

拠点形成事業 2024 年度海外派遣報告書

申請者氏名（所属・学生の 場合は学年）	河本地弘（京都大学理学研究科・博士後期課程 2 回生）
E メールアドレス	

若手長期派遣	共同研究整理番号：R1
用務	LHC-ATLAS 実験における超対称性粒子スタウの探索に向けた解析手法の開発とデータ取得
用務地・用務先・日程	ジュネーブ（スイス）・欧州原子核研究機構（CERN）・2024/9/24-2024/12/20

研究成果内容（研究成果論文リストもあわせて添付してください）：

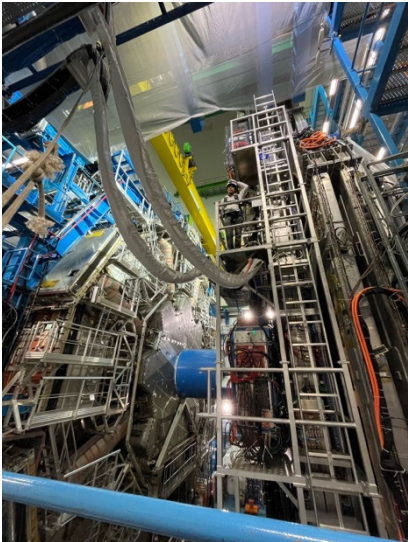
本研究は LHC-ATLAS 実験 Run-3 において、タウ粒子信号を用いたスタウ探索を行うことを目的としており、このために本滞在では解析手法の開発、低運動量のタウ粒子再構成・同定手法の研究、並びに物理データの取得を行なった。

特に本研究では、スタウの対生成とともに高運動量のハドロンジェットが生成され、スタウの崩壊粒子である最も軽い中性のニュートラリーノが検出できないことにより横方向運動量ベクトルに大きな不釣り合い（欠損質量）が生じるイベントをターゲットとすることで、これをトリガーイベントを取得するとともに、2 つの低運動量タウ粒子とならぶイベントの重要な力学的特徴とする。本滞在中、MC を用いて欠損質量やタウ粒子同士の間隔などの様々な力学的変数を精査し、信号事象を保ちながら背景事象を大きく削減するカットの設定を最適化した。調査の中で、RNN を用いたタウ同定手法では、クォークなどに由来するジェットをタウ粒子候補から除外する削減率が低運動量領域において大きく低下しており、これが感度を制限していることに気づいた。これを元にタウ運動量に強い下限を設定して探索感度を見積もった結果、これまで得られていた 0.1σ から 0.45σ へと向上させることができたものの、依然として探索のためには十分でないことを確かめた。

本研究で探す質量領域においては、スタウの崩壊で発生するタウ粒子の多くが低運動量であることから、先述のように運動量下限を設定すると著しく信号事象を損なってしまう。そこで、タウ同定手法として現在 ATLAS 実験で開発されている GNN を用いた新たな手法に着目し、これを低運動量領域に最適化することで感度向上をめざせると考えた。まずは、安定した性能を出せるようにトレーニングされたモデルを用いて、タウジェットの同定効率が本研究においても安定していることを確認した。また、そのタウ粒子に由来しないジェットの削減性能はトレーニングが 15 GeV 以上の運動量を持った粒子でしか行なっておらず、その性能は低運動量領域でまだ十分でないことから、エキスパートと連絡をとり合い、必要なデータの切り出しからトレーニングに至るまでの準備を進めた。滞在終了後これを用いたトレーニングを進めている。

また、物理探索のためのデータ取得についても、ミューオンのトリガー用検出器を用いたトリガー回路のエキスパートとして運用と調整に携わった。トリガー運用のためのシフトを取得してオペレーションに携わった他、安定運転のためモニタリング項目を調整するとともに、来年度に向けてトリガーアルゴリズムの改善の実装も行なった。年末の運転終了後には、検出器の入れ替えを含めた大規模なコミッショニング作業に携わり、エキスパートとしてケーブルの取り外し作業などに貢献した。

今後も研究を意欲的に進め、スタウ探索を完遂すべく邁進する所存である。長期に渡り実り多き派遣を実現していただきましたことに深く御礼申し上げます。



コミッショニングにあたりケーブルを取り外す作業の様子。