

# CERN Summer Student Programme 2016 参加報告

京都大学 理学研究科

中村 和広

nakamura.kazuhiro.74x@st.kyoto-u.ac.jp

2016 年 12 月 1 日

## 1 はじめに

2015 年 6 月 27 日から 9 月 2 日までの 10 週間、私は Summer Student として CERN に滞在した。Summer Student Programme では、日本を含め世界 60 ケ国から、物理学や工学、コンピュータサイエンスを専攻する 280 名もの学部生・大学院生が集まり、共に講義を受け、研究を行った。研究はそれぞれが配属された研究室の Supervisor の指導のもとで行われ、私は LHCb プロジェクトに携わるようになった。

## 2 活動内容

### 2.1 講義

6 月 27 日から 8 月 5 日までの 6 週間に渡り、大講堂にて講義が行われた。

講義は素粒子や原子核に関する実験から理論の話、また、加速器を用いた医療への応用に至るまで、幅広く行われた。講義中には何度も Super-Kamiokande や J-PARC などの日本の実験装置が登場し、日本人を含む多くの研究者の努力の先に現在があるのかと思うと、胸が熱くなった。

講義はすべて英語で行われるため、初めのうちは英語が聞き取れずに苦しんだが、次第に聞き取れるようになっていった\*1。

### 2.2 施設見学

施設見学は、Summer Student 全体を対象にしたものと、それぞれの学生が携わっているプロジェクトグループ内でのみ行われる小規模のものがあつた。Summer Student 全体を対象にした見学会は 2 度行われ、加速器や Data Center などを見学した。ATLAS や LHCb の見学時には実物の検出器を見られるものと期待したが、LHC が運転中だったため、残念ながら地下に降りることはできなかった。

### 2.3 研究内容

#### 2.3.1 概要

LHCb では、物質優勢宇宙を説明するために、CP 対称性の破れを精密に測定するための研究が行なわれている。CP 対称性の破れを精密に測定するには、正確な粒子識別 (Particle Identification: PID) が必要となる。本研究では、PID の精度を表す量の振る舞いについて、実データとモンテカルロシミュレーション (MC) との比較をおこなった。

#### 2.3.2 解析したデータについて

本研究では、 $D^*$  中間子の崩壊モードに注目し、崩壊によって生じる  $K$  中間子と  $\pi$  中間子について解析を行った。 $D^0$  中間子へと崩壊した  $D^*$  中間子は、さらに  $K$  中間子と  $\pi$  中間子へと崩壊する。

$$D^* \rightarrow D^0 \pi \quad (1)$$

$$D^0 \rightarrow K \pi \quad (2)$$

LHCb には RICH (Ring-imaging Cherenkov) と呼ばれる検出器が設置されている (図 1)。RICH では、エアロゲル中を通過した荷電粒子が発したチェレンコフ光の角度が測定される。チェレンコフ光の角度から  $\beta = v/c$

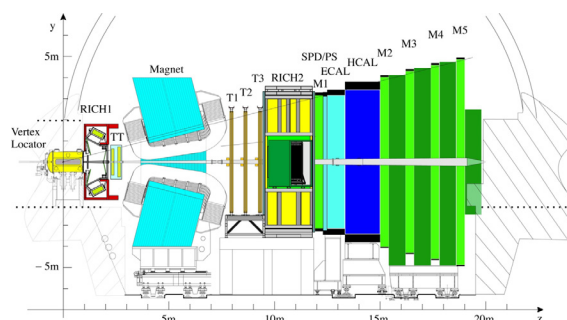


図 1: LHCb 検出器の概観。RICH は RICH1 と RICH2 の二つが配置されている。RICH のほかに、飛跡検出器 (TT, T1~T3), Scintillating Pad Detector: SPD (カロリメーターへの粒子の入射を検出), カロリメーターなどから構成されている。

\*1 ただし、講義中のジョークは最後までよくわからなかった。

( $v$ : 荷電粒子の速さ,  $c$ : 真空中の光速) が求まり, 飛跡検出器から得られた運動量と合わせることで, 静止質量が求められ, PID が行われる。実際のデータでは, 複数の粒子からなるチェレンコフリングの重なりなどの理由により, それぞれの粒子の可能性を表す DLL (The Difference of Log-Likelihood) が得られる。本研究では,  $D^*$  中間子の崩壊によって生じた  $K$  中間子と  $\pi$  中間子の DLL から,  $K$  中間子として正しく見積もられている粒子の割合と  $\pi$  中間子を誤って  $K$  中間子として見積もってしまった割合をグラフ (PID Performance) にし, 実データと MC の比較を行った。

