

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2022

課題番号：16K05331

研究課題名（和文）漸近的安定性による量子重力理論の研究と検証

研究課題名（英文）Study of Quantum Gravity by Asymptotic Safety and Their verification

研究代表者

太田 信義（OHTA, Nobuyoshi）

近畿大学・理工学総合研究所・研究員

研究者番号：90167304

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：重力の量子論を非摂動的に定式化する漸近的安全性で、非摂動的な場合は理論に含まれる演算子が3つに限られ、摂動論とつながる場合は4つ必要であることを示した。またユニモジュラー重力や、一般化された重力理論 $f(R)$ 重力の量子論的取り扱いについても調べた。電荷を持つReissner-Nordstromブラックホールの特異点が解消される可能性を指摘した。回転するカーブラックホールのエントロピーが、ホライズン面積の関数として決まることを発見した。さらにシュワルツシルトブラックホールの温度や質量についての相構造を解析した。漸近的安全性で見逃されていた波動関数くりこみの効果を取り入れる重要性を指摘した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在宇宙に存在しているブラックホールや宇宙の起源を理解するには、重力の量子論をしっかりと理解することが重要である。この研究は、くりこみ群という非摂動的な手法を用いて量子重力を定式化し、その予言を検証しようとするものである。まず、出発点とする理論がどの程度に限られるかについて明らかにすることが出来た。これで重力の量子論が完成したとまでは言えないが、その方向への大きな進展と言える。また、応用的な側面として、ブラックホールの熱力学の量子論的理解や、特異点の解消などについて理解が進んだ。

研究成果の概要（英文）：Within the framework of asymptotic safety, we find that the number of necessary operators to define the theory is 3 for the nonperturbative fixed point, and 4 for perturbative asymptotically safe fixed point. We also studied quantum treatment of unimodular gravity and  $f(R)$  gravity. We discussed the possibility of the resolution of singularity in Reissner-Nordstrom black hole by quantum effects, and the entropy of the rotating Kerr is determined by the horizon area. We also studied the phase structure in temperature and mass. We pointed out the importance of the wave function renormalization that has been overlooked.

研究分野：素粒子論、重力理論

キーワード：重力の量子論 非摂動的効果 くりこみ群 漸近的安全性

## 1. 研究開始当初の背景

重力の量子論を解明することは、理論物理学において解決を迫られている最も重要な問題の1つです。その有力な候補として、世界的にも国内でも超弦理論が活発に研究されていますが、超弦理論は摂動論的にしか理解できていないために曲がった時空を取り扱うことが出来ず、本当に量子重力効果を求め、検証する試みはあまりされていません。これは重力の量子効果が効いてくるような極限的状态が我々の日常の経験からはかけ離れたエネルギースケールであることにもよります。超弦理論で重力の効果を考える最も有効な方法は、その低エネルギー有効理論を考えることですが、この場合、一般相対論を越えた高階微分を含む様々な項が存在することがわかっています。したがって、これらの項が具体的に宇宙論やブラックホールなどにどのような物理的效果を与えるかを調べ、検証することは重要な問題です。このような高階微分などの項は、超弦理論を離れても、量子重力理論において重要な意味を持つことが認識されています。というのは、4次元以下の重力理論では高階微分の項があるとくりこみ可能であることが知られていましたが、3次元の重力理論で、アインシュタイン項の符号を通常と逆に取り、曲率の2次の項をうまく入れると、ユニタリーな理論があることがわかりました。このことから、ユニタリーでくりこみ可能な理論ができるのではないかと考えられます。残念ながら、我々の研究により、3次元ではユニタリーな理論になる場合はくりこみ可能ではなく、くりこみ可能にするとユニタリーでないという事がわかりました。4次元以上では、くりこみ可能性は満たされるが、ユニタリーな理論は出来ないこともはっきりしました。ここでこの二律背反を逃れるにはどうしたらよいかという疑問が生じるわけですが、上の結果は摂動論に基づいたものです。したがって、非摂動的な手法によって、量子効果を発散の困難なく取り出すことが出来れば問題が解決すると考えられます。そこで有力なのが、非摂動的くりこみ群を用いた手法です。このアプローチによれば、あるエネルギーでの有効作用を定義し、その理論の結合定数が高エネルギーで有限の値(これを固定点といいます)に近づくならば、発散の困難なく理論を定義することが出来、物理的な予言ができます。これを漸近的安全性と言いますが、私は、上記の高階微分を含む理論の困難に鑑み、この手法を関連した理論に適用してみたところ、確かにこの種の理論が漸近的安全性の条件を満たすことを見いだしました。一方で、重力の有効作用には問題もあります。それは重力理論は一種のゲージ理論であるため、量子効果を計算する際に、結果がゲージの取り方に依らないのかとか、また量子場と背景場の分離の仕方への依存性の問題など、解明されていないことがまだまだあることです。最近の解析により、ゲージ不変性に関しては、うまくいく兆候をつかむことが出来ました。そして、宇宙初期のインフレーションモデルとして有望な高階微分を含む理論が、漸近的安全性を満たすことも確認しつつあります。これらの研究は、今までどちらかといえば純粹に理論的な観点から研究されてきた漸近的安全な理論が、具体的なブラックホール物理や宇宙論分野への物理的な応用もあることを示しており、素粒子論関係者だけでなく重力理論関係者からも注目を受けています。漸近的安全な理論の研究は主にヨーロッパで行われていますが、私はこれらの研究者の中に共同研究者がおり、電子メールを使っていろいろな議論を行ったり、ときには一緒に論文を書いたりしています。この経験から、上記の問題は非常に大事な問題であり、理論的な観点とブラックホールや宇宙論への応用を見据えて精力的に研究することが大事であると考えています。できれば、この研究費の一部を用いて、これらの共同研究者と直接議論をする機会も持ちたいと考えています。

