

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03708

研究課題名（和文）質量階層性に対する新しい原理が導く多彩な物理現象とプランクスケールの物理

研究課題名（英文）Naturalness of Higgs mass hierarchy and related phenomenology from Plank scale physics point of view

研究代表者

磯 暁 (Iso, Satoshi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：20242092

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,300,000円

研究成果の概要（和文）：プランクスケールを支配する弦理論に質量階層性の原理を要請して、繰り込み群を使って電弱スケールの素粒子現象を解析した。UV側からは、公転Dブレーンの束縛共鳴状態の存在を調べ、部分的モジュラー変換の手法の開発し、短距離から長距離までの広範囲でポテンシャルを高精度に導出した。また多重臨界点原理と古典的共形原理の関係を調べ、マルチバース波動関数から宇宙項等の自然性を説明した。IR側からは、質量階層性を指導原理にする模型に普遍的に現れる右巻きニュートリノが関わる物理現象を中心に研究を進めた。とくにニュートリノ質量に階層性がある場合の現象を調べ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊への影響を考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒッグス粒子が発見され、当初期待されていた軽い超対称性粒子が発見されない状況で、素粒子物理学（高エネルギー物理学）は、方向性を見失っている。本研究は、電弱スケールとプランクスケールを直接結びつける質量階層性の原理を追求し、高エネルギー実験の新たな方向性を提案するとともに、プランクスケールの物理の解明へ向けて、従来とは異なる指針を提供した。また、本研究で提案されている質量階層性原理に基づく初期宇宙像から、原始重力波や原始ブラックホールの生成可能性など、将来の観測へ向けた方向性も示唆することができた。

研究成果の概要（英文）：We analyzed particle phenomena at the electroweak scale using renormalization group methods by postulating the principle of mass hierarchy in string theory at Planck scale. From the UV side, we investigated the existence of resonant states of orbiting D-branes, and developed techniques of partial modular transformation to derive the potential with high precision over a wide range from short to long distances. Additionally, the relationship between the principle of multiple critical points and the classical conformal principle was investigated, explaining the naturalness of the cosmological constant and other parameters from the multiverse wave function. From the IR side, we studied the physical phenomena involving right-handed neutrinos that universally appear in models guided by the principle of mass hierarchy. In particular, the phenomena in cases where neutrino masses exhibit hierarchy were examined, and the effects on neutrinoless double beta decay were considered.

研究分野：素粒子物理学

キーワード：質量階層性 プランクスケール物理 右巻きニュートリノ 電弱相転移

1. 研究開始当初の背景

ヒッグス粒子が発見され、当初期待されていた軽い超対称性粒子が発見されない状況で、素粒子物理学(高エネルギー物理学)は、進む指針を見失っていた。それまでの標準的な見方であった、電弱理論を含む素粒子標準模型が、そのすぐ上のエネルギースケールで超対称性理論に拡大し、それが10の16乗 GeV という高いエネルギースケールで大統一され、そのままプランクスケールで弦理論などの量子重力理論につながっているという見方は、出発点から修正を迫られ、その代わりになる指導原理が求められていた。

本研究では、指導原理の一つの可能性として、電弱スケールとプランクスケールを直接結びつける質量階層性の原理を追求し、高エネルギー実験の新たな方向性を提案するとともに、プランクスケールの物理の解明へ向けた研究を目指したものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、電弱スケールの質量階層性を決める原理を指導原理として要求して、ここから導かれる素粒子、宇宙物理現象を解明し、(質量スケール階層性を決める原理を持たない)模型との違いを明らかにすることである。質量階層性に対する新原理は、電弱対称性の破れを司るヒッグス場のみならず、ニュートリノや暗黒物質の振る舞いを大きく変え、初期宇宙の進化に劇的な影響を与えることが予想される。これらを総括的に研究することが、本研究の第一の目的である。その上で、弦理論からのトップダウンアプローチを併用し、この原理の背後にあるより基本的なダイナミクスを探求し、Higgs 質量が示唆する、電弱物理とプランクスケールの不思議な関係を理解することが本研究の第二の目的である。そして、最終的には、素粒子物理と宇宙進化を統一的に記述する理論的枠組みを提示することを目指した。

3. 研究の方法

本研究の第一の目的の達成を目指して、質量階層性に対する新しい原理が预言する電弱スケールよりも軽い粒子が引き起こす物理現象を研究した。特に、軽い右巻きニュートリノによる宇宙バリオン数の起源を探求し、预言される質量と相互作用の強さを把握し、地上実験での検証方法を検討する。さらに、预言される CP 対称性の破れのパターンを調査する。質量スケールをダイナミカル生成するモデルでは、宇宙進化のシナリオが大きく異なり、強い一次相転移を実現する。すると宇宙初期において真空が過冷却状態となり、電弱対称性の自発的破れが低温になるまで起こらない可能性が指摘されている。その場合、電弱対称性の破れよりも先に QCD のカイラル対称性の破れが起こりえるが、6つのクォーク全てが質量を持たず、QCD カイラル対称性の自発的破れの相転移も一次転移となる可能性がある。このような相転移のダイナミクスを様々な有効モデルを使って調べ、宇宙バリオン数生成の新奇シナリオの構築や重力波による間接検証の可能性を検討する。

