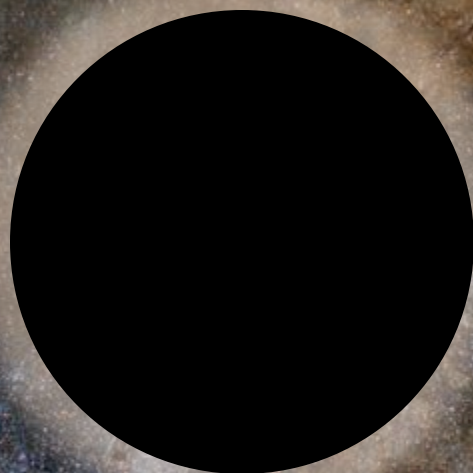


宇宙重力物理研究室



TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

東京都立大学

宇宙重力物理研究室

2025年度新設の研究室です。宇宙と重力の謎を解き明かすために、宇宙の成り立ちと進化を探る **宇宙論** と、重力の理解を深める **相対論・重力理論** の両面から研究を進めています。

構成員(2025年4月現在)

最新情報は研究室ウェブサイトにて
ご確認ください。

スタッフ

<https://cosmos.fpark.tmu.ac.jp/>

准教授 本橋 隼人

大学院生

修士課程 1名

卒業研究生

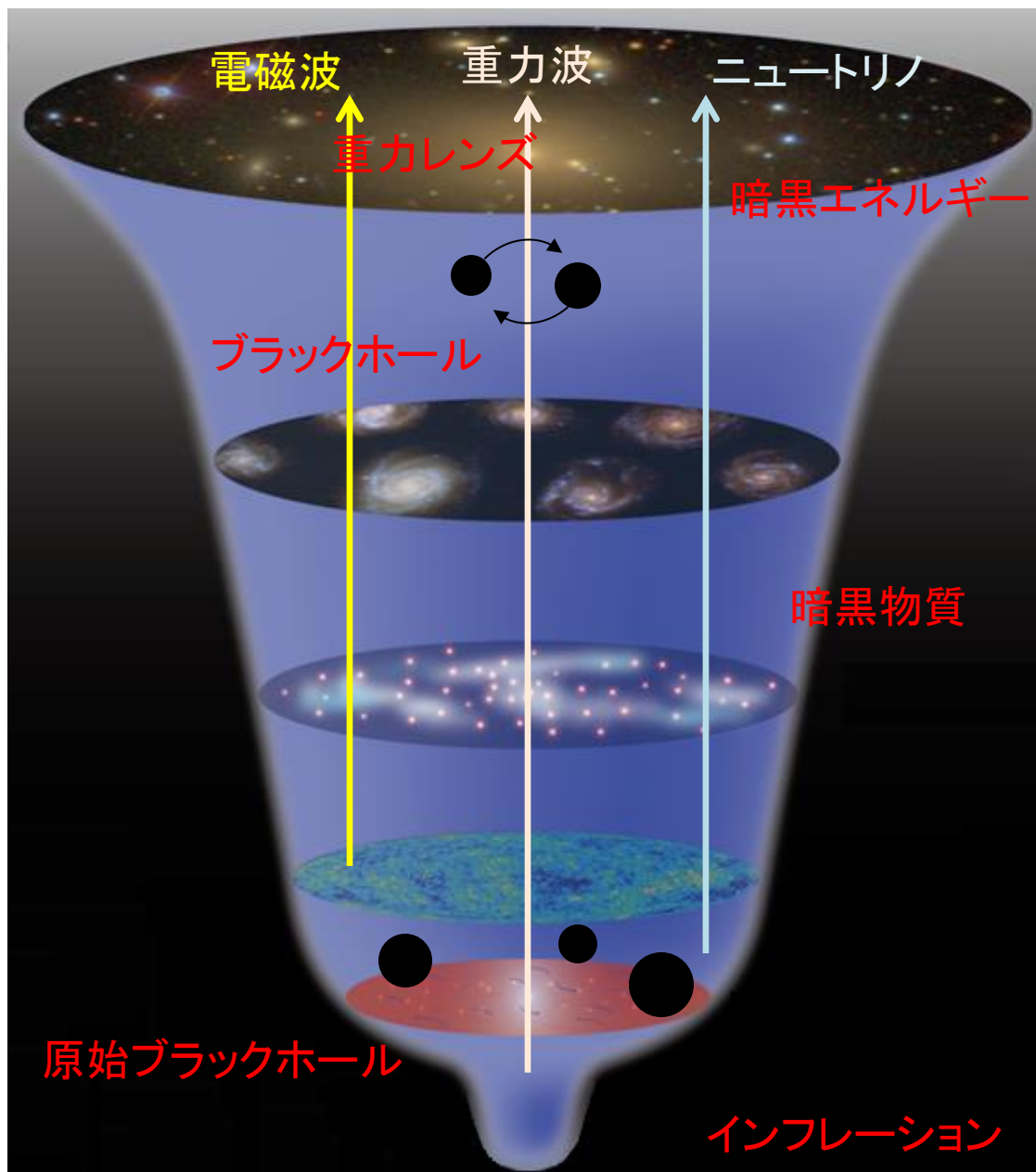
学部4年生 2名



宇宙論とは

宇宙の始まり、現在、未来に至るまでの時間発展を、観測事実に基づいて、できるだけシンプルな物理法則で記述することを目指す学問。

宇宙の時間発展において支配的役割を果たすのは重力。



重力：最も身近で最も謎に包まれた力

万有引力定数 $G = 6.67430(15) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ CODATA (2018)

わずか4桁の精度でしか分かっていない。

- 非常に弱い力
- 負の質量がないため遮蔽が不可能

SI (2019)での定義値

$c = 299792458 \text{ m/s}$

$\hbar = 1.0545718176462 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$e = 1.602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$

