

# DECIGO Pathfinder向け プロトタイプ干渉計実験

道村唯太

東京大学理学部物理学科4年 坪野研究室

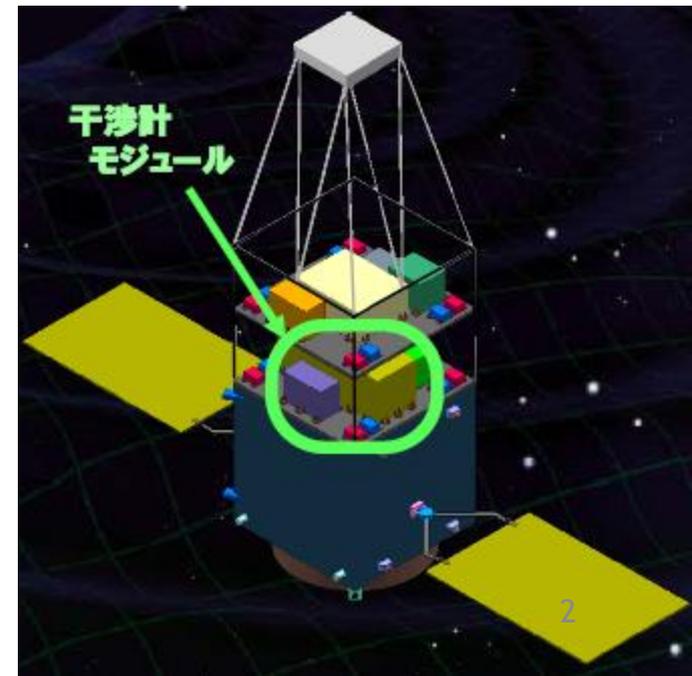
正田亜八香、麻生洋一、佐藤修一<sup>A</sup>、安東正樹<sup>B</sup>、川村静児<sup>C</sup>、坪野公夫  
東大理、法大工<sup>A</sup>、京大理<sup>B</sup>、国立天文台<sup>C</sup>

and 石徹白晃治、松本伸之

# DECIGO Pathfinder

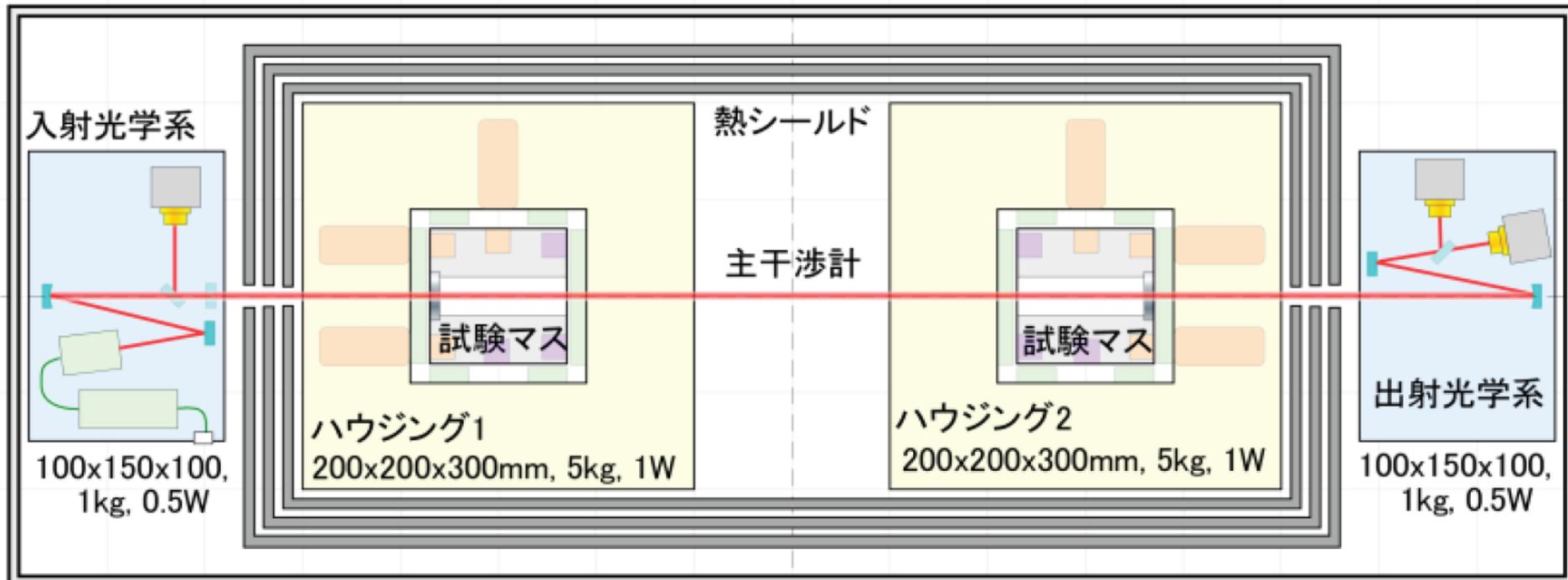
- 安定化レーザーと向かい合わせた2つの鏡(試験マス)からなるFabry-Perot共振器を搭載  
共振器長変動から重力波を観測
- 2015年頃の打ち上げを目標
- 我々の担当:  
干渉計モジュールのBBMを開発し、地上における動作+性能評価  
BBM=Bread Board Model

↓安東さんスライドより



# 干渉計モジュール

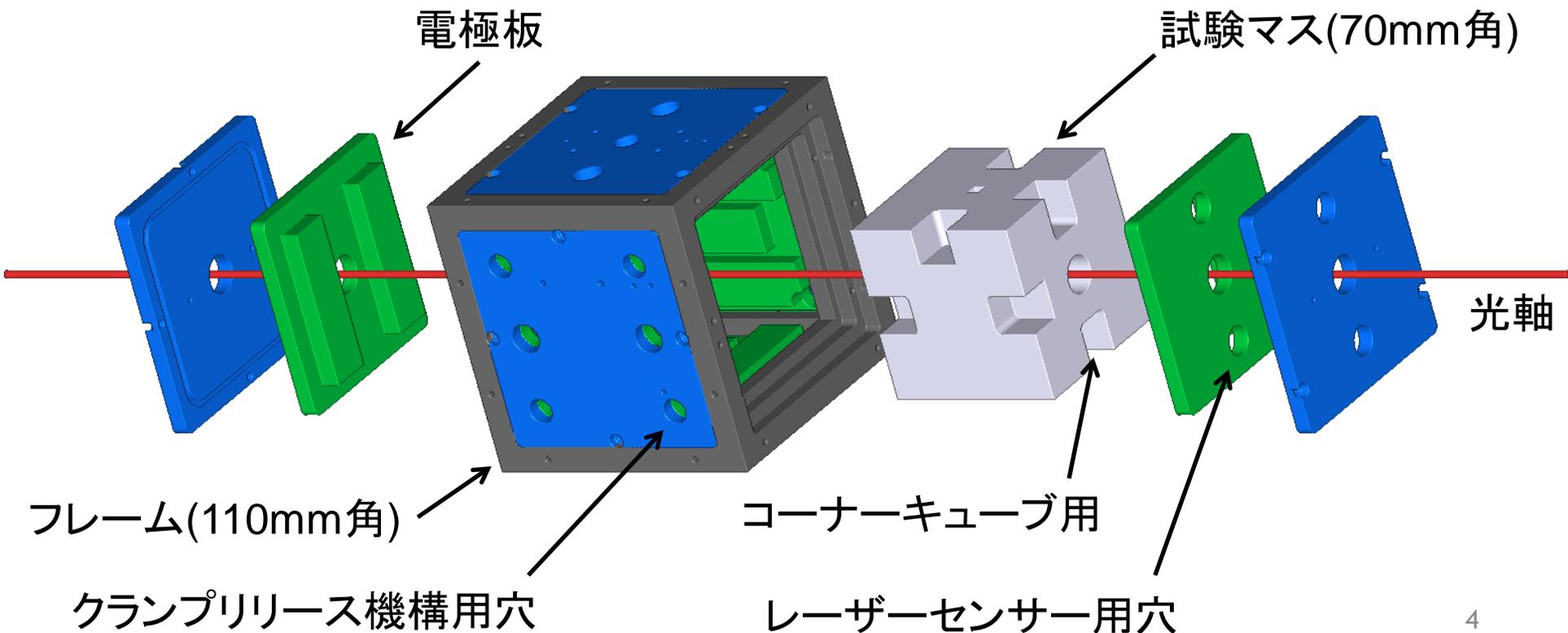
- 入射光学系(ファイバー+モノリシック光学系)、マスモジュール、熱シールド+制御系(PDH, WFS)



