

宇宙線研重力波グループの研究



宇宙基礎物理学研究部門
重力波観測研究施設
内山 隆

宇宙線研重力波グループ

重力波グループ

- 世界に唯一の地下設置・低温ミラー装着の重力波望遠鏡KAGRA
- 国際色豊かに最先端研究を進めている研究です



内山(A8)

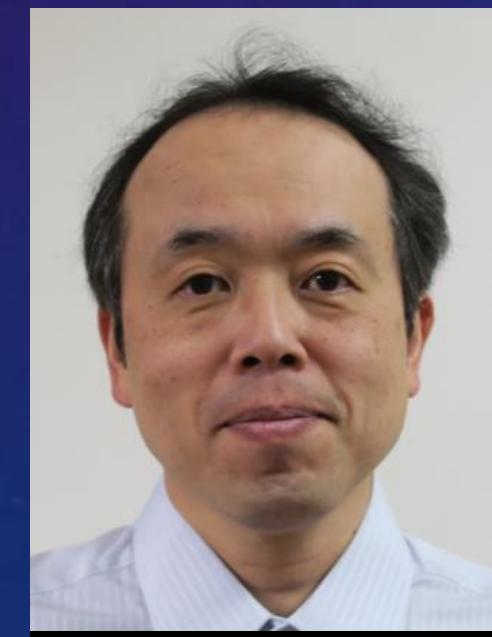


大橋(A8)

これから展開してゆく重力波
天文学と一緒に創りましょう！



梶田(A8)

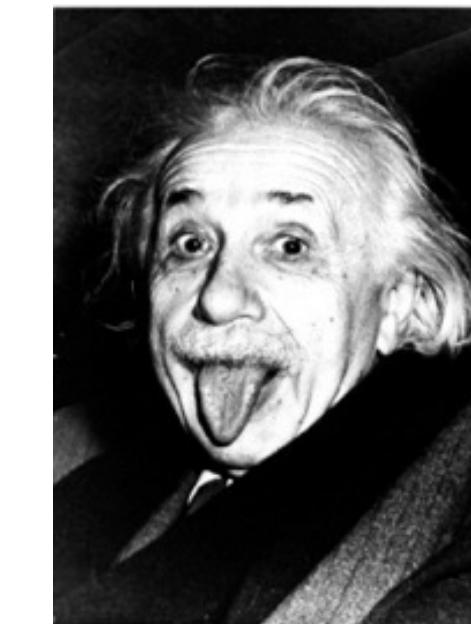
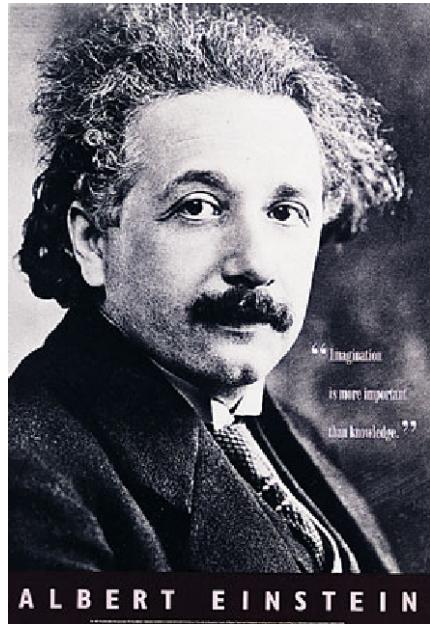


三代木(A8)



田越(A5)

