

DECIGO Pathfinder向け プロトタイプ干渉計実験II

道村唯太

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
坪野研究室

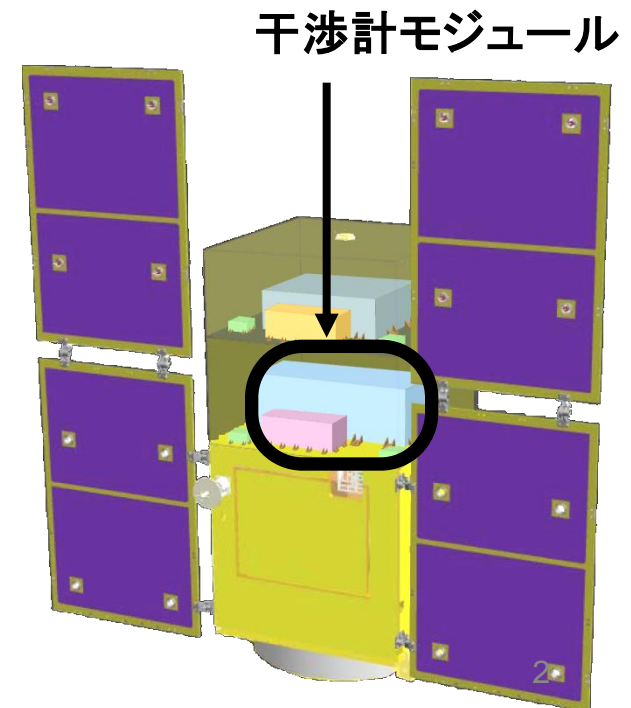
麻生洋一、石徹白晃治^A、佐藤修一^B、安東正樹^C、上田暁俊^D、川村静児^D、坪野公夫
東大理、KEK素核研^A、法大工^B、京大理^C、国立天文台^D

and 阿久津智忠^D、松本伸之

DECIGO Pathfinder

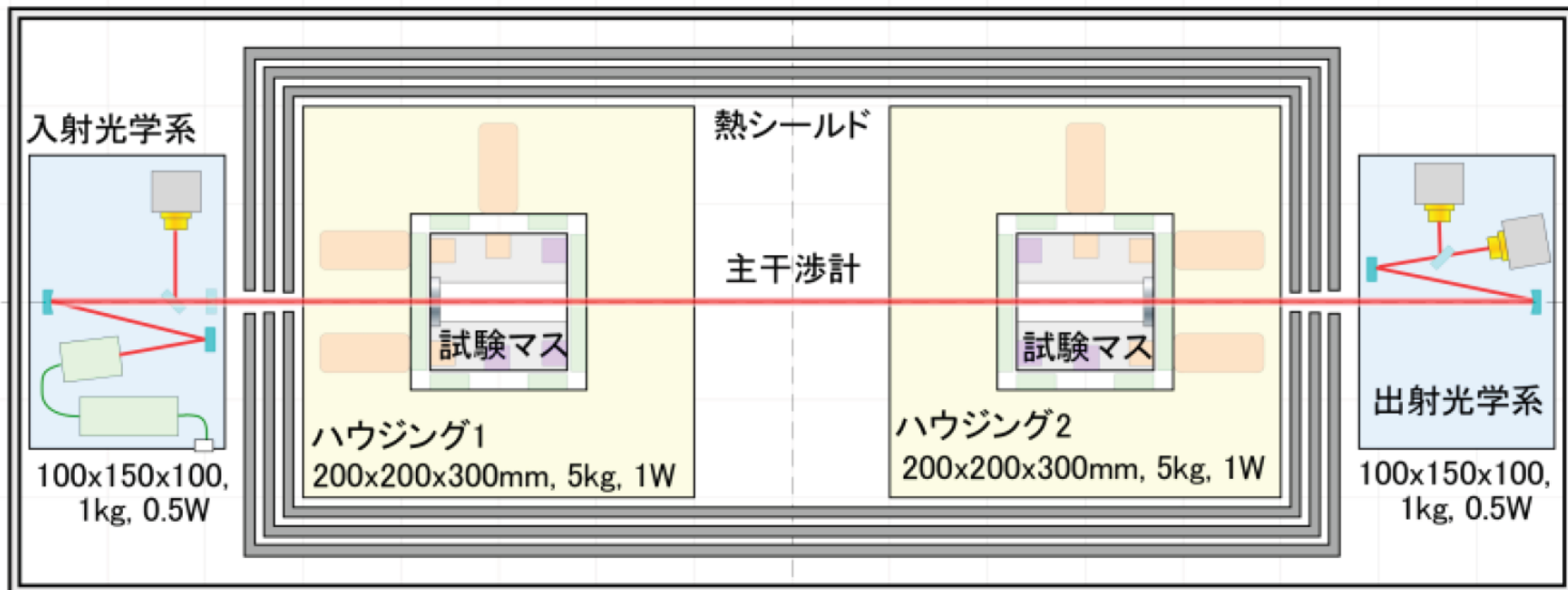
- DECIGOの衛星シリーズ第1弾
- 安定化レーザーと向かい合わせた2つの鏡(試験マス)からなるFabry-Perot共振器を搭載
- 重力波観測、地球重力場観測
- 2015年頃の打ち上げを目標
- 我々の担当:
干渉計モジュールのBBM
を開発し、地上における
動作確認

