

1. 研究課題・受託者・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A 高精度光周波数・位相同期制御技術
- ◆ 副題 : 周波数利用効率の向上・高速リストラクションを揃って可能とする高コヒーレンシ光源技術
- ◆ 実施機関 : 三菱電機株式会社、国立大学法人大分大学
- ◆ 研究開発期間 : 平成26年度～平成29年度 (4年間)
- ◆ 研究開発予算 : 総額183百万円 (平成29年度42百万円)

2. 研究開発の目標

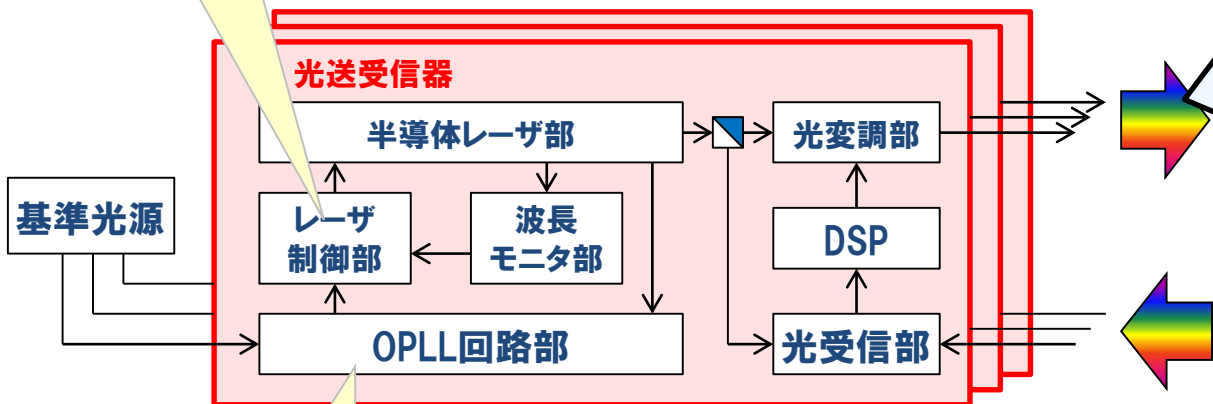
Nyquist Filteringを用いたマルチキャリア光パスネットワークにおいてネットワーク機能性を高めつつスケラビリティ(パス容量、伝達距離)を向上させるために、周波数利用効率の向上、高速リストラクションを揃って可能とする高精度光周波数・位相同期制御技術の研究開発を行う。

課題A-1 高精度光周波数制御技術の研究開発 (三菱電機)

- ◆ 高精度光周波数安定化制御方式 → **高安定化**
- ◆ スペクトル線幅狭窄方式 → **狭線幅化**
- ◆ 高速光周波数スイッチング制御方式 → **高速周波数切替**

課題A

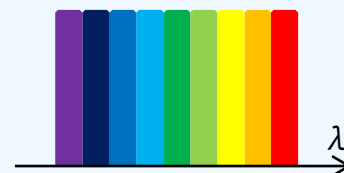
光送受信器



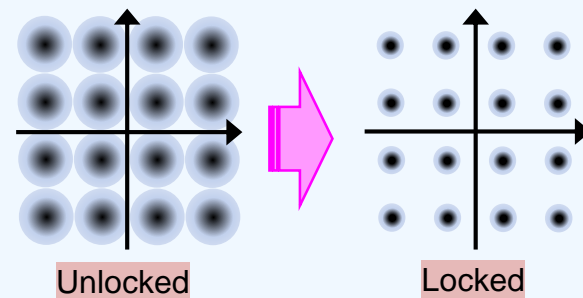
課題A-2 位相同期制御技術の研究開発 (大分大学)

- ◆ Digital Optical Phase Locked Loop 回路方式
 - ◆ 外部基準光源を用いたスペクトル線幅狭窄・高精度安定化
- } → { **高安定化**
狭線幅化

