

令和 5 年 7 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02173

研究課題名(和文)電子・陽電子コライダーにおけるトップクォーク物理の国際的展開

研究課題名(英文) International Study of Top Quark Physics based on Electron-Positron Collider

研究代表者

山本 均 (Yamamoto, Hitoshi)

東北大学・理学研究科・名誉教授

研究者番号：00333782

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：フランスのパリサクレ大学(グループ代表：Roman Poeschl教授)およびスペインのバレンシア大学(グループ代表：Juan Fuster教授)との緊密な共同研究により、次世代の電子陽電子衝突器として国際的に提案推進されている国際リニアコライダーにおけるトップクォークと重クォークの生成の解析手法を開発した。そのために東北大学とパリサクレ大学との間にダブルディグリー合意を提案締結した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在国際素粒子物理学研究者の間では、ヒッグス粒子を詳細に研究できる電子陽電子衝突による「ヒッグスファクトリー」が最重要という合意があるが、国際リニアコライダーはビーム偏極が可能でありまた将来さらに高いエネルギーに拡張できるために特に有力とされている。トップクォークをはじめとする重クォークの研究は国際リニアコライダーにおける重要なテーマの一つであり、この研究ではフランスとスペインの研究グループとの真に国際的な枠組みでその研究を推進する。

研究成果の概要(英文)：Based on the close partnerships between Paris-Saclay University (group leader: Prof. Roman Poeschl), University of Valencia (group leader: Prof. Juan Fuster) and Tohoku University, simulation study was performed to develop and establish analysis techniques for production of top quark and other heavy quarks at the International Linear Collider which is internationally proposed as a next-generation electron positron collider. In order to facilitate the study, a double degree program was proposed and concluded between Tohoku University and Paris-Saclay University.

研究分野：素粒子実験

キーワード：国際リニアコライダー 電子用電子コライダー トップクォーク 重クォーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

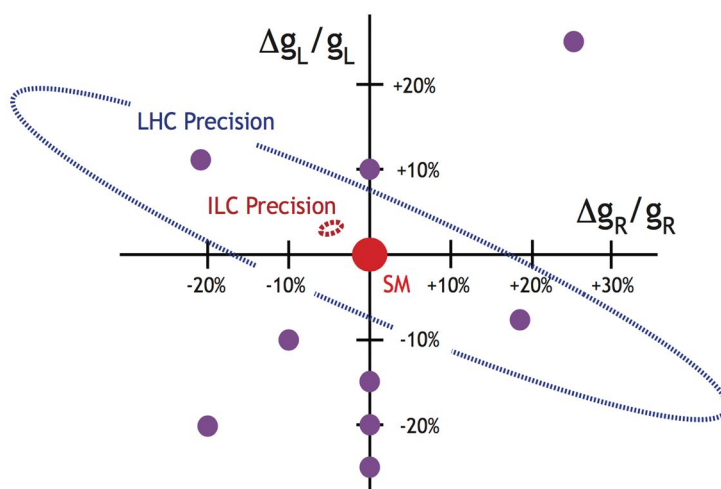
1. 研究開始当初の背景

LHC でのヒッグス粒子発見で標準模型の全ての素粒子は確認されたこととなる。しかし、標準模型には暗黒物質の候補が欠落しているうえに、真空に凝縮するヒッグス場の実体、背後の力学も未だ謎に包まれている。トップクォークは標準模型において最も重く、ヒッグス凝縮の背後にある力学と深く関連している可能性が高いため、標準模型を超える物理 (BSM: Beyond Standard Model) の手がかりは、トップクォークの性質の中に標準模型からのずれとして刻印されていると期待されてきた。国際リニアコライダーは次世代電子陽電子衝突器として国際的に推進されており、2013 年には工学設計が完成した[1]。そのホスト国として日本が最有力候補となっている。

2. 研究の目的

トップクォークの物理は、次世代電子・陽電子衝突機国際リニアコライダー (ILC) での三つの重要課題 (ヒッグス精密測定、トップ精密測定、新粒子の探索) のひとつである。本研究の第一の目的は、電子・陽電子コライダーにおいて、トップクォークをプローブとして、電弱対称性の破れの背後にある標準模型を超える物理を探索・解明する手法を確立することである。さらに、真空の安定性の鍵を握るトップクォークの質量を電子・陽電子コライダーにおいて精密に測定する方法を理論、実験双方から精密に評価し戦略を構築する。

