

様式6（第15条第1項関係）

平成30年 4月 1日

独立行政法人
日本学術振興会理事長 殿

研究機関の設置者の所在地	〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町	
研究機関の設置者の名称	国立大学法人名古屋大学	
代表者の職名・氏名	総長 松尾 清一 (記名押印)	
代表研究機関名及び機関コード	名古屋大学	13901

平成29年度戦略的国際研究交流推進事業費補助金
実績報告書

戦略的国際研究交流推進事業費補助金取扱要領第15条第1項の規定により、実績報告書を提出します。

整理番号	R2703	補助事業の完了日	平成30年 3月31日	関連研究分野 (分科細目コード)	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理(実験) (4902)
------	-------	----------	-------------	---------------------	-----------------------------

補助事業名（採択年度）次世代μ粒子トリガー技術から新しい素粒子の発見に挑む国際研究ネットワークの形成（平成27年度）	補助金支出額（別紙のとおり） 33,314,071円
--	-------------------------------

代表研究機関以外の協力機関
京都大学、東京大学、高エネルギー加速器研究機構

海外の連携機関
Max Plank Institute (MPI), INFN Roma and Sapienza Universita' di Roma, Dipartimento di Fisica, University of Michigan, University of Illinois at Urbana-Champaign, University College London, The European Organization for Nuclear Research, University of Adelaide, Jozef Stefan Institute and University of Ljubljana, King' s College London, Michigan State University

1. 事業実施主体

フリガナ 担当研究者氏名	所属機関	所属部局	職名	専門分野
トモト マコト 戸本 誠 担当研究者	名古屋大学	大学院理学研究科	准教授	素粒子実験
イイジマ トオル 飯嶋 徹	名古屋大学	現象解析研究センター	教授	素粒子実験
ヒサノ ジュンジ 久野 純治	名古屋大学	基礎理論研究センター	教授	素粒子論
イシノ マサヤ 石野 雅也	東京大学	素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子実験
ササキ オサム 佐々木 修	高エネルギー加速器研究機構	素粒子原子核研究所	教授	素粒子実験
カワモト タツオ 川本 辰男 計6名	東京大学	素粒子物理国際研究センター	准教授	素粒子実験

フリガナ 連絡担当者	所属部局・職名	連絡先（電話番号、e-mailアドレス）
ミズノ リエ 水野 理恵	研究協力部研究支援課外部資金係	Tel: 052-747-6482 E-Mail: ken-jsps@adm.nagoya-u.ac.jp

※2頁以降は、交付決定を受けた時点の事業計画の項目に合わせて必要に応じて修正すること。

2. 本年度の実績概要

本事業は、2026 年から開始する次世代 LHC 実験における新しい素粒子の発見を目指し、以下の 2 つの研究目標を設定している。

目標 I: LHC 実験の μ 粒子トリガーで実績を持つ日本、アメリカ、ドイツ、イタリア、イギリスの大学研究機関を繋ぎ、次世代 LHC 実験の過酷な実験環境下でも通用する「統合型 μ 粒子トリガーシステム」を開発する。そして、それらの開発成果をまとめた技術仕様設計書の記述を本事業関係者が主導する。

目標 II: LHC 第 2 実験の物理解析に、素粒子現象論と B ファクトリー実験によるフレーバー物理の研究を融合し、次世代 LHC 実験を見据えた物理を追求する。

目標 I の実績:

現在の ATLAS トリガーシステムの運転から最大限の知見を得るため、ATLAS 実験の全トリガーのコーディネーターを務める長野、トリガーマニューコーディネーターを務める中浜を CERN に派遣した。2017 年 LHC 運転では、衝突輝度が設計値の 2 倍を超え、陽子交差あたりの事象数が 60 を超えた。この厳しい状況下でも、ミューオントリガーも含む全てのトリガーを安定して動作させ、物理実験に必要なデータを高効率で収集することに成功した。こうした経験は、将来の LHC 高輝度改良下での運転への準備にまさに直結する、極めて有用な情報となった。

