

2016 年の LHC は、昨年に引き続き重心系エネルギー 13TeV で陽子・陽子衝突を行っている。ピークルミノシティは元々の設計値を超える $1.3 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ を達成し、ATLAS では図 1 に示すように、約 28fb^{-1} のデータをこれまでに収集した。

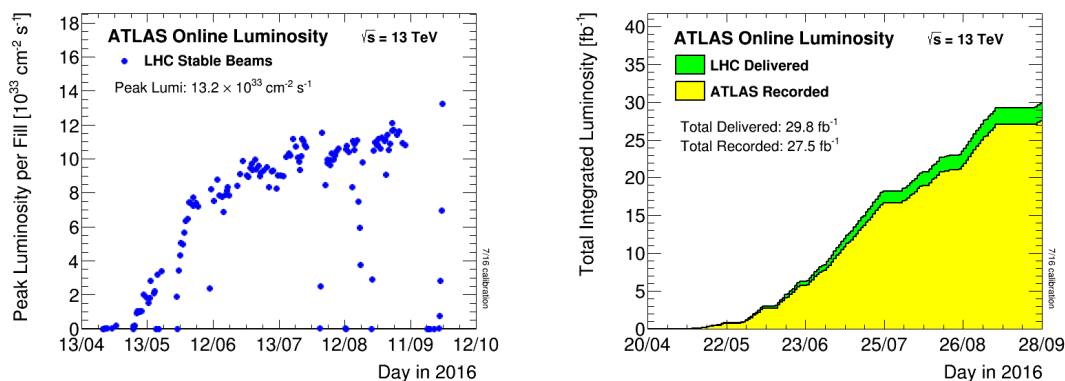


Figure 1: 日毎のルミノシティの最高値（左）と、積算ルミノシティの日毎の変化（右）。

順調な運転を続ける LHC であるが、幾つかの課題を抱えている。

- SPS のビームダンプ。LHC への最終入射器である SPS のビームダンプ付近の真空の悪化により、SPS の陽子数、すなわち LHC への 1 回の入射あたりのバンチ数が設計値よりも小さく抑えられている。設計値 2808 に対して、現在は 2208 バンチとなっている。
- 電子雲の問題。2 次電子がビームパイプに当たるため、熱負荷が大きくなっている。定常運転時で冷却能力の 8 割を超える負荷になっているので、瞬間的な負荷に対するマージンを確保する必要がある。陽子数を増加させるには電子雲を減らす必要がある。
- Unidentified Falling Object の問題。ビームパイプ中の塵にビームがあたり、大きなビームロスが生じる。直接的な対策はなく、対処療法としてはビームロスモニターの閾値の微調整により、安全を確保しつつビームロスを発生させないようにしている。発生頻度は安定している。

ATLAS グループでは、7 月半ばまでに取得した 13fb^{-1} 前後のデータを使った物理解析結果を夏の国際会議 ICHEP2016 で発表した。その中から、いくつかハイライトを紹介する。

ヒッグス関連では、 $\gamma\gamma$ および ZZ 終状態で有意な信号を観測した。13TeV でのヒッグス粒子「再発見」である。図 2 は、ヒッグス粒子生成断面積測定を重心系エネルギーの関数として示したものである。理論の不定性に比べて測定の変動が大きく、今後は統計を増やして測定精度を上げていく必要がある。また、ヒッグスの崩壊比に関しては標準模型の予言値を使っているため、ゲージボソン、フェルミオン、アップタイプ、ボトムタイプというように、様々な終状態を使って比較を行うことが新物理探索という意味では重要となってくる。なお、理論予測値は N^3LO による高精度な計算である。

標準模型の枠外のヒッグス粒子探索も精力的に行っている。例として、図 3 で、MSSM における重いヒッグスを $\tau^+\tau^-$ 終状態で探索した結果を示す。 $\tan\beta$ が大きいと、ボトムタイプフェルミオンとヒッグスとの結合が大きくなるので、図に示されている通り、 $\tan\beta$ の大きい領域で感度の高い探索である。

