

# 産総研・物性研における Ybファイバーレーザーシステムの開発

---

伊藤 功<sup>1</sup>、笠原 亮<sup>2</sup>、吉富 大<sup>3</sup>

1東大物性研、2茨城大、3産総研

# 進捗状況

## ●前々回(11/29)

- 温調器を改良し、LDの温度より低温まで保てるようにして、ポンプ光のパワーが大きい場合でも中心波長が976nmに維持できるようにした。
- 75Wのポンプ光で45mWのシード光を22Wまで増幅できたが、PCFの一部（ポンプ光入力側の先端から10cmの位置）が溶けた。
- 溶けた部分を切り落としたPCFを使って、ハイパワーの励起光の入力テストを行った。

## ●今回(11/30～2/17)

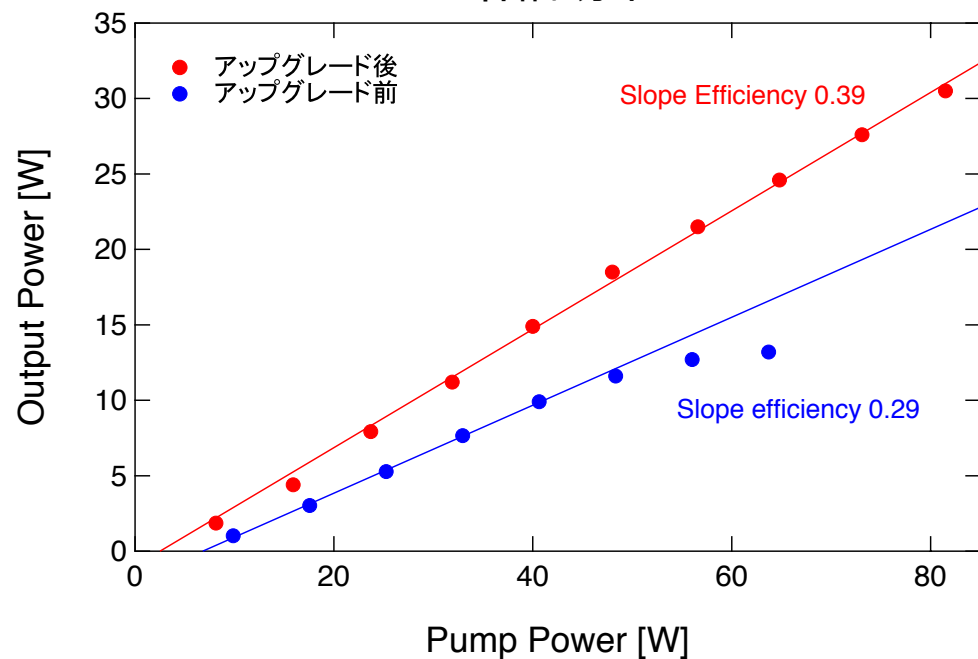
- 30Wの増幅に成功した(12月)。
- 放射光学会と高輝度・高周波電子銃研究会で成果を発表した(1月)。
- 波長変換の実験を念頭においてファイバーアンプの安定性の評価・向上に取り組んでいる(1月中旬～2月)。

# 30Wの増幅に成功

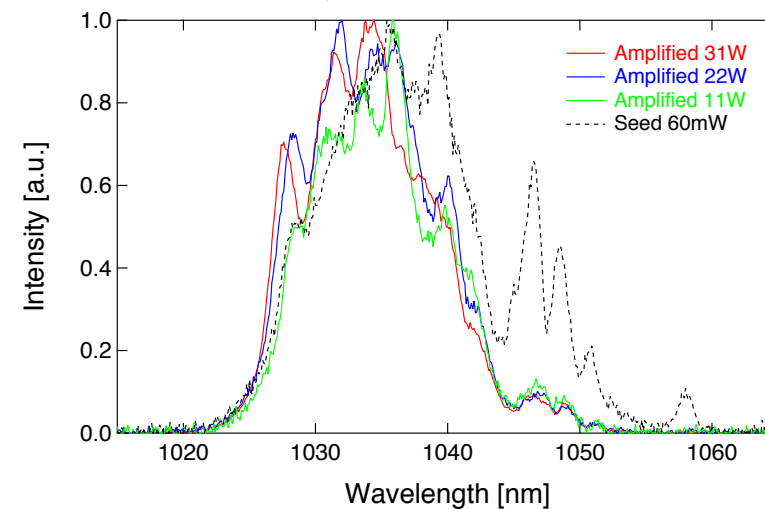
ファイバーアンプを改良(10W=>30W)

