

重力波望遠鏡KAGRAの 主干涉計制御設計II

道村唯太

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻

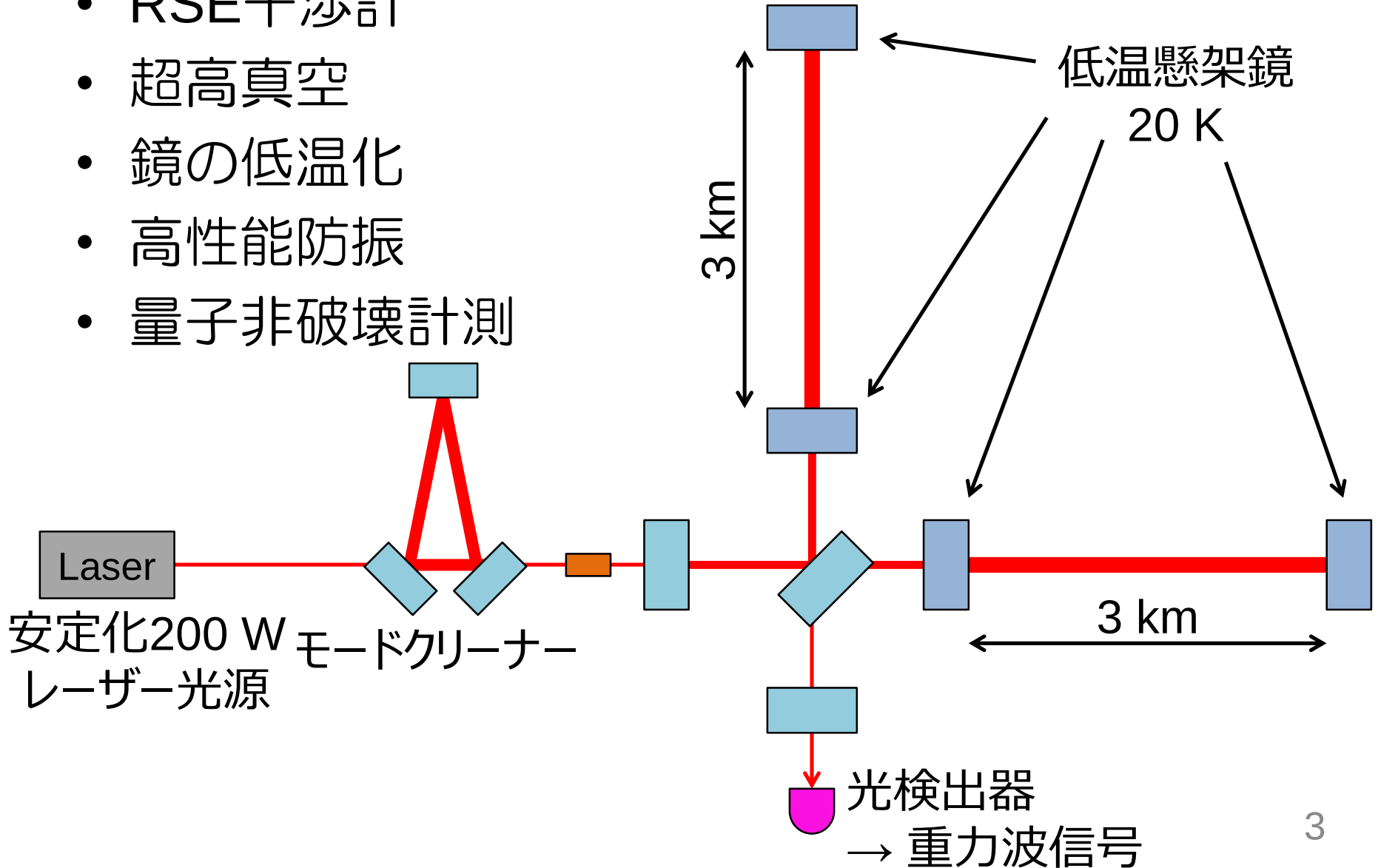
大型低温重力波望遠鏡KAGRA

- 岐阜県 神岡鉱山地下に建設中
- 2015年末に試験
運転開始予定
- 2017年末に本格
運転開始予定
- 150 Mpc先の
中性子星連星
からの重力波



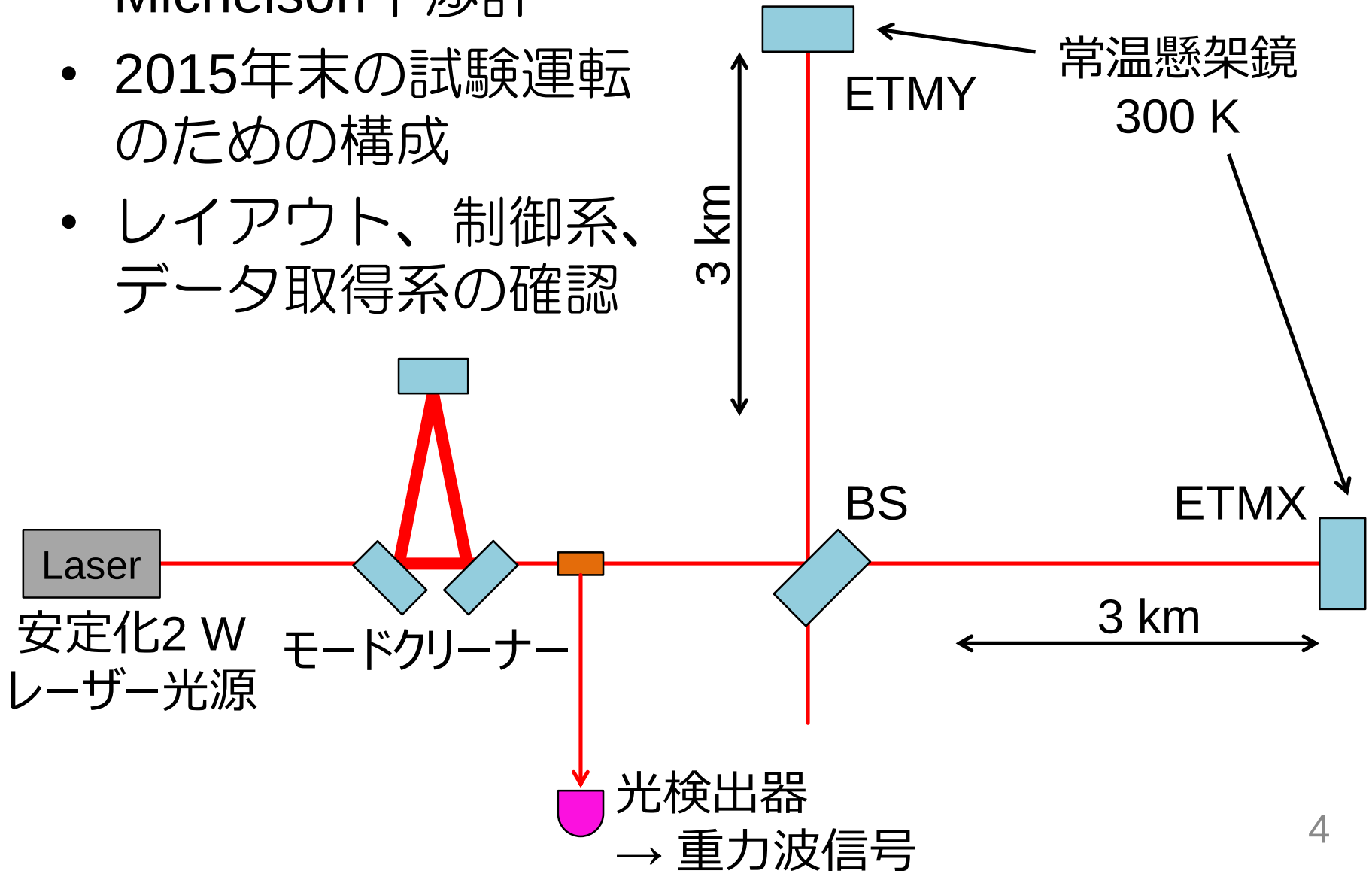
KAGRAの干渉計構成

- RSE干渉計
- 超高真空
- 鏡の低温化
- 高性能防振
- 量子非破壊計測



