-3. 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。

## 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

### 1. 機動的・弾力的な資源配分

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、機構が定期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。

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が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な評価に当たっては、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。

### 2. 調達等の合理化

「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。

### 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。

### 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公表する。

### 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。

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、機動的に研究課題の設定や研究推進体制の整備を行う。

**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（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画については、次のとおりとする。

予算の見積もりは、運営費交付金の算定ルール等に基づき中長期目標を踏まえ試算したものであり、実際の予算は毎年度の予算編成において決定される係数等に基づき決まるため、これらの計画の額を下回ることや上回ることがあり得る。

**予算計画**

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 1 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 1 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 1 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 1 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 1 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 1 - 6】 |

**収支計画**

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 2 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 2 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 2 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 2 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 2 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 2 - 6】 |

**資金計画**

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 3 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 3 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 3 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 3 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 3 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 3 - 6】 |

**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すべき措置」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、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。

**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。

### 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。

なお、信用基金については、令和3年度末の債務保証業務終了後、清算する。

### 5. 出資勘定

出資業務については、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。

## 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できるとし、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及び鹿島宇宙技術センターの一部について、国庫納付を行う。

## 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

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

## VIII その他主務省令で定める業務運営に関する事項

### 1. 施設及び設備に関する計画

中長期目標を達成するために必要な別表5に掲げる施設及び設備の効率的な維持・整備を適切に実施する。

## 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等、人材の流動化とダイバーシティの確保に努める。

### 2-2. 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。

### 2-3. 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た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確保にも努める。

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、諸外国への人材の派遣による知見の拡大等を積極的に推進する。

### 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。

## 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。

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。

## 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。

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を図る。

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。

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。

## 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く。

## 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日）に従って、適切に取り組む。

## 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。

## 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）及び独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律（平成15年5月30日法律第59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。

別表 1 - 1

## 予算計画（総計）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	137,095
施設整備費補助金	35,706
情報通信技術研究開発推進事業費補助金	51,779
情報通信利用促進支援事業費補助金	2,900
電波利用技術調査費補助金	1,615
事業収入	103
受託収入	20,409
その他収入	1,782
計	251,389
支出	
事業費	215,720
研究業務関係経費	172,417
通信・放送事業支援業務関係経費	43,261
民間基盤技術研究促進業務関係経費	42
施設整備費	35,706
受託経費	20,409
一般管理費	8,976
計	280,811

[注1] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

[注2] 情報収集衛星  
情報収集衛星の受託経費については、上記予算計画の金額に含まれていない。

[注3] 運営費交付金の算定ルール  
毎年度の運営費交付金（G（y））については、以下の数式により決定する。  
G（y）=A（y）+B（y）-C（y）

G（y）：運営費交付金  
A（y）：当該年度における運営費交付金（一般管理費及び事業費の合計分）  
A（y）={A（y-1）-a（y-1）}×α（効率化係数）+b（y）  
a（y）：特定の年度において一時的に発生する廃止プロジェクト等経費  
b（y）：特定の年度において一時的に発生する新規拡充経費  
α（効率化係数）：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%以上の効率化を実施する。  
B（y）：当該事業年度における特殊経費。退職者の人数の増減等の事由により当該年度に限り  
時限的に発生する経費であって、運営費交付金算定ルールに影響を与えうる規模の経費。  
これらについては、各事業年度の予算編成過程において、人件費の効率化等一般  
管理費の削減方策も反映し具体的に決定。  
C（y）：自己収入。  
C（y）=C（y-1）×β（自己収入調整係数）  
β（自己収入調整係数）：自己収入の見込みに基づき決定する。  
係数α、βについては、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値  
を決定する。

[注4] 人件費の見積もり  
中長期目標期間中の常勤役職員の人件費総額見込み：21,492百万円  
上記の額は、役員報酬、職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与に相当  
する範囲の費用である。

## 予算計画（一般勘定）

（単位：百万円）

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的ネッ トワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティア サイエンス 分野	f Beyond 5Gの推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
収入									
運営費交付金	137,095	10,172	22,216	11,759	13,023	18,736	5,118	24,401	31,669
施設整備費補助金	35,706			9,688		5,600	19,967		451
情報通信技術研究開発推進事業費補助金	51,779	3,000	5,050	9,395	6,034	28,300			
情報通信利用促進支援事業費補助金	2,900							2,900	
電波利用技術調査費補助金	1,615			1,615					
受託収入	20,409	12,105	1,200	135	1,579	4,951	10	429	0
その他収入	1,777	35						1,735	7
計	251,281	25,312	28,466	32,592	20,636	57,587	25,095	29,465	32,127
支出									
事業費	186,297								
研究業務関係経費	172,387	13,207	27,266	11,759	19,057	47,036	5,118	26,136	22,808
通信・放送事業支援業務関係経費	13,910			11,010				2,900	
施設整備費	35,706			9,688		5,600	19,967		451
受託経費	20,409	12,105	1,200	135	1,579	4,951	10	429	
一般管理費	8,869								8,869
計	251,281	25,312	28,466	32,592	20,636	57,587	25,095	29,465	32,127

[注] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

別表 1 - 3

## 予算計画（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
事業収入	102
その他収入	0
計	103
支出	
事業費	72
研究業務関係経費	30
民間基盤技術研究促進業務関係経費	42
一般管理費	10
計	82

別表 1 - 4

## 予算計画（債務保証勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
事業収入	0
計	0
支出	
事業費	57
通信・放送事業支援業務関係経費	57
一般管理費	8
計	65

別表 1 - 5

## 予算計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
その他収入	5
計	5
支出	
事業費	2
通信・放送事業支援業務関係経費	2
一般管理費	1
計	3

**別表 1 - 6**

**予算計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）**

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
その他収入	0
計	0
支出	
事業費	29,292
通信・放送事業支援業務関係経費	29,292
一般管理費	89
計	29,380

**別表 2 - 1**

**収支計画（総計）**

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	214,287
経常費用	214,287
研究業務費	140,573
通信・放送事業支援業務費	42,453
民間基盤技術研究促進業務費	42
受託業務費	22,243
一般管理費	8,976
収益の部	217,311
経常収益	217,311
運営費交付金収益	131,846
補助金等収益	43,729
事業収入	103
受託収入	20,409
資産見返負債戻入	17,111
賞与引当金見返に係る収益	1,716
退職給付引当金見返に係る収益	615
財務収益	6
雑益	1,777
純利益（△純損失）	3,024
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	1,349
総利益（△総損失）	4,373

[注1] 受託収入で取得した資産は、減価償却等を通じて費用計上されるため、未償却残高見合が利益として計上される。

[注2] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

別表2-2

収支計画（一般勘定）

(単位：百万円)

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的 ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティア サイエンス 分野	f Beyond 5Gの推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
費用の部									
経常費用	184,757	24,342	25,658	24,046	15,995	25,932	5,620	28,498	34,666
研究業務費	184,757	24,342	25,658	24,046	15,995	25,932	5,620	28,498	34,666
通信・放送事業支援業務費	140,543	11,149	24,350	14,503	14,274	20,536	5,609	25,130	24,991
受託業務費	13,102			9,395				2,900	807
一般管理費	22,243	13,192	1,307	147	1,721	5,396	11	468	
	8,869								8,869
収益の部									
経常収益	187,823	24,437	25,873	24,205	16,042	26,260	5,694	30,464	34,849
運営費交付金収益	187,823	24,437	25,873	24,205	16,042	26,260	5,694	30,464	34,849
補助金等収益	131,846	10,756	21,307	11,278	12,490	18,469	4,908	21,702	30,936
受託収入	14,361			11,010				2,900	451
資産見返負債戻入	20,409	12,105	1,200	135	1,579	4,951	10	429	
賞与引当金見返に係る収益	17,111	1,357	2,965	1,569	1,738	2,500	683	3,256	3,043
退職給付引当金見返に係る収益	1,705	135	295	156	173	249	68	324	303
雑益	614	49	106	56	62	90	25	117	109
	1,777	35						1,735	7
純利益（△純損失）	3,066	95	215	159	47	327	73	1,966	183
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	1,284	102	222	118	130	188	51	244	228
総利益（△総損失）	4,350	197	438	277	178	515	125	2,210	411

[注1] 受託収入で取得した資産は、減価償却等を通じて費用計上されるため、未償却残高見合が利益として計上される。

[注2] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

別表 2 - 3

収支計画（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	82
経常費用	82
研究業務費	30
民間基盤技術研究促進業務費	42
一般管理費	10
収益の部	103
経常収益	103
事業収入	102
財務収益	0
純利益（△純損失）	21
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	21

別表 2 - 4

収支計画（債務保証勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	65
経常費用	65
通信・放送事業支援業務費	57
一般管理費	8
収益の部	0
経常収益	0
事業収入	0
純利益（△純損失）	△ 65
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	65
総利益（△総損失）	—

別表 2 - 5

## 収支計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	3
経常費用	3
通信・放送事業支援業務費	2
一般管理費	1
収益の部	5
経常収益	5
財務収益	5
純利益（△純損失）	2
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	2

別表 2 - 6

## 収支計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	29,381
経常費用	29,381
通信・放送事業支援業務費	29,292
一般管理費	89
収益の部	29,381
経常収益	29,381
補助金等収益	29,368
賞与引当金見返に係る収益	12
退職給付引当金見返に係る収益	1
財務収益	0
純利益（△純損失）	—
前中長期目標期間繰越積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	—

別表 3 - 1

資金計画（総計）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	312,729
業務活動による支出	193,176
投資活動による支出	117,870
不要財産に係る国庫納付等による支出	1,683
次期中長期目標期間への繰越金	9,924
資金収入	322,653
業務活動による収入	215,684
運営費交付金による収入	137,095
国庫補助金による収入	56,294
事業収入	103
受託収入	20,409
その他の収入	1,783
投資活動による収入	61,294
有価証券の償還等による収入	25,588
施設費による収入	35,706
前期中長期目標期間よりの繰越金	45,674

[注] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

別表3-2

資金計画（一般勘定）

(単位：百万円)