- プリアンプを導入(シード:10mW=>60mW)
- LD温調回路をパワーアップ(90W励起光入力でも温度制御可)
- 励起光結合光学系の改善(入力損失を減)

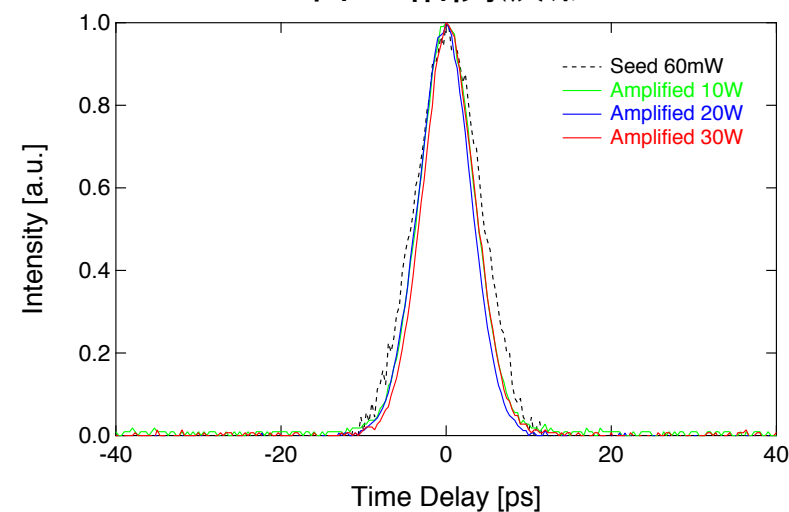
### 増幅効率



### 光スペクトル



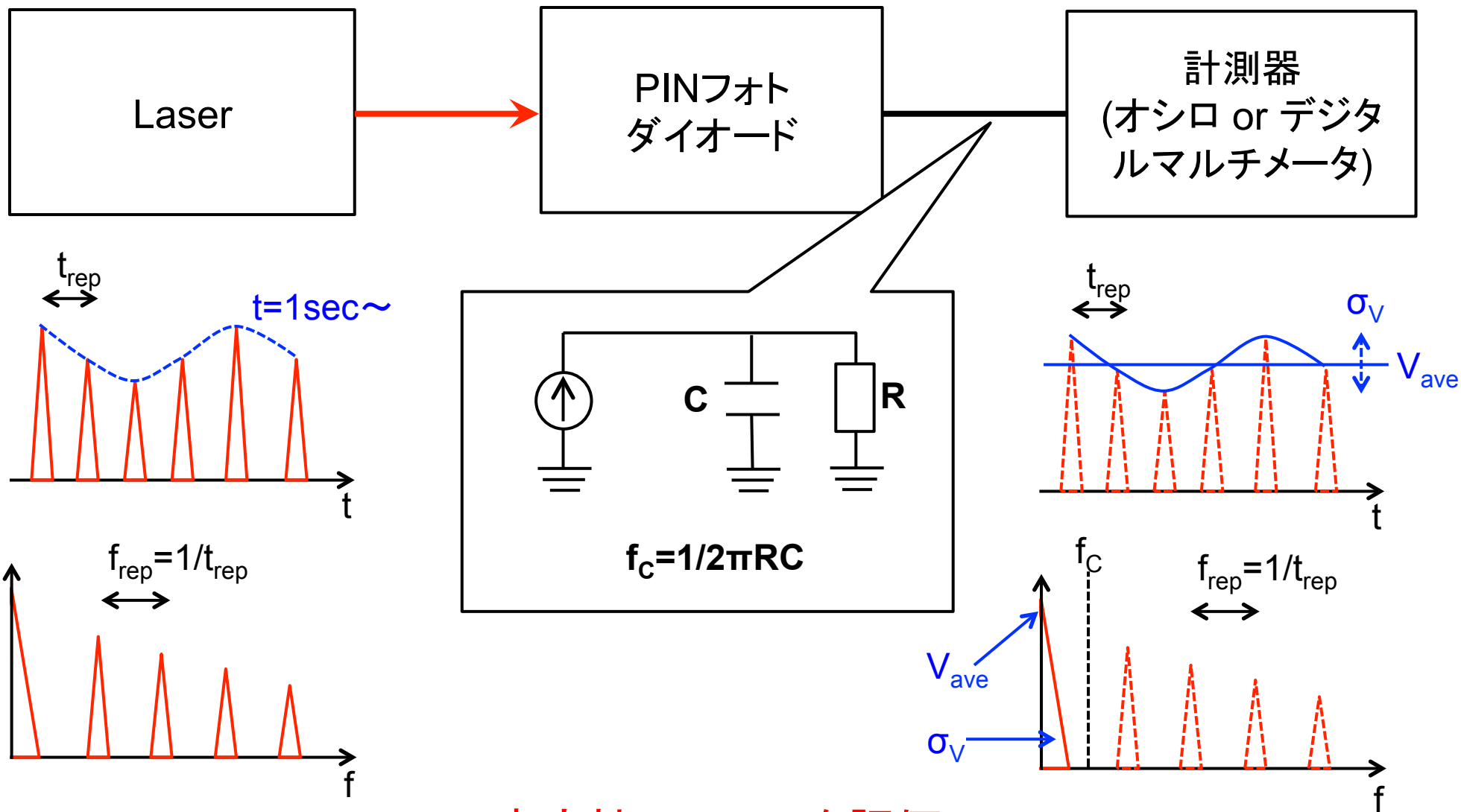
