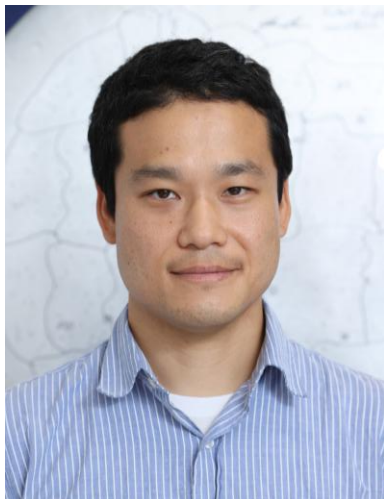


精密光計測で 重力の不思議を解き明かす



道村唯太

東京大学 大学院理学系研究科附属
ビッグバン宇宙国際研究センター
michimura@resceu.s.u-tokyo.ac.jp



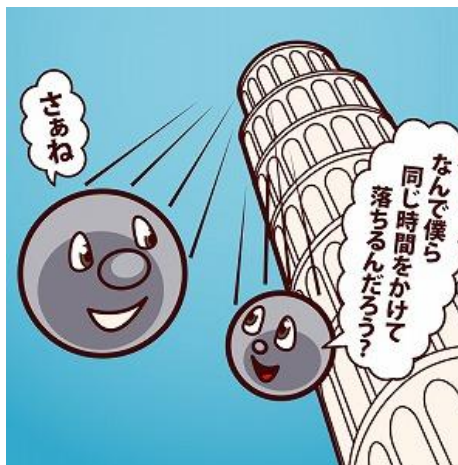
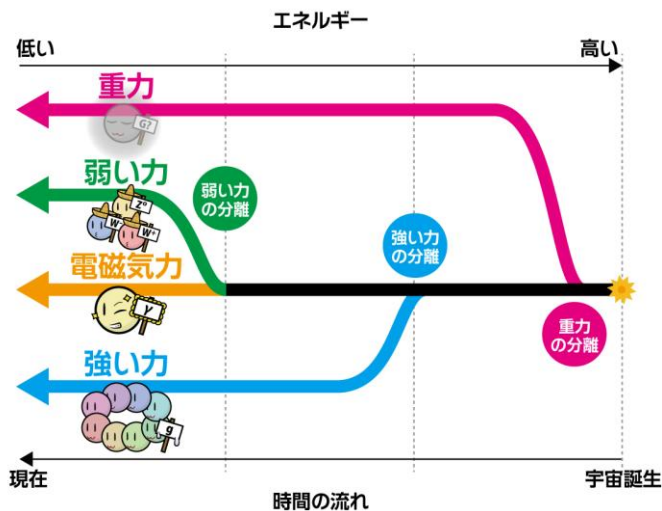
研究室の概要

- 物理学専攻A8サブコース
- 所属:
ビッグバン宇宙国際研究センター
- 専門分野:
実験重力物理学
重力波、ダークマター、重力の量子性など
- 2025年度メンバー:
准教授1名、修士課程学生1名
- 居室:
理学部4号館6階
- 実験室:
理学部1号館B111号室



<http://yutamich.gitlab.io/>

重力の不思議は物理学の最前線



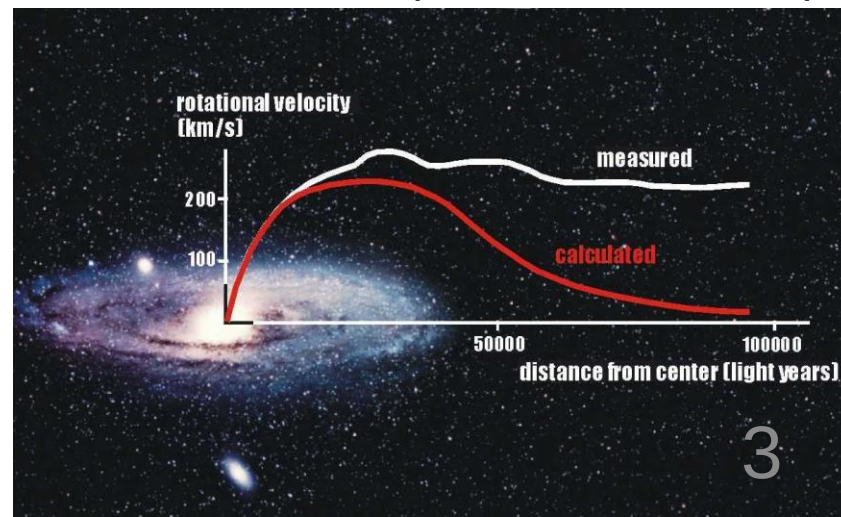
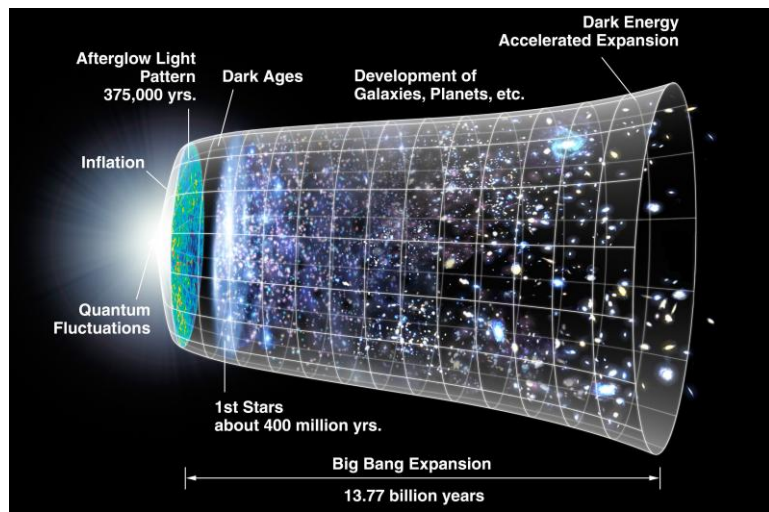
めちゃくちゃ弱い
(階層性問題)