逆二乗則 / 一般相対論

0.1mmから太陽系スケールまで
検証されている。

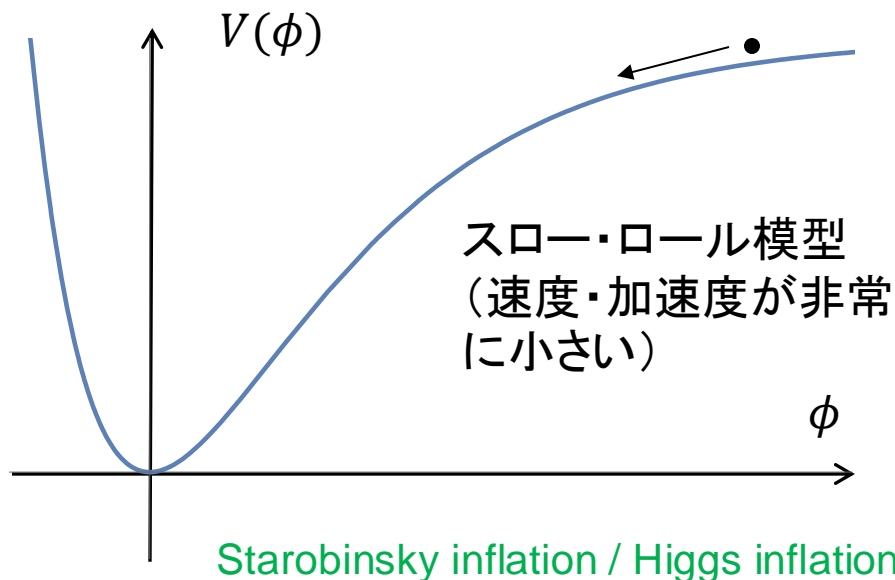
しかし、**長距離、短距離、動的・
強重力系**での重力は謎に包ま
れている。



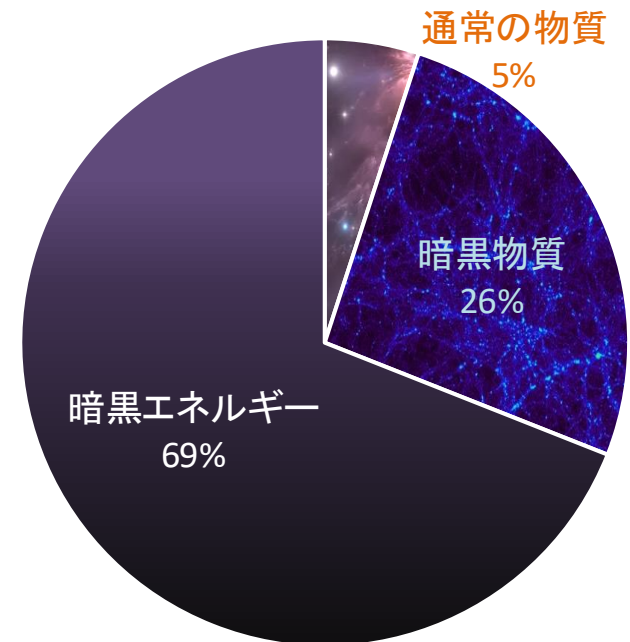
長距離の重力の謎：宇宙の加速膨張

- 様々な観測が宇宙の加速膨張を示唆
 - しかし、一般相対論 + 標準模型の物質 = 減速膨張
