

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2011～2015

課題番号：23104011

研究課題名（和文）テラスケール物理における世代構造の研究

研究課題名（英文）Studies of generation structure in new physics at terascale

研究代表者

久野 純治（Hisano, Junji）

名古屋大学・基礎理論研究センター・教授

研究者番号：60300670

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,200,000円

研究成果の概要（和文）：テラスケール新物理のフレーバーの物理を行った。標準模型を超える理論に電気双極子能率やレプトンフレーバーを破る過程などの希過程は感度があり、観測量と理論のパラメータの関係を整理し、超対称模型や拡張ヒッグス模型など様々なテラスケールの模型に対して制限を与えると同時に、観測されたヒッグス粒子やLHC実験での新粒子探索の結果との整合性を明らかにした。拡張ヒッグス模型において電弱バリオン数生成の可能性を明らかにした。

LHC実験の結果をもとに現実的な大統一模型を明らかにし、陽子崩壊について将来探索との関係を行った。現実的なフェルミオン質量を预言する模型の構築も行い、宇宙レプトン数生成の可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：We studied flavor physics in physics beyond the standard model. Rare processes, such as lepton-flavor violating processes, and also electric dipole moments are sensitive to beyond the standard model. We showed the relations between the observables and the fundamental parameters in the models, and gave constraints on the models including supersymmetric models and extended Higgs models by combining the results of Higgs measurements and new particle searches at LHC. We also discussed the electroweak baryogenesis in the extended Higgs models. We constructed realistic grand unified models based on the LHC results, and predicted the proton decay rates. We also constructed realistic models to predict quark and lepton masses, and discussed leptogenesis in the models.

研究分野：素粒子論

キーワード：世代構造 素粒子標準模型を超える物理 大統一理論 超対称性 CP対称性の破れ 宇宙のバリオン数の破れ 質量の起源 フレーバーの物理

1. 研究開始当初の背景

クォーク・レプトンの持つ世代の階層構造の存在は、素粒子標準模型における大きな謎の1つである。この謎を解決するにはクォーク・レプトンがいかにして質量を獲得したのかを理解する必要があるとともに、素粒子模型の入れ物となる時空の構造の解明が不可欠である。素粒子質量の起源を司るヒッグス粒子、そして時空構造から予言される超対称粒子やカルザー・クライン粒子が LHC 実験で発見されれば、世代構造の理解に向けて大きな一歩となる。

レプトンやハドロンの低エネルギーでの精密測定実験に加え、LHC 実験によって新粒子の質量や相互作用の測定がなされればテラスケール物理の全貌が明らかになり、世代の理解がさらに深まる。新粒子が世代に依存した相互作用を持つかもしれないからだ。特にその存在が有望視されている超対称性や余剰次元はクォーク・レプトンのパートナーの粒子の存在を予言し、それらの相互作用や質量に新たな世代構造が現れる。クォーク・レプトンの質量の階層構造は余剰次元におけるクォーク・レプトンの配位から導かれるという指摘がなされている。大統一理論の痕跡が世代に依存して超対称粒子の相互作用に現れることが議論されている。テラスケール物理は豊富な世代の情報を持っており、その理解を通してテラスケール物理の背後にある物理を探ることができる。

テラスケール物理における世代構造の理解は宇宙の物質・反物質非対称性の起源の理解につながる。三代目を予言した小林・益川理論は観測されている素粒子過程の物質・反物質非対称性(CP 非対称性)をよく説明する一方で、宇宙の物質・反物質非対称性を説明するには不十分である。LHC 実験で複数のヒッグス粒子やクォーク・レプトンのパートナーの粒子が発見されれば、新たな CP 非対称性の起源の可能性が出てくる。新粒子の性質、特にその粒子が導く CP 非対称性を研究することにより、テラスケール物理による宇宙の物質(バリオン数)生成の可能性や、ニュートリノ質量起源と密接な関係のあるシーソー機構によるレプトジェネシス(宇宙のレプトン数生成)の理解が大きく進むと期待される。

