

# 平成23年度「デジタル位相型光制御による低消費電力高速コヒーレント伝送技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

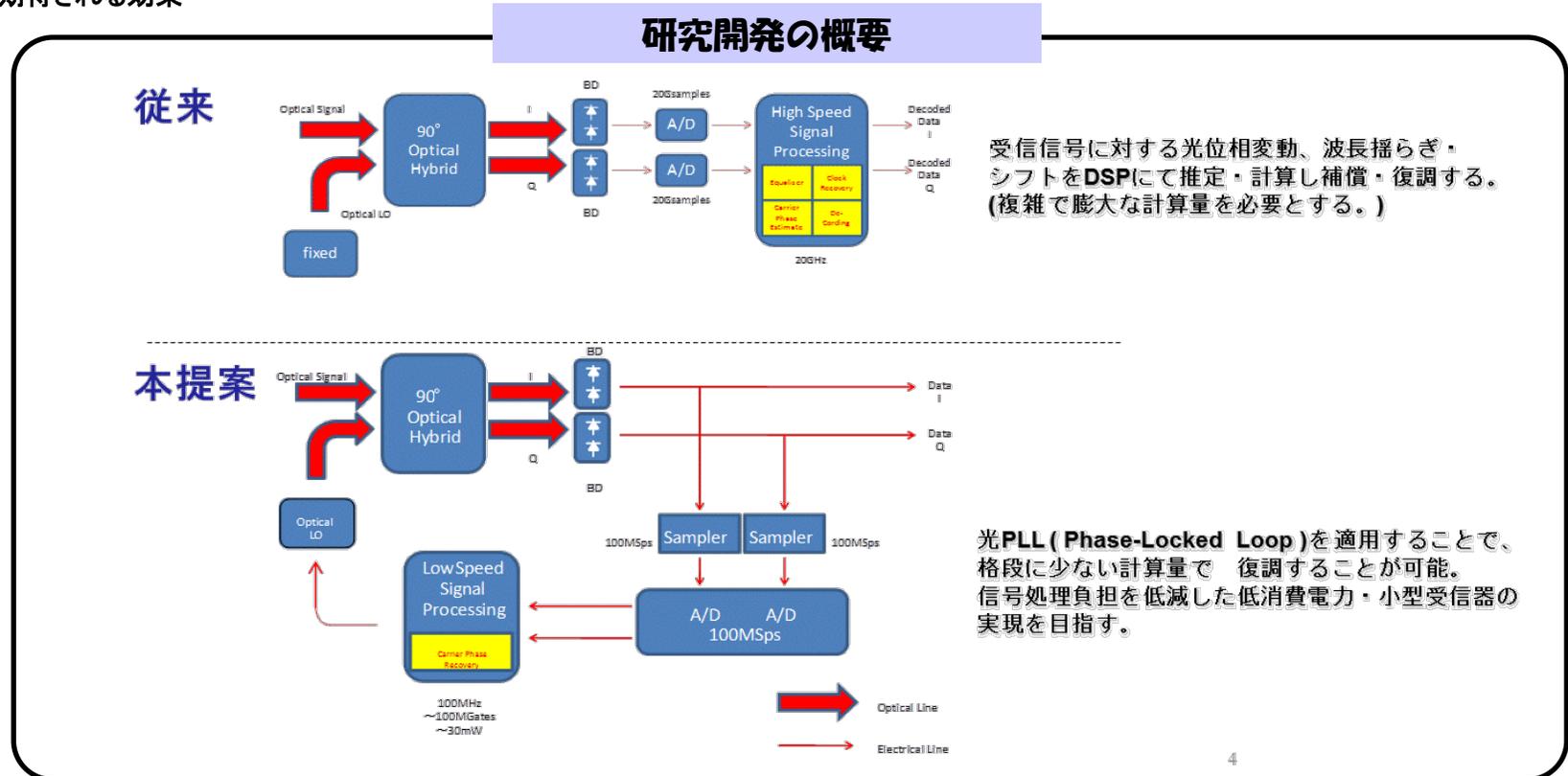
## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 株式会社アルネアラボラトリ(幹事者)、沖電気工業株式会社、東北大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成25年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額169百万円(平成23年度 60百万円)

