

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

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トップクォーク対生成の探索

氏 名 小野木 宏太

論 文 内 容 の 要 旨

2012年に、CERNのLarge Hadron Collider (LHC)実験でヒッグス粒子の発見で、標準理論で予言されている素粒子がすべて発見された。しかし、標準理論において観測されたヒッグス粒子の質量 (125 GeV)を導出すると、裸の質量と輻射補正との間に、ファインチューニングが必要となる。また、宇宙観測から存在が示唆されている暗黒物質を、標準理論の素粒子で説明することは難しい。これらを解決する理論の一つが、超対称性理論である。標準理論のトップクォークと 1/2 スピンが異なるスカラトップクォーク (ストップ, \tilde{t}_1)が 1 TeV 程度の質量以下に存在すれば、ヒッグス粒子質量のトップクォークによる輻射補正とストップによる輻射補正がキャンセルされ、ファインチューニングを低減できる。また、最も軽く安定で中性な超対称性粒子(LSP)であるニュートラリーノ($\tilde{\chi}_1^0$)は、暗黒物質の有力な候補となりえる。

LHC 実験では、世界最高の陽子陽子衝突エネルギーを誇る LHC 加速器の利点を最大限に活かして、 $pp \rightarrow \tilde{t}_1 \bar{\tilde{t}}_1 \rightarrow t \tilde{\chi}_1^0 \bar{t} \tilde{\chi}_1^0$ 過程を用いたストップ対生成を 1 TeV の質量領域まで探索したが、残念ながら、未だその発見には至っていない。そこで、ストップ、チャージーノ($\tilde{\chi}_1^\pm$)、ニュートラリーノの質量が縮退している、実験的にチャレンジングな位相空間におけるストップの直接探索が重要視されている。

私は、LHC-ATLAS 実験が 2015 年から 2016 年末にかけて取得した 36.1 fb^{-1} 、 $\sqrt{s} = 13$ TeV の陽子陽子衝突データを用いて、 $pp \rightarrow \tilde{t}_1 \bar{\tilde{t}}_1 \rightarrow b \tilde{\chi}_1^+ \bar{b} \tilde{\chi}_1^- \rightarrow b W^+ \tilde{\chi}_1^0 \bar{b} W^- \tilde{\chi}_1^0$ 過程におけるストップの探索を行った。特に、1つのレプトン、複数のジェット及び消失横エネルギーの終状態を用いて探索できる 2つの質量差が縮退した理論シナリオに着目した。① $\tilde{\chi}_1^\pm$ と $\tilde{\chi}_1^0$ の質量差が極端に小さいヒグシーノ LSP シナリオ、② \tilde{t}_1 と $\tilde{\chi}_1^\pm$ の質量差が極端に小さいビーノ LSP シナリオである。

ヒグシーノ LSP シナリオでは、高い横運動量を持つ初期状態放射が付随し、かつ高い消失横エネルギーを持つ信号領域を設定及びその最適化をすることで、約 500 GeV 以下のストップ質量領域まで探索感度を高めた。信号事象選別後に残る主な背景事象($t\bar{t}$ と W +jets)は、系統誤差を抑えるために、コントロール領域を駆使した準データ主導型手法で正確に見積もった。加えて、偽レプトンを含む QCD/マルチジェット背景事象の影響も見積もり、今回の解析に大きな影響を及ぼさないことを検証した。背景事象推定後、ヒグシーノ LSP シナリオにおける信号の探索を行ったが、残念ながら、標準理論を超える重要な超過は発見できなかった。したがって、ストップとニュートラリーノ質量平面で、ヒグシーノ LSP シナリオをストップ質量最大 400 GeV まで棄却した。ビーノ LSP シナリオでは、ストップ由来の軽い b クォークが検出されることを禁止した信号領域を設定し、かつ、その最適化を行ったことで、約 1 TeV 約以下のストップ質量領域まで探索感度を高めた。信号事象選別後に残る主な背景事象(W +jets)は、コントロール領域手法で行った。残念ながら、ビーノ LSP シナリオでも、標準理論を超える重要な超過は発見できなかったが、ストップ質量最大で 850 GeV まで棄却した。

それぞれのシナリオに対応した独立の信号領域の設定、最適化と及び背景事象推定を行うことにより、両シナリオに対し、2012 年の棄却領域を大幅に更新することができた。これらの質量差が縮退したシナリオを探索したことにより、SUSY、特にストップ対生成探索に対して、大きな制限をつけることに貢献した。