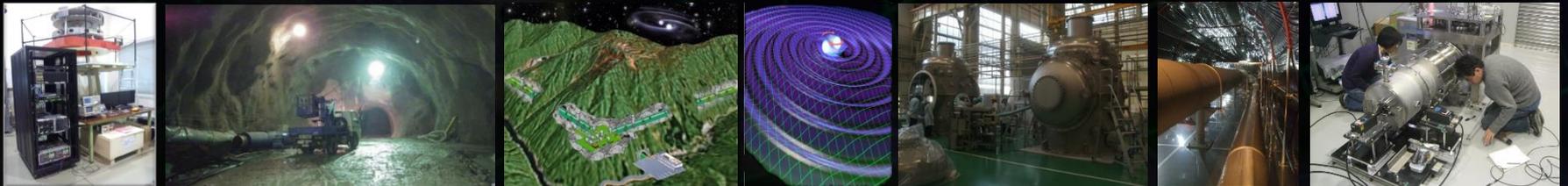


大型低温重力波望遠鏡(KAGRA) プロジェクトの現状

安東 正樹 (東京大学/国立天文台)
on behalf of **KAGRA Collaboration**



KAGRA Collaboration



- KAGRA Collaboration : **231名**
 - 国内 : 155名 (28機関)
 - 国外 : 76名 (36機関)
 - ホスト機関 :
東京大学 宇宙線研究所
 - 副ホスト機関 :
国立天文台
高エネルギー加速器研究機構



3月27日 午前

トンネル/設備 ←

1. 大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)プロジェクトの現状
2. 大型低温重力波望遠鏡KAGRAの建設状況III

干渉計設計 ←

3. KAGRAの感度について
4. 重力波検出器KAGRAの主干渉計開発III
5. KAGRA用防振装置の開発 XI
6. KAGRAのための鉛直防振GASフィルターの伝達関数測定
7. 重力波レーザー干渉計の鏡振子防振における非線形効果
8. KAGRA重力波検出器の低温鏡系の開発

防振/
低温懸架系 ←

9. KAGRA用低温懸架装置の開発IV
10. Status of the sapphire monolithic suspension for the Japanese Gravitational Wave observatory KAGRA
11. FEA modelling of the cryogenic suspension system for the KAGRA detector

冷却系 ←

12. KAGRA輻射シールドの振動測定
13. KAGRAダクトシールドの入熱・振動測定

3月27日 午後

鏡/光学系 ←

1. 超高品質光学薄膜開発の現状II
2. KAGRA用ビームシャッターの開発

データ取得・解析 ←

3. iKAGRAデータ転送・保管システムの開発 I(設計)
4. KAGRAにおける時系列データ解析に向けた検出器信号較正
5. 連続重力波探索に向けたKAGRA信号取得における whitening filterとADCの最適化

重力波による天文学!!!



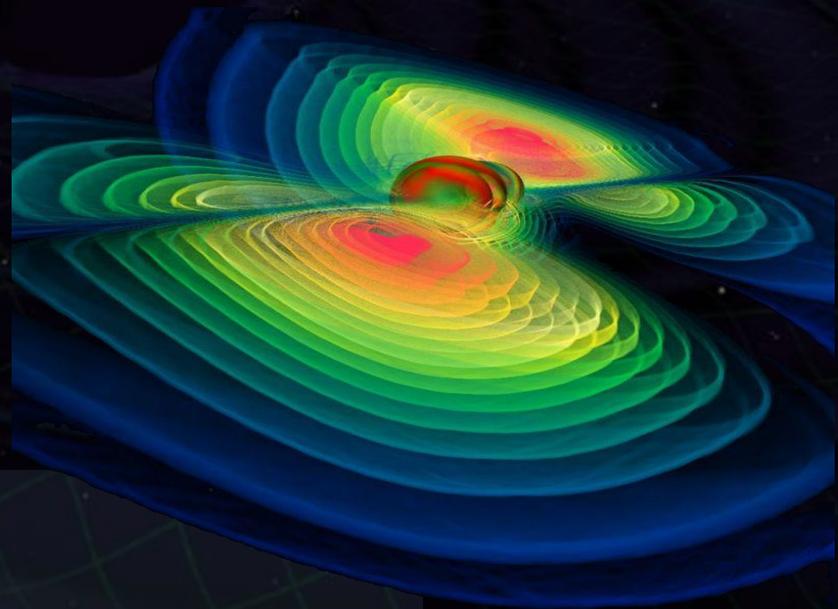
重力波の特徴

- ・質量の加速度運動から放射
- ・物質に対して 強い透過力



宇宙を観測する新しい手段

- ・電磁波と相補的・独立な観測
- ・電磁波などでは見ることの出来ない現象
(初期宇宙, 高エネルギー天体現象の内部)