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的 ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティア サイエンス 分野	f Beyond 5Gの推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
資金支出	253,269	17,795	37,363	37,801	24,975	61,151	27,411	27,380	19,392
業務活動による支出	163,458	13,764	30,060	26,921	17,621	25,351	6,925	24,906	17,910
投資活動による支出	89,812	4,032	7,303	10,880	7,355	35,800	20,486	2,474	1,482
次期中長期目標期間への繰越金	9,440								
資金収入	262,710								
業務活動による収入	215,575								
運営費交付金による収入	137,095	11,618	25,374	13,430	14,873	21,399	5,845	27,868	16,687
国庫補助金による収入	56,294	3,000	5,050	11,010	6,034	28,300		2,900	
受託収入	20,409	12,105	1,200	135	1,579	4,951	10	429	
その他の収入	1,777	35						1,735	7
投資活動による収入	35,706								
施設費による収入	35,706			9,688		5,600	19,967		451
前期中長期目標期間よりの繰越金	11,429								

[注] 各別表の「金額」欄の係数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

**別表 3 - 3**

**資金計画（基盤技術研究促進勘定）**

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	3,588
業務活動による支出	88
投資活動による支出	2,000
不要財産に係る国庫納付等による支出	1,500
次期中長期目標期間への繰越金	457
資金収入	4,046
業務活動による収入	103
事業収入	102
その他の収入	0
投資活動による収入	2,000
有価証券の償還等による収入	2,000
前期中長期目標期間よりの繰越金	1,943

**別表 3 - 4**

**資金計画（債務保証勘定）**

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	11,513
業務活動による支出	89
投資活動による支出	11,240
不要財産に係る国庫納付等による支出	183
次期中長期目標期間への繰越金	—
資金収入	11,513
業務活動による収入	1
事業収入	1
投資活動による収入	8,620
有価証券の償還等による収入	8,620
前期中長期目標期間よりの繰越金	2,892

別表 3 - 5

## 資金計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	271
業務活動による支出	153
投資活動による支出	118
次期中長期目標期間への繰越金	26
資金収入	297
業務活動による収入	6
その他の収入	6
投資活動による収入	268
有価証券の償還等による収入	268
前期中長期目標期間よりの繰越金	23

別表 3 - 6

## 資金計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	44,088
業務活動による支出	29,388
投資活動による支出	14,700
次期中長期目標期間への繰越金	—
資金収入	44,088
業務活動による収入	0
その他の収入	0
投資活動による収入	14,700
有価証券の償還等による収入	14,700
前期中長期目標期間よりの繰越金	29,388

別表 4

## 不要財産の処分に関する計画

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）	令和5年度以降	土地（現物納付）

**別表 5****施設及び設備に関する計画**

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・設備		運営費交付金
(2) 革新的ネットワーク分野の研究開発に必要な施設・設備		施設整備費補助金
(3) サイバーセキュリティ分野の研究開発に必要な施設・設備		
(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・設備		
(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・設備		
(6) 災害復旧及び老朽化対策が必要な施設・設備		
	計 37,505	

## 11.2

# 国立研究開発法人情報通信研究機構における令和3年度の業務運営に関する計画（令和3年度計画）

## 序文

情報通信技術（ICT）はすべての社会経済活動の基盤であり、経済成長や地域・社会的課題の解決を加速させるデジタルトランスフォーメーションを実践するためのプラットフォームとしての役割が、今後ますます重要になっていく。国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、「機構」という。）は、情報通信分野を専門とする唯一の公的研究機関として、中長期的視点に立ち、ICTの基礎から応用までを見通す総合的な視点による研究開発を実践的に推進し、その成果の効果的な社会実装を目指していくことにより、我が国の競争力強化と知的財産立国としての発展に貢献するとともに、国際社会の持続的発展を目指すSDGsの達成にも貢献していく。第5期中長期目標期間においては、研究開発を5つの分野（①電磁波先進技術分野、②革新的ネットワーク分野、③サイバーセキュリティ分野、④ユニバーサルコミュニケーション分野、⑤フロンティアサイエンス分野）で構成して先端技術の研究開発を推進する。

また、産学官連携及び地域連携の強化を重視した研究活動基盤の構築を進め、特にBeyond 5Gの推進にあたっては、国内の大学、研究機関や民間のみならず、海外機関との研究連携もあわせて推進する。さらに、オープンイノベーションを加速するために、戦略的な研究ハブの構築とその利活用を進めるとともに、我が国の今後の発展の一つの起点となっていく2025年の大阪万国博覧会の機会を捉えた成果展開を進める等、機構の能力と与えられる機会を十分に活かした研究開発活動を推進する。

中長期目標期間の初年度である令和3年度においては、前中長期目標期間までの研究開発成果や現在のICTを取り巻く諸状況を踏まえ、大学や民間企業では実施できないような長期間にわたり推進すべき基礎的・基盤的な研究開発を開始する。

## 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とるべき措置

### 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) リモートセンシング技術
- (ア) ローカルセンシング技術

- ・世界最高レベルの画質（高分解能（15cm）、高感度化、耐偽像性能の向上）の高精細航空機搭載合成開口レーダー（Pi-SAR X3）について、性能評価のための観測実験を実施し、実運用に向けた評価・調整を行うとともに、観測・情報抽出技術の更なる高度化を推進する。さらに、ドローン搭載適合型映像レーダー（DAIR: Drone-borne Adaptive Imaging Radar）の試作機の開発と性能確認試験を実施する。
- ・マルチパラメータ・差分吸収ライダー（MP-DIAL: Multi-Parameter Differential Absorption Lidar）を構成する各コンポーネントの開発を行い、風・水蒸気が計測可能なモバイル観測システムを整備すると共に観測性能実証試験を実施する。
- ・マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー（MP-PAWR: Multi-Parameter Phased Array Weather Radar）を活用したゲリラ豪雨等の早期捕捉や発達メカニズムの解明に関する研究、機械学習を利用した降雨強度及び予測の精度向上に関する研究を推進する。また、東京オリンピック・パラリンピック競技大会や自治体との実証実験を他機関との密接な連携により実施する。
- ・地上デジタル放送波を利用した水蒸気量観測装置について、日本の地上デジタル放送方式（ISDB-T）以外の方式に対応する装置の開発を行う。また、他機関との連携により九州北部の観測網を整備し、豪雨予測精度向上に関する研究を実施する。
- ・次世代の気象レーダーシステムの基本設計に向けた検討を実施する。また、ウィンドプロファイラの測定データ品質向上を目的とした信号処理手法の高度化を実施する。
- ・センシングデータの利活用研究開発として、AI技術を用いた情報抽出技術の開発を行う。

(イ) グローバルセンシング技術

- ・雲エアロゾル放射ミッション（EarthCARE：Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer）衛星の打ち上げに備えて、同衛星に搭載される雲プロファイリングレーダー（CPR：Cloud Profiling Radar）の地上処理アルゴリズムの改良を行う。また、打ち上げ後の地上検証に備えて、地上雲レーダーの長期観測を実施し、処理結果を処理アルゴリズムの改良に利用する。さらに、地上校正に用いる能動型レーダー校正器の精度向上のための改修を行う。
- ・全球降水観測計画（GPM：Global Precipitation Measurement）衛星に搭載された二周波降水レーダー（DPR：Dual-frequency Precipitation Radar）について、観測データから降水に関する物理量を推定する処理アルゴリズムについて改良・検証を行う。また、将来の衛星搭載センサの開発に向けた検討を実施する。

(2) 宇宙環境計測技術

ユーザニーズに即した宇宙天気予報の精度向上のため、観測手法の拡大、数値予報及びAIを用いた経験モデルの開発、及びユーザフレンドリーな情報提供手法を検討する。

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。

(ア) 宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発

- ・国内及び国際協力の基に地上からの宇宙天気監視網の充実を図る。東南アジア諸国に対し電離圏観測に関する技術供与を行い観測網の充実を進める。衛星による宇宙環境計測センサの開発及び利用の検討を進める。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モデルの実用化に向けた開発を開始する。太陽風数値モデルを用いた太陽嵐到達時刻予測精度向上スキームの開発を開始する。磁気圏・電離圏モデルの結合の検討を進める。

(イ) 宇宙天気予報システムの研究開発

- ・国内太陽電波及び電離圏定常観測を滞りなく遂行するための基盤を整備する。宇宙天気予報業務を安定的に遂行するとともに、国内及び国際的に情報を発信するシステムを整備する。宇宙天気ユーザ協議会等により利用者との交流を進め、ユーザニーズの調査を進める。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。

(3) 電磁環境技術

(ア) 先端EMC計測技術

- ・複数の広帯域電磁雑音源から発生する広帯域電磁雑音の特性評価方法を検討し、広帯域電磁雑音源数の増加に伴う広帯域電磁雑音特性の変動傾向を明らかにする。さらに、複数広帯域電磁雑音源と複数無線設備を考慮した電磁雑音許容値設定のための電磁干渉確率モデルを検討する。また、近接電磁耐性評価用の新たなアンテナを設計、試作し、性能を評価する。
- ・5Gで用いられる28GHz帯を含む40GHzまでの電磁雑音測定に関し、測定場の評価方法及びアンテナ較正方法について検討する。また、5G/IoT環境の電磁的両立性を高精度に把握するために必要な広帯域パルス電磁波の高精度評価技術を確立するために、広帯域アンテナの高精度較正技術について検討する。さらに、ミリ波帯電磁波制御技術を確立するために、電波散乱壁を試作し、伝搬特性の改善効果を実証する。

(イ) 生体EMC技術

- ・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を開発するため、普及が進む5G携帯無線端末における電波防護指針への適合性評価について、国際標準化が進められている手法の妥当性を確認し、改良について検討する。また、ミリ波帯における人体防護国際ガイドラインの新しい指標とされた吸収電力密度の評価方法について検討する。さらに、近接センサ等の比吸収率（SAR：Specific Absorption Rate）低減技術を搭載した無線通信端末における電波防護指針への適合性評価手法の妥当性を確認し、改良について検討する。ワイヤレス電力伝送システム等の多様化する無線システムにおける電波防護指針への適合性評価方法も検討する。
- ・テラヘルツ帯までの電波に対するばく露評価技術として、0.1THzを超える周波数における電力密度分布測定技術を開発する。また、0.1THzを超える周波数に適用するために数値人体モデルを改良し、生体組織の電気的特性を拡充し、数値シミュレーション手法について検討する。
- ・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ために、東京を中心とする100km圏内において、5G電波を含むばく露レベルを車載測定するとともに、テレビ・ラジオ放送送信所周辺の電波強度を詳細に測定する。

以上の研究開発の実施においては、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。また、これらの研究開発に伴い得られた計測基盤技術は、機構法第14条第1項第5号の較正業務に反映する。