## 2. 研究の目的

重力を含む素粒子の相互作用の統一理論の有力な候補として超弦理論が研究されてかなりの時間がたちましたが、摂動論を越えた手法が困難なために、本当に量子重力理論として意味のある予言がなされているとは言えない現状です。本研究では、摂動論を越えて量子効果を取り入れる事が出来ると考えられている漸近的安全性という考え方に基づいて、より広い枠組みで重力理論の量子効果を曖昧さ無く求める手法を追求し、一般相対論を越えた量子重力理論の構築の可能性を探るとともに、その引き起こす様々な特有の宇宙論的現象やブラックホールに及ぼす影響を理論的に研究し、検証していくことを目的とします。同時に、超弦理論との関係も探ります。

## 3. 研究の方法

本研究計画では、汎関数くりこみ群という非摂動的な手法を用いて重力の量子論を定式化しようとするものです。その手法により、量子重力理論のかなり一般的な場合として、作用がスカラー曲率  $R$  の任意関数  $f(R)$  で与えられる場合について、理論的に徹底的に解析します。とくに、有効作用のゲージ依存性や、量子場と古典場への分離の仕方への依存性、背景時空に依らない定式化などについて検討します。これができれば、実際に量子効果を計算してそれが検証可能な物理に結びつくかどうかを検討します。とくにくりこみ群固定点について調べ、この理論で初期宇宙モデルやブラックホールの解を検討し、量子効果の検証、たとえばその痕跡が現在の宇宙に残っている可能性や特異点解消などの物理的応用を考えます。また  $f(R)$  重力理論をさらにどこまで拡張できるかを検討したい。さらに、超弦理論との関連で重要な高次元へと解析を拡張します。