大型低温重力波望遠鏡



重力波天文学の創成



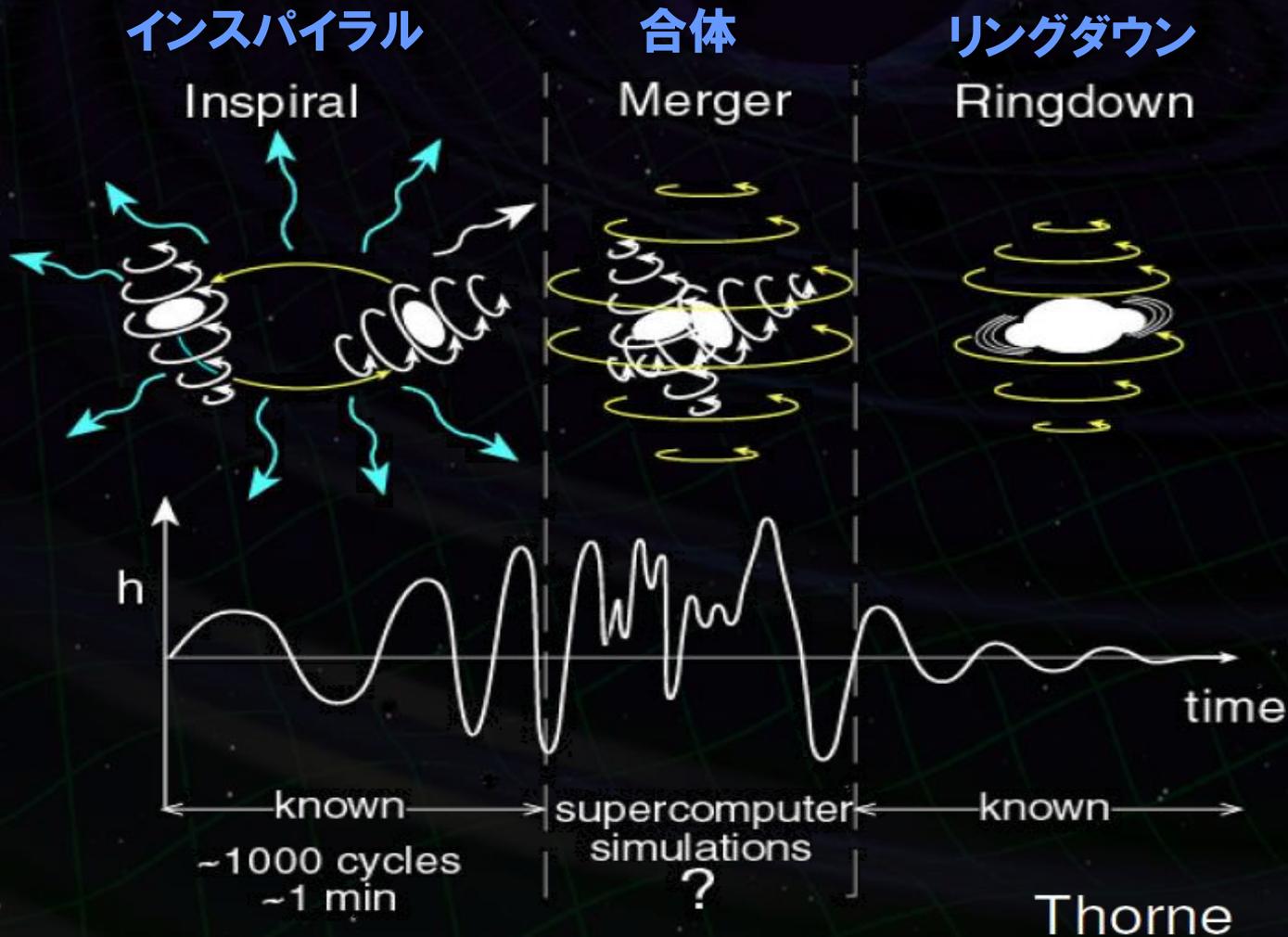
大型低温重力波望遠鏡

かぐら (KAGRA)

岐阜県・神岡で建設中の
次世代重力波検出器
(本格観測 2017年-)

連星合体現象からの重力波

KAGRAの第一のターゲット：連星合体からの重力波



• 重力波の初検出 → 新しい天文学の創生.

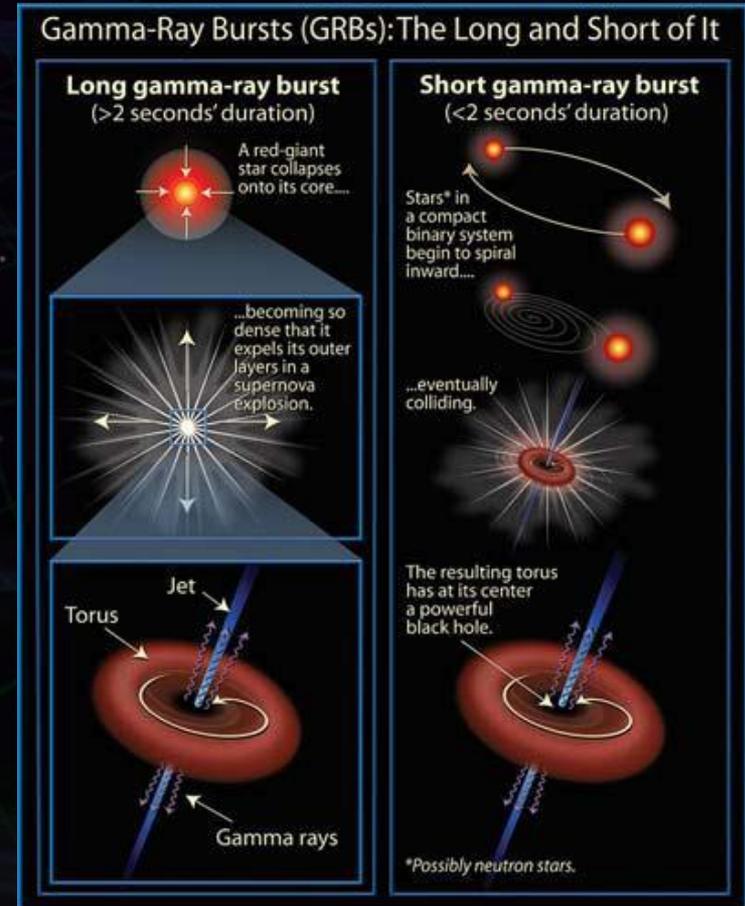
- 連星中性子星 : 確実に存在, 波形予測可能.
- ガンマ線バーストの起源, 未知の発見.
- 相対性理論/重力法則の検証.

• 高密度核物質の直接探査.

- 中性子星の状態方程式の情報.
- r-過程 → 元素組成・宇宙の化学進化.

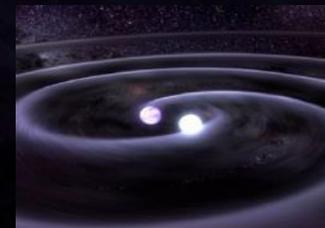
• 宇宙論・銀河形成史に対する知見.

- 宇宙論パラメータへの制限.
- 超巨大ブラックホールの形成過程



From encyclopedia of science

連星中性子星合体からの重力波観測



観測レンジ

感度曲線 → 観測可能距離 ~ 200 Mpc

(SNR 8, 最適方向・偏波)

銀河の個数密度 :

$$\rho = 1.2 \times 10^{-2} \text{ [Mpc}^{-3}\text{]}$$

R. K. Kopparapu et.al.,
ApJ, 675 1459 (2008)

銀河あたりのイベントレート:

