

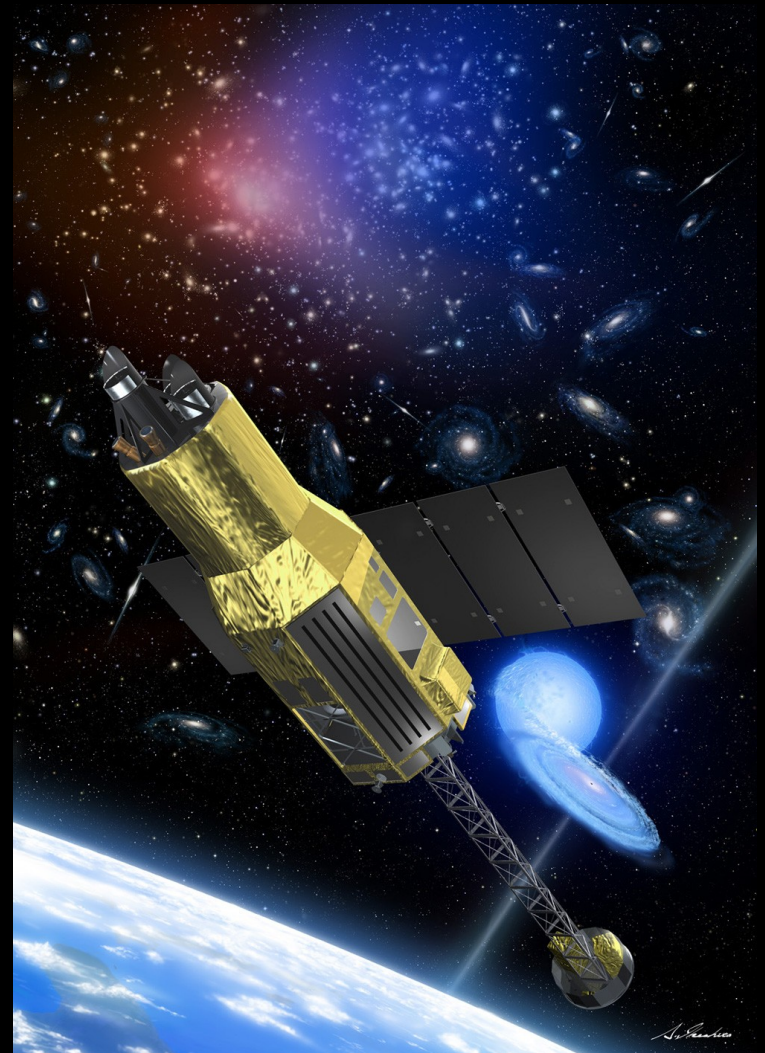
重力波で拓く新しい天文学

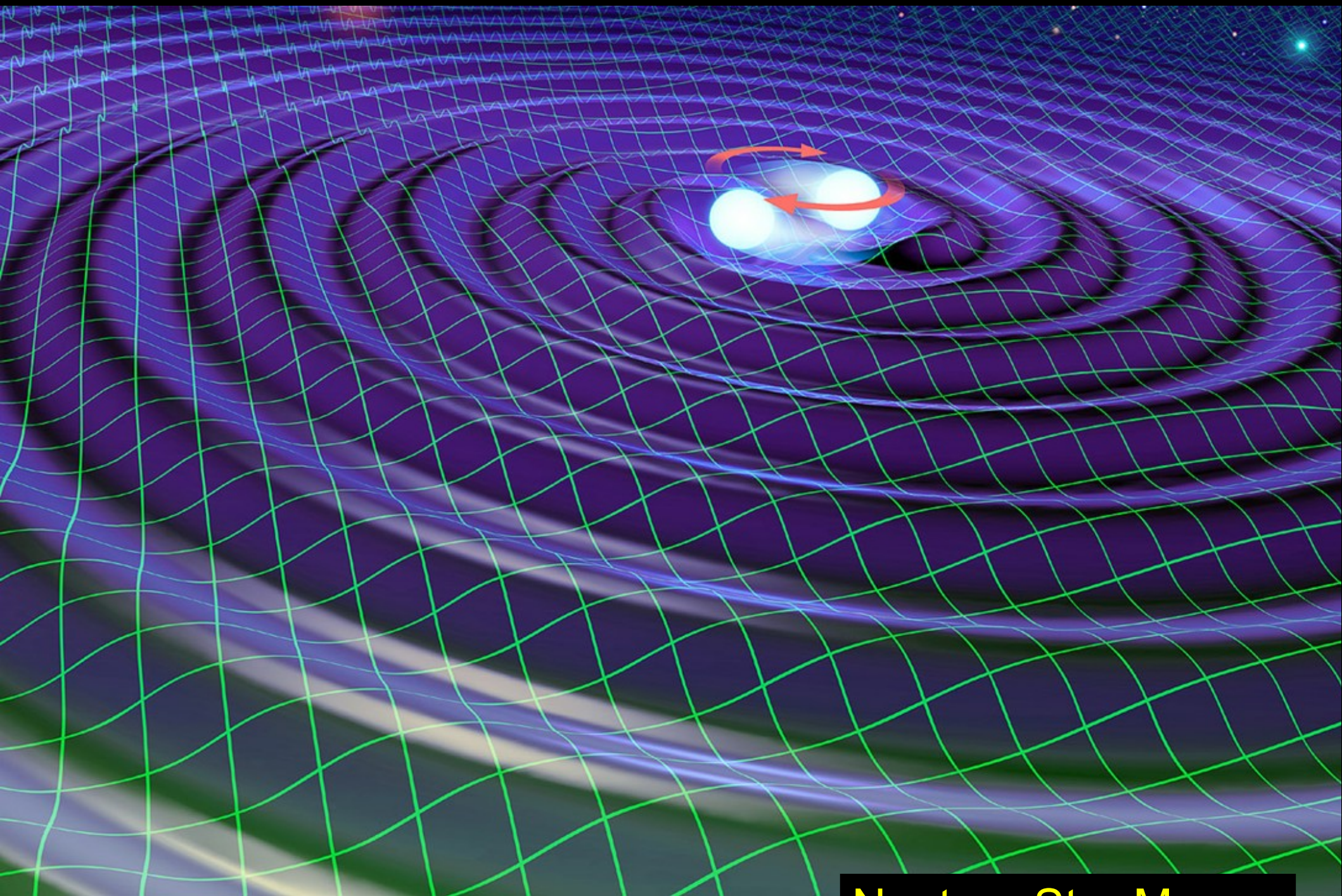
KAGRAの技術と建設の現状

2014/3/14@CRCタウンミーティング
東大理・物理
麻生洋一

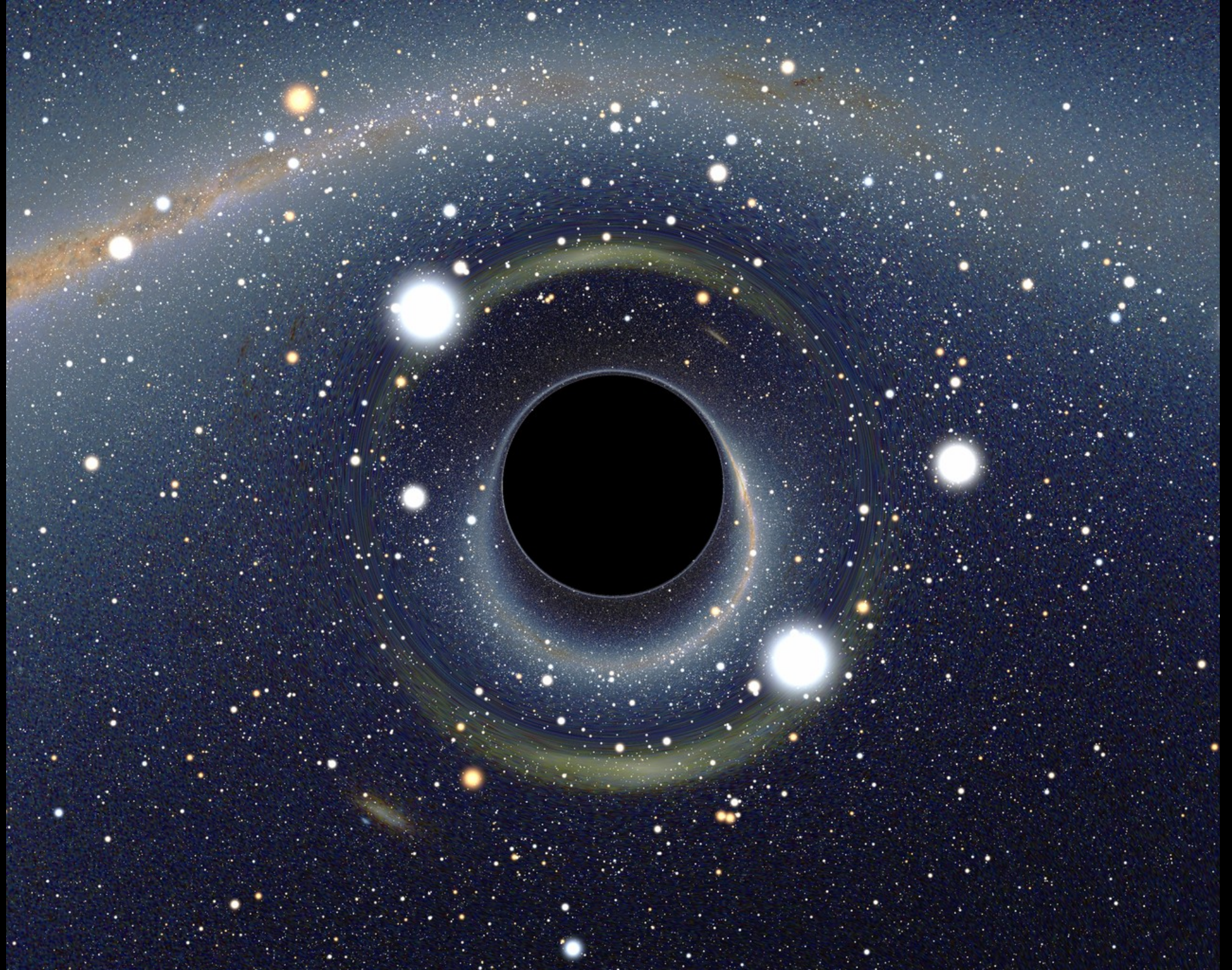
なぜKAGRAを建設するのか？

電磁波による観測

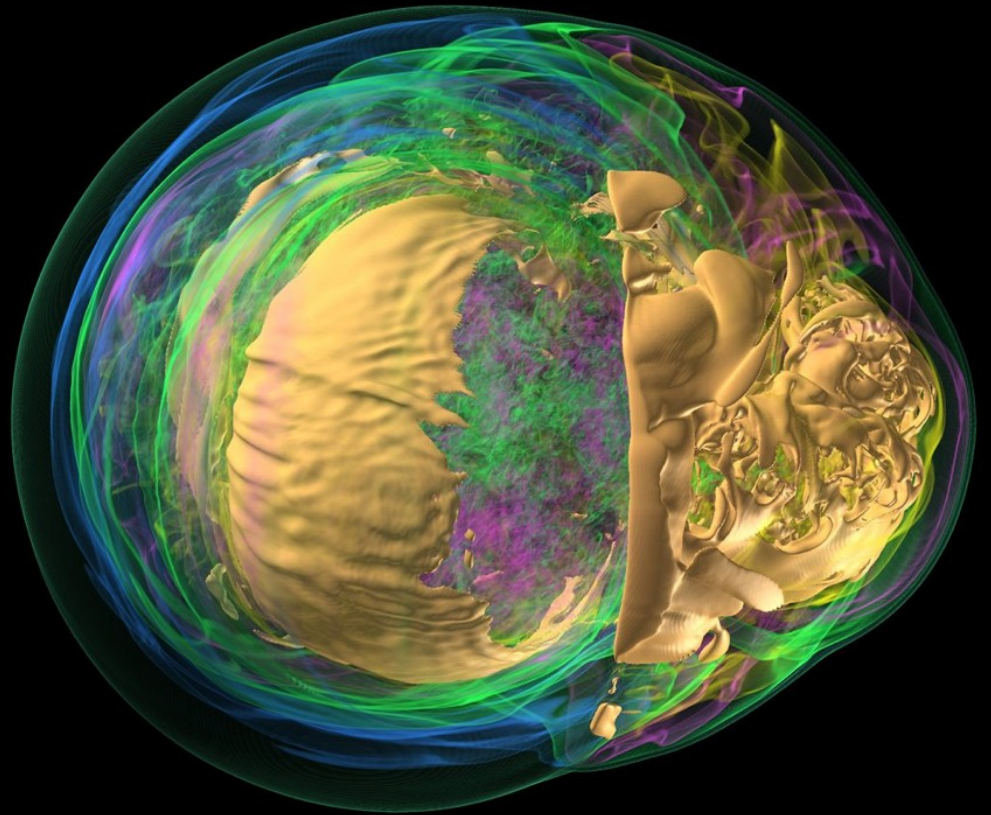
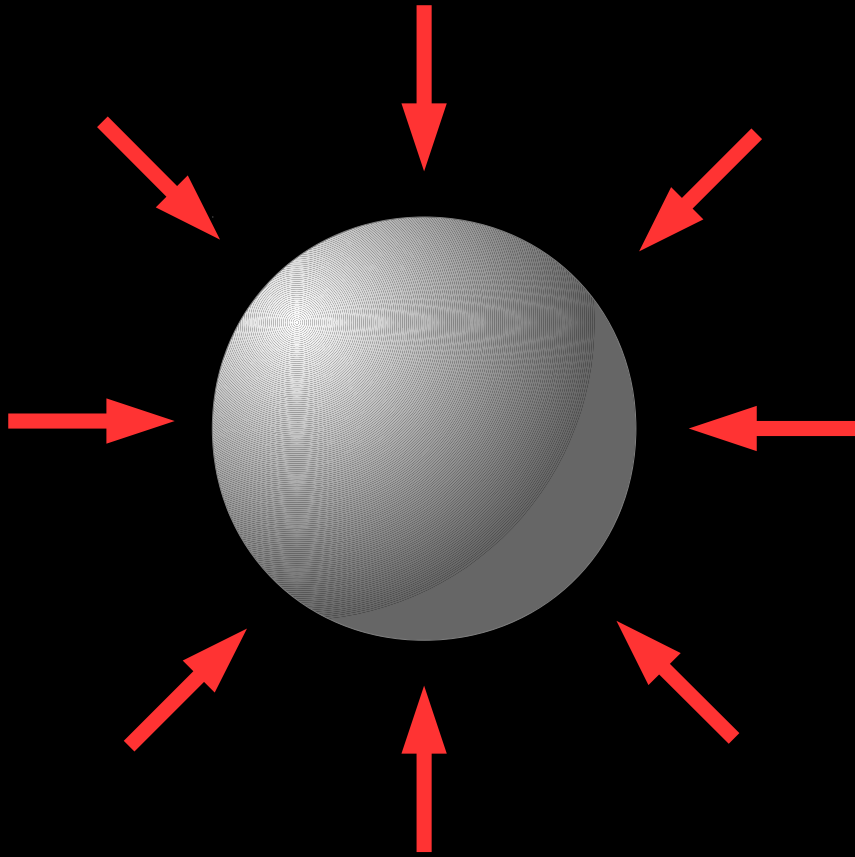


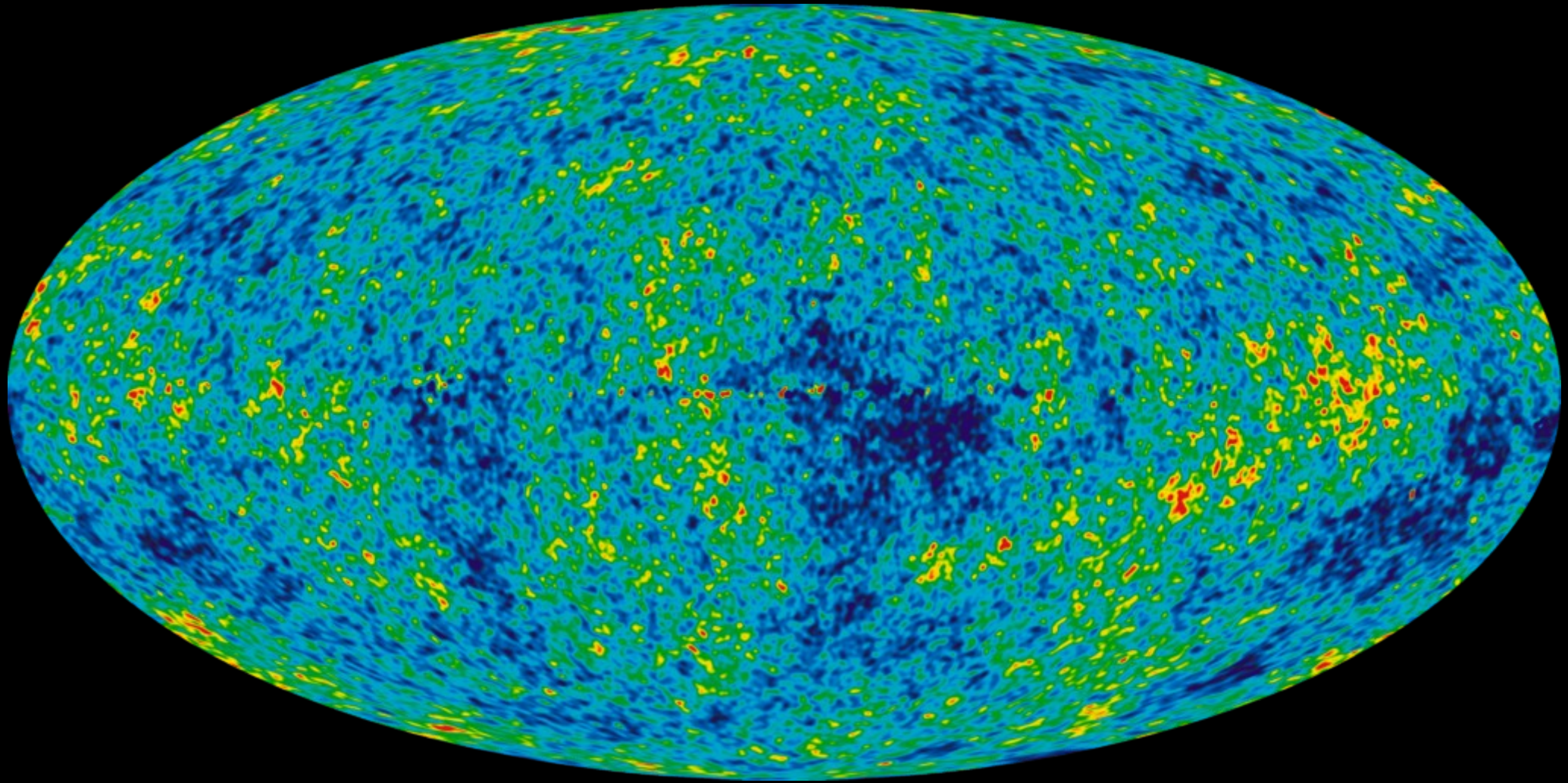


Neutron Star Merger

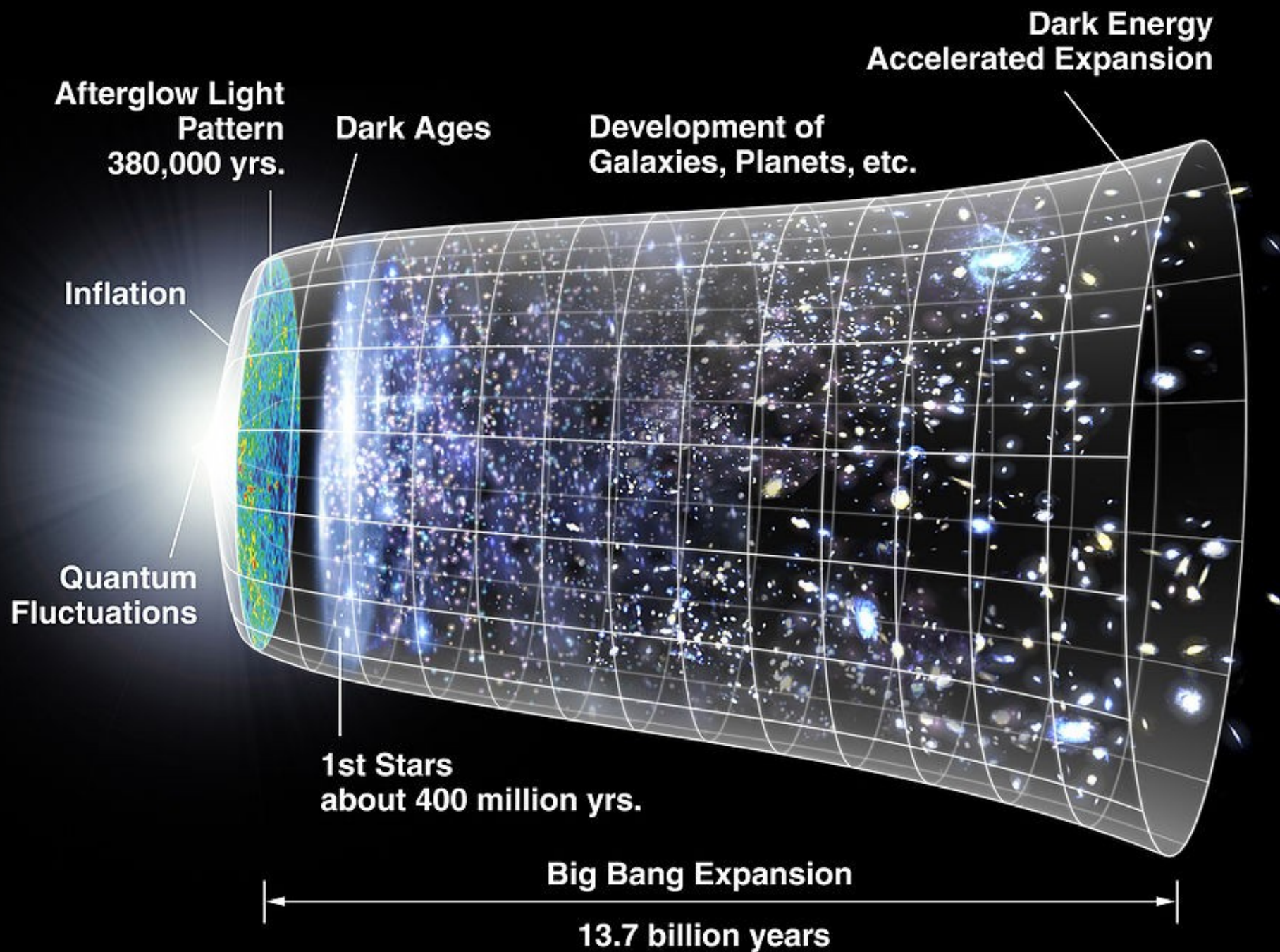


Core Collapse

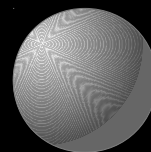
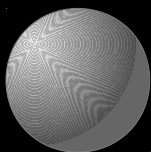


