

戦略的創造研究推進事業
－さががけ(個人型研究)－

研究領域「IoT が拓く未来」

研究領域事後評価用資料

研究総括：徳田 英幸

2025 年 2 月

目 次

1. 研究領域の概要	1
(1)戦略目標	1
(2)研究領域	1
(3)研究総括	1
(4)採択研究課題・研究費.....	2
2. 研究総括のねらい	4
3. 研究課題の選考について	7
4. 領域アドバイザーについて	10
5. 研究領域のマネジメントについて.....	12
6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について.....	32
7. 総合所見	43

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

「次世代 IoT の戦略的活用を支える基盤技術」

(2) 研究領域

「IoT が拓く未来」(2019 年度発足)

Society5.0 が実現された超スマート社会においては、IoT (Internet of Things) でつながった人や機器から生み出される大量かつ多様なデータを、サイバーフィジカルシステム (CPS) において、AI やビッグデータ処理などの情報科学技術により分析・活用し、インテリジェントな機器等をニーズに合わせて制御することで、機器単体では決して得られない新しい価値やサービスを創発することが期待されていた。一方、IoT 機器に潜む脆弱性をつく外部からの攻撃等も危ぶまれ、高度な攻撃にも耐える IoT セキュリティやプライバシーに配慮した高度なデータ収集・流通・蓄積・解析基盤等の開発も急務であった。

この超スマート社会の CPS を支えるには、カーボンニュートラルなシステム、セキュリティやプライバシー保護をデザイン時点から組み込んだデータエコシステムの実現などが重要であった。特に、日本が世界をリードするためには、この急速に進展する IoT 環境の戦略的活用を支援する基盤技術の研究開発を加速することが必須であった。

本研究領域は、超スマート社会の実現を見据え、従来技術の単純な延長では得られない、質的にも量的にも進化した次世代 IoT 技術の基盤構築を目指した。例えば、IoT 機器から得られる多種大量のデータをリアルタイムに統合・分散処理する技術、IoT 環境における機能・性能・実装の課題を飛躍的に解決する要素技術、IoT 機器の脆弱性、データ保全性等の課題を根本的に解決するセキュリティ技術やプライバシー強化技術等を対象として、大胆な発想に基づいた挑戦的な研究を推進した。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営した。

(3) 研究総括

徳田 英幸 (国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) 理事長)

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

2019 年度新規研究領域の事前評価

https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h31.pdf

(4) 採択研究課題・研究費

(百万円)

採択 年度	研究者	所属・役職 (採択時)	研究課題	研究費 ¹
2019 年度	天方 大地	大阪大学・助教	超高速 IoT ビッグデータ解析のための分散アルゴリズム基盤	30
	内山 彰	大阪大学・准教授 (大阪大学・助教)	ワイヤレスセンシングによる Sustainable IoT 基盤開発	39.7
	杉浦 慎哉	東京大学・准教授	IoT ワイヤレスネットワークセキュリティ	40
	清 雄一	電気通信大学・教授 (電気通信大学・准教授)	Web/IoT 横断的プライバシー保護データ解析基盤	37.8
	田中 雄一	大阪大学・教授 (東京農工大学・准教授)	ハイパーモーダル時空間データの超スパース表現	34
	松井 勇佑	東京大学・講師 (東京大学・助教)	大規模で不完全なセンサデータに対する高速な最近傍探索	40
	村尾 和哉	立命館大学・教授 (立命館大学・准教授)	生体情報操作を活用したウェアラブルセンシング基盤の拡張	40.2
	山内 利宏	岡山大学・教授 (岡山大学・准教授)	IoT 機器の実行環境の隔離を実現する IoT 基盤ソフトウェアの構築	39.1
	吉廣 卓哉	和歌山大学・教授 (和歌山大学・准教授)	データ品質に基づいた IoT データの経済流通プラットフォームの構築	37.7
	若土 弘樹	名古屋工業大学・准教授	電磁材料に基づく同一周波数上での新規分散処理技術の開拓	50.6
2020 年度	五十部 孝典	兵庫県立大学・教授 (兵庫県立大学・准教授)	IoT 機器の長期的な安全性確保のためのビヨンド軽量暗号の開拓	41.6
	猿渡 俊介	大阪大学・准教授	物理空間と電脳空間を統合するための電波空間 API の実現	47.7
	塩川 浩昭	筑波大学・准教授	超高速な多モーダル IoT データ統合処理基盤	40
	新津 葵一	京都大学・教授 (名古屋大学・准教授)	環境適応エネルギー・データ統合管理 IoT 基盤	41
	西尾 理志	東京工業大学・准教授 (京都大学・助教)	機械学習する IoT 通信ネットワーク基盤	37.9
	廣井 慧	京都大学・准教授	IoT 連携基盤による先端防災 IT の実現	43.1

	廣森 聡仁	大阪大学・准教授	測域センサを搭載した複数 UAV による 共通 IoT センシング基盤	35
	ホ アンヴァ ン	北陸先端科学技術大学 院大学・教授 (北陸先端科学技術大学 院大学・准教授)	タッチ IoT：触れるインターネット実 現のための肌感覚送受信機の開発	33
	松田 裕貴	岡山大学・講師 (奈良先端科学技術大学 院大学・助教)	人の知覚を用いた参加型 IoT センサ調 整基盤の創出	39.5
	山際 伸一	筑波大学・准教授	高性能ストリームデータ圧縮技術の開 発	34.2
2021 年度	青木 俊介	国立情報学研究所・助 教	安全なデータ共有・協調型自動運転シ ステムの開発	44.9
	クンツェ カイ	慶應義塾大学・教授	An Accessibility Assessment Toolkit for Inclusive IoT Design using Onbody Sensing	39.7
	白川 真一	横浜国立大学・教授 (横浜国立大学・准教授)	IoT セキュリティのための機械学習の 自動カスタマイズ技術	39.2
	杉浦 裕太	慶應義塾大学・准教授	医工スパイラル連携を促進する医療検 査システム設計支援基盤の構築	44.6
	豊浦 正広	山梨大学・教授 (山梨大学・准教授)	匿名センシングデータの人・モノ・動 作の特性への因子分解	36.6
	仲平 依恵	カーネギーメロン大 学・助教	Control and Adaptation with Provable Safety and Resilience Inspired from the Human Sensorimotor System	47.4
	中山 悠	東京農工大学・准教授	データ量低減による持続可能な IoT	41.1
	渡邊 拓貴	公立はこだて未来大 学・准教授 (北海道大学・助教)	ヒアラブルコンピューティングにおけ るセキュリティ基盤の確立	40.6
			総研究費	1116

¹各研究課題とも研究期間の総額、進行中の課題は予定を含む(2024 年 11 月 5 日現在)

²変更/移動のあった場合、下段に括弧つきで記載

2. 研究総括のねらい

(1) 戦略目標に対する本研究領域の狙い

戦略目標においては、IoT でつながった人や機器から生み出される大量かつ多様なデータを、AI やビッグデータ処理などの情報科学技術により分析/活用し、インテリジェントな機器等をニーズに合わせて制御を行うと共に、IoT の持つ脆弱性や保全性を担保するセキュリティ技術を開発することで、機器単体では決して得られない新しい価値やサービスを創発することを目指し、以下の 2 項目の達成目標が設定された。

- (1) IoT 機器から得られる多種大量のデータを、リアルタイムに分散多段処理する基盤構築のための要素技術の開発
- (2) IoT 機器に対する AI 等による高度化した攻撃への対処や機密情報等の保護を行う、IoT セキュリティのための要素技術の開発

上記を達成し Society5.0 の実現に貢献するためには、従来技術の単純な延長ではなく、今までに無い技術を大胆な発想で生み出すことが重要であり、加えて、若手研究者の育成について重点的に推進し、研究基盤を強化するため、さきがけ領域を選定・設定した。

本研究領域において、戦略目標の課題(1)については、リアルタイムに異種データを統合分析する技術の確立、需要に対して適応的に新たなデータストリームを生成する超分散 IoT 連携技術の創出、これらを支えるために IoT という制約のある時空間環境におけるセンシング技術や超低消費電力通信、センシング、その処理技術等の研究開発など、幅広い技術を対象とし挑戦的な研究開発を推進することを狙いとした。また、戦略目標の課題(2)については、IoT 機器で課題となる脆弱性や保全性を担保するため、機器探索・特定・情報収集技術の確立、AI 利用攻撃やその防御に関する技術、機密情報やプライバシー保護等の高速データ処理等、強固な IoT セキュリティを確立する研究開発の推進も狙いとした。

(2) 本研究領域で実現を狙ったこと、研究成果として目指したこと

本研究領域の背景となる Society5.0 の実現に向けては、IoT でつながった人や機器から生み出される大量かつ多様なデータを、AI やビッグデータ処理等の情報科学技術により分析・活用し、インテリジェントな機器等をニーズに合わせて制御することで、機器単体では決して得られない新しい価値やサービスを創発することが期待されていた。今後数十年先を見据えた次世代 IoT 基盤は、従来の IoT 基盤と比べ、量的にも質的にも全く異なるものとなると予想した。

また、我が国の強みとして、各企業等が質の高いデータを所有していることが挙げられるが、セキュリティやプライバシーへの配慮から、流通は進んでおらず、IoT 機器の脆弱性から外部からの攻撃も危ぶまれる。今後、日本が世界に打ち勝つためには、この急速に進展する IoT 環境の戦略的活用を支援する基盤技術の研究開発を促進することが重要である。特に、企業秘密や個人情報保護等への制約をテクノロジーで超え、高度な攻撃にも耐えうる

IoT セキュリティの開発は必須であった。

このため本研究領域では、IoT 機器から得られる大量データの連携・統合を高精度かつ高性能に実現する技術や、IoT 機器に対するサイバー攻撃やその防御に関する技術等、以下の次世代 IoT に関わる広範囲な情報科学技術の確立と構築を「達成目標」とした。

- (1) IoT 機器から得られる多種大量のデータを、リアルタイムに分散多段処理する基盤構築のための要素技術の開発：リアルタイムデータ連携・統合技術
 - ・ネットワーク上において計算資源を最適利用しながらデータをリアルタイムに分散多段処理する超分散自律制御技術
 - ・IoT 機器から得られる大量のデータの連携・統合を高精度高性能に実現する技術
- (2) IoT 機器に対する AI 等による高度化した攻撃への対処や機密情報の保護等、IoT セキュリティのための要素技術の開発：IoT セキュリティ技術
 - ・相互接続された IoT 機器のセキュリティ状況把握を行うための IoT 機器探索・特定・情報収集技術
 - ・IoT 機器に対するサイバー攻撃やその防御に関する技術及び機器の安全性の担保に関する技術
 - ・データの保全性やプライバシー等の秘匿性を保証するデータ処理技術

本研究領域が目指す全体像を図 1 に示す。広範な技術領域に跨る重要関連技術や IoT 機器関連技術を用いて、交通・医療・介護・防災・エネルギー等のあらゆるアプリケーション・サービス全体を安心かつ安全に提供可能とする Safe & Secure Society5.0 を実現する次世代 IoT 技術の確立と社会実装促進を目指した。

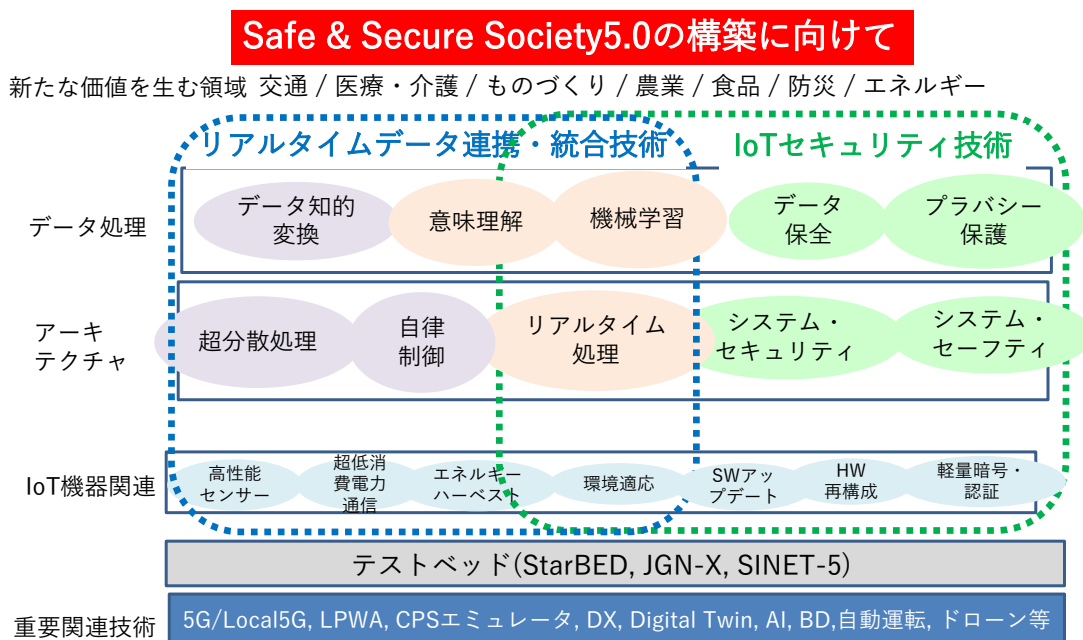


図 1 「IoT が拓く未来」研究領域の全体像

以上のように、本研究領域が確立する次世代 IoT 技術を用いて、インテリジェントな IoT 機器をニーズに合わせて制御することにより、機器単体では決して得られない新しい価値やサービスを創発するとともに、サイバー攻撃やプライバシー侵害のリスクなく安心安全に、誰もがこの恩恵を享受できる超スマート社会の実現に貢献する。