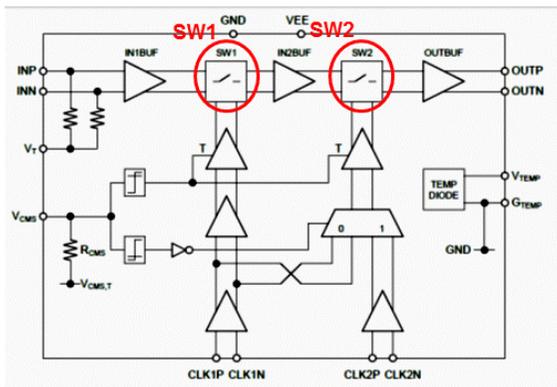
## 2. 研究開発の目標

現在主流であるデジタルコヒーレント技術では、実ファイバ回線にて発生する偏波変動、波形歪劣化、光位相揺らぎなどをデジタルシグナルプロセッサ(DSP)にて補償(計算)している。しかし、膨大な信号処理を必要とするため、大規模で高性能なDSPを必要とし、消費電力の増大、それに伴う冷却装置など、システムの大型化・消費電力増大が課題となっている。本課題ではデジタル光PLLを適用することによって、伝送品質を維持したまま、信号処理に伴う計算量を削減することによって小型・低消費電力化が可能なデジタル光PLLシステムを実現することを目標としている。

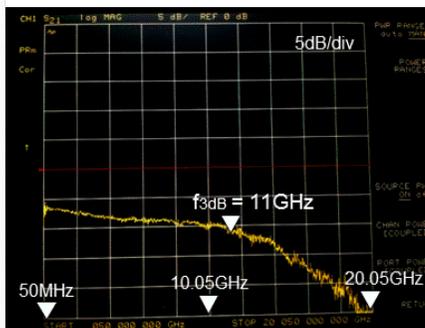
## 3. 研究開発の概要と期待される効果



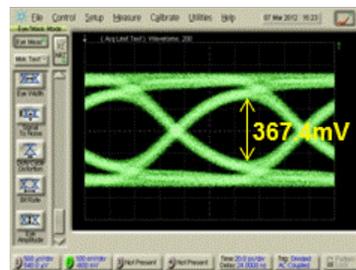
## 課題 (1) 超広帯域サンフラ回路の研究開発



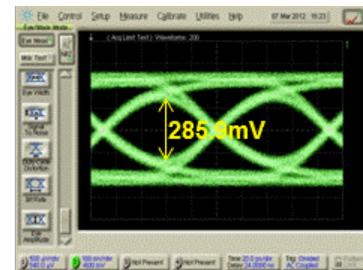
ブロック図



周波数応答特性



出力波形  
(10Gbit/s)

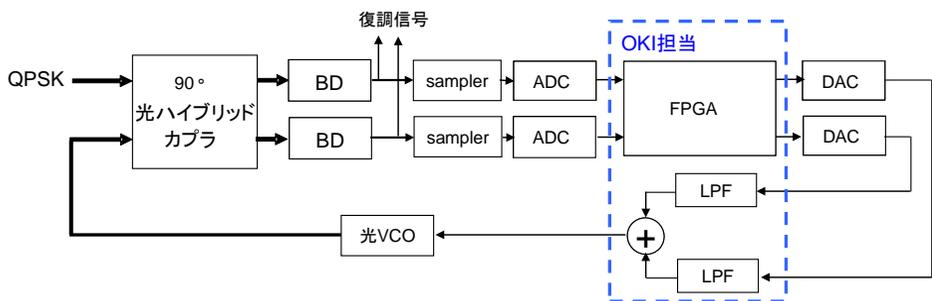


出力波形  
(11.317Gbit/s)

11.3Gbpsまで動作可能な超広帯域サンフラ特性を確認した。

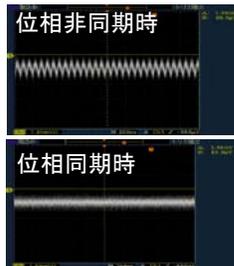
## 課題 (2) - 2 デジタル信号処理によるキャリア再生技術の研究開発(OKI)

