

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14706

研究課題名（和文）精密測定の高精度予測でせまる素粒子標準模型を超える物理

研究課題名（英文）Probing physics beyond the standard model by precise predictions for flavor physics

研究代表者

北原 鉄平（Kitahara, Teppei）

名古屋大学・高等研究院（素粒子）・特任助教

研究者番号：40759502

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、フレーバー物理やミュオン異常磁気能率に関する広い範囲の新物理の現象論を調べた。特に、B中間子崩壊（ $B \rightarrow D^{(*)}$ ）で報告されている標準模型との食い違い（アノマリー）をレプトクォーク粒子によって説明する新物理シナリオについて重点的に研究し、多角的な結果（LHC実験における特徴的な事象、 Υ 中間子や Λ_b バリオンにおけるレプトン普遍性の破れ）が予測されることが示された。また、ミュオン異常磁気能率アノマリーを説明可能な最小超対称性模型が、LHC実験と暗黒物質直接探索実験では未だに探索しきれていないことを示した。さらに、CPの破れを表す θ 項への量子補正の基礎的な研究を行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、素粒子の精密測定の特に関心するフレーバー物理を軸にし、標準模型を超える新物理の現象論を多角的に調査した。特に、B中間子崩壊（ $B \rightarrow D^{(*)}$ ）で報告されているアノマリーを説明可能なTeVスケールにあると期待される新物理を、LHC実験における共鳴探索とは別に、どのような探索をすれば検証できるのかを明らかにした。また、B中間子と Λ_b バリオン崩壊の間の新物理によらない和則の発見は、アノマリーの観点から非常に重要であると期待される。また、 θ 項の基礎的な研究結果は、今後のCPの破れの研究において大いに活用されることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：We investigated the phenomenology of a wide range of new physics related to flavor physics and muon anomalous magnetic moment. Particular emphasis was placed on new physics scenarios in which leptoquark particles explain discrepancies with the standard model predictions (anomaly) reported in B-meson decay ($B \rightarrow D^{(*)}$). Then, multifaceted results (characteristic events in the LHC experiments, lepton flavor universality violation in the Upsilon meson and Λ_b baryon) were shown to be predicted. It was also shown that the minimal supersymmetric standard model, which can explain the muon anomalous magnetic moment anomaly, has not yet been fully explored by the LHC experiment and the dark matter direct search experiment. Furthermore, a fundamental study of quantum corrections to the theta term representing CP violation in the QCD sector was carried out.

研究分野：素粒子論

キーワード：フレーバー物理 標準模型を超える物理 中間子稀崩壊 ミュオン異常磁気能率 電気双極子能率

1. 研究開始当初の背景

素粒子標準模型を超える物理(新物理)を効果的に探る方法の一つが、素粒子ごとの特性の精密測定である。これは、精密測定の実験値と標準模型予言値とを比較することで、輻射補正を通じて与えられる新物理の寄与を間接的に探る方法である。このような精密測定において、フレーバー物理は非常に感度良く新物理を探索することができる。このような手法は、LHC実験などによる新物理の直接的探索とは相補的なはたらきをし、場合によってはLHC実験よりも広範囲の新物理を探索可能である。本研究課題の核心をなす問いは、標準模型や新物理の高精度予言をすることで、LHC実験が苦手とするパラメータ領域をどこまで・どのように間接的に探ることができるかを明らかにすることである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、LHCb 実験や Belle II 実験、NA62 実験、KOTO 実験に代表される、K 中間子と B 中間子の稀崩壊で探るフレーバー物理の精密測定の近い将来の結果に備え、様々なアプローチから精密測定の理論サイドの高精度予言を準備しておくことである。特に、フレーバー物理の幾つかのプロセスは実験値と標準模型予言値との間に乖離(フレーバーアノマリー)が報告されており、そのようなプロセスを重点的に研究する。さらに、物質と反物質との間の対称性である CP 対称性、およびその破れである CP の破れも積極的に応用し、核子や電子の電気双極子能率の精密測定との関係性も調査する。