全てのものに等しく働く
(等価原理?)

ブラックホール
(一般相対論は正しい?)

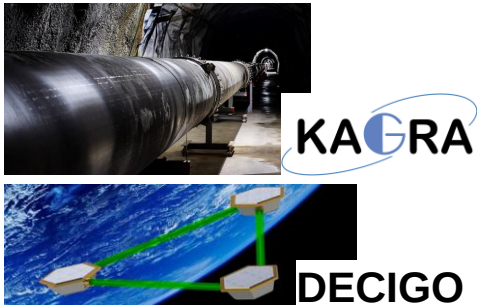
インフレーション (万有斥力?)

ダークマター (見えない重力源?)



さまざまな実験で重力に迫る

重力波望遠鏡



インフレーション

ブラックホール

ダークエネルギー

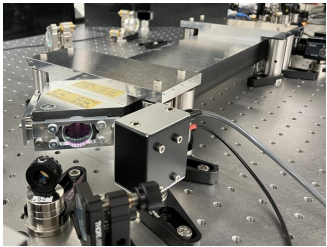
ダークマター

等価原理

重力の量子性

究極の
重力理論

光共振器実験



オプトメカ実験



重力波国際観測ネットワーク

LIGO Hanford



GEO600



KAGRA



LIGO Livingston



Virgo

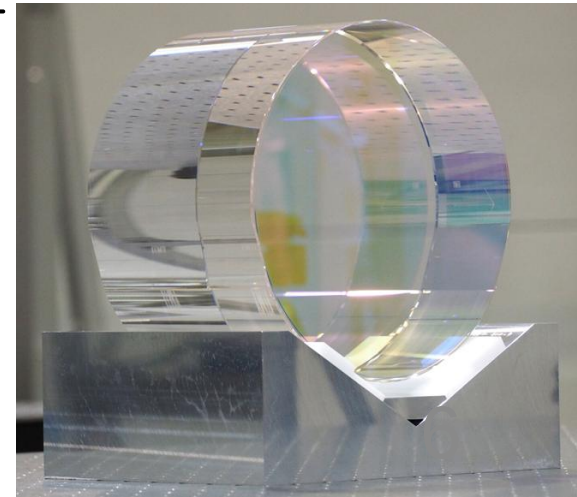


LIGO-India



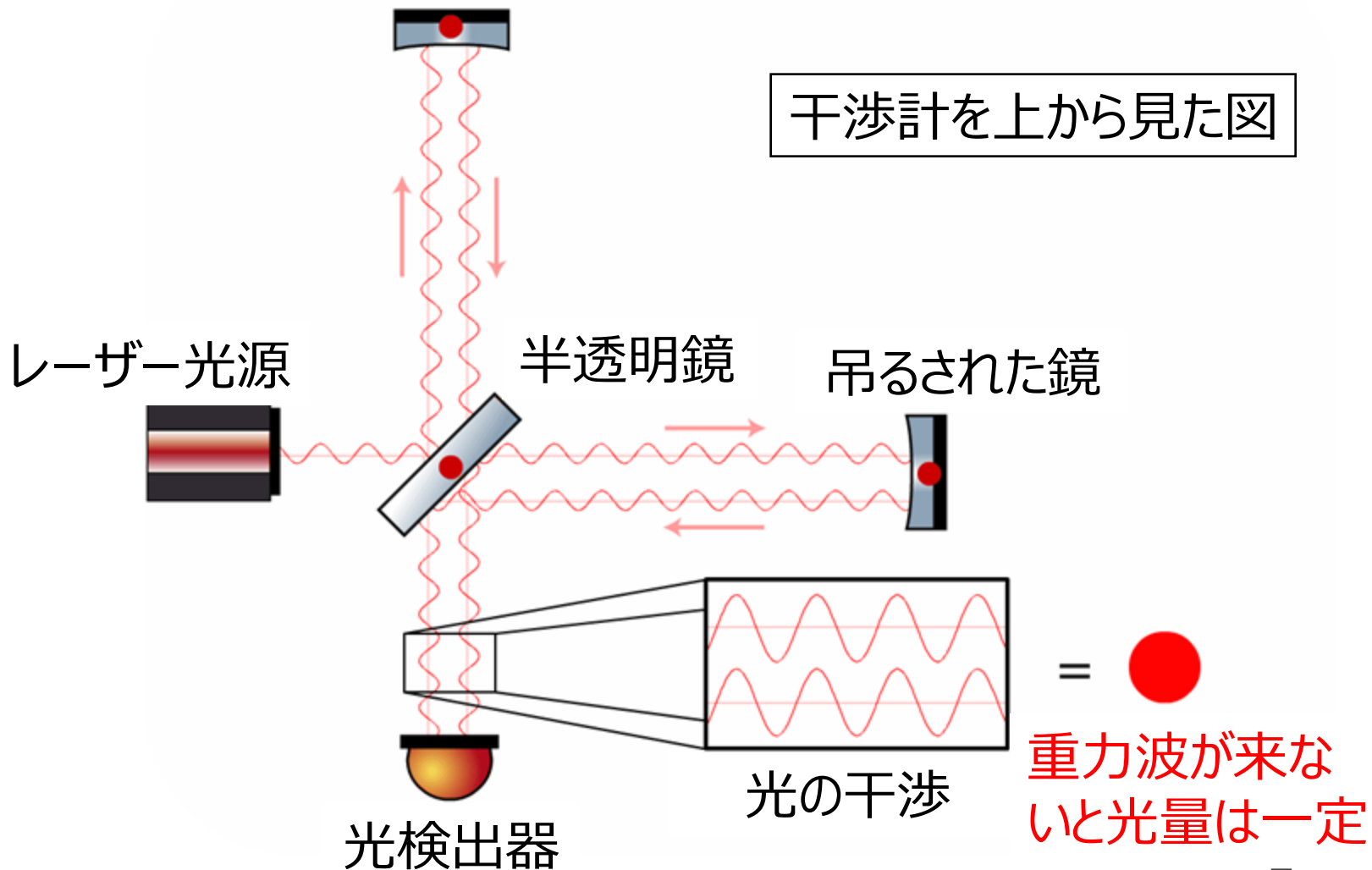
重力波望遠鏡KAGRA

- 岐阜県神岡にある世界で唯一の地下・低温干渉計
- 2025年6月4日に観測再開予定
- KAGRAの参加により、世界三極での観測で、重力波源の方向決定精度・距離決定精度が大幅に上がる
 - マルチメッセンジャー観測
 - ハッブル定数の測定
 - 偏極を利用した重力理論の検証などなど
- LIGOやVirgoではできないダークマター探索も可能
 - アクシオン
 - B-Lベクトルボゾン



