

各種用途の超短パルスファイバーレーザーの開発

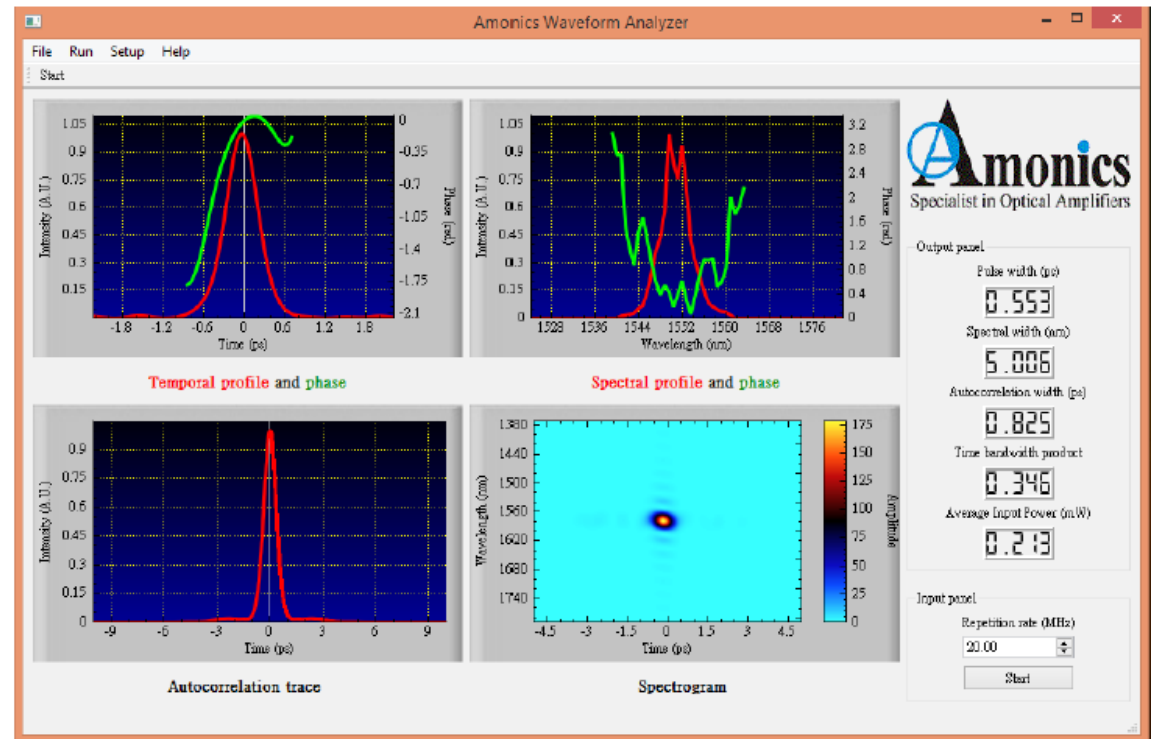
セブンシックス株式会社

西浦 匡則

FL委員会

支笏湖

2018.07.27



[製品情報へのリンク：](#)

1300 - 1750 nm 対応 フェムト秒・ピコ秒パルスレーザー測定器：AOWA

1. 教育用 モード同期ファイバーレーザー
2. NPR モード同期レーザー からの *Supercontinuum* レーザの生成 (非公開)
3. CARS システム 用途
 エンドキャップ付き PCF を用いた *Supercontinuum* レーザの生成
4. 光通信研究用途のための 光周波数コム生成
5. 産業用 超短パルスファイバレーザーの現状

教育用 モード同期ファイバレーザ

[製品情報へのリンク：](#)

[1.5um帯 全ファイバ型 モードロックファイバレーザ](#)

システムの構成 : 1.5 μ m 帯 Figure 8 モード同期ファイバレーザ

FC/APC or SC/APC コネクタ

Net dispersion : -0.069 ps²

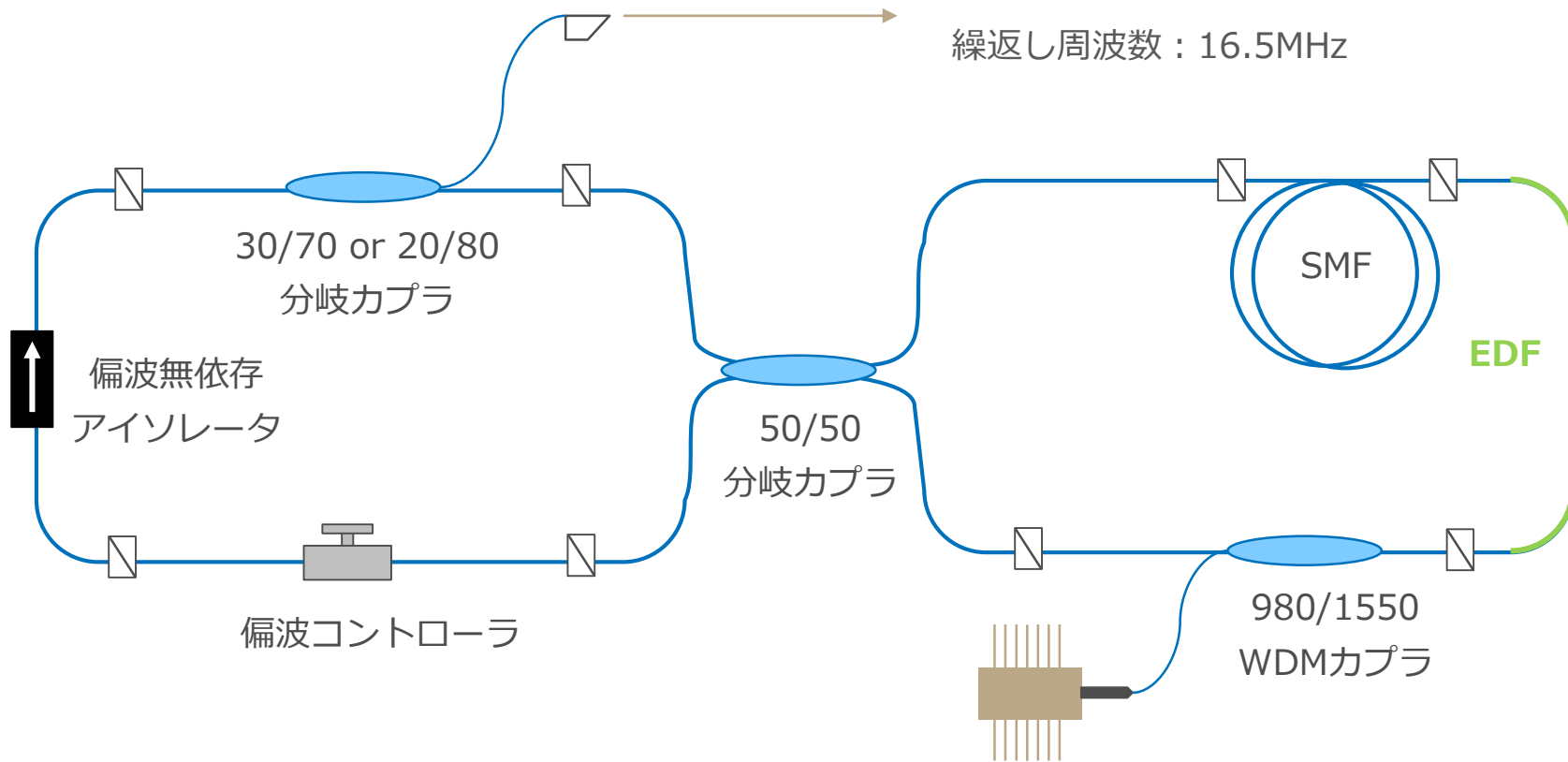
(左 loop : -0.076 ps², 右ループ : 0.009 ps²)

中心波長 1567nm

出力 : 1.26 mW (LD駆動電流 150mA)