3. 研究の方法

(1) 具体的な研究の方法としては、長距離 QED 補正を軸とした標準模型予言の高精度化、 $K \rightarrow \mu \mu$ の CP の破れに関係する新しい測定方法の研究およびその高精度化、そしてフレーバーアノマリーを軸にした新物理の現象論解析、特に将来測定される CP を破る物理量の中の相関関係の調査を行う。また、高いエネルギースケールを持つ新物理を考える場合は有効場の理論の形式を用いて、特にその 1ループマッチングまでを計算し、フレーバーが変化する非自明な寄与が発生するかどうかも調べる。

(2) ミューオンの特性の精密測定であるミューオン異常磁気能率($g-2$)は、実験値と標準模型予言値の間に有意なアノマリーが報告されており、その背後にある新物理の存在が期待されている。ミューオン $g-2$ アノマリーとフレーバーアノマリーは特定の新物理では相関を持ち、しばしば相性が良いため、ミューオン $g-2$ アノマリーを軸にした現象論解析も並行して進める。

4. 研究成果

(1) KOTO 実験は、中性 K 中間子ビームを用いて、長寿命 K 中間子のパイ中間子とニュートリノへの分岐比を探索しており、そのデータ解析の中間発表において標準模型では説明のつかない事象を測定したと発表した。これは当初予想していなかった結果であった。仮にこの事象が、パイ中間子崩壊を正しく捕らえた適切な信号である場合、この実験により新物理の痕跡を見つけた可能性がある。しかしながら、素朴にはそれは NA62 実験の荷電 K 中間子の測定結果と矛盾していた。我々は、これらの実験における未知粒子への測定能率に関する研究を行い、有限寿命の新粒子を導入することで、これら二つの実験の矛盾を解消できる新物理の特定のクラスを明らかにした。なお、最終的には、KOTO 実験の発見した事象は標準模型の背景事象でも説明可能であると結論づけられた。

(2) B 中間子の D 中間子とタウレプトンへの分岐比($R(D^*)$)に関する物理量($R(D^*)$)が標準模型予言から 3 以上ずれていることが報告されている(フレーバーアノマリー)。この量はレプトン普遍性の破れとも呼ばれている。このアノマリーは、レプトクォークと呼ばれるレプトンとクォークの両方の特徴を併せ持つ新粒子のボソンで説明することができる。これに対し、Belle II 実験と LHCb 実験によって同 B 中間子崩壊の様々な偏光度を精密測定することで、代表的なレプトクォーク模型を識別できることを示した。また、 \bar{b} バリオンが \bar{c} バリオンとタウレプトンへ崩壊する分岐比の、新物理の詳細に依存しない普遍的な和則の予言を明らかにした。 \bar{b} バリオンの測定は実際に LHCb 実験が 2022 に行い、結果を発表した。その結果は、先に我々が予言した新物理の詳細に依存しない予言に一致したとは言えないもので、それらの間にどの程度の不一致があるのかを定量的に評価し、更なる実験結果によってそれらの統計誤差を減らすことで、より明確に新物理に迫ることができると結論づけた。

(3) 中間子のレプトニック崩壊は、レプトン普遍性の破れ($\Gamma \rightarrow 00$)に感度があることが知られている。我々は、現在の $R(D^*)$ アノマリーが示唆するレプトン普遍性の破れと、中間子のそれがどの程度相関を持っているのかを、レプトクォーク模型を用いて定量的に示した。

(4) $R(D^{(*)})$ アノマリーはレプトクォーク粒子を示唆するが、レプトクォーク粒子は質量が 1-2TeV よりも重ければ LHC 実験では生成されず、制限がついていなかった。我々は、 $g_c b$ という素過程を用いて off-shell のレプトクォークを感度良く測定する方法を提案し、加速器シミュレーションによって(現在と将来の)LHC 実験における測定感度を見積もり、現状の $R(D^{(*)})$ アノマリーとの比較を行った。この結果は近い将来の LHC 実験におけるレプトクォーク粒子探索のポテンシャルの高さを示唆している。

(5) 近年の B 中間子の遷移フォームファクターの計算精度の向上に伴い、B 中間子崩壊分岐比の理論誤差が小さくなった。この結果、B 中間子が D 中間子と K 中間子または D 中間子と \bar{D} 中間子に崩壊する 4 つのハドロニックチャンネルで、理論と測定値の間に 3-4 程度の一定のずれが見えてきた。我々は世界に先駆け、このずれが 1TeV 程度の新しい SU(2)ゲージ多重項の新物理で一定の説明が可能であることを示した。また、この新しいアノマリーをテーマにした国際ワークショップにおいてこの結果を発表した。