iKAGRAの干渉計構成

- Michelson干渉計
- 2015年末の試験運転のための構成
- レイアウト、制御系、データ取得系の確認



干渉計制御系の開発

- 高精度な重力波検出器として使うためには、鏡の位置の制御が必要
 - 信号取得のための出射光学系
 - アナログ回路
 - デジタル制御系
 - それらの配線
 - カメラなど干渉計モニタ
 - 干渉計シミュレーション
- の開発が必要

干渉計制御系の開発

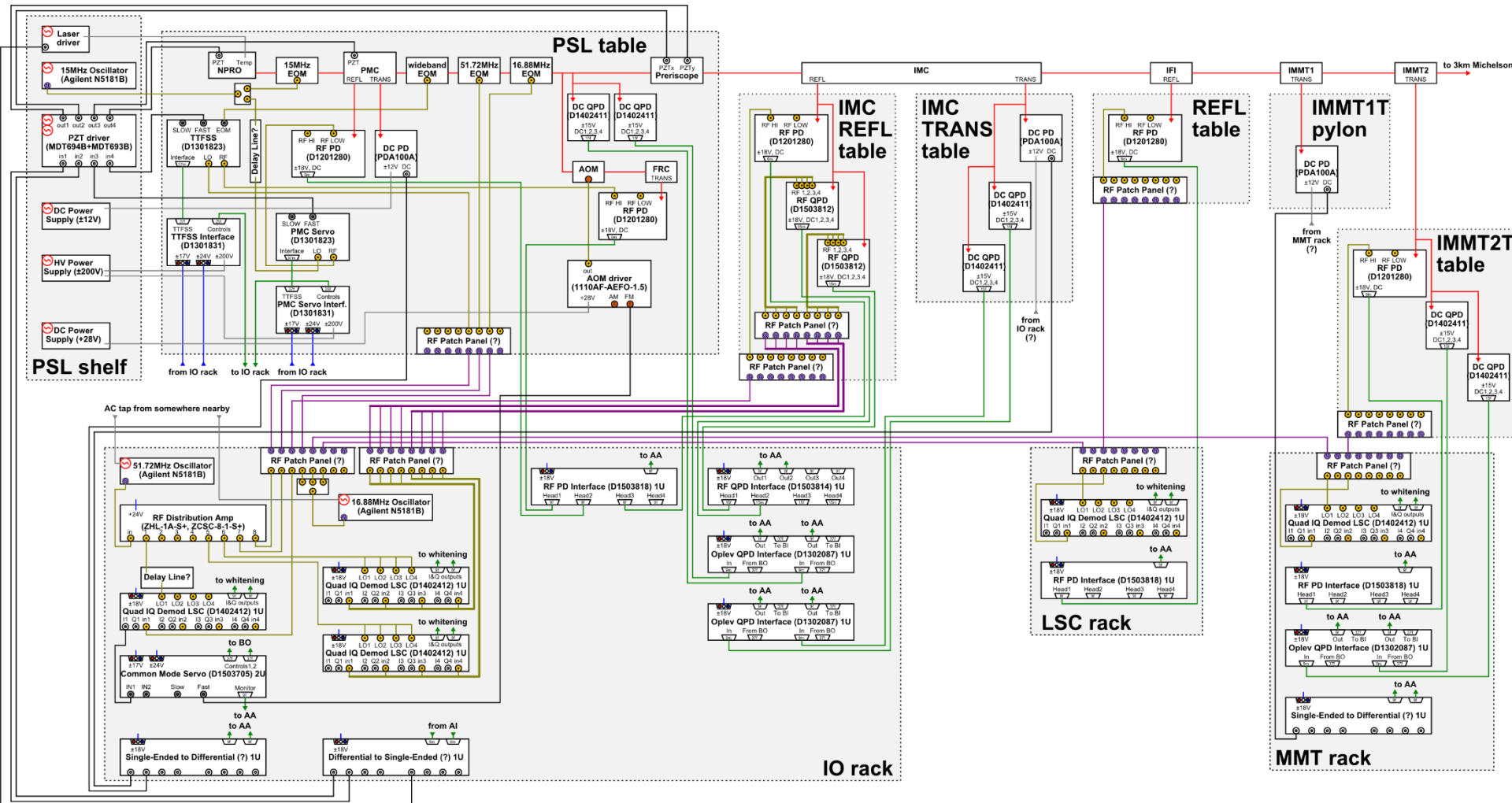
- 高精度な重力波検出器として使うためには、鏡の位置の制御が必要
iKAGRA(2015年末の初期観測段階)における光学・電気系の準備状況