右の図はさまざまな標準理論を超える理論 (BSM 理論) における右巻き/左巻きトップクォークと Z 粒子の結合定数の標準理論からのずれと、LHC - すなわち現在の実験精度 - および ILC の精度との比較を示す[2]。



これらの目的の達成のため、海外でこれらの分野を牽引しているグループと緊密に連携・協力しながら、トップクォーク物理の国際的研究拠点を形成する。次世代加速に関して様々な決定がなされるこの重大な局面にあって ILC 計画実現に貢献するとともに、電子・陽電子コライダーにおけるトップクォーク物理研究を世界的にリードし、この分野の研究の方向性を定めることに寄与する。

3. 研究の方法

電子・陽電子リニアコライダー (LC) におけるトップクォーク物理の研究は 1990 年代初頭、種々なリニアコライダー計画が発案されると同時に始まった。当初は簡易シミュレータが使われていたが、状況は国際リニアコライダー計画のための物理検討が始まると一変し、測定器の詳細を反映するフルシミュレーションが主流になった。本研究も代表者 (山本) がその編纂を国際的に主導し 2013 年に公表された ILC 技術報告書[1] のために行われた物理検討を端緒としている。一方、ILC の高統計データは、対応する理論計算に相応の精度を要求する。トップ対生成での QCD および電弱反応の高次補正はいまだに十分な精度で計算されていない。詳細なシミュレーションを通して、トップクォークをプローブとする ILC での BSM 物理探索の可能性を評価し、感度向上のための新しい解析法の開発を行う。

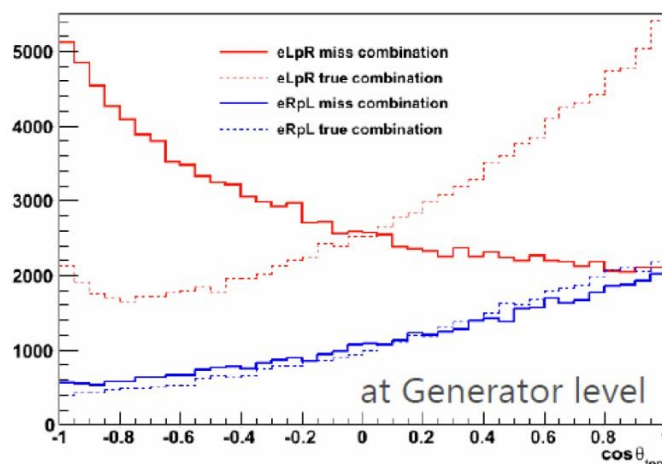
また、これらのシミュレーションには、電弱および QCD の高次補正の理論的な検討とそれを取り入れた最先端のイベント・ジェネレータの開発が不可欠である。そのため本研究グループを構成する実験家、理論家の専門性を最大限に活かすとともに、主としてフランスの IJC 研究所 (旧 Orsay 研究所) の Roman Poeschl 教授のグループおよびスペインのバレンシア大学素粒子物理学研究所 (IFIC) の Juan Fuster 教授、Marcel Vos 教授のグループと緊密に連携してこの課題に取り組み、将来達成可能な理論的精度を評価するとともに理論誤差の少ない物理量を探索する。

4. 研究成果

(1) イベント・ジェネレータに関しては、しきい値領域でのシミュレーション研究、特に全断面積測定、運動量分布、及び生成角分布等の微分断面積測定のため、QCD 束縛状態効果を取り入れたプログラムを整備した。また、より現実的なジェネレータとするため、S 波共鳴に加えて P 波共鳴の効果を含めた。また、トップ・反トップ間のヒッグス交換の効果を利用したトップ湯川結合の間接測定の戦略検討を進めた。このように開発されたジェネレータを使って測定器のフルシミュレーションを行なった。微分断面積と全断面積同時にフィットするためのツールを整備した。シミュレーション研究と対応する理論にフォーカスをあてて不定性を評価した。電子・陽電子散乱によるトップ・クォーク対生成断面積の、入射ビームのスピンの偏極を含めた電弱相互作用によるループ補正計算を行い、論文に発表した。また、その結果を、2つの国際会議において発表した。さらに、より精密なトップ・クォーク対生成断面積の計算のために、電子・陽電子の多重光子輻射効果の計算を行った。理論的不確定性がコントロールされるに至っただけでなく、QCD 反応係数の抽出やヒッグスポータルモデルの探索におけるトップクォークを使った解析方法の開発など、当初予定されなかった成果も得られた。さらに分担者の隅野は Particle Data Group のトップクォーク部門の担当としてトップクォークのあらゆるデータのコンパイルを行なった。