#### (4) 時空標準技術

##### (ア) 周波数標準及び時刻生成技術

- ・ 4局（小金井・神戸・長波送信所二箇所）の時計群による統合時系の実運用に向け、概念実証した合成原子時発生手法に冗長系の計算機を追加する等により、より高い信頼性で運用できるシステムを構築する。また、本部及び副局の日本標準時生成監視及び供給システムについて、ハードウェア・ソフトウェア両面で光時計の導入を見据えた機能強化を進める。
- ・ 光格子時計については、国際原子時校正や日本標準時の歩度評価に貢献すると共にその稼働堅牢性の向上を図る。また、国内外機関の光周波数標準との高精度な周波数比測定を実施し、多様な比較手法の評価を進める。さらに、光周波数標準の一層の精度及び信頼性向上を目的に、次世代機の開発に取り組む。
- ・ 静止衛星を利用する周波数比較手法については、光周波数標準の周波数比較に資する衛星双方向搬送波位相比較リンクを韓国KRISS研究所との間で構築する。また、GNS利用の時刻周波数比較において、より多くの衛星数を利用して測定の信頼性及び精度の向上を実現する多周波かつMulti-GNSS利用の簡易型時刻比較用受信機を開発し、パッケージ化した受信機を本部と副局に配置し精度向上を検証する。

##### (イ) 周波数標準及び時刻供給技術

- ・ 可搬型のコンパクトな原子時計の開発については、よりシンプルな自立発振型原子時計の開発を目指し、その要素技術となる二分周発振器と高コントラスト化技術を確立する。また、ガスセルの小型・低コスト化を材料レベルから推進する。
- ・ 近距離無線双方向時刻比較による時刻同期を実現するモジュールについて、その小型化及び高精度化を進める。また、測位技術への応用に向けて反射波の影響を低減する手法の開発に着手する。
- ・ 分散型時刻同期網の研究については、複数台の原子時計によって原理検証を行うシステムを構築した後、安定度測定システムを導入し、性能評価を行い、また光有線／無線に対応した標準周波数伝送システムの開発に着手する。

##### (ウ) 周波数標準及び時刻利用の未踏領域開拓

- ・ 光周波数標準器による重力ポテンシャル計測への地下水変動等の外的擾乱による雑音混入を定量的に評価するために、相対重力値の連続観測に着手する。また、国土地理院等測地観測関連機関と連携して世界測地系での光周波数標準器とGNSS等の測地基準点との結合観測を実施し、同時に重力値データの解析を行う。
- ・ テラヘルツ周波数標準技術については、一酸化炭素分子安定化THz波長標準器の不確かさ評価を行い、その結果の誌上発表を行う。また、Beyond 5Gにおける効率的な帯域利用に資する、小型・可搬型0.3THz標準器の高度化を実施する。また、周波数校正業務のsub-THz帯への拡張に向けた課題を明確化する。

#### (5) デジタル光学基盤技術

- ・ 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、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、及びデジタルホログラムによる実写の精密光学測定技術の研究開発を行う。
- ・ 回折光学素子の製造では、従来の光学素子製造技術では難しい、複雑な光学特性をデジタル印刷で実現するために、安定的なホログラムプリント技術の研究開発を行い、一般に用いられる光学サイズである口径50mm程度の光学素子を安定的にプリントできる露光設備を整備する。
- ・ また、プリントした光学素子を用いた光通信素子等を実現するために、光学系の小型化・軽量化に寄与するホログラムデータの基礎設計を行う。
- ・ 精密光学測定技術では、被写体の振幅・位相の同時測定を可能とするデジタルホログラム撮影法を拡張し、振動や裏面反射の影響を低減する光学系を構築することにより、撮像系の低ノイズ化を実現し、顕微鏡等への応用検討を始める。

### 1-2. 革新的ネットワーク分野

#### (1) 計算機能複合型ネットワーク技術

計算機能複合型ネットワーク技術の研究開発として、以下の内容を実施する。

##### (ア) ネットワークテレメトリーによる大規模ネットワーク制御技術

多様なアプリケーションQoE (Quality of Experience) の保証に向けて、拡張性の高いオープンネットワークテレメトリーによる情報収集管理技術、及びヒューリスティック手法を用いた高度情報分析モデルに基づくネットワーク制御技術の設計に着手する。また、制御管理対象基盤として、新たなデータ転送プラットフォームを設計し、仮想化通信基礎基盤及びインターフェースを実装する。さらに、当該技術に関する国際標準化活動を開始する。

(イ) 遅延保証型ルーター技術

遅延保証型ルーターにおける処理機能オフローディングのため、プログラマブルハードウェアルーターフレームワークの基本設計を行う。低遅延処理の一機能として、FPGAで実行可能なデータ改竄検証機能及び送信者認証機能の実装を行う。また、パケット転送機構と連携しながらこれらの機能を呼び出すデータ転送処理機構の基本設計を行い、FPGAに当該基本機能実装を行う。

(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

アプリケーションやサービスが求める信頼性や有効性等の特性を判断して情報提供を可能とする情報特性指向型ネットワークプラットフォームの基本設計を行う。情報特性に基づく経路制御のシミュレーションを可能とするネットワークシミュレータを一次実装・検証すると共に、同プラットフォームに適した分散台帳による制御管理プレーンの実現に向けたネットワーク機能の開発に着手する。

(2) 次世代ワイヤレス技術

サイバー空間とフィジカル空間との効率的な接続を検証する無線システム評価技術の研究開発、端末・基地局間連携を加速する高度無線アクセスシステムの研究開発、モビリティ制御・無線エリア拡張技術の研究開発について、それぞれ次のような研究開発を進める。成果を外部プロジェクトにおける実証、検証に活用しながら社会展開を積極的に進めるとともに、オープン化と知財化を適切に選択した成果展開を想定した研究開発を行う。

(ア) サイバー空間とフィジカル空間との効率的な接続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・反映技術の確立を目的として、見通し内だけでなく、見通し外環境も含めた無線通信中継システムの高精度模擬に関する研究開発を行う。また、エリア内通信の可視化によるリアルタイムネットワーク最適化技術に関する研究開発を行う。
- ・遠隔物理ネットワーク間同期制御技術の確立を目的として、クラウド間連携による遅延補正・同期を実現する技術の研究開発を行う。さらに、地理的な隔たりを前提とした移動体を考慮した統合モビリティ制御技術に関する研究開発を行う。
- ・CPS高度化技術の確立を目的として、拡張された無線周波数帯を有効に利用するミリ波、テラヘルツ波通信システムの実装・模擬のための研究開発を行う。また、複数の電波システムの模擬をそれぞれ実現・協調するためのネットワーク間連携技術の実装について検討する。

(イ) 端末・基地局間連携を加速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の確立を目的として、異種無線ネットワーク構成における複数無線ネットワークへのアクセス制御アルゴリズムの開発を行う。また、当該アルゴリズムを前提とする複数無線ネットワークアクセス技術の実装を検討する。さらに、異種無線ネットワーク間相互連携技術の実装について検討する。
- ・スペクトラム利用高効率化を促進する干渉把握・制御技術の確立を目的として、複数の電波システムの利用環境に準ずる様々な干渉状況を把握し、運用中の既存システムを検出するための電波到来方向推定アルゴリズムの開発を行う。また、干渉把握による周波数共用エリア構築技術の研究開発を行う。さらに、波形整形、全二重通信技術の実装について検討する。
- ・超広域ネットワークによるネットワーク間連携強靱化技術の確立を目的として、HAPS、ドローンを経由して介した遠隔地上ネットワーク連携制御に関する研究開発を行う。また、HAPS、ドローンによる地上モビリティネットワーク制御に関する研究開発を行う。
- ・On-DemandかつAd-HocなCPSの実現で、急速な時代の流れと環境の変化と個々の希望に柔軟に適応できる社会の実現を目的として、複数無線システム同時監視・可視化技術、制御システム情報連携型無線通信制御技術の研究開発を行う。また、各種システムへの無線通信を用いた制御を実現するための無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術、オンデマンドネットワークスライシング技術の研究開発を行う。

(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超低遅延無線システムの実現を目的として、超低遅延中継（多段でもミリ秒オーダー）を実現する物理層技術の開発を行う。また、超低遅延中継を前提とした無線アクセス技術（被与干渉も考慮）について検討する。得られた成果の3GPPアイテム（スマートリピータ等）への入力等、標準化への寄与について検討する。
- ・チャンネル多元接続を用いた複数端末協調動作の実現を目的として、超多数端末による協調通信を実現する物理層・アクセス層技術の研究開発を行う。また、端末群の構成を含む自律的なネットワーク構築・管理技術の研究開発を行う。得られた成果のIEEE802.15等の標準化への反映について検討する。
- ・極限環境への通信技術の適用実現を目的として、想定適用環境に準ずる適切なアンテナ小型化技術に関する研究開発を行う。また、センシングと通信をいずれも必要に応じて実現できる海中ワイヤレスシステムの構築のための研究開発を行う。得られた成果の民間企業への技術移転について検討する。

## (3) フォトニックネットワーク基盤技術

## (ア) マッシュアップチャンネル光ネットワーク技術

光ファイバ伝送技術について、標準外径マルチコアファイバや標準外径マルチモードファイバにおけるラマン光増幅を活用した数百km以上の長距離伝送を実証する。光交換ノード技術について、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を実証する。光領域信号処理技術について、光学的モード信号補償手法におけるモード分散量推定技術を開発する。

産学官連携による研究推進として、マルチコアファイバの実用化加速に向けた研究開発を行い、標準外径マルチコアファイバケーブルの実使用環境下での特性の解析及び製造技術の高信頼化を図る。大規模データを省電力・オープン・伸縮自在に収容する超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発を行い、10Tbps級光信号伝送において現行比25倍の電力効率化を可能とする超並列デジタル信号処理基盤技術を確立する。

## (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資する技術として、光チャンネル強度管理の省力化が可能な高線形利得応答を持つ光ハードウェアを導入した光伝送システムを開発し、動作実証する。光ネットワーク高度解析・制御技術について、多種多様な光ネットワークを柔軟に運用するためのモニタリング機構を構築し、通信トラヒック分類技術の開発に着手する。

産学官連携による研究推進として、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の研究開発を行い、光パスの従来比30%以上のスループット向上を達成する。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の研究開発を行い、ハードウェア抽象化ソフトウェアの開発やネットワーク機能仮想化環境の構築を行う。