干渉計モジュール 800x300x300mm, 10kg, 1W (ハウジングを含めて 20kg, 3W) 熱シールド・封入容器

# マスモジュール

- 試験マスの6方を電極板で囲む  
→ 静電アクチュエータによる制御

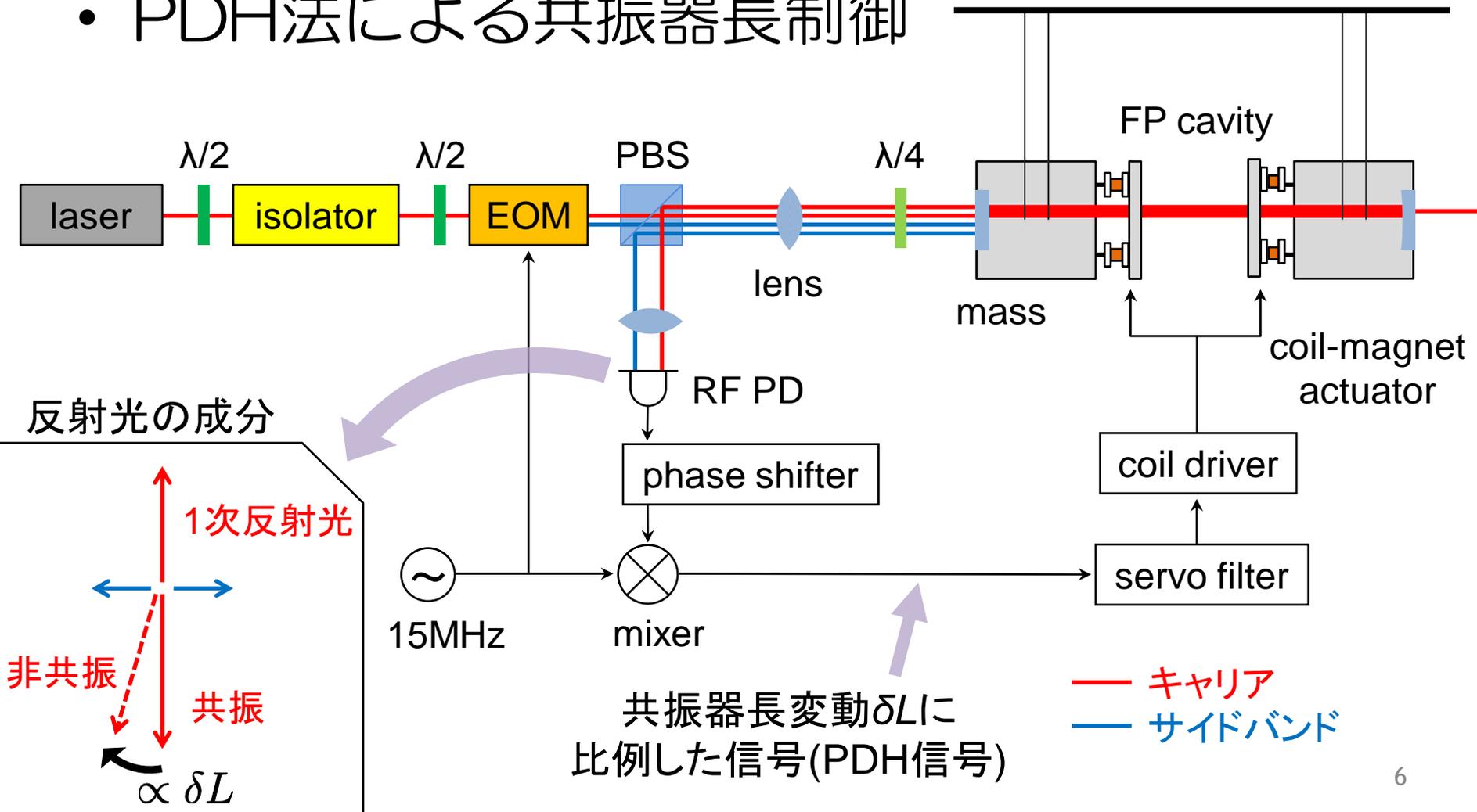


# 今回行ったこと

- BBMに向けた準備
- 試験マス懸架系の製作  
重心近くで4本吊り
- 入射光学系を光学定盤上にバラック組み  
→ガラス板のモノリシック光学系
- コイル-マグネットアクチュエータによる  
共振器長の制御実験  
→静電アクチュエータ、  
アライメント制御(WFS)

# 実験装置の構成

- PDH法による共振器長制御



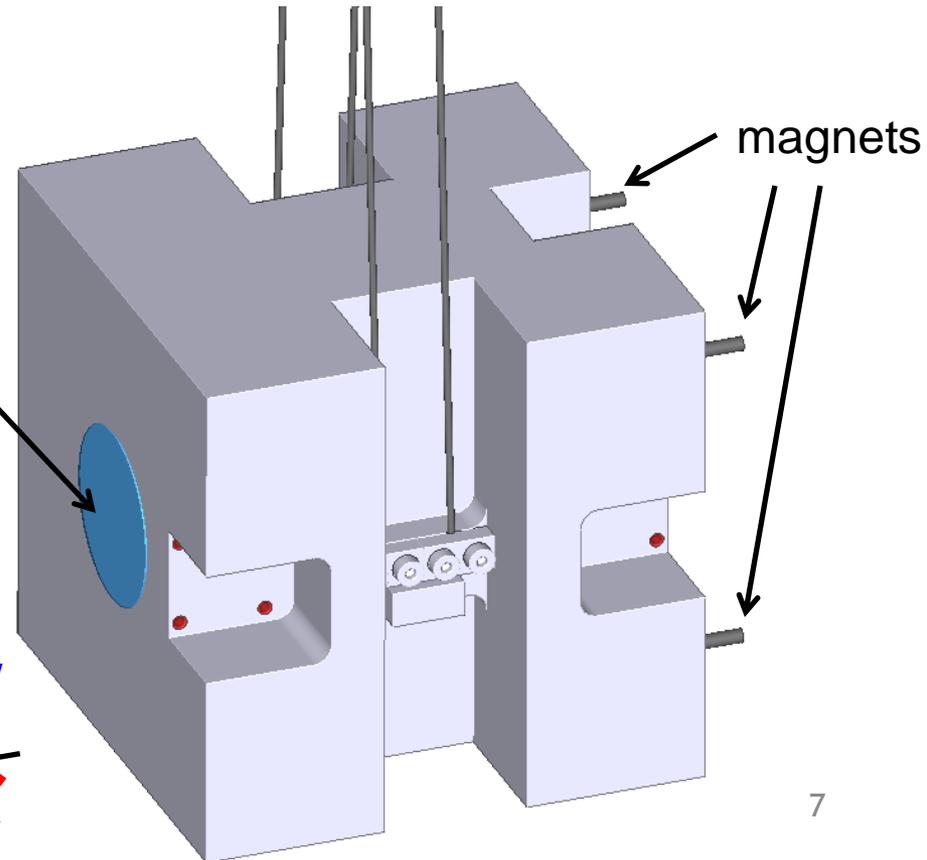
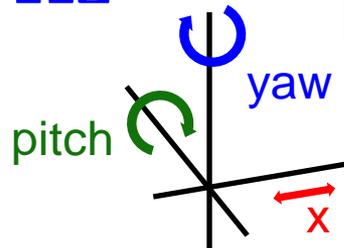
# 懸架系1-試験マス

