

1 研究目的、研究方法など

本欄には、本研究の目的と方法などについて記述すること。記述に当たっては、「公募要領に示された公募研究の内容」（公募要領17～37頁を参照）を踏まえること。

冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述し、本文には、(1)本研究の学術的背景、研究課題の核心をなす学術的「問い」、(2)本研究の目的及び学術的独自性と創造性、(3)本研究で何をどのように、どこまで明らかにしようとするのか、(4)本研究により、どのような点で当該研究領域の推進に貢献できるか、について具体的かつ明確に記述すること（4頁以内）。

（概要）

（本文）

【1 研究目的、研究方法など（つづき）】

【1 研究目的、研究方法など（つづき）】

【1 研究目的、研究方法など（つづき）】

2 本研究の着想に至った経緯など

本欄には、(1) 本研究の着想に至った経緯と準備状況、(2) 関連する国内外の研究動向と本研究の位置付け、について記述すること（1 頁以内）。

3 応募者の研究遂行能力及び研究環境

本欄には、応募者の研究計画の実行可能性を示すため、(1)これまでの研究活動、(2)研究環境（研究遂行に必要な研究施設・設備・研究資料等を含む）について記述すること（2頁以内）。

「(1)これまでの研究活動」の記述には、研究活動を中断していた期間がある場合は、その説明などを含めてもよい。

1. これまでの研究活動

申請者のこれまでの経歴や業績を以下に簡単にまとめた。申請者の web ページ <https://nekomammat.github.io/indexJP.html> も合わせて参照されたい。

職歴・フェローシップ

- 2019.04– 非常勤講師 (力学 1, 2) 大同大学
- 2018.04– 日本学術振興会特別研究員 PD 名古屋大学大学院 理学研究科 宇宙論研究室
- 2017.04– ポスドク研究員
 - 2018.03 Institut d'Astrophysique de Paris, France
- 2015.04– 日本学術振興会特別研究員 DC2
 - 2017.03 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構および宇宙線研究所
- 2012.10– フォトンサイエンス・リーディング大学院
 - 2017.03 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構および宇宙線研究所

採択・受賞歴

- 2019.02 若手代表発表者 FAPESP-JSPS Workshop on dark energy, dark matter, and galaxies
- 2017.02.24 所長賞 (博士部門) 第6回修士博士研究発表会, 宇宙線研究所

外部資金獲得状況

- 2019–2020 科学研究費助成事業 若手研究
 - JP19K14707 「ストカスティック形式で迫る重力と量子論」 1,560,000 円, 研究代表者

研究者活動

- サイエンスメンバー
 - International Research Network Extragalactic astrophysics and Cosmology (NECO)
- 査読 EPJC, PTEP, JCAP, PRD, Universe
- 2014.10.01– 留学 ヘルシンキ大学 Kari Enqvist 教授
 - 12.22 フォトンサイエンス・リーディング大学院のコースワーク

申請者はこれまで22本の論文を発表し、26件の国際会議、24件の国内外研究所でのセミナー発表を行なっている。2019年にはブラジルとの2国間研究会 “FAPESP-JSPS Workshop on dark energy, dark matter, and galaxies” にて若手代表発表者として選出され、原始ブラックホールに関する発表を行い、2020年には “Online JGRG Workshop” にてインフレーションの確率形式に関する発表について、Outstanding Presentation Award Gold Prizeを受賞した。フェローシップとしてフォトンサイエンス・リーディング大学院や日本学術振興会特別研究員 DC2 および PD に採用され、科学研究費助成事業若手研究 (1回目) にも採択されている。これら研究資金を利用して海外経験も積み、学生の時から海外研究者とも共同研究を行ってきた。2017年度はフランス国立科学研究センター (CNRS) に PD 研究員として採用されパリ天体物理学研究所 (IAP) に滞在していたが、特別研究員 PD に採用されたため任期途中で切り上げ帰国することとなり、現在は名古屋大学に所属している。今年度採用分の名古屋大学高等研究院 YLC 特任助教として内定され、来年度からも引き続き名古屋大学宇宙論研究室に所属し、安定した研究活動と大学院生の研究指導を行うことができる。その他

