

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32613

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13565

研究課題名（和文）高階微分重力理論の検証

研究課題名（英文）Exploring higher-derivative theories of gravity

研究代表者

本橋 隼人（Motohashi, Hayato）

工学院大学・教育推進機構（公私立大学の部局等）・准教授

研究者番号：00708563

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：近年、一般相対性理論を拡張したスカラーテンソル理論において、高階微分を含む様々な理論模型が提唱されている。このような理論は一般にオストログラドスキー・ゴーストと呼ばれる病的な力学的自由度を持つが、本研究では任意の高階微分を含む理論から縮退条件を用いてゴーストを除去する系統的な方法を定式化した。また、disformal変換を一般化し、これを応用することで新しいスカラーテンソル理論を構築した。さらに、新しい回転ブラックホール厳密解の発見、ブラックホール摂動論の定式化、スコルダトゥーラ機構による強結合問題の解決、ダークエネルギーやインフレーションモデルなど、多角的な観点から高階微分重力理論を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

米国の重力波干渉計LIGOによる2016年の重力波初検出の報告以来、ブラックホールの理論・観測の研究者によるノーベル賞受賞が相次いでおり、現在ブラックホール研究は国際的に大きな注目を集めている。このような状況において重力理論検証の枠組みとしてゴーストを持たない高階微分重力理論を構築したことは大きな意義を持つ。また、ブラックホール厳密解の発見及び摂動論の定式化は準固有振動等の観測量につながるものであり、後続研究も進行中である。我が国の重力波干渉計KAGRAも2020年から観測を開始しており、本研究成果と将来的な観測データを合わせることで新しい物理法則の糸口がつかめるか、今後の進展が期待される。

研究成果の概要（英文）：Recently, various scalar-tensor theories with higher-order derivatives are proposed as extensions of general relativity. Such theories are prone to suffer from pathological degrees of freedom known as the Ostrogradsky ghosts. We propose a systematic algorithm where we impose a set of degeneracy conditions to eliminate the ghosts from generic theories involving arbitrarily higher-order derivatives. We also find a generalization of the disformal transformation to include higher derivatives, and applying it to construct a novel class of scalar-tensor theory. Further, we explore the higher-derivative theories of gravity from multiple viewpoints: find novel black hole exact solutions, establish the black hole perturbation theory, resolve the strong coupling by scordatura mechanism, and clarify its role in dark energy and inflationary models.

研究分野：相対論・宇宙論

キーワード：重力 相対論 宇宙論 ブラックホール インフレーション ダークエネルギー

## 1. 研究開始当初の背景

(1) スカラーテンソル理論は一般相対性理論にスカラー場を導入した理論であるが、近年のスカラーテンソル理論の研究において、著しい発展があった。運動方程式に2階までの微分を含む最も一般的なスカラーテンソル理論がホルンデスキー理論であることが2011年に明らかになり、これをさらに拡張したDHOST理論と呼ばれる理論が2015年に提唱された。これらの理論は、理論を司るラグランジアンに高階微分が含まれ、数理物理的な観点からも興味深い研究対象になると同時に、豊かな現象論を持つことも明らかとなり、さらに広いクラスの高階微分理論の構築が現在に至るまで続いている。統合的な高階微分理論構築の重要な指導原理の一つに、オストログラドスキー・ゴーストと呼ばれる病的な力学的自由度を排除することがあり、このような理論の構築法を明らかにすることが高階微分理論の研究における重要な課題であった。

(2) 一方、高階微分理論を検証する上で最も重要な物理現象の一つとして、ブラックホール時空における波の伝搬が挙げられる。これは、米国の重力波干渉計 Advanced LIGO による連星ブラックホール合体時に生じる重力波の史上初の直接検出が2016年に報告されたことに伴い、ブラックホール近傍における重力理論検証が現実的なものとなったためである。ブラックホール近傍では非常に重力が強く、同時に激しく時間変化している。このような強重力・動的系において一般相対性理論が成立しているか否かは未開拓である。我が国の重力波干渉計 KAGRA も2020年から観測を開始しており、ブラックホールの観測によって新しい物理法則の糸口がつかめる可能性がある。そのため、重力理論検証の理論的枠組みとして、高階微分理論におけるブラックホール厳密解及び線形摂動論を整備することが研究開始当初における喫緊の課題であった。