2. 研究の目的

クォーク・レプトンの持つ世代の階層構造の存在は、素粒子物理学の大きな謎の1つである。素粒子模型の入れ物である時空の構造が LHC 実験により明らかになれば世代構造の理解に向けて大きな一歩となる。本研究計画は、テラスケール物理における世代構造の解明、テラスケールを超える新しい素粒子像の構築、そして宇宙の物質・反物質非対称性の起源の解明を目指す。

レプトンやハドロンの低エネルギーでの

精密測定結果に加え、LHC 実験によって新粒子の質量や相互作用の測定結果を用いることで、テラスケール物理のもつ世代構造の全貌を明らかにする。時空構造と関係のある超対称性や余剰次元がクォーク・レプトンのパートナーの粒子の存在を予言し、テラスケール物理は標準模型よりも遙かに豊かな世代構造を持つ。その構造を明らかにすることで、さらにテラスケール物理の背後にある物理を探る。力と物質の統一の大統一理論の構築、余剰次元空間内でのクォーク・レプトンの配位による世代構造の出現、ニュートリノ質量の起源を解明する。これによりテラスケール物理を超えた、新しい素粒子像の構築を行う。

テラスケール物理における世代構造の理解は宇宙の物質・反物質非対称性の起源の解明に繋がる。新粒子の性質、特にその粒子の持つ物質・反物質非対称性を研究することにより、テラスケール物理による宇宙の物質(バリオン数)生成の可能性を明らかにし、また、ニュートリノ質量起源と密接な関係のあるシーソー機構によるレプトジェネシス(宇宙のレプトン数生成)の解明を行う。

3. 研究の方法

(1) レプトン、ハドロンの電気双極子能率や希過程の探索から超対称模型や余剰次元模型の構造、期待される質量スペクトラム、そして LHC 実験での事象のパターンを明らかにする。

(2) 代表的なテラスケールの模型において宇宙のバリオン数生成が可能かどうかを明らかにし、そこから LHC 実験や低エネルギー実験においてどのようなシグナルが得られるのかを明らかにする。

(3) 中性子やミュオン(g-2)などテラスケール物理に感度ある観測量を際評価し、そのテラスケール物理の予言をする際の不定性を明らかにする。

(4) LHC 実験において超対称粒子やカルザー・クライン粒子が発見された際には、新粒子のスペクトラムをもとに模型を選別し、残された可能性をさらに絞り込むための研究を行う。

(5) 超対称粒子が発見された際には、そこから期待されるよりニュートリノ質量の起源、レプトジェネシス、大統一理論に向けてより基本的な理論の構築を行い、陽子崩壊、レプトンやハドロンの電気双極子能率や希過程など低エネルギー実験によるその検証の可能性を検討する。

(6) 新しいテラスケール物理が発見されなかった場合 今日までの素粒子物理学の考察から考えて、テラスケールを大きく超えてまで新しい物理が存在しないことは考えにくい。新しい物理のスケールを探るべく、低エネルギー実験、LHC 実験と矛盾のない理論を再検討し、より高いエネルギースケールを間接的ならも探ることのできるレ

プトンやハドロンの電気双極子能率や希過程でその理論がその兆候が検出可能かどうかを明らかにする。

4. 研究成果

(1) フレーバーの物理

標準模型を超える理論に電気双極子能率(EDM)は感度がある。久野は、クォークの EDM、カラー EDM の中性子 EDM への寄与を QCD 和則、次元 6 までの CP 対称性を破る相互作用のウィルソン係数のくりこみ群の方程式の導出など、中性子の EDM の系統的な評価のための研究を行った。また標準模型を超える理論として、観測されたヒッグス粒子の質量から期待される超対称性の破れが 100TeV 程度の MSSM、電弱バリオン数生成を導く四世代模型やヒッグス拡張模型などの模型における EDM を評価し、模型に制限を与えるとともに、将来実験での検証の可能性の議論をした。

久野は、超対称性の破れが 100TeV 程度の模型の可能性として新たな物質場やゲージ場の導入が考えられ、その MSSM とは異なるフレーバーの物理の予言が有ることを示した。また、進藤は、超対称性シーソー模型におけるレプトンフレーバーを破る過程の研究を行った。LHC で測定された 125GeV のヒッグス質量をインプットとしてあつかった場合に、 μ 、 e や μ などのプロセスに対し、どのような予言が得られるかを明らかにした。また、進藤はニュートリノ質量が TeV である可能性を探り、模型の構築を行った。

