

論文審査の結果の要旨

氏名 南 雄 人

本論文は、欧州合同原子核研究機構 (CERN) の陽子・陽子衝突型加速器 Large Hadron Collider (LHC) において、重心系 13 TeV という世界最高エネルギーの陽子・陽子衝突反応によってグルーオンの超対称パートナーであるグルーイーノが対生成される事象を ATLAS 測定器によって探索したものである。超対称性は、ヒッグス粒子の質量に関わる階層性やダークマターの存在など、素粒子の標準理論が抱える問題を自然に解決し、さらには大統一理論や重力との超統一へ導くと期待される新しい自然の対称性である。本論文は、衝突エネルギーを 8 TeV から 13 TeV へ増強した LHC で取得されたデータを用いた最初の研究であり、超対称性理論が予言する新粒子の発見が期待された。ヒッグス粒子が比較的重かったことからクォークの超対称パートナーであるスクォークの生成は LHC では難しいだろうと予想されるため、特にグルーイーノの探索に大きな期待がかかっていた。

第一章において素粒子の標準理論と超対称性理論の概要を紹介した後、第二章では LHC 加速器と ATLAS 測定器について概説している。第三章では、取得したデータと解析に使用したバックグラウンド事象及びグルーイーノ対生成事象のシミュレーションについて記述している。グルーイーノ対生成事象としては、最も軽い超対称性粒子 (LSP) へ直接崩壊する過程と、一段おいて崩壊する過程の二過程だけを考慮する「簡略モデル」を用いている。第四章においては、データ解析で使用するジェット、ガンマ線やレプトンの同定、消失横運動量などをデータからどのように再構成するか、詳細な定義や効率・純度などをまとめている。また解析で使用した主なトリガーと、宇宙線や測定器ノイズなどのバックグラウンドを取り除く「事象クリーニング」についても触れられている。

第五章の事象選択と、第六章におけるバックグラウンドの見積もりがこの論文のハイライトである。これまでの実験によりグルーイーノの質量はおおよそ 1.3 TeV 以上とかなり重いため、対生成されたグルーイーノの崩壊から出るジェットの分布は大きく広がることが予想される。論文提出者はこの事象の運動学的な特徴に注目して、ジェット分布の広がりを表す変数「Aplanarity」を事象

選択に使うことを提案し、これまでに行われてきたグルーイーノ探索解析に比べて探索感度を大きく改善することに成功した。グルーイーノ質量と LSP 質量の広い領域をカバーするため、それぞれ異なる運動学的領域に最適化した 4 つの事象選択を使って探索が行われた。バックグラウンドの見積りについては、シミュレーションによる分布を完全に信用することは危険であり、これまで以上にシミュレーションに依らずデータを使って見積りが行われた。論文提出者はこの複雑なデータ解析を丁寧に確実に行っており、探索結果の信頼性を高めている。

残念ながらグルーイーノ生成と考えられる事象数の超過は観測されず、第七章の統計解析により、第八章において簡略模型を使ってグルーイーノと LSP の質量領域に対してもっとも厳しい制限をつけることとなった。特に、LSP が比較的軽い領域でグルーイーノ質量がおおよそ 1.5 TeV 以上という結果となった。最後に第九章でグルーイーノ探索解析とその結果をまとめ、LHC での今後の探索と発見の可能性について展望を行った。

なお、本論文の内容は ATLAS コラボレーションによる共同研究であるが、物理データ解析、特にグルーイーノ対生成事象の選択とバックグラウンドの見積りは、論文提出者が新たな方法を提案してほぼ独力で行って結果に至ったもので、論文提出者の寄与が本質的であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。