参考国研14-2

国立研究開発法人情報通信研究機構
第４中長期目標期間の業務実績（期末）に関する項目別自己評価書

国立研究開発法人情報通信研究機構

（空白）

＝ 目次 ＝

自己評価書No.	該当項目			ページ
1	Ⅰ　研究開発成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するため取るべき措置	1.　ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等	1－1　センシング基盤分野	1
2			1－2　統合 ICT 基盤分野	31
3			1－3　データ利活用基盤分野	120
4			1－4　サイバーセキュリティ分野	156
5			1－5　フロンティア研究分野	184
6		2.　研究開発成果を最大化するための業務		201
-		3.　機構法第 14 条第 1 項第 3 号、4 号及び 5 号の業務		
7		4.　研究支援・事業振興業務等		254
8	Ⅱ　業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置			277
9	Ⅲ　予算計画（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画			288
	Ⅳ　短期借入金の限度額			
	Ⅴ　不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画			
	Ⅵ　前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画			
	Ⅶ　剰余金の使途			
10	Ⅷ　その他主務省令で定める業務運営に関する事項			296

（空白）

国立研究開発法人情報通信研究機構　第４期中長期目標期間評価項目別自己評価書（No.1 センシング基盤分野）

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

2．主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
査読付き論文数	―	131	114	128	102	94
論文の合計被引用数※1	―	856	958	1,080	1,297	1,483
実施許諾件数	12	8	8	7	9	7
報道発表件数	3	7	7	3	2	9
標準化会議等への寄与文書数	36	76	50	56	43	25

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※2

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	4,037	4,883	4,982	5,609	6,547
決算額（百万円）	3,467	4,015	3,796	4,576	6,247
経常費用（百万円）	3,805	4,638	4,368	4,963	4,698
経常利益（百万円）	△13	△21	△1	△7	△3
行政コスト※3（百万円）	4,714	4,455	4,105	6,269	4,961
従事人員数（人）	72	70	67	77	73

※1　合計被引用数は、当該年度の前 3 年度間に発表した論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用総数（当該年度の 3 月調査）。

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

※3　平成 30 年度までは行政サービス実施コストの値。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価				
中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価
1．ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等 **（1）センシング基盤分野** 世界最先端のICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「社会を観る」能力として、多様なセンサー等を用いて高度なデータ収集や高精度な観測等を行うための基礎的・基盤的な技術が不可欠であることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	**1－1．センシング基盤分野** 電磁波を利用して人類を取り巻く様々な対象から様々な情報を取得・収集・可視化するための技術、社会経済活動の基盤となる高品質な時刻・周波数を発生・供給・利活用するための基盤技術、様々な機器・システムの電磁両立性（EMC）を確保するための基盤技術として、リモートセンシング技術、宇宙環境計測技術、電磁波計測基盤技術（時空標準技術、電磁環境技術）の研究開発を実施する。	＜評価軸＞ ● 研究開発等の取組・成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きなものであるか。 ● 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ● 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組（技術シーズを実用	＜主要な業務実績＞	評定 A **1-1.センシング基盤分野（3.機構法第14条第1項第3号、第4号及び第5号 の業務を含む）** 本分野としては、世界最高レベルの高分解能等の画質の高精度航空機搭載合成開口レーダーの開発及び高度化、高出力パルスレーザ開発で世界最高出力達成、地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定技術の開発、ホログラム印刷技術の開発の推進、また、世界最軽量8kg・最小50cm^{3}の衛星THzリモセン分光センサーTEREX を概念検討から宇宙品までの開発、 AI 技術を用い、自動で電離圏密度の高度分布を導出するシステムの構築およびリアルタイム可視化システムの構築、電離圏観測や各種観測データの取り込みからモデリングまで地球物理分野の手法を駆使しての最先端予報技術の確立、機械学習による太陽フレアの予測、高精度でかつ実用に耐えうる光周波数標準の開発、 VLBIによる日本-イタリア間光格子時計比較実験の実施、インジウムイオン光周波数標準とストロンチウム光格子時計との周波数比計測を実現、原子時計のチップ化の実現に必要な低消費電力発振器、MEMSアルカリ金属セルの開発、5G 端末等

		化・事業化に導く等）が十分であるか。 ＜指標＞ ● 具体的な研究開発成果（評価指標） ● 査読付き論文数（モニタリング指標） ● 論文の合計被引用数（モニタリング指標） ● 研究開発成果の移転及び利用の状況（評価指標） ● 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数（実施許諾件数等）（モニタリング指標） ● 報道発表や展示会出展等を受けた各種メディア媒体の反響状況（評価指標） ● 報道発表や		のミリ波帯アンテナからの電波ばく露量の評価方法の開発、従来よりも数倍性能が向上した電磁耐性試験用アンテナの開発および製品化、 LED 照明からの電磁干渉評価技術を確立、ミリ波帯の無線通信環境を改善可能な電波散乱壁のメタマテリアル技術を用いた薄型化、誘電体内におけるパルス波の挙動を高速にシミュレーションできる計算手法を開発、国際放射線防護委員会の参照値に準拠した世界初の小児数値人体モデルの開発、テラヘルツ帯までの生体組織の電気定数データベースの世界初の構築等、科学的意義のみならず社会・政策課題の解決にも直結する成果を創出した。 さらに、京コンピュータを用いたPAWR データの世界最大規模のビッグデータ同化実験実施及びリアルタイムデータ配信およびゲリラ豪雨予測実験、地デジ放送波による水蒸気量観測システムの整備及び実証試験の実施、「水蒸気＋風」ライダーの開発など気象観測・気象予測の高度化の実現、航空機搭載合成開口レーダーによる人工構造物の自動抽出、AI 技術を活用した土地被覆分類などの情報抽出技術高度化の実現、マイクロ波イメージング技術の建造物非破壊検査への応用、ホログラム印刷技術の車載ヘッドアップディスプレイへの応用及び技術移転推進、ホログラム印刷技術による回折光学素子を開発、テラヘルツ波の文化財調査への応用、また、テラヘルツ小型センサーの開発、テラヘルツ伝搬モデルの開発によるテラヘルツ利活用の活性化への貢献、大気汚染観測の

		展示会出展等の取組件数（モニタリング指標） ● 共同研究や産学官連携の状況（評価指標） ● データベース等の研究開発成果の公表状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準化や国内制度化の寄与件数（モニタリング指標） 等		GOSAT への概念採用、宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進、ICAO グローバル宇宙天気センターとしての業務開始及び宇宙天気予報業務の 24 時間化の実現、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・外部公開、3 次元電離圏電子密度分布に対応する電波伝搬シミュレータ(HF-START)の開発・検証実施、過去の電波警報・宇宙天気情報資料のデジタル化及び外部公開、また、光格子時計による国際原子時の校正への貢献および標準時の分散化への貢献、大規模災害時や感染症対策を考慮した本部、神戸副局、標準電波送信所運用管理体制の実現、原子時計のチップ化の実現に必要な注入同期型 FBAR 分周器・低背型 MEMS セルを企業大学連携での開発、ワイワイを提案・技術実証し、コンソーシアム設立による実利用に向けた推進、人体安全性評価技術と標準化に関する国際ワークショップを開催、準ミリ波帯・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、ICNIRP や IEEE の国際ガイドライン改定版の根拠として採用、国家標準トレーサブルな電力標準の開発、広帯域不要発射の測定期間を1/10 以下とする高速試験・評価技術を確立し、船舶用レーダーの開発期間及びコストの大幅な削減、国内初の過去からの電波環境の推移を定量的に明確化し市街地および郊外における基地局周辺電波強度の空間分布の統計量の評価等、社会・政策課題の解決や社会的価値を創出する実績を達成した。

				加えて、スマホアプリ「3D 雨雲ウォッチ」の開発・実証・普及、地デジ水蒸気量推定技術を開発・技術実証を実施、ウィンドプロファイラの ACS 抑圧技術開発および ISO 規格案の取りまとめ、テラヘルツ帯の文化財調査への応用、ミリ波帯の外壁タイル検査・壁画調査への有効性を実証し、技術移転推進、車載ヘッドアップディスプレイ向けの光学素子の技術移転を推進、空気品質の予報についてビジネス化の取り組み、宇宙天気業務を24時間・365日体制とし、ICAO 宇宙天気センターのためのサービスを確立、AI 技術を利用した太陽フレア発生確率予報システムを開発及び運用開始、タイ・チュンポンに VHF レーダーを開設し、準天頂衛星の測位精度向上に大きく貢献した、太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES を開発し及び外部公開、また、標準時に関して、神戸副局を設置し分散化を実現、新しい無線双方向測位技術（ワイワイ）を提案し民間企業の協力のもとに試作、光テレホン JJY サービス開始、次世代衛星双方向時刻・周波数比較モデムの製品化、4 拠点に散在する約 35 台のセシウム原子時計から合成時系を生成し、高精度の標準時の維持と安定供給の達成、光格子時計による国際原子時のオンタイム校正の実現及び、国際度量衡委員会への報告、医療機器等の近接電磁耐性試験用新型アンテナの製品化、LED 照明からの雑音の医療テレメータへの干渉評価法の医療施設における無線利用ガイドラインへの反映、世界に先駆けた 330GHz までの電力較正

				の開始、5G 端末等の人体防護指針への適合性評価システムの製品化等、社会実装につながる実績を達成した。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。 個別の評定と根拠は、以下の各項目に記載のとおりである。
○**リモートセンシング技術** ゲリラ豪雨・竜巻に代表される突発的大気現象の監視技術及び予測技術の向上を目指し、前兆現象の早期捕捉や発達メカニズムの解明に必須な気象パラ	**（1）リモートセンシング技術** 突発的大気現象の早期捕捉や地震等の災害発生時の状況把握を可能とするリモートセンシング技術、グローバルな気候・気象の監視や予測精度の向上に必要な衛星搭載型リモートセンシング技術及び社会インフラ等の維持管理に貢献する非破壊センシング技術の研究開発に取り組む。			**（1）リモートセンシング技術** **【科学的意義】** • 世界最高レベルの高分解能等の画質の高精度航空機搭載合成開口レーダーの開発及び、3 次元イメージング技術等の情報抽出技術を高度化した。 • 衛星搭載用ドップラーライダー用高出力パルスレーザ開発で世界最高出力を達成した。 • 地上デジタル放送波を用いた水蒸気

メータを高時間空間分解能でモニタリングすることを可能とする技術を研究開発するものとする。 また、地震・火山噴火等の災害発生状況を迅速に把握可能な航空機搭載合成開口レーダーについて、判読技術の高度化等に取り組むことで取得データの利活用を促進するとともに、平成 32 年度までに世界最高水準の画質の実現を目指した研究開発をするものとする。 さらに、グローバルな気候・気象の監視技術の確立や予測技術の高度化を目指して、地球規模で大気環境を観測し、データを高度解析するための技術を研究開発するものとする。 加えて、社会インフラや文化財の効率的な維持管理に貢献する電磁波に	**（ア）リモートセンシング技術** 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、風、水蒸気、降水等を高時間空間分解能で観測する技術の研究開発を行う。これらの技術を活用し、突発的大気現象の予測技術向上に必要な研究開発を行う。 また、地震・火山噴火等の災害発生時の状況把握等に必要な技術として、航空機搭載合成開口レーダーについて、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技術の研究開発に取り組むとともに、観測データや技術の利活用を促進する。さらに、世界最高水準の画質（空間分解能等）の実現を目指した、レーダー機器の性能向上のための研究開発を進める。		**（ア）リモートセンシング技術** • 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フェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システム（PANDA）を活用した計測データの利活用としては、AI 技術を活用しデータ品質管理手法を開発し、リアルタイムデータ同化により「京」コンピュータを用いた PAWR データの世界最大規模のビックデータ同化実験を実現すると共に、民間企業と連携したスマホアプリ「3D 雨雲ウォッチ」にデータ提供した。さらに、ゲリラ豪雨の早期探知システムをこれまでの手法に加え上空で発生する渦管を豪雨発生前に捉えることにより、豪雨災害がより発生しやすい雨の予測を可能とし、神戸市との実証実験等を通じて、突発的大気現象の予測技術の向上に貢献した。 • 内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）により開発を進めたマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー（MP-PAWR）については国土交通省が運用する関東圏の既存レーダー（XRAIN）観測データとの反射強度および降雨量の比較による性能評価を実施し、既存レーダーと同等かそれ以上の観測精度が得られることを確認した。観測データを用いた豪雨の直前予測情報による実証実験を通して MP-PAWR の有効性を積極的にアピールした。さらに、第二期（平成 30 年度～令和 4 年度）において、防災科学技術研究所、日本気象協会、大阪大学、埼玉大学など他機関との密接な連携により首都圏豪雨予測システムによる大規模イベントおよび自治体との実証実験を実施し、参加した自治体等から高い評価を得た。また、AIP 加速課題（JST）「ビックデータ同化と AI によるリアルタム気象予測の展開（平成 30 年～令和 3 年度）」において理化学研究所と協力し、スーパーコンピュータ Oakforest-PACS（筑波大と東大が共同で運営）を用いて、MP-PAWR の 30 秒ごとのリアルタイムデータを用いたゲリラ豪雨予報実験を令和 2 年の夏期に実施し、11 日間に渡って平均 4 分以内に 30 分先の予報を発表することを実現した。 • 地上デジタル放送波を利用した水蒸気量の観測網の展開のため、低コスト化による廉価版モデル（同時に 4ch 受量推定技術を開発および実証した。 • 衛星ビックデータを用いた COVID-19 前後の「空気キレイ度マップ」の発信を実施した。 • ホログラム印刷技術の開発を進め、光学素子の印刷およびプロジェクタとの組み合わせ技術を確立した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 京コンピュータを用いた PAWR データの世界最大規模のビッグデータ同化実験を実施するとともに、リアルタイムデータ配信を行い、ゲリラ豪雨早期探知システムの実証実験を行った。 • WINDAS を用いた ACS 実証実験により航空機クラッタ除去に成功し ISO 規格に反映した。 • 地デジ放送波による水蒸気量観測システムの整備及び実証試験の実施や、水蒸気の流れを捉える「水蒸気＋風」ライダーの開発など気象観測・気象予測の高度化を実現した。 • 航空機搭載合成開口レーダーによる人工構造物の自動抽出、AI 技術を活用した土地被覆分類などの情報抽出技術の高度化を実現した。 • マイクロ波イメージング技術の建造物非破壊検査への応用、ホログラム印刷技術の車載ヘッドアップディスプレイへの応用など、新しい利用範囲を開拓した。 • ホログラム印刷技術を用いた光学素

よる非破壊・非接触の診断技術について、観測データを高度解析・可視化するための技術の研究開発を行うとともに、平成32 年度までに現地試験システムの実用化のための技術移転を進めるものとする。			信が可能）を令和元年に完成させた。SIP（第二期）を通じてサービス化を日本アンテナと連携実施することにより、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である。また、オリンピック・パラリンピック競技大会での首都圏豪雨予測システムおよび九州地方での線状降水帯予測システムにおいて地デジ水蒸気観測情報のデータ同化精度向上を実現する。さらに、地デジ水蒸気観測の全国展開を想定し、反射体が少ない可能性のある山間部での反射法の実用性実証試験を実施し、反射体が期待できない地域における反射板の有効性も確認した。 • 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（ACS）の開発については、気象庁の現業ウィンドプロファイラである WINDAS の河口湖局、名古屋局、福井局、水戸局に加え、機構のウィンドプロファイラ LQ-13 を用いた ACS の実証実験を実施することで、その有効性を明らかにした。また、機構主導で ISO 国際規格作業文書（WD）案を作成して ISO 委員会原案（CD）をとりまとめ、ISO 国際規格案（DIS）の作成を進めた。今後は、令和3年 11 月の最終国際規格案（FDIS）の発行に向けて作業を進め、令和 4 年 11 月に ISO 規格発行予定である。 • 世界最高レベルの画質（高分解能（15cm）、高感度化、耐偽像性能の向上）の高精細航空機搭載合成開口レーダー（Pi-SAR X3）について、令和 2 年度末までに分解能確認のための予備実験を実施した。また、Pi-SAR X2 データを用いた情報抽出技術の高度化として、土砂崩れ場所の自動推定手法の開発、社会インフラモニターなどのへの応用を可能とする人工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、地表面の高分解能 3 次元イメージング技術の開発、高度推定の高精度化手法の開発等を行った【論文掲載】。 • 近年の社会課題である豪雨の高精度予測を可能にする水蒸気観測の実現に向けて、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。2μm 帯高出力パルスレーザ技術と CO_2 差分吸収ライダー技術を活用した地上設置型水蒸気・風ライダーを開発した。また、ラジオゾンデによる同期観測に	子等技術で自動車部品企業との連携を進め、技術移転を推進した。 • テラヘルツ波を文化財調査へ応用した。 • ホログラム印刷技術による回折光学素子を開発し、この技術が AR/VR、通信など様々な分野で利用できる可能性を示した。 • ESA が推進する木星圏へのハビタビリティ探査衛星に搭載するテラヘルツ小型センサーの開発を行った。 • テラヘルツ伝搬モデルの開発により、テラヘルツ利活用の活性化に貢献した。 • 超小型テラヘルツセンサーの大幅な小型化や、大気汚染観測の GOSAT へ概念採用された。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **【社会実装】** • スマホアプリ「3D 雨雲ウォッチ」の開発・実証・普及した（約 25 万回のダウンロード数）。 • 地デジ水蒸気量推定技術を開発・技術実証を実施し、観測装置についてプロトタイプから、廉価版の開発にまで至った。 • 地デジ水蒸気量推定技術により取得したデータを外部で利用するサービスが開始見込みとなった。 • ウィンドプロファイラの ACS 抑圧技術開発および同技術を含むウィンドプロファイラの ISO 規格案の取りまとめを行った。

			よる水蒸気観測性能の検証を実施し、目標精度の湿度±10%を達成した。	• テラヘルツ帯を文化財調査へ応用した。 • ミリ波帯の外壁タイル検査・壁画調査への有効性を実証し、技術移転を行った。 • マイクロ波イメージング技術の建造物の非破壊検査への応用に関して、企業との実用化を目指した活動を進めた。 • 車載ヘッドアップディスプレイ向けの光学素子について、民間企業からの資金受入れ型共同研究開発を通じて技術移転を推進した。 • 大気汚染物質・温室効果ガス等の衛星ビッグデータを独自アルゴリズム解析により新たな価値を創出する取組を外国ベンチャー企業と開始した。 • 民間企業とMoUを締結し、空気品質の予報についてビジネス化に取り組んだ。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。
	（イ）衛星搭載型リモートセンシング技術 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う。また、大気環境観測を目的とした次世代の衛星観測計画を立案するための研究開発を行う。		**（イ）衛星搭載型リモートセンシング技術** • 全球降水観測計画（GPM）においては、Level-2 データの精度向上を目的とした二周波降水推定アルゴリズムの日米合同研究チームに主要メンバーとして参加し、開発したGPM/DPR の 3 次元観測の利点を活かした降雨判定アルゴリムのプログラムコードが Ver.7（現行 Ver.6）として受理される見込みである。 • 観測データから作成される衛星全球降水マップ（GSMaP）は、アジア太平洋地域の現業利用に加え、小笠原地域など日本国内のレーダー観測ネットワーク網が整っていない離島地域の気象庁の降雨モニタリグにも活用された。 • EarthCARE 搭載雲プロファイリングレーダー（EarthCARE/CPR）については、高出力送信機従系（HPT-A）の不具合対応を JAXA と協力し実施中。地上検証用レーダーの電子走査型雲レーダーにおけるデジタルビームフォーミング（DBF）処理のリアルタイム化が完成し、性能評価等を実施した。今後は、EarthCARE/CPR の観測ビーム内の不均一性を解析・評価し、アルゴリズム開発に貢献する。また、レベル 2 アルゴリズム（Level-2）のドップラー速度精度評価（水平積分と折返し補正）を数	

			値シミュレーション（NICAM(Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model)/JSIM(Joint-Simulator for Satellite Sensors）結果を用いて実施した【論文掲載】。 • 次世代の衛星降水観測についての技術検討および後継機ミッションの検討について、宇宙基本計画に明記され、具体的な仕様の検討を開始した。 • 衛星搭載ドップラー風ライダーの基盤技術として開発を進めてきた単一波長高出力パルスレーザについて、超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーのパルスエネルギー、パルス繰り返し周波数、パルス幅、パルスレーザのビーム品質（M^2 値）などのレーザー要求仕様達成に目処がつき、超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーの実現性検討結果が明らかとなった。 • 大気の温度、風、多種の分子濃度を高い精度で観測する小型衛星の実現に向け、2THz 帯超伝導受信機（準光学系 2THz HEBM）を開発し、受信機雑音温度 1220K（量子限界の 13 倍）、高感度、広 IF 帯域性能を達成し、アンテナビームパターン測定に成功した。更なる高性能化を目指した導波管型 HEBM に向けた導波管型ミキサーの開発をテラヘルツ研究センターと協力し実施中である。 • テラヘルツセンシング技術開発 a) 国際宇宙ステーション搭載超伝導サブミリ波サウンダ SMILES は観測が 10 年前に終了しているが、データを再解析し、機構のホームページからデータをフリーで公表した。また、独自のアルゴリズム解析により、これまで衛星観測では導出困難であった物理量を抽出し、速報性が重要なレター誌（GRL IF4.58）に成果が掲載された。 b) JUICE/SWI：ドイツ・マックスプランク研究所と協力し、欧州宇宙機関（ESA）の大型プロジェクトである木星圏への生命探査 JUICE（JUpiter ICy moons Explorer）搭載主要センサーである SWI（Submillimetere Wave Instrument）の開発を行い、アンテナとアクチエータの概念検討からフライト品までを一貫して実施した。アンテナでは、軽量化と強度を両立させることに成功した。 c) TEREX 超小型軽量テラヘルツセンサーの開発：（外部資金・利用料）： 宇宙産業活動に最優先課題となる水	

			エネルギー確保に向け、月火星の「水エネルギー」探査に最適な「超小型軽量テラヘルツ波センサー」を BBM からフライトモデルまで 3 年の短期間で開発に成功した。8kg クラスを実現.また、当初は JUICE/SWI 用の分光器を用いる予定であったが、入手が困難になり、天文台の技術を基に日本産の小型軽量宇宙分光計の開発に初成功した。宇宙小型軽量デジタル分光計の作成技術を持つのは、これまで世界に二ヶ所（NASA, ドイツ・マックスプランク）のみであり、その中でもデジタル分光計は日本の独自技術である。 d) 独自アルゴリズム開発によるテラヘルツリモセン データ処理・テラヘルツ電磁波伝搬モデル開発などを実施。世界のモデルと比較したところ、最も正解に近く、標準値として使われた。 e) 火星探査に関して、総務省「宇宙 x ICT 懇談会」と協力して成果展開。読売新聞の一面をはじめとして、朝日新聞、日経新聞など多数の取材を受けた。 f) 非宇宙企業の地球近傍宇宙への活動を支援するため、機構独自の「惑星保護法」制度への対応を推進している。 • 高周波衛星 BD データ a) 総務省「4 次元サイバーシティ タスクフォース」と連携し、衛星 BD 利活用を推進。スタートアップ企業などと組みながら、新たな衛星データ産業利活用のエコシステムを推進。 b) 温室効果ガス観測衛星 GOSAT の 3 号機 GOSAT-GW のデータ処理システム検討を開始した（外部資金：環境研からの委託）。 c) 地球大気の空気のキレイさという新たな指標を創り、独自アルゴリズム解析により地球観測衛星 BD から新たな情報を抽出し、天気予報企業とビジネス展開に向けて連携を開始した。日経新聞、朝日新聞などの各メディアに掲載された。また、フランスのスタートアップ企業と MOU を締結，共同でプレスリリースを行なった。 平成 29-令和2年度の間に論文は 21 報。おおよそが機構が主著者であり、IF は 3 以上である。	

	（ウ）非破壊センシング技術 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う。また、これまで使われていない電磁波の性質を利用した観測データの解析技術及び可視化技術の研究開発を行う。研究開発成果の実利用を促進するため、非破壊・非接触の診断を可能とする現地試験システムの実用化に向けた技術移転を進める。		**（ウ）非破壊センシング技術** • 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、マイクロ波はコンクリート建造物、ミリ波はタイル壁、テラヘルツ波は絵画等文化財、赤外は金属鋼管内部など、各周波数帯の特性を活かせる対象についてユーザーとともに実証実験を行い、企業等へ技術移転した。 • これまで使われていない電磁波の性質を利用した可視化技術等に資するホログラムプリント技術の開発を進め、光学素子の印刷およびプロジェクタとの組み合わせ技術を確立した。プリンタの精度向上等により、複数の民間企業との資金受け入れ共同研究及び技術相談を実施し、特に自動車部品に関する技術移転を促進させた。また、印刷された光学素子の精度の検証及び補償を行うため、干渉計測により素子を測定するデジタルホログラフィ撮像システムの開発に着手した。	
○宇宙環境計測技術 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する宇宙環境計測及び高精度予測のための基盤技術を研究開発することにより、航空機の安定的な運用等、電波利用インフラの安定利用に貢献する。 また、人工衛星の安定運用に不可欠な宇宙環境の把握・予測のための磁気圏シミュレータの高度化技	**（２）宇宙環境計測技術** 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する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い、研究開発成果を電波の伝わり方の観測等の業務に反映する。また、人工衛星の安定運用に不可欠な宇宙環境の把握・予測に貢献するため、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う。さらに、太陽電波観測・太陽風		**（２）宇宙環境計測技術** • AI 技術を利用した電離圏観測データの自動抽出・予測技術の研究開発を進めた。イオノグラムの自動読取率及び誤差が各段に向上した。また、AI を利用した予測については、フレア予測で培った技術を電離圏データに適用して開発した。 • 東南アジア域準天頂衛星システム（QZSS）利用高精度測位実証に向けた機器開発として、タイ・チュンポンにVHF レーダーを設置し、令和２年１月に稼働を開始した。今後東南アジア諸国と連携し、プラズマバブル観測データを利用した全球衛星測位システム（GNSS）測位の補正・補強方法について研究開発を進める。 • 様々な 3 次元電離圏電子密度分布に対応する電波伝搬シミュレータ（HF-START）を開発、観測データとの比較による検証を実施した。電離圏リアルタイムトモグラフィーと結合することによるリアルタイム可視化のウェブサービスを令和２年度に開始した。 • 大気電離圏モデル（GAIA）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）の同化実験を実施した。GAIA データ同化プロトタイプを開発し、電離圏観測	**（２）宇宙環境計測技術** 【科学的意義】 • GAIA モデルの高機能化を進めるとともに、アンサンブルデータ同化を実装したプロトタイプを開発、電離圏観測データの同化実験を実施した。 • 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を開発し、リアルタイム運用を実施、衛星帯電情報の発信に向けたツール開発を進めた。 • 複数衛星観測データから放射線帯電子の２次元分布を推定する手法を開発した。 • 衛星観測の実現に向けて、衛星搭載用粒子計測器の概念設計や紫外線イメージャー用光学レンズの製作を行った。 • アンサンブル太陽風到来予測システムの実現を目指し、惑星間空間での太陽風観測データと太陽風到来シ

術及び衛星観測データによる放射線帯モデル技術等を研究開発するものとする。さらに、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、太陽活動モニタリングのための電波観測システム及び衛星観測データを活用した太陽風伝搬モデルに関する技術を研究開発するものとする。	シミュレーションによる高精度早期警報システムの実現に向けて、太陽風の擾乱の到来を予測するために必要な太陽活動モニタリングのための電波観測システム及び衛星観測データを活用した太陽風伝搬モデルに関する技術の研究開発を行う。		データの導入実験を実施した。 • 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、放射線帯電子の経験モデルから物理モデルによる予測への発展を見据えて、放射線帯変動シミュレータの開発を開始した。 • 磁気圏 MHD シミュレーションを用いて、より詳細なオーロラ情報を配信するためのウェブサイトを開発、公開した。 • 中長期的展望に立って、衛星搭載宇宙環境センサーの開発の実現に向けた検討を行い、粒子計測機の概念設計や紫外線イメージャ—用光学レンズの試作を行った。 • 国際協力の下に太陽風観測衛星データの受信を行うと共に、そのデータを入力とした高精度磁気圏シミュレータを開発し、リアルタイム運用を実施、衛星帯電情報の発信に向けたツール開発を進めた。 • 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。 • アンサンブル太陽風到来予測システムの実現を目指し、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太陽風到来シミュレーションをリアルタイムに比較する手法を開発した。太陽風から到来する衝撃波についてシミュレーションにより再現することに成功した。 • AI 技術を利用した太陽フレア発生確率予報システムを開発、実運用システムとして運用を開始した。 • 太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES を開発、入力データの一部が欠測していても結果を出力する、強靭化した業務システムを構築した。 宇宙天気予報業務にかかる活動: • 平成 29 年 9 月の大規模太陽フレア発生時に通信・放送・測位等電波利用に関する警報を配信するとともにプレスリリースを行った。 • 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。 • 令和元年 11 月 29 日タイの宇宙機関 GISTDA と MoU を調印。タイの宇宙天気予報体制構築に協力した。	ミュレーションをリアルタイムに比較する手法を開発、太陽風から到来する衝撃波を再現することに成功した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進するとともに、令和元年に 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ことに加え、宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。 • タイ･チュンポンに VHF レーダーを設置し、プラズマバブルを観測することで、準天頂衛星の測位精度向上に大きく貢献出来る可能性ができた。 • 3 次元電離圏電子密度分布に対応する電波伝搬シミュレータ（HF-START）を開発し、観測データとの比較による検証を実施した。 • 太陽電波観測システムに太陽フレア発生検出アルゴリズムを実装を進めるとともに、過去を含めた太陽学観測データを標準フォーマットで公開した。 • 過去の電波警報・宇宙天気情報資料のデジタル化及び外部公開を行った。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】

			• 令和元年 12 月より宇宙天気予報業務の 24 時間化を実現した。 • 平成 29 年度補正予算により神戸副局を開局、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。 国際連携にかかる活動: • 宇宙天気予報精度向上に関する国際連携を推進、平成 30 年には駐米日本大使館において国際会議を主催した。 • 国際宇宙環境サービス(ISES)にかかる活動:宇宙天気予報配信機関のコンソーシアムである ISES の役員選挙が行われ、石井室長が Deputy Director に選出され活動を主導している。 • 国際民間航空機関(ICAO)にかかる活動:ICAO における宇宙天気情報利用および宇宙センターの検討のため ICAO 気象パネルに出席してきた。豪・仏・加とのコンソーシアムとしてグローバルセンターに決定。令和元年 11 月よりサービスを開始。滞りなく業務を遂行している。 • 世界気象機関(WMO)にかかる活動:宇宙天気検討チーム(IPT-SWeISS)に石井室長がサイエンスタスクチームリーダーとして活動。平成 27 年-平成 29 年、および平成 30 年-令和 5 年の 4 か年計画の策定に寄与。EGU 等学会でのセッション座長をおこなうなどの活動を行う。 • ITU-R:SG-3 の国内対応組織である電波伝搬委員会に主査として石井室長が活動。同委員会の議長を行う。SG-3 関連会合に出席し電離圏全電子数のフォーマットに関する寄与文書等を提出した。 国内連携にかかる活動: • 関連研究機関との連携:科研費新学術領域「太陽地球圏環境予測(PSTEP)」に当室から多くの研究者が参画し、基礎研究と実利用の架け橋となる研究開発を進めてきた。宇宙天気の我が国への影響評価について公表するとともに令和 2 年 10 月に公開・報道発表を行った。	• 宇宙天気業務を24 時間・365 日行う体制とし、ICAO 宇宙天気センターの一翼として滞りなく活動を継続した。 • HF-START について、電離圏リアルタイムトモグラフィーと結合することによるリアルタイム可視化のウェブサービスを開始した。 • 磁気圏 MHD シミュレーションを用いて、より詳細なオーロラ情報を配信するためのウェブサイトを開発、公開した。 • AI 技術を利用した太陽フレア発生確率予報システムを開発し、実運用システムとして運用を開始した。 • 太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES を開発し、実運用システムとして外部公開した。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			実利用展開にかかる活動: • 宇宙天気ユーザーズフォーラムを毎年 1 回開催し、ユーザーへの情報発信およびニーズ･シーズマッチングの検討を推進。航空業界、測位業界等を中心に毎回 100-200 名程度の参加者がある。	
○電磁波計測基盤技術（時空標準技術） 社会経済活動の秩序維持のために不可欠な標準時及び周波数標準に関する基礎的･基盤的な技術の高度化を図るため、安定的かつ信頼性の高い日本標準時及び周波数国家標準を目指して、原子時計に基づく標準時発生技術、その運用に必要となる時刻･周波数比較技術及び時刻･周波数供給に係る関連技術、さらにテラヘルツ帯の周波数標準を確立するための基礎技術を研究開発するものとする。 また、高精度な計測技術の基盤と	**（３）電磁波計測基盤技術（時空標準技術）** 社会経済活動の基盤となる高品質な時刻･周波数を発生･供給･利活用するため、機構法第 14 条第 1 項第 3 号業務と連動した標準時及び標準周波数の発生･供給技術の研究開発を行うとともに、次世代を見据えた超高精度な周波数標準技術の研究開発を行う。また、利活用領域の一層の拡大のため、未開拓なテラヘルツ領域における周波数標準技術の研究開発及び新たな広域時刻同期技術の研究開発を行う。 **（ア）標準時及び標準周波数の発生･供給技術** 原子時計に基づく標準時発生技術、その運用に必要となる時刻･周波数比較技術及び標準時の分散構築技術等の研究開発を行い、信頼性向上に向けた分散システムを設計する。また、一般利用に向けた標準時供給方式に関する研究開発を行う。		**（３）電磁波計測基盤技術（時空標準技術）** **（ア）標準時及び標準周波数の発生･供給技術** • 標準時システムの耐災害性･信頼性向上を期して神戸（未来 ICT 研究所）に日本標準時副局を開局し、本部バックアップとしての時系生成機能及び時刻供給機能を確立した。 • 本部･神戸副局･2 つの送信所に分散配置された 30 台程度の原子時計を衛星比較を介して結合した上でそれらの平均時系を生成する技術を開発し、従来の本部 18 台よりも高い周波数安定度を実現した。 • 光電話回線を利用し、インターネットから分離された形でネットワークプロトコルによって日本標準時を供給する手法を実現した。	**（３）電磁波計測基盤技術（時空標準技術）** 【科学的意義】 • 高精度でかつ実用に耐えうる光周波数標準を開発した。 • 機構が開発した次世代衛星双方向時刻･周波数比較手法により 10^{-17} レベルの周波数比較能力を確認し、日韓間の光格子時計周波数比較を実現した。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た。 • 光格子時計をリファンレンスとする原子時系実信号を半年間生成、光格子時計で $5x10^{-17}$ を実現するなどの成果を上げた。 • In^{+}周波数標準で系統誤差 $5x10^{-16}$ に低減した。 • 日欧間 VLBI において広帯域かつ偏波合成を行うことで光時計周波数比較を 16 乗台前半の不確かさで実現した。 • ワイワイについてコンソーシアム参加企業の環境で動作検証した。 • 原子時計のチップ化の実現に必要な低消費電力発振器、MEMS アルカリ金属セルを開発した。 • チップスケール原子時計への新規固体 Rb 源の適用を進捗させた。

なり秒の再定義にも適応可能な周波数標準を実現するため、実運用に耐える堅実な超高精度周波数標準を構築するとともに、次世代の光領域の周波数標準等に関する基盤技術を研究開発するものとする。さらに、広域かつ高精度な時刻同期網の構築に関する基盤技術を研究開発するものとする。			• 放送衛星の信号を仲介する方法や、廉価な GNSS 受信機の出力信号を利用することで、利用者がナノ秒精度で日本標準時と比較可能な手法も開発した。	等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 神戸副局へのマスタ切り替え運用について訓練を実施し、大規模災害時の安定運用を図った。 • 本部、神戸副局、標準電波送信所のリモート監視機能を拡充して、2 チーム交代制を導入した。 • 光格子時計による国際原子時の校正および日本標準時のリアルタイム歩度評価を実現した。 • 機構のストロンチウム光格子時計が国際度量衡委員会より世界二例目の二次表現として認定され、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。 • 複数の海外研究機関と連携し、機構開発の次世代衛星双方向時刻・周波数比較モデムを用いた時刻比較実証実験を実施した。 • 原子時計のチップ化の実現に必要な注入同期型 FBAR 分周器、低背型 MEMS セルを企業大学連携で開発した。 • ワイワイを提案・技術実証し、コンソーシアム設立により実利用に向けて進展した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。
	（イ）超高精度周波数標準技術 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を構築するとともに、次世代への基盤技術として、現在の秒の定義である一次周波数標準を超える確度を実現可能な光周波数標準の構築及びその評価に必要な超高精度周波数比較技術の研究開発を行う。		**（イ）超高精度周波数標準技術** • 光格子時計を参照して水素メーザー信号を調整することで、世界に先駆けて光格子時計に基づく高精度時系実信号生成を実現した。また、光格子時計の安定な運用を実現し、光格子時計と水素メーザーを用いた協定世界時の歩度（1 秒の長さ）校正手法を開発し、国際度量衡委員会の時間・周波数諮問委員会より秒の二次表現を実現する原器としての能力の承認を取得した。続いて当該手法によってオンタイムでの協定世界時の歩度校正を世界で初めて実現した。令和 2 年末時点までの 2 年間、間欠的ながら機構のみが光時計で協定世界時の歩度を校正することで協定世界時の維持に貢献した。また確度についても現在の最高精度のセシウム標準を上回る 5×10^{-17} を実現した。また、ストロンチウム光格子時計の現在の定義に基づく周波数（絶対周波数）を更新した。この不確かさ 1.8×10^{-16} は、独国 PTB の結果 1.5×10^{-16} に次ぐ成果であり、令和 2 年度開催の時間周波数諮問委員会で予定されるストロンチウム光格子時計の周波数更新に大きく寄与した。さらに、仏国 SYRTE や韓国 KRISS と GNSS を利用した国際周波数比較を実施し、それぞれ不確かさ 16 桁前半での計測を実現した。 • インジウムイオン光周波数標準については、時計遷移周波数を不確かさ 8.6×10^{-16} で計測し、国際度量衡委員会時間周波数諮問委員会の定める推奨値の決定に貢献した。また世界初の光時計動作を実現し、光周波数コムを介したストロンチウム光格子時計との不確かさ 10^{-16} 台での周波数比較に成功した。	

			• 超長基線電波干渉計（VLBI）技術について、広帯域フィード・バンド幅合成・偏波合成の技術を開発して鹿島 34m アンテナを仲介としたイタリア-小金井間の広帯域 VLBI 信号の検出に成功した。さらにイタリアの国立標準機関である INRIM との間で当該 VLBI 技術を利用してストロンチウムとイッテルビウムの遷移周波数比を 16 乗台前半の不確かさで測定した。当該成果は NaturePhysics 誌に掲載された。 • 光時計に対応したより不確かさの小さい遠距離周波数リンク手法として、搬送波利用衛星双方向時刻周波数比較（TWCP）を確立し、GPS の最も先進的な手法である IPPP との比較で 17 乗台の一致を確認した。さらに同手法による新型モデムの商用品を民間企業と共同開発し、台湾・韓国の標準機関に納入された。また、TWCP 技術を利用して韓国 KRISS のイッテルビウム光格子時計との周波数比を 16 乗台後半の不確かさで測定した。同モデムをフランス、ドイツ、及びイタリアの各国標準機関に貸し出し、令和元年 8 月～令和 2 年 5 月まで従来モデムとの比較実証実験を実施し、$2X10^{-15}$/日を達成した。	【社会実装】 • 標準時の信頼性向上にむけ、神戸副局を新たに設置し、分散化を実現した。 • 感染症対策として本部、神戸副局、標準電波送信所のリモート監視機能を拡充した。 • 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（ピコ秒、mm）を確認し、安価・高出力なモジュールを民間企業の協力のもとに試作した。 • 光テレホン JJY の実用サービスを開始し安定した運用を行い、利用者・アクセス数共に増大した。 • 次世代衛星双方向時刻・周波数比較モデムを製品化した。 • 4 拠点に散在する約 35 台のセシウム原子時計から合成時系を生成し、高安定な時系維持達成した。 • 光格子時計による国際原子時のオンタイム校正を世界で初めて実現して、その結果を国際度量衡委員会に報告した。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。
	（ウ）周波数標準の利活用領域拡大のための技術 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基盤技術の研究開発を行う。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。		**（ウ）周波数標準の利活用領域拡大のための技術** • GPS 及び標準電波を利用して、日本標準時にマイクロ秒以下の精度で同期する信号を遠隔地で生成・監視する技術を開発した（標準電波については見込）。また、廉価版多周波マルチ GNSS 受信機による時刻比較装置開発に着手した。 • 第 3 期計画期間において高価なソフトウェア無線機を利用して開発した無線双方向方式による時刻同期及び近距離測位技術（ワイワイ）について、コストを相当程度減少させる専用基板モジュールの開発に成功した。また、この基板を利用して田無-小金井間の水蒸気量観測に成功した。成果を Radio Science 誌で令和元年 6 月に誌上発表した。 • 原子時計のチップ化を実現することで、携帯端末を時刻同期網のノードとして機能させることを企図して、原子時計のサイズ縮減及び低消費電力化を目指した研究開発を開始した。圧電 MEMS 振動子を利用した低消費電力の	

			3.4GHz 発振器，位相変調方式による原子遷移への安定化、GHz 帯ローコスト1/2FBAR分周器、長期安定度に優れる新しい原子ガス源等様々な要素技術の開発に成功した。 • 量子カスケードレーザー（QCL）を利用して一酸化炭素の回転遷移を検出し、さらにQCLの発振周波数を回転遷移周波数に安定化してテラヘルツ量子標準を実現した。また THz 周波数の計測に不可欠となる、広帯域・高精度 THz カウンターを超格子ミキサーを利用して開発した。その他、テラヘルツ域の基準周波数を通信帯に変換して遠隔地に伝送することで、遠隔地の周波数基準を利用してテラヘルツ域光源の周波数を正確に測定する技術を開発し、応用物理学会論文賞を受賞した。	
○**電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）** 通信機器や家電機器が動作する際の電磁両立性を確保し、クリーンな電磁環境を維持するため、電磁干渉評価技術を開発するものとする。また、広帯域電磁波及び超高周波電磁波に対する高精度計測技術を研究開発し、平成 32 年度までに機構の試験・較正業務へ反映するものとする。 また、電波の安全性を確保するために不可欠な人体	**（4）電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）** 電磁環境技術は通信機器や家電機器が動作する際の電磁両立性を確保するために必要不可欠な基盤技術であることから、先端EMC計測技術や生体EMC技術に関する研究開発を行う。 **（ア）先端EMC計測技術** 電磁干渉評価技術として、家電機器等からの広帯域雑音に適用可能な妨害波測定系の研究開発を行う。また、広帯域電磁波及び超高周波電磁波に対する高精度測定技術及び較正技術の研究開発を行い、機構が行う試験・較正業務に反映する。		**（4）電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）** **（ア）先端EMC計測技術** • 医療機関において LED 等の省エネ機器から発生する広帯域雑音が医療テレメータに与える電磁干渉の評価法を開発するために、LED 照明および電源線近傍の広帯域雑音をミリメートルの空間分解能で数メートルの領域にわたり計測する 3 次元妨害波測定系を構築し、電磁妨害波となる LED 照明および電源線近傍の広帯域雑音の空間分布測定を行い、その発生・伝搬機構を検討した。並行して電磁妨害波の時間特性の統計的性質を解析し、医療テレメータ実機を使用した干渉実験を実施し、これらの結果を基に、干渉量の定量的評価法を提案し、医療テレメータの受信アンテナに対する直管型 LED・電球型 LED 及び電源線からの離隔距離推定を可能とする LED 照明からの電磁干渉評価法を確立した。これらの成果により、	**（4）電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）** 【科学的意義】 • 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、IEC の国際規格として発行され、国内では、5G 人体防護規制が世界に先駆けて我が国で導入され、提案手法に基づく測定システムが市販された。 • 従来製品に比較して性能が数倍向上した近接電磁耐性試験用新型 TEM ホーンアンテナを開発した。 • 国際単位系（SI）に紐づけ可能な 140～330GHz の電力標準を開発した。 • LED 照明からの雑音の空間分布および時間特性の統計的性質を詳細に明らかにし、医療テレメータへの干渉量評価を開発実証し、病院建築のガイドライン策定に寄与した。 • ミリ波帯の無線通信環境を改善可能な電波散乱壁について、メタマテリアル技術を用いて薄型化に成功した。

ばく露量特性を正確に把握するため、テラヘルツ帯までの周波数の電波について、マルチスケールのばく露評価を実現するための技術を研究開発するものとする。また、5Gやワイヤレス電力伝送システム等での利用も考慮して、6GHz 以上や10MHz 以下の周波数帯等における国の電波防護指針への適合性評価技術を開発するものとする。 さらに、国内研究ネットワークの形成・維持・発展を図るなど、電磁環境技術における国内の中核的な研究機関としての役割を果たすとともに、研究開発により得られた知見や経験に基づき、国際標準化活動や関連する国内外の技術基準等の策定に寄与することで安全・安心なICT技術の発展に貢			医療関連学会における若手奨励賞、国際学会における優秀賞を受賞し、レター及び論文が発行されたとともに、電波環境協議会や日本建築学会における「医療機関の電波利用に配慮した建築指針」策定における技術検討にも寄与した。当該指針は病院建築の際に国内ゼネコン等から参照されるものである。 • 複数の省エネ電気器（LED 電球）から発生する広帯域電磁妨害波（パルス雑音）について、測定系を整備し、測定によって LED 電球の個数増加と設置位置の変化に対する電磁妨害波形の変動を調べ、その要因を検討した。 • 電磁妨害波に関する共通規格（最も汎用性の高い規格）の標準化活動に参画し、 いかにして規制対象地域を区分するべきか、無線通信保護を目的とした適切な許容値を設定するための統計モデルの検討、直流給電機器に対する規制の考え方など、「規制の在り方に関する議論」に対して学問的立場から継続的な寄与・貢献を行い、住宅地域の装置に対する共通エミッション規格、商業及び軽工業地域のプロフェッショナル装置に対する共通エミッション規格、妨害波許容値設定モデルに関する標準化文書（テクニカルレポート）が発行された。 • 医療機器に対する無線デバイス（スマートフォン等）の近接利用を想定した電磁耐性試験用アンテナについて、数値シミュレーションによって独自構造を持つ TEM（Transverse ElectroMagnetic）ホーンアンテナの最適設計を行った後、電磁耐性試験法の国際電気標準会議（IEC）国際規格に適合するプロトタイプ開発に成功した。さらに、高効率かつ広帯域な特性を目指してアンテナ給電方法を検討した結果、従来製品に比較して 4 倍（6 dB）の高効率化および 2 倍の均一性向上（IEC 規格で要求される 4 dB 以内の均一照射試験領域の面積の拡大や広帯域な放射特性等）を実現し、電気電子機器の製品試験コストを大きく削減できることを実証した。これらの成果が学術論文誌に掲載された。関連して、従来の試験用アンテナに必要とされていたバランや抵抗装荷を不要とし、装置の小型化や製造コスト削減を可能とした。製品化に向けた最終調整では、高性能を維持しながら誘電体材料や保持構造の最適化を行い、知財実施契約の下で外部メー	• 誘電体内におけるパルス波の挙動を高速にシミュレーションできる計算手法を開発した。 • 身長・体重および体内の各臓器重量について、国際放射線防護委員会（ICRP）の参照値に準拠した小児数値モデルを世界で初めて開発した。 • 高精度かつ簡便な測定システムを開発し、テラヘルツ帯までの生体組織の電気定数データベースの構築を世界で初めて実現した。 • 人体ばく露の安全性評価のためのマルチスケールモデルを構築した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 人体安全性評価技術と標準化に関する国際ワークショップを開催するなど、電磁環境技術の国内外の基準策定へ貢献した。 • ミリ波帯までの生体組織の電気定数データベースを開発し、準ミリ波帯・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、我が国の電波防護指針改定版（総務省情報通信審議会答申）および世界初の 5G 人体防護規制（総務省令等）に反映されるとともに、WHO が推奨し、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。 • 無線機器の型式検定で義務付けられているレーダー不要発射試験を行う測定場の性能評価を行い、国際規

献するものとする。			カーからの発売を果たした。市販品においては、国際規格に定められる試験周波数範囲を 1 台でカバーできる世界唯一のアンテナである等の性能の高さから、試験法を検討する通信機器産業界団体から借用依頼に対して試作アンテナ等を貸し出すなど、製品試験におけるデ・ファクト化を推進した。また、中長期計画完遂後、さらなる小型化を目指してアンテナ構造の新形状を考案し、数値シミュレーションによって近傍電界の均一性を検証し、アンテナ長を50%とする小型化に成功し、特許を出願した。 • 広帯域な船舶用レーダー不要発射（スプリアス）電波を高速に測定する小型可搬システムを開発し、従来方式に比べて約 10 倍の高速化と 7 分の 1 の小型化を達成した。本開発システムは、可変バンドパスフィルターによる自作の前処理（フロントエンド）部と既製品の EMI（ElectroMagnetic Interference；電磁干渉） レシーバーによる高速処理部から構成される。プリセレクター部の設計として、フロントエンド部は YIG（イットリウム・鉄・ガーネット）フィルターの発熱対策を施し、高速処理部では極短パルスを測定可能な条件を明らかにし、リアルタイム並列測定が可能な市販測定装置の機種選定を行った。従来の逐次測定方式では3日間以上の測定期間を必要としたが、本開発システムでは、同調制御機能の開発を経て、高速フーリエ変換を利用することにより約 3 時間で測定可能（10 倍以上の高速化）となり、気象条件等の変化の影響を受けにくくなるため、測定精度向上及びコストの大幅な削減を可能とした。更に、従来方式では 19 インチラック 2 本分の機材を専用の 4 トントラックに積載していたが、本開発システムはラック 1/3 本以下のサイズであり、可搬ケースに収納可能である。これらの高速化・可搬化により、船舶用レーダーだけではなく近年利用が増えている気象レーダーや衝突防止レーダーの不要発射の現地測定の効率化・高速化等も可能とした。 • 電気自動車（EV）等において導入が見込まれるワイヤレス電力伝送（Wireless Power Transfer：WPT）や LED 照明等の普及において重要となる 30MHz 以下の放射妨害波測定に用いるループアンテナの新しい較正法を開発し、国際相互認証制度に準拠した ISO/IEC 17025 規格適	格を満足する測定場として、アジア初、世界で 2 か所目の認定を受けた。 • 新スプリアス規格への対応として、新たに必要となった 110 GHz 以上の国家標準トレーサブルな電力標準を開発した。 • 広帯域不要発射の測定期間を 1/10 以下とする高速試験・評価技術を確立し、船舶用レーダーの開発期間及びコストの大幅な削減を可能とした。 • 国際規格の大規模改定に対応するため、較正サービスに関する 100 編以上の手順書や管理文書を改定し、世界初の 300GHz 帯の電力計を含む数十種類の較正品目について較正サービスを提供した。 • 国内初の過去からの電波環境の推移を定量的に明確化するとともに、市街地および郊外における基地局周辺電波強度の空間分布の統計量を評価した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • 較正業務の改定を効率良く実施し、JCSS 認定を取得した。 • 医療機器等の近傍電磁耐性試験用の新型 TEM ホーンアンテナを考案（IEC 電磁耐性試験法国際規格に適合）および製品化した。 • 330GHz までの電力較正を世界に先駆け開始した。 • 令和 4 年 12 月から完全実施される

			合の較正サービスを開始し、IEC の国際無線障害特別委員会（CISPR）規格に反映される見込みである（令和３～令和４年度に発行見込み）。 • 超高周波電磁波に対する較正技術について、産業総合技術研究所との共同研究により 140GHz-330GHz の国家標準（国際単位系（SI））にトレーサブルな電力標準（等温制御型ツインドライカロリメータ）を開発し、その成果は IEEE 誌に掲載された。そして、同周波数帯用の市販電力計の較正装置を構築し、不確かさ評価を完了し、周波数 300GHz まで、途切れることなく、ミリ波帯電力計の較正サービスを世界で初めて開始した。これにより、無線システムの認証に必要なスプリアス電力測定の新規格値の移行期限（現在経過措置中であり令和 4 年 12 月 1 日完全施行）の一年以上前に無線設備の新規制への適合証明の取得に必要なミリ波帯電力計の較正を可能としてほしい」との 5G ベンダー等の無線機・測定機器メーカー等の要望に遅滞なく対応することができた。また、ミリ波帯電力の基準値を提供できることになり、 300GHz 帯の無線局免許交付に必要な電力測定を可能とし、同周波数帯の利用を想定しているB5G/6Gのわが国での研究開発を促進した。 • 広帯域不要発射（スプリアス）の計測法について、測定レンジ 400m の測定場を確保すると共に周波数 1GHz から 26GHz に亘る 123 波の実験用無線局免許を取得し、測定場の性能評価（電波環境・季節変動・広帯域伝搬特性）を行った。測定場の性能を改善するために、多重波伝播（マルチパス）対策として草地による拡散反射及び複数の電波吸収体による多重反射波防止壁を導入することで、受信アンテナの高さの変化に伴う受信電力の変動に対する国際規格の要求（受信電力変動 3dB 以内となる peak to peak 2.3dB）を満足した。国際規格を満足する測定場としては英国に次ぐ世界で２か所目（アジア初）であり、今後、無線機器の型式検定試験等で活用されることで、世界シェアの半分を占める国内レーダーメーカーの国際競争力が強化（レーダーの開発・試験にかかる期間・費用が大幅に節減）される見込みである。 • 国際電気通信連合（ITU）の無線通信部門（ITU-R）が令	新スプリアス規格に 1 年以上前倒しで対応することを可能とした。 • ミリ波帯アンテナ近傍の電力密度の簡便かつ高精度な測定法を提案し、提案法を技術移転し製品化された。 • LED 照明からの雑音の医療テレメータへの干渉量評価法開発により医療施設における無線利用ガイドライン策定に寄与した。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			和元年に開催した世界無線会議（WRC19）における275GHz 以上の新たな周波数特定の議論に対し、我が国で初めて開設した 300GHz 帯を用いた無線局を用いて、屋内における電波伝搬特性のデータを取得、成果がマイクロ波の世界最大学会（International Microwave Symposium; IMS）で産業分野最優秀論文賞や電波産業会（ARIB）電波功績賞を受賞するとともに、新規周波数特定を行うにあたり必要な情報を ITU に提供した。その結果、世界無線通信会議（WRC-19）において我が国として提案した 275-450GHz 帯の陸上移動及び固定業務への周波数特定が決まった。これにより 6G を含むテラヘルツ帯の電波利用技術の開発を促進した。 • テラヘルツ帯の電波を用いた非破壊検査や、ミリ波・マイクロ波帯を用いた IoT 機器に不可欠なセンサーに用いるパルス電磁界に関し、数値シミュレーションを行い、誘電体中における振る舞いを明らかにし、成果が令和元年度に学術論文誌に招待論文として掲載された。掲載論文は当該論文誌の年間最優秀招待論文賞を受賞した。また、パルス波形のピーク電力の測定法、及び、ピーク電力計の較正方法について検討を行った。 • IEC/CISPR（IEC/CISPR 16-1-6 改定作業）にて、検討が始まった 5G で利用される 28GHz 帯を含む 18～40 GHz の放射妨害波測定のうち、妨害波測定に不可欠なアンテナの較正、電波暗室の性能評価に関する研究を実施するとともに、CISPR 16-1-4～6 国際規格改定のための会議に参加した。 • 5G で利用されるミリ波帯の電波は、光のように直進性が強くなる、かつ、減衰が大きくなるため、送受信機の距離が近いにも関わらず、電波が届かない不感地帯が生じる。この不感地帯を解消するために、到来した電波を、あらゆる方向へ散乱させる壁面を開発した。アレイアンテナ理論を使った簡易設計法を考案、周期構造、メタマテリアル構造を採用した壁面を高速に設計し、数値シミュレーションにより、その有効性を示した。研究成果が論文掲載されるとともに、電子情報通信学会研究会の最優秀発表賞を受賞した。	

	（イ）生体EMC技術 人体が電波にさらされたときの安全性確保に不可欠な人体ばく露量特性をテラヘルツ帯までの周波数について正確に評価するための技術として、細胞～組織～個体レベルのばく露評価技術の研究開発を行う。 また、第5世代移動通信システム（5G）やワイヤレス電力伝送システム等の新たな無線通信・電波利用システムに対応して、10MHz 以下や 6GHz 以上の周波数帯等における電波防護指針適合性評価技術の研究開発を行う。		**（イ）生体EMC技術** • テラヘルツ帯までの人体の電波ばく露評価技術を開発するために、以下の検討を行った。 ➢ 人体を構成する皮膚や筋肉等の生体組織の電磁気的特性測定の詳細な不確かさ評価（信頼性の度合いの定量的な評価）を行うとともに、テラヘルツ時間領域分光システムを用いた角膜のリアルタイム誘電特性評価法を確立し、テラヘルツ帯に含まれるサブミリ波帯までの生体組織の電磁気的特性のデータベースを構築し、その予測モデルを構築した。家兎角膜組織のテラヘルツ帯反射率を生体内と試験管内条件において比較し、テラヘルツ時間領域分光システムを用いた角膜のリアルタイム誘電評価法を確立し、誘電特性予測モデルを開発した。開発した評価法を用いて、角膜の誘電特性をリアルタイムに評価することで、高強度テラヘルツ帯電波ばく露による誘電特性の変化と眼細胞に障害を生じる温度との関係を明らかにし、成果が論文誌（IF>3.9）に掲載された。得られた成果は、総務省で実施している非熱作用を含む確立されていない作用に関する医学・生物研究のためのばく露評価やメカニズム解明の検討に寄与した。生体組織の電磁気的特性のデータベースは今後一般公開予定である。 ➢ マルチスケールばく露評価のベースモデルとなるメッシュ構造数値人体モデルを開発し、末梢血管や神経細胞組織・ネットワーク等の詳細構造、角質の層構造などの分子レベルのナノスケール構造をモデル化し、メッシュ構造数値人体モデルに組込むことで、ミリメートルからナノメートルまでのスケールの異なる解剖、組織構造を有したマルチスケールモデルを世界で初めて開発した。また、身長・体重および体内の各臓器重量について、国際放射線防護委員会（ICRP）の参照値に準拠した小児数値モデルを世界で初めて開発し、詳細な人体ばく露評価結果が IEEE 誌（IF>4）に掲載されるとともに、WHO が加盟国に参照することを推奨している国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）のガイドライン改定版の根拠として採用され、携帯電話基地局に対する安全許容値の不必要な厳格化を阻止した。数値人	

			体モデルは今後一般公開予定である。 ➢ 人体を構成する皮膚や筋肉等の生体組織の電磁気的特性や数値人体モデルの研究開発の成果を用いて5G 等で用いられる準ミリ波・ミリ波帯において人体に入射する電波の強度と体温上昇の関係を定量的に明らかにした成果が国際学術論文誌に論文掲載されるとともに、我が国の電波防護指針改定版（総務省情報通信審議会答申）および世界初の 5G 人体防護規制（総務省令等）に反映されるのみならず、WHO が加盟国に参照することを推奨している国際非電離放射線防護委員会（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。 ➢ 100kHz 帯の電波を利用する電気自動車用 WPT システム等による人体の電磁界ばく露量をより高精度に評価する手法として、これまでに確立していない 100kHz 帯における SAR や内部電界の直接測定法を開発するために、液剤中で使用可能な光電界センサーの試作や液剤中でのアンテナ較正法の拡張について検討し、外部磁界による誘導電界の実験的評価を実施し、成果を学会で発表した。より精密な適合性評価方法が利用できることで、WPT システムの開発・普及を大きく後押しするより効率的な電波利用（より大電力での WPT 給電）を可能とした。 • 新たな無線通信・電波利用システムの電波防護指針への適合性を確認するための評価技術を開発するために、以下の検討を行った。 ➢ 最新の 5G 端末（Sub-6GHz）の人体防護指針値の指標である単位質量当たりの吸収電力である比吸収率（Specific Absorption Rate; SAR）評価を可能とするためのシステム開発を行った。SAR の次世代型超高速測定システム（アレイ化測定システム）の不確かさ（測定の信頼性）の評価のために、4G/LTE 端末および 5G 端末（Sub-6GHz）35 機種（周波数、変調条件、人体モデルとの位置関係等ののべ 3500 条件）についての大規模データ取得を行い、適合性評価の高速化法の妥当性を検証し、成果を研究集会等で報告した。 ➢ kHz から MHz の周波数を用いた大電力ワイヤレス電	

			力伝送（Wireless Power Transfer：WPT）システム等の適合性評価に関する不確かさ評価や実証データを取得し、得られた成果を国際学術論文誌に掲載するとともに、国際規格標準化会議に寄書し、IEC 技術報告書に反映されるとともに、国際規格の策定作業に貢献した（国際規格の発行は令和 4 年度を予定）。また、より高い周波数帯でビーム状の電波を利用したビーム制御マイクロ波 WPT システムの屋内での利用を想定し、ビームの向きや鋭さ、壁による反射を考慮した防護指針への適合性評価方法について検討し、成果を学会等で発表するとともに、総務省情報通信審議会での審議や国際標準化会議での審議に寄書した。 ➢ 5G/WiGig システム等のミリ波帯携帯無線端末の適合性評価方法の妥当性・不確かさ評価等に関する検討を行い、成果が IEEE 誌（IF>4）に掲載されるとともに、IEC 国際標準化会議に寄書され、IEC 技術報告書に反映されるとともに、令和 2 年度に回付された IEC 国際規格投票用委員会原案（CDV）にも反映され、国内規制導入のための総務省情報通信審議会答申やその後の世界に先駆けた 5G の国内人体防護規制（総務省告示）にも反映された。提案手法を実現するために、5G 端末等の適合性評価用プログラムコードを国内企業に技術移転（数学的処理部分のプログラムを有償提供）し、当該手法に基づく製品の市販が開始された。当該手法と異なる手法に基づく市販システムを用いた5Gを想定した波源の入射電力密度のデータ取得及び評価を実施し、IEC/IEEE が主導する国際機関間比較に参加し、国際規格の信頼性向上に貢献した。 ➢ 5G システムの実用化に伴い、同一筐体からの複数周波数の電波ばく露を想定した評価法の確認を行うため、模擬端末の開発を行うとともに、適合性評価データを取得した。本成果を元に同一筐体からの複数周波数の電波ばく露をより適切に評価するための条件等の明確化を行い、5G システムの利用拡大に貢献するより効率的でかつ信頼性のある適合性評価法を提案することを可能とした。 ➢ 国内の携帯電話端末に義務づけられているSAR 測定	

			に必要な SAR 較正業務について、国内唯一の較正機関として着実に実施するとともに、較正業務の効率化及びその妥当性評価・検証を行った。また、新たな周波数帯（5G Sub-6GHz 帯）の SAR プローブ較正システムを構築し、その妥当性を評価した。これにより、適合性評価の不確かさ低減（信頼性向上）を可能とするとともに、業務の持続的推進についての道筋をつけた。 ➢ 日常生活における電波環境を網羅的に明確にするために、過去に実施したことがある場所（屋内外）における携帯電話基地局周辺電波環境の測定を行い、わが国で初めて過去からの電波環境の推移を定量的に明確化するとともに、市街地および郊外における基地局周辺電波強度の空間分布の統計量を評価した。 得られたモニタリングデータに基づき、電波利用の発展と拡大にともなうリスクの可能性について、適切な説明と対話を可能にするリスクコミュニケーションの在り方について検討を行うため、有識者・関係者にヒアリングを行った。	
	大学・研究機関等との研究ネットワーク構築や共同研究の実施等により、電磁環境技術に関する国内の中核的研究機関としての役割を果たすとともに、研究開発で得られた知見や経験に基づき、国際標準化活動や国内外技術基準の策定等に寄与すると同時に、安心・安全なＩＣＴの発展に貢献する。		• 大学・研究機関等との共同研究（実績：大学 21、国立研究機関 4、公益法人 2、民間企業 4、省庁 1）や協力研究員 29 人の受入などによる研究ネットワーク構築、オープンフォーラム NICT/EMC-net（主に産業界からの要望取得と議論を行う場として設置し、傘下の 4 研究会およびシンポジウムに延べ 1500 名以上が登録（うち研究会登録会員延べ数は約 700 人））、国際ワークショップの開催（平成 28 年度（5G 等の人体防護ガイドラインに関する国際ワークショップ）および令和元年度（5G システム等の最新電波利用技術に対する電波ばく露の人体安全性評価技術と標準化に関する国際ワークショップ））の活動などを通じて、電磁環境技術に関する国内の中核的研究機関として役割を果たした。 • 研究開発で得られた知見や経験に基づき、また EMC 分野における唯一の国研として、下記に示す通り国際電気通信連合（ITU）、国際電気標準会議（IEC）、世界保健機関（WHO）、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）等の国際標準化および国内外技術基準の策定に対して大	

			きく貢献した（人数はいずれも延べ）。活動実績は機構において最大規模（平成 30 年度実績では出席者数は機構の 27%（86 件）、寄与文書数は 20%（45 件））である。 ➢ 国際会議エキスパート・構成員延べ 264 名・年、国際寄与文書提出 174 編、機構寄与を含む国際規格の成立 38 編など。 ➢ 国内標準化会議構成員延べ 401 名・年（うち議長・副議長延べ 69 名・年）、文書提出 199 編、国内答申 12 編など。	
３．機構法第 14 条第 1 項第 3 号から第 5 号までの業務 機構は、機構法第 14 条第 1 項第 3 号（周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報）に基づき、社会経済活動の秩序維持のために不可欠な尺度となる周波数標準値を設定し、標準電波を発射し、及び標準時を通報する業務を行っている。 また、機構は、機構法同条同項第 4 号（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）に基づき、短波帯通	**３．機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務** **３－１．機構法第 14 条第 1 項第 3 号の業務** 機構法第 14 条第 1 項第 3 号は、正確な時刻及び周波数の維持に不可欠な業務を規定したものである。この業務は、社会経済活動の秩序維持のために必要不可欠な尺度となる周波数標準値の設定、標準電波の発射及び標準時の通報を行うものであり、正確な時刻及び周波数の維持に不可欠である。このため、機構は関連する研究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。	＜評価軸＞ ● 業務が継続的かつ安定的に実施されているか。 ＜指標＞ ● 各業務の実施結果としての利用状況（評価指標） ● 各業務の実施状況（モニタリング指標）	**３．機構法第 14 条第 1 項第 3 号、第 4 号及び第 5 号の業務** **３－１．機構法第 14 条第 1 項第 3 号の業務** • 機構法第 14 条第 1 項第 3 号業務については、日本標準時の発生において、神戸副局の運用を開始しバックアップ局として安定維持すると共に、ダウンタイムなく協定世界時 UTC への同期を安定に保ちつつ（±20ns 以内）運用を行った。標準時の供給においては、送信所において度重なる自然災害による受電停止等にも自家発電装置等で対応して標準電波を連続送信（稼働時間率 99.99%以上）すると共に光テレホン JJY（9 万アクセス/月）、テレホン JJY（12 万アクセス/月）、NTP（40 億アクセス/日）（括弧内は令和 2 年 10 月実績）など各種手法による供給を安定に行った。さらに機構本部及び標準電波送信所の標準信号発生機器の更新を計画に基づき実施するとともに電源設備の二重化や空調設備の総点検等、システムの経年劣化による事故を未然に防ぐ対策を実施した。	**1-（3）電磁波計測基盤技術（時空標準技術）に含めて自己評価** 機構法第 14 条第 1 項第 3 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定に実施すると共に、神戸未来 ICT 研究所内に日本標準時副局を設置して本部大規模被災時の代替機能を確保した。標準時の供給においては、各種手法による供給を安定に行った。さらに、標準信号発生機器の更新を計画に基づき実施した（機構本部及び標準電波送信所）。
	３－２．機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 4 号は、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		**３－２．機構法第 14 条第 1 項第 4 号の業務** • 機構法第 14 条第 1 項第 4 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、第 4 期計画期間を通して滞りなく遂行し、適切な情報提供を行った。 • 宇宙天気予報センター神戸副局を開設し、予報業務に関わるシステムの冗長化を実現すると共に、宇宙天気予報業務の 24 時間化を開始した。	**1-（2）宇宙環境計測技術に含めて自己評価** 機構法第 14 条第 1 項第 4 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施した。さらに、神戸副局を開設し、システムの冗長化を実現すると共に、業務の

信の途絶や衛星測位の誤差増大等の影響を生じさせる太陽活動や地磁気及び電離圏の乱れ、宇宙放射線の変動に関する観測や予報・警報を行っており、安定的な社会経済活動の維持に不可欠な電波の伝わり方の観測等の業務である。 さらに、機構は、機構法同条同項第５号（無線設備（高周波利用設備を含む。）の機器の試験及び較正）に基づき、社会経済活動に不可欠な無線設備の性能に関する試験や測定結果の正確さを保つための較正を行っており、電波の公平かつ能率的な利用を実現するためには不可欠な業務である。 これらの業務は、社会経済活動を根底から支えている重要な業務であり、継続的かつ安定的に実施する	したものである。この業務は、短波帯通信の途絶や衛星測位の誤差増大等の影響を生じさせる太陽活動や電離圏の乱れ、宇宙放射線の変動に関する観測や予警報（いわゆる宇宙天気予報）を行うものであり、安定した電波利用に不可欠である。このため、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。		• 国内４か所（稚内、国分寺、山川、沖縄）の電離圏定常観測システムについて、観測頻度を 15 分毎から 5 分毎へ向上させるとともに、送受信機の冗長系を整備し、観測システムの高機能化・安定化を進めた。 • 近年の予報データを用いて宇宙天気予報の予測精度の評価を実施するとともに、1950 年代の電波警報業務にまでさかのぼって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行っている。 • 日本、フランス、オーストラリア、カナダのコンソーシアムとして、国際民間航空機関（ICAO）宇宙天気センターに選出され運用を開始した。 • 太陽放射線被ばく警報システム　WASAVIES を開発し、ICAO 宇宙天気センターの重要情報として航空各機関への情報提供を開始した。	24 時間化を開始した。加えて、国際民間航空機関（ICAO）宇宙天気センターに選出され運用を開始した。また、過去の電波警報・宇宙天気情報資料をデジタル化し外部公開した。
	３－３．機構法第 14 条第 1 項第 5 号の業務 機構法第 14 条第 1 項第 5 号は、高周波利用設備を含む無線設備の機器の試験及び較正に関する業務を規定したものである。この業務は、社会経済活動に不可欠な無線設備の性能に関する試験や、その測定結果の正確さを保つための較正を行うものであり、電波の公平かつ能率的な利用を実現するためには不可欠である。このため、機構は関連する研究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。		**３－３．機構法第 14 条第 1 項第 5 号の業務** • 機構法第 14 条第 1 項第 5 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施し、電波の公平かつ能率的な利用の実現に貢献した（較正件数 325 件）。 • 国際相互認証（国際 MRA）を可能とする ISO/IEC17025 規格の大幅改定に対応するために、100 編以上の手順書や管理文書を改定し、ISO/IEC17025 規格が要求する事項を満たす事業者である旨を示す JCSS（Japan Calibration Service System）認定のための現地審査への対応を、業務を止めることなく行い、認定機関からの指摘事項ゼロという高評価で、登録を完了した。これにより、国際 MRA 認定を取得し、機構による較正結果が、世界中で受入れられ、諸外国との取引において、重複して行われていた試験を省ける One-stop Testing を可能にした。 • 令和4年 12 月 1 日から、無線局が備えるべき技術基準のうち、不要発射（スプリアス）測定周波数の範囲が最大 300GHz になることや、300GHz 帯の周波数利用が見込まれている 6G システムの研究開発が本格化してきていることから、100GHz 超の電力計の較正サービスについて、110-170GHz の較正サービスを着実に実施しつつ（14 件）、170-220GHz、220-330 GHz の較正サービスを	**1-（4）電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）に含めて自己評価** 機構法第 14 条第 1 項第 5 号に定める業務を、関連する研究開発課題と連携しながら、継続的かつ安定的に実施した。さらに、ISO/IEC17025 規格対応のために管理文書等の改定を行い、JCSS 認定を、業務を止めることなく完了し、合わせて、国際 MRA 認定を取得し、One-stop Testing を可能にした。また、75Ω 系の電力計較正システムの ISO/IEC17025 対応を完了し、我が国で初めて、JCSS 登録事業者としてのサービスを開始した。また、100GHz 超の電力計の較正サービスについて、110-170GHz の較正サービスを着実に実施するとともに、220-330GHz の較正サービスを世界で初めて開始した。

ものとする。本業務は、「1. ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等」における研究開発課題の一定の事業等のまとまりに含まれるものとし、評価については、別紙2に掲げる評価軸及び指標を用いて、研究開発課題と併せて実施する。			世界で初めて開始した（6 件；170-220GHz については令和２年度に開始）。 • 4K/8K 放送の受信設備等に必要な 75Ω 系の電力計較正システムの ISO/IEC17025 対応を完了し、我が国で初めて、JCSS 登録事業者としてのサービスを開始した（8 件実施）。これにより、我が国の国家標準に遡ることが可能な基準値を提供できるだけでなく、国際 MRA 認定も合わせて取得したことで、受信設備の輸出に必要な性能試験を、国内で実施できるようになり、輸出先で行っていた試験に掛かる経費の削減を可能にした。	

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日(水)　13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井　善則	委員長	東京工業大学　名誉教授
速水　悟	委員	岐阜大学　工学部　電気電子・情報工学科　教授
安藤　真	委員	東京工業大学　名誉教授
飯塚　久夫	委員	一般社団法人　量子 ICT フォーラム　総務理事
太田　勲	委員	兵庫県立大学　学長
國井　秀子	委員	芝浦工業大学　客員教授
松井　充	委員	三菱電機株式会社　開発本部　役員技監
安浦　寛人	委員	九州大学　名誉教授
渡辺　文夫	委員	Fifth Wave Initiative　代表

3. 委員長及び委員からのコメント
- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （センシング基盤分野について）中項目の電磁環境技術の期末は S 相当である（自己評価は A）。300GHz までの測定系を整備したことや5Gへ向けての高い周波数、ミリ波、またその先までのいわゆる生体への影響の指針を、社会実装に近いところまで明らかにしたことは高く評価できる。

（全体を通して）

- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／6Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第 4 期中長期目標期間評価項目別自己評価書（No.2 統合 ICT 基盤分野）

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

2. 主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
査読付き論文数	―	310	262	244	300	210
論文の合計被引用数※1	―	630	731	711	1,002	1,042
実施許諾件数	38	40	34	35	40	30
報道発表件数	16	3	8	9	5	7
標準化会議等への寄与文書数	201	114	110	95	86	47

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※2

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	7,099	6,845	6,359	7,339	15,944
決算額（百万円）	7,007	6,753	6,046	6,357	9,818
経常費用（百万円）	7,283	7,275	6,720	6,160	9,056
経常利益（百万円）	25	142	△172	409	△213
行政コスト※3（百万円）	13,579	10,144	6,068	6,861	9,164
従事人員数（人）	53	54	55	57	59

※1 合計被引用数は、当該年度の前 3 年度間に発表した論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用総数（当該年度の 3 月調査）。

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

※3 平成 30 年度までは行政サービス実施コストの値。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1．ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等 **（2）統合ICT基盤分野** 世界最先端のICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「社会を繋ぐ」能力として、通信量の爆発的増加等に対応するための基礎的・基盤的な技術が不可欠であることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	**1－2．統合ICT基盤分野** 通信量の爆発的増加や通信品質・利用環境の多様化等に対応する基礎的・基盤的な技術として、革新的ネットワーク技術、ワイヤレスネットワーク基盤技術、フォトニックネットワーク基盤技術、光アクセス基盤技術、衛星通信技術に関して基礎から応用までの幅広い研究開発を行う。これにより様々なICTの統合を可能とすることで、新たな価値創造や社会システムの変革をもたらす統合ICT基盤の創出を目指す。	＜評価軸＞ • 研究開発等の取組・成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きなものであるか。 • 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 • 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組		評点	A
				この分野では以下の各項目に記載するとおり実施し、中長期目標を着実に達成する顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。 【科学的意義】 • 革新的ネットワーク技術について、レベルの高い研究成果を継続的に創出し、インパクトファクタやサイテーションが高い論文誌に多くの論文が採択されている。 • 工場等製造現場における無線通信の適用モデルの策定を進め、SRF 無線プラットフォームによるブリッジ処理を提案し、IEEE における工場無線のホワイトペーパーを作成した。 • 超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、マルチコア光ファイバに加え光スイッチや光増幅器でも世界トップレベルの研究成果を数多く継続的に創出し、常に世界を牽引している。 • 光通信デバイス分野において、多くの世界トップレベルの研究成果を継続的に創出し、また「100 G アクセス」について、中長期計画を超える世界最大級容量の 130		

		（技術シーズを実用化・事業化に導く等）が十分であるか。 ＜指標＞ • 具体的な研究開発成果（評価指標） • 査読付き論文数（モニタリング指標） • 論文の合計被引用数（モニタリング指標） • 研究開発成果の移転及び利用の状況（評価指標） • 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数（実施許諾件数等）（モニタリング指標）		Gbps 超級の光・無線シームレス接続を達成した。 • 世界初の 10 Gbps 級の伝送速度の衛星搭載用超高速通信機器を開発し、また、SOTA と光地上局間で光子レベルの量子通信実験に世界で初めて成功した。 【社会的価値】 • ICN/CCN について、通信基本ソフトウェアプラットフォーム「Cefore」を開発し、オープンソースとして公開、Cefore を組み込んだネットワークエミュレータ、ICN オープンテストベッドも開発し、欧州 GEANT への接続し、日欧共同公募プロジェクト ICN 2020 の実験検証基盤として活用された。 • 自営網と 5G の公衆網の認証・連携するモデルにより、自営マイクロセルの技術実証を進めた。実用化に資する技術規格に貢献した。 • 超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、中長期計画に加え、早期実用化に適した標準外径のマルチコアファイバの開発を開始し、力を入れている。 • 「100 G アクセス」について、時速 500 km を超える高速鉄道へ適宜 20 Gbps 級信号を配信することが可能であることを原理的に実証した。 • 衛星-5G/B5G 連携検討会の開催からスペース ICT 推進フォーラムの設立へと発展させたこと、ESA と連携して衛星 5G トライアルの立

		• 報道発表や展示会出展等を受けた各種メディア媒体の反響状況（評価指標） • 報道発表や展示会出展等の取組件数（モニタリング指標） • 共同研究や産学官連携の状況（評価指標） • データベース等の研究開発成果の公表状況（評価指標） • （個別の研究開発課題における）標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） • （個別の研究開発課		案したことなど、衛星 5G に向けた具体的な取り組みを進めた。 【社会実装】 • IETF においてマルチキャスト通信経路状態を把握するための手法「マルチキャスト網トレース」が標準化文書として認定、ITU-T SG13 において、IoT ディレクトリサービスに関する勧告 Y.3074、AI によるネットワーク資源制御に関する勧告 Y.3177 が承認された。 • SUN の超省電力仕様の MAC 開発実装により実用性を高め、多数無線機連携動作および省電力動作について民間企業への技術移転と並行して社会展開を進めた。 • 超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、標準外径マルチコアファイバでの大容量伝送実証に加え、産学と連携しイタリアのラクイラ市の実環境テストベッドにおける実証実験を行った。産学連携のもと、光ファイバ・ケーブルの標準化を見据え、ITU-T で標準化議論を主導した。 • 災害に強い光ネットワーク技術について、通信キャリア間での暫定共用パケット転送網の建設・自動制御のデータ層相互接続実験を、世界で初めて実施し、機密情報漏洩なしの全自動制御を実現、さらに資源提供の対価に基づいたビジネスモデルの観点を取り入れたキャリア間需給マッチングプラットフォームの開発と評価を行った。

		題における）標準化や国内制度化の寄与件数（モニタリング指標） 等		• 産学連携のもと、リニアセルレーダシステムの社会実装につながると取り組みを成田国際空港及びマレーシアのクアラルンプール空港で実施した。また、時速 240 km で走行する北陸新幹線とミリ波による 1.5 Gbps の世界最大級大容量伝送実験に成功した。 • 光衛星通信の実用化の気運を高めた。特に機構主導で光衛星通信に関する CCSDS グリーンブック完成とマジェンダブックの完成により、機構の開発技術が宇宙通信システムに活用される可能性が高まった。
○革新的ネットワーク技術 革新的なネットワークの実現に不可欠となるネットワークアーキテクチャ及び基礎技術の高度化を先導するため、IoT サービスのアプリ	**（1）革新的ネットワーク技術** 革新的なネットワークの実現に不可欠となるネットワークアーキテクチャ及び基礎技術の高度化を先導する研究を行う。 具体的には、IoT（Internet of		**（1）革新的ネットワーク技術** ○ネットワークの利用者（アプリケーションやサービス）からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術として、以下の研究開発を実施した。 • 先ず、複数サービス間に対する仮想化資源の分配及び調停について、平成 28 年度は、認知型調停機構の自動化について、多様な品質要求を持つ仮想ネットワークサービスを提供中に、機械学習の一つである強化学習を適用した資源マイグレーションによってサービス品質を向上させる手法を設計した。本提案はネットワーク管理分野の代表的な国際会議 IFIP/IEEE IM 2017 に採択された。また、ネットワーク・	**（1）革新的ネットワーク技術** 【科学的意義】 ○ネットワークの利用者（アプリケーションやサービス）からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術として、 • ネットワーク・サーバ挙動の監視・分析・調整・割付を繰返して各仮想網内でサービスに必要な資源量を見積るための「ネットワーク資

ケーションやクラウドの進化等を十分に踏まえつつ、平成 42 年（2030年）頃のネットワーク制御の完全自動化を目指した基礎技術の研究及びネットワークインフラ上を流通する情報（データ、コンテンツ）に着目した新たなネットワークアーキテクチャの平成32年度までの確立を目指した研究を行い、科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きな研究成果の創出を目指すものとする。 なお、ネットワークアーキテクチャの確立のためには関係企業・団体との連携が不可欠であることから、中長期計画において機構の役割を明確化しつつ、産	Things：モノのインターネット）の時代に求められる柔軟性の高いネットワークの実現を目指して、ネットワークの利用者（アプリケーションやサービス）からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術及び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に関する研究を行う。IoT サービスのアプリケーション、クラウド技術及び仮想化技術の進展等を十分に踏まえつつ、広域テストベッド等を用いた技術実証を行うことで、平成 42 年頃のネットワーク制御の完全自動化を目指した基礎技術を確立する。 また、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		サーバ挙動の監視・複合イベント処理（分析）・割付・調整を繰返し、サービスに必要な資源量を見積る自動資源調整方法の設計と設定自動化の設計を行った。自動資源調整方法の基礎設計は IEEE/IFIP ICIN 2017 で発表した。 • 大規模デバイス管理自動化のため、 IoT ディレクトリサービスを設計・開発した。当システムは 10 億レコード規模の IoT デバイスの属性情報を、10 ミリ秒以内の低遅延応答で安全に提供することを目指して設計され、機構内 1 億レコードから抽出された 10 万レコードの単一データベースで基礎実験を行い、平均 5.12 ミリ秒、99.6%の要求が 10 ミリ秒以内に応答される性能を得られることを検証した。 • 平成 29 年度は、エラスティック性能安定化と分散制御機構に関連して、以下の成果を創出した。 • サービス品質要求およびトラヒック時変動に応じて、CPU 飽和発生や経路変更等に起因するサービス品質劣化の抑制に向け、複数の仮想ネットワークの計算・通信資源を投機的に自動分配調停する機構の応用にサービス機能チェイン (SFC: Service Function Chaining) を定め、複数の SFC 間で計算機資源を自動調停する機構を世界で初めて設計し、ネットワーク運用管理に関する代表的な国際会議 IEEE NOMS 2018 で発表した。資源固定割当法と比較し、全てのサービス機能チェインにおける CPU 飽和発生頻度を 90%以上低減でき、サービス品質向上に寄与できることを確認した。また、資源固定割当法では、同程度の CPU 飽和発生頻度を達成するには 2 倍の資源が必要なことから、提案手法によって資源利用効率を向上できることを確認した。あわせて、複数のサービス機能チェイン (SFC) 間で計算機資源を自動調停する機構に関して通信事業者の研究所と共同研究を開始した。 • ネットワークの大規模障害・復旧の過程において、制御機能を自律分散的に再構築するリアクティブ型分散制御機構の実装を行い、国際会議 iPOP 2017 にて動態展示を行った。 • 自動資源調停制御の実証実験環境構築に向け、相互接続性や実用性の高い IETF (Internet Engineering Task Force) 標準の SFC アーキテクチャに準拠したデータ転送基盤を開発した。通過パケットのフィルタリングおよび組織内外のネットワーク間の IP アドレス変換サービスを想定し、Firewall と NAT の機能を網内に設定して、SFC のデータ転送を立証した。 • ネットワーク・サーバ挙動の監視・分析・調整・割付を繰返して各仮想	源分配自動調停技術 ARCA」について、相互接続された1マイクロサービスとしてモデル化し、ARCA の各コンポーネントのアルゴリズムを定式化し、資源利用のピーク時およびバースト時に、ユーザーの資源要求棄却を 30%削減できることを確認、さらにネットワークモニタリング及び各サービス内の資源調整制御を行うAI/ML の組み込み性能向上を図った。 • 複数の仮想ネットワークの計算・通信資源を投機的に自動分配調停する機構の応用にサービス機能チェイン (SFC) を定め、複数の SFC 間で計算機資源を自動調停する機構を世界で初めて設計し、資源固定割当法と比較し、全てのサービス機能チェインにおける CPU 飽和発生頻度を 90%以上低減でき、サービス品質向上に寄与できることを確認した。 ○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に関する研究として、IoT エッジコンピューティング技術の研究を実施し、複数のサービスに簡便に提供可能なネットワーク基盤を実現するインフラ層とプラットフォーム層の 2 階層のアーキテクチャを考案し、低遅延処理や省電力性を損ねることなく、階層間の制御メッセージ量を従来手法に比べ 1/100 に削減した。 ○新たな識別子を用いた情報・コン

学官連携によって研究開発成果の最大化を目指すことを明確化するものとする。また、これまでの新世代ネットワーク技術の研究開発に関する総括を踏まえて、今後のネットワーク研究やテストベッド構築等の活動方針を中長期計画に反映させるものとする。	型のネットワーキングに関する研究として、大容量コンテンツ収集・配信並びにヒト・モノ間及びモノ・モノ間の情報伝達等をインターネットプロトコルよりも高効率かつ高品質に行うため、データやコンテンツに応じて最適な品質制御や経路制御等をネットワーク上で自律分散制御に基づき実行する新たな識別子を用いた情報・コンテンツ指向型のネットワーク技術に関する研究を行う。広域テストベッド等での実証実験を行うことで、新たなネットワークアーキテクチャとして確立を目指す。 なお、本研究の実施に際しては、研究成果の科学的意義を重視しつつ、ネットワークアーキテクチャの確立を目指して関連企業・団体等との成果展開を見据えた産学官連携を		網内でサービスに必要な資源量を見積るための「ネットワーク資源分配自動調停技術 ARCA (ARCA: Autonomic Resource Control Architecture)」を、実用性能訴求と標準化寄与のためにクラウド環境構築用のソフトウェア群 OpenStack 上で資源調整プラットフォームとして実装し、RedHat Innovation Award Asia Pacific を受賞した。また、ARCA が行う、外部および内部のイベント検出データを相関付け、要求する資源量との関係性を学習する資源調整システムに関し、システムに15%程度の余分な資源を割り当てることで、資源リクエスト棄却を回避可能であることを確認した。成果を国際会議 ICIN 2018 で発表した。 • システムが要求する資源量を決定するのに外部イベント検出器から得られたデータ分析が有効であることを立証した。ARCA を、相互接続された1マイクロサービスとしてモデル化し、ARCA の各コンポーネントのアルゴリズムを定式化した。資源利用のピーク時およびバースト時に、ユーザーの資源要求棄却を 30%削減できることを確認した。成果をインパクトファクタ 4.682 の IEEE TNSM (Transactions on Network and Service Management) 誌で発表した。 • 平成 30 年度は、ネットワーク環境の変化に俊敏に対応するサービス品質保証技術として、以下の成果を創出した。 • ネットワーク資源分配自動調停技術 ARCA の拡張を行い、仮想ネットワークサービスの維持に必要な「計算コスト（設定されたサービス品質維持に必要な資源総量、運用時間、資源調整時間、パケット棄却によるサービス品質低下した場合に生じるペナルティ、から導出）」を関連手法と比べて 12%以上削減可能であることを示した。この研究成果は、ICIN 2019 にて発表された。 • IA-SFC（Intelligent Adaptive Service Function Chaining：複数のサービス機能チェイン間で計算資源を自動調停する機構）に対して、AI を適用したネットワーキング技術研究を開始し、総務省直轄委託プロジェクトを民間企業 3 社と共に受託した。 • 5G におけるスライシング技術の自動化手法に関する論文を ITU の旗艦国際会議である Kaleidoscope 2018 国際会議に投稿し、最優秀論文賞を受賞した。本論文では、ネットワーク構築技術で用いられる機械学習・AI 技術を分類し、ネットワーク制御自動化に不可欠であるネットワークスライスの設計、構築、展開、運用、制御、管理を担うネットワーク機能を定義し、トラフィック変動に対してサービス品質を維持するための動的なネットワーク資源調整ならびに運用に役立つ機械学	テンツ指向型のネットワーク技術 (ICN/CCN) に関する研究として、 • 移動体通信方式を設計し、CCNx と比較してハンドオーバー時のデータ損失、およびデータ取得時間を半減することが可能であることを確認した。 • 高品質なストリーミングを実現する L4C2 の基本設計およびシミュレーション評価し、CCNx と比較して制御トラヒックを 80%削減し、QoE を最大 25%向上した。 • Blockchain 技術を活用したユーザーとコンテンツに対する分散管理機構を設計した。 ○レベルの高い研究成果を継続的に創出し、インパクトファクタやサイテーション（他論文からの参照数）が高い論文誌に多くの論文が採択された。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ成果の創出や将来的な顕著な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 ○ネットワークの利用者（アプリケーションやサービス）からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術として、 • ARCA の実用性能訴求と標準化寄与のためにクラウド環境構築用のソフトウェア群 OpenStack 上で資源調整プラットフォームとして実

	推進する。また、これまで新世代ネットワーク技術の研究開発において得られた知見や確立した技術及び構築したテストベッド等の総括を踏まえた上で本研究を進める。		習・AI 技術について、IoT ディレクトリサービスをユースケースに挙げた。 • 令和元年度は、ARCA にネットワークモニタリング及び各サービス内の資源調整制御を行う AI/ML (Machine Learning) の組み込みを実施した。また、ARCA と、IoT ディレクトリサービスを統合し、資源自動制御機構を広域テストベッド等で性能評価を行った。またネットワーク構築制御自動化技術の総括論文を IEEE Comm. Std. Mag. で発表した。 • 民間企業 3 社と共に受託した総務省直轄委託プロジェクトに対し、これまで研究を実施してきた IA-SFC に対して AI を適用したネットワーキング技術研究を継続して実施した。計算資源の利用状況を時系列として扱い、これを AI に学習させることで安定的な SFC の移行・再構成案を導くアルゴリズムを開発し、国際会議 IEEE NetSoft 2019 に投稿・採録された。 • サービス機能チェイン検証基盤を用いた産学官 9 社での連携実験の成果が、OECC/PSC’19 の最優秀論文 （通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 令和 2 年度は、ARCA に AI/ML の組み込みを実施するとともに、IoT-DS を組み込んだ資源自動制御機構をテストベッドで検証し、ITU Kaleidoscope’20 にて発表した。国内キャリアと共同で、ARCA コントローラから国内キャリアのスライスゲートウェイを制御する検証実験を行い、相互接続性を立証。また、海外キャリアとの連携実験に向けて設計論文を発表 (IFIP/IEEE NOMS’20) し、接続インターフェース開発した。 • サービス機能チェイン (SFC) 基盤の検証環境をテストベッド (JOSE) 上に構築し、国内企業 4 社と合同で 100 ノード超規模の連携実験を実施し、障害やトラヒック変動等発生時における高速な（秒～分単位の）資源自動調整を実証した。AI を活用した計算機資源自動調整技術に関する成果について、国内企業 3 社と合同で TM Forum にて技術内容展示を行うとともに、IEEE NetSoft’20 で発表した。また、当該技術を含む総務省直轄委託研究成果の総括論文を、IEEE APNOMS’20 で基調講演した。 ○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に関する研究として、分散配置された多数のデバイスから	装した。 • IA-SFC について、総務省直轄委託プロジェクトを民間企業 3 社と共に受託、サービス機能チェイン検証基盤を用い国内企業 9 社で連携実験や TM Forum にて合同で技術内容の展示を行う等、技術浸透を図った。 ○IoT エッジコンピューティング技術として、クラウド・エッジ連携処理フレームワークを開発、企業連携のために総合テストベッド推進センターが構築中のライドシェア・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へ導入した。 ○新たな識別子を用いた情報・コンテンツ指向型のネットワーク技術 (ICN/CCN) に関する研究として、 • 通信基本ソフトウェアプラットフォーム「Cefore」を開発し、オープンソースとして公開した。 • 開発コードの大規模検証が容易な仮想ネットワーク環境を提供するため、Cefore を組み込んだネットワークエミュレータも開発した。 • ICN オープンテストベッドも開発し、欧州の研究・教育機関向けネットワーク GEANT への接続に成功、日欧共同公募プロジェクト ICN2020 の実験検証基盤として稼働し、活用された。 ○IETF/IRTF 及び ITU-T SG13 において、積極的に多くの標準化提案を継続して実施した。

			のデータを低遅延で処理する IoT エッジコンピューティング技術の研究を実施し、複数のサービスに簡便に提供可能なネットワーク基盤を実現するインフラ層とプラットフォーム層の 2 階層のアーキテクチャを考案した。インフラ層では資源配置を抽象化する独自構造「仮想リージョン」の実現により、低遅延処理や省電力性を損ねることなく、階層間の制御メッセージ量を従来手法に比べ 1/100 に削減する効果をシミュレーションを用いた基礎評価により確認した。平成 29 年度には、利用状況が変動する動的な環境においても、低遅延処理や省電力性が損なわれないことを、シミュレーションにより確認した。方式設計と有効性検証結果を採択率 25%の IEEE ICCCN 2017 で発表した。また、プラットフォーム層の基本機能として、膨大数のデータフローに対しフロー毎に処理資源を割当てる自律分散処理プラットフォームを設計し、作成した。作成したソフトウェア（PIQT、P2P pub/sub ブローカー）は github 上でオープンソース公開した。作成したソフトウェアを用いて 1,000 個のセンサが 10,000 個/秒のデータを生成させるデータフロー処理において、資源割り当てを 100 ミリ秒内に高速動的変更できることを基礎評価した。関連成果は ICNC 2017（採択率 28%）にて発表した。 • 平成 29 年度には、IoT エッジコンピューティングの実装に関し、連続的に生成されるコンテンツを効率的に取得するため、膨大数のデータフローに対しフロー毎に処理資源を割当てる分散フロー処理プラットフォームを JOSE テストベッド上で実証し、200 デバイスを想定した環境での動作実証に成功した。5 ms 以内の平均データ配信遅延が実現可能であり、かつ、状況に応じたデータ処理の実行位置の変更に伴う配信エラーを少なく保つことができることを確認した。設計とシミュレーションによる有効性検証の成果を、国際会議 IEEE COMPSAC 2017（採択率 20%）で発表した。 • 平成 30 年度には、IoT エッジコンピューティングを対象としたネットワーク内データフロー処理方式において、依存関係を動的に解決して構造を再構成することでリソース利用効率を向上させる方法を考案した。再構成の際、10 万のノードが存在する状況下で適切な処理リソースを 5 ミリ秒以内に発見可能とする手法を詳細設計、シミュレーションにて効果を検証し、IEEE Globecom 2018 にて発表した。また、インフラ層において低遅延応答を維持可能なクロスレイヤ制御に基づくモビリティ対応手法を設計・実装、広域テストベッド上で動作を確認した。	等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する成果の創出や将来的な顕著な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 ○ネットワークの利用者（アプリケーションやサービス）からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術として、 • ARCA について、今後の社会展開にむけて国内キャリアとの共同で、ARCA コントローラから国内キャリアのスライスゲートウェイを制御する検証実験を行い、相互接続性を立証した。 • ICN/CCN について、 Cefore の利用を促進するため、ハンズオンワークショップ実施、IETF ハッカソンへの参加などを継続し、国内外のコミュニティ拡大に努め、技術浸透を図った。 • 研究成果の具現化と将来指針を示すため、リアルタイムシミュレーターの開発・デモ、オンライン授業システムのフィールド実験等の ICN アプリケーション開発・実験検証を実施した。 ○ IETF において、マルチキャスト通信経路状態を把握するための手法「マルチキャスト網トレース」が標準化文書 (Proposed Standard RFC) として認定された。また、ITU-T SG13 で共同ラポータとして継続

