

大型低温重力波望遠鏡に関する研究(VII)

宇宙線研究所
大橋正健

共同利用研究予算

研究代表者	研 究 課 題	新規 継続	H30査定額 (単位：千円)		
			研究費	旅費	計
大橋 正健	大型低温重力波望遠鏡に関する研究(Ⅷ)	継続	0	400	400
都丸 隆行	高性能極低温鏡制御系の開発	継続	300	200	500
山元 一広	大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)の低温懸架系の研究	継続	350	50	400
神田 展行	KAGRAデータ転送・保管系の構築(4)	継続	0	500	500
森脇 喜紀	KAGRAにおけるレーザー強度安定化のためのR&D	継続	250	150	400
佐藤 孝	bKAGRAのモードクリーナーにおける高光強度化の影響の検討と技術開発Ⅱ	継続	200	200	400
新谷 昌人	神岡坑内における精密地球物理観測と地殻活動のモデリング	継続	0	200	200
尾藤 洋一	重力波検出器用大型鏡の絶対形状計測に関する研究8	継続	100	0	100
井戸 哲也	超狭線幅光源のための光共振器の開発	継続	0	100	100
宗宮 健太郎	KAGRAへの出力モードクリーナーのインストール	新規	200	200	400
大橋 正健	低温レーザー干渉計CLIOによる重力波研究(Ⅱ)	継続	0	0	0
鈴木 敏一	シリケート接合の固化環境制御による工程短縮の研究	継続	300	150	450
廣瀬 榮一	KAGRA用超低損失サファイアミラーの開発その3	継続	100	100	200
三代木 伸二	重力波望遠鏡における電磁波散乱・伝搬シミュレーションⅥ	継続	100	100	200
宮川 治	KAGRAの制御と自動運転	継続	0	300	300
田越 秀行	KAGRA検出器のデータ解析の研究(Ⅳ)	継続	0	300	300
牛場 崇文	高性能サファイア鏡懸架系の開発	新規	360	100	460
端山 和大	重力波望遠鏡KAGRAの診断システムの開発	新規	200	200	400
		合計	2,460	3,250	5,710

大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)

目的

大型低温重力波望遠鏡KAGRAで宇宙からの「**重力波**」を観測することにより、超新星爆発やコンパクト連星合体の天体現象を解明する。それにより、ブラックホール生成の瞬間などを研究する**重力波天文学の国際的研究拠点を構築**する。

設備と事業の概要

- ・世界最高感度の**一辺3kmのL字型の大型レーザー干渉計を整備**して重力波を観測する。
- ・宇宙線研をホストとし、国立天文台、高エネルギー加速器研究機構と協力し、国内外の研究者と共に共同利用・共同研究体制で実現。
- ・完成後は国内外で200人以上が集まる国際観測拠点。



