

# 平成25年度「デジタル位相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・研究開発機関・研究開発費

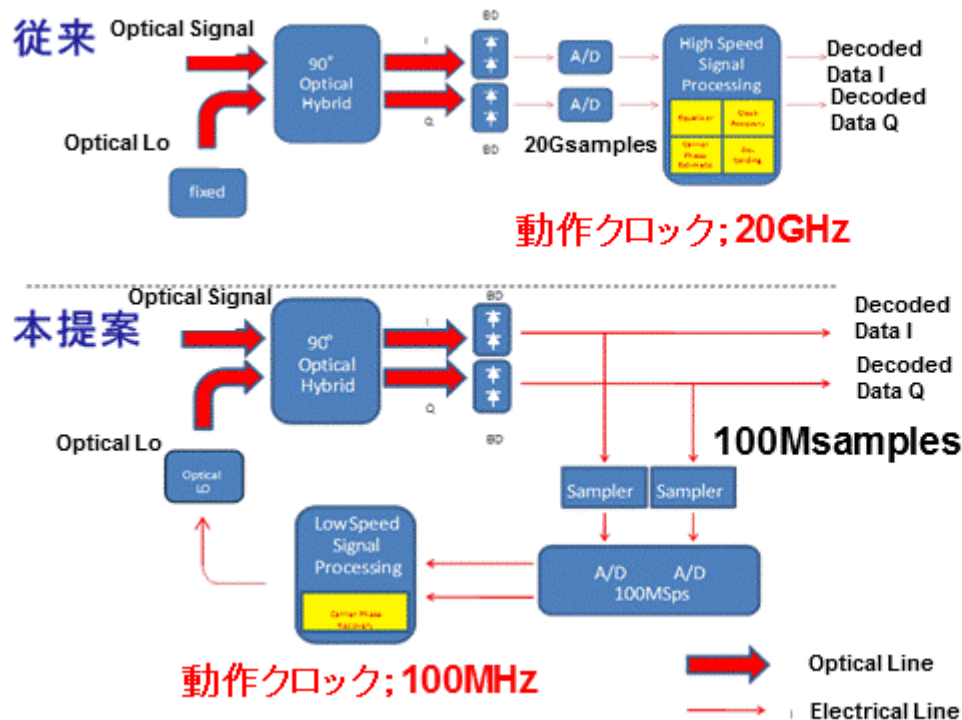
- ◆実施機関 株式会社アルネアラボラトリー(幹事者)、沖電気工業株式会社、東北大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成25年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額169百万円(平成25年度 53百万円)

## 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、大規模で高機能なDSPを必要とし、消費電力の増大、それに伴う冷却装置など、システムの大規模化・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を適用し、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. 研究開発の概要と成果

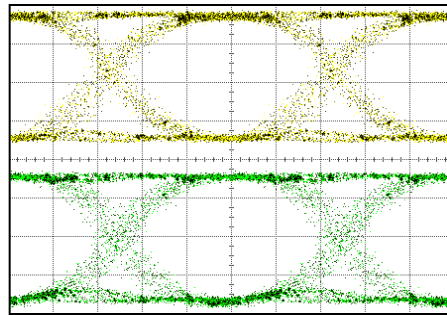
### 研究開発の概要



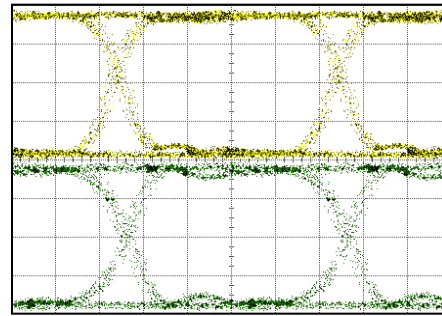
受信信号に対する光位相変動、波長ゆらぎ・シフトをDSPにて推定・計算し補償・復調する。  
(複雑で膨大な計算量を必要とする)

光PLL(Phase-Locked Loop)を適用することで、格段に少ない計算量で復調することが可能。  
信号処理負担を低減した低消費電力・小型受信器の実現を目指す。

