

CERN Summer Student Programme 2018 活動報告

大阪大学 理学研究科物理学専攻 博士前期課程 1 年

大杉 真優

ohsugi@champ.hep.sci.osaka-u.ac.jp

2011 年 (平成 23 年) 10 月 1 日

1 はじめに

私は 6 月 18 日から 8 月 24 日までの 10 週間、CERN Summer Student Programme 2018 に参加した。このレポートではこのプログラム中の活動について報告する。図 1 は今回参加した Summer Student 全員で撮った集合写真である。



図 1: Summer Student の集合写真

2 活動内容

2.1 講義

はじめの方は、素粒子物理学や検出器、加速器の基本的なことについてが主だったが、後半は超ひも理論の講義などより専門的な内容が増えてきて講義の時間も短かったので時間内に内容を理解することは難しかった。今回のプログラムには大勢の学部生が参加していたし、素粒子物理以外が専攻の学生も多かったので、基礎的な内容に時間を割かなければいけなかったのだろうと思うが、扱う題材を少なくしても 1 つの題材について詳しく聞きたいと思う場面もあった。また、今まで詳しく学習することがなかった分野にも触れられたので興味深かったし、スライドは Web 上に上がっているのので後で読み直すことができたのは良かった。

2.2 Workshop と Visit

様々な Workshop も企画されていた。Workshop は 1 つあたり 2,3 時間ほどで霧箱やシリコン検出器などの検出器関係からソフトウェア関係のものまであった。これらの多くは少人数向けで定員が埋まり受けられないものも多かったので、今後このプログラムに参加する方は興味のあるものにはすぐ登録することを勧める。私は ROOT の Workshop を受けることができた。ほとんどは ROOT のインストールから基本的な使い方といった初歩的な内容だったで今までに ROOT を使ったことがある人には物足りないものだったと思う。後半に新しい機能の紹介等があり勉強になる部分もあった。また Visit といって CERN の施設を回る機会もあり実際に研究している人の解説を聴きながら回るのは楽しかった。CERN では多くのイベントが企画されていて交流を持てる機会が多かったのでとても良い環境だと思った。

2.3 研究内容

私は今回のプログラムで ATLAS のソフトウェアトリガーの部門に配属された。ここでは ATLAS の Trigger の概要を述べたのちに、私の行った研究について話したいと思う。

2.3.1 ATLAS Trigger

ATLAS の Run-2 のトリガーシステムは、ハードウェアベースの Level-1(L1) トリガーと、ソフトウェアベースの High Level Trigger (HLT) で構成されている。Run-1 では、HLT はさらに 2 つに別れており、L1 で作られた Region of Interest を用いた速いアルゴリズムの Level-2 トリガーと、事象全体の再構成を行う Event Filter で構成されていたが、Run-2 ではそれが HLT に統合されている。私は今回ソフトウェアトリガーである HLT の部門に所属した。

2.3.2 トリガー効率

今回私は ATLAS 実験で使われている、電子トリガーとフォントリガーの効率に関して研究を行なった。今回はそれぞれのトリガー効率の、横方向エネルギー (E_T), 擬ラピディティ (η), ビーム軸周りの角度 (ϕ), バンチごとの平均相互作用数 (μ) に対する依存性をデータとモンテカルロ共に確かめた。データは 2018 年の $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$ のデータを用いた。

電子のトリガー効率を求めるために tag&probe 法を用いた。tag&probe 法では Z ボソンの崩壊で出てくる二つの電子を用いる。まずオフラインで再構成された電子の中で、トリガーを生成する電子を tag とする。同じイベントの電子でタグの電子と不変質量を組む。その中で Z ボソンの質量程度になる電子を probe 電子とし、この電子を用いてトリガー効率を求めた。

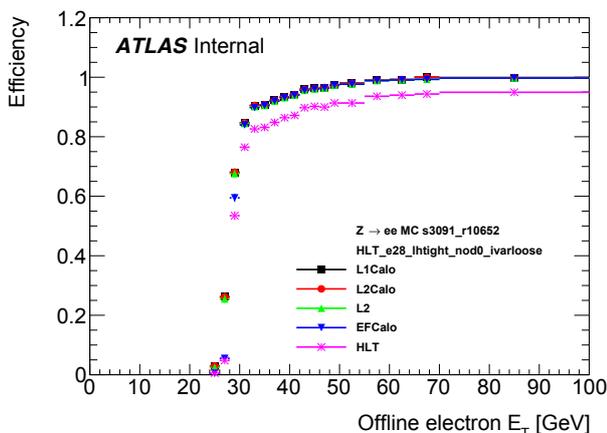
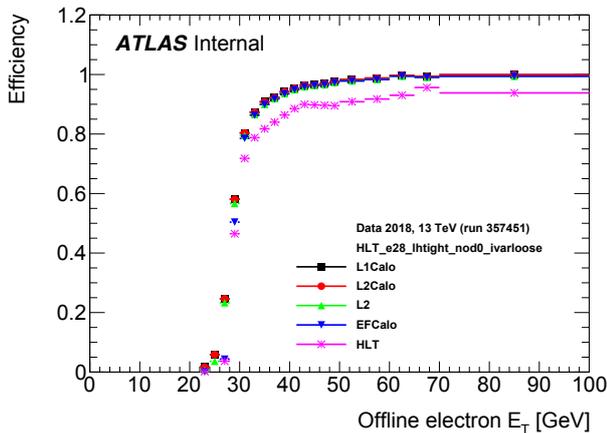


図 2: Z tag&probe 法を用いて測定した、電子トリガーのステップ (L1Calo, L2Calo, L2, EFCalo と HLT) ごとの効率の E_T 依存性。データ (上) とモンテカルロ (下)

