

# CERN Summer Student Programme 報告

首都大学東京 理工学研究科 物理学専攻

下島 すみれ

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

2010年10月29日

## 1 はじめ

6月29日から9月3日までの10週間、CERN Summer Student Programme 2010に参加した。これはLHC実験がおこなわれているCERNに世界中から約150人の学生(日本からは合計5人)が集まり、一緒にlectureや研究をするプログラムである。ここではCERN Summer Student Programme 2010で私が体験してきたことを報告する。

## 2 CERNに着くまで

学部2年の時に、大学にこのCERN Summer Student Programmeのポスターが貼ってあるのを見て、このプログラムを知った。募集人数が若干と明記されていたので、この企画に参加できる倍率は高いのだろうと思いつつ、魅力的な企画だなと思ったのを覚えている。

2010年1月にCERN Summer Student Programme 2010の募集が始まったと指導教官の住吉先生から連絡をいただいた。日本での募集人員の少なさにやはり応募するだけ無駄ではないかと思ったが、宝くじは買わない限り絶対に当たることはない、何事も試してみなければ分らないと思い、応募した。日本物理学会での初めての発表もあり、その準備と並行してこのプログラムの準備をしたので忙しかったが、書類審査をパスし、面接に合格した時は本当に嬉しかった。しかしまだ日本での選考に選ばれただけで、CERNの受け入れ先などまったく決まっていなかったため、もしかしたらCERNの選考で落とされるかもしれないと怯えながら結果を待っていた。日本物理学会中にCERNからの結果を受け取った時は、嬉しいというよりこれで確実に参加できるのだと安心した。

## 3 活動内容

このプログラムには、lectureとworkの二つの大きな活動がある。また他にもposter sessionやstudent sessionといった活動がある。それらのうち私が参加した活動について述べる。

### 3.1 Lecture

Lectureは7月7日から8月13日までの約6週間、午前中に3コマのスケジュールでおこなわれた。このときの動画を含む資料は

<http://indico.cern.ch/scripts/>

`SSLPdisplay.py?stdate=2010-07-05&nbweeks=7`

にある。これは講義を復習したいときに助かった。午前lecture、午後work、分からなかった箇所はホテルのリビングで議論し、翌日質問しに行くというスタイルはとても面白かった。講義は加速器の基礎から医療用加速器まで広いテーマが取り扱われていた。また、closing lectureはノーベル物理学賞受賞者のCarlo Rubbiaがスピーカであった。このようにlectureは豪華な内容となっていた。

### 3.2 Work

私はATLAS実験装置のビームにもっとも近いpixel検出器グループに配属された。ここからは私がおこなった研究について述べる。

#### 3.2.1 ATLAS Pixel Detector

ATLAS検出器は大きく分けてinner detector, solenoid magnet, electromagnetic calorimeter, hadronic calorimeter, toroidal magnet, muon detectorの5種類からなっている(図1)。

Inner detectorはpixel detector, semiconductor tracker (SCT), transition radiation tracker (TRT)の3種類の検出器

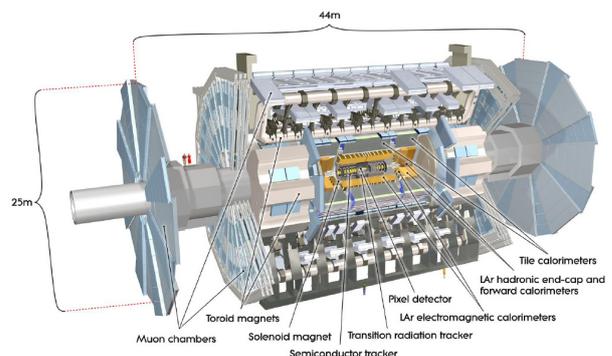


図1: ATLAS検出器の全体像

からなっている(図2)。その中でも pixel detector はもっともビームパイプに近い場所に設置されている検出器である。これら inner detector は衝突で生じた荷電粒子の位置を観測し、衝突点などを再構成するのに重要な役割を担っている。

Pixel detector はビーム軸中心から半径 50.0mm, 88.5mm, 122.5mm の三層の樽構造になっていて、この部分を barrel という。また、その両端に end-cap もしくは disk と呼ばれる円盤状の構造がある。これらを合計すると約 8 千万ものチャンネルがある(図3)。