(3) 科学技術イノベーションの進歩への貢献やイノベーション創出に向け目指したこと

前述した「達成目標」の実現を通じ、膨大な数のセンサがフィジカル空間の情報をリアルタイムに知的センシングし、自動的により広範囲、多頻度にサイバー空間へデータを吸い上げ、フィジカル空間の人間、機械等に様々な形で最適な動作・行動を起こさせるための情報をフィードバックすることを可能とする技術イノベーション創出を目指した。更に、フィードバックの繰返しにより生成された高付加価値のデータを蓄積し、匿名化等のプライバシー保護を施したうえでセキュアに社会へ提供することを可能とする基盤技術の創出を目指してきた。これらの研究開発により創出・構築される要素技術とシステムプラットフォームが、以下に挙げるような社会の実現と社会的イノベーション創出に貢献することを目指した。

- ・ これまでには存在しない新しい価値、サービスが生まれ、経済活性化に繋がるスマート社会 (Society5.0)
- ・ 新しい無限のデジタル情報財の生産を可能とし、セキュリティ強化、プライバシーの確保等が可能となる社会

これを実現するためには、要素技術の高度化だけでなく、次世代 IoT 技術をどのように社会に役立て利用するのか、社会にどのように受容されるか等を考慮した研究開発の推進が重要であり、本研究領域においては、研究の遂行にあたり、人文社会科学、システム工学、デザイン工学等の学問分野や、企業等の多様なステークホルダーとの連携を強く推奨する研究開発マネジメントを実施した。

イノベーション創出を担う次世代の研究リーダ育成の観点では、採択研究者ならびに研究成果が、日本の存在感を示し、積極的に世界と協働するグローバルトップ研究者の輩出を目指した。更には、多くの省庁や企業等でしのぎを削って行われている様々な IoT 技術開発の更なる先を目指した、大胆な発想により根本課題・難課題の解決に挑戦する意欲と、未来を洞察するビジョンにより未来社会の実現につながるイノベーション創出を持つ熱意を醸成する研究共創の場を構築することを目指した。

3. 研究課題の選考について

(1) 研究課題の選考方針、および選考結果

① 選考方針

将来の超スマート社会では、膨大な数のセンサがフィジカル空間の情報をリアルタイムに知的センシングし、自動的により広範囲、多頻度にサイバー空間へデータを吸い上げ、フィジカル空間の人間、機械等に様々な形で最適な動作・行動を起こさせるための情報をフィードバックすることが期待される。また、生成された高付加価値のデータを蓄積し、匿名化や暗号化等のプライバシー保護を施したうえでセキュアに社会へ提供することが強く要望されている。

これら新しい社会システムを構成する無数のハード/ソフトセンサ群、エッジデバイス群、巨大なクラウド群、そしてこれらをつなぐ多種多様なネットワークに係る技術領域の中で、今後の日本が競争力を持ってリードできる領域の一つが、高度なセンサやAI 処理を含むスマートエッジコンピューティング領域である。特に、センサやアクチュエータをリアルタイムに制御し、多様で大量なデータから新たな価値を見出す次世代 IoT に必要とされる技術は、全く新しい原理に基づくスマートセンサ、デバイス、アクチュエータ、ソフトウェアなどのスマートイネーブラーによって創出される可能性があり、我が国の国際優位性を更に高めることが期待されている。

このような背景のもと、本研究領域では、IoT 機器から得られる大量のデータの連携・統合を高精度高性能に実現する技術や IoT 機器に対するサイバー攻撃やその防御に関する技術等、次世代 IoT に関わる広範囲な情報科学技術の革新的・挑戦的な研究課題を募集した。以下は、それぞれの具体的な技術名を例示する。

- ・リアルタイムデータ統合技術、リアルタイムセンサ統合技術、リアルタイム認識技術、エネルギーハーベスティング、知的ハード/ソフト/バーチャルセンサ、高度なデータ収集・流通・蓄積・解析基盤プラットフォーム、IoT を活用し新しいコネクテッド・サービスを導出する実現化技術 等
- ・IoT 認証技術、IoT セキュア通信プロトコルおよびその検証技術、データの保証性技術、データの信頼性技術、プライバシー強化技術、サイバー攻撃検知・防御技術、動的なセキュリティ 等

超スマート社会の実現にむけた重要課題に取り組む革新的な提案、IoT に関わる広範囲な情報科学技術を融合する挑戦的な提案、既存技術に対する優位性、IoT 領域の戦略目標への具体的な貢献シナリオ、社会実装に向けた適用アプリケーションやサービスと効果検証方法等が明確になっている提案等を、高く評価する方針をもって研究課題の選考を実施した。

② 選考方法

選考は、11名の領域アドバイザーの協力を得て研究総括が行った。応募研究課題1件に対して最低3名の領域アドバイザーが査読を行い、その結果をもとに書類選考会において、各年約20件の面接選考対象者を決定した。その後、面接選考と総合討議により、採択候補研究課題を決定した。

提案された研究課題の評価にあたっては、本研究領域の戦略目標を着実に達成するために、下記に示す評価基準への満足度や期待度を重視し、選考を行った。

- ・戦略目標の着実な達成に向け、新しい原理に基づく革新的技術の創出、IoTシステム全体性能の飛躍的向上やセキュリティの強化、時空間制約やエネルギー制約の根本課題の克服等を目指す提案であること
- ・提案にあたり、さきがけを通じて日本の存在感を示し、積極的に世界と協働する研究姿勢が見える提案であること
- ・次世代IoT技術は多くの省庁や企業等で様々な開発がしのぎを削って行われているが、本研究領域では更なる先を目指した基礎研究を大胆な発想をもって取り組む研究構想であること
- ・未来に対するビジョンを持ち、世界にインパクトを与え、科学技術イノベーションや未来社会の実現につながる研究に熱意をもって取り組む提案であること

この結果として、国際競争力や技術成果の社会インパクトが期待できる研究提案を採択できた。採択された研究者には、領域アドバイザーや研究領域内の研究者、更にはAIPネットワークラボの枠組みを活用したコラボレーションを通じて、研究課題の着実な実行と、成果の更なる発展を精力的・自律的に目指すことを期待し、育成を行った。

③ 選考結果

2019年度から3年間募集を行い、応募総数138件に対して、面接対象58件、最終的に採択は28件となった。女性研究者は2名、外国籍研究者は2名である。年度別の詳細を表1に示す。

表1 応募・採択状況一覧

年 度	応募件数	書類選考採択 件数	面接選考採択件数		
			採択件数	女性	外国籍
2019 年度	55	20	10(2)	0	0
2020 年度	50	20	10(1)	1	1
2021 年度	33	18	8	1	1
合 計	138	58	28(3:特定課題)	2	2

(2) 戦略目標に対する研究課題の位置づけ

採択研究課題を整理し、サービス・ミドルウェア・基本ソフトウェア・ハードデバイスのシステム階層と、リアルタイムデータ統合・リアルタイムデータ流通・IoTセキュリティ・IoT プライバシーの技術領域で配置した図 2 に示すポートフォリオとしてまとめた。

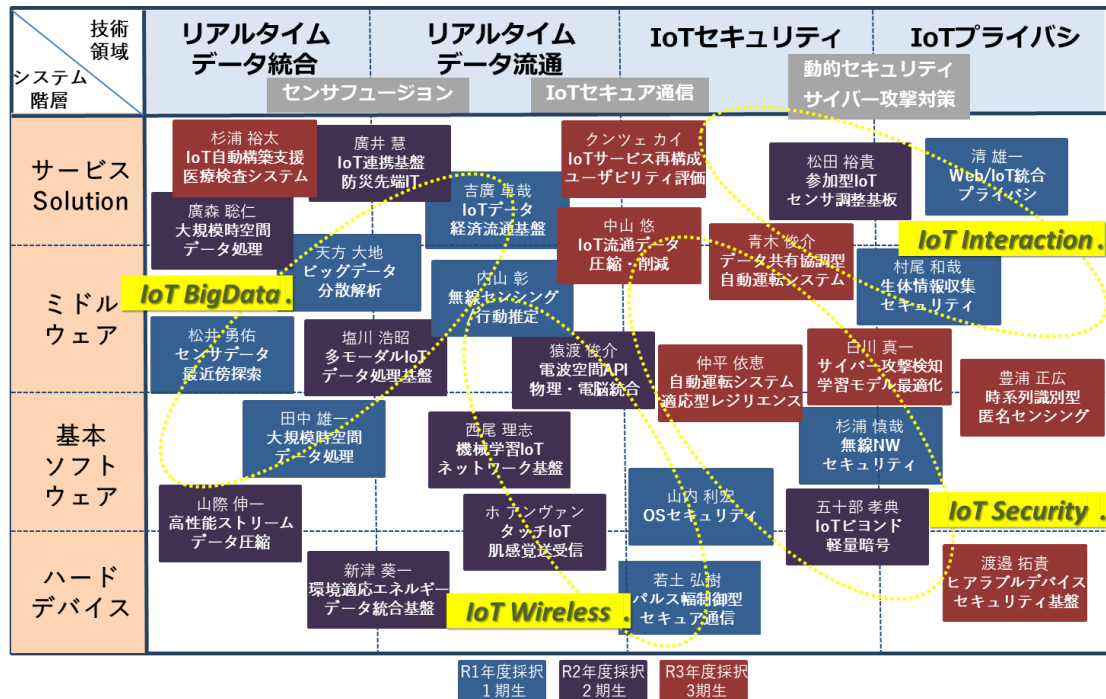


図 2 採択課題のポートフォリオ

2019 年～2021 年の 3 回公募を通して採択された 28 件の研究課題は、技術領域とシステム階層に偏ることなくバランスした研究課題であり、様々な研究連携により新しい成果発展の可能性を期待できる革新性・挑戦性の高い研究課題であった。本研究領域の達成目標である、「IoT 機器から得られる多種大量のデータをリアルタイムに分散多段処理するための要素技術の開発」「IoT 機器に対する AI 等による高度化した攻撃の対処や機密情報等、IoT セキュリティのための要素技術の開発」を構成する要素技術を図の黄点枠で示した 4 つ (IoT ビッグデータ、IoT ワイヤレス、IoT セキュリティ、IoT インタラクション) の統合・融合技術領域での更なる研究成果の発展が期待できる最適な研究課題採択であったと考える。

4. 領域アドバイザーについて

本研究領域の領域アドバイザーには、IoT 関連技術への卓越した知見だけでなく、Society5.0 として期待される未来社会像への見識も求められる。このため、関連する各分野（ビッグデータ、分散システム、リアルタイムシステム、情報通信ネットワーク、暗号、システム・情報セキュリティ、数理・最適化、人工知能・マルチエージェント）に精通するアカデミアの専門家をバランス良く委嘱するのみならず、企業に所属する専門家にも参画を依頼した。

これにより、各採択課題での最先端研究開発・基盤技術創出の視点に、IoT 技術が拓く未来社会におけるイノベーション創出の視点を加えた、総合的議論と研究者への意識付けが可能となり、戦略目標達成にむけた研究開発を採択研究者と領域アドバイザー・研究総括が一体となり推進する領域体制を、表 2 のとおり構築した。

表 2 領域アドバイザー一覧

領域アドバイザー名 (専門分野)	着任時の所属 ¹	役職	任期
板谷 聡子 (無線ネットワーク)	情報通信研究機構	主任研究員 (研究マネージャ)	2019 年 4 月～2025 年 3 月
荻野 司 (セキュリティ)	重要生活機器連携セ キュリティ協議会 ／情報セキュリティ 大学院大学	代表理事 ／客員教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
菊池 浩明 (情報セキュリティ)	明治大学	専任教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
栗原 聡 (分散人工知能)	慶應義塾大学	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
佐古 和恵 (暗号・数理)	日本電気 (早稲田大学)	特別技術主幹 (教授)	2019 年 4 月～2025 年 3 月
戸辺 義人 (分散システム・IoT)	青山学院大学	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
中澤 仁 (分散システム・IoT)	慶應義塾大学	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
原 隆浩 (ビッグデータ)	大阪大学	教授	2019 年 4 月～2025 年 3 月
東野 輝夫 (分散処理)	大阪大学 (京都橘大学)	教授 (副学長・教授)	2019 年 4 月～2025 年 3 月
吉岡 克成 (セキュリティ)	横浜国立大学	准教授 (教授)	2019 年 4 月～2025 年 3 月
高島 洋典 (メディア情報)	科学技術振興機構	フェロー	2019 年 4 月～2022 年 3 月

¹変更/移動のあった場合、下段に括弧つき記載

特に、さきがけ研究を進めるにあたっては、グローバル視点で世界を牽引する研究リーダーの輩出を目指した人材育成の視点が重点であり、研究に対する多角的な視点を活用できる人的ネットワークを構築する能力が必要不可欠となる。そのため、研究者のみではアプローチが難しい諸分野との交流・連携を進めることを考慮して、様々な分野で世界的に幅広い人脈を有しており、NSF や Horizon 等を含む国際共同研究や経済産業省・総務省等の大型プロジェクトでの研究開発・研究マネジメント経験を有する最先端トップの研究者・有識者に、本研究領域の運営へ参画頂いた。

5. 研究領域のマネジメントについて

(1) 研究課題の進捗状況の把握と評価、研究課題の指導

本研究領域では、IoT 技術領域においてイノベーションの源泉となる先駆的な成果が期待できる 28 件の革新的・挑戦的な研究課題を採択し、(1) 既存技術に対する優位性、(2) IoT 領域の戦略目標への具体的な貢献シナリオ、(3) 社会実装に向けた適用アプリケーションやサービスと効果検証方法等の明確化・詳細化を熟慮した研究を推進してもらった。

