

自己点検・評価に関する報告書 (2021年度)

2022年8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
3 量子 AI	11

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	14
1-2 研究施設の組織等	16
1-4 研究施設の国際交流状況	19
1-5 研究施設の教育活動・人材育成	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	23
2-2 共同利用・共同研究の実施状況	25
上記 1・2 にかかる記述様式の項目	39

III. 研究協議会議事録

第 18 回研究協議会議事録（案）	57
-------------------	----

I 研究活動報告

LHC-ATLAS 加速器・測定器関連報告

LHCの運転計画・予定： Long Shutdown 2の完了 → LHC Run 3の開始

2022年1月現在、LHC Run 3のスケジュールは次の通りである：

- LHC加速器の運転を2022年4月から再開し、6月中旬以降、物理データの収集を行う。
- LHC Run3を4年間（2022年から2025年まで）続けることが検討されている（1月末に最終決定）

現在進行中の加速器アップグレード・メンテナンス

Long Shutdown 2 の期間中に、LHC Run 3・高輝度LHC(2027年開始)に向けた、加速器（LHC加速器の他、前段の入射加速器を含む）のメンテナンス・アップグレードが完了した。既にPS・SPS加速器を使った物理プログラムは再開され、2021年11月にはLHCにおける陽子ビーム衝突（入射エネルギー）の試験も行われた。

・LHCへのビーム入射加速器： 初段の線形加速器の入れ替え（LINAC4）、PS-Boosterのエネルギー向上（1.4 → 2.0 GeV）の他、PS/SPS加速器の加速空洞や、ビームダンプなどLHCへのビーム入射系の性能が大きく改善された。この効果を端的にあらわすものとして、**beam brightness**（= bunch intensityを

emittanceで割った値）の向上があげられる。

図 1 は、PS-Booster における beam brightnessを示すプロットである。縦軸に beam emittance、横軸に bunch intensityをとっている。bunch intensityを beam emittanceで割った beam brightnessの値が小さいほど、つまり傾きが小さいほど beam性能が高く、高い輝度を得られる。LS2以前（オレンジ）の状態に比べて、アップグレード後（青）大幅の性能向上が得られ、コミッショニングの進行につれて（緑色）さらに性能が向上していることが読み取れる。

PSB beam brightness

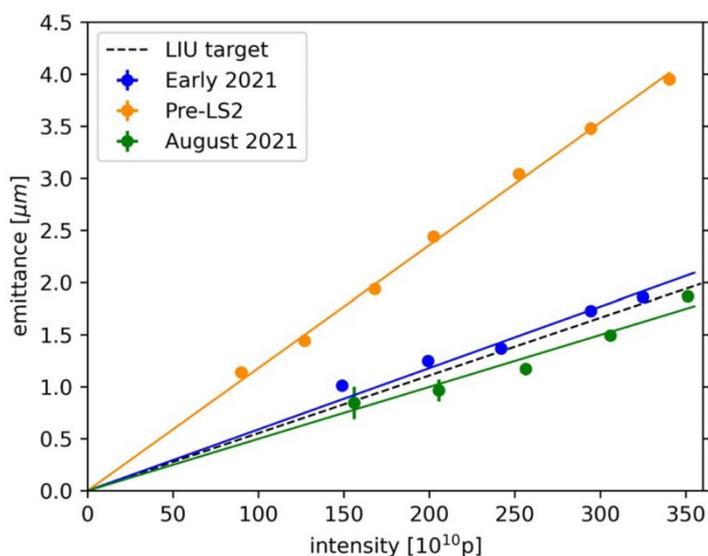


図 1：縦軸に beam emittance、横軸に bunch intensityをとっている。bunch intensityを beam emittanceで割ったものが beam brightnessであり、値が小さいほど、つまり傾きが小さいほど beam性能が高く、高い輝度を得られる。LS2以前（オレンジ）の状態に比べて、アップグレード後（青）大幅の性能向上が得られ、コミッショニングの進行につれて（緑色）さらに性能が向上していることが読み取れる。

・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）が行われた。すべてのセクターを1.9Kに冷却する作業が完了し、所定の磁場へ到達させるためのクエンチトレーニングが始まっていたが、機器の故障に伴う部品交換の必要が生じて、室温への回復、後の冷却、通電テストといったことが複数のセク

ターで行われた。現在は、S2-3がコミッショニングを律速しているが、この通電テストが3月中に完了する見込みである。また、陽子衝突のエネルギーは13.6 TeVとする予定である。

前述の前段加速器の大幅な改良に伴い、LHC加速器のオペレーションスキームも Run 3 で大きく変更される。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 (β^* 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 fb^{-1} 、**1年で 100 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 Run 3 に向けたATLAS実験アップグレード

2022年に再開されるLHCの第3期運転 (LHC Run 3) に向け、測定器システムのアップグレードを行っている。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向上を目的としている。LHC Run 2では、不要であると判別しきれずに記録していた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有意義に利用することで、新しい物理事象の探索範囲を拡大する。また、加速器の輝度が大幅に向上する高輝度LHCの実験環境に耐えるトリガーをひと足早く導入して、実データを使って性能を引き出していく方針である。

2021年度は、COVID-19感染拡大防止のため CERNへの渡航・入構が制限される中、現地に残っている本センタースタッフが日本からのリモート研究をサポートし、大学の枠を超えたりモート共同研究体制を築き、スピードを損なうことなくシステムコミッショニングを進めた。

- (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と高速リアル通信技術を用いて開発された新しいハードウェアを駆使して、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導入する。ICEPPのメンバーは、新たに導入したトリガー出力の読み出しシステムの構築、全エレクトロニクスを制御するオンラインソフトウェアの再構築を行いながら、システム全体のコミッショニングを主導している。
- (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した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10倍細かい領域単位ごとにエネルギーに変換するエレクトロニクスの新規導入を完了し、コミッショニングを続けている。現在、安定運用に向けてファームウェアおよびソフトウェアの改善を進めている。ICEPPのメンバーは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並行し、高輝度 LHC に向けたミューオントリガー高度化の R&D を行っている。2021 年度はミューオントリガー高度化の中核を担うエレクトロニクスである試作機を作成した。試作機実機の技術性能評価試験、試作機実機を用いた本番機能の実装を進めた。特に 2021 年度は、従来の R&D から一歩深化した開発項目として、本番運用やコミッショニ

ングを見据えたレベルでの開発や実装を目指し、具体的には以下のような研究を進めた。

- **フロントエンドシステム統合試験：** 本番で必要となるタイミングキャリブレーション等を含めたデータ収集・制御のデモンストレーションを様々なケースを想定して実施し、必要な機能を備えたシステムが設計されていることを実機試験により証明した。
- **先端フロントエンド制御技術の開発と実装：** 放射線環境下に設置されるフロントエレクトロニクスを安定動作させるロバストな自律型制御システムのデザイン、開発、実機試験を行った。複雑な処理を必要とするエレクトロニクスの初期化のスマート化が実現し、たとえば LHC Run-3 までのシステムではエレクトロニクスの動作設定に数分間かかっていたものが、1 秒程度で完了するしかけを作ることに成功した。統合試験の効率化が達成されそのまま本番システムでも活用される。
- **バックエンド制御手法の高度化：** 新しいタイプの FPGA (Zynq SoC) を活用した大規模エレクトロニクスの制御機構を開発・実装した。HL-LHC (や次世代の高エネルギー実験) で広く利用される様式で、試作機を使って本番に近い環境での研究を推進した。ソフトウェアが持つ拡張性・リモート化可能性を備えた FPGA という利点を生かした次世代制御機構の開発に先駆けて取り組む。
- **先端エレクトロニクスの技術試験：** HL-LHC のミュオントリガーのエレクトロニクスは大量の光通信の I/O を活用してその基礎技術試験を主導的に進めた。1 ボードあたり入出力それぞれの速度として 2Tbps の能力を有することを実機試験で証明した。これは必要スペックを十分に上回る。
- **バックエンドエレクトロニクスの機能実装：** 特にデータ読み出し部分のファームウェアのデザインを本番におけるファイバー接続計画に基づいてフルシステムの実装・試験を進める。さらにシステムコミッショニングを特に見据えたファームウェア・ソフトウェアのデザインを進めていて今後研究のための基礎インフラが充実しつつあり、今後の機動的な研究の発展が見込まれる。

付録・参考資料

主な ATLAS appointments (2021年度)

ATLAS-JAPAN共同代表：浅井・石野 (2021年度中に交代)

ATLAS Speakers Committee Chair：江成

ATLAS Executive Board member：石野

ATLAS CB Chair Advisory Group member：田中

Trigger Release Validation Coordinator：奥村

Higgs Working Group Convener：増渕

ATLAS POTS member: 石野

Jet Tagging Sub Group Convener：野辺

TDAQ: Level-0 Muon Trigger convener：石野

TDAQ: Level-1 Muon Phase-I Upgrade Coordinator：齋藤

ATLAS Diversity & Inclusion Contact: 奥村

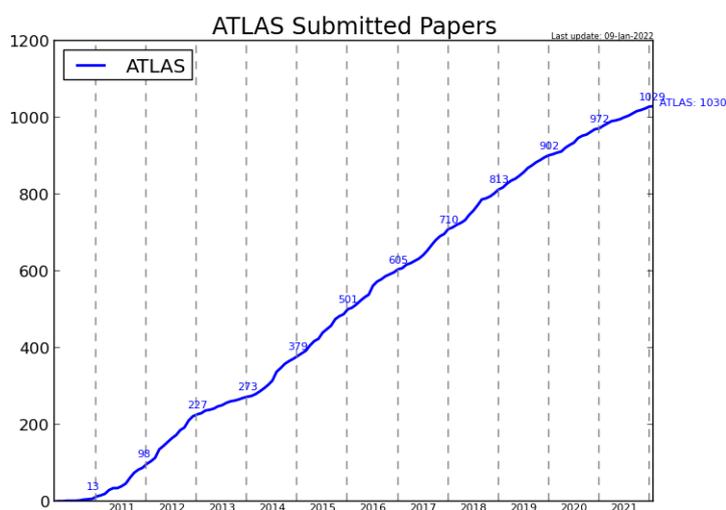


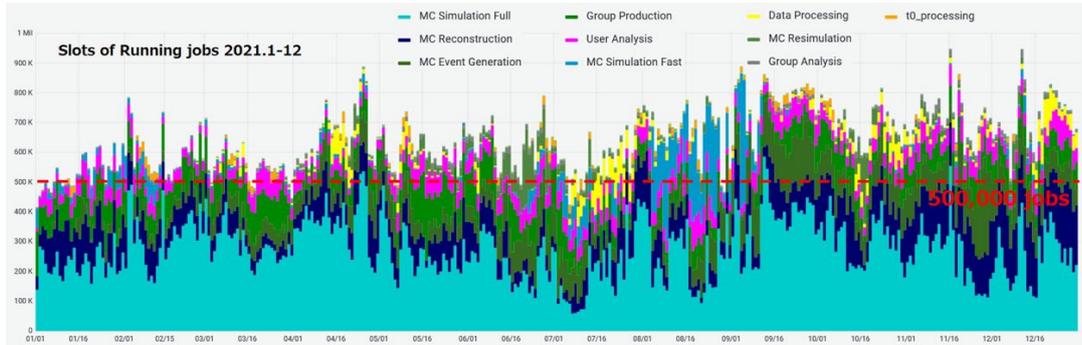
図 2. ATLAS 実験グループが投稿した論文数の時間推移。1030 本投稿済み (2022 年 1 月 9 日現在)

アトラス地域解析センター関係報告

Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)

2021 年も昨年に引き続き Run2 で取得した全データ 139fb⁻¹ を用いたデータ解析を進めてきた。モンテカルロシミュレーション(MC) データの生成に多くの計算機資源を利用した。さらに、2022 年度から始まる Run3 と同じソフトウェアバージョンを用いたデータリプロセスも開始した。図 1 は ATLAS で同時に処理しているジョ

ブ数を示し、常時 40~50 万程度のジョブが実行されていたことが分かる。これまでに蓄積されたデータ量は全



体で 600PB に迫り、この 1 年で約 100PB 増加した。 図 1. 2021 年 1 月 - 12 月の実行中のジョブ数

地域解析センターシステム

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。表 1 は 2021 年 1 年間の運転状況を示しており、通年の絶対稼働率が 98.5%、運転予定期間に対する運転効率は 99.9% でした。第 6 期システム(レンタル期間 2022-2024 年)の入札(Intel Xeon Gold 5320: 15808 CPU コア、約 22PB Disk ストレージ(RAID6 構成時)等)を行い、12 月から入れ替え作業を開始し 1 月から本格的な運用を開始する。

表 1. 2021 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	100	100	100	93	100	100	100	100	100	93	100	96	98.5
効率	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99.9

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 を通して行われており、SINET が提供する欧州線や米国線(ともに 100Gbps)を利用した。本センターはこれらの回線のメインユーザーで、図 2 は 2021 年における地域解析センター

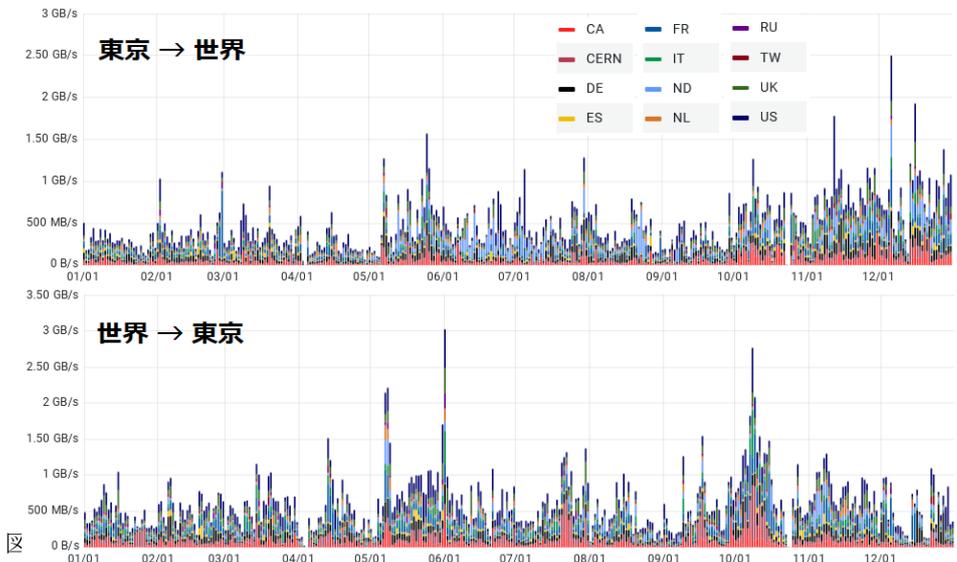


図 2

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 2.5GB/s (=20Gbps)を超えることもあった。2021 年の総転送量は東京サイトから外部(「東京→世界」)へ 15.2PB、その逆(「世界→東京」)が 19.3PB で SINET を十分に活用した。

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。合わせて約 1300 コア、ディスク約 1.4PB、EOS ストレージ約 3PB の計算機資源になる。年間を通じて ATLAS 日本の研究者が利用した。2021 年度はオンプレミス環境の縮小化を進め、20 台程度の古いディスクサーバーを EOS へのデータ移行等を行い停止した。