- Al製、70mm角、質量0.71kg
- ミラー1つ、マグネット4つ接着
- 重心近くで4本吊り
- 共振周波数(計算値)

$$f_x = 0.91 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{pitch}} = 3.24 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{yaw}} = 0.24 \text{ Hz}$$

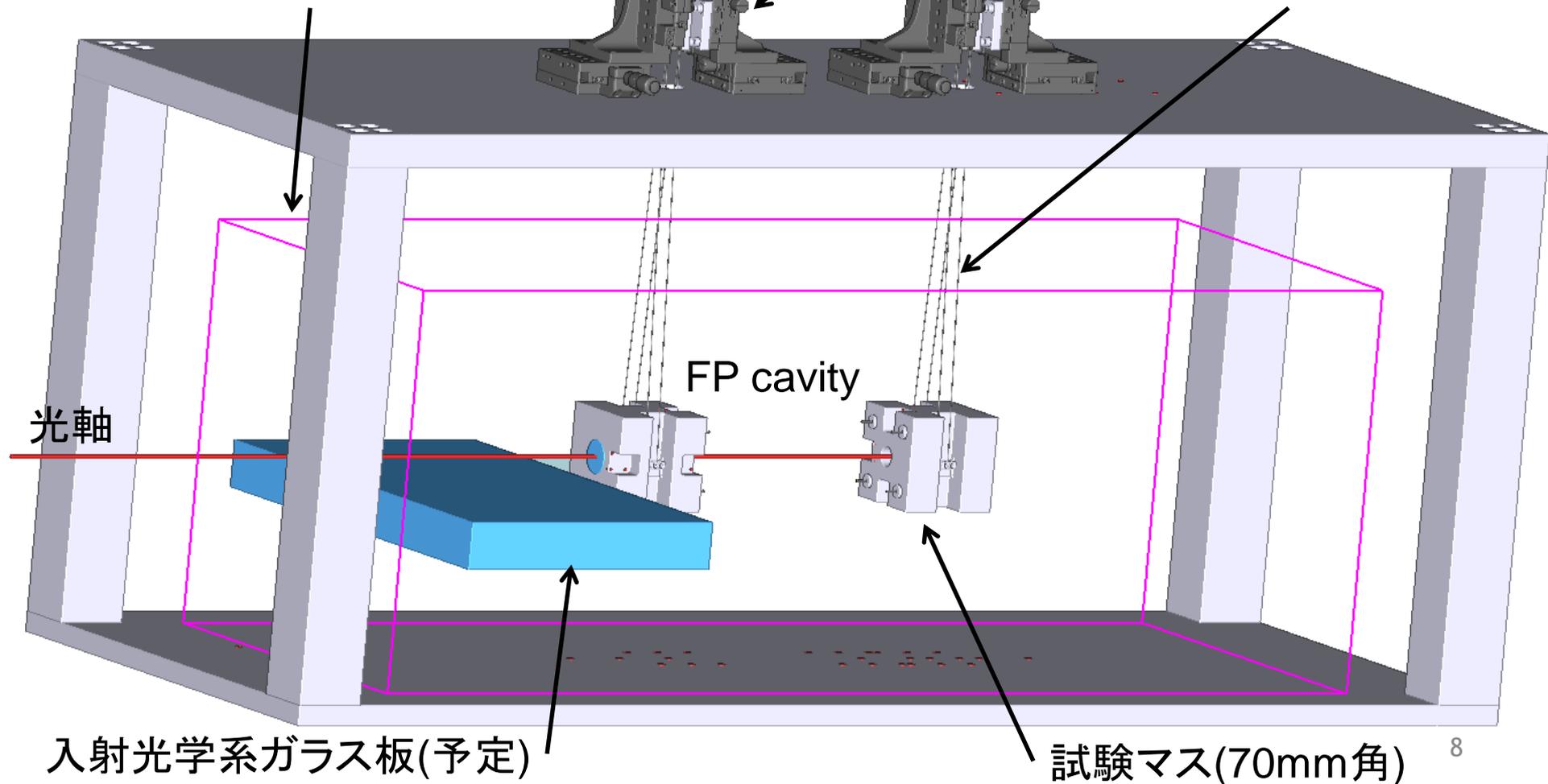


# 懸架系2-フレーム

DPF干渉計モジュールのサイズ  
(800 × 300 × 300mm)

姿勢調整用ステージ

4本のワイヤにより懸架  
(W, φ = 0.1mm, l ~ 30cm)



# FP共振器

- フィネス: 208 (設計値)

End Mirror

曲率半径: 500mm

反射率: 99%

Front Mirror

曲率半径:  $\infty$  (flat)

