

## 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 川口 智美

論 文 題 目

Search for the dimuon decay of the Higgs boson in  $139 \text{ fb}^{-1}$  of pp collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS detector

(ATLAS 実験における重心系エネルギー13 TeV の陽子陽子衝突データ  $139 \text{ fb}^{-1}$  を用いた  $\mu$  粒子対に崩壊するヒッグス粒子の探索)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	特任教授	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	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	清水 裕彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	川村 静児
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	戸部 和弘

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

2012年にCERNのLHC (Large Hadron Collider) 実験でヒッグス粒子が発見され、素粒子標準模型が予言するように、弱い力を媒介するゲージボゾン ( $W^\pm$ 粒子と $Z^0$ 粒子) は、私たちの宇宙の真空に満たされたヒッグス場との相互作用によって質量を獲得することが明らかになった。また、標準模型ではヒッグス場との湯川結合を導入し、物質を構成する3世代のフェルミオン (クォークとレプトン) の質量も説明する。しかしながら、質量が172 GeVのトップクォークと質量が511 keVの電子の質量の違いを、湯川結合の値が6桁違うことで説明する標準模型には理論的な不自然さがあり、結合定数の精密検証から標準模型を超える新しい物理のヒントが得られることが期待できる。

LHC 実験は、多量に生成したヒッグス粒子を用いて、湯川結合定数の精密測定を行うため、ヒッグス粒子の多種多様な生成・崩壊過程を実験的に精査してきた。その結果、第3世代フェルミオンであるトップクォーク、ボトムクォーク、タウレプトンとヒッグス場との結合定数の大きさが測定誤差の範囲で標準模型と無矛盾であることが分かっている。ヒッグス場との結合の強さが世代を分けていることを明らかにするため、第3世代よりも軽い第1、第2世代フェルミオンの結合定数を測定することが次の重要課題となる。

申請者は、LHC 実験のひとつである ATLAS 実験が2015年から2018年までに取得した積分ルミノシティ $139 \text{ fb}^{-1}$ 、重心系エネルギー13 TeVの陽子陽子衝突から発生したヒッグス粒子の中から、第2世代素粒子である $\mu$ 粒子対に崩壊する事象 ( $H \rightarrow \mu \mu$  崩壊) の探索を行った。これにより、ヒッグス粒子と $\mu$ 粒子との結合の直接的測定を目指した。この解析は、 $\mu$ 粒子対の不変質量分布において125 GeV付近にできるヒッグス粒子による鋭いピークを探索することが主になる。申請者は、 $\mu$ 粒子から光子が輻射されて $\mu$ 粒子対の不変質量が小さくなる事象に着目し、陽子陽子衝突から放出される多数の光子の中から $\mu$ 粒子由来の輻射光子を正しく選別する手法を確立した。その結果、 $\mu$ 粒子対の質量分解能を2.8%向上させた。また、 $\mu$ 粒子対以外の終状態に含まれるジェット、荷電レプトン、欠損運動量などの情報を用いた機械学習を駆使し、ヒッグス粒子の生成過程に特徴的な事象を捉えつつ、主な背景事象である $Z^0$ 粒子の $\mu$ 粒子対崩壊事象 (ドレル・ヤン過程) 数を抑制した。さらに、実データとシミュレーションを駆使して、ドレル・ヤン過程のラインシェープ分布を基礎とする分布関数のフィットから背景事象分布を導出する手法を確立した。

申請者は、110 GeV から160 GeV までの $\mu$ 粒子対不変質量分布から最尤法で信号事象数と背景事象数を導出し、標準模型の予想値で規格化した信号観測数として $1.2 \pm 0.6$ の結果を得た。これは、ヒッグス粒子が $\mu$ 粒子と結合する反応の兆候を $2\sigma$ の統計的有意度で得たことに相当し、LHC 加速器を用いたもうひとつのCMS 実験の結果とも一致する。

本研究は、2012年に発見されたヒッグス粒子が第2世代のフェルミオンである $\mu$ 粒子とも結合することを初めて示唆した研究として、高く評価できる。先行研究と併せると、第2世代フェルミオンの質量起源も第3世代フェルミオンと同様にヒッグス場の湯川結合によることを示唆しており、その学術意義は高い。さらに、質量分解能の向上と背景事象数の制御の観点から測定感度向上を実現させたことで、今後のLHC 実験において $H \rightarrow \mu \mu$  崩壊の $5\sigma$ 以上の統計的有意度による決定が見込めることを示したことも評価できる。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。