#### 4. 研究成果

- (1) 4次元の量子効果を取り入れた有効理論の背景場非依存性を調べるために、背景場が双曲空間になっている場合の有効理論を  $f(R)$ 重力の場合に求めた。これはこれまで調べられてきたコンパクトな背景の場合と大きく違い、解の収束性が悪くなることがわかった
- (2) ゲージの取り方や、計量の定義の仕方への依存性を調べるために、パラメーターを含む一般的な形を用いて有効作用を求め、計量の形をうまく取ったときに有効作用のゲージ依存性がかなり小さくすること、さらに2つのパラメーターの値が同等であるという双対性を発見した。
- (3) 時空背景場のスケール依存性をなくせるような定式化を与えた。これは今後の分野の中で考慮すべき課題であり、大きなインパクトを持つ。
- (4) 現在の宇宙における重大な問題として、小さな宇宙項の問題がある。古典的にも量子論的にもなぜこれが小さいのかが理解されていないが、我々はユニモジュラー重力理論を量子論的に考察し、古典的にも量子論的にも、第1近似として宇宙項は0であり、かつ物理的に広く受け入れられている一般相対論と同等であることを示した。
- (5) 宇宙論を考えたとき、宇宙初期のインフレーションや現在の加速膨張を説明するために、一般相対論を拡張する可能性に興味を持たれているが、その中でも  $f(R)$ 重力が有力な理論と考えられている。その理論において、インフレーションなどを議論するとき、スカラー場を用いた定式化が非常に有用であるが、それは古典的には  $f(R)$ 重力と同等であるという理解しかされていなかった。本研究では、これらが量子論的にも同等であることを世界で始めて示した。
- (6)  $f(R)$ 重力理論を拡張した  $f(R, R_{\mu}^2)$ の形の理論を考え、その理論の量子論的な計算、とくに発散の構造について調べた。
- (7) 重力、電磁場、荷電ディラック場、及び荷電スカラー場が入っている系について、量子効果の入った有効作用を求めた。今後のこのアプローチの重要な方向を与えるものと期待される。
- (8) 重力が非摂動的にくりこみ可能であることを検証するためには、理論をどの範囲までにかぎるべきかをきちんと調べておくことは重要な課題の一つである。これに関して、一般の背景場の下で2次までの高次曲率項をいれて調べた結果、それが3つの演算子に限られるという結果を得た。これは非常に重要な結果である。
- (9) 高階微分を含む重力理論で、高階微分を含むゲージ固定を行って量子化する場合、理論がユニタリーであることを保証するためには第3のゴーストと呼ばれるものが必要であることが指摘されてきた。私はBRST対称性に基づく一般的な手法によりそれが非常に容易に決定できることを示した。
- (10) 量子重力理論の結果を、電荷を持つ Reissner-Nordstrom ブラックホールに適用して、その中心にある特異点が解消される可能性を指摘した。
- (11) 以前調べたユニモジュラー重力理論の全く新しい共変的な量子化法を考案し、それが一般相対論と一致するが、宇宙項が0であることを自然に説明する理論であることを示した。くりこみ群の手法は使っていないが、重力の量子論として非常に大事な理論の明快な定式化となっている。
- (12) 回転するカーブラックホールを考えると、非自明な無矛盾性条件が必要であることが分かり、その解として、ブラックホールのエントロピーが、ホライズン面積の関数として決まることを発見した。それにより、量子論的なエントロピーの一般的な表式を世界で初めて与えることが出来た。
- (13) シュワルツシルトブラックホールを量子論的に拡張したものについて、温度や質量についての相構造を解析して、ブラックホールが熱放射で小さくなっていくとき、ブラックホール残留物が生じる場合があり、これはダークマターを説明する可能性があることを指摘した。また未発見の相転移の構造があることを見つけた。
- (14) 漸近的安全性のアプローチで見逃されてきた波動関数くりこみの効果を取り入れると、2次曲率の相互作用を含めた理論で、高エネルギーでニュートン定数が有限の値にとどまり、低エネルギーでは小さくなるという振る舞いを説明できることを示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件/うち国際共著 16件/うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Chen Chiang-Mei, Chen Yi, Ishibashi Akihiro, Ohta Nobuyoshi, Yamaguchi Daiki	4. 巻 105
2. 論文標題 Running Newton coupling, scale identification, and black hole thermodynamics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 106026-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.106026	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 Ishibashi Akihiro, Ohta Nobuyoshi, Yamaguchi Daiki	4. 巻 104
2. 論文標題 Quantum improved charged black holes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 066016-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.066016	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 Kugo Taichiro, Nakayama Ryuichi, Ohta Nobuyoshi	4. 巻 104
2. 論文標題 BRST quantization of general relativity in unimodular gauge and unimodular gravity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 126021-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.126021	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 Ohta Nobuyoshi, Yamada Masatoshi	4. 巻 105
2. 論文標題 Higgs scalar potential coupled to gravity in the exponential parametrization in arbitrary gauge	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 026013-1-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.026013	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 Kugo Taichiro, Nakayama Ryuichi, Ohta Nobuyoshi	4. 巻 105