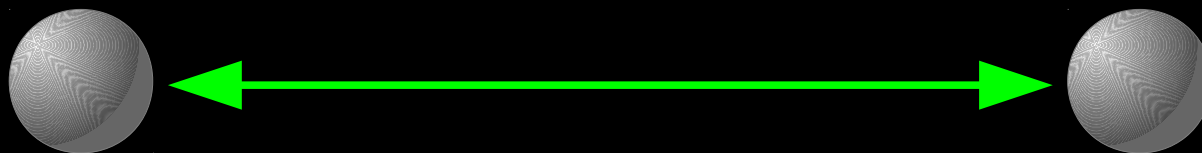


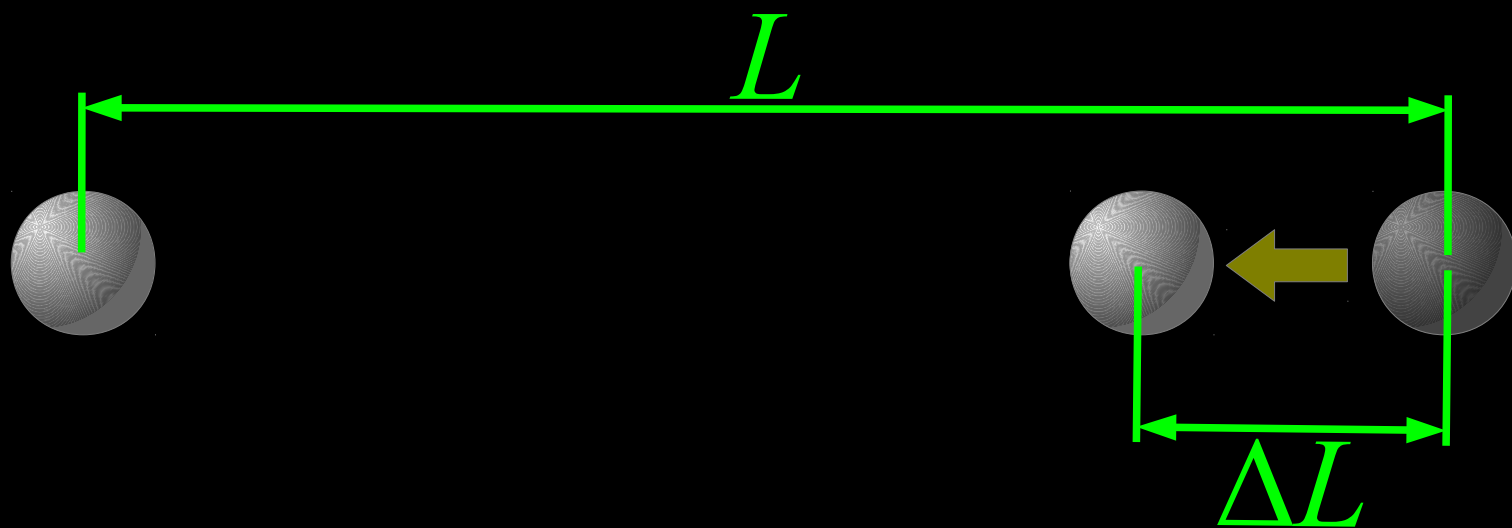
Cosmic Microwave Background



ではどうやって検出するのか？







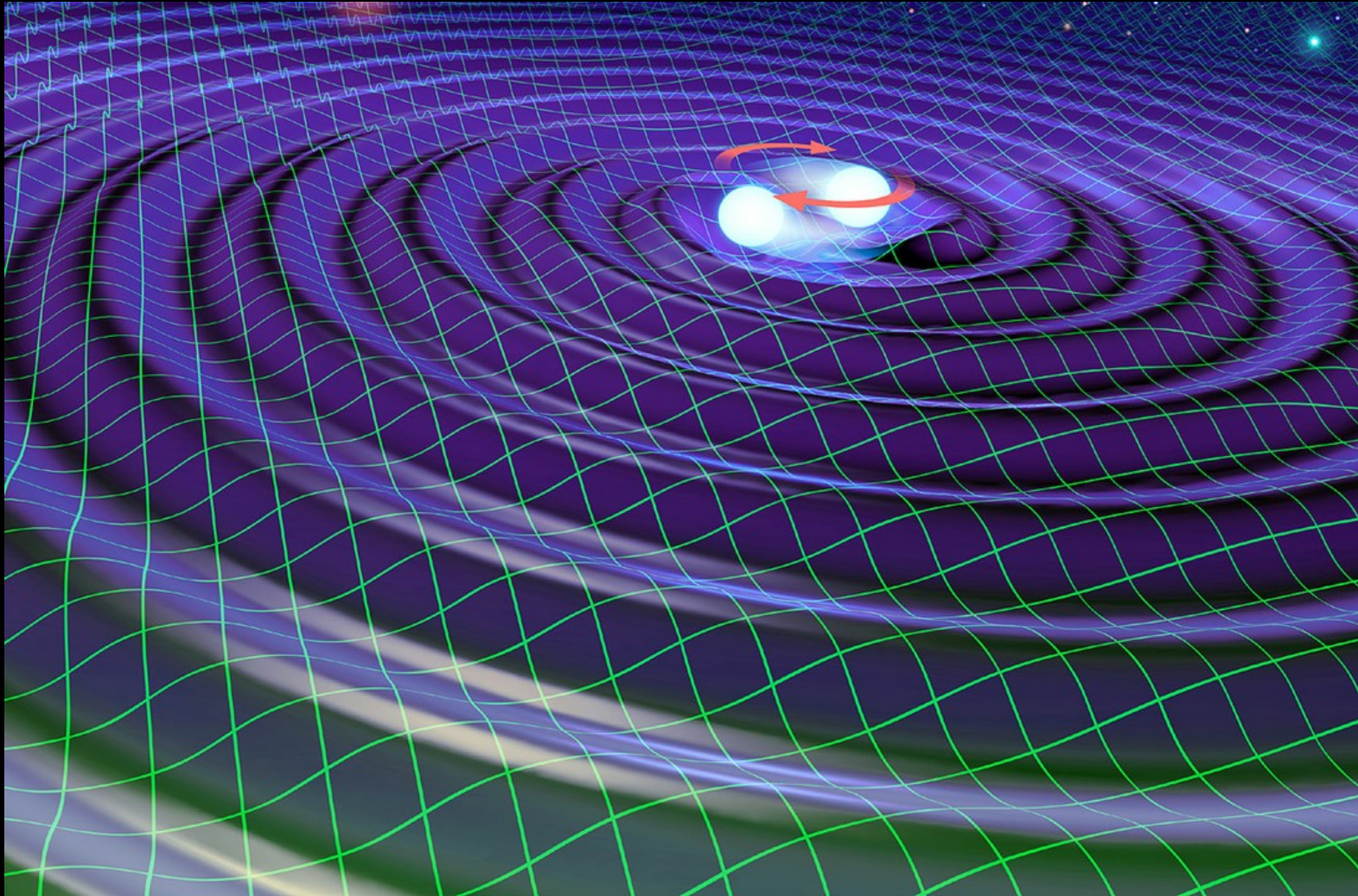
$$h = \frac{\Delta L}{L}$$

重力波振幅

期待される h の大きさは？

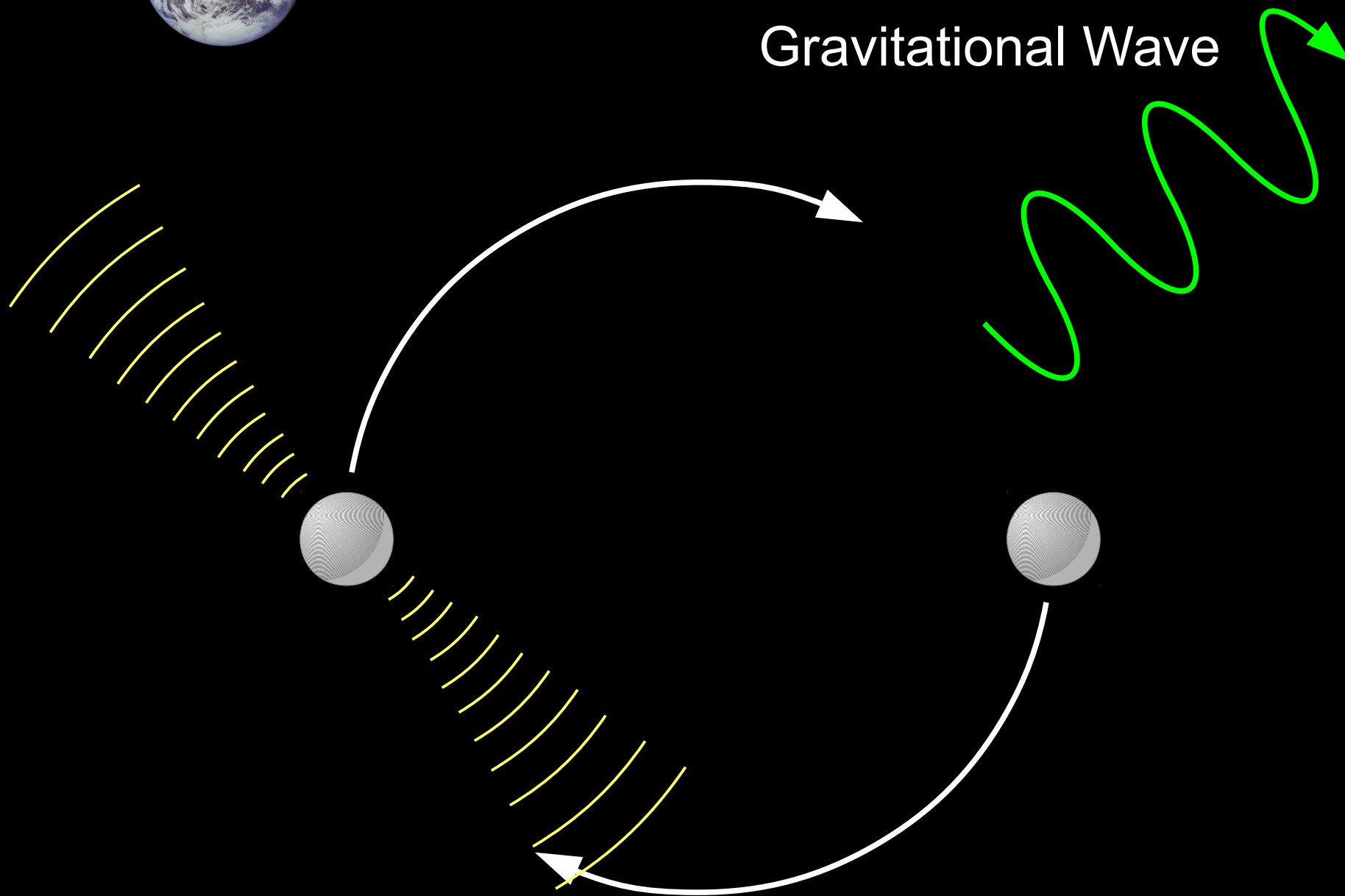
メインターゲット: 連星中性子星合体

最低1年間に1イベントは観測したい

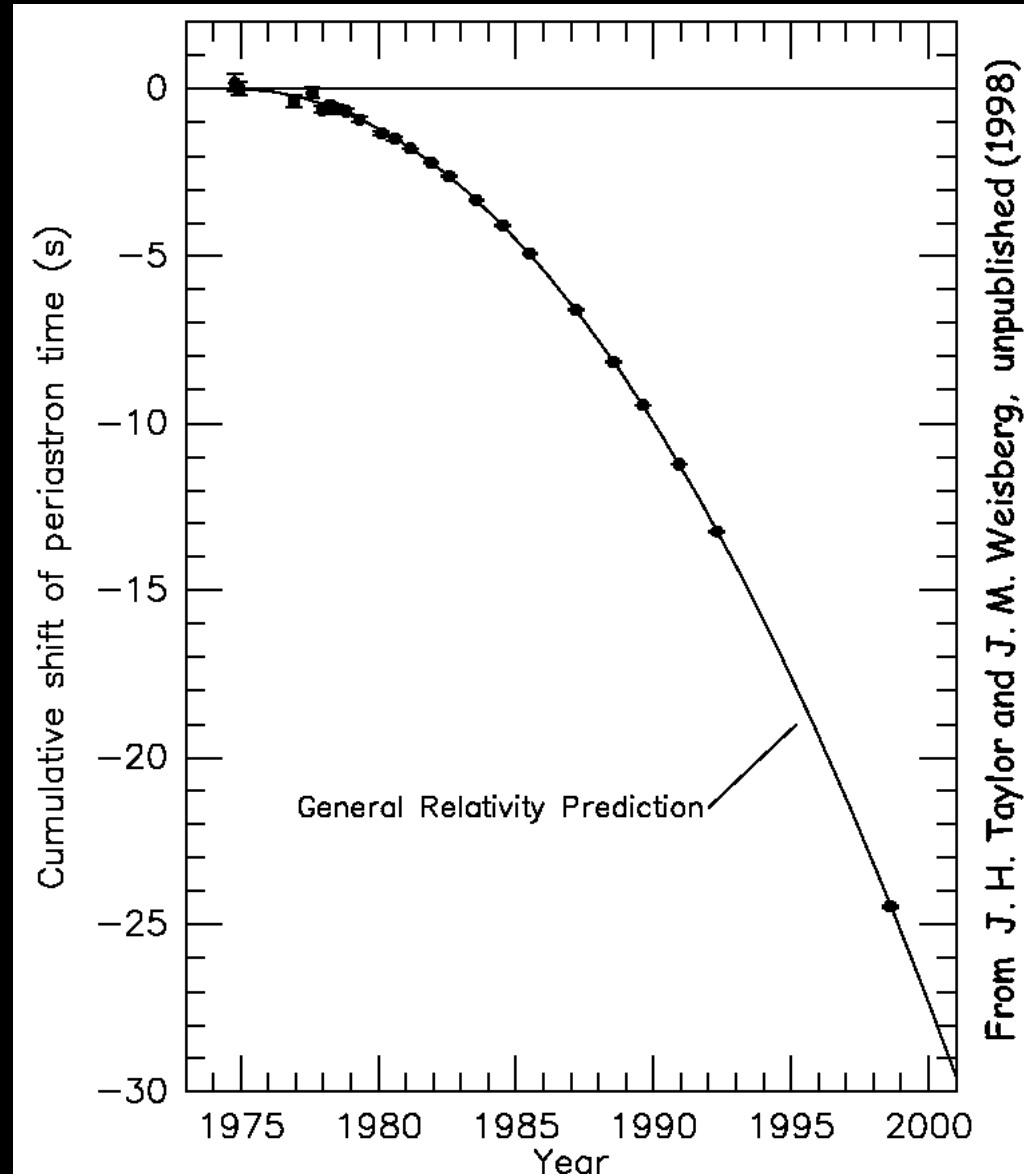




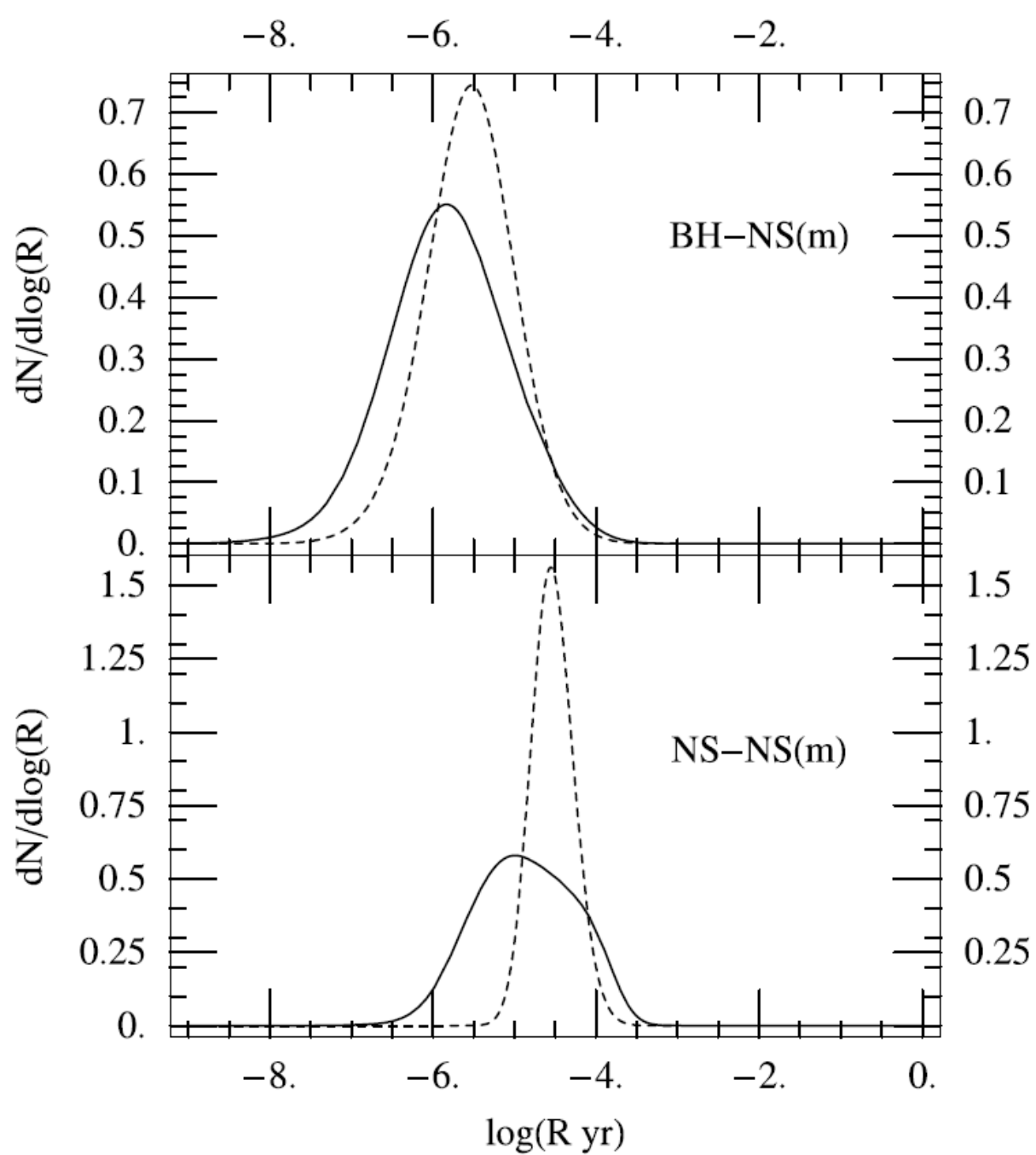
Gravitational Wave

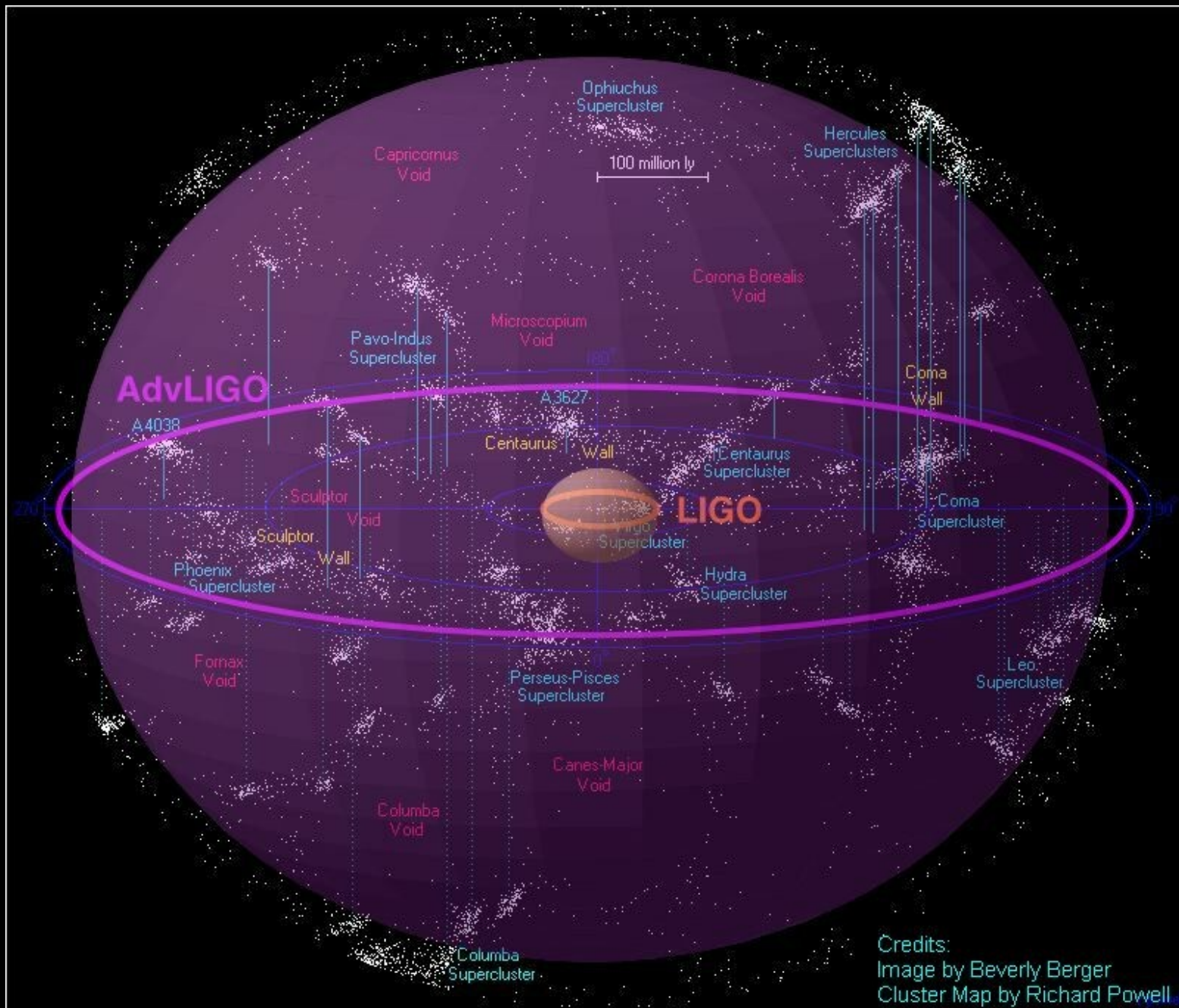


合体までの時間が分かる



1銀河当たり, 1万から10万年に一回



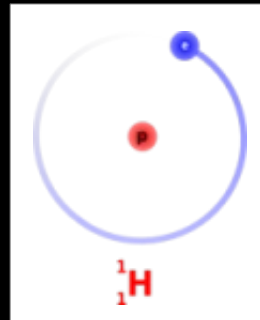
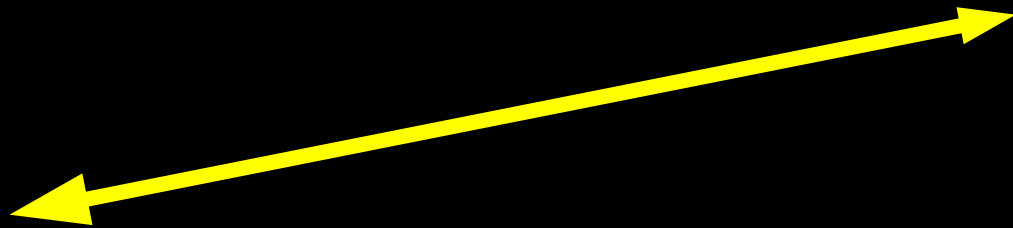


