（革新）様式 1-4-2 (2025-1)

令和７年度研究開発成果概要書

採 択 番 号　　08501
研究開発プロジェクト名　マルチバンド超多波長メトロネットワーク構成法の研究開発

（1）研究開発の目的

B5G に求められる超低遅延を実現するため、プログラマブル WSS を活用したマルチバンド超多波長メトロネットワークノードアーキテクチャとマルチバンド高効率 ROADM ネットワーク構成技術を確立する。

（2）研究開発期間

令和６年度から令和８年度（3 年間）

（3）受託者

学校法人慶應義塾 ＜代表研究者＞
日本電気株式会社
エピフォトニクス株式会社

（4）研究開発予算（契約額）

令和６年度から令和８年度までの総額 300 百万円（令和７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　マルチバンド超多波長メトロネットワークノードアーキテクチャ
（学校法人慶應義塾）
研究開発項目２　マルチバンド高効率 ROADM ネットワーク構成技術
（日本電気株式会社）
研究開発項目３　マルチバンド超多波長プログラマブル WSS 構成技術
（エピフォトニクス株式会社）

（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	6	4
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	1	1
	その他研究発表	22	11
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	12	7
	受賞・表彰	1	1

（7）具体的な実施内容と成果

研究開発項目１：マルチバンド超多波長メトロネットワークノードアーキテクチャ

プログラマブル WSS を活用したマルチバンド超多波長メトロネットワークノードアーキテクチャの確立に向けて、プログラマブル WSS とパッシブ光デバイスを組み合わせた超低消費電力型ノードアーキテクチャを提案した。机上評価での有効性評価を実施し、本研究開発がターゲットとしているマルチバンドかつ超多波長の領域では従来型 ROADM と同等の収容効率を実現しつつ、70%以上の電力削減を実現可能なことを確認した。さらに実験室環境で提案ノードアーキテクチャの検証・技術評価を実施し、ノードとしての基本動作と伝送性能の評価を実施し、実現性を確認した。

また、提案するノードアーキテクチャは完全なコンテンションレス機能を有していないため、波長コンテンションによる収容効率の低下が懸念される。本課題については、コンテンションを最大限回避する経路計算アルゴリズムの改善引き続き取り組み、性能評価により既存アルゴリズムと比較して 30%超の収容効率向上を確認した。

さらに次年度の実証実験に向けて光ネットワークコントローラに関する技術調査と仕様検討を実施した。OpenROADM 等の標準モデルを活用したネットワーク管理制御モデルおよびインターフェイス仕様を策定し、ラマンチルト等の非線形光学効果の推定機能を具備したネットワークエミュレータを実装した。エミュレータ環境で提案するデジタルツインルーティングの検証を実施し実現性を確認するとともに国際会議にてデモ展示を実施した。

研究開発項目２：マルチバンド高効率 ROADM ネットワーク構成技術

前年度、波長ダイレクト伝送ネットワークの構成とパフォーマンス向上のために構築した評価モデルとそれを用いた伝送性能評価の検討結果を基づき、ラマンチルト推定方式としてラマン微分方程式を用いた方式、GSNR 推定方式としISRS-GN モデルを採用し、それぞれの推定アルゴリズムの実装を完了した。また、C＋L マルチバンド、３ノードリニア構成のテストベッド構成を完了した。さらに、推定アルゴリズムで推定したデータとテストベッドを用いた実験値との比較検討として、テストベッドにてラマンチルト量と GSNR を実測し、ISRS - GN モデル、SSMF と比較検討を完了。ラマンチルト量および GSNR は、推定値と実測値でほぼ一致し、シミュレーションの妥当性を確認した。

研究開発項目３：マルチバンド超多波長プログラマブル WSS 構成技術

WSS 光学系技術に関しては現行 WSS の評価を行い、50GHz、チャンネル数 200 について、実験ベースで C+L バンド WSS の光学特性を測定できる環境を構築し、評価光学系設計を完了した。

また、WSS 制御技術については WSS 制御系 LCOS 描画ソフトを試作した。低消費電力（無温調化）、小型化、温度モニターを取り入れた制御基板の仕様検討を実施した。WSS パッケージング技術に関しては可搬化を目指したパッケージング仕様の検討を実施した。

（8）今後の研究開発計画

研究開発項目１　マルチバンド超多波長メトロネットワークノードアーキテクチャ

本研究開発項目では、マルチバンド超多波長メトロネットワークを実現するノードアーキテクチャを明らかにする。メトロ向け ROADM では、マルチバンド超多波長の収容に加えて、低消費電力、低コスト、小型化が要求される。

2026 年度は低消費電力で経済性の高いコンテンション型 WSS に親和性の高いノードアーキテクチャを開発することで 50%超の消費電力削減とコスト削減を実現する。さらに波長パスのコンテンション問題に起因する収容効率の低下に対応するためにネットワーク全体の波長割当を最適化するリソース制御技術を開発し、50%の利用効率向上を達成する。

研究開発項目２　マルチバンド高効率 ROADM ネットワーク構成技術

本研究項目では、波長ダイレクトネットワークの主たる構成要素である ROADM ノードにおいて、C+L バンドに跨る広帯域な光パスモニタリング技術と伝送性能改善技術の実機検証に向け、以下の研究開発を行う。

2026 年度は、前年度までに得られた結果に基づき、最終目標である 5%のモニタリング誤差の実現と、課題間連携検証を行う。

研究開発項目３　マルチバンド超多波長プログラマブル WSS 構成技術

本研究項目では、超多波長化、マルチバンド化、シンプル化、プログラマブル化、省電力化等の特長を兼ね備えた WSS の構成に必要な技術の研究開発を行い、経済性のあるシンプルなコンテンション型の構成で C+L バンドをカバーする低消費電力 WSS を実現するため、2026 年度は下記の計画で研究開発を進める。

- WSS 光学系技術　：高精細大規模 LCOS を導入した WSS を評価し、改良すべき項目を特定する。
- WSS 制御技術　：試作した LCOS 描画ソフトの動作を実証する。低消費電力化を目指した光出力、描画ソフトのファームウエア化、小型化した LCOS 制御基板の試作、温度モニター機能の搭載、外部装置による WSS 制御のためのインターフェース決定を行う。
- WSS パッケージング技術　：可搬化を目指したパッケージング作製を行う。