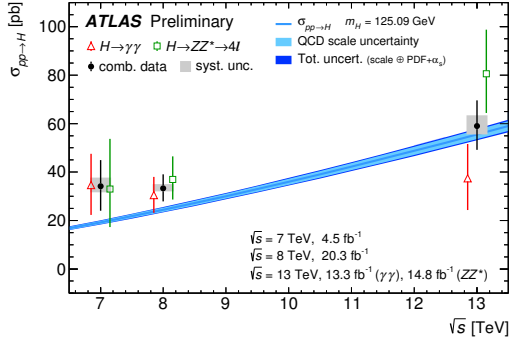


Figure 2: ヒッグスの生成断面積の重心系エネルギー依存性。点が実測値で、青の帯が理論予想。

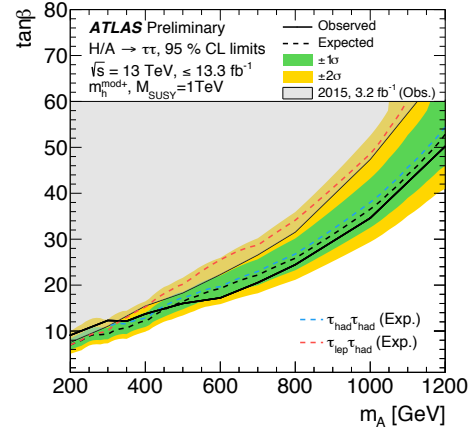


Figure 3: MSSM の重い中性ヒッグス粒子の探索結果。終状態は $\tau^+\tau^-$ で、図中の実線より上の領域を 95%信頼度で棄却した。

超対称性探索においては、ヒッグス質量が 125GeV であることから、第 3 世代を除くスクォークが重いことが予想され、そのため、グルイーノ、ストップ、チャージノおよびニュートラリーノ探索が精力的に行なわれている。図 4 はその探索結果の一例で、0 レプトン終状態を使ったグルイーノ探索結果である。様々な崩壊パターンを仮定して探索を行っているが、いまのところ有意な信号を観測しておらず、軽い LSP の場合は、グルイーノ質量約 1.8TeV 以下を棄却した。グルイーノ探索以外でも有意な信号はいまのところ見つかっていない。

2015 年のデータ解析では、diphoton 事象分布に 750GeV の共鳴らしき事象過剰のあることが話題となった。しかし、図 5 に示す通り、2016 年に収集したデータを加えるとその事象過多は統計的に有意なものではなくなった。ただし、高エネルギー領域における共鳴探索は、予期せぬ新物理現象の探索としては有効であり、また、エネルギーフロンティア実験の真骨頂であることから、今後も diphoton 終状態に限らず、様々な共鳴事象の探索を続けていく。

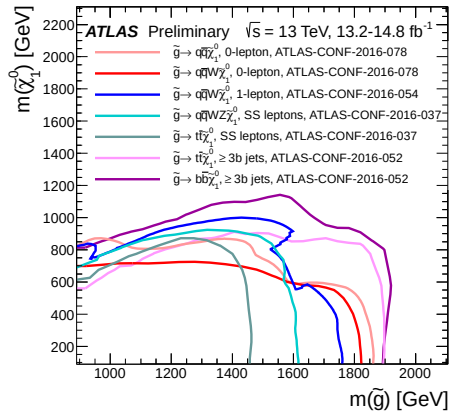


Figure 4: レプトン無し終状態でのグルイーノ探索結果。

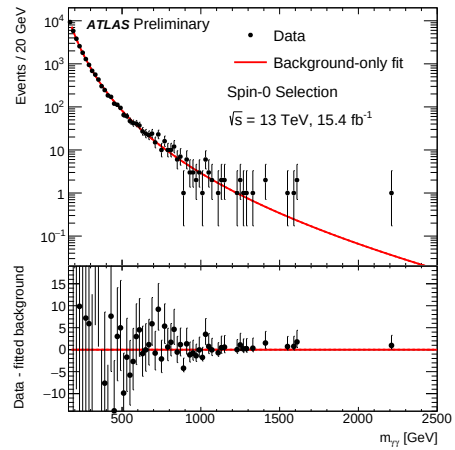


Figure 5: diphoton 質量分布（上）。下は背景事象数の期待値を引いた後の分布。