- 信号取得のための出射光学系
- アナログ回路
- デジタル制御系
- それらの配線
- カメラなど干渉計モニタ
- 干渉計シミュレーション

の開発が必要

bKAGRAに向けたシミュレーション

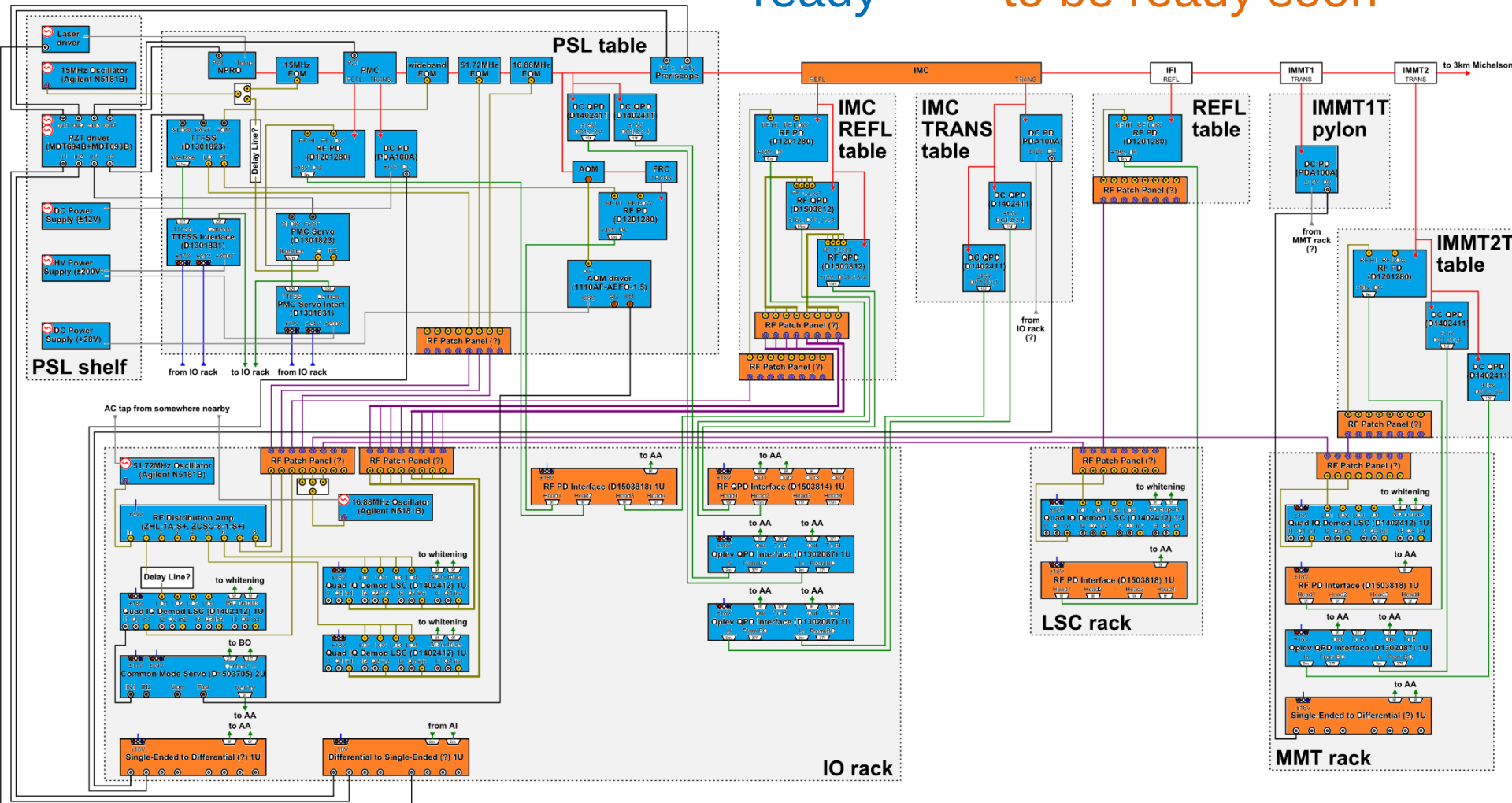
iKAGRAの光学・電気系



iKAGRAの光学・電気系

ready

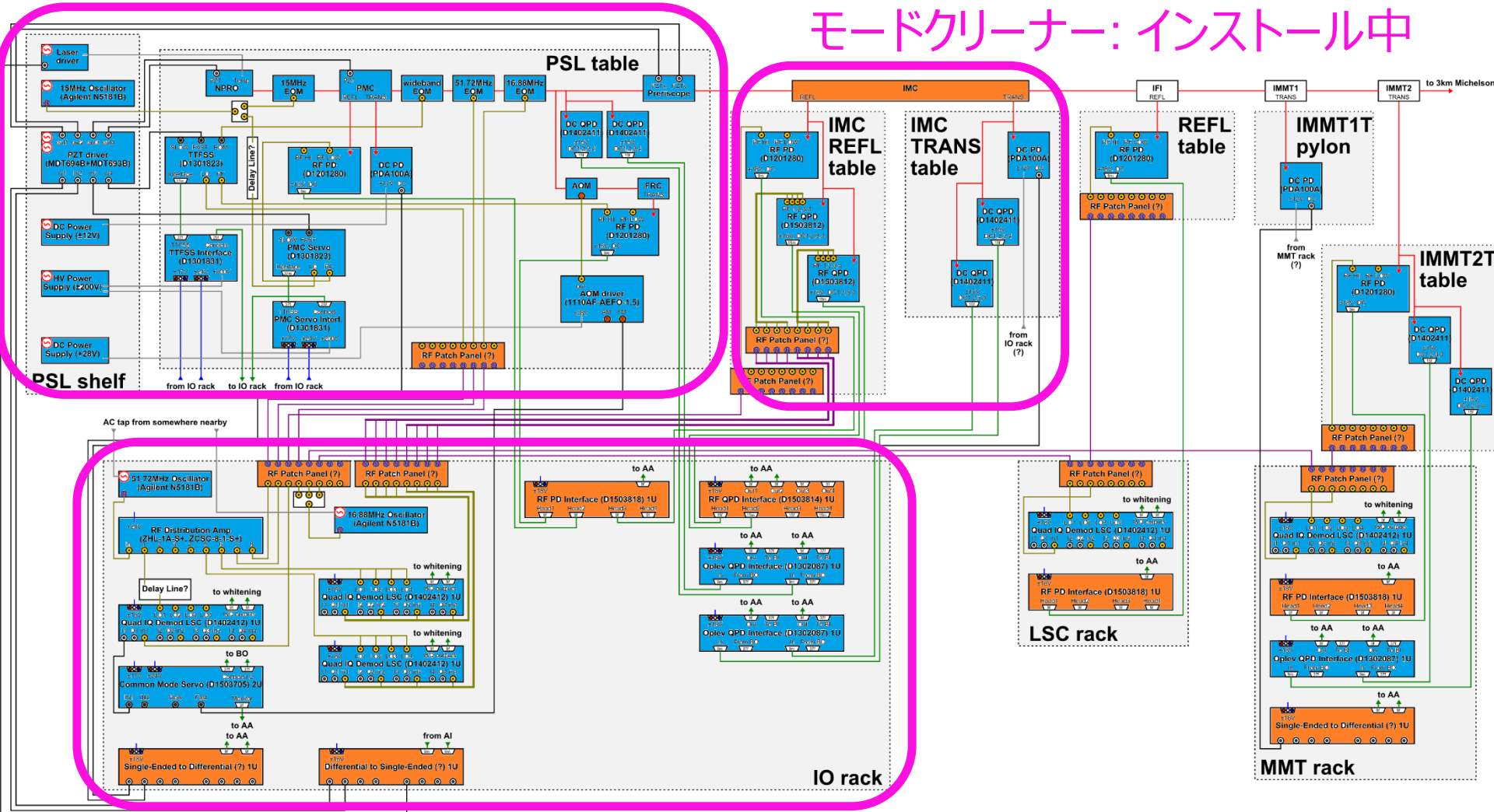
to be ready soon



iKAGRAの光学・電気系

