

CERN Summer Student Programme 2016 参加報告

東京大学理学系研究科物理学専攻修士一年

上岡 修星

kamioka@icepp.s.u-tokyo.ac.jp

2016年(平成28年)10月21日

1 はじめに

CERN Summer Student Programmeとはスイス・ジュネーブに位置する欧州原子核研究機構(CERN)が開催する夏の学校であり、物理、数学、計算機など幅広い分野に携わる300名の学生が世界80ヶ国から集まり、講義やCERNでの研究に参加するというプログラムである。私は6/27から9/3の10週間にわたってこのプログラムに参加した。ここでは滞在の様子も含め活動内容を報告する。



図1: 今年度のプログラム参加者の集合写真。

2 活動内容

2.1 講義

6/27から8/5までの平日は午前中に講義が行われた。講義内容は標準模型や超対称性や宇宙論などの理論物理から検出器の仕組みやトリガー、モンテカルロシミュレーションといった実験に関連したもの、医学への応用までさまざまなものがあり、最後は重力波の初観測についての講義で幕を閉じた。後半の標準模型を超えた物理や弦理論についての講義は理解するのに一苦労であったが、その内容の面白さと各分野の専門家から直接学べる格好の機会ということもあり毎回非常に楽しみだった。講義資料と講義の様子動画がインターネット上に公開

されているので興味のある方は参考にさせていただきたい[1]。

2.2 研究

私はATLAS実験の中のData processing groupに配属され、Markus Elsing教授の指導のもとでTADAと呼ばれるモニターシステムの改良を行った。私が行ったのは主にハドロンカロリメーターにおけるジェットのエネルギー測定の実験の安定性をモニターするチャンネルの作成、またそれに関連したTADA全体の改良である。キャリブレーションの安定性のモニターの手法としては γ -jetイベントを用いたものとmulti jetsイベントを用いた手法の二通りを用いたがここでは前者の γ -jetイベントを用いた手法とその結果についてのみ述べる。

2.2.1 TADA

TADAはATLAS実験において運用されている物理解析のモニターシステムである。新物理ならびにATLASの各種検出器の異常の早期発見を目的として開発されたこのシステムは、40を超える解析チャンネルの結果をヒストグラムの形で常時モニターしている。すべてのチャンネルはデータ再構成の数時間後には自動更新され、ATLAS実験のメンバーはウェブページで閲覧することができる。

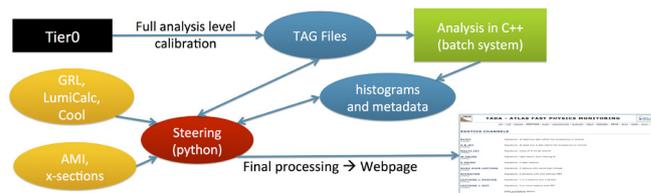


図2: TADAのモニターの流れ。

2.2.2 γ -jet イベントを用いた TADA におけるジェット キャリブレーションの研究

γ -jet イベントとは終状態においてジェットとフォトンがひとつずつ現れるイベントのことである。このときフォトンとジェットはビームに垂直な面内では back-to-back に飛ぶので、それらの横運動量の比は理想的には 1 になることが期待できる。この比が 1 から大きくずれる場合はハドロンカロリメーターにおけるジェットの運動量測定の変動の可能性がある、この比の変動からハドロンカロリメーターの安定性が議論できることになる。そこで TADA に γ -jet イベントからその横運動量比(ジェットの横運動量)/(フォトンの横運動量)をモニターするチャンネルを作成した。

その際に、それ以前には TADA は基本的には一次元ヒストグラム形式の情報しか扱えなかったが、多次元的なデータのモニターに対応できるように TADA 全体の改良も行った。

具体的な事象選別としては、横運動量が 140 GeV のジェットが一つ、横運動量が 40 GeV 以上のフォトンが一つ含まれ、かつそれらの横運動量のなす角が $\Delta\phi > 2.8$ を満たすことを要求した。結果はモンテカルロシミュレーションと比較する形でウェブページに出力されるようなものを作成した。

