

# CERN Summer Student Programme 2014 参加報告

首都大学東京理工学研究科物理学専攻

梶原 春花

kajiwara@hepmail.phys.se.tmu.ac.jp

2014年9月23日

## 1 はじめに

6月30日から9月5日までの10週間、CERN Summer Student Programme 2014に参加させていただきました。本プログラムは世界中から物理学だけでなく工学や情報工学などを専攻する学生が集まり、所属するグループで研究を行います。講義や施設見学、workshop などもあり大変貴重な体験をさせていただきました。ここでは、プログラムを通しての体験談を報告致します。

## 2 活動

### 2.1 講義

講義は7月1日から8月7日までの約1カ月間、毎日午前中に行われた。テーマは、基本的な素粒子物理や加速器から宇宙物理、医療分野への応用など多岐に渡っていて大変興味深かった。またLHCのアップグレードに関するものも多かったのが印象的だった。講義内容はスライドと共にオンライン上で見ることが出来るようになっていて、聞き逃したときや復習に役に立った。

### 2.2 施設見学, Workshop

各実験施設を見学に行くツアーやROOTなどのworkshopが開催されており、summer studentは事前予約をすれば誰でも参加出来る。私はATLAS, CMS, Data Centre and Antiproton Deceleratorの見学ツアーとCloud Chamberのworkshopに参加した。検出器を直接見ることができたことや、CERNの敷地内で行われている他の実験について見学できたことは貴重な経験となった。

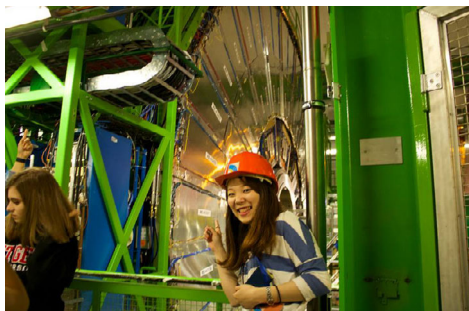


図1:CMS ツアーにて

## 3 プロジェクト

ATLAS 実験の解析グループに所属し、トポロジカルクラスターを用いたミューオンのカロリメータ内での Isolation を研究した。

### 3.1 概要

一般的にミューオンのカロリメータ内での Isolation は、ミューオン周辺のそれぞれのセルの合計energyとミューオン自身に関するenergy depositで定量的に評価される。

本研究はノイズと比較して十分大きなenergyを持つセルの集合体(トポロジカルクラスター)を用いて行う最初の研究であり、パイルアップイベントに対する強みが期待されている。

### 3.2 ATLAS Calorimeter

Calorimeter は Inner Detector と Muon Spectrometer の間に位置し ATLAS 検出器では pseudo-rapidity  $|\eta| < 5$  までの広い領域をカバーしている。Calorimeter は主に電磁相互作用する粒子を検出する Electromagnetic(EM) calorimeter と強い相互作用する粒子を検出する Hadronic(HAD) calorimeter で構成される。

EM calorimeter は  $|\eta| < 3.2$  の領域をカバーする PresamplerB, PresamplerE, EME1, EME2, EME3, EMB1, EMB2, EMB3 からなる。

HAD calorimeter は  $|\eta| < 1.0$  と  $0.8 < |\eta| < 1.7$  の領域をカバーする Tile calorimeters(TileBar0, TileBar1, TileBar2, TileExt0, TileExt1, TileExt2)と  $1.5 < |\eta| < 3.2$  の領域をカバーする Hadronic end-cap calorimeters(HEC0, HEC1, HEC2, HEC3)からなる。

また、その他に  $3.1 < |\eta| < 4.9$  の領域をカバーする Forward calorimeters(FCAL1, FCAL2, FCAL3)があり、主に muon system のシールドの役割とフォワード領域におけるエネルギー測定を担う。

### 3.3 ATLAS Muon Spectrometer

ATLAS 検出器のMuon SpectrometerはHadron calorimeterの外側に設置されており、運動量を測定用にMDT (Monitored Drift Tube), CSC (Cathode Strip Chamber), トリガー用に RPC (Resistive Plate Chamber), TGC (Thin Gap Chamber) の4つの検出器によって構成されている。運動量測定は $|\eta| < 2.7$ の領域、トリガーは $|\eta| < 2.4$ の領域をカバーする。