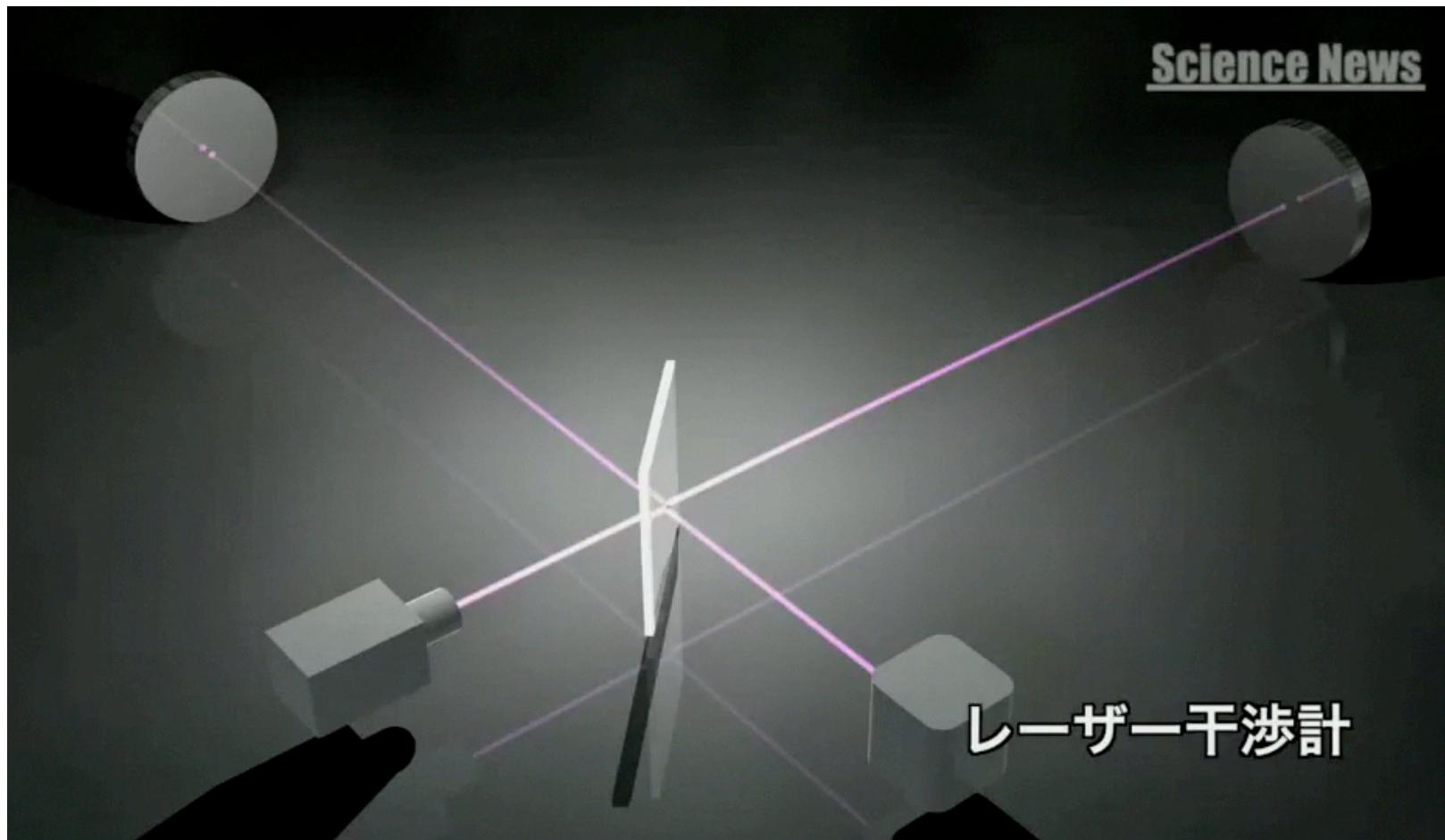




重力波と重力波検出

- アインシュタイン博士が1916年に一般相対性理論で予言。
- 時間と空間(時空)のひずみを光速で伝える波動現象。
- 質量の非球対象な運動により発生。実験室内で検出可能な強度の重力波の発生は実質的に不可能。→宇宙から届く重力波を検出しよう
- 2015/9/14にLIGO(米国)により初検出。発生源はBHの連星合体。
- 初期宇宙から中性子連星の合体、超新星爆発、パルサーなど様々な天体现象が重力波源になる。
- 大型レーザー干渉計が現在の主流。KAGRA, LIGO, VIRGO etc.
 - 重力波検出の意義その1：一般相対性理論の実験的検証。
 - 重力波検出の意義その2：重力波天文学。

