

# 重力波望遠鏡KAGRAの 低温動作に向けた主干涉計開発

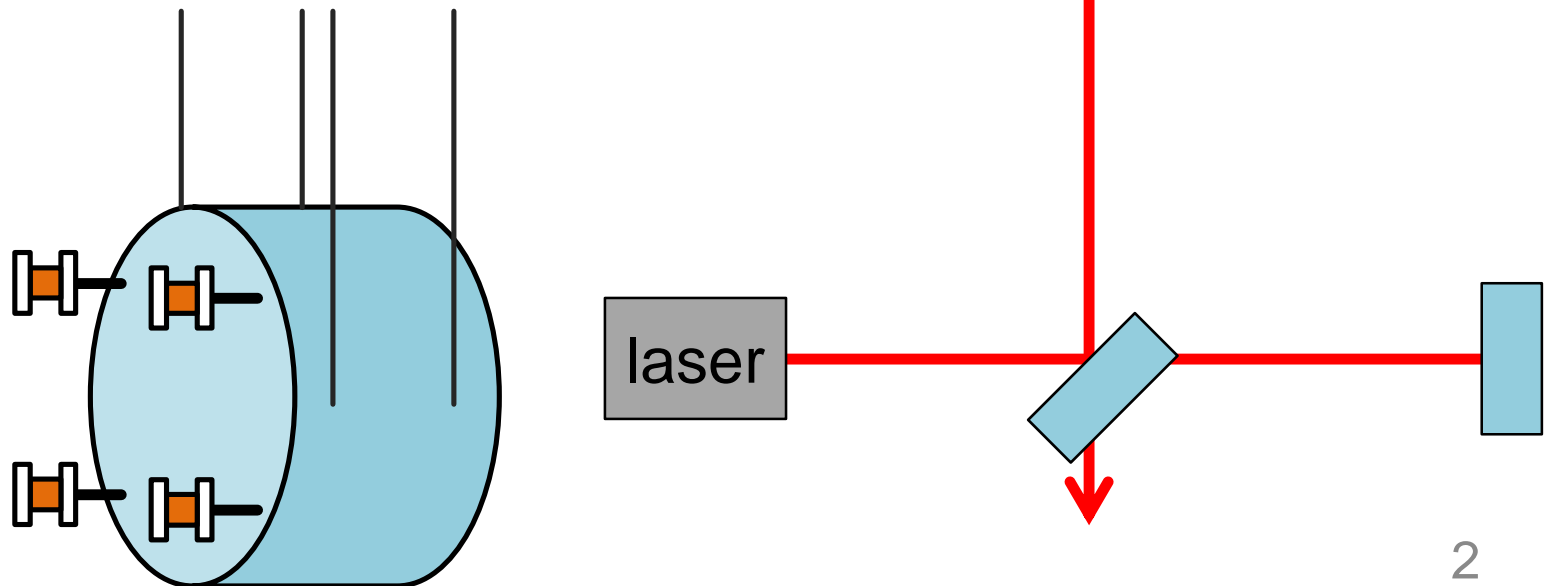
道村唯太

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻

麻生洋一、下田智文、正田亜八香、  
奥富弘基、宮本昂拓、田中宏樹

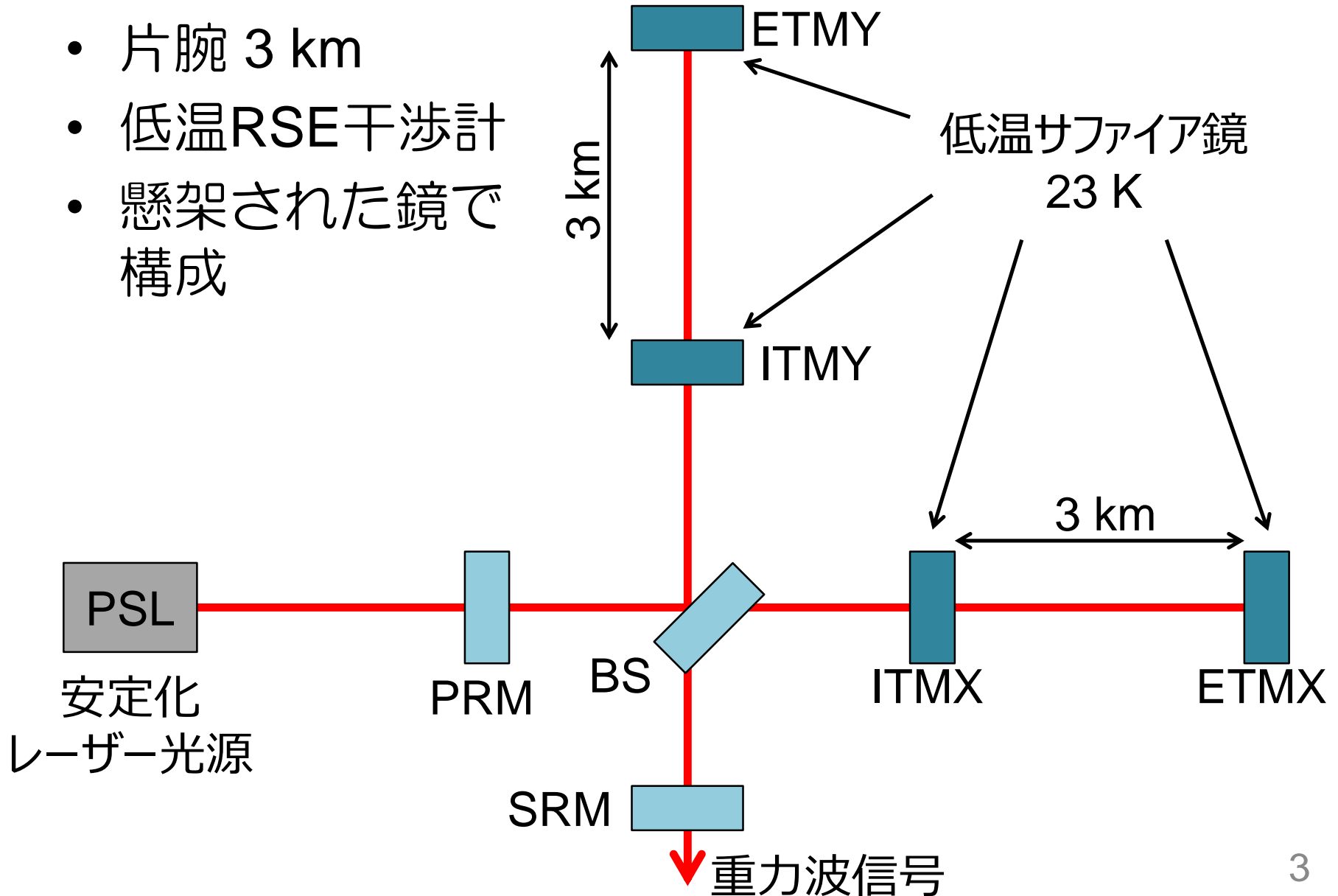
# 概要

- KAGRAはレーザー干渉計型重力波望遠鏡
- 高感度で動作させるためには鏡間の距離の高精度な制御が必要
- そのために必要な鏡のアクチュエータを設計した  
アクチュエータ雑音、磁場雑音  
制御のために十分なレンジ