プレ安定化レーザー: 配線・光学系のテストほぼ完了

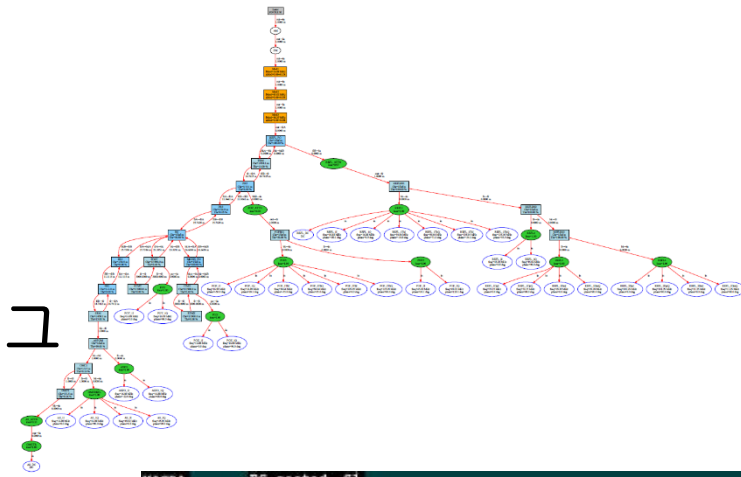
モードクリーナー: インストール中



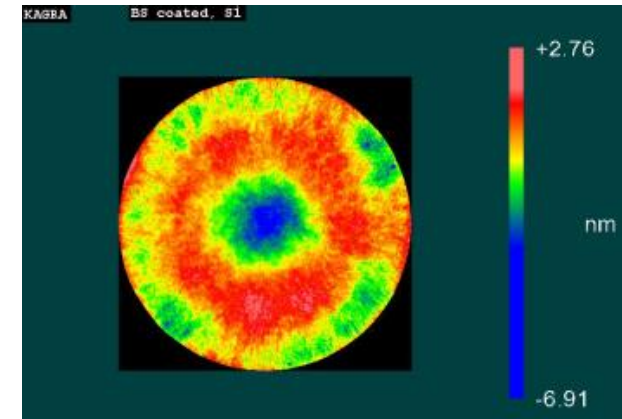
入射光学系回路ラック: 回路準備ほぼ完了／配線まだ

干渉計シミュレーションの話

- 干渉計の光学応答
ツール: Optickle, FINESSE
最終形に関しては完了
途中段階における応答シミュレーションはまだ



- 鏡の品質の干渉計への影響