(2) ヒッグスセクターの物理

久野は、SU(2)二重項のヒッグス場以外でパラメータを自然に 1 する可能性として SU(2)七重項がある。SU(2)七重項を含む現実的な模型を構築し、その現象論的予言を明らかにした。

また、久野はヒッグス場と電弱相互作用をする暗黒物質との有効理論を構築し、そこから期待される現象の整理を行った。

進藤は、ヒッグスセクターの拡張により、ニュートリノ質量が量子補正によって生じる模型を構築し、その現象論的研究を行った。LHC 等の実験によって模型が検証可能であることを示した。また、電弱バリオン数生成に必要な強い 1 次相転移が可能であることを明らかにした。また、別の拡張ヒッグス模型において久野は電弱バリオン数生成により宇宙のバリオン数生成の説明が可能かを明らかにした。

(3) 大統一模型の研究

X ボゾンによる陽子崩壊は大統一理論の検証において非常に重要である。久野はその予言の信頼度を上げるため、超対称模型の枠組みで GUT スケールでの量子効果、陽子崩壊の演算子への 2 ループでの量子補正を評価し予言に取り込んだ。また、観測されたヒッグス粒子の質量を説明する可能性として、新たな物質場を導入や大きな超対称性の破れの導

入がある。これらの模型における陽子崩壊の予言を明らかにし、将来実験との関係を明らかにした。また、前川は物質場が大統一の場にどのように埋め込まれているかを陽子崩壊の様々なモードの分岐比の研究から明らかにできることを示した。

世代対称性を持つ E6 大統一理論は自発的に CP 対称性を破るとクォークセクターは小林-益川位相の起源を説明しつつ超対称 CP 問題を解く等多くの利点が知られていたがニュートリノは現実と合わないと思われていたが、前川はニュートリノに関して現実を再現するだけで無く後に確認された $Ue3$ に対する予言も通常の E6 大統一理論と同様になっていることを示した。またこの模型における宇宙のレプトン数生成の可能性を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 44 件)

[1] Kari Fuyuto, Junji Hisano, Eibun Senaha, " Toward verification of electroweak baryogenesis by electric dipole moments ", Phys.Lett. (査読有) B755 (2016)491-497, 10.1016/j.physletb.2016.02.053.

[2] Takuya Ishihara, Nobuhiro Maekawa, Mao Takegawa, Masato Yamanaka, " Leptogenesis in $E_6 \times U(1)_A$ SUSY GUT model ", JHEP (査読有) 1602 (2016) 108, 10.1007/JHEP02(2016)108.

[3] Junji Hisano, Daiki Kobayashi, Wataru Kuramoto, Takumi Kuwahara, " Nucleon Electric Dipole Moments in High-Scale Supersymmetric Models ", JHEP (査読有) 1511 (2015) 085, 10.1007/JHEP11(2015)085.

[4] Shinya Kanemura, Tetsuo Shindou, Hiroaki Sugiyama, " R-Parity Conserving Supersymmetric Extension of the Zee Model ", Phys.Rev.(査読有) D92 (2015) no.11, 115001, 10.1103/PhysRevD.92.115001.

[5] Toru Goto, Yasuhiro Okada, Tetsuo Shindou, Minoru Tanaka, Ryoutaro Watanabe, " Lepton flavor violation in the supersymmetric seesaw model after the LHC 8 TeV run ", Phys.Rev.(査読有) D91 (2015) no.3, 033007, 10.1103/PhysRevD.91.033007.

[6] Shinya Kanemura, Kunio Kaneta, Naoki Machida, Tetsuo Shindou, " New resonance scale and fingerprint identification in minimal composite Higgs models ", Phys.Rev.(査読有) D91 (2015) 115016, 10.1103/PhysRevD.91.115016.

[7] Junji Hisano, Natsumi Nagata, Yuji Omura, " Interpretations of the ATLAS Diboson Resonances ", Phys.Rev. (査読有) D92 (2015) no.5, 055001, 10.1103/PhysRevD.92.055001.

