

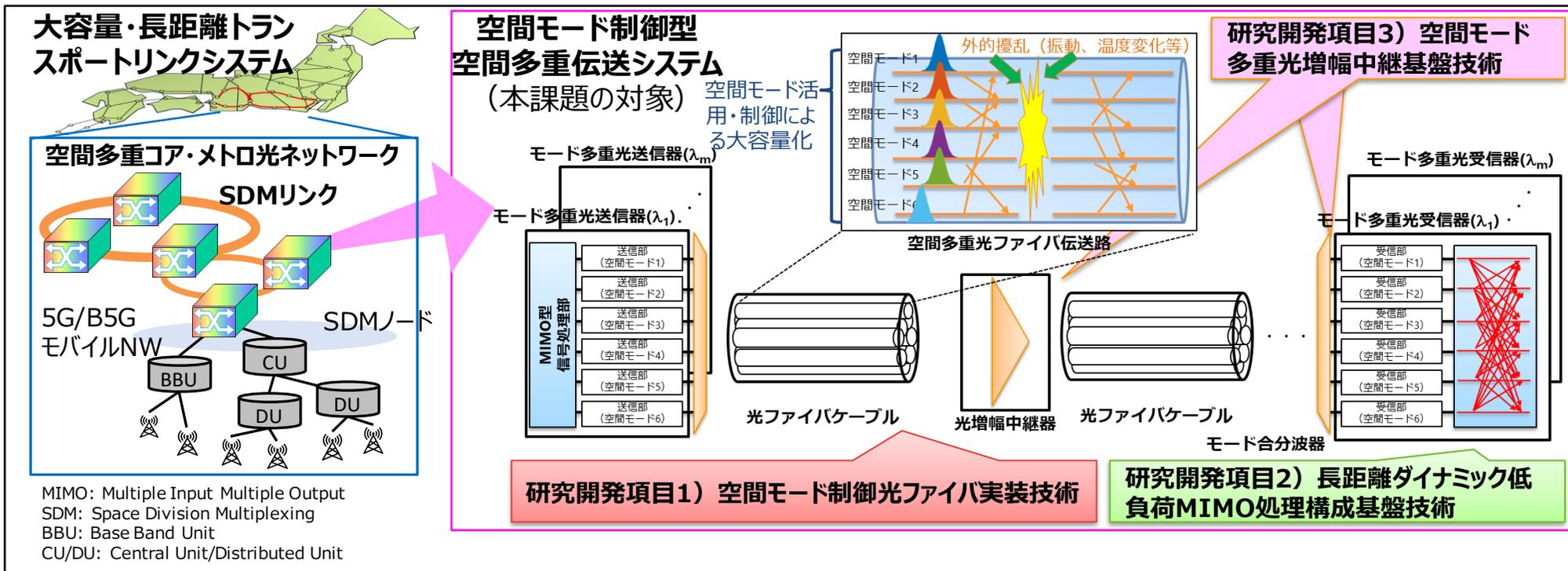
1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 Beyond 5G時代に向けた空間モード制御光伝送基盤技術の研究開発
- ◆受託者 日本電信電話(株)、住友電気工業(株)、日本電気(株)、古河電気工業(株)、(学)千葉工業大学
- ◆研究開発期間 令和3年度から令和6年度(4年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額920百万円(令和3年度391百万円)

2. 研究開発の目標

B5G時代の超大容量光コアネットワーク実現に向け、空間モードを積極的に活用・制御した3つの大容量・長距離光トランスポート基盤技術を確立し、陸上光ネットワークにおける相互接続性の担保、並びに、グローバル市場形成・ビジネス化を念頭に、空間分割多重技術の国際標準化を推進する。

- 項目1: 既存光ファイバケーブル技術との親和性に優れた空間モード制御光ファイバ実装技術
- 項目2: 敷設ケーブル動的光学特性を考慮した長距離ダイナミック低負荷MIMO処理構成基盤技術
- 項目3: 項目1,2と連携・統合した空間モード多重光増幅中継基盤技術



3. 研究開発の成果

研究開発項目1) 空間モード制御光ファイバ実装技術

項目1-a) ケーブル伝送路設計・実装技術 (日本電信電話株式会社)

- ・ 目標: コア数と光学特性の関係の計算検討に着手し、ケーブル実装用結合型MCFの設計仕様の確定および試作発注を完了する。
- ・ 成果: 曲げ損失などの主要な光学特性のコア数依存性を計算により確認し、ケーブル実装用4、8、12コアMCFの設計および試作発注を完了した。

項目1-b) ケーブル伝送路接続・構築技術 (住友電気工業株式会社)

- ・ 目標: 結合型MCFの融着接続において1接続あたり0.2dB/4コア以下の接続損失を実現する。
- ・ 成果: 製造ばらつきを反映した結合型MCFサンプルを準備して接続条件の検討を行い、目標の接続損失を実現した。

研究開発項目2) 長距離ダイナミック低負荷MIMO処理構成基盤技術

項目2-a) 低負荷ダイナミックMIMO信号処理方式基盤技術 (日本電信電話株式会社)