BBM=Bread Board Model



干渉計モジュール

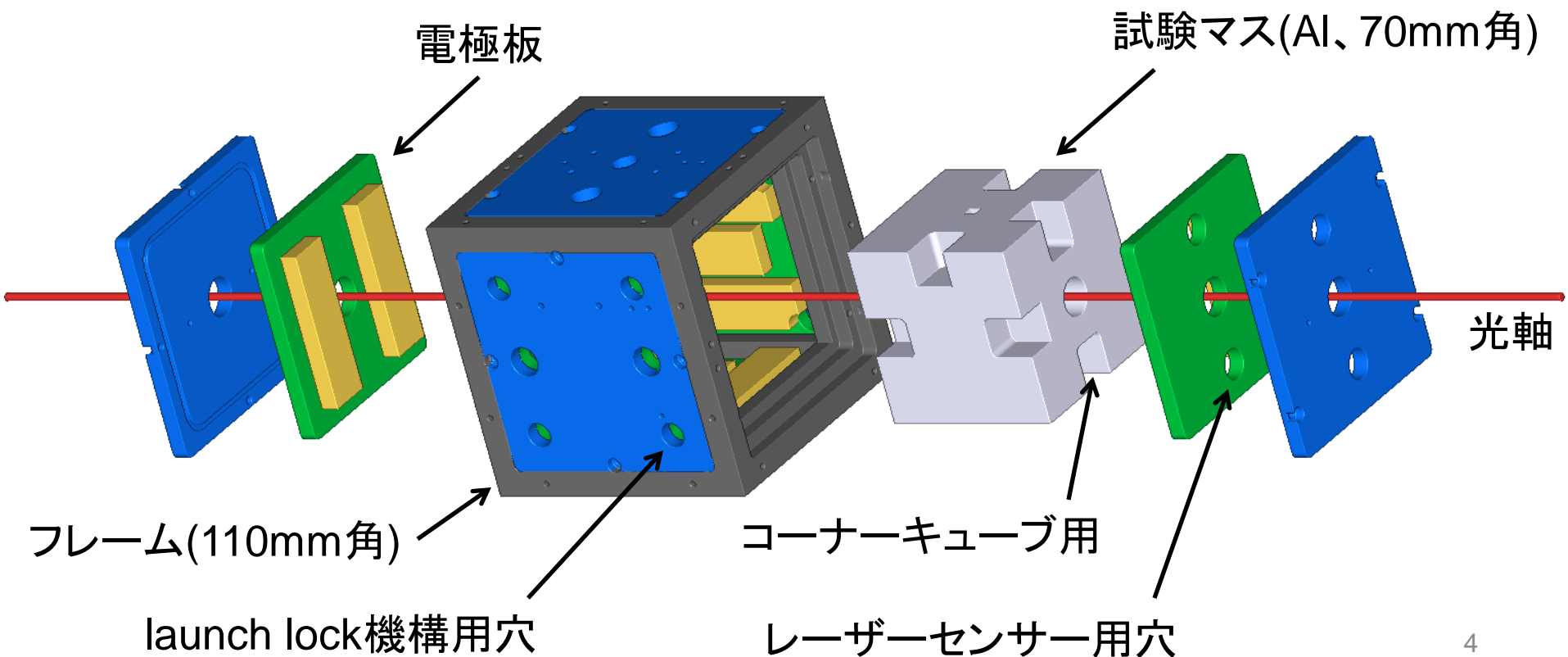
- 入射光学系(ファイバー入射+モノリシック光学系)、マスモジュール、熱シールド+制御系(PDH, WFS)



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



BBM実験の概要

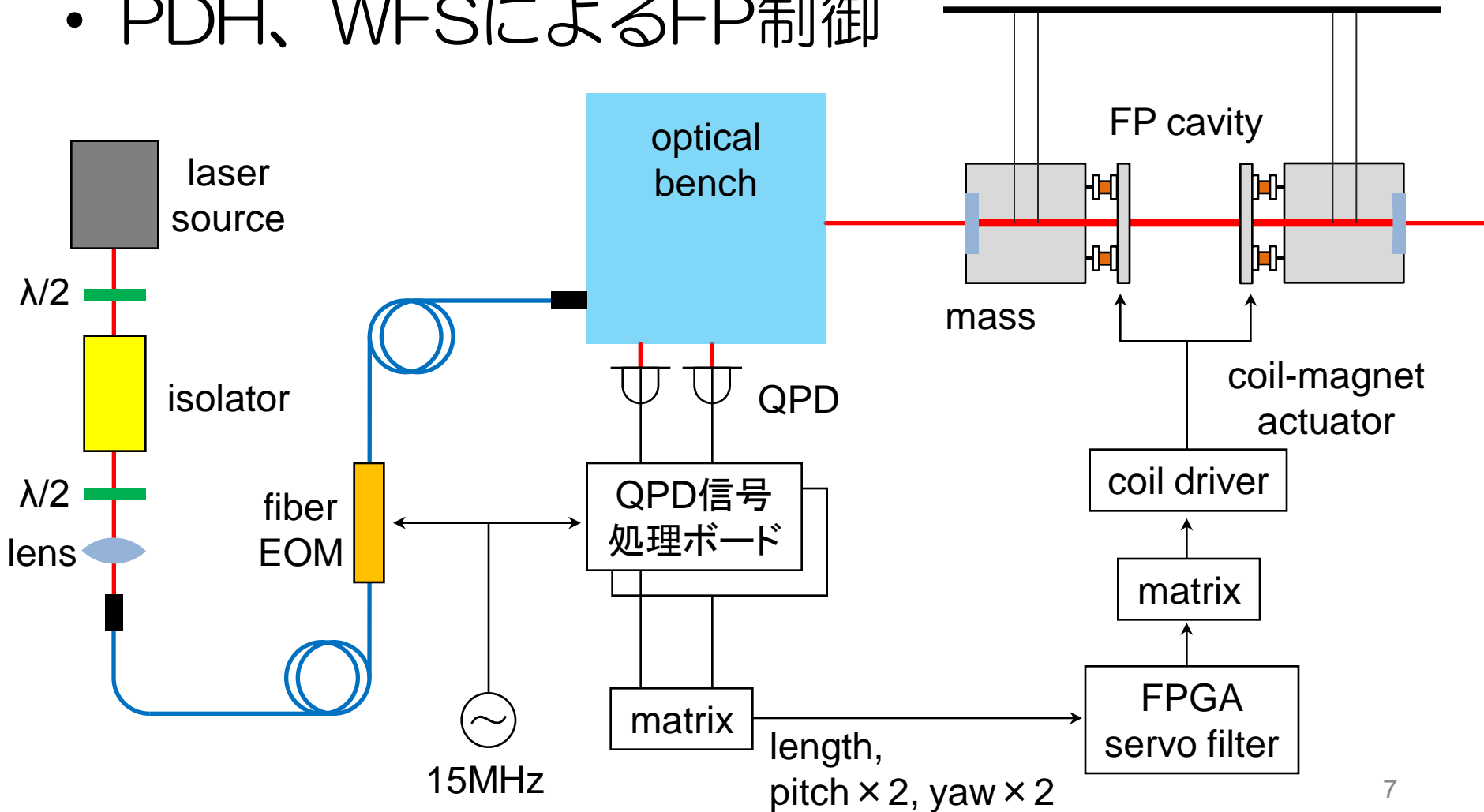
- 目的: 地上における動作確認
衛星と同様の構成、スケール
衛星向けを意識したデジタル制御システム
- 相違点
試験マスを懸架
重心近くで吊るため形状が少し異なる
まずはコイルマグネットアクチュエータ
将来的には静電、マスモジュール化
空气中、熱シールドなし

