

平成 27 年度研究開発成果概要書

課 題 名 : 革新的光通信インフラの研究開発  
採 択 番 号 : 150ウ02  
個別課題名 : 課題ウ マルチコア・マルチモード伝送技術  
副 題 : マルチコアファイバを用いた長距離大容量伝送技術

(1) 研究開発の目的

ファイバ当りの伝送容量 300Tb/s 級、伝送距離 500km 以上の大容量伝送を実現するための要素技術を確立すると共に、さらなる長距離・大容量化に向けた、マルチコアファイバ、マルチコア増幅技術、マルチコア接続技術、および、各種伝送要素技術に対する要求条件を明確化する。本課題で開発された技術、および課題ア、イで開発された技術により、上記目標が達成可能であることを示唆する合同実証実験を、他の課題ウの採択課題とも調整して実施する。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 27 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

株式会社 KDDI 研究所<代表研究者>、日本電気株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 243 百万円 (平成 27 年度 43 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題ウ 0201 : 個別コア伝送容量拡大技術 (株式会社 KDDI 研究所)

1. 高周波数利用効率伝送技術 (株式会社 KDDI 研究所)
2. マルチコアファイバ伝送システム検証 (株式会社 KDDI 研究所)

課題ウ 0202 : マルチコア伝送における大容量伝送技術

1. コア間干渉起因劣化 把握, 抑圧, 補償技術開発 (日本電気株式会社)

(6) これまで得られた成果 (特許出願や論文発表等)

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	21	4
	外国出願	14	3
外部発表	研究論文	10	2
	その他研究発表	79	8
	プレスリリース・報道	2	0
	展示会	11	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

1) 課題ウ 0201: 個別コア伝送容量拡大技術 (株式会社 KDDI 研究所)

一括励起による光増幅を行ったマルチコアファイバ長距離伝送実験を実施するにあたり、高光出力

特性をもつクラッド励起 MC-EDFA を課題アと連携して開発・特性評価を実施した。Lバンド帯の約 30nm に渡る 51ch の WDM 信号光入力（トータル強度 7.5 dBm）に対し、利得 11 dB 以上、NF 6dB 以下の特性を、7 コア全てにおいて実現することを確認した。また、MC-EDFA のすべてのコア間でのクロストークを -40 dB 以下に低減できた。そして、このクラッド励起 MC-EDFA を用い、長距離伝送実験を実施した。1 チャンネルあたり 128 Gb/s の信号速度を持つナイキストパルス整形を施した DP-QPSK 信号を 35 GHz 間隔で波長多重（Lバンド、76 波）し、7 コアファイバおよびクラッド励起 7 コア EDFA によって構成されたマルチコアファイバ伝送路を用いて 4,200 km 伝送を達成した。さらに、高速変調速度信号を用いたマルチコアファイバ伝送実験を実施した。送信信号は、1 チャンネルあたり 256 Gb/s の信号速度を持つ 64Gbaud ベースの DP-QPSK 信号を用いた。このとき、送信信号は光/電気部品の帯域制限を補償するために光領域にてプリフィルタリングを施した。プリフィルタリングにより信号品質は約 1dB 改善されることは事前に確認している。これらの信号を 70 GHz 間隔で波長多重（Cバンド、68 波）し、7 コアファイバ及び個別コア励起の 7 コア EDFA によって構成されたマルチコアファイバ伝送路を用いて大洋横断級（6,160km）伝送を達成した。また、64QAM のサブキャリア変調をもつ光 OFDM 信号を生成し、周波数利用率 8bit/s/Hz の 波長多重 7 コア光ファイバ伝送実験を行い、マルチコア光ファイバを用いた超高周波数利用率伝送が可能であることを確認した。

## 2) 課題ウ O202:マルチコア伝送における大容量伝送技術（日本電気株式会社）

短い間隔でコアを高密度に配置するマルチコア光ファイバ(MCF)では、光ファイバ中や各種接続点において異なるコア間でクロストーク(XT)が発生する。このコア間 XT への対策が、これまでの通常の SMF ベース光伝送システムに対して追加されるシステム構築技術となる。「課題ウ O202 マルチコア伝送における大容量伝送技術」では平成 26 年度までに、「光増幅器により発生する ASE 雑音光とコア間 XT 光とを統合的に扱う Equivalent-OSNR に基づいた設計技術」、「隣接コア同士で信号伝搬方向を逆向きに配置することによるコア間 XT の影響低減技術」と 2 つの開発済み技術に基づいた 16 コア四角形コア配置 MCF を試作し、更に同伝送路ファイバ上で C-band 波長帯域を用いた高周波数利用率(4bit/s/Hz)-長距離(>700km)伝送を実現している。

平成 27 年度は、同伝送路ファイバ上での使用可能周波数帯域の拡大を行った。C-band に加えて、波長合成分波により L-band にまで信号波長帯域を拡大した上で、長距離伝送評価実験を行った。その結果、両波長帯とも C-band 単独時と同様の 700km 以上の伝送能力を確認した(各波長帯の使用帯域：26nm で 1 方向あたり約 204.8Tbps の伝送容量を実現)。C/L-band の周波数資源を最大限使用すると、収容容量は 1 方向あたり最大で 320Tbps (双方向で 640Tbps)に達する。伝送路内のコア間 XT は、「伝送路光ファイバ内」「fan-in, fan-out 内」「各接続点」の 3 カ所所で発生するが、長距離伝送能力評価用に準備した 16 コア MCF 伝送路では「fan-in, fan-out 内」で発生するコア間 XT が支配的であった。「隣接コア同士で信号伝搬方向を逆向きに配置することによるコア間 XT の影響低減(技術)」は本来、「伝送路光ファイバ内」で発生するコア間 XT が支配的な場合に最も効果を発揮する。そのため、「fan-in, fan-out 内」で発生するコア間 XT の将来的な低減の見通しを得ておくことは、今後の伝送路技術開発の方向性を判断する上で重要であった。そこでコア間 XT 低減を最優先した、別のアプローチの 16 コア MCF 用 fan-in, fan-out を試作した。その結果、1 端辺り 1dB 強の接続損失の増加で、20dB の XT 発生量抑圧を確認した。その結果、16 コア MCF との組み合わせた場合の「隣接コア同士で信号伝搬方向を逆向きに配置することによるコア間 XT の影響低減(技術)」による改善量は、約 5dB から約 20dB へと大幅に改善した。これにより大容量化のための次世代伝送路ファイバとして取り組んできた 16 コア四角形コア配置 MCF の将来性が確認された。

以上により課題 150 での目標が全て達成された。