ツール: FOGP13
進行中

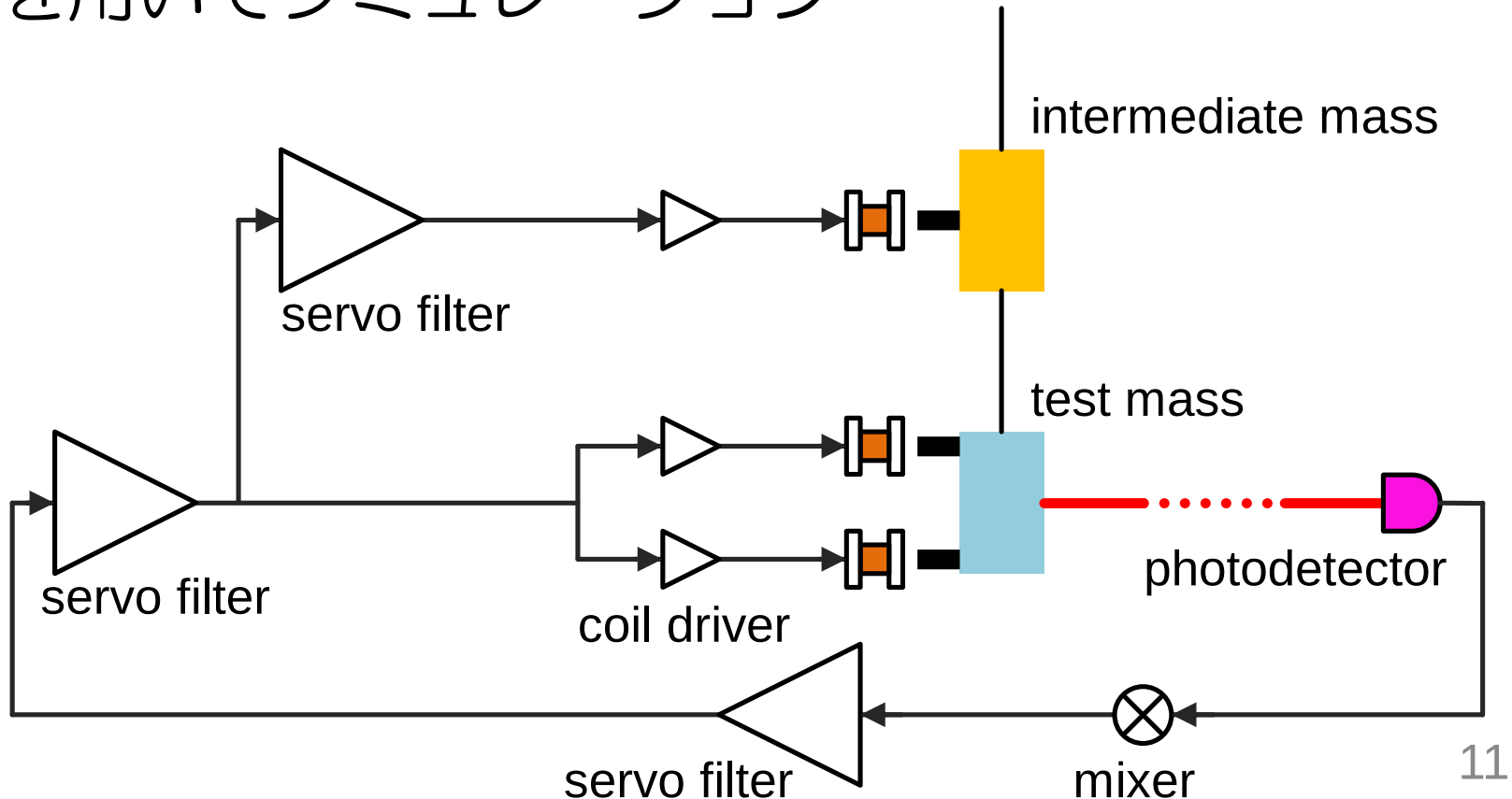


- 干渉計制御系の雑音見積り
ツール: NoiseBudget
進行中

→ 今回はこの話(特にアクチュエータ雑音)

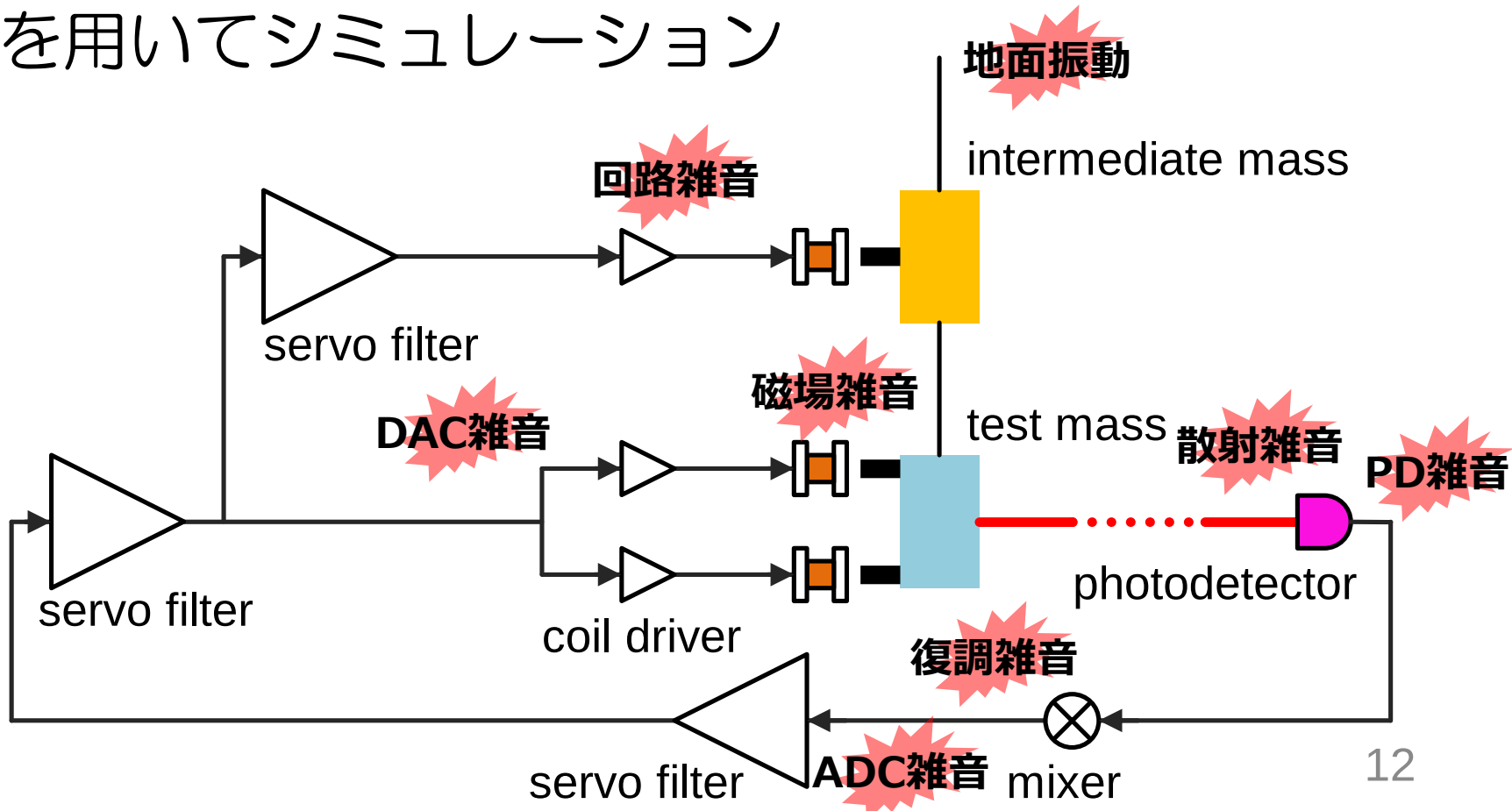
鏡の位置制御系

- 干渉計信号とコイル-マグネットアクチュエータを用いて鏡の位置を制御
- MITのChris Wipfが開発したNoiseBudgetツールを用いてシミュレーション