BBM実験の現状

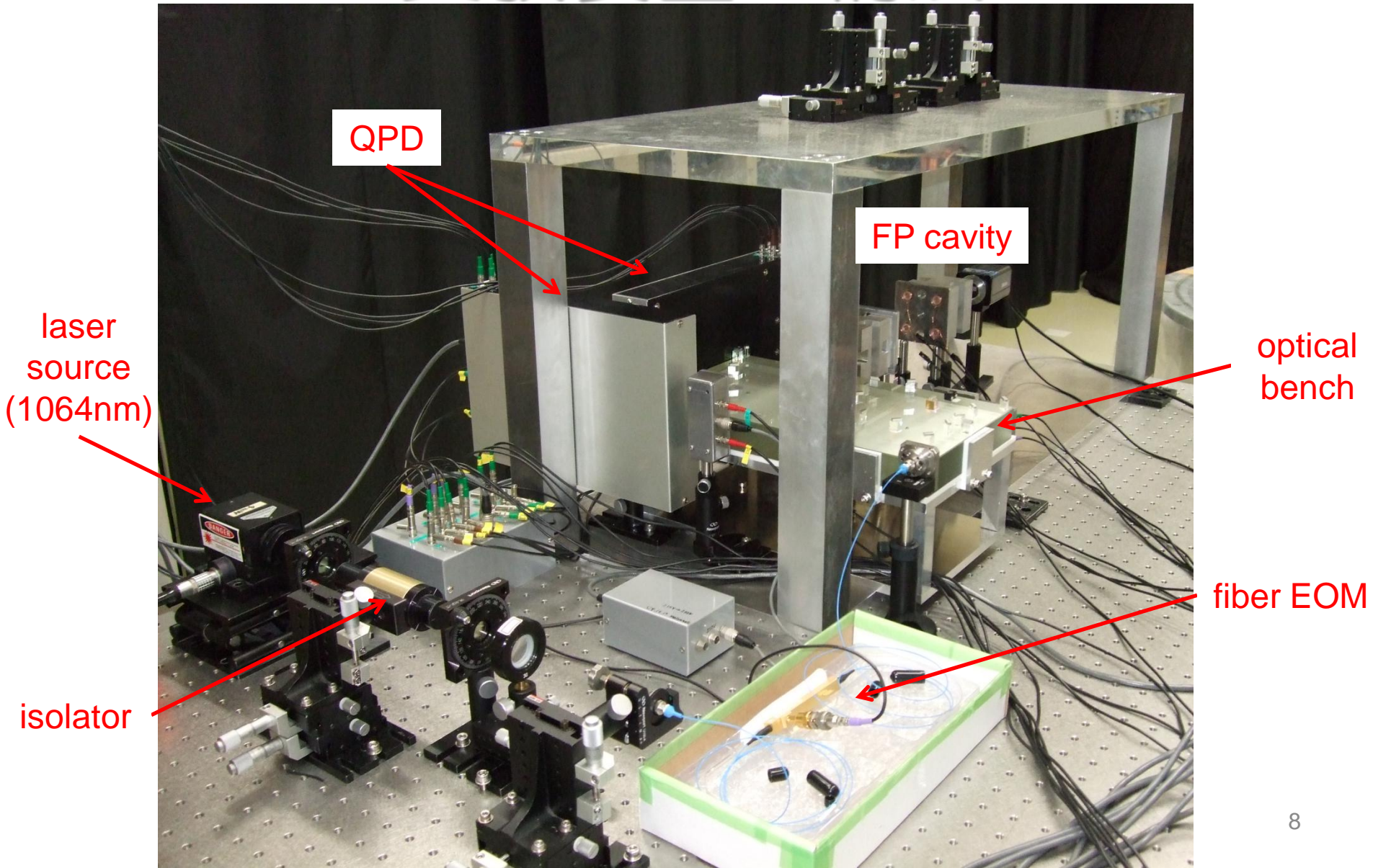
- ✓ 試験マス懸架系の製作
- ✓ モノリシック光学系の導入
- ✓ 光学系へのファイバー入射
- ✓ QPD回路の導入
- ✓ デジタル制御用FPGAボードの導入
- ✓ PDH法を用いた共振器長制御
- ✓ WFSによるアライメント制御
フロント/エンドミラーのpitch、yaw

実験装置の構成

- PDH、WFSによるFP制御



実験装置の構成



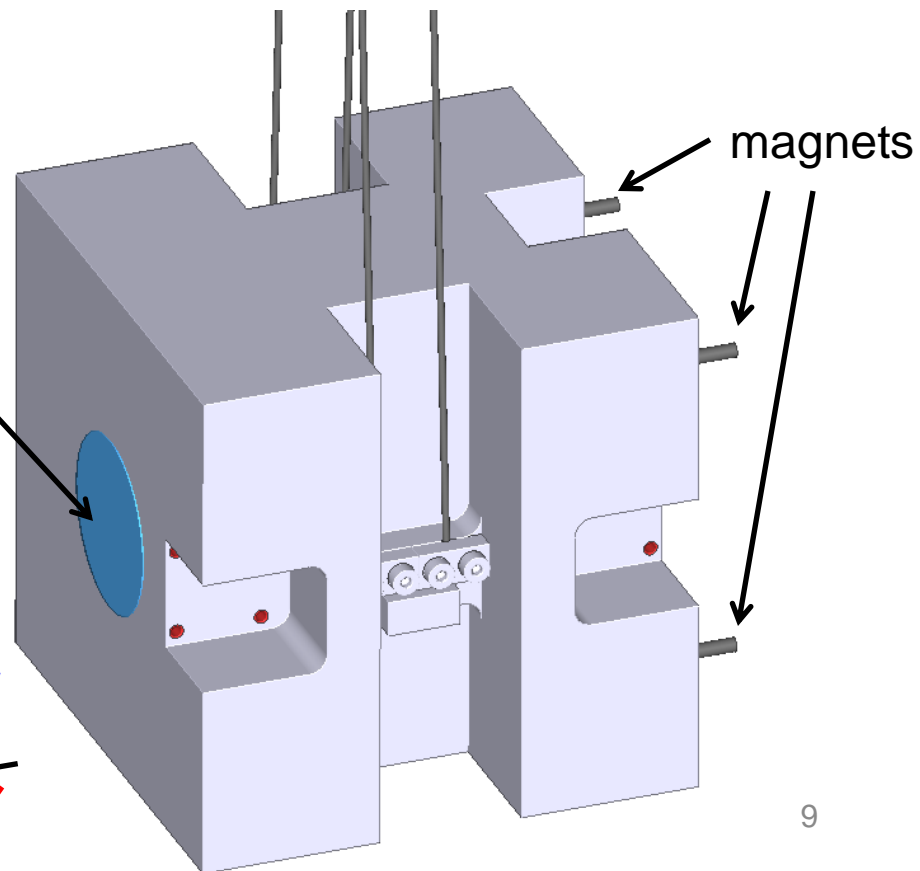
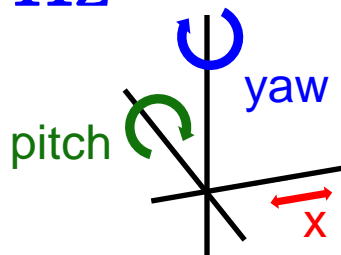
試験マス

