

学位申請論文公開講演会

日時：2023 年 1 月 25 日(水) 13:00~

申請者：林田 翔太 (N 研)

場所：物理会議室 (C207)

題目：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

主論文の要旨

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。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 $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ の陽子陽子衝突データ 126 fb^{-1} を用いた非共鳴ヒッグス対生成 $b\bar{b}b\bar{b}$ 終状態事象 ($pp \rightarrow HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$) の探索を述べる。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故に、最も感度の高いチャンネルの一つである。しかし、そ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、信号事象の特徴を考慮した新たな事象選別を開発し、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ー分けすることで、探索感度を最大化させた。また、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非常に困難なため、背景事象推定は最重要課題だった。私は、ボトムクォークによるジェットの 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。

本解析ではヒッグス対生成事象の証拠は発見できなかったが、95%信頼区間でヒッグス対生成事象の生成断面積 (μ)、ヒッグス 3 点自己結合定数 (κ_λ) などに制限を与えた。ここで、 μ および κ_λ はそれぞれの SM 予測値との比を表した量である。本解析で観測 (期待) した μ の上限値は 5.4 (8.1)、 κ_λ の許容区間は $\kappa_\lambda \in [-3.9, 11.1]$ ($[-4.6, 10.8]$) である。これら結果は、SM 予測値 ($\kappa_\lambda = 1$) と無矛盾であることを示した。本結果は非共鳴 $HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ を対象にした解析から得られた最初の結果であり、先行研究と比べて 2-4 倍これら制限を向上した。また本解析では $b\bar{b}\gamma\gamma b, \bar{b}b\tau\tau$ 終状態と合わせた統合解析を行い、 μ の上限値を 2.4 (2.9)、 κ_λ の許容区間を $\kappa_\lambda \in [-0.6, 6.6]$ ($[-1.0, 7.1]$) とさらに厳しい制限を与えた。