			• 令和元年度は、前年度までに提案してきた省電力エッジインフラ資源割当方式について、既存クラウドにて広く活用される Kubernetes と互換性を持つエッジコンピューティング環境構築用統合リソースアクセス機能を開発、同機能を用いたエッジインフラテストベッドを StarBED 上に構築開始した。また、クラウド向けデータフロー処理フレームワーク Apache Beam を拡張し、既存クラウド向け処理をエッジコンピューティングに適用するクラウド・エッジ連携処理フレームワークを開発し、同フレームワークについて広域テストベッド JOSE 上で基本性能評価を実施した。さらに、上記開発のインフラ・フレームワークについて企業連携のために総合テストベッド推進センターが構築中のライドシェア・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へ導入を開始した。 • 令和 2 年度は、前年度までに開発した Kubernetes と互換性を持ち動的資源配分を可能とするエッジコンピューティング環境を仮想リージョン（提案技術）に基づいて動作させるエッジテストベッド（インフラ層）のパイロットサービスを StarBED 上で研究者向けに提供開始した。またクラウド上のストリームデータ処理ミドルウェア Apache beam で記述されたセンサーデータフロー処理をシームレスにエッジコンピューティング環境で実行させることを可能とするクラウド・エッジ連携処理フレームワーク LAND をオープンソース公開した。 • 総合テストベッド推進センターと連携し、ライドシェア・見守り、スマート空調の各実証システムへ導入し、スマート空調への適用方式は国際会議（COMPSAC 2020 Workshop）等にて発表した。 • エッジインフラ制御技術を IEICE 論文誌にて発表した。エッジ上の映像処理方式に関する論文が Elsevier IoT Journal にて採択された。また、エッジ間のデータ転送経路を自律分散で短縮する方式についての論文が IEEE OJ-COMS に採択された。 ○データやコンテンツに応じて最適な品質制御や経路制御等をネットワーク上で自律分散制御に基づき実行する新たな識別子を用いた情報・コンテンツ指向型のネットワーク技術に関する研究として、以下を実施した。 • 平成 28 年度には、移動体通信も含んだ環境における高品位ストリーミングの実現を目的とし、IRTF で標準化検討が始まっている CCN (Content Centric Networking) を拡張した移動体通信方式	的に標準化活動に寄与し、IoT ディレクトリサービスに関する勧告 Y.3074、AI ネットワークの資源制御に関する勧告 Y.3177 が承認された。 等、社会実装につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			（NMRTS：Name-based Mobile Real-Time Streaming）を設計し、CCNx と比較してハンドオーバー時のデータ損失、およびデータ取得時間を半減することが可能であることを確認した。本成果は IEEE Communications Magazine（インパクトファクタ：10.356）に掲載された。 • 平成 29 年度には、大容量コンテンツ収集・配信の実現のため、CCN を拡張した L4C2 (Low-Loss Low-Latency Streaming using In-Network Coding and Caching) の基本設計およびシミュレーション評価を行った。L4C2 では、受信するデータ損失を最小限に抑えるため、ストリーミングアプリケーションが許容する最大遅延及びネットワーク内リンクの遅延とデータ損失率を推定し、それらに基づいて、ネットワーク内に配備されるキャッシュ機能と符号化機能を用いた損失データの復元を行い、低遅延かつ高品質なストリーミングを実現した。L4C2 は、CCN の代表的方式 CCNx と比較して制御トラヒックを 80%削減し、QoE (Quality of Experience) を最大 25%向上した。本成果は、ネットワーク分野における世界最高峰のフラッグシップ国際会議 IEEE Infocom 2017（採択率 20%）に採択された。また、コンテンツを効率的に取得するための一技術として、これまで困難であったマルチキャストにおける帯域予約、さらに制御メッセージトラヒックの抑制を可能とする NFV（ネットワーク機能仮想化）ベースのマルチキャスト技術に関する研究を INRIA（仏）と共同で行い、成果がインパクトファクタ 4.682 の IEEE TNSM 誌に掲載された。 • 令和元年度には、スケーラブルな ICN (Information Centric Networking) /CCN 経路制御アルゴリズムに関して設計・評価を行い IEEE CCNC に投稿・採録された。また、L4C2（Infocom 2017）にて用いられるトランスポート技術と、他関連論文手法の特性を比較解析し、IEEE Communications Magazine（インパクトファクタ：10.356、 採録率 19.3%）に投稿・採録された。また INRIA（仏）と共同で、ネットワーク符号化機能を含む CCN ベース移動体通信研究を実施し、EU で展開されているオープンテストベッド R2Lab を用いた評価を行い、IEEE CCNC に投稿・採録された。 • Cefore を用いた位置情報等に応じた情報共有アプリケーションを NICT オープンハウス 2019 にて動態デモ展示し、これが電波タイムズの 1 面にて紹介された。	

			• 令和 2 年度には、 ICN における通信遅延低減のため、経路制御技術と連携するキャッシュ分散技術を IEEE TNSE（インパクトファクタ=5.213）に投稿し採録された。またキャッシュアルゴリズムと通信遅延の関係をモデル化した CANDELA (Collapsed-forward caching for delay-sensitive applications)、および、情報の鮮度や価値をメトリックとして情報取得を行う VoITP (Value-of-Information-based transport) を設計・評価した。 • 革新的 AI ネットワーク技術研究と連携し、Cefore を用いた SFC におけるサービス機能オフロード技術を提案。サーバへのアクセスや再送要求を減らすことでコア網のトラフィックを最大 80%軽減し、混雑時においても受信品質（QoE）を維持することに成功。成果をIEEE NetSoft に投稿した。 • 大規模な ICN 通信を評価するツールとして、Cefore と協調連携可能なリアルタイムシミュレーター（CeforeSim）を開発し、リアルタイムストリーミング性能評価を行い、IEEE ICDCS デモセッションに投稿し採録された。 ○ヒト・モノ間等の情報伝達を高効率に行うため、IoT に対する ICN/CCN ベースのデータアクセス制御技術研究として、以下を実施した。 • 平成 29 年度には、従来の CP-ABE 技術を用いた場合に比べ、認証に用いる帯域幅使用量を半減させることを実証した。本成果は IEEE ICC にて発表、及び IEEE IoT Journal（インパクトファクタ：7.596）に掲載された。またネットワーク内分散認証方式（Elsevier DCN 誌）などの研究成果を発表した。 • 平成 30 年度には、ネットワーク内キャッシュ保護のため、ICN ルータ間認証機能、及び Suspension-Chain Model の詳細設計を行い、IEEE TNSE (Transactions on Network Science & Engineering) に採録された。ここで得られた研究成果をプロトコル設計し、IRTF へのドラフト提案に結び付けた。 • 令和元年度は、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ーとコンテンツに対する分散管理機構を設計し IEEE Communications Magazine（インパクトファクタ：10.356、 採録率 19.3%）及び IEEE Globecom 2019 に投稿・採録された。 • 令和 2 年度に情報信頼度を計測するためのブロックチェーン・ICN 連携機能として、Blockchain をスケーラブルかつ広域展開するために、	

			スマートコントラクト（SC）をICNを用いたオフチェイン・ストレージにて管理するためのフレームワークを設計し、IEEE ICCに投稿した。 ○研究成果を社会実装に結びつけるため、新たなネットワークアーキテクチャとして確立することを目的とし、標準化技術を用いた参照実装の公開、広域テストベッド等での実証実験、標準化活動など、以下を実施した。 • IRTF にて標準化された CCNx メッセージフォーマットに準拠したICN/CCN 通信基本ソフトウェアプラットフォーム「Cefore」の開発を平成 28 年度から行い、平成 29 年度にオープンソースとして公開した。Cefore は、Linux（Ubuntu）、Mac、Raspberry Pi（Raspbian）上で稼働する。軽量かつ汎用的な基本機能実装（cefnetd）と拡張機能Pluginライブラリ（キャッシュ、モビリティ、トランスポート、など）を分離することで、高機能なバックボーンルーターから軽量なセンサーノードまで幅広く動作することを特徴とするCeforeの利用者拡大のため、電子情報通信学会主催の産学官連携 Cefore チュートリアル／ハンズオンワークショップを実施し、また IETF ハッカソンに参加して Cefore のプロモーションを行うなど、国内外のコミュニティ拡大及び技術の普及活動に努めた。令和元年には、Cefore を用いた位置情報等に応じた情報共有アプリケーションが電波タイムズの1面にて紹介された。 • 開発コードの大規模検証が容易な仮想ネットワーク環境を提供するため、Cefore を組み込んだネットワークエミュレータを開発した。1,000台規模の Cefore ノードからなる模倣インターネットトポロジーを約 1 分で構成し、ネットワーク上のキャッシュ配置やキャッシュ置換アルゴリズムを自在に設定出来る。 • 実ネットワーク上での実証実験のため、ICN オープンテストベッド（CUTEi : Container-based Unified Testbed for ICN）を開発し、上記Cefore をその上に導入し、実証実験用にテストベッドトポロジーを構成するための GUI 開発を行った。CUTEi は、欧州の研究・教育機関向けネットワーク GEANT への接続に成功し、平成 29 年から令和元年度まで実施された日欧共同公募プロジェクト ICN2020 の実験検証基盤として稼働し、活用された。 • 委託研究において、パナソニックが宅配便最適配送経路を提供するシステムを、Cefore を用いて実装し検証実験を実施した。 • Cefore システムと連携するプログラマブル（FPGA）ICN ルータと ICN ストリームを送受信可能なスマホアプリを開発し、共同研究先（明石工業高等専門学校）のオンライン授業システムとして検証実験を実施し	

			た。 • 情報指向型ネットワークの一つであるデータ指向ネットワーク （DAN：Data Aware Networking）に関する ITU-T での標準化活動を推進し、DAN のユースケースをまとめた補助文書 Sup35 が平成 28 年 5 月に、情報指向ネットワークの要求条件と機能を規定した ITU-T 勧告 Y.3071 が平成 29 年 3 月に、それぞれ成立した。 • ITU-T SG13 において共同ラポータとして継続的に標準化活動に寄与した。 IoT-DS のフレームワークは、平成 29 年度に勧告草案 Y.ICN-IoTDS-framework 作成を開始し、令和元年度に Y.3074 として勧告承認された。また令和元年度には、前年度に提案した IoT アプリケーション固有の ICN フレームワークを定義した Y.ICN-interworking 勧告草案の更新を行い、令和 3 年度に勧告承認される見込みとなった。 • 総務省委託プロジェクトの参画者と共同で、AI を適用したネットワーキング技術研究を総括し、成果論文発表に加え、令和元年度にはアーキテクチャとサービスデザインに関する 2 つの SG13 への勧告草案提出を行い、Y.3177 勧告承認及び Y.3178 勧告合意された。さらに ITU-T FGML5G（Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G）に提案していたユースケースに関する補足文書 Y.sup55 の承認を得た。 • IETF における標準化提案として、MBONED WG にて提案していたマルチキャスト通信経路状態を把握するための手法「マルチキャスト網トレース（Mtrace ver.2）」が標準化文書（Proposed Standard RFC）として認定された。また PIM WG に対し、IGMP/MLD プロトコル拡張のドラフト提案を行い、令和 3 年度に標準化文書（Proposed Standard RFC）として認定見込みとなった。また OPSA WG に対し、ネットワーク構築自動化 ARCA 検証にも利用可能な Network Telemetry Framework のドラフト提案を行ない、令和元年度にドラフト認定された。 • IRTF では、上記「マルチキャスト網トレース」の仕様をベースとし、ICNRG にて「CCN におけるネットワーク内キャッシュ状態および通信経路の状態把握を行うトレースプログラム」を提案し、平成 30 年度に RG ドラフトに認定され、令和 3 年度の標準化（RFC）認定見込みとなった。また「ICN 名前解決に関する要件」を提案し、平成 30 年度に	

			RGドラフトに認定され、令和３年度に標準化（RFC）認定見込みとなった。NWCRG （ネットワークコーディング・リサーチグループ）では、平成 30 年度に RG ドラフト認定された「ICN/CCN におけるネットワーク内符号化機能要件」を継続提案し、令和 3 年度に標準化（RFC）認定見込みとなった。令和元年度にネットワーク構築自動化 ARCA のメカニズムにおいて AI をサポートするための資源割当インタフェースなど 3 本のドラフトを NMRG（ネットワークマネージメント・リサーチグループ）に提案した。 ○第四期中期計画における研究意義と重要性、さらにこれらを発展させた新たな研究領域を創造するための国際的なコンセンサスを得るため、ネットワーク内データ解析とネットワーク内コンピューティングを融合した研究グループ IEEE SIGBDIN (Special Interest Groups on Big Data Intelligent Networking) および SIGIIE（Special Interest Groups on Intelligent Internet Edge)の立ち上げに成功した。	
○ワイヤレスネットワーク基盤技術 「モノ」だけでなく人間や物理空間、社会システム、ビジネス・サービス等のあらゆるものがICTによって繋がる、IoT を超越した時代においてはワイヤレスネットワークが重要な役割を果たすことになることから、5G 及びそれ以降のシステム、人工知能(AI) やロボットを活用するシス	**（２）ワイヤレスネットワーク基盤技術** 物理世界とサイバー世界との垣根を越えて、人・モノ・データ・情報等あらゆるものがICTによってつながり、連鎖的な価値創造がもたらされる時代に求められるワイヤレスネットワーク基盤技術として、5G 及びそれ以降の移動通信システム等、ニーズの高度化・多様化に対応する異種ネットワークの統合に必要なワイヤレスネットワーク制御・管理		**（２）ワイヤレスネットワーク基盤技術** • 人・モノ・データ・情報等あらゆるものがICTによってつながり、連鎖的な価値創造がもたらされる時代に求められるワイヤレスネットワーク基盤技術として、ニーズの高度化・多様化に対応する異種ネットワークの統合に必要な「ワイヤレスネットワーク制御・管理技術」、人工知能（AI）やロボットを活用するシステム等に資するレイテンシ保証・高可用性を提供する「ワイヤレスネットワーク高信頼化技術」、ビッグデータ構築に資するネットワーク規模及び利用環境に適応する「ワイヤレスネットワーク適応化技術」の研究開発に取り組んだ。 • ワイヤレスネットワーク制御・管理技術として、5G における低遅延や多数接続等の要件を満たしつつ、マイクロセルを中心とした柔軟なセル展開が可能となる、既存 LTE システムと親和性の高い無線アクセス技術とネットワーク制御技術の研究開発を実施した。具体的には、従来のセルラシステムを運用してきた従来事業者に対して、プライベート（管理）空間に特化しマイクロセルを設置・運用するマイクロセル事業者が存在するプライベートマイクロセル構造を提案し、異種事業者間におけるユーザー情報の交換・共有によるサービスの拡大のためのアーキテクチャ、リソース共用技術の研究開発を実施した。 • プライベートマイクロセル構造において、C/U 分離に基づきマイクロセル基地局の運用情報（位置、周波数など）を複数のセルラー通信事業者から報知する方式により、自営マイクロセルの 5G 統合利用可能性	**（２）ワイヤレスネットワーク基盤技術** 【科学的意義】 • 低遅延・多数接続アクセス方式の STABLE を開発し、実運用環境における実証実験を実施した。 • 海底下の埋設物検出に 1 MHz 電波が利用可能である事を示したことは大きな成果であるほか、ワイヤレス通信の適用範囲を極限環境技術により拡大した。 • 工場等製造現場における無線通信の適用モデルの策定を進め、SRF 無線プラットフォームによるブリッジ処理を提案し、IEEE における工場無線のホワイトペーパーを作成した。 • 既存広域網を介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、地域ネットワークの高度化に貢献した。

テム、ビッグデータ構築に必要となるデータ収集システム、高度道路交通システム (ITS) 等に対する高度なニーズやシステム自体のパラダイムシフト（設計思想等の劇的変化）に対応するためのワイヤレスネットワーク基盤技術等を研究開発するものとする。 また、研究開発に際しては、機構が産学官連携で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で研究開発成果の最大化を目指すものとする。さらに、ミリ波やテラヘルツ波を利用した通信システムの実現に向けた未踏周波数領	技術の研究開発を行う。また、多様化するニーズに対応するため、人工知能 (AI) やロボットを活用するシステム等に求められるレイテンシ保証・高可用性を提供するワイヤレスネットワーク高信頼化技術や、ビッグデータ構築における効率の高いデータ収集等に求められるネットワーク規模及び利用環境に適応するワイヤレスネットワーク適応化技術に関する研究開発を行う。さらに、これらの研究開発成果をもとにして、高度道路交通システム (ITS) や大規模災害発生時の情報配信等、ネットワーク資源が限定される環境においても、ニーズに基づく情報流通の要件（レイテンシや収容ユーザー数等）を確保するネットワーク利活用技術の研究開発に取り組む。研究開発に際		を実証した。また、必要アーキテクチャを 3GPP に提案し採択された。さらに、ミリ波帯（28 GHz 及び 32 GHz）運用を想定する自営マイクロセル無線機を試作し、管理装置や基地局も含めた自営マイクロセルの運用アーキテクチャを模擬する環境を構築し、自営マイクロセルオペレータと既存オペレータ間のユーザー情報共有等の連携による、5G を想定した 28 GHz 帯サービスの実証に成功した。上記運用アーキテクチャについては、3 GPP SA2 に提案し、成果文書案に採録された。 • マイクロセルの高密度展開を可能にする制御方式を提案し、一部方式を次世代無線 LAN 規格 (IEEE802.11ax) として寄書入力、採択された。さらに、複数の通信事業者に同時接続し、トランスポート層において組み合わせ利用しつつ、Deep Packet Inspection 技術と組み合わせ各アプリの所望通信速度／遅延を提供可能な MPTCP 拡張方式を IETF に提案した。 • 5G における 100 万台/km^2 程度の多数接続性能の実証として、20,000 台の 5G 無線端末の屋内多数接続に関する実証を、防災倉庫環境、スマートオフィス環境を想定しながら成功裏に行った。 • 自営マイクロセルの実装形態として、自動運転に資するスマート電子カーブミラーを研究開発し、路側のセンサにより移動中の自動車、歩行者、障害物を検出し情報として共有する実証に成功した。 • 総務省情通審ローカル 5G 検討作業班によるローカル 5G 制度化に貢献し、プライベートマイクロセル導入による 5G/ローカル 5G 可用性向上のためのアーキテクチャ・基地局構築の研究開発の成果として、鉄道環境での接続時間短縮、防災用途高精細映像伝送等を実証した。 • 特に鉄道無線実証では、無線端末が当該プライベートマイクロセル到達前に事前のセル接続処理を行うことで、到着後のサービス開始タイミングを早める事前仮想接続技術を提案し、鉄道会社等と連携したうえで、営業列車を用いた実証試験に成功した。 • 自営マイクロセルにおいてスループットおよび遅延を改善するリソース動的割当技術を研究開発し、地域課題解決型実証において、平時は住民への高速ネットワークアクセスサービスを提供するローカル 5G において、災害時にアクセス速度を制限しつつ、災害状況や避難に関する情報を高精細な動画とともに配信する実証実験を実施し、その有用性を示した。さらに、SUN システムによる防災・減災のための情報収集システムとローカル 5G の連携による防災システム実証を主導した。 • B5G ネットワークの基盤技術として期待されるワイヤレスエミュレータの研究開発を実施し、5G NR、IEEE 802.11ax の基本機能を実装した	• 複数の論文誌、学会等への採択、受賞があり着実な成果をあげた。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 自営網と 5G の公衆網の認証・連携するモデルにより、自営マイクロセルの技術実証を進めた。成果文書案に採録されるなど実用化に資する技術規格に貢献した。 • これまで開発してきた自営マイクロセルに関する技術が、今後普及が望まれるローカル 5G サービスに採用された。 • IEEE802.15.8 の標準化達成、5G/B5G として STABLE、自営マイクロセルの技術実証の推進と 3GPP での寄与文書入力、工場へのワイヤレスシステム導入のためのプラットフォーム開発とホワイトペーパー策定およびセキュリティガイドライン策定など、社会的に注目される技術実証を多く実施した。 • STABLE は民間企業からの関心が高く、資金受入型共同研究の申し入れがあった。 • 工場内、極限環境での適用拡大に貢献した。 • 工場の無線化について、FFPJ を推進し、機構の中立的立場を生かした国内外の企業との連携の場を構築しつつ現場の課題・ニーズを把握する取り組みを行った。

域の開拓や電波伝搬特性の研究等のワイヤレス分野の基礎・基盤領域の取組を行うものとする。 さらに、海中・水中、深宇宙、体内・体外間等の電磁波の利用に課題を抱えている領域における通信を確立するための技術を研究開発するものとする。	しては、産学官連携において機構が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で研究開発成果の最大化を目指す。この他、ワイヤレスネットワークにおけるパラダイムシフト（設計思想等の劇的変化）に対応できるよう、異分野・異業種等を含む産学官連携を推進するとともに、機構の基礎体力となる基礎的・基盤的な研究にも取り組む。 また、未開発周波数帯であるミリ波やテラヘルツ波を利用した通信システムの実現に向けて、フロンティア研究分野等とも連携しつつ、平成 37 年頃における 100 Gbps（ギガビット／秒）級無線通信システムの実現を目指したアン		模擬無線システムを開発した。 • B5G に資する高度化技術として最大 2 倍の周波数効率が期待される Full duplex 技術に関する研究開発を推進し、問題となる自己干渉信号の除去について、アンテナ、高周波アナログ回路、ベースバンドデジタル回路にてそれぞれ実行する形態について検討し、有効性について機器検証及び計算機シミュレーションを通じて評価した。また、28 GHz 帯を含む複数周波数帯で運用可能な方式を提案し、特許出願及び試作評価を実施した。 • 多数無線端末の同時接続を想定し、制御等に不可欠な低遅延通信を可能とする多数接続・低遅延アクセス制御技術について、円滑な社会実装の見地から既存 LTE の変更によるシステム設計を行い、基本評価装置を用いて 5G 接続要件の一つであった多数接続性の性能評価を行った。この結果、本要件を適用するスマートオフィス設計に有用であることを示した。 • 多数無線端末の同時接続を想定し、制御等に不可欠な低遅延通信を可能とし、かつ周波数有効利用に資する多数接続・低遅延アクセス制御技術「STABLE (Simultaneous Transmission Access Boosting Low-latEncy)」について、5 台同時接続・遅延時間 5 ミリ秒 (ms) 以下の多数接続の基本検討における成果の一部を3GPP RAN 1 へ寄与文書として入力した。 • 3 GPP NR (mMTC) の目標（単一伝送時成功率 90 %以上）を満たす「Configured Grant」によりデータ送信に要する時間を 3.9 ミリ秒以下に改善し、さらに、前項の開発方式である STABLE に基づき、3 GPP RAN 1 (Rel.16) 標準化を推進した。 • STABLE について、MIMO 技術による品質向上、エリア拡大を図り、東京湾横断の伝送試験に成功した。また、送信ダイバーシチにより接続数と通信品質の向上を図り、屋外伝送実験にて 10 台端末局の同一リソース・同時接続でパケット誤り率 10%以下を実現した。また、企業との共同研究ではモビリティを考慮した拡張を行い、特許出願を行うとともに、3GPP RAN1 に寄与文書を提出して 5G の標準化に貢献した。 • ワイヤレスネットワーク適応化技術としては、ビル内等大規模エリアにおいて、多数の無線端末による大規模メッシュの構築に必要な自律型メッシュ構築機能、無線通信仮想化機能、データ結合機能を提案し、IEEE 802.15.10 推奨方法として策定した。同技術仕様は、Wi-SUN アライアンスによって策定されたリソース制限型モニタ・管理用途（RLMM：Resource Limited Monitoring and Management）認証仕様	• 3GPP および IEEE802.1 に積極的な貢献をした。 • ドローンについて、衛星通信事業者と連携した実証実験を行った。 • 約 10 km 離れた拠点間を移動する車両について、常時接続が保たれない環境下で、高解像度な写真データの伝送に成功した。 • 各地での訓練や実証実験等を多く実施し、開発技術の有用性をアピールした。 • 高速無線接続機能と分散 Radius 認証を組み込んだ無線デバイスドライバを開発し、従来比 40 倍以上の伝送量を実証した。 • 端末間連携により、40%以上エネルギー利用効率を向上させ、バッテリーを 1.5 倍長持ちさせることに成功した。 • 無線認証技術において積極的に特許を出願している。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • FFPJ については、工場等製造現場における無線通信の適用モデルの策定を進め、ドイツも巻き込んで標準化やガイドラインの作成まで進め、Smart Resource Flow 無線プラットフォームに関する工場無線のホワイトペーパーを策定し、IEEE ホワイトペーパーに反映させた。

	テナ技術及び通信システム設計等に関する研究開発を行う。さらに、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研究開発にも取り組み、模擬通信環境等における実証を行う。		に反映された。さらに、基本評価装置を整備し、実証評価を行った。さらに、IEEE 802.15.10 推奨方法として策定したレイヤ 2 経路制御(L2R) 仕様を拡張し、データ結合、仮想化等の複数機能組み合わせによる機能向上の実証に成功した。 • 電池駆動端末を想定する屋外環境等、超省電力動作のために、トポロジ形状・所要遅延特性に応じた同期・非同期マルチモード省電力多元接続方式等による適応的多元接続技術の研究開発を行った。本研究開発の一環として、農業／漁業用途に有効な各無線端末のスリープ状態を活用する省電力動作機能の仕様検討と基礎実証を完了した。農業用途等の多様な機器（センサ、アクチュエータ）の要求に応じ 1 分以下の許容遅延を満たす等無線機能多様化を、実圃場を含む複数拠点実証という形で成功裏に行った。 • 多数無線機による自律分散型網構造構築・運用と、農地等屋外適用時に有益な省電力動作の機能拡張について IEEE802.15.10 推奨方法に基づく MAC 層経路選択制御と、IEEE 802.15.4 g 規格に基づく省電力マルチホップ動作における伝送遅延低減・干渉回避制御の実証をそれぞれ行った。 • IoT システムに有望な無線網構造ワイヤレスグリッドの SUN による実装を考慮し、多数無線機による自律分散型網構造構築・運用と、農地等屋外適用時に有益な省電力動作の機能拡張について IEEE802.15.10 推奨方法に基づく MAC 層経路選択制御と、IEEE 802.15.4 g 規格に基づく省電力マルチホップ動作における伝送遅延低減・干渉回避制御の実証をそれぞれ行った。 • SUN システムの MAC 仕様拡張により、複数無線機により構築される網構造であるワイヤレスグリッドにおいて今後の IoT システム等への応用が考えられる各無線機のスリープ動作を利用した省電力動作について検討し、データ交換の際の必要に応じた低遅延化や、同一無線網内で要件に応じて異なる MAC パラメータを適用動作させる運用形態について実証した。 • 要件に応じた端末網動作実証を目的とした SUN システムの MAC 仕様拡張により、自律分散的な多数端末間動作や、工場等干渉状況下での PAN 内異種通信パラメータ動作を検討し、制御用データの低遅延交換動作や、センシングデータの結合伝送制御動作の実証に成功した。 • スマート工場における屋内無線通信システムとして要件別多様化機能実証を行い、非対称型のフレーム遅延保証動作や、AGV 搭載型無線機の移動対応網再接続動作の実証に成功した。	• FFPJ 関連のライセンス提供に関する検討が進みつつある点が期待できる。 • SUN の超省電力仕様の MAC 開発実装により実用性を高め、多数無線機連携動作および省電力動作について、民間企業への技術移転と並行して社会展開を進めた。 • NerveNet に基づく分散自営網を立川広域防災拠点に構築・導入し、2年間稼働させて現在も継続稼働中である。 • 立川防災施設への NerveNet 導入は、試験的ではあるが実用に結びつく可能性を高めた。 • 高知県香南市が機構が開発してきた防災情報通信・管理システムの導入を決定したことなど、開発成果の有効性が評価されて、自治体等への実導入が進んできている。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

			• 中立性を有する公的機関として、工場の無線運用形態を追求する「FFPJ」の立ち上げにおいて主要メンバーの加盟による体制構築に貢献するとともに、初期実験を主導的に実施した。 • 複数無線機で構成される網構造（ワイヤレスグリッド）のうち、新たな適用分野を拓く高信頼メッシュ網では、工場内における各種無線通信方式適用形態モデル化の検討を行い、約 130 種の無線用途の分析・カテゴリ化に即し、実環境下のデータ取得に成功するとともに、IEEE 802.1 標準化委員会作業班に提案した。 • 無線通信の工場内適用について、企業間連携の下、実工場内のデータ取得と検証を継続し、許容遅延等に関し有効な無線諸元のモデル化を推進した。また、ウェアラブル無線端末を含めた利用条件を検討するとともに、利用ガイドラインの標準化を推進する団体 FFPA（機構が主導的に運営）を通じ、セキュリティガイドラインの初稿を完成した。 • 工場の無線運用形態を追求する企業との共同研究団体である「FFPJ」の活動において、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した。工場内でやり取りされる非常に多様化したデータ間で、許容遅延時間等の要件が著しく異なっていることに注目し、データの許容遅延時間に応じた適切なリソース割当制御手法について検討した。ドイツ DFKI と連携して IEEE 802 標準化に寄与し、2020 年 4 月に発行された Flexible Factory IoT に関する IEEE ホワイトペーパーに反映させた。 • 工場 IoT 特有のトラフィックパターンに着目したバーストトラフィックのシェーパーパラメータ設定手法を提案した。また、異種無線協調制御技術である Smart Resource Flow (SRF) 無線プラットフォームの実証実験をトヨタ自動車工場で実施し、目標である遅延 100 msec 以下を実証した。 • ワイヤレスネットワーク高信頼化技術では、災害発生時等に基地局が機能しない状況下で端末間通信の継続利用が可能な高可用性ワイヤレスネットワーク技術として、インフラレス運用前提の端末間通信システム構築のための IEEE 802.15.8 標準規格に対する技術仕様を提案した。また、路線バスによる情報共有ネットワークへの適用実証を行った。 • 分散型端末間通信のための PHY・MAC 方式を提案し、標準規格 IEEE 802.15.8 を主導的に策定した。また、同規格ブロードキャストモードを適用するテストベッドと港区連携サーバとの連携運用を実施	

			し、お台場レインボーバス大型化への対応、精華くるりんバスのバスロケの実験運用を実施した。また、過疎地域の高齢者見守りシステム応用の実証実験を実施した。 • 端末間通信においては、従来の基地局による集中的な無線アクセス制御を必要とせず、無線端末同士がアクセス制御を自律的に実施することで、データ衝突を低減した効率的な通信が実現できる。加えて、ロボット等（ドローンを含む）で遠隔制御・協調制御に必要なレイテンシ保証型ワイヤレスネットワーク技術の研究開発を行い、マルチホップ制御通信システムと連携し、電波見通し外の地上四輪ロボットや小型無人機（ドローン）の飛行制御実証を行い、想定方式の基本設計を完了した。 • 見通し外でのロボットやドローンの運用の安全性を確保するためのレイテンシ保証型マルチホップ中継制御通信システムに関し、新たなロボット用バンドを用いた周波数冗長型方式を設計・開発し、ドローン飛行実証実験に成功し、実用化に向け大手電力インフラ事業者との共同研究を行い、成果の AWG (Asia Pacific Wireless Communication Group) 入力を行った。 • 複数ドローンが同一の周波数チャネルを共用するためのリソース割当てに必要な電波伝搬データ測定と伝搬シミュレータ開発を行い、福島県南相馬市での JUTM（日本無人機運行管理コンソーシアム）主催合同実証実験にて有効性を実証した。 • 端末間通信技術を用いたマルチホップ型位置情報共有システムを開発した。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）に成果展開し、ソーラー無人機を中継した見通し外の疑似ドローンの位置把握に成功した。また、東北総合通信局の 400 MHz 帯ドローン位置把握システムに採用されるとともに、NEDO 及び衛星通信事業者等と有人ヘリ利用実験の共同実施に成功した。さらに、技術成果の AWG 入力を実現した。 • 日本原子力研究開発機構とドローン（固定翼）による広域放射線モニタリングシステム開発の共同研究を開始し、基礎評価試験を実施した。 • 多数のスマホの Wi-Fi 電波がドローンの操縦に与える影響（操縦不能等）の実証を NHK と共同で行い、国交省・経産省主催のドローン第三者上空飛行を目指した検討会に入力した。 • 3 次元空間電波伝搬特性データに基づく電波伝搬シミュレータの開発を通じ、単一周波数資源の複数台共用に成功した。 • 建造物密集地や山間部などの電波的遮蔽が多い環境下で、ロボット	

			やドローンの見通し外運用に資する制御通信システム「コマンドホッパー」の研究開発では、920 MHz 帯マルチホップ通信を用いたドローンの飛行制御及び 169 MHz 帯の伝搬特性評価を実施した。結果、920 MHz 帯の 3 ホップ通信で約 3 km までのドローン制御／テレメトリ監視を達成し、169 MHz 帯では見通し外で 1 ホップ約 10 km の通信が確認できた。また、コマンドホッパーを利用したコマンド・テレメトリ情報のハンドオーバー通信実験に成功した。 • 同じ空域の飛翔体（ドローン、有人ヘリコプター等）間でリアルタイムに位置情報等を共有する通信システム「ドローンマッパー」の研究開発では、ドローン同士でリアルタイムに共有した位置情報に基づき、自動で衝突回避制御を行う実証に成功した。また、ドローン位置情報共有システムで得られる約 10 km 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ドローンを中継し、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に成功した。さらに、ドローン位置情報共有システムを利用して、有人ヘリの接近を検知して自動着陸する技術、一つのドローンに追従して複数のドローンが離陸、飛行、着陸する群飛行技術を開発し、その実証実験に成功した。 • DMAT（災害医療支援チーム）と連携した防災訓練において、直接機体間通信による位置情報共有システムを利用したドローンと有人ヘリ間の危険回避実験に世界で初めて成功した。 • 高高度無人機を活用した制御システム構想をICAOFSMP とRPAS に入力した。 • IR-UWB 測位システムを開発し、東南アジアでの実験検証を推進した。IEEE 802.15.8 の UWB 方式を適用する自動車内センサデータ伝送用遅延時間保証型ワイヤレスネットワーク技術（許容遅延 20 ms 以下）に資するデータを取得した。 • UWB 無線の制度緩和に即した ARIB 標準規格策定に貢献した。さらに、IEEE802.15.4z 標準化において、国内規制緩和を考慮した Secured ranging 用バンドを欧州と共同提案し、2020 年 8 月に出版された標準規格に取り入れられた。さらに、当 UWB 制度緩和拡大のための総務省情通審陸上無線通信委員会の調査検討作業に貢献した。 • ネットワーク資源が限定される環境のネットワーク利活用技術として、既存広域網を介した論理的な地域自営網構築技術、低速でも広域をカバーできる無線通信技術、並びにそれらの通信回線制御技術である「地域ネットワークの高度化技術」と、アドホックに情報を収集・共有・配信できるシステムの要素技術となる「機動的ネットワーク構成技術」	

			の研究開発に取り組んだ。 • まず、「地域ネットワークの高度化技術」については、既存広域網を介した自営網の利用拡大に向け、自営網と自営網外のユーザー端末間において暗号化された 1 対 1 論理オーバーレイネットワーク (VPN) 自動構築技術と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、少量のデータでも広域での情報共有に向けたセンサ情報集配信・転送技術（LoRa 応用による高信頼・高効率フラッディング技術）、地域自営網の情報同期共有技術を応用して遠隔地に分散した複数の計算機リソース上にサービスの動的な展開・動作を可能にする分散クラウド化技術を新たに開発した。これらにより、地理的に離れた複数拠点間を結んで一つの大きな地域自営網（分散型情報配信プラットフォーム）を形成し、地域自営網内で展開・動作する分散クラウド上のサービスをどこからでも利用できることを和歌山県西牟婁郡白浜町にてシステム実証した。 • 「（3）（ウ）災害に強い光ネットワーク技術」との連携研究開発課題として、無線通信手段を利用した光網制御管理の早急復旧を行えるようにする FRENLL（Feasibility of fiber networks C/M-plane recovery using an IoT- based extremely narrow-band, and lossy links system）プロジェクトを立ち上げ、前記の LoRa 応用による高信頼・高効率フラッディング技術により、仙台市南部の十数 km 四方のエリアに 6~7 時間程度で設置展開できることを実証した。また、災害時に LTE サービスが一部で使用できる環境を想定し、LoRa 応用による高信頼・高効率フラッディング技術と LTE が混在する試験環境を構築し、LoRa と LTE の混在下での光制御網応急復旧実証を世界で初めて実施し、制御メッセージ（フレーム数 3）で平均約 210 秒、実行レスポンス（フレーム数1）で平均約 61 秒を達成した。さらに、時間分割アクセス制御による非 IP/LPWA メッシュネットワークによる光制御網応急復旧において課題であった輻輳やパケットロスなどネットワーク負荷軽減を図る新たな手法や処理、制御機能を開発・実装した。 • また、「機動的ネットワーク構成技術」については、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、常時接続を前提としないノード間で協調・統合動作する分散エッジ処理基盤を開発し、従来比 40 倍以上の伝送量の実証に成功した。また、常時接続を前提としないノード間で協調・統合動作する分散エッジ処理基盤を開発するとともに、その際に必要となる認証技術を新たに考案し、特許出願を行った。さらに、これまでに開発した技術を統合し、即時構築ネットワーク環境のシステムを構築してその動作につい	

			て実証した。 • 災害時に重要な「長持ち=省電力」な通信手段の提供として、LTE の電波状況が良好な端末に、他の端末が省電力な Wi-Fi で接続することで、「端末群」で見た通信に要する消費電力を大幅に低減できること(スマートフォンを用いた実験により、また計算機シミュレーションにより、エネルギー利用効率を最大で 40%向上、バッテリーを 1.5 倍長持ち)を実証した。このような端末間連携の考え方を発展させ、無線通信システムとしては従来からの課題である周波数利用効率、エネルギー利用効率、接続性の同時向上を図るため、端末同士の接続も許容した新たなアーキテクチャの概念を立ち上げ、特許出願を行うとともに、第５期中長期計画の研究開発課題につながる研究開発に取り組んだ。 • 熊本地震の応急対応として、熊本県高森町役場において災害対策本部（総務課）に行政用の Wi-Fi アクセスポイント (AP) と町役場入り口付近に住民用の Wi-Fi AP を設置した応急ネットワークを構築して WINDS 経由でインターネット環境を提供し、実災害対応として各 AP で最大スループット 18 Mbps を記録することができた。 • 内閣府主催で行われた帰宅困難者支援訓練（宮内庁+千代田区、中央区の 2 回）において、機構が開発した技術を用いた分散自営網を展開し、双方向映像伝送等の実証に貢献したともに、中央区役所内の既設ファイバ網を活用した、残存ネットワークリソース活用による実証にも初めて成功した。 • LoRa フラッディング技術の一部を活用して患者搬送情報共有システムを開発し、高層ビル群が密集する渋谷区内において、病院屋上に設置した LoRa 親機周辺約 2 km 以内で、移動車両に搭載した LoRa 子機と通信できること、親機間では LoRa フラッディング技術で情報共有が可能であることを示すフィールド実証実験に成功し、その有効性を他に先駆け実証した。 • 立川地区にある内閣府災害対策本部予備施設とその周辺施設に、自律分散型自営ネットワークの機器（NerveNet と無線機）の実装を完了し、災害対策本部設置準備訓練で問題なく稼働できただけでなく、設置後 2 年以上トラブルの発生もなく連続稼働しており、今後、実災害が発生した時にも使用される予定である。 • 高知県総合防災訓練において、約 10 km 離れた拠点間を前述の一部技術（接近時高速無線接続にかかる分散エッジサーバ連携技術）を搭載した車両が移動し、拠点に接近した際に臨時ネットワークを構築することにより、公衆携帯電話網が途絶し、インターネットへの常時接続	

			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、その有効性を実フィールドで実証した。さらに、高知県香南市内における双方 40 km/h でのすれ違い通信（接続時間は平均約 20 秒）でも平均約 40 MB の転送に成功し、従来方式に比べ 33%の改善を実フィールドで実証した。 • 「機動的ネットワーク構成技術」の研究開発中に行った防災訓練や自治体などとの議論から創出した発想を発展させ、様々な通信手段を駆使し、切れにくく、しぶとく生き残り続けるネットワークシステムとして「ダイハードネットワーク®」構想を立ち上げた。この構想は、特性の異なる様々な通信技術を組み合わせることで通信環境に応じてアプリケーションサービスを制御し、たとえ通信が途切れても通信装置を持ち運ぶことで認証を含む接近時高速通信・データ同期により情報の自動共有ができ、更にアプリケーションサービスは装置単体でも継続利用可能とすることを特徴としており、第５期中長期計画の研究開発課題につながる研究開発として取り組んだ。また、前出の高知県総合防災訓練や高知県香南市内での研究開発活動と成果アピールが功を奏し、「機動的ネットワーク構成技術」の研究開発成果を含む「ダイハードネットワーク®」の一部技術を搭載した防災情報通信・管理システムを、高知県香南市が自らの予算で導入することを決定し、2020 年度からそのシステム構築が開始された。 • 地域網の応用実証として、LoRa 応用による高信頼・高効率フラッディング技術を活用し、広域即時展開型地震観測システム構築に向けた機器開発も実施した。また、耐災害 ICT 関連の IoT 技術として、不審船自動監視システムとしての音紋による自動検出の実現性検証の成功や、MEMS センサと Raspberry Pi を組み合わせた小型インフラサウンドセンサーデバイスを開発した。さらに、東北大学キャンパスのワイヤレスメッシュテストベッドや桜島観測施設に設置して単体および多点連携インフラサウンド測定を実施し、桜島の噴火口位置推定を実現した。 • テラヘルツ研究センターと連携し、未開発周波数帯であるミリ波やテラヘルツ波を利用した通信システムの実現に向けて、ミリ波帯やテラヘルツ波帯等の周波数帯の電波利用を推進するため、電波伝搬モデル構築のための実験を実施し、周波数を高度に共用する技術を開発した。 • 将来の WRC でのテラヘルツ帯周波数割り当てを目的として、KIOSK 端末からの 300 GHz 帯漏洩電力をはじめ、システム実現のための無	

			線パラメータの測定を実施した。 • テラヘルツ帯の屋内伝搬モデルを開発し、ITU-R 勧告 P.1238 の改定に寄与した。 • その他、アンテナ測定や技術動向調査を実施し、ITU-R、IEEE802 等への寄与提案を行った。 • 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極限環境におけるワイヤレス通信技術の確立を目指した研究開発を実施した。 • 海中ワイヤレスでは、海中高度 1 m 程度を航行する海中プラットフォームによる海底面下最大数 m 程度までの、10 cm~1 m 程度の埋設物検出を想定し、アンテナアレイによる電波伝搬特性評価を実施した。浅海域で模擬埋設物に対する原理検証の結果、1 MHz の電波によって、金属の埋設物の検出可能性を実証した。さらに、スパースモデリングを利用した海底下埋設物可視化技術の実証試験にも成功した。 • 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と共同開発した海中チャネルサウンダを含む海中実験系（深度 500 m まで利用可）を用いて、静岡県沼津市にて 2 回の海中ワイヤレス実験を実施し、深度 30 m での海中チャネルサウンダ動作確認の後、深度 70 m での電波伝搬測定を行った。海中における電波到来方向推定技術を併せて検証（JAMSTEC と共同）した。 • 海中ワイヤレス通信に関しては、広帯域通信技術と、MIMO 技術を組み合わせた通信実証に成功した。また、MIMO 技術を利用した海中ワイヤレス通信において、1 m の距離で 1Mbps 以上の通信実証に成功した。さらに、海底面を利用した電波伝搬を通信に応用し、1 MHz の周波数において約 1.5 倍の伝搬距離拡張を実証した。 • 体内外ワイヤレスとして、端末低消費電力化に向けたワイヤレス伝送技術検証を実施（脳情報通信融合研究センターとの機構内連携）した。 • 電波を利用した体内端末位置推定方法に関して民間企業との資金受入型共同研究を実施、ミリメートルオーダーの位置推定精度を模擬環境で実証した。	

○フォトニックネットワーク基盤技術 2020 年代には現在の 1 千倍以上の通信トラヒックが予想されていることから、世界最高水準のネットワークの大容量化を実現するため、1 入出力端子あたり 1 Pbps（ペタビット／秒）級の交換ノードを有するフォトニックネットワークに関する基盤技術について、産学官連携による研究推進や早期の社会実装を目指したフィールド実証等により、平成 32 年度までに確立するものとする。 また、急激なトラヒック変動やサービス多様化への柔軟な対応を可能とするための技術の研究開発を行うとともに、災害発生時にネットワークの	**（３）フォトニックネットワーク基盤技術** 5G及びそれ以降において予想される通信トラヒックの増加に対応するため、超大容量マルチコアネットワークシステム技術に関する研究開発を行う。また、急激なトラヒック変動や通信サービスの多様化への柔軟な対応を可能とする光統合ネットワーク技術及び災害発生時においてもネットワークの弾力的な運用・復旧を可能とする災害に強い光ネットワーク技術の研究開発に取り組む。 **（ア）超大容量マルチコアネットワークシステム技術** 1 入力端子当たり 1 Pbps（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に関する基盤技術として、マルチコア／マルチモード		**（３）フォトニックネットワーク基盤技術** **（ア）超大容量マルチコアネットワークシステム技術** ○超大容量マルチコアネットワークシステムに関する基盤技術、およびマルチコア／マルチモード・オール光交換技術を確立するためとして、以下を実施した。 • マルチコアオール光スイッチングの原理確認のために、 • 平成 28 年度は、空間光学技術を活用した空間多重用ファイバー括光スイッチを提案した。マルチコアファイバはコア数拡大により大容量伝送を実現する一方で、中継装置においてコア数分のスイッチ素子を実装したスイッチが必要であったが、本スイッチでは空間多重信号分離素子を使用しておらず、1 個のスイッチング素子で多種多様な空間多重用ファイバに対応可能である。7 コアファイバを利用し、世界最高コア数である7コアー括光スイッチを実装した。 • 平成 29 年度は、音響光学素子 (AOM) ベース 7 コアー括光スイッチを開発した。電界吸収型 (EA) 光スイッチと併用し、各光スイッチの切替速度等を活かしてネットワークに必要なパケット転送機能やパケット輻輳回避機能、プロテクション機能を実現した。パケット輻輳回避機能については、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議 OFC (Optical Fiber Communication Conference) 2018 にて発表した。 • マルチコアオール光スイッチング技術の研究開発として、平成 29 年度は、ナノ秒の切替速度の電界吸収型 (EA) 光スイッチ素子を並列化、宛先信号に応じて複数素子を同時に駆動させるコントローラを備えた高速並列光スイッチシステムを開発した。本光スイッチシステムは、平成 28 年度に空間光学技術を活用して開発した 7 コアー括光スイッチと比較し 100 万倍高速で、世界記録となる 53.3 テラ bps の 7 コア多重光パケットスイッチングおよび 38 km 伝送を実験により実証した。光通信分野のトップカンファレンスである国際会議 ECOC (European Conference on Optical Communication) 2017 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。その後、さらなる高速化を進め 3 年で従来の世界記録を 6.5 倍更新する 83.3 テラ bps を達成し、OFC 2018 にてカテゴリのトップスコア論文として採択された。	**（３）フォトニックネットワーク基盤技術** 【科学的意義】 ○超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、マルチコア光ファイバに加え光スイッチや光増幅器でも世界トップレベルの研究成果を数多く継続的に創出し、常に世界を牽引した。 • 標準外径・3 コア光ファイバを用い、172 テラ bps で 2,040 km の大容量・長距離伝送実験に成功した。伝送容量と距離の積が 351 ペタ bps x km となり、これまでの世界記録の約 2 倍である。 • 標準外径・4 コアファイバで標準外径光ファイバの伝送容量世界記録 610 テラ bps 伝送に成功した。 • 標準外径 15 モードのマルチモードファイバを用いて、1.01 ペタ bps で 23 km の大容量伝送実験に成功し、これまでの伝送記録 2.5 倍更新する世界記録を達成した。 • 38 コア・3 モードファイバで伝送容量と周波数利用効率の世界記録を更新した。 • 19 コアー括光増幅器を用いた伝送実験で、伝送容量と距離積の世界記録を更新した。 • 世界初のペタビット超級スイッチング技術を実証した。 ○光統合ネットワーク技術について、時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術及び関連するハードウェアシステム技術として、フレキシブル光パスノードを

弾力的な運用・復旧が可能になる技術の研究開発を行い、研究開発成果の着実な社会実装を目指すものとする。	ファイバを用いた空間多重方式をベースとしたハードウェアシステム技術及びネットワークアーキテクチャ技術の研究開発を行う。また、マルチコア／マルチモード・オール光交換技術を確立するため、終端や完全分離せずとも光信号のまま交換可能とするオール光スイッチング技術の研究開発に取り組む。さらに、マルチコアファイバ等で用いられる送受信機に必須の小型・高精度な送受信技術を確立するため、送受信機間の低クロストーク化等に関する研究開発を行う。加えて、更なる大容量化の実現に向けて、世界に先駆けた空間スーパーモード伝送基盤技術の確立を目指して、関連するハードウェアシステム技術の研究開発を行う。産学官連携による研究推進及び社会実装を		• 令和元年度は、大規模ミラーベース光スイッチ (MEMS)、波長スイッチから構成される大規模・低損失光スイッチノードを開発した。AO ベース 7 コア一括光スイッチを用いた 2x1 光スイッチによる冗長構成も備えた。22 コア多重 1 ペタ bps 光パススイッチング実験にも成功、世界で初めてペタビット超級スイッチング技術の実証となった。本成果は、ECOC 2019 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 令和2年度は、ペタビット級ネットワークの長延化のために、空間多重信号分離素子を使用しないコア単位スイッチングが可能な 12 コアファイバ向けの低損失光スイッチを開発し、ペタビット級マルチコアネットワークシステムに関する基盤技術を確立した。 • マルチコアファイバ光ネットワークのハードウェアシステム技術として、平成 28 年度は、従来コア毎に必要であったハードウェアを 1 個にすることが可能な「空間スーパーチャネル光パケット方式及び一括光スイッチシステム」を提案・実証し、OSA 論文誌 Journal of Optical Communications and Networking にて発表した。 • マルチコア／マルチモードファイバを用いた空間多重方式をベースとしたハードウェアシステム技術として、空間ホログラム技術の活用を研究し、 • 平成 28 年度は、多数のモードが多重化された光信号を一つの光デバイスで分離可能なモード分離デバイスの原理確認を行った。 • 平成 29 年度は、532 nm 波長用ホログラム材料を用いて、 532 nm 波長によるモード多重信号の記録、850 nm 波長による再生（分波）を実証し、学術論文誌 OSA Applied Optics にて発表した。 • 平成 30 年度は、通信波長帯 1,550 nm において空間モード多重信号（3 モード）の分離に世界で初めて成功した。単一光学素子（体積ホログラム）を用いた簡素な空間光学系により、拡張性が高く、従来技術よりも小型化が可能なモード分離器を実証し、ECOC 2018 にて発表した。 • 令和元年度は、空間ホログラム技術を活用したモード分離デバイスの分離機能を従来の 3 モードから 5 モードへ拡張することに成功し、世界トップレベルを堅持している。 • 令和 2 年度は、最適なホログラムの記録条件を見出し、令和元年度ま	提案し、最大 8 波長の複数光パス一括の経路切替時の通信品質保持に成功した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 ○超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、 • 中長期計画の大容量のマルチコアファイバの研究開発に加え、早期実用化に適した標準外径のマルチコアファイバの開発を開始し、力を入れている。 • IoT、5G、高精細画像伝送等の普及に伴う通信量の爆発的増加等に対応するための大容量トラヒックの収容を可能にするペタビット級光ネットワークの実現に必要な技術を開発した。 ○光統合ネットワーク技術について、光スイッチトランスポートノード基盤技術の研究開発として、光通信システムのオープン化の実現の上で重要なデバイスである高線形性光増幅器を開発した。 ○災害に強い光ネットワーク技術について、光ネットワークでの監視機能が喪失したユースケースに対し、応急復旧用ユニットなどによる、光監視機能回復機構の実装、およびそれらの情報を自律分散的に収集

	目指したフィールド実証等によって各要素技術を実証し、超大容量マルチコアネットワークシステムの基盤技術を確立する。		での体積ホログラムモード多重分離器の 13 倍以上の回折効率向上・低損失化を実現し、国際会議 PSC (Photonics in Switching and Computing) 2020 にて発表した。本方式を取り入れたモード多重伝送システムを構築し、24.5 Gbaud 偏波多重 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation：直交振幅変調)信号を乗せた 3 モード分離および MIMO (Multiple Input, Multiple Output) 処理後の信号復調を実証し、マルチモード・オール光交換要素技術を確立した。 • マルチコア／マルチモードファイバを用いた空間多重方式をベースとしたネットワークアーキテクチャ技術として、 • 平成 28 年度は、海外研究機関と連携し、空間多重方式向けクロスコネクトを用いたネットワークアーキテクチャを提案し、従来の波長多重方式ネットワークと比較して 7 倍以上となる光資源量の有効活用方法として、波長フィルタ無し伝送やコア間分離による安全性確保などを検証し、ECOC 2016 にて発表し、報道発表も行った。 • 平成 29 年度はマルチ粒度光チャネルに対応した各種光スイッチや 19 コア光増幅器を実装した 2x2 光スイッチノードを構築した。7 コア一括スイッチを用いた 10 テラ bps 7 コア多重光パスや 1 テラ bps 光パケットのスイッチング及び 19 コアファイバ 38 km 伝送を実験により実証し、ECOC 2017 にて発表した。 • 平成 30 年度は、通信性能要求に応じたマルチ粒度光チャネル提供方式を提案し、マルチ粒度光チャネルに対応した各種光スイッチや 19 コア光増幅器を実装した 2x2 光スイッチノードを構築した。7 コア一括スイッチを用いた 10 テラ bps 7 コア多重光パスや 1 テラ bps 光パケットのスイッチング及び 19 コアファイバ 38 km 伝送を実証、7 コア一括光スイッチ含めた各チャネル用光スイッチのソフトウェア制御も検証した。また、既存の IP ネットワークと接続するインターフェースを備えた通信システムを構築し、IP パケットのデータタイプに応じて、光チャネルを選択する方法およびマルチコアネットワークにおける IP パケット伝送を実証した。本成果は、学術論文誌 MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) Photonics Journal に掲載された。 • また、データサイズを考慮した光パケットの空間チャネルの適切なスライス化と資源割当手法を提案し、資源利用率向上と低遅延な衝突回避を証明し、通信分野最大の国際会議 IEEE Globecom 2018 にて発表した。	するロバストなテレメトリ収集機構を実装し、実証実験を実施した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 ○超大容量マルチコアネットワークシステム技術について、 • 早期実用化に適した標準外径マルチコアファイバでの大容量伝送実証を実施した。加えて、産学と連携し令和元年度から継続してイタリアのラクイラ市の実環境テストベッドにおいて、ファイバの特性評価等の実証実験を行った。 • 産学連携のもと、マルチコアファイバを含む空間多重ファイバ・ケーブル技術について、その定義や分類、国際標準化に必要な項目等に関する技術文書の作成を ITU-T Q5/SG15 に提案し、合意された。 ○災害に強い光ネットワーク技術について、通信キャリア間での暫定共用パケット転送網の建設・自動制御のデータ層相互接続実験を、世界で初めて実施し、機密情報漏洩なしの全自動制御を実現、さらに資源提供の対価に基づいたビジネスモデルの観点を取り入れたキャリア間需給マッチングプラットフォームの開発と評価を行った。 等、社会実装につながる成果の創

			• 令和元年度は、マルチコアファイバ、マルチモードファイバや大容量光スイッチングノードを用いて、複数シナリオでスイッチング実験を実施し、様々なネットワーク運用方法を実証し、1 ペタ bps 光パススイッチング実験にも成功した。 • 令和 2 年度は、空間スーパーチャネル容量の制限要因であるマルチコアファイバのコア間の伝搬遅延（スキュー）を評価する手法を確立し、22 コアファイバの内外のコアのスキュー分布を解明し、学術論文誌 IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology にて発表した。 〇マルチコアファイバ等で用いられる送受信機に必須の小型・高精度な送受信技術を確立するため、送受信機間の低クロストーク化等に関する以下の研究開発を実施した。 • 平成 28 年度は、高密度に集積した光導波路や高周波信号線路において、各線路の伝送容量のクロストーク依存性を明確化し、光と無線を融合した伝送システムにおいてクロストーク抑圧・制御が重要であることを示した。さらに、光ファイバや高周波線路等の複数のコンポーネントを経由した伝送線路において、伝送の周波数特性やクロストーク等の諸現象を伝達関数として伝送路状態を事前学習することで、線路の周波数特性の影響を等価する技術の開発に成功した。 • 平成 29 年度は、送受信素子の高密度化と面的なパラレル化にともない発生する高周波クロストークに関して、その発生メカニズムの数値解析を実施し、デバイス分野のトップカンファレンス CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) にて発表した。 • 平成 30 年度は、光や高周波等のクロストーク低減を考慮した小型受信デバイスの高速化技術の研究開発として、高度に並列集積化された半導体素子等の配線間クロストークの解析と、クロストーク低減構造の検討を実施した。 • また、マルチコアファイバのコア間や伝搬モード間のクロストークのモデル化についての研究開発として、長距離伝送とコア間クロストークによるペナルティの影響について、7 コアファイバおよび広帯域 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号を用いた周回実験系を構築して、最長で大洋横断に匹敵する 10,000km までの調査を行った。 C 帯、L 帯に渡るクロストークペナルティの差が大きく異なる（各々	出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			12.5%、58%）ことが判明した。本成果は、ECOC 2018 に採択された。 • 令和元年度は、並列集積に関するクロストーク抑圧技術を基に、マルチコアファイバを用いたパラレル大容量伝送技術のための小型並列送受信機を試作し、高速動作を確認した。 • 令和 2 年度は、マルチコア光ファイバを用いた小型トランシーバ動作検証として、産官連携によるマルチコア光ファイバ直結 VCSEL/PD アレイデバイスの開発に成功した。 ○空間スーパーモード伝送基盤技術に関連するハードウェアシステム技術の研究開発として、以下を実施した。 コア間クロストークや非線形光学効果の研究として、 • 平成28年度は、非線形光学効果がコア間クロストークにも影響を与えることを世界で初めて実験的に明らかにし、現象のモデル化に成功した。マルチコアファイバを用いた波長多重スーパーモード伝送システムの設計に重要な指針を与えた。 • 平成 29 年度は、動的に変動するクロストークと変調フォーマットの関係を明らかにし、システム安定度の向上に資する設計指針を創出した。また、広い波長範囲で群遅延差の異なる高次モード間で有効に動作する干渉除去アルゴリズムを実装した。 • 平成 30 年度は、高非線形マルチモードファイバにおける非線形光学効果を用いて、多値変調光信号のモード間波長変換実験に成功し、波長変換の柔軟性を向上させた。本成果は、OFC 2019 において、光伝送カテゴリのトップスコア論文に採択された。 • 令和元年度は、コア間クロストークや非線形光学効果の研究として、3モードファイバを用いた 2,800 km の周回伝送実験系において、機械的振動による結合ダイナミクスを調査した。本成果は、OFC 2020 においてファイバカテゴリーのトップスコア論文に採択された。 • 令和2年度は、標準外径 3 モードファイバを用いた周回伝送系において、モード間非線形歪みの検証を行い、モード間の相互位相変調が信号品質に悪影響を与えることを観測・評価した。24.5 Gbaud 16QAM 信号の3モードファイバによる648 km の周回伝送実験において、モード間非線形歪みにより、LP01 モードで約 1 dB の Q 値劣化が測定された。本成果は、学術論文誌 IEEE Photonics Technology Letters に掲	

			載された。 早期実用化を目指した標準外径/準標準外径光ファイバ伝送の研究として、 • 平成 29 年度は、空間多重用の標準外径 (0.125mm) ファイバとしては世界記録となる容量・距離積を更新する 159 テラ bps 光信号の 1,045 km マルチモードファイバ伝送実験に成功し、OFC 2018 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 平成 30 年度は、標準外径（0.125mm）の数モードファイバを用いた伝送実験において、モードあたりの周波数利用効率の世界記録となる、11.24 ビット/秒/ヘルツを達成した。国際会議 PSC (Photonics in Switching and Computing) 2018 において、最優秀論文賞を受賞した。 • さらに、既存光ファイバとほぼ同じサイズの直径 0.16 mm の 4 コア・3 モードファイバを用いて、1.2 ペタ bps 伝送達成した。ペタビット級の伝送能力を持つマルチコアファイバとしては最も細く情報密度が高い。標準光ファイバと同じ被覆外径で、ケーブル化の際に既存の設備を流用することが可能であり、早期実用化が期待できる。本成果は、ECOC 2018 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 令和元年度は、標準外径 (0.125mm)・4 コアファイバで 3 つの波長帯域 (S, C, L) を用い、標準外径光ファイバの伝送容量の世界記録に当たる 596 テラ bps 伝送に成功した。本成果は、OFC 2020 において、光伝送カテゴリのトップスコア論文に採択された。さらに同じファイバを用いた拡張実験では、変調方式を高度化し、世界記録を更新する 610 テラ bps 伝送に成功した。本成果は、学術論文誌 IEEE Photonics Technology Letters に掲載された。また、標準外径を持つ結合型 3 コア光ファイバを用い、周回スイッチを利用した大容量・長距離伝送システムを構築し、172 テラ bps で 2,040 km の大容量・長距離伝送実験に成功した。この結果は、伝送能力の一般的な指標である伝送容量と距離の積に換算すると、351 ペタ bps × km となり、標準外径の新型光ファイバのこれまでの世界記録の約 2 倍になる。本成果は、OFC 2020 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 令和 2 年度は、標準外径 3 モードファイバを用いた S バンドの伝送システムを構築し、55 km の伝送を行い、モード多重伝送における波長多重領域の拡張可能性を評価し、学術論文誌 OSA Optics Express	

			にて発表した。 • 更に、標準外径を持つ最大 15 モードの伝搬が可能なマルチモードファイバを用いて C+L バンドの大容量伝送システムを構築し、1.01 ペタ bps で 23 km の大容量伝送実験に成功し、これまでのマルチモードファイバにおける伝送記録である 402 テラ bps を 2.5 倍更新する世界記録を達成した。本成果は、ECOC 2020 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 超大容量伝送を実現する大口径光ファイバ伝送の研究として、 • 平成 30 年度は、世界最大のコア数となる 39 コア・3 モード光ファイバを用いて、38 コア・3 モード双方向伝送システムを開発し、ファイバあたり 228 空間チャネル伝送の世界記録を達成、短距離光伝送における大容量伝送を可能とする基盤技術の原理を実証した。本成果は、ECOC 2018 において、光伝送カテゴリのトップスコア論文に採択された。 • また、二つの通信波長帯（C 帯及び L 帯）に対応し波長範囲が広い 19 コア一括光増幅器を用いて、高密度 345 波長、715 テラ bps 信号を 19 コア一括で中継増幅し、周回伝送系による総延長 2,009 km 伝送に成功した。伝送能力の一般的な指標である伝送容量と距離の積で従来の約 1.4 倍である 1.4 エクサビット×km となり、世界記録となり、大容量と長距離を両立可能なマルチコア伝送システムの実現可能性を実証した。本成果は、OFC 2019 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。令和元年度は、38 コア・3 モードファイバを用いて、伝送容量 10.66 ペタ bps、周波数利用効率 1158.7b/s/Hz を実証、共にこれまでの世界記録を更新した。本成果は、OFC 2020 において光伝送カテゴリのトップスコア論文に採択された。 • 令和 2 年度は、7 コア光ファイバにおいて、同期した 3 つの周回ループ系において、世界初のデジタル逆伝搬法と MIMO 処理を組み合わせた長距離伝送評価系による実証実験を行い、 20 Gbaud の偏波多重 QPSK 信号による 8,055 km の伝送において信号利得 1.6 dB（伝送距離 28%延伸に相当）を達成した。本成果は、学術論文誌 IEEE Photonics Technology Letters に掲載された。また、マルチコアファイバを用いた 1,600 km の長距離伝送でのコア間クロストークの影響の評価を行い、自然放出光、非線形歪み、コア間クロストークそれぞれの寄与の割合から、波長多重の最適な波長配置について提案した。本成果は IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	

			に掲載された。 • コヒーレント光配信技術として、 • 平成 28 年度は、長距離 (1,600 km) のコヒーレント光配信による 64QAM (Quadrature Amplitude Modulation：直交振幅変調) 信号同期伝送実験に世界で初めて成功した。 • 平成 29 年度は、商用の光スイッチ (ROADM: Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) で構成されたネットワークテストベッドで基準光配信及び送受信実験を実施した。ネットワークで障害が発生しても半自動的に動作復旧を行い、光ネットワークを介する本方式のフィージビリティと、高コヒーレントな基準光配信ネットワークに商用 ROADM が適用可能なことを実証した。 • 令和 2 年度は、周波数安定化された基準光を配信した広域同期システムの実証実験として、超狭帯域フィルタリングを活用した 12,000 km の長距離配信実験を行った。 ○産学との連携による社会実装を目指したフィールド実証として、令和元年度にイタリアのラクイラ市の実環境テストベッドに 3 種類の標準外径のマルチコアファイバを敷設し、外気温変化による光信号の伝搬時間の変化を測定し、高い安定性を実証した。本成果を、OFC 2020 にて発表した。令和 2 年度は、継続してラクイラ市のマルチコアファイバの実環境テストベッドにおけるファイバの特性評価を実施し、4 コアファイバのコア間伝搬遅延（スキュー）の長時間安定性を評価し、デバイス分野のトップカンファレンス CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) にて成果を発表した。 ○産学との連携により、革新的光ファイバの実用化に向けた研究開発として、以下を実現した。 ------ 28 年度 ------ • ペタビット級空間多重光ファイバの実用化・大容量化技術として、64QAM 信号を用いた 6 モード多重 18 コア伝送実験で、周波数利用効率 947bit/s/Hz を達成、部分 MIMO (Multiple Input, Multiple Output) を用いた 10 モード多重 81 km 伝送実験に成功した。コア密度拡大と実用化のバランスをとった設計で、5コアマルチコアファイバで、外径 11.2 mm の 200 心ケーブルを実現した。世界最高密度のマルチコアファイバ MT (Mechanically Transferable) コネクタを開発	

			し、開発した数モードファイバの高次モードの実効断面積の高精度測定法により全コアで 1 dB 未満を確認した。モード結合測定のプログラム中に伝搬損失のモード依存性に対する校正機能を追加し、LP モード間のモード結合評価も実施できるよう改良した。 • マルチコアファイバの高品質・長距離化では、孔開け法により低損失・小コア間偏差で 200 km 以上の長尺紡糸を実現するとともに、新規製造方法についてマルチコアファイバ製造の高品質化に加え空孔付与によるクロストーク制御への応用性を実証した。FMF 技術では、世界トップデータの空間多重密度を有する FM-OE の報道発表を行い、本成果のアピールに努めた。また、入出力技術では厳密固有モード伝送を実現する入出力デバイスの設計を行った。評価技術では、高次モードの実効断面積や波長分散測など、主要パラメータの測定技術を網羅的に検討した。 ------ 29 年度 ------ • 単一コア 10 モードファイバを試作し、単一コア世界最大の伝送容量 257 テラ bps を達成した。 • 6 モード 19 コアファイバを試作し、高密度空間多重伝送実験を行い、ファイバ 1 芯の世界最大容量 10.16 ペタ bps、11 km の伝送に成功し、周波数利用効率は 1099.9 bit/s/Hz を達成した。伝送容量 10.16 ペタ bps は、平成 27 年機構の伝送容量世界記録 2.15 ペタ bps の 4.7 倍で、ECOC 2017 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択され、関係各社連名で報道発表も行い、多数のメディアに掲載された。本成果により、総務省の「将来のネットワークインフラに関する研究会」の報告書における「2030 年頃に流通する最大で数 10 ペタ bps の大容量トラヒック」を支えるための光ファイバ伝送技術の原理を実証した。 • 100 km 級のマルチコアファイバ (MCF) を実現した。また、 1.5 μm 以下のコア位置ずれを確保する製法を確立した。複数コアの一括測定技術により、コア数が増大しても測定時間を増大させない技術を確立した。 • 光ケーブル内の MCF の機械強度、及び光学特性の影響に関する検討を行い、（長距離）通信インフラとして実用的とされる MCF の具体的設計を示した。 • MCF のコア配置精度向上について、±0.5 μm 以下のコア間隔の誤差を実現した。96 および 256 コアコネクタの MCF 多条コネクタを開発し、1 dB 以下の挿入損失を実現すると共に、全コアでのフィジカルコン	

			タクト接続を達成した。クラッド断面形状が樽型である MCF において、単芯・多条でのパッシブ調心による接続が十分に可能であることを実証した。 • マルチコア・マルチモードファイバのいずれにも適用可能なモード結合測定装置を開発した。 • クロストーク 10 dB 以上低減、0.005 dB/km のコア間偏差、 240 km 以上のファイバ紡糸を実現し、最終目標を達成する低クロストーク MCF を実現した。 • 空間・周波数利用効率を最大化する MCF の設計方法を確立し、隣接するコア間に空孔を配置した場合のクロストーク特性の低減効果について体系的に明らかにし、論理実証した。 • 日本技術の国際展開に向けた標準化のマイルストーンを策定することを目的として、得られた成果について国内外の展示会および報道発表等を通じ幅広くアピールした。 • 世界最高密度の数モード(FM)-MCF を実現し、特性評価技術の適用性を明らかにした。弱結合型 FM-MCF の解析設計技術を確立し、最適設計を実施した。4LP モード・19 コアファイバを作製し、空間分割多重数 114、相対空間多重度指数 (RCMF) 60 以上を実現した。 • テーパー結合逐次モード遷移型の設計指針を明らかにして試作により実証した。また、評価技術を確立した。 ○産学との連携により、空間多重フォトニックノード基盤技術の研究開発として以下を実施した。 ------ 28 年度 ------ • 大規模波長ルーティングノードアーキテクチャ検討において、サブシステムモジュラ構成の拡張性と 80% 程度の WSS (Wavelength Selective Switch) 数削減性を明らかにした。システム制御技術では、伝送特性を考慮した空間多重ネットワーク収容設計基本方式検討を完了した。また、クラッド励起マルチコア光増幅器の利得偏差特性を 50 x 256 Gps、 5,040 km 空間光多重伝送実験にて評価した。 • 空間多重ノード方路制御技術・光増幅制御技術では、スイッチ光学系のクロストーク性能の初期評価を完了すると共に、クラッド・コアハイブリッド励起マルチコア光増幅器の利得制御性（入力レベル変化などに対し 0.8 dB 以下）の初期評価を完了した。省電力光増幅モジュール構成検討では、励起光源電力配分の最適化による省電力化構成を策定	

			し、動作確認を完了した。 • 装置間と装置内配線のインターフェースを勘案した MT コネクタ、装置内用の小型 MT コネクタを設計・試作し、多心一括接続の原理確認、並びに、正方コア配置ファンアウトを実現した。また、4 コアファイバと通常 SMF（シングルモードファイバ）間コネクタ接続を実現する積層型の石英導波路を設計・試作したほか、接続端面の微小変形と PC 接続条件の関係について理論検討を進めた。 ------ 29 年度 ------ • 空間多重ノードアーキテクチャ・システム制御技術として、サブシステム OXC (Optical cross connect) 構成において、M x M WSS (Wavelength Selective Switch) を適用した場合のファイバ収容効率、ならびに必要となる WSS 数の有効性を示すとともに、6 x 6 WSS を用いた伝送実験により、フィージビリティを確認した。信号雑音比 (SNR：Signal to Noise Ratio) をコア間で均等化する手法を検討し、信号のベクトル表現の時点でチャネル間のエラーベクトルを均等化させることにより、Q 値偏差補償し、Q 値が低いチャネルの品質を改善する方法にて補償後 Q 値偏差 0.1 dB 未満を確認した。 • 空間多重ノード光増幅・方路制御技術として、空間多重多方路制御ノード構成用のスイッチデバイスのクロストーク低減技術の確認（-50 dB 以下のクロストーク性能）、及びクラッド励起のマルチコア光増幅器とラマン分布増幅からなるハイブリッド分布増幅技術を提案し、コア間の損失ばらつきを補償できることを確認するとともに、8 心 4 コアファイバ MT (Mechanically Transferable) コネクタを試作し、32 コアで 2 dB 以下の接続損失を実現した（平均値 0.6 dB、最悪値 1.9 dB）。試作したコネクタ間の接続特性を評価し、接続損失平均 0.23 dB、最大 0.66 dB、反射減衰量 40 dB 以上を確認した。 • 「革新的光ファイバの実用化に向けた研究開発」の成果を積極的に活用し、マルチコア光増幅中継系を用い、光通信で主に使われている波長（Cバンド：波長 1,530-1,560 nm）で 118 テラ bps、316 km 光増幅中継伝送実験に成功した。この成果は、国際会議 OECC (OptoElectronics and Communications Conference) 2017 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択され、関係各社連名で報道発表も行い、多くのメディアに掲載された。 ------ 30 年度 ------ • 空間多重ノードアーキテクチャ・システム制御技術について、10 ペタ	

			bps 程度まで拡張可能なスケーラビリティの高いフォトニックノードアーキテクチャを提案し、その基本機能をシミュレーションならびに伝送実験により実証した。また、提案ノードアーキテクチャの基本構成であるサブシステム OXC (Optical crossconnect)の主要構成要素として、1xN 集積多連 WSS (Wavelength Selective Switch) 光スイッチモジュールのポート間クロストークを-40 dB 以下とすることで 16QAM 信号を安定に受信できることを実証した。光パス収容設計に関しては、基本方式を提案し、16QAM 信号においてファイバとノードのクロストーク積算値を想定したパス収容特性をシミュレーションにより評価した。さらにクラッド励起 MC（マルチコア） -EDFA の中継伝送適用性 (5,040 km) を確認するとともに、光増幅中継システム制御における利得平坦化の実現にむけ、幾つかのブロック等化方式を提案し、5 段中継ノード通過後の SDM (Space Division Multiplexing) /WDM チャネル間の利得平坦度目標（±3 dB 以内）を実証した。 • 空間多重ノード光増幅・方路制御技術として、クラッド励起 MC-EDFA におけるクラッド一括励起とコア励起を併用したハイブリッド励起方式と WSS のアッテネーション機能の適用によりコア間、波長間のばらつきを抑圧する利得制御技術の制御方式の原理確認を実施し、±1.5 dB を可能とする利得制御技術の実現可能性を示した。また多方路制御技術の実現に向け、低クロストーク化を実現可能な 1xN WSS 一体集積モジュールを提案・試作し、6x6 WSS 構成にてその有効性を実証した。さらに省電力増幅モジュール構成技術、光増幅モジュール省電力化制御技術、高効率利得平坦化技術の各要素技術の検討を進め、ターボクラッド励起技術の有効性を検証するとともに、増幅器構成技術と制御技術との連携により 20.3%の省電力効果を確認した。 • 空間多重ノード配線技術について、125 μm のクラッド径を持つ 8 本の 4 コアファイバの心線一括接続技術について検討を行い、中間目標特性を上回る 10 コア超一括接続を所望の光学特性で実現した。また、単心コネクタの回転角度を制御する機構について検討し、ランダム接続損失 0.5 dB 以下 (97%) を達成する MCF （マルチコアファイバ）コネクタ基本構造とその設計手法を確立すると同時に、4 コア用光コネクタの損失要因分析手法を見出した。更に、IEC TC86/SC86B 会合において、MCF コネクタ試験方法の規格標準化を進める方針を提案し、合意を得た。 ------ 令和元年度 ----- • 空間多重ノードアーキテクチャ・システム制御技術について、6x6 WSS	

			(Wavelength Selective Switch)で構成されたサブシステムモジュラ光クロスコネクトの実現可能性を検証し、16 台の WSS、 1,200 km 伝送を実証した。ネットワーク収容設計技術については、空間多重光ノードの省電力化を目指した、コア経路割り当てと利用波長数を平準化するパス設計方式を提案した。中継ノードシステム制御技術については、10 段以上の中継ノードを考慮したブロック等化ノードの評価・設計指針策定系を構築した。さらに、信号雑音比をコア間・波長間で均等化する手法について、4 中継ノードを通過する 192 km のマルチコアファイバ中継伝送路においてチャネル間の信号品質の偏差を 0.1 dB 以下に低減する効果を実証した。 • 空間多重ノード光増幅・方路制御技術として、入力側と出力側を非対称とした新しい光ノード構成によってノード内配線を大幅に簡略化できる構成を提案した。さらに、空間平面光回路技術による多連 WSS モジュール技術を検討し、異なる二つの光学系を採用した WSS アレイモジュールを組み合わせることで簡略化光配線ノードを実現できることを示した。省電力光増幅モジュール構成技術に関して、増幅効率向上が期待される 19 コア光増幅器の試作および初期評価を完了するとともに、ハイブリッド動作において、7 コアと比較して 6.9%の電力削減効果を確認した。 • 空間多重ノード配線技術について、20 コア超マルチコアファイバ一括接続コネクタの作製および評価を行い、損失 1.5 dB 以下、反射減衰量 40 dB 以上、クロストーク -40 dB 以下を達成した。空間多重ノード装置内配線技術について、小型多心配線部材を開発し、125 μm、80 μm 両クラッド径のファイバに適した 24 心フェルール構造を実現した。空間多重ノード配線用光コネクタ技術について、4 コアファイバ用 SC (Subscriber Connector) 形光コネクタの機械的特性評価を実施し、繰り返しかん合試験および通光左右曲げ引張り試験において、接続損失 0.2 dB 以下であることを確認した。ITU-T SG15 第 5 会合において、将来における空間分割多重伝送用光ファイバの標準化に備え、現在の技術レベルと標準化に向けた課題を明確化するための新規技術レポートの作成提案を実施し、2022 年文書制定に向けて作業を開始することが了承された。また、IEC TC86/SC86B 会合においてマルチコアファイバコネクタ反射減衰量測定法に関する標準化の開始が合意されたため、ファンアウトの損失と反射からコネクタ 1 接続点の反射減衰量を推定する手法の開発を開始した。 ----- 令和 2 年度 -----	

			• 空間多重ノードアーキテクチャ・システム制御技術について、サブシステムモジュラ OXC (Optical Cross Connect) 構成およびファイバクロスコネクト構成によるスループット 10 Pbit/s 超へのスケーラビリティを実証し、ネットワーク全体を模擬した大規模数値シミュレーションでこれらの合理性およびコスト特性を明確化した。また、本光パス収容設計方式と空間多重ノードを構成するマルチコア光増幅器の連携制御による 19 コアマルチコア光増幅器の省電力特性を最適化する設計手法の提案と基本特性の評価を実施した。マルチコアファイバのコア間で生じる信号雑音比の差異に起因する信号品質 Q 値偏差を低減する伝送方式を提案し、0.1 dB 以内に Q 値偏差を低減可能であることを実証した。 • 空間多重ノード光増幅・方路制御技術として、2-f 型および 4-f 型の M 連 1×M 波長選択スイッチ (WSS) の基本原理の確認および光学設計検討を実施した。スループット 10 Pbit/s 超を実現可能なノード構成となる 6×6 規模および 10×10 規模 WXC (Wavelength Cross Connect) を構築した。M×M WSS を用いたサブシステムモジュラ OXC の連携実験により目標性能である利得ばらつき±1.5 dB とスループット 10 Pbit/s 超の実現可能性を実証した。光パス収容設計とマルチコア光増幅器の連携制御による 19 コア光増幅器の省電力効果の実証を完了した。 • 空間多重ノード配線技術について、多層平面石英導波路および 3 次元導波路技術を活用し、シングルモードファイバ・マルチモードファイバ間および異種マルチコアファイバ間の接続デバイスを実証した。多心マルチコアコネクタ技術開発において、4 コア 8 心（32 コア）を接続損失 1.5 dB 以下、クロストーク -40 dB 以下での一括接続を実現した。空間多重信号伝送を行うマルチコアファイバ等による架間配線に適する単心系光コネクタとして、結合時にオルダム・カップリング機構を構成する簡易構造マルチコアファイバ用 SC 形光コネクタを開発した。ランダム接続損失 0.5 dB 以下 (97%)、反射減衰量 45 dB 以上、通光左右曲げ引張り試験等の機械的特性を確認し、通信ネットワークでの使用に耐える性能を有することを示した。 ○産学との連携により、マルチコアファイバの実用化加速に向けた研究開発として以下を実施した。 ------ 令和元年度 -----	

			• 高品質・高信頼性マルチコアファイバ技術について、ステップインデックス (Step Index: SI) 型標準クラッド径マルチコアファイバの素線評価を行い、数十 km 長での高速伝送への適用性を伝送実験で確認した。品質異常部の発生状況を整理し、母材加工装置に求められる仕様を明確化した。長尺の 125 μm 径マルチコアファイバで 1%引っ張りプルーフを実施し、クラッド一括形成法のコア変形量を調査した。非開削母材におけるクリアランスとコア位置ずれ、コア変形についての設計、試作結果の検証を実施した。 • マルチコアファイバケーブル・伝送路技術について、SI 型標準クラッド径マルチコアファイバを実装した高密度光ケーブルの試作を行い、工程間変化の評価に着手した。SI 型標準クラッド径マルチコアファイバの多段接続構成を設計、構築し、平成 30 年度に構築した評価系を用いて、挿入損失やコア間クロストーク、偏波変動性等を測定した。 • 標準化に向けたマルチコアファイバ周辺技術について、標準クラッド径マルチコアファイバの幾何学パラメータの評価技術の方式検討を行い、原理検証に向けた評価系等の構築に着手した。マルチコアファイバを含む空間多重ファイバ・ケーブル技術について、その定義や分類、国際標準化に必要な項目等に関する技術文書の作成を研究分担者との連名で ITU-T Q5/SG15 に提案し、合意された。 ------ 令和２年度 ----- • 高品質・高信頼性マルチコアファイバ技術について、ステップインデックス(SI)型マルチコアファイバの設計および適用領域を明らかにするとともに、SI・トレンチ型のカットオフとクロストークの関係を明確化した。クラッド径変動異常部の発生要因明確化。また、高効率母材加工装置を立上げた。孔開法で長尺化、高信頼化の中間目標を達成した。クラッド一括形成法の量産適応性を判断した。非開削母材におけるクリアランスの制御により孔開法と遜色ない品質にて母材サイズ 100 km 化を達成した。 • マルチコアファイバケーブル・伝送路技術について、SI 型標準クラッド外径マルチコアファイバを高密度光ケーブルへ実装し、工程間の損失・クロストークの特性変化および波長依存性を明確化した。SI 型マルチコアファイバの多段接続構成（異ベンダ接続含む）における挿入損失やコア間クロストークを測定。SI 型マルチコアファイバ光ケーブルの多段接続構成を構築し、光学特性および伝送性能の評価を実施した。 • 標準化に向けたマルチコアファイバ周辺技術について、4 コアファイバ	

			の幾何学パラメータの定義に向けて、コア間隔の偏差が接続損失特性に与える影響を数値計算により明確化した。射出成形法 MCF コネクタを試作し、低 IL・PC 接続を実現。側方観察に望ましい MCF 構造を確認マルチコアファイバのモードフィールド径を4コア同時測定し、測定時間を通常のシングルモードファイバ比で1.91倍（1コア当たり0.48倍）に短縮した。SI 型 40 μm コアピッチマルチコアファイバ用ファンアウトの部材、設計を最適化し、低挿入損失を実現した。 ○産学との連携により、大規模データを省電力・オープン・伸縮自在に収容する超並列型光ネットワーク基盤技術の研究開発として以下を実施した。 ------ 令和元年度 ----- • 超並列デジタル信号処理 (Digital signal processing: DSP) 高度化基盤技術については、信号復元復号処理・適応制御技術に取り組み、確率的信号点配置シェイピングとマルチレベル符号化により、符号処理機能の電力効率 9 倍改善に成功した。光送受信処理技術について、非線形波形劣化補償に有効なアルゴリズムとして全結合ニューラルネットワークの設計を最適化し、12 スパン伝送後の 9 チャネル波長多重・偏波多重 64 値直交振幅変調信号に対して、信号品質の値が 1.2 dB 改善した。 • 超並列光ネットワーキング基盤技術については、超並列スライス設計制御技術に取り組み、信号並列度モードグループ数 6 倍のスライス制御実験に成功し、3 軸合計現行比 340 倍相当のオープンインターフェイスを用いたスライス制御実験にも成功した。超並列光ノード・ネットワーク構成技術について、階層化光クロスコネクトの空間バイパス/周波数グルーミング機能が転送品質劣化なしに実現可能であることを実証した。超並列ダイナミック MAC 技術について、多段ラウンドロビンを実装したエミュレータにより、ダイナミック MAC (Media Access Control) の基本動作確認に成功し、32レーン単位のダイナミック帯域容量割当の実現性を確認した。 ------令和 2 年度 ----- • 超並列デジタル信号処理 (Digital signal processing: DSP) 高度化基盤技術については、圧縮 PS (Probabilistic Shaping)・マルチレベル符号化変調と適応復号の組合せにより、情報源マーク率を50%~10%	

			まで変化させた場合の電力効率改善 8~26 倍に成功した。XPM (Cross phase modulation) を考慮した物理現象特化型ニューラルネットワークを用いることにより、64QAM 信号の伝送距離を 60%延伸することに成功した。 • 超並列光ネットワーキング基盤技術については、空間分割多重システムと既存波長分割多重システムにおけるオープンインタフェースを用いたスライス設定時の協調制御方式の実証実験に成功した。WDM/SDM マルチレイヤ収容設計アルゴリズムを用いたネットワーク収容設計シミュレーション等により、SXC (Spatial Cross Connect) の接続性自由度と経済性の関係と SCN (Spatial Channel Network) 導入の経済効果を明らかにすることに成功した。ダイナミック MAC (Media Access Control) 実現方式におけるスキュー吸収処理動作の設計、自動障害復旧処理方式の設計を完了した。また、エミュレータの 400 レーン動作に成功した。 ○産学との連携により、次世代 MCM 超小型光トランシーバの研究開発として、以下を実現した。 ------ 令和元年度 ---- • MCM 型光トランシーバ基盤技術として、裏面出射型 1,060 nm 帯 VCSEL、表面出射型 850 nm 帯 VCSEL の 25 Gbs 高速変調動作とその MCM 実装に適合したアレイチップ開発、および MCM との低損失直接光結合の実現を目指し、1,060 nm 帯 VCSEL ウェハの設計を完了した。マルチコアファイバとの結合設計を行い、モードフィールド径を 7 ミクロン程度まで拡大することで、レンズレスで裏面出射、表面出射の 2 方式で結合損失 1 dB 以下の低損失結合が可能であることを計算により示した。また、実験的に 850 nm 帯 VCSEL を試作し、結合共振器構造を導入することで、単一モードでモードフィールドを 8 ミクロン程度まで拡大することに成功し、モードフィールド径 6 ミクロン単一モード光ファイバ（波長 1.1 ミクロン帯）とのレンズレス直接結合で 1.1 dB の低損失結合を実現した。また、マルチコアファイバに適合する 16 アレイ、7 アレイの VCSEL アレイを試作した。 • MCM 型光トランシーバのための VCSEL アレイ開発としてマルチコアファイバの仕様に対応する 850 nm 表面出射型スルービア VCSEL デバイスの設計・試作を行い、ファイバへの実装・伝送特性評価結果から、25 Gbps 駆動を達成するためのデバイス構造およびプロセスの最適化を行った. また、シミュレーションによるスルービア構造の伝送特	

			性および放熱性を検討した。25 GHz 850 nm 単ビット VCSEL を用いてスルービア形成プロセス条件を確立した。 • MCM 光トランシーバモジュールの設計・評価として、MCM 光トランシーバの全体構造の検討とシミュレータによる熱伝導解析を実施し、駆動電子回路 (EIC) の放熱性の向上と、EIC から光半導体素子への熱流入防止とを両立しうるインターポーザ材質および放熱部品材質と構造を選定した。さらに、本構造において VCSEL アレイ-マルチコアファイバ間の光路に充填する接着剤の厚さが VCSEL アレイの放熱に大きく影響することをシミュレーションで確認し、今後の実験結果と合わせてその厚さの最適化を図ることの重要性を見出した。以上により、MCM 光トランシーバの基本コンセプトと放熱構造を決定した。 • MCM 光トランシーバモジュールの動特性評価として、結合共振器を導入した 850 nm 帯 VCSEL の単ビット素子を試作し、小信号変調帯域で 25GHz の単一モード VCSEL としては、最高レベルの小信号変調帯域を実現するとともに、大信号変調で NRZ 36 Gbps、多値変調 PAM-4 48 Gbps を実現した。さらに、 1.1 μm 帯の単一モード光ファイバの伝送帯域としては、130Gbps/km の高速伝送の可能性を示した。 ------ 令和 2 年度 ---- • MCM 型光トランシーバ用のコア技術として、高速 VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) アレイ開発を進め、波長 850nm 帯で、新しい結合共振器 VCSEL を創案・試作し、単一モード動作と高速動作を両立する新技術を確立した。 • MCM 型光トランシーバのための VCSEL アレイ開発を目指し、表面出射型 850 nm 帯 VCSEL を用いて、フリップチップ対応可能なスルービア電極形成工程を初めて確立した。このスルービア工程を用いて、マルチコアファイバ暫定仕様に合わせて高密度配置した 16ch VCSEL チップを試作した。 • 共通グラウンド構造で作製した VCSEL は、ビア深さ 100 μm、開口サイズ 70 μm のスルービア電極構造形成に成功し、スルービア形成前後での静特性および動特性（小信号変調帯域 13 GHz）の変化のないことを確認した。 • MCM 光トランシーバの超小型モジュールの光学系実装技術の確立を目指し、MCM トランシーバ構造の検討とシミュレータによる熱伝導解析を実施した。この結果、MCM 光トランシーバにおいて EIC の放熱と光半導体素子への熱流入防止を実現しうるインターポーザ材質・ヒー	

	（イ）光統合ネットワーク技術 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の研究開発を行う。また、1 Tbps（テラビット／秒）級多信号処理を可能とする光送受信及び光スイッチングシステム技術、時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術及び関連するハードウェアシステム技術の研究開発を行う。これらの研究開発成果に基づき、機構内における実証実験及び産学官連携実験にて活用するテストベッドを構築する。産学官連携による研究推進及び構築したテストベッドによるフィールド実証等に		トスプレッダ材質や構造を選定するとともに、放熱の観点から要求される光学系実装条件を明らかにした。 **（イ）光統合ネットワーク技術** ○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の研究開発として、 • 平成 28 年度は、様々なビットレート、変調フォーマットに対応可能なダイナミック波長シフト技術を提案し、波長資源の有効利用に寄与する中継装置における波長デフラグメンテーションの実証実験を行った。本成果をECOC 2016 にて発表した。 • 令和元年度は、8K などの高精細コンテンツや超大容量データの効率的な複製・複数配信を容易にするソフトウェア制御による光パケットマルチキャスト伝送を実証し、アプリケーション層の映像伝送、コントロール層、光ネットワーク層を連携させたマルチキャストに成功した。本成果は OFC 2020 にて発表した。 • また、光通信システムのオープン化の実現に向けて、キーデバイスとして高線形性光増幅器を設計した。 • 令和2年度は、広範囲の入力パワーに対して利得が一定な高線形性光増幅器を開発した。1,550 nm 近辺の波長の光入力パワーを-15 dBm から-3 dBm に変化させた場合、利得変動を1 dB 以内に抑制可能であることを実証した。 ○1 Tbps（テラビット／秒）級多信号処理を可能とする光送受信及び光スイッチング技術の研究開発として、 • 平成 28 年度は、400 Gbps 級光信号伝送に必要となる 16QAM 多値変調信号のバースト光信号送受信技術を実証した。本送受信技術と産学官連携で開発した「強度変動抑制・低偏波依存・低波長依存かつナノ秒オーダーの高速な電界吸収型光スイッチ」を用いて、16QAM 多値変調信号の光スイッチングおよび周回伝送実証実験を行った。従来の高速半導体光スイッチでは振幅・位相変調光信号に対してスイッチングを繰り返すと信号の歪や雑音が大きくなり伝送距離を延ばすことが難く、スイッチ回は 6 回、伝送距離 300 km までであった。電界吸収型光スイッチを用いた本実験では、16QAM 多値変調信号に対して、従来比 1.6 倍以上となる世界最高のスイッチ回数（10 回）および伝送	

	より各要素技術を実証し、光統合ネットワーク基盤技術を確立する。		距離 (500 km) で良好な結果を得ており、関東圏程度のバースト信号光ネットワークの構築が可能であることを実証した。また、16QAM 多値変調信号に対する良好な結果より、 400 Gbps 以上の光信号伝送に必要な多値変調光信号に対しても有効である可能性を見出した。本成果をECOC 2016 にて発表した。 • また、ラインレートの異なるバースト光信号が時間的に多重された場合でも 1 台の受信機で受信可能にするマルチレートバースト光信号受信技術を初めて提案し、3 種類のラインレートの異なる光信号が受信可能であることをシミュレーションにて実証し、本成果を国際会議 OECC/PS (OptoElectronics and Communications Conference / International Conference on Photonics in Switching) 2016 にて発表した。 • 平成 29 年度は、32Gbaud 多値変調信号 (8PSK・QPSK) 光スイッチング実験により電界吸収型（EA）高速光スイッチの位相変調方式に無依存である事を実証し、400 Gbps 級光信号 (32Gbaud、16QAM) に対する光スイッチング実現の見通しを得て、OFC2018 にて発表した。 • 平成 30 年度は、16QAM 多値変調方式のバースト光信号向けデジタル信号処理アルゴリズムの性能をシミュレーションにて評価した。 • 令和 2 年度は、16QAM と比較して伝送容量を 25% 向上させる、32QAM 多値変調方式のバースト光信号送向けデジタル信号処理技術の開発を推進し、信号処理アルゴリズムを確定した。 ○時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術及び関連するハードウェアシステム技術として、 • 平成 28 年度は、時間軸・波長軸ともに状態がダイナミックに変動するバースト光信号に対して、高速な光デバイスを用いて安定的に動作する光強度制御技術の研究開発に着手した。 • 平成 29 年度は、リンク障害時の光パスの時間軸・波長軸のダイナミックな挙動に対して、バーストモード光増幅器により強度変動を抑制し、光パスの超高速切替が可能であることを世界で初めて実証した。全国ネットワークモデルを用いた計算で、単一リンク障害がネットワーク全体の運用光パスの約 40%に悪影響を与えることを検証し、OFC 2018	

			にて発表した。 • 平成 30 年度は、複数光パスの高速制御を実現するための光強度変動抑制機能を有するフレキシブル光パスノードを提案した。本ノードは、一台で複数波長に対応可能な光強度変動抑制デバイスに波長数増減の影響を抑制する高線形バーストモード光増幅器や音響光学素子を用いた高速光強度制御器を導入した。3 波長の強度変調方式の光パスを対象として光強度制御の動作実証を行い、マイクロ秒オーダーの動作速度で光パスの光強度変動を一括して補償し、データ損失の抑制に成功した。複数光パス一括の経路切替を可能とし、高速動作化を実証した。本成果は、学術和文誌　電子情報通信学会和文誌に掲載された。 • 令和元年度は、音響光学素子をベースとした複数波長を同時に制御可能な高速光強度制御器を導入し、強度変動する 4 波長パスに対して 500 μ 秒~2 m 秒での動作を実証した。また、平成 30 年度に構築したバーストモード光増幅器・高速光減衰器を導入した光強度変動抑制機能を有するフレキシブル光パスノードを用いて、最大 8 波長の複数光パス一括の経路切替時の通信品質保持に成功し ECOC 2019 において発表した。 • 令和 2 年度は、時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術及び関連するハードウェアシステム技術として、令和元年度に開発したフレキシブル光ノード技術を大手町-小金井間の ROADM ネットワークテストベッドに導入し、技術実証を実施した。光パス追加時において、バーストモード光増幅器により利得変動を抑制し、高速光強度制御器により強度調整を即座に行うことで、これらの技術を導入しない場合と比較して、光パスによる通信開始（受信率が 100%）になるまでの時間を 13~17 秒程度短縮した。既存ネットワーク技術との併用でも新規光パス追加による通信帯域拡大、輻輳緩和の高速化が可能であることを実証し、時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術及び関連するハードウェアシステム技術を確立した。 ○産学との連携により、大規模フラットネットワーク基盤技術として、以下を実施した。 ------ 28 年度 -----	

			• 超高速光スイッチ基盤のモノリシック型 4x4 光スイッチチップ作製し約5dB 程度の損失特性改善を得た。OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) モニタサブシステムを適用したネットワーク制御方式の実証実験及び課題間連携実験に向けた、光ノードの一次試作、ネットワークーノード間制御インターフェースを規定し、動作検証を完了した。 • 従来と同じハードウェアを利用した Grouped Routing とサブシステム構成ノードを適用したネットワークにて、検討した新たな制御手法が様々なサービスを経済的に実現可能なことを実証した。 • 弾力性のある光パスの波長/ファイバ割当・変更制御として、マルチコア EON (Elastic Optical Network)での RSA (Routing and Spectrum Assignment) 手法、仮予約方式、 境界制御手法、複数経路設定手法及び、輻輳発生後の高速な経路切替手法を確立した。 ------ 29 年度 ----- • 高速スイッチ素子の大規模化検討、低損失化検討を行い、16x16 規模のスイッチの実現において鍵となる 3 次元実装について実現性を検討し、大規模ネットワーク制御、弾力パス制御を取り込んだ超高速光スイッチ機能を実現するシステム構成の詳細化を完了した。 • ROADM と超高速スイッチの組合せによるハイブリッド型ノード構成および制御を検討し、超高速スイッチサブシステムにおけるコントローラ仕様についても仕様を決定して試作に着手した。 • OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) モニタの集積化検討および試作ノードの大規模化検討を行い、コヒーレント受信技術に基づいた PDL（偏波依存損失）モニタおよびチャネル間隔モニタの実験実証、さらに新たな VDL (Virtual Direct Link) 技術によるネットワーク設計アルゴリズムを開発し、高信頼、高効率大規模フラットネットワーク有効性の実証実験を実施した。 ------ 30 年度 ----- • 大規模超高速光スイッチの基盤技術の確立に向けて、大規模スイッチ半導体素子技術と半導体チップ同士のクロス配置の接合技術、ドライバ集積技術等のデバイス基盤技術を確立するとともに、16x16 級スイッチ等のさらなる高度化に向けた課題を明確化にした。 • 弾力化制御技術とそれによりアシストされた高速スイッチネットワーク	

			等を提案し、OPS (Optical Packet Switching) - OFS (Optical Flow Switching) のオフローディング等の有効性を示すとともに、連携実験により基本動作を実証した。 • 伝送品質モニタを用いた高いネットワーク収容効率を実現するネットワーク構成法として Transmission-Quality-Aware Online Network Design & Provisioning を提案するとともに、連携実験により有効性を実証した。 ○産学との連携により、光トランスポートネットワークにおける用途・性能に適応した通信処理合成技術として以下を実施した。 ------ 28 年度 ----- • LSI 、FPGA (Field Programmable Gate Array) 、NP (Network Processor)、CPU の特長を活かした、再構成可能通信処理モジュールの方式を提案し、検索振分けエンジンを FPGA で回路設計、シミュレーションにより、IP/MPLS/Ethernet のサービス、200 Gbps の転送エンジンを収容可能であることを確認した。 • 中間帯域リンクの状態監視方式を考案し、ハードウェア回路として設計、回路シミュレーション性能評価により、中間帯域リンク単位（25 Gbps 単位）での状態監視が可能であることを確認した。 • 主要クライアントとなる IP 網の光エッジ収容を前提とした検討を行い、光エッジ上の ARP (Address Resolution Protocol) キャッシュ参照、SDN コントローラ間上の分散ハッシュテーブル参照、全光エッジによるユーザーネットワーク問合せ、の段階的な参照応答によるブロードキャストトラヒックの削減および応答速度性能の向上を実現した。また、光エッジ仮想化およびリソースプール化を定義し、リソースプール管理におけるサービス割当アルゴリズムの設計要件を GUI シミュレータにより明確化した。 ------ 29 年度 ----- • 100 Gbps を処理可能な転送エンジンLSIx2個と、検索エンジンLSIx1個とを結合した再構成可能通信処理モジュール（ボード）の試作を行い、現状 (100 Gbps) と比較して転送性能が 2 倍、1 つの設備で提供する機能が 3 倍となり、6 倍の性能和が実現可能なことを実機にて確認した。その結果、本方式を拡張して、転送性能を 400 Gビット/秒とす	

