

第4期中長期目標期間
報告書
(見込評価 及び 年度評価)

令和2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 見込評価（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) 時空標準技術	31	
(4) 電磁環境技術	43	
1-2. 統合 ICT 基盤分野	53	
(1) 革新的ネットワーク技術	53	
(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術	65	
(3) フォトニックネットワーク基盤技術	76	
(4) 光アクセス基盤技術	88	
(5) 衛星通信技術	99	
1-3. データ利活用基盤分野	108	
(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術	108	
(2) 社会知解析技術	116	
(3) 実空間情報分析技術	124	
(4) 脳情報通信技術	132	
1-4. サイバーセキュリティ分野	140	
(1) サイバーセキュリティ技術	140	
(2) セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術	148	
(3) 暗号技術	156	
1-5. フロンティア研究分野	164	
(1) 量子情報通信技術	164	
(2) 新規 ICT デバイス技術	172	
(3) フロンティア ICT 領域技術	181	
1-6. オープンイノベーション分野	194	
(1) 技術実装及び社会実装を可能とするテストベッド構築	194	
(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		205
(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	213	
(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（令和元年度）	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 4	
(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 5	
(1) 革新的ネットワーク技術	2 6 5	
(2) ワイヤレスネットワーク基盤技術	2 7 3	
(3) フォトニックネットワーク基盤技術	2 8 0	
(4) 光アクセス基盤技術	2 8 7	
(5) 衛星通信技術	2 9 4	
2-3. データ利活用基盤分野	3 0 0	
(1) 音声翻訳・対話システム高度化技術	3 0 0	
(2) 社会知解析技術	3 0 6	
(3) 実空間情報分析技術	3 1 2	
(4) 脳情報通信技術	3 1 8	
2-4. サイバーセキュリティ分野	3 2 4	
(1) サイバーセキュリティ技術	3 2 4	
(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 0	
(3) 暗号技術	3 3 6	
2-5. フロンティア研究分野	3 4 2	
(1) 量子情報通信技術	3 4 2	
(2) 新規 ICT デバイス技術	3 4 8	
(3) フロンティア ICT 領域技術	3 5 4	
2-6. オープンイノベーション分野	3 6 2	
(1) 技術実装及び社会実装を可能とするテストベッド構築	3 6 2	
(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 0
(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 5	
(6) サイバーセキュリティに関する演習	3 8 3	
(7) パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査	3 8 5	
3. 総括評価委員会議事要旨	3 8 7	
別紙 1 委員長及び委員と担当する評価	3 8 9	
別紙 2 評価軸及び評点区分	3 9 6	
別紙 3 評点一覧	3 9 9	
別紙 4 総括評価委員会の委員コメント	4 0 3	

第4期中長期目標期間 外部評価について

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では、令和元年度に第4期中長期目標期間（平成28年度から令和2年度）における見込評価及び年度評価を実施し、その結果を報告書としてとりまとめた。

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（平成28年度から令和2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、今年度（令和元年度）に見込評価と年度評価を実施した。また、令和2年度に期末評価と年度評価を実施予定。

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 令和2年5月	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。

2 評価要領

1) 評価対象期間

① 【見込評価】

平成28年度から令和2年度（2年度末までの見込を含む）までの5年間

② 【年度評価】

令和元年度（元年度末までの見込を含む）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) 時空標準技術
		(4) 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 I C T デバイス技術	
	(3) フロンティア I C T 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、見込評価については、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、見込評価については、評価軸に「目的・目標」を追加。

3 令和元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)時空標準技術 (4)電磁環境技術	12月27日
1-2 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	11月15日
1-3 データ活用基盤分野	(1)音声翻訳・対話システム高度化技術 (4)脳情報通信技術	12月4日
	(2)社会知解析技術 (3)実空間情報分析技術	11月12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26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13日
2 オープンイノベーション分野	1.技術実装及び社会実装を可能とするテストベッド構築 3.耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	12月25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17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26日

分野評価委員会

見込評価

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	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 B

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。またこれらの目的・目標に向けて研究は着実に進んでおり、今後も順調な進展が見込まれる。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	十分に高い目標を掲げられていると考える。これまでの達成状況にも問題ない。

評価者 E

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認められる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

・ゲリラ豪雨の観測技術開発を行う事で、突発的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・目標に向かって着実に成果を挙げている。

・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になっている。

・衛星搭載型、地上設置型、非破壊センシング技術にわたって、偏りなく目標を定めておられる。平成 28 年度に設定された目標として適切だった。

・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。

・近年の日本のイノベーションへの要求、Society 5.0 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 GAF A に後塵を排する日本において、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観測できる事象を広げるために電磁波技術は主役であり、NICT の取組は高く評価できる。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。観測、モデリング、予測のサイクルをバランスよく進めている。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 のリモートセンシング技術に関係する 3 組織が勝負すべきは、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。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 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、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。

(改善すべき点)

・リモートセンシング技術の項目で設定された目的、目標、計画は、手堅く設定されているが、一般的な記述で独自性の観点からやや物足りない印象を受ける。関連して、当該分野におけるグランドチャレンジの設定や、5年間と、より長期に取り組むべきゴールをそれぞれわけて設定し、本当にこれをやるとブレークスルーになるテーマを選定して取り組むべきではないかと感じる。

・2019年の台風などによる「100年に一度」の災害といった、「これまでの成果を試す絶好の機会」が(毎年のように)あるので、是非、予報等で一般人にも分かりやすい成果を出していただきたい。

・例えば、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(テンポラリーな職務変更)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 内での情報共有や意識共有が重要である。

・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、若干散漫に見える。もちろん、他の3つの技術に比べて研究に占める割合は大きいはずである。

・それぞれの目標が、評価軸(科学的意義、社会的価値、社会実装)を持っている。この位置付けは分かるが、いくつかの複雑な課題が増えてくると、技術的区分け(自然と周波数、装置化毎にソートされる)と課題的区分けが混在してくるので、評価の際のまとめ方は最適な方法を模索する必要がある。近年特に大きな災害の頻度が高まっている。長期計画の中で短期的な要請についても柔軟に対応し

1. 分野別評価（見込評価）
【センシング基盤分野】

実装を進めていることは、評価できるが、国研の宿命でもあろう。

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	成果論文、受賞のエビデンスを重視した。TRMM 衛星論文、フェーズドアレイ気象レーダ、ホログラムの成果論文と受賞を評価して A とした。

評価者 B

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着実に進めてきており、今後も順調に継続されるものと見込まれる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	計画に基づいて十分な研究成果を出しているだけでなく、世界トップレベルの成果を複数あげている。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	衛星、地上、非破壊検査のいずれの項目についても高い成果を挙げている。

評価者 E

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、科学的意義において十分な成果の創出が見込まれる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・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)、電離圏観測で URSI の若手賞をそれぞれ受賞し、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。

・豪雨予測精度を向上させるため、地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定技術の開発を行った。

・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を行った。

・温室効果ガス観測衛星 GOSAT データの独自アルゴリズム解析による CO2 の自然起源と人為起源の分離を行った。

・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した。

・衛星搭載のレーダ及びライダー、テラヘルツ技術が特に高く評価できます。また、非破壊検査の分野でも新しいホログラム技術の開発が進んだ点(特に目標以上の思わぬ推進があったこと)を高く評価します。

・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。

・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。組織内協働に加え、国研として、大学や他研究機関、海外との協働、競争、Funding 機能、民間との橋渡しも求められる。これらの多彩な役をこなしている努力を評価したい。以下は、大きな成果である(丸数字は、資料中の番号)。

(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、① 地デジ水蒸気量推定技術を開発・技術実証を実施し、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。サービス化を民間企業と連携し実施、SIP 最終年度の令和 4 年から首都圏のデータについてはサービス開始見込み。

(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

グ技術開発を行った。EarthCARE/CPR の感度を上回る-40dBZ(1 秒積分値)の高感度雲観測レーダ(HG-SPIDER)を開発。また、CPR のビーム照射領域での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 処理を実現。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令和 3 年度末予定となった。③ ① 衛星搭載ドップラー風ライダーのコア技術である高出力パルスレーザ開発において世界最高出力を達成した。これらの技術を活用し 2 μ m 帯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、早期の豪雨予測に資する水蒸気の流れを捉える「水蒸気+風」ライダーの開発(令和元年度末)と技術実証を(令和 2 年度)実施する予定である。

(ウ) 非破壊センシング技術

④観測データの解析技術及び可視化技術の研究を行う。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を開発している。プリントの安定性や精度など印刷技術そのものが大きく向上し【H29】、民間企業との技術相談及び共同研究を複数実施すると共に、これら成果を 15 編の IF 付き論文として発表した【R1(見込み)】。

(改善すべき点)

- ・従来からのテーマを着実に発展させてはいるが、TRMM 衛星の降雨レーダを世界に先駆けて実現した過去の輝かしい歴史と比較すると、現状の体制はややもの足りない。また、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で、円滑なデータ公開の推進も同時に進めることが望まれる。
- ・研究開発成果を、センシング技術における手段開発、データ解析による発見、現象を説明できるモデルの提言と実証などに分類して説明すると、3 研究室の役目がより見える化できるのではないか。
- ・成果の示しかたとしてビジュアルなものは分かり易いが、定量的比較法をより分かり易くしてほしい。たとえば、予測精度を評価するには、(正しい解が観測できるとすれば)、時間を過去にさかのぼったデータを使い、実際の観測データと定量的に的中程度の比較を行い、新手法と旧手法を例えば遡れる時間で比較するなど。分解能を上げた効果を謳うには、全データから間引いた低分解能データでの結果との差を実データで比較するなど改善できるのではないか。
- ・特に衛星技術について、基礎開発→衛星搭載→軌道投入→実証を絶え間なく回していく必要があります。簡単ではないと思いますが、諸外国の衛星観測計画への参加なども加えて、頑張っていたきたい。
- ・国際競争の激しい分野や突発的な自然災害対応などでは、平成 28 年度前に計画された中長期目標に縛られることなく、予算も人員も臨機応変にその年度内に

1. 分野別評価（見込評価）
【センシング基盤分野】

対応可能なよう研究グループ間や研究者個人の努力のみならず、NICT 全体又はセンシング基盤分野全体の融通や理解が必要である。その一方、センシング基盤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組も多いので、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(特に予算配分や人員の配置・世代交代等において)。

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	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 B

評点	A
評点付けの理由	近年増えている異常気象に対応するための防災・災害対策や老朽化に伴う社会インフラの維持・管理は、今後避けては通れない課題であるのは明白であり、本中長期計画の終了時点でも社会的価値は色あせていないと見込まれる。

評価者 C

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ている。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	センシング技術に対する社会的価値は非常に高く、その最先端の研究は高く評価される。

評価者 E

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の創出が見込まれる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

・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は、社会的価値が大きい。ミリ波利用による非破壊センシングの進展は評価できる。

・異常気象などに対応するための防災・災害対策、老朽化する社会インフラの維持・管理のための非破壊検査といった取組を評価する。

・気象庁現業ウインドプロファイラ 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ている。

・社会のあらゆる機能の自動化・コンピュータ化が必要とされ、環境問題が重要視される現代において、センシング技術は極めて重要である。その最先端の研究開発の社会的重要性には論を待たない。

・気象庁現業ウインドプロファイラ WINDAS の観測精度の改善(アダプタクラッタ抑圧技術の実用化し、ISO 国際規格に反映した点、マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー(MP-PAWR)のオリンピック・パラリンピックテストイベントでの関連自治体や関連大学・他機関との共同実証実験の実施、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を評価する。

・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、直接的なもの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、社会的価値が認められる(丸数字は、資料中の番号)。

(ア) リモートセンシング技術

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、社会インフラモニタなどのへの応用を可能とする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、② 世界最高レベルの画質(高分解能(15cm)、高感度化、耐偽像性能の向上)の高精細航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR X3)を開発。機体改修の遅延により令和 2 年度末までに試験観測を実施し、技術実証を行う。また、熊本地震発生直後に緊急観測を実施。土砂崩れ場所の自動推定を行った。災害時航空機 SAR 観測運用スキーム(内閣府防災担当主導)に従い新燃岳火口観測を実施した。

(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、Ver.4.0 から Ver.5.0 (平成 29 年 5 月)、Ver.5.0 から Ver.6.0(平成 29 年 10 月)のアルゴリズムバージョンアップ、KaPR 走査幅変更(観測幅 125km から 245km へ)に貢献。③ 大気温度、風、多種の分子濃度を高い精度で観測する小型衛星(SMILES2)の実現に向け、2THz 帯超伝導受信機(HEBM)を開発し、受信機雑音温度 1220K(量子限界の 13 倍)を達成。小型衛星搭載に向け課題である電力収支の成立性、開発費用削減に向け冷凍機構成を再検討し、冷凍機の消費電力(150W 前後)の達成に目処。公募型小型衛星計画に基づく衛星に応募予定(令和 2 年 2 月)。

(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。④ 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】。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技術移転した【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(見込み)】。

(改善すべき点)

- ・グローバルで自由な交流という観点では、(衛星以外の)地上観測等の得られたデータの公開を積極的に進める努力をすべき。
- ・社会的価値、を定量的に示すには、影響を受ける人数、経済効果など他に、この技術がないとしたらどのような困難があり、代替えはあるか、などの定性的評価も一考したい。
- ・科学的価値と重複するが、成果の示しかたとして、定量的比較法をより分かり易くしてアピールする努力を継続してほしい。
- ・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。
- ・地上気象センサー、衛星センサー、航空機 SAR における本第 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。

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	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 B

評点	A
評点付けの理由	着実に社会実装が進んでいる。航空機 SAR の遅れと、2019 年の台風災害などで問題点が洗い出され、実装までにはまだ時間がかかりそうだという点で、S 評価にはできなかった。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	地上リモートセンシングと非破壊検査を中心として、社会への還元が積極的に進められている。

評価者 E

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、科学的実装において顕著な成果の創出が見込まれる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

・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。特に 2019 年に実施したオリンピック・パラリンピックのテストイベントなどでの豪雨予測システムの実証実験は、中長期計画の目的・目標が達成できる可能性を高めている。マイクロ波、ミリ波帯の電磁波による非破壊検査も実証が進んでいる。

・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、研究開発の成果が社会実装につながる取組が積極的にされている。

・大気汚染物質観測のための小型衛星概念検討、キレイな空気指数の標準化、GOSAT-GW(3号機)NO2データ処理系の開発、SMILESデータ再処理による地球大気に対する人為的損害の実態把握などを実施した。

・社会インフラや文化財の効率的な維持管理等のために、電磁波を用いた非破壊・非接触診断技術を開発した。

・地上デジタル波を用いた水蒸気センシングの取組は気象予報に直結し得るもので重要。また、非破壊検査の分野は社会のニーズと共に進みつつあるもので高く評価できる。

・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。

・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。(例えば、火星探査などの評価は、具体的な観測が始まる時期ということで、「実装」と位置付けているようである。論文公開、標準化終了など)。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。以下のとおり社会実装に貢献した(丸数字は、資料中の番号)。

(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。④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】。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技術移転した【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(見込み)】。

また、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が増加し【H30-R1】技術移転を推進、実利用につながる見込み【H30-R2(見込み)】。

(改善すべき点)

- ・豪雨予測は、一つのセンサ(とその同化)でできるものではないので、所属する研究者間の協力で複数のセンサーを組み合わせる等で、より包括的かつ本質的な取組を推進することが社会実装に役立つ。
- ・2019年の台風災害などで浮き彫りにされた問題の解決も含め、早期の社会実装に向けて努力していただきたい。
- ・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。
- ・幾つかの実証試験を行っているが、その評価はどうであったのか知りたい。
- ・災害時観測結果リアルタイム配信は、一度のみの試みか、今後継続的に行われるのか。
- ・NICT が社会実装をあまり声高に叫ぶことは強く賛成できない。社会実装を進めすぎることは、場合によっては民業圧迫の恐れもある。NICT は先端技術で社会や業界をリードするという姿勢を保ってほしい。
- ・顕著な成果を創出しており、今後は特に気象関係と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開発の促進が望まれる。予算や人員面での国のサポートが必要である。

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	A
評点付けの理由	人工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ー実現を目指している点から A と評価した。

評価者 B

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。研究は順調に推移しており今後も着実な進展が見込まれる。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	宇宙天気に対する社会的ニーズの高まりを背景として、目的・目標を適切に設定した。

評価者 E

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る。

(2) コメント評価：

(評価する点)

- ・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、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、総合的に計画が立案されて、実施されている。
- ・予算措置、法改正などにより研究及び業務を着実に遂行する環境が整ってきた。
- ・業務は業務として全うすると同時に、研究面ではより挑戦的な課題に向かって努力してもらいたい。
- ・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。
- ・いわゆる宇宙天気予報の推進を目指した目的・目標設定は、社会的ニーズの高まりに対応したもので適切である。これまでの実施状況も非常に良い。
- ・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。
- ・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(丸数字は、資料中の番号)。平成 29 年度の補正予算により、宇宙環境計測体制の強靱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。
 - 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・配信センターの多重化を行う。

(改善すべき点)

・現在障害となっている問題、その解決までの道筋を具体的に提示するとより良い。

・科学研究としての目的・目標は大きくは取り上げられなかった。

・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にさらに力を入れてほしい。

・GPS における宇宙環境研究室の特長は、シミュレーションモデル開発(物理メカニズムの理解に近い)にあるであろう。実データを用いた同化の研究成果はサービスの精度向上もあるが、むしろモデル開発(物理メカニズムの理解)の進化に使われるのであろう。

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	高 IF 論文と受賞のエビデンスから S と判断した。

評価者 B

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おり、今後も順調に継続されるものと見込まれる。

評価者 C

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、高い学術的成果が得られている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	研究面の成果は順調であった。

評価者 E

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の創出が見込まれる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

・木星オーロラ観測の成果掲載の IF10 以上の Nature Astronomy 誌論文や複数の Astrophys. J 誌論文等優れた研究成果をあげている。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。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。

・例年はパーマメント雇用者一人当たりの論文数が 3 報/年程度だったが、ここに来て減少傾向が見られる。業務の割合が増え、学術的な研究に割くことのできる時間が減ってきているのかもしれないが、上手にバランスをとって、引き続き先進的、意欲的な研究も継続してもらいたい。

・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するなど、GAIA データ同化プロトタイプの開発を推進した。

・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、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た。

・全大気モデル GAIA の開発は高く評価できる。また、太陽 CME から磁気嵐の発生予測につなげる研究においても進展が見られた。

・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。

・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組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(丸数字は、資料中の番号)。

- 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。GAIA 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。

（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	S
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 B

評点	A
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。本中長期計画の終了時点でもその社会的価値は色あせていないものと見込まれる。

評価者 C

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をし、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 D

評点	S
評点付けの理由	宇宙天気予報サービスの向上が特に高く評価できる。

評価者 E

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、社会的価値において十分な成果の創出が見込まれる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

・AI 技術の導入による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の開始、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事、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、極めて高く評価できる。

・宇宙天気予報、航空機被曝推定システムといった取組を評価する。

・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化を 2019 年度中に開始する。

・衛星搭載宇宙環境センサーの開発を進めている。

・宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進した。

・宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。

・宇宙天気予報サービスの向上は社会ニーズに良く合致している。

・宇宙天気予報システムの開発と 24 時間運用開始による社会への貢献、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を評価する。

・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組を、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(丸数字は、資料中の番号)。

③ 太陽電波のモニタリング観測を実施し、自動的に太陽フレア発生を検出するためのアルゴリズムの開発、実装を進めるとともに、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 号は、電波の伝わり方の観測、予報及び異常に関する警報の送信、並びにその他の通報に関する業務を規定したものである。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。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。宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。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。

(改善すべき点)

・評価する点で指摘した公開データを利用して生まれた論文件数等の指標を出すことより対外的にアピールできると考える(謝辞に NICT を入れてもらう形にする)。

1. 分野別評価（見込評価）
【センシング基盤分野】

- ・バブルモデルの高精度化の効果についても、グラフの一致度はわかるが、精度の実用的な意味の説明が欲しい。
- ・磁気圏シミュレータの予測精度の、実用的な意味が欲しい。

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	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 B

評点	A
評点付けの理由	着実に社会実装が進んでいる。本中長期計画の終了時点での意味のある成果が見込まれる。

評価者 C

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、成果があがっている。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	ICAO グローバル宇宙天気センターの獲得が高く評価できる。

評価者 E

評点	S
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、社会実装において極めて顕著な成果の創出が見込まれる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・AI 技術を利用した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。
 - ・宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進した。
 - ・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。
 - ・ICAO による宇宙天気予報サービスのセンター業務獲得は、これまでの粘り強い取組が結実したものであって高く評価できる。
 - ・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に選出され当該業務を開始したこと、太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES の実運用等を評価する。
 - ・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、運用をとうしての社会実装は、高く評価すべき。以下は、その根拠となる成果である(丸数字は、資料中の番号)。

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。

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。

(改善すべき点)

- ・24 時間運用や ICAO 宇宙天気センター業務など、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)が望まれる。
- ・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

1. 分野別評価（見込評価）
【センシング基盤分野】

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。

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	S
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 B

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。無線双方向通信技術、超小型携帯マイクロ波発振器開発など、社会実装に向けての努力もみられ、当初の目的・目標の実現に向けた着実な進展が見込まれる。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	目的・目標は研究領域の世界的動向に見合う適切なものである。

評価者 E

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る。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・標準時システムの分散化、実利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は評価できる。

・日本標準時の安定供給、分散拠点の整備、非常時対応マニュアルの作成、日本標準時供給サービスの停止時間の最小化、原子時計の絶対周波数測定及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、携帯可能なチップスケール原子時計の開発といった取組を評価する。

・生活や産業を支える基盤技術であ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、現在の秒の定義である一次周波数標準を超える確度が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。

・目的・目標は研究領域の世界的動向に見合う適切なものである。

・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。

・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(以下、丸数字は、資料中の番号)。

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、その運用に必要な時刻・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

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)

・精度が高いのは決して悪いことではないが、そのためにどこまで人的・資金的資源を投入するのかは、別の次元の(政治・経済的な)問題として意識しておく必要がある。

・この部門は他の部門と比較して、パーマnent雇用者一人当たりの予算額は多めだが、業務(日本標準時の安定供給など)の遂行上やむを得ないことであれば問題はない。

・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。

・時刻と周波数の精度は、測位や高速通信などの Society 5.0 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い。

・ACES 地上局の開局準備で、打ち上げが今中長期期間には行われないため、光標準の国際比較実験はできない。

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	高 IF 論文と受賞から判断した。

評価者 B

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。今後も秒の再定義に向けた国際的な貢献などが見込まれる。

評価者 C

評点	A
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 D

評点	S
評点付けの理由	光格子時計の研究成果は非常に高い。

評価者 E

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、科学的意義において顕著な成果の創出が見込まれる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・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学会論文賞受賞。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、二種類の光領域原子時計の周波数比測定、他国との光格子時計周波数比較といった取組を評価する。

・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。

・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した。

・VLBIにより日伊間、TWCPにより日韓間の Sr と Yb 光格子時計の周波数比較を実現した。秒の再定義で重要な SrYb 間の遷移周波数比を 3×10^{-16} の不確かさで測定した。

・テラヘルツ分子回転遷移周波数標準や、テラヘルツ基準周波数のファイバ伝送技術を開発し、論文賞の受賞につながった。

・光格子時計について、国際的な認定を取得したこと、長期間にわたる安定運用を実現したことを評価します。

・世界で初めて Sr 光格子時計を用いて国際原子時を校正し BIPM に報告した点、VLBI による光時計の周波数比較を日伊間で実施するなど、高精度化に向けて研究を進めている点、チップスケール原子時計を構成する重要な複数の要素技術を開発している点等を評価する。

・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、その根拠となる成果である(丸数字は、資料中の番号)。

① 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。

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。

③ 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。④ 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。⑤ 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。

（改善すべき点）

- ・「世界記録」は相対的な価値でしかない。精度を向上していくことで、どのような絶対的な科学的意義・価値が出てくるのかを明確にしてほしい。
- ・パーマネント雇用者一人当たりの論文数が他の部門に比べて少なめである。通常業務の割合が多いのであれば、やむを得ないことなので問題はない。（一人当たりの予算額と論文数が逆相関となっているので、ちょっと気になりました）
- ・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	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 B

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く、本中長期計画の終了時点でもその価値は色あせていないものと見込まれる。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	チップスケール原子時計の社会ニーズは高い。

評価者 E

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の創出が見込まれる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・神戸副局での標準時システムの実現。Sr 光格子時計の二次表現認定。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を行った。

・日本標準時の安定的な生成・供給、分散拠点の整備、非常時対応マニュアルの作成、光時計遷移周波数の国際比較及び国際原子時計較正への寄与、携帯可能なチップスケール原子時計の開発、高精度な時刻同期網の構築といった取組を評価する。

・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、テラヘルツ標準の確立や、原子時計の小型・低消費電力などを実現した。

・GPSを使った時刻・周波数標準が広く使われていますが、例えばバイスタティック（送受信が離れている）レーダ観測等においては、GPS 標準では時として大きなふらつきが入ってしまう欠点があります。超小型でレベルの高い原子時計（原子発振器）では、このような問題は発生しないでしょうから、社会的なニーズは相当に高いと思います。

・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を評価する。

・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当か？

① 神戸副局での定常的な時系生成及び光電話回線・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。

（改善すべき点）

- ・精度の高い時計の一般的な(商品としての)価値についても探索する必要があるのではないか。特にチップスケール原子時計の市販品としての市場規模の調査は必要なのではないか。
- ・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	社会的価値の大きな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 B

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」と捉えるのであれば、十分に成果を上げており、今後も確実に安定供給されていくものと見込まれる。

評価者 C

評点	B
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に向けた成果をあげている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	時刻標準を守る地道な努力を評価します。

評価者 E

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の創出が見込まれる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

- ・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事。原子時計の協定標準時と 20ns 以内の時刻差を維持し、安定運用した。
- ・日本標準時の安定的な生成・供給、分散拠点の整備、非常時対応マニュアルの作成、携帯可能なチップスケール原子時計の開発といった取組を評価する。
- ・日本標準時システムに神戸副局を追加して冗長性構成をとり、耐災害性や信頼性を大幅に向上させた。
- ・新しい無線双方向測位技術を提案して、高精度な時刻同期網の構築を進め、その社会実装に向けて着実に前進させた。
- ・原子時計の小型・チップ化や、無線双方向時刻比較技術(ワイワイ技術)を実装したモジュールのネットワーク化の技術を開発した。
- ・時刻・周波数標準の確保と供給は NICT が社会に対して追う責務であり、これを高水準で守っている点を高く評価します。
- ・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、ワイワイ送受信機の開発と社会実装を評価する。
- ・社会実装の Goal をどこに設定するかにもよるが、標準時間、周波数の供給体制の安定化を実現したことは、評価できる。

以下は、その根拠となる成果である(丸数字は、資料中の番号)。

- ① 標準時の供給方法を利用者の需要の変化に合わせて継続的に更新・開発する。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。
- ③ 時刻同期網に不可欠な短距離でユーザ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。

(改善すべき点)

- ・チップスケール原子時計の市販品としての市場規模の調査、或いは市場開拓の努力(付加価値の創出)は必要なのではないか。

1. 分野別評価（見込評価）
【センシング基盤分野】

・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。

・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ため、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。

・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が必要かと思う。

・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。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が必要かと思う。

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	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、世界に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 B

評点	A
評点付けの理由	通常業務と思われる各種較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きており、この方向性は今後も維持されるものと見込まれる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術分野における現在及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 D

評点	A
評点付けの理由	適切な目的・目標の設定である。

評価者 E

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る。

(2) コメント評価：

(評価する点)

- ・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。
- ・医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与、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、携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保への貢献といった取組を評価する。
- ・電磁環境が深く関わり、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。
- ・人的リソースも含めて、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。
- ・電波法に基づく較正サービスの実施や、研究開発した成果に基づく国際規格策定への活動などに積極的に進めている。国立研究開発法人としての使命でもあるが、しっかりと成果につなげている。
- ・適切な目的・目標の設定である。
- ・多様な無線機器や電子機器から発生する電磁波に対して、システムの安定性や人体への安全性について確保するための技術開発を、社会ニーズに従って科学的に信頼性の高い手法を用いて行っている点を評価する。
- ・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。また次世代レーダの測定サイトに関する検討も進み、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 次世代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、これに応えている。

（改善すべき点）

- ・今後、5年、10年先の電磁環境技術分野の研究の方向性、あるいは国際標準活動において、NICTも含む我が国がイニシアチブをとって進めるべきテーマをしっかりと検討して欲しい。
- ・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。

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	論文と受賞のエビデンスに基づいて A と評価した。

評価者 B

評点	B
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おり、今後もこの方向性は継続されるものと見込まれる。しかし部門全体を俯瞰すると、科学的意義に大きなウエイトが置かれているという感じではない。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	5G 端末に対応する計測システムの開発、医療機器向けの EMC 計測技術の開発など、評価できる。

評価者 E

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の創出が見込まれる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・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 論文等の評価できる。
- ・パーマネント雇用者一人当たりの論文数が毎年 2 報程度であり、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。
- ・近接電磁耐性試験用の TEM ホーンアンテナの開発を行い、従来製品と比較して格段に高性能であることを実証し、学術雑誌での論文発表等を行った。
- ・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、数値人体モデルの開発、改良を行ったり、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たりするなどして、社会的にも重要で、科学的に先駆的な成果をあげている。
- ・学術的成果が多数の受賞にもつながっている。
- ・5G 端末に対応する計測システムの開発、医療機器向けの EMC 計測技術の開発など、評価できる。
- ・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た点等々を評価する。
- ・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。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。Society 5.0 におけるサイバーフィジカルシステム(CPS)の典型でもある。
- ・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。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。

(改善すべき点)

- ・学問的に大きな解決すべき課題の設定をして欲しい。高 IF 論文誌への投稿を目指して欲しい。
- ・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。
- ・6G の研究開発にも注力することを期待したい。

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	社会的価値の重要性から評価した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	電波法に基づく校正サービスを着実に実施し、新製品などの人体、精密機器などに及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 C

評点	A
評点付けの理由	社会において今後さらに電磁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、利用も拡大することが予想される中、これらの研究とその成果の社会的価値は高い。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	社会ニーズに即した開発が行われている。

評価者 E

評点	S
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極めて顕著な成果の創出が見込まれる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・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。世界で始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は評価できる
- ・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、携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保への貢献、医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与、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、船舶用レーダの型式試験に必要な定の高速化といった取組を評価する。
- ・新スプリアス規制への対応と THz 帯電波の利用拡大を目的として、140～330GHz の国家標準トレーサブルな電力標準を開発している。
- ・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を開発し、人体ばく露に関する国際ガイドラインや国内規制の根拠データとして採用された。
- ・国内の中核的研究機関として、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をしている。
- ・海上レーダ向けの測定システム(測定機器に加えて測定場の整備)は、業界のニーズに適合するもので高く評価できる。
- ・世界初のミリ波帯電力計校正サービスを開始した点等を評価する。
- ・①医療分野施設における LED 等の電磁妨害は深刻な問題であるが、国際規格適合の測定アンテナ開発など価値のある成果が出てきている。環境計測分野、標準化、規格策定を中心に社会的価値は十分である(以下、丸数字は資料中の番号)。
- ・②⑥ ミリ波帯、テラヘルツ帯計測測定技術は、世界をリードしているが、較正サービスなど社会実装がスタート。
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。

(改善すべき点)

- ・無線設備を含む電磁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、引き続き研究開発成果をあげ、国際標準化を先導していくことを期待する。

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	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 B

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 C

評点	S
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。標準化へ向けた活動は高く評価され、成果は国内外の多くの技術基準・規格に取り入れられている。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	EMC 分野の唯一の国立研究所として重要な社会的貢献を果たしている。

評価者 E

評点	S
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、社会実装において極めて顕著な成果の創出が見込まれる。

(2)コメント評価:

(評価する点)

・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。

・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、携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保への貢献、医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与、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、船舶用レーダの型式試験に必要な測定的高速化といった取組を評価する。

・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、製品化の見込み。220～330GHz用の国家標準トレーサブルな電力標準を開発し、電力計較正サービスを開始した。

・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、日本の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た。

・活発な標準化活動を行い、国際的な実績をあげている。

・EMC 分野の唯一の国立研究所として重要な社会的貢献を果たしている。

・220GHz～330GHz において世界初のミリ波帯電力計校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。

・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う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(以下、丸数字は資料中の番号)。

①医療分野施設における LED 等の電磁妨害は深刻な問題であるが、国際規格適合の測定アンテナ開発など価値のある成果が出てきている。環境計測分野、標準化、規格策定を中心に重要な貢献。

②③⑥高周波、ミリ波テラヘルツ波における測定、生体モデル作成などで、国際優位性を保つとともに、較正サービスを世界に先駆け開始するなど、特筆すべき成果。

⑥法定で義務つけられている較正サービスを安定に提供している。技術の進展、規格の変更などが急速に起こるが、遅滞なくかつ世界をリードする形で、国際貢献している。

（改善すべき点）

- ・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。
- ・他国に先駆けての6G への取組も期待したい。
- ・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。

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良い。この分野は課題山積であり、社会制度の改革と合わせて種々の問題が立ちはだかっている。狭いテーマにとらわれず、マクロな戦略が必要と思う。長期のテーマと時間軸、暫定解と抜本解等の視点から次のプロジェクトを企画して欲しい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	社会基盤充実に向け有意義なテーマであり、着実に成果を出している点を評価。

(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ヒ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。また、広域テストベッド等を用いた技術実証を目指した手段も適切と考える。 ・通信ネットワークを活用したアプリケーションが社会基盤となっており、多様な要求条件を満たす柔軟なネットワーク構築・運用が求められている。この要求をシンプルに実現するネットワークアーキテクチャとその活用手段の研究開発は社会基盤であるネットワークの安定的提供に重要な取組である。本研究開発の AI を用いた自動化検討はネットワーク運用の柔軟さと省力化かつ堅牢化に貢献する、ま

た、データセントリックという視点でコンテンツ転送を一般化したネットワークアーキテクチャはアプリケーションの要求を自然に取り込めるネットワーク基盤構築に貢献するものである。よって、本研究開発の目標設定は社会課題解決に向けて有用である。

・ネットワーク構築自動化や新たな識別子に基づく情報流通基盤技術に関して、IoT や AI が成長している社会状況に応じて、検討対応している点が評価できる。

・社会への訴求として、国際標準化を中心に見据えており、計画通りに進捗している点が評価される。

・NW 制御関係では、「平成 42 年頃の NW 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は評価する。（10 年・20 年先を見据えて、越えなければいけない壁や必要なブレークスルーを想定し、それをバックキャストして 5 年間で越える壁を明確にするような計画立案が求められる。）

・目標のいくつかについては、数値目標が記載されていること。（技術的目標については全て定量目標を設定する習慣が望ましい）

・定性的ではあるが、ICN./CCN 分野の課題を的確にとらえていること。

（改善すべき点）

・ネットワークのプロトコルは、アプリケーションから見ると、通信の秘密と著作権保護の相克を解決できていない。情報・コンテンツ指向型のネットワーキングの研究課題はそこにあるだろう。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。通信プロトコルとしての最大の課題であろう。IoT のトラヒックを情報と捉えるのかコンテンツと捉えるのかでプロトコルの設計も激変する。両者に共通するプライバシー保護と合わせて長期視点の研究テーマの構築が必要と考える。同時に、FinTech の進展でネットワークの位置づけが大きく変わるでしょう。これから起こる可能性のある問題点をいち早く取り上げて、研究開発する必要がある。これからのサービス品質は単なるビットエラーレートではなく、このような視点のものであってほしい。また、抜本的解決はできないが、現状技術で改善する手段があるならば、ソリューションを提示できる研究部隊であって欲しい。

・ネットワーク利用技術に関する研究開発であり、単純な性能評価だけではなく、本技術を利用した経験に基づくフィードバック環境を整備することが重要である。研究開発目標にも設定されているが、フィードバックをどのように研究開発へ生かすかの具体的目標の提示があるとさらに良い成果につながると考えられる。研究成果の社会実装にもつながる重要な営みであり、成果展開へつながると考える。研究開発成果のテストベッド等を用いた、本研究開発成果の利用経験に基づくフィードバックの進め方について、明確化を期待する。

・益々増大する情報化社会において、大容量、多品種情報の柔軟化かつ低遅延・高効率な情報流通確保に関して、サービス品質保証技術や自律分散制御ネット

ワーキング技術において、AI の活用、エッジコンピューティング、新たな識別子をベースとした各自動化技術への取組や社会連携・実装推進は評価できる。

・元々の大前提ではあるが、ネットワークの低消費電力化や省エネルギー化へのスローガンがトーンダウンしていることが気になる。結果の指標にもなるので、便利さの指標だけで無く、消費電力や国土富裕化の指標も常に意識して、大きな目標として頂きたい。

・鍵となる中核技術については、国際標準化のみならず特許化すべきものがないか、検討しながら進めていくことも考えるとよいのではないか。

・「将来のネットワークインフラに求められる要求条件」として、6 項目が掲げられている。このうち、「6. 安全・信頼性」の要件は、「革新的ネットワーク技術」においても重要な要件であると考え。特にインフラの安全性は、国の研究所として（民間との対比において）重要な観点である。しかしながら、研究の目的や成果目標に、安全なネットワークに関する事項がほとんどない。ネットワークセントリック研究における制御自動化やエッジの研究開発はサイバーセキュリティの視点が必須であり、データセントリック NW 研究では、著作権やプライバシーを含むデータセキュリティが表裏一体である。

・2020 年までの目標（と成果）が、どのように「ネットワーク制御の完全自動化を 2030 年頃に目指す」と言う長期目標に対して接続するのかが曖昧なままとなっている。

・ICN/CCN に関して、「新たな NW アーキテクチャとして確立」を目標としていることは評価するが、どうなったら「確立」なのかの指標への落とし込みが十分にできていない。そのため成果のアピールが結果論的になっている。

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	アSEMBルメーカーの力が弱くなっているため、モノとして世の中に問い難いので、プロトコルの研究の科学的意義を出すのは難しい。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	今後のアプリケーションを効率的に実装できる先端的なアーキテクチャとその実装が示され発展性が確認された点を評価。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AI(ML)を適用した ARCA や IA-SFC は、注目の分野であり、5G NW に向け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。 ・概念的な研究になりがちな CCN 関係について、高品質リアルタイムストリーミングとかプライバシー保護ルーティングといった具体的なケースでメリットを表現していることは先導性から評価する。 ・論文先と技術の位置づけを考えると、ネットワークセントリックな研究では、スライス資源割り当て処理に関し、ユーザの資源要求棄却を 30%削減可能であるネットワーク資源分配自動調停技術(ARCA)のアルゴリズムを設計している。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。 ・また、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、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。

- ・ネットワーク自動構築技術に関しては、ARCA、IA-SFC に対する検討内容が対外的にわかりやすく、順調である。
- ・IA-SFC 提案に関しては早期達成が評価できる。
- ・高い IF の論文誌への採択、論文賞の受賞など多数実績があり、技術的な価値が認められている。
- ・NW 資源分散自動制御化やサービス機能チェーン化アルゴリズムの開発やエッジコンピューティングアーキテクチャの提案、新たな識別子情報流通プラットフォームの開発などの成果が、AI などの最新技術を用いて創出され、高レベルの国際会議で採択されたり標準化にも寄与していることは大いに評価に値する。
- ・資源割り当てにおける機械学習の活用フレームワークの確立、低遅延要求という近年のアプリケーションの重要な要求条件を考慮した2階層のアーキテクチャの考案実装を評価する。コンテンツ指向ネットワークの安定的なトランスポート機能、安全な配信、及び、モビリティを考慮したアーキテクチャ設計は、今後のネットワーク利用者の機能要件を満たし、かつ、性能を担保するアルゴリズムを考案した点を高く評価する。いずれの取組においても実行可能な評価環境を構築し動的な評価を行っている点を高く評価する。

（改善すべき点）

- ・成果に関する資料の範囲からは、特許出願に関するアピールが無い（出願数が記載されていない）。特許実施がゼロ件を併せると、特許出願が十分ではないことが想像される。特許は、独創性、革新性、先導性の1つの証であり、「革新的」を謳う分野としては大変重要な指標であると言える。また、特許の実施や開示は、産業界を先導し発展させる観点から、国研の出口戦略としてももっと重視されるべきである。
- ・AI を活用した研究は、現在においては必須かつ必然的である。一方、成果の多くは「効率化された」「良い答えが出た」的なものになりがちである。また ML 系では学習データの質と量への依存があり、本質的な意義や技術の発展性など普遍的な価値を成果として示しにくい。という前提の下、AI を応用する「革新的 NW 技術」の独創性や革新性が主張できていない。
- ・「IoT エッジコンピューティングアーキテクチャ」で、デバイスの論理スライスが含まれていないと思われる。IoT デバイスが非力と言う話ではなく、特にモバイル NW においては、M2M や Hop/Mesh を含め、何がデバイスで何が NW かの境界が無くなる点が重要な視点であると指摘したい。
- ・プロトコルの研究は、アプリケーションと合わせないとなかなか評価されにくい。それがなかなか見つからないため、今は論文ベースで基礎的課題解決に向かうのは理解できる。論文ベースでは良い成果が出ている。ただし、世に出るためにはキラーアプリが必要になる。

・一方では、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もある。また、FinTechのような経済活動がネットワーク上で行われるようになったため、潜在的に大きな問題も認識されるようになった。GDPRの問題、デジタル印紙税の問題、消費税の問題などが該当するが、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敷く必要があるのではないだろうか。

・ICN/CCNの技術の具体性が見えにくく、説明資料に主張ポイントを明記いただくほうが良いと思われる。

・競合他機関が多い分野でも有り、一層独自性をより活かした研究を目指して頂きたい。その際、ネットワーク自動化、柔軟化技術の評価指標も多面的であると考えられるが、低消費電力化やデジタルデバインド解消指数、耐災害対応指数などを定義して、国土富裕・保全化へ貢献する情報NW構築を目指して頂きたい。

・本研究開発で創出されたアルゴリズム、提案アーキテクチャを構成する要素機能を、統合した取組を検討していただきたい。もしくは、そのような検討が行われているのであれば、それを明示していただきたい。各機能がある条件で動作するのではなく、この研究開発で狙っている、動的な最適化に協働で対処できることが示されると、より、科学的意義が明確になると考えられる。本研究開発の成果を明確化する意味で、2階層アーキテクチャに、資源管理等の自動化技術とデータセントリックの機能を統合した形で、評価することは、それらの機能の得失をより実際に近い環境で評価でき、これからのネットワーク構築運用に大きく貢献すると考える。

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	ソフトウェアのオープン化、実証実験、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。ただし、さらに価値を高めるには、キラーアプリを出せないといけない。また、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ような大きな問題が山積している。このような新たに見つかった社会課題を解決する試みをして欲しい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	ネットワーク構成・制御の最適化の目的として社会基盤に求められる課題をターゲットに設定し進めている点を評価。

(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たアプローチは、将来の価値創造に繋がる。 ・IoT エッジコンピューティング基盤に関する研究は、社会的な要請と課題が明確であり評価できる。 <p>既存のインターネットが抱える社会的な課題を背景としているのが ICN/CCN 研究であり、その意味では評価できる。この社会課題をもっと具体的かつ明確に設定すれば、さらに良い研究となり得る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロトコルの研究は、最終的には標準化であるが、そこまでは存在意義を高める地道な作業が求められる。ネットワークセントリックな研究では、エッジコンピューティングのプラットフォーム層基本機能(PIQT、Java ベース P2P pub/sub ブローカー)のオープンソース化、ARCA を OpenStack 基盤に実装 (Red Hat Innovation Awards APAC 2017) とテストベッドによる検証、IA-SFC の富士通、アラクサラ、

NTT など 9 機関が参画した検証実験など実績を積んでいる。

- ・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ことが分る。大阪大学、パナソニックが実施中の受託研究(課題 19101: 未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発)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。

- ・ネットワーク自動構築、新たな情報流通基盤ともに、オープンソース公開、テストベッド構築、複数企業連携による検証実験を計画通りに進めている点が評価される。

- ・NW の研究はある意味社会的価値に直接的にリンクしており、IoT や 5G、高精細映像伝送、自動運転など社会的ニーズを意識し、さらに実証実験など社会実装を意識した取組は評価できる。

- ・オープン化しエッジでの処理を積極的に取り入れ、分散し不均一なネットワークを安定かつ安全に運用するアーキテクチャを提示している。さらに、スライス管理によるリソース調停により異なる指針で運用されるスライスネットワークをネットワークインフラ上で安定的に動作させる機能の実現に取り組んでいる。これらは、今後のネットワーク構築の重要な課題を解決する考案と実証を行っている」と評価する。

(改善すべき点)

- ・研究成果で社会的価値を創出するためには、価値ある研究結果を出すことに加え、具体的な価値創造につなげる活動が必要である。その一步は、研究成果を社会に知らしめることであり、論文や標準化と言った専門指向に加え、特に産業界との連携が必須なネットワーク分野では、報道発表も重要である。

「革新的 NW 技術」において、報道発表が実質的に無いことは、課題と言える。

- ・2020 年までの成果が、どのように「ネットワーク制御の完全自動化を 2030 年頃に目指す」と言う長期目標に対して繋がるのかが曖昧なままとなっている。2030 年頃に創出される社会的な価値にどのように本研究が寄与できるのかと言うバックキャストの視点からの分析とアピールが必要。

- ・ARCA や IA-SFC 的な分野は、実 NW の観点(e.g. 通信事業者視点)から第一義的に重要であるから、定常的な(連続的な)変化に対する制御が主に扱われ、評価されることが多い。一方、国研としては、国家レベルの激甚災害とか大規模サイバーテロと言ったカタストロフィックな状況下において、どのように仕組みが動くかと言ったような観点からの評価が、より大きな社会的価値の創出に繋がるのではないか。(例えば、資源制御機能(AI)の全断、制御線の一部断、AI ハッキング、ML への不適切データ投入、等の状況。)

・プロトコルの価値は、アプリケーション次第である。キラーアプリが何かよく考えるべき。また、ネットワークの品質の内容も複雑多岐のサービスを考えると昔の狭い定義を拡張する必要がある。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ような大きな問題がある。また、FinTech のような経済活動、GDPR の問題、デジタル印紙税の問題、消費税の問題などがコンテンツ流通に課された大きな問題となっている。その課題を今のテーマだけで解決できるのか、よく考えないといけないのではないだろうか。

・低消費電力化やデジタルデバイド解消指数、耐災害対応指数などを定義して、国土富裕・保全化への貢献する情報 NW 構築を目指して頂きたい。

・研究ターゲットの設定は十分だと思われる。社会は変化していくので、常に、研究課題の目的の社会的課題との整合性のアセスメントを行うことが必要と考える。特に、アプリケーションとネットワークインフラ層をつなぐ本研究では、ネットワークを活用する取組との整合性を取る必要がある。そのために、アプリケーションを創出していく活動との意見交換などの枠組みを作り、本研究開発のアセスメントを行う仕組みづくりを指向していただきたい。

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	社会実装を標準化の観点から評価するとSとなる。プロトコルの研究では多くの通信機器に実装され、サービスに組み込まれるまで、長期間の技術開発・実証実験が必要になる。今後の継続的研究開発を望みたい。この意味では、5G 時代のネットワークスライシングの実現に向け、富士通、アラクサラ、NTT など 9 機関が参画した SFC 基盤の検証と他社製品・試作品との相互接続性を確認したこと。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	社会実装へつながる様々なアクティビティを行っている点を高く評価。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際標準化を積極的に行った成果は高く評価する。 ・プラットフォーム Cefore をオープンソース化してコミュニティ拡大に努めたことは評価する。 ・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たことは、社会実装に向けた一歩として評価する。 ・IETF と及び IRTF で ICN やネットワーク管理分野の文書認定もしくは認定見込みのものが 6 件ほどあること、ITU-T にも、IoT-DS フレームワーク等で、ユースケースやフレームワーク等の勧告・勧告草案を提出し 3 件ほど承認されているなど、標準化活動レベルは研究グループの規模を考えると高いものがある。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、パナソニックが実施中の受託研究(課題 19101:未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発)での Cefore の活用等、他のプロジェクトでの研究成果の活用も考えている。KDDI、NEC、日立と共同で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」を受託し、将来展開も考えている。

- ・オープンソース公開、国際標準化の計画通りの進展が評価できる。
- ・国内外との共同研究、委託研究、共同実証実験、国際標準化、テストベッド実証実験、オープンソース公開、チュートリアルワークショップ開催など、研究成果の積極的な社会展開、社会実装の意欲に対して大きく評価する。
- ・研究成果をオープンソースとして公開、テストベッドで実行環境を提供し利用できる環境を提供している点、また、ハンズオンを行い研究開発成果の普及活動に努めている点を高く評価する。本研究開発が広く社会実装できるためのオープン化の基盤を国際標準化機関で行っていること、また、本研究開発成果をもとに IETF の SIG の活動につながっている点は、本研究開発が国際的に認められながら、社会実装につながる活動が国際的に展開されていることを評価する。また、委託研究等に展開できていることでも、本成果が広く活用できるものが示されていると評価する。

(改善すべき点)

- ・NICT や国が直接的に構築や運用を行うことがほぼ無いネットワーク分野においては、社会実装の出口(成果の手離れ)として、特許の実施は重要な要素である。特許実施が 0 件であることは、特許出願の少なさと併せ、研究の在り方と出口戦略として大きな課題であったと言える。(特許収入を獲得せよとの意味ではなく、知財実施は評価されて使われる成果のバロメーターであることを言っている。)
- ・オープンソース化の初期の目的は技術の発信・拡散であり、この段階では開発コードの DL 数が評価指標になる。次段階では、コミュニティが拡大し他者の寄与が増大することにより飛躍的に機能性能が改善され、あるいは全く異質なものと転換発展していく。この「手離れ」段階に至って社会実装として大きな成果がアピールできる。この次段階に向けて、他者の寄与数(コードの変化量)の様な指標も意識することが大事。
- ・ネットワーク構築制御自動化技術のアーキテクチャやアルゴリズムに関する論文の成果は高く評価する。しかし、その成果をどのようにして社会実装に繋げるかの取組は必ずしも明確ではない。テーマごとに異なるであろう社会実装に向けた「出口戦略」を明確に認識する必要がある。
- ・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の

研究成果は標準化後も運用システムに組み込むまで、長い年月がかかる。キャリアやメーカーと AI を適用したネットワーキング技術研究を始めたため、運用システムの開発をどうするのか業界内で議論を進めて欲しい。

・Cefore に関しては、P2P が WebRTC という形で Web ブラウザに組み込み、汎用的な使い方を指向する方法と、著作物の流通システムのような特定アプリと共に普及させるかどちらかがいいのではないか。ICN/CCN ルータを指向するのは技術のエナジーを考えるとなかなか難しいのが現状である。コンテンツの流通に関しては、多くの課題がそびえている。それらの課題を今のテーマだけで解決できるのか、よく吟味する時期に来ていると考える。

・海外を中心に競合機関が多いようなので、開発アルゴリズムの浸透やすり合わせなどのために、これら競合機関をも巻き込むような連携展開は如何であろうか。

・ハンズオンについては、継続的に進めていただきたい。新たなネットワークアーキテクチャとそれを活用する人材の育成も必要であり、今後の社会基盤を支える人的基盤づくりにもつなげていただきたい。

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	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、電磁波の利用に課題がある領域でのワイヤレス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	各技術については、それぞれ挑戦的であり、技術開発の意義は認められる。

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:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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におけるワイヤレス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。 ・当初設定された目標に対して技術開発がなされているという点では、成果として

認められる。ただし、次事項に記載した問題は、根本的問題であり、今後真剣に対応されることを期待する。

- ・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、研究開発の出口戦略に積極的な目標となっている点。
- ・モノ主体システムの実現に向けた各種課題と、今中長期の取組の関係を整理し、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。
- ・一般企業や個人が容易かつ十分に活用できるモノ主体システム実現のための制度、技術基準の策定を、公平な立場で推進していただくことに期待する。
- ・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。本分野の研究の評価（自己／外部）は、この2つの役割に関する寄与の観点の本筋であると言えます。個々の研究テーマの設定及び推進においても、この役割に合致しているか、必要十分かの自己検討が大事です。
- ・出口戦略で掲げた3項目は妥当で、個々の研究テーマ推進において意識すべきです。
- ・大規模災害想定テーマは、目的が明確である。

（改善すべき点）

- ・来年度は最終年度になるので、次の5か年計画における目的・目標に繋がるようなシーズになる研究成果を提示し、NICTにしかできない提言を期待する。電磁波利用上の課題（信頼性）を解決できるような基盤技術を確立できた場合に、どのように、実用化・産業化に結びつける技術移転を推進するのか、計画・戦略の立案をしっかりと行ってほしい。
- ・現在のような激動の状況において最も重要なのは、研究を前に進める根本的理念であり、それが現在の中長期計画の成果の根源をなすとともに、次期中長期計画の新たな方向性を引き出すものになるはずである。残念ながら現時点での研究の進め方には、研究開発全体構想の一部を研究しているように見え、中長期計画の根源をとなる理念が不十分であると思われる。
- ・国立研究開発法人においては、理念がなければ研究開発自体が国民に理解されないという点をしっかりと認識し、時と共主に変化しつつ進化する理念を、いつ、どのような場合においてもアピールできる能力を持てるようになることを求める。
- ・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ビジネス性に関しての検討が行われていないこと。ワイヤレスネットワークにおけるパラダイムシフトへの対応を目標に掲げているが、具体的な方向性が、現状、見えていないこと。未開発周波数帯であるテラヘルツ波を利用した研究開発を目標に掲げているが、現状、活動状況が不明なこと。

・中長期計画の完了に向けてまとめられてきた半面、目標の枠から突出するような試みや、次期中長期に向けた萌芽的な新たな試みが見え難いと感じる。

・自営マイクロセルの取組と、ローカル 5G 制度との関係を明確にしていきたい。国研の役割として自営マイクロセルの取組をローカル 5G 制度設計に反映させたのであれば大きな成果だが、むしろ逆のようである。

・「デジタルトランスフォーメーション(DTF)」とか「Cyber Physical Systems」等の方向性を意識することは妥当なことです。しかし、どちらかと言うとデータセントリックな世界の視点からのこれら用語とワイヤレス NW として掲げた 4 つの要素との間には概念のジャンプがある。DTF において、モバイル NW は重要なパーツであることは間違いありませんが、「電波知見を活用したデジタルトランスフォーメーション」が目指すものであるなら、DTF そのもののどんな課題を電波知見で解決しようとするのかが問われます。(NW セントリックな視点の 4 要素を否定しているではありません。)

