

重力波望遠鏡KAGRAの 干渉計高度化

道村唯太

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻

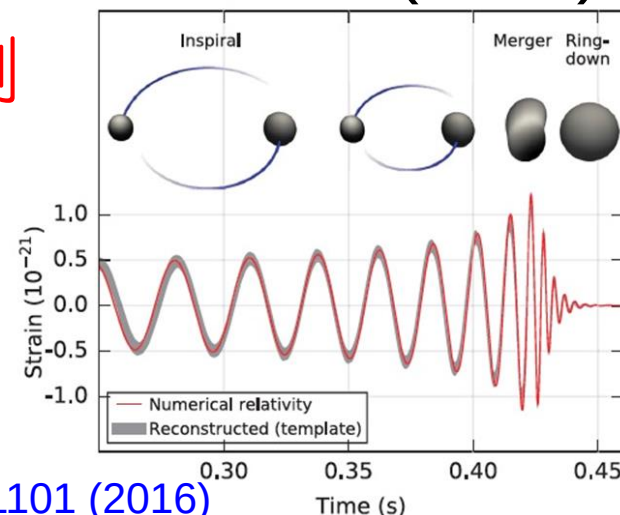
注意

- この発表はKAGRAの高度化に関する個人的な見解です
- この発表に使われているKAGRAの感度曲線は公式感度曲線ではありません
- この発表はKAGRAコラボレーションの承認を得たものではありません

重力波天文学の豊富なサイエンス

- 重たい恒星質量ブラックホールの起源
- 中間質量ブラックホールの存在
- 中性子星連星、中性子星ブラックホール連星合体
中性子星の状態方程式
ガンマ線バーストとの関係、重元素合成
- 超新星爆発、パルサー、中間質量比連星合体(IMRI)
- 重力波による宇宙膨張の直接観測
- 一般相対性理論の検証
ブラックホール準固有振動
重力波の分散、偏極

などなど.....



[PRL 116, 221101 \(2016\)](#)

→ 複数台での高分解能で高精度な観測が必要

重力波の国際観測ネットワーク

- アメリカ、イタリア、日本に
基線長3-4 kmの干渉計



**Advanced LIGO
(operation)**



**KAGRA
(construction)**

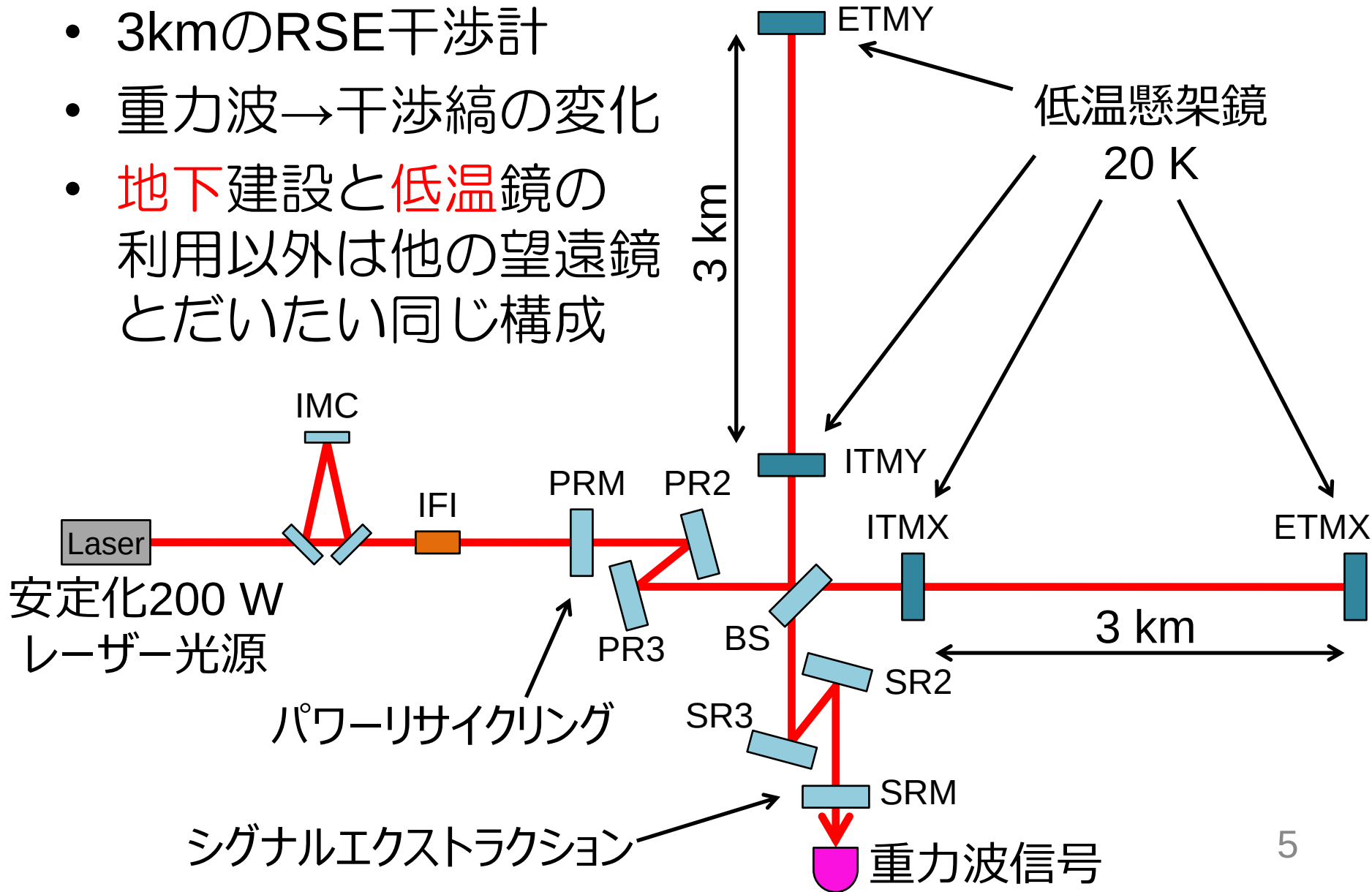


LIGO-India (approved)



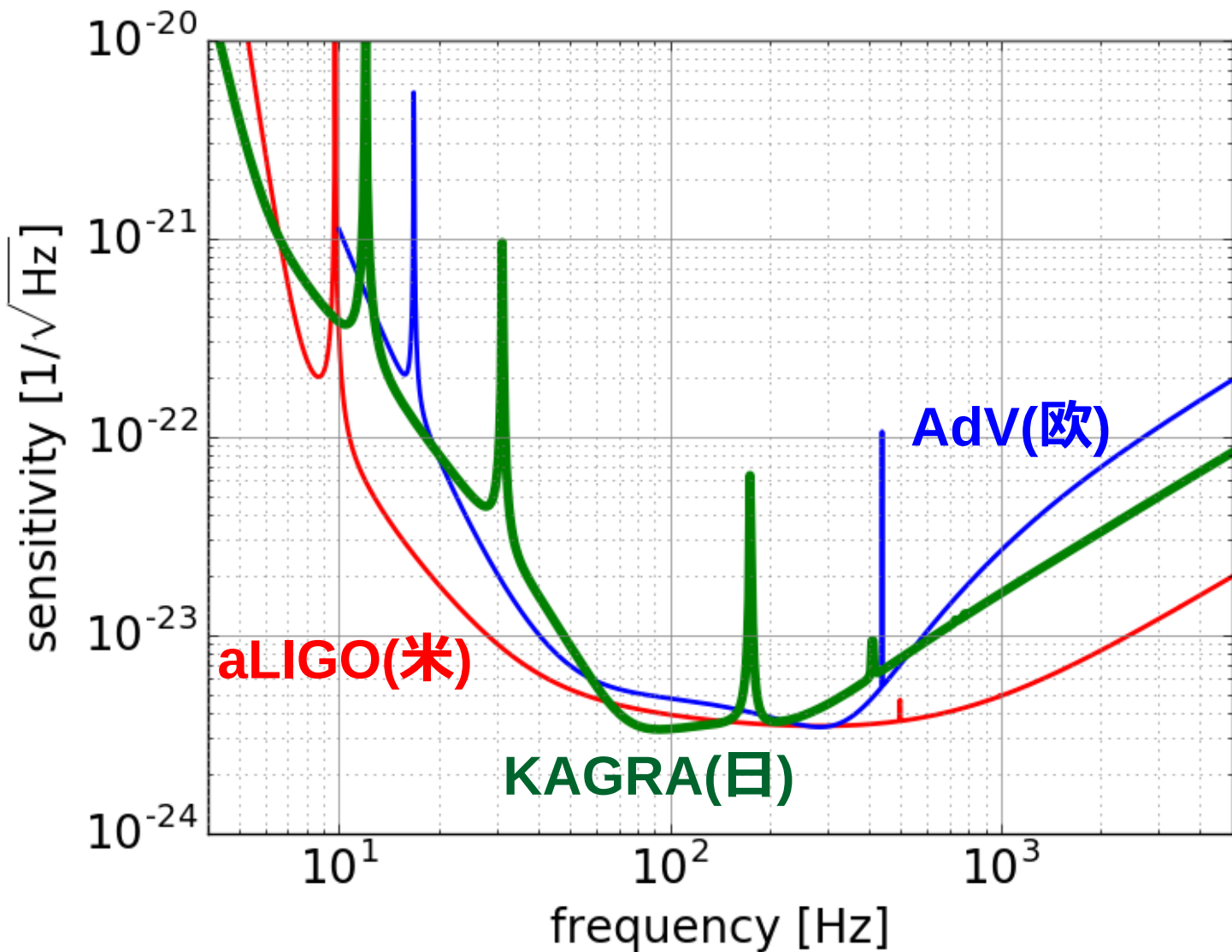
KAGRAの干渉計構成

- 3kmのRSE干渉計
- 重力波→干渉縞の変化
- 地下建設と低温鏡の利用以外は他の望遠鏡とだいたい同じ構成



世界の重力波望遠鏡の設計感度

- 中性子星連星の観測可能距離で**150-200 Mpc**程度



Observation Scenario Paper

- Living Reviews in Relativity 19, 1 (2016)
- 最新版は [arXiv:1304.0670](https://arxiv.org/abs/1304.0670)