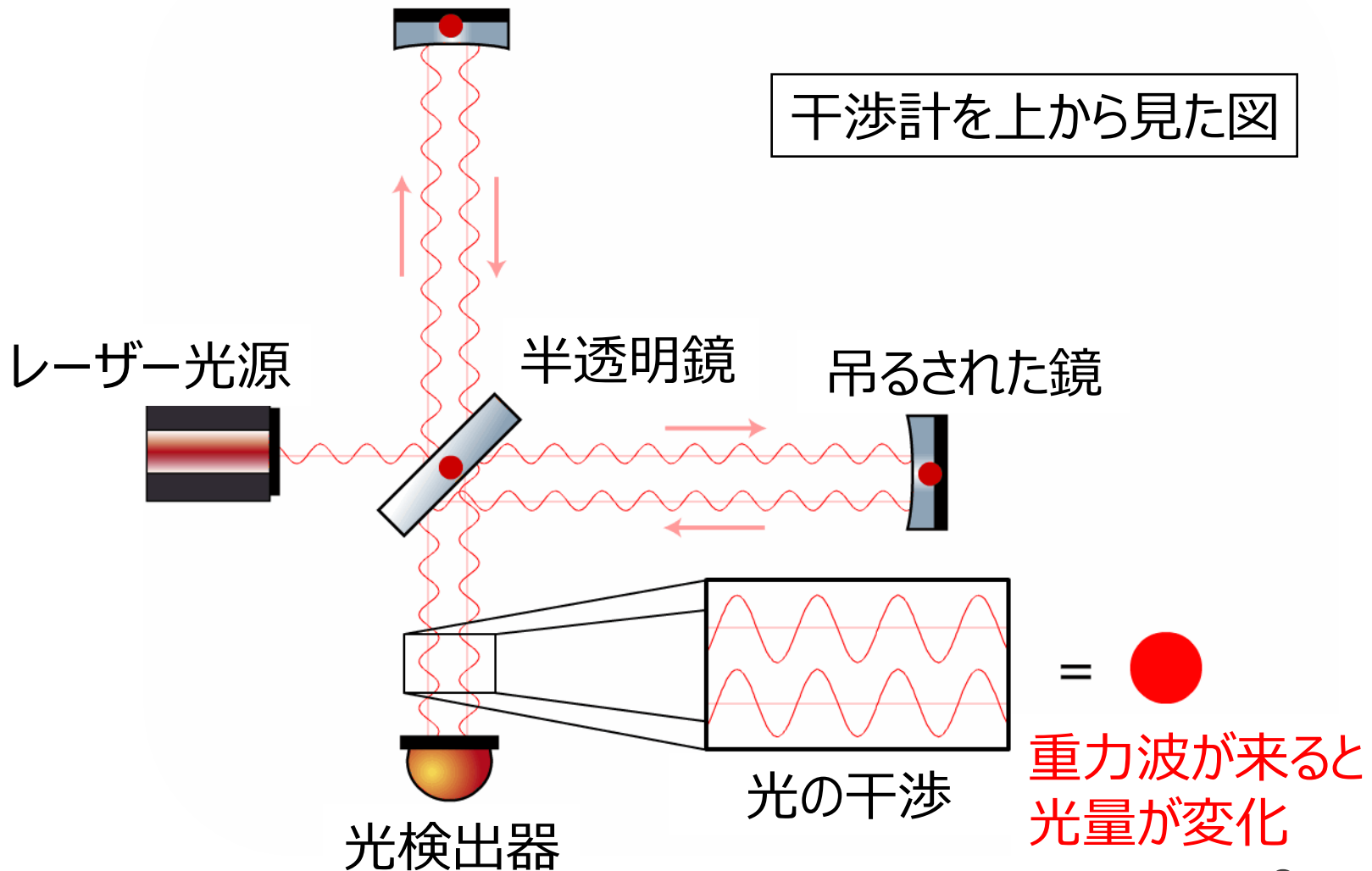
レーザー干渉計型重力波望遠鏡

- 両腕の長さの差をレーザーで測定



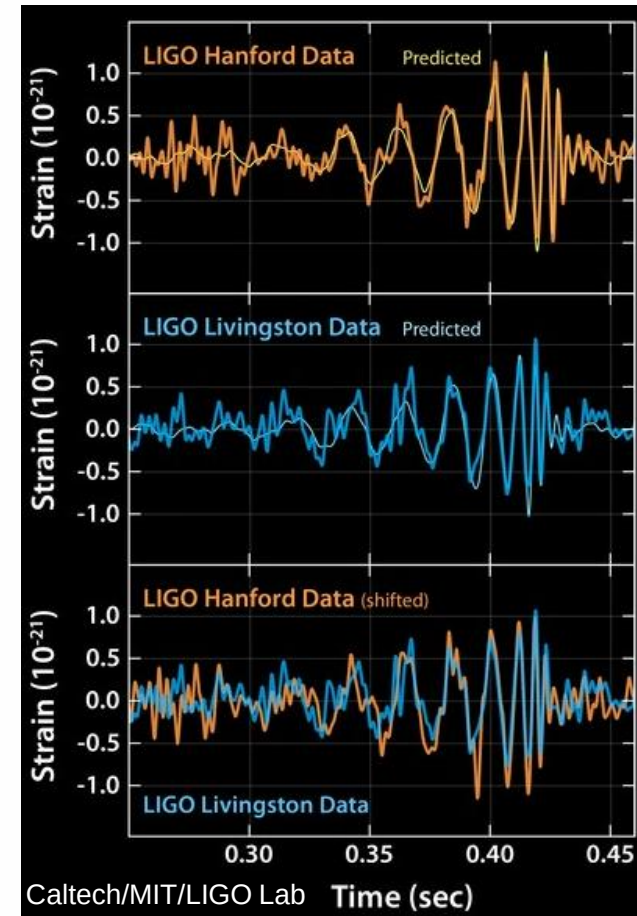
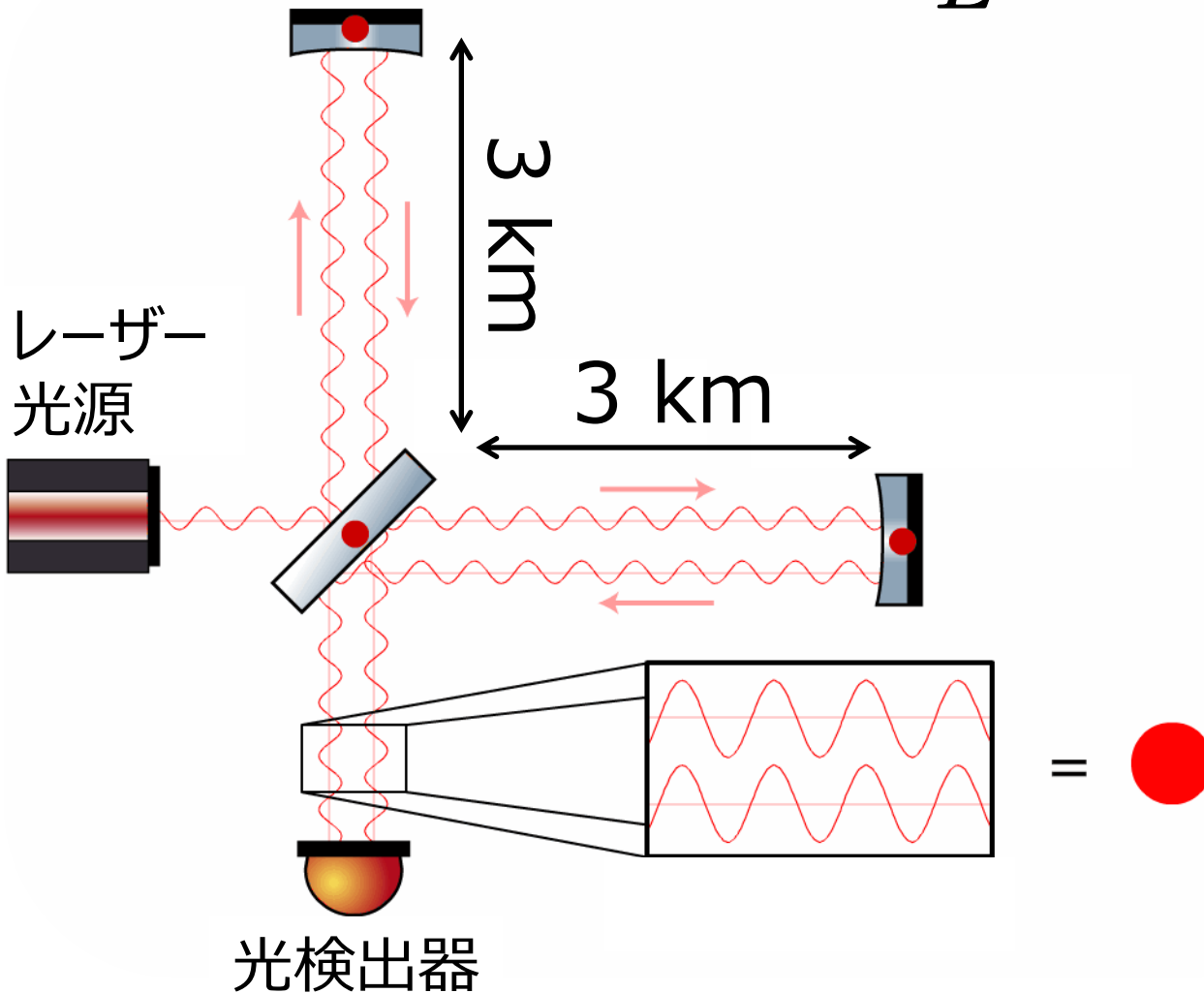