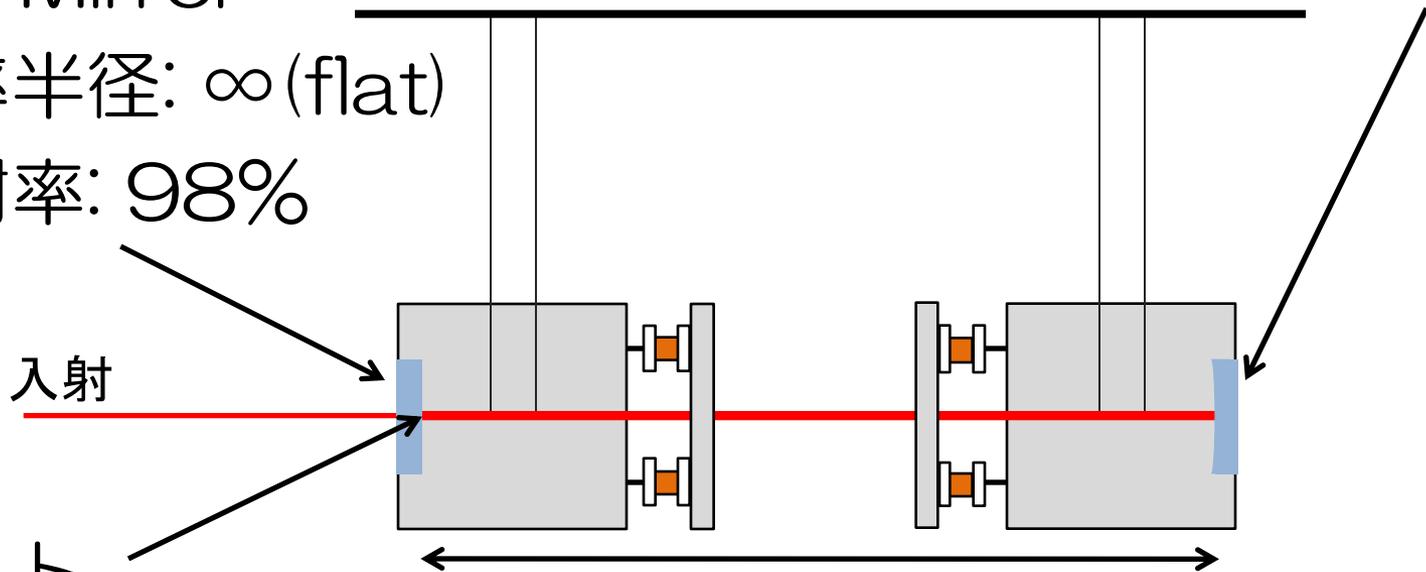
反射率: 98%

入射

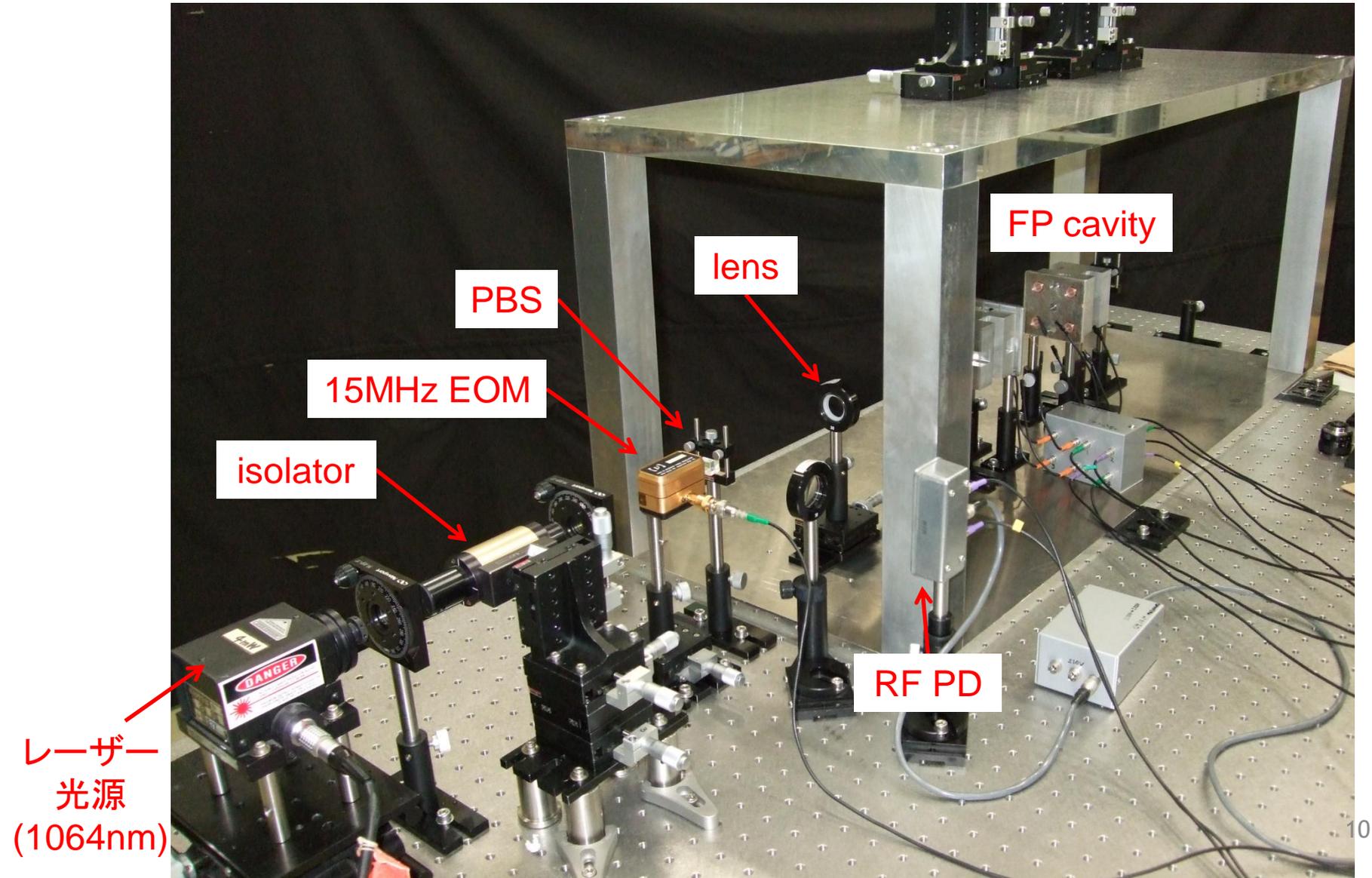
ウェスト

サイズ: 0.29mm

共振器長: 30cm

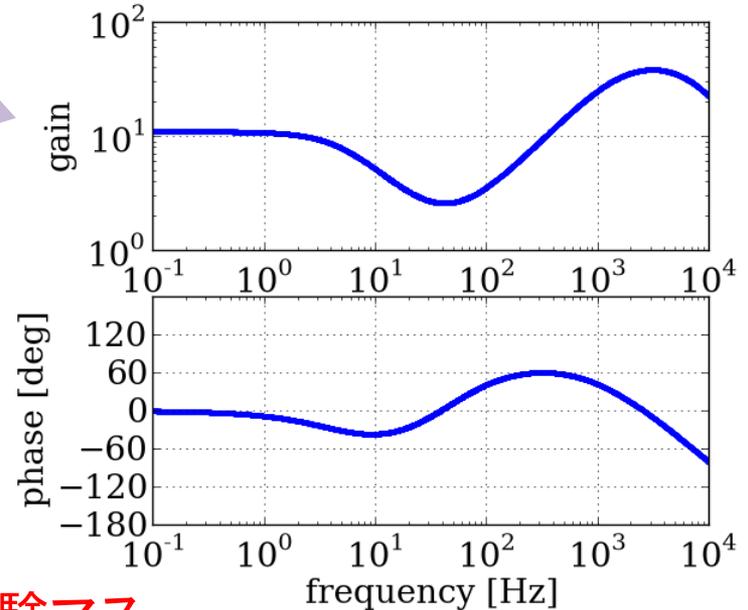
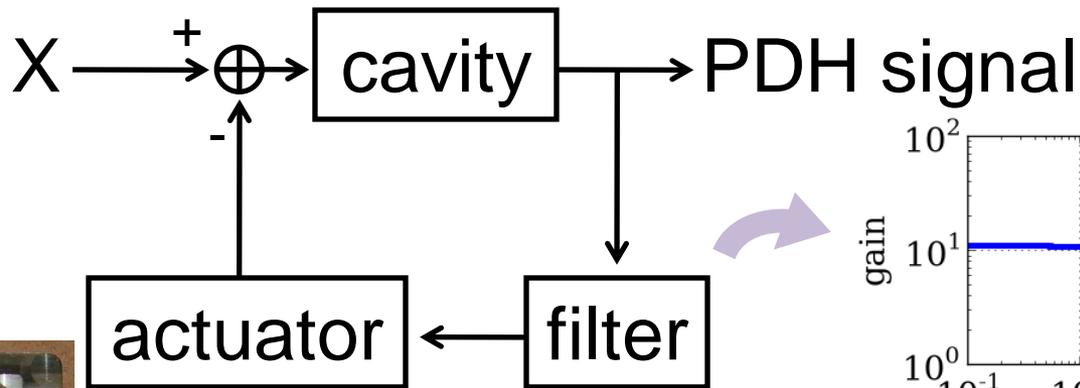