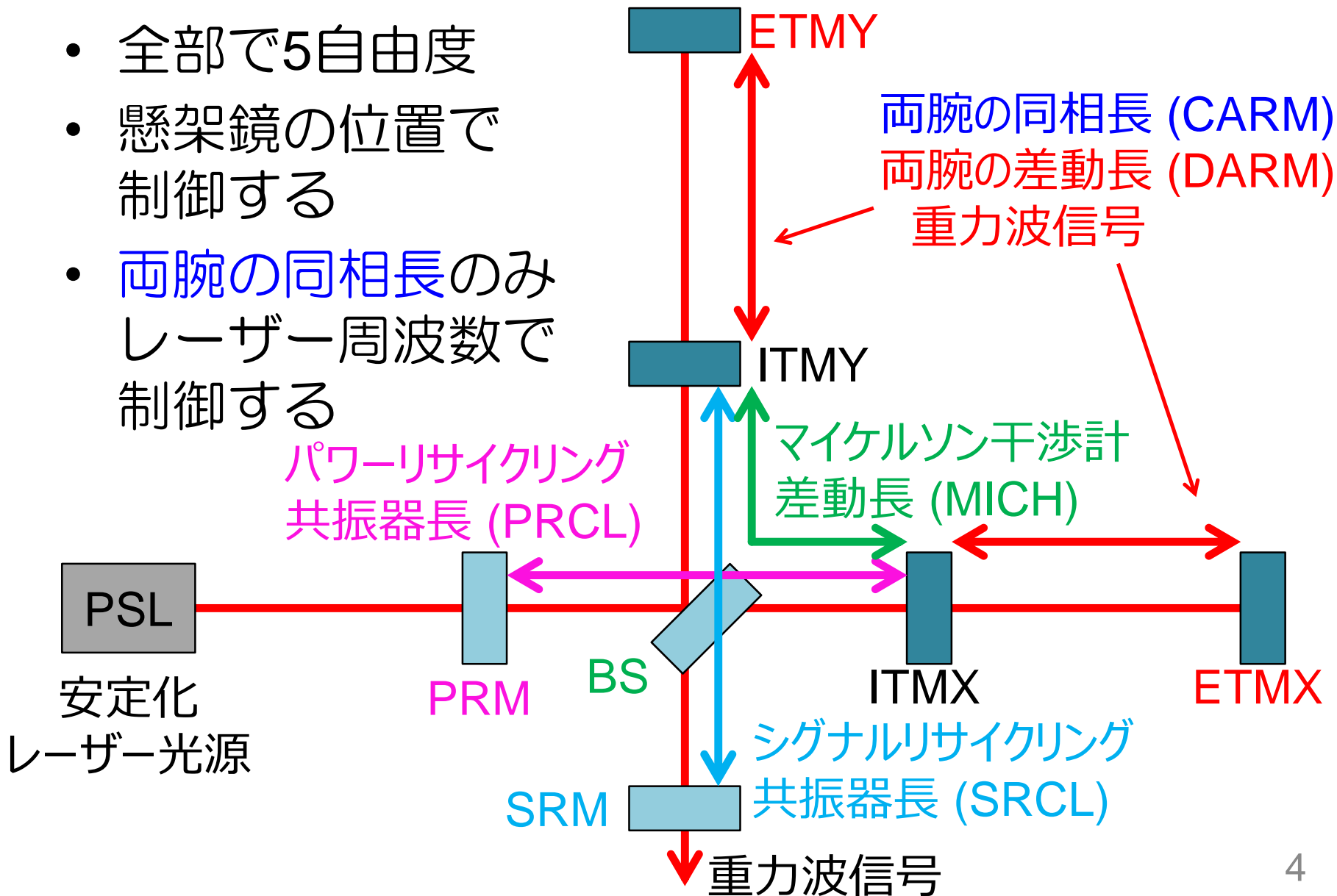
# KAGRAの主干渉計構成

- 片腕 3 km
- 低温RSE干渉計
- 懸架された鏡で構成



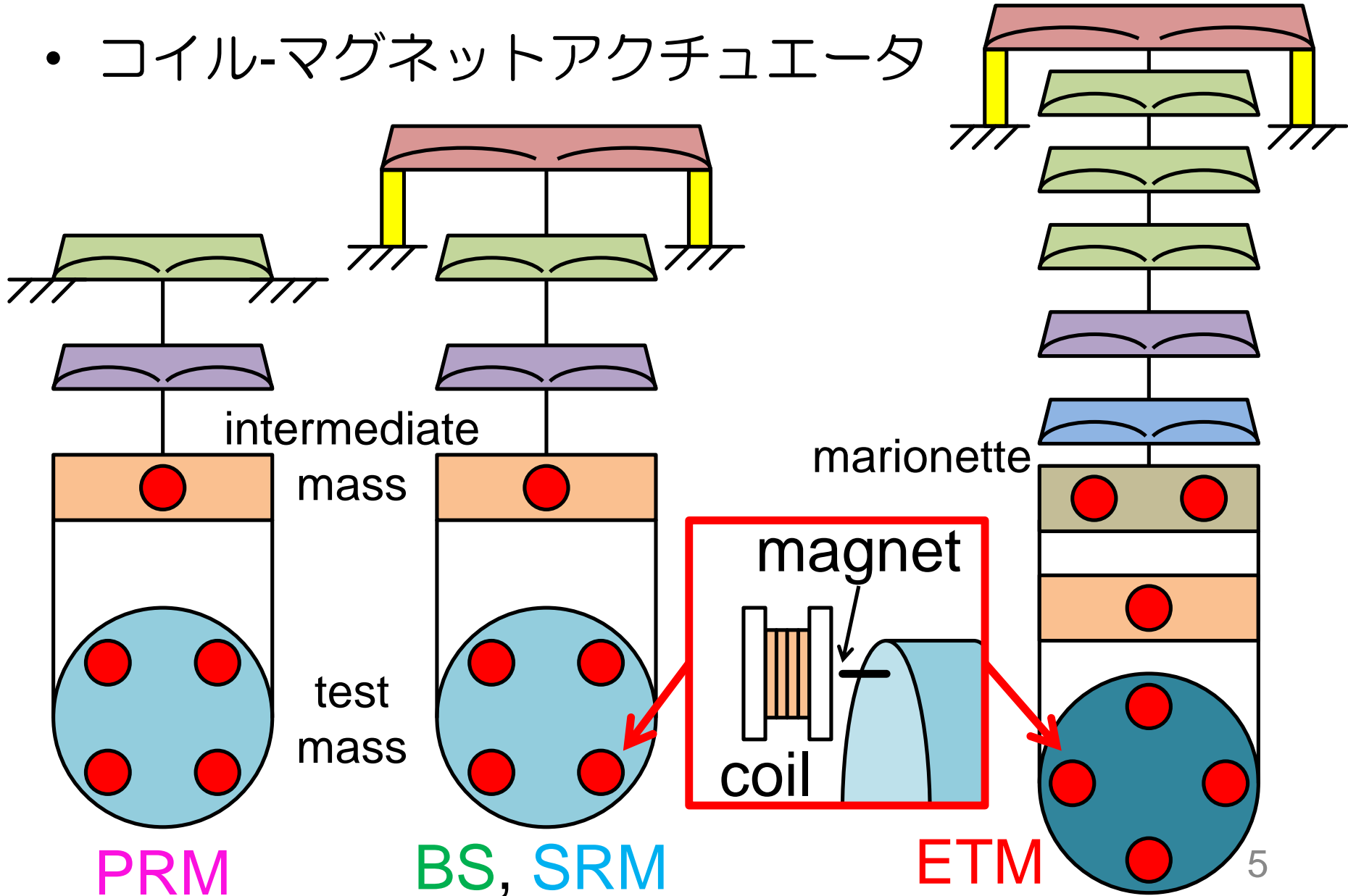
# 長さ制御

- 全部で5自由度
- 懸架鏡の位置で制御する
- 両腕の同相長のみ  
レーザー周波数で制御する



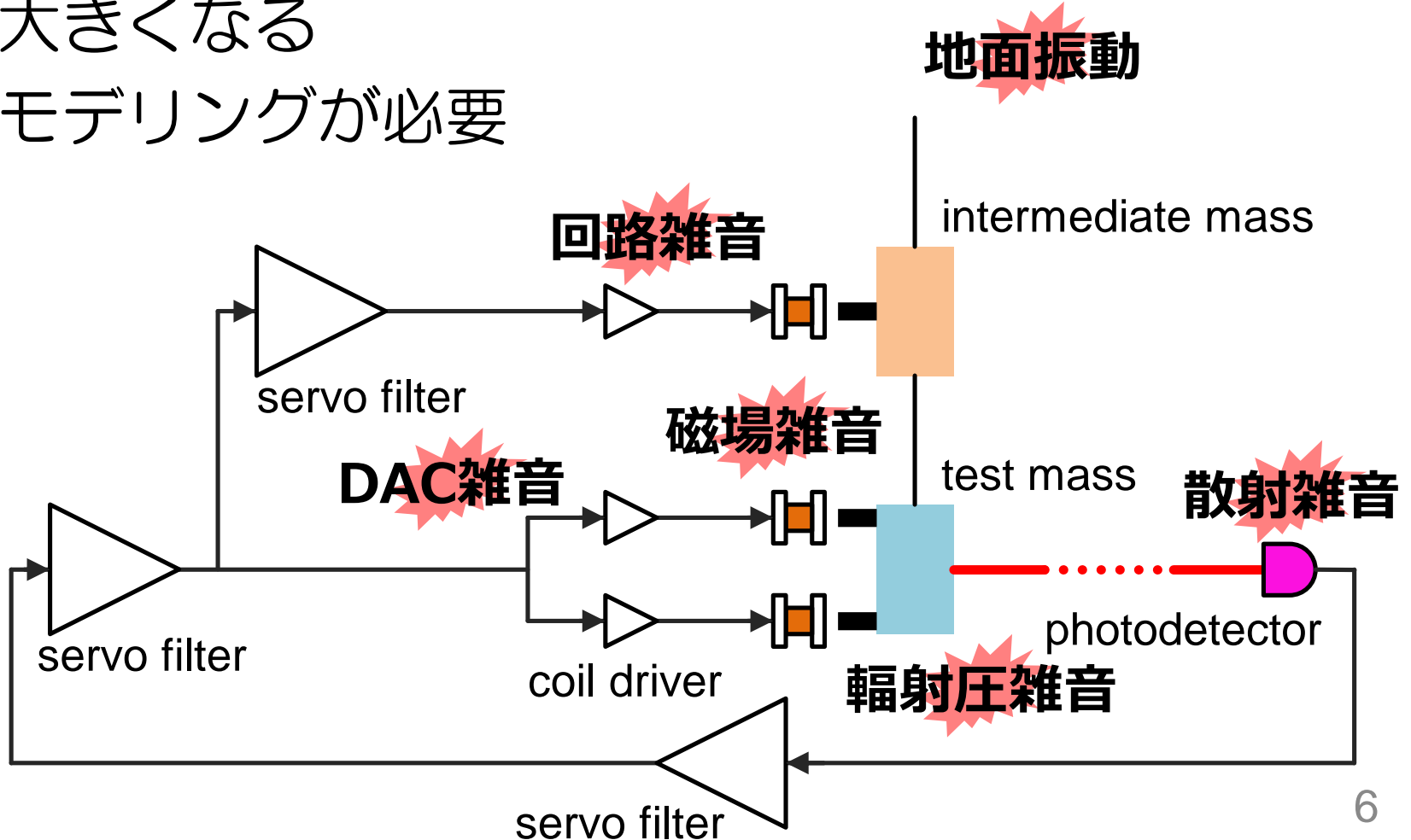
# 懸架系のアクチュエータ

- コイル-マグネットアクチュエータ