### 自己相関波形



# 長期安定性測定のための目的

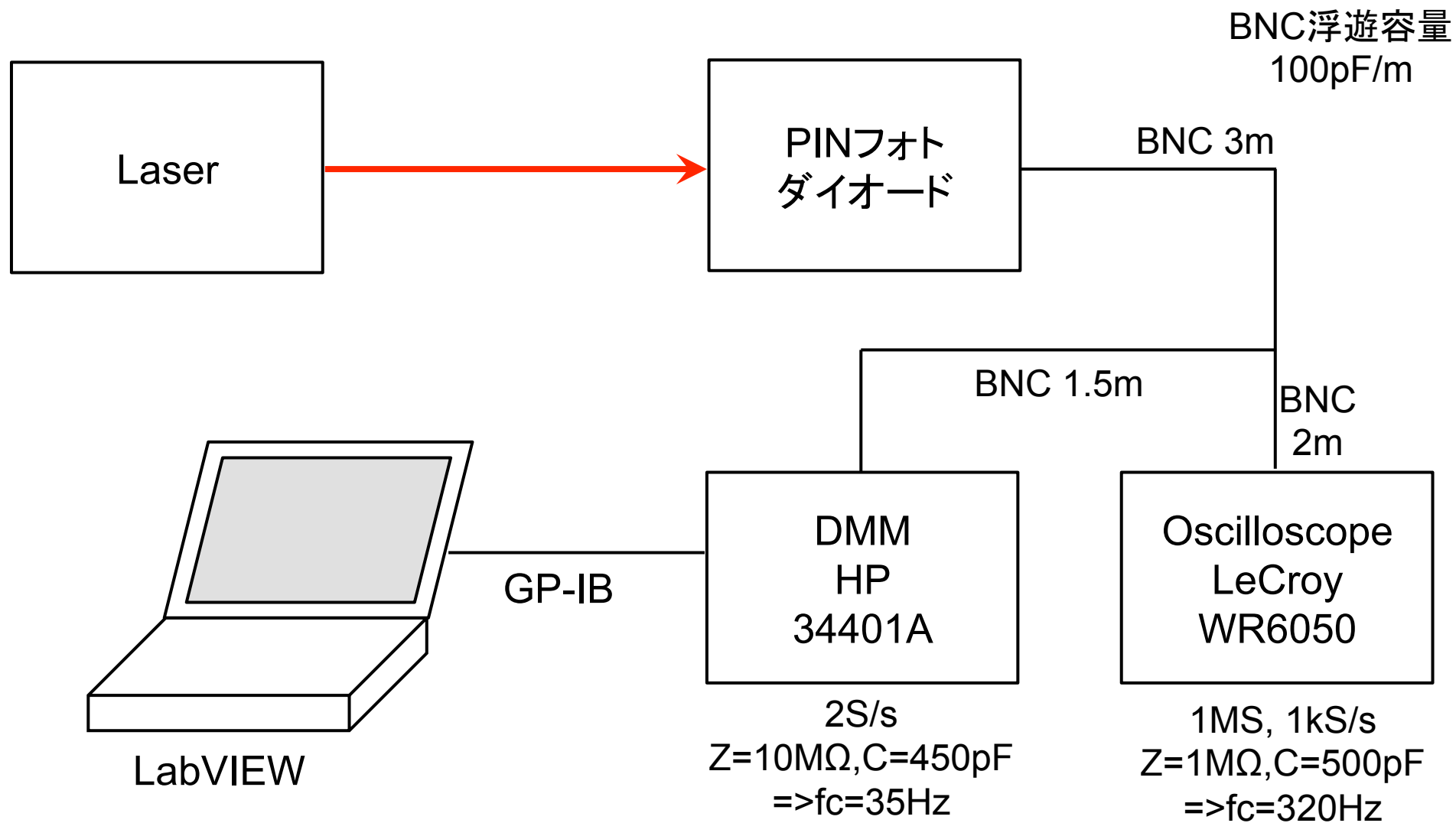
- レーザー増幅器で30Wの増幅ができたので、早くOPAに取り組みたいのだが、、、
- OPAの信号光となるSC光は、PCFに入射する基本光の平均出力の不安定性に敏感に反応する。
- OPAを実現するためには安定な基本光の供給が不可欠なので、ひとまず波長変換ができるレベルの長期安定性(1%以下@3時間)の計測し、その向上を行う。

