

# CERN Summer Student Programme 2013 参加報告

東京工業大学大学院 理工学研究科基礎物理学専攻

山口 大貴

yamaguchi@hep.phys.titech.ac.jp

2013年(平成25年)10月25日

## 1 Summer Student Programme

European Organization for Nuclear Research (CERN) において例年開催されている Summer Student Programme に2013年7月8日から9月13日までの10週間参加しました。Summer Student Programme とは世界中から約200名の選抜された学生が参加し、物理分野の講義やCERN所内の施設見学だけでなく希望調査をもとに各研究グループに配属し研究を行うというプロジェクトです。8月の中旬には Student Sessions 2013 という、Summer Students が Summer Student Programme 中に行っている研究内容をポスター発表あるいは口頭発表をする機会があり、学生同士の議論の場も設けられています。以下、プログラム中の体験や研究内容について総括し、報告致します。

## 2 活動内容

### 2.1 Lectures, Workshops, and Visits

7月3日から8月9日までの6週間は、午前中に講義がありました。内容は標準模型の基礎から、超対称性理論、弦理論といった素粒子物理学の分野だけでなく、エレクトロニクスや検出器、加速器の医療分野への応用など多岐に渡った内容となっており、講義後には質問をする時間も設けられていて有意義なものでした。各講義の資料をwebから手に入れられるだけでなく、講義の録画を見ることもできとても充実したものでした。

他にも、Workshop ではシンチレーション検出器やTOFの基礎を講師と学生が混ざって議論しつつ学習でき、ATLAS 検出器やCMS 検出器を見学できる Visits も企画され、多くのことを学べるプログラムとなりました。

### 2.2 Level One Tile Endcap Muon trigger group

ATLAS 実験の Level One Tile Endcap Muon trigger group に Summer Student として所属し、活動した内容について報告します。

Level one muon trigger のエンドキャップ部分におけるおもなバックグラウンドは、forward 領域の磁石やシールドから現れる低運動量の陽子であることが分かっています。LHC のアップグレード後、ルミノシティが上昇するとフェイクミューオンレイトが高くなることが予想されており、level one trigger rate を圧迫することからそのフェイクのミューオンレイトを減らす必要があります。そこで、前方領域の磁石やシールドより内側にある Tile Calorimeter(図1)のD-cell(図2)にミューオンのシグナルを要求することで、フェイクのミューオンレイトを減らすということが Level One Tile Endcap Muon trigger group の目標です。

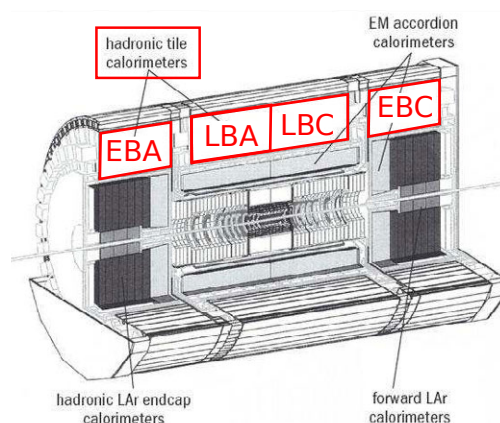


図1: ATLAS 検出器のハドロンカロリメータまでの断面図。赤線で囲っている部分が Tile Calorimeter であり、図中の赤文字のように EBA, EBC, LBA, LBC と区別されている。

そこで、各 D-cell に取り付けられている光電子増倍管 (図 3) に電荷を入力し、その応答を見ることで増幅率やペダスタル、雑音といった D-cell の出力に関する特徴を調べることが私の目標でした。

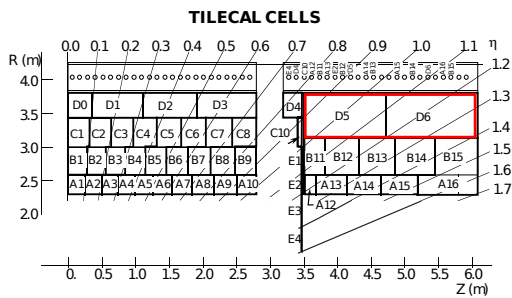


図 2: Tile Calorimeter の断面図。図のようにビームパイプからの距離で A-cell, B-cell と層状に区分され、赤線で囲われた D5 と D6 が LVL-1 Tile Endcap Muon Trigger で使用される領域 ( $1.0 < |\eta| < 1.3$ ) に相当する cell であり、測定を行った cell。

