

# 論文審査の結果の要旨

氏名 加藤 千曲

本論文は、13章からなり、第1章の序文に続き、第2章では研究の背景と目的が述べられており、第3章では本研究で用いた CERN 研究所 LHC 加速器施設の ATLAS 実験の概要と検出器群の詳細が述べられている。第4章では取得した実験データおよびモンテカルロデータについて記述している。再構成された反応生成物に対する条件が第5章、信号事象の選択と分類方法は第6章で述べられている。第7章で**b**クォークを含むジェットのエネルギー補正法について詳細に記述されている。第8章では多変量解析の方法が述べられ、第9章には系統誤差の要因とその結果がまとめられている。第10章で統計解析の手法が述べられ、第11章に結果が与えられている。第12章ですべてのデータおよびすべてのチャンネルについてのデータ解析結果がまとめられ、第13章に結論が述べられている。この他、付録としてマルチジェットのバックグラウンド、運動学的フィット、多変量解析での分離変数に関する詳細な結果などが収録されている。

本論文では、ヒッグス粒子の**b**クォーク対への崩壊 ( $H \rightarrow bb$ ) に関する実験研究について述べている。CERN の LHC 加速器を利用した ATLAS および CMS 実験で 2012 年にヒッグス粒子が発見されたものの、ヒッグス粒子の最も支配的な崩壊である  $H \rightarrow bb$  は多くのバックグラウンド事象や限られた統計量などのため、Run1 では観測されなかった。 $H \rightarrow bb$  は標準模型の予想では 58% の崩壊分岐比を持ち、その信号数は標準模型による湯川結合の検証のために重要であり、標準模型を越える新物理にも感度をもつため重要な崩壊チャンネルと位置づけられている。そのため 2015 年からの Run2 では  $H \rightarrow bb$  は重要課題のひとつとなっていた。

本研究では、 $H \rightarrow bb$  崩壊の観測を行うために、LHC Run2 の ATLAS で観測された重心系エネルギー 13 TeV、積算ルミノシティ  $36.1 \text{ fb}^{-1}$  のデータを利用している。

$H \rightarrow bb$  を観測するために、ヒッグス粒子の生成過程として三番目に大きな断面積を持つベクターボソンを伴う生成に注目している。最も大きな断面積を持つヒッグス粒子の生成反応はグルーオン融合とベクターボソン融合であるが、この場合はジェットが多数生成され、 $H \rightarrow bb$  の終状態でつくられる二つの **b**-ジェットと分離することが困難になる。ベクターボソンを伴う生成の場合には終状態のレプトン (ミューオンや電子) 観測により効率的に信号事象を選びだすことが容易である。さらに終状態のレプトンの数には 0、1、2 の三つの場合があるが、そのなかでレプトンが二つ生じる反応を用いることで、マルチジェット事象

などのバックグラウンドを強く抑制することができる。

本研究では $H \rightarrow bb$ 観測の感度を向上させるために、 $b$ -ジェットのエネルギー決定精度に着目し、新しい解析手法を開発している。セミレプトニック崩壊由来のミュオンエネルギー補正、 $b$ -ジェットの広がり横運動量依存性補正、二つのレプトンが生成される事象での横運動量バランスを利用した運動学的フィット、を新たに導入して最も感度の高い領域でヒッグス粒子の質量分解能を最大約 40%改善している。

事象選別では二つの $b$ -ジェット、二つのレプトンとレプトンの運動学情報から得られる  $Z$  の質量などを要求し、多変量解析とカット解析の二通りの事象選別を行っている。バックグラウンド事象はモンテカルロシミュレーションより生成されたデータを利用して評価している。最終的に、多変量解析により感度を約 20%向上することに成功し、統計解析では統計誤差、実験由来の系統誤差、シミュレーション由来の系統誤差を考慮し、最尤推定を行っている。その結果、観測（期待）有意度 3.6（1.9）標準偏差の超過を見出している。標準模型の予測値との比は $\mu = 2.11^{+0.50}_{-0.48}(\text{stat.})^{+0.65}_{-0.47}(\text{syst.})$ を得た。またカット解析を利用した場合も観測（期待）有意度 3.4（1.6）標準偏差、 $\mu = 2.38^{+0.62}_{-0.59}(\text{stat.})^{+0.75}_{-0.53}(\text{syst.})$ となり、誤差の範囲内で多変量解析の結果と同じ結果を与えることを確認している。終状態のレプトン数 2 だけでなく、0 および 1 も含めた、Run1 と Run2 の全データを解析した結果は、観測（期待）有意度 3.6（4.0）標準偏差、 $\mu = 0.90^{+0.18}_{-0.18}(\text{stat.})^{+0.21}_{-0.19}(\text{syst.})$ であり、標準模型の予想と無矛盾の結果を得ている。

以上のように、本論文は、ヒッグス粒子の $H \rightarrow bb$ 崩壊を観測し、誤差の範囲内で標準模型と無矛盾の結果を得た研究である。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データ解析を行い、また新しい解析手法を開発するなど論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。