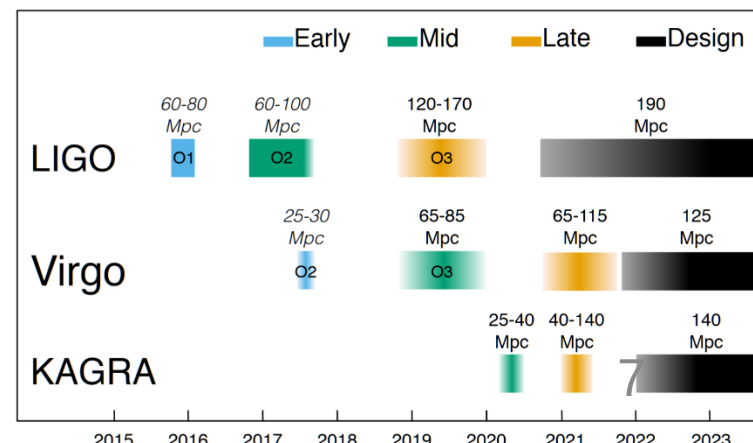
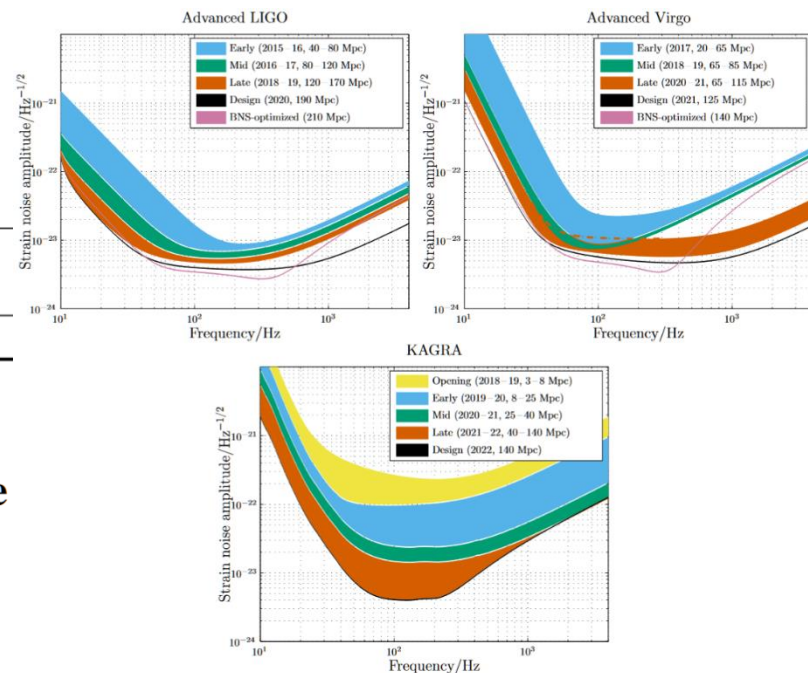
Living Rev Relativ manuscript No.
(will be inserted by the editor)

Prospects for Observing and Localizing Gravitational-Wave Transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA

Abbott, B. P. et al. (KAGRA Collaboration, LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

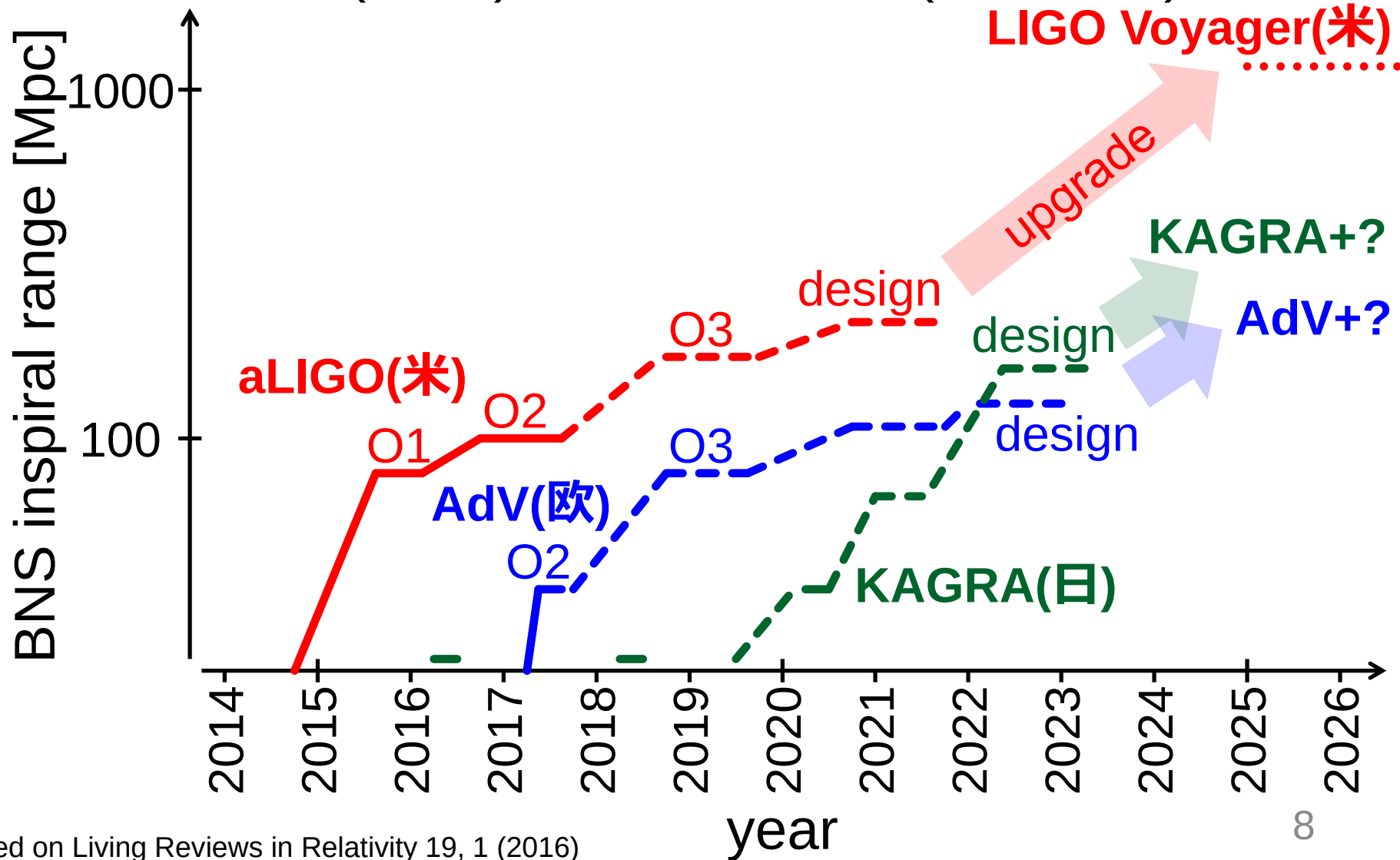
Received: September 11, 2017/ Accepted:

Abstract We present possible observing scenarios for the Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA gravitational-wave detectors over the next decade, with the intention of providing information to the astronomy community to facilitate planning for multi-messenger astronomy with gravitational waves. We estimate the sensitivity