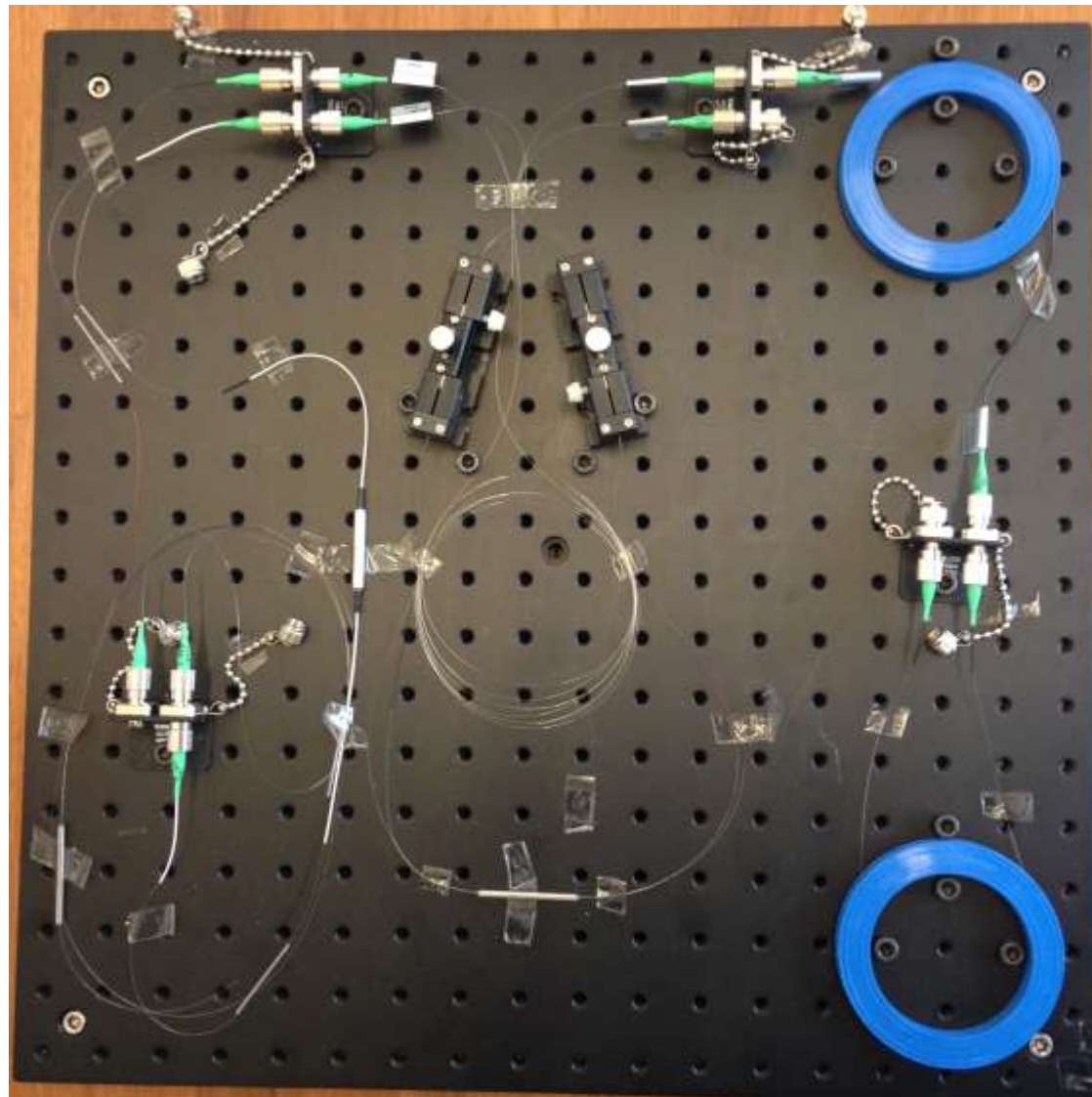
スペクトル幅 5 nm

繰返し周波数 : 16.5MHz

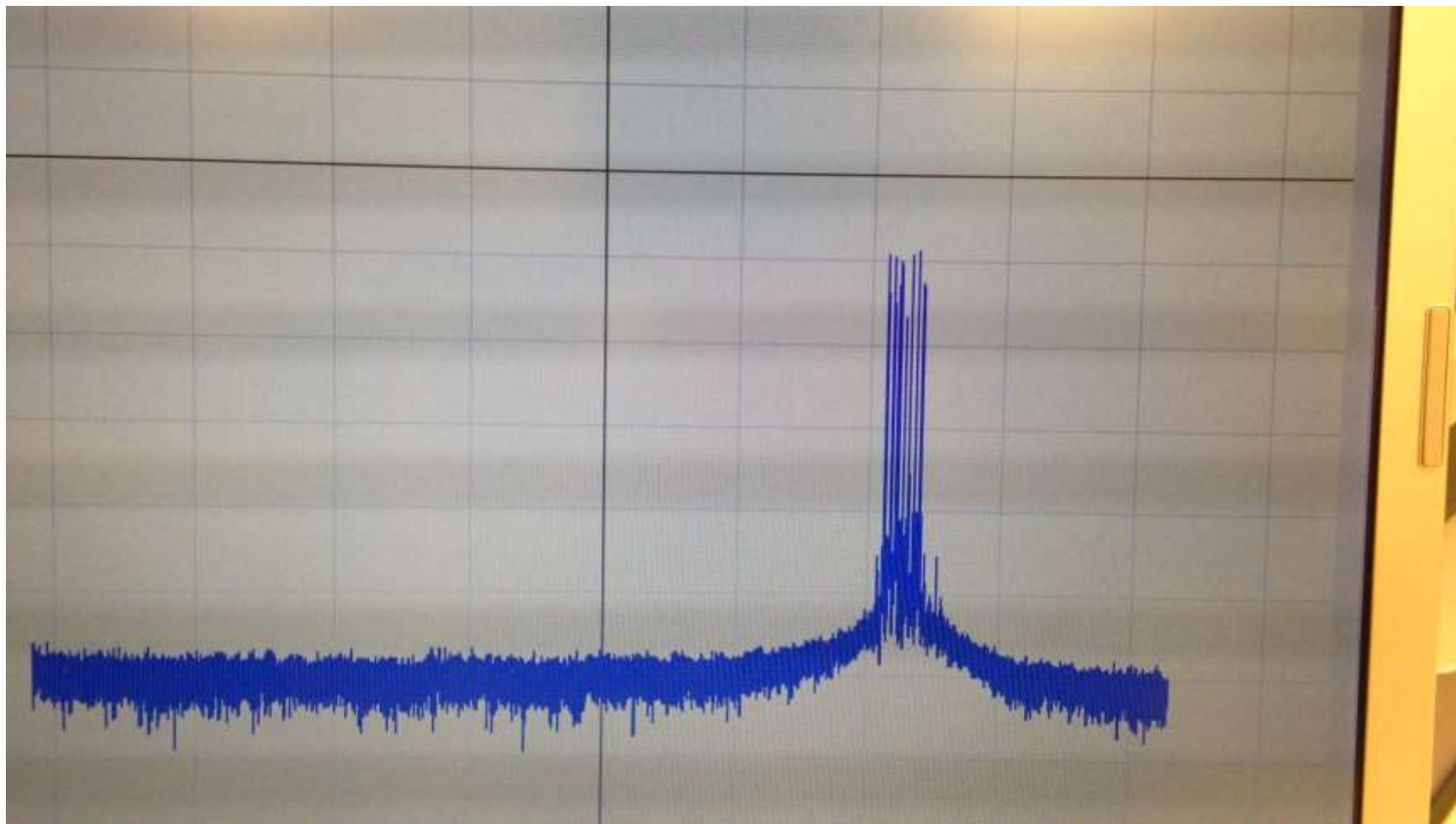


980nm, 300 mW 励起LD

システムの写真 (ブレッドボード上)

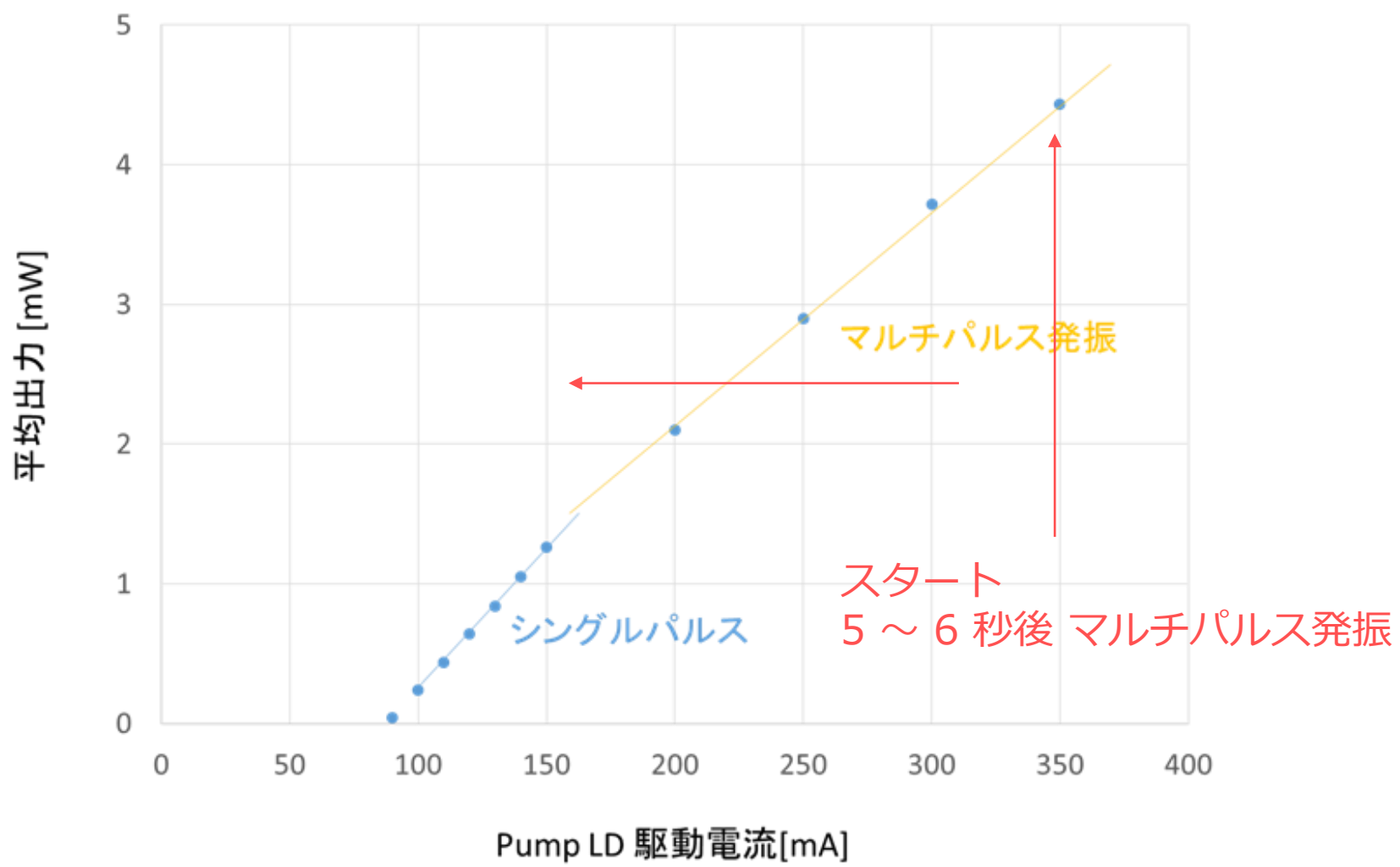


偏波コントローラを用いて調整しているとき (p, s 偏波 分離観察可能)



