

平成24年度研究開発成果概要書
 革新的光インフラの研究開発 (150ウ02)
 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
 光ファイバ伝送システムの飛躍的な大容量化の実現を目的とし、マルチコアファイバ伝送路に対応した長距離大容量伝送技術の確立を目指す。
- (2) 研究開発期間
 平成23年度から平成27年度 (5年間)
- (3) 委託先
 (株)KDDI 研究所<幹事>、日本電気(株)
- (4) 研究開発予算 (百万円単位切上げ)
- | | |
|--------|-----------|
| 平成23年度 | 55 (契約金額) |
| 平成24年度 | 52 (//) |
| 平成25年度 | 49 (//) |
| 平成26年度 | 46 (//) |
| 平成27年度 | 43 (//) |
- (5) 研究開発課題と担当
 課題ウ： マルチコア・マルチモード伝送技術
 課題ウ-1：個別コア伝送容量拡大技術 (株式会社KDDI 研究所)
 課題ウ-2：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)
- (6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	7	4
	外国出願	1	1
外部発表	研究論文	2	2
	その他研究発表	29	25
	プレスリリース	1	1
	展示会	2	2
	標準化提案	0	0

具体的な成果

- (1) NEC、古河電工と共同で、7コア-マルチコア EDFA による世界初の長距離光伝送実験を行い、総容量 28.8Tbit/s での 6,160km 伝送を達成した。本結果を光通信に関する欧州最大級の国際会議である ECOC2012 のポストデッドライン論文として採録された。
- (2) マルチコア光ファイバ中でのコア間クロストーク発生による信号品質劣化の低減技術として「隣接コア間逆方向割り当て」を提案し、100km スパンシステムで約 17dB の抑圧を確認した。劣化補償技術である MIMO 技術向けに、コア間干渉劣化推定モデルを拡張し、長距離伝送時の問題として、所要 FIR フィルタタップ数の爆発的増

大を明らかにした。

- (3) 電気のバイナリ信号を同期多重して高品質な 8 レベル信号を生成し、1 つの I/Q 光変調器を用いて生成した 41.6GBd PDM-64QAM シングルキャリア 499Gb/s 信号を、50GHz 間隔で 8 波長多重し（周波数利用効率 8bit/s/Hz）、シングルモードファイバ+ハイブリッド EDFA/ラマンアンプの光伝送路を用いて世界で初めて 720km 伝送に成功した。本結果は国際会議 ACP2012 においてポストデッドライン論文に採録された。

(7) 研究開発イメージ図

平成24年度「革新的光通信インフラの研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 株式会社KDDI研究所(幹事者)、日本電気株式会社
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額244百万円(平成24年度 51.7百万円)

2. 研究開発の目標

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。

3. 研究開発の成果

課題ウ-1 個別コア伝送容量拡大技術(KDDI研究所)

H24年度: 周波数利用効率が8b/s/Hz以上での伝送可能距離延伸に向けた伝送路や中継器及び変調方式の比較を単一コアファイバを用いて行い、中間目標(平成25年度目標)である8bit/s/Hzでの単一コアファイバ伝送路における500km以上の伝送を実証するための実験方式を具体化する。また、マルチコアファイバの周回伝送実験系を構築し、伝送評価を行うことで周回伝送評価の課題を抽出する。

研究開発成果: 個別コア伝送容量拡大技術

●(図1)電気のバイナリ信号を同期多重して高品質な8レベル信号を生成し、1つのI/Q光変調器を用いて生成した41.6GbD PDM-64QAM シングルキャリア499Gb/s信号を、50GHz間隔で8波長多重し(周波数利用効率8bit/s/Hz)、世界で初めて720km伝送に成功した。本結果は国際会議ACP2012においてポストデッドライン論文に採録された。

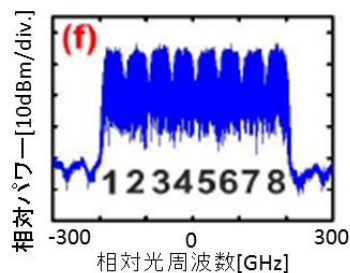
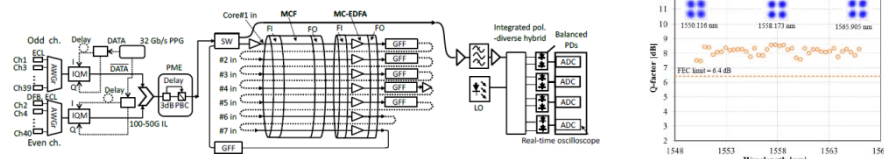


