

論文審査結果の要旨

氏名 佐々木 雄一

本論文は9章よりなる。第1章は超対称性の理論、第2章はLHC 加速器とATLAS 測定器の説明である。第3章から第6章まではデータ解析の詳細が記述されている。内容は、第3章はTrack、Cluster、Jetなど解析で用いた Objects の定義、第4章はデータサンプルとシュミレーションデータの説明、第5章はシグナル領域の最適化、第6章はバックグラウンドの評価の詳細が記載されている。第7章は様々な系統誤差の評価、第8章は実験結果の物理解釈、第9章は本論文の結論が述べられている。

超対称性は素粒子の標準理論を超える理論の中でも最も有望かつ魅力的な理論の一つである。超対称性が存在すると、標準理論の全ての素粒子に対してスピンが $1/2$ 異なる超対称性パートナーの素粒子が存在する（ヒッグス粒子のセクターは標準理論の粒子が増えるが）。これらを超対称性粒子と呼ぶ。R-パリティーが保存する超対称性理論では、超対称性粒子はペアで生成され、かつ、最も軽い超対称性粒子（LSP）は安定で崩壊しない。これは暗黒物質の重要な候補である。

LHC での陽子・陽子衝突では、カラーをもつグルイーノやスクォークの生成断面積が大きい。グルイーノやスクウォークがひとたび生成されると、それらは何段階かのカスケード崩壊を繰り返し、最終的には LSP が生成される。LSP は弱い相互作用しかしないので、ニュートリノのように測定器で反応することなく、大きな横方向運動量 $E_{T\text{miss}}$ を持ち去って逃げる。この崩壊過程では、LSP の他に多くのハドロンジェットや幾つかのレプトンが生成され、これらが標準理論のバックグラウンド事象と区別するのに有用となる。

この博士論文では、終状態に幾つかのハドロンジェット、大きな横方向の運動量欠損 $E_{T\text{miss}}$ 、1 個の孤立した電子またはミュー粒子（レプトン）の存在する事象を選んで超対称粒子の探索を行った。2012 年に LHC 加速器の重心系エネルギー 8 TeV での陽子・陽子衝突により ATLAS 実験が取得した 20.3fb^{-1} の積算ルミノシティに相当するデータを用いた。

陽子・陽子衝突では QCD のマルチジェット事象がシグナルに比べて何桁も大きなバックグラウンドになるが、孤立した 1 個のレプトンを要求することで、これらの事象を抑制することができる。従って、LHC では、レプトンを含んだ事象の解析は、小さな生成断面積の新粒子の探索に非常に有効な手段である。一つのレプトン、大きな $E_{T\text{miss}}$ 、多くのジェット、という基本的なトポロジー情報の組み合わせを用いて、3 つのシグナル領域に分割し、各領域で解析を最適化することでシグナル事象の可能なトポロジーの様々な範囲をカバーできるように、解析をデザインしている。また、バックグラウンドが支配的な領域（Control Region）で、バックグラウンドを測定して、様々な種類のバックグラウンドの大きさの絶対量の規格化を行い、シグナル領域に外挿してバックグラウンドを見積もっている。この方法は従来使われてきたものであるが、著者はさらに進んでシグナル領域に近いバックグラウンド領域（Validation Region）においてもバックグラウンドの大きさの見積もりを行い、シグナル領域でのバックグラウンドの見積もりの正当性を評価して系統誤差をコントロールしている点が新しく、ここまでバックグラウンドの精度を評価した解析はない。

シグナル領域での標準理論の予測するバックグラウンド事象数に対して、データの事象数の過剰は見られなかったので、幾つかの超対称性モデルに対して探索した新粒子の質量の下限値を求めた。LHC で発見された質量 125 GeV 程度のヒッグス粒子と無矛盾なミニマルな超対称性理論についてはグルイーノの質量を 1.2 TeV まで、スクウォークは 1.5 TeV (95% C.L.) まで棄却した。ジェット数が少ないために探索がより困難な、単純なモデルに対しては、グルイーノペアの生成断面積とグル

イーノがクォークペア+Wボソン+LSPへの崩壊分岐率の積に対して 20fb (95% C.L.) という上限を与えた。この結果は例外的な場合を除いて、グルイーノの崩壊パターンに依らない上限である。これらの成果は、従来の結果を大きく凌駕するもので、超対称性理論に厳しい制限を与えるものであり、学術的な意義は極めて大きい。

本論文の審査結果は、審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士(理学)をうけるに十分である。

なお、本論文の3～6章はATLAS Collaborationの研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。