$$\mathcal{R} = 118_{-79}^{+174} \text{ [events/Myr]}$$

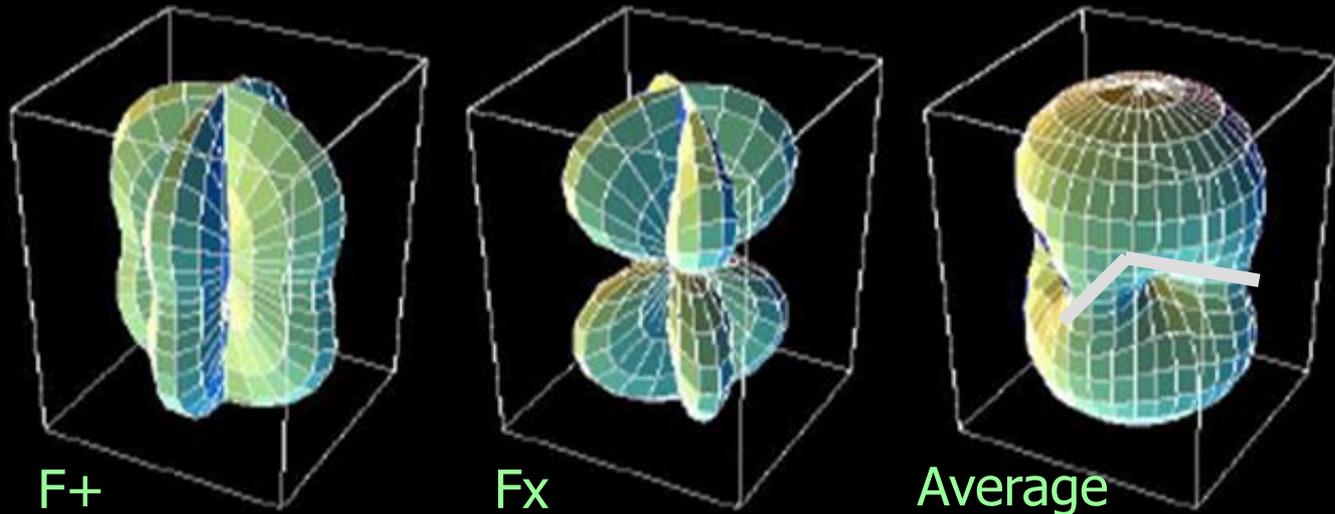
V. Kalogera et.al.,
ApJ, 601 L179 (2004)



KAGRAの観測レート **>1 events/yr**

干渉計型重力波検出器: 指向性・偏波依存性が小さい.

干渉計のアンテナパターン

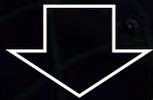


⇒ 1台の干渉計で重力波源を特定することはできない.

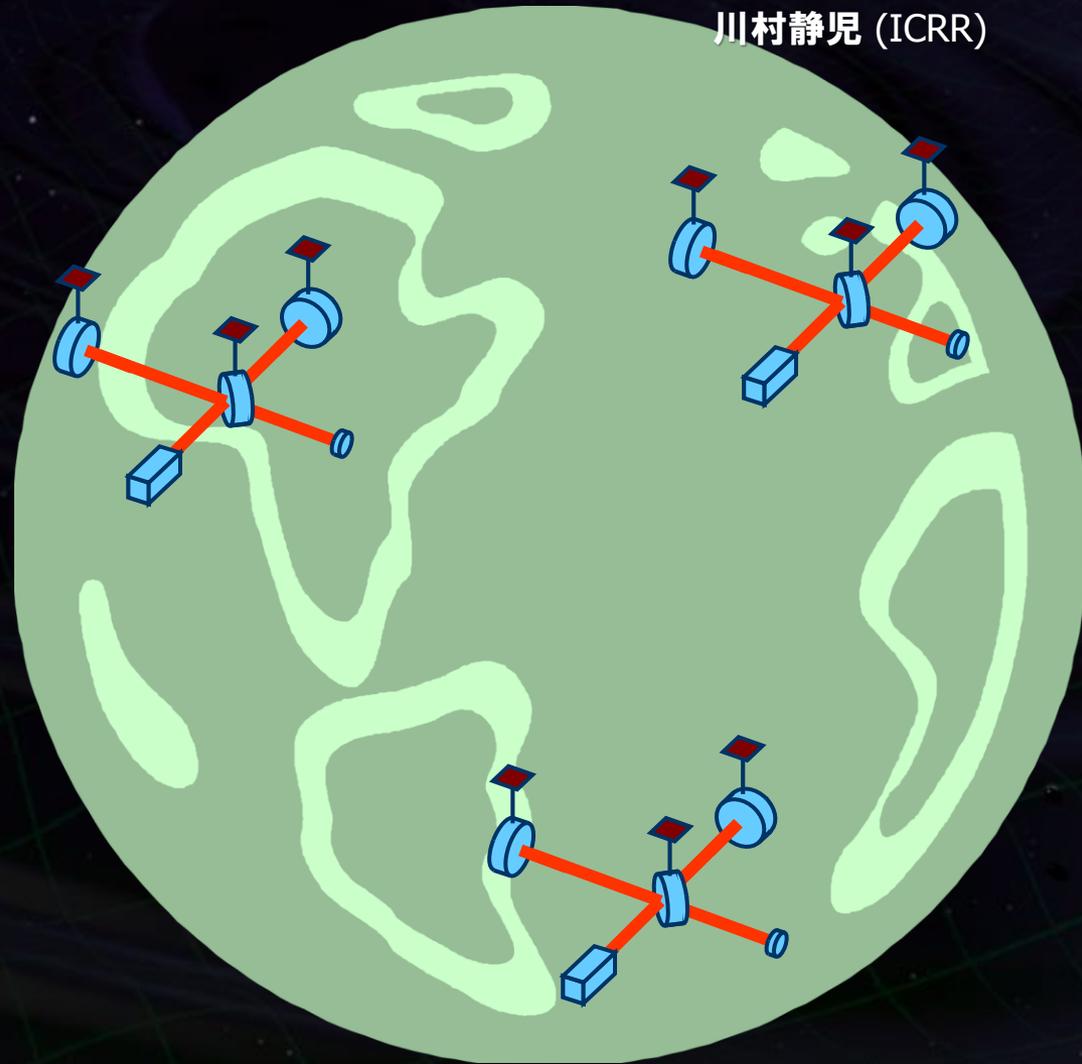
国際観測網での同時観測

アニメーション：
川村静児 (ICRR)