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た。東京大学のスパコン Oakbridge-CX を ATLAS の MC 生成のシステムに組み込み長期運用(Intel Xeon Platinum 8280 x 2 個/ノード: 43,200 ノード時間)を行った。本センターの貢献として約 5%の資源増に相当する。また、世界最速(2021 年)のスパコン富岳と同じプロセッサを持つマシン PRIMEHPC FX700 を導入し、ATLAS の MC 生成等に利用するため Geant4, ROOT 等のアプリケーションの動作確認等を行った。

その他の活動

昨年度は COVID-19 の影響のため中止した「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)を 2021 年度は 8/2-6 にオンライン開催し、講師陣(5 名)として参加し ATLAS ソフトウェアや機械学習などの講習を行った(図 3)。全国から 41 名大学院生が参加した。アンケートでは「こういった講習を継続すべき」が 100%(23 名回答)、「できれば対面」という声が多数(83%)あった。今後も開催形態を問わず講習会を継続的にやっていく。



図 3. 2021 年コンピューティングサマースクール 受講生と講師@ZOOM

LHC-ATLAS 物理解析関連報告

Run 2 を通じて LHC-ATLAS 実験では 150 fb^{-1} のデータを収集し、そのうちデータクォリティーが保証された 139 fb^{-1} (94%) を使用した物理データ解析が遂行中である。並行して Run3 実験に向けたオフライン解析・オンライン解析(トリガー)のソフトウェア準備を進める。

物理解析研究においては、Covid-19 の感染拡大を防ぐために CERN 研究所への入構が制限された期間もリモート会議等を活用して活動レベルを維持し、新物理探索・測定の結果を順次公表してきた。本センターは日本国内の大学・研究機関と協力・連携をしつつ、国際的な研究環境において主導的な立場で、Higgs 物理解析・超対称性探索・Exotics 新物理探索等で研究成果を発信している。Higgs 物理解析では複数の生成・崩壊モードの測定結果を統一的に解析する STXS 微分断面解析結果と、SMEFT フレームワークを用いた dim-6 のBSM オペレータへの制限の考察結果を公表した(図 1)。加えてより現象論的なモデルを仮定したデータの解釈として 2HDM のベンチマークシナリオに対する制限の結果を公表している。また HL-LHC の最重要物理解析課題の一つと数えられるヒッグス粒子対生成探索について、ヒッグス自己結合とその異常に迫るべく探索解析が進行中で、Run2 の全データを用いた解析では標準模型が予言するヒッグス対生成の三倍までの生成断面積の仮説を棄却する結果を報告した(図 2)。今後のデータ量の向上、解析技術の改善により標準模型が予言する断面積に迫る。超対称性探索、Exotics 新物理探索、トップクォークの物理等を含む ATLAS 実験から公表されたすべての結果は以下のリンクで公開されているのでご参照いただきたい。

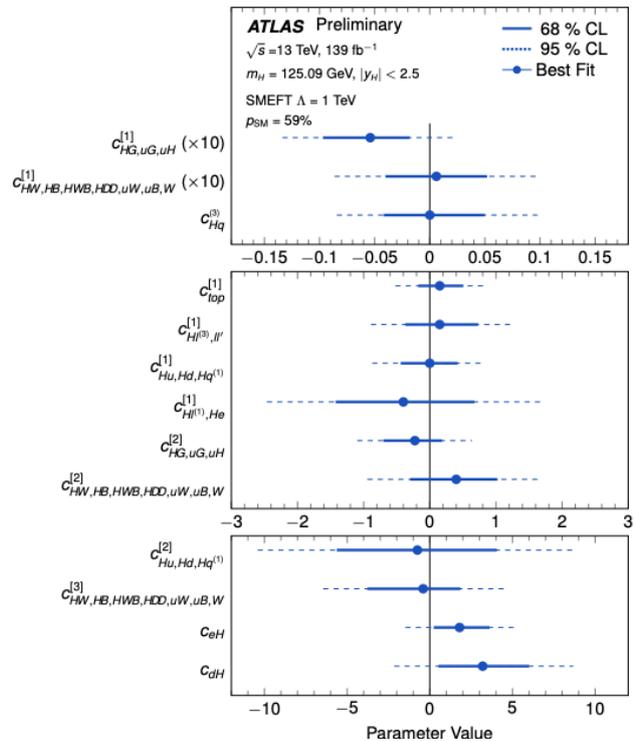


図 1. SMEFT フレームワークを用いたヒッグス相互作用に関する dim-6 のウィルソン係数の制限についての最新結果 (ATLAS-CONF-2021-053)

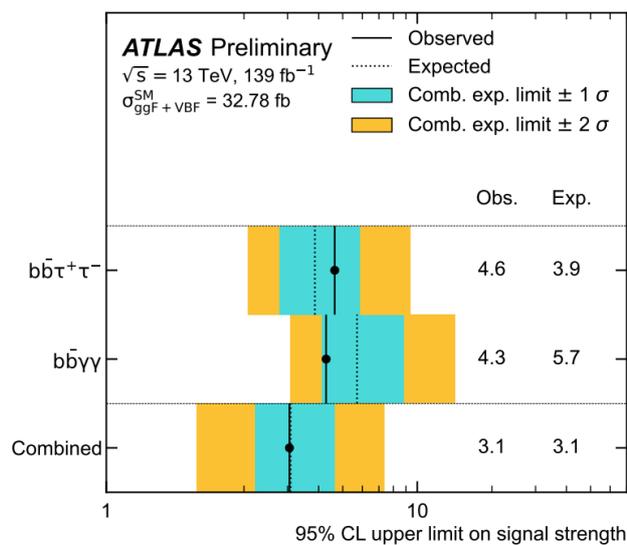


図 2. 標準模型で予言されるヒッグス粒子対生成事象探索の最新結果 (ATLAS-CONF-2021-052)

(<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic>)。公表された結果以外にも、WIMP ダークマターとなる超対称性粒子探索とそのための低運動量レプトン再構成手法の開発、重い右巻きニュートリノを含む右巻きの弱い相互作用モデルの探索、ATLAS Forward Proton 検出器を活用した光子・光子散乱として検出される Axion-like な新粒子探索、ダークセクター粒子の探索、機械学習を用いた b-jet 再構成の高度化等、先進的な課題を本センターの大学院生を中心として進行中で、結果が整い次第公表される。

Run2 データ解析と並行して、Run3 に向けたオフライン解析・オンライン解析（トリガー）のためのソフトウェアの開発・実装・検証が重要課題として進行中である。Run3 のデータ解析に不可欠な、新しい検出器の導入に伴うソフトウェアの修正や、Run3 での物理リーチを最大化するため、Global Particle Flow 解析の導入等に代表される再構成手法の改善が実装される。加えてさらに多くの基礎技術の刷新が行われ、具体的には（1）マルチスレッドを活用した AthenaMT フレームワークによるメモリ利用の最適化、（2）シミュレーションにおけるパイルアップ事象のモデルの最適化に伴う計算機資源の有効活用の実現、（3）カロリメータのファストシミュレーションの改善による適応範囲の拡大（従来不可能であった、ジェットの内部構造解析へもファストシミュレーションを適応可能になった）、（4）HL-LHC 時代を見据えたデータ解析モデルのスリム化（1 イベントあたりのデータ量の削減）等、大統計データを物理解析フレームワークの効率化にむけた研究も急ピッチで進んでいる。また 2021 年は上述の Run3 に向けた最新のソフトウェア性能・フレームワーク動作の包括的な検証、及び Run2 データ解析の拡張を狙って、最新の解析ソフトウェアリリースを用いた Run2 データの再プロセスのための研究も重点的に行った。最新のソフトウェアと従来のソフトウェアとの比較検討を、Run2 実データ・シミュレーションデータを用いて重点的に行い、基礎検証が完了した。これにより大規模データプロセス、シミュレーションデータ生成が開始されている。残る Run3 ソフトウェア開発も現在重点的に進行しており、2023 年のシミュレーションデータ生成の早期開始、及びデータ収集開始後のスムーズなデータプロセス開始を目指す。また、Run3 開始に向けて 2021 年末には Run3 の開始に向けた物理ワークショップが ATLAS 物理コーディネーションチームを中心して開催された。本センターは、発表、議論、ワークショップ運営において高い貢献を果たした。

また、継続して 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、かつ大学院博士課程学生のデータ解析研究に対するサポート体制の充実を図る。本センターは、共同研究拠点として本活動の運用に主導的に貢献し、また本枠組みを活用した物理成果の創出に取り組む。コロナ禍において対面での会合・指導は困難であったが、リモート会議システム等を活用した定例会合・個別の指導の機会を必要に応じて用意し、サポート体制を維持し、一部ではあるが、CERN の行動制限に留意しながら、CERN における対面での会合も再開してきた。今後も戦略的な物理解析の実現に加え、大学院生の研究指導の体制の維持・拡充に努め、柔軟かつ発展的に活動を進めていく。

リーダーシップに関しては、上で列挙したように本センターの多くの教員が各々の専門領域で要職に就いて、国際的な研究者として研究活動をリードし、活躍をしているが、特に物理解析に関連して、増助助教が Higgs 物理解析グループの代表者（2021/10-2023/9）として物理解析を率いて活躍している。

MEG 実験報告

本センターは、国内では KEK、神戸大学、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粒子の稀な崩壊 $\mu \rightarrow e\gamma$ 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。

2021 年春、読み出しエレクトロニクス WaveDREAM の量産が完了し(図 1)、ようやく全ての測定器で全チャンネルの信号を読み出すことが可能となった。検討中の幾つかのミュー粒子ビーム強度でエンジニアリング運転を実施し、各測定器の最終調整を行った。また、ビームタイム後半には試験的な物理データの取得も行った。

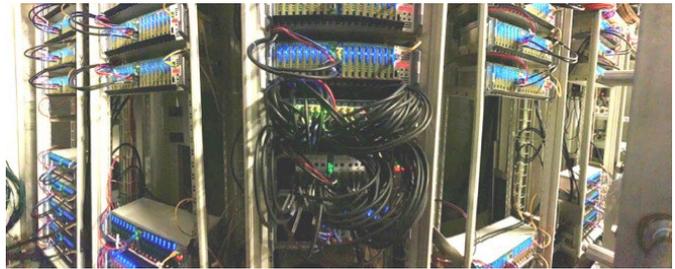


図 1 量産が完了した読み出しエレクトロニクス (WaveDREAM)

液体キセノン検出器は、光センサー (MPPC) のビーム運転中における性能劣化現象に関するさらなる調査が進められ、ビームタイム前にアニーリングによる性能回復を行うことで年間を通じた運用が可能であることがわかった。また、全チャンネルを用いた背景ガンマ線測定(図 2)、荷電パイ粒子の荷電交換 (CEX) 反応により生成した単色ガンマ線を用いた検出器較正が行われた。

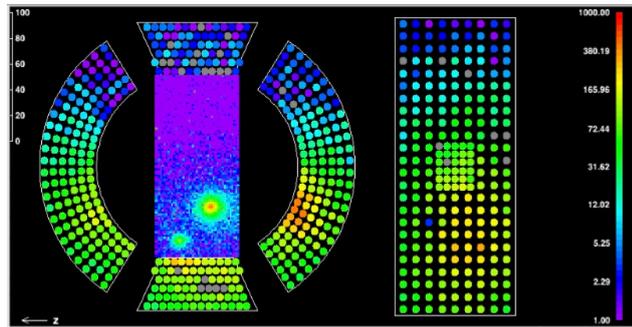


図 2 液体キセノン検出器による背景ガンマ線事例

陽電子飛跡検出器 (ドリフトチェンバー) については、昨年最適化された安定動作のための添加ガス条件でコンディショニングを行い、各ビーム強度での安定動作を確認した。ノイズ調査、ミュー粒子通常崩壊からの背景陽電子の飛跡測定、運動量分布測定などが行われた(図 3)。

依然コロナ禍における一定の制限はあったものの、PSI では通常通り加速器運転が行わ

れ、本センターからもスタッフ(3名)および大学院生(博士4名、修士2名)がPSIに長期滞在し、エンジニアリング運転に大きく貢献した。岩本助教はランコーディネータとしてエンジニアリング

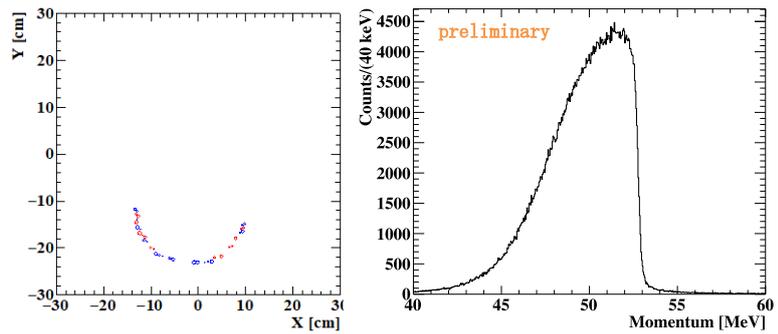


図3 (左)ドリフトチェンバーによる背景陽電子事象例
(右)背景陽電子運動量スペクトル

運転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最終調整作業を指揮した。また、内山特任助教、潘特別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最終調整作業を主導した。

2022年は、いよいよ本格的な物理データ取得を開始する予定である。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Mu3e実験他の実験グループの動向に依存するが、3~4年のデータ取得で目標感度に到達することを目指す。

2016年にハンガリー・Atomki研究所で観測されたBe原子核の脱励起反応におけるアノマリは、未知のボゾン(質量17MeV)による可能性があり注目されている。2022年のビームタイム前の期間を利用して、液体キセノン検出器較正用の低エネルギー陽子加速器およびドリフトチェンバーを用いて、Atomkiアノマリを高精度に検証する実験を行うことを計画している。

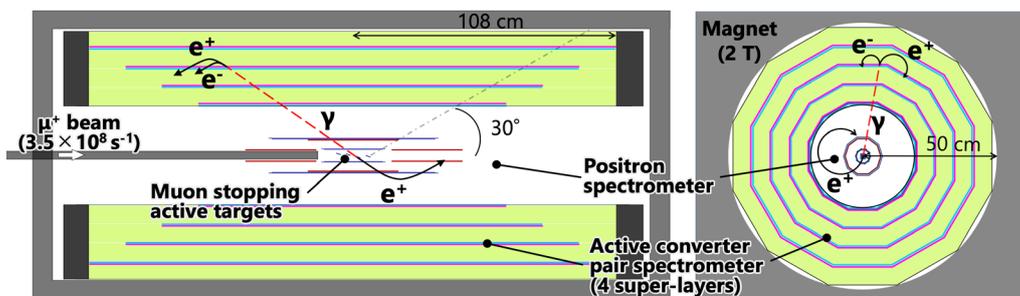


図4 $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索将来実験概念設計

また、PSI のミューオンビームを 100 倍以上増強する計画(HIMB 計画)があり、これを利用して MEG II 実験を大幅に上回る探索感度を実現する将来実験のための研究開発を開始した。新しい $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索実験(図 4)では、アクティブコンバーターを用いたペアスペクトロメータ型ガンマ線測定器、超薄型シリコンピクセルセンサーを用いた陽電子測定器など、MEG 実験とはまったく異なるコンセプトで測定精度を大幅に改善し、崩壊分岐比感度 $\mathcal{O}(10^{-15})$ を目指す。新しい実験装置ではアクセプタンスも大幅に拡大するため、MEG II で発見した $\mu \rightarrow e\gamma$ について、崩壊分岐比だけでなく崩壊角分布の測定も可能になる。これにより $\mu \rightarrow e\gamma$ の背後にある新物理の特定に繋がる知見を得ることができる。PSI の HIMB 計画は 2027-2028 年頃の実現を目指しており、MEG II 実験の目標感度到達後、速やかに将来実験に移行することができる。

