

# 自己点検・評価に関する報告書 (2019年度)

2020年10月

東京大学素粒子物理国際研究センター

International Center for Elementary Particle Physics, The University of Tokyo

# 目次

## I. 研究活動報告

- 1 LHC-ATLAS 実験 . . . . . 1
- 2 MEG 実験 . . . . . 8

## II. 共同利用・共同研究拠点実施報告書（抜粋）

- 1 研究施設の状況
  - 1-1 研究施設の概要等 . . . . . 11
  - 1-2 研究施設の組織等 . . . . . 13
  - 1-4 研究施設の取組等 . . . . . 15
  - 1-5 研究施設の国際交流状況 . . . . . 18
  - 1-6 研究施設の教育活動・人材育成 . . . . . 21
  - 1-7 研究施設の情報発信・広報活動等 . . . . . 22
- 2 共同利用・共同研究拠点の状況
  - 2-1 拠点の活動状況等 . . . . . 24
  - 2-2 共同利用・共同研究の実施状況 . . . . . 26
- 上記1・2にかかる記述様式の項目 . . . . . 38

## III. 研究協議会議事録

- 第16回研究協議会議事録（案） . . . . . 54

# I 研究活動報告

## LHC 加速器・ATLAS 実験（測定器）報告

### LHCの運転計画・予定： LHC Run 2 → Long Shutdown 2 → LHC Run3

2018年12月、LHC加速器の第2期運転期間（LHC Run2）が終了した。陽子衝突エネルギー13TeVで4年間続けられたLHC Run2を通じて、ATLAS実験は物理解析に使用可能な陽子衝突データを  $139 \text{ fb}^{-1}$  取得した。その後、LHC加速器ならびにその前段加速器のすべては、アップグレード・メンテナンスをおこなうための運転休止期間に入っている。

2019年12月、LHC Run3について次のことが発表された：

- ・ LHC加速器の運転再開を当初の予定（2021年3月）よりも2ヶ月遅らせ、2021年5月とする
- ・ LHC Run3の運転期間を当初の予定（3年間）よりも1年延長し、**4年間**とする（2021-2024）

陽子の衝突のエネルギーについては、Run 3スタートまでにLHC加速器のデザイン値である**14TeV**に到達させることが現時点での公式な予定とされている。しかしながら、2018年12月におこなわれた超伝導磁石トレーニングキャンペーンの結果は、**その準備に必要な期間が当初の予定よりも大幅に長くなること**を示唆している。ある一定の時間を費やせば解決できるタイプの問題ではあるが、どの様な順序・タイミングで陽子衝突エネルギーを14TeVにあげることが物理成果を最大化するために効果的であるかは自明ではない。加速器グループ・実験グループ・CERNマネジメントによって、そのシナリオが検討されている。

### 現在進行中の加速器アップグレード・メンテナンス

LHC Run2の終了直後から始まった加速器（LHC加速器の他、前段の複数の加速器を含む）の主なアップグレードのポイントをまとめておく。

- ・ 線形加速器： 40年間稼働したLINAC2に代わり、LINAC4を導入する。50MeVであった到達エネルギーを160 MeVに上げること（次段の加速器 PS-Boosterに入射する段階で Space-Chargeの影響を小さく抑える）、陽子ではなくHを加速して PS-Boosterに入射すること（1バンチに含まれる陽子数を大きくできる）が大きな変更点である。線形加速器単体でのコミッショニングは2017年から始まっており、2019年にはPS-Boosterへの接続も完了した。
- ・ PS-Booster： H入射部の交換、2GeVまでエネルギーを上げる（今までは1.4GeV）、RFキャビティとパワーシステムの交換、PS加速器へのビーム輸送ラインの更新、他。
- ・ PS： 新しいRFシステムの導入、他。
- ・ SPS： 新しいRFシステムの導入、ビームダンプの増強、他。

前段加速器に対してこれらの増強をほどこすことにより、**beam brightness** (= bunch intensityを emittanceで割った値) が (究極的には) **2倍以上向上**する。( [bunch intensity, emittance] の数値を記すと、Run 2 [ $1.1 \times 10^{11}$  ppb,  $2.7 \mu\text{m}$ ] → Upgrade後 [ $2.3 \times 10^{11}$  ppb,  $1.5 \mu\text{m}$ ] )。高輝度LHCプログラムにおけるデザイン値が [  $2.3 \times 10^{11}$  ppb,  $2.1 \mu\text{m}$  ]なので、その要求値をはるかに上回るポ

テンシヤルがあり、それに向けて段階的にコミッショニングを進めていく。 (\* ppb = protons per bunch)

・LHC加速器： 安定した動作を確実にするためのメンテナンス（地絡防止、磁石の交換、他）がおこなわれている。

これらの前段加速器の大幅な改良によって、LHC加速器のオペレーションスキームも大きく変更される。衝突点近傍の最終収束磁石の冷却能力によって最大輝度は Run 2と同様、 $2.0 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  程度に制限されるが、beam brightnessの向上 と 衝突点におけるbeamの収束強度の逐次調整技術（ $\beta^*$  leveling : 2017-2018年に導入済み）によって、**その輝度を11時間以上維持する**運転が可能となる。この場合、1日平均 $1.3\text{fb}^{-1}$ 、**1年で $100\text{fb}^{-1}$** 程度のデータを取得できる（Run 2におけるデータ収集速度の約2倍に相当する）。

### LHC Run3 に向けた ATLAS実験アップグレード

2021年に再開されるLHCの第3期運転（LHC Run3）に向け、測定器システムのアップグレードをおこなっている。ICEPPの寄与が大きい以下の2つのプロジェクトは、ともに事象の取捨選択を決定するトリガーシステムの能力を向上させることを目的としている。LHC Run2では判別しきれずに記録していた不要な背景事象を確実に捨て去り、新たに利用可能になったデータ収集帯域を利用することで、これまで探索できなかった物理事象の取得を可能にする。また、加速器の輝度が大幅に向上する高輝度LHC（2027年開始）の実験環境に耐えるトリガーを既に導入して、実データを使って性能を引き出していくことが可能である。

(1) Level-1ミューオントリガーシステムの改良： 近年、飛躍的に進歩している、大規模FPGAと高速シリアル通信技術を使った新しいハードウェアを開発し、終状態にミュー粒子を含んだ物理事象を効果的に選択するトリガーアルゴリズムを走らせる。ICEPPのメンバーは、新規に作成したトリガー回路のうち約半数（50台）の試験を完了させ、FPGAにのせるファームウェアの開発・試験、地下の実験施設へのインストール、2021年以降に回路をオペレーションするためのオンラインソフトウェアの準備、システムコミッショニングの検討を主導している。

(2) Liquid Argonカロリメーターエレクトロニクスの改良： カロリメータートリガーは、Liquid Argonカロリメーターで測定されるエネルギー情報をもとにトリガー信号を生成する。検出器からの信号を、これまでより遥かに高い精度でエネルギーに変換するエレクトロニクスを新たに導入する。2019年4月からfront-endクレートでの作業を開始し、新規に製作したデジタイザーボード（LTDB）の導入を進めている。back-endエレクトロニクスについても新規製作されたデジタルプロセッシングボード（LDPB）の運用を始めている。ICEPPはLDPB上で稼働するFPGAのファームウェアを担当し、エネルギー算出アルゴリズムの最適化を行っている。これらのコミッショニングについても、新規ハードウェアのコントロールシステムの構築、運用手法の確立に尽力すると同時に、そのデータ解析においても中心的な役割を担っている。

これらの Run3 開始時に導入するトリガーアップグレードと平行して、高輝度 LHC (2027 年) に向けたミューオントリガー高度化の R&D をおこなっている。精密飛跡検出器 Muon Drift-Tube の情報を初めてトリガーに応用し、Associative-Memory と呼ばれる新しいデバイスを使ってミューオンの飛跡を高速・高効率・高精度に認識するための研究に挑戦している。



図 1 新しいミューオントリガー回路を実験室に設置し、データ転送のための光ファイバーを接続している齋藤助教(手前)。名古屋大、京都大、神戸大の大学院生を指揮している。

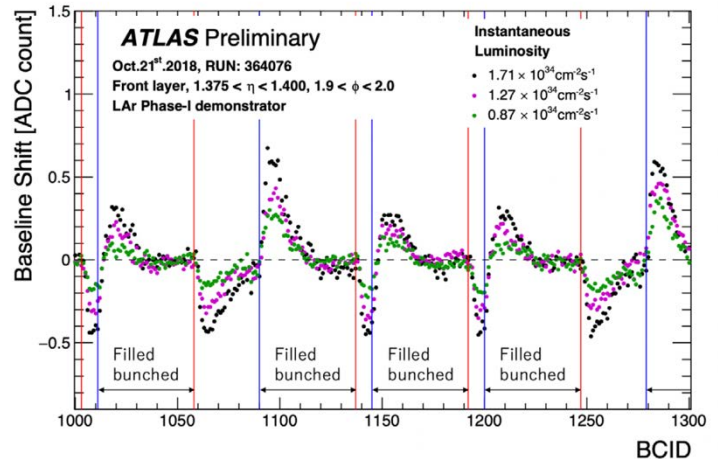
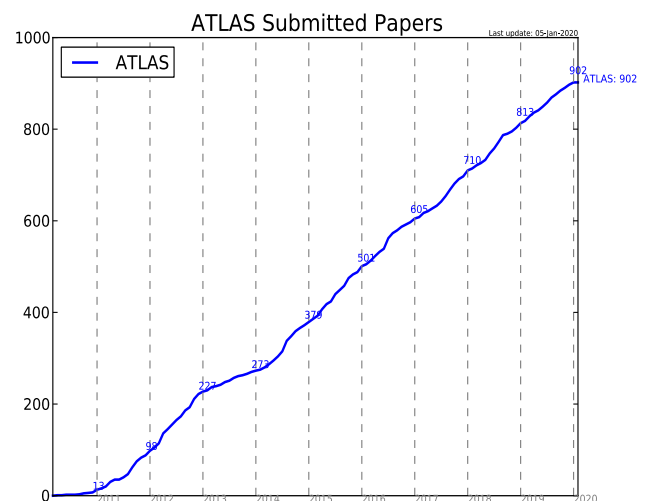


図 2 Liquid Argon カロリメータのバレル部に新規インストールされた LTDB と LDPB からの出力。テストパルスを用い、カロリメータ・セルと正しく接続されていること、ベースラインの高さ (pedestal level)、波形測定、および波高線形性を確認後、1 ADC 当たりの横運動量を算出した。設計値と一致していることが確認できた。

## 付録・参考資料

### ATLAS appointments (2019年度)

ATLAS Executive Board member : 浅井  
 ATLAS CB Chair Advisory Group member : 田中  
 ATLAS Publication Committee member : 寺師  
 ATLAS Speakers Committee member : 江成  
 物理 Higgs WG : H→bb convener : 増渕  
 物理 Exotic WG : Leptons, Z', W', LFV convener : 奥村  
 TDAQ: Level-0 Muon Trigger convener : 石野  
 TDAQ: L1 Muon Trigger Ph 1 Upgrade convener : 齋藤



## アトラス地域解析センター関連報告

### Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)

LHC Run2 実験のデータ収集は 2018 年で終了し、2019 年は検出器の保守・更新等と並行して Run2 で取得した全データ (139 fb<sup>-1</sup>) を用いたデータ解析を順調に進めてきた。データ解析では実データの量より多くのモンテカルロシミュレーション (MC) データが必要で、その生成に多くの計算機資源を利用した。図 1

は ATLAS で同時に処理しているジョブ数を示し、常時 40 万程度のジョブが実行されていたことが分かる。その約 90% は MC データの生



図 1. 2019 年 1 月 - 12 月の実行中のジョブ数

成のジョブであった。図 2 に示す通りこれまでに蓄積されたデータは MC データなどを含めて 450 PB を超える。蓄積データ量の増減は、古い MC データを削減して一時的に空きを確保し、それを利用して新しい MC データを生成したために生じた。

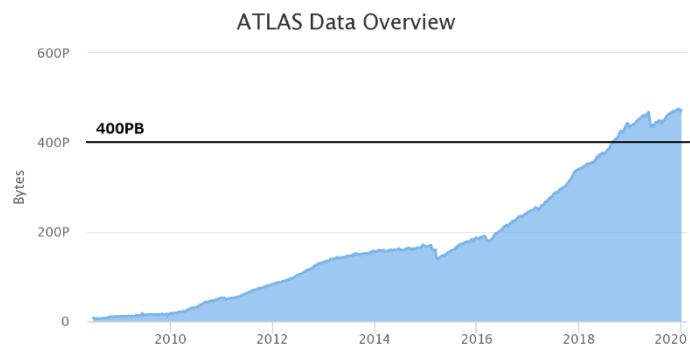


図 2. ATLAS 分散データ管理システム Rucio に保存されているデータ量 (2008 年 - 2020 年)

### 地域解析センターシステム

2019 年 1 月から運用を開始した地域解析センター第 5 期システム (レンタル期間 2019 - 2021 年) は年間を通じて順調に稼働し WLCG に大きく貢献した。運用開始直後より安定した運転を実現しており、表 1 に示す通り、2019 年は通年の絶対稼働率で 98.3%、運転予定期間に対する運転効率にして 100% を達成した。

表 1. 2019 年の地域解析センターシステムの絶対稼働率と運転予定期間に対する運転効率。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
稼働率	98	100	100	100	96	100	99	99	100	88	100	100	98.3
効率	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

地域解析センターと各国の大学や計算機センターとの間のデータ転送は、LHC 実験専用の仮想ネットワーク LHCONe を通じて行われており、SINET が提供する欧州線や米国線を利用している。2019 年 2 月に欧州線が 20Gbps から 100Gbps に更新され、欧州線・米国線ともに 100 Gbps になった。本センターはこれらの回線のメインユーザーである。図 3 は 2019 年における地域解析センターと各国のデータ転送レートの変動を表し、ピークでは日平均 1000 MB/s (=8 Gbps) を超えることもあった。このように 2019 年も SINET を有効に活用した。また、本センターの計算機室と東京大学の情報基盤センターの間のネットワー



クを 20 Gbps から 40 Gbps に更新し、短時間内での高速転送にも対応した。

### CERN サテライトシステム

従来通り、オンプレミス環境と CERN クラウドサービスの両方で運用を行った。オンプレミスのストレージ約 500 TB 分を新しくし、全体として約 1300 コア、ディスク約 2.5 PB、EOS ストレージ約 3 PB で稼働してきた。図 4 は実行中のバッチジョブ数の変化を示しており、ATLAS 日本の研究者が年間を通じて利用していることが分かる。

### HL-LHC に向けた研究開発

HL-LHC では計算機資源不足が懸念されており、この問題解決に向けて研究開発を行ってきた。商用クラウドである Google Cloud Platform や国内のスパコン(東京大学の Reedbush)を ATLAS の MC 生成に利用する手法を確立した。また、機械学習では「ドメイン知識」の導入のため「グラフネットワーク」や地域解析センターのモニターツールの研究開発に取り組んだ。量子コンピュータではゲート式(IBM Q)、量子アニーリング(D-wave)やデジタルアニーリング(Fujitsu)を用いた荷電粒子の再構成の開発やゲート式(IBM Q)と古典コンピュータとのハイブリッドシステムでの量子機械学習の実証検証を行っている。荷電粒子の再構成で共同研究している米国の UC Berkeley/LBNL で 10 月末に QC workshop を開催し(日米科学技術協力事業)、様々な応用方法について議論した(参加者約 40 名)。

### その他の活動

第 3 回を迎えた「コンピューティングサマースクール」(主催:粒子物理コンピューティング懇談会)に講師陣(5 名)として参加し、

ATLAS ソフトウェアも含めた講習会を 7/29-8/3 に KEK で開催した。今年度は 44 名の受講生が参加した(図 5)。このような講習会は今後も継続的に行っていく予定である。

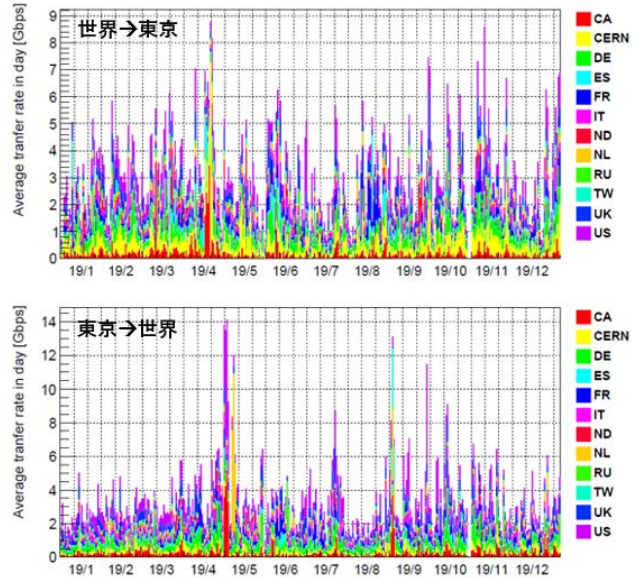


図 3. 東京へ(上図)及び東京から(下図)の日平均のデータ転送量(2019 年). 色は転送相手の国を示す。

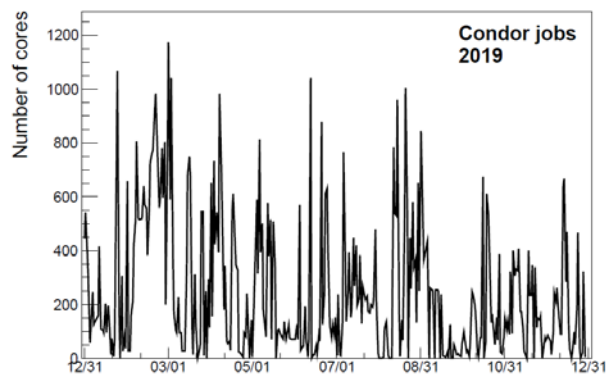


図 4. CERN サテライトシステムの実行中バッチジョブ数(ピーク時には 1200 コアが使用されている.)