混入する雑音

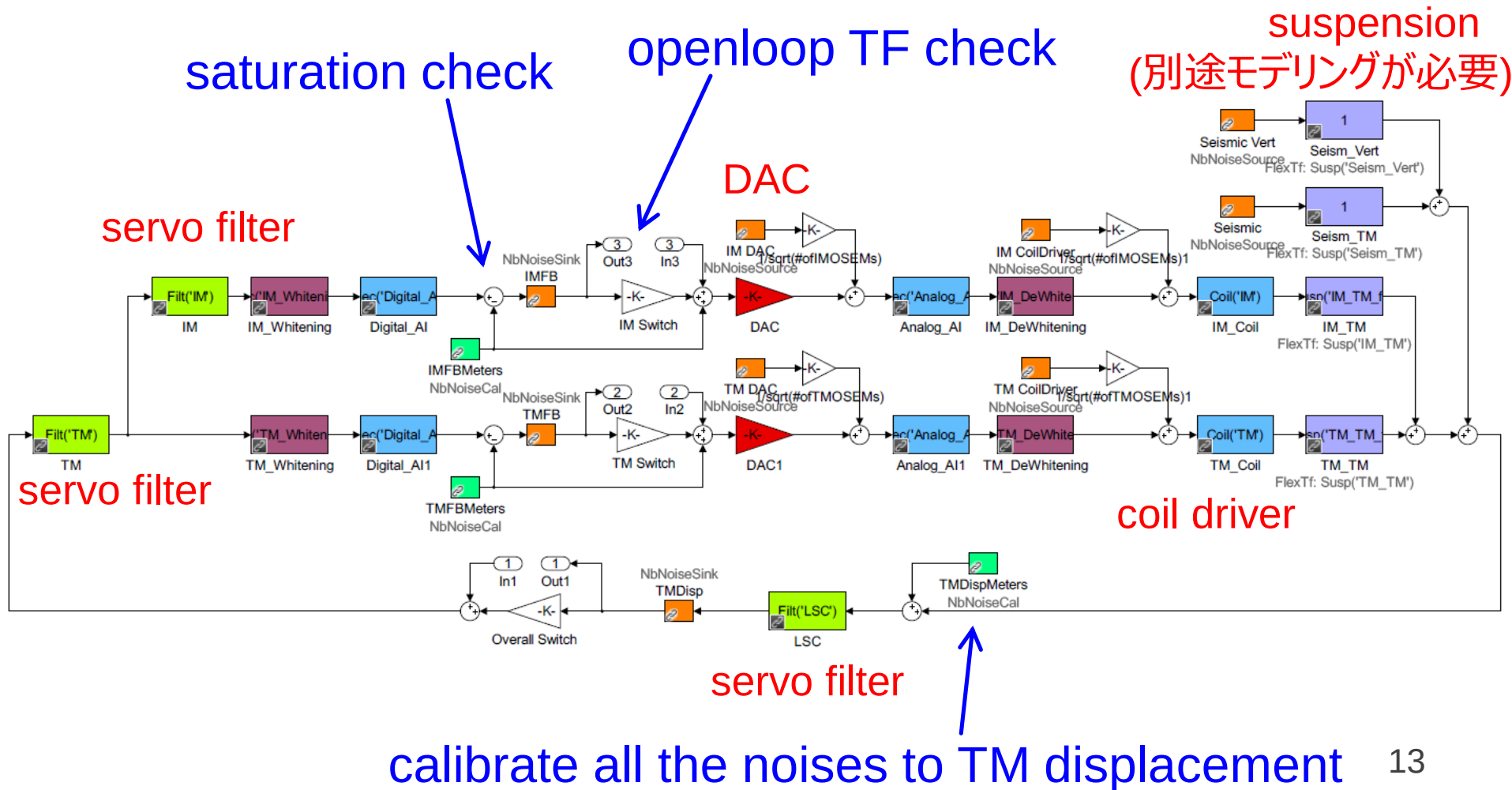
- 干渉計信号とコイル-マグネットアクチュエータを用いて鏡の位置を制御
- MITのChris Wipfが開発したNoiseBudgetツールを用いてシミュレーション



モデル化

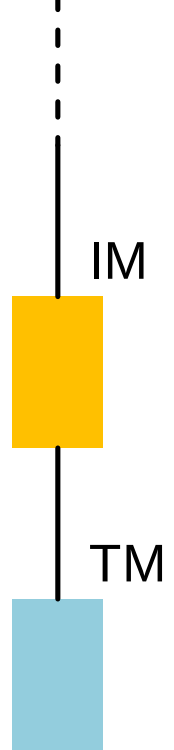
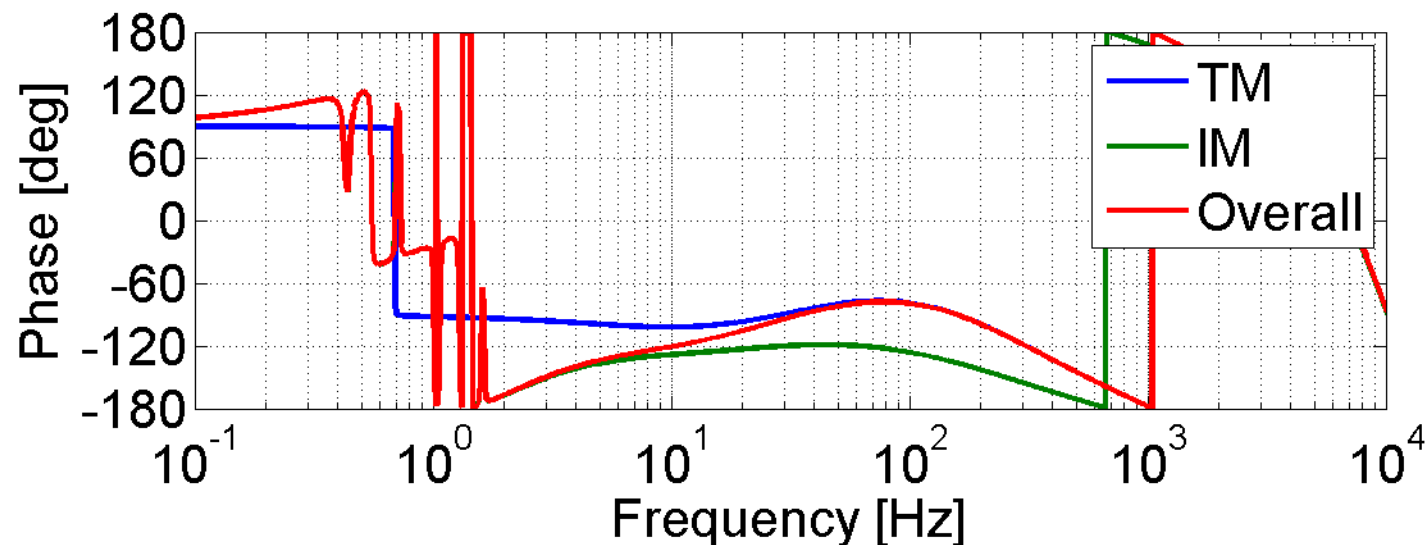
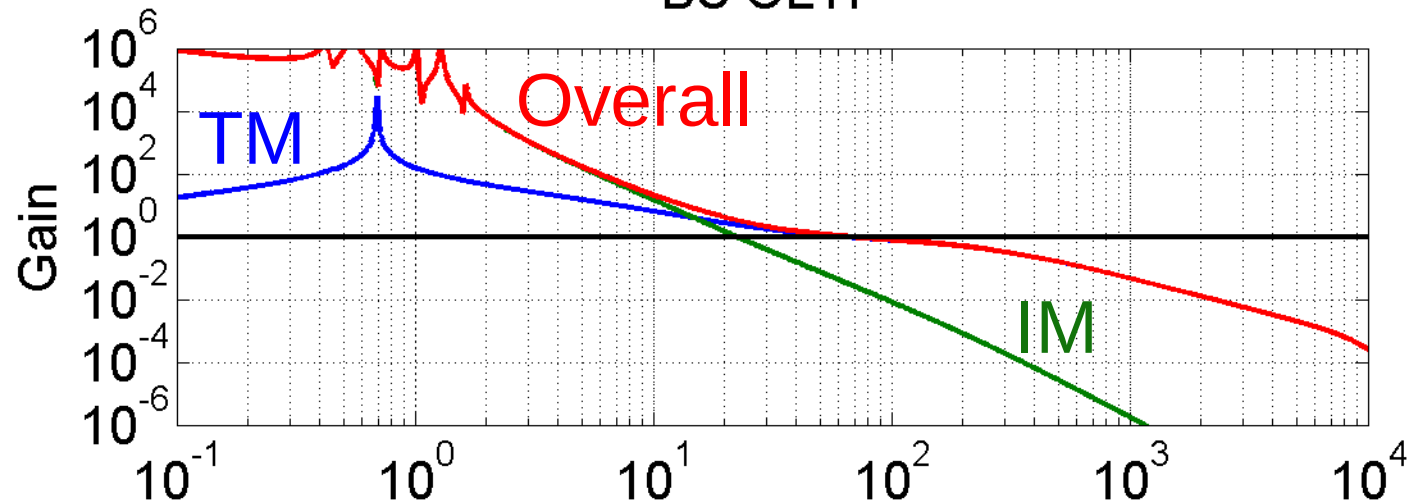