レーザー干渉計型重力波望遠鏡

- 両腕の長さの差をレーザーで測定

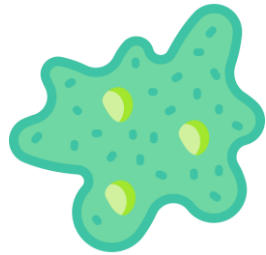
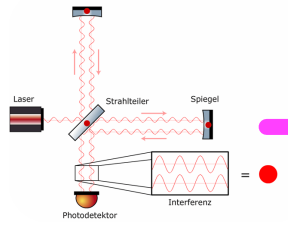
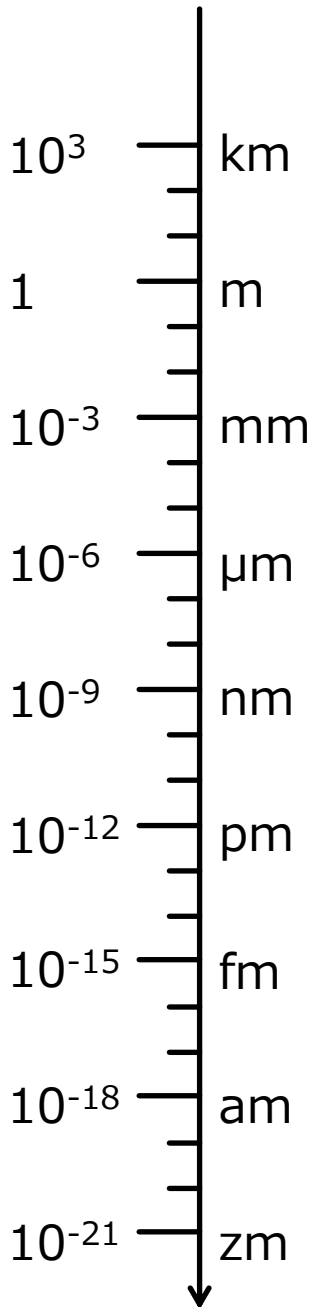