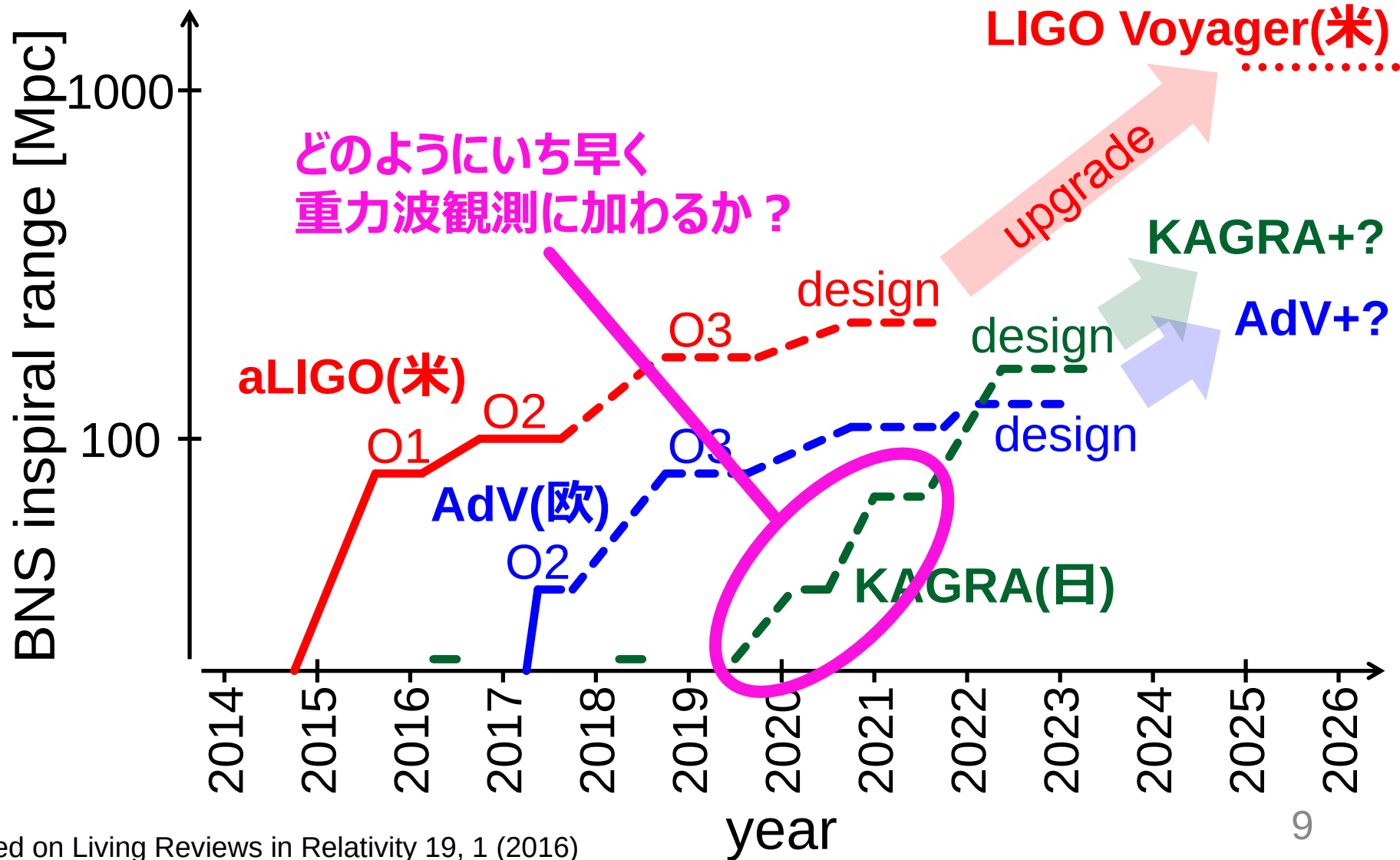
感度の進展予想

- LRR 19, 1 (2016)に書かれている(楽観的な)予想



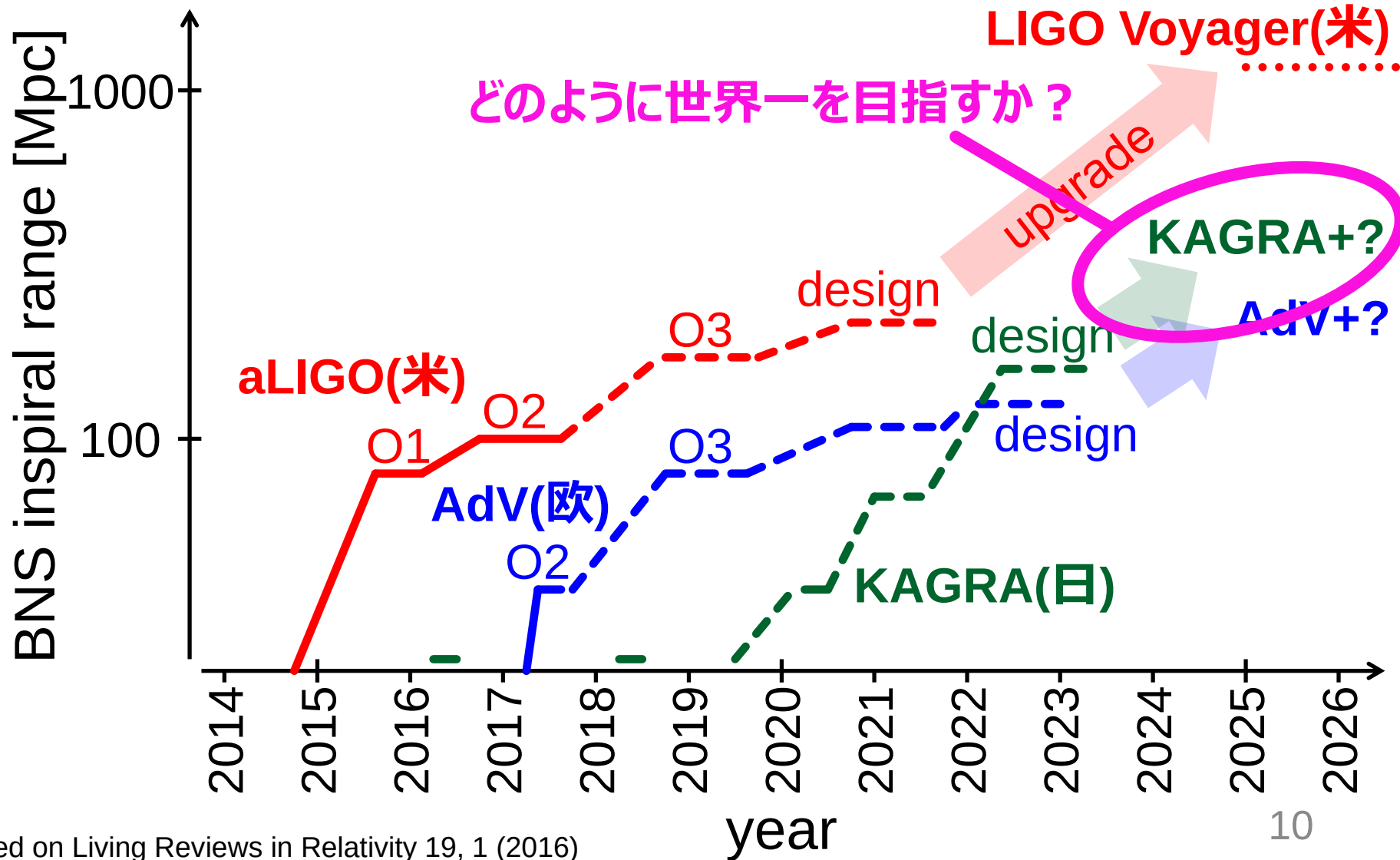
感度の進展予想

- KAGRAはどのように感度を上げていくか？

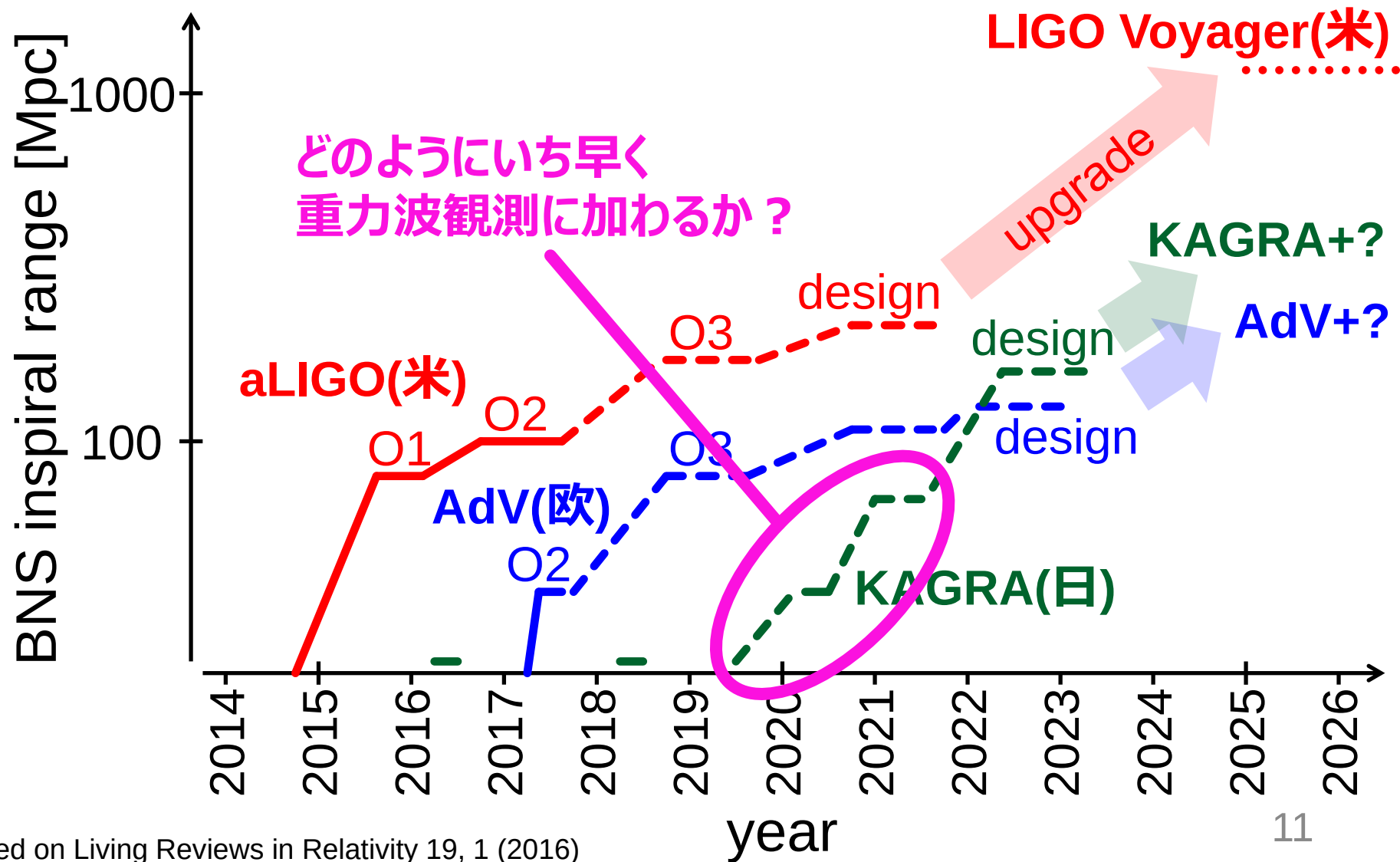


感度の進展予想

- KAGRAはどのように感度を上げていくか？



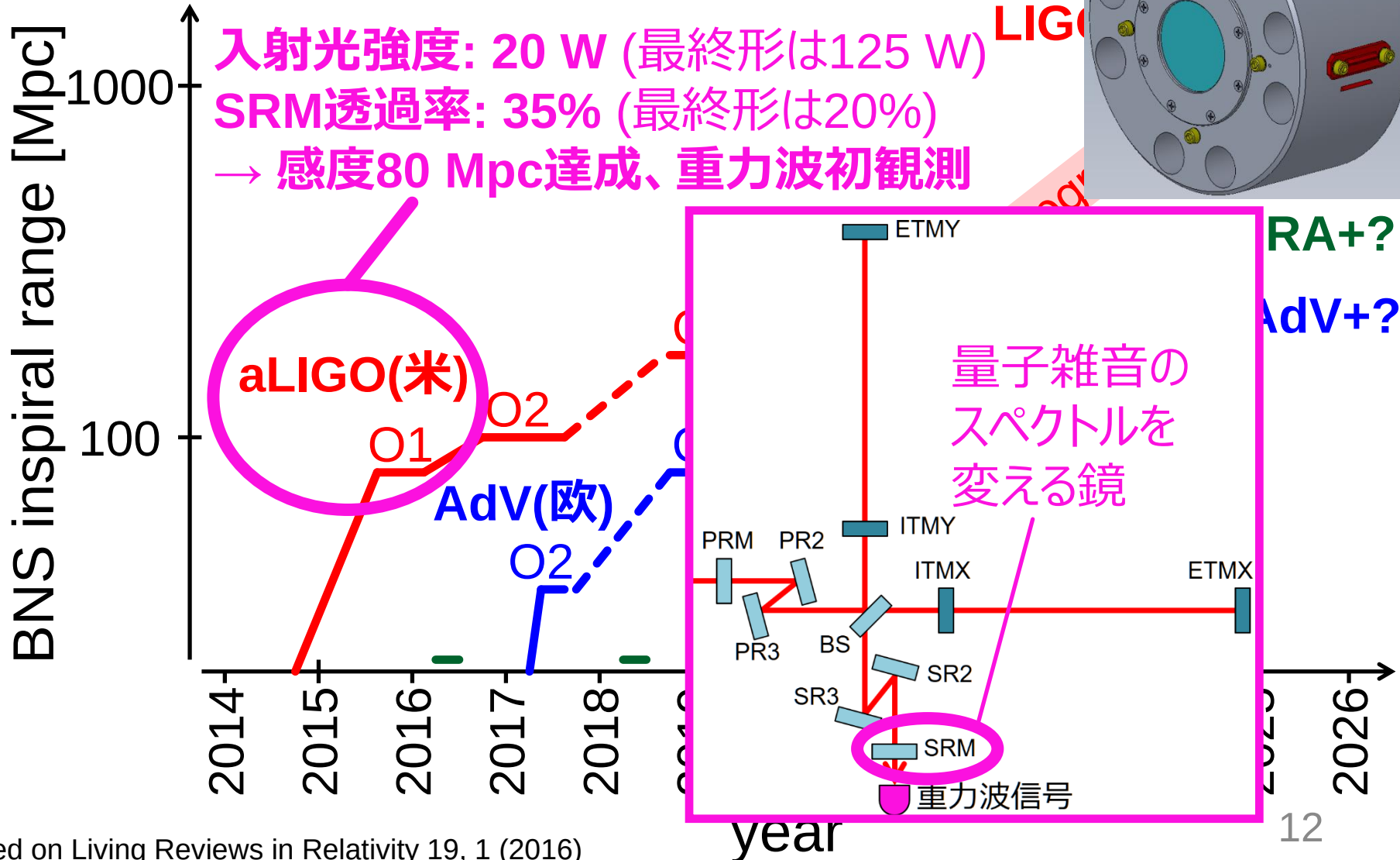
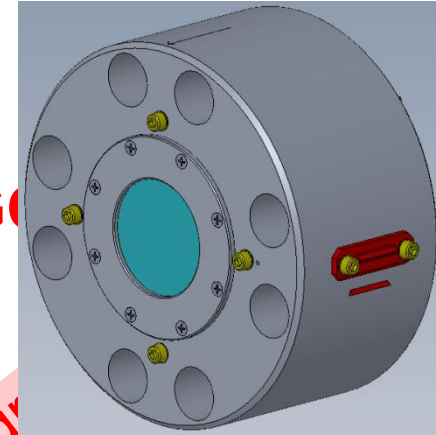
1つ目の話



他の望遠鏡に学ぶ