先ず、採択した各研究者の研究環境を確認するため、研究室を訪問するサイトビジットを全員に対して実施した。研究者の採択時の研究推進体制や環境整備状況を把握し、研究者と研究方針・研究進捗に対しての議論を行い、各研究者の環境に応じた指導・助言を実施した。

研究課題の進捗状況を把握し、研究成果や今後の展開にむけて指導を行うことを目的とし、年 2 回、一泊二日を基本とした領域会議も実施してきた。領域会議においては、研究総括・領域アドバイザーのみで領域運営会議を実施し、研究課題の個別評価や領域運営に関する議論を行い、研究課題の成果最大化を目指した。更に、研究者の研究期間最終年度には、一般公開の成果展開シンポジウムを開催し、学術関係者・民間の開発技術者・サービス構築者・エンドユーザを対象とし、各研究課題の成果のアピールと社会実装に向けたプロモーション活動を実施した。

更に、研究リーダーとして将来の大型プロジェクトを牽引するリーダーシップやマネジメントスキルの育成にむけた指導を目的とし、採択研究者主導で研究成果プロモーションと研究コミュニティ活性化を狙う定期的な国内学会イベントの企画・運営・実施を支援した。

①領域会議および成果展開シンポジウム、②国内学会イベント定期開催について、以下に詳述する。

① 領域会議および成果展開シンポジウム

3 回の成果展開シンポジウムを含む領域会議を表 3 のとおり 11 回実施した。基本的には採択研究者が進捗・成果について報告を行い、領域メンバ全体で技術討議を行う形態である。領域会議においては Slack を活用し、口頭での質疑応答以外にも研究成果・動向に関する情報交換や研究連携を促進する雰囲気・場を作るよう会議運営を行った。

各領域会議のナイトセッションにおいては、領域アドバイザーに加え、海外研究者や海外で活躍する日本人研究者を招聘し、グローバルな技術動向や研究推進に関する知見・経験を共有すると共に、Society5.0 が目指す未来社会における将来 IoT ユースケースの構想・技術課題と必要となる研究連携について継続的な討議を行った。

成果展開シンポジウムでの招待講演においては、ERATO 研究代表を経験した川原圭博教授（東京大学）と稲見昌彦教授（東京大学）、さきがけ「新しい社会システムデザインに向け

た情報基盤技術」の研究総括であった黒橋禎夫所長/教授（国立情報学研究所(NII)/京都大学）に、最先端の研究トピックを紹介頂くとともに、更なる成果発展・社会実装・研究力強化に向けた助言を頂き、研究リーダー育成の視点も十分に配慮した領域運営を心掛けてきた。

表 3 領域会議開催一覧

	日程	場所	特記事項	備考
第 1 回	2019/12/21	AP 東京丸の内		領域キックオフ
第 2 回	2020/5/22～23	オンライン (Zoom)		板谷 AD、荻野 AD
第 3 回	2021/1/8～9	オンライン (Zoom)		招待講演： 志賀信康(NICT)、 藤巻遼平(dotDATA)、 Onur Altintas (TOYOTA InfoTech Labs)、菊池 AD
第 4 回	2022/5/21～22	オンライン (Zoom)		招待講演： 中尾彰宏(東大) 栗原 AD、東野 AD
第 5 回	2022/12/17～18	L stay&grow 南砂町		徳田総括
第 6 回	2022/6/14～15	JST 東京本部別館 2 階 A①A②		
第 7 回	2022/12/2～3	JST 東京本部別館 1 階 ホール	1 期生成果展開 シンポジウム	基調講演： 川原圭博(東大)、原 AD
第 8 回	2023/6/2～3	京都山科ホテル山楽		
第 9 回	2023/12/1～2	JST 東京本部別館 1 階 ホール	2 期生成果展開 シンポジウム	基調講演： 稲見昌彦(東大)、 栗原 AD
第 10 回	2024/5/24～25	沖縄科学技術大学院大 学、NICT 沖縄電磁波 技術センター		研究成果・施設見学
第 11 回	2024/11/29～30	JST 東京本部別館 1 階 ホール	3 期生成果展開 シンポジウム	基調講演： 黒橋禎夫(NII・京大)、 菊池 AD

② 国内学会イベント定期開催

研究成果を広く周知するとともに、将来 IoT の切り拓く未来社会像をより広範な研究者・技術者と議論することを目的とし情報科学技術フォーラムおよび情報処理学会全国大会に

において、研究者主導の企画セッションを開催し、IoTに関わる広範な技術領域に従事する研究コミュニティの活性化に貢献した。企画セッション名・構成・発表者選定・学会事務局対応を、採択研究者が行うことが特徴であり、表4に示すとおり7回に渡り継続的に実施できた点は、領域内研究者の連携マインドの醸成と研究連携促進に貢献できたものとする。

表4 国内学会イベント開催一覧

イベント名	日程	企画セッション名	オーガナイザ
人工知能学会全国大会 JSAI2021（第35回）	2021/6/11	共生インタラクションとIoT が拓く Society5.0	栗原 AD、間瀬総 括、徳田総括
情報科学技術フォーラム FIT2021	2021/8/26 オンライン	IoT が拓く未来：～アフター コロナ社会に向けた IoT の将 来像を探る～	徳田総括、桐葉
サイエンスアゴラ	2021/11/13	人とAIとの共生：日本型AI における人間中心とは？	※中澤AD、廣井、 松田が登壇
情報処理学会全国大会 （第83回）	2022/3/3 オンライン	IoT が拓く未来：～2030 年の 未来予想図～	内山・村尾
情報科学技術フォーラム FIT2022	2022/9/14 慶応義塾大学	IoT が拓く未来：～IoT 技術が 起こす近未来の社会変革とは ～	吉廣・田中
情報処理学会全国大会 （第84回）	2023/3/2 愛媛大学	IoT が拓く未来：超スマート 社会に向けた最新研究と将来 像	西尾・塩川
情報科学技術フォーラム FIT2023	2023/9/7 大阪公立大学	IoT が拓く未来：IoT 技術によ る異分野融合	廣森・ホ
情報処理学会全国大会 （第85回）	2024/3/16 電気通信大学	IoT が拓く未来：最前線から 見る IoT 技術の多面的進化	白川・中山
情報科学技術フォーラム FIT2024	2024/9/6 広島工業大学	IoT が拓く未来：センサデー タから見る人間の世界	渡邊・豊浦

(2) 研究課題間や他の研究領域、国内外の研究機関、異分野との融合・連携・協力の推進

本研究領域では、各研究者が取り組む基盤・要素技術がいかに融合・統合されて科学技術イノベーションを創出するかに対して領域として取り組むこととし、社会実装に向けた適用アプリケーションやサービスの明確化・詳細化に資する活動を推進した。以下では、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)が提供する①社会実装を加速化する企業・ユーザコミュニティ支援活動 (SciFoS・サイエンスインパクトラボ等)、と本研究領域が独自に実施した②研究課題間や国際研究者との連携促進・推進支援活動について、詳述する。

① 社会実装を加速化するコミュニティ構築支援（SciFoS、サイエンスインパクトラボ他）

戦略的創造研究推進事業が支援する SciFoS（社会のためのサイエンス）は、研究の成果がどのような社会的価値を創造し、またはどのような社会的ニーズを満たすものなのかについて、研究者自身が“価値仮説”を立て、研究（室）の外にインタビューに出て、これを検証し、自分の研究を社会からの期待の中で位置づけ直す作業を行うことを通じ、今後の研究のステップアップにつなげる活動である。起業・ソリューション構築の専門アドバイザーと企業インタビューコーディネータの支援を得て、3社以上の民間有識者と議論し、研究成果の社会実装にむけた利用者・市場ニーズの分析、研究成果を活用しうる企業パートナー候補の検討を実施する。

研究領域として SciFoS 活動の参加を推奨し、下記のメンバが活動し、研究成果の活用について研究者自身の仮説の検証を行うとともに、新しい利活用事例の発見や共同研究のパートナーとなり得る企業の探索など研究推進計画の微調整（ステアリング）を行った。

- ・2020 年度：内山彰研究者、吉廣卓哉研究者
- ・2021 年度：ホアンヴァン研究者、廣井慧研究者、新津葵一研究者
- ・2022 年度：仲平依恵研究者、豊浦正広研究者
- ・2023 年度：仲平依恵研究者、渡邊拓貴研究者

更に、先端研究者と参加者の間に共創の土壌となる関係性を構築し、社会実装プランを創出することを目的とする、JST 提供の共創プログラムにも積極的に参加して貰った。この社会技術研究開発センター（RISTEX）が提供するサイエンスインパクトラボは、「先端の研究開発を行う研究者」と「社会課題解決に取り組むプレイヤー」が約3ヶ月に渡って、科学コミュニケーターなどが伴走支援しながら、オンラインコミュニティでの日常的なコミュニケーション、参加者交流会1回、オンラインワークショップ3回を実施するプログラムである。本研究領域では3名の研究者が下記タイトルの社会実装プランの策定を行った。また、技術成果アピールについて、新技術説明会や CEATEC 出展等の機会を活用した。

- ・2020 年度：村尾和哉研究者：生体情報の革新的な利活用を通じた新たな社会的価値の創出
- ・2022 年度：松田裕貴研究者：街があなたの「相棒」に -あなたの“ツボ”を刺激する街の IoT-
- ・2024 年度：豊浦正広研究者：匿名センシングデータが普及する未来において暮らし、サービスはどう変容するだろうか

② 研究課題間や国際研究者との連携促進・推進支援

これまでに説明したように、新しい原理に基づく革新的技術の創出、IoT システム全体性能の飛躍的向上、セキュリティ強化、時空間的制約やエネルギー制約等の根本課題克服を実現するには、個人研究による高度な要素技術の着実なる達成に加え、成果達成の一步先を見据えることができる大胆な発想力、複数の要素技術を融合することで初めて可能となる未

来社会像のビジョン構築力・研究視野拡大、最先端技術の社会実装を世界の研究者との協働・共創により推進する人脈とリーダーシップを育成することが重要である。

本研究領域では上記のトップリーダー育成・国際研究連携の促進支援と研究成果の国際的なプロモーションを目的として、オウル大学 (University of Oulu) が牽引する 6G Flagship プロジェクト (<https://www.6gflagship.com/>) との連携と海外ショートビジットの実施、および AIP ネットワークラボが共催する国際イベント運営への貢献を実施した。

・ オウル大学 6G Flagship プロジェクトとの連携

フィンランド・オウル大学が中心メンバとなり活動している 6G Flagship プロジェクトは、6G が可能にする無線スマート社会とエコシステム構築に向けた 2026 年度までのプロジェクトで、ユーザ志向社会サービスから、自律システム、AI、ソフトウェア工学、組込システム、無線&センサ、材料まで、多岐にわたる研究活動より構成されている。Society5.0 が描く超スマート社会は 6G が拓く未来社会であり、本研究領域が挑戦する技術分野とも親和性・関連性が高いため、健全なる競争原理に基づく研究成果の高度化、技術補完による統合技術の国際競争力の強化、多彩なコミュニティメンバによる研究成果アセスメントの精緻化等に向け、プロジェクト間連携を行った。

2021 年度の交流ワークショップでは、相互のプロジェクトが取り組む研究内容の全体像把握と、高い効果が期待できる連携研究課題の洗出しを行い、2022 年度の招聘ワークショップならびに 2023 年度の訪問ワークショップにおいて、6G 環境における将来 IoT サービスを支えるプラットフォーム基盤（ワイヤレス、セキュリティ、データ分析、アプリケーション支援の 4 分野）における、技術連携可能な研究課題と連携施策について討議を行った。具体的な競争的資金公募プログラムへの応募には至らなかったが、ホワイトペーパーやビジョン論文の共同執筆等の成果につながった事例もあり、ビジョン構築力育成や研究視野拡大の観点からは有益な成果が得られたと考える。将来的には、EC の Horizon プロジェクト (Framework Program 9* and 10) や NICT が公募する国際連携課題への共同提案に結実していくことを期待している。

*https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

・ 海外ショートビジット

研究者の視野を広げるために、海外ショートビジットを実施し、2022 年度には米国シリコンバレー、2023 年度には英国、ドイツ、フィンランド、2024 年度には米国ピッツバーグを訪問し、活発な意見交換を行った。現地の研究者とのワークショップも開催し、人脈形成と国際的研究連携の実施等を後押しすることにより、グローバリゼーションマインドを醸成する工夫を行った (表 5)。

表5 オウル大学連携&海外ショートビジット開催一覧

日程	交流・訪問先			参加人数
2021/09/21～22	オウル大学（オンラインワークショップ） 6G Flagship Project funded by Finland Government			20
2022/08/24～26	オウル大学（招聘・技術交流ワークショップ@JST 別館） Prof. Jukka Riekkilä, Prof. Suzanna Pirttikangas、他 11 名			28
2022/09/26～ 10/01	スタンフォード大学	カリフォルニア大学バークレー校 (UCB)	NTT Experience Center、Plug & Play Tech Center、Google、Amazon	10
2023/08/28～ 09/03	ケンブリッジ大学 Prof. Andy Hopper Prof. Frank Stajano 他	ドイツ人工知能研究センター (DFKI) Prof. Antonio Kruger Prof. Andreas Dengel 他	オウル大学 Prof. Jukka Riekkilä Prof. Suzanna Pirttikangas 他	10
2024/08/19～23	カーネギーメロン大学 ECE Special Collaborative Research Seminar で 8 名が講演 Prof. Raj Rajkumar (CPS, Real-time Systems) Anthony Rowe (Embedded Sensing, MR/Spatial Computing) Carlee Joe-Wong (Network economics/Data pricing) 他 5 名			8

