

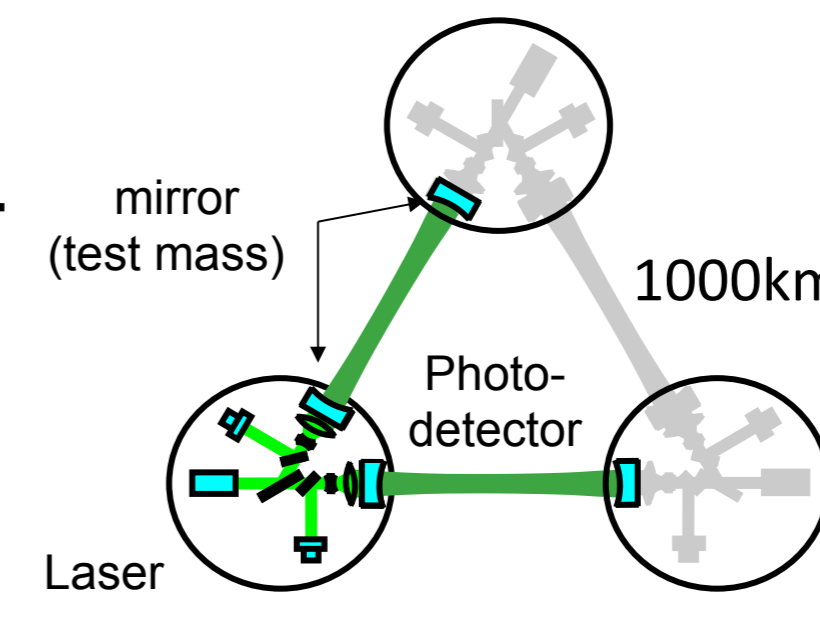
DECIGO/B-DECIGOのための安定化光源

末正有、下奥あゆ美、赤見恵、武者満、DECIGOワーキンググループ

研究背景

重力波とは宇宙空間で巨大な質量変化(ビックバン、インフレーション等)が起こった際に発生する空間の歪みが横波として伝搬する現象であり、その空間変位は $\Delta L/L < 10^{-23}$ と非常に微小な値であるため直接検出は困難である。重力波は昨年アメリカの地上検出器で初検出され、その結果は宇宙の謎の解明や相対性理論の実証に大きく寄与すると期待される。我々は地上検出器で測定できない低周波の重力波を捉えるために、宇宙での重力波検出器DECIGO/B-DECIGOを進めている(S5-002参照)が、本発表ではこのDECIGO/B-DECIGO計画のキーテクノロジーである安定化レーザーの開発状況について報告する。

DECIGO (DECI-herz Interferometer GW Observatory)