- [8] Junji Hisano, Koji Ishiwata, Natsumi Nagata, "QCD Effects on Direct Detection of Wino Dark Matter", JHEP (査読有) 1506 (2015) 097, 10.1007/JHEP06(2015)097.
- [9] Junji Hisano, Takumi Kuwahara, Yuji Omura, "Threshold Corrections to Baryon Number Violating Operators in Supersymmetric SU(5) GUTs", Nucl.Phys. (査読有) B898 (2015) 1-29, 10.1016/j.nuclphysb.2015.06.022.
- [10] Junji Hisano, Yu Muramatsu, Yuji Omura, Masato Yamanaka, "Flavor violating Z' from SO(10) SUSY GUT in High-Scale SUSY", Phys.Lett. (査読有) B744 (2015) 395-400, 10.1016/j.physletb.2015.04.020.
- [11] Junji Hisano, Ryo Nagai, Natsumi Nagata. "Effective Theories for Dark Matter Nucleon Scattering", JHEP (査読有) 1505 (2015) 037, 10.1007/JHEP05(2015)037.
- [12] Junji Hisano, Daiki Kobayashi, Naoya Mori, Eibun Senaha, "Effective Interaction of Electroweak-Interacting Dark Matter with Higgs Boson and Its Phenomenology" Phys.Lett. (査読有) B742 (2015) 80-85, 10.1016/j.physletb.2015.01.012.
- [13] Nobuhiro Maekawa, Yu Muramatsu, Yoshihiro Shigekami, "Sizable D-term contribution as a signature of $E_6 \times SU(2)_F \times U(1)_A$ SUSY GUT model", PTEP (査読有) 2014 (2014) no.11, 113B02.10.1093/ptep/ptu151.
- [14] Seishi Enomoto, Nobuhiro Maekawa, Tomohiro Matsuda, "Preheating with higher dimensional interaction", Phys.Rev. (査読有) D91 (2015) no.10, 103504, 10.1103/PhysRevD.91.103504.
- [15] Nobuhiro Maekawa, Kenichi Takayama, "The heavy graviton, naturalness, and sizable anomaly mediation", PTEP (査読有) 2014 (2014) 093B04, 10.1093/ptep/ptu118.
- [16] Nobuhiro Maekawa, Yu Muramatsu. "Nucleon decay via dimension-6 operators in $E_6 \times SU(2)_F \times U(1)_A$ SUSY GUT model", PTEP (査読有) 2014 (2014) no.11, 113B03, 10.1093/ptep/ptu150.
- [17] Tomohiro Abe, Junji Hisano, Teppei Kitahara, Kohsaku Tobioka, "Gauge invariant Barr-Zee type contributions to fermionic EDMs in the two-Higgs doublet models", JHEP (査読有) 1401 (2014) 106, 10.1007/JHEP01(2014)106.
- [18] Seishi Enomoto, Satoshi Iida, Nobuhiro Maekawa, Tomohiro Matsuda, "Beauty is more attractive: particle production and moduli trapping with higher dimensional interaction", JHEP (査読有) 1401 (2014) 141, 10.1007/JHEP01(2014)141.
- [19] Shinya Kanemura, Naoki Machida, Tetsuo Shindou, "Radiative neutrino mass, dark matter and electroweak baryogenesis from the supersymmetric gauge theory with confinement", Phys.Lett.(査読有) B738 (2014)178-186, 10.1016/j.physletb.2014.09.013.
- [20] Shinya Kanemura, Naoki Machida, Tetsuo Shindou, Toshifumi Yamada, "A UV complete model for radiative seesaw scenarios and electroweak baryogenesis based on the supersymmetric gauge theory", Phys.Rev.(査読有) D89 (2014) no.1, 013005, 10.1103/PhysRevD.89.013005.
- [21] Shinya Kanemura, Eibun Senaha, Tetsuo Shindou, Toshifumi Yamada, "Electroweak phase transition and Higgs boson couplings in the model based on supersymmetric strong dynamics", JHEP(査読有) 1305 (2013) 066, 10.1007/JHEP05(2013)066.
- [22] Kaori Fuyuto, Junji Hisano, Natsumi Nagata, Koji Tsumura, "QCD Corrections to Quark (Chromo)Electric Dipole Moments in High-scale Supersymmetry", JHEP (査読有) 1312 (2013) 010, 10.1007/JHEP12(2013)010.
- [23] Nobuhiro Maekawa, Yu Muramatsu. "Nucleon decay via dimension-6 operators in anomalous $U(1)_A$ supersymmetric GUT", Phys.Rev. (査読有) D88 (2013) no.9, 095008, 10.1103/PhysRevD.88.095008.
- [24] Junji Hisano, Daiki Kobayashi, Takumi Kuwahara, Natsumi Nagata, "Decoupling Can Revive Minimal Supersymmetric SU(5)", JHEP (査読有) 1307 (2013) 038, 10.1007/JHEP07(2013)038.
- [25] Junji Hisano, Takumi Kuwahara, Natsumi Nagata, "Grand Unification in High-scale Supersymmetry", Phys.Lett. (査読有) B723 (2013) 324-329, 10.1016/j.physletb.2013.05.017.
- [26] Junji Hisano, Daiki Kobayashi, Yu Muramatsu, Natsumi Nagata, "Two-loop Renormalization Factors of Dimension-six Proton Decay Operators in the Supersymmetric Standard Models", Phys.Lett. (査読有) B724 (2013) 283-287, 10.1016/j.physletb.2013.06.030.
- [27] Junji Hisano, Koji Tsumura, "Higgs boson mixes with an SU(2) septet representation", Phys.Rev. (査読有) D87 (2013) 053004, 10.1103/PhysRevD.87.053004.
- [28] Kaori Fuyuto, Junji Hisano, Natsumi Nagata, "Neutron electric dipole moment induced by strangeness revisited", Phys.Rev. (査読有) D87 (2013) no.5, 054018, 10.1103/PhysRevD.87.054018.
- [29] Junji Hisano, Koji Ishiwata, Natsumi Nagata, "Direct Search of Dark Matter in High-Scale Supersymmetry", Phys.Rev. (査読有) D87 (2013) 035020, 10.1103/PhysRevD.87.035020.