### 2.3.3 適用したカットと PID Performance の比較

実データと MC の比較を行うにあたり, 表 1 のようなカットを適用した。

表 1: 適用されたカット

| 選択する<br>粒子の種類 | カットの種類                                                                                                                                    |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $D^*$         | $1,990 < \text{Mass} < 2,030 \text{ (MeV/c}^2\text{)}$<br>$1,600 < P_T < 30,000 \text{ (MeV/c)}$<br>$1,600 < P < 400,000 \text{ (MeV/c)}$ |
| $D^0$         | $1,850 < P < 400,000 \text{ (MeV/c)}$                                                                                                     |
| $D^* - D^0$   | $144 < \text{Mass difference} < 147 \text{ (MeV/c}^2\text{)}$                                                                             |
| $K$           | $160 < P_T, 1,600 < P \text{ (MeV/c)}$<br>$-100 < \text{DLL } K < 100$                                                                    |
| $\pi$         | $160 < P_T, 1,600 < P \text{ (MeV/c)}$<br>$-100 < \text{DLL } K < 100$                                                                    |

PID Performance は図 2 のようになった。実データと MC は異なった振る舞いを示した。この違いの主な原因は, MC のバージョンが実データのものとは異なっていることに起因している。今回の解析では, 実データは 2015 年 9 月以降に得られたものをを用いたが, MC は 2015 年 8 月以前のバージョンが用いられている。今後は実データと MC との PID Performance の差異を減らしてゆくために, 実データの取得時期と MC のバージョンを一致させる必要がある。さらにその後, 今回比較したグラフをもとに, MC の作成パラメータがチューニングされる予定である。

## 3 現地での生活

現地では, CERN 敷地内にあるホステルに宿泊した。オフィスからも徒歩 3 分という近さだったので, 大変良い立地であった。

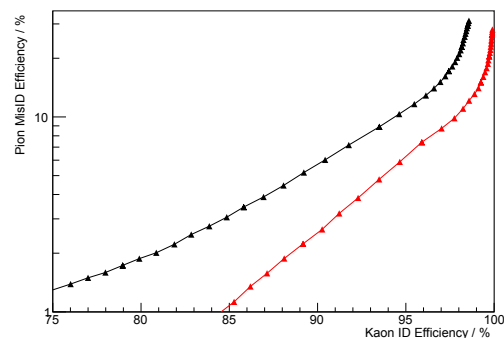


図 2:  $K$  中間子として正しく見積もられている粒子の割合 (横軸) と  $\pi$  中間子を誤って  $K$  中間子として見積もってしまった割合 (縦軸)。黒線が実際のデータ、赤線が MC。

ホステルには共同のキッチンがあり, 基本的に私はそこで自炊をした。キッチンにいと必然的に各国の学生から話しかけられることになる。初めのうちは相手の言っていることがわからず困惑したが, 次第に打ち解けてゆくことができた。

キッチンで料理を作っていると, 他国の学生らから私の作る料理について大変興味を持たれた。とりわけ印象的だったのが, 私が箸を使ってスパゲティを茹でていたとき, 料理に砂糖を使っていたときの他国の学生の反応であろうか。寿司に代表されるように, 日本食を含めたアジアの食文化が世界に知られるようになった現在に至っても, アジア人以外で箸を自在に操ることのできる人はまだまだ少ないようであり, 箸遣いが得意な私はちょっとしたヒーローになることができた<sup>\*2</sup>。意外であったのは, 料理に使う砂糖の認識であった。和食では料理に砂糖を使うことはよくあることであるが, 私が鶏肉のお酢煮を作っていると, 「チキンに砂糖を使うなんて, どんなゲテモノ料理が出来上がるんだ。」と, かなり引かれてしまった<sup>\*3</sup>。食べたらおいしいからわかると説得したのだが, 残念ながら肉に砂糖を使った衝撃が大きすぎたのか, 食べたあともあまりいい顔はしていなかった<sup>\*4</sup>。

英語力の向上という意味では, 講義や研究の中でよりも, 他国の友人らとの何気ない会話の方が私には意味があったと思う。初めのうちはずいぶん心もとない英語

<sup>\*2</sup> 日本に帰国後に, 私が普段愛用している木曾ひのきの箸を海外の友人数名にプレゼントした。軽くて滑りにくく, 大変使いやすい箸なので, 高エネルギーニュース読者の皆様にもぜひおすすめします。