200Mpc

目標感度

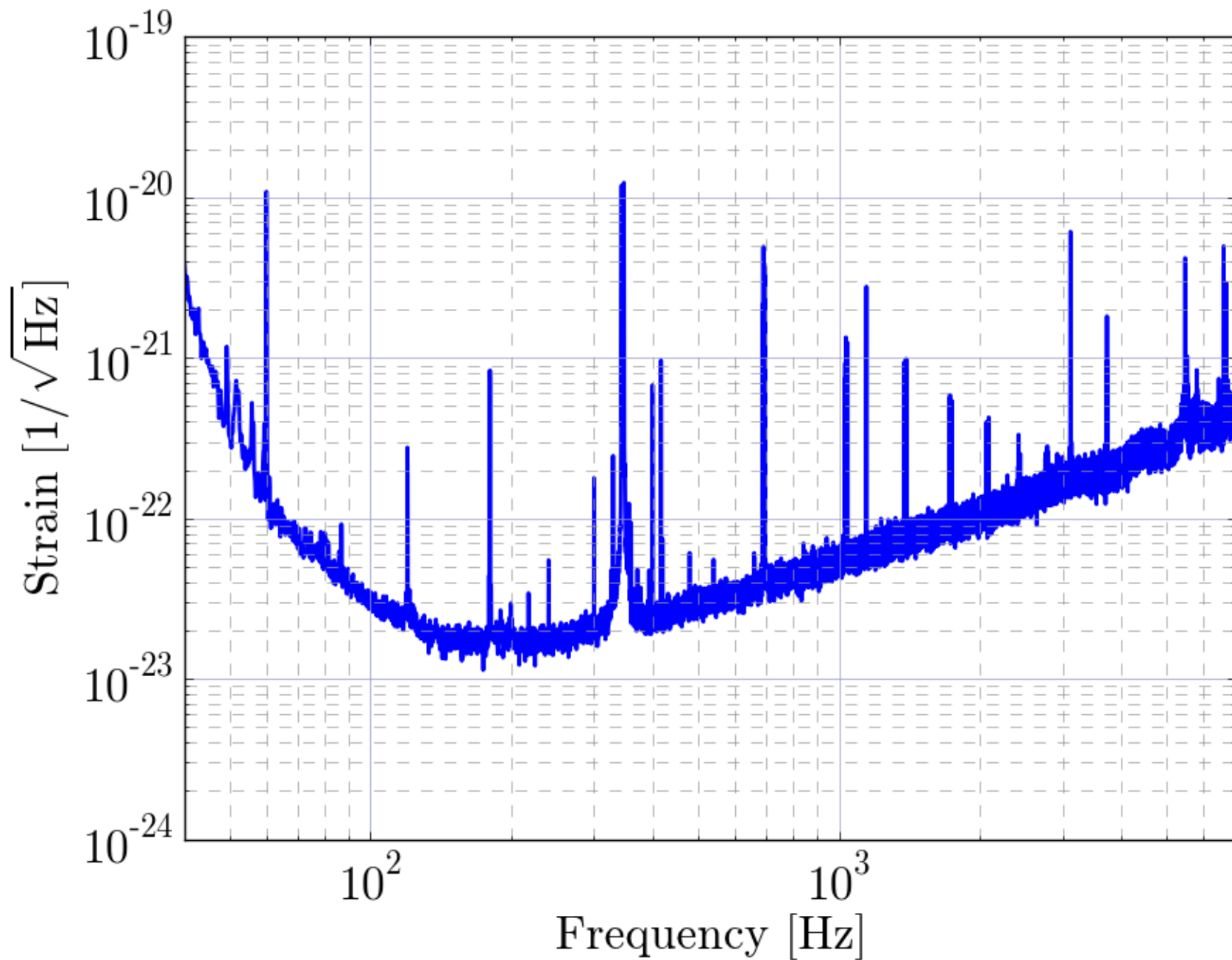
$$h = 10^{-23} \sim 10^{-24}$$

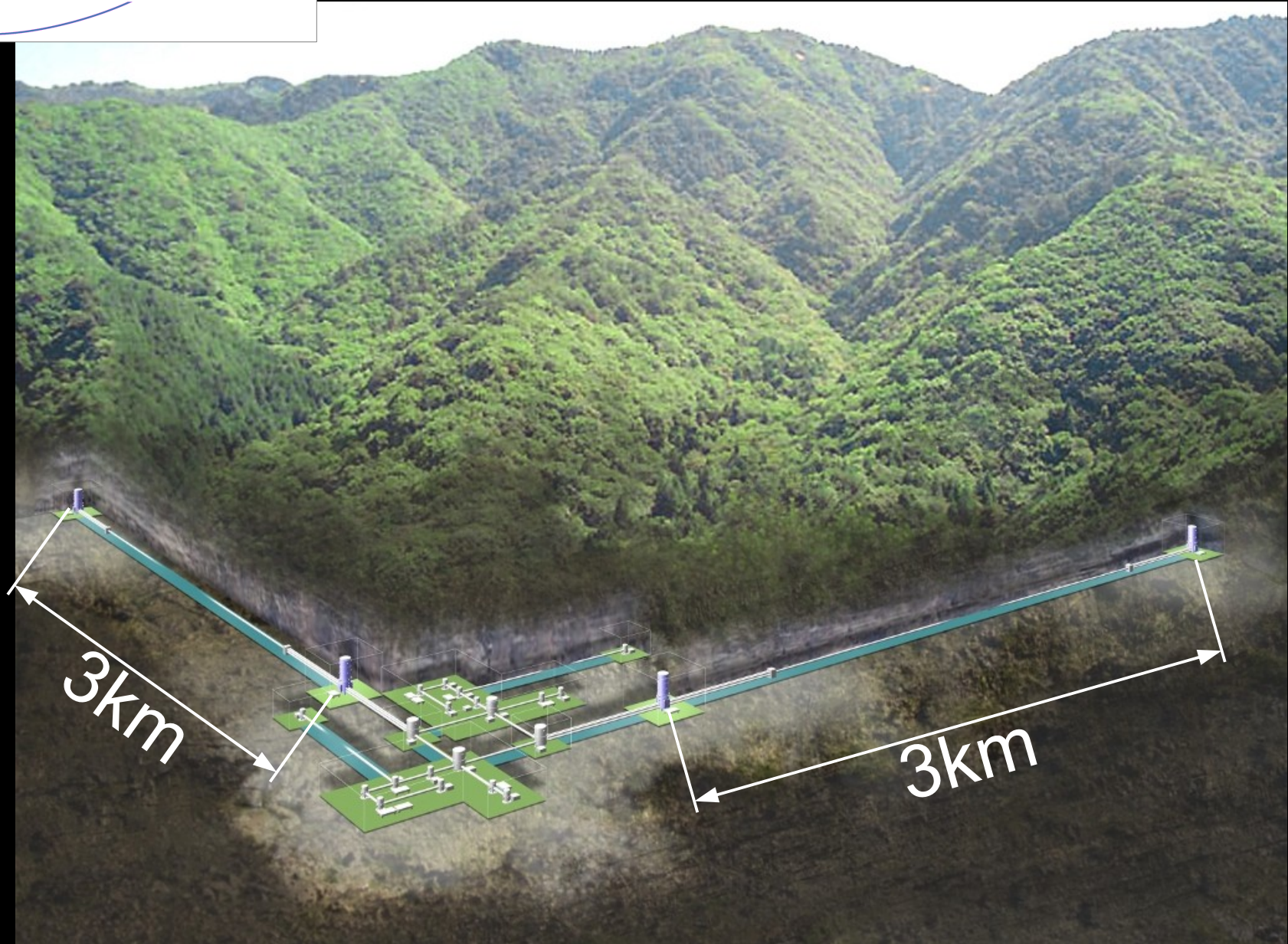
$$h = 10^{-24}$$



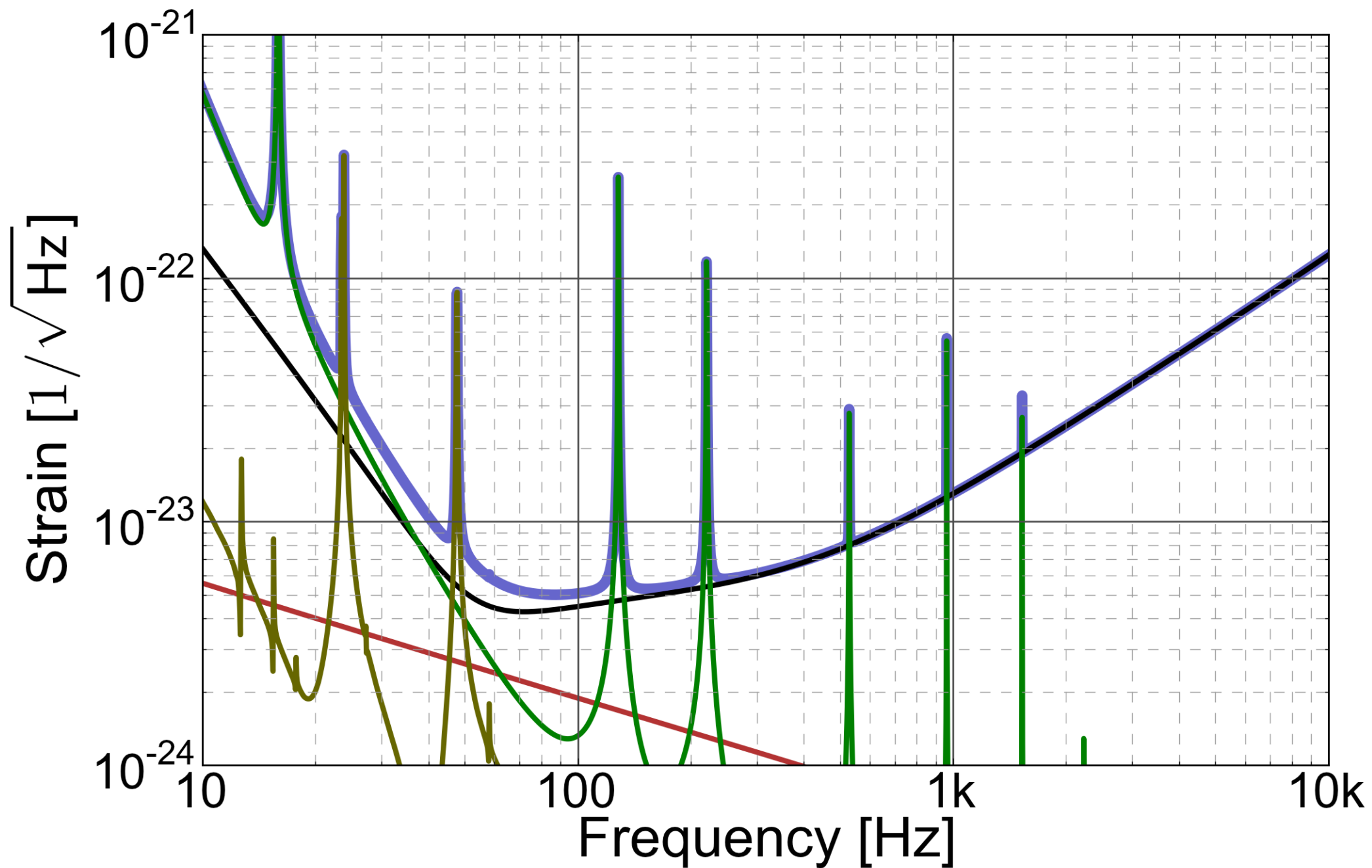
$$\times 1/1000$$

LIGO S6 Sensitivity



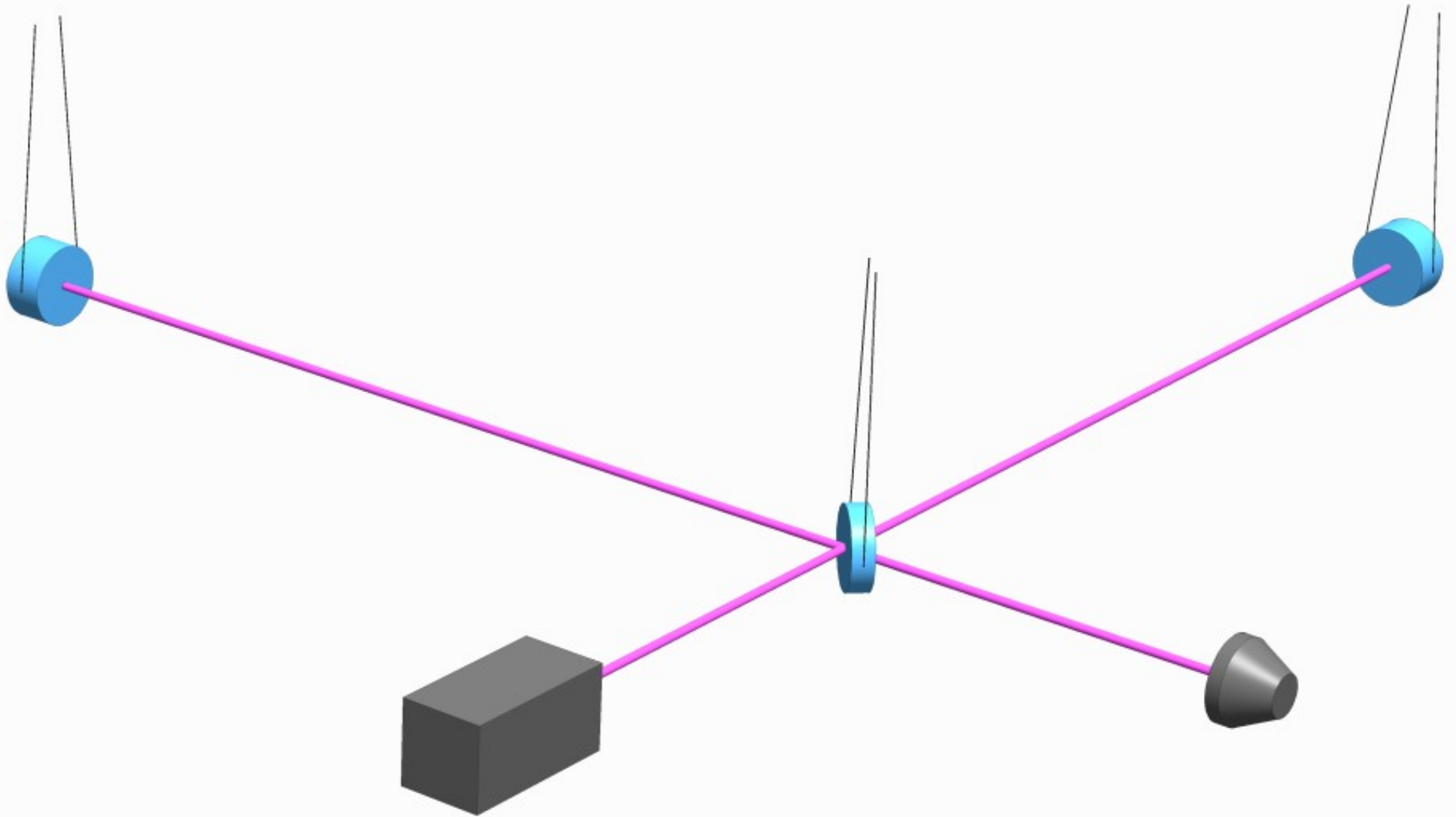


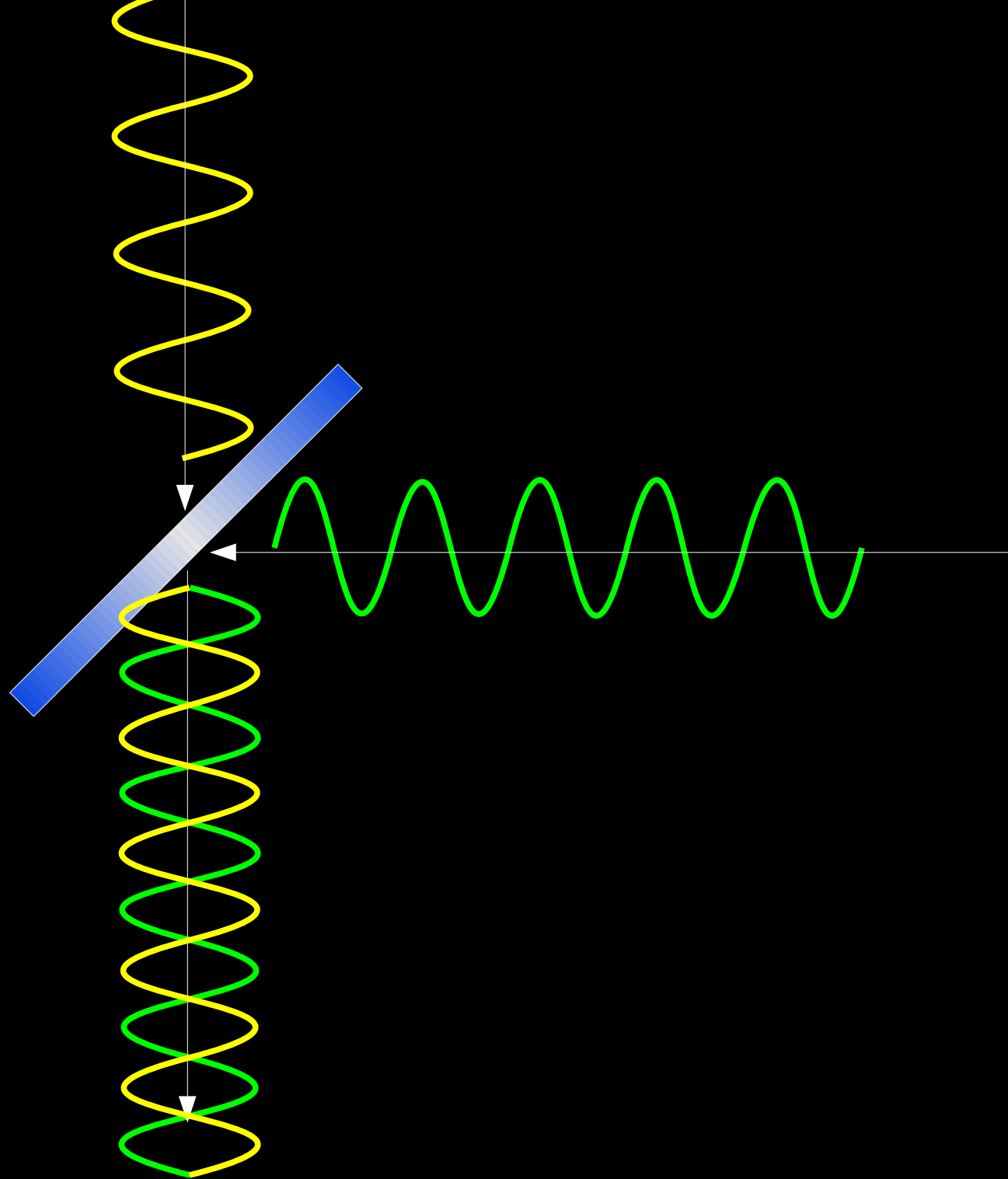
Target Sensitivity of KAGRA

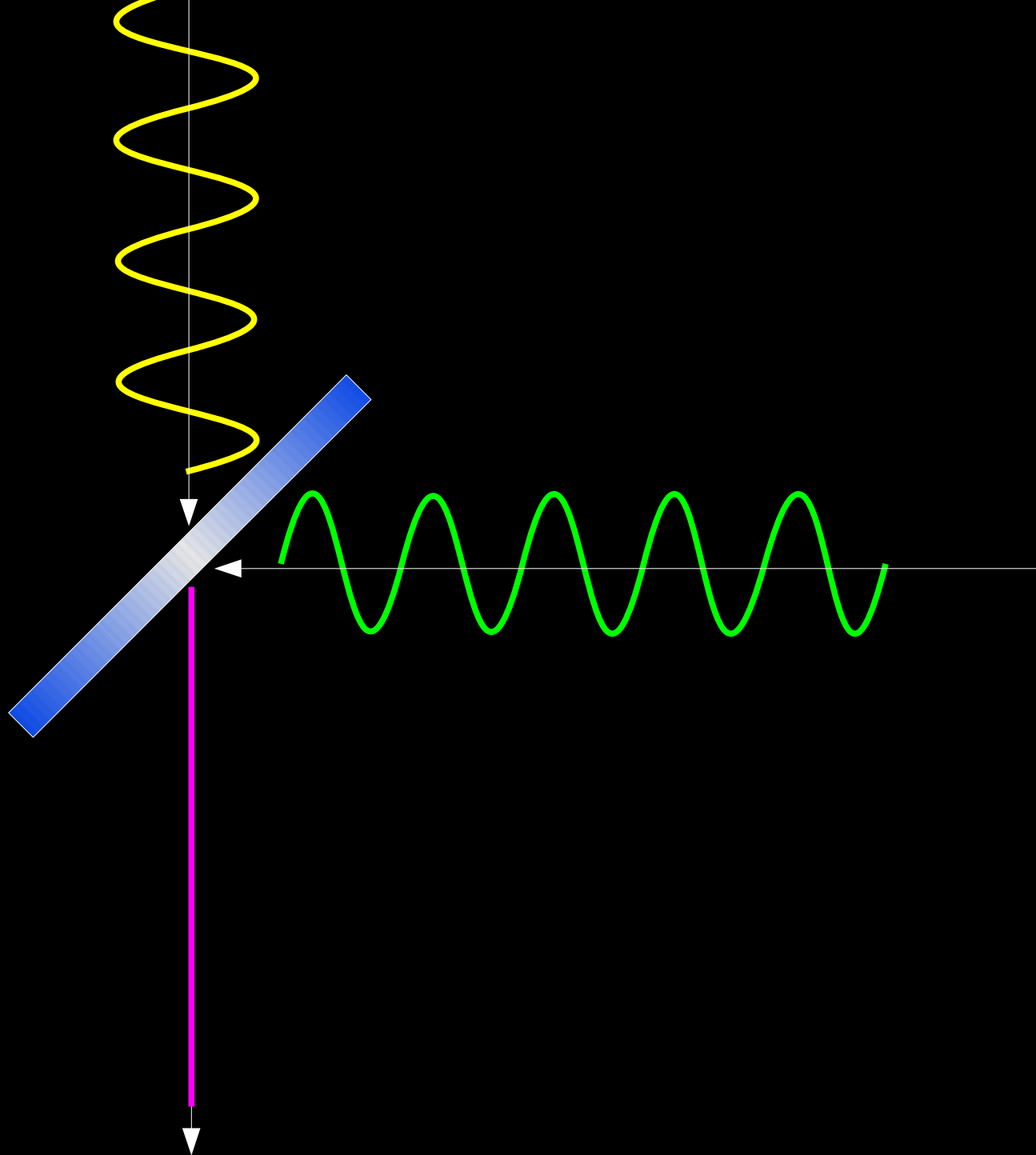


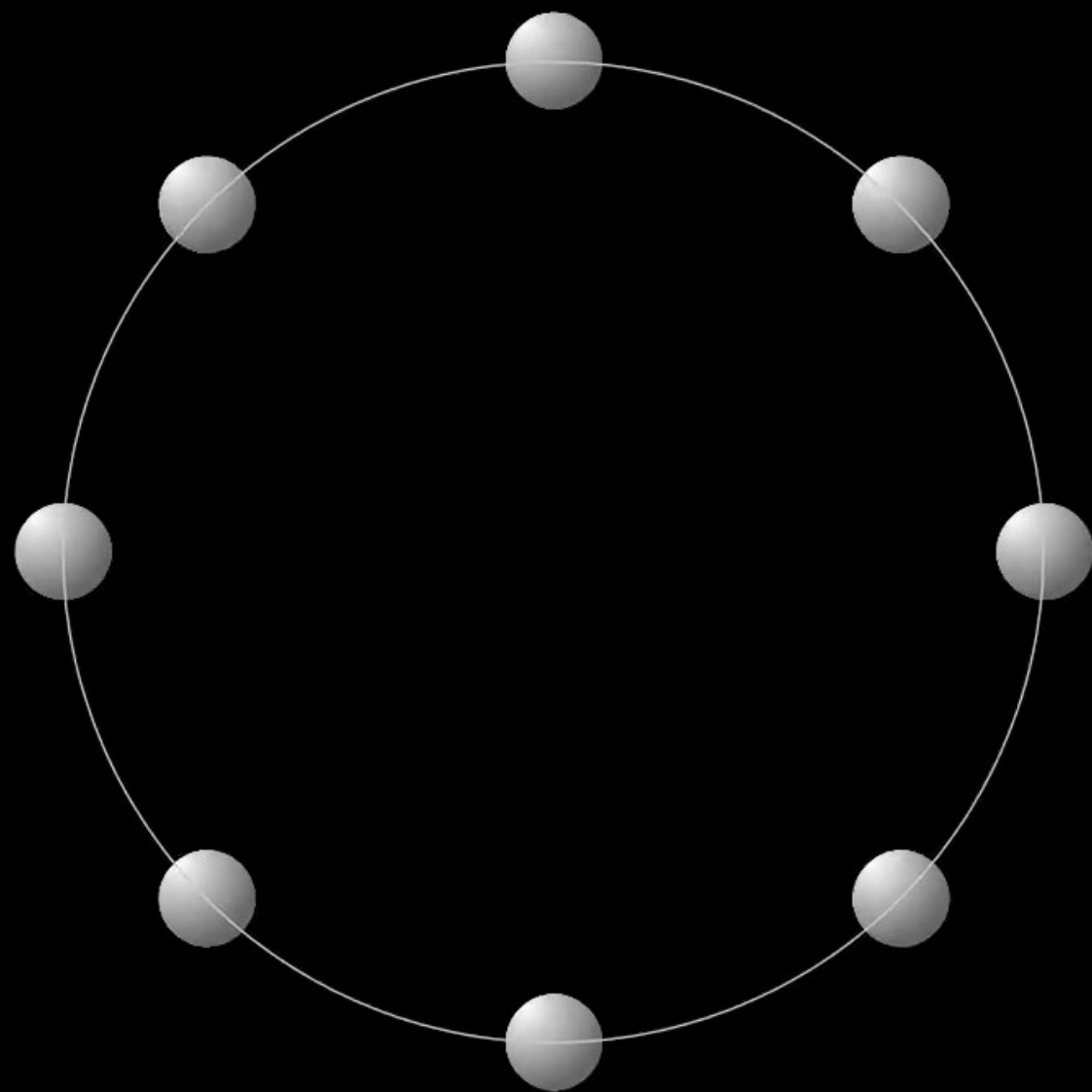
検出原理

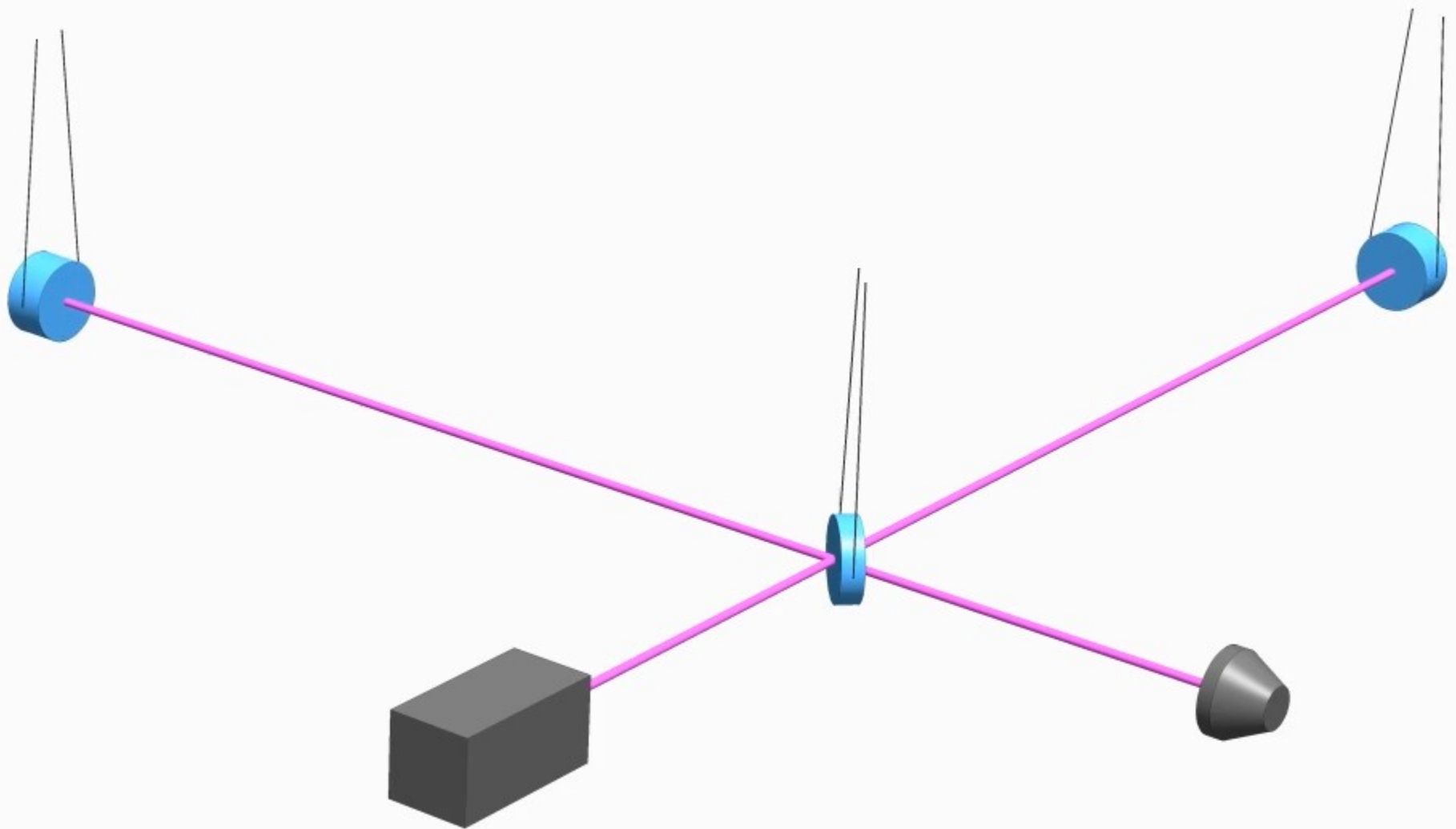
Michelson Interferometer

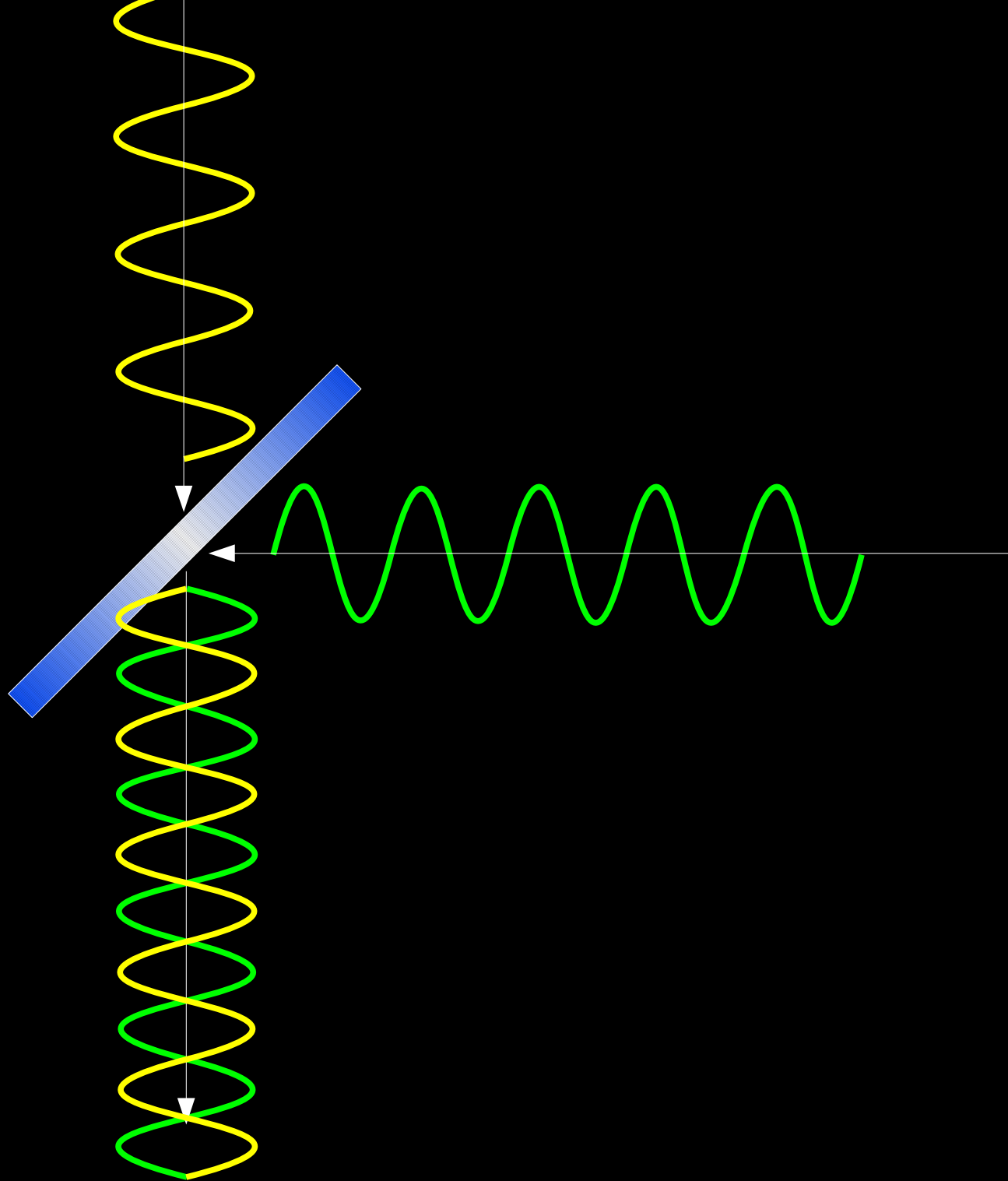


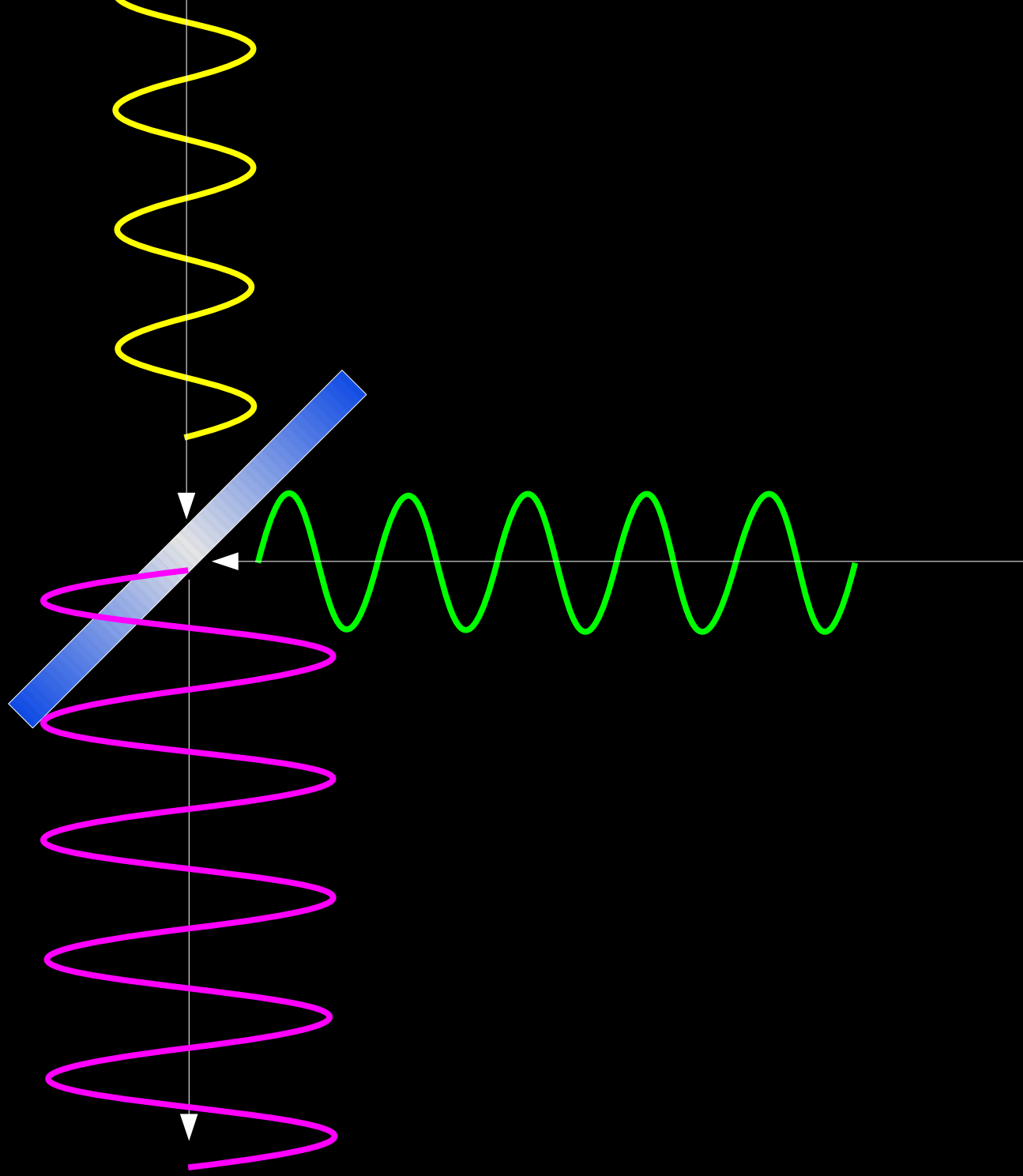










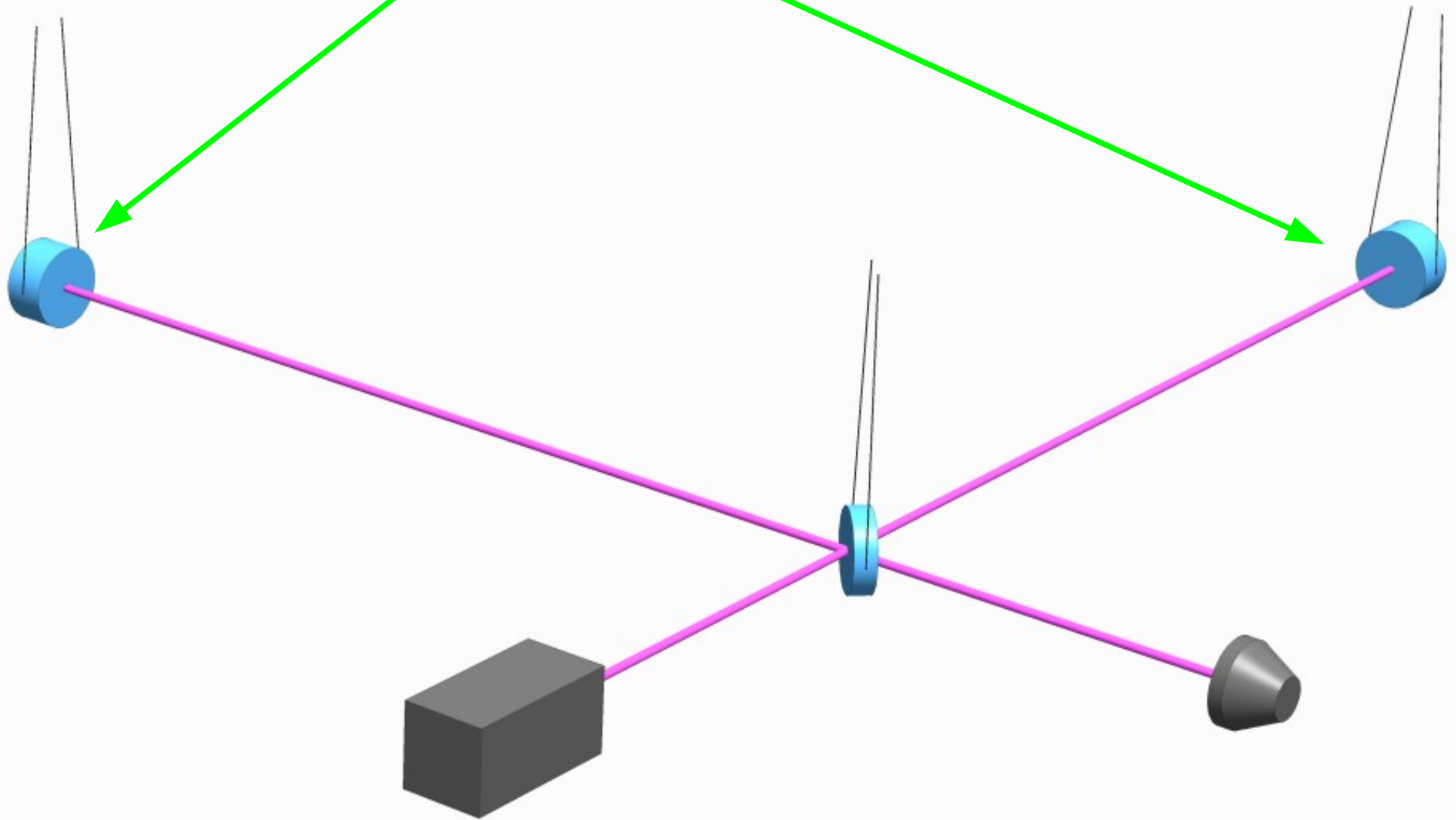


どこまで見えるのか？



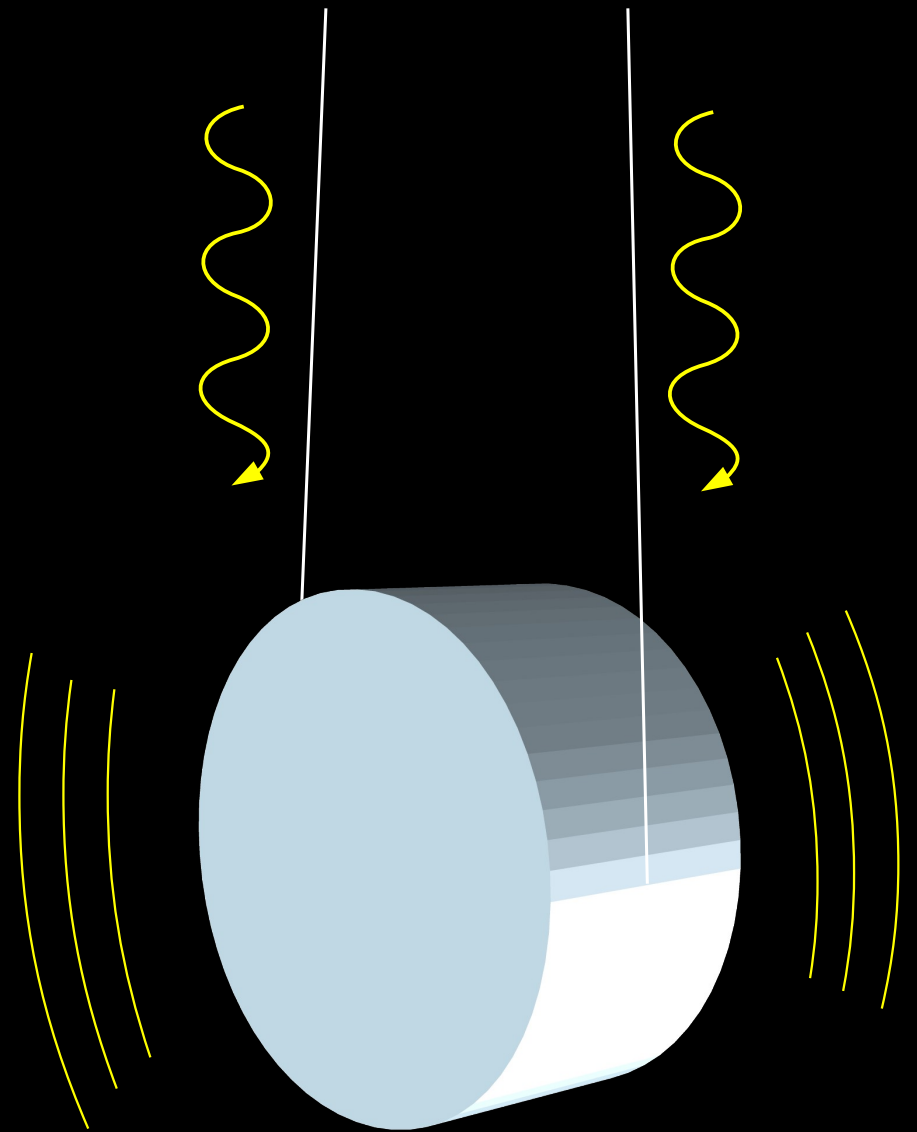
信号 > 雑音

外乱による鏡の動きと重力波は区別できない

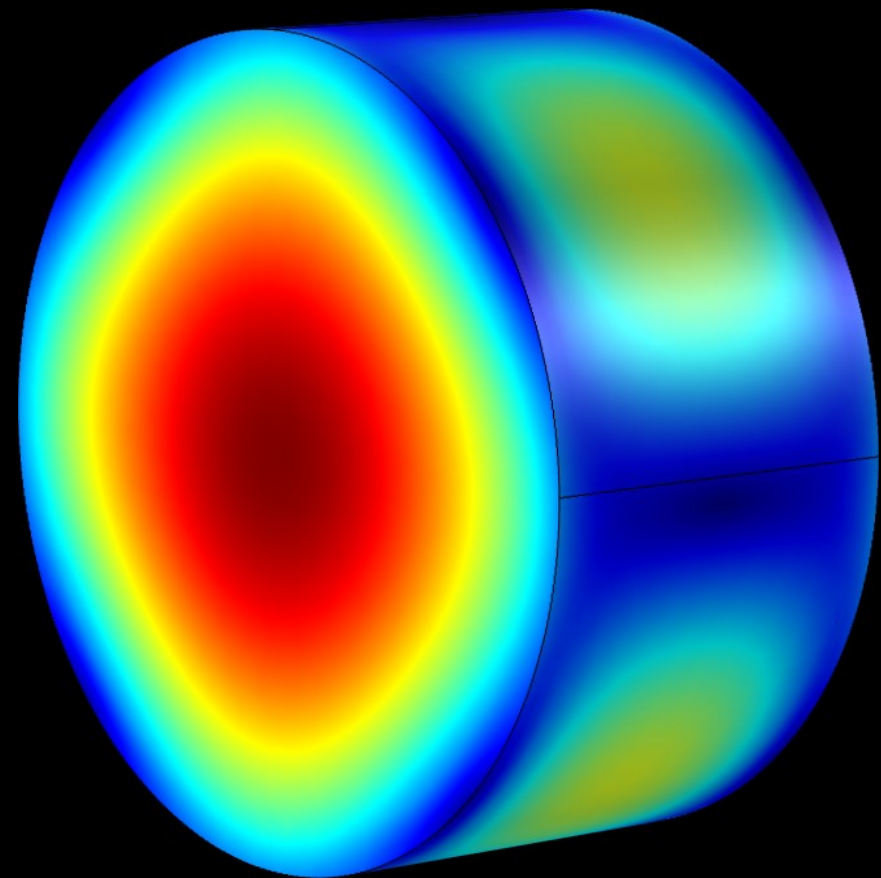
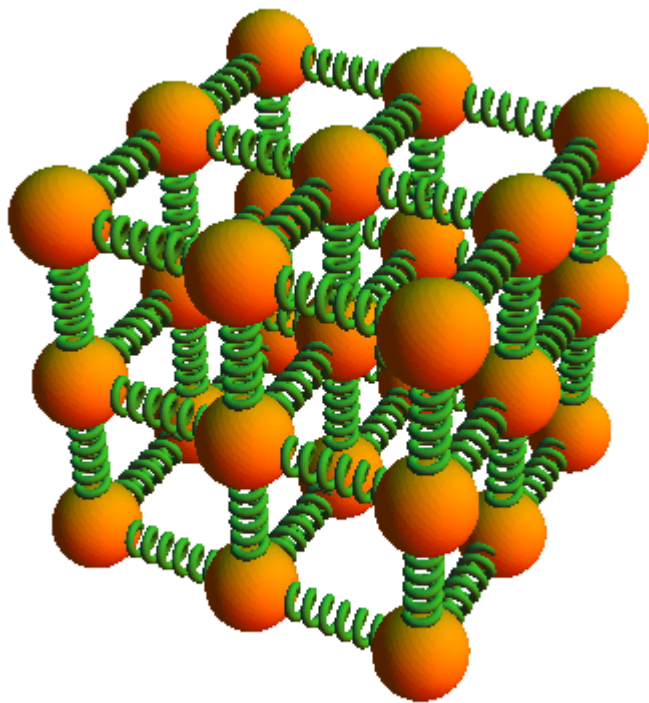




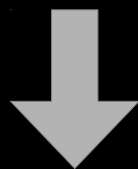
地面振動



熱雑音

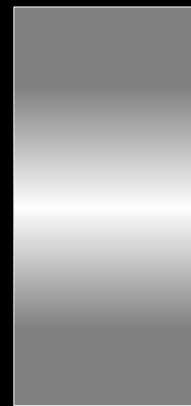
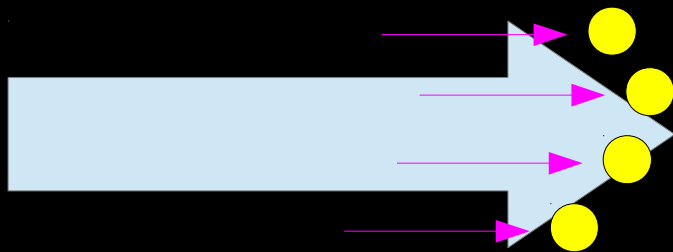


量子雑音

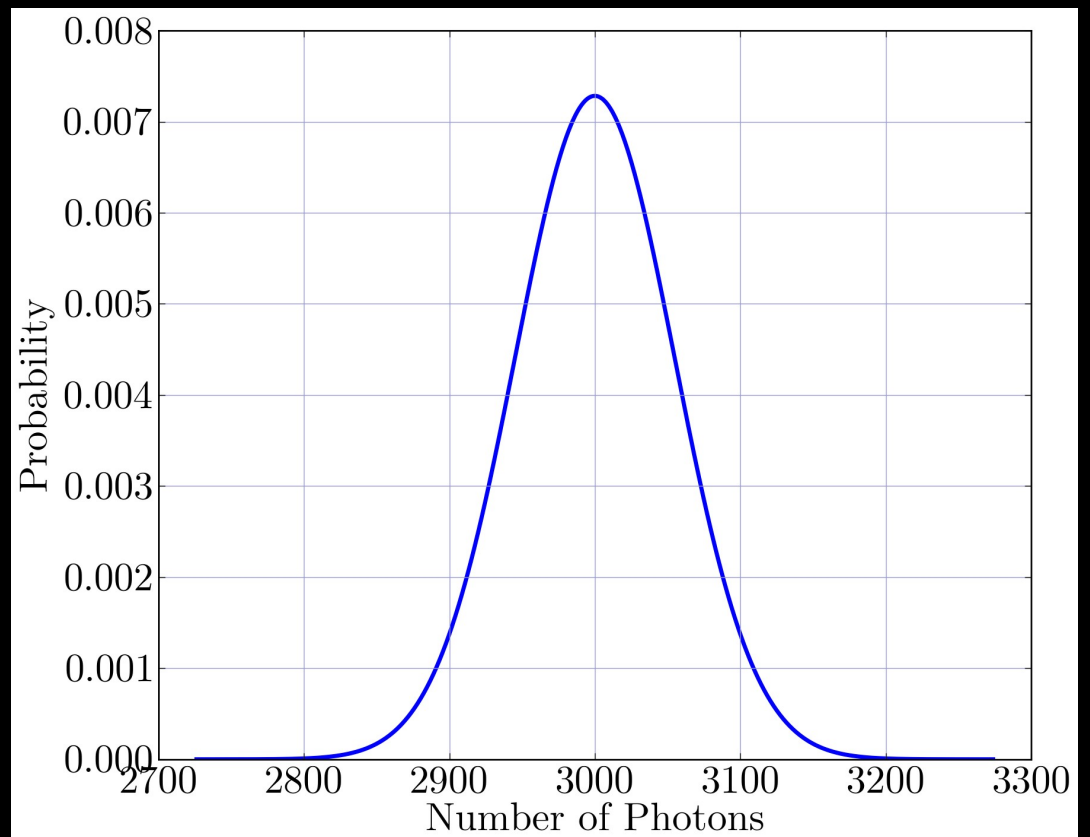


最終的な感度を制限

ショットノイズ



光検出器



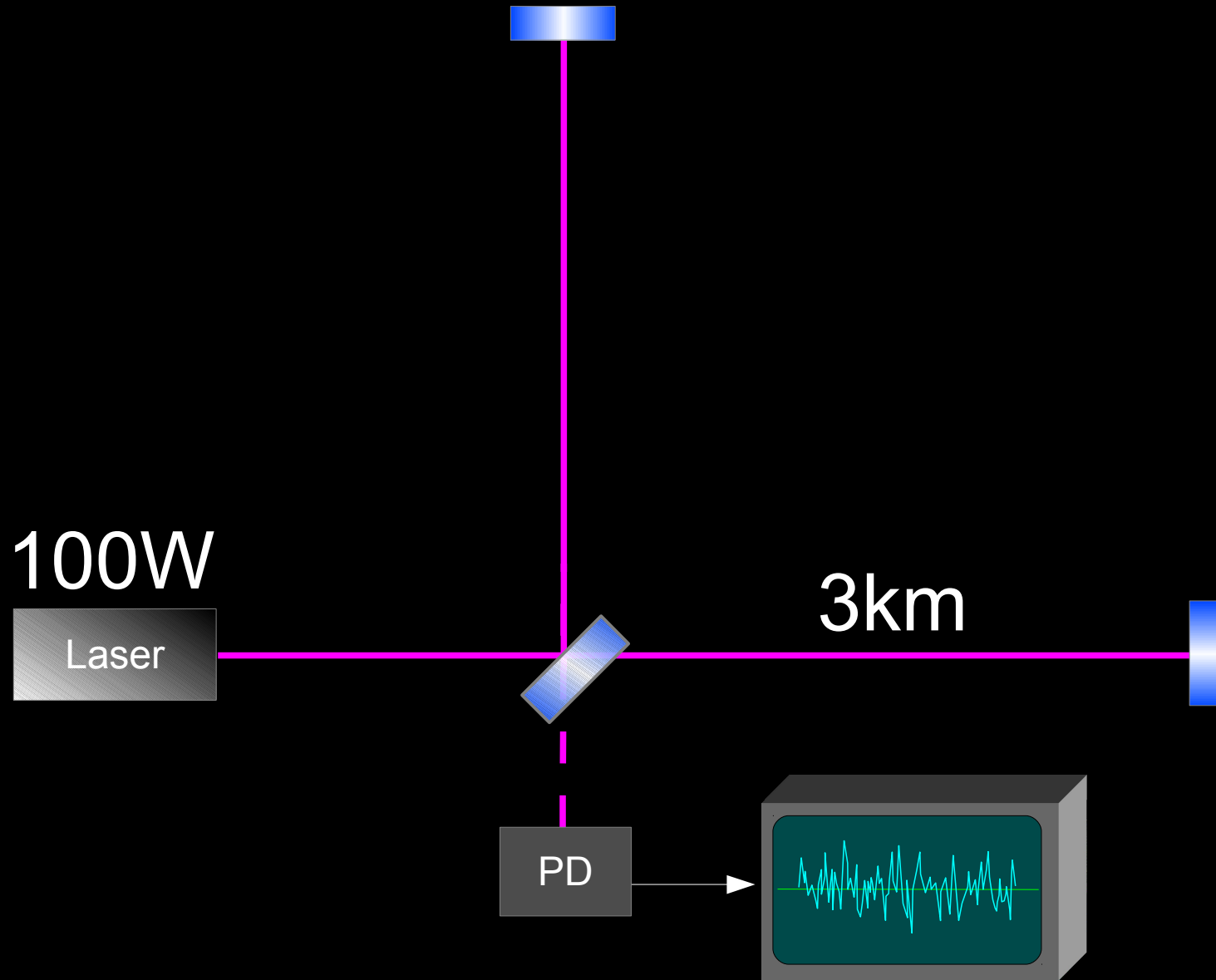
$$\text{信号} \propto P$$

$$\text{雑音} \propto \sqrt{P}$$



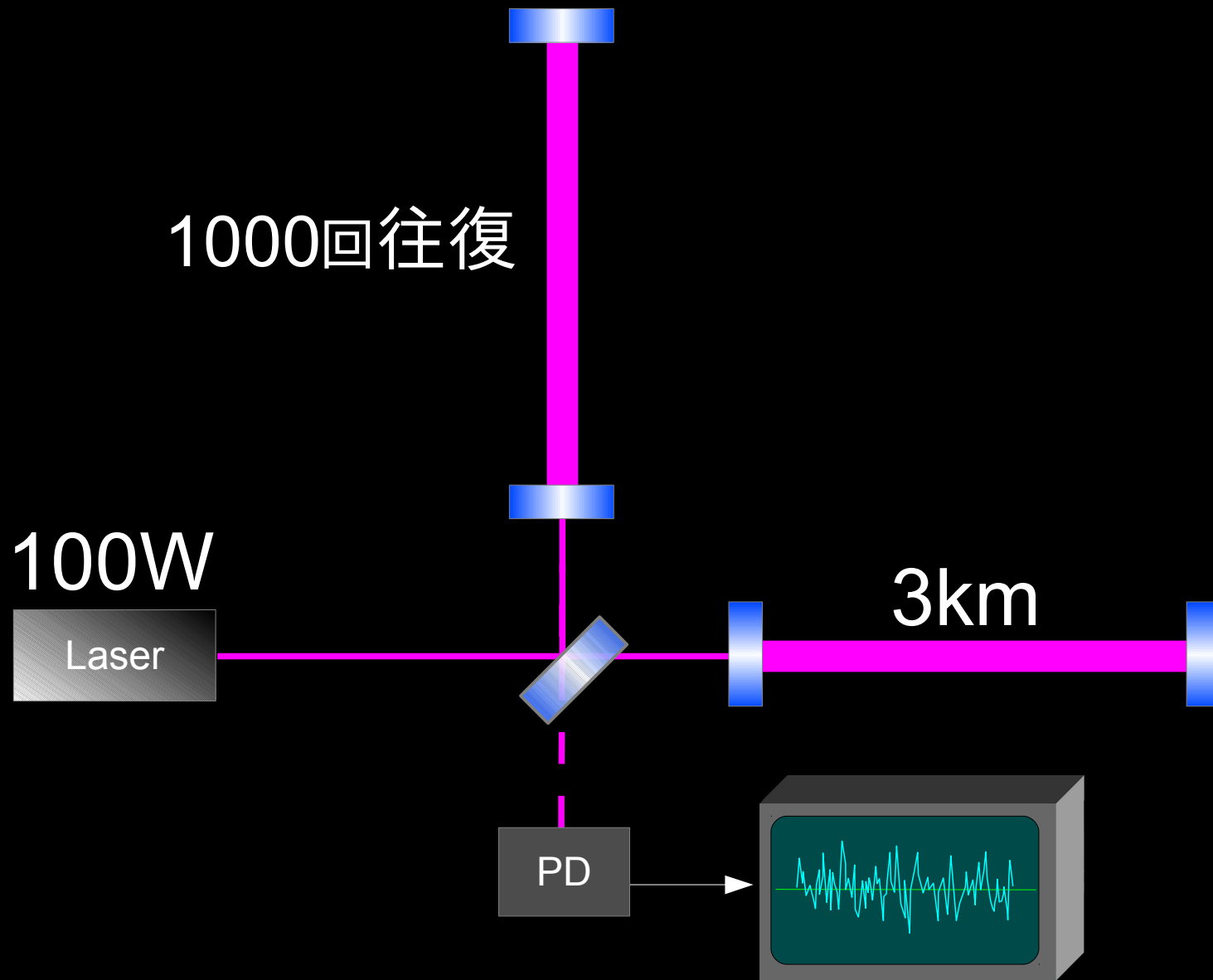
$$\frac{\text{信号}}{\text{雑音}} \propto \sqrt{P}$$