2021 年度より基盤研究(S)「世界最高感度のミュー粒子稀崩壊探索で迫る素粒子の大統一」(研究代表者 大谷航)が採択され、これにより MEG II の実施および将来実験のための研究開発を進める。本科研費で雇用する Lukas Gerritzen 氏(現 ETHZ 博士課程)が 2022 年 4 月から特任助教として着任予定である。

また、本年度、新たに神戸大学の越智敦彦准教授のグループが MEG II コラボレーションに加わることになった。

量子 AI 関連報告

AI: Multi-step AI の開発と素粒子実験への最新 AI 手法の適応

本学の Beyond AI 研究推進機構 (SoftBank との連携事業) の中で、素粒子物理学実験と機械学習の分野を横断する研究を実施してきた。物理データ解析のように複数のステップの処理を機械学習で行い、全体のアーキテクチャーを複数のモデルから選択し、さらにそれぞれのモデルを同時に最適化するフレームワーク Multi-step AI (図 1) を DARTS、SPOS-NAS、ASNG-NAS を利用し開発した。その成果は CHEP 2021 で発表した (arXiv:2106.02301)。さらに、最新 AI 手法の素粒子実験への応用として (1) 転移学習を用いて機械学習モデルの再利用や少ない教師データ的环境下でデータ解析を実現する手法、(2) MLP-Mixer などの新しい AI 手法を用いて gluon と quark の分離改善、(3) 複数ステップの深層学習モデルを全体最適化のために同期して学習させる手法、(4) 素粒子データの中に潜んでいる対称性の発見方法の開発などの研究を行ってきた。素粒子実験分野で機械学習のエキスパートである Michael Kagan 氏 (SLAC) と Lukas Heinrich 氏 (CERN) と定期的な会合を行い、助言を得ながら進めた。

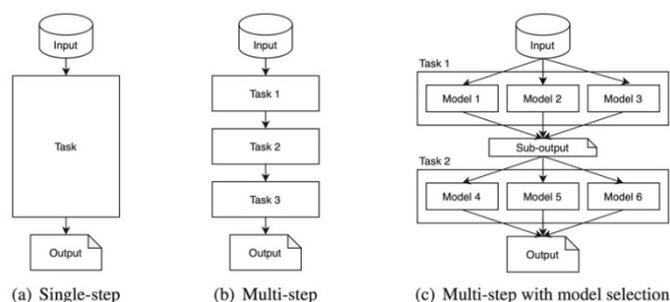


図 1: Multi-step AI の概念図

量子: 量子回路最適化

量子ゲートのエラーやキュービットが量子的な状態を保持する時間の短さなどの制約がある中で、量子コンピュータの実用化のため、AQCEL と呼ばれる量子回路最適化プログラムを開発した (arXiv:2102.10008)。不要な操作を除いて回路を短くする処理の中で量子コンピュータを用いる新たな手法により、最適化にかかる計算量を大幅に短縮できる。パートンシャワーのシミュレーションでは、ゲート数が 1/10 になり、そのまま走らせるよりも高い精度で実機で計算ができることを確認した。この研究は 2020 年から日米科学術協力事業の支援を受けており、米国の UC Berkeley/LBNL との共同研究として進めた。

量子: 量子コンピュータの物理データ解析応用

量子コンピュータは組合せ最適化問題である粒子トラッキングや、分類問題である粒子種の同定や物理解析での信号事象の抽出などへの応用が期待される。また、確率分布を正規化のための積分無しで得られる特徴を活かして、シミュレーション等のサンプリングに利用できる可能性がある。現在は、アニーリング型の量子コンピュータを用いたトラッキングの改良と MC 事象生成に取り組んでいる。

量子：産学協創

東京大学とIBMのパートナーシップに基づいて、IBM 東大ラボでの共同研究をIBMと開始した(<https://itl.adm.u-tokyo.ac.jp>)。カスタム量子ゲートの開発と量子回路の最適化、量子計算機での機械学習を高エネルギー物理に応用する手法について研究を推進している。

量子イノベーションイニシアティブ協議会(QII)の枠組みの中で企業数社と契約し、それぞれの共同研究の中で将来の産業応用へ向けて基礎研究と人材育成を行っている。QIIの中で、日本に最初に設置された量子コンピュータ(IBM Quantum Kawasaki)を利用して研究を推進している。また、IBM Quantum-東京大学コラボレーションセンターを設置し、QIIメンバーの交流やセミナーに利用している(<https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20210806.html>)。



図2: IBM Quantum-東京大学コラボレーションセンター

量子：量子コンピュータによる物理モデル計算

量子コンピュータは、量子現象である素粒子現象の計算への応用に適していると考え、場の量子論に基づく計算手法の研究を行っている。一次元空間でのQEDであるシュウィンガーモデルを用いて、トポロジカル項を持つ理論の数値計算シミュレーションを行った(arXiv:2105.03276)。現在は、より大規模なシュウィンガーモデルの計算を精度よく行うための手法を研究している。さらに粒子の散乱の計算やカイラル凝縮などの現象の計算への応用を考えている。

量子：量子機械学習

古典情報よりも非常に広大な量子情報をを用いる量子機械学習の実用に向けて研究を行っている。問題の規模が大きくなると学習が進まなくなる現象はBarren Plateauとして知られているが、その解決のために解きたい問題個々の前提知識を利用することができる。素粒子物理モデル計算への応用を考え、粒子数が保存する系に適用できる手法の性質の理解に取り組んでいる。



図3: CERN Resources Review Boards 資料(抜粋)

量子機械学習の物理データ解析への応用について、CERN openlabとの共同研究を進めてきた。2020年9月に開始したCERN Quantum Technology Initiative(QTI)(<https://quantum.cern>)には立ち上げから参加し、量子機械学習の応用研究を引き続き推進している(図3)。

量子：量子トリットの利用

通常の量子ビットで用いる基底状態と第一励起状態に加え、第二励起状態も計算に利用する量子トリットを利用する研究を開始した。量子トリットを用いることで従来のものに比べて、ゲート操作にかかる時間を1/3程度にできるマルチコントロールゲートを考案した(arXiv:2109.00086)。これによってゲートのエラー率を低減し、より精度の高い計算が可能になる。

量子：人材育成

量子ネイティブ育成センター(<http://qnec.jp/>)を新たに立ち上げ、量子コンピュータ応用の教育を開始した。学部3,4年生向けの講義「IBM Qを用いた量子コンピュータ実習:ハードとソフトで学ぶ」をSセメスタで開始し、ソフトとハード両面での教育を行っている。

また、教材の一部(量子コンピューティング・ワークブック)は一般公開し、広く利用されている(<https://utokyo-icepp.github.io/qc-workbook/welcome.html>)。

量子：全国共同利用

共同研究公募の課題テーマに「量子コンピュータの応用研究」を新しく設け、国内私立大学と進めている。また、Panagiotis Spentzouris氏(Head of Quantum Science, Fermilab Quantum Institute)他を講師に招き、オンラインによるICEPP量子セミナーを2度開催した。

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	ふじい てるお 藤井 輝夫
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(CERN)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3年度(R4.3.31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歳未満)	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歳未満)	以下(若手数(35歳以下)
教授	4				(1)					1					5		
准教授	5			(1)											5		
講師															0		
助教	17		(2)	(8)	(7)	(7)			(6)	(6)					17		
助手															0		
技術職員	1														1		
事務職員	2	(2)									3	(3)		(2)	(2)	5	
その他	3		(2)	(3)	(3)	(3)		(2)	(3)	(3)						3	
合計	32	(2)	(4)	(12)	(10)	(11)	(0)	(2)	(9)	(9)	1	3	(3)	(0)	(2)	(2)	36

※()は現員数の内数

○その他人員(R4.3.31現在)

特任研究員 2人、日本学術振興会特別研究員PD 1人

※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

[単位:人]

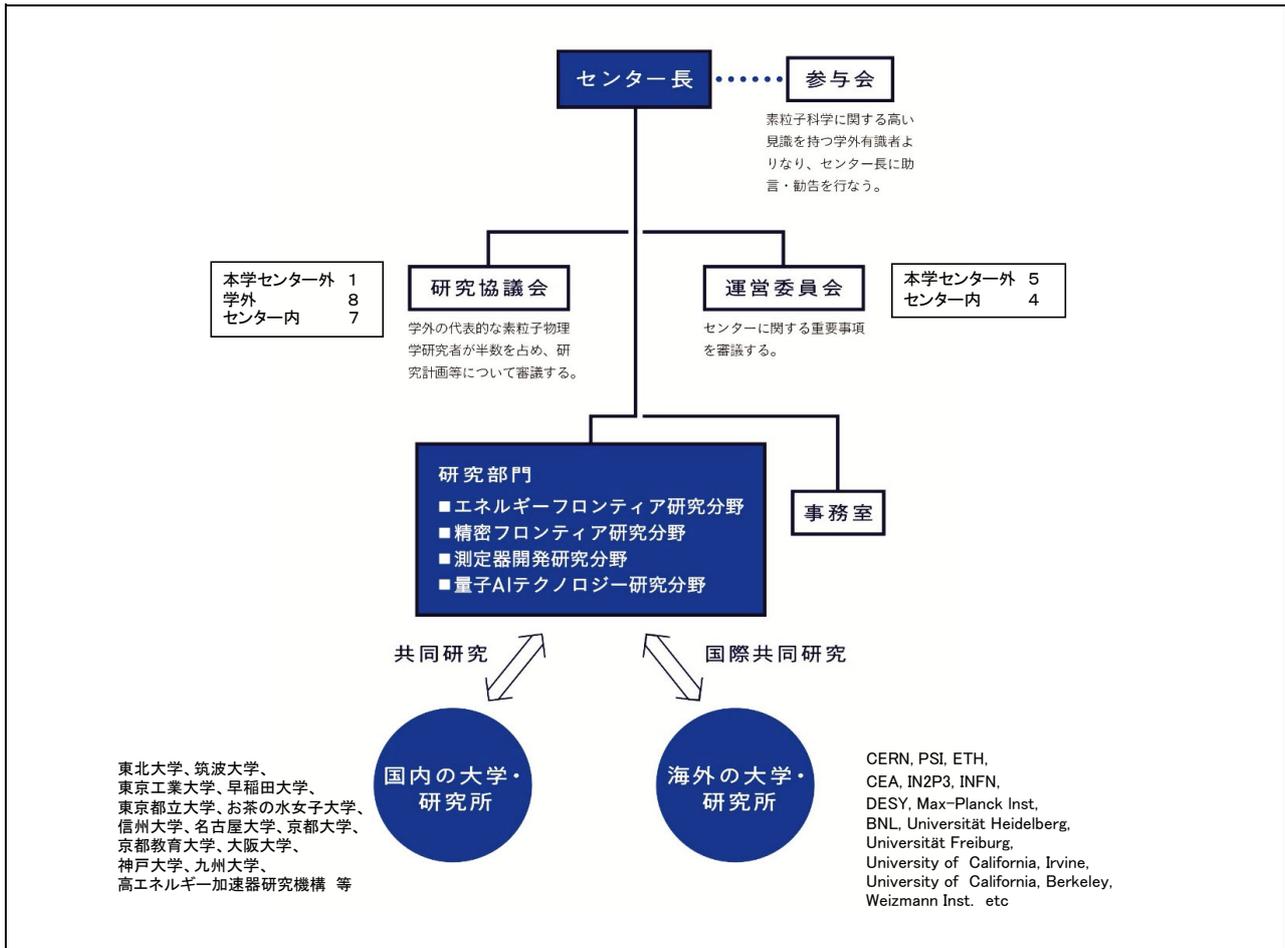
	令和3年度						
	転入等			転出等			
	総数	(新規採用者数)	(内部昇任者数)	総数	(退職者数)	(転出者数)	(内部昇任者数)
教授	0			0			
准教授	0			0			
講師	0			0			
助教	3	2	1	2	1	1	1
助手	0			0			
合計	3	2	1	2	1	1	1

②転入元・転出先一覧

令和3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	ワインツマン科学研究所	PD	助教	高エネルギー加速器研究機構	助教
	ペンシルバニア大学	PD			
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 東京大学基本組織規則
- *別紙 東京大学素粒子物理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 東京大学素粒子物理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 東京大学素粒子物理国際研究センター第18回研究協議会議事録(案)等

7. 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4年 1月19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、本拠点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)依然として海外渡航が制限されるなか、次期アップグレード実験に照準を合わせて、教員・大学院学生の派遣機会を増やしたり、現地との連携によるリモート共同研究を強化する等、あらゆる対策が講じられていることが評価された。 (2)世界トップレベルの研究機関における最先端の研究体制に接することのできる教育環境で、多くの大学院学生を育成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さらに改善されていることが評価された。 (4)大学が推進する量子イニシアティブ構想や産学協創の各プロジェクトに深く関与し、新しい教育・研究モデルの開拓に挑戦していることが高く評価された。 (5)共同利用・共同研究拠点として中間評価Aから期末評価Sにランクアップしており、第4期も新たなビジョンを掲げて、日本全体をリードしてほしいとのコメントがあった。	(1)CERNとPSIで2022年から始動する次期実験計画で最先端の研究を続け、新しい物理成果をあげるため、研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化を実現する環境をキャンパス内に構築・運用するとともに、世界情勢を踏まえつつ現地でのアクティビティ向上も計画している。 (2)大学院学生向けの講習会や成果発表会を開催するなどして、未来を築く卓越した人材へと導く教育活動を推進する。 (3)科学するAIの研究や、日・米・欧の3極を結んだ量子コンピュータ応用研究も順調に進行しており、大学の機能強化にも大きく関与している。 (4)センターの組織改革を目的とした規則改正を行い、研究目標や責任を明確化した。量子AIテクノロジー研究分野では、学内の教員再配分申請で獲得した准教授をヘッドとし、若手研究者を積極的に重要なポジションに起用するなど、研究者層を厚くしている。十分な研究資金調達のための共同研究を進め、学術的観点から企業に貢献する。 (5)大学のミッション実現や日本全体の研究力向上を目指し、これまでの国際展開を強化するとともに、社会課題の解決に繋がる創造的な活動にも取組む。
外部評価	該当なし			

8. その他、研究施設としての特色ある取組(該当あれば)

記述様式(33ページ)を参照

1-4. 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3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3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合同研究機構(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、宇宙線および宇宙物理に関連する実験	0	7	
	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、宇宙線および宇宙物理に関連する実験	0	4	
合計							0	11	

2. 国際的な研究プロジェクトへの参加状況

総数		令和3年度				
		7				
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3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を用いた国際共同実験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、素粒子物理学の標準理論を超える新しい物理を切り拓く。 *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、飯山悠太郎、岸本巴、野辺拓也、齊藤真彦、森永真央、Sanmay Ganguly(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、周長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7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。令和2年に更新された「欧州素粒子物理戦略」で優先順位の高いプロジェクトに位置づけられている。 *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 35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、齊藤真彦(東京大学)、Michael Benedikt, Frank Zimmermann, Michelangelo Mangano, Werner Riegler(CERN)等	