本研究の第二の目的の達成のため、弦と場の理論の非摂動的定式化による電弱モデルへの示唆を研究する。特に、D プレーン同士が回転することで超対称性を破り、その結果、引力を生じる系を解析する。まずは回転する D プレーン間の相互作用を計算し、電弱スケール(D プレーン間の距離に比例)が安定化するメカニズムの探索を行う。ヒッグス場の真空が電弱スケールとプランクスケールにおいて縮退することを、場の理論および弦理論の非摂動的定式化である行列模型の原理的問題として、多重臨界性の観点から捉え直す試みを行う。

4. 研究成果

質量階層性に対する新しい原理が预言する電弱スケールよりも軽い粒子が引き起こす物理現象、そして初期宇宙との関連に関しては、以下の研究を行った。

まず、モジュラーA4 対称性とよばれる離散的な対称性を湯川結合に要請することで、ニュートリノの質量階層性と世代混合を説明できることを明らかにした。また、ここから得られた湯川結合定数は、宇宙バリオン数非保存を説明するためのレプトン生成機構と矛盾ないことも明らかにし、将来のニュートリノ実験での検証可能性を議論した。階層性問題に示唆された標準模型のミニマルな拡張モデルでは、軽い右巻きニュートリノが重要な働きをする。TeV 質量を持つ右巻きニュートリノが縮退した質量を持つことで起こるレプトン生成のパラメータ領域とニュートリノを含まない二重ベータ崩壊の実験的制限についての現象論的研究を行い、さらにレプトン質

量行列の背後に離散対称性がある時のレプトン生成機構の研究を行なった。

次に、階層性問題を解決するための古典的スケール不変性に基づく素粒子模型として、標準模型の拡張を考えると、必然的に電弱対称性が宇宙初期において過冷却を起こし、QCD 相転移が引き金となり電弱対称性の破れが発生し、e-folding 5 程度の熱的インフレーションが予言される。原始インフレーションとは異なる第二のインフレーションは、それ以前に作られていた粒子密度を大幅に薄めることができ、様々な興味深い現象と関係する。その一つは、過冷却に基づく暗黒物質シナリオであり、もう一つは、QCD 相転移で作られたアキシオンポテンシャル生成で、アキシオンの原始ゆらぎが宇宙の曲率ゆらぎに転化され、現在の CMB ゆらぎを生成する可能性が考えられる。古典的 B-L 模型では、背景輻射の等曲率ゆらぎの観測制限との整合性に問題があることが明らかとなった。そこで、初期宇宙で標準模型と全く異なる温度発展をするスカラー場を導入することで、この矛盾を解決する可能性を検討した。また、非ガウス性の観点から観測と比較し、質量階層性原理の帰結についての考察を行った。

また質量階層性を指導原理にする模型に普遍的に現れる右巻きニュートリノが関わる物理現象を中心に研究を進めた。とくにニュートリノ質量に階層性がある場合の現象を調べ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊への影響を考察した。右巻きニュートリノのマヨラナ質量によりレプトン数は保存していないにもかかわらず、上記の二重ベータ崩壊が強く抑制されることがあることが明らかとなり、現在の実験の制限をもってしても、必ずしも右巻きニュートリノのマヨラナ質量への制限を与えない場合があることが判明した。さらに、右巻きニュートリノによるシーソー機構により質量を得たニュートリノの一つが微弱な湯川結合を持つ場合の初期宇宙発展への影響を考察した。この粒子は長寿命となるため宇宙のエントロピー生成に寄与し、特に原始インフレーションによる重力波生成に影響を与えることを示した。