# アクチュエータのレンジと雑音

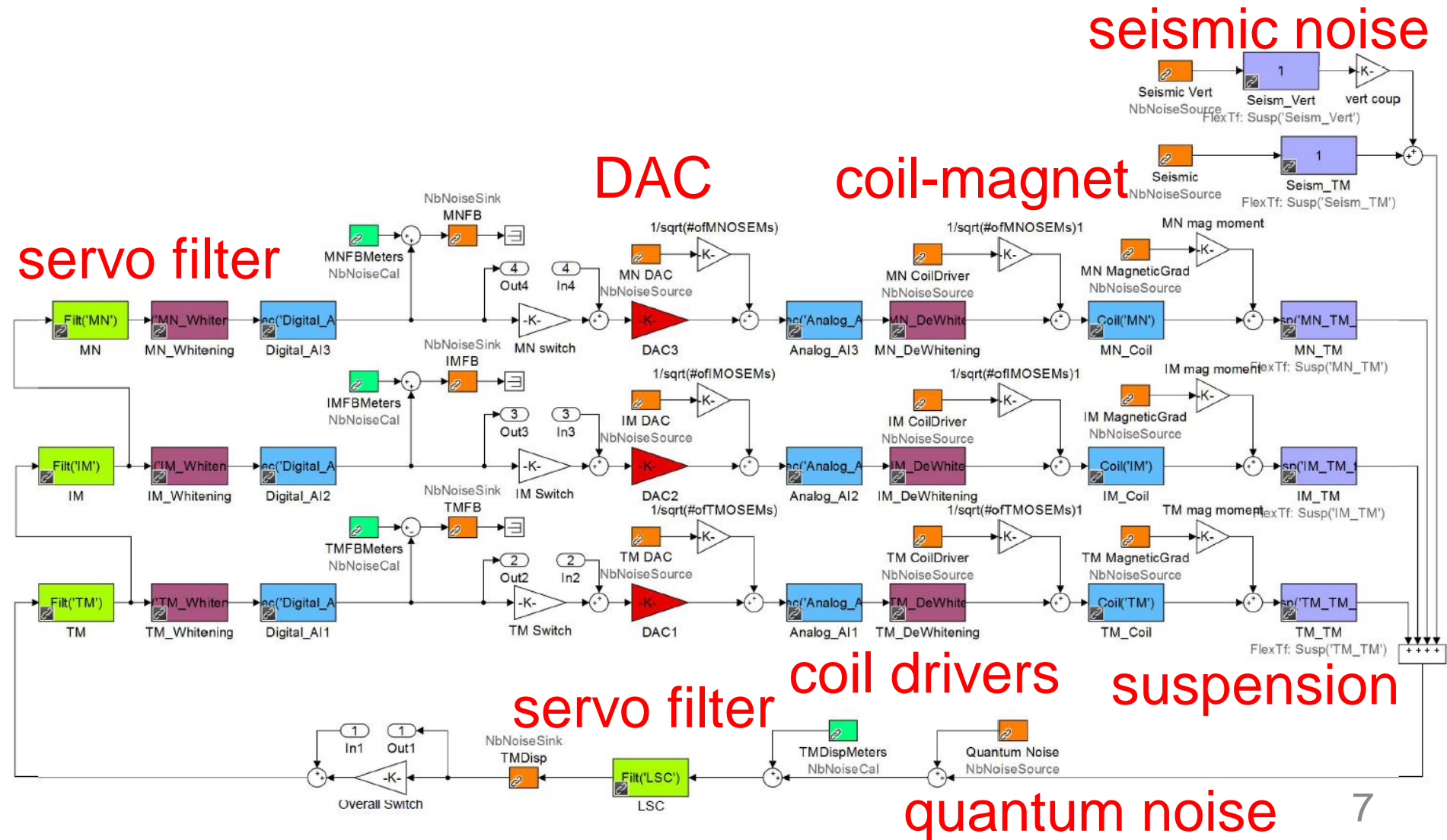
- さまざまな雑音を抑えるだけのレンジが必要
- 強すぎるとアクチュエータ雑音、磁場雑音が大きくなる
- モデリングが必要



# モデリング



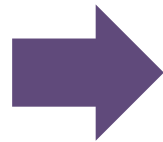
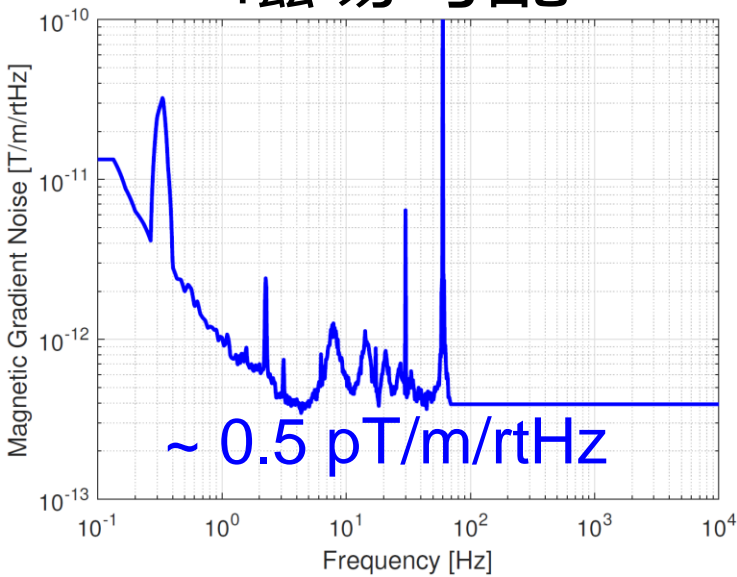
- Simulink NoiseBudget (by Chris Wipf)でモデル化