複数台で同時観測



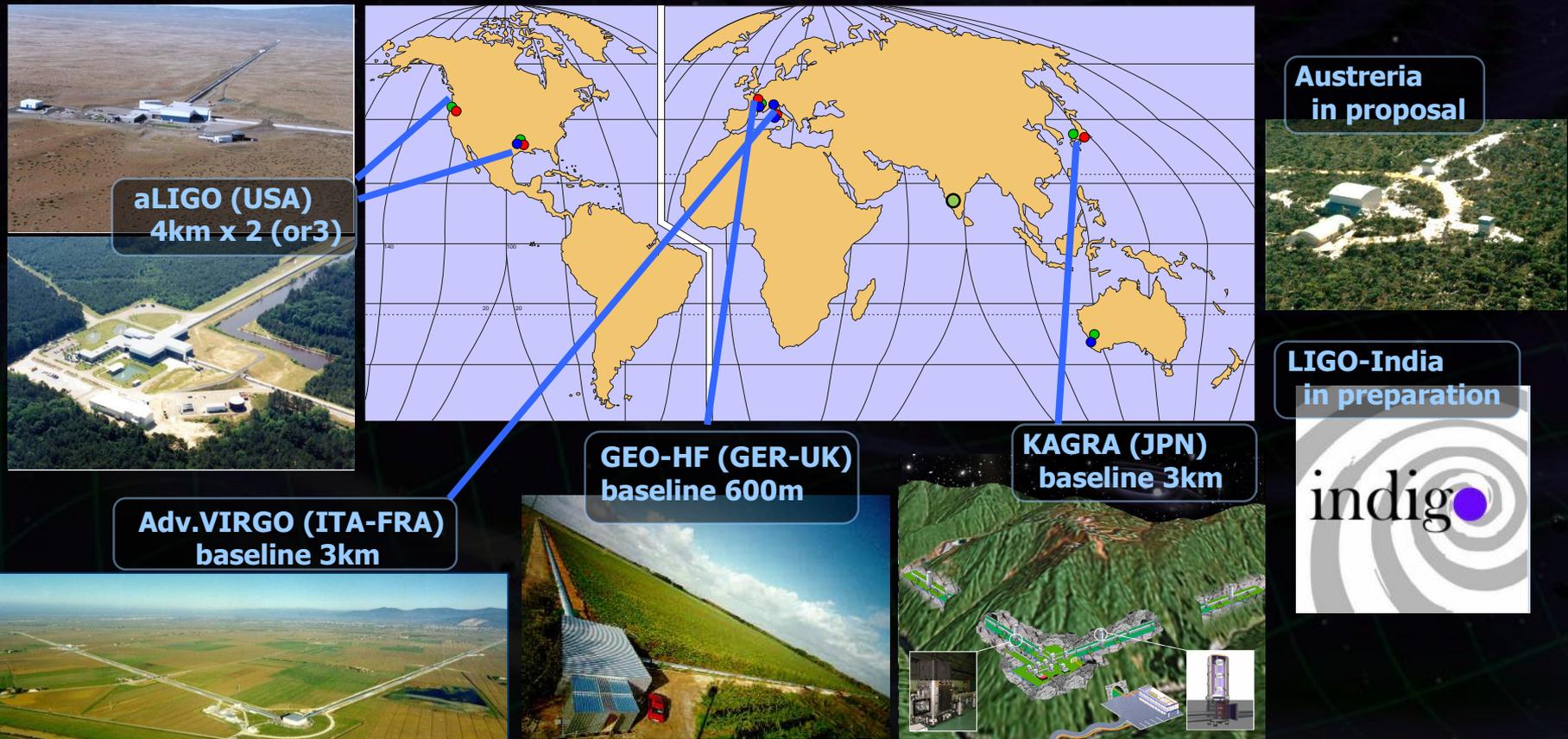
到着時間の差から
波源の方向が分かる！



第2世代 重力波望遠鏡

国際観測ネットワークが形成される (現在から 約5年後)

→ 重力波天文学 (重力波の検出, 位置, 物理情報, ...)

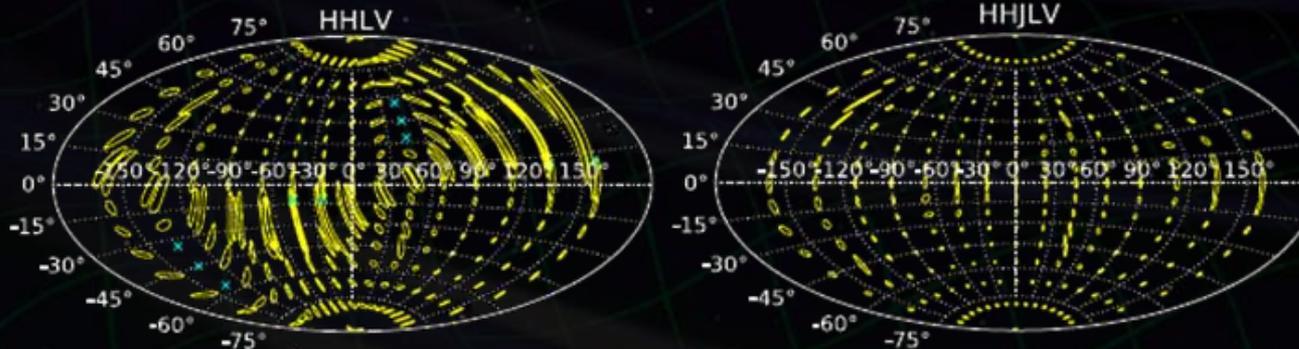


天球上の角度分解能

NS-NS coalescence @180Mpc (95%CI)		
(1.4,1.4)Msun	LHV	LHV K
median of $\delta\Omega$ [Deg ²]	30.25	9.5

H: LIGO--Hanford
 L: LIGO--Livingston
 V: Virgo,
 K: KAGRA
 I: LIGO-Indea

From presentation by H. Tagoshi
 J.Veitch+, PRD85, 104045 (2012)
 Tagoshi+ (2014)



S.Fairhurst
 CQG 28(2011) 105021

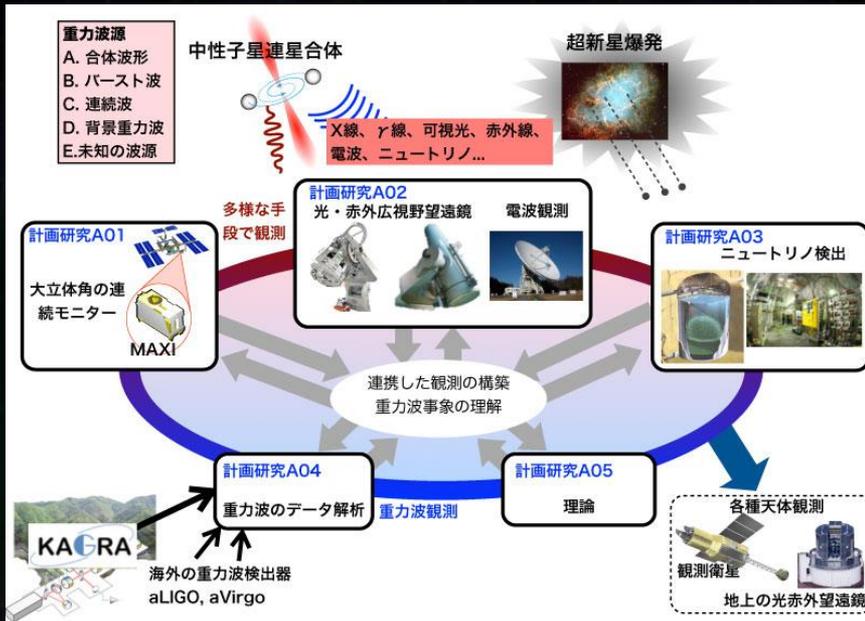
Adding **KAGRA** to (aLIGO + adv. VIRGO) network
 → Factor $\sim 3-4$ improvement in sky area

・新学術領域研究

「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」

→ 重力波の理論・データ解析, X線・光赤外・電波,
ニュートリノによる突発天体観測.

・KAGRA, LIGO, VIRGO間のMoU → データの共有へ.



