

令和 6 年 5 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05543

研究課題名（和文）標準理論を超えた新現象とニュートリノで探る新しい素粒子像

研究課題名（英文）New View of Particle Physics from Neutrinos and Phenomena Beyond the Standard Model

研究代表者

津村 浩二（TSUMURA, Koji）

九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：40648101

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 72,200,000円

研究成果の概要（和文）：ニュートリノ振動実験の詳細解析を行い、質量階層性の縮退、 θ_{23} 、CP位相、非標準相互作用を決定できることを示した。レプトンフレーバーの破れの探索においては、放出される電子の角度分布を用いると相互作用の形を決められることが分かった。さまざまなレプトン数およびバリオン数を破る過程が、超高エネルギーにおける理論の対称性によっては、他の実験と矛盾することとなる観測可能なレベルで起こることを示した。ニュートリノ質量模型を新粒子の相互作用の観点から分類し系統的に分析することで、これまであまり注目されてこなかったディラックニュートリノに対する新たな質量模型が発見された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ニュートリノの関わる素粒子の現象論的研究から各種の素粒子実験・宇宙観測のインパクトの最大化に貢献した。特に精密なニュートリノパラメタの決定や、新物理の探索能力の向上に寄与した。荷電レプトンフレーバーの破れの研究により精密測定されたニュートリノ質量と混合角、CPの破れが示唆する新物理が持つ対称性の理解が進んだ。また多様なニュートリノ模型を考案することで、新しい視点で新物理模型を構築することが可能になった。さらにバリオン数とレプトン数の非保存の研究や新奇現象の解析から新物理とその現象論的予言の関係を明らかにし、模型の実験による検証が可能になった。

研究成果の概要（英文）：Performing the detailed analysis of neutrino oscillation, we showed that the degeneracy of the mass hierarchy, θ_{23} , CP phase, and non-standard interactions can be determined. In the search for lepton flavor breaking, we found that the angular distribution of the emitted electrons can be used to determine the shape of the interaction. The process with the lepton and baryon number violations is shown to occur at observable levels that are consistent with other experiments, depending on the symmetry of the theory at high energies. By taking the systematic approach for neutrino mass models in terms of new particle interactions, a new mass model for the Dirac neutrino, which has not received much attention, is discovered.

研究分野：素粒子論

キーワード：ニュートリノ CPの破れ 質量の起源 対称性 暗黒物質

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) ニュートリノ振動の発見とその後の研究の進展によって、ニュートリノ質量が標準理論を超えた物理であることが明らかとなっている。
- (2) 素粒子の標準理論では説明できない新現象がさまざまな実験で見つかっている。
- (3) 暗黒物質の存在やインフレーションの痕跡から新しいパラダイムが作られつつある。
- (4) 宇宙の物質の起源、力および物質の統一描像も未だ謎のままである。

2. 研究の目的

- (1) 本計画研究の目的は、標準理論を超えた新現象とニュートリノ物理(とその間の関係)にもとづいて、素粒子の標準理論を拡張・修正するというボトムアップ型の理論研究を行い、新しい素粒子像を切り拓くことである。
- (2) 同時に、既存の枠組みを超えた新しい枠組みの検討や、新現象の現象論的研究による新しい解析手法・実験の提案により実験研究への還元も狙う。
- (3) 当該研究領域においては、実験班と、新しい仮説や対称性を原理に研究を行っていくトップダウン型理論研究班の架け橋の役割を果たし、「理論×実験」の相乗効果を生み出す。

