

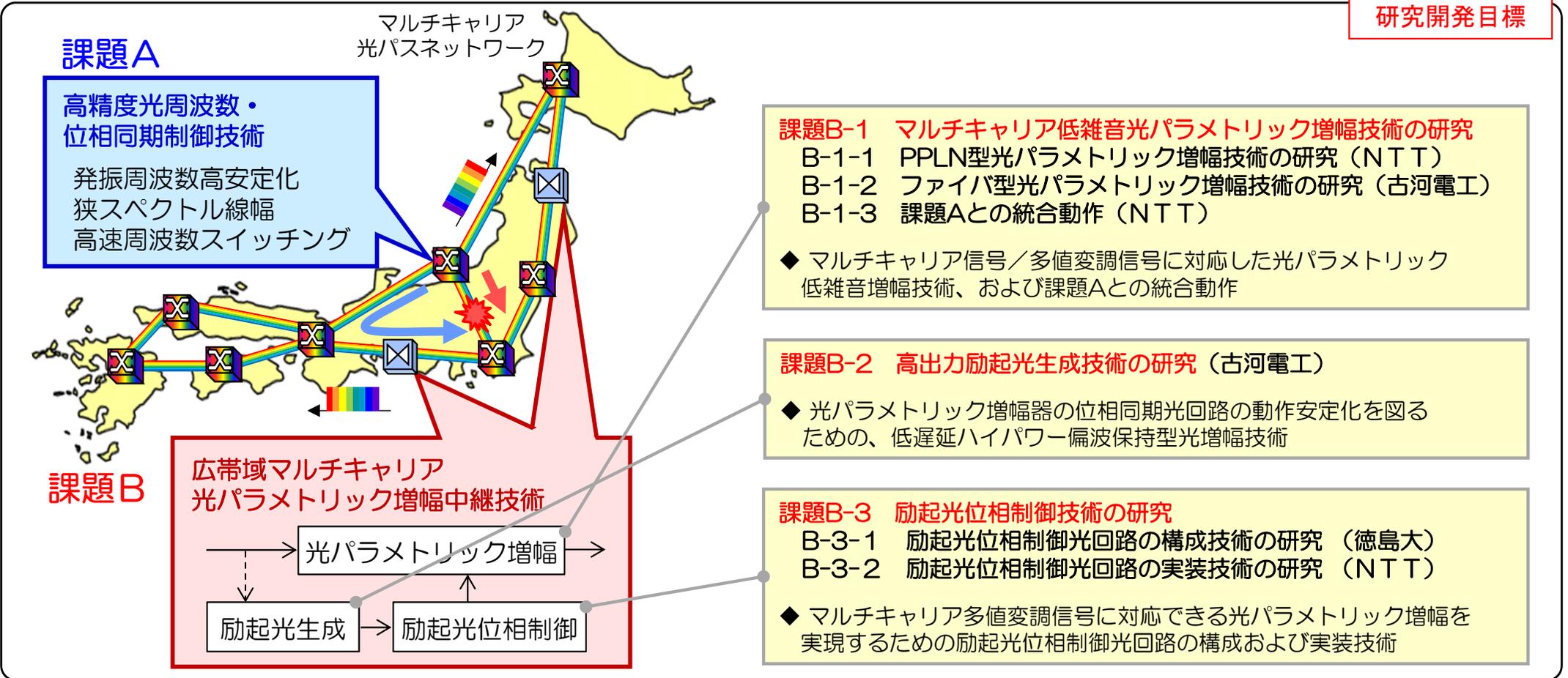
1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆ 課題名 : 光周波数・位相制御光中継伝送技術の研究開発
- ◆ 個別課題名 : 課題B 広帯域マルチキャリア光パラメトリック増幅中継技術
- ◆ 副題 : 大容量マルチキャリア信号の高ダイナミックレンジ中継増幅技術
- ◆ 実施機関 : 日本電信電話株式会社(代表研究者)、古河電気工業株式会社、国立大学法人徳島大学
- ◆ 研究開発期間 : 平成26年度から平成29年度(4年間)
- ◆ 研究開発予算 : 総額274百万円(平成27年度 71百万円)