- ・ 目標: 10空間多重度程度までスケールかつ空間モード多重伝送路におけるチャネル動的変動に追従可能な低負荷MIMO信号処理構成・アルゴリズムの提案および基礎評価系の構築を行う。
- ・ 成果: マルチキャリア型MIMO信号処理方式を検討し同方式を低負荷化する見通しを得た。受信側でシングルモードに変換後の空間多重信号を時間軸で並列化し一括受信を行うことで対応空間多重度をスケール可能な空間多重信号の基礎評価系の構築を完了した。

項目2-b) 長距離MIMO処理検証基盤技術 (日本電気株式会社)

- ・ 目標: 伝送シミュレーションや伝送評価により、長距離伝送における高スループット受信側MIMO処理に必要な要素技術を見極める。
- ・ 成果: 結合型MC-EDFA光増幅中継ループ伝送で2900km程度の伝送を確認した。MIMOフィルタの適応制御のため受信側での既知のトレーニング信号との同期手法の必要性と、長距離伝送のための伝送路のモード依存損失の低減の重要性を確認した。

研究開発項目3) 空間モード多重光増幅中継基盤技術

項目3-a) 空間モード制御伝送統合検証技術 (日本電信電話株式会社)

- ・ 目標: 空間モード制御光ファイバ/ケーブルおよび光増幅中継器の接続方式を策定する。
- ・ 成果: 伝送リンク策定に向けて、空間モード制御光ファイバ/ケーブルおよび光増幅中継器の接続インタフェース候補を複数提示、策定した。

項目3-b) 空間モード多重光増幅設計・評価技術 (古河電気工業株式会社)

- ・ 目標: 増幅器の入出力ファイバを結合型4コアMCFとし、全コアを一括増幅可能な構成を示し、その課題を明確にする。
- ・ 成果: 全コアを一括増幅した後に結合型4コアMCFに再入力することで実現される増幅器の各機能ブロックの構成動作条件を整理した。

項目3-c) 空間モード多重伝送コネクタ設計・評価技術 (学校法人千葉工業大学)

- ・ 目標: 結合型MCF各コア光パワー分布のシミュレーションと測定環境を整備するとともに、光コネクタに必要な精度を求める。
- ・ 成果: MCFコネクタ組立精度を向上させるとともに、標準化に向け反射減衰量測定法の提案および検証を行った。

MCF: Multicore fiber

MC-EDFA: Multicore erbium-doped fiber amplifier

MIMO: Multiple-input multiple-output

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース報道	展示会	受賞・表彰
2 (2)	0 (0)	0 (0)	9 (9)	2 (2)	0 (0)	1 (1)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 主な学会発表

- ・宮本裕 他, “Beyond 5G 時代に向けた空間モード制御光伝送基盤技術の研究開発”, 電子情報通信学会 総合大会, BI-3-1, 2022年3月.
- ・今田諒太 他, “結合型マルチコアファイバにおける曲げ損失のコア数および曲げ方向依存性”, 電子情報通信学会 総合大会, B-13-2, 2022年3月.
- ・Mingqi Wu 他, “Hadamard Matrix Based Equalization Method for Space-Division Multiplexing Transmission”, 電子情報通信学会 総合大会, B-10-12, 2022年3月.
- ・高坂繁弘 他, ”パッシブ測定したマルチコアEDFA のコア間クロストーク”, 電子情報通信学会 総合大会, B-10-9, 2022年3月.
- ・Ryo Nagase, “How to connect SDM fibers?”, 6th International Symposium on Extremely Advanced Transmission Technologies (EXAT2021), Invited talk, T1.4, 2021年11月.
- ・藤巻湧己 他, ”OCWR法によるマルチコアファイバ用光コネクタの反射減衰量測定法”, 信学技報, vol. 121, no. 376, OFT2021-76, pp. 33-37, 2022年2月.
- ・星川晏輝 他, ”マルチコアファイバ用光コネクタ反射減衰量の簡易測定法”, 信学技報, vol. 121, no. 376, OFT2021-77, pp. 38-42, 2022年2月.
- ・上村圭史 他, ”標準外径4コアMCF用光コネクタの諸特性”, 信学技報, vol. 121, no. 375, OCS2021-46, pp. 27-31, 2022年2月.
- ・上村圭史 他, ”マルチコアファイバ用光コネクタの反射減衰量測定”, 電子情報通信学会 総合大会, B-13-7, 2022年3月.

(2) 展示会

- ・第35回光通信システム(OCS)シンポジウム(2021年12月、オンライン)にて本プロジェクトの概要を紹介。

(3) その他(標準化活動等)

- ・ITU-T SG15, Contribution, Proposals for draft TR.sdm, C-2682.
- ・IEC TC86, FOCI document, Progress and standardization discussion on SDM fibers, DUB-FOCI-02.
- ・IEC TC86/SC86BIにおいてMCFコネクタ接続損失測定法をCDV回覧し、承認された。また、MCFコネクタ光学互換Part 3について、PAS開発を進めることが承認された。

CDV: Committee Draft for Vote
PAS: Publicly Available Specification

5. 今後の研究開発計画

令和4年度は、短尺光ケーブル実装および単一融着接続点における空間モードの制御性を明らかにし、その特性情報を研究開発項目2)と共有することにより、動的変動制御の簡易実証、ならびに長距離伝送シミュレータの確立を完遂する。また、結合型4コアの一括光増幅特性を明らかにする。