

先端国際共同研究推進事業
2023 年度採択

Top チームのための ASPIRE
通信分野

2023 年度～2024 年度
年次報告書（公開版）

研究課題名	AIと通信の融合によるオープン情報基盤の研究
日本側研究代表者	江崎 浩 東京大学 教授
相手側研究代表者	Tarik Taleb, Professor, Ruhr-Universität Bochum
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施内容・成果>

2023 年度（2 月、3 月）及び 2024 年度での実施内容を説明する。

2023 年度（2 月、3 月）

研究体制の構築を相手国側と日本側において実施した。2 月には、相手国側 PI（研究代表者）の RUB 大学を訪学し、学長、研究科長、Tarik 教授らと対面で本プロジェクトの連携方法と今後の研究計画について議論を行った。3 月には、電子情報通信学会総合大会、ASPIRE Workshop、ASPIRE キックオフが同時期に広島で開催され、計 17 名が参加した。ASPIRE Workshop では研究成果のポスター発表と活発的な議論が行われ、今後の研究について参考となる助言を数多くいただくことができた。ASPIRE キックオフでは、PI 江崎により提案内容についての説明を実施した。説明では、若手研究者の育成計画を焦点に発表した。また、プロジェクト内においてもキックオフを行い、各機関での実施研究計画についての議論と連携方法の検討を実施し、結束を固めることができた。また、実施研究計画の立案にあたって各機関においてそれぞれ文献調査についても実施し共有した。

2024 年度（1 年間）

若手研究者育成として、7 名の学生（修士 5 名、博士 2 名）を合計渡航期間約 25 か月程度支援することができ、共同研究においては計画以上の成果を得ることができた。渡航先については、相手国側の研究者と議論し、アメリカ、ポルトガル、イタリア、ドイツ、フィンランドの計 5 カ国に決定することとした。また、相手国側からの研究者の招聘については、相手国側 PI の Tarik 教授を含む計 4 回実施し、相手国側との連携を議論する機会を作ることができた。特にその中では、海外研究者からの紹介で他の研究者の紹介だけでなく、対面で研究の議論を実施し、有意義な交流をすることができた。

一方で、研究発表の成果に関しては、トップ国際会議を目指すことを念頭にしつつ、国際会議（IEEE/ACM 系の国際会議）は計 10 回以上の発表を計画通り遂行することができた。また、国内会議（情報処理学会、電子情報通信学会など）についても、依頼講演などを含む計 10 回以上を計画通り達成することができた。

2023 年度及び 2024 年度では以後 5 年間のプロジェクトを円滑に進めるため、相手国側に若手研究者を派遣することで地盤作りを共同で行うことができ、研究連携だけではなく研究内容について全体としてシステム基盤の構築を実施することができた。さらに、各研究におけるフューチャービリティの確認の成果を多くの学会などにおいて発信することができた。

② 国際ネットワーク構築・拡大に関する成果

<実施内容・成果>

Workshop 及び国際会議の開催

IEEE ICC での Workshop 開催

2024 年 6 月に共同で開催した IEEE ICC での Workshop において、Keynote として ASPIRE 他課題の代表である大槻教授を招待し、パネル討論では若手育成を目的として中里がチェアを務め、パネルリストの中には丸田を招待した。本 Workshop では、Beyond 5G におけるアプリケーションを含めた討論を実施し、NTN や V2X などのアプリケーションを含めた議論が活発的に実施され、ASPIRE 若手研究者も 2 名発表を行った。このことから若手研究者の育成を加味した Workshop を実施することができたと言える。

国際会議 ICEA の開催

2024 年 11 月 28 日から 29 日にかけて、東京大学駒場キャンパスで「International Conference on Intelligent Computing and its Emerging Applications (ICEA2024)」を開催し総勢 50 名程度が参加した。この会議では、人工知能、深層学習、インテリジェントシステムの進展について、様々な分野の研究者が集い、最新の研究成果が議論された。テーマには、教師あり・教師なし学習、クラウドコンピューティング、GPU 技

術、IoT やスマートシティ、AR/VR などの応用が含まれていた。本国際会議は、相手国側 PI Tarik Taleb 教授、PI 江崎が中心となり、Co-PI 塚田や中里などの若手研究者を含めた体制で実施を行うことができた。国際会議の運営を共同で実施することができ、今後の国際会議の開催など多くの成果を期待できる可能性を生み出すことができた。