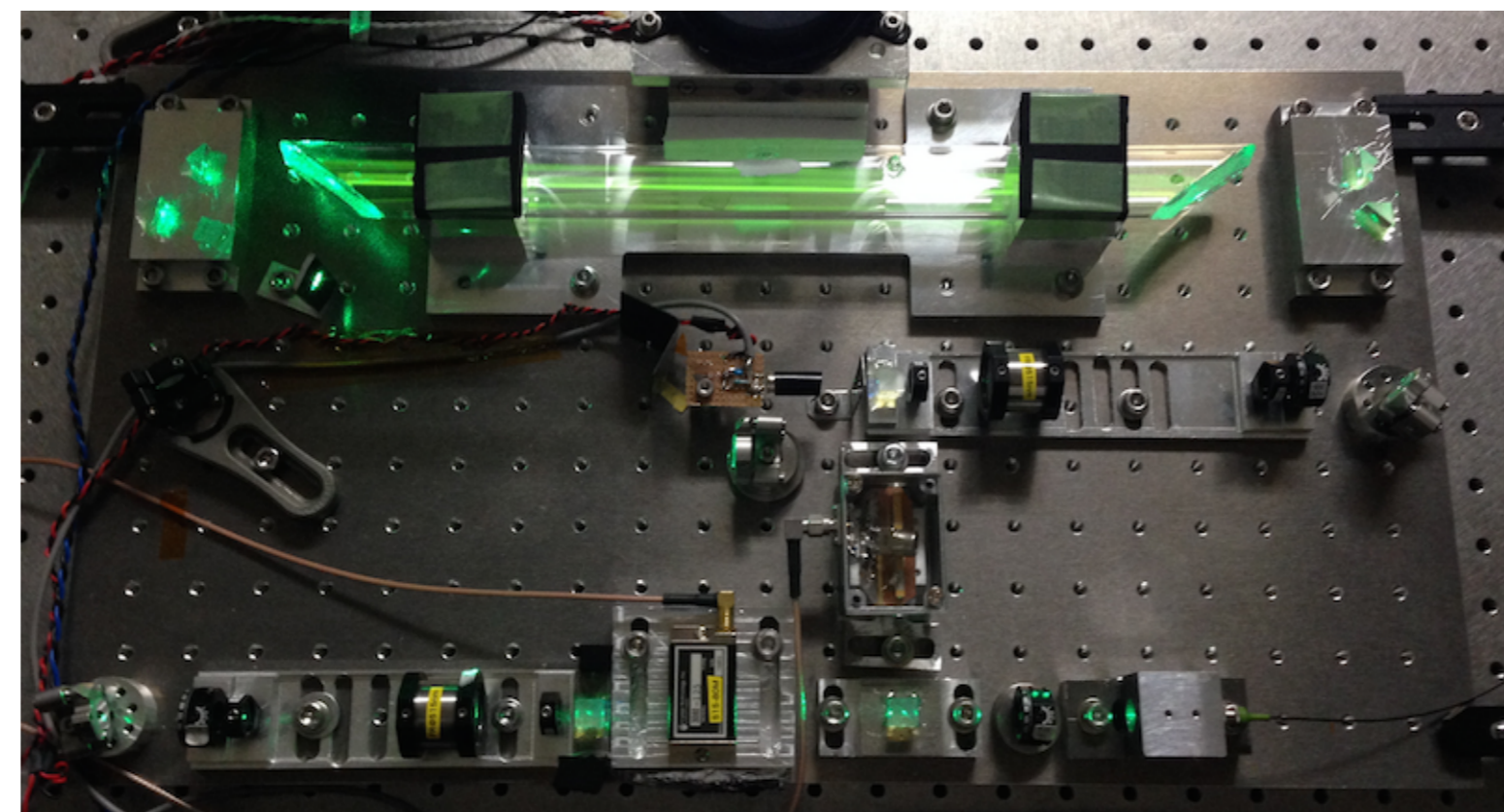
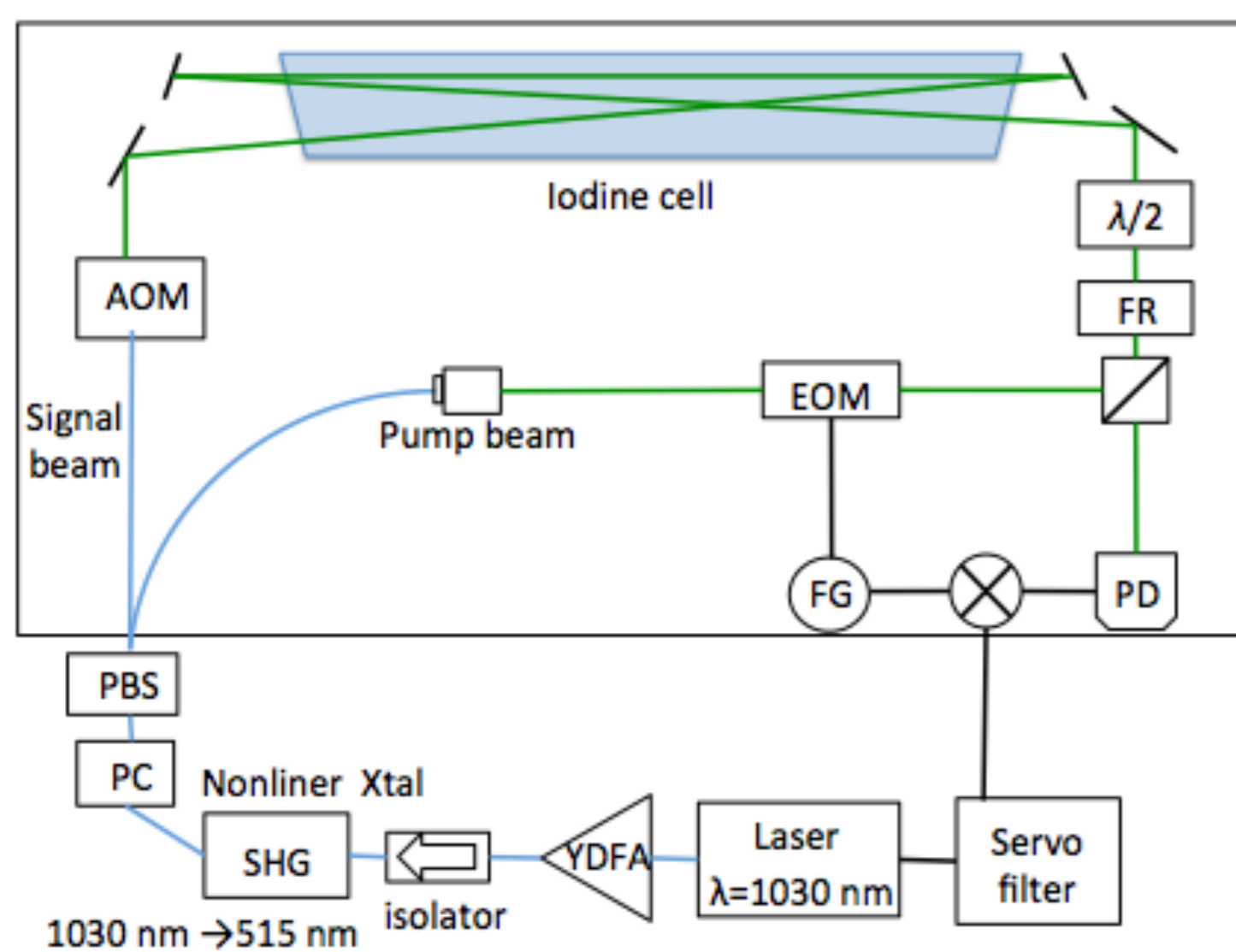
レーザー干渉計による精密計測で重力波検出を目指す(2030年~)
高出力・高安定+宇宙仕様のレーザー光源が不可欠

