

CERN Summer Student Programme 2013 参加報告

東京大学大学院 理学系研究科

山道 智博

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

2013年(平成25年)10月1日

1 概要

私は平成25年度7月1日から9月6日の10週間に渡りスイス・ジュネーブに位置する欧州原子核研究機構(CERN)で開催されたSummer Student Programme 2013に、日本からの5人の学生のうちの1人として参加しました。本プログラムは全世界の物理学・工学・情報工学などを専攻する学生を対象としたもので、参加者は7月初旬から約6週間にわたって行われる授業(Lecture)への参加が義務づけられ、各自が予め提出した願書の希望に基づいて割り当てられた研究グループで現役の研究者の監督の下研究(Project)を行います(図1)。以下、このProgrammeでの活動内容やCERNでの生活に関し総括し報告します。



図1: プログラム参加者の集合写真。CERNの木製ドーム見学施設「グローブ」の前にて

2 活動報告

2.1 Lecture

7月下旬-8月中旬に渡り開講されるSummer student lectureは、素粒子理論・素粒子実験に関係したトピックを広い分野にわたって扱ったものでした。素粒子標準模型から標準模型を超えた物理、弦理論などの理論の授業に関しては、専門書などで以前勉強した内容と大きくは変わらないものでしたが、素粒子実験の講義、特にLHCで行われている実験のデータ処理や解析、モンテカルロ

シミュレーションなどに関するものは、この分野に関した様々な技術や概念を網羅的・詳細にわたって扱っており、示唆に富んだ稀有な体験をすることができる場だと私には感じられました。

これらの講義のスライドや講義の様子を撮影したビデオ映像はインターネット上[1]に公開されているので、興味のある方は是非ご覧になってください。

2.2 Project

私はATLAS実験の内、Micromegas検出器のR&Dを行っているギリシャ人のグループ¹に配属され、Theo Alexopoulos教授の指導の下Micromegas検出器の動作原理を説明する動画の作成を行いました。

2.2.1 New Small Wheels (NSW)

LHCは2014年までビームエネルギーを7 TeV、ルミノシティを設計値である $1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ にすることを目的とした調整のため長期停止(LS1)の状態にあるが、2018年にも長期停止(LS2)が予定されておりそれ以降のルミノシティの目標値は設計値の2-3倍となっている(第一次高度化)。

このルミノシティの向上に合わせATLAS検出器全体の高度化も行われる予定であり、私の配属されたグループはエンドキャップの小円盤検出器(small wheel, SW)の高度化に関わっている。エンドキャップは $1.0 < |\eta| < 2.7$ の範囲を覆う三層からなる検出器であり、SWは一番内側の最小層である(図2)。

現行のままではLS2後の高レート環境で検出効率/分解能両方の面でSWの性能が低下することが予想される。また現在レベル1ミュオントリガーは2層目での飛跡情報を用いるが、衝突点以外からくる背景事象による偽信号²を取り除けない場合トリガーレートが60 kHzまで

¹Micromegasを扱う日本人グループもある。

²全体の約90%

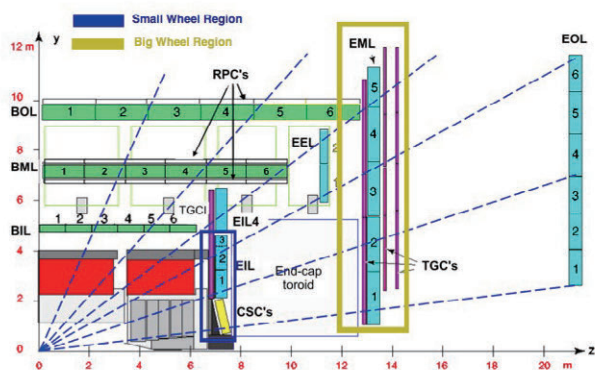


図 2: ATLAS 検出器の 1/4 断面図。[2] より引用

増大し、ミュオントリガーに割り当てられた 20 kHz にまでトリガーレートを抑えるためには低 p_T のミュオンをカットしなければならないという問題もある。これら二つの問題の対策として、第一次高度化では現在の SW を高レート環境での時間・空間分解能のよい飛跡/トリガー検出器からなる New Small Wheel(NSW) に置き換えることが計画されている。NSW を構成する飛跡検出器が Micromegas である。

2.2.2 Micromegas (MM)

Micromegas (Micro mesh gaseous structure) 検出器は図 3 の様なドリフト陰極板 (-300 V), ストライプ状読み出し電極 (500 V), 接地されたメッシュからなるガス検出器である。MM に荷電粒子が入射するとガスで満たされたドリフト領域(メッシュと陰極板の間, 5 mm)中のトラックに沿ってイオン対生成が起こり, 生成された電子はドリフト電場に沿ってメッシュ方向に輸送される。メッシュと読み出し電極の間(増幅領域)は 128 μm で非常に強い電場が掛かっているため, メッシュ付近に到達した電子の大半は増幅領域に入りアバランシェ増幅される。メッシュにより生成イオンの大半を 100 μs 以内に回収することが出来るため, 高レート環境でも空間電荷の影響を抑えた高分解能測定が可能である。