図 5. 2019 年コンピューティングサマースクール受講生と講師の集合写真(KEK にて)



## LHC-ATLAS 実験物理解析関連報告

LHC Run2 のデータ収集は 2018 年で完了した。実験期間を通じて、LHC-ATLAS 実験では  $150 \text{ fb}^{-1}$  のデータを収集し、そのうちデータクオリティーが保証された  $139 \text{ fb}^{-1}$  (94% に相当) を使用した物理解析を遂行中である。Run2 期間中に取得された全データ解析は順次、論文や会議ノートとして公表をしている。本センターでは、SUSY 探索解析、Exotics 物理探索解析、Higgs 物理解析などの研究テーマのデータ解析を主導的な立場で遂行している。加えて b-jet tagging や、jet substructure を用いた top-quark tagging, W/Z boson-tagging 等の改善・較正の研究にも取り組み、データ解析の高度化に貢献した。

また、昨年度に引き続き ATLAS 日本グループとして大学・研究機関の枠を超えた物理解析研究及び大学院生の指導を行なっている。本活動を通じ、日本グループとして戦略的な物理解析を実現し、かつ CERN における大学院博士課程学生のデータ解析研究に対する現地でのサポート体制の充実を図る。CERN に常駐する本センターの教員は、他大学・機関の教員と協力しつつ、共同利用・共同研究拠点の教員として、リーダーシップをとって本活動を推進している。本体制を開始して 2 年間が経過して基礎が確立し、活発な研究活動が継続的に展開されている。2019 年秋にはグループリーダーの再任を認める形で運営体制の見直しも行った。今後も物理解析テーマの重要性や、学生の取り組む物理課題に応じて、柔軟にかつ発展的に活動を進めていく。

以下に、2019 年に新たに公表した結果のうち、本センターのメンバーが主要な貢献をして公表された、いくつかの結果をまとめる。

### Exotics 新粒子探索

Exotics 新物理探索では、Run 2 実験の全統計  $139 \text{ fb}^{-1}$  を使った最初の結果として、ダイレプトン終状態を用いた共鳴探索の結果を発表した。ダイレプトンの不変質量分布の解析を行いバックグラウンドのみの仮説と無矛盾であることを明らかにし、ダイレプトン共鳴を予言する新物理のモデルに対し、最も厳しい制限を課す結果を示した(図 1)。伝統的なダイレプトン新共鳴探索の解析だが、今回の解析より従来のシミュレーションをベースにしたバックグラウンド推定から、データを用いた推定手法に変更しており、高統計データを活用し広い質量領域において探索感度の改善に成功した。Run2 全データ解析、更に将来の Run3・HL-LHC 実験における高統計データ解析を視野に入れたデータ

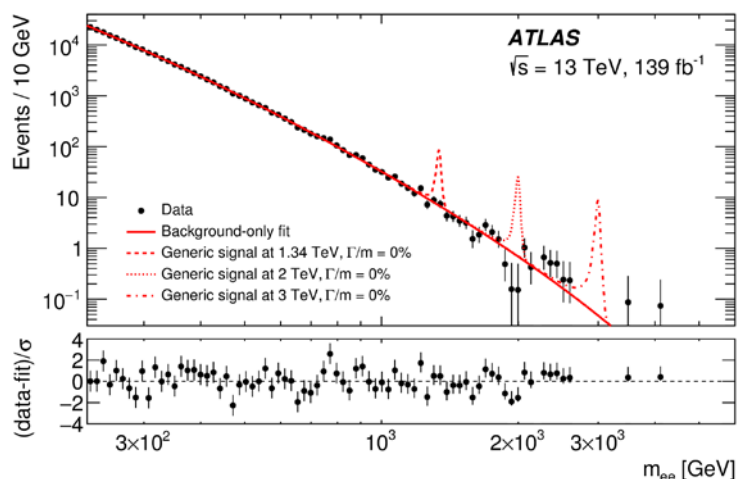


図 1. 二電子の系の不変質量分布と予測される背景事象分布。

を用いた推定手法に変更しており、高統計データを活用し広い質量領域において探索感度の改善に成功した。Run2 全データ解析、更に将来の Run3・HL-LHC 実験における高統計データ解析を視野に入れたデータ

解析手法の高度化の例と言える。

### SUSY が予言する新粒子の探索

超対称性研究の最新結果として、R-parity を保存する仮説のもとで、カラー荷を持つ超対称性粒子 (squark, gluino) の対生成過程を標的とした探索解析について、Run2 全データを用いた結果を公表した。これまでの解析の拡張である、複数の信号領域の同時フィットを行う通称 “multi-bin 探索手法” に加えて、新たに機械学習を用いた “BDT 探索手法” を導入し、広いパラメタ空間、特に中間に chargino を経由する decay topology に対し、高感度での探索を可能にした。探索の結果、統計的に有意な信号の兆候は確認されなかったため、本結果を用いて gluino, squark 仮説に対し制限を大きく更新した。gluino と neutralino のみが関与すると仮定する simplified model のもとで、massless neutralino に対し、2.35 TeV までの gluino 質量を棄却した (図 2)。また質量が縮退した第一世代、第二世代の squark と neutralino のみが関与するとする simplified model のもとで neutralino が massless の場合に 1.94 TeV までの squark 質量を棄却した。

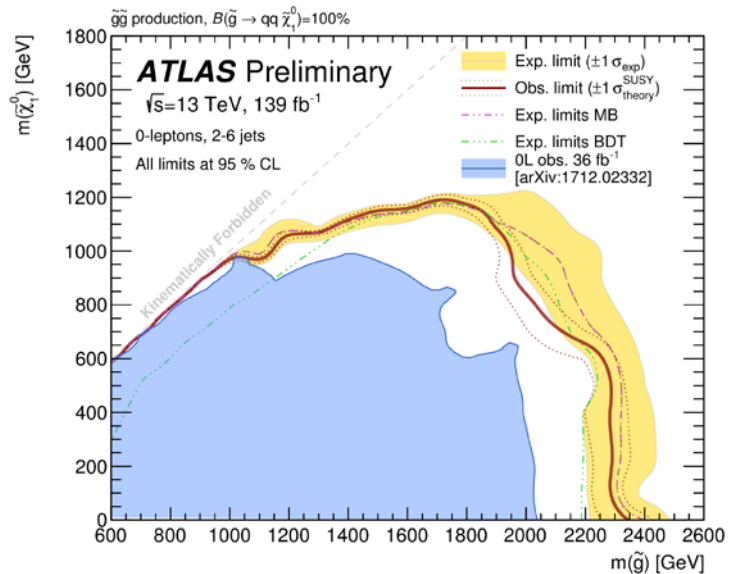


図 2. gluino と neutralino 質量に対する制限。gluino 対生成信号を試験し、gluino 質量にして 2.35 TeV までを棄却した。

### 低運動量 b-ハドロン同定手法の開発

b-ハドロンを含むジェット (b-jet) の同定は、カロリメータジェットを起点にしたアルゴリズムを用いるのが一般的であるが、20 GeV 以下のカロリメータジェットの再構成は困難であり、これが低運動量の b-jet で特徴付けられる探索の感度を制限していた。今回新たにカロリメータの情報を用いずトラックの情報だけを用いるアルゴリズムを開発し、同定可能な b-ハドロンの横運動量下限を 5 GeV まで引き下げることに成功した。特にスカラートップクォーク対生成事象の探索感度向上を狙った技術開発で、スカラートップクォークと LSP neutralino の質量差が小さくなるパラメタ空間の探索の感度向上が期待される。なお、本手法を用いたスカラートップクォーク対生成事象の探索の最新結果は近日発表予定である。

## MEG 実験報告

本センターは、国内では KEK、海外からはスイス・イタリア・ロシア・米国の研究者と協力して、スイス・ポールシェラー研究所 (PSI) において国際共同実験 MEG を実施している。これは、標準理論で禁止されているミューオン崩壊  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$  を探索して、超対称大統一理論やニュートリノ振動の謎に迫ろうとするものである。

MEG 実験を一桁上回る探索感度 ( $\sim 6 \times 10^{-14}$ ) のアップグレード実験 MEG II (図 1) の開始に向けた準備が精力的に進められた。2018 年に MEG II 実験用測定器がすべて完成し、コミッショニングを開始した。2019 年は、引き続き設計性能達成に向けた各測定器の運転条件の最適化、性能評価試験を行い、2020 年に予定しているエンジニアリングランに万全の体制で臨むための各種準備作業が進められた (図 2)。本センター岩本助教がランコーディネータとして実験準備全体の指揮を執るとともに液体キセノン検出器の責任者として準備作業を指揮した。また、内山特任助教、家城特任研究員はそれぞれ陽電子タイミングカウンター、輻射崩壊同定用カウンターの責任者として準備作業を主導した。

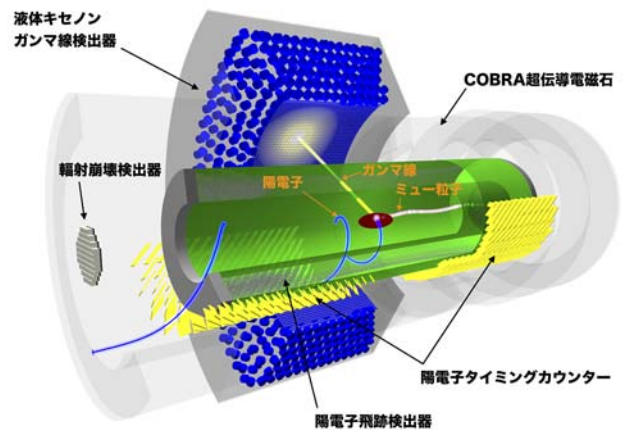


図 1 MEG II 実験装置概観

陽電子飛跡検出器 (ドリフトチェンバー) については、2018 年の試験運転で起こった内側レイヤーの不安定動作の問題に対処し、2019 年末にはすべてのレイヤーを用いたビーム試験を行った。異常ワイヤー電流、読み出しアンプの故障などいくつかの問題が見つかったため、2020 年前半の加速器シャットダウン期間中に原因調査と対処が行われ

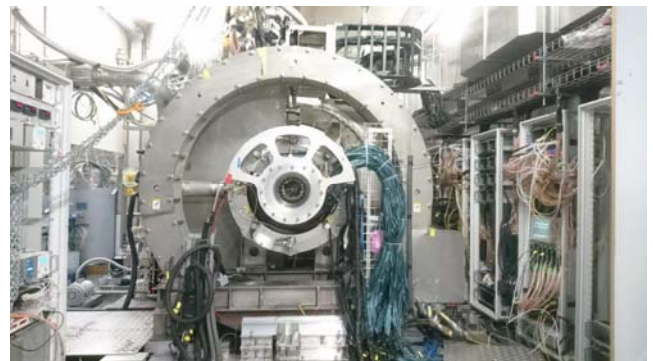


図 2 PSI ビームエリアに設置された MEG II 実験装置

る予定である。また、2019年9月には、ガス検出器の専門家(KEKの宇野彰二教授など)からなる国際評価委員会によるドリフトチェンバーのレビューが行われた。現在のドリフトチェンバーにおいてさらなるワイヤー切断が起こった場合の影響の大きさを考慮して、切断の可能性が低い素材のカソードワイヤーに交換した二台目のドリフトチェンバーの製作を実験と並行して進めるべきとの勧告が出された。担当するイタリアグループが INFN に対して行った予算要求が承認され、製作に向けた準備が開始された。2021年夏の完成を目指している。

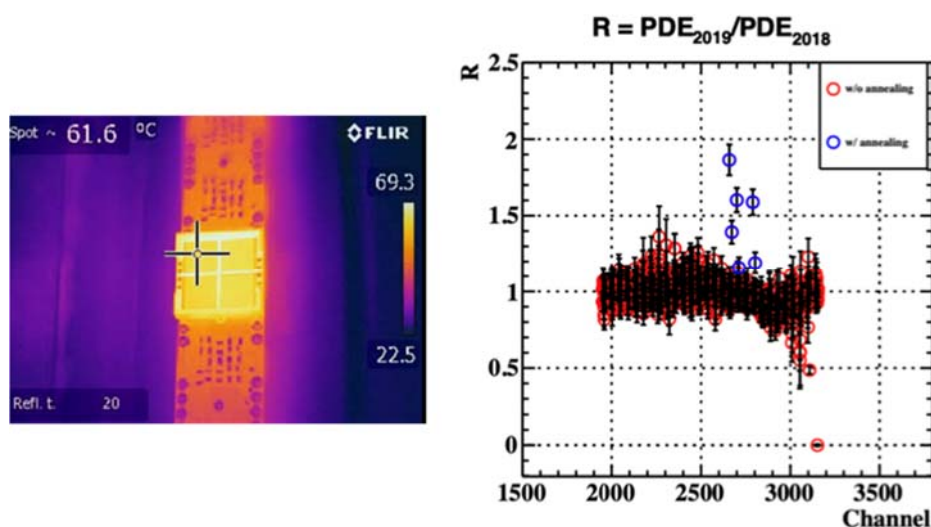


図 3 (左)MPPC のアニーリング (右)アニーリングによる PDE の回復。青がアニーリングした素子

液体キセノン検出器については、使用する光センサー(PMT・MPPC)がビーム運転中に想定外の性能劣化を起こしていることがわかった。2019年のビームタイムにおいて詳細調査を行い、現象の理解と対処方法の検討が行われた。その結果、PMTのゲイン低下についてはPMTを低ゲインで動作させることで、MPPCの光子検出効率(PDE)の低下についてはアニーリングを行うことで対処可能であることが示された(図3)。2019年末には荷電パイ粒子の荷電交換反応により生成した信号エネルギーに近い単色ガンマ線を用いた検出器較正を行う予定であったが、MEG II 検出器までビームを輸送する超伝導電磁石(BTS)が故障したため実施することができなかった。

探索感度のさらなる向上を目指して、日本グループの提案で新たに導入されることになった輻射崩壊同定用カウンターについては、既に建設が完了している下流側検出器に加

えて、上流側検出器の追加導入に向けた研究開発が進められた。大強度ミュオン粒子ビームが通過する上流側検出器に必要とされる高検出効率・超低物質質量・高レート耐性といった性能を実現するために、Diamond-Like Carbon (DLC) を高抵抗電極として用いる超低物質質量 RPC ガス検出器の開発が行われた。試作機を用いた試験により、この検出器が要求性能を満たしうることを示された(図4)。今後はミュオン粒子ビームを用いたレート試験、実機製作に向けた設計作業を進めていく。

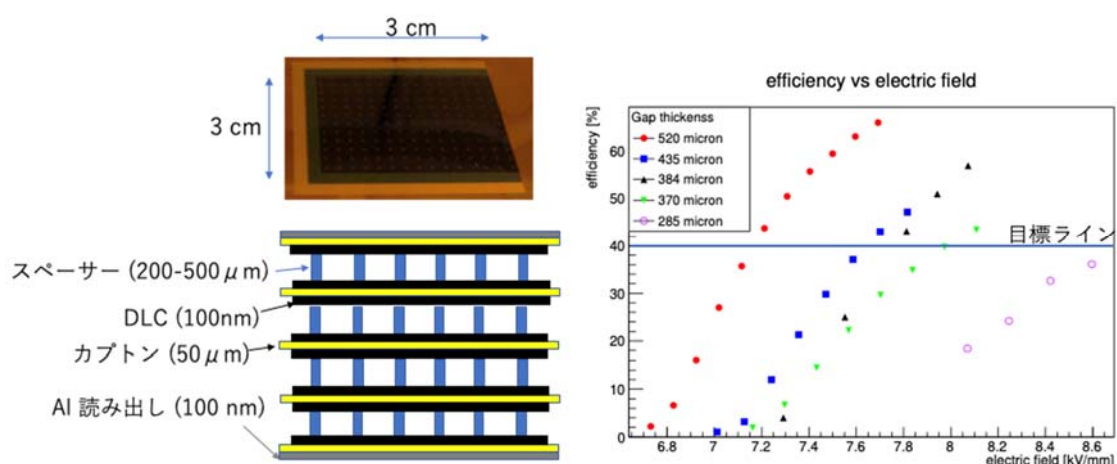


図4 (左上)DLC フォイル (左下)DLC フォイルを用いた RPC 検出器 (右)単層試作機で測定された検出効率。既に要求性能を達成している。

故障した BTS については、既にその原因が特定されており、修理を行い 2020 年のビームタイムに使用することができる見込みである。その他、ドリフトチェンバーの動作不安定性問題など残された課題を解決し、読み出しエレキの量産が予定通り完了すれば、エンジニアリングランを開始できる見込みである。ここでは、検出器間の相互較正、分解能、安定性など詳細な検出器性能評価を行う予定である。来年以降、準備が整い次第本格的な物理データの取得を開始することを目指す。2~3 ヶ月の本格的なデータ取得で MEG 実験を超える感度での探索が可能となる見込みである。加速器の稼働スケジュールや同じビームエリアを使用する他の実験グループの動向に依存するが、3 年間のデータ取得で目標感度に到達することを目指す。



## II 共同利用・共同研究拠点 実施状況報告書（抜粋）



## 1. 研究施設の状況

### 1-1. 研究施設の概要等

#### 1. 研究施設の概要等

大学名	国立大学法人東京大学	(ふりがな) 学長名	ごのかみ まこと 五神 真
研究所等名	素粒子物理国際研究センター	(ふりがな) 所長名・ センター長名	あさい しょうじ 浅井 祥仁
所在地	〒113-8654 東京都文京区本郷7-3-1	設置年月	平成 16 年 4 月
拠点の名称	最高エネルギー素粒子物理学研究拠点		
認定期間	平成28年4月1日～令和4年3月31日		
研究分野	素粒子物理学		
沿革	昭和49年 理学部附属高エネルギー物理学実験施設(時限5年)の設置 昭和52年 理学部附属素粒子物理学国際協力施設(時限7年)に転換 昭和59年 理学部附属素粒子物理国際センター(時限10年)の設置 平成 6年 素粒子物理国際研究センター(全国共同利用施設、時限10年)の設置 平成16年 素粒子物理国際研究センター(全国共同利用施設、時限10年)の設置 平成22年 共同利用・共同研究拠点「最高エネルギー素粒子物理学研究拠点」 (時限6年)に文部科学省より認定 平成28年 共同利用・共同研究拠点「最高エネルギー素粒子物理学研究拠点」 (時限6年)に文部科学省より認定更新		
目的・役割	東京大学素粒子物理国際研究センターは、LHCを用いたATLAS実験を中心とした素粒子物理の研究を行う全国共同利用施設として、平成16年4月1日に設置された。		
研究内容	欧州合同原子核研究機構(GERN)の陽子・陽子衝突型加速器(LHC)を用いた国際共同実験ATLASを中心に据え、最先端の素粒子物理研究を行う。また、そのために必要な計算機資源を揃え、物理解析センターとして全国共同利用に供する。		
拠点制度創設 以前の設置形態	附置研究所 (全国共同利用型)	附置研究所 (一般)	研究センター (全国共同利用型) ○
	研究センター (一般)	国立大学法人化後 に設置	

#### 2. 附属施設の概要

※現員数の( )書は、教員数で内数

施設等名称	設置年度	設置目的	現員数	施設長名
該当なし			人 ( )	

## 3. 中期目標・中期計画での位置付け(中期目標・中期計画別表を除く)

	中期目標	中期計画
第3期中期目標期間	<p>I 大学の教育研究等の質の向上に関する目標</p> <p>1 教育に関する目標</p> <p>(1)教育内容及び教育の成果等に関する目標</p> <p>② 大学院では、修士・博士・専門職学位の各課程において、自ら考え、新しい知を生み出し、人類社会のための知の活用を目指して行動する意欲満ち溢れた人材(「知のプロフェッショナル」)を育成する。</p>	<p>I 大学の教育研究等の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置</p> <p>1 教育に関する目標を達成するための措置</p> <p>(1)教育内容及び教育の成果等に関する目標を達成するための措置</p> <p>②-1 国内外の各界で活躍する「知のプロフェッショナル」を育成するため、大学院では引き続き高度な専門性と研究能力を養うとともに、学問領域や社会の必要性に応じた領域融合的・境界横断的な教育を強化する。また、研究倫理教育を徹底する。</p>
	<p>2 研究に関する目標</p> <p>(1)研究水準及び研究の成果等に関する目標</p> <p>① 世界の学術を牽引する総合研究大学として、人文科学・社会科学・自然科学のあらゆる学問分野において卓越性と多様性を追求するとともに、これを基盤として新たな学問領域の創成に積極的に取り組み、世界に先駆けて新たな知を生み出し得る世界最高水準の研究を実施する。</p> <p>(2)研究実施体制等に関する目標</p> <p>① 研究の多様性を促進しつつ、研究競争力を世界主要国と比肩しうよう適正かつ機動的な予算確保及び教員配置に努め、研究環境の整備を推進する。</p>	<p>2 研究に関する目標を達成するための措置</p> <p>(1)研究水準及び研究の成果等に関する目標を達成するための措置</p> <p>①-2 国際共同利用・共同研究拠点及び共同利用・共同研究拠点においては、大学の枠を超えて国内外の研究者の知を結集するとともに、研究情報を国内外に提供あるいは発信し、当該分野の学術研究を効率的・効果的に推進する。さらに、共同研究の成果や活動のアウトリーチを強化し、研究の社会への発信や国際研究交流を促進する。</p> <p>(2)研究実施体制等に関する目標を達成するための措置</p> <p>①-3 研究を安定的に継続するため、また新たな研究展開を推進するため、高度な専門性を有する研究を支援する人材の育成及び制度化を行う。さらに、研究者が研究に専念できる時間を確保し、萌芽的研究の遂行や国際ネットワークの拡大の機会を増やすために、サバティカル制度の積極的かつ有効な活用を推進する。</p>
	<p>5 その他の目標</p> <p>(1)グローバル化に関する目標</p> <p>① 「知の協創の世界拠点」にふさわしい教育研究環境を充実させ、教育研究のグローバル化を推進し、我が国ならではの総合研究大学の新しい世界展開モデルを創出するとともに、中長期戦略に基づく関連組織と事務体制の機能強化を図る。</p>	<p>5 その他の目標を達成するための措置</p> <p>(1)グローバル化に関する目標を達成するための措置</p> <p>①-1 第2期中期目標期間中に構築した海外の有力大学との通常の学術交流協定を越えた特別な協力関係(戦略的パートナーシップ)を活用して教育研究の国際展開を図り、提携大学・提携機関との間で、共通カリキュラムや共同研究等の新しいスキームを構築する。</p>