DECIGO/B-DECIGO用光源の要求値

project	wavelength [nm]	power [W]	frequency noise [Hz/√Hz]@1Hz	intensity noise [1/√Hz]@1Hz
B-DECIGO	515	1	1	1×10^{-8}
DECIGO	515	10	1	1×10^{-8}

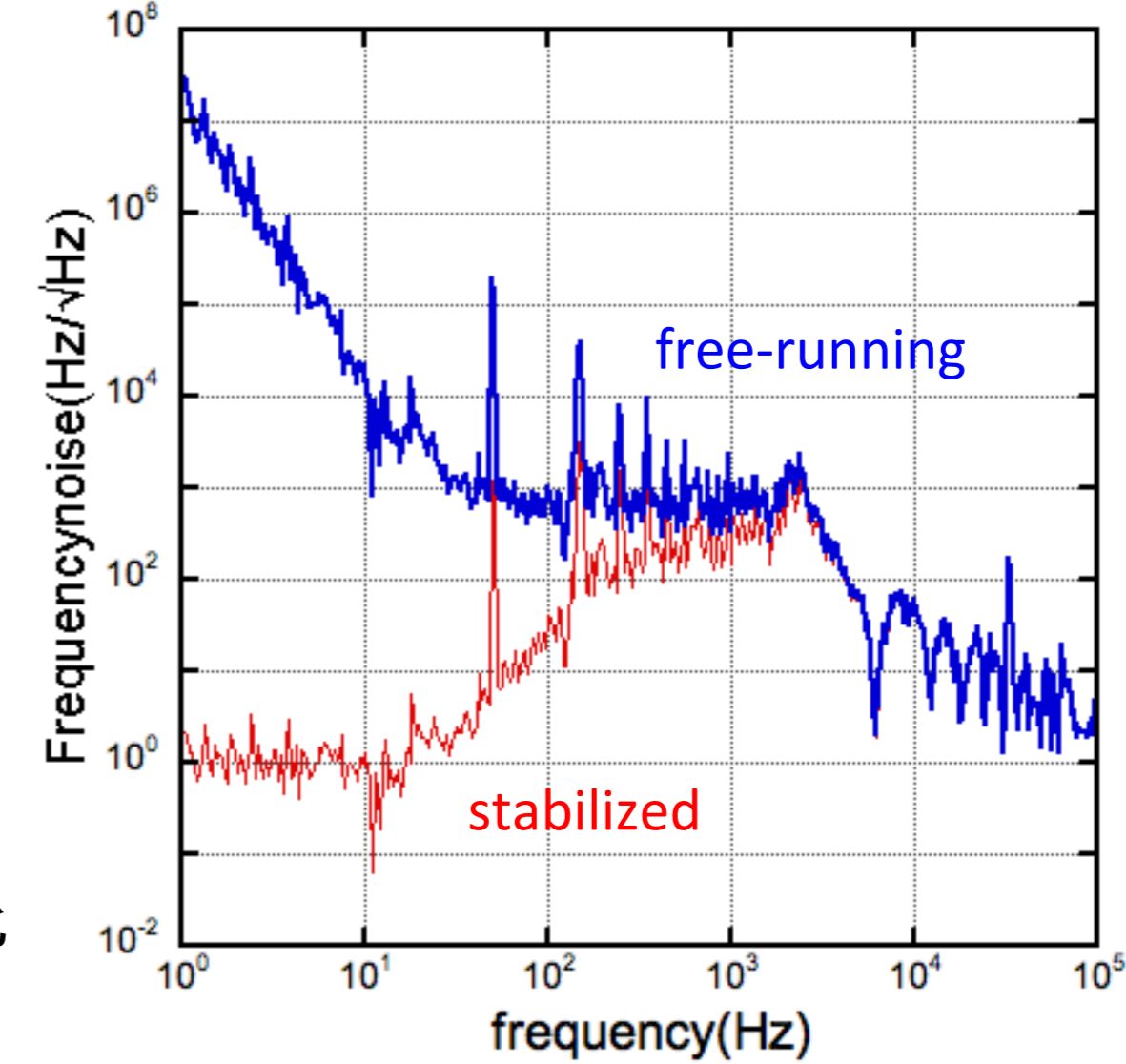
周波数安定化実験

ヨウ素安定化Yb: fiber laser(1030 nm)