WaveAnalyzer 1500 S を用いた測定 : 分解能 180 MHz

モード同期 かける手順



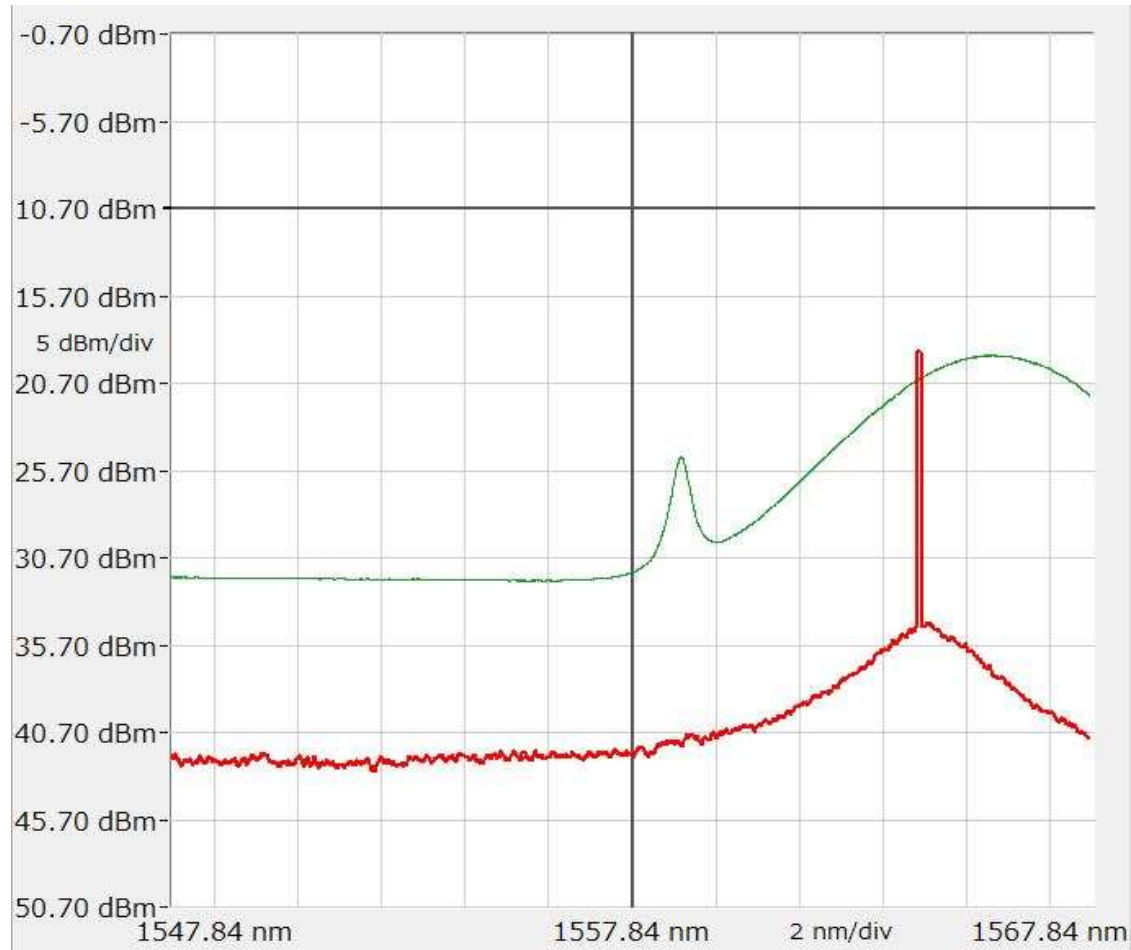
5 ~ 6 秒後にモード同期がかかる様子



[製品情報へのリンク：](#)

[小型・堅牢・高性能光スペアナ: WaveAnalyzer 100S / 1500S](#)

CW発振 / ソリトンモード同期時のスペクトル



[製品情報へのリンク:](#)

[小型・堅牢・高性能光スペアナ:](#)

[WaveAnalyzer 100S / 1500S](#)

取り組み始めているもの : *All-PMF, ANDi, figure 8*

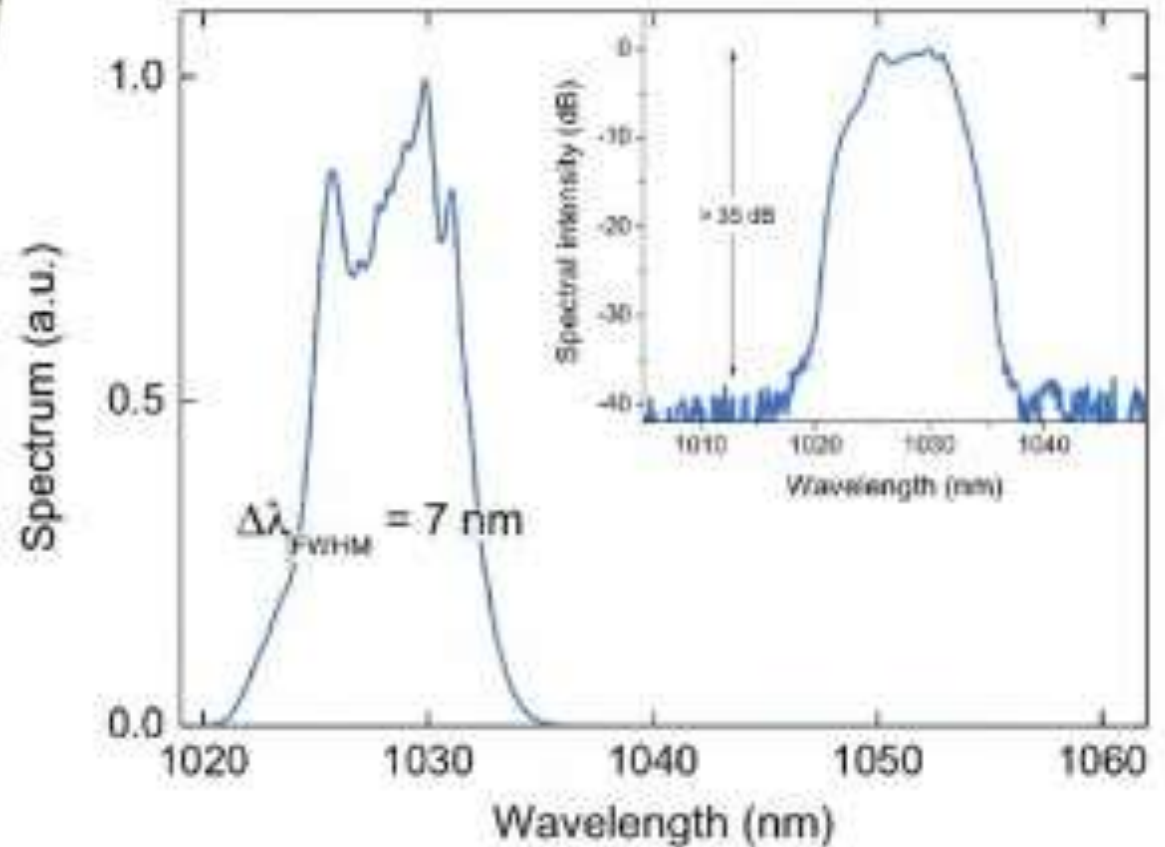
非公開

市販品 : *Southern photonics*



[製品情報へのリンク :](#)

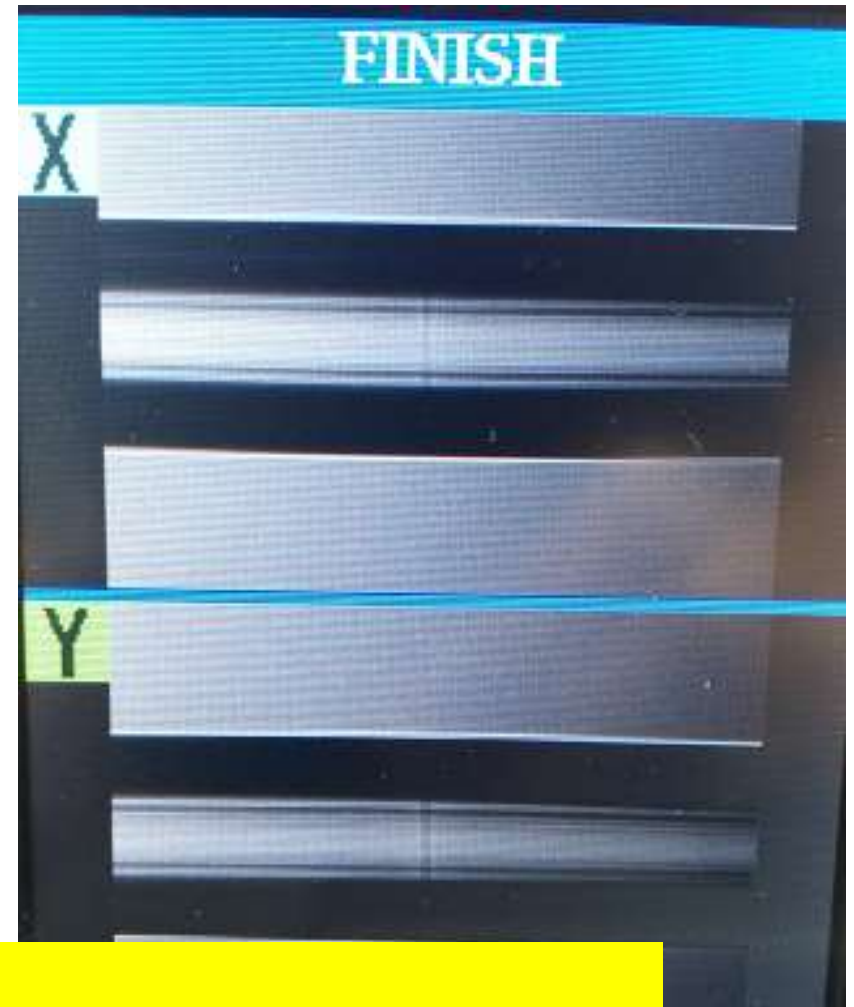
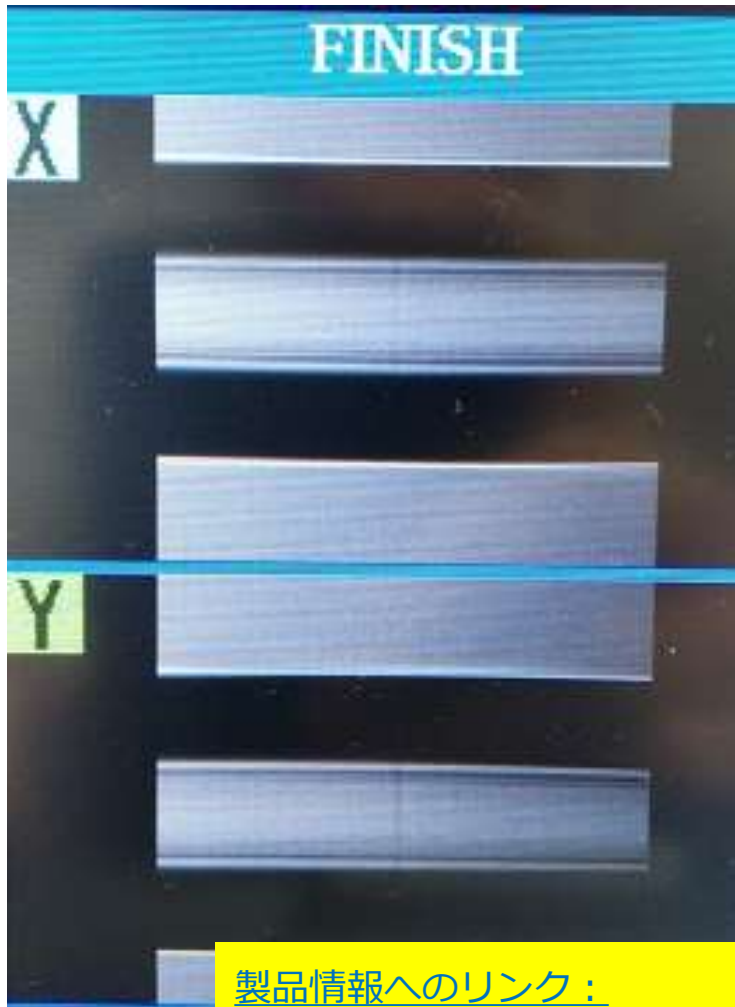
[全PMファイバ構成 1um帯 ピコ秒ファイバレーザ](#)