## (ウ) 光ネットワークの障害予兆検知及び機能復旧技術

時系列物理パラメータ測定のためのデバイス開発、及びシステム構築を行いデータ収集を開始する。また、障害検知に必要な情報・特徴量を明確化しアルゴリズムの初期設計を行う。更に障害波及範囲予測システムのためのモデリングを行う。

異種インテグレート間のレストレーション制御を含むオープン化光網間の相互接続の研究開発を行う。また、異種トランスポート技術間相互接続のための異種トランスポートプロトコル変換機能VNF化とOnDemand制御の研究開発を行う。

キャリアが開示可能な光パス価格情報を通信基盤と計算基盤間においてオープンに共有・交換する仕組みの研究開発を行う。

## (4) 光・電波融合アクセス基盤技術

- ・アクセスネットワークにおける光と電波の信号帯域の融合や多量の送受信器等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充することを可能とする「マッシュアップ集積オールバンドICTハードウェア技術」として、高い機能トレランス性を有するデバイスユニット群の高集積化技術、コヒーレント周波数変換デバイス技術、高い接続ロバスト性のための広角空間光デバイス技術に関する原理検証の研究開発を実施する。
- ・「伝送メディア調和型アクセス基盤技術」に係る基盤技術として、次世代光ファイバ無線を想定した100GHz超帯光ファイバ無線信号生成技術、光や電波の低ノイズ基準信号生成技術と、それら伝送メディアをハイブリッド/カスケードに用いた伝送サブシステムの接続ロバスト性能の高度化技術に関する原理検証の研究開発を実施する。

- ・産学官連携による研究推進として、多機能光集積回路を利用した高信頼大容量車載光ネットワークに関する研究開発を実施する。

(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

- ・衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の確立に向け、3次元ネットワーク統合制御アルゴリズムの開発に向けたシミュレータの基本設計を行う。
- ・技術試験衛星9号機（ETS-9）の通信ミッション全体のシステム整合性及び衛星搭載用10Gbps光通信機器・ピーコン送信機の開発を実施し、衛星バスへの引渡しとインテグレーションを推進する。また、衛星地球局を開発し、衛星5G/B5Gのユースケース実証に向けて異分野の連携を促進する。
- ・マルチプラットフォームへ適用可能な小型平面アンテナ素子の開発に関する概念検討を実施する。

(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

- ・高高度プラットフォームや超小型衛星に搭載可能な超小型高速光通信機器の開発に関する試作・試験を実施する。
- ・デジタルフレキシブルペイロードの概念検討を実施する。また、次世代高速光通信技術に関する概念検討を実施する。
- ・大気ゆらぎの影響を緩和する補償光学システム開発を推進し、恒星や小型光通信衛星からのレーザー光を使用した受信系試験や送信系の制御実験を実施する。

(6) テラヘルツ波ICTプラットフォーム技術

(ア) テラヘルツ波ICT計測評価基盤技術

- ・Beyond 5G時代のような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、テラヘルツ帯送受信評価技術の研究開発を行う。特に高周波帯での送受信が可能となるような低位相雑音信号発生システムの構築を目指した研究開発を行う。
- ・高速化・大容量化を目指した将来の情報通信基盤を実現するにあたり、それを支える計測評価技術の研究開発を行う。特に、WRC19で特定化された帯域のような広い周波数帯域のスペクトラムを精度良く測定可能とするための要素技術の研究開発を行う。

(イ) 超高周波電磁波の宇宙利用技術

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等の研究開発を行う。具体的には、

- ・テラヘルツ波センシングや通信に有用なテラヘルツ電磁波電波モデル構築の実験室測定の開始
- ・超小型テラヘルツセンサ観測の新たな利活用の開拓
- ・温室効果ガス観測衛星データ情報処理システムの開発
- ・衛星等ビッグデータ解析による新たな価値の創造
- ・静止衛星等を用いた大気汚染天気予報に向けた基礎研究を実施する。

これらの取組を通じて、Beyond 5G時代に向けた将来の情報通信基盤の社会実装に向けて、テラヘルツ等関連する協議会その他に積極的に携わりコミュニティ形成を進めると共に、国際電気通信連合の無線通信部門（ITU-R: International Telecommunication Union Radiocommunication Sector）や米国電気電子学会（IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers）を通じた標準化活動に貢献する。

(7) タフフィジカル空間レジリエントICT基盤技術

タフフィジカル空間における情報通信基盤の構築に向けて、回線途絶リスクの定量化及び検出に必要なリアルタイム電波伝搬予測技術、回線が途絶する前にバックアップ回線を確立する無線アクセス技術、遍在する情報通信資源を自律分散環境下でも利用可能とする分散資源仮想化技術に関する研究開発に着手する。また、レジリエントな自然環境計測の実現に向けて、インフラサウンドセンサーデータと気象・地理データを用いた音波伝搬シミュレーション技術、映像IoT情報とインフラサウンド情報の融合可視化技術、エネルギーハーベスト技術による電源自立性に配慮した

高耐候・省電力IoTモジュール、上空通信の低ロス性やLPWAの多重化を活用した通信技術の研究開発に着手する。

### 1-3. サイバーセキュリティ分野

#### (1) 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

- ・観測データの拡充を目指し、無差別型攻撃観測技術や標的型攻撃観測技術の高度化(マルチプラットフォーム化等)に向けた基礎検討とプロトタイプ開発を行う。
- ・サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ(CURE)へのデータ集約を進めるとともに、異種データの分析・検索機能強化(ノイズ除去やファジー検索等)に向けた基礎検討とプロトタイプ開発を行う。
- ・機械学習等のAI技術を用いたマルウェア感染活動の早期検知技術やセキュリティアラートの自動グルーピング等によるトリアージ技術等の基礎検討とプロトタイプ開発を行う。
- ・NIRVANA改等の可視化エンジンの高度化(IPv6化等)を行うとともに、実社会への展開を進める。
- ・上記の研究開発成果については、適宜(3)から(5)までの取組への適用を進める。

##### (イ) エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術

- ・5Gネットワーク接続試験環境の構築を進めるとともに、構築した環境でのセキュリティ検証を行う。また、5Gネットワークにおける仮想化環境での攻撃シナリオの評価等の基礎検討を行う。
- ・IoT機器、コネクテッドカー等のセキュリティ検証技術の確立を目指し、ハードウェアからファームウェアまでのローレイヤのセキュリティ検証に関する基礎検討を行うとともに、各種実機を用いた検証を開始する。
- ・ユーザへの有効なセキュリティ通知等の、サイバーセキュリティにおけるヒューマンファクタ研究に関する基礎検討を行う。

#### (2) 暗号技術

##### (ア) 安全なデータ利活用を実現する暗号・プライバシー保護技術

- ・金融機関等と連携し、機密データを組織外に開示することなく、複数組織で連携した機械学習が可能な秘匿計算等のプライバシー保護技術の研究開発と社会実装を進める。
- ・テレワーク時代に有用なEnd-to-End Encryptionの機能強化のため、検索可能暗号・匿名認証に関して研究開発及びライブラリ化を進める。また、アクセス制御の一つである改ざん防止技術に関して、研究開発及び実利用を想定した実験等を進める。

##### (イ) 暗号技術及び安全性評価

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で現在使用される暗号技術の研究開発と安全性評価を実施する。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、楕円曲線暗号等について取り組み、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。

#### (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、国等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集合演習を全国において3,000名規模で実施するほか、オンライン演習の試行と本格導入により、受講機会の最大化を図る。その際、サイバーセキュリティ基本法第13条に規定する全ての国の機関、独立行政法人、指定法人及び地方公共団体の受講機会を確保するとともに、同法第14条に規定する重要社会基盤事業者及びその組織する団体についても、サイバー攻撃により国民生活等に与える影響の大きさに鑑み、より多くの受講機会を確保できるよう配慮する。併せて、最新のサイバー攻撃情報を踏まえた演習シナリオの改定を行うほか、演習内容の高度化として、令和2年度をもって完了したサイバーコロッセオ事業の演習シナリオと演習環境をレガシーとして活用した準上級コースを集合演習の一環として開設し、より高度なセキュリティ人材の育成を行う。また、オンライン演習についても、学習定着率の向上のため演習システム(オンライン版CYDERANGE)の改良を行う。

さらに、機構におけるサイバーセキュリティ研究と演習事業で得られた知見等を活用し、40ないし50名の若手セキュリティ人材の育成を行う。

#### (4) サイバーセキュリティ産学官連携拠点形成

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形成を目的とした共通基盤設備の構築を進め、試験運用を開始する。

具体的には、大規模並列型サイバー攻撃分析環境、多種多様なサイバーセキュリティ関連情報の大規模集約データベース、セキュリティ機器テスト環境等の構築と試験運用、人材育成パイロットコンテンツの開発を進める。また、外部機関との連携体制構築に向け、10～20機関程度の初期参画メンバーを集めた協議の場を設置し、産学官の関係者が円滑かつ自主的に参画できるような参画スキームの整備を進める。

#### (5) パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査

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、総務省や関係機関と連携しつつ実施する。また、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る。

### 1-4. ユニバーサルコミュニケーション分野

#### (1) 多言語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ついて、自動同時通訳を実現するための音声コーパス構築と音声認識技術の研究開発として以下を行う。

- ・日英中の3言語について模擬講演・模擬会議の音声コーパス合計700時間を構築する。
- ・発話先頭での初期化に要する時間を半減する。
- ・1時間以上のオーディオストリームに対して無停止で動作する音声認識システムを試作する。

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ついて、自動同時通訳を実現するための音声合成技術の研究開発として以下を行う。

- ・英中等の合成に関して肉声レベルの音質を達成する。
- ・話速変換技術における話速と品質劣化の関係を明らかにする。

旅行、医療、防災等を含む日常会話の音声認識精度・音声合成音質の実用レベルへの強化が必要な重点言語について、音声認識技術・音声合成技術の研究開発として以下を行う。

- ・ネパール、クメール、モンゴルの3言語について合計1000時間の日常会話の音声コーパスを構築する。
- ・ネパール語の音声認識で、細かい誤認識はあるが実用上は問題がないレベルの認識精度、モンゴル語で、細かい誤認識はあるが許容範囲内のレベルの認識精度を達成する。
- ・ネパール語とクメール語の音声合成で、読み誤りが多少あるが明瞭性・自然性は実用上問題ないレベルの音質、モンゴル語で、読み誤りがあるが、明瞭性は許容範囲で内容の理解は可能である音質を達成する。