重力波の振幅はどれくらい？

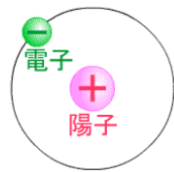
- 空間のひずみ量: $h = \frac{\delta L}{L} \sim 10^{-21}$



究極の精密光計測

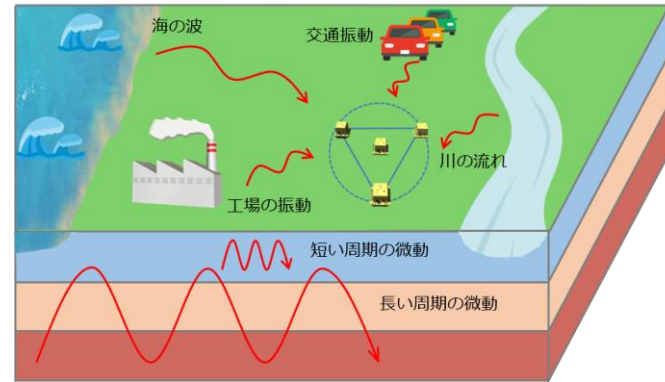


アメーバ $\sim 10^{-4}$ m

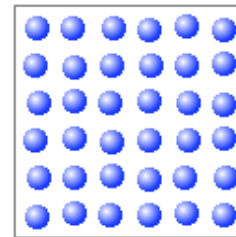


原子 $\sim 10^{-10}$ m

歪み
 10^{-21}



← 地面振動の大きさ
 $\sim 10^{-6}$ m



← 熱振動の大きさ
 $\sim 10^{-15}$ m

← レーザー干渉計の量子限界
 $\sim 10^{-20}$ m

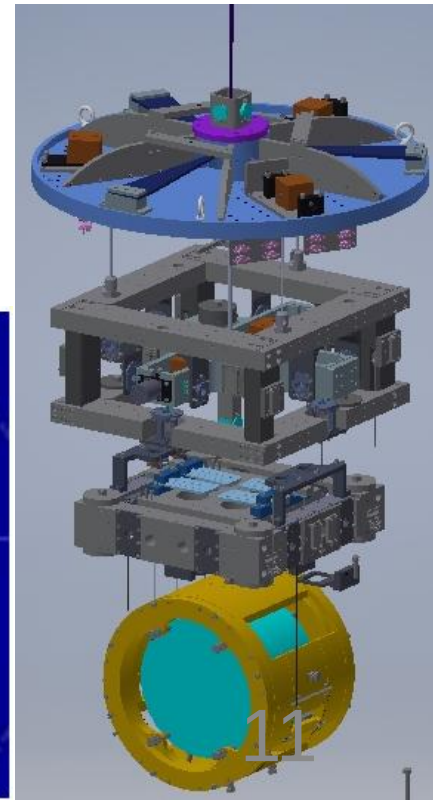
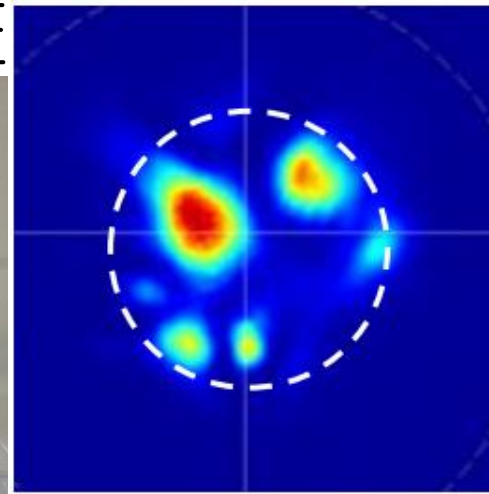
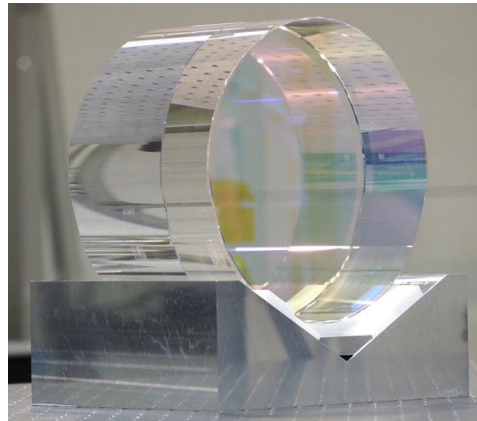
KAGRA目標感度