Michelson Interferometer

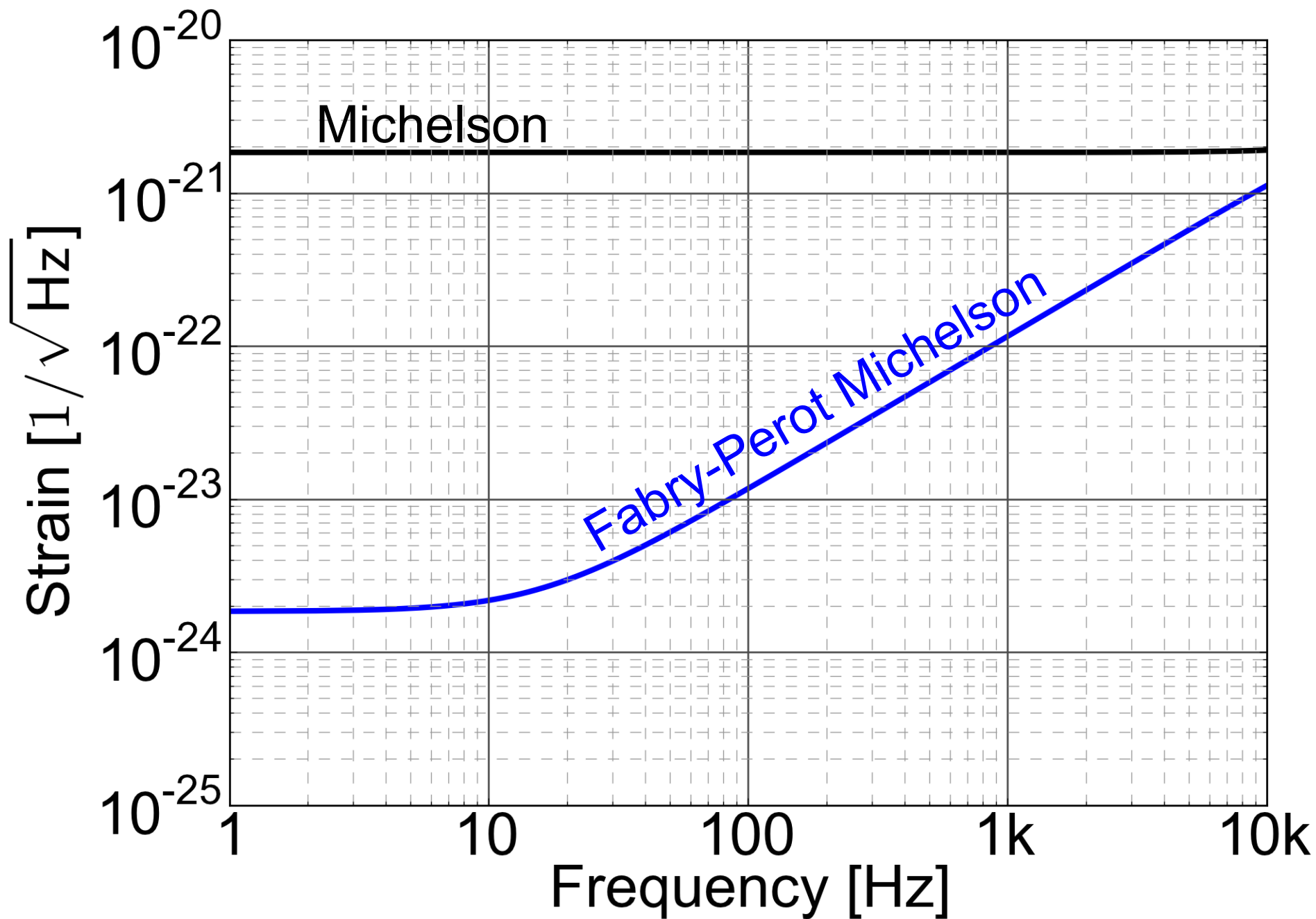


$$h = 2 \times 10^{-21}$$

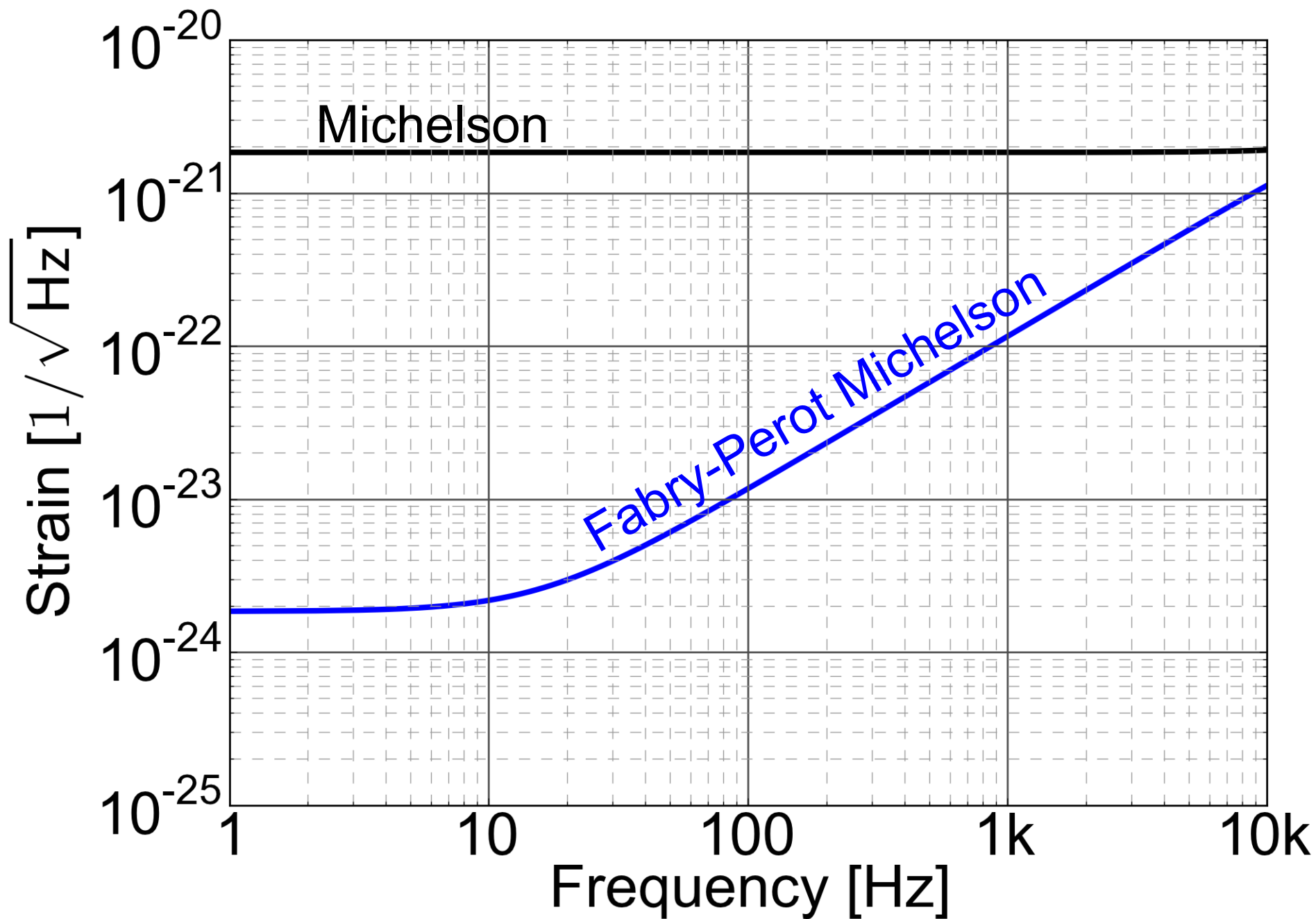
Fabry-Perot Michelson



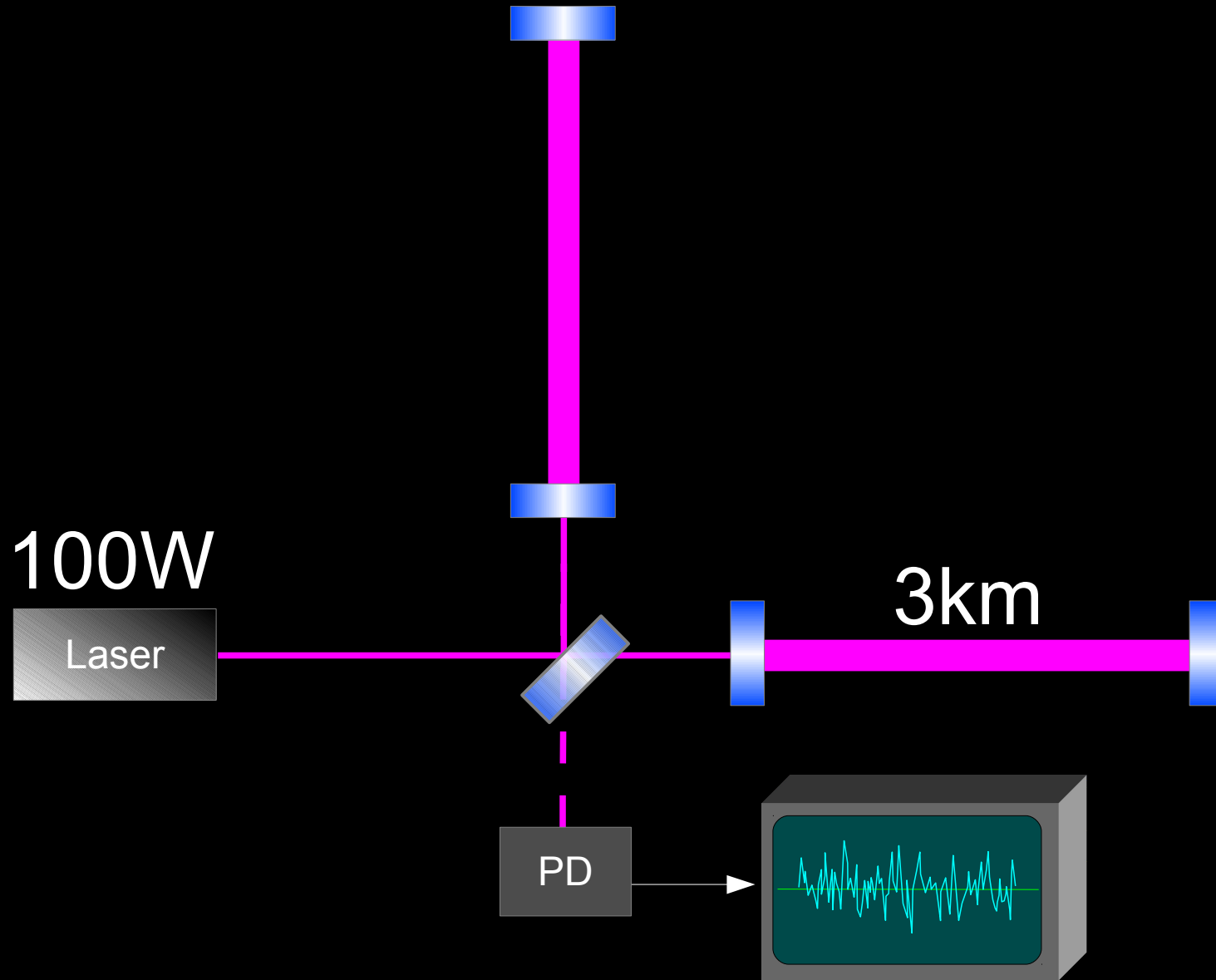
$$h = 2 \times 10^{-24}$$



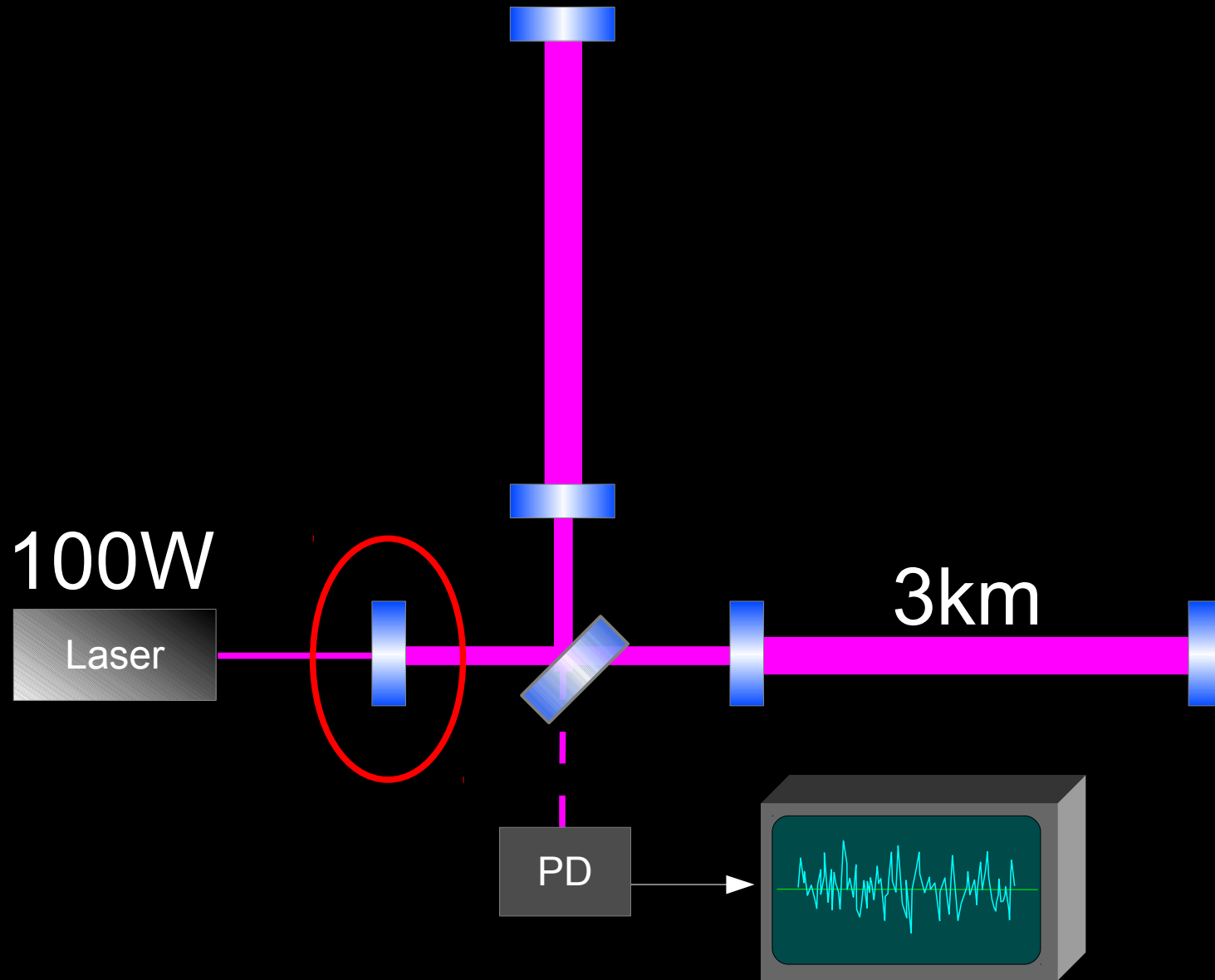


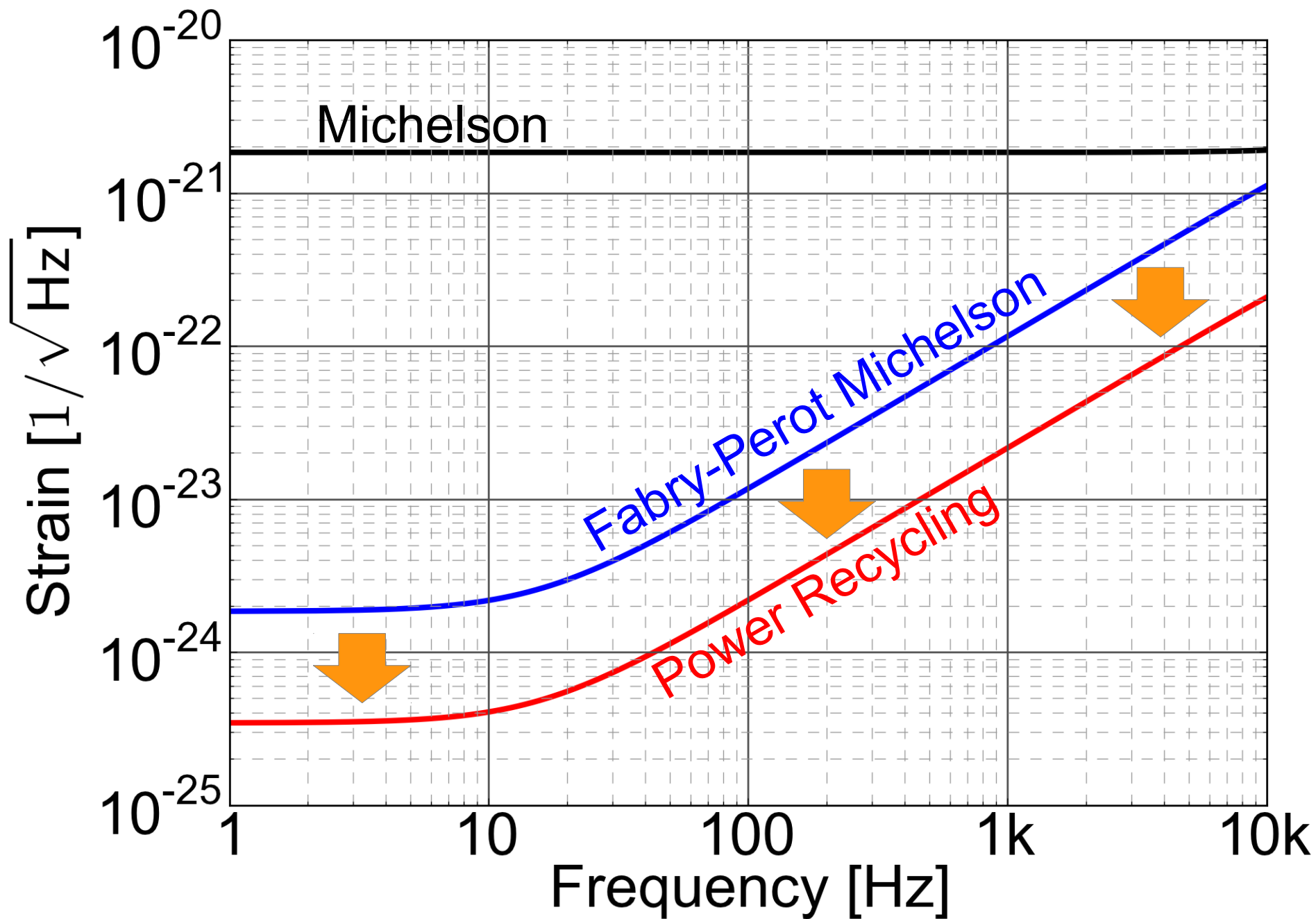


Fabry-Perot Michelson

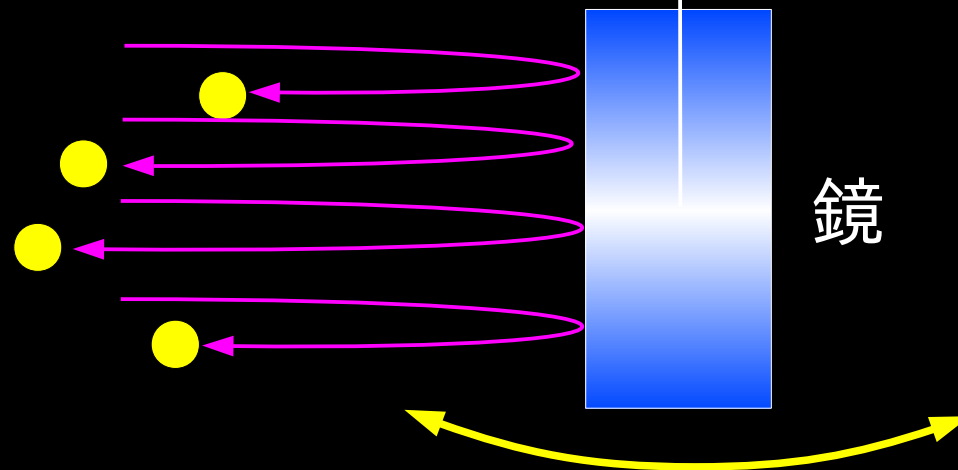


Power Recycling



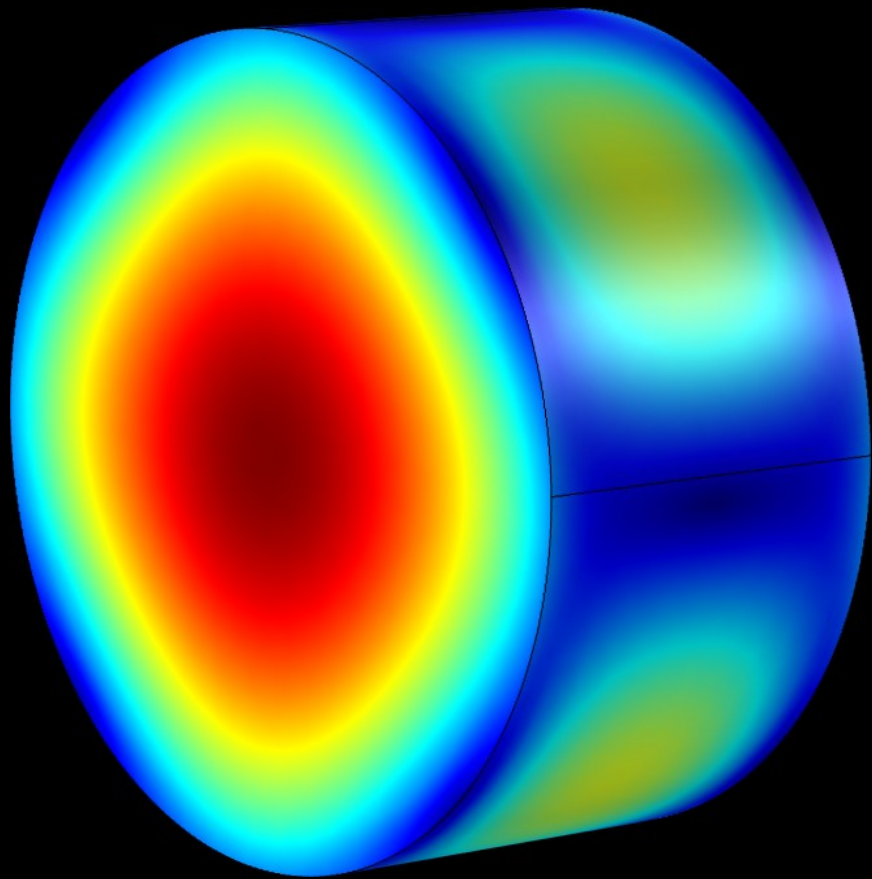


輻射圧雑音

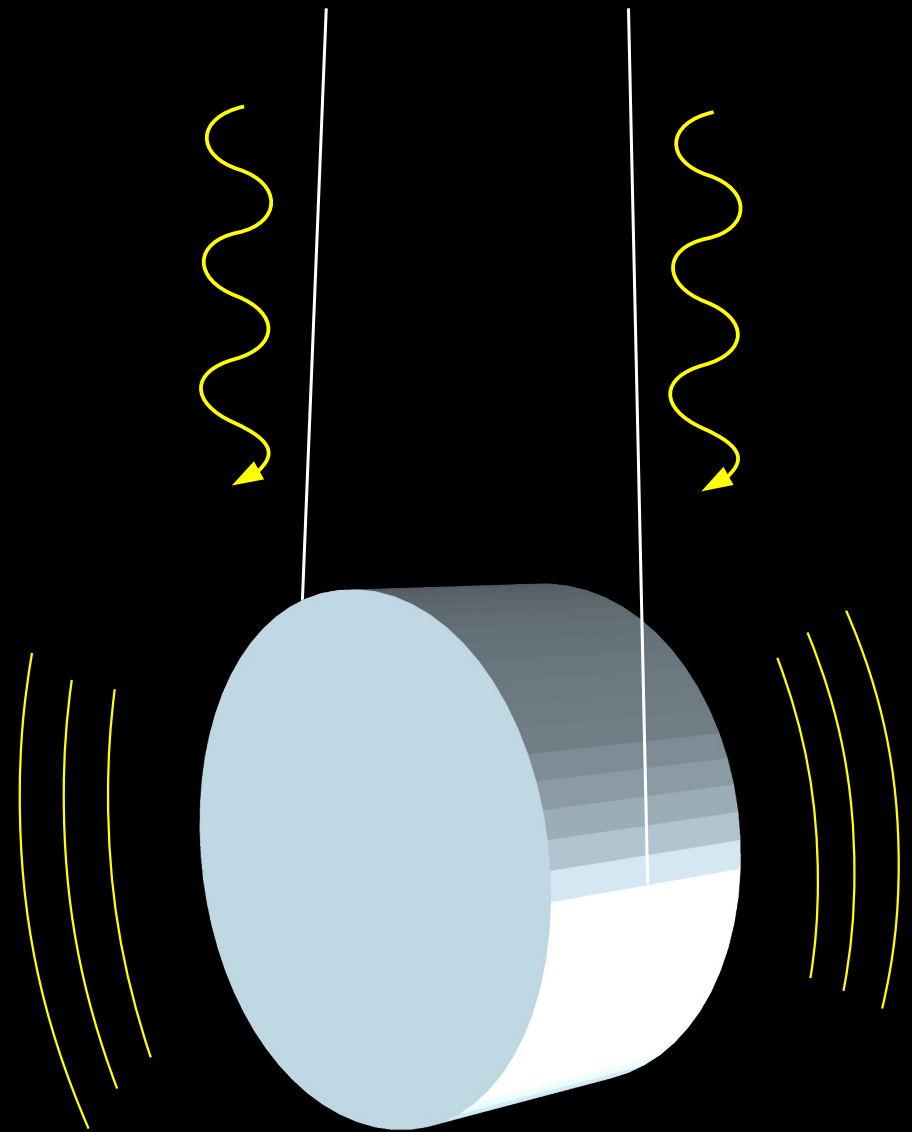


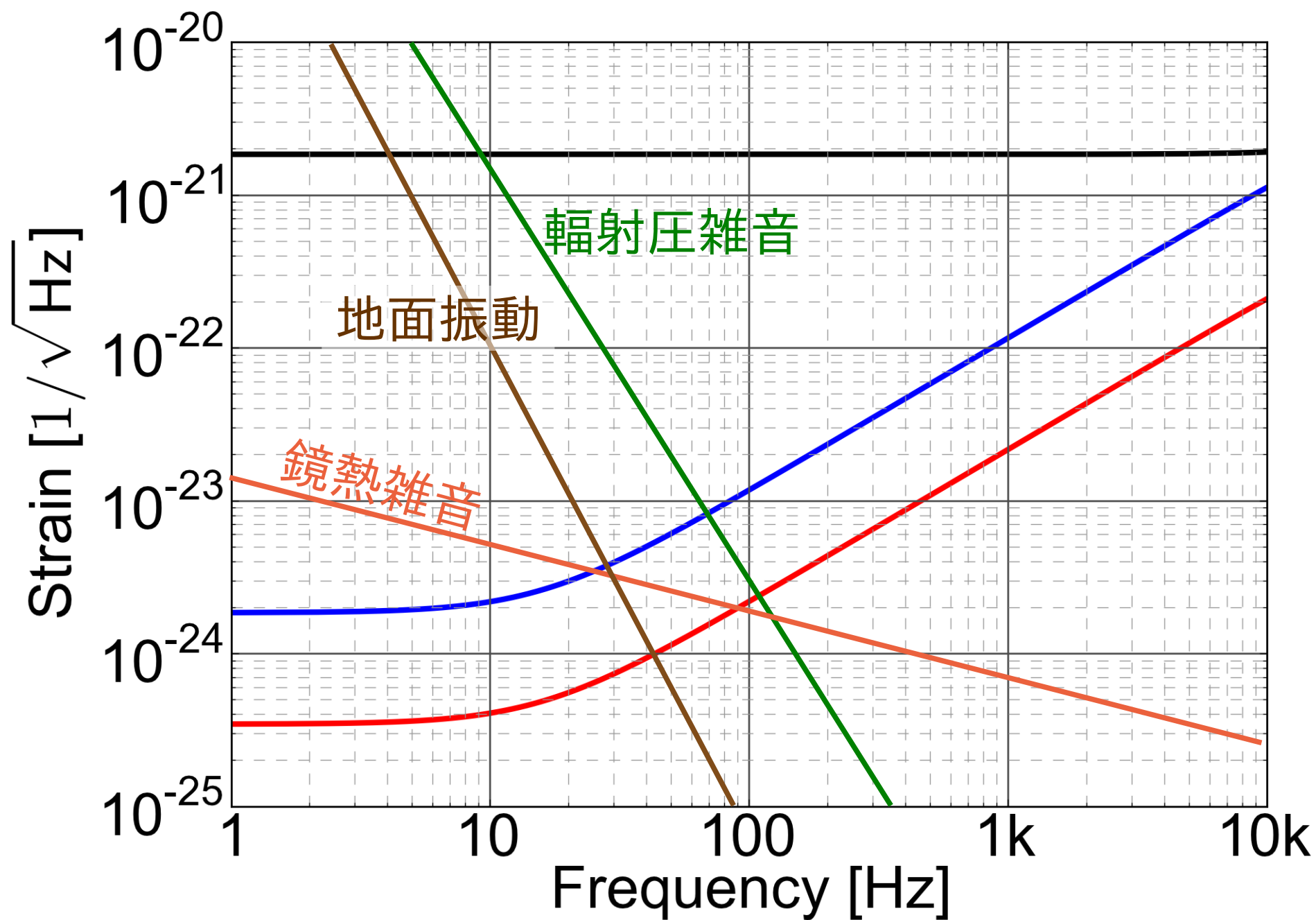
$$\propto \sqrt{P}$$

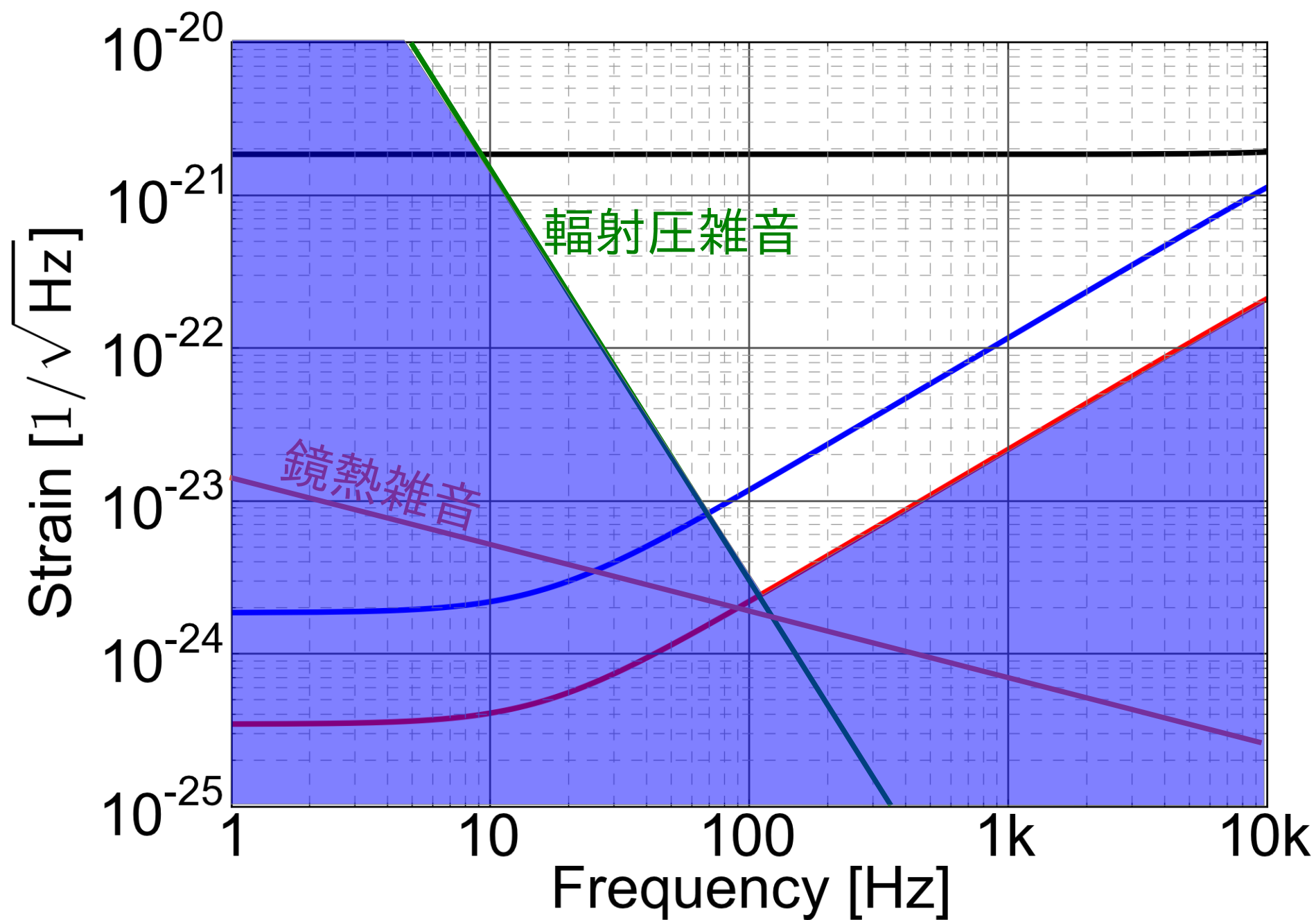
熱雑音

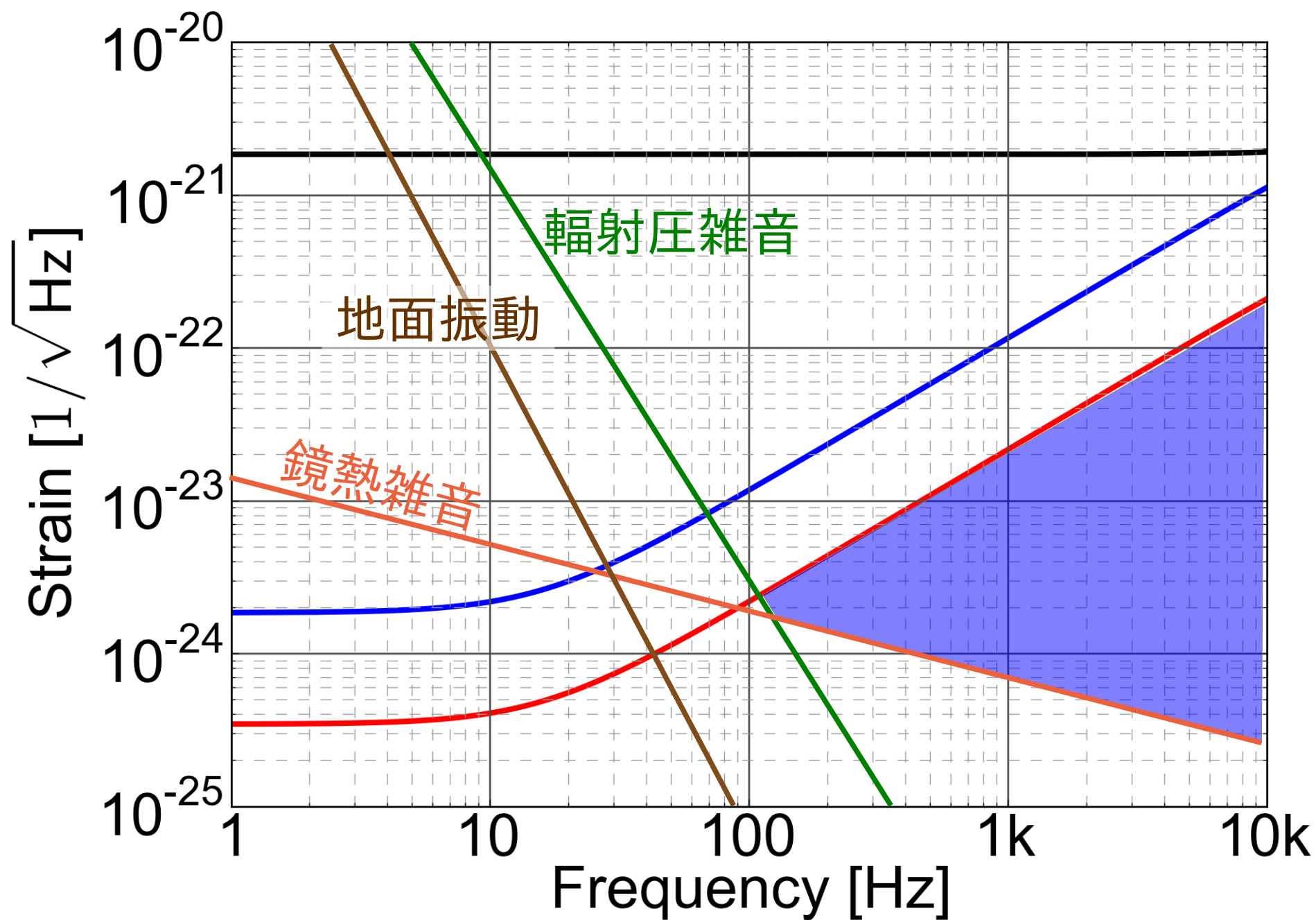


地面振動

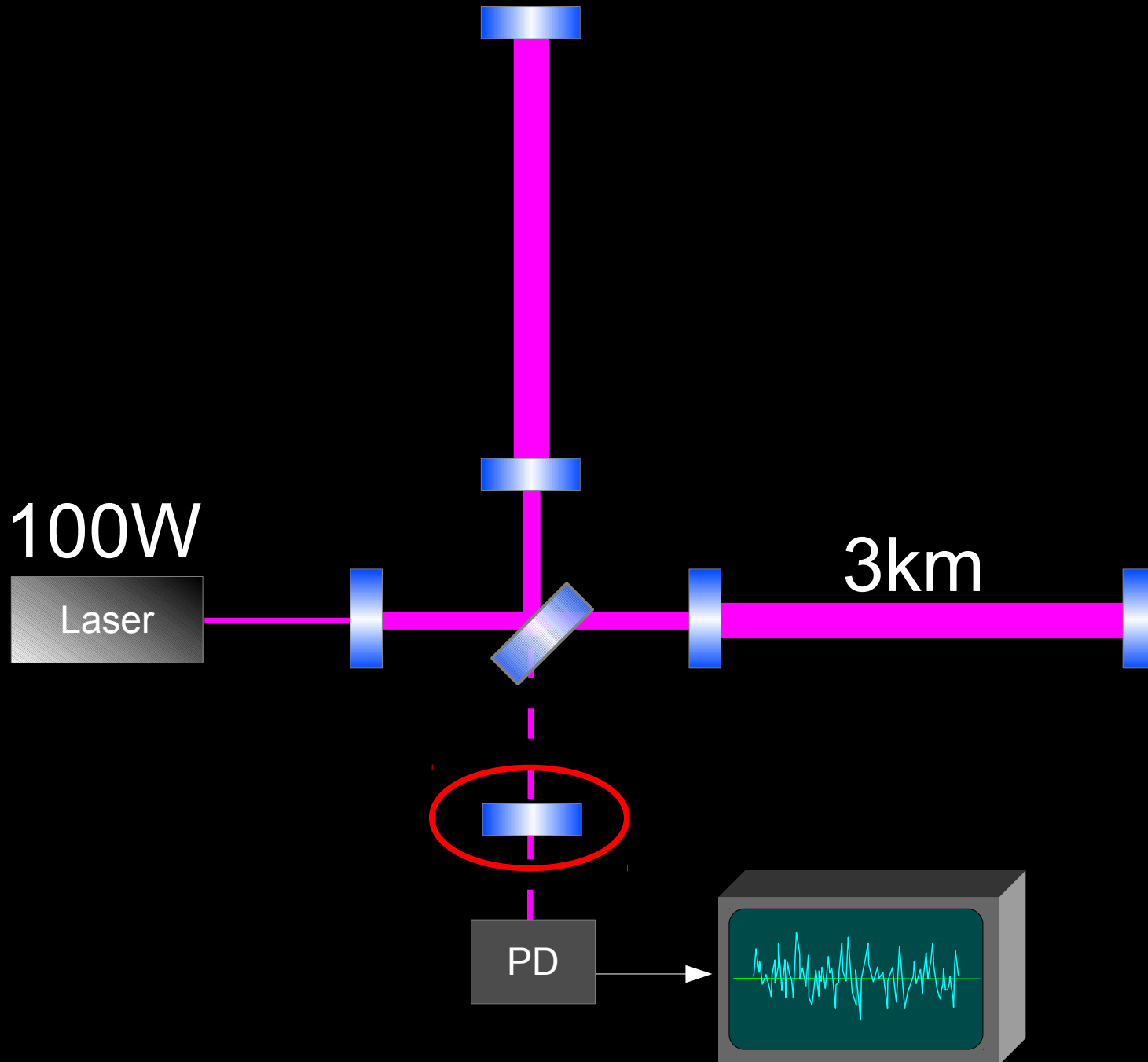


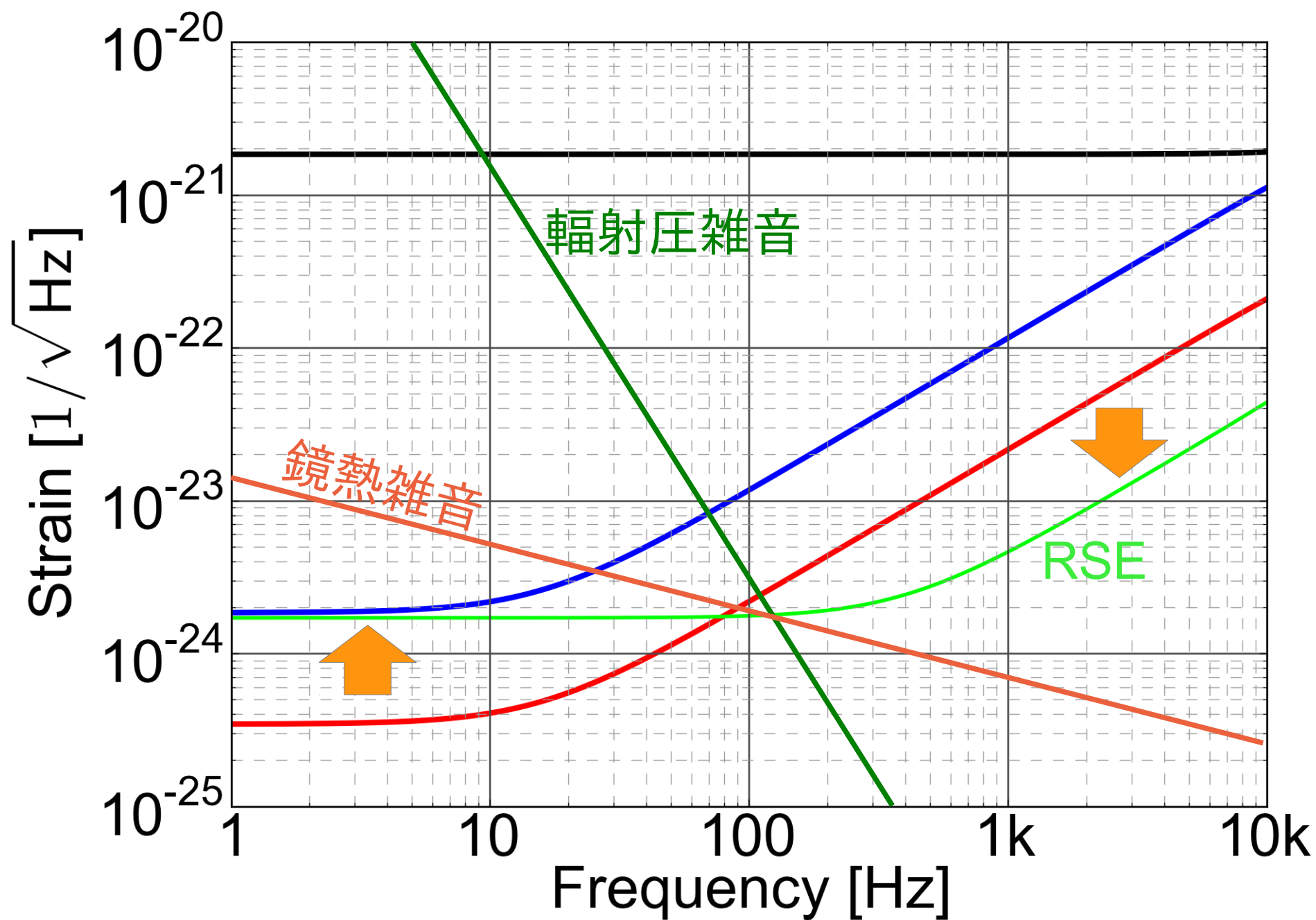


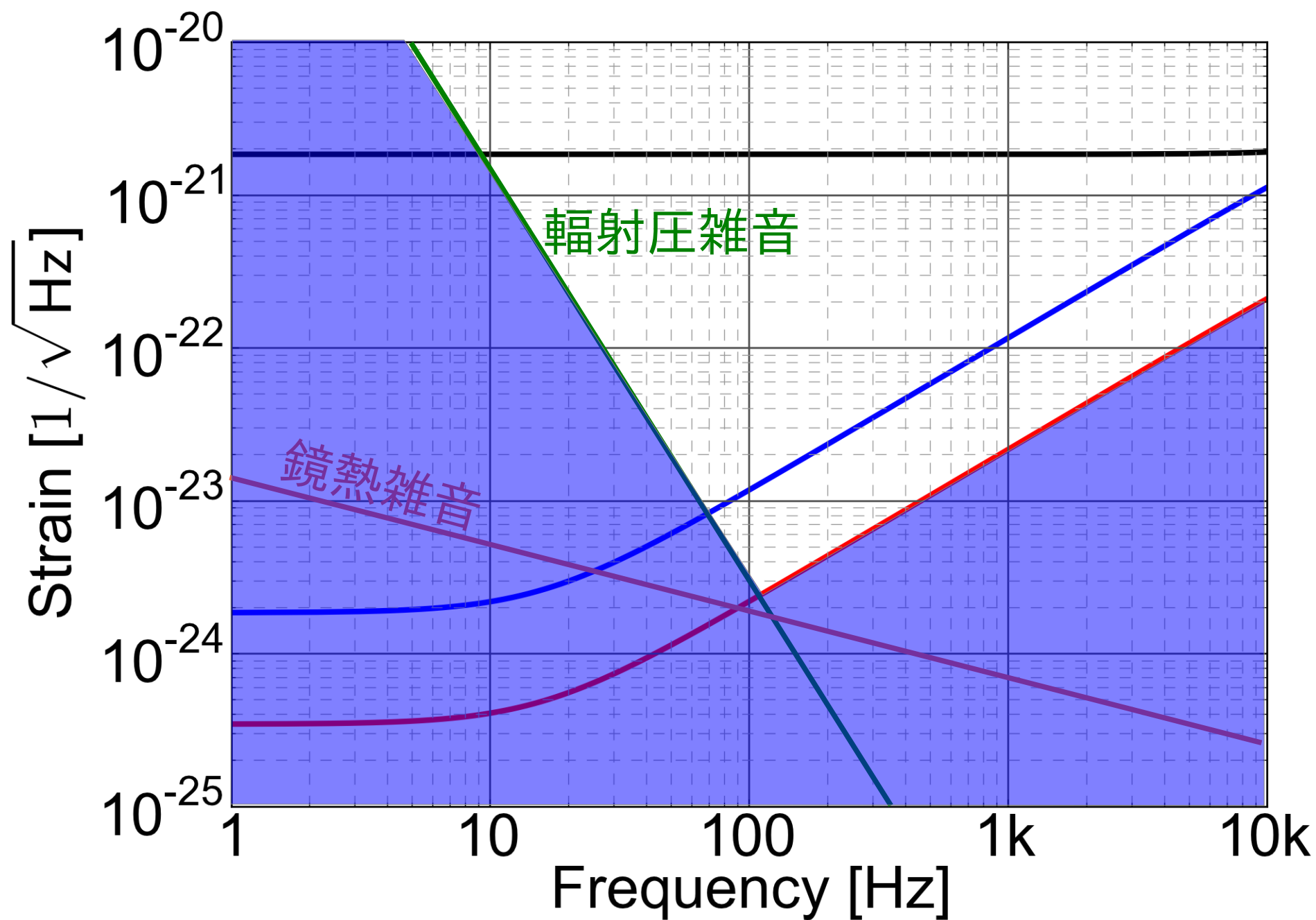


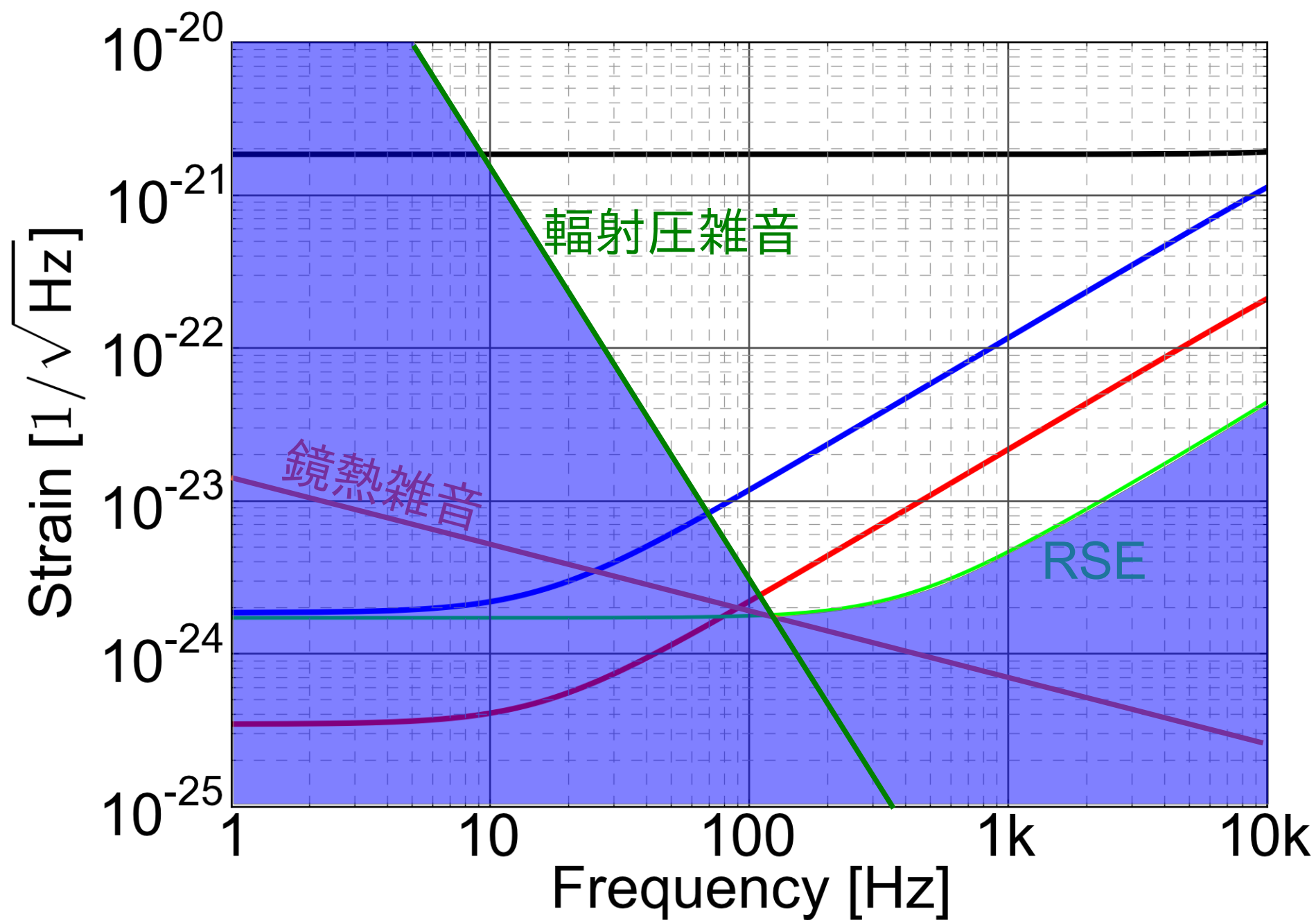


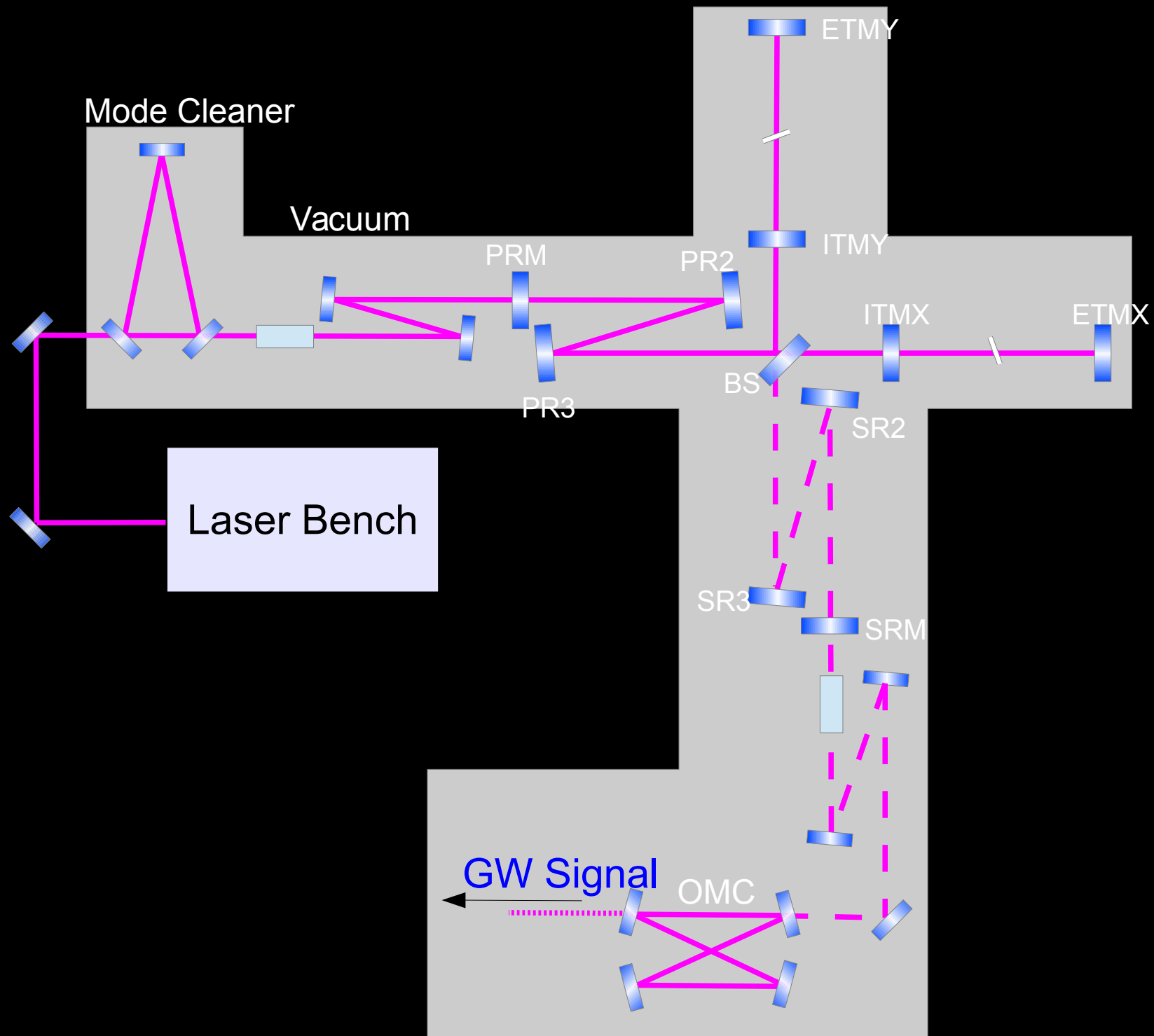
Resonant Sideband Extraction (RSE)

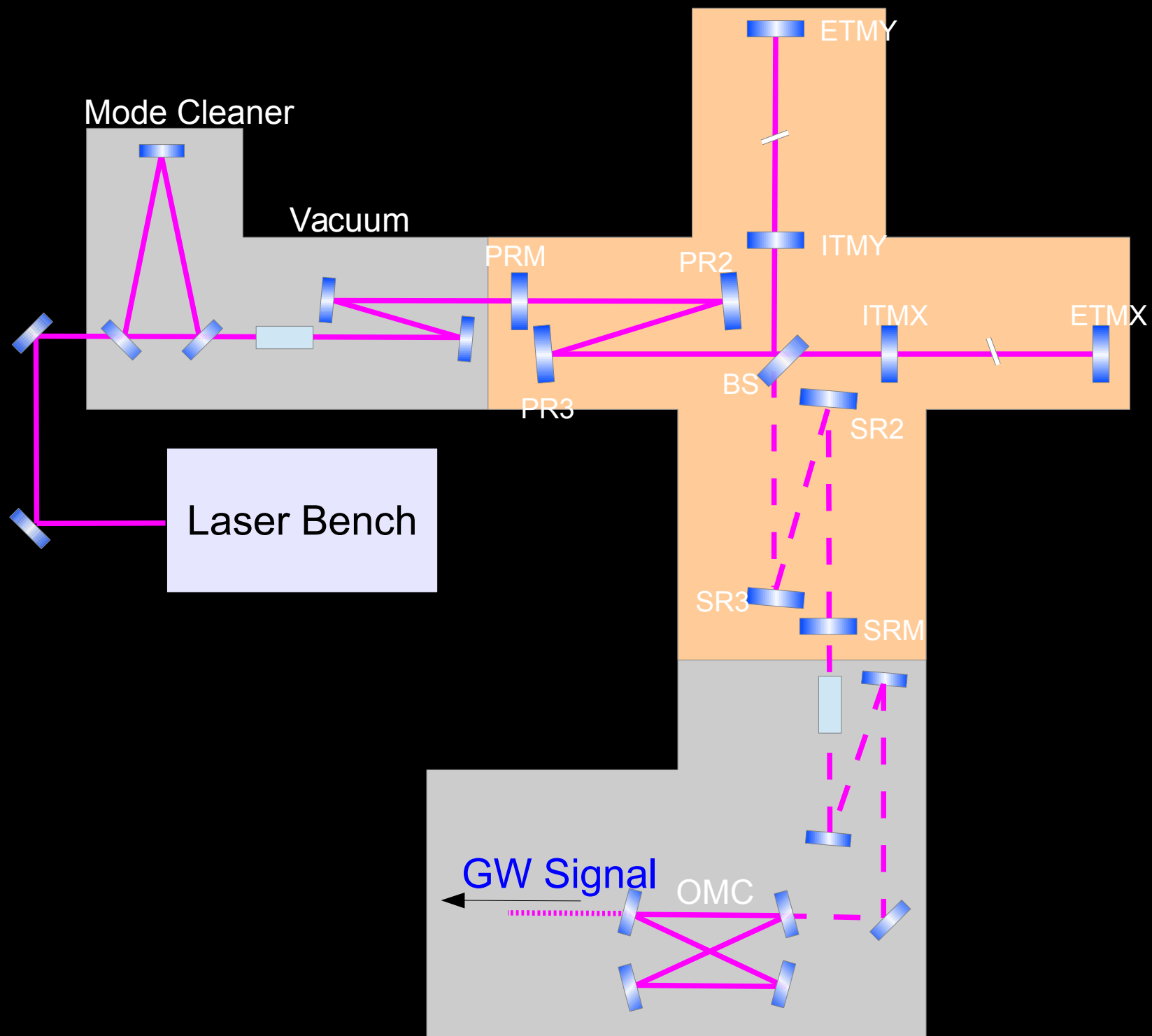












KAGRA建設の現状