[30] Junji Hisano, Koji Tsumura, Masaki J.S. Yang, "QCD Corrections to Neutron Electric Dipole Moment from Dimension-six Four-Quark Operators", Phys.Lett. (査読有) B713 (2012) 473-480, 10.1016/j.physletb.2012.06.038.

[31] Paolo Gondolo, Junji Hisano, Kenji Kadota. "The Effect of quark interactions on dark matter kinetic decoupling and the mass of the smallest dark halos", Phys.Rev. (査読有) D86 (2012) 083523, 10.1103/PhysRevD.86.083523.

[32] Junji Hisano, Daiki Kobayashi, Natsumi Nagata, "Enhancement of Proton Decay Rates in Supersymmetric SU(5) Grand Unified Models", Phys.Lett. (査読有) B716 (2012) 406-412, 10.1016/j.physletb.2012.08.037.

[33] Junji Hisano, Jeong Yong Lee, Natsumi Nagata, Yasuhiro Shimizu, "Reevaluation of Neutron Electric Dipole Moment with QCD Sum Rules", Phys.Rev. (査読有) D85 (2012) 114044, 10.1103/PhysRevD.85.114044.

[34] Nobuhiro Maekawa, Kenichi Takayama, "Neutrino properties in $E_6 \times SU(2)_F$ SUSY GUT with spontaneous CP violation", Phys.Rev. (査読有) D85 (2012) 095015, 10.1103/PhysRevD.85.095015.

[35] Yasuhiro Kurata, Nobuhiro Maekawa, "Averaged Number of the Lightest Supersymmetric Particles in Decay of Superheavy Particle with Long Lifetime", Prog.Theor.Phys. (査読有) 127 (2012) 657-664, 10.1143/PTP.127.657.

[36] Shinya Kanemura, Tetsuo Shindou, Toshifumi Yamada, "A light Higgs scenario based on the TeV-scale supersymmetric strong dynamics", Phys.Rev. (査読有) D86 (2012) 055023, 10.1103/PhysRevD.86.055023.

