

第4期中長期目標期間 報告書

(期末評価 及び 年度評価)

令和3年5月

国立研究開発法人情報通信研究機構の
研究活動等に関する外部評価委員会

第4期中長期目標期間 外部評価について	1
1. 分野評価委員会期末評価（中長期目標期間）	4
1-1. センシング基盤分野	5
(1) リモートセンシング技術	5
(2) 宇宙環境計測技術	19
(3) 電磁波計測基盤技術（時空標準技術）	31
(4) 電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）	44
1-2. 統合 ICT 基盤分野	56
(1) 革新的ネットワーク技術	56
(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術	68
(3) フォトニックネットワーク基盤技術	80
(4) 光アクセス基盤技術	92
(5) 衛星通信技術	104
1-3. データ利活用基盤分野	116
(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術	116
(2) 社会知解析技術	124
(3) 実空間情報分析技術	132
(4) 脳情報通信技術	140
1-4. サイバーセキュリティ分野	148
(1) サイバーセキュリティ技術	148
(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術	153
(3) 暗号技術	157
1-5. フロンティア研究分野	161
(1) 量子情報通信技術	161
(2) 新規 ICT デバイス技術	171
(3) フロンティア ICT 領域技術	182
1-6. オープンイノベーション分野	197
(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	197
(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化	} 一体として評価
(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	
(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進	216
(6) サイバーセキュリティに関する演習	226
(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査	230

2. 分野評価委員会 年度評価（令和2年度）	2 3 4	
2-1. センシング基盤分野	2 3 5	
(1) リモートセンシング技術	2 3 5	
(2) 宇宙環境計測技術	2 4 3	
(3) 電磁波計測基盤技術（時空標準技術）	2 5 2	
(4) 電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）	2 5 9	
2-2. 統合 ICT 基盤分野	2 6 7	
(1) 革新的ネットワーク技術	2 6 7	
(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術	2 7 5	
(3) フォトニックネットワーク基盤技術	2 8 4	
(4) 光アクセス基盤技術	2 9 3	
(5) 衛星通信技術	3 0 1	
2-3. データ利活用基盤分野	3 0 7	
(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術	3 0 7	
(2) 社会知解析技術	3 1 3	
(3) 実空間情報分析技術	3 1 9	
(4) 脳情報通信技術	3 2 5	
2-4. サイバーセキュリティ分野	3 3 1	
(1) サイバーセキュリティ技術	3 3 1	
(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術	3 3 4	
(3) 暗号技術	3 3 7	
2-5. フロンティア研究分野	3 4 1	
(1) 量子情報通信技術	3 4 1	
(2) 新規 ICT デバイス技術	3 4 7	
(3) フロンティア ICT 領域技術	3 5 3	
2-6. オープンイノベーション分野	3 6 3	
(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	3 6 3	
(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化	} 一体として評価	
(4) 戦略的な標準化活動の推進		3 7 1
(5) 研究開発成果の国際展開の強化		
(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進	3 7 6	
(6) サイバーセキュリティに関する演習	3 8 4	
(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査	3 8 7	
3. 総括評価委員会議事要旨	3 8 9	
別紙1 委員長及び委員と担当する評価	3 9 1	
別紙2 評価軸及び評点区分	3 9 8	
別紙3 評点一覧	4 0 1	
別紙4 総括評価委員会の委員コメント	4 0 5	

第4期中長期目標期間 外部評価について

1 外部評価とは

外部評価は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月内閣総理大臣決定）に基づき実施するものであり、第4期中長期目標期間（2016年度から2020年度までの5年間）では、表1に示すとおり、平成28年度に期首評価、平成29年度に意見交換会、平成30年度に中間評価と年度評価を実施しており、令和元年度に見込評価と年度評価、今年度（令和2年度）に期末評価と年度評価を実施することとしています。

表1 第4期中長期期間中の評価

時期	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度
	11～12月	11～12月	平成30年11月～平成31年1月 令和元年5月	令和元年11～12月頃 令和2年5月頃	令和2年11～12月頃 令和3年5月頃
実施内容	『期首評価』 ヒアリング ※コメント評価	『意見交換会』 意見交換、視察 ※コメント評価	『中間評価』、『年度評価』 分野評価委員会 ※コメント評価 +評点評価（S～Dの5段階） 『年度評価』 総括評価委員会 ※見解書	『見込評価』、『年度評価』 分野評価委員会 ※コメント評価 +評点評価（S～Dの5段階） 『見込評価』、『年度評価』 総括評価委員会 ※見解書	『期末評価』、『年度評価』 分野評価委員会 ※コメント評価 +評点評価（S～Dの5段階） 『期末評価』、『年度評価』 総括評価委員会 ※見解書

なお、中間評価・見込評価・期末評価は、当該年度の年末前後に開催する「分野評価委員会」と翌年度5月頃に開催する「総括評価委員会」で構成し、実施します。

2 評価要領

1) 評価対象期間

①【期末評価】

平成28年度から令和2年度までの5年間

②【年度評価】

令和2年度の1年間

2) 評価対象

表2に示す分野の各項目が評価対象。

表2 評価項目

分野		項目
基礎 研究 領域	センシング基盤分野	(1) リモートセンシング技術
		(2) 宇宙環境計測技術
		(3) 電磁波計測基盤技術（時空標準技術）
		(4) 電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）
	統合ICT基盤分野	(1) 革新的ネットワーク技術
		(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術
		(3) フォトニックネットワーク基盤技術
		(4) 光アクセス基盤技術
		(5) 衛星通信技術
	データ利活用基盤分野	(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術
		(2) 社会知解析技術
		(3) 実空間情報分析技術
		(4) 脳情報通信技術
	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
		(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術
		(3) 暗号技術
	フロンティア研究分野	(1) 量子情報通信技術
		(2) 新規ICTデバイス技術
		(3) フロンティアICT領域技術
オープンイノベーション分野	(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	
	(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化	
	(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	
	(3) 耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	
	(6) サイバーセキュリティに関する演習	
	(7) パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査	

また、以下の3つの研究活動等（研究開発や研究成果を最大化するための業務等）が評価対象。

- ① 運営交付金により機構職員が実施する研究活動等
- ② 外部資金により機構職員が実施する研究活動等
- ③ 委託研究により実施する研究活動等

3) 評価方法

「1) 評価対象期間」に示す2つの対象期間それぞれの内容について、以下のとおり、評価。

① 評点評価

委員長を除く委員[別紙1参照]が、各項目に設定した評価軸[別紙2参照]毎に、S,A,B,C,Dの5段階[別紙2参照]で評点評価。

なお、期末評価については、評価軸に「目的・目標」を追加。

② コメント評価

委員長及び委員が、各項目に設定した評価軸毎に「評価する点」及び「改善を要する点」について、コメント評価。

なお、期末評価については、評価軸に「目的・目標」を追加。

3 令和2年度分野評価委員会の実施状況

分野	中項目	開催日
1-1 センシング基盤分野	(1)リモートセンシング技術 (2)宇宙環境計測技術 (3)電磁波計測基盤技術（時空標準技術） (4)電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）	12月18日
1-2 統合ICT基盤分野	(1)革新的ネットワーク技術 (3)フォトニックネットワーク基盤技術 (4)光アクセス基盤技術	12月18日
	(2)ワイヤレスネットワーク基盤技術 (5)衛星通信技術	12月4日
1-3 データ利活用基盤分野	(1)音声翻訳・対話システム高度化技術	12月19日
	(2)社会知解析技術	12月4日
	(3)実空間情報分析技術	12月4日
	(4)脳情報通信技術	12月11日
1-4 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 (2)セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術 (3)暗号技術	12月3日
1-5 フロンティア研究分野	(1)量子情報通信技術 (2)新規ICTデバイス技術 (3)フロンティアICT領域技術	12月21日
2 オープンイノベーション分野	1.技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	12月16日
	2.オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 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	12月21日
	3.耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	12月9日
	6.サイバーセキュリティに関する演習 7.パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査	12月24日

分野評価委員会

期末評価

中長期目標期間（平成 28 年度～令和 2 年度）

項目	1－(1) リモートセンシング技術
----	-------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の目的・目標は適切に設定されており、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待が大いに認められた。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	これまでの成果を元に研究開発をさらに進展させ、社会実装につなげるための適切な目標設定と計画がされている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	目的、目標、計画の妥当性、論文、受賞の質と量から A と判断した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	防災・災害対策を念頭に置いた気象観測、地表観測、社会インフラの維持・管理を目的とした非破壊検査など、目的・目標は明確であり、社会的にも重要なものばかりである。このような広範な課題に対峙し、期間内で着実に成果を挙げてきた。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	科学的意義、社会的価値、社会実装のいずれの観点においても、適切な目的・目標が設定されている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 国家的な課題である近年の地球規模の温暖化とそれを原因の一つとする国内での異常気象多発に対し、リモートセンシング技術の高度化とその実装により、突発的大気現象の早期予測に国際的にも高いレベルで取り組んでいる点、非破壊センシング技術を用いて、社会インフラや文化財の維持管理への効率的かつ実行可能な対応策の社会実装を目指している点を評価する。
- 光や電波を用いて大気状況や地表面の様子を瞬時に把握するリモートセンシング技術の研究開発を行い、それによる突発的大気現象の直前予測など、社会の課題に答え、技術の社会実装を目指した目標設定になっていて、この分野をリードする研究機関として適切な目標設定と計画である。
- ゲリラ豪雨の観測技術開発を行う事で、突発大気現象の予測技術向上を狙うというテーマの重要性。合成開口レーダで世界最高水準の画質を目指す点。グローバルな気候・気象の監視予測向上を目指し、降水と雲の衛星リモートセンシング技術の高度化や次世代の衛星立案のための開発を目指している点。社会インフラや文化財維持のため、非破壊・非接触の診断を可能とする技術開発を行う点。これらのテーマはいずれも科学的、社会的意義のあるテーマ設定であり評価できる。
- 掲げた目的・目標を大きく変更することなく、目的・目標に向かって期間内で着実に成果を挙げてきた点は評価できる。
- リモートセンシング、電磁波応用、テラヘルツの3つの分野いずれにおいても、社会のニーズとそれぞれの部門が持つ技術レベルに応じた適切な目標設定が行われている。
- 電磁波応用について、今後は非破壊センシングを休止しホログラムの研究に特化して行くとの説明でした。限定的な研究リソースの点から適切な方針と感じました。
- 近年の日本のイノベーションへの要求、Society5.0 への ICT 利活用は、サイバーフィジカルシステム(CPS)と理解されている。CPS において、質の良い実データを収集するセンサーはサイバーとフィジカル空間を繋ぐ要素で、データサイエンスで GAFA に後塵を拝する日本において、優位性を挽回する技術として認知されている。リモートセンシング技術で電磁波技術は主役であり、NICT の取り組みは高く評価できる。広範な技術、計画のそれぞれのレベルは高く、CPS の中で主役となる実データセンサー技術で日本の独走を期待したい。
- 計画は、観測、モデリング、予測のサイクルをバランスよく狙っている。多くがビックデータを処理し結果や予想の精度を上げるが、ハードウェア開発企業、

ビッグデータ利活用研究室、サービス企業との協働において、NICT センシング基盤分野が勝負すべきは、その先の自然現象の理解とモデル化であろう。モデルを進化させることが普遍の理解になる。この点を再認識する必要はある。また、得られたデータを公共財としてのアーカイブ化、公開も NICT 全体としての役目であり、国際的にも貢献の意識を継続してほしい。目標、計画は以下の点で評価できる。

(ア) リモートセンシング技術

① ゲリラ豪雨・竜巻に代表される突発的大気現象の早期捕捉・発達メカニズムの解明、② また、地震・火山噴火等の災害予測、ナウキャスト、発生時状況把握等に必要な合成開口レーダー、構造物や地表面の変化抽出等に必要な技術の研究開発、観測データや技術の利活用、最高水準の分解能を目指した、レーダー機器の性能向上など、社会課題にも応え、学術的にも挑戦的な計画である。

(イ) 衛星搭載型リモートセンシング技術

③ グローバルな気候・気象の監視や予測精度向上を目指し、地球規模での降水・雲・風等の大気環境の観測を実現するための衛星搭載型リモートセンシング技術及び得られたデータの解析技術は、まさに SDGs のデザスターリスクマネジメントと狙いを同じくするものである。

(ウ) 非破壊センシング技術

④ 社会インフラの維持管理、特に電磁波(とロボット)を用いた非破壊・非接触の診断がますます重要となりフィールド試験用装置及び観測データの解析及び可視化技術を開発する。また社会実装に向けた技術移転を支援する事も評価される。

- 中長期計画の最終年度令和2年度の成果には、過去も含めたセンシングビッグデータを、AIを駆使して同化、分析、予測に活用する流れ、さらに結果に加えデータそのものも公開して行く流れが認められ、NICTの強み、世界での役割が見えてきた感がある。

（改善すべき点）

- 衛星搭載型リモートセンシング技術開発において、衛星自体の打上延期のような NICT 独自の努力のみでは研究開発が進められない課題においては、予算繰り越し・再配分等や人員の配置の効率化・適切化など、NICT 内で柔軟に対応可能なよう、フレキシブルな組織運営と縦割りになり過ぎない NICT 内の情報共有や意識共有が重要である。
- 一部、「リモートセンシング」の看板にそぐわないテーマもあるので、今後は組織の再編(?) などを通してわかりやすい形にしていきたい。
- リモートセンシング技術は、広範な分野に跨る計画・目標が挙げられているが、電磁波を理解し使いこなすテーマ、測定手段を開発するテーマ、観測する対象や応用分野が異なるテーマなどを一覧でならべているため、組織を評価する面もあるので、目的目標として整理すると若干散漫に見える。
- それぞれの課題/目標が、評価軸(科学的意義、社会的価値、社会実装)を持っており、評価の際は、技術的区分け(現在は組織別にほぼ対応している)と課題的区分けの「マトリクス」としているが、複雑な課題が増えてくるので、冗長な面も生じている。抜けはないがより効率的な評価方法を模索したい。(次期目標立案と同時に評価方法の構成の改善)
- なお、近年の感染症 COVID-19 を Disaster Risk の一つとして捉え、センシングの主役である電磁波技術を(直接医療や感染のモニタリングや滅菌、あるいは異分野と協働しての予測やシミュレーションなど間接に)その分析、抑制に役立てることも必要。目標・計画の進化として取り込むことが求められる。
- また、Covid-19 に限らない不測の事態として、衛星の打ち上げ延期、などに対する alternative、新たな知見による研究計画の変更などへの対応策も、概略の方向性で策定しておく必要を痛感している。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の平成 28 年度～令和2年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、科学的意義において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	計画に基づいて大きな研究成果をあげていて、世界トップレベルの成果も多数含まれる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	成果論文、受賞のエビデンスから評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	独創的な装置開発、観測精度の改善などを期間内で着実に進めてきた。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	当初の目標に掲げた以上の成果を挙げている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定技術を開発した点、衛星搭載ドップラー風ライダーの降雨観測開発技術による早期の豪雨予測研究、ミリ波帯が外壁タイル検査に有効であることを検証し、可搬型システムを開発している点、ホログラム印刷技術の高度化を評価する。
- 豪雨予測精度を向上させるため、地デジ水蒸気量推定技術の開発と技術実証。
- 惑星探査等を可能にする小型軽量低電力なテラヘルツ探査機のために、超小型テラヘルツ分光センシングシステムの開発や THz放射伝達モデルの開発。
- ホログラム印刷技術を用いた光学素子及びプロジェクタとの組み合わせ技術を開発。
- 誘電絶縁材料の分野で IEEE の賞、合成開口レーダで文部科学大臣表彰科学技術賞(開発部門)など当該分野で評価されていることが評価できる。
- 毎年、パーマネント雇用者一人当たりで 2 報程度の査読付き論文を公表している。
- 当初の研究目標はほぼ達成された。そのうえで、地上デジタル電波を用いた水蒸気観測、衛星放射計データ解析関連の成果(解析手法の標準化含む)、ホログラム印刷技術など、期間当初の想定を超える成果を挙げた。
- 2偏波レーダの開発、放送波の遅延から水蒸気量を逆算するなど、工学的な手段から、学術的にも意義ある結果を導いた点を評価する。
- (ア) リモートセンシング技術
 - ① ゲリラ豪雨・竜巻に代表される突発的大気現象の早期捕捉・発達メカニズムの解明に貢献するため、マルチパラメータフェーズドアレイ気象レーダの実証を進め、AIP 加速課題「ビックデータ同化と AI によるリアルタイム気象予測の展開」で理研スパコンとの共同実験。実装へむけ「TOKYO雨雲レーダ」アプリ公開、サービス化を民間企業と連携し実施、令和 4 年から首都圏は開始見込み。
 - ② 航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR X3)で世界最高分解能、機体改修、Pi-SAR、Pi-SAR2データで、AI技術で構造物の分離に成功。
- (イ) 衛星搭載型リモートセンシング技術
 - ③ グローバルな気候・気象の監視や予測精度向上を目指し、衛星搭載型リモートセンシング技術開発を行った。EarthCARE/CPR の感度を上回る高感度雲観測レーダ(HG-SPIDER)、雲の非一様性を瞬時に観測することが可能な電子走査型雲観測レーダ(ES-SPIDER)を開発。デジタル受信機の開発によ

るDBF処理によりリアルタイム化完了。なお、EarthCARE/CPRの高出力送信系(HPT-A)の不具合対応をJAXAと協力し実施したが打ち上げ時期は、前年度計画より、さらに遅れ令和4年度末予定となった。衛星搭載ドップラー風ライダーのコア技術である2 μ m帯世界最高出力パルスレーザ技術とCO₂差分吸収ライダー(DIAL: Differential Absorption Lidar)技術を基盤とした、地上設置型水蒸気・風ライダーが完成。湿度精度 $\pm 10\%$ を達成。③-3 超小型テラヘルツセンサー、「水資源探査」フライトモデルの開発(破格の効率的開発 3年間、10億)

③-4 温室効果ガス観測GOSATデータの解析で人為起源CO₂分離、新指標の提唱。SDGsへの貢献。

● (ウ) 非破壊センシング技術

④ホログラム印刷技術を用いた光学素子、及びプロジェクトとの組み合わせ技術、プリント補正技術を開発し、自動車企業との共同研究など技術移転へ。

(さらなる成果を期待する点)

- リモートセンシング技術分野内の研究開発には、数年度ではその成果や意義を判断しきれない長期的な課題や取り組みも多いため、今後の発展に期待する。また、研究成果の社会実装を加速されるために、組織全体でのアウトプット戦略の見直しに期待する。
- 衛星に関して現在進行中のものは確実に開発を進めることで、成果を伸ばすことが期待できる。
- 自分の専門ではないので具体的な指摘はできないが、引き続き積極的なアウトプットを期待している。
- 新しい衛星ミッションがなかなか進まないなど、困難な点があった。一方で、世界的に見れば衛星打上げ数は飛躍的に伸びています。持てるセンシング技術をさらに活かせるように、様々な衛星に搭載する道を探るなど、頑張っていたきたいと感じています。
- センシングで集まる Big data を対象に AI 技術、スーパーコンピュータなどでの分析することは、あらゆる場面で必要に、しかも異種データの統合化が必要になる。センシング基盤分野で閉じずに、NICT での間口の広い専門部署が共に活躍できるようにしてほしい。

（改善すべき点）

- 特に予算配分や人員の配置・世代交代等において、過度な成果主義に陥らない組織としての視座が必要である。また、中長期目標期間中であっても、研究者・技術者からの新しい発想や萌芽的な研究提案を実現できるフレキシビリティの確保が課題である。
- TRMM 衛星の降雨レーダを世界に先駆けて実現した過去の歴史と比較すると、現状の体制はややもの足りない。より良い成果論文を生み出す努力をすべき。他機関との共著論文を増やすように努力すべき。
- 令和元年度は査読付き論文数の数が少し減ったようだ。まあ、「波」はつきものなので、あまり気にせず引き続き精進してもらいたい。
- ホログラムを含む項目名、「非破壊センシング」は、若干分かりにくい。例えば、波動応用可視化技術などはどうか？

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の平成 28 年度～令和2年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、社会的価値において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	豪雨予測などを含む気象予報、災害発生時の状況把握、インフラモニタ、グローバルな気候監視、非破壊検査等、社会的に関心の高い課題に関わる研究開発を進め成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	航空機 SAR による地上の高分解能イメージング、GPM 主衛星搭載 2 周波レーダの観測モードとアルゴリズム、水蒸気と風ライダー開発、ホログラム印刷技術による光学素子開発で顕著な成果から A に相当と評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	近年増え続けている異常気象および地震・噴火などの災害に対応するための防災・災害対策、老朽化に伴う社会インフラの維持・管理は、定常的に引き継がれていかなければならない。その意味で社会的価値は十分にある。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	社会のニーズに即した研究開発がおこなわれた。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 超小型軽量 THz 分光衛星センサ TEREX の開発や、温室ガス観測衛星 GOSAT データの独自アルゴリズム解析など地球温暖化に関しての実態把握とその情報提供などを評価する。
- 気象庁現業ウィンドプロファイラ WINDAS への適用を目指したアダプタクラッタ抑圧技術の実用化研究を実施し、目処が立った。
- 惑星探査等を可能にする小型軽量低電力なテラヘルツ探査機の開発に必要な技術の開発や、地球観測衛星に必要な技術の開発などを進めた。
- 合成開口レーダ Pi-SAR2 の災害への貢献による前島密賞受賞。GPM 主衛星搭載 2 周波レーダの観測モードとアルゴリズム開発による全球降雨検出頻度の改善。ミリ波利用による非破壊センシングの進展。
- 異常気象などに対応するための防災・災害対策。
- 宇宙探査・開発に資する小型テラヘルツ分光センシングシステム。
- 地上設置と衛星搭載の両方のレーダー開発は、NICT の独擅場であろう。環境計測に対する社会のニーズにマッチした成果であって高く評価できる。
- 近年、SDGsに代表されるように、科学技術の、社会的価値、社会貢献の度合いを問われる傾向が強まっている。社会課題や政策課題の解決は、短期的なものが多く評価されやすいが、NICT としては、説明責任を果たしたうえで、むしろ長期的で間接的な成果の活用が課題であろう。以下は、長期的な意味合いを含めたものも含め、社会的価値が認められる。

(ア) リモートセンシング技術

①では、MP-PAWR のデータを基に「Tokyo 雨雲レーダー」の公開を行い、また、地デジ水蒸気推定技術の普及、山間部での適用も含め実装を加速し、令和 4 年のサービス開始を見込んでいる。

①-3 次世代ウィンドプロファイラへアダプティブクラッタ抑圧技術 (ACS) の実証を経て、ISO 国際規格案 DIS へ入力。これは、科学的意義のみならず、大きな国際的社会実装成果でもある。

② 地震・火山噴火等の災害発生時の状況把握等に必要な技術として、航空機搭載合成開口レーダーで、構造物や地表面の変化抽出等の状況を判読するために必要な観測データ処理、人口構造物の自動抽出手法の開発、AI技術(深層学習)による土地被覆分類など情報抽出技術の高度化を実施。次項の、普及が著しい小型衛星、ドローンなどへの搭載でモニタリングへの展開も期待される。

(イ) 衛星搭載型リモートセンシング技術

③ グローバルな気候・気象の監視や予測精度向上を目指し、衛星搭載

型リモートセンシング技術及び得られたデータから降水・雲等に関する物理量を推定する解析技術の開発を行った。③平成29年5月にGPM主衛星ミッション運用期間(3年2ヶ月)終了、後期運用へ移行。日米のアルゴリズムチームに参画し、アルゴリズムバージョンアップへ貢献し後継ミッション降水レーダの仕様検討に移行。③ESA JUICEでSWIの開発で、超小型テラヘルツセンサーの開発。GOSAT 衛星データの数理アルゴリズム、AI検出など秀でた成果は社会的価値も大きい。

SMILESデータの再処理で地球大気の人為的損害の把握。公募型小型衛星計画に基づく衛星に応募予定(令和3年2月)。

(ウ) 非破壊センシング技術

④電磁波を用いた非破壊・非接触の診断が可能となる技術やフィールド試験用装置に関する研究開発が進捗。ミリ波帯が外壁タイル検査に有効であることを検証し、可搬型システムの開発に着手し【H29】、また金属鋼管内部の劣化検出に有効なアクティブ赤外イメージング法を製鉄会社へ【H31】さらにマイクロ波イメージング技術を建設会社へ技術移転を進めている【R2末に完了】④ホログラム印刷において、縮小時の歪みをデジタル補正技術。センシングデータの可視化、自動車産業などへ展開。

(さらなる成果を期待する点)

- 突発的大気現象の早期捕捉・発達メカニズムの解明、グローバルな気候・気象の監視や予測精度向上、非破壊・非接触診断の高度化などを期待する。
- 地上観測データ等の公開を進めることで、社会的課題への解決が加速する。
- テラヘルツの開発はB5Gでもキーテクノロジー、日本の優位性がある分野とされており、センシングでもこの地位を確保してほしい。

(改善すべき点)

- JAXA等との協力・連絡を密にし、サブミリ波サウンダー搭載の小型衛星計画を早期に実現することが望まれる。第4期中長期計画の成果や研究開発の重要性をもっと社会にアピールすべきである。広報やアウトリーチ活動への更なる努力が望まれる。
- 地上観測等の得られたデータの公開を積極的にすすめ、関連コミュニティーを発展させ、また共同研究をより進展させる努力を進めると良い。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、社会実装において十分な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究開発の成果を社会実装或いはそのための実証実験にしっかりとつなげていて、社会的にも関心の高い成果があがっている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	ゲリラ豪雨情報の配信、非破壊センシングで確立した技術の産業界への移転を評価し A とした。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	着実に社会実装が進んでいる。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- MP-PAWR の実証実験と実用化への歩み、地デジ水蒸気観測網の展開と装置の小型化、気象庁 WINDAS の観測精度の向上、金属鋼管内の劣化検出装置の民間への技術移転、ホログラム印刷技術の産業界への応用促進を評価する。
 - 大気状態データの民間活用、ゲリラ豪雨早期探知システムの実証実験など、研究開発の成果を社会実装につなげる取り組みが積極的に推進された。
 - 社会インフラや文化財の効率的な維持管理等のために、電波を用いた非破壊・非接触診断技術を開発した。
 - フェーズドアレイレーダを利用したゲリラ豪雨の早期検出手法の開発、自治体との共同実証実験の実施、その一般への公開の努力。地デジ水蒸気量推定と首都圏でのサービス開始見込みまでできたこと。ミリ波と赤外イメージングの技術移転、電力中央研究所との共同実験開始は高く評価できる。
 - ゲリラ豪雨の直前予測情報配信の社会実験。
 - マイクロ波、ミリ波帯の電磁波による非破壊検査、建設会社への技術移転。
 - フェーズドアレイ気象レーダー、地デジ水蒸気量測定、衛星放射計データ処理手法の普及、ホログラム印刷技術などについて、社会への普及に向けた取り組みがなされた。
 - 社会実装の定義は、社会への影響の大きさ、緊急度とは別に、ビジネス化、知財化、研究の出口という解釈が多い。NICT の職員で直接ユーザと対する実装を担っているのは限られた人数、部署であろうから、パートナーとの関係において技術移転を円滑に行ったかを評価すべきと理解する。以下で社会実装に貢献した。
 - ① ゲリラ豪雨・竜巻に代表される突発的大気現象の早期捕捉・発達メカニズムの解明に貢献するため、MP-PAWR の実証を進め、AI によるリアルタイム気象予測のため理研スパコンとの共同実験。「TOKYO雨雲レーダ」アプリ公開。プロトタイプから普及版を経て廉価版の開発を機構予算で実施した。カバー率を上げサービス化を民間企業と連携し実施、令和 4 年から首都圏についてはサービス開始見込み。

SDGs の課題解決の観点では、アプローチが社会実装とも判断できるため、温室効果ガス観測 GOSAT データの解析で人為起源 CO₂ 分離、新指標の提唱。SMILES データの再処理で地球大気の人為的損害の把握は重要な成果。
- (ウ) 非破壊センシング技術
- ④ 社会インフラや文化財の効率的な維持管理等への貢献を目指して、電磁

波を用いた非破壊・非接触の診断が可能となる技術やフィールド試験用装置に関する研究開発を行った。ミリ波帯が外壁タイル検査に有効であることを検証し、可搬型システムの開発に着手した【H29】、多くの産業への技術移転を実現している。

また、④ホログラム印刷技術を用いた光学素子、およびプロジェクタとの組み合わせ技術を開発している。特に自動車部品に関する共同開発、技術移転を推進した【H30-R2(見込み)】。

(さらなる成果を期待する点)

- 今後は特に気象関係と災害発生時の対応および社会インフラ劣化に対しての早期でかつ安価で効率的な技術移転の促進が望まれる。研究成果の社会実装を加速されるために、組織全体でのアウトプット戦略の見直しに期待する。
- 豪雨予測は、研究者間の協力で複数のセンサを組み合わせる等で、より包括的かつ本質的な取り組みを推進することが可能であり、その方向のデータ活用を進めることで、社会実装に役立つと期待できる。
- 社会への実装は重要な観点ではあるが、国立研究所である NICT としては、最先端の科学技術を目指す方向性をおろそかにすべきではない。
- インフラの非破壊モニタリングは今後大きな需要が出るが、電波の活用を図る上で NICT として技術移転を終えた形で良いのか、限りある人員予算であるが、慎重に検討が必要。

(改善すべき点)

- 予算や人員面での更なる国のサポートが必要である。
- リモートセンシング技術分野は研究開発の内容が多岐にわたるため、中長期目標のみに縛られることなく、分野内でのフレキシブルな人員・予算の運用が不可欠である。
- リモートセンシングにおける一般の評価に直結するデータを実装後に得ることができれば、科学技術と研究開発に関する理解が深まる。
- 予測の当たり、はずれなどが話題になると、技術の進展を加速する良い指針になる。(社会実装を評価軸にいれているのなら、重要。)

項目	1-(2) 宇宙環境計測技術
----	----------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の目的・目標は適切に設定されており、成果の創出や将来的な成果の創出の期待が認められた。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	これまでの研究成果をベースにさらに高いレベルの成果を達成して、社会が強く求めるシステムの実装につなげるために、大きく5つの項目の目的・目標を適切に設定されている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	衛星の安定運用に資する観測とモデル開発、さらに詳細衛星搭載センサ実現を目指している点から A と評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	航空機等の安全な運用に資する宇宙の電磁波環境や太陽風の影響などを研究目的としており、これら宇宙環境計測技術は、現代社会の経済活動や安全保障にとってますます重要性が高まっている。期間内に研究は順調に推移してきた。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	研究面と宇宙天気業務の両方について、掲げられた目的・目標は十分に達成された。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 宇宙環境計測及び高精度予測を目指し研究開発を行うことや、太陽風シミュレーションによる高精度早期警報システムの実現に向けて、太陽風の擾乱の到来を予測するために必要な太陽活動モニタリングを目指している点など、宇宙天気予報の重要性に鑑み、観測、モデル・シミュレーションコード構築及びアプリケーション開発に従事していることを評価する。
- 電離圏、磁気圏、太陽などを広く対象として、観測データを活用したモデルと実用性の高いシミュレータを開発し、さらに宇宙天気予報の利用を促進させる活動を推進する内容になっていて、この分野をリードする研究機関として充実した内容になっている。
- 既存の観測データ解析、そのモデル化、観測データのモデルへの同化技術、アンサンブル予測、AI 技術の導入と、さらにより予測技術の高度化を狙った将来衛星計画検討まで、整合的に計画が立案されて、実施されている。
- 定常的な業務を遂行すると同時に研究面では新しい技術を積極的に取り込んでいる
- 目的・目標の設定について、特に大きな問題はないと思います。
- 近年の日本のイノベーションへの要求、Society5.0 への ICT 利活用は、サイバーフィジカルシステム(CPS)と理解されている。CPS において、質の良い実データを収集するセンサーはサイバーとフィジカル空間を繋ぐ要素で、データサイエンスで GAFA に後塵を拝する日本において、優位性を挽回する技術として認知されている。リモートセンシング技術で電磁波技術は主役であり、NICT の取り組みは高く評価できる。広範な技術、計画のそれぞれのレベルは高く、CPS の中で主役となる実データセンサー技術で日本の独走を期待したい。
- 計画は、観測、モデリング、予測のサイクルをバランスよく狙っている。多くがビックデータを処理し結果や予想の精度を上げるが、ハードウェア開発企業、ビックデータ利活用研究室、サービス企業との協働において、NICT センシング基盤分野が勝負すべきは、その先の自然現象の理解とモデル化であろう。モデルを進化させることが普遍の理解になる。この点を再認識する必要はある。また、得られたデータを公共財としてのアーカイブ化、公開も NICT 全体としての役目であり、国際的にも貢献の意識を継続してほしい。目標、計画は以下の点で評価できる。
 - 専門ユーザに対してであるが、社会実装の形は宇宙天気予報として、運用と同時にその高度化を目指した研究、モデル化、シミュレーションの開拓、またこれとは独立の資源としてデータ蓄積の業務を目標として立派に遂行している。

- 評価軸としては、科学的意義、具体的な専門家へのサービスとしての社会実装に明確に分かれ、社会的価値も一般的なユーザ相手には間接的なものとなる。これらは、自然なことである。
- まさに、Cyber Physical Systems のとおり、データ観測、(ビックデータ)分析、天気予報としての運用の社会実装を行っている。学問的には、ビックデータ分析における AI の活用と新しい現象の発見、物理モデルの構築、解明による一般化を、少ない人数で進めている。業績では数名の研究者と判断されるが、世界的、国際的な評価と信頼を得ている。
- 以下の目標・計画は、妥当と判断できる。H29 の補正予算により、宇宙環境計測体制の強靭化が加えられたため、装置冗長化、運営体制の強化を図った。当初計画ではなかった幸運であろう。
 - ① 電波伝搬に大きな影響を与える電離圏等の擾乱の状態をより正確に把握し、航空機の運用等での電波インフラの安定利用に貢献するシステムの構築に向けた研究開発を行う。
 - ② 人工衛星の安定運用に必要な宇宙環境の把握・予測に貢献するため、高性能磁気圏シミュレータの研究開発を進め放射線帯予測モデルの高精度化をはかる。
 - ③ 太陽電波観測・太陽風シミュレーションによる高精度早期警報システムの実現に向けて、太陽風伝搬モデルに関する技術の研究開発を行う。
 - ④ 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継続的かつ安定的に実施する。
 - ⑤ 平成 29 年度補正予算(第1号)により、災害の防止のために宇宙天気観測装置及び制御・分析・配信センタの多重化を行う。

(改善すべき点)

- 宇宙天気予報の精度を上げるとともに、予報の重要性や予報結果の民間での更なる活用を目指し、一般社会への情報提供やコミュニケーション方法の研究にも力を入れてほしい。
- 「宇宙天気予報」などはまだ一般的な認知度が低い感じがする。
- しいて言えば、目標設定が、もう少し具体的であった方が良かったかもしれません。
- 国際的な協働がなければ、高度化は目指せないので、センシングは電波天文と同様オープンデータの先駆者分野である。WDC、WMOなどにおける積極的な貢献を維持、推進し、次期中長期計画には明記してほしい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、科学的意義において十分な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	GAIA モデルの高機能化や、磁気圏シミュレータの研究など、世界トップレベルの性能をもつモデルやシミュレータを開発するなど、高い学術的成果をあげてきた。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	規模に対する高 IF 論文と受賞のエビデンスから S と判断した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	観測データに基づく予測システム、シミュレータの開発など、多くの成果を挙げてきている。最終年度はアンサンブル予測など新たな手法を導入した。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	目標に沿った成果を着実に出しておられます。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- AI 技術の導入による TSS スコアの改善とその実装、プラズマバブル観測用 VHF レーダーの設置によるプラズマバブルの GNSS 測位に対する影響の調査、GAIA 高機能化及びデータ同化モデルのプロトタイプ開発を評価する。
- GAIA モデルの高機能化、電離圏観測データの同化実験を実施し、GAIA データ同化プロトタイプを完成。
- 太陽風の高精度早期警報システムの実現へ向け、太陽フレア発生検出アルゴリズムの開発・実装、太陽風伝搬予測シミュレータを開発した。
- 木星オーロラ観測の成果掲載の Nature Astronomy 誌論文や複数の Astrophys. J 誌論文等優れた研究成果を出してあげている。GAIA モデルの高機能化と同化モデル開発の着実な推進。大林奨励賞、日本 ITU 協会奨励賞、URSI young scientist award、文部科学大臣表彰若手科学者賞等、若手研究者の複数受賞から、若手育成も順調に進んでいる様子も高く評価できる。
- 定常業務をこなしながら順調に学術誌に論文を投稿してきた。
- 太陽から磁気圏までの太陽風の伝搬についてのシミュレーション、大気と電離圏プラズマを包括的に取り扱う GAIA モデルなど、宇宙天気を構成するそれぞれの部分で観測データから予測に繋げる数値モデルが発達した点が評価できる。東南アジア域における観測網の維持発展、国際的な活動の広がりも評価できる。
- 太陽フレア予測モデルを科学的意義が高いと自己評価している。その卓越性（独創性、精度、時間的先行性、感度）など、TSS の具体をより宣伝してほしい。実運用を担うテーマ以外は、モデル化そのものが物理現象の理解、解明と表裏一体であり、科学的意義と考えられる。
また、蓄積データの変換で公開への道を拓いた業績も、オープンデータへの取り組みとして大きい業績である。
以下は、その根拠となる成果である。
①宇宙環境計測及び高精度予測のための基盤技術の研究開発を行うとともに、航空機の運用等での電波インフラの安定利用に貢献するシステムの構築に向けた研究開発を行った。①-2GAIA モデルの高機能化を進めるとともに、データ同化モデルとして、アンサンブルカルマンフィルターを用いてデータ同化を実装、電離圏観測データ(全球 TEC)の同化実験を実施するなど、GAIA データ同化プロトタイプの開発を推進した。
② また、太陽風データを利用可能とする高性能磁気圏シミュレータの研究開発を進めるとともに、衛星観測データによる放射線帯予測モデルの高精度化

技術の研究開発を行っている。複数の衛星観測データを利用した放射線帯電子の2次元分布を推定する手法を開発するとともに、経験モデルから物理モデルによる予測への発展を図り、放射線帯変動シミュレータの開発を開始した。衛星搭載宇宙環境センサーの開発に向けた検討を開始した。

③④過去を含めた太陽電波光学データ、電波警報、宇宙天気などのデジタル復元、公開した。

（さらなる成果を期待する点）

- GAIA モデルの更なる高機能化や太陽電波のモニタリング観測・太陽フレア発生検出アルゴリズムの高度化など、次期太陽活動周期の極大期対応に向けての宇宙天気予報の精度の向上。
- 電離圏データの自動抽出向上、GAIA モデルへの全球観測データ同化実験は、研究の進展による成果が期待できる。
- 将来への宿題として、宇宙天気を、いわゆる天気の数値予報のように取り扱うまでは、まだまだ道のりは遠い。観測データをスムーズにリアルタイム（あるいは準リアルタイム）でモデルに反映する部分の開発も簡単ではない。現在は、実用的な宇宙天気予報という大きな山に登り始めたところといえよう。今後の研究活動に期待は高い。

（改善すべき点）

- スーパーフレアの発生可能性に関する研究など、長期的な太陽活動の安定性についての研究の導入など、大局的な長期研究開発プランの策定が必要ではないか？

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の平成28年度～令和2年度(第4期中長期目標期間)の実績については、社会的価値において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	人工衛星や地上の通信・放送インフラに必要な電離圏、磁気圏、太陽の状態の観測あるいは予測を行い、さらに宇宙天気予報の高精度化、24時間化などを実施した。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	データ公開、継続的かつ安定的な運用の実施における極めて顕著な活動実績を評価した。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	宇宙環境利用は、経済活動、安全保障の点で重要な意味がある。コロナの影響で先が見えないところも多いが、社会的価値が毀損することはないだろう。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	宇宙天気業務の推進について大きな進展があった。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ICAO グローバル宇宙天気センターとしての業務開始や、宇宙天気予報業務の24時間化の実現などを評価する。
- また、宇宙天気予報システムの開発、AIによる太陽フレア発生予報の実運用、プラズマバブルの原因解明努力などを評価する。
- 高性能な電波伝搬シミュレータを開発。
- 宇宙天気予報の精度向上に関する国際連携を推進。
- 宇宙天気予報業務の24時間化を実現。
- 衛星搭載宇宙環境センサー開発に向けた検討を開始した点、過去を含めたすべての太陽電波・光学観測データの統一されたフォーマットでの公開を開始したこと、ICAO グローバル宇宙天気センターの業務開始、宇宙天気予報業務の24時間化が高く評価できる。
- 宇宙天気予報。
- 航空機被曝推定システム。
- アンサンブル予測。
- 欠測を減らす努力。
- 宇宙天気業務について、24時間化と神戸副局の設置、ICAO グローバル宇宙天気センターの開始などが特筆される。東南アジアを中心とした国際協力体制の構築にも成果があった。
- 観測、シミュレーション、標準化、国際共同など、複数の役目を十分にこなしている。定常観測や標準化活動での取り組みを、学術成果と同列で評価する手法がないため、これを広報すると同時に、組織として支えることは重要である。以下は社会的価値がある成果である。
 - ②人工衛星の安定運用に貢献する、高性能磁気圏シミュレーターのリアルタイム運用開始、衛星帯電情報。
 - ③太陽電波のモニタリング観測を実施し、太陽フレア発生確率予報にAI技術を導入し運用開始。(実装にも評価)。過去を含めた全ての太陽電波・光学観測データを標準フォーマットで公開した。
 - ④ 機構法第14条第1項第4号に規定の業務を継続的かつ安定的に実施した。宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進。また2019年11月にはICAO グローバル宇宙天気センターとしての業務を開始した。宇宙天気予報業務の24時間化を実現した。
 - ④過去の電波警報、宇宙天気情報資料をデジタル化し復元することで、利用できるデータとして外部公開を開始した。所内ファンド“TRIAL”獲得。

（さらなる成果を期待する点）

- さらに、太陽電波観測・太陽風シミュレーションによる早期警報システムが高精度化することを期待する。
- リモートセンシング分野や理研等との同化技術等の交流を積極的にすすめることで、より良い社会的価値の創出が期待できる。
- 中進国を中心として各国で宇宙開発を始める機運がある。宇宙天気に関する国際化は、相手国の宇宙開発協力の意味があるため（可能な範囲で）推進されたらよい。
- センシングデータのアーカイブ化、使いやすい形での公開、異分野のデータも併せての価値創造なども、NICT 全体で意識を合わせ推進してください。

（改善すべき点）

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の平成28年度～令和2年度(第4期中長期目標期間)の実績については、社会実装において十分な成果が創出された。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	宇宙天気情報の社会利用の促進のために活発な活動を行い、宇宙天気予報運用と研究のために国際レベルでの連携活動を推進し、成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	太陽フレア発生確率予報システムの運用開始フェーズ、社会的な新センター活動等の着実な社会実装を考慮して評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	着実に社会実装を進めてきた。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	当初目標に沿った十分な成果が得られた。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 宇宙天気予報の 24 時間運用、ICAO グローバル宇宙天気センターの業務開始、さらにリアルタイム電波伝搬予測のウェブサービス化を実現することを評価する。
- 高性能な電波伝搬シミュレータを開発し、リアルタイム予測のウェブサービスの開始予定。
- 宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進。
- 2019 年には ICAO グローバル宇宙天気センターとしての業務を開始。
- 太陽フレア発生確率予報システムの運用開始と当グループの予報精度の高さ、ICAO グローバル宇宙天気センターの業務開始は評価できる。
- 宇宙天気予報の 24 時間化。
- 太陽放射線被ばく警報システムの実運用システムの開発。
- 欠測への対応。
- 宇宙天気業務の 24 時間化、ICAO グローバル宇宙天気センター業務開始などは社会実装の成果としても評価できる。宇宙開発や衛星利用が広く普及し始めた現在の状況に対応した取り組みから成果が挙がっており、評価できる。
- 実装の評価尺度の一つとして、標準化への寄与が挙げられる。国際的な標準化コミュニティにおいて、リーダーシップを務めていることは、高く評価したい。これを国内、所内での評価軸に対応する軸を設けることが組織の役目でもあり重要である。
- ユーザー視点でのサービス、ITU-R など国際標準化での重責を担うなど、NICT でなければ難しい業務、運用をとおしての社会実装は、高く評価すべき。以下は、その根拠となる成果である。
 - ④ 機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務を継続的かつ安定的に実施している。宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進、2018 年には駐米日本大使館において国際会議を主催した。また 2019 年には ICAO グローバル宇宙天気センターとしての業務を開始した。
 - ④過去の電波警報、宇宙天気情報資料をデジタル化し復元することで、利用できるデータとして外部公開を開始した。過去を含めた全ての太陽電波・光学観測データを標準フォーマットで公開した。
 - ⑤ 平成 29 年度補正予算(第1号)により追加的に措置された交付金について、神戸副局を開局、実際に予報業務を実施し、有事の際にも予報業務が行えることを確認した。また宇宙環境イベント自動通報システムとデータ収集シ

システムを統合し、システムの情報セキュリティ強化と冗長化を実現した。

（さらなる成果を期待する点）

- 太陽電波観測・太陽風シミュレーションによる早期警報システムの高精度化により来る次期太陽活動周期極大期において、宇宙天気予報が適切に実行されることを期待する。
- 宇宙環境計測技術に関しては、「社会的価値」と「社会実装」の区別がつきにくい点が多いと思われる。この点は成果の見せ方の工夫があって良いかもしれない。

（改善すべき点）

- 宇宙天気予報の社会実装をさらに進めるための広報・アウトリーチ戦略の検討。
- 業務の拡張に伴う勤務体制や専門性の高いスタッフの長期的確保（すなわち、本分野の高等教育機関等との連携の強化）が不可欠。
- 成果の見える化に工夫がほしい。例えば、予測と観測の比較は、どの程度前に、どのデータを用いて予測したのかがわかるように、予報の先行時間を尺度にしたり、縦軸の密度の精度なども分かりやすく説明するのが良い。リアルタイムの意味もテーマによって大きく異なるであろう。
- 太陽風モデルの的中率などが述べられているが、この分野でのモデルに予報の的中率などを指標とできるのではないか。社会実装への取り組みには、指標の策定も含めてほしい。共通指標が理想ではあるが、分野毎の難易度なども考慮した上で、合理的な指標が望ましい。

項目	1-(3) 電磁波計測基盤技術(時空標準技術)
----	-------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	時空標準技術分野の目的・目標は適切に設定されており、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待が認められた。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	日本標準時及び標準周波数の発生・供給、超高精度周波数標準、周波数標準の利活用領域拡大のために、学術的にも高いレベルの研究開発とその社会実装のための目的・目標が適切に設定されている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	社会的価値の大きさと、新しい重要課題にチャレンジしている点を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	日本標準時を安定供給する業務と各種開発研究の両立がなされている。光領域原子時計の周波数比較による秒の再定義への貢献から、チップ型原子時計開発などの社会実装まで、多くの成果を挙げている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	科学技術分野と社会からのニーズに基づく目的・目標設定がされています。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 社会インフラとして最も基本となる標準時の発生・維持・供給を長期的に安定して正確に行う計画であること、Sr 光子時計による国際原子時計校正で世界最先端の研究を進めようとしている点を評価する。
- 日本標準時について、信頼性向上に向けた分散システムの設計を進めた。
- 実運用に耐える安定した超高精度基準周波数の生成が可能なシステムの構築と、一次周波数標準を超える確度を実現可能な光周波数標準の構築を進めた。
- 広域かつ高精度な時刻同期網の構築に関する基盤技術の研究開発、テラヘルツ周波数標準の実現に向けた基礎技術の研究開発を行った。
- 標準時システムの分散化、実運用に耐える光周波数標準、秒の再定義への貢献、秒の再定義へ必要な大陸間の高精度な時刻・周波数の比較技術の開発、テラヘルツ周波数標準の実現に向けた技術開発。
- 日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、緊急事態対応マニュアルの整備、感染症対策。
- 原子時計の絶対周波数測定および異種原子時計間の周波数比測定、時計遷移周波数の国際比較。
- チップ型原子時計の開発。
- 時空標準技術は計測の基礎を支える重要な社会インフラです。科学技術分野から、また社会からのニーズに基づく目的・目標設定がされています。
- 近年の日本のイノベーションへの要求、Society5.0 への ICT 利活用は、サイバーフィジカルシステム(CPS)と理解されている。CPS において、質の良い実データを収集するセンサーはサイバーとフィジカル空間を繋ぐ要素で、データサイエンスで GAFA に後塵を拝する日本において、優位性を挽回する技術として認知されている。リモートセンシング技術で電磁波技術は主役であり、NICT の取り組みは高く評価できる。広範な技術、計画のそれぞれのレベルは高く、CPS の中で主役となる実データセンサー技術で日本の独走を期待したい。
- 計画は、観測、モデリング、予測のサイクルをバランスよく狙っている。多くがビックデータを処理し結果や予想の精度を上げるが、ハードウェア開発企業、ビックデータ利活用研究室、サービス企業との協働において、NICT センシング基盤分野が勝負すべきは、その先の自然現象の理解とモデル化であろう。モデルを進化させることが普遍の理解になる。この点を再認識する必要はある。また、得られたデータを公共財としてのアーカイブ化、公開も NICT 全体としての役目であり、国際的にも貢献の意識を継続してほしい。目標、計画は以

下の点で評価できる。

- 周波数、時間の標準を定め、供給するという、きわめて限定的だが基本的な領域で、世界をリードする業績と評価を勝ち取っている。
- 目標は、科学的業績と、これを社会へ安定して供給する2つの性格の異なる役割を果たすことである。極限技術として絶対的な標準を目指しているが、多数決原理で精度を上げるやり方は相対的な手法ではある。（丸数字は、資料中の番号。以下同じ。）
- ②光格子時計、③絶対周波数測定で世界をリードするとともに、④⑥通信技術を駆使して遠隔比較法を確立している。
- 研究員の数も比較的多いが、学術的な論文以上に、国際標準化における寄与として成果が評価されている。
- 以下のような目標、計画は妥当である。

（ア）標準時及び標準周波数の発生・供給技術

- ① 原子時計に基づく標準時発生技術、その運用に必要となる時刻・周波数比較技術及び標準時の分散構築技術等の研究開発を行い、信頼性向上に向けた分散システムを設計する。

（イ）超高精度周波数標準技術

- ② 実運用に耐える安定した超高精度基準周波数生成システムを構築するとともに、次世代への基盤技術として、現在の秒の定義である一次周波数標準を超える確度を実現可能な光周波数標準の構築及び評価に必要な周波数比較技術の研究開発を行う。

（ウ）周波数標準の利活用領域拡大のための技術

- ③ 周波数標準技術の利活用拡大に向け、マイクロ秒以下の精度で日本標準時に同期する広域かつ高精度な時刻同期網の構築に関する研究開発を行う。また、テラヘルツ周波数標準の実現に向けた基礎技術の研究開発を行う。
- ④ 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。機構は関連する研究開発課題と連携しながら、これらの業務を継続的かつ安定的に実施する。

（改善すべき点）

- 次世代に向けての人材育成の観点から、国内外の高等研究機関等との連携など共同研究業務の時間確保等を考慮した実施計画の策定。
- 定常の運用を担うチーム、ユビキタス時代で求められるコンパクトで低消費電力な機器開発チームなど、方向性の異なる目標も同じ研究室で進めているが、環境の異なる研究者の連携は容易ではないと推察される。

1. 分野別評価（期末評価）
【センシング基盤分野】

- 時刻と周波数の精度は、測位や高速通信などの Society5. 0概念の基盤をなすものである。
- 研究の成果を、応用面での性能の向上で表現するなど、学術的指標と同時に一般ユーザーにも分かりやすい指標を提案、換算する努力も継続された。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	時空標準技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、科学的意義において十分な成果が創出された。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	Sr 光格子時計の開発、新しい絶対周波数測定法の開発、ブロードバンド VLBI などにより光格子時計の周波数比較など、優れた学術的成果を達成した。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	高 IF 論文と受賞から判断した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	光領域の高精度な原子時計を作成し、時計遷移周波数の国際比較などを通じて、時間・周波数標準(国際原子時)の較正に貢献している。秒の再定義への貢献も期待できる。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	世界最先端の光格子時計技術の研究開発成果を高く評価します。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 光格子時計をレファレンスとする原子時系実信号を半年間生成することに成功した点、最高精度の Cs 標準を越える 5×10^{-17} の不確かさを Sr 光格子時計で実現した点、さらに広帯域(0.1^{-3} THz)THz カウンター、テラヘルツ基準周波数のファイバ伝送技術を実現した点など。
- Cs 標準を越える 5×10^{-17} の不確かさを Sr 光格子時計で実現。
- 国際原子時を利用した新しい絶対周波数測定法を開発し、 1.8×10^{-16} の不確かさで現行 SI 秒に基づく絶対周波数を計測。
- VLBI 技術により、日伊間で Sr と Yb 光格子時計の周波数比較を実現。SrYb 間の遷移周波数比を 2.8×10^{-16} の不確かさで測定。
- 光原子時計のグローバルネットワーク化の暗黒物質研究の成果の Science Advances 誌発表、テラヘルツ周波数標準光ファイバ伝送技術の開発で応用物理学論文賞受賞。VLBI による日伊間、TWCPによる日韓間の Sr、Yb 光格子時計の周波数比較を実現し秒の再定義に貢献可能な成果を得た。
- 光格子時計を長期間運用し、国際原子時の較正に貢献。
- イオン時計の絶対周波数測定における精度向上。
- 光領域原子時計周波数の国際比較。
- 光格子時計について、長期間にわたる安定運用を達成された点、 10^{-17} 乗クラスの精度を達成された点、VLBI 技術によって遠隔地における光格子時計の比較・校正を実現された点など、高く評価できます。
- いずれのテーマも、極限技術の追求といった学術的意義にあふれたものである。研究員の数に対し、取り上げられる卓越成果が多いのは特に評価できる。以下は、現行一次標準を越える確度の光周波数標準を開発して、秒の再定義に貢献する目標に関する成果である。
 - ② VLBIにより日伊間、TWCPにより日韓間の Srとイッテルビウム(Yb)光格子時計の周波数比較を実現。秒の再定義で重要な SrYb 間の遷移周波数比を 3×10^{-16} の不確かさで測定。
 - ② 光格子時計をレファレンスとする原子時系実信号を半年間生成。
 - ② 最高精度の Cs 標準を越える 5×10^{-17} の不確かさを Sr 光格子時計で実現。また国際原子時を利用した新しい絶対周波数測定法を開発し、 3×10^{-16} の不確かさで現行 SI 秒に基づく絶対周波数を計測。

（さらなる成果を期待する点）

- 光格子時計技術の多方面へ（特に新しい観測機器開発）の展開を期待したい。
- チップスケール原子時計について、重要な研究成果であって評価しますが、その用途についてフォーカスしきれていない印象を受けました。携帯電話への搭載よりは、むしろ超小型の計測装置（たとえば超小型衛星）の標準としてこそ、有用な技術ではないでしょうか。

（改善すべき点）

- 計画においても、定量的な Goal を定めているものではなく、どこまでできるか極限を追求する世界である。この場合、現実社会での具体的な活用、応用が研究を牽引するケースが多い。長い歴史的業績の蓄積の中で、5年を超えた研究の目標を説明する必要がでてくるであろう。現実的な効果で説明できれば、より研究の意義も分かり、研究に対する支持を受けることができる。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	時空標準技術分野の平成28年度～令和2年度(第4期中長期目標期間)の実績については、社会的価値において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	日本標準時の発生・供給、周波数標準技術の研究開発などを計画にそって進めていて、良好な成果をあげている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	社会的意義と社会へのインパクトが見込まれる課題の実現に向けての前進を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	日本標準時の維持・管理は経済活動を支える根幹であり、これを安定的に生成・供給することの社会的な価値は高い。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられます。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 神戸副局の開設と運用、チップスケール原子時計関連の研究開発、Sr 光格子時計関係の研究開発と精度向上、秒の再定義への貢献等を評価する。
- Sr 光格子時計が国際度量衡委員会より二次標準として認定された。国際原子時のオンタイム歩度校正を世界で初めて実現した。
- 時空標準技術の利活用領域の拡大のために、テラヘルツ周波数標準の確立や、原子時計の小型・低消費電力などを実現。
- 神戸副局での標準時システムの実現。Sr 光格子時計の二次標準認定。チップスケール原子時計について、GHz 発信機、MEMS アルカリ金属セルの技術開発、コロナ下での自動監視技術の導入による標準時精度の確保。
- 日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、緊急事態対応マニュアルの整備、感染症対策。
- 原子時計の絶対周波数測定および異種原子時計間の周波数比測定、時計遷移周波数の国際比較(VLBI を介した)。
- チップ型原子時計の開発、分散型計時システムの提案・検証。
- 神戸副局の実現、原子時計の安定運用など、社会的価値を高める成果が得られています。
- 社会との直接の関係、寄与は見えない領域である。基盤技術であるが、その精度の向上に合わせて、自動走行、みちびき関連、G 空間、超高速通信、ロボット農業などのシナリオが書き換えられ、まさにスマート社会の必須技術となる。
- 今後のスマート社会の安心・安全、5G などの高速通信などには、必須の要素研究であるが、社会的貢献を単独で評価するのは適切か？
 - ① 神戸副局での定常的な時系生成および光電話回線・NTP による時刻供給を実現。マスタ局変更のマニュアル整備、模擬訓練等によってハード・ソフト両面での大規模被災時のバックアップ機能を確保。
 - ② NICT のストロンチウム(Sr)光格子時計が国際度量衡委員会より二次表現として認定され(世界二例目)、引き続き国際原子時のオンタイム歩度校正を世界で初めて実現。

(さらなる成果を期待する点)

- 標準時の保時、その中でも特にうるう秒の挿入の有無についての理解が社会で広がるような啓発活動の実施が望まれる。
- 光格子時計を中心にした大型科研費等の獲得を期待したい。研究者コミュニティの先導と若手育成を行うことで、より優れた成果が期待できる。

（改善すべき点）

- イノベーションの観点で、NICT 成果の産業界への橋渡し、技術移転は、きわめて重要な意義、価値がある。この領域での社会的価値は、利活用方法の探索に尽きると思う。標準化での高い評価を支えるためには、国内の認識、理解が不足している。時空標準技術産業の振興への寄与が目に見える指標を、組織、国として作り出し、支援する必要がある。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	時空標準技術分野の平成28年度～令和2年度(第4期中長期目標期間)の実績については、社会実装において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	日本標準時システムに副局を追加して耐災害性や信頼性を大幅に向上させ、また、高精度な時刻同期網の社会実装に向けて着実に前進させるなど、研究開発した技術の社会実装を進めた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	社会的価値が大きく非常に高精度な標準時の提供と、その持続的運用実績、いくつかの新提案を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	日本標準時の安定的な生成・供給を「社会実装」ととらえるのであれば、十分に成果を上げている。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	科学技術分野からのニーズ、社会的ニーズの両方に対応した取り組みが行われている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 神戸副局の開設と運用、原子時計群の安定維持と標準電波等の安定供給、インターネットを介さずに NTP プロトコルで時刻供給する光テレホン JJY サービスを開始した点等を評価する。
- 光テレホン JJY サービスの開始。
- 大陸間の高精度な時刻・周波数比較技術を開発。
- 原子時計群の安定維持を遂行。
- インターネットを介さない NTP プロトコルで時刻供給する光テレホン JJY サービスの開始、安価かつ高出力の無線双方向測位技術ワイワイの提案とそれが高精度であることの確認、さらに民間との試作まで行ったこと。原子時計群の安定維持、安定運用したこと。
- 日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、緊急事態対応マニュアルの整備、感染症対策。
- チップ型原子時計の開発、分散型計時システムの提案・検証。
- 超高精度の原子時計標準だけではなく、NTP によるネットワーク時刻標準の供給や電波時計サービスなど、社会に役立つ取り組みが行われています。
- ここでは学術的、極限を迫る要素技術が多く、社会実装の Goal をどこに設定するかにもよるが、サービスとして④標準時間、周波数の供給体制の安定化を実現したことは、直接評価できる。以下は、長期的な貢献期待も含めて、その成果である。
 - ① インターネットを介さずに NTP プロトコルで時刻供給する光テレホン JJY サービスを開始。
 - ② NICT が開発した衛星比較手法「搬送波利用衛星双方向周波数比較法 (TWCP)」で 10^{-17} レベルの周波数比較能力を確認。また同手法の専用モデムを民間企業と共同で開発して商品化し、内外研究機関で試験利用を開始。
 - ③ 時刻同期網に不可欠な短距離でユーザーが簡便に同期できる時刻同期手法を開発する。
 - ③ 新しい無線双方向測位技術(ワイワイ)を提案して実験室で非常に高い計測精度を確認(時刻比較:ピコ秒、距離変動:mm)。これを受けて安価・高出力なモジュールを民間の協力のもと試作。ネットワーク化・水蒸気量観測等も実現して社会実装に向けたコンソーシアムを構築。
 - ④ 機構法第 4 条 3 号業務「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、社会経済活動の秩序維持のため 24 時間 365 日できる限り絶え間なく行う。

（さらなる成果を期待する点）

- 神戸副局の運用などによって生ずる業務拡張に伴う勤務体制や、専門性の高いスタッフの長期的確保（すなわち、本分野の高等教育機関等との連携の強化）が望まれる。
- 光格子時計の社会実装を期待している。
- 衛星測位が一般化するとともに、科学技術の知識にかかわらず、人々の時刻標準の重要性（＝正確な時計の重要性）への理解は深まってきたのではないのでしょうか。このへんの社会啓蒙についても、注意を払っていただければよいかと思えます。
- 衛星打ち上げなどの外的要因により凍結されている計画もあり、研究者のモチベーション維持、次期中長期への方向性模索なども並行して進めるなどの、配慮を継続してほしい。

（改善すべき点）

- 時刻系の発生・維持・供給は社会インフラとして不可欠ながら、その重要性の理解は特に次世代を担う若者層にとって、必ずしも魅力的な研究分野とは直感されないので、その研究開発の醍醐味や面白さを啓発して理解を進める必要がある。
- 狭い分野での極限追及の面と、安定性が求められる運用業務の面とで、それぞれ実装の具体が変わってくる。

項目	1-(4) 電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)
----	-------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野の目的・目標は適切に設定されており、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待が認められた。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野における現在および将来の課題の解決のために取り組むべき研究テーマが設定され、世界的にも先端的な学術レベルのものや大きな社会インパクトが期待できるものを多く含む。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	今後の新しい周波数帯の電波の測定技術研究にフォーカスしている点、世界の先駆けた人体への影響評価といった先進性から評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	定常業務の各種校正サービスを着実に進めると同時に、社会の進展に合わせた新計測技術開発、生体への影響など精力的に研究を進めている。また国際/国内規格・標準策定にも貢献している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	適切な目的・目標が達成され、十分に実施された。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 先端EMC計測技術、生体EMC技術における現在社会のニーズに適合した研究開発を目指している点。
- 電磁環境技術分野で現在解決が求められている、あるいは将来へ向けて必要性が高く、学術的にもレベルの高い研究テーマが設定されている。
- 限られたリソース条件の中で、適切に研究活動が計画されている。
- 電波法に基づく校正サービスや、国際規格策定の活動など、国立研究開発法人としての使命でもあるが、しっかりと成果をあげている。
- THz帯電波利用の拡大を目的とした校正技術の確立、そのサービス開始、5G開始時の人体ばく露評価技術の確立を世界に先駆けて目指す点が評価できる。
- さまざまな環境中の電磁波に関する国際標準化活動や国内外の技術基準の策定。
- 電波法に基づく校正サービスの着実な実施及び新校正サービスの開始。
- 船舶用レーダーの型式試験に必要な測定の高速度化。
- テラヘルツ領域までの生体組織の電気定数データベースの構築。
- 小児数値人体モデルの開発。
- 船舶レーダーの測定サイトの整備など、期間当初の目的になかった成果が得られています。国内外の大学・研究機関や産業界とのネットワークづくりが進んでいます。
- 近年の日本のイノベーションへの要求、Society5.0 への ICT 利活用は、サイバーフィジカルシステム(CPS)と理解されている。CPS において、質の良い実データを収集するセンサーはサイバーとフィジカル空間を繋ぐ要素で、データサイエンスで GAFA に後塵を拝する日本において、優位性を挽回する技術として認知されている。リモートセンシング技術で電磁波技術は主役であり、NICT の取り組みは高く評価できる。広範な技術、計画のそれぞれのレベルは高く、CPS の中で主役となる実データセンサー技術で日本の独走を期待したい。
- 計画は、観測、モデリング、予測のサイクルをバランスよく狙っている。多くがビックデータを処理し結果や予想の精度を上げるが、ハードウェア開発企業、ビックデータ利活用研究室、サービス企業との協働において、NICT センシング基盤分野が勝負すべきは、その先の自然現象の理解とモデル化であろう。モデルを進化させることが普遍の理解になる。この点を再認識する必要はある。また、得られたデータを公共財としてのアーカイブ化、公開も NICT 全体としての役目であり、国際的にも貢献の意識を継続してほしい。目標、計画は以