- 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(実測値)

$$f_x = 0.90 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{pitch}} = 6.57 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{yaw}} = 0.46 \text{ Hz}$$



Fabry-Perot共振器

- フィネス: 208(設計値)

End Mirror

曲率半径: 500mm

反射率: 99%

Front Mirror

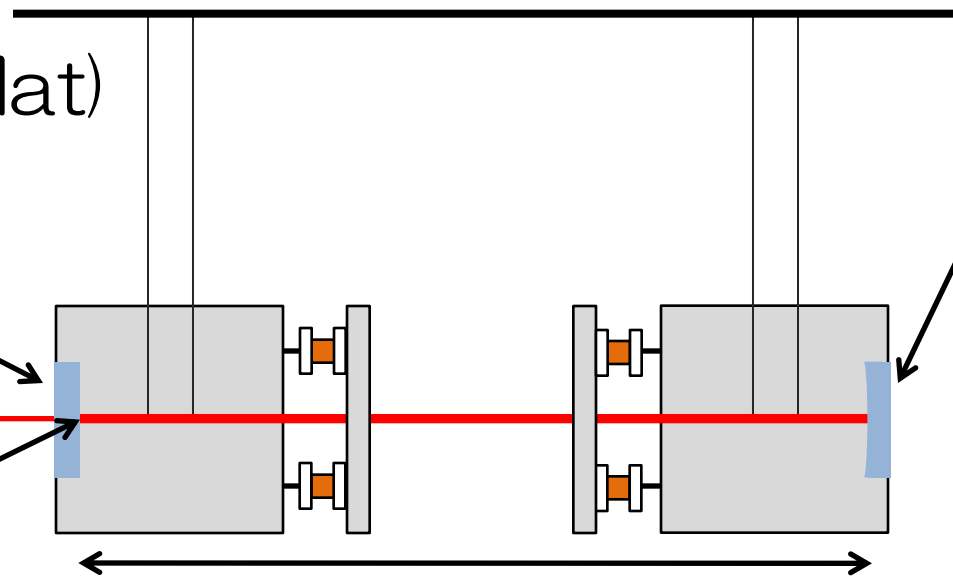
曲率半径: ∞ (flat)