[37] By Shinya Kanemura, Eibun Senaha, Tetsuo Shindou, "First-order electroweak phase transition powered by additional F-term loop effects in an extended supersymmetric Higgs sector", Phys.Lett. (査読有) B706 (2011) 40-45, 10.1016/j.physletb.2011.10.046.

[38] Mayumi Aoki, Shinya Kanemura, Tetsuo Shindou, Kei Yagyu, "Decoupling property of the supersymmetric Higgs sector with four doublets", JHEP (査読有) 1111 (2011) 038, 10.1007/JHEP11(2011)038.

[39] Junji Hisano, Koji Ishiwata, Natsumi Nagata, "Direct Detection of Dark Matter Degenerate with Colored Particles in Mass", Phys.Lett. (査読有) B706 (2011) 208-212, 10.1016/j.physletb.2011.11.017.

[40] Junji Hisano, Wei-Shu Hou, Fanrong Xu, "Updating the neutron electric dipole moment in a fourth generation standard

model", Phys.Rev. (査読有) D84 (2011) 093005, 10.1103/PhysRevD.84.093005.

[41] Seishi Enomoto, Nobuhiro Maekawa, "Baryogenesis by B-L generation due to superheavy particle decay", Phys.Rev. (査読有) D84 (2011) 096007, 10.1103/PhysRevD.84.096007.

[42] Motoharu Ito, Shogo Kuwakino, Nobuhiro Maekawa, Sanefumi Moriyama, Keiji Takahashi, Kazuaki Takei, Shunsuke Teraguchi, Toshifumi Yamashita, "Heterotic E_6 GUTs and Partition Functions", JHEP (査読有) 1112 (2011) 100, 10.1007/JHEP12(2011)100.

[43] Junji Hisano, Koji Ishiwata, Natsumi Nagata, Tomohiro Takesako, "Direct Detection of Electroweak-Interacting Dark Matter", JHEP (査読有) 1107 (2011) 005, 10.1007/JHEP07(2011)005.

[44] Junji Hisano, Masahiro Kawasaki, Kazunori Kohri, Takeo Moroi, Kazunori Nakayama, Toyokazu Sekiguchi, "Cosmological constraints on dark matter models with velocity-dependent annihilation cross section", Phys.Rev. (査読有) D83 (2011) 123511, 10.1103/PhysRevD.83.123511.

[学会発表](計 59 件)

[1] Junji Hisano, "QCD Effects on Direct Detection of Wino Dark Matter", Particle Phenomenology From the Early Universe to High Energy Colliders (招待講演), 2015 年 4 月 9 日, Portoroz, Slovenia

[2] Junji Hisano, "Probing the TeV scale and beyond with EDMs", Symposium: New Generation Quantum Theory -Particle Physics, Cosmology, and Chemistry- (招待講演), 2015 年 10 月 27 日, 京都大学

[3] Junji Hisano, "How to study SUSY standard model(s) at $O(100)$ TeV", the 5th KEK Flavor Factory Workshop (KEK-FF2015) (招待講演), 2015 年 10 月 27 日, Waterras Common in the center of Tokyo

[4] 進藤哲央, "素粒子標準模型を超える理論の探求", 第 2 回先進工学イノベーションフォーラム, 2015 年 11 月 2 日, 工学院大学

[5] Nobuhiro Maekawa, "Neutrino masses and mixings as an evidence of GUT, and the impact to nucleon decay and leptogenesis", the Next generation Nucleon decay and Neutrino detector (NNN15) workshop (招待講演), 2015 年 10 月 16 日-2015 年 10 月 31 日, Stony Brook, New York, USA

[6] Nobuhiro Maekawa, "GUT with neutrinos", the Workshop for Neutrino Programs with facilities in Japan (招待講演), 2015 年 8 月 4 日, JPARC

[7] T. Shindou, "Lepton flavour violation

in the SUSY seesaw model after the LHC 8TeV run ”, 2nd KIAS-NTCS Joint Workshop (招待講演), 2014年12月26日, National Taiwan University, Taiwan