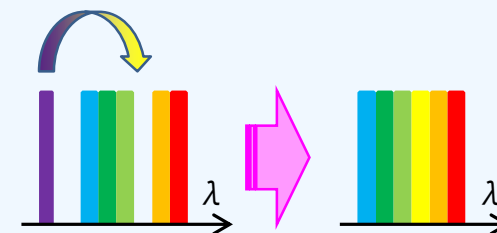
高安定化 ⇒ 稠密配置 (パス容量増大)



狭線幅化 ⇒ SN比向上 (伝送距離延伸)



高速周波数切替 ⇒ 高速リストラクション



3. 研究開発の成果

課題A-1 高精度光周波数制御技術の研究開発 光周波数制御の三位一体動作

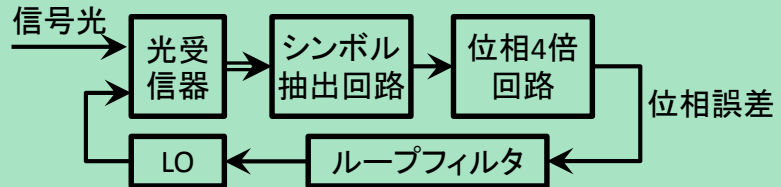
高精度光周波数安定化制御、スペクトル線幅狭窄制御、高速周波数スイッチング制御の3つの制御を1つのハードウェアで実現する光源装置のプロトタイプを作製した。作製した光源装置を用い、**波長安定度±12MHz、スペクトル線幅37kHz、波長切替速度88msを確認**し、性能目標である波長安定度±100MHz以下、スペクトル線幅100kHz以下、波長切替速度100ms以下を達成した。



光源装置のプロトタイプ

課題A-2 位相同期制御技術の研究開発 光多値変調信号ホモダイン位同期検波

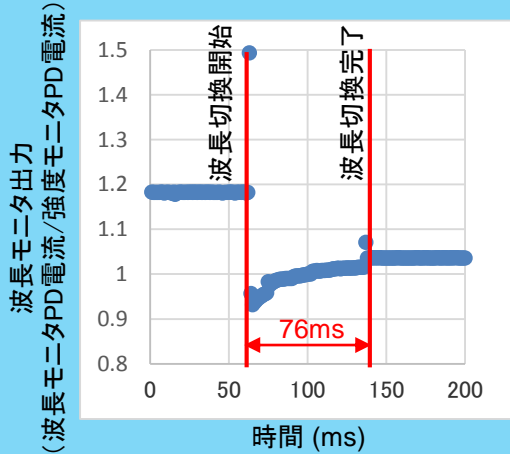
QPSK相当の位相符号を抽出するシンボル抽出回路を試作し、**偏波多重16QAM信号の片側偏波成分に対し位同期させHomodyne検波を達成した。**



抽出回路 位相4倍回路
Heterodyne検波系と試作した回路

課題A-1,A-2連携 外部基準光へのロックからの光周波数スイッチング

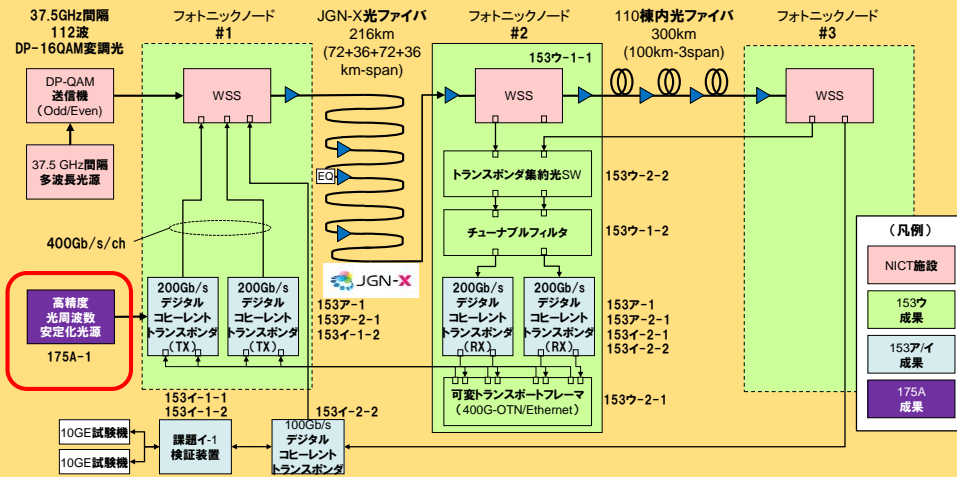
課題A-1で試作した光源装置と課題A-2で試作したOPLLボードを連携させて光周波数スイッチング実験を実施。**76msでの波長切替を確認**し、目標である波長切替速度100ms以下を達成した。



