

## 別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目: Search for non-resonant Higgs-pair production in the  $b\bar{b}b\bar{b}$  final state with the ATLAS detector (ATLAS 実験における非共鳴ヒッグス対生成 $b\bar{b}b\bar{b}$ 終状態事象の探索)

氏 名: 林田 翔太

## 論 文 内 容 の 要 旨

素粒子標準理論 (Standard Model, SM) は、現代素粒子物理学においてあらゆる物理現象をほぼ的確に記述できる理論モデルとして成功してきた。2012 年には CERN の ATLAS 実験、CMS 実験でヒッグス粒子 ( $H$ ) を発見したことにより、素粒子の質量はヒッグスポテンシャルの自発的対称性の破れによって獲得されること (ヒッグス機構) が明らかになった。しかし、ヒッグスポテンシャルの実際の形状は実験的に立証できていない。新物理理論では、SM とは異なるさまざまなタイプのヒッグスポテンシャルも予測されている。質量起源を真に理解する上で、その形状の測定は不可欠である。ヒッグスポテンシャルの形状は、ヒッグス自己結合定数の測定によってのみ決定できる。そこで、3つのヒッグス粒子間の相互作用である、ヒッグス 3 点自己結合に注目した。

本論文では、ATLAS 実験で取得した重心系エネルギー  $\sqrt{s} = 13$  TeV の陽子陽子衝突データ  $126 \text{ fb}^{-1}$  を使用した非共鳴ヒッグス対生成  $b\bar{b}b\bar{b}$  終状態事象 ( $pp \rightarrow HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ ) の探索について述べる。ヒッグス対生成事象の生成断面積および運動学は、ヒッグス 3 点自己結合定数およびヒッグス粒子と弱ボソンの 4 点 ( $HHVV$ ) 結合定数に依存する。それらを調べることで、ヒッグス 3 点自己結合定数と  $HHVV$  結合定数を測定または制限できる。2つのヒッグス粒子が共にボトムクォーク ( $b$ ) とその反クォーク ( $\bar{b}$ ) のペアに崩壊する  $b\bar{b}b\bar{b}$  終状態は、最も大きい崩壊分岐比をもつゆえ、最も感度の高いチャンネルの一つである。しかし、 $HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$  の探索は、膨大な量の多ジェット背景事象によって非常に難しい。

私は、 $HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$  事象の特徴に考慮した新たな事象選別を開発することで、探索感度を向上させた。さらに、信号事象と背景事象をより区別できる運動学的変数を用いて、カテゴリ分けすることで感度を最大化させた。多ジェット背景事象をシミュレーションで推定するのは困難なため、背景事象推定は重要な課題であった。私は、ボトムクォークによるジェットを 2 つ含む事象から、4 つ含む多ジェット背景事象をニューラルネットワークを駆使して正確に推定する方法を確立し、その課題を解決した。

本解析では、非共鳴ヒッグス対生成事象の証拠は見つからず、95%信頼区間でヒッグス

対生成断面積の信号強度( $\mu$ )、ヒッグス 3 点自己結合定数( $\kappa_\lambda$ )、 $HHVV$ 結合定数( $\kappa_{2V}$ )などに制限を与えた。ここで、 $\mu$ は生成断面積と SM 予測値との比、 $\kappa_\lambda$ および $\kappa_{2V}$ はそれぞれの結合定数と SM 予測値との比である。ATLAS 実験データで観測 (期待) した $\mu$ の上限は 5.4 (8.1)、 $\kappa_\lambda$ の許容区間は $\kappa_\lambda \in [-3.9, 11.1]$  ( $[-4.6, 10.8]$ )、 $\kappa_{2V}$ の許容区間は $\kappa_{2V} \in [-0.03, 2.11]$  ( $[-0.05, 2.12]$ )である。これらの結果は、SM 予測値 ( $\kappa_\lambda = \kappa_{2V} = 1$ )との一致を示している。本結果は非共鳴 $HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ を主な対象にした解析から得られた最初の結果であり、以前の解析結果と比べて上記の定数に対する制限を 2-4 倍向上した。

本論文ではさらに、ATLAS 実験における $b\bar{b}b\bar{b}$ ,  $b\bar{b}\gamma\gamma b$ ,  $b\bar{b}\tau\tau$ 終状態を用いた非共鳴ヒッグス対生成事象探索の統合解析についても述べる。これら終状態を使った探索は、信号強度およびヒッグス 3 点自己結合定数に対して最高感度を提供し、統合解析でより厳しい制限を与えることができる。統合解析で観測 (期待) した $\mu$ の上限は 2.4 (2.9)、 $\kappa_\lambda$ の許容区間は $\kappa_\lambda \in [-0.6, 6.6]$  ( $[-1.0, 7.1]$ )、 $\kappa_{2V}$ の許容区間は $\kappa_{2V} \in [0.07, 2.03]$  ( $[0.02, 2.06]$ )である。