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3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ータの開発。 *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	素粒子物理学の標準理論では許されないミュオンの $\mu \rightarrow e\gamma$ 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70人が参加	森俊則、大谷航、 岩本敏幸、内山雄祐、 潘晟(東京大学)
	令和2年9月～現在	スイス アメリカ スペイン イギリス ドイツ イタリア デンマーク フィンランド	欧州合同原子核研究機構(CERN)、ジュネーブ大学、フェルミ国立研究所、オビエド大学、Cambridge Quantum、アーヘン大学、DESY研究所、INFN、パドヴァ大学、オーフス大学、Nokia	CERN Quantum Technology Initiative (QTI) は、初期のベストエフォートを超えた包括的な研究開発を学術的なコラボレーションで推進するプログラムであり、組織と高エネルギー物理学のコミュニティのさまざまなニーズをカバーしている。加盟国及び国際的なイニシアティブとのコラボレーションを確立することで、CERNは新しい量子革命の最前線に立ち、量子システムと量子情報処理の知識を進歩させ、新しいコンピューティング技術や、検出器、通信システムの開発に取り組むことを目的としている。 *日本・アメリカ・スペイン・イギリス・ドイツ・イタリア・デンマーク・フィンランド、約100人が参加	浅井祥仁、田中純一、 奥村恭幸、澤田龍、 寺師弘二、江成祐二、 増淵達也、飯山悠太郎 (東京大学) Alberto Di Meglio, Sofia Vallecorsa, Dorota Maria Grabowska 他
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・研究を行う。 *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 (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3年度	
		派遣状況	招へい状況
合計		24	0
事業区分	文部科学省事業	9	0
	日本学術振興会事業	12	0
	当該法人による事業	2	0
	その他の事業	1	0
派遣先国	①アジア	0	0
	②北米	1	0
	③中南米	0	0
	④ヨーロッパ	23	0
	⑤オセアニア	0	0
	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(33~34ページ)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3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。	7	4
	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	3
	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。	3	3
合計			12	10

1-5. 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3年度 [単位:人]	
		うち外国人
博士後期課程	16	(1)
うち社会人	0	(0)
修士・博士前期課程	20	(2)
うち社会人	0	(0)
学 部 生	0	(0)
合 計	36	(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3年度 [単位:人]	
	学内	学外
博士号取得者数	2	3

3. 留学生の受入状況

区 分	令和3年度 [単位:人]
①アジア	3
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	3

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(34～35ページ)を参照

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3年度実施計画
記述様式(36～37ページ)を参照
令和3年度実施状況
記述様式(37～38ページ)を参照

2. 中間評価結果における総合評価又は認定に伴う留意事項への対応状況

○中間評価結果における総合評価又は認定に伴う留意事項

記述様式(38～39ページ)を参照

○対応状況

記述様式(39ページ)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3年度
研究協議会	23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
山口 昌弘	東北大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学理論	学外
中家 剛	京都大学大学院理学研究科	教授	素粒子物理学実験	学外
久野 純治	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	教授	素粒子物理学理論	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
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. 研究活動の不正行為並びに研究費の不正使用等に係る事前防止、事後処理及び再発防止への対応

記述様式(40ページ)を参照

5. その他、拠点運営に係る特色ある取組(該当あれば)

記述様式(40～41ページ)を参照

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)		
	LHC-ATLAS実験の第2期実験データを用いて、超対称性粒子(Wino, Higgsino)を探索した。崩壊分岐比や信号とバックグラウンドとの分離に優れるフェーズスペースに注目した探索解析を行い、最も軽い中性の超対称性粒子(LSP)が別に存在するシナリオにおいて、WinoとHiggsinoについて1060, 900GeVまで棄却する結果を得た。		
	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3年12月	Search for charginos and neutralinos in final states with two boosted hadronically decaying bosons and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$ with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 104 (2021) 112010	ATLAS Collaboration
2	成果の概要(150字程度)		
	LHC-ATLAS実験の第2期実験データを用いて、4つのトップクォークが生成される事象の断面積を測定した。従来のマルチレプトンチャンネルに加えて、1, 2レプトンチャンネルを追加して解析することで、十分な統計的有意さで(4シグマ)観測に成功した。断面積は $24+7/-6\text{fb}$ と観測され、標準理論の予言と標準偏差の2倍の範囲で一致する結果である。		
	当該成果をまとめた代表的な論文あるいは研究書等		
	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3年11月	Measurement of the $t\bar{t}$ production cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS detector, JHEP 11 (2021) 118	ATLAS Collaboration
3	成果の概要(150字程度)		
	LHC-ATLAS実験の第2期実験データを用いて、標準理論では記述されないbクォーク、sクォーク、2レプトンの短距離相互作用を探索した。B中間子崩壊を用いたレプトンフレーバーユニバーサルリティの試験結果が示唆する新しい相互作用の構造である。解析の結果、超過は観測されなかったため、短距離相互作用の結合に対する上限を示した。なお、この上限はB中間子崩壊示唆する結合定数の精度にはまだ至っていない。		
	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3年10月	Search for New Phenomena in Final States with Two Leptons and One or No b-Tagged Jets at $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$ Using the ATLAS Detector, Phys. Rev. Lett. 127 (2021) 141801	ATLAS Collaboration
4	成果の概要(150字程度)		
	LHC-ATLAS実験の第2期実験データを用いて、ヒッグスセクターの拡張について、特に複素スカラー1重項を新たに導入した場合に期待されるヒッグスポソンが、未知の擬スカラーに崩壊する過程をbbmm最終状態で探索した。擬スカラーの質量にして52GeVに局所的なデータの標準理論予想からの逸脱が確認され、ローカルp値は3.3シグマに対応し、グローバルp値は1.7シグマに対応する逸脱であった。		
	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4年1月	Search for Higgs boson decays into a pair of pseudoscalar particles in the $b\bar{b}\mu\mu$ final state with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$, Phys. Rev. D 105 (2022) 012006	ATLAS Collaboration
5	成果の概要(150字程度)		
	MEG実験の検出器をアップグレードしたMEG II 実験では、共同研究により液体キセノンガンマ線検出器、陽電子ドリフトチェンバー、陽電子タイミングカウンター、輻射崩壊カウンターなどの準備が大きく進展した。実際のミュオンビームラインにおいてこれらの検出器の性能や効率などについて評価したところ、今後3年間の物理データ取得により、MEG実験のおよそ10倍の実験感度に到達することが示された。		
	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3年8月	The Search for $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ with 10^{-14} Sensitivity: The Upgrade of the MEG Experiment, Symmetry 13(9) (2021) 1591	MEG II Collaboration

※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3年度(9年)	本拠点の共同研究・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3年度(9年)	本拠点の共同研究・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、基盤研究)	平成22年～令和7年度(16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発展させることで、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)の実現が可能となった。本拠点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。
国際リニアコライダー(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3年度(11年)	本拠点が共同研究・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。

③拠点における受賞状況

受賞総数	令和3年度		
	4		
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
山崎 友寛	第16回日本物理学会若手奨励賞	令和3年10月	Search for Supersymmetric Partners of the Top Quark with Leptonic Signatures
山崎 友寛	2021年度高エネルギー物理学奨励賞	令和3年10月	Search for Supersymmetric Partners of the Top Quark with Leptonic Signatures
舘野 元	日本物理学会2021年秋季大会学生優秀発表賞	令和3年10月	LHC-ATLAS実験における前方陽子検出器を用いた二光子共鳴探索の背景事象推定
水原 慎一	第45回量子情報技術研究会(QIT45)学生発表賞	令和4年2月	整数変数・整数係数多項式関数への勾配推定量子アルゴリズムについての研究

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3年度		うち国際学術誌掲載論文数		備考
	0	(0)	0	(0)	
化学	0	(0)	0	(0)	
材料科学	0	(0)	0	(0)	
物理学	80	(80)	73	(73)	
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	80	(80)	73	(73)	

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3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		

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3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	1	(1)	0	(0)	
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	1	(1)	0	(0)	

※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。

該当なし

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3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3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	79	(79)	73	(73)	
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	79	(79)	73	(73)	

※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3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
Journal of High Energy Physics	5.810	17	令和3年4月	Search for new phenomena in events with two opposite-charge leptons, jets and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 04 (2021) 165	ATLAS Collaboration
			令和4年1月	Search for exotic decays of the Higgs boson into bb^{-} and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 01 (2022) 063	ATLAS Collaboration
Physical Review D	5.296	9	令和3年12月	Search for charginos and neutralinos in final states with two boosted hadronically decaying bosons and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 104 (2021) 112010	ATLAS Collaboration
Physics Letters B	4.771	5	令和3年5月	Measurement of the associated production of a Higgs boson decaying into b-quarks with a vector boson at high transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 816 (2021) 136204	ATLAS Collaboration
			令和3年11月	Search for resonances decaying into photon pairs in 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 822 (2021) 136651	ATLAS Collaboration
European Physical Journal C	4.590	20	令和3年4月	Optimisation of large-radius jet reconstruction for the ATLAS detector in 13 TeV proton-proton collisions 81 (2021) 334	ATLAS Collaboration
			令和3年7月	Muon reconstruction and identification efficiency in ATLAS using the full Run 2 pp collision data set at $\sqrt{s} = 13$ TeV 81 (2021) 578	ATLAS Collaboration
			令和3年7月	Search for squarks and gluinos in final states with one isolated lepton, jets, and missing transverse momentum at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector 81 (2021) 600	ATLAS Collaboration
Machine Learning: Science and Technology	2.940	1	令和4年3月	Quantum machine learning in high energy physics 2 (2022) 011003	<u>Wen Guan</u> , <u>Gabriel Perdue</u> , <u>Arthur Pesah</u> , <u>Maria Schuld</u> , <u>Koji Terashi</u> , <u>Sofia Vallecorsa</u> and <u>Jean-Roch Vlimant</u>
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A	1.167	1	令和3年5月	Timing resolution of a plastic scintillator counter read out by radiation damaged SiPMs connected in series 999 (2021) 165173	<u>G. Boca</u> , <u>P.W. Cattaneo</u> , <u>M. De Gerone</u> , <u>F. Gatti</u> , <u>M. Nakao</u> , <u>M. Nishimura</u> , <u>W. Ootani</u> , <u>M. Rossella</u> , <u>Y. Uchiyama</u> , <u>M. Usami</u> , <u>K. Yanai</u>

(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、主なものについて記載してください。
※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3年度		
	うち国際共著		
主なもの			
研究書の名称	編著者名	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について、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(該当あれば)。

記述様式(42ページ)を参照

○その他、特色ある共同研究活動成果の実績(異分野融合・新分野創出の成果等を含む)についてアピールポイントを記載してください(該当あれば)。

記述様式(42ページ)を参照

○当該研究所等における被引用論文数の調査・分析を実施している場合は、当該調査の結果を分野ごとに記入し、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(該当あれば)。(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	75,914	1,386	49.8	平成22年～ 令和3年	Scopus (エルゼビア社)	令和4年度6月に調査 TOP10論文数690編

○上記における調査とは別の方法で実施した被引用論文数の調査・分析について、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(該当あれば)。

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 (2012) 1-29	ATLAS Collaboration	7,133
	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	992
	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	650

分野名	論文名	発表者名	引用数
物理学	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	541
	New constraint on the existence of the $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ decay, Phys. Rev. Lett 110 (2013) 201801	MEG Collaboration	465
	Muon reconstruction performance of the ATLAS detector in proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV, Eur. Phys. J. C 76 (2016) 292	ATLAS Collaboration	382
	Performance of the ATLAS trigger system in 2015, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 317	ATLAS Collaboration	354
	FCC-hh: The Hadron Collider: Future Circular Collider Conceptual Design Report Volume 3, Eur. Phys. J. Spec. Top 228 (2019) 755-1107	FCC Collaboration	258
	Search for new phenomena in the dijet mass distribution using pp collision data at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 91 (2015) 52007	ATLAS Collaboration	254
	Search for new high-mass phenomena in the dilepton final state using 36 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector, JHEP 10 (2017) 182	ATLAS Collaboration	248
	Search for new phenomena in final states with an energetic jet and large missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector, Eur. Phys. J. C 75 (2015) 299	ATLAS Collaboration	235
	Search for direct production of charginos, neutralinos and sleptons in final states with two leptons and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector, JHEP 5 (2014) 71	ATLAS Collaboration	235
	New limit on the lepton-flavor-violating decay $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$, Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 171801	MEG Collaboration	228
	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	212

○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		
	応募件数	採択件数	採択率(%)	うち国際共同研究	公募型実施件数	うち研究テーマ設定型	うち国際共同研究	公募型実施件数	うち研究テーマ設定型	うち国際共同研究	公募型実施件数	うち研究テーマ設定型	うち国際共同研究
R3	16	16	100	16	2	2	2	14	14	14	16	16	16

○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	ATLAS μ 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のルミノシティ増強計画のうち、2019～21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、エイジングテストなどの長期動作安定性などを研究する。
2	LHC第3期運転におけるミュオントリガー高性能化のための研究開発	新粒子の探索を通じて、標準理論を越えた新しい素粒子物理学を開拓する。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等を通して、より良いトリガーアルゴリズムの開発・性能評価を行い、新物理探索の感度向上を目指す。
3	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	素粒子物理学の標準モデルを超える現象・新粒子の発見を目指して、CERNのLHC加速器の最大輝度は、第4期の実験開始時、元の設計値の7倍にまで到達する予定である。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、現在使用中のすべての電子回路を最新のエレクトロニクス技術を使っ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おいて運用可能なシステムの構築を目標に研究・開発を進める。
4	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。本研究では、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。
5	LHC-ATLAS・ミュオントリガー装置リモート共同研究拠点の創出	LHC-ATLAS実験のミュオントリガー装置の研究では、大学院学生を含む若手研究者が世界第一線で最先端実験装置を用いた開発を行い、その成果が国際的に認知される機会を生み出してきた。コロナ禍で渡航が規制されるなか、本研究は日本に居ながらにしてCERNの現場における実験装置の運用・開発を実現するリモート研究拠点の創出を目的とする。東大・KEK・CERNの3つの国際研究拠点に、共通化されたトリガー回路装置を設置し、同時にSoC技術等を活用することでハードウェアとネットワークを結合する実験装置のIoT化を達成し、国内外を問わず共同研究者のリモート環境でのハードウェア研究を加速する。東大・KEKにおいて国内研究者による装置への物理的なアクセスを保ちながらCERNをハブとした国際的な装置開発・運用の体制を形成し、次世代の国際共同研究モデルを確立する。
6	ATLAS実験における前方陽子検出器を用いたAxion-like粒子の探索	数100GeVから1TeV程度の質量を持つ新粒子を、2つの光子を用いて探索する。標準理論の強い相互作用において、CP対称性が破れていない実験事実を説明するために導入された対称性から予言された粒子Axionに似た性質をもつ粒子を探索する。これまでLHCでは超対称性粒子などを探索してきたが、まだ発見されていない。この事実を鑑み、新しいアプローチで新粒子を探索する。この粒子は超対称性粒子と同様に、暗黒物質の候補となる。