「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の技術仕様を確定するために、堀井、斎藤を CERN に派遣した。さらに、平成 29 年 6 月 12 日から 14 日の 3 日間、名古屋大学において本事業主催の Muon Trigger Workshop を開催し、これまでの本事業の開発に基づいて設定した前段トリガー回路の設計仕様を示すとともに、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の核の役割を担う後段トリガープロセッサ回路に必要な技術仕様の議論を行った。このワークショップは、戸本、佐々木、川本、堀井、隅田、O. Kortner (招へい者①)、S. Veneziano (招へい者③)、V. Ouschoorn (招へい者④)、R. Vari (招へい者⑭)、S. Haas (招へい者⑲) を含む 20 名が参加した。これらの活動から出された特に重要な研究成果を以下に示す。

- (1) 前年度に製作した TGC 検出器による μ 粒子トリガーの改良で用いる前段回路の動作検証を継続し、高速データ転送などの観点からこの回路が次世代 LHC 実験の要求を満たすものであることを立証した。
- (2) μ 粒子飛跡精密測定器による μ 粒子トリガーで用いる前段回路のプロトタイプを日本、アメリカ、ドイツとの間で共同開発し、ASIC による前段回路、FPGA による前段回路ともに次世代 LHC 実験の要求を満たすことを立証した。放射線耐性や消費電力に優れた ASIC による前段回路を次世代 LHC 実験では用いることを決定した。
- (3) 高性能 FPGA と多数の高速トランシーバを基礎とする、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」で用いる後段トリガープロセッサ回路の仕様を固めた。
- (4) 陽子交差あたりの事象数の多い環境下でも μ 粒子トリガーの性能が低下しないように、内部 μ 粒子飛跡検出器を用いた高速飛跡トリガーのトリガー論理の改良した
- (5) TGC 検出器、RPC 検出器、内部 μ 粒子飛跡検出器、 μ 粒子飛跡精密測定器の全てを用いた「統合型 μ 粒子トリガー」を導入することによって、 μ 粒子トリガーの性能が現在の 3 倍向上することを示した。

目標 II の実績:

トリガー全体の責任者である長野とトリガーマニューの責任者である中浜は派遣先の CERN にて、2017 年の物理データ収集のためのトリガーマニューの構築・運用を主導し、50

fb^{-1} のデータを蓄積した ATLAS 実験のデータ収集、2018 年度の物理データ収集に向けたトリガーマニューアの設計に貢献した。堀井は、 ttH 事象によるトップクォーク湯川結合定数の解析、斎藤と中浜は、超対称性粒子探索の解析を CERN にいる研究者と共に推進した。特に、 ttH 事象の兆候が 4.2σ の統計的有意度で観測され、今後の湯川結合定数の測定への第一歩を踏み出す成果を出した。現在の LHC 実験のエネルギーや統計量の中で、残念ながら、超対称性粒子の発見に至っていないが、理論モデルのパラメータの広い領域を棄却した。

P. Krizan(招へい者⑧) と M. Staric(招へい者⑱)を招へいし、飯嶋らとともに Belle II の建設が進む KEK において、TOP カウンターのキャリブレーションや解析ソフトウェアの開発を進めた。光センサーのゲイン較正、パルスレーザー光による時間較正の手法を確立し、宇宙線ミュオンが通過した際に発生するチェレンコフのイメージングを捉えることもできた。平成 30 年度以降に始まる衝突実験に向けた準備がほぼ整った。

C.-P. Yuan (招へい者⑦)、J. Ellis (招へい者⑩)、B. Bajc (招へい者⑳) を名古屋大学に招へいし、久野、戸部、戸本、飯嶋、中浜らとともに、LHC 実験や Belle II 実験における物理解析の基本となる QCD 補正、素粒子物理からの暗黒物質正体の解明の方向性、超対称性大統一模型が预言する現象と次世代 LHC 実験、Belle II 実験などのフレーバ物理における検証の可能性を議論した。こうした連携研究を基礎にして、フレーバ物理で観測されているアノマリーを説明する理論モデルを考え学術論文にまとめた。