トップダウンからのアプローチとしては、弦理論と量子重力理論の二つの側面から研究を行った。弦理論の側面では、回転する D ブレーンを使った電弱対称性の破れを考察し、電弱スケール階層性の出現の可能性を探った。超弦理論では、2 枚の D ブレーンが静止して平行に置かれている場合は超対称性により力は働かないが、互いに運動すると引力を生じることが知られている。まず、互いに回転している場合の引力の詳細を調べ、束縛（共鳴）状態の存在の有無を調べるための計算手法を明らかにした。このため、新たに部分的モジュラー変換の手法を開発し、開いた弦（超対称ヤンミルズ理論）の 1 ループ振幅と閉じた弦（超重力理論）の重力相互作用の双方を部分的に足し合わせることで、弦理論スケールに比べて短距離から長距離までの広範囲でポテンシャルを高精度に導出した。また、弦理論から導かれる高次元ゲージ理論をコンパクト化することで 4 次元のヒッグス場とそのポテンシャルを導出する模型を構築し、特にゲージ対称性が自発的に破れた時に、従来考えられていた質量 0 の粒子だけでなく、コンパクト化のスケールの有限質量をもっていた粒子の振る舞いについても詳細な解析を行ない、ヒッグス場凝縮で対称性が増大する場合もあることを明らかにした。さらに、超弦理論の低エネルギーに現れるスカラー場の質量に対して、この本研究で開発した部分モジュラー変換の手法を使って、超対称性を破る効果がどのような輻射補正を与えるかを計算する一般手法を提案して、これを使ってヒッグスの階層性問題に対する超弦理論からのアプローチを考えた。特に、D ブレーンの配置で超対称性を破る場合に具体的な計算を行った。

もう一つの側面である、量子重力のアプローチでは、多重臨界点原理と古典的共形原理の関係を調べるとともに、マルチパスの波動関数が定常になっており、その波動関数から宇宙項等の自然性が説明できる可能性を提案した。また、量子重力によるトポロジー揺らぎを考えると、「プランク長さ以下の揺らぎを積分して得られる有効理論のパラメーターは、宇宙の最終エントロピーを最大にするよう自動的に微調整される」という最大エントロピー原理が予想されるが、それが弦理論の構成的立場からどう示せるかを解析した。また、多重臨界点原理や最大エントロピー原理のその背後にあると考えられる量子重力、特に行列模型による定式化を使って、時空・物質の創発と質量階層性の起源を議論した。多重臨界点原理を仮定したときに電弱スケールが自然に説明できる最も簡単な標準模型の拡張として、標準模型 + 2 個の 1 重項スカラーを考え、暗黒物質、インフレーション、ニュートリノ質量、原子重力波などに対する制限を調べた。また、ブラックホールのホライズン近傍で、UV 物理が与える影響を調べ、Schwarzschild ブラックホールにおける Hawking 放射と高周波分散の関連を考察した。その結果、Hawking 放射が UV 物理にあまり影響されないという従来の考えに反して、スクランブル時間の後に Hawking 放射が大幅に変化することがわかった。さらに、弦理論・行列模型から帰結されるマルチパスを解析し、低エネルギー有効理論としての場の量子論がどのように修正されるべきかを議論し、質量階層性問題の解明を目指した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Hamada Yuta, Kawai Hikaru, Kawana Kiyoharu	4. 巻 2022
2. 論文標題 Baby universes in 2d and 4d theories of quantum gravity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 100 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP12(2022)100	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 Ho Pei-Ming, Kawai Hikaru, Yokokura Yuki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Planckian physics comes into play at Planckian distance from horizon	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 019 019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP01(2022)019	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 Hidaka Yoshimasa, Iso Satoshi, Shimada Kengo	4. 巻 106
2. 論文標題 Complementarity and causal propagation of decoherence by measurement in relativistic quantum field theories	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 076018-1 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.106.076018	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 Hidaka Yoshimasa, Iso Satoshi, Shimada Kengo	4. 巻 107
2. 論文標題 Entanglement generation and decoherence in a two-qubit system mediated by relativistic quantum field	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 085003-1 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.085003	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 Asaka Takehiko, Okui Hisashi	4. 巻 814
2. 論文標題 Neutrino masses and gravitational wave background	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 136074 ~ 136074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2021.136074	査読の有無 無
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 Kawai Hikaru, Yokokura Yuki	4. 巻 105
2. 論文標題 Interior metric of slowly formed black holes in a heat bath	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 045017-1 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.045017	査読の有無 無
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 Kawai Hikaru, Kawana Kiyoharu	4. 巻 2022
2. 論文標題 The multicritical point principle as the origin of classical conformality and its generalizations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013B11-1 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab161	査読の有無 無
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 Iso Satoshi, Kitazawa Noriaki, Suyama Takao	4. 巻 105
2. 論文標題 Gauge symmetry restoration by Higgs condensation in flux compactifications on coset spaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 45008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.045008	査読の有無 無
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 Asaka Takehiko, Ishida Hiroyuki, Yin Wen	4. 巻 2020
2. 論文標題 Direct baryogenesis in the broken phase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP07(2020)174	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 Iso Satoshi, Kitazawa Noriaki, Ohta Hikaru, Suyama Takao	4. 巻 2020
2. 論文標題 Dynamics of revolving D-branes at short distances	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 182-1 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP01(2020)182	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 Asaka Takehiko, Heo Yongtae, Tatsuishi Takuya H., Yoshida Takahiro	4. 巻 2020
2. 論文標題 Modular A4 invariance and leptogenesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP01(2020)144	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, 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 103512-1 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.103512	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 -