反射率: 98%

入射

ウェスト

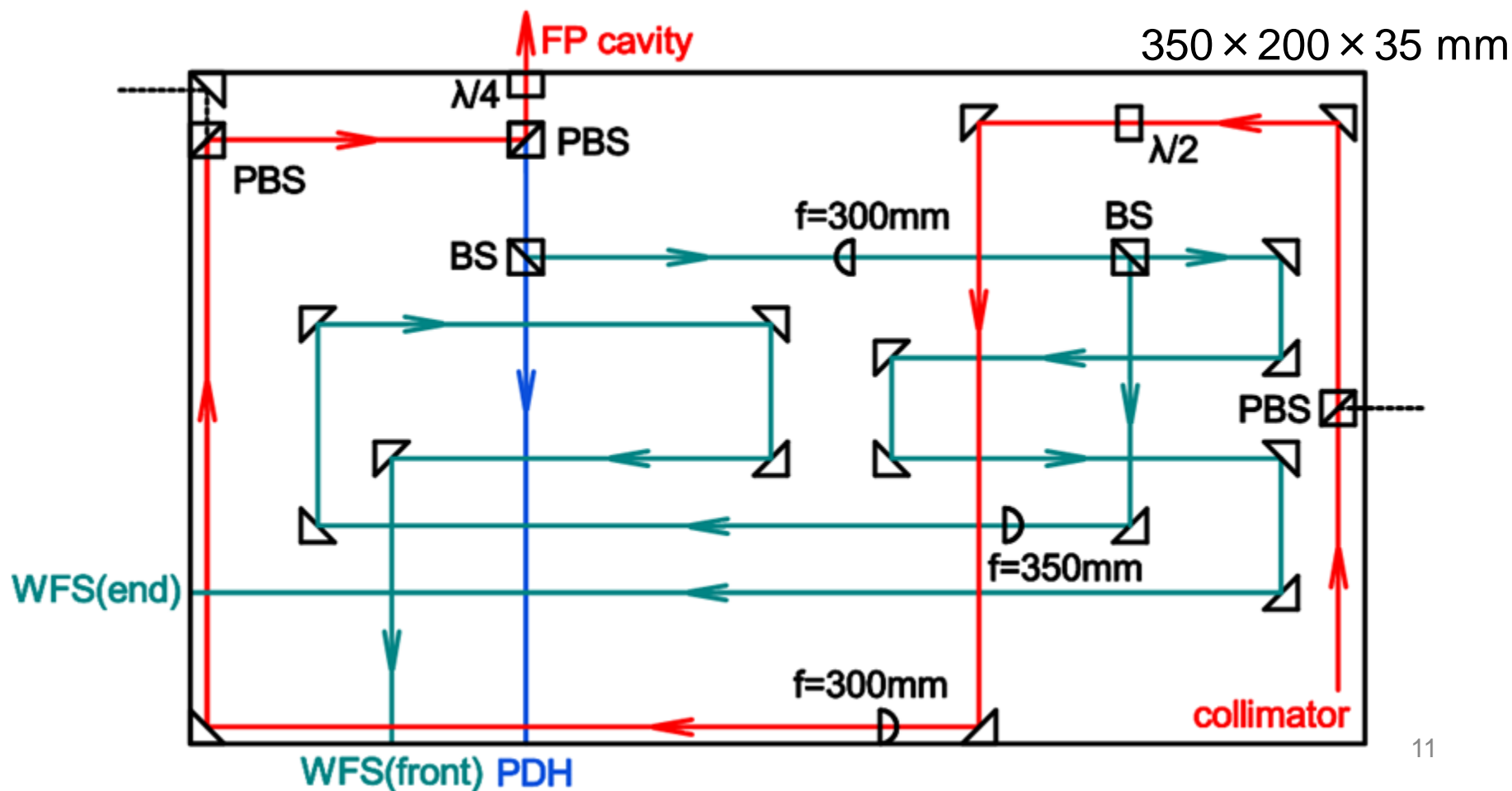
サイズ: 0.29mm



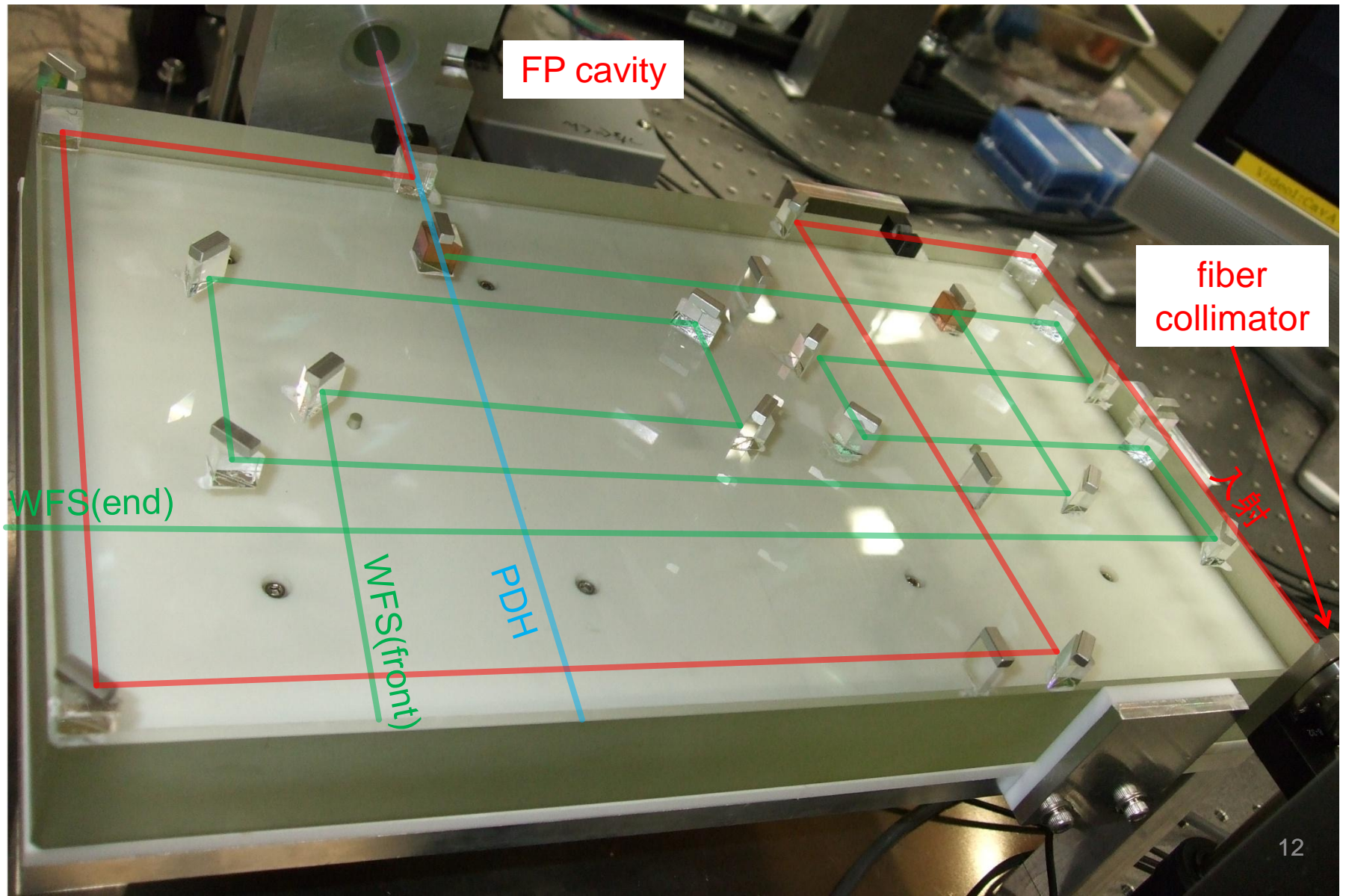
共振器長: 30cm

モノリシック光学系

- Pyrexガラス製の基板に光学素子をシリケートボンディング

