（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　　08801
研究開発プロジェクト名　大容量デジタルコヒーレント NTN に向けたアダプティブ光集積デバイスの研究開発

（1）研究開発の目的

大容量デジタルコヒーレント光伝送ネットワークを NTN にまでシームレスに拡張することを目的として、受信器側でアダプティブに光の波面を補償する光集積デバイスを開発し、100 Gbps 級以上のデジタルコヒーレント空間光伝送システムに適用可能性を実証することを目指す。

（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

国立大学法人東京大学＜代表研究者＞
株式会社 KDDI 総合研究所
三菱電機株式会社

（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 227 百万円（令和７年度 79 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　アダプティブ波面補償光集積デバイス開発
1-a）メタサーフェス型モード分離デバイス開発（国立大学法人東京大学）
1-b）低損失窒化シリコン集積フォトニクス回路技術開発（株式会社 KDDI 総合研究所）
研究開発項目２　デジタルコヒーレント空間光伝送システム実証
2-a）アダプティブ空間光伝送システム実証（国立大学法人東京大学）
2-b）デジタルコヒーレント自由空間光通信システム実装技術開発（三菱電機株式会社）

（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	1
	外国出願	2	2
外部発表等	研究論文	8	6
	その他研究発表	59	37
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	2	2
	展示会	3	2
	受賞・表彰	1	0

（7）具体的な実施内容と成果

研究開発項目１　アダプティブ波面補償光集積デバイス開発

1-a）メタサーフェス型モード分離デバイス開発（国立大学法人東京大学）

反射型メタサーフェス素子について、設計と作製プロセスを改良することで、モード消光比を大幅に向上させた。また、透過型メタサーフェスについて、研究開発項目 1-b)において開発する８モード用窒化シリコン（SiN）集積フォトニクス回路に結合する素子の作製を行い、所望のモード変換効果が得られることを実証した。

1-b）低損失窒化シリコン集積フォトニクス回路技術開発（株式会社 KDDI 総合研究所）

８モードに対応可能な、波長 1550 nm にて動作する窒化シリコンアダプティブ受信デバイスの試作を完了した。その上で、デバイス内損失を測定し、最大比合成に関する基礎的な検討を実施した。並行して、可視光波長領域にて動作する 90 度ハイブリッドの設計を完了し、実際のデバイス作成も完了した。

研究開発項目２　デジタルコヒーレント空間光伝送システム実証

2-a）アダプティブ空間光伝送システム実証（国立大学法人東京大学）

多モードファイバを用いた受信系について、モード結合部における損失を低減するための最適なモード分離器を検討し、多段メタサーフェスを用いることで大幅に結合効率を向上できることを明らかにした。さらに、研究開発項目 2-b)と連携して、伝送距離 20 km の大気中を伝搬させた場合のビーム歪みを数値解析モデルに取り込み、大気揺らぎに対しても安定して受信できることを確認した。

2-b）デジタルコヒーレント自由空間光通信システム実装技術開発（三菱電機株式会社）

伝送距離 20 km の自由空間光（FSO）リンクについて、ビーム広がり角、指向誤差および捕捉・追尾（PAT）特性等を統合した数値解析により、回線成立性を定量的に検証し、実運用条件下でのリンク確立の見通しを得た。解析結果を踏まえ、送受信光学系の設計に着手した。FSO 通信システムで課題となるドップラーシフト補償について、デジタル信号処理（DSP）と局発光を用いた補償を統合したハイブリッド方式を構築し、補償可能レンジの拡大と実運用に十分な追従速度の両立を実験的に実証した。

（8）今後の研究開発計画

研究開発項目１　アダプティブ波面補償光集積デバイス開発

1-a）メタサーフェス型モード分離デバイス開発（国立大学法人東京大学）

まず、1 次試作デバイスの評価結果に基づき、メタサーフェスの設計にフィードバックを行い、所望の特性が得られるように各メタアトム形状を補正する。再設計したデバイス構造について 2 次試作を行い、空間・偏波モード分離特性を評価する。その上で、集積フォトニクス回路との光結合特性を検証する。

1-b）低損失窒化シリコン集積フォトニクス回路技術開発（株式会社 KDDI 総合研究所）

これまでの成果をもとに、研究開発項目 1-a）で開発したメタサーフェス型モード分離デバイスを組み合わせた超小型アダプティブ波面補償集積デバイスの実証を目指す。また前年度の設計をもとに、90 度光ハイブリッドの試作を行い、可視光波長帯にまで対応した小型コヒーレント受信器の実証を目指す。

研究開発項目２　デジタルコヒーレント空間光伝送システム実証

2-a）アダプティブ空間光伝送システム実証（国立大学法人東京大学）

まず、これまでに構築した数理モデルを発展させることで、大気揺らぎによる波面歪みの影響を補償できることを検証する。研究開発項目 1 において開発するアダプティブ波面補償光集積デバイスを各種導入し、結合効率が最小になる構成を抽出する。その上で、20 km 級、100

Gbps 級以上のデジタルコヒーレント自由空間光通信システムへの適用可能性を検証する。

2-b）デジタルコヒーレント自由空間光通信システム実装技術開発（三菱電機株式会社）

　これまでのシステム実装技術の検討結果と評価結果からのフィードバックに基づき、アダプティブ波面補償機能を有したデジタルコヒーレント自由空間光通信システムの実証実験を行う。その上で、研究開発項目 1 において開発するアダプティブ波面補償光集積デバイスと連携したデジタルコヒーレント自由空間光通信システムの実証を目指す。さらに、FSO 通信システムを実現するために必要な周辺技術のシステム実装を行う。