米国シリコンバレーショートビジットでは、採択研究者の国際的コミュニティ構築によるビジョン構築力とリーダーシップの育成を目的とし、国際的に活躍するトップ若手研究者（スタンフォード・UCB）との技術ワークショップ、関連研究プロジェクトへの訪問・技術討議を実施することで、採択研究者の育成と IoT 領域全体としての国際コミュニティ構築の一助とすることができた。更に、インキュベーションセンターやベンチャー企業への訪問・技術討議を実施し、採択研究者のビジョン構築力の向上と IoT 領域としての社会実装に向けた成果大型化に向けた意識付けを行うことができた。

欧州ショートビジットでは、国際的に活躍する多くのトップ研究者が在籍する英国ケンブリッジ大学計算機科学科、ドイツ人工知能研究センター（DFKI カイザースラウテルン&ザールブリュッケン拠点、オウル大学情報工学部を訪問し、IoT に関わる分散処理、AI、セキュリティ、データ処理に関する研究討議を実施した。採択研究者に関連する研究プロジェクトの動向把握、トップ研究者との技術討議、研究連携の探索議論を行うことにより、参加した採択研究者の育成と IoT 領域全体としての国際コミュニティを構築することができた。

米国ピッツバーグショートビジットでは、国際的に活躍する多くのトップ研究者が在籍するカーネギーメロン大学電気計算機研究科を訪問し、IoT に関わる分散処理、AI、セキュ

リティ、データ処理に関する研究討議を実施した。採択研究者に関連する研究プロジェクトの動向把握、トップ研究者との技術討議、研究連携の探索議論を行うことにより、参加研究者のビジョン構築力の向上や研究成果の社会実装に向けた成果大型化を狙う動機付けを行うことができた。

・AIP ネットワーク共催イベント運営への貢献

本研究領域が参画する AIP ネットワークラボでは、AI、ビッグデータ、HCI、IoT 研究分野の第一線で活躍している日欧研究者の研究成果の共有、将来的な研究連携活動の活性化、技術競争力強化に向けた国際連携に資する人脈形成を目的とし、欧州情報処理数学研究コンソーシアム (ERCIM) との共催ワークショップを 2020 年度より開催している。

本研究領域の採択研究者のリーダーシップ強化・育成と研究成果の国際発信・成果展開を目的とし、共催ワークショップの企画・運営への積極的な貢献を推奨し、表 6 に示すように廣井慧研究者、西尾理志研究者、仲平依恵研究者、田中雄一研究者、内山彰研究者がワークショップ運営に貢献した。特に第 4 回・第 5 回においては、人間機械協調における信頼性・安全性、不確実ビッグデータから実知識の導出、データ指向研究プロセスにおける AI の信頼性、スマート社会におけるインフラとサービスレジリエンスの 4 課題について、深刻化する社会課題とそれを解決する研究課題、今後の日欧研究連携の可能性について討議を行った。

表 6 ERCIM/JST 共催イベントへの貢献一覧

開催回	日程	場所	貢献
第 1 回	2021/2/18～19	オンライン (Zoom)	—
	https://ercim-news.ercim.eu/en125/joint-ercim-actions/ercim-jst-joint-symposium-on-big-data-and-artificial-intelligence		
第 2 回	2021/12/08～09	オンライン (Zoom)	プログラム委員: 廣井 (2 期生)、 招待講演: 西尾 (2 期生)
	https://sites.google.com/view/jstercim2021		
第 3 回	2022/10/21～22	INRIA* (ベルサイユ)	プログラム委員・招待講演: 仲平 (2 期生)
第 4 回	2023/10/03～05	京都タワーホテル	討議グループオーガナイザ: 田中 (1 期生)
	https://ercim-news.ercim.eu/en136/jea/report-on-the-4th-joint-jst-ercim-workshop		
第 5 回	2024/10/17～18	SZTAKI* (ブダペスト)	討議グループオーガナイザ: 内山 (1 期生)
	https://www.ercim.eu/events/5th-ercim-jst-joint-workshop-2024		

*INRIA : Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique

*SZTAKI : HUN-REN Institute for Computer Science and Control

様々な施策によるグローバルコミュニケーションの結果得られた議論内容や構築した人脈を活用し、グローバルなトップ研究者コミュニティへの参画、新規コミュニティの構築・拡大を更に推し進めることにより、革新性・創造性の高い研究課題への挑戦や、波及効果・影響力の高い研究動向（ストリーム）の創出に、今後も採択研究者が果敢に取り組んでいくことが期待できる。

(3) 研究費配分上の工夫

各研究者の研究計画に基づき毎年度初めに成果目標・予算計画を承認することを基本として、研究進捗や研究環境変化に伴う研究予算見直しを定期的に行った。特に、研究増額に関わる支援を以下に示す。なお、JST による増額としては「総括裁量経費」「国際強化支援・共同 FS」「スタートアップ支援・男女共同参画」などがある。

表 7～10 にそれぞれの配分施策の適用状況を示す。研究開発実施の効率化、領域内外の研究者との研究連携の促進、リーダシップ育成・人脈形成を目的とする海外視察・討議等、研究進捗や研究負荷などを考慮した適切なタイミングで配分支援を行うことで成果最大化を実現できるよう運営的な配慮を行った。

・総括裁量経費

表 7 総括裁量経費の対象者と用途

年度	対象者
2021 年度	—
2022 年度	研究加速 (2022/7) : 村尾和哉
2023 年度	研究加速 (2023/7) : 五十部孝典、猿渡俊介、西尾理志、松田裕貴、クンツェカイ、白川真一、仲平依恵、中山悠 欧州 SV (2023/7) : 内山彰、村尾和哉、若土弘樹、西尾理志、松田裕貴、ホアンヴァン、山際伸一、白川真一、豊浦正広、仲平依恵
2024 年度	研究加速 (2024/6) : 青木俊介、白川真一、仲平依恵、中山悠 北米 SV (2024/6) : 内山彰、村尾和哉、若土弘樹、ホアンヴァン、仲平依恵、松田裕貴、白川真一
合計	延べ 13 件 (研究加速)、17 件 (海外ショートビジット)

・国際強化支援・成果展開/共同 FS

表 8 国際強化支援・成果展開/共同 FS の対象者と用途

年度	対象者
2020 年度	国際強化 (2020/4) : 村尾和哉 共同 FS (2020/7) : 内山彰、若土弘樹

2021 年度	成果展開（2021/7）：村尾和哉、廣井慧 国際強化（2021/7）：新津葵一、ホアンヴァン 共同 FS（2021/11）：吉廣卓哉、若土弘樹 成果展開（2021/11）：猿渡俊介
2022 年度	北米 SV（2022/9）：内山彰、村尾和哉、吉廣卓哉、若土弘樹、ホアンヴァン、仲平依恵、豊浦正広、渡邊拓貴 成果展開（2022/7）：中山悠
2023 年度	—
2024 年度	—
合計	延べ 19 案件

・スタートアップ支援

表 9 スタートアップ支援の対象者

年度	対象者
2021 年度	—
2022 年度	田中雄一（2022/12）
2023 年度	新津葵一（2023/4）
2024 年度	—
合計	延べ 2 名

・男女共同参画

表 10 男女共同参画支援の対象者

年度	対象者
2021 年度	—
2022 年度	出産・子育て・介護支援（2022/4）：中山悠
2023 年度	出産・子育て・介護支援（2024/4）：中山悠
2024 年度	出産・子育て・介護支援（2024/4）：杉浦裕太、中山悠
合計	延べ 4 名

(4) 研究領域としての人材の輩出・成長の状況

本研究領域での活動を通して、多くの研究者がキャリアアップ・スキルアップを実現した。本さきがけ研究で得た財産を糧にして、海外も見据えた更なるキャリアアップと意識改革を期待する。採択研究者のトップ研究者としての成長状況とそれを裏付ける業績について、昇任・異動、顕彰・受賞、国際学会での主な招待講演、競争的資金獲得状況、書籍・総説等の執筆・出版の視点から記載する。

・研究者の昇任・異動状況

承認・異動した研究者は研究期間終了後も含めると表 11 に示すとおり 15 名となっており、本研究領域の研究者に対する評価は極めて高いことが伺える。

表 11 採択時から現在までのキャリアアップ・異動状況（所属・役職）

採択年度	研究者名	採択時	終了時	2024 年 12 月
2019 年度 (1 期生)	内山 彰	大阪大学・助教	大阪大学・准教授	
	清 雄一	電気通信大学・准教授	同左	電気通信大学・教授
	田中 雄一	東京農工大学・准教授	大阪大学・教授	
	松井 勇佑	東京大学・助教	東京大学・講師	
	村尾 和哉	立命館大学・准教授	同左	立命館大学・教授
	山内 利宏	岡山大学・准教授	岡山大学・教授	
	吉廣 卓哉	和歌山大学・准教授	同左	和歌山大学・教授
2020 年度 (2 期生)	五十部 孝典	兵庫県立大学・准教授	兵庫県立大学・教授	
	新津 葵一	名古屋大学・准教授	京都大学・教授	
	西尾 理志	京都大学・助教	東京工業大学・准教授	東京科学大学・准教授
	ホ アンヴェン	北陸先端科学技術大学院大学・准教授	同左	北陸先端科学技術大学院大学・教授
	松田 裕貴	奈良先端科学技術大学院大学・助教	同左	岡山大学・講師
2021 年度 (3 期生)	白川 真一	横浜国立大学・准教授	横浜国立大学・教授	
	豊浦 正広	山梨大学・准教授	山梨大学・教授	
	渡邊 拓貴	北海道大学・助教	公立はこだて未来大学・准教授	

・国内外の顕彰・受賞

文部科学省や各種学会からの代表的な受賞を表 12 に示す。

表 12 研究者の主な受賞歴

採択年度	研究者名	受賞名 授与者	受賞時期
2019 年度 (1 期生)	天方 大地	Best Paper Award The 32nd International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2021)	2021/09/30
	天方 大地	マイクロソフト情報学研究賞 情報処理学会	2023/03/03

	内山 彰	IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 情報処理学会/IEEE-Computer Society	2022/01/27
	内山 彰	JIP Specially Selected Paper 情報処理学会	2022/02
	杉浦 慎哉	日本学術振興会賞 日本学術振興会	2022/02/03
	清 雄一	IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 情報処理学会/IEEE-Computer Society	2021/02/26
	清 雄一	Best Paper Award IEEE International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (icCECE)	2021/08/17
	清 雄一	船井学術賞 船井情報科学振興財団	2022/05/21
	清 雄一	電気通信普及財団賞[テレコム学際研究賞] 電気通信普及財団	2024/03
	村尾 和哉	IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 情報処理学会/IEEE-Computer Society	2020/03/06
	村尾 和哉	Best Paper Award The 19th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia Intelligence (MoMM2021)	2021/12/01
	若土 弘樹	2022-2023 Top Cited Article Certificate Electronics Letters	2024/07
2020 年度 (2 期生)	五十部 孝典	第 7 回 辻井重男セキュリティ論文賞優秀賞 日本セキュリティ・マネジメント学会	2022/09/01
	五十部 孝典	文部科学大臣表彰若手科学者賞 文部科学省	2023/04/01
	五十部 孝典	末松安晴賞 電子情報通信学会	2023/08/01
	猿渡 俊介	情報処理学会論文賞 情報処理学会	2023/06/01
	塩川 浩昭	第 14 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2022) 優秀論文賞 データ工学と情報マネジメントフォーラム	2022/06/24
	新津 葵一	令和 3 年度 SCOPE 研究開発奨励賞 総務省 (戦略的情報通信研究開発推進事業事務局)	2022/02
	西尾 理志	末松安晴賞 電子情報通信学会	2022/06/09
	西尾 理志	Best Demo Award Runner-Up (2nd Place) IEEE CCNC 2024	2024/01/09
	西尾 理志	KDDI Foundation Award (奨励賞) KDDI 財団	2024/09/26
	廣井 慧	第 17 回競基弘賞学術業績賞 特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構	2022/01/14

	廣井 慧	IWIN Best Paper Award 15th International Workshop on Informatics (IWIN2021)	2021/09/13
	廣井 慧	IWIN Best Paper Award 16th International Workshop on Informatics (IWIN2022)	2022/09/01
	ホ アンヴァン	Best System Paper Award Finalist Robotics: Science and System Conference	2023/07/14
	ホ アンヴァン	Best Paper Award Finalist 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	2024/01/11
	松田 裕貴	優秀論文賞 情報処理学会マルチメディア，分散，協調と モバイルシンポジウム実行委員会	2022/07
	松田 裕貴	2022 年度優秀発表賞 電子情報通信学会 センサネットワークとモ バイルインテリジェンス研究専門委員会	2023/07/14
	松田 裕貴	2022 年度若手研究奨励賞 電子情報通信学会 センサネットワークとモ バイルインテリジェンス研究専門委員会	2023/07/14
2021 年度 (3 期生)	青木 俊介	高柳健次郎研究奨励賞 高柳健次郎財団	2022/01/01
	青木 俊介	船井研究奨励賞 船井情報科学振興財団	2022/02/01
	青木 俊介	テレコムシステム技術賞 奨励賞 電気通信普及財団	2022/03/01
	青木 俊介	Innovators Under 35 Japan MIT テクノロジーレビュー	2022/12/01
	杉浦 裕太	IPSJ/ACM Award for Early Career Contributions to Global Research 情報処理学会/ACM (Association for Computing Machinery)	2022/03/03
	杉浦 裕太 渡邊 拓貴	Best Paper Award The ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST) 2024	2024/10
	渡邊 拓貴	情報処理学会論文賞 情報処理学会	2022/06
	渡邊 拓貴	優秀論文賞 情報処理学会マルチメディア，分散，協調と モバイルシンポジウム実行委員会	2023/07
	渡邊 拓貴	Best Paper Award ACM, In Proceedings of the 37th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '24)	2024/10/14