3. 到達目標に対する本年度の達成度及び進捗状況

目標 I の進捗状況： 実績の項目に記した成果により「統合型 μ 粒子トリガーシステム」に関する設計をまとめあげることに成功し、2 種類の 400 ページを超える技術仕様設計書 (μ 粒子検出器に関するものとトリガーに関するもの) を記述した。本事業の(主)担当者の戸本、石野、佐々木、川本、若手研究者の堀井、海外の連携研究者の、O. Kortner, R. Vari, H. Kroha, J. Zhu, S. Veneziano, T. Pauly が、技術仕様設計書の各章を共同で執筆していることから、本事業が構築した国際ネットワークが「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の構築を主導していることは明らかである。これこそが本事業の主目標であり、事業計画調書に記載した通りの目標を十分に達成することができた。こうした 国際ネットワークによる研究の中核を担う人材が本事業の(主)担当者から堀井を中心とする若手研究者に推移しつつあり、この点においても、当初目標を十分に達成できたと言える。

目標 II の進捗状況： LHC の第 2 実験では、 ttH 生成事象の兆候を 4.2σ の統計的有意度で観測するなど、2016 年に蓄積した $40fb^{-1}$ のデータを用いた新しい物理結果を発表した。Belle II 実験では、TOP カウンターのキャリブレーションや解析ソフトウェアの開発をすすめ、平成 30 年度以降に始まる衝突実験に向けた準備を整えた。これらの実験的な進展を受け、久野と戸部は、C.-P. Yuan、J. Ellis、B. Bajc らとともに暗黒物質や超対称性大統一模型が预言する現象と次世代 LHC 実験、Belle II 実験などのフレーバ物理における検証の可能性に関する論文を発表することができた。例えば、戸部、戸部が指導する大学院生、戸本、飯嶋、堀井との間の議論の中から、フレーバ物理の $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ 崩壊で観測されているアノマリーを説明する理論モデルが预言する新粒子の LHC 実験での発見可能性に関する論文を発表できたことは、本事業によって LHC 第 2 実験の物理解析、素粒子現象論、フレーバ物理の研究を融合した物理を追求することができた裏付けとなる。事業計画調書に記載した通りの目標を達成することができた。

