

一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 教授
博士3名 修士4名 学部生6名

研究の概要

- **ブラックホール時空の有質量摂動論**

今年度は、背景時空が局所的に反ドジッター (AdS) 時空となる、いわゆるトポロジカル・ブラックホールおよびその特別な場合について、様々なボソン場の線形摂動のマスター方程式の大域解の構成と安定性解析を行った。すでに様々な有質量および零質量線形摂動場に対して、力学自由度が独立した形式のマスター方程式は得られており、その一般解も超幾何関数を用いて具体的に求められている。本年度は、それらの一般解から、適切な境界条件を満たす大域解を構成する際に、境界条件と波動（特に不安定モード）の関係を精密かつ網羅的に決定することを行った。

中心特異点の解消された量子ブラックホール、あるいは古典論における現象論的モデルの正則ブラックホールは、ブラックホール表面である事象の地平面の他に、内部に別の地平面（コーシー地平面）を持つ。この様なコーシー地平面の存在は、一般相対論・重力理論における未解決問題である宇宙検閲官仮説に反する。そこで、正則ブラックホール内部のコーシー地平面の安定性解析を目的として、正則ブラックホールを模倣する時空を、ドジッターや反ドジッター時空領域と古典的荷電ブラックホール解との時空接続により構成することを試みた。大学院学生とともに遂行した。

- **量子補正荷電ブラックホールの構成と大域構造**

漸近安全性における厳密繰り込み群的手法に基づく量子補正したブラックホール時空の構成を、静的球対称荷電ブラックホールの場合に試みた。量子補正により中心にある曲率特異点が、ミンコフスキー時空、ドジッターや反ドジッターなどの正則な時空領域となる場合、あるいは弱い特異点が発生する場合があります。量子補正された球対称荷電ブラックホールの大域構造を考察した。

- **「極限宇宙」の問題**

光的エネルギー条件、特に共形不変な「CANEC」や「重み付きANEC」の研究を行った。昨年度までに AdS/CFT 対応を用いた考察により、強結合量子場に対する重み付き ANEC の成否について、閉じた宇宙を表す時空上で議論することができた。今年度は、この重み付き ANEC を、量子場の効果が本質

的となると予想されるホーキング輻射により蒸発過程にあるブラックホール時空上で検討した。この場合、時空は閉じた宇宙にはなっていないが、蒸発過程にあるブラックホール地平面の振舞いは閉じた宇宙とよく似た構造をもっているため、これまでの ANEC 研究を応用することができ、結局、われわれの提案した重み付き ANEC は、蒸発するブラックホール時空上で成立し得ることを示すことができた。

学術論文（査読付）

1. "The averaged null energy condition on holographic evaporating black holes" Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda, JHEP 03 (2022) 104 • e-Print: 2111.05151 [hep-th]
2. "Quantum improved charged black holes" Akihiro Ishibashi, Nobuyoshi Ohta, Daiki Yamaguchi, Phys.Rev.D 104 (2021) 6, 066016 • e-Print: 2106.05015 [hep-th]
3. "First law of entanglement entropy in AdS black hole backgrounds" Akihiro Ishibashi and Kengo Maeda, Phys.Rev.D 104 (2021) 2, 026004 • e-Print: 2104.01862 [hep-th]

学術論文（査読なし）

1. 理工学総合研究所紀要 研究報告「令和2年度日本物理学会年次大会シンポジウム「ロジャー・ペンローズと相対論」招待講演（令和3年3月15日）の報告」

博士論文

- 「ブラックホール時空上の線形摂動場のダイナミクス」

修士論文

- 「時空接続による正則ブラックホールモデルの構成とその安定性解析」
- 「ブレーンワールドモデルの発展とホログラフィー原理との関係」
- 「漸近 AdS 時空における有質量ボソン場のダイナミクス」

学士論文

- 「事象の地平面の面積の振る舞いでみるブラックホール第二法則」
- 「ブラックホールのトポロジー」
- 「定常回転ブラックホールの事象の地平面と Killing ベクトル」
- 「ブラックホールの表面重力と第 0 法則」
- 「ブラックホールと熱力学第一法則との関係」
- 「ブラックホールの一意性及び Hawking 放射」

国際学会・研究会講演

1. International workshop "String theory, gravity, and cosmology" (SGC2021) Pohang, S.Korea, 招待講演 "Averaged Null Energy Conditions and Holography"

国内学会・研究会講演

1. 天文・天体物理若手夏の学校 招待講演 「BMS 対称性とメモリー効果」 2021 年 8 月 23 日 (オンライン実施)
2. 大阪市立大セミナー 2021 年 5 月 21 日 「重力波とエントロピー」
3. 京都大学基礎物理学研究所セミナー 2021 年 12 月 23 日 「Averaged null energy conditions and holographic evaporating black hole」
4. 研究会：重力理論と弦理論の新基軸 「Causality and Positivity」 招待講演 大分県別府市 2022 年 3 月 30 日
5. JGRG onlinewebinar 「Averaged null energy conditions and holographic evaporating black hole」 招待講演 2022 年 3 月 30 日
6. 領域会議：「Black and singularities from Quantum Information」 京都大学基礎物理学研究所 2022 年 3 月 8 日
7. 研究会：相対論と重力理論の現在・過去・未来 「Kinematics vs Dynamics in General Relativity」 招待講演 大阪市立大 2022 年 3 月 12 日

競争的外部資金

- 学術変革領域研究 (A) 「量子情報を用いた量子ブラックホールの数理解明」
研究代表者 石橋明浩 直接経費 2,900,000 円 (2021 年度)
- 基盤研究 (C) 「ブラックホール時空の有質量摂動論」 研究代表者 石橋明浩
直接経費 1,000,000 円 (2021 年度)
- 学術変革領域研究 (A) 「極限宇宙の物理法則を創る - 量子情報で拓く時空と物質の新しいパラダイム」 (研究代表者 高柳匡) 研究分担者 石橋明浩 100,000 円 (2021 年度)
- 基盤研究 (C) 「AdS/CFT 双対性を用いた曲がった時空での強結合場の解析」
(研究代表者 前田健吾) 研究分担者 石橋明浩 300,000 円 (2021 年度)

学外活動

- 第 14 回宇宙 (天文) を学べる大学合同進学説明会 2021 年 5 月 31 日 各大学個別説明会 補助 (オンライン)

書籍・出版物 (電子書籍・電子出版物含む)

- 数理学 2022 年 1 月号 「物理学におけるさまざまな視点と普遍性」サイエンス社

学内委員

- 理工学部人権教育・ハラスメント防止委員会委員長 (前期)
- 総合理工学研究科 大学院委員会委員 (前期・後期)
- 基本構想推進委員会
- 大学院生サミット実行委員 (後期)

学外委員

- 日本物理学会代議員