・国際学会での主な招待講演

国際学会での主な招待講演の実績について表 13 に示す。

表 13 国際学会での主な招待講演実績

採択年度	研究者名	学会・イベント名	日時
		講演タイトル	
2019 年度 (1 期生)	清 雄一	Conference on Intelligent Computing, Communication & Applied Technologies (CICCAT) “Privacy-preserving IoT Data Mining”	2019/12/24
	清 雄一	2nd International Conference on AI and Machine Learning “Machine Learning on Differentially Private Data”	2022/10/26
	田中 雄一	International Conference on Image Processing 2020 (Tutorial) “Graph spectral image processing Gene Cheung”	2020/10/01
	松井 勇佑	ACM Multimedia 2020 (Tutorial) “Effective and Efficient: Toward Open- world Instance Re-identification”	2020/10/16
	村尾 和哉	The 4th International Conference on Activity and Behavior Computing “Now and The Future of Activity and Behavior Computing”	2022/10/28
	山内 利宏	The 16th International Workshop on Security (IWSEC 2021) “Large-scale Survey on Secure Development of IoT Devices by Software Analysis and Vendor Interview”	2021/09/10
2020 年度 (2 期生)	塩川 浩昭	Aarhus Workshop on Graph Access and Analysis (AGAN Workshop) “Graph-based Clustering at Scale”	2022/06/27
	塩川 浩昭	Aarhus Workshop on Graph Access and Analysis (AGAN Workshop) “Fast Similarity Search for Large Knowledge Graphs”	2022/06/29
	塩川 浩昭	The 18th Korea-Japan (Japan-Korea) Database Workshop (KJDB 2023) “Massive Graph Analysis at Scale”	2023/10/28
	西尾 理志	IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication “Deep Learning for/in Wireless Networks: Fundamentals and Applications”	2021/04/14

	ホ アンヴァン	The 5th International Conference on Informatics: Engineering, Science and Technology “Adaptive Morphology Facilitates Embodied Intelligence”	2022/10/20
2021 年度 (3 期生)	青木 俊介	DATE (Design, Automation and Test in Europe Conference) “Towards Cooperative Autonomous Vehicles for Mixed Traffic Environments”	2022/03/18
	豊浦 正広	OPTICS & PHOTONICS International Congress “Luminous target marker for vision based motion error measurement of machine tools”	2023/4/18

・競争的資金獲得状況

さきがけ研究実施中、または期間終了後にこれまでの研究成果を発展させ、領域研究者と連携するなどして新たな研究資金を獲得した主なものを表 14 に示す（2024 年 12 月現在）。

表 14 主な競争的資金獲得状況

採択年度	研究者名	公募名	代表	備考
		研究課題名	分担 or 領域内 分担者	
2019 年度 (1 期生)	内山 彰	情報通信研究機構(NICT)・革新的情報通信技術研究開発委託研究 「Integrated Sensing and Communication におけるエッジモバイルコア統合型制御方式の研究開発」	○ —	2024 採択
	杉浦 慎哉	NICT Beyond 5G 研究開発促進事業（一般型）、 「高精度時刻同期に基づく超低遅延デジタルツイン処理基盤の研究開発」、2021 年度採択（分担） NEC	— ○	2021 採択
	杉浦 慎哉	NICT Beyond 5G 研究開発促進事業（一般型）、 「高精度時刻同期に基づく超低遅延デジタルツイン処理基盤の研究開発」、2021 年度採択（分担） シャープ	— ○	2021 採択
	杉浦 慎哉	JST 創発的研究支援事業 「ワイヤレス通信における革新的非直交フレームワークの確立」	○ —	2022 採択
	杉浦 慎哉	JST ASPIRE（先端国際共同研究推進事業・次世代のための ASPIRE）、「次世代ワイヤレス通信のための高周波数帯伝搬路環境の知的統合制御フレームワーク構築」、2023 年度採択（代表）	○ —	2023 採択
	杉浦 慎哉	科学研究費助成事業（科研費）・挑戦的研究（萌芽） 「テラヘルツ帯通信のための一般化統計的伝搬路モデル提案と理論解析フレームワーク構築」	○ —	2024 採択
	清 雄一	科研費・基盤研究(A)	○	2024

		「生成 AI 遍在社会におけるプライバシー保護基盤の創成」	—	採択
	清 雄一	統計数理研究所・公募型共同利用 「シャッフル差分プライバシーの安全性と有用性の向上に関する研究」	○ —	2024 採択
	田中 雄一	JST SICORP (世界のトップ研究者ネットワーク参画のための国際研究協力プログラム) 「グリーン IoT: サイバー空間でフィジカル空間を再構成するための次世代基盤技術」	○ —	2022 採択
	松井 勇佑	JST AIP ネットワークラボ AIP 加速課題 「超高速データサイエンス基盤」	○ 天方 塩川	2022 採択
	村尾 和哉	科研費・基盤研究(B) 「耳装着型デバイス向け非接触入力インターフェースの開発」	○ 渡邊	2024 採択
	山内 利宏	JST K Program (経済安全保障重要技術育成プログラム) 「脆弱性と不正機能検知によるサプライチェーンセキュリティのリスク評価手法の研究開発」	○ —	2024 採択
	若土 弘樹	科研費・基盤研究(B) 「パルス分割多重化: 電磁材料に基づいた通信デバイスの創生と通信特性の解明」	○ 杉浦慎哉	2021 採択
	若土 弘樹	NICT Beyond 5G 研究開発促進事業 「屋内 CP 空間連携に向けた先端半導体-メタサーフェス融合技術の実証実験」	○ 新津	2023 採択
	若土 弘樹	JST 創発的研究支援事業 「古典周波数概念を転換する電磁材料の開拓と応用」	○ —	2022 採択
	若土 弘樹	JST 先端国際共同研究推進事業 (ASPIRE) 「先進電磁材料に基づく電波環境デザインとその数値解析法」	○ —	2024 採択
2020 年度 (2 期生)	五十部 孝典	総務省・電波資源拡大のための研究開発 「5 G 等のための超高速・大容量に対応した共通鍵暗号方式技術 (高速共通鍵暗号)」、2021 年採択	○ —	2021 採択
	五十部 孝典	NICT Beyond 5G シーズ創出型プログラム 「リアルタイム暗号技術とプライバシー保護への拡張」、2022 採択	○ —	2022 採択
	五十部 孝典	科研費・基盤研究(A) 「バイデザインアプローチと高解像度解析に基づく高機能共通鍵暗号技術の開拓」	○ —	2024 採択
	五十部 孝典	JST AIP ネットワークラボ AIP 加速課題 「超低消費電力セキュリティ基盤構築」	○ 新津	2023 採択
	猿渡 俊介	JST ASPIRE 「自律移動体群制御用ワイヤレスネットワークに向けた米国を中心とした国際共同研究開発」	○ —	2024 採択

	猿渡 俊介	科研費・基盤研究(A) 「時空間超高精細同期型ワイヤレスネットワークに関する研究」	○ 若土 杉浦慎哉	2023 採択
	塩川 浩昭	JST 創発的研究支援事業 「整合性検証可能なグラフデータベース」	○ —	2022 採択
	新津 葵一	NEDO 未踏チャレンジ 2050 「涙液糖発電センサとパッシブ通信による自立血糖モニタコンタクト」	○ —	2021 採択
	新津 葵一	内閣府ムーンショット型研究開発事業 (PF) 「生体内サイバネティック・アバターによる時空間体内環境情報の構造化」	— ○	2022 採択
	新津 葵一	科研費・基盤研究(B) 「ローカル双方向無線時空間同期を用いた高空間分解能分散型バイオ集積センサ」、2022 年度採択 (代表)	○ —	2022 採択
	新津 葵一	JST 情報通信科学・イノベーション基盤創出 (CRONOS) 「動的環境順応時空間拡張に資する半導体共進化微細 IoT」	○ —	2024 採択
	西尾 理志	科研費・基盤研究(B) 「多様な環境に適用可能なコンピュータビジョンと無線通信のクロスモーダルセンシング」	○ —	2021 採択
	西尾 理志	科研費・基盤研究(A) 「モビリティ革新に向けた大規模点群のリアルタイム推論のための分散機械学習理論と基盤」	— ○	2023 採択
	西尾 理志	科研費・基盤研究(B) 「無線制御信号から漏洩するプライバシーの保護」	— ○	2023 採択
	西尾 理志	JST ASPIRE 「通信・センシング・学習の融合によるレジリエントサイバー空間生成基盤」	— ○	2023 分担
	西尾 理志	JST ALCA-Next (先進的カーボンニュートラル技術開発) 「ロボットトランスフォーメーションを支える低炭素模倣学習」	— ○	2024 採択
	廣井 慧	JST 創発的研究支援事業 「防災 IT 連携基盤による Crisis Computing の創出」	○ —	2021 採択
	廣井 慧	科研費・基盤研究(B) 「水害時の通信・電力障害の解析基盤の開発と情報到達性向上への応用」	○ —	2024 採択
	ホ アンヴァン	科研費・基盤研究(B) 「ROBIN: Rotation-based Buckling Instability Analysis, and Applications to Creation of Novel Soft Mechanisms」	○ —	2024 採択

	ホ アンヴァ ン	科研費・国際共同研究加速基金(海外連携研究) 「Minimizing the Risk: Mechano- Aerodynamics and Control of Soft- Structured Drones, and Application to Collision-Resilient Flying Robots」	○ —	2024 採択
	松田 裕貴	科研費・若手研究 「エッジ AI の継続的な知識獲得のためのユー ザ参加型アノテーション」	○ —	2024 採択
	松田 裕貴	テレコム先端技術研究支援センター (SCAT) 研 究費助成 「人の心理状態・態度を考慮する AI ミュージ アムエデュケーターの開発」	○ —	2024 採択
	山際 伸一	科研費・基盤研究(B) 「ストリームデータ圧縮の融合符号化による 高信頼データ伝送技術の開発」	○ —	2023 採択
	山際 伸一	JST AIP ネットワークラボ AIP 加速課題 「IoT ストリームデータの適応的圧縮技法の 開発」	○ —	2023 採択
	山際 伸一	科研費・挑戦的研究(萌芽) 「深層学習はハイパフォーマンスな運動をも たらす身体部位を明らかにするか？」		2024 採択
2021 年度 (3 期生)	白川 真一	科研費・基盤研究(B) 「記号回帰モデルのための学習法の再構築と 応用」	○ —	2023 採択
	白川 真一	JST K Program (経済安全保障重要技術育成プ ログラム) 「先進的サイバー防御機能・分析機能強化」	吉岡 ○	2024 採択

・書籍・総説等の執筆、出版

書籍・総説等の執筆・出版の実績について表 15 に示す。

表 15 書籍・総説等の執筆・出版

採択年度	研究者名	種別	タイトル 掲載誌情報	日時
2019 年度 (1 期生)	清 雄一	書籍	A Lightweight Algorithm for Detection of Fake Incident Reports in Wireless Communication Systems chapter in book "Security and Privacy Schemes for Dense 6G Wireless Communication" The Institution of Engineering and Technology (IET)	2023/05/31
	清 雄一	書籍	Statistical Test with Differential Privacy for Medical Decision Support Systems chapter in book "Explainable Artificial Intelligence in Medical Decision Support Systems" The Institution of Engineering and Technology (IET)	2023/03/29
	清 雄一	書籍	Local Differential Privacy for Artificial Intelligence of Medical Things chapter in book "Handbook of Security and Privacy of AI Enabled Healthcare Systems and Internet of Medical Things" CRC Press	
	清 雄一	書籍	Privacy-Preserving Data Collection and Analysis for Smart Cities Human-Centered Services Computing for Smart Cities IEICE Monograph (Springer)	2023/09/01
	田中 雄一	総説	ネットワーク上のデータのためのサンプリング定理—グラフサンプリング定理とその応用— 電子情報通信学会誌	2022/01/01
	田中 雄一	書籍	グラフ信号処理の基礎と応用 コロナ社	2022/12/31
2020 年度 (2 期生)	新津 葵一	書籍	自立駆動型コンタクトレンズ型センサ CMC 出版	2021/03/07

	新津 葵一	書籍	テレワーク社会を支える自立駆動型コンタクトレンズ型センサ CMC 出版	2021/04/26
	西尾 理志	総説	無線ネットワークにおける連合機械学習 電子情報通信学会誌	2022/01/01
	廣井 慧	総説	防災×情報処理 情報処理学会誌	2023/07/01
	ホ アンヴァン	総説	人工知能を活かした広範囲触覚・近接センシングと、協働ロボットへの応用 ロボット	2023/09/17
	松田 裕貴	総説	観光情報学 -スマートツーリズムに向けた研究動向- : 9. 観光客の心理状態推定 -観光に対する感情・満足度の定量的な推定に向けて- 情報処理学会	2021/10/15
2021 年度 (3 期生)	中山 悠	総説	LED と CMOS イメージセンサによる光カメラ通信 月刊 OPTRONICS	2022/02
	中山 悠	書籍	TCP/IP 技術入門 -プロトコルスタックの基礎×実装 [HTTP/3, QUIC, モバイル, Wi-Fi, IoT] 技術評論社	2024/5/10
	中山 悠	書籍	よくわかる IoT データ転送技術 森北出版	2024/5/24
	渡邊 拓貴	総説	モバイル/ウェアラブルデバイスにおけるアクティブ音響センシングの最前線 日本音響学会誌	2024/09