4. 日本側研究グループ（実施主体）の研究成果発表状況（本年度分）

①学術雑誌等（紀要・論文集等も含む）に発表した論文又は著書

論文名・著書名 等	
<p>（論文名・著書名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年（西暦）について記入してください。）（以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。）</p> <p>・査読がある場合、印刷済及び採録決定済のものに限って記載して下さい。査読中・投稿中のものは除きます。</p> <p>・さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。</p> <p>・著者名について、責任著者に「※」印を付けてください。また、主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者については<u>下線</u>、若手研究者については<u>波線</u>を付けてください。</p> <p>・海外の連携機関の研究者との国際共著論文等には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共著論文等については番号の前に「○」印を付けてください。また、主要連携研究者については<u>斜体・太下線</u>、連携研究者については<u>斜体・破線</u>としてください。</p>	
◎ 1	<p>“Performance of the ATLAS trigger system 2015”, <u>R. Armadans</u>, <u>J. Chapman</u>, <u>D. Francis</u>, <u>Y. Horii</u>, <u>M. Ishino</u>, <u>P. Jackson</u>, <u>T. Kawamoto</u>, <u>N. Konstantinidis</u>, <u>O. Kortner</u>, <u>H. Kroha</u>, <u>K. Nagano</u>, <u>Y. Nakahama</u>, <u>S. Osamu</u>, <u>V. Outschoorn</u>, <u>T. Pauly</u>, <u>T. Saito</u>, <u>T. Sumida</u>, <u>M. Tomoto</u>, <u>R. Vari</u>, <u>S. Veneziano</u>, <u>J. Zhu</u> et al. The ATLAS Collaboration, Eur. Phys. J C (2017)77:317, 査読有</p>
◎ 2	<p>“Search for the Standard Model Higgs boson produced in association with top quarks and decaying into a b bbar pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector”, <u>R. Armadans</u>, <u>J. Chapman</u>, <u>D. Francis</u>, <u>Y. Horii</u>, <u>M. Ishino</u>, <u>P. Jackson</u>, <u>T. Kawamoto</u>, <u>N. Konstantinidis</u>, <u>O. Kortner</u>, <u>H. Kroha</u>, <u>K. Nagano</u>, <u>Y. Nakahama</u>, <u>S. Osamu</u>, <u>V. Outschoorn</u>, <u>T. Pauly</u>, <u>T. Saito</u>, <u>T. Sumida</u>, <u>M. Tomoto</u>, <u>R. Vari</u>, <u>S. Veneziano</u>, <u>J. Zhu</u> et al. The ATLAS Collaboration, Phys.</p>
◎ 3	<p>“Evidence for the associated production of the Higgs boson and a top quark pair with the ATLAS detector”, <u>R. Armadans</u>, <u>J. Chapman</u>, <u>D. Francis</u>, <u>Y. Horii</u>, <u>M. Ishino</u>, <u>P. Jackson</u>, <u>T. Kawamoto</u>, <u>N. Konstantinidis</u>, <u>O. Kortner</u>, <u>H. Kroha</u>, <u>K. Nagano</u>, <u>Y. Nakahama</u>, <u>S. Osamu</u>, <u>V. Outschoorn</u>, <u>T. Pauly</u>, <u>T. Saito</u>, <u>T. Sumida</u>, <u>M. Tomoto</u>, <u>R. Vari</u>, <u>S. Veneziano</u>, <u>J. Zhu</u> et al. The ATLAS Collaboration, Phys. Rev. D に掲載決定, 査読有</p>
4	<p>“Subnanosecond time-to-digital converter implemented in a Kintex-7 FPGA”, ※<u>Y. Sano</u>, <u>Y. Horii</u>, <u>S. Osamu</u>, <u>M. Tomoto</u> et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Resarch A 874 (2017)50-56, 査読有</p>
◎ 5	<p>“Search for squarks and gluinos in events with an isolated lepton, jets, and missing transverse momentum at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector”, <u>R. Armadans</u>, <u>J. Chapman</u>, <u>D. Francis</u>, <u>Y. Horii</u>, <u>M. Ishino</u>, <u>P. Jackson</u>, <u>T. Kawamoto</u>, <u>N. Konstantinidis</u>, <u>O. Kortner</u>, <u>H. Kroha</u>, <u>K. Nagano</u>, <u>Y. Nakahama</u>, <u>S. Osamu</u>, <u>V. Outschoorn</u>, <u>T. Pauly</u>, <u>T. Saito</u>, <u>T. Sumida</u>, <u>M. Tomoto</u>, <u>R. Vari</u>, <u>S. Veneziano</u>, <u>J. Zhu</u> et al. The ATLAS Collaboration, Phys.Rev.D 96 (2017) 112010 査読済</p>
◎ 6	<p>“Measurement of the τ lepton polarization and $R(D^*)$ in the decay $B\bar{b} \rightarrow D^* \tau \nu$ bar with one-prong hadronic τ decays at Belle”, ※<u>S. Hirose</u>, <u>T. Iijima</u>, <u>P. Krizan</u>, <u>M. Staric</u> 他 Belle コラボレーション, Phys. Rev. D 97, 012005 (2018), 査読有</p>
7	<p>“Measurement of the τ lepton polarization and $R(D^*)$ in the decay $B\bar{b} \rightarrow D^* \tau \nu$ bar”, ※<u>S. Hirose</u>, <u>T. Iijima</u>, <u>P. Krizan</u>, <u>M. Staric</u> 他 Belle コラボレーション, Phys. Rev. Lett. 118, 211801 (2018), 査読有</p>
8	<p>“$R(D^{(*)})$ in a general two Higgs doublet model”, Syuhei Iguro and <u>Kazuhiro Tobe</u>, Nucl.Phys.B925, 560-606 (2017) (査読有)</p>
9	<p>“Two-loop Anomalous Dimensions for Four-Fermi Operators in Supersymmetric Theories”, <u>Junji Hisano</u>, Takumi Kuwahara, Yuji Omura, Takeki Sato, Nucl.Phys. B922, 77-93 (2017) (査読有)</p>
10	<p>“Light Stops, Heavy Higgs, and Heavy Gluinos in Supersymmetric Standard Models with Extra Matters”, <u>Junji Hisano</u>, Wataru Kuramoto, Takumi Kuwahara. PTEP 2017, no.3, 033B10 (2017) (査読有)</p>