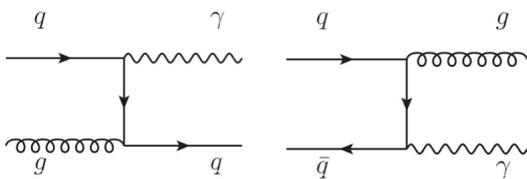


図 3: γ -jet イベントのファインマン図。

2.2.3 結果

以下では実際に TADA 上で上記したような運動量比をモニターした結果を述べる。特に断りがない限り、使用しているデータは 2016 年の夏までに TADA 上に取得された 2016 年の LHC の run のデータである。

まず図 4 に示してあるのが横運動量比の分布である。シミュレーションはデータの分布をよく再現しており、期待通り運動量比の分布のピークはおおよそ 1 の所に位置している。ここから事象選別とシミュレーションには問題がないと判断して、より詳細なモニターを行うためのチャンネルを作成した。

図 5 は、各フォトンの横運動量に対する横運動量比分布の平均値を、フォトンの横運動量に対してプロットしたものである。MC とデータのずれは約 2% 以内に収まっている。運動量が高い側でデータ点が途切れているのは統計が少ないためであり、この手法でモニターできるジェットのキャリブレーションは横運動量が約 1TeV

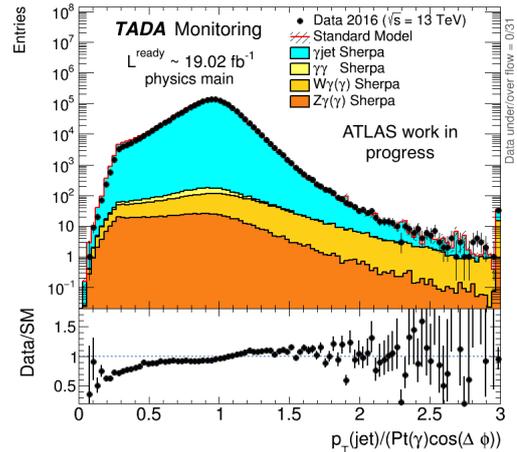


図 4: 運動量比の分布。横軸が運動量比、縦軸がイベント数。

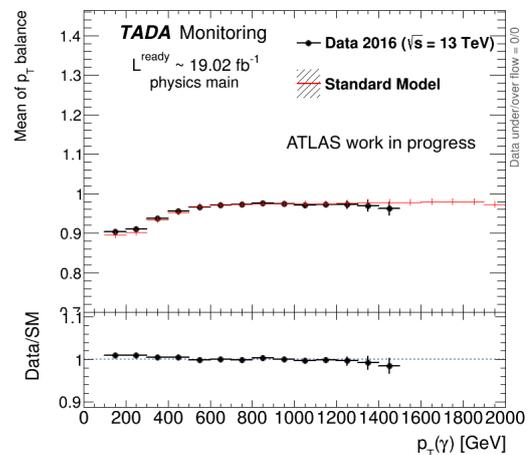


図 5: フォトンの横運動量に対する横運動量比の分布。横軸がフォトンの横運動量、縦軸が横運動量比。

のものまでだとわかる。より高いエネルギーのジェットのキャリブレーションをモニターするための別の手法も組み込んだがここでは省略する。

さらに各 run ごとのキャリブレーションの安定性をモニターするためのチャンネルを作成した。図 6 がその結果である。横軸が LHC の今年の各 run number に対応しており、縦軸がその run ごとに作成された横運動量比の分布の平均値である。特に図 6 の GRL based の点を見ると、横運動量比が run を重ねる毎に減少していることがわかる。この結果をジェットのキャリブレーションチームのミーティングで報告し議論を重ねた結果、このドリフトの原因がタイルカロリメーター起因であると特定され、カロリメーターのキャリブレーション方法の改善に貢献することができた。同時に、かれらも認識していなかった変化をいち早く発見できたことで、TADA のモニターシステムとしての有用性も確認された。図 6 の RunQuery based と書かれている点は、キャリブレーションの変更後に行われた新しい run の測定結果におおよそ対応している。これを見ると、キャリブレーションの変更以降は以前に見られたようなドリフト

