

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05895

研究課題名（和文）究極理論からの加速宇宙の解明

研究課題名（英文）Explaining Accelerating Universe from Ultimate Theory

研究代表者

大栗 博司（Ooguri, Hirosi）

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任教授

研究者番号：20185234

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 24,800,000円

研究成果の概要（和文）：超弦理論のような整合性のある量子重力理論の低エネルギー有効理論に制限を与えるスワンランドの研究を進めた。「ドジッター条件」や「反ドジッター条件」など新たなスワンランド条件を提唱し、素粒子模型や宇宙論に影響を与えるとともに、これらのスワンランド条件の理論的基礎固めも行った。また、半世紀以上議論されてきた「量子重力にはグローバル対称性がない」という主張について、ホログラフィー原理から厳密な証明を与えた。さらに、インフレーションやダークマターの新しい理論模型を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般相対性理論と量子力学の統合を目指す超弦理論の完成は、自然界の最も基本的な法則を解明しようとする人類の大きな知的作業の到達目標の一つである。本研究では、特に近年発達した宇宙観測技術と協奏して宇宙のダークセクターの理解を深め、それにより超弦理論の理論的検証の可能性をひろげた。これは超弦理論の完成に向けた大きな一歩である

研究成果の概要（英文）：Progress has been made in the Swampland program to give constraints on low energy effective theory of consistent quantum theory of gravity such as string theory. In particular, new Swampland conditions such as "de Sitter condition" and "anti-de Sitter condition" have been proposed. These proposals have made impact on models of elementary particles and cosmology. At the same time, some of Swampland conditions have been placed on more solid foundations. In particular, a rigorous proof was given to the statement that there is no global symmetry in consistent quantum theory of gravity, using the holographic principle. This statement has been debated over 50 years, and our work finally settled the discussion. We also proposed new theoretical models of inflation and dark matter in the Universe.

研究分野：超弦理論

キーワード：素粒子論 宇宙論

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

重力と量子力学の統合を目的とする超弦理論の研究は、1984年の第1次超弦理論革命以来30年以上の研究を経て、その理論構造の理解が深まり、また強力な数学的手法も開発されてきた。また、近年の宇宙観測技術の発展により、初期宇宙の状態や宇宙の進化、現在の宇宙の加速膨張の様子について精密かつ定量的なデータが手に入るようになった。そこで、超弦理論の手法を駆使して、宇宙のダークセクター(ダークマターやダークエネルギー、また初期宇宙のインフレーション模型のトップダウンからの導出)の理解が深められるという期待が高まってきた。

2. 研究の目的

素粒子物理学の究極の目標は、自然界の最も基本的な法則を発見し、この世界の成り立ちを根源から理解することにある。超弦理論は素粒子の標準模型を導出するために必要な要素をすべて備えており、さらに重力を含む量子理論として数学的な整合性を持つので、究極の統一理論の最も有望な候補である。宇宙開闢直後に急激な加速膨張期があったとするインフレーション模型は初期宇宙の理論として最も有望なものであるが、これが超弦理論から導かれるものであるか、またその場合には模型の様々なパラメータにどのような制限がつくのかを明らかにする。また、超弦理論以外の量子重力の可能性にも目を向け、修正重力理論に基づく初期宇宙観測への予言を追及する。さらに、加速膨張の原因とされるダークエネルギーの正体にも迫る。超弦理論からのトップダウンの予言能力を高め、実験分野に指針を与えることが本研究の最終的な目標である。

3. 研究の方法

本研究は、新学術領域研究「なぜ宇宙は加速するのか? - 徹底的究明と将来への挑戦 -」の計画研究「究極理論からの加速宇宙の解明」であるので、この研究に属する宇宙観測のグループと情報を交換して、観測に指針を与える理論的研究を目指した。本研究の代表者の大栗や分担者の山本、野村、早田らは、各々独立な理論プロジェクトを推敲していったが、研究会やワークショップ、Kavli IPMUでのセミナーなどで頻繁に議論を行い、各々のアプローチの理論的手法や成果を共有した。