下の点で評価できる。

- 各種電波機器の技術革新、普及につれ、併せて、世界の標準化の動き、5G などの時代の要請により、5年より早い間隔で研究対象を変えることもある時代である。業務内容の拡大はあるものの、計画の範囲で推移しており、目標、計画は妥当である。
- 先端 EMC 計測技術では、試験評価法、校正法の確立、高度化に加え、国際規格策定への寄与など、計画、実績共に卓越した内容となっている。テラヘルツ領域の出現に対しての電力測定など、所掌が広がりつつあるが、サービス開始にまで至っているのは、研究者の努力と計画の妥当性の証である。また次世代レーダーの測定サイトも進み、産業の国際競争力を高めている。これらの点を評価したい。
- 生体 EMC については、5G 移動通信方式への対応として、ミリ波帯への生体影響、評価法の開発、さらなる高周波テラヘルツ計測については、学術的な裏付けも併せ、標準化において日本の優位性を堅守している。近年盛んになった無線電力伝送技術の電波環境評価、適合性評価方法の国際標準化への寄与など、取り組む業務が急速に増え、これに对应している。

（改善すべき点）

- 将来の電磁環境技術分野の研究や国際標準活動において、NICT を含む我が国がイニシアティブをとって進めるべきテーマを中心となって検討し、さらなる成果をあげていくことを期待します。
- 国際的なリーダーとなって活躍する人材の輩出を期待します。
- 従来よりはるかに早い世の中、技術の変化に対応して、計測手法の整備が求められてゆくため、研究体制や測定体制の整備、拡充は、組織の責任で行う必要がある。
- COVID-19 に遭遇し、医療現場における非接触モニタリング、通信などが脚光を浴びている。電磁環境、センシング、AI、生体などの融合領域は、業務が拡大してゆくので、体制の強化に努めてほしい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、科学的意義において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	THz帯の測定技術の研究開発や THz 帯からミリ波帯の電磁波と生体との相互作用など、学術的にも高いレベルの研究に取り組んで先進的な成果をあげ、学術雑誌に発表して高い評価を受けている。この電波領域の応用発展の科学的基盤の確立に大きな貢献をしている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	論文と受賞のエビデンスに基づいて S と評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	EMC 計測技術、特に生体への影響については着実に成果を上げている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられます。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 5G 端末等を想定した準ミリ波・ミリ波帯アンテナ近傍の電力密度を簡便かつ高精度に評価する方法の開発や、医療現場で問題化していた LED 照明から生じる広帯域電磁雑音の医療テレメータへの電磁干渉評価技術確立した点などを評価する。
- 社会に広く普及が進む LED 照明からの広帯域電磁雑音の測定方法を検討して、雑音特性を明らかにし、さらに病院建築のガイドライン策定にも大きな貢献をした。
- ミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースを開発して、マルチスケールの数値人体モデルの開発を行い、社会的に重要で、先端的な研究成果をあげた。
- 学術的成果が多数の受賞にもつながっている。
- 新型 TEM ホーンアンテナの開発と従来比で均一照射試験領域の拡大、今後の利用拡大を考慮したテラヘルツ帯の電力標準の開発、ミリ波、準ミリ波における人体に入射する電力密度と温度上昇の関係の定量化。5G 端末のアンテナ近傍電力密度の評価方法の確立。IEEE 論文と Optics express 論文等を評価。文部科学大臣表彰受賞。
- 通常業務をこなしながら着実に科学的な成果も上げている。
- 医療現場における LED 照明からの EMC 計測手法の開発、170-330GHz 帯に対応する電力標準機器の開発、5G 端末の電力密度計測手法の開発など、重要な成果が得られた。
- 最近のこの分野の研究は、標準化に加え、シミュレーションと測定法の開拓が中心であり、学術的な現象理解は、これを追う形で進んでいる。測定法の開拓は、学術的なものでも標準化として結実することが多く、評価軸としては、社会的価値と実装とを重視すべきであろう。電波利用環境の整備、安全確保の観点でインフラにあたるこの分野において、科学的意義ばかりを問うことは、疑問が残る一方、逆に国際標準では、学術的評価もリーダーシップをとるには必須であるので、研究リーダーの手腕が問われる。
 - ①a 医療施設における LED 雑音の干渉の統計的性質を検討。干渉評価技術を建築学会ガイドラインに反映。特に複数存在する場合に線形和からずれるという事象は新しい知見。電気長変化はまだ仮説であるが。
170-330GHz の電力標準器、校正装置を開発、新スプリアス規制に前もって対応した。
 - ③ ミリ波帯に対する生体モデルを開発し、世界に先駆けた防護指針規制に反映した。国際的なガイドライン(ICNIRP、IEEE)改定の根拠となった。

④ 準ミリ波、ミリ波アンテナ近傍の電力測定評価方法を提案、5G 人体防護指針に反映。

いずれも高 IF の論文に掲載され、学術的にもリーダーシップを確立した。

（さらなる成果を期待する点）

- 6G の研究開発にも注力することを期待したい。
- 5G から B5G、6G、あるいは WPT や IoT など、電波利用は拡大をしており、その雑音特性評価や安全性評価の手法、測定法の研究の重要性は高く、今後も先駆的な研究を期待する。
- 良い成果が出ているが、論文化がまだのものがあるので、よりビジビリティーの高い論文への成果発表を期待したい。

（改善すべき点）

- 高いレベルの研究成果を出しているが、プレスリリースやアウトリーチ活動等を今後さらに積極的に進めることを期待している。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、社会的価値において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	社会で今後さらに電波利用を拡大していく上で必要な研究課題に計画的に取り組んでいる。利用周波数帯域が拡がり、利用分野・対象も拡大する中、これらの研究とその成果の社会的価値は高く、それに応える高い成果をあげている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	社会的価値の重要性から評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	電波法に基づく較正サービスを着実に実施し、新製品などの人体、精密機器などにおよぼす影響に関する国際ガイドライン、国内規制などへの貢献など、幅広く活動している。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	船舶レーダー測定サイトの整備など、顕著な成果が得られています。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 船舶用レーダーに義務付けられている性能試験で従来3～4日を要していた広帯域不要発射の測定のために、高速測定装置を開発し、屋外測定場でのレーダー実機に対する検証を行い、測定期間を1/10以下とする高速試験・評価技術を確立した点など多数。
- 省エネ家電機器からの広帯域雑音の評価技術等の研究開発成果。
- 国家標準トレーサブルな電力標準を開発し、330GHzまでの較正作業の開始。
- 5G等で用いられる準ミリ波・ミリ波帯まで使える数値人体モデルの開発。
- 国際標準化活動や国内外の技術基準の策定等に大きな寄与。
- 新型 TEM ホーンアンテナ開発による高効率化、均一化の実現による、電磁耐性試験コストの大幅削減。新スプリアス規制対応として、THz帯の国家標準トレーサブルな電力標準を開発したこと。世界で初めてミリ波帯電力計校正サービスを開始したこと。アジア初の国際規格適合レーダースプリアス測定場の整備。
- さまざまな環境中の電磁波に関する国際標準化活動や国内外の技術基準の策定。
- 電波法に基づく較正サービスの着実な実施及び新較正サービスの開始。
- 船舶用レーダーの型式試験に必要な測定的高速化。
- テラヘルツ領域までの生体組織の電気定数データベースの構築。
- 小児数値人体モデルの開発。
- 船舶レーダー測定サイトの整備は、国内産業への支援に直結する成果であって、高く評価できます。国際性も高い。また、ミリ波の使用が進みつつある現在、対応する計測手法の開発が進んでいる点も評価できます。国・産業界等とのネットワーク形成も高く評価できます。
- 前述した成果は、学術的にも、社会的価値も大きい。
 - ①a 医療施設におけるLED雑音の干渉の統計的性質を検討。干渉評価技術を建築学会ガイドラインに反映。特に複数存在する場合に線形和からずれるという事象は新しい知見。電気長変化はまだ仮説であるが。
 - ②⑥ 170-330GHzの電力標準器、較正装置を開発、新スプリアス規制に前もって対応した。世界をリードしているが、較正サービスなど社会実装もスタート。
 - ③ ミリ波帯に対する生体モデルを開発し、世界に先駆けた防護指針規制に反映した。国際的なガイドライン(ICNIRP、IEEE)改定の根拠となった。生体EMCに関する日本のCommunityの貢献は、学術的にも世界に認められてお

り、標準評価モデルとして反映されるなど、日本チームの貢献は卓越している。

④ 準ミリ波、ミリ波アンテナ近傍の電力測定評価方法を提案、5G 人体防護指針に反映。

①b 医療機器の EMI 測定のための新しい TEM ホーンアンテナの開発。製品化。

（さらなる成果を期待する点）

- 電波利用に関わる技術開発や標準化の動向を今後もしっかりつかみ、世界の研究機関等に先行して課題に取り組み、国際標準化を先導していくことを期待する。
- 高速測定装置開発、国際基準を満たす広帯域不要発射測定場の構築から、測定期間を大きく短縮したので、多くのアウトプットが期待できる。
- 今後も産業界のニーズに応じた開発が進むことを期待しています。

（改善すべき点）

- 標準化や較正サービスなどのためには、長期的な視点に立った継続的な（人的）リソース管理が必要である。
- 業務の変化の速さに対応し、テーマも拡がり続ける課題対応となっている。研究者の立場から、社会的な価値を尺度に研究テーマを提案、探索するのは、難しい。

当面はこの状態が続くものの、長期的には、学問的立場からの測定法や規制法のあるべき姿の提案などへと進化させてほしい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野の平成 28 年度～令和 2 年度(第 4 期中長期目標期間)の実績については、社会実装において顕著な成果が創出された。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	電波の利用において重要な測定法の確立や、安全な利用に必要な生体 EMC 技術に継続的に取り組み、社会実装につながる研究成果をあげている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	研究開発したものの国際規格への採用、市販化、サービス提供を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	「社会実装」を較正サービスや規格・標準策定と捉えると着実に進展しており、この方向性は今後も継続されるものと見込まれる。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	研究開発の成果が製品化に至った例があるなど、十分な成果が出ている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 170GHz～330GHz において世界初のミリ波帯電力計較正サービスを開始したこと、5G 端末等を想定したミリ波帯アンテナ近傍の電力密度を簡便かつ高精度に評価する方法を開発し、論文化し、技術移転した結果、測定器の市販が始まったことなどを評価する。
 - 近接電磁耐性評価用の広帯域 TEM ホーンアンテナを開発し、製品化。
 - 国家標準トレーサブルな電力標準を開発し、330GHzまでの較正サービスを開始。
 - 準ミリ波・ミリ波帯において人体に入射する電力密度と温度上昇の関係を定量的に明らかにし、電波防護指針改定版、ICNIRP や IEEE の国際ガイドライン改定版の根拠として採用されるなど、国際標準化活動で大きな貢献。
 - わが国における 5G 人体防護規制の導入に大きく貢献したこと、IEEE のガイドライン改定版の根拠として採用されたこと。5G 端末等を想定したミリ波帯アンテナ近傍の電力密度の評価手法の国際規格化、技術移転による世界発の市販化、較正サービスに関して、世界初の 300GHz 帯の電力計等のサービス提供は評価できる。
 - さまざまな環境中の電磁波に関する国際標準化活動や国内外の技術基準の策定。
 - 電波法に基づく較正サービスの着実な実施及び新較正サービスの開始。
 - 船舶用レーダーの型式試験に必要な測定の高速度化。
 - テラヘルツ領域までの生体組織の電気定数データベースの構築。
 - 小児数値人体モデルの開発。
 - 計測用の標準アンテナの製品化に成功している点は高く評価できる。
 - 規格策定、標準化への反映が社会実装と考えると、高く評価できる。生体電磁環境の研究には、科学的根拠を示し社会実装をとおして一般の誤解を解消することなども重要な課題となっている。
- 前述の成果は、直接的に社会的実装も進み大きな貢献。
- ①b 医療機器の EMI 測定のための新しい TEM ホーンアンテナの開発。製品化で貢献。
- ②⑥ 170-330GHz の電力標準器、較正装置を開発、新スプリアス規制に前もって対応した。世界をリードしているが、較正サービスなど社会実装もスタート。
- ③ ミリ波帯に対する生体モデルを開発し、世界に先駆けた防護指針規制に反映した。国際的なガイドライン(ICNIRP、IEEE)改定の根拠となった。生体 EMC に関する日本の Community の貢献は、学術的にも世界に認められてお

り、標準評価モデルとして反映されるなど、日本チームの貢献は卓越している。

④ 準ミリ波、ミリ波アンテナ近傍の電力測定評価方法を提案、5G 人体防護指針に反映。

（さらなる成果を期待する点）

- 他国に先駆けての6G への取り組みも期待したい。
- 他研究機関や産業界との連携を今後も積極的に進め、効率的な研究の推進および成果の迅速な社会実装につなげることを期待する。
- ミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースの発展。300GHz までの校正業務。マルチスケール数値人体モデルの構築、マイクロ波人体影響シミュレーション技術の成果をもとに、社会実装まで発展させることを期待したい。

（改善すべき点）

- 社会実装や、政治的な力関係も働く標準化の現場でこそ、学術的知見が重要でリーダーシップにも通じる。標準化と規格策定と同時に、その内容を論文執筆に連携させる方向で進めてほしい。
- SDGsが叫ばれる中、人間や社会に影響の大きい電磁環境では、多くの組織、ステークホルダーの協力が必要である。例えば、先端 EMC 計測では、他省庁や、産総研との連携、分担も重要である。COVID-19 で、科学者とポリシーメーカーとの直接対話が今までにないほど増えてきたことをチャンスと捉え、Science Communicationを大切にしてほしい。

項目	2-(1) 革新的ネットワーク技術
----	-------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	サービス間の資源分配・調停、論理網構築等の自動化、ネットワーク上を流通する情報に着目した情報・コンテンツ指向型のネットワーキングを実現することを目指した方向性は、企画時点で正しかった。アプリケーションの研究が少ない NICT の場合、外部からプッシュされる課題に対して、社会状況に合わせて解法を迅速に示さなければならない。この意味で、想定されるアプリケーションを念頭に、国家規模のマクロ戦略と、民間に任せる部分、NICT が受け持つ部分を明確にしたプロジェクトを次期は企画して欲しい。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	研究進捗をタイムリーに評価し研究目標達成への道筋を示した点を高く評価

(2) コメント評価:

(評価する点)
<ul style="list-style-type: none"> ● ネットワークの利用者からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停、論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術、ネットワークインフラ構造やトラフィック変動状況等に基づくサービス品質保証技術を、IoT時代を睨んで再設計すること、ネットワーク上を流通する情報に着目した情報・コンテンツ指向型のネットワーキングを実現することを目指した方向性は正しい。特に、計画の後半にテストベッドを用いた技術実証をするようになったことは、次期につながる良い成果と考える。 ● ネットワークがどう使われるかというサービス提供視点での研究課題設定であり、社会がネットワークインフラに期待する点を取り込むうえで最良の研究課題設定である。研究成果の社会課題解決への効果の実証を早期に行い研

究活動へフィードバックをするためのオープンソースの取組を目標として掲げた点を高く評価する。また、標準化等を通して普及を図る目標を立てている点を評価する。

- 既存のインターネット、TCP/IP の概念を超えた経路制御、品質制御の実現を通して課題解決を目指す当初の目的は5年間の間に色あせることなく、その意義を訴求し続けられている点が高く評価できる。その明確な主張と意義の波及効果は、今後の実施実験の展開にかかっているとみられ、その結果を期待したい。
- 「平成 42 年頃のネットワーク制御の完全自動化」という目線の長い目標を設定していることを高く評価します。
- NICT が直接的に社会実装することが難しい本分野において、国際標準化・オープンソース化・テストベット構築・産学連携などの適切な出口戦略を設定できている。

（改善すべき点）

- 情報流通は通信の秘密に拘束され、コンテンツ流通は著作権に拘束される。この相克が通信の最大の課題であろう。情報・コンテンツ指向型のネットワークキングは真正面からその克服を目指したが、今期で解けたとは思えない。引き続き検討が必要である。NICT が自ら開発するアプリケーションは数少ないが、今期の研究活動の結果、ネットワーク管理を主たる NICT アプリケーションとして認識でき、かつ民間との共同研究ができるようになったことは大きな進歩である。民間とのコラボにより、これから起こり得る問題点をいち早く取り上げて、研究開発して欲しい。
- 研究成果を広く外部からのフィードバックにより検証し、改善しようとする取り組みについて、オープンイノベーション推進本部とより積極的に連携、協力するような方策について目標の中で織り込むと良かったと思われる。NICT 組織をより活用して、研究活動の外部連携、発信を行い、研究成果の展開のみならず、日本の研究開発活動の活性化にも寄与することで、日本の技術力全体の底上げにも貢献できると考える。
- 将来の NW インフラに求められる要求条件の 6 項目のうち、利用者視点から最も大きな社会課題となっているのは、「6. 安全・信頼性」と言える。NW そのものの安全性や信頼性に加え、送受されるデータの保護（通信の秘密）とコンテンツの保護（著作権）と信頼性（デマ・フェイク）など情報レベルの課題が社会課題的にはより重いと考える。この情報レベルの社会課題に対して「革新的 NW 技術」がどう寄与できるかという観点をもっと強く意識することにより、より素晴らしい成果と社会価値創造のアピールができたのではないかと考え

る。

- ICN/CCN 関係において、「効率・品質制御・経路制御」を論点とした目標設定は勿論正しいが、上記のような情報レベルの論点の目標設定が不足していた。ブロックチェーン・ICN 連携という良い分野設定があっただけに惜しいと感じる。
- NWセントリック関係において、「自動化・分散・品質・効率」を論点としていた目標設定に加え、安全性・安心性(セキュリティ)、災害想定のリジリエンスに関する目標が明示的に設定されていれば、より素晴らしい研究成果に至ったと考える。
- 「平成 42 年…」と言う長い目線を活かすためには、そこに至るための乗り越えるべき「壁」を明示的に意識すべきではないか。高い壁を認識できてこそそれを克服する(不連続な)イノベーションが生まれると考えます。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	日本の通信メーカーの力が弱くなっているため、プロトコルの研究の科学的意義を製品にして世の中に示すことは難しい。要員数を考えると、論文レベルでは、日本の研究機関としてこの分野ではよく頑張っていると思う。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	サービス提供視点でのネットワーク構築フレームワークを提唱し柔軟なサービス提供可能なNW構築運用の基盤を実現した点を評価

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 論文発表数が多いことは、研究の新規性と有効性の 1 つの証左であり、高く評価する。 ● AI(ML)を適用した ARCA や IA-SFC は、注目の分野であり、現実の将来 NW においても大きなテーマである。これを産業界と連携しながら取り組んでいることは発展性の観点から評価する。 ● ネットワークセントリックな研究では、資源割り当て処理に関し、複数の Service Function Chaining 間で計算機資源を自動調停する機構が、資源固定割当法での 1/2 資源で同程度の品質を達成できることを示し、通信事業者の研究所と共同研究を開始し、また、ネットワーク資源分配自動調停技術 ARCA (Autonomic Resource Control Architecture)を、OpenStack 上に実装し、RedHat Innovation Award Asia Pacific を受賞した。民間企業 3 社と共に受託した総務省直轄委託プロジェクトで、IA-SFC に対して AI を適用したネットワークング技術研究を継続し、安定的な SFC の移行・再構成案を導くアルゴリズムを導いたことは、5Gでエンド・エンドのスライス設定が解放されたことを考慮すると、タイムリーな成果である。 ● データセントリックな研究(情報・コンテンツ指向型のネットワークング)に関し
--

ては、ICN/CCN 通信基本ソフトウェアプラットフォーム「Cefore」を開発し、オープンソースとして公開し、他機関のプラットフォームに依存しない開発体制を引いたことを評価したい。コンテナ技術にいち早く対応できたのもそのためと考える。CCN ベース高品質リアルタイムストリーミングのトランスポート技術として「L4C2」を提案し、代表的な方式と比較して制御トラフィック 80%削減、QoEを最大 25%向上することを示した点、ネットワーク内キャッシュ信頼性判断のため、Blockchain 技術を活用したユーザとコンテンツに対する分散管理機構を確立したことは、大きな進歩と考える。

- 仮想化における資源割り当ての制御に関して、2 階層モデル化と最適化方法を確立した点、動的な制御を実現するために、NW観測とNW制御を連携させる Monitoring/Deploying AI として最適化フレームワークをモデル化した点、さらに、データセントリックに関する ICN/CCN の考え方に基づいてネットワーク構築のための実装フレームワークを完成させた点を評価する。
- ネットワーク資源分配自動調停技術 ARCA の OpenStack 基盤実装、NTT との共同でのドラフト提案、相互接続性を立証している点が高く評価できる。
- Cefore の開発を、模倣インターネットを用いた実証実験し、またテストベッドを開発して他機関や日欧研究プロジェクトとして実証基盤として提供している点が大変高く評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- AI (ML) 活用した研究では、学習データの質と量への依存が共通する課題であり、学習データの特徴や目標をケース分けするなど様々な工夫をされているかと思えます。役に立つ AI や課題解決に寄与する AI が実現できることで社会的な価値(効果)は主張できますが、独創性や革新性や本質的価値など科学的な意義を主張することは容易ではありません。桁違いの効果を数値で示すことで革新性を実質的に主張するなど、何らかの工夫が必要かと考えます。
- 2 階層エッジコンピューティングアーキテクチャのようなアーキテクチャの研究に関しての「科学的意義」の主張はなかなか難しく、自己評価においても学術論文が主となっている。類似アーキテクチャとの差分とそれがもたらす発展性の観点をさらに意識することを期待する。
- Multi-domain に対応した機能についての検討、特に、リソースの調停、ドメインをまたがる仮想網構築をサポートする機能実装について提案のフレームワークの中に取り込む拡張について検討を進めていただきたい。

（改善すべき点）

- 研究者数に対して出願特許数がかなり少ないと言える。中期的・基礎的内容が多いので、特許は研究の独創性と有効性の重要なバロメーターである。国

研における特許を出口戦略としてどう活かすかは、個々の成果ごとに技術戦略として明確にしていけばよい。（例：非制限的／制限的開示、国際標準化／国内産業囲い込み、オープン化／クローズド化、・・・）

- 論文ベースでは良い成果が出ている。キラーアプリは NICT 外に求めなければならぬので、その種の継続的検討が必要と考える。
- 社会的には、違法漫画サイト事件で露呈した通信の秘密と著作権保護の相克のような大きな問題、FinTech、GDPR、デジタル印紙税、消費税の問題などが生じてきたが、いずれもコンテンツ流通に該当する大きなテーマである。大きなテーマ展開が待ち受けている分野であるため、制度関係の研究者を含めた研究体制を NICT 企画部門が敷く必要があるのではないだろうか。
- ネットワークサービスでは、様々な要望を共通化したインフラで実現することであり、そこへの自由度を持ち込むために仮想化という概念が提案されてきた。今回の、ネットワークセントリック、データセントリックの検討視点を生かした、もしくは統合したネットワーク・アーキテクチャの提案が最後のまとめとして提言されると良い。
- 科学的意義の記載の内容としては、技術的なポイントに触れることは紙面も限られているので難しいとは思いますが、論文のIFの高さ・国際会議の採択率の低さだけよりも何が既存のものと異なるか、が補足資料でなくメインの資料の中でわかった方がベターだと思います。ぜひ今後ご検討いただければと思います。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	Cefore や ARCA のオープン化とハッカソン、CUTEi など日欧 I 共同研究、物理網・テストベッドを用いた実証研究、標準化等の活動は活発であり、その観点でのアクティビティは高い。さらに価値を高めるには、キラーアプリが必要だが、これに対して、遠隔授業システムを高専と開発したことは、この種のアプリを日本メーカーが提供できないコロナ禍の現状を考慮すると光るものがある。要員数を考えると素晴らしい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	多様化、仮想化するネットワークの運用管理の精度の高い動的制御手法を実現した点を評価

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ソフトウェアプラットフォーム Cefore を開発しオープンソースとして公開し、産学官の連携ベースでコミュニティの拡大に努めたアプローチは、様々な社会的価値が派生する可能性があり、高く評価する。 ● IA-SFC を産業界と連携して様々な検証を行ったことは、実NWの課題に資する可能性が高いアプローチとして評価する。 ● ネットワークセントリックな研究では、PIQT、LAND のオープンソース化とテストベッドによる検証し、ARCA については NTT と合同で ARCA コントローラから NTT スライスゲートウェイを制御する相互接続性を立証し、IETF/IRTF 標準化ドラフト提出した。IA-SFC に関して、検証環境をテストベッド(JOSE)上に構築し、総務省直轄委託研究の参画企業と 100 ノード超規模の連携実験、TM Forum に企業と連名で出展し、委託研究成果を大々的にアピールした。NICT 基盤研究、テストベッド、総務省委託研究が相乗的に成果を上げている。 ● データセントリックな研究でも、ソフトウェアプラットフォーム Cefore を開発し
--

オープンソース化、大陸間ストリーミング実験、移動ロボット等、技術の検証に努めている。大阪大学、パナソニックが実施中の受託研究や、IEEE SIGBDIN (Big Data Intelligent Networking)、SIGIIE(Intelligent Internet Edge)の立ち上げにつながる活動も評価できる。

- 異なるサービスが多重的に運用され、また、トラフィックのパタンの変動が定型的ではないことに対して、提案された動的な制御の仕組み、併せて、Edge/Cloud という分散環境での制御を実装している点は、サービスがますます多様化、分散化するニーズに対応した安定的なネットワーク運用に有益な技術と評価する。
- ネットワーク自動化、ICNにかかわる独自技術のオープン化、共同研究の実証環境を整備していることは、広く有用性を確認し、利用者拡大にもつながる取り組みである。その点を非常に高く評価できる。

(さらなる成果を期待する点)

- ICN/CCN は、IP NW インフラそのものの課題解決と言う視点と、IP NW におけるデータとコンテンツに関する課題解決と言う視点がある。あまりに巨大な IP NW の現実から、前者はチャレンジする価値は極めて高いものの社会受容性的にかなり険しい道と言える。社会的価値の創出に繋がり易いのは後者と言える。ブロックチェーンとの組み合わせなどは後者の典型であり、今後通信の秘密や著作権保護、あるいはフェイク情報などの社会的課題解決の成果を期待したい。
- データセントリックな手法で検討されたデータコンテンツに着目した手法の拡張性についてさらなる検討を期待したい。セキュリティ、管理、耐故障性について、block-chain との連携のような、既存の枠組みを取り込むことで、より利便性が上がる等の拡張を検討し、実用化へつなげていただきたい。

(改善すべき点)

- エッジコンピューティングを含め NW アーキテクチャやプロトコルの有効性や優位性を定量的かつ汎用的に主張することは容易ではない。NW が何にどう使われるかによってその価値評価は異なってくる。プロトコルが生きるキラーアプリケーションで実証するのが一つのアプローチ。NW 社会が抱える課題を先に明示して、その課題解決への寄与でアーキテクチャやプロトコルの有効性を示すのが別のアプローチ。後者をもっと意識することにより、社会的価値の高い成果としてもっとアピールできるし、また設定した技術研究課題が適切で十分であるかも自己評価できる。
- プロトコルの価値は、アプリケーション次第なので、想定するアプリを決めて研

究を行わなければならない。特に、ネットワークの品質は多岐のサービスを反映した定義に拡張する必要がある。そうすれば、5G のように高速大容量、高信頼低遅延、多接続が同時に満足するような間違っただ期待を国民に持たせずに済む。コンテンツの流通に関しては、違法漫画サイト事件で露呈した通信の秘密と著作権保護の相克の問題には引き続き取り組んでほしい。

- 既存のネットワーク構造、制御構造との比較評価を加えることで、より、これまでの研究の成果と今後の課題が明確になると考えられる。仮想化については商用でのPFも提供されてきており、具体的な比較が可能になってきていると考える。検討は既になされていると思われるので、まとめの資料等での明記を検討願いたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	社会実装を ITU-T、IETF、IRTF 等標準化主体に進め大きな成果を上げている。開発技術のオープンソースかも盛んである。さらに、複数の日欧共同研究で日本企業が NICT 技術のプラットフォームを用いて研究し、研究の下支えをしている。5G 時代のネットワークスライシングの実現に向け、企業と合同で SFC 基盤の検証と他社製品・試作品との相互接続性をと確認したこと、テストベッドに構築した仮想ネットワーク検証試験環境で ARCA を検証し、国内キャリアと合同で ARCA からキャリア保有の実験環境内の機器を制御する実験を実施し、相互接続性を立証したことは評価したい

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	研究成果を具体的な課題解決手法として実装した点、オープンソースによるコミュニティ展開を進めた点を高く評価

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● あまりに巨大となった IP NW に対して、ICN/CCN の存在意義が認知されて社会実装されていくのかは大きな課題であり、その特徴を捉えた様々な実証を積み重ねていく必要がある。その観点から、高品質リアルタイムストリーミング/オンライン授業システムへの試用などの取り組みは、高く評価する。また、ニューノーマルの社会課題を迅速にとらえた点も評価される。 ● 国際標準化を積極的に行ったこと、オープンソース化してコミュニティを広げた活動、産業界や他機関と連携を持って活動したことは、社会実装に向けた出口戦略として高く評価する。 ● IETF と IRTF で Proposed Standard が 2 件、ITU-T でも IoT-DS フレームワー

クの勧告合意、Y.Sup55 (Y.7130-series)承認、及びアーキテクチャの勧告草案2件合意見込みとなっている。標準化活動は研究グループの規模を考えると高い。日欧共同研究での PIQT(オープンソース化している)や CUTEi テストベッドの活用、大阪大学とパナソニックの受託研究での Cefore の活用等、企業のプロジェクトでの研究成果の活用もある。KDDI、NEC、日立と共同の総務省直轄委託研究プロジェクト「革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発」では、テストベッド、基盤研究の両面で NICT の存在意義が出てきている。総務省関係のプロジェクトが総として機能しだしたことが一番の成果と考える。

- Cefore システムに関しては、コロナ禍を考慮してオンライン授業システムを構築し、スマホアプリを開発するという共同研究を明石高専としたことは、時宜を得たものであり、これまでの NICT にないダイナミックなプロジェクト運用ができていることを高く評価したい。
- オープンソースとして成果を展開、テストベッド上に機能実装し、数々の実証実験を行った点を高く評価する。ハッカソン等を企画実行したコミュニティ作りへの取組も評価する。これらの活動を通じて、外部機関との連携、具体的なアプリケーションでの実証の取組につながった点は、今後の発展が期待できる。
- Cefore を利用した実証実験として高専のオンライン授業の環境を整備したことは高く評価できる。

(さらなる成果を期待する点)

- 革新的NW技術のような比較的基礎的かつ中期的な研究分野では、技術的に優れた研究成果を出すことに加え、社会にどう貢献するかを判りやすくアピールすることも必要である。報道発表は、成果を周知する以上に、社会課題との関係性を自ら客観視する必要がある点が、学術論文とは異なる意義でもある。報道発表が比較的になかったことは課題と言えるが、CCNのオンライン授業や宅配の様な取り組みを通じて、報道発表を戦略的に行うことを期待する。
- 構成制御自動化を含め NW アーキテクチャやアルゴリズムは、成果物そのものが実 NW に直接的に実装されるのは難しく、国際標準化や NW ベンダー・プロバイダーとの連携が出口となる。成果を幅広く柔軟に捉えることでこれら出口がさらに広がることを期待する。
- コミュニティの拡大、維持に向けた持続的な取り組みの検討を期待する。このテーマが取り上げた課題はリモート環境が normal となる今後の社会環境で重要な課題を解決するものである。技術のさらなる発展を支えるため、コミュニ

ティの拡大、また、その中での技術の発展とそれを加速する研究課題設定などを期待したい。

- Cefore を利用した実証実験について、まずは小規模事例から始めることは理解できる。段階を経て技術的な既存記述に対する明確な優位性を主張できるような環境での試験を試みることになると思われるが、ぜひその点を意識して取り組んでいただくことを期待したい。

（改善すべき点）

- NW 構成制御自動化は、品質保証や安定性と言った観点からその成果を評価します。災害想定のリジリエンスの観点からの更なる実証が望まれます。
- ネットワーク資源分配自動調停技術 (ARCA)、複数のサービス機能チェーン間で仮想ネットワーク資源を自動調停する手法 (IA-SFC) のようなネットワーク管理は、NICT が手中にできるアプリケーションと考え、今期始めた AI 技術の導入以後も、引き続き進化させていく良いテーマと考える。総務省や NICT の委託研究を通じて技術をキャリアやメーカーに展開できるような体制を時期は固めてほしい。
- Cefore に関しては、WebRTC を使った TV 会議システム NeWork を NTT が開発している。これは P2P なので、端末の負荷を考えると TV 会議の接続先をあまり多くできないというスケーラビリティの問題がある。これを Cefore で解決できると面白い。また、NICT 系ではマルチホップの Wi-SUN 商用ネットワークが出てきたときに使うことも可能なのではないだろうか。このような都市 OS を下支えする物理ネットワークを前提に研究すると社会的価値がさらに上がると考える。
- 成果の展開を積極的に行っている点が、定量的にアピールすることも必要です。また、コミュニティづくりは難しいこともあり、巻き込み方等について、参加している人がどこに魅力を感じているかということ報告されると、本成果のもつ可能性の証跡ともなりうる。コミュニティでの活動等のアピールも行っていただきたい。

項目	2-(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術
----	-----------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	5Gおよびそれ以降の移動通信システム等、ニーズの高度化・多様化に対応する異種ネットワークの統合に必要なワイヤレスネットワークの制御・管理技術、高信頼化技術、適応化技術、ネットワーク利活用技術に関して、産学官連携や国内外の相互接続試験や実証実験に参画し、また、ミリ波やテラヘルツ波の利用や、電磁波の利用に課題がある領域での通信技術の確立に向けて、挑戦的な課題に取り組んでいることは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究を進めつつ内外の情勢変化に応じて研究目標を調整し、最終的に、デジタルトランスフォーメーションによる社会変革実現に向けての研究として推進してきた点が高く評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	無線関連研究の目的・目標としてはチャレンジングな内容となっていると判断されるため。

(2) コメント評価:

(評価する点)	<ul style="list-style-type: none"> ● 5Gおよびそれ以降の移動通信システム等、ニーズの高度化・多様化に対応する異種ネットワークの統合に必要なワイヤレスネットワークの制御・管理技術、高信頼化技術、適応化技術、ネットワーク利活用技術に関して、リーダーシップを発揮しつつ、国内外の相互接続試験や実証実験に参加し、国内制度化及び国際標準化に積極的に寄与することを明確に目標に掲げている。また、ミリ波やテラヘルツ波の利用や、海中・水中、深宇宙、体内・体外間等、電
---------	---

磁波の利用に課題を抱えている領域での通信技術の確立を目指し、NICT にしかできない挑戦的な課題に取り組んでいる。

- 研究開発の進展につれ、5G/B5G におけるモノ主体システムの実現に向けた各種課題と、今中長期の取り組みの関係を整理し、やるべきテーマとして研究開発の方向性がわかりやすくまとめられた。その上で、着実に目標達成に向けた成果を上げている。
- 産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の出口戦略に積極的な目標となっている点。
- 研究計画を、地域ネットワーク高度化と機動的ネットワーク構築に分類し、さらにその流れを、次期中長期計画における HAPS/ドローンの研究開発や基地局超高密度実装へとつなげられた点大きい。またデジタルトランスフォーメーションを意識した形で研究全体の枠組みを整えたところも評価できる。
- 機構の役割として、「電波利用の提言」と「標準化・認証を通じた社会展開」をあげていることは適切です。本分野の研究の推進と評価（自己／外部）は、この2つの役割に照らして行うべきです。
- 出口戦略で掲げた「周波数資源有効利用」「標準化・認証」「実証・技術移転」も適切です。
- 大規模災害想定テーマは、目的は明確である。

（改善すべき点）

- 今後 5 年間の取り組みとして、NICTにしかできない研究開発内容を重点的に推進することを期待する。特に、コロナ禍の影響を考慮したニューノーマルや社会ニーズに対応した研究開発、および、ローカル 5G とスマート工場に適した多様化電波システムに対応した電波エミュレーション技術の研究開発の推進を期待する。
- 新たな生活様式に準ずる電波システムとは何なのか、さらに具体的な研究目標について深堀を望む。
- ワイヤレスネットワーク制御・管理の5G関連異種ネットワーク統合に関する研究で、通信事業者のミリ波利用に関して自営マイクロセル事業者との連携シナリオを断念したように受け止められること。
- これからの10年間では、情報通信ネットワークは、我々の社会空間全体に渡るデジタルトランスフォーメーションに向けた流れの中での中核技術に進展する。それに対するビジョンとして、NICT の自ら研究（主体的に推進する中核研究）、委託研究によってすそ野を広げつつ進める研究、EU との連携といった多様な研究推進要素がある中で、これからは、グローバルな視点での次世代デジタルトランスフォーメーションの進化の中で、研究開発の流れの構築を検討してほしい。
- 5 年間の研究計画の目標として、数値目標を意識して設定すべきである。例えば、「周波数資源有効利用」に対しては、どのような観点（例：bit/Hz、・・・）でどの程度（例：2 倍、10 倍、・・・）を目標とするのか。「標準化・認証」では、新

標準策定や新制度化と、標準規格への寄与(IPR 埋め込み)とでは目標レベルが全く異なります。「実証・技術移転」については、社会実装の具体的レベル(数と波及)を目標設定すべきです。

この出口の数値目標を達成するために、それをブレイクダウンして個々の研究テーマの数値目標(〇〇性能△△)を設定する必要がある。

- (耐災害以外の)多くの研究が、技術課題や技術要件が起点となり、社会課題や政策課題が明確ではないと感じる。そのため、「社会的価値」を技術課題の解決で主張するケースが多くなっている。
- 目標や出口戦略として「新たな課題発見や社会価値の創出」の観点が欠けていると感じます。計画策定段階の「課題」は、極論すれば「時間と共に古くなる課題」です。COVID-19により、情報通信分野に於いても課題認識と研究開発の内容が大幅にかつものすごいスピード感で変化しました。リアル世界を繋ぐ情報通信が一般人にこれほど認識され注目された中、機構の本分野の研究は、比較相対的に、変化と新価値提供が十分ではなかったと感じます。上記のような目標や出口想定が明示的に意識されていれば、状況は違ったのではないかと想像します。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	海中・水中、体内・体外間等、電磁波の利用に課題がある領域や、ミリ波やテラヘルツ波を利用した通信技術の確立を目指し、電波伝搬特性や通信システムにおけるフロンティア分野の研究開発は評価できる。また、地域ネットワーク高度化技術として、独創性、発展性が高い論理メッシュ技術を開発したことも評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	情報通信ネットワークの意義、携帯電話ネットワークの意義が大きく変わった過去5年間において、より柔軟に利用できる無線通信技術を創出してきた点は高く評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	多数接続・低遅延を実現する STABLE に関する研究は先導性、発展性が高いと判断されるため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 海中無線は、海水の吸収損失など基本的な未解明な要素が多く、電波関係において残された「科学」分野と言える。工学的にも従来の海中通信を大きく変える革新的な応用の可能性が広がっている。JAMSTEC と連携したチャレンジを高く評価する。 ● 地域 NW 高度化技術などでいくつかの特許を出願できていること。 ● 光制御網応急復旧やバルーン併用技術などの可能性を示したこと。 ● 海底下埋設物センシングについて、浅海域(深度 30m)において模擬埋設物に対して原理検証を行い、1MHz の電波によって、金属の埋設物を電波で検出できることを確認したことや、2x2 海中 MIMO の通信実験を実施し、1MHz

帯、10MHz 帯でそれぞれ 1Mb/s、4Mb/s を実証したことは評価できる。また、低遅延と多数接続を両立する無線アクセス技術 STABLE の拡張を検討し、MIMO による空間ダイバーシティ効果を得ることで、接続端末数の更なる増加と高信頼化を図ったことも評価できる。さらに、既存広域網を介した論理的な地域自営網構築技術として、互いに対等な関係をもつ 1 対 1 論理オーバーレイネットワーク自動構築技術、および、複数拠点の自営網間を柔軟に接続する論理メッシュ化技術を開発したことも評価できる。

- これまで5年間で実施された研究については、世の中のデジタルトランスフォーメーションの流れに合致させながら、様々な無線アクセス技術の開発並びに適用分野の拡大を実現したことについては、独創性、革新性、先導性の高い研究を実施してきたと評価できる。また電磁波の利用分野についても先導的に開発してきた点が評価される。
- 多数接続・低遅延を実現する STABLE に関する研究は先導性、発展性が高いと判断される。電波の海中利用に関し、基礎的実験を着実に進めている点。ドローン位置情報共有システムに関し、衛星通信、固定翼ドローンとの連携技術を実証したこと、および、制御を失ったドローンの自立着陸機能を実装したこと。
- 海中の電波伝搬実験やセンシング実験、MIMO 通信実験を成功させるなど、これまで無線通信の適用が困難と考えられていた領域での検討に着手し、成果を挙げている。

（さらなる成果を期待する点）

- 光制御網応急復旧やバルーン併用技術などの実証結果は評価するが、革新性や発展性が見える形になっていない。
- ローカル 5G やスマート工場の普及・高度化に対して、どのように得られた成果を利用し、実用化・産業化に結びつける技術移転や社会展開を目指すのか、計画・戦略の立案をしっかりと行ってほしい。
- テラヘルツの利用に際しては、科学的意義の高い研究を推進してこられたと判断されるが、テラヘルツの最大の課題はマーケットの構築にあり、そのためには有意義なユースケースを考えることが最も重要である。この点を十分に気しながら研究を進めていただきたい。
- 多数接続・低遅延を実現する STABLE に関する研究の実用化が期待される。
- モノ主体システムやドローンなど 3 次元空間を活用するシステムの観点からも、海中に止まらないセンシング技術の検討と、センシングと有機的に組み合わせた通信システムなどの技術開発を期待する。

（改善すべき点）

- 5年間の特許出願が10件以下と言うのは、延べ研究者数を考えるとかなり少ないと言わざるを得ない。論文数に比べてもかなり少ない。研究の新規性（独創性）と有効性（発展性）のバロメーターとして、もっと重視すべきである。国研での特許取得は、研究の新規性や有効性の証左と言う意味以上に、日本の産業発展や国益などの観点からも重要である。（現状を変えるためには、「出願〇件／年／研究員」の目標を設定すべきであろう。）
- 科学的意義という点で、NICTは世界レベルを維持する必要があると考えられる。NICTが研究全体の中で自身を実施する研究分野は、いずれも世界レベルを維持する必要がある、またそこを中核として世界的連携があると考えられる。次期中長期計画では、この構図の実現を目標にしていきたい。
- B5Gに向け、科学的な観点で「革新的」な技術の提示には至っていないのではないか。海中・水中、深宇宙、体内・体外間の通信を目指す上で、既存の陸上無線通信の延長ではない技術検討も期待する。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	5G/B5G における「超高速・低遅延・多数接続」のサービスモデルに即しながら、自営マイクロセルについて様々な国・法制度化で利用可能な技術実証、および、工場等製造現場における無線通信の適用モデル化策定を進めたことは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	この5年間、無線通信技術の適用分野は、携帯電話ネットワークの世代交代と共に、自営通信にも携帯電話技術が用いられる時代に入るなど、大きく進化している。研究においてこのような流れにも同期をとりつつ、技術の標準化や社会展開を進めてこられた点を高く評価する。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	5G/B5G 適用技術、工場での無線利用、海中での電波利用、災害時等でも使用できる無線システム等の研究開発に新たな社会的価値創出の可能性が認められると判断したため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 工場等製造現場にターゲットをフォーカスし、産業界と連携しながら現実世界で実証を行うとともに、出口として標準化活動を進めたこと。
- 高密度多数接続という社会的要請を踏まえて、アクセス方式 STABLE の実証をきちんと行ったこと。
- 過疎地域でのライフログ収集と言う明確な目的を設定して、端末間通信の応用実証を行っていること。
- 常時接続を前提としないアドホック NW の実証を行ったこと。

- 5G 無線の可用性に関する実証を通じて、従来事業者と自営マイクロセル事業者との連携に基づく実証に成功し、低遅延と多数接続を両立する接続性に関する研究開発を進行し、アクセス方式 STABLE の確立とシステムの拡張性も考慮しながら実証を行ったことは評価できる。また、工場の無線利用形態として「FFPJ」を推進し、国内企業間連携の下、実工場内でデータ取得と検証実験を主導的に推進し、IEEE 802 標準化にも寄与したことも評価できる。さらに、ローカル 5G の高度化技術として、マイクロセル到着前の事前仮想接続技術、リソース動的割当技術を検討し、それぞれ商用線路における鉄道無線実証、CATV 会社等と連携した地域課題解決型実証としていずれも主導的に行ったことも評価できる。
- ローカル 5G の研究、工場における無線通信適用の研究、10年後には実用化される可能性のあるテラヘルツ波の研究、さらに今後の重要な進展方向である海中通信の実現など、現時点で重要な無線通信の適用分野について正面から研究を実施されてきたという点で、社会的価値の創出に対して大きな貢献をされたと判断される。
- 5G/B5G 適用技術、工場での無線利用、海中での電波利用、災害時等でも使用できる無線システム等、非常に広範囲な局面を想定した研究開発を実施しており、研究開発シナリオが実際のニーズに合致した場合は大きな社会的価値の創出に繋がると考えられること。
- 工場内無線について、実証実験、標準化を先導し、具体的な成果を上げている。
- 災害による通信途絶時を想定した広域自営網など、各種技術をフィールドで実証するなど、安心・安全な社会にむけた研究開発を推進している。

（さらなる成果を期待する点）

- 社会的価値があると考えられる端末間通信 NW やアドホック NW であるが、これまで単純な端末間接続以外には本格的に社会実装されてきていない。「死の谷」を越える駆動力は何かと言う視点を持って、成果を期待する。
- コロナ禍の影響を考慮したニューノーマルや社会ニーズに対応した研究開発、および、ローカル 5G とスマート工場に適した多様化電波システムに対応した電波エミュレーション技術の研究開発の推進を大いに期待する。
- 社会的展開は、グローバルマーケット構築と密接に関係しており、グローバルマーケット構築ではグローバルフォーラムでの議論が不可欠な時代となっている。6G flagship や IOWN global forum などへの参加は不可欠ではないかと考えられる。
- 災害時等でも使用できる無線システム等の自治体による配備が進められてい

る点は高く評価される。更に、多くの実用化に期待する。

- 新たな生活様式に関連し、非接触社会が注目されている。無線はキー技術の一つであるので、そのような新たな社会に向けた課題設定を期待する。
- テラヘルツやミリ波など、新たな周波数帯に関する有効なユースケースについてさらなる深堀を期待する。

（改善すべき点）

- テラヘルツ帯無線通信システムの基礎となる研究成果は評価するが、解決したい社会課題が不明確なため、システムとしての研究ターゲットが定まっていない。そのため、社会的価値のアピールが十分にできていない。
- 公衆・自営連携の技術実証は評価するが、この課題で最も重要な要素であり、かつ国研が扱うのにふさわしい周波数共用と言う電波技術そのものの追求が不足している。電波行政に直接的にリンクする要素を出口としてもっと重視すべきである。
- 社会的価値については、NICT が目指すべき社会的価値の範囲を明確に示す努力をしていただきたい。これは、例えば全ての技術に社会的価値を持たせるということを要求しているのではなく、社会的価値まで考える分野と、技術的価値を研ぎ澄ませる部分があって然るべきということである。
- 想定している研究開発シナリオが社会、通信事業者の要請との合致度が一定レベルに達しなかった場合、社会的価値創出への寄与は結果的に小さくなる。自営マイクロセル事業者の通信会社との連携シナリオについては、ローカル 5G との連携に加えて、効率的な電波利用を目指した継続的な取り組みに期待する。
- 自営マイクロセルで検討されている公衆網との連携が、どの程度ニーズがあるのか不明である。ローカル 5G のユーザ、潜在ユーザが望むユースケースや機能について、マーケティング的な調査が必要ではないか。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	情報流通や通信信頼性を確保できる地域通信ネットワークの高度化技術の研究開発成果を社会実装につなげる取り組みが、民間企業や衛星通信事業者と連携した実証実験などでなされている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	この5年間で達成された社会実装レベルは、NICTとしては適切なレベルであると判断される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装に積極的な活動を行っているため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熊本地震被災地に対して、応急対応を迅速に行ったことを高く評価します。 ● 立川地区災害対策本部、高知県防災訓練、帰宅困難者支援訓練、患者搬送情報共有システムの実証実験、災害時保健医療情報伝達・通信訓練など社会実装に向けた多くの実証を行ったことも評価します。 ● 複数拠点の自営網間を柔軟に接続する論理メッシュ化技術を開発し、立川地区にある災害対策本部予備施設とその周辺の施設に、自律分散型自営ネットワークの機器(NerveNet と無線機)の実装が完了し、継続稼働中であることは評価できる。また、機動的ネットワーク構成技術として開発してきた要素技術を搭載した「防災情報通信・管理システム」として自治体(高知県香南市)

が、導入を決定し、2020～2021 年度にかけて同システムを構築する予定であり、社会実装の目処をつけることができたことも評価できる。

- 一部の研究は実際の被災地でも運用されるなど、社会実装を伴う研究開発を実施している。
- 産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装に積極的な活動を行っていること。
- 立川地区(内閣府関連施設)に、NerveNet と無線機を実装し、今後実際に運用される予定となっている。
- 特許出願、取得数と技術移転実績を見える化していただいた。実際に技術移転の 2 件が実績として見込まれている。

(さらなる成果を期待する点)

- 災害対策向けに行った各種の実証や訓練を、現実に災害発生した場合に活かせるために、熊本地震対応の経験と分析を踏まえた更なる取り組みを期待します。
- 研究成果の社会実装が、より広がるように努めてほしい。
- 社会実装は、必ずしも実際の運用システムに技術が取り入れられることだけでなく、例えば次世代セルラシステムのためのグローバルフォーラムにおいて、新たな市場分野を構築するプロセスに参加し、それに係る研究を実施することも1つの形態であろう。未来構想と現実社会での実装の両方面を進めることを期待する。
- 産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装での具体的な成果に期待する。
- ローカル 5G は社会的に注目されており、潜在ニーズは高いと想定する。研究成果をローカル 5G の利用拡大に資する形で応用できるようなコーディネート进行を期待する。

(改善すべき点)

- 地域 NW 高度化技術、アドホック NW、情報配信技術等の災害時想定 of 技術やシステムが、現実の災害時に「使いこなせるシステム」「使って価値あるシステム」となるためには、活用訓練だけでは不十分である。使用者から見た受容性の分析とそれを踏まえた技術変更と、通常時も常用できるシステムへの展開、の 2 点が必要。ただ、この辺りを研究者リソースで行うことは必ずしも適切ではないため、「手離れのための出口戦略」を明確にしておく必要がある。

- 社会実装を進める分野と、少なくともしばらくは、研究開発に留めておく分野とがあるべきであり、なぜその分野は社会実装するのか、なぜ研究開発に留めるのかを説明できる能力を高めることを期待する。
- 5G における自営マイクロセル事業者に関するビジネスシナリオは、ローカル 5G 等へのサービス提供にシナリオが修正された。通信事業者と自営マイクロセル事業者の連携シナリオは、効率的な電波使用を実現する可能性があるため、継続的な取り組みに期待する。
- すべての研究テーマに必要だとは思わないが、真に社会実装を目指すテーマについては、市場調査、ニーズ調査を強化するのも一案と思われる。

項目	2-(3) フォトニックネットワーク基盤技術
----	------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	今後の大容量・柔軟性の高い光ネットワーク構築を実現する手段として、空間分割多重技術を用いた伝送技術のみならずスイッチング技術を世界に先駆けて取り組む挑戦的な姿勢が評価できる。また耐災害性の高いネットワークは今後ますます重要になると思われ、労働力不足解消と早期回復のための取り組みを行っていることも高く評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	一層増大する通信トラフィック需要に対応するために伝送容量の拡大は明白な目的であり、1ファイバ当たりペタビット級という具体的目標やそれを具現化するための空間多重光ファイバや光スイッチングの実現は本計画当初は5年先を見た挑戦的目標であったと考えられるが、技術進展の早い5年間において、NICT 自らも牽引した技術の進展と共に上方修正しても良かったと考えられる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光ファイバあたり 228 空間チャンネル伝送、1 ペタビット級の大規模・低損失光スイッチノード、38 コア・3 モードファイバ 10.66 ペタ bps 伝送等の世界記録の傍らで、商用ネットワークを考慮して、再構成可能 400 ギガ bps 級インタフェース・パケットオプティカルノード、高速光パス追加の実証実験等、技術開発にも成功している。 ● 光伝送容量としてペタビット級のシステム実現を可能とする研究開発であり、マルチモード、マルチコアをベースにオール光での実現を目指す挑戦的な目標設定は挑戦的な目標設定として評価できる。テラビット級でのダイナミックな制御を用いた統合光ノードの実装評価も 1Tbps 級のスイッチングを目指す目標を評価する。 ● 空間分割多重技術は容量拡大のために近い将来光ファイバの物理限界を超

えるための実用化技術の一つと目されるが、一方でその技術的課題を伝送路・送受信器において明確にし、解決することが求められ、かつ容易な壁でもない。その状況を推進する組織としての立場を貫いている点を高く評価する。

- 本第4期中長期計画開始時点での通信トラフィックの予測からの数値目標であったが、委託研究なども通して、マルチコア・マルチモードファイバの開発のみならず、モード分離などの周辺技術、それらを駆使したテラビット級光スイッチング、フィールド実験などの先端技術の開発、さらに柔軟な光統合ネットワークや耐災害光ネットワークへの社会環境性のある技術の一連の展開は評価に値する。
- 数値目標が明示されているケースが多い。またそれら数値目標は、世界的にも高いレベルが設定されていること。
- 産学官連携の研究体制を取るなど、当初から日本の技術力向上や社会実装に向けた国研の立ち位置を明確に意識して実施計画を立てていること。
- 研究トップデータを常に意識して、世界レベルの研究競争を意識した挑戦を行っていること。

（改善すべき点）

- 災害に強い光ネットワーク技術に関しては、複数キャリアを使った冗長構成を採る必要があり、技術的な有効性は示せた。ここで止めずに、NICT 企画部門は総務省と連携してそのようなキャリア連携ができるようなガイドラインや法制度の改定に進んで欲しい。
- 災害に強いネットワークについても、大容量を実現可能な技術を対象とした課題設定があると良い。実際、東日本大震災でも残存ファイバーでの臨時復旧等も可能であった。ファイバーの持つ特性を活用し、後付けで耐災害性を考えるのではなく、新しい技術が具備すべき要件として耐災害性について課題としておりこめると良いと考える。
- 世界最高性能を数値で示せていることは高く評価できるものの、異なる空間分割多重技術に対しては、どの構成がどのようなネットワークに適しているのか、その評価指標とともに集約することも有用である。マルチコア、マルチモードファイバの社会的価値、社会実装はもう少し先に具体的に示されていくと期待されるので、その時期までに明確に示していると良いように思う。
- ペタビット級伝送速度やテラビット級スイッチング速度などの数値目標は本中長期計画開始当初の設定であるが、恐らくそれ以前にもそれ以上の数値達成の技術動向は見えていた面もあると考えられる。マルチモードやマルチモードファイバでは周辺技術を含めて取り組みの難易度の違いがあると考えられ、画一的な数値目標でなく、技術的難易度や逐次社会実装化を見据えた段階的目標値設定や計画途中からの目標値の上方修正などがあっても良かったかと考えられる。
- 柔軟な光ネットワーク化や耐災害光ネットワークは数値目標化が難しい面があるが、社会的に重要なテーマと考えられるだけに、社会的意義を見据えた

一般的にも分かり易い達成すべき目標設定があれば良かったと考えられる。

- 素晴らしい技術成果であり、それが社会的価値を生むことは間違いないと高く評価したうえでのコメントです。
技術課題的な視点からの目的・目標設定がしっかりしているのに対して、社会的な価値創造と言う視点からの目的・目標設定が必ずしも明確に意識されていないのではないか。例えば、ニューノーマルを意識して、遠隔医療・教育、遠隔操作、超臨場感などを新価値として意図するのであれば、その価値創造への寄与の観点から光NWとしての技術的ブレークスルー課題（例えば遅延）と目標をさらに意図すべきではないか。
「〇〇性能で△△達成」という技術目標に対して、「〇〇の社会価値実現には△△の壁を超える必要がある」という価値目標からの視点が明確だと、社会実装により結び付くと考えます。
- 災害に強いNWの研究は、様々な災害を想定しての予見・想像力が問われると共に、近年多数発生する「想定外」の災害にどう向き合って、その経験を生かすかの学習力と修正力も問われる。現実起きたことを踏まえて研究計画を柔軟に変更する要素は無かったのかが必ずしも明確ではない。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	空間分割多重技術を実験的に実証することには多大なリソースが必要であり、実用可能性を実験的に実証できる数少ない研究機関としての責務を果たしていると非常に高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	目標達成に対し、取り組むべきいくつかの座標軸があるが、それぞれのアプローチにおいて世界記録となる先端的結果を達成し、権威有る国際会議などでの高評価も多く、特に目標を大きく上回る10ペタビット伝送を達成するなど高い評価に値する。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 大容量伝送ではコア数、空間モード数の増加を主として波長や偏波、多値変調などを取り入れて伝送速度を向上させ、コア数では最大 38 コア 3 モード、モード数では最大 15 モードにおいてそれぞれ 10P 及び 1Pbps の、さらに早期実用化が期待される標準外径4コアで 610Tbps などの大容量伝送の達成、また 22 コア、7コア、さらに 3 モードファイバにて、10T ビット波長光スイッチをも駆使した総量 1P ビット級光スイッチングを実現したことなど科学的意義において大いに評価に値する。また本計画の進行と共に発表論文などの成果発表も増えている。
- 世界最大のコア数となる 39 コア・3 モードファイバを用いた双方向伝送システムを開発し、光ファイバあたり 228 空間チャネル伝送の世界記録を達成したこと、世界記録となる 1 ペタビット級の大規模・低損失光スイッチノードを開発したこと、光パススイッチングに成功したこと、38 コア・3 モードファイバ 10.66 ペタbps 世界記録伝送に成功したこと等、科学的な成果は数多い。

- マルチモード、マルチコアでの伝送容量、伝送ネットワークに必要な、多重化、分離、スイッチングに関する要素技術の検討を行い、伝送容量のみならず、システム性能においても世界トップクラスの性能を実現したことを高く評価する。システム構成の検討、標準外形ファイバでの実装など実用化へ向けた基盤となる検討を行い、その条件下でもトップクラスの性能を確認できた点を評価する。
- 10 ペタ bps 伝送や 19 コア一括光増幅 1.4 エクサ bps × km 伝送をはじめ、世界トップクラスの技術実証を数多く達成したことは、その先導性から高く評価します。その多くが、客観的に数値評価可能な指標に関する項目である点も素晴らしいです。
- モード合分波器や光スイッチなどシステムの要となる機器を実現して、伝送システムとしての実証をきちんと行ったことを高く評価する。
- トップレベルの国際会議発表と論文引用数の多さは高く評価します。また、先端的研究として報道発表をきちんと行っていることも評価します。
- 空間分割多重技術は世界的な研究開発が進められており、その状況にいち早く着手して成果を出し続けている。さらにチャンネル分割技術に独自の技術を検討したり、光スイッチング技術という伝送よりも複雑な制御を求められる技術にも挑戦している点が非常に高く評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- SDM による大容量伝送化はコア数やモード数、結合系・非結合系など多くの組み合わせがあるが、実用上は標準外径と非標準外径で大きく分けられると考えられる。まずは仮定があっても良いのでそれぞれの理論的伝送容量の限界や設計指針を提示して頂きたい。その理論限界が多くの研究開発者の目標となるであろう。
- モード分離、光スイッチについては、デモ的要素が大きいと見受けられるが、実用性への見通しを期待したい。
- SDM 伝送のフィールドテストやテストベッドなどは、ぜひ国内で早急に構築し、世界に先駆けての実用への先導性を期待したい。
- マルチモード、マルチコア、さらに、多波長において、装置構成、距離、エネルギー消費などを考慮した最適化の指針をまとめることも、実用化への橋渡し、また、今後のさらなる発展させる目標設定に有用と考える。既存システムへ短期で応用可能な技術の切り出しについての検討も期待したい。
- 伝送システムの構成パラメータは多様であり、NICT の研究においても多様な基礎技術が研究実証されている。これらさまざまな技術が実装されていくうえでのボトルネックと必要なブレークスルーの観点からの分析が極めて重要。

国研としては、中長期的な先見性の視点からの大きなボトルネックを明確にして、次の研究の方向を定めることが重要。

- 光スイッチング技術については、コア間・波長パス単位のスイッチングが一つの形態であるが、制御の複雑さをいかに解決するかについても重要に思われる。その点は、まだ今後検討を進める余地があると思われる。

（改善すべき点）

- 科学的意義の記載の内容としては、技術的なポイントに触れることは紙面も限られているので難しいとは思いますが、論文のIFの高さ・国際会議の採択率の低さだけよりも何が既存のものとは異なるか、が補足資料でなくメインの資料の中でわかった方がベターだと思います。ぜひ今後ご検討いただければと思います。
- 実用上、ケーブル化されたマルチコアやマルチモードにおいてマイクロバンドや非線形限界などは発生すると考えられる。特にマルチモードではモード間クロストークや MIMO 処理への負荷増も想定される。さらに高効率光増幅や光スイッチングではコンパクトなコア・モード分離と偏光無依存光スイッチ、シリコンフォトニクスを活用による低コスト大規模化など多くの課題が有るかと考えられる。早期実用化に向けて、改善というより今後の展開を期待したい。
- ネットワークの低遅延指標について、ファイバ上の光の伝搬時間、レイヤ1、2、3の処理遅延、併せてレイヤ4やアプリケーション層の処理遅延に関して、目標値、現状値の2点から明確にして研究する必要があると考える。
- 十分な成果を達成されているので、取り組み自体の改善ではなく、他の研究との比較しての優位性を明示されることで、なお成果の意義が見える化できると考える。さらに、今後の方向性を示すよい指針にもなるので、成果のアピール方法について考慮すると良いと思われる。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	空間分割多重技術、光統合ネットワークに対して世界最先端の成果を継続して示してきていることによって、ネットワークへの要求の高まりとともに社会的な重要性も少しずつ感じ取られる状況になってきていると感じる。その技術の持つ意義を示せる段階まで先導的な役割を果たしていることを特に高く評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	伝送容量の一層の拡大は社会的要請であり、それに答えるべく諸取り組みは評価できるものであり、その際、委託研究を通して関連産業界・通信業界の技術勃興を惹起している。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ネットワーク自動化、ICNにかかわる独自技術のオープン化、共同研究の実証環境を整備していることは、広く有用性を確認し、利用者拡大にもつながる取り組みである。その点を非常に高く評価できる。 ● 伝送容量の拡大実績が何より社会的価値を有しているが、単なる大容量ファイバや伝送方式の開発のみでなく、実用上不可欠な周辺技術や光スイッチング技術などへの一定も成果を上げており、波及性がある。また、自然災害が各所で局所的に発生する現代において、広帯域になるほど通信手段の断絶は大きな影響をあたえることから、耐災害光ネットワークの強靱化の研究開発は地味であるが重要である。 ● 通信トラヒックの大容量化、通信サービスの多様化、通信サービスの仮想化に対応可能な再構成可能 400 ギガ bps 級インタフェース・パケットオプティカルノードの開発は、この先5年ほどの市場を考えると価値ある成果と考える。フレキシブル光ノードの要素技術を大手町-小金井間の ROADM ネットワークテ
--

ストベッドに導入し、既存ネットワークと併用しても高速光パス追加が可能であることを実証したことも実用的観点から価値がある。災害発生時のテレメトリ収集機構の実装及び評価実験に成功したことも社会的価値という点では大きい。