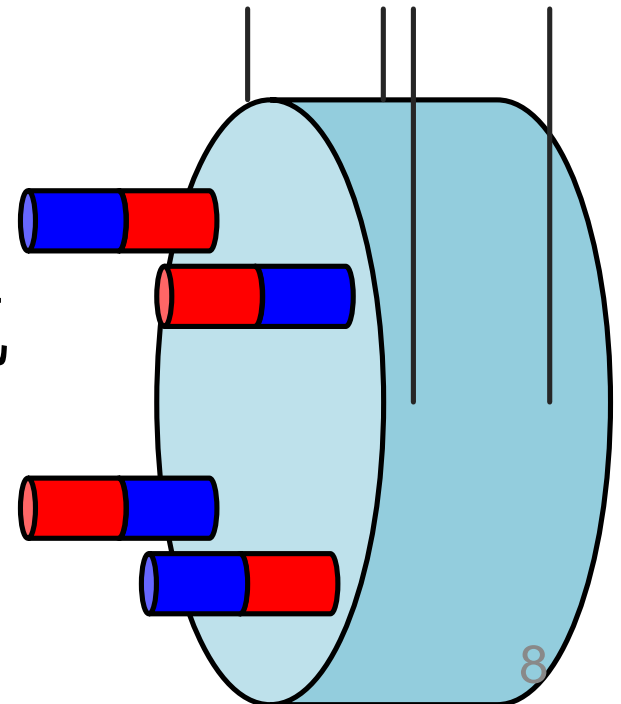
# 磁場雑音

- 磁場勾配と磁石のばらつきによる磁気モーメントのカップリングが一番効く
- 今回はトンネル内で測定した磁場雑音を使用  
真空槽内での磁場雑音は測定中
- 磁場雑音を1 mで割って磁場勾配雑音にした

## 磁場勾配



残留磁気  
モーメント





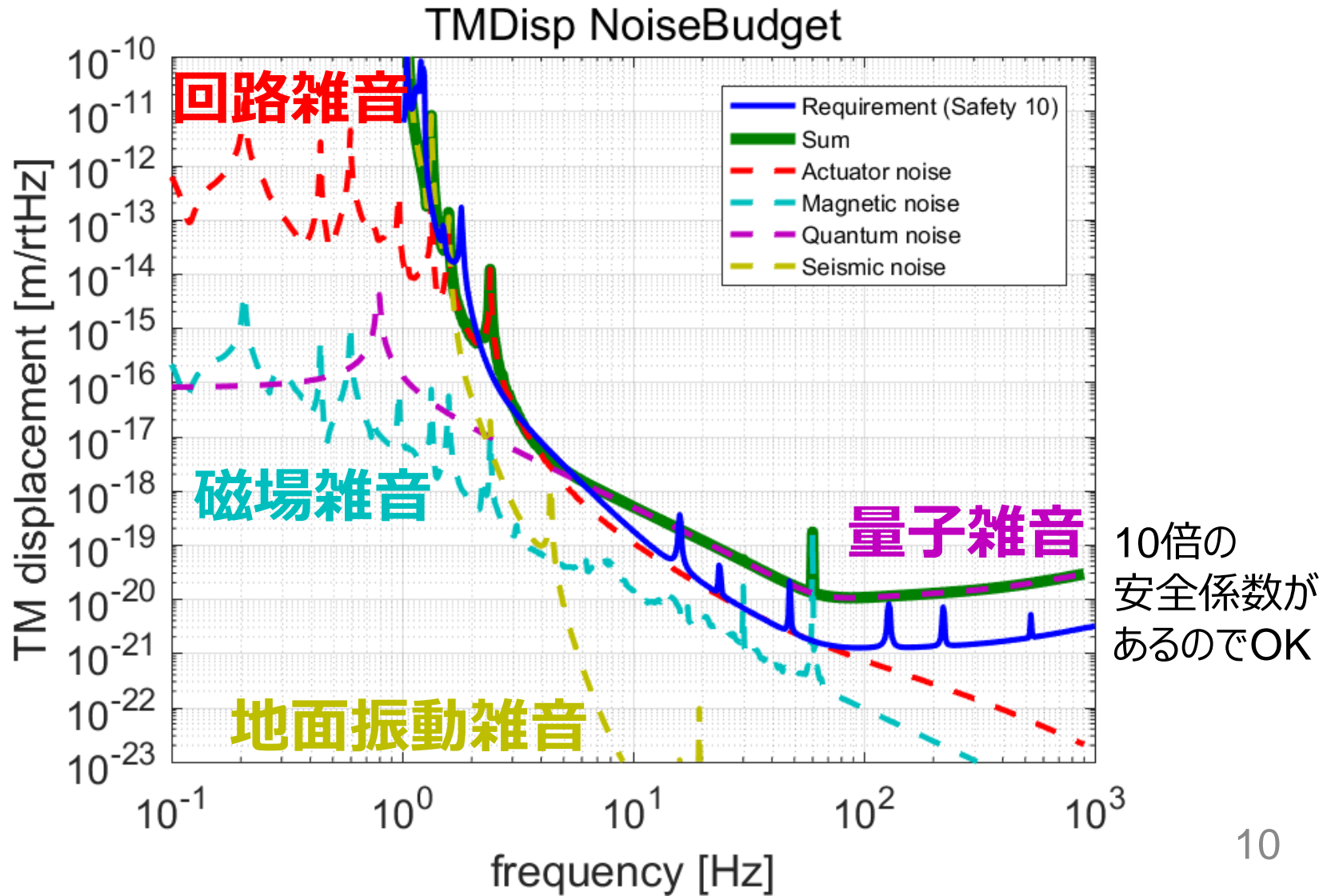
# 各鏡のアクチュエータ

- コイルの巻数と磁石の大きさ(mm)とコイルドライバの出力抵抗(小さいほうが強い)

	PRM	SRM	BS	ETM
Marionette	なし	なし	なし	585巻 φ2 x L 2 1.4 kΩ
Intermediate mass	600巻 φ10 x L 10 80 Ω	600巻 φ10 x L 10 7.8 kΩ	600巻 φ10 x L 10 7.8 kΩ	585巻 φ2 x L 2 1.4 kΩ
Test mass	600巻 φ6 x L 3 80 Ω	600巻 φ2 x L 5 7.8 kΩ	600巻 φ2 x L 3 7.8 kΩ	88巻 φ2 x L 2 7.8 kΩ