②学会等における発表

発表題名 等	
<p>(発表題名、発表者名、発表した学会等の名称、開催場所、口頭発表・ポスター発表の別、審査の有無、発表年月(西暦)について記入してください。)(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。)</p> <p>・発表者名は参加研究者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載すること。共同発表者がある場合は、全ての発表者名を記載し、責任発表者名は「※」印を付して下さい。発表者名について主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者については<u>下線</u>、若手研究者については<u>波線</u>を付して下さい。</p> <p>・口頭・ポスターの別、発表者決定のための審査の有無を区分して記載して下さい。</p> <p>・さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。</p> <p>・海外の連携機関の研究者との国際共同発表には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共同発表については番号の前に○印を付して下さい。また、主要連携研究者については<u>斜体・太下線</u>、連携研究者については<u>斜体・破線</u>としてください。</p>	
◎ 1	“Upgrade of the ATLAS Thin Gap Chamber Electronics for HL-LHC”, <u>Y. Horii</u> (ATLAS Collaboration), Topical Workshop on Electronics for Particle Physics 2017, University of California, Santa Cruz (USA), 口頭発表, 有, 2017年9月
◎ 2	“ATLAS Detector Performance in Run2 and Upgrade Plans”, <u>M. Ishino</u> (ATLAS collaboration), International Conference in Quantum Chromodynamics (QCD17), Montpellier (France), 口頭発表, 有, 2017年7月
◎ 3	“Simulation of the ATLAS New Small Wheel Trigger”, <u>T.Saito</u> (ATLAS collaboration), Topical Workshop on Electronics for Particle Physics (TWEPP), Santa Cruz (USA), ポスター発表, 有, 2017年9月
◎ 4	SUSY strong production in leptonic final state with ATLAS, <u>T.Saito</u> (ATLAS collaboration), 5th Conference on Large Hadron Collider Physics (LHCP) 2017, Shanghai (China), 口頭発表, 有, 2017年5月
◎ 5	“Belle II TOP カウンター”, <u>Toru Iijima</u> , P. Krizan, M. Staric et al., International Workshop on Fast Cherenkov Detectors (DIRC2017), Castle Rauischhozhausen, Germany, 2017年8月, 口頭発表(招待講演)
6	“Status and Prospects for SuperKEKB and Belle II”, <u>Toru Iijima</u> , 2017 ICFA Seminar, Shaw Center, Ottawa, Canada, 2017年11月, 口頭発表(招待講演)
7	“Effective field theory in particle physics and cosmology”, <u>Junji Hisano</u> , Session CVIII of the Les Houches School of Physics, France, 口頭発表, 招待公演, July, 2017.
8	“Baryon-number violating nucleon decay - Review from theoretical viewpoints -”, <u>Junji Hisano</u> , the 18th International Workshop on Next generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors (NNN17), England, 口頭発表, 招待公演, October,
9	“Probing the TeV scale and beyond with EDMs”, <u>Junji Hisano</u> , FPUA 2018 (Fundamental Physics using Atoms), Japan, 口頭発表, 招待公演, January, 2018.

5. 若手研究者の派遣実績(計画)

【海外派遣実績(計画)】

年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	合計
派遣人数	2人	5人 (2人)	4人 (4人)	5人

※当該年度は実績、次年度以降は計画している人数を記載

【本年度の海外派遣実績】

派遣者①の氏名・職名：堀井泰之・助教

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

CERNにて、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の開発を行い、技術仕様設計書を執筆した。さらに、ヒッグス粒子とトップクォークとの随伴生成過程(ttH過程)の物理解析を行った。

(具体的な成果)

「統合型 μ 粒子トリガーシステム」のための前段トリガー回路の動作試験を行い、高速データ転送や放射線耐性の観点から次世代LHC実験における要求性能を満足するものであることを立証した。後段トリガー回路の設計を終えた。以上の成果を技術仕様設計書の主著者の一人としてまとめた。

ttH過程の観測において、 4.2σ の統計的有意度の観測に貢献し、今後の湯川結合定数の測定への第一歩を踏み出す成果を出した。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成27年度	平成28年度	平成29年度	
ドイツ, Max Plank Institute, Physics, H. Kroha	9日	85日	0日	94日
スイス, CERN, Physics, David Francis	62日	213日	130日	405日
アメリカ, TWEPP-17へ参加	0日	0日	8日	8日