高出力化のための MMF 光ファイバ融着接続

MM 200/220

MM 105/125



製品情報へのリンク：
単心 光ファイバ融着接続機：汎用 / PMF対応 / ファイバ端観察 / CO2レーザー

過渡吸収分光のための
フェムト秒レーザー & SC レーザ生成

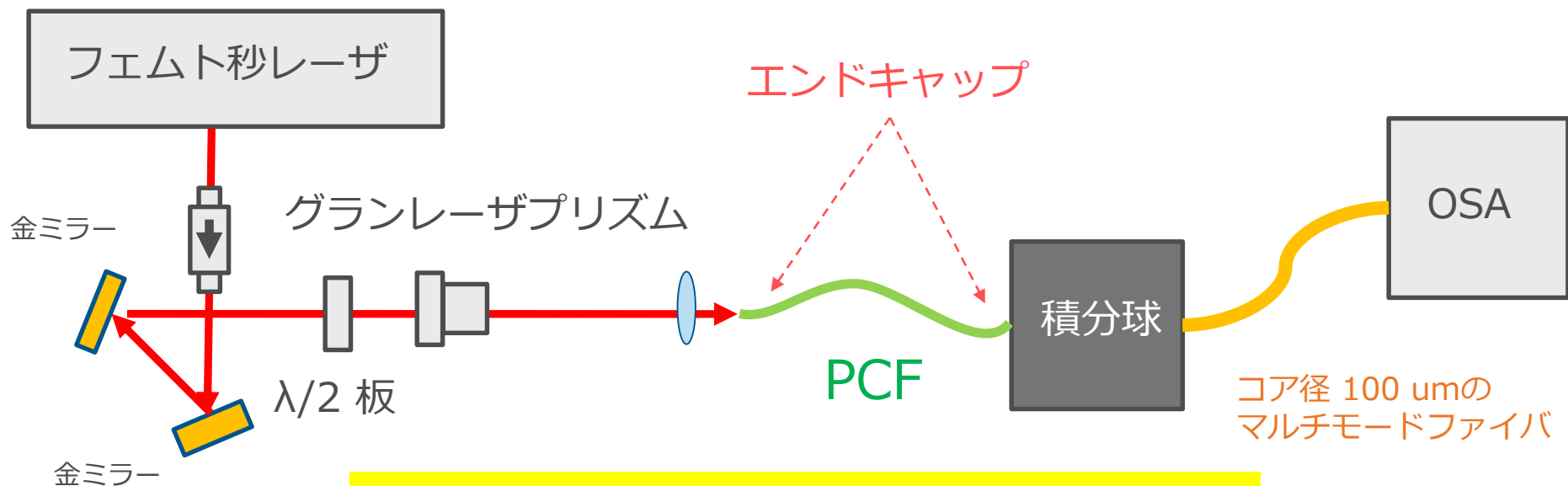
非公開

CARS システム用 SC レーザ

CARS システムのための SC レーザ生成

- Spectra Physics社 2 波長同時出力の フェムト秒レーザーを用いる
- CARS システムの 遅延ライン 構築のため
フォトリック結晶ファイバ長はできるだけ短くしたい
- 1650 nm 程度まで広がるスペクトルが必要
- フォトリック結晶ファイバへの入射部分を安定・破壊のないようにしたい

システムの概要



[製品情報へのリンク：](#)

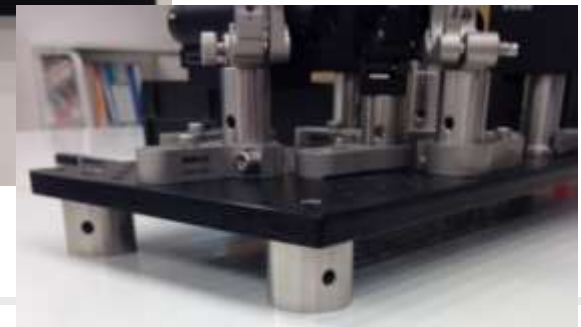
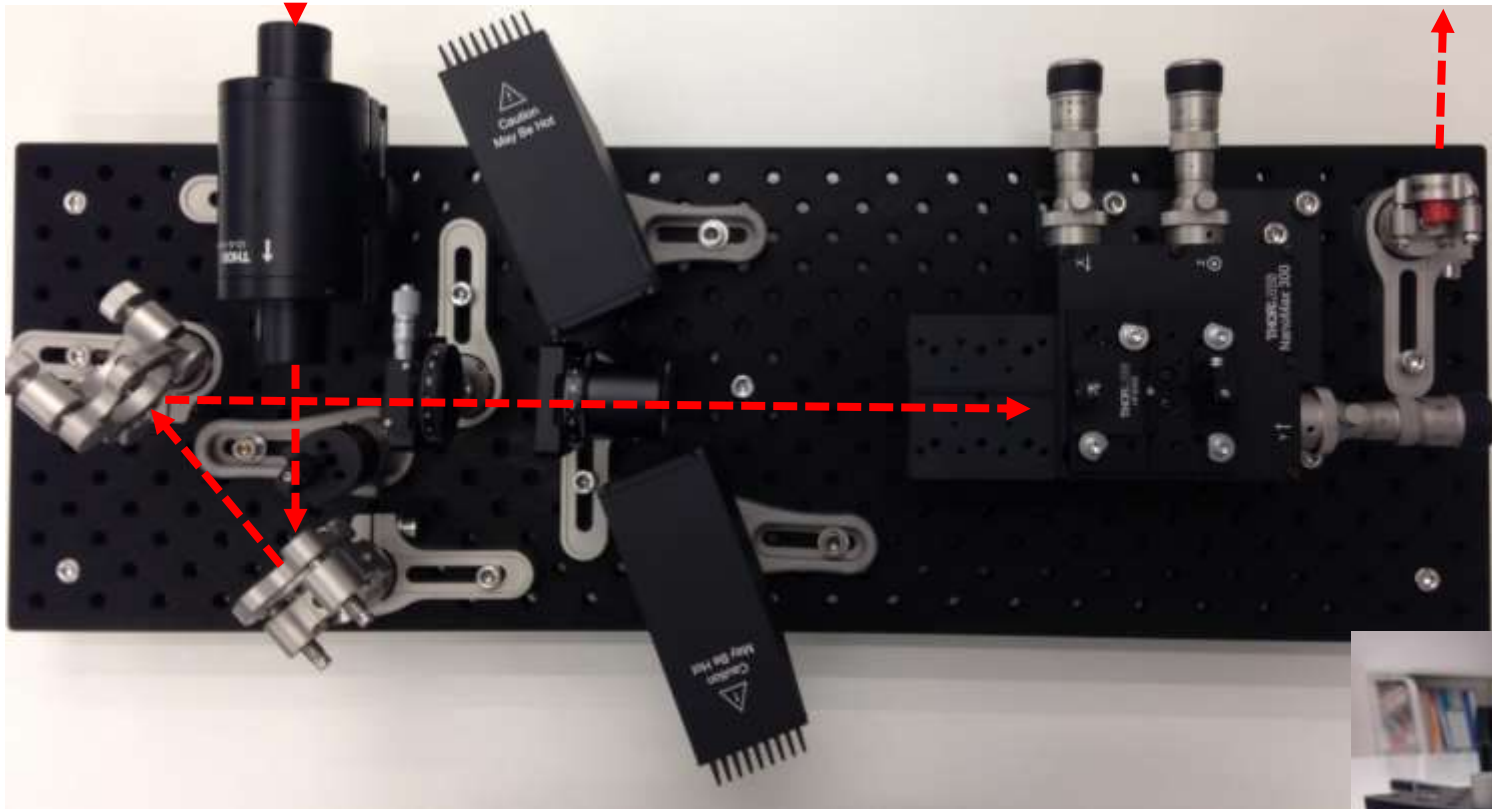
[1μm帯 SC生成用 高非線形フォトニック結晶ファイバ](#)

- フォトニック結晶ファイバ(PCF)の種類：NKT Photonics社 SC-5.0-1040
- 集光用 非球面レンズ ($f = 4.51 \text{ mm}$)