(5) その他マネジメントに関する特記事項

その他のマネジメントに関しては、ライフイベント・コロナ対策への対応や JST 知財部門からの支援、研究成果発表の促進・成果加速化の支援を実施した。

・ ライフイベント・コロナ対策 (Slack、Zoom)

コロナ感染症対策としてオンラインコミュニケーション環境 (Zoom や Slack 等) を領域活動においても有効活用した。研究総括・領域アドバイザー・採択研究者がフラットな雰囲気の中で日常的に情報交換できるような場を提供することでコミュニケーションを促進した。

・ JST 知財部門からの支援活動

領域会議等には知財担当者が参加し、各研究課題を把握してもらい、特許出願の可能性のある課題に関しては研究者との個別相談、知財調査対応等の支援を実施した。

・ 終了者支援、1 年延長

さきがけ研究修了者の論文誌発行および国際学会発表の支援を行う終了者支援制度を、2023 年度は田中雄一研究者、清雄一研究者、村尾和哉研究者、吉廣卓哉研究者、若土研究者、2024 年度はホアンヴァン研究者、廣森聡仁研究者が活用した。

2023 年度より開始したさきがけ成果の技術強化や社会実装推進等の成果最大化を支援することを目的とする 1 年延長制度において、2024 年は西尾理志研究者、山際伸一研究者が加速研究を実施した。

6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について

本研究領域では、戦略目標の達成に向けて多様な研究課題を採択し、それぞれが独創的かつ挑戦的な研究課題に挑戦し、科学的な発見は発明による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に繋がる研究成果を挙げ、国内外に発信を行った。本事後評価時点（1・2期生は研究終了時まで、3期生は2024年12月時点まで）において、本研究領域全体では、査読付き国際論文400件、査読付き国内論文19件、国際招待講演13件、国内招待講演88件、特許出願28件、メディア掲載・プレスリリース51件であった。

また、Stanford/Elsevier's Top 2% Scientist Rankings*において、杉浦（2020～2024）、西尾（2022～2024）、若土（2024）、新津（2020）がリストアップされている点も顕著な成果エビデンスの一例である（* <https://topresearcherslist.com/>）。

以下では本研究領域が目指した達成目標毎に、特に優れた研究成果について具体的内容と今後の期待を記載する。

(1) IoT 機器から得られる多種大量のデータをリアルタイムに分散多段処理するための要素技術の開発

① IoT ビッグデータ

2019年度採択課題（1期生）において、天方大地研究者の並列分散アルゴリズム基盤、松井勇佑研究者の超高速最近傍探索方式、ならびに田中雄一研究者の大規模時空間データ信号処理基盤では、IoT ビッグデータのリアルタイム統合・流通の機能・性能・実装を飛躍的に向上可能とする要素技術・基礎理論を創出した。吉廣卓哉研究者のIoT データ経済流通モデルでは、行動経済学の知見を利活用した新しいIoT センシングの基礎を築いた。

2020年度採択課題（2期生）において、塩川浩昭研究者の高性能マルチモーダルデータ処理基盤、廣井慧研究者のリアルタイムIoT データ連携基盤では、IoT サービスを支えるリアルタイムデータ統合・流通の機能・実装を飛躍的に向上可能とする要素技術と基盤理論を創出・検証した。廣森聡仁研究者の複数UAVを用いた時空間情報センシングでは、多種多様なセンシング情報のリアルタイム共有を実現する新しいIoT センシングの要素技術と実装技術を開拓すると共に、新たなユースケースでの有効性を実証した。山際伸一研究者の高性能ストリームデータ圧縮基盤では、ハードウェアを用いたIoT データ流通の消費電力性能を飛躍的に向上可能とする基盤技術と実装方式を構築した。

2021年度採択課題（3期生）において、青木俊介研究者の安全なデータ共有・協調型自動運転システム基盤では、自動運転に代表されるリアルタイムIoT サービスを支えるデータ統合・流通の機能・性能・安全性を飛躍的に向上可能とする要素技術と基礎理論を創出・検証した。

下記(a) (b) (c)について主たる成果を報告する。

(a) 高水準の発展が見込まれる先駆的な研究成果：

・ 天方大地研究者：

IoT ビッグデータ解析における異種性・不完全性を評価・検出する要素技術として、静的・動的データ密度に基づくクラスタリング問題、距離に基づくアウトライア検出問題、低・高次元空間における近似 k 最近傍問題、(逆) 最大内積探索問題に取組み、当初の達成目標を超える数百倍以上の高速化を実現する並列分散アルゴリズム群を構築した。更には、主要成果アルゴリズム群を全てオープンソース化、MIT ライセンスで広く利用可能なように整備し、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進・加速している。

国際学会 (DEXA) でのベストペーパー受賞とデータ処理分野のフラグシップ難関国際会議 (SIGMOD、RecSys 等) や論文誌 (The VLDB Journal) への複数採択は、顕著な成果・業績であり、データベース・データ処理分野のトップ研究者として飛躍した。確立した並列分散アルゴリズム群を応用する企業や開発研究者との連携、超高速 IoT ビッグデータ解析基盤を活用し様々な社会問題の解決に挑戦する実証的大型研究プロジェクトの獲得等、研究成果の更なる発展が期待できる。

・ 塩川浩昭研究者：

IoT データに対する高性能マルチモーダルデータ処理基盤の開発として、アルゴリズム理論の開拓、IoT データ分析アルゴリズム開発、大規模データ分析アプリケーションやユースケースでの実践・実利用に取り組み、最大 10,000 倍高速化が可能となる性能限界の理論検証や、異種データ類似計算や多次元時系列データクラスタリングアルゴリズムの 100~3,000 倍高速化を達成した。更には、開発手法が創薬分野における標準化合物の高速・高精度検索ライブラリに組み込まれる等、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進した。

大規模分散データ処理分野の最難関国際会議・論文誌 (AAAI、IJCAI、ISWC 等) への複数採択は顕著な成果・業績であり、大規模分散データ処理分野のトップ研究者として飛躍した。確立した超高速データ解析アルゴリズム群を応用する企業や開発研究者との連携、本成果を活用し社会問題の解決に挑戦する様々な新規研究プロジェクトの獲得等の更なる研究成果発展が期待できる。

(b) 世界に先駆けた革新的技術のシーズ (新技術シーズ)：

・ 松井勇佑研究者：

IoT エッジシステムにおいて費用効率・熱効率が優れるものの処理性能は非力である ARM アーキテクチャを対象とし、最近傍探索問題の探索精度を担保したまま処理性能向上とデータ削減を可能とする課題に取組み、直積量子化を用いた探索手法をハードウェア資源 1/2 (128bit) で高速・省メモリに SIMD 演算する方式を確立し、10 倍

を超える性能向上を実現した。更には、車載カメラ画像から物体認識・検出を行う 3 次元点群位置合わせ処理における本最近傍探索方式の高速処理効果を検証し、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進している。

コンピュータビジョン・マルチメディア分野最大の国際学会 (CVPR、ACM Multimedia) でのチュートリアル講演招聘等、高速 3 次元データ処理分野で注目される研究者として飛躍した。研究成果は、特にベクトルデータ類似検索のデファクト標準ライブラリ (faiss) の ARM 部分に採用され実用性が国際的に認められており、最近傍探索ソフトウェアの普及と利活用促進等の大きなインパクトが期待できる。

・ **青木俊介研究者** :

IoT リアルタイムデータ共有・協調の要素技術として、自動運転走行データのセキュア共有方式、複数自動運転システムの衝突危険性・デッドロックを高信頼に回復する協調走行方式、自動運転への生成 AI 適用方式、データ共有基盤のプライバシー保護方式の開発に取り組み、車両を用いたハードウェア実装・ソフトウェア開発により統合システムの機能・性能実証を達成した。更には、生成 AI を自動運転に適用する車載カメラ映像を把握・理解するマルチモーダル学習ライブラリを構築し、オープンソース化し大きな学術的・社会的インパクトを与えている。

IEEE 論文誌 (IoT Magazine、Trans. on Intelligent Transport Systems) や IEEE 国際学会 (Vehicular Networking Conference 等) での論文採択は顕著な成果・業績であり、2022 年高柳健次郎研究奨励賞と MIT Technology Review Innovators under 35 の受賞が示すとおり国際的な活躍が期待される若手研究者として飛躍した。本研究成果を適用した完全自動運転の 2027~2028 年実現に向け、共同創業した Turing 株式会社 (<https://tur.ing/>) において挑戦的な成果展開活動が既に進められており、本成果の更なる成果展開と早期社会実装が期待できる。

(c) **今後が期待される成果** :

・ **田中雄一研究者** :

数千種かつ離散的な IoT センサデータから連続する現実空間を復元する要素技術として、深層展開と呼ばれるアルゴリズム群を拡張した時空間データ復元方式、誤差最小化を可能とする IoT データ向けグラフサンプリング手法、時系列多変量データからの多重時間解像度グラフ推定手法の確立に取組み、基礎理論の構築と精緻かつ高速なアルゴリズム基盤を構築した。更に、グラフサンプリング手法の具体的な社会実装に向けた、海水温等の環境モニタリングを行う移動型 IoT センサ配置手法の実用性に関する検討・分析は時空間制約の克服に資する成果である。

IEEE の著名論文誌 (Trans. on Signal Processing、Signal Processing Journal、Access 等) への複数採択、および研究期間内の論文被引用件数が 2 倍 (計 1733 件) となり、信号処理技術と機械学習技術を融合したネットワーク信号処理という新しい

研究分野を開拓するトップ研究者として飛躍した。超スマート社会におけるデジタルツイン技術の発展やハードウェアと無線通信技術を融合したグリーン IoT 実現による様々な社会課題の解決等に向け、研究成果の更なる発展が期待できる。

② IoT ワイヤレス

2019 年度採択課題（1 期生）において、内山彰研究者のメンテナンスフリーワイヤレス基盤では、反射波による後方散乱通信を利活用した新しい IoT センシングの基礎を築いた。若土弘樹研究者のパルス幅に基づく波形選択メタサーフェスでは、IoT 通信環境におけるセキュリティ課題を根本的に解決可能な基礎理論と新方式を確立した。

2020 年度採択課題（2 期生）において、西尾理志研究者の機械学習向け情報ネットワーク基盤では、IoT サービスを支えるリアルタイムデータ統合・流通の機能・実装を飛躍的に向上可能とする要素技術と基盤理論を創出・検証した。新津葵一研究者のエネルギー・データ統合管理基盤では、ハードウェアを用いた IoT データセンシングの消費電力性能を飛躍的に向上可能とする基盤技術と実装方式を構築した。猿渡俊介研究者の物理・電脳空間を統合する電波空間 API、ホアンヴァン研究者の触覚情報を主とする五感情報の蓄積・共有・解析基盤では、多種多様なセンシング情報のリアルタイム共有を実現する新しい IoT センシングの要素技術と実装技術を開拓すると共に、新たなユースケースでの有効性を実証した。

2021 年度採択課題（3 期生）において、中山悠研究者の可視光通信・データ圧縮基盤では、IoT データ統合・流通プラットフォームのシステム構築運用コストや消費電力性能を飛躍的に向上可能とする基盤技術と実装方式を構築した。

下記(a) (b) (c)について主たる成果を報告する。

(a) 高水準の発展が見込まれる先駆的な研究成果：

・ 西尾理志研究者：

IoT 機械学習向け情報ネットワーク基盤におけるトラヒック量削減・低遅延性向上・プライバシー保護を実現する要素技術として、AI モデルの分散連合学習（Federated Learning）方式と学習した AI モデルを用いた分散推論方式に取り組み、特に推論精度を下げることはない大幅なトラヒック量削減（20～99%）、敵対的生成ネットワークを利用したプライバシー保護性能の向上、パケット損失頻発（60%）環境下での分散推論精度維持等の新技术を確立した。更には、研究成果を Split Computing Framework として実装・オープンソース化し、物体検出や生成系 AI に適用した新たな技術展開の探索や、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進・加速している。

多くの国際論文誌や国際学会に採択された成果は計 180 件以上の被引用を達成する顕著な業績であり、2022 年電子情報通信学会末松安晴賞の受賞を含め情報通信ネットワーク分野における AI（分散連合学習）のトップ研究者として飛躍した。分散連

合学習を応用する企業や開発研究者との連携、ロボティクス・自動運転・セキュリティ領域での新たな社会問題の解決に挑戦する大型研究プロジェクトの獲得等による成果の更なる発展が期待できる。

・ 猿渡俊介研究者 :

実世界空間とサイバー空間を接続する API (Application Program Interface) として電波空間を自在に操作可能とする要素技術として、物理空間情報を抽出するワイヤレスセンシング、低消費電力化で高い通信効率を実現するボックスキャット通信、分散配置された送信アンテナを用いた電波電力伝送に取り組み、特にワイヤレスセンシングにおいては、当初の達成目標を超える位置測位精度 10 倍、測位頻度 100 倍を実現した。更には、本研究成果の一部をオープンソースとして公開し世界中の研究者から利活用可能としており、具体的な社会実装に向けた成果展開を促進・加速している。