[LIGO-D1200886](#)

- 最終形でなくとも重力波観測は可能



他の望遠鏡に学ぶ

- 最終形でなくとも重力波観測は可能

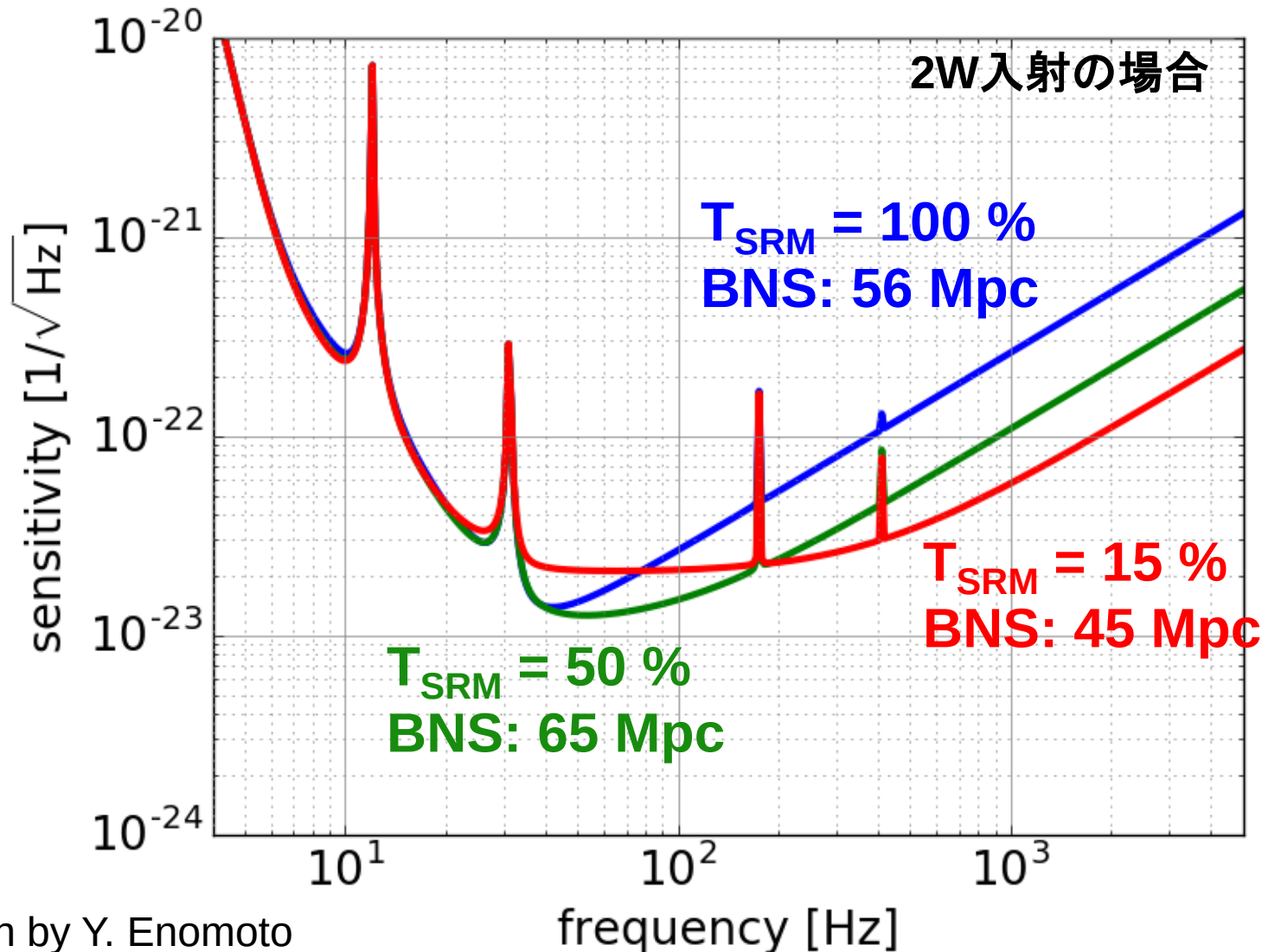


重力波観測の条件

- 重力波の初観測
連星中性子星レンジで30-50 Mpc程度？
 - 重力波観測ネットワークへの参加
その時一番良い望遠鏡の1/4程度の感度で
パラメータ推定に貢献できる
 - KAGRAでもこれらの条件をいち早く満たすべき
 - 最終形実現が重力波観測に最も近いとは限らない
 - 高い入射光強度は技術的に難しい
 - 共振器の離調、量子非破壊計測(QND)も困難
- 初期の段階では低い入射光強度での最適化
離調なし、QNDなしで考える