- Simulink NoiseBudgetによるモデル化
- 磁場雑音、センサ側の雑音はまだ入っていない



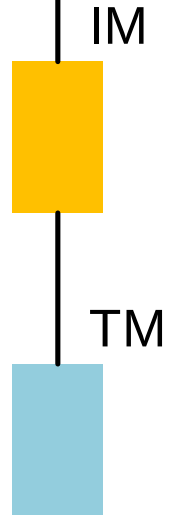
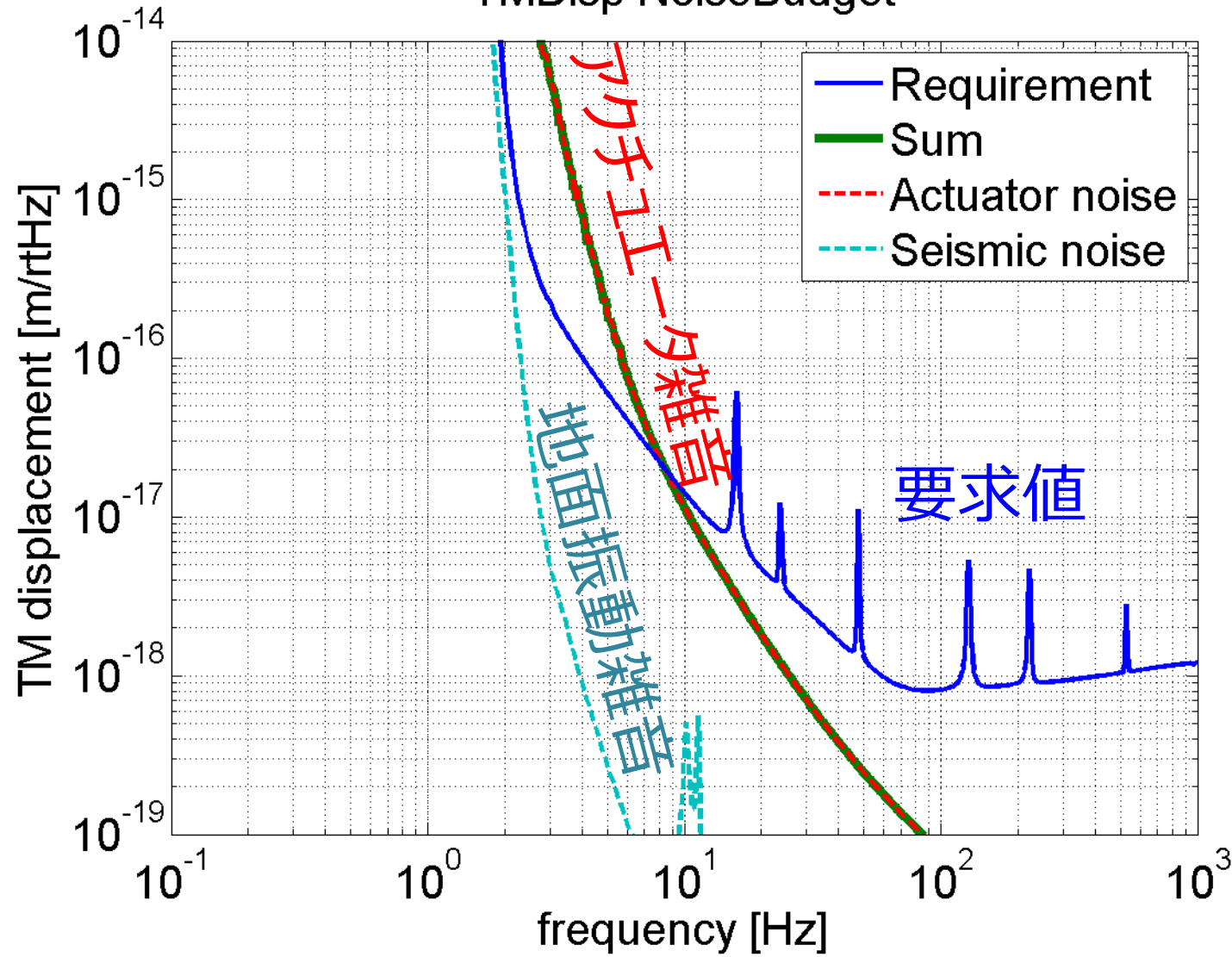
制御ループの設計(BS)