領域HPより

19-Sep-12

Memorandum of Understanding

between

KAGRA, LIGO and Virgo Scientific Collaborations

A. Purpose of the agreement:

The purpose of this Memorandum of Understanding (MOU) is to establish a collaborative relationship between the signatories who are seeking to discover gravitational waves and pursue the new field of gravitational wave astronomy. The main scientific motivation is that the maximum return from gravitational wave observations is through simultaneous joint measurements by several instruments.

KAGRA (かぐら)

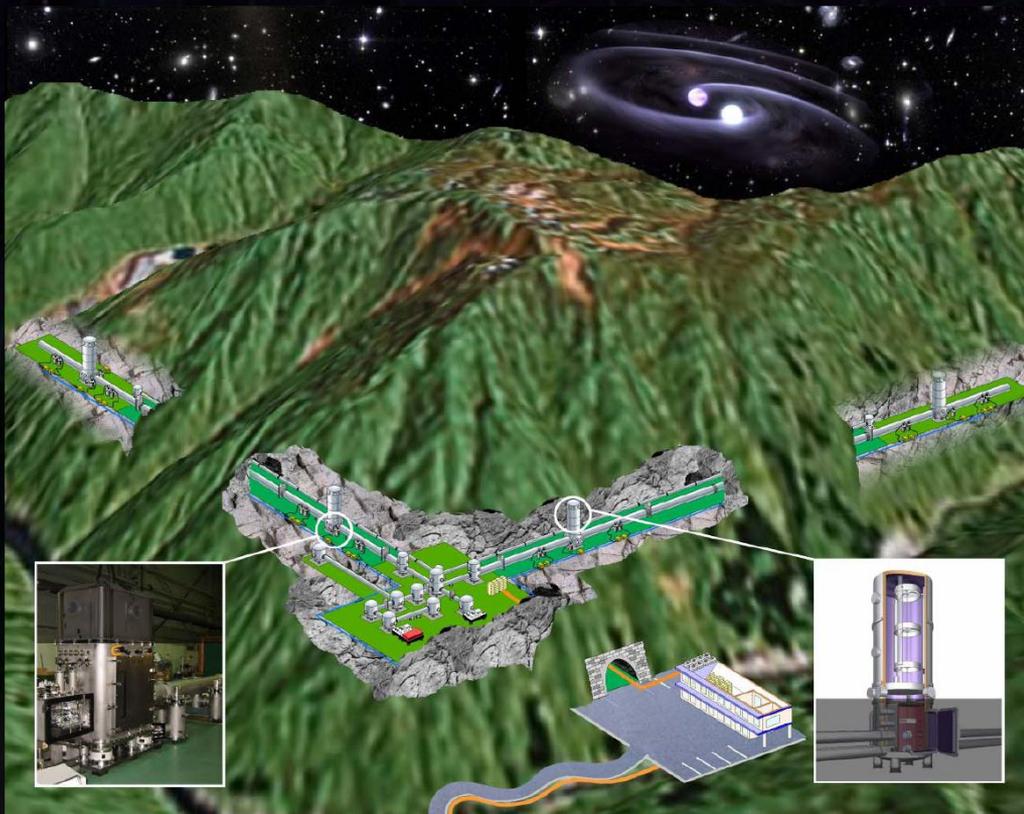
- 大型低温重力波望遠鏡 -



大型低温重力波望遠鏡 KAGRA (かぐら)

目的: 重力波の初検出と重力波天文学の創生.

特徴: 第2.5世代干渉計 (低温干渉計, 地下サイト).



- 2010年「最先端研究基盤整備事業」により建設開始.
トンネル掘削等の経費補助.
- 東京大学 宇宙線研究所を中心に国内外 200名以上 (60機関以上)が協力.
- 2017年本格観測開始.

KAGRAスケジュールと予算

FY2010 FY2011 FY2012 FY2013 FY2014 FY2015 FY2016 FY2017

「最先端研究基盤整備事業」 (～98億円) → iKAGRA基盤設備 **ほぼ終了**

科研費 特別推進研究 (～5億円) → 低温・高感度化, 人件費 **申請中**

建設

トンネル掘削経費 (～37億円) **ほぼ終了**

概算要求 (～20億円) → 設備準備

予算・主旨

研究協力

新学術領域研究 (～8億円, ～3億円 for GW) → マルチメッセンジャー天文学

拠点形成事業 (<1億円) → 国際協力

KAGRA構成



Upgrade



目標

施設・望遠鏡基盤の整備

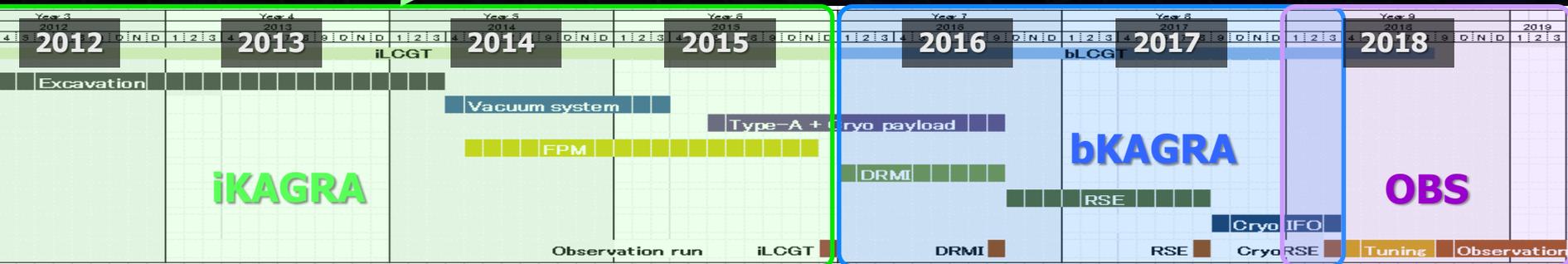
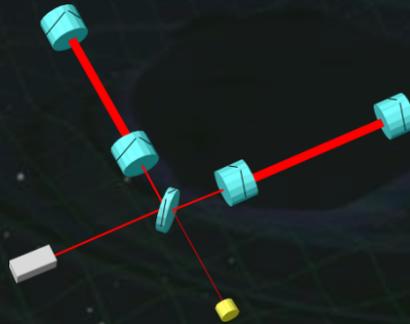
重力波の検出と天文学

KAGRAスケジュール

• **iKAGRA** (2010.10 – 2015.12)

3-km FPM interferometer

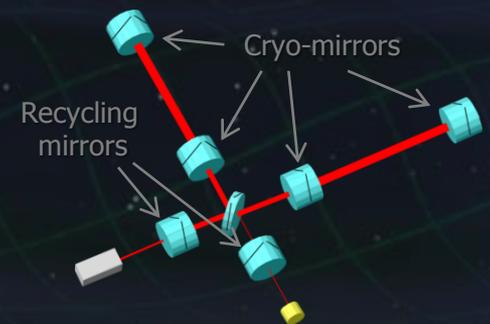
- Baseline 3km room temp.
- Operation of total system with simplified IFO and VIS.