2. 論文標題 Covariant BRST quantization of unimodular gravity: Formulation with antisymmetric tensor ghosts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 086006-1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.086006	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 Kugo Taichiro, Nakayama Ryuichi, Ohta Nobuyoshi	4. 巻 105
2. 論文標題 Covariant BRST quantization of unimodular gravity. II. Formulation with a vector antighost	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 106006-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.106006	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 Falls Kevin, Ohta Nobuyoshi, Percacci Roberto	4. 巻 810
2. 論文標題 Towards the determination of the dimension of the critical surface in asymptotically safe gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135773-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135773	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 Nobuyoshi Ohta	4. 巻 811
2. 論文標題 General Procedure of Gauge Fixings and Ghosts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135965-1 - 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135965	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 N. Ohta, R. Percacci and A. D. Pereira	4. 巻 97
2. 論文標題 $f(R, R_{\mu\nu}^2)$ at one loop	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 104039-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.104039	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 G. P. De Brito, N. Ohta, A. D. Pereira, A. A. Tomaz and M. Yamada	4. 巻 98
2. 論文標題 Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 026027-1-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.026027	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 R. de Leon Ardon, N. Ohta and R. Percacci	4. 巻 97
2. 論文標題 Path integral of unimodular gravity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 026007-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.026007	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 Nobuyoshi Ohta	4. 巻 2018
2. 論文標題 Quantum Equivalence of $f(R)$ Gravity and Scalar-tensor Theories in the Jordan and Einstein Frames	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 033E02-1--13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty008	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 N. Ohta, R. Percacci and A. D. Pereira	4. 巻 1606
2. 論文標題 Gauges and functional measures in quantum gravity I: Einstein theory	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 115-1--20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP06(2016)115	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 Kevin Falls and Nobuyoshi Ohta	4. 巻 94
2. 論文標題 Renormalization Group Equation for f(R) gravity in exponential parametrization on a hyperbolic space	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 084005-1--20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.94.084005	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 Ohta N., Percacci R., Pereira A. D.	4. 巻 77
2. 論文標題 Gauges and functional measures in quantum gravity II: higher-derivative gravity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 611-1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-017-5176-z	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 Nobuyoshi Ohta	4. 巻 2017
2. 論文標題 Background Scale Independence in Quantum Gravity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 033E02-1--16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx020	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45件(うち招待講演 27件/うち国際学会 31件)