私はこの pixel detector グループに配属され、INFN (Milano)の Tommaso Lari の元で、pixel detector における low momentum looper(後述)の解析をおこなった(図4)。

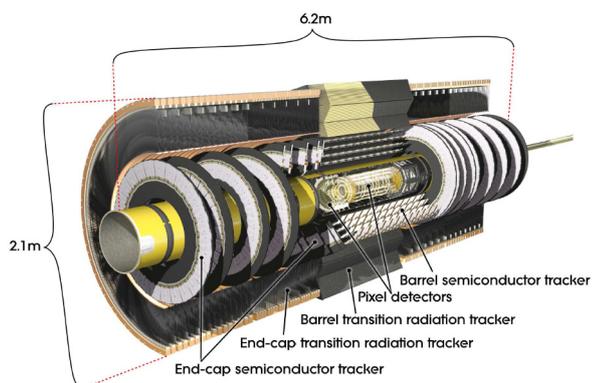


図2: Inner detector

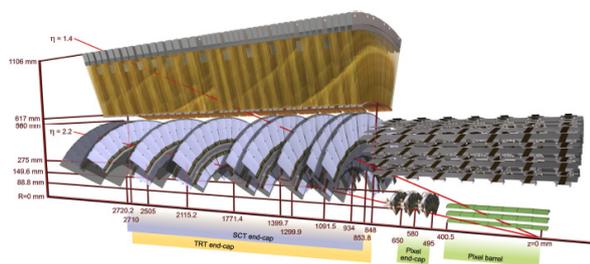


図3: Inner detector の構造図



図4: Supervisor の Tommaso Lari(右)と私(左)

### 3.2.2 研究内容と成果

LHC 加速器実験では衝突で多くの粒子が生成される。その中には低い運動量をもった荷電粒子もある。このような荷電粒子は磁場にトラップされ、ビーム軸に沿って長い距離にわたり螺旋運動をする。こういった長寿命、低運動量

の荷電粒子は飛跡を再構成するのが難しく、間違えて再構成してしまうと、衝突点を間違える可能性が高くなる。実際、ATLAS pixel detector ではこのような荷電粒子の飛跡を再構成するようなアルゴリズムはないという。

そこで私はこのような長寿命、低運動量の荷電粒子を“low momentum looper”と名付け、low momentum looper を見つけるための解析をおこなった。

前に述べたように、miss reconstruction をしてしまうので、track 情報を一切使わない。使うことができる情報は cluster の hit 情報のみである。

一個の荷電粒子は、理想的に三つの clusters を形成するはずである(1層につき一つの cluster)。また、low momentum looper で作られる cluster は low charge かつ cluster size が大きいと予想される。

Tommaso から Run 152166 のイベント root ファイルを貰った。この root ファイルはサイズが大きいため必要な変数を別の root ファイルに保存し、解析時間の短縮化を図った。

まず初めに、cluster の数と track の数の関係を見た。もし cluster 数と track 数が比例関係になかった場合、複雑なことが起こっていて、low momentum looper のアイデアも考え直さなければいけないからだ。図5より track 数と cluster 数はよい correlation をもっていることが分かる。

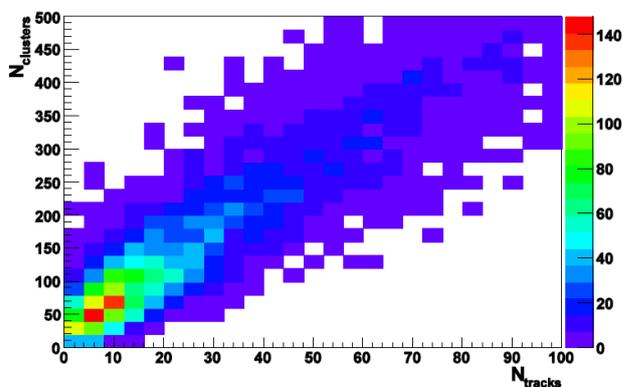


図5: Track 数と cluster 数の二次元ヒストグラム

次に barrel と disk の各層で cluster 数がどのように変化しているのかを見た。ここで、ビーム軸に一番近い層を layer1, 外側に向うにつれ layer2, layer3(layer3 はもっとも外側にある層)とした。