(2) オープントップ領域、特に重心エネルギー500GeV 付近におけるトップ異常結合の研究を、フランスの LAL オルセイ研究所（現在の IJC 研究所）の Roman Poeschl 教授および同研究所の Francois LeDiberder 教授との共同研究として組織した。トップ異常結合探索のための行列要素法を用いた解析方法の開発を Francois Lediberder 教授との緊密な連携によって開発した。ISR(Initial State Radiation)と Beamstrahlung を含めた測定器のフルシミュレーションを整備した。東北大学の修士学生1人が修士論文テーマとして採用し、フランスのオルセイ研究所に1回1ヶ月間3回滞在して共同研究を推進した。その過程でこの修士学生が提案した「行列要素法」に maximum likelihood を適用する解析方法が実用化された。

フランスからも Roman Poeschl 教授が東北大学を3週間にわたって訪問して共同研究をおこなった。これがさらに東北大学の修士学生1人と Roman Poeschl 教授の共同研究のきっかけとなった。さらに、これは LAL-ORSAY 研究所の学生との緊密な協力によるもので、電子陽電子衝突による top quark 対の生成において、我々は電子が右巻きに偏極した場合を、そして LAL-ORSAY は左巻きに偏極した場合を研究し、合わせて一つの重要な成果となった。この研究は東北大学の修士学生によって年度最大の素粒子物理学国際会議 (Lepton-Photon 2019, Toronto) で口頭発表され、さらに仙台で開催された国際会議 LCWS2019 でも東北大学の学生によって発表された。



(3) しきい値領域、すなわち重心エネルギー350GeV 付近では、東北大学の修士学生2人が研究テーマとして採用し、トップクォーク再構成におけるクォークジェットの研究を詳細に行った。具体的には、トップクォークの崩壊におけるジェットの組違えの原因を特定して改良方をあみだし、運動量測定の手法を大幅に進展させた。具体的には、トップクォーク運動量分布の解析によりトップクォーク崩壊幅を抽出する方法を完成した。具体的には、測定器のフルシミュレーションをトップ崩壊幅および QCD 結合係数 α_s を変えて多くの運動量分布のサンプルを生成し、それを使って実際に測定された運動量分布をフィットする「テンプレート法」を確立した。その結果、運動量分布のみからトップ崩壊幅および QCD 結合係数 α_s の両方を同時に決定できることがわかった。理論面では、強い相互作用の結合定数 s の高精度決定のための新しい方法を開発し、

これを応用して QCD ポテンシャルを用いて強い相互作用の反応係数を良い精度で決めた。さらにしきい値領域の理論的不確定性を評価し実験家と共有した。

(4) 国際 ILC グループ全体の方針として、ILC の重点が重心エネルギー 250 GeV のヒッグスファクトリーとなったため、ILC におけるトップクォークの物理は若干中心的位置からははずれる傾向が現れたが、その物理的意義と重要性に変わりはない。2018 年 5 月には東北大学において国際会議「Top at LC 2018」を開催して世界からリニアコライダーにおけるトップクォーク研究の権威やエキスパートたちが約 70 名集結し、活発な議論が行われた。

(5) 国際リニアコライダーの第一段階が重心エネルギー 250 GeV のヒッグスファクトリーとなったため、2019 年以降に研究の重点をトップクォーク以外の重クォークに移した。ここでは、top quark 対の生成の再構成を通して得られたテクニックと知見を効果的に利用することができる。その重クォークとしては、b-クォーク、c-クォーク、および s-クォークがあるが、b-クォークに関しては電子陽電子衝突による b-quark 対の生成において、b-quark の質量に関して我々の修士の学生一人がバレンシア大学 IFIC の Fuan Fuster 教授のグループとの共同研究を行なった。東北大学の博士学生 1 人と Roman Poeschl 教授が 250GeV におけるストレンジクォーク対生成の研究を開始し、この研究テーマは最終的にこの学生の博士論文テーマとなり、最終試験は来年 2 月に予定されている。一方この科研費研究とは直接の資金的関連はないが、c-クォークの研究は Roman Poeschl 教授が同じ解析グループに参加しているウクライナの学生を指導して行っている。