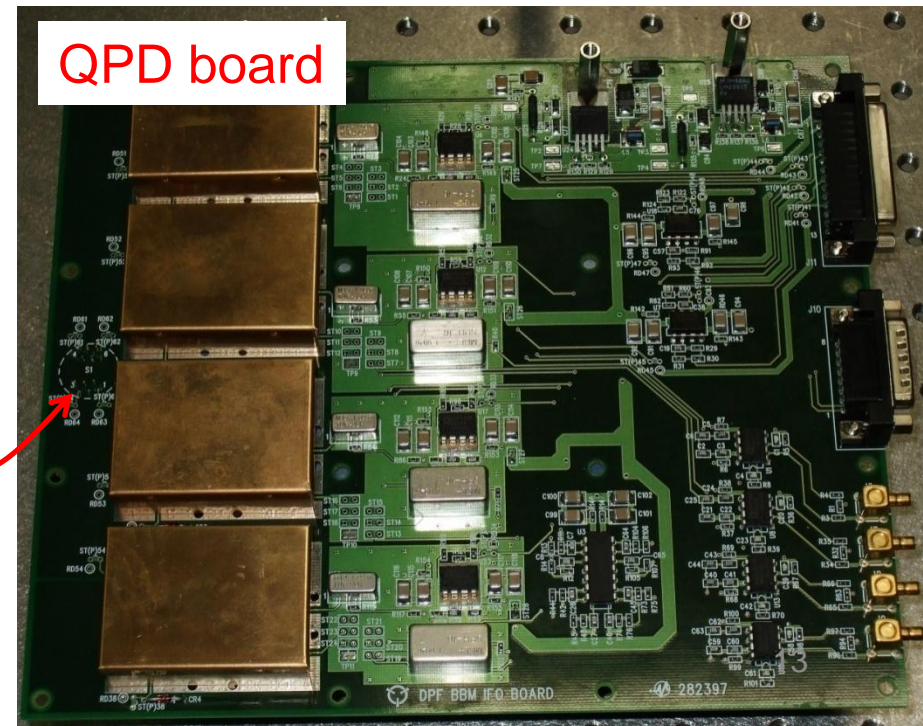
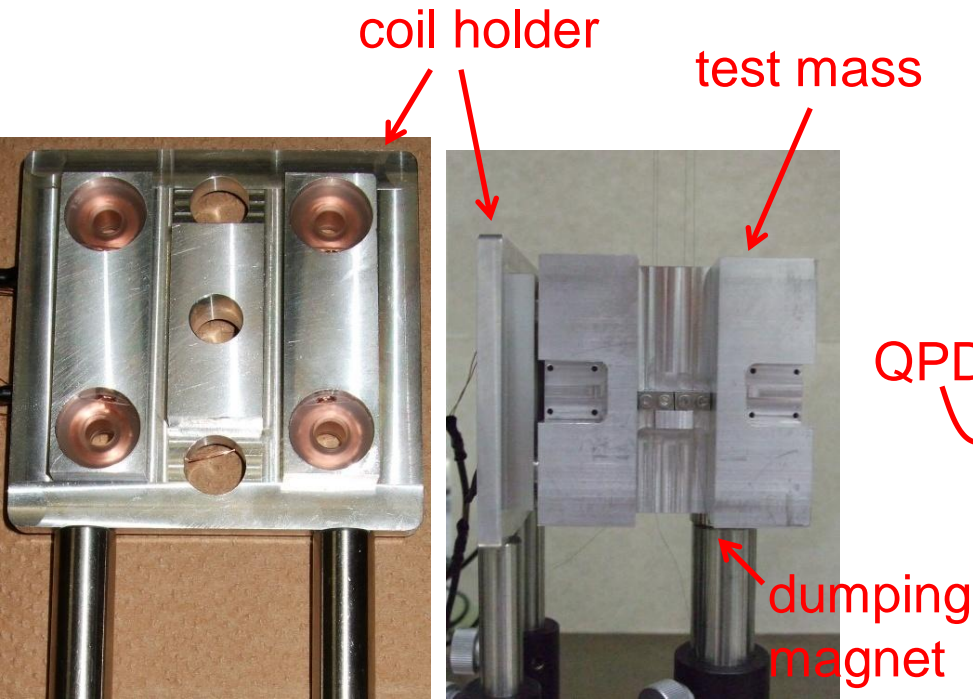


モノリシック光学系



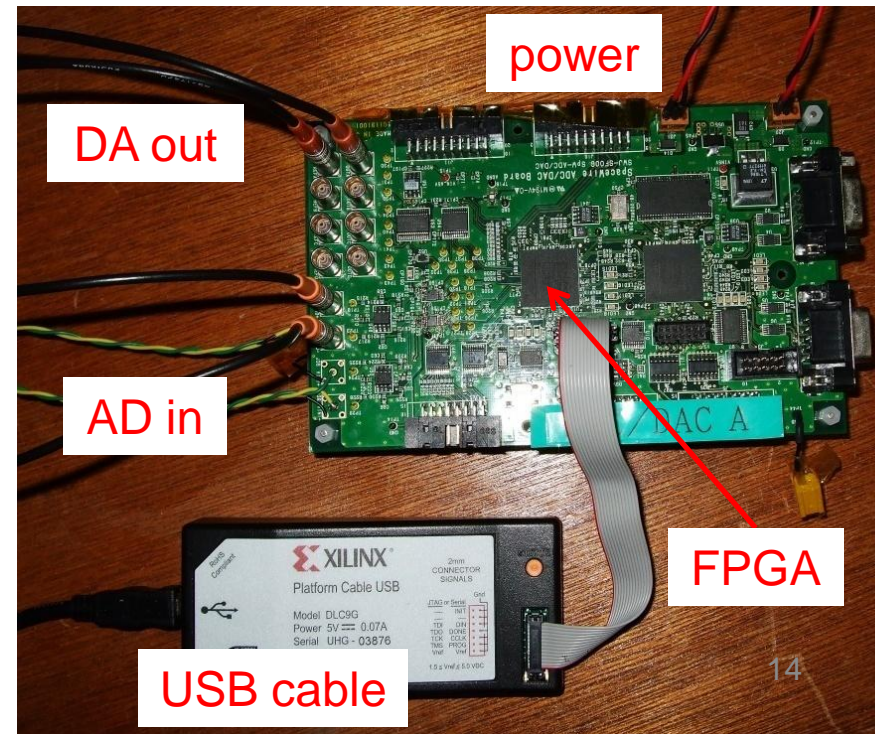
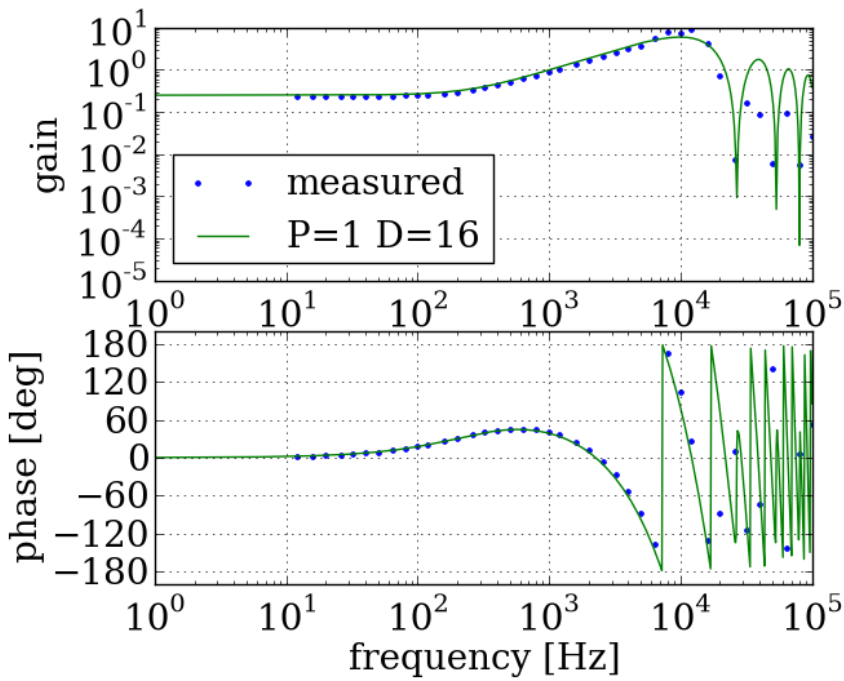
制御系1

