

## ■ 談話室

## CERN Summer Student Programme 2017 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

真利 共生

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

2017 年 11 月 27 日

## 1 はじめに

私は 6 月 5 日から 8 月 11 日までの 10 週間、CERN Summer Student Programme 2017 に参加した。今年では世界中から約 340 人もの学生が、物理やエンジニアリング、コンピュータサイエンスなど幅広い分野から集まった。学生は配属先の実験チームで各々の研究を行うだけでなく、講義や施設見学、ポスターセッションなど様々な催しに参加することができる。私は EP-DT-FS に配属され、Single Wire Proportional Chamber(SWPC)を用いて、流量計の評価といった LHC ガスシステムに関する基礎的な R&D を行った。このレポートは私が本プログラムで体験したことについて報告するものである。

## 2 活動

## 2.1 講義

6 月末から 6 週間にわたり、平日の午前には講義が行われた。内容は素粒子理論、宇宙論、検出器、加速器、物理解析、エレクトロニクス等々、非常に多種多様で驚かされた。プログラム後半には、放射線医学といった少し毛色の違う講義もあり、最後まで通して楽しむことができた。講師はヨーロッパの大学や研究機関(CERN を含む)から招待され、ときにはジョークを交えて学生を笑わせたり、学生に質問を投げかけたりするなど、アクティブな講義を作り出してくれた。講義の出席人数や最後の拍手の大きさは、その講義がいかに素晴らしいものであったかを表現しており、さながらオーケストラのコンサートのようにであった。



図 1 講義室の写真

講義資料はすべてウェブページ[1]に掲載されており、必要に応じて復習できる環境が用意されていた。講義内容をその講義中にすべて理解することは難しかったため、このシステムは非常にありがたかった。

## 2.2 実験

## 2.2.1 EP-DT-FS

私は Summer Student として EP-DT-FS(Experimental Physics – Detector Technologies – Fluidic Systems)というガス検出器グループに配属された。私の Supervisor である Beatrice Mandelli 氏曰く、このグループはすべての実験に関わりがあるとのことで、これを聞いたときは少し感動した。すべての実験というのはもちろん ATLAS、CMS、Alice、LHCb のことである。同じ研究グループの学生たちが各々 CMS や Alice に飛び回っていたことから、確かに複数の実験に関わりがあるらしい。そのため研究内容も人によって大きく異なり、例えば Beatrice 氏はガス検出器に封入するガスの新しい配合を試していた。また私の研究を最も支えてくれた Technical Student の Giulio Candreva 氏は、GC(Gas Chromatography)を用いて各実験のガス供給ラインのモニタリングをしていた。Giulio と同じ Technical Student である Mara Corbetta 氏は、GIF++(Gamma Irradiation Facility)での GEM(Gas Electron Multiplier)の試験に向けて準備を進めていた。配属直後から最も親しく接してくれた Vincent Alex Bernasconi 氏は、GC を用いた解析やいくつかの新しいセンサーの導入を進めていた。



図 2 EP-DT-FS の皆さん

右から Robert、Beatrice、Giulio、Mara、Vincent、私

### 2.2.2 実験の前準備

研究を始めるにあたり、まずガス検出器の原理や取り扱いについて学ぶ必要があったため、実験物理の教科書や Supervisor の PhD 論文[2]に目を通した。勉強を一通り終えると、次に波形情報が保存されているファイルから、エネルギースペクトルを取得するためのプログラムを作成した。従来は波形情報をテキスト形式で保存していたが、GIF++ における高レート試験に備えて、よりデータサイズの小さいバイナリ形式での読み出しを導入した。

ソフトウェアの準備を終えると実験室 (Build.256) に移動し、設備や安全上の注意について説明を受けた。とりわけ強調されたこととして、ガス検知器のアラームが聞こえたらとにかく避難することと、放射線源の管理を徹底することである。そしてようやく SWPC のセットアップにとりかかった。実際に使用した SWPC を図 3 に示す。SWPC の中心には長辺に平行にワイヤーが 1 本張られており、写真左側から高電圧をかけている。SWPC の内側に流すガスには Ar/CO<sub>2</sub> (70/30) を使用し、上下のパイプはガスの排出と供給をそれぞれ担っている。



図 3 実験で使用した SWPC

試験では SWPC 上部に <sup>55</sup>Fe 線源(X線: 5.2 keV)を設置し、出力信号は 2 段階の増幅器を通してから波形記録モジュールで読み出した。他にも環境パラメータとして、気温、気圧、ガス中の酸素濃度と湿度をモニターしていた。

### 2.2.3 SWPC の評価

SWPC が正常に動作していることを確認し、また HV や ADC の閾値といった動作環境を決定するため、いくつかの異なる条件下で、SWPC の高電圧を変えながらトリガーレートを測定した(HV スキャン)。例として、線源強度を変化させたときの HV スキャンの様子を図 4 に示す。線源強度が増加するとテキスト形式(txt)で記録したデータレートは約 8 kHz で飽和しているが、一方でバイナリ形式(bin)ではデータをすべて取得できていた。後で、バイナリ形式の最大レートは約 33 kHz であることがノイズの測定から確認でき、従来の読み出しの 4 倍以上のレートを獲得できることが明らかになった。

また SWPC のゲインの安定性についても試験を行った。SWPC は非常にシンプルな構造を持つガス検出器であり、気温や気圧の変化がゲインに大きく作用する。これらの影