# 雑音 (ETM)

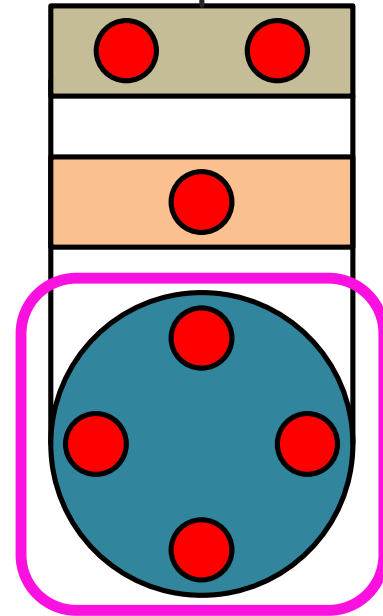
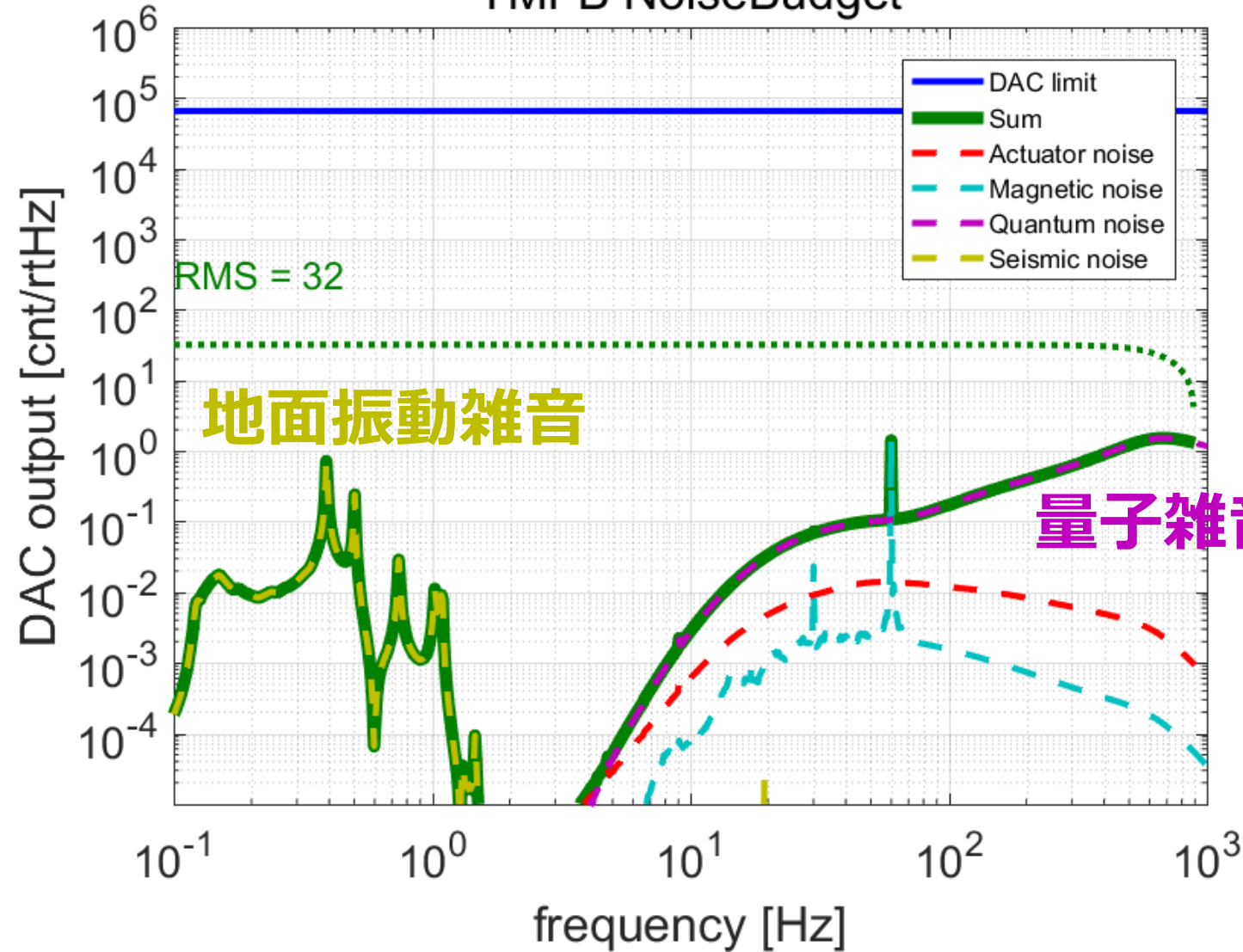
- 変位雑音要求値を満たす



# レンジ (ETM)

- TMは大丈夫

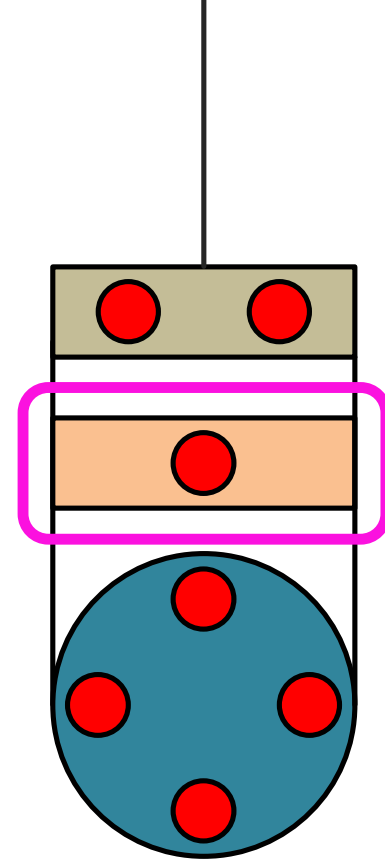
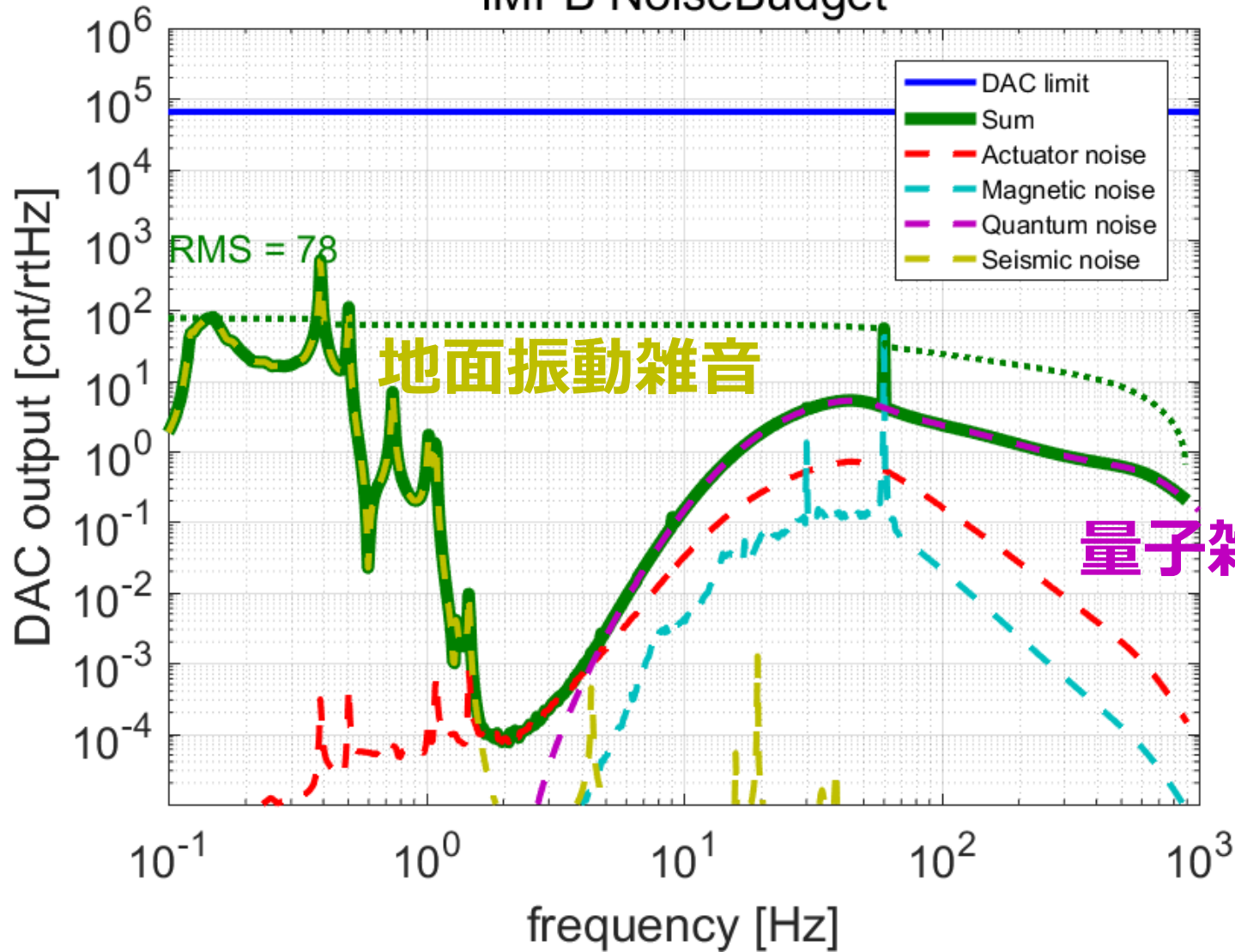
TMFB NoiseBudget