3. 研究の方法

- (1) ニュートリノ振動実験の間の測定値のズレに注目して、ニュートリノの標準的でない相互作用や3世代パラダイムを超える枠組みの必要性を検討する。新しい枠組みにおけるニュートリノ実験・観測の予言を研究し、実験研究に還元する。予言のパラメタ依存性を明らかにし、全てのパラメタを決めるためにどのような実験が必要かを明確にする。
- (2) 新しいタイプのレプトンフレーバー非保存過程について詳細な研究を行い、新理論模型をよりよく選別する手法を確立する。特定のフレーバー非保存過程のみが許容される可能性を検討し、その探索実験からフレーバー構造の背後にある原理や対称性をボトムアップに探っていく。
- (3) 大統一理論に代わる新しい陽子崩壊の起源を考案し、さらに大統一理論の予言と新理論の予言を実験で区別する方法を確立する。陽子の安定性がニュートリノの極小質量や暗黒物質の安定性などと関係する可能性を検討し、陽子崩壊以外の過程(ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索など)から理論を検証する方法を開拓する。
- (4) 複数の新奇現象を同時説明する新理論模型を構築し、加速器・フレーバー実験等も含めた多角的なアプローチから検証方法を検討する。新模型をより基本的な原理や対称性を持つ理論へと埋め込み、それによって高まった予言能力を利用して様々な現象に与える影響(超高エネルギーニュートリノフラックスの測定など)を研究する。
- (5) ニュートリノに質量を与える多数の理論を俯瞰的に研究し、異なる理論が予言する現象の共通点と違いを明らかにする。系統的に分類し、そこから未発見の理論が発見できれば、その予言を実験研究に還元し、新奇現象の説明への応用も検討する。
- (6) 実験で標準理論を超えた現象が見つかれば、そこから背後にある理論を探っていく、他の理論班と協力して物質創生シナリオや暗黒物質、インフレーションをも説明する新しい素粒子・宇宙像を創り出す。

4. 研究成果

(1) ニュートリノ振動現象の研究

- ① 異なるニュートリノ振動実験のデータ間の不一致を説明する1つの方法としてニュートリノに非標準相互作用を導入することが知られている。この非標準相互作用のパラメタを将来の長基線実験で測定可能かどうかについて研究した。非標準相互作用によってパラメタ縮退が引き起こされるが、パラメタ縮退を解くためには、低エネルギーのニュートリノを利用する T2HKK 実験が米国が主導する

DUNE 実験などに比べても優位であることを示した。さらに、これらの実験の基線長を伸ばすことで質量階層性の縮退を解き、 θ_{23} の octant, CP 位相 δ , 非標準相互作用のパラメタ 3 個を原理的には決定できることが分かった。

② クォークセクターでの CP の破れは実験的によく検証されているが、バリオン数非対称宇宙を実現するには十分でない。そこで、レプトンセクターの CP の破れの実験的な確立が重要となっており、長基線でのニュートリノ振動実験でそれを特徴づけるパラメタの測定を狙っている。CP の破れのパラメタの測定にはニュートリノが地球の物質を通過する際の物質効果を用いるが、その密度の分布がパラメタ決定に無視できない不定性を与えることを明らかにした。

③ 追加のニュートリノ(ステライルニュートリノ)を導入することでもニュートリノ振動実験のデータ間の不一致を緩和することができる。そこで、IceCube 型の実験でシャワー事象を観測することで、ステライルニュートリノを探索する方法について研究した。

(2) 荷電レプトンフレーバー非保存過程の研究

① ニュートリノ振動はレプトンフレーバーの破れを示唆しているが、標準理論を拡張するとしばしば大きな荷電レプトンフレーバーの破れが予言される。したがって、荷電レプトンフレーバーの破れの探索は標準理論を超える新理論の発見が期待されている。特にミュオンが新物理効果によって原子中で電子へ変換される過程はそのシグナルのクレイさから感度が高い。そこでミュオンの電子への転換事象の詳細な計算を行った。ミュオンの偏極に注目して解析を行うことで、ミュオンと新粒子の相互作用のカイラリティ構造の情報が引き出せることが分かった。これを用いると新物理の検証能力が飛躍的に高まる。

② 深層学習を用いて荷電レプトンフレーバーの破れのデータ解析も行った。ミュオンの電子への転換過程を測定する COMET 実験解析のための予備的な計算を行った。深層学習を使った解析の精度向上が期待される。

③ 観測された宇宙のリチウムの存在量について、標準的な元素合成のシナリオとの不一致問題が知られている。この問題を解決するために標準理論を超対称に拡張し、そこでタウ粒子の超対称パートナーであるスタウを触媒としてリチウムの存在量を減らす機構が知られている。これを実現するにはスタウが長寿命であることが要請される。そこで、長寿命性が小さなタウフレーバーの破れから引き起こされていると仮定した場合の宇宙論シナリオを研究した。