(6) ミューオン g-2 アノマリーを説明可能な Axion-like particle (ALP) 模型の現象論を調査した。ALP は通常クォークとの相互作用が議論されているが、これを拡張し、レプトンフレーバーを破る ALP を仮定した。これはミューオン g-2 と電子 g-2 に同時に非自明な寄与を与える点で特徴的である。我々は加速器シミュレーションを行うことで、Belle II 実験による将来の精密測定によって、ALP 模型を観測または棄却できることを明らかにした。また、このような ALP が与えるミューオニウム-反ミューオニウム転換への寄与を整理した。

(7) ミューオン g-2 アノマリーは最小超対称性模型によって説明可能である。しかし同時に、超対称性模型は LHC 実験からパラメータ領域によっては厳しく制限されている。我々は、数多ある LHC 実験の結果を包括的にまとめ、このような超対称性模型がまだ完全には棄却されていないことを明らかにした。さらに、Fermilab によるミューオン g-2 の新しい実験結果が発表されることへの準備として、アノマリーを説明可能な超対称性模型におけるパラメータ領域について、bino 暗黒物質シナリオの可能性も含め、その LHC 実験の制限を包括的にまとめ、未だ多くのパラメータ領域が LHC 実験と暗黒物質直接探索実験では探索できていないことを改めて示した。

(8) Kaon と Hyperon の新物理に関するレビューペーパーの執筆にも参加した。また、米国の Snowmass 2021 へのインプットとして 5 報に貢献した。特に「Stau study at the ILC and its implication for the muon g-2 anomaly」は新結果であり、内容も書き下ろしである。ILC における超対称性粒子の精密測定によって、ミューオン g-2 アノマリーに迫ることが可能であることが改めて示された。

(9) 中性子の電気双極子能率をテーマにした学際研究についても行った。中性子の電気双極子能率の測定に量子物理学の特殊な測定テクニックである弱測定が応用できないか、という疑問のもと、数年前に始まった学際研究である。弱測定の恩恵を受けることができる新しい実験のセットアップを考案し、その実験的な感度を数値的に見積もった。

(10) 物理定数の調整時における新物理の影響を調査することに成功した。微細構造定数などの物理定数は、CODATA により水素等のスペクトル分析から得られる精密測定の結果に基づいて決められている。しかし、その調整は標準模型を前提としている。我々は一般的な新物理を湯川ポテンシャルの形に仮定し、それを考慮に入れ、CODATA の結果を再現する一方で、物理定数の調整に矛盾が生じない手法を開発することができた。同時に、molecular hydrogen ion 等のスペクトル分析も取り入れることで、CODATA よりも幅広い実験結果を扱うことができた。さらに、CODATA による標準模型物理定数の調整よりも、優れた fit を示す特定の物理的存在も明らかになった。

(11) $K \rightarrow \mu \mu$ に関して、その遷移の strong phase の精度の良い決定は、将来実験における理論の不定性を抑えることに繋がるため重要である。我々は現状を整理し、 $K_L \rightarrow \mu \mu$ と $K_S \rightarrow \mu \mu$ の測定結果から strong phase が精度良く抜き出せることを示した。

(12) 標準模型の枠内では CKM 行列は必ずユニタリ行列でなければならない。現在のフレーバー物理の精密測定は CKM 行列の全成分を独立に決定することが可能であり、その結果 CKM 行列がユニタリ行列から有意に逸脱していることが近年判明してきた(Cabibbo 角アノマリー)。我々はまず標準模型の枠内でこの逸脱を丁寧にレビューし、ユニタリ行列からの逸脱の度合いの世界平均を求めた。続いて、Cabibbo 角アノマリーを説明可能なベクター型クォークを導入した新物理を調査し、その関係する現象論を調べ論文にまとめた。

(13) QCD セクターにおける CP の破れ(項)に関する基礎的な研究を行なった。Fock-Schwinger ゲージと呼ばれるゲージ固定を用いて、 項に対する量子補正が計算できることを示し、左右対称性模型に適用し、期待される中性子の電気双極子能率の大きさを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 30件）