			ることで、10 倍を超える性能和が実現可能な見通しを得た。 • 25 Gbps 粒度での中間帯域リンクの生成・状態監視が可能であることをFPGA (Field Programmable Gate Array) 評価ボードにて確認し、中間帯域リンクをBeyond100G 級 OTN (Optical Transport Network) フレームへ収容し、E2E (End to End)の中間帯域リンクの状態監視を可能とする方式を考案した。 • PCサーバ上の仮想マシンにClick モジュラールータを利用した再構成可能通信処理モジュールシミュレータと再構成可能サービス処理モジュールシミュレータを動作させ、モジュール間通信を IP カプセリングで実現し静的設計において 6 テラ bps クラスのリソースプール連携の可能性を示した。 ------ 30 年度 ----- • 転送振分け処理のプロトタイプとして、100 G インタフェースを持つ転送振分け FPGA (Field Programmable Gate Array)、及び、ボードを設計・試作して、再構成可能ハードウェア全体のアーキテクチャの方式検証を実施した。さらに、上記の方式検証結果をフィードバックして、再構成可能 400 G ボードに搭載するための、400 G 検索振分けエンジン FPGA と、400 G 転送振分けエンジン FPGA の処理方式の検討と回路設計を行うことで、400 Gbps までの領域で、複数の通信方式を収容可能な、従来比 10 倍を超える転送性能（1 つの設備で提供する機能毎の性能の和）を達成可能な見通しを得た。 • Beyond 100 G 級のハードウェア監視技術として、中長距離伝送も含めたEnd-to-Endでの中間帯域リンクの状態監視を実現する方式の検討ならびに実機検証を完了させた。また、ハードウェアならびに中間帯域リンクの監視情報に従い通信容量を再構成する方式の検討を完了させた。以上により、Beyond 100 G 級再構成可能インタフェースの構成技術、ならびに中長距離伝送路を含むリンクの状態監視を実現する監視技術の見通しを得た。 • 再構成可能ハードウェアのリソースを監視しつつ適切なリソースを仮想的にスライシングしさまざまなサービス機能を実現するためのハードウェアリソース制御技術の研究を進め、光ネットワークリソースから再構成可能ハードウェア上で実現された仮想的リソースまで一貫した管理制御を実現する上で重要となるリソース制御アルゴリズムを完成さ	

			せると共に、シミュレータとの連携動作検証、実機との連携制御プロトコル仕様の検討を実施した。 ------ 令和元年度 ----- • 400 ギガ bps 級再構成可能通信処理モジュールの FPGA(Field Programmable Gate Array)を設計・試作し、実機動作を確認した。400 ギガ bps 試作ボードを用い、再構成を行うことで、IP (Internet Protocol)、 MPLS (Multi Protocol Label Switching)、Ethernet の各種プロトコルパケットに柔軟に対応可能なことを実機確認した。従来（100 ギガ bps）と比較して、転送性能が 4 倍に、1つの設備で提供する機能が 3 倍になり、合計で 12 倍の性能和が実現可能な見通しを得た。また、机上検討により、FPGA 部分を LSI (Large Scale Integration circuit) に置き換えることにより再構成可能通信処理モジュールが従来比 30 倍までの転送性能が実現できること、及び、パケットオプティカルノードの交換処理性能が 6.4~16 テラ bps のスケーラビリティを持つことを確認した。今後、本技術を活用して、ネットワーク可視化（再構成可能ノードのセンサ化）機能等の実現を目指す。 • 中間帯域リンク監視制御統合回路を用いて、FlexE (FlexEthernet) マッピング方式の動的な変更による中間帯域の動的な増減速、またエラーの任意箇所への挿入をトリガとした障害発生箇所の検出ならびに FlexE または OTN (Optical Transport Network) リンクにおける中間帯域の動的な再構成が可能であることを実証した。また、作製した中間帯域リンク監視制御統合回路を再構成可能通信処理モジュールならびにハードウェアリソース制御装置に接続し、JGN ネットワークを経由した中長距離伝送におけるエンドツーエンド中間帯域リンクの状態監視／制御ができることを実証した。 • 再構成可能ハードウェアを組み合わせたプログラマブル光エッジノードアーキテクチャ提案し、100 万加入者収容可能、6 テラ bps クラスのリソースプール連携が可能となることをシミュレータ及び静的設計で実証した。ゆらぎ制御を用いたリソースプール制御の実証として、シミュレータと実機を組みわせたエッジコンピューティングサービス基盤の実現性を確認し、100 ノード規模のゆらぎ制御の実用性を提示した。 ○産学との連携により、高スループット・高稼働な通信を提供する順応型光ネットワーク技術として以下を実施した。	

			------ 令和元年度 ----- • 機械学習を応用した光物理層モニタリング技術として、コヒーレント受信した信号から、マルチスパン光ファイバ伝送路の長手方向特徴量（パワープロファイル）を抽出する新規アルゴリズムを開発した。上記アルゴリズムについて、数値計算をベースに性能・距離分解能など、特性を詳細に検討した。上記アルゴリズムに適したデータを収集するため、データ収集実験系を改良した。 • 順応型光パス制御技術として、スループット向上のための設定を決定するアルゴリズムを開発した。推定精度を上げるネットワーク状態収集手法を開発した。また、順応型パス自動制御技術の論理アーキテクチャと物理アーキテクチャを定義した。ベースプラットフォームへのパス収容設計機能を追加し、ベースプラットフォームとネットワーク制御用ソフトウェアの相互連携機能を追加した。 ------ 令和２年度 ----- • 機械学習を応用した光物理層モニタリング技術として、マルチスパン光ファイバ伝送路の長手方向特徴量（パワープロファイル）を抽出する光物理層モニタの評価実験を行った。光物理層モニタの迅速化に向け、アルゴリズムの計算量の約 80%を FPGA にオフロードし、演算時間の短縮効果を確認した。 • 順応型光パス制御技術として、通信容量を拡大し、ユーザー通信方式にエラー耐性が高い超高速 TCP を適用するコンセプトを考案した。性能モデルを構築し通信速度設定に対する最大のスループットの算出可能にした。スループット向上を可能にするために必要なモニタの収集を実現するための光ネットワーク機器制御用ソフトウェアを試作した。ベースプラットフォームへネットワーク機器からのモニタ収集および最適パラメータを設定する機能追加した。	
	（ウ）災害に強い光ネットワーク技術 地震等の大規模災害発生時には、平時と異なる通信トラヒックへの対応が求められることか		**（ウ）災害に強い光ネットワーク技術** 平成 28 年度 • 弾力的光スイッチング基盤技術の要素技術として一括モニタリング実現に向けて開発を開始した。具体的には、実用化導入が進行しつつあるデジタルコヒーレント方式に対応した波長多重化光パケットを、複数の指標で一括モニタリングするシステム設計を行った。また、動的波長資源制御方式として、光パケットのオフロード方式の比較評価により、	

	ら、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に取り組む。具体的には、災害発生時に生じた輻輳がネットワーク全体に波及することを阻止するため、時間軸上での動的な波長資源制御を実現する弾力的光スイッチング基盤技術を確立する。また、災害によって損壊した光ネットワークの応急復旧のため、ネットワーク制御機構の分散化技術や可搬型光増幅器構成技術等、災害後の暫定光ネットワーク構築に必要となる基盤技術の研究開発を行う。研究開発成果の社会実装を目指して、模擬フィールド実証及び部分的なシステム実装に取り組む。		管理負荷低減手法を提案・検証した。 • 光ネットワークの応急復旧のために、制御層の有線/無線リンクを冗長化するアルゴリズム及び、光ネットワーク修復のための自律分散制御アルゴリズムを開発した。キャリア間相互運用を可能とする共用網利用モデルを構築、数値評価を行い、災害規模の拡大に従って応急復旧コストが著しく低減することを見いだし、モデルの有効性を実証した。 平成 29 年度 • 動的な波長チャネル等化技術として、一括モニタデバイス制御システムを開発し、商用の波長選択スイッチと組み合わせ、光信号レベル調整を 0.2 秒で完了するサブシステムを開発した。 • 光パケットオフローディング技術として、光統合ネットワークにおいてフローレベルでの光パケットオフローディングの制御システムを開発し、災害地域－安全地域間巨大な重要通信トラヒックの効率転送（ロスなし）の制御を初めて可能にした。 • 光ネットワークの応急復旧に係る技術として、光ネットワークの生残情報の自律的確認及び収集機能を実装し、災害時損壊された光ネットワークの制御ネットワークの自己治癒機能、自己診断機能の動作実証を確認した。 • 年度計画に加え、災害対策技術における、ワイヤレスネットワーク基盤技術と連携した強靭な光ネットワーク制御技術の検討として、フォトニックネットワークの制御プレーンの一部に衛星通信や衛星通信と接続された「自律分散ワイヤレス自営網」を利用する検討を開始した。 • 断裂した光ネットワークの要所に配置することにより、ネットワークの状態に関する情報収集や復旧支援のための小型光ハブの実証実験において、公衆回線 (LTE) や衛星リンクなどを用いた非常通信手段を活用して、優先的に制御層の復旧が可能である事を示し、異種ベンダ間相互接続やキャリア間相互接続の復旧計画立案に必要な情報収集機能を実証した。 平成 30 年度 動的な波長チャネル等化技術について、以下を実施し、計画通り進捗した。	

			• 複数の波長チャネル一括で高速な強度制御が可能な音響光学素子を新たに導入した。基本動作実証のためのサブシステム実験により、従来の光デバイスではミリ秒オーダーであった動作速度を7 μs 程度まで高速化し、3 波長チャネル一括で光強度変動の抑制が可能であることを実証した。 • 音響光学素子による複数波長チャネルの強度制御に適したコントローラとして、周波数の異なる複数の電気信号を合成して出力可能な複数 RF (Radio Frequency) 高速発生器の開発に着手した。 オフローディングと波長資源管理の制御機構の統合化について、以下を実施し、計画通り進捗した。 • 光パケットオフローディング機能を光統合ネットワーク制御管理機構に組み込み、実証実験を行った。災害時の外部トラヒックの変化に応じて、光統合ネットワークが弾力的に運用できることを確認し、ECOC 2018 にて発表した。 • MPLS (Multi-Protocol Label Switching) や Open Flow など異なるトラスポートネットワーク間でシームレスに相互接続制御を行う技術を開発し、光統合ネットワークとの連携運用を実証した。 光ネットワークの応急復旧に係る技術として、以下を実施し、計画以上の成果を得た。 • 通信キャリア間での暫定共用パケット転送網の建設・自動制御のデータ層相互接続実験を、世界で初めて NTT コミュニケーションズ、KDDI 総合研究所と共に、国際会議 iPOP (International Conference on IP + Optical Network) 2018 の Showcase において実施し、機密情報漏洩なしの全自動制御を実現した。さらに、二次災害によりキャリア MPLS 網と暫定共用網での故障を自動的に識別・管理する機能の研究開発を行った。また、災害時のキャリア間連携を促進するために、インセンティブを明確にすべく、資源提供の対価に基づいたビジネスモデルの研究開発を開始し、キャリア連携の最適化設計方法を創出した。 • 物理層の応急復旧に資する小型光ハブの追加機能として、分断された局舎間の OSC （Optical Supervisory Data：光監視チャネル）の制御ソフトウェアを実装し、通信機器ベンダの従来機との連携実証実験を行った。 • 物理層の応急復旧に資する可搬型光増幅器を、通信キャリアの研修	

			施設にて、マンホールや架空設置環境で長期の環境試験を行い、問題点をフィードバックした筐体の改装を行った。 • 新規プロジェクトとして、「次世代メトロ光ネットワークの耐災害戦略」が、日米連携プロジェクト JUNO2 に課題採択され、今後の研究の基盤となる監視情報の管理およびオープンな API による情報提供プラットフォームの開発を行った。さらに無線通信資源などをも併用し、輻輳や接続状況等の情報を自動的に取得する光ネットワークテレメトリ収集機構の開発を行った。 • 新規プロジェクトとして、低速の LPWA (Low Power, Wide Area) と DTN (Delay Tolerant Networking) 対応の光制御ソフトウェアの連携による、応急復旧用の制御管理網における光ネットワーク制御の復旧原理実証実験を行った。 令和元年度 • 令和元年度は、音響光学素子をベースとした複数波長を同時に制御可能な高速光強度制御器を開発し、強度変動する 4 波長パスに対して 500 μ秒~2 m 秒での動作を実証した。 • 災害時などに分断されたネットワークにおいて、MPLS、Ether、Openflow、IP 網等の異なるトラスポート技術間を応急的に中継するために、相互接続のオーケストレーション機能を開発し、相互接続実証実験を行った。 • 災害時のキャリア間連携の取り組みとして、第三者を仲介者として、資源を利用するキャリア側が、資源を提供するキャリアに対価を支払う 500k の観点を取り入れたキャリア間需給マッチングプラットフォームの開発と評価を行った。 • 日米連携プラグラム JUNO2 を推進し、光ネットワークでの監視機能が喪失したユースケースに対し、応急復旧用ユニットなどによる、光監視機能回復機構の実装、およびそれらの情報を自律分散的に収集するテレメトリ収集機構を実装し、実証実験を行った。ECOC 2019 においてセッションハイスコア論文として採択。 • 応急復旧ユニットの一部として、国内商用化されている波長帯を中継増幅可能な可搬型光増幅器の消費電力を半減するプロトタイプを開発し従来品と同等の利得及び雑音特性を実現しつつ、駆動電力を半減可能であることを実証した。 • 極低速リンクを構成する LPWA 網の活用形態として DTN 環境での光ネットワーク制御管理の自己修復実証実験を行った。 • 産業技術総合研究所、KDDI 総合研究所と連携した科研費プロジェク	

			トにおいて光ネットワークのモデリングと全自動統合制御実験を行い、OFC 2020 デモゾーンで発表した。さらに、発展的な実験結果が同会議の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 東北大学と連携した科研費プロジェクトにおいて、炎天下での毎秒 1 ギガビットの深紫外自由空間通信の実証実験を行った。また、従来のデバイス原理では説明できない高速応答性が見られることから、動作原理を検証した結果、自己組織化されたマイクロ LED によって得られた特性であることを確認し、光通信実験から半導体光物性への知見のフィードバックに成功した。 令和２年度 • 弾力的スイッチングのフィールド実証として、大手町-小金井間の ROADM ネットワークテストベッドにおいて商用 ROADM に高速波長信号等化サブシステムを組み合わせて、任意の波長信号を追加したときのパケット受信率が 100%に至るまでに、1、2、3 ホップそれぞれのケースにおいて 10 秒以上の高速化を確認した。これにより新規光パス追加による通信帯域拡大、輻輳緩和のためのパス設定の高速化が可能であることを実証した。 • MPLS、Ether、vxLAN、 OpenFlow、 IP 網等の異種トラヒックを緊急時に中継するため、オープンソース Transport API (TAPI) に光統合ネットワーク用の YANG モデルを拡張した、光統合ネットワークと異種ネットワークとの相互接続の融合技術を開発し、実験にてシームレスな融合を実証した。 • キャリア間連携の取組として、リソースの需要マッチングプラットフォームと連携した第三者介在のキャリア間制御管理連携を支援するプラットフォームを開発した。また、パス独占モデルでキャリア MPLS 網とキャリア間連携網 (ESEN) での故障の自動識別管理機構を開発し、キャリア間パス資源提供の自動制御を実証した。 • 物理層の応急復旧に資する小型光ハブの追加機能として、障害予兆を計測する機能を組み込み、テレメトリ実験と連携した。 • 日米連携プログラム JUNO2を推進し、OPM FAU (OSNR-PWR-監視) オープン化によるYANGモデルに基づくテレメトリ情報送信機能を研究開発するとともに、エージェントにおいて、光信号品質の分析機能、優先度に基づく情報の収集、ノーティフィケーション機能を実装し、超大規模光網制御管理機構の分析負荷をオフロードする方法を研究開発した。	

			• 産業技術総合研究所、KDDI 総合研究所と連携した科研費プロジェクトにおいて光ネットワークのモデリングと全自動統合制御の概念拡張実験を実施した。 • 東北大学と連携した科研費プロジェクトにおいて、光子計測デバイスを用いたソーラーブラインド受信器による 300 メガビット級の見通し通信に成功した。 ○産業界との連携により、光ネットワーク物理層における障害復旧能力の抜本的向上に向けた装置種別集約と装置設定継承自動化に関する研究開発で、以下を推進した。 令和２年度 今後さらに増加が見込まれる激甚災害、あるいは若年層人口の減少に対処していくために、ネットワーク機器に対しては、誰でもミスなく、容易に保守運用ができるような製品設計（ユニバーサルデザイン）と、柔軟なネットワーク構成の構築が可能な製品ラインアップの両立が課題である。このため、光ファイバ伝送路の損失毎にラインアップが細分化されている光ファイバ増幅器を内蔵している光中継伝送パッケージ機器などの品種集約のため、複数の異なる利得を持つ光増幅媒体を光スイッチを介して配置し、伝送路損失により切り替えることにより雑音指数の劣化を最小としつつ（雑音指数劣化量で従来比 4 dB 以内）、光ファイバ増幅器の利得可変レンジを劇的に拡大（可変レンジ 15 dB→30 dB 以上）した。また、管理パッケージ機器交換時の再設定作業の簡略化のため、パラメータ設定を保持している箇所から、交換対象の管理パッケージ機器が持つ各種の装置設定を外部記憶にバッファリングし、必要に応じ設定内容のテーラリングを行った上で、交換後の管理パッケージ機器に、一括設定することで管理パッケージ機器交換時の架前での再設定を最小化（操作手順数で従来比 90%減）した。	

○光アクセス基盤技術 5Gを超えた世代において、伝送容量、伝送距離、収容ユーザー数及び電力効率性の面で世界最高水準の光アクセスネットワークを実現するための基礎技術並びに安定的な電波環境下のエンドユーザーに対する100 Gbps（ギガビット／秒）級のデータ伝送及び高速移動体に対する10 Gbps級のデータ伝送を可能とするための技術を確立するものとする。 研究開発成果については、平成32年度までにテストベッドを用いてシステム検証するとともに、開発された各要素技術を基にした産学官連携による社会実証や国際展開、標準化等に取り	**（4）光アクセス基盤技術** 5Gを超えた世代において大量な通信トラヒックを収容可能な光アクセス基盤を実現するため、光アクセスから光コアまでをシームレスにつなぐ光アクセス・光コア融合ネットワーク技術及びエンドユーザーへの大容量通信等を支えるアクセス系に係る光基盤技術に関する研究開発を行う。 **（ア）光アクセス・光コア融合ネットワーク技術** 消費電力の増大を抑制しつつ、伝送距離×収容ユーザー数を現在比100倍以上とする超高速・極低消費電力の光アクセスネットワーク（固定・バックホール等）に係る基礎技術として、光アクセスネットワーク延伸化及び多分岐化技術や空間分割多重光アクセスネットワーク技術に関する研究		**（4）光アクセス基盤技術** **（ア）光アクセス・光コア融合ネットワーク技術** ○超高速・極低消費電力の光アクセスネットワーク（固定・バックホール等）に係る基礎技術として、光アクセスネットワーク延伸化及び多分岐化技術や空間分割多重光アクセスネットワーク技術に関する研究開発として、以下を実施した。 • 平成28年度は、アクセス用光増幅サブシステムとして、冷却不要でパターン効果の小さい量子ドット半導体を用いた QD-SOA (Quantum Dot Semiconductor Optical Amplifier) を開発し、既存の低消費電力バーストモード EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) と組み合わせて、メーカー間合意規格 (MSA : Multi Source Agreement)に準拠したサイズ（幅 70mm×奥行 90mm x 高さ 14mm）の PON (Passive Optical Network) 中継用光増幅モジュールを試作した。 • また、多分岐化技術として、タイのチュラロンコン大学と共同で伝送距離62 km（既存の約3倍）、分岐数（=加入者）256（既存の8倍）の10 Gbps アクセスネットワークを想定した伝送実証試験を実施、既存技術の最適化により現在比 20 倍以上の「伝送距離 x 収容ユーザー数」を実証した。さらにタイにおける産学連携を進め学生の人材育成にも力を入れ、国際会議 OECC (OptoElectronics and Communications Conference) 2016ではタイの大学院生の論文が東南アジアから唯一採択された。 • 平成 29 年度は、大容量・延伸化技術として、低コストのコヒーレント通信方式を確立した。パイロット信号を付けた 12.5 Gbaud の QPSK 変調を用い、120 km 以上の伝送を実証した。本成果は、学術論文誌 IEEE Photonics Technology Letters に掲載された。 • タイのチュラロンコン大学と共同で、伝送容量 10 Gbps 級の PON の延伸化に向けた信号増幅用新デバイスを開発した。XG-PON の上り・下り通信の規定波長域に対応した光増幅器の基本特性を評価し、国際会議 International Conference on Photonics Solutions (ICPS2017) にて発表した。 • 平成 30 年度は、簡素な直接検波によりコヒーレント信号を復調するクラ―マース・クロニッヒ検波技術を応用したコヒーレント・空間モード多重信号検出技術を開発し、3 モード光ファイバで 30 km のモード多重伝送実験を行い、伝送後の各モードの信号検出を世界で初めて実証	**（4）光アクセス基盤技術** 【科学的意義】 ○ICTハードウェア基盤技術「パラレルフォトニクス」について、光通信デバイス分野において多くの世界トップレベルの研究成果を継続的に創出している。 • 2 次元受光アレイ素子を世界に先駆け開発し、マルチコア光ファイバを直接接合し世界最大級の 800 Gbps 級大容量パラレルリンクを達成、空間光無線では 4 波長多重による大容量 100 Gbps 伝送と光ビームのトレランス性能が非常に高い40 Gbps 級PAM信号伝送に世界で初めて成功した。 • 「異種材料融合（ヘテロジニアス）技術」を立ち上げ、広帯域波長可変量子ドット光源の超小型化に世界で初めて成功、産学官連携により高精度、高速切替速度、超小型、超広帯可変幅の波長可変光源の開発に成功。超小型ミリ波シンセサイザ用二波長量子ドットレーザを世界に先駆け開発、さらに量子ドット光増幅器により世界最高級の温度 60℃環境で 80 Gbaud信号の増幅に成功した。加えて、高温度耐性を有する波長 1.5 ミクロン帯量子ドット光ゲイン材料の開発に成功し、これにより世界に先駆け 1 THz 超広帯域・多波長光源の開発に成功した。 ○「100 G アクセス」に係る基盤技術について、90 GHz 帯光ファイバ無線の高度化により、中長期計画を

組むこととする。	開発を行う。また、超高速移動通信ネットワーク構成技術として、ネットワーク遅延最適化技術及び光・無線両用アクセス技術等に関する研究開発を行う。テストベッドを用いたシステム検証を行うことで、各要素技術を実証し、光アクセス・光コア融合ネットワークの基盤技術を確立する。		した。簡素で安価な検出器構成により、将来のアクセスネットワークやデータセンタネットワークにおけるコヒーレント・空間モード伝送用受信器としての採用が期待できる。 • 令和元年度は、半導体光増幅器の 2 段構成による中継増幅器を用いて、1,024 ユーザー収容（現在技術の 32 倍）、70 km の PON アップリンク (20Gbit/s PAM4) を想定した長距離・多分岐伝送に成功し、伝送距離×収容ユーザー数で現在技術(GPON) 比の約 100 倍超を達成した。本成果を国際会議 PSC (Photonics in Switching and Computing) 2020 において発表した。 • 短距離通信向けの高コア密度標準外径 8 コアファイバを導入し、1.3 テラ bps（32.5Gbaud、PAM8、4 波長、4 コア）の大容量短距離双方向伝送に成功し、光通信分野のトップカンファレンスである ECOC (European Conference on Optical Communication) 2019 において発表した。 • 令和 2 年度は、複数波長の使用による多分岐・大容量伝送を目指して、2 波長間相互作用の影響を非線形歪補償信号処理の開発により抑制し、半導体光増幅器による 2 波長一括増幅を実現し、PAM4 x 2 波長の光信号を単一の増幅器で中継伝送し、伝送距離×収容ユーザー数で現在技術(GPON) 比の約 100 倍超を達成しつつ、上り伝送において令和元年度の 2 倍(40Gbit/s) 以上の伝送容量を従来の消費電力で達成した。また、データセンターにおいて通信機器におけるデジタル信号処理 (DSP) をサーバの既存機能 (GPU：Graphics Processing Unit) で実行することによる光通信の大幅な低消費電力・低コスト化を提案し、クラマース・クローニッヒコヒーレント検出器と商用 GPU ベースの DSP 処理を組み合わせた簡素な受信器構成により、QPSK/16QAM および 8-PAM 信号のリアルタイム再生をフィールド実証した。本成果は、国際会議 ECOC 2020 に採択されるとともに、Best Student Award にノミネートされ、国際的にも高い評価を得た。 ○超高速移動通信ネットワーク構成技術として、ネットワーク遅延最適化技術に関する以下の研究開発を実施した。 平成 28 年度は、 • ギガビット級の通信を円滑に行なうために、通信デバイスが接続する基地局を変更する際に、変更後の通信遅延が最小となるよう、基地局	超えるダウンリンク 130 Gbps とアップリンク 50 Gbps という世界最大級容量の 100 G bps 超級の光・無線シームレス接続を達成した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 ○「パラレルフォトニクス」について、マルチコアファイバの大容量伝送を支える光デバイスの開発、光給電による動作が可能な無バイアス動作 UTC-PD による 100 Gbps リアルタイムエラーレート測定に成功、さらに空間的な光検波を用いた新たな光同期検波方式で光位相回復技術を高度化し、高多値度に対応したキャリアレス光コヒーレント受信に世界で初めて成功した。 ○「100G アクセス」に係る基盤技術について、 • 鉄道位置情報を基に、時速 500 km を超える高速鉄道を光ネットワーク上で追跡しながら適宜 20 Gbps 級大容量 信号を配信することが可能であることを原理的に実証した。 • 伝送メディアの共用化により、90 GHz ミリ波無線による 50 Gbaud と光無線による 100 Gbps をハイブリッドで利用できる光・無線ハイブリッド通信技術の構築とその原理実証に成功し

			近傍にゲートウェイを置くネットワークを定義した。 • 機構のテストベッド JGN 上のルータに、通信デバイスが基地局を跨いで移動しても通信遅延を最小に保つよう基地局にゲートウェイ技術を実装することを模擬し、JGN を用いた有線ネットワークを構築した。移動前後に通信を最短経路で実施できることを確認し、さらに、東京=大阪、名古屋-大阪間で 1.5 Gbps 程度の通信ができることを検証した。 • ITU-T の Focus Group (FG) IMT-2020 において、上記のネットワークを有線に限定しつつも移動通信を模擬できるテストベッドとして寄書提出し、FG のネットワークソフト化文書最終報告書に組込まれた。 • 様々な環境で多様なユーザーが、上記に関連する移動通信技術（ソフトウェア）を利用できるよう可搬型実験システムを構築した。Wi-Fi アクセスポイントが乱立し通信が不安定な南米の国際スポーツ競技大会で、アスリート支援スタッフや 9 種目 80 名が利用する映像配信システム等に、本システムを提供した。 • 平成 29 年度は、産学との連携により、将来の 100 Gbps 級 RoF (Radio over Fiber) 技術をシーズとして複数リンクを効果的に選択し高速データ伝達を図る 100 Gbps 級フロントホール網を設計した。 • 機構のテストベッド JGN に昨年度構築したギガビット通信ができる有線ネットワークテストベッド（JGN 上のルータに、通信デバイスが基地局を跨いで移動しても通信遅延を最小に保つよう基地局にゲートウェイ技術を実装することを模擬）に、JOSE 上のサーバと接続できるようにし、長期的なビッグデータ収集・分析を目指して、無線接続するセンサデバイス群をクラウドから安全な追跡・制御を可能とする環境を整えた。 • 平成 28 年度に ITU-T の Focus Group (FG) IMT-2020 においてネットワークソフト化文書最終報告書に組込まれた、移動通信を模擬できるテストベッド構築に関する記述が、IMT-2020 のネットワークソフト化に関する標準化とオープンソースに係る活動をまとめた ITU-T 補助文書 Y.sup44 に組込まれた。 • 平成 30 年度は、機構のテストベッド JGN、WiFi、移動通信(4G)、有線 LAN などを用いてエンドツーエンドのネットワークを構築した。 ○超高速移動通信ネットワーク構成技術として、光・無線両用アクセス技術に関する以下の研究開発を実施した。	た。 ○超高速・極低消費電力の光アクセスネットワーク（固定・バックホール等）に係る基礎技術として、現在比 32 倍のユーザー数を収容し、伝送距離×収容ユーザー数で現在の技術 (GPON) 比の 100 倍超を達成しつつ、上り伝送において令和元年度の 2 倍 (40 Gbps) 以上の伝送容量を従来の消費電力で達成した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 ○産学連携のもと、リニアセルレーダシステムの社会実装につながると取り組みを実施 • 平成 28 年から成田国際空港滑走路に 4 台の異物感知レーダシステムを設置、滑走路上の 3 cm 程度の金属円柱の検出に成功した。民間ビジネスの創成を目指し、同システムのプロモーションを実施した。 • マレーシアのクアラルンプール (KLIA) 空港のレーダ設置プラン等を確定し、令和元年度から KLIA 空港でのフィールド試験を開始した。 ○産学連携のもと、高速移動体用光ファイバ無線技術の実証実験を実施し、時速 240 km で走行する北

			• 平成 28 年度は、光ファイバ無線のための大容量データ送受信技術の確立に必要な基盤技術として、光ファイバを介して遠方まで配信可能な高精度・高周波基準信号の生成技術である「ミリ波 / THz 帯基準信号源」の動作実証に、高度光波制御技術と光コム生成技術を用いて成功した。また、光情報通信の大容量化のための空間多重化軸の開拓として、マルチモードを効率的に生成・制御するための光源や増幅等の光 ICT デバイス技術の開発に着手した。 • 平成 29 年度は、「光集積デバイス技術」と「光・高周波クロストーク制御技術」を基に、光ファイバ無線の大容量化に向けた変調技術として、高調波ノイズ発生抑制を目的として光信号から電気信号への変換における高い線形性を実現する変調デバイス技術の開発に着手した。 • 平成 30 年度は、28 GHz 帯や 90 GHz 帯の高周波におけるマルチパス伝送特性およびフェージング特性に関する基礎特性の評価を実施した。 • 令和元年度は、28 GHz 帯信号の光ファイバ無線リレー技術に関する原理検証を実施し、面発光レーザを用いた高周波信号のリレーに成功した。 • 令和 2 年度は、28 GHz 帯信号の光ファイバ無線リレー技術の大容量化として大口径光ファイバを用いた光ファイバ無線信号の 3 モード空間多重化伝送を実現した。また、空港滑走路レーダシステムの高度化のために、複数レーダの干渉を回避するための同期技術として 100 ピコ秒精度の光ファイバ遅延量計測技術を確立した。また、干渉時のレーダ同期動作のための光給電技術を開発し、10 マイクロ秒の切替速度を達成した。 ○産学連携により、エラスティック光アグリゲーションネットワークの研究開発で、以下を実施した。 ------ 28 年度 ----- • 多様なサービスへのアクセスネットワークを支える従来の PON (Passive Optical Network) では、端末装置と局舎装置 OLT (Optical Line Terminal) が多対一のスター状に固定接続されており、光パス変更時に経路設定および通信設定に多大の時間を要する。本研究開発では光スイッチの低損失化・高速動作化、光送受信器の動的通信パラメータ変更技術、リソース制御方式を開発し、柔軟に帯域・経路変更が	陸新幹線とミリ波による 1.5 Gbps の世界最大級の大容量伝送実験に成功した。 ○標準化の取り組み • 光ファイバ無線の応用技術に関して、ITU-T SG15 等にて積極的に標準化活動を実施し、平成 30 年に新勧告文書「G.9803」が正式に合意され、令和元年度に「Radio over fiber systems」勧告の改訂版 (G.9803Amd.1) が、令和 2 年度に (G.9803Amd.2) が成立した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			可能な光パスを駆使して、平時には効率性に優れ、災害時にも物理リソースを組み替えてライフライン維持に資するネットワークを提案した。さらに、これらの開発した技術を組み合わせた実験用ネットワーク(OLT, ONU (Optical Network Unit))、波長選択スイッチ、光送受信器、リソースコントローラ、光スイッチコントローラ等で構成)で実機実験を実施し、世界に先駆けてその有効性を実証した。 ○産学連携により、エラスティック光通信ネットワーク構成技術として、以下を実施した。 ------ 28 年度 ----- • エラスティック光通信ネットワークの柔軟性を最大限活用することにより、波長分割多重方式において、周波数間隔が決められている従来の固定グリッドに比較して、故障発生時の復旧に要する光パスの周波数利用効率において 50%以上の性能向上を実現する超高信頼化技術のフィージビリティ検証を実施した。商用 ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) をベースとした、高信頼エラスティック光ノード実証実験ネットワークを構築し、開発した各要素技術の動作確認および、相互接続性の検証を行い、二重経路故障時においても、従来に比して、接続性救済率を70%向上させた復旧動作を確認した。 ○産学との連携により、光・無線両用アクセス技術の実現に向けた耐環境性の高いキャリアコンバータ技術の研究開発として以下を実施した。 ------ 28 年度 ----- • InP 系化合物半導体高電子移動度トランジスタ (HEMT) を試作し、原理検証実験を実施。また、シリコンフォトニクスによる波長可変フィルタを試作し、波長可変レーザの動作を実証した。 • ビーム制御機能つきミリ波伝送ユニットは、回路素子、アンテナ、放射素子などを試作し、基礎データ取得した。また、車載環境でのキャリアコンバータユニットの基本動作検証を実施し、取得データから改善点など課題を整理した。 ------ 29 年度 ----- • 光吸収層として UTC-PD (Uni-Traveling-Carrier Photodiode) 構造をソース側に集積した InP 系化合物半導体高電子移動度トランジスタ(HEMT) の試作を完了した。さらに、ミキサ後段にトランスインピーダ	

			ンス増幅器をハイブリッド実装するモジュールの設計を完了した。 • 高速な波長切り替えが可能な直接通電型波長フィルタを試作し、波長切り替え動作を実証した。また接着剤を用いた SOA (Semiconductor Optical Amplifier) とシリコンフォトニクスチップとの簡易接合を実施し、良好な発振特性を持つ波長可変レーザチップの試作に成功した。 • 偏光における幾何学的位相を利用した OAM（Orbital Angular Momentum）ソーターを試作し、1.5 μm の光源に対してほぼ設計通りの特性を有することを確認した。 • キーデバイスとなる MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) とアンテナの開発において、必要な回路機能の検討とその単機能回路ブロックの試作/評価を行い、基本的な動作の確認を行った。同時に、トランジスタ等の素子単体でのデータを取得し、設計パラメータの確認と性能確認を行った。 • E バンド（80GHz 帯）無線通信を車載し、インフラとの距離に対する受信電力、PER (Packet Error Rate) を評価可能な実験系を構築した。また、高解像度カメラ映像を約 1 Gbps かつ非圧縮で伝送し、車影からの飛び出しをリアルタイムで注意喚起するデモを実施し、課題を導出した。 • キャリアコンバータ実証実験として、協力機関が開発した光変調器等を元に、今年度は E バンド（80GHz 帯）での実証実験を行った。 • 従来 IC では高速化困難なデータ復調や情報処理を小型・低消費電力化する IC 技術開発課題検討として、デジタル下方変換の基本構成を検証した。 ------ 30 年度 ---- • InP 系化合物半導体高電子移動度トランジスタ (HEMT) をベースとした光電子融合ミキサに関して、光吸収層として UTC-PD (Uni-Traveling-Carrier Photodiode) 構造を新たに導入し、UTC-PD 構造を導入していないミキサと比べミキシング性能の 34 dB の向上を果たした。さらに、ミキサ後段にトランスインピーダンス増幅器をハイブリッド実装するモジュールの試作を完了した。 • シリコンフォトニクスチップを外部共振器としたヘテロジニアス波長可変レーザにおいて直接通電加熱による 10 マイクロ秒程度の高速な波長切り替え動作を実証した。また光学接着剤を用いて簡易接合したヘテロジニアスレーザを内蔵したバタフライパッケージモジュールの試作に成功した。 • OAM (Orbital Angular Momentum) モード多重通信おいてモード分	

			解を行う素子（OAM ソータ）の分解精度を著しく向上させる新規素子(光波複製素子)を開発し、ほぼ設計通りの動作を実証した。 • キャリアコンバータシステムにおけるマイクロ波信号発生や光データ信号生成のキーデバイスである LN（ニオブ酸リチウム、$LiNbO_3$）変調器の低駆動電圧化の中間目標を達成し、試作品を開発した。 • ビーム制御機能つきミリ波伝送ユニットに必要な要素技術の開発及びビームステアリング検証機の開発を行った。要素技術に関しては、E 帯（80 GHz 帯）にて安定動作する位相器、ガラスエポキシ樹脂を用いた低損失で小型化可能な、アンテナ素子を開発した。検証機開発に関しては、8CH フェーズドアレーアンテナによるビームステアリング機能、自動方向調整アルゴリズムの動作検証を実施した。 • E 帯無線通信システムを車載し、インフラとの通信距離 500 m 以上を実現するための実験系を構築し、大地反射干渉対策、車両位置変化に追従する指向性制御アンテナ等の課題を導出した。また、高解像度カメラ映像の非圧縮伝送による車影からの歩行者飛び出し検知デモシステムを構築し、大地反射干渉、アンテナ指向性不一致による映像瞬断や大型バスによる電波遮蔽等の課題を明らかにした。 • 40 GHz 対応高消光比光変調器にて E 帯キャリアコンバータ実証実験を行った結果、平成 29 度の光変調器から大幅な特性改善により 500 m 相当の QPSK/1Gbaud 無線伝送を確認した。 • 耐環境性実験を行い、バイアス制御対策により環境温度に対する通信品質の劣化はほぼ影響が無いことが判明した。 • 従来 IC では高速化困難なデータ復調や情報処理を小型・低消費電力化する IC 技術開発課題検討として、新規考案オールデジタル高速 AD (Analog/Digital) 変換方式の基本特性を検証した。 ------ 令和元年度 ---- • UTC-PD 上部集積 HEMT に関して、UTC-PD 部のメサ面積の縮小によって出力強度を向上。また UTC-PD 上部集積型 HEMT と TIA 二段のハイブリッド実装に向け、専用デバイスチップとモジュールパッケージの設計を実施。ASK 変調光データ信号からミリ波データ信号への直接周波数下方変換実験に関して、W 帯（IF 周波数 92.5 GHz、帯域 17.5 Gbps）をターゲットと定め、ダブルミキシング実験系へ拡張された。 • シリコン導波路に直接通電加熱位相シフタを装荷した光スイッチにおいて、オーバードライブ制御を用いることで、1 マイクロ秒以下の非常に高速なスイッチング動作の原理検証に成功した。また、量子ドット	

			SOA を用いた二波長可変レーザにおいて二波長の差周波に対応したミリ波の観測に成功した。 • 偏光における幾何学的位相を利用したOAMソータの性能向上のため設計パラメータを見直して試作を進め、OAMモード逓倍化装置の小型化のためサニャック干渉計型ではなく偏光回折素子を利用した新たな配置を考案し、ほぼ設計通りの性能を発揮することを確認した。OAMソータと併せてほぼラックマウントサイズに統合可能である見通しを得た。 • 高周波特性で課題であった 60GHz 以上の特性劣化について要因を特定し、シミュレーション等で対応を検討した。その結果、特性劣化の抑制を図る設計を適用し、高周波域までスムーズな特性を有するミリ波帯変調器を実現した。 • キーデバイスとなる MMIC においては、必要となる回路機能を集積化して、4 系統の送信アンテナの位相を制御する MMIC を試作・評価し、実際にプリント板に表面実装して、アンテナ部を含む動作特性を検証した。アンテナ素子においては、広角にわたって利得低下の少ないビームスキャンができる素子を試作・評価した。さらに、狭ビームにおける 2 次元ステアリングを機械的な追尾実験により、方向調整アルゴリズムが問題なく動作することが実証された。 • 前年度の実証実験の結果から出した車載アンテナの要件を満足させるアンテナの構造として、誘電体ホーンアンテナと 0 次アンテナの 2 タイプを提案した。両方ともアンテナ単体での特性は、シミュレーションと試作及び実測で、要件の周波数帯域と側面放射特性を満足することを確認した。誘電体ホーンアンテナは構造関連特許を出願した。 • 100 GHz 対応高消光比変調器にて、E バンドキャリアコンバータ実証実験を行った。受信側について、昨年度はEバンドからダウンコンバート（搬送波 4 GHz）後に光変調器を動作させていたが、今年度は E バンドのままで光変調器を動作させて QPSK/0.9GBaud を実現した。 • 実用に近い車載 LAN フォーマット及びベースバンド変調として、IEEE802.3ch で規定された PAM4 伝送方式を採用し、PHY モデルを開発した。 • 電気は、本モデルを用いたシミュレーションにて、メタルハーネス（IEEE802.3ch 準拠 STP）、シングルペアでの 10 Gbps 超の電気伝送を検証した。IEEE より入手した S パラメータの上限周波数 7.5 GHz を Baud Rate に 13.3 Gbps まで評価した範囲では劣化はみられず限界はさらに高いと考えられる。光は、電気伝送からのシームレスな置き換えを狙い、電気と同一の LAN フォーマット及びベースバンド変調を	

			採用することとした。電気との差分である光モジュール及び光ファイバ部分のモデルを作成し、電気部と合わせたシステムシミュレーション環境を構築し、光での PAM4 伝送を検証した。 • FPGA とディスクリートデバイス (ADC/DAC) で構成するプロトタイプを開発した。これを用いてメタルハーネス (STP) での初期性能評価を実施した。プロトタイプ装置の上限である 2.5 Gbps 伝送の範囲では、メタルハーネスの高周波特性劣化部は顕在化する事なくシステム要求である BER<1e-12 を満足した。さらに電気/光変換デバイス、光モジュール、光ファイバからなる光リンク部のプロトタイプを構築し、初期性能評価を実施した。NRZ 方式での信号波形を取得し、開発した光モデルとの整合性を確認した。 ------ 令和 2 年度 ----- • シミュレーション等を用いて、光変調モジュールの高周波領域における特性劣化要因を特定した。劣化抑制を図り、高周波域 (~110 GHz) までスムーズな特性を実現した。 • W 帯 (75~110 GHz)で低駆動電圧の光変調モジュールへ 80 GHz のキャリア周波数を直接、光変調モジュールを動作させ、距離 400 m 超に対応可能な広帯域 2 Gbps 相当の光・無線伝送システム技術を実現した。 • キャリアコンバータシステムの耐環境性実験を行い、光変調モジュールのバイアス制御対策により環境温度に対する通信品質の劣化はほぼ影響が無いことを実証した 。 • E バンド（80 GHz 帯）無線通信を車載し、インフラとの距離に対する受信電力、PER (Packet error rate) を評価可能な実験系を構築完了した。高解像度カメラ映像を 1 Gbps かつ非圧縮で伝送し、車影からの飛び出しをリアルタイムで注意喚起するデモを実施した。 〇産学との連携により、多様なサービスに対応する有線・無線アクセスネットワークのプラットフォーム技術として以下を実施した。 ------ 令和元年度 ----- • ネットワーク装置のオープン化技術として、オープンなアクセス機器とオープンソースソフトウェア (OSS) を活用し、光アクセス、無線アクセス、Wi-Fi アクセスの各ネットワーク基盤を設計、構築した。オープンなレイヤ2スイッチ機器、およびプログラマブルスイッチ機器と OSS を活	

			用し、ファブリックネットワーク基盤を設計、構築した。 • ネットワーク仮想化基盤技術として、OSS を活用し、光/無線/Wi-Fi アクセスの各機能を Network Function Virtualization (NFV) 化するための設計、構築や、オープンネットワークコントローラ及び NFV コントローラの設計、構築を行った。 • ゼロタッチ制御技術として、光・無線ドメインごとに機器接続や起動をトリガとして各ドメインにおけるパスの簡易自動化制御を設計、構築した。 • エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術として、ネットワーク機能の低遅延化を可能とする仮想ブリッジ機能の調査・検討を行った。また、最適資源配備アルゴリズムのインプットとなる性能統計情報を収集、通知する機能の設計を行った。また、エッジサーバを含む開発プラットファームの利用状況に応じて Multi-access Edge Computing (MEC) サーバとクラウドを動的に使い分ける機能を導入し、実験評価によって本機能の有効性を示した。開発するプラットフォームで収集可能な情報を利用した一体最適資源利用技術を確立し、提案技術によって総処理遅延を最小化できることを示した。また、アプリケーションで使用する MEC サーバとクラウドを動的に使い分ける最適資源利用アルゴリズムを開発した。確立したアルゴリズムの性能をシミュレーションで評価し、本義実の実用性を示した。 ------ 令和 2 年度 ----- • ネットワーク装置のオープン化技術として、オープンなアクセス機器と OSS を活用し光アクセス/無線アクセス/Wi-Fi アクセスの各ネットワーク基盤の設計/構築を達成した。オープンなレイヤ 2 スイッチ機器およびプログラマブルスイッチ機器と OSS を活用し Fabric ネットワーク基盤の設計/構築を達成した。 • ネットワーク仮想化基盤技術として、オープンコミュニティが提供する OSS を活用し、光/無線/Wi-Fi アクセスの各機能を NFV 化するための設計/構築を達成した。また、オープンコミュニティが提供する OSS を活用し、オープンネットワークコントローラと NFV コントローラの設計/構築を達成した。構築した基盤に 45 台程度のオープンネットワーク機器を接続した評価を実施、性能やスケーラビリティの課題を抽出した。 • ゼロタッチ制御技術として、光・無線ドメインごとに機器接続や起動をトリガとして各ドメインにおけるパスの簡易自動化制御の設計/構築を達成した。	

			• エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術として、MEC 内リソースのリアルタイム性能統計情報収集技術を開発し、サーバ上のアプリ実処理時間をネットワーク側からパケット毎にリアルタイム測定可能とする技術を確立、その結果に基づきシステム内リソースに対して自動で最適な制御を行うことを可能とする Closed Loop システムを開発した。また、仮想ブリッジ機能の低遅延化に向けた調査・検討を行った。MEC プラットフォームで利用するスマートフォン用の多人数情報共有型 AR アプリケーションを設計し、本アプリケーションを開発して実用性・有効性を評価した。また、MEC 基盤と連携した実験評価も行い、さらに一体最適化資源利用技術と連携する動的タスク割当技術も実装した。多人数情報共有型 AR アプリケーションと連動する一体最適化制御利用技術を確立した。本技術の性能はシミュレーションで評価し、最適割当の近似解を導出できることと高速処理が可能なことを示した。また、通信トラヒック量の削減効果を解析で評価し有効性を示した。さらに、一般的なアプリケーションを対象とした一体最適化資源利用技術を確立し、その有効性を示した。	
	（イ）アクセス系に係る光基盤技術 小型・高精度な送受信機の実現を可能としつつ、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として、光と電磁波（超高周波等）を効率的に融合し、高密度かつ高精度な送受信・交換を実装する ICT ハードウェア基盤技術「パラレルフォトニクス」を研究開発する。また、アクセス系に		**（イ）アクセス系に係る光基盤技術** ○光と電磁波（超高周波等）を効率的に融合し、高密度かつ高精度な送受信・交換を実装するICTハードウェア基盤技術「パラレルフォトニクス」の研究開発として、以下を実施した。 [光送信技術（電気→光変換）] 光源技術 • 平成 28 年度に、高効率かつ高機能な超小型デバイスを開発するための ICT ハードウェア基盤技術として、異なる特性・機能を有する材料を適材適所に配置して高機能化する「異種材料融合（ヘテロジニアス）技術」と超小型・高密度実装の「光集積デバイス技術」を立ち上げた。これらの技術を用い、従来テーブルトップサイズであった広帯域波長可変量子ドット光源の超小型化 (0.002 cc) に世界で初めて成功し、超小型でありながら従来のＣバンド (4 THz) に比しておよそ倍の 8 THz (44 nm) 帯域の波長可変を達成した。このヘテロジニアス技術の成果は光通信分野のトップカンファレンスである OFC (Optical Fiber Communications Conference) 2017 の招待講演にも採択された。 • 平成 29 年度は、ミリ波信号の光ファイバ伝送のために重要となる光・高周波融合デバイス技術として超小型ミリ波シンセサイザ用 2 波長量	

	おいて、エンドユーザーに対する通信の大容量化及び広帯域センシング信号の低遅延化等を実現する技術として、光と超高周波を融合した100 Gbps 級データ伝送等のシステム技術「100 G アクセス」及び高速波形転送技術「SoF (Sensor on Fiber)」等を研究開発する。これらの研究開発成果に基づき、エンドユーザーに対する100 Gbps 級の高速データ伝送及び高速移動体等に対する10 Gbps 級のデータ伝送の産学官連携による社会実証を行うとともに、国際展開等にも取り組むことで、アクセス系に係る光基盤技術を確立する。 開発を行う。		子ドットレーザを世界に先駆け開発に成功し、 200 GHz 以上の周波数差に対応可能な二波長発生の原理実証を達成した。また、光アクセスのコヒーレント信号伝送のために重要となる狭線幅・広帯域光源技術として、独自半導体結晶技術を駆使することで 150 ℃以上の過酷環境下でも安定に動作する広帯域量子ドット光増幅チップの開発に成功した。これらの研究成果は著名論文誌の招待論文や招待講演等として採択された。 • 平成 30 年度は、波長可変量子ドット光源に高精度・光結合実装技術を導入し、産学官連携のもと世界に先駆け高安定な光電気融合集積デバイスの構築に成功した。本技術を用い、従来の外部共振器構造を 1,000 分の 1 程度まで小型化できることが示された。本デバイスの光集積化技術に関連する研究成果は、デバイス分野のトップカンファレンス CLEO (Conference on Laser and Electro-Optics) 2018 や、著名国際会議の招待講演に採択された。更に、研究成果を社会実装につなげる取組として、基礎的な材料研究で確立した量子ドットデバイス技術を産官連携により高度化・広帯域化し、従来の半導体技術では困難であった新規波長帯域 1,100 nm の光ゲインチップの開発に成功し、これを搭載した世界初の波長飛びの無い（モードホップフリー）の広帯域・波長可変量子ドット光源の製品化に成功した。 • 令和元年度は、小型集積ヘテロジニアスデバイスの高機能化を目的として、C-band 量子ドット光増幅器により世界最高級の温度 60 ℃環境で 80Gbaud 信号の増幅に成功した。さらにヘテロジニアス光集積デバイスの温度安定化のために、内蔵温度センサーの基礎動作試験に成功した。これらのヘテロジニアス光集積デバイスの環境耐性に関連した研究成果は多数の招待講演や招待論文に採択された。 • 令和 2 年度は、光デバイスの高密度・高集積化を可能とするヘテロジニアス光集積回路技術を応用し、高集積化を可能とするヘテロジニアス光集積回路技術を応用し、産学官連携により複数光信号生成・制御に対応した超小型 (0.002 cc) 、超広帯可変幅 (8 THz) の高精度波長可変光源を開発した。高精度化によるレーザの狭線幅化では線幅 100 kHz 以下の周波数安定性を達成、また将来の柔軟性の高いネットワーク構成への寄与を想定した高速波長切替技術により 200 マイクロ秒の波長可変速度を達成した。ヘテロジニアス光集積デバイスの温度安定化を目的として、シリコン光集積回路内に極微小の内蔵温度センサを搭載しその動作実証に成功した。これらヘテロジニアス光集積技術に関連する成果は、電子情報通信学会のセッションプレナリー講演として採択された。アクセス網等での光集積デバイス利用を想定す	

			ると、デバイスの耐環境性向上が重要である。半導体結晶技術の高度化を図り、高温度耐性を有する波長 1.5 ミクロン帯量子ドット光ゲイン材料の開発に成功し、この光ゲイン材料により世界に先駆け 1 THz 超広帯域・多波長光源の開発に成功した。本デバイスは、1デバイスで多数かつ広帯域な光・電波基準信号の発生に寄与する革新的デバイスであり光通信デバイス分野のトップカンファレンス CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 2020 にて採択された。 光変調技術 • 平成 30 年度は、従来よりも高い性能指数を有する新型 EO ポリマー材料（機構が独自開発)を用い、世界初の超小型・高線形性・超高速光変調デバイスを開発し、その動作実証に成功した。本光変調器は一般的な誘電体 LN 光変調器の 1/5~1/10 程度の大きさで、60 GHz を超える高速電気信号で動作することを実証した。本成果は、マイクロ波フォトニクス分野のトップカンファレンスである MWP (International Topical Meeting on Microwave Photonics) 2018 や著名な国際会議の招待講演に採択された。 • 令和元年度は、次世代変調方式に対応した擬似 4 値デジタル応答を持つ PAM4 デジタル・パラレル光強度変調モジュールを新規開発した。100 Gbps 級 (50Gbaud, PAM4) のデジタル信号に対応可能な世界最高速 30GHz 帯域でのモジュール動作に成功した。電子情報通信学会の著名論文誌の招待論文に採択された。 • 令和 2 年度は、光ファイバ通信と高周波無線通信をシームレスに接続するために、光ファイバ無線信号等に対応した高線形と、薄膜デバイス層採用による低消費電力化（従来技術と比較して 15%の電力削減）を図った革新的光変調デバイスの動作実証に成功、本研究に関連する成果は光マイクロ波通信分野で著名な国際会議 MWP (International Topical Meeting on Microwave Photonics) 2020 に採択された。産官連携の共同研究により 100 GHz を超えるほぼフラットな周波数応答の光変調デバイス動作実証にも成功した。 [光受信技術（光→電気変換）] • 平成 28 年度は、光ファイバ無線のための光・無線融合ハードウェア技術を発展させ、無バイアス（デバイス駆動電力線を必要としない）100 GHz 級で動作し、デバイス構造最適化による光・電気変換の直線性向上を図った超高速・高効率光電気変換デバイスの開発に成功した。	

			さらに同デバイスとマルチコアファイバ伝送技術を活用することで、100 GHz 級高周波信号を伝送しつつ、デバイス駆動のためのエネルギーを同時に光ファイバで配信・配給する技術を世界に先駆け確立し、CLEO 2016 で最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択され、多数のメディアに取り上げられた。 • 平成 29 年度に、「光集積デバイス技術」の中で課題となっていた光・高周波クロストークに関して、その基礎的な制御技術を確立し、それを基にした一素子当たり 10 GHz 以上の高速で動作する超小型・高集積2次元受光アレイ素子を世界に先駆け開発した。その新デバイスを活用し、25 Gbaud 級の超大容量光空間通信の原理実証を世界で初めて成功し、 OFC 2018 で最多得点論文として採択された。さらに高集積2次元受光アレイ素子を活用した空間コヒーレントマッチング技術を開発し、光３モード多重の一括受信に成功。大容量 60Gbps（20 Gbps x 3 モード）のマルチモード光ファイバ伝送を達成した。研究成果は著名国際会議 ECOC 2017 に採択された。 • 平成 30 年度は、超小型・高集積2次元受光アレイ素子の高速化、低クロストーク化を進め、世界初の 400 Gbps 級 (25 Gbps x 16 ch) 大容量パラレルリンクを達成した。本成果は、ECOC 2018 に採択された。これら「光・高周波変換デバイス技術（パラレルフォトニクス技術）と光無線融合通信応用技術（100 G アクセス技術）」の論文は、IEEE 著名論文誌の中で、世界の読者数の多い論文（ポピュラー論文）としてランクイン 、学術的価値を示す成果を創出した。 • 光・無線融合伝送システム等の通信サブシステムでは多数のアンテナ局への給電が問題になるが、その一つの解決策として、令和元年度に、光給電による動作が可能な無バイアス動作 UTC-PD による 100 Gbps（50 GHz 帯域の波形伝送相当）リアルタイムエラーレート測定に成功。この成果は光通信デバイス分野のトップカンファレンス CLEO 2019 の最多得点論文に選出され招待講演に採択された。光と高周波クロストークが極度に抑圧された二次元アレイ受光デバイス・モジュールを世界に先駆け開発し、それを用いた 19 コアを有するマルチコア光ファイバ直接接合により記録を更新し、世界最大級の 800 Gbps 級 (50 Gbps x 16 ch) 大容量パラレルリンクを達成した。この成果は MWP 2019 に採択され、また関連する２次元アレイ受光デバイスを用いた空間光パラレルリンクの成果が OFC 2018 のトップスコア論文として IEEE 著名論文誌に掲載された。さらに、高集積2次元受光アレイ素子を活用した空間光無線として、4 波長多重による 100 Gbps 伝送、光ビームのトレランス性能が非常に高い 40 Gbps 級 PAM 信号伝送	

			に世界初成功し、OFC 2020 にトップスコア論文として採択された。 • 光位相に情報を乗せるコヒーレント光通信において、小型でシンプルな受信器に大きく貢献しうる新原理の研究を実施した。平成 30 年度は、独自に開発した２次元受光アレイ素子と位相回復信号処理アルゴリズムを用いた、新たな光コヒーレント受信方式の実証実験に世界で初めて成功し、OFC 2019 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 • 令和元年度はさらに高多値度を受信することに成功し ECOC 2019 に採択、また著名論文誌に招待論文として採択され、ECOC では、本技術に関連した“Optical Field Reconstruction”技術分野が新たな技術セッションとして設立された。 • 令和 2 年度は、高速光デバイスと高周波電子回路のハイブリッド集積技術を高度化し、100 GHz級 OE 変換デバイスと高出力電気アンプのハイブリッド集積デバイスを開発した。この結果、キャリア周波数 100 GHz で、100 Gbps 級光ファイバ無線の広帯域信号（14 GHz帯域幅）に対応したコンパクトな高出力 OE 変換デバイス技術の動作実証に成功した。単体 OE 変換デバイスの 100 倍以上の 100 GHz帯電波信号出力を可能とする広帯域・伝送メディア変換性能を達成し、関連技術が光通信デバイス分野のトップカンファレンス CLEO 2020 に採択された。空間光伝送時のアンテナ間位置合わせ精度に関する課題を解決するため、入射角・入射位置に対して空間光伝送の高い接続ロバスト性（許容角度 10 倍）可能とし、20 GHz 以上での駆動が可能な小型・超高速 2 次元 PD アレイデバイスの開発に成功した。同デバイスを用いた高ロバスト性能を有する大容量・空間光伝送システム技術の社会展開をめざし、産官連携により大容量空間光アンテナシステムの製品プロトタイプ試作に成功した。 • 世界初実証した 2 次元 PD アレイによる空間的な光検波を用いた新たな光位相回復型コヒーレント検波方式の性能向上とアルゴリズム最適化により、受信に必要な光検出器素子数を 30%程度削減することに成功し、さらなる小型化・シンプル化を達成した。本研究に関連する研究成果が光通信分野のトップカンファレンスである ECOC 2020 の招待講演に採択された。機構提案の光位相回復技術研究分野を主導として国際会議 2020 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series において、国際連携のもと当該分野の特別セッション「Signal Reconstruction Using Photonics」の開催に寄与した。また光通信分野のトップカンファレンス ECOC 2020 にて、昨年の「Optical Field Reconstruction」技術セッションの設立に続き 2 つ目の新セッ	

			ション「Phase Retrieval and Receiver optimization」が設立された。 ○光と超高周波を融合した 100 Gbps 級データ伝送等のシステム技術「100 G アクセス」及び高速波形転送技術「SoF (Sensor on Fiber)」等の研究開発として、以下を実施した。 [光ファイバ無線関連技術] • 平成 28 年度は、光と高周波間での信号の相互変換技術として、高精度「ミリ波 / THz 帯基準信号生成技術」を用いた光・無線・光ブリッジ伝送の動作実証に成功した。また、光・高周波融合に関する基盤技術として、従来の LTE や Wi-Fi 等のデータ信号を複数束ねてミリ波帯の高周波無線で伝送することを可能とする RoRoF (Radio on Radio over Fiber) 技術の開発に着手し、ミリ波帯光／高周波アナログ波形伝送による大容量無線信号等のミリ波帯への変換と複数信号のパッケージ化とそのミリ波無線伝送技術の実証に成功した。これらの実証により、第 5 世代移動通信システム (5G) 以降の光／無線融合アクセスネットワークの構築に重要となる基盤技術確立の端緒を開いた。光ファイバ通信と無線通信を融合する光ファイバ無線技術 (Radio over fiber, RoF) を高度化し、空間多重伝送方式を実装した 90 GHz 帯光ファイバ無線技術を開発した。 • 平成 29 年度は、光⇔高周波相互変換による 20 Gbps 以上のリンク形成に成功し、光通信分野のトップカンファレンスの招待論文として採択された。さらに、高速波形転送技術の要となるアナログ波形伝送に適した新型パラレル光変調デバイス構造の原理検証と高速 60 GHz 超級の高線形電気光変換技術の開発に成功し、ECOC 2017 に採択された。 • 平成 30 年度は、中間周波数をサブキャリアとして多重化する伝送技術を用いた SISO (Single Input Single Output) による 40 Gbps 超級の大容量光・無線シームレス伝送に世界に先駆け成功した。さらに、波長多重技術を用いた 100 波長チャネル切り替え 10 Gbps 級光ファイバ無線のアップリンクを達成し、アップ／ダウンリンクの双方向性を考慮した光と高周波無線を融合した大容量伝送のための基盤技術の構築に成功した。本成果は、ECOC 2018 や OFC 2019、多くの招待講演に採択された。 • 令和元年度は、高線形性かつ 100 GHz 以上の広帯域の超高速 UTC-PD を用いることで大容量センサ等の波形伝送に対応した 50 GHz 帯	

			域リアルタイム一括伝送に成功した。この成果は CLEO 2019 の最多得点論文に選出された（一部、パラレルフォトニクス研究と連携）。さらに光・高周波融合伝送の有線・無線ブリッジ技術や中間周波数光ファイバ無線技術等の 50 GHz アナログ信号に対応可能なシンプルな光・高周波相互変換技術を用い、更に 2 x 2 空間多重等の多重化技術の高度化を図ることで 90 GHz 帯光ファイバ無線により、年度計画を超える世界最大級容量の 80Gbps 超の光・無線シームレス接続を達成した。関連する研究成果は光通信分野の著名国際会議 MWP 2019 や ACP (Asia Communication and Photonics Conference) 2019 の招待論文に採択された。 • 令和 2 年度は、光・高周波融合伝送の有線・無線ブリッジ技術や中間周波数光ファイバ無線技術等の 50 GHz アナログ信号に対応可能なシンプルな光・高周波相互変換技術を用い、多重化技術の更なる 高度化を図り 3 x 3MIMO (Multiple Input Multiple Output) を採用することで 90 GHz 帯光ファイバ無線により、世界最大級容量のダウンリンク 130 Gbps（中長期計画の 100 Gbps を大幅に上回る容量）とアップリンク 50 Gbps の光・無線シームレス接続を達成した。光マイクロ波通信分野で著名な国際会議 MWP 2020 や光通信分野のトップカンファレンス ECOC 2020 に採択された。 [光・高周波ハイブリッド技術] • 平成 28 年度、100 G アクセス基盤技術として、20 Gbps 級の無線信号を光ファイバへ重畳したネットワークにおいて、高速な波長切り替えが可能なレーザ光源を用いることで信号配信の 10 マイクロ秒以下の高速経路切り換えと、50 以上の遠隔装置へ送り届ける技術を世界に先駆け開発した。 • 平成 29 年度は、鉄道位置情報を基にした予測ベースの信号配信・無線局活性化を行うことにより、あたかも無線基地局が高速鉄道に付随して移動しているように、移動中も接続が途切れない通信システムの構築ができることを実証した。これにより時速 500 km を超える高速鉄道を光ネットワーク上で追跡しながら適宜 20 Gbps 級大容量信号を配信することが可能であることを原理的に実証した。これらの成果により、第 5 世代移動通信システム (5G) 以降の光／無線融合アクセスネットワークの構築に重要となる基盤技術確立の端緒を開いた。本成果は OFC 2018 最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。	

			• 光や高周波等の伝送メディアを意識させない伝送サブシステムの研究として、機構で培ってきた 100 GHz 級光・高周波相互変換デバイスの基盤技術とパラレルフォトニクス技術を活用した超小型・高集積２次元受光アレイ素子を用い、平成 29 年度に、マルチコア・マルチモード空間多重光通信に成功した。 • 平成 30 年度は、世界最高級 100 Gbps（25 Gbps x 4 チャネル）の大容量空間光伝送の一括受信を実証した。本成果は、ECOC 2018 に採択された。 • 令和元年度は、光や高周波等の伝送メディアの共用化による無線区間の大容量化として、90 GHz ミリ波無線による 50Gbaud と光無線による 100 Gbps をハイブリッドで利用できる光・無線ハイブリッド通信技術の構築に成功し、ECOC 2019 と INFOCOM (Demo Session)に採択された。 • 令和 2 年度は、無線区間に光と電波を組み合わせた新しいネットワークを構築する技術である空間光伝送と高周波無線によるハイブリッド通信技術の研究として、光空間伝送路を高速で切り替えることを可能とする光・電波カスケード伝送システムの動作実証に世界初成功した（パラレルフォトニクス技術の研究開発と連携）。光通信分野のトップカンファレンス ECOC 2020 のハイスコア論文に採択、更に電子情報通信学会のセッションプレナリー講演等の招待講演にも採択された。大容量・空間光・無線ハイブリッド伝送技術として、高速 2 次元 PD アレイを受信デバイスとして用いることで、受光面積を拡大し、従来の 10 倍に相当する高い伝送リンクのロバスト性と 100 Gbps 級の大容量伝送を可能とする空間光伝送システムを世界に先駆け構築に成功した。光通信システム分野の著名論文誌（Journal of Lightwave Technology、インパクトファクタ:5.09）の招待論文として採択された。 〇エンドユーザーに対する 100 Gbps 級の高速データ伝送及び高速移動体等に対する 10 Gbps 級のデータ伝送のアクセス系に係る光基盤技術に関する、産学官連携による社会実証と国際展開等として以下を実施した。 [リニアセルレーダシステム] 産学連携のもとで、リニアセルレーダシステムの社会実装につながると取り組みを実施した。 • 平成 28 年から、成田国際空港滑走路に 4 台の異物感知レーダーシ	

			ステムを設置、風雨等の耐候性検証も含めた連続運用フィールド試験を継続している。機構で開発した光基準信号配信装置を用いてレーダ・中央装置間を既設の光ファイバケーブル（長さ5 km 程度）を通して信号配送することで滑走路上に設置した世界最小級である大きさ 3 cm 程度の金属円柱の検出に成功した。将来の商用展開をめざしたレーダ観測データを蓄積し、民間ビジネスの創成を目指し、同システムの開発技術・システムの学術会議や展示会等でのプロモーションを実施した。 • マレーシア工科大学等の研究者と連携し、平成 30 年度は、マレーシアのクアラルンプール空港やマレーシア工科大学構内において光ファイバ無線技術の実環境利用の検証を実施し、90 GHz 帯電波の異物反射特性の解析などを実施し、クアラルンプール空港での空港滑走路監視システムの試験導入に向けた基礎データを取得した。 • 令和元年度には、空港滑走路監視レーダシステムの社会展開として、産官連携のもとでクアラルンプール空港等と協議を重ね、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、レーダ設置プラン等を確定した。あわせてクアラルンプール空港でのフィールド試験を開始した。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などを用いた、実際の高速鉄道路線を利用した光ファイバ無線システムのフィールド実験に成功し、その成果が著名論文誌に招待論文として採択された。 • 令和 2 年度は、複数レーダ間の干渉を抑圧するためのアンテナ間の協調動作方法として、アクティブアンテナの光給電制御により、100 マイクロ秒以下の高速切替システムの原理動作を実証した。 [高速データ伝送及び高速移動体用光ファイバ無線技術] • エンドユーザーに対する高速データ伝送技術の社会実証として、中間周波数・大容量伝送技術と企業の高精度ビーム制御技術を組み合わせた産官連携により、100 Gbps 級の光・無線ハイブリッド伝送システムの動作の実証に成功し、トップカンファレンス ECOC 2019 に採択された。 • 高速鉄道通信への適用を目指したミリ波バックホールの利用検証として、ベトナム研究機関等と連携し、平成 28 年度はホーチミン市において複数のセルが直線的に配置されたリニアセルシステムの実験を行い、移動体通信における干渉の影響等の課題を明確化した。 • 平成 29 年度は、ベトナム郵電研究所 (PTIT)、ホーチミン市情報通信	

			部と連携し、建築中の実鉄道線路を用いた 90 GHz 帯の高周波無線信号の伝搬と複数信号源の混信の原理検証を実施した。 • 平成 30 年度は、独自の 90 GHz 帯光ファイバ無線技術を駆使することで、ハンドオーバーフリー・高速移動体用光ファイバ無線技術を開発し、20 Gbps 級の高速セル切り替えを可能とする基盤技術を確立し、この技術を以て産学官連携のもと時速 240 km で走行する北陸新幹線とミリ波による 1.5 Gbps の世界最大級の大容量伝送実験に成功した。また、本成果は光・無線の融合通信技術として高く評価され、OFC 2018 の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択された。 [パラレルフォトニクス、100 G アクセスで構築した技術の社会展開] • 令和 2 年度は、パラレルフォトニクスで開発した材料・デバイス技術及び高度実装ノウハウ等の基盤技術を基に、社会・企業ニーズに応える社会展開として、産官連携によりヘテロジアス光集積デバイスの構築に必要なバットジョイント光結合技術を高度化・技術展開を実施、また高品質量子ドット作製ノウハウを高度化することで量子ドットウェハやレーザ光源等の光ゲインデバイス技術を企業に技術移転を行い、技術移転先から製品プロトタイプ提供が開始された。産官連携により、機構独自の光位相回復アルゴリズムを用いた光変調品質器のモニタリング技術をプロトタイプ実証に成功した。光ルータや光送受信機内に実装可能な光変調品質器のコンパクトモニタリング装置への活用が期待でき、研究成果の意義が評価され光通信分野のトップカンファレンス ECOC 2020 に採択された。 [標準化／国際連携] • 光ファイバ無線 (RoF: Radio over Fiber) を活用したレーダシステムや鉄道無線システムなどの応用技術に関して、標準化活動を実施している。 • ITU-T SG15 において RoF システムに関するコエディタ（草案作成共同責任者）として継続的に精力的な活動を行っている。 • 平成 30 年 11 月に新勧告文書「G.9803 」（旧文章名：G.RoF）が正式に合意され、令和元年度に「Radio over fiber systems」勧告の改訂版 (G.9803Amd.1) が成立した。さらに同年度に光ファイバ無線を用いた無線・光・無線リレー方式に関する技術文章を ASTAP にて	

			「Radio-over-fiber relay link for indoor communication systems」として寄稿した。 • 令和 2 年度は、空港等のフィールド実験で蓄積した光ファイバ無線に関するデータ等を基に RoF 用信号発生・配信技術についての寄書投稿を実施し、勧告文書「Radio over fiber systems: G.9803」の改訂版(G.9803 Amd.2) が成立した。さらに、G.9803 「Radio over fiber systems」勧告に関する標準化活動の功績が認められ、日本ITU協会より功績賞が授与された。 • 光アクセス基盤で培ってきた光集積回路技術、高精度光計測技術を基に、ASEAN 諸国との研究連携を強化し集積光デバイス技術の立ち上げ、高感度センシング技術の開発に成功し、著名国際会議での論文採択が達成された。 令和元年度からタイを中心とした複数の研究機関で連携し、医療用光センサデバイスの共同研究開発を実施し、センサデバイスのプロトタイプを試作し、センシング動作の原理検証に成功した。 ○産学との連携により、T バンド・O バンドによる大波長空間利用技術として、以下を実施した。 ------ 28 年度 ---- • 大波長空間利用技術として、広帯域ゲインチップを試作し、再現性、広帯域化、高出力化の評価を実施。SOA モジュールを設計・試作した。 • 波長可変駆動方式の最適化と高速化を行い、波長切替時間の目標値を達成した。試作レーザを製作し連続稼働試験を実施し、目標の高出力が可能であることを確認した。 • 低損失構造のアレイ導波路回折格子を設計試作した。 1,081 ch ルーティング実験用の複数波長同時発信可能な光回路を試作し、3 ミリ秒以下の応答速度で発振波長切り替え動作を実施した。 • パワー損失補償技術の実機検証、シミュレーションの有効性の確認、波長ルーティング系の制御基盤を設計、および4K映像信号の伝送に成功した。 ------ 29 年度 ---- • 波長帯 (1,050~1,300 nm) をカバーする帯域幅 100 nm の広帯域なゲインチップの作製に成功し、帯域幅 140 nm に近い目標値を上回る広帯域を得ることができた。同波長帯において、量子ドットゲインチップ	

			を搭載した 4 種類の波長可変光源を開発した。レーザ線幅 500 kHz 以下を実現し、波長可変制御及びレーザ発振制御の最適化により波長切り替え時間 200 ms を実現した。信号切り替え用狭帯域アレイ導波路回折格子構成技術として、同波長帯に渡って広帯域に動作する光回路を構築するための導波路パラメータを明らかにした。 • ゲインチップ、波長可変光源、アレイ導波路回折格子を利用した、T バンド・O バンドの大波長空間 1,000 チャネル級高画質映像配信システムの開発に世界で初めて成功し、4K 映像の配信および経路切替え実験に成功した。この成果は、OFC 2018 等に採択され、報道発表も行い、多くのメディアに掲載された。 ○産学との連携により、光周波数・位相制御光中継伝送技術として、以下を実施した。 ------ 28 年度 ---- • 高精度光周波数安定化制御、スペクトル線幅狭窄制御、高速周波数スイッチング制御の連携による光源装置を開発した。離調範囲±100 MHz からのヘテロダイン自動周波数引込を実現した。 • PPLN（Periodically Poled LINbO3：周期分極反転ニオブ酸リチウム）を用いた位相感応型光増幅器 (PSA：Phase Sensitive Amplifier) の中継増幅動作を実現した。小型偏波保持光増幅器を開発し、良好な特性を確認した。 • 和周波光発生を用いた励起光位同期ループ回路（プロトタイプ）による位相感応光増幅に成功、原理的実証を実施した。 ------ 29 年度 ---- • 19 インチラックに収納可能なサイズの光源装置を試作し、位相同期光周波数安定制御において、周波数安定度が±1 MHz 以内の高安定化外部基準光源に位相同期させることに成功、光周波数を±1 MHz 以内の安定化を実現した。また、波長切り替え時スイッチング時間 76~88 ミリ秒を実現、位相同期により得られた光スペクトル線幅を 20 kHz までに狭窄化されていることを確認した。 • 光パラメトリック増幅部、励起光生成部、励起光位相同期部の一体動作により、位相感応型光パラメトリック増幅器のプロトタイプを完成させ、光増幅実験により原理を実証し、低雑音に増幅する偏波保持増幅を確認した。	

			○産学との連携により、光信号の低コスト受信・モニタリングのための小型光位相同期回路の研究開発として、以下を実現した。 ------ 28 年度 ---- • 狭線幅波長可変半導体レーザの発振波長高速スイッチング回路および広帯域連続掃引回路を試作した。特性を改善した Ge/SiON 集積試作を開始した。Si 光導波路と集積した Ge による pin 型受光素子 Ge-PD (Photo Diode) で、受光効率 0.6 A/W 以上および暗電流 1 μA 以下（動作温度 80 ℃）の当初目標を達成した。 ------ 29 年度 ---- • 高安定光 PLL (Phase Locked Loop) 技術の開発として、安定な位相同期動作を実証し、波長設定精度、設定時間、波長検出器の測定精度に関する課題を抽出した。C バンド全域で特性を同時に満足する波長可変レーザを実現し、狭線幅波長可変光源装置のプロトタイプを試作した。発振周波数の制御回路部、設定精度に関する課題を抽出した。 • 光信号モニタリングシステムの開発として、従来同等以上の性能が得られていることを確認し、性能的に組込可能であることを確認した。 • 光集積デバイスの開発として、デバイスの集積を開始した。発振を確認した。半導体レーザの狭線幅化は、レーザ回折格子の改善により達成見込み。電子集積デバイスの開発として、TIA (Transimpedance amplifier) 帯域 34 GHz 以上、TIA 利得約 30 dB を実現した。 • 光 PLL 用ゲルマニウムデバイスの開発として、Ge-PD (Photo Diode) の試作を終え、暗電流密度を低減する指針を明らかにした。応力印加技術を検討し実現の方向性を明らかにした。 ------ 30 年度 ---- • 広帯域 ADC を用いてビート信号をデジタル領域に変換し、平成 29 年度に提案したアルゴリズムに基づきビート信号の周波数が高精度に取得可能であることを示した。さらに、自立位相同期の実験系に組み込み、可変波長光源を制御する際の課題抽出を行った。また、高精度な発振周波数連続掃引機構を有する線幅 8 kHz、C+L 帯波長可変光源のプロトタイプを開発した。 • 光モニタリングシステムの開発として、4 台の DOPLL (Digital Optical Phase-Locked-Loop)を搭載可能なボードを設計した。FPGA を搭載	

			し信号処理を行うマザーボードと、PLL の構成要素を搭載したドーターボードの 2 種のボード構成とした。4 台の DOPLL を 19 インチラックに収納可能な 2U サイズ（高さ約 88 mm）の筐体に収納可能であることを確認した。 • 光集積デバイスの開発として、SiOxNy-OH と Ge-PD の集積プロセスを開始した。半導体レーザにおいては線幅を改善した他、新規に波長可変構成を提案した。電子集積デバイスの開発として、TIA 及びサンプリング回路を一体集積する集積回路設計を行い、IC 製造を開始した。 • 光 PLL 用ゲルマニウムデバイスの開発として、光導波路と集積した Ge-PD を試作し、高効率 (> 1 A/W)、低暗電流 (< 1 μA)、高周波応答 (> 30 GHz) の特性を得た。検討してきた応力印加技術により、L 帯で Ge 層の光吸収が増加する特性を得た。 • 産学官連携の研究推進を目的とし、光アクセス基盤技術関連の特許で出願 4 件、登録 3 件がなされた。 ------令和元年度 ---- • 高安定光 PLL 技術として、光波長計と高速広帯域 ADC を組み合わせることにより自律位相同期方式の動作検証を行い、有効性を確認。検出、疎調整・微調整から同期まで実測値8秒程度であったが、原理的には 6 秒以下で実現可能である。さらに、運用中に同期はずれが生じた場合にこれを自動検出して、自律的に波長を可変することにより同期状態を回復する機能を実装して長期動作試験を行い、その有効性を確認した。 • 波長可変狭線幅 LO 光源として、波長可変光源の発振周波数の安定性の向上として①レーザ共振器部の温度制御パラメータの見直し、②出力光ファイバを含むレーザ共振器部の防振の強化及び③共振器への戻り光の抑制の強化を実施した。これらの改善により、短期（平均時間 10 秒）及び長期的（1 時間）な周波数変動をそれぞれ約 2 MHz、48 MHz に抑制することに成功した。 • 光信号モニタリングシステムとして、4 台の光 PLL システムを高さ 2U の 19 インチラックサイズの筐体に組み込むことに成功した。光 PLL システムを基板に実装することによりシステム面積を 1/12 以下へと集積化することに成功した。また、ループ長は約 30 cm の短尺化がなされた。それらの知見よりループ長の全長を5 cm 以下にする指針を得た。50 Gbps の QPSK 信号に対して光 PLL を適用し、コンスタレーション、Q 値そして EVM を 1 秒以内で表示するモニタ動作を確認した。さらに	

			Q 値をリアルタイムにモニタリングすることで、信号品質の劣化および伝送路寸断などの異常を検出する機能を実現した。 • 光集積デバイス技術として、SiOxNy 光導波路プラットフォーム、シリコン、およびゲルマニウムのモノリシック集積プロセスを構築し、SiOxNy 導波路、Si-OH、Ge-PD 一体光集積回路を実現した。本光集積回路の面積は 0.02 cm^2 と小型化を実現した。Si 基板上への LO 光源集積については、線幅 20 kHz の単一モード発振を実現した。シリコン光導波路に位相シフタ機能を付加し、キャリア密度を動的に制御することで、可変波長動作を確認した。 • 電子集積デバイスについては、TIA・サンプリング一体集積回路では、TIA とサンプリング回路の一体動作を確認し、40 GHz 以上の 3 dB 帯域が得られることを確認した。また、TIA では 75 GHz 以上の 3 dB 帯域が得られることを確認した。フロントエンド実装については、サンプリング回路単体モジュールおよび受信フロントエンドモジュールを試作しシステム検証実験に提供した。受信フロントエンドについては、光集積デバイスと電子集積デバイスをハイブリッド集積し、光ハイブリッドからサンプリング回路出力までの信号伝搬方向の長さを 7 mm まで小型化できることを実証した。 • 光 PLL 用ゲルマニウムデバイスとして、40 GHz 以上で動作する Ge-PD と光ハイブリッドをモノリシック集積したデバイスを実現し、電子回路と一体化した集積回路を作製した。また、動作波長範囲の L バンド側への拡大に関して、SOQ (Si-on-Quartz) ウエハ上へ形成した Ge 層を用いて、Si 光導波路と集積した Ge PD を作製した。SOQ 上 Ge 層が 0.38%の二軸引っ張りひずみを有し、L 帯での光吸収係数の増大が得られることを明らかとし、1,460 nm から長波長へ向かうにつれて受光効率が増加していく傾向が見られ、光吸収端の長波長化を反映した特性が得られた。 ○産学との連携により、Beyond 5G に向けたモバイル収容大容量光アクセスインフラの研究開発として、以下を実現した。 ------ 令和元年度 ---- • 100 Gbps 級広帯域光・電子融合周波数分離デバイス技術として、28 Gbps 広帯域 A/D 変換から出力される膨大なデータをデジタル領域で高速デシメーション処理する新たなデジタルダウンコンバージョン方式の開発において、デジタル回路を設計した。本デジタル回路は、14	

			GHz の帯域を有する高周波電気信号をサンプリングレート 28 Gbps、量子化ビット数 8bit の A/D 変換器 (ADC) を用いて、デジタル信号として取り込み、入力信号をデジタル領域でダウンコンバージョンして 4 ユーザー以上の信号に分割する機能を有する。ユーザー毎の帯域分割を行うため、周波数シフト部、FIR (Finite Impulse Response) フィルタ部、デシメーション部の多段構成によるデジタル回路を設計し、大規模 FPGA1 石に実装した。また、20 Gbps 以上の広帯域 ADC で課題となるダイナミックレンジを改善するため、マルチチャネル ADC 方式を考案し、デジタル回路の設計を行った。 • 上り無線信号の高密度多重処理技術として、ADC/DAC、FPGA を用いて、中心周波数 500 MHz、帯域幅 800 MHz の OFDM 信号を最大 10 チャネル多重可能な周波数多重化機器の試作開発した。デジタル処理で周波数の異なる IF を 5 チャネル生成し、ダイプレクサでそれらの信号を周波数多重する構造とし、さらに、LO、ミキサを用いたアップコンバージョン、ダイプレクサを用いた周波数多重化で、最大 10 チャネルの周波数多重信号を生成可能とした。試作機器単体の性能評価試験により、機器の処理遅延を 10 マイクロ秒以下にできることを確認した。 • 無線・光信号変換デバイス技術として、電気・光相互変換デバイスにおける電気・光変換部の光学及び高周波設計を行い、周波数特性と光出力特性の評価を実施した。その結果、高速信号を電気・光変換速度で動作するために十分な 3 dB 帯域として 28 GHz 以上の周波数特性が得られることを確認した。また、光出力特性については変調速度 20GBaud 以上において SSPRQ (Short Stress Pattern Random Quaternary) パターンを用いた電気波形を入力し、十分に受信可能なアイ開口率を有する光出力波形が得られることを確認した。 • 光・無線融合アンテナ技術として、アンテナのレベルダイヤグラム、及びアンテナ素子配置の仕様に関する検討を完了した。具体的には、フォトダイオードの出力パワーからアンテナ素子までの所望出力パワーを計算し、RF アンプを 2 段組する構成をベースとしたレベルダイヤグラムとした。またアンテナ素子の配置に関して、一つの PD の出力を8個以上のパッチアンテナ素子に供給することで、十分にシャープなビームパターンを得られることを確認した。従って、アンテナの最小単位を1つの PD+1 x 8 アンテナ素子とし、これをユーザー数（ビーム数）に応じて増やす仕様とした。 • 双方向光・無線伝送システム技術として、商用の 100 GbE 用 TOSA モジュールを用いて、下りリンク向け 400 MHz 帯域幅の 256QAM 信	

			号を 40 チャネル伝送することに成功した。物理層の伝送レートは 128 Gbps であり、100 Gbps 級の IFoF (Intermediate Frequency over Fiber) 伝送に成功した。また上りリンクも同様の構成で信号多重度を 16QAM に低減することで、50 Gbps 級 IFoF を容易に達成できる見込みを得た。中継局とアンテナサイト間の短距離伝送（SMF 1km 以下）において、RoF、IFoF（周波数変換用の LO をアンテナサイトに設置、または IF 信号に周波数重畳して中継局側からアンテナサイトに伝送）各方式の伝送特性を評価した。その結果、いずれの方式でも、64QAM、800 MHz 帯域幅の OFDM 信号を EVM 8%の信号品質で伝送できる見込みを得た。 • 適応的空間電波周波数割り当て技術として、無線区間の品質情報を表すチャネル品質信号 (Channel quality indicator: CQI) という指標と、IFoF/RoF 区間の光伝送路の品質モニタする手法を組み合わせた、適応的な無線リソース割り当て技術の検討を完了した。具体的には、上り信号からの CQI をセンター局で抽出し、光伝送区間で計測した品質情報と合わせて、総合的に最適なリソース配分を行うアルゴリズムを用いることで、無線システム全体の品質を向上させられる見込みを得た。 • フルコヒーレント RoF 伝送技術として、コヒーレント QAM 光信号を 60 GHz 帯へ周波数変換するためのキャリアコンバータの設計に取り組んだ。光注入同期回路により位相同期した LO 光と QAM データ信号を合波し、帯域 70 GHz の PD を用いたヘテロダイン検波により、60 GHz 帯へのフルコヒーレント変換の基本動作を実証した。また、 • フルコヒーレント変換回路を用いて、シンボルレート 4 Gbaud、多値度 16~256 のコヒーレント QAM 光信号をヘテロダイン検波し、フルコヒーレント変換した IF 信号の復調を実現した。これにより、光周波数から 60 GHz 帯へのダウンコンバートによる光・無線融合フルコヒーレント伝送システム実現の見込みを得た。 ------ 令和 2 年度 ---- • Beyond 5G モバイルフロントホールにおいて、収容局に配置された 28 GSa/s のサンプリングレートを有する広帯域 A/D 変換器のビット分解能不足の課題を解決するために、マルチチャネル A/D 変換方式の開発に成功し、10 dB 以上のダイナミックレンジの改善を世界に先駆け達成した。 • Beyond 5G モバイルフロントホールの上り伝送において、複数の IFoF 信号を高密度に多重可能な周波数多重化機器を開発し、DSP 処理に	

			より、300 ns 以下の処理遅延で、800 MHz 帯域幅の IF 信号最大 10 チャネルの多重を世界に先駆けて達成した。 • 無線信号を光ファイバで伝送するために広帯域かつ線形性の高い電気・光変換デバイスが必要とされており、デジタル光信号伝送に用いられている安価な同軸型 TO-CAN 型パッケージを用いて、現行品の 2 倍以上となる 35 GHz の信号通過帯域と良好な線形性を兼ね備える光デバイスを開発した。 • 光・無線技術アンテナの小型化・低消費電力化のため、フォトダイオードと 64 素子アンテナを一体集積した、39-40 GHz 帯対応の光無線融合アンテナの設計を完了した。また、100 μ 秒未満でビームフォーミング制御が可能な位相制御器の実装についても、世界に先駆けてそのフィージビリティを実証した。 • 低コスト、シンプルな構成で大容量の双方向 IFoF 伝送を実現するために、100GbE で利用されている商用 TOSA モジュールを用いて、10 x 400 MHz x 4 波長の 256QAM OFDM 信号の 5 km 光ファイバ伝送を行い、ネットビットレートで 128 Gbps の IFoF 伝送を世界に先駆けて達成した。 • 無線区間と光ファイバ区間のフレキシブルなシステム統合のため、光区間にて発生する位相回転量を基地局にフィードバックし、無線システムと協調的にプレコーディングを行うシステムの提案を行った。 ○産学との連携により、データセンター等の大容量化に対応する超小型のマルチコアファイバとアレイ型送受信デバイスを実装した光トランシーバの基盤技術の研究開発を実施し、以下の研究成果を得た。 ------ 令和 2 年度 ---- • 高速 VCSEL アレイについて、小信号変調帯域として 25 GHz、NRZ で 36 Gbps、 PAM-4 で 60 Gbps の高速動作を実現するとともに、モードフィールド径を 8 μm まで拡大し、全電流域で安定な単一モード動作と単一モードファイバへの高効率直接結合 (1.1 dB) を実現した。さらに、この技術を用いて、16 ch の 1,060 nm 帯 VCSEL アレイを試作し、NRZ で 34 Gbps の高速動作と単一モード出力 3 mW、モードフィールド径約 7 μm を実現した。 • ・光半導体素子アレイとマルチコアファイバ (MCF) との並列光結合について、ファイバ端面観察とアクティブ光軸調整を併用した新しい調芯手法を考案・実証し、本光トランシーバの主要課題の一つである MCF と VCSEL アレイとの多チャンネル同時光結合を再現性良く実現する光軸調芯手法を確立し、MCF を用いた 16 チャンネル並列光結合を実	

			現した。	
○衛星通信技術 衛星搭載ミッションの高度化・多様化に伴い必要となる衛星通信ネットワークの高速化・大容量化を実現するため、国全体の宇宙開発利用に係る政策を踏まえつつ、10 Gbps 程度の光データ伝送を実現するための衛星搭載機器の開発等によって衛星通信ネットワークの基盤技術を研究	**（５）衛星通信技術** 地上から宇宙に至るまでを統合的に捉えて、平時はもとより災害時における通信ネットワークを確保するため、国全体の宇宙開発利用に係る政策を踏まえつつ、高速化・大容量化を実現するグローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術及び広域利用を可能とする海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術に関する研究開発を行う。 **（ア）グローバル光**		**（５）衛星通信技術** **（ア）グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術** • 静止衛星に対して 10 Gbps 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) の光送受信部、制御部、光学部の開発を推進した。ロケット打ち上げ予定が1年延期の 2023 年 10 月となり、搭載機器の開発スケジュールを整合させ、搭載機器の性能評価については地上試験を一部実施した。 • 光衛星通信関連の国際会議 IEEE ICSOS 2017 及び 2019 を成功裏に開催しコミュニティ形成を推進した。更に、国内コミュニティ形成のため機構が事務局で開始したスペース ICT 推進フォーラムの下で光通信の分科会を立ち上げ、産学官で衛星通信技術開発の日本全体での議論ができる場を構築して、活動を開始した。 • 約 2 年にわたって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成功裏に遂行し、エクストラサクセスまで達成。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。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。 • 機構が開発した質量 700 g の衛星搭載超小型光送信機(VSOTA)を、東北大学が開発した 50 kg 級小型衛星 RISESAT に搭載して打ち上げ成功したことや、 国際宇宙ステーションに搭載した SOLISS	**（５）衛星通信技術** 【科学的意義】 • 世界初の 10 Gbps 級の伝送速度の衛星搭載用超高速通信機器を開発し、SOTA と光地上局間で光子レベルの量子通信実験に世界で初めて成功して、Nature Photonics 誌に論文が掲載（SOTA プロジェクトをエクストラサクセスにて完了）された。VSOTA を用いて超小型衛星で簡易な光衛星通信の実現に寄与している。また ISS に搭載した光通信端末 SOLISS と小金井の 1.5 m 光地上局との間で、双方向の光衛星通信に成功したことも、今後の光衛星通信技術の普及につながるものと考えられる。RF/光ハイブリッド衛星通信システムの効率的運用方式提案等の論文誌採択、OSA Advance Photonics での招待講

開発するものとする。	**衛星通信ネットワーク基盤技術** 衛星通信の大容量化への期待の高まりや周波数資源逼迫の解決に応えるため、10 Gbps 級の地上－衛星間光データ伝送を可能とする衛星搭載機器の研究開発を行うとともに、通信品質向上等の研究開発を行う。また、海外の宇宙機関等とのグローバルな連携を行うとともに、世界に先行した宇宙実証を目指すことで国際的優位性を確保しつつ、グローバル光衛星通信ネットワークの実現に向けた基盤技術を確立する。		(SONY CSL/JAXA) との光衛星通信実験を実施するなど、国内外のメーカーや研究機関と共同で衛星～地上間の光衛星通信実験を推進した。将来的には、小型地球観測衛星で取得したデータの地上への伝送や、衛星コンステレーションにおける、衛星～衛星間や衛星～地上間の光通信に活用できる見込み。更に、国際宇宙ステーションに搭載した SOLISS と、小金井 1.5 m 光地上局間での双方向光通信実験の成功については、令和 2 年 4 月 23 日に、機構/SONY CSL/JAXA 3 者合同でプレスリリースを発表した。また、「2020 年度グッドデザイン賞」を機構、JAXA、SONY CSL、リコーで共同受賞した。 • 機構の光地上局に超電導単一光子検出器 (SSPD) 技術を応用した超高感度検出器を準備し、深宇宙通信に資する光送受信実験の準備を完了。例として低軌道の小型衛星を用いた送受信実験を実施し、フォトンレベルの信号検出機能と、地上におけるアレイ型 SSPD の検出効率の機能向上を確認した。 • 光衛星通信技術の応用として、デブリの位置をレーザの散乱光を用いて把握するための基礎実験や、廃棄された衛星の光度変化や軌道を決定する実験を、国際共同研究や委託研究の一環として実施し、衛星の光度変化等を検出することに成功した。これらの技術は、宇宙状況把握 (SSA) に活用することが可能。 • キューブサット等に搭載可能な超小型光通信機器を設計し、そのうち光端末部分のプロトタイプを製作して、動作確認に成功した。 • 機構が開発した再帰性反射鏡を小型衛星 RISESAT に搭載し、正確な軌道や姿勢情報が得られていない衛星をターゲットと見立てたレーザ測距実験に成功した。 • 光衛星通信に関して、国内標準化委員会や宇宙データシステム諮問委員会 (CCSDS) に参加し、機構がエディタとなりグリーンブック（解説資料）「リアルタイム気象と大気特性データ」(CCSDS 140.1-G-1)を出版し、マジェンダブック（推奨実践規範）「光回線運用のための大気特性把握と予測」を完成し出版手続き中である。更に、1,550 nm 波長での高データレート光通信のオレンジブック（予備検討規格）へ寄与し完成するなど標準化文書作成へ寄与した。 • 小金井 1 m 光地上局用に、上りと下り両方の回線に対応した、大気揺らぎの影響を軽減するための「補償光学システム」を開発した。開発したシステムにより、大気揺らぎによる損失の補償効果として 10 dB 程度を達成した。 • 以上により、第 5 期中長期計画期間中に実施する技術試験衛星 9 号機による超高速光衛星通信実験に向けて、衛星搭載光通信機器の製	演、OFC 2020 での招待講演等、着実に成果を上げている。 • 国内外の機関と連携して光衛星通信の実験を進めており、送受信技術をはじめ、国内的に本分野のデータ取得、解析をリードしている。光衛星受信について機構が今後国内のテストベッド的な役割を果たすことも期待できる。 • 上りと下り両方の回線に対応した光衛星通信用補償光学技術は、今後の衛星～地上間の高速光衛星通信において不可欠なものとなることが期待できるだけでなく、大気状態の安定した高地以外にも光地上局を設置可能とし、さらなる光衛星通信の普及に貢献することも期待できる。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 衛星通信と 5G/B5G の連携について、機構が主導して国内 19 機関による検討会を立ち上げ、ユースケース、技術課題等を検討し、ESA と連携した衛星 5Gトライアルを立案した。また、スペース ICT 推進フォーラムを発足させ、産学官で取り組む体制を構築したことが大きな成果である。 • ETS-9 搭載用 10 Gbps 級超高速光通信ターミナルおよびビーコン

	（イ）海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術 ユーザーリンクにおける通信容量としてユーザー当たり 100 Mbps（メガビット／秒）級の次期技術試験衛星のためのKa帯大容量衛星通信システムを実現するため、非常時の地上系通信ネットワークの輻輳・途絶地域及び海洋・宇宙空間に対して柔軟・機動的にブロードバンド通信を提供する地球局技術や広域・高速通信システム技術の研究開発を行う。これにより、平成 33 年以降に打上げ予定の次期技術試験衛星による衛星通信実験のための、海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信システムの実現に向けた基盤		作を第 4 期中長期期間中に完了に向けた見通しを立てたこと、国内外の機関と連携した小型衛星と地上間の光衛星通信実験が広がりを見せていることから、グローバル光衛星ネットワークの実現に向けた基盤技術が確立できた。 **（イ）海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術** • ユーザー当たり 100 Mbps の新たなブロードバンド、フレキシブルかつ Ka 帯/光のハイブリッド衛星通信システムの概念設計を完了。概念設計に基づき技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) の固定ビーム搭載通信機器の開発を代表研究機関として受託、製造・試験を完了するとともにユーザー実験に役立つビーコン送信機器（共通部）の開発をした。ETS-9 通信ミッション（ビーコン送信機・光通信機器）間の噛み合わせ試験の試験準備を完了。一部のサブコンポーネントの納期遅延に適時適切に対応するとともに、ビーコン送信機器（共通部）の試験を実施し、衛星バスへのインテグレーションの調整を進め着実に推進した。 • 広域・高速通信システム技術として高効率な運用制御アルゴリズム、フレキシブルペイロードの DBF アレー給電部の誤差校正方式を開発し有効性を確認し、成果を論文誌に掲載した。 • 地球局技術として ETS-9 への適用を想定したネットワーク統合制御地球局と GW 地球局の基本設計、IoT/センサネットワークの低速モデムの要素試作及び評価試験を完了。 • 災害時対応として熊本地震（28 年 4 月）へ対応し、高森町にナーヴ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画し、意見交換とシステム向上を図った。 • ESA との日欧連携の衛星 5G トライアルの計画を開始し、対応する日本側の委託研究課題（B5G 衛星地上統合技術）を獲得し開始した。利用推進の取組として、衛星通信と 5G/Beyond 5G の連携を推進し、国内検討会を開催し成果を文書化して公開した。更に、国内コミュニティ形成のため機構が事務局で開始したスペース ICT 推進フォーラムの下で衛星 5G/B5G の分科会を立ち上げ、産学官で衛星通信技術開発の日本全体での議論ができる場を構築して、活動を開始した。 • Ka 帯衛星からの信号を用いて、移動体伝搬特性および樹木等遮蔽物による減衰の季節変化を測定し、実測値を元にデータベースを作成しモデル開発を完了するとともに、関連論文が誌上掲載された。 • ITU-R や APT において、移動衛星通信と地上網の統合 MSS システムや、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。更に、APT-AWG26 において、IoT への衛星技術の応用	送信機器を研究開発し、実証した。 • SOTA を用いた世界初の衛星-光地上局間の光子レベルでの送受信実験の成功など、今後の衛星量子通信の実用化に資する成果を上げた。 • 光衛星通信に携わる世界の研究開発機関が集まる ICSOS 国際会議をシリーズ開催し、コミュニティ形成に成功した。700 g の超小型光衛星通信搭載機器の開発、打ち上げ実証により超小型衛星への光通信適用性を実証した。 • 無人航空機中継システム (ICAO)、 IoT への衛星通信応用標準化方式 (APT-AWG)、光衛星通信の CCSDS でのグリーンブック策定およびマジェンダブック策定など、複数の標準化に成功しており、開発成果を広く社会展開する見込みが得られた点は大きな成果である。 • 熊本地震の際にWINDS 回線を開設して被災地との通信確保に貢献し、衛星通信技術が災害時の通信確保手段として有効であることを実証した。 • 本来社会的価値の高い研究テーマであり、進捗している。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】