2. 研究開発の目標

光パラメトリック増幅による低雑音中継増幅の要素技術を確認するために、本課題では大容量マルチキャリア多値変調信号に対応した低雑音光パラメトリック増幅技術、信号の増幅を行うための低遅延・高出力励起光生成技術、励起光位相制御技術の研究を行い、課題Aで開発する高コヒーレンシ光源等から生成した1Tbps相当の光パス容量のマルチキャリア多値変調信号の中継伝送を行い、従来のEDFAによる中継システムに比べて2倍以上の周波数利用効率・伝送距離積の実現を目指す。

研究開発目標



3. 研究開発の成果

課題B-1 マルチキャリア低雑音光パラメトリック増幅技術の研究

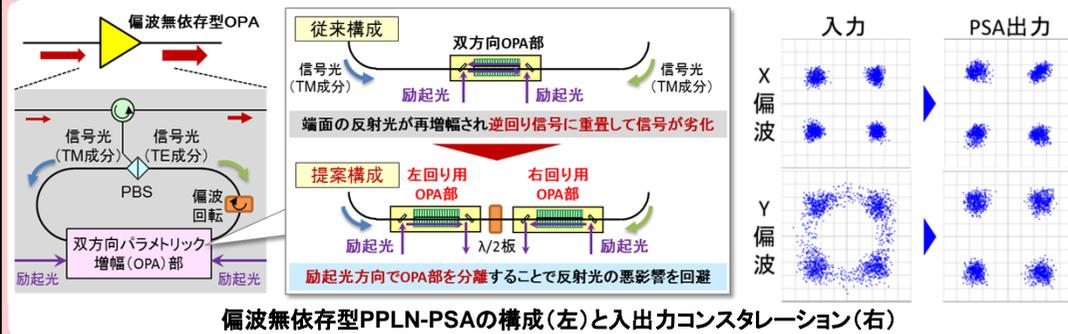
課題B-1-1 PPLN型光パラメトリック増幅技術の研究

(日本電信電話株式会社)

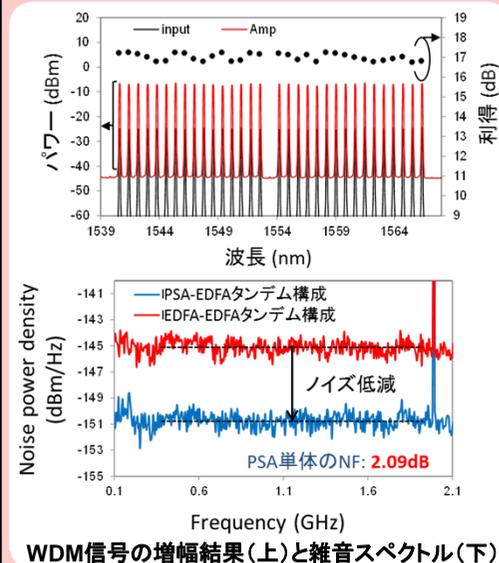
主な研究開発成果

- ①PPLNを用いた位相感応型光増幅器(PSA)の偏波無依存動作の実証
- ②PPLN-PSAの広帯域、低雑音性の実証
- ③相補スペクトル反転位相共役変換器での非線形歪み補償の原理実証