1-2. 研究施設の組織等

1. 教員数

[単位:人]

	令和元年度(R2.3.31現在)														総数	
	常勤										非常勤					
	現員数	任期制導入状況								併任教員数	現員数					
		(女性数)	(外国人数)	未(若手数(40歳以下))	(若手数(35歳以下))	(任期付教員数)	(女性数)	(外国人数)	満(若手数(40歳未満))			下(若手数(35歳以下))	(女性数)	(外国人数)		未(若手数(40歳以下))
教授	4				1					1					5	
准教授	4			(1)											4	
講師															0	
助教	16		(1)	(9)	(4)	(6)			(6)	(3)					16	
助手															0	
技術職員	1														1	
事務職員	1	(1)			(1)	(1)					3	(3)		(1)	4	
その他	2			(2)	(2)	(2)			(2)	(2)					2	
合計	28	(1)	(1)	(12)	(6)	(10)	(1)	(0)	(8)	(5)	1	3	(3)	(0)	(1)	32

※( )は現員数の内数

○その他人員(R2.3.31現在)

特任研究員2名
---------

※教員数のその他に該当する教職員がいる場合には、その職名及び人数を記入してください。

2. 人材の流動性

①人材の流動状況

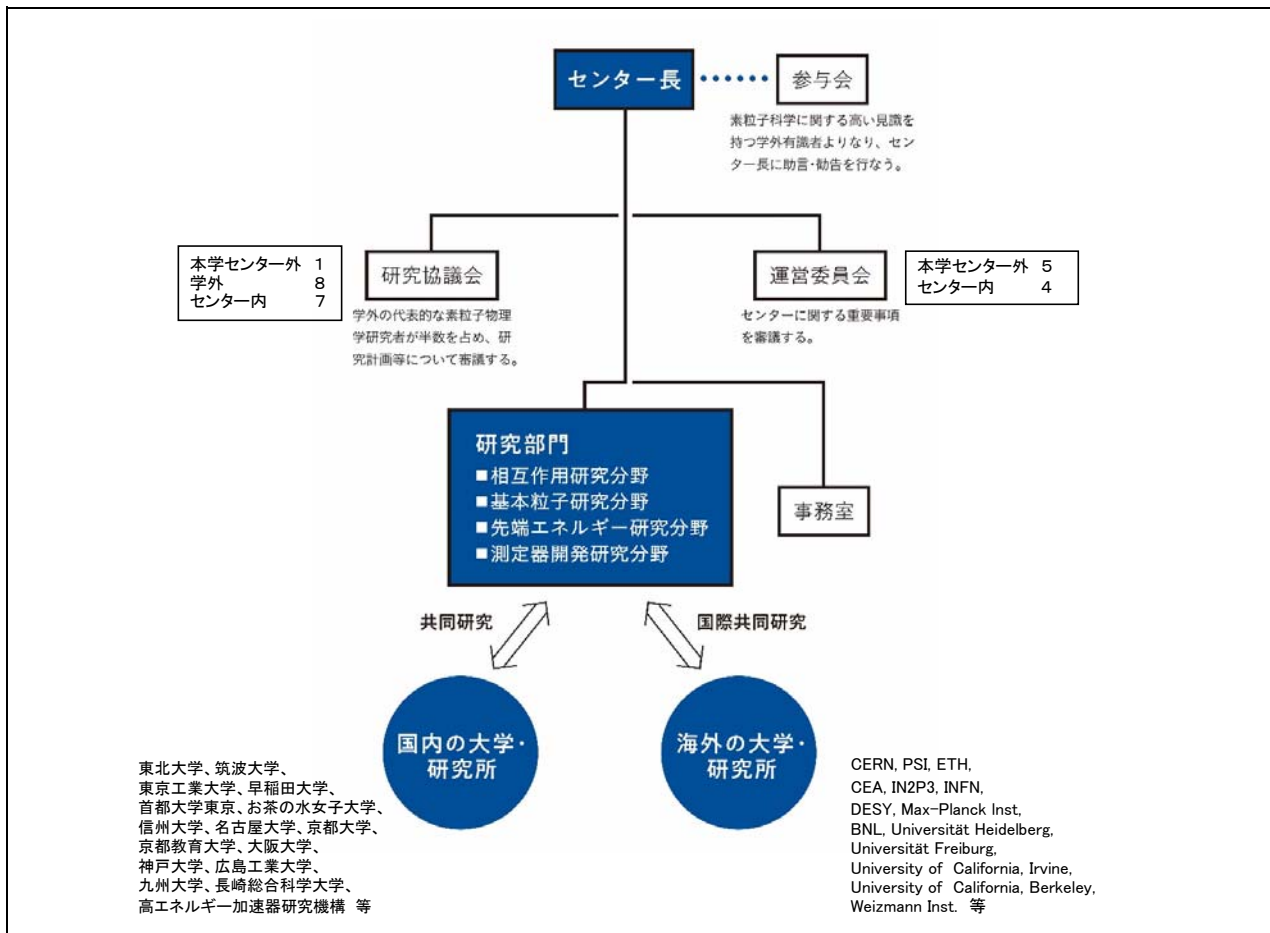
	令和元年度					
	転入等			転出等		
	総数	(新規採用者数)	(内部昇任者数)	総数	(退職者数)	(内部昇任者数)
教授	0			0		
准教授	0			0		
講師	0			0		
助教	2	1	1	1		1
助手	0			0		
合計	2	1	1	1	0	1

②転入元・転出先一覧

令和元年度					
職名	転入元機関名	転入元職名	職名	転出先機関名	転出先職名
教授			教授		
准教授			准教授		
講師			講師		
助教			助教		
助手			助手		

※上記表の転入者については転入元の、転出者については転出先の機関名及び職名を記入。

## 3. 組織図



※当該研究拠点の組織図を記入してください。その際、運営委員会等もあわせて記入してください。

## 4. 当該研究施設を記載している学則等

- \*別紙(1)-1 東京大学基本組織規則
- \*別紙(1)-2 東京大学素粒子物理学国際研究センター規則

## 5. 運営委員会等及び共同研究委員会等に関する規則等

- \*別紙(2) 東京大学素粒子物理学国際研究センター運営委員会規則・研究協議会規則・参与会規則

## 6. 運営委員会等及び共同研究委員会等に関する議事録等

- \*別紙(3) 東京大学素粒子物理学国際研究センター第16回研究協議会議事録(案)等

## 1-4. 研究施設の取組等

## 1. 研究施設等の研究者による研究成果の概要(特許を含む)

年度	研究成果の概要	学術的意義又は社会・経済・文化的意義	関係研究者名
令和元年度	[ATLAS実験] LHC・Run2実験期間(平成27~30年)で取得した世界最高エネルギー13TeVのデータ総量は $139\text{fb}^{-1}$ に達した。その全データを使った物理解析を行うため、高い安定性を維持しながら地域解析センターの計算機群を運用している。取得データの処理に加え、詳細な解析のために必要なシミュレーションデータの生成も並行して行っており、40万ジョブを同時に実行し続けた。システムの絶対稼働率は98.3%と極めて高く、評価対象を運転予定期間に限定すると稼働率は100%である。また、本センターの計算機システムと本学情報基盤センターのネットワークを20Gbpsから40Gbpsへと強化し、短時間内での高速転送にも対応した。日平均の使用実績は8Gbpsであり、精力的に利用されている。	ATLAS実験をはじめとするLHC加速器実験は、500PBに及ぶ大量のデータを処理するため、各国の計算資源を国際ネットワークで接続してデータ解析を行う世界分散解析網「計算機グリッド」を世界で初めて実現して運用している。このように大量のデータを安定して効率よく解析することは今後様々な分野で必要になってくると考えられ、その学術的・社会的意義は高い。この成果に基づいてBelle IIなどLHC実験以外のプロジェクトでもグリッドが採用されている。世界的に分散したLHC実験の巨大データは今後10~100倍に増加し、前人未踏の領域に向かっており、実践的な巨大データ計算機環境の構築・運用のパイオニアとして大きな役割を果たしている。	浅井祥仁、石野雅也、田中純一、真下哲郎、奥村恭幸、澤田龍、寺師弘二、江成祐二、増淵達也、齋藤智之、岸本巴、兼田充、野辺拓也、齊藤真彦(東京大学)
令和元年度	[ATLAS実験] LHC・Run2の全データ $139\text{fb}^{-1}$ を用いたデータ解析を実施した。SUSYやExotics物理の探索、ヒッグス粒子の精密測定などの研究を行った。(1)標準理論にはない超対称性を要求した理論模型から予言される粒子や現象を探索し、従来より厳しい制限を課した。例えば、カラー荷を持つ超対称性粒子グルイノに対して、ある仮定のもとで、2.35TeVまでの質量を棄却した。(2)ヒッグス粒子とその他の素粒子との結合の強さを大量のデータを用いてより精密に測定した。加えて、様々な微分断面積を測定し、標準理論との整合性を検証した。	LHCは世界で唯一、TeVスケールに直接アクセスできる加速器であり、Run2でATLAS実験が取得した全データを詳細に解析し、新粒子・新物理を隅々まで探索することは、素粒子物理学のみならず宇宙論など基礎科学の今後の発展のために極めて重要であると考えられる。現時点では発見の兆候が見られないことから、さらなるデータ増加に対応することも考慮し、より高度な解析方法やツールの開発を進めてきた。平成24年のヒッグス粒子発見により、LHC実験は素粒子の標準理論を超える新粒子・新現象につながる新しい強力な研究対象を手に入れた。大量のデータを活かし、多角的に素粒子との結合の強さを測定することで標準理論との整合性を検証する段階に入った。今後さらにデータを増やして、高精度な研究が期待される。	
令和元年度	[MEG実験] 標準理論では起こりえない $\mu$ 粒子の崩壊 $\mu \rightarrow e\gamma$ を探索して大統一理論を検証するMEG実験は、平成28年に以前の実験より約30倍高い世界最高感度の最終結果を発表し、大統一理論などにこれまでにない厳しい制限を課した。令和元年度にはさらに、これとは異なる $\mu$ 粒子の崩壊 $\mu \rightarrow e\gamma\gamma$ の探索解析を終了させ、この崩壊を媒介する軽い新粒子 axion-like particle (ALP) に対して新たな制限を与えることに成功した。	MEG実験は世界最高感度の $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊探索により、LHC-ATLAS実験での新粒子・新現象探索と相補的な情報が得られ、双方を合わせて様々な新物理シナリオについてより詳しく検証することができる。特に、ニュートリノ振動の起源となる新物理と大統一理論に厳しい制限を課して、今後の素粒子物理学の研究の方向性に大きな影響を与えた。また、さらに別の崩壊モードの探索から、最近世界的に注目される軽い新粒子ALPに対しても新たな制限を課すことになった。	森俊則、大谷航、岩本敏幸、内山雄祐、家城佳(東京大学)

年度	研究成果の概要	学術的意義又は社会・経済・文化的意義	関係研究者名
令和元年度	[MEG II実験] MEG実験に比べて探索感度を約10倍向上させたアップグレード実験 MEG IIの準備が最終段階に入った。 令和元年度には、完成した測定器を使ってエンジニアリング運転を実施し、そこで見つかった様々な問題への対策を進めた。その結果、期待する実験感度が得られる見込みであり、今後全測定器を用いた調整を進め、準備が整い次第本格的に実験を開始することになる。2~3ヶ月データを取得すればMEG実験の感度を超え、前人未踏の領域に入ることになる。	MEG II実験は、MEG実験の10倍という世界最高の実験感度で $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊探索を行うことができるため、 <u>ニュートリノ振動の起源となる新物理や超対称大統一理論の証拠を発見することが期待されている</u> 。さらにLHC-ATLAS実験における新物理探索結果とあわせることにより、より詳細に新物理の描像を明らかにすることができ、その学術的意義は極めて大きく、世界的に高い注目を集めている。	森俊則、大谷航、岩本敏幸、内山雄祐、家城佳(東京大学)
令和元年度	[ILC計画] 素粒子物理学の次期基幹プロジェクト国際リニアコライダー(ILC)を、高エネルギー加速器研究機構(KEK)とともに国内外の中核となって推進している。本センターの複数の研究者が国際組織で中心的役割を担い、 <u>ILCの物理と測定器の研究・産学連携の強化・人材育成・政府での検討への対応・欧米等との国際協力などあらゆる方面で牽引している</u> 。また、ILCで行う重要な学術的課題の研究を世界的にリードする若手研究者も輩出している。KEKとの共同研究開発により世界最小の約40nmのビームサイズ測定に成功し、さらに測定器についてもカロリメータの開発などで大きな成果を上げた。	ヒッグス粒子の発見とその後のLHCでの研究により、ヒッグス粒子を超精密に測定することが極めて重要であることが明らかになった。これにより、 <u>ILCをヒッグスファクトリーとして早期実現してヒッグス粒子の精密測定を行うという素粒子物理学研究の今後の方向性が定まった</u> 。ILCは令和2年1月に日本学術会議マスタープランでヒアリング対象課題に選定されるなど、その物理的意義が学術界で広く認められ、さらに令和2年2月にアメリカSLACで開催された世界の研究所・コミュニティの代表によるICFA/LCB会議において日本政府による前向きな見解が表明された。これらの進展を受け、ILCの実現を奨励するICFA声明が出されるなど、 <u>ILCはその実現に向けて大きく前進した</u> 。	森俊則、山下了、大谷航、田俊平、田邊友彦(東京大学)

## 2. 研究成果が一般社会に還元(応用)された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例

別紙ポンチ絵を参照



## 3. 受賞状況

受賞総数	令和元年度		
	5		
受賞者氏名	賞名	受賞年月	受賞対象となった研究課題名等
杉崎 海斗	第9回高エネルギー物理春の学校2019特別賞	令和元年5月	春の学校における学生同士の議論やパネルディスカッションへの高い貢献
大矢 淳史	3rd International Conference on Charged Lepton Flavor Violation (cLFV2019) Best Poster Prize	令和元年6月	Development of ultra-low material RPC for background identification in MEG II experiment
宇野 健太	International School of Subnuclear Physics 2019 Nambu award	令和元年6月	Search for gluinos in final states with the jets and missing transverse momentum at 13 TeV with the ATLAS detector using machine learning
安達 俊介	第14回日本物理学会若手奨励賞	令和元年10月	Search for gluinos in final states with jets and large missing transverse momentum using $36\text{fb}^{-1}$ data observed in the ATLAS detector
安達 俊介	2019年度高エネルギー物理学奨励賞	令和元年10月	Search for gluinos in final states with jets and large missing transverse momentum using $36\text{fb}^{-1}$ data observed in the ATLAS detector

## 4. 自己点検評価及び外部評価の実施状況

区分	評価実施日	評価実施方法	主な指摘内容等	指摘を踏まえた改善のための取組
自己点検評価	令和2年 1月15日、 1月28日	学内の近隣分野の研究者も含めた運営委員会、本学以外の研究者が半分を占める研究協議会、全国の学識経験者より構成される参与会をそれぞれ毎年1~2回開催して、本センターの研究活動や共同研究・共同利用などに関する評価や助言を仰いでいる(新型コロナウイルスの影響により、参与会は開催中止)。	(1)長年にわたり世界最先端の素粒子物理研究で主導して重要な成果を上げてきたことが高く評価された。 (2)共同研究において、最先端の優れた研究に触れることのできる国際的な研究機関で、大学院学生の参加を増やしていることが評価された。 (3)国際評価委員による2018年度外部評価指摘事項の進捗状況について、計算機技術開発と人事戦略の両面で改善されていることが評価された。	(1)今後も継続的に最先端の研究が続けられるよう、若手研究者を積極的に重要なポジションに起用することなどを実践している。 (2)大学院学生向けの講習会等を開催するなどして教育活動にさらに力を入れている。 (3)ディープラーニングに加えて、量子コンピュータ応用研究を日・米・欧の3極の研究所を結んで開始し、大学の機能強化にも大きく関与している。
外部評価		該当なし		

## 5. 研究施設等を置く大学(法人)の機能強化・特色化に関わる取組の実施状況

記述様式(単独)を参照

## 6. その他、研究施設としての特色ある取組

記述様式(単独)を参照

## 1-5. 研究施設の国際交流状況

## 1. 学術国際交流協定の状況

協定総数		令和元年度							
		2							
年度	締結年月	終了予定年月	相手国	機関名	協定名	分野	受入人数	派遣人数	
令和元年度	2018年12月 *1988年12月23日開始	2023年11月 (5年ごとに更新)	スイス	欧州合同原子核研究機構(CERN)	MEMORANDUM ON THE EXTENSION OF THE AGREEMENT ON ACADEMIC EXCHANGES BETWEEN THE UNIVERSITY OF TOKYO AND THE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH(CERN) 東京大学と欧州原子核研究機構(CERN)との間における学術交流に関する協定書	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	0	13	
	2018年12月 *2003年12月1日開始	2023年11月 (5年ごとに更新)	スイス	ポールシェラー研究所(PSI)	MEMORANDUM ON THE EXTENSION OF THE AGREEMENT ON ACADEMIC EXCHANGES BETWEEN THE INTERNATIONAL CENTER FOR ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS, THE UNIVERSITY OF TOKYO AND PAUL SCHERRER INSTITUTE 東京大学素粒子物理国際研究センターとポールシェラー研究所との間における学術交流に関する協定書	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	0	5	
合計							0	18	

## 2. 国際的な研究プロジェクトへの参加状況

総数		令和元年度				
		6				
年度	参加期間	相手国名	研究機関名	研究プロジェクト等の概要	関係研究者名	
令和元年度	平成4年10月1日～現在	スイス	欧州合同原子核研究機構(CERN)	最高エネルギー加速器LHCを用いた共同実験ATLASに参加し、ヒッグス粒子や超対称性粒子などの発見を通して新しい素粒子物理学を切り拓く。 *日本・ドイツ・フランス・イタリア・イギリス・アメリカ・ロシア・カナダ等 38カ国、約3,000人が参加	浅井祥仁、石野雅也、田中純一、真下哲郎、奥村恭幸、澤田龍、寺師弘二、江成祐二、増淵達也、齋藤智之、岸本巴、兼田充、野辺拓也、齊藤真彦(東京大学) Karl Jakobs, Dave Charlton, Peter Jenni, Andreas Hocker (CERN) 等	
	平成29年7月～現在	スイス	欧州合同原子核研究機構(CERN)	CERNは現在稼働中のLHC加速器に次ぐ将来計画として、2040年頃からの建設開始を目指して、円周100kmの大型円形衝突型加速器(FCC: Future Circular Collider)を構想している。FCC実験は、重心系エネルギーが100TeV(テラ電子ボルト)と従来実験の約10倍であり、素粒子の新粒子・新現象の発見や誕生直後の宇宙の解明が期待される。平成29年11月22日にCERNとFCCに関する覚書を締結した。 *日本・ドイツ・フランス・イタリア・イギリス・アメリカ・ロシア等 33カ国、約1,500人が参加	浅井祥仁、石野雅也、田中純一、奥村恭幸、澤田龍、寺師弘二、江成祐二、増淵達也、齋藤智之、野辺拓也、齊藤真彦(東京大学)	