# 入射光学系

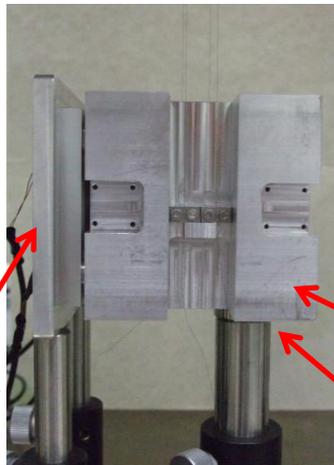


# 制御系の構成

- アナログフィルタ、コイル-マグネットアクチュエータによる共振器長制御



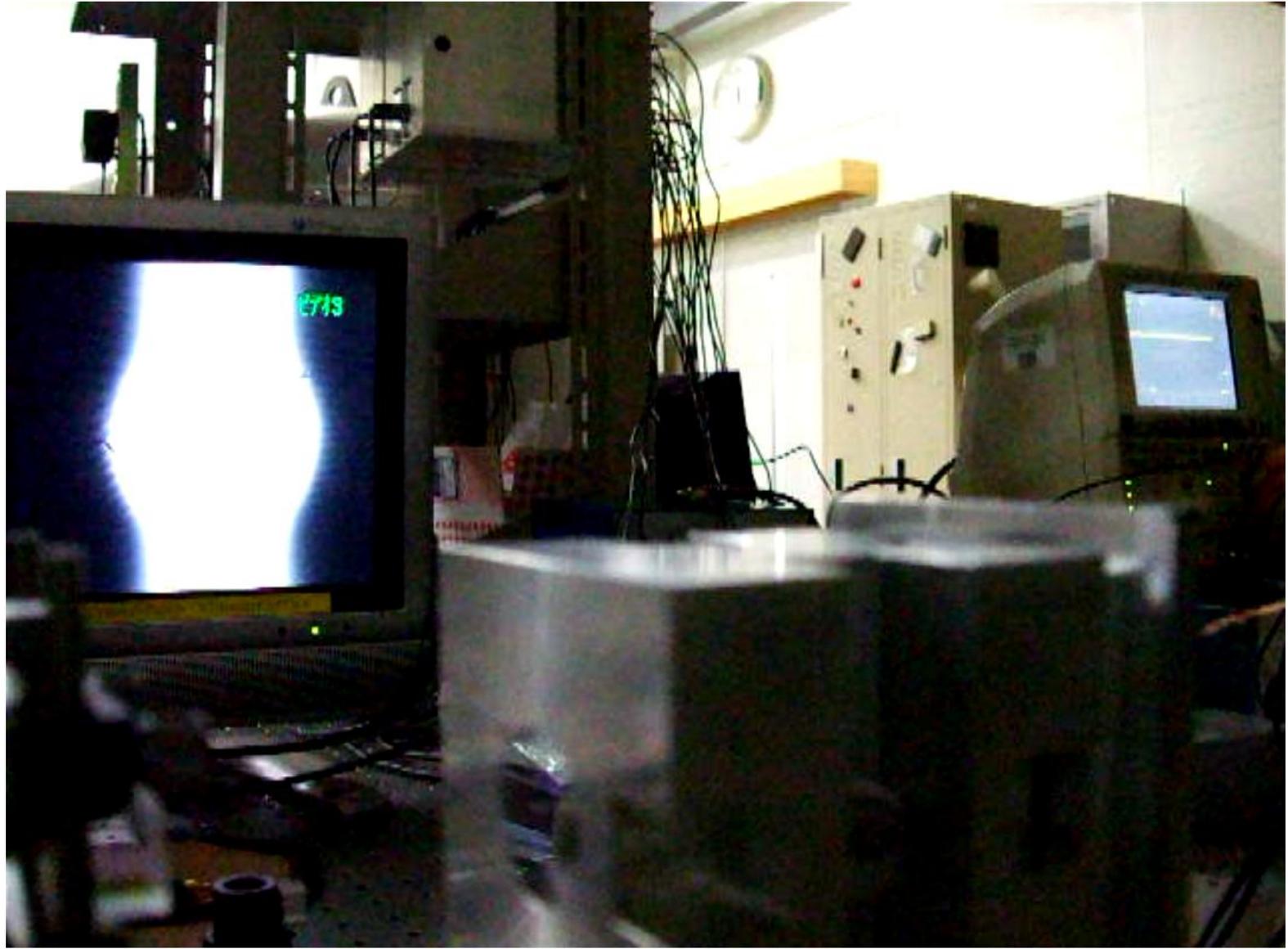
コイルホルダ



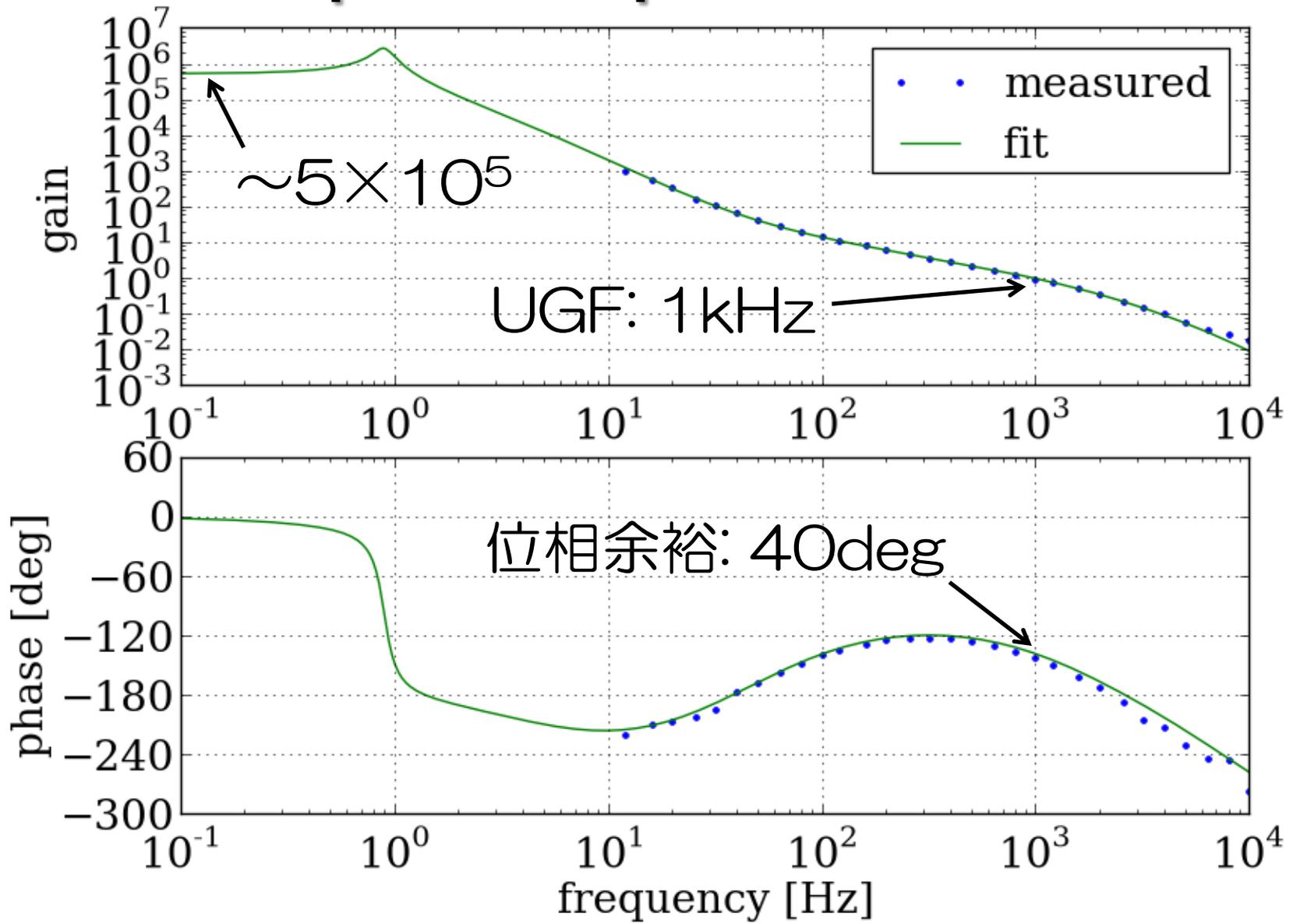
試験マス

ダンピングマグネット

2010年3月6日 ロックに成功!