## 2. 研究の目的

(1) ラグランジアンに2階微分までを含む理論においては著しい発展があったが、3階以上の微分を含む理論は依然として未開拓の領域であった。本研究ではラグランジアンに3階以上の微分を含みオストログラドスキー・ゴーストを持たない修正重力理論の系統的な研究を世界で初めて行う。

(2) 高階微分重力理論の枠組みを利用することで、一般相対性理論と全く同じブラックホール解を持つ重力理論を絞り込む。同時に、一般相対論とは異なる厳密解も探索する。さらに、修正重力理論におけるブラックホール摂動論の定式化を行う。

(3) 重力波により観測された連星ブラックホールの起源の有力候補の一つとして、原始ブラックホールが近年注目を集めている。本研究では高階微分理論の研究で得られた知見を応用して、宇宙初期のインフレーションにおける原始ブラックホール生成の研究を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 3階以上の微分を含みゴーストを持たない理論を特定するために、縮退条件を利用した構築法を定式化する。縮退条件はハミルトニアン解析においてゴーストを除去するための拘束条件の存在を保証する条件である。これまでの研究で確立した2階微分理論における縮退条件の研究成果を拡張して応用する。

(2) 高階微分理論を生成するための道具として、disformal 変換が広く知られている。これを応用して新しい厳密解を生成する。また、disformal 変換を一般化し、それを利用することで、3階以上の微分を含んだ新しいクラスの高階微分スカラーテンソル理論を生成する。

(3) 一般に厳密解の探索においては、ある理論において解を探すという方法が従来とられてきた。これに対して私はこれまでの研究において、解の形を先に与え、それを厳密解として許す理論を絞り込むという、従来の方法を逆転させた方法を提唱した。この方法を利用して高階微分理論における新しい解を探索する。

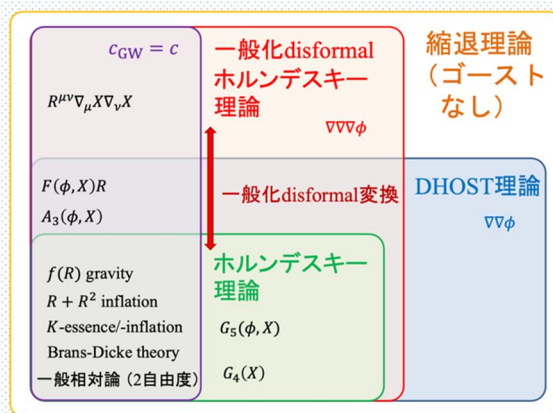
(4) 私はこれまでの研究において、ホルンデスキー理論における回転しないブラックホールの摂動論を定式化した。この研究成果をさらに推し進め、高階微分理論におけるブラックホール摂動論を開拓する。

## 4. 研究成果

(1) 3階以上の任意の高階微分を含む一般的な理論からゴースト自由度を除去する系統的な方法の定式化に成功した。定式化は解析力学の範囲で行い、ハミルトニアン解析を用いてゴースト自由度を取り除く拘束条件を生成する縮退条件を導出した。また相補的な解析として、オイラー・ラグランジュ方程式は高階微分を含むが、縮退条件を満たしている場合には2階微分系に帰

着できることを確かめた。

(2) disformal 変換を一般化するとともに、これを利用して3階以上の微分を含む新しいスカラーテンソル理論を構築した。整合的な理論を生成するためには変換が行き来できること、すなわち可逆であることが重要となる。2階以上の微分を含む可逆変換はこれまで知られていなかったが、変換の群構造に注目することで、2階以上の微分を含む可逆な一般化 disformal 変換を発見した。これを応用することで図1のように新しい高階微分理論として「一般化 disformal ホルンデスキー理論」を構築した。今後、幅広い応用が期待される。



非縮退理論 (オストログラドスキー・ゴーストあり)