年度	参加期間	相手国名	研究機関名	研究プロジェクト等の概要	関係研究者名
令和元 年度	平成11 年4月～ 現在	スイス イタリア	ポールシェ ラー研究所 (PSI)、ジェ ノバ大学、パ ビア大学、 INFN	高計数率に耐える高分解能陽電子スペクトロメ タの開発。 *日本・スイス・イタリア、約20人が参加	森俊則、大谷航、 内山雄祐(東京大学)
	平成12 年4月～ 現在	イタリア	ピサ大学、 INFN	液体キセノンを用いた新しい高分解能粒子検出 器の開発。 *日本・イタリア、約20人が参加	森俊則、岩本敏幸、 内山雄祐(東京大学)
	平成11 年4月～ 現在	スイス イタリア ロシア アメリカ	ポールシェ ラー研究所 (PSI)、ピサ 大学、ローマ 大学、ジェノ バ大学、パ ビア大学、 レッツェ大 学、INFN、 BINP研究 所、JINR研 究所、カリ フォルニア大 学アーバイ ン校	素粒子標準理論では許されないミューオンの $\mu \rightarrow$ $e\gamma$ 崩壊の探索(MEG実験)。 *日本・イタリア・スイス・ロシア・アメリカ、約60人 が参加	森俊則、大谷航、 岩本敏幸、内山雄祐、 家城佳(東京大学)
	平成10 年7月～ 現在	ドイツ スイス アメリカ 中国	DESY研究 所、欧州合 同原子核研 究機構 (CERN)、 フェルミ国立 研究所、 SLAC研究 所、高能物 理研究所	国際リニアコライダー(ILC)計画の超伝導加速器 技術・ナノメートルのビーム制御技術・最先端量子 計測機器の開発、超高精細測定器の開発、及び 新しい物理の研究手法を世界の研究者と共同で 開発・研究している。 *日本・ドイツ・フランス・アメリカ・イギリス・中国 等、約1,000人が参加	森俊則、山下了、 大谷航、田俊平、 田邊友彦(東京大学) F. Richard, T. Behnke, E. Elsen, F. Sefkow 他

## 3. 研究者の海外派遣状況・外国人研究者の招へい状況(延べ人数)

〔単位:人〕

		令和元年度	
		派遣状況	招へい状況
合計		142	49
事業 区分	文部科学省事業	29	0
	日本学術振興会事業	69	0
	当該法人による事業	41	0
	その他の事業	3	49
派遣 先国	①アジア	7	2
	②北米	13	36
	③中南米	0	0
	④ヨーロッパ	117	10
	⑤オセアニア	5	1
	⑥中東	0	0
	⑦アフリカ	0	0

## 4. 外国人研究者の受入や国際的な連携等を促進するための取組状況

記述様式(単独)を参照

## 5. その他、国際研究協力活動の状況

〔単位：人〕

年度	事業名	概要	受入人数	派遣人数
令和元 年度	WLCG (Worldwide LHC Computing Grid)	LHCデータ解析のための計算インフラストラクチャとしてデータグリッドを世界規模で配備するプロジェクト。CERNを中心として各国から100を超える研究機関が参加している。	0	5
	ICFA (International Committee for Future Accelerators)	国際的な加速器の将来計画に関して、世界から16名の代表(研究コミュニティの代表と国際加速器研究所の所長)が集まり大方針を議論し、声明等を出す。	2	2
	FCC (Future Circular Collider)	現在稼働中のLHC加速器に次ぐCERNの将来計画として、円周100kmの大型円形衝突型加速器(FCC:Future Circular Collider)を建設するための研究開発を行うプロジェクト。CERNが中心となり各国から100を超える研究機関が参加している。	0	5
	LCB (Linear Collider Board)	リニアコライダー国際推進委員会。世界から16名の代表が選ばれ、リニアコライダープロジェクト推進のため、実働組織であるLCC(Linear Collider Collaboration)の監督を行う。	3	4
	LCC (Linear Collider Collaboration)	Linear Collider Collaboration (LCC) の下で、リニアコライダーのための物理・測定器の国際協力研究活動を欧州・北米・アジアの研究者とともに進めている。 素粒子物理の次世代の加速器計画である電子・陽電子直線衝突型加速器＝リニアコライダー(ILC)を用いた研究がどれほど素粒子物理にインパクトをもたらすか、最適な測定器はいかようなものであるか、世界から集まる数百人の研究者とともに研究し、研究成果は年に1～2回行われる全体国際会議で討議している。	3	4
合計			8	20

**1-6. 研究施設の教育活動・人材育成****1. 大学院生等の受入状況**

区 分	令和元年度 [単位:人]	
		うち外国人
博士後期課程	20	(3)
うち社会人DC	0	(0)
修士・博士前期課程	17	(0)
うち社会人MC	0	(0)
学 部 生	0	(0)
合 計	37	(3)

**2. 当該研究所等・施設を利用して学位を取得した大学院生数**

区 分	令和元年度 [単位:人]	
	学内	学外
博士号取得者数	5	5

**3. 留学生の受入状況**

区 分	令和元年度 [単位:人]
①アジア	2
②北米	0
③中南米	0
④ヨーロッパ	0
⑤オセアニア	0
⑥中東	0
⑦アフリカ	0
合計	2

**4. その他、学部・研究科等との教育上の連携や協力の状況**

記述様式(単独)を参照

## 1-7. 研究施設の情報発信・広報活動等

## 1. 研究者以外を対象としたシンポジウム等の実施状況

年度	シンポジウム・講演会		セミナー・公開講座		その他		合計	
	件数	参加人数	件数	参加人数	件数	参加人数	件数	参加人数
R1	1	450	2	161	3	680	6	1,291

## ○主なシンポジウム、公開講演会、施設の一般公開等の開催状況

開催期間	形態(区分)	対象	公開講座等名称	概要	参加人数
令和元年 7月19日	セミナー	一般	第88回知の拠点セミナー	国立大学共同利用・共同研究拠点協議会が主催し、学問の最先端の様子を、一般の方や学生にタイムリーな情報発信を行う定期イベントで、センター長が講演した。「ヒッグス粒子発見の意味～宇宙誕生の非常識～」をテーマに、素粒子の基礎知識から最先端の実験装置の解説と合わせて、新しい素粒子像・宇宙像について触れた。	58
令和2年 1月11日～12日	公開講座	学生・一般	現代数学・物理学入門講座 新春特別講義	データ関数、リーマン関数、層(シープ)と現在数学、量子力学、量子コンピューティング等、普遍的なものから最新の話まで、数学・物理学を様々な観点で講演し、学びの場を提供した。	103
令和2年 2月8日	シンポジウム	学生・一般	ILC推進国際シンポジウム ピーター・ヒッグス博士が語る「ヒッグス粒子とILC」	2012年に欧州合同原子核研究機関(CERN)のLHC加速器で発見された「ヒッグス粒子」の存在を予言したピーター・ヒッグス博士(2013年度ノーベル物理学賞)を中心に、小林誠博士・益川敏英博士等、世界的権威のある研究者が多く出演し、ヒッグス粒子の重要性や、日本でのILC計画実現に向けた展望・国際プロジェクトとしての意義を語った。ピーター・ヒッグス博士の日本へ向けた講演は初めて。	450
令和1年 11月27日	その他 (出張授業)	学生 (文部科学省指定スーパーサイエンスハイスクール)	SSH特別講座 「素粒子実験の最前線」	この出張授業は、毎年定期的に年1回開催している。講座の前半では教員が特別講義を行い、後半では研究室の大学院学生が中心となって、小型のチェレンコフ検出器(豆カミオカンデ)をクラスの各グループで製作し、宇宙線の検出と結果の考察を行った。	60



## 2. 国際シンポジウム等への参加状況

区分	令和元年度	[単位:件]	
参加件数	29		
[単位:人]			
参加した主な国際シンポジウム等			
	開催時期	国際シンポジウム等名称	参加人数
1	令和元年 7月7日～12日	22nd International Conference on General Relativity and Gravitation (GR22) (参加者総数962人)	1
2	令和元年 7月10日～17日	European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP2019) (参加者総数746人)	2
3	令和元年 9月30日～10月4日	Higgs Couplings 2019 (参加者総数120人)	1
4	令和元年 11月4日～8日	24th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP2019) (参加者総数525人)	5
5	令和2年 2月17日～28日	EDIT-2020 School for Detector and Instrumentation Technologies (参加者総数59人)	1

## 3. 定期刊行物やホームページ、SNS等による一般社会に対する情報発信の取組

情報発信の手段・手法	概要およびわかりやすい情報発信のための工夫
パンフレット発行 (研究所紹介1,500部、大学院進学案内1,000部)	センターが取り組む国際共同実験全プロジェクトの説明や、最新の研究成果、センターの全体概要・沿革・研究者紹介を中心に、写真や図解を交えて詳しく掲載している。また、素粒子物理学に関する学術的な基礎知識も盛り込み、冊子全体を通して理解が深められるように編集した。 大学院進学を目指す学部生向けには、研究室を題材とした教員紹介や在学中の博士課程大学院学生、卒業生インタビューを掲載したパンフレットを製作し、ガイダンスや研究室訪問時に配布を行った。
ホームページの国際化(刷新)と特集サイトの充実	日本語・英語の2言語型に再構築し、全体的なデザインも刷新した。訪問者に国際共同実験全プロジェクトの研究活動や、共同利用・共同研究拠点としての活発な取組状況、関連ニュース等をタイムリーに発信するべく、適時ウェブサイトの更新を継続している。 また、センターの今を特集した企画ページ「What's On!」や実験プロジェクトの変遷を振り返る「History of ICEPP」も充実させ、バラエティに富んだ仕掛けづくりを行っている。 関連研究者コミュニティ向けの会合等の情報も容易に閲覧でき、さらには研究者(本センターも含む)の利便性を考慮し、関連する論文等の学術資料及び実用資料へのリンクも掲載している。 【URL <a href="http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/">http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/</a> 】
ブログ作成	CERNにおける国際共同研究について、最新情報をいち早く社会に伝えるため、「LHCアトラス実験オフィシャルブログ」の運用を行っている。共同利用者の協力も得て、10数名の情報提供者が写真や図表・漫画などを用い、わかりやすく加速器や実験の最新情報を解説しており、広く閲覧されている。 【URL <a href="http://d.hatena.ne.jp/lhcatlasjapan/">http://d.hatena.ne.jp/lhcatlasjapan/</a> 】

## 2. 共同利用・共同研究拠点の状況

### 2-1. 拠点の活動状況等

#### 1. 実施計画及び実施状況

令和元年度実施計画
記述様式(単独)を参照
令和元年度実施状況
記述様式(単独)を参照

#### 2. 拠点認定に伴う評価結果及び留意事項への対応状況

##### ○評価結果及び留意事項

記述様式(単独)を参照
-------------

##### ○評価結果及び留意事項への対応状況

記述様式(単独)を参照
-------------

#### 3. 共同利用・共同研究のための運営体制

##### ①運営委員会等の開催実績

委員会名等	令和元年度
研究協議会	12回

##### ②運営委員会等の所属者名等

###### 委員会名【研究協議会】

氏名	所属機関名	役職名	専門分野	委員構成
岡田 安弘	高エネルギー加速器研究機構	理事	素粒子物理学理論	学外
後田 裕	高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所	教授	素粒子物理学実験	学外
花垣 和則	高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所	教授	素粒子物理学実験	学外
久野 良孝	大阪大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学実験	学外
山中 卓	大阪大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学実験	学外
山本 均	東北大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学実験	学外
日笠 健一	東北大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学理論	学外
川越 清以	九州大学大学院理学研究院	教授	素粒子物理学実験	学外
諸井 健夫	東京大学大学院理学系研究科	教授	素粒子物理学理論	学内
浅井 祥仁	東京大学素粒子物理国際研究センター	センター長	素粒子物理学実験	施設内
森 俊則	東京大学素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子物理学実験	施設内
石野 雅也	東京大学素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子物理学実験	施設内
田中 純一	東京大学素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子物理学実験	施設内
真下 哲郎	東京大学素粒子物理国際研究センター	准教授	素粒子物理学実験	施設内
大谷 航	東京大学素粒子物理国際研究センター	准教授	素粒子物理学実験	施設内
奥村 恭幸	東京大学素粒子物理国際研究センター	准教授	素粒子物理学実験	施設内

##### 委員構成人数

施設内	学内	学外	国外
7	1	8	0

(単位:人)

③共同研究委員会等の所属者名等(委員会を設置している場合に記入)

委員会名【 】

氏名	所属機関名	役職名	専門分野	委員構成

※運営委員会等が、共同研究委員会等の役割を担っている場合は記入を省略して構いません。

委員構成人数

施設内	学内	学外	国外

(単位:人)

#### 4. 研究不正、不適切な会計処理等に係る倫理教育の実施状況

記述様式(単独)を参照

#### 5. 当該年度に実施した取組

記述様式(単独)を参照

- ※研究組織の見直し、規則の変更状況
- ※外部資金等の多様な資金獲得に向けた取組等
- ※クロスアポイントメントの取組等
- ※産業界等社会との連携の推進に向けた取組
- ※国際的な研究環境の整備 など

## 2-2. 共同利用・共同研究の実施状況

## 1. 共同利用・共同研究による成果

## ①共同利用・共同研究による特筆すべき研究成果(特許を含む)

1	成果の概要(150字程度)		
	平成29年度までに収集された $80\text{fb}^{-1}$ のデータを用いて、ヒッグス粒子がZボソンまたはWボソンを伴って生成される過程について、ヒッグス粒子の横運動量の関数としての微分生成断面積を測定に成功した。最も崩壊分岐比が大きいヒッグス粒子がボトムクォーク対に崩壊するモードを用いて達成し、標準理論が予想する微分断面積予想値と一致する結果を得た。有効ラグランジアンを用いた手法で標準理論を超えたヒッグス粒子の相互作用の試験も行い、その強度について厳しい制限を課すことになった。		
	当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等		
	発表年月	論文名または研究書名	研究代表者又は著作者名
令和元年5月	Measurement of VH, H $\rightarrow$ bb $\bar{\bar{b}}$ production as a function of the vector-boson transverse momentum in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector, JHEP 05 (2019) 141	ATLAS Collaboration	
2	成果の概要(150字程度)		
	平成28年11月に収集された鉛イオン衝突のデータを精査することで、重イオン衝突の中で光同士の散乱現象(光子・光子散乱)が確実に起こっていることが明らかとなった。本現象は古典電磁気学では禁止されるが、量子電磁気学ではループ効果で許される稀な現象である。データ解析の結果、背景事象数の予想が12事象であるのに対し、実験データで59の候補事象を観測した。これは8.3シグマの有意さで光子・光子散乱を発見したことに対応し、この結果より反応断面積が78nbと測定された。		
	当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等		
	発表年月	論文名または研究書名	研究代表者又は著作者名
令和元年7月	Observation of Light-by-Light Scattering in Ultraperipheral Pb+Pb Collisions with the ATLAS Detector, Phys. Rev. Lett. 123 (2019) 052001	ATLAS Collaboration	
3	成果の概要(150字程度)		
	平成30年までに収集された第2期実験全データ $139\text{fb}^{-1}$ を用いて、ダイレプトン終状態に崩壊する重たいゲージボソン(Z)を探索した。ダイレプトンの不変質量分布の解析を行い、バックグラウンドのみの仮説と無矛盾であることを明らかにし、ダイレプトン共鳴を预言する新物理の理論に対し、最も厳しい制限を与える結果を示した。なお、本論文は第2期実験期全データを用いて、LHCの実験グループから報告された最初の新物理探索結果であった。		
	当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等		
	発表年月	論文名または研究書名	研究代表者又は著作者名
令和元年9月	Search for high-mass dilepton resonances using $139\text{fb}^{-1}$ of pp collision data collected at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 796 (2019) 68-87	ATLAS Collaboration	
4	成果の概要(150字程度)		
	平成30年までに収集された第2期実験全データ $139\text{fb}^{-1}$ を用いて、超対称性粒子(ニュートラリーノ、チャージーノ)の生成反応の探索を行った。特に低い運動量を持ったレプトン信号に探索データ解析を展開し、試験が困難である質量差(最も軽いニュートラリーノと2番目に軽いニュートラリーノの質量差)が小さい領域1.5GeVまでの探索を可能にした。解析の結果、予想される背景事象からの有意な超過は確認されず、超対称性粒子の質量について厳しい制限を課すことになった。		
	当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等		
	発表年月	論文名または研究書名	研究代表者又は著作者名
令和2年3月	Searches for electroweak production of supersymmetric particles with compressed mass spectra in $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ pp collisions with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 101 (2020) 052005	ATLAS Collaboration	

成果の概要(150字程度)			
MEG II実験用液体キセノン検出器に用いる高性能光センサーSiPM開発を浜松ホトニクスと共同で行った。真空紫外光に十分な感度を持つ世界初のSiPMであり、SiPMの新たな可能性を切り拓くことになった開発と言える。他の実験プロジェクトで導入が検討されるなど関連分野に大きなインパクトを与えるものである。			
当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等			
5	発表年月	論文名または研究書名	研究代表者又は著作者名
	令和元年5月	Large-area MPPC with enhanced VUV sensitivity for liquid xenon scintillation detector, Nucl. Instr. Meth. A 925 (2019) 148-155	K. Ieki, T. Iwamoto, D. Kaneko, S. Kobayashi, N. Matsuzawa, T. Mori, S. Ogawa, R. Onda, W. Ootani, R. Sawada, K. Sato, R. Yamada

※共同利用・共同研究による国際的にも優れた研究成果や産業・社会活動等に大きな影響を与えた研究成果について5件まで厳選して記入してください。

## ②共同利用・共同研究活動が発展したプロジェクト等

プロジェクト名	主な財源	プロジェクト期間	プロジェクトの概要
ATLAS実験内層ミュオン検出器アップグレード	科学研究費補助金 (新学術領域研究、基盤研究)	平成25年～令和元年度(7年)	本センターの共同研究・共同利用として研究開発を進めてきたATLAS実験アップグレード計画のひとつが実験全体の正規計画の一部として認められた。
ATLAS実験ミュオントリガーとデータ読み出し回路のアップグレード	科学研究費補助金 (新学術領域研究、基盤研究)	平成25年～令和元年度(7年)	本センターの共同研究・共同利用として研究開発を進めてきたATLAS実験アップグレード計画のひとつが実験全体の正規計画の一部として認められた。
MEG II実験	科学研究費補助金 (特別推進研究)	平成22年～令和元年度(10年)	MEG実験で培った最先端の実験技術を共同研究によってさらに発展させることによって、MEG実験よりさらに10倍感度の高いアップグレード実験(MEG II)を実現させることが可能となった。本センターが中心となって共同研究グループが提案したMEG II実験は、PSIの国際諮問委員会で2013年1月に即座に承認され、PSIの最優先素粒子実験として推進されることになった。
国際リアコライダー(ILC)計画のための測定器開発研究プロジェクト	科学研究費補助金 (特別推進研究、基盤研究)	平成23年～令和元年度(9年)	本センターが共同研究・共同利用により全国の大学・研究機関と連携し中核となって推進してきた次世代の素粒子実験ILC用の測定器開発プロジェクト。

※プロジェクト研究に発展した共同利用・共同研究がある場合、そのプロジェクト研究の名称と財源(国の補助事業等)、期間、概要を記入してください。

## 2. 共同利用・共同研究による成果として発表された論文数

○共同利用・共同研究による成果として発表された論文の総数

区分	令和元年度		うち国際学術誌掲載論文数		備考
	件数	(内数)	件数	(内数)	
化学	0	(0)	0	(0)	
材料科学	0	(0)	0	(0)	
物理学	111	(100)	110	(100)	
計算機&数学	0	(0)	0	(0)	
工学	0	(0)	0	(0)	
環境&地球科学	0	(0)	0	(0)	
臨床医学	0	(0)	0	(0)	
基礎生命科学	0	(0)	0	(0)	
人文社会系	0	(0)	0	(0)	
合計	111	(100)	110	(100)	

①拠点に所属する者(大学院生を含む)のみの論文

区分	令和元年度		うち国際学術誌掲載論文数		備考
	件数	(内数)	件数	(内数)	
化学					
材料科学					
物理学	7		6		
計算機&数学					
工学					
環境&地球科学					
臨床医学					
基礎生命科学					
人文社会系					
合計	7		6		

②拠点に所属する者と拠点以外に所属する者(国外の研究機関に所属する者を除く)の論文

区分	令和元年度		うち国際学術誌掲載論文数		備考
	件数	(内数)	件数	(内数)	
化学		(0)		(0)	
材料科学		(0)		(0)	
物理学	2	(2)	2	(2)	
計算機&数学		(0)		(0)	
工学		(0)		(0)	
環境&地球科学		(0)		(0)	
臨床医学		(0)		(0)	
基礎生命科学		(0)		(0)	
人文社会系		(0)		(0)	
合計	2	(2)	2	(2)	