1. 著者名 Goudzovski Evgueni, Redigolo Diego, Tobioka Kohsaku, Zupan Jure, Alonso-Alvarez Gonzalo, Alves S.M. Daniele, Bansal Saurabh, Bauer Martin, Brod Joachim, et al	4. 巻 86
2. 論文標題 New physics searches at kaon and hyperon factories	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Reports on Progress in Physics	6. 最初と最後の頁 016201 ~ 016201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6633/ac9cee	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 Crivellin Andreas, Kirk Matthew, Kitahara Teppei, Mescia Federico	4. 巻 106
2. 論文標題 Large t to c Z as a sign of vectorlike quarks in light of the W mass	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 L031704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.106.L031704	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 Iguro Syuhei, Kitahara Teppei, Omura Yuji	4. 巻 82
2. 論文標題 Scrutinizing the 95-100 GeV di-tau excess in the top associated process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-022-11028-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 -
1. 著者名 Hamada Yuta, Kitahara Teppei, Sato Yoshiki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Monopole-fermion scattering and varying Fock space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP11(2022)116	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 Boughezal Radja, Ligeti Zoltan, Altmannshofer Wolfgang, Das Bakshi Supratim, Caola Fabrizio, Chala Mikael, Diaz-Carmona Alvaro, Chen Wen, Darvishi Neda, et al	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Theory Techniques for Precision Physics -- Snowmass 2021 TF06 Topical Group Report	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2209.10639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Bose Tulika, Boveia Antonio, Doglioni Caterina, Griso Pagan Simone, Hirschauer James, Lipeles Elliot, Liu Zhen, Shah R. Nausheen, Wang Lian-Tao, Agashe Kaustubh, et al	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Report of the Topical Group on Physics Beyond the Standard Model at Energy Frontier for Snowmass 2021	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2209.13128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Delaunay Cedric, Karr Jean-Philippe, Kitahara Teppei, Koelemeij Jeroen C.J., Soreq Yotam, Zupan Jure	4. 巻 130
2. 論文標題 Self-Consistent Extraction of Spectroscopic Bounds on Light New Physics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 121801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.130.121801	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 Syuhei Iguro, Teppei Kitahara, Ryoutaro Watanabe	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Global fit to b c tau nu anomalies 2022 mid-autumn	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2210.10751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Iguro Syuhei, Kitahara Teppei, Omura Yuji, Zhang Hantian	4. 巻 107
2. 論文標題 Chasing the two-Higgs doublet model in the di-Higgs boson production	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 75017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.075017	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 Dery Avital, Ghosh Mitrajyoti, Grossman Yuval, Kitahara Teppei, Schacht Stefan	4. 巻 2023
2. 論文標題 A precision relation between $(K \mu + \mu^-)(t)$ and $B(KL \mu + \mu^-)/B(KL)$	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2023)014	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 Fedele Marco, Blanke Monika, Crivellin Andreas, Iguro Syuhei, Kitahara Teppei, Nierste Ulrich, Watanabe Ryoutaro	4. 巻 107
2. 論文標題 Impact of Λ_{db} to Λ_{dc} tau nu measurement on new physics in b to c l nu transitions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 55005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.055005	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 Crivellin Andreas, Kirk Matthew, Kitahara Teppei, Mescia Federico	4. 巻 2023
2. 論文標題 Global fit of modified quark couplings to EW gauge bosons and vector-like quarks in light of the Cabibbo angle anomaly	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2023)234	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 Kitahara Teppei, Tobioka Kohsaku	4. 巻 2446
2. 論文標題 Sterile neutrinos in light of the Cabibbo-angle anomaly	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012009 ~ 012009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2446/1/012009	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, Kitahara Teppei, Osamura Naohiro, Yamada Atsuyuki	4. 巻 2023
2. 論文標題 Novel loop-diagrammatic approach to QCD parameter and application to the left-right model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2023)150	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 Sumit Banik, Andreas Crivellin, Syuhei Iguro, Teppei Kitahara	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Asymmetric Di-Higgs Signals of the N2HDM-U(1)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2303.11351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Endo Motoi, Hamaguchi Koichi, Iwamoto Sho, Kitahara Teppei	4. 巻 7
