

令和 4 年度研究開発成果概要書

採択番号 07101

研究開発課題名 大電力伝送光ファイバ無線による高効率無線通信システムの構築

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、現在広く利用されているシングルモードファイバ (SMF: Single Mode Fiber) ではなく、新規に開発が進められている光ファイバである空孔コアファイバを伝送媒体とすることで、多数のアンテナへの給電という課題を解決することを目指す。空孔コアファイバは、従来の 1/1000 の低非線形性、1000 倍の光損傷しきい値、低遅延特性を有している。このため、高 Signal to Noise Ratio (SNR) で大電力のアナログ-Radio over Fiber (RoF) が構成可能となる。さらに、別の波長帯を利用して給電用の光の伝送も可能となる。技術的には、空孔コアファイバを伝送媒体とする大電力伝送光ファイバ無線技術を確立し、基地局の Radio Unit (RU) -アンテナ群を無給電 (光給電アンテナ) で経済的に接続する高効率無線通信システムを実現することを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3 年間)

(3) 受託者

学校法人慶應義塾<代表研究者>  
国立大学法人電気通信大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度 100 百万円  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 大電力伝送光ファイバ無線用光ネットワーク構成法の研究  
研究開発項目 1-a) 大電力多波長光ファイバ無線用光回路の研究 (学校法人慶應義塾)  
研究開発項目 1-b) 大電力多波長光ファイバ無線用光伝送システムの研究 (国立大学法人電気通信大学)  
研究開発項目 2 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究  
研究開発項目 2-a) 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究 (学校法人慶應義塾)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	1	1
	その他研究発表	3	3
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目1 大電力伝送光ファイバ無線用光ネットワーク構成法の研究

#### 研究開発項目 1-a) 大電力多波長光ファイバ無線用光回路の研究

シリコン光回路を利用した様々な周波数の信号に対する遠隔ビームフォーミング用光回路の基本設計を実施した。伝搬遅延時間の誤差は、導波路幅の作製誤差による群屈折率の誤差が主たる要因で $\pm 0.5\%$ 程度であり、ビームフォーミングには十分な精度である。空孔コアファイバ結合装置に利用する合分波用波長フィルタの設計を行った。レンズ系の概要設計を終えた。多重用フィルタ設計を終え、結合効率を最大とする実験光学システムの設計を行った。

#### 研究開発項目 1-b) 大電力多波長光ファイバ無線用光伝送システムの研究

空孔コアファイバの伝送路長を 1 km に決定し、この長さには併せた通信用標準光ファイバの伝送損失・非線形特性評価を行い、標準光ファイバの伝送パワー限界を見極めた。また、伝送路長 1 km の標準通信用光ファイバと空孔コアファイバの特性比較評価を実施し、大電力多波長光ファイバ伝送における空孔コアファイバの有効性を明らかにした。光給電に必要な不可欠な 1550 nm 光電変換素子の PV 特性評価を行い、長期安定性と約 25% の変換効率が得られることを示した。ビームフォーミングの動作実験についての構成要件を明らかにした。

### 研究開発項目2 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究

#### 研究開発項目 2-a) 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究

階層化マルチセルモバイルフロントホールを活用した省エネルギー制御および高信頼制御アーキテクチャと制御アルゴリズムの検討を開始した。基地局信号処理部の 90% 程度の消費電力低減が実現できる見込みを得た。スイッチド RoF 及びマルチスポット RoF の構成一次案を策定し、次年度以降に検討が必要となる詳細項目の洗い出しを行った。実験環境整備として、複数チャンネル構成可能なローカル 5G 実験設備の導入を行い、実験準備を完了した。導入した実験設備による実験を実施した。

## (8) 今後の研究開発計画

### 研究開発項目1 大電力伝送光ファイバ無線用光ネットワーク構成法の研究

#### 研究開発項目 1-a) 大電力多波長光ファイバ無線用光回路の研究

2023 年度は、遠隔ビームフォーミング用多波長遅延制御光回路では、石英導波路を利用して遅延回路を集積した遠隔ビームフォーミング用多波長遅延制御光回路を設計試作し、光信号の遅延特性を確認する。信号波長数 4、給電波長数 1、予備波長数 1 を目標とする。シリコン導波路を利用して変調器、波長合分波器と遅延回路を集積した遠隔ビームフォーミング用多波長遅延制御光回路を設計する。25 GHz の周波数間隔の光周波数コムを発生できる光学系をセットアップする。遠隔多チャンネルアンテナ用光回路の構成、空孔コアファイバ結合装置の設計と試作を実施する。2024 年度は、遠隔ビームフォーミング用多波長遅延制御光回路の多チャンネル化、シリコンフォトリソによる遅延制御回路の試作と評価、シリコンフォトリソによる遠隔多チャンネルアンテナ用光回路の試作と評価、ビームフォーミング無線伝送系の構築を行う。

#### 研究開発項目 1-b) 大電力多波長光ファイバ無線用光伝送システムの研究

2023 年度は、4 台の高 RF 出力 PD を駆動するのに必要な電気電力を算出し、その電力を送電するのに必要な給電光パワーを決定し、RoF 伝送系の構成に準拠した光ファイバ給電系を構築する。位相制御方式は、(a) 光位相制御方式と (b) 電気位相制御方式の 2 通りで検討する。2024 年度は、大電力多波長 RoF 伝送系に組み込まれたビームフォーミング機能の性能評価の実施に先駆けて、ビームフォーミング無線伝送系の構築と評価を行う。大電力多波長 RoF 伝送系とビームフォーミング無線伝送系を接続し、RoF 伝送とビームフォーミング無線伝送を組み合わせた統合的なシステム性能評価を詳細に実施し、提案する伝送系の有効性を明らかにする。また、空孔コアファイバによる RoF 伝送とビームフォーミング無線伝送を組み合わせた伝送特性評価を行い、伝送特性劣化の要因や改善策を検証し、最適な伝送構

成を実現する。

## 研究開発項目 2 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究

### 研究開発項目 2-a) 高機能光無線融合型高効率無線通信システム構成法の研究

2023 年度には、階層化マルチセルモバイルフロントホールアーキテクチャの制御アルゴリズムのプログラム実装を行い、シミュレータでの省電力性効果を確認する。また、スイッチド RoF 及びマルチスポット RoF の構成検討に基づいて、簡易実装を行い、制御実験を行える環境を構築するとともに、5G 基地局環境を構築してアプリケーション信号の導通による階層化マルチセルモバイルフロントホールアーキテクチャの動作確認を行う。2024 年度には、研究開発項目 1 と連携した総合実験環境を構築し、空孔コアファイバを用いた制御実験及び 5G 環境下での動作確認実験を行う。