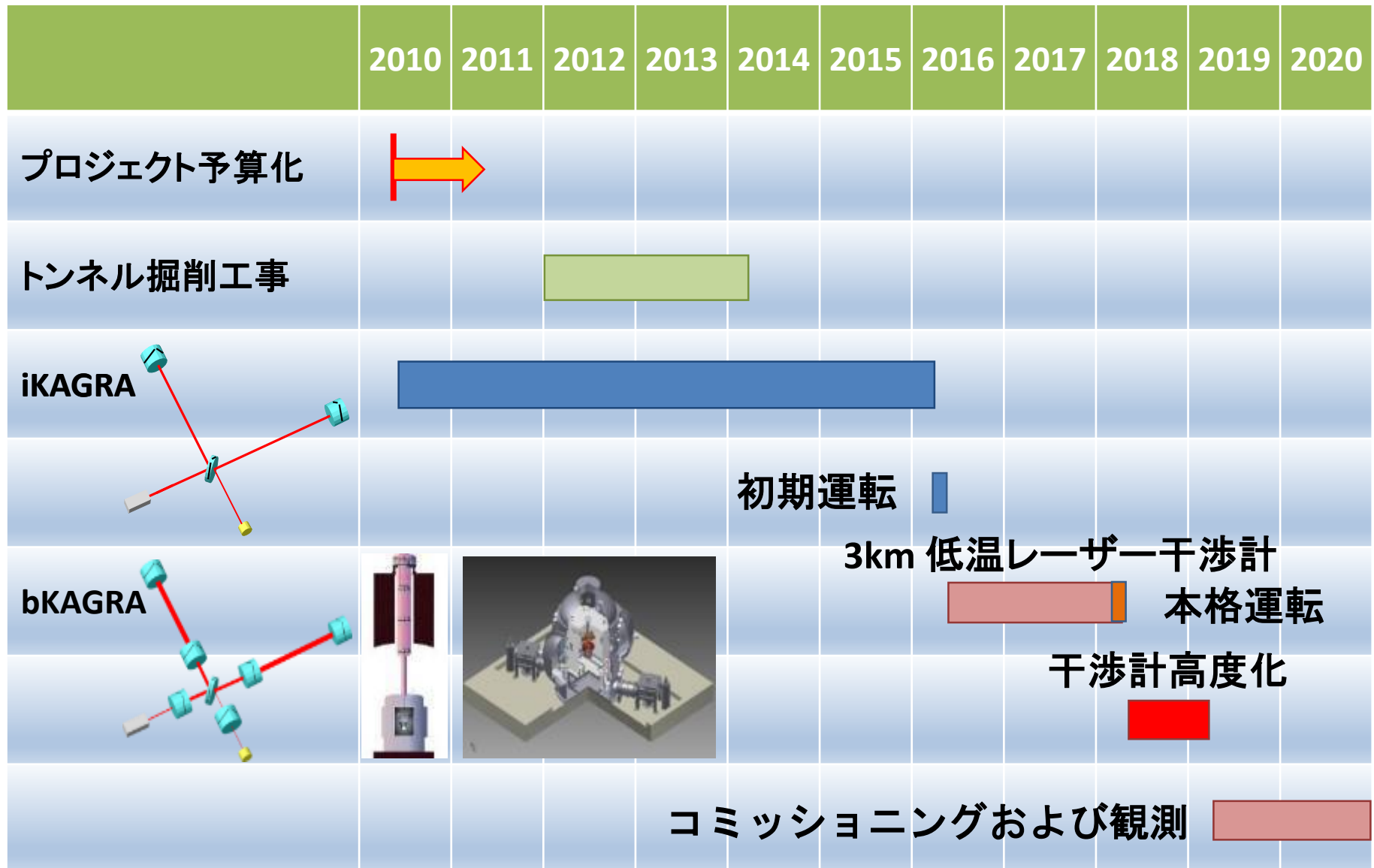
KAGRAグループは大きくなりました



国際的な研究拠点になりました



KAGRAのスケジュール



トンネル掘削着工から第一期完成まで



図 11：大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 第一期実験施設完成記念式典にて挨拶する五神東京大学総長

ICRRnews95より

初期運転に向けての準備