# 長期安定性測定の実理



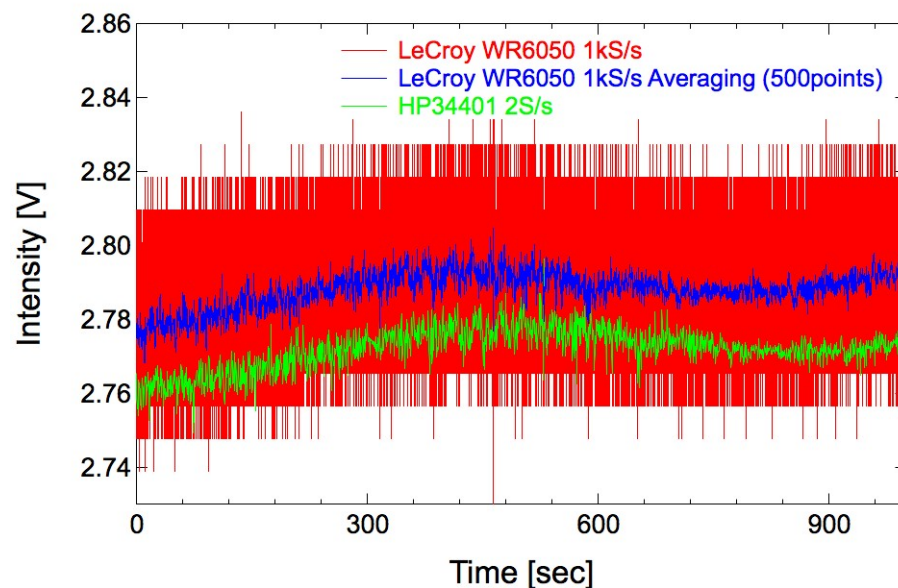
安定性:  $\sigma_V/V_{ave}$  を評価。

# 長期安定性測定の設定アップ



# 測定系のクロスチェック

## レーザー発振器の安定性を15分間測定



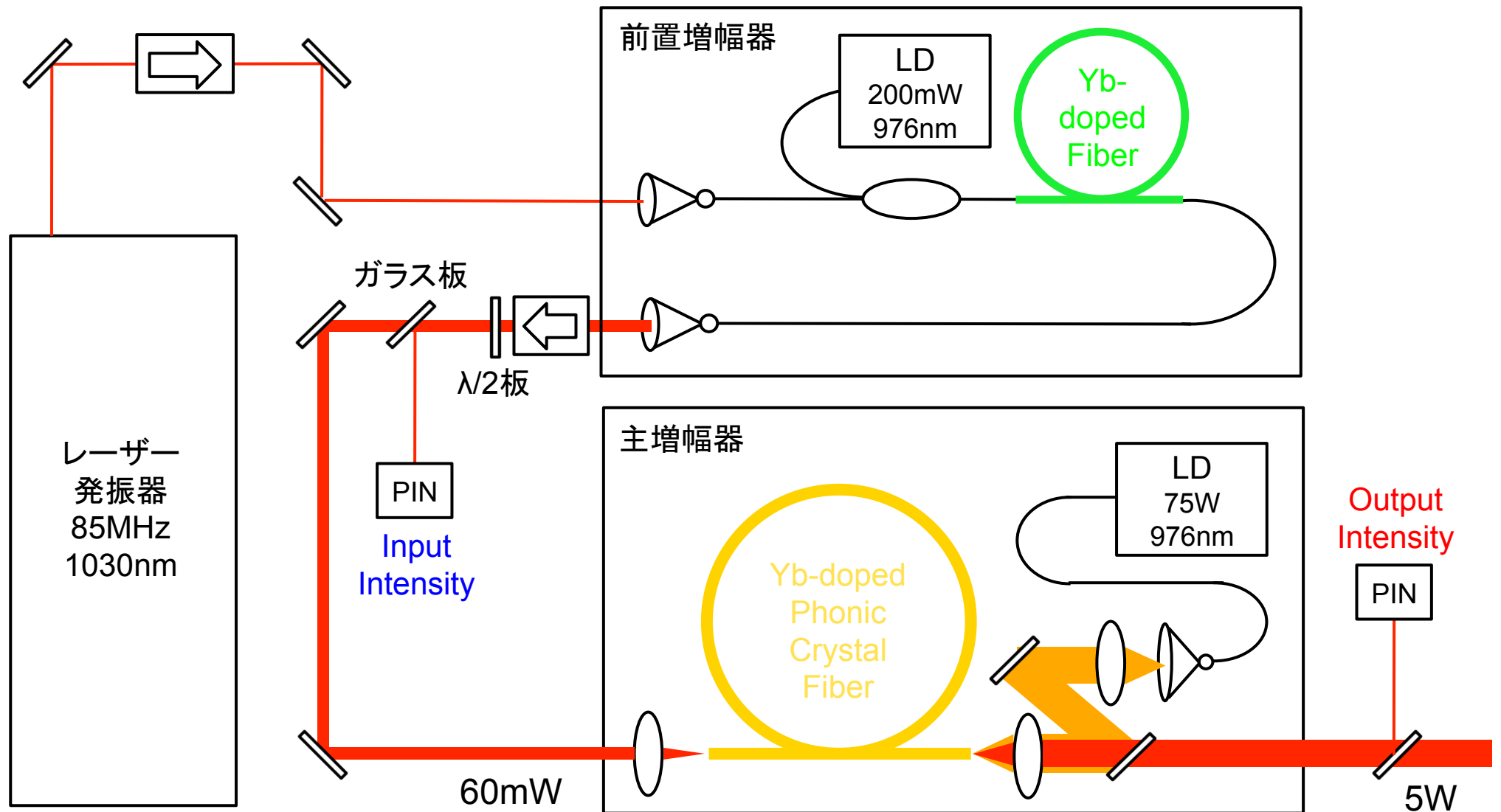
LeCroy WR6050 (1kS/s) :  $V_{ave}=2.788V$ ,  $\sigma_V=0.011V$ , Stability=0.398%

LeCroy WR6050 (500points移動平均)  $V_{ave}=2.788V$ ,  $\sigma_V=0.005V$ , Stability=0.170%