※右側の( )内には、拠点に所属する者(大学院生を含む)が、特に重要な役割・高い貢献(ファーストオーサー、コレスポンディングオーサー、ラストオーサー等)を果たしている論文(内数)を記入し、ファーストオーサー、コレスポンディングオーサー、ラストオーサー以外で、論文における重要な役割を果たしているものとして、内数に計上しているものがある場合は、その役割を以下に記入してください。

--



## ③拠点以外に所属する者(国外の研究機関に所属する者を除く)のみの論文

区分	令和元年度	うち国際学術誌掲載論文数		備考
化学				
材料科学				
物理学	0		0	
計算機&数学				
工学				
環境&地球科学				
臨床医学				
基礎生命科学				
人文社会系				
合計	0		0	

※拠点における共同利用・共同研究の成果である旨の Acknowledgement(謝辞)がある論文のみを記入してください。

## ④国内の研究機関(拠点を含む)に所属する者と国外の研究機関に所属する者の論文

区分	令和元年度		うち国際学術誌掲載論文数		備考
化学	(0)		(0)		
材料科学	(0)		(0)		
物理学	102	(98)	102	(98)	
計算機&数学	(0)		(0)		
工学	(0)		(0)		
環境&地球科学	(0)		(0)		
臨床医学	(0)		(0)		
基礎生命科学	(0)		(0)		
人文社会系	(0)		(0)		
合計	102	(98)	102	(98)	

※拠点に所属する者を含まない論文については、拠点における共同利用・共同研究の成果である旨の Acknowledgement(謝辞)がある論文のみを記入してください。

※右側の( )内には、拠点に所属する者(大学院生を含む)が、特に重要な役割・高い貢献(ファーストオーサー、コレスポンディングオーサー、ラストオーサー等)を果たしている論文(内数)を記入し、ファーストオーサー、コレスポンディングオーサー、ラストオーサー以外で、論文における重要な役割を果たしているものとして、内数に計上しているものがある場合は、その役割を以下に記入してください。

研究分野の慣習としてオーサーリストはアルファベット順となっているため、ここでは特に学術的成果に重要な役割・高い貢献を果たした論文を内数として計上した。

## ⑤国外の研究機関に所属する者のみの論文

区分	令和元年度	うち国際学術誌掲載論文数		備考
化学				
材料科学				
物理学	0		0	
計算機&数学				
工学				
環境&地球科学				
臨床医学				
基礎生命科学				
人文社会系				
合計	0		0	

※拠点における共同利用・共同研究の成果である旨の Acknowledgement(謝辞)がある論文のみを記入してください。

○高いインパクトファクターを持つ雑誌等に掲載された場合、その雑誌名、インパクトファクター、掲載論文数、掲載された論文のうち主なものを記載してください。

※拠点以外の研究者については、発表者名にアンダーラインを付してください。

雑誌名	インパクトファクター	掲載論文数	主なもの		
			掲載年月	論文名	発表者名
Physical Review Letters	9.227	7	令和元年6月	Combination of Searches for Invisible Higgs Boson Decays with the ATLAS Experiment 122 (2019) 231801	ATLAS Collaboration
Journal of High Energy Physics	5.833	28	令和元年5月	Measurement of $VH, H \rightarrow bb$ production as a function of the vector-boson transverse momentum in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector 05 (2019) 141	ATLAS Collaboration
			令和元年9月	Search for diboson resonances in hadronic final states in $139 \text{ fb}^{-1}$ of pp collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector 09 (2019) 091	ATLAS Collaboration
European Physical Journal C	4.843	24	令和元年6月	Discovery reach for wino and higgsino dark matter with a disappearing track signature at a 100 TeV pp collider 79 (2019) 469	Masahiko Saito, Ryu Sawada, Koji Terashi, Shoji Asai
			令和元年10月	Identification of boosted Higgs bosons decaying into b-quark pairs with the ATLAS detector at 13 TeV 79 (2019) 836	ATLAS Collaboration
Physical Review D	4.368	12	令和元年7月	Search for chargino and neutralino production in final states with a Higgs boson and missing transverse momentum at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector 100 (2019) 012006	ATLAS Collaboration
Physics Letters B	4.162	15	令和元年9月	Search for high-mass dilepton resonances using $139 \text{ fb}^{-1}$ of pp collision data collected at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector 796 (2019) 68-87	ATLAS Collaboration
			令和元年11月	Measurement of the production cross section for a Higgs boson in association with a vector boson in the $H \rightarrow WW^* \rightarrow \ell \nu \ell \nu$ channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector 798 (2019) 134949	ATLAS Collaboration

(注)インパクトファクターを用いることが適当ではない分野等の場合は、以下に適切な指標とその理由を記載の上で、掲載雑誌名等を記載してください。

※拠点以外の研究者については、発表者名にアンダーラインを付してください。

インパクトファクター以外の指標とその理由	該当なし			
雑誌名	掲載論文数	主なもの		
		掲載年月	論文名	発表者名

○共同利用・共同研究による成果として発行した研究書

研究書数の合計	令和元年度		
研究書の名称		発行年月	出版社名
該当なし			

- 分野の特性に応じ、論文及び研究書以外に適切な評価指標がある場合には当該指標と、当該分野におけるその評価指標の妥当性・重要性を記載するとともにその成果の実績を記載してください。

記述様式(単独)を参照

- 上記以外に、独自の学術活動状況の成果の実績などアピールポイントがあれば記載してください。

記述様式(単独)を参照

- 国立大学法人化以降に被引用論文数について調査を実施したことがある場合は、当該研究所等の研究者の論文のデータを分野ごとに記入してください。Q値には、論文に占めるTOP10補正論文数の割合を記入してください。  
(法人化以降の調査実績がない場合は、「該当なし」と記入するものとし、あらためて調査を依頼する必要はありません。)

分野	被引用数	論文数	Q値	対象期間	調査会社名	備考
物理学	55,181	1,084	50.5	平成22年～令和元年	Scopus (エルゼビア社)	令和2年度5月に調査 TOP10論文数547編

- 上記における調査とは別の方法で被引用論文数の調査・分析をしている場合は、以下にその方法の概要を記入するとともに、調査・分析結果を示す資料を別添にて提出してください。

該当なし

- 調査の結果、当該研究所等の研究者の論文のうち、被引用回数が当該研究分野の上位10%以内にランクされた論文(TOP10論文数)がある場合は、直近のデータを分野ごとに記入してください。

分野名	論文名	発表者名	引用数
物理学	Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC, Phys. Lett. B 716 (2013) 1-29	ATLAS Collaboration	5,487
	Combined Measurement of the Higgs Boson Mass in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV with the ATLAS and CMS Experiments, Phys. Rev. Lett 114 (2015) 191803	ATLAS Collaboration, CMS Collaboration	819
	Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV, JHEP 08 (2016) 045	ATLAS Collaboration, CMS Collaboration	503
	New constraint on the existence of the $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ decay, Phys. Rev. Lett 110 (2013) 201801	MEG Collaboration	375
	Measurements of Higgs boson production and couplings in diboson final states with the ATLAS detector at the LHC, Phys. Lett. B 726 (2013) 88-119	ATLAS Collaboration	333
	Evidence for the spin-0 nature of the Higgs boson using ATLAS data, Phys. Lett. B 726 (2013) 120-144	ATLAS Collaboration	335
	Search for the lepton flavour violating decay $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ with the full dataset of the MEG experiment, Eur. Phys. J. C 76 (2016) 434	MEG Collaboration	297
	New limit on the lepton-flavor-violating decay $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ , Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 171801	MEG Collaboration	214
	Performance of the ATLAS trigger system in 2015, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 317	ATLAS Collaboration	201
	Measurements of the Higgs boson production and decay rates and coupling strengths using pp collision data at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV in the ATLAS experiment, Eur. Phys. J. C 76 (2016) 6	ATLAS Collaboration	173

分野名	論文名	発表者名	引用数
物理学	Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 784 (2018) 173-191	ATLAS Collaboration	100
	Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 36 fb <sup>-1</sup> of $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collision data with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 97 (2018) 112001	ATLAS Collaboration	91

○共同利用・共同研究者に対し、論文の謝辞についてどのように記述するよう求めているのか記載してください。

必ず1名は共同著者として参加しているため、求めていない。

## 3. 共同利用・共同研究の活動状況

## ①共同利用・共同研究課題の採択状況・実施状況

年度	採択状況				実施状況											
	公募型				新規分				継続分				合計			
					公募型実施件数	公募型以外実施件数	合計	うち国際共同研究	公募型実施件数	公募型以外実施件数	合計	うち国際共同研究	公募型実施件数	公募型以外実施件数	合計	うち国際共同研究
応募件数	採択件数	採択率(%)	うち国際共同研究													
R1	15	15	100	15	2	0	2	2	13	0	13	13	15	0	15	15

○共同利用・共同研究課題の採択課題リストを別紙として添付してください。様式は任意ですが、課題名、代表者の所属・氏名、共同研究者の所属機関、参加者数(学内・学外)、金額、期間、分野等の項目があれば記載したものとしてください。

## ②共同利用・共同研究課題の概要

	課題名	概要
1	第4期ATLAS実験における新規導入を目指したSystem-On-a-Chip (SoC) デバイスによる大規模電子回路系制御の研究	LHC加速器の最大輝度は第4期実験の開始時、元の設計値の7倍にまで到達する計画で進められている。加速器の性能向上によってもたらされる新物理発見の可能性を最大化するため、現在使用中の全ての電子回路を最新のエレクトロニクス技術を駆使したものに置き換える予定である。本研究では、今後の大規模実験における回路制御の標準手法と考えられているSoCデバイスを使った回路制御の方法について、テストベンチにおける検証から始め、最終的にATLAS実験のミュオントリガー回路の制御に運用可能なシステムの構築を目標に研究・開発を進める。
2	LHC-ATLAS実験における2ボソン事象を用いた新物理探索	CERNのLHC-ATLAS実験において2つのボソンが同時に生成される事象を用い、質量の大きい新粒子の共鳴状態探索及び2ボソンの散乱振幅測定を行うことで、標準理論を越えた物理を発見するための研究を行う。それらのボソンは高い運動量を持つため、それぞれがさらに2つのクォークに崩壊する場合には1つの大きなジェットを形成する。このような特殊なジェットのエネルギー測定についての詳細研究を行い、標準理論を超えた新物理を発見する、またはその探索感度を大きく向上させることを目的とする。
3	ATLAS $\mu$ 粒子検出器アップグレードに向けたマイクロメガス開発研究	LHCのルミノシティアップグレード計画のうち、2018-19年に予定されているPhase-I アップグレードでは、内層エンドキャップミュオン検出器としてマイクロメガスが採用されている。この検出器の開発について、量産に伴う品質管理やデータベース作成、Aging testなどの長期動作安定性などを研究する。
4	LHC第3期運転に導入することを旨とした新しいミュオントリガー回路とデータ読み出しシステムの開発	新粒子探索を通じて、標準理論を越えた新しい素粒子物理を開拓する。加速器が輝度を向上させて新粒子の生成数を増やすのに伴い、高性能のミュオントリガーを用意して、新粒子の崩壊時に発生する高エネルギーミュオンを高効率・高アクセプタンスで捉えるトリガー回路が必要となる。本研究では、トリガー回路の開発、そのデータ読み出しシステムの開発、より良いトリガーアルゴリズムの開発・性能評価を行う。
5	HL-LHCに向けたATLAS実験用グリッド計算機システムの拡張に関する研究開発	LHC-ATLAS実験で取得するデータの処理とシミュレーション・データの生成は、グリッド技術を用いて、世界各国の主要研究所に配備した計算機を国際ネットワークで接続することにより行っている。しかしながら、現在採用されているオープンソース・ソフトウェアで構成されるグリッド・ミドルウェアと、既存のデータ処理のワークフローを踏襲するだけでは、HL-LHCで取得する膨大なデータ量には対処できない。本研究の目的は、新しい計算機利用技術を取り入れた新規ミドルウェアやハードウェアの適用可能性を検証し、ソフトウェア開発にも貢献することにより、既存のグリッド計算機システムの拡張を可能にすることである。
6	MEG実験陽電子スペクトロメータの性能向上のための研究開発	MEG II実験において陽電子検出を担うスペクトロメータは、従来のビーム強度をほぼ倍増して臨むため、完全に新しい検出器に置き換えるべく、検出器開発のための基礎研究を進めてきた。本研究は、昨年度部分的に完成したMEG II実験用陽電子スペクトロメータの建設を完了させ、本実験開始に向けた検出器の調整運転及び高精度較正システムの構築を目的とする。
7	MEG実験のバックグラウンドと実験感度に関する研究	本研究はMEG II実験におけるバックグラウンドについての系統的な研究を行い、その原因と対策方法を検討し、 $\mu \rightarrow e \gamma$ 事象の探索感度を向上させることを目的としている。

	課題名	概要
8	MEG液体キセノンガンマ線測定器の性能向上のための研究開発	MEG II実験用液体キセノンガンマ線測定器に新たに導入した低温用光センサー並びに光電子増倍管に関して、MEG II実験のセットアップでさらなる性能向上を図るための最適化を実施する。
9	ILC用 細分化されたハドロンカロリメータの開発研究	ILC実験に特化したカロリメータは今までにない細分化を求められている。これを実現化するためには、種々の開発研究が必要である。ここでは次の3点に集中して研究する。①超小型半導体センサーとシンチレータを一体化した読み出し回路の開発研究、②ストリップ型シンチレータ型ハドロンカロリメータの研究、③正方形シンチレータ型ハドロンカロリメータの読み出し研究
10	ILC実験による電弱対称性の破れの物理の解明	標準理論の未検証の柱である自発的対称性の破れと質量生成機構の解明において、ILCの果たす役割を詳細なシミュレーション実験を通して明らかにし、計画推進の指針とする。

※数が膨大になる場合は、主なもの10件に限定して記入してください。

### ③共同利用・共同研究の参加状況

令和元年度													
区分	機関数	受入人数	延べ人数			外国人	若手研究者 (40歳未満)	若手研究者 (35歳以下)	大学院生	外国人	若手研究者 (40歳未満)	若手研究者 (35歳以下)	大学院生
			外国人	若手研究者 (40歳未満)	若手研究者 (35歳以下)								
学内(法人内)	3	109 (6)	16 (3)	33 (4)	21 (3)	58 (2)	1875 (14)	49 (9)	61 (10)	48 (7)	1737 (3)		
国立大学	18	174 (18)	9 (2)	43 (3)	35 (2)	96 (16)	1934 (45)	27 (2)	386 (3)	212 (2)	1400 (42)		
公立大学	3	6 (0)	0 (0)	2 (0)	1 (0)	4 (0)	19 (0)	0 (0)	2 (0)	1 (0)	17 (0)		
私立大学	13	37 (2)	0 (0)	9 (1)	6 (1)	17 (1)	335 (6)	0 (0)	27 (1)	18 (1)	178 (5)		
大学共同利用機関法人	1	43 (3)	2 (0)	19 (0)	15 (0)	0 (0)	645 (11)	31 (0)	119 (0)	96 (0)	0 (0)		
独立行政法人等公的研究機関	2	4 (1)	0 (0)	2 (1)	1 (1)	0 (0)	12 (3)	0 (0)	6 (3)	3 (3)	0 (0)		
民間機関	2	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)		
外国機関	28	74 (10)	72 (8)	32 (6)	25 (3)	5 (2)	283 (65)	277 (59)	131 (48)	105 (43)	11 (4)		
その他	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)		
計	70	449 (40)	99 (13)	140 (15)	104 (10)	180 (21)	5105 (144)	384 (70)	732 (65)	483 (56)	3343 (54)		

※共同利用・共同研究とは、本拠点を利用して行われる研究であって、募集により関連研究者が参加して行われるものを指します。

※当該年度の共同利用・共同研究の受入機関数、受入人数、延べ人数を区分に応じて記入してください。

※外国人、若手研究者(40歳未満)、若手研究者(35歳以下)、大学院生の人数はそれぞれ受入人数、延べ人数に対しての内数を記入してください。

※受入人数、延べ人数については上段に総数を下段に( )で女性の内数を記入してください。

※「学内」の所属機関数は「学部数」等を記入してください。

※ネットワーク型拠点の場合は、「学内」を「ネットワーク内」として記入してください。

※受入人数及び延べ人数の算出方法は、以下の例に基づき算出してください。

- 1つの共同利用・共同研究課題で2人を共同研究員として3日間受け入れた(参加した場合):受入人数2人、延べ人数6人
- 同一人物が2つの共同利用・共同研究課題(課題A、課題B)に参加し、課題Aに3日間、課題Bに4日間参加(来所)した場合:受入人数2人、延べ人数7人

### ④独創的・先端的な学術研究を推進する特色ある共同研究活動

### ⑤国公私を通じた研究者の参加を促進するための取組状況

### ⑥共同利用・共同研究を通じた特色ある人材育成の取組

### ⑦関連分野発展への取組(大型プロジェクトの発案・運営、ネットワークの構築 等)

④～⑦について、記述様式(単独)を参照

## 4. 共同利用・共同研究に係る支援状況

①共同利用・共同研究に参加する研究者への支援者数

	令和元年度		備考
	専任	兼任	
教員数	23	0	
技術職員数	1	0	
事務職員数	1	3	

②共同利用・共同研究に参加する研究者への支援の状況

(東日本大震災や熊本地震で被災した研究者に対する支援を含む)

③参加する研究者の利便性向上等の環境整備の状況

④参加する研究者の支援のための特色ある取組

⑤拠点活動に対する全学的な支援の状況(人員、予算を含む)

②～⑤について、記述様式(単独)を参照

## 5. 関連分野の研究者コミュニティの意見の反映状況

○研究者コミュニティの意見や学術動向の把握への取組とその対応状況

記述様式(単独)を参照

## 6. 共同利用・共同研究に関するシンポジウム等(主に研究者対象)の実施状況

年度	シンポジウム・講演会		セミナー・研究会・ワークショップ		その他		合計	
	件数	参加人数	件数	参加人数	件数	参加人数	件数	参加人数
R1	2	157	7	347	0	0	9	504
	(1)	(39)	(2)	(59)	(0)	(0)	(3)	(98)

○参加人数の算定方法  
実質人数をカウント

主なシンポジウム、研究会等の開催状況

開催期間	形態(区分)	対象	研究会等名称	概要	参加人数
令和元年 11月11日～13日	シンポジウム	国際	Dark matter searches in the 2020s at the crossroads of the WIMP	粒子暗黒物質の仮説検証は、今日の物理学における重要テーマのひとつとされている。これまでに決定的な実験的証拠は見つかっていないが、将来実験では、次の10年で大きな飛躍が約束されている。本シンポジウムは、様々な次世代WIMP探索の情報交換を促進することを目的としており、関連する実験・理論分野の国内外研究者が結集した。東京大学宇宙線研究所との共催。	117 (35)
令和2年 2月16日～19日	シンポジウム	国内	第26回ICEPPシンポジウム	ICEPPシンポジウムは欧米でよく行われている、ウインター/サマー・スクールを目指しており、素粒子・原子核・宇宙物理の分野を横断して、実験(加速器・測定器・計算機技術)と理論の最新情報について、全国の大学・研究機関から参加した教員・大学院学生が発表・自由討論を行う。招待講師による特別講義では、Bファクトリー研究がテーマとされた。	40 (4)