本研究の補助金の大部分は、研究会への参加・講演や共同研究者の相互訪問のための旅費、セミナー講演者の旅費などに使われた。また、本研究期間中に大栗は超弦理論の分野で最も重要な国際会議“Strings 2017”を日本で開催し、またインド、中国、韓国と共同で毎年開催している“Kavli Asian Winter School on Strings, Particles, and Cosmology”を日本で開催し、本研究に様々な側面から関連する研究者を日本に招聘して議論を深めた。

4. 研究成果

本研究の最も重要な成果の一つに、大栗によるスワンプランド条件に関するの一連の研究がある。特に、大栗らが2018年に発表した「ドジッター予想」は、現在の宇宙の加速膨張の原因とされるダークエネルギーの性質や初期宇宙のインフレーションモデルのパラメータに対して制限を与えた。特に、厳密なドジッター時空間は超弦理論のトップダウン解として実現できないと予想した。この論文は、超弦理論のみならず、素粒子現象論やモデル・ビルディング、宇宙論に大きな影響を与え、SLACの文献サイト Inspires によると2018年度に発表された素粒子論の論文の中で最も被引用件数が高い論文となった。大栗らは、さらに、このドジッター予想にブツソのエントロピーを使った説明を与えた。

このほかにも、大栗はホログラフィー原理を用いて、量子重力理論にはグローバル対称性が存在しないなどの、量子重力に関する基本的な定理を証明した。この証明においては、ホログラフィー原理の微視的機構と量子情報理論の量子誤り訂正符号との密接な関係を使用した。この証明は、対称性が自発的に破れている場合にも当てはまるので、たとえば、質量のないスカラー場が完全に平坦なポテンシャルを持つことがないことが結論付けられる。これは、インフレーション宇宙モデルの構成にも重要な知見である。

大栗らは、弱い重力予想の精密化を提案し、これにより超対称性を持たない反ドジッター時空間が不安定であることを予想した。さらに、この予想の反例ではないかとされたM理論のコンパクト化について、このコンパクト化がインスタントン・プロセスによって不安定になることを示して、反例ではないことを明らかにした。この不安定性は、Edward Wittenが1981年に発表したカルツァー・クラインのインスタントン解を高次元に拡張したものになる。

大栗らは、さらに3次元の純粋なアインシュタイン重力理論がAdS/CFT対応と矛盾することを指摘し、この理論がスワンプランドにある可能性を指摘した。

野村はAdS/CFT対応を超えるホログラフィック理論の一般的な性質についての系統的な解析をした。特に、宇宙論的時空間を含む一般の時空間に対応するホログラフィック理論を境界の量子情報量と時空間の幾何との間の関係に着目して調べ、ホログラフィック幕と呼ばれる時空間の情報がエンコードされていると考えられる超曲面の詳細な性質を明らかにした。またこれらの性質の物理的意味についても考察し、境界理論における量子状態の粗視化が時空間におけるホログラフィック幕に対するある種の繰り込み操作に対応することを示した。

野村はまた、宇宙初期に起こったと考えられるインフレーションの新しいモデルを考案し、Bモード偏光を含む観測的帰結を調べた。さらに暗黒物質が複合粒子として生じるような自然なモデルを提唱し、その現象論的帰結を調べた。

早田は超弦理論に由来するアクシオン暗黒物質が存在するならば、その中を重力波が伝播するとき、チャーン・サイモン項を通して、その波形や速度が変化することを明らかにした。さらに、これが重力波干渉計LIGOやLISAで観測される可能性があることを明らかにした。また、同様の現象が電磁波の場合にも生じることを示した。

山本は、ダークエネルギーが超ホライズンスケールで空間的に非一様性を持つ理論模型について研究を継続し、この模型の理論的予言をより詳細に調べた。大きなスケールでダークエネルギーが宇宙原理を破る宇宙模型であるため、その観測的帰結を得るための理論的枠組みの構築から見直した。これにより、大スケールの暗黒エネルギーの非一様性が、大規模構造にどのような影響を及ぼすか原理的に高次まで計算できるようにした。この結果を応用し、大スケールの暗黒エネルギーの非一様性が大規模構造に与える影響を、摂動展開の最低次での計算を行った。このほか、山本は修正重力が速い中性子星の冷却を説明する可能性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 31件／うち国際共著 17件／うちオープンアクセス 27件）