- ⇒ 一般相対論を超えた物理が必要

インフレーション (初期の加速膨張)
一般相対論 + **スカラー場**
(インフロン場)



暗黒エネルギー (現在の加速膨張)
宇宙定数か、拡張重力理論？



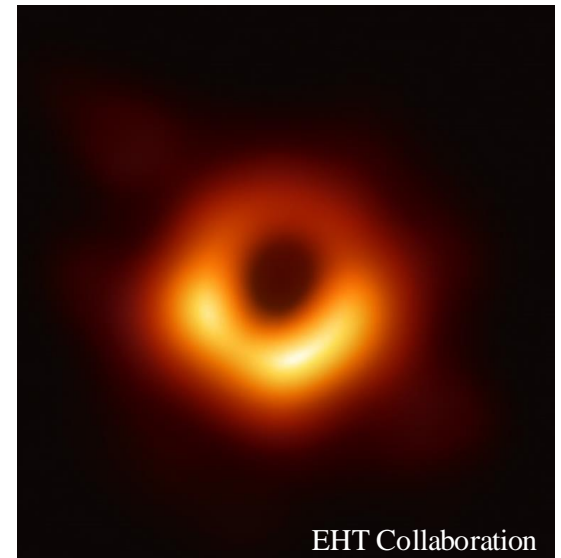
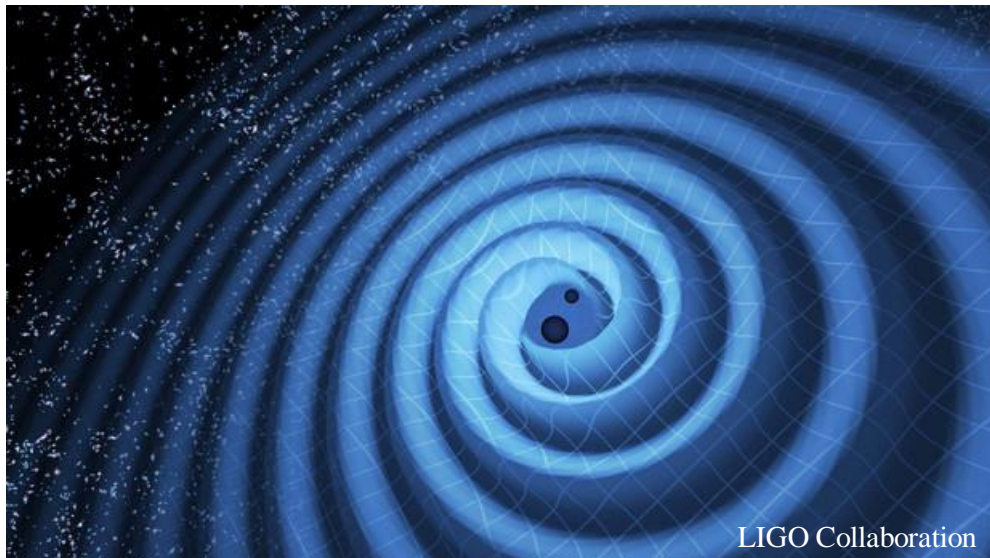
動的・強重力系の主役：ブラックホール、重力波

