

LHC は 2 年間の整備作業を終えて、重心系エネルギー 13TeV で陽子陽子衝突を開始した。13TeV での運転開始直後はバンチ間隔 50ns での運転であったが、現在は設計値である 25ns 間隔で運転している。ただし、現在はまだバンチ数を増やす途上で、設計値の 2835 に対して、これまでのところ最高バンチ数は 446にとどまっている。13TeV 運転でのルミノシティの最高値は $1.6 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ で、図 1 に示す通り 50ns 間隔での運転時に記録したものである。

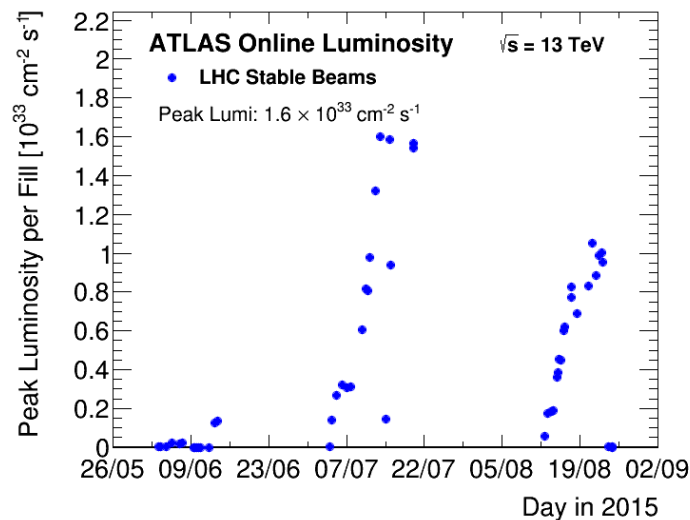


Figure 1: 日毎のルミノシティの最高値。

ATLAS を含む実験グループは、2015年6月から物理解析用のデータ収集を始めた (Run2 の開始)。ATLAS 日本グループは、エンドキャップ部トリガー用ミュオン検出器である TGC の運用を Run1 同様任されており、素核研 ATLAS グループは佐々木を中心として、TGC 運用の中核的役割を担っている。また、ミュオントリガーに関しては青木がコーディネータを勤め、トリガー全体のコーディネータを長野が任されている。さらに、IBL (ATLAS 検出器最内層に新たに加えられた荷電粒子検出用ピクセル検出器) の製造から設置の際に現場で活躍した田窪は、ピクセル検出器のデータクオリティモニターの責任者として、津野はピクセルオフラインソフトウェアのコンビナーとして活躍している。ATLAS のデータ収集において、素核研の役割はなくてはならないものとなっている。

各実験グループは、バンチ間隔 50ns のランで収集した 100 pb^{-1} 弱のデータを使い、この夏の国際会議で幾つかの結果を報告している。図 2 は、トップクォーク対生成断面積の重心系エネルギー依存性の測定結果で、今回新たに ATLAS が測定した 13TeV での結果が加わっている。その ATLAS グループの結果は dilepton 終状態のみを使ったもので

$$\sigma_{t\bar{t}} = 825 \pm 49(\text{stat}) \pm 60(\text{syst}) \pm 83(\text{lumi}) \text{ pb}$$

であり、標準模型の予言と測定誤差の範囲内で一致している。実験開始直後であり誤差はまだ大きいものの、13TeV という人類未踏のエネルギー領域でも QCD がそれなりの予言能力を持つことを確認したことは非常に意義がある。陽子陽子衝突型コライダーである LHC で生成される多くの粒子は強い相互作用によるものなので、グルイーノやスクォーク生成の予言に信頼性を与え、同時に、背景事象の評価にも一定の信頼性を与えることになる。上記は

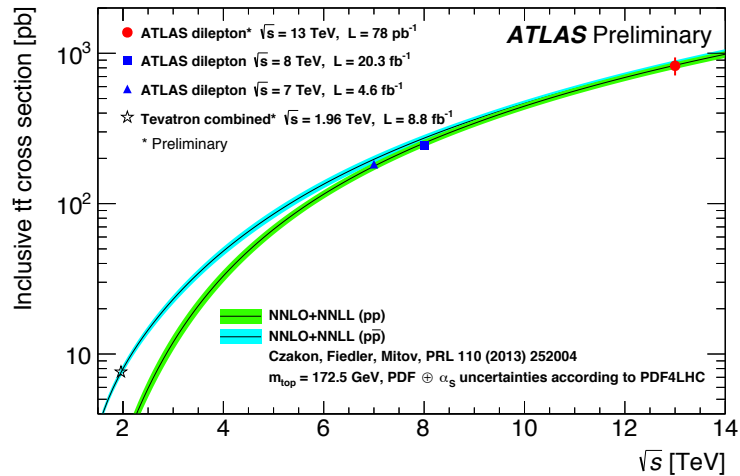


Figure 2: トップクォーク対生成断面積の重心系エネルギー依存性。線が2本あるのは、それぞれ陽子陽子衝突 (pp) と陽子反陽子衝突 ($p\bar{p}$) における理論予想。星印、三角、四角、丸印がそれぞれ実測値。今回の結果は、赤丸印に対応する。

