

平成25年度「光トランスペアレント伝送技術の研究開発(λリーチ) 課題ア メトロ・アクセス 広域・大容量化技術に関する研究」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

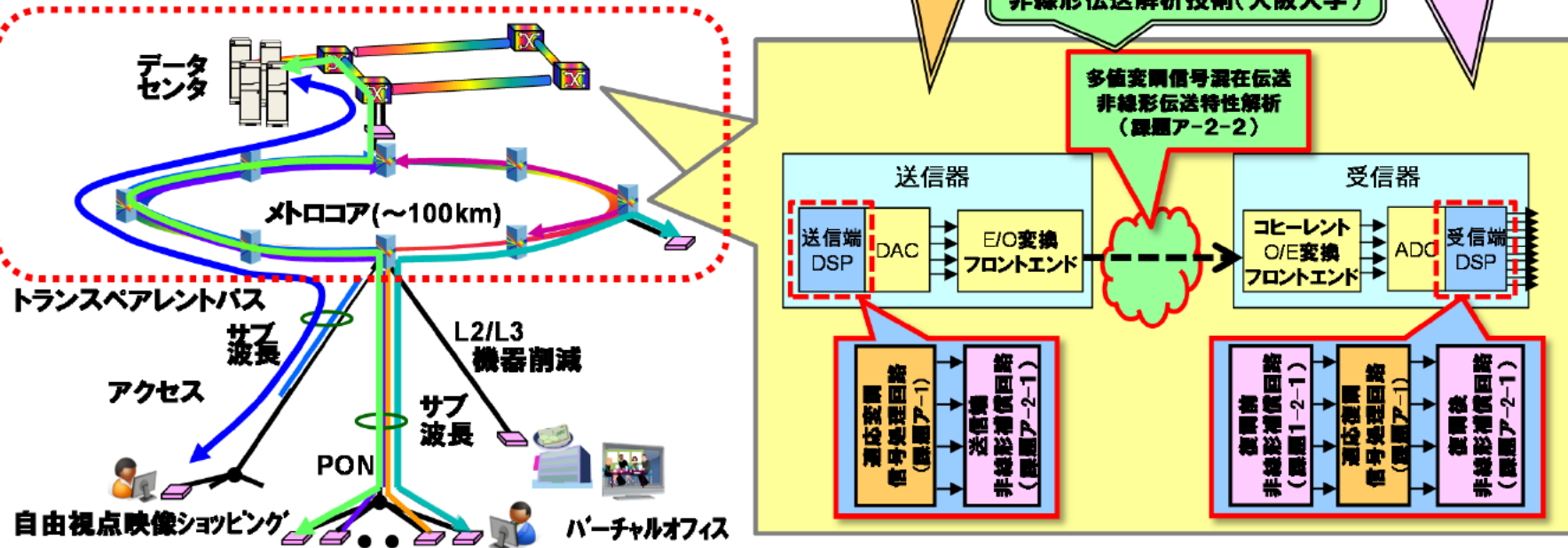
- ◆実施機関 日本電信電話株式会社(幹事者)、富士通株式会社、国立大学法人大阪大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発予算 総額882百万円(平成25年度:175百万円)

2. 研究開発の目標

- 光ネットワークや伝送路の状況に応じてビットレートや変調方式を適応的に変化させ、周波数利用効率を高めることによって光ファイバあたり伝送容量を拡大することができる適応変復調技術を開発するとともに、光ネットワークの広域化・大容量化を制限する主たる要因の一つである光ファイバの非線形性による伝送特性劣化を克服するための非線形補償信号処理回路技術を開発し、10~100G超ビット/秒のデータ伝送におけるトランスペアレント領域(ファイバあたりの伝送容量×リンク長)において、伝送容量とリンク長をそれぞれ2倍以上拡大し、4Pビット/秒×km以上を実現することができる伝送基盤技術を確立する。