開催期間	形態(区分)	対象	研究会等名称	概要	参加人数
令和2年 3月24日～25日	セミナー	国際	Global Developments of Researches in Lepton Flavor Physics with Muons	JSPS研究拠点形成事業(A.研究拠点形成型)によるセミナー。2019年に取得されたデータの総括をはじめ、2020年度に向けた各測定器の性能評価、必要なデータの調整を行った。特に、2020年のPSIビームタイムに合わせ、予備実験のスケジュールを決定した。	43 (23)
令和元年 6月8日	研究会	国内	新学術領域研究会「ヒッグス粒子発見後の素粒子物理学の新展開」	国際会議LHCP2019やSUSY2019で発表されたRun2実験の最新結果報告やRun3実験でのLHC展望をはじめ、素粒子物理にも応用されることが多くなった機械学習と10年先を見据えた量子コンピュータに関する研究報告を行った。	83 (1)
令和元年 7月29日～8月4日	研究会	国内	第三回粒子物理コンピューティングサマースクール	高エネルギー・原子核・宇宙分野、その他を含めて20以上の実験とプロジェクトに従事している大学院生に集中的に計算機技術の教育訓練を行うコンピューティングサマースクールを開催した。プログラムは月～金曜日の5日間で、講義と実習、テーマ別/パラレルセッションから構成され、最終日には各参加者が設定した課題に対する4日間の実習成果の発表会を行った。	58
令和元年 10月30日	ワークショップ	国際	Quantum Computing Mini-Workshop	近年急速に進展する量子コンピューティング(QC)を活用した解析技術を開発し、素粒子研究を加速する新しい計算パラダイムを創出することを目指し、日・米・欧の3極を結んだプロジェクトを推進している。量子人工知能を使ったデータ解析手法や素粒子反応の量子物理シミュレーション開発等、現在の量子コンピュータで可能となる効率的な実装技術について議論を行った。LBNLとの共催。	36 (31)
令和元年 11月22日	ワークショップ	国内	LLP workshop 2019 – Workshop on Long lived particle searches with various signatures	長寿命粒子探索は新しいアイデアで探索領域を広げられる分野で、これから本格的に始まろうとしている実験や、将来計画においても重要なテーマとなる。LHC等のコライダー実験に限定せず、様々な実験で行われている探索方法について広く議論し、新しい方法を模索することを目的に開催した。	24 (4)
令和2年 3月16日～17日	ワークショップ	国内	ATLAS日本物理ワークショップ	ATLAS日本グループ内で、本センターが中心となって2018年度に立ち上げた解析グループの物理ワークショップを開催した。SUSY、Dark Matter、LLP、BSM Higgsグループの若手研究者・大学院学生が改善できた結果や新しいアイデアなどを成果報告した。	61

※件数の下段には、国際シンポジウム等の回数(内数)を記入してください。

※参加人数の下段には外国人の参加人数(内数)を記入してください。

**7. 共同利用・共同研究の募集、施設の募集、施設の利用要領等に関する情報発信**

記述様式(単独)を参照

**8. 新型コロナウイルスの影響に伴う活動状況(該当あれば)**

①新型コロナウイルスの影響に伴う課題等に対する取組状況

②新型コロナウイルスによる影響と対応状況

①、②について、記述様式(単独)を参照

## 1. 研究施設の状況

### 1-4. 研究施設の取組等

#### 5. 研究施設等を置く大学（法人）の機能強化・特色化に関わる取組の実施状況

本学では、第3期中期目標期間開始の平成28年度より、「東京大学ビジョン2020」のアカデミックプランを踏まえ、先端的な教育研究の拠点整備やキャンパスを創造的に再生していくためのリノベーション等により、イノベーション創出、グローバル人材の育成など、本学の個性や特色を発揮させ、機能強化を活性化させる事業を優先している。

本センターでは（1）海外での研究拠点に大学院学生を長期派遣し、海外の研究者と切磋琢磨させることで「グローバル人材」「知のプロフェッショナル」の育成を目指し、毎年10名程度の修士と5名程度の博士人材を輩出している。また、（2）LHCでのビッグデータや分散型大規模データを用いた深度機械学習技術を民間と共同研究している。これらの研究を通して、新しい産業・技術の発展やIT人材の育成を目指している。この2つの事業については、その重要性・緊急性が認められ、学内の予算委員会で高く評価されている。上記に加えて、（3）量子コンピュータの実用化に向けて、機械学習と量子コンピュータを結びつけた研究や素粒子実験への応用研究をはじめ、教育機能（Q-Native Education Center（仮称））の形成、産学連携での共同研究といった新たな取組の準備を進めている。

#### 6. その他、研究施設としての特色ある取組

- 共同利用・共同研究拠点として、全国の大学・研究機関の研究者に対して国際共同研究への参加の窓口となると同時に、海外の研究所（CERN・PSI）にそれぞれ国際研究拠点を本センターが設置している。現地での研究環境の整備や生活支援等を通じて、他機関の共同利用者が本センターのスタッフとともに国際共同研究を精力的に行えるよう支援している。
- ATLAS実験で取得した約500ペタバイト（PB）の大量のデータを解析するための日本における拠点となる「地域解析センター」の計算機システムと、現地CERNで必要となる計算システムを、共同利用の研究者に提供している。稼働している計算資源は全て共同利用に供されている。これらのシステムには常に最新のデータ解析ソフトウェアライブラリが導入されており、共同利用者が各国の研究者と共同で作業を進めるために必要な環境を提供している。システムの運用等についてWEBページを用意しており、共同利用者の便宜を図っている。またPSIにおいても、現地の計算資源や実験装置など、共同研究に必要な環境を提供している。
- 若手研究者の海外での研究経験を推進し、グローバル人材育成のため、本センターが関わる国際共同研究プロジェクトであるか否かに関わらず、最先端の研究を行う海外研究機関に長期滞在して研究を行う若手研究者（大学院学生・研究生・ポスドク）をICEPPフェローとして派遣している。ICEPPフェローは公募により選ばれ、広く人材育成を行っている。
- 若手人材の交流・育成を目指して、合宿形式のシンポジウムを開催している。若手研究者が各自の研究テーマを発表し、参加者全員で議論を深めている。素粒子研究に限らず、宇宙・宇宙線や原子核研究までテーマを広げ、広い視点に立って考えることができる人材の育成と、研究者間の交

流の場を提供している。

- 素粒子の最先端の研究で国際的な成果を上げるばかりでなく、世界に分散した約 500PB の大量のデータを用いた、コンピュータ関連技術の開発を民間 IT 企業と行っている。これらは、日本の次世代 IT ビジネスの技術モデルとなるばかりでなく、理学の博士号から民間（IT）への新しいキャリアパスの構築につながる。
- 量子コンピュータを素粒子研究に応用するプロジェクトを、本センター・米国・欧州の 3 極を結んで行っている。この成果により、東京大学量子イニシアティブ構想の AI への応用と教育モデル化を担い、準備を進めている。諸外国に比べて立ち遅れている我が国の IT や量子コンピュータ分野の活性化につながる。

## 1-5. 研究施設の国際交流状況

### 4. 外国人研究者の受入や国際的な連携等を促進するための取組状況

- (1) 科研費新学術領域研究（国際活動支援）による持続的な国際ネットワーク構築の基盤形成の取組で、研究会等を多数開催した。複数の国際共同実験チームや素粒子理論グループとの共催により学術研究の動向を掴み、拠点間のネットワーク化を高めた。
- (2) 量子コンピュータ応用研究について、CERN の openlab (<https://openlab.cern/quantum>) に令和元年 7 月より加入し、CERN や加盟企業と定期的な会合（月 1 回程度）を開催している。また、国際ワークショップ「Quantum Computing Mini-Workshop」（10/30）をローレンス・バークレー研究所（米国）で開催し、国際連携を強化している。
- (3) MEG 実験では、平成 30 年度より日本学術振興会研究拠点形成事業（A. 先端拠点形成型）に採択され、国際交流やセミナー開催を強化している。
- (4) 大型計画として、国際リニアコライダー（ILC）計画全体の発案、推進方法の策定、推進体制の構築・実施、理工連携を超えた人文社会・経済界・産業界との連携を、本センターが KEK とともに主導した。特に、国際組織としては ICFA（国際将来加速器委員会）委員に森俊則が選ばれ、その任に当たっている。
- (5) 新型コロナウイルス感染症の影響により、オンライン仮想空間での新しい国際共同実験の進め方に関して検討を開始している。

## 1-6. 研究施設の教育活動・人材育成

### 4. その他、学部・研究科等との教育上の連携や協力の状況

- 本センター教員は理学系研究科物理学専攻の協力講座教員として大学院の授業を担当するとともに、大学院学生の指導を行っている。大学院の授業ではこれまで「高エネルギー物理学Ⅰ」「高エネルギー物理学Ⅱ」「素粒子物理学Ⅲ」「素粒子原子核実験学」「物理学特別講義」（集中講義）を担当し、本センターが進める素粒子物理実験の最新の状況をわかりやすく説明することにより、最先端の研究の魅力を伝えている。また、理学部物理学科の「物理学ゼミナール」（対象：学部 3 年生）や、教養学部の「初年次ゼミナール」（対象：学部 1 年生）も担当している。

## 記述様式（単独）

- 大学院学生の指導においては、大学院学生 37 名が本センター教員を指導教員として修士課程及び博士後期課程に在籍している。彼らは指導教員とともにスイスにある欧州合同原子核研究機構（CERN）やポールシェラー研究所（PSI）に出張し、他国の研究者と国際共同研究に従事している。大学院学生を現地に滞在させ、国際的な協力と競争の中で、世界最先端の研究を通して教育を行うことにより、研究者として必要な技能を実践的に習得させている。
- 新型コロナウイルス感染症の影響により、海外に長期派遣していた大学院学生を日本に戻し、現在リモート環境下で研究を続行させている。今後の長期化に備えて、国内からハードウェア等の遠隔操作ができるように体制整備を進めている。

## 2. 共同利用・共同研究拠点の状況

### 2-1. 拠点の活動状況等

#### 1. 実施計画及び実施状況

##### 令和元年度実施計画

##### ① 共同利用・共同研究の具体的な内容

###### (1) 国際共同実験 ATLAS

LHC 加速器は 2019-2020 年度にかけて一旦運転を停止し、ルミノシティの増強を目指して改修工事を行う。これに伴い、ATLAS 検出器も、より高い粒子衝突頻度の環境下で高い精度でデータ取得をできるように改良を行う。アップグレード計画のうち、ミュー粒子の検出精度を高める新たな検出器の開発や、カロリメータトリガー回路の開発を本センターは行っている。今年度中に新しい機器の導入を完了し、次年度の試運転に備える予定である。

また、2015-2018 年度に行った第 2 期実験の全データは  $150\text{fb}^{-1}$  を越え、全データを用いた解析を行う予定である。ヒッグス粒子の生成・崩壊をより詳細に測定し、結合定数の精密測定や希崩壊探索、さらに超対称性粒子等の標準理論を超えた未知の素粒子・未知の現象の探索を新たな領域まで拡張することが可能になる。膨大な実験データに隠れる微小な信号を捉えるためには大規模計算機資源が必要であり、同時に新発想かつ高感度な解析方法の導入が重要となる。こうした基礎的な研究や全実験データの解析を地域解析センターシステム・CERN サテライトシステムを用いて行う。測定器開発や分散解析環境の効率化等の課題を中心に、共同研究（研究課題 10 件程度、関連研究者数 50 名程度）を実施する。

###### (2) 国際共同実験 MEG

飛躍的に実験感度を向上させるための測定器のアップグレードをさらに進めて行く。前年度問題のあった測定器の修繕を行い、読出し電子回路の製作を進めて、MEG II 実験全体の総合エンジニアリング運転を引き続き実施する。共同研究課題としては例年通り 4 件程度、約 25 名の関連研究者の参加が期待される。

##### ② 共同利用・共同研究の環境整備

本拠点では共同利用・共同研究に供する設備として 3 つの設備を擁する。

###### (1) 地域解析センターシステム

2019 年 1 月から稼働中の第五期目のシステムが順調に稼働している。機器は強化された学術情報ネットワーク SINET5 の国際ネットワーク上に配備され、LHC 専用の仮想ネットワークを利用して、効率的・安定的なデータ転送を実現している。共同利用者が快適かつ迅速に物理解析を行うことができる環境を整備し、年間を通して 95%以上の高可用性を確保することを目指す。また将来の拡張として Google Cloud Platform 等のクラウド、機械学習を高速で行うための GPU や TPU、量子コンピュータ等の最新のインフラや技術の研究開発を進める。

###### (2) CERN サテライトシステム

CERN 現地に滞在する日本の研究者に広く活用されており、このシステムを活用して緊急のデータ解析・新現象の発見可能性が高い研究を集中的に行っている。このため、現有の資源の安定運用を継続することが必要である。ハードウェア維持の労力を削減して効率的な運用を行うため、CERN が提供するクラウドサービス上に解析環境を構築している。これらの解析環境の整備を継続し、高い稼働率を確保する。特に若手研究者や大学院生が各国の研究者に先駆けて解析結果を導出する機動性が本システムには求められており、その観点からの強化を継続する。

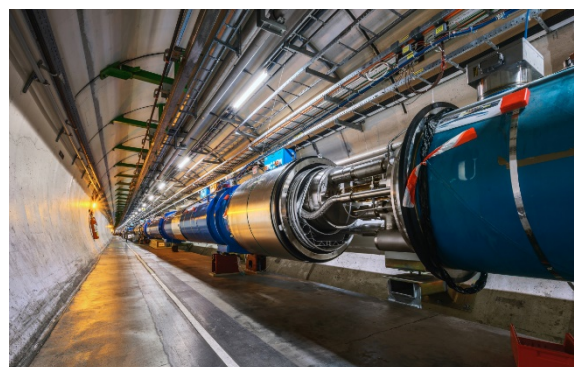
### (3) PSI 設置 MEG 実験システム

測定器システムについては、新しいアップグレード測定器で見つかった問題点を改善し、新型読出し電子回路の導入を行って、全体の総合エンジニアリング運転を国際的な共同研究として進めて行く。また昨年度に引き続きデータストレージシステムと計算機システムを段階的に増強し、総合エンジニアリング運転で得られるデータの解析に供して運用していく。

## 令和元年度実施状況

### (1) 国際共同実験 ATLAS

令和元年度（2019 年度）は、LHC 加速器の運転を停止（写真 1）し、ルミノシティ等の性能を向上させるための様々な作業を行う 2 年間の 1 年目であった。2021 年度に再開する物理ラン、そして 2026 年度に開始予定の高輝度 LHC プロジェクトに向け、このシャットダウン期間（2019-2020 年度）は特に 4 つの前段加速器（LINAC, PSB, PS, SPS）に対し、それぞれ大きな改良を進めた。これによって陽子ビームのブライトネス（陽子ビームの 1 バンチに含まれる陽子数をエミッタンスで割った値）を従来の 2 倍以上に



（写真 1）シャットダウン期間中の LHC 加速器トンネル内

することが可能になる。これは、2026 年度以降 LHC に入射するビームに要求される強度・クオリティを遥かに上回る基本性能に相当しており、想定外の事象が起こった場合でも確実に必要輝度  $7.5 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  に到達できるデザインになっている。LHC 加速器本体も、第 2 期実験期間中に同定された機器の不具合を補強・回収する工事を進めており、2021 年度以降の第 3 期実験期間には、これまでよりも遥かに高い安定性（稼働率）で世界最高エネルギーでの陽子衝突事象を実験チームに供給することが可能になる。

加速器と並行して ATLAS 検出器の性能を向上させ、瞬間輝度が大きく向上した結果、狙った物理事象に対して多くの背景事象が重なってしまう実験環境においても、質の高いデータを記録できるように準備を進めている。LHC のようなハドロンコライダー実験では、発生する全衝突事象のうち 0.0025% 程度の事象のみを選択的に記録し、その中から新物理・新粒子を発見する物理解析を行う。最初に記録する事象を選ぶ過程を「トリガー」と呼ぶが、本センターでは、新物理に由来するミューオンを捉えるトリガー（ミューオントリガー）と、電子・光子を捉えるトリガー（カロリメータトリガー）の開発（次頁写真 2）を行っている。ミューオントリガーについては、数年前から開発してい



た電子基板 72 枚を完成させ、その全数テストを完了し、全ての基板を CERN にある実験室にインストールした。現在、他のサブシステムとの接続テスト等を進めている。カロリメータトリガーについては、電子・光子が残したエネルギーを算出するファームウェアの開発が完了した。そのファームウェアを使ってシステム全体を稼働させ、キャリブレーションシステムの構築、システムの制御・モニター手法の確立を進めている。

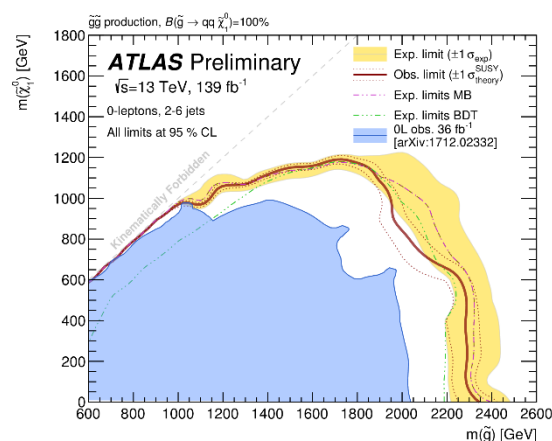
物理解析としては、第 2 期実験期間に取得した全ての物理データ  $139\text{fb}^{-1}$  を使った解析を進めた。(1) カラー荷を持つ超対称性粒子 (squark, gluino) の探索は、ATLAS 実験グループにおける最重要課題のひとつである。実験初期からこの新粒子探索は精力的に行われてきたが、今回はデータの増加に加えて新たな解析手法 (multi-bin 探索、機械学習) を導入することで探索感度を大きく向上させた。特に、崩壊過程の途中で Chargino を経由するタイプの事象に対する感度を大きく向上させることに成功した。その結果、gluino の質量が  $2.35\text{TeV}$  よりも大きいこと、squark の質量が  $1.95\text{TeV}$  よりも大きいことを示した (図 1)。(2) 新物理の探索領域を広げるためには、事象の終状態にあらわれる各種の粒子を高効率で正確に同定する必要がある。今回、b-ジェットの同定について、対象を低運動領域側に拡張する ( $20\text{GeV}/c$  を  $5\text{GeV}/c$  にまで下げる) ことに成功した。

## (2) 国際共同実験 MEG

飛躍的に実験感度を向上させるためのアップグレード測定器が完成し、エンジニアリング運転を実施して測定器や各種実験モニターなどの調整を行った。エンジニアリング運転で見つかった様々な問題に対しては、翌年度の運転に向けて測定器の修繕などの対策を行って準備作業に入った。また、取得したデータを解析して測定器性能の評価を進めている。並行して、データ取得のためのトリガーの設定・調整や、測定器較正や事象再構成を行うソフトウェアの開発、必要なコンピューティング設備の準備なども進んでいる。翌々年度から予定される全読出しチャンネルを使った本格的な運転に向けて、読出し電子回路の大量生産の準備が整った。継続的な共同研究課題として 4 件、28 名の関連研究者が参加して共同研究を実施した。



(写真 2) 新しいミュオントリガー回路を実験室に設置し、データ転送のための光ファイバーを接続



(図 1) gluino と neutralino 質量に対する制限



(写真 3) ガス検出器の専門家らで組織された国際評価委員会によるドリフトチェンバーのレビュー



## 2. 拠点認定に伴う評価結果及び留意事項への対応状況

### ○評価結果及び留意事項

評価：A

優れた実験装置を共同利用に供し、質の高い成果を上げており、特に ATLAS 実験に関連して共同利用が拡大しており、コミュニティの中核としての重要性を高めている。また、国際的なコミュニティの将来計画策定に大きな貢献をしていることや、若手研究者を長期間海外へ派遣する制度も注目される。

今後、公私立大学も含めたハブとしてさらに発展するとともに、常勤の女性研究者の採用や企業との一層の連携が望まれる。

### ○評価結果及び留意事項への対応状況

本センターが中心となって推進してきた ATLAS 実験は、ヒッグス粒子の発見など素粒子物理学の発展に大きく貢献する成果をあげてきた。そのためセンター教員が著者に含まれる論文のいわゆる Q 値は 50.5 という極めて稀な高い水準に達している。また、CERN に構築した「東京大学 CERN-LHC 研究拠点」は国際的ハブの役割に加えて、日本の他大学も含めた研究コミュニティの拠点としての役割を果たしてきた。

本センターが日本の素粒子物理学のコミュニティとともにより一層発展していくために、以下の 6 つの取組を行ってきた。中間評価で指摘された 3 点への対応も、以下の取組により解決を図っていく。