• **bKAGRA** (2016.1 – 2018.3)

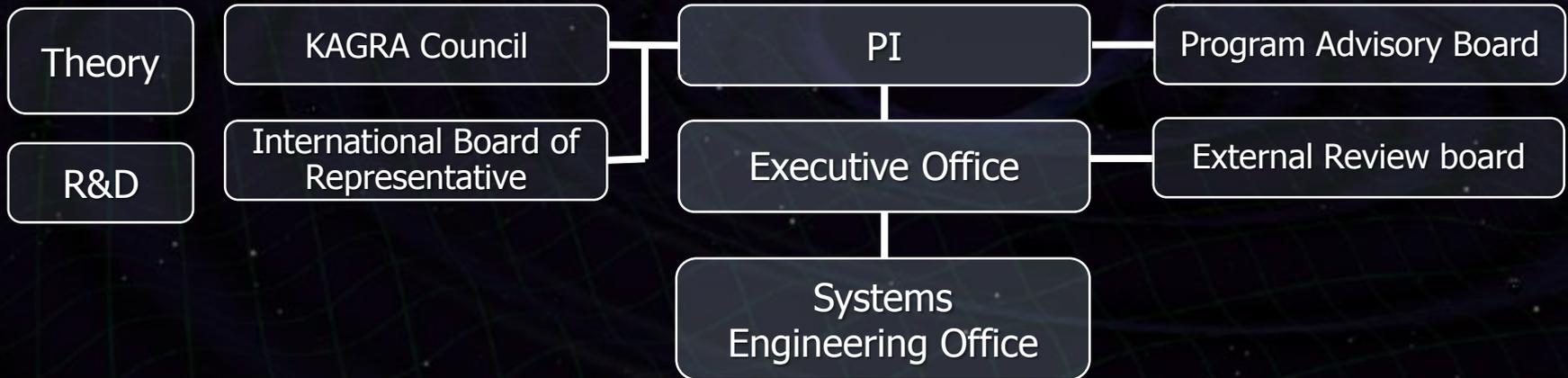
Operation with full config.

- Final IFO+VIS configuration
- Cryogenic operation.

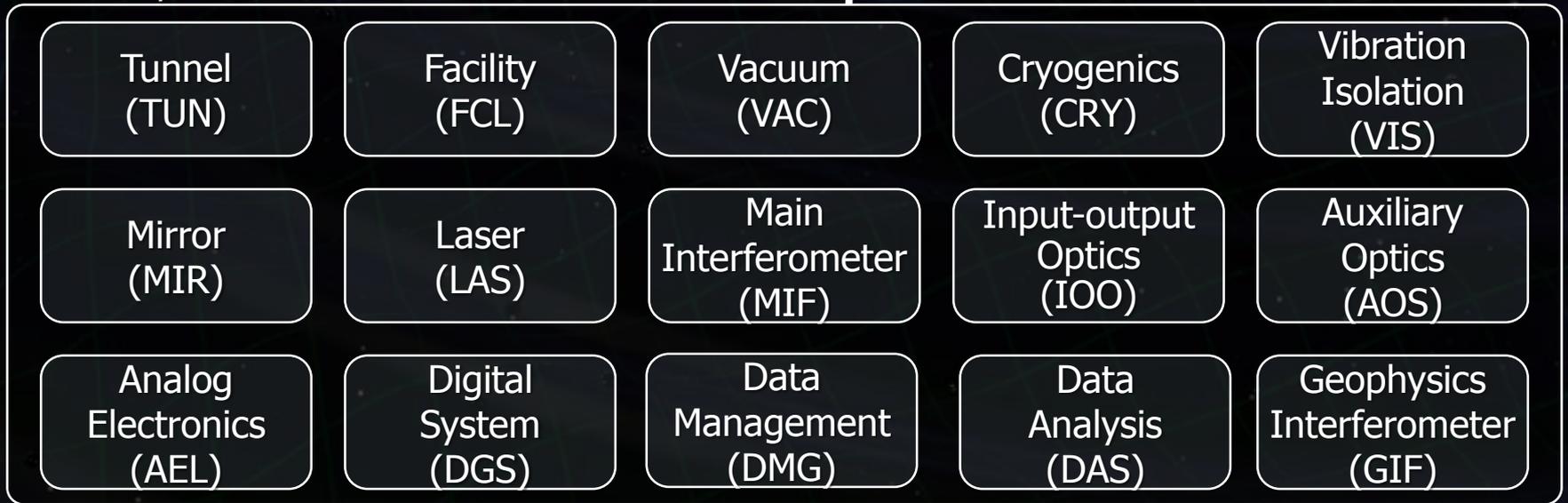


組織図

KAGRA Organization PI: T.Kajita (ICRR), PM: Y.Saito (KEK)



15 Subsystems

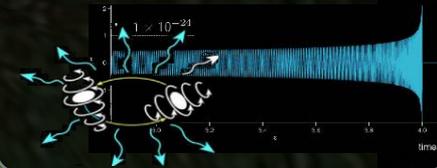


15サブシステム

- Tunnel
- Facility
- Vacuum system



- Data Management
- Data Analysis
- Geophys. IFO



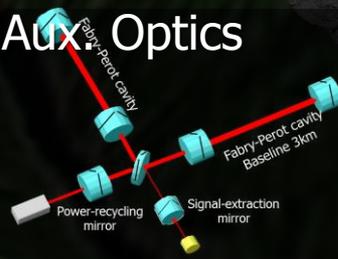
- Laser source
- Mirror



- Seismic iso.
- Cryogenic sys.



- Main IFO.
- In/Output Opts.
- Aux. Optics



- Analog Elec.
- Digital Elec.



望遠鏡建設中!!!

