



大型低温重力波望遠鏡 プロジェクトの概要と現状

大型低温重力波望遠鏡着工記念行事
一般講演会 @東京大学
平成24年1月28日
川村静児(東大宇宙線研)



LCGT

Large-scale Cryogenic
Gravitational wave Telescope

大型低温重力波望遠鏡

重力波とは何か？

重力とは何か？

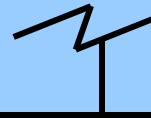
特別講座：

一般相対性理論

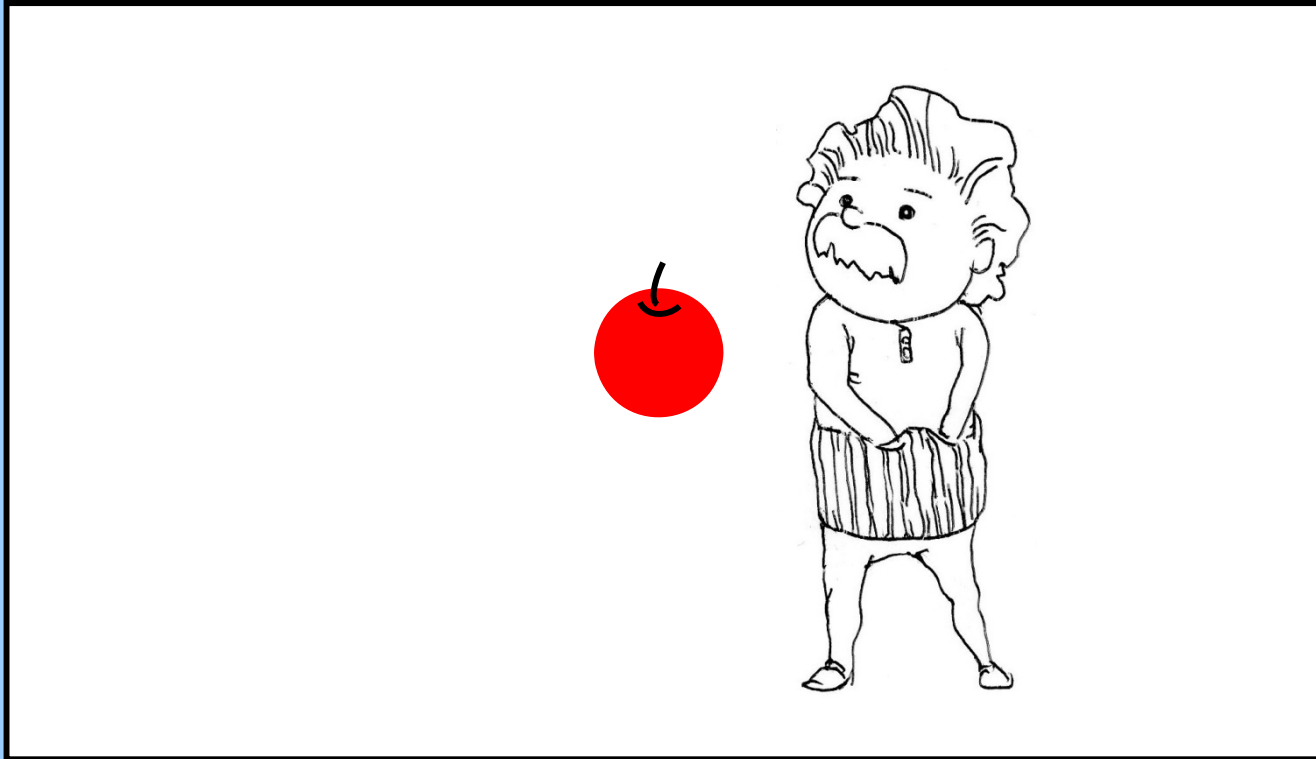
(3分間コース)