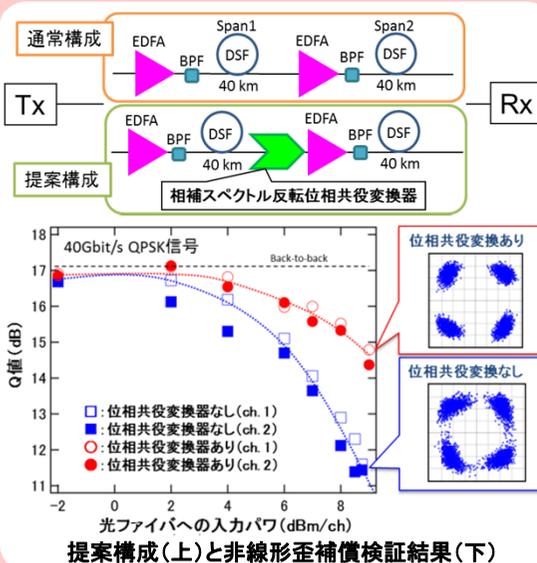
(1) PPLNを用いた位相感応型光増幅器(PSA)の偏波無依存動作の実証



(2) PPLN-PSAの広帯域・低雑音性の実証



(3) 相補スペクトル反転位相共役変換器での非線形歪み補償の原理実証



課題B-1-2 ファイバ型光パラメトリック増幅技術の研究

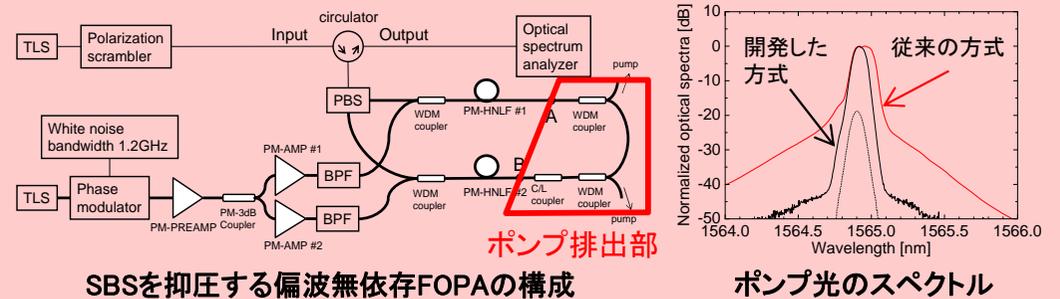
(古河電気工業株式会社)

主な研究開発成果

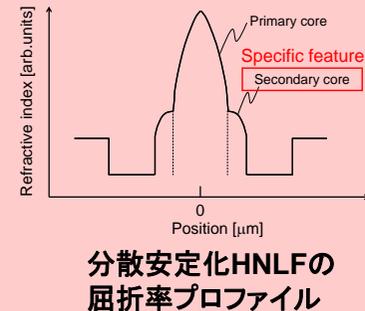
- ①偏波ダイバシティループに付随するSBS発生を抑制し、偏波無依存増幅法を確立
- ②PM-HNLFの分散安定化を達成。偏波無依存増幅特性 帯域35nm、利得11dB、NF5.0dB を達成

(1) 偏波無依存増幅の動作確認

偏波ダイバシティループの適用に伴うSBSの発生を抑圧する方法を見出し、偏波無依存増幅の見通しを得た。従来方式では、ワット級のポンプ光を入射するとSBSが発生し、ポンプ光のスペクトル幅が拡大する。一方で、ループ中にポンプ排出部を設けることで、スペクトル幅が拡大せず、SBSが抑制されていることを確認した。

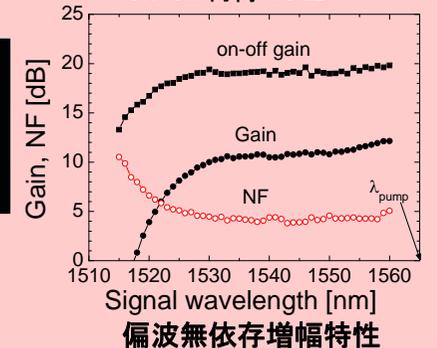


(2) 分散安定化PM-HNLFの開発



(3) 偏波無依存パラメトリック増幅

帯域35nm、実利得11dB、NF5.0dB on-off利得 19dB



課題B-2 高出力励起光生成技術の研究

(古河電気工業株式会社)

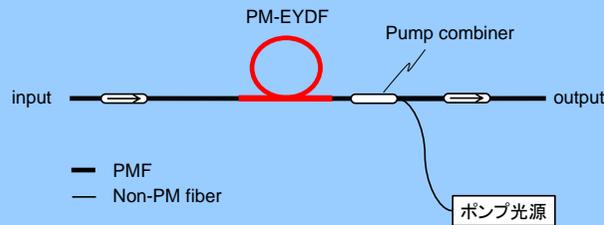
主な研究開発成果

- ①最適な増幅ファイバの特性を明確にした
- ②課題内連係で設定した10mよりも短いファイバ長で偏波増幅を実現
- ③課題内連係で設定した5Wを超える6.8Wの出カパワー