##### (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以下を行う。

- ・同時通訳にかかわるデータを活用し、文より短い翻訳単位に基づく低遅延性について研究開発を行う。
- ・収集した対訳データと活用アルゴリズムの改良で多分野化と多言語化を進める。
- ・単言語データや汎用言語モデルを活用した疑似の対訳データの生成技術の研究開発を行う。
- ・一文を越えた情報を考慮した翻訳技術を実装し実験のため限定公開する。
- ・人間の同時通訳の能力評価について定式化を検討する。
- ・また、社会実装を着実に進めるため以下を行う。
- ・多分野化と多言語化のための翻訳バンクのデータの加工・洗浄方法の研究開発を行う。
- ・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(ネパール語、クメール語、モンゴル語)について対訳コーパスを拡張する。

##### (ウ) 研究開発成果の社会実装

- ・グローバルコミュニケーション開発推進協議会の事務局として協議会の活動を企画・運営し、研究開発や社会実装を促進するための情報共有やシーズとニーズのマッチング等の場を提供する。
- ・オンラインの開催を含めシンポジウムや展示会等のイベントを積極的に活用し、研究開発成果の周知を図るとも

に、外部との連携や共同研究を促進する。

- ・外部との連携等により、辞書等のコーパスを収集するとともに、得られた課題や知見を研究開発へフィードバックする。
- ・様々な機会を捉え、蓄積した知財の有用性をPRするとともに、技術のライセンス提供や民間サービスへの橋渡しを進め、社会実装を促進する。
- ・自動同時通訳の実現に向け、同時通訳サーバソフトウェアの開発及びスマートホン用アプリ、様々な技術と連携したデモシステム等の開発を進めるとともに、開発したシステムの安定運用を行う。

## (2) 社会知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の研究開発に向けた深層学習技術、ミドルウェア、言語資源の開発を行う。
- ・超大規模言語モデルを用いた文脈処理、高度質問応答、仮説推論技術の高度化を実施する。
- ・仮想人格音声対話技術の研究開発として「仮想人格」に含める要素、表現方法、処理への反映方法等を検討する。
- ・短時間に変動する需要に対して計算機リソースを急速に拡大縮小できるエラスティックな機構を研究開発し、前中長期期間で開発、改良を進めてきた対災害SNS情報分析システムDISAANA、災害状況要約システムD-SUMMへ適用する。また、同じく前中長期期間にて開発、改良を進めてきた大規模Web情報分析システムWISDOM X、次世代音声対話システムWEKDAにおいては、巨大ニューラルネットワークと比較して精度は低下するが高速に動作するモデルをフィルターとして導入する等の軽量な深層学習技術を検討する。
- ・SIP第2期における「Web等に存在するビッグデータと応用分野特化が対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究」を引き続き推進する。実証実験を実施し、マルチモーダル音声対話システムMICSUSへ社会知コミュニケーション技術の成果を用いる事でシステムの完成度をさらに高める。
- ・SIP第2期における「対話型災害情報流通基盤の研究開発」を引き続き推進する。前年度作成した被災報告やそれと矛盾する表現を自動的に抽出する深層学習モデルを防災チャットボットSOCDAの実証実験等を通して検証し、実験等で得られた実データに対して深層学習のための学習データを追加整備し、実用上の精度を向上させる。加えて、矛盾する表現等をコンパクトに地図上に表現できるようユーザインターフェースの改修を実施する。

## (3) スマートデータ利活用基盤技術

- ・様々な拠点で収集される異なる分野のセンシングデータをプライベートデータを保護しながら相互に連携させ複合的な状況の予測・分析を実行できるようにする分散連合型の機械学習技術・データマイニング技術の研究開発に関し、データ連携分析モデルのデータ適応化方式、全体最適化方式について検討する。さらに、これらを分散環境で効率的に実行するための処理方式の基本設計を行い、前中長期計画で開発を進めてきたxDataプラットフォーム上で検証を行う。
- ・データ連携分析モデルや分析データ等の情報資産を一元管理し安全に活用するため、セキュリティやプライバシー保護に関する仕様検討を行うとともに、情報資産を保管するシステムを構築する。
- ・NICT総合テストベッドと連携した実証環境を構築し、環境・健康・移動等のデータを活用した社会課題解決に向けたモデルケース実証を推進する。

## 1-5. フロンティアサイエンス分野

### (1) フロンティアICT基盤技術

#### (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）の多ピクセル化に向けて重要となる超伝導ナノワイヤの作製歩留まりの改善に向けて、電子線を用いたナノワイヤのパターニング技術、ドライエッチング技術、超伝導薄膜の成膜条件の見直しを行う。
- ・窒化物ジョセフソン接合を用いた3次元トランズモン量子ビット及び磁束量子ビットを試作し、作製プロセスの課題を抽出する。
- ・超伝導量子ビットの時間領域測定に向けた測定系の構築に着手する。

#### (イ) ナノハイブリッド基盤技術

- ・小型光変調器等の超高速光制御デバイスに係る基盤技術として、低電圧動作や短波長動作に向けたハイブリッド構造や作製プロセスの最適化等の検討を行う。
- ・無線光変調素子や電界センサ等の超広帯域電磁波制御デバイスに係る基盤技術として、150GHz帯無線光変調素子

の試作と評価を行うとともに、広帯域化や高効率化に向けた積層技術等の開発を行う。

- ・有機分子を用いた光制御デバイスの光耐性強化に向けて、効果的な封止技術等の検討を行うとともにその有効性の検証を行う。

(ウ) 超高周波基盤技術

ミリ波及びテラヘルツ波を用いた無線システムの実用化に向けて重要となるトランシーバのモジュール化技術の確立に向けて、ビーム制御技術、無線伝送システムの評価技術、これらの基盤となる電子デバイスの高性能化に取り組む。また、高速、大容量に関わる高安定な基準信号源技術の研究開発のため、高Q値光共振器のデバイス作製構造の高度化を目指すと共に、集積化テラヘルツ信号源の信号処理回路の設計・試作、及び励起光源共集積化に向けたインターフェース設計の検討を行う。

(エ) 自然知規範型情報通信基盤技術

昆虫の追跡行動に関連した神経回路部位の特定と機能解析法の検討を行うとともに、記憶形成に関連した脳機能変化の解析法に関する基礎的検討を行う。また、生体深部超解像計測のための基礎技術の設計を進めるとともに、生体における情報識別の分子基盤の検討を行う。

(オ) バイオICT基盤技術

分子に付随した情報の評価基盤を構築するため、化学的ラベル識別対象の基礎検討と計測システムの設計を行う。また、生体分子を組み合わせた情報処理システムを構成するための要素技術の検討を行うとともに、細胞内微小空間構築技術を用いて細胞の有用機能を人工的に再現するための基礎技術の検討を行う。

(2) 新規ICTデバイス技術

(ア) 酸化物半導体電子デバイス

- ・酸化ガリウム極限環境ICTデバイスに関しては、酸化ガリウムFETの高周波デバイス特性を改善するためのデバイス構造設計、試作に必要なデバイスプロセス要素技術開発を経て、実際に高周波酸化ガリウムFETを試作し、そのDC及びRFデバイス特性評価を行う。
- ・酸化ガリウム高効率パワーデバイス開発に関しては、令和4年度以降に予定する縦型酸化ガリウムトランジスタ開発に必要な、デバイスプロセス要素技術（エッチング、ボンディング、ゲート絶縁膜等）開発を行う。その後、開発したプロセス要素技術を比較的シンプルな構造を有するFET、ダイオード試作に適用し、それらデバイス特性からも、それぞれのプロセス技術の有用性を検証する。

(イ) 深紫外光ICTデバイス

深紫外小型固体光源の高効率化・高出力化に向けて、AlGa<sub>N</sub>系半導体発光素子の内部光吸収の抑制や光取出し特性の向上を目指した新規デバイス構造の設計・作製に関する基礎検討を行う。また深紫外ソーラーブラインド光通信応用等の実現に向けて、ナノ光構造付加によるAlGa<sub>N</sub>系半導体発光素子の光放射特性制御についての設計、検討を行う。

(3) 量子情報通信基盤技術

(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実用性向上に向けて、秘密分散処理及び秘匿通信の高速化に取り組み、量子暗号ネットワークテストベッドに実装してゲノム・医療分野等における想定ユースケースで性能を検証する。

光空間通信に適した量子暗号・物理レイヤ暗号の基礎理論の研究を進め、主要な機能について地上テストベッド上に実装し原理検証を行う。また、衛星搭載用鍵蒸留基板の構成部品について宇宙環境耐性の評価を行いデータベースを整備する。

量子暗号ネットワークの高度化・広域化に向けて、暗号鍵やデータを複数のノードとリンクで分散的に処理・伝送・保管する高度分散化技術の方式検討を行うとともに、ネットワーク制御・管理に関する基本設計を導出する。また、ネットワークテストベッドの拡張と整備を進める。

低軌道のみならず中軌道や静止軌道上の衛星と地上局間で情報理論的に安全な暗号通信を実現可能な衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術の方式検討と数値解析を行い、搭載機器の要件定義をまとめる。

社会実装試験等を通じて量子暗号技術の標準化を進めるとともに、評価・検定法に関する草案をまとめる。

(イ) 量子ノード技術

量子計測標準技術として、光時計機能と量子ゲート動作を実装可能なイオントラップシステムを構築して動作実証

を行う。光量子制御技術について、量子ノード間接続を光通信波長帯光子で実現するための量子波長変換技術の開発、及び量子光源・検出器の高度化を進める。

新型超伝導量子ビットの実現に向けては、シリコン基板上にエピ成長させた窒化物超伝導磁束量子ビット作製・評価技術の研究開発を進める。

#### (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・解析する技術を開発するとともに、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する。また、脳情報通信技術の社会受容性の確立を念頭においた体制整備も行う。

##### (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

- ・自然で多様な知覚・認知を司る脳内情報表現を包括的に扱う脳機能モデルの構築に向け、より多様な知覚・認知条件下での脳活動データを収集し、脳機能モデルの構築と高度化を行うとともに、当該モデルの脳に倣う人工知能への応用を検討する。
- ・視覚情報処理と脳波の関係や時間感覚の脳内処理メカニズムを解析し、人間の時空間感覚の制御・拡張技術を検討する。
- ・社会的なインタラクションを伴う課題遂行中の脳活動データを収集し、被験者の行動選択、反応時間を予測する計算モデルを構築する。また計算モデルのパラメーターとストレス等との関係を明らかにする試みを開始する。
- ・人間のウェルビーイングの脳科学的指標を探索する。
- ・fMRIのBOLD手法の高度化を検討し、空間分解能0.6ミリ角以下を達成するとともに、脳内微細構造の可視化技術の開発を進める。
- ・BOLD以外のバイオマーカーを活用した可視化手法の開発を進める。
- ・刺激提示手法を高度化し、嗅覚脳内表現や3D視覚情報処理に関する脳活動データを収集する。
- ・話を聞いているときの脳波データを取得し情報理解度や気分の変化に関連する脳活動の解析を行う。また、学習中等の脳波データ及び行動指標を取得し、モチベーションに関連する脳活動の解析を行う。