研究開発目標

課題ア メトロ・アクセス広域・大容量化技術



3. 研究開発の成果

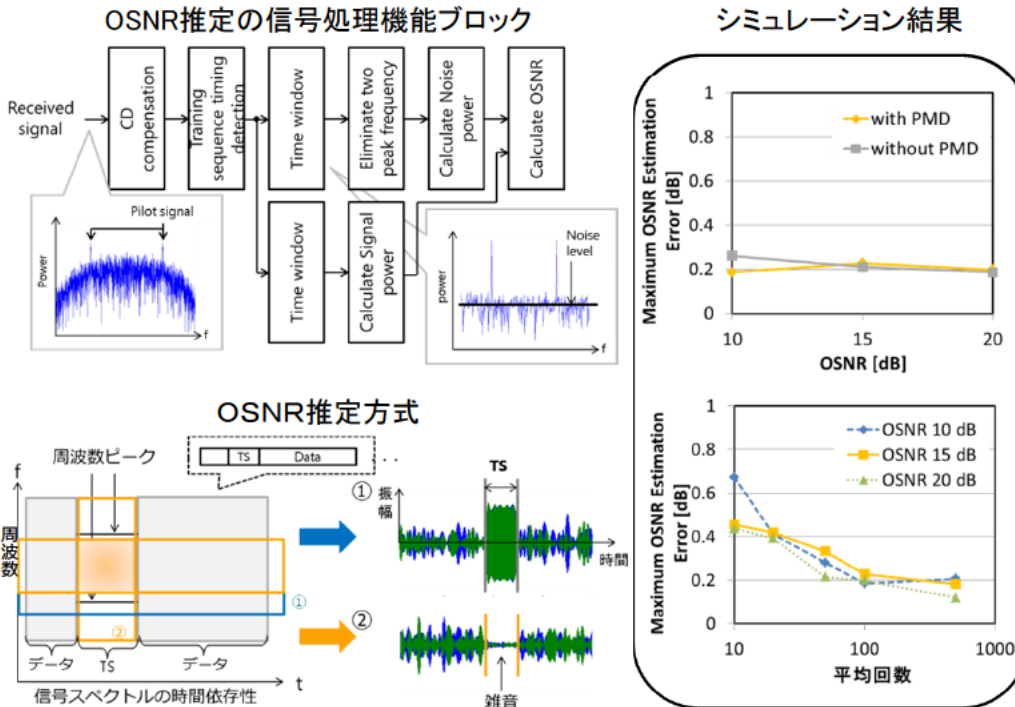
研究開発成果: 課題ア-1 適応変復調伝送技術

課題ア-1 適応変復調伝送技術

(日本電信電話株式会社)

- ① 適応変復調のためのOSNR推定方式の検討
送信側でトレーニング信号を付加するOSNR推定方式を機能動作を確認
- ② 適応変復調のための送信端信号処理方式の検討
RZ多値変調信号に前置分散補償を行うことでQ値改善を確認
- ③ 適応変復調のための光送信機制御方式の検討
様々な多値変調信号に対する変調器安定動作を実験で確認
以上の結果を踏まえ、適応変復調伝送回路の機能設計を完了させ、本年度の目標を達成した。

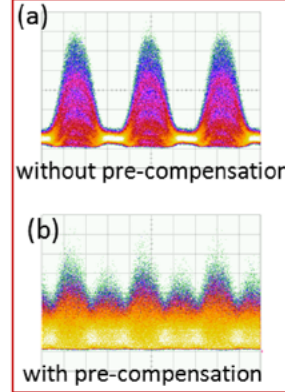
- ① 適応変復調のためのOSNR推定方式の検討
送信側でトレーニング信号を付加するOSNR推定方式を検討し、シミュレーションおよび実験により十分な精度が得られることを確認した。さらに、それを用いた適応変復調伝送実験を実施した。