<sup>\*3</sup> 料理に使う砂糖の認識は, もしかすると日本国内においても地域性が大きいかもしれない。関東に実家がある私の家では甘い卵焼きが定番の味付けであるが, 京都出身の研究室の秘書さんは, 甘い卵焼きは苦手だということであった。

<sup>\*4</sup> ちなみにアジア圏の友人らには好評であったので, 私の料理がマズかったのが原因である可能性は低い。

であったが、言いたい表現を何度も調べてメモするうちに、自然と自分の中にいくつかの表現が身についてゆくのが感じられた。私の拙い英語にもかかわらず、私自身や日本に興味を持って熱心に耳を傾けてくれた彼らには、感謝しなければならない。

CERN ではとりわけ、アゼルバイジャン人の Hamid と親しくなった。私が Hamid とゲーテの話をしたときに、「ゲーテは知っているか。」と尋ねたところ、「もちろん。ポピュラーだからね。」と言われたときには大変衝撃を受けた。「ゲーテがポピュラー」だと言う人間が、現代の日本には一体何人いるであろうか。

Hamid とはその後、物理やコンピュータサイエンスのみならず、政治や歴史、文学作品についても議論するようになった。彼とは、本当の意味で心のそこから共有するものがあったと思う。平日の夕方、仕事の後に二人で近くの高台に行き、夕焼け色に染まるモンブランを眺めた。また、休日にジュネーブ郊外を自転車で行き、住宅街にひっそりと佇む教会を訪ねたりしたもの、私にとってかけがえのない思い出である。

Summer Student Programme も何週間か過ぎてくると、Summer Student 同士で手をつないだカップルを目撃するようになる。プログラムが始まってひと月が経ったとき、私は普段よく夕食を共にしていた友人らが付き合いはじめていたことを告げられた。彼女の方が私の隣人であったこともあって、さすがの私も狼狽したが、2ヶ月という期間を男女が共に過ごしていれば、このようなことはまあある話である。



図 3: 日曜の午後、Hamid と共に。近所のヒマワリ畑にて。

## 4 今後の抱負

まず、一番不足していたのが英語力だと言いたいところであるが、私の場合は物理やプログラミングについての知識も完全に不足していた。これは私が学部時代に高エネルギー実験の分野と関わりがなかったために経験が

浅かったことが主な原因ではあるが、とは言ってもどうかしない訳にはいかぬので、M1 の間にはなんとかする予定である。また、これまでマイコンというものに触れる経験もまったくなかったが、ちょっとした実験をしたいときなどにマイコンが非常に有用であるということを知り、Hamid から力説されたので、マイコンの勉強も始めることになった<sup>\*5</sup>。

## 5 今後このプログラムに望むこと

日本人 Summer Students は高エネルギー実験を専門とする学生のみであったが、他国からの Summer Students は工学やコンピュータサイエンスを含め、幅広い分野の学生が集まって構成されていた。学際化の観点からも、専門にとらわれない幅広い分野の人間との交流が重要であると私は考える。日本人 Summer Students も、今後はより幅広い分野の人間が集まって構成されていくことが必要であろう。

## 6 謝辞

Summer Student Programme 参加にあたって、大変多くの方々にお世話になりました。申し込みの段階では、学部時代の指導教官である本間芳和先生と、現在の指導教官である中家剛先生にお世話になりました。CERN における研究では、現地の Supervisor の Sajan Easo 先生に大変丁寧に指導していただきました。その他、多くの方々の力によって、この Summer Student Programme が成り立っていることを実感しております。皆様の力のおかげで、私は CERN で大変充実した 2 カ月半を送ることができました。ありがとうございました。今後は Summer Student として過ごした経験、そこで得た人脈を活かして、より精力的に研究に取り組んで参りたいと思っています。

<sup>\*5</sup> 将来自分が親になって子どもにおもちゃ屋でおもちゃをねだられたときに、「こんな安物じゃなくて、お父さんがもっと良いものをつくってあげよう!!」と言って、手作りのおもちゃを作ってあげる、というのが個人的な将来の夢である。私自身、祖父からそのような育てられ方。簡単な非安定マルチバイブレータ回路を使って踏切のおもちゃを作ってもらったときの感動は、20年近く経った今なお、私の中に鮮明に残っている。ただしこのような話を家ですと、「(まだ見ぬ) 自分の子どもの話はいいか、先に彼女を見つけなさい。」と、母に言われることになる。