1. 著者名 Benjamin Nathan, Ooguri Hiroshi, Shao Shu-Heng, Wang Yifan	4. 巻 100
2. 論文標題 Light-cone modular bootstrap and pure gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 66029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.066029	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 Dodelson Matthew, Ooguri Hiroshi	4. 巻 101
2. 論文標題 High-energy behavior of Mellin amplitudes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 66008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.066008	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 Harlow Daniel, Ooguri Hiroshi	4. 巻 122
2. 論文標題 Constraints on Symmetries from Holography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 191601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.191601	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 Ooguri Hiroshi, Palti Eran, Shiu Gary, Vafa Cumrun	4. 巻 788
2. 論文標題 Distance and de Sitter conjectures on the Swampland	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 180 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2018.11.018	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 Yoshida Daisuke, Soda Jiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Birth of de Sitter universe from a time crystal universe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 43505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.123531	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 Nomura Yasunori	4. 巻 99
2. 論文標題 Reanalyzing an evaporating black hole	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 86004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.086004	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 Nan Yue, Yamamoto Kazuhiro, Aoki Hajime, Iso Satoshi, Yamauchi Daisuke	4. 巻 99
2. 論文標題 Large-scale inhomogeneity of dark energy produced in the ancestor vacuum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.103512	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 Nan Yue, Yamamoto Kazuhiro, Hikage Chiaki	4. 巻 2018
2. 論文標題 Higher multipoles of the galaxy bispectrum in redshift space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 038 ~ 038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/07/038	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 Higuchi Atsushi, Yamamoto Kazuhiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Vacuum state in de Sitter spacetime with static charts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 65014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.065014	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 Yamaguchi Shumpei, Tatsukawa Rumi, Lin Shih-Yuin, Yamamoto Kazuhiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Late-time quantum radiation by a uniformly accelerated detector in de Sitter spacetime	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 105012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.105012	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 Nomura Yasunori, Rath Pratik, Salzetta Nico	4. 巻 98
2. 論文標題 Pulling the boundary into the bulk	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.026010	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 Bousso Raphael, Nomura Yasunori, Remmen Grant N.	4. 巻 99
2. 論文標題 Outer entropy and quasilocal energy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 46002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.046002	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 Ito Asuka, Lyonaga Aya, Kim Suro, Soda Jiro	4. 巻 99
2. 論文標題 Dressed power-law inflation with a cuscuton	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 83502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.083502	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 Yoshida Daisuke, Soda Jiro	4. 巻 99
2. 論文標題 Quasinormal modes of p-forms in spherical black holes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 44054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.044054	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 Yasunori Nomura, Pratik Rath, Nico Salzetta	4. 巻 97
2. 論文標題 Classical Spacetimes as Amplified Information in Holographic Quantum Theories	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 106010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.106025	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 Yasunori Nomura, Pratik Rath, Nico Salzetta	4. 巻 97
2. 論文標題 Spacetime from Unentanglement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 106010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.106010	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 Yue Nan, Kazuhiro Yamamoto	4. 巻 98
2. 論文標題 Gravitational redshift in the void-galaxy cross-correlation function in redshift space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 43527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1103/PhysRevD.98.043527	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 Daiske Yoshida, Jiro Soda.	4. 巻 D27
2. 論文標題 Exploring the string axiverse and parity violation in gravity with gravitational waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int.J.Mod.Phys	6. 最初と最後の頁 1850096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218271818500967	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 (1)A.Aoki and J.Soda	4. 巻 D26
2. 論文標題 Detecting ultralight axion dark matter wind with laser interferometers	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Int.J.Mod.Phys.	6. 最初と最後の頁 1750063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1142/S0218271817500638	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A.Ito and J.Soda	4. 巻 B771
2. 論文標題 Primordial Gravitational Waves Induced by Magnetic Fields in an Ekpyrotic Scenario	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys.Lett.	6. 最初と最後の頁 415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1016/j.physletb.2017.05.017	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. Iso, N. Oshita, R. Tatsukawa, K. Yamamoto	4. 巻 95
2. 論文標題 Quantum radiation produced by the entanglement of quantum fields	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 23512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1103/PhysRevD.95.023512	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 Yasunori Nomura, Nico Salzetta, Fabio Sanches, Sean J. Weinberg,	4. 巻 B763
2. 論文標題 Spacetime equals entanglemen	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys.Lett.	6. 最初と最後の頁 370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.physletb.2016.10.045	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 J. Lin. M. Marcolli, H. Ooguri, B. Stoica	4. 巻 114
2. 論文標題 Locality of Gravity Systems from Entanglement of Conformal Field Theory	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 221601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.221601	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. Bao, S. Nezami, H. Ooguri, B. Stoica, J. Sully, M Walters	4. 巻 1509
2. 論文標題 The Holographic Entropy Cone	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 JHEP	6. 最初と最後の頁 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1007/JHEP09(2015)130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. Nakayama, H. Ooguri	4. 巻 1510
2. 論文標題 Bulk Locality and Boundary Creating Operators	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 JHEP	6. 最初と最後の頁 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1007/JHEP10(2015)114	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Nakayama, Y. Nomura	4. 巻 92
2. 論文標題 Weak Gravity Conjecture in the AdS/CFT Correspondence	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 126006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.92.126006	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 Y. Nomura, F. Sanches, S. Weinberg	4. 巻 93
2. 論文標題 Flat-space Quantum Gravity in AdS/CFT	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 64049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.93.064049	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 A. Ito, J. Soda	4. 巻 92
2. 論文標題 Designing Anisotropic Inflation with Form Fields	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 123533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.92.123533	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 Y. Sakakihara, J. Soda	4. 巻 1509
2. 論文標題 Primordial Gravitational Waves in Bimetric Gravity	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 JCAP	6. 最初と最後の頁 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1088/1475-7516/2015/09/015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Kiyota, K. Yamamoto	4. 巻 92
2. 論文標題 Constraint on modified dispersion relations for gravitational waves from gravitational Cherenkov radiation	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 104036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.92.104036	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 N. Oshita, K. Yamamoto, S. Zhang	4. 巻 92
2. 論文標題 Quantum radiation from a particle in an accelerated motion coupled to vacuum fluctuations	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 45027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.92.045027	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 -