- ファイバあたりペタビット級の伝送が可能であることが示されたこと、テラビット級のスイッチ機能の実現、長延化に向けた特性改善手法は、今後のトラフィック量の増大、特にリモートワーク等の要求でより急速な伸びへの対応に向けた基盤技術を確立したと考えられ高く評価する。
- 大容量トラフィックの効率的な収容に資する様々な研究成果は社会的価値の高いものであると高く評価します。
- 空間分割多重技術の持つファイバ物理限界の打破かつ伝送・スイッチング容量拡大の可能性を示すことが社会的価値の評価指標だとの観点から、実験を通じた Pbps 超の容量実現やマルチコアファイバ間の空間スイッチング技術の具現化技術の提示、モードの体積ホログラムによる分離技術などの成果を通して、十分にその目的を達しているものと思われる。

（さらなる成果を期待する点）

- マルチモード、マルチコアファイバ大容量伝送において一定の成果をあげているので、技術のオープン化による開発技術の社会実装への道筋への展開が一層重要と考えられる。また同時に、大容量光ファイバ伝送システムにより、ワイヤレス技術も踏まえて、どのような将来社会の構築をイメージしているのか、例えば耐災害、耐コロナ社会、一極集中回避、地方創生、分散社会、豊かな暮らしある社会など、独自色を打ち出してもよいのではと考える。それにより応用面の新たな展開も生まれる可能性もある。
- ノード構成について多様な方式を考慮したアーキテクチャを提案しているように、光伝送の適用領域が今後広がると考えられることから、多様な網構成に対応するためのアーキテクチャ検討を進めていただきたい。その際、耐災害性を内包した構成を前提に検討していただきたい。
- 光伝送・光NWの先端技術研究成果は、近未来の大きな社会的な価値を生む技術であることは間違いない。一方、社会課題の観点を立ち位置の原点とするのであれば、この先端技術も課題解決の 1 つの要素に過ぎないと言える。他の技術(例:無線)要素や、制度や社会状況など非技術を併せたより巨視的な観点から、この光技術の成果を客観視することで、将来の社会価値の創出により寄与できるものと期待します。
- 結合型、非結合型のどの方式が実用に向けてよいのか、の見解を集約していくことを期待したい。

（改善すべき点）

- NICT の成果評価が主体であるが、その際どの程度社会価値を生み出しているかについてのより具体的資料もあれば良かったと考えられる。先端伝送特性の達成や成果発表がこれに該当するのであろうが、評価資料における「社会的価値」はかなりの部分が「科学的意義」とほぼ同様であり、「実証実験」などが異なる程度である。例えば、委託研究や諸技術開発における企業、学外機関などとの連携や技術育成なども社会的価値の一環と考えられる。
- 災害に強い光ネットワーク技術に関して、可搬型光増幅器は災害列島日本であることを考えると、特に重要なテーマと考えるので、今期に限らず継続的に開発、評価を続け、商品として海外に外販できるレベルに持ち上げてほしい。それはマルチコア系も同様で、メーカーとの研究体制を整備して、日本メーカーの後押しをするような運用に持ち込んでほしい。
- マルチコア、マルチモード伝送網における信頼性評価の検討、特に、既存の光伝送システムとは異なる信頼性評価のメトリックが必要かどうかの検討があれば、それもまとめられると、社会インフラとして十分な耐障害性を有するかの点でのアピールが可能と思われる。
- 安心安全なネットワークを目指した取り組みについては、技術成果としては高く評価する。一方、その技術成果が本当に安心安全を求める社会課題の核心を押さえているのか、災害を含めた社会課題の解決に本質的なのかについてはさらに現実社会の分析を行う必要があると感じる。歴史的な自然災害や COVID-19 など「想定外」の事態が頻発する中、それら事例に当てはめながら、「社会課題の核心的解決と価値創造」に向けて、取組の軌道修正を柔軟に行っていく必要がある。（個別の事態に対応すべきと言う意味ではありません。想定外の社会状況の変化によって研究目標や研究の方法がどう変わったのかが見えない「感度不足」を言っています。）

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	標準外径のマルチコアファイバのテストベッドをイタリア・ラクイア市に構築し、また4コア一括増幅器を用いた1000kmを超える伝送路での実証実験も予定されていることから、今後の実用化に向けた可能性と課題も期待できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	委託研究等を通してのマルチモードファイバや伝送システムに関する国内産業技術の立ち上げ、周辺技術での諸企業の技術開発指導、国外でのフィールドテスト参加、研究会を通してのコンソーシアムへの参画など積極的に社会実装への展開が図られている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 何より NICT 主導のマルチコアファイバ・ケーブル技術を、複数の委託研究を通して国内企業を技術牽引した点は大いに評価できる。その他、関連技術の開発による企業指導、研究会を通してのマルチコア、マルチモードファイバ伝送技術の国内コンソーシアム形成により産官学連携の支援、フィールドテスト参画による実装化への検証などは評価できるものである。 ● 特許等は基本特許であれば十分と考えるが、商用を考えると周辺特許の取得も尽力してほしい。R2 以降に再構成可能ノードにネットワーク可視化機能等を受託機関のアラクサラ製のルータ製品に展開・活用することを目指しているのは、我が国の数少ないスイッチ系のメーカーであるため、必要な政策と考えていた。KDDI と NTT コミュニケーションズと共同で災害時を想定したキャリア間連携による光パスネットワークのオーケストレータとL2データ層での相互接続実験を世界で初めて実施し、機密漏洩を防止した全自動制御を実証したことを評価したい。 ● マルチコアファイバに関しても、イタリア・ラクイア市に実環境テストベッドを敷

設し、ラウイラ大学との共同研究でフィールド試験を実施するなど、次期の研究に有益な布石を打っている。昨年同様、他研究機関との技術的な優劣についても情報収集は十分である。

- 実網を使った特性評価、光ノードの基本機能の実装評価を行い、実環境に近い形で性能評価まで行った点を高く評価する。標準外形ファイバーで実用的な環境でもペタビット級での伝送が可能であることを示した点、ROADM 構成でのパス切り替えの実証など、実用化を視野に入れてマルチコア、マルチモードの適用可能性を示した点も評価する。
- 共同研究や委託研究を通じ、産業界や他機関との連携を持って活動していることは、社会実装に向けたアプローチとして高く評価する。
- 空間分割多重伝送技術は、その社会における実用性を訴求する必要性が高まっており、自ら主張していく立場は挑戦的な面が多い。その立場を貫いている点は高く評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- 競争が益々激しくなる分野でもあり、先導的に社会実装化への取り組み強化を期待したい。例えば、国内フィールドテスト、テストベッドの構築により国内外機関の取り込み、応用を見据えた開発の戦略化（地上長距離、海底ケーブル、データセンタなど）、標準化活動などを通して、早期システム実用化、国内通信産業育成への道筋を期待したい。
- オープンなテストベッドの構築、運用を進めていただきたい。それにより、実用化へ向けたプロジェクトの展開を期待したい。その中で、運用方式の検討、耐障害性の評価、既存との相互接続などのトライアルを行い、実用化へつなげていただきたい。
- スイッチや増幅器などのコンポーネットについて、研究成果をライセンスに結び付ける努力は高く評価します。ライセンス料を稼ぐことが国研の主旨ではなく、成果を広くかつ迅速に社会に出し、社会課題の解決に貢献することが本旨です。特許開示戦略（非制限的／制限的）、標準化戦略（国際標準化／国内産業囲い込み）、オープン化／クローズド化などの技術戦略を個々の成果ごとに明確にしていくことが研究の出口戦略として極めて重要です。国研として最も効果的な「手離れ」をさせることを期待します。
- このテストベッドの結果が今後の社会実装の広まりを左右する可能性があり、今後の期待を込めて積極的な立場を継続していただきたい。

（改善すべき点）

- 社会実装に当たっては NICT 独自技術の確保が重要であり、有形無形あまた

あると考えられるが、その証文ともなる特許が少ない傾向が見られる。システム開発では技術実証で論文発表が多くなり、特許はなじみが薄いととも考えられるが、出来るだけの改善を期待したい。また、今後産業界を巻き込んだ標準化活動やデファクト応用への検討も期待したい。

- 特許化・ライセンス化したマルチコア一括光スイッチやバーストモード光増幅器に関して、メーカーと調整して、市場導入時期を明らかにした方がいい。
- 網のオペレーションに関わる部分については、「革新的ネットワーク」の研究課題との連携など、今中期の中でも連携ができているのであれば、その点もアピールしていただきたい。上位レイヤへの効果についても、あわせて実証できるとより成果の有用性がアピールでき、かつ、実用化が加速されると思われる。
- 「太いファイバー」システムの研究は、あらゆる技術を投入して伝送能力を極限まで追求してトップデータを競う研究として割り切ることができる。一方、標準径に近いファイバーシステムの場合は、標準径と言う制約条件の下での研究であり、より社会実装を意識したものである。社会的課題をより強く意識することで実装に繋がる成果が期待される。

標準径にはきわめて多様な応用先があり、それぞれに求められる指標も異なる。どの辺りの分野が実用の突破口であり、どの分野で広く普及するかの展望により、重視すべき指標や適切な技術とその評価も異なってくる。その辺りを明確に意識して定義することで、さらに良い成果が期待される。（例：シングルコアの順次置換を想定するなら、互換性／相互接続性／部分置換性が重要であるとか）

項目	2-(4) 光アクセス基盤技術
----	-----------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	光アクセス技術は、ユーザに近く、かつ近年は 5G・5G 以降の高速無線技術との接点でもあるため、社会実装を意識して進めている傾向が強い。その傾向に対応した研究開発を実施していると認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	統合 ICT 基盤技術の中で、大容量情報ネットワーク構築をフォトニックネットワーク基盤技術と連動してアクセス系から支える基盤技術として、光デバイスのパラレル化、100G アクセスという概念を提示し、100Gbps 級アクセス系の構築、光コアネットワークの統合化の目標は大いに評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)
<ul style="list-style-type: none"> ● 国内・国際会議や論文誌等に多数論文が掲載されている。パラレルフォトニクス基盤技術では、「世界に先駆け開発した二次元アレイ受光デバイスにより、マルチコアファイバ直接接合による 800Gbps 伝送に世界初成功、空間光伝送では WDM・100Gbps(50GHz 帯域伝送)の大容量光無線受信に成功」、100G アクセス基盤技術では、「二次元 PD アレイによる空間的な光検波を用いた新たな光同期検波方式を提案・実証」が代表的。社会展開に関しても、省エネルギー化、鉄道無線、空港滑走路監視レーダシステムへの展開を考え、工学的に高い成果を上げている。 ● Beyond 5G にむけたアクセス技術として、大容量を低エネルギーで実現する技術開発は重要な課題である。また、有線、無線の連携、コア網とのシームレスな接続はネットワークサービス実現に不可欠な機能であり、システム要求を考慮してデバイス実現の目標設定としている点を評価する。実装基盤として

の高周波デバイスへの取組も、実用面での国際競争力を高める重要な取り組みと評価する。

- ヘテロジニアス集積技術、パラレルフォトニクス技術について、アクセスネットワークの無線高速化に対応した小型集積化・光無線シームレス接続技術に展開するなど、時宜を得た対応を行っている点が高く評価できる。また標準化提案にも積極的に取り組んでいる。
- 広帯域アクセス系の基盤技術を研究開発するに当たり、パラレルフォトニクスや 100G アクセス系と言う概念を提唱し、2次元フォトダイオードアレイや量子ドット・シリコンフォトニクスのヘテロジニアス集積などにより、100Gbps 光送受信機や光無線、センサ、光信号処理などへの応用への成果にデバイス基礎面から結実させた点は大きいと評価できる。
- 技術到達レベルとして、数値目標を明確に設定しているケースが多いこと。
- パラレルフォトニクスは、高集積二次元受光アレイ、マルチコア直接接合、駆動電力同時光給電を含め挑戦的な内容となっていること。
- 出口戦略を計画として明確にしていること。

（改善すべき点）

- アクセス網に高周波無線を導入する分野に関して、さらに検討が必要と考える。最近、衛星間光無線が商用化したので、宇宙まで含めて導入メリットが直感的に分かるように工夫すべきである。「一部、パラレルフォトニクス成果」の注が気になる。むしろ、両テーマのシナジー効果を活かして、よりインパクトのある成果を目指すという意味では、特筆すべき成果としてまとめた方が、システム的な意識で研究していることが分かり、好印象になる。
- デバイス側の研究として整理して、目標設定もデバイスの実装という目線で定義するほうが分かりやすいと思われる。ネットワーク応用としての位置づけとして整理することは必要ではあるが、より汎用的なデバイス技術を確立することも重要であり、先進性をもとめるのであれば、応用の枠で狭めないという選択肢もあると思われる。
- 光デバイスの基盤から応用への展開は、目的指向的なデバイスであればある程度スムーズであり、多くの成果が上がられているが、目的探索型の取り組みが一定割合実施されても良かったのではと考えられる。例えば、ヘテロジニアス集積素子により、種々の将来応用に繋がる展開を期待したい。
- P.68 の「ニーズ→ギャップ→シーズ→出口」が技術課題オリエンテッドになっていて、光アクセス基盤そのものに対する（技術）課題に偏っている感がある。アバター／拡張現実／遠隔医療等を社会課題と捉えるのであれば、成果目標とその成果出口もそれら課題から客観視して自己評価をする必要がある。
- 「超高速・極低消費電力」と言う大きな目標に対して、「極低消費電力」の数値目標が明確でない。そのため、どの程度のチャレンジなのか、必要なブレークスルーが何なのかが曖昧となり、せつかくの研究成果も到達できたレベルを示すだけでアピールに欠ける。「超高速」と対比すると勿体ないと言える。同様に、「高密度高精度な ICT ハードウェア技術」においても、数値目標を設

定すべき。例えば「△ cc に○個の△デバイスと□デバイスを集積して◇性能を達成」、「これは、従来比×倍の高密度高性能」など。

数値目標設定は、研究のチャレンジ度と言う意味で重要であるだけではない。「なぜその目標以上でないといけないか」を決めるためには、社会課題が解決する／産業構造が変わる／新しいサービスができる／世界一の技術になる、などの理由が必要ですから、目指す研究がより明確にできることにその意味がある。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ヘテロジニアス集積技術、100G 超光アクセス技術、光アクセス・光コア統合ネットワークそれぞれにおいて独自のデバイス・信号処理技術を導入し、優れた成果を出し続けている状況を特に高く評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	パラレルフォトニクスと 100G アクセスの各基盤技術において、100Gbps 級の新規光集積デバイス、光サブシステム、光無線などの多くの成果を創出し、高レベルの国際会議などで高評価を得ていることは科学的意義の高さを示している。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 世界トップクラスの技術実証を行った先導性を高く評価します。
 - 2次元受光アレイ素子
 - 100GHz 級高周波信号とデバイス駆動電力の同時光給電
 - 16 マルチコア 800Gbps 級パラレル伝送
 - 広帯域可変量子ドット光源
 - 二波長量子ドットレーザー
- 国際学会における論文発表もしっかり行われ評価を得ている。また、被引用数も相当数に上ること。
- 特許出願件数が一定レベルに達していること。
- 量子ドットの特異な物性を利用した高温動作 SOA、IFoF 技術を用いた 100Gbps 級光・無線シームレス接続、光位相回復技術など、最先端の成果を出しつつ世界の研究開発を誘起している点が非常に高く評価できる。
- パラレルフォトニクスにおいては独自量子ドットとのシリコンフォトニクスとのヘテロ集積による波長シンセサイザ、単一走行フォトダイオードによる 100GHz

光給電受信機や2次元フォトダイオードアレーを用いたマルチコアファイバ60Gbps 受信など、100G アクセスでは目標を上回る 130Gbps 級の光ミリ波無線通信や高速鉄道への適用、空港障害物センサなど、核となる光デバイス基盤技術から広い新規な展開が図られ、高いレベルの成果が得られている。

- アクセス装置に求められる小型化、シンプル化、一体化に必要な、デバイス技術の実現とそれを用いたシステム化を実現している点を評価する。高速PDアレーの実現と、それを用いたシンプルなコヒーレント受信、光・高周波のハイブリッド集積技術等、光伝送技術を大量に展開するうえで基盤となる技術開発を進めた点を評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 2次元 PD アレーを応用したコヒーレント光信号の平行受信方式は、大変興味深い。コヒーレント通信のボトルネックを多角的に分析することで、そのブレークスルーに結び付けることを期待します。
- 平行フォトニクス・ヘテロジニアス光集積デバイス技術は、高いレベルでの実証に成功していることを高く評価します。社会実装に向けた具体的な方法論は今後でよいが、実装を想定した場合の想定される課題(例:安定性、所要精度、プロセス、...)を客観的に分析することで、出口に繋げてほしい。
- 2次元フォトダイオードや高速フォトダイオードと III-V アンブなどヘテロジニアス集積の広い応用展開は高い評価に値するものであり、さらなる集積化への挑戦、すなわち2次元アレーとヘテロジニアス集積または場合によってはモノリシック集積化により、一層の高速化などの特性向上、超高密度、新機能、超小型、低消費電力などを期待したい。
- それぞれの要素技術において進捗が見られた。有・無線融合システムの応用を考えた場合に必要となる要素技術のマップを整理し、現在の延長線上で進めるべきもの、システム構成上新たに検討されるべきものを明確にした整理があると良い。今後、小型化と高速信号を扱う必要があり、光、電気の要素技術を一体化することが求められて来ており、それを意識した研究目標設定についても期待する。

（改善すべき点）

- 応用は送受信、変調などの端末機器向けへの取り組みが主のようであるが、光信号処理、光演算など、世間的に古くから取り組まれながら時期尚早的に頓挫したテーマなどへの応用も睨んだ挑戦的なテーマへの取り組みを期待したい。
- 「一部、平行フォトニクス成果」の注が気になる。むしろ、両テーマのシナ

ジー効果を活かして、よりインパクトのある成果を目指すという意味では、特筆すべき成果としてまとめた方が、システム的な意識で研究していることが分かり、好印象になる。

- 競合する研究成果との比較についてもまとめていただきたい。どの程度、他の研究開発から先行しているか、デバイスは国際競争力の源泉であり、リソースの割り振りも含め、鍵となるデバイス創出の競争力強化を図っていただきたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	アクセスにおける高速化・高集積化・無線ネットワークとの融合を推進していく現在の社会状況に対応した技術を提示し続けている点を特に高く評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	異種材料接着の確立によるヘテロジニアス集積技術、マルチコア、マルチモードファイバ伝送への光デバイス応用、光無線による高速移動体高速通信やレーダーセンサシステムへの適用など多くの点で光デバイス基盤技術から社会展開を図ったことは評価に値する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光ファイバ無線技術の空港監視システムや高速鉄道への適用に関して、ITU-T国際標準化に貢献している点は社会的に大変有用である。 ● ヘテロジニアス集積技術による光シンセサイザや電子デバイス集積光受信器など、2次元フォトダイオードのマルチコア・マルチモードファイバ伝送への受信機としての適用、光無線による高速移動体高速通信やレーダーセンサシステムへの適用など多くの点で光デバイス基盤技術から多くの点で社会展開を図ったことは評価に値する。 ● アクセス網は設備数が多いので、社会の省エネルギー化に寄与する高温環境耐性を有する波長 1.5 ミクロン帯量子ドット光ゲイン技術を駆使し、世界に先駆け 1THz 超広帯域・多波長光源の開発に成功したのは、将来の導入が楽しみである。アクセス網に導入が難しかった光コヒーレント通信方式を簡便に利用可能できる、高多値信号にも対応できる二次元 PD アレイ・光同期検波方式を提案・動作実証し、ECOC2019 に同技術分野の“Optical Field Reconstruction”分野を会議セッションとして設立したことは大きく評価したい。

- ミリ波帯による 100Gbps 級の伝送容量の実現、空間、光、無線ハイブリッド技術などによる無線を含めたアクセス区間の大容量化の基盤技術を確認した点を高く評価する。ファイバー無線の応用を標準化勧告として採択された点は、光、無線ハイブリッド技術の研究開発の社会的意義が広く認められていることを示している。

（さらなる成果を期待する点）

- 光空間・ミリ波無線のハイブリッド技術は、高速化／大容量化／長距離化／高信頼化／小型簡易化／低コスト化／無線周波数有効利用など様々な指向方向があり得る。大容量化としての研究成果は高く評価するが、解決しようとしている社会課題が不明確なまま技術目標が設定されている感がある。課題を明確にすることにより、研究の指向方向や目指す技術達成レベルが明確になり、より価値の高い研究になると考えます。例えば、移動無線周波数の拡大と言う社会要求に対して短距離固定無線周波数の削減あるいは共用で応えるという課題設定の場合は、大容量化が主たる目標軸・評価軸ではなくなる。技術要素として良い成果が上がっているので、社会課題視点から改めて見直すことで、社会的な価値創出に繋がる事を期待する。
- 二次元 PD アレイによる空間光受信の成果は高く評価します。光空間伝送の設置困難性解決がこの技術が提供できる大きな社会価値だとすれば、その課題に対する目標設定を明示して研究すれば、より価値のある成果になる。
- optical field reconstruction の応用は、現在の想定範囲を大きく変える可能性もあると感じました。広くアイデアを展開されることを期待します。
- 光デバイス基盤技術は、場合によっては思わぬ広い応用の展開が期待される。一層の情報通信容量の拡大、それに伴って対応が必要な低消費電力化、さらに安全・安心社会、感染症対応社会に向けての光デバイス・材料基盤面からの取り組みを、出来れば新規パラダイムも標榜しつつ、それらの核となる技術への挑戦的取り組みを期待したい。
- 今後のモバイルサービスの基地局側の技術として活用されるようなアクティビティへつなげていただきたい。実用化までに時間を要するデバイス技術については、中長期の戦略的な取り組みが重要と思われる。中長期のロードマップを意識した取り組みの検討を期待する。

（改善すべき点）

- 光・無線シームレス伝送は、伝送容量視点から素晴らしい成果であると評価します。一方、5G 等では、gNB の Functional Splitting がベースラインになっていることを踏まえると、このシームレス伝送研究をどう嵌め込むかのシナリ

オによって、重視すべき技術評価軸が異なってくる。また、社会的価値のアピールポイントも変わってくる。

- 各技術の一層のプロトタイプ化を目指した取り組みを期待したい。また、社会的価値の広さや深さの点から見た場合、もちろん広く深い方が有意であるが、他方、狭いながらも重要な応用も考えられる。例えば空港でのリニアセル監視システムは重要ながら現段階では応用は限定的とも考えられる。可能であれば、新たな応用の検討を期待したい。
- 「90GHz の光ファイバ無線技術による世界最大級容量の 80Gbps 超の光・無線シームレス接続技術の構築に成功」に関して、無線区間が安定性は降雨減衰だけでなく、柔構造の現代のビルは地震だけでなく風でも揺れる弊害も考えないといけない。その種のトラッキング技術の研究開発が必要ではないか。稼働率の検証を種々の環境下で示す必要がある。
- ワイヤレスネットワークの研究との関連性についても明示していただきたい。アクセス技術は性能だけでなくコスト面も重要であり、コスト削減可能な研究開発について外部（企業）と連携した取り組みを活用した検討が行われると良い。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	光ファイバ無線技術を中心に、標準化のみならず具体的な実証実験を実施し、その有用性を示していることを高く評価する

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	多くのテーマで実用化を見据えた企業が参画して開発しており、光デバイス面からの基盤技術の社会実装への意識や実績が高く評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 高速鉄道向けの HO フリー光無線技術実証は、目的が明確でかつ鉄道会社他の産業界と連携を取って実証していることを評価します。
- 光無線相互変換技術の研究成果を 90GHz 空港異物監視レーダとして適用し、フィールドで実証を進めたこと。
- 量子ドット波長可変光源を産官連携で製品化に結び付けていること。
- 成田空港滑走路の異物感知レーダー、クアラルンプール空港の監視レーダー、ハンドオーバーフリーの高速移動体光ファイバ無線技術の北陸新幹線での実証実験を実施し、その性能評価を通して可能性を示している点を高く評価する。
- 独自の量子ドット技術の製品化、ヘテロジニアス集積や光コム発生技術、2次元フォトダイオードによる光無線技術、空港滑走路監視レーダーシステムなど企業や産官学連携により社会実装化を積極的に取り組んでおり評価できる。
- 産官連携で、世界初の新しい波長帯域(1100nm 帯)で波長の途切れない波長可変量子ドット光源の製品化、WDM 伝送用光源やピコ秒光短パルスや高周波信号の生成にも利用可能な光周波数コム発生器の製品化、1 ミクロン帯や 1.3 ミクロン帯で発光する高密度量子ドット結晶成長技術の産業界への技

術移転を行っていることを評価したい。

- 空港滑走路監視レーダシステムに関しては、成田空港滑走路、クアラルンプール空港等でのフィールド試験で、社会実装への努力が見える。
- ファイバー無線の空港監視、高速鉄道での無線セル切り替えへの応用など実フィールドでの実証を行い技術確認できた点と標準化勧告として提案、採用された点を高く評価する。量子ドット技術、光コム技術について、技術移転、製品化へつなげた点、着実に権利化を進めた点を評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- リニアセルのような移動体通信をターゲットとする光ファイバー無線技術の実証は評価する。一方、IMT 用のバンドとしては、81-86GHz が候補バンドであったが、WRC-19 では特定されず、ミリ波帯では 66-71GHz が特定された。移動体通信としての社会実装を目指すのであれば、このグローバルバンドで実証することが望ましい。
- 今後の社会インフラへの広がりをも具体的に示す／技術移転などで社会への浸透の道を開いていくまでの先導的な取り組みを期待したい。
- 核となる光デバイス技術により応用の広さを示したことは評価できるものであり、今後は一層の外部機関・企業との連携により、更なる広い応用への展開を期待したい。
- デバイス製造技術との連携が不可欠であるが、NICT の課題ではないが、考案したデバイスをどう製造、ビジネスへつなげていくのかについて議論をしていく場も必要と考える。

（改善すべき点）

- 空港異物監視レーダへの応用は、メーカー連携で製品化が期待され、高く評価する。ただ、空港の課題分析から目指すべき指標（例：検出精度、検出時間、エリア展開、安定性、……）が数値目標設定されていれば、競合技術に対する優位性や社会的な価値がもっと明確に主張できた。（結果成果としての達成レベルが低いと言っているのではありません。競合技術より勝るインパクトある成果で社会課題を解決できる「技術のレベル」を最初に設定することの重要性を指摘しています。低い目標数値なら国研で実施する必要は無いので。）
- 社会実装のための部署としてオープンイノベーション推進本部の活動状況の詳細は不明であるが、研究担当者とも連携して積極的な社会実装化を期待したい。
- アクセス網に高周波無線を使う試みは長い研究の歴史がある。いずれも、降

雨減衰や建物振動による通信の安定性が問題となり、大規模な商用化には結びつかなかった。大容量かつ通信の存在が物理的に分かるため、ケーブルに多い無駄な敷設を避けられるメリットを活かした使い道を考えたほうが良いと思う。それを探すことも研究テーマではないかと考える。

- デバイス側から応用を探る形になっているが、さらに応用を広げるためにシステム側と連携する枠組み作りを期待する。

項目	2-(5)衛星通信技術
----	-------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	10Gbps 級の超高速衛星光通信の実現に関しては、明確かつ分かりやすい目標を設定して研究開発を進め、着実に成果を上げた。また、5G/B5Gと連携した多層・非静止ネットワークという挑戦的なテーマも創出した。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	光関連の研究開発は世界を先導すべくチャレンジングな目的・目標となっており、また、RF 系は GEO を念頭に世界トップレベルの目標・目的となっているため。

(2) コメント評価:

(評価する点)	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術試験衛星 9 号機の衛星搭載機会を活用して宇宙実証を目指し、10Gbps 級の衛星搭載用の超高速光通信ターミナルを開発すること、50kg 級小型衛星に搭載した小型光トランスポンダ(SOTA)を用いた衛星-地上間光通信実験を実施し、SOTA の技術を活用した超小型衛星搭載用小型光通信機器を開発するという目標は、大容量衛星通信システムの実証、フレキシブルな広域・高速通信システム技術の研究という観点から、挑戦的な内容を含んでいる。 ● 10Gbps 級の超高速衛星光通信の実現を目指すテーマは極めて挑戦的であったが、国内外と連携して着実に軌道実証を進め、超小型衛星への搭載など適用範囲を広める活動も行った。 ● 多層・非静止ネットワーク構想は、先進性、実用性のバランスが取れたテーマである。衛星通信技術の COE として革新的な成果を期待する。 ● 光関連の研究開発は世界を先導すべくチャレンジングな目的・目標となってお
---------	--

り、RF 系は GEO を念頭に世界トップレベルの目標・目的となっていること。

- 光衛星通信は、技術としては高く評価できる。
- 10Gbps 級地上-衛星間光通信と言う明確な数値かつ高いレベルの目標設定がなされていることを高く評価します。
- ETS-IX 関係の研究については、国の政策方針に基づいており、かつ数値目標が設定されていることを評価します。

（改善すべき点）

- 衛星通信に関する研究開発は、民間主体で、低コストの5Gと連携した LEO 衛星に関する研究開発が盛んになっている。このような状況下で、国家予算でコストの高いブロードバンド静止衛星や光衛星通信ネットワークに関する研究開発を行う意義や戦略を、より明確に示す必要があると思われる。なお、LEO 衛星などの小型軽量衛星に搭載可能な小型光通信機器の技術開発は優位性があるので、実用化に向けてさらに頑張ってもらいたい。
- 海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信に関しては、際立った差異化技術や成果が見えにくい。次期中長期計画で、位置付けに関して十分な再検討が必要と考える。
- 衛星光通信とテラヘルツ技術について、使い分けの議論が十分なされていないように感じた。適用領域に対するそれぞれの長短を明確にしていきたい。
- 研究対象の衛星通信システムは国の政策に準拠し、GEO 中心の研究計画となっているが、日本の複数の通信会社がビジネス性を勘案し、LEO システムに投資している。NICT の LEO システム関連の研究リソースの投入が低いことが懸念される。
- 低軌道周回衛星は、今後、5G/Beyond 5G との連携を含めて大きく期待を集めていることから、低軌道周回衛星を軸として Beyond 5G 対策を本格的に実施することが望まれる。
- 衛星量子暗号など先端技術競争の激しい分野に関して、研究の数値目標が必ずしも明確に設定されていなかったのではないかと感じる。高い目標設定はイノベーションの一つの源泉であるので、先端競争分野では、進捗管理よりも目標の高さを優先すべきと考えます。
- グローバル光衛星 NW では、稼働率を意図して光無線併用フィーダリンクが想定されている。衛星 NW アーキテクチャの研究（例：サイトダイバーシティ）を目標とするのであれば、光フィーダリンクの伝送路 Gbps 目標に加え、NW 全体としての無線フィーダリンク周波数の削減というさらに高い目標設定もあり得

ます。それにより光ファイダリンクへの否定的な見方を打破できます。周波数有効利用、周波数再配置と言った重要な政策課題に寄与する出口設定が国研としての役割ではないかと考えます。

- SOTA、VSOTA などによる実験の計画と実証は高く評価します。一方、小型通信衛星については、60 機もの衛星を折りたたみスタッキングして一度に打ち上げることが毎月数回も行われる時代になっている。このような実装状況を考えると、一品の小型衛星による技術試験という試作形態で十分な計画であったのか改めて検討すべきと考えます。（適切な例えではないかもしれませんが、少量でもASIC を作れる時代にディスクリート IC で作るイメージ。）

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	超高速、長距離光衛星通信や、光量子通信の研究開発は独創性、革新性、先導性に富んでおり、中長期計画全般を通じて高く評価できる

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	SOTA 関連の研究開発、量子通信基礎実験の成功に顕著な革新性、先導性、発展性が認められると判断したため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- SOTA の搭載実証、特に光子レベル量子通信の実証は高く評価する。
- VSOTA による光衛星通信実験は、小型装置での実装を通じ ISS 搭載実験に繋げた点を高く評価します。
- ETS-IX 光 10Gbps 伝送の開発実証は、先導性として評価する。
- 実際に 10Gbps 光衛星通信の送受信部まで実現見込であることは革新的であり、研究コミュニティを形成して推進している点を含め、今後の技術動向を先導する観点で有意義である。
- 衛星－光地上局間の光量子通信実験結果に関する論文が、インパクトファクター37 の学術誌に掲載された事実は、その科学的価値を表していると考えられる。
- SOTA 関連の研究開発、量子通信基礎実験の成功に顕著な革新性、先導性、発展性が認められる。GEO への光、RF 両用フィーダーリンクに関する研究は先導性、発展性が認められ、将来の宇宙空間における光利用への貢献が大きい。
- 衛星搭載用の HICALI の開発を推進し、静止衛星に対して 10Gbps 級の光通

信は世界初の伝送速度を達成したことは、科学的意義が高く、打上げスケジュールに合わせ光通信機器の性能評価を完了見込みであることは高く評価できる。また、SOTA を用いた衛星-地上間光通信実験を成功裏に遂行し、SOTA と光地上局間で、光子レベルで送受信を行う量子通信の基礎実験に世界で初めて成功し、論文が Nature Photonics 誌に掲載されたことは、独創性・先導性の点で高く評価できる。NICT が開発した質量 700g の衛星搭載超小型光送信機(小型光コンポーネント実証ミッション:VSOTA)を東北大学の開発した 50kg 級小型衛星 RISESAT に搭載し打ち上げに成功したこと、SONY CSL が開発した光通信機器 SOLISS を ISS に搭載し、双方向の光通信実験に成功したことも、科学的意義がある。

- 衛星通信の場合、システム開発に時間がかかる点は否めないもので、当初計画通り研究を進めることは重要であり、またその通り進んでいることに対しては高く評価する。

(さらなる成果を期待する点)

- 量子暗号衛星通信については、中国をはじめ研究競争が激しい。SOTA 実証以降の進捗が良く見えない。国益に直接的に関連する分野なので、更なる成果を期待する。
- 多層・非静止ネットワークにおいて、見通し区間となる光通信の適用領域が広がるのではないかと。衛星-地上間通信に固執せず、より適性の高い適用領域を見出し、その領域で革新的な新技術の開発につなげることを期待する。
- 光フィーダーリンクについては、通信利用を考慮すると、更なる高速化が求められる。GEO、LEO 利用の双方での実用化を念頭においた研究開発成果に期待する。
- LEO の研究が不足していると考えられる。また研究開発として、衛星自体の開発だけに留まらず、衛星の運用上での技術開発や、衛星回線と例えばローカル 5G とのヘテロジニアスネットワーク構成の中で、高速転送、低遅延をどう考えるのかなどを検討すべきと思われる。

(改善すべき点)

- 5 年間の特許出願が 10 件以下と言うのは、延べ研究者数を考えるとかなり少ないと言わざるを得ない。論文数に比べてもかなり少ない。研究の新規性(独創性)と有効性(発展性)のバロメーターとして、もっと重視すべきである。国研での特許取得は、研究の新規性や有効性の証左と言う意味以上に、日本の産業発展や国益などの観点からも重要である。(現状を変えるためには、「出願〇件/年/研究員」の目標を設定すべきであろう。)

- LEO、HAPS などと連携する多層・非静止ネットワークをテーマとして、革新的な研究開発が期待できる。地上系(ワイヤレスネットワーク基盤技術)と連携して、横断的な目標を掲げていただきたい。
- GEO に関する研究内容は 30 年前の内容を現在の想定ニーズに照らし合わせて高度化したもので、革新性等が感じられない。市場ではビット単価がより低い可能性があるグローバルな LEO システムへの投資が、日本の通信会社を含め、増えている。このような LEO システムへの革新的な技術を NICT が提供できるような研究体制が望まれる。
- 衛星通信を NTN として 5G/Beyond 5G に適用するのであれば、Beyond 5G のユースケースを考える中で、衛星のユースケースをしっかりと議論すべきと考える。またそのために要求される衛星の能力を、目標性能としてしっかりと提示し、研究開発を進める必要がある。少なくとも、5G においてどのようにユースケースが設定されていったのかを含めて理解しておく必要があると思われる。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	衛星通信は、安心・安全な社会の実現、グローバルな環境問題の解決につながる研究開発である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	対象としている衛星通信システムが実用化されれば、安心・安全な社会創出等への貢献が期待されるため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ETS-IX 搭載機器等の開発は、国プロとしての政策課題と直結しており、プロジェクトの完遂を期待する。
- スペース ICT 推進フォーラムのような産業界と連携した利用促進の取り組みを評価します。
- 熊本地震被災地へ、通信環境の応急提供を迅速に行ったことは、社会課題に向き合い実践的に社会実装に結び付ける活動として評価します。
- 耐災害性の高い衛星通信のブロードバンド化は、安心・安全な社会の実現に不可欠である。
- 光衛星通信を観測衛星に適用すれば、環境モニタリング等の精度と情報更新頻度を飛躍的に向上できるものと期待される。
- SOTA を用いた量子通信の基礎実験成功は新たなセキュリティ技術として大きな社会的価値創出の可能性が期待される。また、小型衛星への小型光モジュールの提供、実証実験等も将来の新たな社会的価値創出への貢献が期待される。
- 静止衛星に対して 10Gbps 級の世界初の伝送速度を実現する HICALI の開発し、SOTA を用いた衛星－地上間光通信実験を成功裏に遂行し、50kg 級の小

型衛星において光通信と量子通信を宇宙環境で実証したことは評価できる。多数の小型衛星群を用いる高速衛星通信ネットワーク網を構築する世界各国のプロジェクトに影響を与え、高秘匿衛星通信への展開への期待を高めたことは社会的価値が高い。国内の民間企業との光衛星通信実験を成功裏に実施し、民間への技術展開を行うとともに、「2020 年度グッドデザイン賞」を受賞したことも、評価できる。また、実際の災害時において、被災地の熊本地震（28 年 4 月）へ対応し、高森町に WINDS 回線を開設し災害時の通信確保に貢献したことも、評価できる。

- この5年間で開発された技術自体は、価値あるものであると判断される。ただ、NICT のあるべき姿から考えると、現在 NICT が有している技術分野と、Beyond 5G の NTN として期待される技術分野を比較すると、不足している技術分野が多々あると判断される。

（さらなる成果を期待する点）

- 小型衛星による光通信と量子通信の実証は高く評価します。ただ、世界の低軌道衛星通信プロジェクトに対しての社会的価値の主張は、具体的なアクションが見えないため違和感があります。低軌道通信衛星に関して後れを取っている日本としての課題への大きな寄与を期待します。
- GNSS ブイによる観測システムに関する受託研究を着実に実施していることを評価します。地球温暖化、異常災害の常態化、地殻変動など様々な地球規模の課題がある中、NICT としてプロアクティブにこの課題に取り組むことを期待します。
- スペース ICT 推進フォーラム、5G/B5G 連携技術分科会の場を利用し、地上系無線システムと連携して、新生活様式への対応など、新たな社会的課題への対応を幅広く議論していただきたい。
- 光関連技術の商用システムでの実用化の時代も遠くないと思われるため、その段階で NICT の優れた光技術の実用化に期待する。
- 衛星分野は、日本においてもこれから進展させるべき技術が多々あり、それらを国策だけでなく、民主導で展開することも必要となる。そのモデレータとしても役割も重要と考えられるので、日本における衛星通信分野の技術開発の全体像を明確にしつつ、NICT が率先して取り組む分野、委託研究で取り組む分野、フォーラムなどで取り組む分野を明確化し、推進していただきたい。

（改善すべき点）

- 衛星地上統合 MSS に関する ITU-R Report M.2398 や APT/AWG Report-57

への寄与は評価します。（自己評価では社会実装で評価していますが、違和感があります。） 統合 MSS の本質な価値の源泉は、MSS バンドに於いて CDC を上手に扱い、周波数有効利用を図ることで社会価値を創出する点にある。電波政策提言（社会実装）に結び付く研究を期待します。

- 現在は ETS-9 の開発に注力しているが、並行して、社会的意義のある利用実験計画について語られても良いのではないか。
- 国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関しては、民間企業が通信サービスを行うことを前提として研究がなされているが、台頭してきているグローバル LEO システムを考慮すると、異なる実用化シナリオも並行して検討されることが望ましい。例えば、GEO は国等が極めて公共性、安全性の高いサービスを目的として運用する等のシナリオを描くことが出来れば、ビット単価以外の観点から新たな社会的価値創出に寄与できる可能性が考えられるので、種々の観点からの検討が望まれる。スペースデブリへの光照射、散乱光受信関連技術、海洋ブイへの衛星利用は将来の安心・安全な社会創生への大きな貢献が期待されるため、NICT の名前が表に出る形での実利用を開拓する方策に期待する。
- 衛星が主体的に役割を担える社会にするべく、研究分野を精査していただきたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	ITU-R や APT、CCSDS 等において積極的な標準化活動を推進している。また宇宙機開発によって国内企業の競争力を底上げしている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	SOTA 等、小型衛星への光通信装置の応用に関しては社会実装の可能性を見据えた取り組みがなされているため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- CCSDS のリアルタイム気象に関するグリーンブック作成寄与は、国研としての機構の成果出口として適切であり評価します。この種のデータベースと標準化は継続性も問われます。
- 各標準化機関において多くの寄書を策定し、標準化文書として制定している。
- 実衛星を用いた軌道実証を実施することが搭載機器技術を実用化するには不可欠であり、これに向けて着実に開発を推進している。
- SOTA 等、小型衛星への光通信装置の応用に関しては社会実装の可能性を見据えた取り組みがなされていること。
- CCSDS において、「リアルタイム気象と大気特性データ」(CCSDS 140.1-G-1) を完成し、マジエンタブック(推奨実践規範)「光回線運用のための大気特性把握と予測」を完成し、「1550nm 波長での高データレート光通信」のオレンジブック(予備検討規格)の作成にも寄与していることは評価できる。また、ITU-R や APT において、移動衛星通信と地上網の統合 MSS システムや、航空機ミリ波通信の応用として鉄道無線、次世代アクセス技術統合化へ NICT の技術を反映し報告書を完成したことも評価できる。

- 衛星通信については、他分野のような社会実装は実質的に無理があると考えられる。

（さらなる成果を期待する点）

- ETS-IX の機器開発は、メーカーと共同・連携して進めており、社会実装に向けて進捗していることを評価します。一方、ETS-IX プロジェクトの目的の 1 つが「産業競争力の強化」であることを考えると、ここでの研究成果を技術試験衛星ではなく実用商用衛星に活かせることが真の社会実装成果と言える。研究成果のどの要素をどのようにして真の社会実装に繋げられるかも検討いただきたい。（おそらく、機器そのものの実装ではないはずなので。）
- 光衛星通信を実装すべき適用領域について、多層・非静止ネットワークを想定して幅広く検討いただきたい。
- 光関連技術の商用システムでの実用化の時代も遠くないと思われるため、その段階で NICT の優れた光技術の実用化に期待する。
- 国内外の産学官連携を着実に進め、光衛星通信技術の研究開発成果が社会実装されるための活動の推進、及び、宇宙 ICT に関するフォーラムでの光通信技術分科会を立ち上げ等、利用促進と社会実装に向けた活動を継続して推進してほしい。
- 現時点での社会実装には無理があるとコメントしたが、EU との連携などの中でユースケースの議論は不可欠であり、その衛星通信の適用分野、とくに Beyond 5G の中の NTN としてどうあるべきかという議論は、実質的に社会実装である。このような分野に積極的に関与することを期待する。

（改善すべき点）

- 衛星と地上の周波数共用に関連した活動が行われていることを評価するが、例えば 28GHz 帯をはじめ喫緊の電波政策課題に直接的に寄与する研究が見えない。従来の調整距離的な共用とは次元の違う技術は社会的価値が大きく、制度化されれば直接的な社会実装になる。電波制度に対する先見性のある研究をさらに期待したい。
- 衛星通信分野で社会実装を実現することは、容易なことではない。「実装」の一つの形は IPR 許諾である。「科学的意義」の項でも記載したが、特許出願数が累計で 10 件程度と言うのはあまりに少ない。IPR 許諾を社会実装の出口としてもっと意識すべきではないか。（なお、許諾料収入を意図したコメントではなく、排他的（例：国内産業）／非選択的（例：標準化）などの戦略許諾を意図。）
- 中長期計画期間を通じ、論文数に比べて特許数が少ないように感じる。今後

の多層・非静止ネットワーク検討では、衛星に留まらない幅広いプレーヤが関係すると思われるので、知財権を確立した上で技術移転などを進めていただきたい。

- 国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関しては、民間企業が通信サービスを行うことを前提として研究がなされているが、台頭してきているグローバル LEO システムを考慮すると、異なる実用化シナリオも並行して検討されることが望ましい。例えば、GEO は国等が極めて公共性、安全性の高いサービスを目的として運用する等のシナリオを描くことが出来れば、ビット単価以外の観点から新たな社会的価値創出に寄与できる可能性が考えられるので、種々の観点からの検討が望まれる。スペースデブリへの光照射、散乱光受信関連技術、海洋ブイへの衛星利用は将来の安心・安全な社会創生への大きな貢献が期待されるため、NICT の名前が表に出る形での実利用を開拓する方策に期待する。
- 低軌道周回衛星の周辺技術、利活用や運用技術についての研究を期待する。

項目	3-(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術
----	------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	社会実装面での取り組みにおいて、特に高い目標を達成できていると判断し、評点 S のレベルを十分に満たす評価ができると思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	東京オリンピック・パラリンピック 2020 を中心としたインバウンド需要増、また、昨今の外国人労働者受け入れ増に伴う外国人居住者増に対応し、社会的期待に応えられる、具体的、実践的かつ挑戦的な計画となっている。これら計画を超える成果を着実に生み出している。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装面での取り組みにおいて、特に高い目標を達成できている。 ● 性能を決定づける重要な要因である多言語音声コーパスの構築が GC10 言語に加え各拡張 5 言語に対しても当初計画を上回るペースで進んでいる。 ● 実用面で影響の大きい雑音下・混合音声及び言語識別に関する研究開発が進んでいる。 ● GC10 言語に加え各拡張 5 言語に対応した多言語対訳コーパスを構築し、すべての言語において高い翻訳精度を達成した。 ● 漸次化等同時通訳や分野・個者適応型機械翻訳の基礎研究も着実に進んでいる。 ● 音声翻訳サーバを活用したサービスの拡大や、本技術を商用利用するためのプラットフォーム化などが進んでいる。 ● 研究活動の目的・目標は、高いレベルを設定しつつ、着実なコーパスの構築

と社会実装の取り組みに力点を置いたものとなっており、適切である。中長期的な観点からの挑戦的な取り組みも並行して行なっており、基礎研究と応用への展開のバランスがとれている。

（改善すべき点）

- 次の 5 年に向けては、社会の急激な変化に対応して、柔軟に目的・目標を調整できるような取り組みがあると、2020 年度の教訓が有効に活用されるように思いました。
- 多言語音声翻訳を取り巻く環境は、今年度の COVID-19 蔓延の影響を受けて、旅行者だけではなく、多言語遠隔会議における音声翻訳等、活用の場面が広がっている。この流れは、今後も続くことが予想されるため、その時々々の状況変化に対応した形での、目標設定をその都度行っていただきたい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	評点 S のレベルを十分に満たす評価ができますと思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	言語を識別する技術、雑音・残響のある環境下でも音声認識する技術、マルチモーダル言語生成技術、同時通訳プロトタイプ of 構築、対訳コーパスを最小化する技術、などにおいて顕著な学術成果を生み出し、難関国際会議に多く採録されている(論文数ランキング上位)ことは高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 非常に進歩の速い研究分野において、革新性と先導性に優れた研究成果を達成しており、科学的意義は極めて高い。新たな取り組みにも着手しており、今後の発展を期待したい。 ● 着実に広範囲な資源を蓄積し、国内外での独自性を築いてきた点が高く評価できます。 ● 耐残響音声モデル学習技術を考案し、遠距離での音声認識精度を向上した。 ● 話者識別技術を考案し、既存技術を上回る高速で高い認識精度を達成した。 ● 同時通訳のための深層学習に基づくプログラムを開発し、実証実験に提供した。 ● 話者・個者適応技術を用いた深層学習技術を考案し、翻訳精度を向上した。 ● 文脈処理やマルチモーダル翻訳等の研究成果において高い評価を得た。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● データの量だけでなく、ていねいに集めた質の高いデータを活かすという強みをさらに発展させていってほしい。

- 日対多方向について、対訳データが存在していない分野でも、新たに作成するという戦略もとれると思います。いずれ、その戦略をとらざるを得なくなるとは思います。全体計画がどれくらい進展したら、上記の戦略にシフトするのか、の計画策定が必要だと思います。
- 関連分野として、雑談対話の研究において、ニューラル雑談対話モデルが進展を遂げたということを知っていますので、これらの多言語化・言語横断化について、例えば、委託研究に出すなどして、次の5年の計画の中に盛り込むなどのアプローチもあると思います。NICT 内の他のグループとの共同計画、というアプローチもあると思います。
- COVID-19 の蔓延に伴い、音声翻訳技術の活用場面が、対面からリモートに広がっているため、遠隔会議などでも高い音声翻訳性能を達成する技術にもチャレンジしてほしい。

（改善すべき点）

- 今回のプロジェクトの当初目標としては期待以上の優れた成果を生み出せているといえる。今後は、文脈やマルチモーダル及び同時通訳に加え、前述の遠隔会議に対応した音声翻訳技術等、技術的ハードルの高い課題が待ち構えているので、今後の研究開発のターゲットをうまく絞っていき、限られた研究リソースを有効に活用して、意義のある成果を生み出せる体制をつくってほしい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	評点 S のレベルを十分に満たす評価ができますと思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	東京オリンピック・パラリンピック 2020 を中心としたインバウンド需要、また、外国人労働者受け入れ増に伴う外国人居住者増等の社会的環境変化に対応し、計画当初には想定していなかった言語も対象に加えて研究開発を進め、社会課題に応える特筆すべき成果を上げた。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 多言語の音声認識、音声合成の技術の高度化を達成しており、高く評価できる。多くの社会実装をとおして、社会にインパクトを与えており、グローバルで自由な交流の進展に大いに寄与している。
- 社会実装を見据えた社会的価値については、十分なものが認められると思います。
- 多言語音声コーパスの構築においては、当初予定していなかった5言語を含む計画を上回る規模が完成した。
- 対象 10 言語及び拡張 5 言語の音声認識において、目標精度を達成した。
- 音声合成においても、全言語で目標品質を達成した。
- 多言語対訳コーパスの構築に関しては、当初計画 10 言語において全分野で目標規模構築を完了し、拡張5言語も同規模の構築の目途が立った。
- 大規模対訳コーパス構築と NMT アルゴリズムの導入で全分野・全言語対で実用レベルの音声翻訳システムを構築した。
- 計画当初には想定していなかったがニーズが高まってきた5言語への拡張など、計画を超えるペースで社会環境の変化にも対応した優れた成果を生み出

している。
(さらなる成果を期待する点) <ul style="list-style-type: none">● 2020 年度になり、社会状況が急激に変化しました。このような変化に迅速に対応して、例えば、インバウンドの利用者の利用状況が医療場面に集中する可能性が高まる状況でも、十分な成果が達成できている、という点についての自己評価があるとよいと思いました。● 当初計画にはなかったが、COVID-19 の蔓延に対応して、今後必要となる遠隔対話等に対応するための言語資源及び技術構築にチャレンジしてほしい。
(改善すべき点)

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	評点 S のレベルを十分に満たす評価ができますと思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	音声翻訳アプリ VoiceTra の開発・公開を通じた、音声翻訳技術の利用拡大に向けた取り組みを積極的に行った結果、ダウンロード数の急増、及び、様々な場面での実証実験や商用製品・サービスが実現できており、社会実装に向けた取り組みは当初想定以上に順調に進んでいる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自治体、防災、警察、鉄道、観光、医療、特許などを対象とした多くの商用ライセンスの提供に加えて、新たなサービスへの発展につながるなど、社会実装の取り組みは、極めて高く評価できる。 ● 社会実装の広範囲な普及は評価できます。 ● 音声翻訳アプリ VoiceTra の開発・公開を行い、多くの展示会や説明会を実施した結果、650万件を超えるダウンロード数を達成するとともに、民間企業や警察、自治体などで100件を超える実証実験に活用された。 ● 音声翻訳ソフトウェアやデータベースのライセンス実績は57件を達成し、実用化に至る事例や新サービスが多数生まれるとともに、プラットフォームサービスとソフトウェアライセンス事業が開始され、利用が拡大した。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装をとおして得られた新たなニーズや課題が研究開発にフィードバックされることを期待する。 ● 2020 年度になり、社会状況が急激に変化しました。すでに走っている各社会

実装の現場において、どのような影響があったのか、ということを経済的に情報収集して記録しておくことは、次の5年の計画策定のための中核的情報源となると思いますので、ご検討をお願いします。

- 当初計画にはなかったが、COVID-19の蔓延に対応した、新ビジネス分野への対応も検討してほしい。

（改善すべき点）

- 社会実装の観点から様々な分野の企業、自治体、警察などとの連携が実現できたこと、また、本技術を活用した製品・サービスが増えているだけでなく、広く活用されつつあることは高く評価できる。今後も継続して、活用される分野の拡充に向けた取り組みを期待する。

項目	3-(2) 社会知解析技術
----	---------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	質問応答にとどまらず音声対話までを含めた研究計画は、成果の実用化や様々な応用に対応できるため社会的価値が大いに高まる。また、GAFA でも大規模な研究投資をしている領域であり、我が国での研究水準を向上し技術レベルを確保するためにも極めて有意義な目標設定である。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	現状を考えると、目的・目標の設定は適切であったことがわかる。技術的・社会的な予測が的確であった。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	現在の社会状況をふまえ、社会的意義と実現可能性のバランスを考慮した上で現実的な目的・目標を設定している。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- GAFA などの先端 IT 企業が注力している領域であり、それと互角に戦っている我が国の数少ないグループの一つである。しかも基礎的な面から実装までの広い幅を持った取り組みである点が高く評価できる。また大規模なニューラルネットワークに必要となる高速並列 DNN 処理を実装することにより基盤システム技術でも高い水準にある点が評価できる。
- 高度な技術開発を目指す一方で、社会における現実的な課題の解決に対しても目標設定が行われている。急速に技術が進展している深層学習について

キャッチアップできている点も評価できる。

- これまでの研究成果の積み重ねを、いくつかの具体的な社会的課題の解決のために展開し、深化させようとしている点が高く評価できる。
- 研究活動の目的・目標は、技術的に困難な課題に取り組んだという点で挑戦的な内容となっている。また社会経済活動の変化に対応するという点でも適切な内容である。5年間の進捗において、多くの研究成果をあげており、高く評価できる。

（改善すべき点）

- 大学等との連携や人材の交流や育成に一層の努力をしてほしい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	複雑な質問応答に始まり、音声対話まで、個別技術要素をきちんと押さえて、それぞれを磨くだけでなく、社会実装して評価を受けるとい、総合的な研究推進を実施している。成果の波及も期待できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	大規模な情報基盤を構築した自然言語処理・機械学習とそれに基づく分析・サービスの提供は、他の多くの組織では困難なレベルにあり、大いに評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	トップカンファレンスでの論文発表に加え、計算基盤技術の整備を通して言語処理分野の研究環境の向上に貢献している。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 介護用音声対話システムの実装を可能とする要素個別技術の開発で成果をあげ、特に高い精度を実現していることが評価できる。次に、それを実現するための、並列化ミドルウェアや RaNNC の実装など、高速大規模 AI 処理基盤に関する技術を育て、我が国での当該分野での研究拠点となっている。
- 技術的にも最先端のトピックに追従できているだけでなく、応用に対しても十分に目を効かせており、基盤研究から応用研究までカバーができています。
- 近年の人工知能研究のインフラとなっている深層学習技術のための計算基盤技術を高度化し、それを用いて様々な研究用言語資源を構築、公開している点は、この分野の研究活動を下支えする意味で意義深い。
- 深層学習技術を使った質問応答は、熾烈な競争環境にある研究テーマであ

るが、難関国際会議での発表を多数行い、また大規模計算基盤技術の高度化を行うなど、革新性と先導性に優れた研究成果を達成しており、科学的意義は極めて高い。

（さらなる成果を期待する点）

- 大規模なデータを駆使する AI 研究の中核機関として機能し発展することが期待される。我が国の技術水準を維持するために必要である。
- 物量主義に陥いる必要はないが、予算を獲得して引き続き国際的に競争力のある資源構築を目指して欲しい。
- 大規模計算基盤技術の公開と作成したモデルは、大規模なモデルを扱う深層学習技術を促進する大きな成果であり、今後の発展を期待する。

（改善すべき点）

- 可能な限り、複数の社会実装により機能や性能の検証を行い、なるべく汎用的で多方面に使うことのできる基盤システムを提供するよう、継続してこの分野への研究投資を継続するよう、ご配慮いただきたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	IT を社会に適用する際に必要となるインターフェースとして音声対話は必須技術である。この分野の基礎的な技術開発を行って高い成果を上げている点が評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	自然言語処理に基づく各種基盤サービスを構築・提供することは社会的な意義が大きい。また、防災や高齢者介護などの課題についても取組みがなされている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	高齢者問題、災害対策など日本における社会的な重要課題を的確に選択し、現実的な手法でそれらの解決策を打ち出している点は高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● IT システムの出来を素人でも評価できるのが音声対話インターフェースである。そこでまともな技術水準にあることが、今後のシステムのすべてで求められる。これを高い水準で研究開発している点を評価する。様々なシステムで使用できるよう発展させることが期待される。 ● 防災・高齢者介護という、異なる分野の社会課題に具体的な取組みを行っていることは高く評価できる。 ● これまでの研究成果である WISDOM X を核として、社会的に重要な課題に展開している点は高く評価できる。
--

- 社会に流通している知識を解析する技術の高度化を達成しており、様々な社会課題の解決に寄与するという点で、社会的価値の創出につながる重要な成果が得られている。

（さらなる成果を期待する点）

- 多くの問題がまだ残されていると思うが、それらをきちんとレビューして、我が国の技術水準を維持するために重要課題を同定して、今後の研究計画で押さえていただくよう、期待します。
- さらに多様な社会的課題に展開することが期待できる。
- 解析技術のさらなる高度化を期待する。

（改善すべき点）

- 人材育成と大学との交流に注力してほしい。奈良先端との連携講座の発展を期待する。他大学への拡大も是非検討してほしい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	介護モニタリングという難度の高いサービスを実装の対象としている点は高く評価できる。実装で得られた課題を分析し整理しフィードバックすることや他の性格の異なるシステムでの実装も行っている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	大規模なシステムを実装し実運用していること自体、社会的なインパクトが大きい。関連企業との連携なども活発である。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	実装したシステムをエンドユーザーに試用してもらう段階まで完成度を高めており高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 今年は DISAANA に関する報告がなかったが、複数の応用で実装をしてきたと理解している。開発した基礎技術の有効性を複数のシステムで評価している点を評価する。それぞれの実証システムでの課題を洗い出し比較検討することにより、今後求められる個別技術を整理して研究計画に反映してほしい。 ● 先端の研究開発の成果を即座にサービスに転用する努力が見られ、社会実装についての意識がきわめて高い。

- 対災害のシステム群については複数の自治体との訓練で使用された実績があり、高い実用性が見込まれる。
- 高齢者介護を対象とする音声対話システムの実証実験を行い、災害情報分析システムと災害状況要約システムの社会実装を行うなどの成果をあげている。

（さらなる成果を期待する点）

- スタートアップ企業が生まれるような研究環境や共同研究体制の強化を検討してほしい。
- 高齢者介護用の音声対話システムについてはすでにフィールド評価の段階に入っている点は評価できる。今後、ビジネス化に向けてさらなる展開を期待したい。
- 社会実装を継続することで、運用における経験が蓄積されることを期待する。

（改善すべき点）

- 国際的な枠組みの中で、基礎研究をどのように進めるか、その成果をどのように実装して社会に提供するか、という課題に取り組む活動のモデルケースとしての視点からの分析があればなおよかった。

項目	3-（3） 実空間情報分析技術
----	-----------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	実空間情報のプラットフォームを基盤として、個別研究分野での様々なデータの収集・統合を行い、異種・異分野のデータ連携を実現するデータプラットフォームを実装したこと、また相関パターン解析など AI ツールを実装しカスタマイズして使えるような環境を構築した点を評価した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	大きな研究目標の設定は、実空間情報分析という観点からは妥当である。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	プロジェクトの進行にともない、目的・目標がより具体化してわかりやすくなった点は評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)	
●	実空間情報の解析は、このようなプラットフォームを作らず当該研究分野に特化したシステムを作る場合が多い。しかし、本プロジェクトではプラットフォームとその上のツール群による横展開しやすいアーキテクチャをめざすところに意義があり、複数の適用分野でベンチマーキングなどを実施するなど、アーキテクチャの妥当性を実証的に示すことができたことを評価する。

- Society5.0 を支える基本コンセプトを実現するものであると考えられ、大変挑戦的な目標設定である。新しい社会サービスを提供するための社会基盤として位置づけられるものとも言える。
- センシングによる情報の取得とその活用は、ますますその重要性が増している領域であり、本研究の意義は十分に認められる。
- 対象が基盤技術なので当初は目的・目標が漠然としていたが、プロジェクト後半には的が徐々に絞られてきた点は評価できる。
- 研究活動の目的・目標は、社会生活に密接に関連する実空間情報を対象とするものであり、社会経済活動の変化に対応するものとなっている。センサーデータを含む多様な情報を利用した状況認識や行動支援を行うための基盤技術の開発を行うなど大きな成果をあげている。

（改善すべき点）

- 次期の計画での具体的な発展方向についてもう少し詳しい予備調査を本プロジェクトの中で行うことが含まれていたらよかった。特にクリティカルな判断材料を収集できればよかった。
- それぞれの専門分野で要求されるスキルと汎用システムとの間の調整をどのように行うか、それに伴う問題などを分析する余裕があればよかった。
- 年度単位として見たとき、この年度には何を行うというような具体的な研究項目をより明確にしてほしい。
- さらに具体的な事例を積み上げ、プラットフォームの有用性を社会にアピールして欲しい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	異分野データの連携プラットフォームの横展開を実現するために、まず共通形式への変換と複合化を行うデータウェアハウスを構築し、異種異分野のデータ連携を実現するための AI を駆使したパターン発見や予測手法の開発を行ったこと。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	ビッグデータ時代において、センシングがさらに大規模化する今日において、センシングから統合分析までを大規模に研究する本研究開発の意義は大きい。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	データ連携の基盤技術を体系化しようとする努力は評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)
<ul style="list-style-type: none"> ● 個別分野で使われる手法を、汎用のプラットフォームの上で容易に実装できるようにすることは大幅な効率化に寄与する。そのためには既存手法を新しいツールで実装するという難しいプロセスをこなさなければならないが、そのような活動をしながら汎用のプラットフォームのアーキテクチャを実現した点を高く評価する。論文賞の受賞などがそれを示している。 ● 他組織には見られない大規模なシステム構築と、広範囲な連携活動を行っている点は大きく評価できる。 ● データ連携の基盤技術の体系化や国際的なベンチマークの実施は評価でき

る。

- 時空間的な特性を考慮したデータマイニング手法や機械学習手法の開発を行っているなど、先導性に優れた研究開発を行っている点で高く評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- 可用性の高いプラットフォームとして備えるべき特性やシステム要件を整理し、次のステップの研究プロジェクトに反映するよう、期待する。
- 本研究の拡がりをさらに期待したいが、いくつかの領域についてはピンポイントで深掘りした研究などがあるとよい。
- 今後も継続的に对外発表をおこなうことによって、社会的プレゼンスを高めて欲しい。
- モデルケースとして分析した経験を、次の研究開発につなげてほしい。

（改善すべき点）

- 機械学習ツールなどで、オリジナルの手法などが提案できればなおよかった。
- 本研究開発の趣旨を考えると、連携組織における科学的実績についても追跡して参考実績として挙げられるとよい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	実空間情報を対象とした汎用のプラットフォームと見なすことができ、それが提供できれば、Society 5.0 にも大いに寄与すると期待される。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	センシング情報の利活用は社会的に大きなインパクトを提供できる可能性があり、潜在的には大きな社会的価値がある。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	構築したプラットフォームを種々の分野に適用してきた点は評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● このようなプラットフォームが成功するには、様々な分野の専門家からの支持が不可欠である。そのような理解を得るためにデータソンやハッカソンなどを実施しアイデアを募ることによりプロジェクトを進めている。このようなコミュニティ形成も含む形でプロジェクトを実施した点を評価する。 ● 他組織との連携(特に海外)が行われており、社会的価値を高めるための取り組みは十分に進められている。 ● プラットフォームの横展開、種々のイベントを通じたアウトリーチ活動は評価できる。 ● 実空間情報の分析は、社会課題の解決を目指したものである。分析手法の開発とデータ連携プラットフォームなどの基盤整備は、大きな社会的価値の創出につながる成果として高く評価できる。
--