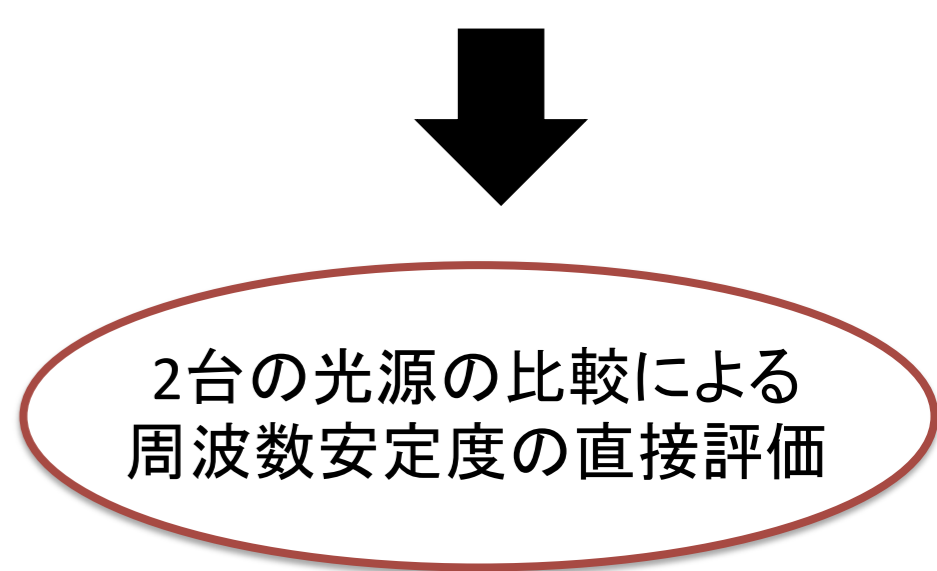
- 光源: Yb: fiber DFB laser ($\lambda=1030$ nm)
- ヨウ素分子の515nm帯の飽和吸収を用いて周波数安定化
- サイズ: 500x350mm(信号取得部)
- Modulation transfer法(変調移乘法)による信号取得
- 1.2mの光-ヨウ素の相互作用長

