# **CERN Summer Student Programme 2019**

大阪大学理学研究科物理学専攻博士前期課程1年

白石諒太

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

2019年10月10日

### 1 はじめに

私は6月17日から8月23日の10週間, CERN Summer Student Programme 2019に参加した。このプログラムは例年夏に欧州原子核研究機構 (CERN) によって実施されている。本レポートではそこでの活動内容や体験したことについて報告する。

## 2 活動内容

#### 2.1 Lectures

今年は7月2日から8月2日までの1ヶ月間 CERN 内外から招待された研究者の方々によって様々なトピックを扱った講義が行われた。標準理論や検出器などの内容から、超弦理論の序論や医療への応用、将来の加速器計画など幅広い分野の内容が扱われた。講義の最中や終了後には多くの質問があり、講師の方々は一つ一つの質問に対して丁寧に説明されていた(図1)。



図 1: 講義終了後の様子。多くの質問が殺到していた。

#### 2.1.1 Workshops, Visits

プログラム期間中には様々なワークショップが企画され、ROOTの講習やファイバーやセンサー等を用いた測定技法の体験など実用的な内容が多かった。また CERN

敷地内の施設の見学機会も設けられ、Antiproton Decelerator や Data Centre などへ案内していただいた。さらに Summer Student のために企画された公式の見学とは別に、各種実験場所への案内が可能な人物と個別に連絡を取ることで見学が可能な場合もあった。幸いにも現在 LHC の運転が停止中であったこともあり、ATLAS、CMS、ALICE といった地下実験の見学も行うことができ、実際に検出器を間近に見ることができた(図 2)。



図 2: (左) ATLAS 検出器, (右) CMS 検出器。

### 2.2 研究

本プログラム期間中は ATLAS 実験のグループに配属され、Kostas Ntekas 氏の指導のもと 2021 年に再開予定の LHC の運転 (Run3) に向けて、検出器等のアップグレードを行うチームで研究を行った。現在の Phase 1 と呼ばれるアップグレードの期間中には ATLAS 検出器のエンドキャップ部にあるミューオン検出器の改良が主に行われている。このアップグレードを行ういくつかの研究場所のうち、899 (BB5) と呼ばれる検出器の組み立てや性能試験等が行われる場所で研究を行った。

#### 2.2.1 New Small Wheel

前回の LHC の運転 (Run2) 期間中までは、Small Wheel (SW) と呼ばれる検出器<sup>1</sup>がエンドキャップ部でのミューオンスペクトロメータとして機能していた。これを新たな検出器とその DAQ システムに取り替える計画は New Small Wheel (NSW) と呼ばれている。NSW 検出器は small-strip Thin Gap Chamber (sTGC) と Micro mesh gaseous structure (Micromegas) という2種類の検出器によって構成される(図 3)。いずれも次回の Run ではより高いイベント処理能力と放射線耐性を持つことが重要である。

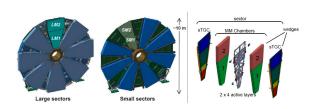


図 3: NSW 検出器の外観と構造。ATLAS 検出器エンドキャップ部の円形状の検出器は複数の扇型のセクターによって構成されている。

#### 2.2.2 Micromegas 検出器

ATLAS 検出器の Micromegas は 1 セクターが 8 層の 検出器からなり、各層ごとに図 4 のような構造を持つ。 電極間のギャップを通過した荷電粒子によって中のガス がイオン化され、発生した電子は読み出し電極に向かっ て加速される。間にあるメッシュを接地し、読み出し電 極間に高電圧をかけることでメッシュ通過後に電子は増 幅される。読み出し電極部では電子の電荷量、到着時間、 検出したストリップ位置の情報が得られる。

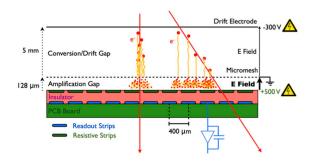


図 4: Micromegas 検出器の各層の構造。

#### 2.2.3 データ読み出し

Micormegas 検出器にはデータの読み出しのために数 種類の電子基板が取り付けられてあり、図5に示すような DAQ の構造を形成する。イベントデータはフロントエンド回路上の VMM と呼ばれる ASIC から ADDC (Address in real time Data Driver Card), L1DDC (Level-1 Data Driver Card) と呼ばれる別の基板に送られる。 ADDC がトリガープロセッサにトリガーデータを送る間, L1DDC は FELIX (Front End LInk eXchange) と呼ばれるデータ読み出しのための新しいシステムにイベントデータを送る。