HP34401A 2S/s :  $V_{ave}=2.772V$ ,  $\sigma_V=0.005V$ , Stability=0.196%

産総研の測定法の結果とおおよそ一致。正しく測定できてる。

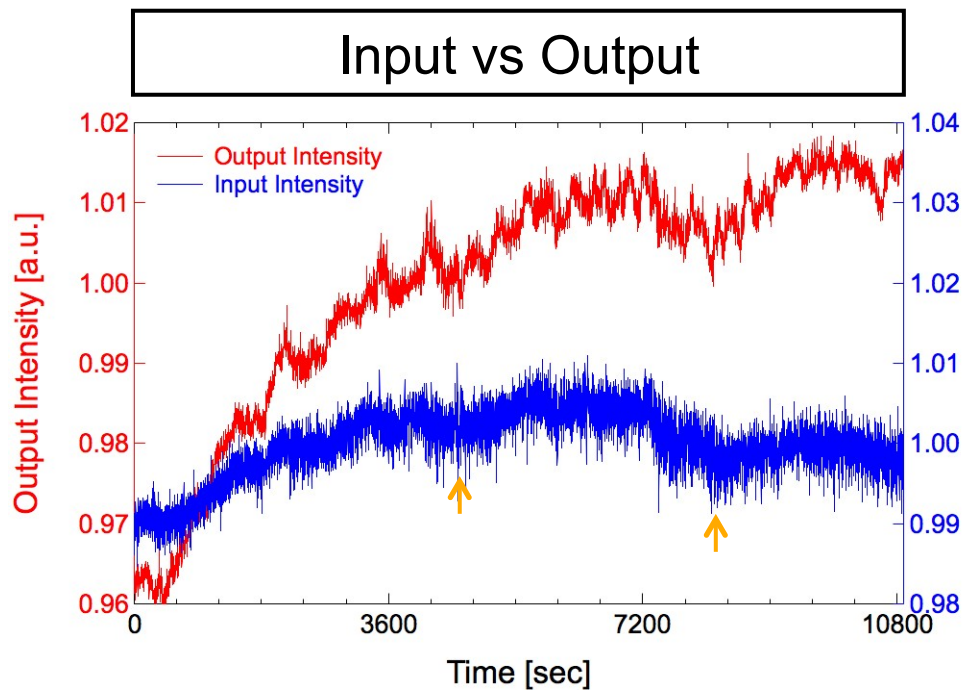
# レーザー増幅器の長期安定性測定のセットアップ



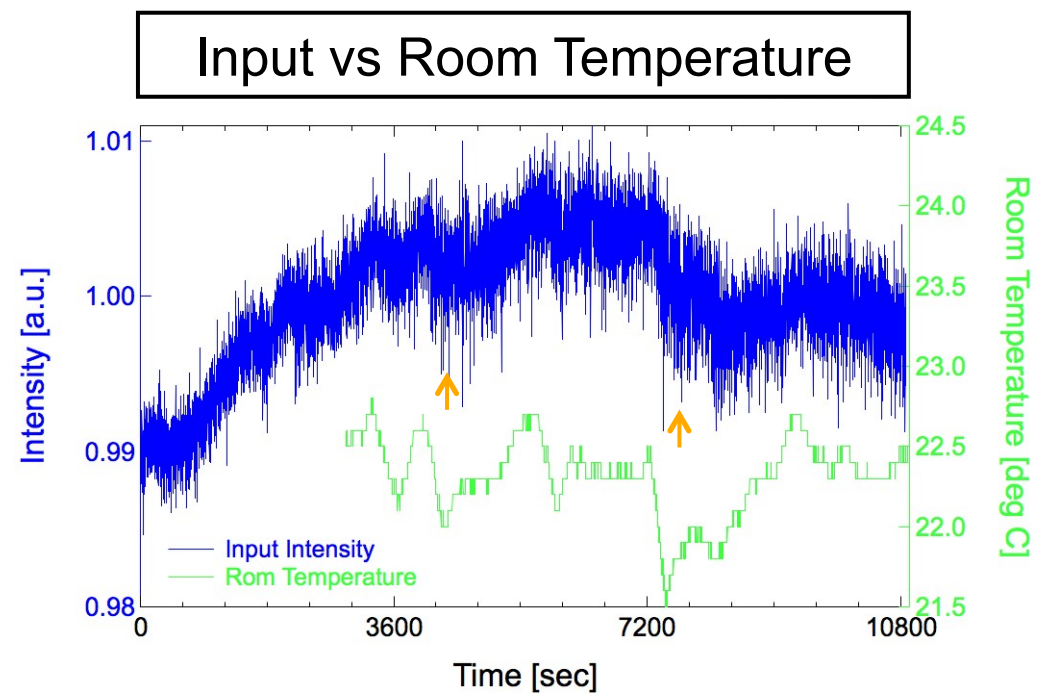


# レーザー増幅器の長期安定性

5W増幅光の強度を3時間測定した。



InputのドリフトをOutputが追従している。