周波数雑音スペクトル



1Hzで周波数安定度1 Hz/√Hzを達成

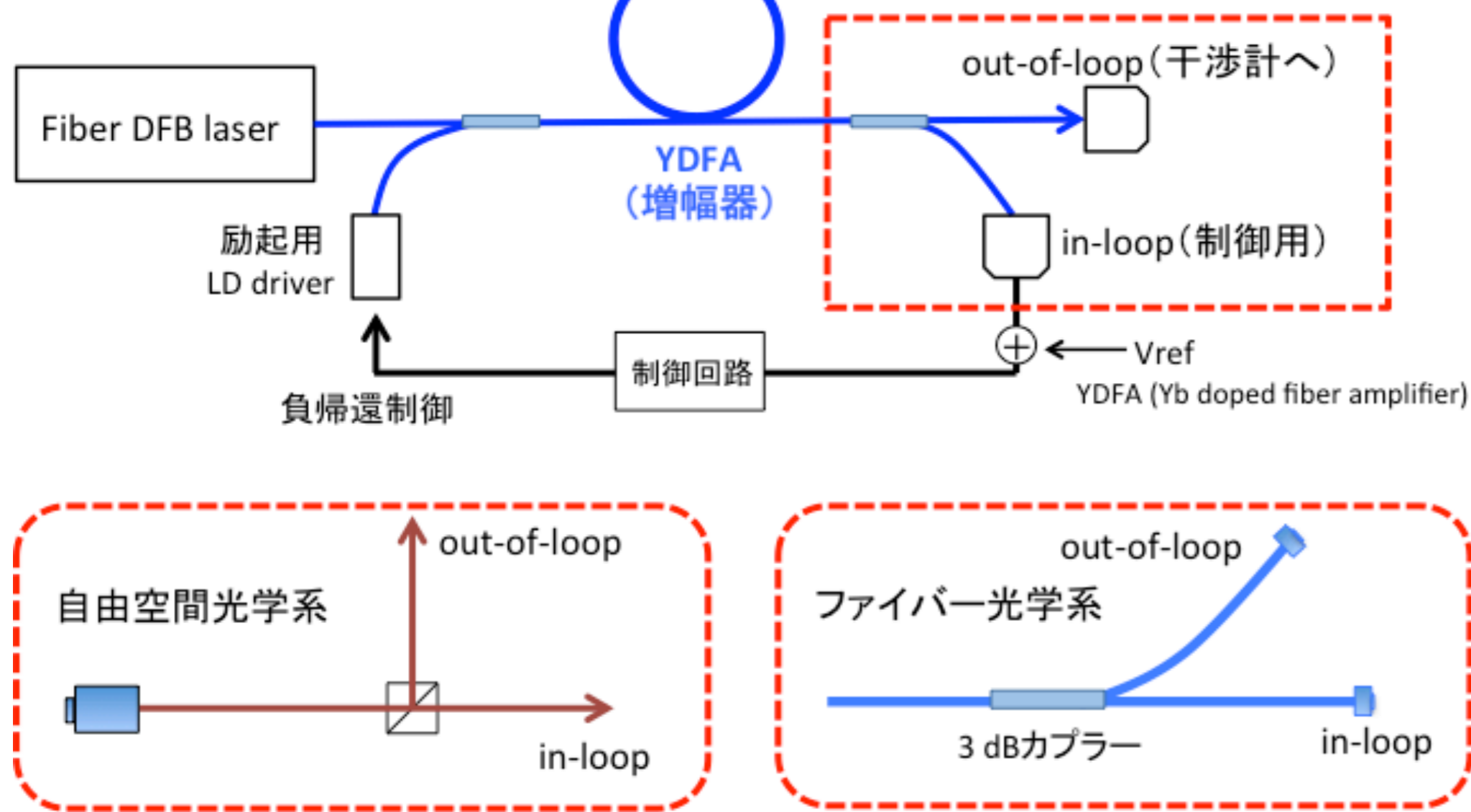
2号機(改良型)を開発中



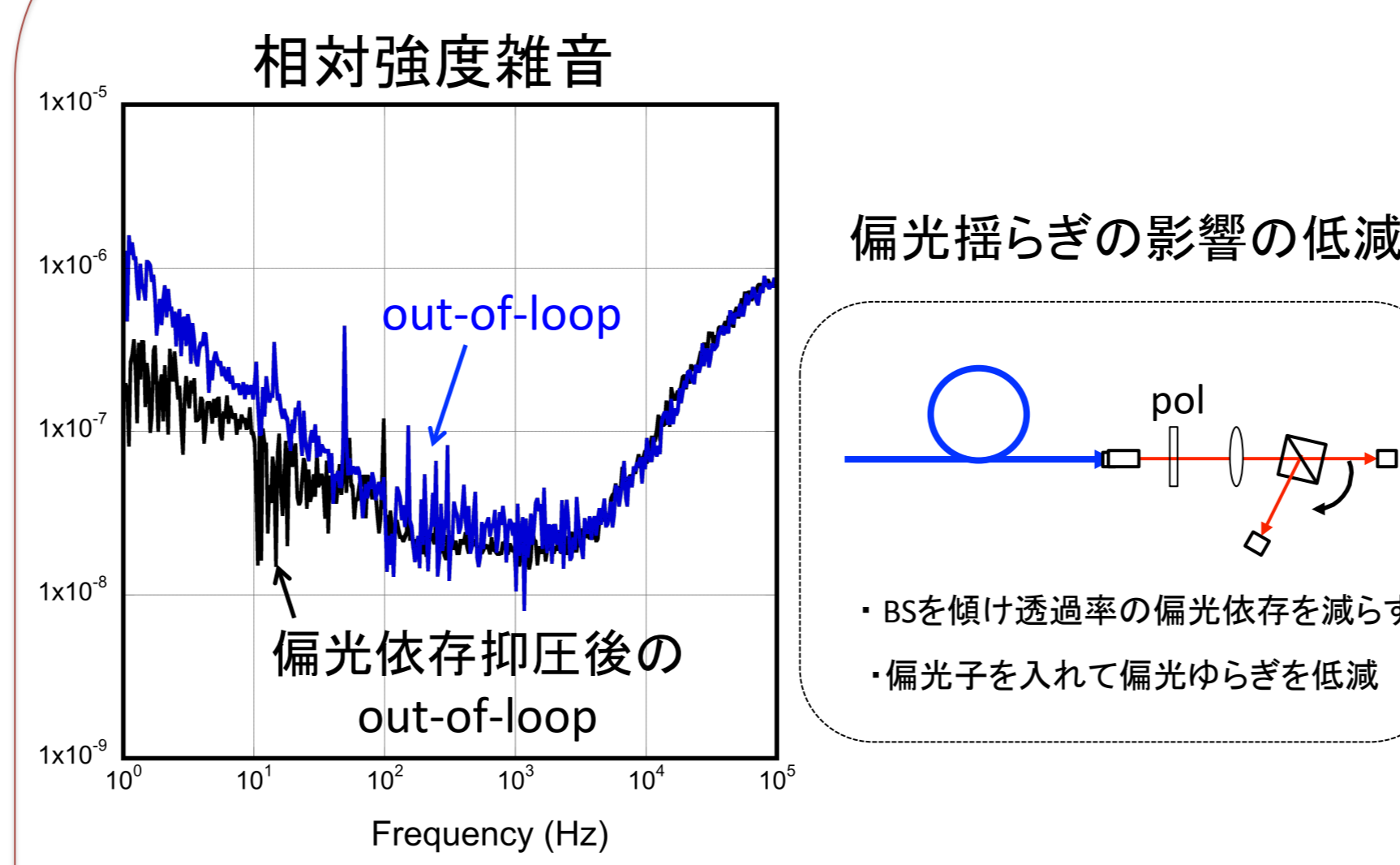
2台の光源の比較による周波数安定度の直接評価

強度安定化実験@観測帯域; 1 Hz