重力は消せる？

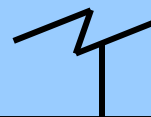


綱の切れたエレベーター

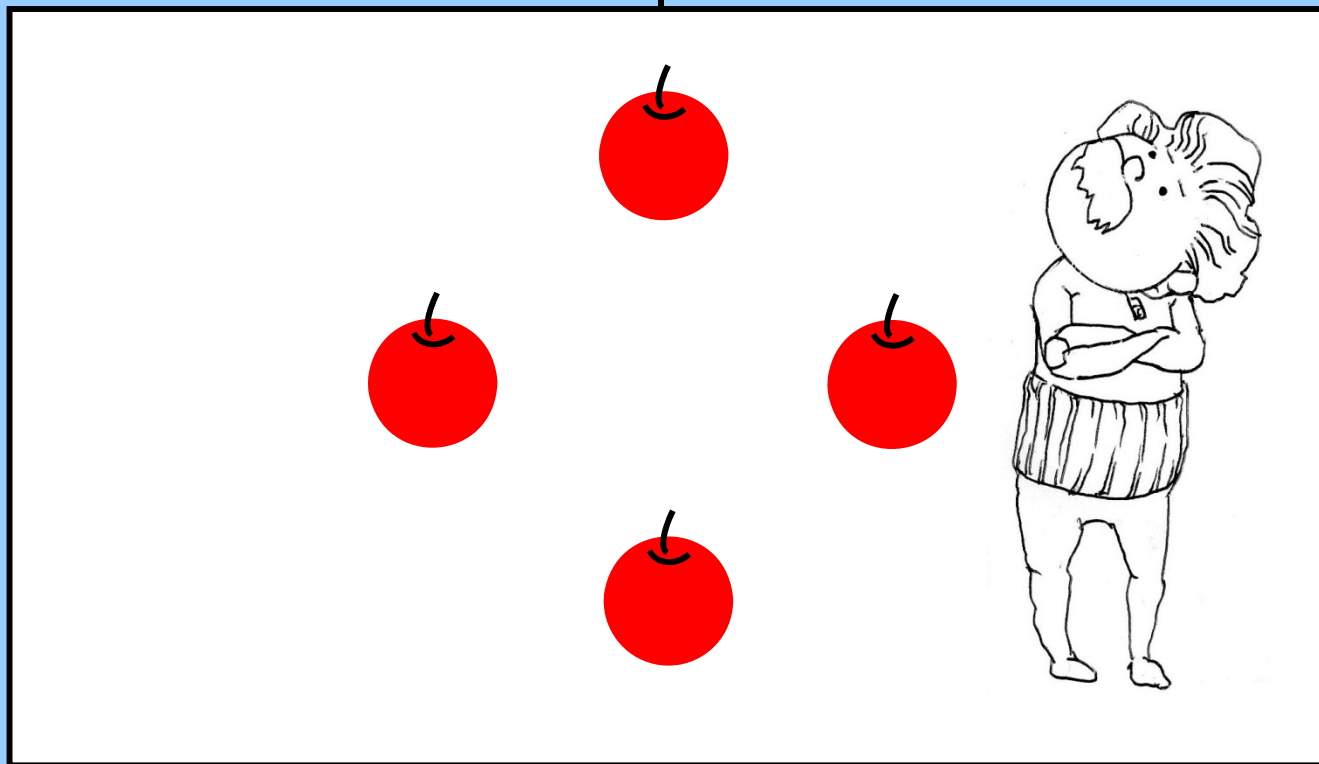


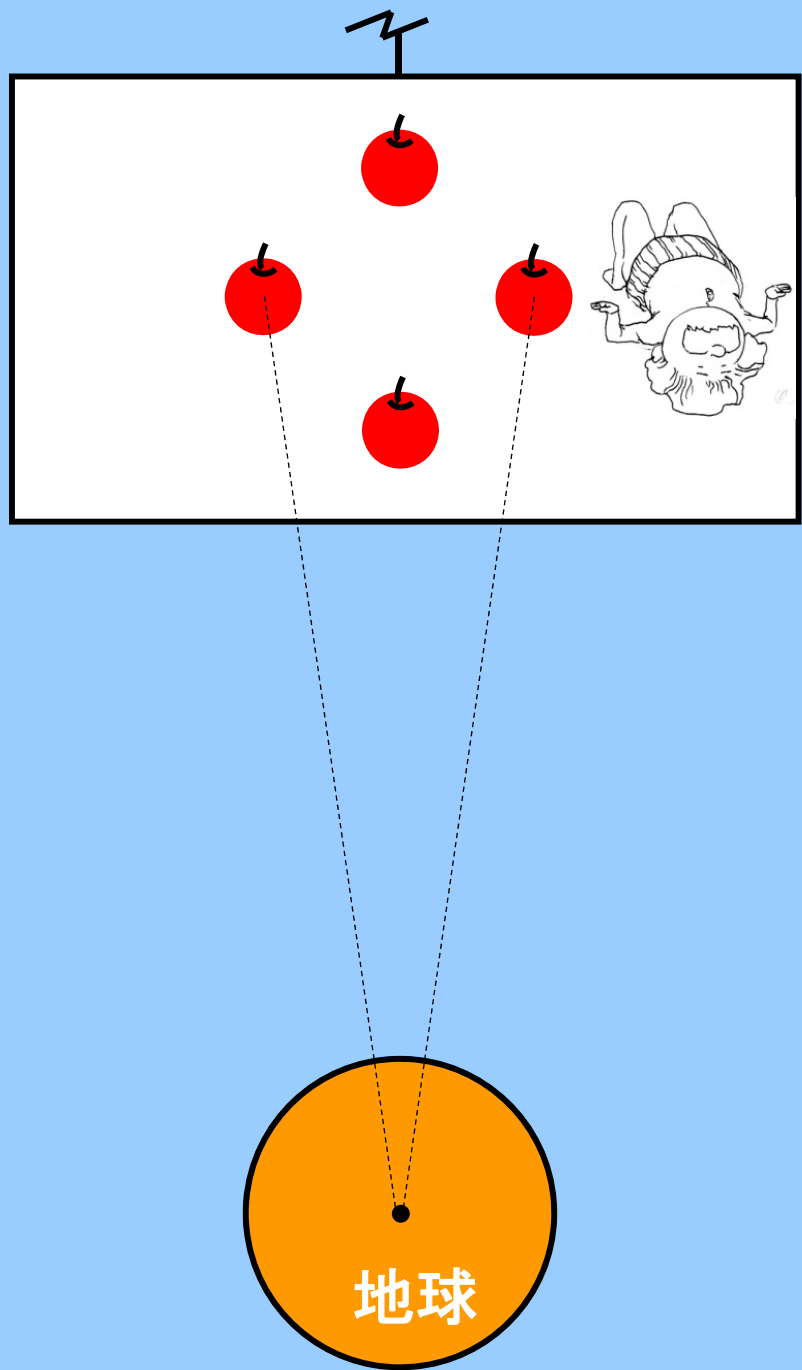
ではいったい重力の本質は？

りんごが上下左右に 4個あると？

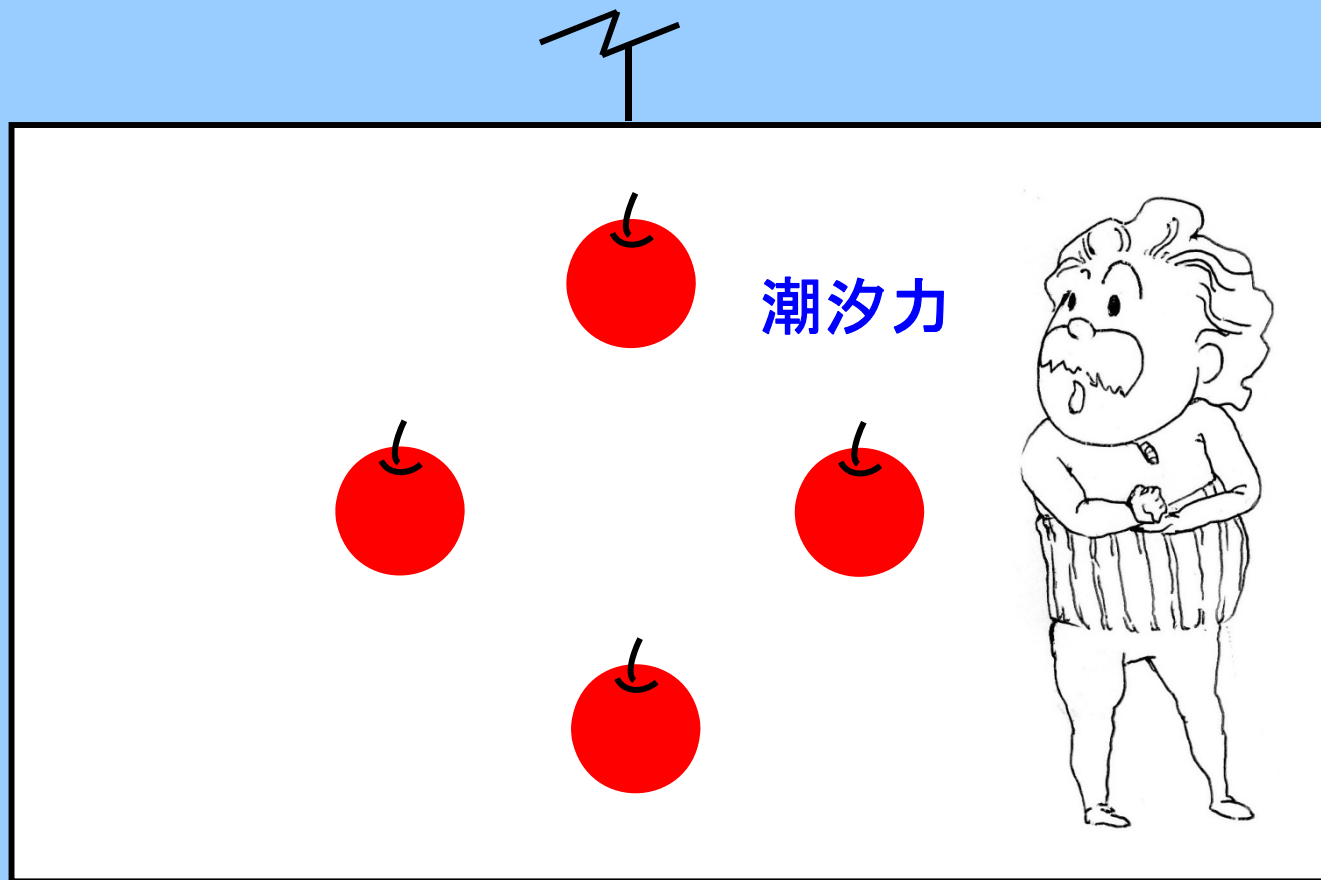


綱の切れたエレベーター

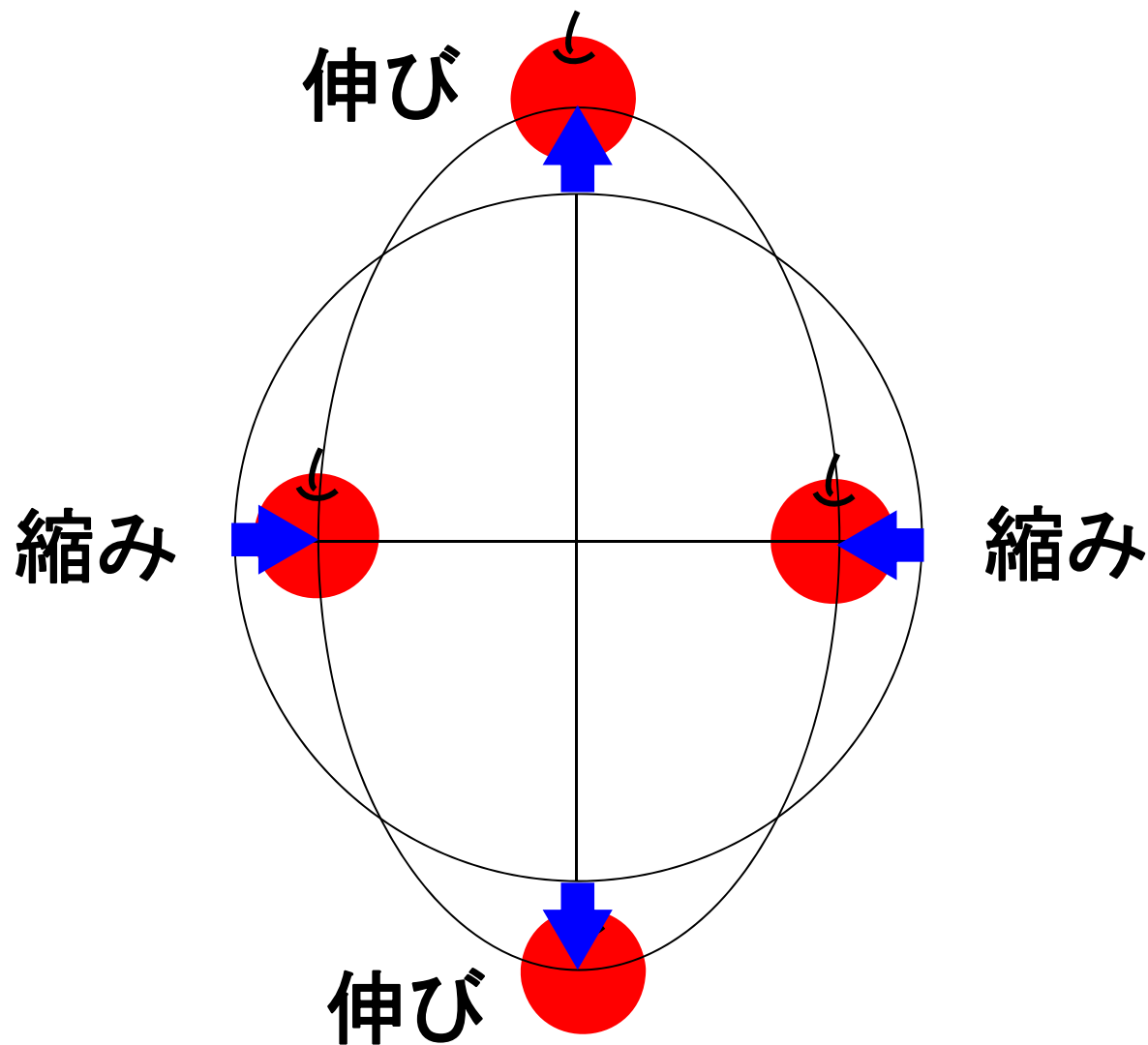


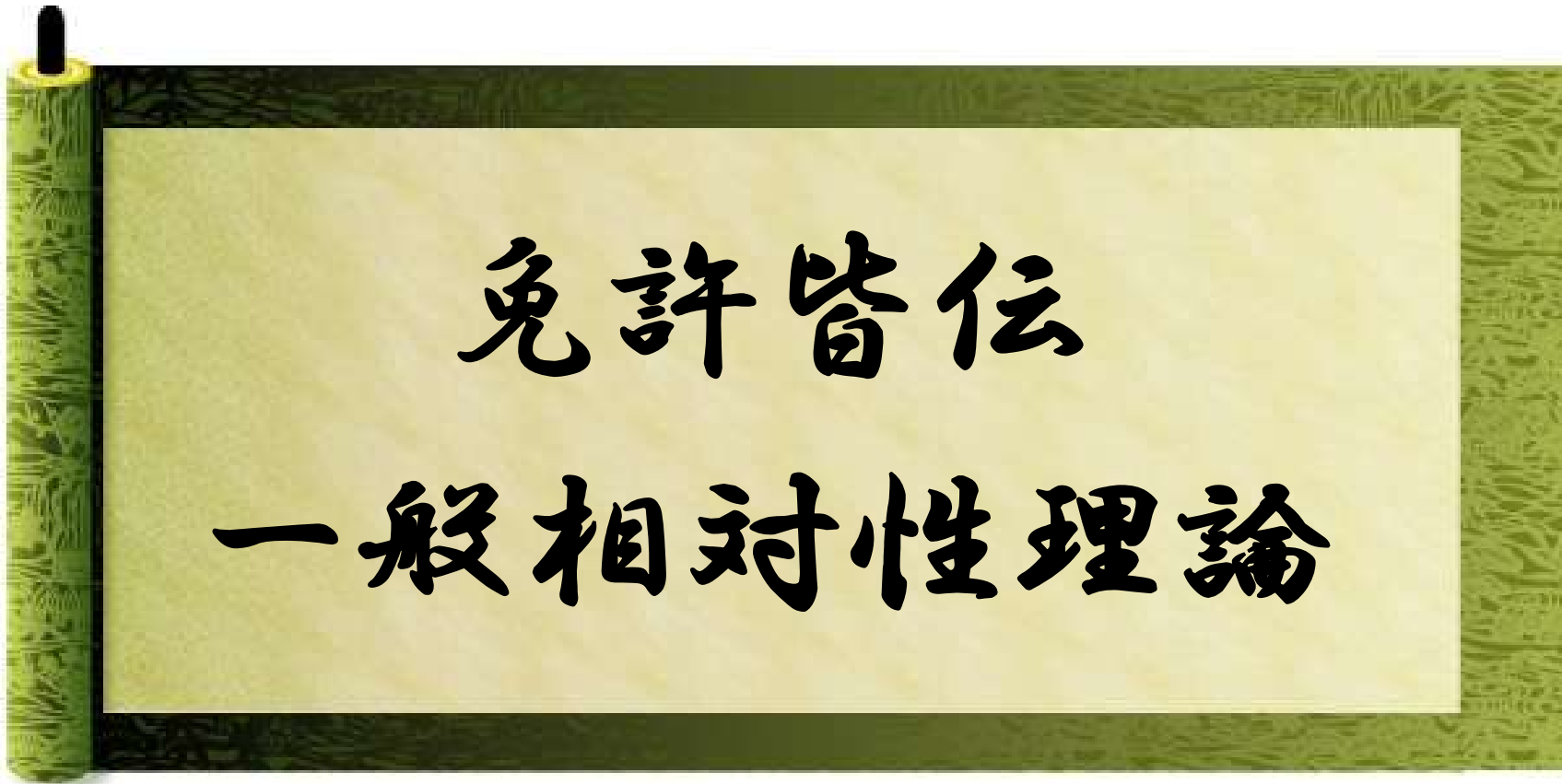


観測者から見ると りんごは潮汐的な力を受ける



重力の本質：潮汐的な空間のひずみ