[学会発表] 計9件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Kazuhiro Yamamoto
2. 発表標題 Thermal property of Brownian motion of a particle coupled to vacuum fluctuations
3. 学会等名 The NCTS workshop on Non-Equilibrium Quantum Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasunori Nomura
2. 発表標題 Concluding Remarks---Cosmology (Neutrino, Gravity and Black Holes)"
3. 学会等名 2nd World Summit on Exploring the Dark Side of the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiro Soda
2. 発表標題 Cosmological Bell Inequality and Entangled Quantum Vacuum"
3. 学会等名 International workshop for String Theory and Cosmology, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Ooguri
2. 発表標題 Distinguishability of Black Hole Microstates
3. 学会等名 20th Anniversary of AdS/CFT correspondence (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nomura
2. 発表標題 Naturalness or Typicality?
3. 学会等名 CoSMS Workshop on Naturalness, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Soda
2. 発表標題 Probing Ultralight Axion Dark Matter
3. 学会等名 International workshop for String Theory and Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Yamamoto
2. 発表標題 Quantum radiation produced by the entanglement of quantum fields
3. 学会等名 Sendai Workshop on Quantum Information Physics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ooguri
2. 発表標題 Delineating the Swampland
3. 学会等名 String-Math 2015 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 H. Ooguri
2. 発表標題 Comments on K3 Moduli Space
3. 学会等名 F-Theory at 20 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	早田 次郎 (Jiro Soda) (00222076)	神戸大学・理学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	野村 泰紀 (Yasunori Nomura) (40647616)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・主任研究員 (12601)	
研究分担者	山本 一博 (Kazuhiro Yamamoto) (50284154)	九州大学・理学研究院・教授 (17102)	