	課題名	概要
7	高エネルギー物理への応用に向けた量子コンピュータの研究	IBM Q等の量子コンピュータの実機が利用可能になり、実問題に向けたQCの応用研究が本格化している。一方で、高エネルギー物理のためのQCの応用研究は始まったばかりで、現在は初歩的な問題設定で量子アルゴリズムの実装を試みている段階にあると言える。そこで、QCの物理への応用研究で専門知識と経験をもつ東京大学と早稲田大学のグループが協力することで、高エネルギー物理学へのQC応用研究を進展させる。本研究では、ノイズが多く耐故障性を持たないQC (NISQ)をLHC実験(トラッキングや粒子シミュレーション)で活用することを目指し、その基礎となるデータ解析技術の開発と検証を行うことを目的としている。また、将来的には機械学習への応用研究も目指し、教師なし量子機械学習技術の研究に関する初期研究も検討を開始し、実現可能性を吟味しつつ段階的に進めることも目的とする。
8	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。
9	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使用されている低温用光センサー(MPPC)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。
10	ILC用 細分化された電磁カロリメータの開発研究	ILC実験ではPFAという手法に特化したカロリメータが必要で今までにない細分化を求められている。特に電磁カロリメータでは顕著な微細分化が求められており、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。ここでは以下の点を研究する。(1)小型半導体センサーの時間性能による細分化の利用研究、(2)ストリップ型シンチレータによる時間情報利用の研究

※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3年度												
区分	機関数	受入人数	若手研究者				大学院生	延べ人数	若手研究者			
			外国人	(40歳未満)	(35歳以下)	大学院生			外国人	(40歳未満)	(35歳以下)	大学院生
学内(法人内)	4	102 (7)	7 (1)	16 (1)	11 (1)	29 (6)	2711 (144)	11 (2)	24 (2)	17 (2)	2669 (142)	
国立大学	27	176 (18)	12 (2)	35 (3)	26 (2)	122 (19)	2051 (232)	17 (4)	57 (6)	42 (4)	1528 (179)	
公立大学	6	9 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	46 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	
私立大学	18	44 (6)	1 (1)	16 (0)	9 (0)	18 (5)	321 (17)	2 (2)	69 (0)	52 (0)	163 (21)	
大学共同利用機関法人	2	62 (3)	8 (0)	15 (2)	10 (1)	0 (0)	682 (4)	54 (0)	33 (3)	24 (2)	0 (0)	
独立行政法人等公的研究機関	2	6 (0)	0 (0)	4 (0)	3 (0)	0 (0)	12 (0)	0 (0)	8 (0)	6 (0)	0 (0)	
民間機関	1	4 (1)	1 (0)	2 (1)	1 (1)	0 (0)	8 (2)	2 (0)	4 (2)	2 (2)	0 (0)	
外国機関	30	63 (13)	55 (11)	31 (8)	20 (4)	9 (1)	289 (54)	267 (50)	82 (46)	47 (24)	15 (2)	
その他	1	3 (0)	0 (0)	1 (0)	1 (0)	0 (0)	5 (0)	0 (0)	2 (0)	2 (0)	0 (0)	
計	91	469 (48)	84 (15)	120 (15)	81 (9)	180 (31)	6125 (453)	353 (58)	279 (59)	192 (34)	4377 (344)	

※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。

④上記③に記載の共同利用・共同研究における当該拠点施設所属の教員等に係る参画状況

	令和3年度						備考
	参画人数		延べ人数				
	専任	兼任	専任	兼任			
教員数	25	25	0	847	847	0	[単位:人]
技術職員数	1	1	0	125	125	0	

- ⑤ 共同利用・共同研究の募集に係る特色ある取組(公募や施設利用の募集等に関する情報発信を含む)
- ⑥ 共同利用・共同研究を通じた人材育成機能の強化
- 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、「共用」を含む研究設備の有効活用 等)
- ⑧ 研究施設等を置く大学(法人)の機能強化・特色化に係る取組

⑤～⑧: 記述様式(42～45ページ)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3年度		備考
	専任	兼任	
教員数	25	0	[単位:人]
技術職員数	1	0	
事務職員数	2	3	

②参加する研究者の支援のための特色ある取組(参加を促進するための取組、参加する研究者への支援の状況、参加する研究者の利便性向上等の環境整備の状況等)

③拠点活動に対する全学的な支援の状況(人員、予算を含む)

②～③: 記述様式(45～47ページ)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(47ページ)を参照

6. 共同利用・共同研究に関するシンポジウム等の実施状況

①研究者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・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
R3	2	356	6	521	0	0	8	877
	(1)	(135)	(2)	(59)	(0)	(0)	(3)	(194)

[単位:人]

○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3年 11月29日～12 月2日	シンポジウム	国際	KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2021	2019年より毎年シリーズ化している本シンポジウムの目標は、現在及び将来の暗黒物質探索に関係している実験・理論分野から、国際的な研究者を集結させることである。今回は、暗黒物質の候補と考えられる原始ブラックホールに焦点をあてたセッションを設け、素粒子実験・理論、宇宙物理学等のコミュニティ間で最新結果を共有し、活発な議論を行った。	316 (132)
令和4年 2月20日～23日	シンポジウム	国内	第28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。招待講師の特別講義では、「巨大ブラックホール観測と光格子時計の基礎」と「相対論的測地への応用研究」の2つをテーマに取り上げた。	40 (3)

〔単位:人〕

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3年 11月18日	セミナー	国内	ICEPP Quantumセミナー	米国・フェルミラボ量子研究所量子科学部門長 Panagiotis Spentzouris氏によるセミナーをオンラインで開催した。量子コンピューティングや量子技術が高エネルギー物理学の理論的・実験的課題にどのような新しい考察をもたらすのかについて、最新結果とアイデアを提示し、議論を行った。	58 (0)
令和3年 11月29日～30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.先端拠点形成型)によるセミナー。2021年度までの試運転経験を踏まえた翌年以降のビームタイム要求をはじめ、運転方法の最適化、シャットダウン期間の必要なメンテナンス等の項目を確認した。また、シャットダウン期間中に行ったMEG II検出器と較正用ビームラインを用いた別の崩壊モードの探索実験についても、大学院学生や若手研究者を中心に活発に議論した。	32 (18)
令和3年 5月22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」	Moriond, Lepton Photon等の冬の国際会議で発表された研究成果を含めて、LHCの最新結果をレビューするとともに、Run3, HL-LHCに向けた物理研究の取組について、素粒子理論・実験研究者間で議論を行った。	210 (7)
令和3年 8月2日～6日			第四回粒子物理コンピューティングサマースクール	素粒子・原子核・宇宙物理実験におけるコンピューティング技術を主題とし、プログラミング言語、統計解析ツール、多変量解析や機械学習などのソフトウェア関連技術と、計算機とネットワークの基礎、計算機クラスター、分散計算機環境などのコンピューティング関連技術を大学院学生が集中的に学ぶスクールをオンラインで開催した。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、最終日にはそれぞれの学生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。	41 (2)
令和4年 3月9日～10日	ワークショップ	国際	Physics Frontiers with Quantum Science and Technology	量子コンピュータや量子センサーの基礎科学への応用と量子デバイス開発を議論するための国際ワークショップを本学で初めて開催し、量子科学と素粒子・原子核・宇宙・物性物理の研究者を中心に、日本・米国・欧州の3極を繋ぐ形で行った。	135 (32)

※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。

②国際シンポジウム等への参加状況

区分	令和3年度	〔単位:件〕	
参加件数	58	〔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3年 10月26日～29日	ILC Workshop on Potential Experiments (ILCX2021) (参加者総数604人) *online	9
2	令和4年 3月6日～12日	La Thuile 2022 - Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste (参加者総数85人)	1
3	令和4年 3月28日～4月1日	Snowmass Energy Frontier Workshop (参加者総数387人) *online	1

③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
R3	0	0	1	118	5	1,002	6	1,120

〔単位:人〕

○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3年 12月10日～11 日	公開講座	学生	東大理学部 高校生 のための冬休み講 座2021	「量子コンピュータで迫る素粒子の 世界」と題し、近年注目を集め、大 きな可能性を秘める量子コン ピュータを使った素粒子研究の効 果性や、量子コンピュータの未来 像を交えながら、研究の最前線を 紹介した。	118
令和3年 7月10日～11日	その他	学生	高校生のための東 京大学オープンキャン パス2021	コロナ禍の影響を受け、オープン キャンパスの開催形態を直接的な 対面からオンラインに変更し、実施 した。模擬授業や学生講演のライ ブ配信、スイス・欧州合同原子核 研究機構(CERN)のバーチャル体 験ツアーを企画した。	636
令和3年 11月6日 令和4年 2月1日	その他	学生	理科特別講座	先進的な理数教育を実施するSSH 指定高等学校(埼玉県と愛知県) の学生を対象に出前授業を行っ た。素粒子物理学の基礎から、 ヒッグス粒子発見の意義、国際共 同研究の最新トピックス等を紹介 し、実際に手を動かす測定器実習 も行った。	66

7. 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 (研究センター紹介1,300部、大学院進学案内1,000部)	本拠点が取組む国際共同実験の全プロジェクトの説明や、最新の研究成果、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ている。 大学院進学を目指す学部生向けには、研究室別の教員紹介や在学中の大学院学生、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、オープンキャンパス等のイベントで配布している。
ホームページの国際化と特集サイトの充実	本拠点の教育研究や組織運営等の諸活動の状況を積極的かつ適時適切に社会へ発信するため、日本語・英語のコンテンツの充実を図っている。この継続的な取組は、国際公募による外国人研究者の応募数や、留学生・インターンシップ生の受入人数の増加等に効果が表れてきている。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」もタイムリーに更新し、新たに大学院進学希望者向けの情報サイト「Beyond ICEPP」を制作し、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(本拠点も含む)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 https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/ 】
「量子ネイティブ育成センター(教育)」と「量子情報科学(研究)」のホームページ開設	令和3年度より情報理工学系研究科と共同で開始した「量子ネイティブ育成センター」と、本拠点が推進する量子技術の応用研究の成果等を紹介するホームページを制作した。 【URL https://qnec.jp/ 】 【 https://quantum-icepp.jp/ 】
ブログ作成	CERNでの国際共同研究に関する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。 【URL https://d.hatena.ne.jp/lhcatlasjapan/ 】

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: 記述様式(48～50ページ)を参照

1. 研究施設の状況

1-2. 研究施設の組織等

8. その他、研究施設としての特色ある取組（該当あれば）

- 本拠点の設置目的を踏まえ、社会的、国際的な視点にも留意しつつ、研究活動等を検証するため、研究協議会・運営委員会において自己点検・評価を年度毎に実施している。そのほか、国内外の有力な研究者で構成される国際評価委員会による外部評価は、計画から成果に至るまでのフェーズに応じて実施しており、前回の外部評価（平成30年度実施、報告書はウェブサイトで公表）での提言を踏まえ、複雑なビッグデータを用いた機械学習や量子コンピュータの基礎科学への応用に向けたプロジェクトチームを編成し、活動を本格化するなど、自己改善の取組を推進している。
- 国際公募及びテニュアトラック制度による公募により、令和3年度に特任助教3人（内、外国人1人）・特任研究員2人（内、外国人1人）を採用するなど、構成員の多様性向上、若手研究者の確保により人材の流動化を促進する取組を強化している。
- 大型の国際共同研究が行われるスイス現地に本拠点が運営する海外拠点を形成し、国内の研究機関の参加窓口となって、海外の研究者と日本の研究者を結び国際的な共同研究を推進している。国内の学術研究機関のハブとして「日本の研究力の向上」に寄与するとともに、素粒子研究のフロンティアを推し広げ、素粒子現象の背景に潜む「真空や時空」の解明に向けた新しいパラダイムを切り拓く先端的な研究を推進している。
- 量子技術の素粒子研究への実用研究を切り口に、日本・欧州・米国を結んだ量子コンピュータのネットワーク形成と国内の量子イノベーションの発展を牽引し、量子コンピュータの実用化を推進している。また、量子ネイティブ育成に向けてハンズオン形式を重視した教育のモデル化を担い、全学向けの授業開講や教材提供を行っている。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繋げている。

1-4. 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

- 量子コンピュータ応用研究では、CERNのopenlab (<https://openlab.cern/quantum>) に令和元年7月に加入し、令和2年9月に CERN Quantum Technology Initiatives (<https://quantum.cern>) の立ち上げとともに主要な参加機関に加入した。CERNや加盟企業との定期的な会合（月1回程度）、国際ワークショップ「CERN openlab Technical Workshop」での成果報告など、国際連携を強化している。米国ローレンス・バークレー国立研究所（LBNL）との取組では、日米科学技術協力事業での若手研究者・大学院学生の派遣（写真1）や共同研究論文の発表など、さらに国際連携を深化させている。また、シカゴ大学とのパートナーシップ協定を文理融合の全学で締結し、量子研究の国際的展開を図っている。



写真1: 令和4年2月のLBNLとの派遣交流

- 教員・研究員公募において、研究内容の特性に応じて国際公募を行っている。外国人研究者の応募に配慮し、高エネルギー物理学研究者のためのオープンアクセスライブラリへの公募掲載やオンラインによる面接を積極的に導入する等、グローバル化に対応した方策を進め、令和3年度に2人を採用している。
- 科研費-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～LHCによる真空と時空構造の解明」(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、研究拠点間のネットワーク化を進めた。
- MEG 実験では、平成30年度に採択された日本学術振興会研究拠点形成事業(A.先端拠点形成型)「ミュー粒子を使ったレプトンフレーバー物理研究のグローバル展開」が後押しし、国際交流やセミナーの開催により国際連携の強化が図られている。
- 次世代加速器の基幹計画として、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、理工分野を超えた人文社会・経済界・産業界との連携を、本拠点が KEK とともに主導している。研究者側の国内推進団体 ILC-Japan の代表に浅井祥仁、ILC 計画を推進する国際組織である ICFA (国際将来加速器委員会) 委員に森俊則が選ばれている。欧州素粒子物理戦略会議(将来計画策定)委員に浅井祥仁が選ばれ、国際的議論のプロセスに大きく関わっている。
- 新型コロナウイルス感染拡大による実験現場への渡航制限などを受け、研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化による新しい国際共同実験の進め方を検討し、共用研究設備・機器を学内に新規導入した。

1-5. 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

- 本拠点の教員は、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講義を担当するとともに、大学院学生の研究指導を行っている。令和3年度に担当した講義は「高エネルギー物理学Ⅰ・Ⅱ」「素粒子物理学Ⅱ」「物理学特別講義」(集中講義)であり、本拠点が進める実験の最新状況を分かりやすく説明し、最先端の研究の魅力を伝えている。また、理学部物理学科「素粒子物理学」「物理学ゼミナール」(学部3年)や教養学部「初年次ゼミナール」(学部1年)も担当している。
- 令和3年度より「量子ネイティブ育成センター」を発足し、主たる教育活動として、新しい量子教育カリキュラム「IBM Quantum を用いた量子コンピュータ実習:ハードとソフトで学ぶ」(Sセメスタ、全学部3・4年生)を担当した。予想を上回る約100人の履修登録があった。分かりやすいワークブック(教材)も作成し、ウェブ上に一般公開している。



量子ネイティブ育成センターウェブサイト

- 本拠点の教員の研究室には、修士課程・博士後期課程の大学院学生36人が在籍している。博士課程大学院学生の一部は、大学の特別な許可を得てスイスの CERN や PSI に出張し、現地教員や各国の研究者と国際共同研究を行っている。学生を現地に滞在させ、国際協力と競争のなかで最先端の研究を通じた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、大学院学生の日本国内で研究比重を通常よりも高めて研究を続行している。特に、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。並行して、十分な感染対策を実施のうえで長期滞在も再開している。パンデミック後に遅延なく国際研究に合流できるよう、大学院学生の海外での研究体制の再構築を行っている。
- 科学技術振興機構 Q-LEAP（光・量子飛躍フラッグシッププログラム） や 文部科学省卓越大学院プログラム（変革を駆動する先端物理・数学プログラム FoPM） に参加し、量子技術・量子コンピュータの高等教育を理学系研究科と共同で実施している。