##### (イ) 脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発

- ・BMIシステムの高度化に向け、神経電極のさらなる多点高密度化を図るため、表面型神経電極の作成プロセスの改善を行うとともに、体内外無線通信技術の課題抽出を行う。
- ・運動パフォーマンス向上技術の開発に向け、脳の半球間抑制機構のモデル化を開始し、手指の器用さとの関連を調査する。
- ・人間の運動機能解析や向上に資する、多様な組織を包含した筋骨格モデルを構築する。
- ・脳情報通信研究成果に基づく非同期パルス符号多重通信のプロトコルの検証のため、500台規模の実証実験を行う。

##### (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

- ・人間が幸せを実感できる社会構築に脳情報通信技術を的確に役立てるため、外部の文科系研究者も加えたELSIの検討体制を構築する。
- ・学界や産業界への積極的な成果情報発信を行い、共同研究・人材交流等の連携研究を企画・運営し、オープンイノベーション拠点としての機能を整備し、このような拠点機能を強化する。
- ・被験者の個人情報保護と脳データ利活用の両立を可能とする被験者情報システムや脳計測データ管理システムを構築し、情報公開に資するシステムを強化する。
- ・研究成果の普及のために、オンラインシステムも活用したセミナー等を積極的に運用し、優れた研究成果の世界規模の情報発信に努め、脳情報通信に関わる情報発信や連携体制構築にも注力する。

### 1-6. 評価軸等

1-1. から1-5. までの各分野の研究開発等に係る評価に当たっては、研究開発課題の内容・段階等に応じて、中長期目標に定められているいずれかの評価軸により評価を実施する。また、評価に際しては、評価軸に関連する指標に従って取組や成果を示す。

## 2. 分野横断的な研究開発その他の業務

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、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。

### 2-1. Beyond 5G の推進

我が国として目指すべきBeyond 5G を実現するには、その優れた機能の中核となる先端的な要素技術の研究開発を強力に推進する必要がある。Beyond 5Gの2030年頃の実現の鍵を握る要素技術等（超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続、自律性、拡張性、超安全・信頼性、超低消費電力等）の早期確立に資する成果の創出を目指し、本中長期目標期間を集中取組期間（先行的取組フェーズ）として、機構自ら先端的な研究開発の戦略を立案し、産学連携活動の中心的存在となるように研究開発を推進するとともに、民間企業等の研究開発を促進するため、総務省が策定する研究開発方針に基づき、以下の公募型研究開発プログラムを実施する。

#### <公募型研究開発プログラム>

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（研究開発成果の知財権利化や国際標準化活動も含む）に対する必要な指示・支援等を行う。

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、評価を実施し、革新的情報通信技術研究開発推進基金で行う研究開発案件を採択する。

### 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。

#### (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、機構内で組織横断的に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行うための体制の構築を行い、さらに機構内の各部署が実施している社会実装の推進のための方策の連携方針と連携方法を検討する。社会実装につながる可能性のある機構の研究開発シーズについて、技術の強み、研究開発のフェーズ、知財の獲得状況、産業界との連携状況、所内での連携等を調査し、社会実装に向けたプロジェクト形成を検討しつつ、調査したシーズについては社会実装にむけた強化方策を検討する体制を構築する。

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。

#### (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。

秘密保持契約や共同研究契約等の締結をめざす研究部門に対する支援の充実強化に取り組む。また、研究部門からの問い合わせに、素早い相談対応を実現する。

これまでの大学・自治体との包括連携協定に加えて、企業との包括連携協定の締結に向けた環境整備に取り組む。

企業等から外部資金を受け入れる資金受入型共同研究の拡大に向けて取り組む。そのため、研究部門の参考となるミニセミナーを機構内で開催する。

機構と大学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、マッチング研究支援事業によって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取り組む。また、共同研究や研究人材交流に関する機構内のイントラネットページの充実強化に取り組む。特に、共同研究契約の手続等に関するFAQを不断に更新することにより、業務の効率化に貢献する。

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として、ウイルス等感染症対策に資する情報通信の研究開発や地域課題解決のための実証型研究開発を委託研究等を活用して推進する。機構の技術シーズをまとめたシーズ集を、産学官連携の強化を目指して改版するとともに、シーズ集の広報を強化することにより、外部へ研究開発成果の積極的な情報発信に取り組む。

### (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。

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、関連規程の整備を進める。

## 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の基盤となる設備・機能を既存のテストベッド上に新たに構築するとともに、テストベッドの安定運用を確保し、光・量子通信技術等の世界最先端技術の実証環境を支える。

関連するフォーラム等の活動との連携を強化することにより、Beyond 5G、データ利活用等の実現に資する新たな機能の導入に向けた検討を推進する。

Beyond 5G等社会的インパクトの大きな研究開発、社会実証等における利用を積極的に推進することにより、当機構、国内外の研究機関、通信事業者、ベンダ、ベンチャー等の研究開発能力をテストベッドに結集させ、ICT分野のイノベーションエコシステムの構築に資する取組を推進する。

以上の取組に加え、Beyond 5Gの実現に資するソフトウェア化ネットワークテストベッドの基盤の構築を推進する。更には、データ駆動型社会の実現に資するため、様々なデータを組み合わせたアプリケーションの開発と検証に資するサービレイヤテストベッドの構築を推進しつつ、関連するフォーラム活動との連携によりデータ分析・可視化サンプルプログラムを試作する。

また、リアルタイムエミュレーション環境の整備に向けて、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技術を接続し、それぞれの相互影響を検証するための機構の基礎設計及び試作を行う。更に、実デバイスやソフトウェアと接続し、現実世界の振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利用者に提供するためのインターフェースの検討と試作を行う。

Beyond 5Gに親和性の高いICT技術の社会実装を推進するため、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たIoT無線技術、AI技術、自律移動型ロボットを融合的に利活用することで構築可能となる構内のデータ集配信システムの開発を行い、システムの開発者と運用者の双方を含めた共同体制で概念実証を実践する。

また、量子暗号ネットワークに関するテストベッドの拡張と整備を進める。

## 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、迅速かつ柔軟な視点で知的財産の活用促進に取り組む。そのため、機構の知的財産化されたシーズを産業界等に紹介する機会を設ける。

また、成果展開や社会実装に貢献するための人材を育成するため、内部で知的財産に関するセミナーを実施する。

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。そのために、分野別の知的財産戦略の策定を行う。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。

外部専門家等人材を確保し、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なるような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。

## 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。

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。

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、国際標準化会合で主導的立場となる役職者に機構職員が選出されるよう活動を行うほか、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。

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の実現に向けて、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、必要に応じてBeyond 5G等の技術分野に重点を置く等柔軟に改定等を行い、実施する。

## 2-6. 研究開発成果の国際展開の強化

- ・我が国の国際競争力の維持に資するため、既存の協力協定を適切にフォローアップしつつ、新規に有力な海外の研究機関や大学等との協力協定の締結を支援し、国際的な連携関係の構築に取り組む。
- ・機構の研究開発成果の国際展開を推進するため、海外機関と連携して実施している共同プロジェクトを継続するとともに、研究開発成果の国際展開を目指すボトムアップの提案を支援するプログラムを実施する。
- ・米国や欧州との政策対話や科学技術協力協定のもとで実施してきた国際研究プログラムに関して、米国NSFと共同で実施しているネットワーク領域と計算論的神経科学領域における日米国際共同研究、及び欧州委員会及び総務省と共同で実施している日欧国際共同研究を継続する。
- ・東南アジア諸国の研究機関や大学と協力して設立したASEAN IVOについて、国際共同研究プロジェクトの実施やフォーラムの開催等、リーダーシップを発揮して活動を推進するとともに、これまでに構築してきた研究連携ネットワークの人材や知見を活かす仕組みの構築等を通じて、東南アジア諸国の関係機関との戦略的パートナーシップの構築に取り組む。
- ・台湾との研究連携に関して、台湾国家実験研究院との共同研究開発プログラムを推進する。
- ・これらの取り組みにおいては、効果的かつ効率的な成果の展開等に努める。
- ・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できるように取り組む。
- ・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。
- ・様々な研究領域に関する海外の研究開発動向を把握するため、海外の情報収集・分析の能力を高め、研究部門と協力しながら調査研究に取り組む。特に欧州については、英、仏、独等の主要国のみならず、北欧諸国等の研究開発動向の収集・分析を強化する。
- ・研究開発成果の国際展開において重要な役割を担う海外連携センターの確実な管理運営に取り組む。
- ・海外の研究機関等に所属する者が行う研究に関して、機構において指導を受けることを可能とする国際インターンシップ研修員について、その受入れの支援に取り組む。
- ・機構に在籍する外国人研究者及び海外からのインターンシップ研修員を支援するため、日本語研修を実施する。また、

新型コロナウイルス感染症の感染防止のため、リモートでの日本語研修にも取り組む。

- ・研究開発成果を国際展開する上で必要となる外国為替及び外国貿易法に基づく安全保障輸出管理については、適切な管理を行うことでコンプライアンスの強化に取り組む。

## 2-7. 国土強靭化に向けた取組の推進

国土強靭化に向けた取組を推進する研究拠点として耐災害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、応用研究を推進し、その成果の社会実装に向けた活動に取り組む。また、大学・研究機関等の外部機関との連携による耐災害ICT技術等の研究を進める。さらに、耐災害ICTに係る協議会等や地域連携、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を活用して、耐災害ICTに係る情報収集や、利用者のニーズを把握し、研究推進や社会実装に役立てていく。研究成果の社会実装を促進するため、自治体の防災訓練への参加、展示等による技術や有効性のアピールを行う。