KAGRAの推進体制

- 中心機関: 宇宙線研, 国立天文台, KEK

KAGRA Collaboration

- 国内28機関, 国外36機関
- 国内155人, 国外76人



海外の重力波プロジェクトとの協力

- MoU with LIGO
- Academic Exchange Agreement with EGO/Virgo



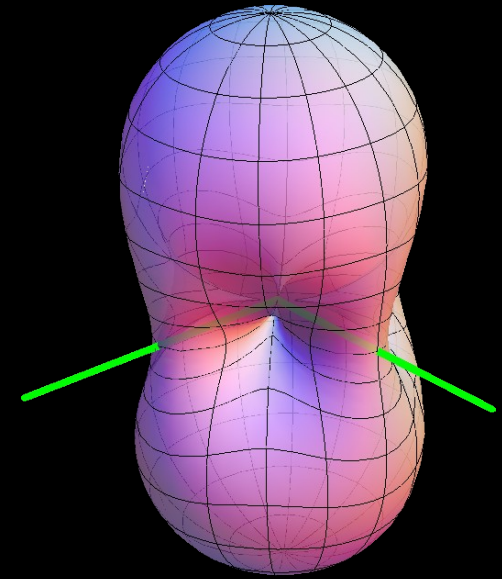
ELiTES

日伊二国間
シンポジウム

日韓重力波ワークショップ



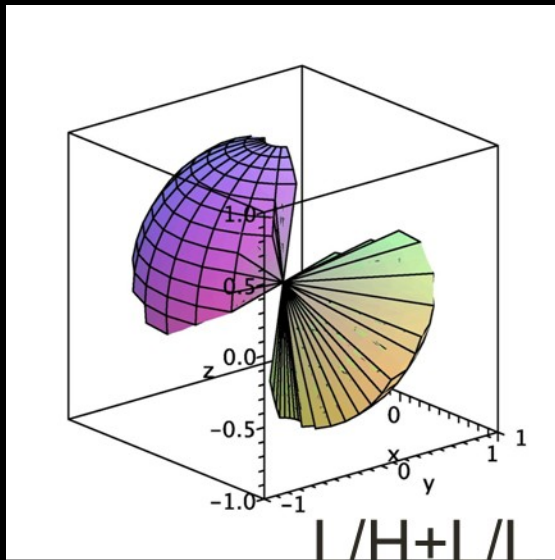
天球カバー率



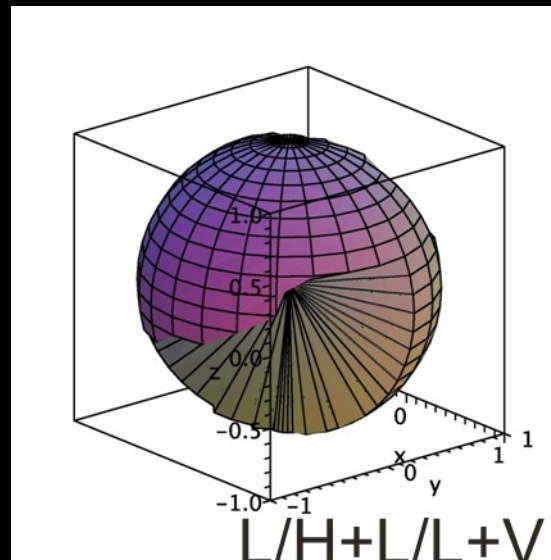
LIGO Only

LIGO+VIRGO

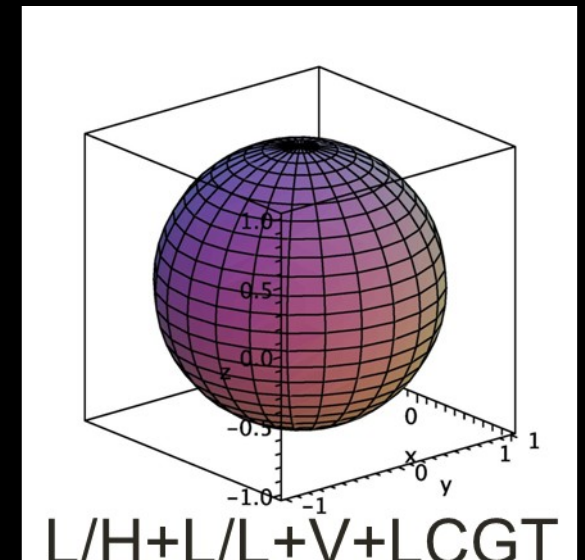
LIGO+VIRGO+KAGRA



33%

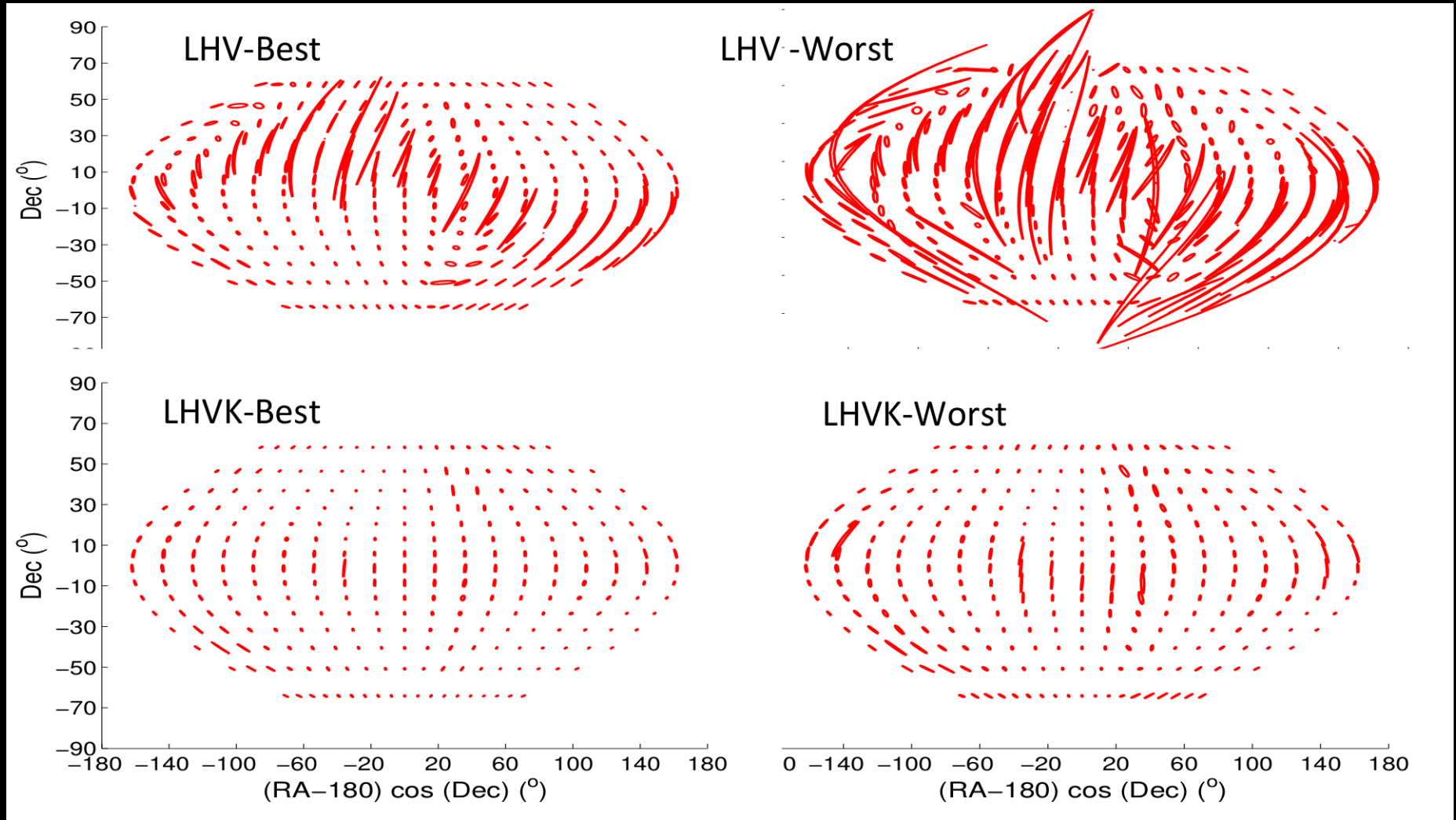


72%

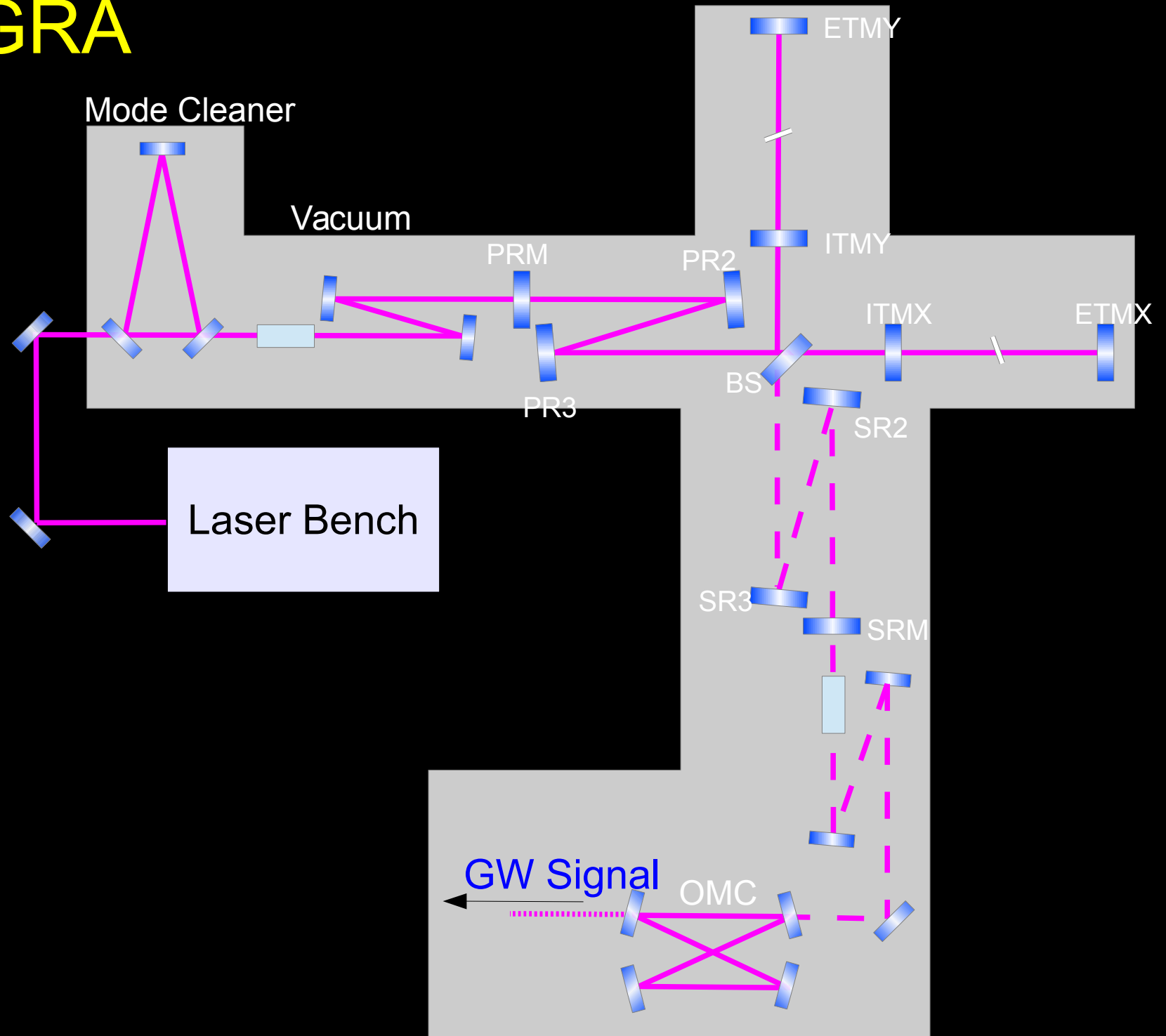


100%

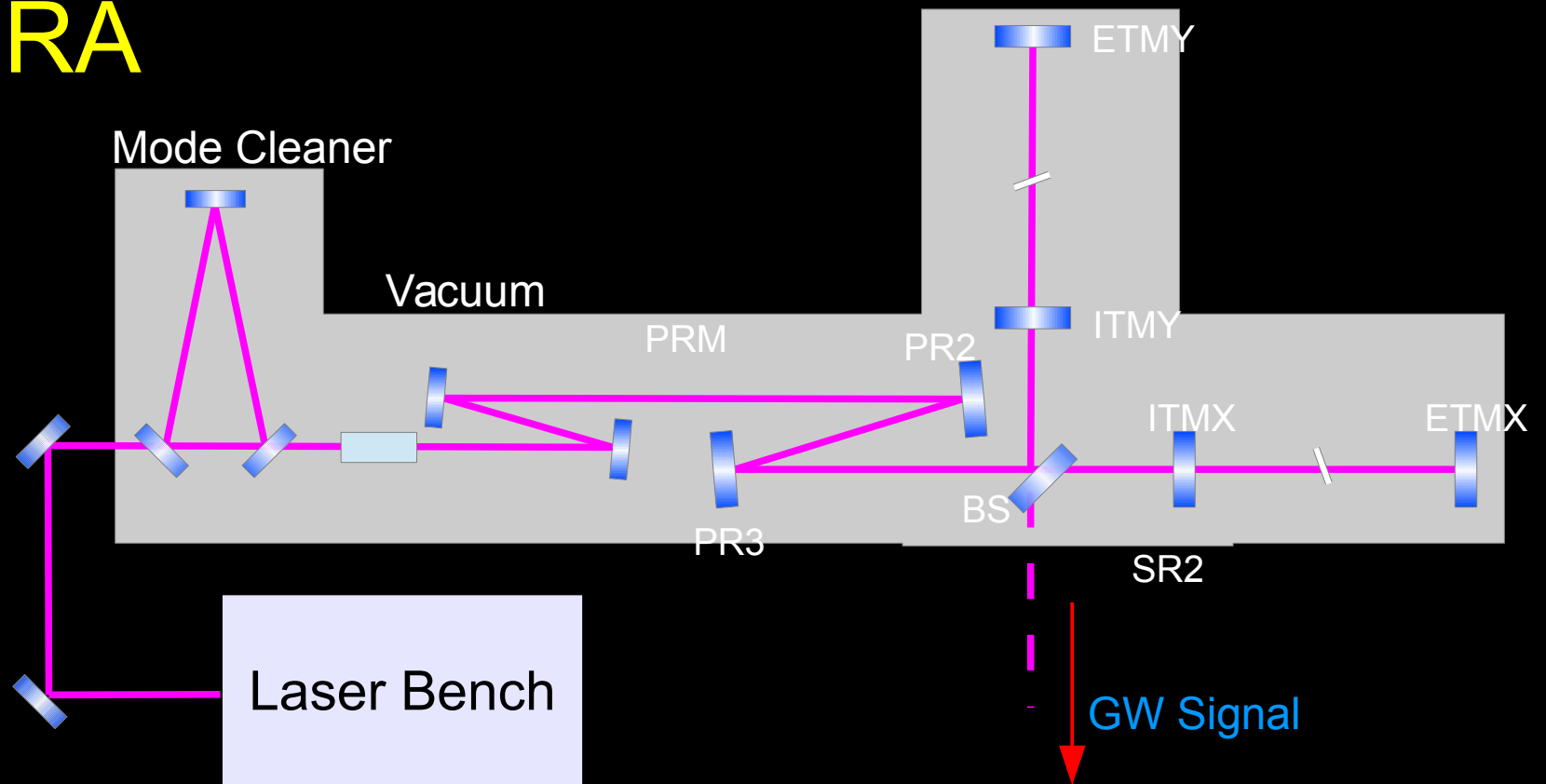
重力波源の位置決定精度



bKAGRA



iKAGRA

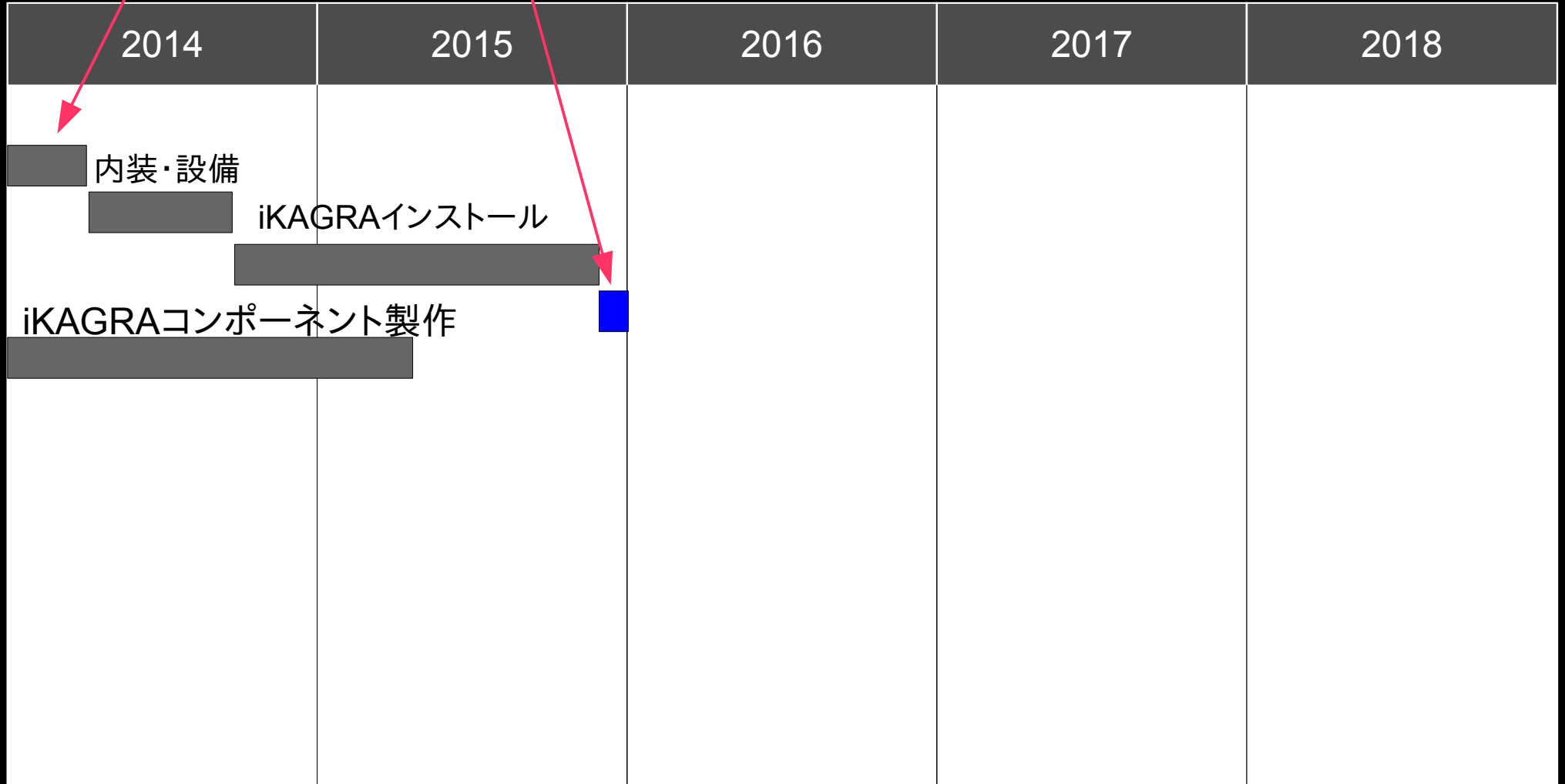


常温干涉計

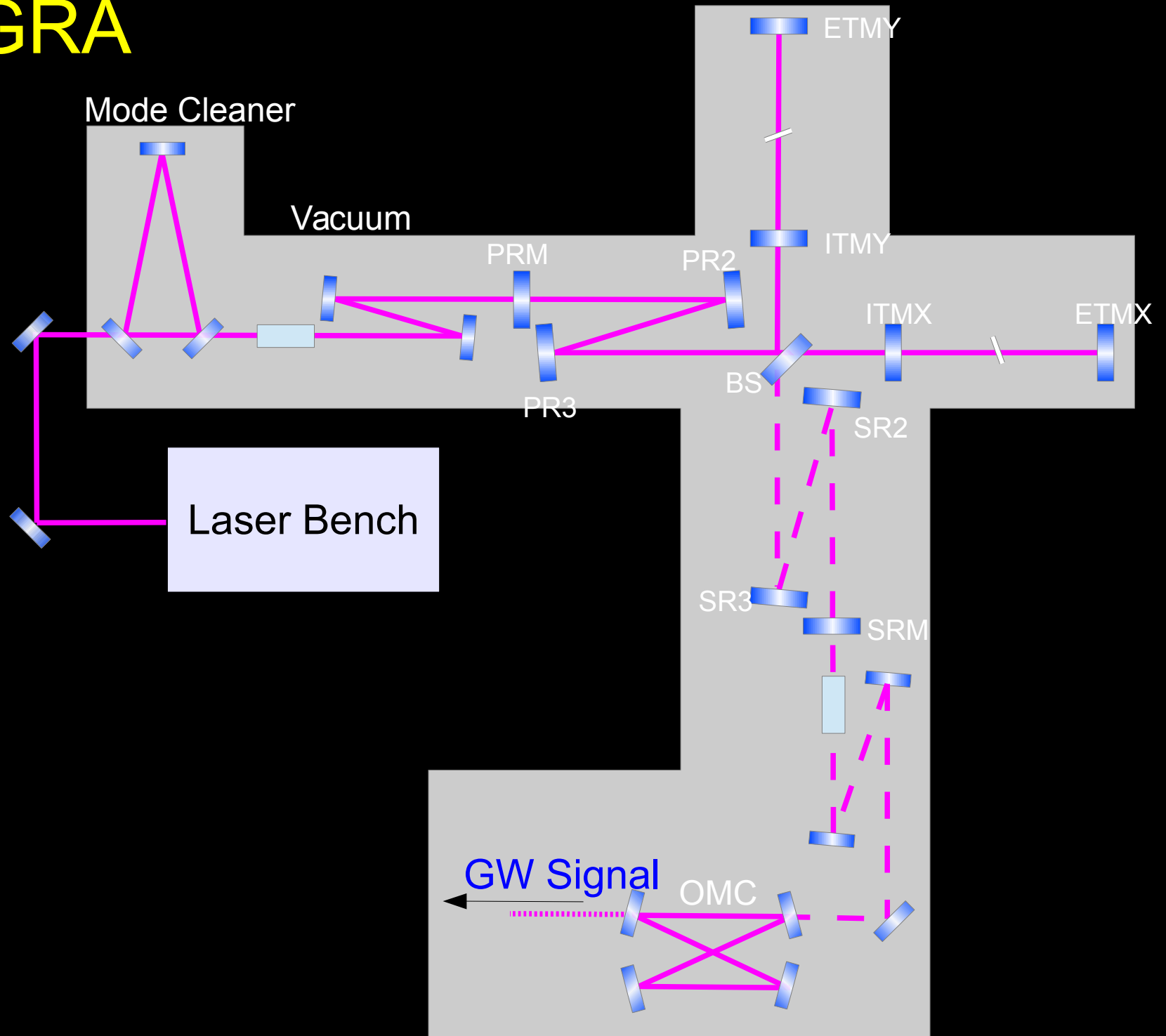
スケジュール

トンネル掘削

iKAGRA観測



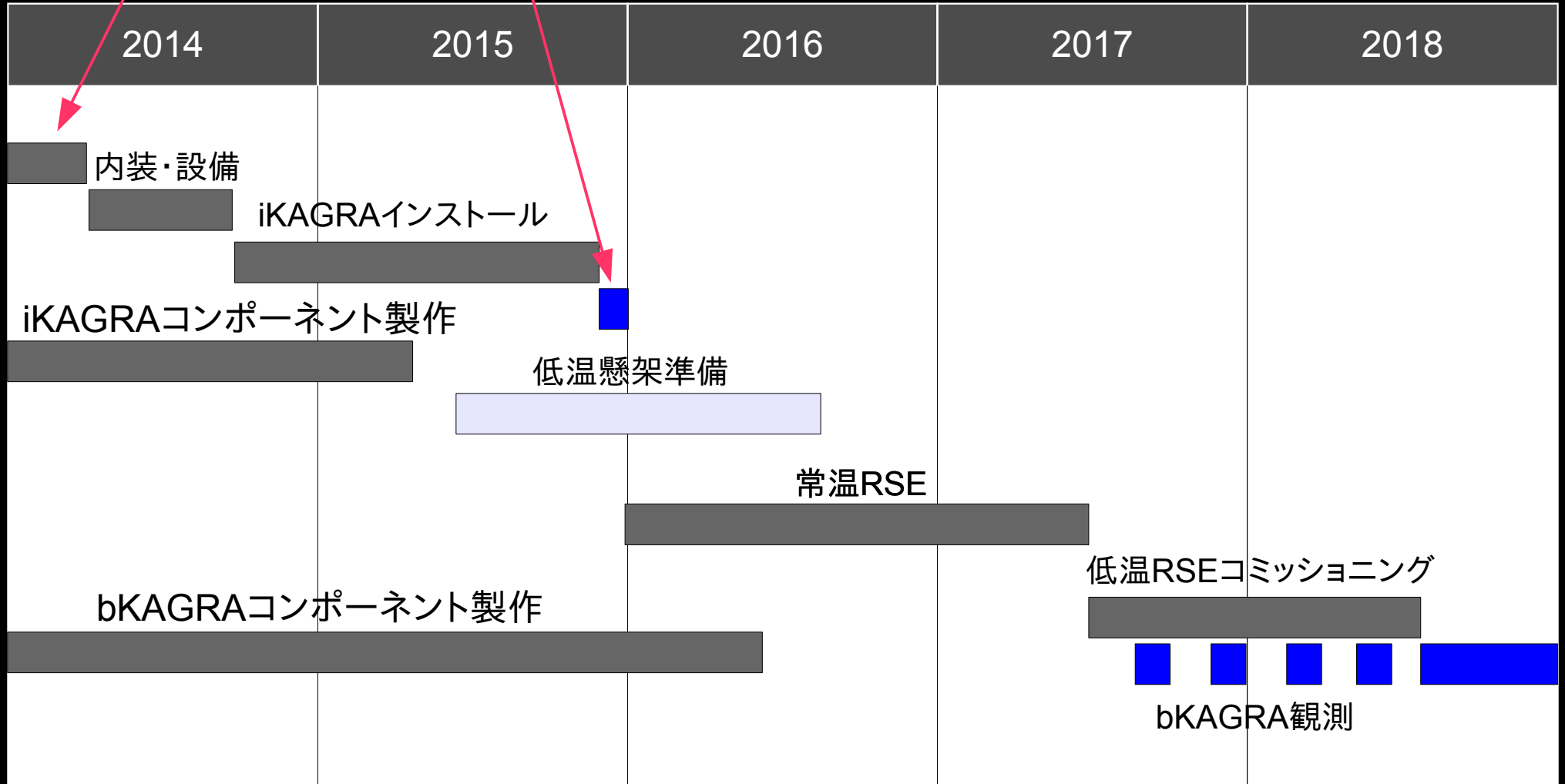
bKAGRA



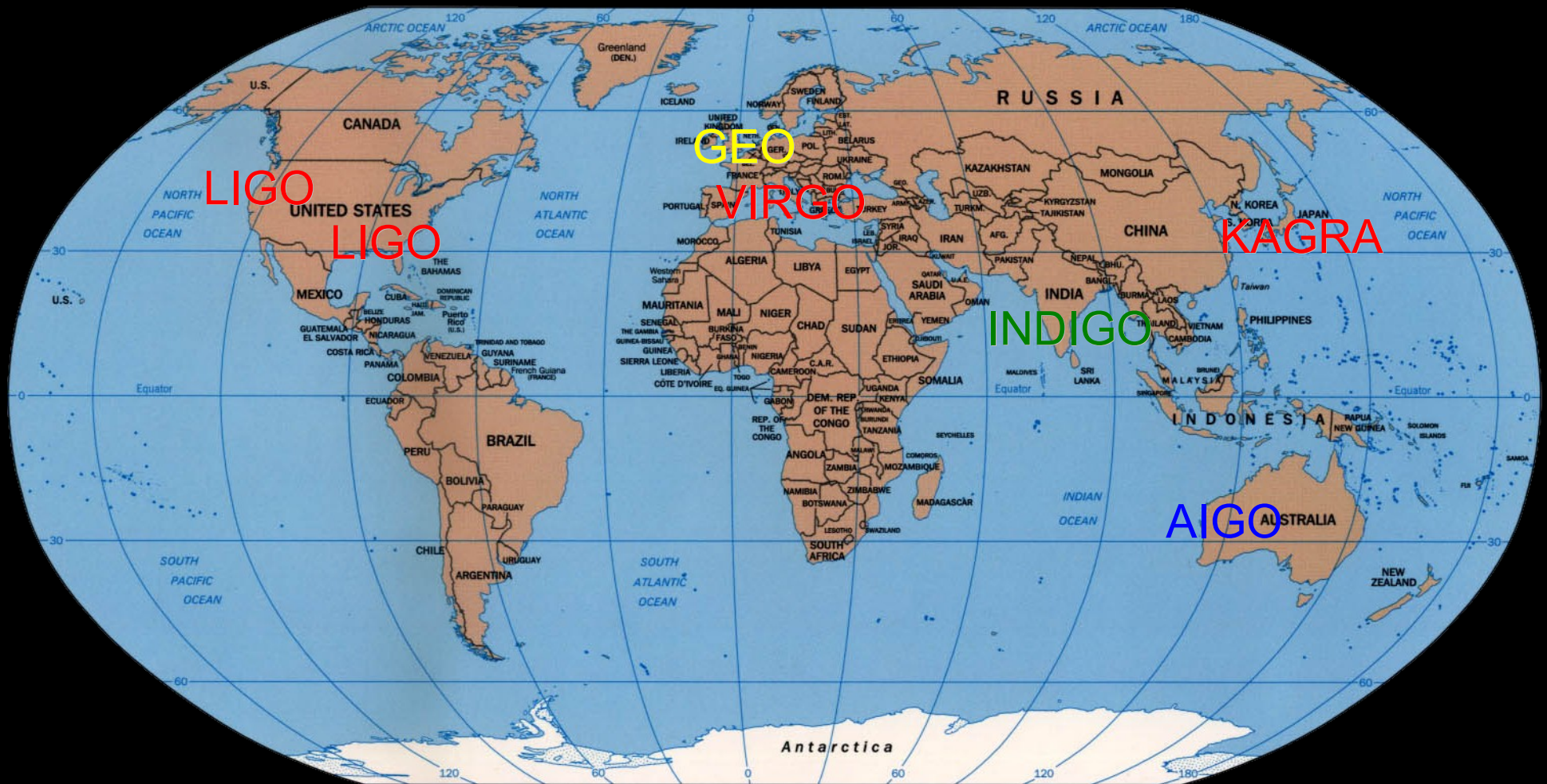
スケジュール

トンネル掘削

iKAGRA観測



世界の大型重力波検出器計画



目標感度での観測開始: 2017 - 2018付近

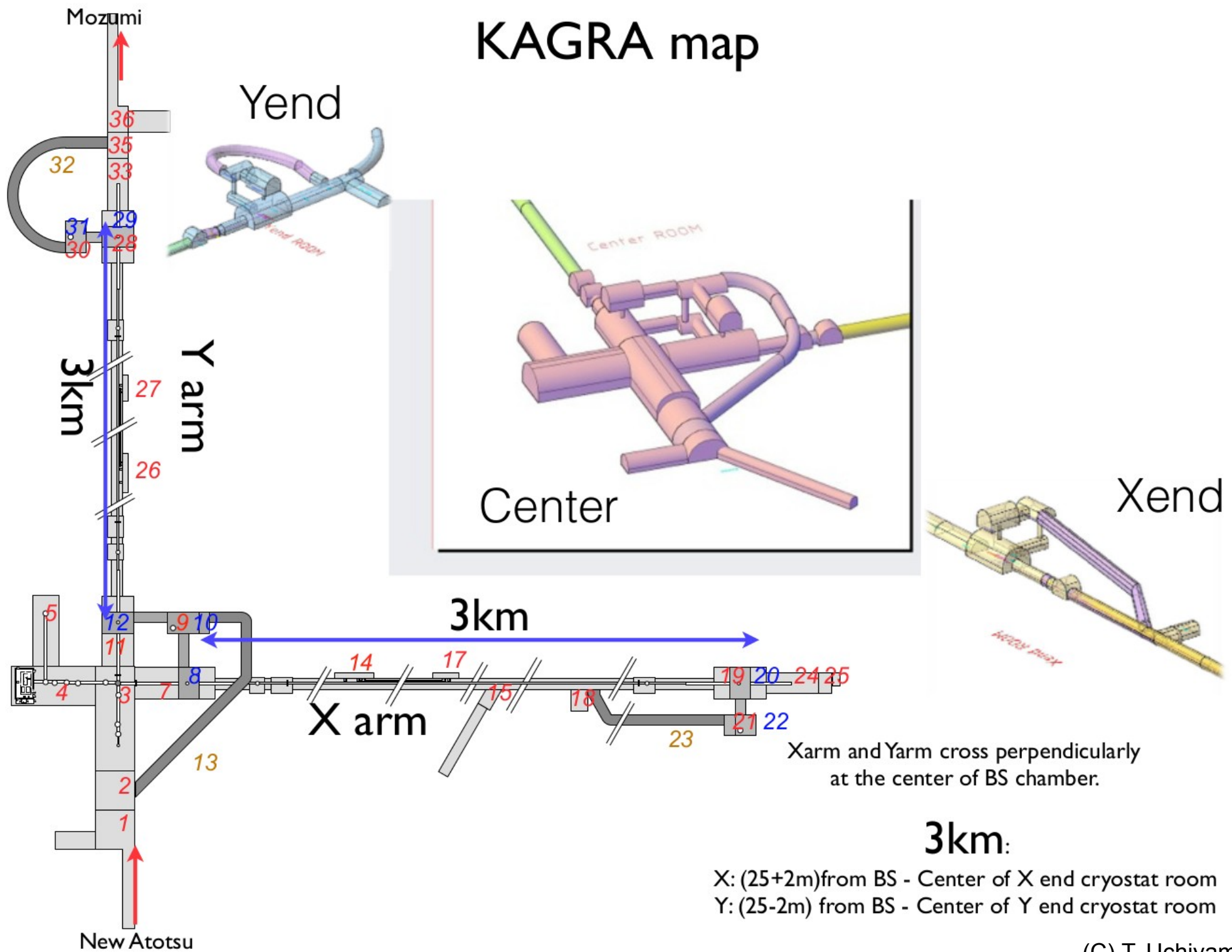


Location of Center (BS)

