

素核研研究活動報告(1) LHC/ATLAS グループ 2014年5月20日

現在 LHC は長期シャットダウンに入り、2015 年から 13-14TeV のランが始まる。今回の報告では、トリガー系について 2015 年からの運転(Run2)に向けての準備状況などを紹介する。

2012 年までの 7-8 TeV ラン(Run1)のデータから、ヒッグス粒子は光子や W、Z 粒子といったゲージボソンへの崩壊モードで揺るぎない発見がなされ、質量やスピン、パリティといった性質も誤差が大きいながらも測定された。フェルミオンへの崩壊モードでは τ 粒子対への崩壊が 4.1σ で観測された。一方、超対称性粒子などの標準模型を超える新粒子は、

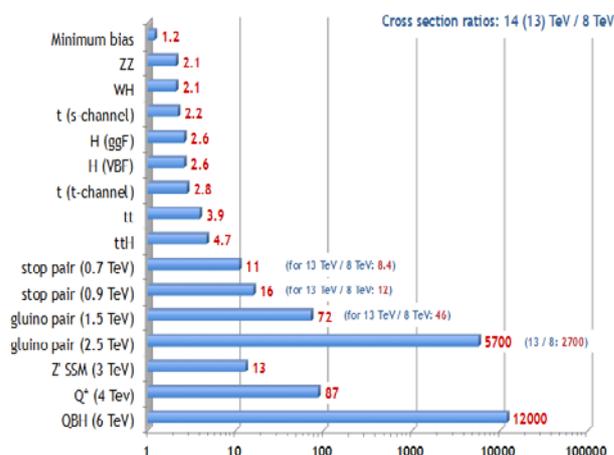


Figure 1 13 TeV / 8 TeV 断面積比

おおよそ 1-2 TeV 程度の質量領域までには発見されなかった。2015 年からはよいよ始まる、重心系エネルギーをほぼ倍に上げての Run2 では、まず、より高い質量領域まで新粒子が探索できる。それに加え、図 1 に示すようにヒッグス粒子生成などでも断面積が数倍になる上、LHC の最高瞬間ルミノシティも $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ と約 3 倍に上がるため、したがって、例えばヒッグス粒子の b クォーク崩壊チャンネルの初観測や、既観測の崩壊チャンネルでは質量や崩壊比などの精密測定ができる。

る。

これらの物理課題へ向けて ATLAS 実験は検出器などの改良を進めている。なかでも、最も要求が厳しくなるのがトリガー（オンラインでの事象選別）である。ATLAS では LHC のデザインである 40MHz という高頻度でのビーム交差から、ハードウェアを使った初段トリガー(Level-1 Trigger)で 100 kHz(Run1 での 65 kHz から改良)、ソフトウェアによる後段トリガー(High-level Trigger)で 1000 Hz(Run1 での 400 Hz から増加)まで絞り込まなくてはならない。しかし Run1 と同じトリガーのままではレートは約 5 倍程度になって上記のレート制限を超えてしまい、データ取得ができない。そのため、ミューオンや τ などの検出器シグナルの再構成アルゴリズム自体を改良するとともに、事象選別条件をより複雑にしたり厳しくして背景事象を大幅に削減することが必要になる。全体でのレート制限や物理の重要性を俯瞰しつつ、各物理課題について感度を保ちながらもレートを削減するように、Run2 でのトリガー論理を策定した。その際、広範な物理課題を網羅するため多くの

(Run1 では約 500 個)事象パターン選別条件を評価して論理和を取るが、各々の事象パターン選別条件に新しいカットを入れたりしきい値を厳しくするなどした。トリガー条件を様々に変化させたり新しい条件を加えたりしても柔軟に対応してレートを短時間で予測計算するツールを開発した。低い閾値の初段トリガーのみで取得した特別な 8 TeV データでの実測から、8 TeV と 13 TeV でのシミュレーションを用いてトリガーの種類や物理過程ごとに外挿するなどして精度を高めた。事象パターン選別条件をオンラインへ組み込むためのソフトウェアもデザインし直して刷新し、実装を進めている。

ミュオントリガーでは、2013 年 10 月に報告したように、初段トリガーにおいてさらにヒットを要求して約 30%レートを下げるための改良の準備を進めている。また、後段トリガーで最初にミュオン検出器だけで飛跡を再構成するアルゴリズムについて、磁場が

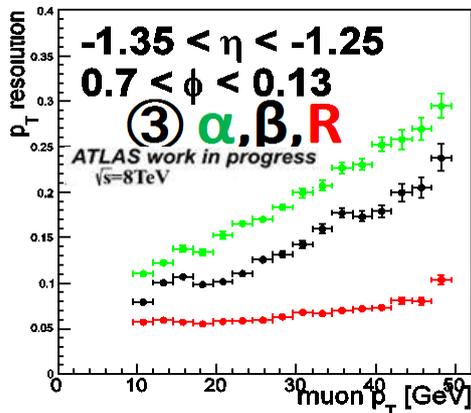


Figure 2 運動量分解能を横軸運動量で示す。赤色が開発した新再構成法。

複雑な領域に導入された検出器を用いての新しい再構成法を開発し、その領域で運動量分解能を格段に改善した (図 2)。平行して、2012 年運転におけるミュオントリガーの効率や分解能を詳細に評価する解析を進めた (本論文としてとりまとめ中)。Z ボソン粒子に加え、J/ψ メソンやトップクォーク、W ボソン生成の過程も用いることで 3-300 GeV までの広範囲の横運動量領域で効率を測定した。系統誤差も改善した。8 TeV 物理解析で用いられただけでなく、現行の性能を詳細にわたって理解できたことにより Run2 へ向けての良い準備となった。

τ トリガーでは、初段トリガーでは横運動量の閾値を Run1 と同等の低いままで保持する事が重要なので、事象トポロジーに基づいたカットを導入してレートを抑える。また、後段トリガーではオフラインレベルのカリメータークラスタリングと、それを用いた τ 同定アルゴリズムで厳しくカットを行い、そこに至るまでの中間のカットは、レートをある程度削減しつつ、しかし結果に影響を与えない程度に緩くする事が必要である。Run1 では後段トリガーの中間部は第 2 段と呼ばれ、レートに制限があったが、Run2 からは同じ計算機上で後段トリガーを全部処理するよう改良したので中間で明確なレート制限がなくな

った。これを利用して、事象選別の最適化を進めている。

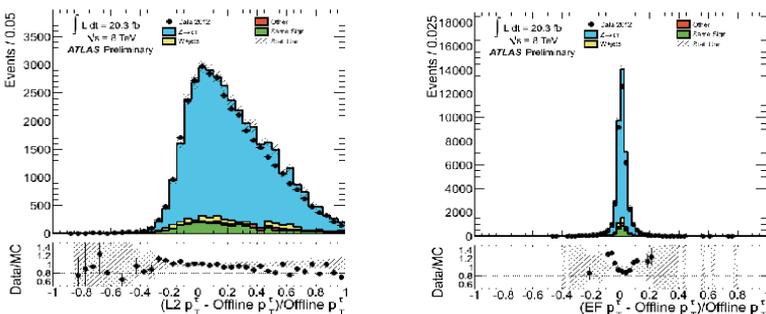


Figure 3 τ トリガー再構成の分解能 左：第 2 段、右：最終段