

論文審査の結果の要旨

氏名 山口 洋平

本論文は、9章からなる。第1章は、序文であり、標準理論におけるヒッグス機構やヒッグス粒子の探査の歴史がまとめられており、本研究の背景、位置付け、目標および論文提出者の寄与について述べられている。第2章では本研究で利用した、欧州原子核研究機構（CERN）の加速器施設LHCとその性能およびATLAS実験の概要と検出器群・回路系の詳細が述べられている。第3章では解析に利用された実データとシミュレーションデータについてデータ量や諸条件などがまとめられている。第4章では、光子検出に必要な解析手法の詳細が述べられている。Zボソンを利用した光子測定のパフォーマンスチェックの方法とその結果が第5章に述べられている。第6章では、データから興味ある事象を抽出する方法と事象の種分けの手続きがまとめられている。第7章ではシグナル事象やバックグラウンド事象のモデリングについて詳細が述べられており、第8章では、ヒッグス事象の観測と観測から得られたヒッグスの性質についてその結果と議論が示されており、第9章では結論が述べられている。その他、付録として、ルミノシティの決定方法、電子、ミューオン、ジェット事象の解析手法、事象ミグレーション法、系統誤差を生むパラメータ表が収録されている。

本論文は、素粒子物理学での主要課題のひとつ、ヒッグス粒子の質量、結合、自然幅に関する実験研究である。ヒッグス場はW、Zボソン、フェルミオンの質量の起源と考えられており、標準理論においてきわめて重要な役割を果たす。ヒッグス場の揺らぎから生じるヒッグス粒子はヒッグス場の存在を立証するもので、標準理論を検証するためにヒッグス粒子の探索が行われてきた。2011年に稼働を開始したCERNの陽子・陽子衝突型円形加速器LHCでは、2011年に衝突エネルギー7 TeV、2012年に8 TeVを達成し、世界最高エネルギーでの素粒子研究が行われている。その主要目的のひとつはヒッグス粒子の生成・観測とその基本性質の測定である。基本性質のうち質量は標準理論のパラメータとなっており、予測不可能で、その実験値を得る必要がある。また質量の情報によって標準理論を越えた新物理に対して制限を与えることもできる。また、ヒッグス粒子と他粒子との結合については、新物理が存在した場合その影響はループに現れやすい。ヒッグス粒子は質量を持たない粒子とは直接結合しないため、二グルーオンや二光子とのループを介した結合に新物理の効果が表れやすいが、二光子崩壊の場合には、色電荷を持たない新粒子にも感度があるため、二光子崩壊事象はヒッグス粒子研究の非常に有力なプローブである。

本論文では、以上の観点から二光子崩壊事象を利用して、ヒッグス粒子探索やその基本性質に関連する研究を行っている。実験装置としてはLHCのATLAS実験を用い、ATLASに実装された内部飛跡検出器、電磁カロリメータなどを駆使して、二光子崩壊事象を選別し、その不変質量を組むことでヒッグス粒子の探索と諸性質の測定を行っている。二光子事象のバックグラウンドとしてはジェットが光子と誤同定される場合で、探索能力を向上させるために、光子の検出効率、エネルギー分解能、ジェットとの分離能力が高水準で求められる。本論文では1) 光子とジェットとの分離手法の開発による効率向上、2) $Z \rightarrow 11\gamma$ 事象を利用した正確なエネルギー較正と系統誤差見積もり、3) 二光子事象での新しい系統誤差見積り法の開発、などを行って、高いジェット除去能力と系統誤差の最小化を達成している。

本論文では、ATLASが取得した2011年、2012年データを解析している。積分ルミノシティは、7 TeVで 4.8fb^{-1} 、8 TeVで 20.3fb^{-1} である。この解析によって1) 二光子崩壊事象単独でのヒッグス粒子の発見に成功している。また、2) ヒッグスの質量、3) 信号強度 μ 、全崩壊幅 w を測定した。これらの実験値は、標準理論から得られる予想値と一致する結果を得た。質量測定からヒッグスポテンシャルが決定され、真空は準安定で、標準理論のプランクスケールまで破綻の破綻は、真空の安定性からは確認できていない。また、信号強度は 2.3σ で一致しているが、最尤値は1よりもおおきく、標準理論からのずれがある場合、崩壊過程のループに新粒子の影響が示唆される。

以上の成果はヒッグス粒子に関する基礎的かつ重要なものであり、**Physics Letters B**誌にすでに掲載されている。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって、複数の新しい有効かつ適切な解析手法を開発したことやシミュレーションなどを駆使して徹底した解析を行っている。これらは本研究にとって不可欠な要素であり、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。