- latitude: 36.41°N , longitude: 137.31° .
- Y arm direction: 28.31° deg. from the North.
- Height from the sea level : about 372m.
- **2 entrances for the experiment room.**
- Center, Xend, Yend are inside more than 200m from the surface of the mountain.
- Tunnel floor is tilted by 1/300 for natural water drainage.
- Height of the Xend: 382.095m.
- Height of the Yend: 362.928m.



KAGRA map





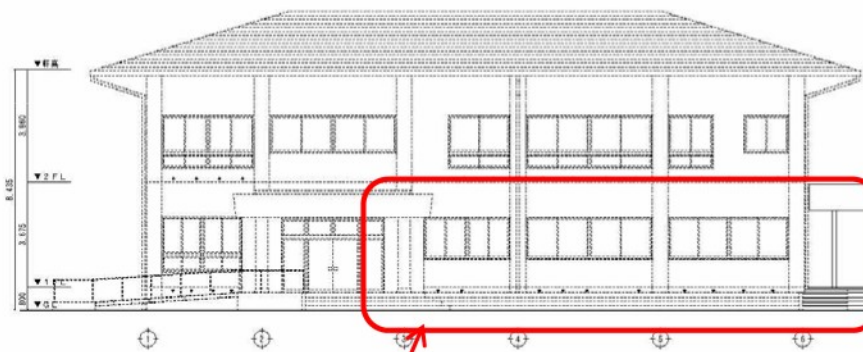
大型電力設備建設現場 KAI RA
かぐらトンネル現場見学会
平成24年12月2日

かぐらトンネル
建設現場見学会
平成24年12月2日



地上設備

3月末竣工

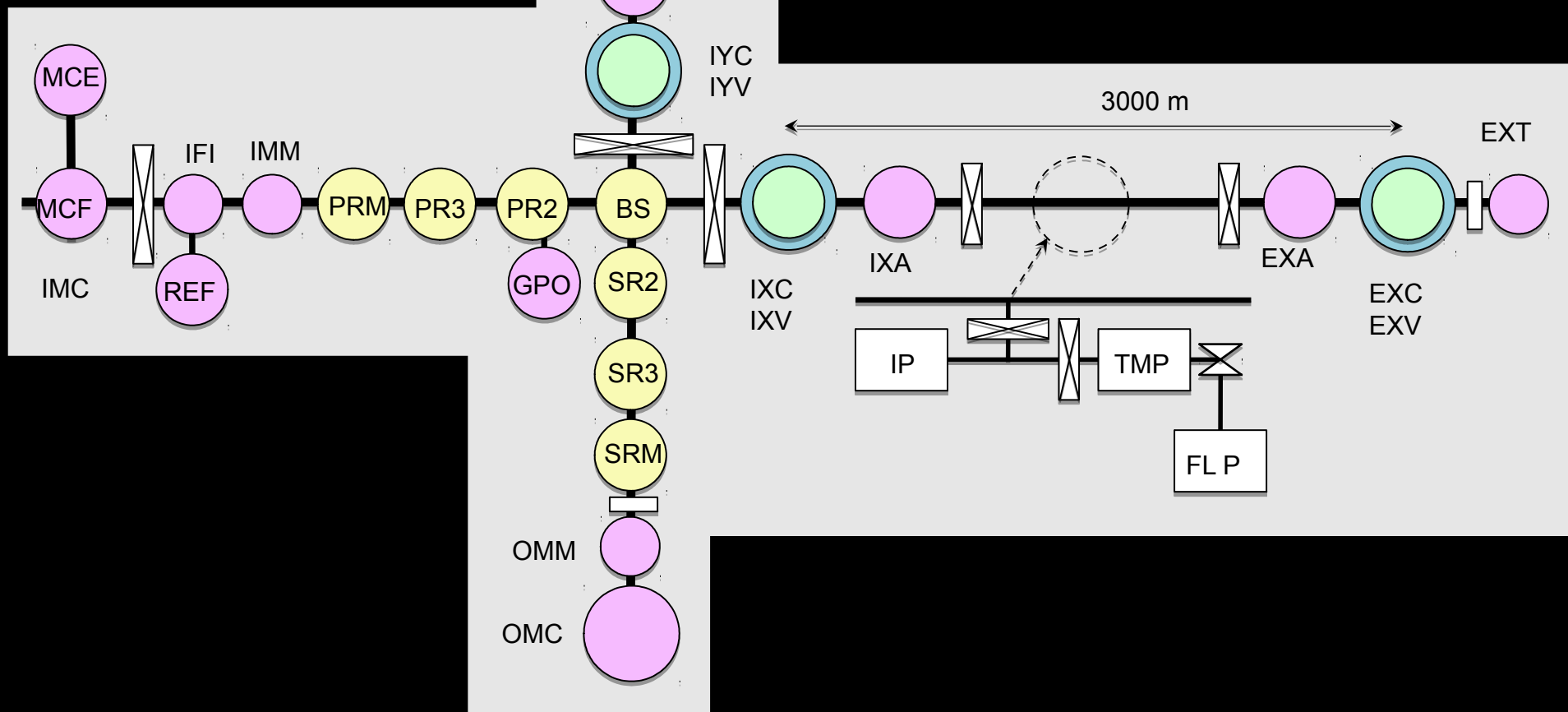


KAGRA office (since 2012, 140m²)



New office building under construction.
To be completed in March 2014(340m²).

真空系

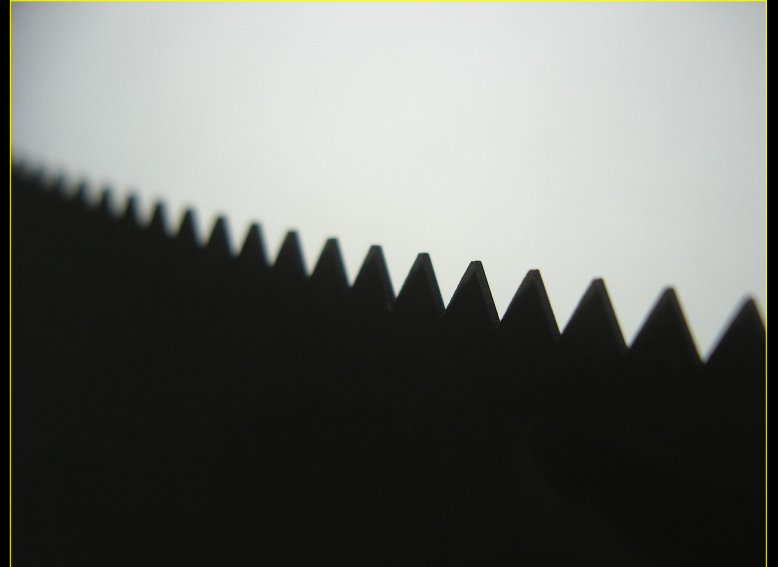


製作完了

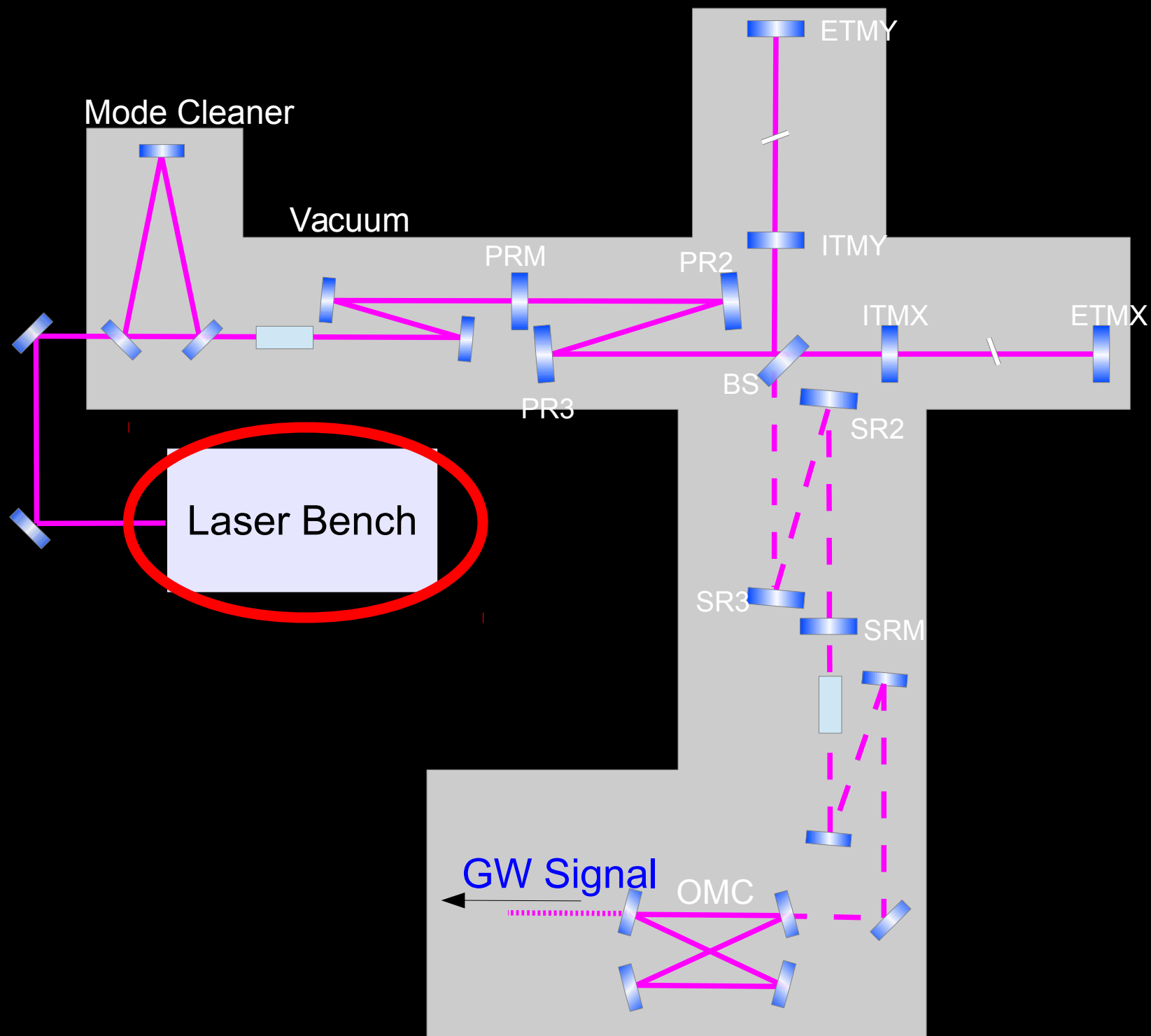
- 真空ダクト(6km)
- メイン真空チャンバー

今後製作

- 光検出器用真空チャンバー







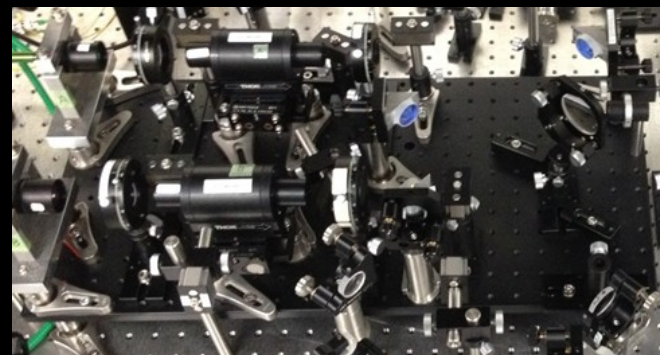
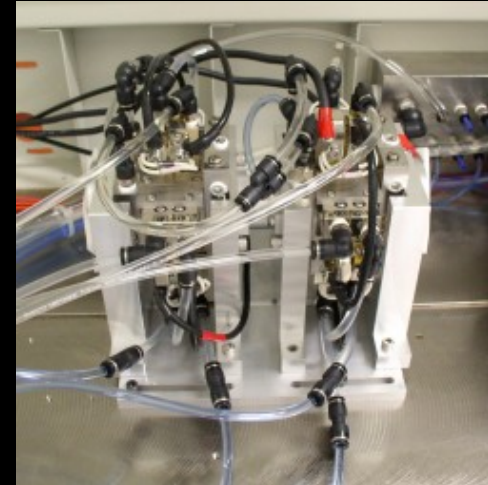
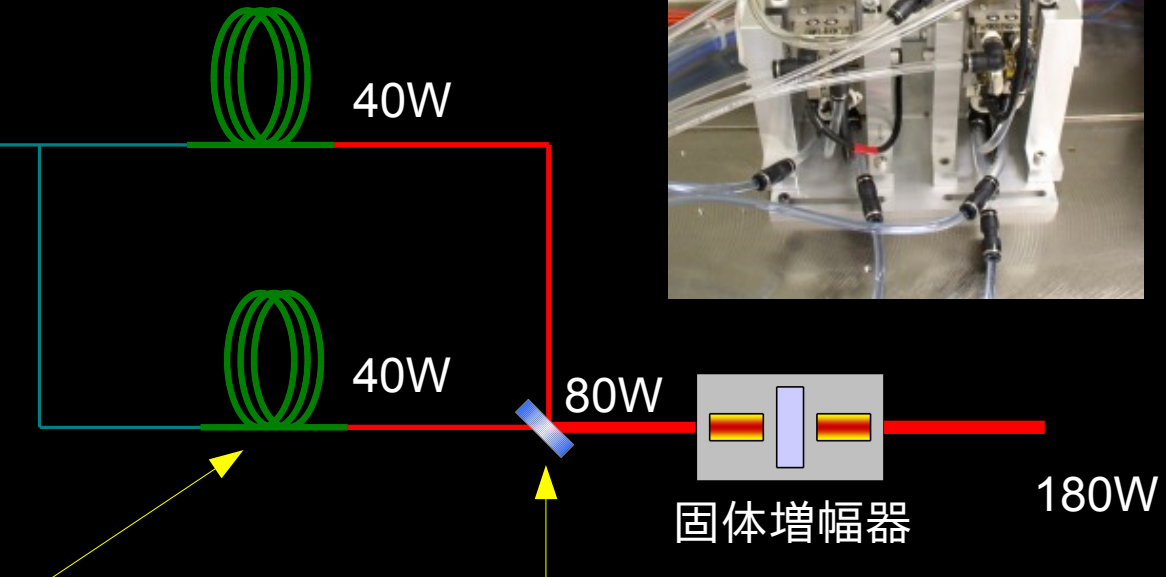
KAGRA レーザー

固体レーザーモジュール

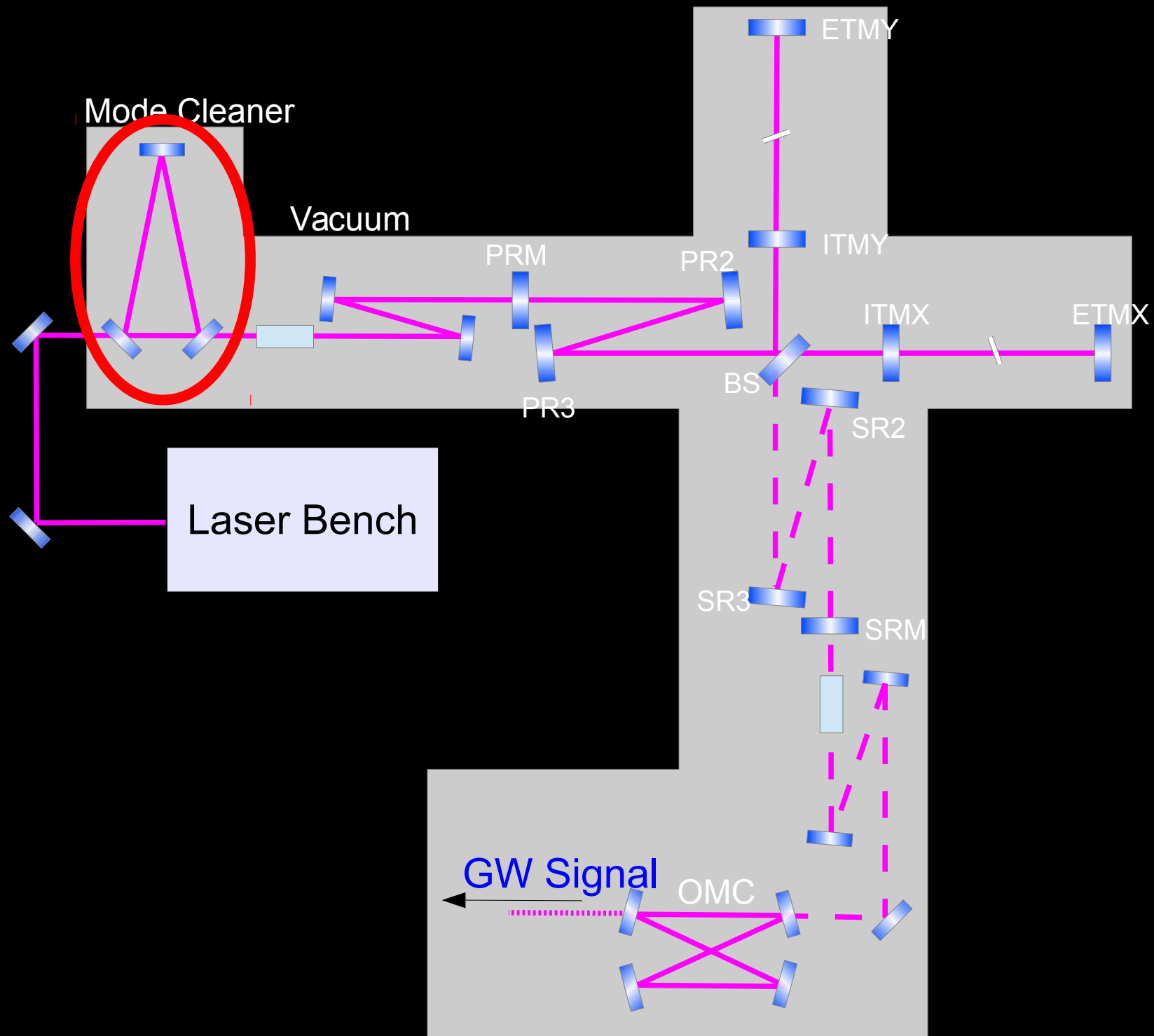
Nd:YAG NPRO
400mW

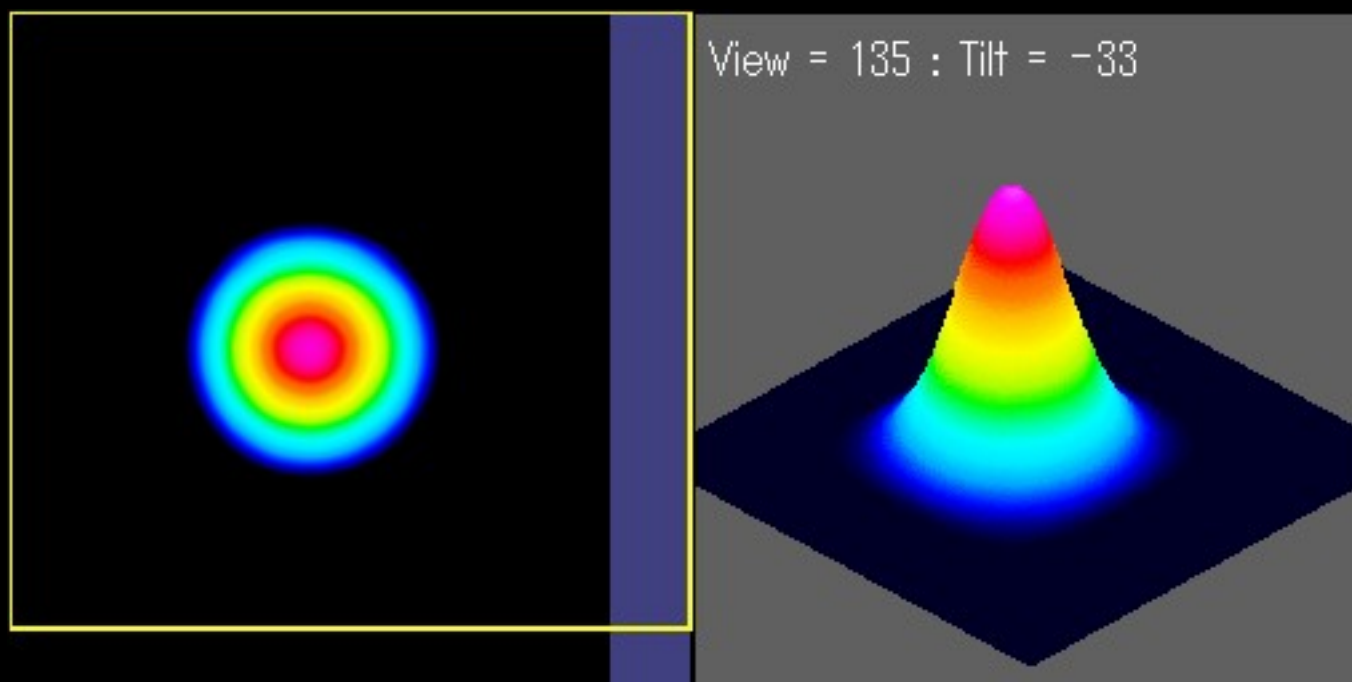
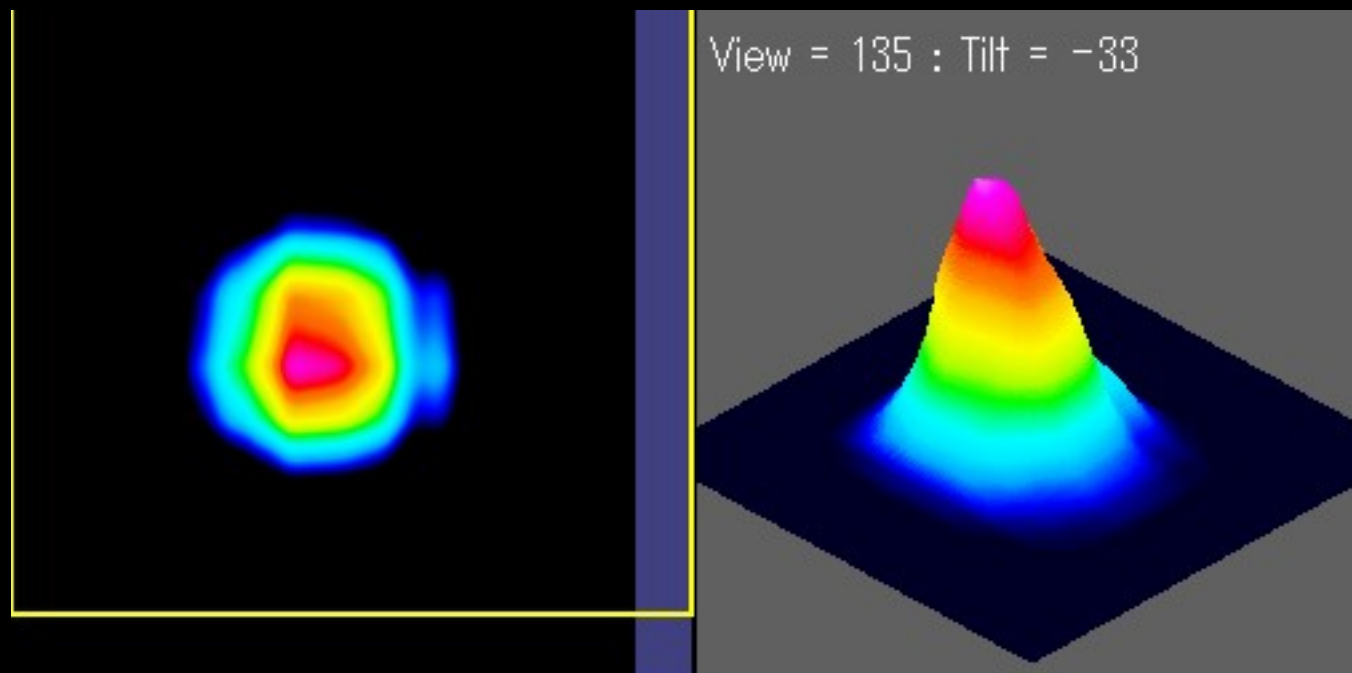


ファイバーレーザー増幅器

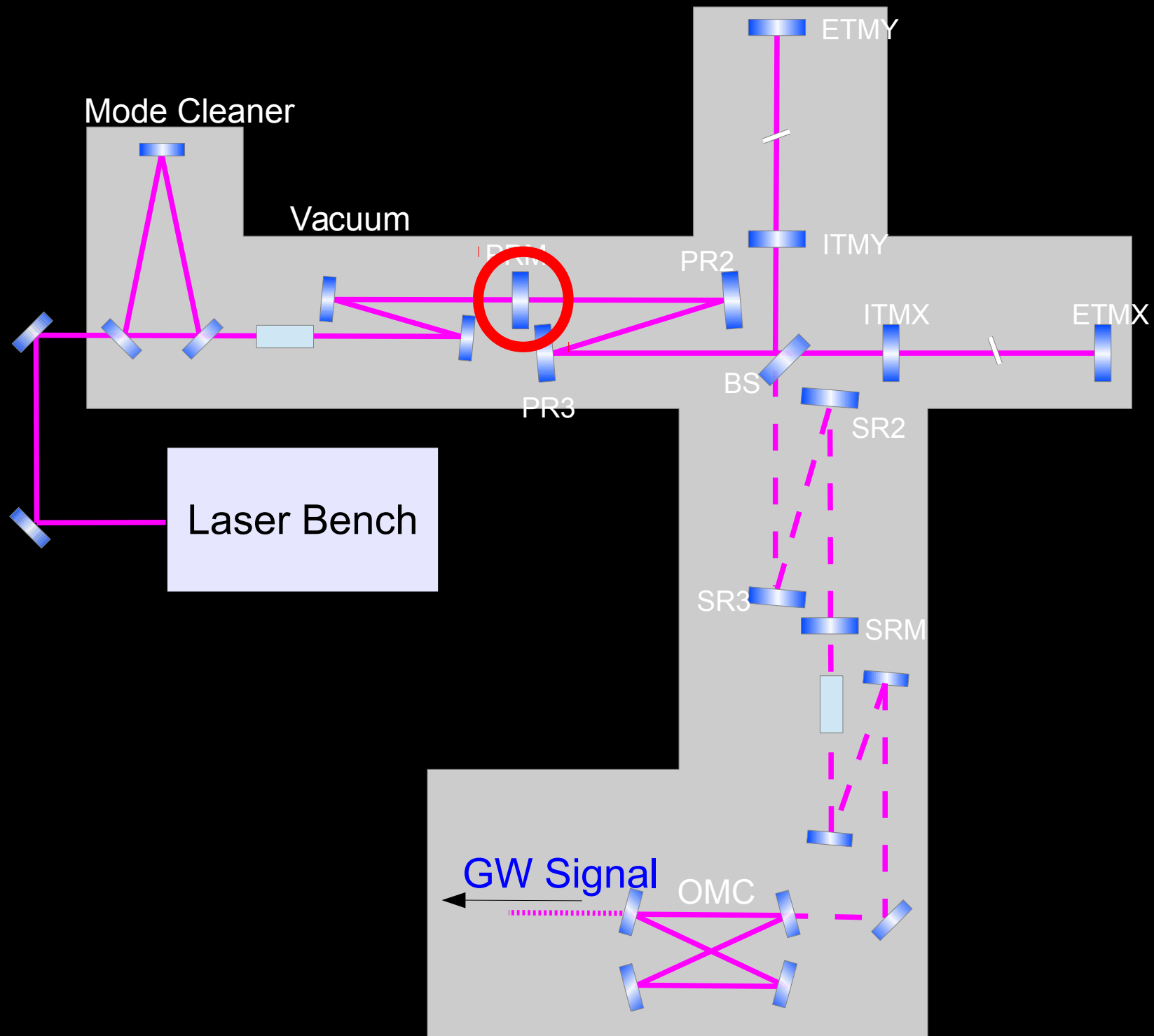


コヒーレント加算器

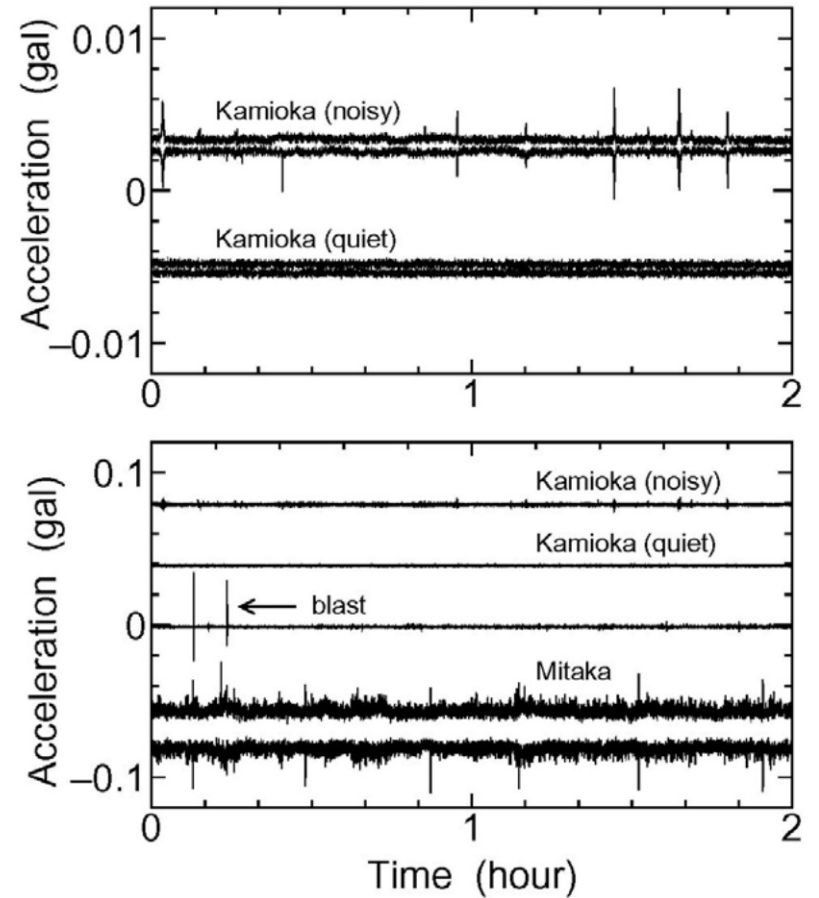
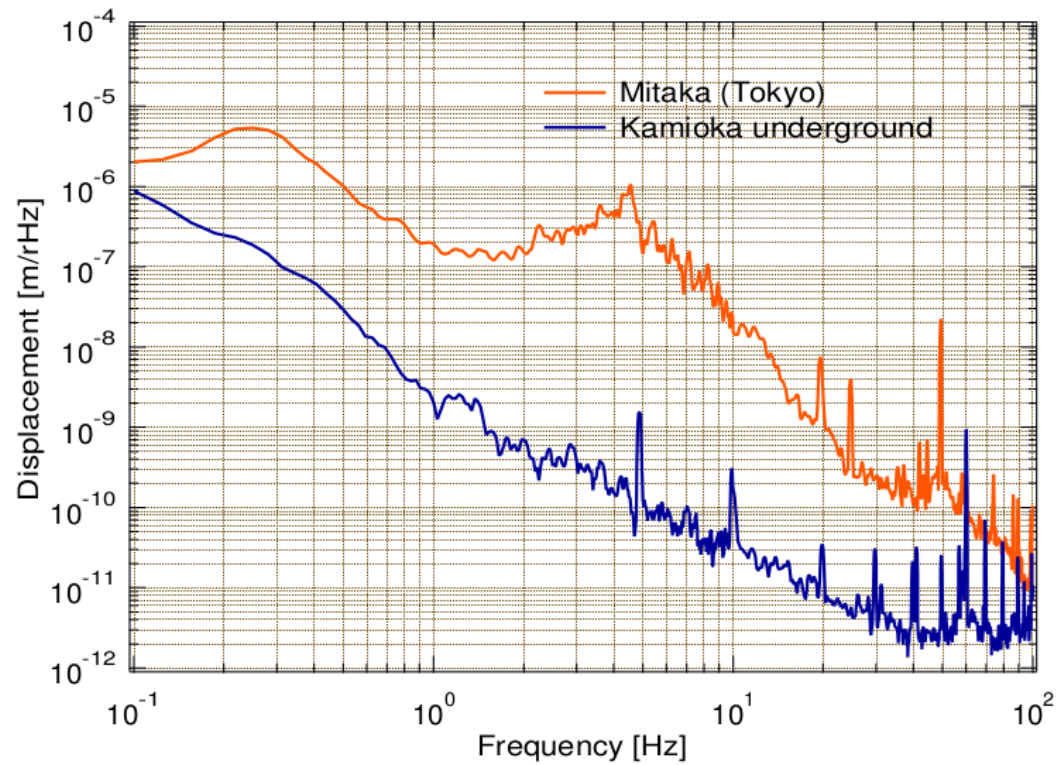




