

5G・ビッグデータ時代のネットワークインフラ基盤技術の研究開発

■概要

第5世代モバイル通信システム（5G）による通信サービスの展開やビッグデータの利活用が進展しており、広範囲かつ円滑なデータ流通を支える通信ネットワークは、必要不可欠な社会インフラとして重要性を増している。当研究室では、通信サービスの多様化や通信トラヒックの増加に対応するための、将来の大容量かつ柔軟な光ネットワークを実現するための基礎的・基盤的技術の確立を目指している。具体的には、以下の技術の研究開発に取り組んでいる。

1. 従来の波長多重光ネットワークと比較して通信容量を飛躍的に向上させる超大容量マルチコアネットワークシステム技術
2. 通信サービス要求の動的変化に柔軟に対応するために、高速な光パス制御を可能にする光統合ネットワーク技術
3. 光アクセスから光コアまでをシームレスにつなぐ光アクセス・光コア融合ネットワーク技術

■平成30年度の成果

1. 超大容量マルチコアネットワークシステム技術
 - (1) マルチモード・オール光スイッチング技術として、モード分割多重伝送において体積ホログラムを用いるモード分離方式を提案し、通信波長帯において空間モード多重信号（3モード）の分離に初めて成功した。単一光学素子（体積ホログラム）回路により、拡張性が高く、従来技術よりも小型化が可能なモード分離器（図1）を実現し、光通信分野のトップカンファレンスECOC（European Conference and Exhibition on Optical Communication）2018にて発表した。
 - (2) 空間多重方式をベースとしたハードウェアシステム技術として、通信性能要求に応じたマルチ粒度光チャネル提供方式を提案し、マルチ粒度光チャネルに対応した各種光スイッチなどから構成されるネットワークテストベッドを構築した。本ネットワークテストベッドにおいて、以下の実証実験を行い、学術論文誌MDPI（Multidisciplinary Digital

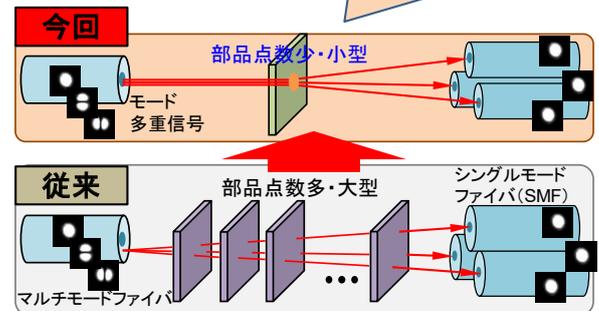
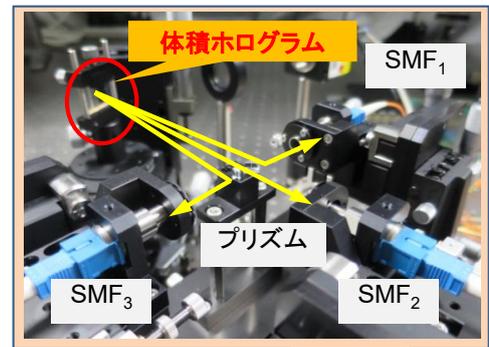


図1 体積ホログラムを用いた通信波長帯の3モード分離器

Publishing Institute) Photonics Journalにて成果を発表した。

- ① 7コア一括スイッチを用いた7コア多重光パス（10テラbps）スイッチングや高速光スイッチによる光パケット（1テラbps）スイッチング
 - ② 19コア光増幅器を用いた19コアファイバ38 km伝送
 - ③ 7コア一括光スイッチ含めた各チャネル用光スイッチのソフトウェア制御
- (3) 空間多重方式をベースとしたネットワークアーキテクチャ技術として、
- ① IPパケットのデータタイプに応じた光チャネル選択方法及びマルチコアネットワークにおけるIPパケット伝送を実証した。
 - ② データサイズを考慮した光パケットの空間チャネルの適切なスライス化と資源割当手法を提案し、資源利用率向上と低遅延な衝突回避を証明した。通信分野最大の国際会議IEEE GLOBECOM（Global Communications Conference）2018にて発表した。