・出口戦略としてもう 1 つ意識すべきは、「新たなニーズや社会価値の創出」です。研究の進捗の中で、新しいニーズや社会価値の芽を発見することや、ブレークスルーが必要な壁を見つけることが大事です。「〇〇性能達成」「〇〇技術実証」という研究成果と同等に、このような気付きは価値あるものです。そのような Forward Looking な意識からの研究活動のアピールが不足している。

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	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におけるワイヤレス通信技術の確立を目指して、電波伝搬特性の研究や通信システム技術に関するフロンティア分野の研究開発にも取り組む姿勢は評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	開発された技術それぞれについて、科学的意義は、十分であると判断される。

評価者 C

評点	A
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事項ですら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水伝搬の想定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。 ・STABLE は、今後の標準化やその発展性・有用性から評価する。ただし、組み入れたいくつかの技術は 5G 以前から使われているものであり、独創性や革新性を高く評価するものではない。 ・海中の電波伝搬実験やセンシング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。 ・海底下に埋設されている物体を電波によって検出する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は評価できる。また、地域ネットワーク高度化技術として、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。

- ・開発されたそれぞれの技術の科学的意義は、十分高いと判断される。
- ・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こと。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、及び、制御を失ったドローンの自立着陸機能を実装したこと。

（改善すべき点）

- ・資料には出願特許数の明記が無い。資料中には出願に関するいくつか記載があるが、出願が十分ではないように想像される。新規性と有用性のバロメーターとしても特許は重視する必要がある。
- ・地域 NW 高度化技術の自営網論理メッシュ化技術は、社会課題を意識した成果であると評価するが、科学的意義（独創性、革新性、・・・）の主張は違和感がある。メッシュ型インターネット VPN や VXLAN など既存技術でも課題は解決できるのではないかと。（当該技術を否定しているわけではありません。）
- ・（純水シースでアンテナ近傍を覆うと海水中でも淡水相当の伝搬損失になることを利用した）海水通信用アンテナ設計と試作を「科学的意義 S 成果」と自己評価しているが、この点に関して主要論文リストに記載がない。
- ・センシングは無線応用の重要分野であり、海中などニッチな領域だけでなく、より広範に研究テーマを求めてもよいのではないかと。AI や電波伝搬的ビッグデータとの組み合わせ、あるいは高周波数帯の活用など、様々なアプローチが考えられる。
- ・実用的に利活用できるための数値目標を示すことも必要だと思われる。
- ・国立研究開発法人においては、科学的意義が高ければ何をやってもよいのかというと、そうではなく、中長期計画の根幹をなす研究理念の下で、どの部分を自ら研究で実施し、どの部分を委託研究で広げ、さらにどの部分を共同研究で実現するのかという研究体制を明確化し、時々刻々変化する世界的技術展開に照らし合わせ、体制を柔軟に変化させていくことが必要と考えられる。
- ・現時点では、個別の技術レベルは高いものの、それら全体を見た時、そのような技術群によって何を主張したいのかが不明確である。
- ・NICT が先導できるであろうテラヘルツ波応用に関する研究開発状況が不明であること。

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、及び、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	開発した技術において、一定の社会的価値は認められる。

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"> ・社会的要請も高くまた喫緊の政策課題でもある Local 5G の制度化を意識して自営マイクロセルに関する研究を活かそうとしていることを評価する。 ・災害による通信途絶時を想定した各種技術をフィールドで実証しており、特に LPWA を活用した広域自営網に関する技術は、低コストで導入・運用に関するハードルが低いものと想定されるため、災害対策関連機関への普及に積極的に取り組んでいただきたい。 ・自営マイクロセルについて、自営側で認証を行い、公衆網にローミングするモデル、公衆網に自営側の認証をアウトソーシングし、公衆網側でアクセス制限を行う
--

モデル、それぞれで独自に認証・連携するモデルを検討し、実用化に資する技術規格や法制度策定への寄与と、産業への技術移転を進めていることは評価できる。また、工場の無線運用形態を追求する「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、先進国ドイツとの連携を行い、IEEE802.1 のサブ WG において、工場無線のホワイトペーパーを策定したことも評価できる。

・標準化も含めて、研究成果を社会的価値に高めようと努力している点は評価できる。

・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。

（改善すべき点）

・海中無線については、「科学的意義」で記したとおり、「海中では通じない」的な古い常識が書き換えられつつある。AUV 通信、海底資源探査、海底ロボットなど多くの応用により新たな社会的価値を生む可能性が高い。科学的意義や利活用を目指した技術研究と並行して、我が国の海洋利用に政策的に貢献する成果を目指して、Radio Regulation などの制度整備を主導するような活動を総務省との連携で行うことが国研の役割と考えます。

・NW 制御管理技術の目標『異なる無線アクセスが周波数共用し、設備管理者の意向を柔軟に満たした展開を可能とする』は適切です。一方、自営マイクロセルに関する研究が、旧来からの Private NW と Public NW の区分けをベースとしていて、Local 5G 議論で今後重要となる両者が周波数共用しながら混然一体となる方向を先導する内容になっていない。

・端末間連携によるエネルギー利用効率向上の研究は、現実的な状況での課題解決になるであろうか。公衆網直接アクセスとテザリング併用の比較であるが、端末群の関係が静的であるのはグループ行動のようなケースに限定される。公衆網とテザリングの切り替えは、サービスレベル低下だけでなく、一般的にはエネルギー消費にもつながる。動的な状況での効果評価が現実的に重要なのではないか。

・地球温暖化等の影響により、近年災害の発生パターンや発生頻度が大きく変化しているように思われる。実際に発生した災害と通信インフラへの被害、影響に関して最新の情報を収集し、新たな救済策や耐災害策の提言につなげていただきたい。無線センシングや衛星通信・センシングとの連携も欠かせないと思う。

・工場無線について実証実験や標準化を進めたことは分かったが、具体的にどのような適用効果が得られたのかが不明である。

- ・海底下埋設物センシングについて、金属埋設物の電波による検出可能性を示したことは、社会的価値があると思われるが、実用的に利活用できるための条件・数値目標などはあまり明確でない。また、自営マイクロセルと総務省が推進する Local 5G との関連性が明確でない。実用化へのシナリオの検討が必要。
- ・社会的価値を考えるうえでも、国立研究開発法人の立場での研究として社会的価値があるのかをしっかりと認識していただきたい。
- ・情報通信ネットワークは、5G の時代を迎えるにあたって、IEEE 系の無線アクセスと比較して、セルラネットワークの重要性が一層増していると判断される。NICT は、セルラ系の技術に関する技術レベルが不足している。セルラ系の技術分野においてどの部分で独自色を出し、社会実装も含めて開発するのかのビジョンが欲しい。
- ・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ビジネス性、及び、応用領域研究室の研究内容の更なる利用可能性のある団体とのニーズのすり合わせの方策に関する検討が望まれる。

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	大規模災害時に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組がなされている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	開発された多くの技術は、社会実装まで視野に入れており、よく対応されていると判断される。

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"> ・熊本地震被災地へ、通信環境の応急提供を迅速に行ったことは高く評価します。また、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、防災対策本部設置訓練、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高く評価します。 ・地球温暖化等の影響により、近年災害の発生パターンや発生頻度が大きく変化しているように思われる。実際に発生した災害と通信インフラへの被害、影響に関して最新の情報を収集し、新たな救済策や耐災害策の提言につなげていただきたい。無線センシングや衛星通信・センシングとの連携も欠かせないと考える。 ・工場無線について実証実験や標準化を進めたことは分かったが、具体的にどの

ような適用効果が得られたのかが不明である。

・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、分散自営網を立川広域防災拠点に構築・導入し、継続稼働中であることは評価できる。また、高速無線接続機能 (IEEE802.11ai) と分散 Radius 認証を組み込んだ無線デバイスドライバの開発し、従来比 40 倍以上の伝送量をフィールド実証し、これらの技術を搭載した車両が約 10km 離れた拠点間を移動することにより、常時接続が保たれない環境下で、高解像度写真データの情報を送ることに成功したことも評価できる。

・社会実装が必要な分野において、社会実装に進んでいるという意味では評価できる。

・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。

(改善すべき点)

・常時接続でない蓄積型メッセージシステムは、公衆網が途絶するような災害時システムとして重要な課題を扱っており、1 つのキーとなる認証系を含めて実証していることを評価します。一方、この種の「通常時はほとんど使われることのないシステム」は、設備配備を行っても、「災害時に使いこなせないシステム」になる可能性がある。防災訓練での体験実施等に加え、通常時にも使える・使いたくなるシステムにするそもそもの工夫も社会実装に向けて重要な視点である。(NerveNet の平常時利用と相似)

・大規模メッシュ構築技術や高信頼メッシュ網に関する成果が広く社会実装されていくためには、NW 技術そのものに加え、アーキテクチャとしての原理的安定性や信頼性、環境変化に伴うシステム性能変化、など大規模なメッシュやホップ型特有の課題を十分検討しておく必要がある。一部ノードの障害や異常動作が NW システム全体の動作や性能にどう波及するかなど。

・民間企業への円滑な技術移転のためには、特許等により知財権が保護されていることも重要である。特許出願、取得数とライセンス数、標準必須特許数等を一覧して「主要論文等一覧」で報告していただくのが良いと思われる。

・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。

・社会実装については、なんでも社会実装すればよいというものではない。社会実装すべきタイミングをよく考え、社会実装する価値があるか否かを判断したうえで社会実装に進むべきと考えられる。先端的技術の場合、社会実装すべきではないタイミングと判断されれば、社会実装に進むべきではないと判断する必要がある。

・社会実装については、できるだけ社会実装すべきという声も多いと予想される

が、自らなぜいま社会実装するのか、あるいはなぜ今は社会実装に進まないのかを明確に答えられる能力が欲しい。

・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。本ビジネスは日本国内全土をカバーするバックボーンを準備し、ローカル 5G 等と協調、連携するとのシナリオとなっているが、ニッチサービスであり、社会実装に関連して収益性等を検討する必要があるように感じる。

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	空間分割多重技術の限界への挑戦と、実用化を意識した両面での取組、伝送技術とネットワーク技術の先導的な成果、耐災害性の高いネットワークの重要性に対する見識は極めて高く評価できる。ただし、目標実現の過程で得られた知見を実現のための限界論や現実的なシステムのあるべき姿にまとめていくことも必要と考え、S 評価からの差分とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独自技術のマルチモード、マルチコアファイバを用いたペタビット級超大容量伝送や光スイッチング技術、耐災害光ネットワーク技術の開発など高い目標設定は評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光ファイバ通信の大容量化、高機能ネットワーク実現に向けた空間分割多重技術の取組、中核的デバイス開発を先導的に推進している点が評価できる。容量としての毎秒ペタビット、1 入力端子あたり毎秒テラビットのオーダーは、世界的な研究開発の流れに載っている。 ・耐災害性の高いネットワーク技術の重要性が増している中、具体的なネットワーク・デバイス技術の開発に着手している点が評価される。 ・社会的ニーズを現在のギャップを考慮して、これまでに先導的に提案してきたマルチコア、マルチモードファイバを中心とした大容量伝送の達成、さらにそれに伴いノードにおける大容量光スイッチングの実現、そして社会的使命としての耐災害ネットワークの構築という明確な目的と数値を含めた具体的な目標、そしてそれぞれの実用化を目指す姿勢は挑戦的であり、大いに評価に値する。
--

・通信容量の拡大は社会基盤の拡充の重要な課題である。抜本的な容量増大に向けた課題設定、また、伝送容量を上げるだけでなく、ネットワークとして接続を制御する能力が容量に追従するよう検討する課題設定は妥当である。特に、これらのハードウェア実装、さらに、テストベッドに展開することで、社会実装への確実な展開を目標にしている点は評価できる。また、構築することだけでなく、災害時への対処を研究テーマとして取り込み、社会基盤を持続的に運用することを目的としている点についても高く評価できる。

・研究の論文、特許等の成果は着実に出ています。1 入力端子当たり 1Pbps(ペタビット/秒)級の交換ノードを有する超大容量マルチコアネットワークシステム技術、共通ハードウェアの再構成や共用化により、異なる通信速度・通信方式・データプロトコル処理を提供する光スイッチトランスポートノード基盤技術(光統合ネットワーク技術)、通信網を支える光ネットワークの耐災害性向上に資する研究開発(災害に強い光ネットワーク技術)に関して、的確な目標設定の下、順調な進捗をしていると感じた。

・昨年度、成果展開で問題になったところも、キャリアとの実証実験、メーカへの技術展開などで改善がみられる。NICT を中心にネットワークの基礎、応用、商用の技術展開をキャリアやメーカと企画できる雰囲気のようなものを今回は感じた。コンソーシアムなどで、キャリアやメーカの研究者と、日本全体のネットワーク機器の研究開発、その運用現場への導入に関して、突っ込んだ議論につなげて欲しい。

・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。

・出口戦略をきちんと意識していること。

(改善すべき点)

・耐災害性の高さへの要求が、年々厳しくなっていることが実例を見ても感じられる。これまでの想定が通用しないケースへの想像力のアップデートが期待される。

・息の長いテーマもあるが、後 1 年の中長期計画であり、一定の成果を創出するために、それぞれの成果創出もであるが、各テーマを統合した総合的成果の創出目標の設定を期待したい。それにより次期中長期計画への足がかりになると考えられる。

・ネットワークを実際に構築するためには今回のテーマを統合して社会実装することとなる。今回のテーマ設定であれば、耐災害性、災害時の修復機能を考慮したマルチコア、マルチモード、ならびに、光レイヤでのスイッチ機能の検討に加え、それらに対災害の実証課題として、本研究開発課題に加えることも、今中長期での取組を社会実装につなげていくうえで重要と考える。

・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。コヒーレント通信が出てきたため、物理層も処理遅延が大きくなりつつある。日本国内を自動運転車等が走り、そのモニタを行う場合、どの程度の遅延が出るのかスクラッチから技術の評価すると、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研究を進められると考えられる。物理限界を踏まえたロードマップを作り、どこまで迫っているのか見える化して欲しい。

・30 年度評価において、『研究の起点となるべき社会的課題や政策的課題が必ずしも明確でなく、多くは技術課題や技術的要求条件として表現されている。そのため、「社会的価値」の自己評価のよりどころが技術的課題となってしまう、「社会的価値の創出」が分析・主張できていない。』旨をコメントした。これに対して SDGs というキーワードで概括的な考え方での対応が示されている。研究分野ごとに起点とする課題は異なっているはずであり、各技術課題の前にどんな社会的価値を生もうとしているのかを個々に明確に意識する必要がある。

・空間スーパーモードについては、素晴らしい成果である 10 ペタ達成で目標を失ったようにも見える。「大幅な増大の見通しが無い」とするのではなく、その先の壁が何なのか、何がブレークスルーとなり得るのか、といった観点から分析し立案に結び付ける方が Forward Looking と言える。

・出口戦略の第 3 項「新たなニーズや社会価値の創出」は国研として重要なポイントである。研究の進捗の中で、どんな新しいニーズの芽が見えてきたのか、どんな新しい社会価値に結実しそうか、といった Forward Looking な「気付き」は「〇〇性能達成」といった研究成果と同等に重要であるが、そのような観点でのアピールに結び付いていない。

・表現上の問題とも言えるが、「…着手する」「…推進する」「…試作する」「…設計する」「…開発する」など「計画のアクション」に関する表記が多く、「目標」が記載されていない。着手することや推進することは目標ではない。

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	科学的な意義としては、空間分割多重技術の実現可能性や性能へのインパクトを与える物理的な要因を解析・実験両面からアプローチできる、世界で数少ない研究機関であり、その立場で期待される成果を十分に上げ続けている。その観点から、きわめて高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	マルチモード、マルチコアファイバを用いたペタビット級大容量伝送には低クロストークや一括光増幅、モード分離など高いハードルの技術の克服を前提としており、その学術性は高く評価できる。その意義は発表論文の被引用件数が物語っている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・10 ペタ bps 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に関する点も素晴らしいです。 ・それら多くの先導的な成果が学術論文としても高く評価されていること。また、被引用数も相当数に上ること。 ・超長距離伝送とクロストークの評価のような様々な研究の基礎となる調査・評価は、国研にふさわしい成果。 ・主要な国際学会や論文誌による評価が高い研究成果を特に②の「空間スーパーモード伝送基盤技術の確立」を中心に出している。特に、既存光ファイバとほぼ同じサイズの 4 コア・3 モードファイバを用いて 1.2 ペタ bps 伝送を達成したこと、光ファイバあたり 228 空間チャンネル伝送、83.3 テラ bps の 7 コア多重超高速並列光スイッチング、大規模・低損失光スイッチノードによる 1 ペタビット級の光パススイッチングは、科学技術的に大きな進歩と考える。
--

・マルチコア、マルチモードでの大容量伝送、大容量スイッチング技術を世界の先頭を引っ張り続けている点がきわめて高く評価される。

・マルチコア・マルチモードファイバに関しては、委託研究とも連携して、コア数では最大 39 コア x3 モード、伝送容量では 19 コア x6 モード x739 波 x144Gb/s による 10.16PB/s 伝送など世界最高及びほぼ世界最高などの大容量伝送の実現はクロストーク解析、周辺技術の開発、早期実用を目指した標準外径 4 コアマルチコアファイバの開発、またこれら大容量信号を効率的ノード処理する EAM 等を用いた統合ネットワーク技術、災害時監視テレメトリなどで学術的に高い成果を創出し、トップレベルの国際会議でも高い評価を得ている。

・光通信の大容量化へチャレンジし、1T ビット級の容量伝送の可能性を示した点、さらに、大容量のトラフィックを高速にハンドリングできる機能を実証した点を評価する。伝送路に用いるマルチモードファイバの実装に向けて従来と同じサイズで実装できることを示した点は、社会実装に向けて重要な進展と評価する。災害時の検討についても、大規模災害の経験から、残存したリソースを活用し早期復旧につながる研究開発を行っている点を評価する。

（改善すべき点）

・委託研究や共同研究を通じて大きな成果をあげていることは、国研の立ち位置・役割として適切であり評価するものです。一方、この場合の科学的意義の評価においては、「独創性」等の源泉が誰にあるかは重要な判断になります。論文においては質や数ではなく第一著者、特許においては出願数や実施数ではなく筆頭発明者が重要です。

・MIMO 処理とデジタル非線形補償について、標準外径ファイバを対象とするため比較的早期の社会実装を意識したアプローチを取っているものと思われる。どの程度の複雑な処理が適切なのかは、将来の DSP 能力に依存して変わる。近い将来、格段に複雑な処理・大規模処理の方向になることはモバイル技術を見ても明らかなので、先導性が重要な国研としてはもう少し目線の長いアプローチを取っても良いのではないかと。

・異なる通信速度・通信方式・データプロトコル処理を提供する光スイッチトランスポートノード基盤技術、災害後の暫定光ネットワーク構築に必要な基盤技術に関しては、現時点では、論文レベルで大きな成果が出ていないように見える。実験の準備段階を示唆する記述であるので、最終年度に期待したい。

・大容量伝送が大きな目標であるが、マルチコアならコア数、マルチモード数、ファイバ径、偏光、波長多重数、伝送距離など多くのパラメータがあり、適応先（伝送距離、データセンタ、HPC など）に応じた選択肢の考え方を整理することが必要な段階に来ているとも考えられる。さもないと研究が発散し、勝ち取るべき適用で後手に回ることも危惧される。光スイッチングも、まずは実証の感があるが、実用をにらんだデバイスの集中化も期待したい。耐災害ネットワークは研究としては地味

であるが、先般の台風被害などに対する国土保全の意味では重要であり、無線と効率的に連携した光ネットワークなどの検討も期待したい。

・本研究開発で進めてきている技術が社会基盤に実装されるまでには、さらなる研究開発や信頼性等の実証実験による評価が必要と考えられる。この研究開発の知見を、現状のシステムの改善や、導入の容易な領域への適用についての検討を行い、研究開発技術をうまく切り出して既存の技術に応用することも検討課題の目標とすることで、本成果の意義が広く理解され则认为。

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	空間分割多重技術の大容量伝送・スイッチングネットワークの効果を示している。また耐災害性の高いネットワークの重要性と実現手段についての検討を通して社会に示している点が、高く評価できる。一方、実現すべき方向性と具体的な技術についての明確な議論はまだ時間が必要であり、その継続的な取組が必要との認識から、A評価とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	10Pb/s 光ファイバ伝送やテレビット級光スイッチングを達成したように、超大容量伝送のニーズに対する技術的課題を着実に乗り越えている点は高い評価に値する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ペタビット級マルチコアファイバネットワークにおいては、大容量光スイッチングノードを含め多くの構成で、様々な運用方法を想定した実証を行ったことは評価する。 ・国内外の技術の底上げ、技術者の不足などの大きな課題に向け、技術研修生の受け入れなどの活動を評価する。他の方法論も含め更なる課題解決への寄与が国研として重要。 ・災害時を想定したネットワークの強靱化は、社会的要請と課題が明確であること。キャリアとの連携を図っている点も評価する。 ・IoT や 5G、高精細映像伝送などを見据え、大容量トラヒックの効率的な収容を可能にする光ネットワーク技術として、以下の成果を評価したい。2030 年頃というビジョンを持って、10.16 ペタ bps の大容量伝送実験に成功したこと、早期実用を考え、標準光ファイバと同等のクラッド径(標準外径)の 4 コアファイバで既存のシングルモードファイバの容量限界を超える 596 テラ bps の伝送を実証したこと、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 級インターフェース・パ
--

ケットオプティカルノードの開発に成功見込みを得ていること。

・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。

・マルチコア、マルチモードファイバによる大容量化技術の必要性と実用化可能性を世界に示し続けている点が高く評価できる。

・光パスのマイクロ秒オーダーでの変動抑制の可能性により、光ネットワークの活用方法に新たな知見を与える可能性がある。

・災害時の情報収集機能について実証していくことで、社会の安心度を高めることに貢献できる。

・衰えることの無い情報通信の需要向上に対応するための大容量光ネットワークや低消費電力高効率ノード制御技術、耐災害ネットワークは、全て大きな社会的ニーズがあり、これらに応えるべく先端技術や実用をにらんだ技術開発が積極的に行われ、高レベルの国際会議や論文、国際・国内連携、委託研究等により広く社会アピールしている点が評価できる。

・ネットワークの実装は、光技術を基盤としたハードウェアと様々なアプリケーション構築を容易にする仮想化、分散処理のソフトウェアとなってきた。本研究開発の取組は、ネットワークのハードウェア基盤の能力を進化させるものであり、その成果が社会にもたらす効果は非常に大きい。従来よりこの分野での日本の研究開発は世界のトップクラスであり、引き続き世界を牽引する成果を上げている点は大きく評価できる。

（改善すべき点）

・災害時を想定したネットワークの強靭化は、対象が主にキャリア NW であるため、機構の研究はややもすると想像上の NW を対象とした技術的着眼点にのみ立脚しがちである。例えば、社会的価値が大きいキャリア間連携制御は、技術的な研究成果だけで進むとは考えにくく、制度的課題を克服できる技術の裏打ちが伴う必要がある。

・災害時に伝送装置や伝送路の障害ではなく、AI/ML 機能を含む管理機能及び制御管理網が障害となるケースは、網全体の機能停止や異常動作などより深刻な事態に至る可能性が高く、集中型制御機能の本質的課題と言える。キャリア NW を実装対象としながらフォールトトレラントな観点が欠けていると思われる。

・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。通信キャリアの研修施設における約 4 ヶ月の運用/環境試験から得たコメントをフィードバックしてプロトタイプを開発しているので、もう一度キャリアに使用させて、低消費電力性、利得/出力/NF 特性を評価して欲しい。

・高く評価すると同時に、どの方向に進んでいくべきかについて、もう少し検討の時間を要する印象がある。急ぐ必要はないので、関係者間の議論を重ねられることを期待したい。

・広いテーマに取り組み大きな成果を挙げているが、先端データ狙いのため、適用先が明確で無いため今後の社会的位置づけがやや漠然としている感がある。それらのある程度早期に明確にしていかなないと、海外などに実用化で後塵を拝する可能性も考えられる。その点で今後の社会実装をにらんだ場合のパートナーの選定が重要と考えられる。

・日本の技術力を開発、製品化といった社会実装につなげる力を向上させる活動も必要である。本研究開発成果をどのように実業へつないでいくかという視点での活動として、技術を普及、発展するコミュニティを形成するような活動も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	A
評点付けの理由	空間分割多重技術の社会実装を意識したファイバの検討が進んでおり、また災害に強いネットワーク技術に関して委託研究に発展している点は、高く評価できる。さらに検討を重ねることで、実用化に結びついていく過程が必要なので、その点を考えてA評価とした。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	社会実装については、研究発表の点では大いに評価できるが、実用化の点で、標準化やデファクト化、どのような企業・機関がどのようなシナリオで推進するのかなどの出口論を期待したい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・スイッチや増幅器をはじめ、システム上重要な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あるので、産業界との連携や成果のアピールをさらに進め、効果的「手離れ」させることを期待します。 ・令和2年以降に関して、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ス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、心強い。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ラと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。 ・委託研究成果のマルチコアファイバに関しても、イタリア・ラクイラ市に実環境テ

ストベッドを敷設し、ラク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、意欲的である。国際シンポジウムも正攻法であるがよい施策と考える。

- ・他研究機関との技術的な優劣についても情報収集をかなり充実させている。
- ・特許化を中心に出願実績があり、一部ライセンス化も達成。
- ・キャリア間連携による相互接続実験の実証、海外でのテストベッド構築に貢献している。
- ・耐災害ネットワーク技術に関して委託研究に結び付けている。
- ・ペタビット級光ファイバネットワークなど線表通りの成果創出、これら成果はレベルの高い国際会議や論文での発表や研究成果の社会発信は問題なくされている。同時に、実用化を想定した社会実装の点では、関連した委託研究受託企業が大きな役割を担うことと考えられ、これまでマルチコア・マルチモードファイバでは光ファイバ関連企業や通信企業などへの技術移転が実質的に進められて、特に標準コアマルチコアファイバの早期展開を期待したい。実用化に向けて産学連携を促進するとのことで、今後の進展を期待したい。
- ・本研究開発の成果を展開するには、マルチモードファイバに代表される新たなインフラ構築を進める必要がある。マルチモードファイバを実際に敷設しテストベッドを構築し実証実験を進めている点を高く評価する。災害に強いネットワークでは、異なるキャリア間とのトライアルを行い、実利用を想定した実証の取組を行っている点も高く評価できる。

（改善すべき点）

- ・マルチコア・マルチモード系（以下「太いファイバ」）の研究は、入れ込めるだけの技術を投入して極限の伝送能力を追求する研究として割り切れることもできる。一方標準径に近いファイバ（以下「細いファイバ」）システムの研究開発の意義は、社会実装に繋がりやすく社会的な価値を訴求できる点にある。細いファイバの技術評価においては、伝送性能の優劣・改善は太いファイバにおけるそれに比べ相対的には低く、社会実装上の観点からの優劣・改善という要素がより大きくなることを意味している。すなわち、ケーブル化や敷設設計（曲がり等）や施工条件（融着、張力等）など静的な伝送性能とは異なる観点からの研究目標であり評価指標である。性能比較の視点に捕らわられているきらいを感じる。
- ・この中長期計画中に発生した各種の災害で現実起きた事象、新たな課題の気付きはどうだったのか。これらを踏まえて研究計画や実施内容をダイナミックに追加変更できたのだろうか。「④災害に強い・・・」は社会課題に直結しているので、研究にもダイナミズムが必要と考える。
- ・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、市場導入時期を明確にした方が、良いのではないか。また、将来のキャリア間連携による光パスネットワークの相互接続に向けた課題等を明確にして欲

しい。

・本技術の実用化へは具体的な検討が必要であり、その過程でさらなる知見が得られることを期待したい。

・社会実装に向けて産学連携を促進するとのことであるが、その具体的展開がやや見えにくい。委託研究受託機関・企業などが実用化に向けての連携対象であれば、その明示化を期待したい。マルチコアファイバによるペタビット級光ネットワークは実用化に向けて進んでいるが、光統合ネットワークや耐災害光ネットワークについては、プロトタイプの実証やパートナー機関の選定を期待したい。

・マルチモードファイバについては、長距離系のみならず短距離での応用が社会実装として展開が開始しやすい用途と考える。これに向けて、企業系、データセンタ系での用途などの実証を行うことを視野に入れた検討を期待する。耐災害については実証された内容等を広く公開していくことで、関係機関で共通的な基盤や対応方針が整備され、災害時対応の準備が進むと思われる。社会実装の加速に向けて、標準化、また、De facto 化への取組を期待したい。

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	現状の世界的な方向性に沿って、先導的な成果を出していることは高く評価できる。またフィールド実験を国内外で積極的に実施している点も、きわめて高く評価したい。ただし戦略としてはアクセス領域は今後ますます重要になると思われるため、その点の方向性を示すことも重要との認識から、A判定とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	パラレルフォトニクスや 100G アクセス系などの明確な目的設定のもと、独自の量子ドットや PD アレイ、ヘテロ集積技術などの光基礎技術を提示し、光ファイバ無線などに関してシステム応用、他機関連携が積極的に進められたため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5G の実用化を受けて、高速モバイル技術と応用がますます進展する状況において、光アクセスネットワークとモバイル技術の融合を念頭に、研究開発を進めている点が高く評価できる。 ・アクセスにおける毎秒 100 ギガビットの数値も世界的に研究開発ターゲットとなっており、ずれなく対応できている。 ・今後光通信のみならずセンサーや光信号処理などで光デバイスの多機能かつ小型化が求められる中でのパラレルフォトニクスという概念や、さらに光ネットワークへの光デバイスからの対応のための 100G アクセス技術の概念など光デバイスとそれらの応用の光デバイス基盤技術の観点から横糸、縦糸の如く統合的に提唱した点は大いに評価出来る。
--

・去年までと比較すると、目的・目標と実際の研究内容のギャップはかなり改善された。超高速・極低消費電力の光アクセスネットワーク、超高速移動無線ネットワークに向けた遅延最適化、光・無線両用アクセス技術等、達成された技術そのものや実証実験に関しては非常に高い達成レベルになる。

5G の展開も始まり無線ネットワークのバックホール・フロントホールでの光アクセス技術による高速、低遅延の優先ネットワークの提供は大いに期待されている。無線を活用したアプリケーションが主流となってきた現在、無線ネットワークとクラウド等のアプリケーション基盤をつなぐ技術は、今後も重要なインフラになる。その意味で、本研究開発で目標としている、光アクセス技術の広帯域化、低遅延化、従来とは異なる伝送方式への応用は、社会インフラの発展のために重要な目標を設定しており、本研究開発課題設定は適切である。

・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。

・下位レイヤと上位レイヤに分けて記載するなど、出口戦略を持って研究に臨んでいること。

（改善すべき点）

・国際標準の獲得は意識して取り組まれているが、特許戦略について明確でないように思われる。実際には特許への取組も進められているので、どのような技術については特許化し、どのような技術を国際標準化していくのか、の戦略が重要である。アクセス技術としては無線・有線両方の技術が混在しており、かつユーザの利用シーンやアプリケーションに最も近い領域でもあるので、戦略的にどの技術を握り、どの技術を公開すべきか、についてよく検討いただけるといいと思われる。

・目的・目標に関する改善点という意味では、光デバイスを基盤とした応用は多岐に渡っており、パラレルフォトニクスでは量子ドットやPDアレイ、ヘテロ集積素子技術などをベースとしたテーマ、100G アクセス技術では光無線応用として高速鉄道、空港異物検知、その他のテーマとしては、例えば NICT が以前から提唱している光スイッチングによるネットワーク効率化・柔軟化や全光信号処理、量子通信関係などの将来指向的なテーマなど光デバイスの持つ波及性の展開の点では大いに評価出来るが、適宜重みを付けての取組、共同研究、委託研究の一層の有効な活用による一層の成果創出を期待したい。

・「安定的な電波環境下のエンドユーザに対する 100Gbps 級のデータ伝送及び高速移動体に対する 10Gbps 級のデータ伝送を可能とするため、光や高周波等の伝送媒体に制限されない光アクセスネットワークを実現する技術「パラレルフォトニクス」の研究開発」の目標は科学技術的には妥当と考えるが、今のモバイル・サービスの現状を考えると、アプリケーションが非常に限定されてしまっている。当該開発技術により、より広いアプリケーションが見えるような研究目標にした方が良

いと考える。

・5G の実用化も始まっており、社会実装に貢献できる機能の早期の切り出しについての取組も必要と考える。また、Beyond 5G として、ここで示された広帯域センシングだけではなく、無線アクセスと Cloud/Edge Computing などの新たなリソース提供形態へ向けた最適化もテーマの中で検討する必要があると考える。

・超高速移動通信 NW 構成技術として、「遅延最適化」を掲げている。数値目標が無いこともあり、どの部分の遅延なのか、何のサービスへの最適化なのか、そもそも最適とは何かなど曖昧な内容となっている。（この目標に対する具体的な成果が見えない）

・「光と電波を効率的に融合し、高密度高精度な ICT ハードウェア技術」という目標においては、何の効率をいくつにするのかや、高密度の数値目標を研究のターゲットとして先に設定すべきです。

・GPON 比 100 倍という目標数値があるが、2015 年には NG-PON2 の標準が確定しているので、例えば、「NG-PON2 対比で 10 倍」と言った表現が妥当ではないか。

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	科学的意義としては、100G 級の光アクセス技術の成果、特に 2 次元 PD アレイを用いた大容量化・位相再生技術などの独創的なものがみられ、高く評価できる。高速鉄道での実証実験の実現も極めて高い評価が得られると考えられる。一方、無線と光の境界部分のデバイス技術、ネットワーク全体の制御関係の取組にはさまざまな取組が必要であり、その点についてはリソースの限度もあると思うが、どのようにアプローチすべきかは少なくとも検討を期待したい。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独自の量子ドットやヘテロジニアス光集積技術による光周波数可変光源や高速 PD アレイによる光ファイバ無線大容量システムなど光基礎技術として学術的に高い評価の成果を創出したため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <ul style="list-style-type: none"> 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 ・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。 ・トップカンファレンス等の国内・国際会議や論文誌等に多数論文が掲載されている。特に、以下が象徴的。ヘテロジニアス技術を駆使した広帯域波長可変量子ドット光源で、目標値 0.027cc*より 1/10 以下の超小型化(0.002cc)に成功
--

(OFC2017 招待論文)、マルチコアファイバ直結二次元高速 PD アレイモジュールによる世界初の 400Gbps 級大容量リンク達成、世界に先駆け開発した二次元アレイ受光デバイスによるマルチコア直接接合による 800Gbps 伝送に世界初成功・空間 WDM・100Gbps (50GHz 帯域伝送) 受信に成功、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。

- ・2次元 PD アレイを用いた大容量化とともに、位相再生技術への展開に独創性がある。

- ・高速鉄道での高速モバイルハンドオーバー実証は、高い技術力を示している。

- ・昨今高性能性が評価されてきた量子ドットレーザについて、独創的なレーザを提案し、ヘテロジニアス集積技術も駆使して光無線用光源や広帯域光増幅器に適用したことや、高速 PD 及びそのアレイ集積受信素子を用いた 19 コアマルチコアファイバによる 800Gb/s の大容量受信、ミリ波・テラ波信号発生、さらに光ファイバ無線による高速鉄道 20Gb/s 信号配信の実現など、どれもデバイスのシーズ面からのシステム応用に展開した一連の成果が学術的にも大いに評価に値する。また、光ファイバ無線のアクセス応用、空港異物検査応用などへの展開も評価に値する。

- ・アクセス装置は数量が多いこと、また、設置場所の制限や、動作環境が厳しいことから、小型化、環境条件が厳しい場所での動作が安定化できることが必要である。本研究開発で取り組んでいる、高温での安定なレーザ動作、冷却なしでの多波長発生器の取組は、可能性を示した意義のあるマイルストーンであると考えられる。また、基地局等への電力伝送の取組は、多数の基地局を展開する場合のボトルネックである電力供給手段として活用可能である。また、無線技術との融合でミリ波帯の伝送方式のトライアルは、今後のアクセス基盤の進展の可能性を示す成果と評価できる。

(改善すべき点)

- ・ミリ波帯による MIMO 伝送技術は、モバイルシステムを目標にしているものと理解する。商用 4G でも一般化しつつある 4×4 や 5G で重要となる Massive MIMO に向けて、この 2×2 で実証した技術の延長線の研究開発で良いのか、ブレークスルーが必要なのかと言った発展性の観点での分析・評価が重要です。

- ・このテーマだけ、耐災害性のキーワードが欠けている。ネットワーク系の研究を総合的に考える場合、全分野に一貫する共通課題と個別課題があると思うが、耐災害性は前者ではないか。光・無線両用をテーマとしているので、その切り口はあるため、おしいと感じた。

- ・無線と光をシームレスに結ぶ光デバイスに対しては、まだいろいろな機能が想定しうるので、まだ技術的に出尽くしていないと思っている。低遅延性を意識した場合一つをとっても、エンドーエンド間のネットワーク全体の中での遅延を考えなけ

ればいけないので、全体で検討した結果として目的が達成されるような新規のデバイスを検討し続けていくことは重要に思われる。その点はぜひ今後も考えていて欲しい。

・デバイスの点からは、要素として量子ドットや PD アレイは高いレベルを創出しているが、集積化に関してはヘテロジニアス集積技術が真に生き残る技術か不透明であり、今後効果的な高機能集積化技術の検討を期待したい。他方、デバイス応用の点からは、一層の量子レーザ・光増幅器の特性向上を引き出し、光無線の特性向上に加えて、次期中長期計画に繋がる新たな学術面の意義向上や応用面の新たな展開を期待したい。成果発表は、対外アピール効果は高レベルな国際会議は有効と考えられ、積極的な発表は評価に値するが、光デバイス基礎部分などについては、学術論文への一層の発表も期待したい。

・マルチモードファイバについては、フォトニックネットワーク基盤技術の取組における成果との関連について明示していただきたい。二つの適用領域の中で、共有できる部分、差異がある部分をクリアにして効率的な研究開発を進めていただきたい。本研究開発課題の基礎的な技術としてはアナログ技術の活用だと考える。アナログ技術は経験則的な側面が強いが、そういったノウハウを整理し蓄積することを検討していただきたい。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	社会的価値という観点では、一定の成果を上げている実証実験を中心に高く評価できる部分と、社会の情勢の変化に対応して変えていかなければいけない部分との対応がもっと欲しい点の両面があり、A判定とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独自の量子ドットやヘテロジニアス光集積技術による高機能光源や高速 PD アレイによる光ファイバ無線大容量システムなど社会的に高い評価の成果を創出したため。

(2) コメント評価:

<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光無線とミリ波無線ハイブリッド空間伝送は、技術的な成果としては評価するが、「高速大容量」と「ダイバーシチ」の観点にしか立脚していないため、解決しようとしている社会課題が明確ではなく、そのためどう社会的価値が創出できるのか、なぜこの技術が課題解決に向けた素晴らしい技術なのかのアピールができていない。 ・100G アクセス及び融合 NW において、社会的要請が明確な低消費電力を目標に掲げているが、目標及び成果に明確な数値指標が無い。デバイス等の電力を主張するのか、システムアーキテクチャとしての低電力を論じるのか、試作品ベース/原理ベースのどちらを目標にするのか、などなど立ち位置によって研究のターゲットとアプローチは異なってくる。 ・波長多重信号の空間光伝送は、PD アレイの応用実証として技術的な価値は認めるが、空間光伝送を高密度にすることによってどんな社会的な価値が創出でき

るかが不明確。空間光伝送は、例えば、縦走りファイバ敷設が困難なマンハッタンの古い高層ビルなどで 1 つの課題解決策として使用されている。さらにどんな課題に対して光伝送の高密度が解決策になるのかと言った考察が必要。広帯域大容量だけが課題解決のキーなのであろうか。

・「降雨等の環境の変化に対しても無線区間の安定した通信を実現することが求められるため、90GHz ミリ波無線による 50Gbaud 伝送路と、光無線による 100Gbps 伝送路をハイブリッドに利用する新技術の提案・原理実証に成功」とある。ミリ波や光は天候に左右されると批判されることが多いので、稼働率を評価指標とした検証が必要ではないか。そのためにはどこで使うのかを明記したほうがいい。たとえば、中東のような半砂漠地帯で使うシステムと考えると、砂が動くのでファイバ敷設より無線の方が利があるところもあるかもしれない。その種の検討が必要であらう。

・モバイルの高速化と光アクセスネットワークをフロントホールに据える考え方が今後も検討の中心になると予想され、関連する取組は十分になされていると評価している。一方で、利用シーンとの具体的な関連性を見てみると、レーダ監視、高速鉄道が目立ってはいるが、自動運転や生活空間での応用の観点でいろいろ取り組めるのではないかと、とも思われる。これもリソースの範囲での検討内容となるが、今後の社会の発展の上で何を優先的に検討していくべきか、で対象を変えるべきときは変えることも必要に思う。

・提案する半導体光デバイス技術、それらの高機能光集積化技術はさらなる広い応用を惹起するものであり、さらなる産学連携を加速して、そのポテンシャルを提示して頂くことを期待する。

・本研究開発で創出される基盤技術は、フォトニックネットワーク基盤技術の取組にも活用できると考える。これらの研究開発成果の相互活用についても今後検討していただきたい。基盤技術のブレークスルーを前提とした、ネットワークアーキテクチャを描くことで、社会問題のあらたな解決策を提示できる可能性もあり、このような視野で本研究開発成果をまとめることも検討いただきたい。

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	光アクセス基盤技術に関しては、フィールド実験や標準化がさまざま検討されており、きわめて高く評価できると思われる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	独自の量子ドットや高速 PD アレイによる光ファイバ無線大容量システムなどについて、産学連携を積極的に行い、社会実装への展開を鋭意図ったため。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・標準化、知財、広報発表などを一定レベルで活動できていること。 ・RoF による鉄道向けリニアセル構成の高速伝送実験は、鉄道会社、他研究機関、産業界でうまく連携が取れた実証であり評価する。 ・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ていること。 ・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。 ・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。光ファイバ無線を用いたリニアセル方式及び波長切替による高速無線セル切替方式も実際の高速鉄道路線を利用した時速 240km の Gbps 級伝送のフィールド実験に成功したことを評価したい。標準化もできている。 ・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、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を移転、光コム発生技術及び制御ノウハウの産業界への移転、レンズレス光モジュール実装の技術移転を行っていることも評価したい。 ・空港におけるリニアセルレーダシステム、監視レーダシステム、フィールド試験環

境を構築できている点が高く評価できる。

・デバイス単独の社会実装は難しい面があるが、応用面で高機能、新機能、システムの高性能化などでの光源や光増幅素子、受光器として、光無線移動体通信や高速アクセス系、光無線センサーなどに特徴を活かして適用されており、社会実装への貢献は高いもので評価に値する。

・光ネットワークと無線とのシームレスな連携の実証として、高速で移動する電車の中で、90GHz帯の無線を伝送するシステムを構築し、実証したことを評価する。高速で移動する環境で無線アクセス実現できる可能性を示した点は、今後の無線通信の応用範囲を広げることにもつながることから評価できる。光ファイバ無線を空港監視など具体的なアプリケーションとして実際の空港での異物検出の実証を行ったことは、技術の適用可能性を示した点で評価できる。

（改善すべき点）

・空港における異物監視レーダとしての成果展開は、産業界との連携も取れており、社会実装に向けた活動として評価する。今後、個々の空港への対応を低減し、「手離れ」を適切に進めていくためには、レーダ技術の移転だけでなく、監視システムとしての設計手法（移動体通信におけるセル設計法に相当）を外部と共同して開発・定式化することが望ましい。また、国内外の無線の制度面の整備とサポートも重要（総務省との連携）。

・リニアセル関係の技術の社会実装シナリオはいくつか考えられる。例えば、実証で行った「個別専用システム」と公衆網型とでは、要件が大きく異なり、必要となる技術も異なる。社会実装としてどのような出口を目指すのかを整理して、研究開発を行う必要がある。

・デバイス関係の先導的な研究成果が多く得られている。社会実装に向けた出口をどのように設定するかを判断していく必要がある。例えば、システム実装を指向して産業界と連携する出口を指向する場合は、当該デバイスを組み込む方式のアーキテクチャの安定性や信頼性と言った机上検討が重要になる。（デバイスそのものの安定性・信頼性は製造側の検討で良い。）

・空港滑走路用リニアセルレーダシステムに関しては、空港滑走路監視レーダシステムとして考えた場合、競合技術との差別化、優位性はどこにあるのか明確にすべき。

・デバイス研究に関しては、組むメーカーの特性に応じた成果展開ネットワークを明示し、サステナブルな研究、開発、商用化体制を構築することを考えるべき時ではないか。その中に、外国企業が入り込むことも当然考えなければならない。

・量子ドットや PD アレイ、光集積素子などの提案デバイスのシステム応用の広さは見通せない面もあるが、一層の基本特性の高性能化、高機能化の提示を行いながら、産学、海外連携を通して、アクセス系のみならず新しい応用を探索して頂

きたい。また効果的な社会実装のためにも、実用可能な企業との早期の連携、技術移管などに留意頂きたい。特に海外空港での実証実験も有効であるが、国内展開も図ることにより海外展開についても一層アピールすると考えられるので、高速鉄道応用のような国内実装を一層促進することを期待する。

・非常に基盤的なデバイス技術の研究開発であり、それらを用いる応用範囲が現状、十分に探索されていないと思われる。応用までいかなくとも、デバイスレベルでの動作の特徴をより明確にして提示することで、他の分野も含めた社会基盤への適用範囲が広がると思われる。成果を取りまとめるうえで、利用される側の視点でのデバイス機能を提示することも検討いただきたい。

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	B
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ている。 一方、ブロードバンド衛星通信全般で見た場合、海外の野心的計画が既に衛星打ち上げまで実施されており、情勢変化に即した検討、見解が求められる。

評価者 B

評点	A
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:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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る。また、直近の商業利用だけでなく、月開発など将来の宇宙インフラにも活用できる技術である。 ・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。 ・衛星通信における光リンクの利用は、研究テーマとしてはあり得るので、それを実現するという意味では一定の評価はできる。ただ、静止衛星のみに対応した技術開発に限定されており、果たしてそれでよいのかという疑問は残る。 ・スペースデブリの観測技術については、テーマ自体非常に適切であると判断される。 ・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。

・「衛星通信分野の企画立案をして国益や自立性を確保」と機構の役割を定義していることは適切である。

・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、数値目標も設定されている。

(改善すべき点)

・衛星光通信は、JAXA との棲み分けを考慮するだけでなく、積極的に連携してユースケースを広げるべきではないか。静止衛星のフィーダリンクよりは観測衛星のダウンリンクや月ゲートウェイなど、適性の高いユースケースがあると思われる。

・次期中長期に向けた萌芽的な新たな試みが見え難いと感じる。

・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。

・衛星通信の国際的動向は、近年大きく変化している。衛星が今後大々的に適用されると想定される船舶、特に公海上を航行する船舶に対する通信手段は衛星通信以外にはあり得ない。船舶の自動走行、船舶における各種モニタリングサービスの導入が商用サービスとして検討されている今日、衛星通信は地上通信ネットワークのバックアップではなく、衛星通信でしかできないサービスを本格的に実現するためのネットワークと位置付けられようとしている。

・それに対して NICT の衛星通信研究は、このような流れを捉えた上で、かつ世界の流れをリードする立場に立っているのかというところは思えない。世界では、衛星通信技術も民間主導の時代になろうとしている今日、その流れを意識した研究開発体制が必要と考えられる。衛星の主体も静止衛星ではなく低軌道周回衛星ではないかと考えられる。

・研究体制は、自ら研究に加えて民間企業への委託や共同研究で充実させる必要がある。研究内容や研究体制については、大幅な再検討が必要ではないかと考えられる。

・来年度は最終年度になるので、次の 5 か年計画における目的・目標に繋がるようなシーズになる研究成果を提示し、NICT にしかできない提言を期待する。

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。国立の研究機関として耐災害・安心安全を達成する電磁波利用上の課題（信頼性）を解決できるような基盤的な研究技術を推進できるよう、計画・戦略立案をしっかりと行ってほしい。

・目標や計画の多くが方式の研究、機器の開発、フィールド実証になっており、上記機構の役割の1つの要素である国際的 Regulation や電波制度政策、あるいは軌道・周波数権益確保への寄与という視点が欠けている。そのため、技術成果を制度に反映という出口活動はあるものの、政策課題や権益課題を先行的に予測しそれを解決するための研究という入口アプローチが無い。

・フィーダリンク周波数の枯渇を想定して光フィーダリンクを追加・併用するというシナリオは現実的ですが、「フィーダリンク周波数を（社会要請の大きい陸上移動などの）他のサービスにアロケートすることをターゲットとして光フィーダリンクの可能性を追求する」的なより挑戦的な研究アプローチもあり得ます。HTS の実現という目標に対しては過ぎたるアプローチですが、周波数資源の再活用という別の大きな果実があります。長い目線で高い目標を設定してチャレンジした方が、足元でも素晴らしい研究成果が出る可能性があります。

・グローバル光衛星通信では、サイトダイバーシティがハイライトされていたが、NWアーキテクチャや想定規模が明確でなく、遅延・ジッター・データロス・プロトコルオーバーヘッド等々の数値目標もはっきりしていないように思われます。

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	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、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)

- ・ETS-IX 光 10Gbps 伝送の開発実証は、その先導性を評価する。
- ・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。
- ・100kbps 級の VSOTA は、簡易化のための工夫という意味で評価する。
- ・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る。
- ・衛星搭載用の HICALI の開発を推進し、静止衛星に対して 10Gbps 級の光通信が世界初の伝送速度を達成したことは、科学的意義が高い。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も、科学的意義がある。

- ・開発された技術自体に科学的意義はありと判断される。
- ・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。

（改善すべき点）

- ・成果に関する資料の範囲からは、特許出願に関するアピールが無い（出願数が記載されていない）。特許実施が少ないことを併せると、特許出願が十分ではないことが想像される。特許は、独創性の 1 つの証であり、また有用性の証でもある重要な指標であると言える。特許の実施や開示は、産業界を先導し発展させる観点から、国研の出口戦略としてももっと重視されるべきである。
- ・搭載中継器の電気・制御部分は大きな新規性は認められないが、国内企業の競争力向上のためにも、十分なフェージビリティ確認ができる開発プログラムとしていただきたい
- ・Ka 帯のフェーズドアレイは、今後 5G ミリ波用として開発された安価な技術の転用が容易になると考えられる。衛星通信の枠に囚われず、この分野の情報収集や、関係機関とのディスカッションを行うべきである。
- ・科学的意義が高いことは技術開発としては重要であるが、国立研究開発法人としてやるべきことは、単に科学的意義の高さだけでなく、衛星通信の将来まで見据えた上で、世界的にリーダーシップをとり、世界と競って技術開発を行うことであろう。この観点をもう少し現実的に精査して欲しい。
- ・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。

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	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)

- ・ASV 用衛星通信装置開発は、難しい条件を克服したことを評価します。これは（科学的価値というより）海洋資源開発という大きな社会課題解決を強力にサポートする技術として評価するものです。
- ・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。
- ・静止衛星に対して 10Gbps 級の世界初の伝送速度を実現する、衛星搭載用の超高速先進光通信機器 (HICALI) の開発を推進したことは評価できる。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、関係機関を招集し SOTA ワークショップを開催し、成果を取りまとめたことも、評価できる。災害時時対応として熊本地震(28年4月)へ対応し、高森町にナーブネット等と連携した WINDS 回線を開設し災害時の通信確保に貢献。各地の防災訓練にも参加したことも評価できる。
- ・衛星の光フィーダリンク自体は、社会的価値が高いと評価できるかという、そう

は評価できない(普通レベルとしては評価できるが)と判断される。

・スペースデブリの観測技術開発は、皆が必要と思う技術であり、この分野での世界的リーダーシップをとれるよう頑張っていたきたい。

・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。

(改善すべき点)

・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、機構の成果出口として社会実装の観点から高く評価します。機構が有する様々な衛星関連データを他の社会課題、典型的には最も重い課題の 1 つである地球環境問題に活かすような観点からの展開も期待します。

・地球温暖化等の影響により、近年災害の発生パターンや発生頻度が大きく変化しているように思われる。衛星通信・センシングの観点から、新たな被災形態に対する救済策や耐災害策の提言につなげていただきたい。地上系通信技術との連携も欠かせないと考える。

・衛星通信における光ミッションの需要がどれだけあるのか、しっかりと考える必要がある。技術は、「1 つの手段としてはあり得る」というのでは、たぶん本格的技術導入には至らない。技術は必要不可欠なレベルでなければならないと考えられる。現時点で、衛星通信に必要な不可欠な技術とは、遅延特性を除いて、セルラシステムの 4G と同等以上(将来は 5G 相当)のサービスが、海洋上の船舶に対して普通に展開可能となることであり、地上と海洋上との情報交換サービスのギャップを縮小することであると考えられる。衛星通信はもはや単独な通信形態ではなく、セルラシステムを含む情報通信ネットワークの構成要素として、重要性を認識すべきである。

・国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関して、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。

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	技術試験衛星での軌道実証まで進められることは理解できる。国内企業の競争力底上げによって、グローバル市場で採用される可能性も見込まれる。

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組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、機構の成果出口として適切であり評価します。
- ・航空機搭載用フェーズドアレイアンテナは、古くからの課題ではあるが、小型機搭載という目標の絞り込みと産業界連携体制から、順調に社会実装に繋がるよう期待します。
- ・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
- ・Ka 帯の平面アンテナの実用的開発を行い、各種技術基準への反映も進めている。
- ・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、次世代アクセス技術統合化及び伝搬等の標準化に貢献し報告書を完成したことは評価できる。また、CCSDS において、「リアルタイム気象と大気特性データ」を完成したことも評価できる。
- ・スペースデブリ対応は、今後社会実装されることが期待される技術であり、研究開発する価値のあるものと考えられる。これについては現在実装には至っていない

いとしても研究する価値は高いと判断される。

・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組がなされていること。

（改善すべき点）

・統合 MSS システムや次世代アクセス技術などに関して ITU-R や APT に寄与を積極的に行っていることを評価します。これら技術事項としての寄与に留まらず、総務省と連携して Radio Regulation や電波制度設計の領域に取り組むことが社会実装の観点からは重要です。