[8] 進藤哲央, “Constraint on NP models by Higgs ”, 第一回 ATLAS+Belle II 研究会(招待講演), 2014年11月25日, 東京大学

[9] T. Shindou, “BSM interpretation of LHCb results and future prospects ”, Rencontres du Vietnam 2014: Physics at LHC and beyond (招待講演), 2014年8月16日, Qui-nhyon, Vietnam

[10] N. Maekawa, “Heavy gravitino, naturalness and sizable anomaly mediation ”, PASCOS2014, 2014年6月22-27日, Warsaw, Poland

[11] 前川展祐, “Neutrino properties in $E_6 \times SU(2)_F$ SUSY GUT with spontaneous CP violation ”, 次世代の加速器ニュートリノ実験ワークショップ (招待講演), 2014年6月21日, 京都大

[12] 久野純治, “Probing the TeV scale and beyond with EDMs ”, Workshop “Flavors of New Physics ” (招待講演), 2015年3月, 原子力研究機構

[13] 久野純治, “Probing the TeV scale and beyond with EDMs ”, Workshop “Probing the TeV scale and beyond ” (招待講演), 2014年7月, University in Mainz.

[14] 久野純治, “Probing the TeV scale and beyond ”, 4th KIAS Workshop on particle physics and cosmology (招待講演), 2014年10月, KIAS

[15] N. Maekawa, “Vacuum selection and inflation via particle production in anomalous U(1) model ”, PASCOS2013, 2013年11月20日-2013年11月26日, 台北, 台湾

[16] J. Hisano, “Proton Decay in SUSY GUTs revisited ”. Third workshop on Flavor Symmetry (FLASY13), 2013年7月1日~2013年7月5日, 新潟大学

[17] T. Shindou, “Introduction to Flavour Physics in Models Beyond the Standard Model ”, KEK-PH2013(招待講演), 2013年03月06日~2013年03月07日, KEK

[18] T. Shindou, “Extended SUSY Higgs Sector and EW Baryogenesis ”, SUSY2012, 2012年10月16日, Peking University

[19] J. Hisano, “Lepton-Flavor Violation and Physics beyond the Standard Model ”, 2th International Workshop on Tau Lepton Physics (TAU 2012)(招待講演), 2012年09月28日, Nagoya univ.

[20] J. Hisano, “evaluation of Neutron Electric Dipole Moment with QCD Sum Rules ”, Quark Confinement and the Hadron Spectrum X(招待講演), 2012年09月17日, TUM, Germany

[21] J. Hisano, “Lepton-Flavor Violation

and Physics beyond the Standard Model ”, 7th Workshop on the CKM Unitarity Triangle (CKM 2012)(招待講演), 2012年09月28日, University of Cincinnati

[22] N. Maekawa, “Cosmology in Natural GUT ”, COSM011, 2011年8月25日, ポルトガル

[23] T. Shindou, “Extended SUSY Higgs sector and first-order electroweak phase transition ”, KEKPH2012, 2012年2月29日, KEK

6. 研究組織

(1)研究代表者

久野純治 (HISANO, Junji)

名古屋大学・基礎理論研究センター・教授
研究者番号: 60300670

(2)研究分担者

前川展祐 (MAEKAWA, Nobuhiro)

名古屋大学・基礎理論研究センター・准教授

研究者番号: 40273429

進藤哲央 (SHINDOU, Tetsuo)

工学院大学・基礎・教養教育部門・准教授
研究者番号: 60553039

(3)連携研究者

棚橋誠治 (TANABASHI, Masaharu)

名古屋大学・理学研究科・教授
研究者番号: 00270398

戸部和弘 (TOBE, Kazuhiro)

名古屋大学・理学研究科・准教授
研究者番号: 20451510

(4)協力研究者

津村浩二 (TSUMURA, Koji)

大村裕司 (OMURA, Yuji)

阿部智広 (ABE, Tomohiro)

F. Beye

永田夏海 (NAGATA, Natumi)

村松祐 (MURAMATSU, Yu)

榎本成志 (ENOMOTO, Seishi)

冬頭かおり (FUYUTO, Kaori)

他、名古屋大学学生、ポスドクなど。