派遣者③の氏名・職名：長野邦浩・准教授

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

CERNにて、ATLAS実験の全トリガーのコーディネーターとしての職務を全うするとともに、現在のATLASトリガーシステムの運転から次世代 μ 粒子トリガーに求められる性能に関する情報収集を行った。

(具体的な成果)

2017年LHC運転では、衝突輝度が設計値の2倍を超え、陽子交差あたりの事象数が60を超えた。この厳しい状況下でも、ミューオントリガーも含む全てのトリガーを安定して動作させ、物理実験に必要なデータを高効率で収集することに成功した。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成27年度	平成28年度	平成29年度	
スイス, CERN, Physics, David Francis	0日	343日	262日	605日

派遣者④の氏名・職名：斎藤智之・特任助教

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

主にCERN研究所に滞在し、イリノイ大学と共同して、第3実験で導入予定の内部 μ 粒子検出器のトリガーエレクトロニクスに搭載する論理回路(ファームウェア)の性能を向上させた。昨年度までに開発したトリガー論理の弱点を明らかにし、根本原因をつきとめ、それを回復する論理を開発して実装した。

2016年に収集したデータを用いて、1本のレプトン、複数のジェットと欠損エネルギー

一を終状態とする超対称性粒子の直接探索を行った。

(具体的な成果)

陽子ビームが交差した際に同時発生する物理事象が 100 を超えてくると、昨年度までに開発した論理回路は目的とするイベントを捉える効率が著しく落ちることを明らかにした。トリガーが成立する条件を精査しながら、弱点の本質を明らかにして、対象となるイベントについては 40%以上高効率で取得し、排除すべきイベントについて、今までの 2 倍以上排除するアルゴリズムの実装に成功した。

現在の LHC のエネルギーと統計量の中からは、超対称性粒子の発見に至っていないが、理論モデルのパラメータの広い領域を棄却することに成功した。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
アメリカ, Illinois 大学, Physics Department, V. Outschoorn	0 日	41 日	0 日	41 日
スイス, CERN, Physics, David Francis	0 日	280 日	237 日	517 日
アメリカ, TWEPP-17 へ参加	0 日	0 日	9 日	9 日
南アフリカ, Muon Week 2018 へ参加	0 日	0 日	9 日	9 日

派遣者⑥の氏名・職名：中浜優・准教授

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

どの物理事象のデータ解析のためにどのトリガーを採用するかを決定するトリガーマニュー責任者として、次世代 LHC 実験における統合型 μ トリガーが物理研究に与える影響に関して調べた。これらの情報をもとに、次世代 LHC 実験において必要とされる μ 粒子トリガーが本研究ネットワークの目指す「統合型 μ 粒子トリガーシステム」はどの物理研究のために最適なトリガーとなるのか、 μ 粒子トリガーと他種のトリガーを組み合わせることで狙える新しい物理はないか調べた。

また、2016 年に収集したデータを用いて、複数のジェットと大きな欠損エネルギーを終状態とする超対称性粒子の直接探索を行った。

(具体的な成果)

トリガーマニューの統括を行ない、2017 年の物理データ収集を成功に導いた。さらには、2018 年の物理データ収集に向けたトリガーマニューを構築した。以上の経験から、陽子ビームが交差した際に同時発生する物理事象が非常に多い時のトリガーレートを定量的に考察するべきであるとの指摘をし、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」では、同時発生する物理事象が 200 になっても問題ないことがわかった。

終状態に複数のジェットを含む事象を用いた超対称性グルーオンの探索解析に関する論文を主著者の一人としてまとめた。95%の統計的信頼度のもとで、約 2TeV までの超対称性グルーオンの存在を棄却した。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
スイス, CERN, Physics, David Francis	0 日	253 日	129 日	382 日

※本年度の派遣者毎に作成すること。

6. 研究者の招へい実績（計画）

【招へい実績（計画）】

年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
招へい人数	14 人	12 人 (9 人)	10 人 (8 人)	20 人