	技術を確立する。		の標準化の報告書作成に向け寄与文書を入力し、計画通り報告書作成を開始し標準化に貢献した。 ※ ITU-R M.2395-0 、 M.2398-0 、APT/AWG/REP-57 (Rev1) APT/AWG/REP-89、ITU-R WP3J 3J/272-E、 AWG-26/INP-19 • 以上により、次期中期計画に実施する技術試験衛星 9 号機による海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信実験に向けた取組が計画通り完了したことから、海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信システムの実現に向けた基盤技術を確立した。	• ETS-9 を想定したネットワーク統合制御地球局と GW 地球局の基本設計を実施した。 • スペース ICT 推進フォーラムを立ち上げて、産学官で衛星通信技術開発の日本全体での議論ができる場を立ち上げた。 • 光衛星通信の実用化の気運を高めた。特に機構主導で光衛星通信に関する CCSDS グリーンブック出版、マジェンダブックの完成で出版見込みにより、機構の開発技術が宇宙通信システムに活用される可能性が高まった。 • 小型衛星搭載向け技術の開発、実験を進めている。 • 静止衛星搭載用超高速先進光通信機器を開発している。 • ITU-R や APT において、衛星技術の次世代アクセス技術への統合などの標準化に貢献した。 • B5G 時代も踏まえ、衛星通信と地上 5G 網の連携を推進するための国内検討や標準化に取り組んでいる。 等、社会実装につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日（水） 13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井 善則	委員長	東京工業大学 名誉教授
速水 悟	委員	岐阜大学 工学部 電気電子・情報工学科 教授
安藤 真	委員	東京工業大学 名誉教授
飯塚 久夫	委員	一般社団法人 量子 ICT フォーラム 総務理事
太田 勲	委員	兵庫県立大学 学長
國井 秀子	委員	芝浦工業大学 客員教授
松井 充	委員	三菱電機株式会社 開発本部 役員技監
安浦 寛人	委員	九州大学 名誉教授
渡辺 文夫	委員	Fifth Wave Initiative 代表

3. 委員長及び委員からの意見
- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （統合 ICT 基盤分野について）中項目のワイヤレスネットワーク基盤技術は、産業界と一緒に上手に行ったこと、STABLE 含めて標準化、テラヘルツの開発、熊本地震への対応、新しいところでは海中無線など多数の良い成果が出されており、期末、単年度ともに A 相当である（自己評価は B）。

（全体を通して）
- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えば B5G／6G のホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第 4 期中長期目標期間評価項目別自己評価書（No.3 データ利活用基盤分野）

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. －1. －（3）データ利活用基盤分野		
関連する政策・施策	―	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第一号
当該項目の重要度、難易度	重要度：高	関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
査読付き論文数	―	187	128	112	174	157
論文の合計被引用数※1	―	541	696	548	739	783
実施許諾件数	41	47	67	77	96	81
報道発表件数	10	12	8	8	4	9
標準化会議等への寄与文書数	19	14	4	0	2	0

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※2

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	6,096	11,849	13,571	14,453	20,418
決算額（百万円）	6,059	6,064	7,148	13,574	9,565
経常費用（百万円）	7,079	6,564	7,124	10,787	9,660
経常利益（百万円）	△199	45	63	247	△89
行政サービス実施コスト（百万円）	8,194	6,831	6,792	11,521	10,068
従事人員数（人）	42	42	44	48	52

※1 合計被引用数は、当該年度の前 3 年度間に発表した論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用総数（当該年度の 3 月調査）。

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

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1．ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等		＜評価軸＞ ● 研究開発等の取組・成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きなものであるか。 ● 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ● 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組（技術シーズを実用化・事業化に導く等）が十分であるか。 ＜指標＞ ● 具体的な研究開発成果（評価指標） ● 査読付き論文数（モニタリング指標） ● 論文の合計被引用数（モニタリング指		評点	S
（1）データ利活用基盤分野 世界最先端のICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「社会（価値）を創る」能力として、人工知能やビッグデータ解析、脳情報通信等の活用によって新しい知識・価値を創造していくための基礎的・基盤的な技術が不可欠であることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	**1－3．データ利活用基盤分野** 真に人との親和性の高いコミュニケーション技術や知的機能を持つ先端技術の開発により、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して音声翻訳・対話システム高度化技術、社会知解析技術、実空間情報分析技術及び脳情報通信技術の研究を実施する。これにより、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現及び生活や福祉等に役立つ新しいICTの創出を目指す。		＜主要な業務実績＞ （評価と関連が深い主な業務実績及び将来の成果の創出の期待等について具体的かつ明確に記載する）	**1－3．データ利活用基盤分野** 本分野としては、 • 音声翻訳・対話システム高度化技術については、音声認識、音声合成、自動翻訳の各分野で世界最先端の実用的な技術を開発し、大規模なコーパスの構築と併せて、世界と競争できる自動音声翻訳システムを実現した。自動翻訳は、様々なアプリやシステムが世界に普及し、競争が激しい分野であるが、日本語を中心とした翻訳や個別の分野に特化した翻訳において高い性能を実現し、世界の最先端技術に負けない価値を維持し続けた。 • 社会知解析技術については、膨大な Web ページの情報を用いて、雑談、質問応答を行う、世界的にみても前例のない博学な次世代音声対話システム WEKDA の研究開発を推進し、この研究用無償ライセンスと	

		標） ● 研究開発成果の移転及び利用の状況（評価指標） ● 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数（実施許諾件数等）（モニタリング指標） ● 報道発表や展示会出展等を受けた各種メディア媒体の反響状況（評価指標） ● 報道発表や展示会出展等の取組件数（モニタリング指標） ● 共同研究や産学官連携の状況（評価指標） ● データベース等の研究開発成果の公表状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準化や国内制度化の寄与件数（モニタリング指標） 等		実証実験用 API を民間企業に提供した。また、世界にも類のない高齢者の健康状態チェック等を行う音声対話システムを開発して実証実験でその有効性を確認した。さらに、SNS 上の対話システム／チャットボットを防災対策に応用し、実災害時に自治体等によって、活用された。これまでに開発し、また、災害時に自治体等での利用実績のある、防災対策のための自然言語処理システム DISAANA/D-SUMM に関してビジネスライセンスを複数民間企業と締結した。 • 実空間情報分析技術については、異分野のセンシングデータを収集し相関の発見・予測を行うデータ連携分析基盤技術を開発し、これらを実装した xData プラットフォームを公開した。また、ハッカソンやベンチマーキングタスク等を通じ、データ連携分析による異常気象時の交通障害リスク予測や大気汚染被害等の環境品質短期予測のモデルケースを構築した。さらに、プラットフォーム利用者の

				データやノウハウを活用しこれらの予測モデルをカスタマイズするアプリ開発環境を提供し、国内の自治体や ASEAN 地域のスマートシティ等を対象に、環境モニタリングやリスク適応ナビなどへの応用実証を実施するとともに、実証参加企業の事業化に向けた技術移転の検討を開始した。 • 脳情報通信技術については、脳情報解読技術、fMRI や BMI を利用した脳活動計測技術、脳の情報処理メカニズムの解明など脳情報に関する幅広い分野で高い研究成果を上げ続け、トップレベルの学術誌で論文を発表している。シンポジウム開催など様々な活動を通じて企業等の関心を喚起し、資金受入型共同研究などで外部資金を集めて、社会的価値のある成果を生み出す研究等を拡大している。脳情報解読技術を応用したニューロマーケティング技術や語学学習のためのニューロフィードバックトレーニング技術を民間に技術移転し、企業からの資金受

				入れ型共同研究を多数実施した。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 個別の評定と根拠は、以下の各項目に記載のとおりである。
○音声翻訳・対話システム高度化技術 音声翻訳・対話システムにより世界の「言葉の壁」をなくすため、旅行、医療、防災等を含む生活一般の分野について実用レベルの音声翻訳・対話を実現するための技術及び長文音声に対応した自動翻訳を実現するための技術等を研究開発するものとする。さらに、産学官の幅広いネットワーク形成や情報の収集・蓄	**（1）音声翻訳・対話システム高度化技術** 音声コミュニケーション技術及び多言語翻訳技術に関する研究開発を行い、これらの技術の社会実装を目指すとともに、平成 32 年以降の世界を見据えた基礎技術の研究開発を進めることで、言語の壁を越えた自由なコミュニケーションの実現を目指す。 なお、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は、生産性革命の実現を図るために措置されたことを認識し、多言語音声翻訳の精度向上に必要な高速演算装置の整備等のために活用する。 また、令和２年度補正予算（第３号）により追加的に措置された交付金については、「国民の命と暮らしを守る安心と希望のための総合経済対策」の一環としてポストコロナに向けた経済構造の転換・好循環の実現		**（1）音声翻訳・対話システム高度化技術** 補正予算に関して、（ア）（イ）の研究開発において、高速演算装置等を利用し多言語音声翻訳の精度向上を図った。 ※ 以下でGC10言語とは日、英、中、韓、タイ、ベトナム、ミャンマー、インドネシア、スペイン、フランスの各言語、拡張５言語とはブラジルポルトガル、フィリピン、ネパール、クメール、モンゴルの各言語とする。	**（1）音声翻訳・対話システム高度化技術** **【科学的意義】** • GC10 言語を対象に言語識別精度 92.4%、平均レイテンシ 1.06 秒のプログレッシブ言語識別技術を開発し、商用ライセンスを開始した。 • 少資源言語対のニューラル機械翻訳の研究開発を行い、翻訳精度の高度化を実現させ、機械翻訳の対応言語の拡大を加速させる事が可能となる等の機械翻訳技術の普及促進に繋がる成果を創出した。 • これらの成果の根幹となる音声処理技術及び自動翻訳技術の論文を難関国際学会で多数発表

積・交換、産学官のシーズとニーズのマッチング、共同研究の実施、研究成果・社会実装事例の蓄積、人材交流等を推進するための産学官連携拠点を積極的に運営するものとする。 また、2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を世界に情報発信する機会として活用するとともに、訪日外国人観光客の急増に対応するため、平成 32 年度（2020 年度）までに 10 言語に関して、生活一般分野について実用レベルの音声翻訳システムを社会実装するものとする。	を図るために措置されたことを認識し、多言語翻訳技術をはじめとする言語処理技術の精度向上に必要な高速演算装置等の計算機環境の整備のために活用する。 **（ア）音声コミュニケーション技術** 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会での社会実装に向けて 10 言語の実用的な音声認識技術を実現する。そのための研究開発として、①日英中韓の 4 言語に関して 2000 時間程度の音声コーパス、その他の言語に関しては 500 時間程度の音声コーパスの構築、②言語モデルの多言語化・多分野化、③音声認識エンジンの高速化・高精度化、を行う。音声合成技術の研究開発に関しては、10 言語の実用的な音声合成システムを実現する。 一方、平成 32 年以降の世界を見据えた研究開発として、世界のあらゆる音声コンテンツをテキスト化する技術の実現を目指して、公共空間等雑音・残響のある環境下で言語の異なる複数人が発声した音声を認識する技術及び多言語の混合言語音声対話技術の研究開発を行う。		**（ア）音声コミュニケーション技術** 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以下の研究開発を行った。 • GC10 言語に関して、音声認識精度向上のためコスト削減により令和 2 年度末までに合計 17,200 時間の音声コーパスを構築した。 • ブラジルポルトガル語、フィリピン語を含む拡張 5 言語に関して合計 3,400 時間の音声コーパスを構築した。 • GC10 言語に関して合計 310 万語の多言語辞書を構築した。 • 定住外国人への対応も見据えた拡張 5 言語に関して合計 92 万語の多言語辞書を構築した。 • GC10 言語の音声認識技術に関して、日本語、英語、韓国語、タイ語、インドネシア語では、どのような発話であってもストレスなく認識できるレベル、その他の言語では、ほとんどの発話でストレスなく認識できるレベルの認識精度を実現し、商用ライセンスを行った。 • 拡張 5 言語の音声認識に関して、ブラジルポルトガル語では、ほとんどの発話でストレスなく認識できるレベル、フィリピン語とクメール語では、細かい誤認識はあるが、実用上は問題がないレベルの認識精度、ネパール語では、寛容の精神をもって使えば、一応使えるレベルの認識精度を実現した。モンゴル語の音声認識システムを試作した。 • GC10 言語の音声合成技術に関して、日本語は、読み誤りが少なく、肉声とそん色ないレベル、英語では、読み誤りが少なく、ほとんどのテキストを明瞭かつ自然に読み上げるレベル、その他の言語では、読み誤りが多少あるが、明瞭性・自然性は実用上問題ないレベルの音質を実現し、商用ライセンスを開始した。 • 拡張 5 言語の音声合成に関して、ブラジルポルトガル語とフィリピン語で読み誤りが多少あるが、明瞭性・自然性	する等、アカデミアに貢献する大きな学術的成果を創出した。 • 切れ目ない入力を通訳に適した部分に分割するプログラム（同時通訳プロトタイプと呼ぶ）を深層学習を用いて構築した。 等、科学的意義が大きい独創性、革新性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **【社会的価値】** • GC10 言語について、計画を上回る規模の音声コーパスと多言語辞書を構築するとともに、拡張 5 言語についても大規模な音声コーパス等を構築した。 • 音声認識モデルやニューラル翻訳のアルゴリズムの改良等を行い、GC10 言語の音声認識精度、自動翻訳精度とも海外の最先端を上回る性能を実現させて、多言語音声翻訳の実用性を飛躍的に向上した。 • 拡張 5 言語についても、音声認識、自動翻訳、音声合成システムを作成し、当初の訪日客向けに

	（イ）多言語翻訳技術 自動翻訳の多言語化、多分野化技術を研究開発しつつ、並行して大規模な対訳データを収集し、多様な言語、多様な分野に対応した高精度の自動翻訳システムを構築する。特に、（ア）（ウ）と連携して、訪日外国人観光客の急増に対応するため、生		は実用上は問題ないレベル、ネパール語とクメール語で読み誤りがあるが、明瞭性は許容範囲で内容の理解は可能であるレベルの音質を実現した。モンゴル語の音声合成システムを試作した。 • 効率的に進めるため、①VoiceTra ログの活用により実利用に近い性質のコーパスを収集するとともに作成費用を削減、②ネイティブ要員による品質検査を導入し品質を改善、③コーパス構築による音声認識精度の改善を行った。 • コーパス拡充・品質管理に加えて、音響モデルの改良(音声認識)、DNN の導入(音声合成)、その他発音生成ソフトウェアの改良(認識・合成)など細かいノウハウの積み上げにより精度・音質の向上を実現した。 令和 2 年以降の世界を見据えて以下の研究開発を行った。 • 音声認識の耐雑音性に関して対応 SNR を 15 dB から 5 dB に改善した。 • 音声認識の耐残響性を改良した。 • 言語の識別技術を開発し、GC10 言語に関して話頭の平均 1.06 秒のレイテンシー(話頭から結果出力までの時間)で識別精度 92.4%を達成し、商用ライセンスを開始した。商用ライセンスを受けた民間企業 1 社が日英中韓 4 言語の駅案内ロボットを開発し、京王電鉄新宿駅等で試験運用を行った。 • 話者認識およびセグメンテーションの研究を行った。話者認識技術に関して、国際会議 INTERSPEECH2020 におけるコンテストで 34 の国際研究チームの中で準優勝を獲得した。 **（イ）多言語翻訳技術** • VoiceTra の実証実験の FEEDBACK を活用することによって利用者のニーズに合わせた収集を効率化でき、結果として量においても計画を越えて世界最大規模の話し言葉の良質の対訳コーパスを構築し、 旅行、医療、防災等の分野において他を大きく引き離す高精度を実現した。	加え、定住外国人向けへの価値を拡大した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **【社会実装】** • 翻訳バンクの多分野化を推進（自動車、IR、金融、製薬等）し、多くの民間企業と連携することで、様々な分野での機械翻訳技術の社会実装を実現した。 • 常に最新の多言語翻訳技術を搭載した VoiceTra は、研究開発の進捗に伴い翻訳精度が向上することで、高い評価を得ており、多くの一般ユーザがダウンロード（令和 2 年 3 月末現在、累計約 563 万ダウンロード）して手軽に無料で使える高精度な多言語音声翻訳技術を試せるスマートフォンアプリとしての地位を確立した。 • VoiceTra を活用して自治体・警察・企業等における実証実験を 100 件以上積み重ねることで機構の多言語音声翻訳技

	活一般での利活用を目的として、10言語に関して、旅行、医療、防災等の分野に対応した実用レベルの音声翻訳システムの社会実装を目指した研究開発を行う。 一方、平成 32 年以降の世界を見据えた研究開発として、翻訳処理の漸次化等同時通訳システムの基盤技術を確立するための基礎技術の研究開発を行う。また、自動翻訳システムの汎用化を妨げている対訳データ依存性を最小化するため、同一分野の対訳でない異言語データを利活用する技術と同義異形の表現を相互に変換する技術の研究開発を進める。		• GC10 言語について令和元年までに構築完了。残りの拡張 5 言語のうち、2 言語ブラジルポルトガル、フィリピン語も令和元年までに構築完了、3 言語については、令和 3 年以降に完成する計画で、ネパール語は令和元年から、クメール語、モンゴル語は令和 2 年から構築を継続中である。 • 大規模な（データ量非公開）書き言葉の対訳コーパスを収集する翻訳バンクの多分野化を推進（自動車、IR、金融、等に進出、製薬で連携先大幅拡大）。この活動が評価されて「ビッグデータで AI 翻訳を高精度化し翻訳産業に革命を起こす翻訳バンク」で第 2 回オープンイノベーション大賞総務大臣賞受賞(令和 2 年 2 月 10 日)。さらに LINUX FOUNDATION と連携しオープンソースソフトウェア分野に進出した。 • 上記 2 種類の対訳コーパスで翻訳を高精度化した、すなわち、アルゴリズムの改善に併せて、前記の翻訳バンクによって汎用性を確保し、前記の話し言葉の対訳コーパスで適応することによって、GC10 言語について、旅行、医療、防災等の分野に対応した実用レベルの翻訳、すなわち「高品質」と位置付けられる BLEU スコア 40～50 を実現し、翻訳精度 80%以上を実現して、公開ソフトウェア VoiceTra、TexTra への実装し、さらに技術移転した。 令和 2 年以降の世界を見据えた技術として以下の研究開発を行った。 • 対訳依存度最小化技術を改良し、特に User Generated Text（UGT）に適用可能なアルゴリズムを創出した（TACL で採択）。 • 入力方式の研究開発が未開拓のアジア言語を対象として、構築したアジア言語のコーパスに基づいて、指移動が少なく打鍵できる効率的な入力手法を小型端末で使われる 9 キー向けを含め提案・実装した（ACL、EMNLP-IJCNLP で採択）。 • 総務省施策 GCP2025 の下で公募された委託研究「多言語翻訳技術の高度化に関する研究開発」に採択され、同時通訳の研究開発に必要なコーパスの構築を開	術の価値が広く認められ、企業への 50 件を越える企業への技術移転を実現した。 • 複数企業からの高精度な多言語音声翻訳プラットフォームサービス提供や商用音声翻訳システムの販売等、多言語翻訳ビジネスを創出し、さらに拡大させる等、社会実装を高いレベルで実現した。 等、社会実装につながる特に顕著な成果、将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

			始し、同時通訳のための分割点を決定するプログラム（今年度は深層学習で文単位分割を学習した）を実証実験用に共同研究機関にリリースした。 • 令和 3 年以降の 5 年間の研究開発において、個別テーマの研究開発の自由度を確保しつつ、段階的に同時通訳システムを社会実装するため、入力の分割方法の改良と翻訳に供給する TEXT 以外の情報の改良を容易にプラグインできるアーキテクチュアを採用した（例：文という大きな単位から始め連続的に研究を進化させることができる）。 • ニューラル翻訳のアルゴリズムを改良し、翻訳バンク、適応、Example-based 手法を組み合わせた多分野の高精度システムの構築法を明らかにした。 • 文脈処理やマルチモーダルの翻訳への利活用の研究を進め、難関国際学会（ACL、EMNLP、NAACL、EACL、COLING、IJCNLP、IJCAI、AAAI、ICLR 等としている）に毎年 10 件前後採択されており、自動翻訳の論文数の世界ランクで 2 位と 7 位に入る等アカデミアへの貢献は大。ニューラル翻訳に関連する論文 3 本が一般社団法人言語処理学会発行の論文誌において 2020 年度論文賞を受賞した。 • アジア諸外国の研究機関と連携しアジア言語に関する自然言語処理の研究・開発を推進。基盤となるアジア言語のアノテーション付き対訳コーパス ALT を構築し公開した。 委託研究 No.180「自治体向け音声翻訳システムに関する研究開発」（平成 27 年～令和元年）において以下の研究開発を行った。 • 子育て・年金対訳コーパス（英語、ベトナム語、中国語、ブラジルポルトガル語各 15 万文）、住民登録・国保対訳コーパス（英語、ベトナム語、中国語、ブラジルポルトガル語、韓国語、タイ語、インドネシア語、ミャンマー語、フィリピン語各 8 万文）を構築した。 • 自治体用語対訳辞書(英語、ベトナム語、中国語、ブラジルポルトガル語、韓国語、タイ語、インドネシア語、ミャンマー語、フィリピン語各 5,005 語)を構築した。	

	（ウ）研究開発成果の社会実装 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（ア）（イ）の研究開発成果を効果的・効率的に社会実装できるようにするために、協議会や研究センター等の産学官連携拠点の積極的運営により、①音声データや対訳データ、辞書等のコーパスを収集・蓄積・交換する仕組みの確立とコーパスの研究開発へのフィードバック、②社会実装に結びつくソフトウェアの開発、③社会実装に向けた特許等の知的財産の蓄積、④産学官のシーズとニーズのマッチングの場の提供、⑤人材交流の活性化による外部連携や共同研究の促進等に取り組み、研究開発成果の社会実装のための技術移転の成功事		• 構築した対訳コーパスと辞書を用いて自治体用ニューラルネット翻訳モデルを構築し、ほぼ全言語対について目標翻訳精度(意味が通じる文の比率が 80%以上)を達成した。 • カウンター越しの対話に適したユーザインタフェース、用語説明機能など自治体窓口業務に向けた仕様の音声翻訳アプリを開発した。 • 全国の 42 自治体(平成 29 年度～令和元年度の延べ数)と連携して窓口業務に音声翻訳システムを利用する実証実験を行った。 • 研究開発成果を外国人研修生の生活に展開するために、NhaTra（ベトナム語）、SaramaTra（フィリピン語）の実証実験用音声翻訳アプリを開発し、公開した。 • 研究開発の成果である自治体用音声翻訳モデルの商用ライセンス受けて受託者(凸版印刷株式会社)が同社の商用サービス VoiceBiz を自治体向けにカスタマイズし、全国 31 の公共団体に販売した。また、14 の公共団体で試用中、73 の公共団体で導入検討中となっている。 **（ウ）研究開発成果の社会実装** • 産学官連携拠点として、グローバルコミュニケーション開発推進協議会（221 会員（令和 3 年 3 月末時点））の事務局を運営し、協議会会員を主な対象として、産学官のシーズとニーズのマッチングの場としてのビジネスマッチング会合、及び、人材交流を活性化する場としての、総会、シンポジウム、部会、ワーキンググループなどの各種会合を開催し、外部連携や共同研究を促進した。令和 2 年 6 月まで「研究開発部会」、「実用化促進部会」を設置して活動し、令和 2 年 6 月からは「グローバルコミュニケーション計画 2025」を踏まえ体制を見直し、部会を同時通訳の実現に向けた「技術部会」と多言語翻訳システムの更なる普及・発展に向けた「普及促進部会」に刷新した。令和元年には民間企業と共同で推進した事業化共同推進ワーキンググループの活動が、多言語音声翻訳プラットフォーム等を通じた多言語音声翻訳エンジン活用サービスのビジネス化に多大な貢献	

	例を着実に積み上げることを目指す。		をしたと評価され、「情報通信月間」総務大臣表彰を受けた。続く令和 2 年にも協議会全体の活動による多言語翻訳技術の向上と実用化へ貢献が評価され「情報通信月間」総務大臣表彰を受けた。共同研究は 43 件に拡大し、実用化に至った事例も生まれた。例えば、京浜急行電鉄（株）、（株）ブリックス、（株）日立製作所、（株）日立ソリューションズ・テクノロジーとの共同研究の成果を活用した新たな鉄道向け多機能翻訳アプリが平成 30 年 7 月に京浜急行電鉄（株）の全駅（泉岳寺駅を除く）に導入された。消防関連では、消防研究センターと共同で VoiceTra に定型文機能を追加した救急隊用多言語音声翻訳アプリ「救急ボイストラ」を開発した。このアプリは 47 都道府県の 726 本部中 631 本部(86.9%)の消防本部で活用された（令和 3 年 1 月 1 日時点）。 • リオデジャネイロジャパンハウスや東京マラソンの救護所での実証実験、自民党本部や CeBIT での展示会、東京国際ユース（U-14）サッカー大会における文化交流・選手交流の場での実証実験、ANA ウインドサーフィンワールドカップ横須賀大会における選手との交流の場での実証実験、CEATEC JAPAN、G20 観光大臣会合サイドイベントでの展示、コロナ禍においてはオンライン展示会など、VoiceTra 及びその技術を活用した実証実験、展示・説明会、講演を 115 件行った。さらにパンフレットやホームページ、コンテストを活用した情報発信も積極的に行った。音声翻訳エンジンの API を開放し、それらを用いて言葉の壁をなくすアイデアや試作品の良さを競うコンテストを実施し、音声翻訳技術活用の裾野を広げる試みも行った。これらの広報活動により、音声翻訳システムの利用は報道発表の件数で 418 件確認された。警察関連での VoiceTra の試験的利用は 27 都府県の県警に広がった。岡山県警や沖縄県警、福井県警、徳島県警、警視庁、警察庁では、独自のサーバ・アプリを使った実用運用も行われた。警察庁では、機構開発の多言語音声翻訳機能を搭載したスマートフォン合計 5 万台の全国 47 都道府県警への配備が進みつつある。東京都はオリパラのボランティア活動で VoiceTra 活用を表明している。	

			• これらの外部連携等を通じて辞書・コーパスを収集し、研究開発にフィードバックした。辞書・コーパスの提供組織は 83 者となった。収集した辞書等は VoiceTra の基盤となる音声翻訳エンジン・サーバで活用された。 • 社会実装に結びつくソフトウェアの開発を加速するために、研究開発成果の検証の場として、多言語音声翻訳アプリ VoiceTra、及び、聴障者と健聴者とのコミュニケーション支援アプリ SpeechCanvas の公開・改良を行うとともに、その基盤となる音声翻訳エンジン・サーバの高速化、安定化や、定型文を登録・利用する機能、言語識別機能の実装を行った。特にアプリ側の高速化を行い海外で利用した場合のレスポンスタイムを 6 秒から 2 秒に短縮した。言語識別機能では 2 言語間で翻訳方向を自動判定する技術を開発し日本語と選択言語間で翻訳方向を自動判定する機能として実装、また、識別可能言語は GC10 言語とした。VoiceTra は累計で約 563 万件、シリーズ累計では約 696 万件（令和 3 年 3 月末時点）ダウンロードされている。VoiceTra は、民間企業や警察、消防、自治体などにおける 100 件超の実証実験（覚書を締結）にも活用された。SpeechCanvas は平成 29 年 3 月に（株）フィートに技術移転され、運用されている。また、近未来のコンセプトモデルとしてのイヤホン型多言語音声翻訳システムや同時通訳プロトタイプシステム、自動字幕付与システム、多言語インタビュー字幕システムの開発とイベント展示も行った。さらに、音声翻訳エンジンの利用環境としての音声翻訳 SDK（Software Development Kit）を開発及び整備し、外部連携先 24 件(24 者)へ提供した。 • 技術移転に向けて、知的財産を所管する部門との連携を強化するなど、研究開発成果を特許等の知的財産として蓄積する体制の整備を進め、82 件の特許出願を行った。特許登録は 61 件となった。研究開発成果であるソフトウェアやデータベースの直接ライセンスは 57 件（45 者）になった。技術移転先の（株）みらい翻訳が、多言語音声翻訳プラットフォームのサービス提供と音声翻訳ソフトウェアのライセンス事業を開始した。凸版印刷（株）の音声翻訳アプリ「TabiTra」やカスタマイズ可能な	

			音声翻訳アプリ「VoiceBiz」、日本電気（株）の多言語音声翻訳サービス、パナソニック（株）の多言語音声翻訳サービス「対面ホンヤク」、（株）ログバーのオフライン翻訳機「ili」、ソースネクスト（株）のクラウド型音声通訳機「POCKETALK W／POCKETALK S」、コニカミノルタ（株）の医療通訳タブレット「MELON」やハイブリッド式多言語通訳サービス「KOTOBAL」、電話通訳と自動音声翻訳を組み合わせた（株）ブリックスのサービス「ネイティブheart」、東芝デジタルソリューションズ（株）が特許庁に導入した機械翻訳サービスなど機構の技術を活用した商用製品・サービスの提供や実用／試験サービスが 76 件超生まれた。ソースネクスト（株）のPOCKETALK はシリーズ累計出荷台数 80 万台を突破、また、 凸版印刷（株）のサービスは日本郵便の全国約 20,000 局に「郵便局窓口音声翻訳」として導入され、また、神奈川県綾瀬市の自治体など全国70団体へ導入されるなど、音声翻訳技術の利用が拡大した。API を利用したサービスの提供も拡大しており、確認できているもので 39 件となっている。	
○社会知解析技術 社会に流布している膨大な情報や知識のビッグデータ（「社会知」）を情報源として、有用な質問の自動生成やその回答の自動提供等を行うことにより、非専門家でも専門的知識に容易にアクセスすることを可能とし、かつ、利用者の意思決定において有用な知識を提供す	**（2）社会知解析技術** ネット上のテキスト、科学技術論文、白書等多様なタイプの文書から、社会に流通している知識（「社会知」）を解析する技術を開発し、社会の抱える様々な課題に関して、非専門家でも専門的知識に容易にアクセスでき、各種の意思決定において有用な知識を得ることのできる手段を実現する。 このため、社会における問題の自動認識技術をはじめとして、それらの問題に関する有用な質問の自動生成技術、自動生成された質問に対して回答や仮説を発見する技術、回答や仮説等得られた情報を人間が咀嚼しやすいよう適切に伝える技術	・	**（2）社会知解析技術** • PDF を含めた多様な Web テキスト 330 億ページを収集し、そのうちから社会の抱える様々な課題の記述を抽出、その解決法の記述を抽出する深層学習ベースの技術を開発し、これらを組み合わせる事で課題とその解決法といった知識を得る手段を実現した。 • 社会に関する課題に関する専門的知識も含め、多様な知識に容易にアクセスできる手段として次世代音声対話システム WEKDA を開発した。この WEDKA は、音声で入力された「何」型(例:「スーパー台風で何が起きる？」)、「なぜ」型(例:人工知能が進化を遂げたのはなぜ？)、「どうなる」型（例: 人工知能が進化するとどうなる？）、「どうやって」型(例: 地球温暖化はどうやって解決する？)等様々な質問に、深層学習ベースの新規技術によって Web 40 億ページに記載された知識を元にして、回答や仮説を音声で提供できる他、質問の形を取らない入力に関しては、我々の開発した、入力に関連の	**（2）社会知解析技術** 【科学的意義】 • Web40 億ページの情報を元に雑談、質問応答を行う、世界的にみても前例のない博学な次世代音声対話システム WEKDA を開発した。WEKDA に組み込むため、独自技術、独自学習データとBERT 等の最先端の深層学習技術を組み合わせ、雑談対話技術、文脈処理技術、質問応答技術、因果関係の連鎖に関する推論技術

るための技術を研究開発するものとする。さらに、インターネット上に展開される災害に関する社会知について、各種の観測情報とともにリアルタイムに分かりやすく整理し、利用者に提供するための基盤技術を研究開発するものとする。	等、極めて知的な作業を自動化する社会知解析技術の確立を目指す。 また、インターネット上に展開される災害に関する社会知をリアルタイムに解析し、分かりやすく整理して提供するための基盤技術の確立を目指す。さらに、実世界の観測情報を統合して、より確度の高い情報を提供する枠組みを確立する。 加えて、これらの技術を実装したシステムを開発し、より適切な意思決定が短時間で可能となる社会の実現に貢献する。また、機構外の組織とも連携し、開発した技術の社会実装を目指す。		深い質問を自動生成する技術で質問を生成し、その回答を元に雑談的な自然な応答を生成することができる。これによって、一般ユーザでも高度な知識に容易にアクセスすることが可能になった。このように 40 億ページ規模の Web 文書の知識を用いて、「どうなる」型、「どうやって」型、「なぜ」型を含めた音声の質問に、文もしくは長いフレーズで人間が咀嚼しやすいように回答するシステムは世界的にみても他に存在せず、また、質問の形を取らない入力に対しても、やはり、40 億ページ規模の知識をもとに応答を生成するが、このようなシステムは世界的にみても例がなく、その科学的価値はもとより、日本の人工知能技術の遅れが指摘される中で社会的価値も極めて高い。 • 上記 WEKDA には、上述の質問応答技術等の他に、文中の省略を補完する省略補完技術、ある時点までの発話内容に整合性の取れた雑談的発話を生成する文脈処理技術、長い回答を人間が咀嚼しやすいように簡潔に要約する技術等、新規開発した深層学習ベースの多数の自然言語処理技術が組み込まれている。これらも世界初の技術が多数含まれ、また、日本語に関してこうした技術を実際に大規模データに適用できるのは当機構だけであり、科学的意義、社会的価値はいずれも高い。 • さらに、WEKDA への導入を念頭に、因果関係の連鎖に関する仮説を生成する仮説生成技術（例えば、「地球温暖化が進む」→「海水温が上昇する」と「海水温が上がる」→「大腸菌が増殖する」を組み合わせることで「地球温暖化が進む」→「海水温が上昇する」→「大腸菌が増える」を生成し、そこから「地球温暖化が進む」→「大腸菌が増える」といった因果関係に関する仮説を生成可能である。）を深層学習技術を用いて開発した。この技術は生成される仮説を一定の範囲で制御できるもので、大量の仮説候補を生成して適切な仮説を探索する generate-and-test をせずとも、必要な仮説に近いものを 1 回の計算で生成することが可能である。我々の知る限りこうした技術は存在せず、その科学的意義は高い。 • これまでに述べてきた技術、およびその関連技術は	等、世界初も含めた高度な技術を開発・高精度化した。さらに、これらの研究開発の成果を、ACL、AAAI、EMNLP、WSDM 等のトップカンファレンスで継続的に発表した。 • 巨大ニューラルネットワークを自動で分割し、並列学習を容易にする世界で類を見ないミドルウェア RaNNC を開発した。 • SNS 上で、被災者と自律的にやりとりを行なって情報の収集、周知を行う、世界的にみても例のない防災チャットボットというコンセプトを提案した。 • SIP 第 2 期で高齢者介護用マルチモーダル音声対話システム MICSUS を開発。実証実験により高い意味解釈精度を達成した。 • 社会知解析技術全般に対して志田林三郎賞、対災害情報分析システム DISAANA/D-SUMM に関して、文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した。

			ACL、EMNLP、AAAI、MedInfo 等の自然言語処理、人工知能のトップカンファレンスで発表された。その科学的意義が認められたものと考えられる。 • 特に WEKDA に関しては、新しい言語観、言語理論の構築も念頭に、その動作原理や深層学習技術の特徴と、近年の言語哲学とを架橋する考察を行った。こうした考察等に基づき、さらに対話のバリエーションや質を向上させるべく、新規な学習データを構築した。 • WEKDA および、これまでに述べてきた技術を大規模な Web ページに適用するため、前中長期計画で開発した並列化ミドルウェア RaSC に自動最適化機能を追加し、並列処理分野のトップカンファレンス IPDPS 等で発表した。 • 近年、自然言語処理で広く使われるようになってきた巨大ニューラルネットワークの学習を複数枚の GPU で効率よく実施するため、ミドルウェア RaNNC を新規開発した。これは 1 枚の GPU に格納するのが困難な巨大ニューラルネットワークを自動的に分割し、並列に学習、推論を行うものである。通常、深層学習の並列化は深層学習モデルの記述に直接、並列化のための指示を書き込んで行うのが普通であるが、RaNNC はそうした指示を必要としない点で画期的である。さらには、Google や NVIDIA 等が公表している（並列化のための指示は必要になるが）深層学習並列化ソフトウェアと比較し、少なくとも機構の計算機環境では同一のパラメータ数のモデルでは RaNNC の方が高速であり、また、一部のソフトウェアよりも大規模なモデルの並列学習が可能であることを確認した。実際に、数百枚単位の GPU を使用した分散学習により、T5 を含めて、数十億パラメータ（BERT-large の 10 倍以上の規模）のネットワークの学習に成功し、並列処理分野のトップカンファレンス IPDPS で論文が採択された。現在、巨大ニューラルネットワークの研究、特に学習はほぼ、GAFA 等、一部の民間企業でしか行われていないが、RaNNC により、その裾野が広がると考えられ、また、世界的にみても巨大ニューラルネットワークを自動で分割し、並列化する技術も他にないことから、その科学的意義、社会的価値は	等、科学的意義が大きい独創性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • WEKDA を念頭に高精度化した深層学習ベースの質問応答技術を WISDOM X に搭載し、一般公開した。 • Twitter 上の災害情報を分析する災害状況要約システム D-SUMM を試験公開し、自治体等の防災訓練に多数参加することを通して、実災害時に実活用され重大事象発見に貢献できることを示し、社会的課題解決に役立つことを示した。 • 巨大ニューラルネットワークの学習に関する研究の裾野を拡大するため、ミドルウェア RaNNC を用いて巨大ニューラルネットワークの学習を自動的に並列化し、容易化することでなど社会的ニーズに直結した成果を上げた。RaNNC のソフトウェアをフリーソフトウェアとして一般公開するとともに、学習した BERT モデルも一般公開した。

			特に高い。 • これらの技術の一部を、前中長期計画時に公開された WISDOM X に組み込み、WISDOM X 深層学習版として一般公開した。RaNNC、RaSC 共にフリーソフトウェアとして公開した。また、WEKDA 全体に関して、民間企業と研究用ライセンスを締結した他、実証実験用に API 提供を実施した。こうした試みは、国内の他の公的研究機関ではおこなわれておらず、その社会的価値は極めて高い。 • Wikipedia で学習した BERT モデルを一般公開した。これは Wikipedia で学習した BERT モデルとして、他機関が公開しているモデルよりも高性能であり、活用には深層学習に関する知識が必要であるにもかかわらず公開後1年で 2,500 件のダウンロードがあった。 • SIP 第 2 期で実施しているプロジェクト「Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究」において、KDDI 株式会社、NEC ソリューションイノベータ株式会社、株式会社日本総合研究所との共同で、マルチモーダル音声対話システム MICSUS を開発した。この MICSUS は在宅介護モニタリングと呼ばれる、高齢者の健康状態チェックを行う面談でケアマネジャーと呼ばれる介護職にとって重い負担となっている作業の一部を代替することが目標である。在宅介護モニタリングの際には、WEKDA を活用して雑談も実施し、高齢者に飽きられることがなく、また、様々なアイデアや知識も提供し、高齢者の生活をより豊かにし、また、その社会的孤立を防ぐことも狙う。これらのゴールは、日本の今後を左右しかねない、高齢化の問題の解決に挑戦するものであり、その社会的価値は極めて高く、また、ビジネス化までの道のりが長いことが予想されることから、まさに公的研究機関が少なくともその開発の一部を担うべき技術である。 • これまでに、まず、雑談は行えないものの、健康状態チェックを行う対話シナリオを構築し、それに沿った対話が行えるマルチモーダル音声対話システム MICSUS の	• また、SIP 第 2 期で開発している防災チャットボット SOCDA も同様に、神戸市で令和 2 年には一般市民1万人、令和 3 年には 1 万 3000 人を対象とする実証試験も含め、多数の自治体の訓練で活用した。 • 日本の今後を左右しかねない高齢者介護の問題の解決に資するべく、同じく SIP 第 2 期で開発している高齢者介護用マルチモーダル音声対話システム MICSUS の実証実験を高齢者介護事業者と連携しつつ、高齢者を対象として、複数回行い、着実に各種処理の精度向上や対話の質向上を達成し、高齢者より実際に高い評価を受けた。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • WEKDA に関し、民間企業への研究用無償ライセンスや実証実験用 API を提供した。 • DISAANA、D-SUMM が

			初期バージョンを実際に構築し、高齢者介護事業者と連携して、令和元年度に合計 4 回の実証実験を行って課題を洗い出し、またその洗い出された課題に関して改善を重ねた。この結果、実証実験の対象となった、要支援・要介護の高齢者の大多数より、「使える」「愚痴などの聞き役にも期待」「ニュースなど話題や知識を話してほしい。」といったコメントを頂いた。つまり、技術への高い評価、高い期待とともに、我々が当初より予定していた雑談の必要性が確認されることとなった。また、最終的な社会実装に向けて、連携先の民間企業を中心にビジネス化の検討も開始した。 • 精度的な面に関して述べると、通信障害等が発生しなかった高齢者向けの第 2 回実証実験では高齢者の発話の 95.2%を正しく意味解釈できたことが確認できた。（ただし、声が小さい等の理由により音声認識器が起動されなかったケースは除く。また、発話の意味が明確でないと判断し、同じ質問を繰り返したケースは、繰り返し後の質問への回答が正しく意味解釈された場合、最初の質問への応答の意味解釈の正誤はカウントせず、最終的に正しく意味解釈したと解釈している。） また、音声認識が誤っても一定の精度で正しく意味解釈が可能なことも確認できた。 • この MICUS の実装に際し、本中長期計画期間終了までに機構では、1) 全体アーキテクチャの策定に参加し、2) ユーザ発話の意味解釈を行う 350GB(22 億文)のテキストで事前学習したBERT_largeを用いるユーザ発話意味解釈モジュールを開発した。これは、質問への回答の意味解釈だけでなく、以前になされた回答内容の修正、後ほどシナリオで訊くことになっている質問の回答が先んじられて述べられたことの認識、後に述べる WEKDA を用いた雑談的対話への遷移等、様々な対話的行為に対応する意味解釈を可能にするものであり、機構内部で作成した、あえてトリッキーな入力ばかりを含んでいる評価データを用いた評価ではいずれも平均適合率が 85%から 99%という極めて高い精度を実現している。また、音声認識誤りがあることを見込んで、ノイズを含ませた評価データでも同様に高い精度が実現で	実災害時に実活用され、重大事象発見に貢献出来ることを実証した。 • DISAANA および D-SUMM のソフトウェアについて民間企業と有償でのビジネスライセンス契約を締結し、ライセンスを用いた商用サービスが開始された。 • SOCDA が令和元年台風第 19 号、令和 2 年台風第 10 号の際に実利用されるなど、高い実用性を示し、重大事象発見に貢献できることを示した。 • SOCDA の関連ソフトウェアについて民間企業と有償でのビジネスライセンス契約を締結し、それを用いた商用トライアルが複数の自治体で開始された。 • また、令和 3 年 2 月の福島沖地震の際にも、南相馬市にてトライアル中の SOCDA が実活用され、早期情報収集に役立った。 • 神戸市消防団にて活用しているSOCDAの運用に関して日本オープンイノベーション大賞総務大臣賞を受賞した。 • 社会知解析技術全般に関して、情報通信月間推進協議会会長表彰「志

			きることを確認した。特にユーザ発話意味解釈モジュールに関しては、人間の作業者が書いた対話シナリオに即したユーザ発話の意味解釈に必要な学習データ合計200万件以上を整備した。 3)人間の作業者が書いた対話シナリオを自動的により完備なものにする対話シナリオ自動拡張モジュールを開発した。4) 機構の次世代音声対話システム WEKDA を用いた雑談対応機能をMICSUS に統合し、自然な形で健康状態チェックと雑談が入り混じった対話が可能となった。なお、令和2年度はコロナの影響で、こうした機能すべてを搭載したMICSUS の最新版を高齢者を対象とした実証実験で評価することはできていないが、各種評価データや、非高齢者を対象とした実証実験、トライアルで柔軟な対話が行えることは確認済みである。高齢者介護を目的として、こうした様々な機能を高いレベルで実現したシステムは世界的に見ても例がなく、科学的意義も高い。 • この MICSUS に関しては CEATEC 等の展示会でオンライン展示を行い、日本経済新聞や読売新聞でも報道された。 • 平成 31 年 4 月に奈良先端科学技術大学院大学との連携講座を開設。令和 2 年 11 月現在 4 名の大学院生を指導。AI 人材の枯渇は極めて重大であり、その社会的価値は非常に高い。学生のうち1名は、理研 AIP、東北大が主宰している「AI～クイズ AI 日本一決定戦～」にて高精度を達成した。（令和 2 年 10 月 28 年時点で首位の高精度） • インターネット上に展開される災害に関する社会知をリアルタイムに解析し、分かりやすく整理して提供するための基盤技術として、前中長期計画にて開発した質問応答を通して求める情報を網羅的かつピンポイントに提供する対災害 SNS 情報分析システム DISAANA、ならびに災害関連情報を自動的に抽出し、分かりやすくコンパクトに整理して提供する災害状況要約システム D-SUMM の開発および改善を進め、平成 27 年 4 月から公開していた DISAANA に続き平成 28 年 10 月に D-SUMM の試験公開を開始した。公開後、大きなトラブルも無く 4 年以上継続して運用してきた。常に試用できる	田林三郎賞」を受賞し、NHK スペシャル等のテレビ報道、新聞 1 面を含めて、合計 298 件（新聞報道 150 件、Web 掲載 128 件、テレビ放映 24 件）の報道がなされた。 等、社会実装につながる特に顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

			という点で社会実装を大きく進展させた。 • 試験公開中の DISAANA が平成 28 年 4 月の熊本地震の際に内閣官房にて活用された。平成 29 年 7 月の九州北部豪雨の際には、大分県の災害対策本部において、DISAANA・D-SUMM が活用され鉄道の鉄橋の流失をいち早く発見するなど大きな成果を挙げた。その他、東京都をはじめ多数の自治体から日常的に DISAANA・D-SUMM を活用しているという報告を受けた。また、実災害時には公的機関からのアクセスが多数あった。社会的価値ならびに社会実装における効果は極めて高い。 • D-SUMM を高速化（検索速度を 3 倍）し、前述した BERT_large を使った深層学習を導入することで高精度化（災害情報抽出に関して F 値で 31%向上を達成したほか、公開されたシステムを実際に活用した公的機関からの要望に従って、操作をミニマムにする UI の実装を通してインターネット上の社会知をリアルタイムに分かりやすく整理して提供する技術を確立した。これらの科学的意義、社会的価値は高い。 • 上記の性能向上の実現および D-SUMM の開発を進めるにあたり 72 万件の深層学習用新規学習データを整備した。また、意味分類辞書（2,846 万件）における 432 万件の単語に対しより詳細な意味分類を付与した。災害対応を目的としてこうした大規模な言語資源を整備した例はなく、科学的意義は高い。 • インターネット上の社会知と実世界の観測情報を統合し、より確度の高い情報を提供する方法を確立した。物理的センサー等に由来する情報と、人間が感じてテキストとして表現した情報とを融合して新たな価値を生み出すという点で科学的意義は高い。 • 総務省の「IoT/BD/AI 情報通信プラットフォーム」社会実装推進事業（平成 29 年度～令和元年度）とも連携し、東京都をはじめとする多数の自治体や自衛隊等の災害対応機関において防災訓練において DISAANA・D-SUMM を活用する実証実験を合計 18 件実施し、技術検証を行った。 • また、全く新しい枠組みとして、SNS 等の上で自発的に	

			発信された社会知のみを受動的に分析するのではなく、SNS 上で、いわゆるチャットボットが、被災者等と双方向で情報をやりとりし、自律的に情報を収集したり配信したりすることでより網羅的な情報収集や、適切な避難を促すというコンセプトを防災チャットボットという名称で提案し、SIP 第 2 期にて 2018 年度より（国研）防災科学技術研究所、株式会社ウェザーニューズを共同研究機関、LINE 株式会社と一般社団法人情報法制研究所を協力機関とする体制にて防災チャットボット SOCDA（ソクダ）の実現を目指す提案が採択され研究開発を開始した。 • この SOCDA では、(1)被災者に深掘りをする質問をすることで、情報をより詳細にし、その確度を上げること(2)さらにはデマと思しき情報が見つかった場合に周辺にいる被災者等に問い合わせをすることで、そのデマの真偽性を判断するためにより確度が高い情報を収集すること(3)また、避難等に資する情報を被災者にピンポイントに伝えることを目指して研究開発を進めておりその社会的価値は極めて高い。さらには、類似の枠組み、コンセプトは世界的にみても存在せず、その科学的意義は非常に大きい。 • SOCDA の研究開発プロジェクトでは、全体の枠組み、アーキテクチャを提案し、プロジェクト組成に貢献した他、DISAANA・D-SUMM の技術を応用し、収集した情報を分析するエンジン、ならびに分析結果を表示するための PC およびスマホ等のモバイル端末向けユーザインタフェース（UI）および、SOCDA への投稿や手動での通知をとりまとめる管理画面 UI 等の研究開発を担当し、プロジェクトの推進に貢献した。災害に関する種々雑多な情報を地図上にコンパクトに表示するなど、より効率的に災害時の素早く正確な意思決定を支援するインタフェースを検討することは科学的意義、社会的価値ともに大きい。 • 神戸市をはじめとする多数の自治体の防災訓練において SOCDA を活用する実正実験を実施した（合計 16 件）。これらの訓練等を通して技術的検証ならびに社会実装における課題の検討を実施した。特に神戸市にお	

			いては、1 年以上の長期にわたって市民向けと消防団向けの 2 種類のシステムを運用する実証実験を実施し、様々な知見を得た。また、令和 2 年に神戸市民1万人を対象とし、令和 3 年には 1 万 3 千人を対象とする大規模実証実験をともに成功裏に実施した。各自治体は非常に協力的であり、今後、さらに社会実装を進める。 • DISAANA、D-SUMM、SOCDA の民間企業等への商用ライセンスは着実に進捗し、DISAANA、D-SUMM のソフトウェアを研究開発用に NEC、ウェザーニューズ等の民間企業等にライセンスし（3 件）、その後、数度にわたるアップデートを行った。令和 2 年 6 月からは、ウェザーニューズがこのビジネスライセンスを活用し、複数の自治体での SOCDA の有償トライアルを開始した。さらに令和 2 年 7 月からこのビジネスライセンスによる DISAANA・D-SUMM を活用した商用サービスの販売が NEC より開始された。さらに、災害情報分析のための深層学習モデルも民間企業に有償ビジネスライセンスした。これらの活動は、社会実装という点で価値が極めて高い。 • 防災チャットボット SOCDA 等の社会実装を推進するため、機構は関係機関等と連携の方策を検討し、その結果、民間企業 7 社、国研等 4 者、18 自治体、省庁等 8 者が参画する AI 防災協議会が設立され（令和元年 6 月）、社会実装を継続的に推進する体制が整備された。 • 防災チャットボット SOCDA の実証実験等についてはこれまで述べた通りであるが、加えて実災害における実活用も開始され、令和元年台風第 19 号では、防災チャットボット SOCDA が神戸市、三重県、伊勢市にて実活用され（令和元年 10 月 12 日）、特に三重県では高く評価され、社会実装に弾みがついた。加えて、令和 2 年 6 月より、複数の自治体にて SOCDA の有償トライアルが開始され、令和 2 年台風第 10 号接近時（令和 2 年 9 月）の際に三重県、徳島県等で SOCDA が実活用された。令和 3 年 2 月の福島沖地震の際にも、南相馬市にてトライアル中の SOCDA が実活用され、早期情報収集に役立った。社会実装上の価値、社会的価値ともに大きい。	

			• 深層学習を用いて Web テキストから症状表現を抽出する研究に関して日本医療情報学会から研究奨励賞、第 3 回学術論文賞をそれぞれ受賞した。 • 神戸市消防団におけるSOCDA の研究開発および運用に対し日本オープンイノベーション大賞総務大臣賞を受賞した。 • DISAANA、D-SUMM の研究開発に対して、文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）等を受賞した。 • 以上に述べた技術全体に対して、情報通信月間推進協議会会長表彰「志田林三郎賞」を受賞した。 • NHK スペシャル等のテレビ報道、新聞 1 面を含めて、5 年間で合計 298 件（新聞報道 150 件、Web 掲載 128 件、テレビ放映 24 件）の報道がなされた。研究員が 10 名前後の一研究センターがこれだけの報道で取り上げられるのは少なくとも国内では極めて稀であって、社会的価値は非常に高いものと考える。	
○実空間情報分析技術 各種の社会システムの最適化・効率化を実現するため、センサー等のIoT機器から得られたデータを整理した上で横断的・統合的に分析することによって、高度な状況認識や行動支援を可能にするための技術を研究開発するものとする。また、平成 32 年度までに、研究開発成果を踏まえた社会システムの	**（3）実空間情報分析技術** ゲリラ豪雨や環境変化等、社会生活に密接に関連する実空間情報を適切に収集分析し、社会生活に有効な情報として利活用することを目的としたデータ収集・解析技術の研究開発を行う。また、高度化された環境データを様々なソーシャルデータと横断的に統合し相関分析することで、交通等の具体的社会システムへの影響や関連をモデルケースとして分析できるようにするデータマイニング技術の研究開発を行う。さらに、これらの分析結果を実空間で活用する仕組みとしてセンサーやデバイスへのフィードバックを行う手法及びそれに有効なセンサー技術の在り方に関する研究開発を行うことで、社会システムの最適化・効率化を目指した高度		**（3）実空間情報分析技術** • Society 5.0 による SDGs 達成に貢献するデータ利活用基盤を構築すべく、高度化された環境データを交通・健康等様々な分野のデータと連携させ、環境変化による社会生活リスクを予測できるようにする基盤技術の研究開発に取り組んだ。センシングデータから抽出した実空間のイベント情報を対象に、従来のビジネスビッグデータを対象とした相関ルール発見や機械学習の手法を拡張し、時空間的な局所性や連続性を考慮した相関パターンを拡張性高く発見・予測できるようにした。 局所的に頻出し有用性が高い（spatial high utility） 相関ルールを高速に発見するデータマイニング手法 SHUIM を開発し、これを環境データに対する相対交通リスク予測に応用した全天候型道路混雑予測モデル（VEENA）を実装した。降雨レーダ—データと渋滞統計データを用いた豪雨時の渋滞発生事例を対象とした評価実験で、39,873 件のトランザクションを対象に 80%の予測精度をあげつつ、メモリ使用量５割、処理速度９割削減し（対 EFIM(naïve)、1.5GHz GPU・4GB メモリ）、処理性能の	**（3）実空間情報分析技術** 【科学的意義】 • 異分野の実空間情報を対象に、局所的に有用性が高い相関ルールを効率よく発見するデータマイニング手法（SHUIM）を開発し、異常気象時の交通障害リスク予測の性能改善を実現したこと、データ間の時空間的な連続性を考慮した相関学習・予測手法（DTL-CRNN）を開発し、越境汚染等の環境品質短期予測とユーザ収集データによる予測のカスタマイズを精度高

最適化・効率化のための支援システムを開発・実証するものとする。	な状況認識や行動支援を行うシステムを実現するための基盤技術を創出し、その開発・実証を行う。		大幅な改善を達成した。 • また、CRNN 深層学習方式により時空間的な連続性を考慮したイベント情報間の相関予測モデルを生成し、かつユーザ収集データを用いた追加学習（Decoder Transfer Learning）で予測モデルをカスタマイズ可能にする相関学習・予測手法 DTL-CRNN を開発した。これを大気汚染や気象変化による健康への影響を示す AQI・EQI 等の環境品質短期予測モデルに応用し、越境汚染事例を対象に国内や東アジア沿岸部の環境基準測定局データを用いた AQI 短期予測（1～12 時間後）で、70～90%の予測精度を達成した。また、環境基準測定局データを用いた地域メッシュ(5 次、 250 m 四方)単位の AQI 短期予測を、ウォーキングや車両運転中に収集したデータを用いてルート単位の予測にカスタマイズする実験で、一般的な測定局データの空間補完法（IDW）に比べ予測精度を 15～37%（SMAPE 値比）改善した。 • さらに、異なるセンシングデータを重畳化した時空間ラスター画像を生成し、複合イベントを示す画像パターンを発見・予測する深層学習方式 3D-CNN を開発した。画像認識技術を用いた他に類を見ない複合イベント発見手法であり、環境、交通、SNS データを対象とした評価実験で、従来の統計予測モデル（自己回帰和分移動平均など）に対し 13%（MSE 値比）の予測精度向上を達成した。 これらの成果により、データ連携に基づき環境変化による社会生活リスク（環境品質）の予測分析を行うデータサイエンスの基盤技術を確立した。また、これらの成果は、IEEE BigData、SSDBM、PAKDD 等、ビッグデータやデータマイニング分野のトップカンファレンスに論文採択され、論文賞受賞 3 件など、学術的意義が高く評価された。 • 様々な分野のセンシングデータから実空間のイベント情報を抽出・収集し、それらを横断的に組み合わせて相関分析等を行えるようにする、異分野データ連携分析のためのデータウェアハウスシステム（イベントデータウェアハウス）を開発し、機構リモートセンシングデータ（フェー	く実現したこと、これら基盤技術の研究開発成果がトップカンファレンスでの論文採択や論文賞受賞に繋がった。 等、科学的意義が大きい革新性に富んだ成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 基盤技術を API 実装し 11 分野 30 TB の実空間情報の横断的利活用を可能にした xData プラットフォームを開発し、地域住民やや技術者を対象としたデータソンやハッカソン等によるモデルケース開発や、研究者を対象とした環境品質予測分析のベンチマーキングタスク等によるオープンデータサイエンス活動への展開を経て、国内の自治体や ASEAN 地域のスマートシティ等での実証実験を実施した。 • 環境品質短期予測モデルを、国内で環境基準が未達成の光化学オキシダントの対策支援や ASEAN 地域の環境問題対策に応用する実証

			ズドアレイ気象レーダなど）を始め、環境、交通、健康等の様々なセンシングデータから抽出した 11 分野・30 TB（非圧縮数百 TB）のイベント情報を利活用可能にした。また、データ連携分析基盤技術に基づき、イベントデータウェアハウスのイベント情報を組み合わせ相関マイニングや相関データを学習・予測するため API を実装した xData プラットフォームを、機構総合テストベッド上に実装し、環境変化による交通・健康等の社会生活リスクの予測分析のオープン開発や応用実証向けに一般公開した。 • xData プラットフォームを利活用した課題解決のモデルケースを開発すべく、地域住民やサービス開発者らが参加し、環境品質予測を活用したスマートサービスを提案・試作するハッカソンを実施した。より良い環境でのウォーキングを支援するマップ作成やサービス提案を行うデータソン（データ収集も行うハッカソンの一種）を平成 29 年度と平成 30 年度に福岡市で実施し、一般住民や学生、ランニング団体などのべ 80 名が参加した。”カラダにうれしい空気”をテーマに、グループに分かれた参加者が、小型の環境センサー（名古屋大学との共同研究）やライフログカメラ、活動量計などを持って市内を歩き、健康に良いと思われる場所の環境品質を取得データから xData プラットフォームのツール使って分析・可視化しマップ上にプロットしウォーキングマップを作成するタスクや、環境品質予測の結果をスマートフォンの地図アプリケーションで確認しながら、より良い環境の中でより多くのウォーキングを行い、結果をポイント化して競い合うタスクを行い、環境品質予測のウォーキング支援への有用性を検証した。参加者へのアンケート調査では、こうした活動は大変面白く是非また参加したいという回答が大半を占め、特により良い環境を意識した活動を通じ街の魅力の再発見につながった、ウォーキングを楽しむ動機となったなどの意見から、ウォーキング支援への有用性が確認された。また、作成したマップを活用し、ポイントサービスなどと連携しながら環境品質の良い場所で運動することを促進するサービスや、環境品質の予測結果から美容や活動に関する情報推薦を行うサービ	実験を実施するとともに、異常気象時の交通障害リスクを回避するナビゲーションの実証実験を実施した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • 自治体を対象とした光化学オキシダント注意報・警報の早期警戒支援や、ASEAN 地域のスマートシティと連携した実証実験など、国内外で幅広く社会展開に向けた活動を実施した。 • xData プラットフォームを活用した環境品質短期予測や異常気象時の交通障害リスク予測を、ベトナム・ダラット市スマートシティにおける環境・交通・観光データを活用したスマートサービスの実証に応用した。 • xDataプラットフォーム利用者のデータやノウハウを活かし予測モデルのカスタマイズを行うアプリ開発環境を提供し、環境モニタリング事業者等実証パートナーがカスタマ

			スなどが提案され、社会実装につながる具体的なアイデアが得られた。 • また、異常気象による交通障害リスクの予測データを用いて、ルート案内アプリを開発するハッカソン（Smart Sustainable Mobility ハッカソン）を、平成 31 年 2 月に東京都で実施した。ITS 関係の技術者ら 20 名が参加し、豪雨や豪雪に伴う交通障害のアラートや運転リスクを通知し、それらを回避するルート案内や運転支援を行うカーナビアプリケーションを試作し、運転シミュレータを使ったデモを行った。参加者へのアンケート調査では、アイデアを迅速に形にできたことが高く評価され、新聞報道でも、交通リスクデータ活用をテーマにソフト開発を競うハッカソンを通じ企業の垣根を超えカーナビを考える活動として紹介された（日刊自動車新聞 平成 31 年 2 月 27 日）。 • ハッカソン等を通じて開発されたデータ連携分析のベースモデルを、研究コミュニティを巻き込んだオープンデータサイエンス活動を通じ拡張・改良すべく、xData プラットフォーム上のデータセットと分析モデルを用いたベンチマーキングタスクを MediaEval 国際ワークショップに提案しその運営を主体的に実施した。令和元年度は、欧州、中国、東南アジア等から 11 チームが参加し、xData プラットフォーム上のデータセットを用いて AQI 短期予測モデルを改善する手法を開発し予測性能を競い合うタスクを、約半年間かけて行った。GBDT と LSTM に基づく優れた手法などが提案され、xData プラットフォームの AQI 短期予測モデルの改良にフィードバックした。また、タスク自体も、実例に基づく異分野データ連携の予測分析が特徴あるとして、国際ワークショップ主催者から特別表彰を受けた。令和 2 年度も継続して実施し、世界各国からから 11 チームの研究者ら参加し、個人環境品質予測モデルや画像ログからの環境品質予測モデルの改善手法の提案・評価を行った。さらに、データ連携分析をテーマとした国際ワークショップ ICDAR2020（ACM ICMR2020 国際会議に併設）を企画・運営し、環境、ヘルスケア、情報セキュリティ、金融などにおけるデータ連携分析に関する査読付き論文が発表された。このよう	イズした環境品質短期予測モデルの事業化に向けた技術移転の検討を開始した。 等、社会実装につながる成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 • 以上のことから、中長期計画を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

			に、研究コミュニティを巻き込んだ活動を通じ、科学的にも有意義な成果展開を行った。 • xData プラットフォームを用いたデータ連携分析の社会実装を促進すべく、自ら研究やハッカソン、ベンチマーキング等で開発された様々なデータ連携分析モデル（環境品質短期予測、移動環境リスク予測、環境睡眠品質予測など）をひな形として活用し、xData プラットフォームの利用者が、独自にデータを収集できる、また、分析モデルの調整や予測結果データの加工・配信をカスタマイズできるよう、API ライブラリや開発ツールを仮想化コンテナ（Docker）にパッケージ化した開発環境 xData Edge を開発した。実証実験を通じ、プラットフォーム利用者である実証パートナーのサーバ等に配備し、実証パートナーのデータやノウハウを生かした利用者巻き込み型の分散協調開発を可能にしたことで、従来の技術開発のパートナーシップからデータ連携による課題解決のパートナーシップへとフォーメーション構築を進化させた。 • 環境品質短期予測のデータ連携分析モデルを、国内で環境基準が未達成の光化学オキシダントの対策支援に活用すべく、自治体等が設置した環境基準測定局のデータを用いて、光化学オキシダントが数時間以内に注意報発令レベルに達するかを予測し、監視要員の待機や待機解除の早期判断に活用する応用を、環境モニタリング事業者と共同で開発した。千葉県 11 地域を対象に、101 箇所の測定局の過去 3 年分のデータを用いた評価実験で、6 時間後の注意報発令レベル予測で 60%～93%（再現率）の精度を達成し、発令漏れの少ない予測を実現した。また、環境モニタリング事業者が、xData プラットフォームの開発環境（xData Edge）を利用し、県・市管理測定局や周辺エリアの観測データや前駆物質データ（NO_3、NMHC 等）を追加や、予測モデルのパラメータ調整（業務フローに合わせた予測時間の設定など）や、予測結果の気象データに基づくスクリーニング処理の追加（温度 24℃以上、風速 3m/s 未満など）などのカスタマイズを行い、注意報発令レベルのオキシダント予測で 60% （24 時間後）～92%（8 時間以内） の予測	

			精度を実現するとともに、オキシダントレベルが高くても発令が無いケースの予測を 70%削減するなど、業務に即した性能改善を実現した。このカスタマイズされた予測モデルを環境モニタリング事業者の大気環境常時監視システム（テレメータシステム）に組み込み、自治体の環境大気常時監視業務支援に関する評価を行ったところ、注意報発令の早期警戒（警戒解除）への利用可能性がアンケート調査により確認された。これらの成果に基づき、カスタマイズされた予測モデルを環境モニタリング事業者に技術移転すべく、検討を開始した。 • その他にも、Smart Sustainable Mobility ハッカソン等を通じ開発された移動環境リスク予測に基づくルート案内を応用し、GIS 事業者と連携したウォーキング支援のための旅程プランニングの実証実験や、委託研究課題 201 と連携した異常気象時の交通障害リスクを回避するカーナビの実証実験を行った。また、自ら研で開発した環境、活動、睡眠のデータ連携分析モデルを応用し、ダンス活動を推進する NPO と地方版 IoT 推進ラボがダンスレッスンを通じて収集したデータを用いてレッスン受講者の活動・環境と睡眠品質の相関性を分析し、ダンス活動の啓もうに役立てる実証実験を行った。 • さらに、環境問題意識の高い ASEAN 地域への国際展開を推進すべく、ブルネイ、ベトナム、フィリピン、シンガポールの研究機関と ASEAN IVO 国際共同研究を実施した（令和 2～3 年)。ブルネイ工科大学（ブルネイ）では、独自に収集した ASEAN 地域の煙霧関連の観測データを用いて、xData プラットフォーム上の環境品質短期予測モデルのひな形をカスタマイズした煙霧越境汚染被害予測モデルを開発し、低炭素社会に関する国際会議 ICLCA 2020 等で発表するなどの成果を挙げた。また、ベトナム ダラット市のスマートシティプロジェクトとの連携では、ダラット大学や地元企業と共同で、情報ポータルに収集された環境、観光、交通に関するデータを xData プラットフォームを用いて連携させ、観光エリアの環境品質や交通公害リスク予測を行うアプリケーションの概念検証を行い、現地のスマート観光サービス等での活用に向けた検討を行った。また、この活動は、	

			日本とベトナムのスマートシティに係る協力活動を強化する取り組みとして、総務省日ベトナム ICT 同作業部会（第 3 回、令和元年度）でも取り上げられ、国際連携の取り組みを加速した。 • データ利活用からセンシング技術へのフィードバック手法に関し、環境品質予測結果の利活用に即して、ライフログカメラ等で取得したユーザの周辺環境の画像データから、画像認識技術を用いて有用な環境情報を収集し、物理センサーにより取得した環境データを補完・拡張することで、予測モデルを目的最適化するマルチメディア（MM）センシング技術の開発に取り組んだ。画像による質問応答（VQA）で用いられる LXMERT 方式を拡張し、画像ログと環境描写の相関検索エンジンを開発（ベトナム国家大学ホーチミン校との共同研究）した。Taxonomy（背景知識）と組み合わせることで、対象ドメインに特化した性能チューニングを可能にした。この相関検索エンジンを用いて、国際的な画像データ解析タスク ImageCLEF2020 に参加し、Lifelog Moment Retrieval タスクでは参加 38 チーム中 2 位、Sports Performance Lifelog タスクで参加 12 チーム中 1 位を獲得するなど、優れた成果を挙げた。これを用いて、携帯型カメラで取得した周辺環境の画像ログから環境品質(AQI)を予測する Image-2-AQI 手法を開発した。特性の異なる画像特徴量を複数組み合わせることで、ロバスト性を向上させ、70～80%の予測精度を実現した。さらに、Image-2-AQI 手法を実装した MM Sensing システム を xData プラットフォーム上に実装し、ウォーキング環境のデータ収集に活用するフィールド実験を東京都内で実施し、幹線道路や河川沿い、住宅街など多様な環境下での有効性を検証した。今後、ASEAN IVO 国際共同研究を通じ、環境測定局網が整備途上の ASEAN 地域にも展開し、交通公害対策（ベトナム・ダラット市）や環境保健衛生（フィリピン・カウアヤン市）での活用を検討する。 • 空撮された災害発生地域の地上画像を用いて、災害種別を識別する米国 NIST 主催の技術評価（TRECVID の DSDI 課題）に挑戦し、国立情報学研究所および及び株	

			式会社日立製作所と互いの識別結果を持ち寄りフュージョンすることで、トップレベルの評価を獲得した。 • 機構リモートセンシングデータを活用し高度な状況認識や行動支援を行うシステムの開発・実証に取り組み、フェーズドアレイ気象レーダを用いたゲリラ豪雨対策支援システムの実証実験（神戸市）を実施した。短時間での 3 次元観測が可能なフェーズドアレイレーダの特徴を生かし、30 秒毎の 3 次元降雨観測により地上で局地的大雨が降る前にゲリラ豪雨を早期探知する手法を開発し、50mm/h 以上の強雨が 10 分以上継続すると予測されるエリアをリアルタイムに地図表示してハザードマップを統合し、危険個所を地図上で把握したり、警戒情報をメール配信する実験システムを開発した。神戸市と覚書を締結し、消防局（親水河川対策）、建設局（下水道ポンプ場試運転、道路冠水対策）、危機管理室（豪雨災害対策全般）、神戸県民センター（兵庫県）（河川管理）など、合計 227 名が参加する実証実験を実施し（平成 28 年 8 月～10 月）、パトロール先の絞り込みや下水ポンプ準備等での有用性をアンケート調査等で確認した。その成果は、読売新聞（大阪）「局地豪雨　前兆つかみ減災」（平成 28 年 7 月 29 日朝刊）、NHK ニュースホット関西「『雲』の発生捉え 予測」（平成 28 年 7 月 8 日）等で報道された。 • xData プラットフォーム上に構築した SAR データ GIS 分析ツールを公開し、機構 Pi-SAR データから洪水・土砂崩れ領域等の GIS データを抽出し災害マップを生成する SAR データ分析チャレンジを、平成 31 年（令和元年）4～5 月に東京都内で開催した（NICT Open Challenge として実施、電磁波研究所と連携）。大学、GIS・IT、建設・土木等の研究者、技術者、学生など 30 名が参加し（好評につき当初予定から倍増）、SAR データ分析プログラムのオンライン学習とチャレンジ課題コンペを実施した。チャレンジ課題では、東日本大震災と熊本地震の際に取得された航空機 Pi-SAR のデータを用いた分析を行い、「農地の被害状況の把握マップ(最優秀賞)や土砂崩壊地の危険木マップ（優秀賞）など、実用性の高いマップが作成された。参加者が開発したプログラムや災	

			害マップを公開（GPL v2）し再利用を促進した。 参加者へのアンケート調査では、SAR データ分析の具体的な方法を学ぶことができたことや、SAR データを活用した災害マップのアイデアを形にできたなどが高く評価された。 • 異分野データ連携による社会システムの最適化・効率化を目指したシステムの整理体系化や技術の普及促進に向けた活動として、スマート IoT 推進フォーラム異分野データ連携プロジェクトを、平成 28 年 9 月に産学官 21 機関 37 名のメンバーで発足させ、異分野データ連携のユースケースや技術アーキテクチャの策定、実証実験を通じた技術検証（委託研究（課題 178、201）と連携）などを実施した。また、これらの成果に基づき、異分野データ連携技術の整理体系化や提言をまとめた技術報告書を公開・出版した（平成 29 年 6 月出版など）。	
○脳情報通信技術 人の脳内表象や脳内ネットワークの解析を行い、人の認知・行動等の機能解明を通じて、高齢者/障がい者の能力回復、健常者の能力向上や脳科学に基づいた製品やサービスの新しい評価方法の構築等に貢献するため、脳型情報処理技術等を研究開発するものとする。また、高精度な脳	**（4）脳情報通信技術** 生活の向上や福祉等に役立つ新しいICTを創出するためには、情報の送受信源である人間の脳で行われている認知や感覚・運動に関する活動を高精度で計測する技術や、得られた脳情報をデコーディングやエンコーディングに効率的に活用する技術の確立が不可欠である。このため、以下の技術の研究開発に取り組む。また、社会展開を目指した研究開発成果の最大化のために、産学官連携により脳情報通信連携拠点としての機能を果たし、脳情報通信技術の創出に資する新たな知見獲得を目指す。 **（ア）高次脳型情報処理技術** 子供から高齢者、健常者及び障がい者も含めた多様な人間のポテンシャルを引き出すために、脳内表象・脳内ネットワークのダイナミックな状		**（4）脳情報通信技術** **（ア）高次脳型情報処理技術** • 高齢者のポテンシャルを引き出すためにワーキングメモリの脳内ダイナミクスの解明を進めレスティング状態の脳内ネットワークとワーキングメモリの脳内ネットワークが相補的に働いていることを明らかにし、さらに、レスティン	**（4）脳情報通信技術** 【科学的意義】 • 動画視聴中の脳情報の解読技術を意味認知全般に発展させた。 • 7T-fMRI の 0.6 ミリ角までの高分解能活動計測や脳組織分離法による計測の高速化に成功した。 • 立体視の能力と伝達経路の特性との相関関係を明らかにした。 • 脳情報解読技術、fMRI 等を利用した脳活動計測技術、脳の情報処理メカニズムの解明など脳情報に関する幅広い分野で高い研究成果を上げ続け、トップレベルの学術誌で論文を発表

活動計測や計測装置の軽量小型化、脳情報に係るデータの統合・共有・分析を実現するための技術を研究開発するものとする。さらに、人の音声・動作・脳情報等から脳内の状態を解析・推定し、人の心に寄り添うロボット等を実現するための技術を研究開発するものとする。 以上の取組に際しては、産学官の幅広いネットワーク形成や情報の収集・蓄積・交換、共同研究の実施、標準化活動、人材交流等を推進するための産学官融合研究拠点を積極的に拡充・運営するものとする。	態変化を捉える解析や脳機能の解明を進め、これを応用した情報処理アーキテクチャの設計、バイオマーカの発見等を行う。また、認知・行動等の機能に係る脳内表現・個人特徴の解析を行い、個々人の運動能力・感覚能力を推定・向上させる技術のみならず、社会的な活動能力を向上させる技術の研究開発を行う。さらに、製品やサービスの新しい評価方法等に応用可能な脳情報に基づく快適性・安全性の評価基盤の研究開発を行う。加えて、人の心に寄り添うロボット等の実現に貢献するために、視覚・聴覚情報等の変動による人の反応や脳情報の変化を記述する環境・反応データを収集し、環境変動による脳内の状態変化を解析・推定する基盤技術の研究開発を行う。		グの状態の脳内ネットワークの状態が、ワーキングメモリの容量と関連することを明らかにした。これにより、安静時の脳内ネットワークダイナミクスの変化がワーキングメモリを推定するバイオマーカになりうることが明らかとなった。 • ブレインマシンインタフェース（BMI）の実現と高度化のための技術開発として、多点高密度神経電極（1,152 ch、電極間隔 0.3 mm）とLSIとの統合システムを開発するとともに、UWB（Ultra-Wide Band）技術による体内外無線通信システムの試作に成功し、さらに、皮質脳波 BMI 用完全埋込型脳波計測システムを完成させた（いずれも大阪大学との連携研究）。 • 脳機能を応用した情報処理アーキテクチャとして、神経細胞のスパイクによる情報通信を模した通信プロトコルを設計・開発し（日本国内特許（特開 2020-014094 • ）、省電力な通信の可能性を示した。 • 個々人の運動能力を向上する技術開発の一環として、加齢に伴う運動機能劣化のバイオマーカを明らかにし、この機能劣化を改善できるトレーニング法を企業と共同で開発するとともに、人の身体認知に関わる右半球領域の発達過程、および人の運動機能に関する大脳小脳連関と感覚領域間抑制機能の発達について世界で初めて明らかにした。ブラインドサッカー選手の脳の特殊性を明らかにし、国際雑誌に発表した （Brain Imaging and Behavior）。また、車いすアスリートでは、運動野の足領域が手や体幹領域になっていることを解明した。 • 独自開発の筋骨格モデル技術を企業にライセンス供与するとともに、力覚デバイス等と統合したリアルタイムアプリケーション（手術シミュレータ）を開発した。また、膝への負担が少ないとされる歩隔の広い歩行へ誘導する VR トレーニングシステムを実装し、その効果検証により誘導するために用いた視覚的操作を取り去ったあとも効果が持続することが示された。 • 個々人の感覚能力を推定する技術として外国語のリスニング能力を推定できる脳内表現を特定し、ニューロフィードバックトレーニングによる英語リスニング能力の向上に成功した。この技術を基にして、民間企業との共同研究	した。 • ニューロフィードバック、運動パフォーマンス、うつ病や攻撃行動の傾向に関する研究などで高い学術成果を出した。 等、科学的意義が大きい独創性、革新性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • 多様な脳計測データの総合的解析等に有用なデータ管理及び解析用プラットフォームを構築することにより、研究者間のデータ利活用の利便性を向上させるとともに、データ公開を迅速に進めるための基盤を確立した。また、脳情報解析技術を民間にライセンス供与した。 • 運動と脳機能の関係を解析するために独自に開発した筋骨格モデル技術を発展させるとともに、企業ニーズに合わせ手術シミュレータなどの応用展開を進めて社会的価値を拡大した。 • 偏桃体の脳活動パター

			で英語学習アプリの開発を行った。 • 脳活動から情動を含めた知覚内容等を解読する技術を開発(NeuroImage 2 報)、同技術を企業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応用に貢献した(特許登録 5 件)。視聴覚素材から印象や行動を推定する技術を開発した(AAAI、人工知能学会全国大会優秀賞)。ヒトの多様な認知機能を対象とした脳内認知情報表現モデルおよび脳情報解読技術を開発した(Nature Communication)。 • 脳活動を非侵襲的に調整する手法として、DecNef 法や AM 変調交流電気刺激法を開発し、脳活動と視知覚の因果関係を実証した(Current Biology2016; Nature Human Behaviour 2016; Nature Communications2016; RIEC Awards 受賞)。ジター錯視がアルファ波のリズムで生じていることを示し(Current Biology2017)、錯視の周波数をタブレット端末で計測することで脳波を測ることなく脳状態を測定するアプリを実現した。 • 視覚や聴覚などの多感覚情報の相互作用の解析を進め、脳における感覚情報処理や情動処理の特性を解明した。 • 社会的な活動能力を向上させる技術の研究開発として、偏桃体の脳活動パターンからうつ病傾向の予測に関する研究を進め、予測精度の高度化を実現するとともに、攻撃行動(いじめ)に関連する脳活動の解析を行い、個人が他者の攻撃行動に加担する程度はその人の社会的不安と相関し、扁桃体-側頭・頭頂連結部の脳結合強度がこの相関関係を説明することを発見した。 • 個々人の運動能力・感覚能力を推定・向上させる技術として、緊張による運動パフォーマンス低下メカニズムを同定し、TMS で抑制可能であることを示した。 • 社会的な活動能力を向上させるために、Twitter の情報からの、外向性、共感性など集合体のパーソナリティの傾向の推定に一定の相関があることを明らかにし、その研究成果が、Journal of Personality に掲載された。 • デジタル機器(タブレットとデジタルペン)を使用して学習した場合と従来法(紙とペン)を使用して学習した場合、	ンからうつ病傾向を高精度に予測する手法を開発したり、攻撃行動(いじめ)に関連する脳活動の解析をすすめたりするなど、社会的活動を低下させる要因を脳活動レベルから明らかにすることを推進した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出 に貢献する顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • 脳情報解読技術の企業へのライセンス供与により、ニューロマーケティング技術の商用サービス応用に貢献した。 • 脳波のニューロフィードバックトレーニングによる英語リスニング能力の向上を実現し、民間企業との共同研究で英語学習アプリを開発した。たこと、また、民間企業と連携して実生活で利用可能な小型軽量の脳波計の開発を進めた。 等、社会実装につながる

	（イ）脳計測技術 脳情報通信研究の推進に不可欠な脳計測技術の高度化のため、超高磁場ＭＲＩ（Magnetic Resonance Imaging：核磁気共鳴画像法）、MEG（Magnetoencephalography：脳磁図）を用いた計測の時空間分解能の向上に取り組み、脳機能単位といわれるカラム構造の識別等を可能とする世界最高水準の脳機能計測技術及び新しい計測法の研究開発を行う。また、実生活で利用可能な軽量小型の計測装置等の研究開発を行う。		記憶の定着に関連する脳波が変化することがわかり、デジタル機器などの製品の新しい評価方法につながる脳情報を得ることに成功した（Frontiers in Human Neuroscience 誌に掲載）。 • デジタル式嗅覚検査システムを開発し（京都桂病院との共同研究）、また、照明の色が体感温度に与える効果を実証、照明・空調連動システムの実現に向けて前進した（JST リサーチコンプレックス「超快適」プロジェクト、PLOS ONE 誌に掲載）。 • 触覚を含む異種感覚間相互作用（Cross-modal 効果）を実証し（ PLOS ONE 誌、Scientific Reports 誌に掲載）、また、MR（複合現実）テレプレゼンスシステムを開発、その効果を検証した（ Int. J. Semantic Computing 誌に掲載）。 • 情動を伴う声質（声門流）を発話情報から推定する新手法を開発し、有効性を実証した（Speech Communication 誌に掲載、特許出願）。また、個人の記憶想起から情動が生起する脳内機序を解明した（NeuroImage 誌、Brain & Behavior 誌に掲載）。 **（イ）脳計測技術** • MRI や MEG を用いた脳活動計測の時空間分解能の向上に取り組み、0.6 ミリ角の空間分解能で MRI の機能画像取得に成功した。また、7T-MRI で撮像した高解像度（0.5-0.7 mm）の構造画像から灰白質や白質の脳組織を分離するアルゴリズムを開発し、従来法比で同程度以上の分解能と 10-100 倍の高速化を実現した。また水拡散現象を利用した新たな脳計測法を応用し、立体視の能力により視覚情報伝達経路に違いが見られることを解明した。さらに細胞内酸素濃度を反映する計測法の開発を進めている。 • 同じ構造画像から脳血管の抽出に成功した。これら解析法により構造画像から血管を含めた脳組織の分離を可能し、脳構造・活動計測の精度の向上に寄与した（NeuroImage 誌、他論文 1 編発表）。 • 拡散強調 MRI による視覚情報伝達経路と定量 MRI の計測により、立体視能力は伝達経路の特性と相関があることを解明した。また、脳活動発生時刻を予測可能にし	顕著な成果、将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			た。視覚障がいが経路に及ぼす影響を評価できることを示した。MEG 装置で計測される脳活動の発生時刻を予測することに成功した。同時複数スライス rsEPI 法により、従来法では計測困難な視神経の描出に成功した（eNeuro 誌、他論文 3 編発表）。 • 7 テスラ fMRI 撮像法の最適化により画像歪みの低減と信号回復に成功し、撮像が困難な領域において安定的な脳活動計測を可能にした。1 mm 以下の空間分解能で視覚野カラム構造の活動計測することに成功した。1 次視覚野と Pulvinar の関係を fMRI 信号から解明した。視覚野灰白質の各層構造における数十ミリ秒単位の視覚時間情報処理を検討した（論文 1 編。学会発表 5 件）。 • 局所送受信用円形平面コイルおよび RF シールドを設計し、電磁界シミュレーションによりコイルループ数の優位性、RF シールドの利点や欠点を確認した。設計したコイルと RF シールドを試作し、CiNet 既設の平面コイルよりも高い SNR を示すことを確認した。RF シールドは、MR 撮像時の励起電圧の抑制が可能であることを確認した。試作コイルとRFシールドサイズの配置に対するB1+、および SAR に関しては電磁界シミュレーションで検証した（学会発表 5 件）。 • MRS を用いて脳深部にある黒質や基底核領域の神経伝達物質や代謝物の計測に成功した。水拡散現象を撮像に利用した新たな脳計測法を検討した。細胞内酸素濃度を反映する計測法を開発した。 • 実生活で利用可能な小型軽量の脳波計の開発を進め、無線によりマイクロ秒の精度で同期が可能な時刻同期脳波計の開発に成功し、複数人の脳活動の高精度同時計測を実現した。	
	（ウ）脳情報統合分析技術 多様な計測システムから得られた脳計測データを統合・共有・分析し、単独機器による計測データだけでは実施できない統合的な脳情報データ解析を実現するために、計測データ		**（ウ）脳情報統合分析技術** • 多様な計測法による脳活動計測データの統合、共有、分析をより効率よく進め、さらにオープン化へとつなげるためのデータ活用プラットフォームを構築、運用するとともに、オープン化までのプロセスを明確にした。 • 脳の知覚認知に関する活動モデルを大規模なデータの	

	を蓄積してデータベースを構築するとともに、ビッグデータ解析法等を用いた統合的・多角的なデータ分析を行う情報処理技術の研究開発を進める。また、得られた成果を活かして分析作業の効率化に資する情報処理環境の構築を目指す。 **（エ）脳情報通信連携拠点機能** 社会展開を目指した研究開発成果の最大化のために、脳情報通信技術を中心とした産学官の幅広いネットワークの形成・拡充に取り組む。大学等の学術機関との連携を強化するために、大学からの学生等の受入れ、共同研究を推進する。また、標準化活動を含めた産業界との連携についても、共同研究や研究員の受入れ等による知的・人的交流を通して積極的に行う。さらに、協議会の開催等を通じて研究推進に必要な情報の収集・蓄積・交換や人材交流の活性化を図り、脳情報通信技術を中心とした産学官融合研究拠点としての機能を果たす。		分析から確立し、従来の情報処理技術の精度を向上させることに成功した。 • AI データテストベッド上での脳データセット公開に関して、脳機能（感覚処理、運動制御）および脳構造（神経線維）データ等 15 件を登録公開した。 • 脳計測データ管理基盤（Flywheel） の運用環境構築により、脳計測データの集約と一元的な「みえる化」を実現した。全 MRI 装置からの自動データ転送を開始した。 • 大規模脳計測データの収集に不可欠となる被験者の安定的・持続的な確保のための CiNet 公式被験者募集 Twitter（@cinet_hikensha）を開設し、運用している。 • 被験者情報システムを開発・導入し、異なる実験間で同一被験者を一意に識別可能な CiNet 被験者 ID を発行できる体制を構築した。センター内でのグループを跨いだデータ共有と統合を容易にした。加えて、データ公開への同意情報を即時に電子化し脳データに紐付けすることで確実なデータ保護を実現した。 **（エ）脳情報通信連携拠点機能** • 社会展開を目指した研究開発成果の最大化のために、主に企業研究開発担当者を対象にし、東京では、応用脳科学コンソーシアムにおける CiNet ワークショップを、大阪では、CiNet の研究を紹介する金曜サイエンスサロンを毎年実施した。また、CiNet 研究者が企画する国際会議（CiNet Conference）や CiNet の研究成果を広く一般に紹介するための CiNet シンポジウム（東京、大阪で毎年交互）を実施した。 • 大阪大学をはじめとした多くの大学・研究機関と共同研究を実施し、大学院学生も受け入れた。企業との共同研究も積極的に進め、多数の資金受入れ型共同研究を実現した。 CiNet Monthly Seminar を開始し、世界の第一線研究者との情報交換を定期的に行える体制を構築した。新型コロナの影響下においても、オンライン会議システムを活用し、当該セミナーの継続開催を実現した。	

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日(水)　13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井　善則	委員長	東京工業大学　名誉教授
速水　悟	委員	岐阜大学　工学部　電気電子・情報工学科　教授
安藤　真	委員	東京工業大学　名誉教授
飯塚　久夫	委員	一般社団法人　量子 ICT フォーラム　総務理事
太田　勲	委員	兵庫県立大学　学長
國井　秀子	委員	芝浦工業大学　客員教授
松井　充	委員	三菱電機株式会社　開発本部　役員技監
安浦　寛人	委員	九州大学　名誉教授
渡辺　文夫	委員	Fifth Wave Initiative　代表

3. 委員長及び委員からのコメント

- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （データ利活用基盤分野について）期末、単年度の自己評価 S は妥当である。音声翻訳対話システム高度技術は商用サービスへの展開など社会実装が進んで、大きな成果を上げている。翻訳バンクはデータ活用のための新しい仕組みであり、オープンイノベーションの観点から非常に新しい。大規模なニューラルネットワークを大量のデータで学習させることの基盤となる高速並列処理のミドルウェア等を開発した点も非常に意義深い。

（全体を通して）

- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／６Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第４期中長期目標期間項目別自己評価書（No.4 サイバーセキュリティ分野）

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ. －1. －(4)サイバーセキュリティ分野		
関連する政策・施策	―	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第一号
当該項目の重要度、難易度	重要度：高	関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
査読付き論文数	―	45	49	48	65	72
論文の合計被引用数※1	―	50	84	133	177	237
実施許諾件数	12	9	9	10	10	13
報道発表件数	5	2	4	5	5	4
標準化会議等への寄与文書数	12	19	22	17	19	17

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※2

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	1,526	2,617	2,877	2,360	11,183
決算額（百万円）	1,465	1,601	2,746	1,785	2,684
経常費用（百万円）	1,660	1,609	1,977	2,073	2,318
経常利益（百万円）	△13	1	△7	△1	26
行政コスト※3（百万円）	3,926	3,468	1,986	2,201	2,335
従事人員数（人）	20	21	22	23	26

※1 合計被引用数は、当該年度の前 3 年度間に発表した論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用総数（当該年度の 3 月調査）。

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

※3 平成 30 年度までは行政サービス実施コストの値。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価				
中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価
1．ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等		＜評価軸＞ ● 研究開発等の取組・成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きなものであるか。 ● 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ● 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組（技術シーズを実用化・事業化に導く等）が十分であるか。		自己評価　S ＜評定と根拠＞
（4）サイバーセキュリティ分野 世界最先端のICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「社会（生命・財産・情報）を守る」能力として、急増するサイバー攻撃から社会システム等を守るサイバーセキュリティ分野の技術の高度化が不可欠となっていることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装	**1－4．サイバーセキュリティ分野** サイバー攻撃の急増と被害の深刻化によりサイバーセキュリティ技術の高度化が不可欠となっていることから、サイバーセキュリティ技術、セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術及び暗号技術の各研究開発に取り組む。これにより、誰もが情報通信ネットワークをセキュリティ技術の存在を意識せずに安心・安全に利用できる社会の実現を目指す。さらに、サイバーセキュリティ分野での機構に対する社会的要請に応えるため、研究開発体制の強化に向けて必要な措置を講ずる。			本分野としては、 • リフレクション型 DDoS 攻撃観測技術等の確立をはじめ、商用 ISP ネットワーク環境下における世界初の IoT マルウェア感染機器のユーザ通知・マルウェア駆除に関する実証研究を行った。 • IoT マルウェアの機械学習による自動分類の高精度化の研究等機械学習との融合研究を強化した。 • データ開示せずに協調深層学習可能なプライバシー保護深層学習方式の開発・実証を行った。 等、科学的意義のみならず社会・政策課題の解決にも直結する成果を創出した。 さらに、 • STARDUST で攻撃者を追跡することによって得られた情報をサイバー攻撃解析分科会で情報共有し、社会全体のサイバーセキュリティ強化に向けた取組に貢献した。 • また、STARDUST のサイバー

を目指すものとする。 なお、急増するサイバー攻撃への対策は国を挙げた喫緊の課題となっており、サイバーセキュリティ分野での機構に対する社会的要請が高まりつつあることから、研究開発体制の強化に向けた措置を講ずるとともに、研究開発成果を実用化や技術移転につなげるための取組（技術シーズを実用化・事業化に導く等）を行うものとする。		＜指標＞ ● 具体的な研究開発成果（評価指標） ● 査読付き論文数（モニタリング指標） ● 論文の合計被引用数（モニタリング指標） ● 研究開発成果の移転及び利用の状況（評価指標） ● 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数（実施許諾件数等）（モニタリング指標） ● 報道発表や展示会出展等を受けた各種メディア媒体の反響状況（評価指標） ● 報道発表や展示会出展等の取組件数（モニタリング指標）		攻撃に関する分析結果を逸早く NIRVANA 改の検知ロジックに反映させる連携機能のプロトタイプ開発、脆弱性管理の効率化に資する「NIRVANA 改弐」の開発と実証を行った。 • 「DAEDALUS」により継続的に無償アラートを提供した。 • サイバー演習へ可視化エンジンを提供した。 • CRYPTREC で「量子コンピュータ時代に向けた暗号の在り方検討タスクフォース」を立ち上げ、報告書を発行した。 • 小型衛星・小型ロケット用暗号方式の打ち上げ実証を行った。 等、社会・政策課題の解決や社会的価値を創出する実績を達成した。 加えて、 • ユーザ参加型 Web 媒介型サイバー攻撃対策プロジェクト「WarpDrive」を開始し、参加ユーザ数はスマートフォン向けを含め 13,000 名以上達成した。 • 「NIRVANA 改」の技術移転を継続的に進め「NIRVANA 改弐」を機構内 CSIRT へ導入した。 • サイバー演習環境支援や可視化エンジンの提供を行った。 • 金融機関の実データを用いた不正取引検知の実証実験を開始した。

		● 共同研究や産学官連携の状況（評価指標） ● データベース等の研究開発成果の公表状況（評価指標） ● （個別の研究開発課題における）標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） ● （個別の研究開発課題における）標準化や国内制度化の寄与件数（モニタリング指標） 等		等、社会実装につながる実績を達成した。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。 個別の評定と根拠は、以下の各項目に記載のとおりである。
○サイバーセキュリティ技術 政府及び重要インフラ等への巧妙かつ複雑化したサイバー攻撃に対応するための攻撃観測技術や分析支援技術等を研究開発するものとする。また、サイバー攻撃のパターンは多様化していることから、攻撃に関する情報を集約・分析することで対策を自動で施す技術を確立するものとする。さらに、研究開発成果を機構自	**（1）サイバーセキュリティ技術** 巧妙かつ複雑化したサイバー攻撃や今後本格普及するIoT等への未知の脅威に対応するためのアドバンスト・サイバーセキュリティ技術の研究開発を行う。また、無差別型攻撃や標的型攻撃等多様化したサイバー攻撃の情報を大量に集約・分析しサイバー攻撃対策の自動化を目指すサイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術の研究開発を行う。さらに、研究開発成果を機構自らのサイバー攻撃分析能力の強化のために適用することにより、研究開発における技術検証を行い研究開発成果の速やかな普及を目指す。 **（ア）アドバンスト・サイバーセキュリティ技術** 政府機関、地方公共団体、学術機関、企業、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目指し、より能動的・網羅的なサイバー攻撃観測技術、機械学習等を応用した通信及びマルウェア等の		**（1）サイバーセキュリティ技術** **（ア）アドバンスト・サイバーセキュリティ技術** 本技術の研究開発成果について、技術の小課題ごとに整理し、詳細を記す。 ＜能動的・網羅的サイバー攻撃観測技術＞ • インターネットの根幹をなすサーバ群（DNS、NTP 等）を踏み台として攻撃通信を増幅させるリフレクション型サービス不能攻撃 DRDoS（Distributed Reflection DoS）を迅速に検出するハニーポット「AmpPot」を開発し難関国際会議 RAID2016（採択率 25%）にて発表、さらに AmpPot によって DRDoS 攻撃早期アラート情報を発報するシステムを提案、有効性を実証し情報処理学会論文誌にて誌上発表し平成 28 年度情報処理学会論文賞 情報処理学会特選論文を受賞した（平成 28 年度）。 • マルウェアが囮の動的解析装置（Sandbox）であることを検知する解析回避性能評価技術を世界で初めて開発し、実際の製品を含むマルウェア解析装置の性能評価を行い、結果をサイバーセキュリティ難関国際会議 RAID2016（採択率 25%）にて発表した(平成 28 年度)。 • 能動的サイバー攻撃観測分析技術としてアクティブスキャン応答データと NICTER 観測とを組み合わせて横断分析（マルチモーダル分析）して攻撃元の IoT 機器を機械学習により自動判別する技術のプロトタイプ開発を行い、有効	**（1）サイバーセキュリティ技術** **＜科学的意義＞** • アドバンスト・サイバーセキュリティ技術として、リフレクション型 DDoS 攻撃観測技術（RAID2016 に 2 件採択）、IoT 機器に対する能動的アクセス・分析手法を確立するとともに、IoT マルウェア感染機器のユーザ通知実証実験を実施（NDSS2019 に採択、Distinguished Paper Award を受賞）した。 • 併せて、機械学習とサイバーセキュリティの融合研究について、セキュリティアラートを Isolation Forest で削減や、Android マルウェアを多層パーセプトロンで検出等の成果を上げた。 • サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術として、サイバーセキュリティ関連の各種情報を集約・分析するセキュリティ情報融合基盤の