強度安定化実験系

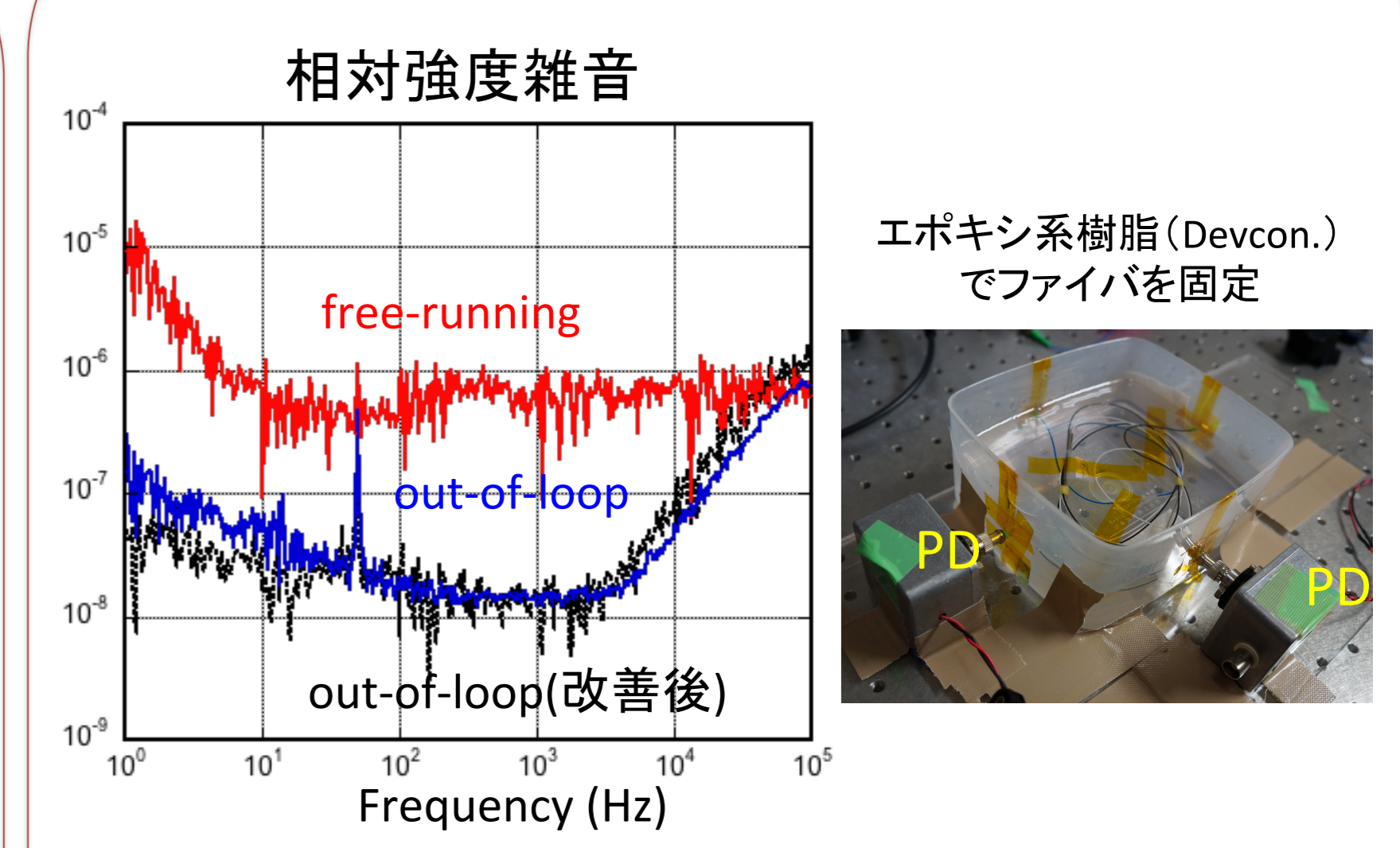


実験結果(自由空間光学系)



in-loopでは $\delta I/I = 10^{-8}$ /√Hz 以下
out-of-loopでは $\delta I/I = 10^{-7}$ /√Hz台(1 Hz)

実験結果(ファイバー光学系)