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Asymptotically Free Quantum Gravity
3. 学会等名 6th International Conference on Holography, String Theory and Spacetime in Da Nang, Vietnam (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Introduction to the Quantum Theory of Gravity via Asymptotic Safety
3. 学会等名 Functional Renormalization Group at RIKEN 2023, 理化学研究所(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Asymptotically Free Quantum Gravity
3. 学会等名 2022 NTU-Kyoto high energy physics workshop, National Taiwan University(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Quantum Improved Black Holes and Black Hole Thermodynamics
3. 学会等名 Quantum Effective Field Theory and Black Hole Tests of Einstein Gravity, IFPU, Trieste(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Running Newton Coupling, Scale Identification and Black Hole Thermodynamics
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所研究会 場の理論と弦理論2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Running Newton Coupling, Scale Identification and Black Hole Thermodynamics
3. 学会等名 11th International Conference on the Exact Renormalization Group 2022, Berlin (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田信義
2. 発表標題 漸近的安全性による重力の量子論
3. 学会等名 第49回北陸信越地区・素粒子論グループ合宿研究会講義 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 The cosmological constant problem and covariant quantization of unimodular gravity
3. 学会等名 National Yang Ming Chiao Tung University seminar (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 The cosmological constant problem and covariant quantization of unimodular gravity
3. 学会等名 国立台湾大学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田信義
2. 発表標題 BRST Quantization of GR in Unimodular Gauge and Unimodular Gravity
3. 学会等名 2022 Annual Taiwan Interdisciplinary theorists winter retreat workshop（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田信義
2. 発表標題 Asymptotic Safety Approach to Quantum Gravity
3. 学会等名 5th International Conference on Holography, String Theory and Discrete Approach（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口大輝、石橋明浩、太田信義
2. 発表標題 量子補正した静的荷電ブラックホール
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田信義
2. 発表標題 Asymptotically Safe Quantum Gravity
3. 学会等名 国立中央大学 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田信義
2. 発表標題 Asymptotically Safe Quantum Gravity
3. 学会等名 国立清華大学 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口大輝、石橋明浩、太田信義
2. 発表標題 量子補正した Reissner-Nordstromブラックホールとその内部構造
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Asymptotic Safety Approach to Quantum Gravity
3. 学会等名 Randomness, Integrability and Representation Theory in Quantum Field Theory, Osaka City University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Towards the Determination of the Dimension of Critical Surface
3. 学会等名 Quantum Spacetime and the Renormalization Group, Copenhagen (Zoom) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Days with Maeda-san
3. 学会等名 7th Korea-Japan Workshop on Dark Energy (Zoom) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田信義、Leslaw Rachwal
2. 発表標題 Nonlocal Effective Action from the Functional Renormalization Group
3. 学会等名 日本物理学会第75回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 Introduction to asymptotic safety
3. 学会等名 南部陽一郎物理学研究所講義シリーズ, 大阪市大 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 Asymptotic safety and the dimension of the critical surface
3. 学会等名 Gravity and Other Fields Under the Volcano, Catania, Italy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 Asymptotic Safety and the Dimension of the Critical Surface
3. 学会等名 YITP Workshop Strings and Fields 2019, Kyoto (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 Effective action for gravity interacting with charged scalar, Dirac and gauge fields from FRGE
3. 学会等名 Quantum gravity and matter, Heidelberg, Germany (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田 信義
2. 発表標題 Asymptotic Safety and the Dimension of the Critical Surface
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会, 山形大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 Quantum effective action for gravity interacting with charged scalar, Dirac and gauge fields from FRGE
3. 学会等名 The first International Meeting on Gravitational Wave Physics, Hangzhou (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ohta
2. 発表標題 An Approach to Quantum Gravity -- Asymptotic Safety --
3. 学会等名 KEK Theory workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田信義、Kevin Falls, Roberto Percacci
2. 発表標題 Towards the determination of the dimension of the critical surface
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 (九州大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Asymptotic safety and the dimension of critical surface
3. 学会等名 8th Bangkok International Workshop on High Energy Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity and its Generalization
3. 学会等名 Essential next steps for gravity and cosmology (Tohoku Univ.) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田 信義
2. 発表標題 Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation
3. 学会等名 YITP Workshop Strings and Fields 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity and its generalization
3. 学会等名 International Conference on Holography, String Theory and Discrete Approaches in Hanoi (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation
3. 学会等名 On a safe road to quantum gravity with matter (Croatia, Hvar) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Quantum Equivalence of $f(R)$ Gravity and Scalar-tensor Theories in the Jordan and Einstein Frames
3. 学会等名 International Conference on Quantum Gravity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity
3. 学会等名 日本物理学会年次大会(東京理科大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Towards the Determination of the Dimension of Critical Surface
3. 学会等名 8th CST & MISC Joint Symposium on particle physics (Kyoto)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Renormalization Group Approach to Quantum Gravity
3. 学会等名 The 2017 Annual meeting of the Division of Gravitation and Relativistic Astrophysics of the Chinese Physical Society / The Fifth Galileo-Xu Guangqai Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Gauge and Parametrization dependence in Renormalization group approach to Quantum Gravity
3. 学会等名 Strings and Fields 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Gauge and Parametrization dependence in Renormalization group approach to Quantum Gravity
3. 学会等名 International workshop for string theory and cosmology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Gauge and Measure in Quantum Gravity
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会(宇都宮大学)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Classical and Quantum Aspects of Unimodular Gravity
3. 学会等名 The First Symposium of the BRICS Association on Gravity, Astrophysics and Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity
3. 学会等名 日大理工・益川塾塾連携 素粒子物理学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Renormalization Group Equation for $f(R)$ gravity on a hyperbolic space
3. 学会等名 2016 Annual Meeting of the Division of Gravitation and Relativistic Astrophysics of Chinese Physical Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Renormalization Group Equation for $f(R)$ gravity on a hyperbolic space
3. 学会等名 International Workshop for String theory and Cosmology 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nobuyoshi Ohta
2. 発表標題 Renormalization Group Equation for $f(R)$ gravity on a hyperbolic space
3. 学会等名 8th International Conference on the Exact Renormalization Group (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Antonio DUARTE PEREIRA JUNIOR , Nobuyoshi Ohta and Roberto Percacci
2. 発表標題 On gauge and field-parametrization dependence in quantum gravity
3. 学会等名 8th International Conference on the Exact Renormalization Group (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Nobuyoshi Ohta	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 -
3. 書名 Handbook of Quantum Gravity -- One-loop divergences in higher-derivative gravity	

1. 著者名 太田 信義	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 224
3. 書名 漸近的安全性による重力の量子論へのアプローチ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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