重力波検出の原理 光路長変化の精密測定



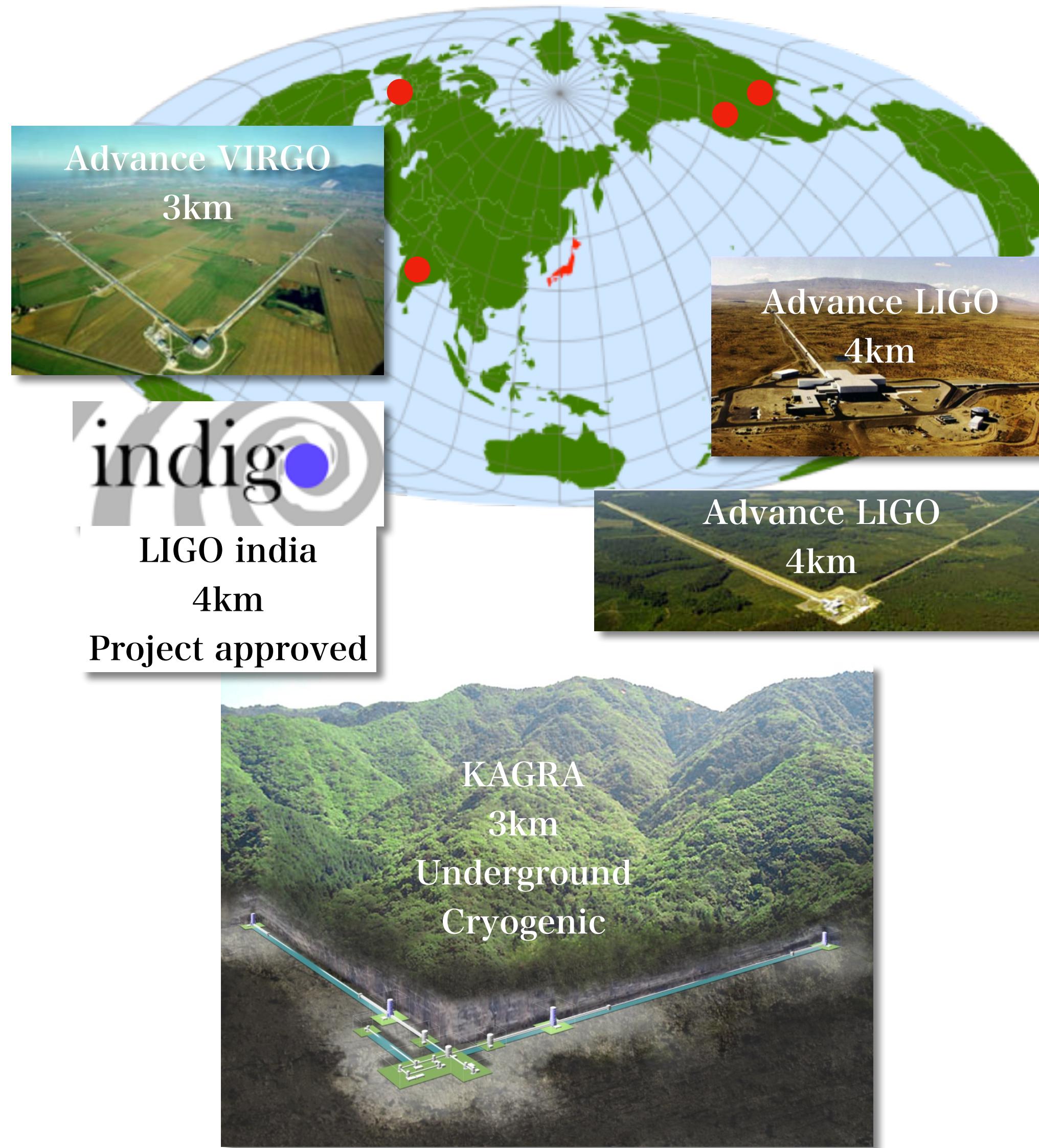
重力波検出のため
一辺3~4kmの巨大レーザー干渉計を建造し

$$\frac{1}{100,000,000,000,000,000,000} \text{ m}$$

注：0が20個あります

この微少距離変化測定の実現を目指します。

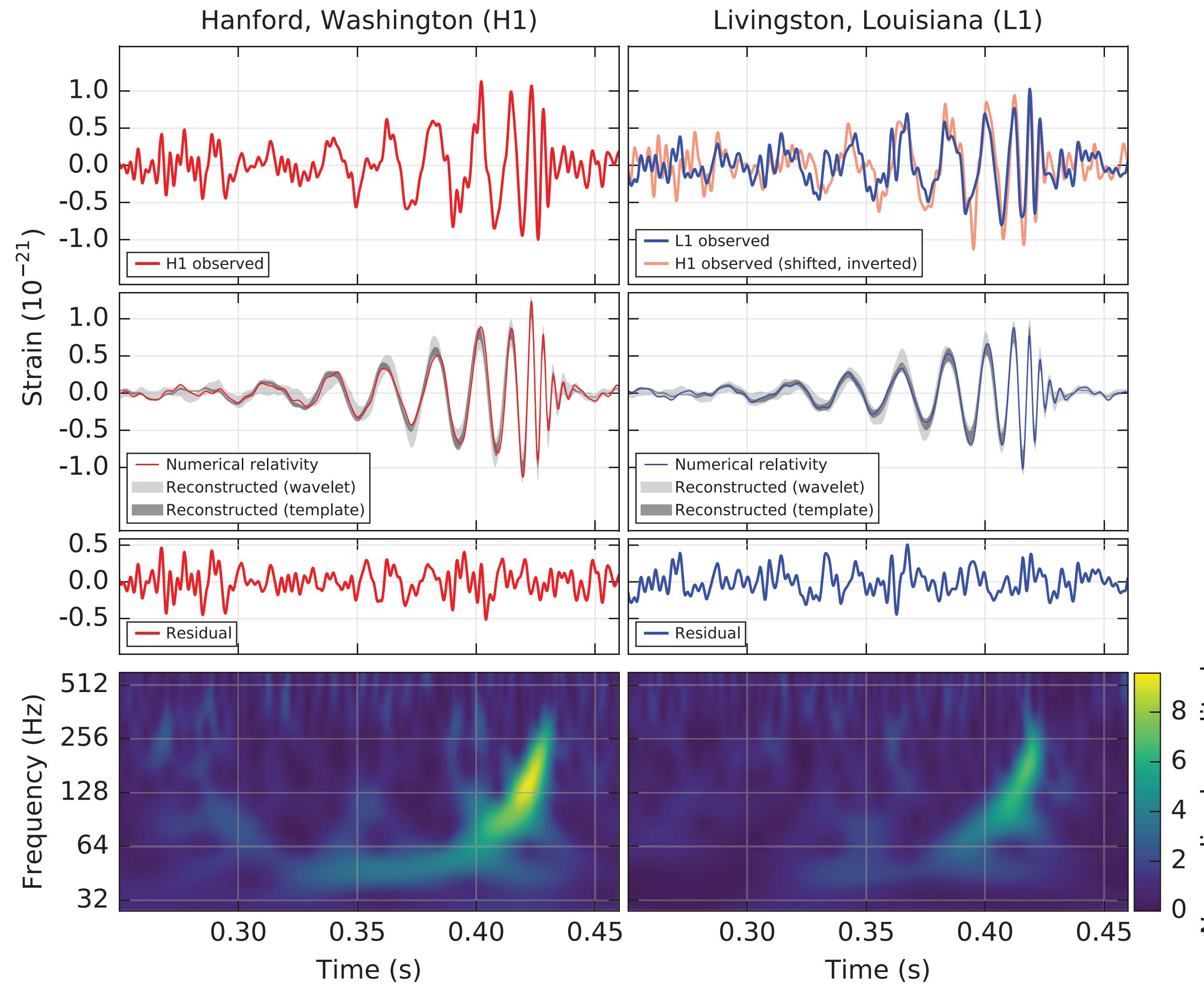
Importance of GW Detector Network



- 信号の同時性により、真の測定かどうかを判断できる。
- 複数の検出器の信号を比較する事ができる。
 - 信号の到来時刻差→重力波源の位置
 - 重力波の偏光成分の測定
 - (コンパクト連星の場合)軌道傾斜角と絶対振幅の決定→重力波源までの距離
- 観測時間と観測可能領域の拡大
 - より多くの重力波イベントの発見