- KAGRAの現状 -



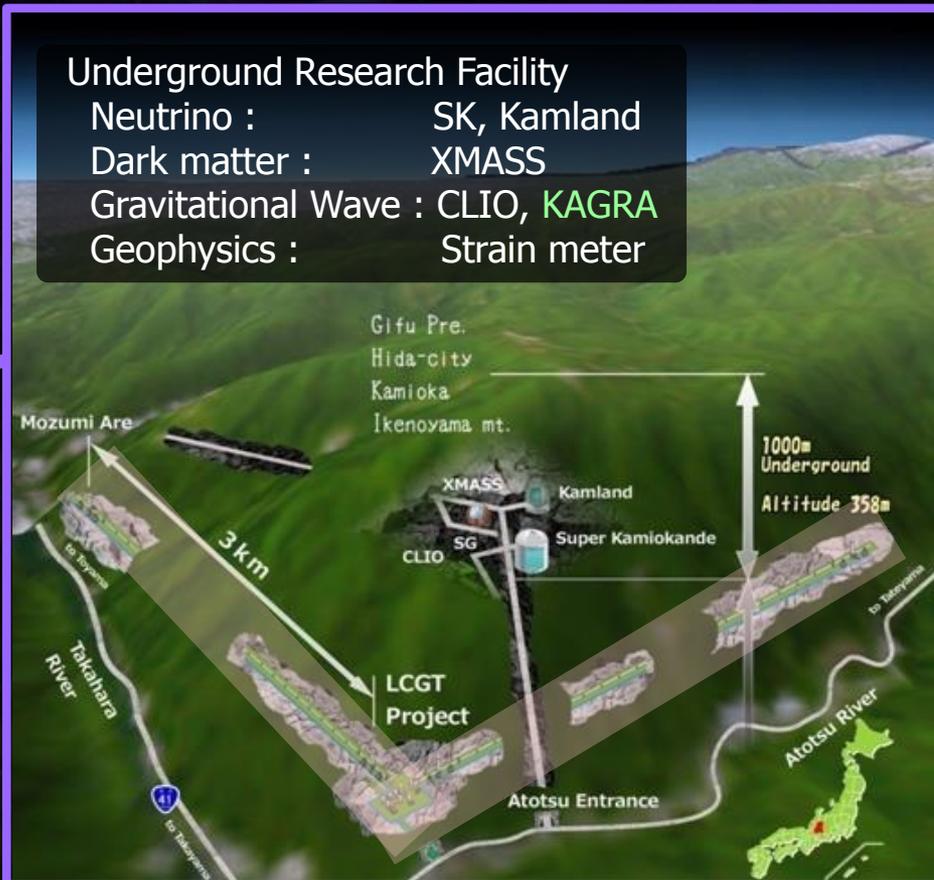
岐阜県・神岡町 の地下サイトに建設

Facility of the Institute of Cosmic-Ray Research (ICRR), Univ. of Tokyo.



富山大学から
車で約1時間

Map by Google



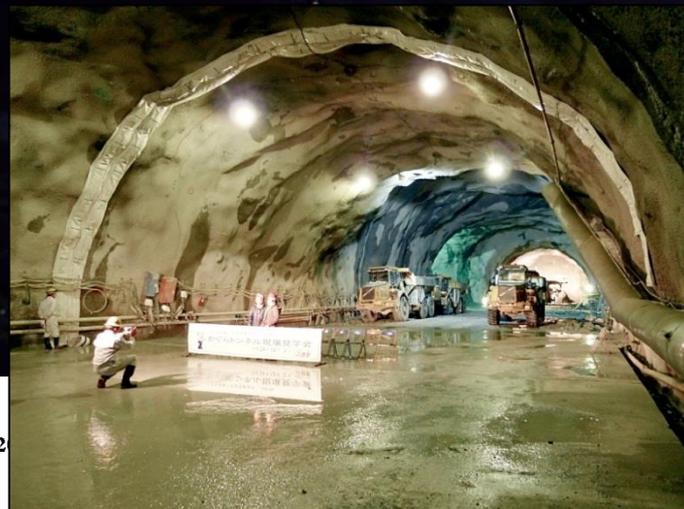
- Underground Research Facility
- Neutrino : SK, Kamland
- Dark matter : XMASS
- Gravitational Wave : CLIO, **KAGRA**
- Geophysics : Strain meter

掘削工事の現状

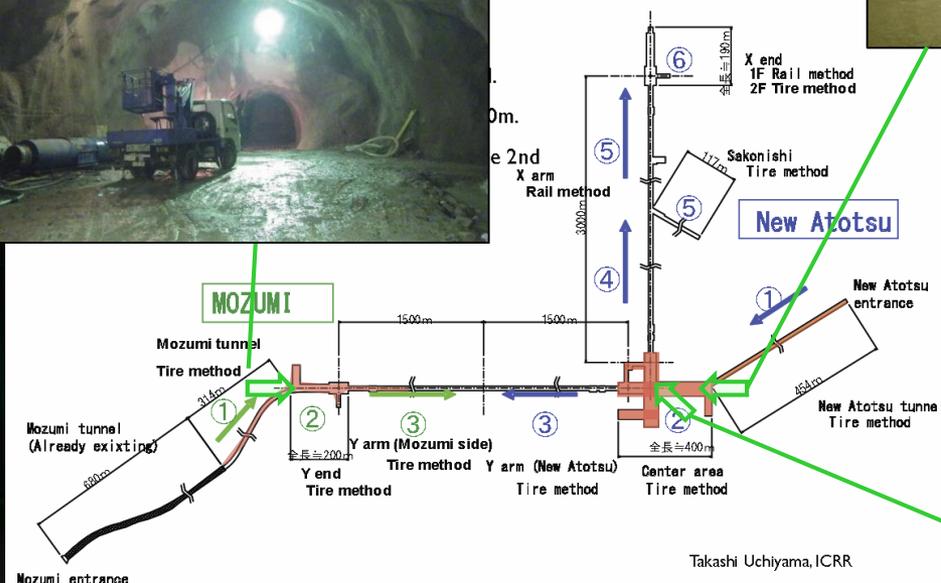
茂住口：
Y腕トンネル



新跡津口：センタールーム

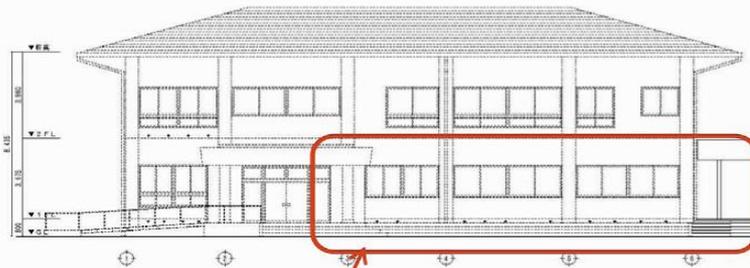


Report for the KAGRA
2012/12/17. JGW-G12



神岡オフィス・実験室

- ・現地でのオフィス・実験室.
- ・坑内と専用回線で接続
→ データストレージ・解析用計算機を設置.