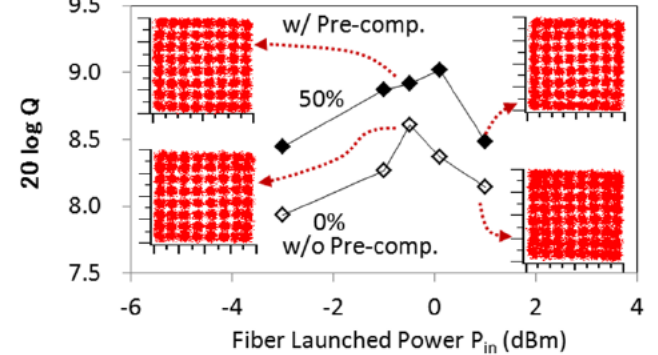
② 適応変復調のための送信端信号処理方式の検討

前置分散補償を伴うRZ多値変調方式に対応可能な送信機構成および伝送特性を実験で評価した。RZ信号に前置分散補償を行うことで非線形耐力が向上しQ値が改善されることを確認した。

前置分散補償されたRZ信号



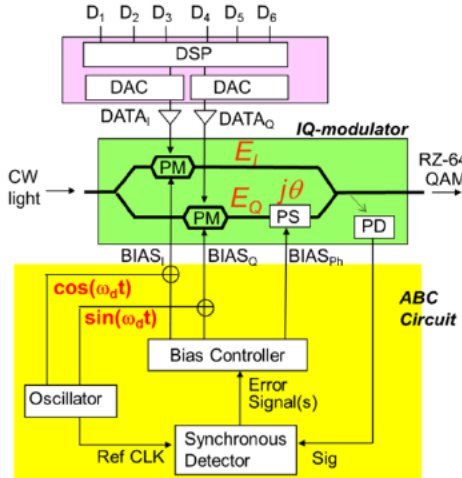
RZ化と前置分散補償の組み合わせによる伝送特性の改善



③ 適応変復調のための光送信機制御方式の検討

前置分散補償を伴うRZ信号を含む様々な多値変調方式に対応可能な変調器自動バイアス制御方式について実験で評価し、適応変復調方式に適応可能であることを確認した。

変調器自動バイアス制御回路構成



変調器自動バイアス制御動作

64QAM -2450ps/nm		
Q-penalty = 0.2 dB		
64QAM 0ps/nm		
Q-penalty = 0.1 dB		
16QAM 0ps/nm		
Q-penalty : negligible		
	proposed ABC	manual bias control

研究開発成果：課題ア-2 非線形補償信号処理技術

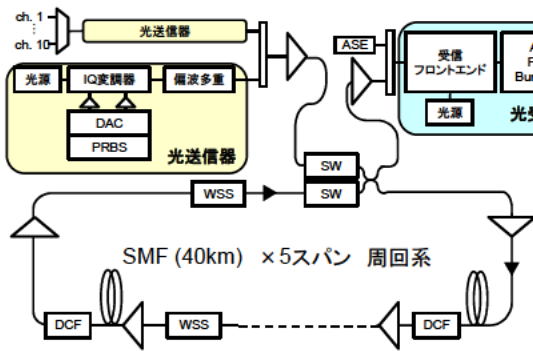
課題ア-2-1 非線形補償信号処理方式構成技術

(富士通株式会社)

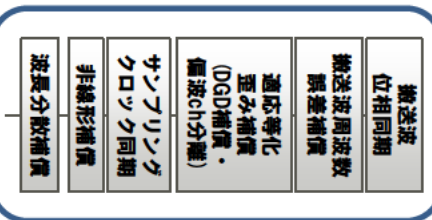
- 平成24年度に定めた非線形補償方式とアルゴリズム仕様に基づき、光送受信信号処理回路の詳細検討を実施。数値シミュレーションによって3 dBに迫る特性改善能力の確認を完了。また、伝送実験による実機検証にも着手し、その結果をもとに機能設計を完了
- 以上の結果を踏まえ、光送受信信号処理回路の機能設計を完了することで本年度の目標を達成

