

論文審査の結果の要旨

氏名 邱奕寰

本論文は 10 章からなる。

第 1 章では、本論文の導入が述べられている。素粒子物理の標準理論はこれまでの実験結果を矛盾無く説明する一方で、宇宙の暗黒物質、階層性問題など多くの本質的な問題を解決することができない。このような問題を解決する方法として、標準理論に超対称性を導入して拡張した理論、超対称理論が有力視されている。超対称理論においては LHC で発見された質量 125GeV のヒッグス粒子以外に複数のヒッグス粒子が存在する。本研究では LHC-Run2 の ATLAS 実験における全データ 139fb^{-1} を用いて重い中性ヒッグス粒子の探索が行われた。 36fb^{-1} を用いた前回の結果と比較して大幅なデータ統計量増加となる。特に感度が高いと考えられる、重い中性ヒッグス粒子がタウ粒子対に崩壊しさらにタウ粒子が共にハドロンへと崩壊するチャンネルに注目して解析が行われた。ここでは本研究で論文提出者が独自に開発し導入した解析手法についての概略も述べられている。

第 2 章では、本研究の理論的な背景についてまとめられている。超対称理論のモデルの候補である MSSM におけるヒッグスセクターの特徴について、ハドロンコライダーを用いてどのように検証するかに焦点をあてて述べられている。また、これまで行われた重い中性ヒッグス粒子の探索の結果についても述べられている。

第 3 章では、LHC 加速器・ATLAS 実験装置の概要が述べられている。また、本研究で使用したデータセットの内容が述べられている。

第 4 章では、ハドロニックなタウ粒子崩壊を用いた重い中性ヒッグス粒子の探索で重要となるジェットやハドロニックなタウ粒子崩壊を中心に、再構成手法およびパそのパフォーマンスについて述べられている。また、背景事象の抑制に必要な電子やミュー粒子、横方向消失運動量の再構成法についても述べられている。

第 5 章では、タウ粒子のハドロニック崩壊を用いた重い中性ヒッグス粒子の探索解析の詳細が述べられている。解析に使用した信号および背景事象のモンテカルロシミュレーションの概要を述べた後、事象選択、探索解析の最終的な

識別子となる横方向質量の再構成方法、事象タイプの分類の定義が説明されている。

第6章では、削減不可能な背景事象、削減可能な背景事象それぞれの見積もりが示されている。特に後者について制御領域で評価した背景事象のスケールファクターを信号領域に適用する、いわゆるデータ主導の背景事象の評価方法が採用されているのが特徴的である。

第7章では本研究の解析における系統誤差が詳述されている。実験データにおける再構成、較正、識別に関連する系統誤差、モンテカルロシミュレーション等で仮定されているモデルに関連する理論的な系統誤差、データ主導で見積もった背景事象に関する系統誤差についての評価について述べられている。

第8章では解析の結果が述べられている。信号領域で観測されたデータおよび信号強度の見積もりの結果が示されている。観測データでは背景事象に比べて有意な超過は見られなかった。これにより、重い中性ヒッグス粒子の生成断面積に対するモデル非依存の上限値が求められている。

第9章では、本研究の解析結果から、特定の超対称理論モデル(hMSSM)に対する制限を導いている。質量 300GeV(1500GeV)の中性ヒッグス粒子に対して $\tan\beta > 2$ ($\tan\beta > 23$) の領域を排除した。これは重い中性ヒッグス粒子に対するこれまでで最も厳しい制限である。大幅な統計量の増加による探索感度の改善に加えて、今回論文提出者が新たに開発した解析手法の導入によりさらに探索感度が向上している。事象タイプの分類の手法の導入は軽い中性ヒッグス粒子に対して効果があり、2つの荷電粒子と識別されるタウ粒子崩壊事象の利用は重い中性ヒッグス粒子に対して効果があった。質量 300GeV(1500GeV)の中性ヒッグス粒子に対して gluon-fusion 生成で 54%(12%)、bottom-annihilation 生成で 24%(2%)、探索感度が改善した。また将来高輝度化した LHC(HL-LHC)で期待される探索感度の向上についても議論されている。

第10章では、本研究の結論がまとめられている。

本研究は、ATLAS コラボレーションとしての共同研究であるが、論文提出者が主導して行われた研究であり、独自に提案した解析手法を加えることで探索感度を向上させるなど論文提出者の貢献は大きい。したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。