・衛星 5G、衛星と 5G/B5G との連携、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、28GHz 帯をはじめとする喫緊の電波政策課題に対してそれを見越した先行的な研究が少ない。社会実装に向けた出口戦略として、『政策課題に対する「先見性」のある研究』という軸をもっと意識すべきと考える。

・5G との共用、連携に向け検討会を立ち上げたとのことだが、その内容について続報を期待する。今後、地上システムへの割り当て周波数が高周波数化することは十分予測できるので、効率の高い共用方式や、シームレスな連携は欠かせなくなるであろう。地上系で検討している STABLE 技術なども応用できるのではないか。

・衛星通信の場合、社会実装を評価するというのは難しいと思われる。

光フィーダリンク自体、社会実装まで行くのは無理であろうと判断される。将来光フィーダリンクの時代が来ると期待されるのであれば、将来社会実装ができればよいと考えられるが、果たしてそうなるかという点においては疑問である。その観点から、光フィーダリンクの研究開発については、社会実装という観点では評価ができない。

・国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関して、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. 「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	社会実装面での取組において、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	2020年の東京オリンピック・パラリンピックを中心としたインバウンド需要、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。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	挑戦的な目標を設定し、音声認識技術の高度化と機械翻訳の多言語・多分野化について、特に顕著な成果をあげている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・社会実装面での取組において、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及び混合音声に関する研究開発が進んでいる。

- ・多言語(10言語)、多分野(4分野)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。
- ・逐次翻訳や異分野データ活用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。
- ・音声コミュニケーション技術においては、東京オリンピック・パラリンピック競技大会での社会実装に向けて実用的な音声認識技術を実現している。
- ・自動翻訳の多言語化、多分野化技術の研究開発においても、大規模な対訳データの収集を行うことによって、高精度の自動翻訳システムを実現している。
- ・消防本部、県警、自治体、鉄道、病院などでの実証実験を通じて、社会実装に向けて、大きく前進している。
- ・2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、という明確な時間設定のもとで、挑戦的な課題を設置して、具体的な社会実装を目指し、しっかりした計画を立て、科学的意義があり、社会的価値のきわめて高い高度な研究開発を計画的に着実に展開して、実用化の目処をつけていて、申し分のない研究開発の成果を上げている。

(改善すべき点)

- ・独自性のある課題設定があるとより一層よいと思います。
- ・優位性、NICTとしての立場付け、等の整理があるとよいと思います。
- ・多言語音声翻訳を取り巻く環境は、旅行者だけではなく定住外国人の急増や、NMT技術の進展による技術的なブレークスルーなど、大幅に変化しており、この流れは、今後も続くことが予想されるため、その時々状況変化に対応した形で、目標設定をその都度行っていただきたい。
- ・次期計画では、これまでの大規模なデータを活用するという強みを活かしつつ、中長期的な課題にも留意していただきたい。

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	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	音声の言語を識別する技術、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ことは高く評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	深層学習による音声翻訳という極めて競争的な研究開発において、世界をリードするポテンシャルを示しており、特に顕著な成果をあげている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・音声コミュニケーション技術と多言語翻訳技術を研究開発して、その成果を社会実装するという計画である。世界のあらゆる音声コンテンツをテキスト化する技術に関して、公共空間等の雑音・残響のある環境下で言語の異なる複数人が発した音声の認識の技術と多言語の混成言語対話技術の研究開発という科学的意義の極めて高い課題にしっかり取り組み、大きな成果を上げている。
- ・また、令和 2 年度の世界を見据えた、翻訳処理の逐次化等の同時翻訳システム基盤技術等の研究開発にも取り組んでいる。
- ・研究開発に関する論文も、国際会議に多数採択され、国際会議で中心的な役割

を果たし、自動翻訳の論文数の世界ランクで 2 位と 7 位に入るなど、存在感を顕示し、研究開発の科学的意義の高さを示している。

- ・音声コーパス・対訳コーパス、翻訳技術の多言語化の充実は評価できる。
- ・画像を入力としたマルチモーダル言語生成技術を考案し、業界最高性能を達成した。
- ・言語識別技術を考案し、既存技術を上回る高速で高い認識精度を達成した。
- ・入力途中で翻訳する同時通訳プロトタイプを構築し、次期プロジェクトに向けた研究の足場を確保した。
- ・コンパラブルコーパスを活用した対訳コーパス依存度を最小化する技術を実現し、国際的コンペティションで 1 位の性能を実現した。
- ・自動翻訳の論文数で世界ランク 2 位と 7 位に入るなど国際的に高く評価された。
- ・トップカンファレンスでの採択など、高いレベルの研究成果をあげている。
- ・音声認識の高精度化とともに、言語識別技術と音声合成の多言語化でも着実な成果をあげている。

(改善すべき点)

- ・国内外の対抗する言語資源としてどのようなものが実在しているのか、
- ・それらと比較してどのような位置づけとして考えられるのかの整理が欲しいです。
- ・唯一性の高い点、そうではないが今後どのレベルに達すれば唯一性が達成できる点、の整理があるとよいと思います。
- ・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はいえ、今後は、文脈やマルチモーダル、また同時通訳など、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欲しい。
- ・難しい課題については、性急な成果を求めず、じっくり取り組んで欲しい。

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	2020年の東京オリンピック・パラリンピック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、自治体や警察、病院などにおけるコミュニケーションバリアの克服など社会課題に応える特筆すべき成果を上げつつある。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた社会実装に加えて、国内におけるニーズの高まりへの社会課題・政策課題に貢献しており、社会的価値が極めて大きい。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・音声コミュニケーション技術に関して、2020年東京オリンピック・パラリンピックでの社会実装という明確な時間的目標を定め、Global Communication 10言語の実用的な音声認識技術の実現を目指して、長時間の音声コーパスを構築し、言語モデルの多言語化・多分野化や音声認識エンジンの高速高精度化などの社会的価値の高い困難な課題に果敢に取り組み、着実な成果を上げている。
- ・また、自動翻訳の多言語化、多分野化技術の研究開発に並行して大規模な対訳データを収集し、高精度の自動翻訳システムを構築している。

- ・訪日外国人対応のために旅行・医療・防災等に関して実用レベルの音声翻訳システムの社会実装を目指すなど、社会的要請の高い価値のある研究開発を続けている。
- ・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 言語の音声認識において、全言語で目標精度をすでに達成した。
- ・音声合成においても、全言語で目標品質を達成する見込み。
- ・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完了の見込みが立ち、拡張 5 言語も同規模の構築が完了した。
- ・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。
- ・データ収集においては、当初の目標を超えて、国内におけるニーズの高まりに対応した言語の追加を行っており、社会課題・政策課題に大きく貢献している。

（改善すべき点）

- ・アジアの中の日本、また、各国での開発言語の分担ということを考えれば、妥当なことであろうが、世界的に使用人口の多い言語は我が国においても網羅しておいた方がいいのではないだろうか。
- ・予算の費目だけでなく、その用途についての内訳の説明が必要と思います。NICT の研究の独自性は、優位性の高い資源開発にあると思いますが、予算のうちどれくらいが、その資源開発に充てられているのか、というのが、予算計画の妥当性評価の一つの観点になるかと思いますが、その点を明確にすることが必要と思います。
- ・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。

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組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組は当初想定以上に順調に進んでいる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	産学官連携拠点など、研究成果を効果的・効率的に社会実装するための仕組みを作り上げ、技術移転の成功事例を多数実現しており、特に顕著な成果をあげている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・我が国で開催される 2020 年の大イベントに向けて、様々な研究開発が着実に展開されている。それを効果的・効率的に社会実装するために、協議会や研究センター等の産学連携拠点を積極的に運営して、各種データ、辞書類を収集・蓄積・交換する仕組みを確立し、コーパスの研究開発や社会実装に繋がるソフトウェアの開発、特許・知財の蓄積、産官学のシーズとマッチングの場の提供、人材交流の活性化にも積極的に取り組んでいて、社会実装のためのインフラの整備に関しても多面的な活動を活発に展開している。 ・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、550 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 60 件を超え、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。
- ・ライセンスなどの形で、技術移転の成功事例を多数実現させている。
- ・消防本部、県警、自治体、鉄道、病院などでの実証実験を通じて、実績を積み重ねている。
- ・翻訳バンクの多分野化を進めており、今後の発展がおおいに期待できる。

（改善すべき点）

- ・普及度をさらに上げるためには何があればよいのか、の可能性の議論があると、より高度な目的設定ができると考えられます。税金による成果であることを考えると、例えば、ライセンス料設定など、今後の構想がどのようになっているか、などについて伺えればと思います。
- ・ライセンス料設定についても、他のサービスとの比較などの整理があるとよいと思います。
- ・社会実装場面での利用者評価と開発側へのフィードバックループの整備状況について、恒常的に点検する仕組みが不可欠と思います。
- ・Google 翻訳・Baidu 翻訳等の対抗するサービスとの比較状況などの整理があるとよいと思います。
- ・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ので、今後も継続して、活用される分野の拡充に向けた取組を期待する。
- ・多分野の経験から得られる知見をまとめて、体系化することも必要と考える。

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	A
評点付けの理由	単に質問応答だけではなく、音声対話まで含めたシステムの実現を目的にしたのは時宜にかなっており、我が国の当該基礎及び応用技術レベルを先進的なレベルに維持することに貢献している。また、災害関連への適用という目標設定は我が国の特徴をアピールする点でも有意義である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	次世代音声対話システムの開発という目標は、研究の方向性として王道であると言えるが、それだけに競争の激しい分野でチャレンジングな目標設定である。また、災害関連の社会知解析は社会への展開を強く意識したものであり評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	社会的な需要を踏まえたうえで、現在の技術水準で達成可能な現実的な目的と目標を設定している。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・ネット上のテキスト、科学技術論文、白書などの様々なタイプの文書から、社会に流通している知識を「社会知」として捉え、社会が抱える様々な課題に専門家も非専門家も容易にアクセスでき、それぞれの意識決定に資する知識を得る手段を実現しようとしている。まず、この課題設定の仕方に卓越した見識が見て取れる。その上で、具体的な課題を科学的意義、社会的価値をしっかりと捉え、令和 2 年度

未までには、幅広いユーザ層に対して社会実装を予定していて、研究の科学的価値と有用性を示している。

・対象とする目標は、先進IT企業がこぞって注力している領域であり、我が国において当該基盤技術が応用に至るまでの高いレベルにあることを示す上で極めて重要であり、タイミングとしても適当であった。我が国では他機関ではこのレベルの総合的な研究を実施しておらず、注目に値する。また、大規模なニューラルネットワーク処理のために必要となる高速のDNN処理を実現するためのミドルウェアの整備も並行して行うなど、競争の激しい機械学習領域での研究力増強も含まれている点が評価できる。社会実装への相当量の注力も計画に含まれており、成果も上がっている点も評価できる。

・音声対話システムWEDKAに関しては、質問応答、文脈処理、仮説生成などの今日の音声対話システムでは十分に対応できていない技術の開発を目指し、次世代の技術に対する明確なビジョンを持って研究開発を遂行している。

・社会知解析の具体的対象として災害情報に着目し、災害情報分析システムDISAANAと災害情報要約システムD-SUMMを開発しているが、災害が深刻化する我が国において意義の大きい課題であり、的確な目標・問題設定になっている。

・既にDISAANA、D-SUMMといったシステムには運用実績があり、リアルな状況でエンドユーザから高い評価を得ている点は高く評価できる。エンドユーザからのフィードバックを反映してシステムをさらに洗練することが期待できる。

（改善すべき点）

・既に研究者たちの意識の中にあるように、一番基本になるAIと人間との「対話」について、そもそも「対話」とは何か、どうあるべきか、などを含めて高邁な哲学的考察と研究を期待したい。様々な大量なデータがネット上に蓄積され、リアルタイムで更新されるような時代にあって、この課題は、それまで観念的に走りがちであった研究とは違い、現実味を持った新しい哲学の展開になるものと思われるからである。

・競争の激しい技術分野であり、今後はこのようなプロジェクトを通じて、高い研究能力を持つ人材を輩出することが期待される。本目標設定の中では、大学院との連携以外のより効果的な方策が含まれていない。

・また、本プロジェクトのいわば副産物というような成果がない（あるいは記載されていないのか）点が惜しまれる。例えば、スタートアップ会社の誕生などがその例としてあげられる。

・音声対話や質問応答は技術の進展が早く、競争も激しいことから、目標設定の見直しが継続的に必要になると思われる。

・さらにシステムの有用性を広報し、社会的プレゼンスを高めて欲しい。

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	実現した成果は、質問応答、対話技術及び大規模コーパスを対象としたニューラルネットワーク技術などの面で高い水準にある。ただ、今期の技術開発成果が、前中長期計画期の成果(WISDOM 等)との連続性あるいは増分としてどのように特色づけられるのかがはっきりしない。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	WEKDA の要素技術の開発においては、非常に大規模な学習データを構築・利用し、トップレベルの研究成果を生み出している。また、システムの観点から見ても他に見られない取組がなされている。世界的に見ても例がない成果も出ており、科学的意義は高く評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	継続的にトップカンファレンスで研究成果を発表していることから、今後もこの質を維持することが期待できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・対話は、最近 AI スピーカーが生活に浸透しているし、古くは 1965 年ごろの ELIZA、や我が国の「ねね」プロジェクト、さらには、Turing Test も古典的な対話と考えられ、AI そのものを研究し、考察する上で基本的な課題であり続けている。このような AI の最重要課題に関して、社会的価値を考えながら大胆で堅実な手法で、科学研究を展開している。この分野におけるトップカンファレンスで論文が発表され、メディアの注目も高く、国の SIP 等の大型プロジェクトに何件も採択されるなど、科学研究として意義が広く認識されている。

・質問応答を基礎として、音声対話への実用化に耐えうる精度や性能を具備したシステムとして構築した点が評価できる。これに伴い、大規模なニューラルネットワーク処理を並列化するミドルウェア RaNNC の実装、質問応答処理の並列化による高速化など種々の基盤技術開発を実施しており、要素技術としてそれぞれの個別領域での貢献も大きい。

・学術的成果については申し分なく、極めて質の高い成果が複数のサブテーマについて得られている。また、それらの学術的成果も、社会実装と密接に関係したものであり、有用性と発展性の点で優れている。

・大規模な日本語データから大規模言語モデルを作成するなど NICT ならではの研究活動は高く評価できる。

（改善すべき点）

・対話、特に音声による対話の本質を科学的に追求し、かつこの時代における哲学的議論の鎗矢とならんことを期待したい。

・質問応答や対話に関して、問題を類型化することによってきめ細かく改良を加え、精度向上などの努力をしているように受け止めた。このような改良に関して、体系化や一般化などを試みることにより、新しい学術的な観点からの研究体系化が可能ではないか。

・実装したソフトウェアや研究データをオープンにすることについてはまったく言及されていないが、その考え方を明確に提示することが望まれる。

・現在の音声検索・音声コマンド的な対話から、人と協働して問題解決をする対話システムに至るまでの道はまだ長いと思われるが、その足掛りになる技術の手掛りを掴んで欲しい。

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	本テーマは、広い範囲の社会課題を解決する IT システムにおいて核となる技術分野を対象としており、様々な問題解決に適用可能な中核的なテーマであることから、その着眼点は高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	音声対話システムの技術に関しては、民間との協力のもと社会実装を展開しており、社会的価値を高めるための取組が積極的に展開されている。災害情報分析や防災に関する取組については、社会的意義が大きく、社会的価値の創出という観点で高く評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	対象としているシステムはいずれも社会的需要が高く、有用なものである点が評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究課題を「社会的価値」に配慮しているだけあって、いずれも社会的に価値が高く、研究展開の難しい重要な課題が選ばれている。平成 29 年度に稼働し始めた、音声対話システム WEKDA は進化を続けて、文脈処理技術や、GPGPU クラスタ利用技術などについても高度化が進められている。 ・災害時の SNS 情報分析システム DISAANA、災害状況要約システム D-SUMM に深層学習を導入することや、SIP 採択プロジェクトの中で、「対話型情報流通基盤の研究開発」も始まっている。 ・自然言語を IT システムで活用する際に核となる技術分野として、質問応答と音

声対話を選び、社会実装を実現しながらその価値をアピールするという手法は大変時宜を得たもので、非専門家からも理解しやすい研究方法である。要素技術だけではなくその組み合わせとして取り組むことにより、成果の活用や発展などを誘発し易い成果が達成されている。

・WEKDA の社会実装を進めるための取組を着実に実施している。また、高齢者介護用音声対話システムの開発も、具体的な応用ドメインを対象として企業と協力して進めており、高齢化社会における社会的価値が高い研究開発であると考えられる。

・DISAANA 及び D-SUMM などの災害に関する取組は、甚大な災害が増加する傾向にある日本における実効性のあるサービスを実現する基盤となりうる。社会的価値が極めて高い研究となっている。

・社会的需要の高い分野をうまく対象として設定している点が高く評価できる。既の実績もあるが、今後さらにシステムが洗練されることが期待できる。

（改善すべき点）

・要素技術における学術的課題の明確化とそこで実現できた成果を、今後取り組むべき他の課題等と並べて一連の技術開発ロードマップとして、社会との関わりも含めてわかりやすく整理していただけると全体の見通しがよくなるのではないかと期待される。

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	音声対話及び質問応答とそれを実現するビッグデータ及び機械学習を含む先進的システムを構築し、特に成果が、防災システムとして災害で活用されるのみならず、在宅介護モニタリングなど、複数の用途で有効性を実証している点が評価される。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	DISAANA 及び D-SUMM については、政府や自治体などと連携して災害対策・防災訓練などを実施している。また民間企業へのビジネスライセンスの提供なども行っている。すでに社会実装に至っていると評価してよい。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	システムが既実装され、現場で活用されていることから当初の目標は既に十分達成していると考えられる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <p>・単なる研究開発で終わらずに全て社会実装され、又はそれを目指している。特に、WEKDA を使った高齢者介護用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の開発は、平成 29 年度の内閣府 SIP「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」に KDDI、NEC ソリューションイノベータ、日本総研と共同で採択され、際立った成果をあげ、実証実験を開始している。また、試験公開中の DISAANA や D-SUMM は実災害で活用されている。これらは、民間企業に有償で提供され、社会実装が進んでいる。さらに、防災チャットボット SOCDA も神戸市や三重県で実</p>
--

証実験が行われ、今年の台風 19 号では、神戸市と三重県、伊勢市で実際に活用されている。受賞や報道も多く、社会的価値の高さが証明されている。

・以前は DISAANA で防災システムでの利用を実現し、今期はそれを試験公開し実災害で活用できることを示した点が評価できる。また、防災応用とは異なる分野として高齢者介護用マルチモーダル対話システムの開発を開始した。これは我が国で必要とされているが民間のみでは実現しにくい基幹的な情報サービスの設計や実装の開発において、NICT が有意義な研究開発拠点として機能していることを示している。

・災害情報分析の取組に関しては、すでに社会実装が進められており、予想以上に進展が見られる。民間企業では取組が困難である基盤技術とシステムを構築して社会に提供していることは意義が大きい。

・現場での活用実績は高く評価できる。

（改善すべき点）

・これまでの成果や令和 2 年度までの成果も、災害時にどのような情報や対応、指示、対話が有効かについての基礎的な研究の重要性が見えてきたように思われる。これまでの先駆的な実績に基づいて、そのようなきっかけを誘発して欲しい。

・民間で実用化するためには、試験研究として実装したシステムとは異なる実装（例えばより簡易な実装）が必要になるのではないか。そのような、ある意味で学術的研究活動の本領とは距離がある活動を限られた研究チームの中で効率的に遂行できるような仕組みと環境に配慮していただきたい。国際的な競争の激しい当該テーマでは、多様な実証研究を進めることよりは、技術的先進性と学術的成果に重点を置いた方がよいと考える。

・システムを継続的に洗練し、普及させて欲しい。

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	A
評点付けの理由	異なる分野のセンシングデータを扱えるデータプラットフォームを構築し、時空間データを集積し活用できるようにする点、そのビッグデータ処理のための相関パターン解析をはじめとするデータマイニングや深層学習の最新手法を適用できる環境を構築したこと。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	実空間情報の収集と分析は、IoT やセンサー情報処理の拡大、データサイエンスとの連携などを背景に、注目されている重要な研究トピックである。状況認識や行動分析のための基盤技術の開発と実験・実証という研究目標は妥当なものであると考えられる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	取り組む対象として様々な可能性があり、どのように手を着けてよいか自明ではない困難な問題に着実に取り組んでいる点は評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <p>・情報分析技術は多岐にわたるが、この研究項目では、「実空間」における情報として、対象を現実的な情報に絞っている。そのために、目的・目標が具体化し、焦点のあった研究展開が可能になる。実際、ゲリラ豪雨や環境データ、各種センサーデータなどに的を絞った堅実な研究を、大学や市民も巻き込みながら展開している。具体的なこととして、異分野のセンシングデータ間の相関パターンの発見や予測に焦点を当てているが、これは、いわゆる機械学習の先にあるもので、こ</p>

の分野に関する先進的な見識を示したものとして評価したい。

・社会システムにおいて、様々なセンシングとそこから得られるビッグデータを分析して、各種現象の発見や予測に活用するという考え方は Society 5.0 を支える基本コンセプトといえる。これを具体的な研究開発と社会実装を通じて実証していこうという目標設定は挑戦的かつ先駆的である。

・本プロジェクトは、実空間データを軸に、多様なマイニングや機械学習の手法を適用し、行動支援に役立てようという目的のもとに、実用化をめざす新しい社会サービスの実装に寄与するプラットフォームを志向している点に新奇性がある。

・本研究は今日ますます重要性を増している実空間情報センシングとその結果の統合・分析に関する研究であり、このような研究を NICT において継続的に実施していくことは重要である。

・まずは入手可能なデータを組合せて分析することにより様々な応用を示している点は評価できる。

（評価する点）

・情報分析技術は多岐にわたるが、この研究項目では、「実空間」における情報として、対象を現実的な情報に絞っている。そのために、目的・目標が具体化し、焦点のあった研究展開が可能になる。実際、ゲリラ豪雨や環境データ、各種センサーデータなどに的を絞った堅実な研究を、大学や市民も巻き込みながら展開している。具体的なこととして、異分野のセンシングデータ間の相関パターンの発見や予測に焦点を当てているが、これは、いわゆる機械学習の先にあるもので、この分野に関する先進的な見識を示したものとして評価したい。

・社会システムにおいて、様々なセンシングとそこから得られるビッグデータを分析して、各種現象の発見や予測に活用するという考え方は Society 5.0 を支える基本コンセプトといえる。これを具体的な研究開発と社会実装を通じて実証していこうという目標設定は挑戦的かつ先駆的である。

・本プロジェクトは、実空間データを軸に、多様なマイニングや機械学習の手法を適用し、行動支援に役立てようという目的のもとに、実用化をめざす新しい社会サービスの実装に寄与するプラットフォームを志向している点に新奇性がある。

・本研究は今日ますます重要性を増している実空間情報センシングとその結果の統合・分析に関する研究であり、このような研究を NICT において継続的に実施していくことは重要である。

・まずは入手可能なデータを組合せて分析することにより様々な応用を示している点は評価できる。

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	スマートサービスを社会に提供していくための基幹的な手法として、 相関マイニングを軸として深層学習等の機械学習を含めたデータ解析環境の構築とその性能等の向上を図ったことは、先導性が高いと評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	本研究の特徴の一つは、実空間において実際に利用可能なさまざまなデータを実際に収集して分析するという点にあると言える。膨大な実データを対象としたシステム作りやデータ分析・統合を大学等では困難な規模で実施しており、実践的なプロジェクトとして評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	継続的にトップカンファレンスで研究成果を発表していることから、 今後もこの質を維持することが期待できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・相関ルールの発見や深層学習方式を発展させ、新たな拡張性の高い発見・予測のための手法を開発し、異常気象時の交通障害リスク予測や大気汚染の健康リスク短期予測などの具体的な事項について実空間で有効性を実証し、IEEE Big Data2019 等のトップカンファレンスに採択され、論文賞を受賞するなど優れた科学的成果を挙げている。

- ・個別データでの解析精度等の向上という成果のみならず、複数の応用で機能するように性能向上やAPI開発を行い、汎用的な実空間情報分析プラットフォームを構築するという課題設定は、大変時宜にかなっており、Society 5.0 実現のための基礎的な開発課題として着眼したことは大変評価できる。
- ・実空間におけるビッグデータを分析するインフラとしてNICT総合テストベッドを構築し、実際のデータに対して分析処理を行っている点は高く評価できる。トップカンファレンスへの論文採択実績がある点も評価できる。
- ・データ整備、システム構築、論文発表をバランスよく実施している。

（改善すべき点）

- ・学習から発見、予測への道筋を明らかにし、体系化を志向したより高度な科学的研究展開も期待したい。
- ・限られた研究期間で一足飛びに広範な目標を実現するのは難しい。今回のプロジェクトで得られた複数の社会実装で扱った課題と得られた解決策をさらに展開していくために、PDCA サイクルを回す仕組みまでを視野に入れて実空間情報分析プラットフォームを深化させて行く方策を考えて欲しい。
- ・本研究の性質を考えると、コンピュータサイエンスに関するコミュニティだけでなく、データサイエンス、e-サイエンスなどの領域も深く関係があることから、それらのコミュニティでも積極的に発表等を行っていくことも必要かと思われる。他のコミュニティはコンピュータサイエンスと異なる評価軸を持っていると考えられ、新たなフィードバックや別の観点からの評価が得られる可能性がある。
- ・今後も継続的に対外発表を行い、プレゼンスを示して欲しい。

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	個別問題に対してのビッグデータ解析を援用しようというアプローチを逆転し、各種実空間データをプラットフォームの上に蓄積し社会基盤化し、多様なスマートサービスをその上に併存させるというアーキテクチャは、様々な社会システム構築の効率化に通じるコンセプトである。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	開発した基盤技術を API 実装した xData プラットフォームを構築し、極めて巨大な収集データを横断的に利活用することを可能としている。今後さらにデータが拡充されると期待され、実空間データに対する情報サービスとして社会的価値がさらに高まると予想される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	様々なケーススタディを通してデータ統合技術を蓄積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"> ・実空間情報という課題設定に由来する必然的な社会的価値に加えて、気象や環境モニタリング、道路交通データ、車載センサーデータ、ウェアラブルセンサー、レセプトデータ、SNS データなど、社会的関心の高いデータを扱っていて、様々な形で市民やユーザの参加を得て、自治体や海外の大学等と連携しながら研究を推進している。 ・データマイニングや機械学習アルゴリズムの開発や改良は、個別問題に即して
--

試みられることが通例であるが、本プロジェクトでは実空間情報プラットフォームという共通の基盤の上に環境として解析ツールを配置するという理念である。これにより、今後様々なスマート情報システムを社会に提供していく際に、効率的なサービス構築と運用をもたらすことが期待できる。本プロジェクトは、そのような理念の実装を通じて有効性を示すことを狙っており、社会的価値が高いと認められる。

・環境・交通・健康を対象としたハッカソン・データソン等を通じて、構築したプラットフォーム上でのアプリケーション開発やデータ収集・分析について社会的に展開する試みを行っている。xData プラットフォームは利用者が増加することによりその意義が高まり、また新たな成果が生まれると考えられることから、このような試みは重要である。

・既存のデータを統合し、様々な問題に適用して経験を蓄積している点は評価できる。

（改善すべき点）

・本プロジェクトの理念を横展開していくのは、それほどたやすいことではない。分野、問題の性格などいくつかの軸で、横展開を図るための指針が得られないか。本プロジェクトのとりまとめとして、次のステップの実空間情報プラットフォームの類型化が提案できると大変有益であると思われる。

・限られた時間でのプレゼンテーション・説明であったためハッカソンやデータ分析チャレンジの内容については十分には把握できなかったが、大気品質予測など、社会的にも意義が大きい取組がなされていると見受けられる。本研究の社会的価値を考える上でハッカソンなどの取組は重要であると考えられるので、良い点があれば積極的にアピールするのがよい。

・ボトムアップだけでなく、具体的な課題からトップダウン的な観点からのデータ統合についても研究を進めて欲しい。必要なデータをどのように見つけるか、なければどうやって収集するかなどは重要な研究課題になると考えられる。

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	複数の分野で実空間情報プラットフォームを実装し、その有効性を示していることが大きな成果である。特にスマートシティでは、国際的な活動をしており、社会実装を汎用的にするために寄与していると評価される。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	ハッカソンやデータ分析チャレンジを通じて、システムを利活用し分析を行う活動を拡大しようとしている点は評価できる。また、ユーザによるデータ取得の支援や海外の組織と連携した実証実験など、他組織との連携も図られている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	海外展開も含めて実問題への適用を積極的に進め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> <p>・異分野データ連携(xData)プラットフォームを構築し、11 分野 26 種類 158 億レコード・23.6TB という本格的なデータを横断的に利活用できるようにし、基盤技術を実装した API を公開し、ユーザ参加による実証を行い、リスク回避ナビゲーションや環境モニタリング支援、ASEAN IVO と連携したスマートシティ実証などの社会展開を行なっている。また、データの収集から相関マイニング、相関学習・予測、マップ生成・配布を循環的に行う NICT 総合テストベッドも実装され、機能している。</p>
--

データマイニングや機械学習の手法を、複数の社会実装に適用し有効性を検証している。今後異分野に適用していくためにはこのようなプロセスが必須で、その結果、アルゴリズム等の一般性やロバスト性が担保されるようになると期待される。

・5年間の期間の当初から見ていると、他組織や研究者を取り込む取組を継続して続けていることが理解でき、またその成果も着実に上がっていると見受けられる。海外における展開は興味深く、実際に一つの都市から全面的に協力してもらえんということが出てくるならば実験としてはたいへん興味深い。

・データ統合による問題解決だけでなく、プラットフォームの普及のためのハッカソンなどの取組は高く評価できる。

（改善すべき点）

・研究開発の最終的なゴールとその社会実装、インパクト等について、体系化して示しておく時期にあるように思う。

・従来のリモートセンシングとの相違点をクリアにまとめる等の考察を成果とりまとめの際に加えていただけると、今後 Society 5.0 への実装活動に寄与すると期待できる。

・ユーザや関係者がさらに増やすためのハッカソン、データ分析チャレンジ、委託研究などを今後も積極的に続けるべきである。

・引き続き、より多くのユーザを獲得し、ユーザからのフィードバックを活かしてシステムを改善する努力を続けて欲しい。

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	全脳のモデル化、すなわち、大規模な脳計測データに基づいたヒトの全脳の情報処理プロセスのモデル化と総合的な理解、という、世界的に見て特に顕著に挑戦的で、独創性、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の目標・計画が設定されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	脳研究に関わる研究所は国内に複数あるが、その中で、産学官融合研究拠点という独自のアプローチを進めていて、その存在意義は依然大きい。また、国際研究拠点として確立を目指した様々な施策も注目に値する。

(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、その下に、個別にも、超高解像度の fMRI 計測や、皮質脳波計測などの脳計測技術、感覚・認知から運動、社会性を含む多様なタスクでの情報処理解析、等に関する、世界トップレベルの研究開発目標と計画が設定されていることは高く評価できる。

・脳情報通信融合研究センターは、人を対象とした脳活動計測の高度化と全脳のモデル化を進め、究極的には社会実装するという明確な目標に掲げている点で、理化学研究所や生理学研究所などの脳研究に関わる研究機関にはない独自性があり、存在意義は大きい。今回、それが実現されつつあることを実感することが

できた。全脳を理解することはもとより単一の研究機関だけではできない。基礎研究、社会実装の両者において、国内外の研究機関の研究を取り込み、脳情報通信融合研究センターが全脳モデル化において国際的なイニシアチブをとれるようになることが望ましい。その点で国際研究拠点を目指した施策も高評価した。

・全脳のモデル化という大きな社会的課題を設定して、多種多様な入力情報（課題）が脳でどのように統合処理され理解し、感じ、判断し、行動されるかを再現できるモデル（人工脳）を構築し、人格を再構築という壮大で挑戦的な目標を掲げ、研究室ごとに高次脳型情報処理技術、脳計測技術、脳情報統合分析技術の観点から、具体的な課題を設定し、内外の機関との連携協力も行いながら、着実な研究活動を展開し、顕著な成果を上げ、この分野の研究の国内の先導役を務め、国際的にも高い評価を得ている。

（改善すべき点）

・個別テーマが、全体のビジョン・目標にどのように貢献してゆくのか、今後の見通しを含めて描いたロードマップがあると、研究活動の全体像や方向性がさらに明確になると思われる。

・人工知能の研究としても、我が国の3拠点の一つであり、他の2拠点（理研、産総研）とは違って脳をより直接的に対象にした、ユニークな研究であるので、既に緊密な連携をしている大阪大学やNTTデータ等に加えて、他の機関にも連携を波及させこの分野の裾野の拡大にも意を用いて欲しい。

2. 「科学的意義」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	脳の情報処理メカニズムに関する Nature Comm. PNAS、Neuron 等の分野トップの論文誌での発表、超高解像度の脳活動計測法の開発、脳計測データの公開など、世界トップレベルの特に顕著な成果を継続的に生み出している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	全脳モデル化に向けて要になる成果が、高次脳情報処理と脳機能計測技術の両方の分野において得られたことを評価する。前者では、深層学習と脳情報の組合せでデコーディングの向上が示されたこと、後者では、7T-MRI により眼優位性コラムの可視化ができたこと等特筆に値する成果が生まれている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・脳情報解読技術の適用範囲を広げ、より付加価値の高い応用を可能にする研究を進め、シーン記述や形容詞を含めた解読を可能にしている。また、機械学習と脳活動モデルの融合利用に関する独創性の高い研究開発を推進している。
- ・脳内表象・脳内ネットワークや脳機能を解明するために、アルファ波周波数と視放線の特徴が関連することを具体的に示している。さらに、社会的な活動能力を向上させる研究開発に関して、うつ病傾向の予測に際立った成果を上げている。
- ・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、科学的に特に顕著な知見が得られている。また、能動・多(100)課題実行中の fMRI 計測を用いた認知地図構築への挑戦は、脳の情報処理の全体構造の解明という特に顕著な成果につながる事が期待される。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に関して特に科学的意義が高い成果が出ている。科学研究に寄

与する脳データの公開も開始されている。

・高次脳情報処理については、(1)深層学習と脳情報の組合せによるデコーディングの向上、(2)攻撃行動と脳内ネットワークの関係を示唆した研究、及び、(3)前帯状回の活動がストレス下のパフォーマンスに及ぼす影響に関する研究は注目に値する。全脳モデル化という観点からは、(1)は重要である。(3)は前帯状回の活動の影響の因果関係を、MRIとTMSの両方を使うことで示した良い研究である。全脳モデル化においてどういう点に着目すべきであるかということに関して一つの前進となった。計測においては、高密度柔軟電極の開発や眼優位性コラムの可視化は、全脳モデル化において可能な計測精度に関わる重要な成果である。

(改善すべき点)

・大阪大学やNTTデータ等との連携に加えて、より広範に内外の大学や機関との連携を深め、目標達成に向けて加速させ、さらなる存在感を示して欲しい。大学や企業等の研究機関との活発な人事交流(直流でなく)による研究及び研究活動の普及にも努めて欲しい。

・脳計測データの公開について、データの収集も含めたサービスが継続的に提供されてゆくことを期待する。

・5年目の節目を迎えるにあたり、要となっている成果の一部が論文としては未発表であることが少し気になった。論文として発信することは、脳情報通信融合研究センターが国際的なイニシアチブをとるためにも重要である。深層学習との関係やMRIによる高解像度イメージング技術(眼優位性コラムの可視化)は競争の激しい分野である。実際問題として、国際的にみたととき、これらの研究に明らかな優位性があるのだろうか。例えば、7T-MRIを使った高分解能の機能イメージングについては他の研究機関でも進められている。他機関の最近の成果と比べてどうか、率直に知りたい。

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	基礎科学的な研究テーマに関しても、社会的な意義や社会実装を考慮した課題設定が行われているものが多く見受けられ、社会的にも顕著なインパクトのある成果が得られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	企業との資金受け入れ型共同研究の取組、国際的な連携研究の枠組みの構築などの取組を評価した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・全脳のモデル化を目標にしたこの研究プロジェクトは、すべて明確な社会的な価値があり、社会課題や政策課題の解決に寄与できるところに研究課題が設定されていると思う。
- ・脳情報の解読技術の対象を意味認知全般に拡大し、シーン記述や形容詞を含めた解読を可能にし、企業へのライセンス供与により、商用サービス応用へ貢献している。
- ・また、脳情報解読技術を広範化し、NTT データ等にライセンス供与し、ニューロマーケティング技術の商用サービスを開始し、一連の研究開発に関して各種の賞を授与されている。
- ・さらに、研究資金面でも、企業との資金受入型の共同研究も盛んに展開され、CREST2 件、科研費 A に 2 件採択されるなど、高い評価が裏付けられている。
- ・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や、関節手術のシミュレータの構築、ニューロフィードバックによる語学学習支援、等、安心・安全な社会やグローバルな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。

・企業との資金受け入れ型共同研究はとても良い取組である。受け入れた資金の一部が、脳情報通信融合研究センターの研究者の自由な研究環境の一助となつて、それらの研究が次のイノベーションにつながるという良い循環になれば素晴らしいと思う。また、欧米との連携研究においてファンディングの枠を大きくしたことは、脳情報通信融合研究センターの国際的なプレゼンスを高くし、国内外を問わず優秀な研究者を呼び込むことに寄与することになる。これは、ミッションの一つである脳情報通信連携拠点としての機能強化につながる。

（改善すべき点）

・これまでの実績を踏まえ、さらに様々な企業などを巻き込んだ大きな展開を期待したい。

・全脳モデル化に向けた様々な研究が、どのような社会課題の解決につながるのかが、個別にではなくより全体的、戦略的に説明されると、研究と社会実装のつながりがより明確になると思われる。今後、大規模な脳データの幅広い解析を通じてヒトの多様性を解明することが、多様性を許容する社会や多様な人々の社会参加を促進する社会の実現につながってゆくことを期待する。また、Society 5.0(超スマート社会)の実現という社会課題に関連して、AI 研究との連携が進むことも期待する。

・改善すべき点では必ずしもないし、また、予算のやりくりも必要になるので、強く押すことはできないが、Woods Hole、理研、OIST などで行われている国内外の学生を集めたサマープログラムのような取組も脳情報通信融合研究センターの国際的なプレゼンスを高くし、内部の研究者の活性化や優れた外部の研究者の参入につながる。

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	脳科学という基礎科学の研究に取り組む一方で、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数あげている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	脳活動モデルと深層学習を組み合わせた知覚・行動推定技術やニューロフィードバックを用いたトレーニングプログラムの技術移転など、着実な進展がある。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・全脳のモデル化という先端科学の領域であるが、研究展開に社会実装が始めから明確に位置づけられており、脳情報通信連携拠点機能のアウトリーチ活動を始め、国内の研究機関との連携、企業との連携、国際連携、国際交流などを明確に設定して高く評価できる。
- ・特に、脳情報解読技術の適用範囲の拡大と付加価値の高い社会応用技術の開発に努め、意味認知全般に拡大し、シーン記述や形容詞等を含めた解読へ高度化し、商用サービスの高度化に寄与し、高い評価を得て、学会賞などを得ている。また、企業や政府系の研究資金も着実に獲得している。
- ・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、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と英語リスニングについては、商用サービスも開始されており、特に顕著な成果である。
- ・脳活動モデルと深層学習を組み合わせた知覚・行動推定技術やニューロフィードバックを用いたトレーニングに関する知見は、脳情報通信融合研究センターのオリジナルな基礎研究による成果であると理解している。それをうまく企業に技術移

転し、社会実装に結びつけた取組は高い評価に値する。

（改善すべき点）

・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、引き続き、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、こうした事例を通じて、基礎研究と社会実装が有機的に進むことを期待する。

・企業との共同研究によるウェアラブルな脳波計測装置の開発は、産業界において注目されている分野となっていて、他企業においても同様のものが開発されつつある。その中で、独自のプレゼンスを確保するためには、技術的なレベルで競争することは難しいだろう。原理的なレベルでのイノベーションが必要である。それは、計測した信号の実体に関する知見かもしれないし、あるいは、その信号をどう解析するかという点かもしれない。いずれにせよ、技術開発だけで競争することは難しい。技術移転されている技術について、そのベースにある研究（深層学習と脳情報の併用；ニューロフィードバックとリスニング）が論文として未発表なのが少し気になった。

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	A
評点付けの理由	サイバーセキュリティの研究は待ったなしで必要とされているものであり、それに対して利用可能なリソースを用いて網羅的にカバーしている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	将来の技術動向を予測した挑戦的な目的を立てており、研究期間でその目的がぶれていない。効率的に良い研究成果を出すことができる研究体制を築いており、目的に照らした実施計画を着実に進めている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	国研の立場として、政府機関、地方自治体、重要インフラ等におけるサイバー攻撃対処能力の向上をしっかりと担っている。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無差別的な攻撃と、標的型攻撃の軸、並びに受動的な観測と能動的な観測に分けて、様々な攻撃に対して様々な手法で観測技術を確立しようとしている。 また、計画当初には想定されていなかった IoT への攻撃に対しても、柔軟に目標に取り入れている。 ・研究計画を立てる際には、将来の技術動向や社会経済活動等の変化を予測して研究目標を決める必要がある。特に高度な社会的責任を持つ国立研究開発法
--

人の場合、その予測は正確でなければならない。その正確な予測に照らした目的である「我が国のサイバー攻撃対処能力の向上」を目指す研究目的は挑戦的である。研究期間でその目的が全くぶれておらず、効率的に良い研究成果を出すことができる研究体制を築いており、目的に照らした実施計画を着実に進めている。

- ・サイバー攻撃観測網を拡充した。
- ・能動的なサイバー攻撃観測技術の高度化と試験運用を行った。
- ・限られた人的リソースの中、学術的価値の創出から社会実装、人材育成にいたるまで、サイバーセキュリティの幅広い分野で高い目標をかかげ、研究開発に取り組んでおられると判断いたします。研究の方向性を Passive/Active、Local/Global の 2 軸で分類しているのもわかりやすく、それぞれの軸で着実に成果がでていくことが理解できました。今後東京五輪にむけて万全の準備を期待いたします。

(改善すべき点)

- ・攻撃の手は日々進化しているので、当初の目標設定にこだわらず、柔軟に必要な研究を行ってほしい。
- ・大規模な研究用システムの開発は国立研究開発法人である NICT でしかできないミッションである。その研究成果の普及についても研究計画に含めるとより良いと思われる。
- ・サイバー攻撃観測技術の我が国の様々な分野への展開をより積極的に図るべきである。
- ・とても難しいとは思いますが、これらの技術開発によってどういうリスクがどの程度減ることが期待できるというような表現で情報発信ができると、研究の意義をより多くの方に理解してもらえると感じました。

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	着実に、目的に沿って、必要な観測網やデータ収集の機能向上が図られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	中長期の研究期間にわたり研究計画に即した複数の技術を確立している。独創的なアプローチにより研究成果を得ており、サイバー攻撃の観測や防御に不可欠な技術を確立できている。また、それらの成果は難関国際会議でも高く評価されている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	STARDUST 等、サイバー攻撃対処能力の向上を図るために、独創的で先導的な研究開発をした。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際の運用に即したオペレーション技術が研究されている。 ・NDSS2019 の NDSS 2019 Distinguished Paper Award 受賞。 ・NICT は我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を目的とし、研究者及び技術者の効率の良い研究のための連携体制を築き、科学的意義の高い研究成果をあげている。それらの価値は高く、我が国のサイバー攻撃対処能力に資することができる基盤技術の確立に貢献するものである。特に「リフレクション型 DDoS 攻撃観測技術の確立」、「IoT 機器に対する能動的アクセス・分析手法確立」、「IoT マルウェア感染機器のユーザ通知実験実施」は難関国際会議に採録される等の評価

を得ている。

- ・NICTER、NIRVANA、WarpDrive、STARDUST 等の技術を研究開発した。
- ・外部研究機関と連携を積極的に進め、先進的成果を論文として権威ある国際会議で多数発表するなど、学術的に高い成果を継続的に創出している点は賞賛に値すると思います。これらの功績が高く評価された結果、数多くの賞を受賞されるなど、成果の質についても国内におけるサイバーセキュリティ分野トップの国研にふさわしいものであると判断いたします。

（改善すべき点）

- ・CURE の運用により複数の観測技術を組み合わせマルチモーダル分析等により、はじめて得られる新しい研究成果に期待する。
- ・我が国の基盤として、よりしっかりとした地位を築くべきである。
- ・先進的な研究の成果として示されているもののなかには、比較的短期で実用化が可能と考えられるものと、まだ実用化には壁があってさらなる深掘りが必要なものがあると思います。このような実用化への距離感を表現していただけると議論が深まるのではないかと思います。

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	民間ではなかなか取り組めないテーマであり、国の研究所として国民の安全・安心に資する研究である。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	複数の研究活動(NIRVANA 改、CURE 等)で社会的価値を創出している。さらに IoT マルウェアの感染機器対策等の政策課題解決に結びつく活動にも大きく貢献をしている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を図る担い手として、社会的価値は非常に高い。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・技術を惜しみなく開示し、国内外の研究者と連携している。
- ・SECCON や MWS などに、ツールやデータを提供しており、人材育成にも大きく貢献している。
- ・NIRVANA 改では可視化機能をさらに強化することにより、複雑で理解しにくいサイバー攻撃に関連する事象の可視化に成功している。サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術である CURE では、研究用データの外部提供を可能にしている。これにより外部研究者もサイバーセキュリティ対策に関する研究が可能になる等、大きな社会的価値を創出している。また IoT マルウェア感染機器のユーザ通知実験では、IoT マルウェア感染機器対策の政策課題解決に結びつく活動に大

大きく貢献をしている。

- ・G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピックに貢献している。
- ・サイバー攻撃観測網の拡充は、サイバー攻撃対策における基本かつ最重要課題のひとつであり、これに対して NICT が NIRVANA の機能を継続的に拡張・高度化されていることは正しい方向性で、またその成果も大変優れていると判断いたします。また機械学習とサイバーセキュリティの融合研究の強化に注力され、すでに多くの成果が得られていることも高く評価したいと思います。

（改善すべき点）

- ・NICT が持つ NIRVANA 改や CURE は可視化エンジンを持つが、それらの可視化技術については研究的な評価自体が難しいことは理解できるが、できれば定量的な評価まで行い正当な評価が得られると良い。
- ・本研究開発活動が、どの程度社会的に評価されているかをより見える化すべきである。

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	実際にすぐに社会で活用できるものになっている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	サイバー攻撃検知通報システムの参加地方自治体数の拡大、東京オリンピック・パラリンピックに向けた NIRVANA 改の機能強化と研究協力体制の構築等、研究開発の成果を社会実装につなげるための取組を推進している。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	本研究開発した技術の素晴らしさは十分よくわかるが、そうであるがゆえに、多くの企業等の製品や基盤に使われるべきであると思うが、まだ物足りない。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究の知見が 2020 年のオリパラや 2019 年の RWC の安全な運営に寄与している。 ・サイバー攻撃検知通報システムである DREDALUS の参加地方自治体数の拡大、東京オリンピック・パラリンピックに向けた NIRVANA 改の機能強化と研究協力体制の構築、Web 媒介型サイバー攻撃対策の実証実験等、研究開発の成果を社会実装につなげるための取組を推進している。 ・本研究開発した技術が、一部の分野ではあるが、実装されてきていることは素晴

らしい。

・東京五輪に向け、関係諸機関との連携を深められるとともに、当初の計画から追加・前倒しを行って加速されていることは特筆に値すると思います。また CURE の構築による情報共有基盤は、サイバーセキュリティ対策技術の観点とともに人材育成の観点からもきわめて有用であると考えられ、この開発を着実に進めておられる点を高く評価いたします。

（改善すべき点）

・NICT は大規模なシステム開発を含む研究開発を継続的に実施している中から、今後、事業化可能な多くの技術シーズを現在でも持つ。今後もより積極的に研究開発の成果を社会実装につなげる取組を行って欲しい。

・本研究開発した技術が、より多くの分野で実装されることを希望する。

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	日本の各組織がサイバー攻撃対処能力をつけることには差し迫ったニーズがある。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を目的とする模擬演習環境・模擬情報構築活用技術と、サイバーセキュリティ技術の検証やサイバー演習を効率的に実施するセキュリティ・テストベッド技術は継続的に研究開発すべき挑戦的なテーマである。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を目指した模擬環境・模擬情報構築活用は大変重要であり、本研究開発活動の意義は大きい。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・政府機関のみならず、学術機関や企業、特に重要インフラなどを幅広く対象としている。 ・我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を目的として、模擬演習環境・模擬情報構築活用技術、及び、サイバーセキュリティ技術の検証やサイバー演習の効率的な実施に資することができるセキュリティ・テストベッド技術のための研究開発は、

国の研究機関が継続的に行うべき挑戦的な研究テーマである。NICT はサイバー攻撃誘引基盤である STARDUST を中心に継続的に研究開発と高度化を行い、開発期間中においても実際に人材育成や外部の研究機関のサイバー攻撃解析等のために活用している。

・サイバーセキュリティ技術で研究開発した STARDUST、NIRVANA の技術と連携して展開しているのは、素晴らしい

・サイバー攻撃の攻撃者追跡は、サイバーセキュリティのなかでも特に深刻な標的型攻撃対策における必須の取組でありながら、これまでさまざまな理由から組織的な対応が困難であった分野でした。この課題に対して NICT が先導して技術開発を行ってこられた結果が STARDUST として結実したことはきわめて意義深いことだと理解しています。

（改善すべき点）

・主要論文としては、ぜひ査読のプロセスを経た論文のみをリストするか、査読について区別して（査読付き/査読なし）リストしていただきたい。

・大変重要な内容であるので、本研究開発を加速していただきたい。

・「競争・競合・協力関係にある国内外の研究機関等」のところに「…国益を守るために重要な意義をもつサイバー攻撃への対応技術はそれぞれの国に特化した環境で行われるべきである」とあります。これは海外との協力は必要ないということでしょうか。そういう意図ではないと思いますが、かなり広い主張とも読み取れますので、より丁寧な記述が必要だと思いました。

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	「1.サイバーセキュリティ技術」で培った技術をうまく適用している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	サイバー攻撃誘引基盤として NICT で継続的に開発が行われている STARDUST は、企業レベルの情報基盤を模擬し、さまざまなサイバー攻撃に関する情報を収集し解析できる機能を持つ先導的な研究である。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	基礎研究ではないので、科学的意義を問われると評価は難しいが、本研究開発の模擬環境・模擬情報構築活用は、我が国の国研としての応用研究としては、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"> ・実際に活用されるプラットフォームを構築している。 ・サイバー攻撃誘引基盤として NICT で継続的に開発が行われている STARDUST は、「セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術」における科学的意義が高い研究開発のひとつである。これは単なるハニーポット技術ではなく、企業レベルの情報システムを自在に模擬し、さまざまなサイバー攻撃を誘引して情報を取得、解析する能力を持つ独創的・先導的な研究開発であると評価することができる。また、NICT は STARDUST で収集した情報や STARDUST のために開発した技術をサイバー演習の支援からサイバー攻撃の分析等のさまざまな活動に資しているこ
--

とも評価できる。

- ・サイバーセキュリティ技術の応用研究開発としては、普及促進の意味からも、出口戦略としては大変重要である。
- ・情報公開に制約が多い分野ながら、学会活動を継続的に行っておられることを評価いたします。

（改善すべき点）

- ・STARDUST で収集した情報を展開して行った活動が多少分かりにくいので、今後は整理してアピールされたい。
- ・誰でも使える模擬環境・模擬情報構築活用を念頭に、進めて頂きたい。

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	多くの組織に実際に活用されている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	攻撃者誘引実験における社会的価値の創出に対する貢献が大きい。攻撃者の追跡実験により攻撃者の活動をいままでより明らかにしている。サイバー攻撃の対策に役立つ等の社会的価値の創出に繋がることが期待できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	サイバーセキュリティ技術の普及促進の一つの形として、大変素晴らしいものである。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・毎年、新たな利用者が現れていることと、日本のセキュリティ人材育成に貢献している。
- ・研究活動等の取組・成果による社会的価値の創出については、STARDUST を用いた攻撃者誘引実験における貢献が大きい。ビーコンによる攻撃者の追跡実験を開始しており、いままで不明だった攻撃者の所在地を含む活動を明らかにすることができた。この部分でサイバー攻撃の対策に資することができる等の社会的価値の創出に繋がることが期待できる。またサイバー攻撃解析分科会を開催し、

STARDUST で集められたサイバー攻撃の情報を外部の研究者にも還元している。

- ・国研ならではの取組として、評価に値する。
- ・攻撃者の行動をリアルタイムで捕捉・監視し、その行動を追跡する技術の確立は、標的型攻撃対策における最重要課題のひとつであり、NICT の技術開発によりこのような攻撃者追跡環境 STARDUST が構築され、知見が蓄積されていることを高く評価いたします。またサイバー演習環境提供・演習支援もきわめて社会的価値の大きい活動で、着実に成果が出ていると判断いたします。

（改善すべき点）

- ・より広く利活用してもらう手立てを考えていただきたい。

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	既に多くのセキュリティ人材育成に貢献している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	STARDUST の外部利用を拡大することで、研究活動の成果を社会に還元している。また、研究成果の社会還元として、各種のセキュリティ人材育成プロジェクトに演習環境への提供や海外大学へのサイバー演習支援を行っている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	模擬環境・模擬情報構築活用をしてもらうための実装をしていることは評価に値するが、より広く利活用してもらう手だても併せて検討すべきである。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海外大学の演習も支援している。 ・STARDUST を一般公開する等、STARDUST の外部利用を拡大することで、研究活動の成果を社会に還元している。また、研究成果の社会還元の一環として、各種のセキュリティ人材育成プロジェクトに演習環境への提供や海外大学へのサイバー演習支援を行っている。 ・模擬環境・模擬情報構築活用の実装をしている。 ・STARDUST の成果が着実にあらわれ、また外部利用機関が広がりを見せていることを高く評価いたします。また STARDUST と NIRVANA の連携についても今後の
--

成果が期待されます。これら研究開発成果の展開として、機構内外の機関にてサイバー演習の支援・環境提供を引き続き精力的に行っておられることも、人材育成への貢献として評価いたします。