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3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 加速器は令和4年度に開始される第3期実験、及び令和11年度に開始される高輝度 LHC 実験に向けて、ルミノシティを増強する。これに伴う検出器の高度化は必須であり、国際共同実験 ATLAS グループにおいても、より高い粒子衝突頻度が実現された実験環境で、高品質のデータを取得して大きな物理成果をあげるため、ATLAS 検出器の改良・技術開発に取り組む。本拠点では、特にミュー粒子トリガーとカロリメータトリガー回路系の改良・開発を主導する。今年度は第3期実験に向けた開発・試験を完了し、年度末にデータ収集を開始し、さらに並行して高輝度 LHC 実験に向けた回路系の開発研究を行う。加えて新たな研究課題として、これまでの検出器開発の共同研究を拡張させる形でリモート共同研究拠点を確立し、コロナ禍においても国際的な枠組みでハードウェアの運用・開発を可能にする研究を開始する。データ解析では平成27～30年度に実施した第2期実験の全データ (139fb⁻¹を超える) を用いた解析が進行中である。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稀崩壊探索、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。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な計算機資源が必要であり、同時に新しい発想を取り入れた高感度な解析方法の導入が重要となる。これらの新しい手法の開発、ならびに全実験データの解析を地域解析センターシステム及び CERN サテライトシステムを用いて行う。検出器開発、リモート研究拠点、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人程度）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検出器のアップグレードは完了し、前年度までに実施した検出器コミッショニング中に見つかった諸問題に対する対策を施している。令和3年度は新型電子回路の全数製作が終了する見込みであり、実験装置への導入が完了次第、MEG II 実験全体の総合エンジニアリング運転を実施し、実験開始に向けた最終準備を行う。共同研究課題としては例年通り4件程度、約25人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

平成31年1月から運転を開始した第5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。なお、本拠点

の地域解析センターは、令和3年12月に処理能力を強化した第6期目のシステムに移行し、令和4年1月より稼働する。また将来の拡張のため学術スパコン、商用クラウド、機械学習・人工知能、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

オンプレミスのハードウェアとCERNが提供するクラウドサービスを使って本システムを構築している。これまでCERN現地に滞在する日本の研究者がこのシステムを活用し、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きた。コロナ禍のなか、CERN現地に滞在する人数は一時的に減少したが、日本から本システムにアクセスする研究者や、今年度から現地に滞在する予定の研究者がおり、そのニーズは依然として高い。このため現有の資源の安定運用を継続し、高い稼働率を確保する。若手研究者や大学院学生は、各国の研究者に先駆けて物理解析の成果をあげることが求められており、本システムはその機動性を担保するための重要な鍵を握っているため、今後も機能を強化していく。

(3) PSI 設置 MEG 実験システム

検出器システムについては、昨年度までの検出器コミッショニング中に見つかった問題点を改善すると同時に、全数製作が完了した新型読出し電子回路の実験装置への導入を行う。今後も国際共同研究としてエンジニアリング運転を実施し、そこで得られるデータの解析を増強中の計算機システムで行っていく。

令和3年度実施状況

(1) 国際共同実験 ATLAS

令和4年度から4年間の予定で行われる第3期実験に向けて、ルミノシティを増強するためのLHC加速器のアップグレードが令和3年度末に完了した（写真2）。加速器の能力向上に合わせて、ハイレート対応型ミュオン検出器の導入をはじめとする、ATLAS検出器の性能向上が行われた（写真3）。

本拠点では特に、この新型ミュオン検出器の情報を取り込んだ新たなトリガーシステムの構築、また電子の識別能力を圧倒的に向上させたカロリメータトリガーシステムを構築し、さらに高品質の第3期実験データを取得するための準備を完了した。コロナ禍において渡航が制限されるなか、現地に滞在する本拠点の教員と日本国内にいる大学院学生・他大学の共同研究者とが協力してスムーズに研究を進めるためのリモート共同研究拠点を構築・運用したことにより、コロナ禍の影響を最小限に抑えつつ、順調に研究が進められた。ウィズコロナ時代を見据えて、大学院学生の長期派遣も感染症対策を十分に実施したうえで再開している。

第2期実験の全データ 139fb^{-1} を用いた物理解析も順調に進み、ヒッグス粒子がミュオン粒子対に崩壊する稀な事象を捉え始めている。また、ヒッグスポテンシ



写真2：ポイント1地点のLHCトンネル



写真3：令和4年1月、ATLAS検出器は2回目のロングシャットダウン期間中の予定されたアップグレード作業を完了

ャルの形を決めるために重要となるヒッグス対生成の探索感度の向上や、電弱相互作用を通じて生成される超対称性粒子の探索範囲の拡張などの様々な成果をあげた。データの増加だけでなく、機械学習等を利用した解析手法の高度化によって、こうした成果が得られている。

また、これらの物理成果をあげるために、地域解析センターシステムと CERN サテライトシステムを安定に運用した。地域解析センターの計算機については、その処理能力を高く維持するため、予定していた第 6 期システムに更新した。

検出器開発、リモート研究拠点、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 8 件、関連研究者数 48 人）を実施した。

(2) 国際共同実験 MEG

アップグレード実験 MEG II 開始に向けた最終準備を行った。読み出しエレキの量産が終了し（写真 4）、既に建設が完了している検出器の全チャンネル読み出しが可能になった。令和 3 年度のビームタイムでは、検討中の幾つかのミュー粒子ビーム強度でエンジニアリング運転を実施し、各検出器の最終調整を行った。高分解能液体キセノン検出器では全チャンネルを用いた背景ガンマ線測定（図 1）や、荷電パイ粒子の荷電交換（CEX）反応により生成した単色ガンマ線を用いた検出器較正を進めた。ビームタイム後半には試験的な物理データを取得し、解析を進めている。いよいよ令和 4 年 6 月から始まるビームタイムで、本格的な物理データ取得を開始する予定である。



写真 4: 量産が完了した読み出しエレクトロニクス (WaveDREAM)

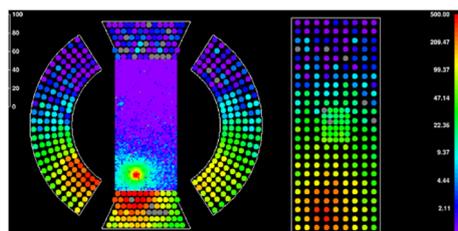


図 1: 液体キセノン検出器による背景ガンマ線事象例

また、令和 4 年度のビームタイムでは、探索感度のさらなる向上のために追加導入を目指し、上流側輻射崩壊同定カウンター用超低物質質量 RPC 検出器の最終ビーム試験を行う予定にしている。また、PSI のミューオンビーム強度を 100 倍以上増強する計画（HIMB 計画）があり、これを利用して MEG II 実験を大幅に上回る探索感度を持つ将来実験を実現するための研究開発にも着手している。

継続的な共同研究課題として 4 件、26 人の関連研究者が参加して共同研究を実施した。

2. 中間評価結果における総合評価又は認定に伴う留意事項への対応状況

○中間評価結果における総合評価又は認定に伴う留意事項

（総合評価の評価区分）

評価：A

拠点としての活動は概ね順調に行われており、関連コミュニティへの貢献もあり、今後も、共同利用・共同研究拠点を通じた成果や効果が期待される。

（総合評価の評価コメント）

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

イ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。

○対応状況

本拠点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、本拠点の教員が著者に含まれる論文のいわゆる Q 値は 49.8 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者コミュニティの拠点としての役割を十分に果たしてきた。

本拠点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、大学の研究ポテンシャルを最大限に活用し、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 点への対応を行い、第 3 期中期目標・中期計画期間の期末評価は「S」（特に優れている）であった。

- (1) 日本の研究者コミュニティと協力し、優先順位の高い国内外の将来計画の検討に中心的な役割を果たしてきた。また、新しい公私立大学の参加を促し、幅広い研究を進めている。慶應義塾大学とは量子コンピュータでの連携を開始し、早稲田大学は量子コンピュータを用いた共同研究に参加している。素粒子研究のみならず IT や量子コンピュータの共同研究を通して、新形態の共同研究に挑戦すると同時に、量子技術や AI 分野は公立大学の参入も増える傾向にあるため、幅広い共同利用を展開していく。
- (2) 世界の学術フロンティアを先導する将来的な国際共同研究に本拠点が参加を表明し、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 計画、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組織委員や議長・座長を積極的に引き受け、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てていく。さらに、IT や量子コンピュータなどの新しい共同利用テーマを通して、女性研究者や外国人研究者を増やしていく。
- (4) コミュニティの次世代を支える博士人材の輩出や、他大学との交流を通して、グローバルな人材育成を目指してきた。
- (5) 高校での出張授業やオンライン配信のオープンキャンパスをはじめ、在学生のリアル・卒業生のキャリアパスを紹介する冊子製作などにより、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) 東京大学とソフトバンクによる Beyond AI 研究推進機構で、共同研究費の獲得やプロジェクト構成員の多様化を図り、量子イニシアティブ構想における東京大学と IBM で構築したパートナーシップを基盤に、研究・教育の新しいモデル化を目指している。多数の民間企業との共同研究を進め、大学の知が企業と連携することにより「社会変革を駆動する原動力」となる取組に、本拠点は深く関わっている。

4. 研究活動の不正行為並びに研究費の不正使用等に係る事前防止、事後処理及び再発防止への対応

- 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。
- 本拠点が取組む国際共同研究では、コラボレーション内に実験データのクオリティやデータ解析手法などを独立にチェックするシステムが構築されており、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た共有情報として、コラボレーション内に公開されており、共同研究者は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研究現場で、大学院学生も含む若手研究者に対して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の保存と公開については、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、国際的な研究者コミュニティ全体で世界的な基準を定めており、本拠点でもこれに沿うように実施している。
- 本拠点で実施する他の実験（学内で行う小型の実験等）においても、上記の国際共同実験での経験や手法に沿って研究不正防止に取り組んでいる。
- 研究活動の不正行為及び研究費の不正使用等の事案が発生又は関連する対応を行った実績はないため、事後処理や再発防止への対応に関する記述には該当しない。

5. その他、拠点運営に係る特色ある取組（該当あれば）

(1) 研究組織の見直し、規則の変更状況

量子イニシアティブ構想を軸とする国内外の企業との産学協創の場（総長が公表した UTokyo Compass）としての創造的な対話による活動を強化し、社会との関係性を一層深めている。本拠点は、次世代計算機モデル開発のロードマップに、基幹研究として「量子 AI テクノロジー研究分野」を加え、量子 AI を用いた LHC ビッグデータ解析手法の開発研究などの量子コンピュータを応用する研究を日本・欧州・米国の3極を結んで展開してきた。この成果を受け、量子コンピュータを使いこなす人材を育成するセンターを情報理工学系研究科とともに本拠点到発足し、さらに東京大学と IBM 社の量子コンピュータのコラボレーションセンターを開設した。量子イノベーションイニシアティブ協議会（QII）の利活用拠点としての機能を担っている（写真5）。

なお、量子 AI テクノロジー研究分野は、将来的な戦略のためにセンター規則を一部見直し、令和3年度に立ち上げた。

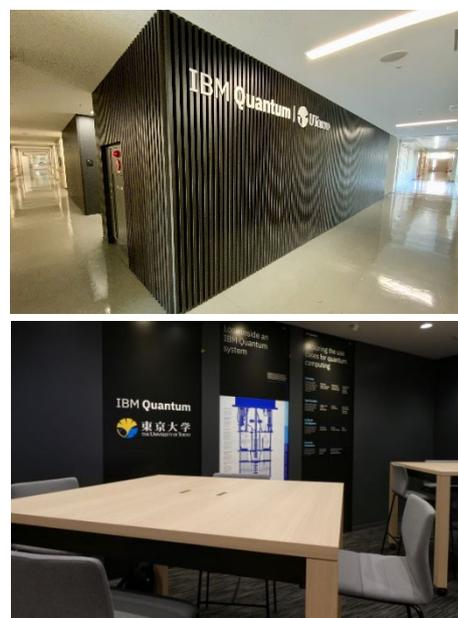


写真5：IBM Quantum-東京大学コラボレーションセンター

(2) 産業界等社会との連携の推進に向けた取組

素粒子物理学の新しい歴史を刻んだヒッグス粒子の発見後、Run2 実験で LHC 加速器の衝突エネルギーは 13TeV に増強され、総データ量は約 600PB に達した。各国の研究機関が世界分散解析網 WLCG を運用し、物理解析に鎔を削っている。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 倍に増大し、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。本拠点では、特にディープラーニングと量子コンピューティング（QC）技術に着目し、産業界を巻き込んで研究を推進できる環境の構築を目指してきた。

東京大学とソフトバンクによって、世界最高レベルの人と知が集まる研究拠点「Beyond AI 研究推進機構」が設立され、本拠点では「複合 AI による問題解決手法」(Multi-AI) の研究を行っている。

また、本学の量子イニシアティブ構想のなかで、東京大学と IBM がパートナーシップ構築を推進するための覚書を締結し、実機を用いた応用研究と量子ネイティブ育成のスタートアップを進めている。ソフトウェアだけでなく、ハードウェアを用いた教育プログラムが学生の関心を集めている（写真 6）。



写真 6：浅野キャンパス内に設置された IBM テストベッド

SDGs への貢献をミッションに掲げ、平成 29 年度に総長を本部長として設立された未来社会協創推進本部（FSI）との協働により、大手 IT 企業や QC を提供できる企業と緊密なパートナーシップ関係を築き、本拠点は複数の産学連携を進めている。

(3) 外部資金等の多様な資金獲得に向けた取組

上記(2)で述べた Beyond AI 研究推進機構における共同研究において、本拠点の研究リーダーは「複合 AI による問題解決手法」を研究テーマに 1,800 万円の予算を獲得した。また、量子ネイティブ育成事業の取組では、学内の特別予算要求で事業内容の重要性・緊急性が高く評価され、令和 3 年度に情報理工学系研究科との学際融合による予算が配分された。また、QII 企業との共同研究で多額の共同研究資金を得ている。今後は、リカレント教育への波及や新規の共同研究を立ち上げによる外部資金獲得を目指している。

(4) 国際的な研究環境の整備

本拠点の国際共同研究の中核を担う LHC-ATLAS 実験では、東京大学の研究グループが国際的な負託を受けて、ATLAS ミューオン検出器とそれに付随する電子回路を運用している。ミューオン検出器が高速・高効率・高精度なデータ収集の成功の鍵を握っており、日本人研究者の継続的な貢献が不可欠である。そのため、時間や距離に縛られず研究を遂行できる新たな研究環境を整備する、令和 2 年度第 3 次補正予算「先端研究設備整備補助事業（研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化）」に応募し、採択を受けることができた。魅力的な研究環境の実現や、研究現場の生産性向上、大学院学生等の若手研究者が世界の第一線で活躍し、その成果が国際的に認知される機会を創出していく。