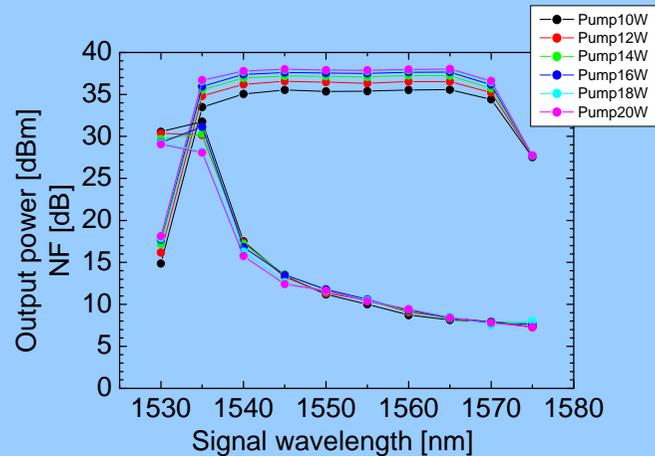
クラッド励起型9.8m-6.8W PM-EYDFAを実現

課題内連携により最大1MHz程度のループ帯域に適用できるファイバ長を10mと設定し、この条長で実現できる高出力光増幅器の実現を目標に開発を行った。

6.8mのダブルクラッドPM-EYDFを一つの20WマルチモードLDで励起し1550nmの信号光を消光比15dBで6.8Wに増幅することに成功した。配線ファイバの条長を抑え、全ファイバ長を9.8mに短尺化した。さらに、19インチ2Uサイズへ収納した。



クラッド励起型PM-EYDFAの外観と構成



9.8m-6.8W 偏波保持増幅器の出カパワーとNFのポンプパワー依存性

課題B-3 励起光位相制御技術の研究

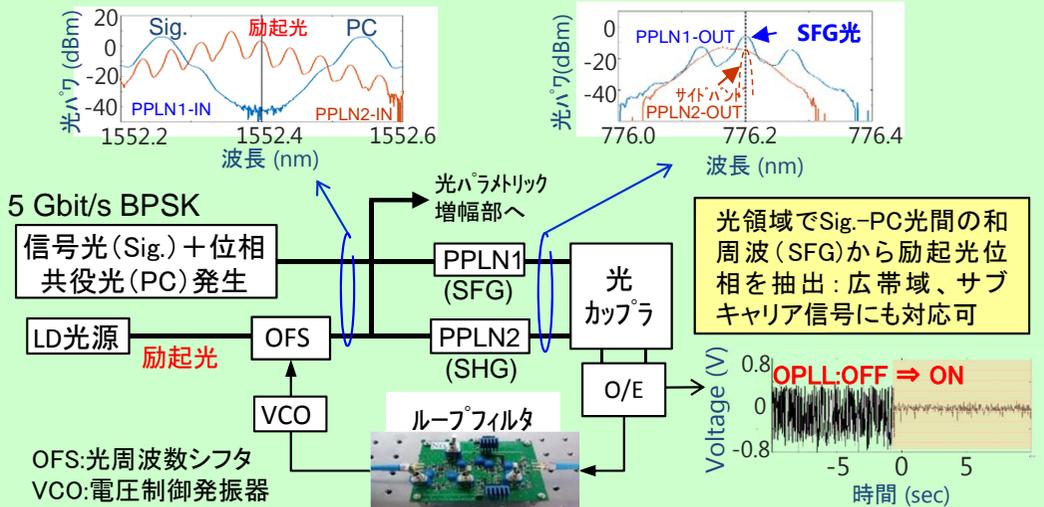
課題B-3-1 励起光位相制御光回路の構成技術の研究

(国立大学法人徳島大学)