情報処理学会での論文賞受賞や国際学会でのベストペーパー受賞、複数の招待講演依頼は顕著な成果・業績であり、ワイヤレスセンシング分野のトップ研究者として飛躍した。国内外研究者との連携を積極的に進めており、ワイヤレス通信・センシング分野での新たな研究プロジェクト(科研費・基盤研究(A))の獲得や米国カリフォルニア大学サンディエゴ校の Dinesh Bharadia 教授との共同研究体制の強化等、研究成果の更なる発展が期待できる。

(b) 世界に先駆けた革新的技術のシーズ(新技術シーズ) :

・ 若土弘樹研究者

新しい電磁材料・波形選択メタサーフェスを活用し、異なる同一周波数電波をパルス幅に基づいて分散処理できる基盤技術として、材料開発、理論開発、デバイス開発、システム開発に取組み、周波数の順序により振舞いを変化させるメタサーフェス、電磁応答特性と回路定数等の設計諸元の導出手法、パルス幅のみで受動的かつ自律的な特性変化を可能とする波形選択アンテナ、メンテナンスフリーIoT タグ選別方式を開発・実用性検証した。特にメタサーフェス開発において、周波数のパルス幅による 2 次元的拡張に加えて、周波数チャネル数に応じた選択性を向上可能とした点は、周波数資源の枯渇制約を克服可能とする社会的インパクトの大きい成果である。

著名論文誌 (Nature Communications、Applied Physics Letters 等) への複数採択は顕著な成果であり、情報通信分野における新しい無線通信の可能性を切り開くトップ研究者として飛躍した。Beyond 5G/6G (B5G/6G) におけるマルチパス干渉抑制等の基盤技術の実用性検証や企業との共同研究による事業化の推進、国際共同研究推進による新たな研究分野・潮流の開拓等、研究成果の更なる発展が期待できる。

(c) 今後が期待される成果 :

・ 中山悠研究者

IoT システムのエネルギー制約を克服する要素技術として、電波通信を代替える可視光通信（OCC）方式、可視光を用いた水中通信方式、OCC を用いた自律走行ロボット・ドローンの経路最適化方式、DDoS 監視データ圧縮方式の開発に取り組み、世界記録となる 512 色 4m エラーレス伝送、LiDAR-SLAM に匹敵する位置推定、30% 飛行時間を短縮するデータ収集方式を実現した。更には、企業との共同研究の推進や、大学発ベンチャー企業 Flyby、UMINeCo) の設立により、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進・加速している (<https://www.flyby.co.jp/>、<https://www.umineco.co.jp/>)。

光通信分野のフラグシップ国際会議（IEEE Optical Fiber Communication Conference: OFC2023）や IEEE の難関論文誌（Trans. on Communications）での論文採択は顕著な成果・業績であり、国際的な活躍が期待されるトップ研究者として飛躍した。既存のセルラ・WiFi・GPS を補完し陸海空を統合する可視光通信を用いた実世界センシングの実現に挑戦する大型研究プロジェクトの獲得・推進や、創業した企業やデファクト標準化活動による更なる成果展開と社会実装加速化が期待できる。

(2) IoT 機器に対する AI 等による高度化した攻撃の対処や機密情報等、IoT セキュリティのための要素技術の開発

① IoT セキュリティ

2019 年度採択課題（1 期生）において、杉浦慎哉研究者の物理信号処理に基づくネットワークセキュリティ、IoT 通信プロトコルにおけるセキュリティ課題を根本的に解決可能な基礎理論と新方式を確立した。山内利宏研究者の IoT マルウェア検知・防御ソフトウェア基盤では、IoT 機器の多種多様な脆弱性を検出し防御可能とする IoT セキュリティの要素技術と実装技術を構築した。

2020 年度採択課題（2 期生）において、五十部孝典研究者の長期的な安全確保を実現するビヨンド軽量暗号では、標準暗号 AES の 1/10 遅延、世界最軽量の回路規模と低消費電力性能を実現した。更に、暗号鍵そのものの漏洩を難読化により防止するホワイトボックス暗号の実現によるセキュリティ課題を根本的に解決する基礎理論と実装方式を確立した。

2021 年度採択課題（3 期生）において、仲平依恵研究者の安全性保証型リアルタイムシステム制御基盤では、自動運転に代表されるリアルタイム IoT サービスを支えるデータ統合・流通の機能・性能・安全性を飛躍的に向上可能とする要素技術と基礎理論を創出・検証した。白川真一研究者のサイバー攻撃検知学習モデルの自動最適化では、セキュリティ技術と AI 技術を融合・統合する分散機械学習・分散推論の技術課題に挑戦し、サイバー攻撃の検知精度や逐次学習性能を飛躍的に向上可能とする基礎理論と実装方式を創出・検証した。渡邊拓貴研究者のヒアラブルコンピューティング・セキュリティ基盤では、ヒアラブルデバイスによるセンシング情報の安心・安全な利活用を実現する新しい IoT セキュ

リティの要素技術と実装技術を開拓するとともに、具体的なユースケースでの有効性を実証した。

下記(a) (b) (c)について主たる成果を報告する。

(a) 高水準の発展が見込まれる先駆的な研究成果：

・ 五十部孝典研究者：

IoT 機器の長期的な安全性確保を実現する要素技術として、複製困難性を持つホワイトボックス暗号の設計理論と暗号アルゴリズムの開発に取り組み、当初目標であるIoT 向けの軽量暗号の設計や安全性評価手法を構築し、特に標準暗号 AES の 1/10 遅延、世界最軽量の回路規模と低消費電力性能を実現した。更には、企業との共同研究や標準化活動を推進し、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進・加速している。

暗号分野のトップ国際会議 5 つ (CRYPTO、ASIACRYPT、EUROCRYPT、FSE、CHES) 全てへの論文採択 (2021～2023 年における 19 件採択は世界トップ 10 位)、および FSE でのベストペーパー 2 年連続受賞は世界が認める顕著な成果・業績であり、2023 年文部科学大臣表彰若手科学者賞の受賞を含め、情報セキュリティ・暗号分野のトップ研究者として飛躍した。軽量暗号技術やホワイトボックス暗号技術を B5G/6G 向けに更なる本成果の低遅延化・低消費電力化に挑戦する大型研究プロジェクトの獲得・推進等、研究成果の更なる発展が期待できる。

・ 白川真一研究者：

サイバー攻撃検知学習モデルの自動最適化を実現する要素技術として、異なる IoT 環境での収集データのターゲット環境における学習適応方式、データの重み付けや分類を行う複数学習モデル最適化方式、小型デバイス等の計算資源制約を克服する学習モデル構造探索方式、学習モデルの複数パラメータ同時最適化方式の開発に取り組み、ベンチマークデータや実証実験環境を用いて性能向上を実証した。更には、本研究領域の西尾理志研究者との分散推論技術における機能強化を推進し、研究成果の大型化に向けた成果展開を進めた。

セキュリティや機械学習の国際学会での論文採択・ベストペーパー受賞やダグストゥールミーティング招聘は顕著な成果・業績であり、ドイツ・北米の研究者と企画提案した NII 湘南会議「Advancing Automated Machine Learning」の採択等を含め、国際的な活躍が期待される若手研究者として飛躍した。機械学習を適用したサイバーセキュリティ技術の高度化に向けた産学連携プロジェクト等での活動が始まっており、研究成果の更なる発展と社会実装加速化が期待できる。

(b) 世界に先駆けた革新的技術のシーズ (新技術シーズ)：

・ 杉浦慎哉研究者：

実現性能が無線伝搬路に依存するため安定した性能が困難であるという物理レイ

やセキュリティの根本的課題に対し、暗号が不要なキーレス通信方式と伝搬路を情報源とした秘密鍵共有方式の確立に取組み、非直行信号処理ならびに電波伝搬路制御を利用した秘匿性向上と適応的モード・リンク選択による鍵共有の高性能化を達成した。特に、情報理論的安全性を確保しつつ大幅な無線通信の電力削減と鍵共有における 80 倍以上の電力効率化の達成は、将来の情報通信インフラに大きなインパクトを与えうる成果である。

IEEE の著名論文誌 (Trans. on Wireless Communications、Trans. on Vehicular Technology 等) への複数採択は学術的価値の高い成果であり、情報通信・セキュリティ分野における理論研究をリードするトップ研究者として飛躍した。2022 年日本学術振興会賞を受賞し、既に B5G/6G での実用化を目指した新たな研究プロジェクト (JST 創発的研究支援事業、NICTB5G 研究開発促進事業等) の推進や企業との共同研究に着手しており、研究成果の更なる発展が期待できる。

(c) 今後が期待される成果：

・ 仲平依恵研究者：

自律走行車、ドローン、ロボットを想定した IoT システムにおける安全性保証の性能限界を克服する要素技術として、不確実性やリスクの定量化方式、不確実性やシステムパラメータ変動にロバストに対応可能な確率的安全性制御方式、人間の不確実性に起因する安全性制御と性能のトレードオフ分析方式の開発に取り組み、シミュレーションならびに 1/10 スケール自律走行車環境での推定精度や安全性の向上を検証した。更には、潜在的なリスクを予測できる状況認識型意思決定アルゴリズムについて、大規模言語モデルと反復的なポリシー学習の統合について基礎検討を完了した。

AI 分野の難関国際会議 AAAI での論文採択 2 件 (2023 年、2024 年) は顕著な成果・業績であり、国際的な活躍が期待できる若手研究者として飛躍した。視覚障害者の移動を支援する自律型ナビゲーションロボット (AI スーツケース) への研究成果適用と大阪・関西万博 (EXPO2025) 出展等を進めており、更なる成果展開と社会実装加速化が期待できる。

② IoT インタラクション

2019 年度採択課題 (1 期生) において、清雄一研究者のプライバシー保護データ解析基盤では、IoT データ流通環境におけるデータの誤差や組合せに起因するプライバシー侵害課題を解決する新しい解析・機械学習技術を開拓した。村尾和哉研究者の生体情報操作を活用したセンシング基盤では、IoT 機器の多種多様な脆弱性を検出し防御可能とする IoT セキュリティの要素技術と実装技術を構築した。

2020 年度採択課題 (2 期生) において、松田裕貴研究者の参加型 IoT センサ調整基盤では、多種多様なセンシング情報の協調型収集と利用者毎のパーソナライゼーションを実現

する新しい IoT センシングの要素技術と実装技術を開拓すると共に、新たなユースケースでの有効性を実証した。

2021 年度採択課題（3 期生）において、杉浦裕太研究者の実世界バーチャルセンシング基盤では、IoT データ統合・流通プラットフォームのシステム構築運用コストを飛躍的に向上可能とする基盤技術と実装方式を構築した。クンツェカイ研究者の IoT サービス品質評価ツールキット、豊浦正広研究者の匿名センシングに基づく行動認識・行動追跡では、多種多様なセンシング情報のリアルタイム共有・解析・制御を実現する新しい IoT インタラクションの要素技術と実装技術を開拓するとともに、具体的ユースケースでの有効性を実証した。

下記(a) (b) (c)について主たる成果を報告する。

(a) 高水準の発展が見込まれる先駆的な研究成果：

・ 杉浦裕太研究者：

実世界センシングを伴う IoT システム開発基盤を構成する要素技術として、バーチャルセンサの配置とデータセット取得を支援するデザインインタフェース方式、バーチャル・リアル空間の再現性ギャップを解消する転移学習方式、バーチャル IMU（慣性計測）データのオーグメンテーション（データ拡張）方式、ヒアラブルデバイスを利用したジェスチャ認識方式等の開発に取り組み、空間センシングの機能高度化と精度向上を実現した。更に、要素技術をバーチャルセンシング基盤として統合し、プラットフォームソフトウェア (Vsens) のオープンソース化、本基盤を用いたセルフリハビリ支援や整形疾患推定アプリケーション開発・評価を推進し、具体的な社会実装に向けた成果展開を進めている。

ACM トップ国際会議 (Symposium on User Interface Software and Technology : UIST2024、Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies : IMWUT) での論文採択・ペストペーパー受賞は顕著な成果・業績であり、2022 年 IPSJ ACM Award for Early Career Contributions to Global Research 受賞を含めインタラクション分野における国際的な活躍が期待されるトップ研究者として飛躍した。

・ 清雄一研究者：

誤差・欠損が多く含まれ、データの種類数が膨大で、個人が認識しないまま複数個所でデータ収集されることを特徴とする IoT データのプライバシー保護データ解析基盤の要素技術として、IoT データ解析・機械学習方式、個人特定リスク解析方式、プライバシー損失レベル自動決定方式の確立に取り組み、データ分析精度の大幅な向上や、データ活用要求と保護制約を高いレベルで同時に充足可能な基礎理論を構築した点は高く評価できる。更には、実応用を想定したフィールド実証実験や医療 IoT データの収集・解析の理論・実験解析を実施し、社会実装に向けた成果展開を推進している点も特筆すべき成果である。

研究成果は国内外で評価され、特に IEEE の著名論文誌 (Trans. Dependable and Secure Computing, Internet of Things Journal 等) への複数採択は、世界が認める学術的価値の高い成果であり、2021 年 IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 受賞を含め、情報セキュリティ分野における理論研究を世界的にリードするトップ研究者としての飛躍につながった。ローカル差分プライバシー技術は、個人データのオープン化や共有化が進む超スマート社会における安心・安全を保証する社会的インパクトも大きく、実生活環境での IoT 利活用データセットの学術コミュニティ共有による関連研究の活性化と、社会実装に向けた基盤技術成果の更なる発展が期待できる。

(b) 世界に先駆けた革新的技術のシーズ (新技術シーズ) :

・村尾和哉研究者 :

