

### 3.2.2 光ネットワーク研究所 フォトニックネットワークシステム研究室

室長 和田尚也 ほか17名

#### たゆまぬ限界への挑戦

##### 【概要】

光ネットワークの物理層における限界を打ち破るフォトニックネットワークシステムの基盤技術を確立するため、物理層の制約を取り払い、機能と効率を最大限伸ばすネットワークシステム技術や、マルチコアファイバ等を用い飛躍的な通信容量の増大を可能とする技術に関する研究開発を行っている。

- (ア) 物理信号フォーマットがシステムごとに固定されず、サービスに応じて最適なネットワーク物理層資源を選択し、柔軟かつ効率的に機能提供可能とする物理フォーマット無依存ネットワークシステムの実現に向け、光交換ノードにおいて、データ粒度、データレート、変調方式、帯域、偏波のそれぞれに対する無依存化を図るための個別要素技術を確立し、システムアーキテクチャを確立する。
- (イ) マルチコアファイバ伝送システムを実現するためのファイバ設計技術と総合評価技術、またマルチコア伝送された光信号をネットワークノードにおいて交換処理するためのマルチコアクロスコネクタ技術とスイッチング技術を確立する。さらに、コア間干渉雑音耐性向上技術等、多値変調と空間多重を複合した超多重伝送方式や、モード制御を実現するための基盤技術を確立する。

##### 【平成 26 年度の成果】

#### (1) 物理フォーマット無依存ネットワークシステム基盤技術

光パケットスイッチ技術において世界最速の1端子当たりの光パケット交換容量 12.8 Tbps を達成した。光バッファを使い、100 km のファイバ伝送も成功し、国際会議 ECOC (European Conference and Exhibition on Optical Communication) 2014 にて発表した。

#### (2) 光パケット・光パス統合ノード技術

光パケット・光パス統合ノードでマルチホップ交換と伝送実験を多角的に実施し、偏波変動が生じる環境下で10ホップの光パケット交換・伝送に成功した。5台の光パケット・光パス統合ノードを50kmの光ファイバで接続(図1)し、各ノードを通過する際の光パケットを評価し、10ホップ450km伝送後の符号誤り率が $10^{-9}$ 以下で、安定した伝送を実現した。この成果は、国際会議 OFC (Optical Fiber Communication Conference) 2015 にて発表した。

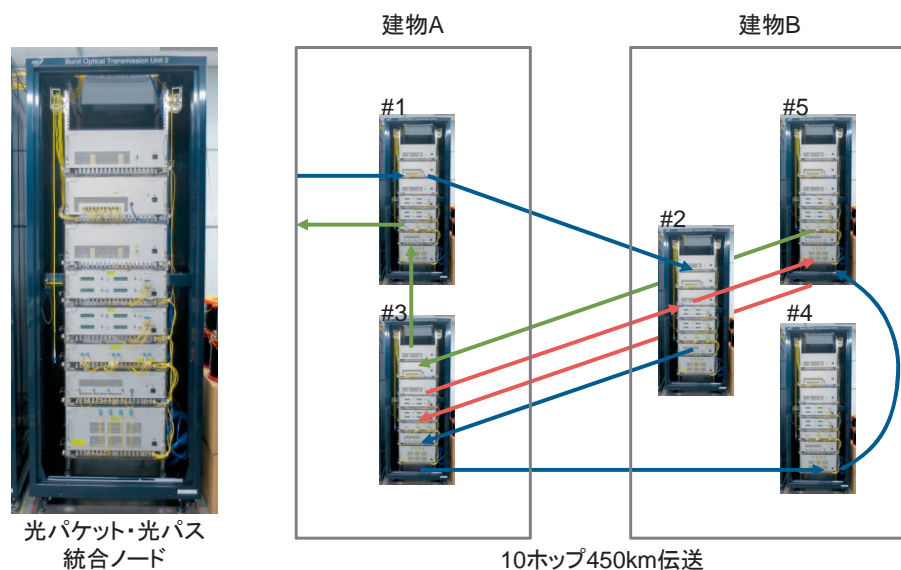


図1 10ホップの光パケット交換・伝送実験

### (3) マルチコアファイバとそのネットワーク応用技術

世界最大のコア数 36 ですべてが 3 モードの光ファイバを世界で初めて開発し、総空間多重数 108 (36 コア × 3 モード) で通信波長帯の光信号の送受信実験に成功し、OFC2015 でポストドッドライン論文 (最優秀ホットトピック論文) として採択された。既存のシングルコアシングルモードファイバと接続するための空間結合装置については、これまでマルチコアシングルモードファイバ用に開発していたものに伝搬モードの異なる信号を合波するモード変換器の機能を追加し、すべてのコアのためのモード変換及び合波を 1 つの光学システムでまとめて行えるようにし (図 2)、大幅な部品点数の削減が可能となった。最先端光変復調技術やデジタル信号処理技術を利用すると、1 チャンネルあたり 100 Tbps 級の伝送が可能であり、光ファイバ 1 本で 100 超チャンネルを実現した本実験の成功により、10 Pbps 級の超大容量伝送の可能性を見いだした。