④ 宇宙の暗黒物質の残存量を説明する際に、標準理論セクターと暗黒セクターを繋ぐ軽い粒子が存在すると新たな軽い暗黒物質の可能性が許容される。このような軽い媒介粒子のレプトンフレーバーを破る崩壊を仮定して、その探索方法を研究した。LHC の汎用検出器の超前方で検出を行う FASER 実験を用いて軽い媒介粒子のパラメタ領域がどこまで探索できるか評価を行った。また ILC のような将来加速器を想定して、そのビームダンプ部に検出器を置いて探索する方法についても研究を行った。

(3) バリオン数とレプトン数の非保存過程の研究

① 陽子崩壊は大統一理論の顕著な予言として知られている。しかし、陽子崩壊が発見されれば、すぐさま大統一理論の証拠と言えるだろうか？そこで、大統一理論の代替となる陽子崩壊を予言する理論の可能性を追求した。ニュートリノの微小質量のみならず強い CP 問題をも同時に解決する陽子崩壊を予言する新モデルを考案した。引き起こされる陽子崩壊は大統一理論で予言される陽子崩壊とは異なる対称性で制御されており、スーパーカミオカンデやハイパーカミオカンデで探索されている複数の陽子崩壊モードを組み合わせることで大統一理論と区別出来ることが分かった。さらにはこのモデルを拡張して、暗黒物質の存在量をもあわせられる改良モデルも考案した。

② 上記の研究を一般化し、バリオン数とレプトン数のさまざまな線形結合に対応する対称性にもとづいたモデルの構築方法を考案した。さまざまなモデルが考案されたが、特に顕著な予言をもつモデルとしては、中性子-反中性子振動を引き起こすもの、陽子は崩壊しないが重陽子は崩壊するものなどがある。したがって、さまざまなバリオン数非保存過程とレプトン数非保存過程を調べることでこれらのモデルの選別ができる。

(4) 新奇現象の研究

① ミュオン異常磁気能率はその測定値が標準理論から乖離しているという 20 年来の未解決問題である。この不一致を説明するモデルのスカラーセクターを指定すると、ニュートリノ振動のパラメタに対して非自明な理論的制限が加わる。この構造を詳細に解析することで最小モデルの許容パラメタ領域がほとんど残っていないことが分かった。この結果を用いれば、宇宙背景放射の観測による検証でニュートリノ質量和に対する制限がもう少し強くなると最小モデルは排除されることになる。

② 上のモデルが超高エネルギーニュートリノの観測データのエネルギー分布のギャップを説明することを要請すると MeV 程度の軽い粒子が予言される。そこで、BELLE-II 実験での新粒子の探索感度を研究した結果、シナリオの検証が可能になることが分かった。

③ ミュオン異常磁気能率の乖離問題を説明する新モデルとして、標準理論に二重項スカラーを1個だけを加えた最小モデルを考案し、これまでに得られている制限を評価し、残ったパラメタ領域から現象論的予言を示した。このモデルをさらに拡張し、暗黒物質の直接検出の制限をレプトンフレーバー対称性によって制御する暗黒物質モデルも考案した。直接検出の抑制はツリーダイアグラムのみ適用されるため、高次補正を通じたモデルの検証が可能であることがわかった。

(5) ニュートリノ質量モデルの系統分析

① ニュートリノの質量起源となるモデルを系統的に分析した結果、ニュートリノがマヨラナ粒子でない可能性が十分に検討されてこなかったことが明らかとなった。そこで、ニュートリノがディラック粒子である場合の具体的な輻射シーソーモデルを考案し、その現象論的予言を研究した。

② 素粒子のフレーバー対称性と世代数の起源としては、超弦理論から予言される余剰次元空間の幾何学の可能性がある。そこでコンパクトな余剰次元空間から導かれるモジュラー対称性を用いてニュートリノ質量のフレーバー対称モデルを構築した。

③ 標準理論においてミュオン数とタウ数の差はフレーバー対称性と見做すことができ、ゲージ対称性に埋め込まれる可能性がある。この奇妙なフレーバー対称性を大統一理論へと埋め込む可能性について研究を行った。

(6) 暗黒物質とバリオン数生成に関わる研究

① 暗黒物質の直接検出の実験の進展が目覚ましく、これまで標準的に期待されていた暗黒物質シナリオが崩れつつある。そのため直接検出実験に対する抑制機構を伴う擬南部ゴールドストーン暗黒物質のシナリオが注目を集めている。このモデルをニュートリノ質量起源を伴う紫外完全な形で与えた。さらにはこの理論を大統一理論に埋め込むことにも成功した。これらのモデルでは暗黒物質はオリジナルのシナリオと異なり不安定となり、長寿命となることが予言された。また長寿命性を保証するためには大きな中間エネルギースケールが存在し、暗黒物質自身は電弱スケール程度の質量を持つことがわかった。