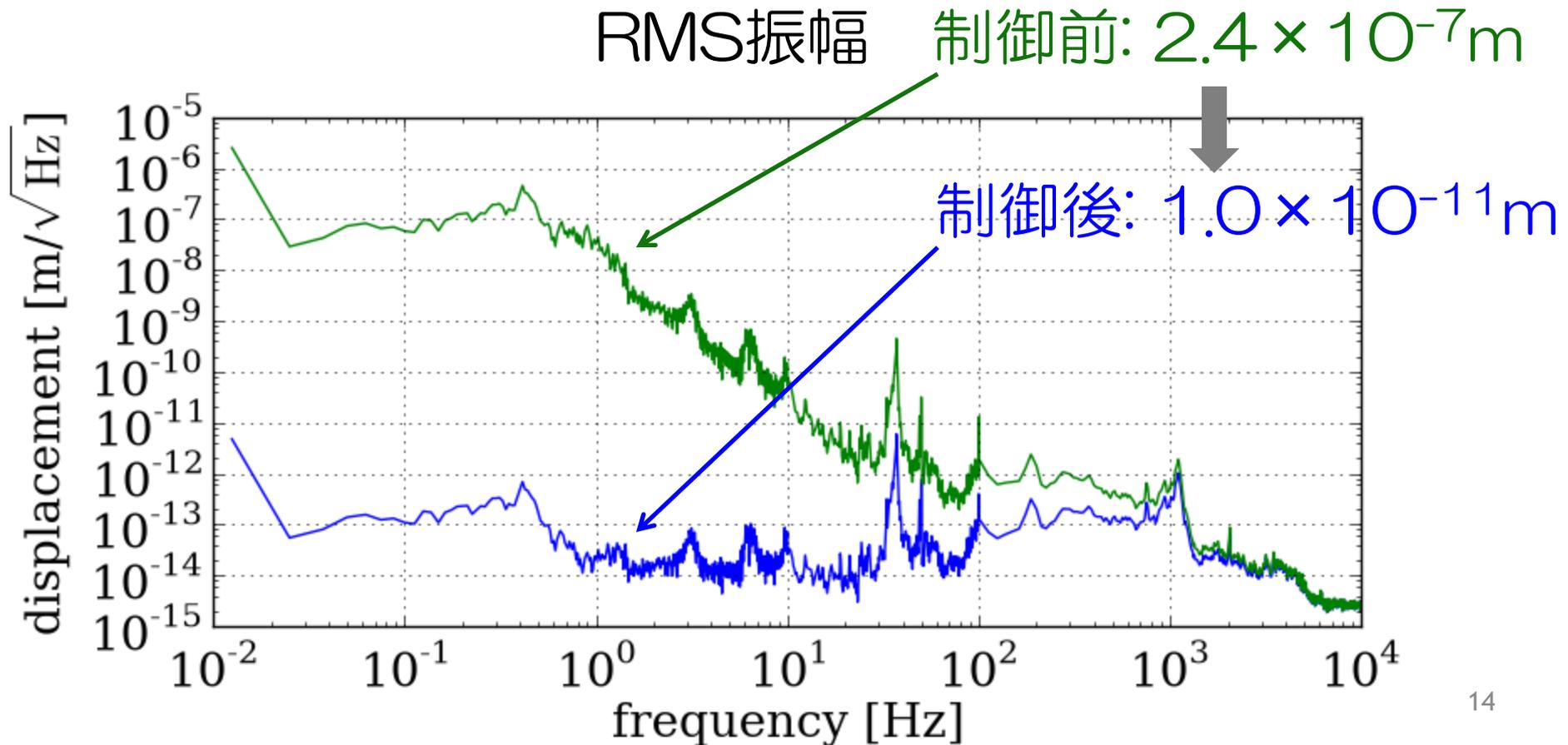


# open loop伝達関数



# 共振器長変動

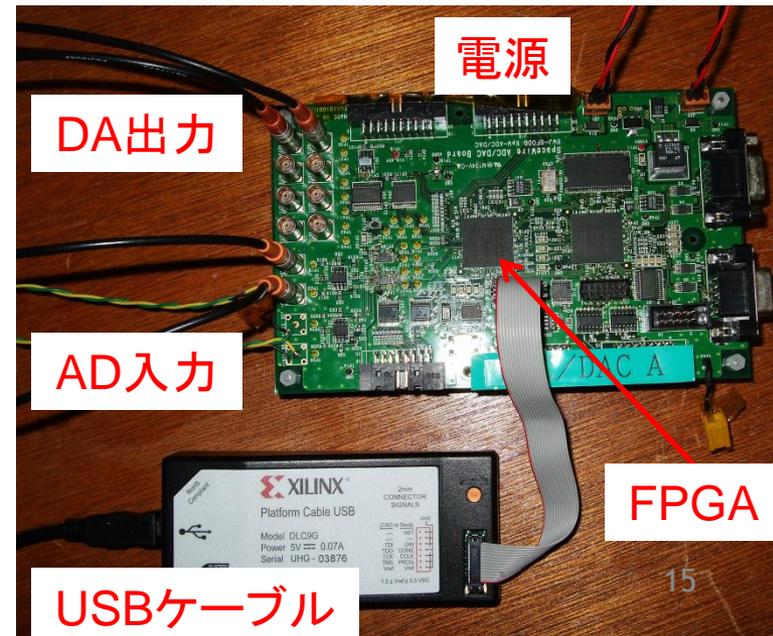
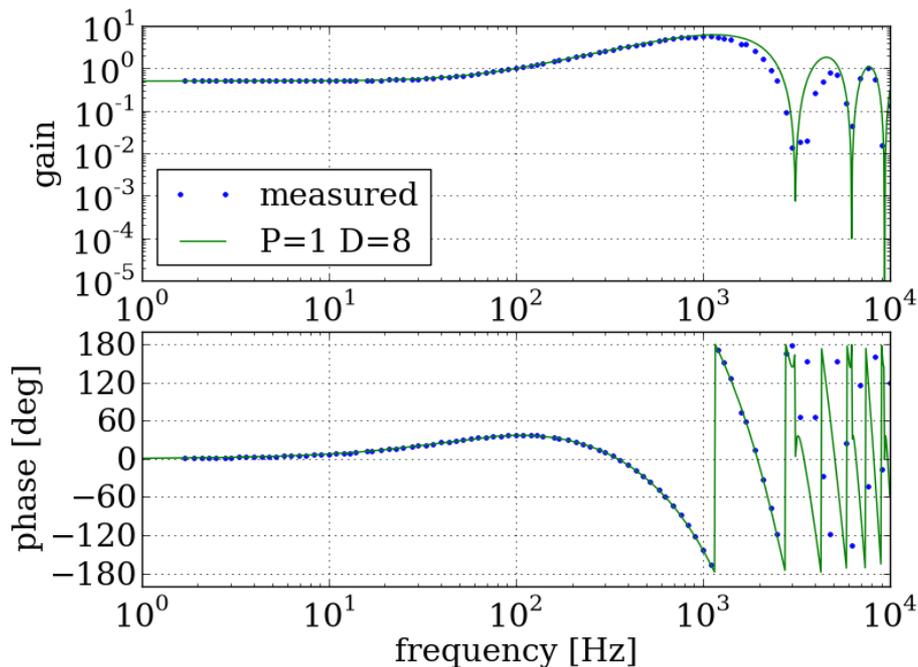
- PDH信号のノイズを共振器長変動に較正