図 1：高階微分理論の包含関係

(3) 高階微分理論における新しいブラックホール厳密解として、一般相対論における解と同じ計量を持つステルス解と、異なる計量を持つ disformal カー解を発見した。ステルス解においては、一般相対性理論が持つ任意の厳密解が許されるクラスを、共変解析により特定した。一方、disformal カー解は一般相対論における回転ブラックホール解であるカー解から disformal 変換を利用して生成した解である。これは一般相対論からのズレを持った厳密解であるため、重力理論検証において有用である。この解は発表後ただちに注目を集め、ブラックホールシャドウや近傍の星やパルサーの運動などの様々な観点から、一般相対論との違いがどのように現れるか、精力的に研究が進められている。今後数年で得られるより精密な観測データによる検証が期待される。

(4) 高階微分理論におけるブラックホール摂動論を定式化した。高階微分重力理論において、ブラックホール厳密解が存在していても、微小な摂動に対して不安定である場合、実際に実現される解とみなすことはできない。また、重力波などによる実際の観測量につなげるためにも、ブラックホール時空における摂動論による解析が必要となる。回転しないブラックホールを表す静的球対称時空の線形摂動では奇パリティと偶パリティの両方のモードが存在するが、本研究の一連の研究成果により、全てのマスター変数を同定し、安定性条件を導出することに成功した。このマスター方程式を解くことで重力波の準固有振動など観測量を議論することが可能となる。これに関する後続研究が現在進行中である。

(5) 高階微分理論のステルス解において普遍的に強結合問題が存在することを発見し、それを克服するためのスコルダトゥーラ機構を提唱した。漸近平坦または漸近ドジッターとなるステルス解において、線形摂動の破綻を意味する強結合が起きていることが明らかとなった。この問題は縮退条件と密接に結びついているため、縮退を弱く破る項を導入することで回避できることを示した。弦楽器の変則調弦を表す音楽用語から、これを「スコルダトゥーラ機構」と名付けた。このような項の導入は一見逆説的であるが、有効理論の立場からは、縮退条件が何らかの対称性で守られていない限り、高エネルギーにおいて必ず現れる項であり、自然と言える。スコルダトゥーラ機構ではこのような高階微分項を利用して、分散関係を改善し強結合を避けると同時に、縮退条件の破れに伴って現れるゴーストは有効理論の適用範囲のエネルギースケールより上に現れるように調整するという、画期的な手法である。

(6) スコルダトゥーラ項がダークエネルギー模型の検証の文脈でも重要な役割を持つことを明らかにした。音速が小さくなるダークエネルギー模型では、宇宙論的摂動論における擬静的極限を自然に成立させるためにもスコルダトゥーラ機構が不可欠であることを明らかにした。これにより、ホライズン内の物質密度揺らぎが実効重力係数を通じてスコルダトゥーラの影響を受けることがわかった。これは銀河団スケールの大規模構造の形成に関わるものであり、観測的検証につながる成果である。

(7) 高階微分理論の研究で得られた知見を活かして原始ブラックホールの生成量に関する研究を行った。従来、音速が0に近いインフレーション模型における原始ブラックホール生成が指摘されていたが、スコルダトゥーラ効果は看過されていた。これを考慮して原始ブラックホール生成量を再評価したところ、曲率ゆらぎの成長が大きく変更され、生成量が減少することが判明した。これはスコルダトゥーラ効果の重要性を浮き彫りにするものである。また、原始ブラックホールの生成量に対して非ガウス性を考慮した解析を行い、その効果が小さいことを確かめた。これにより、ガウス性を仮定したこれまでの研究により得られた、原始ブラックホール生成にはスローロール条件の破れが不可避であるという禁止定理は、非ガウス性を考慮しても変更を受けないことが示された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件/うち国際共著 11件/うちオープンアクセス 23件）