図6より、赤、ピンク、オレンジ(緩やかな右下がり)が barrel の layer1, 2, 3, 青、水色、緑(急な右下がり)がそれぞれ disk の layer1, 2, 3 に対応している。これを見ると、disk に関してはそれぞれ3層に対して大きな違いは見られない。Barrel の cluster 数が 100 以上の領域に関しては多少の差が見られる。これは単に統計的なものなのか、low momentum looper 特有のものなのかは一概にはいえない。次に geometry による bias を避けるため  $\eta$  で区切り、それぞれの layer で

の cluster 数および charge など様々な場合で調べた。しかし、これは noise ではなく exact に low momentum looper だという確証を得られるようなデータは見つからなかった。ただ、1 run 分しか見ていないので、確実なことはいえない。Low momentum looper はそこまで単純に見えるものではなく、より詳しい study が必要であるという結論に至った。

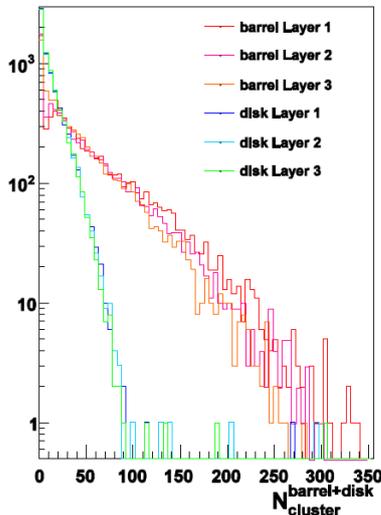


図 6 : Barrel および disk での layer の cluster 数

### 3.3 Poster Session

CERN Summer Student Programme は基本的に “first come, first served” ルールで運営されている。私は poster session 応募締め切り直前まで参加するかどうか悩んでいたため、“first come, first served” ルールで参加できないのではないかと冷や冷やした。実際にふたを開けてみると、poster session 応募者は合計 6,7 人程度と少なかった。しかし、多くの summer students が興味を示してくれ、poster session は大盛況であった(図 7)。

ATLAS tag system, CERN Document Server といった document 管理や GEM など、様々なテーマの poster があり、他の summer students が何をしているのか、また自分が知らなかった分野を知ることができて楽しかった。

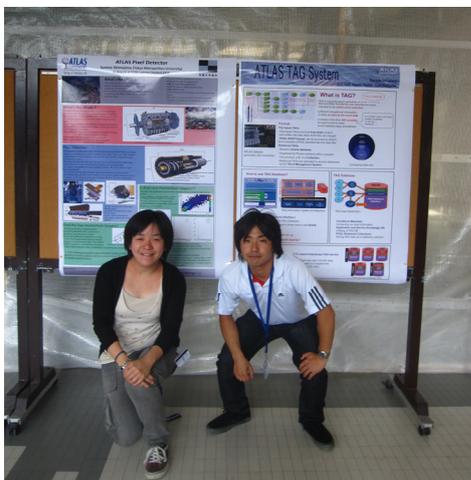


図 7 : 隣で poster を展開していた Yushi と

### 3.4 Workshop and Visit

Summer Student Programme では lecture が始まって数週間後に workshop と visit がある。

特に workshop は各テーマの募集人数が少ない上、beam line などの人気のある workshop は “first come, first served” ルールによって、募集開始後もの数秒で定員がいっぱいになってしまった。私は Measurements with Scintillating Fibers と ROOT に参加した。ROOT は web にあるマニュアルに沿って動作を確認するだけの簡単な workshop だったので、期待はずれだった(1 回につき 80 人、2 回おこなわれたので合計 160 人と応募者が多く、レベルがバラバラなのでその程度にしないと対応できないのかもしれない)。

一方、Measurements with Scintillating Fibers は scintillator の基礎から、実際にその scintillation fiber を使った本番用の実験装置やテスト実験するための装置を見せてもらった。1 回の応募者も 3 人と少なく、時間と人数に余裕があり、どんな質問をしても気さくに答えてくれ、とてもよかった。