2. 論文標題 Supersymmetric interpretation of the muon $g - 2$ anomaly	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP07(2021)075	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 Endo Motoi, Iguro Syuhei, Kitahara Teppei, Takeuchi Michihisa, Watanabe Ryoutaro	4. 巻 2
2. 論文標題 Non-resonant new physics search at the LHC for the b c anomalies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP02(2022)106	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 Balkin Reuven, Durieux Gauthier, Kitahara Teppei, Shadmi Yael, Weiss Yaniv	4. 巻 3
2. 論文標題 On-shell Higgsing for EFTs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2022)129	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 Alioli Simone, Boughezal Radja, Cao Weiguang, Chala Mikael, Diaz-Carmona Alvaro, Bakshi Das Supratim, Durieux Gauthier, Graf Lukas, Guedes Guilherme, et al	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Theoretical developments in the SMEFT at dimension-8 and beyond	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2203.06771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Aryshev Alexander, Behnke Ties, Berggren Mikael, Brau James, Craig Nathaniel, Freitas Ayres, Gaede Frank, Gessner Spencer, Gori Stefania, Grojean Christophe, et al	4. 巻 physics.acc-ph
2. 論文標題 The International Linear Collider: Report to Snowmass 2021	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2203.07622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Endo Motoi, Hamaguchi Koichi, Iwamoto Sho, Shin-ichi Kawada, Kitahara Teppei, Takeo Moroi, Taikan Suehara	4. 巻 hep-ph
2. 論文標題 Stau study at the ILC and its implication for the muon g-2 anomaly	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 2203.07056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ueda Daiki, Kitahara Teppei	4. 巻 -
2. 論文標題 Novel approach to neutron electric dipole moment search using weak measurement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical 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) 10.1088/1361-6455/abc5a0	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 Iguro Syuhei, Kitahara Teppei	4. 巻 102
2. 論文標題 Implications for new physics from a novel puzzle in $B(s)0 \rightarrow D(s)^* + \{-, K-\}$ decays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D Rapid Communication	6. 最初と最後の頁 71701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.102.071701	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 Durieux Gauthier, Kitahara Teppei, Machado Camila S., Shadmi Yael, Weiss Yaniv	4. 巻 2020
2. 論文標題 Constructing massive on-shell contact terms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP12(2020)175	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 Blanke Monika, Crivellin Andreas, Kitahara Teppei, Moscati Marta, Nierste Ulrich, Nisandzic Ivan	4. 巻 100
2. 論文標題 Addendum to “ Impact of polarization observables and B_c on new physics explanations of the $b \rightarrow c$ anomaly ”	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 35035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.035035	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 Durieux Gauthier, Kitahara Teppei, Shadmi Yael, Weiss Yaniv	4. 巻 2020
2. 論文標題 The electroweak effective field theory from on-shell amplitudes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP01(2020)119	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 Kitahara Teppei, Okui Takemichi, Perez Gilad, Soreq Yotam, Tobioka Kohsaku	4. 巻 124
2. 論文標題 New Physics Implications of Recent Search for $KL \rightarrow 0$ at KOTO	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 71801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.071801	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 Kitahara Teppei	4. 巻 234
2. 論文標題 Direct CP Violation in $K \rightarrow \mu + \mu^-$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics	6. 最初と最後の頁 211 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-29622-3_29	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 Endo Motoi, Hamaguchi Koichi, Iwamoto Sho, Kitahara Teppei	4. 巻 2020
2. 論文標題 Muon g-2 vs LHC Run 2 in supersymmetric models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP04(2020)165	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 Endo Motoi, Iguro Syuhei, Kitahara Teppei	4. 巻 2020
2. 論文標題 Probing $e\mu$ flavor-violating ALP at Belle II	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP06(2020)040	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34件 (うち招待講演 28件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 B anomaly hunting at the LHC: tau b + missing search for leptoquarks
3. 学会等名 Physics in LHC and Beyond (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Electromagnetic corrections to B meson semileptonic decays
3. 学会等名 26th meeting on physics at B factories (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 B anomaly hunting at the LHC: tau b + missing search for leptoquarks