- 低周波はIM、高周波はTM
BS OLTf



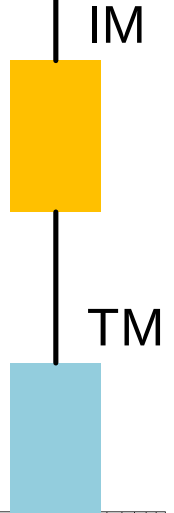
変位雑音の見積もり結果(BS)

- 10 Hz以上で要求値を満たす

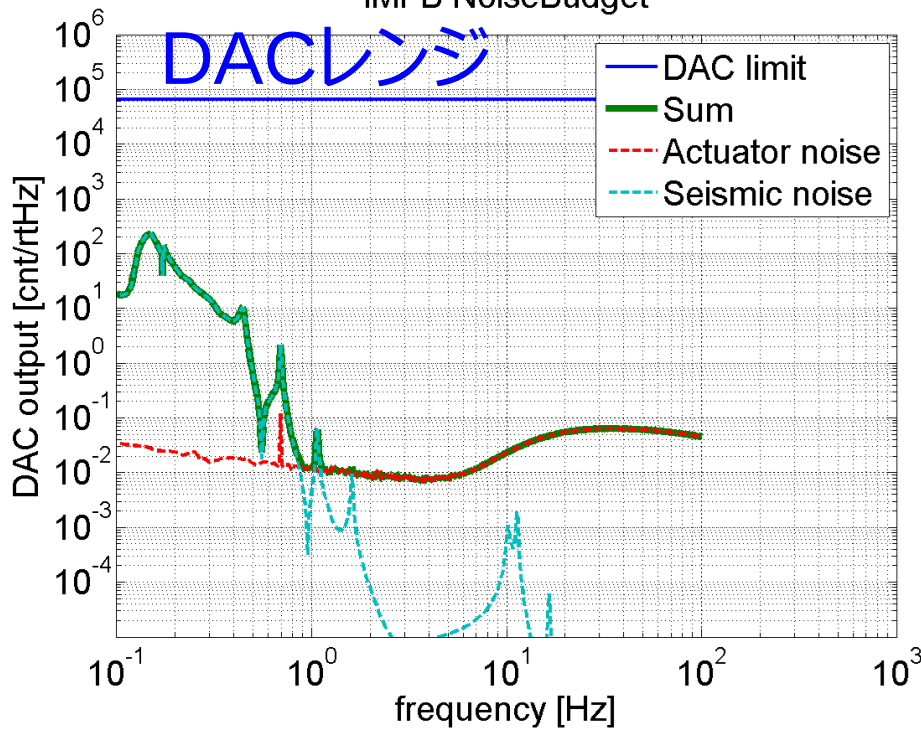


レンジの確認(BS)

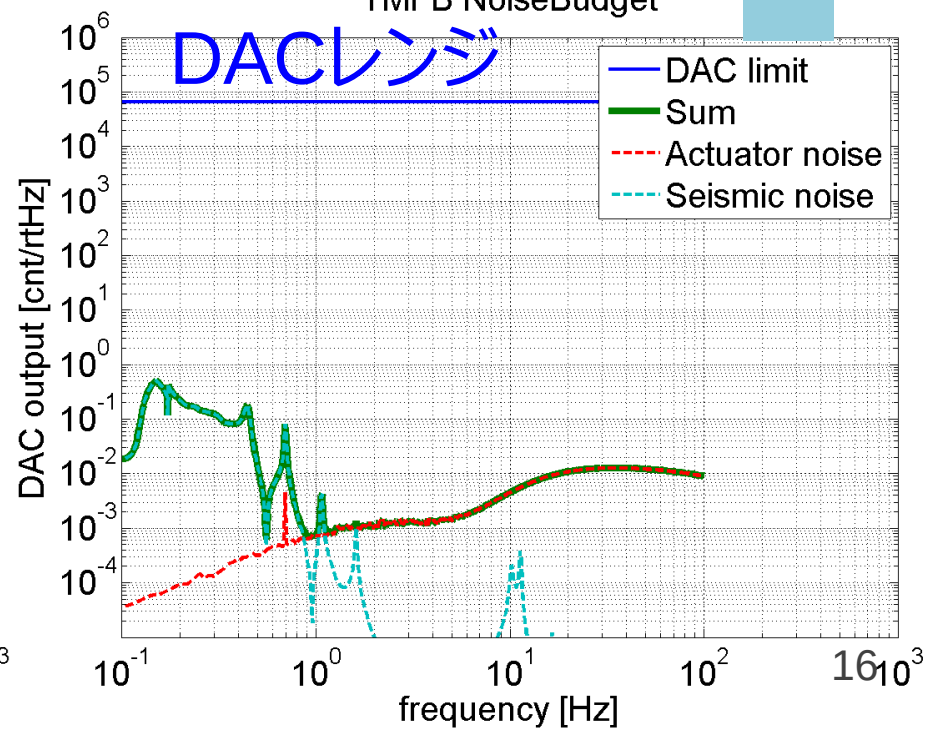
- DACのレンジを超えない
→ アクチュエータをあと数桁弱くしてもよい(そうすればアクチュエータ雑音はさらに数桁下がる)



IMFB NoiseBudget



TMFB NoiseBudget



各鏡の変位雑音まとめ

- SR系に関しては効率を落とす必要あり
- 特に、磁場雑音を考え、磁石を小さくするかも

	タイプ	地面振動	アクチュ雑音	レンジ
IMC	C	OK	OK	OK
BS	B	OK	OK	OK
PRC	Bp	OK	OK	OK
SRC	B	OK	BAD	OK
ITM ETM	A	OK	TBD	TBD

まとめ

- 大型低温重力波望遠鏡KAGRAは目下建設中
2015年末に試験運転開始予定(iKAGRA)
2017年に本格運転開始予定(bKAGRA)
- iKAGRAに向けた回路の準備はほぼ整った
- プレ安定化レーザーのテストほぼ完了、モードクリーナーのインストール間近
- アクチュエータ雑音を見積もった
- KAGRA SVNにあるので誰でも遊べます
<https://granite.phys.s.u-tokyo.ac.jp/svn/LCGT/trunk/kagranoisebudget>