重力場が強く、かつ、時間変化する場合に一般相対論が妥当かどうかは未開拓。

ブラックホール(BH)は宇宙で最も重力が強く最もシンプルな天体。
一般相対論 \Rightarrow BHは **質量** と **角運動量** しかパラメータがない！

(BH no hair theorem)

BHからの**重力波**を調べて一般相対論の検証が可能(BH分光学)



重力波とは

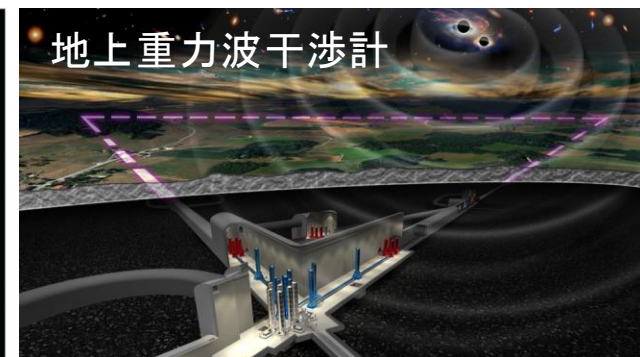
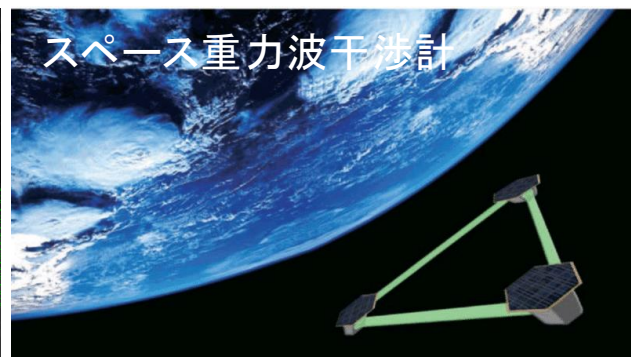
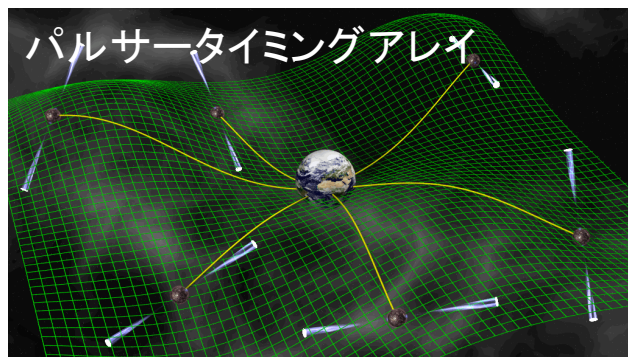
時空の微小なゆがみが波として伝搬する現象。

約100年前に予言され、2015年に初めて直接検出に成功。

(記者会見の動画 <https://mediaassets.caltech.edu/gwave>)