- ① 光位相同期ループ回路の動作条件導出 (ループフィルタ設計)
- ② 光周波数ループの動作条件導出 (ループフィルタ設計)
- ③ デジタル処理による位相誤差抽出/周波数弁別アルゴリズムの提案

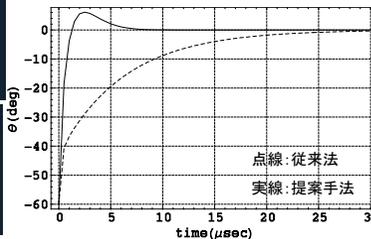


- ① 異なるCW光間における位相同期を確立
- ② 光周波数/位相同期ループ相互干渉解消モデルの提案
- ③ arctanによる位相抽出及びクロスプロダクト型周波数弁別法の提案

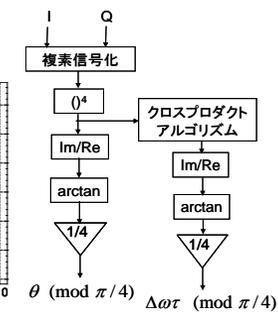
成果抜粋



位相誤差信号の比較(①)



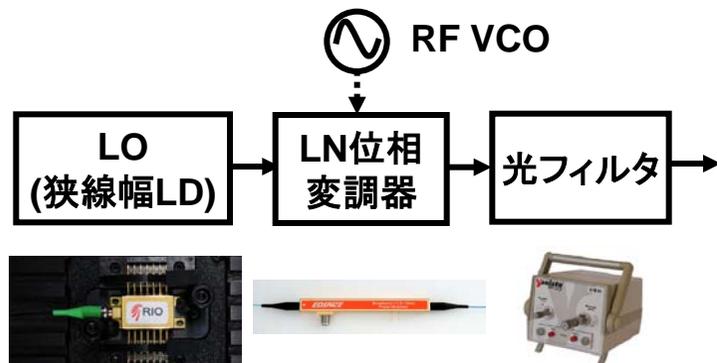
従来法に対し収束時間が1/4(②) 誤差情報線形化アルゴリズム(③)



# 「課題2-(1) 小型かつ高安定な光Local Oscillator(LO)の開発」における主な成果

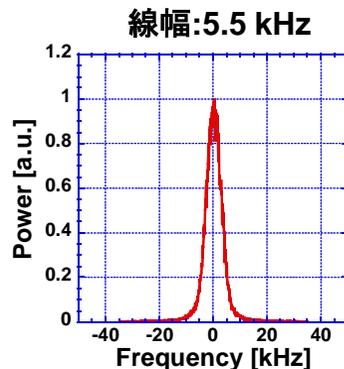
## ①光VCOの設計・試作ならびにその性能評価

10 GHz, 12 dBm

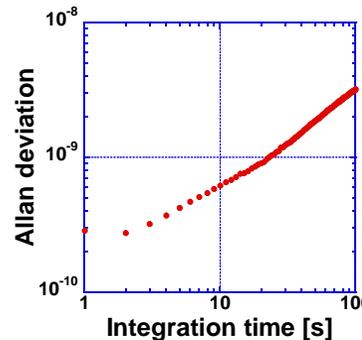


0.01 °Cの精度  
で温調

帯域: ~6 GHz



発振スペクトル

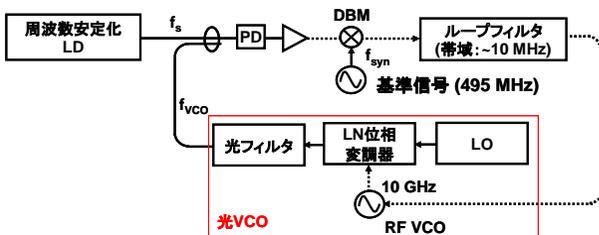


アラン偏差  
(周波数安定度)

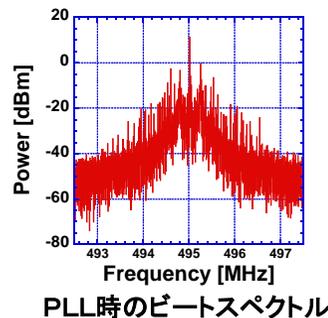
- ・狭線幅LDを用いた光VCOの設計・試作を実施した。
- ・本光VCOの諸特性の評価を行った。安定な光PLL動作を実現するうえで特に重要な周波数安定度を詳細に評価した。