KAGRA office (since 2012, 140m²)



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

真空ダクト

3km x 2本の真空ダクト：
12m, Φ 800mm を478本接続。 → 納品済。

Figures:
Presentation
by Y.Saito (KEK)



Press to form a duct



Bellows for each duct



Installation
test facility



Baking at MIRAPRO Co.
Noda/MESCO, Kamioka

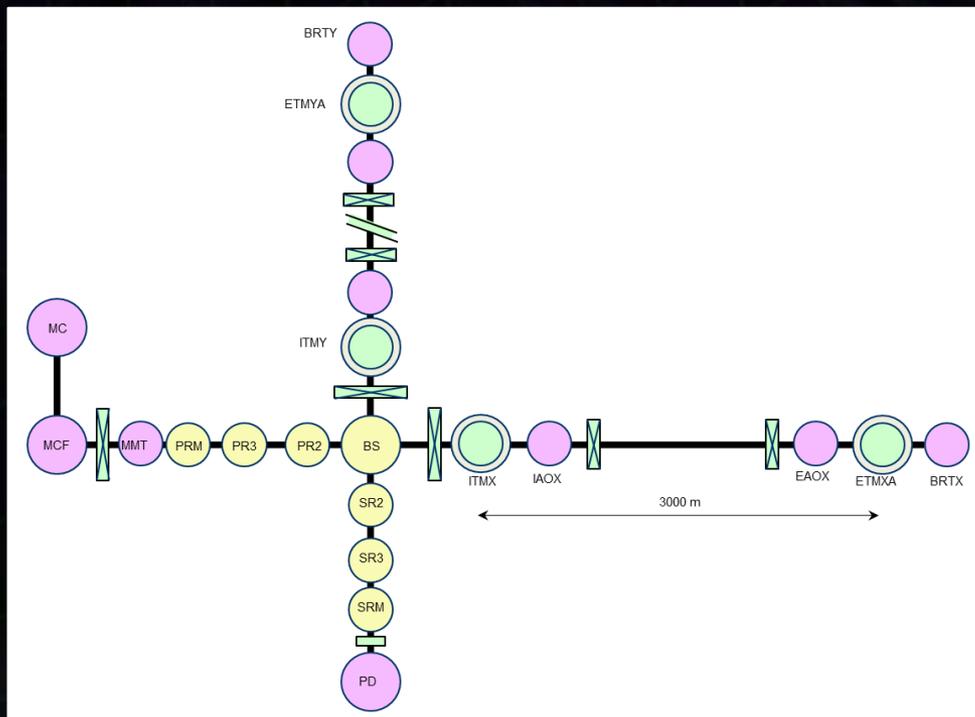


Test at MIRAPRO Co. Noda

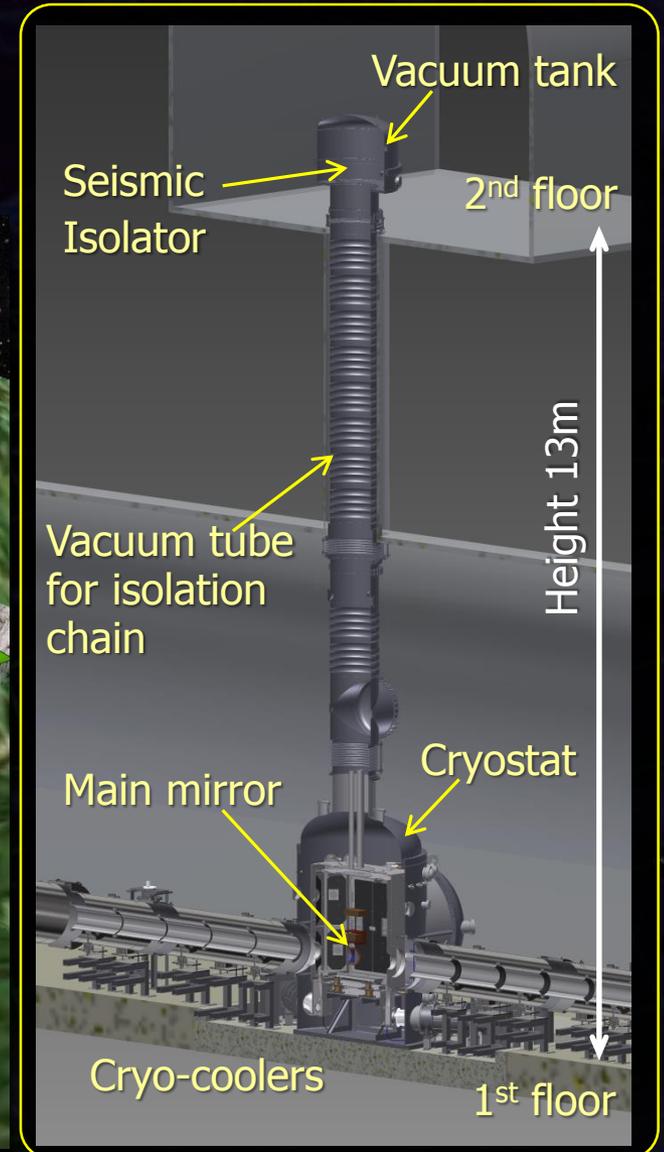


Transportation to Kamioka

常温光学系を収める真空槽
→ 大部分が今年度中に納品.



テストマスの防振・冷却



クライオスタット

・クライオスタット用真空槽 (4台) 完成.

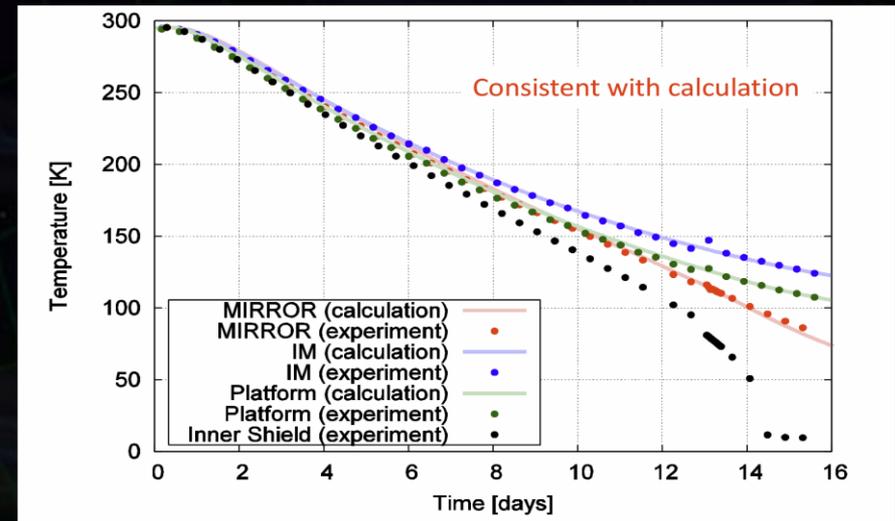


Inside the Rad. Shield



冷却試験

・クライオスタット冷却試験
→ 現地輸送完了.



Isolator Prototypes



Pre-Isolator Prototype test (Kashiwa)



まとめ

KAGRA : プロジェクト進行中

- 観測可能距離 $\sim 200\text{Mpc}$
 - 年間数回以上の重力波検出.
- 海外の望遠鏡とともに 第2世代の観測ネットワークを形成.
位置決定精度 ~ 10 平方度, $< 4\text{min}$ でのアラート.
 - 銀河カタログの利用, 解析手法の工夫など改善余地.
- トンネル・真空系・冷却系など、準備完了.
- 2014年度から 現地インストール開始!
- 2017年頃 本格観測開始.

終わり