（さらなる成果を期待する点）

- 実空間情報を対象としたプラットフォームの適用範囲は広いことから、コミュニティをベースとして発展させていくことができれば大変有益であると考えます。そのためには、提供するツールの品質性能を高く保つことも必要で、是非そのような展開を目指してほしい。
- さらに連携等の活動を活発化することが期待される。ただし、COVID-19 により状況がかなり変わったため、ポストコロナ的な観点も必要であろう。
- 今後も継続的にアウトリーチ活動をおこなうことによって、社会的プレゼンスを高めて欲しい。
- 社会システムの最適化・効率化を目指した取り組みが、今後も発展していくことを期待する。

（改善すべき点）

- 個々の連携に留まるのではなく、NICT を中心としたセンシング処理のコミュニティ的なものが作れるとよい。
- 個々の分野での事例の積み重ねも重要だが、社会全般にアピールできるキラーアプリがあるとよい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	スマートシティを想定して、個別サービスを実装する活動をしてきたことが評価できる。また国際展開を強く意識してプロジェクトを進めてきたことが評価される。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	ハッカソンなどにより、他の組織やユーザに対して技術シーズを広めようとする活動が進められている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	開発した基盤技術をいくつかの社会的重要な課題に適用している点は評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> 異なる複数のサービスを実装することで、提案するプラットフォームの妥当性を実証的に示そうとする点が評価できる。また、国際展開を図る点もロバストなシステムを実現する上で重要なことである。 ユーザとの連携はデータサイエンスにおいて重要であり、継続して実施されていることは評価できる。 ユーザを巻き込んだイベントの開催は評価できる。 データ連携プラットフォームを整備し、実証実験を行っており、高く評価できる。また研究者、技術者、学生などを対象とする課題コンペを実施するなどの

活動も研究開発の成果を普及させる効果が期待できる。

（さらなる成果を期待する点）

- できれば、ビジネスとして発展するような形でサービス展開できるとよい。ただし、これを最重要目標とするのは避けたい。
- さらに活性化されることを期待する。
- ユーザ拡大への努力を引き続き継続して欲しい。
- 社会実装に向けた取り組みを着実に進めてほしい。

（改善すべき点）

- 限られたリソースしかない制約の下で行うプロジェクトであるから、個別のサービスの実装で検証したいポイントを絞り込むことが肝要と考える。あまり総花的にならないように注意する必要がある。
- ハッカソンのその先の社会実装のイメージがあるとよい。
- ユーザからフィードバックをうまく利用する枠組みが必要ではないか。

項目	3-(4) 脳情報通信技術
----	---------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ヒトの全脳のモデル化と理解、すなわち、大規模な低侵襲脳計測データに基づいたヒトの全脳の情報処理過程のモデル化と総合的な理解、という、世界的に見ても特に顕著に挑戦的で、先導性の高い全体目標が設定され、その下に世界トップレベルの個別研究テーマ・実施計画が設定されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	社会に開かれた脳研究の一つのあり方を提案し、それがほぼ実現されていることは賞賛に値する。具体的には、高機能計測技術を開発し、それによって得られた大規模な脳活動データから脳のモデルを構築し、それらを利用して社会的な課題の解決に結びつけるという戦略である。社会貢献が、基礎研究とは異なる視点からの発見や研究資金の循環を生み出すことになるという一つのループが実現されていることがこの研究モデルの特に優れた点である。基礎研究に対する見方が厳しく、資金獲得が難しい現代において、研究所という組織の持つべき一つの優れたビジネスモデルになっている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 大規模な低侵襲脳活動計測データに基づくデータ駆動のアプローチで、「ヒトの」全脳の情報処理プロセスを解析・モデル化して、タスク毎ではなく、総合的に理解することを目指すという、非常に挑戦的な全体目標を世界に先駆けて掲げている。また、全体目標の下に、超高解像度の fMRI 計測や、皮質脳波計測などの脳計測技術の開発、感覚・認知から運動、社会性を含む多様なタスクでの脳の情報処理の理解、計測されたデータの整備と公開、に関する、

世界トップレベルの個別的な研究開発目標と計画が設定され、国際的な連携の下に推進されている。

- 研究活動の目的・目標は、脳情報通信技術の発展を加速させようとする挑戦的な内容であり、妥当なものである。5年間の進捗において、多くの研究成果をあげており、適切である。

（改善すべき点）

- ヒト全脳の理解という全体目標は非常に大きいため、資料の3ページ、4ページ目を改訂して深化させるような形で、全体解明に向けたロードマップ・全体像を描くとともに、認識・感覚、運動、言語・推論、等の分野分けを行い、中期計画くらいの単位で重点的に取り組む分野をいくつか定めて、その中に主たる個別研究テーマを位置づけてはどうだろうか。これによって、個別研究テーマごとの目標や狙い、個別研究テーマと全体目標の関係もより明確になり、研究テーマ間の関係や連携がより豊かなものになる可能性があるのではないだろうか。また、研究の成果をロードマップや全体像にフィードバックさせて精緻化し、研究コミュニティに発信し、共有してゆくことも期待したい。
- 先進性の高い研究を進めるための自由度は大切だが、全体としての方向性を示すことも検討していただきたい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ヒトの脳の情報処理メカニズムや社会的機能に関する世界トップレベルの特に顕著な科学的成果を創出し、Nature Comm. PNAS、Neuron 等の分野トップの論文誌で発表している。超高解像度の脳活動計測法の開発、脳計測データの整備と公開など、今後の脳科学の発展に特に顕著に寄与する成果、を継続的に創出している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	5年間を通して高く評価できる成果が多く発表されていることを評価しました。視覚情報処理のモデル化から始まったエンコーディング・デコーディングの研究がより高次の抽象的なレベルの表現まで進んだことは特筆に値する。また、アルファ波など脳活動の自発的な揺らぎと認識の間の関係の解明を目指す一連の研究は、これからの研究所の目指すべき方向性を模索する上で重要な研究であろうと思う。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 研究成果を多数の論文誌などに発表して、内外から高く評価されており、革新性、先導性の点で優れている。脳情報通信技術の基盤技術の確立に寄与する成果が得られており、高く評価できる。
- 脳の計測データの解析による脳の情報処理の理解に関しては、アルファ波の周波数と脳の構造の関係や、緊張等のストレスが脳の情報処理に与える影響の解明など、科学的に特に顕著で、社会的意義も高い知見が得られている。脳の計測技術に関しては、fMRI による眼優位コラムの計測や、1,000chの表面電位計測デバイスなどの高解像度計測や、日常生活での脳波の同時計測に関して特に科学的意義が高い成果が出ている。脳科学の研究の発展に特に顕著に寄与する脳データの公開も開始されている。

- 全脳モデルを構築することが目標設定であるから、その目標に沿って視覚情報処理からより高次の情報の読み取りができるようになりつつあるのは素晴らしいことである。「全脳」の解明はかなりハードルの高い目標設定であるが、それが可能であるという希望を与えている。

（さらなる成果を期待する点）

- 基盤技術の高度化を目指しつつ、より深いレベルの脳機能の解明に迫るような研究を期待する。
- 能動・多(100)課題実行中の fMRI 計測を用いた認知地図構築は、非常にインパクトの大きな挑戦であり、国内外の大学との連携も含めてさらに幅広く発展させることで、脳の情報処理の全体構造の解明と理解という特に顕著な成果につながることを期待する。また、その結果が脳科学の今後の発展のためのロードマップにフィードバックされることを期待する。脳計測データの整備と公開については、データの収集、解析も含めたサービスが今後継続的に提供されてゆくことを期待する。
- 脳のモデルを構築するというスタンスは、特に fMRI で計測したデータを基盤にした場合、情報のスタティックな表現を読み解くという問題に陥りがちである。しかし、それでは脳における情報処理のメカニズムを理解したことにはならないだろう。エンコーディングの過程を解きほぐすことが必要である。メカニズムは動的であるから、情報処理の時間構造を知ることも本質の理解につながる。したがって、技術開発においては高い時間分解能を持つ技術のさらなる高精度化ができれば、世界に先んじることができるだろう。
- 脳活動の揺らぎの解析は手がかりを与えてくれるし、NICT にはこの方向でユニークな研究ができるポテンシャルがある。その意味で、アルファ波とジター錯視の関連性を論じた研究に注目している。この研究が、脳における情報処理の本質的な何かを捉えているのか、あるいは、視覚情報の処理に特化した現象を反映しているのかはわからない。今後の展開に期待している。

（改善すべき点）

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	基礎科学的な研究を主軸としつつも、社会的な意義や社会実装までを考慮した課題設定が行われており、社会課題の解決につながる顕著なインパクトのある成果が複数得られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	2つの点で高く評価している。まず、研究費のファンディングによって、NICT の国際的な立ち位置を確立している点。次に、集まったヒト脳のデータを公開できるデータベースとしての確立を目指している点。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 脳計測技術の高度化を実現することで、社会的価値の創出につながる成果をあげている。また脳データセットの公開を行い、研究連携を促進する体制を構築している点も高く評価できる。
- 脳内ネットワークと攻撃行動(いじめ)加担との関係の解明、高齢者のワーキングメモリ機能や手先の器用さと脳活動の関係の解明、ニューロフィードバックによる語学学習支援、等、多様性をもつ人々が、多様なまま健康で安心・安全に生活できる社会の実現に寄与する顕著な成果が得られており、その一部は社会実装段階にも進んでいる。脳データベースの整備・公開や、NSF との Co-Funding 事業は、科学研究コミュニティを通じた社会的な貢献として評価できる。また、JST の CREST や 未来社会創造、等の新たな社会的価値の創出を狙う公的プロジェクトの受託も多い。
- 2つの点で高く評価している。まず、研究費のファンディングによって、NICT の国際的な立ち位置を確立している点。次に、集まったヒト脳のデータを公開できるデータベースとしての確立を目指している点。

（さらなる成果を期待する点）

- 着実な基盤整備の継続に期待する。
- 今後、より大規模な脳計測データの幅広い解析を通じて、ヒトの脳の多様性や加齢、生活条件等による変化を解明することで、高齢者を含む多様な人々が、相互に理解しあい、安心・安全に、それぞれの能力を活かすことができる社会の実現につながってゆくことを期待する。また、脳データの整備・公開については、最新の解析手法を含む解析ツールや解析サービスへの展開も期待したい。また、新型コロナウイルス等と共存するための生活様式、たとえば、遠隔作業の増加、などに向けたテーマの発展も期待する。

（改善すべき点）

- ボトムアップのテーマ設定は尊重したいが、若干、個人商店の集合になっている面もある。解決を目指す社会的課題を、脳情報を利用した感性評価と環境アセスメント（ニューロマーケティングや快適さの評価）、高齢化や疲労への対応（高齢者の認知、運動、言語、推論機能の維持・向上、ヒューマンエラーの予知）、精神疾患への対応（うつ病傾向の検出、バイオマーカの研究開発）、社会的コミュニケーションの高度化（いじめへの対応や、外国語習得等）、脳データの整備・解析と公開、のように少し大まかに束ねて、関連する研究の連携を強化することはできないだろうか。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	企業との共同研究にも積極的に取り組み、複数の事業化された事例を含む具体的で顕著な成果を多く創出している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	産業界で利用できる形で研究がリプレゼンテーションされていることによって、実際に、産業界との共同研究という形で社会に対して成果が還元されている点を評価しています。これは単にリプレゼンテーションの問題だけでなく、目的・目標がそれを実現するようにうまく設定されていることを示している。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 脳活動から知覚内容を解読する技術を開発し、商用サービスに貢献するなどの社会実装につなげており、高く評価できる。 ● 脳情報解読のマーケティング応用、筋骨格モデルの手術シミュレータへの応用、ニューロフィードバック技術の英語リスニング能力向上への応用、ウェアラブル脳波計の開発、など民間企業との共同研究を通じた実用化にも積極的に取り組んでいる。また、ニューロマーケティングについては、商用サービスも開始されており、特に顕著な成果である。 ● 産業界で利用できる形で研究がリプレゼンテーションされていることによって、実際に、産業界との共同研究という形で社会に対して成果が還元されている点を評価しています。これは単にリプレゼンテーションの問題だけでなく、目的・目標がそれを実現するようにうまく設定されていることを示している。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 様々な応用に展開することで、成果が広がることを期待する。

- 基礎科学→応用という方向だけでなく、社会実装への取組みから基礎科学の研究へのフィードバックも含めて、戦略的・効果的に社会実装が進められることを期待する。たとえば、ニューロマーケティングへの応用において脳計測データを不要にした事例や、脳波による習熟度の評価の研究などは、そうしたフィードバックの事例と言えるかもしれない。今後、こうした事例が増えてゆくことで、基礎研究と社会実装が有機的にお互いを促進しあうようになることを期待する。

（改善すべき点）

項目	4-(1) サイバーセキュリティ技術
----	--------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ますます脅威が増大している中、サイバーセキュリティに関して日本の叡智を結集させている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	我が国においては、トップの研究活動をしており、さらに技術動向に速やかに対応して実施計画を推進している点は素晴らしい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 重要インフラから家庭内の IoT 機器まで、国民生活に影響があるシステムのセキュリティを幅広く研究対象にしている。 ● 5年間の研究が毎年毎年着実に進化を遂げている点は、目的・目標設定の先見性があるためと認められる。 ● 能動的かつ網羅的なサイバー攻撃観測技術の確立ならびにそのオペレーションの実現、またこれらの知見を集約したユニバーサル・リポジトリの実現は、いずれも我が国のサイバーセキュリティ確保にとって喫緊の課題であり、妥当な目標設定であると評価します。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● どちらかというと、技術志向で目的・目標設定がされているので、今後はできれば、社会的価値・社会実証をより志向して目的・目標を設定していただきたい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	NDSSをはじめ、毎年多くの国際会議に採択され、学術的にも評価が高い。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	研究マップで示している各先進性のある成果を組み合わせ、総合的な研究領域に行きついてきている点は、高く評価できる。

(2) コメント評価

(評価する点)

- サイバーセキュリティ対策技術を Global/Local の軸と Passive/Active の軸の二軸四象限としてとらえ、各象限において攻撃の分析ならびに対策技術の開発と実装を行っていくスタイルは、抜けのない対策を行っていくうえで合理的であり、またそれぞれで学術的にも顕著な成果を上げている点を高く評価します。
- 国内の賞を多く受賞しており、学会をリードしていることがうかがえる。
- 5年間の研究活動において、CURE に至るまでの研究は大変素晴らしい。

(さらなる成果を期待する点)

- 十分な成果がでており、特にない。
- 基盤や基礎技術の点では、国研の役割としても、政府基盤の核となるようにしていただきたい。

(改善すべき点)

- 科学的意義からも大変素晴らしい研究であるので、もっと積極的に外部にアピールしていただきたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	国民生活の安全・安心をささえる研究であり、社会的価値は高い。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	昨今のサイバー攻撃等のインシデント等からすると、本研究成果は、安心安全な社会を実現するための基盤として必要不可欠である。

(2) コメント評価

(評価する点)

- サイバー攻撃観測網の拡充ならびに高度化は東京五輪の成功に不可欠であり、また今後我が国のサイバーセキュリティ確保のために重要な役割を果たすことが期待され、その社会的価値は極めて大きいものです。東京五輪組織委員会との連携が着実に進んでいることを高く評価します。
- オリンピックなど、国民的イベントが安全に実施できるためのノウハウを蓄えている。
- 本研究の活動は、現在の社会課題に真正面から取り組んでおり、その結果も社会的価値が高く評価できる。

(さらなる成果を期待する点)

- Web 媒介型攻撃対策プロジェクトで得られた知見は、OS やブラウザが海外製の中、日本の情報収集の実力を示したという意味でも意義が大きいと考えます。この成果を内外の機関と共有・協力してユーザ保護につなげていただくことを期待します。
- 十分に成果をあげているので、これを維持してほしい。

- 本研究の成果をより広い範囲の方々に公開していく仕組みを作っていただきたい。

（改善すべき点）

- 研究フェーズは素晴らしいのだが、開発フェーズや普及フェーズについても、並行して検討していただきたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	さまざまなセキュリティ製品に貢献している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究フェーズから社会実装フェーズに持っていく点で、より検討を深めていただきたい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリを実現したことは、情報共有によるサイバー攻撃対策の迅速化のみならず研究成果への活用や人材育成の点でも大きな意義があると高く評価します。 ● 多くの組織に技術提供をしている。また、標準化活動も行っている。 ● 社会実装も実施しているのは、素晴らしいことである。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国民目線では NICT の活動によりサイバー攻撃の被害が実際どの程度防げているのか、また今後何をすればどの程度防ぐことができるようになるのかということが問われると思います。大変難しい問ではありますが、対策効果の見える化とその情報発信にも期待いたします。 ● 国民の安全の下支えをしてほしい。 ● 研究成果の社会実装を広げる仕組みや仕掛けを検討することをお願いしたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装においては、Proof of Concept (PoC)の域を出ていないように思えるので、もっと積極的に企業等との接点を設けて、展開していただきたい。

項目	4-(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術
----	------------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	セキュリティ人材を育成するために、必要な環境を構築している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	研究成果を検証するためのプラットフォーム構築は、自ら検証をすることは大変有意義である。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 実際の環境に近い、模擬的な環境を提供できる意義は大きい。 ● 模擬環境を用いた攻撃者誘引技術は、大変ユニークであり、挑戦的な内容となっている。 ● サイバー攻撃誘因基盤は、その重要性にもかかわらず、これまで日本ではさまざまな制約から実現が難しかったもので、この構築を目標に掲げられ、実際に外部機関が参画した実証実験にまで至ったことには敬意を表します。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● より多くの組織や人に使ってもらうにはどうしたらよいかを検討していただきたい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	攻撃に対する豊富な知識に基づき、開発を行っている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	模擬環境の構築やテストベッドの整備は必要であるが、科学的意義についてはもっと明確にしていきたい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST にかかわる活動はその性質上、情報公開が必ずしも容易ではないと思われませんが、そのような中、学術活動の点でも成果を出しておられ、論文賞の受賞にも至っていることを評価いたします。 ● 様々な学会の賞を受賞している。 ● 攻撃者誘引技術はユニークであり、評価に値する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● このまま地道に改良を続けてほしい。 ● 模擬環境を常にブラッシュアップしないといけない点を、自動化等の技術を研究対象としてもより良い模擬環境を構築していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 従来の考え方と何が違うのかを明確にしてほしい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	セキュリティ人材を育成するための必要なツールになっている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	模擬環境や模擬情報の構築は、実社会で活躍している企業や人にとってのトレーニング環境として重要である。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 模擬環境は攻撃者の行動に対する知見を高めるとともに、サイバー演習を通じた人材育成にも重要な貢献をするものであり、実際に機構内外でのサイバー演習を実現された点を評価します。 ● 多くの企業が STARDUST 連携機関になっている。NICTER ブログを通じて知見を社会に伝えている。 ● サイバー演習支援も含めて模擬環境を整備することは、実社会にダイレクトに貢献することになるので、評価に値する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 引き続き、多くの企業を巻き込んでほしい。 ● 模擬環境を以下に利用者や利用組織を増やすか、さらなる成果を出すために検討をしていただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● オンライン型での環境整備を積極的に進めていただきたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	学会のコンペティションなど、実際にこのツールが人材育成に活用されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	模擬環境やテストベッドを使って、具体的に実社会に貢献している点は、高く評価できる。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の外部利用機関が着実に増加しており、またそこから得られた知見が蓄積されている点を高く評価いたします。 ● サイバー演習支援を国内にとどまらず、海外に対してもおこなっている。 ● 具体的にサイバー演習を実施して、社会に貢献しているので素晴らしい。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の外部利用はさらに拡大すべきものだと考えます。体制強化並びにこの知見をサイバー攻撃防御に効果的に生かす仕組みの構築に期待します。 ● 今後も、セキュリティ人材育成のよいツールでありつづけてほしい。 ● サイバー演習等の模擬環境をもっと社会に開放するために、オンラインでの利用を検討していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サイバー演習において、演習項目と内容をより充実していただきたい。

項目	4-(3) 暗号技術
----	------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	機能性暗号、暗号の安全性評価、プライバシー保護技術はどれも重要なテーマである

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	暗号の機能、評価、応用の目的は、高く評価できる。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 保有するコンピタンスにマッチするテーマである。
- CRYPTREC 活動は、安全性評価において、国研の役割を十分に果たしており、評価に値する。
- 暗号技術は理論的・基礎研究的な側面が大きい技術ですが、学術的なレベルの高さを目指す研究計画とともに、社会課題の解決にむけた目標設定もあわせてなされている点は、NICT の暗号研究の大きな特長であり高く評価します。

(改善すべき点)

- 社会問題からの視点で、暗号の応用をもっと目標に入れるべきである。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	多くの著名な国際学会に採録されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	暗号については、民間の研究所ではできない取り組みをしている点で、高く評価できる。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 機能性暗号技術に関する高いレベルの学術成果を暗号のトップカンファレンスで継続的に発表しており、その成果に対する受賞・表彰案件も数多くあります。日本を代表する暗号研究機関としての活躍を高く評価します。
- 論文の採録数ならびに被引用数が多く、本研究分野での貢献の大きさがみとれる。
- 暗号の評価においては、量子コンピュータの出現に備えた新たな暗号技術について、安全性評価の研究をしていることは、評価に値する。

(さらなる成果を期待する点)

- 暗号の応用に関して、もっと多くの研究をしていただきたい。

(改善すべき点)

- 機能性暗号に関しては多くの高いレベルの高い論文が出ています。成果の記述は衛星応用が中心ですが、それ以外の学術的成果も多数あると思うので、そちらのアピールも積極的にされるとよいと思います。
- 世界の比較をもっと精緻に行い、どこを重点化すればよいかを明確にして頂きたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	3つのテーマはどれも社会ニーズが高いものである。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	暗号の評価と応用に関しては、直接社会問題に直結するので、しっかりと検討をしていただきたい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子計算機による暗号技術への影響に関する研究において、耐量子計算機暗号の設計・評価、ならびに量子計算機による暗号解読への挑戦といった高い目標に向けた活動に加え、CRYPTREC 活動を通して社会への周知・啓蒙をおこなうなど幅広い取り組みを評価します。 ● 特に CRYPTREC 活動は、研究員の専門性と、社会ニーズがマッチしており、国研ならではの活動と見受けられる。 ● 暗号の応用については、かなり蓄積ができていることは、評価に値する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 引き続き、様々な観点から安全性評価を実施して、その結果を国民と共有してほしい。 ● 社会問題から導出した暗号の応用を数多く検討していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 暗号の機能については、量子コンピュータの出現に備えた新たな暗号技術の研究を加速していただきたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	いずれも、将来的には社会実装につながると思われる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	暗号の応用研究をもっとしていただきたい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● プライバシー保護技術において、金融機関との連携による実証実験にまで到達したことを高く評価します。国研だからこそ実現したプロジェクトであり、今後の成果を期待します。 ● 企業との共同研究も多くあり、技術相談を通じて社会実装につながっている。 ● 暗号の評価に関しては、CRYPTREC の活動を通して、社会に貢献しているのは評価に値する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 今後本格的な実証実験に入るとさまざまな試行錯誤がおこなわれると思います。社会的インパクトのあるプロジェクトですので、ぜひ体制の強化と関係機関との連携強化によって着実に前に進めていただきたいと思います。 ● プライバシーポリシーに関する研究の成果が早急に明確になり、社会実装されることを期待する。 ● 暗号の評価だけでなく、応用についても、社会課題と密接に関係した形での研究をふやしていただきたく。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 暗号の新機能についても、研究レベルでは世界のどの位置にいるのかを明確にしていきたい。

項目	5-(1) 量子情報通信技術
----	----------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	量子情報通信技術に関して、目的である絶対安全な量子暗号通信等の量子光ネットワーク技術の開発等まさしく重要かつ喫緊の課題であり、展開として量子計測標準技術や超伝導量子計算素子といった将来に向けたものも適切に設定されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	量子通信領域における先導的な目標設定である。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子鍵配送に加えて現代セキュリティ技術である秘密分散を展開して量子鍵配送プラットフォーム技術の実証実験を実医療データ等で実施し、国際標準化も含め企業の実用化を促進した。量子セキュリティの新規融合分野を確立することで基礎研究から実用へと突破するところまで来ている。量子人材育成・量子光伝送での空間・衛星通信・光量子技術・量子計測標準技術・超伝導量子ビットでも基礎研究成果を得ている。 ● 量子光ネットワーク技術においては、量子鍵配送プラットフォームの構築を先導し実用化推進を目指している。応用先についても積極的な推進を目指している。 ● 量子ノード技術においては将来を見据えた重要かつ基礎的な研究を推進している。 ● 量子光ネットワーク技術における量子光伝送技術の開発や、量子ノード技術における光量子制御・量子インターフェイス・量子計測標準に関連する研究など、目的・目標は妥当であり、基礎物理に関わる科学的意義の高い内容から

フィールド試験による実用性検証までを含む社会的意義の高い内容まで、新規性があり、挑戦的であると認められる。計画と進捗も非常に良好である。

- 量子情報通信や 5G 以降の低レイテンシー通信サービス、量子ノード技術の進化などのインフラの実現について必要な技術開発、実証実験などを盛り込み、実行されていると思う。
- 基盤技術の開発のみならず、社会実装に向かって総括的な研究開発を実施しており、他機関と技術的ネットワークを構築しつつ実証を積み重ねている。
- (ア)量子光ネットワーク技術
 - セキュリティ基盤研究室と連携して、超長期セキュア QKD 秘密分散保管技術を、電子カルテ保管応用、広域医療データバックアップ、生体情報保管応用、さらに金融分野等への実用化に向けて、そのコンセプトの有用性を実証しようとするのは科学的意義に加えて、社会的価値の大きい取組で、その目的・目標は妥当である。また、この研究開発から得られる新技術等を量子セキュアクラウドの概念設計に活かし、その実用化という次なる目標に繋げようとしている点は、今後の重要な取組と考える。さらに、この実証実験を通して、QKD の標準化・実用化・社会普及を目指すことは、社会実装に向けた社会的価値の高い方向性である。
 - 空間量子光伝送における量子暗号技術の研究開発は、各国が鎬を削る衛星秘匿通信技術で、今後ますます重要になると考えられる。
- (イ)量子ノード技術
 - ノード処理の多機能化や超低損失(省エネ化)を志向した量子ノード技術の基礎研究として、「光量子制御技術の高度化」、「精密光周波数生成・評価技術の確立」、「量子インターフェース制御技術の高度化」を掲げ、種々の基盤研究を推進している点は、量子ネットワーク・ノード処理という視点からその成果が大いに期待される。

(改善すべき点)

- この 5 年の期末にあたり、当初目標は高いレベルで達成され、社会での事業化をもたらすなど素晴らしいところで、については次の期に向けての目標設定が気になる。この点については、評価会で質問をして回答を得ており、既に検討されているということで先を見ている点を確認した。
- 昨年と同様に、ほぼ全ての項目で計画通り、もしくは早期達成となっていることを指摘したい。皆さんの努力に敬意を表するものの、もう少しクリアできない目標があっても良いのではないかと？ 計画通りならもう少し先に進める計画変更もあって良いと思う。この分野のパイオニアとして挑戦を続けてほしいと思う。
- 改善というより要望ですが、ここで得られた成果が将来の(量子)ネットワーク

1. 分野別評価（期末評価）
【フロンティア研究分野】

（インターネット）としてどのように活用され、広く社会実装されるのか？その一定の姿・方向性についての言及が望まれる。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	量子セキュリティという分野を確立し、広域にわたるセキュリティの実証を重要データで実現したこと。超小型衛星を用いた量子通信実験の成功。光量子生後・量子計測標準・量子インタフェースでの成果等、科学的意義が独創性・革新性から発展性まで特に顕著な成果をあげている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	5年間にわたり科学的な価値の高い成果を複数生み出した。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 量子光ネットワーク技術
 - QKD ネットワークと秘密分散を融合した、安全な伝送・保管・認証とデータの完全性を保持できる分散ストレージシステムの原理実証を世界で初めて実証したことは、その後の顔認証やスポーツカルテ、実医療データ等の運用・管理に繋がっており、種々の安全管理を求められるデータの長期秘匿を可能とする技術としてさらなる発展が期待でき、その科学的意義は非常に高い。
 - 光空間通信物理レイヤ暗号の実現に向け、その原理実証とループ鍵化に世界で初めて成功したことは科学的意義の高い成果である。
- 量子ノード技術
 - 量子もつれ非局所性検出の新パラメータ領域の発見、量子もつれ非局所性の増幅実証実験、世界最高速量子光源の実現、および超伝導量子回路人工原子系における従来比 100 倍の巨大な光シフトの観測・制御に初めて成功するなど、重要な成果を上げており、その科学的意義は非常に高いと言える。

<p>➤ IF の高い論文、被引用数共に多く、学界でも高い評価を得ている。</p> <ul style="list-style-type: none">● 量子鍵配送の距離限界を秘密分散ストレージネットワークで越えた広域対応のセキュリティシステムを実証した発展性。● 超小型衛星と光地上局との間の量子通信の基礎実験に成功し、宇宙空間活用の可能性を開拓したこと。● 量子光源の世界最速クロック達成、量子計測標準で標準周波数更新に採用。● 光・物質相互作用/超伝導量子回路での制御等での成果。● 量子光ネットワーク技術では QKD プラットフォーム技術を実用化に向けて大きく進めた。領域で中心的な役割を継続して果たしている。量子ノード技術においてもそれぞれのテーマで高い成果を生み出した。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none">● 研究開発は計画通り、または早期達成など順調に進んでいるが、計画では想定していなかった成果、現象の発見、新知見などがあれば、その芽を育て新しい方向性を拓いていくことも期待したい。● 窒化物超伝導体量子ビットの作成に成功したということで、量子コンピュータでのデコヒーレンスを抜本的に下げることへの成果を期待する。● どの研究も科学的価値の高い内容を含んでいるので、得られた成果をさらに深化させることを期待したい。● 量子通信のインパクトをもっと世に知らしめて欲しい。量子コンピュータは大騒ぎしたのに比べて扱いが低い。マスコミへの働き掛けも必要。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">● 基礎先端分野ならではの他グループ等との連携も行えており、ぜひこれは継続して推進頂きたい。● 物理レイヤー暗号は絶対に壊せないが、生成速度がネックということであった。今期に評価する技術レベルでどこまでボトルネックが解消されるか確認したい。● 量子暗号を実用化するには量子暗号生成速度について何を改善するのか、どういう方法なら改善の余地があるのかについて、業界のリーダーとして示しているのか分からなかった。(科学的に不可能なのかも含めて)

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	量子鍵配送と秘密分散ストレージネットワークシステムを、顔認証等重要なユースケースで実証実験して推進。その成果を世界標準に持っていき寄与の大きさ。宇宙空間活用を小型衛星を用いて実現。将来に向けた量子セキュリティ拠点の構築、社会実装に向けた長期試験実施。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	特に量子鍵配送プラットフォーム技術において、高い社会的な価値につながる成果を創出している。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 量子光ネットワーク技術
 - 世界で初めて原理実証した QKD ネットワークと秘密分散を融合した分散ストレージシステムを、医療、生体情報保管、金融等の分野への応用展開を進め、いくつかの成果を出していることは社会的価値の高い取組である。
 - 超小型試験衛星 SOCRATES で、世界初となる超小型衛星による量子通信の基礎実験に成功し、総務省委託研究による実用的な衛星量子通信技術の開発促進に繋がっている点は、高い社会的価値が認められる。
 - 一般社団法人の量子 ICT フォーラムを設立して、産学官連携のオールジャパン体制で量子通信技術分野の喫緊の課題を議論する場をつくと同時に、それを拠点として国際標準化活動を推進する体制を構築し、各種国際標準化団体、ITU-T、ISO/IEC、ETSI 等において QKD 技術の標準化活動に対して主導的に貢献していることは社会的価値の高い取組である。
 - 量子人材育成を目的に「NICT Quantum Camp」を立ち上げ、大学院生等を対象に、講習会・演習、探索型研究公募などを実施する取組は、研究

者育成に加えて技術者の裾野広げるという意味でも極めて重要で、社会的価値が非常に高い。量子ネイティブを育てるというコンセプトは素晴らしい。

- 量子セキュリティ拠点の整備に向けた新棟建設は、新融合領域「量子セキュリティ分野」の開拓に向けた研究開発、技術的検証、人材育成、社会実装を総合的に推進するためとしており、その方向は今後の当該分野の重要性に鑑み、社会的価値の高い重要な事業と位置づけられる。
- 医療情報を扱う標準規格に準拠した電子カルテの高秘密分散ストレージシステムを東京 QKD ネットワーク上で実装、DX へ向けての貢献も大。
- 量子セキュリティ拠点の構築、これによる将来展開への期待を高めた点。
- QKD 技術の活用法の研究開発を中心となって進め、安全安心な社会の創出につながる情報セキュリティの高度化に貢献した。
- 量子光ネットワーク技術における種々の実証実験の成功は科学的価値とともに、安全な通信として社会的価値の高い成果である。量子ノード技術では量子計測標準における光周波数確度の更新など量子通信システムの基礎を固める研究として社会的価値がある。
- 量子 ICT フォーラムを主宰するなど、本家としてコミュニティ内でリーダーシップを発揮しているとのことで大変頼もしい。標準化を進めてほしい。量子セキュアクラウドが実現すると今以上に安心してクラウドを活用することができる。
- 多くの外部機関との協力のもとで実証実験に成功しており、社会基盤構築を強く念頭に置いている点が評価される。

(さらなる成果を期待する点)

- 量子人材育成と関連して、これまで以上に全国の関係大学(大学院)との連携を強め、クロスアポイントメント制度等を利用して将来の量子 ICT 研究者・技術者の教育にも貢献して頂きたい。
- これら社会的価値を、社会実装を通して推進する、通信プラットフォームとの連携等。
- 基礎物理として科学的価値の高い内容は、原理実証そのものが重要で、まだ社会的価値を問う段階にないものもあるが、長期的に社会的価値に結び付けてほしい。
- 量子暗号を使ってまで秘匿すべき内容とは何かを提案してほしい。実際に今回の委員会でも超長期に守るべき内容の一つに安全保障を挙げられていた。プライバシーの管理と安全保障の担保にどう貢献するのか、分かりやすい見通しを示してほしい。その場合、国際的標準化にはどういう国々との連合体で技術を実現していくべきかも知りたい。

（改善すべき点）

- 速度的な問題とのトレードオフなど世間は知らないことが多い。社会的価値を評価するためにはその意義があるレベルで見えている必要があると思う。
- 必要な技術であるがゆえに、NICT のみならず国家機関全体としてきちんと議論していただきたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	顔認証や医療情報といった高次セキュリティを擁する情報の量子鍵配送と秘密分散ネットワーク実証実験。国際標準化を通じた将来マーケットの健全化への貢献。量子計測標準における光周波数確度を従来の 1/60 に改善、標準周波数更新に採用された点。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	近い将来の社会実装が期待できる優れた研究開発成果をあげた。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 量子光ネットワーク技術
 - 世界で初めてその原理実証に成功した QKD 秘密分散ストレージネットワークシステムを用いた、顔認証やスポーツカルテのデータ運用・管理などについて実際のユーザーと協業して実証実験に成功しており、さらに、同システムの要素技術を活用して実医療データを用いた実証実験にも成功している。これらの成果は、開催が危ぶまれているが、東京オリンピック・パラリンピック 2020 での活用にも期待できる。今後、超長期セキュア秘密分散保管技術として、電子カルテ保管応用、広域医療データバックアップ、生体情報保管応用、金融分野等の実証検討を計画するなど社会実装が視野に入っており、大いに期待したい。
 - QKD プラットフォームを現在の通信インフラと融合させてフィールド試験等により総合的なセキュリティシステムとしての実用性を検証するなど、実ユーザーを想定して量子暗号通信の社会実装に向けた長期運用試験を行うことは優れた計画である。
- 量子ノード技術
 - 量子計測標準の光周波数確度の大幅な改善、可搬型周波数標準技術

の確立は、社会実装に繋がる優れた成果である。

- QKD をベースとしてその高速・高次化を実現し、秘密分散ネットワークで究極の安全性をもつシステムを実装し、重要データで実証実験して、実用への道を開拓している点。
- その世界展開での国際標準化に尽力し基本標準を正しく確立した点。
- 国際度量衡局の標準周波数更新への貢献。
- 利用技術までに至る量子鍵配送プラットフォームの実証を進めており、産業界と連携した早期の社会実装が期待される。また、競争力のある社会実装に必須な標準化活動も積極的に推進している。

（さらなる成果を期待する点）

- NICT が光・物質の最先端量子技術を進化・融合させ、量子情報科学の新たな地平を開拓していることは確かで、量子暗号システム等に続く社会実装へと続く成果を期待する。
- QKD の応用開拓を国内では中心となって積極的に進めている点は評価に値する。真の意味でプラットフォーム化しているのか、日本の国際競争力をどう高めるか、さらなる活躍を期待しています。
- 引き続き、量子暗号通信の社会実装に向けて、運用試験の環境整備などを進めてほしい。
- 民間への技術移転については、我が国の産業育成政策の観点が必要であり、研究所の枠組みを超えた上位のレベルからトップダウン的に施策を計画することで推進されるものと期待される。

（改善すべき点）

- 既に、十分考えておられると思うが、超長期セキュア秘密分散保管技術の開発に関して、超長期保管が想定する期間、対象について、その間の技術発展の予測、(国際)社会のあり方等々を含めて哲学、倫理、法学、科学などの視点からの言及も必要である。

項目	5-（2）新規 ICT デバイス技術
----	--------------------

1. 「目的・目標」について

（1）評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	-

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	両技術とも着実な実用化に向けたステップに向け、しっかりとした計画のもと、事業を推進されていると考えます。酸化ガリウムの計画変更はもう少し見通せなかったのか検証が必要かもしれません。

（2）コメント評価

（評価する点）

- 酸化ガリウムの半導体電子デバイス研究で、日本は世界に先駆けており、NICTにおける研究活動がそれを主導している点。
- 深紫外光 LED でも世界最高出力を大幅に更新する成果が出ている。
- 酸化物半導体電子デバイス、深紫外光 ICT デバイス、共に新しい材料系で挑戦的かつ社会貢献を目指した目標を掲げている。
- 酸化ガリウムによるデバイスは NICT 独自の研究であり、新たな材料開発からパワーデバイス、高周波デバイス、特に耐環境デバイスまでを目指す研究は独創的・挑戦的で、新たな分野として科学的価値があり、社会的にも価値が高い。深紫外発光デバイスも、デバイス物理に基づいて高効率化・高出力化を行い、深紫外の新たな高性能光源を目指す研究は、科学的にも高度な技術であり、社会的にも医療・環境応用、とくにいま問題の新型コロナ感染防止に直結する価値が高い研究である。
- 酸化ガリウムは、パワエレ用途におけるスペックを見据えた計画となっている点。

- 深紫外デバイスは、AlGaN 系デバイスのデメリットを抑えて、実用化可能なストーリーが見える点。もともとの殺菌用途に加え、コロナ対策への計画が反映されたこと、また ICT 技術としての貢献(アイソレータなど)を検討されている点も評価できる。
- 目的がきわめて明確であり、半導体基礎物性、デバイス構造、プロセス技術と、的確な開発指針のもとに研究を進めている。
- 現在の半導体は世界的に競争が激化している中であって、我が国が強い領域としてリーダーシップを取るべき重要な課題である。社会的にも、省エネ、安心・安全などに直結し、インパクトが大きい。
- (ア) 酸化物半導体電子デバイス
 - NICT 発の技術として、酸化ガリウムを利用した高効率パワーデバイス、高周波デバイス、高温・放射線下等の極限環境における ICT デバイス等の基盤技術の研究開発を行うと共に、民間企業に研究開発成果の移転を図るなど実用化も視座に据えた取組は大いに期待できる。
- (イ) 深紫外光 ICT デバイス
 - 深紫外光 ICT デバイスの基盤技術の研究開発を推進し、情報通信から殺菌、工業、安全衛生、環境、医療分野に至るまで、幅広い生活・社会インフラに画期的な技術革新を目指す方向は、挑戦的で、かつ実現が大いに期待できる優れた計画である。

(改善すべき点)

- 期末の 5 年次に COVID-19 により実験ができなかった点が影響している。まだ難しい段階であると思われるが、何らかの遠隔実験等の検討をすることも必要か。
- 酸化物半導体デバイスに関しては、競合技術の状況を踏まえ適用領域については再検討しても良いのではないか。
- 酸化ガリウムは、パワエレ用途という以外の方向性が分かりにくいと思います。特に横型 MOSFET をどう使うか、ベンチマーキングから見たこの技術を用いたプロダクトの市場ポジショニングなどが多少 GaN との比較で説明があったが、まだ分かりにくい。2050 カーボンニュートラルに対する貢献を今後反映して欲しい。
- 深紫外固体素子発光デバイスは、効率が悪くて利用されてこなかった点が大きいので現状の事業方向性は理解できますが、殺菌用途以外の技術が見えてきているので、殺菌以降の展開の絵を描く方向性にももう少し力点を置かれた方が良くと思います。広く使われる機会が増えることで、コスト面でのこ

なれから、用途の広がりが出ることで反映されると良いと思います。

- Ga₂O₃ デバイスの特徴、強みを活かした具体的な応用ターゲット(開発目標)を明示する段階にあるのではないのでしょうか。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	酸化ガリウムによるダイオードやトランジスタの動作達成、特性評価、世界最高の出力や内部量子効率の深紫外 LED の達成など、独創的で科学的価値の非常に高い研究である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	両技術共に NICT が世界をリードする実績、貢献価値を上げていること。デバイス実現のみならず、メカニズムや物性理解を目的とした研究活動を実施し、peer reviewed paper で大きく評価される技術的優位性を確立するベースを築いていること。

(2) コメント評価

(評価する点)

- (ア) 酸化物半導体電子デバイス
 - 酸化ガリウムデバイスについては、世界初の耐圧 1kV 超ショットキーバリアダイオード、窒素イオン注入 p 型ドーピング技術、オールイオン注入プロセスによる縦型トランジスタ等、マイルストーンとなるキー技術・デバイスを確立、実証したことの科学的意義は、独創性、先導性、革新性、発展性のいずれにおいても大きい。
 - 横型微細ゲート Ga₂O₃MOSFET を開発し、世界最高の最大発振周波数 27GHz を達成したことは、高周波デバイスとしての実現可能性を示しており、その科学的意義は高い。
 - 放射線下での酸化ガリウムデバイスの動作信頼性、劣化等についての調査により、その材料的堅牢性、および極限環境での高い実用可能性を確認したことは、宇宙空間、原子炉内等特殊環境下での応用が期待でき、その科学的意義は高い。
 - この間、報告された酸化ガリウム関連論文の被引用回数は、2016 年の 446 回から単調に増加し、2019 年 1、528 回を記録するなど、この分野の世界を先導している。

- (イ) 深紫外光 ICT デバイス
 - 光取出し効率、効率ドレープ特性を大幅に改善した新規デバイス・パッケージ構造を開発して、深紫外 LED (発光波長 265nm) の光出力 650mW 超を、シングルチップ・室温・連続動作で実現した。これは世界最高出力を大幅に更新するもので、独創性を拓く先端技術大賞フジサンケイビジネスアイ賞を受賞するなど、先端的、独創的、革新的な成果としてその科学的意義は高く評価されている。
 - 深紫外 LED の研究は、学術論文 40 編、国際会議招待講演・基調講演 76 件 (内基調講演 5 件) 等の成果発表に加えて、Appl. Phys. Lett. 誌光エレクトロニクス分野の Top Articles に選出されたり、「応用物理」の表紙を飾ったり、また、Optics Express 誌 (2017 年) のハイライト論文に選出されたりするなど、学界、産業界から注目され、高い評価を得ている。
- 酸化ガリウムの新たな材料・デバイス分野を開拓したことや、種々の電子デバイス動作の達成は世界的にも高く評価されている。深紫外発光デバイスにおいても、世界最高の出力や内部量子効率などの顕著な成果は高く評価できる。
- 酸化ガリウムはパワエレ向けのキーデバイスとして必要なデバイス特性を実現しつつあり、そのための物性評価にも力点を置いて事業を進めていること、デバイス化における課題感もしっかり見えていること、それらを APL や招待講演などの実績でも評価されていることが挙げられる。特に放熱性に優れた縦型デバイスにおける量産性、特性向上が着実に成果を挙げられている点やノーマリーオフモードをしっかりと研究出来ている点を評価したい。
- 深紫外デバイスは、AlGaIn 系という貫通転移が生じやすい材料系をうまく使いこなしつつ、光取り出し効率や電流集中問題をナノフィン構造やくし形電極などの独創的な構造で大幅に改善していることが挙げられる。h-BN 利用のヘテロ構造でさらなる高効率なデバイス構造や光学変調素子を実現している点も評価できる。

(さらなる成果を期待する点)

- 酸化ガリウムの飽和電子速度など未知であった物性を明らかにしたことは科学的意義が大きい。これらの物性をさらに明らかにしていくとともに、デバイス構造の最適化につなげて高性能化を行っていくことを期待したい。
- 深紫外デバイスも基礎的なデバイス物理や設計手法をもとに出力や効率などの高性能化につなげていく研究は高く評価できる。これを進めて更なる高性

1. 分野別評価（期末評価）
【フロンティア研究分野】

能化を期待したい。

- 深紫外デバイスの発展性を示す技術成果も出つつあるので、それをどう生かされるかを分かりやすく示す努力を今後期待したい。

（改善すべき点）

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	酸化ガリウムによるパワーデバイスや極限環境デバイスとしての種々の成果、および、深紫外 LED では得られた高出力高効率デバイスのモジュール化など実装に向けた研究が行われている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	酸化ガリウムは環境的側面で効果の大きいパワーエレクトロニクスの高性能化、低価格化に大きく貢献する技術である点、深紫外デバイスは Hg ランプ代替としての環境的側面を配慮した技術であるうえ、コロナからのニューノーマルを見据えた必要な技術であることから、両技術共に実用化における社会的価値は高いと判断した。

(2) コメント評価

(評価する点)

- (ア) 酸化物半導体電子デバイス
 - 酸化ガリウムデバイスは、極限環境下での応用に加え、高耐圧パワーデバイスとして自動車、電車、高出力通信システム、電力応用システムなどの省エネ、小型軽量化に資する技術として期待できる。また、横型微細ゲート Ga₂O₃MOSFET で世界最高の最大発振周波数 27GHz を達成したことは、高周波(通信)デバイスとしての可能性が見えてきており、マイクロ波領域までの応用が期待でき、その社会的価値はさらに高まっている。
- (イ) 深紫外光 ICT デバイス
 - 650mW を超える世界最高出力の深紫外 LED 光源の開発は、様々な分野で水銀フリー・低環境負荷の小型個体光源としての応用が見込め、極めて社会的価値の高い成果である。
 - 深紫外 LED による日中野外の長距離(100m 超)、1Mbps の DUV 光無線 Line of Sight 伝送の確認に成功したことは、ソーラーブラインド帯通信の実現に向けた大きな前進である。

- 酸化ガリウムによるパワーデバイスや極限環境特性など新規なデバイスや特性が得られたことは、社会的価値が大きい。深紫外 LED も高出力・高効率など科学的価値が高い成果を社会実装につなげるためにモジュール化技術開発を開始している。
- 酸化ガリウムは、パワエレの用途を見据えたデバイス構造（縦型、ノーマリーオフ）を着実なステップで実現していること、酸化物の自己修復特性を利用して、極限環境における回路形成を見据えた技術を展開されていること。宇宙開発が熾烈を極めており、その用途としても意義がある。2050 カーボンニュートラルに向けた必要な技術であると考えます。
- 深紫外デバイスは、水俣条約をリードする必要のある我が国としては率先すべき技術であり、その社会的意義は大きいと考える。また、この社会状況を安全で快適な社会に変える・戻すのに必要な技術である。
- 深紫外光 ICT デバイス研究においては、COVID-19 対策への貢献として、超高出力深紫外光 LED 実装等やウイルス不活性化検証等に取り組みが行われており、評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- 酸化ガリウムデバイスの放射線環境下での耐性と高電力・超高周波デバイスの可能性を勘案して、宇宙空間や放射線環境下におけるワイヤレスマイクロ波給電システム（例えば、月面探査車（ロボット）や原子炉内作業ロボットなどのマイクロ波給電）への応用を目指すなど、具体的ターゲットを決めて研究開発を進めることも期待したい。
- 深紫外 LED 光源は実用化レベルに近づいており、ワンチップデバイスの学術研究と並行して、企業等との連携によるマルチチップ化も視野に入れた広範囲な実用デバイスの開発に期待したい。
- 265nm の 222nm eye safe に対するイメージ戦略は負けている感がある。実際の有効性は理解できるので、確実な両者のポテンシャルを説明していく必要があると考える。

（改善すべき点）

- 酸化ガリウムでは、高周波デバイスにおけるメリットが素人には分かりにくい。酸化ガリウムは、縦型はパワエレ向けということでわかりやすいが、横型のメリットを伝えきれていないのではないかと？ 極限耐性は横型の方が強いのか？ 極限耐性という言葉でイメージできるのは宇宙以外に原発、極地などしかイメージがなく、実際パワエレ以外の用途イメージを伝える努力が必要だと思ふ。

1. 分野別評価（期末評価）
【フロンティア研究分野】

- 深紫外デバイスでは、Hg ランプに対する環境面だけの差異化以外のアピールポイントを広げていきたい。環境側面だけでいつまで評価し続けるべきかも考えたい。DUV 技術全体の ICT への貢献価値が分かりにくい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	酸化ガリウムでは基板・デバイスのベンチャー企業への技術移転・製品化など、また、深紫外発光デバイスもパッケージ化や技術移転など、社会実装につなげる着実な取り組みが行われている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	両技術分野とも多くの企業との共同研究やベンチャー企業での事業化を開始するなど、多くの成果を上げている点。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (ア) 酸化物半導体電子デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 酸化ガリウムデバイスについては、NICT 技術移転ベンチャー企業として設立された(株)ノベルクリスタルテクノロジーへの技術移転や製品化に向けた取組等が積極的に行われており、また、同社も順調にその業績を伸ばしてきていることから社会実装が着実に進んでいると評価できる。 ● (イ) 深紫外光 ICT デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 深紫外 LED については、その成果(特許 8 件)の技術移転を実施し、スタンレー電気に対し実施契約を締結して量産化を開始している。また、深紫外 LED の社会実装へ向け、さらなる高出力化を進めるために旭化成との資金受入型共同研究契約を締結し、その実用化技術の開発と普及実現に向けた取組を本格化している。関連特許登録は 29 件(国内 15 件、国外 14 件)となっている。 ➢ いずれの技術も社会実装が進んでおり、今後の発展が大いに期待できる。 ● 酸化ガリウムではバルク・エピ基板、ショットキーバリアダイオードのベンチャー企業への技術移転・製品化に向けた開発が行われ、社会実装への積
--

極的な取り組みが行われている。深紫外発光デバイスについても、社会実装で重要なデバイス高効率化が達成され、技術移転・製品化などの積極的な取り組みが行われている。

- 両技術とも、ベンチャー企業を発足させたり、多くの企業と共同研究を実施され、商品化に向けた具体的に動かれている点を評価したいと思います。また、特許収入が得られるなど、ビジネス面での広がりを見せつつある点も今後の展開が楽しみです。

（さらなる成果を期待する点）

- 酸化ガリウムデバイスについては、新型コロナウイルスの影響も考えられるが、パワーモジュール、高周波パワーモジュール等の検討が遅れ気味である。当該デバイスは SiC や GaN を凌駕するパワーデバイスとして期待され、高周波応用も視野に入り、製造コストの低減も可能であると言われている。このような視点から早期の実用化を目指して研究推進体制の強化を図り、その期待に応える必要がある。加えて、民間企業との本格的な共同開発が進むことを期待したい。
- 酸化ガリウムではトランジスタを含めたデバイス全体についても、更なる特性向上や大面積化・均一性の研究とともに技術移転が進められることを期待したい。
- 深紫外発光デバイスについても、更なるデバイス高性能化とともにより一層の社会実装に向けた実用化技術開発が進むことを期待したい。
- 酸化ガリウムは宇宙利用でのイメージ戦略を積極的に使うタイミングである。はやぶさ2のサンプルリターン、SpaceX 社による国際宇宙ステーションへの打ち上げ、中国の月探査、アメリカの宇宙軍創設など、2020 年には宇宙利用におけるキーテクノロジーの萌芽を一般国民にも予感させる事象がたくさんあった。これを利用したい。

（改善すべき点）

- 酸化ガリウムは、難しい点であると思うが、軍事技術への転用をどう考えるか、意思表示も必要かと思います。宇宙技術への展開は究極的には軍事への展開を意識せざるを得ません。

項目	5-(3) フロンティア ICT 領域技術
----	-----------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	新たな材料の開発から高性能 ICT デバイス・システムの開発、超高速無線通信を目指したテラヘルツ周波数帯の要素技術の開発など、独創的で挑戦的な内容であり、低消費電力や高速の通信など社会的価値も高いと認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	将来的に情報通信分野に新しい技術を開拓することが期待できる挑戦的な目標を設定している。 目標実現に向けて高い成果をあげつつ進めている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	それぞれの課題において挑戦的基礎研究もしくは実用化を意識した適切な活動目的・目標となっている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	いずれのテーマも独自性と挑戦性が高く、民間では容易に着手できない課題に対し果敢に取り組んでおり、国立研究機関として取り組むべき有意義な目的である。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	ICT における破壊的イノベーションの基礎となる新概念や新たな枠組(新機軸)の形成を目的に、基礎と応用を適切に編成して研究を遂行している。

(2) コメント評価

(評価する点)

- 領域横断型連携のもと、新しい分野を切り開くエコシステムを構築・活用するとともに、基礎研究と応用研究をインタラクティブに接続することで、先鋭技術の社会実装を促進し、10年後、20年後を見据えた永続的なオープンイノベーションを主導せんとする点。
- 通信速度の広帯域化の進展や極限的な機能を持つセンシングなど、将来重要となりうる技術研究を推進している。
- 挑戦的な内容を、国際的な技術動向をふまえ発展させる研究、国際的にリードする研究、独創的な研究とバランスよく目的・目標として設定されている。
- 実施計画に対し高いレベルで達成して進めている。
- 高機能 ICT デバイス技術は、EO ポリマーによる光制御デバイスや単一光子検出の素子から信号処理システムまで、また、高周波・テラヘルツ基盤技術も、新たな周波数帯の基盤技術としてデバイス・回路からシステムまで、一連のまとまった研究で、新たな分野を開拓する独創的・挑戦的な内容であり、高速・大容量・低消費電力の通信などの技術的革新につながる社会的価値の高い研究である。バイオ ICT 基盤技術も、評価者の専門ではないが、生体分子により情報検出システムを目指す非常に挑戦的な研究と感じられた。
- 電子回路が様々な限界を指摘されながら、まだまだコストメリット、技術的な限界に挑戦している中、それでもやはりいつかは光の時代は来ると思う。その光と電気のインターコネクト技術をしっかりと研究し、メリットを提示していることは重要な意義を持つと考える。今後もしっかりと研究を進めてほしい。全て予定通り進捗していない点も、挑戦的な目標設定となっていると考える。
- 短期間では結果が出にくいと予想される研究テーマであるにも関わらず、着実な成果が得られており、学術的評価も高い。NICT 内部での協力による相乗効果も得られつつあり、外部機関との積極的な連携もあることから、世の中の技術動向をリードする役割を担うものである。
- (ア)高機能ICTデバイス技術
 - 高速・大容量・低消費電力の光通信システムや広帯域・高感度センシングシステム等の実現に向け、新規に開発した超高耐熱 EO ポリマーの活用による 4 つの基盤技術に関する開発目標は妥当であり、研究開発もほぼ順調に進んでいる。
 - SSPD の多ピクセル化、高速応答、高機能化、および NICT のコア技術である窒化物超伝導デバイスの基盤技術の確立に関する研究は順調に進展している。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術

➤ 高周波・テラヘルツ帯における Si-CMOS300GHz、100Gbps 無線通信システムの実現は、次世代通信技術として大きな期待が寄せられている。また、高周波・テラヘルツ帯における無線通信技術やセンシング技術の実用化を目指した標準化活動の推進は、社会実装に向けた我国の戦略としても重要な取組である。

● (ウ) バイオICT基盤技術

➤ 生体分子が持つ優れた特性を活かした人工素子の構成や細胞機能を制御するための細胞内微小空間構築技術の研究開発を進めることは、科学的意義の大きな基礎研究で、将来、分子計算機、ナノ工場など画期的なイノベーションに繋がる可能性がある。

➤ 生体材料がもつ優れた特性を活かして化学物質の情報を抽出・利用するための基礎技術や、その応答を的確に処理・解析する信号処理アルゴリズムの構築法の研究開発は興味深いテーマで、生物に模した情報処理システムの構築など将来への展望も開ける。

(改善すべき点)

- カーボンニュートラルに貢献する環境に優しい技術開発という観点からアピールすることと、この観点での次期目標設定に向けた成果をまとめて欲しい。
- 人材育成、特に若手に関して、社会的にも強い要望もあり、またこれまでの優れた実績もあり、目標として設定しても良いのではないかと。
- 自然界をモデルにした新しい省電力デバイスの実現にも大変研究意義があると思われる。NICT が取り扱う意義とすれば信号伝達回路への自然モデル応用が簡単に思いつくところであるが、それらを明示することも重要である。
- 本技術領域はインキュベーション的な性格を持つものであるが、これまでの成果を見るに、着実に目標を達成しつつあるのみならず、インキュベーションの領域を超える成果も出ている。そこで期末を迎えるにあたり、これまでの成果に基づき、今後の長期的ロードマップを提示することが必要と考えられる。例えば、超電導技術、高周波・テラヘルツ基盤技術などは、量子情報通信技術の一環として十分に発展できる段階にきている。EO ポリマー材料も量子情報通信技術の一環として重要な役割を果たすと考えられるが、有機エレクトロニクスとしてより広い枠組みの中で展開することもできるであろう。
- 若手研究者の育成、優遇の観点での目標が掲げられていてもよかった。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	EO ポリマーによる高性能光制御デバイス、単一光子検出素子と信号処理システム、テラヘルツ帯の超高速無線伝送チップや要素技術開発など、いずれも他にない独創性・革新性・先導性があり、分野として広がり期待できる発展性の高い内容である。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独創性、革新性、先導性、発展性いずれに関しても期待できる研究テーマに取り組んでいる。複数の優れた基盤技術が確立され、独自性の高い多くの優れた成果が出されている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	世界的に第一級の科学的成果が生み出されている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	いずれの分野でも次世代の新規 ICT 技術の基盤となる独創的かつ学術的に注目度の高い研究成果が出ている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	EO ポリマー、化合物半導体 HEMT、人工分子などで、科学的インパクトの大きい成果が得られている。

(2) コメント評価

(評価する点)

- (ア) 高機能ICTデバイス技術
 - 超高速光変調器の実現に向けて、高性能な EO ポリマーの開発を行い、優れた変調特性を有する EO ポリマーの開発に成功すると共に、世界最高のガラス転移 205°C の超高耐熱 EO ポリマーの開発にも成功している。これらの成果は、長期安定性に優れ、様々な超高速光変調器構築に資する技術で、その科学的意義は非常に高い。
 - EO ポリマーとシリコンスロット線路構造の組み合わせにより、有機無機ハイブリッド光変調器の超高速変調と小型化を実現している。加えて、転写可能な汎用的なプロセス技術を開発し、EO ポリマー導波路 THz 検出器を試作すると共に、100GHz 帯の直接光変調の実証を見込んでいる。これらはデータ量の増大や ToF に対応するための技術基盤となり、その科学的意義、工学的価値の高い成果である。
 - SSPD の広波長帯域化、高速化、高機能化に取り組み、可視から近赤外域にある光波長で高い光吸収率を実現したことは、今後の応用展開が期待できる優れた成果である。
 - フルエピタキシャル NbN/AlN/NbN 接合を用いた超伝導量子ビットで 20 μ s を超えるコヒーレンス時間を実証したことは、超伝導量子ビットの大規模集積化に向けた新素子候補として期待ができる科学的意義の高い成果である。
- (イ) 高周波・テラヘルツ基盤技術
 - Si-CMOS によるワンチップ 300GHz 送受信集積回路を実現し、100Gbps を超える無線伝送に成功したことは大きな成果であり、その科学技術力は高く評価され、学会等から多くの表彰を受けている。
 - 窒化シリコン微細加工技術を適用して 106 を超える高 Q 共振器を実現し、超高周波領域における通信・計測システムに適用するための高安定化光源、光周波数コム、テラヘルツ波発生などで顕著な成果を上げている。
- (ウ) バイオICT基盤技術
 - 分子モジュールを組み合わせた新機能人工分子の創出手法の提案とその創製、DNA 経路上を長距離滑走できる分子トランスポータの構築と経路選択能力の付与、細胞内微小空間構築技術を用いた核膜類似構造体の作り分け実験的証明、細胞核構造の人為構築に向けた知見など、多くの独創性、発展性に富む成果を得ている。これらの成果は論文として多くの一流誌に掲載されている。

- 細胞システムの情報識別能を決定する因子の分析を行い、バクテリアセンシングの識別能に影響する因子として温度が大きく影響しており、数度の違いで応答波形が大きく変化することを見出し、細胞内情報伝達ネットワークの温度高感受性部位を特定するなど、興味深い成果を得ている。
- 高機能ICTデバイスでは、EOポリマーの転写プロセス、THz検出器、光フェーズドアレイなど高性能光制御デバイスの開発、SSPDと信号処理における高い検出効率達成や超電導量子ビットの長いコヒーレンス時間など科学的価値の高い成果が得られている。高周波・テラヘルツ基盤技術も、シリコンワンチップ送受信集積回路や周辺要素技術の開発、光コムなど成果は顕著である。
- DNA上を動く分子モーターと分子素子配置レール技術の開発、超解像顕微鏡および画像解析の技術開発、細胞による情報認識、昆虫脳記憶学習行動科学、生物を用いた化学物質検出を目標として設定して、いずれも独創性、発展性に優れた内容と成果であり、基盤技術としての確立が着実に進められている。
- 新規分子素子の開発と、分子素子配置レール技術の開発は、将来的に両者の融合発展により、従来にない新規ナノ素子システムの開発を可能にするものとして意義が高い。
- Nat Nanotech 2017、Science Advances 2019 他、新規生体分子素子の開発と、足場を用いて分子素子を配置する技術の開発は、将来的に両者の融合発展により、従来にない新規ナノ素子システムの開発を可能にするものとして意義が高い。
- FEBS Letters 2016、Sci Rep 2019、PLOS Genetics 2019 他、人工細胞核構築の成功と核膜孔複合体構造に関する発見は、情報処理・発現・記憶のための微小空間構築に関して新規性が高く、また、高精度計測手法としての顕微鏡技術開発の応用としても高く評価できる。
- Nat Protoc 2017、特許出願 2020-120496 他、光学顕微鏡と画像解析の新規技術開発は、2014年ノーベル化学賞対象の超解像技術をさらに発展させる新しい独自の基盤技術開発として、意義が高い。また、電磁波研究所の成果を生かした三次元画像再構築技術の開発は、機構内の共同研究による成果としても注目される。
- 液相分離は、基本的な物理機構が生命現象で重要な役割を果たすとして生命科学において現在の注目テーマとなっており、Nat Communications 2019の染色体における発見はこれまで予想もされなかった独自性が非常に高いものと評価される。
- Commun.Biol.2020 他、昆虫脳の神経回路に関する研究は、生命における情

報処理システム研究の特性を解明している。

- 超伝導デバイスを用いた SSPD の性能向上、300GHz 無線送受信技術の実現など、世界最高レベルで領域を牽引する優れた成果を挙げた。
- ナノハイブリッドデバイスでは、素材の特性の高さ、応用分野の広がりなど、総合的に見ても優れた成果が得られており、大きな展開が期待される。現時点では EO 効果に着目して成果を上げているが、本技術はさまざまな光エレクトロニクス機能に展開でき、同様な概念は強誘電体などの開発にも役立つため、科学的意義が高い。超伝導デバイスでは、従来の概念を超える高感度光検出を実現している。高周波・テラヘルツ基盤技術では、Si-CMOS で高速素子が実動しており、次世代 ICT に必須の基盤技術を提供している。バイオ ICT 基盤技術では、生体分子を模倣して独創的な分子素子の基盤技術を実現している。
- 独自開発の転写法を用いて EO ポリマー導波路 THz 検出器を試作、100 GHz 電磁波による直接光変調を実証した点。
- GaN 系および InSb 系 HEMT において結晶/デバイス構造、試作プロセスの基盤技術を確立し、低電圧駆動超高周波動作を達成した点。
- 自然界にある分子モジュールを組み合わせて、新しい機能を持つ人工分子を創出する手法を提案し、機能計測と性能評価を行なった点。