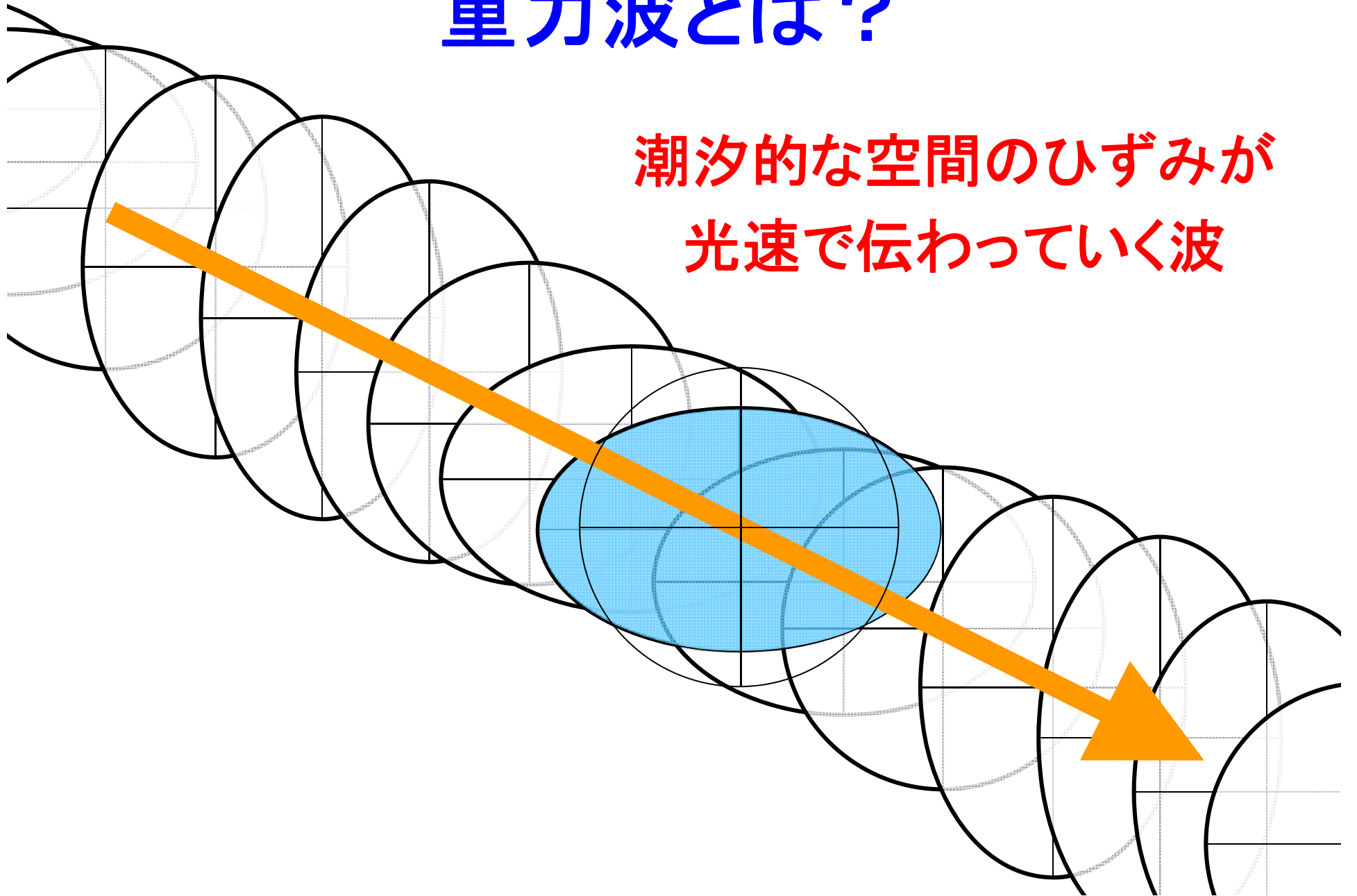




免許皆伝
一般相対性理論

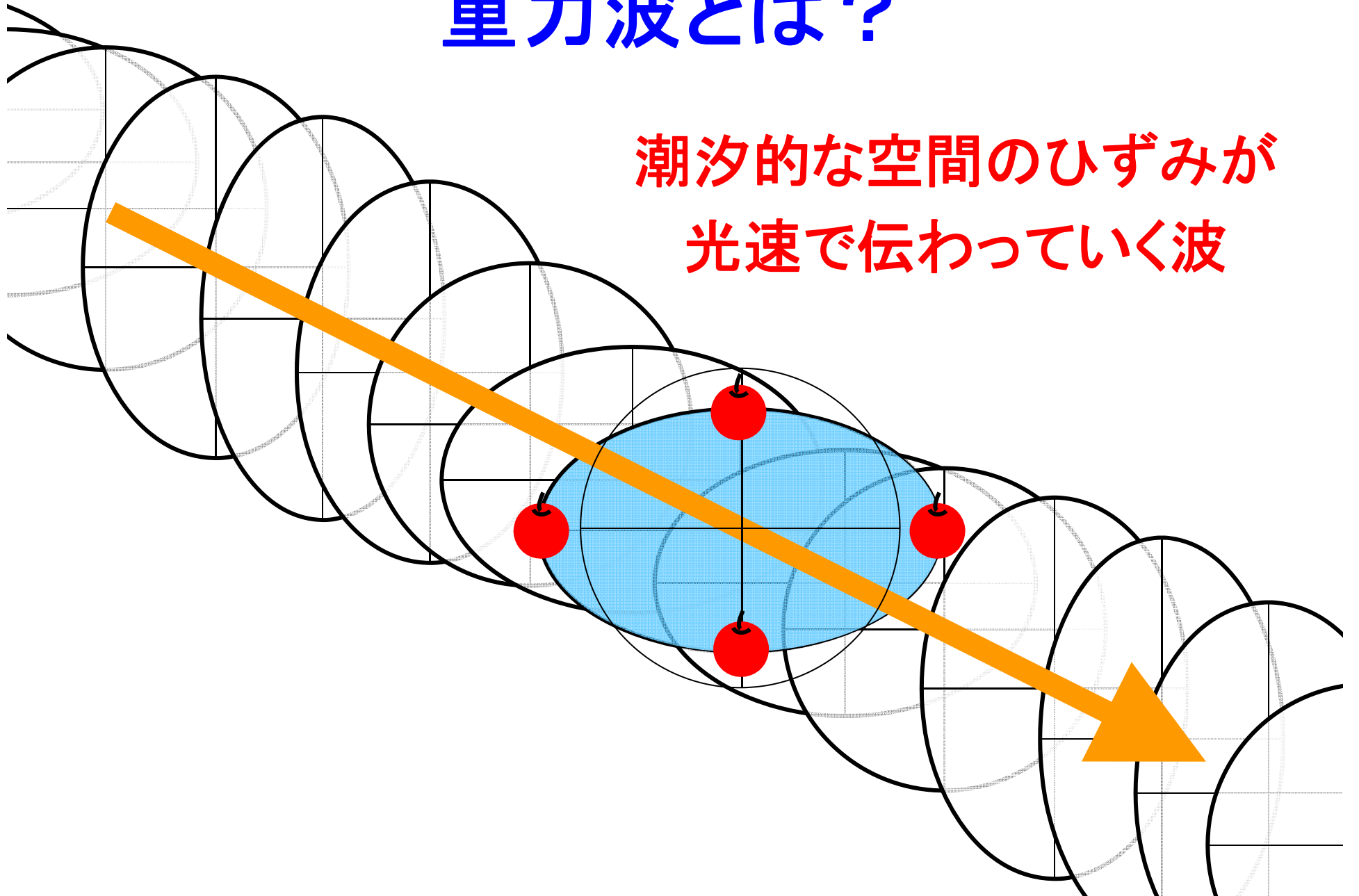
重力波とは？

潮汐的な空間のひずみが
光速で伝わっていく波



重力波とは？

潮汐的な空間のひずみが
光速で伝わっていく波



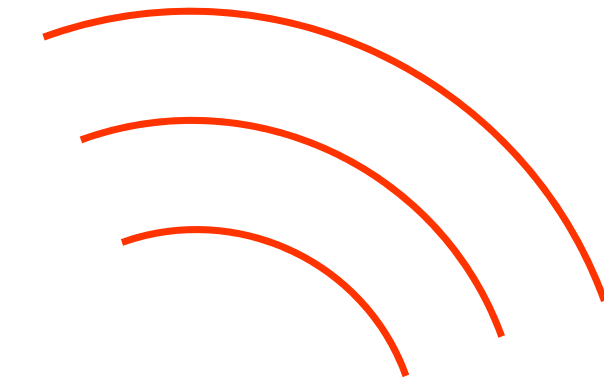
重力波のプロファイル

- アインシュタインが**一般相対性理論**で
導出
- **光速**で伝わる
- **真空中でも伝わる**
- **何でもすり抜ける**
- **まだ見つかっていない**



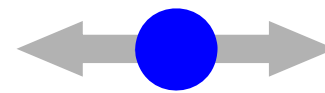
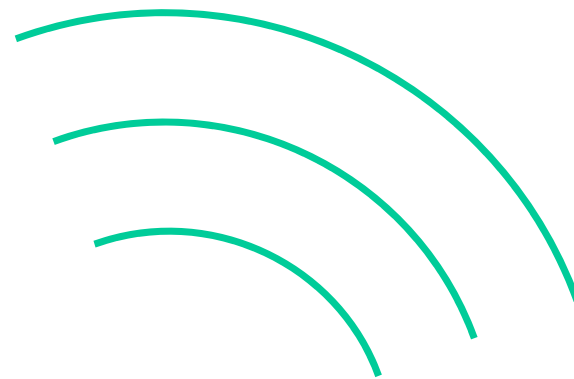
重力波は何から出るか？

