

令和 3 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K14270

研究課題名（和文）電弱スケール微調整問題の解となる超対称標準模型の探求

研究課題名（英文）Exploring Supersymmetric Standard Models as a Solution to the Fine-tuning Problem of the Electroweak Scale

研究代表者

永田 夏海 (Nagata, Natsumi)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・助教

研究者番号：60794328

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：素粒子標準模型の電弱対称性は、電弱スケールにおいてヒッグス場の真空期待値によって破られる。この値は量子補正の影響を強く受けるため、電弱スケールの値を持たせるためには理論のパラメータの間に極度の微調整が必要となると考えられてきた。本研究では、この電弱スケール微調整問題を解決する超対称標準模型を、リラクシオン機構とよばれる機構に基づいて実際に構築した。加えて、この種の模型にしばしば現れる長寿命粒子を将来のLHC実験において探索することでどの程度検証可能かを明らかにした。また、超対称大統一理論の枠組みでも議論を行い、将来の陽子崩壊実験において各大統一理論の候補を選別しうることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電弱スケール微調整問題は、長年にわたって素粒子標準模型における理論的課題であり、またLHCにおいて新粒子が発見されると期待される理由となっていた。しかしながら、LHCにおいて標準模型を超える物理が発見されていない現状を踏まえた今、電弱スケール微調整問題を説明する新たなパラダイムが求められていた。そのような可能性を実際に提示した点、また将来実験における検証可能性を明らかにした点で、本研究は意義深いといえる。

研究成果の概要（英文）：The electroweak symmetry in the Standard Model is broken by the vacuum expectation value of the Higgs field at the electroweak scale. Since this value is highly sensitive to quantum corrections, it has widely been believed that huge amount of fine-tuning among parameters in the theory is required to keep it around the electroweak scale. In this study, I constructed a supersymmetric Standard Model that solves this electroweak-scale fine-tuning problem based on the so-called relaxation mechanism. In addition, I showed the testability of such models with the search of long-lived particles in the future LHC experiments. I also discussed ultraviolet completion of these models in the framework of supersymmetric Grand Unified Theories, and showed that future proton-decay experiments are able to distinguish these Grand Unified Models.

研究分野：素粒子論

キーワード：超対称性理論 大統一理論

1. 研究開始当初の背景

素粒子標準模型は、現在まで大きな成功を収めてきた。しかしながら、この理論が非常に高いエネルギー・スケールまで適用可能であるとすると、それよりも遥かに低いスケールで電弱対称性を破るためにはヒッグス場の質量項を桁外れの精度で微調整しなければならないということが知られていた。これは、電弱スケールの微調整問題と呼ばれている。これを解決しうる『標準模型を超える理論』の有力候補に超対称標準模型がある。この模型において、超対称性の破れのスケールが電弱スケールと同程度である場合、微調整問題は自然に解決される。しかしながら、研究開始当初までの LHC 実験の結果は超対称性の破れのスケールが電弱スケール付近に無いことを示唆しており、電弱スケール微調整問題の解としての超対称標準模型は再考を迫られていた。

2. 研究の目的

以上の背景のもとでは私は、現在の実験制限を逃れつつ電弱スケールに微調整を要さない超対称標準模型の提唱および確立を目指し、またその検証可能性を探索することを目的に研究を行うことにした。

3. 研究の方法

次の二種類の方針に属する各目標を達成することで本研究の目的を実現することを試みた。

(1) 高エネルギー側からのアプローチ

上述のように、電弱スケール微調整問題を超対称標準模型において解決するためには、超対称性の破れのスケールが電弱スケールと同程度でなければならないと考えられてきた。しかしながら、これまで考えられてこなかった新たな機構を導入することにより、超対称性の破れのスケールが電弱スケールよりもかなり高くても電弱スケール微調整問題を誘発しないような模型構築をすることができるのではないかと私は考えた。そこで、そのような模型構築を試みることを『高エネルギー側からのアプローチ』の指針の一つとした。一方で、超対称標準模型は大統一理論との相性が非常に良いことが知られているが、電弱スケールを大統一理論のスケールと比べて非常に低くするためにはヒッグス場の質量項をその大統一パートナー場の質量項よりも遥かに小さくしなければならない。これを自然に実現するのは困難であることが知られていて、二重項・三重項分離問題と呼ばれている。超対称大統一理論の枠組みで電弱スケール微調整問題を解決するためにはこの二重項・三重項分離問題を避けることができず、またこれを解決する機構が電弱スケール微調整問題をも同時に解決している可能性もある。そこで、二重項・三重項分離問題を自然に解決する超対称大統一模型を構築することも『高エネルギー側からのアプローチ』としての第二の指針とすることにした。