② 上のモデルを非可換ゲージ理論の立場から見直すことで、大きな中間エネルギースケールを導入することなく真に安定な擬南部ゴールドストーン暗黒物質を予言するモデルを考案した。暗黒物質の安定性はもとの暗黒非可換ゲージ対称性が破れた際の残存対称性(暗黒カストディアル対称性)として保証される。

③ ニュートリノ質量とバリオン数生成と暗黒物質の残存量はそれぞれ標準理論の問題点であるが、これらを同時説明するエコミカルなモデルを考案した。ニュートリノ質量の小ささは暗黒物質粒子に依る輻射補正によって実現され、バリオン数はレプトジェネシス機構を通じて生成される。暗黒物質と通常物質の存在量比が5:1であることも標準理論の問題点として知られているが、非対称暗黒物質シナリオに則ってこの問題も解決できるモデルを構築した。

④ 標準理論に追加で導入するステライルニュートリノはかつてより暗黒物質の候補としてあげられてきたが、これまでの研究により否定されている。しかしながら、これまで見逃されていた暗黒物質の生成モードを含めることで、依然として長寿命暗黒物質となり得ることがわかった。このような長寿命のステライルニュートリノ暗黒物質のスーパーカミオカンデでの検出可能性についても研究を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 26件）

1. 著者名 Yasuda Osamu	4. 巻 2022
2. 論文標題 Neutrino oscillation phenomenology and the impact of Professor Masatoshi Koshiba	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1,17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptac056	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 Wang Yabin, Yasuda Osamu	4. 巻 2022
2. 論文標題 Search for sterile neutrinos by shower events at a future neutrino telescope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1,29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptac010	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 Araki Takeshi, Asai Kento, Shimomura Takashi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Electron beam dump constraints on light bosons with lepton flavor violating couplings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1,25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/JHEP11(2021)082	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 Asai Kento, Iwamoto Sho, Sakaki Yasuhito, Ueda Daiki	4. 巻 2021
2. 論文標題 New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1,23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/JHEP09(2021)183	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 Ohata Takahiro, Takeuchi Kengo, Tsumura Koji	4. 巻 104
2. 論文標題 Baryon number nonconservation as Peccei-Quinn mechanism	5. 発行年 2021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.104.035026	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 Araki Takeshi, Asai Kento, Honda Kei, Kasuya Ryuta, Sato Joe, Shimomura Takashi, Yang Masaki J S	4. 巻 2021
2. 論文標題 Resolving the Hubble tension in a $U(1)_{L\mu-L}$ model with the Majoron	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1,15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab108	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 Abe Yoshihiko, Toma Takashi, Tsumura Koji, Yamatsu Naoki	4. 巻 104
2. 論文標題 Pseudo-Nambu-Goldstone dark matter model inspired by grand unification	5. 発行年 2021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.104.035011	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 Kobayashi Tatsuo, Shimomura Takashi, Tanimoto Morimitsu	4. 巻 819
2. 論文標題 Soft supersymmetry breaking terms and lepton flavor violations in modular flavor models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 1,10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2021.136452	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 Asai Kento, Moroi Takeo, Niki Atsuya	4. 巻 818
2. 論文標題 Leptophilic gauge bosons at ILC beam dump experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 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.2021.136374	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 Nagai Ryo, Tanabashi Masaharu, Tsumura Koji, Uchida Yoshiki	4. 巻 104
2. 論文標題 Scalar and fermion on-shell amplitudes in generalized Higgs effective field theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1,37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.015001	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 Nomura Takaaki, Shimomura Takashi	4. 巻 81
2. 論文標題 Search for Z' pair production from scalar boson decay in minimal U(1) _{Lμ-L} model at the LHC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	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) 10.1140/epjc/s10052-021-09089-6	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 Araki T., Asai K., Otono H., Shimomura T., Takubo Y.	4. 巻 2021
2. 論文標題 Dark photon from light scalar boson decays at FASER	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy 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) 10.1007/JHEP03(2021)072	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 Asai Kento, Okawa Shohei, Tsumura Koji	4. 巻 2021
2. 論文標題 Search for $U(1)_{L\mu - L}$ charged dark matter with neutrino telescope	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy 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) 10.1007/JHEP03(2021)047	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 Shimomura Takashi, Uesaka Yuichi	4. 巻 103
2. 論文標題 Kinematical distributions of coherent neutrino trident production in gauged $U(1)_{L\mu - L}$ model	5. 発行年 2021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.103.035022	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 Seto Osamu, Shimomura Takashi	4. 巻 811
2. 論文標題 Signal from sterile neutrino dark matter in extra $U(1)$ model at direct detection experiment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135880 ~ 135880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135880	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 Yasuda Osamu	4. 巻 2020