（さらなる成果を期待する点）

- EO ポリマー導波路 THz 検出器について 100GHz 帯(ミリ波帯)での検討であるが、本構造(技術)の延長線上で真に THz 帯(サブミリ波帯、300GHz 程度以上)と言える周波数領域まで適用可能か、上限周波数についての検討、言及を期待したい。
- 高機能 ICT デバイス技術と高周波・テラヘルツ基盤技術では、それぞれのデバイス・システムにおいて、実際の応用形態において要求される性能や特長などを明確にしながらい層の高性能化を進めることを期待したい。
- 窒化シリコン微小共振器光コム発生における、測定範囲を 300GHz まで拡大した周波数測定。

（改善すべき点）

- 中長期目標を完結させ、次期中長期に向けて発展させるための基盤とすべく、研究を推進することを期待する。
- 科学的意義については高く評価できるが、長期的な意義として見た場合、今後どのような枠組みで研究を進めるかが重要となるであろう。「1. 目的・目標」の項目での指摘とも関連するが、特にバイオICT基盤技術は、現状で研

究を継続すると、学術的には優れた成果が期待されるが、閉じたグループ内で独自に進化する可能性もあり、科学的価値を十分に活かすことができなくなることも予想される。例えば有機分子・バイオ ICT などの名称でもう一段階上のレベルの枠組みや部門を作り、ハイブリッドデバイスなどとも連携しながら、化学・バイオ・ICT の融合領域として発展させるのも一案であろう。

- 科学的意義の大きい独創性のある成果は、オフロードマップの活動から得られることを鑑みると、半分くらいはオフロードマップの成果があってもよかった。
- 次期には、「明らかに領域融合の成果」と言えるものを見てみたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	材料、デバイス、システムとしてほとんどが新規性・独創性があり、ICT に貢献する社会的価値が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	基礎的な基盤技術として独創的であり、バイオ分野からイノベーションを創出するものとして大きく期待される。また、人材育成としてワークショップを長期にわたって毎年開催してきたことは、社会的貢献度が高く評価される。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	テーマそれぞれにおいて独創的な社会価値の創出が進められている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	次世代高速通信や安全・安心な社会を実現するために応用できる有益な技術開発が進んでいる。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	シリコン CMOS ワンチップ 300GHz 送受信集積回路による 100Gbps 超無線伝送や、電力増幅器等の半導体デバイスの開発など、社会的価値の高い成果が得られている。

(2)コメント評価

(評価する点)

- (ア)高機能 ICT デバイス
 - EO ポリマー光フェーズドアレイは、最大偏向角 22.5 度と 2MHz の高速動作(世界最速動作)を有しており、LiDAR や3次元情報取得カメラ、高速大容量空間光通信など広範な応用が期待される社会的価値の高い成果である。
 - EO ポリマー導波路 THz 検出器による 100GHz 帯直接光変調を可能としたことは、次世代高速無線通信のための ToF 技術基盤として社会的有用性が高い成果である。
 - Si/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の開発は、高効率の光変調が可能で、クラウドや AI、IoT などのデータ利活用システムのボトルネック解消に寄与する社会的価値の高い成果である。
 - EO ポリマー変調器の短波長化は Si ディテクタの利用が可能となり、低コスト化に繋がる大きな成果であり、その社会的価値は高い。
 - SSPD 関連の研究成果は、量子情報通信システムなど光量子システムに必須の技術で、その意味において今後社会的必要性が一層高まる。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術
 - シリコン CMOS ワンチップ 300GHz 送受信集積回路を実現し、100Gbps 超無線伝送を可能にした技術は様々なモバイル通信システムに有用となる社会的価値の高い成果である。
 - THz 無線テストベッド用テラヘルツベクトル信号発生・検出技術、および広帯域スペクトル計測基盤技術を開発したことは、今後計測分野で有用となる優れた成果である。
 - 275GHz 以上の周波数における国際標準活動も、今後の社会実装等を考えるとときその社会的価値は高い。
- (ウ)バイオICT基盤技術
 - 分子モジュールを組み合わせた新機能人工分子の創出、人工ビーズによる人工核膜形成条件の解明、バクテリアの化学物質識別能の評価手法等は、その科学的意義の重要性に加えて、様々な分野の科学技術の発展や、その模倣により(バイオミメティクス)工学技術等に変革をもたらす可能性のある重要な成果であり、この意味において社会的価値が高い重要な基礎科学であると言える。
- 高機能 ICT デバイスでは、EO ポリマーによる光変調器において高い変調効率の達成とともに、実用化に向けた技術として光耐性の改善や酸素透過の抑制など、高い成果が得られている。高周波・テラヘルツ基盤技術も、通信デバ

イス・システムや周辺要素技術開発や計測基盤技術開発など科学的価値だけでなく社会的価値も高い成果の他、国際標準化活動への貢献も行われている。

- 生物の情報検出・処理システムは多様で、情報通信分野に新たなものを産み出す要素を多く含んでいる。従来に無い視点から、生物の情報検出・処理システムを対象とする技術開発を進めることは、イノベーションを通して社会的価値の創出につながると期待される。
- 若手人材育成に関し、光学顕微鏡技術を中心にした細胞生物学ワークショップを長期にわたって毎年開催してきたことは、国内外で大変に高い評価を受けており、社会的な貢献が極めて高い。
- 超伝導 SSPD のマルチピクセル化や検出波長の拡張は医療など新規用途の拡大により社会価値創出につながる成果である。また、この研究による優れたデバイス製造技術が量子ビットの性能向上につながったことも横連携の成果として評価したい。300GHz 無線回路による 100Gbps 超無線伝送も情報社会の高度化に貢献するものとして期待する。
- 高機能 ICT デバイスでは、優れた性能を持つ材料を開発できたことに加え、実デバイスを想定した要素技術や、生産性を意識したプロセス技術の開発も行っており、外部機関との積極的な協力関係を築き、応用展開の可能性を着実に広げている。高周波・テラヘルツ基盤技術は、我が国として次世代高速通信のリーダーシップを取るべく是非とも実現したい技術であり、国際標準化にも貢献がある。
- Beyond 5G の実現に向けた電力増幅器等の半導体デバイスの開発や、グラフィエン等の新規デバイスの開発、無線システムの開発等を実施した点。
- 電磁波研究所と共同でホログラムセンシングによる多色三次元細胞イメージングに成功した点。

(さらなる成果を期待する点)

- EO ポリマーによる種々の高性能光制御デバイスは、今後 Si 系デバイスなどと比較して特長を明確にしながさらなる高性能化を進めていくことを期待したい。高周波・テラヘルツ基盤技術も、整備されたシステム開発環境の有効利用によりデバイス・システムのより一層の高性能化を期待したい。
- 超電導関連デバイスは、科学技術的には他を凌駕する成果が得られているので、これを用いて初めて観測が可能となるような用途が必ず存在するものと考えられ、異分野との協力関係を積極的に構築することにより、その社会的意義が一層高まるものと期待される。

（改善すべき点）

- 若手人材育成に関する社会貢献として、評価が極めて高かった細胞生物学ワークショップを終了したことは、大変に残念である。研究所ならではの、人材育成に関する社会貢献を期待する。
- 分子トランスポータは面白いが、色々な情報、分子などを運べるのはわかるが、運んだ後にどんな機能を生むデバイスになるのか分かりやすい説明があるとありがたい。

4. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	材料、デバイス、システムそれぞれで社会実装に向けた十分な取り組みが認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	基礎研究にもかかわらず、企業との共同研究も進んでおり、また成果技術を公開して社会的に供しており、将来的な成果の創出が期待される。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	前倒しの社会実装にこぎつけたものもあり、高い技術力を生かし優れた成果をあげた。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	積極的な技術移転、応用に向けた多方面との協力関係の構築、公的資金による実用化開発など、社会実装に向けての積極的な取り組みが評価される。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	民間企業との有機ポリマハイブリッド光変調器の実用化技術開発や、SSPD の民間企業への技術移転など、社会実装上の十分な成果を挙げている。

(2) コメント評価

(評価する点)

- (ア)高機能 ICT デバイス
 - 世界最高ガラス転移温度の超高耐熱 EO ポリマーの開発により実用レベルの長期安定性を実現し、民間企業(神戸天然物化学)に技術移転し日米で販売していることは社会実装の成功例として高く評価できる。
 - SSPD の技術移転についても、光学機器メーカー((株)浜松ホトニクス)と3年間にわたって資金受入型共同研究を実施し、技術移転もほぼ完了しており、令和3年4月にライセンス契約締結見込みとなっている。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術
 - 100Gbps 無線通信システムの実現を目指した 300GHz 送受信技術の確立は高く評価されており、ハイレベルの国際会議における最優秀 Award や前島密賞を受賞しており社会実装が期待されている。
- (ウ)バイオICT基盤技術
 - バクテリアの化学物質混合物に対する識別能を評価する手法を構築し、環境中に遍在する様々な化学物質混合物の識別への応用可能性を確認したことは、企業との共同研究や特許出願に繋がっており、社会実装に向けて進展している。
- 高機能 ICT デバイスでは、JST のプログラムを利用した企業との共同研究による EO ポリマーによる光変調器の実用化に向けた技術開発、SSPD の技術移転など社会実装への十分な取り組みが行われている。
- 微生物の化学物質検知能力の応用研究として、資金受け入れ型共同研究を民間企業と進めており、基礎研究の成果を社会実装に向けて進めており評価される。特に、アミノ酸類の苦みを評価する手法を構築したことは、社会実装のための重要な成果として評価できる。
- 蛍光顕微鏡計測に関する新しい技術開発は特許出願もしており、また、成果をウェブサイトで公開し、社会的に供している。
- SSPD のバイオとの融合研究は、独創的な未来 ICT の発明のすばらしいブレークスルーであり、企業や研究者との共同研究も進んでおり評価される。
- 基礎研究的な要素が強いテーマ群であるが、SSPD の浜松ホトニクスへの技術移管など、強みの部分を産業界に技術移転するなどの社会実装への意欲と実績がみられた。
- 特に高機能 ICT デバイス技術では、民間への技術移転も行っており、特許出願、A-STEP による実用化開発などを進めている。また、様々な外部機関と積極的な協力を行い、新たな応用分野が逐次広がりつつある点は高く評価できる。

- バイオ ICT 基盤技術は、すぐには社会実装に結び付かない挑戦的テーマではあるが、新規センシングシステムの特許を取得しており、これは実用化に値する十分な価値を持つ。

（さらなる成果を期待する点）

- 高機能 ICT デバイス、高周波・テラヘルツ基盤技術ともに、周辺要素技術や計測基盤技術も含めデバイスからシステムにわたる幅広い範囲で、外部との共同研究などにより一層の社会実装に向けた取り組みを進めることを期待したい。
- 社会実装に関し、中長期的な視点からの今後の取り組みを期待する。
- 特許出願をした光学顕微鏡における独自の生体深部観察のための画像処理方法の開発は、特別な装置を必要としない新規性の高い技術であり大変に有用と考えられる。社会実装に向けた展開を期待する。
- 高周波・テラヘルツ基盤技術は是非とも社会実装に繋げたい成果が出ているが、それを実現するためには受け皿の育成も必要であり、NICT の枠組みを超えるものではあるが、国の産業政策として民間の企業開発を育成することで、社会実装が大きく進展するものと期待される。
- 超解像顕微鏡法において必須となる色収差補正法を開発し、同法のソフトウェアを公開した点。今後実際にどのように社会で活用されるのか期待したい。

（改善すべき点）

- 新規に開発した光学顕微鏡技術の社会実装に向けた、生物の情報処理システムに関する企業との共同研究、SSPD に関する企業との共同研究をはじめとして、今後の発展を期待する。
- 高機能 ICT デバイス技術の開発した SSPD は、浜松ホトニクスや OLYMPUS との進捗が進んでいて評価も高い。バイオ・医療分野における革新的な装置になると強く期待されるが、そのためには、さらなる技術開発が必要であり、NICT として強力なバックアップをお願いする。

項目	6-(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築
----	--------------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	大規模実基盤テストベッド、大規模エミュレーション基盤テストベッドとも、研究と実証というタイプの異なった要員を集め、少ない研究者で、研究とテストベッドの運用・支援とを両立させているのは評価したい。テストベッドとしての完成度は5年前と比べると大幅に前進している。当初目標は全て実現し、さらに、計画の前倒し、新規テーマの開始等、ダイナミックな運営も施行してきたので、通常は S 評価で構わないと考える。ただし、社会は本プロジェクトを囲む社会の変化は、想定以上に速く、Local 5G やコロナ対応などに振れてしまっているため、それへの対応は後手に回ったと感じる。そのため、あえて A 評価とさせていただいた。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	近年ますます情報通信の需要が高まっており、それを見込んだ目標となっている。 ただ、昨年の Covid-19 の出現など、新しい社会の変化への柔軟な対応も必要である。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 大規模実基盤テストベッドに関して、基幹となる大容量高速モニタリングを計画通り仕上げたほか、IoT ゲートウェイの早期完成導入、途中から追加した、P4 テストベッドや VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network) の開発とそれによるデータ収集プラットフォームを自動車会社と共同研究するといったプラスアルファがある。 ● 大規模エミュレーション基盤テストベッドに関して、IoT テストベッドを容易に利用できる UI 機能の開発を早期完了し、電波環境を模倣した IoT 検証システム

AOBAKO や複雑な事象を発生させるシミュレーション・エミュレーション連携基盤 Smithsonian を設計・実装し、減災オープンプラットフォーム ARIA に展開できたのは大きな成果と考える。

- パーマネント平均 12 名、有期・派遣平均 40 名の陣容で、査読付き論文も年平均15件程度と、多くの施設利用機関(年平均295)を支援しながら検討していると感じた。この種のテーマで研究者にインセンティブを持たせつつ研究と実証実験を共存させることはマネージメント面では大変な苦労があったと推察する。
- 本プロジェクトは単発の技術開発で終わるようなものではなく、長期視点での活動が必要であり、その時点のホットなテストベッドを提供していく必要がある。その意味で、NICT の外部へのテストベッドの提供は、企業だけでなく、国プロでも利用することが本流と思われる。総務省の革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発でのテストベッド利用などの事例が今後増えることを期待したい。
- 近年の情報通信への社会的ニーズに対応すべく目的・目標を掲げている。
- 実装・実証のためには総合的なテストベッドが必須ということにいち早く着目し、StarBED や JGN など個別環境を連携できる利用提供を始めた目的・目標意識、それに基づく実施計画を着実にこなしてきた実績を高く評価したい。

(改善すべき点)

- 昨年も指摘したが、実証とか社会展開を優先課題にしているプロジェクトであるため、計画の目標の達成率だけでなく、Local 5G や SDGs といった計画立案後の社会の変化に柔軟に応じていくかという点も重要だと思う。中長期計画の目標変更の柔軟性はそれなりに頑張ってきたと考えるが、まだ十分とは言えない。「次期ネットワークテストベッド検討ワーキンググループ」を作っているが、p.31 以降のモバイル通信x共通基盤に Local 5G のキーワードが出ないのは残念。Local 5G は日本固有の仕様を組み込める領域なので、研究の出口戦略として考えておくべき分野と考える。次の中長期計画中でも継続的に社会ニーズを取り上げて、研究テーマを発掘して欲しい。
- また、社会への活動の周知には、ホームページを改善すべきである。例えば、StarBED には活用事例があるが、JGN、RISE、JOSE のページからは活用事例にとたどり着けない。
- また、周知ページが <https://testbed.nict.go.jp/example.html> と <https://starbed.nict.go.jp/example/example.html> に分離しているのが惜しい。大容量高精細モニタリングで何をやったか、もっと簡単に分かるようになれば

と思う。

- 昨年の Covid-19 の出現など、新しい社会の変化への柔軟な対応も必要である。また、今後の 5G、6G も視野に入れて、新たな目的・目標を考えるべきである。

2. 「テストベッド構築」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	<p>大規模実基盤テストベッドに関して、大容量高速モニタリングを計画通り仕上げたほか、IoT ゲートウェイの完成、P4 テストベッドや VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network)によるデータ収集プラットフォーム等の成果がある。</p> <p>大規模エミュレーション基盤テストベッドに関して、IoT テストベッドをより容易に利用できるUI機能、電波環境を模倣したIoT 検証システム AOBako、複雑な事象を発生させるシミュレーション・エミュレーション連携基盤 Smithsonian を完成させ、減災オープンプラットフォーム ARIA に展開できたのは大きな成果と考える。上記を合わせ、エミュレーションとシミュレーションを一体化した総合テストベッドとそのユーザの利便性を向上させたことは、今後のテストベッドの価値を高めたものと、大いに評価したい。</p>

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	<p>市民生活への応用を視野に入れ、テストベッドの構築を行っている。</p>

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 技術的には、平成28年段階でエミュレーションとシミュレーション環境が分離していたテストベッドから、シミュレーション・エミュレーション連携基盤 Smithsonian に代表される無線も含めた総合的大規模テストベッドとして、シミュレーションとエミュレーションを組み合わせた柔軟な環境構築ができるように完成させたことを評価したい。UI 機能のような地味ではあるが運用上重要なテーマにも取り組んだことも評価したい。個々の要素技術としては、大容量

高速モニタリング、IoT ゲートウェイの完成、P4 テストベッド、VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network)、電波環境を模倣した IoT 検証システム AOBAKO によるデータ収集プラットフォーム等の成果がある。また、減災オープンプラットフォーム ARIA に展開できたのは大きな成果と考える。

- 運用面では、テストベッド利用件数が初年度 102 件から最終年度 169 件と増加したことも評価したい。
- 社会と連携し、テストベッドの構築を行っている。
- 中長期の途中から SDN(次世代 SDN プログラミング等)の流れにも取り組んだり、テストベッドの大規模化の進捗を図るなど先進的な実績を評価したい。

(さらなる成果を期待する点)

- テストベッド利用件数が7割近く増加したのは評価するが、大学や企業にだけでなく他の国研にも周知し、彼らの実証実験に使ってもらうようにはできないか。特に、リモートで仕事をするようになった今、物理的に実験機材に触れられないと遂行が難しいような実験担当者は少なくなっていると考え。今年度は、コロナ禍で大学の電気情報系学科が授業で行う実験のかなりのものがシミュレーションで置換された。この心理的効果は大きいと考える。
- 昨年度の Covid-19 を特に考慮したモノがあると良い。

(改善すべき点)

- 計画立案中の 2015 年では、Local 5G や SDGs と言った昨今話題の技術や国家目標も議論がされていなかったが、現在、社会自体がその方向に動き出している。今回の中長期の研究機関の最大の成果は、これまでバラバラ感が強かった、物理系のテストベッドとシミュレーション系のテストベッドが電波伝搬環境も含めて総合化されてテストベッドに集約化されたところだと思う。次の中長期では、このテストベッドを前提に、トップダウンにテストベッドの構築計画を行うことだろうと考える。この意味で、総務省の基本方針を議論する場で、テストベッド部隊として、どしどし発言して有用なテーマを引き込むことが重要と考える。
- 昨年より利用者が増えてはいるが、昨今の ICT への社会ニーズを考えると、もっと指数関数的に増えても良い。さらなる広報と使いやすさの改善が必要だと思う。

3. 「実証」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	100Gbps 以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を整備し、H29 年以降の SC (SuperComputing)、さっぽろ雪まつり実験、大容量データ伝送を競う技術コンテスト Data Mover Challenge 等で活用し、また、ひまわりリアルタイム Web 等のアジアへの展開等、多くの国際的な技術実証を行ったことを評価する。 テストベッドの研究開発上の利用例として、実環境では得られにくいネットワーク障害時の挙動を大量に収集し、AI 運用システムの学習データとして使える可能性を示せたことは、今後のテストベッド利用の方向性を示せたと考える。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	キャラバンテストベッド、LPWA テストベッドの提供と活用研究会取組を開始した。IoT テストベッドの普及のために、ユーザインタフェースを改良した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 公衆網整備途上にコネクテッドカーを実現するため、車車間通信と狭帯域モバイル通信をハイブリッドに用いる VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network) を開発し、実車走行実験により実用性を実証している。自動運転等のプロジェクトに今後どのように展開するか楽しみである。また、アジア・太平洋地域で 100Gbps 高速回線によるリング(APR)及びアジア-欧州間研究・教育用ネットワーク(AER)に関する覚書を国内外の機関と締結し、100Gbps 以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を整備した。これは、H29 年以降の SC (SuperComputing)、さっぽろ雪まつり実験、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、また、ひまわりリアルタイム Web 等のアジアへの展開等、多くの国際的な技術実証に活用されたことを評価す

<p>る。</p> <ul style="list-style-type: none">● SDN プレーンプログラミング言語 P4 のマルチテナントテストベッドは次の世代のテストベッドの運用を変える大きな技術的前進をしたと考える。● これまでのテストベッドは、アプリケーションがうまく動くか検証することを目的にしてきたが、ネットワークがうまく動かなかったときにどのような挙動を示すのかということにも使えることが分かった産業上の意義は大きい。ネットワーク管理の自動化を目指した場合、障害事例はごくわずかで、大量の学習データを必要とする深層学習には向いていなかったが、テストベッドの利用はブレークスルーになる可能性がある。● キャラバンテストベッド、LPWA テストベッドの提供や、IoT テストベッドのユーザインタフェースを改良など、実装の拡大に努めた。● テストベッドそのもの目的からして実証に使われてこそ意味があるのは言うまでもないが、H28 年度以降、着実な利用拡大を実行した成果がある。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none">● 利用者の指数関数的増加に繋がれば良い。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">● 国際共同研究・技術実証は年平均十数件あるので、数は十分であるが、NIC Tがリードして技術検証や社会実装のプロフィールを国際的に目立たせてほしい。例えば、耐災害はアジアをけん引する良いテーマである。それが、来期のテストベッドの設計指針につながると考える。● ネットワークの仮想化は、VM(Virtual Machine)からコンテナに流れが移っている。Docker を前提に Kubernetes を軸としたオーケストレーションツールも広まっている。メジャーになったこの技術に対するスタンスを明確にしてテストベッド構築を考えるべき。● Covid-19 など、新しい社会の変化に対応できると良い。

4. 「イノベーション創出」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	前年度までの、(株)インサイトテクノロジー「LUiNa」、沖電気(株)「SmartHop®」、ひまわりリアルタイム Web、BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」、災害シミュレータ ARIA の構築に加えて、今年度は Wi-SUN を活用した地域防災や自動運転電動車両の運行の設計評価手法が加わった。いずれも評価したい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	「交通安全」「高齢者見守り」「タクシー乗客発見支援」に関わる IoT サービスを開発した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- JGN 系で、国際標準化と商用化につながった ITU-T IPTV 標準規格のコンテンツ流通実験、ならびに実運用につながったフェーズドアレイ気象レーダ観測データ伝送は、高速大容量の JGN の成果をいかに発揮できている。ただし、オープンイノベーションという観点からは、ひまわりリアルタイム Web と同様、他組織、特にメーカ系の技術が、もっと入っているように見えると良かった。
これに対して、(株)インサイトテクノロジーが AI 型予兆予測サービス「LUiNa」のアーキテクチャ検証や性能評価に StarBED を活用(株)アイ・アイ・エムより 2019 年にリリース)したこと、沖電気(株)が 150 台の JOSE センサおよびサーバを使って、無線モジュール「SmartHop®」の通信の信頼性および省電力性能の向上試験を行ったことは、テストベッド本来の使い方の事例として高く評価したい。大学との連携で生まれた BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」もテストベッドのプロジェクトとして高く評価したい。
また、エミュレーション・シミュレーション連携基盤 Smithsonian を活用し、実際の地理的環境の中での人の移動、災害状況の変化、ICT 環境が連携して動

作する災害シミュレータ ARIA を構築し、非常時の ICT サービスの挙動検証を可能とし、さらに IoT センサなどからの実データをリアルタイムに入力することで災害時の被災予測を行うよう機能を拡張している。この点も評価したい。

- 交通安全、高齢者見守り、タクシー乗客発見支援など、市民生活に役に立つイノベーション創出を行った。
- イノベーションは基礎研究からのパラダイムシフトも重要であるが、その基礎研究の在り方・進め方にインパクトを与えるような実証データなども必要である。テストベッドはその基盤として多いに貢献している。

（さらなる成果を期待する点）

- このテストベッドが、その後、実用化が進んだかが気になる。

（改善すべき点）

- 成果は出ているが、NICT の成果なのか、テストベッドを利用した企業等の成果なのか判然としないところもある。そこを明確にし、十分周知されれば、さらに利用が増えるのではないか。前述のように、Web 等での成果は、関連ページが分離しているため、総合的に分かるように1ページに集約した方がいい。
- イノベーションの内容が、さらに他分野に広まれば良い。

5. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	少ない要員で、100Gbps 以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を整備し、SC (SuperComputing)、Data Mover Challenge、ひまわりリアルタイム Web 等のアジアへの展開につながったことを評価する。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	アジア初の 100Gbps の回線を実現し、日米アジアの連携を行った。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 国際共同研究・技術実証は年平均十数件あるので、数は十分である。また、アジア・太平洋地域で 100Gbps 高速回線によるリング(APR)及びアジア-欧州間研究・教育用ネットワーク(AER)に関する覚書を国内外の機関と締結し、100Gbps 以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を整備した。これは、SC (SuperComputing)、Data Mover Challenge、ひまわりリアルタイム Web 等のアジアへの展開につながったことを評価する。特にひまわりリアルタイム Web は利用者数で国内外の利用者数の増加傾向を示しているので、評価しやすい成果である。
- アジア初の 100Gbps の回線を実現し、日米アジアの連携を行った。
- アジア・太平洋地域での 100G リング、さらには欧米とも研究ネットワークを準備出来た成果は大きい。

（さらなる成果を期待する点）

- 実証実験から、具体的な情報通信サービスの実用化につながると良い。
- 今後は上記のネットワーク(アジア・太平洋地域での 100G リング、さらには欧米との研究ネットワーク)を活用した更なる成果を期待したい。

（改善すべき点）

- 技術成果の国際展開を図るには、どんな成果を展開するのかテストベッドとしての枠組みが必要になる。今は 100G 中心に進めているが、今後を考えると疑問である。このため、やはり Local 5G や SDGs と行った昨今話題の技術や国家目標を配慮したものを見せていくことが重要ではないか。また、5G が典型だが、大容量、低遅延、多接続を同時に満たすネットワークの実現には、まだまだ検討すべきことが多い。また、アプリケーション技術も、自動運転等を考えると、映像伝送も高圧縮率を狙うよりも超低遅延エンコーディング/デコーディングの技術が必要になるが、その場合はアプリケーションも含めて、大容量高速、低遅延・高信頼、多接続を同時に満たす、今の5G では実現できていないものでなければならない。そのような未来に備え、ネットワークの物理遅延や処理遅延も考慮して、アプリケーションレベルのエンド・ツー・エンドの遅延がどのくらいになるのか、それを短縮する場合の技術的下限はシステムとしてどのくらいになるのかといった指針を出せると自動車産業などに有益と考える。
- 実証実験から、実用化へつなげてほしい。

項目	6-(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 6-(4) 戦略的な標準化活動の推進 6-(5) 研究開発成果の国際展開の強化
----	--

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	成果展開活動を組織体として具現化し目標設定した点を高く評価

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	「取り組む」、「努力する」、「推進する」、「目指す」などの設定に留まり、今回も定量目標が設定されていませんでした。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- NICTの成果展開を分野横断でマネジメントする取り組みを組織として明確化し実行した点、組織横断的な形式の導入、NICT外部の成果活用を促進する取り組みを高く評価する。これまで組織的に取り組めていなかった、アイデアソン、ハッカソン、また、コーディネーション機能为目标として設定した点を評価する。
- 報告に言語化されていないが、質疑応答でメタレベルのチャレンジでの学びや気づきがうかがえた。
- イノベーションの原点をよく理解し、しかもそれにはオープン性が重要という観点になった目標設定を早くから行って来たことを高く評価したい。

（改善すべき点）

- 推進本部内の複数のセンターの取組は自主研究との連携を行ってきているものと考え、自主研究側からオープンイノベーション推進本部を活用する動きが少ないように見える。NICT内部の連携を促進する枠組み、もしくは、成果展開の方法論を考え、NICT全体での成果展開の効率化を図ることを期待したい。
- 定量目標が設定されていない点、委員会においても指摘されていました。是非とも改善をお願いします。
- メタレベル、すなわち国研のオープンイノベーションに向けたトランスフォーメーションについての「目的・目標」を設定し、計画・実績管理することにチャレンジいただきたい。OKRの導入等についても検討いただきたい。
- 各プロジェクトの発表フォーマットを統一いただきたい。

2. 「イノベーション創出」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	幅広い取り組みを行いオープンイノベーションへつなげた点を高く評価

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	-

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 共同研究、委託研究も駆使し、産業界、大学、自治体を問わず、広く連携を深め、社会実証・実装等の取組を通じて研究開発成果の社会実装事例を蓄積してきたことは、イノベーション創出に必ず繋がる成果に結実するであろう。
- 情報発信としてのシーズ集、人材育成の取組、地域での社会実装を目指した実証活動のコーディネート、並びに、より活用しやすい手法としての技術相談など多岐にわたる成果展開の営みが行われた点を高く評価する。FFPAのアライアンス、AI関連の新規技術の社会展開のサポートの実践など関連した法人と広く連携する枠組みを構築した点も評価する。
- 一部実績が定量的に報告されるようになった点。

（さらなる成果を期待する点）

- コーディネーションやプロモーションのアクティビティが中心である。取り組みの結果だけでなく、成果展開のプロセス（プロモーション活動、技術相談、ビジネスプロデューサ活動）についてのアセスメントも重要である。そのフィードバックとしてより成果展開を促進する、新規の取組を検討するようなことも目的とすることも取り上げていただきたい。
- 量子領域に着手できた点。

（改善すべき点）

- これからの成果展開の方法として、アイデアソン、ハッカソンをより活用すべきではないかと考える。基盤的な技術についてはより多くの人に触れてもらう機会を作り、そのなかから多くの社会課題への適用への活動が生まれると考える。また、推進本部に設置された学際的なセンターの営みとして実践されている内容との連携などについても、詳細でなくとも取り組みの概要としてはアピールすることで、推進本部全体での成果展開の効果が理解できると考える。
- 今後は、計画時に定量目標を設定し、実績と対比、その差異に関して考察を示していただきたい。

3. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	着実に活動を進めてきた点を評価

評価者 B

評点	C
評点付けの理由	-

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 標準化は本来中央省庁のリードの元、該当分野のリーディングカンパニーがリソースも注ぎ込んで国際戦略の下、国を挙げて活動すべきものであるが、昨今の日本は民間の活動が弱くなっている中であって、NICT がリードから実働まで、本当に良くやって来た分野もある(例えば「量子鍵配送」)。
- 主要国際機関における標準化活動を持続的に行い、一定の貢献を行ってきた点を評価する。国内の関係機関との連携、標準化活動への意識付けの努力を行った点を評価する。

(さらなる成果を期待する点)

- 標準化の営みが多岐にわたってきている中で、NICTのみならず日本として標準化機関に対しての参画をどのように推進するのか、標準化する技術の戦略、体制について、再度、検討する必要がある。

（改善すべき点）

- 意識醸成等の活動を広げ、標準化へのかかわり方を検討する機会の創出、また、新規技術課題などへの新たな枠組みの提案等、標準化の戦略議論をすることをアクションとして明確化することも必要と考える。
- 定性的にも分かりにくい。何が課題で、何が対策で、何がアウトカムなのか、改めて整理、見直しが必要ではなかろうか。

4. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	国際連携を積極的に推進した点、特に ASEAN との新たな枠組みの立ち上げた点を高く評価

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	SEAでの成果がめざましい

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 欧米、アジアに連携センターを設立し、そこをさらなる横展開のハブとする活動が定着し始めたことは、実に有効な方法である。 ● ASEANとの新たな枠組みを大きな共同体にまで発展させた点、研究の初期段階から社会実装の段階まで国際プロジェクトを提案、実行してきた点、従来の日米、日欧の枠組みを持続、発展した営みを高く評価する。ASEAN IVOの取組では NICT がイニシアティブをとり 60 を超える機関の参画を得た点は、大きな成果として評価する。 ● 経年で、定量含めて実績が示されており成果がわかりやすい。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ASEANとの取り組みは、地域として今後発展が期待され、日本の技術やそれをベースに地域にあった形でイノベーションが創出する形に育てていただきたい。国際連携の効果について「質」や「取り組み環境の難しさの克服」など、量的な観点に加え質的な観点でのさらなる向上を期待するとともに、うまく成果をアピールしていただきたい。 ● SEAでの活動が更に活発になり、具体的な成果を生み出すことに期待したい。

（改善すべき点）

- 国際連携活動からのフィードバック、特に、NICT の自ら研究や、日本の他の研究活動へのインパクト、それらの活動を活性化した例などを整理してアピールしていただきたい。
- 計画段階で事前に定量目標を設定し、計画・実績を対比、分析できるようになると良い。

項目	6-(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進
----	----------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	耐災害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し、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し、さらに、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計画は妥当である。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	東日本大震災の教訓や問題点を克服するとともに、今後想定される大規模災害にも十分対応できる強靱な ICT 機能および社会実装の具体的な取組みを計画、早期に目標を達成し、大きく社会貢献している点。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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、大学・研究機関等との共同研究等を通じた外部研究機関との連携強化、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の幅広いネットワーク形成、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、実証実験や防災訓練の実施、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ガイドラインの策定など、研究成果が実災害に対応ができる段階にあることを実証し、成果の最大化を図る取組みは妥当である。 ● 中長期計画全般に渡り、東北大学を中心とした大学・研究機関との共同研究
--

や産学官連携活動計画、研究開発計画の実施および成果目標の達成、またこれらの成果の社会実装目標の達成、さらには多くの防災訓練や展示での実施目標の達成等極めて顕著であり評価できる。

- 気象や地震のみでなく、ますます深刻化する世界の災害事情に鑑みて、本テーマは実に時宜を得た目的・目標を掲げてきた。特に今年度は新型ウィルス対策面からも広い意味の災害対応上で貢献したと言える。

(改善すべき点)

2. 「実証」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	D-SUMM の試験公開、超小型ナーブネット・LPWA 搭載型の研究開発、研究キャラバン型のオープンプラットフォームとして、東北地域の大学等と連携し・地域課題解決への活用など、多くの取り組みを行い、研究成果が実災害で十分利活用できることを示しており、高く評価できる。ライセンス供与を受けた企業が商用サービスを開始し、防災チャットボット SOCDA の開発に着手し、様々な実証実験に加え実災害でも実活用するなど、優れた成果をあげている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	この 5 年間で研究開発した成果の殆どを社会実装し、実災害や防災訓練でその有用性を示し研究成果を最大化している点

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 言うまでもなく、災害対応は如何に平時からの対応が出来ているかにかかっている。本件はその観点を強く認識し、そのためには実証に重点を置いてきたことが極めて有効であった。 ● D-SUMM の試験公開、超小型ナーブネット・LPWA 搭載型の研究開発、研究キャラバン型のオープンプラットフォームとして、東北地域の大学等と連携し・地域課題解決への活用など、多くの取り組みを行い、研究成果が実災害で十分利活用できることを示しており、高く評価できる。防災訓練や実災害での利用等の実用化の進展もあり、SIP での研究開発を H28 年度で早期終了。R02 にはライセンス供与を受けた企業が商用サービスを開始。H30 からは SIP 第 2 期で防災チャットボット SOCDA の開発に着手し、様々な実証実験に加え実災害でも実活用していることは高く評価できる。自治体等の体験が実災害時

に活用できるとの期待感・判断を醸成し、内閣府防災における実活用を通じて、多くの自治体等に広がる良好活用事例になっている。

- 熊本地震においては、SIP で開発された衛星通信と無線通信による安定したインターネット接続環境を提供と、DISAANA および Pi-SAR による災害情報分析や被災地観測画像の提供による実災害時の ICT 提供および「運用のノウハウを蓄積している点。
- H29年の九州北部豪雨や岩手県雪崩災害、R1 年の各地豪雨においては、SIP で早期開発終了出来た DISAANA/D-SUMM が災害状況把握などに実利用された点。
- さらに、R1 年には「防災チャットボット」が神戸市、三重県で長期を含む実証実験、および台風 19 号にても神戸市、三重県、伊勢市にて実利用されている点
- 首都圏直下地震を想定した中央官庁準備訓練においてナーブネットによる自営無線環境の整備している点。

（さらなる成果を期待する点）

- 耐災害システム導入コストの見積は、自治体の規模や導入するシステムへの要求によって異なるため、一概にコストを算定することは難しいと思われるが、参考価格や投資の目安となる金額を提示することが可能かどうか、検討してほしい。
- これまでの中長期計画での実証目標は、主に自治体の防災関係者への利用提供であったが、さらに踏み込んで、国民・住民が平時はもとより災害時でも、自助・共助により安心安全を確保できるような研究開発にも取り組んで欲しい。
- ニューコロナなども災害ではないが、危険リスクを避けて生活できるような ICT についても検討してほしい。

（改善すべき点）

- これまでの中長期計画での実証目標は、主に自治体の防災関係者への利用提供であったが、さらに踏み込んで、国民・住民が平時はもとより災害時でも、自助・共助により安心安全を確保できるような研究開発にも取り組んで欲しい。
- ニューコロナなども災害ではないが、危険リスクを避けて生活できるような ICT についても検討してほしい。

3. 「産学官連携」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	40 件の大学等との共同研究、地域 ICT オープンプラットフォームを用いた、農業・漁業、地域情報発信・観光、交通・気象、等の課題解決に向けた研究開発など精力的に連携を行っていることは高く評価できる。また、東北大学タフサイバーフィジカル AI 研究センターとの連携、遠隔から支援する広域ネットワーク防災訓練を主催・実施、防災チャットボット SOCDA の実証実験、および、接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の実証など産学官連携を推進していることも高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	東北大学や中心とした地域の大学との共同研究や交流が推進され、多くの成果が達成されている、国際的にも研究開発協力や国際展開の成果が達成出来ている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- D-SUMM の試験公開、超小型ナーブネット・LPWA 搭載型の研究開発、研究キャラバン型のオープンプラットフォームとして、東北地域の大学等と連携し・地域課題解決への活用など、多くの取り組みを行い、研究成果が実災害で十分利活用できることを示したことは高く評価できる。タフロボティクス×タフ IoT の研究として、厳しい環境下における群ロボット制御用無線通信技術の研究開発の実施や、地域 ICT オープンプラットフォームを用いた、東北地域の課題（農業・漁業、地域情報発信・観光、交通・気象、等）の解決に向けた研究開発を精力的に推進したことも高く評価できる。また、遠隔から支援する広域ネットワーク防災訓練を主催・実施、防災チャットボット SOCDA の実証実験、および、接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の実証など産学官連携を推進していることも高く評価できる。
- 開所以来連携している東北大学との共同研究が多くの研究成果を達するとと

もに、新たな連携ラボラトリーを設立して群ロボット制御用無線の研究を開始している点。

- 東北地域の大学と交流のため地域 ICT オープンプラットフォームを提供し、東北地域の課題解決（農林水産、観光、交通、気象等）に向けた研究開発が進んでいる点。
- 海外ではカンボジア、スリランカ等 ASEAN 諸国への研究開発協力と国際展開の強化を実現できている点は高く評価できる。
- 地域や自治体を巻き込んで展示、シンポジウム、フェアなど活発な行動をしてきたことが極めて有効であった。

（さらなる成果を期待する点）

- 技術移転も含め、企業が機器開発・コストダウンができるよう取り組みを期待する。また、地方自治体での導入を促進するため、平時での併用を想定した技術開発・実証、訓練参加、有効事例の蓄積等、活動を推進されることを期待する。
- R2 年度に東北大学・企業との NEDO への共同提案した「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」が採択され、新たな産学連携研究の推進に期待できる。

（改善すべき点）

- 東北地域以外の大学、自治体とも連携して共同研究、産学官連携、実証実験を推進する枠組みを構築して欲しい。

4. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」の策定・改訂(H30:第2版、R02:第2.1版)を行い、自治体等の活用の促進に努めていることは評価できる。また、大学・研究機関と連携して「人工知能を用いた災害情報分析の訓練ガイドライン」の策定を行い、災害時対応の指針を提示したことも評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	実災害時の経験やノウハウをまとめて、2つの耐災害時に有効なICTのガイドラインの策定・作成をさせた点は高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際標準化の前段階として、国内における利用モデルの構築とガイドライン等としての文書化することが重要であり、「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」の策定・改訂(H30:第2版、R02:第2.1版)を行い、自治体等の活用の促進に努めていることは評価できる。また、大学・研究機関と連携して「人工知能を用いた災害情報分析の訓練ガイドライン」の策定を行い、災害時対応の指針を提示したことも評価できる。 ● DISAANA/D-SUMM、ナーブネット、SOCDA等これまでの開発した成果の商用サービスへの展開と国内および国際的なデファクト標準化へと期待されます。 ● また「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」や「人工知能を用いた災害情報分析の訓練ガイドライン」の策定により各自治体へ積極的な情報発信を行っている点。 ● テーマの性格上、標準化活動そのものよりは、災害・緊急時などに如何に迅速な対応(接続)が可能かは各システムが平素から如何に標準に則っている

かが大事であり、その観点からは企業への技術移転も進んだことは好ましい。

（さらなる成果を期待する点）

- 以上のガイドラインをさらに多国語化して、世界でも利用していただけるようにし、多様な災害の多い日本がリーダーとなり、災害時のレジリエントなネットワークに関する標準化に貢献して欲しい。

（改善すべき点）

- 以上のガイドラインをさらに多国語化して、世界でも利用していただけるようにし、多様な災害の多い日本がリーダーとなり、災害時のレジリエントなネットワークに関する標準化に貢献して欲しい。

5. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	東南アジア域の大学・研究機関と連携し、ASEAN-IVO Projectや APT Collaboration Research Projectなどで、国際展開活動を行い、研究開発成果の国際的普及を行ったことは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	少ない研究者数ながら、ASEAN 諸国のプロジェクトの多くの重要なプロジェクトを行い、大いに国際貢献している点。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 東南アジア域の大学・研究機関と連携し、ASEAN-IVO プロジェクト(4件)、APT Collaboration Research Project(4件)にて、地滑り早期警報システム実証実験(スリランカ)、ダム監視NWの耐災害性強化FS(タイ)、ナーブネットを活用したルーラル地域の教育支援と運用、養殖池の水質管理等の現地実証実験等を実施して技術の有用性が確認され、東南アジア域への国際展開が進んだことは、評価できる。
- 東南アジア域(スリランカ、タイ)の大学・研究機関と連携し、地滑り監視、ダム監視プロジェクトや、ナーブネットによるそれらの地域の教育支援と運用を行うことにより東南アジア域への国際展開が進行している点。
- 主として東南アジア中心であるが、NerveNet の低コスト化など、現実的に有意義な活動が実行された。

（さらなる成果を期待する点）

- 海外展開も可能な技術については、国際連携等でリーダーシップを発揮するためにも、標準化活動を積極的に継続されることを期待する。日本企業の国際競争力強化につながるよう、さらなる国際展開の取り組みを期待する。多国語化して発信することを検討し、特に、ナーブネットの国際展開においては、現地の技術者・利用者の指導やトレーニングも併せて、積極的に行ってほしい。
- 今後も、新たなウィルス感染も懸念されるなか、これまでの経験や実績をリモート環境による国際間の技術移転や人材育成に発展し、この分野における世界のトップリーダーをフルに発揮し、世界的評価を勝ち得る枠組みを構築して欲しい。

（改善すべき点）

- 今後も、新たなウィルス感染も懸念されるなか、これまでの経験や実績をリモート環境による国際間の技術移転や人材育成に発展し、この分野における世界のトップリーダーをフルに発揮し、世界的評価を勝ち得る枠組みを構築して欲しい。

項目	6-(6) サイバーセキュリティに関する演習
----	------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	限られた予算と人員の中で国の行政機関等のサイバー攻撃への対処能力の向上に貢献するという当初の目標に対して最も効果的かつ現実的な実施計画となっている。NICT の技術的知見を最も活用できる形で各種事業が推進されている計画と言える。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365とも、素晴らしい取り組みであり、高い評価に値する。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	中長期計画の目標であった、国の機関・地方公共団体・重要社会基盤事業者等への受講機会の確保が十分なされたとともに、民間企業からの受講も推進した点を評価します。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- サイバートレーニングをより実践的かつ着実に企画・推進するため、CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365 という3つの特色のある事業を展開している。それぞれの事業は役割や対象が異なり、かつ限られた予算と人員の中で体系的で効率的であり、NICT の持つさまざまな技術的知見を活用できる事業体制を築いている。
- 民間でできない取り組みであり、国研としての役割を十分果たしているところ

が、素晴らしい。

- 地方公共団体への周知ならびに参加の呼びかけは、地道で時間を要する活動ながら、毎年度さまざまな施策を実施し、着実に受講者を増加させた点を高く評価します。
- セキュリティは不断の革新的開発が必要であり、その根本は人であるが、そのためには実践的運用経験が極めて重要。その観点からの Sechack365、CYDER、コロッセオと三拍子の方法論で臨んでおり、明確な目的・目標を高く評価出来る。

（改善すべき点）

- CYDER や SecHack365 を受講すると、企業等での人事評価に影響が出るようになると、なお重要性が増すので、サーティフィケーションとの関係を整理推進していただきたい。

2. 「演習の実施」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365 のいずれも他では例が無い事業を継続的に実施しており、受講者数の人数も実績を上げている。実際に行われた演習内容、育成内容についても世界トップクラスであると評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	オンライン版 CYDER の構築は、現在のコロナ下での対応としては、大変重要であるので、高い評価に値する。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	中長期計画の目標であった、サイバー演習の内容に関して対象者に応じた演習シナリオの用意が十分なされたとともに、セキュリティイノベーター育成プログラムを実施し、若手人材育成にも貢献した点を評価します。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 5年前の中長期計画当初から全国的な取り組みを行い、毎年度、人数、内容、場所など継続的な努力を怠らずに実行したことがみてとれ、素晴らしい成果であった。
- CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365 のいずれも国立研究開発法人が実施する人材育成事業として相応しい内容を持ち、受講者数等の実績も上げている。演習も手厚い体制で行われており、その内容も世界トップクラスである。令和2年度においてはいずれの事業においても新型コロナ対策としてオンライン化に迅速に対応することにより、適切かつ効果的に事業継続を行っている。

- オンライン版 CYDER の構築は、今後の CYDER の普及促進に資するものであり、さらなる発展に期待したい。
- SecHack365 に関して、修了生を含めたコミュニティ作りを推進している点を高く評価します。人材育成においてコミュニティの存在は大変重要であり、この活動は今後もぜひ継続していただきたいと思います。

（さらなる成果を期待する点）

- 国のデジタル化方針の中で、地方自治体、学校などはさらに改革を必要とする代表的存在であり、それらへのアプローチは NICT ならではの従来からの実績があるとはいえ、更に大いなる邁進を期待したい。こればかりは政府機関も、民間事業者も手が出ないポイントであり、NICT の特色が一層発揮されよう。
- CYDER で開発されている実機演習システムは貴重な知的資産であり、今後サイバーセキュリティ教育や研究に活用していくことが期待される。試みられているオンライン実験演習システムは、さらに完成度を高めてサイバーセキュリティに関する教育や研究を行っている高等教育機関、研究機関等で利用できるようにし、さまざまな機関の協働により演習シナリオの充実が図れる体制が築けるようになると理想的である。
- CYDER の普及を民間との連携でさらに発展させていただけるとありがたい。

（改善すべき点）

- SecHack365 の進め方は素晴らしいので、その中にソフトウェア開発におけるサプライチェーンの考え方を入れることで、ソフトウェアのセキュア開発を検討していただきたい。

項目	6-(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査
----	--------------------------------

1. 「目的・目標」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	国立研究開発法人が実施すべき有意義な事業として適切に位置づけられている。その実施内容についても可能な範囲で技術的にも適切に計画されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	NOTICE は、単に研究開発をしているものではなく、制度との関係も踏まえて、我が国で必要な対処であることが高く評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	中長期計画の目標であった、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が実施され、その結果多くの注意喚起が実際になされるに至った点を評価します。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 実施に必要な法律を整備して国の施策のひとつとして事業を実施していること等、国立研究開発法人しか実施することができず、かつ国としても実施すべき、有意義な事業として適切に位置づけられている。その実施内容も社会的に可能な範囲で適切に目標付けられており、かつ計画されている。技術的な見地からみても考え得る限り適切な事業内容である。
- 国研ならではのテーマであり、成果も出ているので高い評価に値する。
- これまでさまざまな制約から実施が困難であった脆弱な IoT 機器の調査につ

いて、情報通信研究機構法を改正し、NOTICE を作り上げ稼働・業務実施に至った点を高く評価します。国研だからこそ成しえた成果と思います。

- 今中長期計画の中で、NOTICE というスキームも確立され、また従前からのNICTER がさらに活かされることにも結び付き、極めて良い方向を目指した 5 年間であった。これも目的意識が明確である証拠、今後の継続発展のためにネット利用の変化を怠ること無く注視し続けて欲しい。

（改善すべき点）

- NOTICE を我が国の基盤として、制度面も含めてより発展させることを期待したい。

2. 「調査の実施」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	当初の計画通りに適切に実施されている。技術的なアップデートもなされている。また、技術的、社会的に貴重な知見が得られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	現在の制約の中では、計画に従って、十分に成果も出ているので、高く評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	IoT 機器の調査ならびに利用者への注意喚起が着実になされているとともに、取り組み強化のための実施計画変更がなされた結果、注意喚起件数が増加する成果が認められた点を評価します。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 調査対象は増える一方であるため、認定協会のみならず通信事業者全体がそのメリットを享受出来る方向にあり、NICT が果たしてきた役割と成果は極めて大きい。 ● 当初の計画通りに適切に事業が実施されている。その内容は技術的にも適切であり、社会的な制約の範囲において常に的確な技術的アップデートも行われている。多岐にわたり数多く存在する IoT 機器について実際的な調査を実施する事業は貴重な知見を得ることができる重要な調査である。 ● 具体的な対処をしている点とそこからの分析等、高く評価できる。 ● 1億以上の IP アドレスに対して実際に調査を行い、発見された脆弱な IoT 機

器に対して、ISP 経由での注意喚起を業務として実施するフローを構築された点を高く評価します。

（さらなる成果を期待する点）

- 一方で利用者・事業者も多岐にわたるため、こうした動きを十分に追従できていない対象は、エンド・ユーザーは言うまでもなく、事業者も（通信関係者のみでなく）益々広がることになる。限られたリソースの中で実に大変なことであるが、更に効率的な調査などを実施することに奮起されたい。
- 今後も本事業の調査を継続的に実施していくことを期待する。出来る範囲でさらに識別符号数を増やし、さらに実体に迫る調査を進められたい。NICT の誇る機械学習等のテクノロジーを駆使し、IoT 機器の Web 管理画面へアクセスする、より実地的な調査にも期待する。
- 現在は、Telnet、SSH への対応とのことですが、Web 等への対応ができることを期待したい。
- これは日本の IoT セキュリティにとって非常に重要な取り組みですが、現状では注意喚起にとどまるなど、NICT を超えた取り組みが必要な段階に至っていると考えます。関係諸機関との連携を一層深め、発見された脆弱な機器をできるだけ短期間で修正する仕組みを構築していただくことを期待したいと思います。

（改善すべき点）

- 大変難しいことであるが、エンドユーザーへの周知徹底をより強く図っていただきたい。

分野評価委員会

年度評価

令和2年度

項目	1-(1) リモートセンシング技術
----	-------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の令和2年度の実績については、科学的意義において顕著な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	世界初の成果を含むレベルの高い研究を実施し、学会等でも注目される成果をあげ、論文としても積極的に発表している。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	概ね令和 2 年度計画で掲げた目標を達成し、将来的な発展も見込むことができる課題があるため。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	独創的な装置開発、観測精度の改善などの成果が着実に上がっている。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	テラヘルツ技術他の顕著な研究成果があった。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 準光学型 2THz HEBM において、高感度、広 IF 帯域性能を達成した点や、温室効果ガス観測衛星 GOSAT データの独自の数理アルゴリズム解析により、50 倍以上精度を向上し、CO₂ の自然起源と人為起源の分離に成功した点、さらにプリンタの縮小光学系で発生する歪みを、CGH を用いてデジタル的に補正する手法を開発した点など。
- ゲリラ豪雨リアルタイム予測実験、水蒸気ライダーのラジオゾンデ同期観測実験。
- 準光学型 2THz HEBM のさらなる高性能化に成功。
- 温室効果ガス等の衛星ビッグデータの解析精度を大幅に向上し、CO₂ の自然起源と人為起源の分離に成功。
- ホログラム印刷技術を用いた光学素子の歪みのデジタル補正手法を開発。
- マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダーデータによる集中豪雨のリアルタイム実験を、筑波大・東大と共同で実施した点、水蒸気ライダーの開発の進展による目標精度を達成した点、GPM-DPR の校正の成果、Pi-SAR2 による 3 次元イメージングの高度化、サブミリ波サウンダー 2THz 受信機の開発、GOSAT 解析アルゴリズム、CGHによるデジタル補正技術開発が評価できる。
- THz 受信機のアンテナビームパターン測定、導波路型ミキサの開発
- ゲリラ豪雨リアルタイム予測実験
- テラヘルツ領域のアンテナビームパターン測定、衛星搭載用の超小型分光計の開発、GOSAT データからの CO₂ 解析手法の高度化などに顕著な成果があった。ホログラム印刷技術の顕著な向上があった。地上のレーダー観測技術や地デジ水蒸気観測についても順調に成果が得られている。
- (ア) リモートセンシング技術
 - ①-1 マルチパラメータフェーズドアレイ気象レーダーのゲリラ豪雨リアルタイム予測を開始した。理研スパコンとの共同実験。「TOKYO雨雲レーダ」アプリ公開。
 - ①-3 次世代ウィンドプロファイラーヘアダプティブクラッタ抑圧技術(ACS)の実証を経て、ISO 国際規格案 DIS へ入力。
 - ①-4、③豪雨の高精度予測に有効な水蒸気観測実現のために、高出力パルスレーザと CO₂ 差分ライダーを活用し地上設置型水蒸気・風ライダーが完成。湿度精度±10%を達成。
 - ②-1 地震・噴火等の災害の状況把握等に世界最高精度 Pi-SAR X3 の機体改修完了。社会インフラモニターとして、Pi-SAR2 の AI 活用データ3次元処理

<p>で構造物分離に成功。</p> <ul style="list-style-type: none">● (イ) 衛星搭載型リモートセンシング技術<ul style="list-style-type: none">③-1 EarthCare 搭載雲プロファイリングレーダの DBF 処理リアルタイム化完了。ドップラー速度精度評価をシミュレーション実施。地球規模での降水・雲・風等の大気環境の観測(GPM)を実現するため、3次元観測の利点を活かした降雨判定アルゴリズム開発に成功(論文掲載)。③-2 サブミリ波サウンダーのための2THz超伝導受信機の開発、アンテナビームパターン取得成功。導波管型HEBMへ開発継続。③-3 超小型テラヘルツセンサー、「水資源探査」フライトモデルの開発。③-4 温室効果ガス観測GOSATデータの解析で人為起源CO2分離、新指標の提唱。● (ウ) 非破壊センシング<ul style="list-style-type: none">④ホログラム印刷において、縮小時の歪みをデジタル補正技術。センシングデータの可視化へ展開予定。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none">● リアルタイムデータによるゲリラ豪雨予測の精度向上など。● 自分の専門ではないので具体的な指摘はできないが、引き続き積極的なアウトプットを期待している。● インフラなどへの非破壊センシングの技術移転、課題探索も続けられないか？● 世の中のインフラ寿命が顕在化している時期、電磁波による非破壊センシングは重要度を増しており、社会実装、普及にも伴走することで、例えば電磁環境の維持など、学術的にも面白い課題が出てくると思われる。
<p>(改善すべき点)</p>

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の令和2年度の実績については、社会的価値において十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	豪雨予測、災害発生時の状況把握、インフラモニタ、開発した技術に基づく非破壊検査等、社会的に関心の高い課題に取り組み成果をあげている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	順調に社会的課題解決につながる技術開発が実施されている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	防災(豪雨、火山噴火など)対応、小型テラヘルツ分光センシングシステム、ホログラム印刷技術などで、新たな社会的価値を生み出しつつある。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	順調に成果が得られている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 月火星における水資源探査を行う超小型テラヘルツ分光センシングシステムのフライトモデル PFM 開発に短期間・低価格で世界で初めて成功した点など。
- 開発したリモートセンシング技術を用いてゲリラ豪雨予測実験を実施。
- 惑星の水資源探査を行う超小型軽量 THz 分光センシングシステムのフライトモデル開発に成功。
- 「きれいな空気」という新しい指標・概念の社会展開を進めた。
- MP-PAWR によるゲリラ豪雨予測実験、WINDAS の有効性実証、水蒸気ライダの安定運用、超小型テラヘルツフライトモデルを短期間・安価に実現、クリーンエアの指標化、GOSAT GW 衛星データ処理系開発。
- 異常気象などに対応するための防災・災害対策。
- 宇宙探査・開発に資する小型テラヘルツ分光センシングシステム。
- テラヘルツ領域の開発は社会的価値も高い。その他のリモートセンシング技術の開発も社会的ニーズを考慮して進められている。非破壊検査分野では研究成果の企業への引継ぎが行われた。
- (イ) 衛星搭載型リモートセンシング技術
 - ③-3 超小型テラヘルツセンサー、「水資源探査」フライトモデルの開発は、期間経費も圧縮でき、近い将来の社会的価値が高いと思われる。
 - ③-4 温室効果ガス観測GOSATデータの解析で人為起源CO₂分離、新指標の提唱。SMILESデータの再処理で地球大気の人為的損害の把握。
- (ウ) 非破壊センシング
 - ④THz、ミリ波帯の非破壊センシング技術は、Fraunhofer研、マイクロ波赤外イメージングは民間会社技術移転を終了。
 - ④ホログラム印刷において、縮小時の歪みをデジタル補正技術。センシングデータの可視化、自動車産業などへの展開。

(さらなる成果を期待する点)

- 今日の社会課題の解決に挑戦しているリモートセンシング技術分野の各開発研究の更なる発展と成果の創出を期待する。
- 上記課題はいずれも今後も着実に進展させることで、社会的重要な課題の解決につなげることができ期待できる。

(改善すべき点)

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の令和2年度の実績については、社会実装において十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究開発の成果を社会実装或いはそのための実証実験に着実につなげ、社会的な注目もされている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	いくつかの課題で社会実装に向けて着実な進展があったため。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	着実に社会実装が進んでいる。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	順調に成果が得られている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 温室効果ガス観測衛星 GOSAT データの独自の数理アルゴリズム解析により、50 倍以上精度を向上し、CO₂ の自然起源と人為起源の分離に成功し、キレイな空気という新たな概念を世界初で指標化に成功し、すでに“体温”の指標のように少しずつ社会で使い始められている点ほか。
- ゲリラ豪雨早期探知システムの実証実験、開発した非破壊検査技術の社会実装など、研究開発の成果が社会実装につながる取り組みを推進。
- 温室効果ガス観測衛星のビッグデータ解析精度な向上。
- 惑星の水資源探査を行う超小型軽量 THz 分光センシングシステムの開発。
- WINDASに関するISO 国際企画案とりまとめ、GOSATによるCIIのウェザーニュースとの展開。
- マイクロ波、ミリ波帯の電磁波による非破壊検査、建設会社への技術移転。
- ウインドプロファイラのクラッタ除去システムの規格化が進められた。GOSAT データ解析の高度化も社会実装に繋がる成果と言える。
- 昨年度の段階で、多くのテーマが、研究のクリティカルなフェーズを超えた感を持つ。研究者として新規の挑戦計画は、中長期計画の年度区切りとは別に、並行して策定する必要がある。
①-3 次世代ウインドプロファイラーへアダプティブクラッタ抑圧技術(ACS)の実証を経て、ISO 国際規格案 DIS へ入力。これは、科学的意義のみならず、大きな社会実装成果でもある。
- 非破壊センシング
④THz、ミリ波帯の非破壊センシング技術は、Fraunhofer研、マイクロ波赤外イメージングは民間会社技術移転を終了。

(さらなる成果を期待する点)

- 今日の社会課題の解決に挑戦しているリモートセンシング技術分野の各開発研究が、よりスムーズにかつ短期間で社会実装される仕組みの検討を期待する。
- コロナ禍で、SDGsにおけるDisasterの中で感染症がPart1に位置付けられ、統計データの解釈が話題になっていることが象徴的であり、統計データなどからAI、スーパーコンピュータを駆使した分析、予測も、センシングの研究の一つに、しかも実装効果を上げるのに重要な技術となってきた。

（改善すべき点）

- リモートセンシング技術分野内の研究開発には、数年度ではその成果や意義を判断しきれない長期的な課題や取り組みも多いため、今後の発展に期待する。また、研究成果の社会実装を加速されるために、組織全体でのアウトプット戦略の見直しに期待する。

項目	1－(2) 宇宙環境計測技術
----	----------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和2年度の実績については、科学的意義において十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	開発してきたモデルやシステムの高精度化、高性能化などをさらに進め、成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	AI 技術、同化技術等の導入による着実な進展を評価。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	定常的に学術誌に論文を投稿している。AI 技術やアンサンブル予測など、新しい手法を積極的に導入している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	新型コロナウイルス感染症の問題の中でも着実に成果を得た。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 新バージョン GAIA に電離圏観測データをアンサンブルカルマンフィルタの手法を用いて同化するシステムのプロトタイプを構築し、令和2年度中に同システムの調整を行い、モデル結果の改善を確認する見込みである点など。
- AI 技術を用いてイオノグラムから電離圏エコー領域の切り出しに成功。
- 大気電離圏モデルの GAIA モデルを用いたデータ同化プロトタイプの構築。
- 宇宙天気予報のために、衛星搭載宇宙環境センサの概念設計や 3 次元放射線帯電子分布モデルの開発などを実施。
- 電離密度の高度分布の AI 利用によるシステム構築、GAIA への電離観測データの同化、紫外線イメージャー用レンズ、3 次元放射線帯電子分布モデル開発、太陽嵐のアンサンブル予測システム開発は評価できる。
- AI 技術を用いた電離圏パラメーターの自動抽出の高度化。
- 大気電離圏モデルのデータどうかプロトタイプの構築。
- 衛星搭載センサー開発。
- アンサンブル太陽嵐予測システム。
- タイにおける VHF レーダー観測開始、GAIA モデルの開発、衛星搭載紫外線イメージャーの設計などの成果を得た。
- AI技術、データ処理技術の進展により、過去の観測データも併せて検証可能になり、新しい有用な結果を幾つも導出できるようになっている。物理現象の理解、新たなモデル構築に寄与している。
- 以下は、その科学的意義を評価すべきである。
- ①-1 AI 技術を利用したイオノグラムからの電離圏エコーの切り出し、密度分布導出。大気電離圏モデルリアルタイム可視化、リアルタイムサービスなど年度内を見込む。
- ①-2 GAIA 新版にアンサンブルカルマンフィルターを用いて電離圏観測データ(全球 TEC)を同化。
- ①-3 タイ・チュンポンへのプラズマバブル観測用 VHF レーダー可視化を継続。(1 年遅れ)
- ②-1 宇宙環境センサーとして紫外線イメージャーを東北大と協働。②-2
- ③-1 アンサンブル太陽風到来予測システムを名古屋大学と協力して開発、太陽風からの衝撃波をシミュレーション成功。

（さらなる成果を期待する点）

- 惑星間空間での太陽風観測データとの比較などによるアンサンブル太陽風到着予測システムの精度の向上を期待する。
- 論文化は着実に進んでいる印象。Ap.J、ICARUS、GRL、JGR 等への論文化が進んでいるのでこの方向は堅持して励んで欲しい。同化技術、アンサンブル予測等は、気象分野でも広く利用されているので、リモートセンシング研究室とのコラボレーションによるさらなる発展を期待する。
- 新型コロナウイルスの影響により、東南アジアにおける観測が大きな影響を受けたが、VHF レーダー観測を開始するなどの進展を得た。