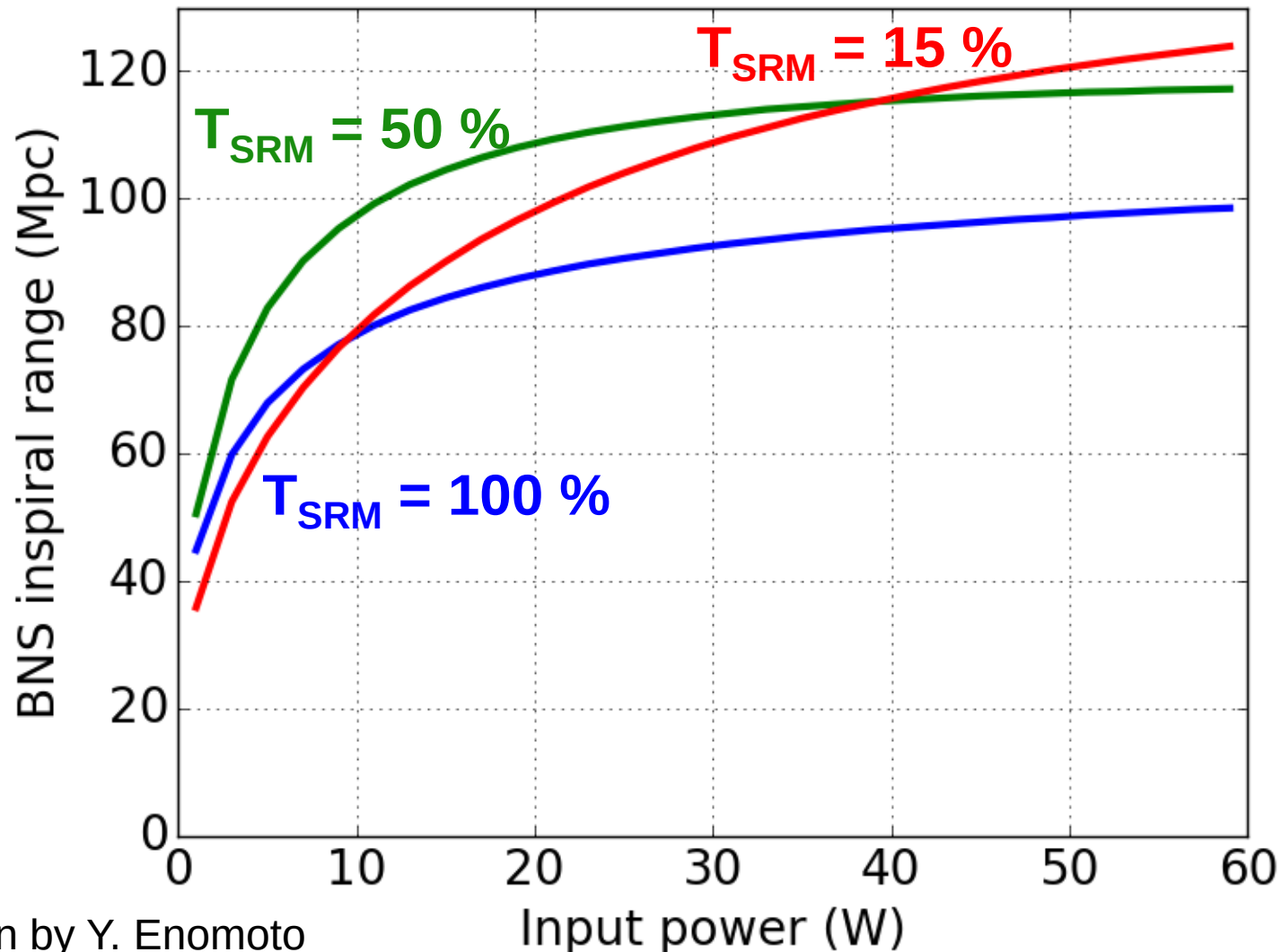
入射光強度とSRM透過率

- 低い入射光強度ではSRM透過率が高い方がよい



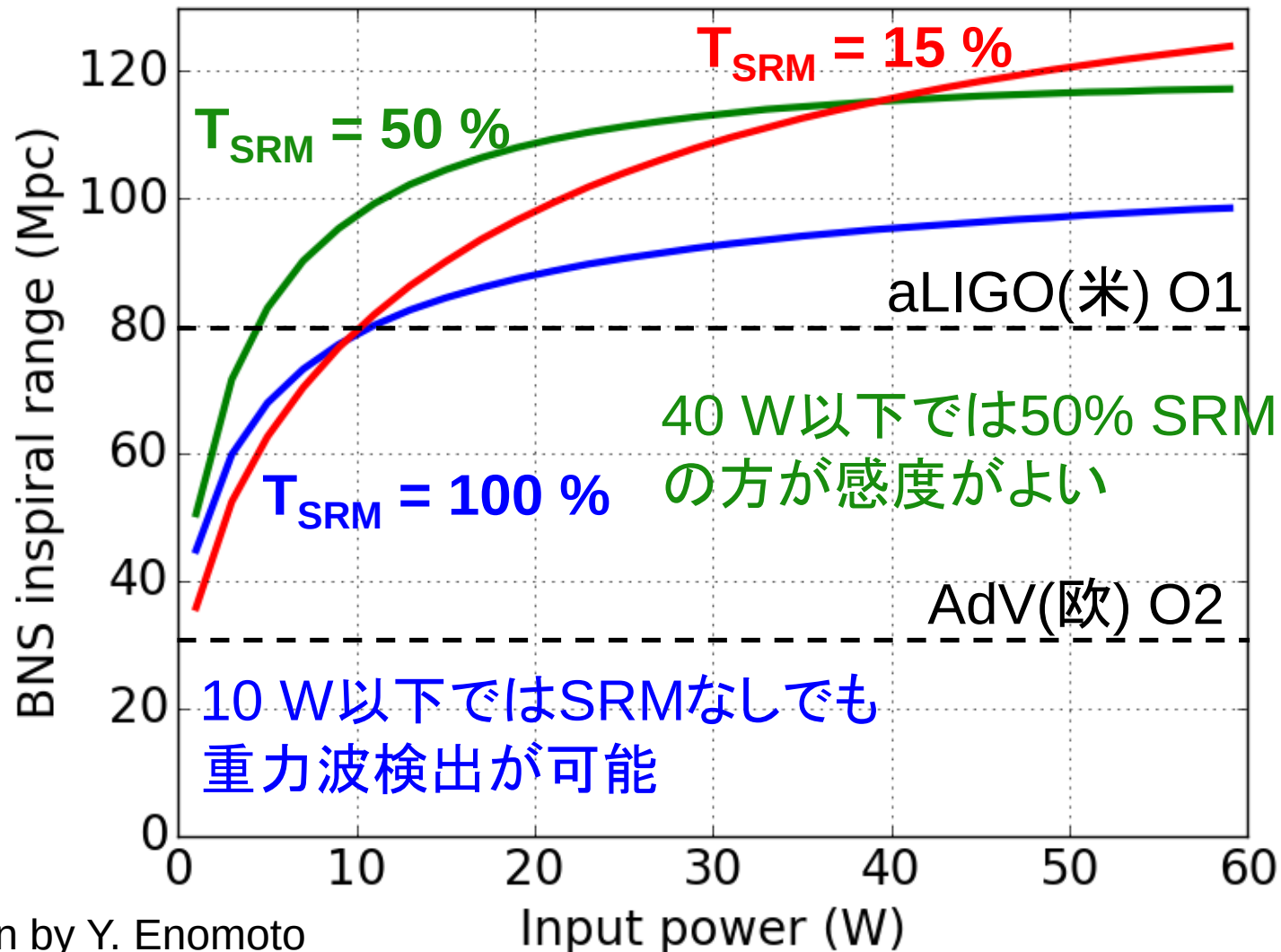
入射光強度とSRM透過率

- 初期段階は透過率の高いSRMを使うのはどうか？

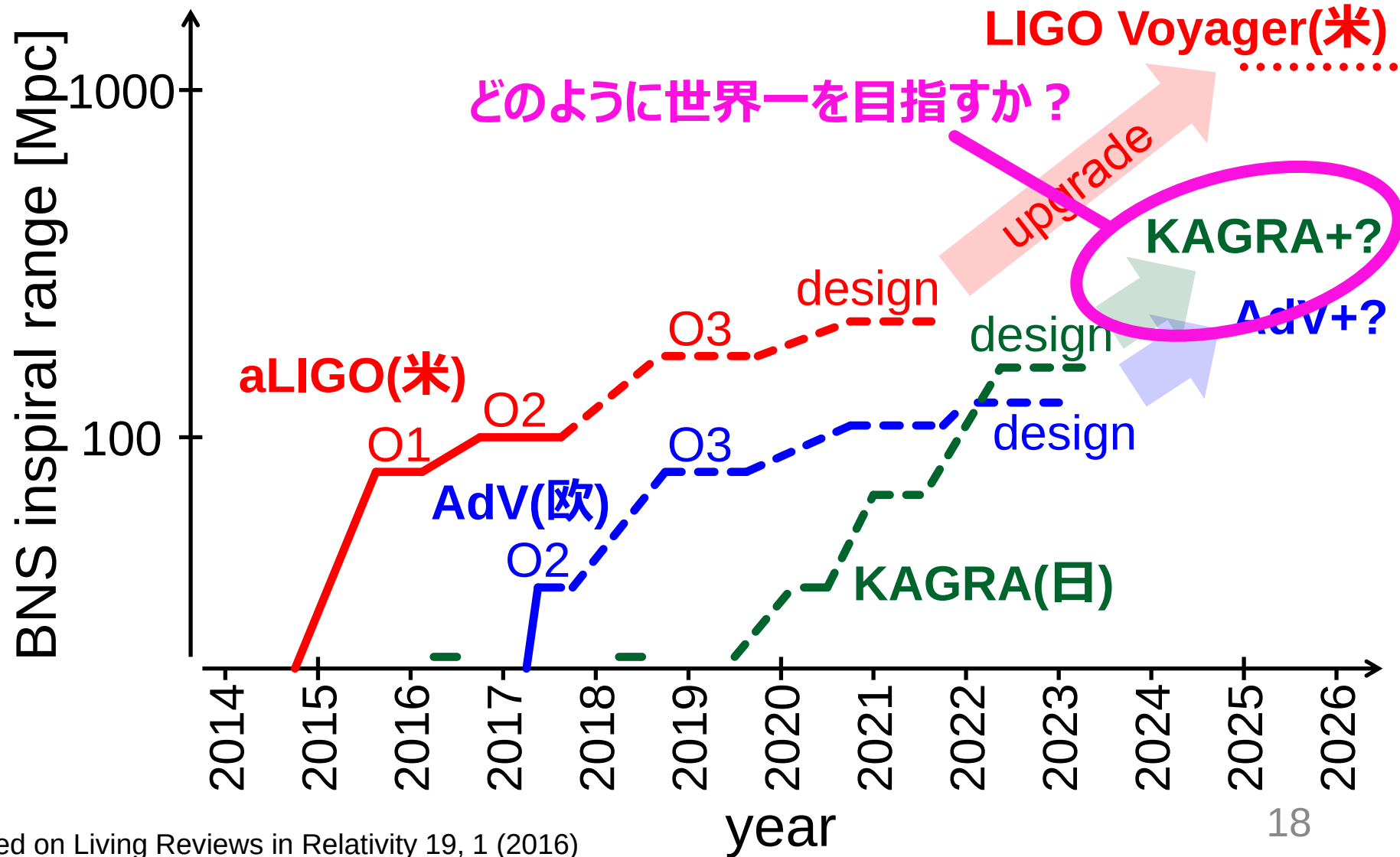


入射光強度とSRM透過率

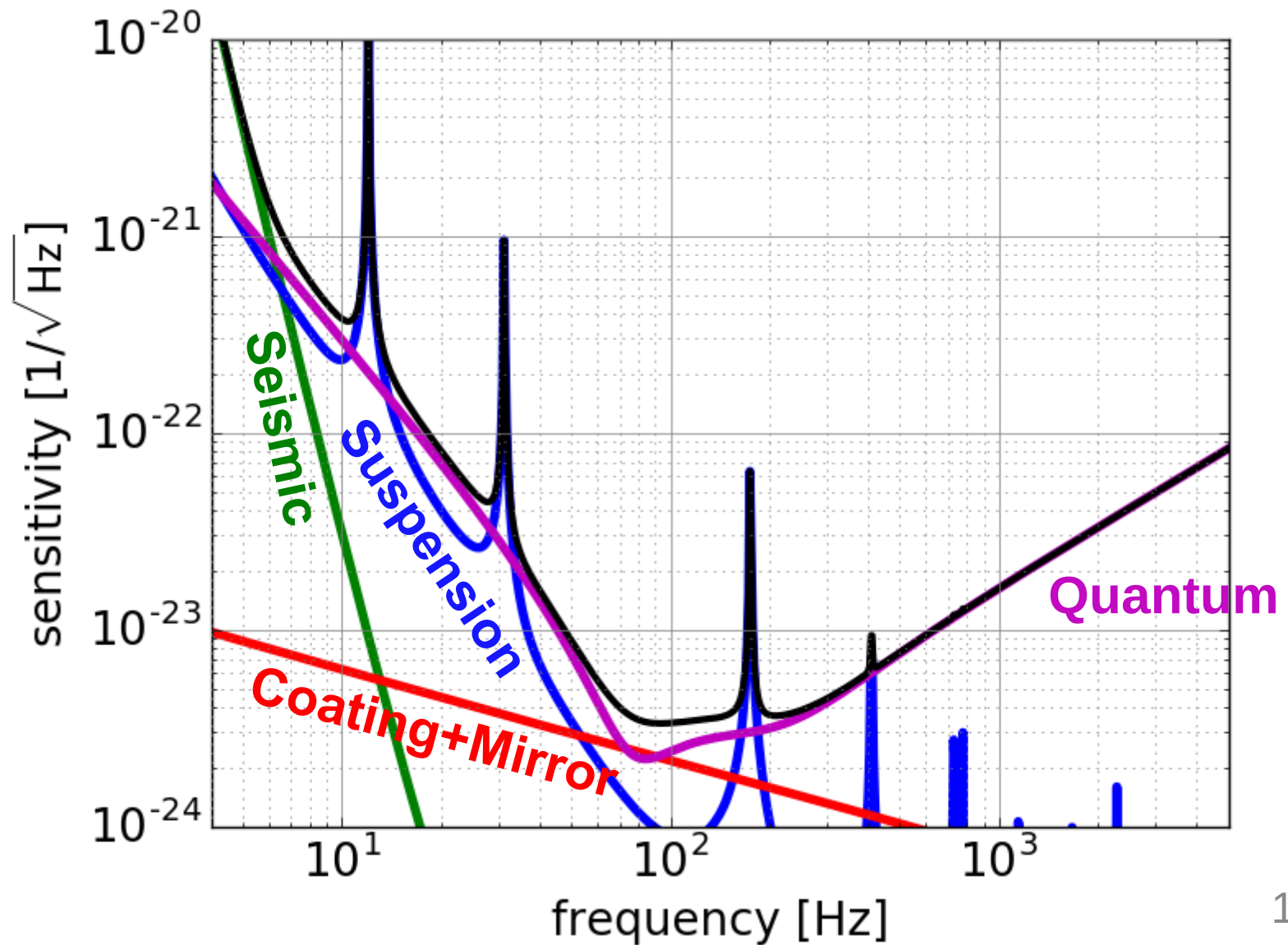
- 初期段階は透過率の高いSRMを使うのはどうか？



2つ目の話

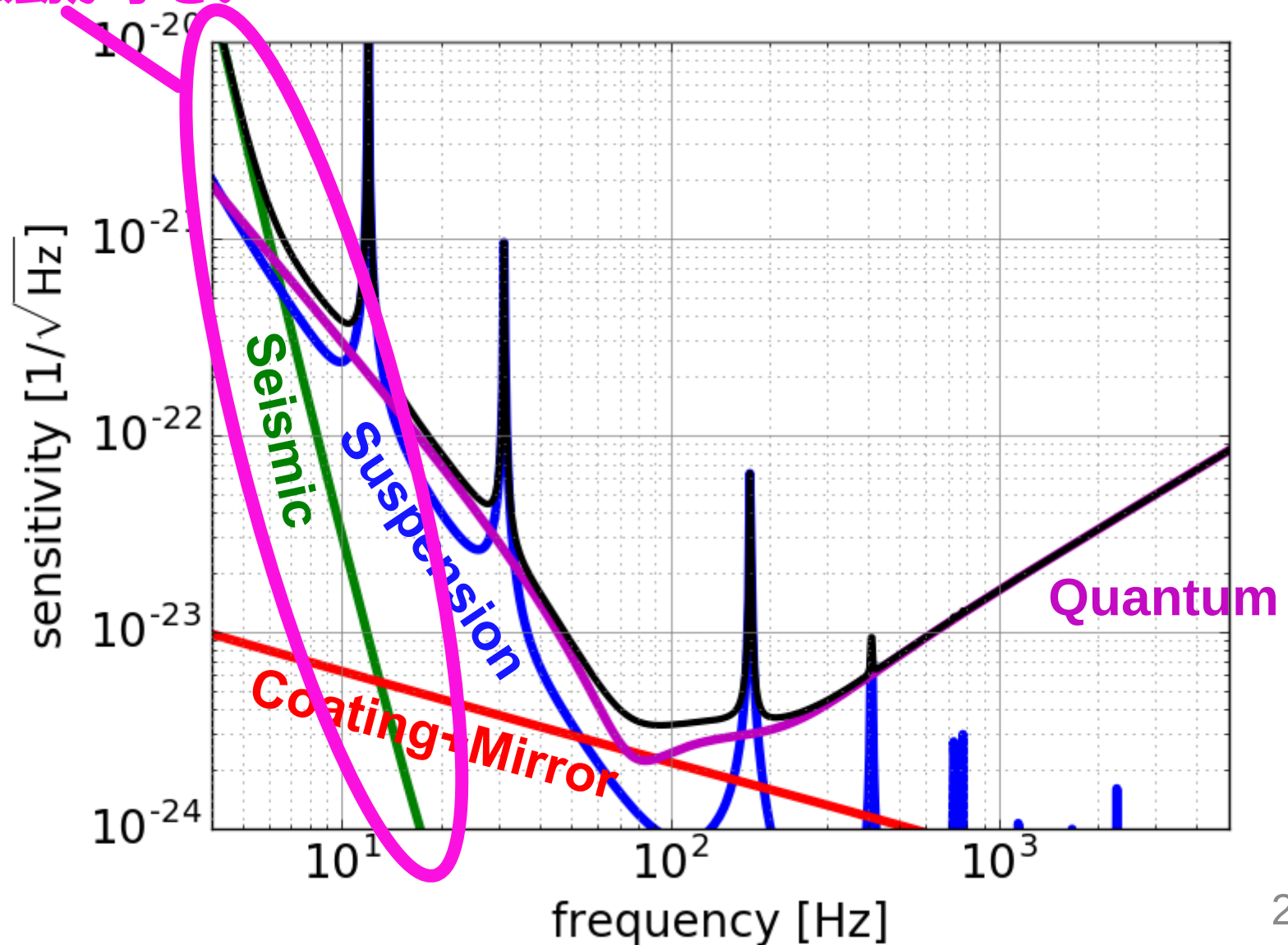


KAGRAの特徴



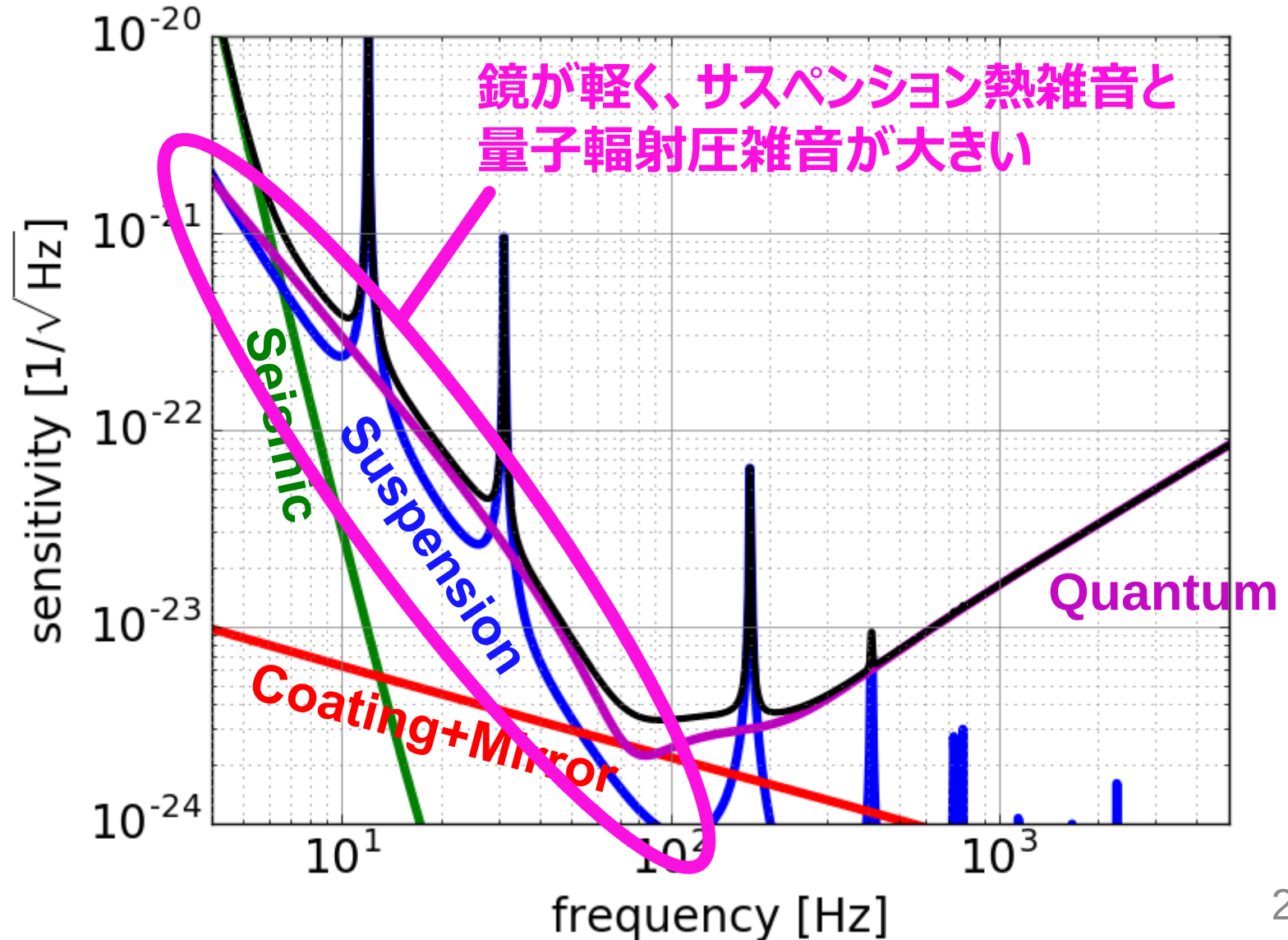