図 2 は横方向エネルギー $E_T = 28\text{GeV}$ を閾値とし、厳しい電子 identification の条件を課したトリガーステッ

プごとの効率を、オフラインで再構成した電子の E_T の関数として示したものである。今回、電子の E_T の閾値が 5GeV から 160GeV のトリガーの効率を確かめた。

フォントリガー効率を測定するためには bootstrap 法を用いた。この方法では効率を求めたいトリガーよりも低いエネルギー閾値を持つトリガーを用意し、そのトリガーを満たすフォトンに対してトリガーの効率を測定する。今回はフォトンの E_T の閾値が 10GeV から 140GeV で、プリスケールのトリガーの効率を確かめた。図 3 は bootstrap 法を用いて測定したフォントリガーの E_T 依存性のグラフである。

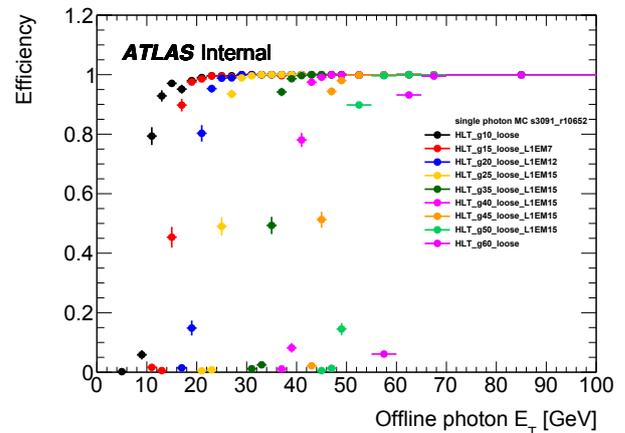


図 3: bootstrap 法を用いて測定したモンテカルロでのフォントリガー効率の E_T 依存性

今回確かめた全てのトリガー効率は、閾値の E_T 付近に鋭い立ち上がりをもち、効率はほぼ 100%であった。またグラフはデータとモンテカルロでほとんど一致した。データがモンテカルロに比べ少しだけ効率が低かったのは、モンテカルロと違い、データにはバックグラウンドが含まれているためである。

はじめの方は ATLAS のコンピューティングでつまづくことも多く、Supervisor も多忙な方だったのでなかなか進まない事も多く苦労した。今までトリガーについて詳しく学んだことがなかったが、実際どのようなトリガーが使われているか、トリガーがどのような流れで動いているかなどを知ることができて興味深かった。ATLAS では一度の衝突で大量のイベントが生じるので、データ容量の観点からも取得するイベントは選ばなければならない。適切なトリガーでなければ、必要なデータを失ってしまうこともあるので、トリガーはとても重要な役割を担っていると思った。

3 生活

海外に行くのは今回が初めてだったため緊張していたが、生活するにつれて他のサマースチューデントとの交流が増えて緊張もほぐれた。私が宿泊していたSt.Geniusのホステルには各階にキッチンがついていたので、数人で話しながら夕食を取る機会も多くあり楽しかった。また休日には学生同士でスイス近くの街に出かけて、各々の国の話などがたくさん聞けて面白かった。今後留学してPh.D.に進もうと考えている学生も多くいて、そのような学生と話すことで自分も頑張らなくてはとやる気が湧いた。

またCERNには多くの女性が働いていることにも驚いた。私がいたATLASのTrigger部門のミーディングに参加している女性の方が多かったし、サマースチューデントにも多くの女性がいた。日本で物理学や工学を学ぶ女性の数は少ないので今回の環境はとても驚いたが、今後日本でもこれくらい女性が活躍できると良いと思った。

4 今後の抱負

今回のプログラムに参加していたサマースチューデント達は意欲的な人が多くとても刺激を受けた。授業後の質問が盛り上がり、例えばハッカソンなどのCERNで行われている活動に積極的に参加する人も多かったので、様々なことに積極的に挑戦する姿勢を見習いたいと思った。またどの国からきた学生も自分と比べると英語が流暢な学生ばかりだった。私は初めの方は特に英語を話すというだけでかなり疲れてしまうことも多く、もっと英語をうまく話すことができたなら物理の議論などが楽しいだろうなと思う事も多かった。時間を経るにつれ、話す力は向上したと思うので今後も英語を話す場面でためらわずに使っていきたい。

5 今後このプログラムに望むこと

このプログラムに望むことは、このプログラムがより周知されることだ。日本から今回参加した4人は全て物理学専攻だったが、他の国から来ていた学生はエンジニアなども多かった。自分と同じ分野で働く世界中の学生と触れて、激を受けられるプログラムだと思うので、ぜひ多くの人が参加できると良いと思う。

6 謝辞

推薦書等を書いていただきました花垣和則教授、推薦書に加えて書類の添削や留学に関する相談に乗ってくだ

さった山中卓教授、このようなプログラムに参加する機会を作っていただきましたKEKの皆様、事務手続き等をしてくださった宮居さん、野村さん、CERNでお世話になりましたSupervisorのAranzazu Ruiz Martinezさん、本当にありがとうございました。研究室の清水さん、矢島さん、佐藤さん、真利さんにはCERNに行くまでの準備のことから、食事情まで教えていただき助かりました。またBBQなどCERNで日本の方とも交流できて楽しかったです。プログラムと一緒に参加できた江角くん、釜野さん、三野くんとは休みの日に旅行に行ったり、料理したりできて本当に楽しい時間を過ごせました。一緒にこのプログラムに参加できてよかったです。ありがとうございました。