波長周波数スイッチング時の波長モニタ出力

課題153-課題175間連携 光信号伝送実験

課題175で試作した光源を用い、37.5GHz間隔で並んだ光スペクトルを使って伝送実験を行い、**光周波数利用効率が33%向上**する事を確認した。



課題153 課題間連携統合実験系ブロック図

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

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
6 (1)	3 (0)	1 (0)	41 (4)	0 (0)	6 (1)	0 (0)

(1)特許出願 ※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

要素技術毎に国内特許出願。主要特許についてはPCT出願での海外展開を行っていく。

特許第6180666号 波長可変光源および波長可変光源の波長切り替え制御方法

特許第6249416号 波長制御用モニタ、光モジュール、波長モニタ方法

特願2016-129873 ペルチェ素子駆動装置、ペルチェ素子駆動方法

特願2016-208746 光位相同期回路

(2) 国内外学会発表

多種学会での成果アピールと議論を行った。

--2015/3/13 “波長可変LDの線幅狭窄化に向けた検討” 応用物理学会 春季学術講演会

--2015/7/2 “A Highly Stable Multi-beam Wavelength Monitor for Wavelength-stable Tunable Lasers” OECC2015

--2015/9/30 “Wavelength-tunable Dual-output Laser Module with Rear-side Wavelength Monitor for Micro-ITLA” ECOC2015

--2015/9/9 “高精度光周波数・位相同期制御技術” 電子情報通信学会ソサイエティ大会

--2016/1/9 “DFB LDアレイにおける線幅狭窄化技術に関する検討” レーザ・量子エレクトロニクス研究会

--2016/4/21 “複数ビームを用いた波長モニタの高安定化検討” 光エレクトロニクス研究会

--2016/7/6 “Signal Light Carrier Automatic Phase-Lock Operation to Optical Frequency Grid Comb” OECC2016

--2017/3/23 “Optical 16-QAM Signal Homodyne Detection by Extracting +/-π/4 and +/-3π/4-Phase Symbols” OFC2017

--2017/8/1 ” Distributed Feedback Laser Diode with Fast wavelength Switching and Wide Tuning Range“ OECC2017

(3)展示会

OCSシンポジウムやOECCの併設展示会において、課題AB参加全5者で連携し研究成果を一般向けにアピールした。

5. 今後の研究開発計画

今後デジタルコヒーレントトランスポンダは変調多値化や波長多重の密度が高まり、高精度光源の重要度は増してゆくと考えている。本研究で開発した技術を社会に還元できるように、製品化に向けた開発を加速して行く。現在の光通信デバイス市場を見ると光源単体の販売から変調器や受信器などの機能を追加した形での流通に切り替わってきており、Siフォトニクスなどを利用した光源の高機能化・高性能化を検討し製品の方向性を決定していく。また、光ファイバを用いた光通信以外でもライダ等センサ用途や空間通信などの市場が急拡大していくと予想されており、そこに必要な光周波数操作や位相同期を行う技術を早期に開発できた意義は大きく、製品開発から市場開拓、次の技術開発の加速等広い範囲での貢献が可能である。

標準化では現在の光通信デバイスのように、デファクトスタンダードに牽引される議論が当分の間継続すると考えられ、今回の研究成果を展開し早期に標準仕様をリリースする事で社会の利便性向上に寄与できると考えている。仕様の議論では光学的な特性だけでなく、実用化には重要な点となる制御インタフェースについても言及していきたい。

知的財産権については、光源の高機能化・高性能化検討の中で関連特許と特許網を構築する事を検討し、製品競争力に資する強固な物として行く。