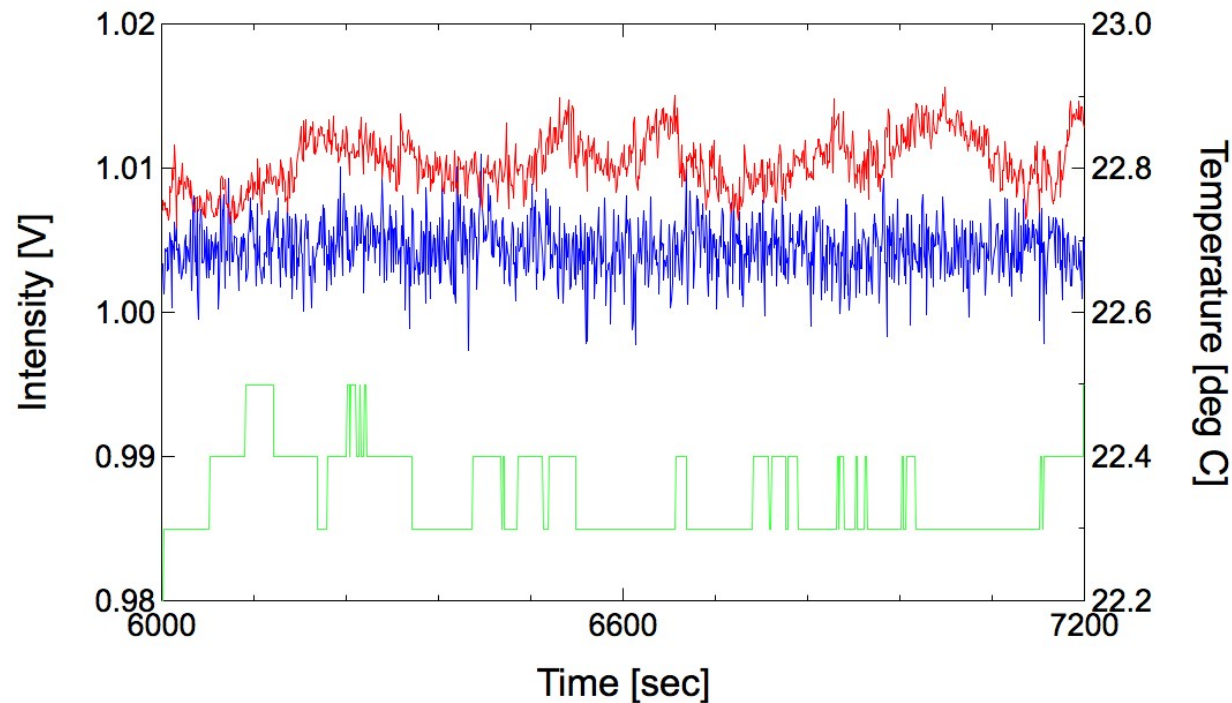


Inputのドリフトは室温の変動によるもの。

安定性 Input 0.428 %, Output 1.467% @22.0±0.5°C

# レーザー増幅器の短期安定性

3時間測定のうち温度が安定している6000~7200sec(20分)の間の強度に注目。



安定性 **Input 0.19 %**, **Output 0.19%** @22.3~22.5°C

# 計測器HP34401Aの確度仕様

## ■ DC特性

確度仕様 ±(読み取り値の%+レンジの%) [1]