システムの写真：SCレーザ生成部

フェムト秒レーザ

SC レーザ

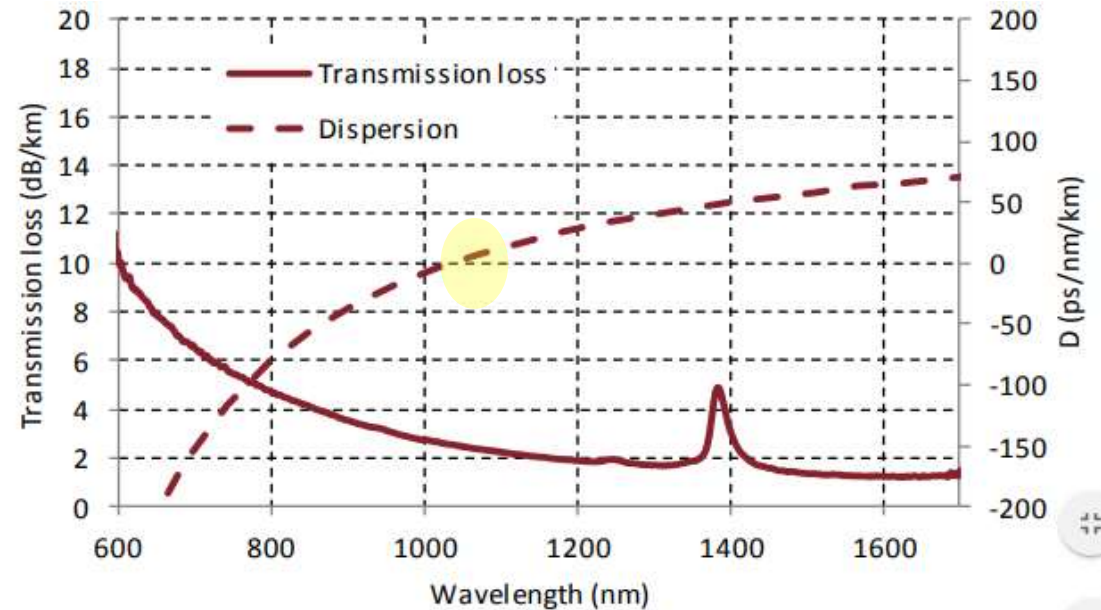


フェムト秒レーザ 光源 & フォトニック結晶ファイバの情報



Insight Deep DS+

中心波長	1041 nm
平均出力	1.5 W → 0.65 W
パルス幅	200 fs
繰返し周波数	80 MHz
ビーム品質	M2 < 1.2
ビーム拡がり	< 1.5 mrad
ビーム口径	1.1 mm