Visit は SM18+ATLAS exhibition と LINAC+CC の 2 種類があり、私は両方に参加することができた(図 8)。



図 8 : SM18 の様子

## 4 日常生活

St. Genis のホテルでは同じフロア同士の仲がよく、過ごしやすかった。キッチン、リビングが共有なので、何も示し合わせなくても自然と皆が集まり、一緒にご飯を作ったり、夜はよく同じ階の Özgür がワインを持ってきてくれたので、他の皆でチーズやつまみを持ち寄り、ワイン片手に、ときには laptop を傍らに、おしゃべりをした(図 9)。



図 9 : よく一緒にいた Saulius(右)と Liina(左) 二人とも同じ階の住民

また、summer student 全体でも web 上で event を立ち上げて CERN で映画“Angel & Damon”を鑑賞したり、Mayrin site を自転車でも隅々まで回ってみたりと CERN を満喫したのはもちろんのこと、Geneva festival に皆で出かけたり、Hirzel に行ってみたり、また、Matterhorn や Mont Blanc といった遠出もした。Summer student 同士で行くことで、いろいろな国の価値観や考え方が分かり、お互いを理解しあえてとても楽しかった(図 10)。



図 10：11 時間歩き続けた Mt. Jura にて  
足腰の強い友達と一緒に

## 5 今後の抱負

初めてのヨーロッパで英語が公用語でないことに戸惑いを覚えたが、それもそれでよいものだと思うようになった。日本で参加している実験の検出器を置いてある場所がフランスなので、かつ、海外のコラボレータも多いので、フランス語やその他の言語もほんの少しでよいから喋ることができるようにしておくことが大きな変化を生むのだと感じた。

また、この CERN Summer Student Programme で得た友達は多才な人が多く、後 6 年は高エネルギー分野でやっていくが、その後はまだ分からないという考えの友達もいて、私にとってはショックだった。その考えが私にとってよいのかどうかは置いておいても、そういう人達と生活を共にすることで、選択肢が増え、より明確に今後の自分の道を見定めることができるようになったと思う。

また、特にヨーロッパの友達には、滞在中ずっとガッツと行動力の凄さに驚かされっぱなしだった。あの行動力は自分も身につけなければいけないと実感した。今も友達とはコンタクトをとっているが、この CERN Summer Student Programme で得た経験と人脈を生かして、今後大きく成長していこうと思う。

## 6 このプログラムに望むこと

このプログラムに参加した際に困ったのは、先輩の情報を得にくかったということだ。他の参加者はこのプログラムに参加した先輩方が同じ研究室にいて色々な情報を得られたが、私の大学はこれまで誰も参加した人がいなかった。去年の参加者である高橋さんにお話をうかがったが、KEK 側でも出発前に参加者、前年の参加者で集まるなどを企画していただきたかった。また、Geneva 到着は air traffic のため夜 11 時だった。先に CERN に着いていた Jiayin, Yushi そして KEK の福田さんに車で迎えに来ていただいたからよかったものの、一人で夜の 11 時の Geneva は大変だったと思う。St. Genis まで行く Y バスの最終便で CERN で降り、守衛さんに鍵を貰い、その後 CERN と St. Genis 間<sup>1</sup>はスーツケースを持って歩いて行かなければいけない。もう少し早い時間帯に Geneva に着くような便にいただきたかった。

## 7 謝辞

このプログラムに参加するにあたり、様々な方にお世話になりました。まず、CERN Summer Student Programme に応募する時に推薦状を書いていただき、英語の添削までしていただいた住吉先生、現地の生活で相談にのっていただいた徳宿先生、KEK の石川さん、西村さん、福田さんには大変お世話になりました。前回の summer student である高橋さんには去年の様子を教えていただきました。日本から参加した Natsuki, Yushi, Atsuko, Jiayin をはじめとする summer students の皆様、BBQ に誘っていただき CERN で気さくに接していただいた ATLAS Japan の皆様、ICEPP の皆様、食堂でお話した早野先生、ご飯に誘っていただいた久世研の皆様、およびそのほか多くの方々のおかげで、非常に有意義な充実した経験ができました。本当にありがとうございました。また、日本の実験グループの皆様、2 ヶ月間と長期不在にもかかわらず、温かく見守っていただきありがとうございました。今後ともこの CERN Summer Student Programme が続いていくことを心より願っております。

<sup>1</sup> CERN と St. Genis 間は交通事故多発地帯である。著者の滞在中に 5 回交通事故(内 1 回は死亡事故)があり、summer student も一人巻き込まれ怪我をした。危険な道である。