

# Measurement of Vector Boson Scattering in semileptonic final states with the ATLAS detector using LHC Run-2 data

LHC-ATLAS実験のRun-2データを用いたセミレプトニック終状態でのベクトルボソン散乱の測定

藤本みのり

2012年にLHCでヒッグス粒子が発見され、標準模型の予言は今まで実験でよく再現されていることが確かめられている。しかしまだ標準模型は不完全な模型であることがわかっており、新物理の探索が求められている。

電弱対称性の破れの理解もヒッグス粒子の発見によって大きく前進した。ベクトルボソン散乱の研究は、ヒッグス機構が電弱対称性の破れの唯一の原因であるという標準模型の予想の検証そのものである。ベクトルボソン散乱の散乱振幅は、ヒッグス機構の存在により発散が回避されている。もし異常4点ゲージ結合などの標準模型で予言されている以外の結合が存在するならば、ベクトルボソンの横運動量が大きく、2つのボソン系の不変質量が大きいときに散乱振幅が増大することが予測される。よってベクトルボソン散乱を詳細に研究することは、標準模型の検証と新物理の探索の両方の側面から重要である。

本論文では散乱したベクトルボソンのうち片方がレプトンに、もう片方がハドロンに崩壊する過程を用いている。ベクトルボソン散乱はすでに2つのベクトルボソンがどちらもレプトンに崩壊する終状態では発見されている。ベクトルボソン散乱は全ての終状態で観測を目指す必要がある、本論文ではセミレプトニック終状態での発見を目指している。

セミレプトニック終状態は、前回解析としてLHC-ATLAS実験の36.5fb<sup>-1</sup>のデータで観測が試みられており、期待値2.7 $\sigma$ で観測されている。本論文では、2015年から2018年までにLHC-ATLAS実験で取得された全てのデータである、139fb<sup>-1</sup>のデータを用いて、5 $\sigma$ を超える発見を目指す。

本研究は、前回解析においては考えられていなかった信号の内訳や、より新しい機械学習のフレームワークの使用、また統計誤差を減らすべく再度検証された不確定性の研究を含んでいる。

セミレプトニック終状態では、崩壊したハドロンがジェットになる。このジェットが存在する終状態というのは、全てがレプトンに崩壊する過程に比べて高エネルギーのイベントの統計数が多いという特徴があり、この特徴は標準模型の検証よりもむしろ新物理の探索に向いている。新物理があった場合の散乱振幅の増大は、ボソン系の不変質量が多い時にみられると予測されるからである。よって測定結果は、新物理の探索の観点から再解釈される。

予測される新物理は特に、異常4点ゲージ結合である。標準模型で予測される以外のゲージボソンの結合定数のことである。これは有効場理論において解釈される。有効場理論は物理モデルに依存しない理論であり、包括的に様々な過程の測定を解釈することで、標準模型からのずれを発見しようという試みである。

有効場理論においては様々な過程からの再解釈が総合的に必要となるが、特にベクトルボソン散乱過程は、電弱対称性の破れを直接検証できる部分の解釈であるから必要不可欠なピースとなる。

有効場理論による再解釈においては、最適化された、標準模型の測定とは異なる分布を用いて統計処理を行った。

本論文では、LHCのRun2においてATLAS検出器で収集された全てのデータを用いて、セミレプトニック最終状態 ( $WW/WZ/ZZ + jj \rightarrow lvqq/l\bar{l}qq/vvqq + jj$ ) の弱ベクトルボソン散乱過程の測定を報告する。

この測定結果は標準模型の予言と一致するため、有効場理論において、異常な四点ゲージ結合の観点から解釈され、リミットが示されている。

LHC-ATLAS実験は約2年のアップグレードのための休止期間を経て再度データ取得を始めた。今後取得されるさらなるデータ、また予定されている高輝度LHC実験によるデータと合わせて、さらに詳細な研究が可能になる予定であり、この過程はこれからも研究が続けられる。本研究の研究方法が今後の研究のたたき台となる。

また、本研究で示された有効場理論におけるリミットは、今後他の過程の結果と合わせた解釈へと繋げていく必要があり、今後の研究における議論と展開が期待される。