(2) 低エネルギー側からのアプローチ

現在までの LHC 実験の結果は、超対称性の破れのスケールが電弱スケールよりも高いことを示唆していると考えられてきた。しかしながら、LHC 実験の制限は、最小超対称標準模型の枠組みで単純化された超対称粒子質量スペクトルに対して与えられていることが多いため、拡張された超対称標準模型においてはこの実験制限を逃れうる。また、最小超対称標準模型であっても、超対称粒子の質量スペクトルによっては既存の LHC 実験の制限が非常に弱い場合もある。そこで、LHC における直接探索実験からの制限があまり強くない、パラメーター領域の大部分が未だ探られていないような超対称シナリオに着目し、将来の LHC 実験や非加速器実験においてこのような場合を検証する方法を研究することにした。

4. 研究成果

(1) 超対称リラクシオン模型

超対称性とリラクシオン機構とを組み合わせることで、超対称性の破れのスケールが高い場合でも電弱スケールの微調整を回避しうる。そこで、そのような模型を実際に構築しその模型の現象論を詳細に研究した。この種の模型を考える場合、宇宙論と無矛盾な模型を構築することが重要な点となる。特に、リラクシオン機構は一般に非常に低いインフレーション・スケールを预言するため、これを実現しつつ微調整の無いような模型を構築できるか否かが鍵となる。そこで私は、非常に小さな結合定数を持つ $U(1)$ ゲージ相互作用による D ターム・インフレーションを伴うリラクシオン模型を構築し、現在の宇宙論的観測結果と無矛盾なインフレーションが得られることを示した上で、1000PeV 程度の高エネルギー・スケールで超対称性が破れたとしても電弱スケール微調整問題が解決されうることを明らかにした。この結果は、高いスケールの超対称性理論であっても電弱スケール微調整問題が解決されうることを実際に示した点で非常に重要であるといえる。

(2) Flipped SU(5)大統一模型

Flipped SU(5)大統一理論では、missing partner 機構と呼ばれる機構によって二重項・三重項分離問題を解決することができる。この理論において、観測と無矛盾なインフレーション模型が構築できることを示した上で、その帰結として预言されるニュートリノ質量スペクトルを明らかにし、暗黒物質の残存量およびバリオン数非対称性の観測値を説明しうることを示した。また、陽子崩壊の分岐比を種々の崩壊モードについて計算し、これらの预言が通常の SU(5)大統一理論のものとは大きく異なること、またニュートリノ質量階層性に依存して预言が変化すること、をそれぞれ示した。

(3) μ SSM 模型

電弱スケール微調整問題の解として考えられている具体的な超対称模型の一つに、 μ SSM と呼ばれる模型がある。この模型では、R パリティが破れていることにより最も軽い超対称粒子が不安定となることで、最小超対称標準模型において課される LHC 実験の制限を逃れることが可能である。この模型において、タウ・スニュートリノ (タウニュートリノの超対称パートナー粒子) が超対称粒子のうち最も軽くなる場合、この粒子が長寿命になり、典型的な崩壊長が 1 mm 程度になることが知られている。このような長寿命粒子は、衝突点からわずかにずれた崩壊点を見つけることにより探索することが可能である。そこで、 μ SSM 模型において、観測されたニュートリノ振動の結果を再現するようなパラメーター領域に着目し、タウ・スニュートリノの探索可能性を評価した。その結果、多くのパラメーター領域を将来実験において検証することが可能であると明らかになった。軽い超対称粒子が存在しうることによる現象論的に興味深い点としては、ミューオンの磁気双極子モーメントにおいて見いだされた標準模型理論値と実験値との不一致を超対称粒子の寄与によって説明しうる事が挙げられる。これに動機づけられて、 μ SSM 模型においてこの不一致を説明しうるパラメーター領域を調べ、LHC 実験の制限を逃れつつミューオン磁気双極子モーメントの実験値を説明しうることを明らかにした。

(4) 軽いヒッグシーノ探索の手法

電弱スケール微調整問題の解として長年考えられてきた超対称模型において、数百 GeV 程度の軽いヒッグシーノ (ヒッグス粒子の超対称パートナー粒子) がしばしば预言される。これは、加速器実験における重要なターゲットとなるが、電弱相互作用しか持たないこと、ヒッグシーノの荷電成分と中性成分の質量が縮退していること、などの理由から、LHC において探索することが困難になっている。特に、荷電成分と中性成分の質量差が 1 GeV 程度の場合には、従来の探索手法で制限をつけることができていなかった。そこで、衝突点からわずかにずれ