③ 国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する成果

<実施内容・成果>

本年度は、学生を6名（アメリカ（Northeastern 大学）、ポルトガル（FCT Nova）、イタリア（ローマ・ラサピエンツァ大学）、ドイツ（RUB））それぞれ約4ヶ月の期間において在外研究を実施し、3月には1名をフィンランドに1ヶ月間海外派遣したなど、計7名の若手研究者を派遣した。本年度、若手研究者の海外派遣に至った経緯としては大きく二点の理由がある。一つ目は、国際ネットワークの構築と国際頭脳循環の促進を図るため、若手研究者の派遣を実施することにより日本側の大学内における若手研究者が今後海外派遣に対する渡航意欲を促すことが必要であったためである。日本国内の現状としては、海外派遣に伴う困難（研究や滞在生活）を考え断念するケースや、きっかけがなく渡航する機会が少ない状況がある。さらに、コロナ以降はリモートの発展により遠隔での作業が日常生活に染み込んでおり、海外渡航する機会も減少している。これらの現状を踏まえ、7名の海外派遣を行うこととなった。二つ目は、相手国側研究者との関係性の構築である。相手国側の研究環境や実施内容をより深く理解することが今後4年間の研究を促進する上で重要であると考え、若手研究者を派遣して在学研究を行うことにより、相手国側と日本側の共同研究を立ち上げることとした。これら実施した内容を整理したものとスケジュール概要をそれぞれ図1と2に示す。



図1 若手研究者育成を加味した国際ネットワークの構築

	派遣先	~8	9	10	11	12	1	2	3
D3	フィンランド ヘルシンキ						研究事前議論	在学研究 (2/23 ~ 3/23)	
D2	ポルトガル リスボン	研究事前議論	在学研究 (9/10 ~ 12/18)						
M2	ポルトガル リスボン	研究事前議論	在学研究 (9/6 ~ 12/25)						
M2	アメリカ ボストン	研究事前議論	在学研究 (8/28 ~ 12/25)						
M2	アメリカ ボストン	研究事前議論	在学研究 (9/7 ~ 12/24)						
M2	ドイツ ボーフム	研究事前議論	在学研究 (9/6 ~ 1/6)						
M1	イタリア ローマ	研究事前議論	在学研究 (9/22 ~ 1/19)						

図2 若手研究者派遣スケジュール

2.研究実施体制

研究項目	研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
1	オープン情報基盤	江崎 浩、塚田 学 中里 仁	東京大学 東京理科大学
		Tarik Taleb Tommaso Melodia	Ruhr-Universität Bochum Northeastern University
2	AIを活用した省電力・高性能な無線システム設計	金子 めぐみ	情報・システム研究機構
		Alexandre Guitton Lila Boukhatem	Clermont-Auvergne University Paris-Saclay University
3	ネットワーク信頼性・安全性の検証	福田 健介	情報・システム研究機構
		Patrice Abry	ENS-Lyon/CNRS
4	AIのための資源制御と資源制御のためのAI	計 宇生	情報・システム研究機構
		Stephan Sigg、 Yu Xiao、 Long-Linh Truong	Aalto University
5	オープンな周波数利用に向けた周波数利用効率向上	丸田 一輝	東京理科大学
		Rui Dinis	FCT, Nova University of Lisbon
6	セマンティック通信による通信限界の突破	策力 木格	電気通信大学
		Mehdi Bennis Carlos Tavares Calafate Soufiene Djahel	University of Oulu Technical University of Valencia Coventry University

3.代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

・原著論文(下線：国内側 PI/Co-PI、波線：相手国側研究者)

各研究者が研究項目 1~6 についてそれぞれ成果を出すことができた。

[1] H. D. Oliveira, M. Kaneko and L. Boukhatem, "Federated Multiagent Deep Reinforcement Learning for Intelligent IoT Wireless Communications: Overview and Challenges," in IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 19, no. 4, pp. 73-82, Dec. 2024, doi: 10.1109/MVT.2024.3451191.

概要：理最適化と AI 技術（連合深層強化学習）を適用し、IoT ショートパケット無線通信におけるマルチ無線インターフェースの利用最適化を目的とした課題であり、研究項目 2 に該当する。

[2] Y. Asabe, E. Javanmardi, J. Nakazato, M. Tsukada and H. Esaki, "Enhancing Reliability in Infrastructure-Based Collective Perception: A Dual-Channel Hybrid Delivery Approach With Real-Time Monitoring," in IEEE Open Journal of Vehicular Technology, vol. 5, pp. 1124-1138, 2024, doi: 10.1109/OJVT.2024.3443877.