(6) この研究テーマである電子陽電子衝突機を使った Heavy Flavor に関する国際的共同研究では、フランスの LAL-Orsay 研究所（現在の IJC 研究所）とスペインのバレンシア大学の素粒子物理学研究所（IFIC）が世界で最も進んでいるグループのうちの 2 つとされるが、共同研究をより効率良いものにするために、それらの大学/研究所との協定の策定と締結を推進した。具体的には、IJC 研究所と東北大学理学研究科との間で一般ダブルディグリー協定および個別ダブルディグリー協定を策定し締結した。これらの協定と並行して、パリ・サクレ大学と東北大学の一般大学間協定の協議を開始した。これはのちに東北大学本部に引き継がれ無事締結された。スペインとはバレンシア大学（IFIC の母体）との部局間協定を策定し締結に漕ぎ着けた。上の(5)に述べた「博士論文テーマ」は、IJC 研究所と東北大学理学研究科との間の IJC 研究所と東北大学理学研究科との間の個別ダブルディグリー協定によるものであり、フランス側は Roman Poeschl 教授、東北大側は佐貴准教授が共同指導教官となっている。

参考文献

- [1] "ILC Technical Design Report, vol.2, Physics", arXiv:1306.6352 (2013).
- [2] "Physics Case for the International Linear Collider", arXiv: 1506.05992 (2015).

Workshop on Top Physics at the LC 2018



June 4 – 6, 2018
Tohoku University

Sakura Hall, 2F conference room

Contact: Hitoshi Yamamoto
yhitoshi@epx.phys.tohoku.ac.jp
090 2997 9222

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Y. Okugawa, A. Irlles, V. Lohezic, S. Amjad, R. Yonamine, F. Richard, H. Yamamoto and R. Poschl	4. 巻 1
2. 論文標題 Production and electroweak couplings of 3rd generation quarks at the ILC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PoS LeptonPhoton2019	6. 最初と最後の頁 170-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.367.0170	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 Keisuke Fujii, et. al. (LCC Physics WG)	4. 巻 1
2. 論文標題 Tests of the Standard Model at the International Linear Collider	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 e-Print archive, https://arxiv.org/abs/1908.11299	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) 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 Howard Baer, et. al.	4. 巻 1
2. 論文標題 The ILC as a natural SUSY discovery machine and precision microscope: from light higgsinos to tests of unification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 e-Print archive, https://arxiv.org/abs/1912.06643	6. 最初と最後の頁 1-5
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 Quach Nhi M. U., Kurihara Yoshimasa, Phan Khiem H., Ueda Takahiro	4. 巻 78
2. 論文標題 Beam polarization effects on top-pair production at the ILC	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-018-5895-9	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 H. Takaura, T. Kaneko, Y. Kiyo, Y. Sumino	4. 巻 B789
2. 論文標題 Determination of α_s from static QCD potential with renormalon subtraction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics Letters	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2018.12.060	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 該当する

1. 著者名 H. Takaura, T. Kaneko, Y. Kiyo, Y. Sumino	4. 巻 155
2. 論文標題 Determination of α_s from static QCD potential: OPE with renormalon subtraction and Lattice QCD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP04(2019)155	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 Yumi Aoki, Keisuke Fujii, Sunghoon Jung, Junghwan Lee, Junping Tian, Hiroshi Yokoya	4. 巻 0
2. 論文標題 Study of the h Z coupling using $e^+e^- \rightarrow h$ at the ILC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 https://arxiv.org/abs/1902.06029	6. 最初と最後の頁 1-9
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 Yoshio Fujitani, Yukinari Sumino	4. 巻 x
2. 論文標題 Probing Higgs self-coupling of a classically scale invariant model in $e^+e^- \rightarrow Zh$	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 To appear in Physics Letters	6. 最初と最後の頁 x
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2018.01.067	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 T. Barklow, K. Fujii, S. Jung, R. Karl, J. List, T. Ogawa, M. E. Peskin, J. Tian	4. 巻 97
2. 論文標題 Improved Formalism for Precision Higgs Coupling Fits	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 53003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.053003	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 T. Barklow, K. Fujii, S. Jung, M. E. Peskin, and J. Tian	4. 巻 97
2. 論文標題 Model-independent determination of the triple Higgs coupling at $e+e-$ colliders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D 97	6. 最初と最後の頁 53004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.053004	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58件 (うち招待講演 52件 / うち国際学会 50件)