- BBM向けに開発されたQPD信号取得ボード
- コイルマグネットアクチュエータ



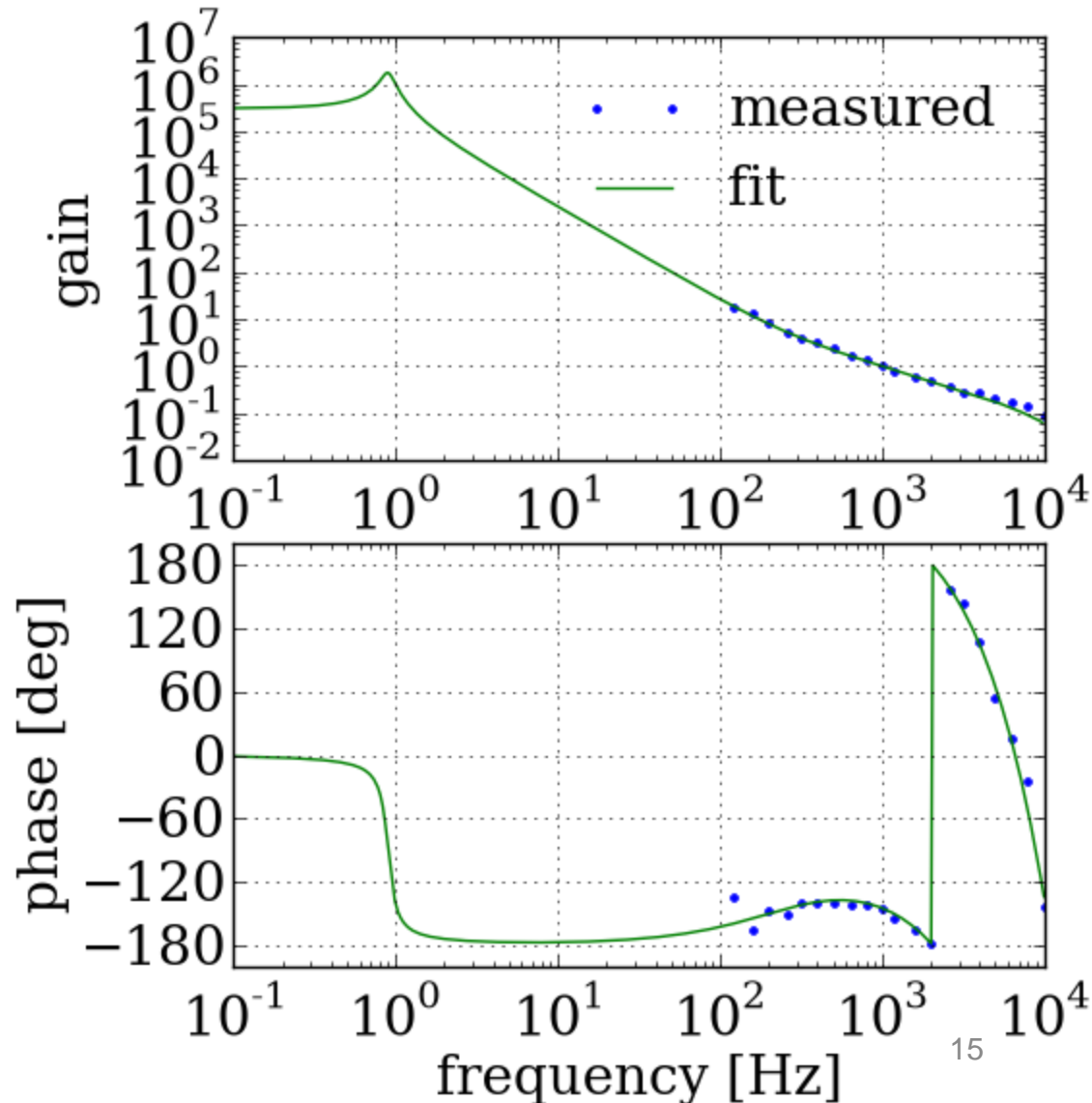
制御系2

- FPGAによるデジタル制御(PD制御)
SWIM μ v気球実験で用いられたボードを利用
サンプリング周波数
PDH: 26.8kHz
WFS: 13.4kHz