2. 論文標題 Neutrino oscillations at low energy long baseline experiments in the presence of nonstandard interactions and parameter degeneracy	5. 発行年 2020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/ptaa033	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 Abe Yoshihiko, Toma Takashi, Tsumura Koji	4. 巻 2020
2. 論文標題 Pseudo-Nambu-Goldstone dark matter from gauged $U(1)_{B-L}$ symmetry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy 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) 10.1007/JHEP05(2020)057	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 Yu, Tsumura Koji, Yamada Masatoshi	4. 巻 80
2. 論文標題 Scalegenesis and fermionic dark matters in the flatland scenario	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	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) 10.1140/epjc/s10052-020-7929-3	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 Ghosh Monojit, Yasuda Osamu	4. 巻 35
2. 論文標題 Testing NSI suggested by solar neutrino tension in T2HK and DUNE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters A	6. 最初と最後の頁 2050142 ~ 2050142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217732320501424	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 Tanaka Minoru, Tsumura Koji, Sasao Noboru, Uetake Satoshi, Yoshimura Motohiko	4. 巻 135
2. 論文標題 QED background against atomic neutrino process with initial spatial phase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal Plus	6. 最初と最後の頁 1,8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjp/s13360-020-00290-2	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 Araki Takeshi, Asai Kento, Sato Joe, Shimomura Takashi	4. 巻 100
2. 論文標題 Low scale seesaw models for low scale $U(1)L\mu-L$ symmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1,12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.095012	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 Abe Yoshihiko, Toma Takashi, Tsumura Koji	4. 巻 2019
2. 論文標題 $A \mu$ -philic scalar doublet under Z_n flavor symmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of High Energy 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) 10.1007/JHEP06(2019)142	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 Kuno Yoshitaka, Sato Joe, Sato Toru, Uesaka Yuichi, Yamanaka Masato	4. 巻 100
2. 論文標題 Momentum distribution of the electron pair from the charged lepton flavor violating process $\mu \rightarrow e e e$ in muonic atoms with a polarized muon	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.100.075012	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 Enomoto Kazuki, Kanemura Shinya, Sakurai Kodai, Sugiyama Hiroaki	4. 巻 100
2. 論文標題 New model for radiatively generated Dirac neutrino masses and lepton flavor violating decays of the Higgs boson	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.100.015044	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 Takaaki, Shimomura Takashi	4. 巻 79
2. 論文標題 Searching for scalar boson decaying into light Z' boson at collider experiments in U(1) _L -L model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	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) 10.1140/epjc/s10052-019-7094-8	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 Abe Yoshihiko, Toma Takashi, Tsumura Koji	4. 巻 2020
2. 論文標題 Pseudo-Nambu-Goldstone dark matter from gauged U(1) _{B-L} symmetry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	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) 10.1007/JHEP05(2020)057	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 Yasuda Osamu	4. 巻 2020
2. 論文標題 Neutrino oscillations at low energy long baseline experiments in the presence of nonstandard interactions and parameter degeneracy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental 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) 10.1093/ptep/ptaa033	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 Asai Kento, Hamaguchi Koichi, Nagata Natsumi, Tseng Shih-Yen, Tsumura Koji	4. 巻 99
2. 論文標題 Minimal gauged U(1) _L ?L models driven into a corner	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.99.055029	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 The COMET Collaboration	4. 巻 2020
2. 論文標題 COMET Phase-I technical design report	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1,102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz125	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 Chakrabarty Nabarun, Chiang Cheng-Wei, Ohata Takahiro, Tsumura Koji	4. 巻 2018
2. 論文標題 Charged scalars confronting neutrino mass and muon $g - 2$ anomaly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1,31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP12(2018)104	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 Yasuda Osamu	4. 巻 332
2. 論文標題 Recent status of neutrino phenomenology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 1,8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.332.0043	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 Ma Ernest, Tsumura Koji	4. 巻 98
2. 論文標題 Syndetic extension of baryon and lepton numbers: Proton decay and long-lived dark matter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1,6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.035037	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78件（うち招待講演 27件 / うち国際学会 40件）