3. 学会等名 TDLI-PKU BSM workshop 2022: Electroweak lights the way (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 A new physics interpretation of the W-boson mass anomaly with B anomaly
3. 学会等名 IBS and KMI Joint Workshop 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 次世代コライダー実験で拓く物理
3. 学会等名 次世代エネルギーフロンティア実験の検討会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 次世代コライダー実験で拓く物理
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Sterile neutrinos in light of the Cabibbo-angle anomaly
3. 学会等名 International Conference on Kaon Physics 2022 (KAON2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Anomalies in Flavor Physics
3. 学会等名 The 4th KMI school (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Novel loop-diagrammatic evaluation of the radiative theta parameter
3. 学会等名 The 36th New Higgs Working Group (NHWG36) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Hunting for new physics in flavor physics
3. 学会等名 The 5th KMI International Symposium (KMI2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Implications for new physics from a novel puzzle in $B^0(s)$ to $D^{*+}(s)$ $\{\pi^-, K^-\}$ decays
3. 学会等名 Mini-Workshop on Colour Allowed Non-Leptonic TreeLevel Decays (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 Precision measurementで探る新物理
3. 学会等名 高エネルギー将来計画委員会: 第9回 勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 New physics interpretation of the muon g-2 anomaly
3. 学会等名 テラスケール研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Muon g-2/EDM in physics beyond the Standard Model
3. 学会等名 The 22th muon g-2/EDM Collaboration Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 SMEFTとOn-Shell Amplitudes
3. 学会等名 EFT勉強会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 'Anomaly' in current low-energy data
3. 学会等名 Strings and Fields 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 フレーバーアノマリー及びミュオン g-2 アノマリーの新物理への意義
3. 学会等名 2021年秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 New physics interpretations of the muon g-2 anomaly
3. 学会等名 ILC夏の合宿2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 LHC phenomenology in light of R(D) and R(D*) anomalies
3. 学会等名 International Joint Workshop on the SM and Beyond (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Muon g-2 anomaly + SUSY (theory)
3. 学会等名 The 75th General Meeting of ILC Physics Subgroup (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Theoretical overview of kaon physics
3. 学会等名 Second International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 散乱振幅で理論的に探る電弱対称性の破れ
3. 学会等名 基研研究会素粒子物理学の進展2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 KOTO実験におけるKL to pi0 nu nu探索に影響を与える新物理
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北原鉄平
2. 発表標題 g-2を説明可能なレプトンフレーバーを破るALP
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Soft-photon corrections to semileptonic decays of B-meson
3. 学会等名 2019 NPKI workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Unaccounted QED corrections in RD(*)?
3. 学会等名 GDR-InF workshop: QED corrections to (semi)leptonic B decays (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Soft-photon corrections to semileptonic B-meson decays
3. 学会等名 ANOMALIES 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Lepton-flavor universality violation from soft-photon corrections to B semileptonic decays
3. 学会等名 Heavy-Quark Physics and Fundamental Symmetries: Interplay between theory and experiment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Hunt for new physics in kaon decays
3. 学会等名 2nd Workshop on Hadronic Contributions to New Physics Searches (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 Theory status and implications of $RD^{(*)}$ and polarization observables
3. 学会等名 18th International Conference on B-Physics at Frontier Machines (BEAUTY2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北原 鉄平
2. 発表標題 Bの理論
3. 学会等名 Flavor Physics Workshop 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 New physics implications of recent search for $KL \rightarrow 0$ at KOTO experiment
3. 学会等名 27th Regular Meeting of New Higgs Working Group (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Kitahara
2. 発表標題 New physics implications of recent search for $KL \rightarrow 0$ at KOTO
3. 学会等名 COST Workshop: Probing BSM physics at different scales (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北原 鉄平
2. 発表標題 中間子の精密測定におけるアノマリーの現状と新物理の識別
3. 学会等名 物理学会第75回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

【研究成果】中性K中間子の崩壊から新たな素粒子の存在を提唱 http://www.kmi.nagoya-u.ac.jp/blog/2020/02/25/
【研究成果】物理定数の背後に未知の力がひそんでいる可能性を指摘 https://www.kmi.nagoya-u.ac.jp/blog/2023/04/11/4953/
素粒子宇宙円卓会議#7 素粒子の個性を明らかにせよ！ようこそ、フレーバー物理学の世界へ https://note.com/nagoya_ura/n/n8e897823fd9a
名古屋大学の北原 https://www.youtube.com/watch?v=B00aCKWLVe4

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			
イタリア	Pisa			
フランス	Annecy	LKB		
ハンガリー	ELTE			
イスラエル	Technion	Weizmann Institute of Science		
米国	Florida State University			
ドイツ	Karlsruhe Institute of Technology			
スイス	CERN	Paul Scherrer Institut	University of Zurich	