図1 8x499Gb/s 41.6GbD PDM-64QAM信号の光スペクトル

研究開発成果: KDDI研、日本電気、古河電工の共同で、世界初のMC-EDFA中継MCF超長距離伝送実験(6,610km、28.8Tb/s)に成功した。国際会議ECOC2013においてポストデッドライン論文に採録された。



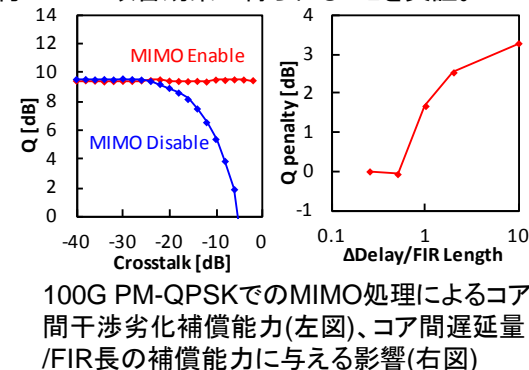
課題ウ-2 マルチコア伝送における大容量伝送技術(NEC)

●コア間信号干渉劣化推定技術

- H23年度開発のコア間干渉劣化推定プログラムモデルを2入力x1出力→2入力x2出力へと拡張し、更に劣化補償用受信側MIMO処理機能を搭載。
- 受信時OSNR, コア間伝播遅延, コア間干渉発生ポイント数等のMIMO処理への影響を定量的評価を実施→長距離伝送時のコア間伝搬遅延による所要フィルタタップ数の爆発的増加が課題として浮上(下図)

●コア間干渉劣化の低減・抑圧技術

- コア間干渉劣化低減, 抑圧方式として、隣接コア同士で信号光の伝搬方向を逆向きに設定する「隣接コア間逆方向割り当て」を提案。長尺マルチコアファイバを用いた実験の評価に加え、モデル化による有効性検討を実施。
- 提案方式の有効範囲はスパン長(スパン損失)と局所的な損失, 反射, XTにより制限され、局所的劣化が無い実験用7コアMCFでは限界スパン長が約200km、100kmスパンで約17dBの改善効果が得られることを実証。



100G PM-QPSKでのMIMO処理によるコア間干渉劣化補償能力(左図)、コア間遅延量/FIR長の補償能力に与える影響(右図)

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
革新的光通信インフラに関する研究開発	7 (4)	1 (1)	2 (2)	29 (25)	1 (1)	2 (2)	0

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 産学官連携のための〇〇〇〇運営会議を毎年主催し、All Japanの取り組みを牽引

特になし

(2) 国際〇〇〇〇会議を開催(共催:IPA、AIST)

特になし

6. 今後の研究開発計画

◆課題ウ-1 個別コア伝送容量拡大技術:

平成24年度の個別コア伝送(周波数利用効率8b/s/Hz、500km以上)の実証結果を踏まえ、マルチコアファイバ伝送路を用いた周波数利用効率~8bit/s/Hz、500km以上の高QAM光信号の伝送特性評価を行い、実現可能性について検討を行う。さらに、マルチコアEDFAの高度化を図り、多波長マルチコア光中継伝送実験系を構築し、伝送システム全体で高QAM信号が受けるクロストークの影響や多波長信号特性などを検証し、マルチコア大容量長距離伝送システムの骨子を明確化する。さらに、課題ウ-2コア間干渉補償技術との連携準備及びコア数拡大の可能性検討を行う。

◆課題ウ-2 マルチコア伝送における大容量伝送技術:

H24年度に開発したプログラムモデルを活用し、MIMOによるコア間干渉劣化補償を適用した場合の、現状の伝送路マルチコア光ファイバやその他のデバイスでの伝送限界の見極めを行う。更に、H24年度に開発したコア間過小劣化低減技術を組み合わせた場合の伝送限界の拡大を進め、信号速度向上、デバイス性能改善とあわせて最終目標レベルへの到達を図る。