SC-5.0-1040 の透過特性と分散特性

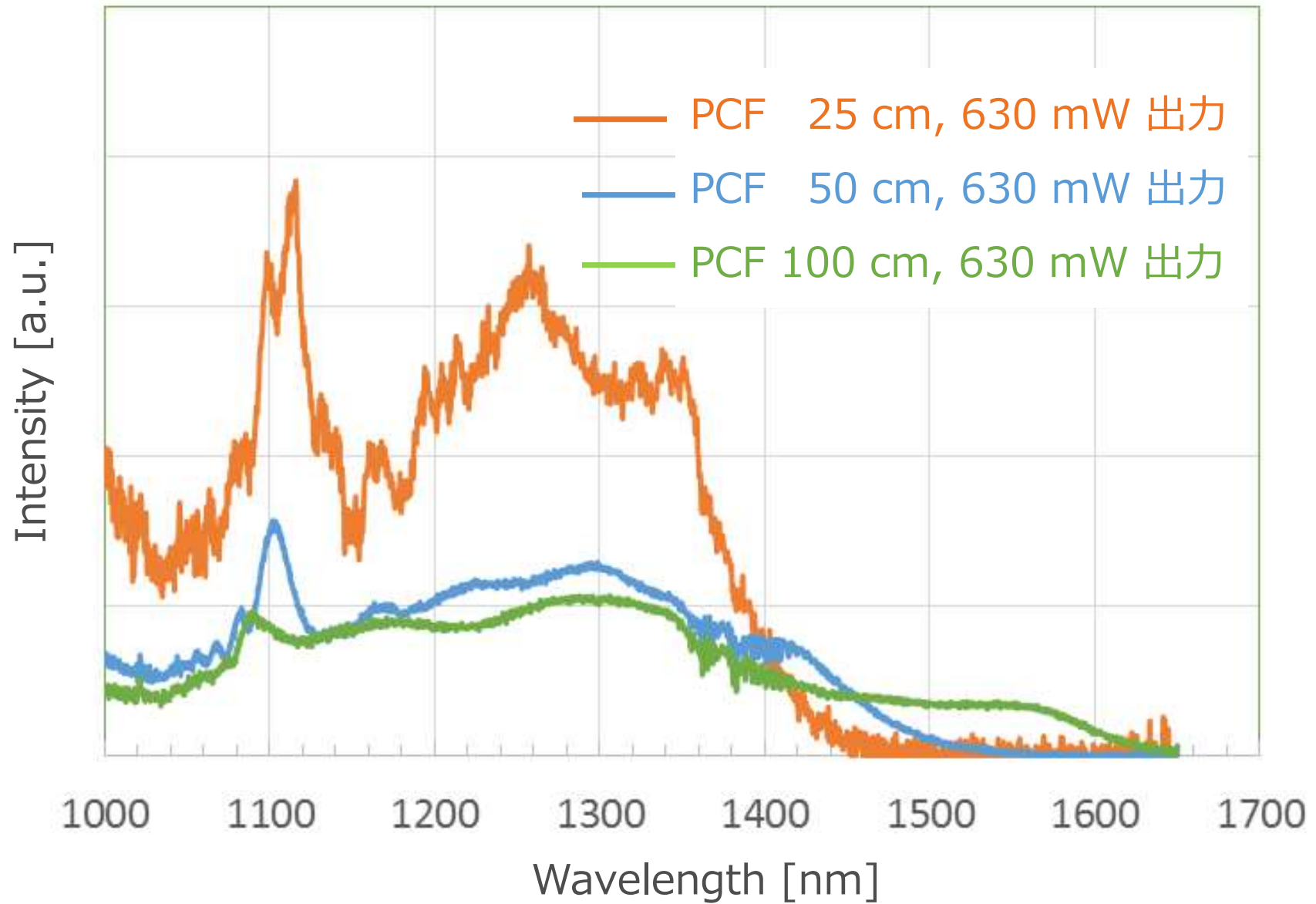
平均出力 < 650 mW @ ファイバ端面
結合率は > 72 %

SCLレーザ生成 システムの写真

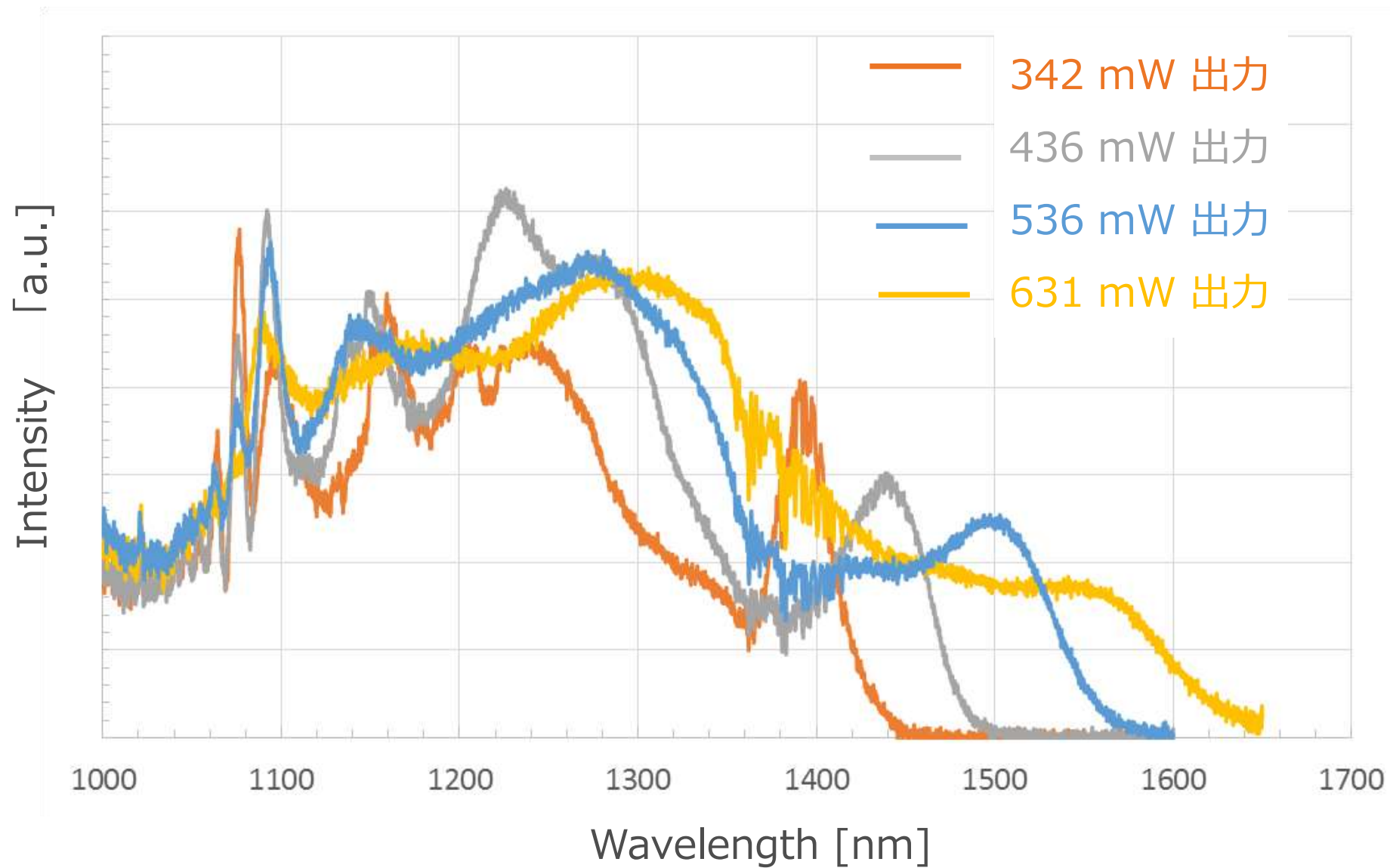


FC/APC コネクタ w/ 900 um loose tube
射出径 : 30 ~ 69 um

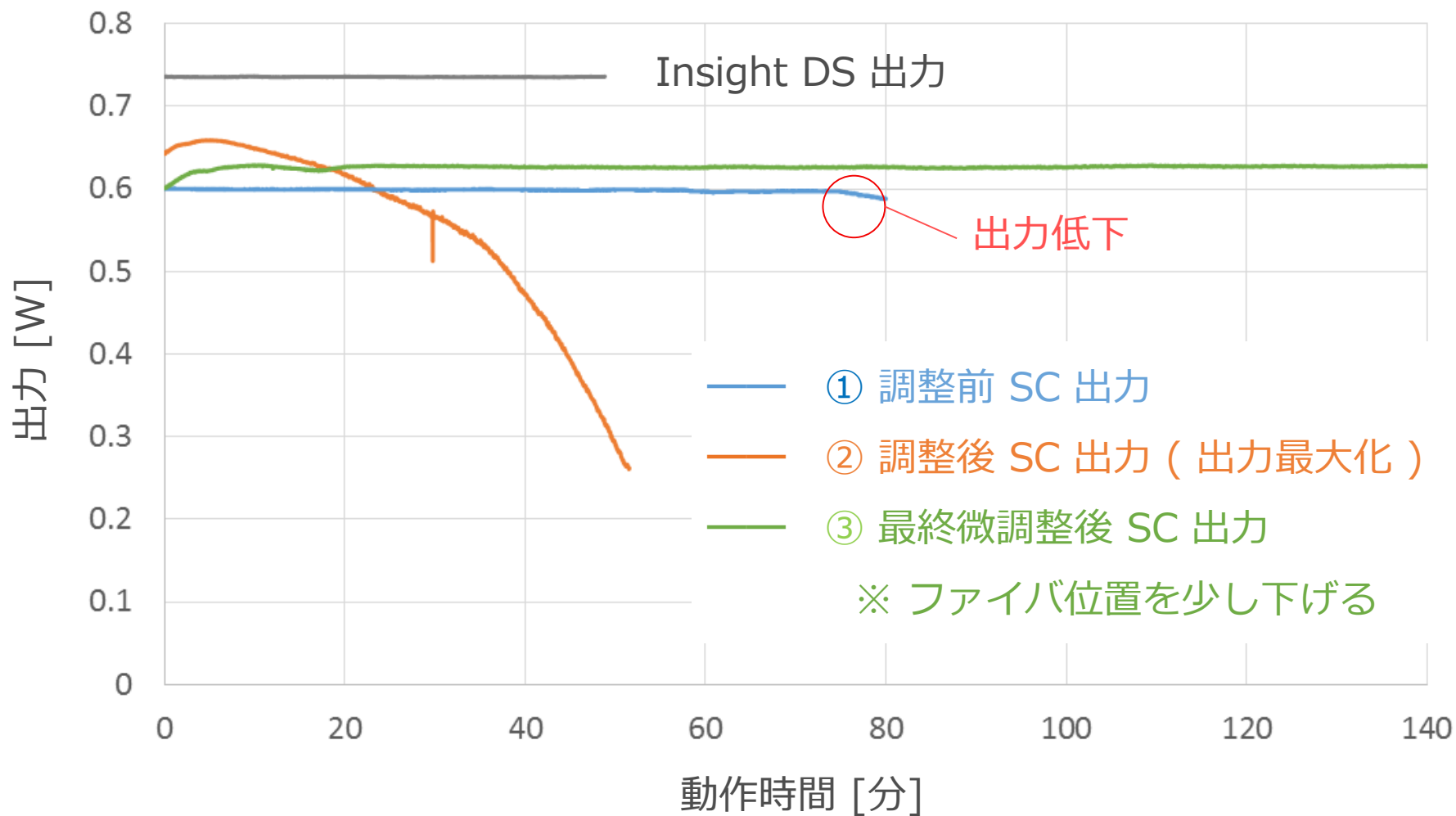
スペクトルの フォトニック結晶ファイバ 長さ依存



PCF 100 cm 時の スペクトル波形：光平均出力依存



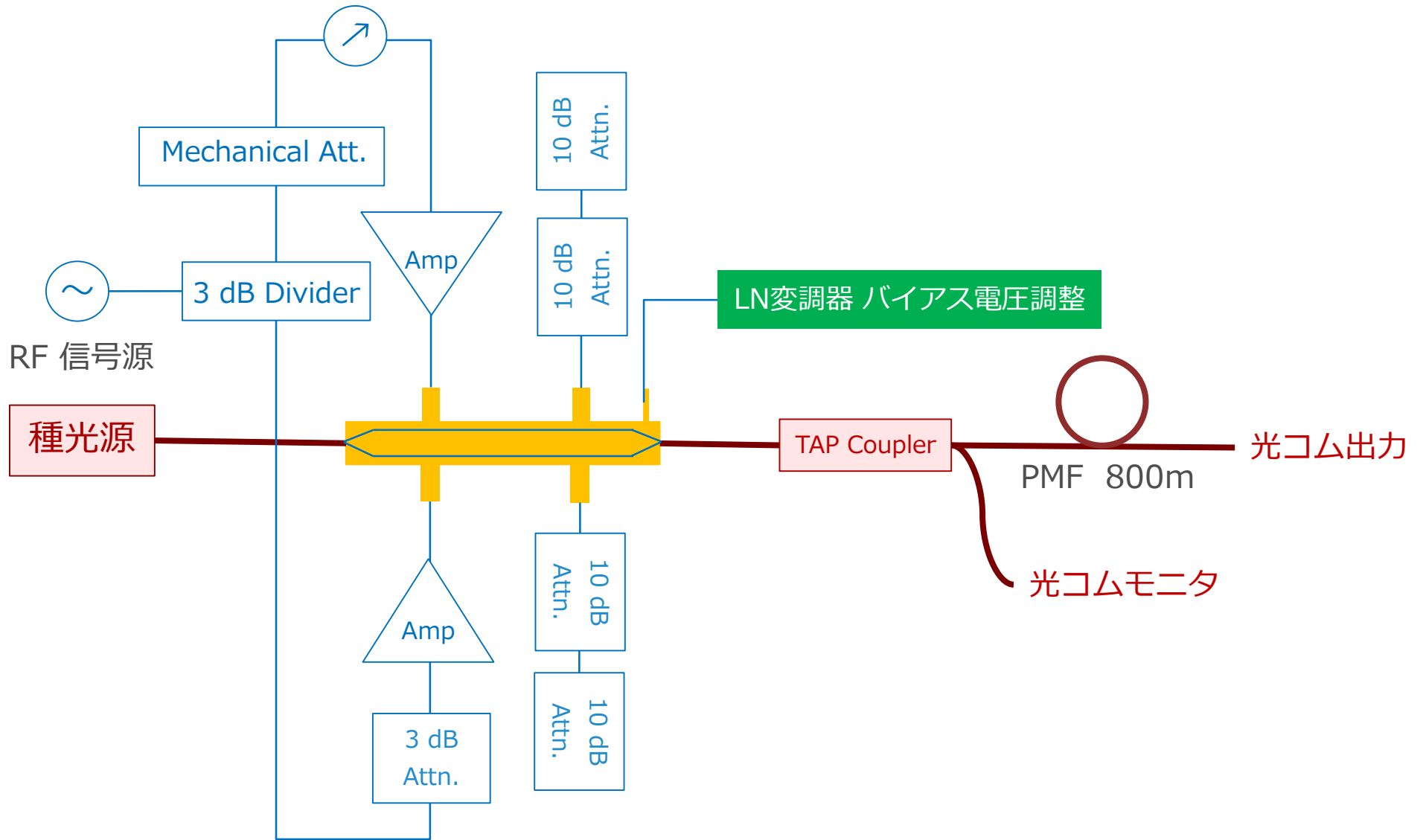
射出パワー安定性の評価



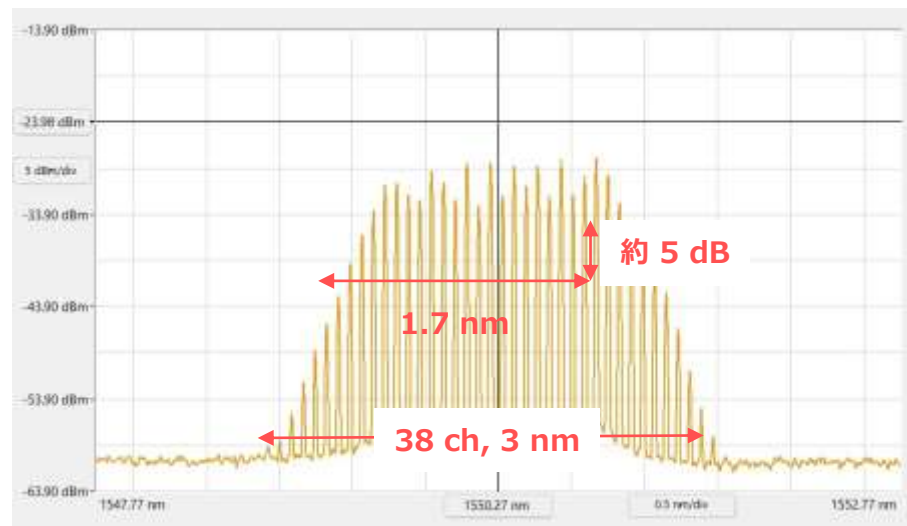