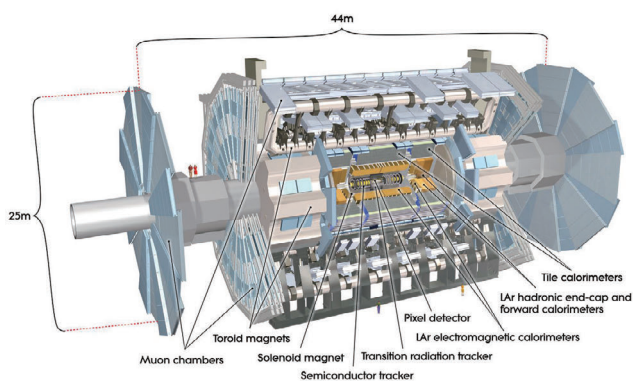


図 2 : ATLAS 検出器

## 3.4 研究内容

### 3.4.1 used samples

本研究では2種類のシミュレーション・サンプル (Sample A, Sample B)を用いた。これらは、異なる方法でシミュレーションされたイベント数が100,000回、transverse momentum ( $p_T$ )が100 GeV シングルミュオンイベントである。図3に $p_T$ 、ミュオン $\eta$ 、ミュオン $\varphi$ 分布を示す。(青が Sample A, 黄色が Sample B)

本来の研究の目的は新手法を用いてのシングルミュオンイベントとパイルアップイベントを比べることによりパイルアップを除去し、その有用性を検証することであった。しかし現在使うことができるパイルアップイベントのシミュレーション・サンプルが存在していなかったため、本研究では2つの異なる条件でシミュレートされたシングルミュオンサンプルを用いることとなった。

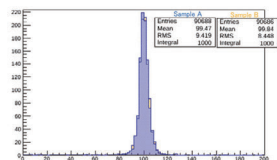


図 3 :  $p_T$

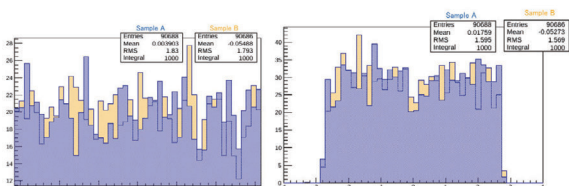


図 3 : muon  $\varphi$

図 3 : muon  $\eta$

### 3.4.2 Muon Energy Deposit and Isolation

まずミュオンに関係する energy deposit と muon isolationの範囲を見積もるため、ミュオンとクラスターの $\eta$ と $\varphi$ から $\Delta\eta$ 、 $\Delta\varphi$ 、 $\Delta R$  ( $\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\varphi^2}$ )を計算した。図4、図5は Sample A,Bにおける $\Delta\eta$ 、 $\Delta\varphi$ を求めたものである。これらから energy deposit の範囲として $|\Delta\eta| > 0.1, |\Delta\varphi| > 0.1$ を、muon isolation の範囲として、 $|\Delta\eta| < 0.1, |\Delta\varphi| < 0.1, |\Delta R| < 0.4$ を選んだ。

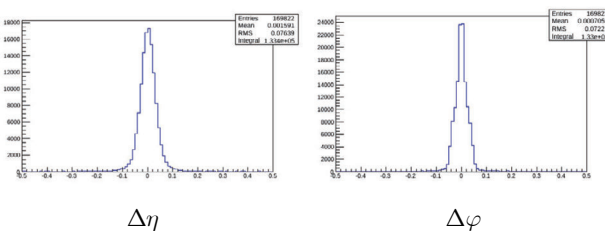


図 4 : sample A

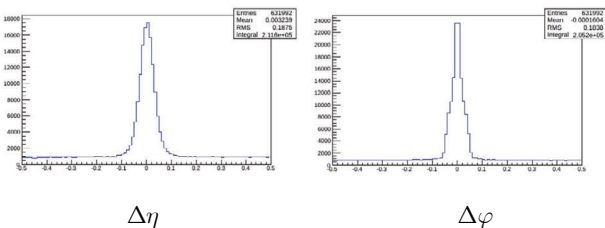


図 5 : sample B

### 3.4.3 $E_T$ core and $E_T$ cone

$E_T$  core は inner cone から計算されミュオンの energy loss であり、 $E_T$  cone は  $E_T \text{ cone} = \sum E_T^{\text{cone}=0.Y} - \sum E_T^{\text{core}}$  で計算される muon isolation である。これらは以前の異なる手法の研究の際使われていたものである。

これらと Sample A,Bの変換した合計 energy ( $E_T \text{ topo}$ )を比べたものが図6、図7である。ノイズ条件などが異なるので完全には一致しないが、かなり近い形になっており、本研究の有用性を示唆させる。

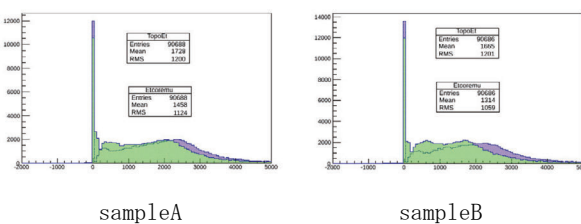


図 6 :  $E_T$  cone (緑) と  $E_T$  topo (紫)