ハイゼンベルグの
不確定性原理



KAGRA関連の研究テーマの例

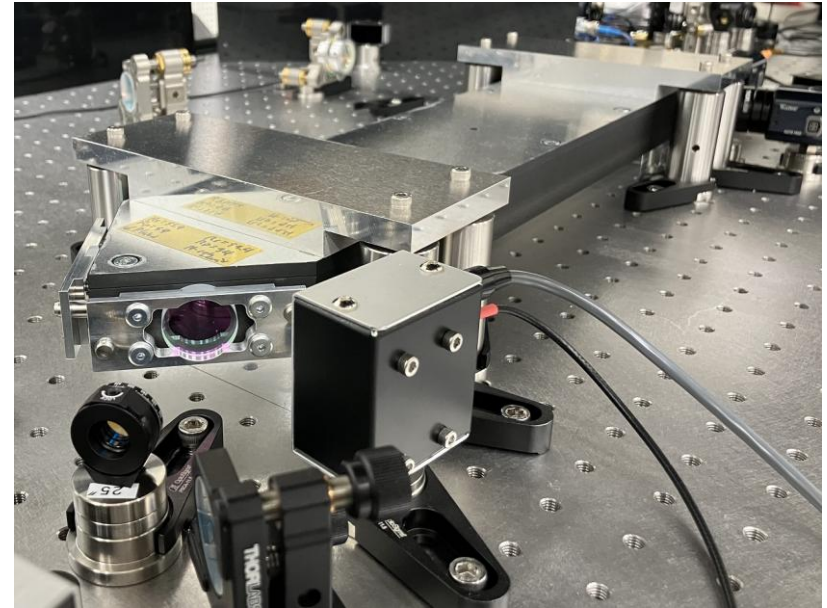
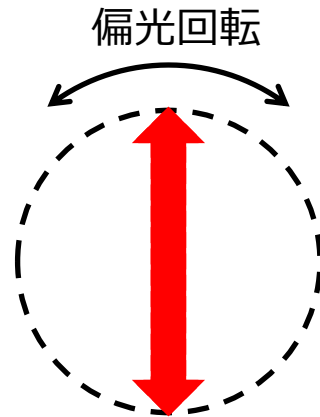
- 鏡やレーザー干渉計の制御手法の改良
- サファイア鏡の複屈折やその時間変化の測定
- パラメトリック不安定性の研究
- 2色の光を利用した新しい重力波信号校正手法
- 機械学習などを利用した雑音除去
- LIGO-Virgo-KAGRAデータを用いたダークマター探索、時空の量子性検証