らのサイバー攻撃分析能力の強化のために適用して技術検証を行うことにより、研究開発成果の速やかな普及を目指すものとする.	分析支援技術の高度化、複数情報源を横断解析するマルチモーダル分析技術、可視化駆動によるセキュリティ・オペレーション技術、IoT機器向けセキュリティ技術等の研究開発を行う。 **（イ）サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術** サイバーセキュリティ研究及びセキュリティ・オペレーションの遂行に不可欠な各種通信、マルウェア、脆弱性情報、イベント情報、インシデント情報等のサイバーセキュリティ関連情報を大規模集約し、安全かつ利便性の高いリモート情報共有を可能とするサイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ「CURE（Cybersecurity Universal Repository）」を構築するとともに、CURE に基づく自動対策技術を確立する。また、CUREを用いたセミオープン研究基盤を構築し、セキュリティ人材育成に貢献する。		性の実証に初めて成功、情報処理学会論文賞を受賞し、さらに招待論文として掲載された（平成 29 年度）。 • NICTER の観測網に基づく対サイバー攻撃アラートシステム「DAEDALUS」（Direct Alert Environment for Darknet And Livenet Unified Security：ダイダロス）により、機構から地方自治体への無償アラート提供を継続し、国立研究開発法人協議会（国研協）からの協力要請に基づき、利用申し入れのあった 3 研究機関を皮切りに国研協研究機関への無償アラート提供を開始した（平成 29 年度）。 • 委託研究「Web 媒介型攻撃対策技術の実用化に向けた研究開発」（略称、WarpDrive：Web-based Attack Response with Practical and Deployable Research InitiatiVE）において、悪性サイトをブロックするプラグインエージェントによるユーザ参加型の大規模実証実験を開始し（平成 30 年度）、1 日平均約 1,200 万 Web アクセスを観測可能にして参加ユーザ数は当初目標の 10,000 名を達成し（令和 2 年度）、1 日あたり 390 件以上もの未知の悪性サイトを発見し続けている。さらにスマートフォン（Android 端末）向けの実証実験も令和 2 年 3 月より開始した。 • ユーザが悪性 URL に到達するリスクを低減するため、機構委託研究「Web 媒介型攻撃対策フレームワーク（略称、WarpDrive：Web-based Attack Response with Practical and Deployable Research InitiatiVE）」において収集した令和元年 2 月から令和 2 年 1 月までの計 4,306,529,287 件のユーザの Web アクセスログを活用して、悪性 URL に到達する経路を再構築し分析することにより、悪性 URL に到達する経路上にあるドメインのリスクレベルを計算する手法を考案し、リスクの高いドメインにて通信を遮断することによりユーザを保護する技術を University of California、Santa Barbara（UCSB）、横浜国大と連携して提案した。研究成果はサイバーセキュリティ分野におけるトップカンファレンスの一つ The 23rd International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses (RAID2020)に採択された（採択率 25.6%）。さらに本成果の分析結果の一部に対し、より長期間のデータを用いた詳細分析を実施し、その結果をまとめ情報処理学会コン	CURE を開発・試験運用を行い、IoT マルウェアの機械学習による分類を実施（AsiaJCIS2018 に採択、Best Paper Award 受賞）。加えて、可視化エンジンを実装し、Interop で動態展示を行った。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **＜社会的価値＞** • NIRVANA の機能強化や IoT マルウェア対策技術の開発などを進めた。 • アドバンスト・サイバーセキュリティ技術として、NIRVANA 改のアラート管理・可視化機能強化（Interop ShowNet Award 受賞）や、国産 OSS 脆弱性スキャナと連動した NIRVANA 改弐を開発し、組織内の攻撃監視だけでなく脆弱性の管理のためのプラットフォーム化を進めるとともに、IoT マルウェア感染機器のユーザ通知実験（NDSS2019 に採択、Distinguished Paper Award を受賞）等を実施した。 • 機械学習とサイバーセキュリティの融合研究を強化し、セキュリティアラートを Isolation Forest で削減や、Android マルウェアを多層パーセプトロン

			ピュータセキュリティシンポジウム（CSS2020）で発表し、優秀論文賞を受賞した（令和２年度）。 • サイバー攻撃観測・分析システム NICTER の観測結果及び各種統計情報を一般向けに公開している NICTERWEB のリニューアルを行い、Adobe Flash を HTML5 に完全移行し操作性も大きく向上させ、日本語・英語サイト共に公開した（令和２年度）。 ＜機械学習等を応用した分析支援技術（AIxCybersecurity 融合研究）＞ • 急増する IoT マルウェアの機械学習による自動分類のため、逆アセンブルしてコマンドの類似度を特徴量として抽出する新方式の有効性を実証し（Asia JCIS 2018 Best Paper Award）、当該方式による IoT マルウェアの自動分類・識別の評価結果が複数の CPU アーキテクチャにおいて 99% 以上の精度、適合率、再現率を達成した（ICMU2018）。増大し続けるスマホアプリのセキュリティ対策を強化すべく、多層パーセプトロン（MLP ： Multilayer perceptron）を用いて不正なスマホアプリを機械学習により正解率 99.8%のかつ高効率に自動検出可能な方式を開発し国際会議 The ACM Symposium on Applied Computing(SAC 2019、採択率 24.2%)に発表した（令和元年度）。 • 急増するIoT マルウェアを効率的に自動分類するため、正規化圧縮距離（Normalized Compression Distance）に基づく系統樹（Phylogenetic Trees）を高速作成するアルゴリズムを開発し、4,000 以上の IoT マルウェア検体を従来手法に比べ 22 倍高速かつ 97%以上の正解率での自動分類実証に成功した。成果を国際会議 The 26th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2019)において発表した（令和元年度）。 • セキュリティオペレータにとって負担となる大量のセキュリティアラートの優先順位付けを支援するため、ラベル無し異常検出アルゴリズム（isolation forest）に基づいて実時間でアラートを絞り込む手法を開発し、機構内 CSIRT で収集された特定のセキュリティ機器からの 10ヶ月間（約 50 万）の	で検出等の成果を上げた。 • サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術として、NICTER Web 公開、CURE データ公開、IoT マルウェア感染機器のユーザ通知効果実証、WarpDrive のユーザ参加型実証などにより、開発技術の有効性を広く社会に示した。 • 機構が収集したサイバーセキュリティ関連の情報や開発した技術を積極的に開示して、国内外の研究者や実務者と連携し、我が国におけるサイバーセキュリティ研究の中核的な役割を果たした。 • SECCON や MWS に必要なツールやデータセットを提供し、セキュリティ人材の育成に貢献した。 • NICTER 技術を中心として、深刻化していくサイバー空間内のセンシングおよび分析システムのベースとして有効に働いた。 • 機構が国立研究開発法人であるから取り扱うことのできる質、量ともにレベルの高いデータを基礎にして、社会的に価値の高い成果を創出した。 • ユーザ参画型のプラットフォームによる検証は、研究開発の質を高めるとともに社会的認知度を広範囲に同時に上げていく効果もあり、優れた推進スタイルであり、それを実施した。

			アラートの内、優先度の低い 87.4%を誤りなく自動除去する実証に成功した。成果を国際会議 The 26th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2019)において発表した（令和元年度）。 • マルウェア活動の早期検知のため、NICTER観測データにおいてボットネットから届くスキャンパケットの協調関係を検知するオンライン処理可能機械学習アルゴリズムを開発しマルウェア活動の実時間かつ自動検知実証に成功、成果を国際会議 IEEE TrustCom2019 に発表。さらにオープンイノベーションによる本検知技術の検証と社会展開のため、当該 NICTER 観測データの解析結果をWeb 上にて公開（令和元年度）。 • マルウェア活動の早期検知のため、NICTER観測データにおいてボットネットから届くスキャンパケットに特異な同期性が認められることに着目し、Graphical LASSO（LASSO: Least Absolute Shrinkage and Selection Operator）アルゴリズムを用いたマルウェア活動の実時間・自動検知方式を九州大学と連携して開発を進め、既存の変化点検出アルゴリズムよりも 29%も高い 97.14%もの正解率を実証した。成果は通信学会英文論文誌（IEICE Transaction on Information and Systems）に採録された（令和２年度）。 • サイバー攻撃の標的となる脆弱性の傾向分析と管理を効率的に行うため、手作業で行われていた脆弱性の識別ラベル付け作業に替わり、機械学習を用いた脆弱性記述の自動識別方式を早稲田大学と連携して開発し、用意したデータセットに対し 96.9%以上の正解率実証に成功、さらに開発方式により既存の共通脆弱性タイプ一覧 CWE（Common Weakness Enumeration）においてより適切なラベル付けができるケースがあることも検証した。成果を国際会議 IEEE Symposium on Computers and Communications, (IEEE ISCC2020)に発表した（令和 2 年度）。 • IoT 機器の新たな脆弱性を狙うマルウェア亜種の出現を迅速に検知するため、マルウェアが更新される際に標的となるネットワークサービスの識別子である宛先ポート番号は人間の認知的習慣により語彙の類似性を維持する傾向が	等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **＜社会実装＞** • サイバーセキュリティ研究室の解析能力と情報発信能力が強化された点及び、セキュリティコミュニティへ貢献した。 • DAEDALUS、NIRVANA 改などの成果が、公共性・社会的重要性の高い分野を含め、実際のサイバーセキュリティ対策において多く用いられた。 • アドバンスト・サイバーセキュリティ技術として、NIRVANA 改の機能強化を図り、東京オリンピック・パラリンピックに向けた研究協力を前倒しで開始するとともに、Web 媒介型サイバー攻撃対策プロジェクトである WarpDrive においてスマートフォン向けのユーザ参加型実証実験も開始した。 • 地方自治体への DAEDALUS 導入、NIRVANA 改の東京オリンピック・パラリンピックに向けた研究協力を前倒しで開始、WarpDrive の参加ユーザ数はスマートフォン向けを含め 1 万名以上達成など、実用レベルで社会貢献した。 • 研究開発から実装までを一貫して実践的に進めており、ユー

			あることに着目し、NICTER で観測されるマルウェアによる探索活動（スキャン）パケットの宛先ポート番号に自然言語処理（FastText）によるスキャン活動の類似性に基づいたマルウェア亜種の分類を自動で行う手法を神戸大学と連携して提案し有効性を実証した。成果をコンピュータセキュリティシンポジウム（CSS2020）に発表し、コンセプト研究賞を受賞した（令和２年度）。 ＜可視化駆動によるセキュリティ・オペレーション技術＞ • サイバー攻撃統合分析プラットフォーム NIRVANA 改は通信遮断・アラート管理機能等の機能強化を重ね、機構内 CSIRT でも継続的に運用されており、世界最先端の相互接続実証イベント Interop において毎年セキュリティ・オペレーションを行い、Best of ShowNet Award 受賞（平成 28 年度）、技術移転も進め政府省庁含めた導入実績が広がっており、NIRVANA 改の研究開発と社会展開の業績により第 63 回前島密賞を受賞、東京オリンピック・パラリンピックに向けた研究協力も前倒して開始し（平成 29 年度）、脆弱性管理プラットフォーム「NIRVANA 改弐」を開発した（平成 30 年度）。 ＜マルチモーダル分析技術・IoT機器向けセキュリティ技術＞ • 国内外の大学及び欧州の ISP と連携し、商用 ISP ネットワーク環境下におけるIoTマルウェア感染機器のユーザ通知及びマルウェア駆除に関する実践研究を行い、感染機器のユーザを検疫ネットワークに誘導する方法がマルウェア駆除に最も効果的であることを明らかにし超難関国際会議 NDSS 2019 （採択率 17%）にて Distinguished Paper Award を受賞した（平成 30 年度）。 • 音声アシスタントシステムに対する未知の攻撃及び対処を明らかにするため、音声コマンドを超音波帯の搬送波と側帯波に分離して標的となる音声アシスタントシステム近傍で交差させることにより、周囲の人間には気づかれない形で伝送する攻撃（Audio Hotspot Attack）を早稲田大学と連携して初めて実証に成功、情報処理学会主催のコンピュータセキュリティシンポジウム 2018（CSS2018）にて最優秀	ザと技術のインタフェースの充実等も含め、社会実装のポイントを押さえた推進がなされており、結果が伸びてきた。 • 変化するサイバーセキュリティ上の脅威にタイムリーに対応する課題設定がなされており、また、関連業界等との緊密な連携のもとで推進することで時宜にかなったテーマの設定と結果の検証等が行われており、社会的な受け入れを促進し実装を進めるプロセスとして有効に働いた。 等、社会実装につながる特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

			論文賞（184 件から選定）を受賞した（平成 30 年度）。さらに攻撃成功率の距離及び環境雑音依存性を明らかにするとともに対策技術も提案し成果をまとめ学術誌 IEEE Transaction on emerging topics in computing に発表した（令和元年度）。 • 委託研究「サイバー攻撃ハイブリッド分析実現に向けたセキュリティ情報自動分析基盤技術の研究開発」において、IoT マルウェアの亜種間の機能差分を自動的に抽出するため、IoT マルウェアを逆アセンブルした結果から実行順序を考慮した上で関数呼び出し命令を抽出し有向グラフ化する手法を九州大学と連携して提案した。21,311 件の検体を549 種類のユニークな形状のグラフで表現し検体間における関数呼び出しシーケンスの追加や変更・削除を可視化することに成功した。成果をまとめ暗号と情報セキュリティシンポジウム SCIS2020 に発表した（令和元年度）。 • サイバー攻撃者が IoT ボットネットを操る全容を解明するため、ハニーポット（囮）を用いて 23 か月に亘り 59,884 ものマルウェア、35,494 台のダウンロードサーバ、2,747 台の C&C（Command and Control）サーバのデータを収集し、主要マルウェアである Bashlite、Mirai、Tsunami に着目した分析を横浜国大、Delft 大学と連携して行った。約 80%のマルウェアバイナリの寿命は 3 日以内でありブラックリストや C&C サーバのテイクダウンに対しても耐性を有することや、多くのマルウェア検体が C&C サーバの IP アドレスを 1 つしか持たず、長期観測を行っても検体を更新するような通信は見受けられなかったこと等、使い捨ての ボットネットインフラの実態に関して新たに得られた知見をまとめ、国際会議 The 15th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2020)に発表した（採択率 21.26%）（令和 2 年度）。 **（イ）サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術** 本技術の研究開発成果について、技術の小課題ごとに整理し、詳細を記す。	

			＜CURE の高度化等＞ • セキュリティ・インテリジェンス情報を集約した CURE の全データベースの Web API 整備を完了し、機構内 CSIRT での試験運用を開始（平成 29 年度）、セキュリティ・オペレーション効率化のため、様々な情報源から提供される脅威情報を自動収集し横断的な検索を行うことを可能にする Web アプリケーションとして開発したサイバー脅威情報集約システム EXIST(EXternal Information aggregation System against cyber Threat)を、国内外セキュリティ・オペレーション支援のためオープンソースとして公開（平成 30 年度）、さらに EXIST において収集されるサイバー脅威情報を、インシデント分析センターNICTER による無差別型攻撃情報、サイバー攻撃誘引基盤 STARDUST による標的型攻撃情報、サイバー攻撃統合分析プラットフォーム NIRVANA 改による組織内のアラートやエンドポイント情報とともに CURE に集約して CURE の高度化と自動対策技術のプロトタイプ開発を進め、機構内 CSIRT（研究室　解析チーム）における CURE の集約データ間の突合分析を含む試験運用を継続、「Interop Tokyo 2019」にて展示会全体のセキュリティ・オペレーションの動態展示を行った（令和元年度）。 • サイバーセキュリティ・ユニバーサル・リポジトリ技術「CURE」において、機構内で定常運用する各種観測システム NICTER、NIRVANA 改、エンドポイント、EXIST、STARDUST に加えて新たに WarpDrive のデータを統合した。CURE を Publisher/Subscriber（Pub/Sub）型メッセージングモデルに倣い、各種観測データ及び観測データに意味づけのデータを発信する Publisher、セキュリティオペレータ等データ利用者である Subscriber、データ横断分析機能を持ち Pub/Sub 間を仲介する Hub の 3 要素で構築し、全てのデータを高速検索・横断分析を可能とするインメモリデータベースに蓄積するシステムとして実装を進めた。観測データに関連する攻撃グループやマルウェア名、攻撃技術で意味付けを行うため、米国 MITRE 社が提供する ATT&CK（Adversarial Tactics, Techniques, and Common Knowledge）やセキュリティレポートを取り込み、自然言語処理による抽出したキーワード（タグ）によって観	

			測データへの意味付けを可能にした。さらに可視化エンジンもアップデートし、情報セキュリティ EXPO2020 に出展し動態展示を行った（令和 2 年度）。 ＜人材育成への貢献＞ • 中長期計画期間中において、CURE と機構が保有する NICTER の観測情報を、遠隔から安全に研究利用できる仮想環境 NONSTOP（NICTER Open Network Security Test-out Platform）により集約データの外部利用延べユーザ数は 100（企業ユーザが過半）を超え、機構のセキュリティ人材育成施策 SecHack365、情報処理学会マルウェア対策研究人材育成ワークショップ（MWS）への提供を行い、また SECCON 2018 や海外大学でのサイバー演習へ可視化エンジンを提供する等、国内外のセキュリティ人材育成の今中期期間に亘り継続的な支援を行った。 ＜その他＞ • IETF96 会合で、研究室メンバが Co-Chair（共同議長）を務める Managed Incident Lightweight Exchange Working Group（MILE WG）にて、異なる組織の CSIRT（Computer Security Incident Response Team）間でインシデント情報を効率的に自動交換するためのデータモデルである IODEF（Incident Object Description Exchange Format）の利用方法に関するガイドラインを RFC（Request For Comment）8274 として発行した(平成 29 年度)。 • インターネット技術の国際標準を議論策定している IETF（Internet Engineering Task Force）の研究室メンバが Co-Chair（共同議長）を務める MILE（Managed Incident Lightweight Exchange）ワーキンググループにて、インシデント対応業務の自動化の促進ため、データモデルである IODEF（Incident Object Description Exchange Format）を従来の XML 形式から JSON 形式にて記載可能（JSON 形式への Bind）とする標準を RFC（Request For Comment）8727 として発行し標準化を達成した。 • NICTER Web での NICTER 観測情報の一部一般公開（NICTERWeb）に加えて、年間観測結果をまとめた	

			「NICTER レポート」を平成 28 年度版から、また最新のマルウェア分析結果を適時的確に公開する NICTER Blog を開始（平成 29 年度）、情報発信を強化した。 • NICTER 観測データに基づき、特定ベンダの IoT 機器（Wi-Fi ルータ）の残存する脆弱性ついて（平成 29 年度）、また Android Online ゲーム等をPC上でエミューレートするツールの脆弱性により意図せずに仮想通貨採掘アプリがインストールされてしまうことを明らかにし（平成30年度）、外部サイバーセキュリティ関連組織と連携して脆弱性情報の調査・共有を行い対策とともにベンダの脆弱性対処の実施を経て、脆弱性被害の拡大防止に貢献すべく協調的な脆弱性情報公開（coordinated disclosure）を実施し、NICTER Blog にも公開した。 • 毎年初頭に NICTER の観測・分析結果が多数報道されており、機構のサイバーセキュリティに関する報道は、平成 28 年度 644 件（新聞誌掲載 88 件含む）、平成 29 年度 1,133 件（新聞誌掲載 240 件含む）、平成30年度は1,168 件（新聞誌掲載 173 件含む）、令和元年度は 655 件（新聞誌掲載 122 件含む）であった。NICTER 観測・分析結果を含め機構のサイバーセキュリティに関する報道は、令和 2 年度は 1,083 件（新聞誌掲載 62 件含む） となった。	
○セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術 安全な環境下でのサイバー攻撃の再現や新たに開発した防御技術の検証のために不可欠なセキュリティ検証プラットフォーム構築に係る技術を研究開発する	**（２）セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術** サイバーセキュリティ技術の研究開発を効率的に行うために、サイバー攻撃の安全な環境下での再現や新たな防御技術の検証等を実施可能なセキュリティに特化した検証プラットフォームの構築・活用を目指す模擬環境・模擬情報活用技術及びセキュリティ・テストベッド技術の研究開発を行う。 なお、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は、生産性革命の実現を図るために措置されたことを認識し、サイバー攻撃活動の早期		**（２）セキュリティ検証プラットフォーム構築活用技術** **（ア）模擬環境・模擬情報活用技術** • 標的型攻撃の攻撃者を企業サイズの模擬環境に誘い込み、長期に亘り攻撃手段を観測・分析可能なサイバー攻撃誘引基盤（STARDUST）に関して、攻撃者を誘引する企業サイズの模擬環境を 60 組織並列で生成する性能を実現するとともに、StarDust を集中制御する StarDust Web を開発した（平成 28 年度）。模擬環境に実 IP アドレス転写を可能にする Wormhole 等、非公開で研究開発を進めてきたが特許出願を行うとともに報道発表を行い、Interop Tokyo 2017 において攻撃者誘引 の動態展示に成功した（平成 29 年度）。さらに、模擬情報を用いたアトリビューション技術として、Web ビーコンによる攻撃者追跡の基礎実験を開始した（平成 29 年度）。参画する外部連携組織数は延べ 12 組織となり（令和元年度）、STARDUST の外部利活	**（２）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＞** • サイバー攻撃誘引基盤 STARDUST を構築し、攻撃者を誘引する企業サイズの模擬環境を 60 組織並列で自動生成する性能を実現するとともに、改良を続け、セキュリティ・テストベッド技術の高度化を図るため、STARDUST と NIRVANA 改の連携機能を開発し、エンドポイントでの情報収集・分析技術、ホワイトリスト生成技術開発の機能拡張を行った。（MWS2017 でベストプ

とともに、模擬環境を活用したサイバー攻撃及び防御技術の検証を行うものとする。	収集や未知の標的型攻撃等を迅速に検知する技術等の実証を行う研究開発環境の整備のために活用する。 **（ア）模擬環境・模擬情報活用技術** 政府機関、地方公共団体、学術機関、企業、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目指し、模擬環境及び模擬情報を用いたアトリビューション（原因特定）技術等の研究開発を行う。 **（イ）セキュリティ・テストベッド技術** サイバーセキュリティ技術の検証及びサイバー演習等を効率的に実施するためのセキュリティ・テストベッドを構築する。また、物理ノードや仮想ノードを含む模擬環境構築運用基盤技術、模擬情報生成技術、模擬環境上のサイバー攻撃に関連したトラヒック等を観測及び管理するためのセキュリティ・テストベッド観測管理技術、サイバー演習支援技術等の研究開発を行う。		用を継続的に拡大した。さらにサイバー攻撃解析分科会を定期開催し機構内外の専門家と参画研究機関との定期的な情報共有を行った。 • ITU 本部にて開催された国際標準化会合 ITU-T SG17（セキュリティ）のワークショップ“ITU Workshop on Advanced Cybersecurity Attacks and Ransomware”にて、STARDUST の概要と観測事例について招待講演を行った（平成 30 年度）。 • 攻撃者長期誘引に成功し攻撃者の振舞分析の結果得られた新たな知見と攻撃誘引環境の高度化などの成果をCSS2017およびSCIS2018 において多数発表し、情報処理学会ワークショップではベストプラクティカル賞を受賞した（平成 29 年度）。 • 模擬環境の並列化を進め、11 並行ネットワークにおいて 250 検体以上のアトリビューション実証実験を実施した（令和 2 年度）。 • Emotet と呼ばれるマルウェアへの感染を狙ったメール（Emotet メール）について、令和元年 9 月 20 日から令和 2 年 2 月 7 日にかけて機構内で観測された 108 件の Emotet メールの件名や添付される doc ファイルの特徴を分析し、さらにSTARDUSTを用いて doc ファイルにより取得した検体を解析した結果、感染後の C2 サーバへの通信や横展開等の挙動の確認に成功した。以上の解析結果をインディケータ情報（インシデントの痕跡情報）とともにまとめ「NICT に届いた Emotet への感染を狙ったメール（令和元年 9 月~令和 2 年 2 月）」として NICTER BLOG に公開した（https://blog.nicter.jp/2020/03/emotet-mail-201909-202002/）。 • 標的型攻撃の攻撃者を企業サイズの模擬環境に誘い込み長期に亘り攻撃手段を観測・分析可能なサイバー攻撃誘引基盤（STARDUST）に関して、定常運用を行いアトリビューション実証実験及び検体の解析を継続して実施した。 • 標的型サイバー攻撃者の行動分析や攻撃者グループの特定・分類に活用するため、「NanoCore」として知られるリモートアクセス型トロイの木馬（RAT：Remote Administration Tool/ Remote Access Tool）を埋め込むマ	ラクティカル研究賞受賞。また、CSS2018、AsiaJCIS2018、SCIS2019 や CyberHunt2019 にて研究成果を発表） • STARDUSTによって先導的成果を得られる貴重なデータを収集し続けており、実際に攻撃者を追跡してサイバー攻撃に関する情報収集を実現した。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **＜社会的価値＞** • STARDUST を用いた攻撃者誘引実験を開始し、また、外部利活用促進（12 機関）した。 • STARDUST の要素技術である模擬環境構築システム（Alfons）を開発（TRIDENTCOM 2016 に採択）し、さらにサイバー人材育成事業（CYDER）、実践的セキュリティ人材育成コース（SecCap）におけるセキュリティ防衛演習環境として提供され、幅広くサイバーセキュリティ 人材育成にも貢献し、なおかつ、データ駆動型の好循環モデルを構築した。 • STARDUST で攻撃者を追跡することによって収集したサイバー攻撃に関する情報をサイ

			ルウェアの解析を行い、発見した設定の不備を利用することにより攻撃に用いられる C&C（Command & Control ）サーバの起動を検知し、C&C サーバと感染させた PC 等のクライアント端末間との暗号化された通信を解読する NanoCoreRAT 分析システムを開発した。また開発した NanoCoreRAT 分析システムを用いて 180 日間に亘り C&C サーバの追跡を行い、C&C サーバの主な設置場所として判明した欧米各国の CSERT に JPCERT/CC 経由で情報提供を行うとともに、STARDUST を用いた誘引実験による攻撃者の行動監視・分析を行った。これらの成果をまとめ国際会議 Botconf2020 及び Japan Security Analyst Conference（JSAC2021）に発表した。さらにオープンイノベーションとセキュリティ・オペレーションへの利用促進によるセキュリティ向上のため、開発した NanoCoreRAT 分析システムの無償公開を行った（令和 2 年度）。 • 平成 29 年度補正予算を受けて、引き続きこれらを用いてサイバー攻撃活動の早期収集や未知の標的型攻撃等を迅速に検知する技術等の実証を推進した。 **（イ） セキュリティ・テストベッド技術** • 攻撃者に模擬環境であると気づかれずに挙動観測を継続するためのステルス性の高いトラヒック解析基盤（SF-TAP）及び標的想定の組織独特の環境を短時間に構築する模擬環境構築システム（Alfons）技術等の開発を行い国際会議 Tridentcom2016 にて発表した（平成 28 年度）。 • STARDUST の分析結果を逸早く NIRVANA 改の検知ロジックに反映させる連携機能として、STARDUST の環境構成をモデル化し観測事例ごとの偏りを排除し本来のデータの意味を損なわずに正規化する技術を開発、さらに、ホスト（エンドポイント）で生成されるプロセス生成パターンを収集し低負荷で異常プロセスを検知する方式を開発し、機構内の 498 ホストで異常プロセス（マルウェア）検知実証に成功（国際会議 AsiaJCIS2018 で発表）した（平成 30 年度）。 • 今中長期期間中において、STARDUST の要素技術である模擬環境構築システム（Alfons）等を、サイバー防衛演習	バー攻撃解析分科会で情報共有し、社会全体のサイバーセキュリティ強化に向けた取組に貢献した。 • サイバーセキュリティ対応の方法の多様化や、人材育成のためのプラットフォームなど、社会的な視点でセキュリティ対応のレベルアップを図った。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **＜社会実装＞** • 海外含めて機構内外でのサイバー演習支援を継続的に行っており（CYDER、Hardening）、価値の社会還元が進んだ。 • STARDUST で攻撃者を追跡することによって収集したサイバー攻撃に関する情報をサイバー攻撃解析分科会で情報共有し、社会全体のサイバーセキュリティ強化に向けた取組に貢献した。 • サイバー攻撃対処能力の向上が社会実装の出口であり、STARDUST 外部利用拡大等のテストベッドの提供、サイバー演習の支援等も通じて、この業界の技術力、人材の底上げに貢献した。

			環境として機構内のサイバー人材育成事業（CYDER）、機構外の実践的セキュリティ人材育成コース（enPiT-Security：SecCap）、堅牢化技術競技（Hardening）やSECCON 等へ提供し、さらに Waikato 大学（New Zealand）や台湾 AIS3 のサイバー演習への技術支援も含め、機構内外のセキュリティ人材育成の支援を行った。 • インシデント対応において大量に発生する通信ログやセキュリティ機器のアラート情報などから正常通信データを除外して分析すべき異常通信データを絞り込むため、セキュリティ運用者の経験に依存せずに統計処理により対象ネットワークに特化したホワイトリストの自動生成手法を大阪大学と連携して提案した。さらに NIRVANA 改を用いたセキュリティ・オペレーションを行っている機構内実ネットワーク及び STARDUST で収集・観測された通信データに提案手法を適用し有効性の実証に成功した。成果を情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム（CSS2019）、さらに国際会議 The IEEE International Workshop on Big Data Analytics for Cyber Threat Hunting (CyberHunt 2019)にて発表した(令和元年度)。 • CURE を介した STARDUST と NIRVANA 改との連携に関して、機構内で定常運用する NICTER、NIRVANA 改、WarpDrive、STARDUST 等の多種多様なサイバーセキュリティ関連情報を集約し、粒度や形式の異なるこれらの情報間の繋がりを高速かつ自動的に分析・検索するためセキュリティ情報融合基盤として開発を進めてきた CURE の設計・実装を行い、横断分析の結果発見されたサイバーセキュリティ情報間の繋がりのケーススタディをまとめ、情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2020 で発表し、MWS2020 ベストプラクティカル研究賞を受賞した（令和２年度）。 • 平成 29 年度補正予算を受けて、引き続きこれらを用いてサイバー攻撃活動の早期収集や未知の標的型攻撃等を迅速に検知する技術等の実証を推進した。	等、社会実装につながる特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「Ｓ」とした。
○暗号技術 安心・安全なICTシステムの構築を目指し	**（３）暗号技術** IoTの展開に伴って生じる新たな社会ニーズに対応するため、新たな機能を備えた機能性暗号技術や		**（３）暗号技術** **（ア）機能性暗号技術** <暗号化したまま検索が可能な暗号方式>	**（３）暗号技術** **＜科学的意義＞** • 機能性暗号技術の成果及び、暗号技術の安全性評価に関す

つつ、IoTの展開に伴って生じる新たな社会ニーズに対応するため、暗号・認証技術や新たな機能を備えた暗号技術の研究開発を進めるとともに、新たな暗号技術の安全性評価、標準化を推進し、国民生活を支える様々なシステムへの普及を図るものとする。また、パーソナルデータの利活用を実現するためのプライバシー保護技術の研究開発や適切なプライバシー対策を技術支援する活動を推進するものとする。	軽量暗号・認証技術の研究開発に取り組む。また、暗号技術の安全性評価を実施し、新たな暗号技術の普及・標準化に貢献するとともに、安心・安全なICTシステムの維持・構築に貢献する。さらに、パーソナルデータの利活用に貢献するためのプライバシー保護技術の研究開発を行い、適切なプライバシー対策を技術面から支援する。 **（ア）機能性暗号技術** 従来の暗号技術が有する暗号化や認証の機能に加え、今後新たに生じる社会ニーズに対応する新たな機能を備えた暗号技術である機能性暗号技術の研究開発を行う。具体的には、暗号化したまま検索が可能な暗号方式、匿名性をコントロール可能な認証方式、効率的でセキュアな鍵の無効化や更新方式等の研究開発を行う。 また、安心・安全で信頼性の高いIoT社会に貢献するため、コスト、リソース、消費電力等に制約のあるIoTデバイスにも実装可能な軽量暗号・認証技術に関する研究開発を行い、IoTシステムのセキュリティ・プライバシー保護に寄与する。 **（イ）暗号技術の安全性評価** 日々進化する暗号技術に対する脅威に対抗するため、電子政府システムをはじめ国民生活を支える様々なシステムで利用されている暗号方式やプロトコルの安全性評価を継続して実施し、システムの安全性維持に貢献する。また、今後の利用が想定される新たな暗号		暗号化したまま検索可能な機能性を持つ検索可能暗号を設計・開発・実験システムの構築などを行うとともに、その設計に必要な構成部品となる暗号技術の提案を行った。本機能に資する提案技術については、8 件のジャーナル誌、4 件の国際会議論文が採録された。 具体的な提案技術は以下の通り。(i)東海大との共同研究により提案した複数キーワードを扱う検索可能暗号方式の提案論文が論文誌 Journal of Computer and System Sciences に採録された。(ii)検索可能暗号における公開鍵暗号との併用時安全性向上技術を東海大学と提案し国際会議 ISPEC 2018 に採録、そのジャーナル版が論文誌 Journal of Medical Systems(2019)に採録された。(iii)実用性が高く、効率性・安全性・実装容易性などを兼ね備えた検索可能暗号について、特許出願するとともにライブラリ設計と実験システムを構築した。 また、本機能の構成要素となる暗号技術についても研究開発を行った。具体的な提案技術は以下の通り。 • 暗号化したデータの中身を見ることなく、データのプライバシーを保護しつつ解析対象外データの混入を防ぐ解析手法を開発。コンピュータセキュリティ分野の国内最大会議 CSS2016 の最優秀論文賞受賞。国際会議 AsiaCCS2017 採録。2017 年度山下記念研究賞受賞。さらに医療データに対する実証実験を行い、JST・筑波大学と共同プレスリリース(平成 30 年 7 月)。デモシステムを実装した。 • 個人情報を含むデータ提供者の匿名性を担保しつつ、異常データ提供者のみを特定可能とするプライバシー保護異常検知フレームワークを提案、国際会議 WPES2017、論文誌 IEICE Trans.に採録された。さらに、2017 年 PWS 論文賞を受賞した。(理研、Digital Garage との連携) • クラウドサービスなどでデータ提供側のプライバシーを保護しつつデータ利活用を可能とする暗号化方式を提案し、J. Concurrency and Computation(2018) に採録された。 • ネットワーク上でのデータの送受信に対して、属性暗号を用いてデータの秘匿性を確保しながら、データの閲覧権限のある受信元へのデータの伝搬を実現できる方法を提案し、IEEE Communications Magazine(2018) に採録され	る成果を創出した。 • 新規開拓領域となる宇宙飛行環境下で、小型衛星・小型ロケット用機能性暗号の動作確認に成功した。 • 秘匿協調学習 DeepProtect の研究開発などで著名な論文誌に採択されるなどの成果を上げた。 • 復号せずに解析可能な暗号技術の開発、群構造維持暗号技術の提案等の研究成果を上げ、トップカンファレンスにおける論文採録、論文賞の受賞、標準化への貢献等、科学的意義の高い研究成果を創出し続けた。 • ロケットの安全という物理空間内の安心安全、秘匿データの安全な取り扱いといったサイバー空間内の社会の安心安全に不可欠になっていく技術など、機構が優位性を持つ暗号技術をコアにした科学的技術の深化と応用を進めた。 • 耐量子計算機暗号について、今後急速に進展すると考えられる量子計算を見越した対応として科学的先端性をもって取り組んだ。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。

	技術に対しても安全性評価を実施し、その普及・標準化及びICTシステムの長期にわたる信頼性確保に貢献する。 **（ウ）プライバシー保護技術** 個人情報及びプライバシーの保護を図りつつ、パーソナルデータの利活用に貢献するために、準同型暗号や代理再暗号化技術等を活用し、データを暗号化したまま様々な解析を可能とする技術等の研究開発を行う。また、パーソナルデータ利活用におけるプライバシー保護を技術支援するため、ポータル機能の構築等の活動を行う。		た。 • 階層構造を持つ鍵の非対話更新による鍵漏洩耐性を持つ ID ベース暗号方式を提案し、論文誌 Designs, Codes and Cryptography(2018)に採録された。 • 選択暗号文攻撃に耐性がある準同型暗号方式を産総研、NHK と提案し、論文誌 Designs, Codes and Cryptography(2018)に採録された。 • 選択可能暗号文攻撃耐性と準同型性を併せ持つ鍵付き準同型暗号について、完全準同型暗号への既知の攻撃である鍵回復攻撃に対する耐性があることを証明した論文が論文誌 IEICE Trans.に採録された。 • 暗号化通信に対するキャッシュ技術を TIS 社と共同開発し、任意の TLS 通信環境に適用可能な暗号化キャッシュ技術を提案し、特許出願(令和元年度)するとともに国際会議 ISITA2020 に採録された。さらなる展開として耐量子暗号適用時のパフォーマンス評価も実施した。 さらに、社会への技術展開や人材育成の一環として企業との連携や大学からの RA 受入れなどを行った。具体的な活動は以下の通り。 • 暗号技術を用いたデータ利活用とプライバシー保護のための技術展開の一環として、複数の企業との連携を実施した。(i)転職支援のパーソルキャリア株式会社ミイダスカンパニーのデータ活用事業に対し、暗号化したままデータを解析する手法の技術支援を実施した(平成 31 年 2 月 1 日お知らせ)。(ii)データ利活用の促進に向けて、KPMG Ignition Tokyo、EAGLYS とともに準同型暗号を用いた秘密計算ハッカソンを開催(令和元年度)した。(iii)パーソルキャリア株式会社の転職求人サービス「ミイダス」にプライバシー保護機能を実現するための秘密計算技術を提供(令和元年度)。 • RA の育成なども兼ね、Intel SGX を用いた検証可能関数型暗号方式を東海大、筑波大と提案(RA(東海大学)との研究成果)、SCIS2020 にて発表した。また、ロバスト性を持つ ID ベース暗号の実装評価(RA(東海大学)との研究成果)が論文誌 Int. J. Netw. Comput (2020)に採録された。 • 漏洩耐性を持つ暗号方式を実装し、IWSEC2019 の最優	**＜社会的価値＞** • 耐量子計算機暗号（PQC)の安全性評価において、世界記録を複数回達成した。 • 耐量子計算機暗号 LOTUS の提案・安全性評価を行なった。 • CRYPTREC で「量子コンピュータ時代に向けた暗号の在り方検討タスクフォース」立ち上げおよび注意喚起情報の発行を行なった。 • 小型衛星・小型ロケット用暗号方式の打ち上げ実証など、社会的に求められている成果を上げた。 • NewSpace 時代の小型衛星・小型ロケット用機能性暗号を開発して提供することで、新たな企業の宇宙ビジネスへの参入を促進した。 • 我が国における新しい暗号技術の開発・普及において中核的な役割を果たした。 • それらなしには安心で安全な未来社会があり得ない Society5.0 社会において緊急性の高い、各テーマについて、暗号技術をベースに取り組んだ。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 **＜社会実装＞**

			秀ポスター賞を受賞した。 • 不正検出機能を強化した準同型認証暗号方式を提案し、情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2020 優秀論文賞を受賞した。 <匿名性をコントロール可能な認証方式> 匿名性をコントール可能な認証方式の設計・開発に資する暗号技術の提案を行った。 本機能に資する提案技術については、4 件のジャーナル誌、9 件の国際会議論文が採録された。主たる提案技術は以下の通り。(i)署名内容に依存して匿名性を制御可能な匿名署名方式を提案し、論文誌 Security and Communication Networks(2019) に採録された。(ii)ISO/IEC 20008-2 で標準化されている匿名署名に関し、具体的な攻撃の提示とパッチ方式の提案を行い、国際会議 AsiaCCS 2019 に採録された。さらに、ISO/IEC 20008-2 に修正案を提示した。 また、本機能の構成要素となる暗号技術についても研究開発を行った。具体的な提案技術は以下の通り。 • 安全で利便性の高い機能性暗号技術を容易に構成可能な群構造維持暗号系の技術について、市村学術賞 (功績賞)を受賞(「相互接続を実現する群構造維持暗号系に関する先駆的研究」)した。 また、機能性を強化した群構造維持暗号を提案した。具体的には以下の通り。(i) 暗号アプリのモジュール的構成の容易性を強化した群構造維持ディジタル署名について秘密鍵の機能性を強化した方式を提案。論文誌 Journal of Cryptography(2019) に採録された。(ii) 安全性を強化した群構造維持ディジタル署名を提案し、暗号分野の世界最高峰の国際会議 CRYPTO2017 に採録。高い安全性と相互接続性を両立する群構造維持ディジタル署名を実現した。NTT、カールスルーエ工科大と共同プレスリリース (平成 29 年 7 月)。(iii)群構造維持ディジタル署名について、世界最小の署名サイズとなる方式を提案、暗号分野世界 3 大会議の国際会議 Asiacrypt2018 に採録された。 • 認証と匿名性の両立に役立つゼロ知識証明について、機能性を強化した方式を提案した。具体的には以下の通り。(i)複雑なステートメントを一度に扱うことができ、証明サイ	• 秘匿協調学習 DeepProtect の社会実装のために、民間企業とも連携し、ユーザ(銀行等)を巻き込んで社会実装に近い状態まで進めた。 • 秘匿協調学習のシステムを構築し、金融機関の不正送金検知に適用するために多くの金融機関と実証実験を行っており、社会実装に向けて着実に進めた。 • プライバシー保護技術(秘匿協調学習)について、システムを構築するとともに、複数企業と連携して実取引データに対し実証実験を行った。 • 実装に向けたユーザとの協調活動が進んだ。また、今後何段階にも亘ってユーザとの協調による実装段階のレベルアップが続いていくものと思われ、着実性がある。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。

			ズをコンパクトに抑えることができる機能を持つゼロ知識証明を提案し、暗号分野世界 3 大会議の Asiacrypt2020 に採録された。(ii)適用特定言語にフォーカスすることにより効率性を挙げたゼロ知識証明および群構造維持署名についてモジュール的な構成が可能な機能を有した世界最小の証明/署名サイズの方式を提案。暗号分野世界 3 大会議の国際会議 Asiacrypt 2019 に採録された。(iii)機能性を持つゼロ知識証明についてモジュール的構成の可能性/不可能性を証明し、ディジタル署名についてゼロ知識証明を用いたモジュール的構成方法を示した。IACR 協賛の国際会議 PKC2020 に採録された。 • 多数の機能性暗号がベースとしているペアリングに基づく暗号方式について、代数的構造のシンプルな対称ペアリング上で設計を行い、実装効率の優れた非対称ペアリングに最適な変換を行う技術を提案し、暗号分野の世界最高峰の国際会議 CRYPTO 2016 に採録された、さらに IEICE Trans. に採録された。 • 検証可能準同型署名を用いた電子取引における公平な情報交換方式を Myongji University、NTT と提案、論文誌 International Journal of Information Security (2018) に採録された。 • 耐量子性を有し、署名サイズがコンパクトなディジタル署名を提案。ICICS 2020 に採録された。 • 対話が不要な秘密計算においてあらゆる計算を実行可能にする高効率な構成要素を法政大学との連携研究により提案し、SECRYPT 2020 に採録された。 • RA の育成を兼ね、暗号資産で使用するアドレスに対する匿名信頼性付与手法の提案、ブロックチェーンを用いたプライバシー保護集金システムの提案(RA(筑波大学)との研究成果)を筑波大学とともに提案し、CSS2019、SCIS2020、SCIS2021 にて発表した。 <効率的でセキュアな鍵の無効化や更新方式> 効率的でセキュアな鍵の無効化や更新方式の設計・開発に資する暗号技術の提案を行った。 本機能に資する提案技術については、9 件のジャーナル誌、7 件の国際会議論文が採録された。主たる提案技術は以下	

			の通り。(i)鍵失効機能を持ち、匿名性と復号鍵漏洩耐性を併せ持つ ID ベース暗号の提案論文が論文誌 Theoretical Computer Science に採録された。(ii)標準的仮定の下で安全性が保証できるユーザ削除可能グループ署名方式の提案とその実装評価論文が論文誌 IEICE Trans.に採録された。(iii)効率的な鍵失効機能を有する ID ベース暗号の提案を行い国際会議 RSA Conference Cryptographers' Track(CT-RSA2017)に採録。(iv)鍵失効可能な属性ベース暗号方式の一般的構成を東工大、産総研と提案、国際会議 ESORICS 2017 に採録、そのジャーナル版が IEICE Trans.(2018) に採録された。(v)署名鍵の有効期限を設定することで効率的に鍵失効が可能な匿名署名方式を提案し、国際会議 AsiaCCS 2017 に採録、そのジャーナル版が当該分野世界最高峰の論文誌 IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing（2020）に採録された。(vi)署名者が他人の鍵失効に影響を受けない匿名署名について、東工大、産総研と鍵漏洩耐性を持つ方式を提案、国際会議 SCN2018 に採録された。(vii) 鍵失効可能な匿名認証方式について、標準的な計算量仮定の下で最も効率的な方式を提案し、国際会議 ISC2018 に採録、そのジャーナル版が IEICE Trans.(2020) に採録された。(viii)鍵失効可能な匿名認証方式について、最も効率的な方式を提案し、IEICE Trans.(2019)に採録された。 また、本機能の構成要素となる暗号技術についても研究開発を行った。具体的な提案技術は以下の通り。 • 機構提案の鍵共有方式(KEM) FACE が公開鍵暗号国際標準 ISO/IEC 18033-2 (AMD) に採用され、平成 29 年 11 月に国際標準として発行された。エディタ貢献による国際規格開発賞受賞した。 • 署名鍵の有効期間を設定可能なグループ署名方式の提案とその実装評価論文が論文誌 IEEE Trans. on Dependable and Secure Computing に採録された。 • アイデンティティIDのプライバシーを守るID ベース暗号方式について、漏洩耐性を持つ方式がジャーナル Des. Codes Cryptogr.(2017)、コンパクトな暗号文を実現した方式が IJACT(2017)に採録された。 • ID を利用する暗号方式で課題となる鍵生成サーバが全て	

			の暗号文を復号できてしまう問題を解決し、鍵生成サーバの権限を抑えられる優位点を持つ方法論を提案。国際会議 ESORICS 2019 に採録された。 • 異なる鍵での復号を防ぐ ID ベース暗号について非対称ペアリングを用いた方式の実装評価を東海大学と行い、国際会議 CANDAR2019 に採録された。 <軽量暗号・認証技術に関する暗号技術の設計・開発> 物理的な制約(コスト、リソース、消費電力等) のある IoT デバイスにも実装可能な軽量暗号・認証技術に関する暗号技術の設計・開発に資する暗号技術の提案を行った。 本機能に資する提案技術については、6 件のジャーナル誌、4 件の国際会議論文が採録された。主たる提案技術は以下の通り。(i)タイヤ空気圧センサにおけるプライバシー保護技術として軽量暗号を用いた認証付き暗号プロトコルの動作検証を行った結果が国際会議 ISITA2016 に採録された。(ii)期間に依存した匿名性を実現可能な軽量グループ署名を提案。路車間通信における応用を示した。論文誌 IEEE Transactions on Vehicular Technology(2017)に採録された。(iii)スマートメータ等で利用可能な、公開検証可能なプライバシー保護時系列データ統計計算方式が国際会議 ACISP 2017 に採録、その実装に関する発表が国際会議 IWSEC 2017 ベストポスター賞を受賞、ジャーナル版が The Computer Journal(2018) に採録された。 また、本機能の構成要素となる暗号技術についても研究開発を行った。具体的な提案技術は以下の通り。 • 演算の正しさを保証できる乗算可能な秘密分散方式に関する成果が、情報理論的安全性に関する国際会議 ICITS 2017 に採録された。 また、3 枚のカードを用いたセキュアな多数決投票プロトコルを提案、情報理論分野で優れた成果を出した若手に送られる IEEE Information Theory Society Japan Chapter Young Researcher Best Paper Award(2018)を受賞した。 • ペアリングを用いた暗号方式の処理速度を擬似コードレベルで評価可能なツールを NTT と連携し提案し、暗号分野国内最大会議 SCIS2018 にてイノベーション論文賞を受賞し、また、IEICE Transc. に採録された。	

			• IoT デバイス間で安全な情報処理を可能にし、情報開示量を自由に制御するとともに頑強性を最適化する情報理論的安全な秘密分散方式を大阪大、法政大と連携し提案した。情報理論分野の世界最高峰の論文誌 IEEE Transactions on Information Theory(2019)に2本採録され、暗号分野の世界トップ論文誌 Design, Codes and Cryptography (2018)に1本再録された。また、分散値をコンパクトに抑えることができ更にその分散値が不正なく分配されたことを検証可能な方式を法政大学との連携研究により提案し、ISITA2020 に採録された。 さらに、社会への技術展開の一環として産官学連携やアウトリーチ活動を行った。具体的な活動は以下の通り。 • 小型衛星・小型ロケット用通信セキュリティ技術を開発。実験回路を観測ロケット MOMO3 号機に搭載し、宇宙への飛行環境下での動作確認に成功。インターステラテクノロジズ、法政大学と共同プレスリリース (2019.7)。 MOMO3 号機による飛行実験により得られた飛行時データにより得られた知見から改善を図り、MOMO5 号による飛行実験を実施し、さらなる耐故障性のための要件抽出を行った。 • 車載センサーデータのセキュリティ・プライバシーを守るための軽量暗号に関する講演を Cyber Secure Car2016 および ITU/TTC Workshop にて行うほか、日本初の自動車セキュリティーハッカソンの審査委員長を務めるなど、IoT/自動車セキュリティにおける機構のプレゼンス向上に寄与した。軽量ハッシュ関数の国際規格 ISO/IEC 29192-5 の出版にEditorとして寄与した。本規格には 機構 の委託研究で開発されたハッシュ関数 Lesamnta-LW が採用されている。 • IoT 時代に軽量暗号の利用促進をはかるため、軽量暗号を選択・利用する際の技術的判断に資する軽量暗号ガイドライン(日本語・英語版)を発行し、CRYPTREC より公開した。さらに、CRYPTREC シンポジウム(2017)にて、軽量暗号に関わるトピックについて NIST 招待講演を実施した。 • 小型衛星・小型ロケット用通信セキュリティ技術の知見を活かし、実用化が予定されている他の大規模衛星システムに関する技術相談を実施した。	

			• その他: 学会への貢献などについて表彰された。(i)情報セキュリティ研究専門委員会の運営及び活動に対する貢献として、電子情報通信学会　基礎・境界ソサイエティ貢献賞（研究専門委員会運営）受賞した。(ii)IWSEC2019　の運営に対する貢献として、電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ貢献賞（会議運営）受賞した。 **（イ）暗号技術の安全性評価** • 電子政府システムをはじめ国民生活を支える様々なシステムで利用されている暗号方式やプロトコルの安全性評価を継続して実施するために、総務省、経済産業省、IPA　と連携して行っている電子政府推奨暗号評価プロジェクト CRYPTREC (Cryptography Research and Evaluation Committees）において下記の活動(i)から(vii)を実施した。（令和 3 年度のものは実施見込みである。）(i)平成 28 年度から令和２年度にかけて、RSA　暗号及び楕円曲線暗号の鍵長を設定する根拠資料を毎年度作成し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで公開している。 (ii)平成 28 年度に楕円曲線暗号に対する新たな解読手法の動向調査を行い、現時点では脅威とはならない結論に至ったことを技術報告書にまとめ、CRYPTREC のホームページで公開した。(iii)平成 28 年度に、衝突発見が報告されたハッシュ関数 SHA1 に関して CRYPTREC Web ページにて SHA-1 の安全性低下及び SHA-256 等より安全なハッシュ関数への移行を推奨する速報を公開した。また、平成 30 年度に SHA-1 のガイドラインを公開した。(iv)令和 2 年度に、量子コンピュータが共通鍵暗号に与える影響について調査を実施し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで公開した。(v)令和 2 年度に、ディスク暗号化などの利用用途で広く社会に広まりつつある XTS　モードについて CRYPTREC 暗号リストとしての条件を満たすか実装性能調査・評価を実施し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで公開した。(vi)今後の利用が見込まれる楕円曲線暗号の署名方式である EdDSA の安全性評価を	

			令和 2 年度に実施し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで令和 3 年度に公開する。(vii) Shor の量子アルゴリズムによる RSA 暗号等への脅威に関する調査を令和 3 年度に実施し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで令和 3 年度に公開する。 • 島根大学との共同研究において、令和元年度に楕円曲線暗号への 4 種のサイドチャネル攻撃に対しても安全な演算法を提案し、国際ワークショップ WICS2019 に採録された。令和 2 年度に本成果を改良したものが論文誌 Int. J. Netw. Comput に採録された。 • 東京大学及び筑波大学との共同研究において、RSA 暗号の復号指数の上位ビットと下位ビットが漏洩した際の攻撃アルゴリズムを提案し、攻撃可能な条件を算出した。本成果は和 2 年度に論文誌 Theoretical Computer Science に採録された。 • 令和元年度に、ISO/IEC 標準であるハッシュ関数 RIPEMD-160 に対する新たな攻撃方法を提案し、CRYPTO2019 で採録された。さらに、提案した攻撃方法を改良し、FSE2020 で採録された。 • 令和 2 年度に、電子政府推奨暗号リストに掲載されるストリーム暗号 KCipher-2 に対して安全性評価を実施し、差分攻撃に対して安全であることを示した結果が論文誌 IEICE Trans.に採録された。 • 差分攻撃における新しい評価手法を提案するとともに、NIST が主催する軽量暗号標準化プロセスにおけるラウンド 2 候補の 1 つである Gimli に応用し、攻撃可能ラウンド数を増やすことに成功した。令和 2 年度に本成果は CRYPTO 2020 に採録された。 • ストリーム暗号 Salsa の暗号化関数を別の暗号方式に組み込むことを想定した場合、ローテーション攻撃に対して安全でない可能性があることを示し、令和 2 年度に ISC2020 に採録された。 • 兵庫県立大学との共同研究において、ビデオ会議システム Zoom のエンドツーエンド暗号化に対する安全性評価を実施し、6 件の脆弱性を発見するとともに、脆弱性を悪用した 8 件の攻撃手法とこれらの攻撃への対策手法について提案した。本成果をZoom の安全性評価チームに報告した	

			結果、Zoom の安全性評価チームはエンドツーエンド暗号化の仕様を修正し、ホワイトペーパーのバージョンを更新した。 • 兵庫県立大学及び NEC との共同研究において、エンドツーエンド暗号化メカニズム SFrame に対する安全性評価を実施し、3 件の脆弱性を発見するとともに、脆弱性を悪用した 3 件の攻撃手法とこれらの攻撃への対策手法について提案した。本成果を SFrame の設計者に報告した結果、設計者は SFrame の仕様を修正し、インターネットドラフトのバージョンを更新した。 • 耐量子計算機暗号は今後の利用が想定される新たな暗号技術であり、その安全性評価に関する活動として CRYPTREC において下記(viii)から(xi)の活動を実施した。(viii)令和元年度に量子コンピュータ時代に向けた暗号の在り方検討 TF を実施した。(ix)令和元年度に耐量子計算機暗号の技術報告書を CRYPTREC のホームページで公開し、世界動向と主要な技術の特徴・具体的構成法を国内に展開した。(x) 令和元年度に、現在の量子コンピュータによる暗号技術の安全性への影響に関して CRYPTREC Web ページにて CRYPTREC 暗号リスト記載の暗号技術が近い将来に危殆化する可能性は低いと判断した速報を公開した。(xi)耐量子計算機暗号の利用形態の候補であるハイブリッドモードに関する調査を令和 2 年度に実施し、技術報告書として CRYPTREC のホームページで令和 3 年度に公開する。 • 格子暗号は耐量子計算機暗号として今後の利用が想定される新たな暗号技術である。平成 28 年度にドイツの Darmstadt 工科大学が主催する、格子暗号の安全性を評価する国際的なコンテスト（Ideal lattice Challenge）において解読の世界記録を更新した。さらに、格子暗号の安全性評価に必要な正確な解読時間評価とそれを評価する際の世界最高の計算速度を両立したアルゴリズムを開発し、Eurocrypt2016 に採録された。平成 29 年度に、格子暗号の安全性評価において、解析が不十分だった Random Sampling アルゴリズムの再評価に成功し、Eurocrypt2017 に採録された。平成 30 年度に、格子暗号の安全性評価について厳密な計算量評価を行った結果が	

			Asiacrypt2018、CRYPTO2018 で採録され、NIST PQC 標準化に貢献するとともに長期的な運用に向けたパラメータ設定を可能にした。令和元年度に格子暗号の解読アルゴリズムについて執筆。近代科学社より教科書として出版した。 • 平成 29 年度に格子暗号である LOTUS を提案し、NIST 耐量子計算機暗号標準化プロジェクトに応募した。本プロジェクトには世界中から 82 件の応募があり、書類選考を通過した 69 方式の 1 つに選ばれた。令和元年度に ISO/IEC JTC1 SC27 WG2 Standing Document 8 (SD8) へ貢献した。 • 多変数公開鍵暗号（MPKC）は耐量子計算機暗号として今後の利用が想定される新たな暗号技術である。令和元年度に MPKC の安全性を評価のために解読アルゴリズムを提案し、MPKC の安全性を評価する国際的なコンテスト（Fukuoka MQ Challenge）において解読の世界記録を達成した。本成果をプレスリリースで公開、さらに本成果は国際会議 IWSEC 2019 で採録され、Best Paper Award 受賞した。令和 2 年度には提案アルゴリズムの効率性の詳細な解析を明らかにし、論文誌 IEICE Trans.に採録され、ISEC にて招待講演を行った。 • 素体上の離散対数問題を、Shor の量子アルゴリズムを用いて実際に解くことに初めて成功した 。 **（ウ）プライバシー保護技術** • AI を活用したプライバシー保護データ解析技術として、複数の参加者が持つデータセットを互いに秘密にしたまま深層学習を行うプライバシー保護深層学習システム (DeepProtect)の社会実装を進め、銀行 5 行と実証実験を行った。 • DeepProtect に関わる学術論文 5 件が IEEE Transaction on Information Forensics & Security などに採録された。 • 効率的な内積計算の一般化構造、行列乗算パーキング法、及びセキュアな大小比較を提案した。3 件が国際会議で採録され、1 件の特許獲得、1 件の特許出願した。 • プライバシー保護型データ解析技術に関して、準同型暗号を用いて、暗号化したままロジスティクス回帰、決定木分	

			類、Extreme Learning Machine、Naïve Bayes 分類器による予測方式、及びリアルタイムで予測を計算できる多層パーセプトロンを提案した。ジャーナルに 1 件、国際会議に 6 件が採録された。 • プライバシー保護型 XGBoost 方式を提案した。国際会議に 1 件が採録され、1 件を特許出願した。 • プライバシー保護データ共有技術として、非転送性を有する代理再暗号方式等を提案した。3 件がジャーナルに、1 件の国際会議で採録された。 • さらに、フィンテックに代表される金融技術の高度化に対応するための準同型暗号等の高機能暗号の金融分野への適用の課題と対策を議論した論文が、情報処理学会コンピュータセキュリティ研究会優秀研究賞を受賞した。 • 個人情報を含むデータの収集およびその分析を行う上で、データ提供者が異常データを提供しない限り匿名性が担保される汎用的なプライバシー保護フレームワークを提案し、情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2017 にて、PWS2017 優秀論文賞を受賞、国際会議 WPES2017 で採択された。 • 改正個人情報保護法の施行に合わせ、匿名加工技術の有用性指標、安全性指標の設計及び開発を行い、提案した指標を情報処理学会 Privacy Workshop 匿名加工・再識別コンテストに導入し、同コンテストのルール及びシステムの設計・運用に貢献して有効性を実証した。また、プライバシーリスク評価システムを作成し、オープンハウス等で発表した。本システムでは、少ない情報で個人が特定され、多くの情報漏洩が起きるケースがないかを評価でき、安全な匿名加工処理の支援となる。 • プライバシーポリシーの理解が難解であるという現状を踏まえ、ユーザを支援するツールを構築し、評価等を行った。実現のために、アクセス数の多い Web サイトをベースとした教師データの作成を行った。また、プライバシーポリシーのユーザ理解支援ツールを構築して、実プライバシーポリシーを対象とした実証実験を行った。 • 秘匿協調学習 DeepProtect の実装を進め、ブラウザから秘匿協調学習が利用できる環境を整えた。	

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日(水)　13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井　善則	委員長	東京工業大学　名誉教授
速水　悟	委員	岐阜大学　工学部　電気電子・情報工学科　教授
安藤　真	委員	東京工業大学　名誉教授
飯塚　久夫	委員	一般社団法人　量子 ICT フォーラム　総務理事
太田　勲	委員	兵庫県立大学　学長
國井　秀子	委員	芝浦工業大学　客員教授
松井　充	委員	三菱電機株式会社　開発本部　役員技監
安浦　寛人	委員	九州大学　名誉教授
渡辺　文夫	委員	Fifth Wave Initiative　代表

3. 委員長及び委員からのコメント
- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （サイバーセキュリティ分野について）期末、単年度の自己評価 S は妥当である。国研でなければ絶対できないという研究をしていることに対する評価が高い。公共性や公平性、中立性を活かして、特にプライバシー情報を扱うような分野で、企業ではできない研究で成果を上げている。

（全体を通して）
- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／6Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第４期中長期目標期間項目別自己評価書（No.5 フロンティア研究分野）

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

2. 主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
査読付き論文数	―	127	106	90	96	70
論文の合計被引用数※1	―	1,485	1,614	2,149	2,667	2,122
実施許諾件数	11	17	13	12	14	11
報道発表件数	7	13	3	10	9	10
標準化会議等への寄与文書数	15	17	15	22	44	56

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※2

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	3,055	2,793	2,650	7,627	11,821
決算額（百万円）	2,444	2,785	2,427	2,774	9,085
経常費用（百万円）	2,809	2,652	2,734	2,939	7,202
経常利益（百万円）	44	28	11	95	△13
行政サービス実施コスト（百万円）	3,560	3,136	2,686	3,518	7,411
従事人員数（人）	39	38	36	38	39

※1 合計被引用数は、当該年度の前 3 年度間に発表した論文についての、クラリベイト・アナリティクス InCites Benchmarking に基づく被引用総数（当該年度の 3 月調査）。

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

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

中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
1．ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等		＜評価軸＞ ● 研究開発等の取組・成果の科学的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）が十分に大きなものであるか。 ● 研究開発等の取組・成果が社会課題・政策課題の解決につながるものであり、または、それらが社会的価値の創出に十分に貢献するものであるか。 ● 研究開発等の成果を社会実装につなげる取組（技術シーズを実用化・事業化に導く等）が十分であるか。 ＜指標＞ ● 具体的な研究開発成果（評価指標） ● 査読付き論文数（モニタリング指標） ● 論文の合計被引用数（モニタリング指標） ● 研究開発成果の移転及び利用の状況（評価指標）		評点	A
（5）フロンティア研究分野 世界最先端のICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「未来を拓く」能力として、イノベーション創出に向けた先端的・基礎的な技術が不可欠であることから、【重要度：高】として、以下の研究開発等に取り組むとともに研究開発成果の普及や社会実装を目指すものとする。	**1－5．フロンティア研究分野** トラヒックや消費電力の爆発的増大、より一層困難になる通信や情報処理における安全性確保等の課題を抜本的に解決し、豊かで安心・安全な未来社会を支えるICTの基礎となる新概念や新たな枠組みを形作ることを目指す。このため、究極の原理に基づく量子情報通信技術、新しい原理や材料に基づく新規ICTデバイス技術、数十億年の歴史を持つ生物に学ぶバイオICT等のフロンティアICT領域技術の各研究課題において、先端的・基礎的な研究開発を行う。			**1－5．フロンティア研究分野** 本分野としては、量子鍵配送プラットフォーム技術について、世界最先端の研究レベルを維持し、QKD 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、応用実証にも成功した。 また、酸化ガリウムデバイスについても、深紫外 LED についても、世界トップレベルの研究成果を上げるとともに実利用に向けた取組を進め、世界的にこれらの分野の研究開発をリードした。 さらに、世界最高レベルとなる EO ポリマーの耐熱性の成果とテラヘルツ無線テストベッドに向けた基盤技術に関する成果を上げた。 以上のことから、中長期計画を着実に達	

		● 研究開発成果の移転及び利用に向けた活動件数（実施許諾件数等）（モニタリング指標） ● 報道発表や展示会出展等を受けた各種メディア媒体の反響状況（評価指標）		成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。 個別の評定と根拠は、以下の項目に記載のとおりである。
○量子情報通信技術 通信ネットワークのセキュリティを確保し、さらに超低損失・省エネルギー化を安定的に達成する量子光ネットワークの実現に向けた基盤的技術を研究開発するものとする。また、研究成果を基に平成 32 年度までに量子鍵配送の実運用試験及びテストベッドにおける量子光伝送技術原理実証を実現するものとする。	**（1）量子情報通信技術** 光や電子の量子力学的性質を利用し、既存のICTでは実現不可能な絶対安全で高効率な量子暗号通信等の量子光ネットワーク技術や、従来理論による情報通信容量の限界を突破する超高効率ノード処理を実現し、光通信、量子暗号通信等のネットワーク機能を向上させる量子ノード技術等、未来のICTに革新をもたらす量子情報通信技術の研究開発を行う。 **（ア）量子光ネットワーク技術** 高い伝送効率・エネルギー効率を有し、将来にわたり盗聴・解読の危険性が無い安全性を確保する量子光ネットワークの実現に向けて、量子鍵配送で共有された暗号鍵を伝送装置からネットワークルーター、ユーザー情報端末までネットワークの各階層に安全に供給する量子鍵配送プラットフォーム構築・活用技術、伝送効率と安全性のバランスを適応的に設定可能な量子光伝送技術等の研究開発を行う。また、量子鍵配送プラットフォームを現在の通信インフラと融合させ、フィールド試験等により総合的なセキュリティシステムとしての実用性を検証する。さらに、光空間通信テ	● 報道発表や展示会出展等の取組件数（モニタリング指標） ● 共同研究や産学官連携の状況（評価指標） ● データベース等の研究開発成果の公表状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） ●（個別の研究開発課題における）標準化や国内制度化の寄与件数（モニタリング指標） 等	**（1）量子情報通信技術** **(ア)量子光ネットワーク技術** • 量子鍵配送プラットフォーム技術については、量子鍵配送及び現代セキュリティ技術である秘密分散を活用した、情報理論的安全な伝送・保管・認証及びデータの完全性を担保できる分散ストレージシステムの原理実証に世界で初めて成功した。また、同システムを生体データによる顔認証やスポーツカルテのデータ運用・管理など実際のユーザーと協業した実証実験に成功した。加えて、鍵管理や秘密分散等、同システムの要素技術を活用し、広域的な秘密分散ネットワークを構築、実医療データを用いた実証実験に成功した。さらに、耐量子 - 公開鍵暗号とのインターフェースを開発し、量子鍵配送ネットワークをクローズしたデータベースとして機能させた場合のアクセス制御やデジタル署名を耐量子 - 公開鍵暗号で実施するシステムの実証実験にも世界で初めて成功した。これらの成果のほとんどは産学官連携で進めたものであり、企業の量子鍵配送技術実用化の促進に貢献した。さらに、秘密分散ストレージシステムに改ざん防止署名、秘匿計算等の機能を具備しトータルセキュリティを実現する「量子セキュアクラウド」の概念設計を行い、その基盤・基礎技術を確立した。量子鍵配送技術の国際標準化活動に積極的に取り組み、特にITU-Tにおいて、同分野に関する初の勧告“ITU-T Y.3800 Overview on networks supporting quantum key distribution”の成立に主導的に寄与した。 • 新たな融合領域である「量子セキュリティ」分野を切り拓くべく、研究開発、その技術的検証、人材育成、社会実装を総	**（1）量子情報通信技術** 【科学的意義】 • 超伝導量子回路人工原子系における従来比 100 倍の巨大な光シフトの観測・制御に成功した。 • 非 AI 系窒化物超伝導体量子ビット作製に世界初で成功し、高い成果を上げた。 • 量子光ネットワーク技術については、QKD 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、世界で初めて光空間通信における物理レイヤ暗号のフィールド実証に成功、超小型衛星と光地上局の間で量子通信の基礎実験に成功した。 • 量子ノード技術については、世界最高

	ストベッドにおいて量子光伝送技術の原理実証を行う。 なお、令和元年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、未来への投資と東京オリンピック・パラリンピック後も見据えた経済活力の維持・向上の実現のために措置されたことを認識し、量子セキュリティ技術に関する社会実装研究のために活用する。 また、令和2年度補正予算（第3号）により追加的に措置された交付金については、「国民の命と暮らしを守る安心と希望のための総合経済対策」の一環としてポストコロナに向けた経済構造の転換・好循環の実現を図るために措置されたことを認識し、衛星量子暗号通信に必要となる鍵処理用デバイスの検証環境構築のために活用する。 **（イ）量子ノード技術** データセンターネットワーク等におけるノード処理の多機能化や超低損失・省エネルギー化をもたらす量子ノード技術を実現するための基礎技術として、光量子制御技術、量子インターフェース技術、量子計測標準技術等の研究開発を行う。光量子制御回路の高度化・小型化基盤技術及び量子計測標準による精密光周波数生成・評価技術を確立するとともに、量子インターフェースの原理実証を行う。		合的に推進するため、量子セキュリティ拠点の整備に向け、拠点となる新棟を建設、さらに量子暗号通信の社会実装に向けた長期運用実験を開始した。さらに、量子人材育成の具体的な活動として、「NICT Quantum Camp」を機構内関連部署と共に立ち上げた。 • 量子光伝送技術については、当機構本部－電通大間に距離約 7.8km の光空間通信テストベッドを構築した。同テストベッドを用いて、空間光通信における物理レイヤ暗号の実証実験に世界で初めて成功し、さらに同報型鍵配送の実装にも初めて成功した。また、宇宙通信研究室と連携し超小型試験衛星 SOCRATES により、超小型衛星では世界初となる量子通信の基礎実験に成功した。これらの技術開発を背景として、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」が開始され、機構も参画し実用的な衛星量子通信技術の開発促進につながった。 • 将来の衛星量子暗号への発展を期し、空間光量子暗号の送受信システムの開発を進めると共に、見通し通信を前提とした合理的仮定の下、量子暗号よりも桁違いに高速に鍵共有を可能とする GHz 級高速物理レイヤ暗号システムの実験・実証においても世界に先駆ける成果を得るに至っている。 **(イ)量子ノード技術** • 光量子制御技術について、通信ノード間で量子もつれを共有する際に必須となる量子もつれ交換プロトコル高度化のための取組を推進した。具体的には、量子もつれ光の持つ非局所性（ベルの不等式の破れ）について、パラメトリック下降変換と光子検出器を用いた方式としては、従来の10倍以上強い非局所性を観測できる新たなパラメータ領域を発見し、その一部について実験実証に成功した。次に、この量子もつれ光の非局所性を増幅できるプロトコルの原理実証実験に成功した。さらには、同プロトコルの成否が確率的に決まり、単位時間当たりの成功回数を増やすには試行回数を増やす必要があることから、量子光源高速化の取組を進めた。具体的には、従来型と比較して 100 倍以上高速となる最大 50GHz の繰り返し周波数を持つ励起光源や、自由空間の Sagnac 干渉計にPPLN光導波路を組み込んだハイブ	速の量子光源の実現、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。 等、科学的意義が大きい先導性、発展性に富んだ特に顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • インジウムイオン光周波数確度を従来の 60 分の1に改善、可搬型周波数標準技術を確立した。 • QKD 鍵管理技術を応用した広域分散バックアップネットワークを構築、実医療データを用いてその有用性の実証に成功した。 • 超小型衛星と光地上局との間での量子通信の基礎実験に成功した。 • 国際標準化活動に積極的に取り組み、初の QKD ネットワークに関する ITU-T 国際勧告の

			リッド型の量子光源、さらには複数の単一光子検出器を並列動作させる多重型の単一光子検出系を開発し、伝令付き単一光子生成において世界で初めて 10MHz を超える検出レートを実現した。また、このような高速化量子光源で生成した光子の干渉性を高められる時間フィルタ手法を新規開発し、世界最高レートとなる繰り返し周波数 3.2GHz において 2 光子干渉の観測に成功した。同光源を用いた量子もつれ交換等の量子プロトコルの実証に必要となる光ゲートの動作実証を完了した。 • 量子計測標準技術では、イオントラップ技術を電磁波研究所時空標準研究室に提供することにより、インジウムイオン光周波数確度の従来比 1/60 への改善と国際度量衡局の諮問会議（CCTF）での標準周波数更新採用に大きく貢献した。従来型単一イオン光周波数標準の弱点であった安定度限界を克服する複数イオン光周波数標準の原理実証動作を確認し、安定度評価を完了した。単一イオンから発生した単一光子の量子周波数変換・長距離伝送を実証し、イオンによる量子インターネット基盤技術の一つを実現した。 • 量子インターフェース技術について、マイクロ波と量子ビットの量子レベルでのコヒーレントな結合に必須となる超伝導量子回路の設計試作及び量子コヒーレンス測定評価法についての取組を進めた。さらに量子インターフェース技術を従来の強結合領域を超えて超強結合（深強結合）領域へ拡張するスキーム及びそこで必要となる量子状態測定法の開発に着手した。超伝導人工原子－マイクロ波光子間の桁違いに強い相互作用を利用し、全く新しい光・物質相互作用系の基底状態を生成することに成功した。一般にエンタングルメントは励起状態で形成されるがこの深強結合系では基底状態でエンタングルメントが形成されていると考えられており、量子技術の新たなリソースとなる可能性がある。さらに深強結合系において光子数個の場合、従来報告値の 100 倍超の量子 ac シュタルクシフト及び真空揺らぎによる巨大なラムシフトの観測と制御に成功した。加えて、超伝導量子ビット－共振器結合回路のハミルトニアン導出・数値計算に成功し、現象論的な量子ラビハミルトニアンとの対応関係を明らかにした。また、Si 基板上にマイクロ波共振器と強結合した非アルミニウム型 NbN 窒化物超伝導体量子ビット（0 接	成立に主導的役割を果たした。また、量子 ICT フォーラムの設立を推進し、量子通信に関するコミュニティでリーダーシップを発揮した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • ITU-T における各種 QKD 関連標準の成立に主導的役割を果たした。 • 一般社団法人「量子 ICT フォーラム」の設立は成果の社会展開に向けたコミュニティ形成の1つとして重要な成果である。 • QKD 技術を応用した分散データバックアップシステムを構築、実医療データでの実証を実施した。 等、社会実装につながる顕著な成果の創

			合、π接合）を作製することに成功し、量子コヒーレンスの測定を行った。 • また、量子情報通信技術分野全般に関して、日本全体の産学官連携、及び研究開発と実用化戦略の議論を促進するためのフォーラム形成を進め、一般社団法人「量子 ICT フォーラム」の設立（令和元年度）に大きく寄与した。	出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、特に顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「S」とした。
○新規ICTデバイス技術 酸化ガリウム等の新半導体材料の優れた物性を活かした電子デバイスに関する基盤技術を研究開発するとともに、研究開発成果の移転を図ることで、高効率パワーデバイスや極限環境で使用可能な情報通信デバイスの実用化を目指すものとする。 また、情報通信から殺菌、工業、安全衛生、	**（2）新規ICTデバイス技術** 革新的なICTデバイス技術により、ICT分野に留まらず幅広い分野に大きな変革をもたらすため、酸化物半導体や深紫外光等を利用した全く新しいICTデバイスの研究開発を進めるとともに、研究開発成果の普及や社会実装に向けた取組を行う。 **（ア）酸化物半導体電子デバイス** 地球上の更に幅広い場所で快適にICTを活用できる社会や、電力のこれまで以上の効率的制御による省エネルギー社会の実現を目指し、酸化物を中心とする新半導体材料の開拓に積極的に取り組み、その優れた材料特性を活かした新機能先端的電子デバイス（トランジスタ、ダイオード）を実現する。酸化ガリウムを利用した高効率パワーデバイス、高周波デバイス、高温・放射線下等の極限環境におけるICTデバイス等の基盤技術の研究		**（2）新規ICTデバイス技術** **（ア）酸化物半導体電子デバイス** • 酸化ガリウムトランジスタ、ダイオードの基盤技術研究開発を、パワーデバイス応用、高周波無線通信応用、極限環境応用の 3 つの分野で、産学外部機関と緊密な連携、協力の下、推し進めてきた。パワーデバイス開発の主な成果としては、世界初の耐圧 1 kV 超ショットキーバリアダイオード、窒素イオン注入 p 型ドーピング技術、オールイオン注入プロセスによる縦型トランジスタ等のマイルストーンキー技術開発、デバイス実証が挙げられる。また、高周波応用の可能性を探るための微細ゲートトランジスタ開発においては、優れた高周波デバイス特性を実現する横型微細ゲート MOSFET の作製に成功し、世界最高の最大発振周波数 27 GHz を達成した。さらに、極限環境デバイス開発においては、主に放射線下での酸化ガリウムデバイスの動作信頼性、劣化等についての調査を行い、その材料的堅牢性、更には極限環境という半導体デバイス未踏の領域での高い実用の可能性を確認した。 • 成果物としては、学術論文 43 編、国際会議招待講演 76 件（内 基調講演 5 件）、特許登録 35 件（国内 17 件、国外 18 件）などを達成した。また、機構から報告した酸化ガリ	**（2）新規ICTデバイス技術** 【科学的意義】 • 耐圧性能の高い実用的な酸化ガリウムダイオードやトランジスタの開発、イオン注入ドーピング技術などの実際の生産に適したプロセス技術の開発で世界初となる高い研究成果を上げて、世界的にこの分野の研究開発を牽引している。2017 年に Appl. Phys. Lett. で出版された全論文中、被引用回数第 1 位など学術的にも極めて高い評

環境、医療分野に至るまで幅広い分野に技術革新をもたらすことを目指し、従来の可視・赤外半導体技術では達成できない機能を備えた深紫外光ICTデバイスの実現に向けた基盤技術を研究開発するものとする。	開発を行うとともに、民間企業に研究開発成果の移転を図るなど実用化を目指す。 **（イ）深紫外光ICTデバイス** 従来の可視・赤外半導体技術では達成できない機能を備え、情報通信から殺菌、工業、安全衛生、環境、医療分野に至るまで、幅広い生活・社会インフラに画期的な技術革新をもたらす深紫外光ICTデバイスの実現に必要な基盤技術の研究開発を行う。さらに、従来に無い水銀フリー・低環境負荷かつ高効率・高出力な深紫外小型固体光源を実現するための技術や、その社会実装に必要な技術の研究開発を行う。 なお、令和2年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「新型コロナウイルス感染症緊急経済対策」の一環として、治療薬・ワクチンの開発の加速を図るために措置されたことを認識し、紫外線照射技術の開発及び実証のために活用する。		ウム関連論文の被引用回数は、2016 年の 445 回から大きく増加し、2019 年は 1,532 回、2020 年は 1,487 回を記録した。 • 平成 27 年 6 月に、機構からの技術移転ベンチャー企業として設立された（株）ノベルクリスタルテクノロジーは、順調にその業績を伸ばしてきた［売上実績：平成 27 年度 1,300 万円、平成 28 年度 6,900 万円、平成 29 年度 1.6 億円、平成 30 年度 2.3 億円、令和元年度 2.3 億円］。 • このように、酸化ガリウムデバイスにおいては、将来的に様々な応用が期待され、社会に向けて環境・産業の両面での大きな波及効果が見込まれる。 **（イ）深紫外光ICTデバイス** • ソーラーブラインド通信技術、地球環境問題の解決から、ウイルスの不活性化、医療・産業応用に至るまで、幅広い分野において画期的な技術革新をもたらすことが期待される深紫外発光ダイオード（DUV-LED）の基盤技術について研究開発を行い、その世界最高出力値を大幅に更新する光出力 650mW 超を達成した（発光波長 265nm、シングルチップ、室温・連続駆動）。光取出し効率、効率ドループ特性等を大幅に改善するナノ光構造技術、新規デバイス・パッケージ構造の開発に成功した。深紫外 LED の最大の問題であった低光出力の課題解決へ大きく前進した。これらの成果は Applied Physics Letters 誌（2017 年）や応用物理学会機関紙「応用物理」2019 年 10 月号等に掲載された。Applied Physics Letters 誌においては、光エレクトロニクス分野において最も引用、最もダウンロードされた論文の一つとして Top Articles に選出された。また「応用物理」においては、その表紙を飾った。またこれら一連の成果が高く評価され、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した（2018 年 7 月）。 • 機構の深紫外 LED 成果技術（特許 8 件）について、国内電機メーカーに技術移転活動を実施し、実施契約を締結した（2018 年 12 月～）。量産デバイスに国立研究機関開発のナノ光構造技術を搭載する国際的にも稀有な成功事例となった。また、更なる高出力深紫外 LED の社会実装へ向け、業界最大手メーカーと資金受入型共同研究契約を締結、その	価を得ている。 • 深紫外領域での初の光制御用高性能高集積な光アイソレータ素子を創出した。 • 水銀ランプに替わる深紫外 LED の実現に向けて、世界最高の光出力 650mW 超のシングルチップの開発、新規・透明コンタクト材料の開発、世界最高となる電流駆動中の内部量子効率 77%を達成するなど着実に高い研究成果を出し続けている。 等、科学的意義が大きい独創性、先導性に富んだ特に顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • オールイオン注入プロセスで作製した世界初の縦型ノーマリーオフ酸化ガリウムトランジスタを実現した。 • 酸化ガリウムについ

			実用化技術開発と普及実現に向けた取組を本格化した（2019 年度 8 月～）。 • 深紫外 LED の電流駆動中の内部量子効率（IQE）と電流注入効率（CIE）を世界で初めて定量化することに成功した。実駆動中の深紫外 LED の内部量子効率として世界最高値となる77%を達成した。これらの成果は、Optics Express 誌（2017 年）に掲載され、本領域における優れた研究成果として、ハイライト論文に選出された。 • 深紫外 LED において、深紫外領域で不透明な p 型 GaN に替わる透明 p 型コンタクト材料の開発を行った。六方晶窒化ホウ素（h-BN）/AlGaN ヘテロ構造の低温（300℃）製膜技術を確立した。バンド構造を定量化し、深紫外領域での透明性を実証することにより、新規透明 p 型コンタクト層としての有効性を実証した。これらの成果は、Applied Physics Letters 誌（2019 年）や Materials 誌（2019 年）に掲載された。 • 深紫外光の ICT 活用に向けて、金属ナノ光構造を用いた光アイソレータや深紫外偏光制御デバイスの設計手法とその作製技術を確立した。Fano 干渉効果（局在型及び伝播型プラズモン間の相互作用）を活用し、深紫外領域における広帯域且つ高消光比の偏光制御デバイスを実証することに成功した。これらの成果の一部は、Physical Review A 誌（2018 年）や Journal of the Optical Society of America B 誌（2020 年）に掲載された。 • 令和 2 年度より、機構の高強度深紫外 LED 技術を活用し、多様な利用シーンに対応できる、クリーンで持ち運び可能、高強度・広範囲 DUV 照射モジュールの開発に着手、その実用化技術開発に向けた民間企業との連携、及びウイルス不活性化検証に向けた医療研究機関との連携も併せて推進、新型コロナウイルス感染症対策に貢献するための本格的な取組を開始した。	て、高温、放射線下など極限環境への応用可能性を明らかにした。 • 環境上の配慮から、水銀ランプの使用規制は厳しくなってきており、殺菌用の水銀ランプに代替する技術である深紫外 LED の開発は社会的価値が高い。センターでは、世界最高出力の深紫外 LED チップを実現、新型コロナウイルス感染症対策に向けたモジュール開発及び実証研究も開始しており、最も実用に近い研究成果を実現している。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • 酸化ガリウムデバイス基盤技術の民間企業への技術移転

				により製品化に成功した。 • 深紫外 LED 成果技術を民間企業に技術移転しデバイス製品化に成功し、特許実施契約を締結した。 等、社会実装につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

○フロンティアICT領域技術 通信速度や消費電力、感度等に係る課題に対してブレークスルーとなるデバイスの創出を目指して、高機能デバイスに関する技術を研究開発するものとする。 また、ミリ波及びテラヘルツ波を利用した100Gbps 級の無線通信システムを実現するための技術を研究開発し、産学官連携や国際標準化に寄与することで、未踏周波数領域の開拓に貢献するものとする。 さらに、QOL(quality of life)の向上を目指し、生物の感覚受容システムを利用したセンシングシステム、生体や細胞における情報伝達・処理を模倣したシステム及び生体材料が	**(3)フロンティアICT領域技術** 将来の情報通信システムにおいて想定される通信速度やデータ容量、消費電力の爆発的増大等の課題の抜本的な解決に向け、新規材料やその作製手法の研究開発及び高度な計測技術等の研究開発を行うことによって、革新的デバイスや最先端計測技術等の実現を目指す。また、ICT分野で扱う情報の質や量を既存の枠組みを越えて拡張し、新しい情報通信パラダイムの創出につなげるために、生物が行う情報通信を計測・評価・模倣するための基礎技術の研究開発を行う。 **(ア)高機能ICTデバイス技術** 高速・大容量・低消費電力の光通信システムや広帯域・高感度センシングシステム等を実現するため、原子・分子レベルでの構造制御や機能融合等を利用してICTデバイスの新機能や高機能化を実現する技術の研究開発を行う。また、小型超高速光変調器等の実用化に向け、超高速電子ー光変換素子等の動作信頼性及び性能を飛躍的に向上させる基盤技術の研究開発を行う。さらに、超伝導単一光子検出器の広範な応用展開を目指し、可視から近赤外の波長帯域で 80%以上の検出感度を実現するための技術や、更なる高速化に必要な技術の研究開発を行う。 **(イ)高周波・テラヘルツ基盤技術** ミリ波及びテラヘルツ波を利用した100Gbps 級の無線通信システムの実現を目指したデバイス技術や集積化技術、計測基盤技術等の研究開発		**(3)フロンティアICT領域技術** **(ア)高機能ICTデバイス技術** • データセンター等で需要が急増する光インターコネクト用の超高速光変調器の開発に向けて、O バンド(1310nm 帯)で高性能な EO ポリマーの開発を行い、性能指数 7.3 倍の分子開発に成功した(特許出願)。さらに、安価な Si ディテクタが使用できる 1100nm 以下の短波長化に向けた検討を行い、640nm～980nm の短波長領域でも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(特許出願)。また、EO ポリマーの実用性能として耐熱性の向上に取り組み、ガラス転移温度 205℃の超高耐熱 EO ポリマーの開発に成功した(特許出願)。Photonics West 2017、EMN-THz 2017、MRS Spring 2018 で招待講演をした。本特許をライセンスし、EO ポリマーを日米で販売し、EO ポリマーデバイス研究の振興に寄与している。小型超高速光変調器の実用化に向けて、「Si/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の実用化技術開発」が科学技術振興機構の研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)に採択され研究開発を推進し、EO ポリマーや Si 単独の光変調器(VπL=4)よりも高効率の光変調(VπL=0.69)を確認した(特許出願)。低酸素下での光耐性改善とアルミナ封止膜被覆による酸素透過度の3桁減少を確認した。この成果は、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への寄与が見込まれる。高耐熱 EO ポリマーを用い配向処理済 EO ポリマーと難接着性材料を圧着転写する技術を開発した(特許出願)。この技術を用いて、小型・低出力のフェムト秒ファイバーレーザーを用いた THz 波発生を世界で初めて実証した(Optics Express 誌掲載)。Si 基板など様々な基板に転写可能な汎用的なプロセス技術を世界で初めて開発し、グラウンド電極を有する EO ポリマー導波路 THz 検出器を試作し、100 GHz 帯電磁波による直接光変調を実証した。この技術は、次世代高速無線通信(Beyond 5G/6G)へ向けた ToF(THz over Fiber)技術基盤となる。加えて THz 波検出において、シュタルク効果(電場により吸収係数が変化)を用いた新規 THz 波検出方法を考案し、既存の EO サンプリング法よりも、簡便な光学系で広帯域検出が可能であることを実証した(特許出願、JJAP 誌掲載)。シュタルク効	**(3)フロンティアICT領域技術** 【科学的意義】 • 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。 • SSPD と SFQ チップを組み合わせて光子の位置情報をデジタルで読み出すことに成功した。 • 細胞内に導入した人工ビーズの周囲での膜構造の人工形成に成功した。 • 窒化物超伝導体を用いた強磁性ジョセフソン結合の実現などの成果を創出した。 • テラヘルツ無線テストベッドに向けたテラヘルツベクトル信号発生技術及び検出技術を開発、テラヘルツ無線計測に向けた広帯域スペクトル計測基盤技術を開発し、テラヘルツ帯材料の精密特性評価技術の研究開発を推進した。 等、科学的意義が大きい革新性、先導性

示す応答を計測・取得するシステムに関する技術を研究開発するものとする。	を行う。また、テラヘルツ帯等の超高周波領域における通信等に必要不可欠である信号源や検出器等に関する基盤技術の研究開発を行う。これらの研究開発成果を基に、テラヘルツ帯における無線通信技術及びセンシング技術の実用化を目指した標準化活動の推進に貢献する **（ウ）バイオICT基盤技術** 生体の感覚に則したセンシングを実現し、ヒトを取り巻く化学物質等の影響の可視化・知識化を通してＱＯＬ（quality of life）の向上につなげるため、分子・細胞等の生体材料が持つ優れた特性を活かして化学物質等に付随した情報を抽出・利用するための基礎技術の研究開発を行う。具体的には、情報検出システムの構築のため、生体材料を用いて情報検出部を構成する技術やその機能の制御・計測・評価に必要な技術の研究開発を行う。また、情報処理システムの構築のため、生体材料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を行う。		果を用いてレーザー核融合実験で発生するＸ線と電子線を4ps の高時間分解能（従来比 1/5）で計測に成功した。レーザー核融合発電の実現に向けた前進に寄与する成果である。（Photonics West 2021 で招待講演）。高ガラス転移温度 EO ポリマーと化学安定性向上技術、電荷注入抑制技術などを用いて、狭ピッチ化した EO ポリマー光フェーズドアレイ（OPA）を試作し、最大偏向角 22.5 度と従来比の 20 倍である 2 MHz の高速動作を確認し世界最速動作を更新した（Photonics West 2019、レーザー学会で招待講演、JJAP 誌掲載、IEEE Photonics Journal 誌掲載）。この成果は、自動運転に不可欠な LiDAR や3次元情報取得カメラ、高速大容量空間光通信など広範な応用が期待される先駆的な取組みであると評価され、映像情報メディア学会映像情報メディア未来賞フロンティア賞を受賞した。超高速 OPA の可視光動作に向けて、640nm で高効率変調が可能なＥＯポリマーを用いて光導波路を試作し、変調実証可能なレベルの光伝搬及び光分岐を確認し、光変調を実証した。 • 超伝導単一光子検出器（SSPD）の広範な応用展開を目指し、広波長帯域化、高速化、高機能化に取り組んだ。可視から近赤外域における任意の光波長で高い光吸収率を実現するために、誘電体多層膜上に超伝導ナノワイヤを配した構造及びその設計手法を開発し、実素子においてその有効性を確認した（Scientific Reports 誌掲載）。この手法を用いて、850 nm 帯 SSPD の構造を最適化し、半導体光子検出器では実現不可能な 1 カウント/秒以下の暗計数率で90%を超える検出効率を実現した。高速化、高機能化においては、単一磁束量子（SFQ）信号処理回路による極低温信号処理という機構独自の方式を提案し、16 ピクセル SSPD による 1 ns 間隔で入射する光子の高効率な検出の実証（論文投稿準備中）、64 ピクセル SSPD アレイの完全動作（Optics Express 誌掲載）、2 光子の高時間精度での同時計数の実証（Applied Physics Letters 誌掲載）、行列読出し方式との組合せによる 4x4 ピクセル 2 次元 SSPD イメージアレイの動作実証（Optics Express 誌掲載）等に成功した。以上、第 4 期中長期研究期間における目標である広波長帯域化、高速化、高機能化を十分に達成し、1 GHz を超える繰り返し周波数での高速光子検出、大面積化、光子	に富んだ顕著な成果や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会的価値】 • Si/有機ポリマハイブリッド超高速光変調器の開発を進め、高効率光変調を確認した。 • VSOTA 用 SSPD を開発し、80%以上の検出効率を実現した。 • 細胞内の情報分子の位置決定のための色収差補正法を改良することで、超解像顕微鏡法や共焦点顕微鏡法などを用いた生体情報分子の可視化精度の向上に貢献している。 • 275GHz 以上の周波数についての国際標準化活動を積極的に行い、IEEE の関連国際標準規格の成立や ITU-R 世界無線会議（WRC-19）におけるテラヘルツ周波数帯の移動業務及び固定業務応用への

			数識別、将来的に 10,000 ピクセルを超える 2 次元イメージアレイの実現に向けた重要な基盤技術を確立することができた。また、SSPD の技術移転についても、光学機器メーカーと 3 年間にわたって資金受入型共同研究を実施し、本年度中に技術移転を完了、令和 3 年度にはライセンス契約を締結する見込みである。SSPD の研究開発について、令和 2 年度前島密賞を受賞した。 機構のコア技術である窒化物超伝導デバイスの新たな応用として、長いコヒーレンス時間を持つ超伝導量子ビットの実現を目指し、そのための基盤技術についても研究開発を行った。これまでに、世界初の強磁性ジョセフソン接合の実現（Physical Review Applied 誌掲載）、TiN 薄膜を用いた超伝導共振器において薄膜共振器では世界トップレベルの $1x10^6$ を超える単一光子レベルのマイクロ波強度での内部 Q 値を実現した。また、電子線描画と化学機械研磨を併用したディープサブミクロン寸法のフルエピタキシャル NbN/AlN/NbN 接合作製技術を確立し（Applied Physics Express 誌掲載）、この接合を用いて作製した C シャント磁束型超伝導量子ビットにおいて 23.7 μs というコヒーレンス時間の観測に成功した（論文投稿準備中）。この 23.7 μs というコヒーレンス時間は、現在 Google、IBM をはじめとするほとんどの機関が採用しているアルミ量子ビットと比べてもそん色のない値であり、超伝導量子ビットの大規模集積化に向けたアルミ量子ビットに替わる新たな材料・素子候補として、窒化物超伝導体の可能性を示すものである。 **（イ）高周波・テラヘルツ基盤技術** • シリコン CMOS によるワンチップ 300GHz 送受信集積回路を実現、100Gbps を超える無線伝送に成功した。これらの成果により、世界最高峰の国際会議 IEEE ISSCC に前中長期計画時の平成 27 年に続き2回採択の快挙、国際会議 IEEE RFIT で最優秀 Award 受賞、集積回路分野における最高峰の論文誌 IEEE JSCC に2本掲載。300GHz トランシーバの開発と無線伝送実験の成果について、平成 30 年度前島密賞を受賞した。 • GaN 系および InSb 系 HEMT において、遮断周波数 f_T 若しくは最大発振周波数 f_{max} で 300 GHz 超を達成する結晶／	特定化に貢献し、多くの賞を受賞した。 等、社会課題の解決や社会的価値の創出に貢献する成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【社会実装】 • 超高耐熱 EO ポリマーの開発に成功し、民間企業に技術移転し日米で販売を開始した。 • SSPD 技術の民間企業への技術移転を本格化した。 • InSb 系や GaN 系 HEMT において、300GHz 超を達成する試作プロセス等に関する基盤技術を確立した。 • バイオ ICT 基盤技術では、微生物の化学物質検知能力の応用研究で民間企業との共同研究を実施した。 等、社会実装につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得

			デバイス構造、試作プロセスに関する基盤技術を確立した。GaN-HEMT では f_{max} = 287 GHz、InSb 系 HEMT は相互コンダクタンス g_m = 1.1 S/mm, f_T = 331 GHz を、それぞれ低電圧駆動で達成するなど、世界最高水準に到達した。 • 超高周波領域での通信・計測システムに適用可能な高安定光源の研究開発を行い、集積化に適した窒化シリコン微細加工技術を適用した共振器で 10^6 を超える Q 値を達成した。この共振器を用いておよそ 100GHz 間隔の光周波数コムの生成を実現し、更にテラヘルツ波発生を実証した。 • テラヘルツ帯で動作可能な広帯域ベクトル信号発生・検出技術の研究開発を行い、また、広帯域ヘテロダイン検出を駆使したテラヘルツ帯スペクトル計測基盤技術の研究開発を行った。 • コミュニティ形成や標準化活動に関し、テラヘルツシステム応用推進協議会やテラヘルツテクノロジーフォーラムの運営に積極的に参加するとともに ARIB の活動にも積極的に関与した。また、副議長として IEEE 802.15 Standing Committee THz への貢献や IEEE Std 802.15.3d の成立、ITU-R においては WRC-19 にて 275-450GHz を陸上移動業務と固定業務に特定する新脚注 5.564A の無線通信規則追加に寄与した。これらの貢献により、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、第 48 回日本 ITU 協会賞（功績賞）などを受賞した。 **（ウ）バイオICT基盤技術** 情報検出システムの構築に関し、以下の成果を得た。 • 生体分子が持つ優れた特性を活かした人工素子を構築するために、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の提案を行い、その機能計測と性能評価を遂行した。まず、所望の機能を持つ生体素子構築法の検討と設計に関し、自然界にある分子モジュールから新規分子素子を創製することに成功した（Nature Nanotech.誌掲載）（平成 28 年 7 月 28 日報道発表）。次に、新たに構築した DNA と相互作用する新規機能を持つ生体分子素子について、DNA 上を移動する世界最速の人工素子であること、DNA 形状を制御することで運動性が大きく変化することを確認した。さらに、この生体分子	られた。 以上のことから、中長期計画を着実に達成した上で、顕著な成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「A」とした。

			素子をDNA カーゴによってシステム化し、DNA 経路上を長距離滑走できる分子トランスポータを構築することに成功し、トランスポータの種類に特異的な経路を認識すること、ソータを形成してトランスポータを分離できることを確認した（BBRC 誌、Biophys. Rev.(2020)掲載及び論文投稿中）。この一連の成果に関連し、文部科学大臣表彰科学技術賞（令和 2 年度 研究部門賞）を受賞した。また、タンパク質分子集団の相互作用によるネットワーク構築と、その数理モデル化に成功した(Biophysical J.誌掲載)（平成 28 年 11 月 15 日報道発表）。 • 細胞が持つ優れた特性を活かした素子を構築するために、細胞の部品を人為的に構成し、その機能を制御するための基礎技術としての細胞内微小空間構築技術の研究開発をすすめ、これを用いて細胞の応答を計測・評価することで細胞内における情報検出分子機構に関する知見を得た。まず、情報を選別する役割を担う分子に関して、先に同定した情報選別に関わる分子 p62 を除去すると、外来 DNA 導入の効率が向上することを見出した（FEBS letters 誌掲載）(平成 28 年 7 月 6 日報道発表)。さらに、この外来 DNA 導入効率に関与する p62 分子が、オートファジー（自食作用）を制御する因子であることを解明した（FEBS Open Bio 誌掲載）。細胞内微小空間構築技術に関して、生きた培養細胞の中に核膜孔構成因子の一つを結合させた人工ビーズを導入することで、核膜に似た膜構造で囲まれた微小空間をビーズ周囲に人為的に形成できることを示した（Genes to Cells 誌掲載）。さらに、DNA 結合ビーズをマウス受精卵細胞の中に導入することで、ビーズ周囲に細胞核膜構造を人為形成させることに成功した（Sci. Rep.誌掲載）（令和元年 6 月 11 日報道発表）。また、ヒトがん細胞（培養細胞）を用いた細胞内微小空間構築技術の高度化に関して、ビーズ表面に結合させる生体分子の種類を変えることで、望みの性質を持つ核膜類似構造体を作り分けられることを実験的に証明し、遺伝子発現の場である細胞核構造の人為構築に向けた知見を得た（投稿準備中）。さらに、こうした、細胞内構造体の構造と機能を計測するために、従来の波面センサーや可変形鏡を用いた補償光学的手法とは異なる生体深部観察のための画像処理方法を開発した（特許出願	