1. 発表者名 Naoki Yamatsu
2. 発表標題 Fermion Pair Production at e-e+ Linear Collider Experiments in GUT Inspired Gauge-Higgs Unification
3. 学会等名 ILC Workshop on Potential Experiments (ILCX2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiki Uchida
2. 発表標題 Scattering amplitudes in generalized Higgs effective field theory
3. 学会等名 ILC Workshop on Potential Experiments (ILCX2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 Pseudo-Nambu-Goldstone Dark Matter from Grand Unified Theory
3. 学会等名 The 7th Quantum Science (QS) symposium -The main symposium of ICCMSE 2021-Computational Chemistry and Computational Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Yamatsu
2. 発表標題 Fermion Pair Production at e-e+ Linear Collider Experiments in GUT Inspired Gauge-Higgs Unification
3. 学会等名 The XXVIII International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (SUSY 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kento Asai
2. 発表標題 New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps
3. 学会等名 Asia-Pacific Workshop on Particle Physics and Cosmology 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihiko Abe
2. 発表標題 Does existence of dark matter imply grand unification?
3. 学会等名 Asia-Pacific Workshop on Particle Physics and Cosmology 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihiko Abe
2. 発表標題 Pseudo-Nambu-Goldstone dark matter inspired by grand unification
3. 学会等名 The Future is Dark (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihiko Abe
2. 発表標題 Origin of pseudo-Nambu-Goldstone dark matter
3. 学会等名 KEK-PH + KEK-COSMO joint mini-workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kento Asai
2. 発表標題 Search for Lepton Flavor Violating Decay at FASER
3. 学会等名 2nd Forward Physics Facility Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Shimomura
2. 発表標題 Dark photon from scalar boson decays at FASER
3. 学会等名 Searching for long-lived particles at the LHC and beyond: Ninth workshop of the LLP Community (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yabin Wang
2. 発表標題 Search for sterile neutrinos by IceCube shower events
3. 学会等名 新学術領域研究「ニュートリノで拓く素粒子と宇宙」研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山津直樹
2. 発表標題 Pseudo-Nambu-Goldstone dark matter model inspired by grand unification
3. 学会等名 新学術領域研究「ニュートリノで拓く素粒子と宇宙」研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山津直樹
2. 発表標題 ゲージ・ヒッグス大統一理論と有効模型
3. 学会等名 素粒子現象論研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅井健人
2. 発表標題 New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps
3. 学会等名 素粒子現象論研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 Unification of $L_\mu - L_\tau$ and the standard model gauge group
3. 学会等名 素粒子現象論研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田祥紀
2. 発表標題 拡張ヒッグス有効理論の定式化と応用
3. 学会等名 2nd EFT study meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山津直樹
2. 発表標題 Fermion Pair Production at the ILC in GUT Inspired Gauge-Higgs Unification
3. 学会等名 ILC夏の合宿2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅井健人
2. 発表標題 Electron Beam Dump Constraints on Light Bosons with Lepton Flavor Violating Couplings
3. 学会等名 ILC夏の合宿2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 PQ機構としてのバリオン数の破れ
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 Unification of $L_\mu - L_\tau$ and the standard model gauge group
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山津直樹
2. 発表標題 Fermion Pair Production at the ILC in GUT Inspired Gauge-Higgs Unification
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅井健人
2. 発表標題 Search for Lepton Flavour Violating Decay at FASER
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田祥紀
2. 発表標題 フェルミオンを含む拡張ヒッグス有効理論の定式化とその応用
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部慶彦
2. 発表標題 暗黒物質の起源と力の大統一
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田祥紀
2. 発表標題 ヒッグス有効理論の概観とその発展
3. 学会等名 1st EFT study meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Shimomura
2. 発表標題 Dark Photon from Light Scalar Boson Decays at FASER
3. 学会等名 Higgs as a Probe of New Physics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Shimomura
2. 発表標題 Lepton flavor violations from soft SUSY breaking terms in modular flavor models
3. 学会等名 KEK-PH Flavor Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Shimomura