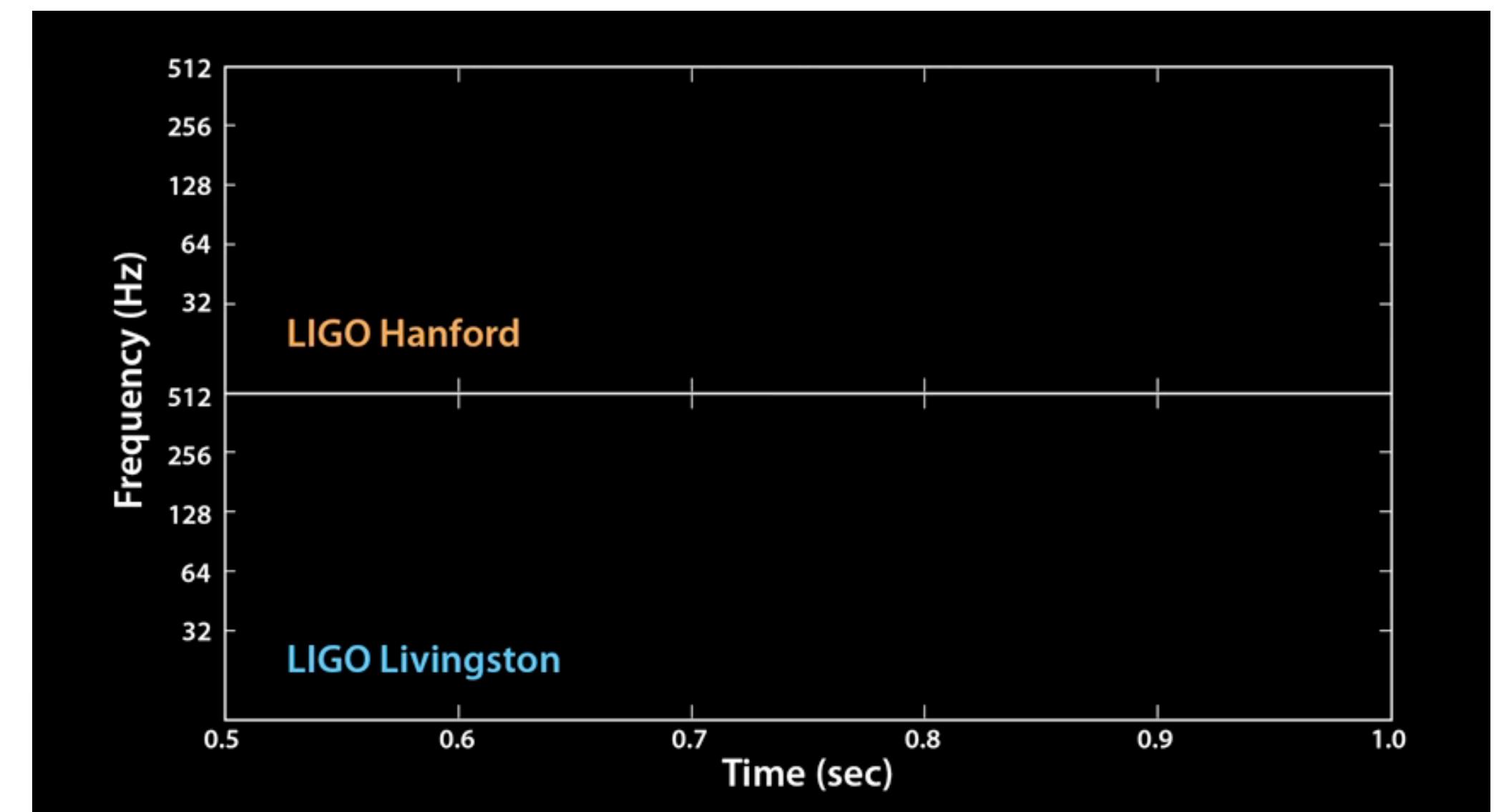
KAGRAの参加は非常に重要

GW150914 the First Detection of Gravitational Wave