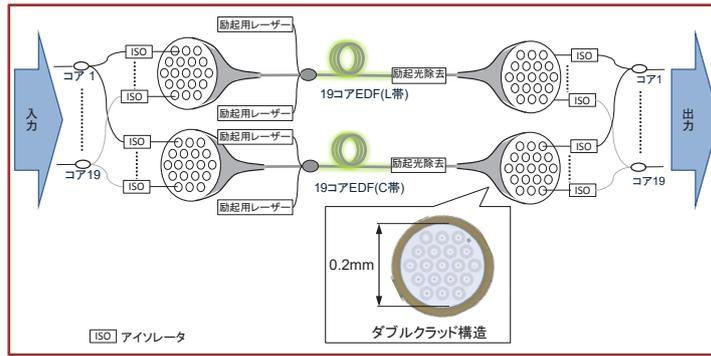


図2 波長帯拡張19コア一括帯光増幅器

(4) 空間スーパーモード伝送基盤技術として、

①光伝送システムの大容量化・長距離化

- 世界最大コア数39コアファイバを用い、38コア・3モード双方向伝送システムを開発し、ファイバあたり228空間チャンネル伝送の世界記録を達成、大容量伝送基盤技術の原理を実証した。本成果は、国際会議ECOC 2018において、光伝送カテゴリーのトップスコア論文に採択された。
- 波長帯を拡張した（C帯:1,530-1,565 nm、L帯:1,565-1,625 nm）19コア一括帯増幅器（図2）及び19マルチコアファイバを用いて周回伝送システムを構築し、715テラbpsの大容量光信号の2,009 km伝送に成功した。これは、伝送能力の一般的な指標である容量距離積1.4エクサビット×kmとなり、マルチコア増幅器による中継伝送実験は、従来の世界記録の約1.4倍更新した。本成果は、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議 OFC (Optical Fiber Communication Conference) 2019 の最優秀論文の特別セッションに採択された。

②早期の実用化

- 標準外径0.125 mmの数モードファイバを用いた伝送実験において、モードあたりの周波数利用効率の世界記録となる、11.24ビット/秒/ヘルツを達成し、国際会議PSC (Photonics in Switching and Computing) 2018最優秀論文賞を受賞した。
- 既存光ファイバとほぼ同じサイズの直径0.16 mmの4コア・3モードファイバを用いて、1.2ペタbps伝送を達成した（図3）。ペタビット級の伝送能力を持つマルチコアファイバとしては最も細く情報密度が高い。標準光ファイバと同じ被覆外径で、ケーブル化の際に既存の設備を流用することが可能であり、早期実用化が期待できる。本成果は、ECOC 2018 の最優秀論文の特別セッションに採択された。

既存光ファイバとほぼ同じサイズで1ペタbps超伝送

	長距離伝送向け	今回の成果	既存の光ファイバ
	2018年3月	2018年9月	
容量	0.159ペタ	1.2ペタ	0.15ペタが限界
コア数	1	4	1
モード数	3	3	1
クラッド直径 (mm)			
被覆直径 (mm)	0.125	0.25	0.235~0.265

図3 4コア・3モード光ファイバによる1ペタbps超伝送

2. 光統合ネットワーク技術

時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術として、複数光パスの高速制御を実現するための光強度変動抑制機能を有するフレキシブル光パスノードを提案した。本ノードの特長は、一台で複数波長に対応可能な光強度変動抑制デバイスにバーストモード増幅器や音響光学素子を用いた高速光減衰器を導入した事である。3波長の強度変調方式の光パスを対象として光強度制御の動作実証を行い、マイクロ秒オーダーの動作速度で光パスの光強度変動を一括して補償し、データ損失の抑制が可能であることを実証した。本成果は、電子情報通信学会和文誌に採録された。

3. 光アクセス・光コア融合ネットワーク技術

超高速・極低消費電力の光アクセスネットワークに係る基礎技術として、直接検波によりコヒーレント信号を復調するカラーマース・クロニッヒ検出器を従来よりも簡素に構成する手法を提案した。3モードファイバを用いた30 kmのモード多重伝送実験において、本手法による伝送後の各モードの信号検出を実証した。簡素で安価な検出器構成により、将来のアクセスネットワークやデータセンタネットワークにおけるコヒーレント・空間モード伝送用受信器としての採用が期待できる。