			2020-120496）。これにより、生体深部観察における分解能を回折限界近くまで向上させることに成功した。また、電磁波研究所が開発した波長多重インコヒーレントホログラムセンシングを、光が微弱で構造が複雑な細胞試料の蛍光イメージングに応用し、僅か 5 枚のモノクロホログラムから二色の三次元画像を再構築することに成功した（Appl.Opt 誌掲載）。 これらにより、生体材料によって情報検出部を構成し、機能を制御・計測・評価するための技術基盤を構築した。 情報処理システムの構築に関し、以下の成果を得た。 • 生体材料の応答を高精度に計測し、的確に処理・解析するための顕微鏡技術の研究開発をすすめるとともに、得られた顕微鏡技術を用いて、生きた細胞における情報処理機構の分子基盤に関する知見を得た。まず、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、Sci. Rep.誌に発表した。公開したソフトウエアの改良を進め、補正法の詳細について、JoVE 誌に掲載決定した。さらに、この方法を応用して生細胞内の高精度距離計測に成功した（Plos Genet 誌掲載）。また、超解像顕微鏡法の改良を進め（Nature Protocols 誌掲載）、光学収差による影響を低減した。生きた細胞における情報処理機構の分子基盤に関して、大小2つの細胞核をもつテトラヒメナ細胞において、分子分配の要となる細胞核の核膜孔複合体構成タンパク質を網羅的に同定した（J. Cell Sci.誌掲載）。また、細胞核種特異的分配シグナルを同定し、テトラヒメナ細胞における核タンパク質の分配機構を解明した（Genes to Cells 誌掲載）。さらに、分裂酵母細胞を用いて、染色体上に形成された RNA-タンパク質複合体が、液-液相分離(LLPS)したドロップレットの相互認識を介することで、染色体間の相互認識を担っていることを明らかにした（Nat. Commun.誌掲載）（報道発表、令和元年 12 月 10 日）。次いで、LLPS による染色体認識反応に引き続き形成される相同染色体の線状構造の形成機序を解明した（Chromosoma 誌掲載）。 • 昆虫脳の応答を的確に計測・解析・制御する手法の研究開発として、昆虫脳での記憶形成モデルの構築をすすめるとともに、神経興奮を外部から制御するシステム及び細胞レ	

			ベルで記憶時の変化を実時間観察するシステムを構築した。また、昆虫脳における性差創出の分子機構に関して、Lola29 タンパク質の N 端ドメインの除去が脳の雄性化を阻害することを実証した（Nat. Commun.誌掲載）。さらに、脳細胞の接続様式を雄型から雌型に切り替える分子スイッチを発見した（Commun.Biol.誌掲載）。 • 生体材料の応答を的確に処理・解析して化学物質に付随した情報を抽出するための手法の設計、評価に関して、化学物質に対するバクテリア出力波形の処理法を検討し、種々の化学物質に対して細胞が発生する複雑な応答を、幾何学的な特徴に注目した直線の集合として数値化する手法を開発した（特許出願：特開 2019-121258）。また、バクテリア細胞の化学物質への応答を機械学習で予測する手法を開発した（Front. Bioeng. Biotechnol. 誌掲載）。さらに、バクテリアセンシングの化学物質に対する識別能の評価や測定環境による影響の検討を実施し、成分が未知の混合化学物質を有意に識別できることを実証した。一連の活動に関し、企業との共同研究において、味質評価への応用に関する検討・評価を実施した。これらで用いたバクテリアによる分析技術に関する特許が登録された（特許第 6631771 号 「微生物分析装置及び微生物分析方法」）。また、社会展開に向けたバクテリアセンサの技術アピールとして、広報用の「ケミカルバイオセンサー」Web ページを開設した。 これらにより、生体材料の応答を的確に処理・解析して情報を抽出する信号処理法の基盤を構築した。	

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日(水)　13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井　善則	委員長	東京工業大学　名誉教授
速水　悟	委員	岐阜大学　工学部　電気電子・情報工学科　教授
安藤　真	委員	東京工業大学　名誉教授
飯塚　久夫	委員	一般社団法人　量子 ICT フォーラム　総務理事
太田　勲	委員	兵庫県立大学　学長
國井　秀子	委員	芝浦工業大学　客員教授
松井　充	委員	三菱電機株式会社　開発本部　役員技監
安浦　寛人	委員	九州大学　名誉教授
渡辺　文夫	委員	Fifth Wave Initiative　代表

3. 委員長及び委員からのコメント

- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （フロンティア研究分野について）中項目の新規 ICT デバイス技術の期末は、S 相当である（自己評価は A）。酸化ガリウムは NICT が独自に研究開発して、世界に多数の優れた論文も発表している分野で、材料開発から始めてパワーデバイスとしてのデバイス特性が十分出てきている。さらに高周波への応用の可能性も発見しており、社会的価値という意味では十分高い。また、深紫外 LED デバイスについては 265 nm でシングルチップであり、室温連続で 650mW という世界の最高出力等、他の技術と比較しても大きな差をつけたレベルで成果を出している。まさにこれは先端的、独創的な非常に科学的意義の高い成果である。加えて、今、コロナにも対応するべく、持ち運びできるとか、均一に照射できるとか、あるいは実際に新型コロナウイルス感染対策に貢献できるとか、そのような成果が出ている。

（全体を通して）

- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／6Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第４期中長期目標期間項目別自己評価書（No.6 研究開発成果の最大化）

1．当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ．－2．研究開発成果を最大化するための業務		
関連する政策・施策	―	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第7号、附則第8条第2項
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2．主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等（前中長期目標期間最終年度値）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
機構内外のテストベッドの利用件数	79	102	127	140	178	171
機構外との共同研究数 ※1、※6	―	429	510	559	582	568
機構外との研究者の交流数 ※1、※2	―	589	665	671	610	572
産学官連携の案件数 ※1、※3	―	―	27	27	30	23
標準化会議等への寄与文書数	287	242	208	229	211	154
実践的サイバー防御演習の実施回数	―	39	100	107	105	106
実践的サイバー防御演習の受講者数 ※4	―	1,539 (1,170)	3,009 (3,000)	2,666 (3,000)	3,090 (3,000)	2,648 (3.000)

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※5

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	8,233	10,195	10,208	15,029	25,075
決算額（百万円）	5,550	10,040	8,776	8,788	11,787
経常費用（百万円）	6,188	8,363	8,930	9,750	10,678
経常利益（百万円）	27	△169	△47	△183	△214
行政サービス実施コスト（百万円）	7,176	9,927	8,791	10,928	11,165
従事人員数（人）	68	71	71	63	59

※1 参考指標情報として平成 29 年度から追加。

※2 当年度に発生した研究者交流の総数（機構外からの協力研究員（460 名）、研修員（50 名）及び招へい専門員（39 名）並びに機構が連携大学院制度に基づき派遣した教員（23 名））。

※3 耐災害 ICT 研究センターにおける実績。

※4 （ ）内に、総務省との契約において定められた目標値を記載。

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

※6 当年度に行われた共同研究のプロジェクト数。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価軸（評価の視点）、指標等	法人の主な業務実績等	自己評価	
2．研究開発成果を最大化するための業務 機構の研究開発成果を最大化するためには、研究開発業務の直接的な成果を実用化や標準化、社会実装等に導くための取組が不可欠である。このため、1．の「ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等」の業務と連携し、研究開発成果の普	**2．研究開発成果を最大化するための業務** ICT分野における厳しい国際競争の中で、我が国のICT産業の競争力を確保するためには、研究開発から社会実装までの加速化を図ることが重要である。このため、従来のリニア型の研究開発ではなく、基礎研究段階の研究開発と同時に研究開発成果の検証も行うことによって研究開発成果の早期の橋渡し、市場投入を目指した技術実証に一体的に取り組み、一気に研究開発成果の実用化やビジネスモデルを踏まえたシステム化を目指すことが必要になっている。 一方、社会経済の分野において世界最先端のICTを活用した新たな価値創造を実現するためには、機構の研究開発成	＜評価軸＞ ● 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。 ● 機構内外の利用者にとりテストベッドが有益な技術実証・社会実証につながっているか。 ● 取組がオープンイノベーション創出につながっている	＜主要な業務実績＞ （評価と関連が深い主な業務実績及び将来の成果の創出の期待等について具体的かつ明確に記載する）	評定	B
				2．研究開発成果を最大化するための業務 この分野では次の活動を含む業務を行った。 「2－1．技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築」においては、既存のテストベッドを統合し、IoT ゲートウェイ等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整備するなどした。「2－2．オープンイノベーション創出に向けた取組の強化」においては、地域実証型研究開発の成果を社会実装に結び付けるための取組を強化し、いくつか成功事例が出てきた。「2－3．耐災害ICTの実現に向けた取組の推進」にお		

及や社会実装を常に目指しながら、以下の取組を一体的に推進するものとする。また、機構の研究開発により創出される直接的な成果の創出に加えて、我が国のICT産業の競争力確保も念頭に置いた戦略的・総合的な取組も推進するものとする。 なお、本業務に係る評価については、取組の性格・内容等に応じて別紙２から適切な評価軸及び指標を用いて実施する。	果について、実用化前に異分野・異業種の利用者に利用してもらうことで広範なオープンイノベーションを創発することが必要であり、そのための社会実証の取組も重要となっている。 また、機構の目的である研究開発成果の最大化という観点からも、産学官連携の強化等によるオープンイノベーションの一層の推進を図り、研究開発成果を実用化や標準化、国際展開、社会実装等に導くために取り組んでいくことが必要である。 このため、１．の「ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発等」の業務と連携し、研究開発成果の普及や社会実装を常に目指しながら以下の取組を一体的に推進する。また、機構の研究開発により創出される直接的な成果の創出に加えて、我が国のICT産業の競争力確保も念頭に置いた戦略的・総合的な取組も推進する。	か。 ● 取組が耐災害ICT分野の産学官連携につながっているか。 ● 取組が標準化につながっているか。 ● 取組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。 ● 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。 ● 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。		いては、地域 ICT オープンプラットフォームを用いて、地方の課題解決にむけた実証を進めるなどした。「２－４．戦略的な標準化活動の推進」においては、量子鍵配送、ウィンドプロファイラ、製造現場の無線化等の標準化活動を行った。「２－５．研究開発成果の国際展開の強化」においては、日米・日欧の国際共同研究で新分野（計算論的神経科学等）を開始したほか、アジアでは台湾との共同研究を開始し、ASEAN IVO の活動を順調に拡大した。「２－６．サイバーセキュリティに関する演習」においては、CYDER とサイバーコロッセオを計画通りに実施した。「２－７．パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査」においては、実施計画にしたがい、また総務省等とも調整のうえで、適切に実施できた。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「Ｂ」とした。 個別の評定と根拠は、以下の各項目に記載のとおりである。
（1）技術実証及び社会実証	**２－１．技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築**		**２－１．技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築** 超高速研究開発ネットワークテストベッド（JGN）、大規模エミュ	**２－１．技術実証及び社会実証を可能とするテストベッド構築**

のためのテストベッド構築 ＩＣＴ分野における厳しい国際競争の中で、我が国のＩＣＴ産業の競争力を確保するためには、研究開発から社会実装までの加速化を図ることが重要である。このため、従来のリニア型の研究開発ではなく、基礎研究段階の研究開発と同時に研究開発成果の検証も行うことによって研究開発成果の早期の橋渡し、市場投入を目指した技術実証に一体的に取り組み、一気に研究開発成果の実用化やビジネスモデルを踏まえたシステム化を目指すことが必要になっている。	機構内外におけるICT関連研究開発成果の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する。また、機構内外からのテストベッドの利活用を促進し、広範なオープンイノベーションを創発する。これらを実現するため、具体的には以下のような取組を行う。 機構が有する研究開発テストベッドネットワーク、ワイヤレステストベッド、大規模エミュレーション基盤、複合サービス収容基盤等のテストベッドを融合し、IoTの実証テストベッドとしての利用を含め、技術実証と社会実証の一体的推進が可能なテストベッドとして運用する。 また、テストベッドの円滑な利用促進を図る観点から、運営面において、機構内にテストベッドや施設等を集中的に管理する体制を整備し、テストベッド等の利活用を円滑に進めるためのテストベッド等に係る利用条件の整備や手続きを検討するとともに、広く周知広報を行うなどにより、利用手続処理を確実に実施し、テストベッド等の利活用を活性化させる。 社会実証の推進においては、機構内にプライバシーのような社会的な課題、社会的受容性等の検証への対応方策等について検討する体制を整備し、社会実証の実施に当たって留意	＜指標＞ ● 研究開発成果を最大化するための取組成果（評価指標） ● 機構内外によるテストベッドの利用結果（評価指標） ● 機構内外によるテストベッドの利用件数（モニタリング指標） ● 産学官連携等の活動状況（評価指標）公募型研究開発プログラムの体制構築の状況（評価指標） ● 標準や国内制度の成立寄与状況（評価指標） ● 標準化や国内制度化の寄与	レーションテストベッド（StarBED）、大規模 IoT サービステストベッド（JOSE）、広域 SDN テストベッド（RISE）等の各テストベッドの運用管理を統合し、「NICT 総合テストベッド」としてサービスを展開することにより、エミュレーションから実基盤まで、様々な IoT 実証実験に対応し、技術実証と社会実証の一体的推進可能なテストベッドを構築し、運用を開始した。 テストベッドの機構内外の利活用の活性化、融合利用、統合管理として、以下を実施した。 • JGN については、SINET5 との相互接続点を増加（2 地点→5 地点）し、全国各地の大学から JGN にアクセスしやすいネットワーク構成とした。また、SINET5 経由の利用申請手続を整備することにより、円滑な手続を可能とした。 • 申請・相談窓口を一元化しユーザの利便性を高め、融合利用を加速した。様々な実証ニーズに対応するため、統合環境においてユーザ側をネットワーク設定作業から解放する IoT ゲートウェイ、スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会内によりお試し利用環境を提供する NICT 総合テストベッド活用研究会等の新たな仕組みや外部連携体制の導入、アジア初となる東京、香港、シンガポール間の 100Gbps 回線による広帯域国際実証環境を SingAREN、NSCC（ともに、シンガポールの組織）と共同で構築した。 • 計画より2年前倒して平成 29 年度からサービスを開始した IoT ゲートウェイを活用することにより、IoT デバイスからクラウドまで一気通貫の IoT 実証環境を構築し提供を開始した。具体的には、ユーザが開発した IoT サービスと NICT 総合テストベッドにおける複数のクラウドをユーザによる設定の手間を省いて連携させる環境を構築し、ユーザの利便性を格段に向上させた。 • IoT ゲートウェイに加え、スマート IoT 推進フォーラムテストベッド分科会が提案したキャラバンテストベッド、LPWA テストベッド、活用研究会を新たに実現することよって、技術実証と社会実証の一体的推進を可能とする環境を構築し提供を開始した。キャラバンテストベッド、LPWA テストベッド、活用研究会の提供により新たに計 17 のプロジェクトを創出した。 • 活用研究会の新たな取組として、会員が提供する自社のデバイス、ソフトウェア、データ等のサービス・機能を、他の会員が試用できる仕組みを整備した。（令和 2 年 4 月から会員による試用	【テストベッド構築】 • 既存のテストベッド(JGN/JOSE/RISE/StarBED)を統合し、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整備し、技術実証と社会実証を同時に進めることができる総合テストベッドを構築するという困難なプロジェクトを計画的に推進して実現し、ユーザの利便性を向上させたこと、並びに、IoT ゲートウェイ、キャラバンなどの整備と IoT 推進フォーラムテストベッド分科会の活動で、多くの潜在的利用者に魅力あるものとした。 • 4 つのテストベッド(JGN/JOSE/RISE/StarBED)に加え IoT ゲートウェイ、M2M クラウド基盤、キャラバン、LPWA、超高精細モニタリングを融合したことや、P4 テストベッド試作により次世代 SDN のテスト環境を整備した。 • IoT ゲートウェイを早期に展開した。 • 大規模実基盤テストベッド／大規模エミュレーション基盤テストベッドを定常的に利用可能とした。 • IoT デバイス模倣基盤の AOBAKO、シミュレーションとエミュレーションの連携基盤

一方、社会経済の様々な分野において世界最先端のＩＣＴを活用した新たな価値創造を実現するためには、機構の研究開発成果について、実用化前に異分野・異業種の利用者に利用してもらうことで広範なオープンイノベーションを創発することが必要であり、そのための社会実証の取組も重要となっている。 したがって、機構の研究開発成果を最大化するため、これまでのテストベッドに係る取組を一層強化し、上記の技術実証及び社会実証に対応したテストベッドの構築及び運営に取り組むもの	すべき事項に関するガイドライン等を作成する。 さらに、最先端のＩＣＴを実基盤上に展開して実現性の高い技術検証を行う大規模実基盤テストベッドと、模擬された基盤を一部組み合わせることで多様な環境下での技術検証を行う大規模エミュレーション基盤テストベッドを構築するとともに、それらを相互に連携運営することにより、機構内外におけるＩＣＴ関連研究開発成果の技術実証を推進する。 大規模実基盤テストベッドでは、超高速通信環境において多様な通信に対応したネットワーク制御や大容量高精細モニタリング、分散配置されたコンピューティング資源及びネットワーク資源の統合化等の実証基盤技術を確立する。 大規模エミュレーション基盤テストベッドでは、従来のICT機器に加え、IoT時代の基盤となるセンサや情報端末、移動体を物理的・論理的に模擬することを可能とする実証基盤技術を確立する。 なお、テストベッドの構築においては、フォーラムや研究会等の活動を通じ、外部利用者の実証ニーズを踏まえるとともに、機構内の他の研究開発の実証にも対応する。また、海外の研究機関等と連携し、テストベッド基盤の相互接続により国	件数（モニタリング指標） ● 国際展開の活動状況（評価指標） ● 演習の実施回数又は参加人数（モニタリング指標） ● 調査したIoT機器数（モニタリング指標） ● IoT機器調査に関する業務の実施状況（評価指標） 等	サービス提供を開始） 試用できる外部サービスは、以下の通りである。 - GPU クラウドサービス - データ可視化ソフトウェア - NICT サイエンスクラウド （気象・地理データ・アプリ等） - IoT キャラバンテストベッドの一部機材（LPWA 関連） これにより、活用研究会の会員数を 18 名（令和元年度末）から 28 名（令和 2 年度末）に増加させることができた。 • IoT キャラバンテストベッドの展開として、以下の LPWA テストベッドとのコラボレーションを実現した。 - Private LoRa の通信方式を採用した機構の LPWA 通信デバイスや LPWA 試験機を、YRP の横須賀ハイブリッド LPWA テストベッドに常設し、方式の比較検証や通信実験を行いたい利用者のサポートを開始した。 - IoT-GW + LPWA 試用サービスを開始（活用研究会にて提供）し、センサ、通信デバイス、LTE ゲートウェイ(IoT-GW)、クラウド(NICT 総合テストベッド RISE の VM)等をパッケージとして提供した。 • 総務省の SCOPE における活用促進に向けた総合通信局との連携や各種説明会・展示会における情報発信・広報活動等を積極的に実施し、周知活動の強化を図った。 • 優良事例をホームページに掲載し、テストベッドの利活用事例、効果等を対外的に発信することによって、テストベッドの更なる利活用を推進した。 • 令和元年度には、開発した IoT 大容量高精細モニタリングを JGN に接続し、JGN 基幹ネットワーク上の実トラフィックを対象に動作する定常サービスを開始し、利用者のトラヒックやアプリケーションの挙動解析支援に貢献できるようにした。 • サーバ・ネットワーク資源の保守・運用等に関わる効率化を下記のとおり実現した。 - NICT 総合テストベッドとは別に運用していた IoT データ収集・分析基盤である M2M クラウド基盤の機能を、大規模 IoT サービステストベッド JOSE に統合した。 - AI データテストベッドを NICT 総合テストベッドに組み入れて一元管理を開始し、テストベッドの統合管理をさらに推進した。 - NICT 総合テストベッドが管理する計算機システムに約 40	Smithsonian、IoT テストベッドをより容易に利用できる UI 機能などを開発して StarBED に実装し、幅広い IoT 検証に対応できるようにした。 • Smithsonian を用いて、人の移動と災害状況を踏まえた減災オープンプラットフォーム ARIA を構築した。 • 自動車メーカーと連携して、車車間通信と狭帯域モバイル通信をハイブリッドで利用する車両 DTN によるエミュレーション実験環境を StarBED 上に構築し、1,000 台規模のエミュレーションによる動作確認を実現した。 等、成果の創出や将来的な創出が期待される実績が得られる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た。 【実証】 • 様々なサービスやシステムの商品化や実運用化に繋がる実証を推進した。 • 各種説明会・展示会における情報発信等の周知活動の強化などにより、テストベッド利用件数・利用者が増えたこと、利用プロジェクトから 50 件以上の商品化や実運用化がされた。また、機構側の責任の所在を明らかにし、申

とする。
なお、テストベッドを用いた社会実証の実施に当たっては、社会実証におけるプライバシー等のような社会的な課題、社会的受容性等の検証への対応方策等について検討する仕組みを機構内の体制に位置づけるものとする。また、テストベッドを機構内外の利用者に円滑に利用させるためには、テストベッドに係る利用条件の整備や利用方法の周知広報、利用手続の処理等の業務が必要であることから、機構全体として、これらの業務を集中的に管理するものとする。
さらに、ICT

際的な技術実証を推進する。

件の機構内研究部署によるプロジェクトのシステムを収容した。

構築した NICT 総合テストベッドは、その過程で、ローカルおよびメトロポリタンネットワークの最新の動向を広く議論する伝統的な国際会議 IEEE LANMAN 2017 (第 23 回 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks) における基調講演、クラウドコンピューティングと先進ネットワーキングの融合について広く議論する国際会議 IEEE CloudNet 2018 (第 7 回 IEEE International Conference on Cloud Networking) 特別招待セッションなどの講演で世界に広くアピールした。

以上の取組により、中長期計画の主要参考指標である 1 年間の「テストベッド利用件数」を、平成 28 年度以降着実に増加（102 件→171 件）させ、期間累計は 320 件となった。また、「商品化+実運用化」の期間累計（予定を含む）は 52 件となった。

テストベッド利用状況データ

		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
◆利用状況 注：テーマ数の分類（青地部分）は重複を含んでいるため、合計はテーマ数にならない。	テストベッド利用件数	102	127	140	178	171
	新規ユーザ	7	10	12	10	4
	社会実証	19	21	32	40	44
	IoT関連	46	58	64	73	84
	複数テストベッド利用	36	46	37	41	46
	SINET経由	19	21	24	32	30
	国際回線利用	8	13	14	16	13
◆広報活動	総合テストベッド周知活動	95	105	110	107	55
	内外のイベント参加数	10	15	16	21	21
◆国際連携	共同研究	1	1	1	1	1
	MoU	9	11	12	13	15
	国際的な技術実証テーマ	8	14	15	18	18
◆ユーザーによる成果 ユーザアンケートによる集計結果	商品化数(含む予定)	11	5	11	12	5
	実運用化数（含む予定）	22	7	15	21	4
	論文数（掲載+掲載決定）	89	17	30	54	155
	国際会議	72	48	66	83	43
	外部発表数	200	86	111	93	282

テストベッドの効果の定量化については、具体的な試算方法を検討し、直近の効果を試算することにより、NICT 総合テストベッドの社会的有用性について予備的に検証した。

請・相談窓口の一本化により利用者の利便性を向上するなどの改善を行った。
- 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 キャラバンテストベッドや LPWA テストベッドなどの新たなサービスを打ち出し、新たな案件を拡大した。
- ケーブル SDN の実証、交通安全サービス、高齢者/子供見守りサービス、タクシー乗客発見支援サービスなど、企業や自治体と協力して実施した。

等、機構内外の利用者にとりテストベッドが有益な技術実証・社会実証につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。

【イノベーション創出】
- 様々なサービスやシステムの商品化や実運用化の実証を支援した。
- ARIA が社会的に高い評価を得た。SDN応用ケーブルテレビ高度化(塩尻市)の実験成功、IoT 無線ルータの商用化(見込み)、省電力 GPS モジュールや WiWi アラートの技術移転、実用化検討開始、タクシー会社の 24 時間乗客発見サービスのテスト運用開始など、地域課題解決に繋

分野の急速な技術革新に伴いテストベッド自体が新技術に迅速かつ柔軟に対応する必要があることから、ネットワーク技術に係るテストベッド及び大規模エミュレーションを可能とするテストベッドに関する実証基盤技術を研究開発するものとする。実証基盤技術の研究開発に際しては、機構内の研究開発課題のための実証に的確に対応するとともに、技術実証及び社会実証の外部利用のニーズも十分に踏まえるものとする。また、外国の研究機関等とのテストベッドの相互接続によって国際的な研究環境を			次期テストベッドの機能・運用の検討を実施するため、 • 最先端 ICT 技術に関する実証を支援するため、次期ネットワークテストベッド（広域ネットワーク、分散型及びクラスタ型コンピューティング基盤で構成されるテストベッド）について、今後のあるべき姿（利用シーン、機能、性能など）を検討するテストベッド分科会の「次期ネットワークテストベッド WG」（リーダ 九州工業大学 池永教授）が取りまとめた『次期ネットワークテストベッド報告書(暫定)』に基づき詳細な検討を実施した。 • テストベッド分科会の下に、「データ分析・可視化タスクフォース(TF)」（リーダ名古屋大学 河口教授）を創設し、ツールやノウハウを共有、データ分析・可視化のためのテストベッドはどうあるべきかを検討し提言をとりまとめた。 上記を踏まえ、広域ネットワークと分散型・クラスタ型コンピューティング基盤で構成されるテストベッドや、データ分析・可視化のツール・ノウハウをテストベッド上で共有する方策等を検討し、エッジ・クラウド連携基盤等のソフトウェア化インフラに加え機構の保有データを用いたサービス連携機能のさらなる拡張等、の Beyond 5G の実現に向けたテストベッドとして備えるべき具体的な設備・機能をとりまとめた。 テストベッド利活用の実験や優良事例の発信として、例えば、以下を実施した。 （産学官連携した全国規模の実証実験） • 機構が主催となり、さっぽろ雪まつりで、JGN を用い、産学官の連携により、全国規模の非圧縮 8K 映像伝送の実証実験を行った。平成 30 年 2 月に、49 組織と共同で、100Gbps を超える非圧縮 8K 非圧縮映像および多チャンネルハイレゾ音声を、JGN を含む複数の 100Gbps 回線を用いてマルチパス分割伝送する世界初の実証実験に成功した。令和 2 年 2 月には 57 組織が連携し、大容量高精細モニタリングの 100Gbps 実装の基本機能、性能の検証を行った。令和 3 年 2 月には、伝送実験を初めて遠隔で実施し、高速ソフトウェアルータの実証等を行った。 （企業や自治体と連携した地域実証実験） • 仮想化技術 SDN（Software Defined Networking）を応用して、ケーブルテレビ用パケット中継装置を開発した。さら	がる新しい試みが実用化に繋がる見込みが出てきた。 • 外部ニーズを踏まえた改良やお試し利用環境の提供の開始などで利用バリアを下げ、新たな利用の拡大に努めた。 • テストベッドの利活用事例を取りまとめて HP で発信した。 • 地域実証の実施による関連企業の新規ビジネスへ着手した。 • 千曲市あんずプロジェクトで関係機関と連携し地域課題解決実証実験から地域での自走につなげる取り組みを積極的に実施した。 • 今中長期計画期間中のテストベッド利用件数は平成 28 年度以降着実に増加（102 件→171 件）させ、期間累計は 320 件となった。 • 公衆網整備途上環境において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で利用する DTN 制御アルゴリズムを開発し、実車走行実験を実施した。 • StarBED 上に実装した実証基盤技術を活用し、IoT デバイス模倣基盤の AOBAKO、減災オープンプラットフォームの ARIA、JAIan などを大学と連携して開発し、デモ展示で高い評価を得て、各種の賞を受賞した。

整備することにより、機構の研究開発成果の国際展開を一層推進するものとする。			に、その装置を用い、長野県塩尻市において、塩尻市、ケーブルテレビ事業者及び通信基盤構築事業者と共同で、JGN、JOSE に加え、実際のケーブルテレビ基盤も用いる技術実証環境を構築し、ケーブルテレビ基盤の高度化のための実証実験を実施した。 • 長野県千曲市において、IoT 地域実証実験として、LoRa を用いた市内全域通信環境実験を行った。この結果に基づき、千曲市、大学および民間企業 6 社との間で LPWA 実験に関する覚書を交わし、環境・教育・防災等の社会実装を視野に入れた実験（千曲市あんずプロジェクト）を開始した。IoT 型地域実証実験として、千曲市において、住居エリア全域をカバーする 10 か所の LoRa 中継局を設置した。中継局に機構独自開発の映像 IoT カメラシステムを設置し、AI を用いた降雪自動検出アプリケーションの性能検証を開始した。また、同中継局に気象センサを設置し、市内の詳細な気象環境のモニタリングを開始し、令和元年台風 19 号接近時の市内各地での風向風速が異なること、データを用いた被害評価が可能であることを確認した。 （有効情報の一般提供に関する取組） • オープンイノベーション創出に向けた取り組みとして、JGN を活用した、気象衛星ひまわりデータのフル解像度でのリアルタイム可視化 Web を用いた気象情報提供や耐災害利用システムの社会実装を進めた。特に、総合テストベッドを用いた生活者への普及活動に繋がる取組として、大手気象予報会社が技術移転済みの同 Web をベースとした天気予報番組をオンライン配信した（ほぼ毎日）。また、大型台風接近時には TV 報道機関が同 Web 映像を用いて台風報道を行い、その結果台風 19 号時は 50 万を超えるアクセスがあった。令和元年の年間を通しては、300 万を超えるアクセスがあった。 （JOSE に展開した M2M クラウド基盤を活用したオープンイノベーション創出につながる取組） • ”データの地産地消”概念に基づいた携帯電話網に頼らない地域 IoT サービス基盤を設計・開発 携帯電話網に頼ることなく、様々な地域の IoT サービスを提供可能とするネットワーク基盤として、“データの	等、オープンイノベーションにつながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【国際展開】 • アジア初の国際回線 100Gbps 化を実現し、海外機関と連携して 100Gbps 以上の全世界的な回線接続環境を整備した。また、SuperComputing、さっぽろ雪まつりでの 8K 映像伝送実験、Data Mover Challenge、ひまわりリアルタイム Web のアジア展開等、計 18 件の国際的な技術実証に活用された。 • APR、AER 形成などの新しい国際テストベッド構築と国内外の研究教育機関との連携強化に努めた。 • SINET とも連携しつつ海外回線の効率化を進めた。 • SC、SCAsia への出展と実証実験により研究開発成果の国際的なアピールに努めた。 • ひまわりリアルタイム Web のアジア展開などが機構の研究開発成果の国際的普及につながった。 等、研究開発成果の国際的普及や日本企業の競争力強化につながる成果の創出や将来的

			地産地消”概念を提案し、同概念に基づいたネットワーク基盤の構成要素となる Wi-SUN と多様な無線技術を融合活用する IoT デバイスやシステムの開発と実用化活動を推進した。 Store-Carry-Forward 原理による“すれ違い通信”ネットワークの有効性を理論・シミュレーション双方の視点から再確認した。Wi-SUN モジュール搭載タクシー26 台の“ながら”すれ違い情報配信実証実験を行い、12 時間で 400 km^2 を超えるエリアにおける見守り等に関わる地域情報の収集能力を確認できた。 地域モビリティや一般家屋を含めた様々な地域に散在する固定拠点に搭載すれば、地域の見守り情報などに関わる情報の配信や収集を効率的に行うことが可能な IoT 無線ルータを 1 万円台で市販されている小型の HEMS ゲートウェイによって実現し、家庭のスマートメータ基盤ともつながる機構知財が活用された“すれ違い IoT 無線ルータ”を低価格化できる目処がたった。 位置情報を活用した見守りや交通安全のサービス向けデバイスとして開発した省電力 GPS モジュールが電子機器メーカーに技術移転され、ロケーショントラッカー製品としての開発・販売準備に至った。また、開発と実証実験を行った同 GPS モジュールと Wi-SUN 通信機能を統合利活用する交通安全システム（WiWi-Alert）の実用性に興味を示したロボット事業を支援するシステムインテグレーション事業者が、移動物体の相互位置検出と衝突回避の基礎技術として実用化の検討を開始した。 • 東京墨田区を中心とした営業中の飲料自動販売機、タクシーに“すれ違い IoT 無線ルータ”を搭載して地域レベルでの社会実証エリアを展開 大手飲料メーカーの協力を得て、東京都墨田区内に設定中の営業中飲料自動販売機 50 台～100 台と、同区内に事業所をもつタクシー会社の営業中タクシー65 台に Wi-SUN を活用した IoT 無線ルータや無線試験電波発信機を搭載し、これらが相互に無線で情報を共有する“データの地産地消”ネットワークの技術的動作検証を行い、また交通安全サービスや、高齢者/子供見守りサービスの他、タクシー乗客発見支援サービスといった	な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

			IoT サービスとしての実用性を検証するための実証実験を実施した。その内容は報道発表（平成 29 年 5 月）を実施し、多数の新聞・雑誌・TV での紹介があるなどの社会的な反応が得られた。また、CEATEC2018 における上記サービスに関わる展示を実施した際には 360 名分のアンケートを取得し、“データの地産地消”ネットワークに企業や個人として参画し、地域の安心安全に貢献することの受容性等に関わる社会の反応を多数収集した。 　また、上記大手飲料メーカーは、上記活動の成果を踏まえ、機構が開発した“すれ違い IoT 無線ルータ”を搭載した飲料自動販売機による塾生見守りサービスの自ら運用を想定したアプリケーション開発に着手した（令和元年度）。併せて、上記墨田区内タクシー会社が 24 時間稼働の乗客発見支援サービスのテスト運用を開始した（令和元年度）。 • 富山県黒部市で、車輌に“すれ違い IoT 無線ルータ”を搭載し、見守り対象高齢者（20 世帯）の外出減少を、周辺を走行中の地域車輌で見守るサービスの社会的受容性に関する実証実験を実施 　富山県黒部市社会福祉協議会およびシステム開発企業と、「地域福祉分野における ICT 利活用の研究及び、くろべネット事業での ICT 活用実験に関する協定」を締結し（平成 31 年 4 月）、富山県黒部市における実高齢者世帯 20 世帯を対象として、外出減少中の世帯に福祉協議会スタッフ等が迅速かつ効率的に気づくことを可能とする見守り実証実験を実施した。実証実験では、協力高齢者世帯 20 世帯の家屋内に機構が開発した屋内設置用すれ違い IoT 無線ルータを設置すると同時に、社会福祉協議会が運用するバス 2 台・事業用車両 4 台に加え、更に同市内のゴミ収集事業社の協力も得ることで、ゴミ収集用トラック 4 台・業務用車両 4 台に車載用すれ違い IoT 無線ルータを搭載し、高齢者世帯の外出減少状況を効率的に見守ることが可能であることが確認できた。 　黒部市社会福祉協議会は実証実験結果に基づく社会的受容性の調査研究成果報告書を作成した（令和元年度末）。 　上記実証実験の実施については報道発表（令和元年	

			9 月）を行い、多数の新聞等での反応が得られた。また、CEATEC2019（令和元年 10 月）では、これら実証実験に関わるシステム展示も行い、サービスの社会的受容性に関するアンケート取得（360 名）を通じて、90％以上の一般市民が地域社会への貢献のために機構開発の IoT 無線ルータを家庭に設置することに合意すると回答するなど、社会的受容性に関わる反応を収集した。 （ニューノーマル時代に求められる IoT 利活用サービスの創発に基づいた多様な複数企業との連携実証を推進） • IoT 無線技術で人・ロボットの協調活動を支援 ～非接触エレベーター移動支援システムを開発 - 人とロボットが共存・協働する構内空間で有効な近距離 IoT 無線を使ったフロア移動支援システムを開発した。 - 特許出願・報道発表・CEATEC 公開を実施（10 月）、ロボット事業者への技術移転手続きにも着手した。 • ミリ波 IoT 搭載サービスロボットによる構内データ収集・配信プラットフォームを開発 - 特許出願（5 月）技術を用いたミリ波 IoT 搭載サービスロボットによる超高速すれ違い通信技術による、駅・オフィスビル内等構内データ自動収集・配信システムを大手電気メーカーと共同開発した。PoC 実証の実践と報道発表によって社会の反応を収集、市場開拓可能性を共同で検証した。 （第 5 期に向けて以下の AI・IoT 融合サービス実証用クラウド基盤を構築） - オンプレミス IoT 実証用クラウド基盤とも連携運用可能な次期 AI・IoT 融合実証用のクラウド基盤を商用クラウド上に整備した。 - 保守費削減と AI による IoT データのリアルタイム分析と IoT デバイスへのメッセージ通知が可能な CPS サービス実証基盤の構築を達成した。 - 自律移動ロボットの稼働状態をリアルタイム監視・リモート制御するための機能を実装した。 （大学との共同実証研究の利用） • 大学との共同実証研究を通じて、パーソナルデータ利活用の合意形成手法を作成・評価し、社会的受容性を得られる範囲や方法論の明確化に貢献した。また、廉価・単機	

			能な IoT センサ網に適した安全対策技術として、攻撃をネットワーク機器上のトラヒックパターン分析により検出・防御するシステムを提案し、検知時間 3 秒以内で切断・接続・ポートスキャンを検知できることをシミュレーションにより確認した。 機構内にパーソナルデータ取扱研究開発業務審議委員会を設置し、機構が関与する研究開発においてパーソナルデータを取り扱う前にプライバシー侵害のリスクを判定し、リスクが高いと判定した研究開発課題についてリスク低減策を検討して対応する等の体制を整備し運用を行った。また、適正なパーソナルデータの取扱いを定めたマニュアルを機構内の通知として制定した。 大規模実基盤テストベッドでは、IoT テストベッドとして利便性向上と高機能化を図る下記 2 つの実証基盤技術を開発、総合テストベッドで定常サービスとした。 • IoT ゲートウェイ IoT デバイス等が設置されるユーザサイトの各種資源と、既存テストベッドのユーザスライスの統合管理を実現するため、SDN 機能を有するゲートウェイを用いた接続方法を開発し、ゲートウェイと既存テストベッドの管理運用システムを統合した。全体として管理運用コストの増加なくユーザの IoT 実証基盤構築の設定負荷を軽減するサービスを提供した。 IoT ゲートウェイとして計画を 2 年前倒しして平成 29 年度に NICT 総合テストベッドに早期導入した。令和元年度末時点で 6 件の実証実験に活用された。 • 大容量高精細モニタリング 理論的に 400Gbps に対応可能な並列パケットキャプチャハードウェア並びにパケット蓄積および実時間解析のための OSS（Open Source Software）ベースの分散アーキテクチャを開発した。 100Gbps プログラマブル NIC 上に汎用 IP コアをベースに実装したキャプチャ部と、サーバクラスタ上の蓄積解析部の連携動作を実証するとともに、JGN 基幹ネットワーク上の実トラフィックを対象に動作する定常サービスを令和 2 年 2 月に開始した。 さらに、第 5 期に向けた新しいテストベッド機能の検討を開始	

			し、以下を実施した。 • 次世代 SDN データプレーンプログラミング言語 P4 により実装されたシステムの検証が可能なテストベッド環境を試作し、ノードを国内拠点に展開しサービス試行を令和 2 年 3 月に開始した。この P4 のマルチテナントテストベッド環境を、SC2020 においてデモ展示した。 • 機構の分散コンピューティング基盤技術を応用し、公衆網整備途上環境においてコネクテッドカーを実現するための、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た。この方式の特徴は、帯域が小さく不安定な公衆網のもとでアドホック通信と路側エッジ設備を活用して自律分散的にデータ転送・処理し安定的に通信を行うことができる。この成果を IEEE Computer Society が主催する計算機とそのソフトウェアおよびアプリケーションに関する伝統的な国際会議 IEEE COMPSAC 2019 (採択率 24.5%)で発表した。 令和元年度までに提案したハイブリッド VDTN (Vehicular Delay Tolerant Network)方式（車車間通信と狭帯域モバイル通信をハイブリッドに用いる VDTN ）を拡充し、データ収集性能の大幅向上を図る方式を検討・実装するとともに、同方式の車載コネクテッドカープラットフォーム開発を進め、オープン API を規定、自動車製造会社と共同で実車実証実験、大規模エミュレーションを実施した。具体的内容を以下に示す。 - 提案した制御アルゴリズム（車車間通信と狭帯域モバイル通信をハイブリッドに用いる VDTN） を拡充し、収集性能の大幅向上を可能とする新たなセンサデータ処理・収集方式を提案した。新規特許 1 件（自動車製造会社との共同特許）出願、難関国際会議 IEEE COMPSAC2020 にて発表した（シンポジウム内最高得点を獲得した（非公開））。 - 令和元年度までに開発した提案ハイブリッド VDTN 方式の車載コネクテッドカープラットフォームを動作させるため、海外仕様に近い 5.8GHz 帯の車両間通信プロトコル 802.11p を用いる実験試験局を開局。実車を用いた動作実験により効果を確認した。 - 開発した車載コネクテッドカープラットフォームソフトウェアのオープン API を規定、同 API を用いたアプリケーションの動作・性能を再現可能なコネクテッドカーエミュレーションパッ	

			ケージを開発し、自動車製造会社と共同でエミュレーション基盤 StarBED 上にて 1,000 台規模での動作を確認した。 大規模エミュレーション基盤テストベッドでは、幅広い IoT 検証に対応させるため、下記の３つの基盤技術を開発完成し、StarBED に実装した。 • IoT デバイスのソフトウェアの動作検証を効率よく行うための IoT デバイス模倣基盤 - 実験の規模や目的に応じて多量の IoT センサを柔軟かつ管理可能な形で検証環境上に導入する為、ソフトウェアを用いセンサを模倣する IoT デバイスエミュレータ（2 種類）を開発した。また、多くの IoT センサが無線通信により接続されていることを考慮し、これまで開発を進めていた WiFi などの無線エミュレータを拡張し、50 台規模の検証を可能とする無線エミュレータを開発した。さらに、BLE（Bluetooth Low Energy ）エミュレータ BluMoon を開発し、様々な IoT デバイスソフトウェアの検証に対応させるとともに、BluMoon を活用し、デモンストレーションとしてエミュレーション環境と同様の電波環境を模倣した IoT 検証システム AOBAKO を開発した。StarBED 上に構築されたエミュレーション環境を可視化しながら、実際の電波を使った効率的な検証環境を実現した。 - IoT デバイスエミュレータと実環境用センサが混在する検証環境のデモンストレーションを構築した。 - 令和元年度までに開発した、SW/HW 無線リンクエミュレータと連動動作し、エミュレータ内のイベントによる位置の変化などにより無線パラメータの再計算を可能とする制御ソフトウェアを開発し、さらに検証環境の通信状況の可視化ツールを開発した。 - SW 無線リンクエミュレータ NETorium を 802.11p および 802.11ac へ対応した。対応可能な帯域も 1Gbps 以上に改善した。NETorium を用いた実験環境構築のため地図イメージデータから道路などを読み込み、その上で経路制御可能なシステムを実装し、さらにこれらを使った実験環境を容易に構築するためのシステム開発を実施した。 - 昨年度実施した Smithsonian / BluMoon を利用した単純な環境での果樹農園でのスプレイヤの動作パターンの検証を	

			発展させ、実際の果樹農園を想定し、さらに IoT デバイスエミュレータを組み込んだエミュレーションを実施した。 • 人の挙動や災害状況等に関するシミュレータとエミュレータの連携基盤 複数の異なる対象を模倣するシミュレータをリアルタイムにエミュレータと連携させ、複雑な事象を発生させるエミュレーション・シミュレーションの連携基盤 Smithsonian を構築した。大学と連携して 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減災オープンプラットフォーム ARIA を構築した。Smithsonian のエミュレーション連携により、非常時の ICT サービスの挙動検証を可能とした。さらに、IoT センサなどからの実データをリアルタイムに入力することで災害時に近未来の被災予測を行い、実際の避難警報などの発令への活用を検討した。 • IoT テストベッドをより容易に利用できる UI 機能 - StarBED で利用されている検証環境構築支援システム SpringOS のアーキテクチャを見直し、IoT テストベッドに必要な各要素を制御できるミドルウェアを開発し、提供機能を容易に利用できるユーザインタフェースを提供した。 - 高速な経路変更及び、高速なログ情報保存のためのストレージ高速化技術を開発した。応用例としてトポロジ上の任意の位置のログ情報を 10Gbps 超の速度で取得・保存できるログ配信/記録システム JAIan を開発した。 - 第 5 期を見据え、循環進化する StarBED の管理システム実現のため StarBED のミドルウェアを刷新し、新たな研究成果を容易に組み込むことが可能なアーキテクチャを導入した。CPS エミュレーションの機能を実装した。 利用者の要望に応じた可視化ツールを導入可能にした。 さらに、セキュリティ人材育成として、ナショナルサイバートレーニングセンター、サイバーセキュリティ研究所と連携し、StarBED 設備の提供による演習環境の構築とその運営補助等を実施した。隔離環境上に実環境に近い環境を模倣し、実践的な演習を実現した。 これらに成果により、下記の特筆すべき受賞をした。 • AOBAKO に関して、G 空間 EXPO2018 で測量新技術賞 （北陸先端大と共同受賞）。	

			• JAIan に関して、Interop Tokyo 2018 Best of Show Award デモンストレーション部門グランプリ （北陸先端大と共同受賞）。 • ARIA に関して、DICOMO2019 で野口賞、情報処理学会デジタルコンテンツクリエーション研究会 でデジタルコンテンツ制作発表会 優秀賞「インタラクティブ部門」、G 空間 EXPO2019 で防災・減災賞（名古屋大、北陸先端大と共同受賞）。 • AOBAKO、ARIA について、それぞれ、ユビキタスコンピューティングに関するトップカンファレンス ACM UbiComp 2018, 2019 にてデモ採択された。 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、外部ニーズを踏まえつつ IoT 等の実証を促進するテストベッドの要件を把握し、利用促進策を検討し実施した。 その結果、下記の3つ新たなサービスを打ち出し、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、新規利用を計 17 件創出した。 • IoT のラスト 1 マイルをサポートする可搬型の IoT キャラバンシステムテストベッド • 複数方式の LPWA 通信を試験・確認できる実証フィールド「横須賀ハイブリッド LPWA テストベッド」（（株）横須賀テレコムリサーチパークと共同提供） • NICT 総合テストベッドの利用を容易化する活用研究会 アジア初の国際回線 100Gbps 化を実現し、この回線により、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。 これにより、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。この JGN 国際回線を利用し以下の実験を推進した。 • SC（Supercomputing Conference）に関して、SC2016 において、SINET、WIDE プロジェクト、TransPAC、Pacific Wave、Internet2 等の国内外の研究機関との連携により、日米間における 8K 非圧縮映像セキュア伝送に成功した。 • SC2017 では、日本と米国の間で 3 つの国際 100Gbps 回線に	

			よる国際実証環境を構築し、国立情報学研究所と共同で最大270Gbpsの超高速ファイルデータ伝送実証実験に成功した。 • SC2018 では、委託研究で研究開発した再構成可能通信処理プロセッサ(RCP) の 90Gbps 国際伝送実験および実トラヒックの解析処理実験に成功し、研究開発成果の国際的なアピールに貢献した。 • SC2019 において、JGN アジア 100Gbps 回線を含むアジア太平洋地域および欧州が連携する研究・教育ネットワークAPRおよびAERを活用し、日米間で5つの国際100Gbps回線による国際実証環境を構築し、国立情報学研究所と共同で最大416Gbpsの超高速ファイルデータ伝送実証実験にMMCFTPを用いて成功した。 • SC2020 において、オープンソースを用いて構築したP4のマルチテナントテストベッド環境をデモ展示した。 • SCAsia 2019(シンガポール、平成 31 年 3 月)の高速大容量データ共有技術コンテストData Mover Challengeにsupporting partner として日本から唯一参画し、シンガポール(NSCC)、米国(StarLight、Internet2、Pacific Wave)、オーストラリア(NCI/AARnet)、韓国(KISTI)の太平洋地域の主要学術ネットワーク機関と連携し、機構が提供した JGN アジア 100Gbps 回線および特殊サーバーノードを含むデータ伝送実証環境を構築提供し、日本からの 2 チームを含む参加チームらの実証実験をサポートし、成功に導いた。 • SCAsia 2020(令和元年度)の Data Mover Challenge では挑戦者として参加し、独自開発の通信プロトコル HpFP(High-performance and Flexible Protocol)により約 40Gbps を達成し、その性能と柔軟性が評価され Experimental Excellence Award を受賞した。 • JGN 回線と民間企業に技術移転した高速データ通信技術とを活用し、ひまわりリアルタイムミラーサイトをタイ、フィリピン、台湾に設置しサービスを開始した。令和元年の Web ページビューは 300 万超で、提供を開始した平成 28 年と比較し 2 倍に増加した。特に、海外アクセス数が平成 30 年に全体の 50%を超え(令和元年は全体の 43%)、アジア各国および米国への気象ビッグデータのリアルタイム提供を本格化した。 • さっぽろ雪まつり 2018 では、日本とシンガポールの間で 2 つの100Gbps 回線による国際実証環境を構築し、産学官の約 50 団	

			体と共同で、マルチパス上での非圧縮8K映像マルチキャスト配信実験等に成功した（プレスリリース実施）。 • 素粒子実験データの国際共有プロジェクトLHCONEに、SINETと連携し、アジア 100Gbps 回線を活用して日本とアジア間のデータ共有ネットワークを構築し国際協力した。 • JGNを使用して機構 電磁波研究所が広帯域 VLBI（超長基線干渉計）システムを開発し、これを搭載した小型アンテナ（直径2.4m）を使って、日本（機構本部）とイタリア（INRIM 本部）の間で光格子時計の周波数比を16桁の精度で計測することに成功した。本成果は、イタリア国立計量研究所（INRIM）、イタリア国立天体物理学研究所（INAF）及び国際度量衡局（BIPM）と共同で成し遂げられ、英国科学雑誌「Nature Physics」に掲載された。 また、以下のNICT総合テストベッドを利用した国際実験を推進した。 • タイのNECTECおよびEGATと共同でダム遠隔モニタリングシステムの SDN 制御による耐障害性向上技術の開発プロジェクトをアジア・太平洋電気通信共同体（APT：Asia-Pacific Telecommunity）の支援により実施、プロトタイプ実装および機能検証を行い、実システムへの展開の課題を整理した。 • 東南アジアの地域社会への貢献として、泥炭湿地林のモニタリングのための IoT ベースのソリューションを展開した。IoT ベースの泥炭湿地森林モニタリングシステムを使用した情報の収集、展開、分析、及び普及に関する研究開発を行った。NECTEC（タイ）等と協力してチェンマイの地滑りフィールドに設置して画像処理による地滑りモニタリングを開始した。また、太陽光発電量リアルタイム及び予測システムを活用する自立型のLoRa 通信システムの開発に着手した。ブルネイ工科大学等とスマートツーリズムプロジェクトを立ち上げ、ブルネイ、タイ、ミャンマーからの映像伝送性能検証を行っている。フィリピン・ASTIに PTZ（パン・チルト・ズーム）型のカメラを設置し遠隔地からの制御試験を進めている。 • 機構、総務省、そして欧州委員会（EC）が共同で推進する「日欧共同研究」において、FESTIVAL プロジェクトが、大規模 IoT サービステストベッド（JOSE）をリアルタイムセンサ情報蓄積提供システムとして活用した。	

			• 機構と米国 NSF が推進する JUNO2 プログラムにおける日米共同研究”Resilient Edge Cloud Designed Network”では、九州工業大学、StarBED、シアトルを結び、その上に RISE による OpenFlow ネットワークによる日米間グローバルテストベッドを構築し実証実験を行っている。 以上の取組等により、テストベッドは計 18 件の国際的な技術実証に活用された	
（2）オープンイノベーション創出に向けた産学官連携等の強化 機構の研究開発成果をICT分野のイノベーション創出につないでいくためには、産学官が幅広いネットワークを形成することで共同研究等を総合的・一体的に推進することが有効である。特にICT分野では技術革新が急速に進展しているため、我が国が国際競争力を確保してい	**２－２．オープンイノベーション創出に向けた取組の強化** 社会の潜在的ニーズを発掘するとともに最終的な成果を想定し、研究開発から社会実装までを一貫して戦略的に立案し、オープンイノベーションを目指した持続的な研究開発を推進する体制を整備する。これまでの組織体制の枠組みを越えて研究開発成果の融合・展開や外部連携を積極的に推進するため、機構内に「オープンイノベーション推進本部」を設置し、オープンイノベーション創出に不可欠なプロジェクトの企画や推進、フォーラムの運営等の業務を一元的に行う。 研究開発成果の最大化に向けて、機構が中核となってオープンイノベーションの創出を促進するため、テストベッド等を核としつつ、様々な分野・業種との連携や、研究開発拠点における大学等との連携強化を図る。そのため、産学官の幅広い		**２－２．オープンイノベーション創出に向けた取組の強化** • 研究開発から社会実装までを一貫して戦略的に立案し、オープンイノベーションを目指す体制として、平成 28 年度にオープンイノベーション推進本部を設置した。その下で、研究開発課題の企画と推進を行う司令塔として機能する戦略的プログラムオフィスと、社会実装に直結するテーマに取り組む研究開発推進センター等のセンター体制組織と、イノベーション創出に必要なプロセス構築・処理等のサポートを行う3つの部門とを有機的に連携させ一体的に取り組んだ。また、サイバーセキュリティに携わる人材を育成するナショナルサイバートレーニングセンター及び IoT 機器等の安全な普及に資するナショナルサイバーオブザベーションセンターをそれぞれ平成 29 年度及び平成 30 年度に設立するとともに、最先端 AI データテストベッドの整備、知能科学技術の研究開発を推進するため、知能科学融合研究開発推進センターを平成 29 年度に設立し、社会的ニーズに対応した。 • 産業界、大学等の研究リソースを有効活用する観点から、以下のとおり多面的な研究開発スキームによる多くの研究課題を実施した。 研究開発の実施状況	**２－２．オープンイノベーション創出に向けた取組の強化** 【イノベーション創出】 • 技術相談制度の創設、NICT シーズ集の作成、アイデアソン･ハッカソンの開催、地域実証型研究開発の実施、大学とのマッチング研究支援など産学官の課題・ニーズの発見と連携のための積極的な取組、イノベーションコーディネーター創設、FFPA 活動などの成果を上げた。 • 地域実証型研究開発の成果を社会実装に結び付けるための取組を強化し、いくつか成功事例が出てきた。 • 環境×健康データ連携によるヘルスケア支援に関するユーザ参加型実証実験、NICT SAR データから GIS データを抽出し災害マップを開発する SAR データ分析チャレンジ等のデータソン・ハッカソンを実施し、企業・大

くためにも、様々な分野・業種との連携を実現しながら、各プレイヤーが保有する技術やノウハウを結集することで研究開発から社会実装の実現までを加速化することが求められている。

このため、研究開発成果を最大化するため、機構が中核になり、産学官の幅広いネットワーク形成や共同研究の実施、機構の研究開発拠点における大学との連携強化、産学官連携の取組としての協議会の設立・運営、社会実装事例の蓄積等に取り組むことで、利用者・企業・大学・地域社会等の出会いの場を形

ネットワーク形成や産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集し、委託研究、共同研究等の多面的な研究開発スキームにより外部の研究リソースを有効に活用し、戦略的に研究開発を促進する。また、ICT関連分野における産学官連携活動を推進するため、学会、研究会、フォーラム、協議会等の活動に積極的に取り組むとともに、機構自らがこのような活動を推進する。さらに、地域ICT連携による自治体や民間等への技術の社会実証・実装等の取組を通じて研究開発成果の社会実装事例を蓄積するとともに、オープンイノベーションの拠点として企業・大学・地域社会等の様々な分野・業種との人材交流を促し、幅広い視野や高い技術力を有する人材の育成・提供に取り組むことにより、オープンイノベーション創出につなげる。

なお、平成 28 年度補正予算（第2号）により追加的に措置された交付金については、「未来への投資を実現する経済対策」の一環として 21 世紀型のインフラ整備の推進のために措置されたことを認識し、多様な経済分野でのビジネス創出に向けた最先端人工知能データテストベッドの構築のために活用する。

グローバルな視点でのオープンイノベーションの促進に取り

	H28年度	H29年度	H30年度	R元年度	R2年度
共同研究	429	510	559	582	568
資金受入型共同研究（内数）	35	42	42	29	24
施設等利用協力研究（内数）	5	14	16	9	6
委託研究	26	20	32	36	34
高度通信・放送研究開発委託研究（内数）	26	20	32	36	33
革新的情報通信技術研究開発委託研究（内数）	0	0	0	0	1
受託研究	167	208	217	201	215

- 外部資金獲得等に向けたフィージビリティスタディの促進を目的としたマッチング研究支援事業を平成 28 年度から東北大学と開始した。平成 30 年度からは早稲田大学、令和元年度からは九州工業大学とも同事業を開始し、新たな連携関係の構築を推進した。実施課題数は平成 28 年度 13 件であったが、令和 2 年度は 20 件となり、5 年間の累積件数は 76 件。これらの取組の成果として、17 件の課題で外部資金を獲得した。

マッチング研究実施状況(件)

	H28年度	H29年度	H30年度	R元年度	R2年度
東北大学	13	10	10	11	11
早稲田大学			4	4	4
九州工業大学				4	5

- 製造現場のデジタル・トランスフォーメーションを推進するためには、ロボット、工作機械や工具等の IoT 化が必須となる。これらのデバイスを無線で収容するため、複数の無線システムが過密・混在した環境下で安定した通信を実現するための協調制御技術（SRF (Smart Resource Flow) 無線プラットフォーム）の国際標準化、普及促進を目指し、フレキシブルファクトリパートナーアライアンス(FFPA)を民間 6 者とともに設立し、事務局を務めた（平成 29 年 7 月）。SRF は機構の研究開発成果である。活動の

学・地域社会等との人材交流を促し、データ活用・データ分析に関する人材育成に取り組んだ。

- AI ICT 分野の研究開発等に利用可能なデータを 8 ジャンル 50 件公開。また、AI データテストベッド公開基盤にあいまい検索機能を追加した。
- 翻訳バンクプロジェクトへの参加募集について積極的に取り組み、多くの参加者を集めた。
- 共同研究、資金受入型共同研究、大学とのマッチング研究支援事業等により産学官での新規アイデア発掘や研究開発促進に寄与した。
- 外部資金獲得額が大幅に伸びていること、PO 制度を導入し、委託研究と機構の研究開発を一体的に推進できるように改善したこと、大学とのマッチング研究支援事業を開始し、外部資金獲得の成果に結びついている。
- 複数の無線機が混在する環境下での協調制御技術（SRF 無線プラットフォーム）の国際標準化、普及促進を目的とする FFPA を創設し、製造現場での無線ユースケースや通信要件をまとめた IEEE-SA レポートの作成を主導した。
- ASEAN IVO などの活動を継続実施し ICT 技術の社会導

成し、オープンイノベーション創出を目指すものとする。また、グローバルな視点でのオープンイノベーションの促進も重要であり、国際的な連携にも積極的に取り組むものとする。 具体的には、我が国として新たな知識・価値を創出し、社会・経済システムの変革につなげていくためには、ビッグデータ、人工知能（AI）、IoT、ロボット、高度道路交通システム（ITS）等のICT分野の技術が重要な役割を果たすことになるため、これらの分野のオープンイノベーション創出に向けた産	組むため、連携関係のある海外の研究機関や大学等からなる研究ネットワークを形成し、多角的な国際共同研究を実施するためのプラットフォームの構築を図る。また、日欧共同公募、日米共同公募等のスキームにおけるグローバルな視点でのオープンイノベーションを目指すプロジェクトの創出や、国際標準等の成果の国際展開に取り組む。 特に、ビッグデータ、AI、IoT、ロボット、ITS等の分野については、将来新たな価値を創造し、社会の中で重要な役割を果たすことが期待されるため、オープンイノベーション創出に向けた産学官連携に積極的に取り組む。 この際、特に、研究開発をより効果的かつ効率的に進めていく観点から、政府の方針を踏まえつつ、他の国立研究開発法人等との間で研究開発成果の最大化を図れるよう、連携協力の一層強化に努める。 健康・医療・介護・防災・減災等の分野をはじめとする社会・産業・科学等における利用ニーズや地域の活性化等の社会課題を戦略的に分析するとともに、様々な分野における研究開発成果として機構が保有する技術的な強みやデータ等を結集し、分野横断的・産業横断的な統合・融合によって相乗効		中心となるPromoter会員8者、FFPA技術仕様の利用拡大を目的とするAdopter会員2者、試験機関を対象とするAdvisory会員1者、ユーザグループVoC (Voice of Customers) Community 34者を集め、積極的に通信方式の規格化、標準化及び普及促進の活動を行った。FFPA技術仕様を令和元年度に策定し、改訂版Ver.1.1を令和3年1月に完成させた。同技術仕様への製品適合性を確認するための試験仕様を策定し(令和3年1月)、同試験仕様に基づく製品認証プログラムを令和3年度中に導入する予定である。IEEEにおいて、製造現場での無線通信の課題を提起し、ユースケースや通信要件をまとめたIEEE-SAレポート(IEEE Standards Association Industry Connection Report Flexible Factory IoT)の作成を主導し、令和2年4月に発行した。無線IoTの活用が見込まれる工場関係者への成果展開を目指し、スマート工場EXPOへの出展及び技術セミナーを開催したほか、国際的な技術展開を目指し、5Gの産業ネットワークへの展開を目的とする国際アライアンス5G-ACIA (5G Alliance for Connected Industries & Automation)とMoUを締結(令和2年4月)し、工場における無線IoTのユースケースや要求条件の情報共有を実施した。 • また、スマートIoT推進フォーラム、第5世代モバイル推進フォーラム、次世代安心・安全ICTフォーラム、グローバルコミュニケーション開発推進協議会等、機構が設立に関与したフォーラムや協議会を活用して、産学官連携を促進した。 • 研究開発成果等の技術移転を促進し、新たな価値の創出や課題の解決に役立てるために、機構の研究開発成果等を紹介するNICTシーズ集を作成した(外部への提供可能な技術等43件を掲載)。令和元年6月発行時から令和3年3月末までで5790回以上のダウンロードがなされた。令和元年度より令和2年度の方が、一ヶ月当たりのダウンロード数が増えており、機構の技術シーズ全体を社会に広報するためのツールとして定着した。電子ブックとしても機構Webページに掲載した。さらに新型コロナウイルス対策に活用可能なニューノーマル時代に資する技術シーズ集（13件のシーズを収録）を緊急に作成し、ダウンロード数1,000回以上(令和2年10月の発行から令和3年3月末まで)の成果を得た。ニューノーマルシーズ集に掲載のシーズの内、清掃等を実施するロボットに使用可能な無線技術は、ウイルス等感染対策に資するICT技術の委託研究を通じて民間事業	入を促進した。 • ASEAN IVOを順調に拡大してきた。 等、オープンイノベーションにつながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【標準化】 • 無線システムの過密環境下で安定した通信を実現する協調制御技術の国際標準化を目指し、FFPAを立ち上げたこと、FFPA技術仕様への適合性試験のための試験仕様を完成し、製品認証プログラムの準備を進めていること、IEEEにおいて、製造現場での無線通信の課題を提起し、IEEE-SAレポートの作成を主導した。 【国際展開】 • FFPAを国際連携体制で設立および欧州5G-ACIAとの連携推進へ貢献した。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

学官連携に積極的に取り組むものとする。 特に、研究開発をより効果的かつ効率的に進めていく観点から、政府の方針を踏まえつつ、他の国立研究開発法人等との連携協力を一層強化する。 さらに、機構内の異なる研究分野間の研究開発成果（研究開発成果によって生成されるデータや情報を含む。）を統合・融合・解析する研究開発を実施することによって、研究開発成果を潜在的な利用ニーズに結びつけられる可能性がある。このため、社会・産業・科学等における利	果を発揮させる新たなシステムの創発に基づくサービス基盤の研究開発を行う。また、機構の研究開発成果を利用ニーズ等に結び付け、社会的受容性等を検証するための取組として、想定されるサービスの利用者や提供事業者と協同して社会実証実験等を実施し、そこで得られた知見を研究開発成果のテストベッド環境にフィードバックする。また、2030 年頃の実現が見込まれる次世代通信技術 Beyond 5G について、民間企業や大学等産学官のプレイヤーによる要素技術確立に向けた公募型研究開発プログラムを実施するため、革新的情報通信技術研究開発推進基金を設置する。		者の社会実装にむけた研究開発に活用されることとなった。 • 機構の研究者が研究開発成果や専門的知識を活かして、企業等との連携(共同研究や技術移転など)を広げるために技術相談制度を創設した(平成 30 年 3 月)。平成 30 年度に運用を開始して以来、技術相談の Web ページおよびパンフレット等を作成し、69 件の問い合わせがあり、25 件(うち、令和 2 年度 8 件)の相談に対応した。 • 地域 ICT 連携による自治体や民間等への技術の社会実証・実装等の取組を推進するために、各地域の総合通信局と毎年、情報共有と連携強化を目的とした意見交換をオープンイノベーション推進本部内の総合テストベッド研究開発推進センター、デプロイメント推進部門等と合同で行い、地域の研究者との連携、課題発掘、地域の活動における連携を強化した。第 4 期の当初は、地域の研究者や地域の課題に関する情報交換を中心として行った。その情報等を元に検討し、平成 30 年度よりデータ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発を委託研究として開始した。この委託研究公募を総合通信局を通じて広報する等した結果、非常に多くの課題が提案され、地域における社会課題の解決に繋がった。さらに自治体の課題解決への活動(広島におけるサンドボックスの活動など)と連携し、社会実装に向けた研究開発を推進した。 • 大学や産業界などの経験者に、地域連携課題の掘り起こし、機構の研究開発成果の社会実装や国際展開のためのコーディネータ役を担っていただくイノベーションコーディネーター制度を平成 28 年度に創設した。平成 30 年度、令和元年度は 6 名、令和 2 年度は 7 名を登用し、地方での研究テーマの形成、機構の技術の移転先、共同研究先の発掘等を実施した。上記地域課題解決のための実証型研究開発の課題形成を地域で実施した。さらに、令和 2 年度においては、これまでの活動に加え、機構内での地域実証型研究開発へのアドバイザーとして、プロジェクトに対するアドバイス等実践的な支援をしながら、プロジェクトに伴走した。 • 機構の地方拠点等を活用しつつ、オープンイノベーション創出につながる人材交流・育成及び地域課題の発見を目的としたアイデアソン(以下 I と略)やハッカソン（以下 H と略）を開催した。(平成 30 年度 5 回(塩尻市（I）、北九州市（I）(H)、金沢市（I）、仙台市（I）)。令和元年度 2 回(金沢市（I）、仙台市（H）))。令和 2 年度	

用ニーズや社会課題を戦略的に調査分析しつつ、異なる研究開発成果の相乗効果を能動的に発揮させる研究開発を行うことで、機構の研究開発成果を利用ニーズ等に結びつけていく取組を行うものとする。 また、2030年頃の実現が見込まれる次世代通信技術Beyond 5Gについて、民間企業や大学等産学官のプレイヤーによる要素技術確立に向けた公募型研究開発プログラムを実施するため、革新的情報通信技術研究開発推進基金を設置する			2 回 (金沢市(I),仙台市(I))。ここでは地域で活動している企業、大学、法人、NPO 等に、参加者としてだけでなく、メンターやアドバイザーとして参加してもらうことで、様々な技術やノウハウを結集・融合させるとともに、機構との連携の強化を図った。また、コロナ禍においても、本事業の重要性を鑑み、リモート環境にてアイデアソンを実施し、継続した活動を実施した。令和 2 年度に行われた仙台でのアイデアソンでは、理工系以外の大学生の参加も多く、ICT 関連技術と人文科学的側面を融合させ、地域の課題を発見し、それを解決する工学的手法を組み合わせたアイデアソンを実施するなど、地域における人材交流および育成を実施した。 • 新たな分野として注目されている、量子計算や量子通信に代表される量子 ICT 分野で活躍する人材を育成するため、NQC(NICT Quantum Camp)を令和 2 年度から開始した。機構がカバーする分野だけでなく、大学、企業の方々を講師、アドバイザーに招き、量子 ICT の網羅的な学習を可能にした。専門家からの講義を中心とした 1)量子 ICT 人材育成プログラム(受講者 30 名)に加えて、研究活動を通じた量子 ICT 研究者の育成を図る 2) 探索型/課題解決型人材育成プログラム(研究課題 2 件)を実施した。 • 平成 28 年度補正予算(第 2 号)により追加的に措置された交付金を活用して整備した AI 関連データ共同利用設備・実証環境である AI データテストベッドを令和元年 5 月から運用開始し、AI 及び ICT 分野の研究開発等に利用可能な 8 ジャンル、50 件のデータセットを公開基盤から公開した。(令和 2 年度末現在)。併せてデータへのアノテーション付与及びあいまい検索機能等の追加による機能改修を実施した。令和 2 年度公開の巨大言語モデル BERT は約 10 ヶ月で 2,743 件ダウンロードされ多くの研究者に活用されている。 • 平成 27 年 2 月に機構が主導して設立した ASEAN 域内の研究機関や大学等とのバーチャルな研究連携組織 ASEAN IVO (ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT)を、加盟機関数 68(設立時 26)、プロジェクト参加研究者累計 292 名を擁する ASEAN 地域で存在感のあるフレームワークに成長させた。この中で、機構の研究開発成果を含む ICT を東南アジア諸国共通の社会的課題に適用する共同研究開発プロジェクトを累計 28 件形成・推進し、研究開発や実証実験等を実施した。	

			このうちの一部については、次のステップであるアジア太平洋電気通信共同体（APT）やJSTが募集する国際共同研究や国際共同実験に採用され、タイ、スリランカ、ネパール等の政府機関や研究組織との共同プロジェクト 6 件を実施した。このうち 4 件は機構の成果の技術移転先企業も参画し、ビジネス化を推進した。 • 日欧の国際共同研究については、機構の研究とのシナジーや将来の標準化やビジネスでの連携を目指す欧州委員会 Horizon 2020 との共同委託研究プログラムを運営し、新世代ネットワーク技術を対象とする第 2 弾（2 件）を推進した。また、日欧国際共同研究シンポジウム（計 2 回）を開催し、産業界や学術界で求められる研究課題について、日欧の有識者によるオープンな議論を行い、その結果を踏まえて、公共ビッグデータ利活用基盤技術や情報指向ネットワーキング技術等を対象とする 4 件（第 3 弾）、並びに Beyond 5G 先端技術やハイパーコネクテッド社会のためのセキュリティ技術を対象とする 2 件（第 4 弾）を開始した。 • 日米の国際共同研究については、米国国立科学財団（NSF）との間で、先端的、萌芽的、革新的な技術探索と研究先導を目指す共同研究プログラムを運用し、ネットワーク領域を対象とする JUNO プログラムにおいて 7 件の共同研究を実施し、平成 28 年に終了した。後継の JUNO2 では、日米ワークショップを開催し、研究課題について日米の研究者でオープンに議論した上で、公募により 5 件の共同研究を実施した。さらにその後継プログラムで取り組むべき研究課題を議論するための日米ワークショップを令和 2 年度に開催した。一方、新たな領域である計算論的神経科学を対象とする多国間共同研究フレームワーク CRCNS にも参画し、3 件の共同研究プロジェクトを開始した。 • 台湾の国家実験研究院（NARLabs）との間で共同研究プログラムを新設し、令和元年に 2 件のプロジェクトを開始したほか、今後のプロジェクトを形成するための共同ワークショップを令和 2 年に開催した。その結果、光通信、宇宙天気、サイバーセキュリティの 3 テーマについて研究連携を合意し、令和 3 年度に開始する第 2 弾として 3 件の日台共同研究プロジェクトを採択した。 • スマート IoT 推進フォーラムでは、同フォーラムの事務局として IoT 分野における産学官連携の中心的な役割を果たしつつ、複数の分科会での議論をリードして産学官連携活動を積極的に推	

			進した。平成 28 年 4 月 26 日現在の会員数は 1528 者であったが、令和 3 年 3 月 9 日現在 2,519 者が会員であり、大きく拡大した。機構はテストベッド分科会、異分野データ連携プロジェクト、IoT 価値創造チームの活動に主体的に参画した。フォーラムの総会に合わせて、特別セッションとして IoT を用いた新しいサービスやイノベーションへの取り組み等を紹介する講演会を併催し、IoT を用いた価値創造に関する情報提供を行った。また同時に、海外からの講演者を招き、最新の海外情報についても情報提供をする、国際シンポジウムも併催した。令和２年度は「IoT 国際シンポジウム 2020 ～ICT が促すデジタル変革～」を、9 月 14 日～10 月 30 日の期間に、オンデマンドで配信する形式で開催し、国際連携・標準化が進みつつあるスマートシティ分野、多くの企業・団体で必要性が高まっている DX の推進方法を取り上げた。講演やパネルディスカッションを実施し、ベストプラクティスを共有すると共に、令和 3 年 3 月 26 日にフォーラム総会を開催し、IoT の活用による価値創造について、3 件の講演を実施した。 • 総務省と連携し、オールジャパン体制で翻訳データを集積する「翻訳バンク」を平成 29 年度から運用し、各府省庁からも翻訳データを集積した（令和 2 年度末現在 83 組織が参加）。「自動翻訳シンポジウム」を計 3 回開催し、令和 2 年度の第 4 回（第 3 回は中止）では、オンライン開催により 600 名を超える参加者を集めた。 • 「人間中心の AI 社会原則」検討会議の構成員として同原則を策定した (平成 31 年 3 月:統合イノベーション戦略推進会議決定)。 • AI 関係府省連携の一環として、平成 29 年度から 30 年度において産業技術総合研究所情報人間工学領域と「情報通信分野における連携・協力の推進に関する協定」に基づく共同研究を実施した。 • AI 戦略 2019（令和元年 6 月：統合イノベーション戦略推進会議決定）等に基づく AI ステアリングコミッティ―等に参画した。 • AI 戦略 2019 を踏まえ、AI 関連の研究力をさらに向上させ、研究成果の社会実装を推進するため、大学・公的研究機関などが相互に連携・補完することを目的に令和元年度に設立された「人工知能研究開発ネットワーク」に産業技術総合研究所及び理化学研究所とともに中核会員として参画した。 • 人工知能研究開発ネットワークの公式サイト（（AI Japan R&D	

			Network））を通じて機構の AI データストベッド等について情報発信した。 • 地域実証型研究開発として、平成 30 年度から、データ活用による新たな価値創造を重視しつつ、地域の課題解決のための社会実証実験に関する委託研究を実施した。総合通信局を通じた機構の公募の周知等により、全国から課題が集まり、高い競争率を維持した。厳正な評価を経て平成 30 年度、令和元年度、および令和 2 年度で各 10 件の研究課題を採択し、平成 30 年度の課題指定型 1 件を含め、合計 31 件の研究課題を推進した。複数者による提案とすることにより、産学官等の連携プロジェクトの性格を強化した。また、着実な社会実装を目指し、全てのプロジェクトにビジネスプロデューサーを設定した。産学の協力のもと、実証型研究開発の成果の社会実装を強く意識し研究開発に取り組んだ。その結果、参加企業によるサービスの実用化あるいは自治体へのデジタルプラットフォームの提供等に繋がった案件が 4 件あり、社会実装が進んだ。 • 地域 ICT 連携による自治体や民間等への技術の社会実証・実装等の取組として、機構の研究開発成果を用い、自らが実施する地域実証型研究開発として平成 30 年度に 3 課題、令和元年度に 4 課題、令和 2 年度に 5 課題を実施した。これら地域実証型研究開発は地方総合通信局の協力を得て、各地域の自治体、民間企業、大学等との連携体制を構築し、地域への ICT 技術の実証・実装も重要な目的とした。その一つのプロジェクトとしてとして、平成 30 年から長野県千曲市を中心に産学官９組織が連携して IoT 技術により地域を見守る「千曲市あんずプロジェクト」を推進した。このプロジェクトは、機構独自の技術をベースに、地域モニタリングデータを LPWA(LoRa)網を通じて市内全域に広範囲に収集・融合し、地域内の詳細な気象環境情報を多角的に視覚化するという新しい価値創造が目標の研究開発であった。千曲市、大学および民間企業 6 社との間で LPWA 実験に関する覚書を交わし、環境・教育・防災等の社会実装を視野に入れた実験（千曲市あんずプロジェクト）を行った。LoRa 中継局を千曲市内の住居エリア全域をカバーする 14 カ所に設置し、地域におけるデータ連携・利活用のためのプラットフォームを構築した。中継局に機構独自開発の映像 IoT カメラシステムを設置し、AI を用いた降雪自動検出アプリケーションの性能検証を実施した。また、同中継局に気象センサを設置し、市内の詳細な気象	

			環境のモニタリングを実施し、令和元年台風19号接近時の市内各地での風向風速が異なること、データを用いた被害評価が可能であることを確認した。さらに、中学校全教室の環境モニタリングシステム構築し、これにより、教育環境の効率的な活用・改善に寄与した。 • 新型コロナウイルスの急激な感染拡大を受け、令和 2 年 6 月に機構が開催したオープンシンポジウムにおける各方面の有識者からの示唆を元に、令和 3 年度から開始する委託研究として、“ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発”を計画し、令和 2 年 11 月から 12 月に公募した。緊急性の高い課題であることから、機構内の各種取組みと連携し、短時間での公募の開始を実現した。また、機構の自主研究成果の社会実装を促進するため、機構で発行している“新型コロナウイルス対策への貢献が期待される機構の研究開発・社会実証の取組”を元に、委託研究で提供できる技術を検討・調整し、技術集としてリスト化し、希望者に配布した。複数の提案者が機構の技術を活用して委託研究を提案し、機構の技術を活用した提案が採択された。 • オープン・スマートシティを実現するソーシャル・ビッグデータ利活用・還流基盤等の実証的な委託研究を実施し、受託者の連携交流会において課題の分析や解決案の検討を行った。また、地域における課題の解決や異分野における ICT 利活用を促進する社会実証に向けて実施した、各地域の状況調査結果を踏まえ、新たな地域実証研究計画を取りまとめ、研究公募を経て委託研究を実施した。 • 異分野データ連携プラットフォームを活用した社会課題解決のモデルケースとして、環境×交通データ連携によるモビリティ支援や環境×健康データ連携によるヘルスケア支援に関するユーザ参加型実証実験（福岡市、東京都等）や、NICT SAR データから洪水・土砂崩れ領域等の GIS データを抽出し災害マップを生成するプログラムを開発する SAR データ分析チャレンジを実施し、地域の事業者や団体と協力した社会実証実験を積極的に推進した。 • 技術実証と社会実証の一体的推進が可能なテストベッド利活用パイロットプロジェクトとして、JOSE に展開した M2M クラウド基盤を活用して、オープンイノベーション創出につながる下記の活動を実施した。"データの地産地消"概念に基づいた携帯電話網	

			に頼らない地域 IoT サービス基盤を設計・開発その構成要素となる Wi-SUN と多様な無線技術を融合活用する IoT デバイスやシステムの開発と実用化活動を推進した。Store-Carry-Forward 原理によるすれ違いネットワークの有効性を理論・シミュレーション双方の視点から再確認した。Wi-SUN モジュール搭載タクシー 26 台の"ながら"すれ違い情報配信実証実験を行い、12 時間で 400 km2 を超えるエリアにおける見守り等に関わる地域情報の収集能力を確認できた。地域モビリティを活用して、地域の見守りなどに関わる情報配信や情報収集を行うことが可能な地域 IoT サービス基盤の構築が可能で、かつスマートメータ基盤ともつながる機構知財が活用された“すれ違い IoT 無線ルータ”を 1 万円台で商用化できる目処がたった。位置情報を活用した見守りや交通安全のサービス向けデバイスとして開発した省電力 GPS モジュールが電子機器メーカーに技術移転され、位置トラッカー製品としての開発・販売準備に至った。また、開発と実証実験を行った同 GPS モジュールと Wi-SUN 通信機能を統合利活用する交通安全システム(WiWi-Alert)の実用性に興味を示したロボット事業を支援するシステムインテグレーション事業者が、移動物体の相互位置検出と衝突回避の基礎技術として実用化の検討を開始した。 • 東京墨田区を中心とした営業中の飲料自動販売機、タクシーに"すれ違い IoT 無線ルータ"を搭載して地域レベルでの社会実証エリアを展開。高齢者/子供見守りサービスとタクシー乗客発見支援サービスの実証実験を実施した。報道発表(平成 29 年 5 月)に対する新聞・TV 等の反応、及び CEATEC2018 展示におけるアンケート取得 360 名分など、社会の反応を多数収集した。また、大手飲料メーカーが、機構が開発した"すれ違い IoT 無線ルータ"を搭載した飲料自動販売機による塾生見守りサービスの自ら運用を措定したアプリケーション開発に着手した(令和元年度)。大手飲料メーカーが、塾生見守りサービスの実用化/商用化に向けてアプリケーション開発に着手した(令和元年度)。 • また、都内タクシー会社が 24 時間稼働の乗客発見支援サービスのテスト運用を開始した(令和元年度)。 • 富山県黒部市の社会福祉協議会及び同市ゴミ収集事業者の車輛に、"すれ違い IoT 無線ルータ"を搭載し、見守り対象高齢者(20 世帯)の外出減少を、周辺を走行中の地域車輛で見守るサービスの社会的受容性に関する実証実験を実施した。同市社	

			会福祉協議会は実証実験結果に基づく社会的受容性の調査研究成果報告書を作成した(令和元年度末)。上記実証実験の実施については報道発表(令和元年９月)を行い、多数の新聞等での反応が得られた。また、CEATEC2019（令和元年 10 月）では、これら実証実験に関わるシステム展示も行い、サービスの社会的受容性に関するアンケート取得(360 名)を通じて、90％以上の一般市民が地域社会への貢献のために機構開発の IoT 機器を家庭に設置することに合意すると回答するなど、社会的受容性に関わる反応を収集した。 • 次世代通信技術 Beyond 5G の実現に必要な要素技術の確立に向け、令和２年度に設置された基金を用いて民間企業や大学等への公募型研究開発制度を創設し、委託研究１課題の公募・採択を実施するとともに、令和 3 年度からの本格公募の準備を実施した。	
（３）耐災害ICTの実現に向けた取組の推進 世界最先端のＩＣＴにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすためには、「社会（生命・財産・情報）を守る」能力として、地震、水害、火山、津波、台風等の災害から国民の生命・財産を守るための技術が不可欠であ	**２－３．耐災害ICTの実現に向けた取組の推進** 研究拠点機能及び社会実装への取組を更に強化するため、耐災害ICTに係る基盤研究、応用研究及びこれらの研究成果に基づく社会実装に向けた活動を連携して取り組む体制を整備する。また、耐災害ICTに係る研究開発の着実な推進及び研究拠点機能の強化に向けて、大学・研究機関等との共同研究等を通じて、外部研究機関との連携を強化する。さらに、研究開発成果の社会実装に向けて、地方公共団体を含めた産学官の幅広いネットワーク形成、耐災害ICTに係る知見・事例の収集・蓄積・交換、研究成果・技術移転等の蓄積及び地方公共団体等の利		**２－３．耐災害ICTの実現に向けた取組の推進** • 耐災害 ICT に係る基盤・応用研究及びその成果の社会実装に連携して取り組む耐災害 ICT 研究センターの体制の元、以下のような研究と社会実装の連携が行われた。 －対災害 SNS 情報分析システム DISAANA の試験公開を継続し、SIP 第 1 期の支援を受けて災害状況要約システム D-SUMM の開発を行い公開。SIP 第 2 期の支援を受けて国立研究開発法人防災科学技術研究所、株式会社ウェザーニューズと共同で防災チャットボット SOCDA の開発及び実証実験を実施。SOCDA が実災害で実活用されるなどの成果を創出。DISAANA, D-SUMM のビジネスライセンスの供与を受けた企業（NEC)が R2.7 から商用サービスの提供を開始。ウェザーニューズが SOCDA に関するビジネスライセンスを受けて複数の自治体で商用トライアルを開始。	**２－３．耐災害ICTの実現に向けた取組の推進** 【実証】 • 地域 ICT オープンプラットフォームを用いて、地方の課題解決にむけた実証が進んだ。 • 自治体等と連携した地道な実証を進め、この種の分野の推進の継続性をしっかりと実現した。 • 防災チャットボット SOCDA においては連携を進めて実利用にまで至った。 • DISAANA、D-SUMM は、企業への技術移転を実施した他、東京都、大分県をはじめとする様々な地方自治体で防災訓練での利用が行われるとともに、各地の豪雨災害

ることから、機構の耐災害ICTに係る研究開発成果の普及や社会実装に取り組むものとする。 そのため、耐災害ICTに係る研究開発成果の最大化のためには、地方公共団体を含めた産学官の幅広いネットワーク形成や情報の収集・蓄積・交換、共同研究、標準化、社会実装、研究成果・技術移転事例の蓄積等を推進するための産学官連携拠点としての機能を果たすことが重要であることから、仙台における拠点を中心として、我が国全体の耐災害ICT分野の社会実装も対象にしつつ、これらの	用者ニーズの把握のため、耐災害ICTに係る協議会等の産学官連携活動に積極的な貢献を行う。 加えて、耐災害ICTに係る研究開発成果を活用した実証実験の実施、地方公共団体が実施する総合防災訓練等における研究開発成果の活用・展開及び災害発生時の円滑な災害医療・救護活動等に貢献するためのICTシステムの標準モデルやガイドラインの策定に関する取組等を通じて、耐災害ICTに係る研究開発成果の社会実装の促進を図る。		－地域分散ネットワークNerveNetの低コスト化に向けたナーブネット機能の全ソフトウェア化、小型・省電力のLPWA搭載型装置の研究開発と、科学情報（地震計情報）観測における通信実利用や地域課題解決型研究での活用。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を開発し、従来比40倍以上の伝送量をフィールド実証。認証技術について特許出願。分散認証基盤を開発し、即時構築ネットワーク環境のシステムを構築・実証。自治体が、同技術を搭載したシステムの導入を決定し、R2～R3にかけて構築中。 －災害時のユースケースを想定した可搬型 EDFA（光増幅器）の通信キャリア研修施設での耐環境評価、光通信ノードが損壊した場合の応急復旧装置の機能検証。 • 大学等との共同研究等を通じた外部研究機関との連携の強化として、耐災害 ICT 研究センターで総計 40 件の共同研究に取り組んだ他、R1.4 に設立された東北大学タフサイバーフィジカル AI 研究センターとの覚書の締結や連携ラボラトリーの設立に参画し，タフロボティクス×タフ IoT の研究として、災害時を含む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を実施した。また、東北大学、企業等と共同応募した NEDO「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業／先導研究（3年間 2 億円）」に採択され、研究開発に取り組んだ。基盤研究として膨大な数のノードの情報が流通する Massive Connect IoT 環境における高密度・非直交多元接続技術 (NOMA)の課題として、上り回線 NOMA における送信機間送信時刻同期や搬送波周波数同期の不完全性について検討を行った。各端末送信信号の時分割プリアンブル構成を提案し、ビット誤り率特性が改善できることを示した。また、東北大学との連携の下、宮城県女川町で音紋による船舶の実現性検証に成功し、航跡波による船舶接近検知や LPWA による正規船特定と組み合わせ、不審船自動監視システムを開発した。 LPWA 搭載型小型・省電力無線通信端末を東北地域の課題解決型研究を推進するための地域 ICT オープンプラットフォームとして整備し、これを用いて東北地域の大学との交流会等の開催や地方自治体との意見交換等を通じて抽出された課題（農業・漁業、地域情報発信・観光、交通・気象、等）の解決に向けた実証・研究開発が進んだ。	等でも災害状況把握等で実利用された。 • DISAANA 、 D-SUMM 、 SOCDA が様々な自治体の防災訓練で利用され、平成29年の九州北部豪雨災害等の実際の災害時にも災害状況把握のために利用された。 • DISAANA 、 D-SUMM 、 SOCDA と技術開発の進展に合わせた自治体と連携した実証実験を行った。 • 災害に強い情報通信ネットワーク導入のガイドラインの改訂を行った。 • 光ネットワークの応急復旧技術の実現に向け、可搬型 EDFA や応急復旧装置の機能検証を通信キャリアや通信機器ベンダーの施設で実施した。 • 平成28年の熊本地震の際、被災地に衛星通信と無線通信システムによる安定したインターネット接続環境を提供した。 • 立川地区の中央省庁災害対策本部設置準備訓練において、ナーブネットを用いた自営無線回線環境を実装し、実利用化した。 • ナーブネットの小型 LPWA 搭載装置を開発して、地震計情報等の通信実証実験を行い、更にこの装置を活用した地域 ICT オープンプラットフォームを整備して、東北地

取組を積極的に行うものとする。また同時に、産学官連携の場の活動にも活発に寄与するものとする。 また、災害発生時の円滑な災害医療・救護活動に貢献するため、関係機関との共同研究等を行うことにより、災害時を想定したICTシステムの具体的な標準モデルやガイドラインの策定等を通じて社会実装を促進するものとする。			大学・企業の研究者・技術者と連携し、南海トラフ地震などの広域で発生する大規模災害時に通信ネットワーク・情報処理技術を活用して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・主催し、研究ワークショップを 5 回開催し遠隔支援技術の研究開発に向けた議論を重ねると共に課題抽出・技術実証に向けた防災訓練(R1.8)を実施した。 • 東南アジア地域の大学・研究機関と連携し、AESEAN-IVO プロジェクト(4 件)、APT プロジェクト(4 件)として、地滑り早期警報システム（スリランカ）、ダム監視ネットワークの耐災害性強化のフィージビリティスタディ(タイ)、ルーラル地域の ICT 活用による教育支援と運用（カンボジア・ミャンマー）、異種ネット融合によるスマートコミュニティ・スマートシティ（タイ・マレーシア）養殖池水質管理高度化（タイ他 3 カ国）等の現地実証実験等を実施して NerveNet や LPWA センサネットワーク技術の有用性が確認され、同地域への国際展開が進んだ。 • 協議会活動等の産学官連携活動の積極的な貢献として、当センターが事務局として耐災害 ICT 研究協議会の総会や研究シンポジウム等を定期的に開催し、耐災害 ICT 研究に関する産学官連携・協力に基づく研究開発の促進・成果展開や、ニーズ把握を含めた情報収集、意見交換、情報発信に務めると共に、H26 に策定された「災害に強い情報通信ネットワーク導入dドライン」の技術の進展に伴う改訂（H30:第 2 版、R2:第 2.1 版）を行い公表することで、自治体等の活用の促進に努めた。また、慶應義塾大学、防災科学技術研究所の協力の下で「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（H29）に参画し、災害時対応の指針を提示すると共に、AI 防災協議会(設立：R1.6)に参画し、SNS 等を用いた災害情報の分析に関する情報収集、ニーズ把握を含めた意見交換、情報発信に務めた。 • 実証実験、実利用、社会実装推進、訓練・展示等への参加として、H28.4 の熊本地震の際、被災現場に研究者を派遣して搬入した衛星通信と無線通信システムの設営を行い、通信が不安定な状況の中、安定した通信ができるインターネット接続環境を被災地の自治体と住民に提供した。また、DISAANA による災害情報分析、Pi-SAR による被災地観測画像の提供等も行った。本経験を通じて実災害時の耐災害 ICT 提供に関するノウハウを蓄積すると共に、基盤研究を充実化した。 SIP 課題「レジリエントな防災・減災機能の強化」の「⑥災害情報	域の大学等と連携した地域課題解決の実証実験に活用された。 • 倉敷市、江東区等の防災訓練で防災チャットボット SOCDA の実証実験を実施し、神戸市では長期間の実証実験が行われた。また、令和 2 年度の台風接近時に広島県、三重県などで SOCDA が実際に活用された。 等、機構内外の利用者にとり有益な技術実証・社会実証につながる顕著な成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【産学官連携】 • 耐災害 ICT 研究協議会の総会等を定期的に開催し、同分野の研究開発の促進・成果展開や情報収集、意見交換を行うとともに、導入ガイドラインを策定した。 • 産との連携では、光ネットワーク技術のキャリアと連携した。 • 地方自治体での防災訓練に参加、地域 ICT オープンプラットフォームによる東北地域の大学との連携などの成果を上げた。また、遠隔地からの被災地支援のためのコミュニティ形成、ワークショップ開催などの成果を上げた。東北大学との新たな連携へ

			の配信プロジェクト」を当センターの研究者が研究責任者として推進した。その中で H29、30 年度には、首都圏直下地震災害での実利用を想定した立川地区での中央省庁災害対策本部設置準備訓練に参画し、災害時に公衆回線が使えない場合を想定して、ナーブネット技術を用いて各府省の災害対策本部間（東京都立川地区:9 拠点）通信の自営無線回線環境を整備した。その結果，公衆回線に依存せず各府省の災害対策本部間の通信の確保ができるシステムが実装され利用可能となった。 衛星通信及びナーブネットの組み合わせによる静岡県の DMAT などと連携した大規模地震時医療活動訓練(H28.8)や、衛星通信による三重県伊勢志摩での DMAT（災害派遣医療チーム）訓練(H29.7)、群馬県太田市の緊急消防援助隊地域ブロック合同訓練(H29.10)を実施した。さらに、H29.11 には光通信の高知県情報ハイウェイや JGN と NerveNet などの無線通信で高知医療センターを結ぶなどした光と無線を融合した災害時のネットワーク環境実証を行った。 試験公開中の DISAANA、D-SUMM は、企業への技術移転を実施し、商用サービスが開始された(R2.7)他、東京都、大分県を始めとする様々な地方自治体で防災訓練での利用が行われると共に H29 の九州北部豪雨災害や岩手県での雪崩災害、R1 に頻発した各地の豪雨災害等でも災害状況把握などで実利用されている。また、説明会等を通じた更なる地方自治体での利用拡大にも取り組んだ。更に、他の研究機関・企業と連携して開発した防災チャットボット SOCDA の倉敷市、東京都江東区等での防災訓練での実証実験を実施し、神戸市では長期間の実証実験を継続中である（R01.08～）。また、令和 2 年台風第 10 号接近時に、ウェザーニューズが SOCDA に関する商用ライセンスを受けて実施した自治体向け有償トライアルも含めて広島県、三重県など様々な自治体で実活用された。加えて令和 3 年 2 月の福島沖地震の際にも南相馬市にて SOCDA が実活用され、早期情報収集に貢献した。 • ITU-D SG2 の活動への貢献として、Q5/2（災害対応）の早期警戒システムの最終報告書に、DISAANA、SOCDA、ナーブネットを用いた中央省庁災害対策本部設置訓練、ダイハードネットワークの概要と防災訓練での実証実験等の取組が記載された。 • セミナー・展示などを通じた技術の社会展開活動として、ICT フェア in 東北、防災推進国民大会、けいはんな情報通信フェア、震	の取り組みとして、タフロボティクス・タフ IoT に関する連携を立ち上げた。 • 地域 ICT オープンプラットフォームを活用した東北地域の大学との連携による課題解決に向けた研究開発を推進した。 • 平成 28 年から開始した東北大学とのマッチング支援事業で計 35 件の共同研究を実施し、東北大学タフサイバーフィジカル AI 研究センターとの覚書の締結や連携ラボラトリーの設立に参画し、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等を推進した。 • 大学及び企業の研究者等と連携して、大規模災害発生時に通信ネットワーク・情報処理技術を活用して遠隔地から被災地を支援するためのコミュニティを主催し、研究ワークショップ及び課題抽出・技術実証に向けた防災訓練を実施した。 • 耐災害 ICT 研究協議会の総会等を定期的に開催し、同分野の研究開発の促進・成果展開や情報収集、意見交換を行うとともに、導入ガイドラインを策定した。 • 令和 2 年台風第 10 号接近時に、ウェザーニューズが D-SUMM の商用ライセンスを受けて実施した自治体向け有

			災対策技術展等に毎年出展すると共に、タイ国科学技術博(H28.8,H29.8)、ITU 世界テレコム(H28.11)、WTDC(世界/地域電気通信開発会議)総会(H29.10)、ASTAP(アジア・太平洋電気通信共同体)(R1.6)、World BOSAI Forum(R1.11)等国際イベント等にも出展し、技術の積極的なアピールを行った。	償トライアルも含めて自治体で SOCDA を実活用した。 等、耐災害 ICT 分野の産学官連携につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【標準化】 • 「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」や、慶応技術大学及び防災科学技術研究所とともに「人工知能を用いた災害情報分析の訓練ガイドライン」を策定し、自治体等の活用を促進した。 • センターが事務局を務める耐災害 ICT 研究協議会において策定した「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン」について、随時、技術の進展に伴う改訂を行い（平成30 年 6 月、令和 2 年 6 月）、自治体等の活用の促進に努めた。 • 令和元年 6 月に設立された AI 防災協議会に参画し、大学、研究機関と連携して、SNS 等を用いた災害情報の分析に関する情報収集、意見交換、情報発信に努めた。 等、標準化につながる将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 【国際展開】

				• 東南アジアの大学・研究機関と連携し、ASEAN IVO プロジェクトや APT プロジェクトが実施され、地滑り早期警戒システム実証実験や、タイにおけるダム監視ネットワークの耐災害性強化実証実験、養殖池の水質管理等の現地実証実験、NerveNet を利活用したルーラル地域の教育支援等の現地実証実験を実施し、技術の有用性を確認したこと、東南アジア地域への国際展開が進んだ。 • ASEAN IVO, APT プロジェクトを複数展開しており、国際展開を進めた。 等、研究開発成果の国際的普及や日本企業の競争力強化につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

（4）戦略的な標準化活動の推進 ＩＣＴ分野では世界中で多数のフォーラムが設立されるなど、フォーラム標準化活動やオープンソースに関する取組が多様化・複雑化していることから、総務省との連携を密にしながら、産学官の連携体制の構築を含めた標準化活動をより積極的に推進することにより、機構の研究開発成果の最大化を目指すものとする。 また、標準化活動においては、特許出願等による権利化やノウハウとしての秘匿化を適切に使い分ける等、戦略的な知的財産の取	**２－４．戦略的な標準化活動の推進** ＩＣＴ分野においては、様々な機関や組織で標準化活動が行われており、総務省、産学官の関係者、国内外の標準化機関等との連携の下、情報収集や関係者間での情報共有に努め、戦略的な標準化活動の推進を目指す。 研究開発成果の利活用の促進を目指して、知的財産の戦略的な取扱いについても考慮しつつ、その成果をITU等の国際標準化機関や各種フォーラムへ寄与文書として積極的に提案するとともに、外部の専門家の活用や国内外の関連組織との連携協力を通じて、研究開発成果の国内外での標準化活動を積極的に推進する。 機構は、ICT分野における専門的な知見を有しており、中立的な立場であることから、標準化に関する各種委員会への委員の派遣等を積極的に行い、国内標準の策定や国際標準化会議に向けた我が国の対処方針検討に貢献する。 また、標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の開催を支援することにより、研究開発成果の標準への反映や国際的な周知広報を推進し、我が国の国際競争力の強化を目指す。 戦略的かつ重点的な標準化		**２－４．戦略的な標準化活動の推進** • 研究開発成果の効果的・効率的な国際標準化に資するため、重点分野や具体的な行動計画等を定めた「情報通信研究機構標準化アクションプラン」を平成 29 年 3 月に策定し、以降毎年度、研究開発・標準化活動の進展や標準化機関の動向の変化等を踏まえて改定し、戦略的な標準化活動の推進に努めた。 • 前中長期期間から引続き国際標準化機関・団体（ITU-R/T/D、APT、ETSI）のメンバーシップを維持するとともに、平成 28 年度からは 3GPP への参加資格（メンバーシップ）を確保し、国際標準化活動に参画した。国際標準化機関等に対して寄与文書を提出するとともに、議長等の役職者を派遣し、機構の研究開発成果に基づく国際標準等の成立に貢献した。例えば、量子鍵配送（QKD: Quantum Key Distribution）技術については、ITU、ETSI、ISO で、NEC・東芝と連携し、標準化に向けた取り組みを実施した。ITU-T の SG で我が国の技術を標準化する作業項目を機構からの提案で立ち上げ、令和元年度及び 2 年度の計7つ（見込含む）（SG13, SG17）の勧告策定と標準化に貢献した。ウィンドプロファイラについて、技術要件を定める ISO 国際規格作業委員会原案に、気象庁や企業等と連携して機構主導で作成した提案を反映。令和元年度に国際規格原案が承認、規格として成立した。テラヘルツ帯を利用するために必要な、無線通信規則への記載を反映するため、2019 年世界無線通信会議（WRC-19）の対応を行うとともに、ITU-R、APT 等で標準化活動を実施し、275GHz 以上の周波数帯において合計 137GHz の周波数帯を固定業務と陸上移動業務とに制約条件なしで使用可能とする新脚注制定に貢献した。製造現場の無線化について、製造現場における無線ユースケースや通信要件をまとめた Flexible Factory IoT レポートが IEEE802.1 で承認され、IEEE-SA Industry Connection Report として 2020 年 4 月 17 日に発行された。また、電波防護適合性評価方法については、5G 等の新たな周波数帯を利用する無線通信システムについての標準化活動を推進しており、令和元年 5 月に携帯端末の SAR 評価法の改定版 IEC 62209-2:2010/AMD1:2019、9 月に携帯端末の高速 SAR 評価法 IEC 62209-3:2019 が成立した。 • 第 5 世代移動通信システム（5G）の次の規格にあたる Beyond 5G の政府の検討にも基づき、既に ITU-R を中心として進められている標準化動向についてとりまとめ、機構内に展開し、	**２－４．戦略的な標準化活動の推進** 【イノベーション創出】 • 「情報通信研究機構標準化アクションプラン」について、標準化活動の進展や動向をまとめ、改定するとともに、機構職員向けに有識者による講演など標準化活動を紹介するセミナーを開催し、標準化活動への意識を醸成した。 【標準化】 • 「標準化アクションプラン」を策定し、標準化活動の進展を踏まえて毎年度改訂した。 • 量子鍵配送、ウィンドプロファイラ、テラヘルツ、製造現場の無線化等の標準化活動を行った。 • テラヘルツ帯の割当に向けた標準化活動を推進し、WRC-19 で決定に至った、IEEE802.15.3d の標準化をリードし採択に至った。 • ITU において、量子鍵配送に関する 7 つの勧告の策定を主導するなど、量子情報通信技術の標準化に向けて大きな貢献をした。 • APT 関連会合での日本招致における出展で貢献した。 【国際展開】 • 国際標準化機関等に対して寄与文書を提出するととも