# レンジ (ETM)

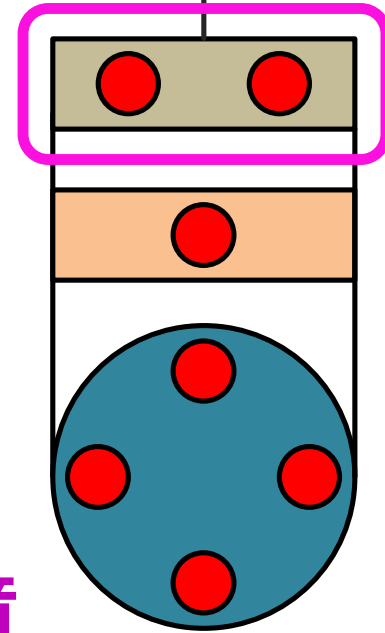
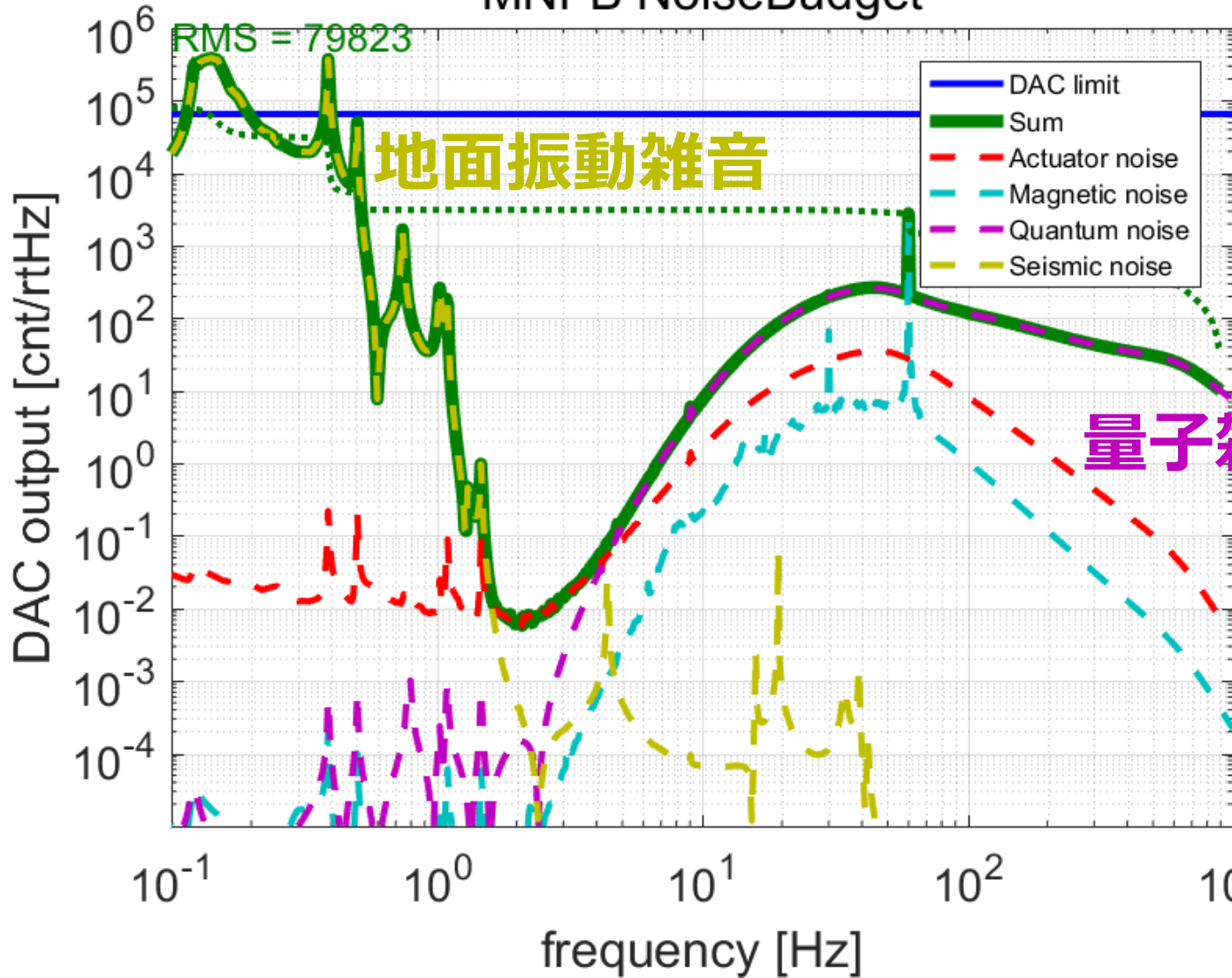
- IMも大丈夫