（改善すべき点）

- IF>5 が1件という点がややもの足りない。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和2年度の実績については、社会的価値において顕著な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	人工衛星や地上の通信・放送インフラに必要な電離圏、磁気圏、太陽の状態の観測或いは予測のための研究開発を計画的に進め、成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	取り組む課題は衛星運用等で社会的価値の高いものが多い。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	宇宙天気予報、太陽放射線被ばく警報システムをはじめとした宇宙環境計測技術は、現代社会の経済活動や安全保障にとってますます重要性が高まっている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	新型コロナ感染症の問題の中でも着実に成果を得た。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 太陽嵐到来予測シミュレーションの実運用化のため、高速計算機を用いてアンサンブル予測を行うシステムを開発し、太陽から来る衝撃波の再現に成功した点や、宇宙天気予報配信機関のコンソーシアムである ISES において、室長が Deputy Director に選出され活動を主導している点など多数。
- AI 技術を利用した電離圏パラメータ自動抽出や予測技術の改良・検証。
- 太陽嵐到来予測シミュレーションの実運用化を目指し、衝撃波の再現に成功。
- AI 太陽フレア確率予測の改良を行い、信頼度を向上。
- 国内連携活動である PSTEP に積極的に参画し、の知見やノウハウの活用。
- 太陽嵐予測の実用化を目指したアンサンブル予測システムの開発、太陽フレア予測の信頼性向上、ISES で Deputy Director に選出、活動を主導していること、タイ宇宙機関との MoU 締結、宇宙天気ユーザーフォーラムと協議会の開催実績は評価できる。
- アンサンブル太陽嵐予測システム。
- AI 確率予測信頼度の向上。
- 宇宙天気予報関連の国際貢献。
- AI 技術を用いた新しいイオノゾンデ自動読み取り技術、太陽風シミュレーションの向上など、社会的価値の高い研究が行われた。
- 多くのテーマで、「社会的価値」の成果を出している。
- 一年前の評価時との差別が難しい箇所もある。
- ①-1 AI 技術を利用したビックデータ解析などで、過去のデータ検証も含めると多くの知見が得られ始めている。社会的価値のある使い道がたくさんあるので、有力な方向性を示している。
- ①-2 大気電離圏モデルのリアルタイム・予測シミュレーションを開始する。AI 技術によるデータ自動抽出・予測技術開発を推進。イオノグラムのデータ自動抽出は、読み取り率 80%から 99%、誤差 0.26MHzから 0.12MHz へ向上、「令和 2年度中」に完成見込み。
- ①-3、④-1 タイのVHFデータ可視化、昨年来、機構法第 14 条第 1 項第 4 号に定める業務の中で得られた、過去の電波警報、宇宙天気情報資料をデジタル化し復元し、データとして外部公開する取り組みが加速しているが、素晴らしい。
- ③太陽フレア発生確率予報に AI 技術を導入し運用開始。(実装にも評価)
- ④ICAO グローバル宇宙天気センターの業務開始、宇宙天気予報業務の 24 時間化は(11 月からほぼ 1 年経過)(実装にも評価)

（さらなる成果を期待する点）

- タイでの宇宙天気予報サービス配信への支援など、SDGs を踏まえた海外協力の更なる発展を期待する。
- 着実に宇宙利用における社会的課題解決に向かうことを期待する。
- 新型コロナウイルス感染症の問題の中においても、タイの宇宙機関との連携強化、科研費新学術領域研究 PSTEP の下での宇宙天気の実利用のための取り組み、宇宙天気ユーザーへの情報発信などが行われた。
- タイ・チュンポンへのプラズマバブル観測用 VHF レーダー可視化を継続。
- HF-START については、昨年度の見込みからは、1 年遅れている。

（改善すべき点）

- 一年前に、「今年度中に開発」としていたが、「令和 2 年度中に完成見込み」とされているものがいくつかある。遅れているとも見えるが、開発、実装には改良などもつきもので、思ったより時間がかかるということであろうが、説明が欲しい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和2年度の実績については、社会実装において十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	人工衛星や地上の通信・放送インフラに必要な電離圏、磁気圏、太陽の状態の観測或いは予測に関わる研究開発成果の実装を着実に進め、社会からも評価されている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	国際的枠組み(ICAO センターコンソーシアム)の中でしっかりと活動している点を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	宇宙環境計測技術の社会実装を着実に進めている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	新型コロナウイルス感染症の問題の中でも着実に成果を得た。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 磁気圏 MHD シミュレーションを用いて、より詳細なオーロラ情報を配信するためのウェブサイトの開発を行った点と、航空機被ばく線量推定モデルの業務運用への移行のため、入力データの一部が欠測していても結果を出力する、従来より強靱化した業務システムを構築し整備を行った点など。
- 詳細なオーロラ情報を配信するための Web サイトを開発。
- 航空機被ばく推定システムにおいて、データ欠測でも計算可能なシステム改良。
- ICAO グローバル宇宙天気センターの一翼を担う活動を継続。
- オーロラ情報配信にむけた取り組み、航空機被ばく線量推定モデルの業務システムが評価できる。
- 航空機被ばく線量推定モデルにおいて、欠測があっても結果を出力できる業務システムの構築、整備。
- ICAO グローバル宇宙天気センターの活動は評価できる。
- 宇宙天気観測の信頼性向上(冗長系の追加)、副局の追加など、運営上は極めて重要な取り組みがなされている。
- ②-2 オーロラ予報はWEB公開で配信開始。
- ③ 昨年度、航空運用での太陽被ばくの影響を定量的に見積もるため警報システム WASAVIES の実運用システムを開発し、外部公開を行った。本システムは、ICAO 宇宙天気センターの重要情報であるが、一部データ欠損にも動作する強靱化が施された。これは④にも関連し、安定な実装・運用に極めて重要な活動である。
- ③太陽フレア発生確率予報に AI 技術を導入し運用開始。
- ④ICAO グローバル宇宙天気センターの業務開始、宇宙天気予報業務の 24 時間化は(令和元年 11 月からほぼ 1 年経過)
- ④-1 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した。

(さらなる成果を期待する点)

- 宇宙天気予報の精度の向上に伴い、航空機業界等のみならず広く社会全般へのデータの提供等、民間活力の活用を視野にいれた社会実装の更なる発展を期待する。
- 科研費新学術に多数参加して推進とのことだが、領域代表としても是非課題採択を狙い、より積極的にコミュニティを先導して欲しい。
- ④-1 過去のデータをデジタル化し復元し外部公開へ進める流れがさらに定着

2. 分野別評価（年度評価）
【センシング基盤分野】

し、NICT業務として認知されると良い。
(改善すべき点)

項目	1－(3) 電磁波計測基盤技術(時空標準技術)
----	-------------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	時空標準技術の令和2年度の実績については、科学的意義において、顕著な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	広帯域 VLBI 技術や光格子時計周波数比較技術、原子時計のチップ化などのために、優れた学術的成果を達成した。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	国際原子時の構成への貢献、Nature 姉妹誌への論文化など。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	1 秒の再定義への基礎データを供給するなど、科学的、社会的に意義のある研究を着実に進めている。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	顕著な成果を得ておられます。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 光時計による国際原子時のオンタイム歩度校正に世界で唯一貢献し、過去 4 年間の Sr 光格子時計の運用結果を解析して、遷移周波数の絶対周波数を不確かさ 1.8×10^{-16} で決定し CIPM-CCTF に報告した点や、VLBI による日本-イタリア間光格子時計比較実験についての国際共著論文が Nature Physics に掲載され、CCTF に報告された点など。
- Sr 光格子時計の遷移周波数の絶対周波数を不確かさ 1.8×10^{-16} で決定
- VLBI による日本-イタリア間光格子時計比較実験成果が Nature Physics に掲載。
- 光周波数標準間の周波数比較の実施、広帯域動作可能な THzカウンタの開発などを実施。
- 新規固体 Rb 源の原子時計システムへの適用などの進捗。
- 光時計による国際原子時校正への貢献、VLBI による光格子時計比較の国際共同実験、インジウムと Sr 光格子時計の周波数比計測等の成果とそれらの Nature Physics、Optics Express、J. Geodesy などの成果掲載を評価する。
- VLBI による日本-イタリア間 光格子時計周波数の国際比較。
- Sr 光格子時計による国際原子時評価。
- 光格子時計について、長期間の運用実績から絶対周波数を高精度で決定された点、VLBI 技術によって遠隔地における光格子時計の比較・校正を実現された点など、高く評価できます。
- 光格子時計や無線での時刻同期網構築など、引き続き大きな科学的成果を示した。以下は、その根拠となる成果である。
- 秒の再定義への基礎データとして光周波数標準の周波数比較を実施し、今年度に CCTF 報告や学術論文へまとめた。
 - ②-1 インジウムイオン光周波数標準の系統不確かさを 16 乗台まで低減、初めて他の光時計と比較。
過去4年間の Sr 光格子時計結果を解析し不確かさ 1.8×10^{-16} を CCTF へ報告。
 - ②-2 広帯域 VLBI のデータ処理手法を開発し遠隔地での光格子時計の周波数比を 10^{-16} の不確かさで測定。また、NICT の独創技術として衛星双方向モデムにより、 2×10^{-15} /日の安定性確保。遠隔地の時刻差を測定。
 - ③-1 ワイワイコンソーシアムでは改良モジュールにより、サブマイクロ秒へ精度向上。
 - ③-2 広帯域(0.1-3THz)な、テラヘルツ域カウンターを実現。

（さらなる成果を期待する点）

- 課題の一流誌への論文化を進めて欲しい。
- 秒の再定義への活動、うるう秒への対応など、NICT委員は電波科学を代表して、BIPM、CCTFへ貢献しているが、組織としてもこの国際貢献を支えられたい。

（改善すべき点）

- 令和2年度に限っては人数の規模に対して論文数が少ない印象。
- ESAとの共同のACES衛星を用いた研究は2021年8月に打ち上げ延期。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	時空標準技術の令和2年度の実績については、社会的価値において、十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	標準時の信頼性・耐災害性向上のため、分散配置された時計群の管理監視機構を構築し、リモート監視機能を拡充した。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	小型安価な原子時計ネットワーク構築を評価した。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	日本標準時の維持・管理は経済活動を支える根幹であり、これを安定的に生成・供給することの社会的な価値は高い。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分高い成果を得ておられます。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 本部、神戸副局、標準電波送信所のリモート監視機能を拡充して、2チーム交代制を導入。9/30に発生した標準時原振の異常に対しても、冗長系へ切替ることで20ナノ秒以内の日本標準時とUTCの間の時刻差を維持。また使用開始より15年以上経過した日本標準時システムの包括的な電源・空調設備調査を実施し、事前修繕計画を策定した点など。
- 本部、神戸副局、標準電波送信所のリモート監視機能を拡充。これは新型コロナウイルス感染症対策でもある。
- 標準時の信頼性・耐災害性向上のため、シミュレーション上で分散配置された原子時計ネットワークを構築し、各ノードの時刻推定精度を検証。
- 小型安価な原子時計ネットワーク構築。
- 日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、緊急事態対応マニュアルの整備、感染症対策。
- 分散型計時システムの提案・検証。
- 神戸副局を用いた災害耐性の向上、感染症対策下での運用などは評価できる。
- ①-1 分散配置した時計群の管理、神戸局運用、NW自律分散計時システムなど社会的効果/価値のある取り組みを行った。
- ③-3 周波数標準の可搬化として、原子時計のチップ化に向けて重要な要素技術を引き続き開発した。固体アルカリガス源により長期安定性を確認。VCSELの開発に着手。
- ④機構法業務の遂行のための補強を行った。非常時、緊急事態、感染症対策の意味で、万全な体制補強。20ナノ秒の時刻差を維持したことは、重要な貢献。

(さらなる成果を期待する点)

- 神戸副局の運用などによって生ずる業務拡張に伴う勤務体制や、専門性の高いスタッフの長期的確保(すなわち、本分野の高等教育機関等との連携の強化)が望まれる。
- 光格子時計の社会的活用の進展を期待。

(改善すべき点)

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	時空標準技術の令和2年度の実績については、社会実装において、十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	標準時の信頼性・耐災害性向上のため、非常時マニュアルの内容拡充、リモート監視機能の拡充を行った。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	光テレホンの利用者増、コロナ下における日本標準時の精度維持。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	日本標準時を広く安定的に生成・供給している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果が得られている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 光テレホン JJY の利用者・アクセス数共に増大し、新システムへの利用者移行が進んだことなど。
- 標準時非常時対応マニュアルを拡充し、神戸へのマスター局切替手順訓練を実施。
- 本部、神戸副局、標準電波送信所のリモート監視機能を拡充し、冗長系に切り替えや設備修繕計画の策定などを進めた。
- コロナ下でもリモート監視機能の拡充から、日本標準時システムの維持ができたこと。
- 日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、緊急事態対応マニュアルの整備、感染症対策。
- 神戸副局を用いた災害耐性の向上、感染症対策下での運用などは評価できる。
- ①-1、④ 光テレホン JJY のアクセス数が増加。協定世界時との 20 ナノ秒以内の時間差維持、標準電波発射率 99.98%の安定運用。神戸局切り替え手順訓練も目立たないが大切。社会への実装が進んでいる。
- ③ 近距離無線双方向時刻同期技術ワイワイコンソーシアムの研究開発によりマイクロ秒精度を実現、ハード完成、ファームウェア→技適獲得など社会実装が進んでいる。
- ④-1 機構法「周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報」を自動で、極めて少ない停止時間を実現。今後の業務の遂行のための補強をマニュアル作成、事前計画策定も含めて行った。非常時、緊急事態、感染症対策の意味で、万全な体制補強。20ナノ秒の時刻差を維持したことは、重要な貢献。
- 以上、CCTFへの寄与なども一種の社会実装と考えられ成果は着実に上がっている。

(さらなる成果を期待する点)

- 光格子技術は様々な分野で展開できるのではと期待する。

(改善すべき点)

項目	1-(4) 電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)
----	-------------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術の令和2年度の実績については、科学的意義において、顕著な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	学術的研究に基づいて、広帯域電磁妨害波測定の実用的な適用性向上につながる対象の拡張、あるいは、無線通信環境の改善や計算手法の開発を行って成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	LED、ミリ波、準ミリ波の電磁環境計測手法と人体への影響評価を高く評価。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	さまざまな電気機器から生じる「環境中の電磁波」の評価を系統的に行い、また電磁波の人体への影響なども広帯域でシミュレート、評価している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ミリ波帯における無線通信環境を改善することが可能な電波散乱壁について、メタマテリアル技術を用いて薄型化に成功し、論文掲載されるとともに、最優秀発表賞を受賞した点と、誘電体内におけるパルス波の挙動を、従来より、高速にシミュレーションできる計算手法を開発し、人体への影響、IoT センサ、非破壊検査等における電波の振る舞いを計算機上に再現した成果が論文掲載され、最優秀論文賞を受賞した点など。
- 省エネ電気機器のスイッチング電源等から発生する広帯域電磁妨害波の測定において、対象を複数雑音発生源に拡張し、その雑音の特性と発生メカニズムを検討した。
- 開発した電磁散乱壁やパルス波の高速計算法は学会等でも高く評価されている。
- ナノスケールまでのマルチスケールの人体電波ばく露モデルを構築した。
- 電磁雑音の統計的評価の成果(文部科学大臣表彰科学技術賞開発部門受賞)、5G 端末の電力密度計測を高く評価した。
- メタマテリアル散乱壁を用いた無線通信環境の改善。
- 誘電体内パルス伝播の高速シミュレーション法の開発と人体内伝播への適用。
- 複数の LED 電球からの雑音についての研究、ミリ波帯の電波散乱壁の研究が評価できる。
- ①-1 医療施設における LED 雑音の干渉、特に複数存在する場合に線形和からずれるという事象は新しい知見。電気長変化はまだ仮説であるが。
- ②-1 ミリ波(テラヘルツ帯まで)の生体 EMC 用モデルの構築は、学術的に大変な力作であり、かつ世界の標準化をリードする成果である。パルス波の影響の評価が学術論文で高い評価を得たのは素晴らしい。学術をリードし標準化へ反映するという、アプローチを称賛したい。
- ③-1 「過去のデータ財産」を見直し、市街地の電波環境の歴史的変遷をまとめたのは、新しい研究姿勢。アナログデータのデジタル化、アーカイブやデータ公開など、他の組織、分野でも同時に起こりつつあるが、データの歴史と規模を有する国研としての NICT でしかできないもの。これらについては、学術的にも重要で、加速してほしい。高く評価したい。
- ④-1 WPT 特に空間伝送型は、環境の観点で、注視すべき技術。これを視野に入れていることは重要。日本では、これを産業科学医療用としての特別扱いをせず、通信用の電波利用との共用をはかる観点で基準を構築している。まさに電磁環境の維持、周波数の有効利用のために、NICT 電磁環境研

研究室の積極的な関与を評価したい。

（さらなる成果を期待する点）

- 6G への取り組みや関連する開発研究にも期待したい。
- マルチスケール数値人体モデルの構築は興味深い。この方向の発展を期待したい。
- ②-1 のパルス波の挙動の人体への影響の有無、防護指針への反映の必要性を継続検討してほしい。
- 全体に関するが、産業的な貢献と同時に、学術的な卓越性をどのように示すかが、国際戦略では重要であり、地道で着実な論文化も重要な業務である。自己評価でもこの意識を維持してほしい。

（改善すべき点）

- F>5 の論文が0である点は、論文が着実に出ていることからすると、ややもの足りない。
- （資料中④-1について）WPT は近接型、空間伝送型共に電波環境の観点で5G などでも重要度をますテーマで、産業界に加え NICT のワイヤレスネットワーク担当研究室とも連携を密に進めてほしい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	電磁環境技術の令和2年度の実績については、社会的価値において、十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	電波環境を把握するためにも必要な高精度電波ばく露評価技術の開発、および社会的に関心が高い 5G や WPT のばく露評価方法および適合性評価技術の開発で成果をあげた。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	電磁環境変化の時間軸での変化の導入と 5G の評価技術は社会的課題へのすぐれた貢献である。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	電波法に基づく較正サービスを着実に実施している。電磁波の人体曝露の安全評価に関する国際ガイドライン、国内規制の策定に貢献するなど、幅広く活動している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 過去に実施したことがある場所(屋内外)における携帯電話基地局周辺の電波環境の測定を行い、わが国で初めて過去の電波環境との違い(電波強度の減少傾向)を定量的に明確化するとともに、市街地および郊外における基地局周辺電波強度の空間分布の統計量を評価した点など。
- 過去と現在の電磁環境の違いを携帯電話基地局周辺での測定により評価した。
- 人体の電波ばく露量評価技術の開発において、不確かさ評価なども含めて成果をあげ、それらを5GやWPTのばく露評価に関するIEC国際規格の策定に活用した。
- 同一地点の電磁環境変化の定量化、5Gのばく露評価の国際規格策定への寄与、4G/LTE端末の適合性の大規模測定は評価できる。
- 5GやWPTの曝露評価に関するIEC国際規格策定への寄与。
- 携帯電話の電波環境の変遷(時間とともに減少傾向)についての研究、5GやWPTについての国際規格策定への寄与について、評価できる。
- ①-1 医療施設での電波利用は急速に進むが、複数のLED雑音の加算評価法への新しい留意点を指摘した。
- ③-1 過去のデータも駆使した検討は社会的価値がとても高い。
- ④-1、⑤ 国際規格策定、標準化への努力、貢献は、質、量ともに特筆すべきものである。
- ①-4、②-2 船舶レーダ開発という日本優位な産業を強力に支援する意味で、測定の高速度化、スプリアス測定サイト構築は、国研のインフラ整備として評価すべき。

(さらなる成果を期待する点)

- 他国に先駆けての6Gの社会的価値への取り組みも期待したい。
- 評価する点は上記だが、個別の条件に応じた評価にとどまっている面もあるかと思うので、より普遍性のある成果へと研究が進展し、成果を多方面に展開することを期待。
- コロナ禍の中、効果的な貢献の手法、評価も進化する可能性があり、注意は必要。

（改善すべき点）

- 要請に妥当に応じているが、価値の自己評価はより高くても良いのでは。
- 業務の変化の速さに対応し、テーマも拡がり続けるため、研究者の立場から、課題解決型の姿勢とならざるを得ない。当面はこの状態が続く。「研究、研究環境の持続性」を確保するためにも、学術発表も意識すると同時に、特に評価書では貢献を明記し、対外的に重要性が見える形にして欲しい。
- B5G の推進センタ業務、標準化センター業務の NICT への割り当てなど、（NICT 全体、電波環境だけではないが）、変化進展が急であるので、業務内容や体制も常に対応、進化が必要であろう。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	電磁環境技術の令和2年度の実績については、社会的実装において、十分な成果の創出が認められる。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	測定法の確立や、安全な利用に必要な生体 EMC 技術の研究開発などに取り組んでいて、それらの標準化へ向けた活動を継続している。

評価者 C

評点	B
評点付けの理由	順調に社会実装にむけた活動が進展している。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	業務である較正サービスを堅実にこなした上で、様々な国際規格、標準策定、国内規制に幅広く貢献している。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	十分な成果を得ておられる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- 5G、WPT の電波防護指針適合性評価技術の不確かさ評価等の研究成果を元に 5G や WPT のばく露評価に関する IEC 国際規格策定に寄与するとともに、ビーム制御マイクロ波帯 WPT システムを想定した屋内反射環境の影響評価等を実施し、4G/LTE 携帯電話端末の適合性評価の大規模な測定行い、適合性評価の高速化法の妥当性を検証した点など。
- 近接電磁耐性評価用の広帯域アンテナの製品化および新形状の小型化など、研究成果の社会実装を進めた。
- 国際標準化活動や国内外の技術基準の策定等に大きく寄与。
- 携帯電話の電波環境の変遷(時間とともに減少傾向)についての研究、5G や WPT についての国際規格策定への寄与について、評価できる。
- ③人体組織データベース化や④の高周波の計測システムは国際的にも実装が進み、高く評価する。④-1、⑤-1 急に普及が立ち上がっている、5G および無線電力伝送に備え、時機を得た寄与をしている。より一般的に⑤全体の国際標準化、国際規格化も、多くが将来かならず社会実装に繋がるので、この評価は、社会実装に繋がり、ここで高く評価とすべきと思える。

(さらなる成果を期待する点)

- 産業振興の観点では、日本の標準化活動はより戦略的に行うべきとの論もあるが、これは組織全体での取り組みと思える。学術的に合理的な基準や測定法で世界の信頼を得ている点を評価する。高い評価が妥当である。

(改善すべき点)

項目	2-(1) 革新的ネットワーク技術
----	-------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	資源割り当て技術が進化し AI 活用につながり、企業とのコラボで研究が進んでいること、ICN では大規模時の挙動を実証する環境を整備したことは次につながる大きなマイルストーンになったと考える。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	多様な機能を提供し、効率性、信頼性を向上させる機能を提案フレームワークに融合させた点を評価

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 学術論文として成果発表が多数なされていること。 ● 利用可能なリソース量が乏しい環境下でのネットワーク資源割り当てアルゴリズム IFIP/IEEE NOMS '20 発表のネットワーク資源制御のために機械学習ベースの新たなアルゴリズム、ネットワーク負荷に応じて計算資源を動的に調整するためのアンサンブル学習アルゴリズム、AI を活用した計算機資源自動調整技術、Cefore と協調連携可能なシミュレーター (CeforeSim) を開発し大規模な ICN 通信の評価ができるようになったこと等、次期につながる成果が出ている。リアルタイムストリーミングにターゲットを選んだのは的確と考える。 ● Cefore/AI ネットワーク制御を連携させオフロード環境を実現した点、Blockchain 技術と Cefore の連携など、具体的な応用に向けた機能の拡張がこれまでの研究成果の枠組みに沿った形式で融合されている点を評価する。ネットワーク制御における予測精度の向上、オフロード技術でのトラフィック削減などで、定量的に提案手法の優位性が示された点を評価する。 ● 機械学習をネットワーク資源管理に導入することでの棄却率の低減、計算機
--

資源自動調整への機械学習導入による過剰・過少な資源割り当て発生率の低減を示し、またICNにおける通信遅延の低減効果の高いキャッシュ分散技術の開発は科学的に利用価値が見込めると思われる。

（さらなる成果を期待する点）

- 成果が活用できる枠組みを整えてきたことから、テストベッドやハンズオン、ハッカソン等で、機能、性能をさらに評価するような取り組みを積極的に展開することを期待する。

（改善すべき点）

- 研究者人数当たりの特許出願数が、論文数と対比しても少ないと言えます。なお、出願数は独創性や有効性の尺度として科学的意義の観点から、許諾件数を社会実装の観点からアピールするのが適切と考えます。
- 資料作成上の問題かもしれないが、科学的意義が学術論文投稿・引用に偏っている。どうブレークスルーしたのかが主張できていない（伝わらない）。例えば、革新性は「世界初」「従来の 10 倍」と言った数値表現でアピールできるようにする必要がある。そのためには、課題の困難さと必要なブレークスルーが計画段階で数値表現されている必要がある。
- リアルタイムストリーミング以外のアプリにも目を向け、企業とのコラボで問題解決する枠組みを作るべき。違法漫画サイト事件で露呈した通信の秘密と著作権保護の相克、FinTech、GDPR、デジタル印紙税、消費税等のコンテンツ流通に該当するテーマを考えるとアプリを持つ企業との研究体制を敷く必要があるのではないだろうか。
- 最終年ネットワークセントリックとデータセントリックのアプローチについて、両者を連携することにより相乗的な研究開発効果を狙う可能性の検討が必要と考える。具体的な取り組みがあれば、その点もアピールしていただきたい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	資源自動調整技術に関して検証基盤ができたため種々の実証実験を企業と活発に行えたこと、コロナ禍に迅速に対応しアプリの開発のような工数のかさむ作業を厭わず明石高専とオンライン授業システムを開発した Cefore プロジェクトは、今後のプロジェクト運営の模範になってほしい。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	With/after コロナを想定した社会課題の解決策につながる取り組みとして高く評価

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ICN/CCNの価値を社会認知させ社会実装に結び付けていくためには、その特徴を捉えた様々な実証を積み重ねていく必要がある。その観点から、高品質リアルタイムストリーミング/オンライン授業システムへの試用などの取り組みは、高く評価する。また、ニューノーマルの社会課題を迅速にとらえた点も評価される。
- エッジコンピューティングのプラットフォームをオープンソース化することは、国研の研究成果の出口戦略として適切です。
- IA-SFC 基盤の検証環境をテストベッド(JOSE)上に構築し、総務省委託研究の参画機関である企業と 100 ノード超規模の連携実験を実施し TM Forum に連名で出展したこと、AI を活用した計算機資源自動調整技術に関する成果について SFC 基盤上で実機検証し、同基盤を用いた複数企業との連携実験の成果と合わせて、iPOP2020 にて発表・展示できたこと、NTT と合同で ARCA からキャリア保有の実験環境内の機器を制御する実験を実施し、相互接続性を立証したことを評価したい。

- Cefore システムに関しては、コロナ禍を考慮してオンライン授業システムを構築し、スマホアプリを開発するという共同研究を明石高専としたことは、時宜を得たものであり、これまでの NICT にないダイナミックなプロジェクト運用ができていることを高く評価したい。このような活動を他の NICT プロジェクトにも期待したい。
- 通信ネットワークの社会基盤としての役割が社会活動の基盤となり、本研究開発の成果を活用する機会は増えている。本年度の取組でも、新たなニーズに着目しネットワークの効率的な運用についてトラフィック変動の対応能力の向上、ICN/CCN での柔軟性を活用した堅牢性の実現は重要な進捗と評価する。
- IA-SFC 基盤の検証テストベッド上での企業との連携実験、ARCA の通信キャリアとの相互接続性の立証に関して、特にその有用性を高く評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 既存のネットワークからの移行についての検討も進めていただきたい。既存の置き換えという観点、slicing 等の技術による共存の観点等で仮想化環境を活用することでより既存システムへの適用を容易に進められると考えられる。また、利用視点での利便性向上についての検討を期待する。

（改善すべき点）

- 社会課題として「インフラの維持、安全・安心社会の実現と持続的成長」をあげているが、研究成果がどうこの社会課題の解決に繋がるかの主張をもっと整理すべきではなかったか。
- NW そのものの安全性や信頼性に加え、送受されるデータの保護（通信の秘密）とコンテンツの保護（著作権）と信頼性（デマ・フェイク）など情報レベルの課題が社会課題的にはより重いと言える。この情報レベルの社会課題に対して「革新的 NW 技術」がどう寄与できるかという観点を強く意識する必要がある。NW 技術の研究として素晴らしい成果が出ているが、情報レベルの観点を加えることで、より幅広い成果と社会価値創造のアピールができたのではないかと考える。
- ネットワーク資源分配自動調停技術（ARCA）、複数のサービス機能チェーン間で仮想ネットワーク資源を自動調停する手法（IA-SFC）のようなネットワーク管理は、NICT が手中にできるアプリケーションと考え、今期始めた AI 技術の導入以後も、引き続き進化させていく良いテーマと考える。総務省や NICT の委託研究を通じて技術をキャリアやメーカーに展開できるような体制を時期は固めてほしい。
- Cefore に関しては、WebRTC を使った TV 会議システム NeWork を NTT が開発している。これは P2P なので、端末の負荷を考えると TV 会議の接続先をあ

まり多くできないというスケーラビリティの問題がある。これを Cefore で解決できると面白い。また、NICT 系ではマルチホップの Wi-SUN 商用ネットワークが出たときに使うことも可能なのではないだろうか。このような都市 OS を下支える物理ネットワークを前提に研究すると社会的価値がさらに上がると考える。

- 本研究開発の課題設定は現在の社会課題の解決に資するべきものとなっている。あえて指摘するならば、「革新的」という点において従来のネットワーク研究のアプローチとの違い、アーキテクチャ、システムのフレームワークの考え方の違いを定式化し、さらなる発展の基盤としてまとめると良い。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ITU-T、IETF/IRTF での国際標準化活動が活発であること、企業との共同実証実験も順調に進捗していることを評価したい。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	喫緊の課題を取り上げ実装、評価を行った点を社会実装の可能性を示したことで高く評価

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● NW 自動化関連で、通信事業者と連携して相互接続や連携実証を多数実施したことは、高く評価します。また、国際標準化活動も評価します。 ● 社会実装を国際標準化と見なすならば、AI ネットワーク資源制御アーキテクチャに関する勧告草案 Y.ML-IMT2020-RAFR が勧告合意(2020.12 見込み)、かつ AI ネットワークサービスデザインフレームワークに関する勧告草案 Y.ML-IMT2020-serv-prov が勧告合意(2021.4 見込み)に持ち込めれば、大きな成果と考える。IETF に提案した「IGMP/MLD 機能拡張」、IRTF に提案した「ICN におけるネットワーク内符号化要件」および「名前解決に関する要求」が RFC 認定(見込み)、「CCN ネットレース機能」を IRTFICNRG に対して標準化(RFC)提案(R3 認定見込み)、ITU-T SG13 にて、Y.ICN-interworking 勧告合意(2021.4 見込み)も計画通り進めば大きな成果と考える。 ● 総務省直轄委託研究プロジェクト「革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発」を複数企業と共同で受託し、研究実施中であること、Cefore システムの明石高専とのオンライン授業システム検証実験実施(見込み)等、多組織との共同実証実験が確実に進捗している。上記を評価したい。 ● テストベッドでの実装評価、オープンソース活動を着実に進め、研究成果をリアルな活用事例により検証していることを高く評価する。セキュリティについ

て、既存のフレームワークである Blockchain と Cefore との融合は成果の活用の可能性を高めており社会実装に向けた取り組みとして高く評価できる。

- AI ネットワーク資源制御アーキテクチャに関する ITU-T への起書の勧告合意や、その他 IRTF への提案が複数あり、オンライン授業システムの高専での実証実験と合わせて高く評価する点である。

（さらなる成果を期待する点）

- NW 自動化関連は、実証段階から実装段階に向けて、実商用 NW を有しない国研としてどのように関わるか、手離れをさせるかが難しい所であるが、方針と戦略を明確にて成果を期待したい。例えば、標準化やフォーラムベースの活動、テストベット提供、オープンソース、学術NW実装、など様々な手離れ手法の所要リソースと期待効果を見極める必要がある。
- Cefore のオープンソース化とそのコミュニティ拡大活動を評価します。オープンソースとして成果が社会に広がるためには、ソースの利活用者だけでなく、コードの追加・改変者のコミュニティが自走的かつ継続的に拡大する必要がある。そのレベルを目指すかどうかの方針を定めたうえで、成果が活かされることを期待します。
- 成果を展開しやすくするために、成果をうまく切り出すために、既存のシステムに組み込みやすいインターフェース設計の検討などを進めてほしい。オープンソースでの展開を継続化するためのコミュニティ、また、積極的にかかわりをするコミッタを増やすためのインセンティブを与えるような方法についても検討を期待する。
- Cefore を利用した実証実験について、まずは小規模事例から始めることは理解できる。段階を経て技術的な既存記述に対する明確な優位性を主張できるような環境での試験を試みることになると思われるが、ぜひその点を意識して取り組んでいただくことを期待したい。

（改善すべき点）

- ネットワーク資源分配自動調停技術 (ARCA)、複数のサービス機能チェーン間で仮想ネットワーク資源を自動調停する手法 (IA-SFC) のようなネットワーク管理は、NICT が手中にできるアプリケーションと考え、今期始めた AI 技術の導入以後も、引き続き進化させていく良いテーマと考える。総務省や NICT の委託研究を通じて技術をキャリアやメーカーに展開できるような体制を時期は固めてほしい。
- Cefore に関しては、WebRTC を使った TV 会議システム NeWork を NTT が開発している。これは P2P なので、端末の負荷を考えると TV 会議の接続先をあ

まり多くできないというスケーラビリティの問題がある。これを Cefore で解決できると面白い。また、NICT 系ではマルチホップの Wi-SUN 商用ネットワークが出たときに使うことも可能なのではないだろうか。このような都市 OS を下支える物理ネットワークを前提に研究すると社会的価値がさらに上がると考える。

- 本研究のアプローチを統合して最終年で実現されると良い。例えば、実装はできなくともネットワークは総合的な技術なので、本研究で取り組んだ成果を統合して見せることが可能なテストベッドの目論見や、社会実装へのマイルストーンが研究のまとめとして提示されると良い。NICT のテストベッドとの関連性も明確化されると良い。

項目	2-（2）ワイヤレスネットワーク基盤技術
----	----------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	低遅延と多数接続を両立する無線アクセス技術 STABLE の拡張を検討し、MIMO による空間ダイバーシティ効果を得ることで、接続端末数の更なる増加と高信頼化を図ったことは評価できる。また、既存広域網を介した論理的な地域自営網構築技術として、互いに対等な関係をもつ 1 対 1 論理オーバーレイネットワーク自動構築技術、および、複数拠点の自営網間を柔軟に接続する論理メッシュ化技術を開発したことも評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	最終年度として、5年間の取りまとめに配慮しつつ、令和2年度の成果が得られており、その内容を高く評価します。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	多数接続・低遅延を実現する STABLE の実験系の拡張、実証実験成功は先導性、発展性が高いと判断されるため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STABLE 無線方式の研究を着実に進捗させた。 ● FRENLL プロジェクト全体としての科学的意義は評価する。 LPWA/DTN 網における課題解決は評価するが、その科学的意義は必ずしも明確ではない。 ● 降雨状況の高分解能推定に向けた地道な取り組みは、高く評価します。 ● 低遅延と多数接続を両立する無線アクセス技術 STABLE の拡張を検討し、

MIMO による空間ダイバーシティ効果を得ることで、接続端末数の更なる増加と高信頼化を図ったことは評価できる。また、既存広域網を介した論理的な地域自営網構築技術として、互いに対等な関係をもつ 1 対 1 論理オーバーレイネットワーク自動構築技術、および、複数拠点の自営網間を柔軟に接続する論理メッシュ化技術を開発したことも評価できる。

- 各技術を実証できる形式で実験し、多くの研究成果も出ている。
- 多数接続・低遅延を実現する STABLE の実験系の拡張、実証実験成功は先導性、発展性が評価される。
- STABLE を拡張し、MIMO を適用した方式でシステム容量増加と品質改善を実証した。

（さらなる成果を期待する点）

- 新しいアクセス方式として STABLE が目指す達成レベルの目標設定が必ずしも明確でないまま推進したように思われる。技術方式有りきでどんな性能があるか、と言うアプローチも否定はしないが、課題意識に基づいて、達成レベル設定が先にあり、そのブレークスルーの可能性のある一つの技術方式と捉えるアプローチの方が、より大きな成果が期待できる。
- スマートフォン消費電力測定装置や無段階減衰装置の意義と成果は評価するが、科学的意義の主張についてはそのエビデンスが判りません。
- 高精度高分解能な降雨推定は、災害予知や災害対策に寄与できるように、更に深化されることを期待します。
- ローカル 5G の普及・高度化などに対して、どのように得られた成果を利用し、実用化・産業化に結びつける技術移転や社会展開を目指すのか、計画・戦略の立案をしっかりと行ってほしい。
- テラヘルツの利用に際しては、科学的意義の高い研究を推進してこられたと判断されるが、テラヘルツの最大の課題はマーケットの構築にあり、そのためには有意義なユースケースを考えることが最も重要である。この点を十分にしながら研究を進めていただきたい。
- 多数接続・低遅延を実現する STABLE の実用化が図られる更なる取り組みに期待する。
- 海中通信技術の続報が無いが、継続的に検討を深めることを期待する。海中ドローンなど、地上系の検討と関連付けたテーマもあるのではないかと。

（改善すべき点）

- 複数地域自営網連携に関する実証を行ったことは評価するが、特許出願も 1 件程度であり、科学的意義の主張には弱い。

- 科学的意義という点で、NICT は世界レベルを維持する必要があると考えられる。NICT が研究全体の中で自身が実施する研究分野は、いずれも世界レベルを維持する必要があり、またそこを中核として世界的連携があると考えられる。次期中長期計画では、この構図の実現を目標にしていきたい。
- B5G に向けた取り組みで、新たな課題が「多様化電波システムに対応した電波エミュレーション技術」だけに見えるのは少し寂しい。B5G では何を指すのか、大局的な方向性の議論を期待する。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	スマート工場への無線適用に関する FFPJ の研究開発と連携し、物流と 5G を含めた「Flexible Society Project」の活動を進めていることは評価できる。また、ローカル 5G の高度化技術として、マイクロセル到着前の事前仮想接続技術、リソース動的割当技術を検討し、それぞれ商用線路における鉄道無線実証、CATV 会社等と連携した地域課題解決型実証としていずれも主導的に行ったことも評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	5年間の最後の年ということで、成果の取りまとめを意識しつつ、社会的価値が感じられる研究成果が得られており、高く評価される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	5G/B5G 適用技術、工場での無線利用、海中での電波利用、災害時等でも使用できる無線システム等の研究開発に新たな社会的価値創出の可能性が認められると判断したため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 製造現場の DX の観点から、技術の研究開発と並行して、FFPJ/FFPA や IEEE の寄与などの活動を積極的に行ったことは、実装を通じて社会課題の解決に繋がる活動として高く評価します。 ● 高密度多数接続という社会的要請にこたえる形で STABLE を着実に進めたことは評価する。 ● 分散自営網連携に関するシステム実証を行ったこと。 ● スマート工場への無線適用に関する FFPJ の研究開発と連携し、物流と 5G を

含めた「Flexible Society Project」の活動を進めている。加えて、FFPA において SRF 無線 PF のコンフォーマンステスト仕様の策定を開始、テスト環境を構築し、試作機のテストを順次実施していることは評価できる。また、ローカル 5G の高度化技術として、マイクロセル到着前の事前仮想接続技術、リソース動的割当技術を検討し、それぞれ商用線路における鉄道無線実証、CATV 会社等と連携した地域課題解決型実証としていずれも主導的に行ったことも評価できる。

- 実証を含めた評価は、その技術の可能性を明示的に表すものであり、社会的価値の高い成果が得られていると評価される。
- 5G/B5G 適用技術、工場での無線利用、海中での電波利用、災害時等でも使用できる無線システム等、非常に広範囲な局面を想定した研究開発を実施しており、研究開発シナリオが実際のニーズに合致した場合は大きな社会的価値の創出に繋がると考えられること。

（さらなる成果を期待する点）

- 製造現場の DX 化の観点からは、電波環境のエミュレーションと無線技術の適用と言う観点を超えて、スマート工場そのもののデジタルツインを構築することにより、レアな異常発生や加速安定実証など「新しい価値」を創造する方向の成果を期待する。
- 全二重通信は、周波数有効利用の観点から重要なテーマであり、様々な研究がなされてきているが、大きな社会的価値を生み出すには至っていない。理想性能の問題ではなく、無線方式としてのロバストネスの課題が大きいと考える。そのような課題意識から更なる成果を期待したい。
- コロナ禍の影響を考慮したニューノーマルや社会ニーズに対応した研究開発、および、ローカル 5G とスマート工場に適した多様化電波システムに対応した電波エミュレーション技術の研究開発の推進を大いに期待する。
- 社会的展開は、グローバルマーケット構築と密接に関係しており、グローバルマーケット構築ではグローバルフォーラムでの議論が不可欠な時代となっている。6G flagship や IOWN global forum などへの参加は不可欠ではないかと考えられる。
- 災害時等でも使用できる無線システム等の自治体による配備が進められている点は高く評価される。更に、多くの実用化に期待する。
- ドローン協調の検討は、ドローンだけではなく、自動運転車両やその他輸送手段の自律化に資する検討だと思われる。関連する研究機関との連携で、大きな成果につながることを期待する。

（改善すべき点）

- STABLE について、どのような到達レベル（目標レベル）を達成すると社会課題の解決に繋がるのかの課題分析が曖昧なため、実証事例において達成できた技術レベルをアピールするに留まっていることが残念。（実証した技術内容と性能で課題解決になるのだろうか。）
- 社会的価値については、NICT が目指すべき社会的価値の範囲を明確に示す努力をしていただきたい。これは、例えば全ての技術に社会的価値を持たせるということを要求しているのではなく、社会的価値まで考える分野と、技術的価値を研ぎ澄ませる部分があって然るべきということである。
- 想定している研究開発シナリオが社会、通信事業者の要請との合致度が一定レベルに達しなかった場合、社会的価値創出への寄与は結果的に小さくなる。自営マイクロセル事業者の通信会社との連携シナリオについては、ローカル 5G との連携に加えて、効率的な電波利用を目指した継続的な取り組みに期待する。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	機動的ネットワーク構成技術として開発してきた要素技術を搭載した「防災情報通信・管理システム」として自治体（高知県香南市）が、導入を決定し、2020～2021 年度にかけて同システムを構築する予定であり、社会実装の目処をつけることができたことは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	本年の社会実装についても、フィールド試験を含めて対応しており、高く評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装に積極的な活動を行っているため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 工場無線に関し、FFPJ/FFPA や IEEE の寄与などの活動を積極的に行ったことは、社会実装と課題解決に向けた出口戦略として高く評価します。 ● 機動的 NW 構築技術を自治体防災管理システムとして成果活用する取り組みを評価します。 ● 機動的ネットワーク構成技術として開発してきた要素技術を搭載した「防災情報通信・管理システム」として自治体（高知県香南市）が、導入を決定し、2020～2021 年度にかけて同システムを構築する予定であり、社会実装の目処をつけることができたことは評価できる。 ● 技術開発、標準化、実証試験などを連携され、社会実装に向けた取り組みがなされており、高く評価できる。

- 産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装に積極的な活動を行っていること。
- 地域自営網の技術を適用したシステムを実際に自治体が導入を決定している。

（さらなる成果を期待する点）

- 事前仮想接続技術をローカル 5G ベンダーと連携して実装に向けて取り組んでいることは評価する。ローカル 5G 向けに限定して焦点を当ててではなく、公衆 5G や自営公衆混在網というより社会的価値の大きな領域に踏み込んでの成果を期待する。
- 自治体等のシステムに研究成果の技術をその要素として生かした場合、当該要素技術以外の自治体の抱える課題やシステムの要件などを深く認識できる。そこからの気づきが重要。この種のテーマでは、技術ドリブンではなく課題ドリブンで成果を出すことを期待します。
- 全国的に広域防災拠点をより安価で容易に構築・導入し、かつ継続稼働できる仕組みの検討が重要であると思われる。研究成果の社会実装が、より広がるように努めてほしい。
- 社会実装は、必ずしも実際の運用システムに技術が取り入れられることだけではなく、例えば次世代セルラシステムのためのグローバルフォーラムにおいて、新たな市場分野を構築するプロセスに参加し、それに係る研究を実施することも1つの形態であろう。未来構想と現実社会での実装の両方面を進めることを期待する。
- 産学官連携におけるリーダーシップ、国内外実証実験等への積極的参加、国内制度化、国際標準化等、研究開発の社会的実装での具体的な成果に期待する。
- スマート工場に関する技術を、ローカル 5G システム上で構築し、実際の製造現場に導入できるような取り組みを強化いただきたい。

（改善すべき点）

- 災害対策向けに行った各種の実証や訓練、装置や技術やソフトなど成果の社会実装の取り組みをこれまで多数行ってきた。これらがその後どのようになったかを振り返り、分析する必要がある。技術がどう活かされたか、生き延びなかったかの認識を通じ、NICT における「社会実装」の在り方を思索することで、研究活動の方向がより明確に自己認識できると考えます。
- 社会実装を進める分野と、少なくともしばらくは、研究開発に留めておく分野と

があるべきであり、なぜその分野は社会実装するのか、なぜ研究開発に留めるのかを説明できる能力を高めることを期待する。

- 想定している研究開発シナリオが社会、通信事業者の要請との合致度が一定レベルに達しなかった場合、社会的価値創出への寄与は結果的に小さくなる。自営マイクロセル事業者の通信会社との連携シナリオについては、ローカル 5G との連携に加えて、効率的な電波利用を目指した継続的な取り組みに期待する。
- 特にローカル 5G の普及に求められる技術やユースケースについては、市場調査などの手法により掘り起こすことで社会実装につながるのではないかと期待する。

項目	2-(3) フォトニックネットワーク基盤技術
----	------------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	空間分割多重伝送・スイッチングに関する研究開発を中心に、堅実に性能を向上していることを高く評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	本中長期計画の最終年度として、実用に近い標準外径マルチコア及びマルチモードファイバにて世界記録の達成や実装上重要なモード分離器の開発や高速ダイナミック光制御技術の確立など詰めの業績を上げている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 体積ホログラムを用いた多重モード分離機能のモード数拡張は、今後の展開が期待できる成果である。1Pbps に近い伝送容量での標準径4コアファイバでの伝送容量更新は社会的な価値も同時に高く評価できる成果であろう。15モード多重での1Pbps 超伝送については、モード多重伝送の今後の可能性を示す意味で高く評価する。またダイナミック光信号制御技術については、着実に堅牢性の実証を示している。
- 本中長期計画の最終年度として、実用に近い標準外径 4 コアファイバにて世界記録の 610Tbps 伝送成功、そして最大 15 モードにてやはり世界記録の1Pbps 伝送の成功と著しい成果を上げた。またホログラムにより3モード分離器の開発や電界吸収型光スイッチを用いたダイナミック光制御技術の確立など、詰めの業績を上げている。
- スキュー調整、クロストーク低減等の長延化への対応、標準外形コア、並び

に、C+Lバンドでのペタビット級伝送能力の確認など、実用化に向けた課題克服についてさらなる進展が見られた点を評価する。モード多重の分離技術、モード多重におけるモード間歪劣化の解析などの、マルチコア、マルチモードシステムでの課題解決に向けた取り組みについても成果が見られた点を評価する。

- 標準外径光ファイバの伝送容量に関して、標準外径 4 コアファイバで 610 テラ bps 伝送、15 モードファイバを用いた 1 ペタ bps 超の伝送の世界記録を二度打ち立てている。
- 1 ペタビット級光スイッチノード実証実験と 22 コアファイバのコア間伝搬遅延の評価手法とスキュー分布についての報告も商用につながる、渋いが重要な研究成果と考える。
- 標準外径で、1 ペタ bps の伝送を実証したことは、世界トップレベルの達成成果として高く評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 体積ホログラムを用いた多重モード分離機能について、これから既存技術に対する優位性を浸透させていける段階になると思われる。技術がどの程度まで成熟できるのかを今後期待したい。
また標準径 MCF についての社会展開が今後進んでいくと、コア数拡張の方向性かモード多重併用の方向に向かうのか、の検討と棲み分けも進めていくことになると思われる。着実な進展に向かったの検討をぜひお願いしたい。
- 標準外径ファイバは実用に近いと考えられているが、マルチコアとマルチモード、結合型と非結合型とアプローチも種々有る中で、周辺技術とも鑑みて実用化への取り組みの戦略の提示を期待したい。恐らく、MIMO 処理の不要と考えられるマルチコアが有意と考えられるが、その点で、伝送速度や伝送距離の向上を期待したい。
- 本年度でもマルチモード、マルチコアに起因する劣化要因やその対応についてそれらを改善する手法と成果が出ている。システム全体を俯瞰した場合、現時点での到達点を整理されると良いと感じた。また、実用化に向けては多波長、マルチモード、マルチコアの最適な組み合わせを、外部条件等を考慮して決めることになるので、最適化で考慮すべきパラメタの整理も期待したい。
- マルチコアの伝送遅延分布の評価やモード間非線形歪の評価に関する成果は高く評価します。
マルチコアマルチモードのトップデータ追求のボトルネックを明らかにしていく観点、並びにシステム化（例：長距離海底ケーブル）をしていく時に必要となるブレークスルーを明確にしていく観点から、得られた成果を深堀していくことを

期待する。特に後者の観点は、適用先システムによって異なる多様なブレークスルーアイデアに至ることを期待する。

- 例えば非結合型のマルチコア技術と、クロストーク処理型の技術の優劣関係や適用先の違いは、本格的に実用される時代における信号処理技術のレベルをどのように想定するかによって異なってくる。優れた研究成果を出しているのに、個々の成果を総合的に鳥瞰して、未来の関連技術からバックキャストした自己評価がなされると、次代の研究方向に大きく寄与すると考える。

（改善すべき点）

- 電界吸収(EA)型光スイッチによるバースト切り替えについて、EA 型光スイッチは高速ではあるが波長帯域が狭いが、その点での実用上の展望を知りたい。
- 成果としてよいものが生まれているので、実用化へ向けた成果展開についての計画も提示すると良い。
- ネットワークの極低遅延性を統合 ICT 基盤分野全体では謳っているが、本テーマでは言及がない。光パスとパケットスイッチングを比較すると前者は低遅延性に特徴があるが、コア網を想定した場合、パケットスイッチと光パスで構成されたネットワークの処理遅延の指標をそろそろ出すときではないか。時宜を得た将来のネットワークへの要求仕様や、使う技術の優劣を早めに吟味して発信してほしい。
- 異種トランスポート相互接続実証は、大いに評価しますが、科学的意義を評価主張されている点は違和感があります。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	標準径の光ファイバでのマルチモード伝送、マルチコア伝送の容量拡張の成果は、今後さらに空間分割多重技術が進展する方向を示せていると高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	標準外径4コアファイバにおける世界最高伝送や4コア一括光増幅、さらにそれに15モードの1ペタ bps 級伝送など、空間多重伝送方式により大容量化の実用化への道筋を付けたことや、耐災害用として的高速光バス再設定制御技術の開発は大きな社会的価値を有する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光無線変換におけるスプリアスは、無線システムとして本質的な課題であり、その点を踏まえた光変調器の開発実証を評価する。 ● 光空間伝送におけるアライメント課題に対して、2次元 PD アレイでの解決の方向性を示した。 ● 標準径4コアファイバ、15モード多重伝送の伝送容量更新は、今後の進展を感じさせ、社会的な訴求効果も期待できる。フレキシブル光ノードの要素技術をROADMネットワークに実装し、既存ネットワークとの共存の状況での高速光パス追加が可能であることは、緊急時の対応につながる成果である。 ● 標準外径4コアファイバにおける世界最高の610テラbps伝送や4コア一括光増幅、さらにそれに3モード伝送や15モードによる1ペタbps級伝送など、残された大容量化の方式である空間多重伝送方式の種々の面から開発し実用化に一気に近づけたことや、高速光バス再設定制御技術の開発は耐災害用安全安心社会に向けて大いに評価に値する。 ● 実装の容易性を考慮した標準外形ファイバーでのペタビット級の伝送性の確認、サービスネットワークの構成であるROADM構成での実証など、社会インフラへの実装を視野に入れた研究開発の進展がみられる点を高く評価する。
--

- 早期実用を考慮し、標準外径 4 コアファイバを用いた最大容量の 610 テラ bps の伝送に成功したこと、通信帯域拡大、輻輳緩和の高速化を可能にするためのフレキシブル光ノードの要素技術を大手町-小金井間の ROADM ネットワークテストベッドに導入し、既存ネットワークと併用しても高速光パス追加が可能であることを実証したことは、キャリア網への導入を考えるとビジネス的価値は高い。
- 高速光強度制御を含むフレキシブル光ノードを組み入れてテストベッド実証を行ったこと。

（さらなる成果を期待する点）

- リニアセルシステムやミリ波バックホールを現実フィールドで実証試験を行ったことは高く評価します。リニアセルは Local 5G を想定していると思われるが、その場合、車両内NWや Public 5G との関係を含めたユースシナリオによって、必要・重要な要件が異なってくる。要素技術から適用先を考える道と併せて、社会課題から必要な技術を考えることで、社会的価値の高い成果になると期待します。
- 80GHz 帯、3Gbps 車載通信実証関連については、無線関係研究室との連携をさらに深め、深堀していくことを期待します。社会的要請が強い分、競合研究が多い分野であるので、国研としてどこに注力していくかを明確にする必要がある。（例：要素デバイス、伝搬 DB、テストベッド、・・・）
- 期末評価の繰り返しになるが、モード多重に関する今後の展開としては、実用性の高い受信器の実現が鍵になるとわれ、挑戦的な取り組みにはなるが、その具体的なステップを踏んでいかれることを期待したい。
- 日本発の空間多重光ファイバ伝送において、日本の先導性を発揮すべき更なる高性能化や大容量信号をスイッチングする高スループットノードとの融合により、一層の高性能で、社会貢献するトータルネットワークの技術開発を期待する。
- ネットワークの利用形態が多様化するのに対応したフレキシビリティについての対応について、本成果を生かす網構成について示していただきたい。
- マルチコア光増幅を含む標準外径による大容量伝送の実証は高く評価します。一方、多様なパラメータ選択の可能性と応用先がある中で、4 コアと長距離・大容量を主軸にすることについては、技術課題ベースの感が有ります。どのような社会課題に向けてこの技術を生かし、社会価値の創造に寄与するのかという観点から深堀すれば、研究の方向がもっと多様になり、多様な価値貢献ができると期待します。
- 異種トランスポート相互接続の Protokol 開発と実証は、強靱な光NWの構築

と運用の「技術」観点から高く評価します。災害時を想定しての研究と言う意味では、単なる技術実証ではなく、災害時シミュレーションや訓練を通じて、真の社会課題は何か、真に価値ある技術は何か、災害時に使える技術かなどから評価し、研究にフィードバック(方向変更)していく必要があります。

(改善すべき点)

- アクセスNWにおける「低遅延化」が計画で述べられている。これは社会的な要請が明確な目標と言える。一方、この点に関して研究数値目標が明確でなくまた成果のアピールも明示されていない。数値目標は達成した場合に創出できる社会的価値(例:遠隔手術)と表裏であるので、成果の社会的価値をストレートにアピールできます。
- 一連の空間多重による大容量化がどのような社会貢献に寄与するかのビジョンや、これら大容量伝送システムと耐災害ネットワークとの関連、さらに多様な帯域や方式へのトランスペアレンシなネットワークへの組み込みなど、他の革新的ネットワーク技術とも連携して、社会的価値のレベルアップを期待したい。
- 耐災害についてのコンテキストでの成果の位置づけが見えづらい。新しい技術を活用した視点での耐災害性を向上する検討等について、さらなる進展を期待したい。耐性を上げること、残存したリソースでの復旧の容易性を高めることなど、これまで検討されてきていることとは違う発想での検討を期待したい。
- 光通信システムのオープン化に向けた高線形性光増幅器の開発であるが、着実に成果が上がっているが、この技術をキャリアが導入するかはオペレーションシステムと総合して考えるのでハードルが高いと考える。そのあたりの検討も行ってほしい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	イタリア・ラクイラ市に構築したマルチコアファイバのテストベッドについて、引き続き実証実験中であり、その成果内容と今後の展開が期待できる状況である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	光ファイバ空間多重伝送について、コンソーシアムによる学術・産業界の標準化などへの検討やイタリアでの実環境テストベッドへの参画などは評価できるが、日本発の技術を先駆けて実用化すべく、より積極的な主体的商用実験への取り組みや標準化、デファクトシステム導入などの取り組みがあれば良かった。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子ドット光増幅技術の技術移転に努める出口戦略は高く評価します。 ● RoF などに関する国際標準化活動を評価します。 ● マルチコアファイバの実証環境を継続して利用することは限られた機関でしか取り組めない状況であり、高く評価する。 ● システムの商用化は、標準化や諸機関との調整など容易ではないが、EXAT 研究会活動を通しての標準化活動や、マルチコア、マルチモードファイバの実用性検証のためのイタリアでの実環境テストベッドへの積極的な参画など社会実装へのアプローチは評価できる。 ● 敷設ファイバーを用いた評価によるフィールドでのデータ取得、テストベッドでのROADM構成での評価実証など、実用化に向けたアクティビティが進展し、実証結果が得られていることを評価する。標準外形ファイバでの評価実験で実用的な領域で性能を確認した点も評価する。 ● ラクイラ大学とのマルチコアファイバのフィールド試験を継続である。さらに、標準外径 4 コアファイバで長距離伝送実験を目指した 4 コアファイバ光増幅
--

器を University of Central Florida と共同で開発している。成功すれば評価したい。

- 共同研究・委託研究など対外連携を持った研究体制は、多様なアイデアの交錯による研究進捗に加え、仲間作りと言う面から社会実装に向けても良い体制と言える。

（さらなる成果を期待する点）

- マルチコアファイバの実証環境を継続利用できている状況については、高く評価するとともにその成果の検証と今後の展開に期待したい。
- 実用化により近いと考えられている標準外径4コアファイバにおいて、委託研究などにより参画企業への技術指導を通して、産業界への一層の底上げや、日本発の技術ということで、日本でのマルチコア・マルチモード光ファイバネットワークのテストベッドの構築、商用試験への取り組み、また個別システムによるデファクト化などへの積極的な取り組みを期待したい。また、耐災害柔軟ネットワークについて、どの様な災害でどの様なネットワーク耐性があるのかの見える化を期待したい。
- テストベッドを拡充してオープンな環境を整備し、様々なトライアルを行う環境を整備されることを期待する。網の運用管理については他の研究課題とも連携して、光パスの運用と上位レイヤとの連携手法についてさらなる検討を期待したい。
- 標準径ファイバーシステムは、(太いマルチコアシステムに対して)比較相対的に早期の社会実装を指向したテーマと言える。その意味で、実環境に敷設したテストベッドによる長期試験は重要な活動で高く評価する。一方、標準径ファイバーの応用先は太いファイバーより幅広いことを考えると、異なる応用先を想定した実環境試験をより幅広く行う必要がある。また、実環境試験は社会実装に向けた課題の発見により力点を置くべきである。難しい課題を発見することは、社会実装に繋がる立派な成果と言える。この、課題発見と言う面が研究成果や自己評価において明示的に出てくることを期待します。

（改善すべき点）

- 光電波カスケード伝送技術は、技術成果として評価する。一方、想定ユースケースを明確にしないまま要素技術の適応先としての応用になっているきらいがある。例えば、空間光伝送でビル窓に照射し屋内に5G無線ピコセルを設けるユースケースを想定するなら、Private/Local/Public の位置づけとそれに伴うカバレッジ(出力・感度)、ビル窓シールドイング、周波数(例:66-71GHz)など要素技術にも関連する要件が出てくる。いくつかのユースケースを仮定し

て分析することで、優れた要素技術の社会実装へ近づくと考えます。

- 令和 2 年計画の①-3 項に関する成果が良く判りません。耐環境性、NW 仮想化、HW 抽象化、自動化設定など大事なキーワードが並んでいます。
- 空間多重光伝送の種々の技術的な取り組みは大いに評価できるが、世界からの参画のある日本での空間多重光ネットワークのテストベッドや商用実験の実施が望まれる。
- 今年度の新規の特許出願が現時点で確認できていないが、今後の権利化へのアクションを期待する。
- 研究の論文は着実に出ているので、キャリアとの実証実験、メーカへの技術展開、さらには、次期の研究テーマで骨となるものは何か、突っ込んだ国家レベルの研究シナリオを作って欲しい。
- 研究者一人当たりの特許出願数は、論文数と対比しても少ないと言えます。
- 出願数は独創性や有効性の尺度として科学的意義の観点から、許諾件数を社会実装の観点からアピールするのが適切と考えます。

項目	2-(4) 光アクセス基盤技術
----	-----------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	2次元PDアレイの応用展開に目覚ましい進展があり、ヘテロジニアス集積・光ファイバ無線技術としては堅実な進歩が社会実装に重きが移行し始めている印象がある。全体的に科学的意義としてはA評価とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	第4期中長期計画の最終年度ということもあり、ヘテロジニアス集積技術や光無線技術を核として、多くの学術的にも意義があり、それを示すように社会実装化の成果も得られた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高速波長切替波長可変光源、超広帯域多波長光源、光変調デバイス、高出力広帯域 OE 変換集積デバイスを試作実証したこと。 ● 13GHz 帯域 130Gbps/50Gbps、3×3 MIMO の光ファイバ無線伝送を実証したこと。 ● 2次元 PD アレイを応用したコヒーレント光信号検波方式をさらに進展させた。 ● optical field reconstruction の応用は、現在の想定範囲を大きく変える可能性もあると感じる。 ● ヘテロジニアス集積技術とパラレルフォトニクスを標榜した技術により、2次元フォトダイオードアレーや独自量子ドット利得媒体とシリコンフォトニクス集積デバイス、フォトダイオードと化合物半導体電子デバイスなど高機能デバイスを開発、特性向上が図られ、100Gbps を超えるアクセス基盤技術が実現された。 ● 単体 OE 変換デバイスの 100 倍以上の 100Gbps 級 RoF 信号出力を可能とす

る広帯域・伝送メディア変換、高精度（線幅 100kHz 以下）・高速切替速度（200 μ s）の波長可変光源の産学官連携による開発に成功など、目立つ成果がある。将来を考えると、高速二次元 PD アレイを受信デバイスとして用いて、従来の 10 倍に相当する高い伝送リンクのロバスト性と 100Gbps 級の大容量伝送を可能とする空間光伝送システムを世界に先駆け構築に成功したことを評価したい。

- ハイブリッド集積実装による広帯域OE変換技術、1THz帯域での多波長光源など先駆的成果を創出した点を評価する。2次元PDアレイ技術をコヒーレント検波の効率化や空間伝送のロバスト性を高める機能などに応用するなどの進展が見られた点を評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 2次元PDアレイの検波方式への適用と言う観点に留まらず、コヒーレント光伝送システムが広く社会実装されるためのボトルネック課題をシステム視点で洗い出し、産学官連携して成果を出されることを期待する。例えば、2次元アレイ→空間処理の課題→素子数削減と言った直線的視点を超えて、コヒーレント光伝送システムの社会実装上のボトルネックを明確にしてブレークスルーを目指す鳥瞰的な取り組みを期待します。
- マルチコアファイバー直結のVSEL/PDアレイデバイスは良い成果であると評価します。フォトニックネットワーク基盤プロジェクトとさらに連携を図り、デバイス視点に加えネットワークシステムの視点から鳥瞰して研究方向を定めることで、更なる成果を期待します。
- optical field reconstructionの応用は、現在の想定範囲を大きく変える可能性もあると感じる。その分、世界的な競争やアイデアの展開の速度が速い可能性もあるので、その流れを感じながら対応していくことを期待したい。
- 今後光デバイスの超高速化、無線との融合の通信面からの技術向上に加えて、信号処理を出来るだけ端末デバイスで行う処理分散化が必要になるのではと考えられ、その点で超高速動作が期待される光信号処理技術の検討、キーとなる光デバイス開発、高度処理化などの研究への展開を期待したい。
- 光伝送技術のアクセス、DCI等への応用が広がる中、実装の小型化、低消費電力化が重要である。デバイス集積、特に、ヘテロなデバイスの集積に向けた取り組み、低消費電力に向けた基盤的技術の確立に向けた取り組みを期待したい。