KAGRAの特徴

地下建設により、
地面振動が小さい



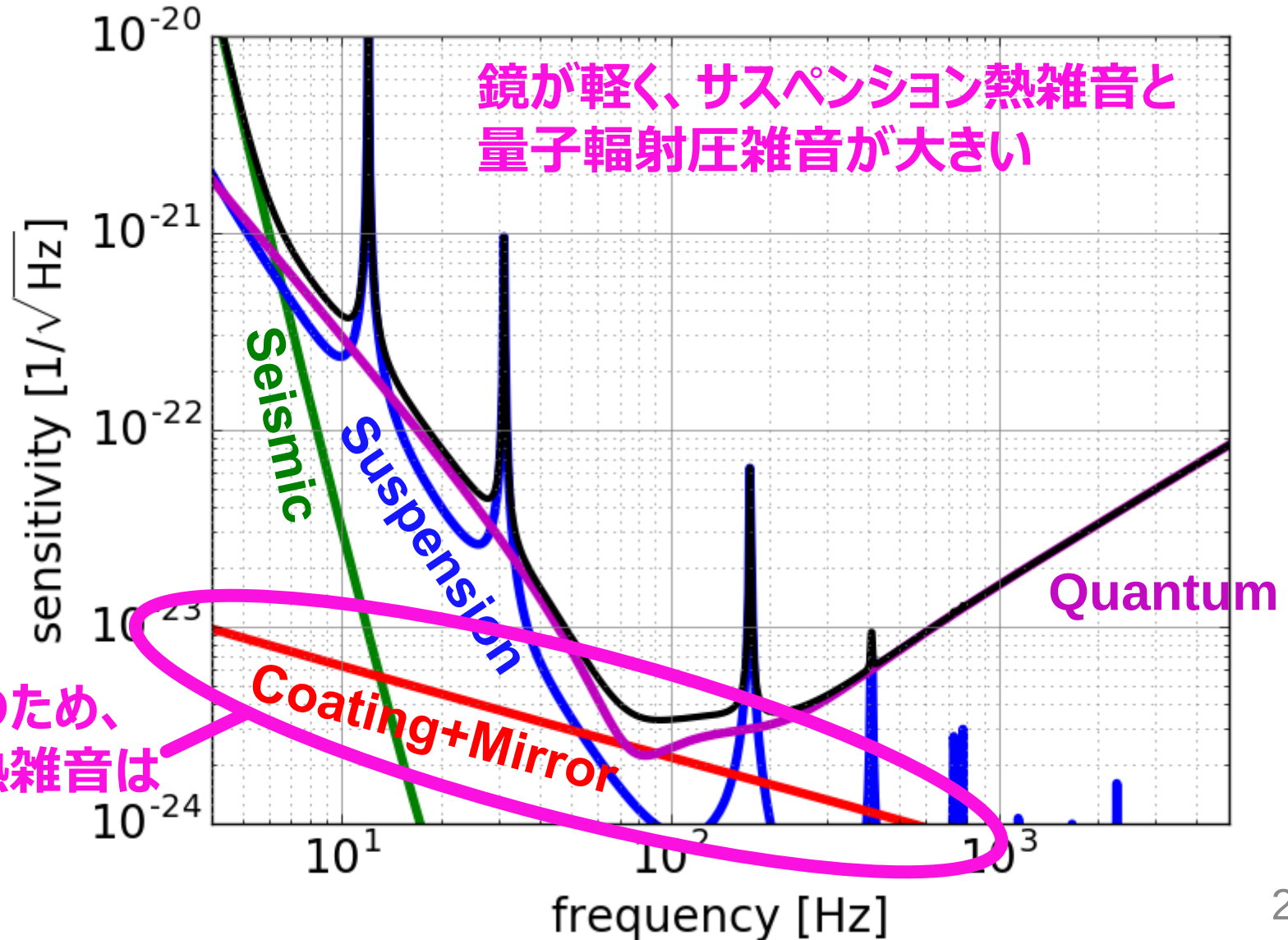
KAGRAの特徴

地下建設により、
地面振動が小さい



KAGRAの特徴

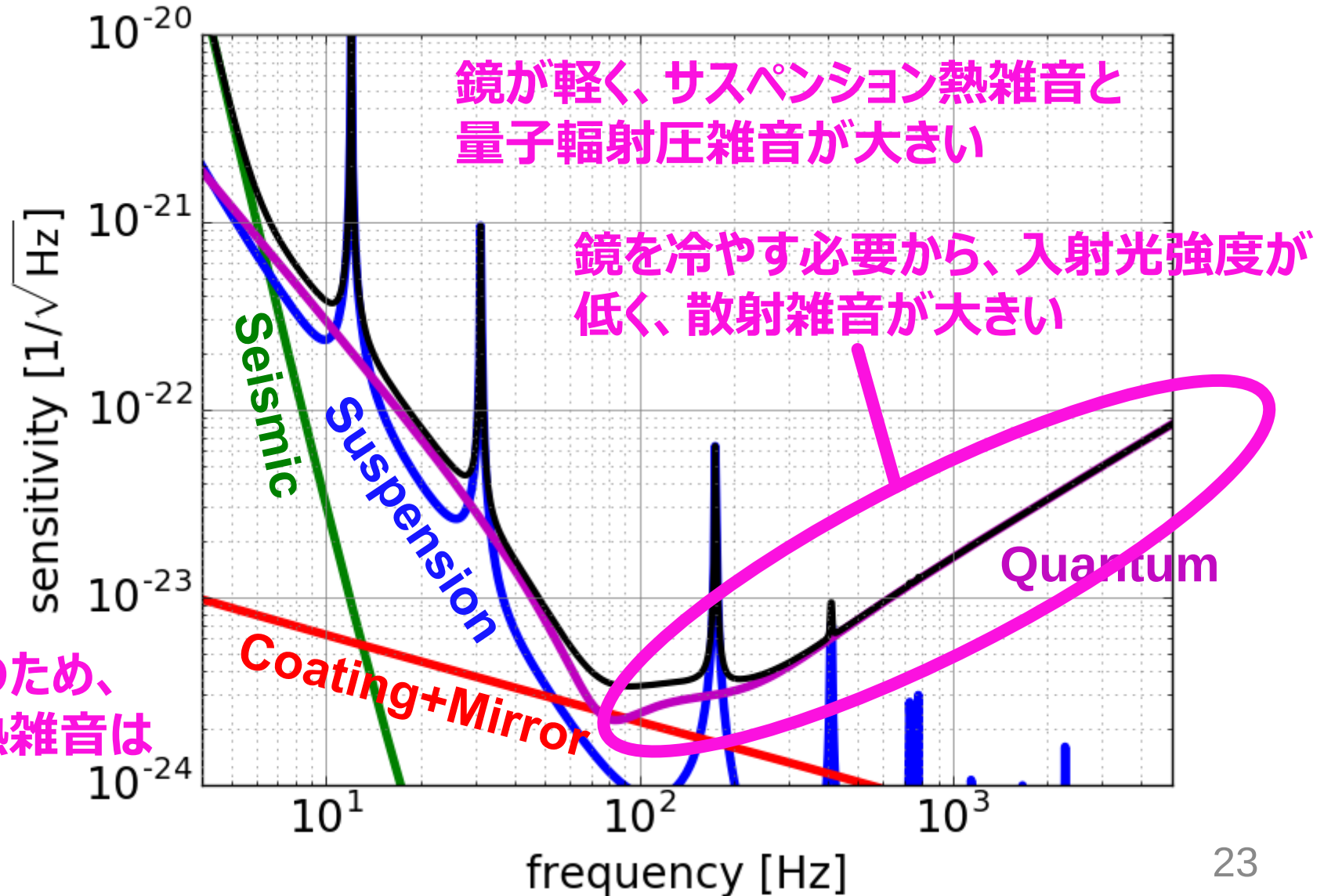
地下建設により、
地面振動が小さい



低温のため、
鏡の熱雑音は
小さい

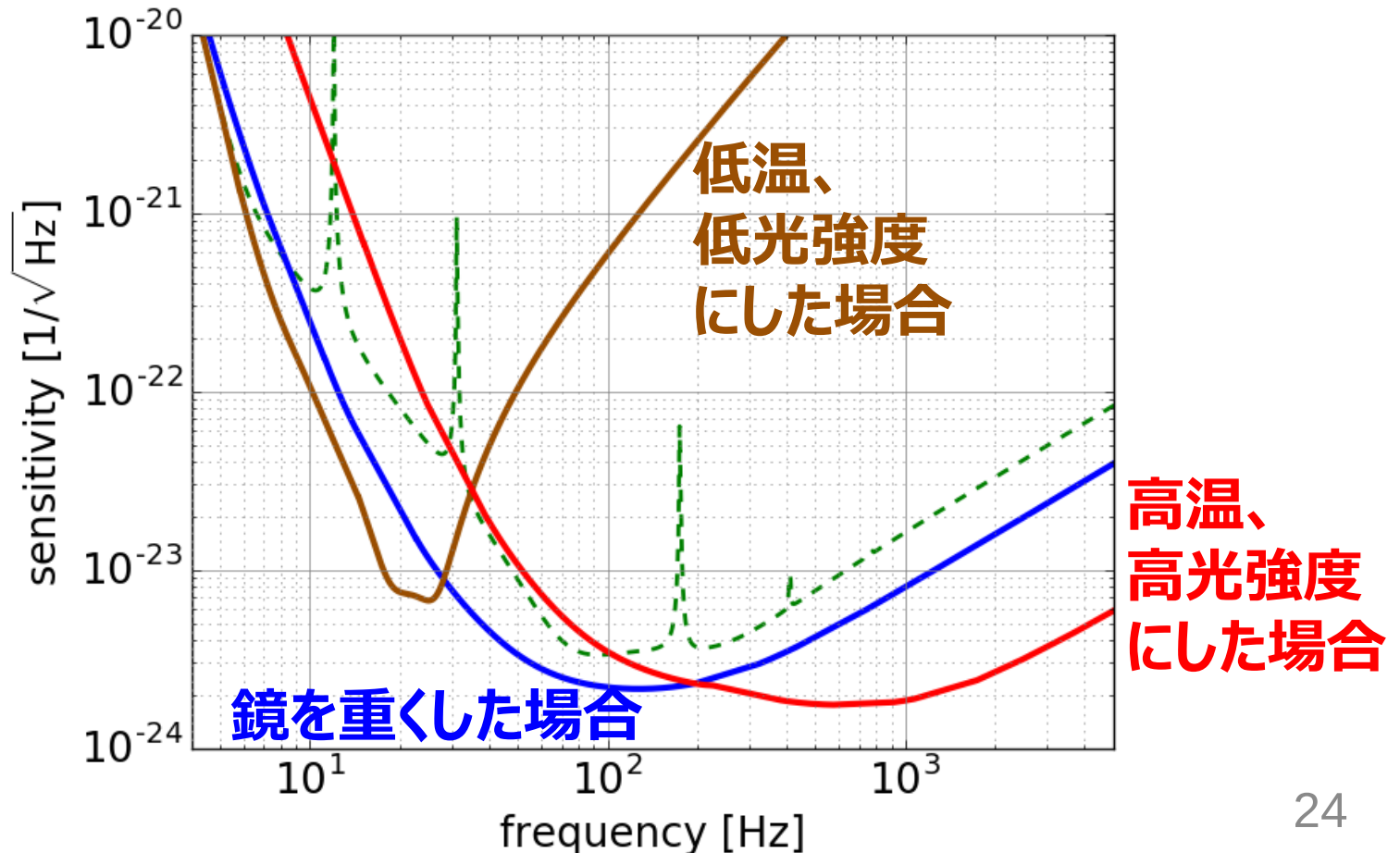
KAGRAの特徴

地下建設により、
地面振動が小さい



KAGRAの改良: KAGRA+

- 低温・地下建設により、他の望遠鏡より
低コストでアップグレード可能^{なはず}
- 2020年代中盤に独自のサイエンス