（改善すべき点）

・より多くの方々に利活用してもらう手立てを検討すべきである。

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	高度暗号技術の研鑽並びに評価技術の育成は重要である。プライバシー保護も社会のニーズが高い。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	NICT が暗号技術の研究として掲げる3つの目標は、高度な情報化が進んだ近い将来における社会的ニーズを踏まえた挑戦的かつ課題解決が必要となる目標である。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	世界的な競争である量子暗号技術の研究、社会課題であるプライバシー保護技術の研究と実証実験等、世界レベルでの挑戦をしている。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高度暗号技術の研鑽並びに評価技術の育成は重要である。プライバシー保護も社会のニーズが高い。 ・今後の IoT 社会やパーソナルデータの利活用が進む社会において、新しい有用な機能を持つ機能性暗号要素技術の社会的必要性が高まっている。そのような状況において NICT が抱える「1. 機能性暗号技術」「2. 暗号技術の安全性評価」「3. プライバシー保護技術」は、いずれも近い将来の技術動向や社会経済活動に

とり必要となる解決すべき課題に挑戦する内容である。

・機能性暗号技術、量子暗号技術、プライバシー保護技術等、挑戦的な内容、社会経済活動の変化に対応したものになっている。

・限られたリソースの中、情報セキュリティの根幹を支える暗号技術・プライバシー保護技術において、理論と実用の両面から世界最高水準の高い研究目標を立案し、その実現に向けて設計と評価の両面から着実に成果が出ていると判断いたします。他研究機関や企業との連携による実証実験を積極的に進めておられる点も高く評価したいと思います。

（改善すべき点）

・プライバシー保護に関しては、社会のニーズも高いので、「技術的支援」にとどまらずに検討してほしい。

・「1. 機能性暗号技術」と「3. プライバシー保護技術」については、目的は異なるが研究開発すべき要素技術がほとんど同じであるように思える。開発すべき要素技術の異なるポイントをより明確に示すようにすると良い。

・着眼点は良く、学会等での採録を含む評価は良いようであるが、もっと尖がった社会にインパクトのある研究内容を望む。

・多岐にわたる研究開発をされているからこそなのですが、評価資料の記述はやや成果の羅列感があるように感じました。研究成果に対してその意義や達成度などもあわせて表現していただけると、成果の理解がより深まると思います。

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	数々の難関学会に採録され、高度暗号技術を研鑽している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	機能性暗号技術と暗号の安全性評価に関する研究で最高峰の国際会議の採録等の高い評価を得ている。また機能性安全技術を不正送金の検出に適用する実験は、機能性暗号技術を実際のシステムに資する科学的意義の高い成果である。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	国研としての立場から、暗号技術に関する基礎研究と応用研究の両方が必要であるが、それがうまく機能している。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・国内外の多くの研究者と連携し、数々の難関学会に採録され、高度暗号技術を研鑽している。
- ・復号せずに解析可能な暗号技術、小型宇宙機通信における情報理論的安全性を持つ通信技術、群構造維持暗号技術の提案の研究において、最高峰の国際会議への採録、論文賞受賞、標準化などの成果を得ている。また不正送金の検知を高度化することを目的とした、秘匿協調機械学習システムを提案し、実際に複数の銀行から取引データを得て実証実験までを行っている。これは先端的な機能性暗号技術を実際のシステムに適用する良い実例となり得る科学的意義の高い研

究成果である。

・機能性暗号技術、量子暗号技術、プライバシー保護技術等の技術においては、特に先導性と発展性において、基礎技術が確立している。

・新しい暗号技術の設計並びに評価に関して常に世界最先端の取組がなされており、その成果は権威ある学術誌やトップカンファレンスでの論文採録や、表彰・受賞という形であらわれています。これらの研究成果には、国内外のきわめて多くの研究機関との連携の結果生み出されたものも多く、このシナジー効果の点からも成果を高く評価したいと思います。

（改善すべき点）

・暗号技術においては、より独創性と革新性について研究内容を発揮してもらいたい。

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	暗号技術はデータセキュリティのための中心的な技術になっており、世に適切に普及させることにより社会的価値に貢献できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	量子暗号が普及した次世代に有効な暗号として耐量子計算暗号 LOTUS を提案している。また耐量子計算機暗号の安全性評価で世界記録を達成している。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	暗号技術は、デジタル社会にとっては必須のものであり、我が国においても国研レベルでしっかりとした研究開発のノウハウを持っているなければならない。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全な暗号技術が普及するために評価する技術、次世代暗号を生み出す技術は必要であり、CRYPTREC などの事業も評価に値する。 ・量子計算機が普及した将来に有効な暗号のための要素技術として、格子問題ベースの耐量子計算機暗号 LOTUS を提案している。また耐量子計算機暗号の安全性評価を行い、世界記録を達成している。さらに CRYPTREC において耐量子計算機暗号の今後の方針について議論をリードしている。これらは量子計算機が普及した将来における電子政府の実現のための技術に資することができる等、社会的価値の創出に貢献する研究開発である。 ・暗号技術でも、現在世界で最も重要視されている技術分野の研究をしている。 ・日本の CRYPTREC プロジェクトにおいて、継続的に暗号技術の安全性や運用法

の調査・検討を行い、暗号利用者や運用者に対して正しい暗号利用に関する情報発信を行なっている点を評価いたします。さらにプライバシー保護技術について、個人情報を守りつつ情報の活用を推進する立場からの研究を進めておられる点を高く評価したいと思います。

（改善すべき点）

- ・プライバシーポリシーの適切さを利用者が正しく理解することは社会で課題とされており、そのような研究も強化してほしい。
- ・研究する人材をどう育てるかの検討が必要である。

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	CRYPTREC や標準化活動など、社会実装に向けた取組が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	秘匿協調学習の研究成果に基づき、現在も金融機関の課題になっている不正送金検知等を高度化するシステムを構築し、社会実装に繋げる取組のひとつとして、実際の取引データを用いた実証実験を行っている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	政府推奨暗号への対応で、CRYPTREC の活動は大変重要であるが、我が国の暗号政策との連携による社会実装が大切である。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CRYPTREC や標準化活動、小型宇宙機通信、実データを用いた秘匿協調学習への取組などを評価する。 ・復号せずに解析可能な暗号技術の研究を行い、その研究に基づき、秘匿協調学習のシステムである DeepProtect を実装し、複数の銀行の実取引データを用いた不正送金検知等を高度化するシステムを構築し、実証実験を行うまでを行っている。これは研究成果のひとつである秘匿協調学習に基づきプライバシーを保護したままで実用的な処理を行っているという点で、研究成果を社会実装まで高めている取組である。 ・研究開発した暗号技術を社会実装につなげてきている点では、評価できる。 	
---	--

・暗号化したまま情報処理を行うという、暗号技術・プライバシー保護技術の最新の機能を実用化に結び付けるべく、医療・金融など具体的な応用を目指した研究開発並びに社会実装を進めておられることを高く評価いたします。特に複数の金融機関との実証実験は社会的インパクトが大きいと思いますので、成果を大いに期待いたします。

（改善すべき点）

- ・国の研究所ならではの本分野の社会実装として何があるかを、是非考えてください。
- ・世界の標準を利活用して、我が国の暗号政策に貢献するのは良いのだが、その一方で、我が国の暗号を研究開発することも必要であるとする。

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	量子通信領域における研究推進において先導的な役割を十分に果たしている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	量子情報通信技術に関する研究取組の先見性が、今般の量子情報技術に注目されている中で最も社会展開に近いレベルで、日本が世界をリードしている状況を構築してきており、顕著な成果として評価できる。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・量子鍵配送プラットフォームの構築を先導し実用性検証までを目指している。さらに応用先についても意欲的に開拓推進している。
 - ・量子鍵配送で究極の安全性を確保した共有暗号鍵生成技術を核として、それを通信ネットワークの各層に展開するプラットフォームを構築し、フィールド試験を通して統合したセキュリティシステムとして実用性を検証するに至っている。
- その次の量子情報技術のベースとなる量子ノード技術に関する基礎研究推進において、インパクトあるものと評価される研究成果をあげており、量子暗号から量子情報処理までの展開を世界に伍して推進している。
- 社会実装に向け、標準化でも世界をリードしている。
- ・想定した目標は、十分挑戦的な内容となっている当初計画に対し、早期達成されたものや早期に着手されたものがある。
 - それ以外も概ね計画通りに進捗している。
 - ・量子光ネットワーク技術における実際の量子通信や、量子ノード技術における光

量子制御の基礎物理に関連する研究など、目的・目標は妥当であり、原理実証の基礎的内容から応用に向けた内容まで、新規性があり、挑戦的であると認められる。

・急速に進歩する ICT 技術に対して、昨今の商業的状況では我が国の影響力の減退が懸念される状況にもあり、次世代の産業力を涵養するためにも、ぜひとも科学技術基盤を確立すべき重要な研究目標である。学術的基盤と実装技術の隔たりが大きく、民間のみによる開発としてはリスクを伴うため、国が主体となって研究開発を進めるにふさわしい研究である。

・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。

・各国・各機関が鎬を削る近未来の最先端分野であるが、必ずしも十分でない予算の中で、独自の特色ある的確な目的・目標を掲げており、進捗状況も目標を早期達成するなど順調に進展している。

・中国等他国に比べて圧倒的に小型な人工衛星での量子通信の基礎研究を展開していることは、様々な先進的な要素技術の開発を誘発することも期待でき、優れた取組と考える。

・ノード処理の多機能化、低損失・省エネルギー化を視野に入れた量子ノード技術のための基礎研究の展開は、上記の小型衛星量子通信の高度化に加えて、学術的にも基礎的科学技術の発展に大きな寄与が期待できる。

(改善すべき点)

・量子鍵配送から量子分散セキュリティのトータルセキュリティシステムとしての確立は高く評価され、標準化活動の推進によって社会実装展開を行っている点は高く評価できるところであるが、これら活動は継続した貢献が必要なところであり、外部での量子 ICT フォーラムの設立とともに、内部で持続可能な貢献を実現できる環境整備について検討を深めることも考えられないか。

・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、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。この分野のパイオニアとして挑戦を続けていってほしいと思う。

・将来、量子計算デバイス・システムへの展開が必須と考えられるが、それに向けた方針(方向性)やその関係性についての言及は必要ないか。

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	量子光ネットワークに関しては、量子鍵配送の秘密分散ストレージネットワーク技術を世界に先駆けて確立した。光空間通信での物理例や暗号のフィールド実証とグループ鍵化に世界で初めて成功、量子ノード技術については、世界最高速の量子光源を実現した。超伝導量子回路において従来比 100 倍の巨大な光シフトの観測・制御を実現した。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	科学的な価値の高い成果を複数生み出している。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・光量子制御における社会実装にまでつなげる研究において、科学的意義の高い成果を出すことにより実装にこぎつけることを実現している点は高く評価できる。
- ・量子ノード全体での、今中長期計画で提示した基本方針である、NICT が光・物質の最先端量子技術を深化・融合させて新たな地平を開拓するという指針のもと、光量子制御技術とともに超伝導量子回路から量子計測標準に絡むイオントラップまでにおいて、NICT の独自技術を確立するとともに、周波数標準等への貢献を着実に実現し、長期的研究戦略の立案につながっている。
- ・独創的なアイデアと NICT が保有する強い要素技術を組み合わせた高い成果が生まれている。
- ・原理実証などで多くの世界初の成果があり、基礎実験として独創性・新規性が高く、科学的意義は十分ある。光空間通信や広域ネットワークなどにおける種々の実証実験の成功、光量子制御、量子計測標準、量子インターフェースなど原理実証の成果など、これらの分野の基盤を築く多くの成果が得られている。
- ・インパクトファクターの高い論文を数多く出版しており、動作性能としても世界最

先端の結果が得られている。

- ・光空間通信における物理レイヤ暗号のフィールド実証及びグループ鍵化に成功した。
- 超小型衛星による量子通信基礎実験(光子レベルの光による信号送受信)に成功した。
- 励起光源、光子検出系、光子対源の高度化により世界最高速の量子光源を実現した。
- マイクロ波光子と超伝導量子ビット間の量子結合技術を超(深)強結合領域へ拡張するスキームを開発した。
- 以上4つの成果を通じて、量子光ネットワーク技術、量子ノード技術の基盤や基礎技術の確立に大きく貢献している。

- ・量子もつれ光源の高速化、単一光子制御、正確な時計などベーシックなセキュリティ技術をしっかりと研究されている。光子と超伝導量子回路中の人工原子の深強結合を実験的に示されるなど、有名な科学雑誌に掲載され、評価されている。これらを通じて技術的なリーダーシップを取るための素地をきちんと作っていることを評価する。
- ・QKD ネットワークと秘密分散を融合した超高秘匿ストレージネットワーク技術を世界で初めて実証したことは、様々な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今後の発展も期待でき、その科学的意義は高い。
- ・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など、いずれも科学的意義の高い成果を挙げている。
- ・超伝導量子回路人工原子系の巨大光シフトの観測・制御の成功も優れた成果である。

(改善すべき点)

- ・物理レイヤ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、科学的に不可能なのかも含めて分からなかった。
- ・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。

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	プライバシーなど高度なセキュリティが必要とされるデータに関して、量子鍵配送と秘密分散スキームに基づいた技術で顔認証等のユースケースを実証し、重要データを秘匿したまま広域量子光ネットワークにより情報通信できるという社会課題が解決可能であることを示した。また、超小型衛星と地上局の間の量子通信の実験に成功し、量子暗号技術を高め、国際レベルでの標準化も推進した。

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

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量子情報技術全般で、一般社団法人量子 ICT フォーラムの設立を推進し、この喫緊の課題である分野で産官学が連携して議論できるフォーラムを立ち上げたことは、これからの社会課題解決を我が国として行うために大きなプラスとなる。また、量子計測標準における着実な成果が、次世代時空標準に貢献したと考える。 ・光空間通信や広域ネットワークなどにおける種々の実証実験の成功は科学的価値とともに、ICT への貢献として社会的価値の高い成果である。量子計測標準における光周波数確度の向上や可搬型周波数基準装置なども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と考えられる。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、長期的な基本方針もある程度示されている。 ・ICT 上のセキュリティ問題が実社会でも大きく取り上げられる状況にある一方で、国際的紛争も軍事闘争から ICT 攻撃にシフトしつつある状況にかんがみて、本研
--

究課題の社会的重要性はきわめて高いものと評価できる。

・QKD ネットワークと秘密分散を融合した超高秘匿ストレージネットワーク技術を世界で初めて実現し、生体データ保管応用で実証した。

ITU-T における各種 QKD 関連標準化文書の成立に主導的役割を果たしている。可搬型周波数標準技術を確立し、イオントラップ技術を応用した量子通信基礎実験に成功した。

以上 3 つの成果を通じて、社会課題・政策課題の解決につながる大きな貢献をしている。

・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。

・高速(10GHz)光空間通信テストベッドの構築、超小型衛星—光地上局間の量子通信基礎実験の成功は、秘匿空間光通信の実用化に向け社会的価値の高い成果で、総務省委託研究「衛星通信における量子暗号技術の研究開発」に参画し実用化を加速する取組に繋がっている。

・国際標準化活動、(一社)「量子 IT フォーラム」設立への貢献は社会的価値の高い活動である。

(改善すべき点)

・標準化を進めて行って欲しい。

・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行ってほしい。実際には安全保障関連の用途にならないか。その場合、国際的標準化にはどのような国々との連合体で技術を実現していくべきか。

・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	実医療データを用いて、量子鍵管理＋秘密分散方式による実装を行い、また顔認証等のユースケースの実装も進め、それらの有用性を実証したことは高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	短期的な社会実装の検証的な研究開発に特に優れている。中長期的な社会実装については要素技術開発を通じてバランスの取れた形で遂行されている。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東京 QKD ネットワークという量子鍵配送ネットワークと秘密分散を融合した超高秘匿ストレージネットワーク技術を世界で初めて実証し、顔情報などの生体データ保管用で実証したことは、東京オリンピックの時期に間に合わせ実現したことも含め、非常に高く評価できる。さらに、QKD 鍵管理と秘密分散等の要素技術を応用した広域ネットワークを構築し、実医療データによる実証を行ったことは素晴らしい。 ・量子鍵配送プラットフォームの早期の社会実装と価値創出に期待しています。 ・光空間通信や広域ネットワークなどにおける種々の実証実験など、社会実装への積極的な取組が行われている。 ・近隣大学や医療機関とのデータ連携、衛星通信など、社会実装を念頭に置いた取組を積極的に行っている点は評価に値する。量子計測標準技術においても、実験台の上での基礎実験にとどまらず、社会実装を想定した可搬性を目指している点も有意義である。 ・QKD 鍵管理、秘密分散等の要素技術を応用した広域ネットワークを構築し、実医療データによる実証を行った。 <p>東京オリンピック 2020 に向けて、テコンドー、トランポリンにおけるスポーツカルテ</p>
--

生体データの管理や伝送に、実際に応用されつつある。

以上 2 つの成果のように、研究成果を社会実装につなげる十分な努力がなされている。

・民間企業と共に実験を実施していることや委託研究にて、技術移転をスムーズに行えるように動いている。顔認証システムでは NEC との協業で量子暗号が実用化に向けて動いており、それが中国などで不安視されている総監視社会でのセキュリティ環境への不安に対する一つの答えであると思われ、日本社会への信頼感に資すれば良いと思う。

・量子計測標準の光周波数確度の大幅な改善は、社会実装に繋がる優れた技術開発である。

・QKD ネットワークと秘密分散を融合した超高秘匿ストレージネットワークの秘匿データとして、ゲノム等医療データに加えて生体認証や企業秘密などへの展開を考えており今後の社会実装へ向けた開発が期待できる。

・QKD 技術の標準化・実用化・社会普及へ向けた積極的な取組は早期の社会実装に繋がる。

(改善すべき点)

・社会実装するにはもちろん費用がかかる。本量子情報通信技術の研究開発では、それを内閣府 IMPACT、内閣府 SIP 等を活用して産官学連携で推進することで実現している。これら外部資金の活用が鍵となっている点について、評価資料で参考として示されており、より適切に情報記述すべきではないか(プロジェクトに関する改善点というのではなく、評価資料記述に関しての改善点となっているところがあるが)。

・ICT セキュリティは、システムをオープンにして、世の中から善意の攻撃や批判を受けることによって真の社会実装に向けて進むことができる。

・個別技術を共同で開発できても、それを総合的にプロデュースする企業が残念ながら日本の企業の中では見つけにくくなってきているのが実情だという認識がある。量子通信を社会実装するに当たってどういうスキームで実行すべきか、答えは難しいが経産省などと現プレイヤーと共に検討していき、方向性を示してほしい。

・Decode は 5G の世界で実用的か。どんなインフラ、端末が必要か知りたい。

・コスト評価や積極的な技術移転をさらに促進することが望まれる。

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	酸化ガリウムなど新たな材料による電子デバイス、深紫外発光デバイスなど独創的・挑戦的で科学的にも社会的にも価値の高い研究と認められる。

評価者 B

評点	B
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。酸化ガリウムの用途展開計画に少し遅れが見られます。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸化ガリウムによるデバイスは NICT のオリジナルな研究であり、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、省エネルギー問題への貢献など社会的にも高く評価できる。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、水銀フリーの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・環境応用の技術革新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。深紫外デバイスは、AlGaIn 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点。殺菌用途以外も 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。 ・高い達成目標を立てて研究を実施している。 ・技術動向や社会の変化に対応し、計画を柔軟に見直している。 ・酸化物半導体電子デバイスについては、評価者は専門外であるものの、色々な機会に日本の半導体産業という観点も含め、NICT の研究成果が注目されていることを認識したところである。内容がまさしく挑戦的である点も理解した。
--

- ・窒化物半導体を越える可能性についても期待されている点を理解した
- ・産業界に向けてベンチャーへの技術移転がされている点も評価できる。
- ・動力や照明など社会生活と直接かかわりを持つ重要なテーマであるのみならず、エネルギー消費や環境保全にも多大なインパクトを与えるテーマに対して、新規デバイスを開発することによって課題解決を行うものであり、技術的にも社会的にも極めて有意義な研究である。
- ・酸化半導体デバイスについては NICT 発の技術として開発を進めている酸化ガリウムに加えて、新しい酸化半導体の開発を志向していることは評価できる。酸化ガリウムによる高効率パワーデバイス、高周波デバイス、極限環境デバイスの開発についても、民間企業への技術移転によって実用化を目指す点も期待したい。
- ・NICT 開発の高出力深紫外 LED デバイスを核として、従来の長波長光システムでは達成が困難な機能を期待できる、情報通信から医療健康、環境、安全衛生など幅広い分野での活用を視野に入れた深紫外光 ICT デバイス・システムの基盤技術の開発を目指していることは、早期の実用化にも繋がる優れた計画である。

(改善すべき点)

- ・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分かりにくい。
- ・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多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いと思います。
- ・「SIP プログラムディレクターの指示により当初の計画から変更することとなったため」という記述があるが、なぜそのような「指示」に至ったかの理由が説明されていない。このままだと「主体的に研究を行っていたのか」という点に、若干の疑念が生じる。
- ・成果が世界の研究レベルで高く評価されていることは、Clarivate Analyticsからの定量的データから見て取れる。NICT としてそのように頑健な科学技術評価法に基づいた実績をあげることは高く評価できる。産業界へは技術移転による貢献を主としているようで、競合他社との比較も資料では明確な基準で行われている。一方、競合他社の中にはベンチャーらしい広報による成果を謳うところもあるようで、産業界におけるリーダーシップ発揮について今少し検討できるとよいのではないかと。
(技術移転先企業の Web ページが質実なものであることからくるものねだりかもしれないが。)

・ここで想定される応用製品から考えると、字義通りの ICT には必ずしも当てはまらない可能性もある。しかしながら自動車産業の CASE が示すように、あらゆる産業分野で通信、情報処理、エネルギー制御などがエレクトロニクスを基盤として密接に関連する時代となり、旧来の縦割りの領域の境界が意味を持たなくなりつつある。そこでこれまでの ICT にとられない新たな概念の定義を提案しても良いのではないか。

・酸化物半導体電子デバイスの進捗において、高周波パワーモジュール及び極限環境デバイスの試作・特性評価等が遅延気味である。特に、後者については酸化ガリウムデバイスの特徴的な応用分野の一つと考えられるので、早期に体制を整備して進捗遅延を取り戻すことが必要と考える。

・ヒアリングで言及のあったマテリアルズインフォマティクスによる新しい（酸化物）半導体材料の探索について、その方向性を示すことが望ましい。

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	新たな材料系による種々の世界初の電子デバイスの動作達成、世界最高出力の深紫外 LED の達成など、独創的で科学的価値の高い研究である。

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。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

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・酸化ガリウムという新たな材料・デバイス分野を開拓したことや、種々の世界発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、世界最高出力などの顕著な成果は高く評価できる。
- ・酸化ガリウムは新しい材料であるため、バンド構造や電気伝導、電子速度、熱伝導などについて未知の物性が多いと考えられ、これらを明らかにすることの科学的意義も大きい。これらはデバイス開発とともに進展すると思われるが、そのフィードバックにより高性能デバイスにつなげていただくことを期待する。
- ・深紫外デバイスも世界最高の出力や内部量子効率など非常に顕著な成果である。新たなコンタクト材料開発の成果なども総合的に動員して更なる高出力化・高効率化が進むことを期待する。
- ・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。デバイス化における課題感もしっかり見えていて、それらを APL や招待講演などの実績でも評価されている。
- ・深紫外デバイスは、AlGa_N 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。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。

- ・非常に高い科学的意義があると認められる。
- ・酸化ガリウムはイオン注入によるpn制御を可能としており、従来の半導体技術を用いた様々なデバイス開発が期待される。また、現在注目されながら、大規模な工業化が難航している SiC を置き換える可能性を秘めている。深紫外デバイスも、その出力性能は特筆に値するものがあり、現在は有害かつ取り扱いが不便な水銀灯に頼らざるを得ない分野に革命をもたらす可能性を秘めている。
- ・縦型 Ga₂O₃ ショットキバリアダイオードの開発を行い、耐圧 1kV 超を実現した。
- ・n,p イオン注入ドーピング技術、およびそれを用いた縦型ディプレッションモード Ga₂O₃ ノーマリーオン MOSFET の作製に成功した。
- ・シングルチップ・室温・連続駆動の深紫外 LED の世界最高出力を大幅に更新する光出力 520mW 超を達成した。
- ・深紫外領域における新たな光アイソレータデバイスを開発し、極めて大きな光非相反特性を実証した。
- ・酸化ガリウム関連論文の被引用数が 2019 年 1,500 回で、応用物理関連の学界から引き続き大きな注目を集めていることは、その科学技術的意義の高いことを示している。
- ・次世代のパワーデバイスや極限環境下デバイスとして期待される 1kV を超える高耐圧ショットキーバリアダイオードや FET などの酸化ガリウムデバイス、及び世界最高出力の深紫外 LED デバイスに関する研究成果は、いずれも独創性、革新性、先導性、発展性に優れており、その科学的意義は大きい。

(改善すべき点)

- ・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。
- ・深紫外デバイスは出力特性では特筆すべきものであるが、最終的デバイスとして想定される目標を明らかにすると良い。出力や効率改善のみで良いのか、光源としてそのほかの要求性能があるのか、コヒーレント光源が実現するのか、などの見通しがあれば示していただきたい。
- ・深紫外 LED デバイスのコンパクトなマルチチップ化(5~10 素子程度)についての技術的課題を検討する必要はないか。

3. 「社会的価値」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
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、及び、高出力・高効率深紫外発光デバイスなど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

(評価する点)

- ・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。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。GaN や SiC など他の材料の既存のデバイスとの長短比較や、基板が安価など酸化ガリウムならではの価値を明確にしながら進めることも重要と考えられる。
- ・高出力・高効率深紫外 LED の達成も水銀フリーの光源として社会的価値が高い。偏光制御デバイスやアイソレータも特殊通信用途など社会的価値を示しながら進めるとよいと思われる。
- ・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。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は、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。
- ・深紫外デバイスは、水俣条約をリードする必要がある我が国としては率先すべき技術であり、その社会的価値は大きいと考える。

・将来の日本の半導体産業の核となり得る可能性も秘めたもので、社会的価値が高い。

化合物半導体、ワイドバンドギャップ半導体、パワー半導体などは、元来我が国の強みの一つである。本研究で新領域を切り拓くことは、その一層の強化につながり、国家戦略的にも有意義である。パワー半導体として現在注目されている SiC も、我が国の開発力が高いとは言え、基板材料は輸入に頼らざるをえないのが現状であり、本研究による新規開発が我が国の産業力強化に貢献するものと期待される。

・Ga₂O₃ デバイスについて、高温、放射線下等の極限環境への応用を検討している。

・深紫外 LED において内部量子効率と電流注入効率を世界で初めて定量化し、世界最高値となる内部量子効率 77%を達成した。

・酸化ガリウムデバイスは、極限環境下での応用に加えて、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への応用が期待でき、省エネ、機器の小型軽量化に資する技術としてその社会的価値は高い。

・500mW 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・低環境負荷における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。

(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。昨年と同様のコメントだが、パワエレ向けとして先行する GaN や SiC に対する差異化を意識した形式としてほしい。

・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。

・ノーマリーオン MOSFET や深紫外 LED 開発はそれらの実用化へ向けた改善であって、社会課題の解決に間接的には寄与するものの、喫緊の課題を直接解決するものではない。公共的な価値創造に直接貢献する例(例えば廃炉現場への適用、深紫外 LED による途上国の衛生環境の向上等々)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	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組が行われている。

評価者 B

評点	S
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。

(2) コメント評価

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸化ガリウムにおいては、バルク・エピ基板の他、ショットキーバリアダイオードなど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組が行われている。トランジスタを含めたデバイス全体についても、更なる特性向上の研究とともにパワーデバイスとして大面積化や均一性に注意しながら同様に進められることを期待したい。 ・深紫外発光デバイスにおいては、高出力素子のパッケージ化、寿命試験が行われ、技術移転・製品化など社会実装への取組が十分行われている。 ・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。 ・酸化ガリウムはエピウエハを供給できるまでに技術移転できた点は有意義な社会貢献として高く評価できる。これは単なる産業化のみではなく、様々なデバイスを開発するための根幹的基盤となる技術であり、広く世の中の科学者や技術者にとって研究開発を促進する上での大きな恩恵となる。 ・技術移転ベンチャー企業（株）ノベルクリスタルテクノロジーにて、製品化に向け
--

た開発を実施している。

- ・深紫外 LED 成果技術を民間企業に技術移転し、製品化に成功した。
- ・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(株)ノベルクリスタルテクノロジーが順調に実績を伸ばしており社会実装も進んでいる。
- ・深紫外 LED については、その開発成果(特許 8 件)を民間企業に技術移転し製品化に成功している。また、第 32 回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、その実用性は社会から広く認められている。

(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。
- ・今中長期以降を見据えた社会実装のロードマップが描かれるとよいか。
- ・深紫外光源は、現状では水銀その他の有毒ガスのプラズマ放電に依存しており、その個体化・小型化の恩恵は図り知れないと考えられるが、一般の人にとっては日常的に触れるものではなく、社会的意義を理解してもらいにくいので、光源のユーザとの共同研究を積極的に進め、応用技術としての効果を提案することが有意義である。
- ・GaN や SiC に対して、その特性(熱に若干弱い?)や製造コスト等を比較検討して、酸化ガリウムデバイスの社会実装分野を検討・想定することが必要ではないか。

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	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 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	A
評点付けの理由	高い目標を立て、適切な実施計画を立てて、着実に研究を進捗させている。一方、予期せぬ意外な結果から、非連続的に研究が急展開した例があれば明示して欲しかった。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	挑戦的かつ長期的重要性の高い最先端の課題に対し、学術的にも着実な成果が得られている

評価者 E

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開拓など、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。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・挑戦的な内容を、国際的な技術動向を踏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。
- ・十分高い目標設定を行い、実施計画に従って着実に研究を進展させている。一方場合によっては、計画変更を柔軟に行って対処している。
- ・高機能 ICT デバイス技術では、新規 EO ポリマーに着目することで、従来のデバイスを大きく超える性能、プロセス性、設計自由度の高さなどの特徴を持つ光デバイスの実現に道筋ができ、さまざまなデバイス応用が期待される。
- ・高周波・テラヘルツ基盤技術では、世界最高水準の高速動作を実現している。通信技術の急速な世代交代により、我が国のエレクトロニクス産業が競争力を失いつつある現状に鑑み、次世代の産業基盤を確立するための重要な技術である。
- ・バイオ ICT 基盤技術では、前例の無い未開拓の領域に ICT の観点から挑戦しており、学術的にも興味深い研究課題である。
- ・高機能 ICT デバイス技術は、新たな材料の開発に基づく光制御デバイスや単一光子検出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、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、それでもやっぱ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。
- ・SSPD 技術の企業への技術移転を本格化し、NICT 委託研究成果とあわせて来年より販売開始となる。
- ・窒化物超伝導体での超伝導量子ビットでのラビ振動の観測に成功して減衰時間を観測した。
- ・高速・大容量・低消費電力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た基盤技術の研究開発や、更なる高速化に必要な超伝導単一光子検出器の高性能化に向けた研究開発もほぼ順調に進展している。
- ・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。

・生体材料が持つ優れた特性を活かして化学物質の情報の抽出・利用のための基礎技術や、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）

- ・領域に含まれる技術の目的がそれぞれ異なる。個別の目標・目的は納得できるが、領域としてのビジョンが見えにくい。
- ・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。
- ・ほとんどのテーマが、4年前に立てた当初の実施計画通りに進みすぎている。実際には、予期せぬ結果で方向転換している例がもっとあるのではないか。
- ・フロンティア ICT の概念に必然的に付きまとう問題であるが、挑戦的かつ先端的な研究テーマが集まっているため、それらを一つのくくりでまとめるのは容易でなく、長期的かつ総合的な研究計画と展望が望まれる。各テーマを独立に深化させるのも一つの流れではあるが、長期的には横ぐしを通した概念の提案があれば有意義であり、可能ならば異なった領域間の交流と共同開発などの協力関係を構築できるならば理想的である。逆に、ある目標点を設定し、技術的な目途のついたプロジェクトは経常的なプロジェクトと合流する、あるいは時限を設けて次の課題としての新規領域を開拓するなど、いずれにしても長期的観点からの出口戦略が提案できるのであれば望ましい。
- ・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。

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	高性能材料の開発と高性能光制御デバイス動作達成、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実現など、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	いずれの研究も学術的に極めて評価の高い論文として成果がまとめられており、我が国を代表する先端的研究機関としての役割を十分に果たしている。

評価者 C

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 D

評点	S
評点付けの理由	サイエンスの観点から、下記に挙げるような数々の優れた成果を得ている。

評価者 E

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。

(2) コメント評価

(評価する点)

・高機能 ICT デバイスでは、超高耐熱ポリマーの開発とそれによる種々の高性能光制御デバイスの開発、単一光子検出素子と信号処理など大きな成果が得られている。ポリマーにより得られた種々の光制御デバイスについて、光変調器では実際の応用形態など、フェーズドアレイは応用における要求性能など、変調器は高速化や Si に比べた特徴などを明確にして高性能化を進められることを期待したい。

・高周波・テラヘルツ基盤技術では、超高速無線通信達成や周波数コムのための高 Q 値共振器の達成、信号多重化による広帯域スペクトラム形成、標準化への貢献など成果は顕著である。現時点ではまだそれぞれの内容がやや独立的な感があるが、超高速通信のみでなく未知の周波数帯開拓の基盤的研究として進展を期待したい。

・高機能 ICT デバイス技術では、性能指数が格段に大きく、かつ熱的安定性の高い材料を開発した点で大きなブレークスルーを実現しており、原理的にも従来の無機材料に比較して本質的に高速動作が可能であり、プロセス性も高く、それらの特徴を活かして様々なデバイスの動作を実証している。

・高周波・テラヘルツ基盤技術では、Si の CMOS で 300 GHz 動作を実現しており、これが工業化できるならば次世代通信技術の主導を握るといっても過言でなく、通信インフラの根幹を支えるに必要不可欠な基盤技術となる。

バイオ ICT 基盤技術では、生体分子を足掛かりとして、他に例のない独創的な分子運動制御を実現しており、学術的にきわめて興味深い技術を開拓している。

・DNA 上を動く分子モーターと分子素子配置技術の開発、超解像顕微鏡の技術開発、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。

・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。

・超解像顕微鏡の新規技術開発は、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ものとして、意義が高い。細胞核構造に関する上記の成果など、高精度計測手法として顕微鏡技術開発が優れた応用成果をもたらしている。

・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、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。

- ・世界最高ガラス転移温度の超高耐熱 EO ポリマーの開発に成功し、実用レベルの長期安定性を実現した。
- ・シリコン CMOS によるワンチップ 300GHz 送受信集積回路を実現した。
- ・窒化シリコン微細加工技術により高い共振器 Q 値を達成し、100 GHz 間隔の光周波数コムを実現して、通信・計測システムに適用可能な高安定光源を開発した。
- ・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った。
- ・窒化物超伝導体での良質な量子ビット生成は科学的意義が理解できる。
- ・高 T_g の EO ポリマー応用に関し、光インターコネクトで用いる O バンドでの実用性能指数 7.3 倍を実現し、実用的にもコンペを凌駕している。また、光フェーズドアレイを試作し、最大偏向角 22.5 度、100kHz 高速動作を実現した。
- ・SSPD の広波長帯域化、低ノイズ化のための新デバイス構造を提案し、実証したことは、この分野の応用範囲を広げる可能性が高く評価できる。
- ・光と電波の境界である高周波・テラヘルツ領域で Si を中心とした集積回路技術をしっかりと構築し、高速伝送技術や光コムなどで成果を上げられている。
- ・顕微鏡の超解像技術はバイオ観察を中心に意義深い。オートファジーのメカニズムを制御し DDS 向けに展開することは、様々な研究が進められているナンドラッグを利用する上で代謝ルートへの疑問を解くためにも重要な技術である。DNA 上を長距離滑走できる分子トランスポーターは色々な情報、分子、細胞、たんぱくなどを輸送できるのでメリットは大きい。
- ・世界最高 T_g の超高耐熱 EO ポリマーの開発は長期安定性に優れた技術でその科学的意義は高い。また、EO ポリマー導波路型 THz 検出器を試作し、90GHz 直接光変調を実現したことは、次世代高速無線通信に向けた ToF 技術基盤として大きな前進であり、その科学的意義は高い。
- ・窒化シリコン微小リング共振器で 106 台の Q 値を実現した微細加工技術は優れた工学的意義がある。
- ・分子トランスポーターの構築など着実に基礎研究が進展しており、基礎科学への貢献度の高い成果を得ている。

(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。
- ・これが出来たらこういうことが可能になるという説明が、難しいかも知れませんが、素人にもアピールするためには重要です。化学的意義や、社会的意義におい

1. 分野別評価（見込評価）
【フロンティア研究分野】

ても同様です。

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	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	A
評点付けの理由	現在の ICT 技術は、最先端の技術を駆使しながら急速に高速化・高周波化が進んでおり、近い将来に確実に必要となると期待されるデバイスの実現に向けて、本プロジェクトは着実に先鞭をつけている。

評価者 C

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おり、社会的貢献度が高く評価される。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	標準化活動や実証実験などを通じて社会的価値創造に貢献している。これらが、日本社会や世界が直面している社会課題の解決に直結するようになるとなお良い。

評価者 E

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。

(2) コメント評価

(評価する点)

- ・高機能 ICT デバイスでは、超高耐熱ポリマーの開発は光デバイスの新たな材料として社会的価値が高い。これ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徴を明確にしながさらなる高性能化を進めていくことになると思われるが、大容量・低消費電力を目指したデバイスとして社会的価値が高い。高周波・テラヘルツ基盤技術では、超高速通信の達成や標準化活動への貢献は、新たな周波数帯の開拓に向けて非常に重要であり、社会的価値が高い。
- ・高機能 ICT デバイス技術では、今後の高速データ通信の要となる光通信エレメントの開発に目途がついている。ここで開発された材料は、波長変換、光画像処理など幅広い応用に期待される性能を持ち、社会的に広い波及効果があると考えられる。
- ・高周波・テラヘルツ基盤技術では、現在の第 5 世代の多くが 6 GHz 以下で商業化が進められつつあり、我が国は諸外国に比べて出遅れた状況にあるが、本研究の成果を基盤にすれば、次世代では他に先んじて新領域を開拓し、我が国の産業競争力強化のためにも大きな効果が期待される。
- ・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。
- ・人材育成として、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ており、高い評価を受けており、社会的な貢献が高い。
- ・Si/有機ポリマーハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発を進め、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せんとする。
- ・300GHz トランシーバの開発と無線伝送実験の成果について、前島密賞を受賞した。
- ・275GHz 以上の周波数における国際標準化活動を行い、議論に貢献した。またこれに関し、ITU 協会賞功績賞や日本規格協会産業標準化事業表彰経済産業大臣表彰などを受賞した。
- ・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、生細胞内の高精度距離計測に成功して、同法のソフトウェアを公開した。
- ・SSPD のより広範な応用を目指した研究の社会的価値は十分にあると思われる。
- ・光フェーズドアレイの LIDAR 応用に関しては、今後の LIDAR モジュールの小型化と低価格化に期待がかかり、意義は大きいと思う。
- ・超伝導シングルフォトンカメラによる革新的イメージング技術の創出というのは、

非常に興味深く、今後の方向性に期待したい。

- ・バクテリア利用による希薄溶液の化学物質検出技術は、食品安全性のみならず、材料研究段階の評価技術としても意味を見出せるのではないかと。嗅覚の電子デバイス応用にも応用できる価値がある。
- ・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。
- ・シリコン CMOS ワンチップ 300GHz 送受信集積回路を実現し、100bps 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。また、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き大きな社会的価値がある。
- ・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の成果は、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。

(改善すべき点)

- ・バイオ ICT 基盤技術については、学術的には最先端の成果が得られており、実用面でもセンサー応用の可能性が示されている点は高い評価に値するが、現在開発している分子制御技術を近い将来どのように活用するのかが一部の専門家以外にはわかりにくいので、社会的波及効果を意識したできるだけ具体性のあるロードマップを提示することが有意義であろう。
- ・光学顕微鏡技術に関する workshop は、長期にわたって毎年開催され、社会的政策的に要求されている若手人材育成に、高いレベルで実績を残しているとライフサイエンス分野において広く感謝されている。今後も持続できるように、予算・人材面での安定した環境の提供が望まれる。
- ・評価した 4 つの成果は、社会課題・政策課題解決に間接的には貢献するものの、直接的貢献と言うには若干足りない。
- ・バイオ ICT について、生命倫理面での検討を行うとなお良い。

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	材料、デバイス、システムそれぞれで社会実装への十分な取組が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	民間との共同開発や技術移転を積極的に行っており、標準化に向けた取組も行われていることから、社会実装に向けた着実な進展があるものと評価される。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	4年間の研究成果を民間企業に積極的に技術移転していると認められる。なお一層の技術移転、起業の例が出ることを期待する。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	実用化が困難だと一般にみられている領域での社会実装にこぎつけており大変優れた成果をあげている。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・高機能 ICT デバイスでは、EO ポリマーの技術移転、JST のプログラムによる企業との共同研究開発、単一光子検出システムの技術移転や販売開始予定など、また、高周波・テラヘルツ基盤技術では、8K 高精細映像伝送技術など具体的な目標に向けた検討や標準化への貢献など、社会実装への十分な取組が行われている。
 - ・元来フロンティア領域の研究は社会実装との直接的結びつきが希薄な分野であるにも関わらず、積極的な努力が認められる。
 - ・高機能 ICT デバイス技術では、EO 材料の事業化への技術移転が実現している。この領域は物理・化学の境界領域であるため、多くの研究者にとって研究に着手するにあたって材料の入手が障壁となる例が多く、この技術転移は多くの研究者や事業者にとって研究開発環境を整える上で恩恵が大きい。また、企業との共同研究、A-STEP による実用化研究など、着実に成果が上がっている。
 - ・高周波・テラヘルツ基盤技術では、標準化に向けて活動を行っている。
 - ・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。
 - ・世界最高ガラス転移温度の超高耐熱 EO ポリマーの開発に成功し、商社との連携に着手した。
 - ・SSPD 技術の民間企業への技術移転を本格化した。
 - ・SSPD 技術の技術移転と NICT 委託研究成果とあわせての販売開始が来年ということ期待できる。
 - ・技術移転を積極的に行っている。
 - ・蛍光顕微鏡計測の精度を向上させる色収差補正技術を開発、公開し、その技術を広く利用してもらうためのワークショップを開催している。
 - ・ハイブリッド超高速光変調器の実用化に向けて民間企業と共同で JST A-STEP で共同開発を進め、従来の単独光変調器より高効率の光変調を実現しており社会実装に近づけている。また、SSPD 技術は民間企業への技術移転を本格化させ社会実装を視野に捉えている。

・100bps 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。

・バクテリアの化学物質混合物に対する識別法の評価手法は、企業との共同研究に発展したり、特許出願に繋がったりして社会実装に近づいている。

（改善すべき点）

・高周波・テラヘルツ技術は、次世代 ICT にとって極めて重要性が高い研究成果が出ているにも関わらず、我が国の民間の通信環境やデバイスメーカーが最先端の進歩に追従できていない現状があるので、A-STEP の共同申請などを積極的に働きかけるのが有効であろう。

・バイオ ICT 技術は社会実装から最も距離のある研究領域であるが、独自性の高い基盤技術を開発済みであり、センサー応用の可能性も示されているので、具体性の高いロードマップを提示して積極的に情報発信することが望まれる。

・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。

・一層の技術移転に努めて欲しい。

項目	6-(1) 技術実証及び社会実装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	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。M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用した成果も出ているが、Local 5G や SDGs と言ったバズワードが出て幅を利かせている社会情勢を考えると、目標設定には再考が必要と考える。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	産学連携、地域連携で、NICT のリソースを有効に活用して社会実装を行うことは意義深い。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パーマナント平均 12 名、有期・派遣平均 40 名の陣容で、当初計画を着実に履行している。査読付き論文も年平均 16 件程度と、多くの施設利用機関（年平均 287）を支援しながら健闘していると感じた。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、M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用して、複数の異業種機関との技術実証と社会実証を推進し、無線 IoT 技術や省電力 GPS 技術の実用化、及び企業の自主的推進による新規サービスのテスト運用開始に繋げた点は評価したい。 ・技術実証及び社会実証を推進するためのテストベッドを構築し、その利活用を促進することにより、IoT 実証を含め、ICT 関連研究開発成果の技術実証と社会実証を一体的に推進できるテストベッドの構築、その利活用の活性化、テストベッド基

盤技術の確立、アジアでの連携推進など、広範なオープンイノベーションの創発を実現するため、挑戦的でタイムリーな様々な計画を実施している。

・世界の技術革新が急速に進展する状況において、我が国の ICT 技術分野をリードする国研に求められている国際競争力を推進していくため、これまでのすべてのテストベッドや保有する ICT 資源や運用ノウハウを最大化し、様々な分野や業種と連携しながらイノベーションの創出に向けて取り組んで、多くの成果と価値を生み出している点が顕著である。また、国際的にも関係国と連携して、研究開発環境や社会実装環境を整備している点も極めて高い評価に値する。

・ NICT の研究開発成果を実証するには何といてもテストベッドを自らも外部からも利用することが最適であり、その構築から運用まで一貫して実践してきたことは高い意義がある。

（改善すべき点）

・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、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。その意味で、中長期計画の目標にもう少し柔軟性があってもいいのではないか。計画立案中の 2015 年では、Local 5G や SDGs と言った昨今の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。そのような動きに対応したプロジェクト運営も必要でしょう。

・世界の ICT の利活用が加速している割には、活動が目立たない。今のスマホ世代の若い人達にもっとアピールするようによい。

・NICT が研究のために利用者に関するデータを利用する場合に、利用者が承諾した範囲に限って利用するための仕組みを明確に示すだけでなく、テストベッドの複数の利用者が、プライバシー保護を施したデータをお互いに自由に活用できるような仕組みの構築も検討してほしい。

・NICT の多角的な取組の技術実証や社会実装の面では顕著な成果を達成している。一方、国際的な学術面（Journal 数、引用論文数）や標準化の面での定量的な成果が年々減少傾向にあるので、NICT 内の他の研究部門や、大学や企業との連携や共同研究をより推進して成果を向上させていただきたい。

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	テストベッドの運用管理を統合化、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから容易にテストベッドを利用できる環境を提供することによって、ユーザの利便性を向上させたこと、キャラバンテストベッドのような地道な実証実験を進めていることを評価した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	テストベッドとして、ハイレベルなものが構築されている。

(2) コメント評価：

（評価する点）

・技術的には、M2M クラウド基盤を JOSE に移行するなど各テストベッドの運用管理を統合化し、ユーザの利便性を向上させたこと、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから容易にテストベッドを利用できる環境を提供することによって、技術実証と社会実証を一体的推進が可能な「総合テストベッド」を構築したことを評価したい。IoT ゲートウェイでデータ取り扱いポリシーを考慮したのは、テストベッドとして一歩前進した。

・運用面では、ASEAN IVO において、キャラバンテストベッドの海外展開をアセアン諸国で行ったことは、手間のかかる仕事を地道に進めたものとして評価したい。また、申請・相談窓口を一元化してユーザの利便性を高めたこと、総務省の SCOPE における活用促進に向け総合通信局と連携し各種説明会・展示会において情報発信・広報活動等を積極的に実施して周知活動を強化したことは、地味だがテストベッド等の利活用の活性化に大きな貢献と考える。

・利用者のデバイスとの接続を容易にし、使いやすくした。外部ニーズを踏まえて、IoT の実証を促進した。

・IoT ゲートウェイによる既存テストベッドとユーザサイトの資源統合により、ユーザの IoT 実証環境構築の設定負荷を削減し、利便性を大幅に向上したことは評価できる。また、大容量高精細ネットワークワークモニタリング機能として、超高速基幹ネットワーク上で IoT に対応可能な細粒度のモニタリングを行い、100Gbps プログラムブル NIC 上に汎用 IP コアをベースに実装したキャプチャ部と、サーバクラス上の蓄積解析部の連携動作を実証したことも評価できる。さらに、幅広い IoT 検証に対応させるため、IoT デバイス検証基盤として BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」の開発、シミュレータとエミュレータの連携基盤 Smithsonian を活用した災害シミュレータの構築、IoT テストベッドをより容易に利用できる UI 機能の開発・StarBED への実装など、多くの成果をあげていることも高く評価できる。

・NICT が有するすべてのテストベッド及び開発基盤を一つに統合し、技術実証と社会実証の一体的な推進を可能にするため日本の先端を行くテストベッドの管理運用法を確立し、ユーザの利便性を向上させるとともに、IoT テストベッドとしての利便性や機能性を図るため、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから直接利用でき、ハイレベルな研究を行うための環境整備を提供した結果、利用者数、プロジェクト数、研究成果数の拡大を飛躍的に増加（前年度 102 件から今年度 158 件）させている。

・構築にあたり、有線・無線、規模、收容サービス、IoT デバイスなど多様な対応を行ってきたことが、外部から見ても信頼できる実証のベースとして期待されるものとしてテストベッドの効果が高まることになった。

（改善すべき点）

・ICT の専門知識が無い人でも容易に接続して使えるようなシステムになれば良い。

・様々な応用場面を想定して、実トラヒックを対象とした動作検証を、さらに進めてほしい。

・SINET がこれまでの大学に加えて、小中高校でも利用可能な方向性が示され、教育分野のイノベーションが期待されている。

・現在大規模テストベッドも一部 SINET 経由での利用から、本格的に相互接続して多様な教育分野での研究開発や社会実装での展開により、我が国の少子化傾向にある学校教育の諸課題を解決できるプラットフォームを実現できるのではと期待する。

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、平成 29 年以降の 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。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	申請・相談窓口を一元化してユーザの利便性を高めるとともに、周知活動を強化した。 地域活動や、様々な産業で実用化された。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 DTN (Delay Tolerant Network) 制御アルゴリズムを開発し、実車走行実験により実用性を実証する点。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、平成 29 年以降の 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る。 ・申請・相談窓口を一元化してユーザ日利便性を高めるとともに、周知活動を強化した。実際に、活用数が増え、商品化、実運用化も行われた。地域活動や様々な産業で実用化された。 ・テストベッド利用件数は、着実に増加して累計 238 件となっており、利用プロジェ
--

クトから商品化、実運用化もなされており。高く評価できる。また、スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会と連携し、IoT キャラバンシステムテストベッド、LPWA テストベッドなど、従来のテストベッドでは検証できなかった範囲をカバーすることによって、プロジェクトを計 17 件創出したことも評価できる。さらに、M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用して、オープンイノベーション創出につながる飲料メーカーやタクシー事業者、電力会社、スマートメータ製造メーカー、社会福祉協議会等の複数の異業種機関との技術実証と社会実証を一体的に推進していることも評価できる。

- ・スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会と連携し、利用促進のため申請・相談窓口を一元化して実施した結果、可搬型 IoT キャラバンシステムテストベッド、複数 LPWA 通信方式の試験・確認できる横須賀ハイブリッドテストベッド、及び NICT 総合テストベッドの利用を容易する取組により、17 件の新たなプロジェクトを創出している。

- ・テストベッドを利用して多くの大学や企業との共同研究により、多数の商品化、実用化を推進するとともに、さっぽろ雪まつりの超高精細映像中継による実証実験を通して多様な商品の応用・システムの検証を実施している。

- ・アジア初の 100Gbps 国際回線を実現し、アジアのみならず欧米も含めた全世界的な国際回線への接続環境を整備し、国際研究・教育ネットワーク間の協力関係を強化するとともに、大容量データ伝送技術の国際コンテストでの活用などにおいて国際的技術実証を達成している。

- ・シミュレータとエミュレータを連携させるなど今後の多様な端末やサービスに対応できる基盤を築いた意義は大きい。

（改善すべき点）

- ・国際共同研究・技術実証は年平均十数件あるので、数は十分であるが、NICT がリードしている共同研究や技術実証が何かをもっと見えるようにならないか。例えば、耐災害はアジアをけん引する良いテーマであるので、耐災害 ICT の実現に向けた取組との連携をさらに強め、環太平洋火山帯における地震・津波対策を包括的に行えるような取組を実現するためのインフラにこのテストベッドがなることを期待したい。

- ・活用数は増えてはいるが、現在の ICT へのニーズを考えると、爆発的に伸びたとは言えない。新たな業種の利用者への開拓やベンチャー企業を興そうとしている人への周知活動など必要である。

また、さっぽろ雪まつりでの実証等の報道が、その後、どのようにテストベッドの普及に繋がったかを知りたい。

- ・外部利用者（特に異業種機関）の実証ニーズの把握を継続して行い、必要に応じて、利用ポリシーを柔軟に改定するなどして、異業種機関との社会実証をさらに

推進されることを期待する。

・総合テストベッドの活用研究会からプロジェクトへの移行が 1 件なので、多くのユーザが正式ユーザへと展開し、成果を向上させるように取り組んで欲しい。

・デジタル ICT サービスについてはプライバシー問題、セキュリティ問題など、誤解を含め国民の不安が広がることもあり、国研としては実証を通して、少しでもそうした不安の解消につなげ、産業の進展に寄与することも重要である。

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	A
評点付けの理由	「AI 型予兆予測サービス」ならびに「無線モジュール」商品化のための検証、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」等、実用に近いところでのテストベッド利用成果が出ているが、Web 等での周知は工夫が必要と考える。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	地域と連携し、社会実装を進めている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・システム開発業者が開発した AI 型予兆予測サービスのアーキテクチャ検証や性能評価に StarBED を活用(2019 年にリリース)、無線機メーカーが 150 台の JOSE センサー及びサーバを使って、無線モジュールの通信の信頼性及び省電力性能を向上試験を行ったこと、ひまわりリアルタイム Web や BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」等実用に近いところでのテストベッド利用成果がかなり出ている。 ・高齢者・子供の見守りサービス、防災など、地域貢献を進めている。 ・M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用して、オープンイノベーション創出につながる飲料メーカーやタクシー事業者、電力会社、スマートメータ製造メーカー、社会福祉協議会等の複数の異業種機関との技術実証と社会実証を一体的に推進したことは評価できる。また、次期中長期に向け、次世代 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環境を試作し、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 Delay Tolerant Network 制御アルゴリズムを開発し、実車走行実験により実用性を実証したことも評価できる。さらに、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 を構築したことも評価できる。

- ・テストベッド JOSE を活用して、データの地産地消の概念に基づいた地域 IoT サービスの設計開発や、すれ違い IoT 無線ルータ搭載の自販機とタクシーによる高齢者及び子供の見守りサービスはこれまでにない新たなサービスであり、オープンイノベーション創出につながる社会実装活動の展開が期待できる。
- ・電力会社、スマートメータ製造会社、社会福祉協議会等と連携して、オープンイノベーション創出に繋がる技術実証と社会実証を一体化して、実用化を目指した推進活動は極めて高く評価できる。
- ・構築結果について広報的なことを含め、広く周知することにも努力してきたことは、オープンイノベーションの基本であり、その観点からも実績につながっていると見えよう。