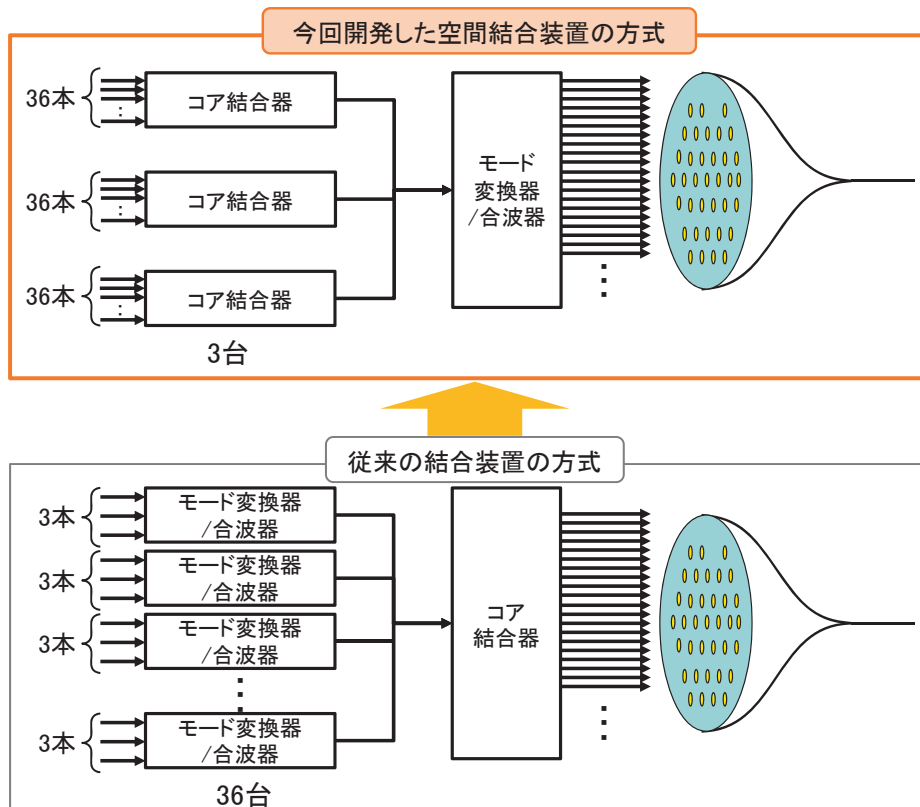


図 2 今回開発した空間結合装置の方式

マルチコア光ファイバの 1 つのコアを用いて、パイロットトンと呼ばれる基準の無変調信号を送信し受信側で信号の復調を行うコヒーレント自己ホモダイン伝送技術に関し、19 コアファイバを用いて数 100 Tbps 級大容量伝送に初めて成功し、伝送後すべてのコアの符号誤り率が  $10^{-3}$  以下の良好な結果を得た (図 3)。本方式は、マルチコアファイバ伝送におけるデジタル信号処理の負荷を大幅に削減可能で簡便・安価な受信器構成でも安定した超大容量通信が可能である。さらに、光搬送波位相同期中継技術による自己ホモダイン伝送方式を、マルチコアファイバを用いた波長パススイッチングネットワークに適用する実験に成功した。

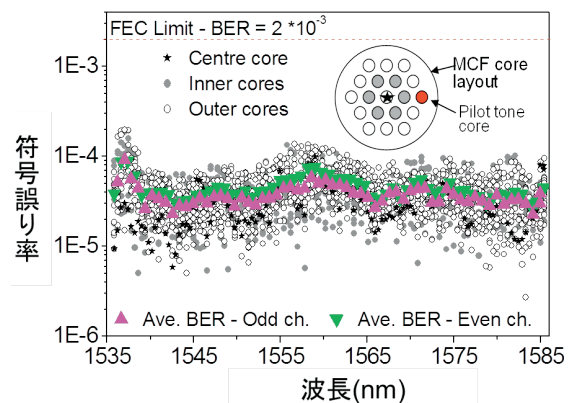


図 3 自己ホモダイン方式による 210Tbps 伝送後の各コアの波長ごとの符号誤り率