

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 小野木 宏太

論 文 題 目

Search for scalar top-quark pair-production of compressed SUSY scenarios in the final state involving one lepton, jets, and missing transverse energy in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector

(ATLAS 検出器を用いた重心系エネルギー13 TeV の陽子陽子衝突における1レプトン、複数ジェット、及び消失横エネルギーを終状態に持つ縮退した超対称性シナリオのスカラートップクォーク対生成の探索)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授 博士(理学)	戸 本 誠
委 員	名古屋大学現象解析研究センター	教 授 博士(理学)	飯 嶋 徹
委 員	名古屋大学基礎理論研究センター	教 授 博士(理学)	久 野 純 治
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授 博士(理学)	伊 藤 好 孝
委 員	名古屋大学現象解析研究センター	准教授 博士(理学)	北 口 雅 暁

論文審査の結果の要旨

2012年にCERNのLHC(Large Hadron Collider)実験でヒッグス粒子が発見され、素粒子の標準模型が予言するすべての素粒子が発見された。同時に、標準模型では、発見した125 GeVのヒッグス粒子の質量を自然に説明できない(ナチュラルネス問題)、暗黒物質の候補となる素粒子がないなど、標準模型を超える新しい物理によって始めて解決できる問題が存在することも明らかになり、その発見が素粒子物理学の最重要課題となっている。

最も有力な新物理の候補の一つが超対称性理論である。超対称性理論では、標準模型の素粒子とスピンが1/2だけ異なる超対称性パートナーが存在する。この中で、トップクォークの超対称性パートナーであるストップ(\tilde{t}_1)、 W^\pm 粒子や荷電ヒッグス粒子の超対称性パートナーであるチャージノ($\tilde{\chi}_1^\pm$)、中性ヒッグス粒子、 Z 粒子、光子の超対称性パートナーであるニュートラリーノ($\tilde{\chi}_1^0$)の3種類の超対称性粒子($m_{\tilde{t}_1} > m_{\tilde{\chi}_1^\pm} > m_{\tilde{\chi}_1^0}$)がLHC実験で観測できる程度の質量をもつことを予言する理論シナリオは、ナチュラルネスや暗黒物質の問題を解決する可能性がある。LHC実験は、これまでに $pp \rightarrow \tilde{t}_1 \bar{\tilde{t}}_1 \rightarrow t \bar{t} \tilde{\chi}_1^0 \tilde{\chi}_1^0$ 過程などを用いた \tilde{t}_1 探索を1 TeVの質量領域まで探索したが、残念ながらその発見には至っていない。そこで、 \tilde{t}_1 、 $\tilde{\chi}_1^\pm$ 、 $\tilde{\chi}_1^0$ の質量が縮退した実験的にチャレンジングな位相空間における \tilde{t}_1 の直接探索が重要視されるようになった。

申請者は、LHC実験のひとつであるATLAS実験が2015年から2016年までに取得した積分ルミノシティ 36.1 fb^{-1} 、重心系エネルギー13 TeVの陽子陽子衝突データの中から、1つの荷電レプトン、複数のジェット、消失横エネルギーを終状態にもつ事象を用いて、 $pp \rightarrow \tilde{t}_1 \bar{\tilde{t}}_1 \rightarrow b \tilde{\chi}_1^+ \bar{b} \tilde{\chi}_1^- \rightarrow b W^+ \tilde{\chi}_1^0 \bar{b} W^- \tilde{\chi}_1^0$ 過程における \tilde{t}_1 の探索を行った。この過程の中でも特に、 \tilde{t}_1 、 $\tilde{\chi}_1^\pm$ 、 $\tilde{\chi}_1^0$ の質量差に応じた2種類の超対称性理論シナリオ、 $\tilde{\chi}_1^\pm$ と $\tilde{\chi}_1^0$ の質量差が極端に小さいシナリオ1、 \tilde{t}_1 と $\tilde{\chi}_1^\pm$ の質量差が極端に小さいシナリオ2に着目した。申請者は、シナリオ1では $\tilde{\chi}_1^\pm$ から $\tilde{\chi}_1^0$ への崩壊時に放出される荷電レプトン、シナリオ2では \tilde{t}_1 から $\tilde{\chi}_1^\pm$ への崩壊時に放出される b クォークジェットが低運動量であることを活かした事象選別条件を考案し、探索感度を高めた。さらに、実験データとシミュレーションを駆使して、不確かさを抑えて背景事象数を導出した。

以上の解析の結果、すべての事象選別条件を満たしたのは、シナリオ1では33事象、シナリオ2では25事象であった。これらは標準模型が予想する背景事象数である 24.6 ± 6.1 事象(シナリオ1)と 25 ± 6.3 事象(シナリオ2)と無矛盾であり、この解析で用いた陽子陽子衝突事象数の中では、これらのシナリオによる超対称性由来の信号は確認されなかった。これらの測定結果から、95%の統計的信頼度のもとで \tilde{t}_1 の質量と $\tilde{\chi}_1^0$ の質量に制限を与え、シナリオ1が許す位相空間の中では300 GeVの $\tilde{\chi}_1^0$ の質量において415 GeV以下、シナリオ2が許す位相空間の中では1 GeVの $\tilde{\chi}_1^0$ の質量において850 GeV以下の質量を持つ \tilde{t}_1 の存在を棄却した。

本研究は、これまで実験的に困難だと思われていた位相空間における \tilde{t}_1 の探索感度を向上させる解析手法を新しく提供し、ナチュラルネス問題や暗黒物質の観点から興味あるシナリオが予言する超対称性理論のパラメータに新しい実験的制限を与えたものであり、高く評価できる。本研究は三千人の共同研究者の共著のものであるが、2つのシナリオによる \tilde{t}_1 探索結果は申請者独自の解析により得られた。このことは、大型国際共同実験において、信頼度の高い測定結果を導出した申請者の高い研究能力と貢献度を示すものと評価できる。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。