(改善すべき点)

- ・成果は出ているが、それが十分周知されているかという点、疑問である。例えば、Web 等にどのような利用があったのかを知りたい機関があったとしても、容易には知ることができない。実用に近いところなので、なかなか難しいところもあるでしょうが、事後かなり時間が経ってでもいいので、その種の情報を載せる許可を得ておくことが必要ではないか。ニュースとしては出しているものもあるので、それらをまとめた利用実績ページのようなものを用意したらいいのではないかと。
- ・イノベーションの例が昨年度とほぼ同じなので、今後新たな業種への展開が期待される。
- ・情報通信とあまり関係がなかった産業分野のニーズを把握して、社会貢献ができるイノベーション創出も期待したい。
- ・高齢者及び子供の見守りサービス等が社会実装活動を通して、実用化及び商用化につながるように期待します。

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	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、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	A
評点付けの理由	アジアを中心に、各国との接続を行い、協力体制を築いた。

(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、Super Computing、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・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た。国際回線が各種技術実証に活用された。
- ・アジア初の国際回線 100Gbps 化を実現し、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たことは高く評価できる。アジアのみならず欧米も含めた 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、国際研究・教育用ネットワーク間での回線相互バックアップ及び国内外研究・教育機関との協力関係を強化できる環境が構築できたことは、今後の国際展開に大いに

役立つと思われる。

・アジア初の 100Gbps 国際回線を実現し、アジアのみならず欧米も含めた全世界的な国際回線への接続環境を整備し、国際研究・教育ネットワーク間の協力関係を強化するとともに、大容量データ伝送技術の国際コンテストでの活用などの国際的技術実証を達成している。

・アジア初の 100Gbps 化により、欧米を含めた接続環境が構築されたことは、極めて意義深い。

（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。今は個々の成果は出ているが、テストベッドとしては 100G 以外では枠組みはよく分からない。また、枠組みは、相手国のニーズに合わせる必要がある。このため、やはり SDGs と言った昨今の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。省エネルギー化や Local 5G などがそれだろう。また、超高速通信環境が整備されると、自動運転等のアプリを踏まえ、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/デコーディングを狙うようになるだろう。そのような未来に備え、ネットワーク遅延も考慮して、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。

・国際的にどれくらい知名度があるか、国際的な広報も積極的に行って欲しい。

・研究開発成果をより国際的に PR し、日本企業の国際競争力強化につながるよう、一層の努力を期待する。

・今後も関係国と多様な国際実証実験が実施され、ノウハウを蓄積していただきたい。

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	A
評点付けの理由	新規施策を具体的な目標として設定し、新たな形での成果展開につなげられた点を評価する。

評価者 B

評点	C
評点付けの理由	「取組む」、「努力する」、「推進する」、「目指す」などの設定に留まり、定量目標が無い。昨年コメントした OKR 等のマネジメント手法の導入について進捗があれば教えてください。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・オープンイノベーションについての取組は、今中長期から開始された新たな取組である。NICT でも過去に取り組んでいないテーマにチャレンジし、オープンイノベーション推進本部の取組のフレームワークとして、NICT の研究開発成果と外部の活動をブリッジする仕組みを確立する道筋として目標設定できている点を評価する。これまで、個別の取組であった標準化、国際連携の取組についても、推進本部の中で一体になって取り組む形に整理され、組織的な展開が期待できる。複数の技術分野が融合されていくトレンドに対しても、機能できる取組として目標設定がなされている点を評価する。

(改善すべき点)

・オープンイノベーション推進本部の他の活動との連携した成果との連携方針について明示していただきたい。テストベッドの活用、また、各研究センターを中心に

した地方の活動との連携などは、オープンイノベーション、標準化活動、国際連携のどの活動とも不可分であると考え。本活動の成果の評価指標として、外部からのフィードバックの分析も必要と考える。特に本活動では、外部とのインタラクションが多い活動であることから、NICT の活動について、より多くのフィードバックが受けられると思われる。それらを活用し、活動の得失と、次に向けてのアクションプランを整理されオープンイノベーションの活動を改善すること、あわせて、NICT 全体の活動へも反映させて機構全体の活動の改善につなげていける目標設定を期待する。

・「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」の「目的・目標」にオープンイノベーションの一言もない。最終年度の「目的・目標」設定では考慮すべきではないか。

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	新規取組として具体的な成果を創出、また、創出する仕組みを確立した点を高く評価する。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	定量評価が出来ないので、これ以上の評価はつけられません。コメント評価分を加味しました。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・NICT シーズ集や技術相談にみられる、NICT 側からの発信によるイノベーション機会の創出や、アイデアソン、ハッカソンの実施、地域ごとの問題を解決する実証型研究開発の取組によるイノベーション活動の後押しと支援活動、フォーラムを活用したコミュニティでの新分野での取り組み方法など、イノベーション創出のフレームワークが確立され、地域の問題を解決する具体的な取組が進められた点を高く評価する。また、これらの活動を複数の分野、技術、並びに、地域を結びつけて、テストベッド等の資産とを統合したイノベーションのフレームワークとしての確立を進めていることを評価する。

・委員会では貴重な取組状況を聞くことができた。最終年度に期待したい。

・既に実績も表れているが、5 年間に行なわれるオープンイノベーションの成果の一つとして、NICT としては従来なかった研究実用化の成果は当然として、企業・大学・地域などとの人脈・交流が広がることも必ず期待できると思われる。また、実証実験、テストベッド構築などにより、分野を越えた成果や相乗効果、ひいては社会貢献的なことも伴いつつあるのではないかと見受けられる。そうしたことが次のイノベーションに繋がっていくということも重要な視点であろう。

（改善すべき点）

・NICT ならではのオープンイノベーションの取組の特徴を出せると良いと考える。中立的な国の機関、研究開発環境の活用など、NICT が持つ特徴やリソースを生かすことで、「NICT のオープンイノベーション手法」を確立することを目指していただきたい。活動の成果を、「研究開発の実証の成果」としてのアピールだけではなく、「イノベーションを推進する取り組み方」という視点でも、広く成果をアピールすることで、他の課題等へ水平展開が進むような工夫を検討いただきたい。地域との連携の枠組み作りなどは、成功、失敗を問わず取り組んだ活動の履歴そのものが、良い例題になると考える。

・具体的な問題点があるわけではないが、イノベーション的な成果が広がる一方でオープンということが故に、外部からの期待に振り回されないことも場合によっては必要であろう。国研であるが故の公共性とリソース制約とをうまく調和させることも重要である。

3. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	NICT 成果を着実に標準化へつなげた点を評価する。

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)

・NICT の研究開発成果を国際標準とすべく、着実に活動を推進している点を評価する。量子鍵暗号配送、フレキシブルファクトリーパートナーアライアンスなどの新たな産業分野に向けて標準化活動を推進している点は、戦略的な標準化活動として評価する。継続的な取組の中で、標準化活動への人的な貢献は大きく、標準化人材の育成にも意識して進めている点を評価する。

・標準化は、ローカルのみならず特にITUレベルになっても、関係者の人的関係が意外と重要であるが、そのノウハウは経験を積むことによって培われる面がある。そうした経験者や国内外の組織との連携協力も取り入れ、標準化を具体化した事例が出てきたことは高く評価できる。

(改善すべき点)

・標準化活動は経験も必要であり、人材育成については、明確なプログラムを作って進められることを期待する。一方で、どのような戦略で進めるのかをまとめた「アクションプラン」について明示していただき、どのように進め、また、見直しを行ってきたかという形で報告をしていただくことで進捗状況が明らかになり、標準化活動の分かりやすい評価指標になると考える。

・オープンイノベーションで、これまでとどこが変わったのか、変わるのかが不明瞭

です。標準化が目的化していると感じます。オープンイノベーションと結び付け、手段としての標準化を検討ください。

・これは改善点ではなく、要注意点であるが、標準化に携わるとそれ自体が目的となりがちな場合がある。標準化はあくまで手段であるということを忘れないように心掛けることが重要である。

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	多方面にわたる国際連携を主導的に推進してきた点を評価する。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	定量評価が出来ないので、これ以上の評価はつけられません。コメント評価分を加味しました。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・海外の研究開発活動と連携した多くの取組を推進してきている点を評価する。特に、ASEAN IVO の取組では ASEAN 地域の国々との連携を主導的立場で推進している点、耐災害ネットワークを活用したプロジェクトに見られるように地域の問題を解決するという取組が進められている点は、国際連携の取組においても地域のニーズを意識した連携を推進しているという意味で評価する。インターンシップの受け入れを積極的に行っており、国際連携の人的ネットワーク構築を継続的に進めている点を評価する。

・経年で実績を示しているところは良い。

・国際展開を単なるグローバル化ということだけでなく、海外との連携、交流、参画、育成、展示、実装、普及までの観点を持って取り組んでいることは高く評価できる。東南アジアについては日本のリーダーシップにも貢献していることも特筆される。

(改善すべき点)

・これまでの活動は量的な観点では目標以上に進展した成果が得られている。国際連携活動を活性化する点では量的な観点は重要である。国際連携の活動が活性化してきたので、これらの活動について質的な評価軸も今後は必要と考える。

ASEAN IVO のように主導的な立場で進めるといったような役割での評価や、これまでにない国際連携のフレームワークを作ったなど、質的な側面での成果のまとめも考慮いただきたい。国際連携するきっかけづくりの活動や、連携をうまく進められるようなサポート活動についても、質的な側面での成果として明示することが良いと考えます。

・中長期計画段階で事前に定量目標を設定して計画・実績を対比していただきたい。

・改善点ではなく留意点であるが、対欧州、対米国の場合は、共同研究的なことも大いに進めるべきであろうが、将来の事業化を背景とした国際戦略的な視点の涵養も必要であろう。

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	大規模災害時等に一人でも多くの支援を可能にするため、平時での併用を想定した技術開発・実証が重要、かつ、必要性理解に向け、訓練参加、有効事例の蓄積等の総合的活動が重要との認識により、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は妥当である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	開所以来、耐災害 ICT 研究センター設立の趣旨に沿った目的・目標を計画・立案し、早期に研究成果を達成し、それらを実災害での積極的利用に挑戦して有効性を示すとともに、国内外において社会実装や実証実験・訓練・展示を行い、目標以上の成果を達成し、安心・安全な社会の実現に大きく貢献している点を高く評価出来る。

(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は妥当である。 ・中長期計画で立案され継続的に取り組んで達成された研究成果をさらに最大化

するため、多くの地域の自治体と連携して社会実装し、実災害（平時における熊本地震、九州北部豪雨、西日本各地の集中豪雨や、岩手県雪崩災害）においてその有効性を実証するとともに、南海トラフ巨大震災や首都圏直下地震を想定した避難訓練や実証実験に積極的に挑戦し、実災害時に実活用できる道筋を進めている点と、さらに、それらの利活用のノウハウをガイドラインとしてまとめ、多くの自治体に受けられている点は高く評価できる。

・10 名程度の少ない陣容で、当初計画を着実に履行している。査読付き論文も年平均 19 件程度と、産学連携イベント（年平均 17 件）、実証実験等（年平均 13 件）をこなしながら健闘していると感じた。

・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る。その意味で、隔年の仙台開催となった世界防災フォーラムが今年度は仙台における第 2 回として 2019 年 11 月 9～12 日に開催され、同フォーラムに参加して成果発表と交流を行ったことは、問題意識と技術公開の場として認識・活用していることとして評価したい。

・災害はいつ訪れるかもしれないので、常に最新の技術力でこの影響を最小限に食い止めることは重要である。

・耐災害という視点が益々重要になる中で、NICT の役割も大きいですが、この問題は大学を始め他研究機関、諸官庁、地方公共団体、各種協議会など広く叡智を結集する課題となっている。その中でいち早くかつ長期にわたる展望をもって NICT がこの分野に取り組んでいる意義は大きい。

（改善すべき点）

・地方自治体での導入をより促進するためにも、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、地道に活動を継続して推進されることを期待する。

・耐災害 ICT 研究センターでの多くの成果が達成されているのにも関わらず、情報発信力が十分でなく、認知度が低いと思います。今後南海トラフや東京直下大地震が想定されているなかで、国民の財産と安心・安全を守るための国の機関であり、そのための ICT の研究開発を推進し、成果を上げていることをもっと広報すべきだと思います。

またこのような研究成果を定期的に発表できるような組織を作っていただきたい。日本災害情報学会は存在しますが、社会科学系の研究者の方が多く、ICT 系の研究者はほとんど発表していない。

・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、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。その意味で、中長期計画の目標にもう少し柔軟性があるのもいいのではないかと。計画立案中の 2015 年では、Local 5G や SDGs と言った昨今の話題の技術や国家

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。そのような動きに対応したプロジェクトでないと、長期間プロジェクトを維持することが難しいであろう。

・日本の災害は毎年あるので、このプロジェクトは、おそらく NICT が続く限り、続けていくべきプロジェクトであるし、そのための枠組みと運用の両立を図らなければいけないと考える。

・毎年、地震、台風など異なる要因で異なる問題が生じているので、常に、新しい問題に目を向け、年度の途中でも目的・目標を見直す柔軟な体制が必要である。

・自治体への普及度が低いようだが、ICT の技術者目線や、ICT の先端技術の応用としての意識が強くて、現場の実情を十分考慮しているか確認する必要がある。

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、多くの取組を行い、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。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	これまで継続的に開発された研究成果を、日本各地で発生した多様な災害時(地震、集中豪雨、雪崩)での実利用するとともに、多くの自治体と連携して、平常時から避難訓練や実証実験を通して、その有効性を示した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・世界初の AI による災害状況要約システム D-SUMM を試験公開し、防災訓練や実災害での利用等の実用化の進展もあり、SIP での研究開発を平成 28 年度で早期終了したことは高く評価できる。また、SIP 第 2 期で防災チャットボット SOCDA の開発に着手し、実証実験に加え実災害でも実活用されたことも評価できる。また、超小型ナーブネット・LPWA 搭載型の研究開発を行い、科学情報(地震計情報)通信の実利用観測を実施すると共に、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、地域課題解決に活用したことも評価できる。

・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、DISANNA 及び 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 提供及び「運用のノウハウを蓄積している。平成 29 年の九州北部豪雨や岩手県雪崩災害、令和元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用された。

- ・令和元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、及び台風 19 号にて神戸市、三重県、伊勢市にて実利用されている。
- ・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ブネットによる自営無線環境の整備している。
- ・実証実験・訓練（年平均13件）は、少ない要員が論文執筆活動（年平均19件）を裏でやりながら履行していることを考えると、よくやっている。また、平成30年度に公表した災害対応ガイドライン第2版には災害時の対応に関して、運用方法と技術を網羅的に記載した良い資料と考える。特に技術に関しては、DISAANAやD-SUMMなどのNICT開発技術だけでなく、通信会社等の各種の関連サービスまで記載しているため、自治体の職員が自分の市町村の施策を考える際に、非常に良い資料となっている。第2版以降の知見を組み込んだ令和2年の第3版公開が楽しみである。
- ・各自治体で実証を行った。台風 19 号では、神戸市、三重県、伊勢市で実利用された。高知県でも保健所や民間企業と合同で通信訓練を行った。防災チャットボットも実利用された。安定した通信ができるインターネット環境や、災害情報分析、被災地観測画像等を市民に提供した。
- ・耐災害というからには想定災害、防災、実災害を想定しなければ意味がなく、現にそうした取り組みを行なっている以上は実証の面でも進展がみられる。

（改善すべき点）

- ・実証実験・防災訓練で得られた優れた成果を、様々な機会を設けて、より積極的に情報発信・PRしてほしい。また、災害対応ガイドラインを、継続的にアップデートし、より良い利活用ができるよう頑張ってもらいたい。
- ・全国の多くの自治体にもっと耐災害 ICT 研究センターの活動や成果を知っていただける方法論を検討してほしい。
- ・自治体の防災関係者が勉強する際、担当者目線で情報提供を整理したほうが良いかもしれない。現在は、全体概要は <https://www.nict.go.jp/resil/> が、対災害 SNS 情報分析システム DISAANA は、<https://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp> が、災害状況要約システム D-SUMM は <https://disaana.jp/d-summ/> と分散している。また、<https://bousai-tech.com/tech/dsumm/> でも言及されている。関連 Web サイトとの連携を深め、全体構成がどこから入ってもつかめるような Web 構成上の工夫が欲しい。もっと大きく、日本全体の耐災害関係の Web サイトとの連携を強め、この分野の日本の取組を鳥瞰できるような技術的・社会的な情報発信ができるようになったら素晴らしい活動になると思います。
- ・災害対応ガイドライン第2版に欠けている情報は、耐災害システムを導入する際のコスト見積もり。災害時の復興は特別会計で対応されるが、これでは後追いかから脱却できない。被災地以外の自治体の場合、その種の投資は一般会計予算に

組み込まれると思うので、耐災害システムへの投資を毎年どのくらい行っていくべきか計画が立てられるようなガイドラインになって欲しい。

・チャットボットなど、ICT 機器に不慣れな高齢者などへのサービスが充実すればよい。

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	35 件の東北大学との共同研究、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、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、遠隔支援技術の研究開発と実証に向けた研究ワークショップの開催など精力的に連携を行っていることは高く評価できる。

評価者 B

評点	A
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)

- ・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。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は高く評価できる。また、遠隔地から被災地を支援するためのコミュニティを形成・主宰し、遠隔支援技術の研究開発と実証に向けた研究ワークショップを頻繁に開催したことも評価できる。
- ・開所以来連携している東北大学との共同研究が総計 35 件に達するとともに、令和元年度には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。
- ・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。
- ・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。

・発足以来、耐災害ICT、通信ネットワークや情報システムの研究に取り組む大学や企業の研究者・技術者と連携しながら、特に東北地区の大学、企業等と様々な地域課題の解決に向けた連携や共同研究を行っている。特に、耐災害ICT研究協議会の枠組みで、総会やシンポジウム等を通じて耐災害ICTの取組を参照、活用できる場を提供しているのは評価したい。

・令和元年8月に高知工科大学、立命館大学等を会場として、ICT・通信ネットワークを活用して遠隔地から被災地を支援する広域ネットワーク防災訓練を実施している。一般論ではなく、できることから周知活動を行っている。地味ではあるが着実に前進していると評価する。

・東北大や、高知工科大、立命館大と技術連携や防災訓練などの活動を行った。産学官連携し開発した防災チャットボット SOCD A が実利用された。防災訓練を保健所や企業と合同で実施した。協議会等を開催し、災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドラインを策定し、自治体での活用の促進に努めた。

・耐災害問題は今や学術的にも新たな課題をなげかけており、そうした中で NICT はいち早く東北大をベースとし、大学との連携・協力路線で本テーマを始めたことは世の中の動向にも合致している。

(改善すべき点)

・キャラバン型の地域 ICT オープンプラットフォームとして、小型版ナーブネットを東北地方の大学研究者等に試用提供し、実際に利用してもらうための体制を構築したことはとても有益なので、継続して ICT による地域課題解決を推進してほしい。技術移転も含め、機器開発・コストダウンができるよう、積極的な取組を期待する。

・地域の大学や自治体との連携は出来ているが、産業界との連携・交流があまりよく見えないので、地域 ICT オープンプラットフォーム利用を通して、連携出来るように検討していただきたい。

・自治体職員への対応で改善すべき点は、「実証」で書いた通りである。耐災害技術に関して、「災害対応ガイドライン第 2 版」によくまとめられているが、技術者は主に Web 検索で情報入手すると考えられるので、それに対応した施策をやったらいかがでしょうか。<https://www.nict.go.jp/resil/> の下の、どこかのページに、耐災害に関して、システムや技術を網羅的にまとめたページがあると、この Web サイトのインターネット上での格付けが上がると思います。技術に関しては、論文等のキーワードを添付すると、後学者がどんな技術がこれまで使われてきたのか、分かるので、研究レベルの向上につながることで、研究の活性化にも貢献するでしょう。

・DISAANA や D-SUMM 等の広報は、今は耐災害 ICT 研究協議会の枠組みで行われているとのことだが、一歩進めて、形骸化している防災の日のイベントの一つ

に、この種のシステムの使い方説明が行われるような方向に持って行ければと期待します。省庁の境界だけでなく、中央と地方の境界をまたいだ施策になるので、一朝一夕には実現できないとは思いますが。

・自治体での普及度がまだ低いようだが、ここで開発された高度なシステムが市民に使いやすいものか、多額の費用を払っても必要なものか疑問を持たれている可能性がある。

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(平成 30:第 2 版、令和 2:第 3 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:

(評価する点)

- ・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(平成 30:第 2 版、令和 2:第 3 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。
- ・「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」の策定により積極的な情報発信を行っている。
- ・「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」は、東北大学電気通信研究機構、東北総合通信局、自治体と協力して策定した標準化作業として評価する。
- ・システム利用のガイドラインを策定した。

（改善すべき点）

- ・海外展開も可能な技術について、積極的に PRされることを期待する。
- ・国際的な視点から、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。
- ・ITU 等の国際標準化という観点では、これまで、ITU-T 寄与文書が 2 件、ITU-D 寄与文書が 1 件と多くない。それもコネクテッドカー専門委員会が中心で、ITU-D 副レポートとして耐災害技術標準化活動を始めたばかりという段階である。先進諸国で耐災害の意識が高いのは、イタリア、米国西海岸、ニュージーランドなど数が少ないため、既存の標準化活動は低調であるのは、むしろ当然であろう。日本が標準化活動をけん引する覚悟がある。この意味で、東南アジア域の大学・研究機関と連携し、AESEAN-IVO プロジェクト(3 件)、APT プロジェクト(4 件:見込み含む)において、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)、ナープネットを利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を、東南アジア域への国際展開したのは標準化としても評価したい。
- ・今のところ、利用されている地域が限定的なので、日本国内、また海外にもこのガイドラインが普及するのかわからない。

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	APT Collaboration Research Project や ASEAN IVO など、国際展開活動を行い、成果を挙げている。

評価者 B

評点	S
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ない、大いに国際貢献している。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・APT Collaboration Research Project や ASEAN IVO など、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。
- ・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、ダム監視など 7 件のプロジェクトや、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。
- ・隔年で仙台にて開催される世界防災フォーラム(World BOSAI Forum)への参加は、このプロジェクトの国際展開を図る場として、良い機会の活用と考える。
- ・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(3 件)、APT プロジェクト(4 件:見込み含む)において、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)、ナーブネットを利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を、東南アジア域へ国際展開した活動も、手間のかかる活動ではあるが地道に遂行したと思う。
- ・東南アジアの大学・研究機関と連携し、タイやスリランカで実証実験を行って、有用性を確認した。

（改善すべき点）

- ・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組を期待する。
- ・耐災害 ICT 研究センターのマンパワーから考慮すると、十二分に成果を挙げていると判断されます。このような成果も、国内外でもっとセンターの活動を広報していただきたい。
- ・耐災害ネットワーク技術は、それを取り巻くインシデント・コマンド・システム（ICS、Incident Command System）の設計次第と考える。災害現場・事件現場などにおける標準化された管理システムは各国ごとに異なると考えられる。ITU-Dでは、各国のICSを持ち寄り、その差異と共通的手続きを抜き出し、その上で耐災害ネットワーク技術の位置づけを語るべきと考える。米国のFederal Emergency Management Agency（FEMA）に対応する機関が日本でどこにあたるのか分かりませんが、日本の該当機関と協調して戦略を練るべきと考える。また、そのような機関が日本になれば、主導してFEMA的活動も併せて行っていく必要がある。その意味で、平成30年度に公表した災害対応ガイドライン第2版の英訳が公開されていないようなのが、惜しい。
- ・第2回世界防災フォーラムで示した、耐災害性・耐非常時性を有するICT開発組織との連携に向けた取組や成果も、後で検索しにくいニュースという形ではなく、恒常的なページに現状と課題を示した方が良いと考える。
- ・東南アジア諸国の地震や台風、洪水などにも対応できるように、協力連携を密にし、国際標準化など推進すべきである。

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	NICT が実践的運用者と革新的研究者・開発者の育成を目的としたサイバートレーニングを企画・推進するという研究活動は、技術動向や社会経済活動の変化に対応した挑戦的なものである。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	我が国におけるサイバー攻撃から身を守るためのサイバー防衛演習を、計画的に実施している。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	NICT のもつ知見や研究成果並びに設備を最大限に活用し、セキュリティ運用者のインシデント対応能力育成のみならず、将来の日本を支える優秀な人材発掘・育成を目指したプログラムを着実に実施している点を評価する。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・NICTの技術的知見、研究成果、研究施設等を最大限に活用し、実践的運用者と革新的研究者・開発者の育成を目的としたサイバートレーニングを企画・推進するという研究活動は挑戦的であり、技術動向や社会経済活動の変化に対応したものである。実施計画の進捗状況も計画目標が前倒しされているなど非常に良い。
- ・本演習においては、政府関係者、自治体関係者、企業関係者等を集めて講習を

行っていることは、素晴らしいことである。

・現在の行政機関や重要インフラでの情報システム担当者を対象とするCYDERと、未来のサイバーセキュリティ研究者・起業家の創出に向けたSecHack365の両輪を回しているところを高く評価します。どちらもその活動は全国に渡る点で国研ならではの取組で、関係者のご努力に敬意を表したいと思います。

・サイバーセキュリティは、インターネット時代の最も重要なインフラストラクチャー・マターと言っても過言ではないものであるが、NICTがこの分野で先進的な目標を掲げ、実践的に取り組むことは技術問題としてだけでなく、社会・経済問題の一助としても実に有意義である。

・セキュリティ問題は常に現場の実態と技術の最前線に対する理解も必要であり、そのため地味な仕事の面があり、人材育成も遅れがちであるが、NICTはその点で「トレーニングセンター」に始まり「サイバーコロッセオ」「CYDER」「Sec Hack365」と人材育成を念頭においた体系的な活動を実践していることは極めて高く評価できる。

（改善すべき点）

・本演習を受けられる者を、我が国において一気に増やすにはどうしたら良いかを検討すべきである。

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	実践的サイバー防御演習 CYDER、東京 2020 オリンピック・パラリンピック大会組織関係者向けサイバーコロッセオ、若手セキュリティイノベータ育成事業 SecHac365 のいずれの取組も最新のサイバー攻撃に対応できる人材を育成するものであり、非常に精力的かつ適切に実施されている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	本演習の内容が最新の内容になっていることが重要であり、常にアップデートを図っているのが良い。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365 のいずれにおいても順調にコースが実施されている。国の行政機関や地方公共団体等のインシデント対応能力底上げとともに、人材発掘やコミュニティづくりにも大きな貢献が認められる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・実践的サイバー防御演習CYDERでは、行政機関や重要インフラの情報システム担当者向けに、組織の情報環境を模擬した環境で実践的な防御演習の機会を提供しており、平成28年から毎年三千人規模でセキュリティオペレータを育成している。
- ・サイバーコロッセオでは、東京2020オリンピック・パラリンピック大会関連組織の関係者が、大会開催時を想定した模擬環境で、実践的な演習の機会を得ることで、高度な攻撃に対処可能なサイバーセキュリティ人材を育成している。

・若手セキュリティイノベータ育成事業SecHack365では、平成29年度より若年層を対象に実際のサイバー攻撃関連データに基づいたセキュリティ技術の研究開発を指導している。いずれも最新のサイバー攻撃に対応できる内容であり、人材育成事業は多大な労力と改善を要するにも関わらず、非常に精力的かつ適切に実施されている。

・本演習の内容とそれを教える講師の質が常に問われるが、うまく運営されているので良い。

・CYDERIに関しては国の行政機関や地方公共団体のみならず、民間企業からも参加が増加している点を評価します。SecHack365に関してはコース実施とともに修了生のコミュニティ作りに力を入れておられる点を評価したいと思います。サイバーコロッセオも順調に人材育成が進んでいます。東京五輪に向けて万全の準備を期待いたします。

・演習に当たり考慮されている内容は従来からの継続性も踏まえる必要はあり、そうした観点から充実したものとなっている。特に従来からのNICTの研究・実績・収集データなどを勘案されており、実践的にも役立つ内容で適切である。

（改善すべき点）

・本演習の内容を全国に広げるための方策を検討すべきである。

・サイバーセキュリティは攻める側が常に有利である状況はこれからも一層増大する可能性があり、時代の推移、技術の進展に対応する不断の見直しも重要である。

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	法改正等の障壁を乗り越えて実際に全国的な調査を実施することにより、今後役に立つと思われる多くの知見を得ている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	NICT 法を改正してまで、本研究調査をすることは、国研ならではの内容であり、十分に評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	IoT 機器の脆弱性に起因する情報漏洩やサイバー攻撃は社会問題化しているにもかかわらず、通信の秘密保護により対策が後手に回っている。国研である NICT が IoT 機器の網羅的な脆弱性調査に踏み出すことは大きな意義がある。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・研究者がインターネットにつながっている他者の企業資産や個人資産である IoT 機器の全国的な調査を実施するには「不正アクセス行為の禁止等に関する法律」等の法改正が必要となる他、多くの技術的な課題を解決する等の障壁が必要となる。それらの障壁を乗り越え実際に全国的な調査を実施し、今後役に立つ多くの知見を得ている。

・調査対象となるIoT機器のパスワード設定不備による不正アクセスを、我が国からなくすことは、我が国のインターネット環境の安心安全に貢献するもので、まさに社会問題に対処することであり、国研ならではの調査である。

・NICT法を改正しパスワード設定に不備のあるIoT機器の調査を可能にした関係者の努力に敬意を表します。これにより実際にポートスキャンから機器を特定し、アクセス施行により脆弱性のある機器のユーザへの注意喚起ができるようになりました。これはNICTだからこそ実現したことであり、非常に大きな成果であると評価いたします。

・本格的なIoT時代が始まり、社会、さらには個々の利用者也益々その複雑さに惑わされがちであるが、その中で体系的な目標を掲げ、地道で稼動もかかる困難な調査に取り組んでいることは、極めて高く評価できる。

(改善すべき点)

・実際にパスワード設定等に不備のあるIoT機器を検出した場合に、そのIoT機器の所有者に十分な対策を実施してもらうためのより良い方策についても実施していただきたい。

・一般ユーザの方にどれだけ、本調査の内容がご理解いただけるかにかかっているのので、周知徹底をお願いしたい。

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	自己評価は B だが、法改正等の障壁を取り除き、蓄積された技術を駆使することにより、実際に全国的な調査を可能にし、実施している。実施に当たり技術的な蓄積も期待できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	計画に従って、確実に実施されたので評価する。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	NOTICE の取組の結果、実際に ID・パスワードによりログインできユーザへの注意喚起の対象になった機器を特定できたことを評価する。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・研究者がインターネットにつながっている他者の企業資産や個人資産である IoT 機器の全国的な調査を実施するには「不正アクセス行為の禁止等に関する法律」等の法改定が必要となる。この種の活動は NICT のような国立研究開発法人が実施するのが良い。さらに多くの技術的な課題を解決する等の障壁が必要となる。それらの障壁を乗り越え実際に全国的な調査を実施し、今後役に立つ多くの知見を得ている。
- ・調査をどのように実施するのか、また調査対象となる IoT 機器の IP アドレスの情報を事前に公表しているのが、透明性が確保できている点が評価できる。

・34社のISPの参加協力のもと、一億のIPアドレスに対してポートスキャンを実施、機器を特定し、特定アクセスを実行して、リスクのある機器をISPに通知するという一連のシステムやフローを構築するには多大な努力が必要であったと思います。今後、特定の対象とする機器を増やしていくなどやるべきことはあると思いますので、さらに効率をあげ効果的な注意喚起につなげていかれることを期待します。

・デバイスの多様化・複雑化も激しさが増す中で、NICTが使命感も持ってこうした調査に取り組むことは国研として実に高邁なことである。製造会社を始め、キャリア、プロバイダーなどとの連携を含め、NICTのリーダー的位置づけにも貢献することである。

（改善すべき点）

・調査すべきパスワードを追加する等、今後も必要な調査をさらに継続して実施することが必要である。また本調査を実施する過程で有用な技術的知見が得られていると思われる。今後、研究論文等でそれらの技術的に有用な情報を報告、公開していただきたい。

・調査結果の公表方法において、本人に注意喚起する場合において、なりすまし等による詐欺等に本人の注意が必要である点、いかに詐欺等に合わないようにするかの方策をもっと丁寧に対処する方法を考えていただきたい。

分野評価委員会

年度評価
令和元年度

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	成果論文、受賞のエビデンスを重視した。SAR、ホログラムで顕著な成果があり、A と評価した。

評価者 B

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 C

評点	A
評点付けの理由	レベルの高い研究を実施し、その成果を論文として積極的に発表し、学会等からも注目されている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	平成元年度においても、十分な成果が得られています。

評価者 E

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元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。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・航空機 SAR データを用いた地高分解能イメージング、ホログラム印刷技術関連の論文成果は評価できる。
- ・査読付き論文などで研究成果を着実に公開している(本年度は年度途中ということもあり、パーマネント雇用者一人あたりではまだ1報/年に届いていないが、例年は2報/年程度)。また、高分解能3次元イメージング、ホログラム印刷技術などで論文賞も受賞している。
- ・航空機 SAR データを用いた地表の高分解能3次元イメージングによる構造物の形状把握に成功した。
- ・月火星の「水エネルギー」探査に最適な「テラヘルツ波センサー」を開発した。
- ・自動車のヘッドアップディスプレイ等への応用が見込まれるホログラム印刷技術を用いた光学素子の開発が順調に進んでいる。
- ・テラヘルツ分光システムの小型化、ホログラム印刷技術の開発が高く評価できる。
- ・航空機 SAR データを用いた地表の高分解能3次元イメージングによる構造物の形状把握、温室効果ガス観測衛星 GOSAT データの解析による二酸化炭素の自然起源、人為起源の分離、ホログラム印刷技術の高度化を評価する。
- ・近年の日本のイノベーションへの要求において、実データを収集するセンサーは日本の優位性を決める技術として認知されている。リモートセンシング技術は、遠隔観測における電磁波の特徴を活かすものであり、電磁波を知り、さらに電磁波で「観る」事象を拓げるための技術であり、レベルの高さは評価できる。Cyber Physical System の中で主役となる実データセンサー技術の日本の独走を加速してほしい。多くがビックデータを扱い、結果や予想の精度を上げることを目指しているが、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 電磁波研究室が勝負するのは、その先にある自然現象の理解とモデル化であろう。実データを用いて同化によりシミュレーション軌道を修正することも、究極はモデルを進化させることが真の理解と一般化になる。下記の成果は学術的に評価できる(丸数字は、資料中の番号)。

(ア) リモートセンシング技術

- ①-4 ドップラー風ライダーの水蒸気観測技術の開発を行い、地上における風、水蒸気、大気組成の広範囲観測の実現を図った。①-4 水蒸気観測実現のために、高出力パルスレーザの発振波長を広範囲に渡って長期間安定して制御する手法の開発に成功【論文執筆準備中】。
- 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、②-1 航空機 SAR データを用いた地表の高分解能3次元イメージングによる構造物の形状把握に成功【AP 研論文賞受賞】。

(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、得られたデータを利用した降水・雲等に関する物理量を推定する高度解析技術の研究開発を行った。③-1 GPM/DPR の 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【次期バージョンアップで採用、論文執筆中】。気象庁 WINDAS を用いた高層氷雲エコー情報を用いた長期間安定した CPR 検証方法を提案。

(改善すべき点)

- ・機器開発に関しても、論文化を進めて欲しい。
- ・「キレイな空気指数」の科学的意義を S と自己評価としているところがよく分からない。観光産業などに貢献するといった社会的意義はなんとなく分かるが、学術的な意義はどこにあるのだろうか。

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	豪雨把握と予測を目的とした研究成果と、自動車ヘッドアップディスプレイへの応用を見込んだホログラム印刷技術利用の社会的価値から A と評価した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	防災(豪雨、火山噴火など)や社会インフラの非破壊検査、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 C

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んでいる。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	地上リモートセンシングの分野で特に進展があった。

評価者 E

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元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。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・マルチパラメータ・フェーズドアレイレーダの首都圏豪雨予測システム開発への取組。GPM/DPR による降雨判定の改善。ホログラム印刷技術。火星水探査のためのテラヘルツ波の新聞記事掲載は評価できる。
- ・オリンピック・パラリンピックのテストイベントなどで豪雨予測システムの実証実験、ホログラム印刷技術の向上による新たな社会的価値の創造といった取組を評価する。
- ・首都圏豪雨予測システムの実証実験を、大規模イベントや自治体と連携して実施した。
- ・次世代ウィンドプロファイラにおけるアダプティブクラッタ抑圧システムの実証実験を行った。
- ・月火星における水資源探査を行う衛星のための重要技術の開発を行った。
- ・集中豪雨予測システムの実用化、ウィンドプロファイラに関する技術低減と ISO 標準化への貢献が高く評価できる。
- ・気象庁現業ウィンドプロファイラ WINDAS の観測精度の改善(アダプタクラッタ抑圧技術を実用化し、ISO 国際規格に反映した)点、マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー(MP-PAWR)のオリンピック・パラリンピックテストイベントでの関連自治体や関連大学・他機関との共同実証実験を実施し成功した点を評価する。
- ・社会的価値は、想像する側面が多いが、社会実装を経て本当に検証されるものである。地上レーダ、航空機 SAR、非破壊センシングなどは、技術移転により価値が見直されるよう、万全の取組を期待したい。センサーで取得した実データに基づく CPS が、Society 5.0 の心臓部であり、海外の社会データ中心の CPS に勝る点と認識されている。以下の成果は、社会的価値を評価したい(丸数字は、資料中の番号)。

(ア) リモートセンシング技術

①風、水蒸気、降水等を高時間空間分解能で観測した。①-3 観測分解能・データ品質を向上させた次世代ウィンドプロファイラにおいて実証実験を行い①-3 気象庁の現業ウィンドプロファイラである WINDAS の名古屋局及び福井局を用いた ACS の実証実験を実施し、航空機のクラッタ除去に成功。また、NICT 主導で作成した提案を ISO 国際規格作業文書案に反映済【2019 年 12 月完成、2020 年 11 月発行予定】。

①-4 ドップラー風ライダーの水蒸気観測技術の開発を行い、地上における風、水蒸気、大気組成の広範囲観測の実現を図った。高出力パルスレーザの発振波長を広範囲に渡って長期間安定して制御する手法の開発に成功【論文執筆準備中】。

（改善すべき点）

・「火星における水資源探査」は必要ないと思っています。科学的な意義はそれなりにありますが、人類が火星に移住することはありませんので、社会的な価値はないと思います。

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	技術シーズの実用化、社会実装の観点から、豪雨予測と非破壊技術、ホログラムを評価し A とした。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	社会実装のための活動を着実に進めている。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	非破壊センシング技術で進展があった。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	リモートセンシング技術分野の令和元年度の実績については、社会実装において特に顕著な成果の創出が認められる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・豪雨予測の自治体との実証実験実施、ミリ波イメージングの電力設備劣化調査と電力中央研究所との共同実験。ホログラム印刷技術の自動車への応用は評価できる。
- ・オリンピック・パラリンピックのテストイベントなどで豪雨予測システムの実証実験、コンクリート建造物内部の非破壊検査(マイクロ波イメージング)の試みといった取組を評価する。
- ・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組が進められている。
- ・マイクロ波イメージング技術の建築物の施工管理試験用途への実用化を目指して実証実験を進めている。
- ・マイクロ波を用いた新しいコンクリート構造物内部の社会実装が高く評価できる。
- ・建設会社内でのコンクリート建造物内部の施工状況調査へのマイクロ波イメージング技術の適用可能性を実証し、測定装置を制作した点を評価する。
- ・極めて順調で、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。技術移転や実装のステージに入ったテーマも多いが、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。また衛星打ち上げなど影響の大きい要素もあるので、計画の柔軟な修正、進化が必要である。以下の成果は、社会実装の観点で高く評価したい(丸数字は、資料中の番号)。

(ア) リモートセンシング技術

- ① 突発的大気現象の予測技術向上に必要な研究開発の実証を行った。①-1 首都圏豪雨予測システムによる大規模イベント(オリパラテストイベント、ラグビーワールドカップなど)及び自治体との実証実験を実施【大規模イベント3件、自治体3件】。

(改善すべき点)

- ・「キレイな空気指数」を自己評価で S にしている理由がよく分からない。そもそもこのような指数が必要なのか。世界には東京よりも「空気がキレイ」な場所はいくらでもあるはずなので、かえってマイナスイメージとなるのではないか。それとも、東京よりも「キレイな空気指数」が良い都市は公表しないつもりなのか。
- ・非破壊センシングの社会実装の進捗は、どのようなものか。地震などが大きく安心を揺るがしており、建築物インフラなどの維持管理の難しさ、不正の発生など、その役割の拡大、緊急ニーズはどんどん大きくなっている。
- ・近年、地震、水害、風害、核汚染など、きわめて多くの災害が起こっている。この

災害時の観測データは、世界的にも貴重なもので、研究所が開拓するセンシング技術や手法のモデルの発展、有効性の検証に、かけがえのない財産となる。災害をチャンスとして捉え、得られたデータの解析に、予算エフォートをつぎ込む必要があり、ひいては多くの観測が電磁波を用いるものであることから、研究所の価値の発信つながるので、努力してほしい。

・中長期計画の最後にオリンピックを控え、5G 通信をはじめ、電磁波はますます一般の方に身近になる。電磁波の有用性を説明する好機でもあり、成果発表を意識してほしい。

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	S
評点付けの理由	高 IF 論文、受賞から判断した。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	学術雑誌への発信が例年になく低調である。また、自己評価を見ても「科学的意義」の評価が低めである。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	優れた研究成果があった。

評価者 E

評点	B
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和元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。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・Nature Astronomy、JGR、文部科学大臣表彰若手科学者賞、大林奨励賞は評価できる。
- ・GAIA モデルにおいて化学反応等計算の精緻化、高速化などを進めた。
- ・放射線帯電子変動シミュレーションコードの開発や、帯電予測モデルの検討を開始した。惑星間空間での太陽風観測データと比較する手法を開発した。
- ・全大気モデル GAIA の改良やタイにおけるレーダ設置などが評価できる。CME から電離圏への影響予測モデルの改良も続けられている。
- ・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研究を評価する。
- ・モデル化の更新による高精度化は、物理現象の理解を深めることに寄与している。以下は、その科学的意義を評価すべきである(丸数字は、資料中の番号)。
 - ①-1 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・検証を行い、試験運用を開始する。タイ・チュンポンへのプラズマバブル観測用 VHF レーダ設置計画を進め、1 月中旬に稼働開始予定。プラズマバブルの GNSS 測位に対する影響評価、補正手法の検討を進める。
 - 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。①-2 GAIA モデルをメジャーアップデート(化学反応等計算の精緻化、高速化など)、性能評価を実施。GAIA 新版にデータ同化アルゴリズムを実装、電離圏観測データ(全球 TEC)の導入実験を実施見込み。
 - ②-1 磁気圏シミュレーションのリアルタイム化を実施しオーロラアラートへの応用を進める。今までの放射線帯電子経験予測から物理モデル予測への発展を見据え、放射線帯電子変動シミュレーションコードの開発を開始すると共に、帯電予測モデルの検討を開始した。九州工業大学マッチングファンド獲得。
 - ③-1 アンサンブル太陽風到来予測システムの実現を目指し、アンサンブルシミュレーションを試験的に実行するとともに、名古屋大学と協力して、惑星間空間での太陽風観測データと比較する手法を開発した。

(改善すべき点)

- ・年度途中ということもあるが、査読付き論文の数が例年より少なめである。パーマnent雇用者一人当たりの論文数は、例年は 3 報/年 程度であるが、今年はまだ 0.53 報/年であり、12/8 倍(4 月～11 月の 8 ヶ月分を 1 年分に換算)しても、1 報/年に届かない。
- ・GAIA の高精度化で、見える化は有効であるが、「観測との差が格段に改善」は、現象を理解できた意味では評価できるが、どのくらい効果があるのか社会生活で

2. 分野別評価（年度評価）
【センシング基盤分野】

の表現で分かりやすい説明ができるか。

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	コメントにある各課題はいずれも社会的価値の高いもので、総合的に A 評価と判断した。

評価者 B

評点	A
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 C

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た。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	電波利用料の獲得は特筆されるべき。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和元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。

(2)コメント評価:

(評価する点)

・プラズマバブル観測用 VHS レーダ設置、HF-START によるモデルの観測による検証の実施、ウェブサービス開始予定の段階にあること、経験予測から物理モデル予測への発展を見据えた放射線帯電子変動シミュレーションコードの開発は高く評価できる。

・電離圏情報の信頼性、予測精度の向上、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などにより、宇宙環境計測技術の社会的価値を高める努力をしている。

・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・検証を行い、試験運用を開始する。

・電離圏擾乱を高精度に予測するために、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 太陽フレア確率予測の実運用を開始した。

・過去の電波警報、宇宙天気情報資料をデータとして外部公開を開始した。

・宇宙天気予報サービスへの社会ニーズの高まりを背に、新たな外部資金である電波利用料を得たことは、非常に高く評価できる。

・プラズマバブルの研究、AI による太陽フレア確率予測の実運用開始を評価する。

・多くのテーマで、素晴らしい「社会的価値」の成果を出している。一方センター運営の貢献が高く評価されているが、「社会的価値」との区別も難しい。以下は、その根拠となる成果である(丸数字は、資料中の番号)。

①-1 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・検証を行い、試験運用を開始する。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、今年度中に運用システムに実装できる見込み。①-1 国内外機関との調整を行い、国内イオノゾンデ観測の観測間隔を 15 分から 5 分に短縮する予定。

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ている中で、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。

（改善すべき点）

- ・外部資金は当該事業の成否によって容易に増減され得るという面がある。この点には十分に注意を払う必要があると思う。
- ・AIによる太陽フレア確率予測の精度の向上が望まれる。
- ・宇宙天気予報における、「フレア発生率の的中率」の定義など、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	A
評点付けの理由	太陽放射線被爆警報システムの公開と宇宙天気予報がS評価で、他項目での着実な社会実装の進展を考慮して総合的に判断した。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	これまで培ってきた宇宙環境計測技術を社会実装する端緒についた。

評価者 C

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 D

評点	S
評点付けの理由	ICAO グローバル宇宙天気センターの獲得が高く評価できる。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	宇宙環境計測技術分野の令和元年度の実績については、社会実装において極めて顕著な成果の創出が認められる。

(2) コメント評価：

(評価する点)

- ・ICAO センターから太陽放射線被ばく警報システムの実運用システムの外部公開を開始した点。宇宙天気予報の 24 時間化の実現は評価できる。
- ・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といった取組を評価する。
- ・太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES の実運用システムを開発し外部公開を行った。
- ・宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。
- ・ICAO グローバル宇宙天気センターの一つとして業務を開始した。
- ・ICAO による宇宙天気予報サービスのセンター業務獲得は、これまでの粘り強い取組が結実したもので、高く評価できる。
- ・宇宙天気予報業務の 24 時間体制での運用開始、ICAO グローバル宇宙天気センターへの選出と業務開始、太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES の実運用の開始を評価する。
- ・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組がなされている。以下は、その根拠となる成果である（丸数字は、資料中の番号）。
 - ③ 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として利用されている。理事長記者説明会及び報道発表実施。
 - 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する。宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。また、ICAO グローバル宇宙天気センターの一つとして業務を開始した。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。
 - ⑤-1 なお、平成 29 年度補正予算（第 1 号）により宇宙環境イベント自動通報システムとデータ収集システムを統合し、小金井主局と神戸副局の両局に配置することで、システムの情報セキュリティ強化と冗長化を実現した。

(改善すべき点)

- ・この分野での予測精度、リアルタイム性における時間遅延の程度が、一般には分かりにくい。
- ・NICT 内のビックデータ利活用研究所との連携もあるであろうが、程度は如何か。

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	受賞と論文から判断した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	1 秒の再定義（2026 年に予定？）への基礎データを供給するなど、科学的（半分は社会的）に意義のある研究を着実に進めている。

評価者 C

評点	A
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 D

評点	A
評点付けの理由	高い技術成果を評価します。

評価者 E

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

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・VLBI の利用による大陸間光格子時計の周波数比較実験の実施(論文が期待される)。原子時計のチップ化に向けた技術開発の進展は評価できる。
- ・複数の Cs 原子時計による合成原子時系の生成、安定度評価、イタリアの研究室との光格子時計の周波数比較、原子時計のチップ化に向けた取組などにおいて、顕著な成果を上げている。
- ・広帯域 VLBI の潜在能力を引き出すデータ処理手法を開発し、光格子時計周波数比較に利用した。 3.3×10^{-16} の不確かさで周波数比を測定した。
- ・原子時計システムの簡略化及び構成部品の高機能化・低コスト化を進め、原子時計のチップ化に向けて重要な技術を開発した。
- ・VLBI 技術の成果、超小型原子時計の開発などが評価できる。
- ・世界で初めて Sr 光格子時計を用いて国際原子時を校正し BIPM に報告、VLBI による光時計の周波数比較を日伊間で実施するなど、高精度化に向けて研究が前進、チップスケール原子時計を構成する重要な複数の要素技術を開発に成功等を評価する。
- ・光格子時計や無線での時刻同期網構築など、十分な成果を示した。以下は、その根拠となる成果である(丸数字は、資料中の番号)。
 - ①-1 分散化された全セシウム(Cs)原子時計の合成原子時系の生成や、②-1 In+周波数標準の系統誤差低減、Sr 光格子時計との周波数比測定など、学術的に重要な進展を得た。
 - 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。
 - ②-2 NICT の独創技術として衛星双方向モデムにより、従来の GPS 等に比べて低雑音に遠隔地の時刻差を測定できることを確認。
 - ③-2 一酸化炭素分子の量子カスケードレーザーによって、簡便なテラヘルツ域量子周波数標準システムを実現。
 - ③-3 分周器、低背型 MEMS セルの原子時計動作、CPT 共鳴の高コントラスト化など、原子時計のチップ化に向けて重要な要素技術を実現した。

(改善すべき点)

- ・高 IF 論文を継続的に投稿できるよう絶え間ない努力をすべき。
- ・「世界記録」には科学的な意義はあまりない。世界記録には及ばないまでも、独創的な手法を考案するところに面白さ(科学的意義)はあると思う。

2. 分野別評価（年度評価）
【センシング基盤分野】

・衛星を用いた研究の一部は、外的要因として打ち上げ延期などの影響を受けるため、研究力の維持のために計画の複線化や、骨太な研究計画を用意しておく必要性が顕在化している。科学的意義は長期的なもので影響は少ないにしても、研究者のモチベーションは影響を受けるため。

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	社会的重要性の高いサービスの実施、光格子時計に関する国際原子時への貢献から判断した。

評価者 B

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 C

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、神戸副局の運用形態の最適化を行った。また、分散配置された時計群の管理監視機構を構築した。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	社会ニーズへの対応を高く評価します。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	時空標準技術の令和元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。

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・神戸副局の整備による耐災害性の向上。光格子時計による国際原子時の校正は評価できる。
- ・日本標準時の安定的な生成・供給、分散拠点の整備及び非常時対応マニュアルの作成といった取組を評価する。
- ・分散配置された時計群の管理監視機構を構築するため、標準時非常時対応マニュアルの作成し、神戸副局での作業を確認する実地訓練を実施した。全体を本部ハブ型から分散型へ変更して耐災害性を向上させた。
- ・光格子時計の実用化に向けた成果を高く評価します。
- ・神戸副局へのマスタ局切替手順等を含む標準時非常時対応マニュアルの整備と非常時訓練の実施を評価する。
- ・1年の研究の評価軸として社会的価値は、あまり意味を持たないかもしれない。令和元年は、①-1 神戸へ切替手順等を含む標準時非常時対応マニュアルを作成し、副局での作業訓練を実施、本部ハブ型から神戸・送信所x2の四拠点間を接続する分散型構成へ変更して耐災害性を向上。SDGsに沿って高い評価。②-1 光格子時計による国際原子時の校正結果の BIPM 報告も世界で初めて。一般レベルで科学技術の重要性の理解が高まるのは時間がかかるが、しっかりとした研究継続の姿勢は評価される(以上の丸数字は、資料中の番号)。

(改善すべき点)

- ・Science for Science と並び、Science for Society、Science for Policy が掲げられている。時空標準技術の卓越した成果の情報発信として、Science for Society の観点でともに方法を考えたい。

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	民間企業との体制構築、標準時の着実な実績を評価した。

評価者 B

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 C

評点	B
評点付けの理由	国際原子時の歩度校正や日本標準時の周波数調整に寄与する他、高精度時刻同期ユーザの開拓などを進めている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	時刻標準を守る地道な努力を評価します。

評価者 E

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

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・近距離無線双方向比較技術(ワイワイ)の民間企業 8 社とのコンソーシアムによる研究体制の構築。日本標準時と UTC の 10 ナノ秒以下の時刻差の維持は評価できる。
 - ・日本標準時の安定的な生成・供給、分散拠点の整備及び非常時対応マニュアルの作成、日本標準時供給サービスの停止時間の最小化、近距離無線双方向比較技術の研究開発体制の確立といった取組を評価する。
 - ・光格子時計による国際原子時の校正を行い、その結果を BIPM へ報告した。
 - ・近距離無線双方向比較技術について、民間企業 8 社とのコンソーシアムによる研究開発体制を確立した。
 - ・時刻・周波数標準の確保と供給は NICT が社会に対して負う責務であり、これを高水準で守っている点を高く評価します。
 - ・世界で初めて Sr 光格子時計を用いて国際原子時を校正し BIPM に報告した点を評価する。
 - ・①-1 光テレホン JJY の正式運用を開始。これを利用した民間企業のサービスを誘引して順調にアクセス数が増加。光格子時計による国際原子時の校正結果の BIPM 報告も大きな実装というべき貢献。
 - ④-1 近距離無線双方向時刻同期技術(ワイワイ)について民間企業 11 社とのコンソーシアムによる研究開発体制を確立。
 - 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。
- 以上、論文や標準化成果が着実に上がっており、評価できる(丸数字は、資料中の番号)。

(改善すべき点)

- ・チップ型原子時計の市場規模の調査、或いは付加価値の創出による市場開発は必要なのではないか。
- ・研究成果の原理と成果の意義を社会(一般的に)分かり易く説明することが、重要である。