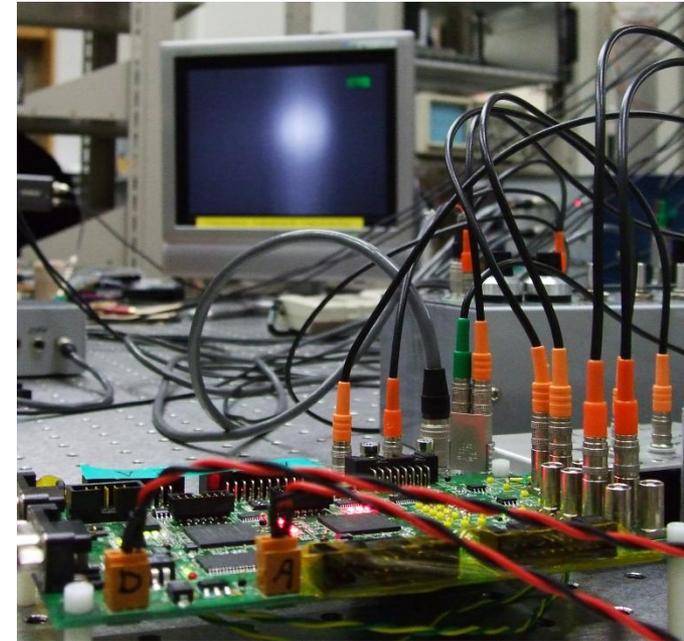
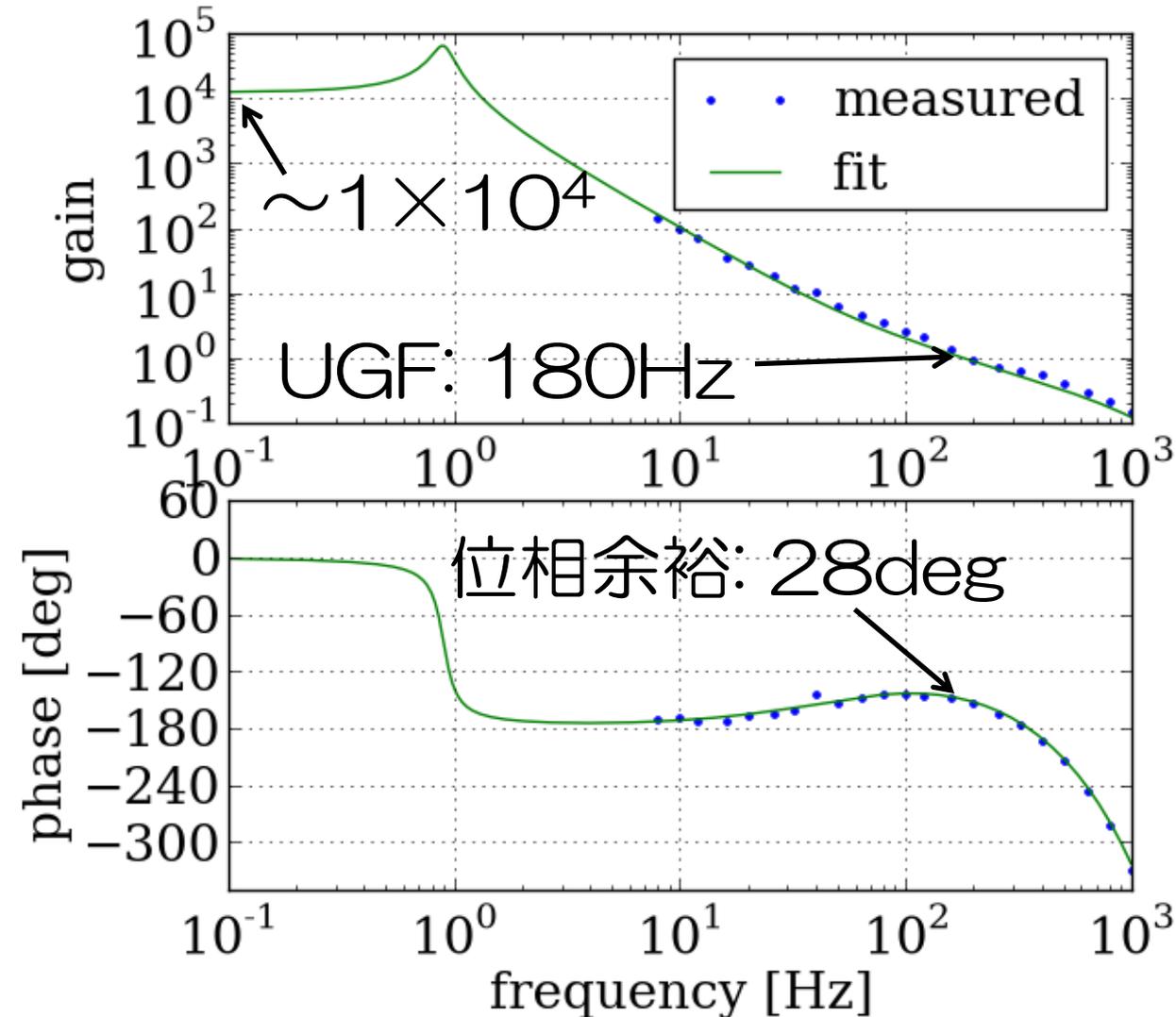
# デジタル制御へ

- SWIM<sub>μv</sub>気球実験で用いられたFPGAを利用  
FPGA=Field Programmable Gate Array
- サンプリング周波数3.125kHzのPD制御  
$$fb[k]=P*er[k]+D*(er[k]-er[k-1])$$