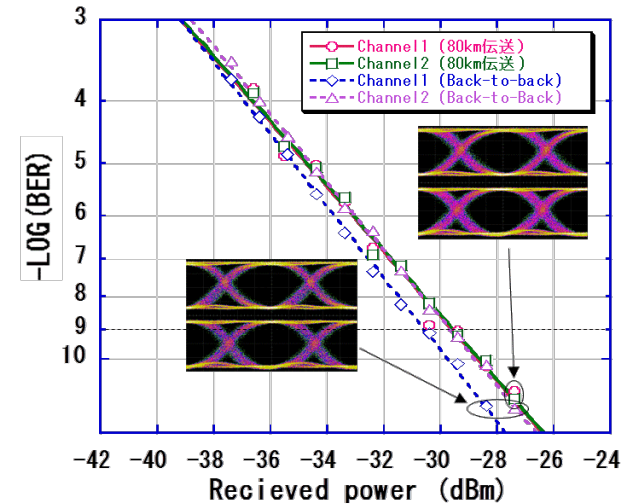
# 20Gb/s QPSK信号の80km伝送実験結果(デジタル光PLL技術)



復調信号 20ps/div.

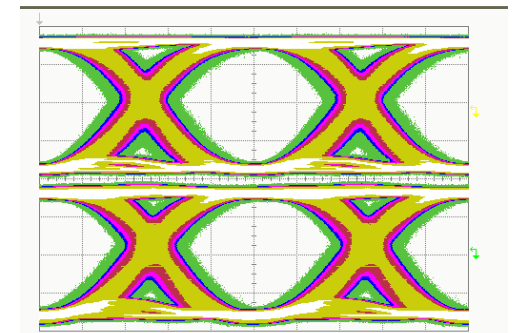
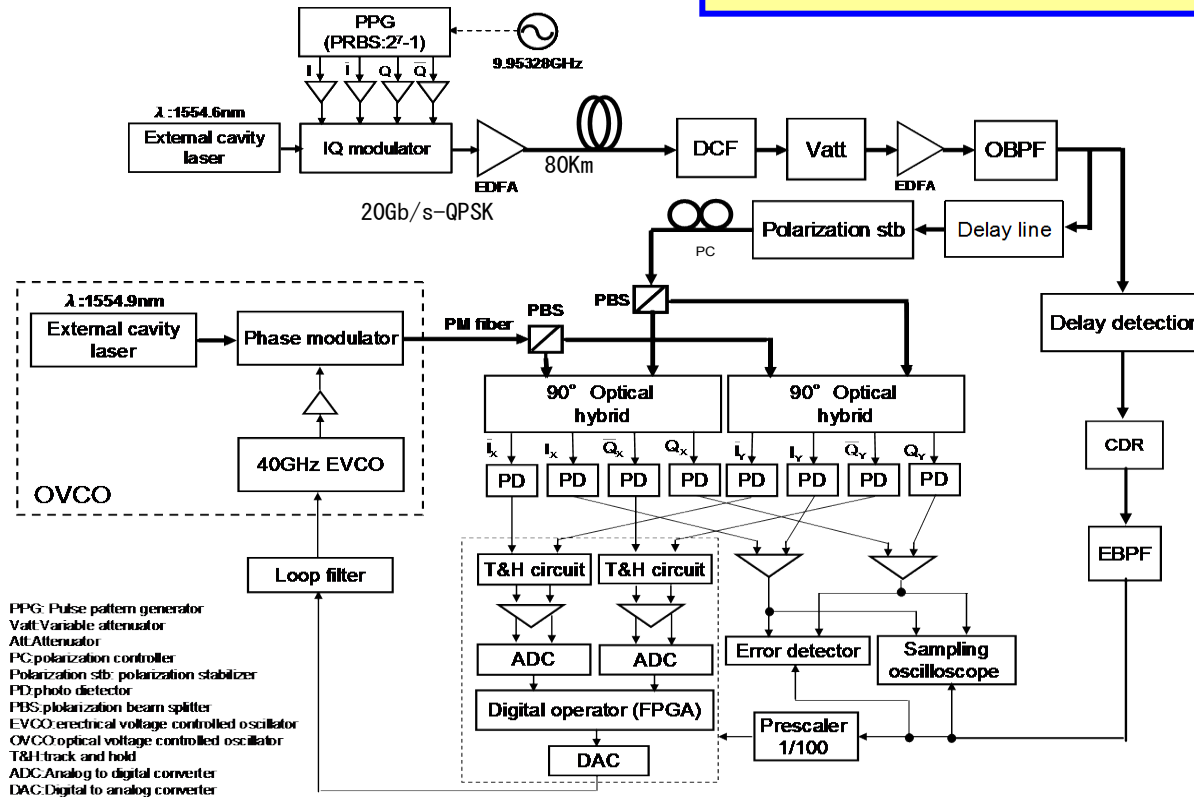