【3 応募者の研究遂行能力及び研究環境（つづき）】

の詳細な経歴については申請者の web ページ <https://nekomammat.github.io/indexJP.html> も参照されたい。

研究テーマは主にインフレーションに関連した初期宇宙の物理についてである。最初の論文 [1] ではインフレーションの確率形式において曲率ゆらぎを直接計算する手法を提唱し、続く論文 [2] では本手法を実際に、ゆらぎが大きくなって従来手法が破綻する理論に適用し、初めて曲率ゆらぎの定量的な計算に成功した。論文 [3] では当理論における原始ブラックホール形成も議論し、現実的な確率形式の利用法を確立してきたと言える。フランスポスドク時代には、これまで多くの研究者が利用してきた素朴なインフレーション確率形式の定式化では、数学的に不定性があり、より一般的なインフレーション理論に対して運動方程式が 1 つに定まらない問題があることを発見した [4]。日本に戻ってきてからもフランスの共同研究者らと研究を続け、先日ついに数学的に一意で、一般的なインフレーション理論に対しても適用可能な確率形式の定式化に成功し [5]、インフレーション理論の大規模包括的解析の準備が整ったと言える。

原始ブラックホールについては一連の研究 [6–9] が業界から注目されている。原始ブラックホールの実現には大きな曲率ゆらぎが必要になる一方、大規模スケール ($\gtrsim 1 \text{ Mpc}$) においては曲率ゆらぎが非常に小さかったことが CMB 等の宇宙観測からわかっており、したがってこれまで原始ブラックホールを実現するインフレーション理論にはパラメータの細かい調整を必要とする不自然なものが多かった。一方我々はインフレーションが 2 回以上起き、大規模スケールと原始ブラックホールスケールのゆらぎが異なるインフレーションに対応していたとすれば、非常に簡単に原始ブラックホールを実現できることを指摘した。このような多段階インフレーションは、量子重力理論の候補である超弦理論の文脈から支持されることも議論している [10]。同じく名古屋大学宇宙論研究室所属の横山修一郎氏（名古屋大学助教）とはこのような多段階インフレーションにて、LIGO/Virgo の合体ブラックホール、暗黒物質、そして OGLE グループが発見した銀河中心に向けての正体不明の重力レンズ現象 [11] の全てを原始ブラックホールで同時に説明することができることを示した [12]。横山氏とはゆらぎの統計性が原始ブラックホールの密集形成に影響することも指摘し [13]、これは合体重力波の頻度の観点からも重要である。

これまで申請者は現研究室で大学院生の研究指導にも積極的に貢献してきたが [10, 14, 15]、論文 [15] では大学院生らとともに、誘導重力波が QCD 相転移プラズマの音速の変化に影響されることを示し、したがって誘導重力波の詳細な観測によって初期宇宙の QCD 相転移プラズマの性質を探り得る可能性があることを示唆した。引き続き具体的な重力波観測計画を考慮し、プラズマパラメータの観測可能性を定量的に議論する研究を行う予定である。