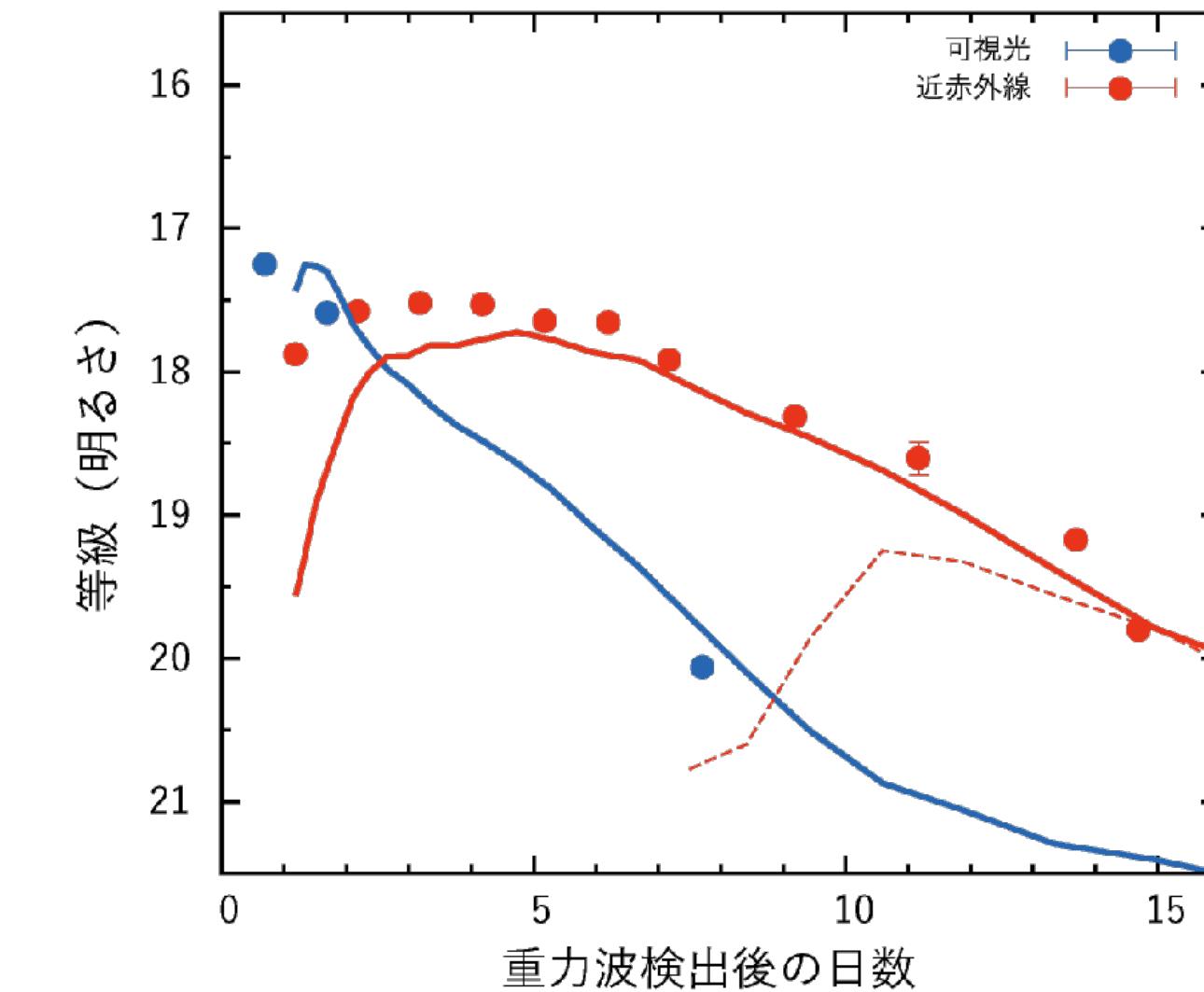
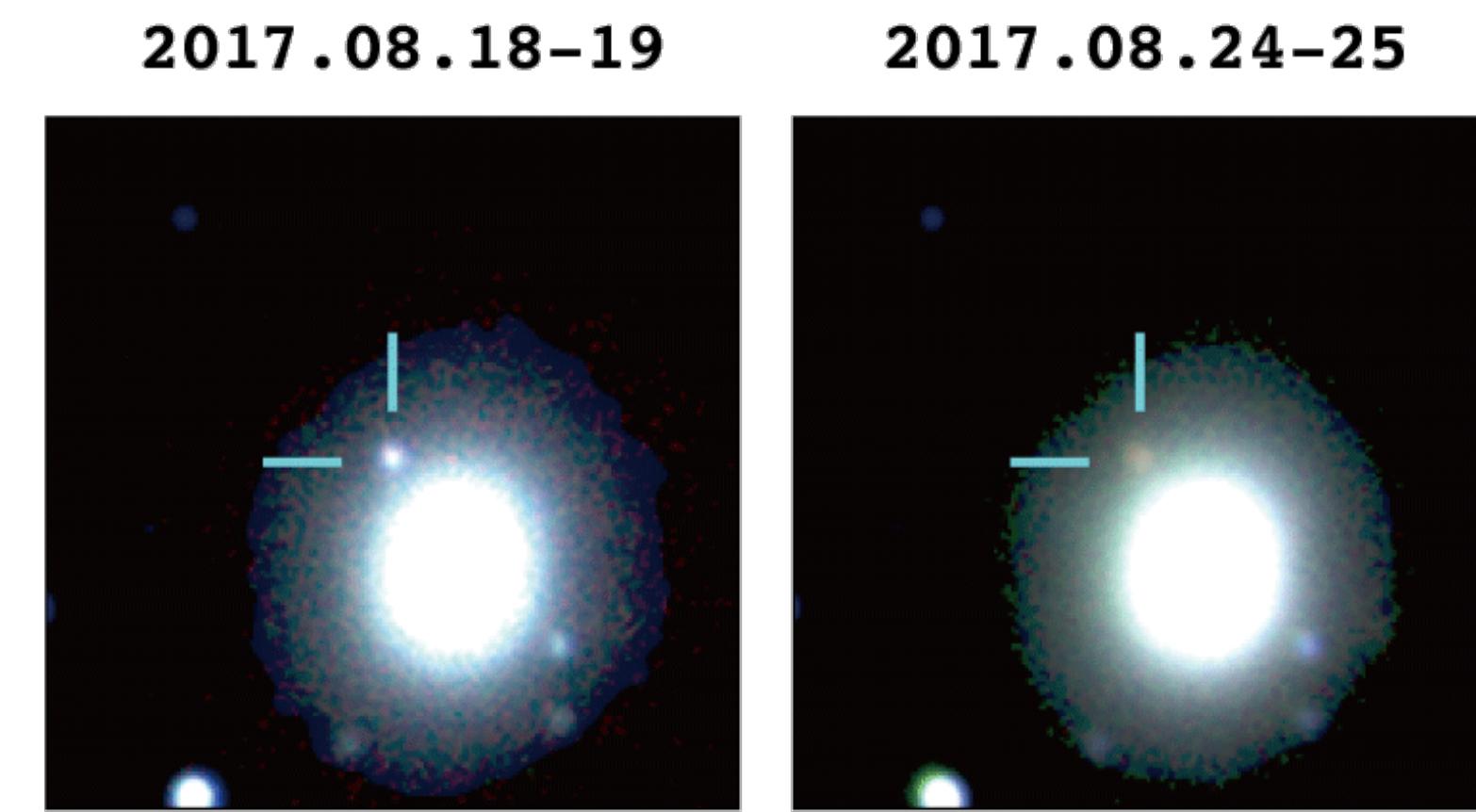
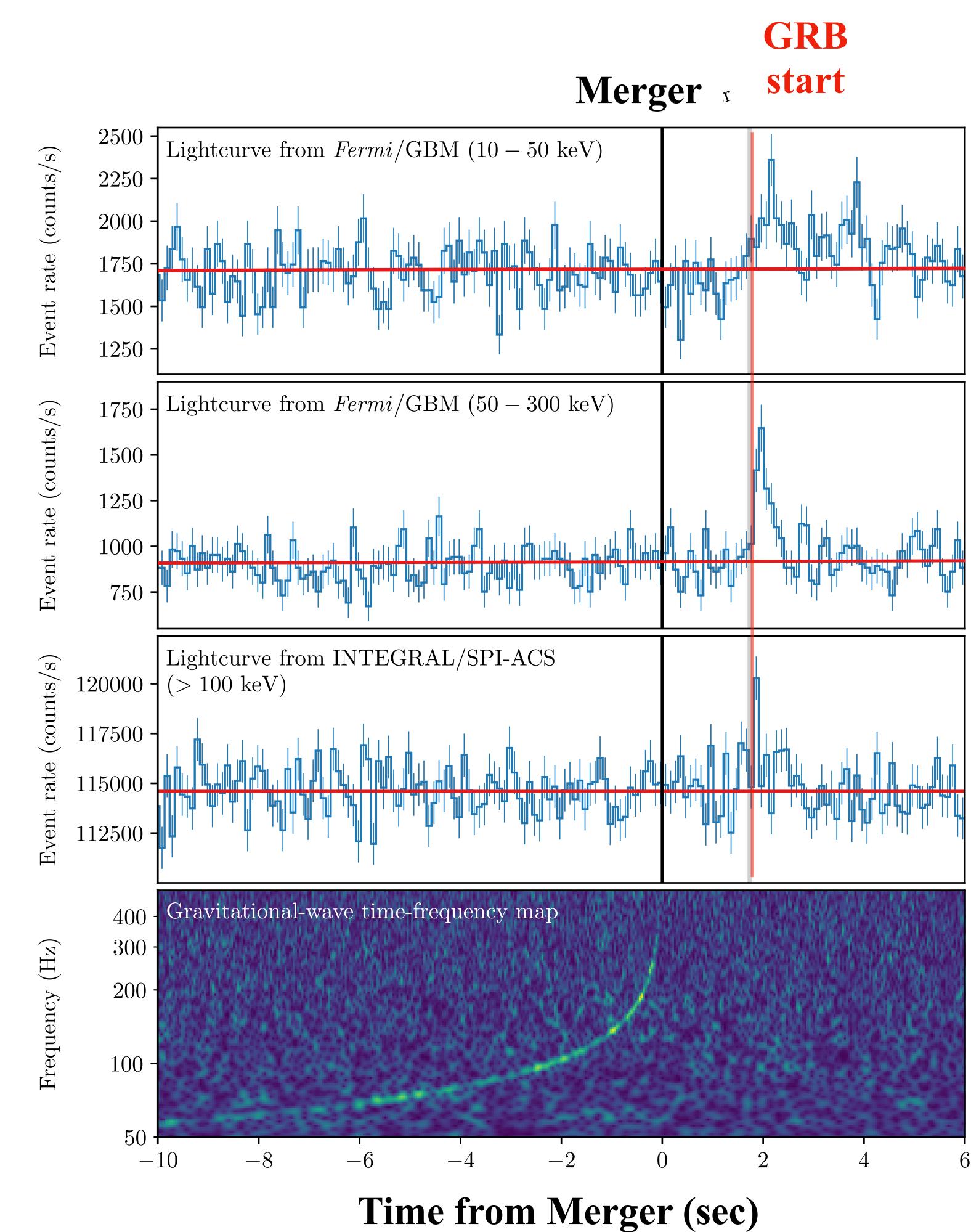
発見の重要性