3kmX2本 真空パイプ設置＋リークテスト(2014年度)



レーザー用スーパー・クリーン・ルーム(2015年)



鏡と関連部品取り付け(2015年10月、モードクリーナー)

初期運転(iKAGRA)

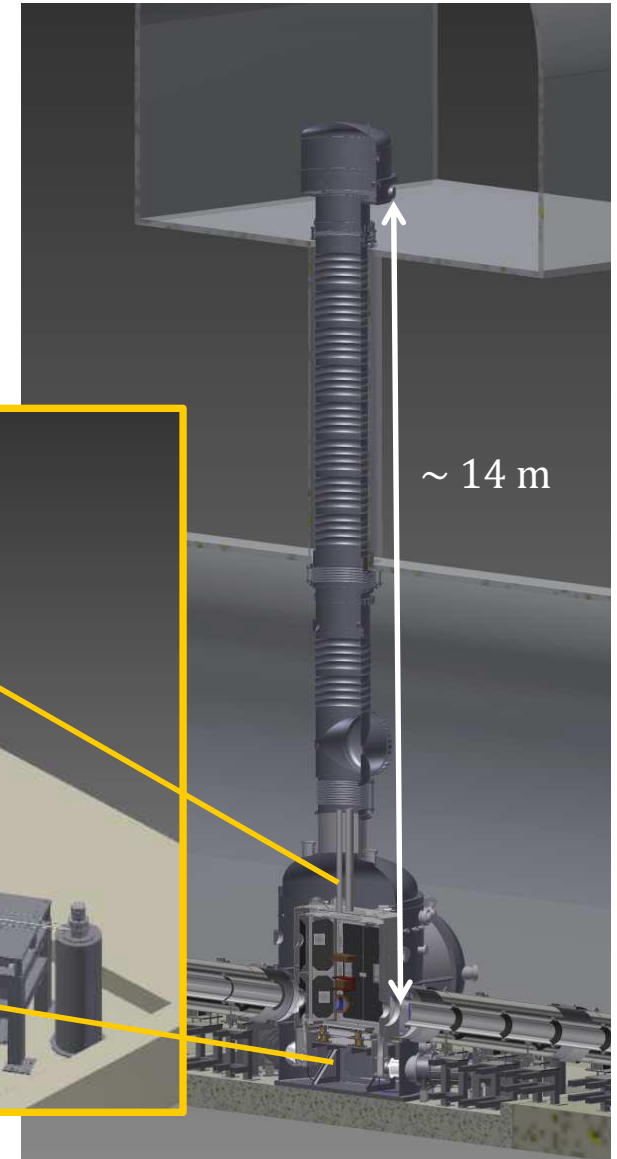
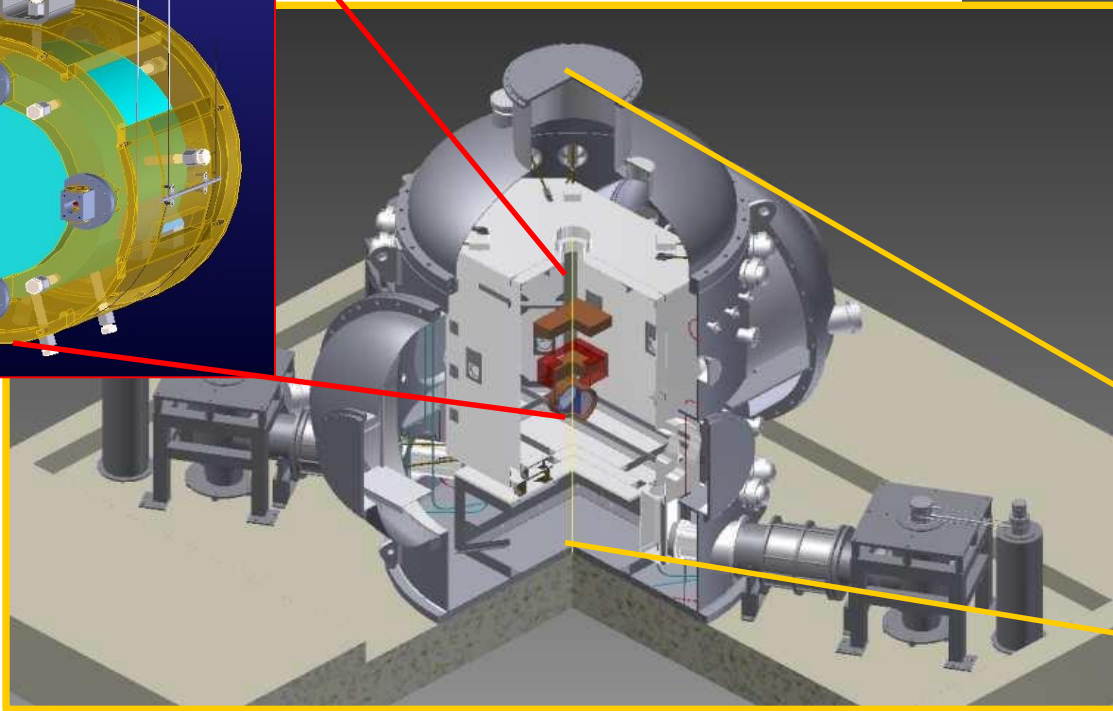
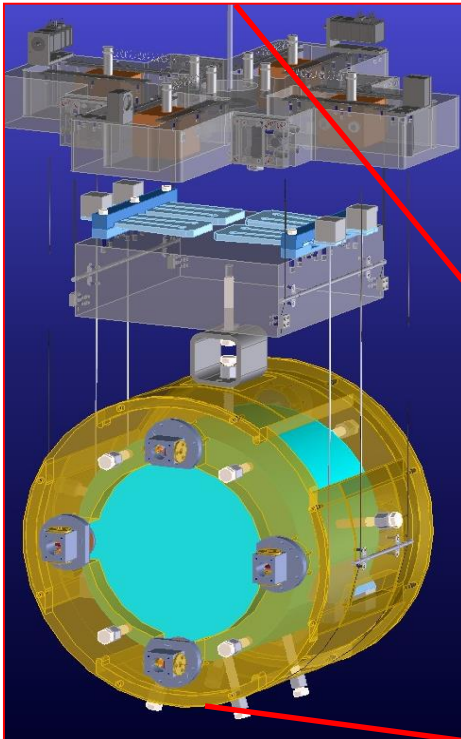
第1期: 3/25~3/31, 第2期: 4/11~4/25