重力波によるブラックホール、宇宙最初期の開拓の幕開け。

今世紀最も発展すると目されている分野の一つ。



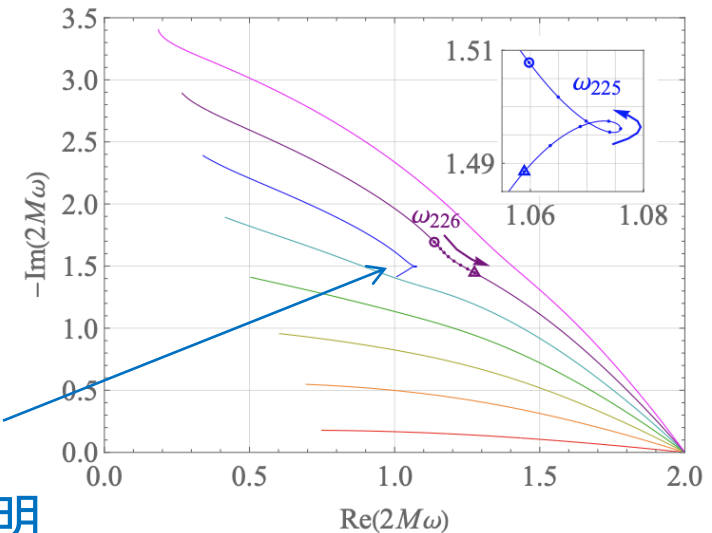
当研究室の研究紹介

重力波

- ブラックホールによる重力波の散乱や重力レンズの研究、ブラックホール準固有振動、リングダウン重力波の新しいデータ解析手法の提案、重力波が増幅される共鳴現象の発見など

約30年にわたるブラックホール
重力波の「不協和音」の謎を解明

報道発表 <https://www.tmu.ac.jp/news/topics/37441.html>



重力理論

- ダークエネルギーモデルの宇宙論的帰結、一般相対論を超えた理論の構築、厳密解の発見、ブラックホール摂動論の確立、安定性解析、重力波の基礎方程式の導出、リングダウン重力波など

インフレーション、原始ブラックホール

- インフラトンが「等加速度運動」するモデルの提唱、原始揺らぎの計算、大きな原始揺らぎから生じる原始ブラックホールの研究など

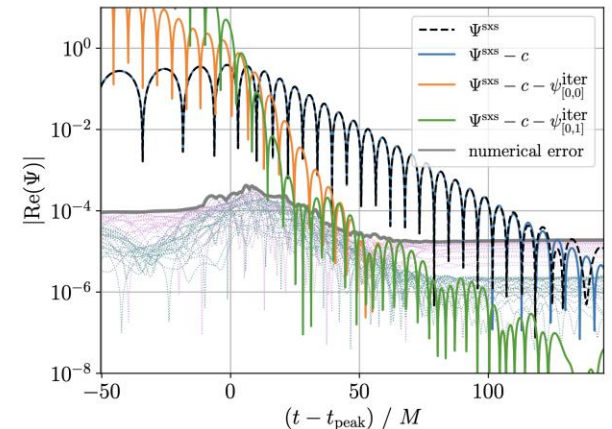
これまでの卒研究生の研究テーマ

「Schwarzschild ブラックホールによる波の散乱の理解」

- 回転しないブラックホールによるスカラー場の散乱現象の数値計算
→ 大学院ではBH近傍の星の運動や原始BHを研究

「連星ブラックホール合体後のリングダウン重力波の解析」

- リングダウン重力波から準固有振動を抽出する解析
→ 卒研の成果から新しい解析手法を着想、これを発展させて論文を出版



「機械学習による重力波データ解析」

- ニューラルネットワークによるパラメータ推定を、重力波を模した減衰振動に適用
→ 大学院進学後、発展的解析を継続中

おわりに

研究は、決して楽しいことばかりではありません。

それでも、途方もないスケールの宇宙の進化や、光すら脱出できないブラックホールのふるまいを、シンプルな方程式で解き明かす驚きと感動は、他では味わえないものです。

研究室見学は随時受け付けています。

興味のある方は、お気軽にご連絡ください。

連絡先：

本橋 隼人

motohashi (at) tmu.ac.jp