- 初めての重力波検出である。
- 初めて BH連星を発見し、その合体を観測した。
- 最も重い恒星型BHを発見した。
- 強い重力場において、一般相対性理論の検証を行った。



Important Observation GW170817

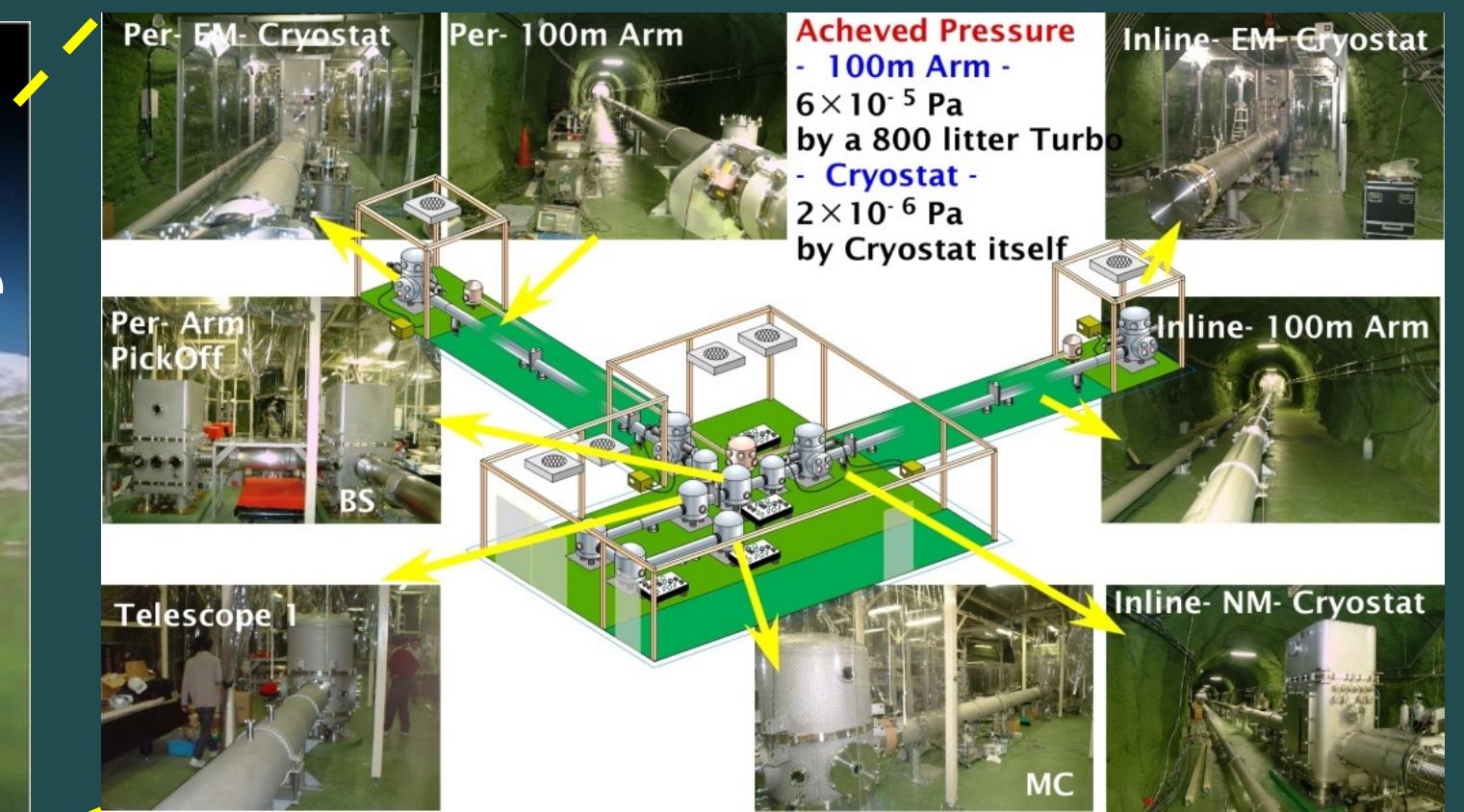
GW from neutron star binary coalescence in NGC 4993



Importance of the discovery

- 初めての中性子連星合体からの重力波検出。
- 電磁波観測によるフォローアップ観測に成功。
 - 精度の高い波源方向の決定。
 - ショートガンマ線バーストを観測。→起源を確認。
 - r-プロセスに伴うキロノヴァを観測。→重金属の起源を確認。
- ハッブル定数の導出。
- 中性子星の半径と状態方程式の導出。
- 一般相対性理論の検証。→理論とよく一致した。

大型低温レーザー干渉計KAGRA

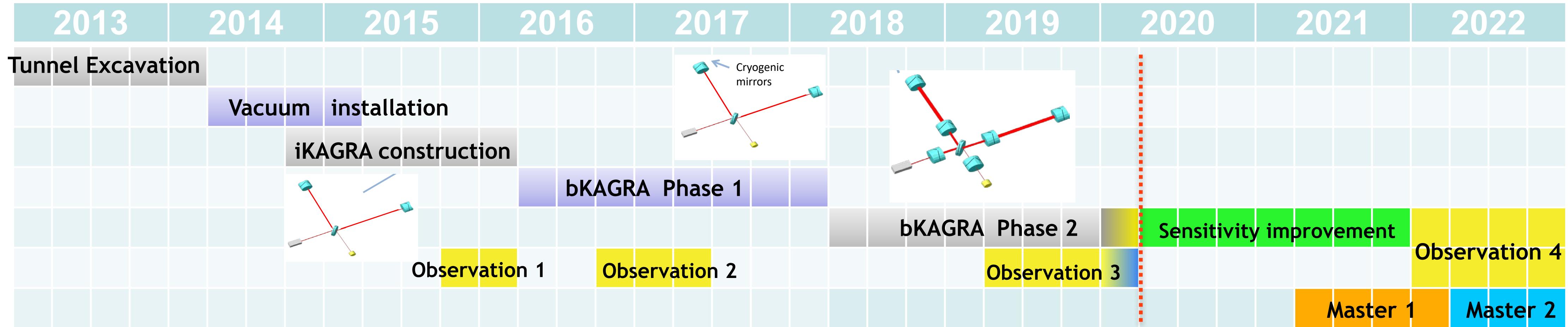


KAGRAの特徴

- (1) 地面振動の影響を低減するため神岡鉱山の地下200m以下に建設
- (2) 低温鏡(サファイア鏡を-250度に冷却)と低温鏡振り子の導入で熱雑音を低減
唯一KAGRAだけが採用