1. 著者名 Motohashi Hayato, Noda Sousuke	4. 巻 2021
2. 論文標題 Exact solution for wave scattering from black holes: Formulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab097	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Kazufumi, Motohashi Hayato	4. 巻 2021
2. 論文標題 Black hole perturbations in DHOST theories: master variables, gradient instability, and strong coupling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 013 ~ 013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2021/08/013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gorji Mohammad Ali, Motohashi Hayato, Mukohyama Shinji	4. 巻 2022
2. 論文標題 Inflation with $0 <= c_s <= 1$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 030 ~ 030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2022/02/030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Kazufumi, Motohashi Hayato, Minamitsuji Masato	4. 巻 105
2. 論文標題 Invertible disformal transformations with higher derivatives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.024015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Samuel Passaglia, Wayne Hu, Hayato Motohashi	4. 巻 101
2. 論文標題 Primordial Black Holes as Dark Matter through Higgs Criticality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 1,24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.123523	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayato Motohashi, Teruaki Suyama	4. 巻 9
2. 論文標題 Quantum Ostrogradsky theorem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1,9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP09(2020)032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Katsuki Aoki, Hayato Motohashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Ghost from constraints: a generalization of Ostrogradsky theorem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1,35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/08/026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hayato Motohashi, Wayne Hu	4. 巻 101
2. 論文標題 Effective Field Theory of Degenerate Higher-Order Inflation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 1,22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.083531	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kazufumi Takahashi, Hayato Motohashi	4. 巻 6
2. 論文標題 General Relativity solutions with stealth scalar hair in quadratic higher-order scalar-tensor theories	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1,20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/06/034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jibril Ben Achour, Hongguang Liu, Hayato Motohashi, Shinji Mukohyama, Karim Noui	4. 巻 11
2. 論文標題 On Rotating Black Holes in DHOST Theories	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1,21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/11/001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mohammad Ali Gorji, Hayato Motohashi, Shinji Mukohyama	4. 巻 3
2. 論文標題 Stealth dark energy in scordatura DHOST theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1,30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2021/03/081	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Takahashi, H. Motohashi, M. Minamitsuji	4. 巻 100
2. 論文標題 Linear stability analysis of hairy black holes in quadratic degenerate higher-order scalar-tensor theories: Odd-parity perturbations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1,16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.024041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Motohashi, A. A. Starobinsky	4. 巻 11
2. 論文標題 Constant-roll inflation in scalar-tensor gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1, 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/11/025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Motohashi, S. Mukohyama, M. Oliosi	4. 巻 3
2. 論文標題 Constant roll and primordial black holes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1, 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/03/002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Motohashi, S. Mukohyama	4. 巻 1
2. 論文標題 Weakly-coupled stealth solution in scordatura degenerate theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1, 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/01/030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Motohashi, T. Suyama, M. Yamaguchi	4. 巻 87
2. 論文標題 Ghost-free theory with third-order time derivatives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1, 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.063401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Ramirez, S. Passaglia, H. Motohashi, W. Hu, O. Mena	4. 巻 1804
2. 論文標題 Reconciling tensor and scalar observables in G-inflation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1, 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/04/039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Motohashi, M. Minamitsuji	4. 巻 781
2. 論文標題 General Relativity solutions in modified gravity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 728, 734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2018.04.041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Motohashi, T. Suyama, M. Yamaguchi	4. 巻 1806
2. 論文標題 Ghost-free theories with arbitrary higher-order time derivatives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1, 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP06(2018)133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Minamitsuji, H. Motohashi	4. 巻 98
2. 論文標題 Stealth Schwarzschild solution in shift symmetry breaking theories	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1, 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.084027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する



1. 著者名 H. Motohashi, S. Mukohyama	4. 巻 99
2. 論文標題 Shape dependence of spontaneous scalarization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1, 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.044030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Passaglia, W. Hu, H. Motohashi	4. 巻 99
2. 論文標題 Primordial Black Holes and Local Non-Gaussianity in Canonical Inflation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1, 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.043536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Motohashi, M. Minamitsuji	4. 巻 99
2. 論文標題 Exact black hole solutions in shift-symmetric quadratic degenerate higher-order scalar-tensor theories	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1, 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.064040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 30件)