## 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、教導する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。

具体的には、量子計算や量子通信に代表される量子ICTを担う人材を育成するため、機構の量子ICTに関わる研究成果と人材を活用しつつ、機構外の量子技術の研究開発、応用に関わる研究者及び開発者を講師、アドバイザーに招き、講習と演習による体験型人材育成と研究開発支援による探索型／課題解決型人材育成を実施する。

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向けて取り組む。

国内外の研究者や大学院生等を研修員として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の育成に取り組む。

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人材育成に取り組む。

## 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、招へいごとに、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。招へい終了後の研究機関等における連携の実態等について調査する。

### (2) 情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援

#### (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。その際、次の点に留意する。

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。

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) 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、信用基金については、債務保証業務終了後の清算に向けて準備を進める。

#### (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

- ・身体障害者がテレビジョン放送を視聴するための字幕番組、手話付き番組及び解説番組の制作を助成する。
- ・公募に当たっては、ウェブページ等を通じて字幕番組・解説番組及び手話番組制作促進助成金制度の周知を行う。
- ・助成に当たっては、普及状況等を勘案し、地域局の字幕番組、手話付き番組及び解説番組について、重点的に助成を行う等により、効果的な助成となるよう適切に実施する。また、採択した助成先の公表を行う。

###### イ. 手話翻訳映像提供の促進

- ・身体障害者がテレビジョン放送を視聴するための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。
- ・公募に当たっては、ウェブページ等を通じて手話翻訳映像提供促進助成金制度の周知を行い、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、採択した助成先の公表を行う。

###### ウ. 生放送番組への字幕付与の促進

- ・身体障害者がテレビジョン放送を視聴するための字幕が付いた生放送番組の普及に資するため、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。
- ・公募に当たっては、ウェブページ等を通じて生放送字幕番組普及促進助成金制度の周知を行い、利用の促進を図る。
- ・採択に当たっては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た上で優先順位を付け、効果的な助成になるよう適切に実施する。また、採択した助成先の公表を行う。

##### 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

###### ア. 身体障害者向け通信・放送役務の提供及び開発の促進

- ・身体障害者の利便増進に資する事業を適時適切に助成する観点から、有益性・波及性において優れた事業計画を有し、効率的・効果的な技術が使用されている事業に助成金を交付する。
- ・公募に当たっては、ウェブページ等を通じて情報バリアフリー通信・放送役務提供・開発推進助成金制度の周知を行い、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、採択した助成先の公表を行う。
- ・採択案件の実績について事後評価を行い、次年度以降の業務運営に反映させる。

- ・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。

#### イ. 情報バリアフリー関係情報の提供

- ・インターネット上に開設したウェブページ「情報バリアフリーのための情報提供サイト」について、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月一回程度定期的に行う。また機構の情報バリアフリー事業助成金の制度概要やその成果事例についての情報提供を行う。
- ・機構の情報バリアフリー事業助成金の交付を受けた事業者がその事業成果を広く発表できる機会を設け、成果を広く周知するとともに、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。併せて、機構が取り組んだ情報バリアフリーに向けた研究成果についても情報発信する。
- ・「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、その「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段階の評価を得る割合を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。

#### 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

機構法第14条第1項第3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、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号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施する。

##### 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、継続的かつ安定的に実施する。

## 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

### 1. 機動的・弾力的な資源配分

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の普及や社会実装を目指した取組実績を含む研究開発成果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配慮する。

委託研究に関する客観的な評価に当たっては、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。

### 2. 調達等の合理化

「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）に基づき策定する「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。

### 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Web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。

#### 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公表する。

#### 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。

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、機動的に研究課題の設定や研究推進体制の整備を行う。

### 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（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画については、次のとおりとする。

#### 予算計画

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 1 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 1 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 1 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 1 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 1 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 1 - 6】 |

#### 収支計画

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 2 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 2 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 2 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 2 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 2 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 2 - 6】 |

#### 資金計画

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| (1) 総計                  | 【別表 3 - 1】 |
| (2) 一般勘定                | 【別表 3 - 2】 |
| (3) 基盤技術研究促進勘定          | 【別表 3 - 3】 |
| (4) 債務保証勘定              | 【別表 3 - 4】 |
| (5) 出資勘定                | 【別表 3 - 5】 |
| (6) 革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定 | 【別表 3 - 6】 |

#### 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、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めりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示する。また、事業等のまとめ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。

## 2. 自己収入等の拡大

機構が創出・保有する知的財産の活用により知的財産収入の増大に取り組む。また、競争的資金等の外部資金のより一層の獲得のため、公募情報の周知、不正の防止、着実な事務処理とその迅速化に努める。

資金受入型共同研究の拡大に向けて取り組む。資金受入型共同研究の実現に向けて、研究部門の参考となるミニセミナーを機構内で開催する。

## 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。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。

なお、信用基金については、債務保証業務終了後の清算に向けて準備を進める。

## 5. 出資勘定

出資業務については、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。

## 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できるとし、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

基盤技術研究促進勘定における政府出資金15億円について令和3年度第1四半期中を目処として国庫納付する。

鹿島宇宙技術センターの一部国庫納付に向け、地歴調査及び既存施設撤去のための調査を行う。

## 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

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

### Ⅷ その他主務省令で定める業務運営に関する事項

#### 1. 施設及び設備に関する計画

令和3年度施設及び設備に関する計画（一般勘定）

施設・設備の内訳	予定額（百万円）	財源
国際的研究拠点整備、ユニバーサルコミュニケーション研究所電気設備改修工事ほか	※35,695	運営費交付金 施設整備費補助金

※令和3年度運営費交付金 350百万  
令和3年度施設整備費補助金 3,360百万  
令和2年度からの施設整備費補助金繰越額 31,985百万

#### 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等、人材の流動化とダイバーシティの確保に努める。

##### 2-2. 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。

##### 2-3. 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もとで実践を通じた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確保にも努める。

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、諸外国への人材の派遣による知見の拡大等を積極的に推進する。

##### 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、研修の実施等、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する。

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。

#### 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。

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。

#### 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を普及させるとともに、機構の活動に対する関心や機構の役割が広く社会に認知されるよう、多様な手段を用いた広報活動を積極的に実施する

・最新の研究開発成果等に関する報道発表、記者向け説明会等を個々の内容に応じ効果的に行い、報道メディアに対

する情報発信力を強化する。また、TVや新聞、雑誌等からの取材への対応を積極的に行い、幅広く機構の紹介に努める。

- ・機構のWebサイトについて、最新の情報が分かりやすく掲載されるように努めるとともに、Webサイトの利便性や利活用性の更なる向上に向けて継続的に改善を進める。
- ・Webサイト、広報誌、SNS等により研究開発成果を国内外に向けて分かりやすく伝えるとともに、より魅力的な発信となるように内容等の充実化に努める。
- ・最新の研究内容や研究成果を総合的に紹介するオープンハウス（一般公開）を開催するとともに、研究開発内容に適した展示会に出展し、異種産業を含む外部との連携促進、若い世代を中心に来訪者の世代層を意識した情報発信力の強化に努める。
- ・見学等の受け入れ、地域に親しまれるイベントの開催・出展、科学館等との連携等、幅広いアウトリーチ活動を実施する。
- ・研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義、学術論文、保有する知的財産権、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。

## 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。さらに、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く。

## 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、コンプライアンス意識の向上を図るため、全役職員を対象とするコンプライアンス研修の実施等の施策を推進する。

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日総務省）に従って、適切に取り組む。

## 7. 内部統制に係る体制の整備

内部統制については、「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）に基づき業務方法書に記載した事項に則り、必要な取組を推進する。

## 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）及び独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律（平成15年5月30日法律第59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。

別表 1-1

## 予算計画 (総計)

(単位：百万円)

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的な ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン ス分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
収入									
運営費交付金	28,372	2,914	5,843	2,197	4,463	4,116	1,359	5,205	2,274
施設整備費補助金	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
情報通信技術研究開発推進事業費補助金	44,263	3,000	5,050	1,879	6,034	28,300			
情報通信利用促進支援事業費補助金	580							580	
電波利用技術調査費補助金	323			323					
事業収入	24							24	
受託収入	12,498	2,421	240	27	316	990	2	8,502	
その他収入	222							1	220
計	121,627	8,335	11,133	14,114	10,903	39,006	21,328	14,312	2,495
支出									
事業費	86,449	5,914	10,893	4,399	10,497	32,416	16,000	5,847	481
研究業務関係経費	68,969	5,914	10,893	2,197	10,497	32,416	1,359	5,211	481
通信・放送事業支援業務関係経費	17,471			2,202			14,641	628	
民間基盤技術研究促進業務関係経費	9							9	
施設整備費	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
受託経費	12,498	2,278	355	25	297	930	2	8,189	422
一般管理費	2,065						44	8	2,013
計	136,357	8,193	11,248	14,113	10,884	38,946	36,013	14,043	2,916

## [注1] 人件費の見積り

期間中総額 4,194百万円を支出する。

ただし、上記金額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当及び超過勤務手当に相当する範囲の費用である。

## [注2] 各別表の「金額」欄の計数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

## [注3] 運営費交付金の算定ルール

毎年度の運営費交付金 (G (y)) については、以下の数式により決定する。

$$G(y) = A(y) + B(y) - C(y)$$

G (y) : 運営費交付金

A (y) : 当該年度における運営費交付金（一般管理費及び事業費の合計分）

$$A(y) = \{A(y-1) - a(y-1)\} \times \alpha + b(y)$$

a (y) : 特定の年度において一時的に発生する廃止プロジェクト等経費

b (y) : 特定の年度において一時的に発生する新規拡充経費

$\alpha$  (効率化係数) : 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% 以上の効率化を実施する。

B (y) : 当該事業年度における特殊経費。退職者の人数の増減等の事由により当該年度に限り

時限的に発生する経費であって、運営費交付金算定ルールに影響を与えうる規模の経費。

これらについては、各事業年度の予算編成過程において、人件費の効率化等一般管理費の削減方策も反映し具体的に決定。

C (y) : 自己収入。

$$C(y) = C(y-1) \times \beta \text{ (自己収入調整係数)}$$

$\beta$  (自己収入調整係数) : 自己収入の見込みに基づき決定する。

係数  $\alpha$ 、 $\beta$  については、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。