1. 発表者名 Yukinari Sumino
2. 発表標題 Determination of α_s from static QCD potential: OPE with renormalon subtraction and lattice QCD
3. 学会等名 Quarkonium Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukinari Sumino
2. 発表標題 Precision b-quark mass determination
3. 学会等名 LCWS2019 (Sendai, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 ILC heavy flavors
3. 学会等名 2019 Joint Workshop of FKPL and TYL/FJPPL, Jeju, South Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 Overview of ILC status and Physics
3. 学会等名 27th International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (SUSY2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 次世代エネルギーフロンティア電子陽電子コライダーでの物理およびILC計画の実現に向けた展望
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会, 2019 (Sep) 企画公演 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 WIMP search at the ILC, International Workshop on Future Linear Colliders
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2019) 2019 (Oct) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Okugawa
2. 発表標題 Production and electroweak couplings of 3rd generation quarks
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2019) 2019 (Oct) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Okugawa
2. 発表標題 Measurement of the $t\bar{t}$ cross section at the LC, International Workshop on Future Linear Colliders
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2019) 2019 (Oct) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 $t\bar{t}$ experimental talk
3. 学会等名 The 2019 International Workshop on the High Energy Circular Electron Positron Collider (CEPC2019), 2019 (Nov) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 US-Japan Program: ILC Detector R&Ds
3. 学会等名 US-Japan 40th Anniversary Symposium, Honolulu (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 ILC and Dark Matter/Cosmology
3. 学会等名 Opportunities at Future High Energy Colliders, 2019, Madrid (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 Detector at ILC
3. 学会等名 TIFR 1-day workshop, 2019, Mumbai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 The ILC Project - its physics and status -
3. 学会等名 LNF INFN Colloquim, Frascati , 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 Final Summary and Vision
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2019) 2019 (Oct) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kurihara
2. 発表標題 A status of electroweak/QCD radiative corrections on a top quark pair production at the open-top region
3. 学会等名 ALCW2018 (Fukuoka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kurihara
2. 発表標題 GRACE for LC
3. 学会等名 Top at LC workshop 2018 (Sendai, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukinari Sumino
2. 発表標題 Top-quark mass and Yukawa coupling
3. 学会等名 Higgs Coupling 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 3rd Generation Quark and Electroweak Boson Couplings at the 250 GeV stage of the ILC
3. 学会等名 Windows on the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 LCFIPlus
3. 学会等名 ILD Benchmarking Days (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuichi Okugawa
2. 発表標題 Semi-leptonic Study with New Samples
3. 学会等名 LCWS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 Recent updates and performance of the LCFIPlus algorithms
3. 学会等名 CLIC Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Okugawa
2. 発表標題 Heavy Quark Pair Production in $ee \rightarrow ff$ at ILD
3. 学会等名 ILD meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 Vertexing and Flavour tag performance
3. 学会等名 ILD Benchmarking Days II (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonamine
2. 発表標題 WIMP benchmark - analysis report
3. 学会等名 ILD Benchmarking Days II (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Okugawa
2. 発表標題 tt--> bb4q benchmark - analysis report
3. 学会等名 ILD Benchmarking Days II (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井 恵介
2. 発表標題 ILC 建設に向けて：物理解析
3. 学会等名 日本物理学会、信州大学 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Fujii
2. 発表標題 Sensitivity to Anomalous VVH Couplings at the ILC
3. 学会等名 Higgs Couplings 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 keisuke Fujii
2. 発表標題 Physics at the ILC
3. 学会等名 Higgs as a Probe of New Physics 2019 (HPNP2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kurihara
2. 発表標題 A status of electroweak/QCD radiative corrections on a top quark pair production at the open-top region
3. 学会等名 ALCW2018 (Fukuoka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kurihara
2. 発表標題 GRACE for LC
3. 学会等名 Top at LC workshop 2018 (Sendai, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 ILC Status