ギリギリのスケジュールとマンパワーであったが、KAGRAとして3kmの干渉計運転を行ったことは、今後の本格運転に向け非常に収穫が大きかった。

本格観測に向けての準備

極低温鏡の懸架システム
(設計図)



本格観測に向けて(防振系)



低温鏡防振装置

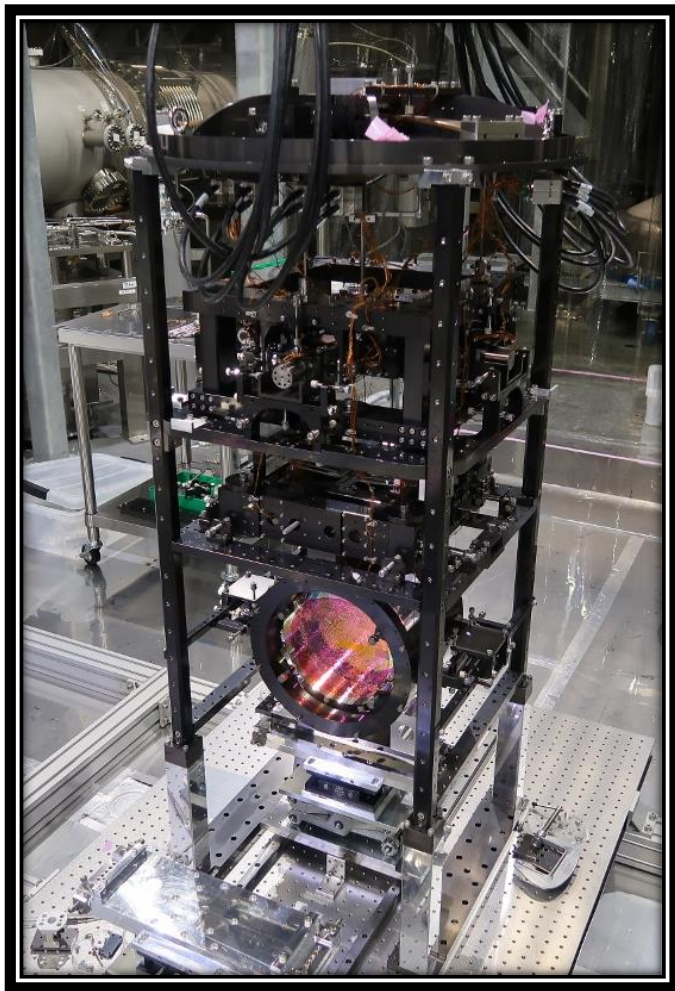


ビームスプリッター防振装置



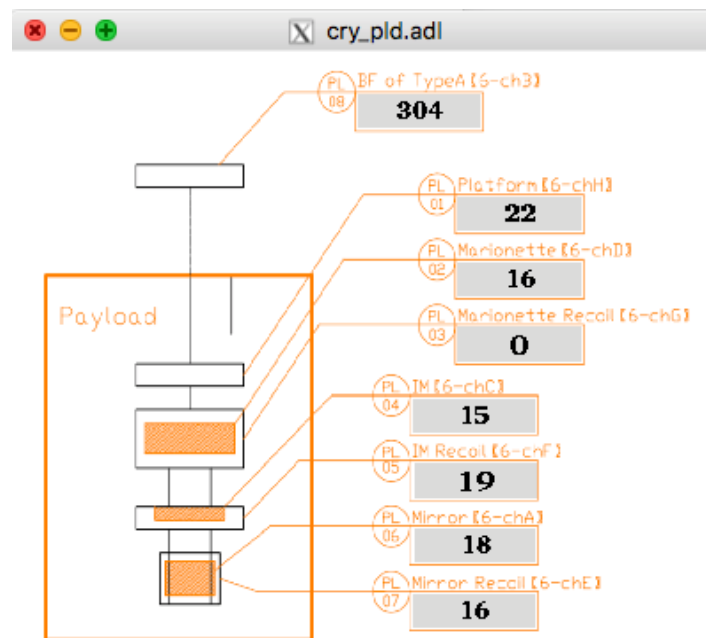
リサイクリング鏡防振装置

本格観測に向けて(低温鏡システム)