生体情報を活用したウェアラブルセンシング基盤の要素技術として、生体情報攻撃による計測値改変手法、および生体情報操作を有効活用したセンシング基盤の拡張に取り組み、マイコン制御可能なエアポンプ・バルブを用いた上腕の加圧・解放により心拍数および心拍変動を高精度に可変する攻撃手法と、手首で計測される脈波から異なる筋活動の分類や把持物体の温度推定を可能とする解析手法を確立した。更には、ウェアラブルデバイスの装着位置認識、脈波変動を活用したゲームコマンド送信、外気温センサ情報からの滞在地域推定など、新しいコンピュータインタラクションの社会実装における生体情報操作の有効性を検証した。

生体情報の改ざんをテーマとし情報操作悪用のリスクと生体情報を利活用した新しいインタラクションの創出という研究分野の開拓に挑戦し、多くの査読付き国際学会発表と論文誌への複数採択を達成し、2020 年 IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award 受賞を含む、ウェアラブルセンシング分野を世界的にリードしうる研究者として飛躍した。生体情報センシング技術の進化と超スマート社会の実現に資する具体的なユースケースの開発・検証に向けた研究成果の更なる発展が期待できる。

(c) 今後が期待される成果 :

・松田裕貴研究者 :

参加型 IoT 調整基盤を構成する要素技術として、不良回答の検知・防止・改善を可能とするユーザ参加型知覚データ収集方式、収集したデータに基づき知覚模倣モデルを導出する人の知覚による IoT センサ調整方式の確立に取り組み、具体的なユースケースでの効果検証により当初目標を達成した。更には、民間企業や自治体・地域コミュニティと連携し、生駒市コミュニティアプリや地域のデジタル図鑑システム、ポイ捨てゴミ分布可視化システムを用いて、具体的な社会実装に向けた成果展開を推進し

ている。

電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究専門委員会 2022 年度優秀発表賞や若手研究奨励賞の受賞を含め、IoT センシング分野をリードする若手研究者として飛躍した。研究成果の一部は既に企業サービスとして正式導入されており、国際共同研究の推進や様々な社会課題の解決に挑戦する大型研究プロジェクトの獲得等、更なる成果発展が期待できる。

以上のとおり、本研究領域から創出された、独創的・挑戦的・先駆的な国際的トップレベルの研究成果や、社会的・公共的価値の高いインパクトが期待される実験実証成果は、戦略目標を十分に達成したと考える。

7. 総合所見

(1) 研究領域のマネジメント

本研究領域では、要素技術の高度化だけでなく、次世代 IoT 技術をどのように社会に役立て利用するのか、社会にどのように受容されるか等を考慮し研究を進める姿勢を重要視した。そのため、研究の進行においては、人文社会科学、システム工学、デザイン工学等の学問分野や、自治体・企業等の多様なステークホルダーとの連携を推奨してきた。

自治体・企業等との連携においては、研究者毎に企業との共同研究に積極的に取り組むのに加え、JST が支援する「SciFoS (Science for Society)」「サイエンスインパクトラボ」「新技術説明会」等の活動に参加しステークホルダーと会話する機会を大事にすることを、領域として推奨した。研究成果の最大化や社会実装の促進においては、研究成果の検証等に利用する実験データや利活用基盤等として本研究領域の成果を幅広く役立てられるように、可能な限り成果データやソースコードの公開・オープン化により研究者コミュニティに貢献することを推奨・推進した。

次世代 IoT の研究開発と社会実装を国際共創環境において牽引する次世代グローバル人材の育成においては、研究成果の国内外研究コミュニティへの発信と合わせ、採択研究者主導による国内学会イベント（FIT 情報科学技術フォーラム、情報処理学会全国大会での企画セッション）の定期的な企画・運営やアウトリーチ活動の推進、オウル大学 6G Flagship プロジェクトとの連携、海外ショートビジットでのトップ研究者（スタンフォード大学、カリフォルニア大学バークレー校、ケンブリッジ大学、ドイツ人工知能研究センター、カーネギーメロン大学等）との技術交流を実施し、採択研究者の人的ネットワークの拡大と共に幅広い国際的な研究視座に基づく研究構想力の向上やリーダーシップスキル向上を意識した領域運営を行った。

また、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト（AIP プロジェクト）を構成する「AIP ネットワークラボ」の一研究領域として、AIP プロジェクトの一体的運営において、AIP 加速課題による成果展開の最大化や ERCIM/JST Joint Workshop 運営への本研究領域から参画を通じた貢献を行った。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

戦略目標「次世代 IoT の戦略的活用を支える基盤技術」の達成に向け、本研究領域では「IoT 機器から得られる多種大量のデータを、リアルタイムに分散多段処理する基盤構築のための要素技術の開発」「IoT 機器に対する AI 等による高度化した攻撃への対処や機密情報の保護等、IoT セキュリティのための要素技術の開発」の達成目標を設定した。本研究領域では、これを実現する IoT ビッグデータ領域、IoT ワイヤレス領域、IoT セキュリティ領域、IoT インタラクション領域に分類される高度かつ多様な要素技術の確立と、将来 IoT 社会における新しいアプリケーション・サービスの創出を可能とする融合・統合基盤技術を確立し

た。研究人材育成の観点からも十分な成果を挙げており、戦略目標の達成に資するものと判断する。

研究成果は、各技術領域における最難関論文誌やフラグシップ国際会議に採択され、多くのベストペーパー表彰や文部科学大臣表彰若手科学者賞、IPSJ/IEEE Computer Society Young Computer Researcher Award、日本学術振興会賞、船井学術賞、末松安晴賞等を受賞し、顕著な業績として国際的にも高い評価を受けている。

また、研究成果のソフトウェア公開・オープン化については、ビッグデータ処理技術領域のフラグシップ国際会議等で採択された高速アルゴリズムとして、天方大地研究者の密度ベースクラスタリング、アウトライア検出等が Github (<https://github.com/amgt-d1>) に、塩川浩昭研究者の異種データ類似計算、多次元時系列クラスタリング等が Github (<https://github.com/LazyShion>) にて公開され、研究コミュニティの活性化に貢献している。更に、松井勇佑研究者の近似最近傍探索アルゴリズムは Facebook 社のオープンソフトウェア Faiss (<https://github.com/facebookresearch/faiss>) に、青木俊介研究者の自動運转向けマルチモーダル学習ライブラリは Turing 社のオープンソフトウェア Heron (<https://github.com/turingmotors/heron>) に、白川真一研究者の混合整数最適化アルゴリズムは株式会社 Preferred Networks のブラックボックス最適化ライブラリ Optuna (<https://www.preferred.jp/ja/projects/optuna/>) に採用されており、顕著な成果であると考ええる。

(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性（研究開始以前と事後評価時点の比較）

本研究領域の開始以前と事後評価時点において、本研究領域設定の意義と妥当性を下記の観点から説明する。

本研究領域は2019年度に設置されたが、2020年度には日本でも5Gサービスが開始され、超高速通信・超低遅延通信・多数同時接続通信の環境が整備され、Society5.0の実現に向けた本格的な社会実装が進む環境化において、タイムリーかつ重要な研究開発を展開できた点は、非常に意義の高いものであったと判断する。

Society5.0は、制御されるモノのシステムであり、システムのシステムであるサイバーフィジカルシステム（CPS）を活用して、様々な限界・制約から解放された社会であり、本研究領域が目指したリアルタイムデータ連携・流通技術とIoTセキュリティ技術に関する達成目標は、アバター・ロボット、スマートシティ、スマート工場、セキュリティ、運送・ドローン、電力、医療・健康、災害支援、環境・宇宙・天気等に係る様々なIoTサービスを支える基盤となる。このため、本研究領域を設定したことは社会的・公共的価値が高い取組みであったと考える。

事後評価時点においては、情報通信領域においてはBeyond 5G/6Gの検討が始まり、我が国の超高齢化が一層進み、労働力の確保、高齢者の介護など社会経済活動の維持における様々な問題が深刻化している。本研究領域の成果を更に高度化させ、人々が時間・空間・身

体からの制約から解放され、豊かに暮らせる人間中心で、安全・安心な Society5.0 を 2030 年頃までに実現するうえで、本研究領域が目指してきた基盤技術開発・社会実装促進は、生活・産業・医療・教育・防災などの様々な場面において大きな役割を果たすと共に、我が国の社会経済が国際的に生き残っていくために極めて重要な基盤となっていくと考える。

特に、コロナ禍による生活様式の変化による通信トラヒックの増加と、それに伴う ICT 分野の消費電力増大は、国際公約である 2050 年カーボンニュートラル実現の視点からも必要性・重要性が更に高まっており、また我が国が推進する「デジタル田園都市国家構想」「経済安全保障」「科学技術立国」の国家成長戦略を支える科学技術インフラ基盤の重要技術の 1 つとして、持続可能で新たな価値創造に資する基盤技術の実現に向け、本研究領域の成果の更なる発展を目的とした継続的かつ大胆な研究開発投資が重要であることは間違いない。

(4) 科学技術イノベーション創出に向けた今後への期待、展望、課題

採択研究者 28 名が実施した各研究は、超スマート社会の実現を見据え、従来技術の単純な延長では得られない、質的にも量的にも進化した次世代 IoT 技術の基盤構築の達成に資する学術的に高い成果を上げることが出来たと判断する。当初計画を超えて飛躍した研究者、次世代リーダたる見識・実績を獲得し成果トップレベルに成長した研究者も多く、今後の本研究領域における情報科学技術との融合や超スマート社会における新しい学際ニーズの創出と、社会的インパクトの大きい更なる研究成果の展開が多いに期待できる。

研究期間中、そして研究期間終了後に、多くの採択研究者が自治体・企業との連携や起業による社会実装に向けた活動を進めている。また、様々な競争的資金プログラムに対して、チームを構成するなどして研究提案を行っており、文部科学省・科研費、NICT Beyond 5G 研究開発促進事業、K Program、JST ASPIRE、JST CRONOS 等に採択され、更なる技術高度化や新しい基盤研究への挑戦等、一層の成果拡大と発展を目指している。将来的にも、防災・減災、ヘルスケア、ロボティクス、自動運転、安全保障等の様々な領域での新たな社会問題の解決に挑戦する大型研究プロジェクトの獲得・推進、国際共同研究や国際標準化（デジュール・デファクト）活動の推進、研究成果を活用する企業や開発研究者と連携する社会実装プロジェクトの推進等による更なる研究成果の発展と社会実装の加速化が期待できる。

以上のように、本研究領域で培われた意識や人脈が新しい基盤技術を創出し、将来の科学技術イノベーションをもたらすことを確信している。また、生成 AI の急速な進展は IoT を含むあらゆる技術領域やサービス・ソリューションに大きな影響を与え、人間社会と AI の共生・協調に向けた新しい技術課題が顕在化しつつあり、これを解決するための新しい ICT 基礎理論や IoT/CPS インフラ・サービス基盤技術への新規・継続的な研究開発投資と人材育成が今後も必要不可欠であると信じている。

(5) 所感

本研究領域の 1 期生が研究を開始して、すぐに世界は COVID-19 のパンデミックに見舞わ

れ、我々が当初企画していた海外ショートビジットやミニワークショップを延期せざるを得なかったのは、非常に残念であった。一方、コロナ禍においても、交流のあったフィンランドのオウル大学 6G Flagship プロジェクトとのワークショップや、国内学会でのオンライン企画イベントによるアウトリーチ活動を実施できたのは幸いであった。2022 年以降、採択研究者たちは自ら海外の研究機関との連携をスタートしたとともに、我々が企画した海外ショートビジットやミニワークショップへ積極的に参加してくれ、人的ネットワークを構築してくれたことは研究総括にとっても大変心強く感じられた。また、次世代の IoT 基盤技術の研究開発に関しても、安全・安心な Society5.0 の実現に向け、IoT ビッグデータ、IoT ワイヤレス、IoT セキュリティ、IoT インタラクションの各領域における高度かつ多様な要素技術や公開ソフトウェアと、新しいアプリケーション・サービスの創出を可能とする融合・統合基盤技術を確立できた点は、本さがけの戦略目標への顕著な貢献と言える。これらの学術的な成果に関しては、採択研究者たちが受賞された数多くの最難関国際会議での Best Paper Award や著名論文誌での発表が、日本のプレゼンス向上にも寄与できた証と言える。

更に、次世代グローバル人材の育成に関しても、国際的な広い視野を持ち、国際連携プロジェクトにおいてもリーダーシップを発揮できる人材が数多く輩出された点も本さがけが達成できた大きな成果と言える。

1 期生、2 期生、3 期生と人数が増えていくにつれて、採択研究者間の連携も自発的に増え、新たなプロジェクトの提案や新しい基盤技術の創出へと繋がっていったことは、各人の研究者としての視野が広がっただけでなく、更に大きな研究プロジェクトのマネジメントスキルを理解する貴重な体験をして頂いた点は、研究総括にとっても大きな喜びであった。また、領域アドバイザーからの的確なアドバイスもあり、学術的な成果だけでなく、強く社会実装を意識した出口戦略を各人が描けただけでなく、研究開発した技術をベースに大学発ベンチャーを立ち上げた研究者が育ったことも大きく貢献できた点である。

採択研究者の中は、既に、**JST ASPIRE** や JST CRONOS 等に採択されている者もあり、今後の情報科学分野をリードする貴重な若手研究者として更なる飛躍をされることを期待する。また、最後に、本さがけが無事に運営でき、3 期生までを輩出できたのは、JST の桐葉佳明戦略研究推進部 ICT グループ主任専門員をはじめ、領域アドバイザーや JST 関係者のご尽力の賜物あり、改めて心より感謝申し上げる。

以上