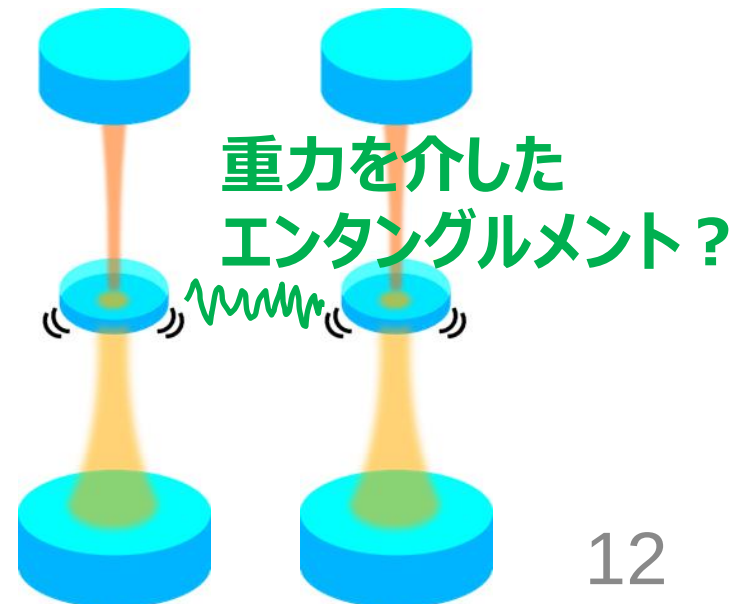
精密光計測技術の応用

- 光リング共振器を用いた
アクシオンダークマター
探索実験

CMBと
原理は同じ！

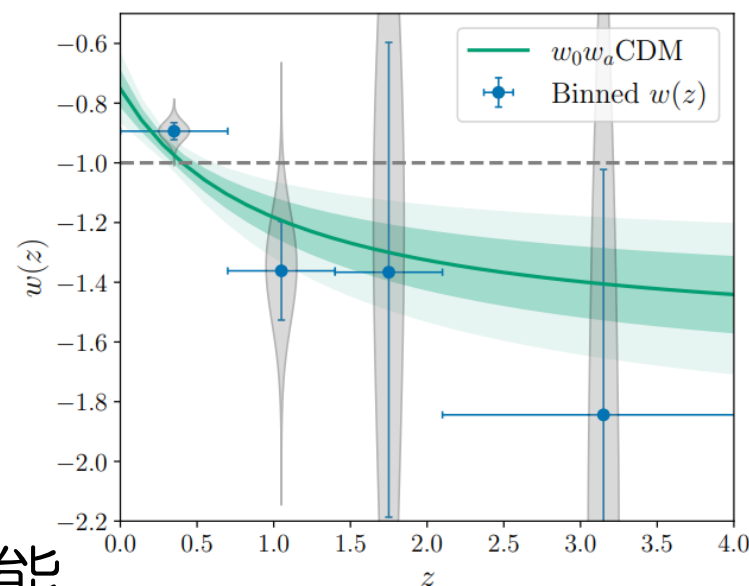
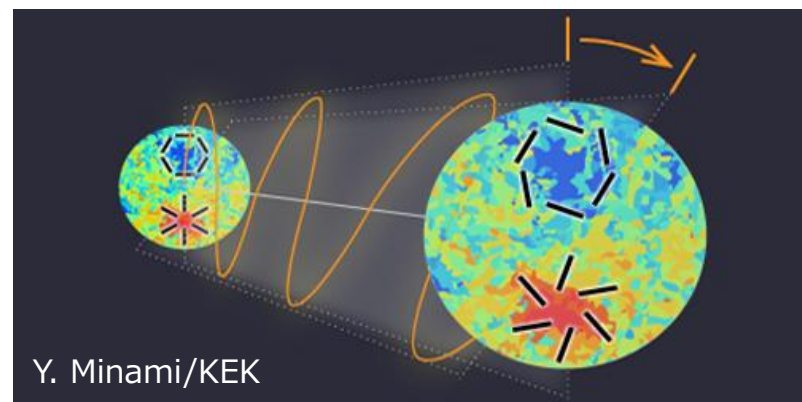


- 光学浮上鏡を用いた
重力の量子性検証実験



最近の面白い話題(どちらも2025年3月に発表)

- 宇宙マイクロ波背景放射の複屈折の兆候(宇宙複屈折)
 - Planck+WMAPとACTで独立に 3σ 程度(合わせると 4σ 程度)
- ダークエネルギーが時間変化している兆候
 - DESIによる銀河分布の測定で 3σ 程度
- どちらもアクシオンで説明可能
 - 将来の重力波観測(ハッブル定数の z 依存性)、アクシオン探索で検証できるかも



ビッグバン宇宙国際研究センター

- RESCEU: RESearch Center for the Early Universe
- 物理学専攻と天文学専攻の両方の学生が在籍
- 天文学者、理論研究者などと協力しながら、新しい実験に挑戦できるユニークな環境
- セミナーやコロキウムを定期的に行う
- 夏のサマースクールでは招待講演者による講義や学生の発表で活発な交流・議論

2024年9月 RESCEUサマースクール@金沢



関連研究室(の一部)

重力波(KAGRA)関連

宇宙線研 柏
田越研 (A5)

宇宙線研 神岡
三代木研 (A8)
内山研 (A8)
宮川研 (A8)

国立天文台 三鷹