電磁波



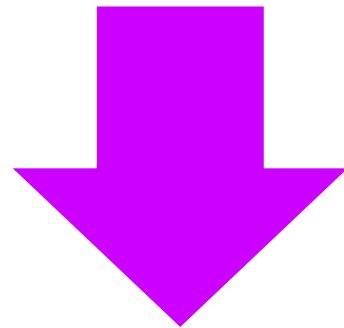
電荷

重力波



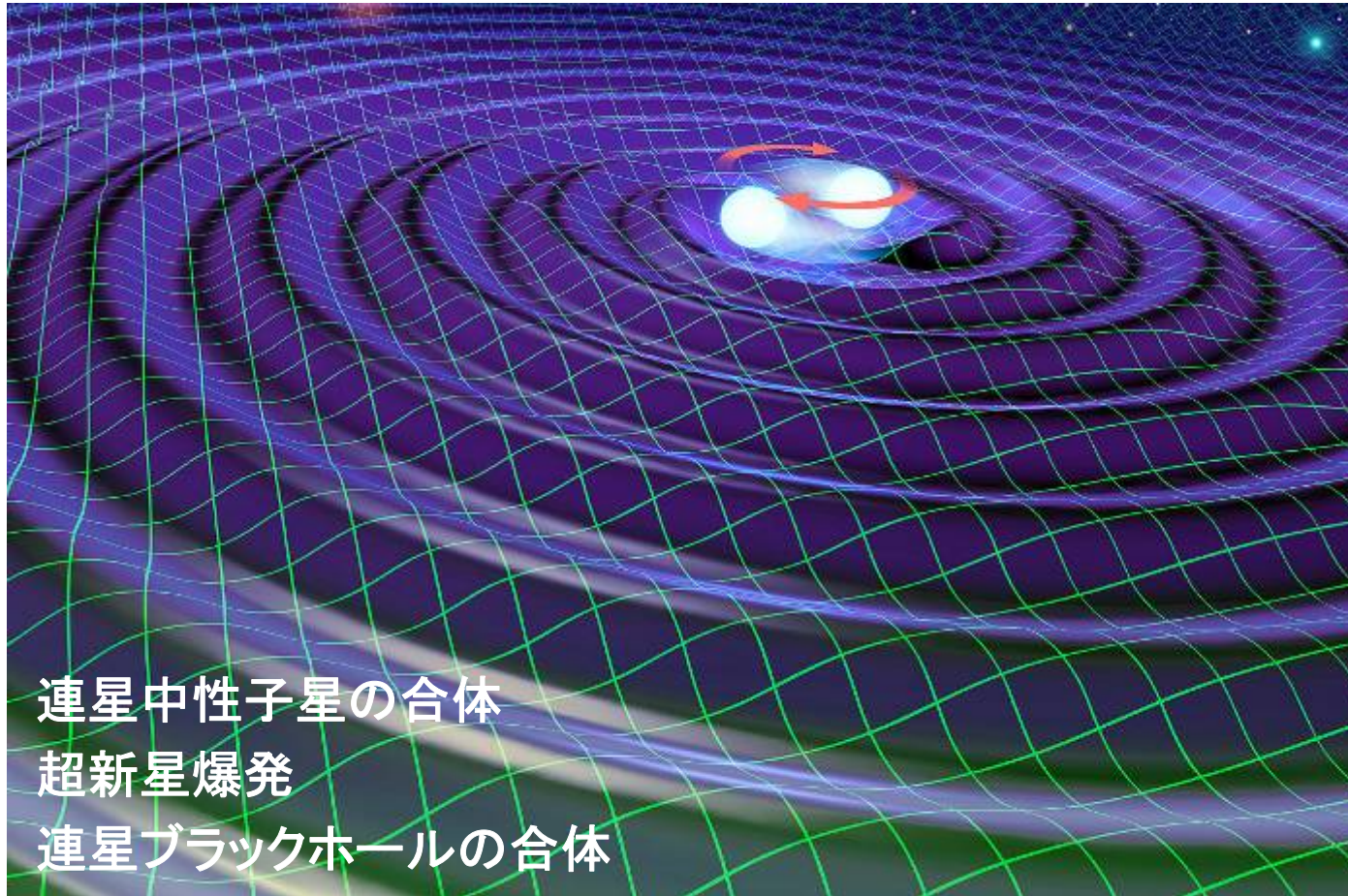
質量

**重いものが速く動くほど
重力波がいっぱい出る！**



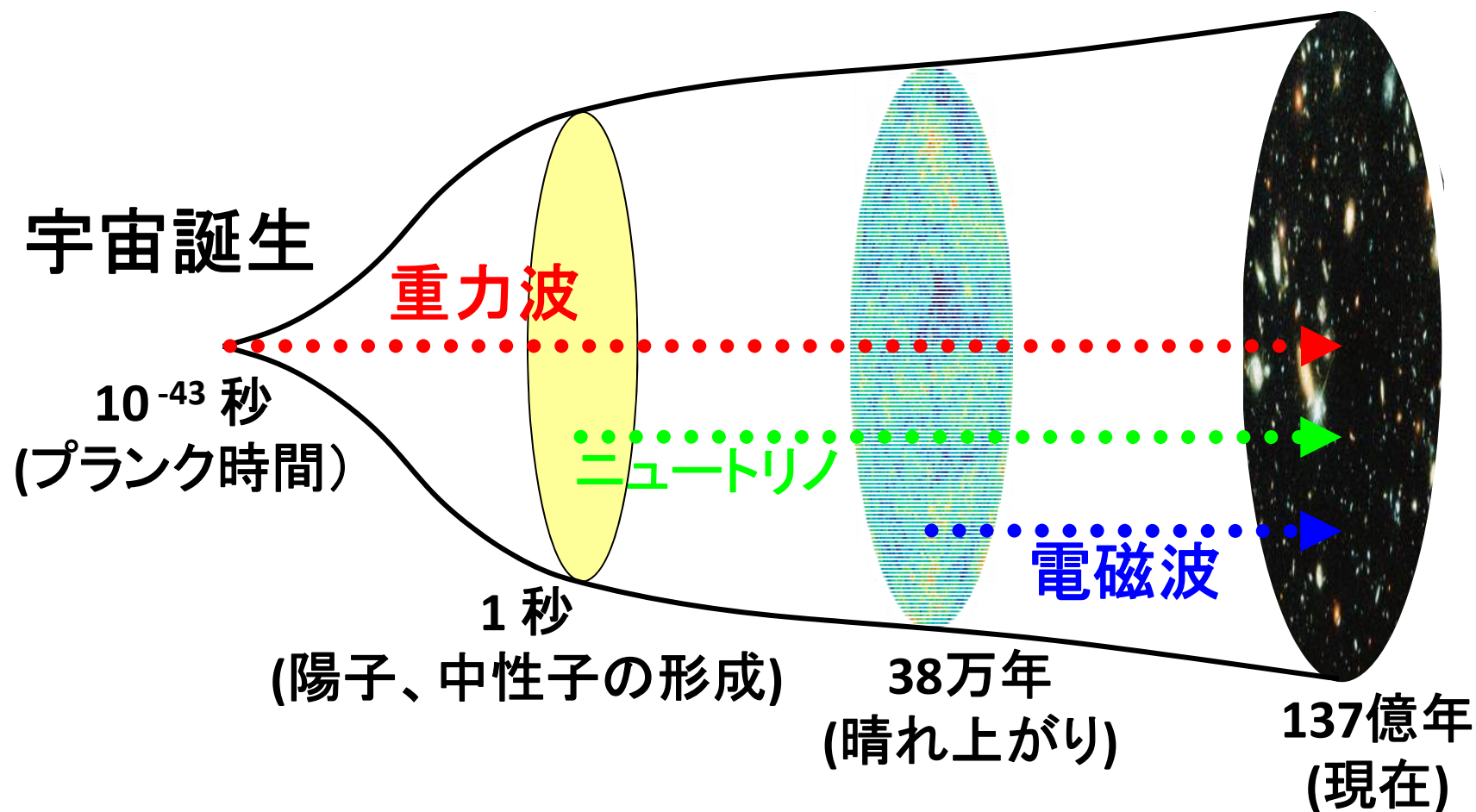
天体現象

重力波のイメージ

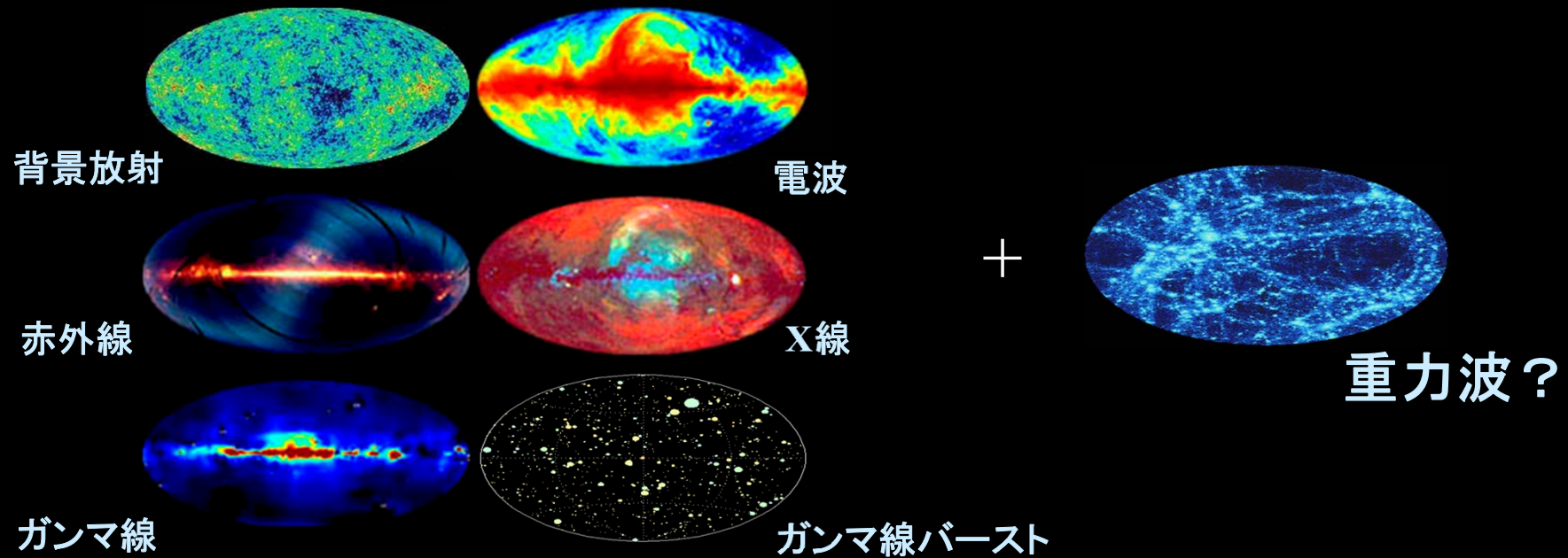


CG/KAGAYA

重力波で宇宙の始まりを観る！



重力波天文学

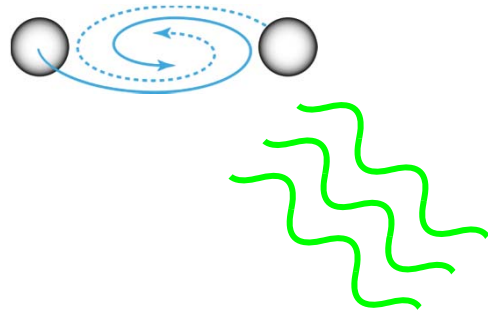


重力波によって想像を絶するような、新しい天体が見つかることも期待できる