以上が申請者のこれまでの研究活動と実績の簡単なまとめであり、本研究課題の遂行可能性を示す客観的証拠であると言える。

2. 研究環境

名古屋大学高等研究院の YLC 特任助教に内定されたため、引き続き名古屋大学宇宙論研究室で安定した研究活動が可能である。当研究室においてすでに研究者および大学院生らとの共同研究実績を挙げており、本研究課題に対して研究環境が適していることを示している。特に原始ブラックホールに関しては当分野を先導している横山氏や柳哲文氏（名古屋大学講師）の助けを借りることができるため、非常に優れた研究環境だと言える。確率形式の大規模計算に対して、当研究室はクラスター計算機 “galaxy” を所有しており研究に役立つであろう。また本研究課題は国内においては藤田智弘氏（東京大学研究員）や徳田順生氏（神戸大学研究員）との共同研究を計画しており、名古屋大学は各研究所に対し地理的に中心に位置しているため、共同研究を進めやすい。国外研究者としてはフランスの共同研究者である Vennin 氏や Sébastien Renaux-Petel 氏（IAP 研究員）、Lucas Pinol 氏（IAP 大学院生）との引き続きの共同研究はもちろん、イギリスの Wands 氏や Christian Byrnes 氏（Sussex 上級主任研究員）、イタリアの Sabino Matarrese 氏（Padova 教授）や Nicola Bartolo 氏（Padova 准教授）との議論および協力を予定している（実際直近で

【3 応募者の研究遂行能力及び研究環境（つづき）】

は 2020 年 11 月に Padova グループでのオンラインセミナー発表を依頼されている). 普段は電子メールやオンライン会議, チャットツールを駆使して連絡をとっているが, より円滑な共同研究活動のためには旅費や設備準備費として本科学研究費が必要不可欠である.

参考文献

- [1] T. Fujita, M. Kawasaki, Y. Tada and T. Takesako, JCAP **12**, 036 (2013).
- [2] T. Fujita, M. Kawasaki and Y. Tada, JCAP **10**, 030 (2014).
- [3] M. Kawasaki and Y. Tada, JCAP **08**, 041 (2016).
- [4] L. Pinol, S. Renaux-Petel and Y. Tada, Class. Quant. Grav. **36**, no.7, 07LT01 (2019).
- [5] L. Pinol, S. Renaux-Petel and Y. Tada, [arXiv:2008.07497 [astro-ph.CO]].
- [6] M. Kawasaki, A. Kusenko, Y. Tada and T. T. Yanagida, Phys. Rev. D **94**, no.8, 083523 (2016).
- [7] K. Inomata, M. Kawasaki, K. Mukaida, Y. Tada and T. T. Yanagida, Phys. Rev. D **95**, no.12, 123510 (2017).
- [8] K. Inomata, M. Kawasaki, K. Mukaida, Y. Tada and T. T. Yanagida, Phys. Rev. D **96**, no.4, 043504 (2017).
- [9] K. Inomata, M. Kawasaki, K. Mukaida, Y. Tada and T. T. Yanagida, Phys. Rev. D **96**, no.12, 123527 (2017).
- [10] K. Kogai and Y. Tada, Phys. Rev. D **101**, no.10, 103514 (2020) doi:10.1103/PhysRevD.101.103514 [arXiv:2003.06753 [astro-ph.CO]].
- [11] H. Niikura, M. Takada, S. Yokoyama, T. Sumi and S. Masaki, Phys. Rev. D **99**, no.8, 083503 (2019).
- [12] Y. Tada and S. Yokoyama, Phys. Rev. D **100**, no.2, 023537 (2019).
- [13] Y. Tada and S. Yokoyama, Phys. Rev. D **91**, no.12, 123534 (2015).
- [14] Y. Mikura, Y. Tada and S. Yokoyama, [arXiv:2008.00628 [hep-th]].
- [15] K. T. Abe, Y. Tada and I. Ueda, [arXiv:2010.06193 [astro-ph.CO]].

【3 応募者の研究遂行能力及び研究環境（つづき）】

「3 応募者の研究遂行能力及び研究環境」は2ページ以内で書いてください。

4 人権の保護及び法令等の遵守への対応（公募要領4頁参照）

本欄には、本研究を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など指針・法令等（国際共同研究を行う国・地域の指針・法令等を含む）に基づく手続が必要な研究が含まれている場合、講じる対策と措置を記述すること（1頁以内）。

個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査・行動調査（個人履歴・映像を含む）、提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、遺伝子組換え実験、動物実験など、研究機関内外の倫理委員会等における承認手続が必要となる調査・研究・実験などが対象となる。

該当しない場合には、その旨記述すること。

該当しない。