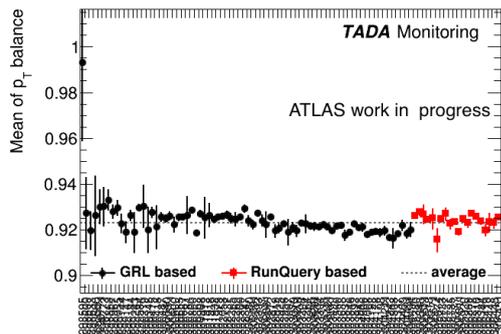


図 6: 運動量比の run 毎の変動。横軸は run number, 縦軸は各 run における運動量比の平均値。

は見られておらず, TADA 上でキャリブレーションの改善も確認することができた。

現在もこのチャンネルをふくむ私が作成した複数のチャンネルは TADA 上で実際に活用されている。またこの結果は CHEP という学会でも発表された。

2.3 Poster Session

8 月の上旬にはポスターセッションと student session と題された口頭発表の機会があった。参加できるのは早い者勝ちということで student session の申し込みには間に合わなかったが, ポスターセッションには参加することができた。ポスターの準備は大変だったが, ほかのサマースチューデントや研究者たちと自分の研究に関する議論を行うことができ, とても実りあるものになった。

3 日々の生活

CERN における日々の生活はとても健康的であったと思う。私はフランス側にあるホテルに宿泊しており, 毎日自転車に 10 分程度乗って職場へ移動し朝は 9 時過ぎから夜は 17 時過ぎまで研究を行い, 昼や夜はほかの summer student の友人たちと食事をしたり談笑していた。

世界中から集まった同年代の友人たちとの交流は非常に楽しく, どこからともなく企画されたさまざまなパーティやレクリエーションに参加したり, 日本ですのと同じようなたわいもない会話を日々行っていた。日本人だということと真っ先にアニメや漫画の話題を聞かれることが多く, 海外のオタクたちの知識の多さに舌を巻くと同時に, 彼らとの交流のいいきっかけとなった。特に印象に残っているのは Hardronic festival という CERN のメンバーで結成されたバンドの演奏会を友人たちと聞きに行ったことであり, バンドの演奏にあわせてみんなで肩を組んで定番曲を合唱できたときは不思議な感動を覚え忘れられない 1 日となった。

4 今後の抱負

この summer student programme は私にとって初めて国際的な大規模実験に参加する機会となった。自分が参加した実験の性質上, 自分たちのチームで得られた結果を検出器の専門家たちのミーティングで発表する機会が多く, たくさんの研究者たちと議論をおこなえたことは非常によい経験であった。これからも同様の機会があれば積極的に参加していきたい。このプログラムで得られた知識, 経験, 研究意欲などを今後の自分の実験, 研究活動に生かして行きたいと思う。

5 今後このプログラムに望むこと

KEK の皆様には応募から準備, 帰国にいたるまで非常に手厚いサポートをしていただいた。そのおかげで現地での滞在で不自由を覚えることはなかった。強いてあげるなら, 海外の参加者がそうであったように, 日本人も物理以外の分野に携わっている者や学部生も参加できるような形になればより魅力的なプログラムになるのではないかと思う。

6 謝辞

まず, 本プログラムに参加するにあたって KEK の皆様, 特に宮居美紗様には大変お世話になりました。応募書類の添削, 面接練習に際しては東京大学の浅井祥仁教授, 難波俊雄助教, 石田明助教に丁寧な助言をいただきました。研究室の先輩であり昨年のサマースチューデントでもあった周健治さん, 樊星さんにもプログラムへの参加に際してアドバイスをいただきました。CERN での指導教官である Markus 様をはじめとする ATLAS Data Processing group の皆様には project に際して丁寧な指導をしていただきました。また現地で働かれている日本人研究者の皆様にも大変お世話になりました。最後に, 今回 Summer Student Programme に一緒に参加した川口さん, 佐藤さん, 徳武さん, 中村さんのおかげでとても楽しい時間を過ごすことができました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] <https://summer-timetable.web.cern.ch/summer-timetable/>