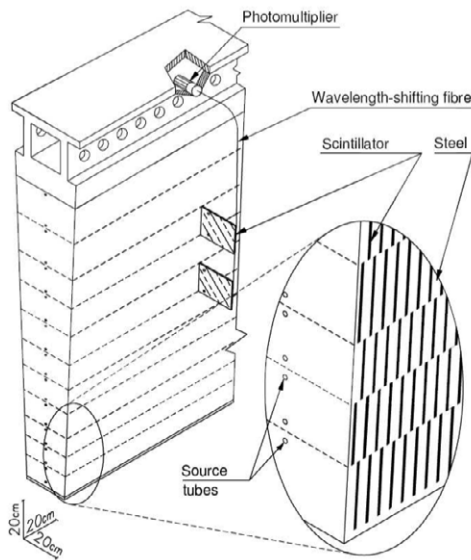


図 3: Tile Calorimeter の一部。シンチレータと鋼鉄がタイル状に重なっており、上部には光電子増倍管と回路が格納されている Drawer と呼ばれるものがある。シンチレータと光電子増倍管は波長シフターでつながってる。

EBA, EBC 合わせて 128 個ものモジュールがあるので、測定し終わるのに長時間かかってしまいます。確実にプログラム中にすべてのモジュールを測定するためには測定方法を改善する必要がありました。測定にはモジュールの試験や点検に用いる、ADC やチップ等を搭載した MobiDICK というテストベンチを用いました。従来は MobiDICK 中でデータを読み取りと保存を行っていたため、測定時間は搭載されているチップなどの性能

に大きく依存していました。データの読み取りと保存にかかる時間をそれぞれ測定したところ、ファイルに書き込む箇所で時間がかかっていることが分かりました。そこで Netcat を用いて、MobiDICK 中にデータを保存せずネットワークを介して MobiDICK に接続された PC 端末中で保存するようにデータの出力方法を変更したところ、測定時間を約 5 分の 1 にすることができました。これにより、Summer Student Programme の間に確実に測定を終えられるようになりました。

次に USA15 という ATLAS 検出器の出力信号を処理する場所で、EBA の全 64 個、EBC の 18 個の D-cell を測定したところ、D5L, D5R, D6L, D6R と 4 つあるチャンネルのうち、ほとんどのモジュールで D6L のチャンネルだけが他のチャンネルより 2 倍程の量の雑音の残っているということが分かりました (図 4)。この雑音は S/N 比に関わってくるので、他のチャンネルと同程度になるように改善する必要があります。全モジュールの測定をするという研究計画を変更し、この雑音の原因究明をすることとなりました。

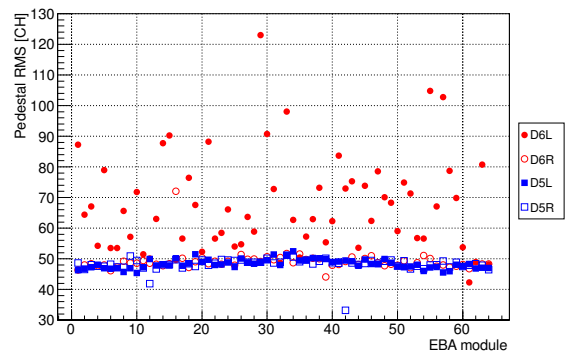


図 4: 各モジュールの雑音分布。縦軸は Pedestal RMS で単位は ADC 計数、横軸はモジュール番号。

最初に ATLAS 検出器のある US15 から信号処理を行う USA15 までの配線のうち、雑音を出している箇所を特定するため測定する位置を変更したり、配線を入れ替えたり、条件を変えて測定を繰り返しました (図 5)。