IMFEB NoiseBudget



# レンジ (ETM)

- MNはレンジを超えてしまう  
MNFB NoiseBudget

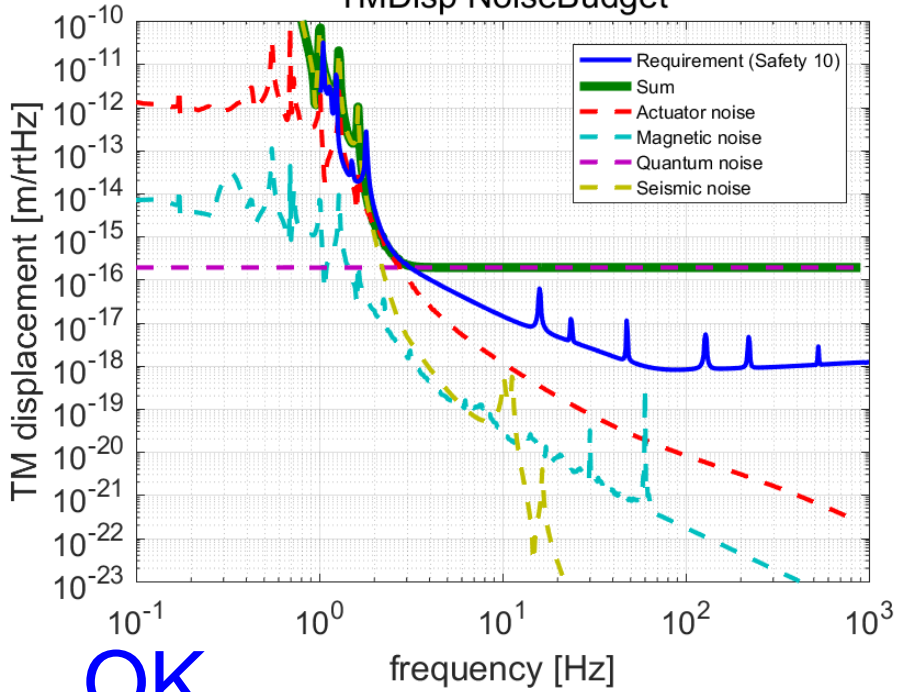


量子雑音

より大きな磁石  
または  
さらに上段への  
フィードバックが  
必要

# BSの結果

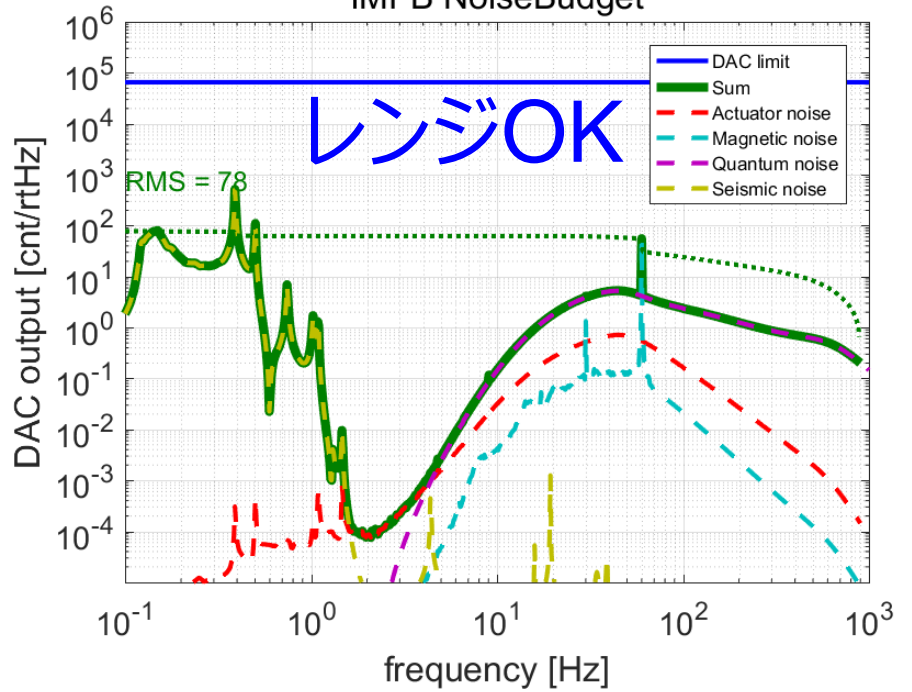
### TMDisp NoiseBudget



OK

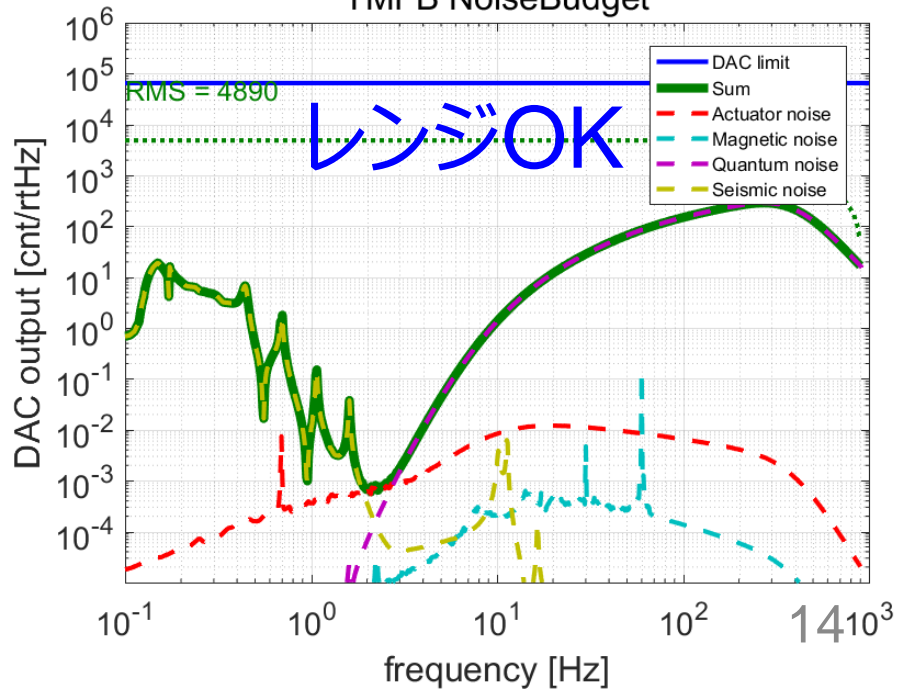
(feed forwardは必要)

### IMFB NoiseBudget



レンジOK

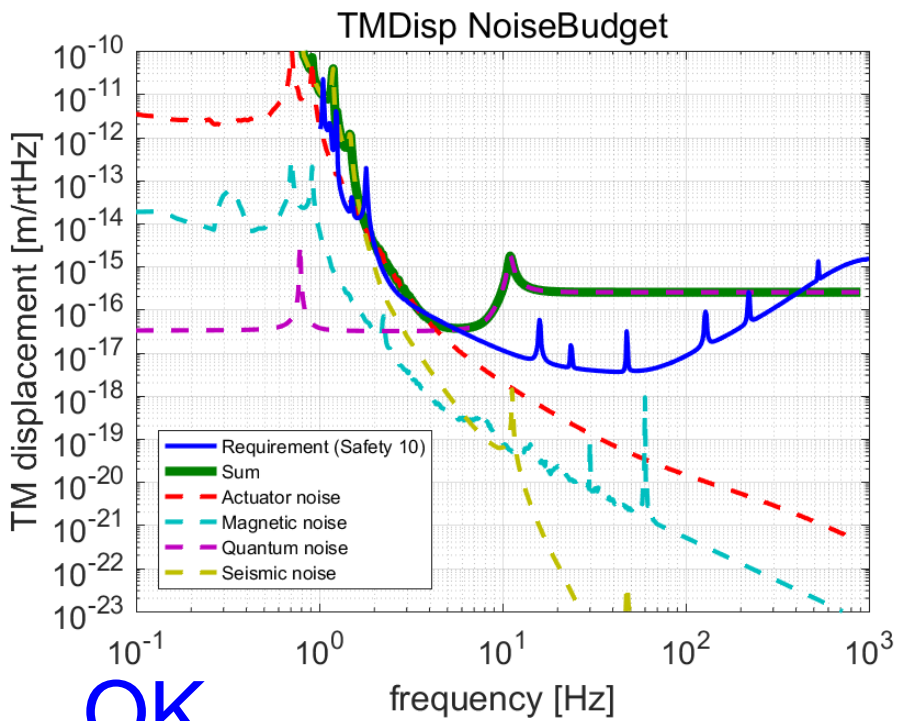
### TMFB NoiseBudget



レンジOK

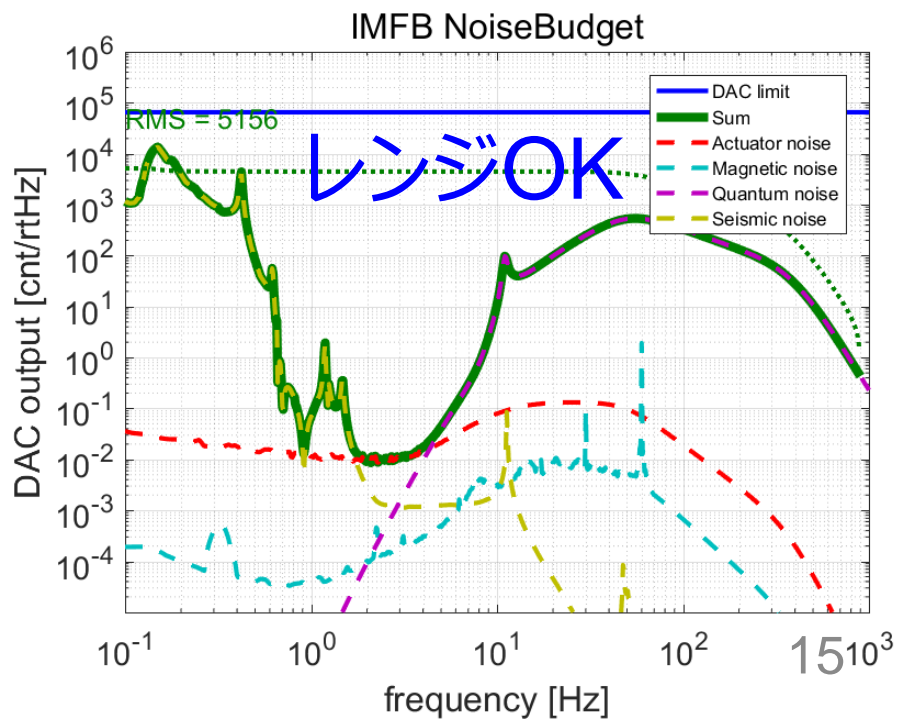
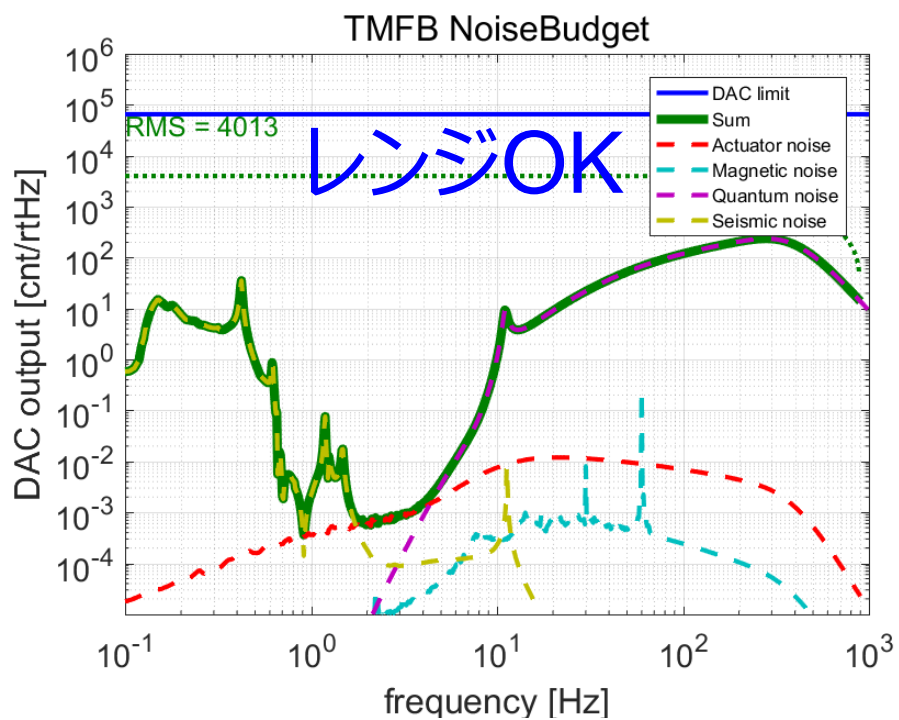