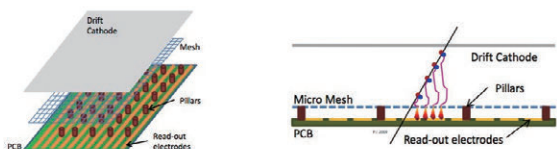


図 3: Micromegas 検出器の構成・動作原理。[2] より引用

2.2.3 私が行った事

私は garfield-9[3] シミュレーションを用いた, MM 検出器の動作原理(ドリフト領域での電子輸送/増幅領域でのアバランシェ増幅/メッシュでのイオン回収 etc)を説明する動画の作成手法を開発した。CMS の GEM 検出器に関しては動画による可視化が行われてたが[4], MM 検出器では初の試みである。動画化の手法は独自に考案し, 1 電子の増幅などの簡単な条件での動画化を行った。動画では増幅領域で電子がアバランシェ増幅され電子・イオンがそれぞれ電極・メッシュで回収される様子や, アバランシェの空間分布などが分かりやすく視覚化することに成功しており, MM グループの方々に好評を頂いた。

後続の方々が利用できるように, 培ったノウハウはマニュアル化して MM グループに提供した。これを元に, 来年以降配属された summer student がより発展的な内容の可視化を行えることを期待したい。

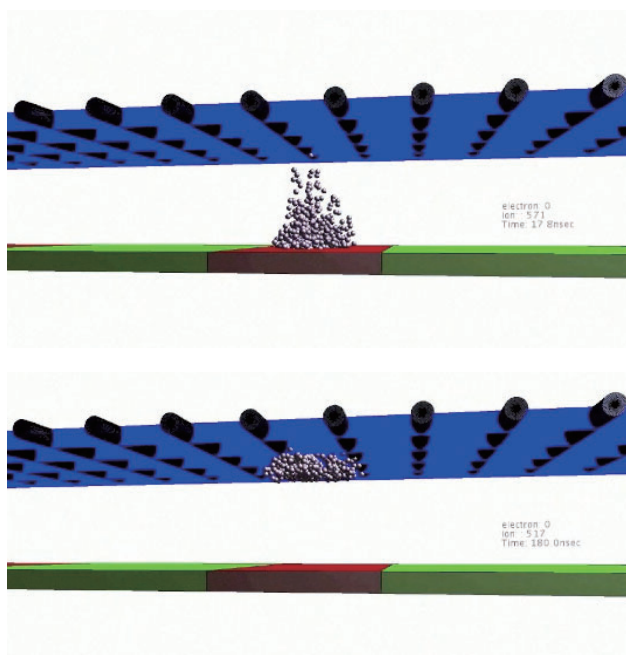


図 4: 動画により可視化した MM 検出器の動作。上: アバランシェ増幅 下:メッシュでのイオンの回収

3 CERN での生活

CERN には利用可能な宿泊施設が二種類あり, 一つは CERN 外の自転車で 10 分程度の距離にある St. Genis のホテル, もう一つは講義の行われる講堂の目と鼻の先にあるホテルです。私は後者に宿泊していますが, 講堂や仕事場, オフィスに近く非常に便のよい立地でした。

CERN での生活は, 午前中に講義を受けた後そのま

ま講堂と同じ建物内にあるレストランで友人と昼食をとり、午後は自分の project の研究を行い、午後6時頃に切り上げて友人と夕食をとったり夜中まで雑談をする、というものでした。

スイスに出発する前は友人を作れるか不安を感じていましたが、食事を共にしたり毎週のように開催されるパーティに参加している内に自然と友達が増えていきました。

彼らとの交流は私にとって非常に貴重な体験でした。娯楽などに関しては日本人と大して考えていることは変わらず、日本の映画や漫画、アニメなどが好きだという友人も相当数居たのですが、やはりまったく異なる文化的背景を持っているため、彼らとの議論は興味深く感銘を受けることが多かったです。ムスリムの友人と宗教に関して話したり、チェコ人の友人と歴史に関して議論したことは非常に示唆に富む体験でした。

週末は毎週友人達と旅行に行きました。スイスは美しい山河に富み、鉄道でスイス国内の観光地に手軽にアクセス出来るため旅行先には困りませんでした。

4 今後の抱負

外国人の仲間達と交流したり配属グループで研究し国際研究の輪に加わることができましたが、英語力の欠如でいいたいことを伝えられなかったり、相手の発言を理解できない、という場面が多々ありました。このプログラムに参加する前に比べて英語でのコミュニケーション能力は飛躍的によくなったが、今後とも英語力をみがいていきたい。

Lecture や project、他の summer student の研究活動など、物理学に関しても非常によい刺激を得ることができた。CERN での経験を自分の研究活動の糧として研鑽に励みたいと考えています。

5 今後の Summer student programme に望む事

CERN での生活に不便はなく、時折 KEK の方にお世話をして頂くことがあったりと非常に満足の行くものでした。ただ、project に関しては supervisor によっては指導の多寡や仕事量が大きく異なり、ほとんど仕事がない人や毎日遅くまで作業をしている人が散見されたのでこれに関しては改善の余地があるかと思いました。

6 謝辞

まず、本プログラムに際して多大なる支援をしてくださった KEK の皆様、特に諸手続きを御世話して下さった福田さん、CERN にて買い物などに連れて行って下さった吉田さんには大変お世話になりました。プログラムの申し込みの書類の添削・面接の練習では浅井研究室の浅井先生、難波先生、石田先生に丁寧な助言を頂きました。CERN では、駐在の日本人の方々に4度食事会に招待して頂きました。Theo Alexopoulos 教授をはじめとする Micromegas ギリシャグループの方々には project に際し手厚く指導して頂きました。最後に、共に過ごした summer student の皆様、特に日本からの参加者である安達君、家城さん、関畑君、山口君には楽しい時間を過ごさせて頂き深く感謝しています。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- [1] <http://summer-timetable.web.cern.ch/summer-timetable/>
- [2] New Small Wheel Technical Design Report
<http://cds.cern.ch/record/1552862?ln=ja>
- [3] <http://garfield.web.cern.ch/garfield/>
- [4] <http://garfieldpp.web.cern.ch/garfieldpp/examples/gemgain/>