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	IEEE 論文、受賞から判断した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	詳細なデータに基づいた、電磁波の人体組織への影響を探索するモデルを構築した点や、さらに小児数値人体モデルを開発した点。これらを通して携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保に貢献した点が評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	マルチスケール数値人体モデルの開発と改良を継続し、サブミリ波帯までの解析が可能なモデルを構築するなど、学術的に高い成果をあげている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	十分な研究成果が得られていると判断できる。

評価者 E

評点	B
評点付けの理由	電磁環境技術の令和元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。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・テラヘルツ帯までの生体組織電気定数データベース構築、マルチスケール数値人体モデルの開発、それを利用した人体暴露評価等で IEEE 論文は評価できる。
- ・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、携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保への貢献、医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与といった取組を評価する。
- ・サブミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースを構築するとともに、マルチスケール数値人体モデルを世界で初めて構築し、高く評価されている。
- ・電球形 LED と直管型 LED から生じる不要妨害波が医療テレメータへ与える干渉の評価法を明らかにした。
- ・医療現場向けの電球形 LED の測定システムは高く評価できる。
- ・医療現場の LED 光源が医療テレメータへ与える干渉の評価方法を明らかにしたこと、人体モデルにテラヘルツ帯までの生体組織の電気定数データベースを構築し組み込んだことなどを評価する。
- ・①-1 医療施設における LED 雑音の干渉という課題解決研究、学際研究を学術論文にまとめた努力は評価すべき(丸数字は、資料中の番号)。
- ③-1 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。学術論文と並行して標準化をリードするという、研究者の難しいアプローチを称賛したい。日本で機運が高まっているミリ波帯、テラヘルツ帯の利活用に対応し、この周波数帯での規格化リーダーシップをとりつづけることは重要である。これらについては、高い評価が妥当である。

(改善すべき点)

- ・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り、現在のアプローチを継続してほしい。

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	医療現場、船舶、テラヘルツ帯までの人体への安全許容値の国際的ガイドラインへの貢献を評価した。

評価者 B

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すると同時に、電磁波の人体や精密機器に及ぼす影響を系統的に測定し、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 C

評点	A
評点付けの理由	電磁波の測定法の開発、サブミリ波帯までの数値人体モデルの開発など、電磁波の社会的利用をさらに拡大していく中で求められる評価に必要な技術の開発、ガイドラインの策定や標準化の推進が行われた。

評価者 D

評点	S
評点付けの理由	社会ニーズに即した開発が行われている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	電磁環境技術の令和元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。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・医療現場で問題となっていた LED 起源の妨害波の医療機器への干渉の評価法を明らかにした。広帯域不要波に対する拘束スペクトル測定装置開発によって、従来の技術的課題を克服し、試験時間を十分の 1 に削減した。携帯電話の安全許容値確立への貢献。較正業務に関する 100 編以上の手順書等管理文書を改定、JCSS 認定を取得した点は評価できる。

・医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与、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、船舶用レーダの型式試験に必要な測定の高速化、ミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースの構築及び人体ばく露特性の評価、国際ガイドラインへの貢献といった取組を評する。

・医療施設における無線利用、広帯域不要波に対する高速スペクトル測定、人体ばく露評価、WPT の電波防護指針適合性評価など、社会的に重要な評価技術、安全評価基準などに大きな貢献がある。

・海上レーダ向けの測定システム(測定機器に加えて測定場の整備)は、業界のニーズに適合するもので高く評価できる。

・医療機器を電磁干渉から保護する「運用ガイドライン」の策定への寄与、船舶レーダのスプリアス試験法の高速化手法の実現、日本試験サイト構築への貢献等を評価する。

・先端 EMC 計測では、測定の高速化、効率化を図ったシステムや機器開発、サイトの開設であり、生体 EMC では高周波数化、広帯域化、携帯機の異なる使用環境に対応する技術開発である。以下の成果は、社会的価値を認める(丸数字は、資料中の番号)。

- ①-1 医療施設での電波利用は急速に進むが、LED 雑音を考慮した建築基準、指針への寄与は、極めて高い貢献。
- ①-4、②-2 船舶レーダ開発という日本優位な産業を強かに支援する意味で、測定の高速化、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。

(改善すべき点)

・ガイドラインを実態や必要性に応じて法律等にするなど実装性の確保についても目配せをお願いしたい。

・将来的な取組として、現実的な試験方法への改訂の提案をお願いしたい。

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	国内外のガイドライン策定、無線の各種技術基準作成の実績を評価した。

評価者 B

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 C

評点	S
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は高く評価されている。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	EMC 分野の唯一の国立研究所として重要な社会的貢献を果たしている。

評価者 E

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

(2)コメント評価:

(評価する点)

- ・医療現場の無線利用ガイドライン策定に寄与した。携帯電話の安全許容値の国際的整合性確保への貢献、無線設備の技術基準策定への貢献を評価した。
- ・医療施設における無線利用ガイドライン策定への寄与、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、ミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースの構築及び人体ばく露特性の評価、国際ガイドラインへの貢献といった取組を評価する。
- ・較正業務に関する多くの手順書等の管理文書の改定、JCSS 認定の取得などを進めた。
- ・EMC 分野の唯一の国立研究所として重要な社会的貢献を果たしている。
- ・人体モデルにテラヘルツ帯までの生体組織の電気定数データベースを構築し組み込むことで、携帯電話システムの安全許容値の国際的な整合性の確保に貢献した点などを評価する。
- ・以下はいずれも、電波産業や国際競争力に直結するインフラを為すものであり、国際協調を図るとともに、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(以下、丸数字は、資料中の番号)。
 - ①-1及び①-4、②-2は、産業界及び国としての早々の実装が待たれる。5年計画の評価と同様。十分に評価できる。
 - ④-1、⑤-1 急に普及が立ち上がっている、5G 及び無線電力伝送に備え、国際、国内並行して、測定法の効率化、電波防護指針の検討、ルール整備へ寄与している。
 - ⑥-1 電波法で定められた較正業務を安定に遂行し、国際規格認定も得ている。大幅な改定があった手順書の作成改訂など、極めて大きな負担を評価したい。

(改善すべき点)

特になし

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	S
評点付けの理由	アセンブルメーカーの力が弱くなっているため、モノとして世の中に問にくいので、プロトコルの研究の科学的意義を出すのは難しい。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。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	アルゴリズムが実証により深化していることを評価。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・主要な学術論文として成果発表できていること。
- ・いくつかの課題においては、成果による「改善」の効果を数値で出していること。
- ・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、ネットワークスライスの負荷やリソース空き状況をモニタリングし資源量を自動で制御する基盤、ユーザ移動等の変動に対応する省電力エッジインフラ資源割り当て方式とも、有効性を数字で示す良い論文が出ている。
- ・データセントリック系でも、L4C2 のトランスポート技術が他関連論文手法を比較して取得遅延の観点で有利であること、Blockchain 技術を活用したネットワーク内キャッシュ信頼性判断でも情報取得許可の遅れの上限を導出するなど面白い論文が出ている。この意味での科学的意義はある。
- ・AI 活用技術に関する学習時間の削減、予測誤差の低減、エッジコンピューティングの消費電力削減、リアルタイム性の実証など、具体的な効果が得られている。
- ・新たな情報流通基盤の確立が本年度から次年度にかけて達成見込みであり、

大きな成果が期待できる。

・AI 等を用いた種々の取組において、効率化、低電力化、低遅延化などについて高レベルの数値目標を達成し、高いレベルの論文誌や国際会議での発表、標準化活動が推進されたことは評価される。

・ゲーム理論をベースにした資源が十分ではない状況での最適制御、資源量に応じたリソース割り当ての動的な対応手法、大規模なモビリティを考慮したエッジでの資源割り当ての効率化手法を考案し評価した点は、実環境を想定してアルゴリズムを深化させており評価できる。データセントリックネットワークでの、安全性を担保する手法の検討、また、性能評価にも取り組んだ点を評価する。

（改善すべき点）

・「改善」を謳う成果が多く、何かブレークスルーしたのか、革新性が主張できていない。

・研究活動を通じて、新たに発見した困難な課題、これから必要になるブレークスルーなどの気づきやそれに伴う方向転換が見られない。これらの気づきや発見こそが革新性、先導性、発展性の源泉です。実施した研究成果そのものの科学的意義と同等に重要です。

・論文ベースでは良い成果が出ている。プロトコルの研究が世に出るためにはキラーアプリが必要になる。業界動向に目を転ずると、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、消費税等コンテンツ流通に該当する大きなテーマがソリューションを待っている。制度関係の研究者を含めた研究体制を敷く必要があるのではないだろうか。

・技術の主張すべきポイントを説明資料に明記いただくほうがよいと思われる。その一端が本年度の Cefore を用いた移動ロボットによる位置情報共有アプリケーションに表れており、同様の対応を求めたい。

・他に無い独自性、有意性についてもある程度具体的に提示して頂ければ分かりやすい。

・本研究開発で取り組んできた成果を連携させたトライアルを行い、本中長期での取組の成果が見える化していただきたい。機械学習やエッジコンピューティングによる処理分散におけるトラフィックやリソース要求の変動に対しての制御性の柔軟さを評価、確認していただきたい。この観点で、これまでのネットワーク制御と大きく異なるチャレンジであり、成果の特徴を明確化できると考える。本研究開発で提案されたアーキテクチャと、物理層の研究開発の取組とを関連させた評価を行っていただきたい。

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	5G 時代のネットワークスライシングの実現に向け、メーカーやキャリアと SFC 基盤を検証し、他社製品・試作品との相互接続性を確認したこと、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、業界全体での取組をしていることから評価したい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	社会課題を最適化の問題として定式化している点と課題をモデル化した実証実験を行っている点を評価する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IoT エッジコンピューティング基盤に関する研究は、社会的な要請と課題が明確であり評価できる。 ・既存のインターネットが抱える社会的な課題を背景としているのが ICN/CCN 研究であり、その意味では評価できる。 ・5G時代のネットワークスライシングの実現に向けた、富士通、アラクサラ、NTTなど9機関が参画した SFC 基盤の検証と他社製品・試作品との相互接続性を確認したこと。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。 ・ICN/CCN を用いたアプリケーションとして、コネクテッドカーをイメージした Gefore を搭載した移動ロボットによる情報共有アプリケーション実験を試みたのは、この分野のアプリケーションの検討作業として評価したい。 ・複数企業共同での IA-SFC 検証基盤の検証、広域テストベッド上でのリソース動的割り当て機能の動作に関して、価値が高いと思われる。

・国内他機関による共同実証実験やテストベッド実証実験など、今後の社会実装に向けた準備が着々と進められている。

・ネットワークオペレーションの複雑化に対応して、機械学習を応用した運用効率化、制御性の向上への取組を評価する。モビリティに対応したアルゴリズムの検討、また、コネクテッドカーへの応用に見えられるIoTを実現するための実証など、現在想定される将来の問題を解決する取組につながる研究開発を推進している点も大きく評価する。国内キャリアとの連携実験を行って、実網への展開での課題、有用性の把握に努めていることも、正しく今後の課題を認識するための良い取組と評価できる。

（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が判らない。特に「安全」が主張できていない。例えば、ブロックチェーン応用のコンテンツ管理技術などは、社会の安全の視点から展望して進める方が良いのではないか。

・研究成果の社会的価値を創出するためには、価値ある研究結果を出すことに加え、具体的な価値創造につなげる活動が必要である。その一歩は、研究結果を社会に知らしめることであり、論文や標準化と言った専門指向に加え、特に産業界との連携が必須なネットワーク分野では、報道発表も重要である。報道発表が実質的に無いことは、課題と言える。

・既存インターネットが抱える社会的な課題が背景にある ICN/CCN 分野においては、社会課題をもっと具体的かつ明確に設定するとともに、著作権など制度課題も含む視点に立脚すれば、さらに良い研究となり得る。

・5G 時代のネットワークスライシングの実現に向けた SFC 基盤、ARCA をキャリアが実運用にするには何が問題となるのか、調査検討して欲しい。

・Cefore に関しては、ICN/CCN ルータを指向するのは技術のエナーシャを考えるとなかなか難しいので、汎用を狙うのなら、P2P が WebRTC という形で Web ブラウザに組み込まれたように、ブラウザ組み込みも考えるべきコンテンツの流通に関しては、多くの課題がそびえている。それらの課題を今のテーマだけで解決できるのか、よく吟味する時期に来ていると考える。

・現在取り組んでいる研究がどのような社会的ニーズに対応するのかの位置づけ（マイルストーン）を明示して頂きたい。それにより学術性や社会実装間での立ち位置がより明らかになるのではと考えられる。

・社会基盤としての堅牢性について、どのように貢献できるか示していただきたい。

災害などによる物理レイヤでのリソース不足や、セキュリティ的なアタック等による一時的なリソース不足時に、本アーキテクチャ、制御アルゴリズムの優位性を評

2. 分野別評価（年度評価）
【統合 ICT 基盤分野】

価値ある試みを行っていただきたい。

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	社会実装を標準化の観点から評価するとSとなる。プロトコルの研究では多くの通信機器に実装され、サービスに組み込まれるまで、長期間の技術開発・実証実験が必要になる。今後の継続的研究開発を望みたい。ネットワーク自動化技術に関して、キャリアとの検証実験をもう一步進めて欲しい。Cefore に関しては、P2P が WebRTC という形で Web ブラウザに組み込み、汎用的な使い方を指向するならブラウザ組み込みかもしれない。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	国際標準での採用、各種共同実験、実証トライアルを行い研究開発成果の展開を積極的に進めていることを高く評価する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際標準化を努力した点は、高く評価します。 ・共同研究・委託研究を多数設定し、産業界や他機関との広い連携のもとに推進した点は、国研として適切な活動であり、評価する。 ・オープンソース公開に加え、そのコミュニティ拡大のための活動を努力している点を評価する。 ・社会実装を国際標準化と見なすならば、IoT-DS のフレームワークの ITU-T SG13 勧告 Y.3074 として承認、TU-T SG13 に Y.ICN-interworking 勧告草案を提案、AI ネットワーク制御基盤の参照アーキテクチャに関し、ITU-T へ寄書を出している。また、国内キャリアと共同でネットワーク自動化技術の検証実験を実施し、その知見を IETFOPSAWG と IRTFNMRG に標準化ドラフトを提出している。「ICN ネットワークトレース機能」を IRTFICNRG に対して、「IGMP/MLD 機能拡張案」を IETFPIMWG に対して標準化ドラフト提案している。また、IRTF に提案していた「ICN におけるネットワーク内符号化要件」が標準化 (RFC) 認定見込みを得るなど標準
--

化実績は十分ある。実証面では、ライドシェア・見守り、スマート空調、コネクテッドカーの各実証システムでの利用、CUTEi テストベッドの欧州共同研究 ICN2020 での利用等は評価できる。

- ・国際標準化については、今年度から次年度にかけて成果が複数得られると期待され、進展が確認できる。

- ・今中長期計画の最終年度前ということもあってか、国際標準化活動や共同研究による実証実験、ワークショップなどの広報活動が積極的に行われており、評価に値する。

- ・国際標準、また、IRTF での標準化ドラフト提案へ本研究開発の成果が採択されていることは、本成果が広く社会基盤に展開できるための準備を着実に進めている点として認知される活動を行ってきた点を評価する。本成果の実装環境が、幾つかの実証プロジェクトで活用されていることは、今後の社会実装の基盤技術としての可能性とそれに向けて技術を進化させることができると考えられる。社会課題解決に向けて、多くの実装に向けた取組を実践していることを評価する。

（改善すべき点）

- ・実社会においては、巨大な NW が構築・運用されている。新技術をゼロスタートの NW として適用するのか、巨大な NW に社会実装していくのかで、課題の置き方と必要となるブレークスルーが異なってくる。特に、AI 応用、NW 制御や ICN/CCN のような分野では、社会実装に向けた成果を主張していくためには、「マイグレーション」観点からのアプローチや評価が極めて重要であるが、この観点が欠如していると思われる。

- ・テストベットの活動は評価するが、クラウドエッジ基盤をその先どう実 NW に社会実装していけるのかの出口戦略が判らない。

- ・NICT や国が直接的に構築や運用を行うことがほぼ無いネットワーク分野においては、社会実装の出口（成果の手離れ）として、特許の実施は重要な要素である。特許実施が 0 件であることは、特許出願の少なさと併せ、研究の在り方と出口戦略として大きな課題と言える。

- ・ネットワーク自動化技術に関して、キャリアと検証実験を進めたため、もう一歩進めて、運用システムの開発をどうするのか業界内で議論を進めて欲しい。

- ・Cefore に関しては、P2P が WebRTC という形で Web ブラウザに組み込み、汎用的な使い方を指向する方法と、著作物の流通システムのような特定アプリと共に普及させるかどちらかがいいのではないか。ICN/CCN ルータを指向するのは技術のエネルギーを考えるとなかなか難しいのが現状である。コンテンツの流通に関しては、多くの課題がそびえている。それらの課題を今のテーマだけで解決できるのか、よく吟味する時期に来ていると考える。

- ・今中長期計画終了時での目標達成度の再確認と、現在取り組んでいる研究が

その中でどのような位置づけにあるのか、どれだけ当初目標に上積みできるのかをご検討頂きたい。それを踏まえて、次期中長期計画策定に資して頂きたい。

・オープンソースなどの活動を持続的に行うためのコミュニティづくりを持続的に行っていただきたい。他の機関での類似のトライアルとの相互接続の検討を行うことにより、標準化することで社会実装が進む機能と差異化、特徴づけをできる機能とを見極める取組も企画していただきたい。また、差異化可能な部分は、さらなる発展のための研究課題として、次の研究課題、実装ターゲットとしてコミュニティ発展のトリガとなるよう、次の研究課題として問題を定式化して進めていただきたい。

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

1. 「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	ワイヤレスネットワークの制御・管理技術・高信頼化技術に関して、独創性、発展性が高い研究開発を行い、基盤技術の確立に貢献している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	令和元年度の研究成果としては、妥当な成果が得られていると判断される。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	多数接続・低遅延を実現する STABLE の実験系の構築、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"> ・NOMA 上り回線 STABLE の電力制御方式の実装実証は、発展性の観点から評価する。 ・ドローンのテレメトリを UAV と衛星を経由して地上に送るといふかなり複雑な仕掛けを実験的に実証したことは、先導性としては評価する。 ・ドローンと有人ヘリ間の位置情報共有システムにより、実際に危険回避実験に成功した。 ・「STABLE」において、上り回線非直交多元接続向け送信電力制御を実装した無線アクセスシステムとして、有効な電力制御方式の検討を行い、民間企業と連携
--

し、MEC サーバを介した所望のサービスエリアにおける低遅延サービス提供を実証したことは評価できる。また、920MHz 帯 LPWA によるドローン位置情報共有システムを独自開発し、約 10km 離れた場所で飛行するドローンの位置情報を、より高い高度を飛行する固定翼ソーラー無人機を中継し、さらに衛星回線を経由して地上局でモニタする応用実験を行い、有効性を確認したことも評価できる。

・年度計画にしたがって実施したという意味においては、適切に実施されていると判断される。

・多数接続・低遅延を実現する STABLE の実験系の構築、実証実験成功は先導性、発展性が評価される。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の研究開発に関し、衛星通信、固定翼ドローンとの連携技術を実証したこと、及び、制御を失ったドローンの自立着陸機能を実装したこと。

（改善すべき点）

・体内外環境関係について、通信位置推定の成果移転などが令和元年度に予定されていたが、資料に記載が見当たらない。脳情報通信融合研究センターなど BMI 研究などに活かされているのか。

・STABLE は、昨年度からの進展がよくわからない。重畳伝送できる端末数が増やせたのか、場所率が改善されたのか等、定量的な表現が欲しい。また、MEC サーバを介した実験と STABLE の関係も不明である。

・全般に今年度の取組は、科学的意義（革新性）よりも社会的意義や社会実装性を高める方向に重点を置いているように感じる。そうであれば、無理に科学的意義としてアピールする必要はないのではないか。

・一方で、次期に向けた革新的取組が目立たないのは心配な点であり、次年度は野心的なテーマの基本検討結果などを期待する。

・具体的な数値目標を示して、提案技術の優位性・有効性を明確に示したほうが良いと思われる。

・令和元年度の研究成果は、令和 3 年度以降の次期中長期計画のベースを構成できるものが明示的に含まれている必要があるが、そのようなものが見当たらない。

・NICT が先導できるであろうテラヘルツ波に関する研究開発状況が不明であること。

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	5G における低遅延高信頼性無線サービスにおいて、国際標準化活動で寄与文書を入力し、工場のワイヤレス化推進及びそのための国際連携や、より高い高度を飛行する固定翼ソーラー無人機や衛星回線までも考慮した複合システムの実証を先進的に行っていることは高く評価できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	各技術は、社会的価値として十分高いものを持っていると判断される。

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"> ・SUN 無線網におけるスリープ動作活用型の省電力 NW は、MAC 機能拡張という標準化や普及が可能な方法論で実現している点を評価する。 ・カンボジアにおけるルーラル地域支援活動は評価します。継続性をどうやって担保していくかが問われます。 ・工場内無線高度化のため、各種実験やセンサーの開発を実施し、データ取得と解析を進めている。 ・ドローンと有人ヘリ間の危険回避実験に成功した。今後ドローンの普及に伴い、各種飛翔体同士、あるいは飛翔体と地上の移動体との衝突の危険性が増大する
--

と想定されるので、社会的意義も高いと考える。

・5Gにおける低遅延高信頼性無線サービスとして有望な URLLC に関連し、アップリンクにおける送信電力制御に関する寄与文書を R1-1906117 として入力したことは高く評価できる。また工場のワイヤレス化推進及びそのための国際連携の確立への貢献に対して令和元年度「情報通信月間」総務大臣表彰(団体)を受賞したことも評価できる。さらに、より高い高度を飛行する固定翼ドローン(ソーラー無人機)や、衛星回線までも考慮した複合システムの実証を先進的に行っていることも評価できる。

・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。

(改善すべき点)

・ホップ数やメンバーノード数の多いマルチホップシステムにおいては、一部ノードの障害や異常動作がシステムの広範囲に影響を及ぼす可能性があるため、多数無線機連係動作や省電力動作の原理的な長期安定性や NW 性能影響についてさらに検討しておく必要がある。特に、屋外 IoT 的応用では、Hop Candidate Nodes 数が少ない「疎な NW」を想定する必要があるため。

・有人ヘリとドローンの衝突回避を実験的に実証したことは評価する。一方、ドローンを含む低高度飛行体間の衝突回避という社会課題の原点から分析して研究の位置づけを明確にすべきと考える。飛行体は、完全自立制御飛行、プログラム型飛行、部分リモート制御、完全リモート制御など多様であり、センサーや通信の果たす役割もそれぞれにおいて大きく異なる。これは自動車の自動運転における議論と相似であり、車載センサー、車車間通信、路車間通信、NW 情報、エッジ情報・・・の使い方や組合せは、実現したい目標や性能によって全く異なるのと同じである。使える技術で衝突回避を実証したような単発的成果にならないように発展してもらいたい。

・ソーラー無人機や衛星を介したドローン位置情報伝送をフィールド実証したことは評価します。一方、ドローンのテレメトリだけが必要なケース、テレメトリー・コマンドが必要なケース、準実時間リモート制御が必要なケースなど課題本来の背景は多様である。課題のケース分析とそれに適切な技術解決策を押さえることで、より大きな社会的価値が生まれると考えます。・特に今年は台風等による洪水、土砂災害が多発した年であり、新たな被災形態において ICT を活用した危険予知、避難誘導、発災後支援などが求められてきたのではないかと考える。自治体やインフラ企業等と連携し、被災分析と新技術提案を検討していただきたい。

・開発された技術自体、社会的価値が高いのかと問われれば、一定の水準を維持しており、高いと判断されるが、本来、国立研究開発法人の研究における社会

的価値は、世界的レベルで見た技術開発の大きな流れを引っ張っていける根源的要素、さらには次の次期中長期にもつながるもの出なければならないと考えられる。そのような観点でも社会的価値がアピールできる組織となっただきたい。

・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ビジネス性、及び、応用領域研究室の研究内容の更なる利用可能性のある団体とのニーズのすり合わせの方策に関する検討が望まれる。

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	研究開発の成果を社会実装につなげる取組が、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	各技術において、社会実装が必要なものについて、適切になされていると判断される。

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"> ・工場内無線システムに関する研究は、国際標準化活動や FFPA などの出口を設定していることを評価する。個別事案への対応に過大なリソースを割くことなく、一般化・普遍化・ツール化など常に出口戦略をしっかり押させて進める必要がある。 ・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実証を行ったことを評価します。 ・3GPP 等への標準化活動を継続して実施している。 ・交差点環境における MEC サーバを介した複数移動局アクセス制御の実証、「周波数自動切替え+データ送信量制御アルゴリズム開発と実証」、ソーラー無人機及び衛星を経由したドローンの位置情報管理実験など、民間企業や衛星通信事業者とも連携し、将来の新たな公共業務・ビジネスへの波及効果を想定した取組がなされている。
--

- ・各技術において社会実装は、適切になされていると判断される。
- ・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。

（改善すべき点）

- ・常時接続を要しない蓄積型メッセージシステムに対する分散エッジ処理の開発に際しては、これが災害時にしか使わないシステム（≒災害時に使いこなせないシステム）にならないよう、日常的にどう生かせるかという社会実装に向けた要点を考慮する必要がある。
- ・ローカル 5G 制度は、自営マイクロセル技術の実装の有力な場と思われるが、その関係性が不明である。関連する技術基準の策定にどのように役立ったのか（あるいは役立っていないのか）を示していただきたい。
- ・研究開発における実証実験の結果をベースに、社会実装のロードマップをより適切に示すことができれば良いと思われる。
- ・5G における自営マイクロセル事業者のビジネスシナリオは、ローカル 5G 等へのサービス提供に、本年、シナリオが修正された。本ビジネスは日本国内の隅々までカバーするバックボーンを準備し、ローカル 5G 等と協調、連携するとのシナリオとなっているが、ニッチサービスであり、社会実装に関連して収益性等を検討する必要があるように感じる。

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	S
評点付けの理由	マルチコア・空間スーパーモード伝送における大容量化の世界最先端レベルの成果、実用レベルのファイバ径の認識を基本にした具体的な検討、空間分割多重信号の光スイッチングでの効果の実証など、本年度は科学的意義のきわめて高い成果を上げていると評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	マルチモード、マルチコアファイバによる 1Pb/s 光ネットワーク、MEMS を用いた 10Tb/s 波長パススイッチの実証、19 コア一括増幅技術の開発など、中長期計画終了前年度で大きな一連の成果を創出した点は高い評価に値する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・MEMS ベースのスイッチノードを試作し、ペタビットクラススイッチングを実証したこと。 ・標準外径ファイバで 600Tbps 伝送を行ったこと、19 コア/2 帯域一括増幅による 1.4 Exa bps・km など性能指標的に世界トップレベルの成果を出し、また論文化したこと。 ・二つの通信波長帯対応した 19 コア一括増幅器を使った 715 テラ bps 信号、高密度 345 波長、2,009km 伝送は世界記録ということもあり、素晴らしい成果である。マルチモード高非線形ファイバにおける非線形光学効果を用いた多値変調光信号のモード間波長変換実験に成功したことも科学的には大きな成果と考える。 ・大容量化の進展とともに、標準外径のマルチコアファイバでの世界最大容量・長距離伝送の実証が高く評価できる。 ・マルチコア・マルチモードファイバに関しては、22 コア x202 波 x245Gb/s による当

初目標のペタビット級光ネットワークノードの実現は、マルチコアファイバを用いた大容量化、マルチモードをも含めた種々の光スイッチの実証提示、そしてより実用に近い標準外径 4 コアファイバの開発、19 コア一括増幅、そしてイタリアでの共同フィールド実験など、NICT が先導的に提示した空間多重光ネットワークを着実に進展させたことは大いに評価できる。またこれら大容量信号を効率的かつ柔軟にノード処理する光統合ネットワーク技術においては 1Tb/s スイッチング、災害時監視テレメトリなどで学術的に高い成果を創出し、トップレベルの国際会議でも高い評価を得ている。

・伝送容量の増大に対応したスイッチング技術の研究開発を進めネットワークとしての実現可能性を示した点を評価する。従来ファイバと同じ外形でのマルチモードファイバでの伝送容量の増大を指向し 600 テラビットに近い伝送性能を実証した点、また、一括増幅器を実現したことは、社会実装の可能性を高めたと考えられその成果を評価する。

（改善すべき点）

・先端的研究を行っている分野としてみると、論文数／人員数は立派な数値と言えるが、出願数／人員数はかなり低いと考えます。特許は独創性や有用性のバロメーターであり、社会実装に向けても重要です。国研で特許は不要との考え方もあるかもしれませんが、ライセンス収入を得ることが主旨ではなく、成果を広くかつ迅速に社会で生かすことで課題の解決に寄与する観点と、日本の研究活動力の国際競争力の観点です。

・研究者数に対する特許出願数がかなり少ないことは改善すべきで、評価側も論文に加え、特許出願数を重視すべきと考えます。

・災害に強い光ネットワーク技術に関して、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、論文の評価も高いと考えられるが、社会的価値は高いが、科学的意義を謳うには技術的な先進性を端的に表す言葉で説明して欲しかった。

・マルチコア・マルチモードファイバによる大容量伝送及びノード技術は一層大容量化に向かって進むことと考えられるが、技術的な方向感を示して頂きたい。またそして柔軟な光統合ネットワークの関係が分かりにくい。将来融合を目指したものなのか、ある程度独立した取組なのか、中長期計画終了に向けての方向感を示して頂きたい。さらに、耐災害光ネットワークは国際会議で高い評価を得ているが、技術的優位性を示して頂く事を期待したい。

・マルチモード、マルチコアの技術が深化してきているので、既存の技術を置き換えていくことを想定して、本中長期での研究開発課題において解決された問題の到達点をアセスメントしていただきたい。また、置き換えることだけではなく、新規のネットワークの構築を行う場合、アプリケーション側が対処すべき視点で、その

インパクトや、より効果が上がる利用方法などについても検討を期待したい。

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	コメント評価に記載した通り、高く評価できる社会的な価値の訴求と同時に、将来に向けた拡張性の課題解決のための外部への働きかけの必要性の両面があり、A判定とした。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	これら一連の成果は社会インフラ構築に向けての技術開発の蓄積を意味しており、高い評価に値する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光通信システムのオープン化に向けた研究は、マルチベンダー化という社会的ニーズに基づくもので、評価する。 ・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は、他のテーマに比べて技術的には地味だが、社会的価値という点では大きく評価したい。通信サービスの大容量化・仮想化に対応可能な再構成可能 400 ギガ bps 級インターフェース・パケットオプティカルノードの開発に成功見込みを得ていること、早期実用を目指して、標準光ファイバと同等のクラッド径(標準外径)の 4 コアファイバを用いて既存のシングルモードファイバの容量限界を超える 596 テラ bps の伝送を実証したこと、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は、通信の現在及び将来の動向をにらんだ適切な研究を行っている。 ・ペタビット級光スイッチノードの実証、標準外径のマルチコアファイバでの大容量化実証により、空間分割多重技術の社会的な意義を示したと思われる。 ・マルチコア・マルチモードファイバに関しては、ペタビット級光ネットワークノードの実現、光統合ネットワーク技術においては 1Tb/s スイッチング、災害時監視テレメトリなどで学術的に高い成果を創出し、論文や国際会議発表、国際共同実験など、社会的価値創出の努力は評価できる。 ・伝送容量の限界がないということは、社会基盤でのネットワーク利用に対してよ

り多くの可能性を提供できることであり、社会が進化、発展するために価値の高い技術である。標準外形のマルチコアファイバや、オープン化として様々な伝送方式が共存できる方法を考案することで、社会インフラであるファイバを安全に共有できる機能の検討が進展している。これらの社会基盤として研究開発成果を実装する取組を始めようとしていることは大いに評価できる。

（改善すべき点）

・光通信システムのオープン化に向けた研究は、マルチベンダー化という社会的ニーズに基づくもので、評価する。

・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、この技術以外に必要な技術があると思うが、解決済みと考えていいのだろうか。

・マルチコアファイバのコア数増大に関して評価する一方、外径の大きさから可撓性の課題が以前から指摘されており、極限性能を拡張するための素材開発の重要性を主張するなど、外部への働きかけが一緒にあるとよいのではないか。

・光統合ネットワークの中長期終了時の達成イメージがやや分かり難い。どこに独創性をおいて学術的意義を発していくか、また社会実装に向けてどのように展開していくか、次期中長期計画に向けてのシナリオ形成の準備を願いたい。

・ネットワークの制御、管理を含めた、社会の安心・安全なインフラ提供に貢献できるという観点で、今回の研究開発成果の意義をまとめていただきたい。

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	社会実装の観点から、空間分割多重のための海外でのテストベッド構築の実現、災害に強いネットワークの委託研究開始に関して、本年度の目覚ましい前進がみられる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	高いレベルの国際会議や論文で示していることは社会実装面で高い評価に値するが、今後の社会実装への道筋がやや見えにくい。また委託研究での知財管理なども踏まえて今後の社会実装上での先導性を期待したい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3 波長標準外径の長距離・大容量実証は、社会実装に向けて重要なステップと言える。洞道内の実験など、現実に近い実証を行い、社会実装に向けた「課題の発見」を期待したい。 ・委託研究の成果のマルチコアファイバを使用した実環境テストベッドをイタリア・ラクイラ市に敷設し、ラクイラ大学との共同研究でフィールド試験を実施中であることは、社会実装面だけでなく国際連携・展開の観点でも評価したい。災害時に分断された局舎間の制御層を OSC で接続し装置制御を復活させる小型光ハブ機能を実現するソフトウェアを開発し、商用と同型の光通信装置を用いた実証実験を NEC 我孫子事業所で実施し、委託研究の開始につないだことも成果展開の観点で評価したい。 ・電子情報通信学会 EXAT 研究会において、国際シンポジウムやワークショップを開催して国内外の研究者と空間多重技術の研究進捗や標準化などについて議論していることも技術のリーダーシップを考えた良い施策と考える。 ・海外でのテストベッド構築に貢献している。
--

- ・耐災害ネットワーク技術に関して委託研究に結び付けている。
- ・概ね計画通りや一部前倒しで成果を上げており、それらは高いレベルの国際会議や論文発表で示されており、それら論文の被引用数が高いことは高い評価に値する。今期中長期終了時での達成目標に向けて順調に研究が遂行されている。
- ・マルチコアファイバのテストベッドの構築を行い、フィールドでの評価が行える環境を整えたことは大きな進捗だと評価する。災害復旧に関しては、修復に向けてのオペレーション機能の実装、評価を複数のベンダを仮定した中で行った点は、災害時に異なるオペレータやネットワーク提供者間での運用連携に向けての取組として評価する。また、残存したファイバが活用可能であったことは先の災害でも指摘されていることであり、それらを有効に活用するために可搬型の光増幅器を実網に近い環境でネットワークのオペレータと評価を行った点を評価する。

（改善すべき点）

- ・光通信システムのオープン化に向けた研究は、研究の狙いは適切であるが、国研としてどのようなアプローチで成果の出口を設定し、社会実装に繋げていくのかがはっきりしていない。現在研究対象としている高線形性光増幅器の適用先としてのオープン化という目的・手段の交錯を感じます。
- ・研究の論文、特許等の成果は着実に出ているので、キャリアとの実証実験、メーカーへの技術展開、コンソーシアムを活用して、さらに突っ込んだ国家レベルの研究シナリオを作って欲しい。
- ・自主研究を通して独自のマルチコア、マルチモードファイバの有する超大容量伝送のポテンシャルを高いレベルの国際会議や論文で示していることは評価に値するが、関連した委託研究の受託機関などが対象であろうが、社会実装への道筋がやや見えにくい。また知財が余り多くないが、恐らく委託研究機関が保有していると考えられるが、今後の社会実装上での先導性を期待したい。
- ・また光統合ネットワークの中長期終了時の達成イメージがやや分かり難い。社会実装に向けてどのように展開していくか、次期中長期計画に向けてのシナリオ形成の準備を願いたい。
- ・マルチコアファイバのテストベッドをうまく活用し、実装上の問題点を洗い出す取組を企画していただきたい。災害時を想定した取組については、災害訓練等の中のメニューとして組み込むことを検討いただきたい。研究開発成果の実装とそれを活用した結果を研究開発にフィードバックする枠組みは重要と考える。可搬型光増幅器の取組の水平展開を検討し、研究開発への実環境からのフィードバックを行う枠組みを検討いただきたい。

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	<p>科学的意義としては、100G 級の光アクセス技術の成果、特に 2 次元 PD アレイを用いた大容量化・位相再生技術などの独創的なものがみられ、高く評価できる。高速鉄道での実証実験の実現も極めて高い評価が得られると考えられる。一方、無線と光の境界部分のデバイス技術、ネットワーク全体の制御関係の取組にはさまざまな取組が必要であり、その点についてはリソースの限度もあると思うが、どのようにアプローチすべきかは少なくとも検討を期待したい。</p>

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	<p>量子ドットと Si 光回路のヘテロ光集積素子や PD アレイとマルチコアファイアによる大容量光伝送、大容量光ファイバ無線の実証、空港異物センサーの実証実験など独自光デバイス技術について高いレベルの成果と社会展開を図ったため。</p>

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二次元アレイ PDA とマルチコアファイバ直接接合による大容量伝送を実証したこと。 ・30GHz 帯域動作 PAM4 デジタル光変調器を実証したこと。 ・PD アレイによる空間光同期検波方式の可能性を示したこと。 ・パラレルフォトニクス基盤技術の「無バイアス動作 UTC-PD」、「二次元アレイ受光デバイス」、「C-band 量子ドット光増幅器」、「擬似 4 値デジタル応答を持つ PAM4 用光強度変調器」は論文レベルで高い評価を受けている。100G アクセス基
--

盤技術に関しても、「二次元 PD アレイによる新たな光同期検波方式」、「世界最大級容量の 80Gbps 超の光・無線シームレス接続」、「光と無線の共用化による無線区間の大容量化」、「光ファイバ無線を用いたリニアセル方式」の成果も論文レベルで高い評価を受けている。独創性、革新性、先導性は高い。特に、「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」から“Optical Field Reconstruction”技術分野の国際会議セッションが設立したことは高い先導性があったと考える。

- ・量子ドット SOA の高温動作の実証は、どこまで高温動作が可能か、その限界点は何が決定要因なのか、科学的な関心・意義が高いと思われる。突き詰めて検討されると、社会的応用の広がりも期待できよう。

- ・独自の量子ドット光増幅器による高利得のみならず高温安定性による高温高速動作の実証、Si 光回路のヘテロ光集積素子による世界初の高速高温動作光増幅素子や PD アレイとマルチコアファイアによる世界初の 800Gb/s 大容量光伝送、光ファイバ無線による 80Gb/s 伝送などについて高いレベルの論文や国際会議発表など学術的な成果が得られたことは評価に値する。

- ・伝送メディア（光、無線）に依存しない伝送方式を実現することは、モビリティを重視した中での高速無線ネットワークを実現することに貢献する。従来の有線での実現よりもより柔軟なネットワーク構成を実現することができ、フィールドの様々な分野での活用が期待できることから、本研究開発の取組はネットワークのさらなる発展へつながるものである。PD アレイの 2 次元化による、新しい光検波の手法の研究開発は、新しい変復調技術へつながる可能性が期待できる。大容量化やエラー耐性の向上が期待できる点で、意義深い。

（改善すべき点）

- ・PD アレイによる空間光同期検波方式を令和 2 年及びそれ以降に向けてどのように扱っていくのかの方針と計画が資料からは判らない。空間処理系の「可用性」を阻害する壁（必要なブレイクスルー）は何なのかと言った発見こそが、統合 ICT 分野全体の出口戦略で掲げられた「将来の新たなニーズ・価値の創出」の観点からとても重要であると考えます。

- ・このテーマだけ、耐災害性のキーワードが欠けている。ネットワーク系の研究を総合的に考える場合、全分野に一貫する共通課題と個別課題があると思うが、耐災害性は前者ではないか。光・無線両用をテーマとしているので、その切り口はあるため、おいしいと感じた。

- ・無線と光をシームレスに結ぶ光デバイスに対しては、まだいろいろな機能が想定しうるので、まだ技術的に出尽くしていないと思っている。低遅延性を意識した場合一つをとっても、エンド・エンド間のネットワーク全体の中での遅延を考えなければいけないので、全体で検討した結果として目的が達成されるような新規のデバイスを検討し続けていくことは重要に思われる。その点はぜひ今後も考えていって

欲しい。

・光増幅器と Si 光回路とのヘテロジニアス光集積技術は動作原理実証の点で有効であり、技術移転の見込みとのことで、それ自体は評価に値するが、より実用構造の検討を期待したい。

・光伝送における、レーザ、変調、受信へ適用するデバイス研究として取り組まれているが、デバイスそのものが主の研究テーマと考えられる。より、デバイスを活用するようなテーマ設定、もしくは、今中長期の成果を次に展開することを考えると、より多くの応用が可能な技術へと進化することを期待したい。その観点でのこれまでの取組からの知見をまとめるとより発展できて良いと考える。

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	本年度は独創的な 2 次元 PD を活用した信号処理技術を中心に、社会的な働きかけが極めて高く評価できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	高性能量子ドットや高速受光素子技術、それらのパラレル集積化技術は、標榜する光アクセス系 100G 高速化において、重要な要素技術と考えられ、シーズ主導のシステム応用展開は高く評価できるため。

(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において、ペルチェ等の冷却無しに動作可能であることを実証した。 ・デバイス駆動電力の同時光給電技術は社会的課題に基づいていること。 ・パラレルフォトニクス基盤技術では、5G 以降の多数のアンテナ局への給電を問題に取り上げ、一つの解決策として光給電による動作が可能な無バイアス動作 UTC-PD による 100Gbps (NRZ)リアルタイム伝送技術の実証に成功したこと、100G アクセス基盤技術では、「高多値信号にも対応できる二次元 PD アレイ・光同期検波方式を新たに提案・動作実証を達成し、トップカンファレンスに同技術分野の“Optical Field Reconstruction”分野が会議セッションとして設立した。」ことは評価したい。 ・ECOC2019 における Optical Field Reconstruction セッションへの貢献は、社会的な新たな価値の創造と理解でき、高く評価できる。 ・独自の高性能量子ドットや高速受光素子アレイ技術、そしてそれらのヘテロジニアス光集積化技術は、パラレルフォトニクスや 100G 光アクセス系という概念の提
--

示や、シーズ主導のシステム応用展開への流れの構築は高く評価できるため。

・光ネットワークシステムがより広範囲に活用されることが期待される。無線システムを多数展開するための光フロントホール、また、広帯域アクセスのためのエッジ側での実装では、小型、省電力化が必須であり、本研究開発の集積化技術の検討は意義深い。無線帯域での伝送容量が増すことに対応し、シームレスに光と無線のネットワークを接続する営みである 90GHzでの光ファイバ無線の検討は、ネットワークを様々なアプリケーションに利用できる機会を拡充するものであり意義があると考える。

（改善すべき点）

・標準外径 8 コアの 1.3 Tbit/s 短距離伝送の技術成果は評価する。しかし、総伝送容量のトップクラスデータの実証の観点から標準外径に対して 8 コアを選択しているように見える。標準外径ファイバが重要なのは、既存のシングルコアとのある種の互換性（ケーブル化、物理特性、工事設計、敷設、融着、・・・）があることで、そこに太いファイバには無い社会的価値がある。そのような実社会的要請の観点からも十分な分析をして研究を行うことが、社会実装に向けて重要と考える。

・同時光給電技術は、5G 等のモバイル基地局の課題を想定している。その場合、基地局への給電を解決するという課題設定・目標に対して、5G 無線の電力バジェットの観点が欠けていると思われる。

・「降雨等の環境の変化に対しても無線区間の安定した通信を実現することが求められるため、90GHz ミリ波無線による 50Gbaud 伝送路と、光無線による 100Gbps 伝送路をハイブリッドに利用する新技術の提案・原理実証に成功」とある。ミリ波や光は天候に左右されると批判されることが多いので、稼働率を評価指標とした検証が必要ではないか。そのためにはどこで使うのかを明記したほうがいい。たとえば、中東のような半砂漠地帯で使うシステムと考えると、砂が動くのでファイバ敷設より無線の方が利があるところもあるかもしれない。その種の検討が必要であろう。

・100G 光アクセス技術は、文字通り超高速アクセス系への展開について、来年の中長期最終年度終了に合わせた一定の成果創出や、次期中長期計画への展開を踏まえた道筋の提示を期待したい。

・アクセスについては、延伸化と多数の収容を目標に掲げているが、例えば、日本での応用を考えた場合に、延伸化ではなく、多数の端末を収容することを優先することが有用であり、基盤となる技術開発の力点も変わってくると思われる。アクセスに関する技術は、地域ごとに異なると思われ、日本の地勢的な条件を一つのパラメータとして、研究開発の方向をアセスメントすることも必要と考えられる。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	光アクセス基盤技術に関しては、フィールド実験や標準化がさまざま検討されており、きわめて高く評価できると思われる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	独自の量子ドットや高速 PD などのデバイス技術の外販や、それらを用いたシステムのフィールド展開など、実用をにらんだ社会実装の努力は評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量子ドット結晶成長技術や量子ドット光チップを産官連携で技術移転を図っていること。 ・RoF に関する国際標準化の寄与は継続的に行うことが望ましい。 ・クアラルンプール空港で、ミリ波の伝搬特性や空港滑走路監視レーダシステムに関してフィールド実験を行っていることは、国際連携の観点からも評価したい。関連技術を標準化に結び付けているのも加点したい。 ・産官連携で高密度量子ドット結晶成長技術の移転、光コム発生技術及び制御ノウハウの産業界への移転等により、技術の実装に向けた努力が感じられた。 ・空港監視レーダシステムのクアラルンプール空港等との協議の結果、ファイバネットワーク接続型レーダシステムの海外展開を推進し、レーダ設置プランの確立に結びつけている点が評価される。 ・独自の量子ドットや高速 PD などのデバイス技術の、社会実装をにらんだ企業との早期連携や外販への活動、それらを用いた光ファイバ無線システムの国内機関や海外機関との積極的なフィールド展開など、実用をにらんだ社会実装の努力は大いに評価できる。

・光ファイバ無線技術のフィールド評価として空港滑走路の監視システムの実装へ向けた取組と、それに関連した ITU での標準化提案は、研究成果の展開として高く評価できる。量子ドットレーザの成果を技術移転し、民間での製品開発につながった点も本技術を活用した製品展開につながるものと評価できる。

（改善すべき点）

・PON 関連の研究（光増幅器 2 段構成・・・等）やテラ bps 級短距離大容量伝送に関連した国際標準化活動が十分になされていないように思われる。標準化においては、伝送速度の様な指標だけで進むものではなく、Complexity や Flexibility など多面的な競争となる。社会実装に向けては、そのような多様な視点での研究が必要であり、国際標準化の舞台で揉まれることの意義でもある。

・空港滑走路用リニアセルレーダシステムに関しては、空港滑走路監視レーダシステムとして考えた場合、競合技術との差別化、優位性はどこにあるのか明確にすべき。デバイス研究に関しては、組むメーカーの特性に応じた成果展開ネットワークを明示し、持続可能な研究、開発、商用化体制を構築することを考えるべき時ではないか。その中に、外国企業が入り込むことも当然考えなければならない。

・ファイバネットワーク接続型レーダシステムの世界展開については NICT の立場として十分な取組をされていると思われるが、技術的・実用面での橋渡しをした後の技術移転先が順調に活用していけるかどうかは不明である。世界市場で継続的に活用いただけるような仕組み作りをどうしたらよいか、国の戦略として扱うべき技術に持ち上げることも、場合によっては考えなければいけないかもしれない。

・他方、システム展開は海外連携がやりやすい面もあり、今後の技術輸出、国際貢献も考えると重要であるが、やはり国内展開で国内産業や国内情報通信を活性化して、それらを踏まえて海外展開することが有効と考えられるため、今後国内展開も積極的に図ることを期待する。

・パラレルフォトンクス等で取り組んでいる技術開発は実用化までに時間がかかると思われるが、研究開発のなかから適用可能な技術として切り出していくことも検討していただきたい。アナログ分野の技術については、特に、技術を切り出して様々な取組に適用することを検討していただきたい。

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	B
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いるが、今年度に限れば、標準的な成果だと考える。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	地上—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:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ETS-IX 関連の機器開発と実証は、先導性として評価します。 ・空間光通信路における量子暗号通信の研究は、発展性が期待される重要分野なので、世界レベルでの研究・開発進捗を常に意識しながら進捗させることを期待します。 ・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。 ・静止衛星に対して 10Gbps 級の世界初の伝送速度を実現する、衛星搭載用の超高速先進光通信機器 (HICALI) の研究開発を推進し、光送受信部、制御部、光学部の詳細設計～製造を実施中であることは評価できる。また、スペースデブリへのレーザ照射～散乱光受信を模擬するため、衛星打ち上げ後低軌道を周回する RISESAT 衛星に対してレーザ測距実験の実施は、科学的意義が高く、興味深い。 ・年度計画に従って研究を実施したという点においては、妥当な研究を実施してい

ると判断される。

・地上—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。

（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）など知財的視点から科学的価値を主張するのは適切ですが、シミュレーターソフトそのものは、どうそれを出口に繋げるかで評価すべきと考えます。

・査読付き論文の発表件数が激減している。研究計画の進捗上、新規提案フェーズと実証フェーズの狭間なのかもしれないが、次期計画に向けた萌芽的な取組を行い、対外発表によってアカデミックな議論を喚起してもよいのではないかと。

・研究計画が時代の流れを見た時に、内容としてどれだけふさわしいものになっているのか、また開発した技術が社会実装という方向まで行けるものなのか、という点を常に検討する必要がある。

・ただ衛星通信自体は、開発や実験に比較的長い時間がかかるので、技術の妥当性を改善するということが難しいことは理解できる。だからこそ次期中長期計画でどのようなビジョンをもって計画を立てるのが重要になると考えられる。

・令和元年度は次期中長期計画を立てる上で最も重要な年であったが、それにつながる成果としては乏しいと思われる。

・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	衛星通信と 5G/Beyond5G の連携に関する検討会を開始し、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の仕組みづくりを行っている

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	研究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・安全な社会の創生等への大きな貢献が期待されるため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・受託研究「海洋 GNSS ブイによる津波観測」は、社会的な価値が明確であり、通信方式開発を含め、社会実装に向けて(内部資金研究を含め)更なる成果を期待する。
- ・衛星通信と 5G/Beyond5G の連携に関する検討会を開始し、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の仕組みづくりを行っている
- ・小型低軌道衛星の爆発的増加が予想される中、スペースデブリへの対処に向けた検討を実施している。
- ・VSOTA(NICT/東北大)、SOLISS(SONY)、OSIRIS(独 DLR)等の国内外の機関と共同で衛星～地上間の光衛星通信実験を推進していることは評価できる。また、ESA との日欧連携の衛星 5G トライアルの計画を立案し、利用推進の取組として、衛星通信と 5G の連携について、国内 19 機関による検討会を立ち上げ、ユースケース、技術課題等の具体的な検討を実施したことも評価できる。
- ・スペースデブリ観測技術の開発は、長期レンジで対応すべきものなので、現時点で社会実装ができるものではないが、将来的には社会実装につなげていただき

たい案件であり、期待される。

・研究開発を進めているシステムが実用化されると新た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が期待される。

（改善すべき点）

・スペースデブリ観測のための要素技術研究は、地球規模の社会課題に取り組むもので、高く評価する。しかしまだ補助的な立ち位置に機構が立っているように見える。機構として、もっと積極的・プロアクティブに大きな活動にすべきではないか。

・5G/Beyond5G の連携に関する検討会の具体的な成果を期待する

・宇宙開発という分野は、子供や若年層に夢を与えられる数少ない科学技術の一つである。国研の社会的価値の意味では、これらの世代にアピールするような取組を成果として挙げてもよいのではないか。衛星光通信やレーザ関連技術などは大変興味を引くのではないかと思われる

・光フィーダリンクについては、社会的価値がどの程度あるのかを判断するのは難しい。

・光フィーダリンクについては、現在行われている研究テーマを他の機関が競って競争する分野なのかというと、違う気がする。

社会的価値とは、開発された技術が我々の生活に溶け込むことを持って評価する項目であろう。その観点からは、光フィーダリンク技術に社会的価値が十分であると判断することは難しい。

・国策に従い研究開発を行っている高機能 GEO に関して、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	A
評点付けの理由	標準化への貢献や、平面アンテナなど民間企業との連携開発を着実に進めている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	GEO、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組がなされているため。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・光衛星通信に関し、民間と共同して ISS 搭載機器という成果に結びつけたことは、技術の実践的移転として高く評価する。機構研究成果の「手離れ」の良いケースになると期待します。
- ・衛星 5G、衛星と地上の連携に関する日欧連携の検討は、グローバル視点が不可欠な衛星分野として重要な活動で、成果を期待します。
- ・樹木遮蔽に関する標準化への貢献や、平面アンテナなど民間企業との連携開発を着実に進めている。
- ・WINDS 衛星からの信号を使用し、Ka 帯車載地球局移動中の通信時に受ける樹木等遮蔽物による減衰の季節変化を測定した結果を CNES と共同で ITU-R WP3J へ入力したことや、APT-AWG25 において、IoT への衛星技術の応用の標準化を NICT から提案し採択されるなど、標準化に向けた活動を推進していることは評価できる。
- ・GEO、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組がなされていること。

（改善すべき点）

- ・大規模衛星通信 NW を前提とした高効率運用制御技術で開発したシミュレーターソフトは、論文作成以降にどう活用できるのかが判らない。現実社会におけるあるいは予定されているどんな大規模「群」に対して、どのようにして（アルゴリズム展開、ソフト移管、設計受託、運用受託、・・・）実装に結び付けようとするかの出口戦略が必要。
- ・資料の「主要論文等一覧」には今年度出願された特許について全く言及がなかった。社会実装されるうえで重要なファクタなので、主要論文等一覧の中に項目を設けて成果としてアピールすべきではないか。
- ・衛星通信も、広く我々の生活をサービスするシステムの中に含まれることが社会実装されることであるという認識を持つ必要がある。
- ・衛星通信において社会実装というと、衛星に搭載される機器に含まれるということになる。開発された技術は技術試験衛星には搭載されているが、広く社会にサービスされる技術として今後利用される可能性があるのかが不明である。
- ・国策に従い研究開発を進めている高度化 GEO に関しては、ビット単価以外の価値は何かを見極め、台頭するグローバル LEO との差別化をアピールし、実用化への道を切り開いていただきたい。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	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	音声翻訳を実現する上で必要となる要素技術の内、マルチモーダル言語生成、プログレシブ言語識別、少資源言語対 NMT における対訳データ依存性最小化、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。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	世界をリードするレベルの活発な研究活動が行われ、とくに顕著な成果をあげている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・音声コミュニケーション技術に関して、科学的意義の高い、言語理解モデルのための学習データを多量かつ効率的に作成するためにロボット・環境シミュレーションを構築し、精度と低遅延を可能にする言語識別技術の開発に取組、高い成果を上げつつある。 ・画像を入力としたマルチモーダル言語生成機能を構築し、画像からの指示文生成において業界最高性能を達成している。 ・プログレシブ言語識別技術を開発し、10 言語の言語別タスクにおいて高い識