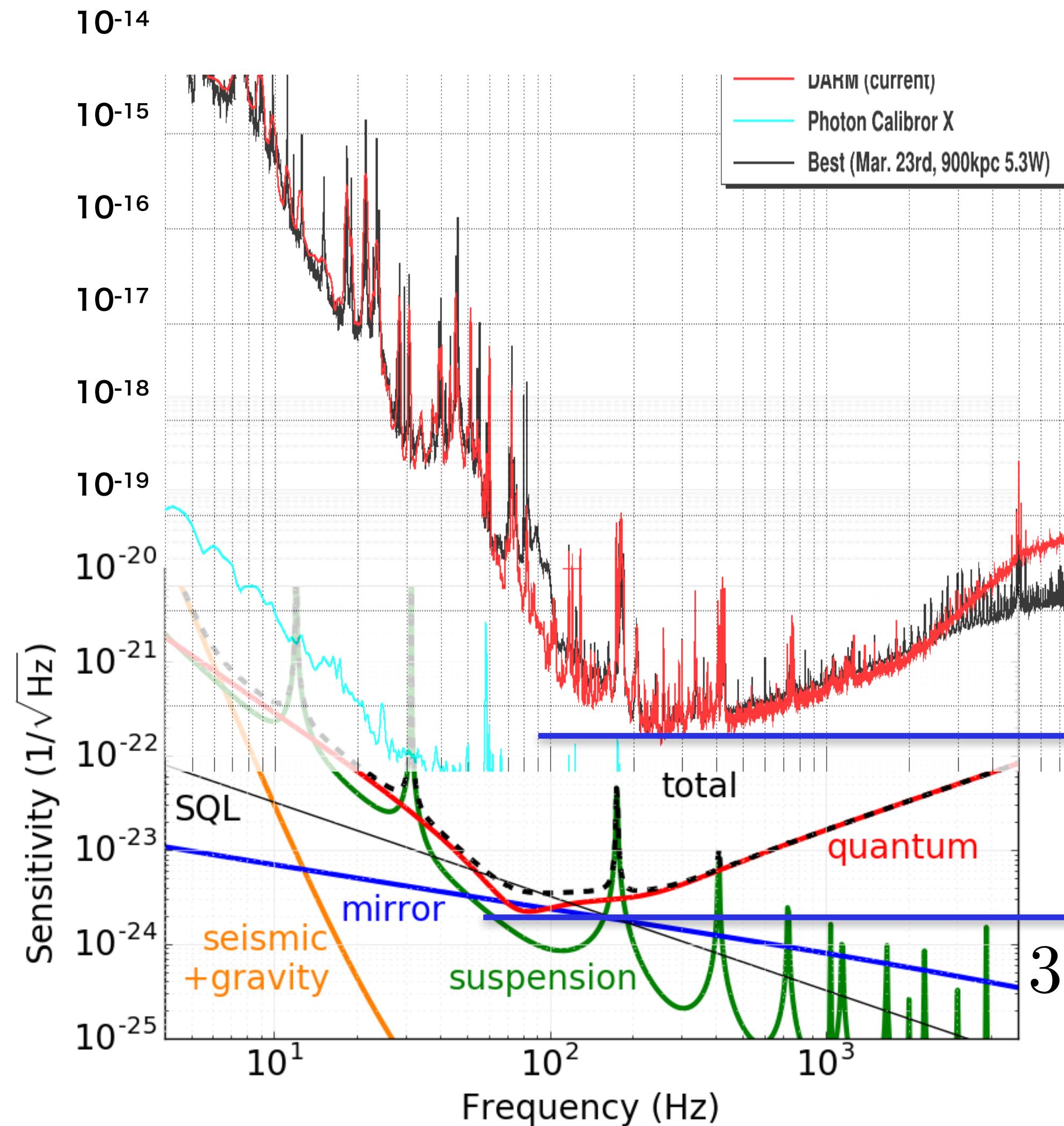
目標感度：約200Mpc(中性子星連星合体に対して)。約4Gpc(GW150914相当)

KAGRA ROAD MAP



- KAGRAプロジェクトは2010年より始まった。段階的に巨大干渉計の建設を進めた。
- iKAGRA: 常温マイケルソン干渉計。km-class干渉計のテスト運転。約3週間の試験観測を完了。
- bKAGRA Phase 1: 低温マイケルソン干渉計。低温技術、大型防振装置の導入
- bKAGRA Phase 2: フルスペック。全ての要素がインストール。
- 2020年4月に国際共同観測を実施。
- 皆さんのが修士の時には、感度向上作業と国際共同観測の両方に参加可能。

KAGRAの現状と目標



A8 (梶田、大橋、三代木、内山)の研究テーマ

- ・KAGRAの感度向上、安定な運転
- ・将来に向けた観測技術開発

幅広い研究テーマから選ぶことができます。

現在は、KAGRAの感度向上が特に重要。

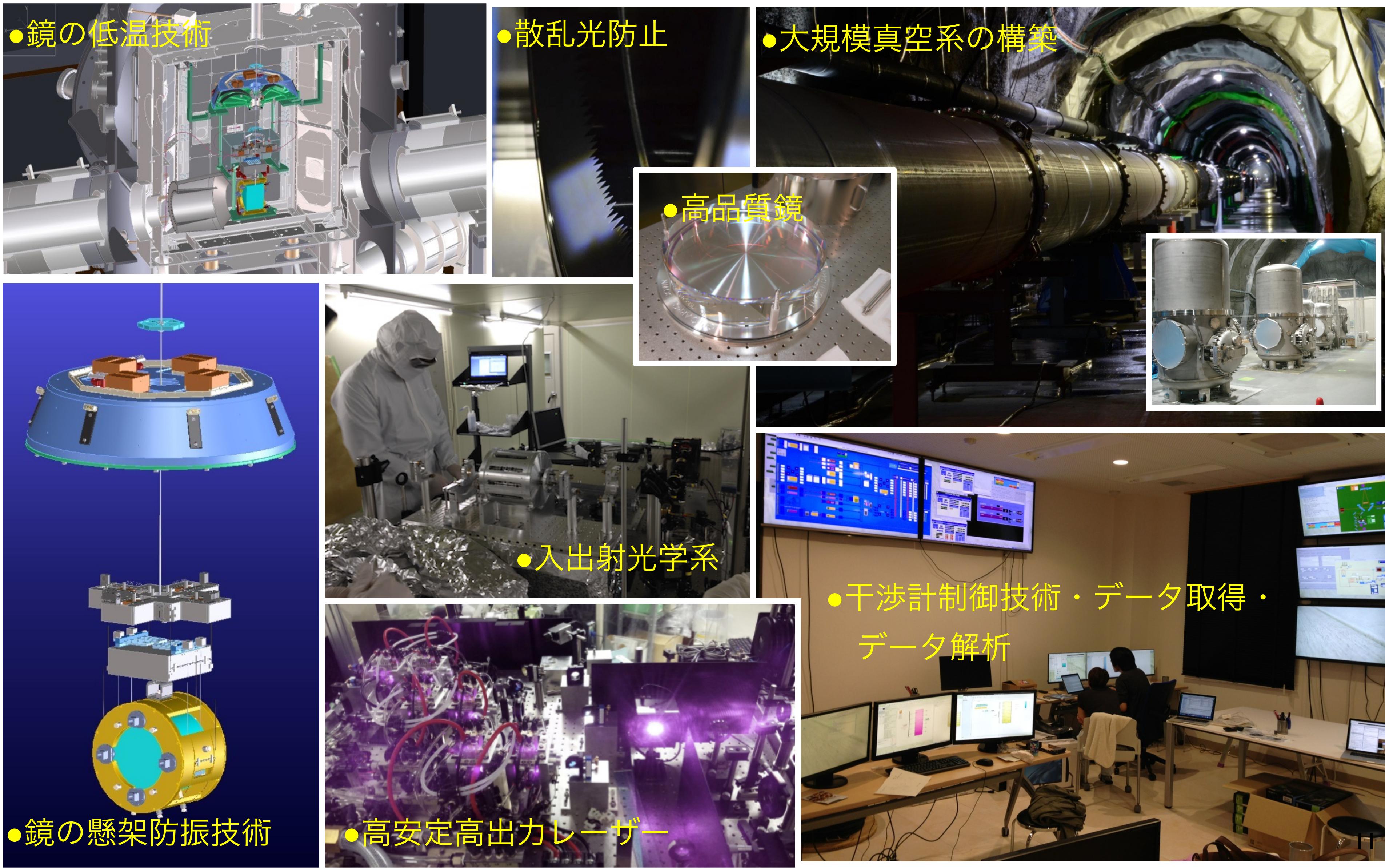
目標到達まで300倍の改善が必要。

皆さんの活躍が必要です。

$1 \times 10^{-22} [\text{/}\sqrt{\text{Hz}}]$ bKAGRA
sensitivity 現状

$3 \times 10^{-24} [\text{/}\sqrt{\text{Hz}}]$ bKAGRA Target
sensitivity 目標値

KAGRA重力波望遠鏡を支える幅広い技術



A5サブコース 田越秀行 重力波のデータ解析と理論



田越秀行 (重力波のデータ解析と理論)