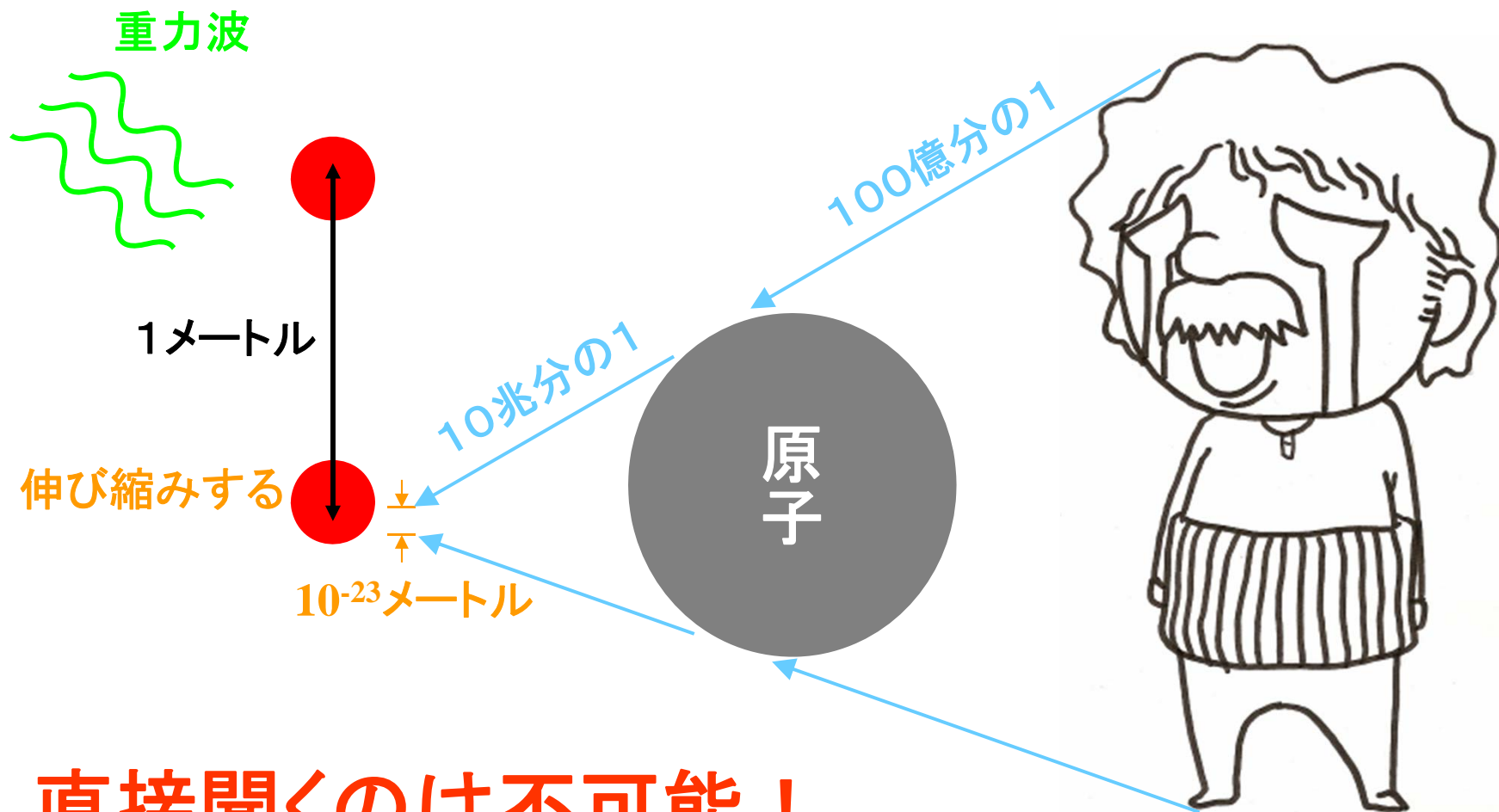
望遠鏡・・・なのか？



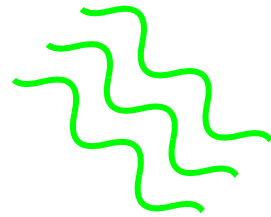
重力波は聞こえるはず？



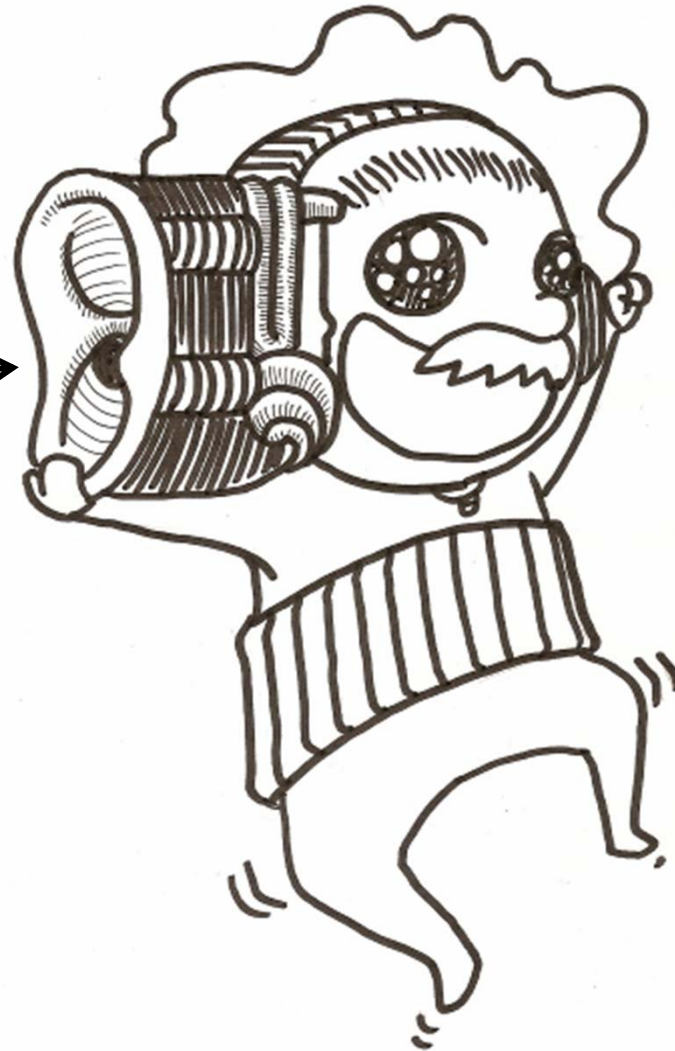
しかしその振動は・・・



超高感度の補聴器



補聴器 (LCGT) →





中性子連星の合体 📢

ブラックホール(太陽質量の
10倍)連星の合体 📢

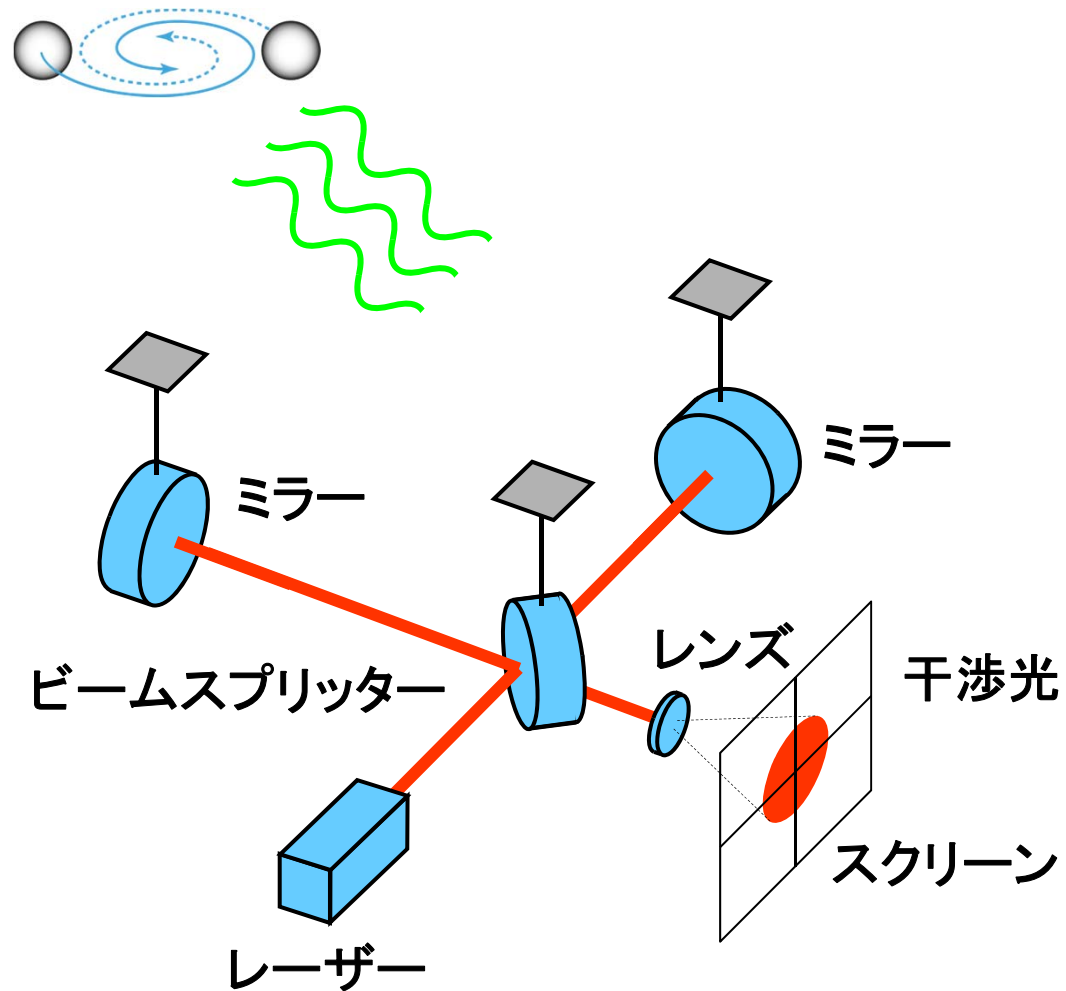
超新星爆発 📢

耳をすませば? 📢

音シミュレーション:
辰巳大輔(国立天文台)