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（該当あれば）。

該当なし

○その他、特色ある共同研究活動成果の実績（異分野融合・新分野創出の成果等を含む）についてアピールポイントを記載してください（該当あれば）。

(1) 高エネルギー物理学分野の未来の創出

- 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 (JAHEP) 等）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、米国における当該分野の研究の方向性をまとめる会議への提言を行った。
 - Snowmass Energy Frontier Workshop “Presentation of White Paper: Japan’s ILC Strategy” , March 30, 2022
- 欧州素粒子物理戦略（European Strategy for Particle Physics）のために構成された物理準備グループのアジア・アメリカ代表（計4人）に浅井祥仁が就き、欧州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。 CERN 理事会による決議により全会一致でまとめられた欧州素粒子物理戦略は、今後の欧州エリアにおける当該分野の方向性を決定するものである。
- 日本の当該分野の将来計画をまとめるための高エネルギー物理学研究者会議将来計画委員会での議論に、本拠点の若手研究者3人が参加している。

(2) データサイエンス分野との融合

- 基礎科学のビッグデータを用いた新しい AI 開発を行っている。 多彩なビッグデータから、AI が自発的に法則を発見（「科学する AI」）することを目指している。
- 令和 11 年度開始予定の ATLAS 実験での高輝度 LHC 実験は、世界最大規模のデータと計算機資源を必要とする研究であり、将来の持続可能な計算機リソースの開発を進めている。
- 量子コンピュータの応用研究や次世代の世界規模ネットワーク・コンピュータモデルの開発を、国際協力や民間企業との共同研究で行い、NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum computer) と呼ばれる量子コンピュータの利用実証などの成果をあげている。

3. 共同利用・共同研究の活動状況

⑤共同利用・共同研究の募集に係る特色ある取組（公募や施設利用の募集等に関する情報発信を含む）

- 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」・研究拠点形成事業「ミュー粒子

を使ったレプトンフレーバー物理研究のグローバル展開」など、本拠点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、本拠点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。

- 新型コロナウイルスの各国感染状況や度重なる規制見直しで、海外との往来が難しくなっている。本拠点に仮想の LHC-ATLAS 実験回路開発テストシステムを構築し、遠隔地の日本から実験施設を制御することで共同研究ができるようにしている。また、若手研究者の海外渡航が難しいなか、国内でリモート研究環境を構築するための技術的・財政的な支援を行う共同利用事業を開始した。
- 量子コンピュータの応用研究で、慶応義塾大学や早稲田大学との共同研究を行っている。素粒子物理の研究を超え、大学全体の機能強化に資するために、量子コンピュータの応用研究や AI 研究による新しい共同研究モデルの構築へと繋がる取組を推進している。
- 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 実験をはじめ本拠点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 人）へのメール配信を通じて行っている。

【公募要領（令和 3 年度）】

<https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/collaboration/announcement2021.html>

⑥共同利用・共同研究を通じた人材育成機能の強化

- 本拠点では、多くの若手研究者や大学院学生を CERN や PSI に派遣してきた。国際共同実験のコラボレーションメンバーとなって日々の研究を遂行することで、多様な国籍、専門知識、経験を持つ多くの外国の研究者と協力・競争する機会を持ち、切磋琢磨しながら成長している。次世代の科学研究をリードする国際的な研究基盤を有し、指導的な立場でプロジェクトをリードする能力を身につけた人材を養成している。
- ATLAS 実験グループ全体の修士課程の大学院学生を対象に解析ソフトウェア講習会を開催し、多数の講師陣から高度な計算機技術を集中的に学ぶ機会を設けている。こうしたデータサイエンティスト育成に繋がる専門性の高い講習会は、今後も継続していく。
- 本拠点を構成する研究者のダイバーシティを高めることは、研究の遂行と成果の創出、新たな研究の芽の発掘など、全体のアクティビティを向上させるための重要なポイントである。2 人の外国人研究者が令和 3 年度より新メンバーに加わり、活発な研究活動を行っている。また、女性教員の採用についても、短期的には海外に研究拠点を持つ人材をクロスアポイントメント制度の活用により採用の可能性を模索するとともに、長期的にはより多くの博士号取得者を輩出して人材が循環するような状況への転換を目指す。

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、「共用」を含む研究設備の有効活用 等）

- 石野雅也は、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。

- 東京大学に設置した「地域解析センター」研究設備と CERN に設置した「ATLAS ミューオン検出器 (TGC)」研究設備は、42 カ国からなる国際研究チームによるエネルギーフロンティア素粒子物理学研究に活用されるとともに、日本の研究者コミュニティが世界と伍する研究を推進するプラットフォームとして活用されている。
- 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。
- 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、本拠点が KEK とともに主導した。浅井祥仁は、ILC-Japan の代表として、ILC 計画の実現にむけて KEK と協力して進めている。
- 森俊則は、日本・スイス・イタリア・ロシア・米国で実施する国際共同実験 MEG の代表者として実験を提案・実施し、新しい学術分野「荷電レプトンフレーバー物理」を開拓した。
- PSI に設置した「MEG 実験」研究設備は国際コミュニティに対して荷電レプトンフレーバー物理の推進の場を提供している。
- 森俊則は、ICFA (国際将来加速器委員会) 委員として、日本の素粒子物理学コミュニティを代表して国際的な素粒子物理学研究の長期的な展望を議論し、国際コミュニティの将来計画の立案に貢献している。
- 浅井祥仁は、素粒子物理学の欧州戦略アップデート (2020 Update of the European Strategy for Particle Physics) 物理検討グループのアジア代表委員に選ばれ、今後重要となる素粒子物理学の様々なトピックについて国際的な議論を主導した。
- JAHEP (高エネルギー物理学研究者会議) を代表する高エネルギー委員会に浅井祥仁が選ばれ、日本の素粒子物理学研究者の代表として、様々な議論や提案を行っている。
- JAHEP 将来計画委員会に奥村恭幸、澤田龍、飯山悠太郎が選ばれ、日本の素粒子物理学の将来計画の検討を行っている。
- 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。

⑧研究施設等を置く大学（法人）の機能強化・特色化に係る取組

本学では第 3 期中期目標期間の 6 年にわたって、「東京大学ビジョン 2020」と「UTokyo Compass」にある「人間をはぐくむ教育」に不断の努力を続け、「知の世界拠点」にふさわしい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最大限に活かした機能強化に結び付く事業を優先している。

本拠点は、特徴的なターゲットをもった本質的に学融合の組織として、3つの取組を実施した。

(1)「オールジャパン・オールワールドの国際研究拠点」で変革の原動力となる

アフターコロナ時代における海外の研究拠点での国際共同研究を推進するために、日本と欧州合同原子核研究機構（CERN）・日本とポールシェラー研究所（PSI）の頭脳循環の輪の中核として世界をリードする研究力の強化を図った。2年以上滞りがちだった人の物理的移動を伴う国際共同研究を立て直し、研究環境の改善を優先的に取組んだ。研究機会の回復と学生の「国際感覚をはぐくむ教育」「大学院教育：高い専門性」に大きく貢献している。同時に、最先端の素粒子研究を通して「卓越した学知の構築」に繋がっている。

(2)「研究の卓越性とデジタル革命」をマージする

LHCでのビッグデータや分散型大規模データを用いたディープラーニング応用研究は、平成30年度の準備期間を経て、年々研究領域を広げ、令和3年度の「量子AIテクノロジー研究分野」新設に至った。多様な研究プロジェクトを通して、国内外の卓越した研究者や将来有望な若手研究者を雇したり、機動力のある民間の専門家を受け入れ、本拠点の量子AI共同研究を強化している。量子AIは増大するDXの消費電力を削減することが期待され、「地球規模の課題解決」に資する研究である。

(3)「量子コンピュータに関連するバリューチェーン」を繋ぐ

本学の量子イニシアティブ構想を軸に、量子技術の画期的な発展や社会実装、量子とコンピュータに堪能な量子ネイティブの育成といった、社会が成長できる次世代のエコシステムの基盤を築くことを目指しており、浅井祥仁は「量子ネイティブ育成ワーキンググループ」座長として、部局横断による新しい学際モデルを創出している。本拠点の「時代の先を読む」本質的な研究・教育は大学の機能強化に繋がっている。



川崎市に設置された IBM System One

4. 共同利用・共同研究に係る支援状況**②参加する研究者の支援のための特色ある取組（参加を促進するための取組、参加する研究者への支援の状況、参加する研究者の利便性向上等の環境整備の状況等）**

- ATLAS 実験では、本拠点に設置された物理解析のための計算機「地域解析センターシステム」と、CERNで日本の研究者が占有できる計算機（サテライトシステム）を整備・運用し、共同利用に供している。双方の計算機リソースは高い稼働率を維持し、必要に応じて機動的な対応がとれるようにすることで、取得した約 600PB の大量のデータの戦略的な研究遂行を可能にした。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が導入されており、日本の共同利用者が各国の研究者と共同作業を進めるために有効活用している。システムの運用等に関する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。
- LHC 第2期実験以降の研究がスムーズに進むように、平成28年度よりCERNのクラウドサービスを採用した解析環境の提供等を開始し、共同研究者への支援内容を拡充した。
- データ解析に機械学習の導入を促進するための支援を行っている。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、日本グループの研究者や大学院学生（主に修士課程1年）が 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にしている。さらに、高性能な GPU が利用できる環境を提供している。

- 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、新しい研究課題の提案を行っている。 発案テーマをただ受け付けるのではなく、国際的・先端的な観点で共同研究者に提案し、お互いの議論によって研究テーマを決めていく能動的な方法をとっている。
- 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・大学院学生向けにデータ解析のポータルページを運用している。ATLAS ソフトウェア講習会の教材などもこの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拠点の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支援を行っている。大規模メモリーや高性能 GPU が利用できる計算機環境を構築し、サービスを提供している。また、セミナーや勉強会なども開催している。量子コンピュータの実用化を目指す共同研究は、全国共同利用のなかでも先駆けと言える。
- 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。過去、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センターに設置する作業を進め、平成 18 年度より運用を開始している。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

- 国際競争のなか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提案し、学内予算委員会（第2次配分）に予算要求を行った。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。その後、同班の活動意義が高まるにつれて令和3年度に組織再編を行い、「量子 AI テクノロジー研究分野」は本拠点の成長基盤の強化と次のステージに押し上げている。

(2) 大学全体の機能強化に資する戦略的展開

- 本学に「Beyond AI 研究推進機構」を設立する事業の萌芽的研究として、「Multi-AI」の開発が採択され、令和2年度から始動している。外国人研究者1人を含めて3人のプロジェクト専任者を

雇用し、戦略的に研究を進めている。

- 本学の量子イニシアティブ構想のなかで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手人材育成のための「量子ネイティブ育成センター」を設立する予算を獲得した。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。
- 本学の量子イニシアティブ構想を集中して取組む教員ポスト（准教授1人・助教1人）を学内の再配分システムで優先的に承認された。

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

- 研究協議会は、その構成員の半数（8人）が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拠点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。
- 参与会は、国内外の研究者コミュニティの権威で、学術政策や研究分野の全体動向に高い見識を持つ学識経験者で構成されており、センター長に助言又は勧告を行っている。年一度の会合で内部評価を行い、その助言をもとに本拠点の運営改善を図っている。
- 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の最新結果は素粒子物理のみならず、宇宙論などに与える影響も大きい。逆に、LHCの結果を受けて、理論から新しい探索モードを提案されることもあり、非常に有用な協力関係を構築している。
- 本拠点の行っているプロジェクトに関して、ほぼ月に一度開かれている高エネルギー委員会（高エネルギー物理学研究者会議の代表によって構成されている）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。
- 本拠点で推進していないプロジェクトに携わる研究者からも、素粒子実験分野が進むべき方向性に対する意見を広く聞くように努めている。本拠点はそれらの意見を反映する形で、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。学会などのコミュニティ内の会議等を通じてあげられた意見で、研究内容や予算的な対応が可能なものは速やかに実行し、共同利用体制の強化に努めている。一方、将来計画などの中長期的な展望は、将来計画諮問機関に意見をあげ、海外の指導的立場にある研究者との意見交換を行い、実現に向けて尽力している。
- 高エネルギー物理学研究者会議で選出される素粒子物理学実験コミュニティの代表となる高エネルギー委員会には、浅井祥仁（委員長）と山下了（委員）が入っており、コミュニティの意見や学術動向について議論し提言などを行っている。ここでの議論は、随時、本拠点の運営に反映させている。
- 石野雅也は 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、世界を代表する他の委員と議論を行い、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。

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

(1) 国際共同実験 ATLAS

本拠点が中心的な役割を果たし、日本の大学・研究機関と共同で進める LHC-ATLAS 実験のミュオントリガーの研究開発は、同実験におけるデータ収集の成功の鍵を握り、コロナ禍においても継続的な貢献が必要不可欠である。また、大学院学生を含む若手研究者が世界の第一線で、最先端の実験装置を用いた研究に直接携わることができ、国際共同研究の現場で認知してもらえる機会を生み出してきた。

特に令和2・3年度は CERN への渡航が大きく制限されたが、この状況下でもミュオントリガーの共同研究をさらに維持・発展させるために、頭脳循環の発想に基づくリモート共同研究を開始した。具体的には、日本と CERN の間でリモート環境を整備・確立することで、国内の共同研究者があたかも CERN コントロールルームや地下実験室に居るかのように、ATLAS 実験装置を用いた研究を遂行することを可能にした。現地に常駐する本拠点の教員が、国内の共同研究者の要請に応じて即座に実験現場へのアクセスを行う仕組みを構築したこと、ネットワークを経由したリアルタイム制御・モニタリング機能を拡充させたことがあげられる。これらによって、日本にいながらにして実験装置を運転することが可能になり、コロナ収束後にも利用可能なシステムが構築された

（写真7）。このリモート共同研究により、最先端実験装置を用いた研究機会や国際的な認知機会を回復した。研究環境改善のための創発的な取組は、ATLAS 実験コラボレーションからも高く評価され、今後の進歩やコラボレーション内の波及効果が期待されている。

また、CERN Summer Student Programme（加盟国の学部学生参加型）と一部コラボレーションし、修士課程の大学院学生を対象に CERN 全体を体感する目的で独自に実施している「CERN 夏の学校」は、ウィズコロナ時代に先駆けた取組として、CERN と接続したバーチャル方式を取り入れ、計26人（令和2年度11人、令和3年度15人）が参加した（写真8）。現地に常駐する教員が、ATLAS の地下実験室を YouTube 動画を使って誘導する等、アイデア性のある企画も取り入れた。リアルタイムで実験室での研究の様子を現地の教員とインタラクティブな議論をすることで刺激を大いに受けていた。



写真7：（上写真）CERN 常駐の本拠点の教員が地下実験室（回路室）で実験装置に物理的なアクセスが必要となる研究を遂行する。

（下写真）一方、国内の研究者とリアルタイムで接続を行い、日本から ATLAS 地下実験室での国際共同研究に貢献する環境を整備している。



写真8：CERN 夏の学校での ATLAS 東大グループの教員と大学院学生による集合写真

(2) 国際共同実験 MEG

MEG 実験では、以前より ウェブブラウザによる実験装置の遠隔運転・状況モニター、実験ログノートの完全デジタル化、計算機資源の共有など、共同研究実施におけるリモート化を推進してきたが、新型コロナウイルスの感染拡大を受け、さらにその体制を強化した（写真9）。

毎日実施するビーム試験進行打合せの完全オンライン化、Slackの導入による情報共有の迅速化、各検出器の操作・モニターに関する初心者向けインストラクションの充実などにより、共同研究者のリモート参加率を向上させた。

また、感染拡大防止策の徹底を図り、人員を確保した必要最小限の PSI 現地滞在研究者（教員等3人、大学院学生4人）と拡充したリモート参加での共同研究者の効率的な協働により、共同研究の実施継続が可能となった。