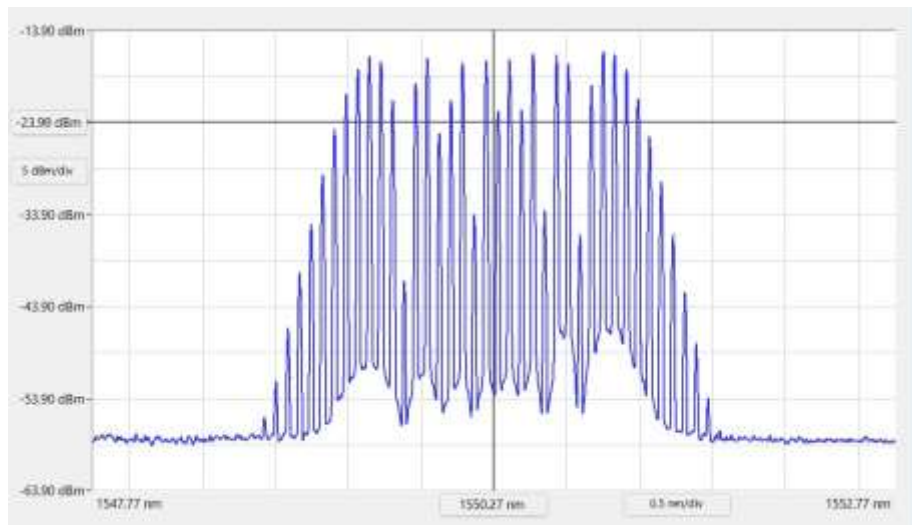
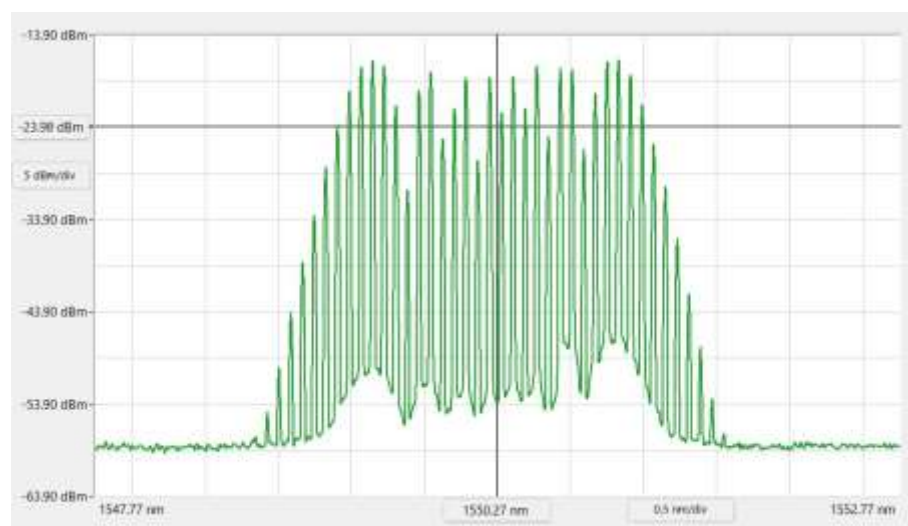
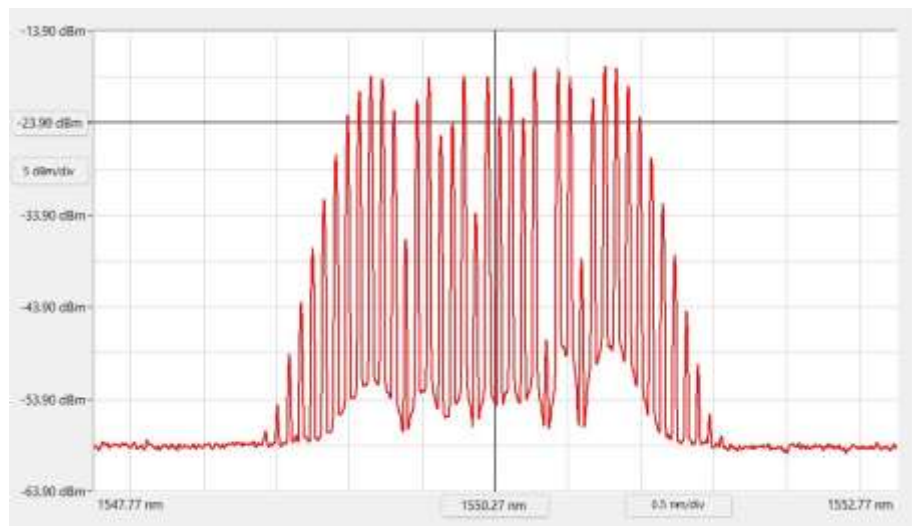
→ 実験に足る安定性

10 GHz , ピコ秒 光周波数コムレーザ

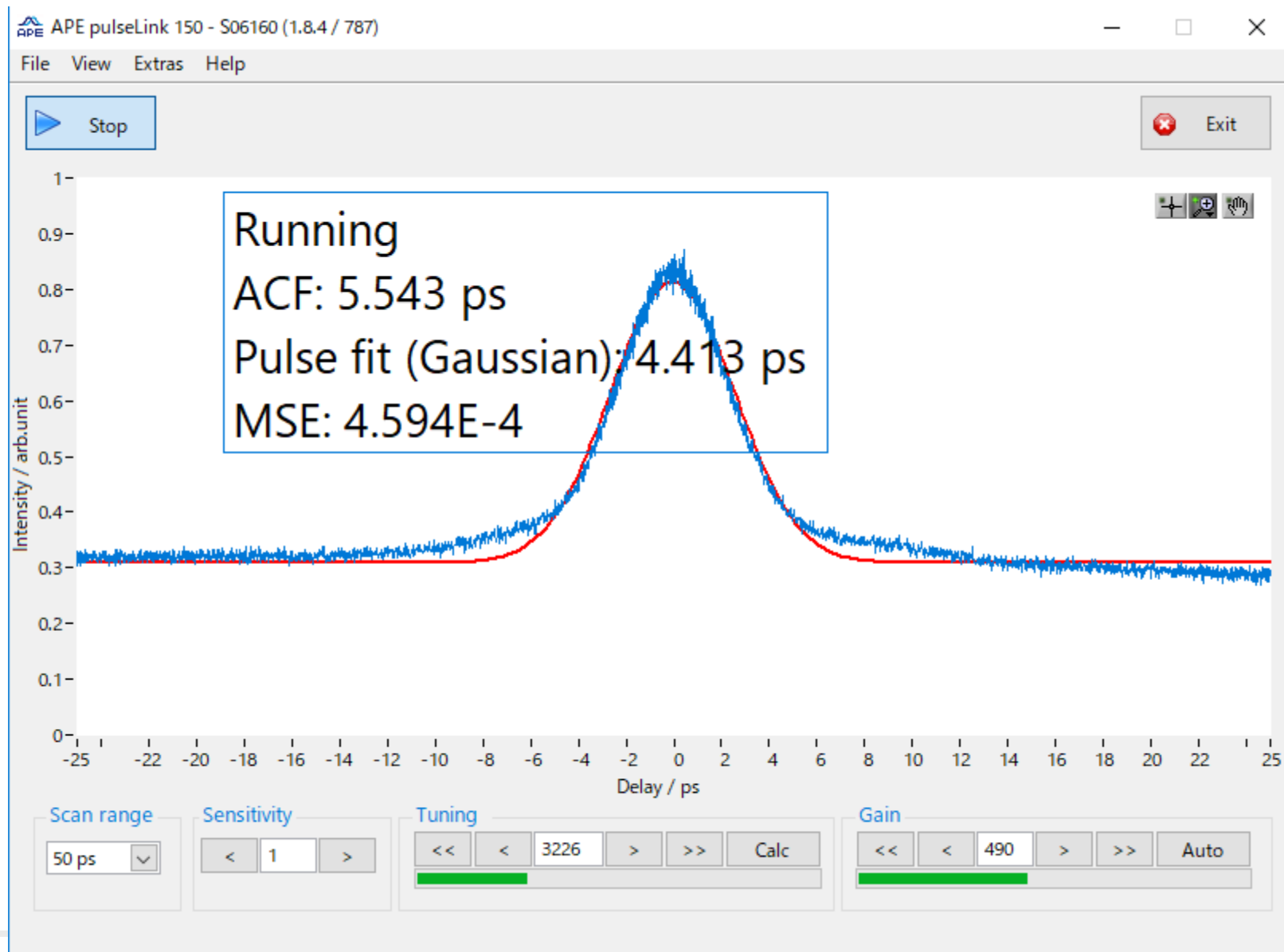
Z-cut 20 GHz Dual Drive Modulator



異なるバイアス電圧時の スペクトル形状

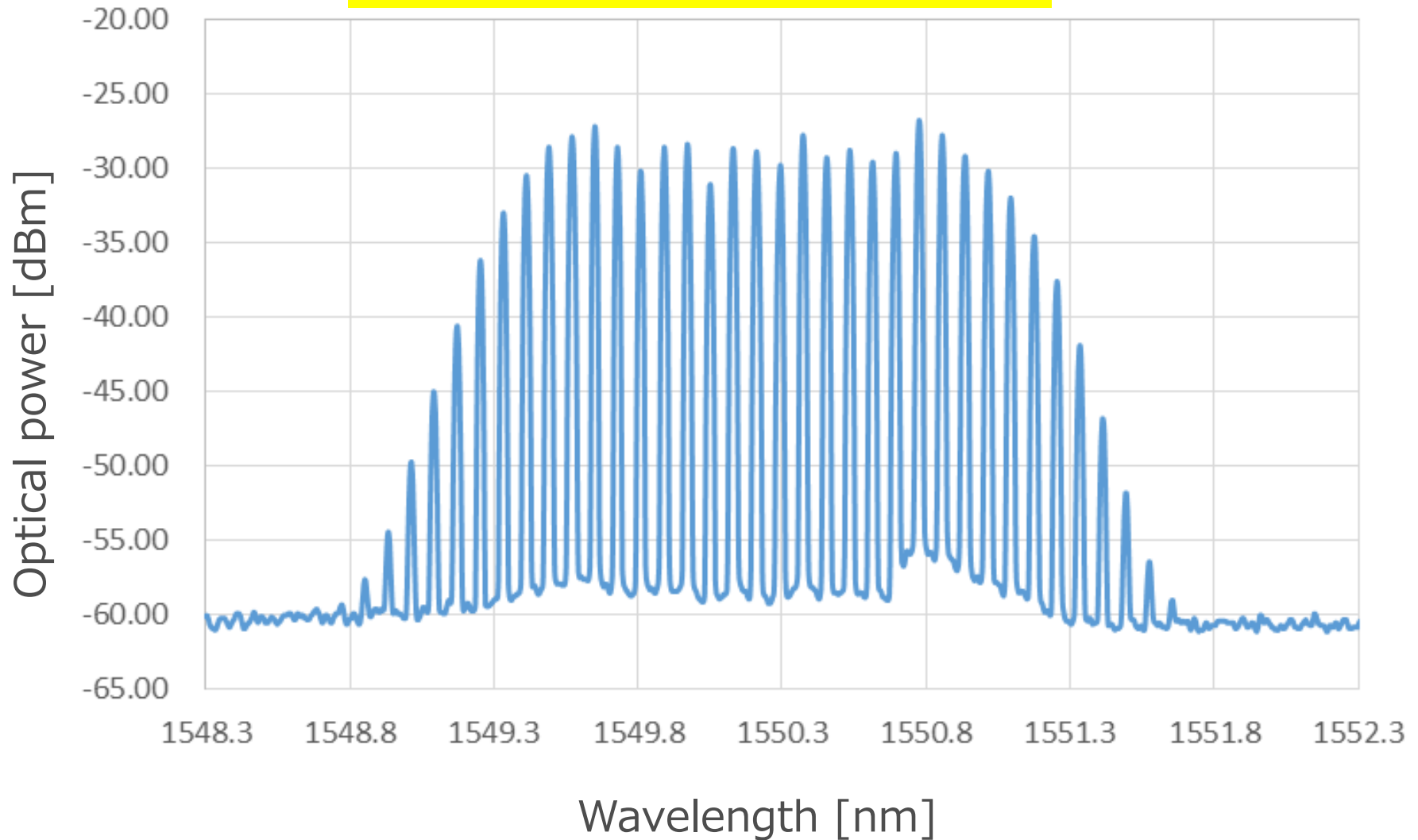


光周波数コム：パルス波形



光周波数コム：スペクトル波形（5時間暖気運転後）

[製品情報へのリンク：光周波数コム 発生器](#)



