

2024 年度年次報告書

CRONOS 川原領域

2024 年度採択研究開発代表者

飯塚 哲也

東京大学 大学院工学系研究科  
准教授

無線・光融合技術の確立による革新的無線通信システムの創出

研究開発体制：

石原 亨 （名古屋大学 大学院情報学研究科 教授）

肥後 昭男 （東京大学 大学院工学系研究科 特任講師）

## 1. 研究進捗状況と成果

本研究では、サブテラヘルツ無線受信機に光ニューラルネットワーク（NN）を導入し、光の広帯域性を維持したまま受信機の大幅な省エネルギー化を達成する無線・光融合技術を確立することが目的である。その目的の達成に向けて、無線復号処理に適した光 NN による機械学習推論器の設計とその光回路へのマッピング、光 NN の導入による無線受信機アーキテクチャの実証、そして上記光回路に適した光変調デバイスの構築を目指している。2024 年度は受信機アナログフロントエンドの構成要素となる周波数シンセサイザの低雑音化・低消費電力化を目指した設計最適化フレームワークを構築し<sup>1)</sup>、概念実証のターゲットとなる 30GHz 帯を想定した発振器回路の設計にも着手した。また、光回路による QPSK 変調信号の復号化をシミュレーションにより実証し、その妥当性を示すことに成功した。さらに、より高次の変調において歪みを含む受信信号を復号するため、サポートベクトルマシンによる QAM 復号手法を提案し実証した。光回路の実装においては、将来的な波長多重による光計算への応用を想定しシリコン導波路上に特定のパターンを実装することで波長選択性を持つ受光器を実現した。さらに、標準的なシリコン光回路においても平易な電氣的なアナログ・デジタル処理を実行するため、トランジスタを一体実装する技術においてその性能を向上させるためのパターン設計手法を提案している。これらの研究成果に加え、無線・光融合技術の設計検証、実測評価に向けて、主要な計算機、シミュレーションソフトウェアや計測機器類の導入を進めることで環境の立ち上げを実施した。次年度に向けて、実光デバイスの電氣的特性評価を実施し、電気回路とのインターフェースの設計最適化を進めて行く。また、16QAM 等のより高次の変調信号の復号に向けて光回路による機械学習推論器の検証を進める。

## 2. 代表的な論文

1) Yuyang Zhu, Masaru Osada, Haoming Zhang, and Tetsuya Iizuka, “Optimization of DTC-Based and Harmonic-Mixer-Based Fractional-N PLLs: Comparative Analysis of Jitter and Power Trade-Offs,” IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers, 2025.

以上