たソフトな孤立荷電トラックを探索することで以上のような質量スペクトルを持つヒッグシーノでも LHC において探索できないかを検討した。その結果, 将来の LHC 実験において数 100 GeV 程度のヒッグシーノを探索可能であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件/うち国際共著 12件/うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Curtin David, et.al.	4. 巻 82
2. 論文標題 Long-lived particles at the energy frontier: the MATHUSLA physics case	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reports on Progress in Physics	6. 最初と最後の頁 116201 ~ 116201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6633/ab28d6	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 Evans Jason L., Nagata Natsumi, Olive Keith A.	4. 巻 79
2. 論文標題 A minimal SU(5) SuperGUT in pure gravity mediation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 490
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-019-6980-4	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 Yanagi Keisuke, Nagata Natsumi, Hamaguchi Koichi	4. 巻 492
2. 論文標題 Cooling theory faced with old warm neutron stars: role of non-equilibrium processes with proton and neutron gaps	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5508 ~ 5523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa076	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 Hamaguchi Koichi, Nagata Natsumi, Yanagi Keisuke	4. 巻 795
2. 論文標題 Dark matter heating vs. rotochemical heating in old neutron stars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 484 ~ 489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.06.060	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 Ellis John、Garcia Marcos A.G.、Nagata Natsumi、Nanopoulos Dimitri V.、Olive Keith A.	4. 巻 797
2. 論文標題 Cosmology with a master coupling in flipped SU(5) × U(1): The 6 universe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 134864 ~ 134864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.134864	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 Kpatcha Essodjolo、Lara Inaki、Lopez-Fogliani Daniel E.、Munoz Carlos、Nagata Natsumi、Otono Hidetoshi、de Austri Roberto Ruiz	4. 巻 79
2. 論文標題 Sampling the μ SSM for displaced decays of the tau left sneutrino LSP at the LHC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-019-7412-1	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 Fukuda Hajime、Nagata Natsumi、Oide Hideyuki、Otono Hidetoshi、Shirai Satoshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Cornering Higgsinos Using Soft Displaced Tracks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 101801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.101801	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 Ellis John、Garcia Marcos A.G.、Nagata Natsumi、Nanopoulos Dimitri V.、Olive Keith A.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Superstring-inspired particle cosmology: inflation, neutrino masses, leptogenesis, dark matter & the SUSY scale	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 035 ~ 035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/01/035	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 Ellis John、Evans L.、Nagata Natsumi、Olive Keith A.、Velasco-Sevilla Liliana	4. 巻 80
2. 論文標題 Supersymmetric proton decay revisited	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-7872-3	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 Ito Hayato、Jinnouchi Osamu、Moroi Takeo、Nagata Natsumi、Otono Hidetoshi	4. 巻 1806
2. 論文標題 Searching for metastable particles with sub-millimeter displaced vertices at hadron colliders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP06(2018)112	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 Lara Inaki、Lopez-Fogliani Daniel E.、Munoz Carlos、Nagata Natsumi、Otono Hidetoshi、Ruiz de Austri Roberto	4. 巻 98
2. 論文標題 Looking for the left sneutrino LSP with displaced-vertex searches	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 75004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.075004	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 Ellis John、Nagata Natsumi、Olive Keith A.	4. 巻 78
2. 論文標題 Uncertainties in WIMP dark matter scattering revisited	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-018-6047-y	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 Hamaguchi Koichi, Nagata Natsumi, Yanagi Keisuke, Zheng Jiaming	4. 巻 98
2. 論文標題 Limit on the axion decay constant from the cooling neutron star in Cassiopeia A	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103015	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 Hisano Junji, Nagai Ryo, Nagata Natsumi	4. 巻 1812
2. 論文標題 Singlet Dirac fermion dark matter with mediators at loop	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP12(2018)059	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 Kawamura Junichiro, Kobayashi Tatsuo, Nagata Natsumi	4. 巻 1810
2. 論文標題 Non-universal gaugino masses in the NMSSM	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP10(2018)120	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 $U(1)_{L_\alpha - L_\beta}$ 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 55029
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 -

