

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 佐野 祐太

論 文 題 目

Search for pair production of Higgs bosons via vector-boson fusion process in the $b\bar{b}b\bar{b}$ final state using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector

(ATLAS 検出器での重心系エネルギー13 TeV の陽子陽子衝突を用いたベクトルボソン融合過程での $b\bar{b}b\bar{b}$ 終状態のヒッグス対生成事象の探索)

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	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	教 授 博士(理学)	飯 嶋 徹
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	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	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授 博士(理学)	中 浜 優

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125GeVのヒッグス粒子の質量を自然に説明できない、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(新物理)によって初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。

ヒッグス粒子発見に伴い、ヒッグス粒子に崩壊する新粒子の直接的探索、および、標準模型の素粒子とヒッグス粒子との結合定数の精密測定を通じた新物理探索が、新物理探索の有効な手段として利用できるようになった。中でも、ヒッグス粒子対生成過程は標準模型では稀にしか起こらないが、様々な新物理模型では、標準模型の予想よりも顕著に多くのヒッグス粒子対生成が起こることを予言する。現在のLHC実験のデータからこの生成過程が統計的に有意に観測されれば、新しい共鳴粒子の存在、あるいは、ヒッグス粒子の新しい結合の存在を示唆することになる。先行研究では、グルーオン融合過程を通じたヒッグス粒子対生成に感度のある探索が行われてきたが、その発見には至っていない。

申請者は、LHC実験のひとつであるATLAS実験が2016年から2018年までに取得した積分ルミノシティ 126 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、2つの軽いクォークによるジェットが付随する弱ボゾン (V) 融合過程を通じてヒッグス粒子対が生成し、2つのヒッグス粒子がともにボトム (b) クォーク対に崩壊する過程によるヒッグス粒子対生成の探索を行った。これは、弱ボゾン融合によって生成する新しい共鳴粒子の探索、あるいは、2つの弱ボゾンと2つのヒッグス粒子との4点結合定数 (κ_{2V} 、標準模型の予想値は $\kappa_{2V} = 1$) の測定に感度があり、先行研究とは異なるパラメータ領域における新物理探索に着目した研究である。申請者は、 b クォークジェットのエネルギー校正方法の確立、2つジェットを用いた弱ボゾン融合過程を選択する事象選別の考案、4つの b クォークジェットの力学的特徴から信号事象と背景事象を分離する事象選別の考案を行い、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、強い相互作用による多ジェット事象などの背景事象数を低い系統誤差で導出した。

申請者は、共鳴粒子を通じる場合と通じない場合のヒッグス粒子対生成過程を探索したが、標準模型の予想背景事象数と無矛盾の結果で、この解析で用いた陽子陽子衝突事象の中ではヒッグス粒子対生成事象の存在は確認されなかった。そこで申請者は、95%の統計的信頼度のもとで、260 GeV から 1000 GeV までの質量領域におけるヒッグス粒子対に崩壊する新しい共鳴粒子の生成断面積の上限値を導出した。さらに、標準模型を仮定したヒッグス粒子対生成断面積の上限値が95%の統計的信頼度のもとで1450 fbであることを示し、4点結合定数の $\kappa_{2V} < -0.56$, $\kappa_{2V} > 2.89$ の領域を棄却した。

本研究は、弱ボゾン融合過程を通じたヒッグス粒子対生成過程を用いて新物理を探索した世界最初の結果であり、高く評価できる。また、今後のLHC実験におけるヒッグス粒子対生成事象探索の標準的な解析手法を確立した点においても評価できる。三千人の国際共同実験の中で信頼度の高い測定結果を導出したことは、申請者の高い研究能力を示すものと評価できる。また、参考論文は、申請者が貢献したハードウェアと超対称性粒子探索の研究に関するものであり、いずれも価値のあるものである。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。