（改善すべき点）

- 2次元フォトダイオードアレイが重要な成果の核となったが、光集積回路化の

上で平面型光回路との整合性が今後の課題とも考えられる。純粋に2次元構成で高機能化を図るのか平面集積デバイスと機能融合を図るのかの展望の検討を期待したい。

- 「一部、パラレルフォトニクス成果」の注が気になる。むしろ、両テーマのシナジー効果を活かして、よりインパクトのある成果を目指すという意味では、特筆すべき成果としてまとめた方が、システム的な意識で研究していることが分かり、好印象になる。
- 今後のデバイス技術の方向性への調査委員会の立ち上げたとのことで、このような検討からのフィードバック等も報告いただき、今後の方向性の中で、今中期での成果、進捗の評価、発展性についてのアピールがあると良い。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	2次元PDアレイの応用展開に目覚ましい進展があり、ヘテロジニアス集積・光ファイバ無線技術としては堅実な進歩が社会的価値の展開・実装に重きが移行し始めている印象がある。したがって全体的に社会的価値としては非常に高く評価できると判断した。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	パラレルフォトニクスとして開発した温度安定、広波長域などに優れたヘテロジニアス集積光源や2次元フォトダイオードアレーなどは光通信の高度化に寄与し、また 100G アクセスとして光ファイバ無線による高速移動体通信や空港監視レーザシステムなど社会実装が可能もしくはすでにフィールドテストにより実証しており評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光無線変換におけるスプリアスは、無線システムとして本質的な課題であり、その点を踏まえた光変調器の開発実証を評価する。 ● 光空間伝送におけるアライメント課題に対して、2次元PDアレイでの解決の方向性を示した。 ● ヘテロジニアス集積における内蔵温度センサー実装・高周波電気増幅器集積による小型化・100GHz/100Gbps級光ファイバ無線の展開、光・無線シームレス接続技術は社会的な新たな価値創造につながっていく可能性を感じ、非常に高く評価する点である。 ● パラレルフォトニクスとして開発したヘテロジニアス光集積素子は、独自技術の量子ドットやシリコンフォトニクス、光検出器とトランジスタなど種々の機能を装荷可能であり、実際に高性能デバイスや広範な応用の可能性を示した。また2次元フォトダイオードアレーは 100G アクセスとして、コヒーレント光通信の受信機や光ファイバ無線、光空間通信など広い応用が示された点などは社会的価値の提示として評価できる。
--

- アクセス網は設備数が多いので、社会の省エネルギー化に寄与する高温環境耐性を有する波長 1.5 ミクロン帯量子ドット光ゲイン技術を駆使し、世界に先駆け 1THz 超広帯域・多波長光源の開発に成功したのは、将来の導入が楽しみである。高線形で薄膜デバイス層採用による低消費電力化（従来比 15% に削減）を用いた革新的光変調器の動作実証に成功したことも評価したい。
- 検出器素子数を 30%程度削減して、さらなる光位相回復型コヒーレント検波方式の小型化・シンプル化に成功したことを背景に、IEEE の国際会議において、当該分野の特別セッションを開催したことは、この分野の実用化を指導する立場にあることを示した。
- 光ファイバ無線での 130Gbps 級の帯域達成、空間光リンクによる広帯域アクセスリンクの実現など、無線アクセスにおける広帯域化に向けた実証ならびにロバスト性の向上等、アクセス帯域を拡大する技術的な基盤が確認できたことを評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- リニアセルシステムやミリ波バックホールを現実フィールドで実証試験を行ったことは高く評価します。リニアセルは Local 5G を想定していると思われるが、その場合、車両内NWや Public 5G との関係を含めたユースシナリオによって、必要・重要な要件が異なってくる。要素技術から適用先を考える道と併せて、社会課題から必要な技術を考えることで、社会的価値の高い成果になると期待します。
- 80GHz 帯、3Gbps 車載通信実証関連については、無線関係研究室との連携をさらに深め、深堀していくことを期待します。社会的要請が強い分、競合研究が多い分野であるので、国研としてどこに注力していくかを明確にする必要がある。（例：要素デバイス、伝搬 DB、テストベット、・・・）
- 化合物半導体ゲインチップとシリコンフォトニクス集積回路部分の実装技術の高スループット化・高信頼度が今後は求められると考えられる。また光・無線シームレス接続技術がどのようなケースで競合技術と差別化できるのか、についても見解を問われるであろう。その点に対してどのような立場で検討を続けていくのか、ぜひ検討を期待したい。
- ヘテロジニアス光集積素子の課題があればそれを改善して、また信頼性や実装上の問題などもあれば改善して、そして2次元フォトダイオードについて、他の信号処理デバイスとの集積化技術や実装技術を提示して、いずれも更なる応用の広さの提示や、種々の光通信システムでの応用を期待したい。
- 位相回復アルゴリズムを組み込むことで簡略なモニタリングが可能になったように、デバイス＋ソフトウェアでの機能拡張のような取り組みも検討いただき、

応用先を広げることにつながることを期待する。

（改善すべき点）

- アクセスNWにおける「低遅延化」が計画で述べられている。これは社会的な要請が明確な目標と言える。一方、この点に関して研究数値目標が明確でなくまた成果のアピールも明示されていない。数値目標は達成した場合に創出できる社会的価値（例：遠隔手術）と表裏であるので、成果の社会的価値をストレートにアピールできます。
- 社会実装に当たって、信頼性評価やコスト、量産技術など、2次元フォトダイオードアレーは他デバイスとの集積化構成など、よりコンパクトで実用性のあるデバイス技術への検討を期待したい。
- 「90GHz の光ファイバ無線技術による世界最大級容量の 80Gbps 超の光・無線シームレス接続技術の構築に成功」に関して、無線区間が安定性は降雨減衰だけでなく、柔構造の現代のビルは地震だけでなく風でも揺れる弊害も考えないといけない。その種のトラッキング技術の研究開発が必要ではないか。最近商用化された衛星光通信のような応用も含めて、稼働率の検証を種々の環境下で示す必要がある。
- デバイスの信頼性に関する検討も行っていたきたい。通信インフラは重要な社会インフラであり、信頼性をどう担保するかが鍵である。本研究はデバイスをベースにしているので、デバイスとしての信頼性の評価とそれをもとにしたロバストなシステム構築への指針を与えられると良い。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	ヘテロジニアス集積における外部への技術移転、光ファイバ無線技術における標準化活動の進展を非常に高く評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	ヘテロジニアス集積素子や独自の光利得デバイス、開発したデバイスを用いたシステムなどを企業に技術移転を行ったり、空港監視や高速移動体への商用実験など社会展開が積極的に行われており、大いに評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 量子ドット光増幅技術の技術移転に努める出口戦略は高く評価します。
- RoF などに関する国際標準化活動を評価します。
- ゲインチップ・シリコンフォトニクス集積回路部の導波路結合・異種材料接着技術は、シリコンフォトニクスの実用展開の上で大量生産の橋渡しの意義がある可能性があり、技術的な可能性を示すにとどまらず製品化の中の利用技術になることで有用性を浸透させられると考えられる。また量子ドットウエハの製品化、光ファイバ無線関連技術の標準化活動を積極的に展開している点は、光アクセス技術に関するNICT組織としての強みであると思われ、その点を今後も継続していくことを期待したい。
- デバイスは用途が限られていたり製造技術の関係などから社会展開が難しい面があるが、独自の量子ドット利得チップやヘテロジニアス集積光デバイスの企業技術移転、集積デバイスを用いたシステム応用を行っており、光デバイス単独でも社会展開を積極的に行っている点は評価できる。また技術移転の基礎となる知的所有権も積極的に申請している。
- 産官連携により、光位相回復アルゴリズムを用いた光変調器のモニタリングのプロトタイプ実証に成功は将来の社会展開に期待が持てる。

- 空港滑走路監視レーダシステムや鉄道無線システム等の光ファイバ無線技術に関して、ITU-TSG15 にて「Radio over fiber systems」勧告の改訂版（G.9803Amd.2）、G.9803 の標準化文書の RoF 用信号発生・配信技術についての寄書を投稿、変調器の駆動電圧、相互変調歪の計測手法に関する標準化文章を IEC62801:2020Ed1.0 に投稿する等、標準化活動が充実していた。
- 異種材料の接合技術、量子ドット製造技術の技術移転、製品化へ進展した点、ファイバ無線の技術開発、標準化の進展を評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 今後集積デバイスの更なる高機能化を図り、ヘテロジニアス集積技術や2次元光デバイスの応用の広さを示すと共に、日本の光デバイス・サブシステムの産業界の牽引を期待する。また、国際会議や展示などでのより積極的な成果の広報を期待したい。新規光デバイスが新たなシステムを創出するという気概を示して頂きたい。
- 製造を容易にするような検討も継続的に行っていただきたい。

（改善すべき点）

- 光電波カスケード伝送技術は、技術成果として評価する。一方、想定ユースケースを明確にしないまま要素技術の適応先としての応用になっているきらいがある。例えば、空間光伝送でビル窓に照射し屋内に5G無線ピコセルを設けるユースケースを想定するなら、Private/Local/Public の位置づけとそれに伴うカバレッジ（出力・感度）、ビル窓シールドイング、周波数（例：66-71GHz）など要素技術にも関連する要件が出てくる。いくつかのユースケースを仮定して分析することで、優れた要素技術の社会実装へ近づくと考えます。
- 令和2年計画の①-3項に関する成果が良く判りません。耐環境性、NW 仮想化、HW 抽象化、自動化設定など大事なキーワードが並んでいます。
- すでに実施されている面もあるが、フォトニックネットワーク基盤研究とも連携して、空間多重光伝送との連携や、その他、ヘテロジニアス集積波長制御光源や2次元フォトダイオードアレーなどの機能光デバイスの単独装置化など一層の副産物化を期待したい。
- 本年は、コロナ禍ということもあり、論文と標準化活動主力に活動するのはやむを得ないが、社会実装という観点では、論文だけでなく、これまでの特許を基に周辺特許をとる活動も上げてほしかった。
- 外部との連携、特に技術移転等へつなげる活動を積極的におこなっているので、これらについて外部との連携の効果（NICT内、連携先）についても社会実装に向けた取り組みの具体的なアピールとしてよい。

項目	2-(5) 衛星通信技術
----	--------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	光衛星通信として世界初の 10Gbps 級通信実現に向けた研究開発が進展しており、論文誌への掲載などの成果が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	光関連技術、地上一衛星光関連の研究開発に大きな革新性、先導性、発展性が認められると判断したため。

(2) コメント評価:

(評価する点)	<ul style="list-style-type: none"> ● 光 10Gbps 関連機器の開発実証は、高く評価する。打ち上げ実証まで着実な進捗を期待する。 ● 光フィーダリンクに関する基本特許を有している旨の記述がある。基本特許であり、かつ周辺特許も出願されているとすれば、新規性と有効性の観点から極めて高く評価する。国際的にどのような許諾形態(排他的(例:国内産業)/非選択的(例:標準化))とすべきかを慎重に検討する必要がある。 ● 研究成果について、航空宇宙学会の論文誌に投稿・採録されている。論文被引用数も多数記録されており、衛星通信分野の基礎技術確立に貢献できている。 ● 光関連技術、地上一衛星光関連の研究開発に大きな革新性、先導性、発展性が認められる。GEO への光、RF 両用フィーダリンクに関する研究開発は先導性、発展性が認められ、将来の宇宙空間における光利用への貢献が大
---------	---

きい。

- フレキシブルペイロードの DBF アレー給電部の誤差校正に関し、提案方式について有効性を確認した成果が論文誌へ掲載され、電子情報通信学会学術奨励賞を受賞したこと、および、電波・光ハイブリッド衛星通信システムのシミュレータを用いて高効率な運用制御アルゴリズムの性能評価を実施し、電波・光フィーダリンク切り替え機能の有効性を確認したことは評価できる。また、ハイブリッド衛星通信システムの高効率な運用制御アルゴリズムの性能評価に向けた周波数・エリア・RF-光フィーダリンク切り替え制御機能を総合的に模擬するシミュレータの開発は、科学的価値が高いと思われる。
- 光衛星通信技術については、科学的意義は非常に高いと判断される。今年度実施内容も科学適宜は非常に高い。

（さらなる成果を期待する点）

- 再帰性反射鏡は様々な分野で応用が検討されている。衛星測距に限らず、光 & 衛星 の分野で先導的な活用研究を進めることを期待します。
- 掲載論文誌がやや国内に偏っているように感じる。IEEE など、国際学会での活動も期待したい。
- 光フィーダリンクについては、通信利用を考慮すると、更なる高速化が求められる。GEO、LEO 利用の双方での実用化を念頭においた研究開発成果に期待する。

（改善すべき点）

- ハイブリッド衛星通信システムの高効率な運用制御アルゴリズム評価用のシミュレーターソフト自身を科学的価値で評価するのは疑問。アルゴリズムの新規性(独創性)やその有効性(発展性)から科学的価値を主張するのであれば、知的財産が必須です。なお、特殊ソフトなのでそれ自身のライセンスは考えにくい。制御アルゴリズムの価値は、達成できる「高効率性能」の改善度が社会課題解決にどう寄与するかで評価すべきと考える。
- 新規の査読付き論文数は昨年度よりさらに減少している。今後、新テーマの立ち上げに伴って活発な投稿を期待する。
- GEO に関する研究内容は 30 年前の内容を現在の想定ニーズに照らし合わせて高度化したもので、革新性等が感じられない。市場ではビット単価がより低い可能性があるグローバルな LEO システムへの投資が、日本の通信会社を含め、増えている。このような LEO システムへの革新的な技術を NICT が提供できるような研究体制が望まれる。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	5G/Beyond5G 連携技術分科会を設立し、異分野のプレーヤを含む検討を開始したことは、安心・安全な社会に必要なインフラとしての衛星通信を、持続的に利用するために資する取り組みである。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	対象としている衛星通信システムが実用化されれば、安心・安全な社会創出等への貢献が期待されるため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 5G/Beyond5G 連携技術分科会という場を作り、多様なプレーヤと今後の衛星通信の在り方の検討を開始した。 ● 民間企業と ISS を利用した光衛星通信実験を成功させ、技術展開が進展している。 ● 民間企業と共同での ISS 光宇宙実証の成功は新たな社会的価値創出の可能性が期待される。また、スペースデブリへの光照射、散乱光受信関連技術も将来の新たな社会的価値創出への貢献が期待される。 ● 国内の民間企業と光衛星通信実験を共同で ISS を用いた宇宙実証を成功裏に実施し、民間への技術展開を行うとともに、「2020 年度グッドデザイン賞」を受賞したことは評価できる。スペースデブリへのレーザ照射・測距を実現するための研究開発を進め、NICT が開発した再帰性反射鏡を小型衛星に搭載し、正確な軌道や姿勢情報が得られていない衛星をターゲットと見立てたレーザ測距実験に成功したことも評価できる。 ● 日本の衛星通信分野は、まだ民間主導で動いておらず、一般の人が生活する空間でどう役に立っているかということ判断することは難しい。社会的価
--

値を議論するのも、現時点では難しいと考えられる。

（さらなる成果を期待する点）

- スペースデブリ観測のためのレーザ照射・測距は、地球規模の社会課題に取り組み活動として評価します。現状は、機構が既に有する技術の応用先という位置づけとなっている。宇宙ゴミを出す立場でもある機構としてこの大きな課題に対してより積極的・当事者的に関与する研究を期待する。
- HAPS に関わる周波数有効利用技術（干渉軽減技術）は、周波数共有が目標であり、社会的な価値は高い。HAPS と携帯網が密結合（例：同一事業者）の場合と疎結合（例：別事業者）の場合など、現実の要件は多様である。（受託研究スコープ範囲かは別として）疎結合ケースに対して優れた解を見出せば、それは HAPS に留まらず、事業者周波数共有や災害対策共用大ゾーンなどに波及する優れた成果となる。
- 5G/Beyond5G 連携技術分科会での具体的な成果を期待する。
- 光関連技術の商用システムでの実用化の時代も遠くないと思われるため、その段階で NICT の優れた光技術の実用化に期待する。
- ESA との連携によって衛星 5G トライアルの計画を開始し、国内 19 機関による検討会を立ち上げて衛星通信と 5G の連携の検討を開始し、また、宇宙 ICT に関するフォーラムで 5G/B5G 連携技術分科会を立ち上げたとのことなので、成果の社会的価値を高める活動、および、社会実装への取り組みを大いに期待する。

（改善すべき点）

- スペースデブリ対処に関するレーザ測距実験結果が示されているが、目標性能との関係が明らかではない。
- 国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関しては、民間企業が通信サービスを行うことを前提として研究がなされているが、台頭してきているグローバル LEO システムを考慮すると、異なる実用化シナリオも並行して検討されることが望ましい。例えば、GEO は国等が極めて公共性、安全性の高いサービスを目的として運用する等のシナリオを描くことが出来れば、ビット単価以外の観点から新たな社会的価値創出に寄与できる可能性が考えられるので、種々の観点からの検討が望まれる。スペースデブリへの光照射、散乱光受信関連技術、海洋ブイへの衛星利用は将来の安心・安全な社会創生への大きな貢献が期待されるため、NICT の名前が表に出る形での実利用を開拓する方策に期待する。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	CCSDS 等の標準化文書策定に寄与したほか、若干数の特許ライセンスも実施している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	小型衛星等への光通信装置の応用に関しては社会実装の可能性を見据えた取り組みがなされているため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 光通信装置が ISS に搭載され実証できたことは、企業と連携した出口戦略の成果として高く評価します。報道発表を含め、研究成果の「手離れ」の良いケースとしてアピールできます。
- ETS-IX 関係の研究は受託研究を含め、実装に向けて着実に進捗させている。メーカーと連携して、様々な変更や状況変化に柔軟に対応していけることを期待する。
- CCSDS 等の標準化文書策定に寄与したほか、若干数だが継続的に特許ライセンスも実施し、技術が実利用されている。
- 小型衛星等への光通信装置の応用に関しては社会実装の可能性を見据えた取り組みがなされていること。また、フォーラムにおいて光通信技術関連の分科会の立ち上げ等、社会実装を念頭においた取り組みがなされている点。
- 宇宙 ICT に関するフォーラムで光通信技術分科会を立ち上げ、社会実装できる方向に向けた活動を開始していることは評価できる。また、NICT がエディタとなりオレンジブック(予備検討規格)「1550nm 波長での高データレート光通信」の標準化文書作成へ寄与したことも評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- 衛星通信と 5G/B5G 検討会やスペースICT推進フォーラムの活動などは評価します。衛星の利活用視点からスタートするのではなく、(将来)社会課題の認識⇨課題解決の切り口⇨利活用シーン⇨必要なアクション(技術・制度)⇨必要な研究開発、と言った課題オリエンテッドなアプローチで成果を上げることが期待します。(研究シーズオリエンテッドにならないように。)
- 超小型光通信機器は、衛星搭載用だけではない用途が考えられる。社会実装を目指して小型化、低コスト化を進めていただきたい。
- 光関連技術の商用システムでの実用化の時代も遠くないと思われるため、その段階で NICT の優れた光技術の実用化に期待する。
- ESA との連携によって衛星 5G トライアルの計画を開始し、国内 19 機関による検討会を立ち上げて衛星通信と 5G の連携の検討を開始し、また、宇宙 ICT に関するフォーラムで 5G/B5G 連携技術分科会を立ち上げており、成果の社会実装への取り組みを期待する。

（改善すべき点）

- B5G に向け、地上システムと衛星システムの割り当て周波数が競合することは十分予測できるので、効率の高い共用技術について検討すべきと考える。
- 国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関しては、民間企業が通信サービスを行うことを前提として研究がなされているが、台頭してきているグローバル LEO システムを考慮すると、異なる実用化シナリオも並行して検討されることが望ましい。例えば、GEO は国等が極めて公共性、安全性の高いサービスを目的として運用する等のシナリオを描くことが出来れば、ビット単価以外の観点から新たな社会的価値創出に寄与できる可能性が考えられるので、種々の観点からの検討が望まれる。スペースデブリへの光照射、散乱光受信関連技術、海洋ブイへの衛星利用は将来の安心・安全な社会創生への大きな貢献が期待されるため、NICT の名前が表に出る形での実利用を開拓する方策に期待する。

項目	3-(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術
----	------------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	各種学術業績面で高い成果を達成していると思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	音声翻訳を実現する上で必要となる要素技術の内、残響に強い遠隔音声認識、話者識別技術、対訳依存性最小化技術、多分野高精度システムなど、独創的で先進的な成果を生み出し、競合機関との差別化を実現した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 音声コーパスと多言語辞書を整備・充実させることで、音声認識と音声合成の多言語化を着実に進めている。難関国際会議で多くの発表を行い、技術の先進性を示すことができている。社会実装に結びつくソフトウェアの開発を加速した。
- 低資源対象について、疑似データ生成など、先進技術面での取り組みを併用している点が評価できる。
- 耐残響音声モデル学習法を確立し、遠距離発話での音声認識精度を向上した。
- 話者識別技術を開発し、国際学会コンテストで準優勝する高い精度を達成した。
- 対訳依存性最小化技術を改良し、最難関論文誌掲載等の高い評価を受けた。
- NMT のアルゴリズムを改良し、多分野の高精度システム構築法を明らかにし

た。

- 文脈処理や MM 翻訳において優れた研究成果を生み出し、難関国際会議採録や論文数ランキング上位を達成した。

（さらなる成果を期待する点）

- 新たな展開に向けて、強みを活かして着実に進めてほしい。
- 資源の足りない言語・分野について、正攻法で資源を作成するアプローチで攻めるべき対象と、疑似データ生成など、先進技術での対応で乗り切る対象の切り分け基準、その理念を明確にするのが望ましいと思います。それにより、アカデミックに対する先導的役割も果たせるように思います。第一義的には、対訳データが存在しない言語・分野に対しては、疑似データ生成アプローチを適用することになると思いますが、政治的・倫理的にデリケートの対象など、一定の翻訳精度の確保が不可避なケースもあり得ると思いますので、そのあたりの仕切をどう着地させるのかについての知見を公開することで、先導的役割を担えると思います。
- 当初計画にはなかったが、社会的環境の変化に対応した研究成果の創出に期待したい。

（改善すべき点）

- 多くの独創的、先進的な技術を生み出し、技術的に競合他機関に技術的優位性を持っていることは高く評価できる。新たな計画策定に向けて、生み出されたそれぞれの技術が、音声翻訳技術全体の中でどの程度性能向上に寄与しているかの数値的分析と、社会的観変化に対応した必要な研究成果の検討を進めてほしい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	計画が順調に進んでおり、資源面・社会実装面での成果が円熟レベルに達していると思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	言語バリアを克服する音声翻訳技術を実現するうえで要となる多言語音声・対訳コーパスの収集を拡張5言語も対象に含め戦略的に進め、目標量の構築を達成、全言語・全分野で高い翻訳精度を実現し、技術移転したことは、高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 音声認識、音声合成の多言語化に向けて、着実に性能向上を実現しており、グローバルで自由な交流の進展に大きく寄与した。翻訳技術においては、翻訳バンクの多分野化をさらに進めるとともに一層の性能向上を達成している。 ● 計画が順調に進んでおり、資源面・社会実装面での成果が円熟レベルに達していると思います。 ● GC10 言語及び拡張 5 言語に関して、それぞれ目標とする音声コーパス及び多言語辞書の構築を実現した。 ● 音声認識及び音声合成に関して GC10 言語の目標性能を達成するとともに、拡張5言語でも高品質の音声認識・合成を達成した。 ● 拡張5言語のネパール・クメール・モンゴル語の対訳コーパスの構築を進めた。 ● 構築コーパスを用いた高精度化したシステムを実装、技術移転を実現した。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新たな展開に向けた取り組みを加速してほしい。 ● 現在構築中の言語資源群が、COVID-19 の蔓延に伴う翻訳ニーズの変化に

対応したものが精査し、今後の言語資源構築計画を策定してほしい。

（改善すべき点）

- 構築された多言語コーパス群を活用した多言語音声翻訳技術は GC10 言語及び拡張 5 言語においてほぼ実用化レベルに到達している。今後も様々な課題の分析及びその重要性を分析結果に踏まえたうえで、今後想定される難しい技術課題へのチャレンジという側面も考慮に入れて翻訳対象分野の選定も含めて、十分検討のうえで、技術の普及・促進を進めてほしい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	計画が順調に進んでおり、社会実装面での成果が円熟レベルに達していると思います。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	研究開発成果を社会実装するための取り組みを積極的に行い、産業界への多くのライセンスとプラットフォームサービスの提供などを通じた実用化も実現するなど、具体的な事例を多く積み上げた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 技術移転を行うと共に、社会実装に向けた取り組みを拡大しており、高く評価できる。音声翻訳に関する利用環境の整備も進んでいる。 ● 計画が順調に進んでおり、社会実装面での成果が円熟レベルに達していると思います。 ● 音声翻訳アプリ VoiceTra に言語識別機能を実装し、公開、ダウンロード数は累計650万件超を実現した。 ● VoiceTra に翻訳方向を自動判定する機能と言語識別機能 10 言語対応を実装するとともに、実証実験や展示説明会を実施(R2 年度は 4 件)した。 ● ソフトウェアおよびデータベースライセンスを進め、今年度は 3 件増加した。 ● 多言語音声翻訳 PF サービスと音声翻訳ソフトウェアライセンス事業を進め、利用が拡大(利用に関する報道数は R2 年度 37 件超)した。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 様々な分野での実証実験の経験を体系化することと、新たな研究開発への展

開に期待する。

- 2020 年度になり、社会状況が急激に変化しました。このような変化に迅速に対応して、例えば、インバウンドの利用者の利用状況が医療場面に集中する可能性が高まる状況でも、十分な成果が達成できている、という点についての自己評価があるとよいと思いました。VoiceTra について、対面での利用前提でのシステム開発になっているとすると、オリンピック、パラリンピックでも、利用可能局面が激減せざるを得なくなると思いますので、対面でもすぐに電話に切り替えるなどの対応があるとよいと思いました。
- COVID-19 の蔓延にともない、実証実験等が難しい状況ではあるが、新たな需要も生まれていると思うので、それに対応したプロモーション活動を進めてほしい。

（改善すべき点）

- 成果の社会実装に向けた取り組みは順調に推移しており、様々な実用化事例も生まれている。今後も、民官問わず、様々な分野で研究開発成果が広く活用されるよう、継続的な取り組みを進めてほしい。

項目	3-(2) 社会知解析技術
----	---------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	複雑な質問に応答する技術に加え、雑談を行う技術、文脈を意識した対話など、音声対話システムとしての完成度の高いシステムを構築した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	大規模スケールでの自然言語処理・機械学習の技術の開発は他のトップレベルの研究開発と十分競合できるレベルにある。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	継続的にトップカンファレンスへの論文採録、および分野の発展につながる基盤整備については高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 文脈処理など、対話をするための個別技法を高い水準で実装し、また大量のコーパスの処理に基づき、実用システムとして実装し公開したこと。 ● 現在稼働している音声対話システムの中で、我が国として当該技術分野における優位性を維持することに大いに寄与している。 ● リソースなどが限られているのにも関わらず、適切な問題設定とプランニングにより、システムの開発とそれに基づく研究成果を達成していることは大いに

<p>評価できる。</p> <ul style="list-style-type: none">● 厳しい諸条件の中トップカンファレンスに論文を採録されている点、大規模計算基盤のミドルウェアの整備およびそれを利用した言語資源の構築は高く評価できる。● 深層学習ベースの質問応答技術の精度を向上させており、革新性、先導性に優れた研究成果を達成している。
<p>（さらなる成果を期待する点）</p> <ul style="list-style-type: none">● GAFA などの先端 IT プラットフォームがすべて参戦する競争領域において我が国の技術水準を保つために大いに貢献している。このために、今後は特に人材育成と交流に力を入れていただきたい。● ライバルと同等の研究開発のレベルを維持するだけでも多大な労力が発生すると思われる。優秀な人材の確保など継続した強化策が必要であろう。● 引き続き、上記の強みの部分をさらに強化し、国際的競争力を高めて欲しい。● 今後も深層学習技術の発展に貢献する高いレベルの成果を期待したい。
<p>（改善すべき点）</p> <ul style="list-style-type: none">● 並列の深層学習処理、超大規模コーパスの処理技術やシステム構築技術の分野での競争力維持とそのような基盤システムの構築、維持、発展のためにも組織的に力を割いていただきたい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	音声対話や自然言語理解は、AI の中でも最も有用でわかり易い技術である。今年度は特に質問応答機能の高精度化において、顕著な改善を達成したことが大きな成果である。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	質問応答はすでに広く応用が進んでいるが、さらなる高度化を進めている点は評価できる。また、高齢者介護や災害情報などの具体的な取組みが進められている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	これまでの取り組みを着実に進展させている点で高く評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 音声対話や自然言語理解の研究は激戦区であり、GAFA などが激的な競争をしているのは、IT 社会において最重要の研究課題の一つであると見なしているからである。その中で我が国をリードする研究チームであると言える。研究機関としての存在感を示すのに貢献している。
- 大規模計算基盤技術の高度化と、それに基づく深層学習技術の開発等は、研究の観点だけでなく社会的な観点でもインパクトがある。また、研究開発の実績は受賞等でも評価されている。
- すでに社会実装の段階にある対災害システム群の洗練に加え、対話処理に

についても高齢者を対象としたシステムが着実に進展していることは高く評価できる。

- 深層学習ベースの技術による高齢者介護用の対話システムの高度化と、災害情報分析システム、災害状況要約システムの高度化を行っており、高く評価できる。

（さらなる成果を期待する点）

- 実装を通じて個別問題を抽出し、実用に耐えうるシステム化を通じて、先端的な技術レベルを維持し続けるようにしてほしい。他のシステムと比較して、絶対に強いポイントを常に維持するように努力してほしい。
- いずれも社会的に重要な課題を扱うシステムなので、社会実装を進めてプレゼンスを高めて欲しい。
- 深層学習ベースの技術のさらなる高度化を期待する。

（改善すべき点）

- 人材育成に注力してほしい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	在宅介護モニタリングに適用することにより、信頼性の求められるシステムでの可用性を検証している点を評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	民間企業へのビジネスライセンスの提供など、十分以上の実績がある。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	一部、社会実装がこれからのものもあるが、その他の部分ではそれを補う以上に社会実装が進んでいる点は高く評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 雑談機能などの個別技術の有効性を示す応用例としてうまい選択をしており、社会からの受容度も高いと思われる。システム全体の精度向上に寄与し、またビジネス化に続く点も評価できる。
- 深層学習のモデルの公開や、民間企業へのビジネスライセンスの提供など、有償・無償に関わらず具体的な取り組みを行っている。
- 後発の高齢者介護用対話システムを除いてはいずれのシステムもすでに社会実装の実績を積んでおり、高く評価できる。
- 災害情報分析システムと災害状況要約システムの技術をライセンスするなど

の成果をあげている。

（さらなる成果を期待する点）

- 早めにビジネス展開し、先取権を確保しつつ、社会からの認知度を上げるのに利用してほしい。
- 期待以上の実績であるが、今後もさらに利用が広がることを期待したい。
- 高齢者介護用対話システムについては是非社会実装を通して有効性を実証してほしい。
- 運用における経験が蓄積されることを期待する。

（改善すべき点）

項目	3-(3) 実空間情報分析技術
----	-----------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	スマートシティ実現を想定し、環境情報に関する分析ツールを実装し、相関学習などを中心とした予測ツールやその性能改善を行い、現場作業者による評価などを実施して、システム全体の完成度を高めたことが評価できる。また、画像データからの環境情報収集を開発したことがよい着目点である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	大学等では実現できないテストベッドを開発し、センシングの段階から連携・分析までの一環したシステム作りと、多彩な連携活動を行っている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	昨年度指摘した改善点に対して着実に対応している点が評価できる。

(2) コメント評価:

（評価する点）

- 現場で環境情報の監視業務を行ってきた事業者が使えるものを提供すべく、技術移転を検討したことが極めて重要である。機械学習のツールを一方向的に提供するというだけでなく、現場のニーズをどのように吸収するかも含めたエコシステム形成を試みている点が評価できる。
- 総合テストベッドの構築には多大な労力がかけられており、少なくとも国内では同様の取り組みはなく大いに評価できる。また、データ連携プラットフォームによる多くのデータの利活用が行われている点も評価できる。
- 昨年度の評価で指摘のあった、横方向への展開のロードマップ、可視化の取り込み、学際的な分野へのアピールなどに対応している点が評価できる。
- カメラ画像等のデータから環境情報を収集する技術の開発を進め、携帯型カメラで取得した周辺環境の画像ログから環境品質を推定する手法を開発するなどの成果をあげている。国際画像データ解析コンペで上位入賞し、技術の有効性を示した。

（さらなる成果を期待する点）

- 類似の分野での展開を容易化するにはどのような配慮が必要か、ツール群の機能拡張等をどのように行うのか、など、提案している実空間分析システムを一層汎用的にするために必要な特性等の分析と実装に向けた活動を期待したい。また、画像による質問応答を取り入れた相関検索エンジンは実務を行う上で効率向上に寄与することが期待できる。
- 他の研究開発に対して差別化できるようなキラーアプリ的な応用開発があるとよい。
- キラーアプリを見付け、社会全体にアピールして欲しい。
- 環境情報の分析・検索・予測技術の発展に期待する。

（改善すべき点）

- 汎用性を実現し、維持していくには継続的な努力が必要と思われる。まったく異なる分野に適用する場合の課題等を整理する作業も並行して実施すると、今後の発展に大いに寄与するのではないか。
- 分析対象のデータが十分にあることから、その分析技術など、学術的にも尖った取り組みがあるとよい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	実空間情報の利活用のプラットフォームの発展のために、自治体や大学との協力、ハッカソンなど、様々なアプローチを組み合わせながら、参加型の分散協調開発を行ったことが評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	センシング情報の統合分析については、社会的なサービスの提供の面で潜在的には大きなインパクトがありうる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	xDataプラットフォームの利便性を考慮して、モジュール化を進めたことは評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 異分野への適応を考えると、汎用システムのカスタマイズをどのように行うかが問題になる。これを利用者によるカスタマイズにより解消するというアプローチを取り、それに対応できるように、使いやすさを追求するという点で努力している点を評価する。 ● 研究開発の方向性としては、社会的価値の向上が十分意識されたものとなっており、この方向での強化が進められるとよい。 ● xDataプラットフォームのモジュール化し、今後の展開への見通しを得たことは評価できる。 ● データ連携機能の分散開発環境を構築し、環境問題対策の実証実験を行っており、安心・安全な社会等の社会的価値の創出につながる大きな成果を

げている。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none">● システムが使われるかどうかは、カスタマイズなどに際しての使い勝手や理解のしやすさで効いてくると思われ、ソフトウェア開発のセンスが問われる場面である。この点でさらなる努力と改良を継続するよう期待する。● 本研究開発の趣旨を考えると、利用者コミュニティの拡大や、他組織における応用システムの構築など、広くサービスが拡大することが重要であると思える。今年度は COVID-19 の影響があり困難であったと考えられるが、今後はそのような取組みの拡大を期待したい。● ユーザの幅を広げ、プラットフォームの展開をさらに進めて欲しい。● 利用者から得られたフィードバックにより、プラットフォームが強化・拡張されることに大いに期待する。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">● システムが広く使われるかどうかは、科学ではなく、ソフトウェアのセンスの問題なので、なかなか難しいところではあるが、通常の研究プロジェクトでは見過ごされることが多いので、是非注力を怠らないようにしていただきたい。● COVID-19 における状況を逆手にとって、本研究開発においてその対策も含めた活動はできなかったか。社会的な意義は大きいと考えられる。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	光化学の予測や旅程プランニング等、実装を実施している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	ハッカソン、データソンなどの取り組みがあり、また、実証実験を連携で行っているなどの活動が見られる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	リソース配分を考慮して効果的・効率的に社会実装を推進している点が評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 基盤となるデータプラットフォームの利活用を具体的なビジネスに展開するための端緒となる活動をしている点を評価する。 ● COVID-19 で活動が困難である中で、ハッカソンなどの活動を継続している点については評価できる。 ● 昨年度の指摘をふまえて、適切な資源配分をおこない、多様な社会実装例をエンドユーザと一緒に進めている点が評価できる。 ● 自治体の環境基準常時監視業務を支援する実証実験を行っており、研究開発の内容を社会実装につなげるための取り組みをおこなっており、あわせて事業者への技術移転を進めている点で評価できる。
--

（さらなる成果を期待する点）

- 今期の計画ではまったく想定していなかったような分野への適応を試み、それにより大きな発展につながるような知見を得ることを期待する。
- 社会全体のアクティビティが落ちている時期であったことから、今年度においては実証実験等でかなりの困難があったと思われる（特に海外）。最悪この状況が継続しうることを前提とした社会実装の取り組みが求められるであろう。
- 社会的インパクトの大きな応用分野でさらに社会実証を進め、プレゼンスを示して欲しい。
- 技術移転の過程で環境品質短期予測モデルの高度化へのフィードバックが得られることを期待する。

（改善すべき点）

- 本プロジェクトの性格としては、公的な機関が実施するデータ収集分析事業が主な対象と判断されるので、ビジネスまでを視野にいれた横展開は極めて難しいと思われる。そのため、ある程度対象をしぼるような方向性で考えるのがより適当であると思う。
- 他の組織・ユーザをさらに活用する取り組みがあるとよい。

項目	3-(4) 脳情報通信技術
----	---------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	安静時脳内ネットワークと WM 容量の関係、Twitter データとパーソナリティの関係、脳活動と快適性の関係、等の解明や、脳活動を用いたヒューマンエラーの予知、等の科学的に独創性、発展性が顕著に高い成果を複数創出している。これまでの成果について、国際誌に投稿して採択されている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	コロナ禍の中において研究が困難な状況にあつて、順調に研究成果が出ている点を評価した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 感覚認知機能、身体運動制御機能などを対象として、より深いレベルの理解を目指しており、高く評価できる。脳計測技術、脳データ、モデル化の流れを確立することで応用への展開ができています。 ● fMRI および脳波の計測技術の蓄積を活かして、安静時脳内ネットワークと WM 容量の関係、Twitter データとパーソナリティの関係、脳活動と快適性の関係、等の解明や、脳活動を用いたヒューマンエラーの予知、等の科学的に独創性、発展性が顕著に高い成果を複数創出している。これまでの成果について、論文出版を着実にやっている。脳計測データの公開も、社会的価値とともに、科学的意義も高いと考える。 ● 現在私のおかれた環境では、実際の論文に当たることができず残念であったが、血管分離法の研究が論文になったことはよかったと思う。また、Twitter からのパーソナリティー予測の論文はユニークで関心がある。また、APCMA な
--

ど技術開発においても興味深い成果がみられた。

（さらなる成果を期待する点）

- 基盤整備が進んできて、優れた計測技術とモデル化の仕組みをもっている強みを活かして、さらに深いレベルでの理解を目指して欲しい。
- 能動・多課題実行中の脳活動計測とマッピングは、国内外との連携も含めて推進することを期待する。また、そうした取り組みの中で、高齢化と脳活動の変化の関係について、幅広い観点・タスクからの成果をさらに積み重ねるとともに、全体を統合する観点から整理してゆくことを期待する。

（改善すべき点）

- 令和2年度については、これまでの年度と比較して、少し論文発表数が少ないように感じられた。中長期計画の最終年度ということで社会実装寄りの研究が増えている面もあると思うが、来期に向けて今後の積み増しを期待する。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	高齢化社会への対応等の社会的課題の解決を目指した取り組みがなされて、成果が創出されている。脳計測データの蓄積と公開の枠組みを整備し、運用を開始した点も高く評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	社会実装につながる研究に進展がみられた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 脳データの公開を継続しており、社会的価値の提供の点で高く評価できる。研究連携の拠点機能の充実との相乗効果も期待できる。 ● 高齢者の器用さを維持する方法、ヒューマンエラーを予知する方法、照明の快適さの評価の方法、タブレットインタフェースの使い心地評価の方法、数十人規模の脳波の同時計測の方法、等の社会的課題の解決につながる技術を創出している。脳計測データの公開システムや被験者情報の管理システム等を構築して運用を開始している。 ● APCMA の開発やウェアラブル脳波計測技術の開発の進展、新しい脳波電極の開発など意欲的に取り組んでいる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 脳情報通信技術の普及による社会的価値の広がりに期待する。 ● 高齢化や疲労による認知機能の低下と脳活動の関係の研究成果については、社会的価値が高いため、全体をうまく束ねて、日常生活の中で容易に実行できるようなトレーニング法として公開してゆくことを期待する。

（改善すべき点）

- ボトムアップのテーマ設定は尊重したいが、若干、個人商店の集合になっている面もある。解決を目指す社会的課題を、脳情報を利用した感性評価と環境アセスメント（ニューロマーケティングや快適さの評価）、高齢化や疲労への対応（高齢者の認知、運動、言語、推論機能の維持・向上、ヒューマンエラーの予知）、精神疾患への対応（うつ病傾向の検出、バイオマーカの研究開発）、社会的コミュニケーションの高度化（いじめへの対応や、外国語習得等）、脳データの整備・解析と公開、のように少し大まかに束ねて、関連する研究の連携を強化することはできないだろうか。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	従来からの取り組みに加えて、新たな企業連携、実用化に向けた活動を積極的に実施して成果を創出している。応用脳科学コンソーシアムとの連携も進められている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	産業界との連携が進んでいること、ハンディキャップを持つ人の脳機能研究への取り組みとその発信を評価した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 様々な応用への展開をとおして、社会実装に向けた取り組みを行っており、高く評価できる。 ● 従来からのニューロマーケティングや外国語学習支援に加えて、精緻な筋骨格モデルの応用、高齢者の器用さの劣化を抑制する方法、等の複数の案件において、企業と連携した実用化、製品化が進められている。こうした活動の結果として、研究所の規模や総予算との対比において、民間企業からの研究費の獲得を高いレベルで維持している。 ● 高齢化が進む今日、様々な障害を持つ人々に対するケアが喫緊の課題になっている。NICTの研究の一つの流れはそれを解明して、その成果を社会実装に生かそうという取り組みであり、評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装への取り組みの中から得られるフィードバックを活かした新たな研究開発への展開も期待できる。 ● 高齢化社会への対応など、社会的課題の解決につながる研究を束ねて、大口の企業連携研究につなげてゆくことで、より社会実装を進めることを期待す

る。

（改善すべき点）

- 基礎研究から社会実装までを行う研究者の負担を軽減するために、企業研究者の力を利用する連携ラボ制度の整備や、応用脳科学コンソーシアムのような、企業とのコーディネーションの仕組みの整備がさらに進められることを望む。

項目	4-（1）サイバーセキュリティ技術
----	-------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	RAID などの国際会議に採録されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	基盤や基礎技術の確立では、高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 今年度も学術的成果を学会や論文誌にて継続的に発表しており、その成果が論文賞受賞や研究賞受賞として結実している点を評価します。 ● 論文に成果を記述することは、後世に技術を伝承することにつながる。 ● CURE のデータは、研究活動に大変役に立つものである。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これからも成果を論文としてまとめていってほしい。 ● CURE のデータの提供方法を、より多くの研究者に使っていただけるように展開していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CURE の実現を加速していただきたく。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	コロナ禍で社会情勢が変わる中でも、不可欠なセキュリティ技術を追究している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	サイバー攻撃観測技術は、社会の改題を解決するに値する成果である。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これまで築き上げてきた各種観測システムを統合した CURE の機能強化を精力的に進めておられる点を高く評価します。 ● 機械学習機能などを追加し、技術を常にアップデートしている。 ● サイバー攻撃観測技術と CURE のデータを使った分析技術について、高く評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 今後より CURE が広く利用されるよう、ユーザからのフィードバックをもとに機能性向上とともに利便性向上を目指す仕組みを作られることを期待します。 ● これからも社会の変化や攻撃の変化に敏感に対応してほしい。 ● 研究者の利用のみならず、企業等でも自由に活用できるようにしていただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● データの収集、分析をもっと大規模にできるようにしていただきたい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	各社の製品の一要素となっている

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究者や企業へのアピールをもっとしていただきたい。

(2) コメント評価:

(評価する点)	
<ul style="list-style-type: none"> ● WarpDrive の大規模実証実験が着実に進んでいる点、ならびにその成果をもとにユーザ保護技術を提案されていることを評価します。 ● 開発した技術が実社会で活用されている。 ● 実際の生データを扱っていることは、高く評価できる。 	
(さらなる成果を期待する点)	
<ul style="list-style-type: none"> ● WarpDrive の成果をもちいたユーザ保護の実現は NICT だけでは完結しないので、セキュリティ関連企業、アカデミアなどの外部機関との連携をさらに広げられることを期待します。 ● 十分に成果がでているので、これを維持してほしい。 ● 実用化と事業化に向けての課題は何かを整理していただきたい。 	
(改善すべき点)	
<ul style="list-style-type: none"> ● CURE をより高度なものに充実していただきたい。 	

項目	4-(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術
----	------------------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	攻撃に対する豊富な知識に基づき、開発を行っている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	セキュリティテストベッドについては、どこに新規性があるのか明確にしていきたい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 業務の性質上、学会発表などに制約がある中、DICOMO シンポジウムでの発表が優秀論文賞に選定されたことは、技術開発の学術的意義が広く認められたものであり、その努力を評価したいと思います。 ● DICOMO2020 シンポジウム優秀論文賞や情報セキュリティ文化賞を受賞している。 ● 社会貢献としては、評価に値する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 引き続き、改良を重ねてほしい。 ● 多くの利用者や企業に使っていただくことが重要であるので、その点をもっと計画を含め記載していきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 科学的意義について、もっと明確に記載していきたい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	セキュリティ人材を育成するための必要なツールになっている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	民間企業ではできない内容であるので、その点からも社会的価値がある。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の模擬環境での知見が着実に蓄積されており、解析などを関係諸機関と連携して行っている点を高く評価します。 ● NICTER ブログを通じて知見を社会に伝えている。 ● 実際にサイバー演習をしていることは、高く評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の知見をサイバー攻撃の早期検知など防御に生かす研究開発のさらなる加速を期待します。 ● この活動をより多くの人に届けてほしい。 ● サイバー演習の項目を増やしていただくことで、より成果が上がることを期待したい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サイバー演習の実施の情報を、より多くの人に周知していただきたい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	実際にこのツールが人材育成に活用されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	具体的にサイバー演習をしていることが、社会実装としての価値を表していると評価する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の外部利用が着実に増加していることを評価します。この外部利用はさらに拡大することが期待されるため、体制強化を期待します。 ● 模擬環境があつてこそ、安全にセキュリティを学べることができる。 ● サイバー演習を具体的に実施している点が、高く評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● STARDUST の知見をサイバー攻撃の早期検知など防御に生かす研究開発のさらなる加速を期待します。 ● ステイホームの状況でも、サイバー演習ができるような工夫を継続してほしい。 ● 模擬環境の構築の研究を、社会のニーズに合わせて実施することで、より成果が期待できる。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サイバー演習の項目を増やすことは、模擬環境の充実を図る必要もあるので、この両輪を高めていくようにすべきである。

項目	4-(3) 暗号技術
----	------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	Asiacrypt、PKC などの学会に採録されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	民間企業の投資ではなかなかできない研究を、実直に研究していることは、高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 暗号研究に関して、国際会議や論文誌などにインパクトのある成果を継続的に発表している点を高く評価します。 ● 難関な暗号学会への採録されている。 ● 暗号の機能において、量子コンピュータの出現に向けた新たな暗号技術の研究を行う。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子計算機を使った暗号解読の実験は大変興味深いと思いました。現時点で基礎的な結果とのことですので、今後の発展を期待します。 ● 国の研究所ならではの成果をあげてほしい。 ● 暗号の評価をしっかりとやることで、より評価が高まる。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 世界との比較が乏しいと思うので、しっかりと比較をした上で、研究をしていただきたい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	CRYPTREC など、社会が必要な情報をまとめる活動をしている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	暗号の応用については、もっと社会へのインパクトがどの程度であるかを検討した上で、研究をしていただきたい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CRYPTREC 活動は地味ではありますが、日本の暗号研究の成果が社会に還元される重要な機会であり、積極的に取り組んでおられる点を評価します。 ● 保有する高い暗号の安全性評価技術を活用し、国民の参考になるレポートを作成している。 ● プライバシー保護技術は重要であるので、高く評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 引き続き、様々な観点から安全性評価を実施して、その結果を国民と共有してほしい。 ● プライバシー保護のみならず、機微情報の取り扱いにおける研究を積極的に実施していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 暗号の応用については、外部の人や組織との積極的な交流を通して、最適な研究テーマを見つけていただきたい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	技術相談を通じて2件の社会展開活動の成果がある。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	具体的に製品に組み込む等の活動を、もっと積極的にしていただきたい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 秘匿協調学習の実証実験に向けた準備が着実に進んでおり、体制も充実してきたことを評価いたします。実証実験の成果を大いに期待します。 ● 豊富な知識を活用して技術相談を実施している。 ● プライバシー保護技術のように、金融業界との連携を図っているのは、高く評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● プライバシーポリシーに関する成果が社会実装されることを期待する。 ● 暗号の応用では、プライバシー保護技術だけでなく、他の分野も含めて研究するようにしていただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 研究内容は申し分ないのですが、資料2(説明資料)の書き方には改善の余地があると感じました。今後研究活動のアピールをより効果的にしていただくために参考にしていただければと思います。 ● 図や表が何を示しているのかがわかりにくいと感じました。もうすこし具体的な

キャプション等をつけていただけると理解が進むと思います。

- 体言止めの文章が意味を曖昧にしていると思います。体言止めでも意味が自明な文以外は「～が～した」「～を目指す」など主語と時制がわかる文章にすることを勧めたいと思います。
- タイトルに「技術相談を使った社会展開活動①」と書かれたページがありますが、これは計画に基づく活動というより結果ではないでしょうか。他のページのタイトルが目的と目標のアイテム名を書いているのと整合していません。タイトルや見出しは大事です。
- 実際に、社会実装したことで、企業等から評価をいただくようになることを期待する。

項目	5-(1) 量子情報通信技術
----	----------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	量子光ネットワークの重要データでの実証実験の中で、基礎となる科学技術での成果とともに、社会的価値を産み出し、社会にインパクトを与える成果まで創出させている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	継続的に優れた成果を挙げている。

(2) コメント評価:

(評価する点)	<ul style="list-style-type: none"> ● 量子光ネットワーク技術 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 東京 QKD ネットワーク上に構築した世界初の情報理論的安全性を有した QKD 高秘匿分散ストレージシステムへの第三者認証機能を実装し、その動作機能実証試験に成功した。これは世界初の成功例で、その科学的意義は高い。 ➢ 光空間通信物理レイヤ暗号システムの 10GHz 高速光伝送システムを構築し、その動作を検証して、今年度内にその基礎データの取得が見込まれていることは顕著な成果である。 ● 量子ノード技術 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 高速化量子もつれ光源で生成した光子の干渉性を高め、世界最高レートでの繰り返し周波数 3.2GHz で 2 光子干渉の観測に世界で初めて成功し、量子もつれ交換等の量子プロトコルの実証を年度内に完了見込みである。その科学的意義は高く、成果を大いに期待したい。 ➢ 日本標準時副局にリンクした光周波数コムを用いた可搬型光周波数標準システムの周波数安定度評価が完了見込みとなっていること、Si 基板上
---------	---

窒化物超伝導磁束量子ビットの量子コヒーレンスを改善したことなどは優れた科学的成果である。

- 量子 ICT 先端開発センターが世界で冠たる長期運用実験プラットフォームの東京 QKD ネットワーク上で、世界初の QKD 高秘匿分散ストレージシステムへの認証機能を実現し、顔認証や電子カルテ保管応用の実証に成功した。
- 超伝導量子ビットのコヒーレンス時間の改善や単一光子検出の高速化などに科学的価値の高い成果がみられた。

（さらなる成果を期待する点）

- これら成果は、DX においても基盤となるものであり、DX への展開を期待する。
- 得られたこれらの成果をさらに深化・高性能化させることを期待したい。

（改善すべき点）

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	東京 QKD ネットワーク上での重要データ保管の実証の社会的価値創出に加え、国際標準化活動で ITU-T 国際勧告シリーズの整理に先導的に寄与し、その価値をさらに高めた点。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	量子情報処理技術の社会価値を高めうる優れた成果をあげた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子光ネットワーク技術 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 東京 QKD ネットワーク上に、顔認証用の生体データ、および電子カルテの分散保管システムをそれぞれ実装し、実証実験を実施したことは社会実装に向けその社会的価値は高い。 ➤ 国際標準化活動に取組、ITU-T、ISO 等 QKD ネットワークに関する国際勧告シリーズの成立等に寄与し、日本の量子暗号ネットワーク技術が国際標準に反映されたことは社会的価値の高い活動である。 ➤ 量子セキュリティ拠点整備に向けた新棟の建築と実環境での QKD 長期実証実験は、量子暗号通信の社会実装に向けた重要な取組である。 ● 量子ノード技術 <ul style="list-style-type: none"> ➤ イオントラップ技術を電磁波研究所時空標準研究室に提供することにより、In+光周波数確度を従来比 1/6 に改善し、国際度量衡局の諮問会議へ報告することにより、標準周波数更新の採用に大きく貢献したことは高く評価できる。 ● 東京 QKD ネットワークのように実験プラットフォームを有しているというのは非常に大切なことで、これらの取り組みから今回の成果が出ている点も評価で
--

きる。

- QKD ネットワークプラットフォームにおいて医療分野など利用技術の拡大を実証的に示している。標準化活動も成果が出ている。量子光源やイオントラップの研究成果も高速化や小型化などの社会価値を高める方向での成果が出ている。
- 可搬型イオントラップシステムの実現は量子通信ネットワークの広がりには重要。NQC などの人材育成を始めていることは、この技術領域の理解者を増やすために重要。QKD ネットワークアーキテクチャの標準化を進めることで、品質の担保や日本企業が有利に世界展開を進める上で有効である。

（さらなる成果を期待する点）

- 量子セキュリティ拠点新棟の建築を通して、より長い QKD 長期実証実験を行うとともに、そのプラットフォームを生かした独自性を発揮することが期待できる。
- 基礎物理として科学的価値の高い内容は、原理実証そのものが重要で、まだ社会的価値を問う段階にないものもあるが、長期的に社会的価値に結び付けてほしい。

（改善すべき点）

- 量子通信のインパクトをもっと分かりやすい形で知らしめて欲しい。また、金融分野での有効性を説明されていたが、超高速取引なのかブロックチェーンに関わるのかも分かりにくい。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	量子暗号に関する SIP での成果は社会実装の観点で高く評価できるもので、ただ令和2年度の中での本評価では相対的にマイナーに記述されており、その点でAとした。量子計測標準での可搬型周波数標準技術を確立している点についてもAと評価している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	全体的に社会実装に向けた優れた取り組みが進んでいる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子光ネットワーク技術 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 東京QKDネットワーク上における顔認証用の生体データの分散保管システムを利用して、日本代表選手を擁するナショナルチームがスポーツカルテデータの保存などに利用するデータサーバを保護するために実際に活用しており、東京オリンピック・パラリンピック2020を睨んだ社会実装として評価できる。 ➢ 量子セキュリティ拠点の整備に向けた新棟建設は、日進月歩の量子セキュリティ分野の研究開発、技術的検証、人材育成、および社会実装の推進にとって重要な事業である。 ● 量子計測標準での関係で、可搬型光周波数標準システムの周波数安定度評価の完了を見込んでいる点、近い将来の社会実装につながりうるものとして評価できる。 ● 量子暗号鍵配送プラットフォームや周波数標準の可搬型の推進など社会実装を意識した取り組みが進んでいる。
--

（さらなる成果を期待する点）

- 光量子制御での高速化量子もつれ光源に関する成果や量子インタフェースでの新型超伝導量子ビット実現など、社会実装に到るにはまだ時間がかかる難しい課題であるが、大きなインパクトを与えうる研究課題であり、さらに進めて社会実装に資するところまでもって行って頂きたい。
- 可搬型精密周波数生成システムについては、何らかのスキームで技術移転を検討する価値があると考えられる。商業的意義はともかくとして、研究基盤として海外にも提供できるのであれば、我が国が技術的イニシアチブをとる一助ともなり、収支を度外視してでも国として支援する価値があると期待される。

（改善すべき点）

- 量子暗号にて秘匿すべき情報に対してのコストアップがどうなるのか、それに基づく秘匿情報に関する議論を NICT がリードする方向となって欲しい。
- セキュリティ技術に対するコストと不安の解消、どういう関係にあるか示してもらえると大変ありがたい。

項目	5-（2）新規 ICT デバイス技術
----	--------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	期末評価と同じであるが、加えて酸化ガリウムではデバイス物性やリーク電流を大幅に低減する技術、深紫外 LED では注入効率の向上や通信の要素技術などの研究が進展している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	両技術共に NICT が世界をリードする実績、貢献価値を上げていること。メカニズムや物性理解を目的とした研究活動を実施し、デバイス特性と量産プロセスで優位性を確立するベースを築いていること。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (ア) 酸化物半導体電子デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ サブ μm ゲート酸化ガリウム MOSFET のデバイス特性評価を行い、その RF 小信号特性からゲート直下を通過する電子の飽和速度を実験的に導出し、各種遅延要素の抽出により高周波特性改善に向けた構造を検討すると共に、L 帯でのロードプル測定による出力電力、効率等の RF 大信号特性評価も行う(予定)ことは、パワー高周波デバイスとしての活用に向けその科学的意義は大きい。 ➢ 横型酸化ガリウムトランジスタのエピタキシャル層/基板界面のリーク電流を低減するための鉄イオン注入ドーピング技術を開発したことは、生産性、再現性、歩留まり向上に有用となる優れた成果である。 ● (イ) 深紫外光 ICT デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 深紫外 LED の層構造の新設計手法を確立し、局所的な高ホール濃度の実現によりキャリア注入効率を約 2 倍向上させることに成功すると共に、
--

デバイス・パッケージ構造の検討も行い、深紫外 LED の世界最高出力を更新(650mW 超)したことは、その科学的意義が極めて高い。

- ソーラーブラインド帯通信の実現に向けて深紫外領域における各種光制御デバイスを開発し、深紫外 LED による日中野外の長距離(100m 超)、1Mbps の DUV 光無線伝送の確認に成功したことは、新たなギガビット級情報通信資源としての可能性を示すものとして高く評価される。
- 期末評価と同じ点が評価できるが、酸化ガリウムでは、高周波トランジスタに向けてこれまで未知であった飽和電子速度などの物性の成果や横型トランジスタにおけるイオン注入ドーピングによるリーク大幅低減による再現性向上などの進展が認められる。深紫外 LED においても高ホール濃度化による注入効率向上や深紫外通信用デバイス技術の進展が認められる。
- 酸化ガリウムは、今期はコロナの影響もあったが、高周波特性向上の取り組みや横型 TFT でドレインリーク低減で適用範囲を広げたことが評価できる。
- 深紫外デバイスは、世界での報告の 2 倍以上のキャリア注入効率を実現する高ホール濃度の実現や、ソーラーブラインド帯通信の実現に向けて DUV 領域の高消光比ポーライザー、高反射ダイクロイックミラーの開発で可能性を引上げたことが評価できる。

(さらなる成果を期待する点)

- 酸化ガリウムの物性をさらに明らかにしていくとともに、デバイス構造の最適化につなげて高性能化を行っていくことを期待したい。
- 深紫外デバイスも基礎的なデバイス物理や設計手法をもとに更なる高性能化を期待したい。

(改善すべき点)

- 耐放射線性能は貫通転移の形成が無い(GaN はある)という特徴をもっとアピールして、なぜ Ga₂O₃ なのかを分かりやすく説明して欲しい。もっと SiC、GaN との棲み分けの提案をすることで Ga₂O₃ の存在意義がますます明確になると思います。良い技術だけにもっと社会への理解を進める意味は大きいと思います。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	前年度に引き続き社会的価値の高い成果が得られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	酸化ガリウムは環境的側面で効果の大きいパワーエレクトロニクスの高性能化、低価格化に大きく貢献する技術である点、深紫外デバイスが環境的側面以外に喫緊の社会ニーズにマッチした技術である点から、両技術共に実用化における社会的価値は高いと判断した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (ア) 酸化物半導体電子デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➤ 多段リセスフィールドプレートを有する Ga₂O₃ ショットキーバリアダイオードの試作、特性評価(見込み)に加え、各種デバイスプロセス要素技術(エッチング、直接ボンディング等)の開発を進めることは優れた取組である。 ● (イ) 深紫外光 ICT デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➤ 超高出力深紫外 LED 高密度実装・モジュール化技術の開発、クリーンで持ち運び可能な高強度・広範囲・高均一な DUV 光照射機の実証研究、およびコロナウイルス不活性化検証は、いずれも新型コロナウイルス感染症対策に貢献する社会的価値の高い取組である。 ● 期末評価と同じ点が評価できるが、加えて深紫外 LED では実装に向けたモジュール化、高強度・広範囲・高均一な照射器の実証、ウイルス不活性化に向けた取り組みが開始されている。 ● 酸化ガリウムは、パワエレ利用に向け、放熱しやすい縦型、待機電力が不要なノーマリーオフをしっかりと実現し、コストメリットを出せる高性能デバイスの実現に近づいている。

- 深紫外デバイスは、殺菌用途に加えコロナ対応（ウイルス不活性化検証の取り組み）、ソーラーブラインド帯通信に向けた光学変調素子実現の可能性を示しつつあることをアプリの展開可能性として評価したい。Beyond 5G や Local next 5G 規格に向けたテラヘルツ、光など様々な様式が提案されつつある。

（さらなる成果を期待する点）

- 酸化ガリウムデバイスの高周波特性に関してはまだ初期的な段階であるが、耐環境特性などと合わせて、他の材料のデバイスにない特長により社会的価値を明確にしていくとよいと思われる。
- 深紫外 LED もモジュール化による小型高出力のメリットや、とくにいま問題の新型コロナ感染対策に直結する成果が出ることを期待したい。深紫外の通信関連では他の通信ではできない特徴を端的に示すようにしていくとよいと思われる。
- 今後の 2050 カーボンニュートラルに対して、プロダクトライフサイクル的な面も含めて酸化ガリウムが担うべき機能を次の計画では示してほしい。
- 深紫外発光デバイスでは顕著な発光効率向上が実現しているので、次の課題としてはバンドギャップ制御あるいは波長変換などが可能になれば、社会的価値が飛躍的に高まるものと期待される。

（改善すべき点）

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	社会実装に向けて深紫外 LED の性能向上などの進展がみられる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	両技術分野とも多くの企業との共同研究やベンチャー企業での事業で特許収益が出るなど、多くの成果を上げている点。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (ア) 酸化物半導体電子デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ NICT 発の技術移転ベンチャー企業である、(株)ノベルクリスタルテクノロジーは、順調にその業績を伸ばしており、社会実装が着実に進展している。 ● (イ) 深紫外光 ICT デバイス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 高強度深紫外 LED を多様な分野で利用するための社会実装を視野に入れて、クリーンで持ち運び可能な高強度・広範囲 DUV 照射モジュールの開発に着手し、その実用化技術の開発に向けて民間企業との連携を進めている。また、ウイルス不活性化検証に向けた医療研究機関との連携も推進するなど、新型コロナウイルス感染症対策に貢献するための本格的な取組を開始している。これらは、NICT 開発の高強度深紫外 LED の社会実装に向けた重要な取組である。 ● 社会実装に向けて深紫外 LED の注入効率向上など高性能化の進展がみられる。 ● 酸化ガリウムは、特許収入の増加などベンチャー企業でのビジネスが広がりを見せつつある点を評価する。

- 深紫外デバイスでは、多くの企業と共同研究を実施され、特許実施料収入も含めて民間企業での評価と協業に繋がっていることを評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- 酸化ガリウムではトランジスタを含めたデバイス全体についても、更なる特性向上や大面積化・均一性の研究とともに技術移転が進められることを期待したい。
- 深紫外発光デバイスについても、更なるデバイス高性能化とともにより一層の社会実装に向けた実用化技術開発が進むことを期待したい。

（改善すべき点）

- 酸化ガリウムは、難しい点であると思うが、軍事技術への転用をどう考えるか、意思表示も必要かと思います。宇宙技術への展開は究極的には軍事への展開を意識せざるを得ません。