- MC用ミラー: 3月末納品
- MC用サスペンション: TAMA型を改良して使用
- 2015/1: インストール



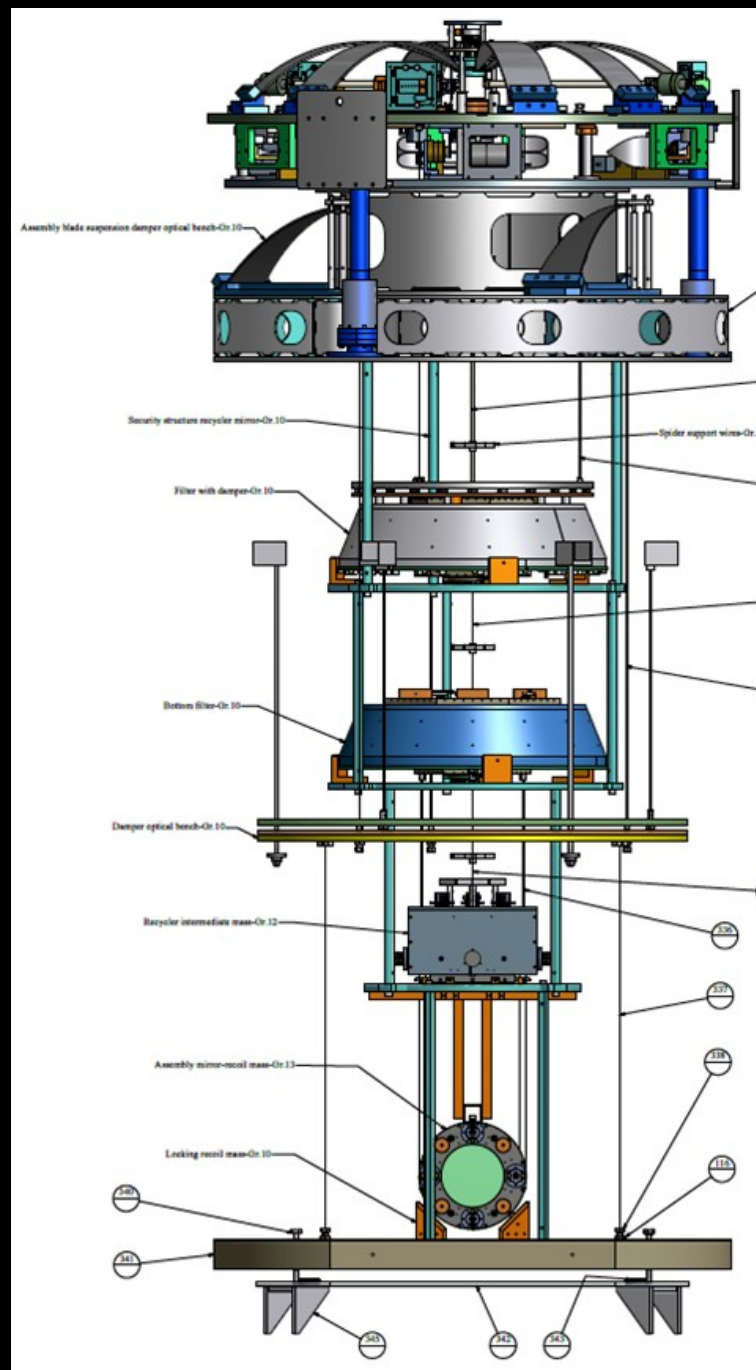
神岡の地面振動

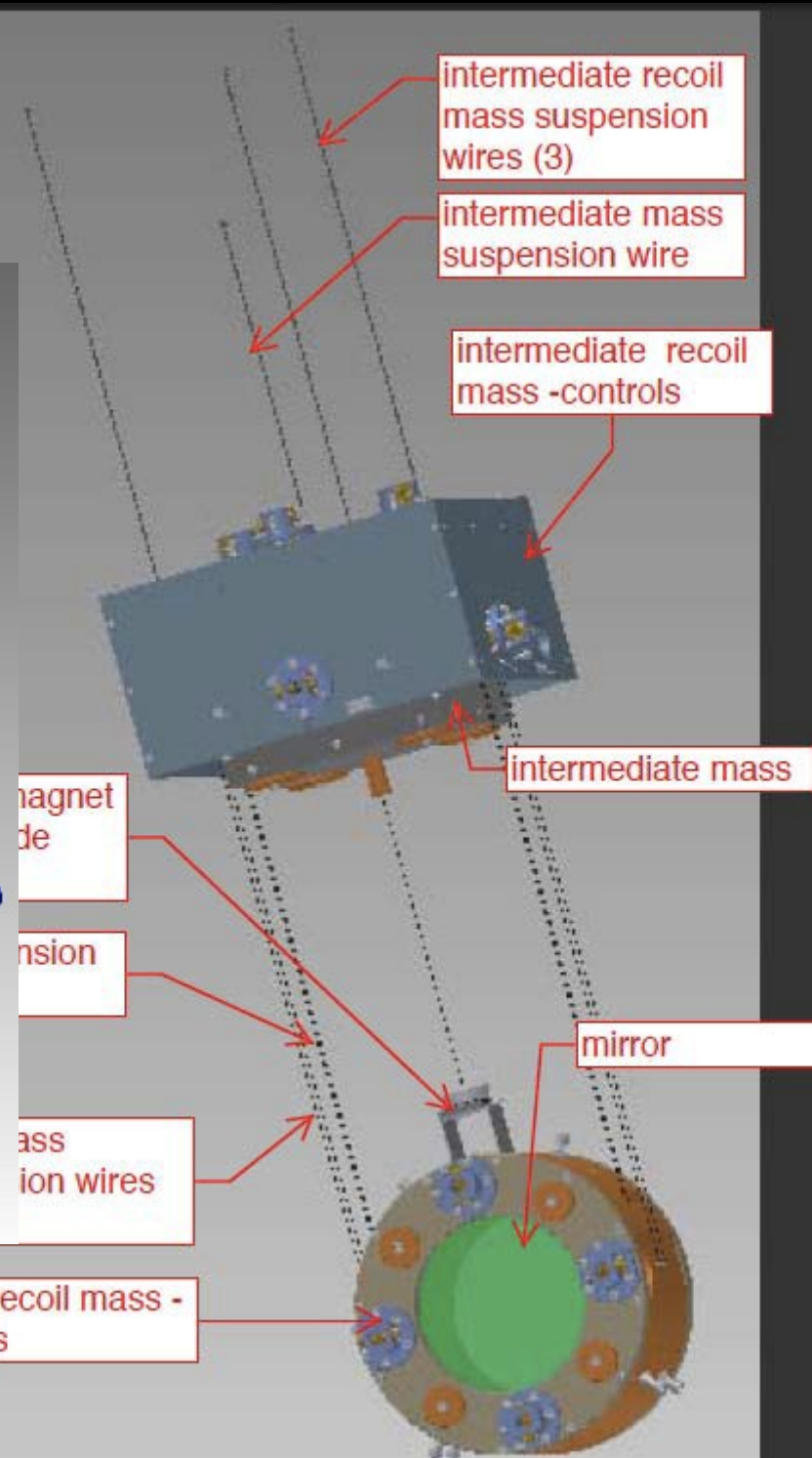
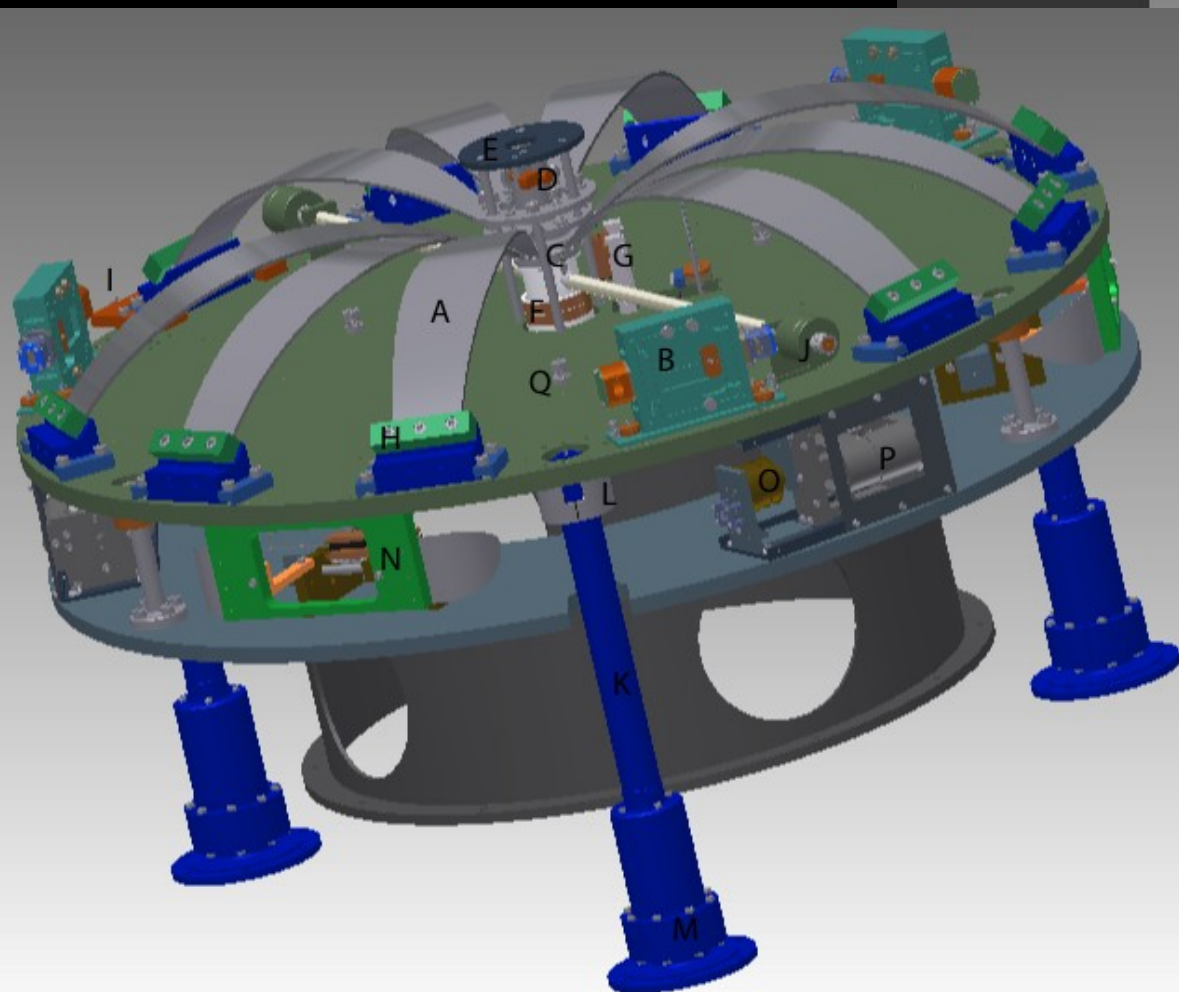


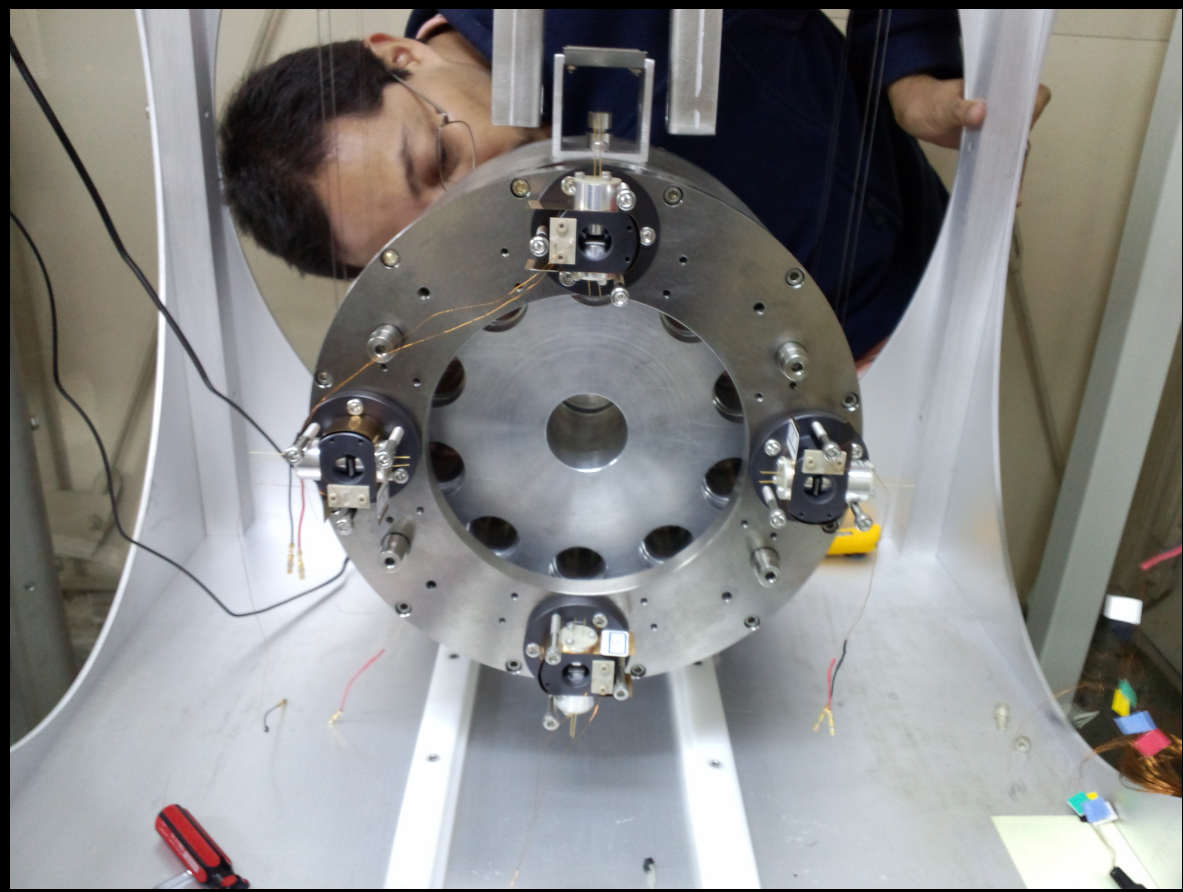
多段防振システム

1

10000000000

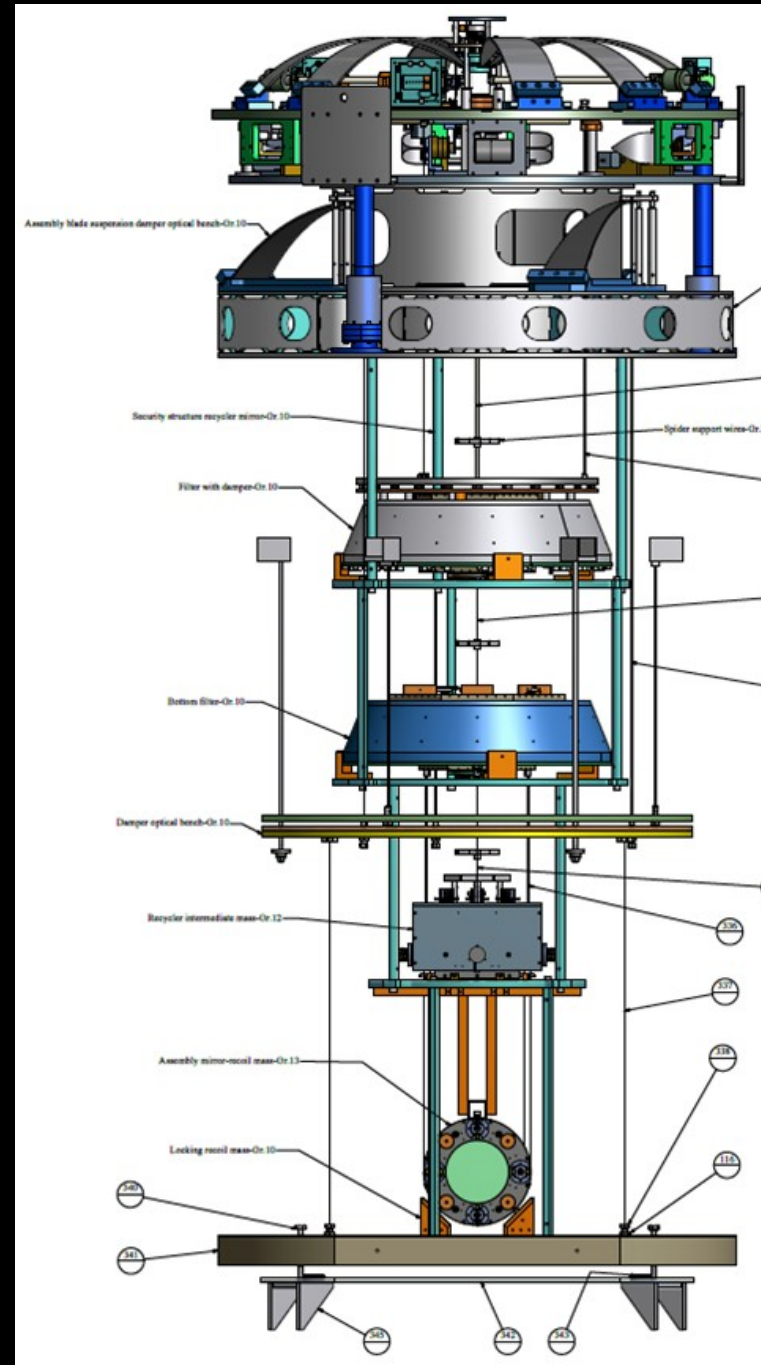






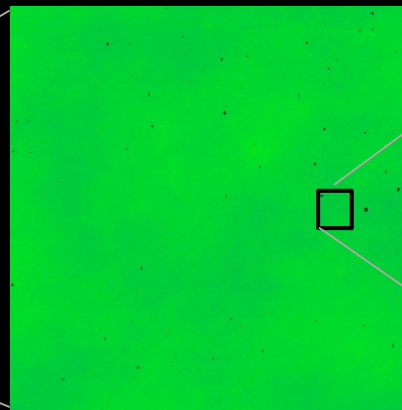
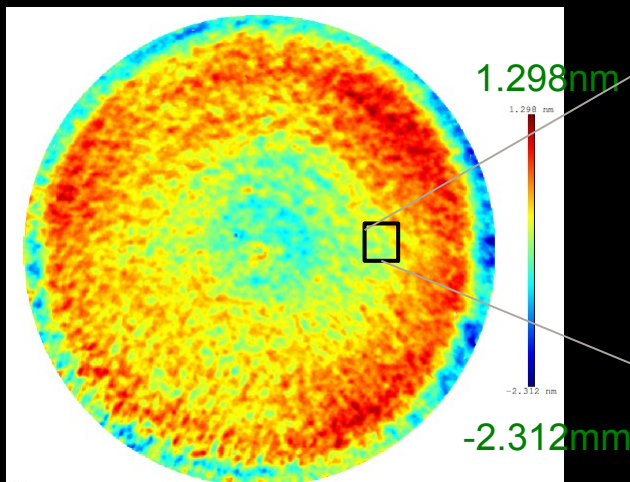
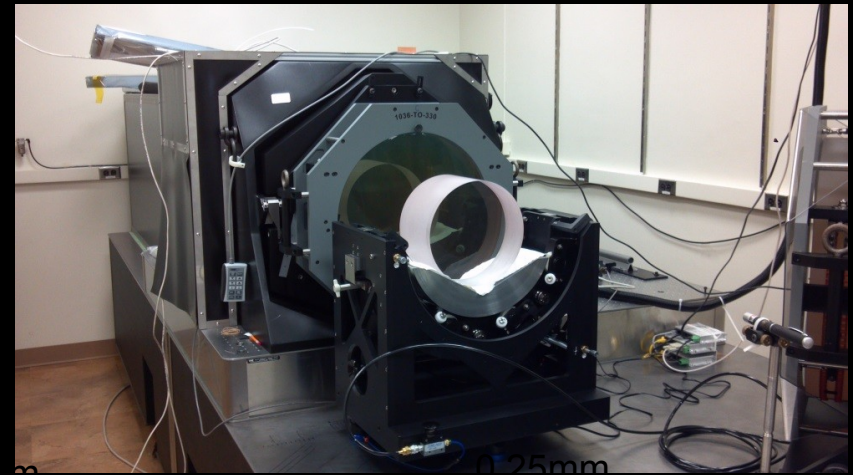
防振システム製作状況

- 構成部品: 約80%製作完了
- プロトタイプ試験
 - プレアイソレーター: 完了(宇宙線研)
 - ペイロード: 進行中(天文台)
- 組み立て, インストール: 2014/10 -

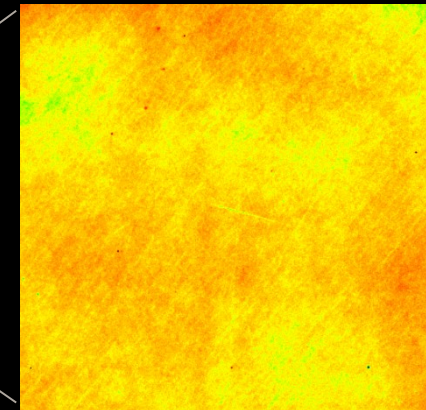


鏡の製作状況

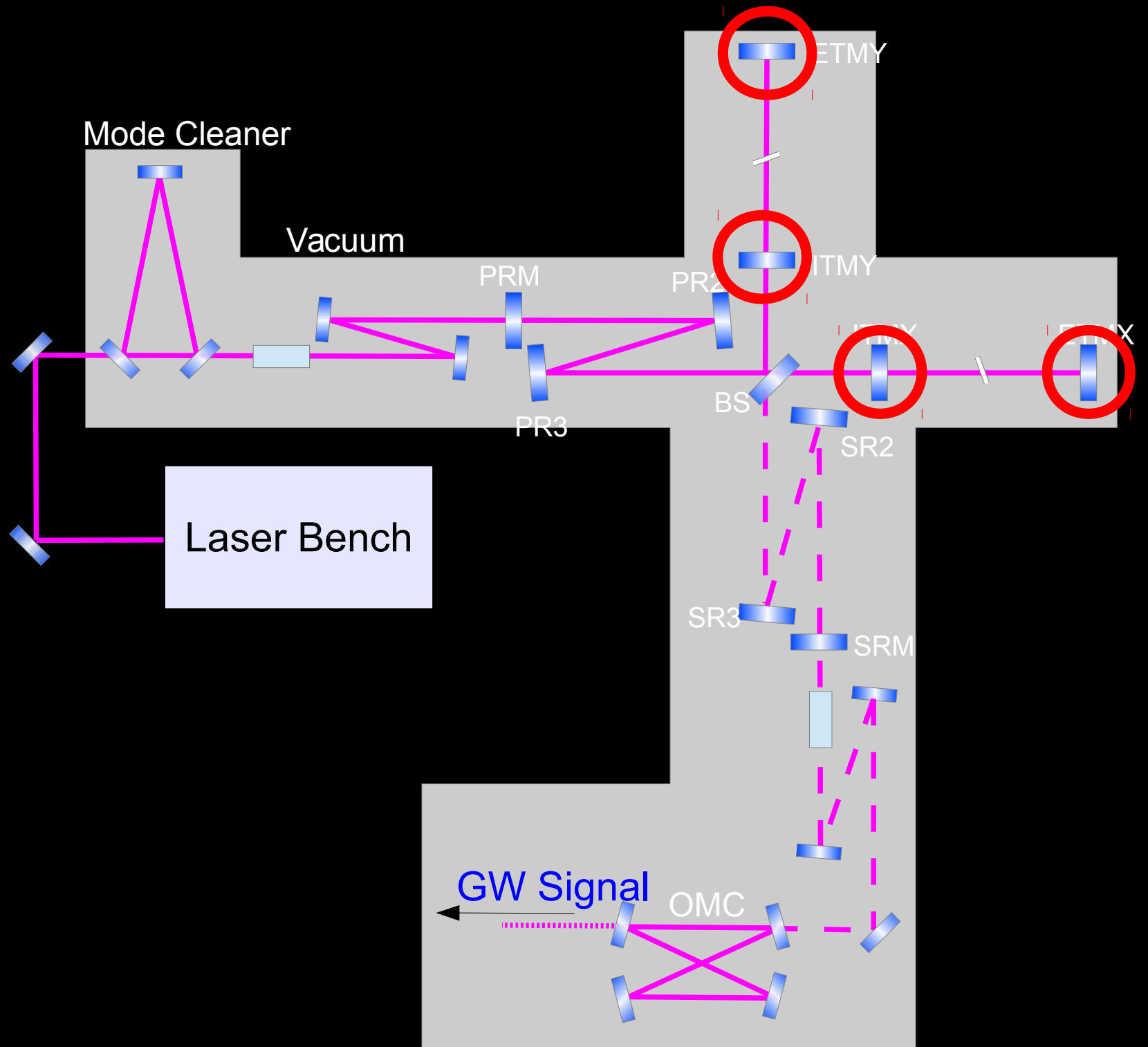
- サファイアミラー(bKAGRA用): テスト研磨完了
基材納品(8個中2個)
- シリカミラー(iKAGRA用): 完成
- その他のミラー(BS, PRC, MC, etc): 製作中

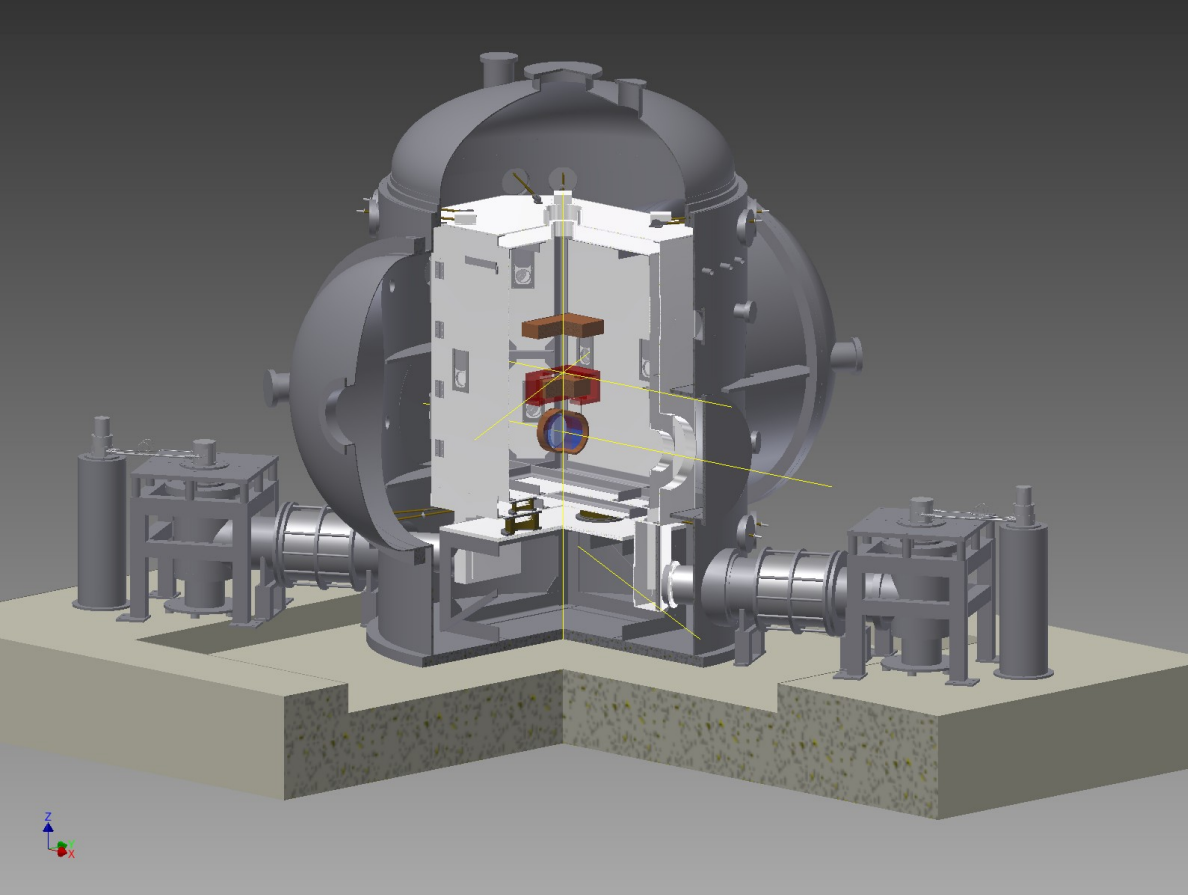


rms = 0.074nm



rms = 0.049nm

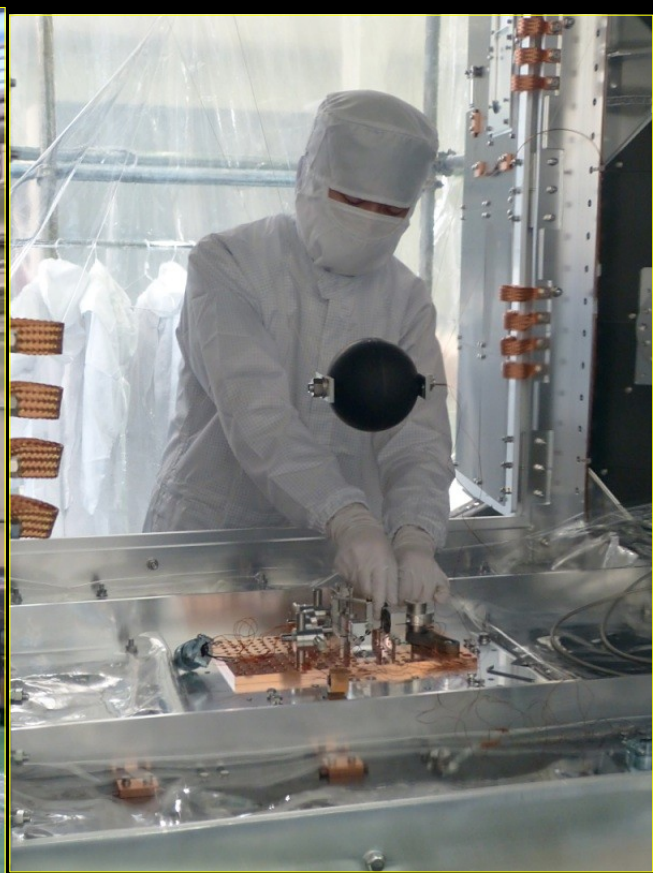
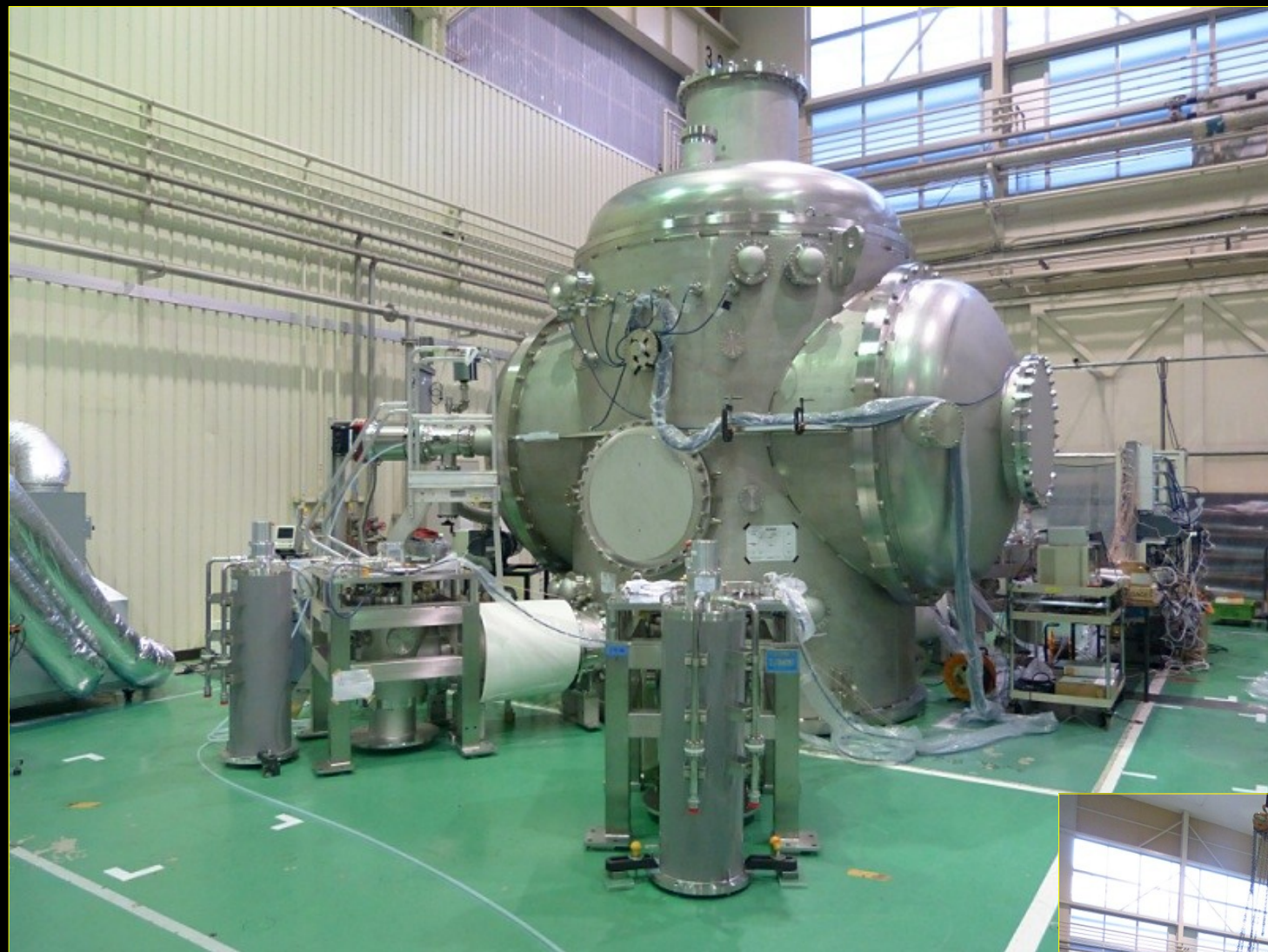