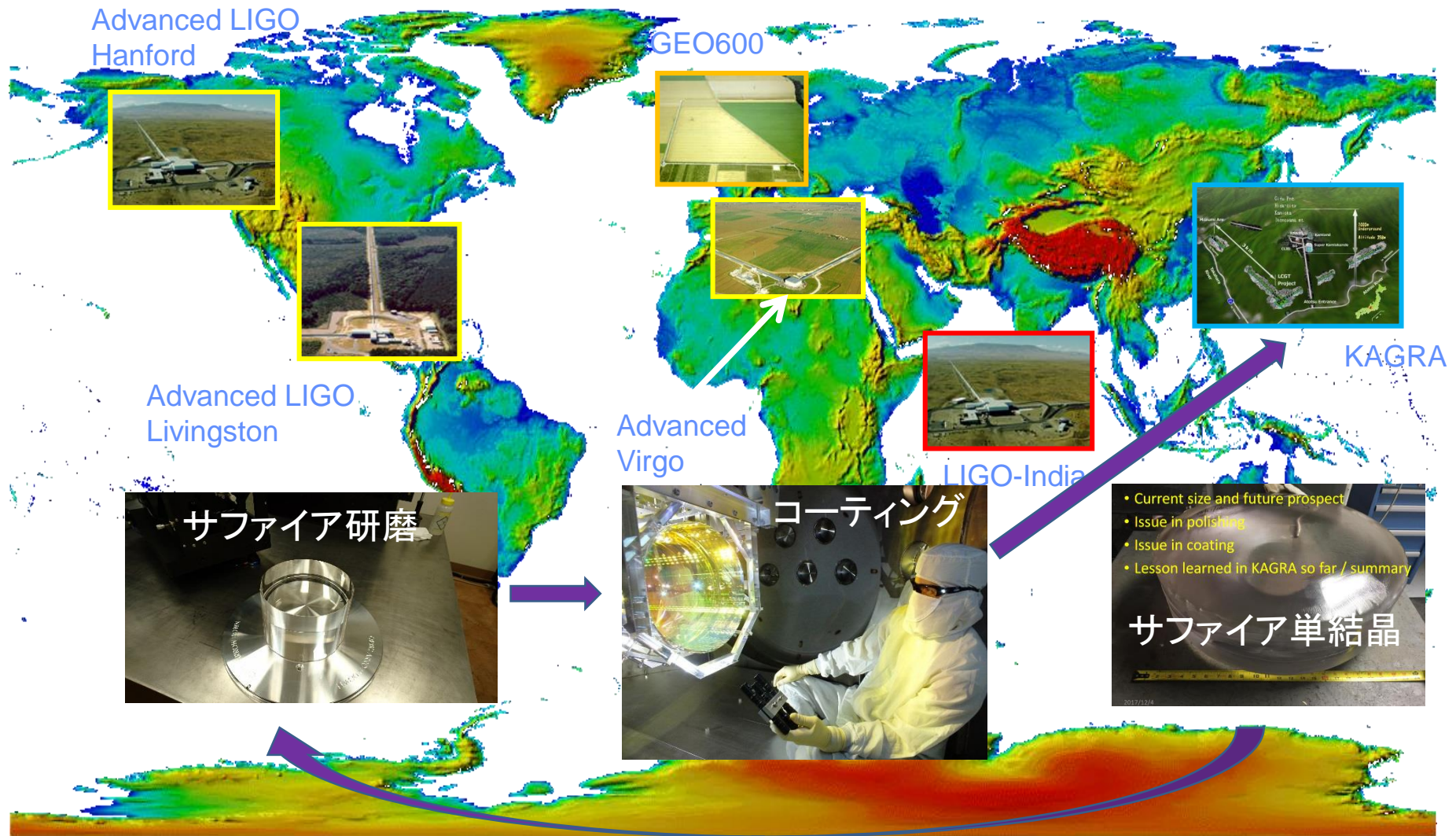


低温鏡懸架装置

低温鏡を20K以下に冷却した

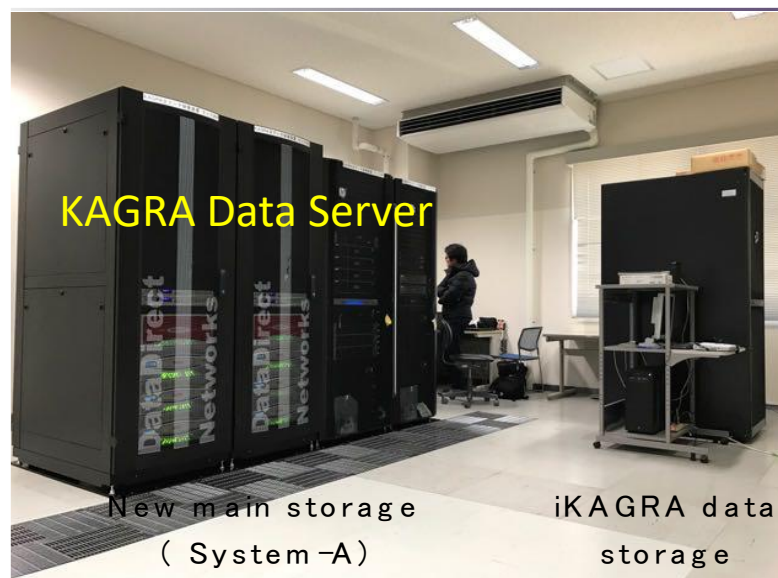


サファイア鏡の完成



低温干渉計運転(bKAGRA-1)

- 2018年 4月28日 - 5月7日に本格運転(bKAGRA-1)を実施
- コミッショニングチームの結成(干渉計運転を指揮する)
- 観測期間中DAQ・制御システムを安定的に動かす事に成功
- 昼夜を通して干渉計ロックの維持、復帰にも貢献
 - 97%(4/29)という高い稼働率を実現

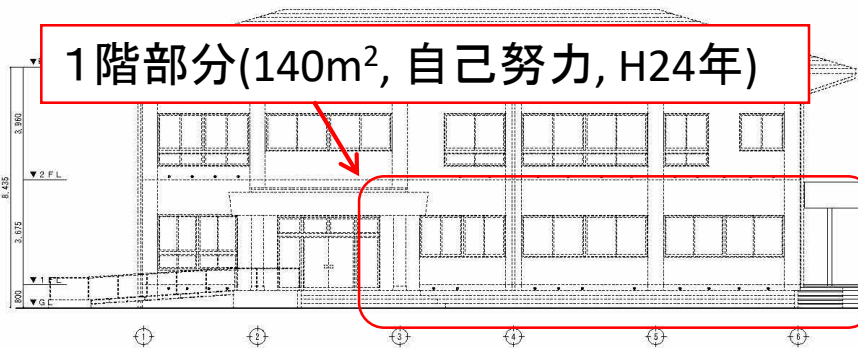


干渉計制御・データ収集棟(研究環境整備)

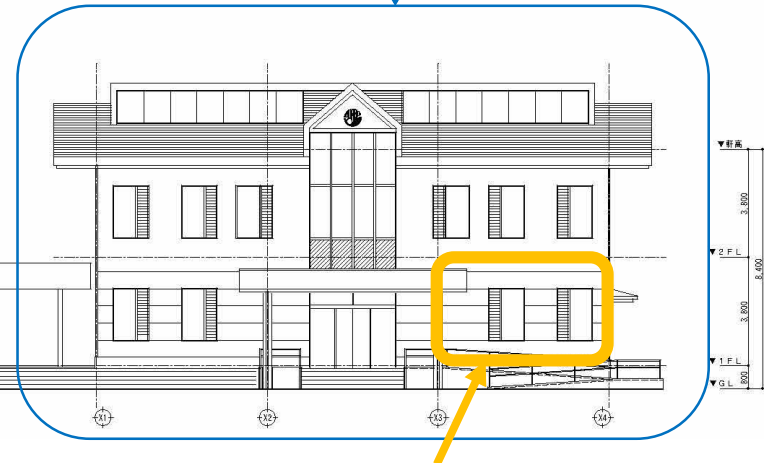
飛騨市神岡町北部会館の旧保育園部分を改装。



隣接地にデータ収集・解析棟を建設
(H24補正予算, H25完成)



1階部分(140m², 自己努力, H24年)



ここで干渉計をコントロール

飛驒市(地元)からの支援

2017/01/22:「飛驒市と宇宙線研究所の連携協力協定締結式」開催



<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/whatsnew/2017/01/renkei.html>



KAGRA 研究棟の完成

From April 2018



KAGRA Office

Control room

重力波が直接検出されました



ワシントンでの記者会見の様子(2016. 2. 11)

5つのBBHからの重力波信号

	GW150914	LVT151012 (候補)	GW151226	GW170104	GW170608	GW170814
Date	2015/9/14	2015/12/26	2015/12/26	2017/1/4	2017/6/8	2017/8/14
$m_1[M_{\text{sun}}]$	36	23	14.2	31.2	12	30.5
$m_2[M_{\text{sun}}]$	29	13	7.5	19.4	7	25.3
合体後の BH質量 [Msun]	62	35	20.8	48.7	18.0	53.2
距離	410 Mpc	1100 Mpc	440 Mpc	880 Mpc	340Mpc	540 Mpc
方向決定 精度	230 deg ²	1600 deg ²	850 deg ²	1200 deg ²	520 deg ²	60 deg ² (3 detectors)

Msun = = 太陽質量 = 2×10^{33} g

Mpc(メガパーセク)=100万パーセク=326万光年= 3×10^{19} km

3台

PRL 119, 141101 (2017)

重力波初観測にノーベル物理学賞



Barry C. Barish (Caltech)



Kip S. Thorne (Caltech)



Rainer Weiss (MIT)



2017 Nobel Prize in Physics

連星中性子星合体もとられました

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 848:L12 (59pp), 2017 October 20

Abbott et al.