※当該年度は実績、次年度以降は計画している人数を記載

【本年度の招へい実績】

招へい者①の氏名・職名：Oliver Kortner・Senior Scientist

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） μ 粒子飛跡精密測定器建設の第一人者として、名古屋で開催したワークショップに招待し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」実現に向けた密度の濃い議論を行った。 MPI と共同で進める μ 粒子飛跡精密測定器によるトリガーに不可欠な TDC 回路を、堀井とともに製作した。</p> <p>（具体的な成果） μ 粒子飛跡精密測定器による μ 粒子トリガーで用いる前段回路のプロトタイプを日本、MPI、ミシガン大学との間で共同開発し、ASIC による前段回路、FPGA による前段回路ともに次世代 LHC 実験の要求を満たすことを立証した。放射線耐性や消費電力に優れた ASIC による前段回路を次世代 LHC 実験では用いることを決定した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Max Plank Institute、Experimental Physics Division、ドイツ、戸本誠（名古屋大学）	7 日	6 日	5 日	18 日

招へい者③の氏名・職名：Stefano Veneziano・Professor

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） LHC-ATLAS 実験の全 μ 粒子トリガー・読み出しシステムを取りまとめる第一人者として、名古屋で開催したワークショップに招待し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の設計思想に関する深い議論を行った。次世代 LHC 実験の全トリガーと読み出し回路の開発計画グループに関与し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の開発方針に関する意見交換を行なった。</p> <p>（具体的な成果） 「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の後段トリガー回路の具体的な仕様を確定させ、技術仕様設計書に記述した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Rome I, Dept. of Physics, イタリア	9 日	9 日	5 日	23 日

ア、 石野雅也（東京大学）				
------------------	--	--	--	--

招へい者④の氏名・職名： Verena Ingrid Martinez Ouschoorn・Assistant Professor

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） 内部 μ 粒子検出器によるトリガーの第一人者として、名古屋で開催したワークショップに招待し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」実現に向けた密度の濃い議論を行った。齋藤と、内部 μ 粒子検出器開発によるトリガー論理回路の開発を行った。</p> <p>（具体的な成果） 齋藤とともに内部 μ 粒子検出器によるトリガー論理回路を改良し、今までの 2 倍以上排除するアルゴリズムの実装に成功した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
University of Illinois Urbana-Champaign、 Dept. of Physics, 米国、 川本辰男（東京大学）	17 日	8 日	7 日	32 日

招へい者⑦の氏名・職名：C. -P. Yuan・教授

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） LHC におけるヒッグス粒子生成過程に対する QCD 補正に焦点を当てたセミナーを Yuan 氏に行ってもらい、また、ヒッグス粒子の物理に関して久野、議論を行った。</p> <p>暗黒物質直接探索では核子・暗黒物質断面積が測定されるが、その素過程を研究するには核子内のクォークの演算子の行列要素が必要である。Yuan 氏はクォークの分布関数（PDF）の専門家であり、その分布関数と行列要素の関係を久野は議論した。</p> <p>LHC 実験などで観測されている B 中間子の興味深い現象の解析に関して、戸部は学生との共同研究を行っており、Yuan 氏とその事象に関して議論をした。</p> <p>（具体的な成果） 核子内のクォークの演算子の行列要素を PDF から求められるかに関して、研究者間で複数の意見があったが、その問題に決着をつけられた。B 中間子の興味深い現象の解析に関して、戸部は、Yuan 氏との議論を踏まえ、学術雑誌に研究成果を発表した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Michigan State University、 Department of Physics and Astronomy、米国、久野純治（名古屋大 学）	0 日	13 日	7 日	20 日

招へい者⑧の氏名・職名： Peter Krizan・Professor

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） 飯嶋らとともに SuperKEKB/Belle II 実験に向けて新設を進めている TOP カウンター</p>				
--	--	--	--	--

と呼ばれる粒子識別検出器の運転立ち上げを行った。また、Belle II 検出器にインストールされた全サブ検出器を使った宇宙線統合試験を進めた。

(具体的な成果)