大協力: 石徹白さん



# デジタル制御にも成功!



2010年3月15日

位相余裕不足は  
DA変換+内部遅延

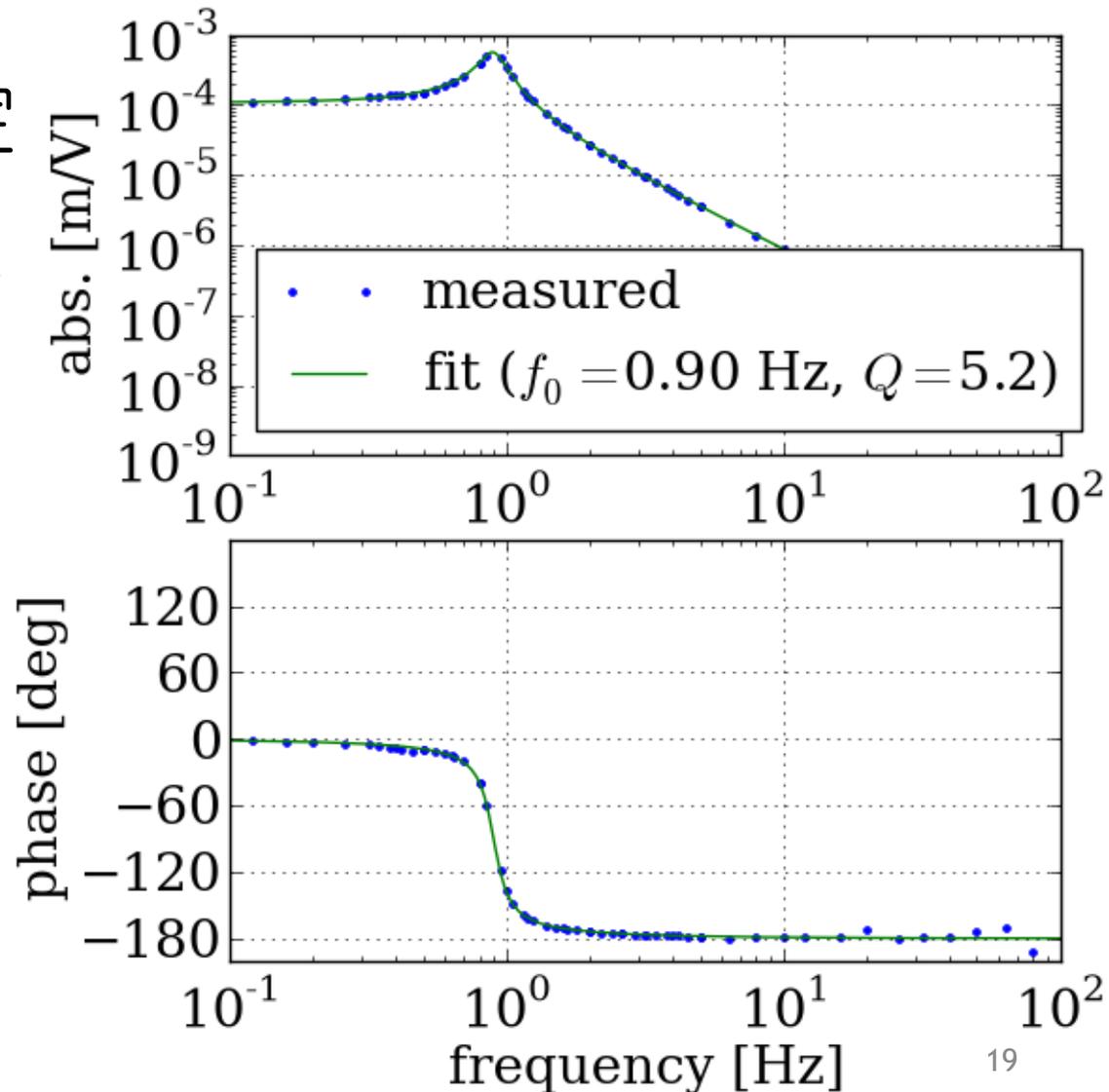
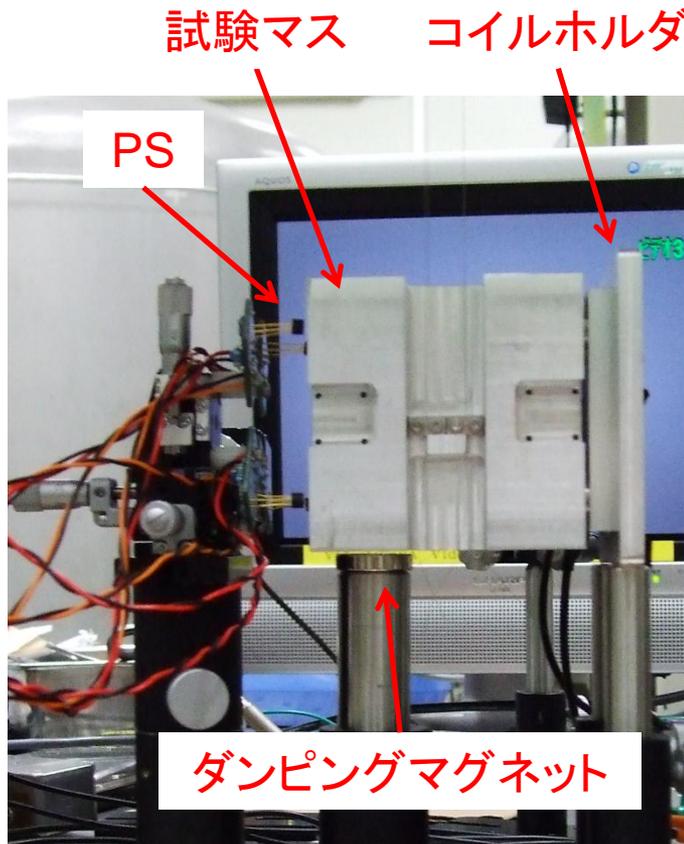
# まとめ

- 共振器長制御に成功  
光学定盤上にバラック組みした光学系  
アナログフィルタ  
コイル-マグネットアクチュエータ
- FPGAによるデジタル制御にもとりあえず成功  
フィルタは改良の必要あり
- 各種BBM部品が届き次第、WFSによるアライメント制御、FPGA(等)を用いた本格的なデジタル制御へ



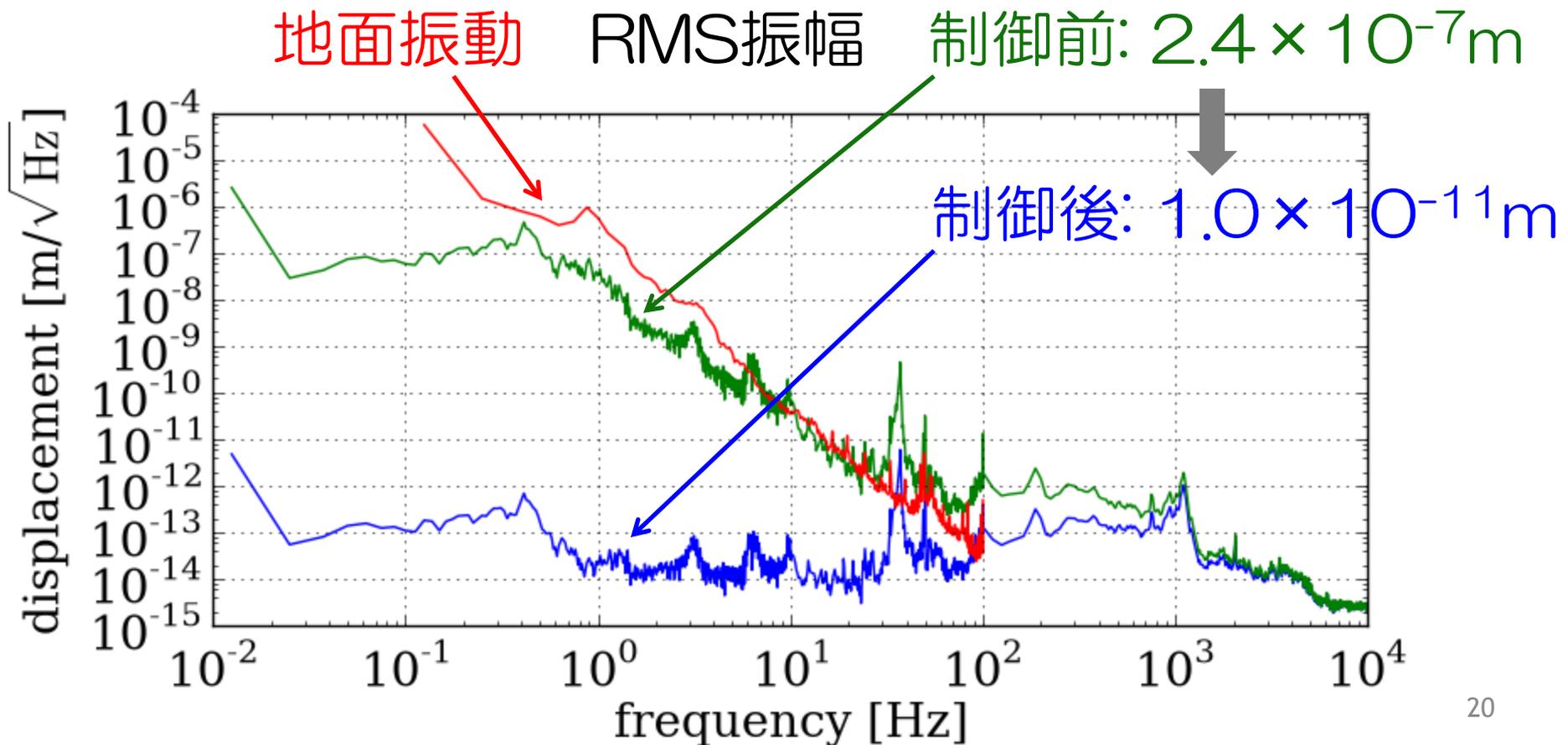
# アクチュエータ伝達関数

- PSを用いて測定



# 共振器長変動(VS地面振動)

- PDH信号のノイズを共振器長変動に較正



# 共振器長変動(FPGAの場合)

- PDH信号のノイズを共振器長変動に較正