響を補正しつつ SWPC を 1 週間運転し、ゲインの変動が 1% 以内に収まっていることが確認できたため、後述する流量計等の評価に問題なく使用できると判断した。

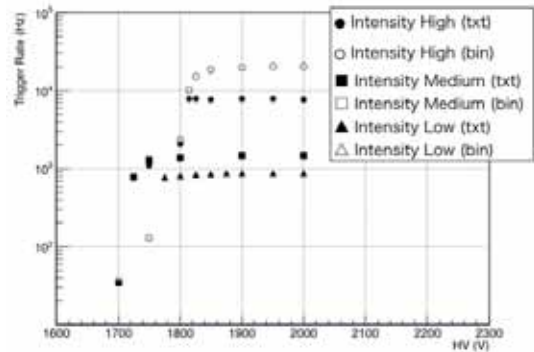


図 4 強度の異なる線源を用いた HV スキャン

### 2.2.4 流量計の性能評価

LHC のガスシステムに新しく導入する流量計に関して、アウトガス等のエイジング効果の有無を調べた。流量計の評価に用いたセットアップを図 5 に示す。SWPC の上流側に試験用の流量計を取り付け、下流側には酸素計と湿度計を導入した。ガス中の不純物が増加すると、SWPC のゲインが低下することが知られており、流量計のアウトガスを SWPC と下流側のセンサーの両方でモニターできるようにしている。

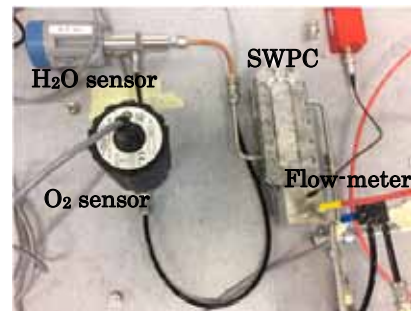


図 5 流量計の性能評価のためのセットアップ

図 6 は流量計を取り付けた状態で SWPC のゲインを測定した結果である。ゲインの変動は 1 週間で±3%以内に収まっており、これは流量計にエイジング効果がないことを表している。

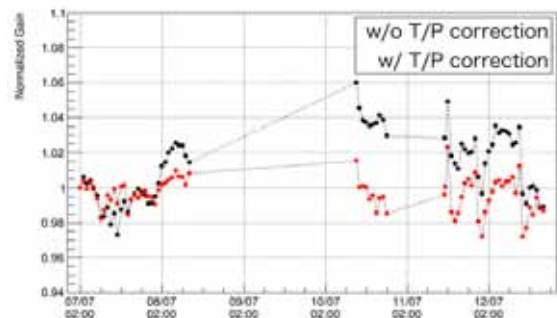


図 6 SWPC のゲインの時間変化(流量計導入後)

### 3 生活

個人で海外に2ヶ月以上滞在した経験がなかったため、このプログラムが始まる前は少し緊張していた。しかし、到着してすぐに日本人の学生や他の Summer Student と交流でき、生活のためのアドバイスを多く頂けたため、不安な要素は少なかった。ただ英語が十分に扱えないことで不便を感じることは多く、普段の努力を怠っていたことを後悔した。

平日の午前には講義に出席し、午後は研究プログラムに取り組んだ。隔週で行われる研究グループのミーティングは、進捗の報告と研究の議論を同時にできる場であり、実験と英語の両方の面でとても勉強になった。一方で休日はヨーロッパの各地を訪れ、様々な文化を肌で感じる事ができた。

### 4 今後の抱負

研究プログラムで配属されたグループの学生を見ると、自分の意見をはっきりと主張する人が多く、これから研究を始める上でぜひ見習いたい姿勢だと感じた。またこのプログラムに参加できたことを契機に、日本でも英語に触れる努力を続けたいと思う。

### 5 今後このプログラムに望むこと

Summer Student Programme が学部生向けのためか、研究プログラムの課題が単調で少し物足りなかった。実験のセットアップはスタッフがすべて作成してしまい、私の仕事は取得したデータの解析だけであった。参加期間が10週間と決して短くないため、配属先の研究グループでより専門的な課題に取り組むことができれば、さらに良いプログラムになると思う。

また他国の参加者は男女のバランスが保たれていたが、日本人の男女比はひどく偏っており、少し残念だった。最先端の研究を体験できる貴重な機会であるため、来年以降はぜひ女性の学生にも参加してほしい。

### 6 最後に

CERN Summer Student Programme 2017 に参加するにあたり、多くの方々にお世話になりました。多忙な中、推薦状を書いてくださった花垣和則教授、推薦状に加えて必要な書類の添削をくださった山中卓教授、プログラムの参加手続きや面接での非常対応をくださった宮居様、KEKの皆様、本当にありがとうございました。

また、日本からこのプログラムに参加した桶作くん、山本くん、鈴木くん、CERNでの生活の手助けをしてくださっ

た先輩方、KEK 甲木夢弥様、Supervisor の Beatrice Mandelli 氏、EP-DT-FS の皆様、Summer Student で知り合った友人たち、現地での生活を支えてくださった方々にも、この場を借りてお礼申し上げます。

#### 参考文献・URL

- [1] <http://summer-timetable.web.cern.ch/summer-timetable/>
- [2] Mandelli, B. *Detector and System Developments for LHC Detector Upgrades*. CERN-THESIS-2015-044.