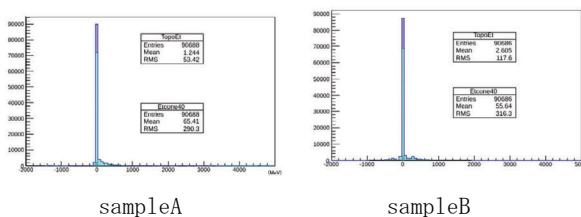


図 7 :  $E_T$  cone (緑) と  $E_T$  topo (紫)

### 3.4.4 Conclusion and Future plan

本研究の結果として muon energy deposit は通常  $|\Delta\eta| > 0.1, |\Delta\phi| > 0.1$  の範囲にありうることを確かめた。またミューオン周辺には一般的に2つクラスターがあり、一つは主に hadronic energy から来ており、もう一つは主に electromagnetic energy から来ていた。

クラスターの中には negative energy を持つものもあったが、これらはシミュレーションと事象再構成の過程で生じるノイズであることを確かめた。

今後は適切なパイルアップイベントを持つ sample, 異なる  $p_T$  をもつ sample, 異なるパイルアップ状態をもつ sample の解析を行いパイルアップを除去することが必要だと考えられる。

### 3.4.5 研究について感じたところ

私が配属された office では常駐している staff だけでなく、自由に色々な人が行き来し活発に色々な言語で意見を交換していました。主指導員の Rosy はとても明るく的確な意見を言ってくれ、副指導員の Blumo は Rosy が休暇でない間だけでなく、いつもとても目をかけてくれました。質問も丁寧に答えてくれ、理解を深めるのにとってもありがたかったです。また最後にミーティングで結果を発表した際、研究に興味を持ってくれた人がいたことが嬉しかったです。

## 4 日常生活

私は CERN から自転車で 10 分程度の距離にある St. Genis のホステルに滞在していました。過去のレポートで部屋が狭いことや衛生環境があまり良くないことが言及されていましたが、部屋でも wifi が使えたり、水道があったりと個人的にはとても過ごしやすかったです。1階には共同スペースや TV 部屋があり、毎日のように友達と映画鑑賞や会話を楽しみました。CERNには女性研究者も多く、生活や物理だけでなく今後の女性としてのキャリアや生き方について話ができる大切な友達もできました。また若者の間で流行しているもの話から社会問題についてまで会話のバリエーションが多岐に渡っており、とにかく好奇心が旺盛な人たちと過ごせた日々は発見の毎日でした。

日本について興味を持つ友達も多く、日本に留学していた学生もいて自分の国に誇りを持てるようになりました。しかし英語で伝えたいことが伝えられないもどかしさも同時に痛感し、もっと勉強してから行けば良かったと感じました。落ち込むこともあったけれど、優しく気にかけてくれる人達がそばにいてくれてとても素晴らしい10週間を過ごすことができました。



図 8: 同じ宿の友達と CERN 内にて

## 5 今後、本プログラムに望むこと

今回のプログラムで一番印象的だったことは、参加している学生が大学や大学院は見解を広げるために違う国、違う学校で学ぶことが当たり前だと思っていたことです。日本では自分の回りで海外のマスターやドクターを視野に入れている人がほとんどいなかったのも、とても驚きました。

実際、本プログラム中にドクターに申請している学生や次のポジションを得ている学生もいました。CERN Summer Student Programme は海外の学校に申請する際にも評価される経験となると思うので、学期の始まりが違うなどの障害もあるとは思いますが、学部生から応募できるようにするなどして世界に通用する人材の育成にさらに役に立つといいのではないかと感じます。

また日程はほぼ自由に選ぶことができましたが、8月の中旬から参加者が徐々に帰国し始めるため、できるだけ早い日程から選ぶとことを推奨するとよいのではないかと感じました。

全体として、本プログラムに参加した皆さんの貴重な経験をすることができました。今後もこの素晴らしいプログラムが継続することを願っております。

## 6 おわりに

本プログラムに参加するにあたり、たくさんの方々にお世話になりました。本プログラムを推薦して下さった住吉先生、application formを添削して下さった汲田先生、また快く送り出してくださった研究室の方々、事務手続きなどでご助力頂いたKEK 国際企画課の福田さん、Summer Student Teamの皆様、CERNでの指導教員のRosy, Blumo, officeの方々、summer studentの学生、日本からの参加者である竹馬くん、加納くん、潘くん、住田くん、その他大勢の方々から感謝いたします。本当にどうもありがとうございました。この体験から学んだことを生かして研究に励んでいきたいと思ひます。