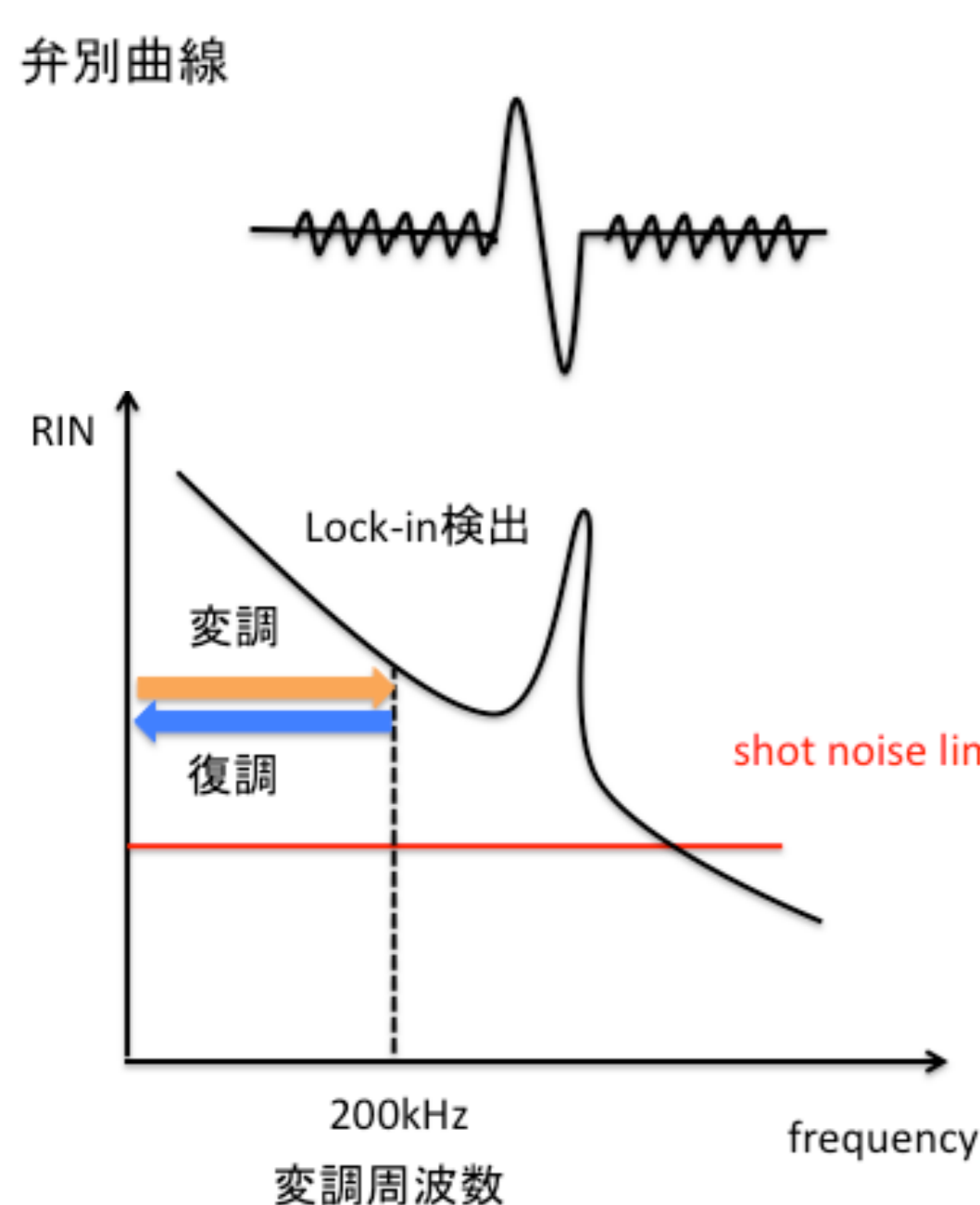


$\delta I/I = 5.0 \times 10^{-8}$ [1/√Hz] @1Hz
DECIGO/B-DECIGO要求値まであと半桁

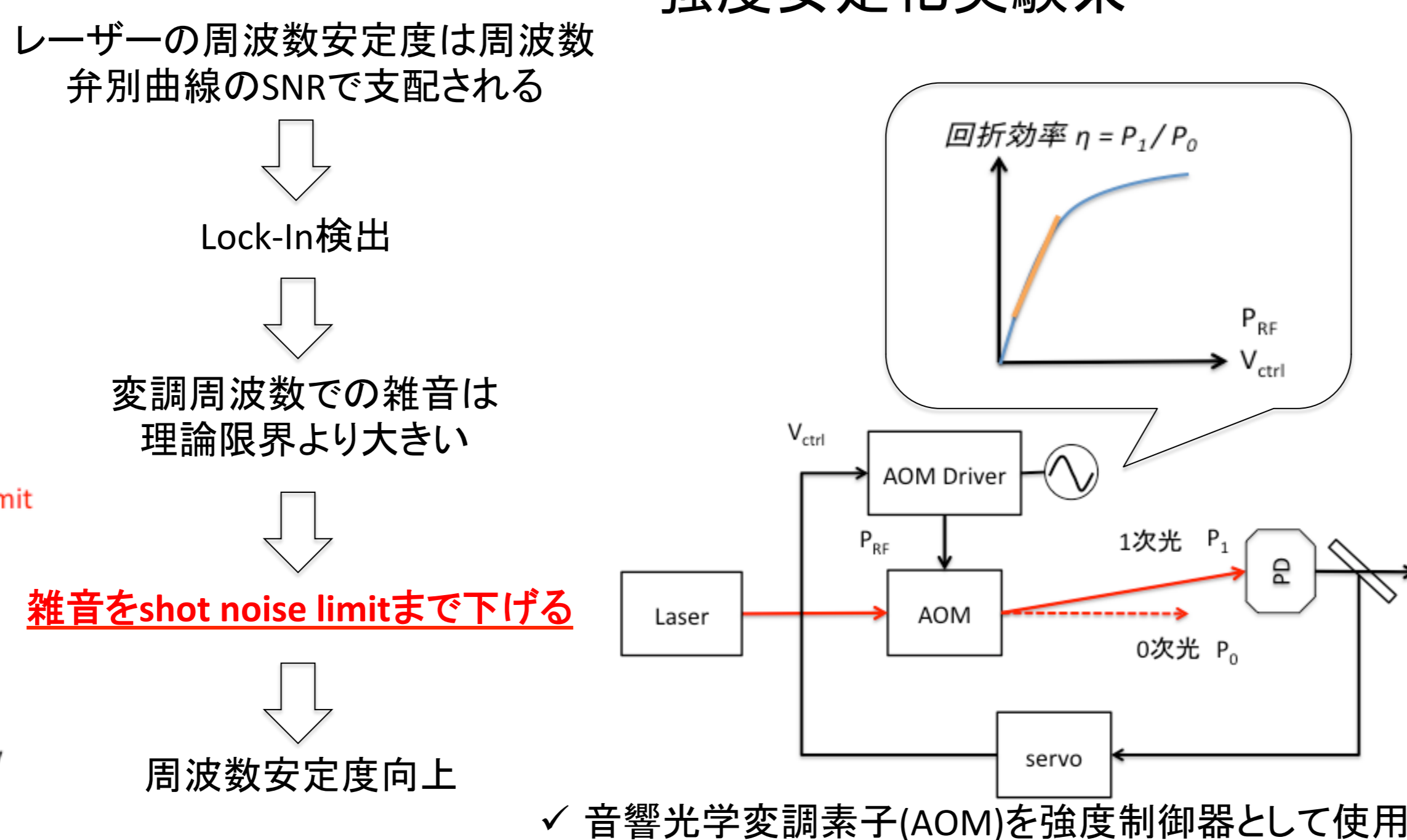
強度雑音は光増幅器が支配 \Rightarrow fiber増幅器(YDFA)の制御による強度安定化