受信部機能設計および伝送実験による予備性能評価

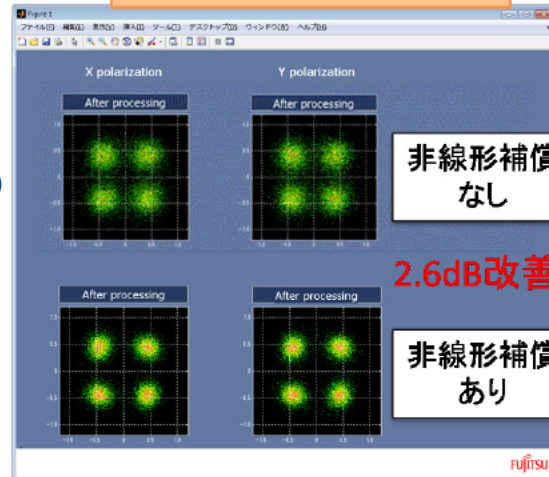
伝送実験系



受信部機能ブロック図



DP-QPSK 800km 受信波形



受信端での非線形補償方式である
 ・摂動バックプロパゲーション (PBP)
 ・チャンネル間非線形対策 (NPCC)
 を適用することで伝送性能改善が
 得られることを実験で確認

非線形補償
なし

2.6dB改善

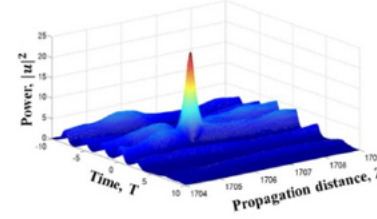
非線形補償
あり

Fujitsu

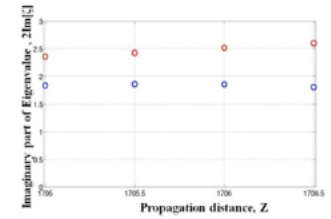
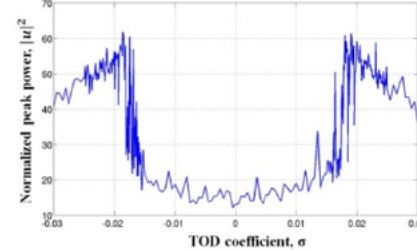
課題ア-2-2 非線形伝送解析技術

(国立大学法人大阪大学)

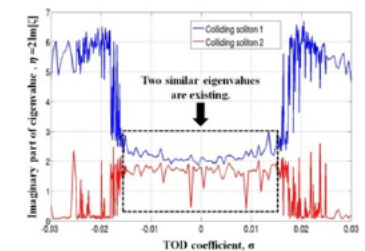
光ファイバの非線形性の影響の系統的解析～ローグウェーブ現象の発生機構の解明～
 ローグウェーブ＝時間的にも空間的にも局在した非常に振幅の大きな波



ローグウェーブの波形



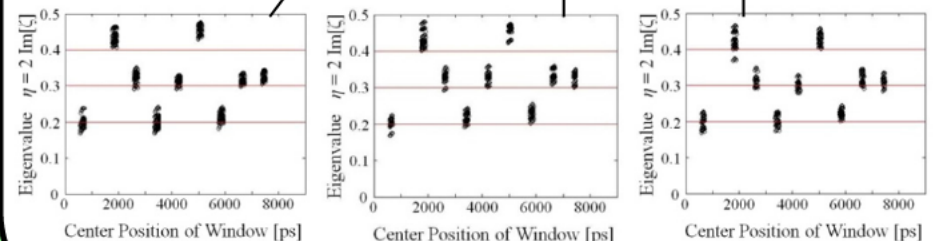
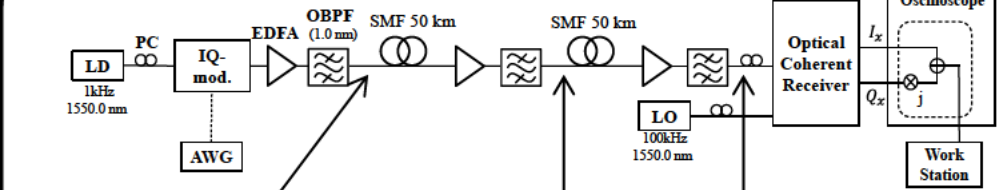
ローグウェーブ近傍で固有値は変化しない