写真9: ウェブブラウザによって実験施設内や検出器の状態が、共同研究者に24時間可視化されている

②新型コロナウイルスによる影響と対応状況

(1) 全体

- 海外出張を伴う共同利用・共同研究課題は、国内（外務省、大学・研究機関が定める基準）・海外（欧州の国境封鎖、研究機関の一時的閉鎖や入構制限）の相互的な要因により厳しい状況になったが、本拠点の教員は海外研究拠点のインフラを守るために、CERN・PSI 執行部や管理責任者との協議や安全対策を行って、駐在を続けた。令和3年度は常駐する教員と大学院学生の人数を、安全を確認しながら増やしていった。また、日本と現地にいる教員が緊密に連携し、現地の教員を介したリモート共同研究を確立している。こうした体制が軌道に乗ったことで、新型コロナウイルス感染症の影響で共同利用・共同研究課題が減少したり、中止になった事例はない。
- 次世代研究者育成のための海外派遣事業（ICEPP フェロウシップ制度）は、令和3年度に博士後期課程の大学院学生2人のCERNでの研究遂行に限って支援できたが、それ以外にリモート研究環境をサポートする若手支援事業を開始した。
- 本拠点が主催するウィンタースクール（ICEPP シンポジウム）は、令和4年2月に2年ぶりに再開した。第28回を数えるこのシンポジウムは、素粒子・原子核・宇宙分野の若手研究者・大学院学生のための研究交流事業である。感染拡大防止対策40人に参加募集人数を絞り、抗原検査を開催地到着時に行うなどの万全なオペレーションを整え、感染者を出すことなく無事に完遂できた（写真10）。
- 量子ハードウェア実習を令和3年度に初めて実施したが、令和4年度は対面で行う予定である（写真11）。



写真10: 令和4年2月に開催した第28回 ICEPP シンポジウム

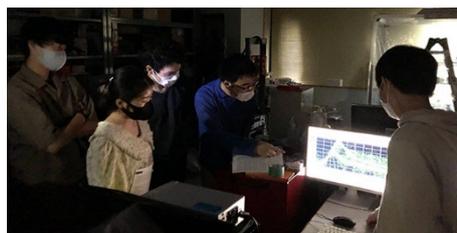


写真11: 量子ハードウェア実習

(2) 国際共同実験 ATLAS

- リモートから研究を行う方法を模索し、トリガーなどの開発研究も日本から、または完全に日本で実施することで対応した。また、物理解析研究はオンライン会議が議論や情報交換の標準的な場となり、海外の研究者との研究は従来と同じペースで行ってきた。
- 海外からの招聘による国際会議・ワークショップや国内研究会は、新型コロナウイルス感染予防対策のため、実施自体が減少傾向にあったが、オンラインでの開催が標準となり、本拠点でも実施した（写真 12）。そのため、本拠点への実質的な受入人数は減少した。年度後半の 2 月・3 月には対面とオンラインのハイブリッド形式も徐々に増え、本拠点でも国内研究者を東京大学に招き、講演等を実施した。
- オンライン形式と対面形式のカンファレンスにはそれぞれのメリット・デメリットがある。本拠点では、オンライン形式のデメリットと考えられる「研究者間のコミュニケーション」を復活させるため可能な限りハイブリッド形式を実施し、その反響・効果を踏まえて令和 4 年度のカンファレンスの実施形態を改めて検討する。



写真 12：令和 3 年 5 月にオンライン開催した新テラスケール研究会

(3) 国際共同実験 MEG

令和 2 年 7 月中旬から、PSI で実施される実験プロジェクトに関係する研究者等の入構は PSI パンデミックチームにより承認されている。実験室でのマスク着用、手洗い、ソーシャルディスタンス確保の励行など基本的な行動規則は定められているものの、当該年度は加速器も予定通りに稼働し実験実施への大きな影響はなかった（写真 13）。令和 3 年 11 月には新型コロナウイルス感染拡大により中止されていた対面でのコラボレーションミーティングも再開できた。

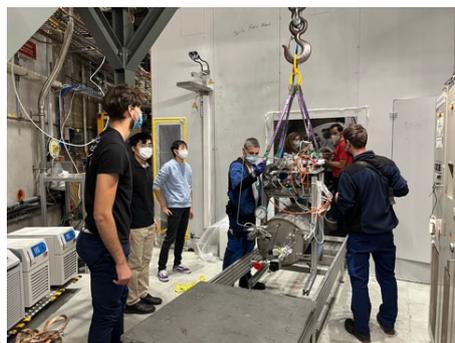


写真 13：2021 年のビームタイムでの検出器準備作業。

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18回研究協議会 議事録 (案)

日時： 令和4年1月19日(水) 10:00 ~ 12:00

場所： 新型コロナウイルス感染拡大を考慮して Zoom によるリモート会議により開催

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)、
山口 昌弘 (東北大学)、中家 剛 (京都大学)、久野 純治 (名古屋大学)、
川越 清以 (九州大学)、諸井 健夫 (東京大学理学系研究科)、
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、澤田 龍** (以上、素粒子物理国際研究センター) *議事録担当、
**オブザーバー

欠席： 山中 卓 (大阪大学)

1. 前回協議会 (令和3年1月15日) の議事録の案 (資料1) が示され承認された。

2. 報告

- 共同利用・共同研究拠点についての報告

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2)。令和3年度の実施計画書が示され、今年度で共同利用・共同研究拠点第3期が終了し、期末評価として最高の S を受けたことが報告された。一昨年度から始めた AI、QC の取り組みが評価されたものと考えている。第4期も拠点として認定を受けた。また、国立大学研究所・センター組織の会議についての報告があり、本年度より国立大学附置研究所・センター会議総会と国立大学共同利用・共同研究拠点協議会が共同で会議を行うことになったことが報告された。

岡田協議員から、中間評価 A から期末評価 S へと評価が変わった経緯についての質問があった。また、山口協議員から、第4期で加わった新たな研究目的の具体的な進め方についての質問があった。

- LHC 実験報告

LHC と ATLAS 実験の状況について石野協議員から、アトラス地域解析センター関係について田中協議員から、また、ATLAS の物理解析の成果について奥村協議員から報告が行われた (資料3)。

いよいよ本年4月から Run3 が再開、6月からデータ収集が開始される予定である。Run3 は4年間継続し、その後の Long Shutdown3 (LS3)の期間が2.5年から3年と延びる予定となっている。LHC 加速器インジェクタのアップグレードは、HL-LHC でのビーム輝度の目標値を既に達成しており、昨年より PS、SPS での物理プログラムも開始されている。LHC 加速器については、安定動作を確実にするメンテナンスが行われた。3セクタで不具合が見つかったが対処済みであり、通電テストが3月中に完了する見込みである。Run3 では Run2 に比べ約

2倍のデータ収集速度（1年で100fb⁻¹程度）が可能となる。

ATLAS 実験については、COVID-19 感染拡大の影響で CERN への渡航・入構制限が実施される中、常時 4-5 人のスタッフが現地で活動し、国内参加機関の現地滞在学生および日本からリモート参加する学生をサポートした。Run3 に向けた ATLAS 測定器のシステムアップグレードでは、ミューオントリガーシステム、LAr カロリメータエレクトロニクスの改良について特に大きく貢献した。並行して、HL-LHC に向けたミューオントリガー高度化のための取り組みを主導した。

昨年度に引き続き 2021 年も ATLAS 実験の全データ 139fb⁻¹の解析が多くの計算機資源を利用して実施された。本センターの地域解析センターシステムについては、第 5 期システムが年間を通じて順調に稼働、予定期間に対する運転効率 99.9%を達成しており、また、第 6 期システムの入札及び入替作業を行い、今年 1 月より運用を開始した。CERN サテライトシステムについては、従来通りオンプレミス環境、CERN クラウドサービスの両方で運用が行われた。オンプレミス環境については縮小化を図っている。並行して、HL-LHC で懸念される計算機資源不足の問題解決に向けた研究開発（本学スパコン Oakbridge-CX の長期利用試験、スパコン富岳利用のための研究など）も行われた。その他、コンピューティングサマースクール（オンライン）では本センター教員 5 名が講師として参加した。

ATLAS 実験物理解析については、主に Run2 の全データを用いた物理データ解析、Run3 に向けたオフライン解析・トリガーソフトウェアの準備が進められた。本センターは、国内大学・研究機関と協力・連携するとともに、国際的にも主導的な立場でさまざまな研究成果を発信している。主な成果例として、ヒッグス精密測定、ヒッグス粒子対生成過程探索の成果が示された。それ以外にも本センターの大学院生を中心にさまざまな先進的な研究課題に取り組んでいる。これと並行して Run3 に向けてオフライン解析・トリガーのためのソフトウェア開発・実装・検証に取り組んでいる。Run3 開始に向け 2021 年末に開催された物理ワークショップでも本センターが大きな貢献を果たした。ATLAS 日本グループによる大学・研究機関の枠を超えた物理解析および大学院生の指導において、本センターは国内共同研究拠点として主導的に貢献していく。

- MEG 実験報告

大谷協議員から MEG 実験の状況について報告があった（資料 4）。アップグレード実験 MEG II は、読み出しエレキ量産が完了し、2021 年のビームタイムでは、全測定器を用いたエンジニアリングランを実施するとともに、試験的な物理データの取得も行った。幾つかの課題は残されているものの、各測定器とも安定動作を確認し、詳細な性能評価に取り組んでいる。本センターからスタッフ 3 名、大学院生 6 名が長期滞在し、エンジニアリングランに大きく貢献した。2022 年は

いよいよ本格的な物理データ取得を開始する予定で、うまく行けば数か月で MEG 実験の感度を越える見込みである。PSI のミュオン粒子ビームを 100 倍増強する計画が進められているが、これを利用して MEG II 実験を大幅に上回る 10^{15} 程度の探索感度を持つ将来実験のための研究開発も開始した。本年度から MEG II 実験および将来実験の研究開発のための科研費(基盤研究(S))が採択された。

岡田協議員から、将来実験の測定器コンセプトについての質問があった。

- 量子 AI 関連報告

澤田オブザーバーから量子 AI 関連の活動報告があった(資料 5)。

本学 Beyond AI 研究推進機構 (SoftBank と連携) の枠組みによる取り組みとして、素粒子実験データ解析における複数ステップの処理を機械学習の複数のモデルから選択・最適化するフレームワーク Multi-step AI の開発が行われた。

並行してさまざまな量子関連の研究活動も進められた。量子コンピュータ実用化に向け、AQCEL という量子回路最適化プログラムの開発を日米科学協力事業の支援による UC Berkeley/LBNL との共同研究として進めた。また、量子コンピュータの物理データ解析への応用の 1 つとして、アニーリング型量子コンピュータを用いたトラッキングの改良と MC 事象生成に取り組んだ。量子関係の産学協創による取り組みとしては、本学と IBM のパートナーシップに基づく IBM 東大ラボでの共同研究を実施し、また量子イノベーションイニシアティブ協議会 (QII) の枠組みで企業数社と契約し、将来の産業応用に向けた基礎研究と人材育成を行っている。日本に最初に設置された量子コンピュータである IBM Quantum Kawasaki を利用して研究を進めるとともに、IBM Quantum-東京大学コラボレーションセンターも設置した。さらに、量子コンピュータによる場の量子論に基づく物理モデル計算手法の研究、量子機械学習の応用研究も進めている。本センターは、2020 年に開始した CERN Quantum Technology Initiative (QTI) にその立ち上げから参加している。また、通常の量子ビットに第二励起状態も加えた量子トリットを利用する研究も開始した。量子ネイティブ育成センターを新たに立ち上げ、量子コンピュータ応用の教育を開始した。本センターの共同研究公募の課題テーマに「量子コンピュータの応用研究」を新たに設けた。

後田協議員から、量子 AI 関係の取り組みを素粒子物理分野の修士の学生にも広げてくれるとよいとのコメントがあった。また、中家協議員から、量子 AI 研究は主に研究員が取り組んでいるのかとの質問があった。

- 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の人事および教員評価について報告があった(資料 6)。

東京大学量子イノベーション事業における量子応用研究・量子ネイティブ育成を行う特任助教として陳詩遠氏 (ペンシルベニア大学)、東京大学 IBM 量子コンピュータを用いた研究を行う特任研究員として Wai Yuen Chan 氏、MEG II 実験

実施および将来実験に向けた研究開発を行う特任助教として Lukas Gerritzen 氏が採用された。また、現在公募中である地域解析センター運用を行う助教（テニユアトラック）、特任助教、東京大学量子イニシアティブ事業における量子応用研究・量子ネイティブ育成を行う特任助教については、公募期間を終え書類選考が開始されたことが報告された。

後田協議員から、テニユアトラックの何%くらいがテニユアになる見込みなのかとの質問があった。

また、本年度、本センター6名の教員に対して教員評価が実施されたことも報告された。

山口協議員から、教員評価は東大全体で実施されているのかとの質問があった。

3. 共同利用について

- 今年度の「ICEPP フェローシップ」の選考について大谷協議員から報告が行われた（資料7）。本年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響を考慮し、従来の海外派遣に加え、研究の遠隔化や自動化の仕組みづくりに国内において挑戦する若手研究者も対象とする公募が行われた。3名の応募があり、浅井香奈江氏（お茶の水女子大学）、三野裕哉氏（京都大学）が採択された。来年度も昨年通りの要領で公募が実施される。
- 国内共同利用センターとして行っている共同研究の令和3年度の状況について大谷協議員から報告が行われた（資料8）。今年度から新たに対象に加えた量子コンピュータ応用に関する共同研究が1件新規で採択された。令和4年度についても同様の要領で共同研究の公募を行う予定である（資料9）。
- 浅井協議員から毎年2月に開催している素粒子センターの冬のシンポジウムについて報告が行われた（資料10）。昨年度は新型コロナウイルス感染拡大を考慮し開催を見合わせた。今年度は今のところ十分な感染拡大防止策を講じた上で開催する方針だが、最終的な実施の可否は直前の感染状況を踏まえて判断する。既に多数の参加応募があった。

4. 概算要求について

浅井協議員から、LHC 事業費の令和4年度の概算要求の結果について報告があった（資料11）。来年度予算は今年度に比べ573万円の増額となった。

5. 各委員会のメンバーについて浅井協議員から説明があった（資料12）。山中協議員は今年度で協議員を退任し、新たに飯嶋徹氏（名古屋大学）に協議員に就任して頂くことになった。センター教員の今年度の異動についても報告があった。

6. 客員教員について

今年3月で任期の切れる客員准教授の津村浩二氏と石川明正氏の後任について浅井協議員から報告があった。既に電子メールによる審議が行われ、中浜優氏（KEK）と馬渡健太郎氏（岩手大学）にお願いすることとなった。

7. 副センター長の選考（資料 14）

本学本部からの要請に基づき、危機管理の観点から来年度より副センター長を置くこととなった。これに伴う本センターの内規変更案が示された。また、本センター石野雅也氏を副センター長候補者として推薦することが全会一致で了承された。

8. センター長候補者適任者の推薦

今年度で浅井センター長の任期が終了することを受け、次期センター長候補者の推薦が行われた。浅井センター長が一時的に会議を退出、川越協議員が議長となってセンター長候補者適任者についての議論が行われ、浅井センター長を次期センター長候補者として推薦することを全会一致で決定した。

以上