変調信号 20ps/div.



符号誤り率

## 20Gb/s QPSK復調実験系

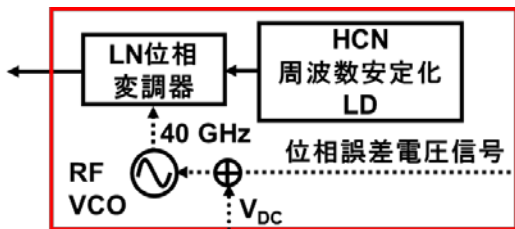


3時間重ね書きした復調波形

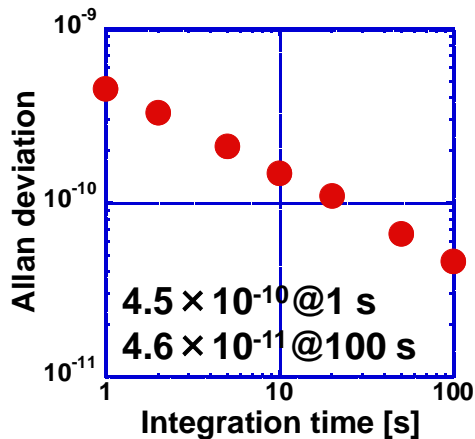
20Gb/s QPSK信号に対して80kmの伝送実験を行い、6時間以上の位相同期を達成した。また、3時間以上エラーフリーの動作を実現した。