1. 著者名 Ellis John, Garcia Marcos A.G., Nagata Natsumi, Nanopoulos Dimitri V., Olive Keith A.	4. 巻 1904
2. 論文標題 Symmetry breaking and reheating after inflation in no-scale flipped SU(5)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/04/009	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. L. Evans, T. Gherghetta, N. Nagata and M. Peloso	4. 巻 95
2. 論文標題 Low-scale D-term inflation and the relaxion mechanism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 115027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.115027	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 J. Ellis, M. A. G. Garcia, N. Nagata, D. V. Nanopoulos and K. A. Olive	4. 巻 2017
2. 論文標題 Starobinsky-like inflation, supercosmology and neutrino masses in no-scale flipped SU(5)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2017/07/006	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 K. Asai, K. Hamaguchi and N. Nagata	4. 巻 77
2. 論文標題 Predictions for the neutrino parameters in the minimal gauged $U(1)_{L_\mu - L_\tau}$ model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-017-5348-x	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 P. Ko, N. Nagata and Y. Tang	4. 巻 773
2. 論文標題 Hidden charged dark matter and chiral dark radiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 513-520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2017.08.065	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

[学会発表] 計26件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Limit on the Axion Decay Constant from the Cooling Neutron Star in Cassiopeia A
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 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Limit on the Axion Decay Constant from the Cooling Neutron Star in Cassiopeia A
3. 学会等名 Opportunities at Future High Energy Colliders (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Limit on the Axion Decay Constant from the Cooling Neutron Star in Cassiopeia A
3. 学会等名 SUSY 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Axion Cooling in Neutron Stars
3. 学会等名 IBS-ICTP Workshop on Axion-Like Particles (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Dark Matter Heating vs. Rotochemical Heating in Old Neutron Stars
3. 学会等名 Behind and Beyond the Standard Model at the LHC, Future Colliders and Elsewhere (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Proton Decay: Theory
3. 学会等名 Prospects of Neutrino Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永田夏海
2. 発表標題 陽子崩壊と大統一理論の現状と展望
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永田夏海
2. 発表標題 中性子星の温度観測を用いた新物理模型探索
3. 学会等名 E研夏の学校2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Theoretical Developments in Dark Matter-Nucleon Scattering
3. 学会等名 Dark Side of the Universe 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Dark Matter Theory: Current status of WIMP DM
3. 学会等名 Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Limit on the Axion Decay Constant from the Cooling Neutron Star in Cassiopeia A
3. 学会等名 KEK-PH 2018 winter (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Long-Lived Particle Searches as a Probe of Dark Sectors: Theoretical Overview” LLP workshop 2018
3. 学会等名 LLP workshop 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Non-Universal Gaugino Masses in the NMSSM
3. 学会等名 日本物理学会 74 回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Cassiopeia A 中性子星の冷却曲線とアク シオン
3. 学会等名 基研研究会 PPP2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 フレーバー構造と陽子崩壊
3. 学会等名 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 Natsumi Nagata
2. 発表標題 WIMP 暗黒物質の現状
3. 学会等名 新テラスケー ル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 暗黒物質と新物理
3. 学会等名 第 8 回高エネルギー 物理春の学校 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Dark Matter in Non-Supersymmetric $SO(10)$ Grand Unified Models
3. 学会等名 Matter over Anti-matter: The Sakharov Conditions After 50 Years (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Probing metastable gluinos at the LHC
3. 学会等名 Olivefest: Astroparticle Physics Looking Forward (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Theoretical Overview
3. 学会等名 Workshop on Long-lived-particle searches in collider experiments (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Vacuum Stability in an SO(10) DM model
3. 学会等名 Mini-Workshop on Higgs Physics and Gravitational waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Neutrino Physics in the minimal gauged $U(1)_{L\mu-L\tau}$ model
3. 学会等名 New Physics Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Neutrino Physics in the minimal gauged $U(1)_{L\mu-L\tau}$ model
3. 学会等名 Testing CP-violation for Baryogenesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 Two-pixel-hit searches for wino and higgsino
3. 学会等名 Dark Side of the Universe 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 電弱相互作用を行う暗黒物質と直接探索実験
3. 学会等名 宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究2017年領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsumi Nagata
2. 発表標題 WIMP暗黒物質探索の現状とこれから
3. 学会等名 第45解北陸信越地区素粒子論グループ合宿 (招待講演)
4. 発表年 2017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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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			
英国	King's College London			
スイス	CERN			
ギリシャ	Academy of Athens			
米国	University of Minnesota	Texas A&M University	Rice University	他1機関
スペイン	Universidad Autonoma de Madrid	UAM-CSIC	CSIC-UV	
Korea	KIAS			
中国	TDLI			