別精度とスピードを達成している。

- ・対訳データ依存性を最小化する技術で成果を上げ、世界的コンペで 1 位の成績を収めている。
- ・マルチモーダル ABN による文生成の成果は画期的であると思います。
- ・音声コーパス・対訳コーパス、翻訳技術の多言語化の充実は評価できる。
- ・言語理解モデル用学習データの効率的作成のため、画像を入力とするマルチモーダル言語生成手法を構築し、業界最高性能を達成した。
- ・言語識別時間を可変長にすることを可能にするプログレシブ言語識別技術を開発し、短いレイテンシーでも高い識別精度を達成した。
- ・対訳コーパスが少ない場合に対応するため対訳データ依存性を最小化する技術を考案し、世界的なコンペティションで 1 位を獲得した。
- ・自動翻訳関連の論文数ランキングで 2 位(アジア 1 位)、7 位と上位を達成した。
- ・トップカンファレンスでの採択件数など、世界をリードするレベルの高い研究成果をあげている。
- ・音声コミュニケーション技術においては、言語識別技術と音声合成の多言語化で着実な成果をあげている。
- ・開発の負担を民間企業にシフトさせることで、研究時間の確保に努めている。

(改善すべき点)

- ・マルチモーダル ABN による文生成では、どのようなアプリケーションを実現すれば NICT としての独自性のある研究成果を目指していると言えそうか、独自性のある課題設定があるとより一層よいと思います。
- ・多言語埋め込み技術やゼロショット技術が注目されていますが、その観点からの成果、目標設定、それらの技術を実現した場合の優位性、NICT としての立場付け、等の整理があるとよいと思います。
- ・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。最終年度に向けて、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も、分かりやすい形で情報提示をして欲しい。

(改善すべき点)

- ・探索的な取組では、性急な成果を求めず、じっくり取り組んで欲しい。

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	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	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 言語も含め戦略的に進め、目標全言語・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。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	国内におけるニーズの高まりへの対応を通じて社会課題・政策課題に貢献しており、社会的価値が極めて大きい。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・音声コミュニケーション技術に関して、2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けての技術の開発を目指して、訛り英語 300 時間、訛り中国語 250 時間、フランス語 200 時間等、計 750 時間分を収集し、中国語他 6 カ国について合計 56 万語の辞書を作成し、実用レベルの音声認識・合成技術を開発している。
- ・また、多言語翻訳技術に関しても、GCP10 言語にブラジルポルトガル語、フィリピン語を加えた世界最大規模の話言葉コーパスを実現している。
- ・さらに、音声認識に関し、フランス語の他 10 言語について当初目標をクリアし、韓国語、タイ語については当初目標を上回る精度を達成するなど、社会的価値のある研究開発を行っている。

- ・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。
- ・訛り英語・中国語、当初想定していなかったブラジルポルトガル語、フィリピン語、ネパール語の音声コーパスを大規模収集するとともに、中国語、タイ語等の 66 万語の辞書を構築した。
- ・音声認識に関しては 10 言語の目標性能を達成、音声合成に関しては 10 言語での目標性能を達成見込み、拡張 5 言語でも高品質の音声認識・合成を達成した。
- ・目標 10 言語、拡張 5 言語とも世界最大の話し言葉の多言語対訳コーパスの実現に向け順調に拡充した。
- ・目標全言語・全分野で高い翻訳精度を実現し、多くの技術移転を実現した。
- ・データ収集において、国内におけるニーズの高まりに対応して言語を追加しており、社会課題・政策課題に大きく貢献している。

（改善すべき点）

- ・対象として、イタリア語も含めて欲しい。
- ・急増した外国人旅行者・居住者とのコミュニケーションを円滑に行う、音声翻訳技術は、今後さらに深刻になってくる社会課題の解決、及び、それに伴う新製品・サービスの創出という点において実用化レベルに到達しており、多くの方に活用されるフェーズが近づいている。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・促進を進めて欲しい。

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	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	研究開発成果を社会実装するための取組を積極的に行い、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。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	技術移転の成功事例を多数実現しており、特に顕著な成果をあげている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・産官学連携の拠点としてシーズとニーズのマッチングの場を提供し、人材交流の活性化を行い、外部機関との連携や共同研究を活性化し、研究開発の成果の認知・利用を拡大している。

・既に広く国内外に浸透し始めた音声翻訳アプリ VoiceTra に、言語識別機能を実装し公開している。また、VoiceTra とそれを活用した実証実験や展示会は今年度までの合計が 100 件を超え、多言語インタビュー字幕システムの開発展示も行い、しっかりした社会実装を実現している。

・さらに、今年度までの合計が、音声翻訳技術の研究開発の成果としてのソフトウェアやデータベースのライセンスは 60 件を超え、多言語音声翻訳プラットフォームのサービスやソフトウェアのライセンス事業も開始していて、利用が拡大し、300

件を超える報道がなされている。

- ・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 に言語識別機能を実装し、公開、ダウンロード数は累計 550 万件超を実現した。
- ・VoiceTra 及びその活用技術多くの展示会（新規開発の多言語インタビュー字幕システム等）や実証実験を実施（今年度は 14 件）した。
- ・ソフトウェア及びデータベースライセンスを進め、今年度は 10 件増加した。
- ・多言語音声翻訳プラットフォームサービスの提供と、音声翻訳ソフトウェアライセンス事業を開始し、利用が拡大（利用に関する報道数は今年度 105 件超）した。
- ・ライセンスなどの形で、技術移転の成功事例を多数実現させている。
- ・消防本部、県警、自治体、鉄道、病院などでの実証実験を通じて、実績を積み重ねている。
- ・翻訳バンクの多分野化を進めており、今後の発展がおおいに期待できる。

（改善すべき点）

- ・普及度をさらに上げるためには何があればよいのか、の可能性の議論があると、より高度な目的設定ができると考えられます。税金による成果であることを考えると、例えば、ライセンス料設定など、今後の構想がどのようになっているか、などについて伺えればと思います。
- ・ライセンス料設定についても、他のサービスとの比較などの整理があるとよいと思います。
- ・社会実装場面での利用者評価と開発側へのフィードバックループの整備状況について、恒常的に点検する仕組みが不可欠だと思います。
- ・Google 翻訳・Baidu 翻訳等の対抗するサービスとの比較状況などの整理があるとよいと思います。
- ・成果の社会実装に向けた取組は順調に推移しており、様々な実用化事例も生まれており、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、継続的な取組を進めて欲しい。
- ・多分野の経験から得られる知見をまとめて、体系化することも必要と考える。

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	A
評点付けの理由	質問応答機能として高精度かつ高速の実用化に有効なシステムを動作させ、その基盤ソフトウェアとして大規模ニューラルネットワークを機能させる RaNNC を実装したことは高く評価される。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	WEDKA において、高度な対話を実現するために抽象度の高い対話ルールを導入すること、また、質問応答機能の向上など、他のシステムには見られない先進的な機能を開発している。また、最先端のニューラルネット技術など、技術革新を積極的に取り入れ対応している。

評価者 C

評点	B
評点付けの理由	関連分野のトップカンファレンスで研究成果を積極的に発表している。

(2) コメント評価:

(評価する点)	<ul style="list-style-type: none"> ・意図が不明瞭な質問にも応答できるようにした。 ・WEKDA の質問応答機能を拡張・改良して精度とスピードの向上を図った。 ・新規のニューラルネットアーキテクチャの導入、新規の背景知識の導入によって、精
---------	---

度向上を実現し、トップカンファレンスで採択され、発表している。

- ・SIP 第 2 期で開発するマルチモーダル音声対話システム MICSUS のプロトタイプを完成させた。
- ・DISAANA・D-SUMM の研究で、平成 31 年度文科大臣賞を受賞している。
- ・我が国において当該分野で実用性を十分に考慮したシステムを構築している点が特に注目される。特に、研究室内での活動にとどまらず実証も含めて、総合的にプロジェクトを推進している点で、我が国で他に見ない特性を持った研究グループであると言える。
- ・稼働している種々の質問応答システムの中での優位性を出すことに留意しており、その研究開発成果が十分に創出されていると考える。
- ・巨大なデータの活用や、500 枚以上の GPU を用いた学習などは、国内の他の組織では対応できないスケールの研究であり、システムを実装し、実験・評価を行い高い成果を生み出していることは高く評価できる。
- ・関連分野のトップカンファレンスで研究成果を積極的に発表している。音声対話システムについては 1 ターンのやりとりを越えた対話へ向けての萌芽的な研究を積極的に推し進めている。

(改善すべき点)

- ・極めて競争の激しい分野である。精度を大幅に向上できた理由が BERT を使用したことによるものであるが、それ以外の新しい手法面での貢献を創出するように一層の努力を期待したい。また、性能向上については、ミドルウェア RaNNC により並列性の導入に負うところが大きくこれについてはもっとアピールしてもよいのではないか。
- ・多様な質問応答を処理できるよう、相当の工夫をしている点は高く評価できる。これを更に一般化ないしは理論付けし、また因果関係解析の体系化等と統合していくことにより、学術的に精緻な言語理論体系の構築にチャレンジすることが期待される。
- ・トップカンファレンスで継続的に発表を行い、さらにプレゼンスを高めて欲しい。

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	AI の社会への活用の中でも、自然言語に関わる課題は極めて優先度が高く、国際的なコミュニケーションや音声の利活用に直接的に結びつく。特に、実用性に富む音声応答システムの実装は我が国の中でも特筆すべきものと位置づけられる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	災害情報分析や防災に関するシステム DISAANA 及び D-SUMM は社会の要求に応えるシステムであるが、着実な進捗が見られる。また、文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞したことは特筆できる。音声対話システムに関しては介護への展開など、社会的価値を高める取組がなされている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	D-SUMM、DISANNA の機能と実環境での運用実績は高く評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新しいニューラルネットアーキテクチャの導入や、背景知識の導入、質問の形をとらない雑談的質疑応答の精度向上、ニューラルベースのトピックワードモデル、因果関係の連鎖による推論などを可能にして社会的・現実的な課題・場面・状況で使える社会的価値の高い技術を開発し、実装している。 ・D-SUMM への深層学習の導入により性能の向上を図っている。 ・防災チャットボット SOCDA が実際に複数の自治体で活用され、実際の台風接近時に
--

活用され、成果を挙げている。

- ・言語ビッグデータを大量に蓄積し処理する能力とそれを実用性高く活用するための総合的システムを構築している点が高く評価される。様々なAI活用における基盤的技術として重要性を持ち、ビジネス応用の道を開いていると言える。
- ・新たに開発されたマルチモーダル音声対話システム MICSUS の介護分野に対する展開は、新たな社会的価値を生み出すための取組として評価できる。
- ・DISANNA、D-SUMM の運用実績に加え、ライセンス制を設けて広く普及させようとする活動は高く評価できる。

（改善すべき点）

- ・本プロジェクトのすぐ先には情報の信頼性やトラストに関する問題が出てくると思われる。それに対する何らかの見解を用意しておくことが肝要であろう。学術的には、この種の問題を一般的に扱うスキームを提案することであるが、社会的な要請に応えるためには、WEKDA で実際に行っているように個別問題に対するきめの細かい対処メカニズムの作り込みにより対応することになるのではないかと思う。そのため、WEKDA 及びそれを支える RaNNC からなるソフトウェアのアーキテクチャを、このような対処法を組み込みやすい設計コンセプトとしておくことも重要と考える。
- ・現在、UI を中心に D-SUMM を改良中ということであったが、エンドユーザの声を反映してさらにシステムを洗練させて欲しい。

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ために、発話に関するデータ収集や対話シナリオを作るための準備等を行い、WEKDA との連結を図った。研究成果を具体的な社会システムに適用するその他の活動にも積極的に対応している点を評価したい。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	災害情報分析システム DISAANA、災害情報要約システム D-SUMM は、実災害への活用も含めた展開が積極的に進められている。また防災チャットボット SOCDA における政府・自治体との連携も重要な試みとして評価できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	D-SUMM、DISANNA の実環境での運用実績は高く評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・新しいニューラルネットアーキテクチャの導入や、背景知識の導入、質問の形をとらない雑談的質疑応答の精度向上、ニューラルベースのトピックワードモデル、因果関係の連鎖による推論などを可能にして社会的・現実的な課題・場面・状況で使える社会的価値の高い技術を開発し、実装している。
- ・D-SUMM への深層学習の導入により性能の向上を図っている。
- ・防災チャットボット SOCDA が実際に複数の自治体で活用され、実際の台風接近

時に活用され、成果を挙げている。

・質問応答をベースに対話という新しい課題にチャレンジするきっかけとなっている。従来の質問応答応用システムのサービス性を高める際に必要となる技術分野であり、このような方向に展開していくのは自然である。社会実装とも歩調を合わせて、先駆的に成果を創出することが期待される。

・研究開発において最先端の成果を生み出していることに加え、実社会での社会実装も積極的に進めており、多大な労力が払われていると想像される。

・D-SUMM、DIANNA については十分な運用実績が認められる。

(改善すべき点)

・対話システムについても実環境での評価を進めて欲しい。

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	異分野データ連携プラットフォームの横展開を目指し、相関マイニングを中心にルール発見のツールの開発や高性能化を行い、多様な実問題に適用した。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	空間的な相関マイニング技術に関する新たな手法が提案できたことや、3D-CNN におけるニューラルネットを活用した複合イベント発見など、十分な成果が得られている。これらが実空間データに対して適用された成果であることも大きい。トップ会議などの採択も果たしている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	トップカンファレンスに研究成果を発表して、プレゼンスを高めている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <p>・有用性の高い相関ルールを効率的に発見するアルゴリズムを開発し、異常気象時の交通リスク予測等のリアルタイム化につながる性能改善を行っている。また、様々なセンシングデータの組合せから複合イベントを網羅的に発見する深層学習手法を開発し、実装している。これらの成果をデータマイニングのトップカンファレンス等で発表し、国際会議での最優秀論文賞を受賞するなど、優れた科学的成果を上げている。</p>

- ・実空間情報の解析には、それぞれの分野で培われてきた手法を踏まえた上で、本プロジェクトの目指すようなデータ解析の共通的な手法を適用できるかを、実問題に当たって確認していくプロセスが必要である。今年度は、それまでの社会展開に向けた準備活動の上に、相関マイニングの効率化を図ること、予測精度を高めること、などの具体的な成果を上げている。それらは個別領域の国際会議等で発表し、論文賞を受けるなどコミュニティの中での認知も高まっている。このような成果をプラットフォームに実装することも進んでいる点が評価できる。
- ・個別の技術の開発自体にも意義があるが、それが本研究で収集された実空間におけるデータに対してなされていることは大いに評価できる。
- ・研究成果がシステム構築に貢献している点が評価できる。

（改善すべき点）

- ・多方面に横展開するために必須となる技術的な観点、及びプラットフォームの持つべき機能的特性などをぜひ整理して取りまとめていただきたい。今後新たな目標が与えられたとき、多面的に要求要件を分析し、それを実装するためのロードマップ作成などの指針となるのではないか。
- ・プレゼンの観点から見ると、可視化に関する工夫があるとよい。この分野はうまく可視化すると一目瞭然で理解できる場合も多く、その効果は大きい。
- ・研究内容がコンピュータサイエンスの分野に収まらない活動になってきていることから、「トップレベルの国際会議・ジャーナルに何件採録」というような評価尺度だけでなく、データサイエンスに関わる諸分野でどのように科学的意義を評価しているかを調査し、別の観点からの自己評価・アピールもあってよいと思われる。
- ・今後も継続的に对外発表を行い、プレゼンスを示して欲しい。

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	実空間情報活用のためのプラットフォームのオープン開発を行い、課題設定とコンペの実施も併せて、参加型のフォーラムを作っていく基礎固めができた。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	実空間のリアルデータを分析する本研究は、環境分野や災害対策などの分野に密接に関与しており、社会的価値は高い。データ分析チャレンジやデータソンなどに加え、海外においてスマートサービス実証などの取組を行っており、十分な成果であると評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	研究成果の社会的価値を高めるために必要な研究開発項目を同定した上で研究計画を立てている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実空間という社会的価値を意識した課題設定のもとで、モデルケース実証の社会展開に向けた異分野データ連携基盤技術など、これまでに引き続き市民や大学などを巻き込んだ、意欲的な社会展開を行い、科学的にも有意な成果を上げ、高い評価を得ている。 ・xData プラットフォームを共同利用可能にし、これを利用したオープンな開発やモデルケースの社会展開を行なっている。 ・本プロジェクトが様々な社会課題に対応して広く使われるようになるには、各分

野の技術者や学生などに対し手法等についての理解を獲得するように育てていく必要がある。今年度は、チャレンジ課題コンペやデータソンを実施して、コミュニティ形成やステークホルダーの連携につながる活動を開始し、具体的な成果を得ている点が評価できる。

・データ分析チャレンジやデータソンなどの取組により、ユーザを拡げる活動を継続的に続けている点は評価できる。また、海外への展開は、労力も大きいと思われるが、今後の展開も期待できるためさらに発展することが望まれる。

（改善すべき点）

・横展開する上で一般性を持ったプラットフォームのアーキテクチャを作ることができないか。環境問題やスマートシティなど異なる課題に対してデータ共有基盤として多角的に利用できる一般性を持ったものを開発したが、今後種々の社会システム構築に適用できる可能性を持ったシステム構想を検討していただきたい。

・長期的な戦略について述べるような部分があってもよいと思われる。

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	スマートシティを始め異なる対象分野での社会実装を実施しており、国際展開も視野に入れた活動をしている点が評価される。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	「社会的価値」における評価と重複するが、データ分析チャレンジやデータソンへの取組、スマートサービス実証における海外展開などは社会実装の過程であると評価できる。NICT 総合テストベッドという基盤があることは大きな裏付けとなる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	プラットフォームを一般に公開している点、様々な応用分野でケーススタディを積み重ねている点は評価できる。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・xData プラットフォームを活用した、SAR データ分析チャレンジや MedeaEval2019 タスクなどオープンな事業を企画し実施している。また、光化学オキシダント注意報予測支援やスマートシティデータ連携サービス実証など、モデルケース実証の社会展開を行なって、具体的な成果に繋げている。

・複数のプロジェクトでデータ解析手法等の基盤的技術を適用し性能向上等を図って実用化に寄与している点が評価できる。特に国際的な展開を行っていることは、本プロジェクトの成果の普及とロバストなプラットフォームへの深化に通じると判断される。

- ・社会展開の事例として、光化学オキシダント注意報予測支援が挙げられていたが、環境対策に学習・予測技術を適用し実社会で活用するという点で興味深い。
- ・新たな取組としてデータ科学教育への展開が挙げられているが、現在、大学ではデータサイエンス教育が本格的に始まってきており、教育に関する大学との連携は今後大きく広がる期待がある。
- ・より多くの人に使うためにプラットフォームを公開し、様々なイベントを通してフィードバックを得ている点は評価できる。また、海外に積極的に展開し、実装実験を実施している点は高く評価できる。

(改善すべき点)

- ・本プロジェクトを取りまとめるに当たっては、本年度実施したすべてのモデルケース実証でフルの成果を出すのではなく、アピールするポイントを絞り込むように考えてはどうか。このようなメリハリ付けも含めて、次年度の全体成果の取りまとめ戦略を策定して欲しい。
- ・本研究のような取組は、発展するほど多数の機関やプロジェクト・タスクと関わることになり発散することが懸念される。限られた人的リソースのもとで研究をうまく進めるには、他組織からも参画しプラットフォームを共同利用できるような仕組みをさらに広げる戦略が必要であろう。
- ・ケーススタディを通して得られた知見を整理し、他の問題に適用できるような形で蓄積して欲しい。

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	S
評点付けの理由	脳の情報処理メカニズムに関して、Nature Comm.、Neuron 等の分野トップの論文誌での発表を行っている。また、超高解像度の脳活動計測法や、脳計測データの公開など、世界トップレベルの特に顕著な成果を創出している。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	エンコーディング・デコーディングの研究、計測技術の開発、及び、脳機能に関する基礎研究において目覚ましい成果があった。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・個々人の感覚能力を推定・向上させる技術として、脳波を指標にした外国語リスニングの能力向上に関して、トレーニング時間の短縮に成功するなど、社会実装にも繋がる際立った成果を上げている。 ・個々人の運動能力に関して、緊張等のストレス状態が脳に与える影響の解明を行い、背側帯状回皮質の活動との相関を明らかにし、緊張による運動パフォーマンスの低下の抑制に成功し、新聞報道にも繋げている。 ・恐怖刺激の処理における視床沈と視覚皮質との関係を7T MRI を用いて検討し、重要な発見に繋げている。 ・ストレスが脳に与える影響の解明、高解像度の脳計測技術の開発、脳計測データの公開、は、いずれも科学的に特に顕著な成果と評価できる。また、継続して実施中の能動・多課題実行中の脳活動計測とマッピングは、今後、特に顕著な成果につながる事が期待できる。 ・深層学習と脳機能の対応関係を詳細に解析する研究が流行になっているが、深
--

層学習と脳活動モデルを組み合わせる研究はそれらの研究とは少し視点が違って面白。しかし、競争が激しい分野であるので、論文として成果報告することが必要である。前帯状回の活動の影響の因果関係を、MRIとTMSの両方を使うことで示した研究は、ヒトを対象とした様々な計測システムを持つという脳情報通信融合研究センターの利点を生かした良い研究になっている。脳機能計測についても要素技術について着実な成果が上がっている。

（改善すべき点）

・成果報告に挙げられている成果が必ずしも論文の形になっていない点が若干気にかかる。例えば、MRIにおいて、灰白質と白質を分離するアルゴリズムの開発、脳血管の分離などの成果は興味深い。が、どういう技術的なイノベーションがあってそれが可能になったのか、読み取れない。ニューロフィードバックトレーニングによるリスニング能力の向上はユニークであり、社会実装も実現されていて、目覚ましい成果であると思うが、心理学会で受賞とあるが、まだ論文にはなっていないのであろうか。社会実装されてしまう（あるいは特許取得があると）と論文にしづらくなるという面はないのだろうか。計測技術に関する開発について、世界の動向と比較して、どこまで研究センターの成果に優位性があるか、虚心坦懐に整理する必要がある。

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	基礎科学的な研究テーマにおいても、社会的な意義や社会実装を考慮した課題設定と、外部との連携も含めた研究開発が行われて、顕著な成果が得られている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	企業との資金受け入れ型共同研究の取組、国際的な連携研究の枠組みの構築などの取組を評価した。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・今年度の主な 3 つの研究開発計画の項目はいずれも社会的価値の高いものであり、脳情報通信連携拠点機能を実現するための産官学ネットワークや大学等との連携強化は、計画されている先端的な技術の研究人口を増強する上でも社会的価値が高い。今年度得られた成果の中で、特に以下の 2 つの研究は際立った社会的価値を有する。

- ✓ 緊張時のストレス状態が脳に与える影響の解明し、新聞報道され、大学との連携を開始し、アスリートの参加を得て実証実験を始めている。
- ✓ 国内企業と連携し、コンシューマ向けの脳波計のプロトタイプの開発に成功している。

・視覚障がいと脳の構造や働き方との関係の解明、運動機能の劣化に関するバイオマーカーの発見とトレーニング法の開発、言語障がい者のリハビリテーション法の開発、関節手術シミュレータの開発、など、ヒトの多様性の理解と、障がい者や高齢者の社会参加の実現に貢献する顕著な成果が得られている。外部組織との連携にも積極的に取り組まれていて、研究の社会的インパクトを高めることにつながっている。

・企業との資金受け入れ型共同研究はとても良い取組である。受け入れた資金の一部が、脳情報通信融合研究センターの研究者が自由に研究できる環境の一助

となって、それらの研究が次のイノベーションにつながるという良い循環になれば素晴らしいと思う。また、欧米との連携研究においてファンディングの枠を大きくしたことは、脳情報通信融合研究センターの国際的なプレゼンスを高くなって、国内外を問わず優秀な研究者を呼び込むことに寄与することになる。これは、ミッションの一つである脳情報通信連携拠点としての機能強化につながる。

（改善すべき点）

・他の組織との連携で社会課題の解決に貢献することを目指す研究が、さらに進展することを期待する。

3. 「社会実装」について

(1) 評点評価

評価者 A

評点	S
評点付けの理由	今年度は、企業との共同研究を通じた研究開発成果の社会実装がさらに進み、実用化段階に達しているものが複数見られた。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	DefMuscle に関連した国内企業との共同研究、1000ch 高密度柔軟電極の開発、ニューロフィードバックトレーニングによる学習アプリの開発など、複数の社会実装が進められていることを高く評価する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究テーマの殆ど全てが社会的価値を持っていて、科学としての展開に基づき、堅実な社会実装も行われている。 ・特に、国内企業と開発した実生活で利用可能な軽量小型のウェアラブル脳波計は、価値の高い社会実装である。また、NTT データ等にライセンス供与した脳情報解読技術は、開発した技術が商用サービスに繋がった社会実装であり、これに関して、市村賞や人工知能学会賞を受賞している。さらに、企業との資金受入型共同研究も盛んで、今年度も既に多額の資金を受け入れている。 ・ニューロマーケティング、語学学習支援など、複数の社会実装事例が創出され、実用化段階にまで進んだ点は、特に顕著な成果として評価できる。また、コンシューマ向け脳波計の商品化を目指した共同研究も今後の進展が期待できる。 ・DefMuscle に関連した国内企業との共同研究やニューロフィードバックトレーニングによる学習アプリの開発は、社会に対して脳情報通信融合研究センターのプレゼンスを示す好材料となるだろう。ニューロフィードバックトレーニングによる学習アプリは研究センターにおける基礎研究が社会実装に至った良い実例になっている。ウェアラブル脳波計も今年度の成果の一つであるが、この分野の技術開発の

競争は激しい。工学技術とは違う点で、イノベティブなアイデアがあることが競争に打ち勝つためには必要である。

（改善すべき点）

・ニューロフィードバックトレーニングについてはその基本的な考え方が、2016年の Current Biology に示されているが、技術の信頼性を上げるためにはリスニング能力の向上に寄与するかどうかについても論文にしておくことが必要であろう。

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	国際論文もしっかり投稿している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	ぶれない将来を見据えた研究目的に基づき、継続的な研究開発を行った成果から、科学的意義の高い独創的な成果が得られている。またその延長線上で今後発展させた研究成果が十分に得られることが期待できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	サイバー攻撃対処能力の向上を図るための研究開発活動は、我が国にとって大変重要であるので、その科学的意義は大きい。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AI 技術と融合する新しい試みを導入するとともに、論文実績として ACM-SAC に採録 2 件、IEEE TrustCom で受賞している。 ・サイバー攻撃観測網の継続的な拡充、能動的なサイバー攻撃観測技術の高度化等の NICT のみで可能な研究は特に科学的意義が高い。そこから得た観測結果について機械学習を使ったマルチモーダル分析等は他で得ることができない研究成果が期待できる。また NICT 独自のデザインを持つ高度な可視化技術を用いた可視化ドリブンなセキュリティオペレーション技術は独創的であり、今後の発展

が楽しみであり、高く評価できる。国際会議等での論文採択件数も多い。

- ・Cure の研究開発をし、試験運用を開始した。
- ・外部研究機関と連携を積極的に進め、先進的成果を論文として権威ある国際会議で多数発表するなど、学術的に高い成果を継続的に創出している点は賞賛に値すると思います。これらの功績が高く評価された結果、数多くの賞を受賞されるなど、成果の質についても国内におけるサイバーセキュリティ分野トップの国研にふさわしいものであると判断いたします。

（改善すべき点）

- ・CURE におけるインメモリデータベース実装や可視化エンジンの実装により可能になったマルチモーダル分析の具体的な成果を示し、今後、実際の場でも活用できるようにして欲しい。
- ・Cure の試験運用を行うことで、今までに開発した技術で得たデータの統合運用の実現を目指してほしい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	IETF における標準化活動を評価する。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	機械学習とサイバーセキュリティの融合研究により、複数の有用な社会的価値を創出している。CURE のメインメモリ DB 実装と可視化エンジンの実装では、将来のマルチモーダル分析に必要な機能の用意を行っている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の国家規模での行事に、貢献している。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本年度も例年と同様に高い社会的価値を提供している。 ・機械学習とサイバーセキュリティの融合研究により、セキュリティ機器からアラートの削減、Android マルウェアの新しい検出手法の確立、IoT マルウェアの高速クラスタリング、マルウェア感染活動の同期性の研究等の有用な社会的価値を創出している。CURE のメインメモリ DB 実装と可視化エンジンの実装では、将来のマルチモーダル分析に必要な機能の用意を行っている。 ・本研究開発の技術が、G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の国家規模での行事に活かされていることは、社会的価値として評価できる。
--

・機械学習とサイバーセキュリティの融合研究の加速により、早くも多くの成果が出ていることを高く評価いたします。これらの成果には、NICTのこれまでの研究開発で蓄積されたサイバーセキュリティに関する多くの情報とそれに対する知見が大きく貢献していると理解します。今後のこの分野のさらなる発展にNICTが引き続き寄与されることを期待します。

（改善すべき点）

・機械学習とサイバーセキュリティの融合研究では、大学等外部の研究機関との連携をさらに充実させ推進を図るようになされたい。

・本研究開発の技術の広報活動をもっと積極的に行うべきである。

・AI x Cybersecurity の記述は一件一葉で大変見やすいのですが、論文の成果のサマリーの記載だけでなく、その成果の意義を少しでも文字で表現していただけると読者の理解が進むと思いました。例えばですが、「Accuracy 99.79」がどの程度画期的なのか、あるいはどの程度のユーザメリットに結びつくものなのか等のコメントがあると説得力が増します。

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	WARPDRIVE の参加者数の拡大を評価する。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	Web 媒介型サイバー攻撃対策プロジェクトのユーザ数を拡大して実証実験の推進を行っている。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の国家規模での行事に、貢献していることは素晴らしいが、もっと貢献しても良いように思う。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・参加者数が増えるということは、個々の参加者の事情を鑑みての実装や指導をする必要があり、手間暇をかけて社会実装への歩みを進めていると言える。
- ・Web 媒介型サイバー攻撃対策プロジェクトである WarpDrive の実証実験において、ユーザ数をさらに延ばし 8800 ユーザを達成し、攻撃対策のための有意義な情報収集を推進している、先進的でエモーショナルな UI により、ユーザにも有益なツールを実現している。
- ・G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の国家規模での行事で実装されている。
- ・東京五輪に向け、関係諸機関との連携を深められるとともに、当初の計画から

追加・前倒しを行って加速されていることは特筆に値すると思います。また CURE の構築による情報共有基盤は、サイバーセキュリティ対策技術の観点とともに人材育成の観点からもきわめて有用であると考えられ、この開発を着実に進めておられる点を高く評価いたします。

（改善すべき点）

- ・WarpDrive は多くのユーザに利用されるべきツールであるため、対応するブラウザを増やす等より利用されやすい改善を図るべきである。
- ・総務省からの要請で、実装することになったのは素晴らしいことではなるが、欲を言えば、自らの発案で実装に至るようになれば、もっと素晴らしいと考える。
- ・WarpDrive 実証実験においてインストール数が約 8,800 名とあり、この成果が特に強調されているように見えますが、8,800 という数字の意義を示す必要があると思います。例えば、これだけの利用者がいるとこれまで得られなかったこういう知見が得られることが期待できる。

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	B
評点付けの理由	科学的意義は、「1.サイバーセキュリティ技術」で評価され、ここではそこで創出された技術を人材育成に活用することが主眼であるとの認識である。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	STARDUST と NIRVANA 改の連携機能により、模擬環境に誘引された攻撃の分析結果をリアルタイムに NIRVANA 改の分析ロジックに横断的に展開することが可能になる。この結果は独創的かつ今後の発展が望める。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	サイバーセキュリティ技術の出口戦略として、応用研究開発の科学的意義をより明確にしてほしい。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・人材育成に有効な環境の構築を評価する。
- ・NICT はセキュリティ・テストベッド技術として STARDUST と NIRVANA 改の連携機能についてプロトタイプを開発している。この連携機能により模擬環境に標的型攻撃の攻撃者を誘き寄せ詳細を分析し、その分析結果をリアルタイムに NIRVANA の分析・検知ロジックに横断的に反映することができる。また一環として

STARDUST の観測結果からホワイトリストを生成するシステム Byakko を開発している。これらの大規模な研究開発の取組は独創性が高く、ふたつのシステムが上手く連携機能できれば革新的な機能を持つと思われる。

- ・サイバーセキュリティ技術である基礎研究に呼応して、模擬環境・模擬情報活用技術である応用研究をすることは、研究の一貫性との点からも評価できる。
- ・情報公開に制約が多い分野ながら、学会活動を継続的に行っておられることを評価いたします。

（改善すべき点）

- ・この連携機能が実現された際に得られる良い成果について、より具体的に示してもらいたい。
- ・本応用研究の科学的意義を、海外の状況等の比較も含めて、説明してほしい。

2. 「社会的価値」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	A
評点付けの理由	外部利用がさらに増え、また、引き続き多くのサイバー演習を支援している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	攻撃元アトリビューション中規模実証実験における社会的価値の創出に対する貢献が大きい。攻撃者の追跡実験により攻撃者の活動をいままでより明らかにしている。STARDUST の外部利活用の拡大とともにサイバー攻撃の対策に役立つ等の社会的価値の創出に繋がることが期待できる。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を図るための模擬環境・模擬情報構築活用を実施することは重要である。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部利用がさらに増え、また、引き続き多くのサイバー演習を支援している。 ・令和元年度の研究活動等の取組・成果による社会的価値の創出については、STARDUST を用いた攻撃元アトリビューション中規模実証実験を延べ 100 検体以上で実施した成果が大きい。いままで不明だった攻撃者の所在地を含む活動を明らかにできた。サイバー攻撃の対策に資することができる等の社会的価値の創出に繋がることが期待できる。また STARDUST の外部利活用を拡大し、サイバー攻撃分科会において外部の研究者と 26 検体の情報を解析共有している。 ・模擬環境・模擬情報構築活用の整備を経て、初めて我が国のサイバー攻撃対
--

処能力の向上が図られると考える。

・STARTDUST の外部利用が着実に拡大し、関係機関で情報共有が進んでいる点を評価いたします。また STARTDUST による攻撃元アトリビューション中規模実装実験が実施されたことは特筆に値すると思います。この実験で得られる知見が我が国にとって極めて重要なことは言を俟ちません。この実験は今後とも継続・深化させていただきたいと思います。

（改善すべき点）

・普及促進策を、是非ご検討いただきたい。

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	社会的意義がある成果を社会実装まで確実に導いている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	STARDUST の外部利用を拡大することで、研究活動の成果を社会に還元している。また、研究成果の社会還元として、また情報システムの堅牢化技術競技の支援等 NICT 内外でのサイバー演習を支援することで、研究活動の成果を社会に還元している。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	我が国のサイバー攻撃対処能力の向上を図るための模擬環境・模擬情報構築活用に関して、我が国で実装することは十分評価に値する。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部利用がさらに増え、また、引き続き多くのサイバー演習を支援している。 ・STARDUSTを一般公開する等、STARDUSTの外部利用を拡大し、サイバー攻撃分科会において外部の研究者と26検体の情報を解析共有している。また情報システムの堅牢化技術競技(Hardening)の支援等NICT内外でのサイバー演習を支援することで、研究活動の成果を社会に還元している。 ・模擬環境・模擬情報構築活用を、実際に体験する環境を社会実装することは、評価に値する ・STARDUSTの成果が着実にあらわれ、また外部利用機関が広がりを見せている 	
--	--

ことを高く評価いたします。また STARDUST と NIRVANA の連携についても今後の成果が期待されます。これら研究開発成果の展開として、機構内外の機関にてサイバー演習の支援・環境提供を引き続き精力的に行っておられることも、人材育成への貢献として評価いたします。

（改善すべき点）

・模擬環境・模擬情報構築活用の整備について、もっと普及促進策を検討すべきである。

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 などの難関学会への論文採録や、小型ロケット用通信など、理論に裏付けられた成果が出ている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	小型宇宙機のためのセキュアな通信技術を共同で開発し、実際の装置を観測ロケットに搭載して宇宙空間の飛行環境下における動作確認に成功している。先端的な暗号技術を実際のシステムに適用する良い実例となり得る科学的意義の高い研究成果である。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	宇宙に関して、小型衛星・小型ロケット用セキュア通信技術は独創性、革新性があり、科学的意義がある。 量子コンピュータを見据えた TF の設置と耐量子計算機暗号に関する世界記録を達成した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ASIACRYPT などの難関学会への論文採録や、小型ロケット用通信など、理論に裏付けられた成果が出ている。 ・小型宇宙機のためのセキュアな通信技術を共同で開発し、実際の装置を観測ロケットに搭載して宇宙空間の飛行環境下における動作確認に成功している。先端的な暗号技術を実際のシステムに適用する良い実例となり得る科学的意義の高
--

い研究成果である。また機能性暗号についての複数の研究が著名な論文誌に採択されている。

・暗号技術において、小型衛星・小型ロケット用セキュア通信技術、耐量子計算機暗号、秘匿協調学習等の実績は評価できる。

（改善すべき点）

・小型宇宙機のためのセキュアな通信技術（他とどこが異なるのか、小型宇宙機のために特化したポイント等）のより詳細な報告があると良いと考える。

・現在研究している暗号技術で十分なのかを、他国の研究機関と比較して示す必要がある。

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	高機能暗号の進化、市民に不安を与えない客観的な暗号評価や、情報の適切な利活用方法など、社会価値を生む研究を推進している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	総務省等と共同で量子コンピュータを見据えた TF を設置し、耐量子計算機暗号のひとつである多変数公開鍵暗号の安全性評価を提案する等、政策課題を解決するための研究活動を行っている。

評価者 C

評点	S
評点付けの理由	プライバシー保護技術は、現代社会においての重要な課題であるので、それを逸早く取り入れた点は評価できる。 国策で進める量子コンピュータに関係した耐量子計算機暗号の研究開発をしていることは評価できる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CRYPTREC や標準化活動、小型宇宙機通信、実データを用いた秘匿協調学習への取組などを評価する。 ・総務省、経済産業省、IPA、NICT と共同で「量子コンピュータ時代に向けた暗号の在り方検討 TF」を設置している。さらに耐量子計算機暗号の候補である多変数公開鍵暗号の安全性評価のために解読アルゴリズムを提案し、多変数公開鍵暗号の解読コンテストにおいて世界記録を達成する等、国の施策に必要な政策課題を解決するための研究活動を行っている。以上の研究活動は量子コンピュータ時代における安心・安心な社会を創設する等社会的価値の創出に繋がるものであ

<p>る。</p> <ul style="list-style-type: none">・社会課題・政策課題の解決と社会的価値の創出の点で、逸早く研究内容を選定したのは素晴らしい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">・ハッカソン開催の意義についても報告があると良かった。・政府関係者や大学関係者等との課題選定のスキームを、もっと明確にしてほしい。

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	CRYPTREC や標準化活動など、社会実装に向けた取組が認められる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	プライバシーの保護を保ったまま、不正取引の検出を目的とした秘匿協調学習システムを用い、メガ銀行を含む 3 銀行からの取引データによる実証実験を本格的に開始した等の取組は、研究開発の成果を社会実装に繋げているものとして評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	暗号技術には基礎研究と応用研究があるが、特に応用研究の位置づけでは、早い段階からの社会実装を意識した研究開発をすることが重要である。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CRYPTREC や標準化活動、小型ロケット向け通信、転職求人サービスへの適用などを評価する。 ・プライバシーの保護を保ったまま、不正取引の検出を目的とした秘匿協調学習システムを用い、メガ銀行を含む 3 銀行からの取引データによる実証実験を本格的に開始している。また小型宇宙機のためのセキュアな通信技術を共同で開発し、実際の装置を観測ロケットに搭載して宇宙空間の飛行環境下における動作確認に成功している。これらの取組は研究開発の成果を社会実装に繋げているものとして評価することができる。 ・暗号技術が社会的価値のあることは明確であるので、出口戦略である社会実装

をすることで、より研究の価値が上がるので良い。

（改善すべき点）

- ・転職求人サービスへ適用した結果の有用度や学びについての報告があると良かった。
- ・「3.プライバシー保護技術」の実績に記載する研究目的は取引データの詳細を秘匿したまま、不正取引を検出できるようにするであると思われるが、明確には書かれていない。研究の目的を明確にするようにされたい。
- ・社会実装の時期と環境を、より具体的に綿密に計画する必要があると考える。

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	令和元年度に想定した目標が、年度内に顕著なレベルで達成されており、目的に沿った成果があげられている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	継続的に優れた成果をあげ続けている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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を実現し、情報理論的に安全な第三者認証システムそして秘密分散を活用した安全なデータ中継機能を実装したことが評価できる。 ・量子光ネットワーク技術では QKD 秘密分散技術の多機能化や同胞型秘密鍵共有システム実装、量子ノード技術では世界最高速単一光子検出など大きな進展も見られる。 ・前年度までに開発した技術の広範囲化、高速化を実現しており、技術的完成度に着実な進展が見られた。光量子制御に関しても、従来概念を超えた成果が得られている。 ・同報通信機能を実装した光空間通信物理レイヤ鍵共有システム実証に世界で初めて成功した。 ・世界最高速単一光子検出を実現した。 ・マイクロ波光子と超伝導量子ビット間の量子インターフェース技術を超強結合領域へ拡張するスキームを開発した。 ・非アルミ型 NbN 超伝導量子ビット+強結合ビットは Google 量子ビットに取って代

2. 分野別評価（年度評価）
【フロンティア研究分野】

<p>わるものとして評価する。</p> <ul style="list-style-type: none">・量子インターフェース技術の超強結合領域への拡張の成功は科学的意義が高い成果である。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">・特になし

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	なによりも ITU-T における国際標準化活動を日本として先導したことがあげられる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	標準化活動や産学官連携の仕組みづくりに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"> ・一般社団法人量子 ICT フォーラムの設立など、ワンチームとしての我が国での量子情報通信技術推進に多大に貢献した。それにより、NHK ニュースでの報道等の広報成果を実現し、また日本の産業界の技術が世界トップレベルであって、それが NICT のリードによってもたらされたものであることも認識されたことも素晴らしい。 ・科学的価値と同時に社会的価値も高い研究が引き続き行われている。量子 ICT フォーラム設立に尽力などの積極的な取組も行っている。 ・QKD プラットフォームの広域分散化に成功した点は有意義であり、一部研究者の特殊技術ではなく、社会的汎用性を持つ技術であることが示された。 ・ITU-T において、初の国際勧告 Y.3800 の成立に主導的に寄与した。 ・量子 ICT フォーラムの設立に尽力し、主要メンバーを務めている。 ・複数イオン量子状態同時計測によるサーボシステムを構築し、従来比 100 倍の高速フィードバック動作を実現した。 ・原子時計のさらなる高精度化は量子暗号を実用化する上でも必要不可欠な技術であり、その可搬性が向上したことはネットワーク全体の精度向上で意味があ
--

る。

・ソクラテスの超小型衛星群利用の量子通信ネットワーク構築は、日本の技術優位性を利用した次世代のセキュリティ通信システムの構築として意味を成すものとして評価する。

・量子ノード技術については、PPLN 光導波路を組み込んだハイブリッド型量子光源の開発やマイクロ波光子と超伝導量子間の量子インターフェース技術の拡張など着実かつスピード感を持って進めていることは、社会的価値の創出に繋がる。

(改善すべき点)

・光量子技術も、将来的には実社会上の様々な応用に対して重要な根幹技術であるが、利用者からは直接目に触れることの少ない技術である。本研究開発の成果が、実社会ではどのように利用され、何が実現あるいは改善されるのかがわかるような情報発信あるいは啓蒙活動も必要であろう。

・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。Google の量子コンピュータは大騒ぎした。

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	東京 QKD ネットワーク上での高秘匿分散ストレージの実現、QKD 鍵管理技術を用いた広域分散ストレージの高効率化は社会実装としての意義も高い。今後、さらなる社会実装への取組が期待できる。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	量子鍵配送プラットフォームにおける社会実装に向けた優れた取組が進んでいる。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・引き続き光空間通信や広域ネットワークなどにおける種々の実証実験など、社会実装への積極的な取組が行われている。 ・QKD 技術の標準化に向けて先手を打っている。ICT 技術は、技術的にいくら優れていても広範に利用されなければ社会的意義が無いので、標準化作業は社会実装の基盤づくりとして高く評価できる。 ・QKD 空間伝送テストベッドを構築し、単一光子レベルでの実証実験を行った点。企業と組んで衛星通信への適用を試みている。 ・東京オリンピック 2020 に向けて、テコンドー、トランポリンにおけるスポーツカルテ・生体データの管理や伝送に、実際に応用されつつある。 ・NICT と NEC が顔認証技術に量子暗号化技術を採用することを公表した。総監視化社会の中国のみならず、防犯カメラなどが増えて来ている中で、安心と共に不安もあることも事実だろう。より身近なプライバシーである顔認証が高度セキュリティで守られる安心感はより高いのではないか。 ・秘匿空間光通信技術の実現に向けて、総務省の委託研究で企業との連携により実用的技術の開発・実証・ビジネスモデルの検討に着手していることは、社会実

装へ向け大きな期待が持てる内容である。

（改善すべき点）

- ・基礎研究レベルからすぐに社会実装に展開できるわけではないが、いくつかの基礎研究の中から1つ2つと社会実装に関連した可能性を検討されると良い。量子計測標準はそのためのよいマイルストーンであると考えている。
- ・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	前年度から研究成果が大きく進展している。

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。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。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸化ガリウムデバイスにおいて、縦型ノーマリーオフ MOSFET の動作実証、ノーマリーオン MOSFET の耐圧やオンオフ比の大幅な向上など大きな進展が認められる。 ・深紫外発光デバイスにおいて、コンタクト材料の低温成膜技術の開発など大きな進展が認められる。 ・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を評価したい。 ・深紫外デバイスは、世界最高値の出力特性の実現や更なる効率化に向けた 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を見据えた点も評価できる。IQE、CIE の定量化でハイライト論文に選ばれている。 ・深紫外光 ICT デバイス研究について、社会実装に向け民間企業と資金受入れ型契約を締結するといった一歩を踏み出している。中長期目標期間における実施計

画で、令和元年度は基礎検討が主となっており、次年度の開発・テスト検証に進める土台ができている。

・これまでの成果及び蓄積した技術を活かし、既存のデバイスを凌駕すべく高性能化を進めている。また、論文の被引用数も伸びており、研究としての完成度が高まりつつある。

・イオン注入プロセスにより、縦型エンハンスメントモード Ga₂O₃ ノーマリーオフ MOSFET の試作、動作実証に成功した。

・六方晶窒化ホウ素(h-BN)/AlGaN ヘテロ構造の低温製膜技術を開発し、深紫外領域での高透過性を世界で初めて実証した。

・酸化ガリウムについては、30V から 260V へのノーマリーオン MOSFET の耐圧の大幅な改善やターンオン閾値ゲート電圧+3V 以上、ドレイン電流オン/オフ比 6 桁以上の実現、また高周波デバイス特性の評価など科学的意義の高い成果を得ている。

・深紫外域で透明な p 型コンタクト材料を創出するための h-BN/AlN ヘテロ構造の低温成膜技術の開発は、その高透過性と併せて世界初の成果であり科学的意義は高い。

(改善すべき点)

・(難しいのは分かっているが)High IF の論文誌採用がなかった。

・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。良い技術だけでもっと社会への理解を進める意味は大きいと思います。

・本研究課題は、産業化に向けて真剣に取り組むべき課題である。今回の報告では紙面と時間の制限から、特筆すべき成果のみが報告されているが、真に実用化を実現するためには、現時点での問題点と解決すべき課題、その見通しなど、負の側面をも整理し、情報共有することが重要であろう。

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	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"> ・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。 ・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、殺菌用途だけではなくメタマテリアル材料、光アイソレータ、ワイヤーグリッドなどの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。 ・社会的価値は自己評価でも S とされているものがあり、それを着実に社会実装へと続けていくことが望まれる。 ・酸化物半導体ショットキーバリアダイオードで耐圧 1.5 kV が視野に入り、深紫外 LED で出力 500 mW を実現している現状でも、相当の分野で実用に供するデバイス性能が得られていると評価される。 ・昨年度開発のノーマリーオン MOSFET の耐圧を、30 V から 260 V へ改善し、ターンオンしきい値ゲート電圧+3V 以上、ドレイン電流オン/オフ比 6 桁以上を実現し
--

<p>た。</p> <ul style="list-style-type: none">・深紫外 LED の高出力化、高信頼化技術として大面積デバイス・パッケージ要素技術開発と素子試作を実施し、駆動電流 1A において素子寿命 1 万時間を達成した。・酸化ガリウム高周波デバイスに向けて、その試作、動作確認に成功したことは、その実用化が期待できる社会的価値のある成果である。・深紫外 LED の高出力化、高信頼化技術を開発し、その試作素子で駆動電流 1A で素子寿命 1 万時間を達成したことは社会的価値の高い成果である。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none">・酸化ガリウムの大きなメリットに対し、パワーエレ向けとして先行する GaN や SiC に対して劣る特性を考えて、実際にどう差異化して商品化するのか、その意義を明らかにする形式で説明が欲しい。・深紫外デバイスでは、深紫外エリアでのメタマテリアルや光アイソレータ、偏光素子の意味付けについて社会的価値を意識した説明が欲しい。・深紫外光の光制御が、どのような用途に用いられ、想定される要求性能がいかほどであるのかについての説明があるとありがたい。・ノーマリーオン MOSFET や深紫外 LED 開発はそれらの実用化へ向けた改善であって、社会課題の解決に間接的には寄与するものの、喫緊の課題を直接解決するものではない。公共的な価値創造に直接貢献する例(例えば深紫外 LED による途上国の衛生環境の向上等)があるとよい。

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	社会実装に向けた新たな共同研究など進展している。

評価者 B

評点	S
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。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高出力深紫外 LED の社会実装に向けた新たな共同研究が締結されるなど進展が認められる。 ・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します。 ・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します。 ・酸化物半導体、深紫外発光素子いずれのデバイスも、すぐにでも実用化が望まれるデバイスであり、多くの企業との共同研究が進んでいることから、社会実装に向けて十分な取組が行われているものと評価できる。 ・深紫外 LED に関し、新たに民間企業と資金受入型共同研究契約を結び、技術移転、製品化に引き続き努力している。 ・高出力深紫外 LED は民間企業と資金受け入れ型共同研究契約を締結しており、その社会実装が大いに期待できる段階に入ってきている。
--

（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。
- ・社会実装に向けた民間企業との共同研究が突破口となるとよい。
- ・デバイス性能については着実な成果が得られているので、これを応用した際のエネルギー削減効果あるいは有害物質削減効果と、従来デバイスと比較したコスト的優位性などを試算していただくと良いのではないかと。

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	A
評点付けの理由	前年度から研究成果が大きく進展している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	開発難度の高いフロンティア的課題に対し、これまでに培ってきた成果を活用し、実際にデバイスとして動作することを示し、従来法を超える特性が得られている。

評価者 C

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 D

評点	S
評点付けの理由	科学技術の観点から顕著に価値のある成果が得られている。

評価者 E

評点	A
評点付けの理由	テーマごとに強みを保持しており、かつそれを生かした科学的な意味で優れた成果を創出し続けている。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・短波長 EO ポリマーの開発、EO ポリマーによる超高速変調をはじめ、高機能 ICT デバイス、高周波・テラヘルツ基盤技術のいずれにおいても多くの研究成果が得られ、大きな進展が認められる。
- ・高機能 ICT デバイスでは、新規ポリマー材料及びプロセス技術を活かして、従来法では実現できない性能のデバイスを開発する一方、学術的にも受賞・招待講演など高い評価を受けている。
- ・高周波・テラヘルツ基盤技術では、世界トップレベルのデバイス性能を実証している。
- ・バイオ ICT 基盤技術では、共同研究やデバイス開発など、これまでの基盤研究が世の中から形として見える段階に成果を結実しつつある。
- ・DNA レール上を長距離滑走できる分子の開発、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、人工細胞核構造の構築に世界で初めて成功、超解像顕微鏡の高精度化技術を用いた核膜孔複合体に関する定説を覆す発見、液相分離が相同染色体の相互認識と対合の促進に重要であることの発見、昆虫脳記憶形成モデルの構築、生物を用いた化学物質混合物の識別において苦味を評価する手法の構築は、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。
- ・新規分子素子の開発と、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。
- ・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、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。
- ・短波長領域でも C バンドと同等以上の変調が可能な EO ポリマーの開発に成功した。
- ・シリコン CMOS 集積回路による 300GHz 帯無線受信機の投稿論文が、電子情報通信学会論文賞を受賞した。
- ・生体分子素子を DNA カーゴによってシステム化し、DNA レール上を長距離滑走できる分子トランスポーターを構築することに成功した。
- ・SSPD で通信波長帯では 88%の検出効率を達成しており、世界レベルであることが示されているが、さらにこれを可視波長帯で 70%を超える検出効率を実現し、国内大学と連携して可視波長 SSPDF のバイオ・医療分野への応用に取り組むな

ど、科学的意義が高い。

・窒化物超伝導デバイスをコア技術として、世界トップレベルの超伝導共振器を実現し、日本での他組織と連携協力して超伝導量子ビットのコヒーレンス時間の延伸等に展開している研究も興味深い。

・EO ポリマーの高速駆動化と信頼性向上への見通しを付けたこと、利用波長帯の幅が大きく広がったことは評価できる。

・SSPD 動作ではマルチプレクシング化による小型化は大きなメリットとなるだろう。

・DNA 上を長距離滑走できる分子トランスポーターは色々な情報、分子、細胞、たんぱくなどを輸送できるのでメリットは大きい。配列識別、モーター機能を実現したハイブリッドたんぱく質は興味深いと考える。高い IF の投稿も多い。