## ②光VCOを用いた光PLLの動作評価

- ・光VCOを用いた光PLLの基礎実験を行い、その性能を評価した。
- ・送信側光源としてフリーランニングLDまたは周波数安定化LDを用いてPLL実験を行い、光源周波数安定度の違いによるPLLの安定性について詳細に評価した。

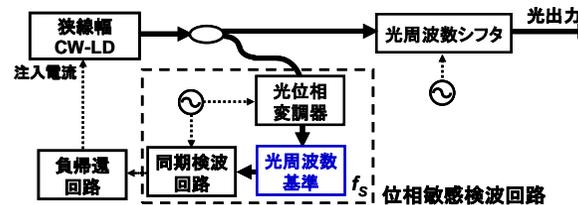


光PLL動作評価実験系

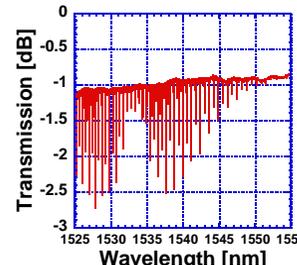


PLL時のビートスペクトル

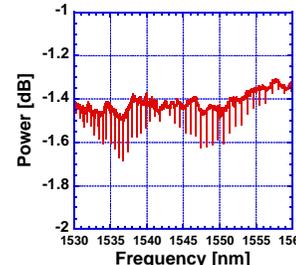
## ③周波数安定化光VCOの設計



周波数安定化光VCOの構成



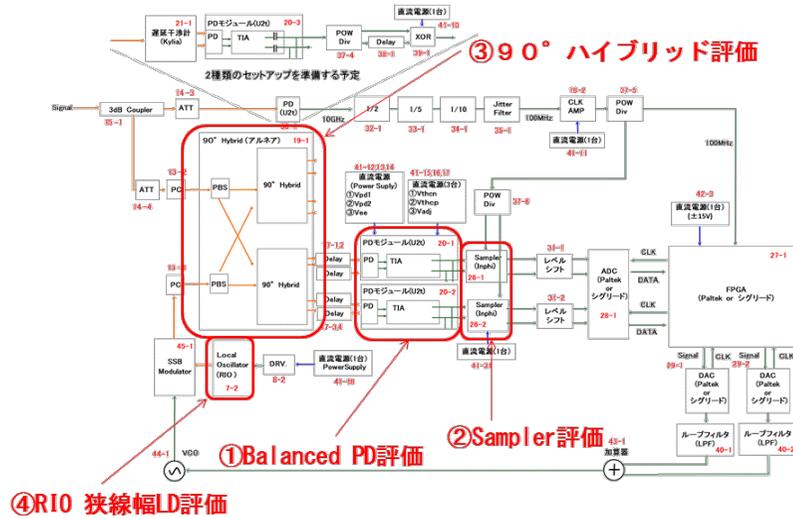
アセチレンガスの吸収特性



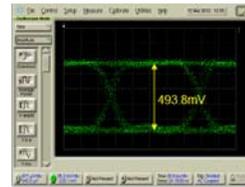
シアン化水素ガスの吸収特性

- ・周波数安定化光VCOの設計を実施。
- ・広帯域での動作が可能となるよう、周波数基準としてアセチレン、シアン化水素の2種類の吸収線を使用することを検討。
- ・今後本周波数安定化光VCOの試作・性能評価を実施予定。

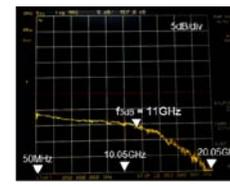
## 課題 (3) - 1 光PLLシステムのプロトタイプ製作



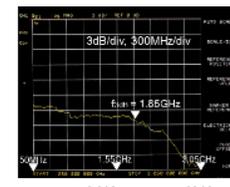
- 弊社で開発した90° ハイブリッドと10G Baud QPSK送信器を接続し、QPSK信号の復調波形が得られた。
- 狭線幅LDの変調感度特性を測定した結果、58MHz/mA (@230mA)であった。また、変調周波数帯域が1.85GHz (@3dB)であることを確認した。狭線幅LDを直接変調することでシンプルで低コストな光VCOの実現についての足掛かりを得た。