イラスト:Sora

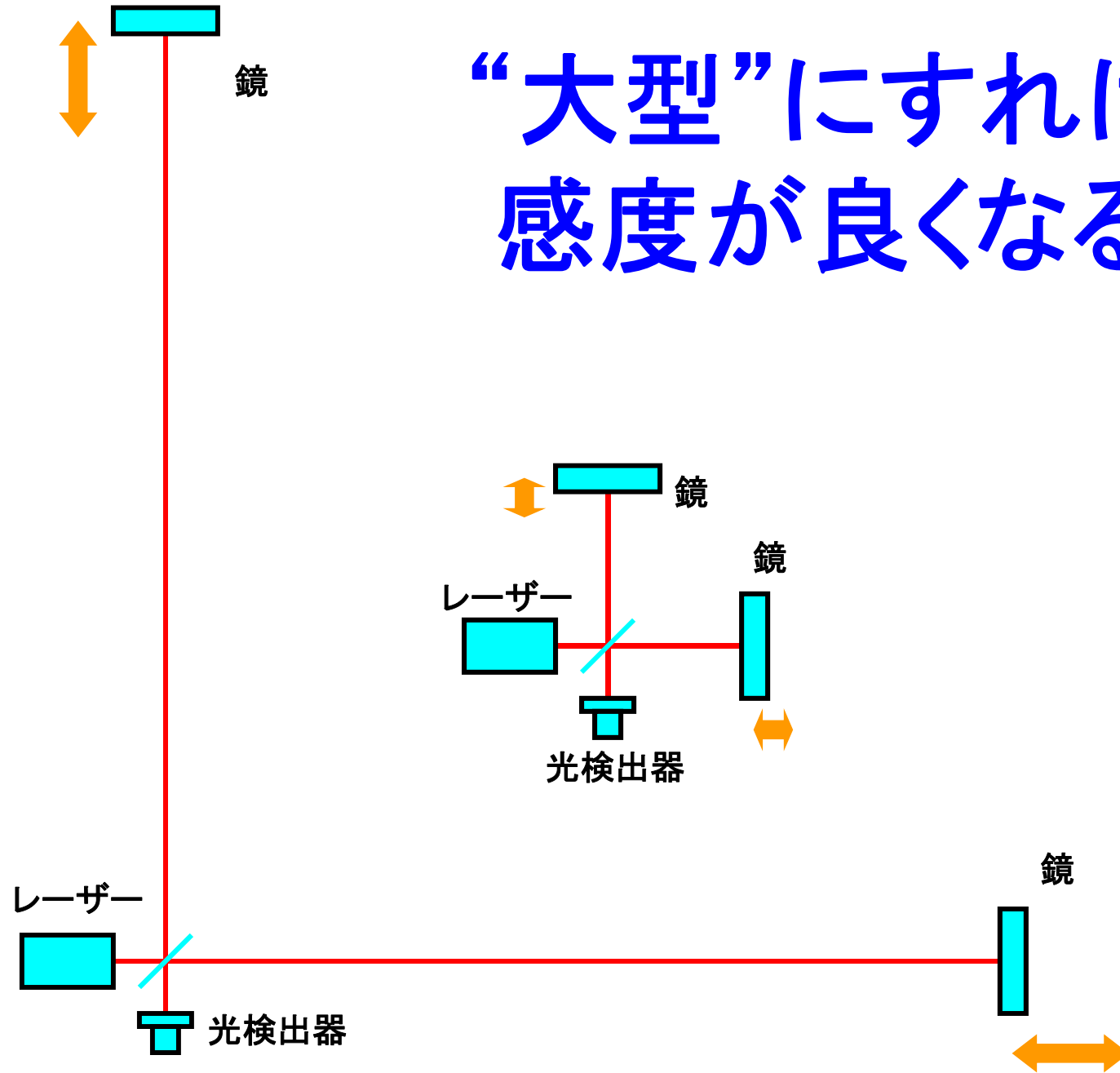
LCGTによる 重力波検出の原理



A futuristic space station or satellite is shown in orbit around Earth. The station is a complex structure with multiple modules and long, thin arms extending outwards. It is illuminated by bright blue and white light, possibly from the sun or a powerful laser. The Earth's surface is visible in the background, showing green landmasses and blue oceans. The text 'なぜ大型が必要か？' is overlaid in the center in a bold, yellow font.

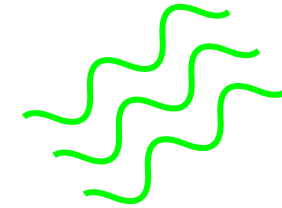
なぜ大型が必要か？

“大型”にすれば
感度が良くなる

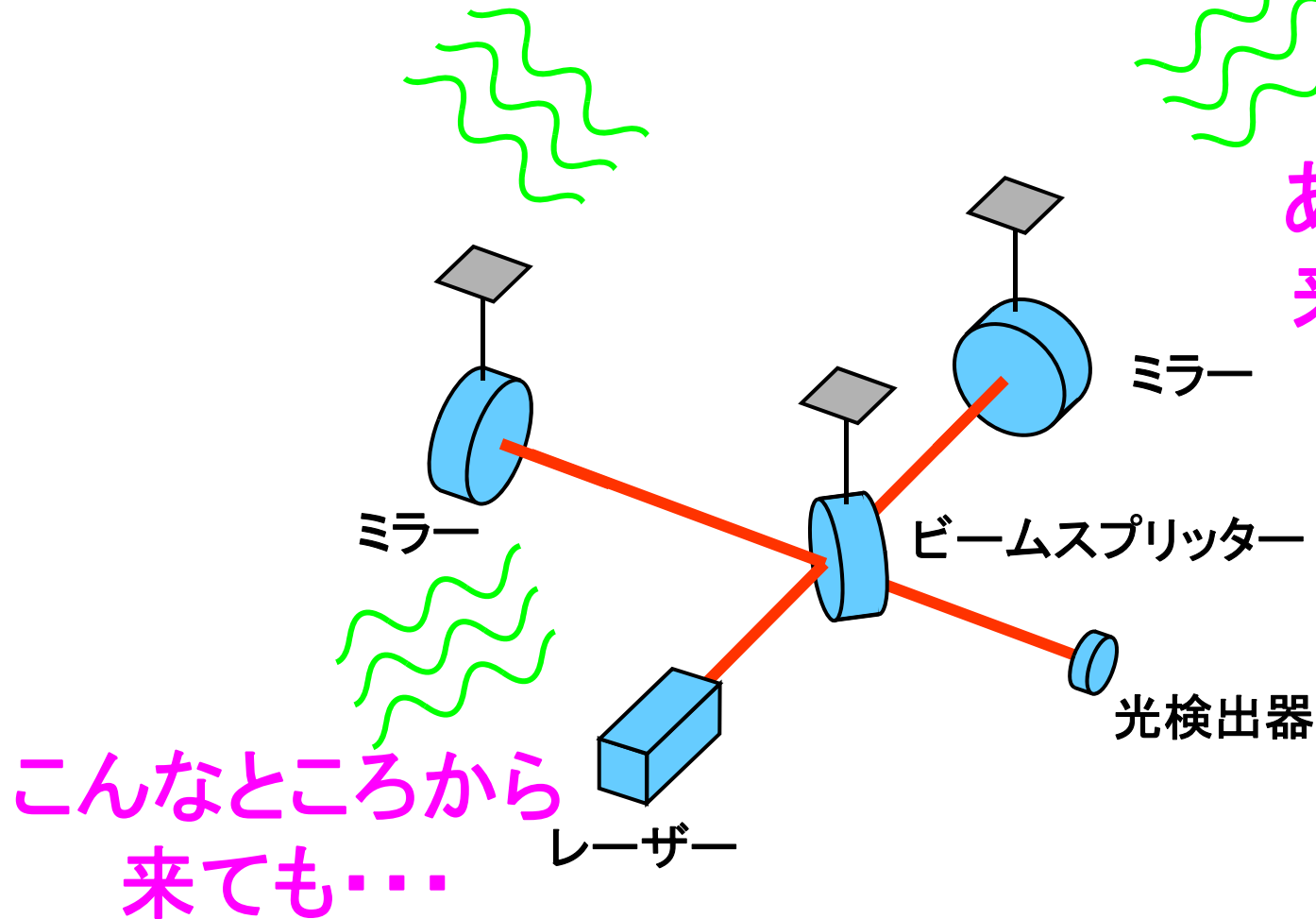


望遠鏡との違い

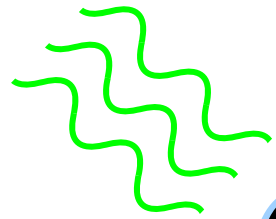
こっちから来ても...



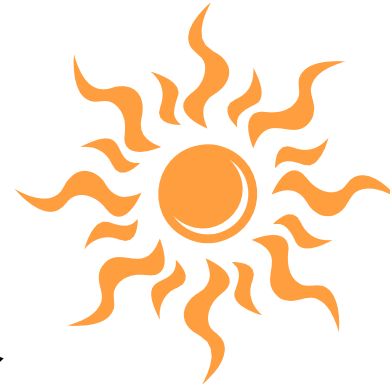
あっちから
来ても...