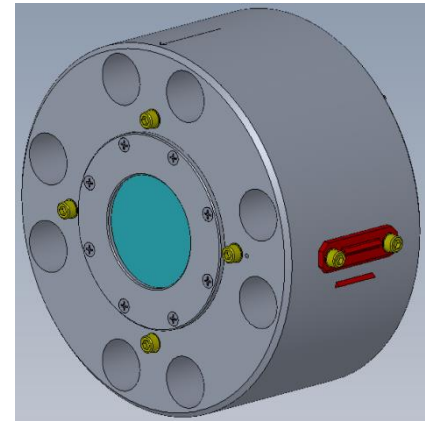


サイエンス例

- 低周波特化
中間質量BHの初検出
500M_☉が ~0.5 event/year (hierarchical growth model)
- 広帯域で感度向上
BH連星の波源特定
ホスト銀河を1つに特定できる可能性あり
→ 宇宙膨張の直接観測など
- 高周波特化
パルサーの楕円率
中性子星の状態方程式 ($\delta R \sim 0.5$ kmの精度)
- 技術的実現性と共に検討する必要がある

まとめ

- KAGRAにとって
一刻も早い重力波観測
アップグレードにより世界一を目指すことは重要
- KAGRA初期段階では透過率の高いSRMを使うことで感度の早期向上、重力波観測の早期実現が可能
- 低コストなアップグレードで2020年代中盤に独自のサイエンスを得るためにアップグレード案を議論中