- (1) 日本のコミュニティと協力し、国内外での将来計画の検討に中心的な役割を果たす。新しい公私立大学の参加を促し、幅広い研究を進めていく。慶応義塾大学とは、量子コンピュータでの連携を開始しており、素粒子研究ばかりでなく IT や量子コンピュータでの共同研究を通して、新形態の共同研究にも挑戦していく。
- (2) プライオリティの高い将来的な国際共同研究に本センターが参加を表明し、その窓口となって次世代の国際研究の礎を築いてきた（HL-LHC 実験、FCC 実験、ILC 計画等）。
- (3) 実験グループ全体の大規模な会議や研究・開発のテーマ別ワークショップの日本開催誘致を積極的に行い、我が国のビジビリティを世界に顕示するとともに、若手研究者や大学院学生といった国内研究者が参加・成果発表しやすい風土づくりを進めた。今後も、女性研究者のキャリア形成や研究継続しやすい環境を育んでいく。
- (4) コミュニティの次世代を支える博士人材の育成や、他分野との交流（ICEPP フェロー・ICEPP シンポジウム）を通してグローバルな人材育成を目指してきた。
- (5) SSH 校の出張授業やセンター見学など、高校生や大学生に基礎科学の面白さや重要さを伝え、コミュニティの層を厚くする努力を行ってきた。特に、女子学生への情報発信を進める。
- (6) 約 500PB のビッグデータを用いた最先端 IT 研究や量子コンピュータ応用研究を、産学連携の新しい枠組みで開始した。財源と構成員の多様化を目指している。

## 4. 研究不正、不適切な会計処理等に係る倫理教育の実施状況

- 理学系研究科物理学専攻と密接に連携して研究及び教育活動を行っており、研究倫理教育におい

ても理学系研究科の定めた研究倫理綱領に則り、そのファカルティ・ディベロップメント (FD) に参加するなど、一体となって取り組んでいる。

- 本センターが取り組む国際共同研究では、コラボレーション内にデータ解析手法や解析結果を独立にチェックするシステムが作られており、その内部レビューを通過しないと研究結果を発表できない仕組みになっている。また、実験の実施状況やデータ解析の記録などはデジタル化され、コラボレーション内に公開されており、共同研究者なら誰でもチェックできるようになっている。このように高い研究倫理を持つことが常識である環境下で、学生も含む若手研究者に対して、研究現場で実践的な倫理教育を行っている。
- 大型国際共同研究におけるデータ保存については、国際委員会 ICFA (International Committee for Future Accelerator) のサブパネルによって検討され、国際研究コミュニティと協力して世界的に取り組んできた。本センターで実施する他の実験においても、上記の国際共同実験での経験や手法を研究不正防止の取組に活かしている。

## 5. 当該年度に実施した取組

※研究組織の見直し、規則の変更状況

※外部資金等の多様な資金獲得に向けた取組等

※クロスアポイントメントの取組等

※産業界等社会との連携の推進に向けた取組

※国際的な研究環境の整備 など

### (1) 国際的な研究環境の整備

「東京大学 CERN-LHC 研究拠点」において、令和元年度は**計算機システムの運用の安定強化、OS のアップデートやストレージの追加等、現地に滞在する共同利用研究者への安定した解析環境の提供**などの多面的な研究支援を行い、日本の研究者が ATLAS メンバーの中で主導的に物理解析を進めることが可能となった。

「ディープラーニング (DL) 応用解析研究班」は研究推進と人材育成を進めるため、**実践的なデータ解析への応用をサポートするグループと DL の基礎的な研究を行うグループ**の2つのグループを形成し、研究環境を強化した。前者は ATLAS 実験のデータ解析チームの中で活躍できる人材を育成し、後者は DL の専門家を育成することを目指す。ATLAS 実験のデータ解析では、**オブジェクト識別 (W ボソンやトップクォーク) や事象選別に DL や BDT などの機械学習を導入し、従来の手法に比べて有意度などを改善し、ATLAS の学術論文 (超対称性粒子の探索など) として発表**した。基礎研究では、運動量などのオペレーションを機械学習に学ばせることを目的に、グラフネットワークなどの新しい手法を試しているが、学ぶという観点ではまだ不十分であり、研究を継続している。インフラについては、現地のみならず日本にも高性能な GPU を導入した計算機を設置し、大きな計算量が必要な研究もサポートできる研究環境を提供した。

### (2) 産業界等社会との連携の推進に向けた取組

CERN で行われている LHC-ATLAS 実験では現在約 500PB のデータ量に達し、世界中の研究機関が共同で世界分散解析網 WLCG を運用し、データ解析を行っている。今後加速器・検出器のアップグレー

ドにより、データ取得レートが10倍、100倍となる。計算機資源（CPU、ストレージともに）の利用方法に、革新的な技術が必要となる。本センターでは、特にディープラーニング（DL）と量子コンピューティング技術に着目し、産業界を巻き込んだ研究を推進できる環境づくりを目指してきた。DLについては、東京大学とソフトバンクが連携して運用予定（令和2年度）である「Beyond AI 研究所」の研究募集に「複合 AI による問題解決手法」（Multi-AI）の研究を令和元年度に応募し、採用された。量子コンピューティングについては、本学の量子イニシアティブ構想の中で、IBM との連携を深め、実機を用いた研究を進めてきた。



12月6日 東京大学とソフトバンクグループによる「Beyond AI 研究所」に向けた協定を締結

### (3) 外部資金等の多様な資金獲得に向けた取組等

上記(2)で述べた Beyond AI 研究所に採用されたことにより、令和2年度より年間1,800万円程度の予算を獲得した。量子コンピューティングについては、Q-Native Education Center（仮称）のリカレント教育による外部資金獲得のみならず、そのつながりの中で共同研究を立ち上げ、外部資金獲得を目指す。令和元年度は基礎研究を進めるとともに Q-Native 育成プログラム（教育事業）の準備を開始した。

### (4) 科研費獲得に向けた取組等

本センターが中心となり、大型の科研費「新学術領域研究」全体を主導している（領域代表者：浅井祥仁）。最先端の素粒子研究をさらに進め、素粒子を取り囲む「時空や真空」の研究を理論や宇宙物理の研究者と行うものである。このように新しい研究テーマを提案し、科研費などの外部資金を獲得する取組を積極的に行っている。

## 2-2. 共同利用・共同研究の実施状況

### 2. 共同利用・共同研究による成果として発表された論文数

○分野の特性に応じ、論文及び研究書以外に適切な評価指標がある場合には当該指標と、当該分野におけるその評価指標の妥当性・重要性を記載するとともにその成果の実績を記載してください。

該当なし

○上記以外に、独自の学術活動状況の成果の実績などアピールポイントがあれば記載してください。

分野を代表する研究者からなる国内外の各種委員会（International Committee for Future Accelerators(ICFA), Japan High Energy Physics Committee(HEPC/JAHEP)など）において、世界的な研究の進展状況と今後の発展について学術的レビューを実施し、今後の当該分野の研究の国際的な方向性を指し示す報告書をまとめて、提言を行った。

- ICFA Statement on the ILC Project, February 22, 2020
- Japanese HEP Community's View Regarding the Update of the European Strategy for Particle Physics, November 6<sup>th</sup>, 2019
- Recent Progress Towards the Realization of the ILC in Japan: Cooperative Efforts by Academia, Industry, and Local Region, December 13, 2019

また、欧州素粒子物理戦略(European Strategy for Particle Physics)に構成された、物理準備グループのアジア・アメリカ代表(4名)に浅井祥仁が就き、EUでの将来実験計画に関して、最も科学的優先順位の高い新しい物理は何かという視点で助言を行った。令和元年5月にスペイン・グラナダで開かれたオープンシンポジウムでは200件近くの投稿が議論され、物理準備グループが作成したコミュニティによるインプットの要約(Physics Briefing Book)がまとめられた。

CERNとCERN加盟国及びその他の国・研究機関の間の強力なコラボレーションによる数多くのプロセスが結実し、2020年6月19日にCERN理事会は「2020 Update of the European Strategy for Particle Physics」を承認し、公表した。



2020年6月19日にCERN理事会が承認した「欧州素粒子物理戦略」の冊子

### 3. 共同利用・共同研究の活動状況

#### ④独創的・先端的な学術研究を推進する特色ある共同研究活動

- CERNのLHC加速器は、13TeV(13兆電子ボルト)という前人未踏の最高エネルギー状態(宇宙誕生直後 $10^{-11}$ 秒)を作り出すことができる世界唯一の装置である。LHCを用いた国際共同実験ATLASは、TeV領域での素粒子物理研究で、素粒子の質量起源や標準理論を超える現象・新粒子の探索などを行い、宇宙誕生の謎に迫ろうとするものである。本共同利用・共同研究拠点は、ATLAS実験における我が国のデータ解析・物理解析拠点と位置付けられる。さらに、本センターが行っている共同研究テーマは、従来の素粒子研究の枠を超えて、ヒッグス粒子研究(真空)と超対称性粒子

探索（時空）を通して、真空と時空の研究に広げるユニークな研究を展開している。時空研究と素粒子研究の融合は、一般相対性理論と量子力学の融合への大きなテーマである。このように確実な研究成果を積み上げながら、21世紀の新しい素粒子像を探る先端的な学術研究を進めている（研究の学術的価値の高さはQ値50.5%が示している）。本センターはCERNに研究者を派遣し、諸外国の研究者と競争・協力しながら最先端の共同研究を推進し、かつ我が国の共同利用研究者のための窓口としての役割も担っている。

- LHC 加速器実験は世界最高エネルギーの実験で、そこから生じるデータ量は未曾有の規模となり、単一の研究機関が提供する計算資源ではデータ解析に甚だ不十分である。そのため世界中の研究機関のシステムを広域ネットワークで接続し、共通のミドルウェアと呼ばれるソフトウェアを導入することによって、あたかもそれらの計算資源が単一の計算システムであるかのように見なせる計算グリッド技術を世界で初めて実用レベルで配備した。このグリッド技術のもとで世界中の共同研究者は、単一の仮想計算機システムと見なせるWLCGグリッドを使うことで、約500PBのデータの保持、或いは、40万ジョブ同時実行といった、かつてない規模のデータ解析を実行することができるようになり、研究効率の大幅な向上に貢献している。
- 基礎科学ばかりでなく、データ規模やデータ処理の高速性などを生かして、**新しいIT技術の確立を目指す共同研究を産学連携で行っている**。従来のAIは人間が采配する要素が多く、処理の部分がAIによるものであった。民間企業と共同で、AI自体がAIを采配する「科学するAI」の開発を始めている。
- MEG及びMEG II実験では、巧みで優れた独創的な実験装置を考案し、それを開発して実用化することで世界最先端の実験感度を達成している。これは、常に実験と並行して新しい先端の実験技術の開発を行う共同研究を推進しているおかげである。また、ここで開発された**液体キセノンや光センサーの新しい最先端実験技術は、暗黒物質探索の実験などにも使われ、広く学術研究の発展に大きく役立っている**。
- 国際リニアコライダー（ILC）計画における標準理論を超える物理の課題に関して集中した共同研究を行うと同時に、ILC実験での重要な測定器であるカロリメータのデバイスの共同開発研究を行っている。

#### ⑤国公私を通じた研究者の参加を促進するための取組状況

- 毎年全国の若手研究者や大学院学生を中心に参加を募ってシンポジウムを開催しており、最前線で活躍している若手研究者が関連分野における最新状況などについて発表し、徹底的な議論を行っている。このシンポジウムを通して広い分野の研究者の交流が図られるとともに、本センターでの研究活動も紹介され、将来の研究の方向性や共同研究参加への促進にも役立っている。
- 新学術領域研究「ヒッグス粒子発見後の素粒子物理学の新展開」・特別推進研究「MEG II 実験—究極感度ミュー粒子稀崩壊探索で大統一理論に迫る」など、**本センターが代表機関となる国際共同研究では広く関連分野の研究者を集めて議論する研究会を開催しており、本センターの研究を広めて共同研究への参加を促進するのに役立っている**。
- 量子コンピュータの応用研究で、慶応義塾大学との共同研究開始に向けた準備を進めている。素粒子研究ばかりでなく、**量子コンピュータの応用研究やAI研究などを通して、大学全体の機能強**

化に資するとともに、新しい共同研究モデルとなるような取組を推進している。

#### ⑥共同利用・共同研究を通じた特色ある人材育成の取組

本センターでは、多くの若手研究者や大学院学生を欧州合同原子核研究機構（CERN）やポールシェラー研究所（PSI）に派遣している。外国の研究者と協力・競争して研究を行い、切磋琢磨させることによって、将来の指導者となるにふさわしい能力と国際性を身につけた人材を養成している。また、本センターの関わるプロジェクトであるか否かに関わらず、最先端の研究を行う海外の研究機関に長期滞在して研究を行う若手研究者を ICEPP フェローとして公募している（平成 17 年度より実施）。申請の採否は、研究協議会における審査を経てセンター長により決定される。令和元年度は 4 名がこの制度を活用し、CERN・PSI・LBNL・LNGS に約 2 カ月間派遣され、現地研究者と共同研究を行った。

なお、公募情報の発信はホームページ及び高エネルギー物理学研究者会議の会員（約 900 名）へのメール配信を通じて行っている。

##### 【公募要領（令和元年度）】

<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/collaboration/fellowship2019.html>

#### ⑦関連分野発展への取組（大型プロジェクトの発案・運営、ネットワークの構築 等）

- LHC-ATLAS 実験をアップグレードして衝突頻度を 10 倍にする高輝度化計画は、科学技術・学術審議会のロードマップのトッププライオリティ研究であり、フロンティア事業として認められた。浅井祥仁が共同代表として計画を推進している。
- 大型次期基幹計画である国際リニアコライダー（ILC）の計画全体の発案、推進方法の策定、推進体制の構築、実施、理工連携を超えた人文社会・経済界・産業界との連携を、本センターが KEK とともに主導した。
- 浅井祥仁は、LHC-ATLAS 実験の日本の共同代表として、グループ全体を主導し、研究を強力に推進している。
- 森俊則は、国際共同実験 MEG において代表者・スポークスパーソンとして実験の提案から実施、重要な学術的成果に至るまで国際共同研究全体の指揮統括を行っている。これによって世界に先駆けて新しい学術分野「荷電レプトンフレーバー物理」を開拓してきた。
- 森俊則は ICFA（国際将来加速器委員会）委員、JAHEP（高エネルギー委員会）委員長に選ばれ、国内外における素粒子研究の将来計画を立案している。
- 2040 年頃予定の CERN 将来加速器プロジェクトである FCC（Future Circular Collider）計画のアジア代表に、浅井祥仁が就任している。
- 量子コンピュータの素粒子などへの応用研究を、日本・米国・欧州の 3 極で立ち上げた。

このように、現在の大型プロジェクトばかりでなく、将来プロジェクトの発案や、国内外で学術的意義を精査し、コンセンサスをつくること、社会的意義・技術波及に関する産業界との連携検討（先端加速器協議会）、社会への周知と国際協力体制の構築を非常に多くの方々の協力のもとに主導している。

#### 4. 共同利用・共同研究に係る支援状況

##### ②共同利用・共同研究に参加する研究者への支援の状況（東日本大震災や熊本地震で被災した研究者に対する支援を含む）

- 共同利用・共同研究拠点として、全国の大学・研究機関の研究者に対して国際共同研究への参加の窓口となると同時に、海外の研究所（CERN・PSI）にそれぞれ国際研究拠点を本センターが設置している。現地での研究環境の整備や生活支援等を通じて、他研究機関の共同利用者が本センターのスタッフとともに国際共同研究を精力的に行えるよう支援している。
- データ解析を日本の大学・研究機関の研究者や大学院学生で一丸となって推し進めるため、本センターが中心となって5つの解析グループ（Higgs, SUSY, BSM Long-lived, Diboson, Top）を立ち上げている。各グループのリーダーは若手研究者から選出し、博士課程大学院学生や若手研究者が主力メンバーとなり、現地 CERN で解析を行っている。参加している大学院学生は本センターの9名を含めて約25名で、リーダーを含め本センターの教員・若手研究者が定期的に会合を持って大学院学生を指導している。
- データ解析への機械学習の導入を促進するためのサポートを行っている。シミュレーションデータを用いた機械学習のチャレンジ問題を作成し、日本の大学・研究機関の研究者や大学院学生（主に修士課程1年）をターゲットとして ATLAS 実験のデータ解析の一連の流れを学びつつ、機械学習の課題にもトライできるような形態にしている。加えて、高性能な GPU が利用できる環境を整備し、サービスを提供している。
- 研究課題の提案のため、国内の多くの実験・理論研究者を集めた研究会を年に数回開催し、最新の研究成果を発信すると同時に、新しいテーマの提案を行っている。
- 共同研究の支援の一環として、毎年 ATLAS 日本グループを対象にソフトウェアの使用方法に関する講習会を開催してきた。平成29年度より対象を素粒子・原子核・宇宙分野に広げているが、高エネルギー加速器研究機構（KEK）等のメンバーも含めた講師陣による「第三回粒子物理コンピューティングサマースクール」の一部として ATLAS ソフトウェア講習会を7-8月に KEK で行った。
- ATLAS 日本グループは、これから物理解析の中心となる若手研究者（PD・大学院学生）を対象にデータ解析のポータルページを運用している。上述の講習会教材などもこのポータルページからアクセスできるようになっている。また、データ解析に関する部分では本センター教員がプログラムやデータベース問題の解決手順を指導するなどのサービス業務も行っている。
- 量子コンピュータの利用を促進するためのサポートを行っている。本学の卓越大学院「変革を駆動する先端物理・数学プログラム」のための大規模メモリーや高性能 GPU が利用できる計算環境の構築を行い、サービスを提供している。加えて、セミナーや勉強会なども開催している。
- 計算グリッドを使用する場合は、公開鍵暗号インフラで用いられる個人証明書が必要である。以前は国内には関連分野の研究者に証明書を発行する認証局が存在しなかった。そのため、利用者は外国の認証局から証明書を取得する必要があり非常に不便であった。国内の認証局を設立すべく、同じ分野でサービスを行っている高エネルギー加速器研究機構計算科学センターと協議し、物理分野の認証局を同計算科学センターに設置することで作業を進め、平成18年度より正式運用を行っている。これにより計算グリッドを使用する利用者は短期間で証明書を取得することが可能になり、利用者の利便性が向上している。

### ③参加する研究者の利便性向上等の環境整備の状況

CERN 及び PSI では共同利用研究者を中心に多数の日本人研究者が長期・短期に滞在し、研究に従事している。世界中から研究者が集まってきているため、オフィススペースの確保は難しい。ATLAS 実験の場合、CERN に滞在している本センター教員が日本人研究者のスペース要求をとりまとめ、CERN 担当者と交渉することにより必要なスペースを確保することができている。また、優先的に使用できる会議室やテレビ会議システムの確保など、共同利用研究者の CERN 及び PSI 現地での研究環境の整備拡充に努めている。

### ④参加する研究者の支援のための特色ある取組

共同利用・共同研究拠点として、全国の大学・研究機関の研究者に対し、国際共同研究への参加の窓口となると同時に、本センターが有する研究設備を活用して国際研究拠点としての役割を担っている。CERN 及び PSI 現地への共同研究者の派遣や、現地での研究環境の整備等を通じて共同利用者を支援している。

ATLAS 実験で発生する大量のデータを解析するための日本における拠点となる「地域解析センター」の計算機システムと、解析作業で必要となる CERN での計算資源も共同研究者に開放している。基本的に稼働している計算資源は全て共同利用に供されている。これらのシステムには常に最新の ATLAS 実験データ解析ソフトウェアライブラリが導入されており、共同利用者が各国の研究者と共同で作業を進めるために必要な環境を提供している。システムの運用等についてウェブページを用意しており、共同利用者の便宜を図っている。また PSI においても、現地の計算資源や実験装置など、共同研究に必要な環境を提供している。

