

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

2024 年 4 月 2 日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 藤 洋 作 様

所属部局・研究科 理学研究科

職名・学年 博士後期課程・1年

氏 名 河本 地弘

助成の種類	令和5年度・在外研究助成			
研究課題名	世界最高エネルギーでの陽子陽子衝突事象を用いた超対称性粒子の探索			
受入機関	欧州原子核研究機構(CERN)			
渡航期間	2024年 1月 25日 ~ 2024年 3月 24日			
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()			
会計報告	交付を受けた助成金額	831,000 円		
	使用した助成金額	759,000 円		
	返納すべき助成金額	72,000 円		
	助成金の使途内訳	費 目	金 額 (円)	
		渡航交通費(飛行機)	232,480	
		渡航交通費(その他電車等)	12,640	
		保険料	41,880	
滞在費(8000円)×59日		472,000		
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度は本在外研究に多大なるご援助をいただきまして誠にありがとうございました。貴財団の援助がなしには本研究は実現し得なかったものであり、厚く御礼申し上げます。 加えて、今回の渡航にあたり、私的な事情のために渡航開始を10日遅らせることとなりましたが、渡航予定当日の急な変更であったにも関わらず事務局の方には大変柔軟にご対応いただきましたこと、この場を借りて感謝申し上げます。			

【研究の背景】

素粒子物理学における標準理論は物質を構成するフェルミ粒子と相互作用を媒介するボーズ粒子の振る舞いを記述する。標準理論はほぼ全ての実験事実をよく説明し、現在までに理論で予言される全ての粒子が発見されている。一方で、宇宙の質量の大部分を占めるダークマターの存在、ヒッグス粒子の質量に不自然な補正が必要になる階層性問題などの問題が依然として残っている。超対称性理論はダークマターの候補となる新粒子を予言するなど、標準理論の諸問題を解決できることから新たな基礎理論として有力であり、実験的検証が強く求められている。

超対称性理論が成立する場合、既に発見されている標準理論の粒子に対してパートナーとなる超対称性粒子が存在することが予言されている。これらの質量は TeV 程度と重く、世界最高エネルギーの加速器 (Large Hadron Collider, LHC) での陽子同士の衝突によってのみこのような重い粒子を直接生成できることから、LHC での陽子陽子衝突事象を検出する ATLAS 検出器を用いて検証が進められてきた。

【研究の目的】

超対称性粒子の 1 つである「スレプトン」は、LHC で生成できる可能性があり、レプトンおよびダークマターの候補である検出できない超対称性粒子に崩壊する。探索には大きなモチベーションがあるが、ATLAS 検出器での検出はこれまで困難であった。一昨年より開始された第三期運転において、新検出器「AFP」を導入したことにより、スレプトンの生成時に壊れることなくエネルギーの一部を失った陽子を検出することができ、衝突の全エネルギー情報を再構成することが新たに可能となった。本研究では、CERN での LHC 加速器を用いた世界最高エネルギーでの陽子陽子衝突実験において、ATLAS 検出器を用いた測定でミュオン信号および前方陽子検出器を利用することにより超対称性粒子の発見を目指すことを目的とする。解析手法の開発に加えて、探索に必要なデータを取得する上でレプトンの情報から正確に事象を選別して記録する「トリガー」が不可欠であることから、特に在外研究期間中、レプトンの 1 つであるミュオンのトリガーシステムのコミッショニングを主導して効率的かつ安定的なデータ取得を目指した。

【在外研究の成果】

本在外研究期間中、実験現場に渡航し、ミュオンのトリガーシステムの調整を主導した。期間中は LHC が調整のため休止していた時期であり、ミュオントリガーでは、主となる検出器の交換に伴って膨大な量の信号線の再接続などが必要であった。これに携わり、また接続後の問題について試験を通して理解を深め、問題を解決した。

休止期間を利用してトリガー効率の向上のための業務にも携わった。特に 2023 年は LHC のトラブル等によりデータ取得量が限られていたことから、3 月末からの再運転で開始当初より最大効率でデータを取得すべく調整を重ねた。他の検出器にヒットを要求することでトリガー効率を最大するための接続テストやタイミングの確認、運動量判定アルゴリズムに実際のデータを用いた最適化の実装、モニタリング機能の強化など、多くの作業を通して高効率な安定運転に貢献し

た。加えて、これらの内容について実験内のワークショップにて口頭発表を行ない、運転再開に向けた方針について多くの研究者達と議論を深めた。

一方新検出器 AFP については、現地でエキスパートと議論を行い、検出器が設計値の性能を達成できておらず、現在取得中のデータでは予想されていた物理感度を達成できないことが確認された。このことから、本解析に AFP を用いることは困難であると判断し、スレプトンを探索する上での研究方針を見直し、解析のエキスパートと議論を重ねた上で新たな解析手法の開発に取り組んだ。

【今後の展望】

本在外研究においてミューオントリガーシステムの開発・調整を行なったことにより、スレプトンをはじめとするあらゆる解析に対して物理感度をより高めたデータ取得が可能となった。今後は LHC の運転再開に合わせてデータを確認しながら更なる調整を進めていく。特に期間中進めた他検出器との調整について、速やかに機能を有効化し、運転再開直後から誤ったトリガー発行の大幅削減を実現する。

また、今後は解析手法について開発を進め、特にこれまで困難であった運動量の低いレプトン情報の再構成手法を確立する。