公表された結果の一例であり、ジェットや W/Z の生成に関してもトップクォーク同様理解が進んでいる。

一方で、LHC の目的の一つである新粒子探索も精力的に行われている。一例として dilepton による共鳴探索を紹介する。図3は、 e^+e^- 対と $\mu^+\mu^-$ 対で組んだ不変質量分布である。統

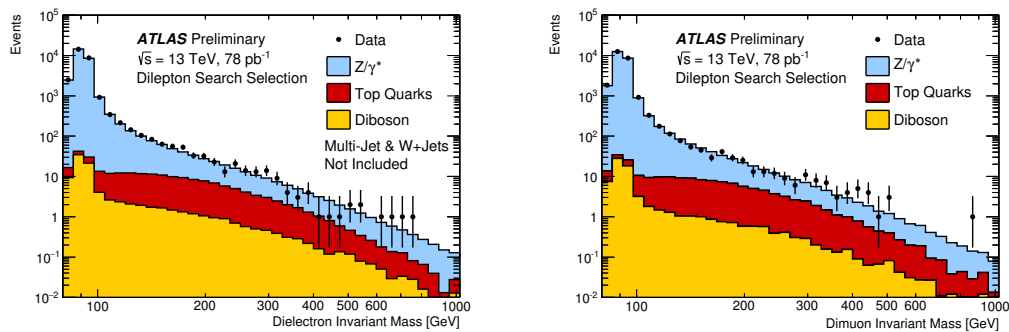


Figure 3: e^+e^- 対 (左図) と $\mu^+\mu^-$ 対 (右図) で組んだ不変質量分布。

計が少ないために、まだ Run1 の感度を超えることはできないが、Drell-Yan を中心とした背景事象の評価が正しくできていることがわかる。

LHC のルミノシティ増強計画を HL-LHC と呼び、2024 年から2年半のシャットダウンを予定している。現行 LHC の設計値 $1 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ から、5ないし $7 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ヘルミノシティを上げる。これに伴い、ATLAS 検出器もアップグレードをする予定で、KEK グループはシリコン飛跡検出器と、ミュオントリガー用の電子回路基板開発に取り組んでいる。

シリコン検出器開発においては、池上、海野、中村が中心となり浜松ホトニクスと共同で高放射線耐性のセンサー (ピクセルとストリップ) 開発を行っている。ストリップセンサー

の設計はほぼ終了しており、現在はピクセルセンサーの設計、およびセンサーと信号読み出し用 ASIC との bumps ボンディングの技術開発を主に行っている。フラックスを使った SnAg と、Ni+In での bumps ボンディングそれぞれに成功し、本命であるフラックスなしの SnAg 接合のバックアップ技術を確立した。現在は、バックアップ技術のさらなる精査と、フラックスなし SnAg 接合の研究を並行して行っている。

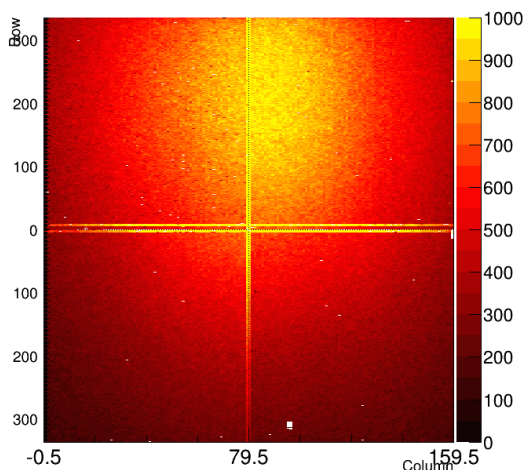


Figure 4: 放射線源 Sr90 に対するプロトタイプピクセル検出器の反応。z 軸（色）は、各ピクセルごとの検出回数を表す。真ん中上よりの場所に放射線源が置かれている。

ミュオントリガー用電子回路基板開発は佐々木が中心となって進めている。名古屋大学と共同で回路の概念設計と、技術要素の試作品制作等を行っている。また、LHC は、HL-LHC に移行する前の 2019 と 20 年の 2 年間も、新たに建設する入射器の設置のために運転を休止する。このシャットダウン時に、エンドキャップ部ミュオントリガーおよびミュオン検出用の新たな検出器を設置する。この追加に伴い、現行のトリガーシステムからの修正変更が必要となり、そのための電子回路基板の制作とファームウェア開発を佐々木が大学グループと共同で進めている。初期設計を終えて現在は試作品を製作中である。