### ⑤拠点活動に対する全学的な支援の状況（人員、予算を含む）

#### (1) 最先端の国際共同研究で新たな変革をもたらすための戦略的展開

- 国際競争の中で本学の研究者がビジビリティを高めるために構築した「東京大学 CERN-LHC 研究拠点」を抜本的に強化し、その最先端の研究現場へ修士課程大学院学生の継続的派遣を行い、きめ細やかな指導により高度な専門性を持つプロフェッショナル研究者を育成するという事業を、平成 30 年度第 2 次配分で要求を行った。本学の教育研究力強化に大いに貢献する事業と認められ、要求額どおりの予算が毎年維持されている。
- 世界的規模で分散するビッグデータを効率よく扱うためのディープラーニング応用研究班の立ち上げに対し、産学の多様なセクターとの協働を促す新規性の高い事業として、総長裁量経費や本部補助金の支援をいただき、令和元年度から同班を新設した。

#### (2) 大学全体の機能強化に資する戦略的展開

- 本学に「Beyond AI 研究所」を設立する事業に萌芽的研究として「Multi-AI」の開発が採択され、令和 2 年度 7 月（予定）から始動するための準備研究を開始した。1 名程度のプロジェクト専任者を雇用する予算を確保した。
- 本学の量子イニシアティブ構想の中で、「UTokyo Q-Open Lab」プラットフォーム事業に参加し、量子コンピュータの応用研究を推進するとともに、量子コンピューティングの素養を持つ若い人材を育成するセンター「Q-Native Education Center（仮称）」設立に向けたインフラ整備のため



の予算（先端研究設備整備補助事業）を本学で獲得した。Society5.0 実現に向けた重点分野の基盤強化を着実に進めている。

## 5. 関連分野の研究者コミュニティの意見の反映状況

### ○研究者コミュニティの意見や学術動向の把握への取組とその対応状況

- LHC-ATLAS 実験の最新結果を、我が国の実験・理論の研究者コミュニティに迅速に伝え、その意見を反映すべく、研究会を年に2～3回開催している。LHC からの最新結果を伝えることによって、素粒子物理のみでなく、宇宙論などに与える影響も大きく、また逆にその結果理論から来る新しい探索モードの提案などがあり、非常に有用である。
- 本センターの研究協議会は、その構成員の半数（8名）は、国際的にも著名な我が国のトップレベルの当該分野の学外研究者であり、研究協議会を通じて本センターの人事を含めた運営にコミュニティの意見を反映させている。
- 本センターの行っているプロジェクトに関しては、ほぼ月に一度開かれている高エネルギー物理学研究者会議の代表が構成する高エネルギー委員会や、日本物理学会期間中の高エネルギー物理学研究者会議総会で進捗を報告し、コミュニティの意見を聞いている。
- 本センターの関わっているプロジェクト以外の研究に関しても研究者コミュニティの意見を聞き、高エネルギー加速器研究機構とともに、分野全体を牽引している。研究者コミュニティは各々の研究機関の主体的な研究を望むと同時に、強い主導力のもとに共同研究を遂行することを要請している。また、国際的な学術の動向は CERN や PSI に出張している多くの研究者が把握すると同時に、分野の国際的な情報網を通じて把握している。
- 高エネルギー物理学研究者会議で選出された委員長に森俊則（9月以降、8月までは委員）が、10名の高エネルギー委員の中には浅井祥仁（9月以降）と山下了（8月まで）が入っており、コミュニティの意見を集約し将来計画の検討を行っている。これをセンターの将来計画などの運営にも反映させている。
- 浅井祥仁は ATLAS 日本グループの共同代表として日本の研究者コミュニティをまとめ、リーダーシップを取って、他国の研究グループと協力して国際共同実験を実施する責務を負っている。
- 森俊則は日本の研究者コミュニティの代表として、国際将来加速器委員会 (ICFA) の委員となり、世界を代表する他委員と議論を行い、国際的な素粒子物理研究の将来について様々な提言を行っている。

## 7. 共同利用・共同研究の募集、施設の募集、施設の利用要領等に関する情報発信

毎年共同研究の公募を行い、随時申請を受け付けている。申請の採否は研究協議会における審査を経てセンター長により決定される。共同研究の課題内容は、ATLAS 実験をはじめ本センターと関連の深い分野について、テーマを狭く限定することはせず、新たな研究動向と研究者の自由な発想を取り入れるようにしている。なお、利用に関する情報発信は、ホームページ及び高エネルギー物理学研究者会議の会員（約900名）へのメール配信を通じて行っている。

### 【公募要領（令和元年度）】

<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/collaboration/announcement2019.html>

## 8. 新型コロナウイルスの影響に伴う活動状況（該当あれば）

## ①新型コロナウイルスの影響に伴う課題等に対する取組状況

- 新型コロナウイルスのタンパク質構造を物理化学的に解明し、治療法を確立するための手がかりを発見するボランティア・分散コンピューティングプロジェクトFolding@homeに、CERN&LHCコンピューティングチームのメンバーとして参加し、本センターが運用する地域解析センターの計算資源の一部を提供した（令和2年6月17日プレス発表）。  
<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20200617.html>
- 若手研究者の派遣や人材育成プログラム事業は令和2年2月末まで予定通り実施し、その後の遅れが生じないように、各研究機関や各実験グループ内の責任者との協議・調整を早急に行った。

## ③ 新型コロナウイルスによる影響と対応状況

- 年度末（令和2年3月）より、欧州エリア内での新型コロナウイルス感染症が急速に悪化したため、各研究機関に派遣していた共同研究者に帰国を促し、本センターの一部スタッフを除いて、帰国を完了した。派遣を継続した一部スタッフは、献身的に現地で実験施設のメンテナンスを行い、実験準備を進めている。
- 欧州では研究機関や国境が封鎖されているため、現地派遣による研究が不可能な状況にある。従来、経費節約のためにオンライン会議で行っていた研究の議論を広げ、対応している。実験装置の開発などは現地派遣の必要性があったが、令和2年度以降は実現できていない。今後、状況が改善しても、多くの研究者（特に大学院学生）の派遣が困難になる。そのため、現在、現地のいる一部スタッフと、オンライン計測器などを用いた遠隔操作での開発システムの構築を目指している。このシステムが稼働すれば、速やかに共同利用を開始することができる。
- 新型コロナウイルスの影響による主要な学会・国際会議等の中止・延期等は、次の通り。
  - （国内）日本物理学会第75回年次大会（3月16-19日、名古屋大学）中止  
ATLAS日本グループ総会（3月20日、名古屋大学）中止  
ATLAS日本物理グループ会合（3月21日、名古屋大学）オンライン開催  
新学術領域研究 新テラスケール研究会（4月4日、KEK）8月延期・オンライン開催
  - （国際）Global Developments of Researches in Lepton Flavor Physics with Muons  
（3月24-25日、東京大学）オンライン開催  
International Symposium on Grids and Clouds 2020（3月8-13日、台湾）中止  
AFAD2020（3月25-27日、ロシア）中止  
TIPP2020（5月24-29日、カナダ）中止  
LHCP2020（5月25-30日、フランス）オンライン開催  
ICHEP2020（7月28日-8月6日、チェコ共和国）オンライン開催

以上

## Ⅲ 研究協議会議事録

## 東京大学素粒子物理国際研究センター 第16回研究協議会 議事録(案)

日時： 令和2年1月15日(水) 10:00~12:00

場所： 素粒子物理国際研究センター会議室(理学部1号館1017号室)

出席： 岡田安弘、後田裕、花垣和則(以上、高エネルギー加速器研究機構)、  
山中卓(大阪大学)、日笠健一、山本均(以上、東北大学)、  
諸井健夫(理学系研究科)、  
浅井祥仁、森俊則、石野雅也、田中純一、真下哲郎、大谷航、奥村恭幸\*  
(以上、素粒子物理国際研究センター)\*議事録担当

欠席： 久野良孝(大阪大学)、川越清以(九州大学)

### 1. 前回議事録

前回協議会(平成31年1月18日)の議事録案(資料1)が示され承認された。

### 2. 報告

#### ● 国際評価委員会について(2018年度実施)

浅井協議員から国際評価委員会の報告があった(資料2)。LHC実験第2期運転の完了をうけて国際評価委員会を組織し、平成31年3月6日に会合を開いた。評価委員は山本均氏(委員長、東北大学)、Eckhard Elsen氏(CERN)、Geoffrey Taylor氏(メルボルン大学)、徳宿克夫氏(高エネルギー加速器研究機構)、中田達也氏(スイス連邦工科大学ローザンヌ校)の5名である。海外で遂行される国際共同実験への「ハブ機関」としての役割を果たしている点や、研究成果が評価された一方、構成員の多様性に関する改善の必要性や、ハブ機関としての機能を高めるための一層の予算獲得努力の必要性が提言された。また計算機科学を本センターの新しいミッションとして推進し、ハードウェア・ソフトウェアの両面で世界をリードすべきであると提言された。次回の国際評価委員会について、LHC実験第3期運転完了時の開催を予定する。

#### ● 共同利用・共同研究拠点について

共同利用・共同研究拠点に関して、浅井協議員から報告があった(資料3)。今年度開催された3回の国立大学研究所・センター組織の会議において、拠点の評価方法について議論された。第3期中間評価より絶対評価から相対評価に評価方法が変更になったが、第3期最終評価も同様の評価方法となる見込みである。また第3期最終評価と第4期申請準備のための情報共有が行われた。今後1年かけて、第4期申請に向けた計画が策定される。

#### ● LHC実験報告

LHC加速器とATLAS実験の状況について石野協議員から、ATLAS地域解析センター関係について田中協議員から、また、物理解析の成果について奥村協議員から

報告があった（資料4）。

2018年12月にLHC Run2を完了し、LHC加速器は現在運転休止期間にある。2019年12月にはLHC Run3の運転計画について、運転再開は2021年5月の予定とし、またRun3の運転期間を4年間とすることが発表された。Run3では衝突エネルギーについて、LHC加速器のデザイン値である14 TeVに到達することが公式な予定とされているが磁石のトレーニング結果はその準備に必要な期間が当初の予定よりも大幅に長くなることを示唆するものであった。LHC Run3における物理成果を最大化すべく、加速器グループ、実験グループ、CERN執行部によって衝突エネルギーについて運転シナリオが検討されている。現在、前段加速器の大規模な更新が進行中で、これにより beam brightness を2倍以上向上可能な入射器のデザインとなる。LHC加速器は安定動作のためのメンテナンス中である。Run3ではRun2と同様ルミノシティレベリング技術を導入するが、最高輝度を11時間以上維持する運転モデルとなり、1年間で $100 \text{ fb}^{-1}$ のデータ収集が可能となる。これはRun2の2倍のデータ収集速度に相当する。ATLAS実験の検出器・読み出しトリガーのアップグレードも並行して進行中で、本センターはLevel-1 ミューオントリガーシステムの改良、Liquid Argon カロリメーターエレクトロニクスの改良に取り組んでいる。これらは共に事象の取捨選択を決定するトリガーシステムの能力向上を目的としている。最近の研究成果の状況が報告され、Liquid Argon カロリメーターのエネルギー補正について議論が交わされた。2027年開始の高輝度LHC実験に向けたミューオントリガー高度化のためのR&D研究も遂行中である。

2019年1月15日現在、902本の論文がATLAS実験から投稿されている。本センターの教員はそれぞれの得意分野を生かしATLAS実験コミュニティーでリーダーシップをとって活躍している。

Run2データ解析が進行中で、Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) は、ATLAS実験では特にMCデータ生成に活用されている。常時40万程度のジョブが実行されており、その90%はMCデータ生成のジョブであった。2019年1月より地域解析センター第5期システムの運用を開始し、安定した運転を実現しWLCGに貢献している。2019年の運転予定期間に対する運転実績は100%であった。地域解析センターはSINETが提供する欧州線・米国線を活用しているが、ともに100 Gbpsの通信帯域が確保された。SINETにより提供される帯域を有効に活用し、地域解析センターにおけるデータ通信量は、2019年中ピークで日平均1000 MB/sに達した。CERNでの計算機システムも従来通り運用しており、ATLAS日本の研究者に対して計算機資源を提供している。本サテライトシステムは年間を通して活発に利用された。さらに将来に向けてのコンピューティング技術開発研究も進めてきた。スパコンの素粒子実験への応用研究として、国内のスパコンを用いてATLAS実験のためのMCデータ生成を行う手法を確立した。開発された

手法は東京大学の Reedbush と呼ばれるスパコンを用いてデモンストレートされた。機械学習の素粒子物理への応用研究として、グラフネットワークを用いた実験データ解析手法の開発に取り組んでいる。量子コンピュータの応用研究として、量子コンピュータを用いた機械学習や、飛跡再構成アルゴリズムの研究に取り組んだ。これらの応用研究について現在論文を執筆中である。また量子コンピュータの研究では米国カリフォルニア大学バークレー校およびバークレー研究所と共同研究を開始し、2019年10月にはバークレー研究所にてワークショップも開催した。本センターは教員4名を派遣しこれを共催した。例年通り、若手育成のためのコンピューティングサマースクールがKEKで2019年7月29日～8月3日の日程で開催され、本センターは5名の教員を講師として派遣し貢献した。

物理解析では、現在 Run2 全データ解析が進行中である。本センターは SUSY 探索、Exotics 新物理探索、Higgs 粒子測定に重心をおいて ATLAS 実験コミュニティーの中で主導的に研究を進めてきた。新しい b-tagging 手法の開発研究等も行い、Run2 データ解析の高度化にも貢献している。また昨年度から継続して、ATLAS 日本グループとしての解析研究を組織化して進めており、戦略的な解析研究の遂行と、大学院生のサポート体制の充実を狙う。CERN に常駐する本センターの教員はリーダーシップをとってこの活動に貢献しており、今後も発展的に活動を進めていく。新物理探索としてダイレプトン共鳴探索、超対称性粒子探索として gluino, squark 対生成事象探索、低運動量 b-jet 同定技術の開発についての研究が紹介された。伝統的な解析についても高度化の研究を進めており Run3 や高輝度 LHC 実験時代のデータ解析を見据えた研究体制になっている。超対称性粒子探索に用いられた機械学習による探索感度の向上について議論が交わされた。

- MEG 実験報告

森協議員から MEG 実験の状況について報告があった(資料5)。素粒子センターからはスタッフ3名が PSI に常駐し、ランコーディネーターやコンピューティング責任者等の要職を担当している。学生も7～8名常駐し物理ラン開始のための準備に貢献している。読み出しエレキの量産が遅れているが2020年秋頃に完了の見込みである。2018年よりドリフトチェンバーのワイヤーが切れるという問題への対応を進めており、2019年9月に国際評価委員会を組織して提言を受けた。さらに INFN にて二台目のドリフトチェンバーを製作中で、来年の夏に完成予定であり、物理ランにおいて現在のチェンバーに問題があった場合、交換が可能な体制を整えている。2019年のビームタイムの終わり頃に、ミューオンをターゲットに輸送するための輸送ソレノイド磁石の断線があった。停電への対処と、それに続く復旧作業において、コイル内で急激な温度変動が生じ断線がおこったと考えられている。断線箇所の特定はこれからで、ソレノイド内部の断線であると修理に時間を要するため注視している。2019年の試運転中に液体キセノン検出器に使っている

光センサーである MPPC と PMT の放射線損傷が確認され、その理解が進んだ。ビームレートに対して PMT のゲインが線形以上の速さで劣化することが明らかとなったが、ゲインの調整により対応可能であると考えられる。また MPPC の光子検出効率 (PDE) の劣化も確認されたが、アニーリングで回復することも判明している。アニーリングを含めた最適な運転モデルを確立して対応する。上流側に追加で設置する輻射崩壊同定用カウンターとして超低物質質量 RPC ガス検出器の開発が進行中である。試験機を用いた試験により十分な性能を持つことが示され、実機制作に移行している。実験全体として多くの困難があったが、一つ一つ解決している段階で、2020 年中にデータ収集を開始する予定である。今年の後半は共通のビームラインを使用する Mu3e 実験ランも始まることが予想され、迅速にデータ収集を開始することが肝要であると認識している。また今年度で科研費が終了するので 2020 年度の運転経費確保の努力が必要であるとコメントされた。MPPC の PDE の低下について原因とアニーリング手法、ソレノイド磁石の断線についての対応策、ドリフトチェンバーの問題について外部レビューの頻度について議論が交わされた。

- センター人事及び教員評価について

浅井協議員から本センター人事及び教員評価について報告があった (資料 6)。2019 年度はセンターで 3 件の人事があった。ATLAS 実験特任助教 1 名の選考 (2019 年 4 月 19 日締切) については、応募者がなかったため選考は見送られた。ILC 計画助教 1 名の選考 (2019 年 6 月 28 日締切) については、本センター特任助教の Tian Junping 氏が 9 月 1 日付で採用となった。ATLAS 実験助教 (テニュアトラック) 1 名の選考 (2019 年 12 月 2 日締切) については、選考委員会が開催され、その議事録に基づき研究協議会においてメール審議中である (2020 年 1 月 15 日現在)。本センターのすべての教員について 5 年ごと (新任は採用から 3 年後、以後は 5 年ごと) に教員評価が行われている。本年は該当者がおらずヒアリングは実施されていない。

- 連携研究機構 (学内) の参画について

浅井協議員から 2019 年 12 月 1 日に発足したマイクロ・ナノ多機能デバイス連携研究機構に本センターが参画し、量子コンピュータの研究および利用を進めることの報告があった (資料 7)。理学系のイニシアチブを取る形で、量子情報技術部門に参加する。運営委員会に浅井協議員が、幹事会に田中協議員が参加する。

### 3. 共同利用について (報告: 大谷協議員)

- 今年度の「ICEPP フェローシップ」の選考結果について報告が行われた (資料 8)。11 名の応募者の内 4 名が採択された (ATLAS 実験 2 名、MEG 実験 1 名、暗黒物質直接探索実験 1 名)。来年度も同様に公募を行う。
- 全国共同利用施設として行っている共同研究について、令和元年度の状況報告が

あった(資料9)。来年度も同様に共同研究の公募を行う(資料10)。

- 毎年恒例の ICEPP シンポジウムが今年度も令和2年2月16日から3泊4日の日程で開催される(資料11)。今回から志賀高原に会場が変更となった。41名が参加予定で、招待講師は KEK の中尾幹彦氏である。

#### 4. 概算要求について

浅井協議員から LHC 事業費の令和二年度の概算要求の結果について報告があった(資料12)。令和二年度の内示額は本年度と同額となった。文部科学省が全ての大学に対して全国共同利用・共同実施分の大幅な予算削減を行ったことにより、平成30年度に減額されている。計算機科学のプロジェクトを新規に開始することで予算の確保に努めているが、依然厳しい予算状況となっている。

#### 5. 各委員会メンバーについて

浅井協議員から各委員会メンバーについて報告があった(資料13)。運営委員会委員については来年度、武田洋幸氏(理学系研究科長)、大久保達也氏(工学系研究科長)、山本智氏(物理学専攻長)が交替する。研究協議会協議員の久野良孝協議員(大阪大学)、山本均協議員、日笠健一協議員(以上、東北大学)が定年退職や任期満了に伴い退任となる。後任として山口昌弘氏(東北大学)、中家剛氏(京都大学)、久野純治氏(名古屋大学)が選出され、来年度から協議員として就任する。なお、久野純治氏は本センター客員教授にも就いているが規則上問題はないことが確認された。参与会参与のメンバーに変更はない。

#### 6. 客員教員について

浅井協議員から今年3月末で任期満了となる客員准教授2名の後任が、津村浩二氏(九州大学)と、石川明正氏(高エネルギー加速器研究機構)に決定したことが報告された(資料14)。

#### 7. センター長候補者適任者の推薦

浅井協議員より現センター長(浅井協議員)のセンター長としての任期が今年度末で満了となることが報告された。センター長候補者適任者として、研究協議会は浅井協議員を推薦することを決定した。1月28日開催の運営委員会において審議される。

#### 8. 素粒子物理国際研究センター組織図及び規則

- 浅井協議員から教員の任期に関する規則(学内)の一部改正案について報告があった(資料15)。「測定器開発研究分野高精度機械学習プラットフォーム開発領域」部門に任期付き助教の職を設けるものである。研究協議会として異議がないことが確認された。1月28日開催の運営委員会において審議される。
- 浅井協議員からテニュアトラック制度実施要項について報告があった(資料16)。テニュアトラック制度実施のための要項と、テニュアトラック教員の任期なし教員ポストへの移行に関する内規を定めた。令和元年9月19日に運営委員会により承認された。

以上