2. 発表標題 Dark Photon from Light Scalar Boson Decays at FASER
3. 学会等名 Forward Physics Facility, kick off meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Theory Overview :CLFV at muon scale
3. 学会等名 Snowmass21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Osamu Yasuda
2. 発表標題 Neutrino oscillations at low energy LBL experiments in the presence of NSI and parameter degeneracy
3. 学会等名 The XXIX International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (Neutrino 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 IceCube Gap and $L\mu$ - $L\tau$ model
3. 学会等名 16th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山弘晃
2. 発表標題 Neutrino
3. 学会等名 新ヒッグス勉強会第29回定例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下村崇
2. 発表標題 overview of C02
3. 学会等名 新学術成果報告研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 Low scale seesaw models for low scale $U(1)_{L\mu-L}$ symmetry
3. 学会等名 素粒子現象論研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 $B = PQ?$
3. 学会等名 新ヒッグス勉強会第28回定例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 C02報告
3. 学会等名 新学術成果報告研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下村崇
2. 発表標題 Signal from sterile neutrino dark matter in extra U(1) model at direct detection experiment
3. 学会等名 日本物理学会 2020年 年次大会 素粒子論領域
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安田修
2. 発表標題 非標準相互作用がある場合の低エネルギー長基線実験のニュートリノ振動とパラメーター縮退
3. 学会等名 日本物理学会 2020年 秋季大会 素粒子論領域
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 The Origin of Pseudo-Nambu-Goldstone Dark Matter
3. 学会等名 RIS-TCS 2020 -Frontier of Physics and Chemistry- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 IceCube Gap and $L\mu - L$ model
3. 学会等名 RIS-TCS 2020 -Frontier of Physics and Chemistry- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 COMET Data Analysis with Deep Learning
3. 学会等名 Machine Learning at LHC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Low scale seesaw models for low scale $U(1)_{L\mu - L}$ symmetry
3. 学会等名 International Conference on Neutrinos and Dark Matter (NDM-2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Osamu Yasuda
2. 発表標題 Phenomenology of the nonstandard interactions of neutrinos with the solar neutrino parametrization
3. 学会等名 A topical conference on elementary particles, astrophysics, and cosmology (Miami2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Theoretical overview of Lepton Flavor Violation
3. 学会等名 The 3rd J-PARC Symposium (J-PARC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Shimomura
2. 発表標題 Review of Dark Photon Phenomenology
3. 学会等名 The 3rd J-PARC Symposium (J-PARC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Big-bang nucleosynthesis and Leptogenesis in CMSSM
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 Koji Tsumura
2. 発表標題 Geometry of Extended Higgs sector
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 Osamu Yasuda
2. 発表標題 Practical tests on the PMNS paradigm
3. 学会等名 Rencontres du Vietnam 2019: 3 Neutrinos and Beyond (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 Scalar doublets charged under μ -philic Zn flavor symmetry
3. 学会等名 The 8th Workshop on Flavor Symmetries and Consequences in Accelerators and Cosmology (FLASY 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Big-bang nucleosynthesis and Leptogenesis in CMSSM
3. 学会等名 Dark Side of the Universe 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Big-bang nucleosynthesis and Leptogenesis in CMSSM
3. 学会等名 15th Computational Chemistry (CC) Symposium -The Main Symposium of ICCMSE 2019- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 Effect of Initial Spacial Phase in Neutrino Mass Spectroscopy
3. 学会等名 15th Computational Chemistry (CC) Symposium -The Main Symposium of ICCMSE 2019- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 深層学習によるCOMET実験データ解析
3. 学会等名 Miyazaki workshop on particle physics and cosmology
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下村崇
2. 発表標題 Light gauge boson and anomalies
3. 学会等名 Miyazaki workshop on particle physics and cosmology
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 深層学習によるCOMET 実験データ解析の試み
3. 学会等名 素粒子現象論研究会2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下村崇
2. 発表標題 Dark Sector