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

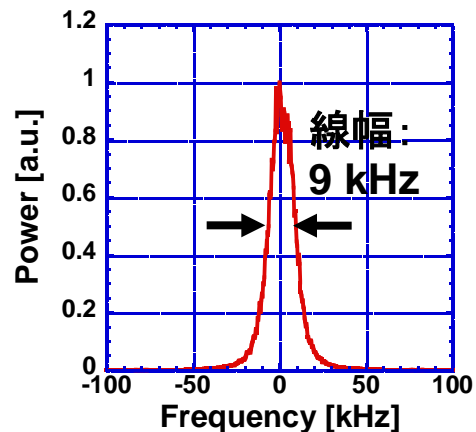
## ① HCN周波数安定化光VCOの開発



周波数安定化光VCOの構成と外観



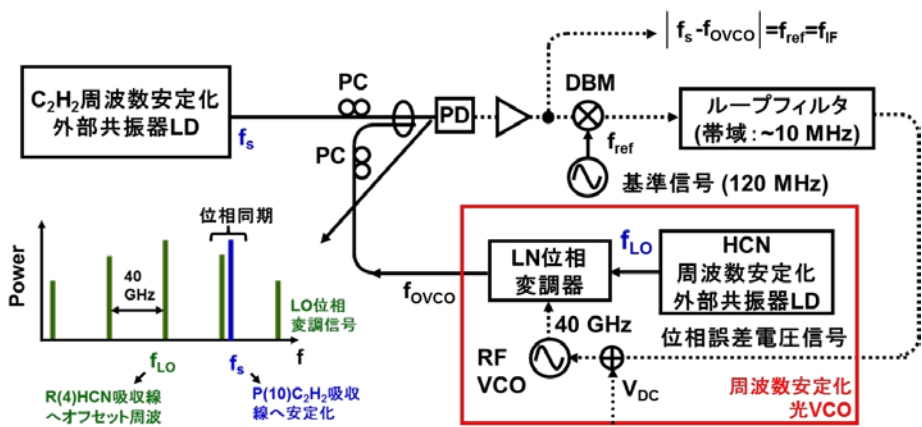
周波数安定度



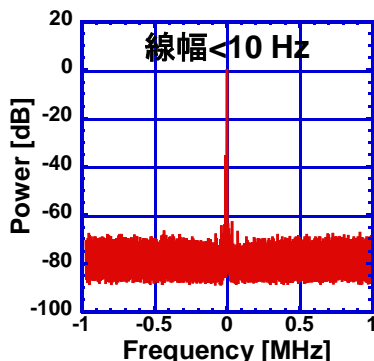
自己遅延ヘテロダインスペクトル

・ $4 \times 10^{-10}$ の周波数安定度を有する線幅9 kHzのHCN周波数安定化光VCOを実現した。

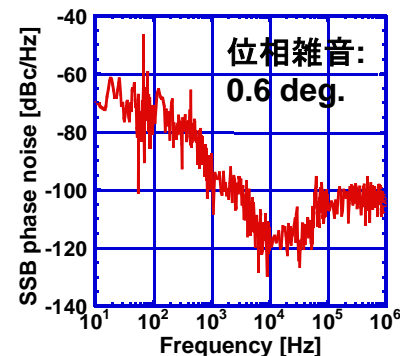
## ② 周波数安定化光VCOを用いた高安定・低雑音アナログ光PLL回路の開発



アナログ光PLL回路の構成



IF信号スペクトル(10 GHz)



SSB位相雑音スペクトル

・周波数安定化光VCOを用いたアナログ光PLL回路により、0.6度の低位相雑音IF信号を生成することに成功した。送信、LO両光源に周波数安定化レーザを用いることにより、数時間にわたる安定な光PLL動作を実現することに成功した。

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	標準化 提案	プレスリリー ス報道	展示会	受賞・表彰
2 (1)	0	2 (2)	4 (1)	0	0	0	0

5. 研究成果発表などについて  
なし

6. 今後の研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

**アルネアラボラトリ**

現在、様々な測定器メーカーからコンスタレーション測定器が開発されているが、本デジタル光PLLを搭載し、高精度に復調波形を観測できる測定器は数少ない。高精度な波形測定と低コストといった技術的長所を生かし、測定器としてブラッシュアップする。また、LOを外部から入力する必要がないという特徴を生かして光ネットワークの監視といったモニタとしての技術的期待も大きい。近年通信距離やトラフィック量に応じて、経路ごとに通信速度や変調方式を変更するシステムも検討されている。従来のアナログ電気PLLでは変調方式に対応できないため、本技術を磨くことで将来の光通信にも大きく貢献できるものと期待する。

**東北大学**

本研究で実現される高性能な周波数安定化レーザおよび光位同期技術によって光の振幅と位相をマイクロ波のように使いこなす新たな分野を開拓することができ、光とマイクロ波の融合という観点から本成果は学術的にも大変意義が大きい。また、本技術は光通信のみならず、高精度な光干渉計測分野においても重要な役割を果たすことができる。特に最近では地震・津波を予測するため、高精度光干渉計を用いた地殻変動計測が注目されている。本研究で実現する波長1.5 μm帯周波数安定化レーザ及び光波位相制御技術をこのような計測分野へ応用することが出来れば、光ファイバネットワークを利用した面的な地殻変動計測システムを確立することができ、将来の地震予知の研究分野にも大きく貢献できる。

**沖電気工業**

本デジタル光PLL回路の実現により、コヒーレント光信号を要する分野においてベンチマークとなり得る製品を世界に先駆けて実用化する。これにより、低消費電力化へ貢献する。また、デジタル光PLLシステムの低遅延という特長を活かして、1秒当たりの処理数数が膨大な大規模データセンターや超低遅延運用が必要とされる大容量ネットワークへの展開を検討する。また、近年注目されつつあるコヒーレントPON、光ファイバセンサー技術などへの展開を含めて検討を始めている。