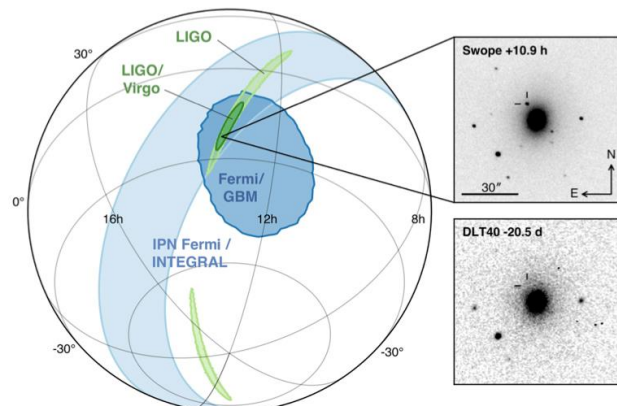
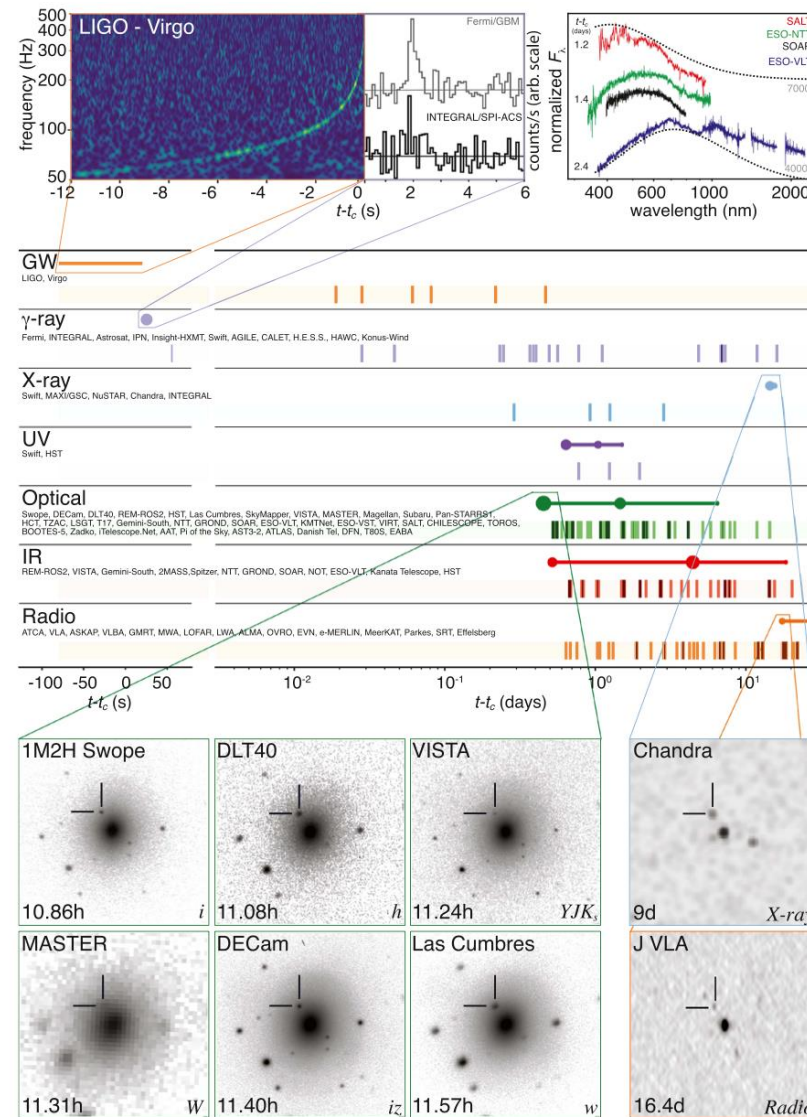


Figure 1. Localization of the gravitational-wave, gamma-ray, and optical signals. The left panel shows an orthographic projection of the 90% credible regions from LIGO (190 deg²; light green), the initial LIGO-Virgo localization (31 deg²; dark green), IPN triangulation from the time delay between *Fermi* and *INTEGRAL* (light blue), and *Fermi*-GBM (dark blue). The inset shows the location of the apparent host galaxy NGC 4993 in the Swope optical discovery image at 10.9 hr after the merger (top right) and the DLT40 pre-discovery image from 20.5 days prior to merger (bottom right). The reticle marks the position of the transient in both images.