Belle II 実験のために必要な 16 台の TOP カウンターについて、宇宙線ミューオンに対する応答信号を確認し、チェレンコフ光イメージを捉えることができた。H30 年度以降に始まる衝突実験に向けて、検出器ハードウェアの準備がほぼ整った。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Ljubljana University、Department of Physics、スロベニア、飯嶋徹（名古屋大学）	12 日	0 日	14 日	26 日

招へい者⑩の氏名・職名：John Ellis・教授

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

素粒子宇宙起源研究機構(KMI)と本プログラムが共催する KMI 国際スクール “Dark Matter” に招待し、素粒子物理からの暗黒物質正体の解明の方向性について久野、飯嶋、戸本と議論を行った。

(具体的な成果)

暗黒物質の正体解明と素粒子標準模型を超える物理の探索の密接な関係を整理するとともに、これまでの暗黒物質探索の結果をまとめ、これからの ATLAS 実験や Belle II 実験の研究課題を検討することができた。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
King's College London、Dept. of Physics、英国、久野純治（名古屋大学）	12 日	3 日	7 日	22 日

招へい者⑭の氏名・職名：Riccardo Vari・Associate Professor

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

RPC 検出器によるトリガーと μ -カロリメータトリガーの第一人者として、名古屋で開催したワークショップに招待し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」実現に向けた密度の濃い議論を行った。RPC 検出器によるトリガー論理の設計を行った。

(具体的な成果)

RPC 検出器によるトリガーと TGC 検出器によるトリガーは同じ回路を使うことができることを決定し、そのトリガー回路を設計した。この回路構成を技術仕様設計書に記述した。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Rome I, Dept. of Physics, イタリア、 石野雅也（東京大学）	9 日	8 日	5 日	22 日

招へい者⑱の氏名・職名：Marko Staric・Associate Professor

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>飯嶋らとともに SuperKEKB/Belle II 実験に向けて新設を進めている TOP カウンターと呼ばれる粒子識別検出器の解析ソフトウェアの開発と構築を進めた。特に、TOP カウンターのキャリブレーションや、実データを使ったアライメント手法の開発、データベースを含む解析ソフトウェアの開発を進めた。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>光センサーのゲイン較正、パルスレーザー光による時間較正の手法を確立し、H30 年度以降に始まる衝突実験に向けた検出器データの再構成ソフトウェアの準備がほぼ整った。また、Belle II の研究課題に関して情報共有した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
Ljubljana University、Department of Physics、スロベニア、飯嶋徹（名古屋大学）	12 日	16 日	11 日	39 日

招へい者⑲の氏名・職名：Stefan Haas・Electronics Engineer

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>「統合型 μ 粒子トリガー」を含む全トリガーを取りまとめる Global トリガー回路の主設計者かつ主製作者として、名古屋で開催したワークショップに招待し、「統合型 μ 粒子トリガーシステム」の出力が Global トリガーでどう扱われるべきかの具体的な議論を行う。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>Global トリガーの設計・製作に関するノウハウの全貌を紹介し、「統合型 μ 粒子トリガー」の出力に関する設計を行った。また、Global トリガーの設計思想を「統合型 μ 粒子トリガー」のトリガープロセッサに組み込むことに成功した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	
CERN, Experimental Physics Department, スイス、石野雅也（東京大学）	0 日	0 日	5 日	5 日

招へい者⑳の氏名・職名：Brout Bajc, Professor

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>素粒子宇宙起源研究機構(KMI)と本プログラムが共催するワークショップ“GUTs”に招待し、力の統一、物質の統一を謀る大統一理論の研究の現状を整理した。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>超対称大統一模型が予言する現象を整理し、LHC 実験や BelleII 実験などのフレーバーの物理における検証の可能性を議論した。また、大統一模型の予言する陽子崩壊と宇宙のバリオン数非対称性の起源の関係を整理し、そのための共同研究を開始した。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び	招へい期間			

日本側受入研究者（機関名）	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
Ljubljana University、スロベニア、久野純治（名古屋大学）	0 日	0 日	31 日	31 日

※本年度の招へい者毎に作成すること。

7. 翌年度の補助事業の遂行に関する計画

該当しない

※ 補助事業が完了せずに国の会計年度が終了した場合における実績報告書には、翌年度の補助事業の遂行に関する計画を附記すること。