強度安定化実験@変調周波数域; 200 kHz

周波数安定化時

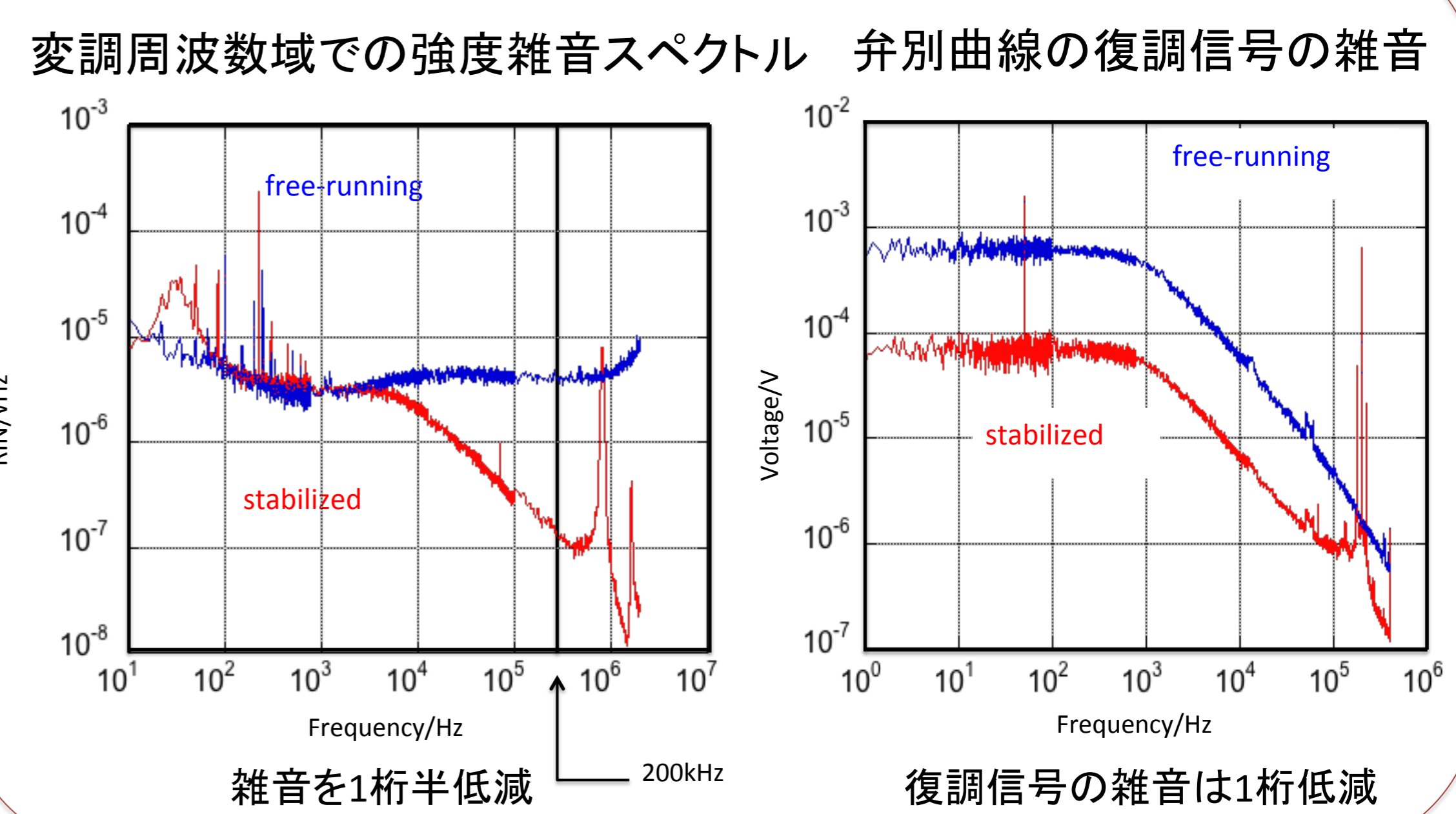


強度安定化実験系



音響光学変調素子(AOM)を強度制御器として使用

実験結果



雑音を1桁半低減
復調信号の雑音は1桁低減

まとめ

DECIGO/B-DECIGOのための安定化レーザーを開発

- 周波数安定度: 0.4 Hz/√Hz (誤差信号評価)
- 強度安定度: 5.0×10^{-8} /√Hz (ファイバー光学系)

今後の展望

- 2台のBBMを用いた周波数安定度の絶対評価
- 高出力化(1 W~10 W)@515nm
- 衛星搭載のために機械的安定度を向上