GW170817
GRB170817A
SSS17a / AT2017gfo
マルチメッセンジャー観測

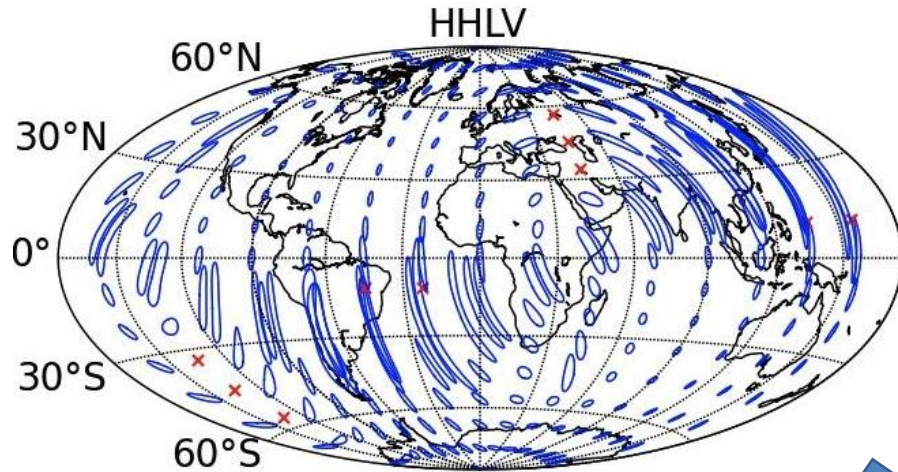
国際的視点と重力波天文学

重力波発見の後は

- 地球上の離れたところにある重力波検出器3台で、三角測量のように(右図)重力波の発生源を決定。 → **重力波天文学**の創成と推進。
- 2020年代の重力波観測に向けた国際ネットワーク形成が進行中。
日本が大きな貢献をするためには、建設を最速で続けることが不可欠。
- 連星中性子星の合体によるブラックホール誕生や超新星爆発等、これからも検出すべき多くの重力波源が存在している。