3. 学会等名 FCAL meeting (Krakow, Poland) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 ILC Project
3. 学会等名 New Higgs Working Group Meeting (Osaka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 ILC Project
3. 学会等名 IUEP Workshop (Gwangju, Korea) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 News on ILC
3. 学会等名 FCAL meeting (CERN, Switzerland) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 いよいよ動き出すILC計画 - グリーンライトに備えて
3. 学会等名 日本物理学会議（信州大学）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yamamoto
2. 発表標題 ILC の現状と物理
3. 学会等名 日本物理学会議（九州大学）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Yonamine
2. 発表標題 LCFIplus
3. 学会等名 Top at LC workshop 2018 (Sendai, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sato
2. 発表標題 Optimal variable with detector effects
3. 学会等名 Top at LC workshop 2019 (Sendai, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Fujii
2. 発表標題 Natural SUSY with light higgsinos
3. 学会等名 ALCW 2018 (Fukuoka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Mustahid
2. 発表標題 Review on WIMP search with mono-photon at 500 GeV ILC
3. 学会等名 ALCW 2018 (Fukuoka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Yonamine
2. 発表標題 LCFIPlus performance test with new MC samples for ILD
3. 学会等名 ALCW 2018 (Fukuoka, Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yo Sato
2. 発表標題 Matrix element method
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2017, CERN, Geneva (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yo Sato
2. 発表標題 Studies of $e^+e^- \rightarrow t \bar{t}$ using the matrix element method
3. 学会等名 Americas Workshop on Linear Colliders 2017, SLAC, Stanford (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yo Sato
2. 発表標題 Top electro-weak couplings with matrix element method
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders 2017, Strassburg (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 均
2. 発表標題 ILC計画の現状と展望
3. 学会等名 日本物理学会シンポジウム「新物理学探究におけるILCの意義」東京理科大(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清裕一郎
2. 発表標題 トッポークの物理とILC
3. 学会等名 日本物理学会シンポジウム「新物理学探究におけるILCの意義」東京理科大(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 恵介
2. 発表標題 Physics at (i)LC
3. 学会等名 Particle Physics and Cosmology 2017, Texas A&M University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井 恵介
2. 発表標題 ILC, Project Status and Physics with Focus on EW Symmetry Breaking
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2017, CERN, Geneva (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井 恵介
2. 発表標題 ILC, Physics and Project Status
3. 学会等名 Energy Frontier in Particle Physics: LHC and Future Colliders, Taipei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kiyo
2. 発表標題 Top mass determination at NNNLO
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2016, Tsukuba, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yo Sato
2. 発表標題 Top pair production at 500 GeV
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2016, Tsukuba, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoshimasa Kurihara
2. 発表標題 GRACE
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2016, Tsukuba, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Taikan Suehara
2. 発表標題 tth production at the LC
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2016, Tsukuba, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masakazu Kurata
2. 発表標題 LCFIPlus
3. 学会等名 Workshop on top physics at the LC 2016, Tsukuba, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 LC physics and detector status and goals for LCWS16
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Keisuke Fujii
2. 発表標題 Physics analyses at ILD
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yo Sato
2. 発表標題 Top electroweak couplings study using di-muonic state at $\sqrt{s} = 500$ GeV,
3. 学会等名 International Workshop on Future Linear Colliders 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hitoshi Yamamoto
2. 発表標題 Status of the ILC
3. 学会等名 FCAL collaboration workshop 2016, Tel Aviv U., Israel
4. 発表年 2016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	藤井 恵介 (FUJII KEISUKE) (30181308)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・その他 部局等・シニアフェロー (82118)	
研究分担者	栗原 良将 (KURIHARA YOSHIMASA) (50195559)	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・講師 (82118)	
研究分担者	隅野 行成 (SUMINO YUKINARI) (80260412)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	

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 Workshop on Top Physics at the LC - 2018	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			
フランス	Irene Jollio-Curie Lab.			
スペイン	IFIC Valencia			
France	LAL, Orsay研究所			
Germany	DESY研究所			