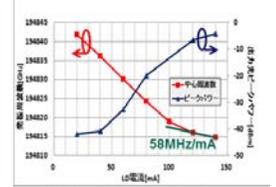
QPSK復調波形  
(90° ハイブリッド+Balanced PD)



Samplerの周波数応答特性



RIO狭線幅LDのE/O特性

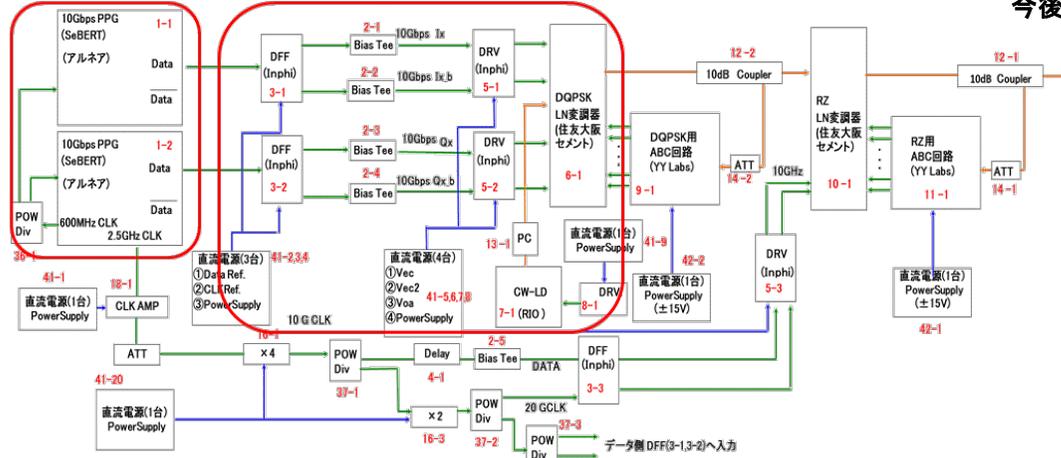


変調感度: 58MHz/mA  
狭線幅LDの変調感度特性

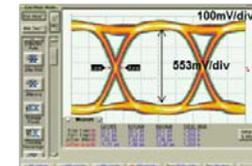
## 課題 (3) - 2 光PLLシステムを用いた光伝送評価

### ① 10G BERTの設計・製造

### ② 20Gbps QPSK送信系



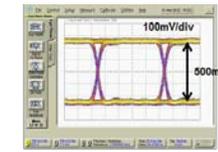
- QPSK送信器のデータ信号発生源として10Gbpsビット誤り率測定器を開発した。
- 光PLLの評価用光源として、10GBaud QPSK変調信号の発生器を構築した。今後のデジタル光PLLの評価用基準信号源として使用する。



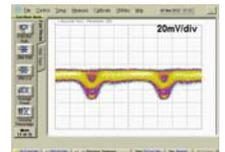
10G BERT  
アイダイアグラム@10 Gbps



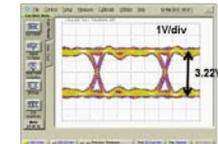
10Gbps BERT 外観図



DFF retiming波形@10.0Gbps



QPSK送信波形  
(@20.0Gbps)



DRV. 駆動波形@10.0Gbps

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	展示会	標準化提案
デジタル位相型光制御による低消費電力高速コヒーレント伝送技術の研究開発	0	0	0	0	0	0	0

5. 研究成果発表会等の開催について  
無し

6. 今後の研究開発計画

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
<b>A.光VCOの開発(東北大学、アルネア)</b>							
①CW光によるPLLの引き込み動作実験		→					
②出力光の周波数安定化の検討	→						
<b>B.信号処理アルゴリズムの開発(沖電気工業、アルネア)</b>							
①アルゴリズム検討	→						
②構成要素の伝達特性の抽出およびサンプリング特性評価(CLK to OUT遅延時間など)		→					
③FPGAボードの実装設計		→					
<b>C. Sampler, DSP, 光VCOの連携動作検証(沖電気工業、東北大学、アルネア)</b>						→	

\*共同実験の実施サイトはアルネアにて行う。