都丸研 (天文)
麻生研 (総研大)

宇宙研 相模原
和泉研 (A8)

本郷 理学部4号館

RESCEU

茂山研 (天文)

XX研

Kipp研 (A5)

仏坂研 (A5)

道村研 (A8)

※学生の
居室は共通

本郷 理学部1号館

UTAP

吉田研 (A5)

安東研 (A8)

地下実験室

セミナー
(月・木)

セミナー
(金)

他にも国内外の様々な
大学・研究機関と共同研究

研究室の選び方

- 教員や周りの人との相性が大切
- 自分が送りたいような大学院生活が送れるか
- 研究テーマはそんなに重要ではない
 - 後からでも変更できる(教員による)
 - 今面白そうなことが、大学院入学後、数年後もそうとは限らない
- 気になる研究室は2つ以上、実際に見学しよう
 - 比較する
 - 全員が第1希望に行けるわけではない
- ぜひ見学に来てください(オンラインもOK)
michimura@resceu.s.u-tokyo.ac.jp

まとめ

- 様々なスケールの実験で**重力の不思議**に迫る
 - 大型の重力波望遠鏡 (KAGRAなど)
 - 光共振器実験 (アクシオン探索)
 - オプトメカ実験 (光学浮上鏡)
- **KAGRA**は2025年6月4日に観測再開予定で非常に面白い段階
- 重力波の精密光計測技術を応用した**テーブルトップ実験**も面白い
- オープンラボ (個別の見学も随時受け付けています)
2025年5月31日 15:30-17:30 (対面)
理学部1号館地下1階 B111号室にて
michimura@resceu.s.u-tokyo.ac.jp