項目	5-(3) フロンティア ICT 領域技術
----	-----------------------

1. 「科学的意義」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	高機能 ICT デバイス技術、高周波・テラヘルツ基盤技術、バイオ ICT 基盤技術それぞれに科学的価値の高い新たな研究成果が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独創性、革新性、先導性、発展性いずれに関しても期待できる研究テーマに取り組み、複数の優れた基盤技術の確立が進んでいる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	テーマごとに強みを生かした優れた成果を創出し続けている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	三つの分野いずれも、これまでに先駆的な研究成果を上げてきたが、本年はそれらを継続的に発展・深化させている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	高機能 ICT デバイス技術、高周波・テラヘルツ基盤技術、バイオ ICT 基盤技術のそれぞれにおいて、着実に科学的意義のある成果を挙げている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- (ア)高機能ICTデバイス技術
 - EO ポリマー膜の Si 基板など様々な基板に転写可能な汎用的なプロセス技術を世界で初めて開発し、グラウンド電極を有する EO ポリマー導波路 THz 検出器を試作したことは、科学的意義、かつ社会的価値の高い成果である。
 - 安価な Si ディテクタが使用可能な短波長(640nm)で高効率変調が可能な EO ポリマー光導波路で構成した光フェーズドアレイの光変調およびアレイ出力を実証実験する見込である。この技術は、高速空間光通信、超小型 LiDAR、立体映像取得再生などに有用な技術である。
 - EO ポリマーのシュタルク効果を用いて、レーザー核融合実験で発生する電子線を 4ps の高時間分解能で計測に成功したことは、EO ポリマーの新しい応用で、レーザー核融合技術の発展に資する重要な技術としてその科学的意義は高い。
 - 16 ピクセル SSPD と SFQ 多重化信号処理の組み合わせで 80%の検出効率を実現し、1ns の時間間隔で入射光子を検出できたことにより、多重化信号処理による高検出効率と高速動作を実証した。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術
 - 自由空間 S パラメータ法による材料評価システムにおいて、様々な厚み材料の誘電率測定が可能であることを示したことは、将来的に車載レーダーのレドーム設計など実装設計に有用となる成果である。
 - 窒化シリコン微小共振器を用いて 100GHz の光 Kerr コムを作り、100GHz 出力と周波数の評価を行い、さらに、測定範囲を 300GHz 超まで拡大したことは重要な成果である。
 - 小型化された EO ポリマーTHz 検出デバイスを試作し、その有用性を実証したことは、今後の次世代高速無線通信に向けた ToF 技術基盤となる重要な成果である。
- (ウ)バイオICT基盤技術
 - DNA 回路構築のために必須な Y 字型に分岐した分子ソータの作製に成功し、DNA レールの上で 2 種類の分子トランスポーターが実際に振り分けられることを確認したことは、生体分子マシンやそれを用いたナノ工場、分子計算機の開発に繋がる科学的意義の高い成果である。
 - 生体深部観察のための画像処理法(計算機による波面補正技術)を開発することによって、生体深部における分解能を回折限界近くまで格段に向上させた。この成果は、医学・脳科学など広範な分野への大きな貢献が

期待できる。

- 高機能 ICT デバイス技術では EO ポリマーの転写プロセス技術の開発、光制御デバイスの高性能化、SSPD の高い検出効率の達成、超伝導量子ビットの長いコヒーレンス時間達成など、高周波・テラヘルツ基盤技術では、周辺要素技術やシステム開発環境整備、光コムの評価など新たな研究成果も認められる。
- 情報伝達生体素子の多様化において DNA 回路 Y 字型分岐による分子ソータの作製、金ナノピラーを足場に生体分子素子を規則的に配置する技術の構築、細胞内微小空間構築技術を用いて遺伝子発現の場である細胞核構造の人為構築技術の改良、光学顕微鏡における特別な装置不要の従来にない独自の生体深部観察のための画像処理方法の開発、電磁波研究所が開発した波長多重インコヒーレントホログラムセンシングの蛍光イメージングへの応用による三次元画像再構築技術の開発、細胞内の情報伝達ネットワークの温度高感受性部位の特定、昆虫脳における性の特異性を創出する機構に関する分子スイッチの発見は、いずれも独創性、発展性に優れた内容と成果であり、基盤技術としての確立に向けて大きな成果を収めている。
- 新規情報伝達分子素子のための分子ソータ開発は、従来にない新規ナノ素子システムの開発を可能にするものとして意義が高い。
- 人工細胞核構築の成功と核膜孔複合体構造に関する発見は、情報処理・発現・記憶のための微小空間構築に関して新規性が高い。
- 新しい画像処理方法の開発、電磁波研究所の成果を生かした三次元画像再構築技術の開発は、独創的な顕微鏡技術開発の応用として、高く評価される。
- 超伝導量子ビットのコヒーレンス時間の改善などのインパクトのある成果が生まれた。
- 高機能 ICT デバイス技術では、従来の定説・概念を超える高い性能の材料開発に成功していたが、本年はその応用展開の範囲が新しい領域に拡大している。高周波・テラヘルツ基盤技術では、シリコン CMOS による 300 MHz 対応の要素技術開発が進んでおり、我が国が目指すべき重要な技術基盤を構築しつつある。また、いずれの分野でも国際学会招待講演あるいは顕著な受賞成果がある。

（さらなる成果を期待する点）

- 自由空間 S パラメータ法による材料評価システムにおいて、様々な厚みをもつ材料の誘電率測定技術を確立したことは評価できる成果であるが、散乱波（反射、透過係数）の正確な振幅、位相が必要となるその測定原理から、測定精度に若干の疑義を感じる。（開放型）共振器（例えば、対向型凹面鏡によるファブリペロー共振器）を用いた共振器計測法の検討も一考の余地があるのではないかと。
- 高機能 ICT デバイス技術と高周波・テラヘルツ基盤技術では、それぞれのデバイス・システムにおいて、実際の応用形態において要求される性能や特長などを明確にしながら一層の高性能化を進めることを期待したい。
- バクテリアセンシング技術をさらに有用ならしめる展開を期待する。
- SSPD、超電導デバイスなど、いずれも従来技術では実現できなかった性能の基本素子及びプロセス技術を開拓しており、次の段階としてのデバイス開発と集積化に挑戦していただきたい。
- EO ポリマーは電気光学効果以外にも非線形材料として幅広い機能を持つと期待され、現時点でそのすべてを網羅的に研究するのは現実的ではないが、今後どのように展開すべきか、その展望に大いに期待が寄せられる。有機非線形光学材料国際会議はあいにく本年度延期となったが、関連学術分野の学術的進展を担うものであり、次年度の実現が大いに期待される。
- バイオICT基盤技術は、現時点では学術的開拓と基盤固めの段階であり、研究としては着実に成果が出ているが、今後の発展のためにはシンポジウム開催などで衆知を集めるのも有意義であろう。生物、化学、物理、情報の境界領域であるので、高機能 ICT デバイス分野との協力により、有機 ICT として開催するのも一案であろう。
- 生体深部観察における補償光学を、3次元画像の取得後に行う新しい計算法を開発した点。今後の応用展開を期待する。
- 超伝導量子デバイスでの課題となっているデコヒーレンスを多大に改善する展開の実現を期待する。
- バクテリアセンシング技術をさらに有用ならしめる展開を期待する。

（改善すべき点）

- 次期中長期に向けて発展させるための基盤とすべく、研究を推進し中期目標を完結させることを期待する。
- やはり分子トランスポーターが実現したら何が可能になるか、どう役立てるのか、絵を見せて頂きたいと思います。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	高機能 ICT デバイス技術、高周波・テラヘルツ基盤技術、バイオ ICT 基盤技術それぞれに科学的価値とともに社会的価値の高い研究成果が認められる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	欧州 Bio4COMP 共同研究として人工生物分子システム設計法の提案、高機能 ICT デバイス技術の SSPD のライフサイエンス利用の共同研究、光学顕微鏡の独自の新規技術開発は、基礎的な基盤技術として独創的であり、バイオ分野からイノベーションを創出するものとして大きく期待される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	実用化加速や標準化活動などで社会価値創出に向けた優れた成果をあげた。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	学術的にも先端性が高く、特殊な技術を取り扱う分野であるが、各方面で着実に応用可能性が広がっており、従来技術の枠を超えた新たな ICT 技術やデバイスを実現できる可能性を提示できている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	300GHz 対応のシステム開発環境を整えるなど、社会的価値のある成果が複数挙げられている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- (ア)高機能ICTデバイス技術
 - グラウンド電極付き EO ポリマー導波路テラヘルツ検出器の試作や Si/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の開発は社会的価値の高い取組で、特に、後者は、JST の A-STEP で住友電工と共同開発を進めており、低酸素下での光耐性改善とアルミナ膜被覆による酸素透過度の3桁減少を、また構造の最適化により光変調の効率改善を図るなど、クラウドや AI、IoT などのデータ利活用システムのボトルネック解消に寄与する優れた成果を出している。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術
 - 300GHz の無線システムシミュレーション、アンテナシミュレーション、無線伝送実験評価環境を構築し、システム化に不可欠な制御用集積回路を作製するなど、300GHz 無線映像伝送システムの実現に必要な要素技術を開発したことは優れた成果である。
 - WRC-19 における 275～450GHz の周波数特定化後も引き続き周波数割り当て等国際標準化に貢献した活動は社会的にも高く評価できる。これにより第 48 回日本 ITU 協会賞(功績賞)や 2020 年度情報通信技術賞(TTC 会長表彰)を受賞している。
 - 2 種類の光源での同時イメージングの手法を開発し、テラヘルツ波と近赤外光の同時イメージングを実証したことは、高性能イメージング技術に資する成果である。
- (ウ)バイオICT基盤技術
 - バクテリアセンシングの応答波形に温度が大きく影響することを見出し、その波形解析から細胞内の情報伝達ネットワークの温度高感受性部位の特定に成功した。このことは、温度制御や分子ネットワーク操作によるセンシング性能の向上につながる重要な成果と言える。
- 高機能 ICT デバイスでは、EO ポリマーによる光変調器において高い変調効率の達成とともに、実用化に向けた技術として光耐性の改善や酸素透過の抑制など、高い成果が得られている。高周波・テラヘルツ基盤技術も、通信デバイス・システムや周辺要素技術開発や計測基盤技術開発など科学的価値だけでなく社会的価値も高い成果の他、国際標準化活動への貢献も行われている。
- 高機能 ICT デバイス技術の SSPD を生物資料に用いた共同研究を通じて、ライフサイエンス分野の展開を開拓している。
- 光学顕微鏡における独自の生体深部観察のための画像処理方法の開発、電

<p>磁波研究所が開発した波長多重インコヒーレントホログラムセンシングの応用による三次元画像再構築技術の開発は、今後普及し光学顕微鏡分野に大きな貢献をもたらすと期待される。</p> <ul style="list-style-type: none">● バクテリアセンサの社会展開に向けた技術アピールとして、広報用の「ケミカルバイオセンサー」Web ページを開設している。● 各テーマにおいて機能性や実用性を拡張する研究成果が出ており、社会課題解決への貢献がさらに期待される。標準化活動にも成果が見られた。● 高機能ICTデバイス技術、高周波・テラヘルツ基盤技術、いずれも実用的デバイスの作製を念頭に置いたプロセス技術の開発を行っており、社会的価値の創出を強く意識した研究体制となっている。● 前年までの外部機関との共同研究開発に加え、NICT 内部あるいは外部機関との協力関係がさらに広がっており、社会的意義が高いものと評価できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none">● EO ポリマーによる種々の高性能光制御デバイスは、今後 Si 系デバイスなどと比較して特長を明確にしながらさらなる高性能化を進めていくことを期待したい。高周波・テラヘルツ基盤技術も、整備されたシステム開発環境の有効利用によりデバイス・システムのより一層の高性能化を期待したい。● 300 GHz の実用化を見据えた技術的要素がそろいつつあるので、実装に向けた協力関係(NICT 内外いずれをも含め)の構築に期待がかかる。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">● 優れたポテンシャルと、人材育成に関しての実績を有しており、社会的価値の創出に向けて今後のさらなる発展を期待する。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	社会実装に向けてデバイスの高性能化や企業との共同研究など新たな取り組みが認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	基礎研究にもかかわらず、企業との共同研究も進んでおり、また成果技術を公開して社会的に供しており、評価される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	中期的な観点で、実用化、事業化などの社会実装への足掛かりが得られた。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	これまでも積極的に社会実装を実施してきたが、実用化に向けて A-STEP による継続的な研究開発を行っており、社会実装を志向した取り組みが評価される。

評価者 E

評点	B
評点付けの理由	JST A-STEP により民間企業と有機ポリマハイブリッド光変調器の実用化技術開発を進め、耐久性、効率を高めた。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- (ア)高機能ICTデバイス技術
 - 住友電工と共同研究開発中の「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」は順調に進展しているようであり、様々なデータ利活用システムへの実装を期待したい。
- (イ)高周波・テラヘルツ基盤技術
 - テラヘル波帯における、様々な厚さのフィルムやウェハの誘電率測定法（自由空間 S パラメータ法）を確立したことは、産学における研究開発の現場で有用となる成果である。
- (ウ)バイオICT基盤技術
 - 生体深部観察のための画像処理方法（計算による波面補正技術）を開発して、生体深部における分解能を回折限界近くまで向上させたことは、当該技術を必要とする広範な分野への実装が期待できる。
- 高機能 ICT デバイスでは、JST のプログラムを利用した企業との共同研究による EO ポリマーによる光変調器の実用化に向けた技術開発など社会実装への取り組みが行われている。
- 生物の情報処理システム利用に関して、共同研究を民間企業と進めており、基礎研究の成果を社会実装に向けて進めており評価される。
- 一部のテーマでは企業への技術移管が着実に進んでいる。その他のテーマでも社会実装を目指した技術開発活動と成果が確認された。
- EO ポリマー用転写プロセス技術、酸素バリア技術などは一見すると地道な研究開発ではあるが、実動作するデバイスを構築する際に必ず直面する喫緊の課題である。これらの成果は社会実装に向けて大きな意味を持ち、幅広く有機デバイス開発にも応用できる価値がある。

(さらなる成果を期待する点)

- 高機能 ICT デバイス、高周波・テラヘルツ基盤技術ともに、周辺要素技術や計測基盤技術も含めデバイスからシステムにわたる幅広い範囲で、外部との共同研究などにより一層の社会実装に向けた取り組みを進めることを期待したい。
- 特許出願をした光学顕微鏡における独自の生体深部観察のための画像処理方法の開発は、特別な装置を必要としない新規性の高い技術であり大変に有用と考えられる。社会実装に向けた展開を期待する。
- SSPD 技術は企業への技術移転が進行中である点が評価される。そこでデバイスメーカーのみではなく、異分野との連携を深め、SSPD を用いることで初め

て可能になる応用例を例示できるならば、今後の飛躍的な展開が拓けると期待される。

- 特許出願をした光学顕微鏡における独自の生体深部観察のための画像処理方法の開発は、特別な装置を必要としない新規性の高い技術であり大変に有用と考えられる。社会実装に向けた展開を期待する。

（改善すべき点）

- 高周波・テラヘルツ基盤技術では有意義な研究成果がある一方で、社会実装に向けた動きは明示されていない。しかしながら我が国が押さえるべき次世代基盤技術として重要性が高い。これについては研究推進の視点のみならず、我が国の産業育成の視点からICT企業への動機付けが必要となり、省庁レベルで産業政策的立場から方策を検討する必要もあると考えられる。
- 酸素透過度の改善がまだ十分でないとの説明もあり、一体どの程度の社会的課題感に寄与できるのかよくわからなかった。

項目	6-(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築
----	--------------------------------

1. 「テストベッド構築」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	通期評価で構築そのものの評価は S としたので、まとめの年なので単年度評価もそれでよいと考える。ただし、今回は次期計画内容も含めて評価すべきと考える。その意味で、サービス連携テストベッドと、B5G モバイル端末へ効率的にサービスを提供できるエッジ・クラウド連携基盤等のソフトウェア化インフラテストベッドからなる次世代テストベッドの構築は、技術の方向性としては適格と考える。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	テストベッドを連携し、デバイスからクラウドまで一気通貫の環境構築を IoT ゲートウェイにより可能にした。

(2) コメント評価:

(評価する点)
<ul style="list-style-type: none"> ● 今期の実績を踏まえ、次期テストベッドに繋がる準備を進めた方向性は優れている。 ● 今期の最大の目標であった広域ネットワークと分散型及びクラスタ型コンピューティング基盤で構成されるテストベッドを構築できた。また、今後のビジョン策定のため、「次期ネットワークテストベッド WG」、「データ分析・可視化タスクフォース(TF)」を設け、次期テストベッドの機能・運用の検討し、次期中長期に向けた B5G テストベッド 2025 構想を立案した。前期までのテストベッドにあったバラバラ感が払しょくし、統一的イメージを押し出すことに成功している。サービス連携テストベッド(NICT Data Centric Cloud Service)と、B5G モバ

イル端末へ効率的にサービスを提供できるエッジ・クラウド連携基盤等のソフトウェア化インフラテストベッドからなる次世代テストベッドの構築は、技術の方向としては賛同する。また、その基盤技術として、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として提供開始し、車両 Delay Tolerant Network によるデータ収集プラットフォームを自動車会社と1000台規模の有効性を実証する段階にきていることを評価したい。

- 複数のテストベッドを連携した。実世界で BLE の電波を使ったモバイルアプリケーションの検証システムを開発。多数の移動デバイスが存在する環境の無線のエミュレーションを可能とした。

（さらなる成果を期待する点）

- 5G への対応がどうなっているか？

（改善すべき点）

- 資料2の p.96 のユースケース A は NICT の事務部門が使っているネットワークも対象にするとユーザ視点のフィードバックが入りやすくなり、テストベッドに組み込む機能が絞られると考える。P.98 の B5G プロトタイプはぜひ作ってほしい。今のエッジ/クラウド議論は物理距離の長さで議論しているが、物理信号の伝搬遅延は東京・大阪間でも 2.5ms に過ぎない。遅延のほとんどはその間のノードの処理遅延である。また、仮想化によりこれは増える傾向にある。処理遅延の減少にテストベッドの利用が繋がれば、構築の意義はさらに強まると考える。
- 5G や、さらに 6G など、技術の変化に柔軟に対応できるようにすべき。

2. 「実証」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	まよめの年なので個々の成果は良いものが出ている。その意味では S でも良いが、次期テストベッドのビジョンは「実証」の仕事だと考える。その意味で、今年度の実証関係の成果に、次期ネットワークテストベッドのユースケース立案にもう少し踏み込んでほしかった。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	タクシーや自動販売機を使った地域の情報伝搬サービスに貢献した。企業との連携を強めた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● IOT 時代に向けた取組を進め、ハイブリッド VDTN 方式という時宜を得た課題に注目しデータ収集の効果や大規模エミュレーション基盤としての確認を行った成果がある。 ● 車載コネクテッドカープラットフォームソフトウェアのオープン API を規定し、この API を用いたアプリケーションの動作・性能を再現可能なコネクテッドカーエミュレーションパッケージを開発している。自動車製造会社と共同でエミュレーション基盤 StarBED 上にて 1000 台規模での動作を予定通り確認できれば、自動車産業におけるこの種のテストベッドのイメージが変わるのではないか。 ● タクシーや自動販売機を使って地域の情報伝達サービスに貢献した。企業との連携を強めた。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Covid-19 の解決へ、何らかの貢献ができると良かった。

（改善すべき点）

- IoT-GW + LPWA 試用サービスの開始のような無線をカバーするテストベッドに成長したのは大きな成果と考える。これまでの NICT はキャリアシステムの周辺を研究してきたと感じている。B5G に関してキャリア技術の中核の研究に食い込むには、Local 5G のようなキャリア技術のユーザ網進出はまたとないチャンスと考える。ポリシーの異なるネットワーク間の相互運用が初めて可能な場が出て来ることを踏まえ、日本のキャリアサービスの実証に進めるような企画を立てるべきと考える。
- さらなる多様な領域への普及が望まれる。

3. 「イノベーション創出」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	成果は出ているが、最終年度ということもあり、今年度新機軸の成果は少なく、昨年度までの継続案件の刈り取り的なものが多い。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	自動車向け次世代情報サービスに関する資金受け入れ型共同研究を開始。タクシーの乗客発見支援サービスの実装など、生活者に役立つイノベーションを創出した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- 人とロボットが共存・協働する構内空間で有効な近距離 IoT 無線を使ったフロア移動支援システムを CEATEC で公開し、JR 東日本商事と高輪ゲートウェイ駅で実証している。また、ミリ波 IoT 搭載サービスロボットによる超高速すれ違い通信を実証したことは評価したい。ハイブリッド VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network) ベースの車載コネクテッドカープラットフォームソフトウェアのオープン API を規定し、同 API を用いたアプリケーションの動作・性能を再現可能なコネクテッドカーエミュレーションパッケージを開発している。これを自動車製造会社と共同で StarBED 上にて 1000 台規模での動作を予定通り確認できれば評価したい。
- 自動車向け次世代情報サービスに関する資金受け入れ型共同研究を開始。タクシーの乗客発見支援サービスの実装。

（さらなる成果を期待する点）

- 次期に向けて「サービス連携テストベッドと、B5G モバイル端末へ効率的にサービスを提供できるエッジ・クラウド連携基盤等のソフトウェア化インフラテストベッド 2025」という構想は素晴らしいが、エッジ側の IoT 化の変化（センサー・センシングの進化など）にはこれからも注意して行って欲しい。
- この3年間で、自動車やタクシーに関する応用が目立つので、さらに多様な領域への普及が望まれる。

（改善すべき点）

- これまで、タクシーや自動車を対象とした展開が主だったので、さらに多様なイノベーションを推進すべきである。

4. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	今年が目立った成果は、いずれも昨年までの活動が論文等で結実したものである。また、コロナ禍ということで、外国に出て実証実験等を進めることは難しく、めずらしく共同研究やMoUの数が少なくなってしまった。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	構築したアジア初の100Gbpsの回線をもとに、国際伝送実験を行うと共に、素粒子実験の国際連携機関などの研究へ、回線提供をおこなった。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● SC2020 におけるマルチテナントテストベッド環境をデモ展示したこと、広帯域VLBI(超長基線干渉計)システムを使って、イタリア国立計量研究所(INRIM)、イタリア国立天体物理学研究所(INAF)及び国際度量衡局(BIPM)と共同で光格子時計の周波数比を16桁の精度で計測することに成功し、英国科学雑誌「Nature Physics」に掲載されたことは、これからの国際展開を考えると大きな成果と評価したい。 ● アジア初の100Gbpsの回線をもとに、国際伝送実験を行うと共に、素粒子実験の国際連携機関などの研究へ、回線提供をおこなった。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● すでに構築した回線を用いた実証実験を行ったが、これらの利活用がさらに進むと良い。

（改善すべき点）

- 次期中長期計画に向けて、技術成果の国際展開を図るには、どんな成果を展開するのかテストベッドとしての枠組みが必要になるはずだが、今年度の報告ではよく見えない。今は 100G 中心に進めているが、今後を考えると疑問である。このため、各国で共通する技術や国家目標を配慮したものを見せていくことが重要ではないか。そのためには、想定されるアプリケーションを NICT 内部でも提案し、それを軸に国際連携を考える時期に来ていると考える。
- 海外、特にアジア諸国に広報し、さらなる利活用を進めてほしい。

項目	6-(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 6-(4) 戦略的な標準化活動の推進 6-(5) 研究開発成果の国際展開の強化
----	--

1. 「イノベーション創出」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	タイムリーなアクションでオープンイノベーションを推進した点を高く評価

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	-

(2) コメント評価:

(評価する点)

- イノベーション創出には、人材の数だけの問題ではないが、特に日本が今世紀になって人材が分散・払底していた量子分野の育成にも NQC を始めたり、また、NICT シーズ集、相談制度を進めたりと、コロナ禍にも関わらず、NICT ならではのイノベーション創出に繋がるプログラムを発展されたことを高く評価したい。
- 感染症対策に対して即時に委託テーマの設定、ニューノーマル時代に対応したシーズ集の発行、AI関連のオープンイノベーション創出環境の構築など、タイムリーな活動を行った点を高く評価する。翻訳関連のDB提供、量子ICT人材育成プログラムなど、オープンイノベーションの創出の基盤的な取り組みを進展させた点を評価する。
- 一部実績が定量的に報告されるようになった点。

（さらなる成果を期待する点）

- ニューノーマル時代での活動方法、新しい技術領域での成果展開では、オープンイノベーションの創出手法についても新たな考えや枠組みが必要であり、オンライン、バーチャル環境などを活用したプロモーション、コーディネーションの新たな取り組みを期待したい。
- 量子領域に着手できた点。

（改善すべき点）

- NICTが提供するオープンイノベーションの環境の利用者のフィードバックを活用する仕組みも検討いただきたい。
- 委託研究についての量的な評価はあるが、それらのテーマ設定について、オープンイノベーション創出につながったかという観点での評価も必要。
- 今後は、計画時に定量目標を設定し、実績と対比、その差異に関して考察を示していただきたい。

2. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	量子情報通信での積極的な標準化提案の成果を評価

評価者 B

評点	C
評点付けの理由	-

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 関係機関との連携には配慮しながらも、民間の動きが弱くなったこの日本にあって、NICT が先頭に立って世界標準化を実現してきた例が出始めた。例えば日本が遅れを取り始めた量子分野でも QKD は世界をリードし(闘いながら)、標準化を実現している。極めて高く評価出来る。 ● 量子情報通信での6つの勧告策定、Beyond 5G に向けた活動など新規の取組を含め持続的に標準化活動を進めた点を評価する。標準化活動の今後に向けたセミナーの開催、アクションプランのとりまとめを行った点を評価する。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● アクションプラン等の議論を受け、新たな標準化活動の指針と人材の育成方法を検討していただきたい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 知財戦略との連携が目標としてあげられているので、それに対して、今期の活動、また、今中期の取組についてもまとめていただきたい。 ● 定性的にも分かりにくい。何が課題で、何が対策で、何がアウトカムなのか、改めて整理、見直しが必要ではなからうか。

3. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	国際連携が拡大し、成果創出にもつながった点を評価

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	SEAでの成果がめざましい

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コロナ禍にも関わらず、新たに MOU を取り交わす先方も増え、連携相手が広がって、NICT の得意分野が上手く生かされていることは実に好ましい。 ● 新規の研究協力締結、国際連携をベースにした国際ファンドの受託、ASEAN IVOにおける 17 件のプロジェクト推進など、着実に多岐にわたる連携を推進している点を高く評価する。国際学会発表の件数の倍増など、研究成果として見える化されている点も評価する。 ● 経年で、定量含めて実績が示されており成果がわかりやすい。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新型コロナウイルスの影響を受けられるので、新規というよりは現在構築された枠組みでの活動の活性化を期待したい。ニューノーマルの環境下での国際展開の取組みとして、より情報発信やオンラインでの意見交換の機会を多く持つことでさらなる連携が質的に向上することを期待する。 ● SEAでの活動が更に活発になり、具体的な成果を生み出すことに期待したい。

（改善すべき点）

- 国際連携は難しい点の方が多いと思われる。難しさや、想定とは違う点と、その克服方法などについても明示して、次期展開での課題として整理していただきたい。
- 計画段階で事前に定量目標を設定し、計画・実績を対比、分析できるようになると良い。

項目	6-(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進
----	----------------------------

1. 「実証」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	DISAANA、D-SUMMのビジネスライセンスの供与を受けた企業(NEC)が本年度7月から商用サービスの提供を開始したことは高く評価できる。防災チャットボットSOCDAの防災訓練での実証実験を実施したことや、令和2年台風第10号接近時に実活用したこと、地理的に離れた複数拠点間を結んで一つの大きな地域自営網を形成し、地域自営網内で展開・動作する分散クラウド上のサービスをどこからでも利用できることをシステム実証見込みであることも評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	他の研究機関・企業と連携して開発した研究成果を多くの自治体での防災訓練や実活用を通して実証した点は極めて高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コロナ禍の中にあっても、今年度も7件の訓練・実証を行えたことは、大いに評価される。 ● DISAANA、D-SUMM のビジネスライセンスの供与を受けた企業(NEC)が本年度7月から商用サービスの提供を開始したことは高く評価できる。防災チャットボットSOCDAの倉敷市、東京都江東区等での防災訓練での実証実験を実施したこと、神戸市では長期間の実証実験を継続中であること、令和2年台風第10号接近時に広島県、三重県などで実活用したことも評価できる。また、白浜町地域内の地理的に離れた複数拠点間を結んで一つの大きな地域自営網を形成し、地域自営網内で展開・動作する分散クラウド上のサービスをどこからでも利用できることをシステム実証見込みであることも評価できる。

- SIP で他研究機関と開発した「防災チャットボット SOCDA」の倉敷市、江東区、神戸市等多くの各自治体の防災訓練や、令和 2 年台風 10 号接近時の実活用、さらに SOCDA の ITU-D のへの寄与文書提出は顕著な実績として高く評価できる。
- 和歌山県白浜町における複数拠点を結んだ分散クラウド上のサービスの実証も評価出来る。

（さらなる成果を期待する点）

- 来年度以降の継続を図り、防災訓練のみならず、国の大きな課題となっている「デジタル化」推進とも歩調を合わせた、平時からの活動への組み込みを図っていかれたい。
- 耐災害システム導入コストの見積は、自治体の規模や導入するシステムへの要求によって異なるため、一概にコストを算定することは難しいと思われるが、参考価格や投資の目安となる金額を提示することが可能かどうか、検討してほしい。
- DISAANA/D-SUMM、ナーブネット、SOCDA 等これまでの開発した成果の商用サービスへの展開と国内および国際的なデファクト標準化へと展開出来ることを期待します。

（改善すべき点）

2. 「産学官連携」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	令和2年度に、キャラバン型の地域ICTオープンプラットフォームを活用した共同研究がスタートしたこと、1ホップ通信が困難な環境でのロボット遠隔制御に必要な1ms以下の低遅延無線中継通信技術のハードウェア開発を行ったこと、および、東北大学、企業等と共同応募した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」に採択されたことも高く評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	コロナ禍においてもこれまで研究開発された成果をオンラインで産官学連携によるシンポジウム、展示会、協議会で多くの発表件数を達成している点は高く評価できる

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1ホップ通信が困難な環境でのロボット遠隔制御に必要な1ms以下の低遅延無線中継通信技術のハードウェア開発を行ったこと、および、東北大学、企業等と共同応募した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(3年間2億円)」に採択されたことも高く評価できる。 ● 東北大のロボット遠隔制御のための低遅延無線通信のハードウェア開発や、東北大学・企業とのNEDOへの共同提案した「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」が採択され、新たな産学連携研究の推進に期待できる。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 活動が拠点のある東北のみならず全国に広がってきた勢いをさらに強めて、本成果の適用範囲を広げていくことが成果の効用を一層有益たらしめるであろう。 ● 令和2年度にスタートした、キャラバン型の地域ICTオープンプラットフォーム

を活用した共同研究を推進し、今後も、本プラットフォームを様々なニーズを抱える地域の現場に近い地方大学等での試用や、得られたデータを現場で利活用することを通じ、ICT による地域課題解決を図ってほしい。また、DISAANA やD-SUMMについては、様々な機会を通じて、積極的に情報発信・PR するよう努めてほしい。

- NEDO の研究においても今後の大規模耐災害に資する Beyond5G の研究に発展していただきたい。

（改善すべき点）

- NEDO の研究においても今後の大規模耐災害に資する Beyond5G の研究に発展していただきたい。

3. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」の改訂（第2.1版）を実施したこと、および、ITU-DにSOCDAの訓練や災害での利用を紹介する寄与文書を提出したことは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」の改訂による最新化と自治体への普及活動

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DISAANA/D-SUMM/SOCDA という迅速な災害対応に必要なエッセンスを実現、その公開までいっていることは標準化的にも実に意味がある。 ● 情報通信ネットワーク・サービスの紹介の最新化として、「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」の改訂（第 2.1 版）を実施したこと、および、ITU-D に SOCDA の訓練や災害での利用を紹介する寄与文書を提出したことは評価できる。 ● 「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」や「人工知能を用いた災害情報分析の訓練ガイドライン」の改訂により各自治体へ積極的な情報発信を行っている点。 ● DISAANA/D-SUMM、ナーブネット、SOCDA 等これまでの開発した成果の商用サービスへの展開と国内および国際的なデファクト標準化へと期待されます。
<p>(さらなる成果を期待する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際的な標準化の場においてリーダーシップを発揮して活躍できる人材の確保や育成が今以上に必要と考えられる。アジア域の国際展開状況を踏まえ、

ASTAP 等における標準化推進をより検討してほしい。また、標準化活動を通じた国際化に加え、情報発信の国際化について検討してほしい。

- DISAANA/D-SUMM、ナーブネット、SOCDA 等これまでの開発した成果の商用サービスへの展開と国内および国際的なデファクト標準化へと期待されます。

（改善すべき点）

- DISAANA/D-SUMM、ナーブネット、SOCDA 等これまでの開発した成果の商用サービスへの展開と国内および国際的なデファクト標準化へと期待されます。

4. 「国際展開」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	スリランカにてナーブネットを活用したセンサやICTによるスマートコミュニティ実現に向けた実証実験プロジェクトを実施したこと、ネパールにてローカルな分散型キャッシュを含むナーブネットをアクセスネットワークプラットフォームとしたアプリケーションのパイロット実証を実施したこと、さらに、ナーブネット+LoRaにセンサを取り付け、フィールドセンサと水量制御により灌漑農業生産性向上の検証を目指して実証実験を行い、遠隔で技術情報提供や問合せ対応を実施したことは評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	コロナ禍においてこれまで東南アジア諸国派遣によるナーブネット利活用等の実証実験の実施や教育支援など関係維持している点を評価する。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- スリランカやネパールなどで、ネットワーク・プラットフォームを構築し、そのパイロット実証まで行ったことは有意義である。
- 耐災害性分散ネットワークによる情報通信基盤構築(2020年1月～2020年12月)として、スリランカにてナーブネットを活用したセンサやICTによるスマートコミュニティ実現に向けた実証実験プロジェクトを実施したこと、また、災害に強いe-Accessネットワーク・プラットフォーム構築(2020年1月～2020年12月)として、ネパールにてローカルな分散型キャッシュを含むNerveNetをアクセスネットワークプラットフォームとしたアプリケーションのパイロット実証を実施したこと。さらに、灌漑用水水質管理高度化プロジェクト(2018年4月～2021年3月)(タイ・ブルネイ・マレーシア・ミャンマー)として、ナーブネット+LoRaにセンサを取り付け、フィールドセンサと水量制御により灌漑農業生産

性向上の検証を目指して実証実験を行い、遠隔で技術情報提供や問合せ対応を実施したことは評価できる。

- コロナ禍においてこれまでスリランカやネパールなど東南アジア諸国派遣によるナーブネット利活用等の実証実験の実施や教育支援など関係維持している点を評価する。

（さらなる成果を期待する点）

- ナーブネットの国際展開においては、現地の技術者・利用者の指導やトレーニングも併せて、継続して努めていただくことを期待する。
- 今後も新たな感染症も懸念され、ニューノーマル時代における国際展開が望まれます。これまで現地での展開活動を遠隔でも支援活動や人材教育できるような枠組みを構築し、この分野における世界のトップリーダーとして認識されるように期待されます。

（改善すべき点）

- 今後も新たな感染症も懸念され、ニューノーマル時代における国際展開が望まれます。これまで現地での展開活動を遠隔でも支援活動や人材教育できるような枠組みを構築し、この分野における世界のトップリーダーとして認識されるように期待されます。

項目	6-(6) サイバーセキュリティに関する演習
----	------------------------

1. 「演習の実施」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	コロナ渦における事業継続に迅速かつ効果的に対応している。結果、例年と遜色ない受講生数を確保している。NICTの技術的知見が最も活用される形で事業が推進されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	CYDERを中心としたテーマに関して、社会貢献の成果が出ているので、高い評価に値する。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	オンライン化を推進するとともに、無料の教材提供など昨今の状況にあわせた柔軟な取り組みを進めた結果、例年と遜色のない受講者数で演習を実施することが可能となった点を評価します。

(2) コメント評価:

（評価する点）

- 全国にわたる広がり、人数の拡大、いずれの面から見ても、5年間の最終年度として、コロナ禍の中でありながら当初の目的・目的の仕上げに相応しい実績を上げた。
- コロナ渦における事業継続計画を迅速に打ち出し、感染防止を行いながら効果的にCYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365のすべての事業を実施した。
- CYDERでは、徹底した感染防止対策を行い、いままでよりも地方の要望に合わせた会場選定と演習内容に再構築を行っている。またWebブラウザがあれば遠隔でも実機演習を行うことができる新たな演習システムを構築した。
- サイバーコロッセオにおいても、東京2020大会の延期に対応した上で、演習内容も攻防戦形式に深化させ、演習内容の品質の向上を行う等、特筆すべき成果を上げている。コロッセオカレッジにおいては、通常教える側に技量を要する、現地＋オンラインのハイフレックス形式の講義・演習を実施し、受講者数について高い充足率を達成した。
- またSecHack365においてもCOVID-19対策のための計画変更が行われており、合宿形式からオンラインによるイベントウィーク形式に変更した。オンラインイベントウィーク方式が合宿方式の十分な代替になっているか、十分な指導効果が得られているかの検討も行っており、改善を図りながら事業継続に取り組んでいる。実際に将来が期待できる受講生を数多く輩出している。
- CYDERの次期展開も計画がしっかりしているので、大いに期待に応えるものであり、評価できる。
- オンライン演習環境を短期間で実現されたことを高く評価します。今後さらに機能を充実化することにより受講者の増加が期待できると思います。また事前オンライン学習は学習効果の点で大変よい取り組みであると考えます。

（さらなる成果を期待する点）

- CYDERで開発されているWebブラウザによる遠隔受講可能な実機演習システムを今後さまざまなサイバーセキュリティ教育・研究に活用できるようにしていくことが期待される。すでに実機演習システムのオンライン化が試みられているが、単なる机上演習ではなく実機演習であることをアピールできるように、その違いを明確化して、さらに完成度を高めてサイバーセキュリティ教育を行っている高等教育機関、研究機関等にも普及されたい。
- サイバーコロッセオの事業は令和2年度で一区切りということだが、いままでに築き上げてきた知見や演習シナリオ等を他の事業にも活用していくことが期待される。

- SecHack365 においても、合宿を断念してオンラインイベントウィーク形式を実施した経験を活用されたい。本来はトレーニーどうしの横の繋がりを形成できる等、合宿形式が理想的であるが、オンラインイベントウィーク形式の方が良い部分も存在している。コロナ後においては両方の良い点を活かした事業を継続できることが望ましい。
- CYDER の民間展開が進むことを期待したい。
- CYDER は民間企業からの関心も高いと考えられるので、今後何らかの形で民間向けのサービスを継続・強化していく方法についても検討されることを期待します。

（改善すべき点）

- 我が国全体を考えて、より充実した計画を立てていただきたい。

項目	6-(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査
----	--------------------------------

1. 「調査の実施」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	令和2年度においても引き続き当初の計画通りに適切かつ効果的に事業が実施されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	NOTICE については、計画以上の進捗であり、かつ成果もしっかり出ているので、高い評価に値する。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	特定アクセス行為において入力する識別符号の追加ならびに送信元のIPアドレスを追加することによって、注意喚起対象の検出数が数倍に増えた点を評価します。

(2) コメント評価:

（評価する点）

- NOTICE スキーム中で、ICT-ISAC との連携が進み、お互いの立場が有効に生かし合える方向が確実に見えた 1 年であった。
- 令和 2 年度においても、当初の計画通りに適切に事業が実施されている。国内の約 1.1 億 IP アドレスに対して調査を実施し、実際に 3,398 件の IP アドレスに対して注意喚起を行っている。総務省の認可を経て可能な範囲で識別符号を約 100 通りから約 600 通りまでに増やすことにより、注意喚起を行った IP アドレス数を増加することができている。また技術的に必要なアップデートも行われている。
- 現時点での成果と課題について、きちっと把握して取り組んでいるところが、評価に値する。
- 特定アクセス行為において入力する識別符号の追加ならびに送信元の IP アドレスを追加することによって、注意喚起対象の検出数が数倍に増えた点を評価します。

（さらなる成果を期待する点）

- これからは更に IOT 機器の多様性・複雑性は増す一方であり、NISC、ISAC を始め、他機関との連携の核として益々の NICT の活躍を期待したい。
- 今後、我が国も含めて世界的にインターネットに接続された IoT 機器が膨大な数まで増えていくことが想定されている状況であり、それに対応するためにも本事業における調査を継続的に実施していくことが期待される。引き続き出来る範囲でさらに識別符号数を増やし、さらにインターネットにおける IoT ネットワークの実体に迫る調査を進めていくことが肝要である。NICT が持つ機械学習のテクノロジーを駆使して IoT 機器の Web 管理画面にアクセスして調査を行う等のより広範な調査を行うことについても期待する。
- 課題として挙げていた Web 系の調査をすることに期待したい。
- NOTICE による注意喚起対象として ISP に通知される件数はまだまだ少ないと思います。NICTER により検出される機器はすでに感染しているものなので、NOTICE での検出件数は少なくともそれを上回ることが目標になるかと思います。今後のさらなる取り組みに期待いたします。

（改善すべき点）

- エンドユーザへの周知徹底を、より強くしていただきたい。

国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会

総括評価委員会 議事要旨

1. 日時 令和3年5月12日(水) 13時30分～17時

2. 場所 Web による遠隔開催

3. 議事

(1) 開会

(2) 理事長挨拶 徳田 英幸 理事長

(3) 委員長挨拶 酒井 善則 東京工業大学名誉教授

(4) 事務局説明

(5) 業務実績説明・質疑応答 中沢 淳一 理事

(6) 休憩

(7) 委員協議

(8) 講評 委員長及び委員

(9) 閉会

4. 議事概要

(1) 業務実績説明・質疑応答

令和2年度の ICT 分野の基礎的・基盤的な研究開発等及び研究開発成果を最大化するための業務の実績について、理事から説明があり、これらに対する質疑が行われた。

(2) 委員協議

委員長及び委員のみの web 会議により協議が行われた。

(3) 講評

酒井委員長より、ICT 分野の基礎的・基盤的な研究開発等の 5 分野について、センシング基盤分野のうち電磁環境技術の期末は「A→S」、統合 ICT 基盤分野のうちワイヤレスネットワーク基盤技術の期末、単年度はともに「B→A」、フォトニックネットワーク基盤技術の期末は「A→S」、データ利活用基盤分野、サイバーセキュリティ分野の期末、単年度の「S」は妥当、フロンティア研究分野のうち新規 ICT デバイス技術の期末は「A→S」及び、研究開発成果を最大化するための業務のオープンイノベーション分野の期末、単年度の「B」は妥当。

5. 出席者

(1) 総括評価委員会委員

酒井 善則	委員長	東京工業大学 名誉教授
速水 悟	委員	岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科 教授
安藤 真	委員	東京工業大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子 ICT フォーラム 総務理事
太田 勲	委員	兵庫県立大学 学長
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監
安浦 寛人	委員	九州大学 名誉教授
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

(2) 情報通信研究機構役職員

徳田 英幸	理事長
井上 和義	総務系理事
中沢 淳一	企画系理事
門脇 直人	研究系理事
矢野 博之	研究系理事
茨木 久	研究系理事
徳永 誠司	監事
土井 美和子	監事
野崎 雅稔	執行役
安井 元昭	執行役
木俣 豊	経営企画部長

**第4期中長期目標期間 国立研究開発法人情報通信研究機構 外部評価委員会
令和2年度委員名簿**

* 技術単位毎 50 音順、敬称略

【総括評価委員会】**委員長**

酒井 善則	東京工業大学 名誉教授
-------	-------------

委員名簿

委員名	所 属	備 考
速水 悟	岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科 教授	データ利活用基盤分野委員長
安藤 真	東京工業大学 名誉教授	センシング基盤分野委員長
飯塚 久夫	一般社団法人 量子 ICT フォーラム 総務理事	オープンイノベーション分野 委員長
太田 勲	兵庫県立大学 学長	フロンティア研究分野委員長
國井 秀子	芝浦工業大学 客員教授	
松井 充	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監	サイバーセキュリティ分野委員長
安浦 寛人	九州大学 名誉教授	
渡辺 文夫	Fifth Wave Initiative 代表	統合 ICT 基盤分野委員長

【分野評価委員会】

1. センシング基盤分野

委員長

安藤 真	東京工業大学 名誉教授
------	-------------

(1) リモートセンシング技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
縣 秀彦	自然科学研究機構国立天文台 天文情報センター准教授 普及室長・国際普及室長	電磁波研究所 テラヘルツ研究センター
大崎 博之	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 研究科長・教授	
岡本 創	九州大学 応用力学研究所 主幹教授	
久我 隆弘	東京大学大学院 総合文化研究科 教授	
山本 衛	京都大学 生存圏研究所 教授	

(2) 宇宙環境計測技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
縣 秀彦	自然科学研究機構国立天文台 天文情報センター准教授 普及室長・国際普及室長	電磁波研究所
大崎 博之	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 研究科長・教授	
岡本 創	九州大学 応用力学研究所 主幹教授	
久我 隆弘	東京大学大学院 総合文化研究科 教授	
山本 衛	京都大学 生存圏研究所 教授	

(3) 電磁波計測基盤技術(時空標準技術) 委員名簿

委員名	所属	担当部署
縣 秀彦	自然科学研究機構国立天文台 天文情報センター准教授 普及室長・国際普及室長	電磁波研究所
大崎 博之	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 研究科長・教授	
岡本 創	九州大学 応用力学研究所 主幹教授	

久我 隆弘	東京大学大学院 総合文化研究科 教授
山本 衛	京都大学 生存圏研究所 教授

(4) 電磁波計測基盤技術(電磁環境技術) 委員名簿

委員名	所属	担当部署
縣 秀彦	自然科学研究機構国立天文台 天文情報センター准教授 普及室長・国際普及室長	電磁波研究所
大崎 博之	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 研究科長・教授	
岡本 創	九州大学 応用力学研究所 主幹教授	
久我 隆弘	東京大学大学院 総合文化研究科 教授	
山本 衛	京都大学 生存圏研究所 教授	

2. 統合 ICT 基盤分野**委員長**

渡辺 文夫	Fifth Wave Initiative 代表
-------	--------------------------

(1) 革新的ネットワーク技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
浅見 徹	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 代表取締役社長	ネットワークシステム研究所
高原 厚	NTT エレクトロニクス株式会社 取締役	

(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
笹瀬 巖	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授	ワイヤレスネットワーク 総合研究センター 耐災害 ICT 研究センター
三瓶 政一	大阪大学 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授	
篠永 英之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授	

(3) フォトニックネットワーク基盤技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
植之原 裕行	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	ネットワークシステム研究所 耐災害 ICT 研究センター

宇高 勝之	早稲田大学 理工学術院 教授	
-------	----------------	--

(4) 光アクセス基盤技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
植之原 裕行	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	ネットワークシステム研究所
宇高 勝之	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 電子物理システム学科 教授	

(5) 衛星通信技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
小林 聖	株式会社フジクラ 電子応用技術 R&D センター 広帯域無線システム研究部 部長	ワイヤレスネットワーク 総合研究センター
篠永 英之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授	

3. データ利活用基盤分野**委員長**

速水 悟	岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科 教授
------	------------------------

(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
宇津呂 武仁	筑波大学 システム情報系 知能機能工学域 大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻 教授	先進的音声翻訳 研究開発推進センター
中岩 浩巳	名古屋大学 実世界データ循環学リーダー人材育成プログラム 大学院情報科学研究科 附属価値創造研究センター 特任教授	

(2) 社会知解析技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
安達 淳	国立情報学研究所 副所長・教授	ユニバーサルコミュニケーション 研究所 耐災害 ICT 研究センター
石川 佳治	名古屋大学 大学院情報学研究科 知能システム学専攻 教授	
徳永 健伸	東京工業大学 情報理工学院 教授	

(3) 実空間解析技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
安達 淳	国立情報学研究所 副所長・教授	ユニバーサルコミュニケーション 研究所

石川 佳治	名古屋大学 大学院情報学研究科 知能システム学専攻 教授	統合ビッグデータ研究センター
徳永 健伸	東京工業大学 情報理工学院 教授	

(4) 脳情報通信技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
麻生 英樹	産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター 総括研究主幹	脳情報通信融合研究センター
谷藤 学	早稲田大学先進理工学部生命医科学科 客員教授	

4. サイバーセキュリティ分野

委員長

松井 充	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監
------	--------------------

(1) サイバーセキュリティ技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
佐古 和恵	早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授	サイバーセキュリティ研究所
手塚 悟	慶應義塾大学 環境情報学部 教授	

(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
佐古 和恵	早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授	サイバーセキュリティ研究所
手塚 悟	慶應義塾大学 環境情報学部 教授	

(3) 暗号技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
佐古 和恵	早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授	サイバーセキュリティ研究所
手塚 悟	慶應義塾大学 環境情報学部 教授	

5. フロンティア研究分野

委員長

太田 勲	兵庫県立大学 学長
------	-----------

(1) 量子情報通信技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
今井 浩	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授	未来 ICT 研究所
萬 伸一	理化学研究所 創発物性科学研究センター コーディネーター	

(2) 新規 ICT デバイス技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
浅田 雅洋	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	未来 ICT 研究所
村山 浩二	株式会社村田製作所 技術・事業開発本部 新規技術センター センター長	

(3) フロンティア ICT 領域技術 委員名簿

委員名	所属	担当部署
浅田 雅洋	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	未来 ICT 研究所 テラヘルツ研究センター
臼井 博明	東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 教授	
徳永 万喜洋	東京工業大学 生命理工学院 教授	
中野 義昭	東京大学大学院 工学系研究科 教授	
萬 伸一	理化学研究所 創発物性科学研究センター コーディネーター	

6. オープンイノベーション分野

委員長

飯塚 久夫	一般社団法人 量子 ICT フォーラム 総務理事
-------	--------------------------

(1) 技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築 委員名簿

委員名	所属	担当部署
浅見 徹	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 代表取締役社長	総合テストベッド研究開発推進 センター

荒川 薫	明治大学 総合数理学部 学部長 先端数理学研究科長 先端メディアサイエンス学科 専任教授	
------	---	--

(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進 委員名簿

委員名	所属	担当部署
笹瀬 巖	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授	耐災害 ICT 研究センター
柴田 義孝	岩手県立大学 名誉教授 研究・地域連携本部特任教授	

(6) サイバーセキュリティに関する演習 委員名簿

委員名	所属	担当部署
小出 洋	九州大学 情報基盤研究開発センター・サイバーセキュリティセンター 教授	ナショナルサイバートレーニングセンター
手塚 悟	慶應義塾大学 環境情報学部 教授	
松井 充	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監	

(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化・

(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 委員名簿

委員名	所属	担当部署
保科 剛	日本ユニシス株式会社 エグゼクティブアドバイザー	戦略的プログラムオフィス 知能科学融合研究開発推進センター
高原 厚	NTT エレクトロニクス株式会社 取締役	テラヘルツ研究センター イノベーション推進部門 グローバル推進部門

(7) パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査 委員名簿

委員名	所属	担当部署
小出 洋	九州大学 情報基盤研究開発センター・サイバーセキュリティセンター 教授	ナショナルサイバーオブザベーションセンター
手塚 悟	慶應義塾大学 環境情報学部 教授	
松井 充	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監	

※ 担当部署の了解の上、ヒアリング開催の日時調整の後、他の項目の委員が出席し、評価(コメントのみ)を行う場合があります。

評価軸について

【基礎研究領域等に共通する評価軸】

【評価軸】 ○科学的意義 ○社会的価値 ○社会実装 ○目的・目標[期末評価のみ]

○科学的意義

研究活動等の取組や成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）について、他の類似の研究開発と比較して、独創性、革新性、先導性及び発展性等が十分に大きく、基盤や基礎技術の確立に貢献できているかの観点で評価。

○社会的価値

研究活動等の取組・成果による社会課題・政策課題解決及び社会的価値の創出への貢献について、社会課題や政策課題（例：多様な社会参加の実現、グローバルで自由な交流の進展、社会システムの最適制御等）の解決につながるものであるかの観点で評価。

また、社会的価値（例：安心・安全な社会等）の創出につながるものであるかの観点で評価。

○社会実装

研究開発の成果を社会実装につなげる取組（例：技術シーズを実用化や事業化に導く等）について、研究開発の成果を社会実装につなげる取組として十分なものであるかの観点で評価。

なお、研究開発の内容が社会実装につながるまでに時間を要するものである場合には、今中長期以降を見据えた社会実装のロードマップが適切に描かれているかを考慮して評価。

○目的・目標 [期末評価のみ]

研究活動等の目的・目標、実施計画の妥当性、進捗状況等について、それらを具体化した目的・目標は「形骸化していないか」、「挑戦的な内容となっているか」、「陳腐化しないか・していないか」、「技術動向や社会経済活動等の変化に対応したものか」、「実施計画の進捗状況」等の観点から評価。

【オープンイノベーション分野の評価軸】

【項目】（1）技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築

【評価軸】 テストベッド構築、実証、イノベーション創出、国際展開

○テストベッド構築

ハイレベルな研究開発を行うためのテストベッドが構築されているかの観点で評価。

○実証

機構内外の利用者にとり、テストベッドや研究活動等の取組や成果が有益な技術実証・社会実証につながっているかの観点で評価。

○イノベーション創出

研究活動等の取組や成果がオープンイノベーション創出につながっているかの観点で評価。

○国際展開

研究活動等の取組や成果が研究開発成果の国際的普及や日本企業の国際競争力強化につながっているかの観点で評価。

【項目】	(2) オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 (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	} 以上を一体として評価
【評価軸】	イノベーション創出、標準化、国際展開	

○イノベーション創出

研究活動等の取組や成果がオープンイノベーション創出につながっているかの観点で評価。

○標準化

研究活動等の取組や成果が標準化につながっているかの観点で評価。

○国際展開

研究活動等の取組や成果が研究開発成果の国際的普及や日本企業の国際競争力強化につながっているかの観点で評価。

【項目】	(3) 耐災害 ICT の実現に向けた取組の推進
【評価軸】	実証、産学官連携、標準化、国際展開

○実証

研究活動等の取組や成果が有益な技術実証・社会実証につながっているかの観点で評価。

○産学官連携

研究活動等の取組や成果が耐災害 ICT 分野の産学官連携につながっているかの観点で評価。

○標準化

研究活動等の取組や成果が標準化につながっているかの観点で評価。

○国際展開

研究活動等の取組や成果が研究開発成果の国際的普及や日本企業の国際競争力強化につながっているかの観点で評価。

【項目】	(6) サイバーセキュリティに関する演習
【評価軸】	演習の実施

○演習の実施

取組が最新のサイバー攻撃に対応できるものとして適切に実施されたかの観点で評価。

【項目】	(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査
【評価軸】	調査の実施

○調査の実施

取組が IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の一環として計画に従って着実に実施されたかの観点で評価。

評点区分について

- S** : それぞれの評価軸において、特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。
- A** : それぞれの評価軸において、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
- B** : それぞれの評価軸において、成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。**(標準)**
- C** : それぞれの評価軸において、より一層の工夫、改善等が期待される。
- D** : それぞれの評価軸において、抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

評点一覧

期末評価

分野名	中項目名	評価軸	評価結果				
			評価者A	評価者B	評価者C	評価者D	評価者E
センシング 基盤 分野	リモートセンシング技術	目的・目標	A	B	A	A	A
		科学的意義	A	S	A	A	S
		社会的価値	A	A	A	A	S
		社会実装	B	A	A	S	A
	宇宙環境計測技術	目的・目標	B	B	A	A	A
		科学的意義	B	A	S	A	A
		社会的価値	A	A	A	S	S
		社会実装	B	B	A	A	A
	電磁波計測基盤技術(時空標準技術)	目的・目標	A	B	A	A	A
		科学的意義	B	S	S	A	S
		社会的価値	A	A	A	A	A
		社会実装	A	A	A	A	S
	電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)	目的・目標	A	A	A	A	A
		科学的意義	A	A	S	A	A
		社会的価値	A	S	S	A	S
		社会実装	A	A	S	A	A
統合 ICT 基盤 分野	革新的ネットワーク技術	目的・目標	A	S			
		科学的意義	S	A			
		社会的価値	S	A			
		社会実装	S	S			
	ワイヤレスネットワーク基盤技術	目的・目標	A	A	A		
		科学的意義	A	A	S		
		社会的価値	A	A	A		
		社会実装	A	A	A		
	フォトニックネットワーク基盤技術	目的・目標	A	A			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	A	S			
	光アクセス基盤技術	目的・目標	A	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	A	S			
衛星通信技術	目的・目標	A	S				
	科学的意義	S	S				
	社会的価値	A	A				
	社会実装	A	A				
デー タ 利 活 用 基 盤 分 野	音声翻訳・対話システム高度化技術	目的・目標	S	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	社会知解析技術	目的・目標	S	S	S		
		科学的意義	S	S	S		
		社会的価値	S	A	S		
		社会実装	A	S	S		
	実空間情報分析技術	目的・目標	S	A	A		
		科学的意義	A	A	A		
		社会的価値	A	A	A		
		社会実装	A	A	S		
	脳情報通信技術	目的・目標	S	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	S	S			

分野名	中項目名	評価軸	評価結果				
			評価者A	評価者B	評価者C	評価者D	評価者E
サイバーセキュリティ分野	サイバーセキュリティ技術	目的・目標	S	S			
		科学的意義	A	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	A			
	セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術	目的・目標	A	S			
		科学的意義	A	A			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	暗号技術	目的・目標	A	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	A			
		社会実装	A	A			
フロンティア研究分野	量子情報通信技術	目的・目標	S	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	新規ICTデバイス技術	目的・目標	S	A			
		科学的意義	S	A			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	S	A			
	フロンティアICT技術	目的・目標	S	S	S	A	A
		科学的意義	S	S	S	A	A
		社会的価値	S	S	S	A	A
		社会実装	A	A	S	S	A
オープンイノベーション分野	技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	目的・目標	A	B			
		テストベッド構築	S	A			
		実証	S	S			
		イノベーション創出	S	A			
		国際展開	A	B			
	オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 戦略的な標準化活動の推進 研究開発成果の国際展開の強化	目的・目標	S	B			
		イノベーション創出	S	B			
		標準化	A	C			
		国際展開	S	A			
	耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	目的・目標	A	S			
		実証	S	S			
		産学官連携	S	S			
		標準化	A	A			
	サイバーセキュリティに関する演習	目的・目標	S	S	S		
		演習の実施	S	S	S		
	パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査	目的・目標	A	S	A		
		調査の実施	A	S	A		

年度評価

分野名	中項目名	評価軸	評価結果				
			評価者A	評価者B	評価者C	評価者D	評価者E
センシング 基盤 分野	リモートセンシング技術	科学的意義	A	S	A	A	S
		社会的価値	B	A	A	A	A
		社会実装	B	A	A	S	A
	宇宙環境計測技術	科学的意義	B	A	A	A	A
		社会的価値	A	A	A	S	A
		社会実装	B	A	A	A	A
	電磁波計測基盤技術(時空標準技術)	科学的意義	A	S	A	S	S
		社会的価値	B	A	A	A	A
		社会実装	B	B	A	A	A
	電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)	科学的意義	A	A	A	A	A
		社会的価値	B	A	A	A	A
		社会実装	B	B	B	A	A
統合 ICT 基盤 分野	革新的ネットワーク技術	科学的意義	A	A			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	ワイヤレスネットワーク基盤技術	科学的意義	A	A	S		
		社会的価値	A	A	A		
		社会実装	B	A	A		
	フォトニックネットワーク基盤技術	科学的意義	A	S			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	A	A			
	光アクセス基盤技術	科学的意義	A	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	衛星通信技術	科学的意義	A	S			
		社会的価値	A	A			
		社会実装	B	A			
デー タ 利 用 基 盤 分 野	音声翻訳・対話システム高度化技術	科学的意義	S	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	社会知解析技術	科学的意義	S	A	S		
		社会的価値	S	S	S		
		社会実装	A	S	S		
	実空間情報分析技術	科学的意義	A	A	A		
		社会的価値	A	A	A		
		社会実装	A	A	A		
	脳情報通信技術	科学的意義	A	A			
		社会的価値	A	A			
		社会実装	A	S			

分野名	中項目名	評価軸	評価結果				
			評価者A	評価者B	評価者C	評価者D	評価者E
サイバーセキュリティ分野	サイバーセキュリティ技術	科学的意義	A	S			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	A			
	セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術	科学的意義	A	A			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	A	S			
	暗号技術	科学的意義	A	S			
		社会的価値	A	A			
		社会実装	A	A			
フロンティア研究分野	量子情報通信技術	科学的意義	S	A			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	A	A			
	新規ICTデバイス技術	科学的意義	S	A			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	S	A			
	フロンティアICT技術	科学的意義	S	S	A	A	A
		社会的価値	S	S	A	A	A
		社会実装	A	A	A	A	B
オープンイノベーション分野	技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築	テストベッド構築	S	A			
		実証	A	S			
		イノベーション創出	A	A			
		国際展開	A	B			
	オープンイノベーション創出に向けた取組の強化 戦略的な標準化活動の推進 研究開発成果の国際展開の強化	イノベーション創出	S	B			
		標準化	A	C			
		国際展開	S	A			
	耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	実証	S	S			
		産学官連携	S	A			
		標準化	A	A			
		国際展開	A	A			
	サイバーセキュリティに関する演習	演習の実施	S	S	S		
パスワード設定等に不備のあるIoT機器の調査	調査の実施	A	S	A			

総括評価委員会の委員コメント

委員長及び委員からの意見

- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- (センシング基盤分野について)中項目の電磁環境技術の期末は S 相当である(自己評価は A)。300GHzまでの測定系を整備したことや5Gへ向けての高い周波数、ミリ波、またその先までのいわゆる生体への影響の指針を、社会実装に近いところまで明らかにしたことは高く評価できる。
- (統合 ICT 基盤分野について)中項目のワイヤレスネットワーク基盤技術は、産業界と一緒に上手に行ったこと、STABLE 含めて標準化、テラヘルツの開発、熊本地震への対応、新しいところでは海中無線など多数の良い成果が出されており、期末、単年度ともに A 相当である(自己評価は B)。フォトリックネットワーク基盤技術の期末は、世界一や世界初の成果が多数創出されており、これらは10年先ぐらいに本格実用されるような技術ばかりである。現時点の社会実装という面では弱い、その点を考慮したとしても世界トップデータを得た技術に対する評価は S 相当である(自己評価は A)。
- (データ利活用基盤分野について)期末、単年度の自己評価 S は妥当である。音声翻訳対話システム高度技術は商用サービスへの展開など社会実装が進んで、大きな成果を上げている。翻訳バンクはデータ活用のための新しい仕組みであり、オープンイノベーションの観点から非常に新しい。大規模なニューラルネットワークを大量のデータで学習させることの基盤となる高速並列処理のミドルウェア等を開発した点も非常に意義深い。
- (サイバーセキュリティ分野について)期末、単年度の自己評価 S は妥当である。国研でなければ絶対できないという研究をしていることに対する評価が高い。公共性や公平性、中立性を活かして、特にプライバシー情報を扱うような分野で、企業ではできない研究で成果を上げている。
- (フロンティア研究分野について)中項目の新規 ICT デバイス技術の期末は、S 相当である(自己評価は A)。酸化ガリウムはNICTが独自に研究開発して、世界に多数の優れた論文も発表している分野で、材料開発から始めてパワーデバイスとしてのデバイス特性が十分出てきている。さらに高周波への応用の可能性も発見しており、社会的価値という意味では十分高い。また、深紫外 LED デバイスについては 265nm でシングルチップであり、室温連続で 650mW という世界の最高出力等、他の技術と比較しても大きな差をつけたレベルで成果を出している。まさにこれは先端的、独創的な非常に科学的意義の高い成果である。加えて、今、コロナにも対応するべく、持ち運びできるとか、均一に照射できるとか、あるいは実際に新型コロナウイルス感染対策に貢献できるとか、そのような成果が出ている。
- (オープンイノベーション分野について)期末、単年度の自己評価 B は妥当である。定性的には、テストベッドや知財あるいは標準化、このような分野において、日本の現状はほとんど民間側の活動が弱くなっている。誰かが本当にこの活動を担わないと日本の先々にとても影響が出る。標準化などは、今、最前線に NICT が出て行って、外国の最前線の人たちと現場で競り合って頑張っている。国際的にも負けられないように実務も含めて担わないといけない。そういう点での NICT の活躍がますますなされた暁には、評価も是非とも上げるべき。

(全体を通して)

- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10年経ってやっともものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の10年間の年表を書いた上でその後の5年間を書いて評価すべき。全てが5年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／6Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

以上