扱いを行うものとする。なお、標準化活動に際しては、デファクト標準として製品・サービスの速やかな普及やグローバル展開を含め、我が国が最終的に目指すべきものを意識しつつ、機構内の産学官連携や国際展開に係る組織との連携はもちろんのこと、標準化関連団体や産業界とも密接に連携して取り組むものとする。 このような戦略的かつ重点的な標準化活動を実現するため、機構の標準化に係るアクションプラン（総務省との調整を経て、適宜適切に更新するものとする。）を	活動の実現に向けて、総務省とも連携しつつ、機構の標準化に係るアクションプランを明確化し実施する。		Beyond 5G の政策に対する機構としての検討を促進。ITU-R WP5D で Beyond 5G の標準化に向けて作成中の「将来技術トレンド調査報告」に対して機構として寄与文書を提出し、機構関連技術の反映を行った（令和 3 年 3 月）。 • 国内標準や国際標準化会議に向けた我が国の対処方針の検討を行う国内委員会等の役職者として機構職員を派遣し審議に貢献した。 • 国際標準化会合の日本招致に機構として貢献した。例えば、アジア太平洋地域の標準化関連会合である APT WTSA-20 準備会合及び APT Standardization Program（ASTAP）の日本招致（令和元年度）、APT WRC-19 準備会合の日本招致（令和元年度）に貢献するとともに会合での議論に参画した。 • 機構の個人や団体、および機構を含む団体における標準化活動の貢献が認められ、第４期中長期計画期間において、日本 ITU 協会賞、TTC 表彰、ARIB 電波功績賞のほか、前島密賞、IEC1906 賞、ITU-T SG13 Fellow award、IEEE 及び電子情報通信学会、情報処理学会、電気学会、電気学術振興賞等からの表彰を得た。 • 研究所主導での標準化関連会合の開催を支援した。例えば、量子情報技術に関する産学官連携を推進している量子 ICT フォーラム（平成 29、30 年度）、有線/無線のローカル・エリア・ネットワーク(LAN)などの標準規格を策定している IEEE 802.1（平成 30 年度）等の会合運営を支援した。 • 標準化に係る国内委員会の委員や国際標準化会合に議長やラポータ等として参加し、標準化活動を推進。また、毎年開催される ITU、APT 等の関連会合に参加した結果について、機構内 web への掲載等により研究所等に情報を提供。 • ARIB との連携協定に基づき毎年連絡会を開催し、無線分野の標準化等について意見交換を行い、連携して標準化等を推進した。また、TTC と協力して IoT セミナーを開催する等により、産学官の関係者との交流・啓発活動を推進した。 • 機構職員向けに有識者による講演など標準化活動を紹介するセミナーを毎年数回開催し、標準化活動への意識を醸成した。 • 産学官の関係者との交流・啓発活動として、TTC と協力して IoT セミナー（平成 28、29、30 年度）、TTC、ARIB と協力して「oneM2M ショーケース 2」（平成 28 年度）を開催するなどした。 • 海外で開催された ITU 世界テレコム 2016、2017、2019、ITU デ	に、議長等の役職者を派遣し、機構の研究開発成果に基づく国際標準等の成立に貢献した。 • ITU 関連のイベントや APT 政策・規制フォーラムなどへの研究成果の出展により、国際的な周知広報を推進した。 • 国際標準化会合の日本招致に機構として貢献した。 等、標準化につながる成果の創出や将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

明確化し、実施するものとする。			ジタルワールド 2020 や APT/ITU 相互接続性イベント（平成 28、29 年度）、我が国で開催された APT 政策・規制フォーラム（平成 28 年度）などへの研究成果の出展により、国際的な周知広報を推進した。	
（5）研究開発成果の国際展開の強化 世界がグローバルに繋がる昨今においては、機構の優れた研究開発成果を世界に発信するとともに、諸外国と連携することで研究開発成果の相乗効果を発揮させ、相互に発展させていく国際展開の取組が必要となっている。 具体的には、国際的な人材交流、国際共同研究、国際研究ネットワークの形	**２－５．研究開発成果の国際展開の強化** 機構が行う研究開発成果をグローバルに普及させること及び国際的なビジネスにつなげていくことを目指して国際展開を推進する。 このため、国際研究ネットワークの形成・深化に向けて、有力な海外の研究機関や大学との間で国際的な共同研究を推進するとともに、国際研究集会の開催や、インターンシップ研修員制度の活用により国際的な人材交流を活発に行う。 また、機構の研究開発課題に関連するICTを発展途上国等の課題克服に適用して国際貢献を行うことを通じて、機構の研究開発成果がグローバルに普及することを目指し、総務省の実施する海外ミッションへの参加や、在外公館や関係機関と一体となった国際実証実験を実施する。 さらに、機構の研究開発成果		**２－５．研究開発成果の国際展開の強化** • 当機構に来訪した海外の方々向けに、本部展示室において英語による説明実施 及び展示物解説の日英併記の充実を行った。 • 海外への発信が効果的な案件については、英文による報道発表を 16 件行うとともに、米国科学振興協会（AAAS）が提供するオンラインサービスを使って投稿するなどPRに努めたところ、海外メディアから直ちに反響があり、速報として掲載された。 • 広報誌「NICT NEWS」（英語版を含む）では、昨年度に引き続き、外部向けの視点をより重視した、トピックスページの一層の活用に努めた（直近のプレス記事、受賞者紹介など）。「NICT NEW」英語版は、引き続きウェブ公開版にて発行した。 • 海外向けに、より幅広い機構の研究活動等の情報発信となるよう、英文機関誌 「NICT REPORT」（年 1 回発行、電子ブック及び PDF ）を令和２年１月４日に発行した。機構の研究成果・活動紹介・研究成果ハイライト等に加え、昨年度に引き続き、海外拠点の紹介等のマガジン的な要素も織り交ぜた。 • 刊行物については、掲載と同時に機構公式ツイッターへ投稿（英）し、引き続き周知に努めた。また、広報誌「NICT NEWS」（英語版）の配信先に「NICT REPORT」の発行を配信するとともに、さらに海外に向けアピールすべく、昨年度試験的に作成した冊子版が好評だったため、今年度から ISSN を取得して冊子版を定期刊行物として発行化し、リーフレット、URL・QR コード付カードについても昨年度同様に作成した。 • J-STAGE（科学技術情報発信・流通総合システム：国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) が運営する総合学術電子	**２－５．研究開発成果の国際展開の強化** 【イノベーション創出】 • 日米共同研究、日欧共同研究、ASEAN IVO 等の国際連携の取り組みを通したイノベーションの創出に向けた取り組みを実施した。 • 海外の研究機関との提携により、日欧 5G 衛星通信実験、タイへの宇宙天気監視技術の展開などの成果が得られた。 【標準化】 • ASEAN IVO で各国の課題解決に資する共同研究を実施するとともに、海外連携活動を通じた標準化を進めた。 【国際展開】 • 日米・日欧の国際共同研究で新分野（計算論的神経科学等）を開始したほか、アジアでは台湾との共同研究を開始し、ASEAN IVO の活動

成、国際セミナーの開催、国際展示会への出展、海外情報の継続的・体系的・組織的な収集・蓄積・分析、相手国・地域への研究開発成果の普及を目指した活動を強化していくことが必要である。また、機構の研究開発課題に関連するICTについて日本企業の国際展開につなげていくためには、総務省や在外公館、関係機関との連携・協力が必要となっている。 このため、先進国に関しては、先進的技術に関する共同研究開発や標準化・制度化・政策対話の場において国際調整等を円滑に進め	を技術移転した日本企業が海外展開できるよう、在外公館や関係機関との連携・協力のもとで機構の研究開発成果を展開・社会実装するための実証実験を計画的に推進する取組を行う。 米国や欧州等の先進国に関しては、これらの国との政策対話や科学技術協力協定のもとでの国際調整を円滑に進め、標準化や制度化において機構の技術が採用されることが機構の研究開発成果の最大化につながることから、引き続き日米、日欧で連携し共同で研究開発課題を公募するスキームの活用等により、共同研究開発を推進する。 一方、東南アジア諸国に関しては、これまで機構が培ってきた研究連携ネットワークの活動においてリーダーシップを発揮し、共通の課題解決を目指した国際共同研究プロジェクトを推進する。 このような国際的な活動を推進するため、ボトムアップの提案に基づく国際展開を目指すプログラムを実施するなど、国際連携の取組を重層化し、更に機構の国際的なプレゼンスを高めるため、国際的な会議やフォーラム等に積極的に参加するほか、機構自らによる国際セミナーの開催や国際展示会への出展等を行う。		ジャーナルサイト）へ、英文研究成果機関誌「Journal」（「NICT REPORT」の前身）の昭和 25 年の初号から平成 30 年の最終号まで全巻の登録を行った。 • 新規連携先を開拓し定常的に90～100機関と連携し、国際実証実験、国際共同研究、国際研究集会の開催、インターシップ研修員の受入れ等に寄与した。 • 平成 20 年に年間 2 名から開始したインターンシップ研修員の受入れを、年間約 20 名にまで拡大。平成 28 年度から令和 2 年度までに 22 ヵ国・45 機関から 78 名の研修員の受入れを行った。この結果、翻訳技術研究分野等において、論文発表や受賞、リクルーティング等の成果へと発展した。 • 新たに台湾 NARLabs との間で研究協力協定を取り交わして共同研究プログラムを開始し、令和元年に 2 件の共同研究を開始したほか、今後の共同研究に向けたワークショップを開催した。 • 機構の主導する ASEAN IVO のスキームにより、東南アジア諸国共通の社会課題に対して機構の研究開発成果を含む ICT を適用する共同研究開発プロジェクトを累計28件創出・推進し、研究開発や実証実験等を実施した。このうちの一部については、次のステップとして、相手国機関と連携し、外部資金（アジア太平洋電気通信共同体（APT）や JST）を得て、社会実装に向けた実証実験 6 件を実施した。そのうち 4 件については将来の事業化も念頭に、技術移転先企業も参画し、ビジネス化を推進した。 • 先端的、萌芽的、革新的な技術探索とその研究先導を目的に米国国立科学財団（NSF）と共同で運営してきた、ネットワーク領域を対象とする JUNO プログラムを平成 28 年度に終了し、後継の JUNO2 プログラムを平成 30 年度に開始して 5 件の共同研究を実施するとともに、令和 4 年度開始見込みの JUNO2 後継プログラムの課題について検討を実施した。並行して NSF が立ち上げた計算論的神経科学分野の多国間共同研究プログラム CRCNS に参画し、3 件の共同研究を実施した。 • 機構の研究とのシナジーや将来の標準化やビジネスでの連携を目的に、欧州委員会、総務省と共同で、欧州 Horizon 2020 と協調した第 2 弾～第 4 弾の国際共同研究プロジェクト計 8 件を実施し、第 6 弾の調整を実施した。日欧国際共同シンポジウムを 2 回開催し、プロジェクトの進捗確認と将来の方向性の共有を行った。 • ASEAN IVO の活動を主導し、ASEAN で存在感のある新たな研	を順調に拡大などした。 • ASEAN IVO などの活動を継続実施し ICT 技術の社会導入を促進した。 • ASEAN IVO を順調に拡大してきた。 • 米・欧・ASEAN との連携の中で共同研究を着実に推進した。 • 米国 NSF と連携して、ネットワーク分野の JUNO2、計算論的神経科学の分野の CRCNS の共同研究プロジェクトを推進した。 • 国際展開ファンドによる機構の成果展開や、APT・JST 案件での日本企業の参画など、日本企業の国際競争力強化に貢献した。 • 日米・日欧の国際共同研究を着実に実施し、台湾との共同研究も開始した。 • ASEAN 諸国との連携、タイを拠点とした活動、欧州、米国での活動など、国際各方面情勢把握と具体的活動の強化に大きな貢献をした。 等、研究開発成果の国際的普及や日本企業の競争力強化につながる将来的な成果の創出が期待される実績が得られた。 以上のことから、中長期目標期間を着実に達成する成果の創

ることが機構の研究開発成果の最大化につながることから、引き続き活発な国際展開の取組を行うものとする。一方、東南アジア諸国に関しては、機構がこれまで培ってきた研究連携ネットワークを基礎として、研究開発成果の国際展開に向けて一層のリーダーシップを発揮するものとする。 さらに、海外拠点を一層活用することで、従来の海外情報収集や人材交流、研究協力だけでなく、研究開発成果の最大化の観点を十分に踏まえ、戦略的な研究協力推進や研究開発成果の相手国・地域への	また、このような国際的な活動を通じて、公開情報のみでは得られない海外情報の継続的・体系的・組織的な収集・蓄積・分析に努める。 北米、欧州、アジアの各連携センターは、機構の国際展開を支援するためのハブとしての機能を発揮する。そのため、各連携センターでは、上述した国際展開の各取組を実施し、これらに対する支援を行うとともに、機構の研究開発についての情報発信、機構と海外の機関との研究交流や連携の促進に取り組む。また、特に国際展開を目指す研究開発分野においては、相手国・地域への展開・社会実装を目指すとともに、機構の研究開発成果を技術移転した日本企業による海外展開等を目指した取組を行う。		究開発フレームワークを構築した。共通の社会課題に対するICT ソリューション案を毎年のフォーラム（100 名以上参加、30 件以上の提案）で議論してプロジェクトを醸成し新規プロジェクトを開始。累計で 28 件、168 機関 292 名が参画するボリュームの国際共同研究体へ成長した。 • ボトムアップの提案に基づく国際展開を目指す新規プログラム（機構内部用「国際展開ファンド」）を平成 28 年度に開始して毎年度 7 件を実施し、国際実証実験等の取り組みを推進した。 • 機構の国際的なプレゼンスの向上のため、国際的な会議やフォーラム等に積極的に参加したほか、機構自らによる国際セミナーの開催や国際展示会への出展等を積極的に実施した。 • 北米、欧州、アジアの各連携センターでは、例えば、在外公館による訪日客促進イベント等の機会を捉えた音声自動翻訳ソフトの紹介や、宇宙天気や先端ネットワーク研究に関するワークショップの開催を行うなど、機構内の研究所と密に連携を図りながら、地域に合わせた関係機関との人的ネットワークの構築・強化、情報発信及び成果展開活動を実施している。 • また、工場無線に関する FFPA/FFPJ の活動支援や RSA カンファレンスにおけるセキュリティ技術展示など、技術移転先企業の海外展開意向を確認した上で、海外へのプロモーション支援、海外でのパイロットプロジェクト形成支援を行っている。	出が認められた他、将来的な成果の創出が期待される実績も得られたため、評定を「B」とした。

展開・社会実装、日本企業の海外展開支援等に取り組むものとする。この取組に際しては、国際展開の対象とする研究開発の分野等について重点的な取組を推進するものとする。				
（6）サイバーセキュリティに関する演習 機構は、国の行政機関等のサイバー攻撃への対処能力の向上に貢献するため、国等から補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略（平成 27 年 9 月 4 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、機構法第 14 条第 1 項第 7 号の規定に基づき、機構の有す	**２－６．サイバーセキュリティに関する演習** 機構は、国の行政機関等のサイバー攻撃への対処能力の向上に貢献するため、国等から補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略（平成 27 年 9 月 4 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、機構法第 14 条第 1 項第 7 号の規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、国の行政機関等における最新のサイバー攻撃事例に基づく効果的な演習を実施する。その際、サイバーセキュリティ基本法（平成 26 年法律第 104 号）第 13 条に規定する全ての国の行政機関、独立行政法人及び指定法人の受講機会を確保するとともに、同法第		**２－６．サイバーセキュリティに関する演習** ・ 実践的サイバー防御演習「CYDER」及び東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会関連組織セキュリティ関係者向け実践的サイバー演習「サイバーコロッセオ」において、当機構の有する技術的知見等を活用して、脆弱性を悪用した現実的な攻撃事例等に基づく演習を実施した。 ＜実践的サイバー防御演習 CYDER＞ CYDER については、主に以下のような取り組みを行った。 【平成 28 年度】 ・ 総務省からの事業移管を受け、機構としての演習事業を開始した。 ・ 従前に実施していた国の行政機関等向けに加え、地方公共団体向けコースを新設した。 ・ 全国 11 都道府県、合計 39 回の演習を実施し合計 1,539 人が受講した。 【平成 29 年度】 ・ 従前に実施していた中級レベルの演習に加え、初級 A コースを新設し、事前オンライン学習を導入することにより、演習日程を 1.5 日から 1.0 日に短縮した。 ・ 全国 47 都道府県で計 100 回の演習が実施され、3,009 人　が	**２－６．サイバーセキュリティに関する演習** 【演習の実施】 • CYDER, サイバーコロッセオのプログラムが受講目標をいずれも達成した。加えてサイバーコロッセオにおいては、予定より前倒しできているだけでなく、質的向上を達成した。 • CYDER については、途中、自然災害の影響等もあり受講できない地方自治体等があって予定の受講数を確保できない年度もあったが、周知広報の工夫や開催場所の最適化など様々な取り組みを通じて、現時点において、大多数の行政機関、地方自治体等の職員に対して演習機

る技術的知見を活用して、国の行政機関等における最新のサイバー攻撃事例に基づく効果的な演習を実施する。その際、サイバーセキュリティ基本法第 13 条に規定する全ての国の行政機関、独立行政法人及び指定法人の受講機会を確保するとともに、同法第 14 条に規定する重要社会基盤事業者及びその組織する団体並びに地方公共団体についても、サイバー攻撃により国民生活等に与える影響の大きさに鑑み、より多くの受講機会を確保できるよう配慮する。あわせて、対象者に応じた演習内容の多様化など、演習の充実に向けた取組を推進する。	14 条に規定する重要社会基盤事業者及びその組織する団体並びに地方公共団体についても、サイバー攻撃により国民生活等に与える影響の大きさに鑑み、より多くの受講機会を確保できるよう配慮する。また、演習内容については、対象者に応じた演習シナリオを用意するなど、対象者のサイバー攻撃への対応能力向上に向けた柔軟な取組を推進する。		受講した (前年度比約2倍)。 ・ ナショナルサイバートレーニングセンター独自の研究開発として、演習シナリオの自動生成、演習環境の自動構築などを可能とするサイバー演習自動化システム「CYDERANGE」(サイダーレンジ)を開発した。 【平成 30 年度】 ・ 演習基盤の一層の効果向上 サイバー演習自動化システム「CYDERANGE」の実運用を開始し、多数のコースの演習環境を迅速に構築・運用することが可能となった。 ・ より効果的なコース運営に向けた改善 B コースにおけるグループワークにおいて、「担当」等を設定し、訓練グループ内で役割分担して協力しながら課題に取り組む仕組みを導入した。 ・ 公的な演習事業としての更なる展開 中央省庁における、「実践的サイバー防御演習実施業務」の演習に参画し、合計 4 回実施した。 ・ 既存の資格制度との連携 (ISC)²が提供する資格の継続認定に必要な CPE クレジット(継続教育単位)付与対象の演習となった。 ※(ISC)2 (International Information Systems Security Certification Consortium)は、ベンダーフリーであり、知名度と信頼の高いセキュリティ国際資格の一つ、CISSP (Certified Information Systems Security Professional)などの国際資格を提供している。 ・ 受講者拡大のための周知・広報活動の継続・強化 対象となる組織別に直接訪問による説明、メール、電話等での周知に加え、関係する会合、大規模見本市等の機会を捉え事業内容の理解浸透を図るなど、引き続き受講者拡大に向け、積極的に活動した。 ・ その他コースの構成においては、従前に実施していた地方公共団体向け、国の行政機関向けの演習に加え、重要社会基盤事業者向けの「B-3 コース」を新設した。 ・ 全国 47 都道府県、合計 107 回の演習を実施し合計 2,666 人が受講した。 【令和元年度】 ・ 開催場所・開催時期の改善	会を提供できた。 • CYDER については、センターから個別組織への文書の直接送付等による周知、政府との連携による周知等により、国の機関での未受講組織実質ゼロを達成した。 • 東京 2020 大会に向けたサイバーコロッセオの演習内容の多様化、コロッセオカレッジの科目の充実、オンライン受講併用の導入に取り組んだ。 • CYDER、サイバーコロッセオでは、計画通りに演習を実施し、その間様々な工夫をした。 • 受講状況などを把握し、適切に対処を実施した。 • 演習コースを増やすことで対象を着実に広げ効果の浸透を図った。 • CYDER については、常にサイバーセキュリティの最新情報を踏まえた質の高いシナリオを用意し、ハイレベルな実践的サイバー防御演習を実施した。 • 演習の周知広報にも積極的に取り組み、平成 29 年度以降毎年度約 3 千人に演習を提供し、国の機関での未受講組織実質ゼロを達成した。 • サイバーコロッセオについては、受講者のレベルに合わせたきめの細かい演習を前倒しして実施した、また、技術的知識を補完するための講

			県庁所在地以外での開催や同一地域での開催が同じ時期に集中しないようにするなど、より一層、受講者の利便性等を考慮し、開催場所・時期を改めて見直した。 ・ サイバーセキュリティをめぐる社会情勢等をより反映したシナリオの実現 IoT 機器の普及をふまえて、Web カメラを経由した攻撃シナリオを作成し、併せて、サイバー攻撃における仮想通貨の悪用の事例もシナリオに反映した。 ・ 周知広報の多面的かつ積極的な展開 受講の優先順位の高い組織（国・独立行政法人等）や地方公共団体等に向けて、政府等とも連携の上、各組織に合わせた多面的な周知啓発を積極的に展開した。 ・ 公的な演習事業としての更なる展開 サイバーセキュリティ分野の人材育成の中軸を担う「質の高い事業」の実現に向け、政府の「情報システム統一研修」への参画、国家資格との連携に向けた準備を行った。 ・ 海外における実践的サイバー防御演習事業への演習シナリオ等を初提供した。 ・ 国の行政機関での未受講組織実質ゼロを達成した。 ・ 全国 47 都道府県、合計 105 回の演習を実施し合計 3,090 人が受講した（平成 25 年度以降の累計受講者数は 11,000 人を超え、国内最大規模の演習に成長した）。 ・ 東京 2020 大会に向け地方自治体のセキュリティ能力向上を図るため、CYDER を受講したことがない地方自治体を対象とした A-1 コースを新設したが、同大会延期となったため募集開始直前に中止となった。 【令和 2 年度】 ・ 感染症対策を徹底し全国 47 都道府県で 8 月から計 106 回実施し、2,648 人が受講した。 ・ コロナ禍における緊急的措置として Web で教材を無料提供し、申込総数 4,624 件を達成した。 ・ 開催場所に依存しにくい新たな訓練方式（オンライン演習）を段階的に導入した。 ・ 受講申込受付開始(7/1)から最短の 5 カ月で申込人数 3,000 人を達成したが、令和 3 年 1 月以降に発令された緊急事態宣言による受講キャンセル等のため目標未達となる。	義演習「コロッセオカレッジ」を開設し提供したこと、受講者の科目選択の参考となる小冊子を作成し配布した。 • 政府の「情報システム統一研修」への参画、国立大学法人等の情報システム担当者向けの訓練事業への参画、国家資格事業との連携に向けた準備に取り組んだ。 以上のことから、中長期計画を達成する業務運営が極めて着実に実施されたため、評定を「S」とした。

			「CYDER」の各演習内容は下記のとおり 【コース別のシナリオを用意】 ・ 初級 A コース：CSIRT（Computer Security Incident Response Team）アシスタントレベルの受講者向け、平成 29 年度以降実施、47 都道府県全 60 回程度開催 ・ 中級 B コース：CSIRT メンバーレベルの受講者向け B-1 コース：地方公共団体向け、11 都道府県全 20 回程度開催 B-2 コース：国の機関等向け、令和元年度以降 B-3 コースを統合、東京全 20 回程度開催 B-3 コース：重要社会基盤事業者・民間企業等向け、平成 30 年度のみ実施、令和元年度以降 B-2 コースに統合 ◆ なお、CYDER 事業は、各年度ともに外部の有識者を招いた実行委員会を開催し、事業全般について助言をいただくなど、事業の適正な実施に努めた。 ＜サイバーコロッセオ＞ 「サイバーコロッセオ」においては、主に以下のような取り組みを行った。 サイバーコロッセオ全体で平成 29 年度から令和 2 年度までの 4 年間に延べ 145 日(128 回)実施、延べ約 2,300 名が受講し、東京オリンピック・パラリンピックの開会式を約半年後に控え、サイバー攻撃に対する要員を220 人育成した。 【平成 29 年度】 ・ 総務省からの事業移管を受け、機構としての演習事業を開始した。 ・ 受講者の習熟度や業務の性質等に合わせて、初級・中級・準上級コースを設定した(ただし初・中級を分離および初級実施は平成 30 年度から)。 ・ 機構での初年度実施に当たり、大会組織委員会等との連携のもと、従前当機構で実施していた「CYDER」の演習プログラムにはない「攻防戦（※）」等の演習形式で実施した。 ➢ 「攻防戦」とは、受講者が複数チームに分かれ、自組織のネットワークの守備と他チームのネットワークへの攻撃を両方体験することで、攻撃者側の視点をも踏まえた	

			ハイレベルな防御手法の検証及び訓練を行う演習形式 ・ 演習中級コースを1回開催し34名が受講、演習準上級コースを1回開催し40名が受講した。 【平成30年度】 ・ 対象組織の状況に応じて、育成人数枠を拡大(初級・中級で最大100名規模)し、実機を用いる「コロッセオ演習」を引き続き実施した（実機演習の時間を多めに確保）。 ・ 技術的知識を補完するための講義演習「コロッセオカレッジ」を新設し、「コロッセオ演習」との相乗効果を狙うため、講座受講を推奨した。 ・ 育成機会の拡大のため、オンライン学習コンテンツの常時公開による予習復習時間を拡充した。 ・ CYDERと同じく、（ISC)[2]が提供する資格の継続認定に必要なCPEクレジット（継続教育単位）付与対象の演習となり、CISSP認定資格保持者が本演習に参加するインセンティブの向上につなげた。 ・ コロッセオ演習においては、初級A/B各1回、中級、準上級を各2回開催し合計137名が受講し、コロッセオカレッジにおいては、15科目20コマの講義演習を347名が受講した。 【令和元年度】 ・ 当初計画（平成29年度時点）における育成人員を前倒し 大会に向けた準備のため、演習の前倒しを希望する組織委員会と調整のうえ、事業全体の育成計画は維持し、令和2年6月までの育成人員計画(220名)の半数分を令和元年度へ前倒しした。 ・ 受講者アンケートや外部有識者の助言等に基づき、受講者のニーズ等に応じた演習内容のより一層の拡充 コロッセオ演習においては、組織委員会での業務内容を反映して、ネットワークエンジニア向け演習シナリオを提供した中級Bを新設したほか、準上級Bや攻防戦における防御側の実機演習ニーズに応えた準上級Cを新設した。また、コロッセオカレッジにおいては、GDPR（EU一般データ保護規則）への注目が高い等といった新たな需要に応じて、国内法の個人情報保護関連法令と国際法のGDPRに分割する等、科目を分割および新設した。 ・ 充足率向上および適切な科目選択への取り組み 演習コンテンツの準備を前倒しで行う等の工夫により、募集開	

			始から演習実施までに十分な周知期間を確保したことで高い充足率を達成したほか、従来のシラバスに加え、講師インタビュー等を盛り込んだ小冊子の作成に取り組んだ。 ・ コロッセオ演習は初級 2・中級 2・準上級 3 の 7 コース 15 回開催し 192 名が受講し、コロッセオカレッジは 20 科目 59 回開催し 992 名が受講した。 【令和 2 年度】 ・ 新型コロナ感染症および、東京 2020 大会の延期を受けて、日程を順延し、コロッセオカレッジの一部でオンライン受講併用（受講者が選択）を導入した。 ・ コロッセオ演習では、WEB サービスレイヤーへの攻撃中心の中級 A 演習の演習内容を改定し、攻防戦形式の演習へ深化させた。 ・ コロッセオカレッジでは、全 20 科目中 10 科目でオンライン受講併用方式を導入すると共に、全科目で時節に応じた講義内容の改修を実施した。 ・ コロッセオ演習は初級 2・中級 2・準上級 3 の 7 コース 10 回開催し、168 名が受講。コロッセオカレッジは 20 科目（うち 10 科目オンライン併用）20 回開催し、378 名が受講した。 「サイバーコロッセオ」の各演習内容は下記のとおり。 ・ コロッセオ演習：受講者の習熟度や業務の性質等に合わせて、初級・中級・準上級コースを設定 ・ 初級 A/B コース（CSIRT アシスタントレベル等の受講者向け）：事前オンライン学習、実機演習、グループワーク（1 日）、オンライン復習 ・ 中級 A/B コース（CSIRT メンバーレベル等の受講者向け）：事前オンライン学習、実機演習、グループワーク（1 日）、オンライン復習 ・ 準上級コース（データ解析者（※）レベルの受講者向け）：事前オンライン学習、高度セキュリティ講義演習・実機演習、グループワーク（2 日）、オンライン復習 ※「データ解析者」：ネットワークに侵入したボットやワーム等のマルウェアを発見し、そのデータから、挙動などを解析することが可能なレベルのセキュリティ人材 ・ コロッセオカレッジ (20 科目) コロッセオ演習と連携する初・中・準上級の補助講義、コース間	

			ステップアップ講義、実践的情報セキュリティ講義を内容として講義演習を実施。 （例）初級：個人情報保護法関連、GDPR　等 中級：セキュリティツール M　等 準上級：マルウェア解析実務　等 なお、サイバーコロッセオ事業は、各年度ともに、外部の有識者を招いた実行委員会を開催し、事業全般について、助言をいただくなど、事業の適正な実施に努めた。	
（7）パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査 機構は、IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、国から補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略（平成 30 年7月 27 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、機構法附則第 8 条第 2 項の規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、パスワー	**２－７．パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査** 機構は、IoT 機器のサイバーセキュリティ対策に貢献するため、国から補助等を受けた場合には、その予算の範囲内で、サイバーセキュリティ戦略（平成 30 年7月 27 日閣議決定）等の政府の方針を踏まえ、機構法附則第８条第２項の規定に基づき、機構の有する技術的知見を活用して、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を実施する。その際、総務省や関係機関と連携を図るとともに、本調査の重要性等を踏まえ、調査手法や情報の安全管理に留意しつつ、広範な調査を行うことができるよう配慮する。		**２－７．パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査** • 国立研究開発法人情報通信研究機構法の改正と施行を受け、実施計画を策定し、総務省より認可を受けた。ナショナルサイバーオブザベーションセンターを平成 31 年 1 月 25 日に設置し、2 月 20 日から調査を開始した。 • IoT 機器のサイバーセキュリティ対策の一環として、実施計画に従って着実に調査を実施した。 • 体制強化のため、平成 31 年 2 月 19 日に特定アクセス行為に係る業務に従事する者を追加する実施計画の変更申請を行い、同年 3 月 19 日に総務省より認可を受けた。 • 実施計画について、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査の取組強化のため、特定アクセス行為において入力する識別符号（ID・パスワード）及び特定アクセス行為の送信元の IP アドレスを追加するべく、令和 2 年 9 月 2 日に変更申請を行い、同年 9 月 11 日に総務省より認可を受けた。令和 2 年 10 月以降、この認可に基づき、調査を実施。この取組強化により、注意喚起対象として ISP へ通知した件数は、取組強化前に比べて約 6 倍に増加した。 • より効果的な取り組みとするため、サイバーセキュリティ研究所の NICTER を活用した、マルウェアに感染した IoT 機器の特定、注意喚起のプロジェクトとも連携。 • 令和 2 年度末には、調査のための手続きが完了しているインターネット・サービス・プロバイダ（ISP）66 社に係る約 1.12 億 IP アドレスに対して調査を実施し、令和 2 年度において、延べ 12,804 件が注意喚起の対象となった。	**２－７．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】 • 約 1.12 億 IP アドレスに対して調査を着実に実施できた。 • 実施計画にしたがい、また総務省等とも調整のうえで、適切に実施した。 • ISP の対象社数を増やし、調査するアドレスを増やし、特定アクセスを実施した上で、注意喚起の対象件数を増やしており、機構として果たすべき業務を着実に実施した。 以上のことから、中長期計画を達成する業務運営が着実に実施されたため、評定を「B」とした。

ド設定等に不備のある IoT 機器の調査及び電気通信事業者への情報提供に関する業務を実施する。その際、総務省や関係機関と連携を図るとともに、本調査の重要性等を踏まえ、情報の安全管理に留意しつつ、広範な調査を行うことができるよう配慮する。				＜課題と対応＞ **（課題）ウィズコロナ、ポストコロナ時代において今後一層加速するデジタル・トランスフォーメーションへの対応や Society 5.0 の早期実現に向けた次世代の ICT 基盤の構築に必要不可欠な先端技術である、Beyond 5G、AI（脳情報通信、データ利活用）、量子情報通信、サイバーセキュリティ等の研究開発を一層推進し、引き続き、産学官で連携しつつ戦略的に取り組むことを期待。** （対応） 上記課題に対し、Beyond

				5G については、令和 2 年度に基金を造成し、Beyond 5G 研究開発促進事業として、産学官連携による研究開発を開始し、戦略的な研究開発を推進した。加えて、機構全体の取り組みとして、産学官も参加するオープンサミット（シンポジウム）を開催し、Beyond 5G のホワイトペーパを作成し、今後の研究開発を戦略的に推進できるよう環境を整えた。 AI については、産学官等、オール・ジャパン体制で翻訳データを集積する『翻訳バンク』の運用について行っているところであり、令和 2 年度は更に 2 組織が加わった他、600 名を超える参加者となった「自動翻訳シンポジウム」をオンラインで開催したこと、さらに、AI データテストベッドについては新たに 1 ジャンル・7 件のデータセット（合計 8 ジャンル・50 件のデータセットを公開中）を追加し公開していること（BERT のモデルについては、令和 2 年度中に企業、大学、研究機関等から約 2,500 件ダウンロードされ、多くの研究者、技術者に活用されている。）等、令和 2 年度新たな試みを通じ、産学官連携の取り組みの強化を行った。 量子情報通信についても機構全体の取り組みとしてオープンサミットを開催し、ホワイトペーパの取りまとめを行ったと

				ともに、機構がカバーする分野だけでなく、大学、企業の方々を講師、アドバイザリーに招き、量子 ICT の網羅的な学習を可能とする NQC(NICT Quantum Camp)を令和 2 年度から開始し、機構を含めた我が国の量子 ICT 人材育成の底上げを図り、今後の研究開発の戦略的推進に向けた環境を整えた。 サイバーセキュリティについては、産官学の取り組みであるサイバーセキュリティ分野の人材育成プログラムについてオンライン演習のスキーム作りを進めたほか、パスワード設定等に不備のある IoT 機器の調査の取組を強化した。また、機構全体の取り組みとして、サイバーセキュリティ情報を国内で収集・蓄積・分析・提供するとともに、社会全体でサイバーセキュリティ人材を育成するための共通基盤の構築に着手し産学官連携の取り組みを強化している。 これら、産学官の取り組みにより戦略的に研究開発を行える環境が整えられた。 **（課題）** **機構の有する基礎・基盤的な技術、研究設備等のリソースの強みを活かしながら、民間企業が有するビジネスニーズ、研究資金といったリソースを有機**

				的に組み合わせ、これまで以上に密接な連携研究を推進することを期待。特に連携に当たっては、大学、研究開発機関、自治体、民間企業等の様々なステークホルダーの垣根を超えて社会課題・地域課題の解決に向けて取り組むことを期待。 （対応） 上記課題に対し、データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発を公募し、大学や企業等が連携して実施し、機構のテストベッドを活用する提案が 4 件採択され、うち１件は機構の研究開発成果を活用している。また、ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発について、ウイルス等感染症対策に資する機構の研究成果をリストとして配布した結果、機構の研究開発成果を活用した複数の課題が提案され、最終的に１件の課題が採択された。これらにより、機構の有する基礎・基盤的な技術、研究設備等のリソースの強みを活かしながら、民間企業が有するリソースを組み合わせ、様々なステークホルダーの垣根を超えて社会課題・地域課題の解決に向けて取り組んだ。 **（課題）**

				オープンイノベーション推進本部の設置により、機構の研究開発成果を最大化するため、研究成果やリソースが有効かつ戦略的に活用され、分野横断的に研究開発から社会実装までを一体的に推進し、産学官連携、地域連携、国際連携を進めイノベーション創出に貢献する様々な活動が実施されたことは評価できる。引き続き、活発な活動を実施し、特に、地方大学等との共同研究を更に増やし、機構の技術や人材を地方に向けていくことを期待。 （対応） 産学官連携、地方連携、国際連携を進めイノベーション創出に貢献できる活動を引き継き、実施した。また、様々な大学・企業等との共同研究を充実させるための取組を行い、地域実証型研究開発など、地方総合通信局等の協力を得て、各地域の自治体、企業、大学等との連携体制の構築を進めた。コロナ禍による制限もあったが、機構の研究開発、社会実証の取り組みとして、大学及び企業の研究者等と連携し、大規模災害発生時に通信ネットワーク・情報処理技術を活用して遠隔地から被災地を支援するためのコミュニティを主催するなど、課題抽出、技術実証などを実施した。また、委託研究で提供できる技術を提供す

				るための手続きを進め、連携大学院制度等に基づく教員の派遣等、人材交流を進めた。

なお、この評定は、国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会（総括評価委員会）において、以下の見解を得ている。

1. 開催日
令和 3 年 5 月 12 日(水)　13 時 30 分～17 時

2. 委員名簿

酒井　善則	委員長	東京工業大学　名誉教授
速水　悟	委員	岐阜大学　工学部　電気電子・情報工学科　教授
安藤　真	委員	東京工業大学　名誉教授
飯塚　久夫	委員	一般社団法人　量子 ICT フォーラム　総務理事
太田　勲	委員	兵庫県立大学　学長
國井　秀子	委員	芝浦工業大学　客員教授
松井　充	委員	三菱電機株式会社　開発本部　役員技監
安浦　寛人	委員	九州大学　名誉教授
渡辺　文夫	委員	Fifth Wave Initiative　代表

3. 委員長及び委員からのコメント
- 全体としては非常に素晴らしい。世界初や世界記録あるいは標準化も進んでいて成果を上げている。
- （オープンイノベーション分野について）期末、単年度の自己評価 B は妥当である。定性的には、テストベッドや知財あるいは標準化、このような分野において、日本の現状はほとんど民間側の活動が弱くなっている。誰かが本当にこの活動を担わないと日本の先々にとても影響が出る。標準化などは、今、最前線に NICT が出ていっ

て、外国の最前線の人たちと現場で競り合って頑張っている。国際的にも負けないように実務も含めて担わないといけない。そういう点での NICT の活躍がますますなされた暁には、評価も是非とも上げるべき。

（全体を通して）

- 中長期目標の計画を策定するに当たり、期間の途中で想定外の発見、発明も出てくるので、そういう時の変更を随時可能にすることや、あるいはあらかじめ、中間時点で必要に応じて見直しができるというような制度設計をしておくということが、非常に望まれる。
- 技術が脈々と流れて、10 年経ってやっとものになる場合もある。そのような技術の社会実装については、過去の 10 年間の年表を書いた上でその後の 5 年間を書いて評価すべき。全てが 5 年間の計画期間で社会実装できるものではなく、成果が出るまでに時間を要する技術には配慮すべき。
- 未来社会の課題という意味では、もっと個別的に未来の課題というのを明確にするといい。例えばB5G／6Gのホワイトペーパーや量子ネットワークのホワイトペーパーといったものを先にきちんと準備して計画を作成するというのは非常に良い。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第４期中長期目標期間評価（期末評価） 項目別自己評価書（No.7 研究支援業務・事業振興業務等）

1．当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅲ．－4．研究支援業務・事業振興業務等		
関連する政策・施策	―	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第 14 条第 1 項第 8 号から第 12 号及び第 2 項各号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2．主要な経年データ

主な参考指標情報

	基準値等	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
「海外研究者の招へい」に対する応募件数	目標 15 件以上	16 件	20 件	13 件	16 件	11 件
「国際研究集会の開催支援」に対する応募件数	目標 15 件以上	20 件	32 件	17 件	24 件	13 件
イベント開催件数（ベンチャー）	目標 20 件以上	40 件	38 件	39 件	47 件	38 件
実施後 1 年以内に商談に至った割合（ベンチャー）	目標 50%以上	100%	100%	100%	100%	100%
有益度の評価（上位2段階の得る割合（ベンチャー）	目標 7 割以上	96.5%	95%	98.9%	92.2%	96.2%
助成終了 2 年後の継続実施率（バリアフリー）	目標 70%以上	100%	100%	100%	100%	100%

主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）※1

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
予算額（百万円）	4,169	7,840	11,792	9,934	9,864
決算額（百万円）	4,819	6,334	7,402	9,303	2,476
経常費用（百万円）	26,892	2,463	5,187	9,299	2,456
経常利益（百万円）	48	△135	△9	12	53
行政コスト※2（百万円）	602	672	682	9,474	2,456
従事人員数（人）	10	10	11	12	14

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

※2 平成 30 年度までは行政サービス実施コストの値。

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

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

4．研究支援業務・事業振興業務 研究支援業務・事業振興業務については、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成 22 年 12 月 7 日閣議決定）等の政府決定を踏まえ、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、引き続き効率的かつ効果的に実施していくものとする。また、各業務における支援対象の選定に当たっては、第三者委員会の設置等適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努めるものとする。	**4．研究支援業務・事業振興業務**			評定	B
				4．研究支援業務・事業振興業務 中長期計画に沿って以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成した。	

（１）海外研究者の招へい等の支援

高度通信・放送研究開発を促進し、我が国の情報通信技術の研究レベルの向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の開催支援」を行うものとする。「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の開催支援」のいずれも、前期（平成 23 年度から平成 27 年度まで）と比較して今中長期目標期間中の実績が上回るものとする。さらに、「海外研究者の招へい」においては、各招へい毎に、共

４－１．海外研究者の招へい等による研究開発の支援

高度通信・放送研究開発を促進し、我が国におけるICT研究のレベル向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会開催支援」を行う。

また、民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関する研究レベルの向上を図るため、「国際研究協力ジャパントラスト事業」による海外からの優秀な研究者の招へいを着実に実施し、上記「海外研究者の招へい」と一体的に運用する。これらについては、内外の研究者の国際交流を促進し、ICT分野の技術革新につながる優れた提案を競争的に採択するため、中長期目標期間中の応募件数が前中長期目標期間（平成 23 年度から平成 27 年度まで）を上回るように、積極的に周知活動を行うこととし、「海外研究者の招へい（「国際研究協力ジャパントラスト事業」によるものを含む。以下同じ。）」及び「国際研究集会開催支援」ともに、毎年 15 件以上の応募を集めることを目指す。さらに、「海外研究者の招へい」については、各招へい毎に、共著

＜評価の視点＞

- 「海外研究者の招へい」の論文投稿や外部への研究発表、共同研究の締結等の研究交流の具体的な成果はどうだったか。
- 「国際研究協力ジャパントラスト事業」は、「海外研究者の招へい」と運用面で一体的に着実に実施したか。
- 「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の開催支援」の応募・採択状況はどうだったか。
- 支援対象の選定に当たっては、適切な方法により評価を行い、透明性の確保に

４－１．海外研究者の招へい等による研究開発の支援

- 令和 2 年度は「海外研究者の招へい（国際研究協力ジャパントラスト事業）」で 2 名を実施、中長期計画期間において 46 名となった。

「海外研究者の招へい」実施件数（前年度からの継続を除く）

区分	第 4 期中長期					
	合計	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
「海外研究者の招へい」	46	12	13	12	7	2

- 「海外研究者の招へい（「国際研究協力ジャパントラスト事業」によるものを含む。以下同じ。）」による論文投稿、研究発表、共同研究の締結等の研究交流の成果については、中長期計画期間において 73 件の共著論文の執筆、59 件の研究発表及び終了した計 45 件中 40 件で共同研究の締結等の研究交流の計画があった。

「海外研究者の招へい」における共著論文、
研究発表及び終了後の研究交流計画件数

区分	第 4 期中長期					
	合計	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
共著論文	73	7	20	30	14	2
研究発表	59	10	19	2	27	1
研究交流	40/47	11/11	13/13	8/9	8/12	0/2

- 同様に、追跡調査により、招へい終了年度後に 45 件の共著論文の執筆及び 12 件の研究発表の計画がある事を確認した。

招へい終了年度後の共著論文及び研究発表計画件数

区分	第 4 期中長期					
	合計	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
共著論文	45	3	13	13	14	2
研究発表	12	6	0	0	5	1

- 「国際研究集会開催支援」については、令和 2 年度は 10 件の支援を実施、中長期計画期間は 54 件の支援を実施した。

４－１．海外研究者の招へい等による研究開発の支援

- 中長期計画期間において「海外研究者の招へい」の論文投稿は 73 本、外部への研究発表は 59 件、共同研究の締結は 40 件の成果をあげた。
- 国際研究協力ジャパントラスト事業と海外研究者の招へいを、公募から採択、事後評価に至るまで一体的、効率的に実施した。
- 中長期計画期間における「海外研究者の招へい」の応募件数は 76 件、「国際研究集会の開催支援」の応募件数は 106 件で、共に平均すると 15 件を超えた。
- 支援対象の選定に当たっては、審査要領にもとづき、審査委員会の委員が個別に評価を行い、その合計点により順位付けしたのち、審

著論文、研究発表、共同研究成果のとりまとめ、共同研究の締結等の研究交流の成果が得られるものとする。

また、民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関する研究レベルの向上を図るため、民間の公益信託の運用益等を原資として、海外から優秀な研究者を招へいする「国際研究協力ジャパントラスト事業」を着実に実施する。実施にあたっては、「海外研究者の招へい」との運用面での一体的実施を図るものとする。

論文の執筆・投稿や、外部への研究発表、共同研究の締結等の研究交流の具体的な成果が得られるように、働きかけを行う。

努めたか。

＜指標＞

● 「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の開催支援」に対する応募件数

「国際研究集会開催支援」実施件数

区分	第 4 期中長期					
	合計	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
「国際研究集会開催支援」	54	12	12	10	10	10

- 「国際研究協力ジャパントラスト事業」による海外研究者の招へいについては、平成 23 年度から「海外研究者の招へい」の実施部門と審査委員会を統合し、公募から採択、事後評価に至るまで一体的、効率的に実施した。
- 機構内の研究所や大学等の委託研究先・産学連携窓口、総務省総合通信局、学会やフォーラム等の各種団体へ周知依頼を行うとともに過去の応募者へも直接周知をするなど、積極的な周知活動を行った。
- 「海外研究者の招へい」の応募件数については、令和元年度まででは、平成 30 年度以外のすべての年度において 15 件以上となった。また、「国際研究集会開催支援」は、令和元年度まで 15 件以上の応募となった。
- 令和 2 年度においては、「海外研究者の招へい」、「国際研究集会開催支援」、ともに応募件数が 15 件未満となった。これは、新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大により海外渡航や大規模集会開催が困難になったことが影響していると考えられる。

「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会開催支援」の応募件数

区分	第 4 期中長期					
	合計	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
「海外研究者の招へい」	76	16	20	13	16	11
「国際研究集会開催支援」	106	20	32	17	24	13

- 審査要領にもとづき、審査委員会の委員（外部有識者）が個別に評価を行い、その合計点により順位付けしたのち、審査委員会を開催して総合評価を行った。なお、審査委員会の委員が関係している応募案件については、審査委員会規程により、その評価に参加できないこととしている。
- 招へいの具体的な成果の増加を目的として、共著論文、外部への研究発表、共同研究契約等がより一層図られるよう、働きかけを行った。

査委員会を開催して総合評価を行ったことから、適切な方法・透明性確保ができた。

以上のように、海外研究者の招へい等による研究開発の支援について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

（２）情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援 次世代の情報通信サービスのシーズを生み出す情報通信ベンチャー企業の事業化、IoT サービスの創出・展開、チャレンジド向けの情報通信サービスの普及に対する以下の支援等を行うものとする。 なお、これらの業務の実施に当たっては、情報提供の充実や標準処理期間の明示等により利用者に利便性の高い業務となるよう努めるとともに、政策目標に関連し	**４－２．情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援**		**４－２．情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援**	**４－２．情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援**

た具体的かつ定量的な目標の達成度に応じて、事業の見直しを行いつつ、着実に進めるものとする。 **ア** 次世代のより豊かで多様な情報通信サービスを実現するため、独創的な技術のシーズを有し、かつ、資金調達が困難な全国各地の情報通信ベンチャー企業や将来の起業を目指す学生等に対し、自治体や地域においてベンチャーを支援する団体等との連携を通じて、情報提供及び交流の機会提供等の支援を行うもの	**（1）情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供** リアルな対面の場やオンライン・メディアを活用しつつ、情報通信ベンチャーの事業化に役立つ情報及び交流の機会を提供することにより、情報通信ベンチャーの有する有望かつ新規性・波及性のある技術やサービスの事業化等を促進する。その際、次の点に留意する。 有識者やサポーター企業による情報の提供、助言・相談の場を提供するとともに、情報通信ベンチャーによるビジネスプランの発表会や商品・サービス紹介等のイベント等を通じたマッチングの機会を提供する。 また、全国の自治体やベンチャー支援組織・ベンチャー団体等との連携の強化により、効率的・効果的な情報の提供や交流の機会の提供を図る。	＜評価の視点＞ ● 全国各地の情報通信ベンチャー企業や将来の起業を目指す学生等に対し、自治体や地域においてベンチャーを支援する団体等との連携を通じて、情報提供及び交流の機会提供等の支援を行ったか。 ● イベントを年間 20 件以上開催したか。 ● 事業化を促進するマッ	**（1）情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供** • ベンチャーキャピタル、ICT スタートアップ業界等のプロフェッショナル（以下「ICT メンター」という。）により構成している「ICT メンタープラットフォーム」による情報通信ベンチャー（以下「ICT スタートアップ」という。）への助言等を以下のとおり行った。（ICT メンター数　平成 28 年度:20 人、平成 29 年度・平成 30 年度:19 人、令和元年度・令和 2 年度: 18 人） • 地域から発掘した ICT スタートアップが販路拡大等を目的としてビジネスプランを発表する「起業家万博」及び将来の ICT スタートアップの担い手となる高専学生、大学生等の若手人材の発掘・育成を目的とする「起業家甲子園」を毎年度 3 月に開催した。（令和元年度及び令和2年度は、新型コロナ感染症拡大の防止に配意し、オンライン等で開催した。） • 「起業家甲子園」及び「起業家万博」の審査委員をベンチャーキャピタリストに依頼する（平成 30 年度から）等、イベントの魅力向上を図った。 • 「起業家甲子園」及び「起業家万博」の開催に向け、地域の有望な ICT スタートアップの発掘・育成を目的として、大学、地方公共団体及び地域のスタートアップ支援組織・団体等と連携し、地域における ICT スタートアップ発掘イベントを毎年度連携・実施した。これらには、ICT メンターも参画し、発掘した ICT スタートアップに対するメンタリング等を実施した。 • 上記のほか、講演会やブラッシュアップセミナー等を毎年度連携・実施し、若手人材の発掘やビジネスプランへのアドバイス等を行った。 • 「起業家甲子園」出場者を対象として、グローバル志向の ICT スタートアップマインドの醸成と、より実践的なスキルの向上を図るため、「シリコンバレー起業家育成プログラム」を毎年度（2～3 月頃）実施した（令和 2 年度はオンラインにて実施した。）。 • 「起業家甲子園」、「起業家万博」、地域連携イベント等を含め、講演会・セミナー等のイベントを毎年度連携・開催した。（このうち、「起業家万博」、「CEATEC」、「ILS」、「NICT オープンハウス」において、機構の研究開発成果の社会実装や機構が有する知的財産権の社会還元を目指し、機構発ベンチャーの出展を通し	**（1）情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供** • 「起業家甲子園」・「起業家万博」、地域における ICT スタートアップ発掘イベント、「シリコンバレー起業家育成プログラム」、ブラッシュアップセミナー等を通じて、自治体や地域のベンチャー支援団体等と連携し、情報提供及び交流の機会提供等の支援を行った。 • 目標の年間 20 件以上を上回るイベントを開催した。また、1 年以内のマッチング等商談に至る状況について、目標の 50%以上を上回る 100%の社が新規取引先の開拓等

とする。

さらに、機構の研究開発成果の社会実装や機構が有する知的財産権の社会還元を目指す観点から、自治体や地域においてベンチャーを支援する団体等との連携の枠組みを有効に活用するものとする。

情報通信ベンチャーに対する情報提供及び交流事業については、実施の結果、ベンチャーの創業や事業拡大にどの程度の貢献があったかといった成果に関する客観的かつ定量的な指標により成果を把握するも

これらの取組により、イベント等を毎年 20 件以上開催し、そのうち年 2 回以上のイベントにおいて、機構の知的財産等の情報提供を実施する。特に、事業化を促進するマッチングの機会を提供するイベントは、その実施後1年以内において具体的なマッチング等商談に至った割合が 50%以上となることを目指す。

イベントについて、参加者に対して有益度に関する調査を実施し、4 段階評価におい

て上位 2 段階の評価を70%以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。

インターネット上に開設したウェブページ「情報通信ベンチャー支援センター」について、情報内容を含め、そのあり方を随時検討する。

チングの機会を提供するイベントについては、関係企業の参加を積極的に募るとともに、その後の状況を定期的に把握したか。

- 機構の研究開発成果の社会実装や機構が有する知的財産権の社会還元を目指したか。
- 「有益度」に関する調査し、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させたか。
- ウェブページ「情報通信ベンチャー支援センター」について、あり方を検

て、機構の知的財産等の情報提供を実施した。（機構発ベンチャー出展イベント数 平成 28 年度:1件、平成 29 年度:3 件、平成 30 年度:3 件、令和元年度:2 件、令和 2 年度:2 件。なお、平成 28 年度は1件であるが 2 社が出展した。））

年 度		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
イベント等の開催（件）		40	38	39	47	38
	ICT スタートアップ発掘イベント（件）	22	19	20	25	20
	ブラッシュアップセミナー等（件）	9	7	12	11	8
	その他（件）	9	12	7	11	10

- 起業家万博出場者等に対し、「Interop Tokyo」（平成 28 年 6 月）、「CEATEC」（平成 29 年以降毎年 10 月）及び「ILS（令和元年 10 月及び令和 3 年 3 月）」への出展機会を提供するとともに、海外展開を予定している起業家万博出場者等に対して、米国（サンフランシスコ）で開催された「Tech Crunch DISRUPT SF」（毎年 9 月、10 月頃。令和2年度を除く。）及びタイ（バンコク）で開催された「Digital Thailand Big Bang 2019（令和元年 10 月）」への出展機会を提供し、ビジネスマッチングの充実を図った。
- 「起業家甲子園」及び「起業家万博」の大会当日は、協賛企業との交流・マッチングを促進するため附設の展示会場において、ビジネスプランの紹介等を行うブースやパネル展示等を行う等、ビジネスマッチングの機会を提供した。
- 平成 28 年度から令和 2 年度までの各年度に実施した事業化を促進するマッチングの機会を提供するためのイベント実施後に、各年度起業家万博出場者に対して実施したアンケートの結果で、目標の 50%以上を上回る 100%の社が新規取引先の開拓等につながったとの回答を得た。

年 度	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
マッチング等商談に至った割合（%）	100	100	100	100	100

- イベント毎に行った参加者への「有益度」に関する調査では、目標の 70%以上を大きく上回る回答者から4段階評価において上位2段階の評価を得た。アンケートから得られた意見要望に対しては、地域応援団会議を開催し、地域イベントの進め方の協議を行う等、業務に反映させた。

年 度	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
参加者の有益度%）	96.5	95.0	98.9	92.2	96.2

- ・「情報通信ベンチャー支援センター」を「ICT スタートアップ支援センター」に改称した（平成 30 年度）。Facebook ページを活用したタイムリーな情報発信 、起業家甲子園・起業家万博のビデオライブラリの公表等を行い情報内容の充実を図

につながった。

- 海外を含めて展示会への出展機会を提供し、ビジネスマッチングの充実を図った。
- 機構発ベンチャーに対し、ビジネスマッチングの機会の提供を行った。
- 「有益度」調査における上位 2 段階の評価の割合は、中長期計画期間通して目標の 70%以上を大きく上回る評価を得られた。要望点等については、検討・反映を行った。
- 「ICT スタートアップ支援センター」では、ICT スタートアップに有益な情報提供の充実を図るとともに、機構内 HP 管理システムへの再構築による、運用コスト削減と迅速な情報の更新を行った。

のとする。		討したか。 ＜指標＞ ● イベント開催件数 ● マッチング等商談に至った割合 ●「有益度」調査おける上位２段階の評価の割合（ベンチャー）	るとともに、そのブランディング向上のためPRに努めた。また、機構内ホームページ管理システムへの再構築を行い（平成 28 年度）運用コスト削減、情報の迅速な更新を実施した。	
イ 信用基金の運用益によって実施している通信・放送新規事業に対する債務保証業務及び地域通信・放送開発事業に対する利子補給業務については、平成28年5月末以降は、新規案件の採択は行わないものとし、当該利子補給業務については、既	**（2）債務保証等による支援** 通信・放送新規事業に対する債務保証業務及び地域通信・放送開発事業に対する利子補給業務については、平成 28 年 6 月以降は、新規案件の採択は行わないものとし、同利子補給業務については、既往案件の利子補給期間終了まで、着実に実施する。 新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務及び助成金交付業務については、これらの事業が着実に成果を上げ、IoT サービスの創出・展開につながるものとなるよう努める。 なお、信用基金については、平成 33 年度を目途に	＜評価の視点＞ ● 地域通信・放送開発事業に対する利子補給業務について、既往案件の利子補給期間終了まで着実に実施したか。 ● 新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務	**（2）債務保証等による支援** • 第 4 中長期計画期間中の債務保証業務については、新規案件はなし。 • 第 4 期中長期計画期間（平成 28 年度～令和 2 年度）は、新規貸付 2 件、既往分も含めて 24 件（19 社）に対して、利子補給（841 万円）を適切に実施した。 • 第 4 期中長期計画期間（平成 28 年度～令和 2 年度）の新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する助成金交付業務については、採択評価時に IoT サービスの創出・展開につながる基準を設定した上で、同基準に従って評価した結果、新技術開発施設供用事業（IoT テストベッド）を実施しようとする 8 社に対して 13,765 万円、地域特定電気通信設備（地域データセンター）供用事業を実施しようとする21社に対して21,988万円の交付を決定した。 • 電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成（利子助成）業務については、既往案件の利子助成期間終了の平成 30 年度まで適切に実施し、本事業は全て終了した。	**（2）債務保証等による支援** • 利子補給業務について、24 件（19 社）に対する貸し付けの利子補給を着実に実施した。 • 助成金交付業務について、IoT サービスの創出・展開につながるように事業を選定し、助成金の交付を決定した。 • 利子助成業務について、既存貸付1件についての利子助成を着実に実施し終了した。

往案件の利子補給期間終了まで、着実に実施するものとする。 新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務及び助成金交付業務については、これらの事業が着実に成果を上げ、IoTサービスの創出・展開につながるものとなるよう努めるものとする。 なお、信用基金については、平成33年度を目途に清算するものとする。 また、電気通信基盤充実のための施設整備事	清算する。 電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成（利子助成）業務については、既往案件の利子助成期間終了の平成30年度まで着実に実施する。	及び助成金交付業務について、着実に成果を上げ、IoTサービスの創出・展開につながるよう努めたか。 ● 電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成（利子助成）業務について、着実に実施したか。			

業に対する助成（利子助成）業務については、既往案件の利子助成期間終了の平成30 年度まで着実に実施するものとする。				
ウ 財政投融資特別会計からの出資金を原資として実施してきた出資業務については、毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努め、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移の報告を求めるなどにより、的確に経営状況の把握を行い、経営健全	**（3）出資業務** 出資業務については、毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努める。また、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移の報告を求めるなどにより、的確に経営状況の把握を行う。さらに、経営健全化計画を提出させるなど、事業運営の改善を求めることにより、出資金の最大限の回収に努める。	＜評価の視点＞ ● 出資業務について、各出資先法人の経営内容の把握に努めたか。事業運営の改善を求めたか。出資金の最大限の回収に努めたか。	**（3）出資業務** • 旧通信・放送機構が直接出資し機構が承継した法人のうち、株式保有中の 2 社については、中期経営計画、累損解消計画及び年度毎の事業計画の提出を求めるとともに、年度決算や中間決算の報告等を通じて経営分析を行い事業運営の改善を求めた。 • これにより、1 社は、第 4 期を通じ単年度黒字を計上した。もう 1 社については、令和元年度まで毎年黒字を計上し、令和 2 年度は新型コロナウイルス感染症の影響もあり赤字に転じたが、資金は十分に保有されているため問題はない。 • 当該 2 社に対して、出資契約に基づく実地監査を行い、内部管理全般に亘る監督を強化した。 • 出資により取得した株式がその取得価格以上の適正な価格で処分し得ると見込まれる企業に対しては、株式処分に関する協議を進めた。 • 1 社については株式配当が実施され、機構として、平成 30 年度　204 万円、令和元年度 204 万円、令和 2 年度　102 万円の収益が得られた。	**（3）出資業務** • 出資先法人 2 社の年度決算や中間決算の報告等を通じて事業運営の改善を求めることによって、第 4 中長期計画期間中においても 1 社は単年度黒字を継続している。うち 1 社は、令和 2 年度を除き黒字であり、資金は十分に保有している。出資先のうち 1 社は株式配当が実施されたことにより、収益を得ている。黒字を計上し純資産額を増加させることは、出資会社の価値を高め、売却等により出資金の回収を有利に進める材料となるため、今後の出

化計画を提出させる等、事業運営の改善を求めることにより、出資金の最大限の回収に努めるものとする。

資金回収の最大化に寄与するものと評価している。また、出資により取得した株式がその取得価格以上の適正な価格で処分し得ると見込まれる企業に対しては、株式処分に関する協議を進めた。

エ
誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、次の事業を実施するものとする。
（ア）視聴覚チャレンジド向け放送の充実を図るため、国庫補助金を原資として、字幕番組・解説番組等を制作する者等に対する助成を実施するものとする。
（イ）チャレン

（4）情報弱者への支援
誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、総務大臣の定める基本方針を踏まえつつ、情報バリアフリー助成金制度である次の事業を実施する。
（ア）視聴覚チャレンジド向け放送の充実を図るために行う放送事業者等に対する助成
①字幕・手話・解説番組制作の促進
字幕番組、手話付き番組や解説番組の制作を助成することにより、字幕番組等の拡充に貢献する。なお、普及状況等を勘案して、助成対象や助成率の見直しを行う等、適切に助成を実施する。また、採択した助成先について公表する。

＜評価の視点＞
- 字幕・手話・解説番組制作の助成が効果的となるよう適切に実施したか。
- 採択した助成先の公表を行ったか。

（4）情報弱者への支援

（ア）視聴覚チャレンジド向け放送の充実を図るために行う放送事業者等に対する助成
① 字幕・手話・解説番組制作の促進
- 第４期中長期期間を通じ、普及状況等を勘案したうえで、重点分野である解説番組、手話番組に加え、生放送字幕番組及びローカル局が制作する字幕番組に対しても、優先的に予算配分を行い効果的な助成を実施した。
- 採択した助成先について報道発表を行った。

字幕番組・解説番組及び手話番組制作促進助成金の実績

項目	第４期中長期					
	合計	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
助成額（百万円）	1,616	263	245	362	363	383
番組数	232,616	39,003	43,552	47,701	52,833	49,527
事業者数	594	118	116	120	122	118

（4）情報弱者への支援

（ア）視聴覚チャレンジド向け放送の充実を図るために行う放送事業者等に対する助成
①字幕・手話・解説番組制作の促進
- 普及状況等を勘案し、重点分野に加え、生放送字幕番組及びローカル局が制作する字幕番組に対しても、優先的に予算配分を行い効果的な助成を実施した。
- 採択した助成先に

ジド向けの通信・放送役務の利用利便の増進を図るため、国庫補助金を原資として、チャレンジド向け通信・放送役務の提供・開発を行う者に対する助成等を実施するものとする。助成に当たっては、助成終了 2 年後における継続実施率が 70%以上となることを目標とする。

②手話翻訳映像提供の促進

手話が付いていない放送番組に合成して表示される手話翻訳映像の制作を助成することとし、その際、次の点に留意する。

・手話翻訳映像提供促進助成金について、ウェブページ等を通じて、助成制度の周知を行い、利用の促進を図る。

・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。

＜評価の視点＞

- 手話翻訳映像制作の助成を行ったか。
- 助成制度の周知を行ったか。
- 支援対象の選定に当たっては、適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努めたか。
- 採択した助成先の公表を行ったか。

- 令和 2 年度から新たに、生放送番組への字幕付与に必要な機器の放送事業者による整備について助成を開始した。
- 公募にあたっては報道発表を行うとともに、採択した助成先について報道発表を行った。

生放送字幕番組普及促進助成金の実績

項目	第 4 期中長期					
	合計	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
件数	1	-	-	-	-	1
助成額(百万円)	6	-	-	-	-	6

② 手話翻訳映像提供の促進

- 第 4 期中長期期間を通じ、毎年助成を実施した。
- 公募に当たっては、報道発表を行うとともに、ウェブページで制度の概要や実績も含めて情報提供した。
- 採択に当たっては、7 名の外部有識者による厳正な審査・評価を行い決定した。
- 採択した助成先については報道発表を行った。

手話翻訳映像提供促進助成金の実績

項目	第 4 期中長期					
	合計	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
件数	5	1	1	1	1	1
助成額(百万円)	39.0	7.1	7.2	7.4	8.8	8.5
番組数	560	90	94	107	121	148

ついて報道発表を行った。

②手話翻訳映像提供の促進

- 第 4 期中長期期間を通じ、毎年助成を実施した。
- 公募に当たっては、報道発表とウェブページにて情報提供した。
- 採択に当たっては、外部有識者による審査・評価を行い決定した。
- 採択した助成先については報道発表を行った。

③字幕付きCM番組普及の促進

制作された字幕付きCM番組が基準に適合しているか確認する機器の放送事業者による整備を助成することとし、その際、次の点に留意する。

・字幕付きCM番組普及促進助成金について、ウェブページ等を通じて助成制度の周知を行い、利用の促進を図る。

・事業者の字幕付きCM番組の放送実施に向けた取組状況や財務規模等も考慮し、採択案件の選定を効果的に行う。また、採択した助成先について公表する。

＜評価の視点＞

- 字幕付きCM番組普及の促進のための助成を行ったか。
- 助成制度の周知を行ったか。
- 採択にあたり、効果的な助成になるよう適切に実施したか。
- 採択した助成先の公表を行ったか。

③ 字幕付きCM番組普及の促進

- 第 4 期中長期期間を通じ、公募に当たっては、報道発表を行うとともに、ウェブページで制度の概要や実績も含めて情報提供した。
- 採択に当たっては、CM 字幕確認の実現方法等の審査を行い適切に実施した。
- 採択した助成先については報道発表を行った。
- 令和元年度と令和 2 年度において応募はなく、令和 2 年度末に本制度は廃止された。

字幕付きCM番組普及促進助成金の実績

項目	第 4 期中長期					
	合計	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
件数	14	5	4	5	0	0
助成額（百万円）	5	2	1	2	0	0

③字幕付きCM番組普及の促進

- 応募が無かった年度を除き、助成を行った。
- 公募に当たっては、報道発表とウェブページにて情報提供した。
- 採択に当たっては、CM 字幕確認の実現方法等の審査を行った。
- 採択した助成先については報道発表を行った。

（イ）チャレンジドの利便増進に資する観点から、有益性・波及性に優れた事業に対する助成

次の点に留意する。

・本制度の周知を行い、利用の促進を図る。

・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。

・毎年度、採択事業の成

＜評価の視点＞

- 身体障害者の利便増進に資する事業に対する助成金交付業務を適時適切に実施したか。
- 助成制度の周知を

（イ）チャレンジドの利便増進に資する観点から、有益性・波及性に優れた事業に対する助成

- 第 4 期中長期期間を通じ、毎年 4～6 件を採択し、適時適切に助成交付業務を実施した。
- 公募に当たっては、報道発表、ウェブページで概要や実績も含め情報提供するとともに、福祉関係団体への周知依頼や「情報バリアフリーのための情報提供サイト」の登録者へのメール配信等で周知した。
- 採択にあたっては、7 名の有識者による評価委員会を開催して申請者によるプレゼンテーションや質疑応答を実施するとともに、採択案件の選定では「有益性」、「波及性」及び「技術の適格性」の観点から厳正な審査・評価を行った。
- 採択結果については報道発表及びウェブページで公表した。
- 採択案件の実績について成果報告に基づく書面による事後評価を行い、各事業にS～B の評点及びコメントを付し、次年度の業務の参考とした。

（イ）チャレンジドの利便増進に資する観点から、有益性・波及性に優れた事業に対する助成

- 毎年 4～6 件を採択し、適時適切に助成交付業務を実施した。
- 公募は、報道発表とウェブページで情報提供するとともに、福祉関係団体

	果について事後評価を行い、業務運営等に反映させる。 ・助成に当たっては、助成終了 2 年後における継続実施率が 70%以上となることを目指す。 また、情報バリアフリー関係情報の提供を行うこととし、その際、次の点に留意する。 ・「情報バリアフリーのための情報提供サイト」では、チャレンジドや高齢者のウェブ・アクセシビリティに配慮しつつ、チャレンジドや高齢者に役立つ情報その他の情報バリアフリーに関する幅広い情報等の提供を定期的に行うほか、機構の情報バリアフリー助成金制度の概要やその成果事例を広く情報提供する。 ・情報バリアフリー助成金の交付を受けた事業者がその事業成果を発表できる機会を設け、成果を広く周知するとともに、チャレンジドや社会福祉に携わる団体等との交流の拡大を図る。 ・「情報バリアフリー関係情報の提供サイト」の利用者及び成果発表会の来場者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4 段階評価において上位 2 段階の	行ったか。 ● 支援対象の選定に当たっては、適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努めたか。 ● 採択した助成先の公表を行ったか。 ● 採択案件の実績について事後評価を行い、次年度以降の業務運営に反映させたか（平成29年度以降） ● 助成終了 2 年後の継続実施を把握し、70%以上を目指したか。（平成３０年度以降） ＜指標＞ ● 助成終了 2 年後の継続実施率（平成30年	• 助成終了 2 年後の継続実施率は 100%であり、目標の 70%以上を達成した。 情報バリアフリー通信・放送役務提供・開発推進助成金の実績 第 4 期中長期 項目 / 合計 / 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 件数 / 25 / 4 / 5 / 5 / 6 / 5 助成額（百万円） / 173 / 31 / 31 / 38 / 37 / 36	への周知依頼や「情報バリアフリーのための情報提供サイト」の登録者へのメール配信等で周知した。 • 採択にあたっては、有識者による評価委員会を開催して厳正な審査・評価を行った。 • 採択結果は報道発表及びウェブページで公表した。 • 書面による事後評価を行い、次年度の業務の参考とした。 • 助成終了 2 年後の継続実施率は 100%であり、目標の 70%以上を達成した。

評価を 70%以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。

度以降）

＜評価の視点＞

- 「情報バリアフリーのための情報提供サイト」による情報等の提供を月一回程度定期的に行ったか。
- 情報バリアフリー事業助成金の制度概要やその成果事例についての情報提供を行ったか。
- 情報バリアフリー事業助成金の交付を受けた事業者が発表できる機会を設けたか。また、チャレンジドや社会福祉に携わる団体等と

情報バリアフリー関係情報の提供

- 「情報バリアフリーのための情報提供サイト」では、障害者や高齢者などに有益な情報を定期的にウェブ・アクセシビリティに配慮した上で提供することにより、機構の情報バリアフリーに向けた施策と貢献を含め情報発信した。
- 第 4 期中長期期間を通じ、情報バリアフリーの実現のために取り組む民間事業者等を毎月トピックコーナーで取り上げて情報提供した。
- 機構が行う情報バリアフリー助成金制度の概要や実績、成功事例についても情報提供した。
- 毎年秋に開催される国際福祉機器展において、助成事業者による成果発表の場を設け、社会実現に向けた取り組みを広く情報発信するとともに、身体障害者や社会福祉に関わる団体等との交流拡大を図った。
- また、国際福祉機器展では、機構の音声認識・合成技術の研究成果を生かした㈱フィートの「こえとら」の展示を行うなど、機構の取り組みについても広く情報発信した。（※令和２年度の同展示会はコロナ渦の影響で中止）
- 情報提供サイトの利用者や国際福祉機器展成果発表会の機構ブース来場者に対し、「有益度」に関するアンケート調査を実施した結果、9 割以上から「有益」との回答を得ており、得られた意見要望はウェブサイト等の運営に参考としている。（※令和２年度の同展示会はコロナ渦の影響で中止）

情報提供サイトのアクセス数等

項目	第 4 期中長期				
	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
サイトアクセス数（万）	58	72	84	92	71
アンケート結果（有益の評価）	9 割以上	9 割以上	9 割以上	9 割以上	9 割以上

国際福祉機器展でのブース来場者数等

項目	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
機構ブース来場者数（人） 括弧内は発表会来場者数	1,710 (210)	2,200 (275)	3,440 (215)	1,466 (118)	中止
来場者アンケート調査結果(有益の評価)	9 割以上	9 割以上	9 割以上	9 割以上	中止

情報バリアフリー関係情報の提供

- 「情報バリアフリーのための情報提供サイト」で、機構の情報バリアフリーに向けた施策や貢献などを定期的に発信した。
- 情報バリアフリーの実現に取り組む民間事業者等を毎月トピックコーナーで取り上げて情報提供した。
- 機構が行う情報バリアフリー助成金制度を情報提供した。
- 毎年秋に開催される国際福祉機器展において、成果を広く情報発信するとともに、身体障害者や社会福祉に関わる団体等との交流拡大を図った。
- また、国際福祉機器展では、「こえとら」の展示を行うなど、機構の取り組みを情報発信した。
- 「有益度」に関するアンケート調査では 9 割以上から「有益」との回答を得て

		の交流の拡大を図ったか。 ● 研究機構が取り組んだ情報バリアフリーに向けた研究成果についても情報発信をしたか。 ● 「有益度」に関する調査を行い、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させたか。		おり、得られた意見要望はウェブサイト等の運営に参考とした。 以上のように、情報通信ベンチャー企業の事業化等の支援について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
（３）民間基盤技術研究促進業務の的確な実施 財政投融資特別会計からの出資金を原資として実施してきた民間基盤技術研究促進業務については、既往	**４－３．民間基盤技術研究促進業務** 基盤技術研究促進業務については、売上（収益）納付に係る業務の着実な推進を図るため、毎年度策定した追跡調査によるフォローアップに係る実施方針のもとに、契約期間中の案件の売上状況等について適正に把握することにより、改善点やマッチング等の助言を行う。さらに、経営・知的財産等の各分野の外部	＜評価の視点＞ ● 研究開 25 課題について、追跡調査によるフォローアップを行い改善点やマッチング等の助言を行ったか。 ● 売上向上	**４－３．民間基盤技術研究促進業務** 1．売上（収益）納付業務の着実な実施 (1) 毎年度、民間基盤技術研究促進業務関係の追跡調査によるフォローアップ等に係る実施方針を策定した。また、今後の売上（収益）納付が見込まれる研究開発課題を選定し、受託者を直接訪問してヒアリングを行うことにより、事業化状況	**４－３．民間基盤技術研究促進業務** • 売上（収益）納付業務の着実な推進を図るため、追跡調査を実施した。 • 特に売上向上が見込まれる課題について、その分野に精通した外部有識者と受託者による意見交換会を実施し、事業化の取組を強化した。

	第4期中長期目標期間					
	合計	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
売上納付額（万円）	13,081	2,147	3,139	3,156	2,362	2,277
繰越欠損金回収額 ※ 当期純利益（万円）	—	1,089	2,268	3,962	3,178	2,633（見込）
繰越欠損金残高（百万円）	—	57，369	57,349	57,306	57,275	57,249（見込）

の委託研究締結案件について、追跡調査によるフォローアップ等により収益納付・売上納付に係る業務を推進する等、繰越欠損金の着実な縮減に向けた取組を進めるとともに、縮減状況等を踏まえ、取組の随時見直しや必要な措置を講じるものとする。さらに機構内の他部署とも連携して、今中長期目標期間内において、委託研究成果の社会への普及状況等の本業務の効果の把握及び検証を実施するものとする。

専門家を活用し、今後の納付の拡大が見込める委託対象事業を重点的に売上向上に向けた課題の把握と実効性ある改善策の助言、受託者が取得した特許等の知的財産権が相当の期間活用されていないと認められる場合における当該知的財産権の第三者への利用や移転の促進などの方策により、売上向上に向けた取組を強化する。また、委託研究期間終了後 10 年が経過する案件について今後の収益の可能性・期待度を分析することにより、売上（収益）が見込める案件を重点的にフォローアップして売上（収益）納付契約に従い契約期間の延長に結びつけるなど、収益納付・売上納付に係る業務を推進し、繰越欠損金縮減に向けた取組を着実かつ効率的、効果的に進める。

また、縮減状況を踏まえ、取組の随時見直しや必要な措置を講じる。

さらに、委託対象事業の実用化状況等については、適宜公表する。

加えて、機構内の他部署とも連携して、今中長期目標期間内において、委託研究成果の社会への普及状況等の本業務の効果の把

に向けた取組を重点的に強化したか。

- 委託研究期間終了 10 年が経過する研究開発課題について、売上（収益）が見込める研究開発課題を選定し、契約期間の延長に結びつけたか。
- 委託対象事業の実用化状況等の公表をしたか。
- 委託研究成果の社会への普及状況等について、本業務の効果の把握及び検証の具体的な進め方について検討結果に基づき、受託者等から

についての意見交換を行い、課題の把握と改善策の助言を行った。

	第4期中長期目標期間					
	合計	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
追跡調査によるフォローアップ実施方針の策定日	—	H28.4.28	H29.3.22	H30.3.28	H31.3.28	R2.5.8
報告徴収した件数	167	43	40	30	27	27
現地調査（実地ヒアリング）を実施した件数	78	16	24	14	12	12
課題の把握と改善策の助言を実施した件数	109	26	29	21	17	16

(2) 売上向上に向けた取り組みとして、事業化動向に精通したコンサルタント事業者を活用して、事業化の状況を踏まえ、技術・事業マッチング等が期待できる企業の紹介を実施した。

	第4期中長期目標期間					
	合計	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
専門家を交えた意見交換会の実施件数	6	3	2	1	—	—
マッチング企業等紹介の実施	7	4	1	1	1	0

(3) 当該期間中、売上（収益）納付契約期間が終了する 10 年目を迎えた 30 案件について、今後の売上（収益）が見込める研究開発課題を選定し、契約の 5 年延長の妥当性を含め特別な調査を実施した。

この調査を踏まえ 5 年延長について検討し、受託者と延長の協議をした結果、16 課題について納付契約期間を延長した。

	第4期中長期目標期間					
	合計	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
収益納付 10 年目案件数	30	6	9	8	3	4
収益納付 10 年目案件への特別調査の実施件数	26	5	11	5	3	2
収益（売上）納付の延長実施件数	16	7	5	3	1	0

2. 研究成果の積極的な公表による、成果の普及・実用化の促進

(1) 全課題について研究成果と製品化事例をとりまとめた『成果事例集』を機構の

- 研究成果の積極的な公表による、成果の普及・実用化を促進した。
- 委託研究の効果が見込まれる 59 課題を対象に委託研究の効果の把握、および詳細な検証に必要な情報収集を実施した。
- 委託研究期間終了 10 年が経過する研究開発課題について、売上（収益）が見込める研究開発課題を選定し、特別調査を実施した。その結果、16 課題で納期契約期間を延長した。

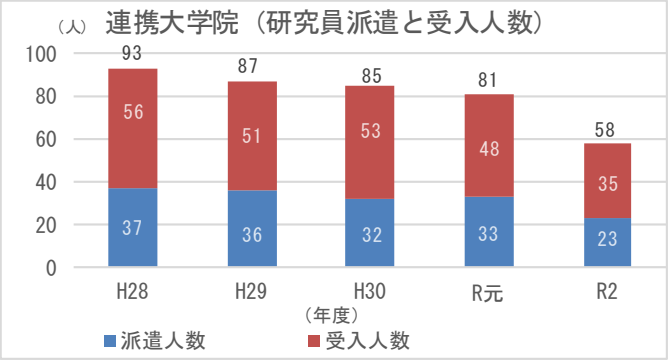
以上のように、民間基盤技術研究促進業務について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

	握及び検証を実施する。	の情報収集やヒアリング調査等を実施したか。	ホームページ（民間基盤技術研究促進制度ページ）で公表中。 (2) NICT オープンハウスにおいて研究成果のパネル展示のほか、成果事例集を配布。（令和 2 年度は、NICT オープンハウスの実開催が見送られたため、未実施） 3. 委託研究の効果に関する調査の実施 (1) 民間基盤技術研究促進業務全般に係る委託研究の効果の分析及び評価 ・平成 28 年度は、委託研究の効果の把握及び検証の手法についての調査を実施した。 ・平成 29 年度は、特に顕著な波及効果が見込まれる課題（5 課題）、それに次ぐ波及効果が見込まれる課題（12 課題）を抽出した。 ・平成 30 年度は、前年度に抽出した波及効果が見込まれる 17 課題について効果の把握及び検証に必要な情報とデータ収集を行った。 ・最終年度の令和元年度は、前年度の調査結果を踏まえ、上記 17 課題をベースに 59 課題すべてについて、 ①成果を利用するユーザにおける便益、 ②成果に基づく新たな市場形成、 ③委託研究の実施を通じた人材育成、 等 10 項目を分析し、民間基盤技術研究促進業務の成果が社会全体へ及ぼすインパクト等による波及効果を取りまとめた結果、定量的な波及効果は、全体で 700 億円規模と試算された。 ・調査に当たっては、関連部署に情報提供を行い、関連部署からの知見を参考にして実施し、結果は今後の業務維持に活用。 (2) 調査に当たっては、客観性担保のため、以下の①～④の方法を組み合わせて実施 ①文献調査（成果に関する報道資料や、市場現況等について公表資料をもとに収集・分析） ②受託者ヒアリング（当事者のみが把握している実績やデータについて、ヒアリ	

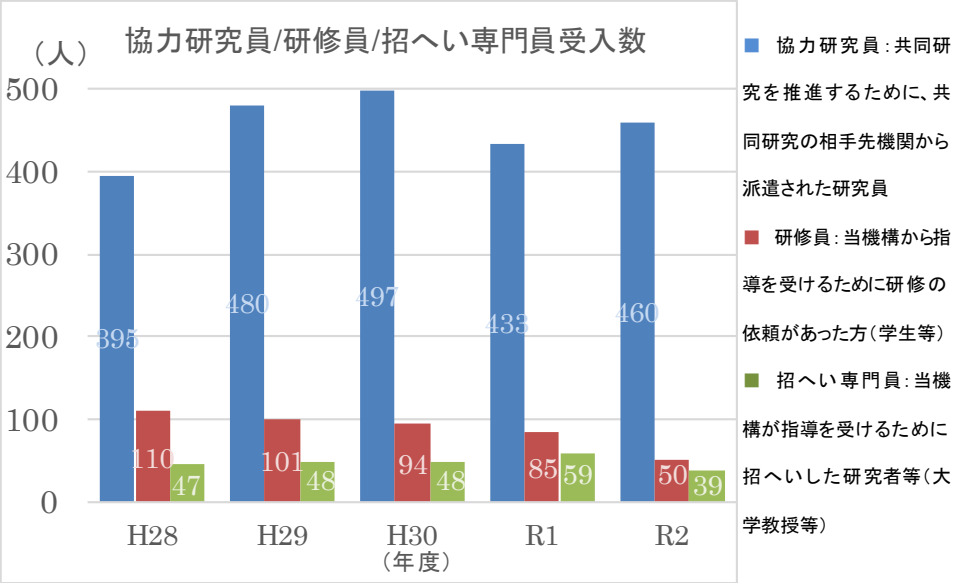
			ング及び資料の提供を受けそれを基に分析） ③当該分野の専門家・有識者ヒアリング（課題の対象分野を専門とする学識者や民間の専門家から、専門的見地からの評価を収集し、分析） ④モデル構築（成果により構築された市場や利用者における便益等を試算するモデルを構築して評価を実施）	
（4）ICT人材の育成の取組 厳しい国際競争によって我が国の民間企業におけるICT分野の研究開発の力点が基礎研究から応用・開発研究にシフトする傾向にあることから、機構はICT分野における基礎的・基盤的研究開発を担う中心的な役割を期待されている。 機構はそのような役割を踏まえ、人材の育成についても、産学官連携による共同研究等を通じた専門人材の	**4－4．ICT人材の育成の取組** ICT人材育成に関する諸課題の解決に向けて、産学官連携による共同研究等を通じて、幅広い視野や高い技術力を有する専門人材の強化に貢献する。 また、連携大学院制度に基づく大学等との連携協定等を活用し、機構の研究者を大学等へ派遣することにより、大学等におけるICT人材育成に貢献する。 国内外の研究者や大学院生等を受け入れることにより、機構の研究開発への参画を通して先端的な研究開発に貢献する人材を育成する。 なお、平成 28 年度補正予算（第2号）により追加的に措置された交付金については、「未来への投資を実現する経済対策」の一環として安全・安心の確保のために措置されたことを認識し、サイバーセキュリティに係る人材の育成に資するネットワーク環境の構築のために活用する。	＜評価の観点＞ ● 専門人材の強化に貢献したか。 ● 機構の研究者を大学等へ派遣し、ICT人材育成に貢献したか。 ● 国内外の研究者や大学院生等を受け入れることにより、先端的な研究開発に貢献する人材を育成したか。	**4－4．ICT人材の育成の取組** • 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、当機構のサイバーセキュリティ研究資産を活用し、若年層の ICT 人材を対象に、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 1 年かけて本格的に指導するプログラム「SecHack365」を実施した。 • SecHack365 については、主に以下のような取組を行った。 • トレーニー(受講者)に対し、遠隔研究・開発環境の提供及びトレーナーからの遠隔指導と並行して、国内各地における集合研修（2ヶ月に1回程度）で指導を行った。 • 研究・開発成果を、最終成果発表会において発表した（令和元年度のみ新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から延期（令和2年度 9 月にオンラインで実施）。 • 法律や企画の専門家など異分野の専門家の参画やプレゼンテーション能力を磨く指導など、技術分野に偏らない指導を実施した。 • その他、アンケートや外部有識者の助言等に基づくきめ細やかな運営改善。 • 各年度における特筆すべき取組は以下のとおり。 【平成 29 年度】 • 機構により企画・開発した事業として開始した。 • 応募者 358 名、39 名が修了した。 • 米国オースティンで開催された世界最大級のクリエイティブイベント SXSW ハッカソンへの海外派遣を実施した（スポンサー賞を受賞）。 【平成 30 年度】 • 応募者 345 名、46 名が修了した。 • 多様なトレーニーに対する柔軟なサポートを実現すべく、応募時から表現駆動コース、思索駆動コース、開発駆動コースを選択して募集を行い、指導方針のミスマッチを抑制。 • 修了生コミュニティの構築にも着手し、①修了生に対する支援（チャットツールに	**4－4．ICT人材の育成の取組** • 「SecHack365」を実施することで、ICT 分野の専門人材の育成・強化に貢献した。 • 大学との連携協定を活用して、に機構研究者のべ 161 名を講師として大学院へ派遣し人材育成に貢献した。 • 大学との連携協定を活用するなどして、外部研究者や大学院生等のべ 2,705 名を受け入れた。 以上のように、ICT 人材の育成の取組について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

強化、連携大学院協定等による機構の職員の大学院・大学での研究・教育活動への従事、国内外の研究者や学生の受け入れ等を推進し、一層深刻化するICT人材の育成にも貢献するものとする。			よるコミュニティ基盤の整備、修了生を対象としたイベント「SecHack365 Returns」の実施、機構への受け入れによるキャリアサポート）や、②現役生との交流機会の確保（集合イベントに招待し、年度を超えた現役生へのフィードバックの実施、現役生との混合メンバによる SXSW ハッカソンへの海外派遣）を実施した（スポンサー賞を受賞）。 • 新たな人材発掘のため、大都市ながら参加者が少ない場所を実験的に選定し、次年度募集キャラバン（説明会）を福岡と大阪で実施した。 【令和元年度】 • 応募者 295 名、45 名が修了した。 • 3 コース制から 5 コース制へコースの拡充を行い、応募時にコースを選択させることで各トレーニーの作品作りのスタイルに合った指導を実施した。 • 新たな人材発掘のため、各イベント回において地元学生・教育関係者を対象に説明会・見学会を実施した。 • 修了生が各イベント回に参加し、体験談の発表、コースワークでの指導等を担当するほか、オンラインでの個別指導も経験する機会を作り、現役生と修了生の連携を強化した。 • 修了生の活動継続の奨励と支援等を目的とした修了生イベント「SecHack365 Returns」を実施し、前年度より規模を拡大し、修了年度を越えた交流をさらに促進した。 • イスラエル国家サイバー総局と総務省との MoC (MEMORANDUM OF COOPERATION)に基づき、両国間の人材育成協力の一環として世界的なサイバーセキュリティ関係の巨大イベント「CyberTech Tokyo, CyberTech Tel Aviv」に参加。世界の専門家を前にして発表の機会を提供した。 • 一部の修了生に機構の研究補助業務に従事する機会（リサーチアシスタント）を提供。 【令和 2 年度】 • 応募者 225 名、41 名が修了した。 • 新型コロナウイルスへの対応策として、年間プログラムをオンライン開催とし、受講生とトレーナーが期間中非同期に参加する「イベントウィーク」と、全員同時に同期参加する「イベントデイ」を設定し、実施した。 • 修了生の活躍の機会の提供として各コースのアシスタント制を導入した。また、修了後の活動継続の奨励と支援等を目的とした修了生イベント「SecHack365 Returns」をオンライン開催し、修了生 63 名が参加した。 • 新型コロナウイルスの影響により延期となっていた「2019 年度成果発表会」をオンライン開催した。	

- 連携大学院制度に基づく大学との連携協定数は 19 件（令和 2 年度末時点）であり、協定締結先から 5 年間で 243 名（令和 2 年度 35 名）の大学院生を受け入れた。これにより、研究経験を得る機会を確保するとともに、機構の研究者を 5 年間で 161 名（令和 2 年度 23 名）を講師として大学院へ派遣し、大学等の ICT 人材育成に貢献した。



- 機構の研究開発への参画を通して、先端的な研究開発に貢献する人材を育成するため、外部研究者や大学院生等をのべ 2,705 名（R2：510 名（(新規、継続)、連携大学院の 35 名を含む。）受け入れた。協力研究員／研修員／招へい専門員を 5 年間で 2,946 名（令和 2 年度 549 名）受け入れた。（左記の連携大学院の受入人数を含む。）

<table>
<tr>
<td>(5)その他の業務
電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務、情報収集衛星に関する開発等について、国から受託した場合には、適切</td>
<td>4－5. その他の業務
電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務等の業務を国から受託した場合及び情報収集衛星に関する開発等を国から受託した場合には、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施する。</td>
<td>＜評価の視点＞
● 国から受託した業務を適切に実施したか。</td>
<td>


• 連携大学院および協力研究員／研修員／招へい専門員により、5年間の研究者交流の総数は 3,107 名（令和 2 年度 572 名）となった。

• 平成 28 年度 総務省補正予算（「サイバーセキュリティの強化」）を受けて、北陸 StarBED 技術センターに本事業に向けた計算機環境の整備を推進した。

4－5. その他の業務
• 標準電波による無線局への高精度周波数の提供（第 4 期中長期以前から継続）、南極地域観測事業における電離層観測（南極地域観測事業：総務省、第4期中長期以前から継続）、電波伝搬の観測・分析等の推進（平成 31 年度～）について、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施するように、契約、経理検査対応、実績報告、及び借り受け処理の事務など研究支援を行った。
• 情報収集衛星のうちのレーダ衛星について、全期間にわたり継続的に開発および維持管理業務を実施した。
</td>
<td>4－5. その他の業務
• 機構が保有する電波利用に関する研究ポテンシャルや研究設備等を活用して受託業務を適切に実施した。
• 情報収集衛星に関する開発の受託業務を効率的かつ確実に実施し、再委託先への監査も適切に実施した。</td>
</tr>
</table>

に実施するものとする。				

国立研究開発法人情報通信研究機構 第 4 期中長期目標期間評価（期末評価） 項目別自己評価書（No.8 業務運営の効率化に関する事項）

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅳ. 業務運営の効率化に関する事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ＊＊＊＊

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標		28 年度	29 年度	30 年度	元 年度	2 年度	（参考情報）当該年度までの累積値等、必要な情報
一般管理費及び事業費の合計の効率化状況（%）	平均 1.1% 以上	前年度額（a）	273.9 億円	270.3 億円	272.5 億円	280.2 億円	270.6 億円	増減率累計 △2.04%
		当年度額 (b)	270.3 億円	265.7 億円 (新規拡充分 6.8 億円を除く)	270.0 億円 (新規拡充分 10.3 億円を除く)	265.9 億円 (新規拡充分 4.8 億円を除く)	267.4 億円 (新規拡充分 11.6 億円を除く)	
		対前年度増減率(b/a-1)	△1.31%	△1.70%	△0.91%	△5.11%	△1.18%	
		増減率の毎年度平均	△1.31%	△1.51%	△1.31%	△2.26%	△2.04%	

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等	自己評価	
Ⅳ. 業務運営の効率化に関する事項	**Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置**			評定	B
				業務運営の効率化については、中長期計画に沿って以	

				下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成した。
1．機動的・弾力的な資源配分 機構の役員は、研究開発の最大限の成果を確保することを目的とした国立研究開発法人制度の趣旨を踏まえ、研究開発に係る機動的かつ弾力的な資源配分の決定を行うものとする。そのため、機構内部で資源獲得に対する競争的な環境を醸成し、研究開発成果（研究開発成果の普及や社会実装を目指した取組実績を含む。）に対する客観的な評価に基づき、適切な資源配分を行うものとする。 また、外部への研究開発の委託については、機構が自ら行う研究開発と一体的に行うことでより効率化が図ら	**1．機動的・弾力的な資源配分** 研究開発の最大限の成果を確保することを目的とした国立研究開発法人制度の趣旨を踏まえ、機構内外の情勢に応じた機動的・弾力的な資源配分を行う。 資源配分は、基本的には研究開発成果（研究開発成果の普及や社会実装を目指した取組実績を含む。）に対する客観的な評価に基づき実施する。評価に当たっては、客観性を保てるよう、外部の専門家・有識者を活用するなど、適切な体制を構築するとともに、評価結果をフィードバックすることにより、PDCAサイクルの強化を図る。 なお、資源配分の決定に際しては、機構が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制の構築（若手研究者の育成を含む。）に配慮する。 また、外部への研究開発の委託については、機構が自ら行う研究開発と一体的に行うことでより効率化が図られる場合にのみ実施することとし、委託の対象課題の一層の重点化を図る。 委託研究に関する客観的	＜評価の視点＞ ● 資源配分は、基本的には研究開発成果に対する客観的な評価に基づき、機構内外の情勢に応じた機動的・弾力的な資源配分を行ったか。 ● 評価は、外部の専門家・有識者を活用するなど、適切な体制を構築するとともに、評価結果をフィードバックすることにより、PDCAサイクルの強化を図ったか。 ● 資源配分の決定に際して、機構が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制の構築に配慮したか。	**1．機動的・弾力的な資源配分** • 研究開発成果に対して、外部の専門家による外部評価及び機構幹部による内部評価を適正に実施し、その結果や機構内外の情勢に応じて、各年度の予算決定を行った。また、情報通信研究機構法の改正（IoT機器調査、Beyond 5G公募型研究開発の追加）等の新たな業務追加により、中長期計画を平成28年度に二度、平成29年度、平成30年度、令和元年度、令和2年度に二度変更したほか、熊本震災対応への配分（平成28年度）など機動的かつ弾力的な資源配分を行った。 • 情勢の変化等による新たな重点分野等については、予算や人員等の資源配分についての特段の配慮を意識したマネジメントを行った。 • 定常業務等を含め、機構が長期的に取り組むべき業務について、技術やノウハウを確実に継承していくことを意識した資源確保に努めた。 • 外部評価において、外部の専門家や有識者を構成員とする外部評価委員会による研究分野ごとの評価に加え、新たに機構の自己評価の妥当性を審議する総括評価委員会を新設し、評価の客観性を高めるための体制を構築した。 • 長期的な視点でのコスト削減につながる計算機資源の集約化のための予算配分やBeyond 5G/6Gの実現に向けた予算措置等、機動的・弾力的な資源配分を行った。 • 各研究所で実施している研究活動の実態把握のため、理事長はじめ役員・幹部が研究所・センター等を訪問し、研究現場・管理部門との意見交換を行う「理事長タウンミーティング」を令和元年度から行い、出された要望に対して適切に対応した（令和元年度4回、令和2年度1回（オンライン））。また各研究室の予算、人員、施設、外部資金、共同研究等について研究課題ごとに資料としてとりまとめ、研究資源等の実態把握を行った。 • 若手人材確保と早期育成に向け、新たにリサーチアシスタント制度を創設した。また、若手研究者が挑戦できる機会の拡大として、テニュアトラック制度の導入を行った。 • 研究者や総合職職員の自由闊達な議論を醸成し、職員各々が機構の研究開発や業務実施体制の構築・改革に関する高い意識を持つ	**1．機動的・弾力的な資源配分** • 外部評価及び内部評価を適正に実施して各年度の予算を決定した。情報通信研究機構法改正による新たな業務、また、熊本震災への配分など、機構内外の情勢に鑑み、機構の重点研究分野に係る外部評価結果や、各研究所・センター等の意見交換を通じて把握した研究資源等の実態に応じて機動的・弾力的な資源配分を行った。 • 評価は、研究分野ごとに外部の専門家・有識者を活用するほか、全分野を通して評価の妥当性を検討する総括評価委員会を新設するなど、評価の客観性を高める体制を構築し適切な評価の実現に努めた。また、評価結果を各部署にフィードバックすることによりPDCAサイクルの強化を図った。 • リサーチアシスタント制度やテニュアトラック制度など、若手研究者を確保するための新たな制度を構築したほか、将来ビジョンタスクフォースの中に若手職員によるワーキンググループを形成、また、若手研究者対