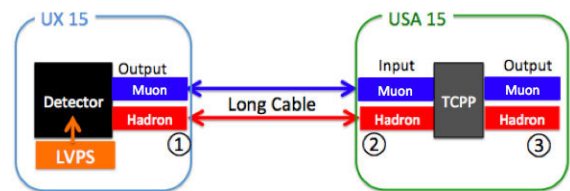


図 5: ATLAS 検出器のある US15 から信号処理を行う USA15 までの配線。図中の ①, ②, ③ は測定を行った箇所。

しかし、結果に違いが見られませんでした。そこで、図4中で雑音の低いD6Lのモジュールに着目しました。メンテナンスのスケジュールを調べたところ、新しい電源に交換されたモジュールの多くが低雑音であることが分かり、メンテナンス用に使用する別の電源に入れ替えて測定をすると雑音が低くなるという結果を得ました。電源がどのような影響を及ぼしているのかを調べるため、Drawer labにあるテスト用のDrawerを用いて様々な条件で測定を繰り返したところ、Drawer内の遅延ケーブル接続子の位置を変えると雑音の量が変わることを突き止めました。特に電源系の配線のある部分の近くに置くと雑音が大きくなりました。この遅延ケーブル接続子は電氣的に遮蔽されていない構造になっています。従って電源の配線からの電磁気的な干渉を接続子部分で受け、それが雑音として出力に現れていると考えられます。そのような干渉効果を防ぐため、銅テープで遅延ケーブル接続子を包み、シールドした後(図6)に測定をすると今まで高い雑音ののっていたチャンネルが他のチャンネルと同程度にまで減少することを確認しました。



図6: Drawer内の遅延ケーブル接続子。図中で線で囲まれている部分がD6RとD6Lの出力回路中にある接続子で、右上の円で囲まれたものだけ銅テープで包んだ様子。

この結果を受け、メンテナンスチームが現在Tile CalorimeterのD-cell Drawer内の遅延ケーブル接続子にシールドを施す作業を行っており、D6Lの高ノイズの問題の解決が期待されます。

### 3 生活

平日は午前中の講義後仲間同士で昼食をとり、午後の研究の後にはみんなで夕飯を、その後は定期的に催されるバーベキューやパーティに参加するなど仲間と交流する機会が多くとても助かりました。様々な仲間たちと物理の話や、各国の文化の話から研究室の愚痴などの会話はもちろん、Summer Studentは物理の分野だけでなく、情報系や工学系の学生も参加しているので専門分野やプログラム中の研究内容の話を通して多くのことを学ぶことができました。オーストリア出身の友達が

Marillenknoedelという伝統的なお菓子を振る舞ってくれたときは、料理の話などもできとても刺激的でした。



図7: 昼食の様子

## 4 今後の抱負と今後このプログラムに望むこと

CERN Summer Student Programmeを通して物理分野の見知を広められたことはもちろん、CERNという場で国際研究に携われたことは今後の研究においてよい刺激を受けたと実感しております。さらに、様々な国の人と出会い、コミュニケーションをし一人の人間として大きく成長できた10週間でした。今後はより一層、素粒子物理の勉強、研究に励みます。成果を出して今回のプログラムで出会った仲間たちにもう一度CERNで会いお互いの研究に関して議論をしたいです。

決して忘れることのできない10週間でした。どのプログラム参加者もよい刺激を受けたに違いありません。今後もCERN Summer Student Programmeが継続されることを心より願います。

## 5 謝辞

KEKの徳宿克夫先生をはじめ、事務手続きなどでご助力頂いたKEK国際企画課の福田浩さん、現地での案内や面倒を見て下さったKEKの吉田健一さんには大変お世話になりました。CERNにおける研究では、supervisorのAna M. Henriques Correia氏、Oleg Solovyanov氏、実際に指導、助言を頂いたJulio V. De Souza氏、また、Summer Student Teamの皆様のご助力を頂きました。陣内修先生には、本プログラムに推薦して頂いたことに加え、プログラムの申し込みやプログラム中でも多くの助言を頂きました。最後にSummer Studentの皆様、日本からの参加者である安達君、家城さん、関畑君、山道君、その他大勢の方々に感謝致します。