Cryogenic Sapphire Mirrors

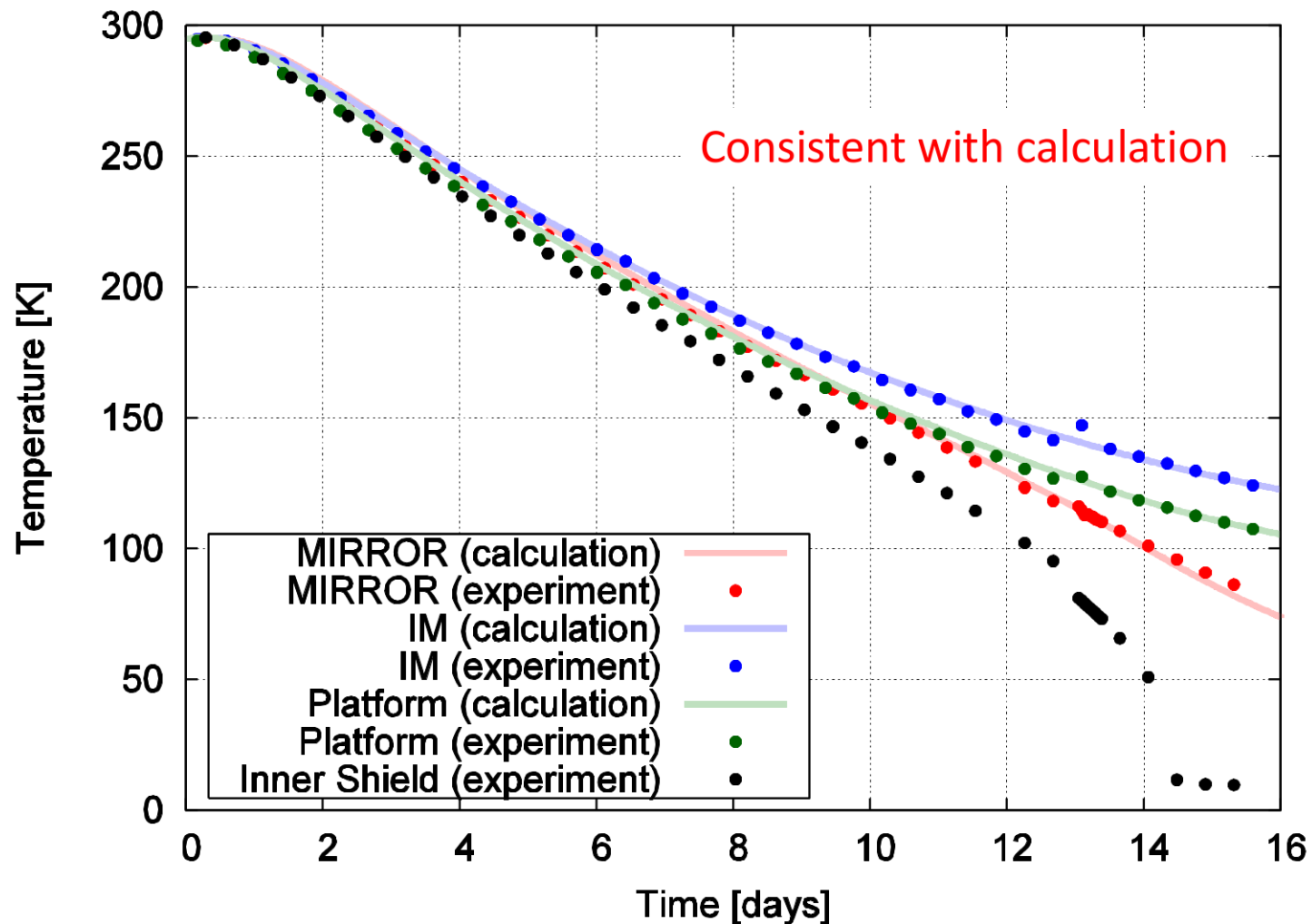
Cooled down to 20K



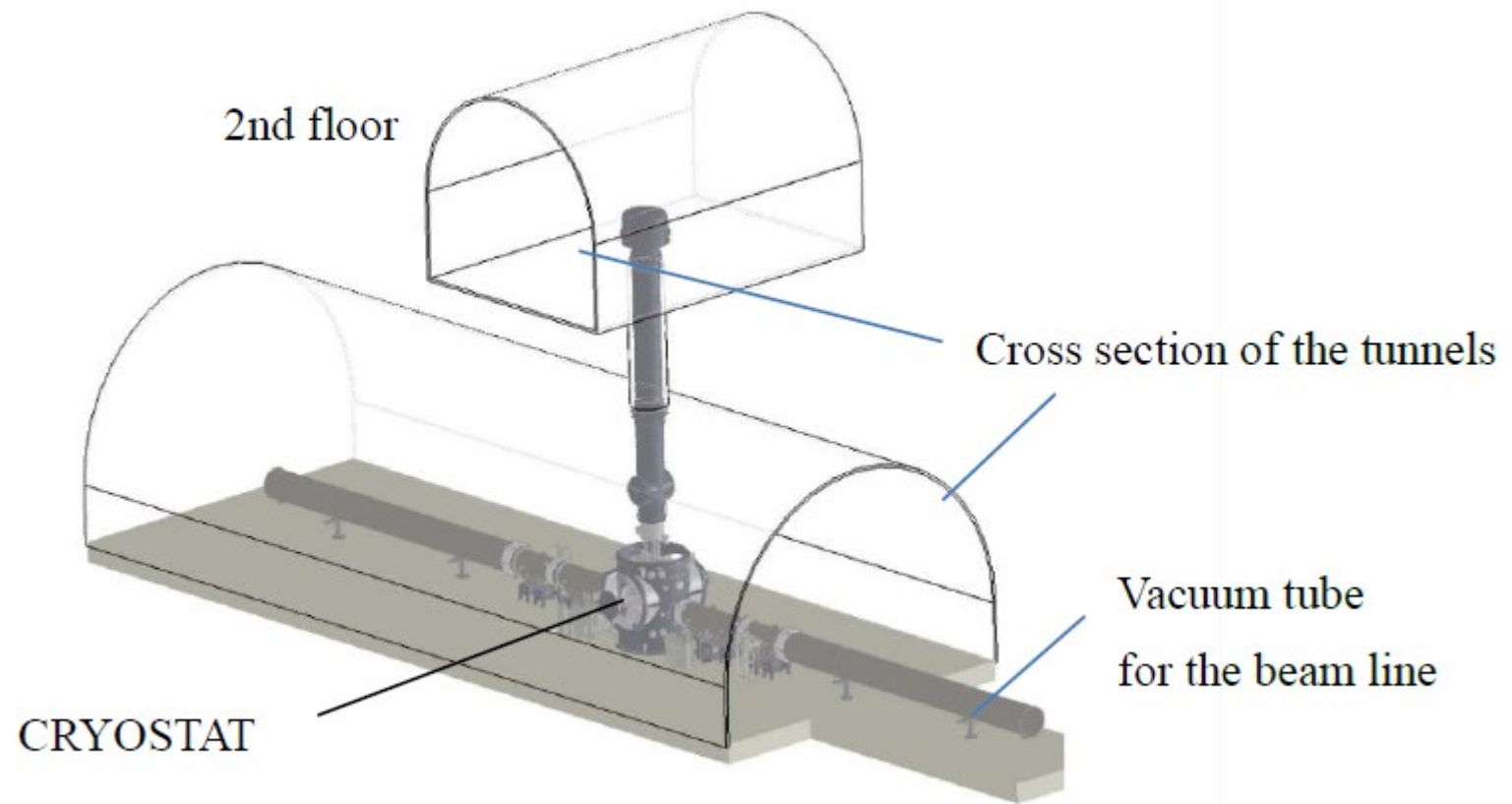


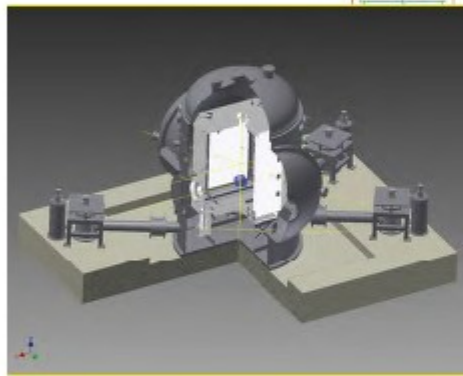
クライオスタット試験@東芝

冷却試験



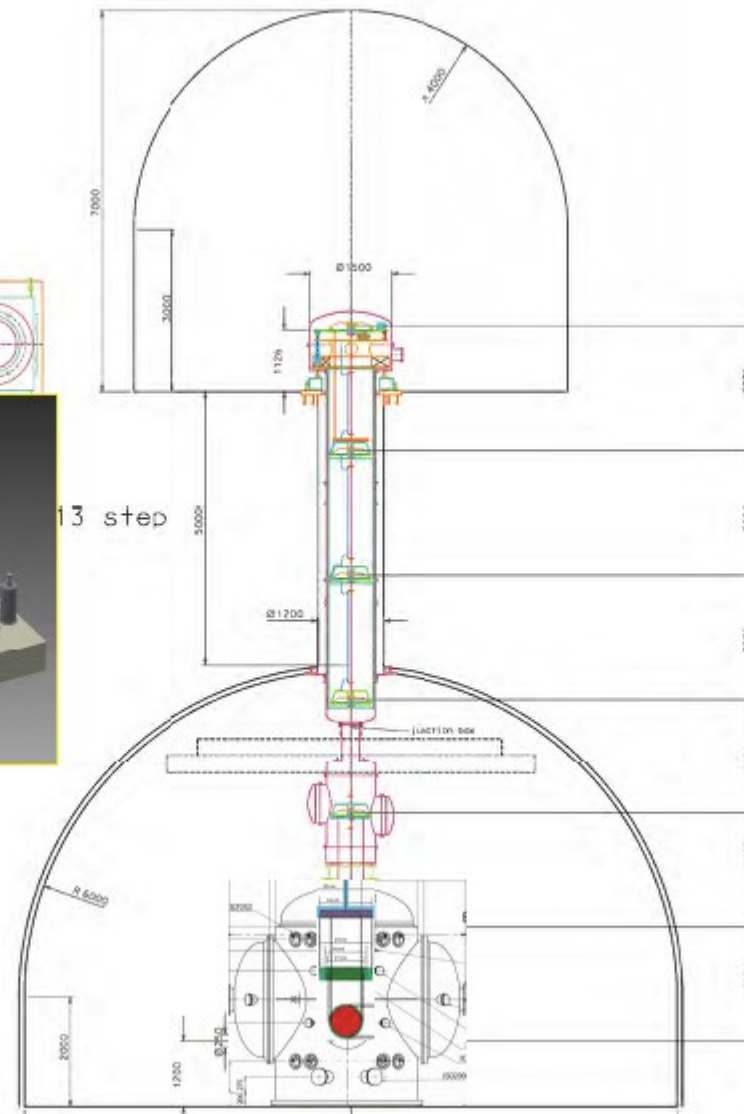
クライオスタットは完成・試験終了



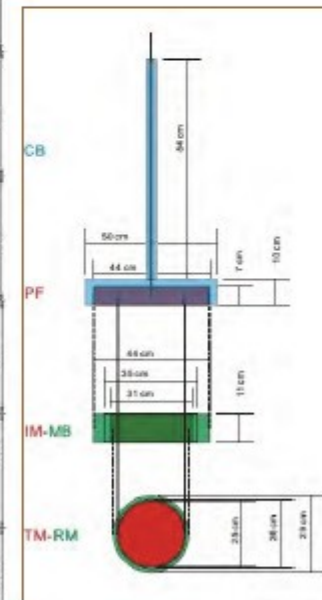


Cryostat
PTC units

S.Koike



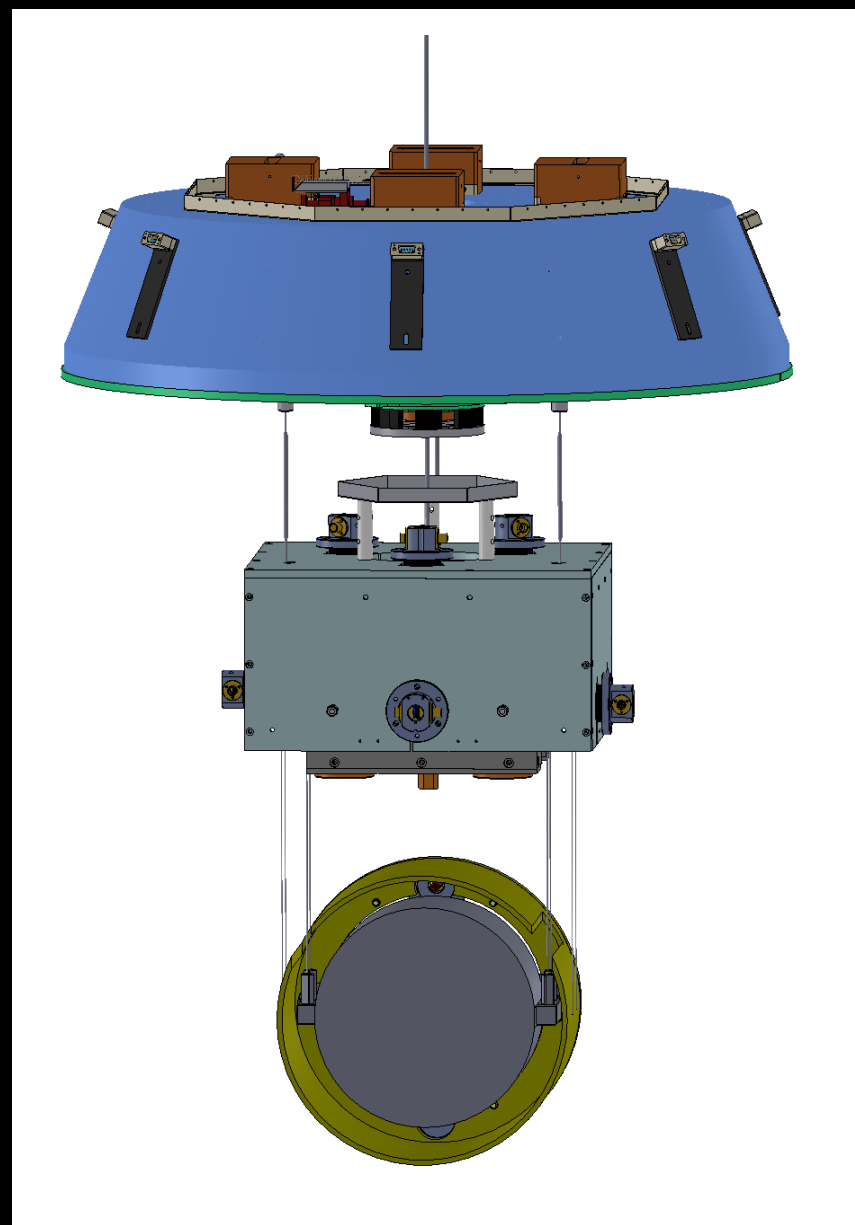
Payload



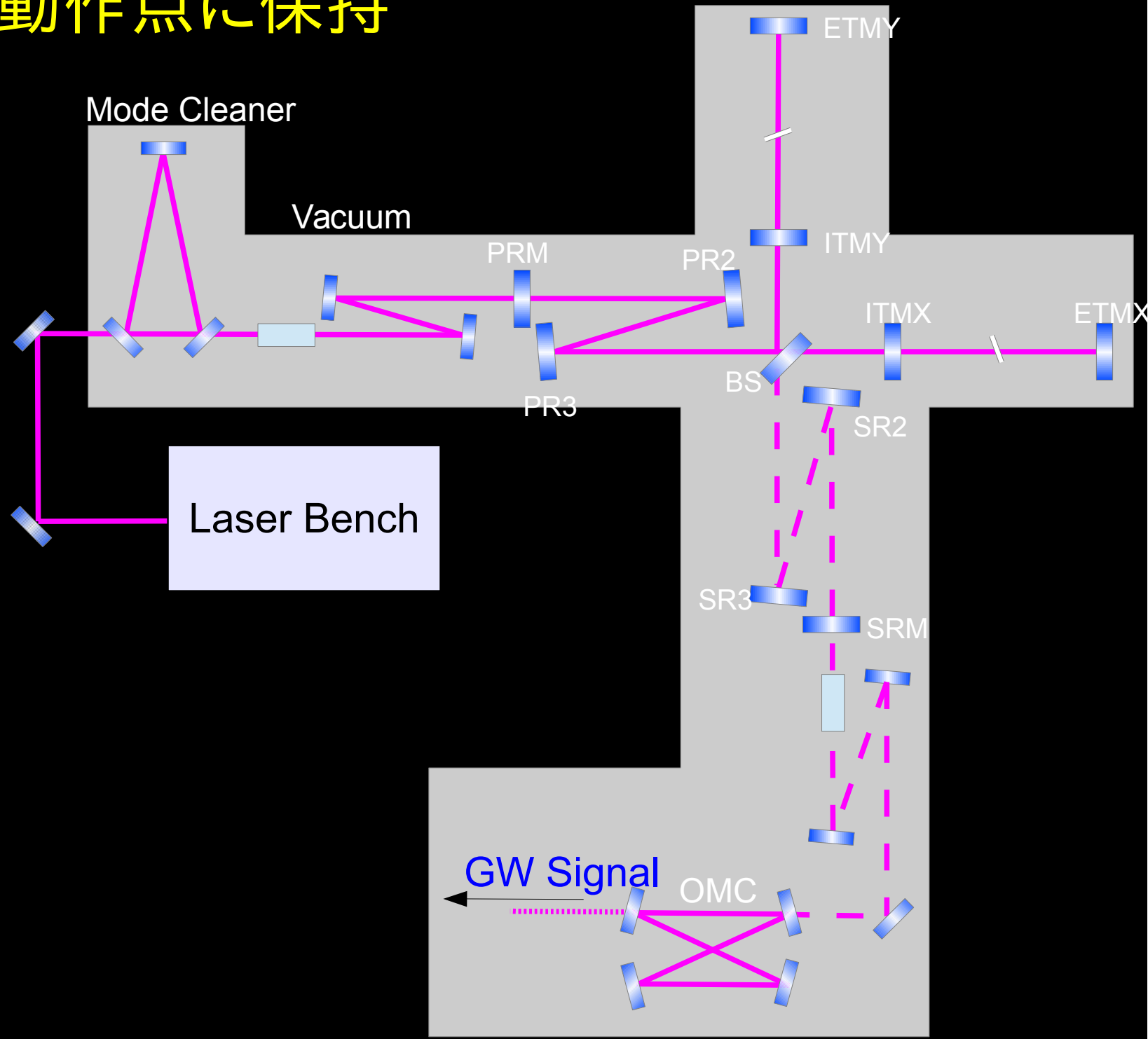
R.Takahashi

低温ペイロード

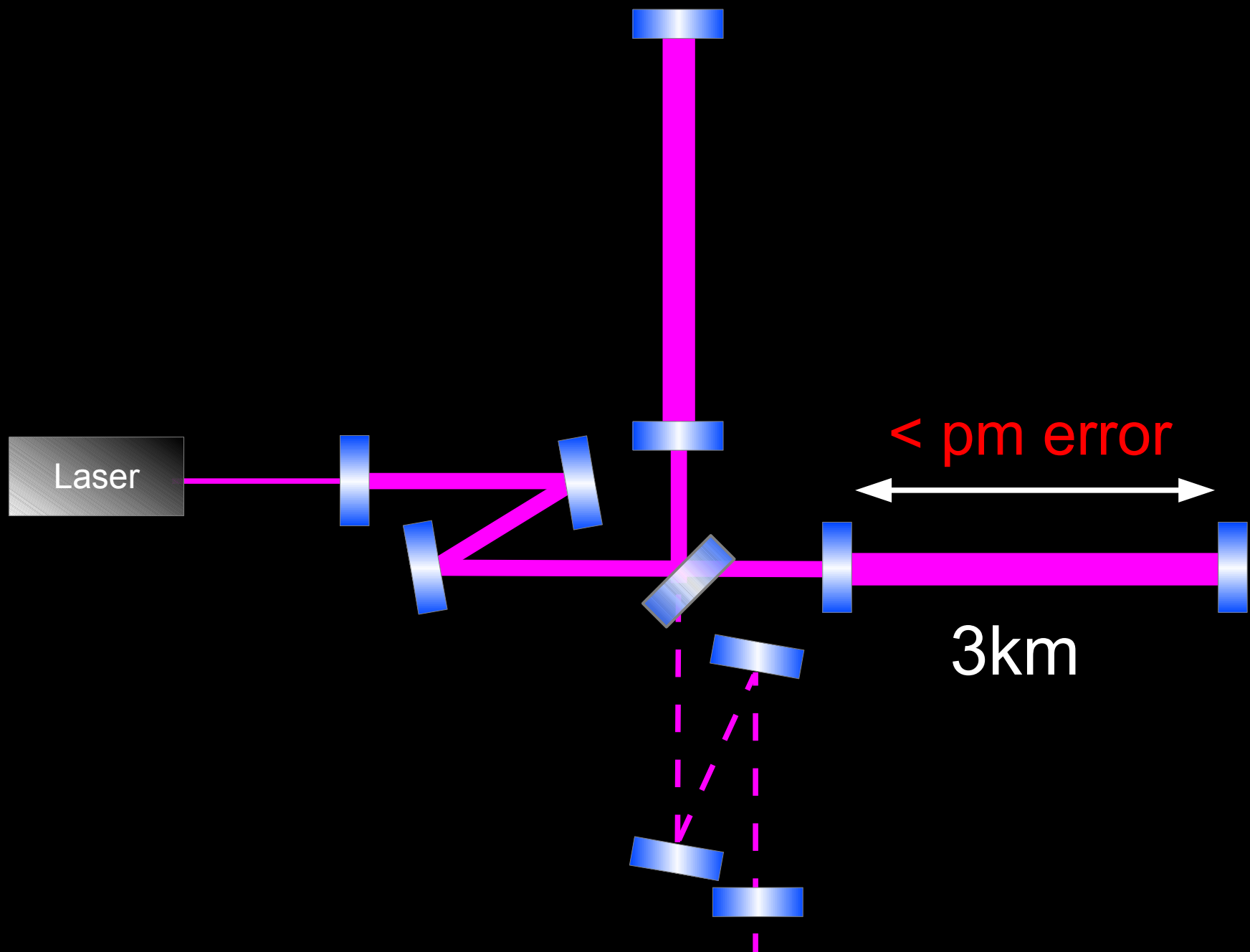
- デザイン最適化中
- 2014年度中に1台製作
- 2015年度に全て完成予定



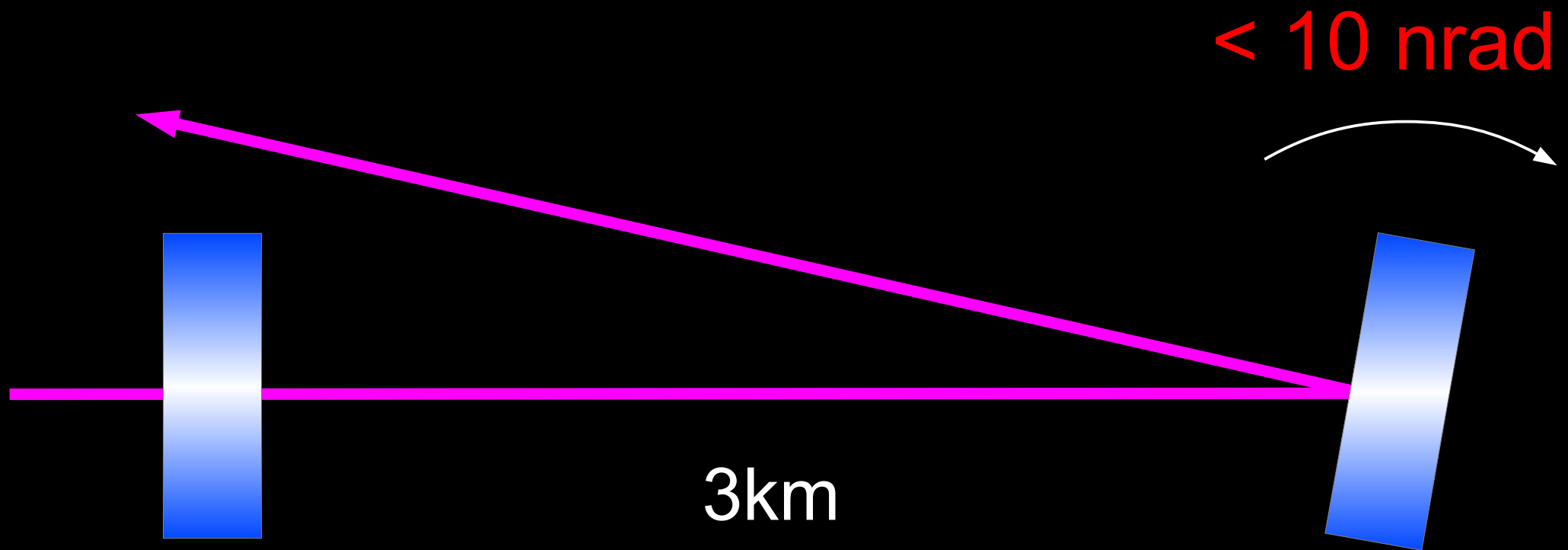
干渉計を動作点に保持



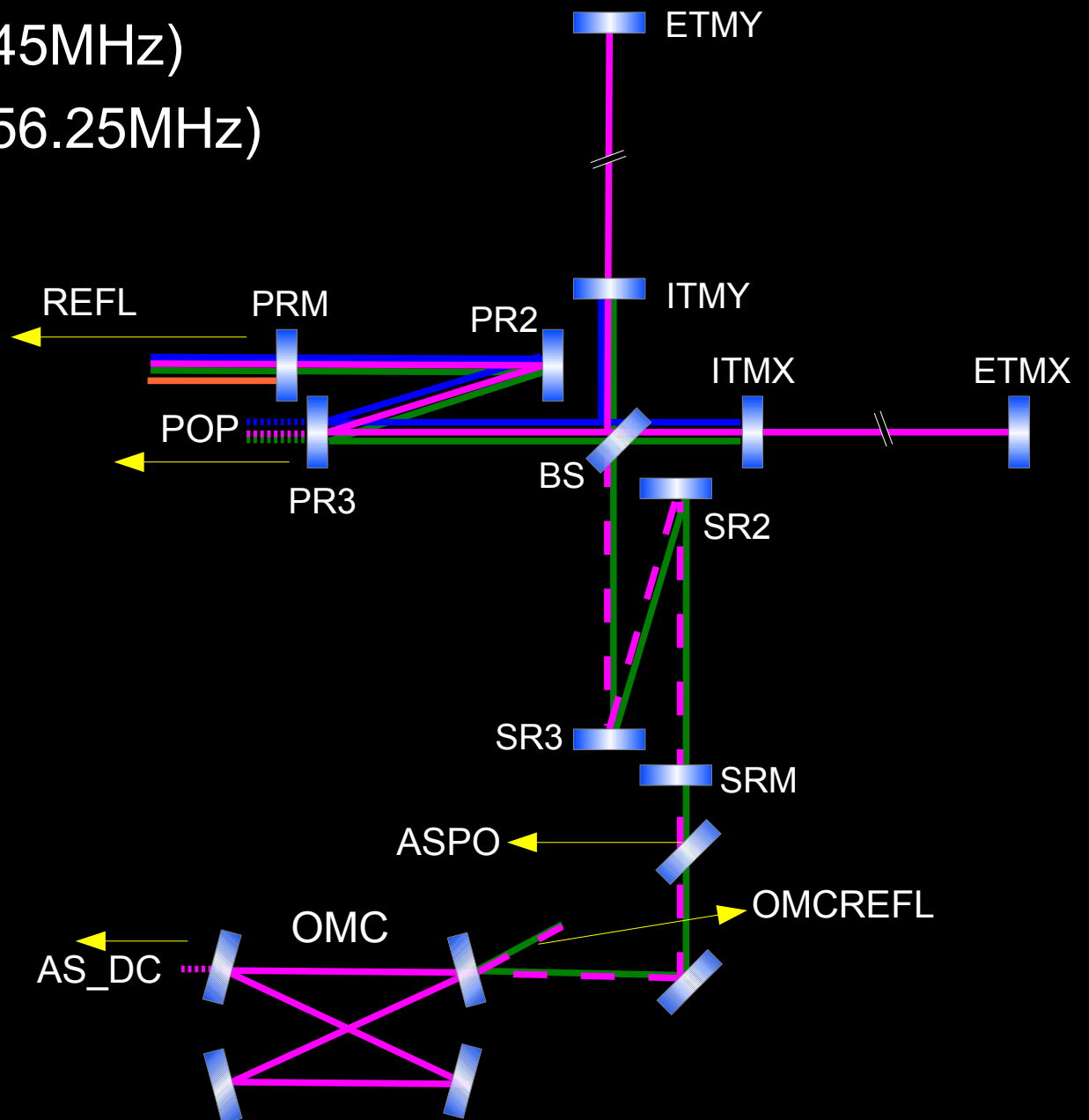
長さ制御



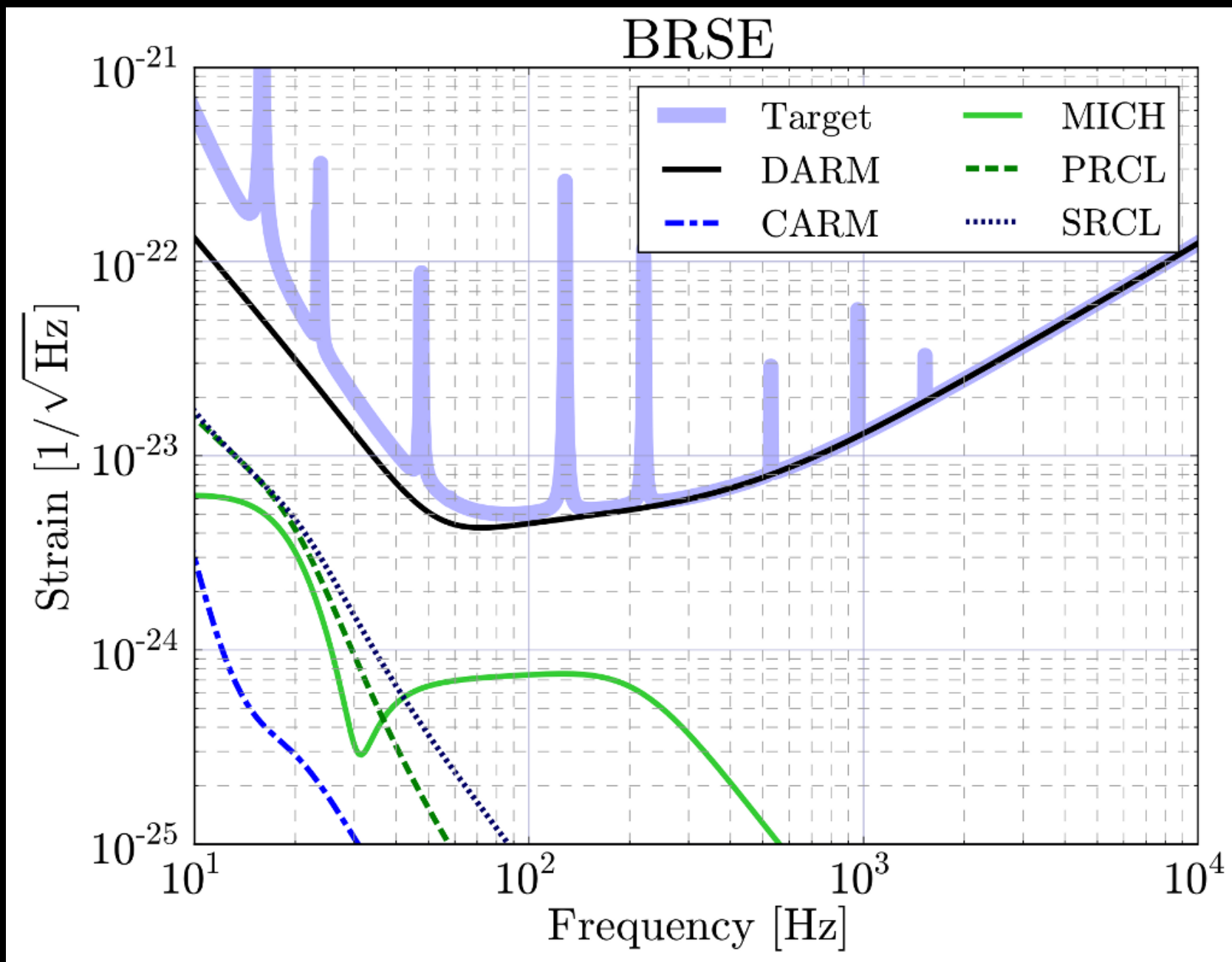
角度制御



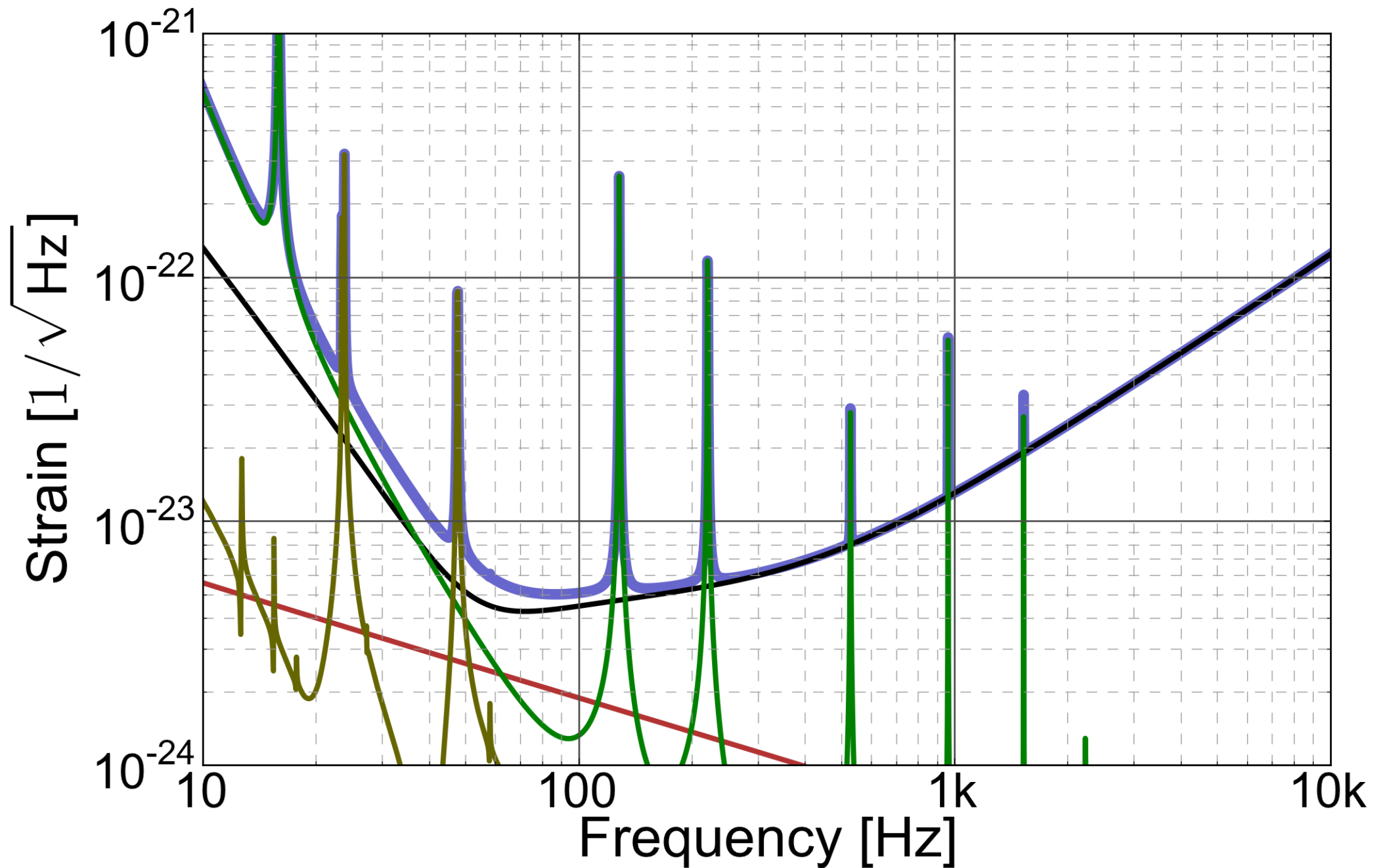
- Carrier
- f1 sideband (PM 16.875MHz)
- f2 sideband (PM 45MHz)
- f3 sideband (AM 56.25MHz)



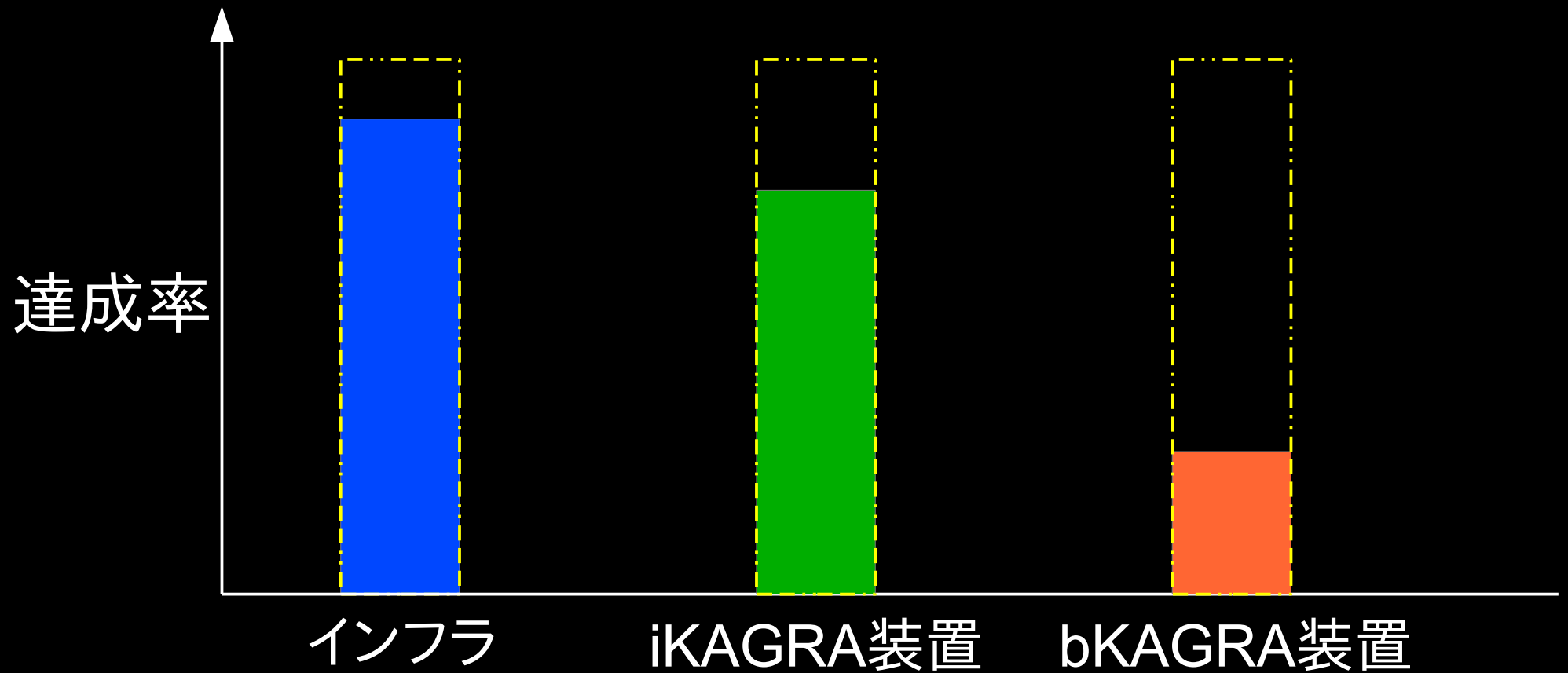
制御雑音の見積り



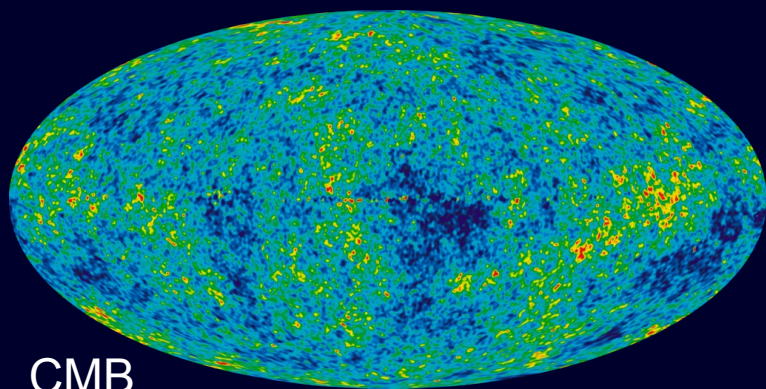
KAGRA目標感度



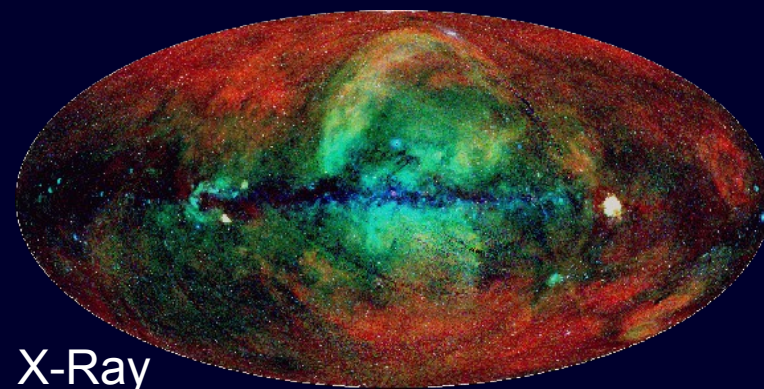
KAGRA建設進行状況



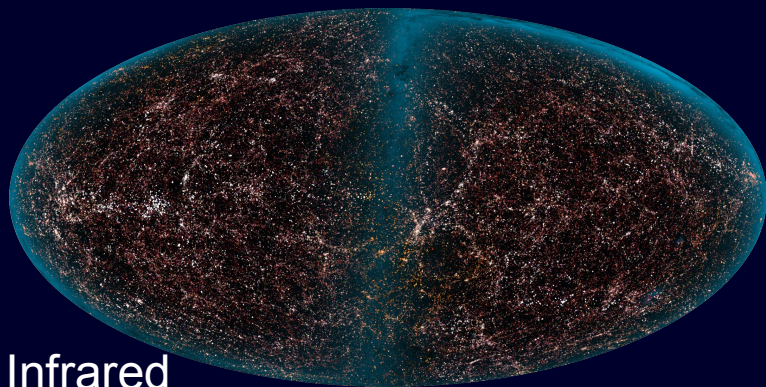
インストールとコミッショニングはこれから



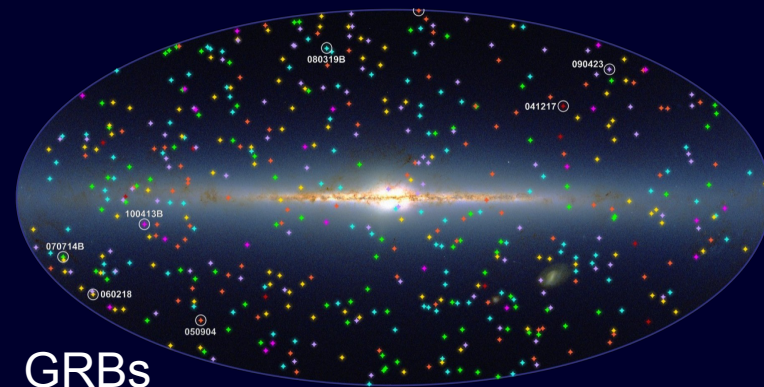
CMB



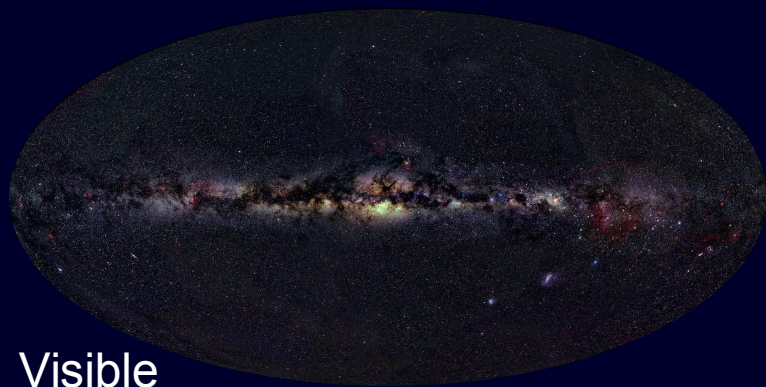
X-Ray



Infrared



GRBs



Visible

Gravitational Waves ?