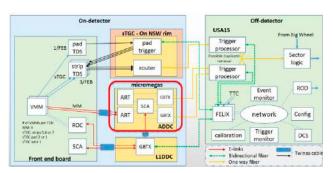


図 5: データ読み出しシステムと周辺構造。

#### 2.2.4 GUI ツールの開発

検出器に設置されるフロントエンド基板、ADDC、L1DDC に対する環境設定は FELIX からそれぞれの回路に組み込まれた SCA (Slow Controls Adaptor) と呼ばれるチップにアクセスし、XML形式のファイルに実装された温度や電源電圧などのパラメータを送ることで行われる。これらの回路は検出器の1セクターに合計160個設置されているため、この XMLファイルを各回路ごとに用意し一つ一つ処理するよりも、全ての回路に関するパラメータ情報を一つのファイルに結合して処理する方が効率的である。そこで複数のファイルを単一ファイルにまとめて出力できるような仕組みを GUI (Graphical User Interface) で行えるようなツールを開発した。

開発には Qt と呼ばれるソフトウェアを用いた。Qt は GUI アプリケーションなどの開発に用いられるクロスプラットフォームのフレームワークで主に C++で記述される。今回必要となったツールが備えるべき特徴は、視覚的な操作によって基板の指定やウィンドウの開閉が可能で、1 セクター分の環境設定パラメータを含む単一ファイルを既存のファイルから作り変えることが可能な点である。

図 6 に作成した GUI の画面を示す。左側に Micromegas の各層の構図を示し、各基板に対応するボタンを設置した。右側には最終的に出力される XML ファイルのテキスト情報と作業の進行状況が表示される。画面左側のボタンをクリックすることで別のダイアログボックス (図 7) を表示し、新規に環境設定ファイルに記載される各基板の名前とアドレスの入力バーを示す。Add の

<sup>1</sup>図2の写真の左端にわずかに写っている。

ボタンで対応する回路の環境設定がテキストとして追加される。追加されたテキストは図6の右側のテキスト表示部に逐一記載される。Save のボタンで任意のディレクトリを選択しファイルの保存をすることができる。

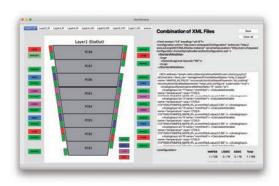


図 6: 作成した GUI のホーム画面。



図 7: XML ファイルのテキスト変更のためのダイアログボックス。

なお、図6の画面の別ページには参照するソースファイルを示し(図8)、変更する前の既存の設定ファイルを閲覧できる。現在のDAQシステムは未だ開発段階であり今後何らかの更新が行われることは容易に考えられる。そのため、参照するソースファイルを変更する場合、コードそのものを書き換えることなく参照元のみを変更するような仕様にした。

また,今回はパラメータ値の計算過程そのものを変更 する仕様にはしなかったが,それらが必要になった場合 にも計算式に相当するコードの書き換えを行えるような 構造にはなっている。



図 8: ソースファイルの参照および変更ページ。

## 3 生活

スイスでの10週間の生活は非常に有意義な体験であった。CERNでの日々の生活や週末に友人と旅行に行く中でも彼らとの会話で互いの国の食事や文化、研究環境などについて語り合うことができた。CERNでは女性の研究者も多く、また時期的にも多数の訪問・見学者が足を運んでいた。こうしたことから科学のコミュニティが一般社会に対して開放的で関心を持ってもらいやすいものだという印象を受けた。

## 4 今後の抱負

このプログラムへの参加もそうであったように、多様な知識や経験が得られる場に積極的に参加することや、様々な人に会って交流できる機会を大切にしたいと思う。素粒子・高エネルギー実験において必要とされる仕事や能力は広範囲に渡るため、実際に人と会って協力関係を築くことやどんな仕事や環境にも適応できる能力を身につけていきたい。

## 5 今後このプログラムに望むこと

ポスターセッションや口頭発表では人数の制限もあったことから、学生同士がお互いの研究内容を発表したり、何らかのテーマについて研究者を含めて密に議論できるような場がより多く設けられていれば、彼らとの研究を通じたつながりをさらに深められると思う。またそれがプログラム終了後の私たち自身の研究にも役に立つ場合があると思う。

## 6 終わりに

このプログラムに参加するにあたり多くの方にお世話になりました。推薦状を書いて頂いた花垣和則教授、山中卓教授、多忙な中ありがとうございました。必要な事務手続きをして頂いた KEK の皆様にはこちらからの質問等にも丁寧に対応して頂きました。CERN の準備企画等で終始お世話になりました。Supervisor のKostas Ntekas 氏にはプログラム期間中、研究をより良い方向へ進めるための指摘や助言をして頂きました。また滞在中の日本人研究者の方々や学生の皆さんにはこれまでの自身の経験などいろいろな話を聞かせて頂き大変感謝しています。最後に本プログラムで出会い共に過ごした Summer Student の皆さん、同じく日本人参加者の3名の皆さんには改めて感謝申し上げます。