1. 著者名 Haruna Junichi, Kawai Hikaru	4. 巻 2020
2. 論文標題 Weak scale from Planck scale: Mass scale generation in a classically conformal two-scalar system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 033B01-1 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz165	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 Hamada Yuta, Kawai Hikaru, Nakanishi Yukari, Oda Kin-ya	4. 巻 953
2. 論文標題 Cosmological implications of Standard Model criticality and Higgs inflation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Physics B	6. 最初と最後の頁 114946 ~ 114946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysb.2020.114946	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 Iso Satoshi, Ohta Hikaru, Suyama Takao	4. 巻 2019
2. 論文標題 Effective potential for revolving D-branes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 151 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP04(2019)151	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 Iso Satoshi, Kitazawa Noriaki	4. 巻 35
2. 論文標題 A possibility of Lorentz violation in the Higgs sector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters A	6. 最初と最後の頁 2050064 ~ 2050064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217732320500649	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 Iso Satoshi, Kawana Kiyoharu	4. 巻 2019
2. 論文標題 Density renormalization group for classical liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013A01-1 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty148	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 Yamauchi Daisuke, Aoki Hajime, Iso Satoshi, Lee Da-Shin, Sekino Yasuhiro, Yeh Chen-Pin	4. 巻 2019
2. 論文標題 Observational signatures of dark energy produced in an ancestor vacuum: forecast for galaxy surveys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 055 ~ 055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/05/055	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 Asaka Takehiko, Yoshida Takahiro	4. 巻 2019
2. 論文標題 Resonant leptogenesis at TeV-scale and neutrinoless double beta decay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP09(2019)089	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 Asaka Takehiko, Okui Hisashi, Tanaka Minoru, Yoshimura Motohiko	4. 巻 785
2. 論文標題 Tomography by neutrino pair beam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 536 ~ 542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2018.09.004	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 Ho Pei-Ming, Kawai Hikaru, Matsuo Yoshinori, Yokokura Yuki	4. 巻 2018
2. 論文標題 Back reaction of 4D conformal fields on static black-hole geometry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP11(2018)056	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 Iso Satoshi, Kitazawa Noriaki, Suyama Takao	4. 巻 107
2. 論文標題 Stringy threshold corrections in D-brane systems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 12601401-1 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.126014	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 Iso Satoshi, Kawana Kiyoharu, Shimada Kengo	4. 巻 104
2. 論文標題 Axion-CMB scenario in a supercooled universe	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 063525-1 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.063525	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 Iso Satoshi, Kawana Kiyoharu, Shimada Kengo	4. 巻 102
2. 論文標題 QCD axions and CMB anisotropy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 105010-1 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.102.103513	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 Iso Satoshi, Kitazawa Noriaki, Ohta Hikaru, Suyama Takao	4. 巻 2020
2. 論文標題 More on effective potentials for revolving D-branes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 137-1 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2020)137	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 太田光
2. 発表標題 Effective potential for revolving D-branes in superstring theory
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春名純一
2. 発表標題 Classically conformal $Z_2 \times Z_2$ invariant two scalar modelにおける質量スケールのdynamicalな生成について
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hikaru Ohta
2. 発表標題 Effective potential for revolving D-branes in superstring theory
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiko Asaka
2. 発表標題 Theoretical aspects of neutrino physics: Particle Physics and Cosmology
3. 学会等名 The 3rd Univ. Ryukyus International Symposium of Theoretical and Computational Science, 20-22 March (2020), University of the Ryukyus, Okinawa, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hikaru Kawai
2. 発表標題 Quantum Gravity and Naturalness
3. 学会等名 Humboldt Kolleg Frontiers in Physics: From the Electroweak to the Planck (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Hierarchy problem: Implication from Superstring
3. 学会等名 East Asia Joint Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Towards Hierarchy problem of Higgs from String theory
3. 学会等名 East Asian Joint Workshop 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Relativistic quantum measurements and Decoherence
3. 学会等名 NTU-Kyoto workshop 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Complementarity and Propagation of decoherence in relativistic quantum measurements
3. 学会等名 East Asian Joint Workshop 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Hierarchy Problem: implication to cosmology and from superstrings
3. 学会等名 Pacific 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Iso
2. 発表標題 Hierarchy Problem -from bottom up and top-down
3. 学会等名 HPNP 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019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	浅賀 岳彦 (Asaka Takehiko) (70419993)	新潟大学・自然科学系・教授 (13101)	
研究 分担者	川合 光 (Kawai Hikaru) (80211176)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子 原子核研究所・協力研究員 (82118)	

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1件

国際研究集会 KEK THEORY Workshop	開催年 2019年～2023年
-------------------------------	--------------------

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			
その他の国・地域	台湾国立大学			