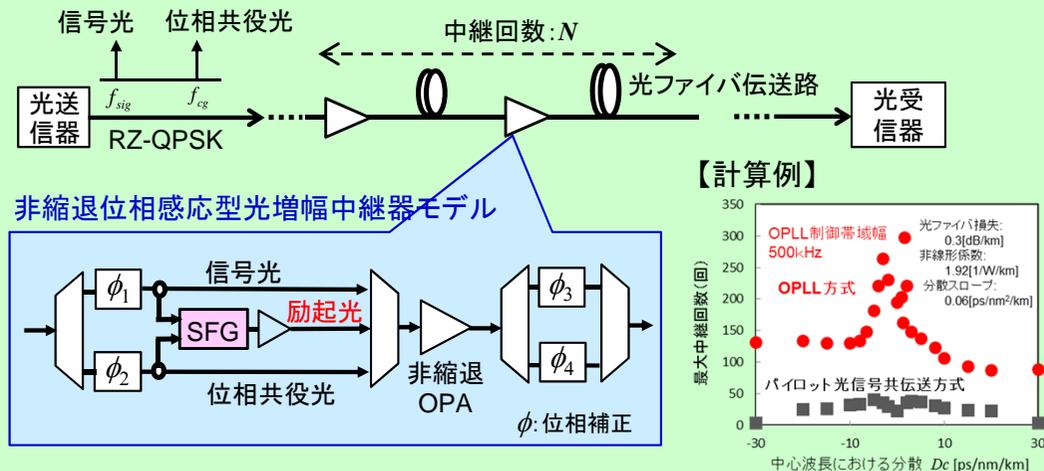
主な研究開発成果

- ①和周波光発生を用いた励起光位同期ループ回路の提案と原理実証に成功
- ②位相感応型光増幅中継系の計算モデルを構築

①和周波光発生による励起光位同期ループ回路の提案と原理実証



②位相感応型光増幅中継系の計算モデルを構築



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	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
光周波数・位相制御光中継伝送技術の研究開発 課題B	4 (3)	0 (0)	1 (1)	34 (22)	8 (8)	3 (2)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 学会発表・表彰

- ・ECOC2014において、偏波多重QPSK信号の位相感応増幅の実証結果を発表、トップレートで採択(H26)
- ・ECOC2015において、相補スペクトル反転位相共役変換での非線形歪み補償の原理実証、報道発表を実施(H27)
- ・OFC2016において、PPLN型位相感応増幅器による波長多重信号の増幅結果を報告(H27)
- ・電子情報通信学会ソサイエティ大会において、偏波保持高非線形ファイバと偏波無依存OPAについて報告(H26)
- ・OFC2016において、光ファイバ型パラメトリック増幅を偏波無依存化する新規構成による増幅結果を報告(H27)
- ・電子情報通信学会において、搬送波抽出同期方式による励起光位相制御回路の基本構成を提示し、原理実験による実証結果を発表(H26)
- ・CLEO2015において、コスト型励起光位相同期回路の高周波数化を提案し、原理実験による実証結果を発表(H27)
- ・OFC2016において、和周波光発生型光位相同期回路を提案し、原理検証実験による実証結果を発表(H27)

(2) 展示会

- ・第28回光通信システム(OCS)シンポジウム(2014年12月、静岡県三島市)でパネル展示(H26)
- ・第29回光通信システム(OCS)シンポジウム(2015年12月、静岡県三島市)でパネル展示(H27)
- ・フットニックネットワークシンポジウム2016(2016年2月、東京都小金井市)でパネル展示(H27)

(3) 報道発表

- ・時間反転波を用いて、波長多重信号の劣化を高密度で一括補償する原理実証に世界で初めて成功～位相共役変換の新技术により、1/10以下のデジタル信号処理で長距離伝送が可能に～(H27)

5. 今後の研究開発計画

最終目標に向けて、課題内での連携を進め、最終年度における統合実験に向けたマイルストーンを順次達成する。

・【課題B-1-1: PPLN型光パラメトリック増幅技術の研究】

今後は最終年度の統合実験に向け、他のサブ課題とも連携し、増幅器全体の動作安定化を図ることで、マルチキャリア多値変調信号に対応したPPLN型の光パラメトリック増幅技術を確立する。

・【課題B-1-2: ファイバ型光パラメトリック増幅技術の研究】

マルチキャリア信号増幅の課題抽出と解決を行い、増幅の安定化を図り、筐体に収納する。マルチキャリア多値変調信号に対応したファイバ型の光パラメトリック増幅技術を確立する。

・【課題B-2: 高出力励起光生成技術の研究】

ワット級の出力パワーを持つ偏波保持型光増幅技術を確立する。マルチキャリア信号を中継伝送する光パラメトリック増幅器に適した励起光増幅技術を確立し、プロトタイプ化を行う。

・【課題B-3: 励起光位相制御技術の研究】

提案回路における励起光雑音と増幅光雑音の関係、回路に求められる必要条件等を検討し、励起光位相同期回路基本設計法を明確化する。