概要：オープン情報基盤をデジタルツイン上にて構築し、協調型自動運転の通信の信頼性向上を目的とした課題であり、研究項目 1 に該当する。

- [3] Y. Li, Y. Lin, L. Zhong, R. Yin, **Y. Ji**, **C. T. Calafate**, and **C. Wu**, "Boosting Rare Scenario Perception in Autonomous Driving: An Adaptive Approach with MoEs and LoRA," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 12, no. 5, pp. 4872-4887, 1 March, 2025, doi: 10.1109/JIOT.2024.3475390.
 概要：本研究は、MoEs (Mixture of Experts) と LoRA (Low-Rank Adaptation) を組み合わせた適応的知覚モデルを提案し、通常の運転シーンでは見られない稀なシナリオ (rare scenarios) における意味的特徴 (semantic features) を効果的に抽出・強調するものであり、研究項目 6 に該当する。
- [4] S. Berra, A. Benchabane, S. Chakraborty, **K. Maruta**, **R. Dinis**, M. Beko, "A Low Complexity Linear Precoding Method for Extremely Large-Scale MIMO Systems," in IEEE Open Journal of Vehicular Technology, vol. 6, pp. 240-255, 2025, doi: 10.1109/OJVT.2024.3514749.
 概要：超多素子アンテナシステムにおいて多ユーザを同一時間・周波数上で収容する空間多重伝送方式において、アンテナ重み導出のための計算負荷を低減させるアルゴリズムを提案した成果であり、研究項目 5 に該当する。
- [5] R. Shiiba, S. Kobayashi, O. Akashi, H. Shirokura, **K. Fukuda**, "Verifying network-level properties with header transformations in realtime", in Journal of Information Processing, vol.33, pp.41-54, 2025, doi:10.2197/ipsjip.33.41.
 概要：AS 内ネットワークにおけるセグメントルーティングに対応したネットワーク検証技術の開発成果であり、研究項目 3 に該当する。
- [6] T. Le, **Y. Ji**, J. Lui, "MFTTS: A Mean-Field Transfer Thompson Sampling approach for distributed power allocation in unsourced multiple access", in IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 23, No. 12, pp. 11312-11325, Dec. 2024, doi: 10.1109/TMC.2024.3399876.
 概要：マルチエージェント学習を利用した mMTC システムにおける資源制御に関する研究成果であり、研究項目 4 に該当する。

・表彰

- [1] Best Paper Award
 タイトル：Toward B5G/6G Connected Autonomous Vehicles: O-RAN-Driven Millimeter-Wave Beam Management and Handover Management
 受賞者：K. Suzuki, J. Nakazato, Y. Sasaki, K. Maruta, M. Tsukada, H. Esaki
 受賞先：IEEE INFOCOM 2024, The 2nd Workshop on Next-generation Open and Programmable Radio Access Networks (NG-OPERA)
 概要：協調型自動運転における通信の信頼性向上を目的として、ハンドオーバー時のビームフォーミング制御アルゴリズムを O-RAN アーキテクチャに基づいて提案した研究成果であり、研究項目 1 に該当する。
- [2] IEEE VTS Tokyo/Japan Chapter 2024 Young Researcher's Encouragement Award
 タイトル：Performance Evaluation of MIMO Transmission in Deep Joint Source-Channel Coding
 受賞者：S. Inokuma, Y. Sasaki, D. Hisano, Y. Nakayama, K. Maruta
 受賞先：The 2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring), Technologies and Proof-of-Concept Activities for 6G 2024 (TPoC6G 2024) Workshop
 概要：セマンティック通信の一つである情報源通信路深層結合符号化方式を MIMO 通信路に適用し、様々な空間フィルタアルゴリズムにおける性能を比較評価し得失を明らかにした成果であり、研究項目 5 に該当する。
- [3] IEEE VTS Tokyo/Japan Chapter 2024 Young Researcher's Encouragement Award
 タイトル：Toward O-RAN-based Cell-Free Architecture: Cooperative O-RU/V2X mmWave Beam Tracking
 受賞者：S. Ozawa, Y. Sasaki, J. Nakazato, M. Tsukada, K. Maruta

受賞先 : The 2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring),
Technologies and Proof-of-Concept Activities for 6G 2024 (TPoC6G 2024) Workshop
概要 : 高速移動環境におけるミリ波のビーム追従アルゴリズムを O-RAN アーキテクチャに適用し、有効性を明らかにした成果であり、研究項目 5 に該当する。

[4] Best Paper Award

タイトル : Enhancing V2X Communication: Machine Learning Assisted Dynamic mmWave Beam Search

受賞者 : R. Iwaki, J. Nakazato, K. Maruta, M. Tsukada, H. Ochiai, H. Esaki

受賞先 : 2024 Fifteenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)

概要 : 協調型自動運転におけるビームフォーミング追従機能について AI による性能改善に関する成果であり研究項目 1 に該当する。

[5] IEEE VTS Tokyo/Japan Chapter 2024 Young Researcher's Encouragement Award

タイトル : Smart Band Association for Wireless IoT Networks: a Personalized Federated Multi-Agent Deep Reinforcement Learning Approach

受賞者 : H. De Oliveira, M. Kaneko, L. Boukhatem

受賞先 : The 2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring)

概要 : 理最適化と AI 技術 (連合深層強化学習) を適用し、IoT ショートパケット無線通信におけるマルチ無線インターフェースの利用最適化を目的とした課題であり、研究項目 2 に該当する。