川口恭平 助教 (数値相対論, 重力波天文学) (浅野研と兼任)

研究員4名, 院生6名

KAGRAのデータ解析グループの1つ

重力波検出器KAGRA/LIGO/Virgoのデータ解析, 信号検出と物理パラメータの推定

検出された重力波信号の理論的解釈, 関連する重力波天文学・物理学の理論的研究

検出のための重力波波形の理論的計算

M1: M1ゼミ: 基礎的文献の輪読

(一般相対論, 天体物理学などの教科書, 論文)

データ解析に必要な基礎的文献の勉強

必要に応じてプログラミング言語取得(C, Python,...)

小さなプロジェクトへの取り組み

M2: 修論へ向けて研究まっしぐら

現在の主な研究テーマ

国内外の研究者と共同研究を行っている

重力波データ解析、及び解析方法の開発

- コンパクト連星合体関連
 - LIGO/Virgo/KAGRAデータを用いたコンパクト連星合体重力波の探索とパラメータ推定
 - 超新星爆発による重力波の新しい解析手法の開発
 - LIGO/Virgoデータを用いた背景重力波信号探索

重力波関連の天体物理学・天文学

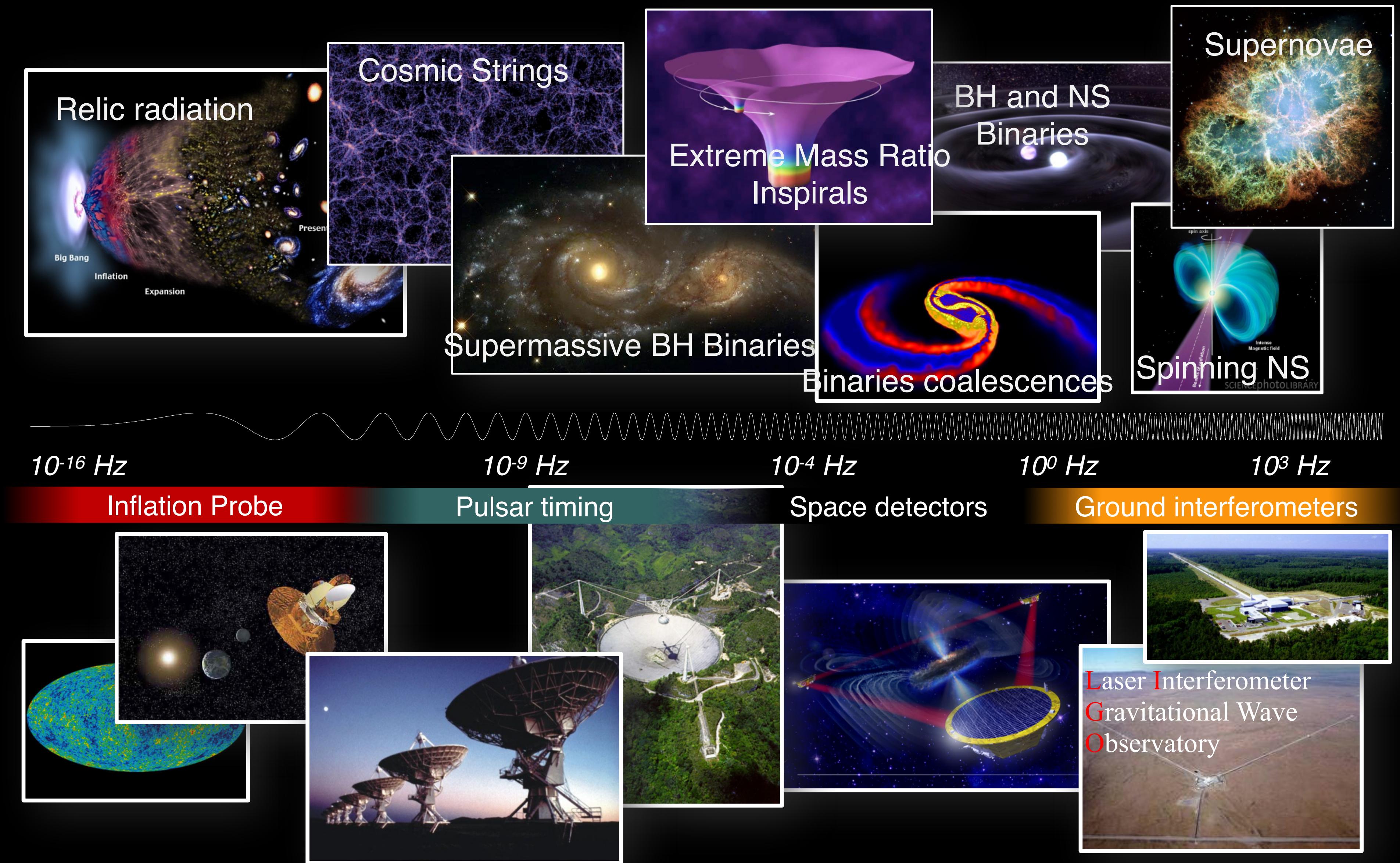
- 連星中性子星合体にともなうキロノバの光度曲線

重力波波形モデル構築

- 連星中性子星、ブラックホール中性子星合体の数値相対論シミュレーションによる波形モデル精密化

連絡先: tagoshi@icrr.u-tokyo.ac.jp お気軽にご連絡ください

The Gravitational Wave Spectrum



Slide Credit: Matt Evans (MIT)

LIGO-G1600270-v4

Hiro Yamamoto ICRR seminar on February 22, 2016

バーチャルLAB TOUR

FAQより

Lab Tourは、ZOOM会議のチャンネルを三つの時間帯に分けますので、フルに参加される場合には最大三つまでの出席が可能ですが、途中のチャンネル移動は自由ですので、全てのグループを視聴することも可能です。

(1) : 14:15-15:00

(2) : 15:00-15:45

(3) : 15:45-16:30

- 重力波は二つのZOOMチャンネルでお待ちしております。
- A5 田越
- A8 梶田、大橋、三代木、内山