

先端国際共同研究推進事業
2023 年度採択

次世代のための ASPIRE
通信分野

2023 年～2024 年度
年次報告書 公開版

研究課題名	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
日本側研究代表者	杉浦 慎哉 東京大学 教授
相手側研究代表者	Lajos Hanzo, Professor, University of Southampton
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2027 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

ミリ波以上の高い周波数の通信システムにおいて reconfigurable intelligent surface (RIS) の膨大な制御パラメータを取扱い可能な正確な伝搬統計モデルを提案した。また、提案モデルに新たな近似法を組み込むことにより、低演算で計算可能な理論上限の導出を行った。さらに、提案したミリ波 RIS 伝搬路モデルを利用して、RIS を含めたミリ波帯物理層セキュリティの性能上限である秘密容量と秘密不稼働率を閉形式で導出することに成功した。また、より厳しい条件である複数の盗聴者が協力して盗聴するシナリオを含めて解析を行った（下記代表的な業績[2]）。加えて、実用的な周波数選択性伝搬路を対象に、シングルキャリア送信シナリオにおいて効率的に RIS の膨大なパラメータを制御する方式を提案した（下記代表的な業績[3]）。具体的には、時間軸上でのローカライズされたパスのみに焦点を当てて RIS を制御した後に、受信機における位相合成をすることにより、低演算量と高い利得の両立を図った。

<得られた成果>

招聘研究者来日時に議論しながら進めた内容について、日英両チームメンバー共著として国際ジャーナル 4 編が投稿完了しており、いずれも IEEE 出版のトップランク（Q1）ジャーナルに受理されている。加えて、日本からの渡航研究者が現地で討議しながら執筆を進めた成果は、日英両チームメンバー共著として国際ジャーナル 2 編が投稿完了しており、現在査読中である。上記以外にも、相手国チームからアドバイスを受け、日本国側のみを著者に含む成果が、IEEE 出版のトップランク（Q1）ジャーナル 2 編と国際会議プロシーディングス 2 件において掲載された。

② 国際頭脳循環の促進にかかる成果

<実施したこと>

国際頭脳循環を本格的に推進するためのスタートとして、日英相互の研究者派遣を行った。英国からは 4 月に Chao Xu 上席講師を招聘した。実質的な共同研究を推進するために、対面での定期的な技術討議の場をつくり、日本側の教職員と大学院生すべてのメンバーが参加する本質的な議論を行った。また、4 月にセミナーを実施し、英国チームの最先端の研究成果について講演いただいた。本招聘を機に国際交流を活性化することを目的として、研究室内に海外からの訪問研究者の専用スペースを設けた。Chao Xu 上席講師がイギリスに帰国した後、本スペースはドイツからの訪問大学院生が利用するなど有効活用ができています。

日本側チームからは 7 月～9 月および 1 月～3 月に Phuc Viet Trinh 特任助教が訪英し、相手国チームに滞在した。9 月には英国でセミナーを実施し、考案中の技術について意見交換をした。さらに、渡英中である 3 月に、量子鍵配送で著名な研究グループ（University of Bristol, University of Strathclyde）を訪問するツアーを組み、各大学でセミナーを実施した。

<得られた成果>

上記実質的な共同研究により、今後ハイレベルな国際共同研究を実施するための基礎的な体制とメンバー間の信頼関係が醸成できた。さらに、相手国研究代表者（PI）、招聘研究者、および日本国 PI の 3 名からの推薦により、日本国チーム渡航研究者 Phuc Viet Trinh 特任助教が IEEE Senior Member への昇格を達成した。

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関 役職名
研究テーマ1	Phuc Viet Trinh	東京大学 特任助教
研究テーマ2	小島 駿 Chao Xu	東京大学 特任助教 Univ. Southampton Senior Lecture
研究テーマ3	杉浦 慎哉 Chao Xu	東京大学 教授 Univ. Southampton Senior Lecture

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

- [1] Z. Hong, S. Sugiura, C. Xu, and L. Hanzo, "Precoded faster-than-Nyquist signaling using optimal power allocation for OTFS," IEEE Wireless Communications Letters, vol. 14, no. 1, pp. 173-177, Jan. 2025.
- [2] P. V. Trinh and S. Sugiura, "Maximum secrecy throughput analysis of practical RIS-aided mmWave systems over unified FTR/IFTR fading channels," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 23, no. 11, pp. 16590-16605, Nov. 2024.
- [3] K. Nagaya and S. Sugiura, "Reduced-complexity intelligent reflecting surface optimization for single-carrier transmission in frequency-selective fading channel," IEEE Wireless Communications Letters, vol. 13, no. 7, pp. 2008-2012, July 2024.
- [4] P. V. Trinh and S. Sugiura, "Secrecy analysis of RIS-aided mmWave systems over independent fluctuating two-ray fading channels," IEEE Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), Bali, Indonesia, 5-7 Nov. 2024.
- [5] Z. Hong and S. Sugiura, "Power allocation of low-complexity multicarrier FTN signaling for ISAC," IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 10-13 Jan. 2025.

プレスリリース

- ・ 該当なし

表彰

- ・ 公益財団法人高柳健次郎財団 高柳健次郎業績賞、杉浦慎哉（日本側 PI）、2025 年 1 月 20 日
- ・ IEEE Senior Member Grade Elevation、Phuc Viet Trinh（日本側渡航研究者）、2024 年 12 月 3 日