ここまでのまとめ

	Figure 8	SC レーザ	光周波数コム
中心波長	1560 nm	1040 nm	1550 nm
平均出力	1.5 mW	88 ~ 630 mW	0.8 mW
パルス幅	< 3 ps	-	4.4 ps
繰返し周波数	16.5 MHz	80 MHz	10 GHz

産業用 超短パルスファイバレーザーの現状

微細加工のパラメータ、チャレンジリスト

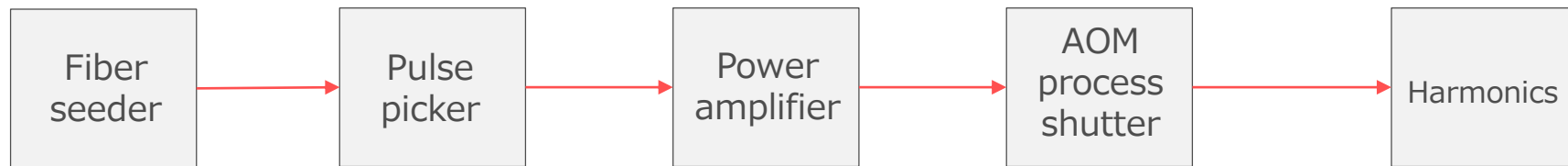
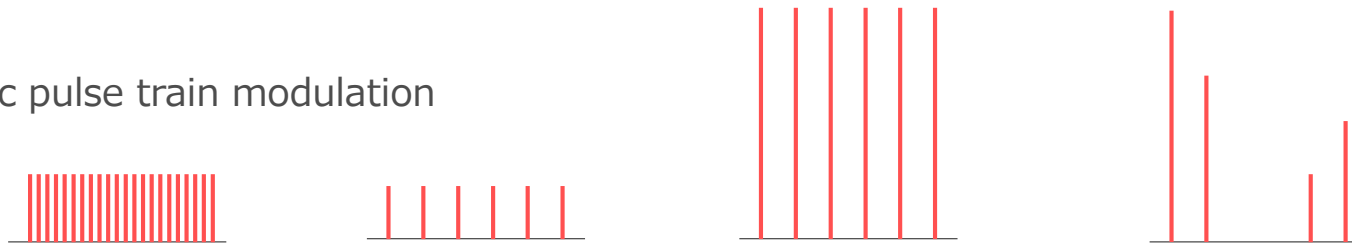
非公開

数十 μJ , フェムト秒レーザのファイバデリバリ (*Kagome Fiber*)



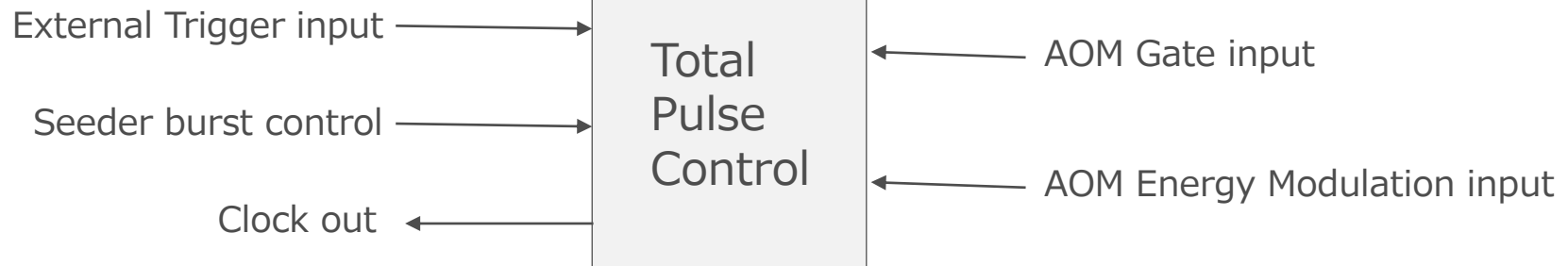
微細加工レーザーの構成 : *Coherent : Laser World of Photonics 2017* より

Dynamic pulse train modulation

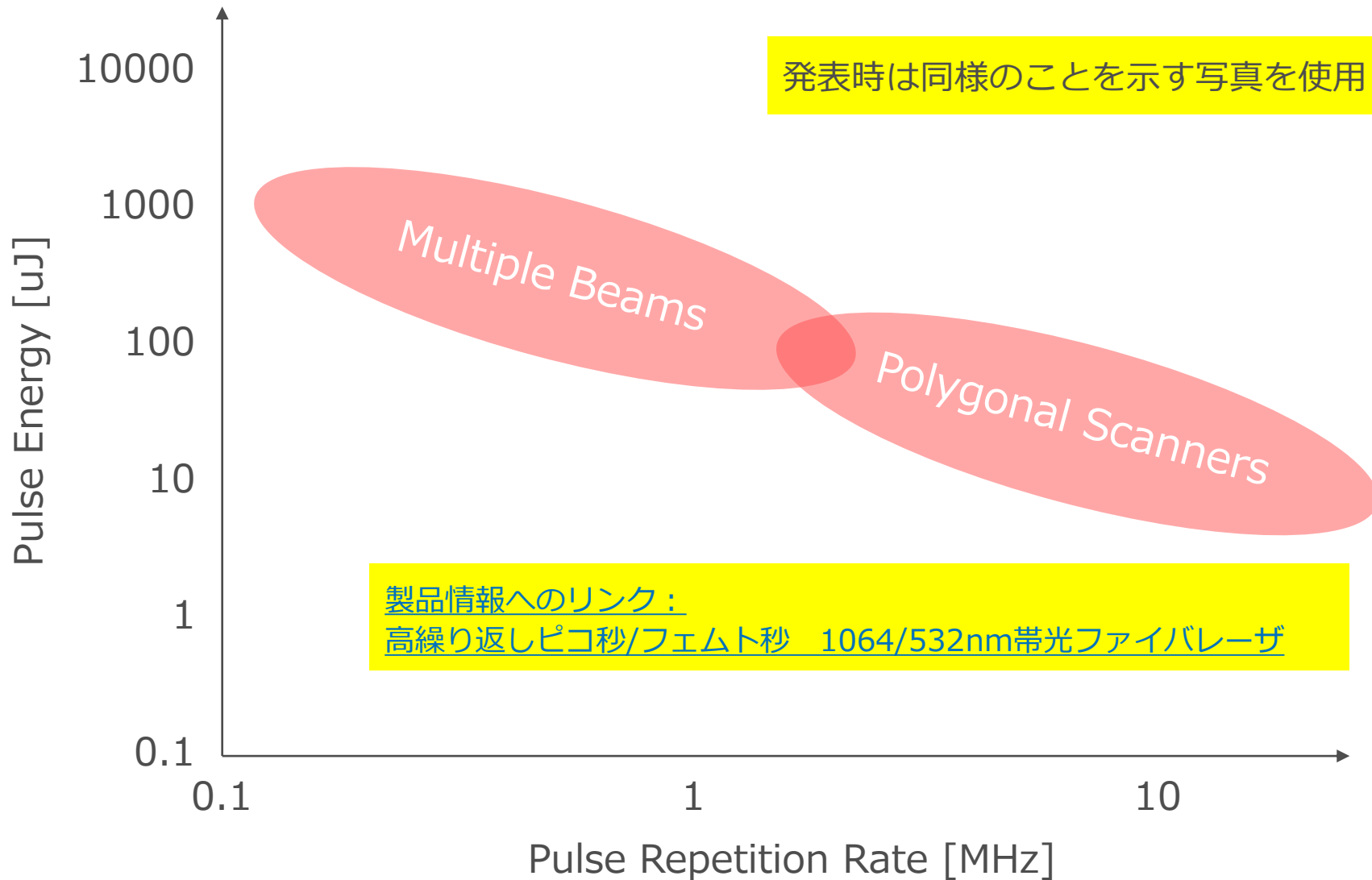


製品情報へのリンク :
[1 um帯 150MHz/2GHz/5GHz/10GHz 強度変調器](#)

発表時は同様のことを示す写真を使用



スキャナ情報：Amplitude 社 Laser World of Photonics 2017 の発表より引用



まとめ

各種レーザーの開発

- 1 μ m 帯、1.5 μ m 帯の 超短パルスファイバーレーザーを構築した
- 分光、CARS用途の スーパーコンティニュームレーザーを生成した

フェムト秒レーザー加工

- レーザはますます自由度・柔軟性が上がる。その結果、新たな微細加工の方式が広がっていき、市場が広がっていくと考えられる。
- レーザ加工をする企業からは、“レーザー”だけではなく、“ソリューション”が求められている。レーザーメーカーは今後、レーザー加工を自身で行うか、ソリューション毎提案していく。