国際観測ネットワークとKAGRA

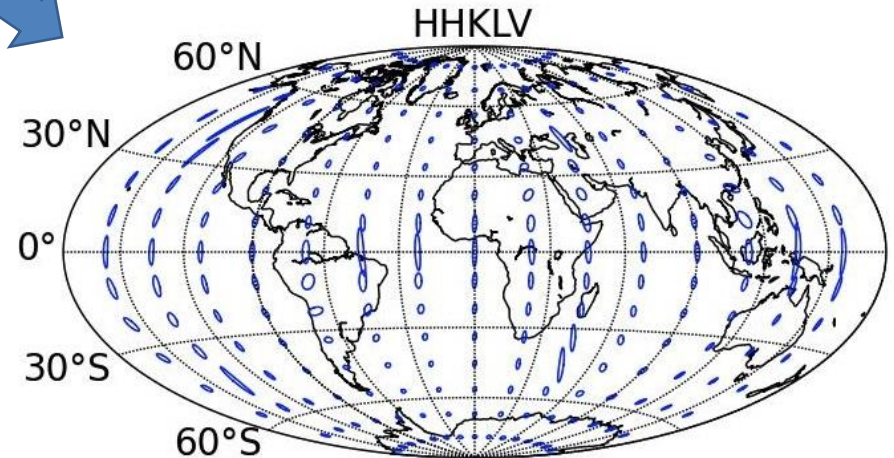


+ LLO + Virgo

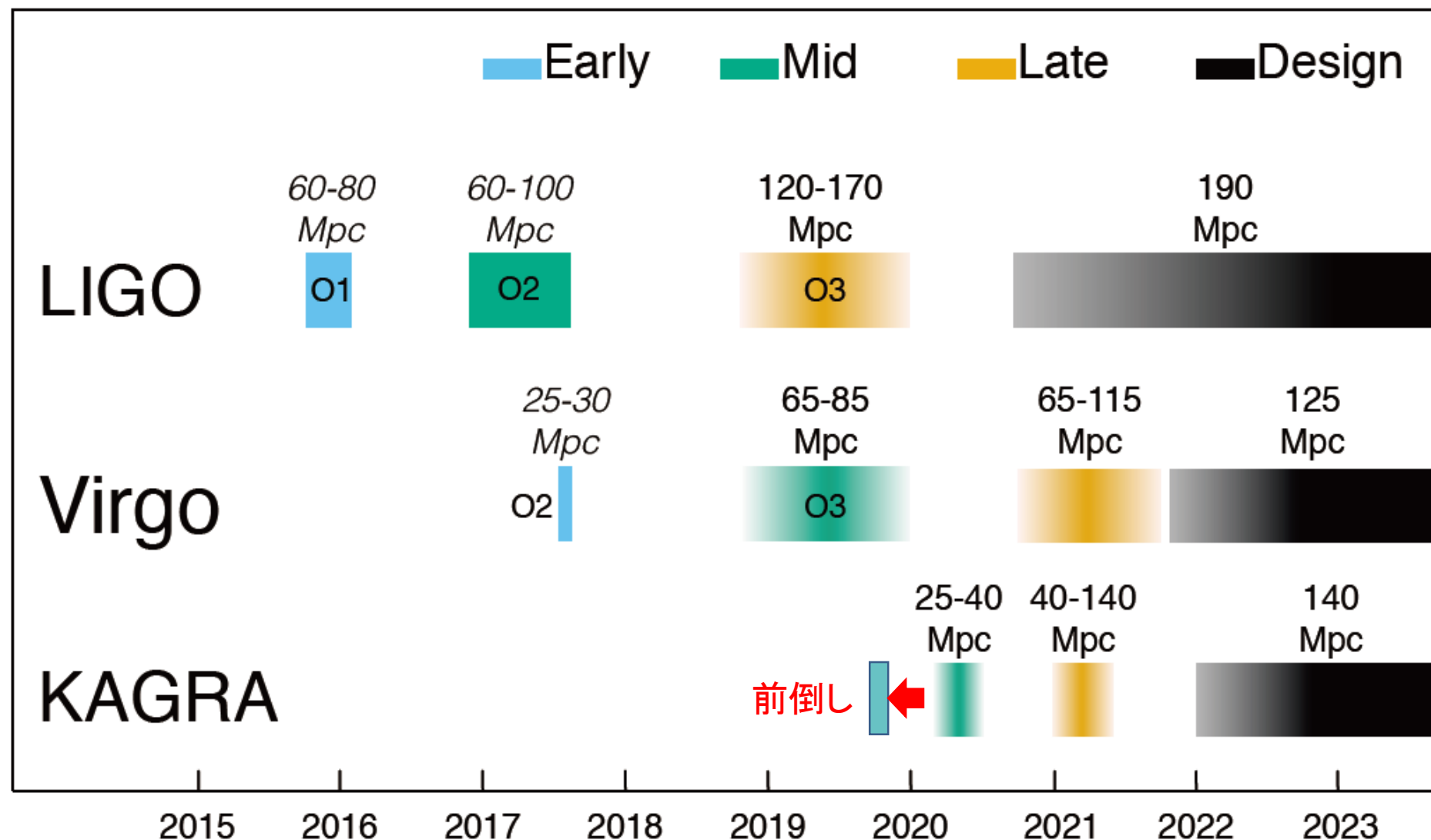
LHO + LLO + Virgo + KAGRA

x denotes blind spots

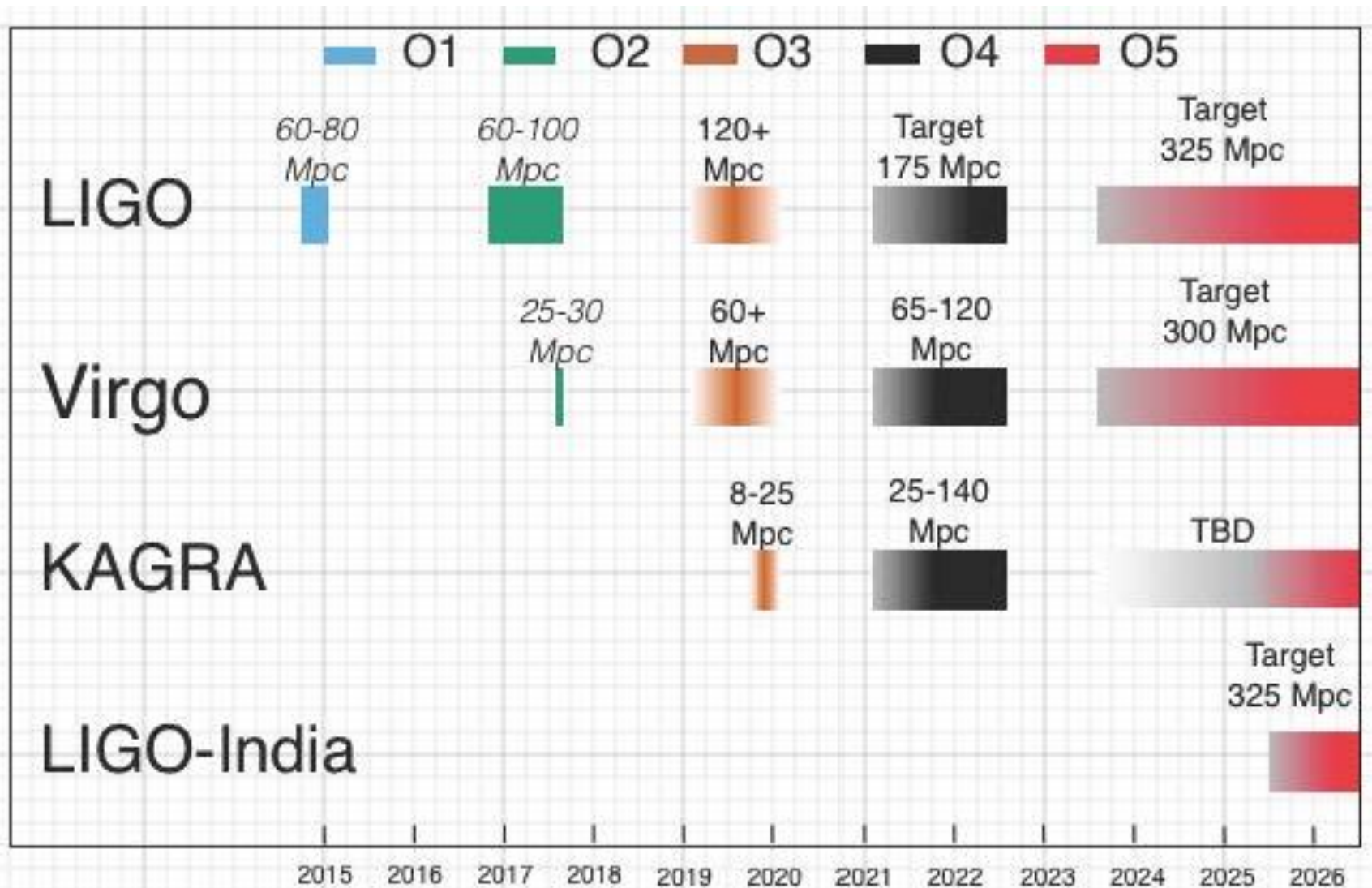
S. Fairhurst, “Improved source localization with LIGO India”, [J. Phys.: Conf. Ser. 484 012007](#)



欧米と本計画の予定(旧)



欧米と本計画の予定(新)



2020年代の重力波観測国際ネットワーク形成が進行中。

KAGRAが重力波国際ネットワークで大きな貢献をするために、建設を最速で続けて、2019年中に国際ネットワークへ参加することが不可欠。