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 24th International Conference on Particle Physics and Cosmology (COSMO ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG30), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 On the theory of quasinormal modes
3. 学会等名 Gravitational wave physics and astronomy: Genesis, Group A Area Workshop 2022 and Winter Camp (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 On rotating black holes in DHOST theories
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 第22回特異点研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 暗黒エネルギー/修正重力と重力波
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 立教大学コロキウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 JGRG Webinar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 Gravity & Cosmology Seminar, Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences (ITP-CAS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Quantum Ostrogradsky theorem
3. 学会等名 "Spring workshop on gravity and cosmology", Krakow, Poland (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Primordial black holes from canonical single field inflation
3. 学会等名 14th International Conference on Gravitation, Astrophysics and Cosmology (ICGAC14), National Central University, Jhongli, Taiwan (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Black holes in modified gravity
3. 学会等名 AAPPS-DACG Workshop on Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Asia Pacific Center for Theoretical Physics (APCTP), Pohang, South Korea (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Weakly-coupled stealth solution in scordatura degenerate theory
3. 学会等名 The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG30), Nagoya University (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 Gravitational wave physics and astronomy: Genesis, The Fourth Annual Area Symposium Online, Kavli IPMU, The University of Tokyo (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 Black Hole Astrophysics with VLBI: Multi-Wavelength and Multi-Messenger Era, Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact solution for wave scattering from black holes
3. 学会等名 55th Rencontres de Moriond: Gravitation (online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Primordial black holes from constant-roll inflation
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会 (オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Quantum Ostrogradsky theorem
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constant-roll inflation in scalar-tensor theory
3. 学会等名 Accelerating Universe in the Dark (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Black holes in modified gravity
3. 学会等名 YITP long-term workshop: Multi-Messenger Astrophysics in the Gravitational Wave Era (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Black holes in modified gravity
3. 学会等名 Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Exact black hole solutions in modified gravity
3. 学会等名 The 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG29) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constant roll and primordial black holes
3. 学会等名 Focus Week on Primordial Black Holes (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Black holes in modified gravity
3. 学会等名 Area workshop 2020 Winter/Group A camp (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Primordial black holes from constant-roll inflation
3. 学会等名 Area workshop 2020 Winter/Group A camp (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Primordial black holes from constant-roll inflation
3. 学会等名 The Third annual symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Exact black hole solutions in DHOST theories
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constructing ghost-free theories with higher derivatives
3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Primordial black holes and slow-roll violation
3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 General Relativity solutions in modified gravity
3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constant-roll inflation
3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constant-roll inflation
3. 学会等名 5th Korea-Japan workshop on dark energy ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Shape dependence of spontaneous scalarization
3. 学会等名 The 28th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG28) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Shape dependence of spontaneous scalarization
3. 学会等名 The Second annual symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Primordial black holes in canonical single field inflation
3. 学会等名 Asian-Pacific Winter School and Workshop on Gravitation and Cosmology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Shape dependence of spontaneous scalarization
3. 学会等名 "Gravitational wave physics and astronomy: Genesis" Area Workshop 2019 Winter and Group A Boot Camp (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Motohashi
2. 発表標題 Constant-roll inflation in scalar-tensor theory
3. 学会等名 Accelerating Universe in the Dark (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Ghost-free theories with arbitrary higher-order time derivatives
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Modified gravity with higher derivatives
3. 学会等名 第7回観測的宇宙論ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Ghost-free theories with arbitrary higher-order time derivatives
3. 学会等名 第31回 理論懇シンポジウム「宇宙物理の標準理論：未来へ向けての再考」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本橋隼人
2. 発表標題 Exact black hole solutions in scalar-tensor theories
3. 学会等名 第三回若手による重力・宇宙論研究会「理論と観測から探るブラックホール研究のこれから」
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Hayato Motohashi's Website  
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~ft13659/index.html>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	シカゴ大学	カブリ宇宙物理学研究所	エンリコ・フェルミ研究所	
ドイツ	フリードリヒ・アレクサンダー 大学エアランゲン=ニュルンベルク			
中国	鵬城実験室			
フランス	トゥール大学	パリ第7大学		
ポルトガル	リスボン大学	Centro de Astrofisica e Gravitacao	Instituto Superior Tecnico	
ロシア連邦	ランダウ理論物理学研究所			
スペイン	バレンシア大学	素粒子物理学研究所		