れる場合にのみ実施することとし、委託の対象課題の一層の重点化を図ることで機構全体の資源配分の最適化を図るものとする。 なお、資源配分の決定に際しては、機構が定常的に行うべき業務や長期的に維持すべき研究開発体制（若手研究者の育成を含む。）に対しては十分に配慮するものとする。 加えて、客観的な評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用する等適切な体制を構築するとともに、評価結果をその後の事業改善にフィードバックする等、PDCAサイクルを強化するものとする。	評価に当たっては、外部有識者による事前評価、採択評価、中間評価、終了評価、追跡評価等を踏まえ、PDCAサイクルを着実に回し、社会的課題の変化等に柔軟に対応した研究を推進する。	● 外部への研究開発の委託について、機構が自ら行う研究開発と一体的に行うことでより効率化が図られる場合にのみ実施したか。 ● 委託研究の推進にあたっては、PDCAサイクルを意識した評価を行ったか。	ためのの以下の取組についても、予算を確保し、推進した。 ✓ 若手研究者等からの幅広い提案を募集し、新規研究課題のフィージビリティスタディや業務上の課題解決アイデア等を試行する「TRIAL」を実施した。 ✓ 機構内の全階層（研究者、総合職及び経営層）によるオープンな意見交換会や検討会を通じ、新たな価値の創造や機構内の活性化を行うことを目的としたスキーム「NEXT」を実施した。 ✓ 機構の課題や改革のアイデアについて自由に議論する機構内全階層によるビジョンアイデアソンを開催した。 ✓ 将来の研究開発テーマや機構の組織・風土改革について、研究者や総合職が継続的に議論する将来ビジョンタスクフォースの立ち上げと運営を行った。将来ビジョンタスクフォースの中に若手職員（研究者及び総合職）によるワーキンググループを形成し、自由な発想による議論を促進した。 • 第4期においては、高度通信・放送研究開発委託研究の54課題（122個別課題）について、担当する研究所において計画書を策定、所属する研究者が各種評価において連携して対応。平成30年度の公募課題からは、機構の研究者がプロジェクトオフィサーとして委託研究を統括することで、機構が自ら行う研究開発と一体的に実施した。 • 同委託研究の推進に当たっては、外部有識者により、事前評価、採択評価、中間評価、終了評価を実施したほか、PDCAサイクルを意識し、終了後数年後の課題を対象に成果展開等状況調査を実施し、各年度4～6個別課題の追跡評価を実施した。 • 同委託研究の推進に当たり、研究内容については外部有識者による評価を受けるとともに、委託費の経理処理については経理検査業務の改善等を実施し、着実に業務を実施した。 • 次世代通信技術Beyond 5Gの実現に必要な要素技術の確立に向け、令和2年度に設置された基金を用いて民間企業や大学等への公募型研究開発制度（革新的情報通信技術研究開発委託研究）を創設し、委託研究1課題の公募・採択を実施するとともに、令和3年度からの本格公募の準備を実施した。	象の TRIAL、全階層対象の NEXT など、様々な試みを通じて、機構全体の運営改善や横断連携施策の取組を継続的に推進した。 • 外部への研究開発の委託については、平成30年度の公募課題から、機構の研究者がプロジェクトオフィサーとして委託研究を統括することで、対象課題の一層の重点化を図った。 • 委託研究に関して一連の評価を実施したほか、PDCAサイクルを意識して、終了後数年後の課題を対象に成果展開等状況調査を行うなど、社会的課題の変化に沿うよう、研究を推進した。 • 令和 2 年度に設置された基金を用いて民間企業や大学等への公募型研究開発制度（革新的情報通信技術研究開発委託研究）を創設し、委託研究 1 課題の公募・採択を実施した。 以上のように、機動的・弾力的な資源配分について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
2．調達等の合理化 「独立行政法人における調達	**2．調達等の合理化** 「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成27年5月25日、	＜評価の視点＞ ● 公正性・透明性を確保しつつ、自律的か	**2．調達等の合理化** • 特殊の物品で買入先が特定されるもの等規程に定める随意契約によることができる事由に合致しているかについて適切に審査を行い、効率的に調達事務手続きを実施した。	**2．調達等の合理化** • 調達契約の予定案件を入札公告以前に機構 Web サイトに掲載することで入札参加

等合理化の取組の推進について」（平成27年5月25日、総務大臣決定）に基づき、事務・事業の特性を踏まえ、マネジメントサイクル（PDCAサイクル）により、公正性・透明性を確保しつつ、自律的かつ継続的に調達等の合理化に取り組むものとする。	総務大臣決定）に基づき策定した「調達等合理化計画」を着実に実施し、公正性・透明性を確保しつつ、迅速かつ効率的な調達の実現を図る。	つ継続的に調達等の合理化に取り組んだか。	• 入札参加者拡大の取組として、平成28年から平成30年度において、競争契約案件を対象としたアンケートを行い、令和元年度から当年度に予定される調達契約の案件を、入札公告以前に機構Webサイト「調達情報」に掲載し、入札参加者の拡大につなげた。 • 入札情報配信サービスの周知に努め、同サービスへの登録者の増加により、競争の機会の拡大につなげた。 • 競争性のない随意契約案件であるとして提出された全件について、財務部に設置した「随意契約検証チーム」により、会計規程に定める随意契約によることができる事由との整合性について点検を適切に実施し、公正性・透明性を確保した。 • 公平性・透明性・競争性の確保のため、専任職員による仕様内容の適正化に向けた点検を実施した。 • 契約に係る事務について、規程において「契約担当」の権限を明文化し、適正かつ確実に事務を遂行した。 • 規程に基づき、原則要求者以外の者による適正な検収を実施し、適正かつ確実に検収を遂行した。 • 不適切な処理の発生未然防止並びに業務の円滑な処理を目的に、財務部における業務全般に関する「財務部総合説明会」、「調達に関するeラーニング」及び「各研究所別の個別説明及び意見交換会」を引き続き実施し、不適切な処理の防止及びルールの遵守について、職員の意識の向上を図った。 • 現場購買に関する不適切な処理の再発防止策として、財務部による事後点検を実施するとともに内部監査等の対策を実施した。 事前点検（平成30年5月をもって解除）及び事後点検（令和元年9月以降抽出点検へ移行）の取組により不適切（不適正）な処理が発生していないことを確認している。 • 上記に加え、調達の迅速化かつ効率化のため以下の取組を実施した。 ✓ 少額随意契約（現場購買を含む）を対象とするオープンカウンター方式を令和元年９月から導入した。 ✓ 現場購買におけるAmazonビジネスの利用手順を定めるとともにe-ラーニングを実施し、令和２年 10 月から運用を開始した。 ✓ 外部事業者からの電子入札システム利用者登録申請及び情報通信研究機構競争参加資格審査申請についてインターネット申請に対応した。（令和元年 12 月～） ✓ 押印省略の一環として、電子入札の全面移行を進めた。 以上のとおり、各年度において計画した「年度調達等合理化計画」に	者の拡大を図り、また、財務部内に設置した「随意契約検証チーム」により随意契約の妥当性を審査、専任職員による点検を実施して仕様内容の適正化を図るなど、公正性・透明性を確保しつつ効率的な調達手続きを実施した。 • 自律的かつ継続的に調達業務が遂行されるよう、また、不適切な処理の発生未然防止のための取組として、規程において契約担当の権限や検収体制を明らかにするとともに、関係する職員を対象に説明会や e ラーニング等を実施した。 • オープンカウンター方式を令和元年９月から導入した。 • Amazon ビジネスの利用手順を定め、令和２年10月から運用開始した。 • 外部事業者からの電子入札システム利用者登録申請及び競争参加資格審査申請についてインターネット申請化した。 以上のように、調達等の合理化について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

			ついて着実に実施している。	
3．業務の電子化の促進 電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図るとともに、研究開発や機構業務を安全にかつ利便性を持った情報インフラを維持・運用し、研究開発の促進に寄与する。業務の電子化における震災等の災害時への対策を確実に行うことにより、業務の安全性、信頼性、継続性を確保するものとする。	**3．業務の電子化に関する事項** 機構内の事務手続きの簡素化・迅速化を図るため、機構内の情報システムを横断的にサポートする情報システム環境の整備を行う。また、安全性・利便性の高い情報インフラを維持・運用するための情報システム環境の構築及び提供を行い、研究開発の促進に貢献する。さらに、震災等の災害時においても機構の業務が滞らないよう、耐災害性の高い情報通信システムを構築・運用することにより業務の安全性、信頼性、継続性を確保する。	＜評価の視点＞ ● 電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図ったか。 ● 情報インフラを維持・運用し、研究開発の促進に寄与したか。 ● 業務の電子化における震災等の災害時への対策を確実に行ったか。	**3．業務の電子化に関する事項** • 機構内での書面・押印が必要な手続き（対象手続数 628 件）についての見直しを行い、 532 件（84.7%）を押印廃止、474 件（75.5%）を電子化（ペーパーレス化）へ移行し、事務手続きの簡素化・迅速化を図った。 • 業務改革（Re-engineering）の取組により、業務効率化を目指した業務プロセスの見直しや業務システムの更改を計画的に実施した（更改済：資産管理システム、人事評価システム。更改予定（契約手続中）：会計システム、人事管理システム、成果管理システム、電子決裁システム、電子入札システムなど）。 • 資産管理システム更改により、紙ベースで行っていた資産に係る機構内での各種申請を電子化した。また、資産の現物確認（棚卸し）作業において、機構内 Wi-Fi を活用し、資産管理データベースサーバとピッキング端末間での棚卸しデータのやり取りがリアルタイムで行えるようになり、確認作業の簡素化・迅速化を図った。 • 職員採用の応募手続きについて、Webによるエントリーを開始し、応募書類の取りまとめ等の事務作業の簡素化を図った。 • メールスプール等のストレージをHDDからSSDへ更新することで、従来遅かったメール読み込み速度の大幅な改善を図った。 • 共通事務PCを更新することで、業務環境の高速化・効率化を行っただけでなく、セキュリティ強化のため OS を Windows7 から Windows10 に更新した。 • 本部及び地方拠点 TV 会議端末を更新することで、TV 会議の高解像度化（Full HD 化）、安定化を実現するとともに、設置拠点を追加した。 • 会議のペーパーレス化を進めるため会議室等へのディスプレイ整備を実施した。 • 研究システム間を接続するためのポリシーの策定、相互接続環境（IPルーティング、ファイアフォールポリシー）の設備提供を行った。 • 機構全体で利用できるスケジューラの提供・利用促進を図り情報共有を促進した。 • 研究系ネットワーク用ファイルサーバを整備し、研究所、管理部門間のファイル共有が可能となり利便性及び安全性の向上を図った。 • 個別システムや拠点間バックアップに関して、技術的な相談対応や	**3．業務の電子化に関する事項** • 機構内での書面・押印が必要な手続き（対象手続数 628 件）についての見直しを行い、 532 件（84.7%）を押印廃止、474 件（75.5%）を電子化（ペーパーレス化）へ移行し、事務手続きの簡素化・迅速化を図った。 • 業務改革（Re-engineering）の取組により、業務効率化を目指した業務プロセスの見直しや業務システムの更改を計画的に実施した。 • 研究システム間における相互接続環境の設備提供、また、各個別システムや拠点間の各種支援を行い、研究開発の促進に寄与した。 • 務システムの仮想化やバックアップメディアの耐火金庫保管など、災害時を想定した運用を実施した。 • 新型コロナ感染拡大対策としてテレワーク環境を整備し業務継続性を確保した。 以上のように、業務の電子化に関する事項について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

			周辺サービスの支援、設定変更、周　辺設備（ラックスペース、10Gbps ネットワーク機器　等）の提供を行った。 • 研究開発用システムに関する技術的な相談対応や周辺サービスの支援、研究開発に合った環境（ネットワーク、ラックスペース、セキュリティ）を提供し、研究開発の促進に貢献した。 • 外部公開用のウェブサーバーについて冗長化を進めることで、故障等による運用停止を避けられ、より継続的に情報発信ができるようになった。 • 業務系・基幹系システムの仮想化と物理サーバの処理能力の向上を図り、リソース（CPU やメモリなどの資源）を有効的に活用するとともに、システム負荷増大に合わせた柔軟な運用変更、システムのバックアップメディアを耐火金庫保管し、災害時を想定した運用を実施した。 • 老朽化した業務システムのハードウェア更新時に仮想化を行い、システムの柔軟性と可用性、及び信頼性を向上させた。 • 重要なデータのバックアップと、一部のサービスを堅牢なデータセンター内に収容した。 • 業務システムの仮想化やシステムのバックアップメディアの耐火金庫保管など、災害時を想定した運用を継続的に実施した。 • 新型コロナ感染拡大対策としてテレワーク環境（リモートアクセスシステム、リモートデスクトップ、Web 会議システム）を整備し、業務継続性を確保した。	
4．業務の効率化 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で1．1％以上の効率化を達成	**4．業務の効率化** 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で1.1％以上の効率化を達成する。 総人件費については、政府の方針を踏まえ、必要な措置を講ずる。その際、給与水準について、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決	＜評価の視点＞ ● 一般管理費及び事業費の合計について、1．1％以上の効率化を達成したか。 ● 総人件費について、必要な措置を講じたか。 ● 給与水準について、適切性を検証し、	**4．業務の効率化** • 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費及び事業費の合計について、毎年度平均で 1.1％以上の効率化を達成した。 • 総人件費については、政府と同様に、人事院勧告を踏まえた給与改定を行ったほか、国家公務員退職手当法等の一部を改正する法律（平成 29 年法律第 79 号）に準じて平成 29 年度に退職手当の支給水準を引き下げ、総人件費の増加を抑制した。 • 国家公務員の給与水準を考慮しつつ、機構の給与水準を検証した。 • 第 4 期中の法人の給与水準（ラスパイレス指数） （研究職員） 対国家公務員（研究職） 平成28年度（253人）　95.0	**4．業務の効率化** • 業務の効率化については、一般管理費及び事業費の合計について効率化目標を達成した。 • 総人件費については、国家公務員の給与水準を考慮しつつ、機構の給与水準を検証し、人事院勧告を踏まえた給与改定を行ったほか、平成 29 年度に退職手当の支給水準を引き下げ、総人件費の増加を抑制した。 • 給与水準の検証結果や適

するものとする。 また、総人件費については、政府の方針を踏まえ、必要な措置を講じるものとする。その際、給与水準について、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）を踏まえ、国家公務員の給与水準も十分考慮し、厳しく検証を行った上で、適正な水準を維持するとともに、その検証結果や取組状況を公表するものとする。	定）を踏まえ、国家公務員の給与水準も十分考慮し、厳しく検証を行った上で、適正な水準を維持するとともに、その検証結果や取組状況を公表する。	必要に応じて適正化を図ったか。 ● 給与水準の検証結果等を公表したか。 ＜指標＞ ● 一般管理費及び事業費の合計の効率化状況（%）	平成29年度（249人）　95.9 平成30年度（246人）　95.8 令和元年度（254人）　96.2 令和 2年度（241人）　96.8 （事務・技術職員） 対国家公務員（行政職（一）） 平成28年度（97人）　106.6 平成29年度（93人）　105.2 平成30年度（94人）　106.3 令和元年度（92人）　105.0 令和 2年度（81人）　104.7 • 給与水準の検証結果や適正水準維持の取組状況について、国民の理解が得られるよう機構Webサイトで公表した。	正水準維持の取組状況について、機構 Web サイトで公表した。 以上のように、業務の効率化について、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
5．組織体制の見直し 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上を実現するため、機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の不断の見直しを図るものとする。特に、研究開発と実証	**5．組織体制の見直し** 研究開発成果の最大化その他の業務の質の向上を実現するため、機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の見直しを不断に行う。組織体制の見直しに際しては、研究開発成果を最大化するための機能に係る組織の役割及びマネジメント体制を明確化することで効率的・効果的な組織運営を実現する。 また、オープンイノベーショ	＜評価の視点＞ ● 機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の見直しを不断に行い、効率的・効果的な組織運営を実現したか。 ● 分野横断的な取組や外部との連携が	**5．組織体制の見直し** • 機構の本部・各拠点における研究等の組織体制の見直し、特に、研究開発成果の普及・社会実装を目指すオープンイノベーション推進本部の組織体制について不断の見直しを図ってきた。 • この一環として、より効率的・効果的な組織のあり方を検討し、ナショナルサイバートレーニングセンター、知能科学融合研究開発推進センターを設立したことに加え、ソーシャル ICT システム研究室を総合テストベッド研究開発推進センター内に新設するなどの組織改編を行った。 • 理事長のリーダーシップの下で、国内外の研究開発動向等の情報収集・分析機動的に推進するための「イノベーションデザインイニシアティブ」の立ち上げや Beyond 5G 時代を見据えた今後の重要な	**5．組織体制の見直し** • 機構の本部・各拠点における効率的・効果的な組織のあり方を検討し、社会的なニーズを踏まえて、新たなセンターを設立するなど、組織改編を行った。 • 分野横断的な取組や外部との連携が必要な研究開発課題に対しては、機動的に研究課題を設定し、センターを新設したほか、Beyond

実験の一体的推進、最先端の研究開発成果の外部への早期の橋渡し、社会実証への取組強化に向けて、テストベッドに係る運営体制について見直しを図るものとする。 また、組織体制の見直しに際しては、研究開発成果を最大化するための機能に係る組織の役割及びマネジメント体制を明確化することで効率的・効果的な組織運営を実現するものとする。	ン創出に向けて産学官連携の強化を促進するため、分野横断的な取組や外部との連携が必要な研究開発課題に対しては、機動的に研究課題の設定や研究推進体制の整備を行う。 特に、テストベッドの体制については、最先端の研究開発成果の外部への早期の橋渡しに加え、社会的受容性の検証等、社会実証への取組体制を強化するなど不断の見直しを図る。	必要な研究開発課題に対して、機動的に研究課題の設定や研究推進体制の整備を行ったか。 ● テストベッドの体制について、最先端の研究開発成果の外部への早期の橋渡しに加え、社会的受容性の検証等、社会実証への取組体制の強化など見直しを図ったか。	研究課題のために、設置規程に基づく「CPS エミュレータプロジェクト」の立ち上げを行った。 • 第 5 期の中長期計画検討に資するため、研究所長等を中核とする将来ビジョンタスクフォースを設置した。将来ビジョンタスクフォース会合は経営層も加わる形で平成 30 年度11 月以降 14 回開催し、マネジメントレベルによる今後の中長期計画の検討や将来ビジョンの検討、有識者による講演会を実施した。また、若い世代の研究者や総合職で構成するワーキンググループも組織し、第5期以降の研究開発の柱の検討や、機構の組織・風土改革に関する議論を行い、とりまとめを行った。これらの議論を踏まえ、第 5 期中長期目標期間における組織体制を構築した。 • 研究分野の動向等について、機構内研究者と経営層の間のディスカッションを促進する会合(「サロン」)を平成 30 年度から継続的に開催し、将来に向けた研究課題の検討を行うとともに、今後重点的に取り組むべき研究課題に関し、外部の著名研究者を招いて、少人数の合宿形式で密なディスカッションを行う「NICT Open Summit」を平成 30 年度、令和元年度及び令和 2 年度(オンライン)に開催し、それぞれ「量子情報処理技術、自然知、AI のアプリケーション」、「次世代量子情報処理と人工知能」、「Beyond 5G/6G」について意見交換を行った。Beyond 5G/6G 及び量子ネットワークに関して、機構内に分野横断的な WG 等を設定し、それぞれホワイトペーパーをとりまとめた。 • サイバーセキュリティー人材の育成のためのナショナルサイバートレーニングセンター、AI 技術の研究開発と社会実装を推進するための知能科学融合研究開発センター、新たに機構の業務として追加されたIoT機器の調査等を実施するためのナショナルサイバーオブザベーションセンターをそれぞれ設立した。 • 外部との連携による研究推進体制の整備について、 製造現場の IoT 化を促進するための規格化や標準化、普及促進を行うためのアライアンスとして、民間企業とともにフレキシブルファクトリ―パートナーアライアンスを設立し、会員 11 社、ユーザグループ34 社が加入するなど産学連携の拡大を図った。また、大学との連携を強化し外部資金獲得等の促進を目的としてマッチング研究支援事業を開始し、連携先を3 大学まで拡充した。 • 総合テストベッド研究開発推進センター内に新設したソーシャル ICT システム研究室においては、IoT 系のアプリケーションについて地域や企業と密接に連携した実践的なパイロットプロジェクトを推	5G 時代を見据えた今後の重要な研究課題のために、設置規程に基づく「CPS エミュレータプロジェクト」の立ち上げを行った。 • 第 5 期の計画検討に資するため、「将来ビジョンタスクフォース」を設置し、会合は経営層も加わる形で平成 30 年度11月以降 14回開催、ワーキンググループも組織し、第 5 期以降の計画検討や組織・風土改革などに向けた議論を推進し、とりまとめを行った。これらの議論を踏まえ、第 5 期中長期目標期間における組織体制を構築した。 • 機構内研究者と経営層の間のディスカッションを促進する「サロン」や、外部の著名研究者を招いて、少人数の合宿形式で密なディスカッションを行う「NICT Open Summit」を開催し、将来に向けた研究課題の検討等の議論や意見交換を行った。Beyond 5G/6G 及び量子ネットワークに関して、機構内に分野横断的な WG 等を設定し、それぞれホワイトペーパーをとりまとめた。 • 分野横断的な取組や外部との連携が必要な研究開発課題に対しては、産学連携を拡大、マッチング研究支援事業を開始し連携先を拡充

			進し、地域社会や企業によるサービスへの受容性などの視点を強く意識した研究開発を行った。 • テストベッドの窓口の一元化や利用手順の改善等により、外部利用者の拡大を図るとともに、様々な実証ニーズに対応したテストベッドを整備・構築及び統合による効率化を図り、内外の利用者による技術実証や社会実証の推進に貢献した。また、社会的受容性を検証する上で重要なプライバシー保護の観点からパーソナルデータの適正な取扱いについて事前に検討するための体制を構築し運用した。	するなど、研究推進体制の整備を行った。 • 特にテストベッドについては外部利用者の拡大と効率化を図り、技術実証や社会実証の推進など、取組体制の強化を図った。 以上のように、組織体制の見直しについて、業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。 **＜課題と対応＞** **（課題）国内外で競争の激しい研究分野における人材の確保のため、組織に変化をもたらす人材の登用を推進するほか、ICT分野における中長期的な研究開発を担う人材を輩出するという観点から、オープンな環境の中で透明性を確保しつつ優秀な研究者を育成するテニュアトラック制度の推進等、若手が安定かつ自立して研究を推進できる環境を実現する制度を充実させることを期待。** （対応） リサーチアシスタント制度やテニュアトラック制度など、若手研究者を確保するための新たな制度を構築したほか、将来の研究開発テーマや機構の組織・風土改革について、研究者や総合職が継続的に議

				論する将来ビジョンタスクフォースの立ち上げと運営を行った。将来ビジョンタスクフォースの中に若手職員（研究者及び総合職）によるワーキンググループを形成、また、若手研究者等からの幅広い提案を募集し、新規研究課題のフィージビリティスタディや業務上の課題解決アイデア等を試行する「TRIAL」、機構内の全階層（研究者、総合職及び経営層）によるオープンな意見交換会や検討会を通じ、新たな価値の創造や機構内の活性化を行うことを目的としたスキーム「NEXT」など、様々な試みを通じて、機構全体の運営改善や横断連携施策の取組を継続的に推進した。 **（課題）業務運営の効率化に向けて、現在実施している業務改革並びに業務用システムの改善及び整備の取組を更に進めていくことが望ましい。** （対応） 事務手続きの簡素化・迅速化を図るため、機構内での書面・押印が必要な手続き（対象手続数 628 件）についての見直しを行い、532 件（84.7%）を押印廃止、474 件（75.5%）を電子化（ペーパーレス化）へ移行した。 業務効率化を目指した業務プロセスの見直しや業務システ

				ムの一部（資産管理システム、人事評価システム）の更改を行った。引き続き業務システムの更改に取り組む予定。

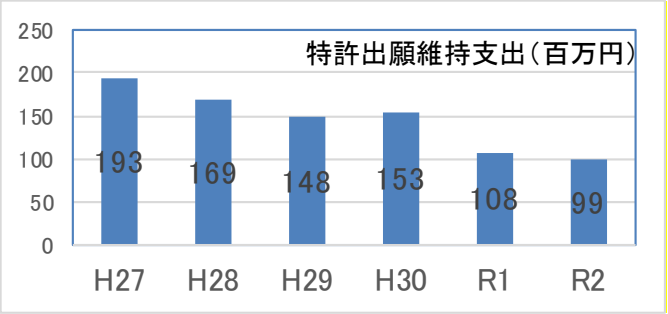
立研究開発法人情報通信研究機構 第 4 期中長期目標期間評価（期末評価）項目別自己評価書（No.9 財務内容の改善に関する事項）

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅴ. 財務内容の改善に関する事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標	基準値等（前中長期目標期間最終年度値等）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度	（参考情報）当該年度までの累積値等、必要な情報

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等	自己評価	
				評定	B
Ⅴ. 財務内容の改善に関する事項	**Ⅲ 予算計画（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画** 予算（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画については、次のとおりとする。 予算の見積もりは、運営費交付金の算定ルール等に基づき中長期目標を踏まえ試算したものであり、実際の予算は毎年度の予算編成において決定される係数等に基づき決まるため、これらの計画の			予算計画、収支計画及び資金計画に基づき、以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成した。	

	額を下回ることや上回ることがあり得る。 予算計画 収支計画 資金計画			
1．一般勘定 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅳ 業務運営の効率化に関する事項」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込んだ上で、中長期計画の予算及び収支計画を作成し、当該予算及び収支計画による運営を行うものとする。 また、独立行政法人会計基準の改定（平成12年2月16日独立行政法人会計基準研究会策定、平成27年1月27日改訂）等により、運営費交付金の会計処理として、業務達成基準による収益	**1．一般勘定** 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込んだ上で、中長期目標期間中の予算計画及び収支計画を作成し、当該予算計画及び収支計画による運営を行う。 なお、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理し、目標と評価の単位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示する。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書において説明する。 その他、保有資産については、不断の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫納付する。	＜評価の視点＞ ● 運営費交付金を充当して行う事業について、適切に、中長期計画の予算及び収支計画を作成し、当該予算及び収支計画による運営を行ったか。 ● 収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理したか。 ● 事業等のまとまりごとに財務諸表にセグメント情報を開示し、また、予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書にて説明したか。 ● 保有資産については不断	**1．一般勘定** • 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅱ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項について配慮し、特許料収入等の自己収入及び競争的資金等の外部資金の適正な収入を見込んだ上で、年度の予算計画及び収支計画を作成し、当該予算計画及び収支計画による運営を行った。 • 収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理し、目標と評価の単位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報を開示した。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離についてはその理由を決算報告書にて説明した。 • 施設・設備等保有資産については、年1回棚卸及び減損兆候調査の実施による見直しを行った結果、不要となる資産はなかった。現有している資産について引き続き有効活用に努めている。 • 白山ネットワーク実験施設（平成28年度）、犬吠テストフィールド（平成29年度）、平磯太陽観測施設（令和2年度）については、いずれも国庫納付済み。	**1．一般勘定** • 運営費交付金を充当して行う事業については、効率化に関する目標について配慮し、左記のとおり外部資金の適正な収入を見込んだ上で、適切に予算計画等を作成し、これらの計画に基づく適切な運営を行った。 • 収益化単位の業務ごとに予算執行状況を管理し、目標と評価の単位である事業等のまとまりごとに、財務諸表にセグメント情報として開示した。 • 決算書においては、予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離についてはその理由を決算報告書にて明示した。 • 保有資産については毎年棚卸及び減損兆候調査の実施による見直しを行い、有効活用を推進した。白山ネットワーク実験施

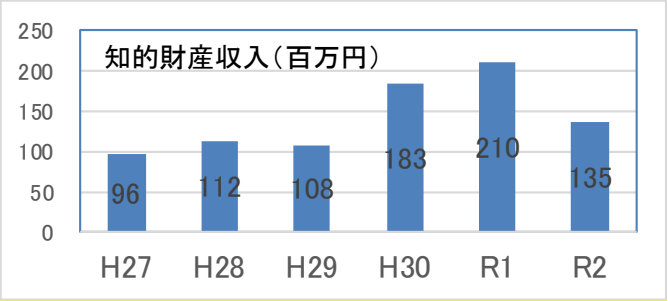
が原則とされたことを踏まえ、収益化単位の業務ごとに予算と実績を管理する体制を構築する。 その他、保有資産については不断の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫納付するものとする。		の見直しを行うとともに有効活用を推進し、不要財産は国庫納付したか。		設、犬吠テストフィールド及び平磯太陽観測施設についてはいずれも国庫納付済である。
2．自己収入等の拡大 「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25 年12 月24 日閣議決定）において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営	**2．自己収入等の拡大** 機構が創出した知的財産等について、社会で活用される可能性や機構のミッションにおける重要性、重点的に推進すべき課題における特許戦略、外国特許の効率的運用等を勘案して特許取得・維持に関する判断をより適切に行うことにより、保有コストの適正化を図る。また、技術移転活動をより効果的に実施することにより、知的財産収入の増加を図る。 これらの取組によって、中長期目標期間の平均年間知的財産収入が前中長期目標期間よりも増加することを目指し、保有コストと知的財産収入の収支改善に努める。 さらに、競争的資金等の外部資金の増加に努める。	＜評価の視点＞ ● 知的財産の保有コストの適正化を図ったか。 ● 知的財産収入の増加を図ったか。 ● 競争的資金等の外部資金の増加に努めたか。	**2．自己収入等の拡大** • 機構の知的財産ポリシーに基づき、「特許検討会」において、出願、外国出願、審査請求、権利維持のそれぞれの段階で特許の有効活用の観点から要否判断を行うこととした。 • 機構の研究開発により創出された知的財産が社会で最大限活用されるために、知的財産に係る機構の活動を一体的かつ戦略的に進めるに当たり必要な事項を調査審議することを目的として、平成28年度に「知的財産戦略委員会」を新たに設置し、知的財産に係る収支改善方策等について検討を行った。この委員会の中で、出願から10年を経過する特許の維持に係る基準、及び外国出願に係る判断基準・運用方針を見直すこととした。特許取得・維持に要する経費は、第4期の5年間の平均では、年額135百万円となり、第3期（179百万円）を下回る。  • 展示会や交流会等のイベントにおける研究開発成果の周知広報や、音声	**2．自己収入等の拡大** • 第 4 期初年度である平成28年度に新たに「知的財産戦略委員会」を設置し、知的財産に係る収支改善方策等について検討を行い、特に、出願から10 年を経過する特許の維持及び外国出願に係る判断基準・運用方針を見直す等、知的財産保有コストの適正化を図った。 • 展示会や交流会等の国内外のイベントにおける研究開発成果の周知広報や企業に対する技術移転活動等を進め、知的財産収入は第３期よりも増加した。

費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることも踏まえ、機構の財政基盤を強化するため、保有する知的財産について、保有コストの適正化を図るとともに、技術移転活動の活性化により更なる知的財産収入の増加を図るものとする。

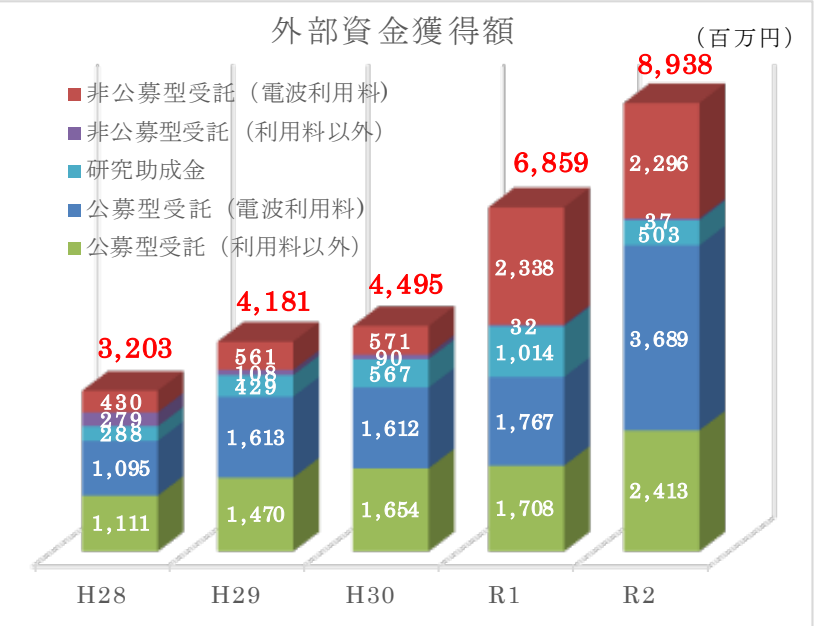
また、技術移転活動の活性化に向けて知的財産戦略を明確化し、取組を進めるものとする。これにより、中長期目標期間の平均年間知的財産収入が前中長期目標期間よりも増加となることを目指すものとする。

さらに、競争的資金等の外部資金の増加に努めるものとする。

翻訳技術、サイバーセキュリティ技術などを中心に、技術移転推進担当者と研究所・研究者が連携して企業に対する技術移転活動等を進め、知的財産の活用促進を図った。この結果、第4期の5年間の知的財産収入の合計は748百万円であった。 平均年額では150百万円となり、第3期（78百万円）を上回る。前記の経費減と合わせ、収支は改善した。

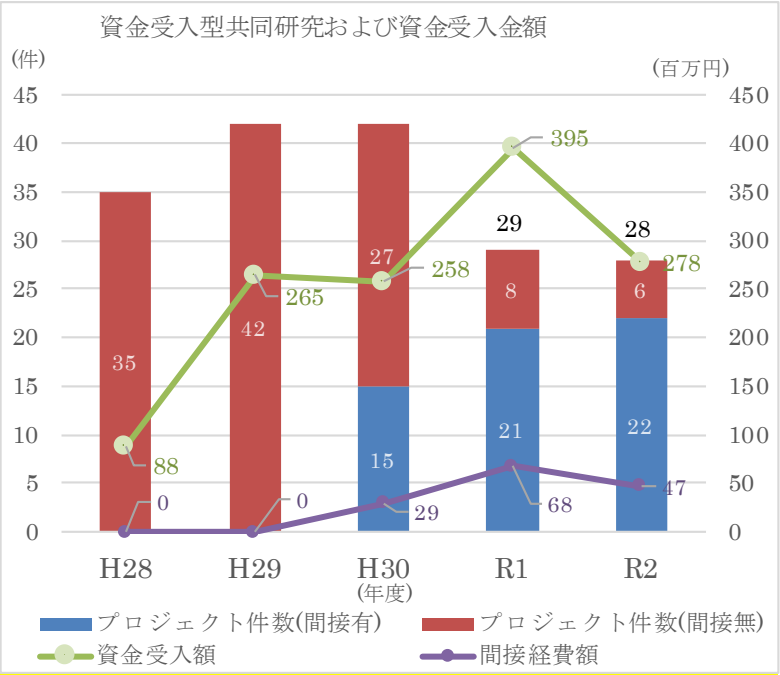


- 受託研究・研究助成金などの外部資金では獲得額が平成28年度の3,203百万円（167件）から令和2年度8,938百万円（215件）まで増加した。



- 資金受入型共同研究では、資金受入額が平成28年度の88百万円（35件）

- 外部資金獲得の取組を毎年度実施し、獲得額は対前年度比で増加傾向にある。

			から令和2年度278百万円（28件）となった。 
3．基盤技術研究促進勘定 基盤技術研究促進勘定について、更に業務経費の低減化を図るとともに、Ⅲ.4.（3）の取組を進め、繰越欠損金の着実な縮減に努めるものとする。	**3．基盤技術研究促進勘定** 基盤技術研究促進勘定について、更に業務経費の低減化を図るとともに、収益納付・売上納付に係る業務を着実に行い、繰越欠損金の着実な縮減に努める。	＜評価の視点＞ ● 業務経費の低減化を図るとともに、繰越欠損金の着実な縮減に努めたか。	**3．基盤技術研究促進勘定** • 第4期中の業務経費については、業務委託費等の削減により、着実に低減化を図った。 • 追跡調査のほか、売上（収益）納付の確保、収入の増加のため、第4期から、新たな取組として、特に売上向上が見込まれる対象研究開発課題について、当該分野に精通した外部有識者と受託者による意見交換会を実施して、よりきめ細やかな改善策を助言することや、納付契約の契約期間の延長に鋭意取り組むなど、繰越欠損金の着実な縮減に努めた。 • 令和元年9月に償還期限を迎えた保有有価証券1億円に係る政府出資金については、令和元年10月に国庫納付した。	**3．基盤技術研究促進勘定** • 業務経費の低減化を図るとともに、追跡調査・意見交換会等を着実に実施するなど、繰越欠損金の着実な縮減に努めた。
4．債務保証勘定 各業務の実績を踏まえるとともに、今後のニー	**4．債務保証勘定** 各業務の実績等を踏まえ、信用基金の規模や運用の適正化を図る。 債務保証業務については、	＜評価の視点＞ ● 基金の規模や運用の適正化を図ったか。	**4．債務保証勘定** • 助成制度及び利子補給制度の原資として、信用基金の運用益及び前期（第3期）から繰り越した利益剰余金5.3億円を活用するとともに、56.2億円の基金本体についてはこれを維持した。	**4．債務保証勘定** • 運用益も助成制度等の原資とする等、基金の規模を維持し、

ズを十分に把握し、基金の規模や運用の適正化を図る。債務保証業務については、財務内容の健全性を確保するため、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証範囲や保証料率については、リスクを勘案した適切な水準とするものとする。また、業務の継続的実施のために信用基金を維持する観点から、保証債務の代位弁済、利子補給金及び助成金交付の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努めるものとする。なお、これらに併せて、信用基金の運用益の最大化を図るものとする。	債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証料率等については、リスクを勘案した適切な水準とする。 また、保証債務の代位弁済、利子補給金及び助成金交付の額については、同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。 これらに併せて、同基金の運用益の最大化を図る。	● 債務保証の保証範囲や保証料率について、リスクを勘案した適切な水準としたか。 ● 保証債務の代位弁済、利子補給金及び助成金交付の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努めたか。 ● 信用基金の運用益の最大化を図ったか。	• 第4期中において、債務保証の案件はなかった。 • 運用益及び剰余金を原資として、第4期において、841万円を利子補給金として支給し、35,753万円を助成金として交付決定した。 • 保有債券は償還日まで保有するとともに、償還を迎えた債券は、可能な限り有利な利率で運用した。	運用の適正化を図った。 • 利子補給金及び助成金交付の額については、運用益及び剰余金の範囲内に抑えた。 • 保有債券は償還日まで保有するとともに、償還を迎えた債券を可能な限り有利な利率で運用し、信用基金の運用益の最大化を図った。
5．出資勘定 出資勘定につ	**5．出資勘定** 出資勘定について、更に業	＜評価の視点＞ ● 業務経費の	**5．出資勘定**	**5．出資勘定**

いて、更に業務経費の低減化を図るとともに、出資金の最大限の回収に努めるものとする。	務経費の低減化を図るとともに、出資金の最大限の回収に努める。	低減化を図るとともに、出資金の最大限の回収に努めたか。	• 旧通信・放送機構が直接出資し機構が承継した法人のうち、株式保有中の2社については、中期経営計画、累損解消計画及び年度ごとの事業計画の提出を求めるとともに、年度決算や中間決算の報告等を通じて経営分析を行い事業運営の改善を求めた。 • 1社については、第4期を通じ毎年単年度黒字を計上した。もう1社については、平成28年度から令和元年度まで毎年黒字を計上し、令和2年度は新型コロナウイルス感染症の影響もあり赤字に転じたが、資金は十分に保有されているため問題はない。 • 当該2社に対して、出資契約に基づく実地監査を行い、内部管理全般に亘る監督を強化した。 • 出資により取得した株式がその取得価格以上の適正な価格で処分し得ると見込まれる企業に対しては、株式処分に関する協議を進めた。 • 1社は、平成29年度から令和元年度までの各決算期末において株式配当が実施され、機構として第4期中に計5,096千円の収益を得た。	• 業務経費の低減化については、必要最小限の支出に抑えた。 • 黒字を計上し純資産額を増加させることは、出資会社の価値を高め、売却等により出資金の回収を有利に進める材料となるため、今後の出資金回収の最大化に寄与するものと評価している。
	Ⅳ 短期借入金の限度額 年度当初における国からの運営費交付金の受入れが最大限3ヶ月遅延した場合における機構職員への人件費の遅配及び機構の事業費支払い遅延を回避するため、短期借入金を借り入れることができることとし、その限度額を25億円とする。	＜評価の視点＞ ● 短期借入金について、借入があった場合、借り入れ理由や借入額等は適切なものと認められるか。	**Ⅳ 短期借入金の限度額** • 短期借入金の借入はなかった。	**Ⅳ 短期借入金の限度額** • 短期借入金の借入はなかった。
	Ⅴ 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 別表4に掲げる白山ネットワーク実験施設、犬吠テストフィールド及び平磯太陽観測施設について、国庫納付を行う。	＜評価の視点＞ ● 不要資産について、適切に対応を行ったか。	**Ⅴ 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画** • 白山ネットワーク実験施設については、平成28年度に売却を行い、売却で得た額を国庫納付した（95百万円）。 • 犬吠テストフィールドについては、平成29年度に土地を現物国庫納付した。 • 平磯太陽観測施設については、令和2年度に土地を現物国庫納付した。	**Ⅴ 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画** • 不要資産について、白山ネットワーク実験施設は売却で得た額を、また、犬吠テストフィールドは土地を国

				庫納付したほか、平磯太陽観測施設については土地を現物国庫納付した。
	Ⅵ 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画 なし。	—	**Ⅵ 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画** なし。	**Ⅵ 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画** なし。
	Ⅶ 剰余金の使途 １ 重点的に実施すべき研究開発に係る経費 ２ 広報や成果発表、成果展示等に係る経費 ３ 知的財産管理、技術移転促進等に係る経費 ４ 職場環境改善等に係る経費 ５ 施設の新営、増改築及び改修等に係る経費	＜評価の視点＞ ● 剰余金が発生したときは、利益または損失について適切に処理されたか。	**Ⅶ 剰余金の使途** • 剰余金については全て通則法の規定に基づき適切に処理され、これを使用した経費は無かった。	**Ⅶ 剰余金の使途** • 発生した剰余金は、全て通則法の規定に基づき適切に処理された。

国立研究開発法人情報通信研究機構 第 4 期中長期目標期間評価（期末評価） 項目別自己評価書（No.10 その他業務運営に関する重要事項）

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期目標の当該項目	Ⅵ. その他業務運営に関する重要事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビューシート ****

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標	基準値等（前中長期目標期間最終年度値等）	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度	（参考情報）当該年度までの累積値等、必要な情報
研究成果に関する報道発表の掲載率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価					
中長期目標	中長期計画	主な評価指標	法人の業務実績等	自己評価	
Ⅵ. その他業務運営に関する重要事項	**Ⅷ その他主務省令で定める業務運営に関する事項**			評定	B
				その他主務省令で定める業務運営に関する事項については、中長期計画に沿って以下のように適切に運営を行い、十分に目標を達成した。	

	1．施設及び設備に関する計画 中長期目標を達成するために必要な別表5に掲げる施設及び設備の効率的な維持・整備を適切に実施する。	＜評価の視点＞ ● 施設及び設備の効率的な維持・整備を適切に実施したか。	**1．施設及び設備に関する計画** 第 4 期中に策定した中長期修繕計画に基づき、以下のとおり、主な工事及びその他小破修繕並びに工事設計業務等を含め、本部及び各拠点における施設・設備の更新・改修、整備を実施した。 <table><tr><th>年度</th><th>主な工事</th></tr><tr><td>平成 28 年度</td><td>本部 107･111･126 棟空調設備更新工事（施設整備費補助金事業）及び本部 126 棟直流盤更新工事ほか 2 件</td></tr><tr><td>平成 29 年度</td><td>本部 6 号館空調設備更新（第 1 期）工事（施設整備費補助金事業）及びユニバーサルコミュニケーション研究所入退室管理設備更新工事ほか 2 件</td></tr><tr><td>平成 30 年度</td><td>本部 6 号館空調設備更新（第 2 期）工事（施設整備費補助金事業）及び未来 ICT 研究所機械設備等更新工事ほか 2 件</td></tr><tr><td>令和元年度</td><td>ユニバーサルコミュニケーション研究所機械設備等更新工事（施設整備費補助金事業）及び北陸 StarBED 技術センター外壁等改修工事ほか 2 件</td></tr><tr><td>令和 2 年度</td><td>沖縄電磁波技術センター外壁改修等工事（施設整備費補助金事業）及び未来 ICT 研究所電気設備更新工事ほか 4 件</td></tr></table>	**1．施設及び設備に関する計画** • 中長期修繕計画に基づき、施設及び設備の効率的な維持・整備のため、改修・更新工事を適切に実施した。
1．人事制度の強化 機構の研究開発成果を最大化するためには、優秀かつ多様な人材を採用するとともに、それぞれの人材が存分にその能力を発揮できる環境を整備することが重要である。このため、能力・実績主義に基づく公正で透明性の高い人事	**2．人事に関する計画** 研究開発成果を最大化する上で研究開発力を継続的に確保・向上させるためには、優秀かつ多様な人材を確保するとともに、職員が存分に能力を発揮できる環境を整備することが重要である。このため、能力・実績主義に基づく公正で透明性の高い人事制度を確立するとともに、ICT分野の技術革新の状況に応じて効果的・効率的に対応できる柔軟な組織構築及び迅速な人員配置を行うことが必要である。そのために以下の措置を行う。		**2．人事に関する計画**	**2．人事に関する計画**

制度を確立するとともに、ICT分野の技術革新の状況に応じて効果的・効率的に対応できる柔軟な組織構築・迅速な人員配置を行うものとする。

また、人材の専門性や組織の研究開発能力の継続性を確保するため、産学官からの優れた外部人材の登用や若手研究者の育成等により、適切な人事配置を行うものとする。また、クロスアポイントメント制度の活用等による研究人材の流動化、海外経験や国内外の機関の勤務経験に対する一定の評価付与やキャリアパス設定、女性の人材登用促進を実現するものとする。

２－１．研究開発成果の最大化のための人材の確保・育成・評価・活用

研究開発成果の最大化を実現するための研究人材をミッションの性質に応じて戦略的かつ柔軟に獲得するように努める。

強いリーダーシップのもとで効果的に研究開発を推進していくため、内部の有能人材を活用することのみならず、国内外の優れた外部人材の登用や若手研究者の育成により適切な人材配置・活用に努める。

内外の有機的な連携による研究開発を円滑かつ的確に推進するため、コーディネータ等の人材を配置し、プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進するプロジェクト運営を実現する。また、知的財産の戦略的活用等による成果展開や社会実装に向かう流れの加速を実現するための人材の確保・育成に努めていく。

部署間の連携研究を通じた研究者としての視野の拡大や、企画戦略等に関する業務経験を通じたマネジメント能力の向上等、職員の育成に努めていく。

テニュアトラック制度等、若手研究者が挑戦できる機会の拡大とそのための制度及

＜評価の視点＞

- 内部の有能人材の活用、国内外の優れた外部人材の登用や若手研究者の育成により適切な人材配置・活用に努めたか。
- プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進するプロジェクト運営を実現したか。
- 知的財産の戦略的活用等による成果展開や社会実装に向かう流れの加速を実現するための人材の確保・育成に努めたか。
- 視野の拡大やマネジメント能力の向上等、職員の育成に努

２－１．研究開発成果の最大化のための人材の確保・育成・評価・活用

- 研究成果の最大化を実現するための人材として、求める人材の専門性やミッションに応じてパーマネント職員（研究職、研究技術職及び総合職）及び有期雇用職員を採用したほか、民間企業等からも出向者（専門研究員・専門研究技術員・専門調査員）を受け入れた。
  具体的には、以下のとおり採用又は受入れを行った。

	28 年度	29 年度	30 年度	元年度	2 年度
パーマネント研究職	7 名	7 名	5 名	9 名	12 名
パーマネント研究技術職	0 名	2 名	1 名	3 名	4 名
パーマネント総合職	0 名	0 名	2 名	3 名	4 名
有期雇用職員（新規）	139 名	132 名	155 名	175 名	135 名
有期雇用職員（出向）	20 名	18 名	31 名	18 名	14 名

（令和 3 年 3 月 31 日現在、パーマネント研究職 278 名、研究技術職 12 名、総合職 117 名、有期雇用職員 718 名、出向者 65 名が在籍）。

- 「国の重要な政策目標の達成のために必要な研究開発課題」を指定し、当該課題の目標達成に不可欠な能力を有する者を特定研究員又は特定研究技術員に指定し、一定額の手当を支給する制度を平成 29 年度に創設した。令和 3 年 3 月 31 日現在の指定者は 30 名であった。
- 優秀な若手人材確保のため、リサーチアシスタント制度を平成 29 年度に創設し、令和 2 年度までの 4 年間で AI やセキュリティ関連分野等において 16 名を採用した。
- 研究人材の戦略的な確保に資するよう、中長期計画の期間を超えて設定することができなかった有期雇用職員の雇用期間の更新限度について、中長期計画の期間にかかわらず設定できるよう規程を改正した。
- プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進し、プロジェクト運営をサポートする人材として、企業で製品の開発・展開等の経験が豊富な外部人材を、イノベーションプロデューサー・イノベーションコーディネーターとして配置した。配置数は以下のとおりであった。

	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
ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝﾌﾟﾛﾃﾞｭｰｻｰ	6 名	8 名	15 名	15 名	26 名

２－１．研究開発成果の最大化のための人材の確保・育成・評価・活用

- 研究成果を最大化するため、求める人材の専門性やミッションの性質に応じてパーマネント職員及び有期雇用職員を採用し、出向者を受け入れた。また、特定研究員・特定研究技術員を指定する制度を創設し、不可欠な研究者・技術者の確保を図った。さらに、リサーチアシスタント制度やテニュアトラック制度を活用した。このように、内部の有能人材の活用、外部人材の登用、若手研究者の育成を行い、適切な人材配置・活用に努めた。
- 研究人材の戦略的な確保に資するよう、有期雇用職員の雇用期間の更新限度について、中長期計画の期間にかかわらず設定できるよう規程を改正した。
- 経験豊富な外部人

び環境の整備を行う。
直接的な研究開発成果のみならず、研究開発成果の普及や社会実装に向けた活動への貢献や、海外経験及び国内外の機関勤務経験等についても適切に評価し、キャリアに反映させる。
職員の能力・成果等について公正で透明性の高い方法で評価し処遇等に反映させる人事制度を確立する。その際、職員が携わる業務の性格等を勘案した上で、個人業績評価を勤勉手当や昇格等へ適切に反映させるとともに、優れた業績に対して積極的に報いる制度の改善を図る。

めたか。
- 若手研究者が挑戦できる機会の拡大と制度及び環境の整備を行ったか。
- 研究開発成果の普及や社会実装に向けた活動への貢献や海外経験及び国内外の機関勤務経験等についても適切に評価し、キャリアに反映させたか。
- 職員の能力・成果等について公正で透明性の高い方法で評価し処遇等に反映させる人事制度を確立したか。その際、個人業績評価を勤勉手当や昇格等へ適切に反映させるとともに、優れた業績に対して積

ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ	4名	8名	8名	8名	6名

〇数値は各年度末現在の配置数である。
- 知的財産の戦略的活用等による成果展開等の加速に向け、知財活用推進室に特許庁からの出向者を配置するとともに、令和 2 年度に民間企業の知的財産部門の高度な知識を有する専門家を配置した。また、社会実装に向かう流れの加速を担うソーシャルイノベーションユニット内の各組織への必要な人員の配置やベンチャーに関する役職員の啓発のための講演会の開催を行った。
- 経営企画部等に若手から中堅層までの職員をプランニングマネージャーとして配置して機構全体のマネジメント業務にあたらせるなどにより、部署間の連携研究を意識した研究マネジメント能力の向上に努めた。
- マネジメント能力の向上等のため階層別研修として管理監督者研修及び中堅リーダー研修を毎年度実施し、また、英語によるプレゼン研修（平成 28 年度）、ファシリテーション研修（平成29年度）、課題解決研修（平成30年度）、メンター研修（令和元年度以降）等各種研修を実施した。
- 若手研究者が挑戦できる機会の拡大として、テニュアトラック制度を平成 28 年度に開始し、テニュアトラック研究員を平成 28 年度～令和 2 年度の 5 年間で 17 名採用した。そのうち既に成果を挙げた 2 名はテニュアトラック終了後、パーマネント職員として採用済みである。
- 研究者と総合職職員が一体となって機構運営、研究力強化に取り組んでいける環境を醸成するため、若手職員（研究職・研究技術職・総合職）の交流及び機構に対するオープンな意見交換の機会としてアイデアソンを令和 2 年度から実施した。（研究職 10 名、研究技術職 1 名、総合職 10 名参加）
- 学生が研究就業体験を通じて研究者として挑戦するきっかけとなるよう、国内インターンシップ制度を整備するための規程等を令和元年度に制定し、令和 2 年度に 3 名受け入れた。
- 業務経験や海外経験及び国などの他機関勤務の経験についても適切に評価し、その後のキャリアに反映させた。
- 公正で透明性の高い方法で評価を行い、処遇等に反映させる人事制度を確立するため、本人の策定した計画・目標に基づき業績を評価する業績評価制度を、従来の管理監督者及び管理監督者を含む研究職・研究技術職に加えて、管理監督者以外の事務系職員（総合職）への適用を令和元年度に開始した。その際、職員の評価制度に対する理解を増進させ、適正な評価に資することを目的として「評価マニュアル」を作成した。
- 組織目標と個人目標のリンクの強化を図るとともに職員に期待する能力及び行動を示す職務基準書を見直し、管理監督者について部下の育成指導の項目を追加、更には評価結果の原則開示、希望者との面談制度を令和 2

材等を配置することにより、プロジェクトを企画から成果展開までを実践的な視点で推進した。
- 知的財産関係人材の外部からの受入れを進めるとともに、社会実装に必要な人員の配置を行う等、知的財産の戦略的活用等による成果展開や社会実装に向かう流れの加速を実現するための人材の確保・育成に努めた。
- 経営企画部等でのプランニングマネージャーとしての業務、階層別研修等により、職員の視野の拡大やマネジメント能力の向上を図る等、職員の育成に努めた。
- テニュアトラック研究員の採用を行うとともに、テニュアトラック研究員の中からパーマネント職員を採用した。また、リサーチアシスタントの採用を行ったほか、国内インターンシップ制度を整備した。このように、若手

		極的に報いる制度の改善を図ったか。	年度に導入した。 • 個人業績評価結果を踏まえて勤勉手当を決定するとともに、令和元年度から、管理監督者を対象に、人事評価（業績評価及び能力評価）を活用した査定昇給制度を導入し、令和２年度からは、対象を一般職員にも拡大し、全職員を対象に導入した。 • 平成 28 年度に有期雇用職員に対する業績手当や部内表彰における成績最優秀者に対する報奨金について制度を創設した。 • 令和 2 年度に職務の責任の度合いに応じて適切な手当となるよう、職責手当の支給額の見直しを行った。	研究者が挑戦できる機会の拡大と制度及び環境の整備を行った。 • 研究者と総合職職員が一体となって機構運営、研究力強化に取り組んでいける環境を醸成するため、若手職員（研究職・研究技術職・総合職）の交流及び機構に対するオープンな意見交換の機会としてアイデアソンを令和２年度から実施した。 • ・業務経験や海外・他機関の経験等について個人業績評価等を通じて適切に評価し、その後のキャリアに反映させた。 • 公正で透明性の高い方法で評価を行い、処遇に反映させる人事制度を確立するため、業績評価制度の対象を拡大し、評価結果を踏まえて勤勉手当を決定するとともに、管理監督者について、個人業績評価結果を踏まえた査定昇給制度の適用を開始、令和 2

				年度からは、対象を一般職員にも拡大するなど、制度の改善を図った。 • 令和 2 年度に職務の責任の度合いに応じて適切な手当となるよう、職責手当の支給額の見直しを行った。
	２－２．有期雇用等による最先端人材の確保等 有期雇用等による課題毎の最先端人材の確保を行うとともに、クロスアポイントメント制度の活用等、外部との人材の流動化を促進することなどにより、人材活用効果の拡大と研究活動の活性化を図る。また、女性の人材登用促進に努める。 多様な職務とライフスタイルに応じ、弾力的な勤務形態の利用を促進する。	＜評価の視点＞ ● 人材活用効果の拡大と研究活動の活性化を図ったか。 ● 女性の人材登用促進に努めたか。 ● 多様な職務とライフスタイルに応じた弾力的な勤務形態の利用を促進したか。	**２－２．人材採用の広視野化・流動化の促進等** • クロスアポイントメントによる人事交流を大学法人と行った（平成 29 年 4 月から２名）。また、女性職員の人材登用については、以下のとおり実施した。 H28 上席研究員 ２名 室長 １名 研究マネージャー １名 マネージャー １名 H29 プランニングマネージャー １名 マネージャー １名 H30 グループリーダー ２名 R01 統括 １名 シニアマネージャー １名 R02 統括 １名 研究マネージャー １名 • 国家公務員の勤務時間制度に関する動向も踏まえ、職員のワーク・ライフ・バランスに配慮しつつ、柔軟な勤務形態による労働が可能になるよう、裁量労働制・フレックスタイム制・在宅勤務制度などを促進した。裁量労働制については、平成 28 年度に有期研究員を対象とすることを可能とした。フレックスタイム制については、平成 28 年度にそれまで対象外であった総務部及び財務部の職員も対象とした。 • 特に在宅勤務制度については、令和元年度に在宅勤務許可の有効期間の上限を撤廃し、日々の在宅勤務実施に係る上司への申請期限を前週から前日に短縮して利便性向上を図った。また、新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）対策として在宅勤務を推進したことから、在宅勤務制度利	**２－２．人材採用の広視野化・流動化の促進等** • 研究プロジェクトの進捗等に応じて適時有期雇用職員を採用し、民間企業等に在籍する専門性の高い人材を受け入れ、また、大学法人との間でクロスアポイントメントによる人事交流を行うなど、人材活用効果の拡大と研究活動の活性化を図った。 • 女性職員の人材登用の促進に努め、一層の活用に向けて女性のマネジメント人材の育成にも取り組んだ。 • 原則として、管理監督者を除く全ての職員について、研究者

			用者は、令和 3 年 3 月末現在で 1,149 名となった。（前年同月比 539 名増）。	は裁量労働制、その他はフレックスタイム制による柔軟な勤務形態による勤務を可能とし、特に在宅勤務制度の利便性向上と通信環境の改善を通じて弾力的な勤務形態の利用を促進した。 • 特に在宅勤務制度については、新型コロナウイルス感染症対策として在宅勤務を推進したことから、在宅勤務制度利用者は、令和３年３月末現在で前年同月に比べ 2 倍以上となった。 以上のように、人材の確保等について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
	３．積立金の使途 「Ⅶ 剰余金の使途」に規定されている剰余金の使途に係る経費等に充当する。 第3期中長期目標期間終了までに自己収入財源で取得し、第4期中長期目標期間に繰り越した固定資産の減価償却に要する費用に充当する。	＜評価の視点＞ ● 積立金は適切に処理されたか。	**３．積立金の使途** • 第 3 期終了までに自己収入財源で取得し、第 4 期に繰り越した当該固定資産の減価償却に要する費用に 8.2 億円を充当した。 • 第 4 期中において、地域通信・放送開発事業の既往案件に係る利子補給金に0.03億円を、新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する助成金交付額に 2.77 億円を充当し、積立金から取り崩しを行った。 なお、債務保証の案件がなかったため、代位弁済費用は生じなかった。	**３．積立金の使途** • 第３期終了までに自己収入財源で取得した固定資産の減価償却に要する費用に充当し、適切に処理した。 • 地域通信・放送開発事業の既往案件に

	第4期中長期目標期間において、地域通信・放送開発事業の既往案件に係る利子補給金、新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する債務保証業務における代位弁済費用が生じた場合に必要となる金額及び助成金交付額に充当する。			係る利子補給金、新技術開発施設供用事業及び地域特定電気通信設備供用事業に対する助成金交付額に充当し、適切に処理した。
2．研究開発成果の積極的な情報発信 研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義の説明、学術論文の公開、知的財産権の実施許諾、民間への技術移転、データベースやアプリケーション等の提供等の情報発信を積極的に行うことで、機構の役割（ミッション）や研究開発成果を外部にアピールしていくものとする。 また、機構の研究開発成果の普及や社会実装を推進するためには、上記	**4．研究開発成果の積極的な情報発信** 機構の研究開発成果の普及や社会実装に向けた活動を推進するために、機構の活動に対する関心や理解の促進につながる広報活動を積極的に実施する。 機構の活動が広く理解されるよう、最新の研究開発成果に関する報道発表、記者向け説明会の実施等、報道メディアに対する情報発信力を強化するとともに、メディアからの取材に積極的に対応する。また、ウェブページ、広報誌等を活用して研究開発成果を分かりやすく伝える等、情報提供機会の充実を図る。これらにより、広報活動におけるアウトカムの最大化を目指す。また、機構の施設の一般公開等を戦略的に行うことや、見学者の受入れ等を積極的に行うことで、ICT分野及び機構の業務への興味を	＜評価の視点＞ ● 機構の活動に対する関心や理解の促進につながる広報活動を積極的に実施したか。 ● 機構の役割や研究開発成果を外部にアピールしたか。 ＜指標＞ ● 研究成果に関する報道発表の掲載率	**4．研究開発成果の積極的な情報発信** • 報道関係者と日頃から良好な関係を維持し、取材時は広報部がコミュニケーターとして主導的に対応した。報道発表だけでなく、記者への個別説明を積極的にアレンジし、メディアからの取材依頼、問合せや相談などには丁寧かつ迅速に対応した。令和２年度は、コロナ禍により、対面取材の対応ができなかったため、オンラインによる取材対応を始めた。オンラインの利便性を生かして積極的にオンライン取材を行うことにより、従来の取材対応と変わらない取材調整・件数をこなし、掲載率を維持した。従来、電話取材だけで済ませざるを得なかった地方の研究者への取材などについても、積極的にオンライン取材の調整を行い、資料を見ながら研究者が説明を行うことができることにより、更に大きな記事となり紙面の獲得に至っている。 • 報道発表に関する事故を防止するための「チェックシート」により、コンプライアンスを強化することができた。また、「報道発表に関する確認事項」により、タイトルや内容について、報道室で担当部署と調整を行い、メディアに取り上げられるようアピールした。 • 報道発表に際しては、毎回、担当部署と詳細な打ち合せを行い、より分かりやすい報道資料の作成に努めた。報道発表資料においては実担当者名を前面に出すように取り組んだ。さらに、セレモニー関係など内容に応じて記者説明会を開催した。その結果、研究開発成果等に関する報道発表を平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、64 件、51 件、66 件、55 件、61 件実施した。 • また、海外への発信が効果的な案件については、英文による報道発表を平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、11 件、6 件、11 件、14 件、16 件行うとともに、米国科学振興協会（AAAS）が提供するオンラインサービスを使って投稿するなど PR に努めた。その結果、海外メディアから直ちに反響	**4．研究開発成果の積極的な情報発信** • 報道発表や記者向け説明会の効果的な実施による情報発信力強化に加え、令和２年度はコロナ禍のためオンラインにより、積極的な取材対応を通じて機構の紹介を多数行った結果、令和２年度の報道発表が 61 件、新聞掲載が 1,102 件となったほか、研究成果に関する報道発表の新聞掲載率は5年度間を通じ 100%を維持するなどの反響を得た。NICT オープンハウスの日程や内容を見直し、平成 30 年度から金曜土曜に開催、青少年向けのイベントも

の情報発信が受け手に十分に届けられることが必要であることから、広報業務の強化に向けた取組を行うものとする。この場合、報道発表数等のアウトプットだけでなく、当該アウトプットの効果としてのアウトカムとして新聞・雑誌・Web等の媒体での紹介や反響等の最大化を目指した取組を行うものとする。	喚起するとともに理解を深める機会を積極的に提供する。 さらに、研究開発成果の科学的・技術的・社会的意義の説明、学術論文の公開、知的財産権の実施許諾、民間への技術移転、データベースやアプリケーション等の提供等の情報発信を積極的に行うことで、機構の役割や研究開発成果を外部にアピールする。		があり、速報として掲載された。特に令和元年度は、プラズマバブル観測レーダのタイ国内運用開始の報道発表に際しては、現地で開催された開所式での報道対応も行った。 • 様々な媒体への発信に取り組んだことや研究成果の効果的なアピールにより、報道メディアからは多くの取材要望があり、取材対応件数は平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、353 件、492 件、450 件、411 件、336 件となった。 • 記者からの取材依頼や電話問合せに、迅速かつきめ細やかな対応を行った結果、新聞掲載は平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、887 件、1,687 件、1,214 件、1,058 件、1,102 件（令和 2 年度の大手一般紙等への掲載率は 71%）、TV/ラジオ等放送が平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、105 件、177 件、101 件、114 件、71 件、雑誌掲載が平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、85 件、234 件、210 件、160 件、183 件、Web 掲載が平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、6,694 件、9,244 件、8,396 件、7,633 件、9,972 件（広報部把握分）となった。新聞の 1 面掲載（令和 2 年度）は大手一般紙等 40 件を含み 153 件あった。 • 雑誌掲載については、一般業界誌から小中学生向けの雑誌まで幅広い層を対象に掲載された。 • 平成 28 年度から令和 2 年度の各年度に、研究成果に関する報道発表に対する新聞掲載率は 100%を維持した。 • 機構の活動を広く社会に周知することを目的に、理事長とメディアとの意見交換の場として、「理事長記者説明会」を平成 28 年度から令和元年度までに計 8 回開催し、研究者の最新成果をわかりやすくメディアに説明をしている。 • 日刊工業新聞のコラム枠「情報通信研究機構　NICT 先端研究」を平成 29 年 7 月から開始し、現在も保持・継続中。毎週 1 回、機構の研究者とその研究内容が大きくコラム欄に掲載され、各研究所・センターの研究者紹介の PR に貢献している（平成 29 年 7 月から、計 169 回掲載）。 • NICT 紹介ビデオ（日本語： 18 分版・5 分版、英語： 18 分版・5 分版）を作成し、第 4 期における各部署の取組について分かりやすく紹介した。作成したビデオは DVD 等で配布するだけでなく、来訪者への紹介やビデオライブラリ（YouTube NICT Channel）等での情報発信を行い、情報提供機会の充実を図った。 • 年 6 回発行の広報誌「NICT NEWS」（英語版を含む）では、研究者による従来の研究紹介記事のほか、外部向けの視点をより重視した、トピックスページの一層の活用に努めた（直近のプレス記事、NICT 知財の紹介、受賞者紹介など）。また、若手研究者等にスポットをあてた「NICT のチャレンジャー」の	豊富に準備するなど、機構の知名度のみならず、一般への波及効果を狙った活動を行った。 来訪者数やツイッターフォロワー数の増加等、効果が確認できる。 令和 2 年度は、COVID-19 の感染拡大のため、本部オープンハウスを中止、特別オープンシンポジウムを開催し、3,601 名が視聴した。また、各拠点の施設公開も COVID-19 のため、開催中止、あるいはオンラインでの開催とした。 • NICT NEWS のような定期刊行物について、より分かりやすい内容でまとめることを心掛け、日刊工業新聞での長期連載（平成29年7月から令和2年度末まで計 169 回掲載し、継続中）、各種視察対応、CEATEC や Interop Tokyo に出展し多くの来場者をブースに集めるなど（令和 2 年度は、

			連載を平成 30 年から開始し（NICT NEWS 2018 No.6 から）、職員の人となりを含めた紹介をするよう工夫した。令和元年度には、表紙デザインをリニューアルした。「NICT NEWS」英語版は、平成 28 年 4 月号（NICT NEWS No.457 APR 2016）をもって印刷物の頒布を終了し、その後は web 公開版での発行のみとした。 • 技術情報誌「研究報告」を毎年度 2 号発行し、第 4 期中に研究 5 分野から計 10 号を発行した。 • 「年報」については、前年度の活動報告を取りまとめ、適切な時期に発行した（平成 28 年度版からは電子版のみ（電子ブック及び PDF）。 • 「ジャーナル（Journal of NICT）」（英文）について、「研究報告」の英語版としての在り方を見直し、平成 30 年度から、定期的な発行は行わないこととした。 • 英語版機関誌として、海外向けに、より幅広い NICT 研究活動等の情報発信となるよう、機構の研究成果・活動紹介、研究成果ハイライト等をまとめた「NICT REPORT」（英文）を平成 30 年度（2019 年度版）から発行した（年 1 回発行。電子ブック及び PDF）。2020 年版からは、海外拠点の紹介等のマガジン的な要素も織り交ぜた。 • 刊行物については、掲載と同時に機構公式ツイッターへ投稿（日・英）し、周知に努めた。また、「NICT REPORT」については、広報誌「NICT NEWS」（英語版）の配信先に「NICT REPORT」の発行を配信するとともに、さらに令和 2 年 1 月に発行した「NICT REPORT 2020」では海外に向けアピールすべく、試験的に冊子版、リーフレット、URL・QR コード付カードを作成した。上記冊子版が好評だったため、令和２年度からISSN を取得し、冊子版を定期刊行物として発行化し、リーフレット、URL・QR コード付カードも同様に作成した。 • 平成 30 年度から可能になった、J-STAGE（科学技術情報発信・流通総合システム：国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) が運営する総合学術電子ジャーナルサイト）へ「研究報告」と同英語版となる「Journal」の登録を進めた。「研究報告」は、前身の電波物理研究所（RPL：昭和 17 年発行）から中央電波観測所（CRWO）、電波研究所（RRL）、そして、通信総合研究所（CRL）、情報通信研究機構（NICT：令和元年 9 月発行）まで登録し、電離層観測や無線通信などの研究開発の黎明期の史料から最新の研究に至る約 80 年間の成果を閲覧可能とした。「Journal」は、昭和 29 年の初号から平成 30 年の最終号まで、約 60 年間発刊した全巻を登録した。 • 平成 29 年度まで 10 月又は 11 月の平日に実施していた本部オープンハウスを平成 30 年度から 6 月の金・土開催とし、学生やご家族連れなど来場対象の拡大を図った。さらに、令和元年度は、前年度まで実施していた「こども	COVID-19 のためオンライン開催となった CEATEC には３つの展示エリア全てに研究成果や起業家万博出場社の事業紹介を展示）、機構の役割や研究開発成果を積極的に外部にアピールした。 また、機構 Web サイトをリニューアルしたほか、アクセシビリティガイドラインを作成し、運用を開始した。令和 3 年度から始まる第 5 期中長期計画期間の開始に向けたデザインリニューアルを実施したほか、機構の活動を動画で紹介するビデオライブラリを運用し、COVID-19 のために実施するオンラインイベントなど映像コンテンツを追加、アクセス数も増加した。 さらに、前身の電波物理研究所（RPL）から情報通信研究機構（NICT）まで約 80 年間の「研究報告」をJ-STAGE に掲載し、電離層観測や

公開デー」のプログラムも加え、6 月 21 日（金）～22 日（土）に開催した。特に 6 月 22 日は、社会人のほか、学生によるポスターセッションやサイエンストークや青少年向けイベントなどもあり、小中高大学生や家族連れなど幅広い世代の方々に来場いただいた。来場者数は、2 日間で 4,863 人となり（平成 30 年度（2,781 人）比 1.7 倍）、現在のオープンハウス形式になった平成 24 年度以降では最多となった。また、各拠点でも施設公開を行い（耐災害 ICT 研究センターは台風の影響で中止）、全拠点で、8,167 名が来場した。令和 2 年度は、6 月 12 日～13 日に開催を予定していた本部でのオープンハウスは、COVID-19 のため中止し、6 月 12 日に特別オープンシンポジウム『アフターコロナ社会のかたち』をオンライン開催し、開催当日に国内外から3,601 回の視聴数を獲得した。その後、シンポジウムの模様や資料を継続公開し、年末までに 5,583 回の視聴数（開催当日と合わせて、9,184 回）を獲得した。また、各拠点の施設公開も COVID-19 のため、開催中止、あるいはオンラインでの開催となった。

- 平成 29 年度から CEATEC JAPAN に出展している。令和元年 10 月開催の CEATEC 2019 では 11 テーマの研究成果を展示したほか、起業家万博出場社の事業紹介を展示した。令和 2 年度は、COVID-19 のため、オンライン開催となった。3 つの展示エリア全てに研究成果や起業家万博出場社の事業紹介を展示した。10 月 20 日から 24 日までの会期中に、7,383 回、年末までのアーカイブ配信も含めて、8,069 回の視聴数を獲得した。また、CEATEC に合わせて機構 HP に開設した特別サイトには、年末まで 3,193 回の視聴数を獲得した。
- 各種イベントへの出展にあたって、研究所等へ支援を行った。例えば、令和元年度は、ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2019、G20 貿易・デジタル経済大臣会合、Interop Tokyo 2019 等のイベントへの出展に当たって支援を行った。令和 2 年度は、COVID-19 に伴う企画の中止や繰り下げ開催、オンライン開催への変更などに応じた支援を行った。
- 市民・青少年の科学技術への興味の喚起及び次世代人材育成等に資するための活動を実施した。例えば、令和元年度は、東京農工大学創立記念祭、こども霞が関見学デー、青少年のための科学の祭典への参加・出展を行った。また、科学技術系高校での特別講義など、次世代人材育成を目的としたアウトリーチ活動を実施した。令和 2 年度は、COVID-19 のため、中止、あるいは変更された開催時期の都合で参加を見送った。なお、パリ日本人学校と現地に事務所を置く機構など 5 つの国立研究開発法人が協力して、「科学を知ろう ～今と科学とわたしと未来～」をテーマにオンライン講座を計 8 回開催（機構は、3 回を担当）し、延べ 526 名の児童生徒が参加した。また、ペーパークラフトや子供向け研究紹介の VTR を機構 HP に設けた「学

無線通信などの研究開発の黎明期からの史料を閲覧可能とした。続いて、J-STAGE へ英文研究成果機関誌「Journal」の登録を進め、昭和 29 年の初号から平成 30 年の最終号まで、約 60 年間発刊した全巻を登録した。
令和 2 年度は、COVID-19 の感染拡大の影響を受け、自宅で過ごす小中高校生等向けの特設サイト「学び応援サイト」を開設し、動画コンテンツやペーパークラフトを提供している。また、パリ日本人学校の小中学生向けに国立研究開発法人 5 法人が連携してオンライン講座を実施した。

- 各種データベースや外部向けコンテンツにおいて特許に係る情報を最新化し、JST と共催による説明会を開催して最近の研究成果による特許出願のうち、企業での実用化シーズとなり得る技術を紹介

び応援サイト」で提供したほか、科学技術系高校での特別講義は本年 12 月も実施した。

- 機構の活動内容を深く理解してもらうため、学生、社会人の見学者を積極的に受け入れた。視察・見学者は機構全体で平成 28 年度から令和元年度まで各年度に、3,242 人、3,517 人、4,008 人、3,577 人を受け入れた。令和 2 年度は、COVID-19 のため、6 月まで視察・見学の受け入れを見合わせることになった。7 月以降、人数制限などの感染防止対策を講じて受け入れを再開し、視察・見学者は機構全体で 80 件、521 人を受け入れた。また、本部展示室の展示機器や解説資料等を用いて、バーチャル展示室を作成し、2 月に機構 HP に公開し、1,665 回の視聴数を獲得した。
- 令和元年度は、平成 29 年 3 月から千葉県立現代産業科学館において機構の業務を紹介する常設展示及び最新のプレスリリース紹介を継続したほか、多摩六都科学館におけるミニ企画展の広報支援等、沖縄県立博物館・美術館における科学イベントへの出展等を実施した。令和 2 年度は、COVID-19 のため、連携先が休館となったが、国立科学博物館や愛媛県総合科学博物館の企画展への出展支援等を行った。
- 機構 Web サイトについて、平成 29 年度から開始したデザインのリニューアルを令和元年度に完了し、高齢者や障がい者をはじめ全ての人々の利用のしやすさに配慮した情報提供を行うためのアクセシビリティガイドラインを作成し、運用を開始した（令和 2 年 2 月）。また、令和 3 年度から始まる第 5 期中長期計画期間の開始に向けた機構 Web サイトのデザインリニューアルを実施し、体制変更などに対応する公開準備をした。サイトのアクセス数（ページ数）は、平成 28 年度から令和 2 年度まで各年度に、8,500 万ページ、9,900 万ページ、13,700 万ページ、12,900 万ページ、14,700 万ページであった。令和 2 年 2 月より、COVID-19 の影響に伴うイベント企画の中止や延期、オンライン対応への変更などを紹介するアナウンスサイトや自宅で過ごす小中高校生等向けの特設サイト「学び応援サイト」を開設し、動画コンテンツやペーパークラフトなど素材を提供した。
- 研究紹介/プレスリリース/イベント情報など、最新の活動状況を Web サイトにアップするとともに、プレスリリース/お知らせ/イベントに掲載した情報はツイッターでの発信も行った。ツイッターのフォロワー数は平成 28 年度から令和 2 年度まで各年度に、4,826 人、6,452 人、7,539 人、8,662 人、9,955 人と拡大した。
- 機構の活動を動画で紹介するビデオライブラリ（YouTube NICT Channel）を運用した。平成 28 年度から令和 2 年度まで各年度に、40 本、49 本、37 本、49 本、111 本、合計 286 本の映像コンテンツを追加し、アクセス数は、各年度 5.5 万件、9.3 万件、9.6 万件、9.7 件、13.7 万件であった。令和 2 年度

するなど、積極的な情報発信を行った。

以上のように、研究開発成果の積極的な情報発信について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

			は、COVID-19 のために実施するオンラインイベントなどで、掲載動画が大幅に増加し、アクセス数も増加した。 • INPIT の開放特許データベースや機構 Web サイトにおける特許紹介コンテンツの更新等、積極的な情報発信を行った。 • 令和元年 7 月には、JST と共催で情報通信研究機構新技術説明会を開催し、最近の研究成果による特許出願のうち、企業での実用化シーズとなり得る技術を紹介した。（令和 2 年度も 7 月に計画されていたものの、コロナ禍により中止となった。）	
3．知的財産の活用促進 知的財産権の適切な確保及び有効活用により、研究開発成果の社会への移転及び利用の拡大を図るものとする。特に、技術移転事務については、関係する部署間の連携強化を図り、より効果的な技術移転を推進するものとする。	**5．知的財産の活用促進** 機構の知的財産ポリシーに基づき、知的財産取得から技術移転までを一体的かつ戦略的に進め、研究開発成果の社会への移転及び利用の拡大を図る。重点的に推進すべき課題については、その推進体制を整備し、効果的な技術移転を実施していく。また、外国における知的財産取得についても適切に行い、研究開発成果のグローバル展開を促進する。 さらに、研究開発成果が社会に広く認知され利用されるために、公開システムによる知的財産等の情報提供等を進める。	＜評価の視点＞ ● 研究開発成果の社会への移転及び利用の拡大を図ったか。 ● 重点的に推進すべき課題については、効果的な技術移転を実施したか。 ● 外国における知的財産取得についても適切に行い、研究開発成果のグローバル展開を促進したか。 ● 公開システムによる知的財産等の情報提供等を進めたか。	**5．知的財産の活用促進** • 展示会や交流会等の国内外のイベントにおける研究開発成果の周知広報や、音声翻訳技術、サイバーセキュリティ技術を中心に、技術移転推進担当者と研究所・研究者が連携して企業に対する技術移転活動等を進め、知的財産の活用促進を図った。また、それ以外の分野についても、産業界からの関心を踏まえ、研究部署と連携して、深紫外半導体発光素子や標準測定用ホーンアンテナ等の新たな実施許諾契約を締結した。 • 機構の知的財産ポリシーに基づき、「特許検討会」において、出願、審査請求、権利維持のそれぞれの段階で外国特許の有効活用の観点から要否判断を行った。令和元年度からは、知的財産戦略委員会において新たに策定された基準に基づき、外国特許出願の要否判断を開始した。 • INPIT の開放特許データベースや機構Webサイトにおける特許紹介コンテンツの更新等、積極的な情報発信を行った。 • 令和元年7月には、JSTと共催で情報通信研究機構新技術説明会を開催し、最近の研究成果による特許出願のうち、企業での実用化シーズとなり得る技術を紹介した。（令和2年度も7月に計画されていたものの、コロナ禍により中止となった。）	**5．知的財産の活用促進** • 展示会や交流会、また、企業に対する技術移転活動等を進め、知的財産の活用促進を図った。 • 重点的に推進すべき課題については、効果的な技術移転を実施した。 • 外国における知的財産取得を適切に行った。 • 公開システムによる知的財産等の情報提供等を進めた。 以上のように、知的財産の活用促進について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

4．情報セキュリティ対策の推進 政府の情報セキュリティ対策における方針及び実際のサイバー攻撃の実態を踏まえ、情報システムや重要情報への不正アクセスに対して十分な対策を講じるとともに、サイバーセキュリティ基本法に基づき、情報セキュリティポリシーの強化等により情報セキュリティ対策を講ずるものとする。さらに、情報セキュリティポリシーを不断に見直すことで対策強化を図るものとする。	**6．情報セキュリティ対策の推進** 政府の情報セキュリティ対策における方針及び実際のサイバー攻撃の実態を踏まえ、ＣＳＩＲＴ（Computer Security Incident Response Team：情報セキュリティインシデント対応チーム）の適切な運営を行うとともに、研修やシステムの統一的な管理等を進めることで、セキュリティを確保した安全な情報システムを運用する。また、サイバーセキュリティ基本法に基づき、ガイドラインを適宜整備するとともに、情報セキュリティポリシーを不断に見直すなど、機構のセキュリティの維持・強化に努める。また、機構のサイバーセキュリティ分野の先端的研究開発成果の導入等により安全性を高めていく。	＜評価の視点＞ ● CSIRT の適切な運営を行ったか。 ● セキュリティを確保した安全な情報システムを運用したか。 ● 情報セキュリティポリシー等を不断に見直し、対策強化を図ったか。	**6．情報セキュリティ対策の推進** • 平成25年4月に発足した機構内のセキュリティ対応専門部隊CSIRT（Computer Security Incident Response Team）により、インシデント発生時に、ネットワーク切断やその対応策などを迅速に実施し、インシデント発生時の緊急対策・連絡の迅速化、被害拡大の防止に努めた。 • 基幹ファイアウォールにより、アンチウィルスや侵入検知にも対応した統合脅威防御を運用した。 • 業務の効率化、運用コスト削減を実現するため業務系システムの統合設計を進め（仮想環境を活用）、業務系システムのプライベートクラウド化を完了した。 • 重要なデータのバックアップをデータセンターに保存するシステムの運用を開始し、大規模災害等発生時の業務継続性を高めた。 • 業務の効率化、運用コスト削減を実現するため業務系システムの統合設計を進め（仮想環境を活用）、業務系システムのプライベートクラウド化を完了した。 • 全職員等を対象としたセキュリティセミナー、セキュリティ自己点検、セキュリティ研修、標的型攻撃メール訓練を毎年継続的に実施し、新しい項目を追加するなどして、個々のセキュリティ意識の向上を図った。 • 機構のセキュリティ研究開発成果を活用したSOC (Security Operation Center) をサイバーセキュリティ研究所と共同で運用し、従来から実施・運用している脆弱性診断、侵入検知装置、ファイアウォール、アクセスログ等の情報を分析し、24時間365日の監視体制の下、情報システムや研究成果のセキュリティ向上に資した。 • サイバーセキュリティ基本法に基づく政府機関等の情報セキュリティ対策のための統一基準群に基づき、国立研究開発法人情報通信研究機構情報セキュリティポリシーの見直しを平成29年度に実施。また、統一基準群の改訂(平成30年度版) を反映した改定を実施した。 • セキュリティポリシーの見直しを踏まえた、情報セキュリティに関する手順書類の整備及び改正を実施した。 • 機構内で共通的に使用するソフトウェアを一括契約し、最新のソフトウェアの利用を推進することによりセキュリティ確保に努めた。 • 情報セキュリティ強化のため、最高情報セキュリティ副責任者を設置し、インシデント対応等の情報セキュリティ対策を推進した。	**6．情報セキュリティ対策の推進** • 政府の情報セキュリティ対策における方針及び実際のサイバー攻撃の実態を踏まえ、CSIRTの適切な運営を行った。 • 基幹ファイアウォールによる統合脅威防御、24 時間監視体制の整備、最新のソフトウェアの利用推進、業務系システムのプライベートクラウド化、重要なデータのバックアップをデータセンターに保存するシステムを開始するなど、様々なセキュリティ向上を図り、安全な情報システムの運用を実施した。 • 政府統一基準に基づく情報セキュリティ規程類の整備を行い、また、全職員等を対象とした各種セミナーや研修、訓練の実施を通じて職員の意識向上やインシデント対処方法の対策強化を図った。 • 情報セキュリティ強化のため、最高情報

				セキュリティ副責任者を設置し、インシデント対応等の情報セキュリティ対策を推進した。 以上のように、情報セキュリティ対策の推進について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
5．コンプライアンスの確保 機構の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的にコンプライアンスが確保されていくことが不可欠であり、理事長の指揮の下、職員の規律の確保、適切かつ効率的な予算執行を含む機構における業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進する。 特に、研究不	**7．コンプライアンスの確保** 機構の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的にコンプライアンスが確保されていくことが不可欠であり、理事長の指揮の下、職員の規律の確保、適切かつ効率的な予算執行を含む機構における業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進する。 特に、研究不正の防止に向けた取組については、「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針（第3版）」（平成27年4月21日総務省）に従って、適切に取り組む。	＜評価の視点＞ ● 業務全般の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進したか。 ● 特に、研究不正の防止に向けた取組について適切に取り組んだか。	**7．コンプライアンスの確保** • コンプライアンス意識の一層の向上を図るため、毎年度、役職員（派遣労働者含む。） 全員を対象とした合同コンプライアンス研修（講演会・eラーニング）を実施した。 ① 講演会は、集合研修の形式で、外部講師による独立行政法人に求められるコンプライアンスに関するタイムリーなテーマで実施するとともに、部内講師による、研究不正の防止、公的研究費の適正な執行、個人情報管理及びパーソナルデータ等のテーマとして行った。なお、令和2年度は、新型コロナウイルス感染症対策のため、集合研修に代えて、webによるビデオ視聴による研修とした。 また、過去の講演会の録画は、終了後に、Webページにアーカイブ化することで、研修に参加できなかった者や繰り返し視聴したい者のニーズに対応した。 ② eラーニング）については、平成28年度はコンプライアンス全般、研究不正防止、公的研究費の適正執行の3分野で実施したが、平成29年度には内部統制、リスクマネジメント、反社会勢力対応、個人情報保護を追加し、平成30年度以降は、パーソナルデータ、利益相反マネジメント、生体情報研究倫理、共同研究実施上の留意事項を追加した。 • 平成30年度以降、合同コンプライアンス研修を含む機構内の研修について、コンプライアンス面から確認を行うとともに、計画的かつ効率的・効果的な実施を図るため、年間の実施計画を作成し、進捗管理を行いつつ、実施した。 • また、コンプライアンス研修教材である「コンプライアンスガイドブック」を作成	**7．コンプライアンスの確保** • 合同コンプライアンス研修（e ラーニング）の通年受講の実施・対象者全員の受講、新規採用者向けのガイドブック」である「NICT 職員となって最初に読む冊子」の作成、計画的かつ効率的・効果的な研修の実施、法務に関する対応の充実等、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進した。 • 特に、研究不正の防止に向けて、総務省の指針を踏まえて関係規程を改正した。また、役職員対象の研修に加え、研究用

正の防止に向けた取組については、「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針（第3版）」（平成27年4月21日）に従って、適切に取り組むものとする。			し、毎年度、確認し、必要に応じて改訂するとともに、令和元年度からはこれに加え、新規採用者向けに作成したコンプライアンスについて最低限認識すべき内容に特化したガイドブック「NICT職員となって最初に読む冊子」を新規採用者研修等で使用し、意識の醸成を図った。 • 令和2年度から、「国立研究開発法人情報通信研究機構行動規範（平成20年10月1日制定）」をカードサイズに印刷し、職員証ホルダーや手帳等に着けたり、デスクに置いたりできるよう、役職員全員に配付を開始した。 • 研究不正の防止に向け、「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針（第3版）」（平成27年4月21日総務省）及び文部科学省の「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン調査及び措置等について（通知）」を踏まえ、研究活動に係る不正行為への対応に関する規程を改正（平成28年度及び平成29年度）し、その後も、研究不正、研究費不正に関する規程類の点検活動などを実施した。 • また、合同コンプライアンス研修（eラーニング・講演会）において研究不正防止に関する研修を毎年度実施した。その際には、不正行為の防止にとどまらず、研究倫理に関する教材コンテンツの紹介、特定不正行為以外の二重投稿、不適切なオーサーシップについても不正行為として認識されるようになっていること等も含め周知した。 • 法務関係業務については、弁護士資格を有する職員を平成28年度から1名、令和2年度から更にもう1名雇用し、法務・コンプライアンス室の体制を強化し、研究所等の各部署で発生する法務に関する課題について、法務・コンプライアンス室が支援を行うとともに、毎週及び必要に応じて臨時に顧問弁護士との法律相談を実施した。また、機構に係る紛争・訴訟が発生した場合には、同室が一括管理して対応した。 さらに、規程類、マニュアル等の制定・改正や解釈について、各部署からの相談に対して、同室が随時助言するなど支援を行った。 • なお、第4期中長期計画期間終了後、平成28年度から令和元年度までに行われた、会計規程、役員退職規程及び職員給与等に関する規程の変更計10件について、独立行政法人通則法に基づく主務大臣への届出が未履行であったことが判明した。これを受けて、今後、合同コンプライス研修に今回の事案（法令に基づく届出等）の内容を盛り込み、届出の実施手順をルール化するなどの再発防止策に取り組み、役職員の認識の向上及び法令順守の徹底を図ることとする。	ソフトの不適切利用の問題を周知するなど、適切に取り組んだ。 以上のように、コンプライアンスの確保について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、概ね目標を達成した。
6．内部統制に係る体制の整	**8．内部統制に係る体制の整備**	＜評価の視点＞	**8．内部統制に係る体制の整備**	**8．内部統制に係る体制の整備**

備 内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等で通知された事項を参考にしつつ、必要な取組を推進するものとする。	内部統制については、「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）に基づき業務方法書に記載した事項に着実に取り組むとともに、内部統制の推進に必要な取組を推進する。	● 内部統制に係る体制整備のための必要な取組を推進したか。	• 「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」に基づき、業務方法書に記載した事項に着実に取り組むとともに、内部統制の推進に必要な取組を推進するため、平成28年度の内部統制委員会において、「内部統制システムに係る課題対応整理表」を作成し、これにより取組状況等を確認すること、また、第3期においては、内部統制委員会とリスク管理委員会が並立して活動していたが、内部統制員会は、規程等の整備状況・運用状況、リスクマネジメント委員会からの報告を踏まえて、内部統制について審議する役割とする体制を構築した。 • 内部統制委員会については、毎年度1回開催し、「内部統制システムに係る課題対応整理表」に基づく、内部統制システムに係る課題の取り組み状況を確認するとともに。リスクマネジメント委員会から、リスク管理の進捗状況等について報告を受け、内部統制の実施計画を策定した。 • リスクマネジメント委員会については、毎年度2回開催し、洗い出したリスクについての取組状況の報告を受け、必要に応じて当該リスクに係る改善策の追加や新たに認識されたリスクの追加を行い、リスクマネジメントの実施計画を策定した。また、機構全体として課題解決に取り組む「優先対応リスク」を選定し、優先対応リスク以外のリスク（一般対応リスク）は各部署等で対応することとした。 • 令和2年度のリスクマネジメント委員会では、リスク低減策の実施状況や新たなリスクの洗い出し等により、優先対応リスクを見直し。具体的には、令和2年5月に優先対応リスクを新たに3件追加するとともに、令和2年11月に、リスク低減策の実施により、今後、発生する可能性が低いと評価された4件を一般対応リスクに移行した。 • 上記の実施計画に基づき、各担当部署において、内部統制の徹底及びリスクの低減に取り組んだ。 • 適正な内部統制を確保するため、規程類を総点検し、規程類の適正化に取り組んだ。また、規程類の制定・改正時における法務・コンプライアンスによる審査を強化したほか、職員向けに規程類作成マニュアルを作成する等、制定・改正作業の適正化にも取り組んだ。 • 平成31年3月の制度改正により、令和元年度の事業報告書から「内部統制の運用状況」及び「業務運営上の課題及びリスクの状況並びにその対応策」等の記載が新たに義務付けられたことを受けて、リスク管理の状況、業務運営上の課題・リスク及びその対応策（①優先対応リスクへの対応状況、②業務実施体制の見直し）を記載した。	• 内部統制委員会及びリスクマネジメント委員会を核としたPDCA サイクルを構築し、内部統制の徹底及びリスク低減を図るとともに、規程の適正化を図る等、内部統制に係る体制整備のための必要な取組を推進した。 以上のように、内部統制に係る体制の整備について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。
7．情報公開の	**9．情報公開の推進等**	＜評価の視点	**9．情報公開の推進等**	**9．情報公開の推進等**

推進等 機構の適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報を公開するとともに、個人情報を適切に保護するものとする。具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成13年法律第 140 号）及び独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律（平成15年5月30 日法律第 59 号）に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を図るものとする。	機構の適正な業務運営及び機構に対する国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行うとともに、情報の開示請求に対し、適切かつ迅速に対応する。 また、機構の保有する個人情報の適切な保護を図る取組を推進する。 具体的には、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成13年法律第140号）及び独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律（平成15年法律第59号）に基づき、適切に対応するとともに、役職員への周知徹底を行う。	＞ ● 情報の公開を適切かつ積極的に行うとともに、情報の開示請求に対し適切かつ迅速に対応したか。 ● 機構の保有する個人情報の適切な保護を図る取組を推進したか。 ● 独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律等に基づき、適切に対応するとともに、役職員への周知徹底を行ったか。	• 機構Webサイトにおいて、組織に関する情報、業務に関する情報、財務に関する情報等、適切かつ積極的に情報の公開を行った。 • 平成28年度から令和2年度までの間における法人文書の開示請求は以下のとおりであり、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律に基づき、適切かつ迅速に対応した。 平成28年度：3件※ 平成29年度：2件 平成30年度：4件 令和元年度：7件 令和 2年度：2件 ※ 1件について審査請求があり、一部不開示について理由が不十分とされたものの、不開示の結論は維持した。 • 合同コンプライアンス研修（平成30年2月、令和元年11月及び令和2年12月）、新規採用者研修（毎年度）において個人情報保護に関する研修を実施すること等により、個人情報の適切な取扱いを徹底した。 • 個人情報に関する法令上のルール、個人情報保護管理者の役割、具体的な管理方法などを説明する個人情報取扱いマニュアルを平成29年度に作成した。 • 各部署において毎年度行うこととしている保有個人情報等の点検について、具体的な点検方法を点検者が十分理解できるよう、令和元年度に、チェックリストのひな形を個人情報取扱いマニュアルで定めた。 • 「独立行政法人等の保有する個人情報の保護の適切な管理のための措置に関する指針」が改正されたことを受け、令和元年度に、保有個人情報の取扱いに係る業務の委託先事業者に対する定期点検は、原則実地検査によることを規程で定め、当該実地検査の手続きのフロー、検査様式を個人情報取扱いマニュアルで定めた。 • 役職員を対象にコンプライアンスの基本を説明するコンプライアンスガイドブックにおいて、法人文書の適切な管理、開示請求を受けた場合の対応等について解説する等、周知徹底を行っている。	• 機構Webサイトにおいて情報の公開を適切かつ積極的に行うとともに、情報の開示請求に対し適切かつ迅速に対応した。 • 個人情報保護に関する研修の実施、個人情報取り扱いマニュアルの策定及び委託先事業者への実地検査等その内容の充実等、機構の保有する個人情報の適切な保護を図る取組を推進した。 • 上記の取組に加え、コンプライアンスガイドブックにおいて法人文書の適切な管理、開示請求を受けた場合の対応等について解説すること等により、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律等に基づき、適切に対応するとともに、役職員への周知徹底を行った。 以上のように、情報公開の推進等について、中長期計画に沿って業務を着実に実施し、

				十分に目標を達成した。 **＜課題と対応＞** **（課題）研究開発や貢献を更に社会にアピールし、研究開発成果を社会実装へつなげるプロセスをより加速させていくことを期待。** （対応） プロジェクト企画から成果展開までを実践的な視点で推進し、プロジェクト運営をサポートする人材として、企業で製品の開発・展開等の経験が豊富な外部人材を、イノベーションプロデューサー・イノベーションコーディネーターとして配置した。また、社会実装に向かう流れの加速を担うソーシャルイノベーションユニット内の各組織への必要な人員の配置やベンチャーに関する役職員の啓発のための講演会の開催を行った。 **（課題）国内外で競争の激しい研究分野における人材の確保のため、報酬や研究環境を含めた処遇面等**

				での魅力向上に加え、NICTから外部へ転出することによって得られた経験やスキルアップを評価した出戻り採用、様々なバックグラウンドを重視した採用を推進することを期待。 （対応） 「国の重要な政策目標の達成のために必要な研究開発課題」を指定し、当該課題の目標達成に不可欠な能力を有する者を特定研究員又は特定研究技術員に一定額の手当を支給する制度や優秀な若手人材確保のためリサーチアシスタント制度を平成29年度に創設して以来、令和2年度まで継続的に活用している。また知的財産の戦略的活用等による成果展開等の加速に向け、知財活用推進室に特許庁からの出向者や民間企業の知的財産部門の高度な知識を有する専門家を配置した。