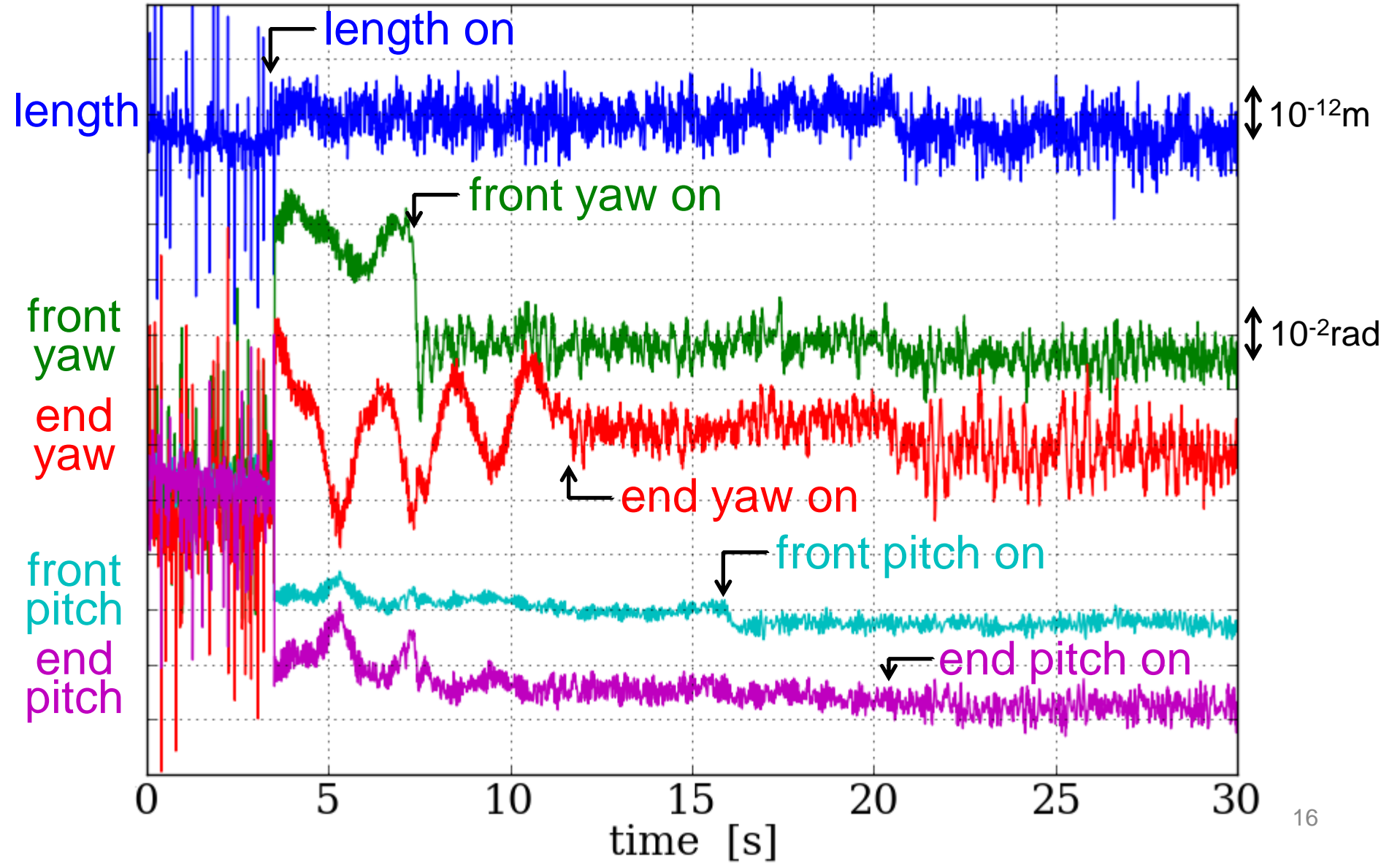


Openloop伝達関数

- 共振器長制御
UGF: 1kHz
位相余裕: 35°
- pitch制御
UGF: 8Hz
位相余裕: 10°
- yaw制御
UGF: 7Hz
位相余裕: 10°



制御の様子



まとめ

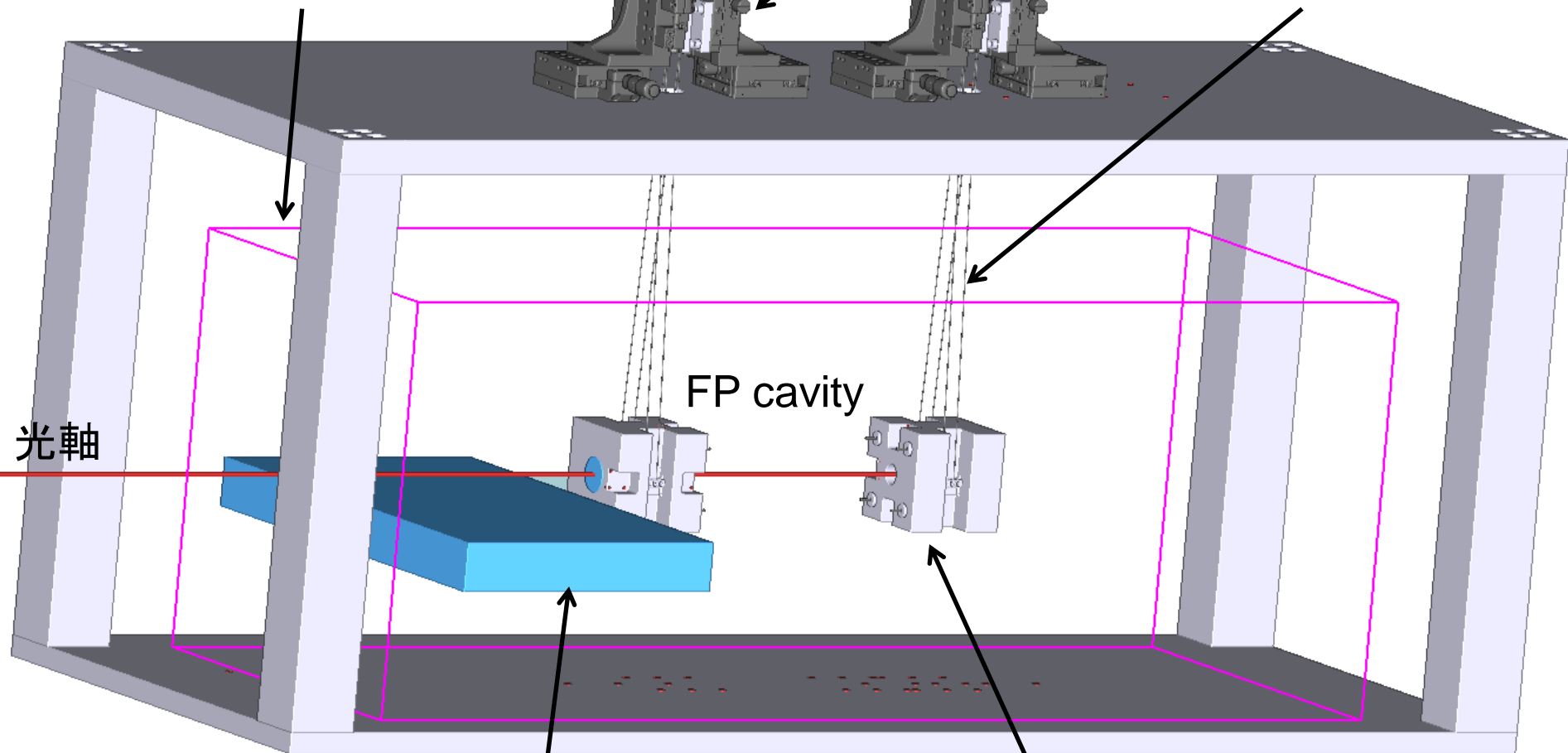
- 全てのBBM部品が揃い、導入された
モノリシック光学系
ファイバー入射
FPGAによるデジタル制御
コイルマグネットアクチュエータ
- 共振器長制御に成功
- アライメント制御にも成功
自由度分離の問題
FPGAによる処理の改善
- BBM実験の完了、EM開発へ

懸架フレーム

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)



光軸

FP cavity

モノリシック入射光学系

試験マス(70mm角)

アクチュエータ伝達関数

- PSを用いて測定