# SRMの結果

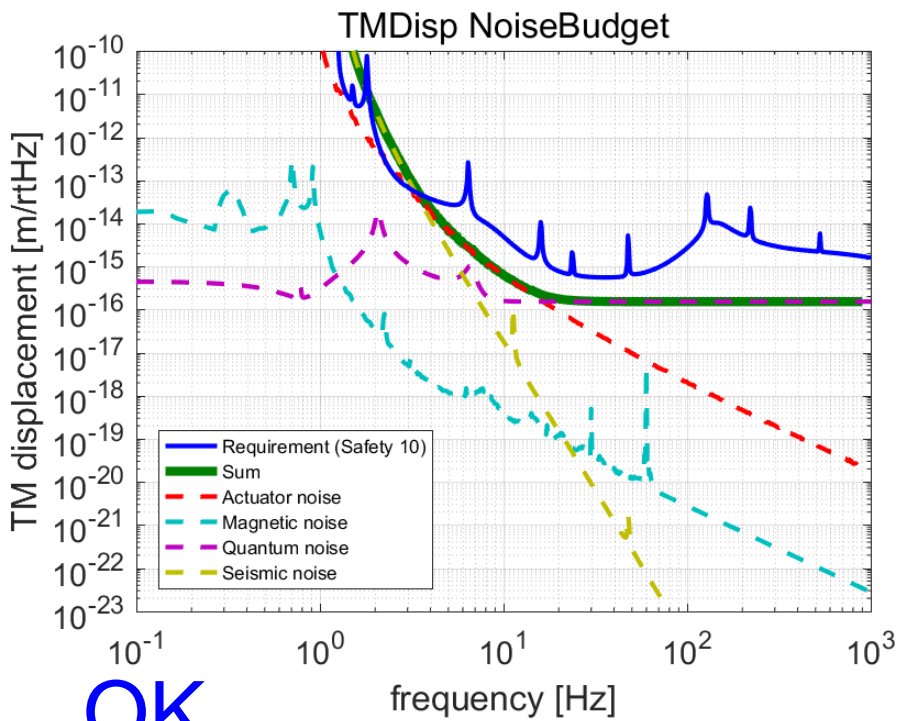


OK

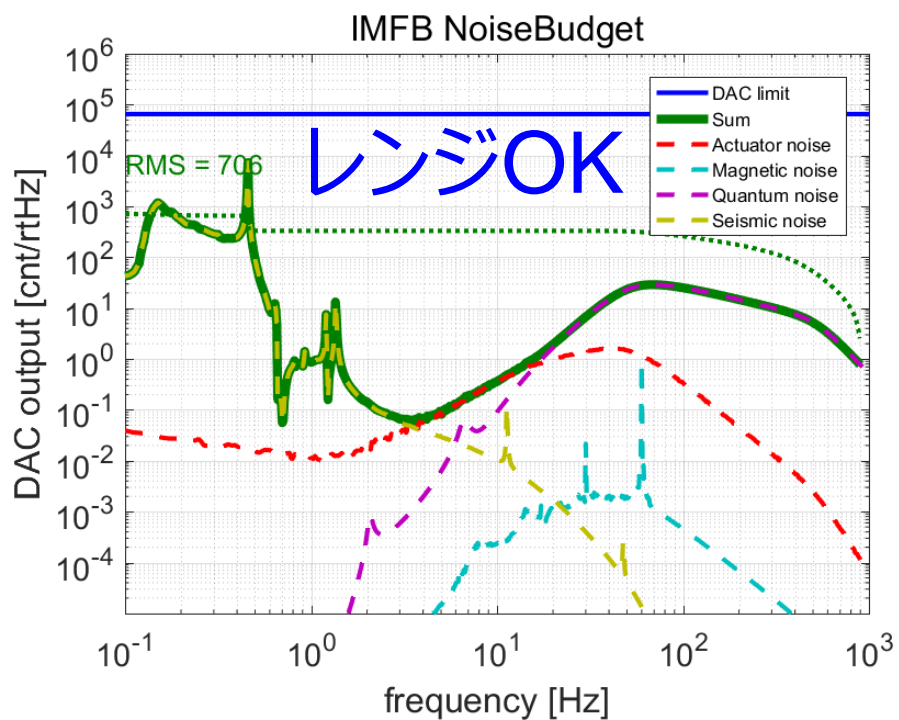
(feed forwardは必要)



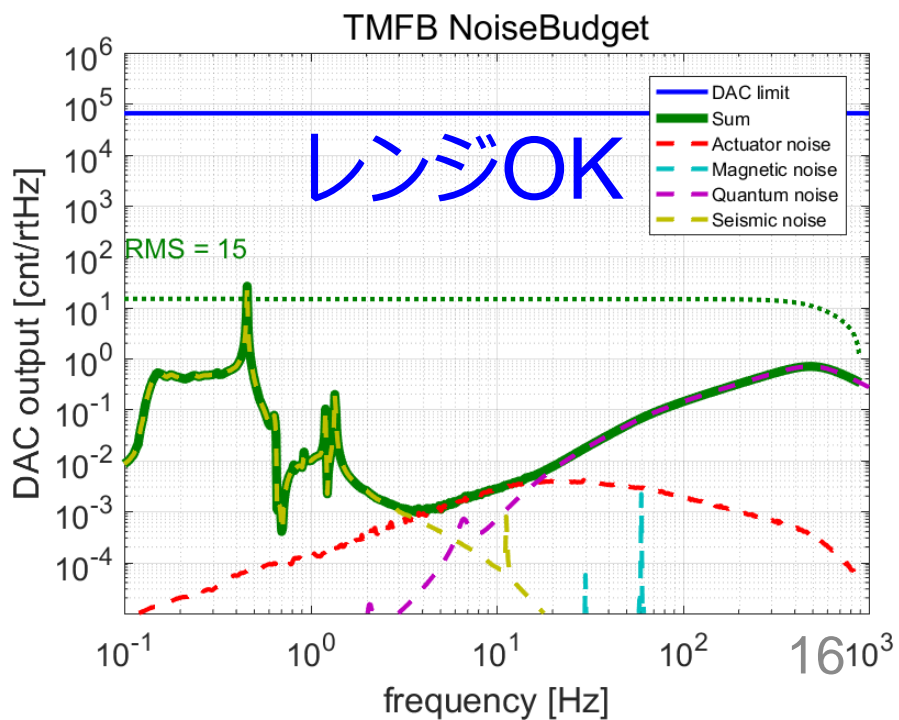
# PRMの結果



OK



レンジOK



レンジOK



# まとめ

- KAGRA主干涉計の長さ制御モデルを作った
- アクチュエータ雑音、磁場雑音  
が変位雑音要求値を満たすか、  
レンジは十分かを確認
- 常温鏡についてはOK
- 低温鏡については制御系の改良  
が必要

Marionetteにより大きい磁石  
または  
さらに上段へのフィードバック