3次分散を変えた時のピーク電力の最大値 3次分散を変えた時の2つの固有値
 ⇒ ほぼ同じ大きさの固有値をもつ2つのソリトンの衝突によりローグウェーブが発生

光ファイバの非線形性を加味した新たなデジタル変調方式
 ～光固有値変調方式～

【伝送実験系】



光ファイバの非線形性を考慮しても、固有値は伝送途中で変化しない。

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・報道	展示会	標準化提案
光トランスペアレント伝送技術の研究開発(入リーチ)課題ア	10 (4)	11 (6)	2 (0)	70 (25)	3 (0)	4 (3)	0 (0)

5. 研究成果発表等について

(1) 学会発表・表彰

- ・光通信研究会(2012年1月)にて「光トランスペアレント伝送技術の研究開発(入リーチ)」の研究計画概要を発表(H23)
- ・ECOC2012にて、パイロットーンを用いたSC-FDM 400Gbit/s/ch変復調技術とそれを用いた100Tbit/s級伝送技術を発表(H24)
- ・ECOC2012にて、送信端非線形補償による偏波多重QPSK変調信号の距離延伸と偏波変動環境下での性能評価実験結果を発表(H24)
- ・Photonics West2013にて、高速DACを用いた16QAM信号によるナイキストWDM伝送実験結果を発表(H24)
- ・Photonics West2013にて、送信端・受信端の各非線形補償アルゴリズムの処理簡略化方式について発表(H24)
- ・OFC2013にて、送信端・受信端非線形補償を組み合わせた場合の改善効果について発表(H24)
- ・Photonics Global Conference 2012にて、招待講演を行い、QPSK光信号の生成時の分散耐性について発表(H24)
- ・Photonics in Switching 2012にて、複数波長チャネルのBPSK信号の同時生成法について発表(H24)
- ・CLEO-PR&OECC/PS2013にて、デジタルコヒーレント方式を用いた固有値の復調法について発表(H25)
- ・ECOC2013にて、16QAM対応の送信端非線形補償の回路規模削減する手法について発表(H25)
- ・ECOC2013にて、一例として前置分散補償RZ-64QAM信号を用いて適応変復調対応の光送信機構成について発表(H25)
- ・OFC2014にて、非線形補償の改良方式について2件発表(H25)

(2) 展示会

- ・第26回 光通信システム(OCS)シンポジウム(2012年12月、静岡県三島市)でパネル展示(H24)
- ・CLEO-PR & OECC/PS 2013 (2013年7月、京都府京都市)でパネル展示(H25)
- ・第27回 光通信システム(OCS)シンポジウム(2013年12月、静岡県三島市)でパネル展示(H25)
- ・フォトニックネットワークシンポジウム(2014年3月、東京都小金井市)でパネル展示(H25)

(3) 報道発表

- ・超高速光ファイバー伝送システム向け補償回路の消費電力を約1/3に削減する革新的な歪み対策技術を開発(H23)

6. 今後の研究開発計画

- ・【課題ア-1 適応変復調伝送技術】これまでの成果を用いて適応変復調伝送回路の回路設計・試作を実施する。シミュレーションおよび試作回路を用いた実験により評価により、適応変復調伝送方式の実現性を実証する。
- ・【課題ア-2-1 非線形補償信号処理方式構成技術】非線形補償信号回路の機能設計結果を踏まえ、回路設計および回路試作を実施する。実験およびシミュレーションによる特性評価により、3dBに迫る補償能力を実現することが可能であることを実証する。
- ・【課題ア-2-2 非線形伝送解析技術】これまでに開発したシミュレーションプログラムを駆使し、また、これまでの研究開発で見出した新たな視点、新規変復調方式を考慮して、広帯域光アナログ変復調方式が光ファイバの非線形性から受ける影響を理論的に明らかにするとともに、非線形補償信号処理技術への応用に向けた研究開発を推進する。