- Acknowledgements:

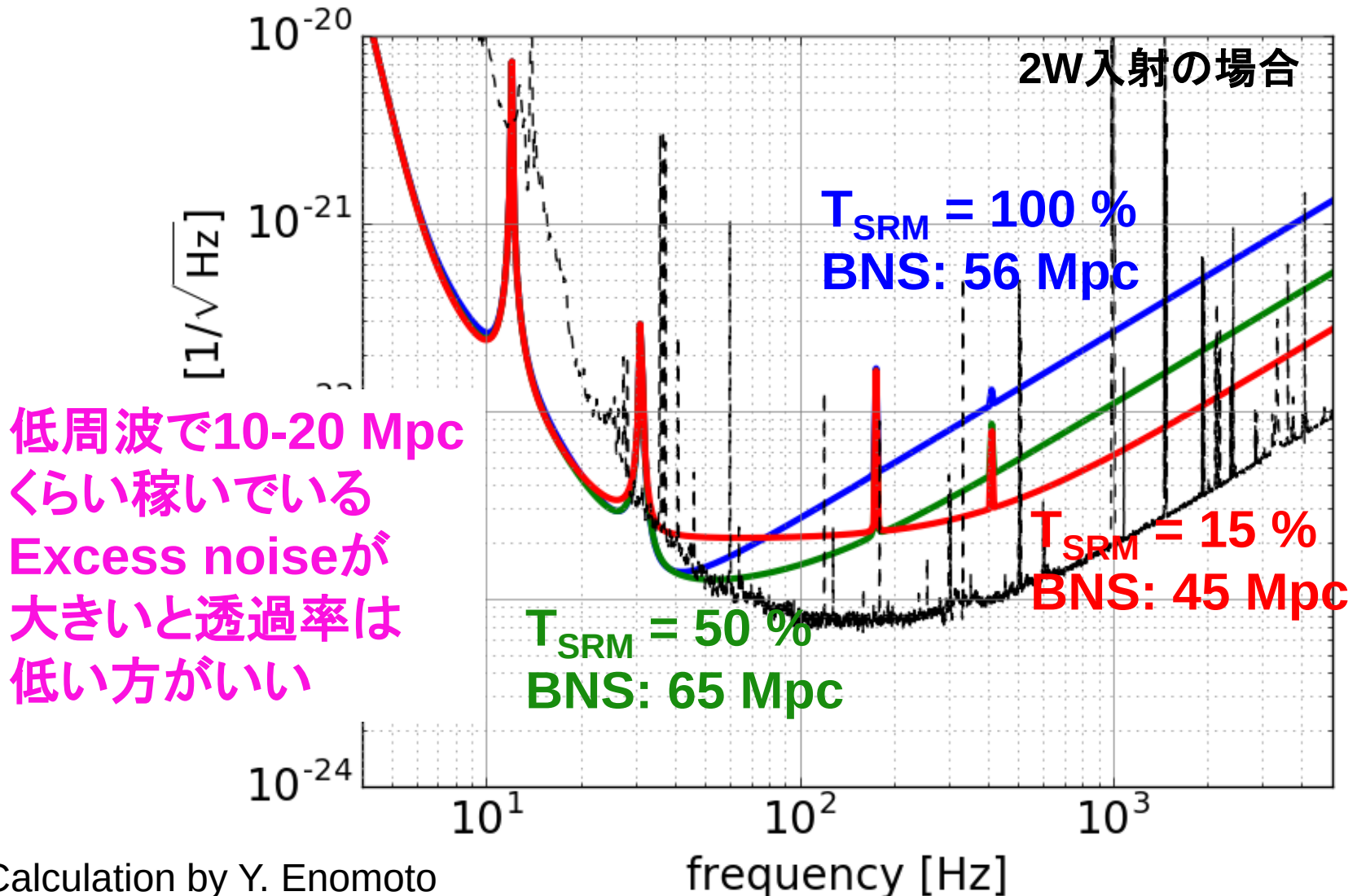
小森健太郎、榎本雄太郎、宗宮健太郎

[LIGO-D1200886](#)

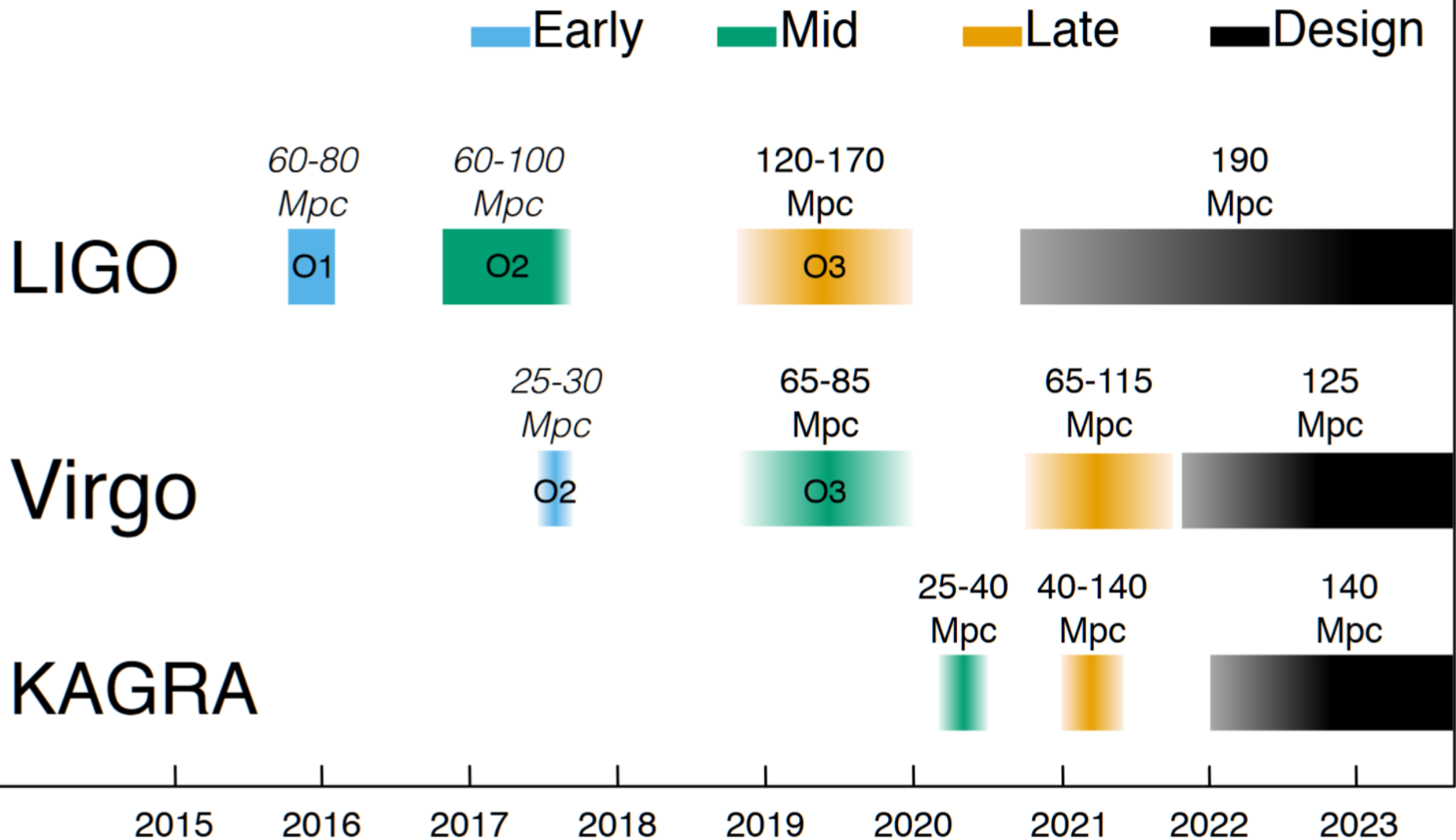
補足

O1感度との比較

- O1に比べて低周波の感度がよい



Observing Scenario



サイエンス例

	KAGRA	低周波	大質量	高周波
BH準固有振動による 一般相対性理論検証	×	×	△	○
階層的合体からの中間質量BH	△	△	○	△
POP III起源の恒星質量BH連星	×	×	×	×
BH連星の波源特定	△	×	○	○
パルサーの楕円率	×	×	△	○
NSの状態方程式	×	×	△	○