・シリコン CMOS 集積回路による 300GHz 帯無線受信機に関する論文が、電子情報通信学会の論文賞を受賞しており、その科学的意義は高い。

・窒化シリコン微小共振器で 1.3×10^6 の Q 値を得たことは狭線幅高安定周波数コム実現等に重要な技術であり、その科学的・工学的意義は高い。

・生体分子素子のシステム化と機能評価、及び LLPS による分子認識機構の発見は基礎科学の発展に繋がる成果である。

(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。

・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。

・自由空間 S パラメータ法による材料評価は、位相も含めて反射係数、透過係数を精度良く測定する必要があると思われるが、その測定精度(材料定数に変換した)に言及する必要があるのではないか。

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	A
評点付けの理由	先端的基盤研究の成果が実社会で必要とされるデバイスとして結実しつつあり、社会的貢献が期待される。

評価者 C

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おり、社会的貢献度が高く評価される。

評価者 D

評点	A
評点付けの理由	標準化活動などで社会的価値創造に貢献している。

評価者 E

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的価値創出に向けた優れた成果をあげた。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・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。
- ・高機能 ICT デバイスは、従来技術を大きく超える性能を持つデバイスが実際に動作しており、情報通信のみならず、映像技術、自動車の安全技術など、社会的に幅広い領域において展開できると考えられる。
- ・高周波・テラヘルツ基盤技術においても同様に、最先端の性能を持つデバイスの動作が確認できており、実生産を視野に入れたプロセス技術も開発している。
- ・バイオ ICT 基盤技術は、新聞での積極的な情報発信も行っており、民間企業との共同研究が進行している。
- ・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。
- ・人材育成として、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ており、高い評価を受けており、社会的な貢献が高い。
- ・Si/有機ポリマーハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発を進め、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せんとする。
- ・TC103 の国内委員会の委員長として日本提案を国際規格に最大限反映させることを主導し、275GHz 以上の LMS/FS アプリケーションへの周波数特定化に大きく貢献した。
- ・可視波長帯 SSPD を研究することで社会的価値を創出している。
- ・光フェーズドアレイの LIDAR 応用に関しては、今後の LIDAR モジュールの小型化と低価格化に期待がかかり、意義は大きいと思う。特性均一性向上につながる、まとめてポーリングできる技術も意義があると思う。概ね小型化、均一性、信頼性は工業製品の商品化には大きな意義が見いだせる。
- ・100Gbps 級が Si で実現して 8K 映像など今後の 5G やその先のデータ伝送技術に大いに利用できそうな技術である。
- ・未利用周波数帯に関する国際標準化活動(275GHz 以上の周波数帯における日本提案を国際規格に最大限反映)は社会的価値が高い。

(改善すべき点)

- ・バイオ ICT 基盤技術で味覚センサーの開発が進んでいる点は、将来の社会的貢献として期待が寄せられるが、味覚センサーはすでに他方式が市場に出回っているので、多少の改善程度ではインパクトが少ない。嗅覚センサーあるいは極微量

の有害物質・薬物検出などに展開できるのであれば、その社会的波及効果は計り知れないものがある。

- ・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。
- ・社会課題に対するより直接的な貢献があるとなお良い。

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	前年度に引き続き社会実装への取組が積極的に行われている。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	民間との共同研究、A-STEP による実用化研究など、社会実装を念頭に置いた積極的な研究開発態勢が評価できる。

評価者 C

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 D

評点	A
評点付けの理由	成果の技術移転の結果が販売されようとしている。さらなる社会実装例を期待する。

評価者 E

評点	S
評点付けの理由	実用化、事業化などの社会実装への足掛かりが確実に得られた。

(2) コメント評価:

(評価する点)

- ・前年度に引き続き企業連携を図るための専門商社との連携や JST プログラムにより企業との共同研究・開発 (EO ポリマー)、企業への技術移転や販売開始など (単一光子検出システム)、標準化への貢献 (高周波・テラヘルツ) など、社会実装への取組が積極的に行われている。
- ・フロンティア的領域の研究は、元来は民間が直ちに事業化に結び付けられるものではないにもかかわらず、社会実装に向けた努力が認められる。
- ・高機能 ICT デバイスでは、共同研究や A-STEP など、社会実装に向けた開発姿勢が明確であり、近い将来の事業化に対しても道筋が立てやすい。
- ・高周波・テラヘルツ基盤技術は、直接の社会実装に向けた明示的な活動は明確でないが、デバイス特性としては十分な性能を実現しており、実用化に尽力できる事業者の出現を待ちたい。レーザーリフトオフ技術は一見地味ではあるが、社会実装のための一つの鍵となる技術として評価できる。
- ・バイオ ICT 基盤技術では、民間との共同研究が始まっており、社会実装に向けた一つの礎になると期待される。顕微観察技術は、講習会などを通して学術コミュニティへの実務的貢献がなされているものと認められる。
- ・生物の情報処理システム利用に関して、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。
- ・SSPD 技術の民間企業への技術移転を本格化し、令和 2 年より販売せんとしている。
- ・超伝導量子ビットの社会実装はまだまだ先であろうが、創出された SSPD 技術に基づく製品が令和 2 年より販売開始予定というのは社会実装として高く評価できる。
- ・SSPD 技術の技術移転を本格化し、令和 2 年より販売開始予定としていることは社会実装に向けた大きな成果である。

(改善すべき点)

- ・社会実装に関し、中長期的な視点からの今後の取組を期待する。
- ・さらなる製品化や起業を期待する。

項目	6-（1）技術実証及び社会実装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	A
評点付けの理由	各テストベッドの運用管理を統合化し、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから容易にテストベッドを利用できる環境を提供するなど、ユーザの利便性を向上させ、「総合テストベッド」として前進したことを評価したい。特に、IoT ゲートウェイでデータ取り扱いポリシーを考慮したのは、テストベッドとして一歩前進した。ただし、SDGs や Local 5G 等の新規テーマへの対応はこれからと見た。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	多数の無線通信端末が存在する環境でもリアルタイムで接続できるようにした。ポリシーを明確化し、利用者ガイドを策定した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術的には、M2M クラウド基盤を JOSE に移行するなど各テストベッドの運用管理を統合化し、ユーザの利便性を向上させたこと、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから容易にテストベッドを利用できる環境を提供することによって、技術実証と社会実証を一体的推進が可能な「総合テストベッド」を構築したことを評価したい。IoT ゲートウェイでデータ取り扱いポリシーを考慮したのは、テストベッドとして一歩前進した。 ・IoT に対応すべく、多数の無線通信端末が存在する環境でもリアルタイムで接続できるようにした。また、利用が促進されるよう、ポリシーを明確化し、利用者ガイドを策定した。 ・総合テストベッドに係る利用規約等を改正し、総合テストベッド上の情報の取扱

い、責任関係等総合テストベッドの利用に関するポリシーを明確化し、総合テストベッドの利用者の適切な利用を促進するため、利用者ガイドを策定したことは評価できる。また、IoT キャラバンテストベッドを利用して、地震計測装置をIoT ゲートウェイにより地震データ交換・流通ネットワークに接続したことも、外部ニーズを踏まえつつ、テストベッドの利用促進を実施した点で評価できる。

・NICT が有するすべてのテストベット及び開発基盤を一つに統合し、技術実証と社会実証の一体的な推進が可能な時代の先端を行くテストベッドの管理運用法を確立し、ユーザの利便性を向上させるとともに、IoT テストベッドとしての利便性や機能性を図るため、IoT ゲートウェイを導入してユーザのデバイスから直接利用でき、ハイレベルな研究を行うための環境整備を提供した結果、利用者数、プロジェクト数、研究成果数の拡大を飛躍的に増加（前年度 102 件から今年度 158 件）させている。

・100Gbps 化という回線帯域問題だけでなく、大容量高精細モニタリングの開始など利用者からみても便利な対応が進められたことは、テストベッドのプラットフォームとしての意義を深めた。

（改善すべき点）

・JGN、StarBED、JOSE、RISE にIoT ゲートウェイ、キャラバンテストベッド、M2M クラウド基盤、LPWA テストベッド、大容量高精細モニタリングなどが追加され、テストベッドは進化している。ただし、計画立案中の 2015 年では、現在の社会が求める Local 5G や SDGs と言った昨今話題の技術や国家目標は議論がされていなかった。SDGs の目標のいくつかはテストベッド構築の指針にもなる。例えば、エネルギーでは電気通信設備の省エネルギー化なども重要であろう。コンテナとビル内収容のエネルギー効率上の優劣をデータに基づいて示すことができるのは、北陸とけいはんなにテストベッドを持つ、NICT の立ち位置ではないだろうか。Local 5G も LPWA テストベッドの構築により、YRP にテストベッドがあるので、それを活用することにより、組み込むことができるのではないか。

・外部利用者の実証ニーズの把握を継続して行い、必要に応じて、利用ポリシーを柔軟に改定できるよう、努めてほしい。また、異業種機関との技術実証と社会実証をさらに推進することを期待する。

・今後共このまま継続してテストベッドの利用者数、プロジェクト数、研究成果数の拡大に努めていただきたい。

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	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環境の試作は来期のテストベッドの設計を考えると大きな成果と考える。ただし、これ以外は令和 1 年の成果として主張するにはやや弱い。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	利用件数やプロジェクトが増えた。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</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環境を試作できたこと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。 ・利用件数が増え、災害等を対象とした IoT システムの実証を行った。 ・M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用して、オープンイノベーション創出につながる電力会社、スマートメータ製造メーカ、社会福祉協議会等の複数の異業種機関との技術実証と社会実証を一体的に推進し、無線 IoT 技術や省電力 GPS 技術の実用化、及び企業の自主的推進による新規サービスのテスト運用開始に繋がったことは評価できる。また、NICT 総合テストベッドの利活用を容易化するための取組として、商用クラウド並みの手軽さで利用開始できるよう、活用研究会の取組において、データ分析ツールや気象データの試験的提供を今年度中に開始するのも評価できる。 ・スマート IoT 推進フォーラムテストベットの分科会と連携し、利用促進の実施の結果、可搬型 IoT キャラバンシステムテストベット、複数 LPWA 通信方式の試験・確認できる横須賀ハイブリッドテストベッド、及び NICT 総合テストベットの利用を容易化する取組により、17 件の新たなプロジェクトを創出している。

・アジア初の 100Gbps 国際回線を実現し、アジアのみならず欧米も含めた全世界的な国際回線への接続環境を整備し、国際研究・教育ネットワーク間の協力関係を強化するとともに、大容量データ伝送技術の国際コンテストでの活用などの国際的技術実証を達成している。

・実環境で取得しにくいデータをエミュレーション・テストベッド上での取得可能性に向けた検討などさらにテストベッドの意義を広める活動が開始されたことは評価される。

（改善すべき点）

・国際共同研究・技術実証は、数は十分であるが、NICT 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示してほしい。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。

・利用件数は増えたが、世界のデータ通信の飛躍的な伸びを反映したような大きな増加ではない。さらに多様な業種での利活用が期待される。

・外部利用者（特に異業種機関）の実証ニーズの把握を継続して行い、必要に応じて、利用ポリシーを柔軟に改定するなどして、異業種機関との技術実証と社会実証を、さらに推進されることを期待する。

・今後共このまま継続して NICT 総合テストベッドの利用を容易するプロジェクトの創出に努めていただきたい。

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	S
評点付けの理由	BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」の充実、災害シミュレータARIAの構築を評価した。特に、後者は耐災害 ICT の実現に向けた取組への展開が期待できる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	高齢者、子供の見守りや防災のシステムとして、社会実装されている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成果として、BLE モバイルアプリケーション検証システム「AOBAKO」で、多数の無線通信端末が存在する環境において計算量を軽減する手法を開発しリアルタイム性を向上させたこと、ハードウェアを用いた電波模倣基盤として 50 台規模の Wi-Fi、LTE の検証を可能としたことを評価したい。 ・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 センサー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機能を拡張した。この点も評価したい。 ・高齢者・子供の見守りのため、ごみ収集業者にもサービスを拡大した。 ・M2M クラウド基盤等の総合テストベッド基盤を活用して、オープンイノベーション創出につながる飲料メーカーやタクシー事業者、電力会社、スマートメータ製造メーカー、社会福祉協議会等の複数の異業種機関との技術実証と社会実証を一体的に推進したことは評価できる。また、次期中長期に向け、次世代 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環境を試作し、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 Delay Tolerant Network 制御アルゴリズムを
--

開発し、実車走行実験の開始見込みをたてたことも、評価できる。さらに、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 を構築したことも評価できる。

・テストベッドを活用して、電力会社、スマートメータ製造会社、社会福祉協議会等と連携して、オープンイノベーション創出に繋がる技術実証と社会実証を一体化し、実用化を目指した推進活動は極めて高く評価できる。

・キャラバン・テストベッドや活用研究会など、直接イノベーションに結びつくか否かは別として、オープンなそうした機会を増やす努力は好ましい。

（改善すべき点）

・利用機関が 304 に及ぶので、これらの成果も出ているはずだが、それが十分周知されているかという点、疑問である。例えば、Web 等にどのような利用があったのかを知りたい機関があったとしても、容易には知ることができない。実用に近いところなので、なかなか難しいところもあるでしょうが、事後かなり時間が経ってでもいいので、その種の情報を載せる許可を得ておくことが必要ではないか。

・高齢者、子供の見守りのような成功例を世の中に積極的に広報し、さらなる利用者獲得に努めるべきである。

・情報通信とあまり関係がなかった産業分野や一般個人（特に高齢者）のニーズを把握して、社会貢献ができるイノベーション創出も期待したい。

・テストベッドを活用したサービスが社会実装活動を通して、実用化及び商用化につながるように期待します。

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	少ない要員で、多くの国際共同研究・技術実証をこなしている。また、100Gbps以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境が、Data Mover Challengeに展開したことも評価したい。

評価者 B

評点	A
評点付けの理由	欧米も含めた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、国際研究・教育用ネットワーク間での協力関係を強化した。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際共同研究・技術実証は合わせて17件あるので、数は十分である。また、構築済みの100Gbps以上の帯域を利用可能な全世界的な回線接続環境を使った高速大容量データ共有技術コンテスト(Data Mover Challenge)への展開につながったことを評価する。SCAsia2019(シンガポール)のData Mover Challengeで、JGNが評価され、supporting partnerとして日本からただ一つ参画できた。 ・アジアでの協力活動を強化し、さらに欧米との連携も行った。 ・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、アジアのみならず欧米も含めた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、国際研究・教育用ネットワーク間での回線相互バックアップ及び国内外研究・教育機関との協力関係を強化したことは評価できる。 ・アジア初の100Gbps国際回線を実現し、アジアのみならず欧米も含めた欧米も含めた全世界的な国際回線への接続環境を整備し、国際研究・教育ネットワーク間の協力関係を強化するとともに、大容量データ伝送技術の国際コンテストでの活用などの国際的技術実証を達成している。

・アジア100Gbps回線を基に、そのサービス面での積極的活用のみならず、関係国とのバイラテラルな関係が広がったのも国際連携の発展に繋がるであろう。

（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。今は個々の成果は出ているが、テストベッドとしては100G以外では枠組みはよく分からない。また、枠組みは、相手国のニーズに合わせる必要がある。このため、やはりSDGsと言った昨今の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。省エネルギー化やLocal 5Gなどがそれだろう。また、超高速通信環境が整備されると、自動運転等のアプリを踏まえ、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/デコーディングを狙うようになるだろう。そのような未来に備え、ネットワーク遅延も考慮して、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。

・国際的な知名度を上げて欲しい。

・研究開発成果をより国際的に示し、日本企業の国際競争力強化につながるよう、一層の努力を期待する。

・今後も関係国と多様な国際実証実験が実施され、ノウハウを蓄積していただきたい。

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	新オープンイノベーション活動の具体化が進展していること、地域の問題を解決するという活動につながっていることを高く評価する。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	定量評価が出来ないので、これ以上の評価はつけられません。コメント評価分を加味しました。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域課題を取りまとめ、地域と共生した取組や、それぞれの地域の課題解決型の実証研究開発を推進するなど、具体的な活動として地域の課題解決を目指したイノベーション活動を推進した点を高く評価する。NICTの特徴を生かす取組を推進するために、NICTシーズ集を作成し価値創出を支援する活動、また、ビジネスプロデューサ制度を整備するなど、地域のイノベーション活動を支援する枠組みを整備した点を評価する。また、フレキシブルファクトリーパートナーアライアンスの取組によりコミュニティづくりを進め、国際連携を含めイノベーション創出の組織化を進めた点を評価する。 ・委員会では貴重な取組状況を聞くことができた。最終年度に期待したい。 ・地域課題への取組みをより具体化させ、自治体などとの連携が深まり、人材育成、社会実装も推進されたことは大いに評価できる。一方で、東南アジアの研究機関・大学との協力は実質的な成果はこれから問われることにもなるが、画期的なことである。
--

（改善すべき点）

・持続的な活動として進められるためには、技術課題だけでなくイノベーション活動を推進するノウハウも重要と考える。これまでの取組、また、今後の取組の中で、活動を推進するに当たっての工夫、また、うまくいかなかった例などの情報をまとめ共有する仕組みを構築していただき、ノウハウの蓄積に努めていただきたい。これまでのNICTになかった取組であり、これまでの活動のアピールの方法にも新規性を期待したい。

2. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	継続的に標準化活動に取り組んだ点を評価する。

評価者 B

評点	C
評点付けの理由	定量評価が出来ないので、これ以上の評価はつけられません。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量子鍵配送のITU-Tでの標準化を主導し勧告案をまとめた点、フレキシブルファクトリーパートナーアライアンスに関わるIEEEでの標準化活動等NICTの成果を標準化につなげる活動を進めた点を評価する。 ・奏功事例の把握を超えて、総務省、国内外関係機関との連携の下、具体的な国際標準化が進んだことは高く評価される。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NICT成果の標準化展開に加え、イノベーション創出の取組の中から戦略的に標準化すべき項目の提案などの活動も検討いただきたい。国際標準化では、内外の標準化活動を行っている団体等との連携した取組についても検討いただきたい。 ・オープンイノベーションで、これまでとどこが変わったのか、変わるのかが不明瞭です。標準化が目的化していると感じます。オープンイノベーションと結び付け、手段としての標準化を検討ください。

3. 「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	着実に国際連携を拡大する活動を推進している点を評価する。

評価者 B

評点	B
評点付けの理由	定量評価が出来ないので、これ以上の評価はつけられません。コメント評価分を加味しました。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海外の研究開発活動と連携した多くの取組を推進してきている点を評価する。特に、ASEAN IVOの取組ではASEAN地域の国々国際展開の枠組み作りとして、海外の研究機関との協力関係を増やしていく取組を支援した点、ASEAN IVOの取組を主導し、ASEAN地域の課題を解決するイノベーションの取組をさらに広げた点を評価する。欧米についても、日本からの提案数を増加する取組を実施した点を評価する。海外の研究開発活動との接点を増やすための取組として、海外での成果のアピール活動を行った点、また、継続的にインターンを受け入れて、連携を深めるための基盤的な活動を推進した点を評価する。 ・経年で実績を示しているところは良い。 ・ASEAN IVOにおけるバーチャルな状態が具体化し、リーダーシップの発揮にも繋がってきたことは実に好ましい。その他、継続・新規、18件のプロジェクトが実施されたことを高く評価したい。
<p>(改善すべき点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまで展開してきたプロジェクトの達成した内容について得失を整理することで、国際連携の質についての振り返りを試みていただきたい。プロジェクト提案について、グローバルな活動を行うための経験やノウハウを取りまとめていくことも

重要であり、参画する人たちの経験値を上げていくだけでなく、取り組み方法を再利用可能な情報としてまとめることを行っていただきたい。

・中長期計画段階で事前に定量目標を設定して計画・実績を対比していただきたい。

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	A
評点付けの理由	成果の最大化・社会実装に向けた活動を推進するため、大学・研究機関等の外部機関との連携、協議会等や地域連携の活用による情報収集及び利用者のニーズ把握、自治体の防災訓練への参加、展示等、有益な技術実証・社会実装に取り組んでいる。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	SIPで採択された研究成果を多くの自治体での実利用や避難訓練を通して有効性を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"> ・実災害での利活用を通じて、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、提供技術の災害時運営マニュアル作成などに貢献している。また、自治体等の体験が実災害時に活用できるとの期待感・判断を醸成している。さらに、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。 ・内閣府SIP「国家レジリエンス」にて採択され研究開発された「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、及び台風19号にて神戸市、三重県、伊勢市にて実利用された。また、同様にSIPにて開発された接近時高速無線による通信途絶領域解消技術を活用して、高知県中央東福祉保健所、香南市及び民間企業と合同訓練を代表として、合計で実証実験及び訓練で14件を実施し、その有効性を示している点は高く評価出来る。 ・昨年まで開発した「ナーブネット」や「小型ナーブネット」「DISAANA&D-SUMM」も

全国5か所の自治体で11件の実稼働しており、年々増加して点も高く評価出来る。

・論文発表14件と並行して、実証実験5件、産学連携19件、訓練9件をこなし、少ない要員で、よくやっている。

・令和元年8月に高知工科大学永国寺キャンパス（高知市）、立命館大学（京都市）において、救護所の被災者計数データの電子化を遠隔から支援する広域ネットワーク防災訓練を主催・実施し、来年度の訓練実施に向け議論を重ねているのは良い試みと考える。

・高知工科大、立命館大と連携し、広域ネットワーク防災訓練を主催・実施した。防災チャットボットSOCDAが台風19号で神戸、三重、伊勢で実利用された。

・防災チャットボットや被災者計数データ電子化など新技術も取り入れながら、実防災訓練での応用という実証そのものに結び付けていることは高く評価できる。

（改善すべき点）

・SIP第2期「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」に当センターから二つの研究開発課題が採択されたこともあり、地方自治体での導入を促進するためにも、平時での併用を想定した技術開発・実証、訓練参加、有効実例の蓄積等、地道に活動を継続して推進されることを期待する。

・自治体の防災関係者が勉強する際、担当者目線で情報提供を整理したほうが良いかもしれない。現在は、全体概要は<https://www.nict.go.jp/resil/> が、対災害SNS情報分析システムDISAANAは、<https://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp> が、災害状況要約システムD-SUMMIは<https://disaana.jp/d-summ/> と分散している。また、<https://bousai-tech.com/tech/dsumm/> でも言及されている。関連Webサイトとの連携を深め、全体構成がどこから入ってもつかめるような工夫が欲しい。もっと大きく、日本全体の耐災害関係のWebサイトとの連携を強め、この分野の日本の取組を鳥瞰できるような技術的・社会的な情報発信ができるようになったら素晴らしい活動になると思います。

・災害対応ガイドライン第2版に欠けている情報は、耐災害システムを導入する際のコスト見積もり。災害時の復興は特別会計で対処されるが、これでは後追いかから脱却できない。被災地以外の自治体の場合、その種の投資は一般会計予算に組み込まれると思うので、耐災害システムへの投資を毎年どのくらい行っていくべきか計画が立てられるようなガイドラインになって欲しい。

・チャットボットなどのICTが、高齢者などに取って使い勝手が良いか。ICTを市民全員へ有用なサービスに結び付ける必要がある。

・電源の確保等がどうなっているか不明である。

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	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、遠隔地から被災地を支援するためのコミュニティを形成し、救護所の被災者計数データの電子化を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、及び、高知県総合防災訓練における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。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	これまで研究開発された成果を国内外の産学官連携によるシンポジウム、展示会、協議会で19件で発表しており、極めて高い評価を得ている。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、遠隔地から被災地を支援するためのコミュニティを形成し、救護所の被災者計数データの電子化を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、及び、高知県総合防災訓練における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、有意義な産学官連携を精力的に推進している。 ・東北大学に新設されたタフサイバーフィジカルAIO研究センターとの連携ラボラトリーの設立に参画し、群ロボット制御用無線通信技術の研究開発に着手した。 ・高知工科大学、立命館大学との連携による遠隔救護支援電子化システムによる広域防災訓練を主催・実施した。 ・東北地域との大学自治体との交流会で抽出された課題(農林業産業、観光・交通。気象等)に向けてICTオープンプラットフォームを用いた研究開発を進め、地域への貢献している。 ・「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」の策定により積極的な情報発信を行っている。

・令和元年8月に高知工科大学、立命館大学等を会場として、ICT・通信ネットワークを活用して遠隔地から被災地を支援する広域ネットワーク防災訓練を実施している。一般論ではなく、できることから周知活動を行っている。地味ではあるが着実に前進していると評価する。

・高知工科大、立命館大学と技術協力や、防災訓練などの活動を連携して行った。

・内閣府SIP第2期「レジリエンス」に採択され、神戸、三重、伊勢、高知などの地方自治体での実証実験や実利用を推進した。

・高知県総合防災訓練では、保健所の他、民間企業とも連携した。

・東北大との連携ラボラトリー設立、高知工科大・立命館大との広域ネットワーク訓練など実践を通して産学連携が進展した。

（改善すべき点）

・キャラバン型の地域ICTオープンプラットフォームとして、小型版ナーブネットを東北地方の大学研究者等に試用提供して得られた有益な成果を、より積極的に情報発信・PRしてほしい。

・自治体職員への対応で改善すべき点は、「実証」で書いた通りである。耐災害技術に関して、「災害対応ガイドライン第2版」によくまとめられているが、技術者は主にWeb検索で情報入手すると考えられるので、それに対応した施策をやったらいかがでしょうか。<https://www.nict.go.jp/resil/> の下の、どこかのページに、耐災害に関して、システムや技術を網羅的にまとめたページがあると、このWebサイトのインターネット上での格付けが上がると思います。技術に関しては、論文等のキーワードを添付すると、後学者がどんな技術がこれまで使われてきたのか、分かるので、研究レベルの向上につながることで、研究の活性化にも貢献するでしょう。

・DISAANAやD-SUMM等の広報は、今は耐災害ICT研究協議会の枠組みで行われているとのことだが、一歩進めて、形骸化している防災の日のイベントの一つに、この種のシステムの使い方説明が行われるような方向に持って行ければと期待します。省庁の境界だけでなく、中央と地方の境界をまたいだ施策になるので、一朝一夕には実現できないとは思いますが。

・価格が高くて地方自治体で購入が進まないということであるが、サービスが過剰になっていないかを検証し、できるだけシンプルで廉価なものを開発する必要がある。

3. 「標準化」について

(1) 評点評価:

評価者 A

評点	B
評点付けの理由	災害対応ガイドラインについて、平成30年度に公表した第2版の改訂作業を開始している。

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"> ・災害対応ガイドラインについて、平成30年度に公表した第2版の改訂作業を開始している。 ・「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」の策定により積極的な情報発信を行っている点は、国内だけではなく、今後の国際的な標準化への展開への可能性がある。 ・広い意味で、世界防災フォーラム(World BOSAI Forum)の参加し、NICTの成果展示や東南アジアでの取組を紹介することは、標準化に向けた施策と見なしても、良い活動と考える。 ・コネクテッドカー専門委員会を開催した。
<p>(改善すべき点)</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。 ・他の関係諸国でも参照できるように多国語化して発信することを検討していただ

きたい。

・ITU等の国際標準化という観点では、コネクテッドカー専門委員会のみであり、耐災害標準化活動としては高くない。先進諸国で耐災害の意識が高いのは、イタリア、米国西海岸、ニュージーランドなど数が少ないため、既存の標準化活動は低調であるのは、むしろ当然であろう。日本が標準化活動をけん引する覚悟がいる。その意味で、技術のキーワードをWebページにリストアップされていると、関連技術者を引き込めるのではないか。発表論文には必ずキーワード(和英両方)が付いているので、それらをまとめてソートしたものなので、手間のわりに効果があるのではないかと考える。

・令和元年は、特に成果が書かれていなかった。

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	ルーラル地域のICT活用による教育支援と運用(2016年4月～2020年3月)(カンボジア・ミャンマー):や養殖池水質管理高度化プロジェクト(2018年4月～2020年3月)(タイ・ブルネイ・マレーシア・ミャンマー)を実施している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	少ない研究者数という環境にありながら、自ら開発したシステムを発展途上国に技術移転するだけでなく、現地での運用のため頻繁に現地技術員を指導・教育するなど海外での貢献度も顕著である。

(2) コメント評価:

<p>(評価する点)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カンボジアのNerveNetを用いて構築した実証フィールドにて、e-Learningによる教育コンテンツをNerveNet上で共有し、オフラインでもe-Learning教育が行えることを実証し、また、NerveNet+LoRaにセンサーを取り付け、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実施していることは評価できる。 ・スリランカでの地滑り早期警報システム、タイでのダム監視ネットワークの耐災害の強化や、ナーブネットの利活用の教育支援など、少ないスタッフ数を東南アジア域に派遣して国際展開が推進している点は高く評価できる ・仙台にて開催される世界防災フォーラム(World BOSAI Forum 2019)への参加は、このプロジェクトの国際展開を図る場として、良い機会を捉えた活動と考える。特にその場において、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、APTプロジェクト等の国際展開活動を紹介できたことは、今後につながる成果と思う。
--

（改善すべき点）

- ・国内コミュニティ構築、開発技術のオープン化、デファクト化の検討を行う際に、日本企業の国際競争力強化につながるよう、国際展開を推進してほしい。現地の技術者・利用者への技術トレーニングをセットとして検討することは必須だと思われる。
- ・耐災害ICT研究センターのマンパワーから考慮すると、十二分に成果を挙げていると判断されます。このような成果も、国内外でもっとセンターの活動を広報していただきたい。
- ・耐災害ネットワーク技術は、それを取り巻くインシデント・コマンド・システム（ICS、Incident Command System）の設計次第と考える。災害現場・事件現場などにおける標準化された管理システムは各国ごとに異なると考えられる。ITU-Dでは、各国のICSを持ち寄り、その差異と共通的手続きを抜き出し、その上で耐災害ネットワーク技術の位置づけを語るべきと考える。米国のFederal Emergency Management Agency（FEMA）に対応する機関が日本でどこにあたるのか分かりませんが、日本の該当機関と協調して戦略を練るべきと考える。そのような機関が日本になれば、主導してFEMA的活動も併せて行っていく必要がある。その意味で、平成30年度に公表した災害対応ガイドライン第2版の英訳が公開されていないようなのが、惜しい。
- ・第2回世界防災フォーラムで示した、耐災害性・耐非常時性を有するICT開発組織との連携に向けた取組や成果も、後で検索しにくいニュースという形ではなく、恒常的なページに現状と課題を示した方が良いと考える。
- ・令和元年は特に国際展開について書かれていなかった。

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	CYDER、サイバーコロッセオ、SecHack365のいずれの事業も最新のサイバー攻撃に対応できる人材を育成する内容になっており、なおかつ継続的に改善を図っている。元年度においても事業目標以上の成果を上げており、順調な進捗を果たしている。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	本演習が、G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の国家規模での行事に活かされていることは、評価できる。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	計画に基づいたコース実施がきわめて順調に行われているのみならず、開催場所の充実化、公的資格との連携、育成改革の前倒しなど、さまざまな改善や新たな取組が認められる点を高く評価する。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・CYDERでは、開催場所と時期の改善、政府との連携による周知等、受講組織を増やす努力を行っている。サイバーコロッセオでも、育成計画の前倒しや演習内容の拡充等の努力を行っている。SecHack365ではコースの拡充を行い、継続支援や修了生の活用を行う等エコシステムを構築するに到っている。いずれの人材

育成事業においても最新のサイバー攻撃に対応できる人材を育成する内容であり、事業目標以上の成果をあげており、順調な進捗を果たしている。

・G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等の運営組織と連携して、そこで働く人々の知識向上と模擬環境での演習を実施している。

・CYDERの公的資格との連携は非常に重要な取組だと思いますので、ぜひ推進していただくことを期待します。またSecHack365の修了生イベントや海外派遣などもこのコミュニティを育てる上で特筆すべき活動であると評価します。

・5年計画の内容に加え、年度個別的にもセキュリティイノベータ育成プログラムを開始したことは、セキュリティの隘路が人材にある中で実に歓迎されることである。

（改善すべき点）

・G20、ラグビーWC、東京オリンピック・パラリンピック等への演習を、もっと大々的に周知徹底すべきである。

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	自己評価はBだが、法改正等の障壁を取り除き、蓄積された技術を駆使することにより、実際に全国的な調査を実施している。また、今後役に立つと思われる多くの知見を得て蓄積している。

評価者 B

評点	S
評点付けの理由	初めての試みを、計画通り実施できたことは素晴らしい。

評価者 C

評点	A
評点付けの理由	IoT機器の脆弱性に起因する情報漏洩やサイバー攻撃は社会問題化しているにもかかわらず、通信の秘密保護により対策が後手に回っている。国研であるNICTがIoT機器の網羅的な脆弱性調査に踏み出すことは大きな意義がある。

(2) コメント評価:

(評価する点)

・研究者がインターネットにつながっている他者の企業資産や個人資産であるIoT機器の全国的な調査を実施するには「不正アクセス行為の禁止等に関する法律」等の法改正が必要となる。この種の活動はNICTのような国立研究開発法人が実施するのが良い。さらに多くの技術的な課題を解決する等の障壁が必要となる。それらの障壁を乗り越え実際に全国的な調査を実施することは容易なことではないが、実際に行っている。また実施した調査から今後役に立つ多くの知見を得ている。

・悪意のあるものからの攻撃にさらされるルータ、センサー、ウェブカメラ等の具体的なIoT機器を調査した点が良い。

・34社のISPの参加協力のもと、一億のIPアドレスに対してポートスキャンを実施、機器を特定し、特定アクセスを実行して、リスクのある機器をISPに通知するという一連のシステムやフローを構築するには多大な努力が必要であったと思います。今後、特定の対象とする機器を増やしていくなどやるべきことはあると思いますので、さらに効率をあげ効果的な注意喚起につなげていかれることを期待します。

・マルウェア感染あるいは脆弱なIoT機器の利用者に対する注意喚起は、実際は大変な作業も伴うが、関係者との協力の下、その実践をしっかりとやっていることは実に重要なことである。

(改善すべき点)

・本調査を実施する過程で社会的に有用な多くの技術的知見が得られていると思われる。今後は、研究論文等でそれらの有用な情報を報告、公開していくようにしていただきたい。

・IoT機器を増やすことと、IPアドレスの範囲を広げる検討をすべきである。

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2年5月15日(金) 15時～18時

2. 場所 Webによる遠隔開催(NICT 国際会議室)

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 野崎 雅稔 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

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、それぞれ、センシング基盤分野は「Sにかなり近い」、統合ICT基盤分野は「Aに近い」、データ利活用基盤分野は「S」、サイバーセキュリティ分野は「S」、フロンティア研究分野は「かなりSに近い」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(単年度)は「B以上の成果が含まれている」という自己評価に対するご意見をいただいた。

[詳細なコメントは別紙4に記載]

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
安浦 寛人	委員	九州大学 理事・副学長
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
安藤 真	委員	東京工業大学 名誉教授
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表
有川 節夫	委員	放送大学学園 理事長
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監
太田 勲	委員	兵庫県立大学 学長
飯塚 久夫	委員	株式会社ぐるなび 常勤顧問

(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
野崎 雅稔	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
中沢 淳一	執行役
安井 元昭	経営企画部長
盛合 志帆	経営企画部

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
令和元年度委員名簿

* 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
有川 節夫	放送大学学園 理事長	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	株式会社ぐるなび 常勤顧問	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 理事・副学長	
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

有川 節夫	放送大学学園 理事長
-------	------------

(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
速水 悟	岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科 教授	
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 統合ビッグデータ研究センター
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	

(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 副研究センター長	脳情報通信融合研究センター
谷藤 学	理化学研究所 脳科学総合研究センター 脳統合機能研究チーム チームリーダー	

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	日本電気株式会社 セキュリティ研究所 特別技術主幹	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	日本電気株式会社 セキュリティ研究所 特別技術主幹	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	日本電気株式会社 セキュリティ研究所 特別技術主幹	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 マテリアル技術センター 応用材料開発部 部長	

(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	株式会社ぐるなび 常勤顧問
-------	---------------

(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
------	---

- (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	キャナルベンチャーズ株式会社 代表取締役	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

- (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	

- (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ペザベ 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[見込評価のみ]

○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 [見込評価のみ]

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

見込評価

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	A	B	A	A
		科学的意義	A	A	S	S	B
		社会的価値	A	A	A	S	A
		社会実装	A	A	A	A	A
	宇宙環境計測技術	目的・目標	A	A	B	A	B
		科学的意義	S	A	A	A	B
		社会的価値	S	A	A	S	B
		社会実装	A	A	B	S	S
	電磁波計測基盤技術(時空標準技術)	目的・目標	S	A	B	A	A
		科学的意義	S	A	A	S	A
		社会的価値	A	A	A	A	A
		社会実装	A	A	B	A	A
	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	B	A	A	A
		社会的価値	S	A	A	A	S
		社会実装	S	A	S	S	S
統合ICT基盤分野	革新的ネットワーク技術	目的・目標	A	A			
		科学的意義	S	A			
		社会的価値	A	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	A		
		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	S			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	A	A			
	光アクセス基盤技術	目的・目標	A	S			
		科学的意義	A	S			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	S	A			
	衛星通信技術	目的・目標	B	A			
		科学的意義	S	S			
		社会的価値	A	A			
		社会実装	A	A			
データ活用基盤分野	音声翻訳・対話システム高度化技術	目的・目標	S	S	S		
		科学的意義	S	S	S		
		社会的価値	S	S	S		
		社会実装	S	S	S		
	社会知解析技術	目的・目標	A	A	S		
		科学的意義	A	S	A		
		社会的価値	S	S	S		
		社会実装	S	S	S		
	実空間情報分析技術	目的・目標	A	B	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	A	S	S		
		科学的意義	S	S	S		
		社会的価値	S	S	S		
		社会実装	A	A	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	S		
		科学的意義	A	S	S		
		社会的価値	S	A	S		
		社会実装	S	A	A		
	暗号技術	目的・目標	A	A	S		
		科学的意義	A	S	S		
		社会的価値	A	S	S		
		社会実装	A	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	B			
		科学的意義	S	A			
		社会的価値	S	S			
		社会実装	S	S			
	フロンティアICT技術	目的・目標	S	S	A	A	S
		科学的意義	A	S	S	S	S
		社会的価値	A	A	S	A	S
		社会実装	A	A	A	A	S
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	A			
		テストベッド構築	S	A			
		実証	S	A			
		イノベーション創出	A	S			
		国際展開	S	A			
	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	A	C			
		イノベーション創出	S	B			
		標準化	B	C			
		国際展開	A	B			
	耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	目的・目標	A	A			
		実証	S	S			
		産学官連携	S	A			
		標準化	A	A			
		国際展開	A	S			
	サイバーセキュリティに関する演習	目的・目標	S	S	A		
		演習の実施	S	S	A		
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	S			
	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	A	A	A	A
		社会的価値	A	A	A	S	A
		社会実装	A	A	A	A	S
	宇宙環境計測技術	科学的意義	S	B	A	A	B
		社会的価値	A	A	A	S	A
		社会実装	A	S	A	S	S
	電磁波計測基盤技術(時空標準技術)	科学的意義	A	A	A	A	S
		社会的価値	A	A	A	S	A
		社会実装	A	A	B	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	B
		社会的価値	S	A	A	S	A
		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	科学的意義	S	A			
		社会的価値	A	A			
		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	A		
		社会的価値	S	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	科学的意義	S	S			
		社会的価値	A	S			
		社会実装	S	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	B	A				
	社会的価値	A	A				
	社会実装	A	A				
データ 活用 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	S		
		社会的価値	S	S	S		
		社会実装	S	S	S		
	社会知解析技術	科学的意義	A	S	B		
		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	B	A	A		
	脳情報通信技術	科学的意義	S	A			
		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	科学的意義	A	S	S		
		社会的価値	A	S	S		
		社会実装	A	A	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	B	A	A		
		社会的価値	A	S	S		
		社会実装	A	A	S		
	暗号技術	科学的意義	A	A	S		
		社会的価値	A	S	S		
		社会実装	A	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	S	S			
		社会実装	S	S			
	フロンティアICT技術	科学的意義	A	S	S	S	A
		社会的価値	A	A	S	A	A
		社会実装	A	A	A	A	S
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	A	A			
		実証	A	A			
		イノベーション創出	S	S			
		国際展開	S	A			
	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	B	C			
		国際展開	A	B			
	耐災害ICTの実現に向けた取組の推進	実証	A	S			
		産学官連携	S	S			
		標準化	B	A			
		国際展開	A	S			
	サイバーセキュリティに関する演習	演習の実施	S	S	A		
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、自己評価の評点をもう少し上げて良いのではないか。

例えば、大項目については、センシング基盤分野については、見込み・単年度共に A となっているが、いくつかの S クラスの成果が含まれており、本分野についても S クラスにかなり近いと思う。統合 ICT 基盤分野については、見込み・単年度共に B となっているが、A に近いと思う。フロンティア研究分野については、見込み・単年度共に A となっているが、かなり S クラスの研究が含まれている。オープンイノベーション分野については、見込み・単年度共に B だが、非常に良い部分もある。

- ・(センシング基盤分野について)中項目のリモートセンシング技術の見込み、電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)の見込み・単年度共に S に相当するような成果をあげていると思う。リモートセンシング技術では、テラヘルツやホログラムなど業績は非常に高いものがある。宇宙環境計測技術では、大気電離圏モデルの高性能化や ICAO のグローバル宇宙センターに関する業績は非常に高いものがある。時空標準技術では、VLBIを用いたこの時刻の比較標準や、神戸副局の運用も安定的なサービス提供という意味で評価すべきと思う。電磁環境技術では、標準化に関して非常に多くの寄与文書を発行しており、産業的には、測定技術の構築というものを評価する。5G を含めて、携帯等の影響評価のための人体モデルを作る、あるいは将来を見越しテラヘルツまでそれを延ばしたということは、特別に顕著な成果と思う。

- ・(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の単年度は A、フォトニックネットワーク基盤技術の見込みは S、衛星通信技術の見込みは A に相当するような成果をあげていると思う。ワイヤレスネットワーク基盤技術では、海中で電波をきちんと使えるようにするという事は、世の中を大きく変えるものであり、もっとアピールをしつつ評価をしてよいと思う。フォトニックネットワーク基盤技術に関しては、非常に競争の激しい技術分野であるが、その中で世界新記録を多く出しており、この事実だけで相当評価されるべきと考える。衛星通信技術では、NICT が行っている光衛星通信の実証について、光衛星通信の実現に近づいているという点を評価すべきと思う。

- ・(データ利活用基盤分野について)中項目の実空間情報分析技術の見込み・単年度共に A に相当するような成果をあげていると思う。本分野は全般的に、相当立派な仕事を行っていると思うので、自己評価 S は妥当と考える。

- ・(サイバーセキュリティ分野について)本分野の自己評価 S は妥当である。国研だからこそできること、国研だからこそ期待されていることをしっかり実行している。今後もサイバーセキュリティ分野で国を守るという高い意識を持って取組を続けていってほしい。

- ・(フロンティア研究分野について)中項目のフロンティア ICT 領域技術の単年度は A に相当するような成果をあげていると思う。社会実装について、社会実装が今、直接できていないという観点から自己評価は低く付けられているが、社会実装できる技術が既にできており、それに向けた取組も積極的に行っていることから、もっと評価しても良いと思う。
- ・(オープンイノベーション分野について)戦略的な標準化活動の推進が含まれている中項目については、見込み・単年度共に A あるいは S に相当するような成果をあげていると思う。とても社会実装に成果を上げており、もっと評価されるべきと思う。質の良いデータを収集する、テストベッドをきっちり構築する、コーパスのデータを多く収集する、という地道な活動の成果が着々と出てきている。社会的意義や目的を明確にし、将来を見据えた技術目標のマイルストーンを明確に置いて研究しており、研究者の取組の姿勢が良いと思う。

(全体を通して)

- ・社会実装という評価軸は科学的意義とは異なり評価されづらい。しかも、これからの世の中で重要になってくるので、このためしっかりと評価し、モチベーションの維持等を含めて、頑張って社会実装に取り組んでもらいたい。
- ・それぞれの技術分野で、様々な社会的課題に対して研究を行っており、技術分野だけでなく、社会課題別の視点でのアピールなど、多面的なまとめ方で情報発信を行うことが重要ではないか。
- ・コロナ騒動の中で、世界が一気に社会構造や産業構造、経済活動が大きく変化していく中で、新しい社会の在り方を NICT から描いていただきたい。
- ・全体の印象として、とても大きな成果を上げている。基礎研究の分野では、様々な賞を受賞しており、科学技術的に大変意義のある成果を達成している。

総括評価委員個別の意見

別添のとおり。

別添

講評(コメント)

2020年5月15日

委員 太田 勲

COVID-19 禍の下で、世界の産業活動、社会活動は大きな制限や自粛を余儀なくされており、経済への打撃は深刻な状況となっている。今の時点で、その収束時期を見通すのは困難であるが、アフターコロナの世界は、この間の経験や知見を通して世界の人々の価値観や社会観、世界観が大きく変わり、社会構造、産業構造、経済活動などが一変することが考えられる。すでに、情報通信の世界は大きなパラダイムシフトの時期を迎えているが、これを機にこの潮流は一気に進展していくことが予測される。この意味において、NICT の役割はますます重要になり、情報通信システムを基本におく社会構造をリードしていくことが求められる。

NICT 全体的について言えることだと思うが、小職が担当したフロンティア研究分野では、研究開発の方向性、研究内容、進捗状況全てが高いレベルにあり、インパクトファクターの高い学術誌等に多くの世界トップレベルの論文が掲載されている。特に、被引用数、h-index、Nature-index への貢献度が高くなっており、質量とも優れた研究成果を発信していると考えられる。基礎研究も長期的な視点からしっかり行われており、それを手厚くサポートしていることは、将来の通信情報技術のイノベーション創出や基礎科学の新しい発展に向けた重要な方向であるので、引き続き重視していくことが重要であると考ええる。

また、大型の外部資金等を活用して産官学連携で共同研究を推進したり、国際標準化に向けた取組を積極的に進めたりしていることは、社会実装に向けた我国の基盤づくり戦略として高く評価できる。加えて、企業との共同研究や技術移転、ベンチャーの立ち上げなど、社会実装も着実に進展していることが見受けられ、社会の期待にも十分応えていると考ええる。

まず、**5年間の見込み評価**について述べる。「量子情報通信技術」については、各国・各機関が鎬を削る近未来の最先端分野であるが、独自の特色ある確な目的・目標を掲げており、進捗状況も目標を早期達成するなど順調に進展している。他国に比べて圧倒的に小型な人工衛星での量子通信の基礎研究を展開していることは、様々な先進的要素技術の開発を誘発することも期待でき、優れた取組と考える。また、ノード処理の多機能化、低損失・省エネルギー化を視野に入れた量子ノード技術のための基礎研究の展開は、上記の小型衛星量子通信の高度化に加えて、学術的にも基礎的科学技術の発展に大きな寄与が期待できると考えられる。

具体的には、QKD ネットワークと秘密分散を融合した超高秘匿ストレージネットワーク技術を世界で初めて実証したことは、様々な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今後の発展が大いに期待でき、その科学的意義は高く、素晴らしい成果である。さらに、原理実証などで多くの世界初の成果を上げており、光空間通信や広域ネットワークなどにおける種々の実証実験の成功に加えて、光量子制御、量子計測標準、量子インターフェースなどの原理実証成果は、これらの分野の基盤を築くものとして高く評価できる。特に、量子計測標準の光周波数確度の大幅な改善は、社会実装に繋がる重要な技術開発であると言える。

また、(一社)「量子 ICT フォーラム」の設立を推進し、オールジャパンで喫緊の課題を議論できる場を作るとともに、国際標準化活動を推進する体制を構築したことは大きな成果である。量子通信のインパクトをより広く発信して、量子コンピュータと同様幅広い社会的認識の下で研究を加速させて行くことが重要であると考ええる。

「新規 ICT デバイス技術」については、NICT 発の技術として開発を進めている酸化ガリウムに加えて、マテリアルインフォマティクスによる新しい酸化物半導体の開発を志向していることは評価できる。酸化ガリウムによる高効率パワーデバイス、高周波デバイス、極限環境デバイスの開発は、民間企業への技術移転等によって実用化を目指していることは大いに期待できる。また、世界最高出力を実現している高出力深紫外 LED デバイスは、水銀フリーの光源として社会的価値が高いばかりでなく、情報通信から医療健康、環境、安全衛生など幅広い分野での活用を視野に入れており、深紫外光 ICT デバイス・システムのキーテクノロジーとして早期の実用化が期待される優れた成果である。

具体的には、酸化ガリウムデバイスは、極限環境下での応用に加えて、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への応用が期待でき、省エネ、機器の小型軽量化に資する技術としてその社会的価値は高いと考えられる。500mW 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・低環境負荷における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。

社会実装も着実に進めており、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(株)ノベルクリスタルテクノロジーが順調に実績を伸ばしている。また、深紫外 LED については、その開発成果(特許 8 件)をスタンレー電気株式会社に技術移転し製品化に成功している。この技術は、第 32 回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、その実用性は社会から広く認められている。両技術とも、そのアピールポイントを広く発信し、他の類似技術との差別化を図り早期の実用化に繋げることが重要である。

「フロンティア ICT 領域技術」については、高速・大容量・低消費電力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た基盤技術の研究開発を進めており、更なる高速化に必要な超伝導単一光子検出器(SSPD)の高性能化に向けた研究開発もほぼ順調に進展している。高周波・テラヘルツ基盤技術では、超高速通信の実現やその実用化を目指した標準化活動を推進しており、社会実装に向けた我国の戦略としても重要な社会的価値の高い取り組みと考えられる。また、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発展が期待できる。

具体的には、世界最高 Tg の超高耐熱 EO ポリマーの開発は長期安定性に優れた技術で、これを用いた種々の高性能光制御デバイスを開発している。特に、EO ポリマー導波路型 THz 検出器を試作し、90GHz 直接光変調を実現したことは、次世代高速無線通信に向けた ToF 技術基盤として大きな前進である。また、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と考えられる。

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。また、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き大きな社会的価値がある。その他、周波数コムのための窒化シリコン微小リング高 Q 共振器(10^6 台)の実現、信号多重化による広帯域スペクトラム形成、SSPD の応用研究など優れた成果を挙げている。

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の成果は、様々な分野の科学技術の発展や、その模倣により(バイオメティクス)工学技術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と考えられる。また、顕微鏡の超解像技術の開発はバイオ観察などに

意義深い成果である。

これらの技術を社会実装する活動も積極的で、ハイブリッド超高速光変調器は実用化に向けて住友電工と共同で JST A-STEP で共同開発を進め、従来の単独光変調器より高効率の光変調を実現しており社会実装に近づいている。また、SSPD 技術は(株)浜松ホトニクスへの技術移転を本格化させ社会実装を視野に捉えている。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。バクテリアの化学物質混合物に対する識別法の評価手法も、企業との共同研究に発展したり、特許出願に繋がったりして社会実装に近づいている。

次に、**単年度評価**について述べる。「量子情報通信技術」については、東京 QKD ネットワーク上で世界初の高秘匿分散ストレージシステムを実現し、情報理論的に安全な中継機能を実装したこと、及び量子インターフェース技術の超強結合領域へ拡張するスキームの開発、PPLN 光導波路を組み込んだハイブリッド型量子光源の開発、世界最高速単一光子検出などスピード感を持って研究開発を進め大きな成果を得ている。秘匿空間光通信技術の実現に向けて、総務省の委託研究で企業との連携により実用的技術の開発・実証・ビジネスモデルの検討に着手していることは、社会実装へ向け大きな期待が持てる内容である。

基礎研究レベルを即社会実装に展開することは困難であるが、ターゲットを絞って(例えば量子計測標準)、社会実装に関連した可能性を探ることも重要であると考ええる。

「新規 ICT デバイス技術」については、酸化ガリウムについては、30V から 260V へのノーマリーオン MOSFET の耐圧の大幅な改善やターンオン閾値ゲート電圧 +3V 以上、ドレイン電流オン/オフ比 6 桁以上の実現や、深紫外域で世界初の高透過性の p 型コンタクト材料を創出するための h-BN/AlN ヘテロ構造の低温成膜技術の開発、など、科学的価値の高い成果を得ている。酸化ガリウム高周波デバイスに向けてその試作、動作確認に成功したこと、深紫外 LED の高出力化、高信頼化技術を開発し、その試作素子により駆動電流 1A で素子寿命 1 万時間を達成したことは、実用化に向けた大きな成果である。これらいずれのデバイスも早期の実用化が望まれており、多くの企業との共同研究が進んでいる。特に、高出力深紫外 LED は旭化成と資金受け入れ型共同研究契約を締結しており、その社会実装が大いに期待できる段階に入ってきている。

本技術、デバイスの有利性・有用性をより強くアピールして社会実装を加速化することが望まれる。

「フロンティア ICT 領域技術」については、短波長 EO ポリマーによる超高速変調をはじめ、高機能 ICT デバイス、高周波・テラヘルツ基盤技術のいずれにおいても多くの研究成果が得られており、大きな進展が認められる。新規ポリマー材料とそのプロセス技術を活かして従来法では実現できない性能のデバイスの開発やシリコン CMOS 集積回路による 300GHz 帯無線受信機に関する研究などで、論文賞を受賞したり、多くの招待講演を依頼されたりするなど、学術的に高い評価を受けている。また、窒化シリコン微小共振器で 1.3×10^6 の Q 値を得たことは狭線幅高安定周波数コム実現等に重要な技術であり、その科学的・工学的意義は高いと考えられる。未利用周波数帯に関する国際標準化活動成果(275GHz 以上の周波数帯における日本提案を国際規格に最大限反映)や SSPD 技術の技術移転を本格化させ令和 2 年より販売開始を予定するなど社会実装に向けて大きな成果を上げている。

DNAレール上を長距離滑走できる分子の開発など自然界にない新たな機能を持つ新規生体分子素子の設計・構築手法の開発や LLPS による分子認識機構の発見などは基礎科学の発展に繋がる成果である。また、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発想を誘起

する要素を多く含んでおり、得られた成果は新しい技術の展開に資することが期待できる。事業化に直ぐ結びつけることが困難な分野であるが、生物の情報処理システムの利用について資金受け入れ型の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繋げようとしている点も高く評価できます。

なお、バイオミメティクスは、様々な分野の科学技術、工学技術の発展に寄与する重要な学問分野で、道のりは少し遠いが、ニューロモルフィックデバイスの開発に繋がる有用な知見を得ることは重要である。