3. 学会等名 Flavor Physics Workshop 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 深層学習による COMET 実験データ解析
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 ニュートリノ質量分光と背景事象抑制
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田修
2. 発表標題 ニュートリノ振動研究の現状と展望
3. 学会等名 日本物理学会 2020年 年次大会 (素粒子実験領域, 素粒子論領域, 宇宙線・宇宙物理領域) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Sugiyama
2. 発表標題 Introduction to Neutrino Physics
3. 学会等名 Physics at the Cosmic Frontier (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 Recent Theoretical Development on RENP
3. 学会等名 The 11th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Osamu Yasuda
2. 発表標題 Effect of systematics in the T2HK, T2HKK, and DUNE experiments
3. 学会等名 A topical conference on elementary particles, astrophysics, and cosmology (Miami2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 Recent Development on RENP
3. 学会等名 Quantum Sensing for Dark Matter Searches and Neutrino Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Osamu Yasuda
2. 発表標題 Systematics in T2HK/T2HKK/DUNE
3. 学会等名 Neutrino Oscillation Workshop (NOW 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Physics with Muon
3. 学会等名 Symposium for muon and neutrino physics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroaki Sugiyama
2. 発表標題 Neutrino Mass Generation with Multi-Higgs
3. 学会等名 Workshop on Multi-Higgs models (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Tsumura
2. 発表標題 An $SU(2)_\mu$ model for Muon $g-2$ Anomaly
3. 学会等名 Workshop on Multi-Higgs models (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Distinguishing muon LFV effective couplings using $\mu - e - e - e$ in a muonic atom
3. 学会等名 The 20th International Workshop on Neutrinos from Accelerators (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Joe Sato
2. 発表標題 Big-bang nucleosynthesis and Leptogenesis in CMSSM
3. 学会等名 26th International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田修
2. 発表標題 ニュートリノ振動実験とニュートリノの非標準相互作用
3. 学会等名 ニュートリノ原子核反応とニュートリノ相互作用 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 陽子崩壊探索のインパクト
3. 学会等名 第二回琉球大学計算科学シンポジウム：“量子論の物理・化学的アプローチで迫る物質・自然界の謎” (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 COMET実験における電子のエネルギーの深層学習による決定
3. 学会等名 第二回琉球大学計算科学シンポジウム：“量子論の物理・化学的アプローチで迫る物質・自然界の謎” (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉山弘晃
2. 発表標題 ニュートリノ質量生成機構
3. 学会等名 新学術領域「ニュートリノで拓く素粒子と宇宙」研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村崇
2. 発表標題 Search for light scalar boson in $L\mu - L$ model at ILC experiments
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津村浩二
2. 発表標題 B+Lを保存する陽子崩壊と長寿命暗黒物質
3. 学会等名 素粒子物理学の進展 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤丈
2. 発表標題 深層学習によるCOMET実験データ解析の試み
3. 学会等名 日本物理学会 2019年 年次大会 素粒子実験領域
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村 崇
2. 発表標題 レプトンと弱結合するMeVスケールのゲージ粒子の物理とその検証可能性
3. 学会等名 日本物理学会 2018年 秋季大会 素粒子論領域-素粒子実験領域合同 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村 崇
2. 発表標題 Light Z' boson search from scalar boson decays in $L\mu - L$ model at collider experiments
3. 学会等名 日本物理学会 2018年 秋季大会 素粒子論領域
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>C02班「標準理論を超えた新現象とニュートリノで探る新しい素粒子像」研究成果 https://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~koji.tsumura/c02.html</p>
--

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	下村 崇 (SHIMOMURA Takashi) (00447278)	宮崎大学・教育学部・准教授 (17601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	安田 修 (YASUDA Osamu) (50183116)	東京都立大学・理学研究科・教授 (22604)	
研究分担者	杉山 弘晃 (SUGIYAMA Hiroaki) (50548724)	富山県立大学・工学部・准教授 (23201)	
研究分担者	佐藤 丈 (SATO Joe) (60322294)	横浜国立大学・大学院工学研究院・教授 (12701)	

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4件

国際研究集会 "Higgs as a Probe of New Physics" Special Editrion 2021	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 Exploration of Particle Physics and Cosmology with Neutrinos Workshop2019	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Higgs as a Probe of New Physics 2019	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Physics of muonium and related topics	開催年 2018年～2018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			
中国	四川大学			
ドイツ	Heidelberg university			
カナダ	マギル大学			
韓国	KIAS			
米国	カルフォルニア大学			

共同研究相手国	相手方研究機関			
その他の国・地域	国立台湾大学	NCTS		