機能	レンジ[3]	テスト電流/ 負担電圧	24時間[2] 23°C ± 1°C	90日間 23°C ± 5°C	1年間 23°C ± 5°C	温度係数 0°C - 18°C 23°C - 55°C
DC電圧	100.0000 mV		0.0030 + 0.0030	0.0040 + 0.0035	0.0050 + 0.0035	0.0005 + 0.0005
	1.000000 V		0.0020 + 0.0006	0.0030 + 0.0007	0.0040 + 0.0007	0.0005 + 0.0001
	10.000000 V		0.0015 + 0.0004	0.0020 + 0.0005	0.0035 + 0.0005	0.0005 + 0.0001
	100.0000 V		0.0020 + 0.0006	0.0035 + 0.0006	0.0045 + 0.0006	0.0005 + 0.0001
	1000.0000 V		0.0020 + 0.0006	0.0035 + 0.0010	0.0045 + 0.0010	0.0005 + 0.0001
抵抗[4]	100.0000 Ω	1 mA	0.0030 + 0.0030	0.008 + 0.004	0.010 + 0.004	0.0006 + 0.0005
	1.000000 kΩ	1 mA	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	10.000000 kΩ	100 μA	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	100.000000 kΩ	10 μA	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	1.000000 MΩ	5 μA	0.002 + 0.001	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0010 + 0.0002
	10.000000 MΩ	500 nA	0.015 + 0.001	0.020 + 0.001	0.040 + 0.001	0.0030 + 0.0004
	100.0000 MΩ	500 nA // 10 MΩ	0.300 + 0.010	0.800 + 0.010	0.800 + 0.010	0.1500 + 0.0002
DC電流	10.000000 mA	< 0.1 V	0.005 + 0.010	0.030 + 0.020	0.050 + 0.020	0.002 + 0.0020
	100.000000 mA	< 0.6 V	0.01 + 0.004	0.030 + 0.005	0.050 + 0.005	0.002 + 0.0005
	1.000000 A	< 1 V	0.05 + 0.006	0.080 + 0.010	0.100 + 0.010	0.005 + 0.0010
	3.000000 A	< 2 V	0.10 + 0.020	0.120 + 0.020	0.120 + 0.020	0.005 + 0.0020
導通テスト	1000.0 Ω	1 mA	0.002 + 0.010	0.008 + 0.020	0.010 + 0.020	0.001 + 0.002
ダイオード テスト	1.0000 V	1 mA	0.002 + 0.010	0.008 + 0.020	0.010 + 0.020	0.001 + 0.002
DC : DCレシオ 100 mV to 1000 V	(入力確度) + (基準確度)					
			入力確度 = HI-LO入力信号の確度仕様 基準確度 = HI-LO基準入力信号の確度仕様			

転送確度 (代表値)  
(24時間レンジ誤差の%)  
2

条件:  
10分以内、±0.5°C  
初期値の±10%以内  
2時間のウォームアップ後  
フル・スケールの10%~100%の固定レンジ  
6 1/2桁低速分解能 (100PLC) を使用  
測定は一般に認められている計測学手法で行う

EX

24時間(23±1°C)の確度

$$0.0015 + 0.0004 = 0.0019\%$$

$$0.0019\% / 100 \times 10V = 0.00019V$$

計測結果(22.0±0.5°C)

Input 6.14006±0.02628V

Output 4.58849±0.06733V

レーザーの温度依存性に対する計測器(HP34401A)の温度依存性の影響は極めて小さい。

# まとめと今後の課題

- Ybファイバーレーザー増幅器で30Wの増幅が実現できた。
- 波長変換(OPA, SC, SHG)を行うために必要なレーザー増幅器の長期安定性(3時間程度)を測定した。
  - 3時間 Input 0.43 % => Output 1.47% @21.5~22.5°C( $\Delta=1^\circ\text{C}$ )
  - 20分 Input 0.19 % => Output 0.19% @22.3~22.5°C( $\Delta=0.2^\circ\text{C}$ )
- レーザー増幅器はInputの温度ドリフトを大幅に増幅してしまう。実験室の温度を  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  に保つことで波長変換に必要な長期安定性1%以下が実現できる。
- 今後の予定
  - 30Wまで増幅したときの長期安定性測定
  - 30W基本光によるSHG、SC