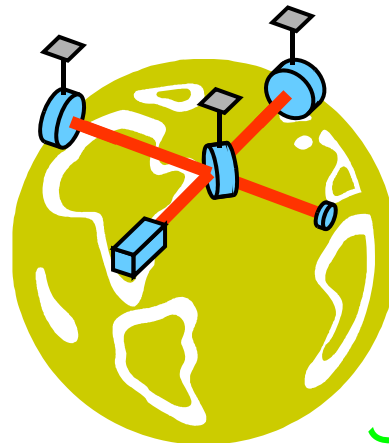
しかも・・・



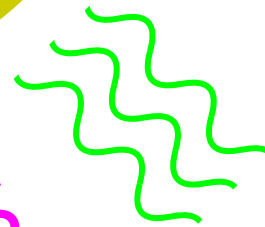
雨の日でも・・・



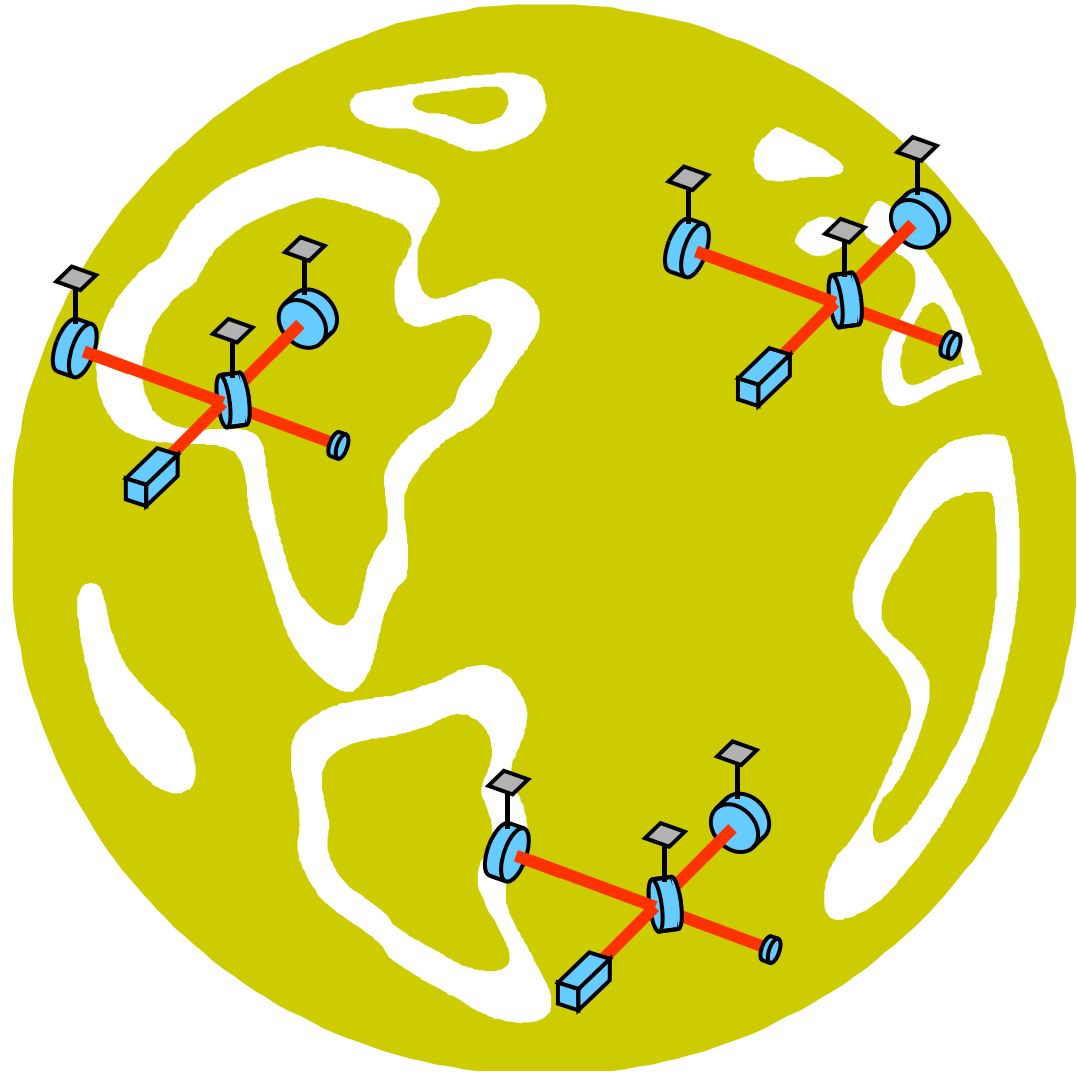
昼間でも・・・



地球の裏側から
来ようとも・・・

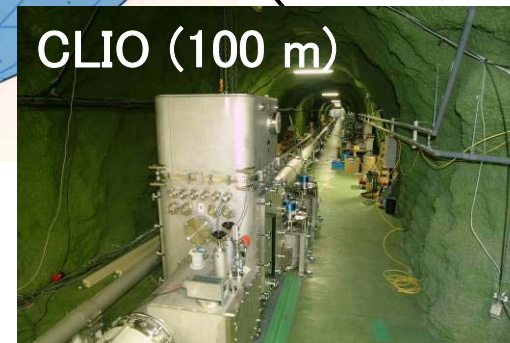
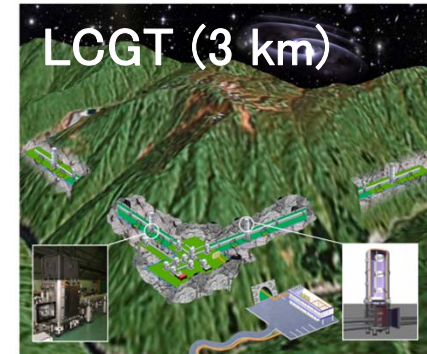


重力波源の方向は？



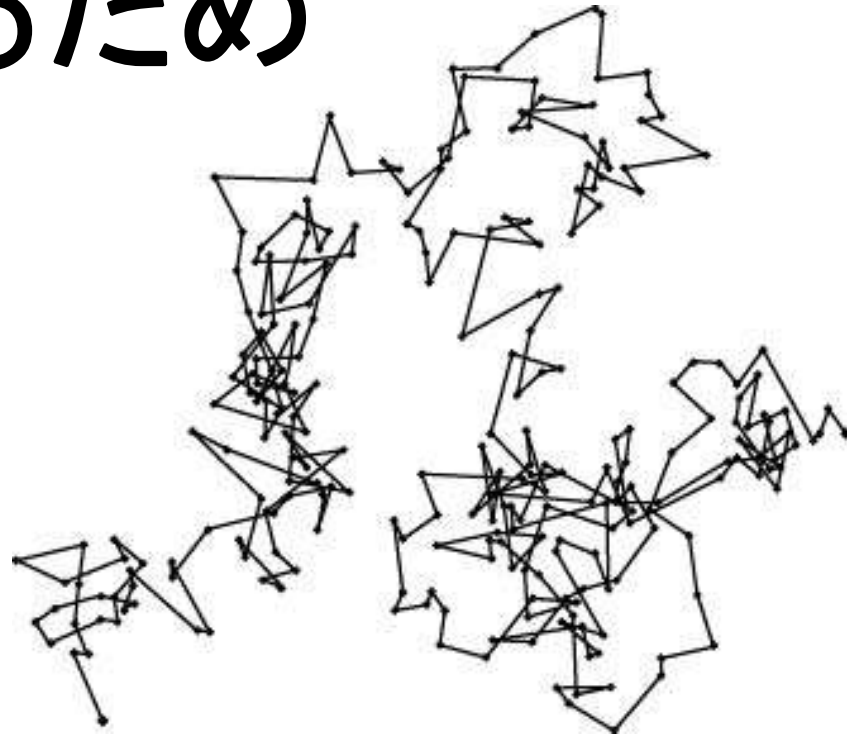
時間差から
方向が分かる！

世界の大型干渉計



なぜ低温か？

鏡のブラウン運動(熱雑音)
を抑えるため



地下に設置

岐阜県飛騨市
神岡町池の山

茂住地区

3 km

XMASS
Kamland
CLIO SG
Super Kamiokande

海拔358m

LCGT
想像図

跡津坑口

高原川

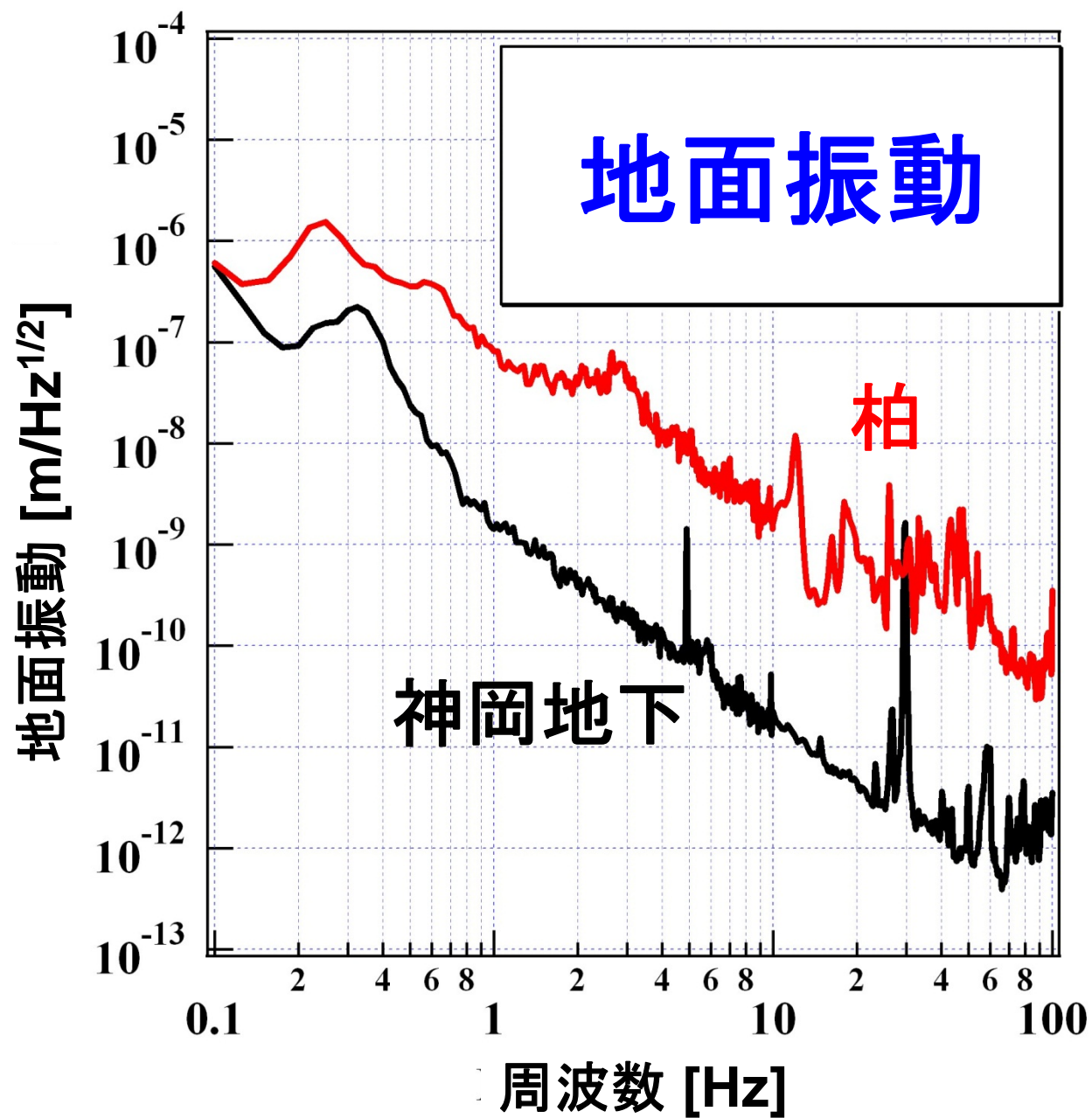
41

至：高山

跡津川

至：立山





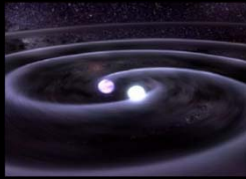
高感度化への様々な技術

・重力波源の理解

理論・解析的計算

数値相対論

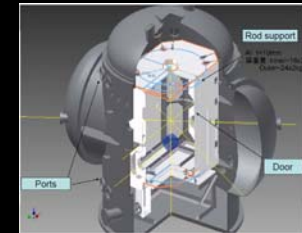
データ解析手法



・鏡・振り子の熱雑音

鏡・振り子の低温化

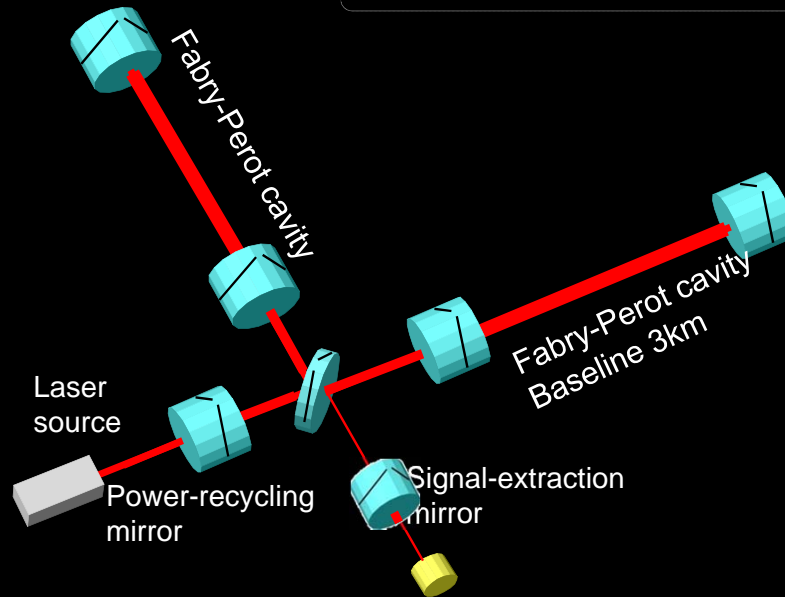
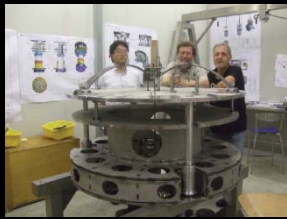
材質の機械損失