## 予算計画（一般勘定）

（単位：百万円）

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的な ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン ス分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の業 務	h 関係共通部
収入									
運営費交付金	28,372	2,914	5,843	2,197	4,463	4,116	1,359	5,205	2,274
施設整備費補助金	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
情報通信技術研究開発推進事業費補助金	44,263	3,000	5,050	1,879	6,034	28,300			
情報通信利用促進支援事業費補助金	580							580	
電波利用技術調査費補助金	323			323					
受託収入	12,498	2,278	355	25	297	930	2	8,189	422
その他収入	220								220
計	121,601	8,193	11,248	14,113	10,884	38,946	21,328	13,973	2,916
支出									
事業費	71,745	5,914	10,893	4,399	10,497	32,416	1,359	5,785	481
研究業務関係経費	68,963	5,914	10,893	2,197	10,497	32,416	1,359	5,205	481
通信・放送事業支援業務関係経費	2,782			2,202				580	
施設整備費	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
受託経費	12,498	2,278	355	25	297	930	2	8,189	422
一般管理費	2,013								2,013
計	121,601	8,193	11,248	14,113	10,884	38,946	21,328	13,973	2,916

別表1-3

## 予算計画（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
事業収入	24
その他収入	0
計	24
支出	
事業費	15
研究業務関係経費	6
民間基盤技術研究促進業務関係経費	9
一般管理費	2
計	17

別表1-4

## 予算計画（債務保証勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
事業収入	0
計	0
支出	
事業費	47
通信・放送事業支援業務関係経費	47
一般管理費	5
計	53

別表1-5

## 予算計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
その他収入	1
計	1
支出	
事業費	0
通信・放送事業支援業務関係経費	0
一般管理費	0
計	1

**別表 1 - 6****予算計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）**

（単位：百万円）

区 分	金 額
収入	
その他収入	0
計	0
支出	
事業費	14,641
通信・放送事業支援業務関係経費	14,641
一般管理費	44
計	14,686

別表2-1

収支計画（総計）

（単位：百万円）

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的な ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン ス分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
費用の部	62,583	5,129	6,270	4,088	4,799	5,115	1,428	32,695	3,059
経常費用	62,583	5,129	6,270	4,088	4,799	5,115	1,428	32,695	3,059
研究業務費	26,783	2,850	5,915	2,184	4,503	4,185	1,382	5,118	646
通信・放送事業支援業務費	17,310			1,879				15,431	
民間基盤技術研究促進業務費	9							9	
受託業務費	16,439	2,278	355	25	297	930	2	12,130	422
一般管理費	2,042						44	8	1,991
収益の部	65,237	5,500	6,814	4,656	5,320	5,480	1,510	32,852	3,105
経常収益	65,237	5,500	6,814	4,656	5,320	5,480	1,510	32,852	3,105
運営費交付金収益	27,339	2,808	5,631	2,117	4,301	3,966	1,309	5,015	2,191
国庫補助金収益	17,551			2,202	90			15,259	
事業収入	24							24	
受託収入	16,123	2,278	355	25	297	930	2	11,814	422
賞与引当金見返に係る収益	347	35	70	26	54	49	22	63	27
退職給付引当金見返に係る収益	123	13	25	10	19	18	6	23	10
資産見返負債戻入	3,559	366	733	276	560	516	170	653	285
財務収益	1							1	
雑益	169								169
純利益（△純損失）	2,654	371	544	568	521	365	81	157	46
目的積立金取崩額	609	92	14	1	12	38	0	435	17
総利益（△総損失）	3,263	463	559	569	533	403	82	592	63

[注1] 受託収入で取得した資産は、減価償却等を通じて費用計上されるため、損失が計上される。

[注2] 各別表の「金額」欄の計数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

## 収支計画（一般勘定）

（単位：百万円）

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的な ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン 分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
費用の部	47,827	5,129	6,270	4,088	4,799	5,115	1,384	17,983	3,059
経常費用	47,827	5,129	6,270	4,088	4,799	5,115	1,384	17,983	3,059
研究業務費	26,777	2,850	5,915	2,184	4,503	4,185	1,382	5,112	646
通信・放送事業支援業務費	2,620			1,879				741	
受託業務費	16,439	2,278	355	25	297	930	2	12,130	422
一般管理費	1,991								1,991
収益の部	50,526	5,500	6,814	4,656	5,320	5,480	1,504	18,147	3,105
経常収益	50,526	5,500	6,814	4,656	5,320	5,480	1,504	18,147	3,105
運営費交付金収益	27,339	2,808	5,631	2,117	4,301	3,966	1,309	5,015	2,191
国庫補助金収益	2,872			2,202	90			580	
受託収入	16,123	2,278	355	25	297	930	2	11,814	422
賞与引当金見返に係る収益	341	35	70	26	54	49	16	63	27
退職給付引当金見返に係る収益	123	13	25	10	19	18	6	23	10
資産見返負債戻入	3,559	366	733	276	560	516	170	653	285
雑益	169								169
純利益（△純損失）	2,699	371	544	568	521	365	120	164	46
目的積立金取崩額	557	92	14	1	12	38	0	382	17
総利益（△総損失）	3,256	463	559	569	533	403	120	546	63

別表2-3

## 収支計画（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	17
経常費用	17
研究業務費	6
民間基盤技術研究促進業務費	9
一般管理費	2
収益の部	24
経常収益	24
事業収入	24
財務収益	0
純利益（△純損失）	7
目的積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	7

別表2-4

## 収支計画（債務保証勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	53
経常費用	53
通信・放送事業支援業務費	47
一般管理費	5
収益の部	0
経常収益	0
事業収入	0
純利益（△純損失）	△52
目的積立金取崩額	52
総利益（△総損失）	—

別表 2 - 5

## 収支計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	1
経常費用	1
通信・放送事業支援業務費	0
一般管理費	0
収益の部	1
経常収益	1
財務収益	1
純利益（△純損失）	1
目的積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	1

別表 2 - 6

## 収支計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
費用の部	14,686
経常費用	14,686
通信・放送事業支援業務費	14,641
一般管理費	44
収益の部	14,686
経常収益	14,686
補助金等収益	14,679
賞与引当金見返に係る収益	6
退職給付引当金見返に係る収益	0
財務収益	0
純利益（△純損失）	—
目的積立金取崩額	—
総利益（△総損失）	—

別表3-1

資金計画（総計）

(単位：百万円)

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的な ネットワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン ス分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
資金支出	159,970	5,040	13,941	12,948	12,939	38,665	50,097	19,243	7,096
業務活動による支出	55,654	1,833	7,987	2,919	6,130	4,281	15,354	10,775	6,374
投資活動による支出	102,816	3,207	5,954	10,029	6,808	34,385	34,743	6,968	722
不要財産に係る国庫納付等による支出	1,500							1,500	
次年度への繰越金	31,225								
資金収入	145,520	8,193	11,248	14,113	10,884	38,946	21,328	37,892	2,916
業務活動による収入	86,283	8,193	11,248	4,425	10,794	33,346	1,361	14,000	2,916
運営費交付金による収入	28,372	2,914	5,843	2,197	4,463	4,116	1,359	5,205	2,274
国庫補助金による収入	45,166	3,000	5,050	2,202	6,034	28,300		580	
事業収入	24							24	
受託収入	12,498	2,278	355	25	297	930	2	8,189	422
その他の収入	223						0	2	220
投資活動による収入	59,238			9,688	90	5,600	19,967	23,892	
有価証券の償還等による収入	23,892							23,892	
施設費による収入	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
前年度よりの繰越金	45,674								

[注] 各別表の「金額」欄の計数は、原則としてそれぞれ四捨五入によっているので、端数において合計とは合致しないものである。

## 資金計画（一般勘定）

(単位：百万円)

区分	金額	a 電磁波 先進技術 分野	b 革新的ネッ トワーク 分野	c サイバーセ キュリティ 分野	d ユニバーサ ルコミュニ ケーション 分野	e フロンティ アサイエン ス分野	f Beyond 5Gの 推進	g 分野横断的 な研究開発 その他の 業務	h 関係共通部
資金支出	122,815	5,040	13,941	12,948	12,939	38,665	20,711	11,475	7,096
業務活動による支出	40,741	1,833	7,987	2,919	6,130	4,281	668	10,549	6,374
投資活動による支出	82,074	3,207	5,954	10,029	6,808	34,385	20,043	926	722
次年度への繰越金	10,215								
資金収入	121,601	8,193	11,248	14,113	10,884	38,946	21,328	13,973	2,916
業務活動による収入	86,256	8,193	11,248	4,425	10,794	33,346	1,360	13,973	2,916
運営費交付金による収入	28,372	2,914	5,843	2,197	4,463	4,116	1,359	5,205	2,274
国庫補助金による収入	45,166	3,000	5,050	2,202	6,034	28,300		580	
受託収入	12,498	2,278	355	25	297	930	2	8,189	422
その他の収入	220								220
投資活動による収入	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
施設費による収入	35,345			9,688	90	5,600	19,967		
前年度よりの繰越金	11,429								

別表3-3

## 資金計画（基盤技術研究促進勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	1,923
業務活動による支出	23
投資活動による支出	400
財務活動による支出	1,500
次年度への繰越金	444
資金収入	424
業務活動による収入	24
事業収入	24
その他の収入	0
投資活動による収入	400
有価証券の償還等による収入	400
前年度よりの繰越金	1,943

別表3-4

## 資金計画（債務保証勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	5,673
業務活動による支出	53
投資活動による支出	5,620
次年度への繰越金	5,840
資金収入	8,621
業務活動による収入	1
事業収入	1
投資活動による収入	8,620
有価証券の償還等による収入	8,620
前年度よりの繰越金	2,892

別表 3 - 5

## 資金計画（出資勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	173
業務活動による支出	151
投資活動による支出	22
次年度への繰越金	25
資金収入	174
業務活動による収入	2
その他の収入	2
投資活動による収入	172
有価証券の償還等による収入	172
前年度よりの繰越金	23

別表 3 - 6

## 資金計画（革新的情報通信技術研究開発推進基金勘定）

（単位：百万円）

区 分	金 額
資金支出	29,386
業務活動による支出	14,686
投資活動による支出	14,700
次年度への繰越金	14,702
資金収入	14,700
業務活動による収入	0
その他の収入	0
投資活動による収入	14,700
有価証券の償還等による収入	14,700
前年度よりの繰越金	29,388



## 令和3年度（2021年度）情報通信研究機構年報

令和4年8月発行

発行元 国立研究開発法人 情報通信研究機構 広報部

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

TEL : 042-327-5392

E-mail : [publicity@nict.go.jp](mailto:publicity@nict.go.jp)

NICTの研究内容についてはインターネットからも参照できます。  
URLは <https://www.nict.go.jp/> です。