・地面振動の影響

静寂な地下サイト

高性能防振装置



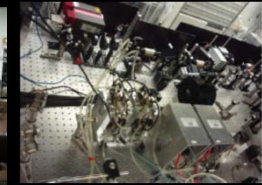
・光の量子雑音

大型干渉計

干渉計方式の工夫

高出力レーザー光源

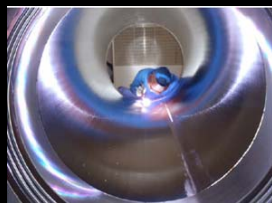
高性能鏡



・真空システム

光路長の揺らぎ

音響雑音などの低減

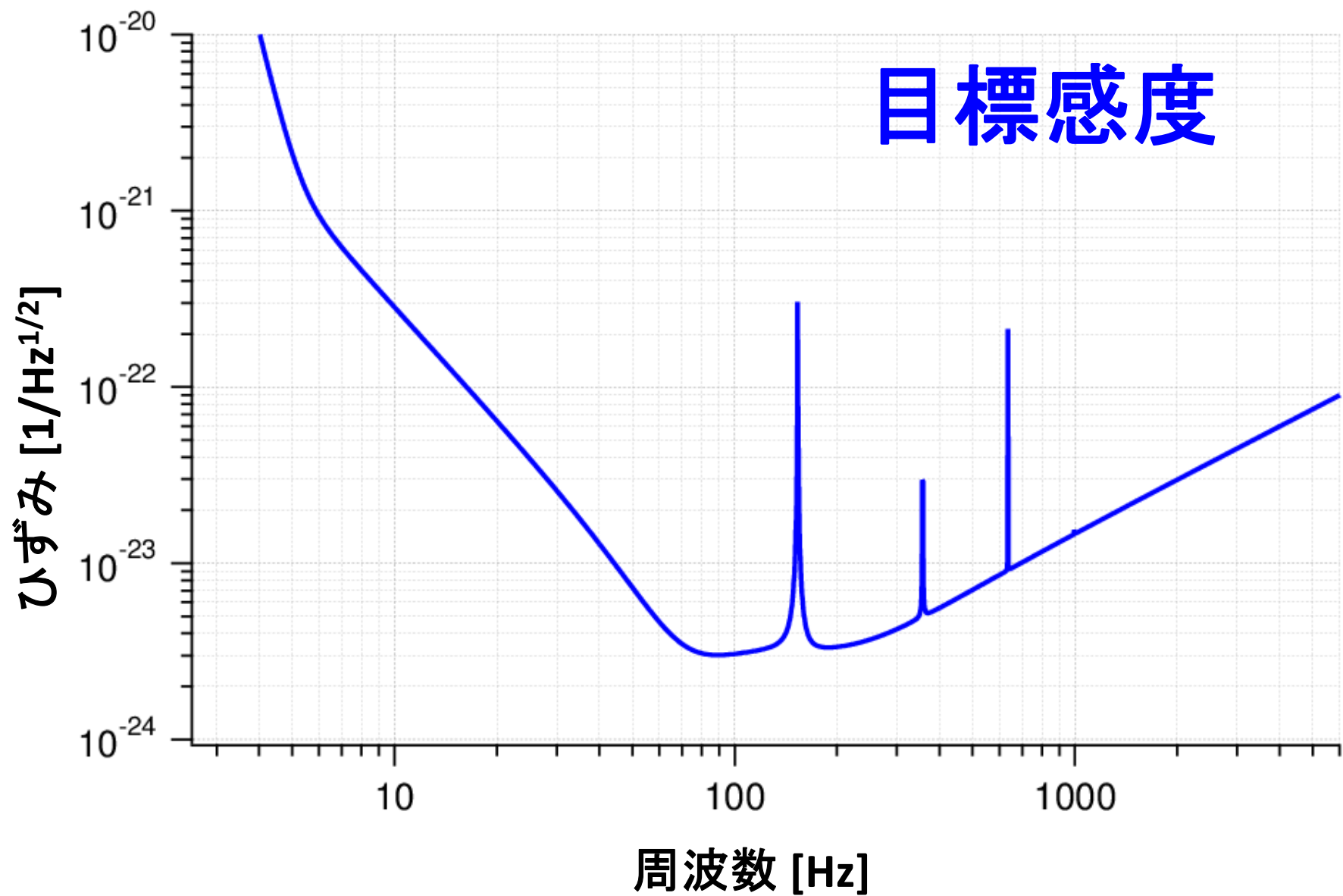


・長期・連続観測

デジタル制御・データ取得系

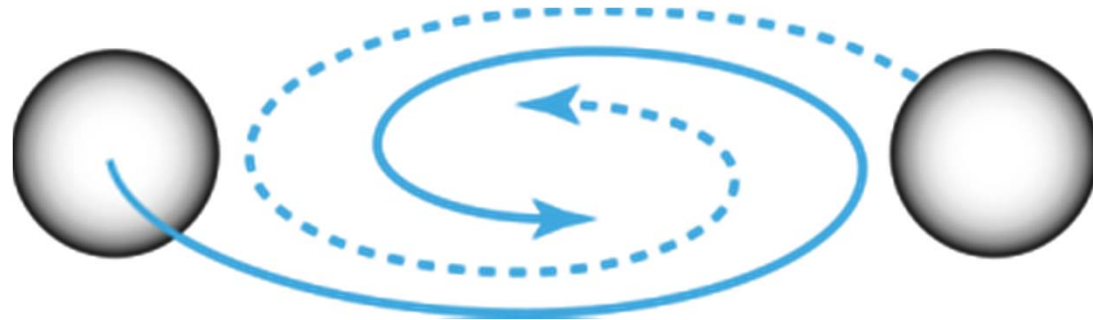
環境モニタ, データ保管・分配



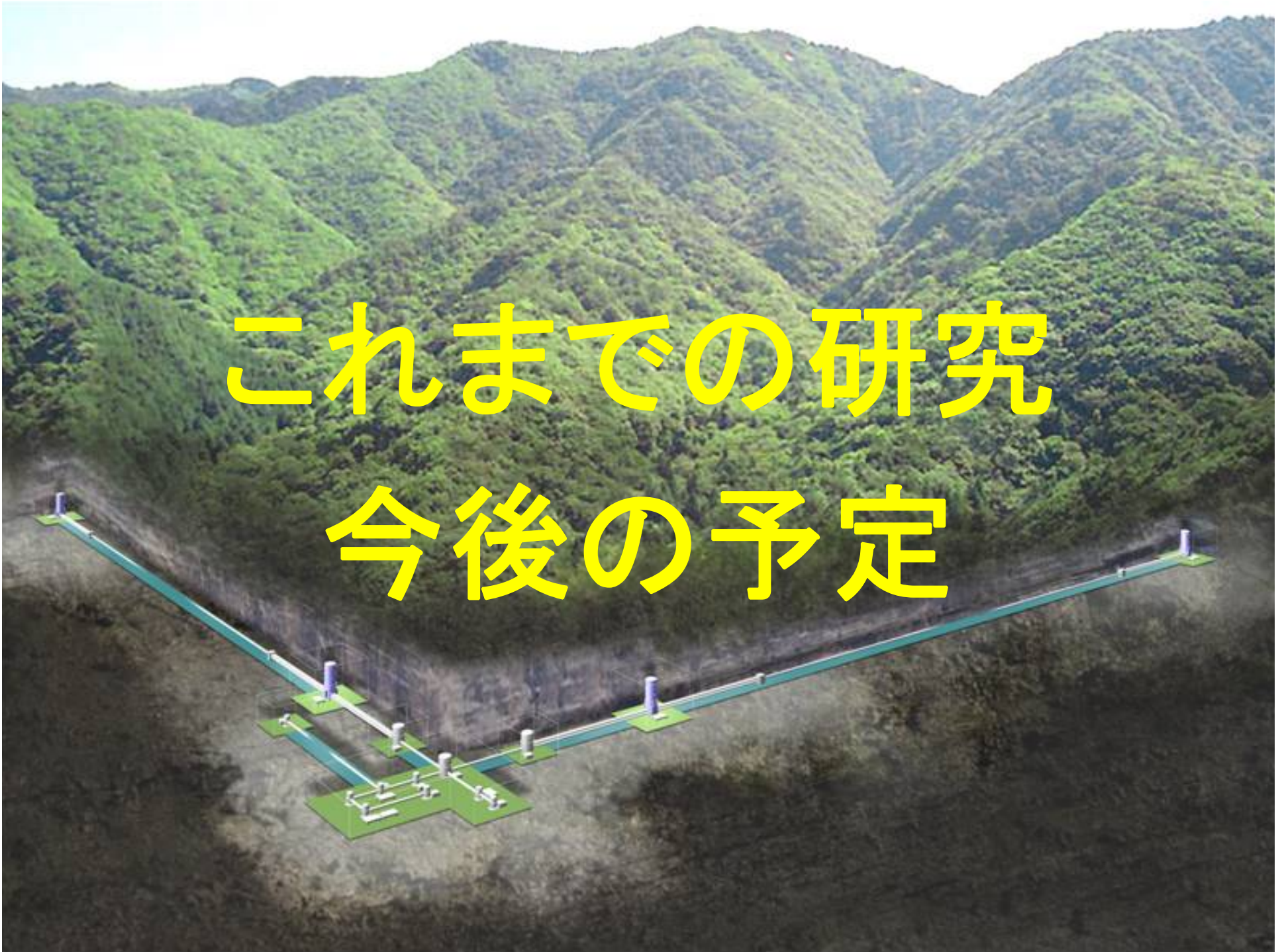


中性子星連星の合体からの 重力波検出の可能性

年間3回～24回



これまでの研究 今後の予定



An aerial photograph of the TAMA300 facility, showing a large green field in the center, surrounded by trees and buildings. The text 'TAMA300' is overlaid in large yellow characters. The text '西エンド' (West End) is in the top right, '南エンド' (South End) is in the bottom left, and '中央実験室' (Central Laboratory) is in the bottom right. The main text describes the facility as a room-temperature prototype for LCGT, highlighting its record-breaking sensitivity from 2000 to 2002.

TAMA300

西エンド

LCGTのための常温プロトタイプ

2000年から2年間、世界最高感度

達成感度：我々の銀河の中性子星連星
の合体からの重力波が検出可能

南エンド

中央実験室

CLIO

LCGTの低温プロトタイプ

低温化による熱雑音の低減を実証(世界初)

地下の静かさの有利性を
実証

An aerial photograph of a lush, green mountain range. Overlaid on the lower portion of the image is a 3D architectural rendering of a long, narrow infrastructure project. The project consists of a central blue track or path that runs parallel to a road. Along this path, there are several green rectangular platforms, each supporting a white cylindrical structure. The background shows rolling hills covered in dense green vegetation under a clear sky.

平成22年

文部科学省の「最先端研究
基盤事業」による補助対象
事業の1つに選ばれた

今後のスケジュール

2012.4–2014.3

トンネル掘削

2014.4–2015.11

常温LCGT建設・調整

2015.11

常温LCGTによる観測

2015.12–2017.3

低温LCGTにアップグレード

2017.3–2018.8

低温LCGTによる観測・調整

2018.9–

本格的観測・・・そして

重力波初検出



重力波天文学の
夜明けは近いぜよ！



イラスト：
Sora