

# CERN Summer Student Programmeに参加して

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程 1 年

豊田 高士

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

2012 年 (平成 24 年) 11 月 5 日

## 1 はじめに

私は、2012 年 7 月 2 日から同年 9 月 7 日までの約 10 週間、CERN Summer Student Programme に参加した。このプログラムは、世界各国の大学生 (および大学院生) が CERN で行われている実験プロジェクトに配属され、その研究生活を体験できるものである。ここでは、私がこのプログラムで行ったこと、および CERN での生活などについて報告する。

## 2 活動内容

私は、CERN の SPS 加速器で行われている NA62 実験に参加した。また、NA62 実験グループでの研究活動の他に、午前中に行われる講義に出席し、workshop、visit などの様々な企画にも参加した。この節では、それらの活動について述べる。

### 2.1 研究

#### 2.1.1 NA62 実験

NA62 実験は、荷電 K 中間子の稀崩壊モード  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  の崩壊分岐比を、10% の精度で測定することを目標とした実験である。標準理論によるこの崩壊分岐比の予想値は  $10^{-10}$  程度であり、これを精密に測定することで、CKM 行列により記述される CP 対称性の破れについての標準理論の検証、さらには標準理論を超える物理の探索を行うことができる。

#### 2.1.2 Straw Tracker

Straw tracker は、 $K^+$  粒子崩壊後の  $\pi^+$  粒子の運動量とビーム軸に対する角度を測定する検出器であり、双極電磁石と、その前後に二つずつ設置された計四つの straw chamber から構成される (図 1 参照)。各 chamber

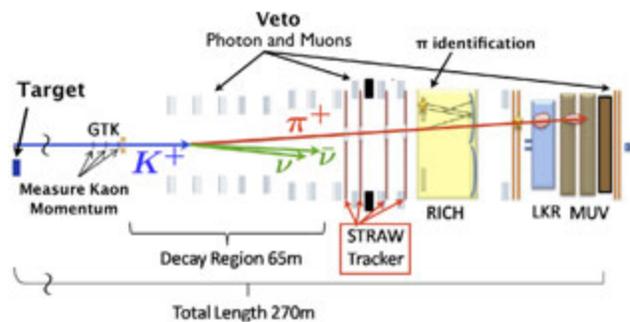


図 1: NA62 実験で使われる検出器の配置とシグナルイベントの概念図

は straw tube が 450 本平行に並べられたレイヤー (図 2 参照) を 4 枚、 $45^\circ$  ずつ回転して設置されたものである。この straw tube は金属が蒸着されたマイラーフィルムを筒状に巻き、その中心に導線が張られたもので、これらの筒の中には Ar ガスが充填され、電圧をかけることでそれぞれが比例計数管と同様の動作をする。

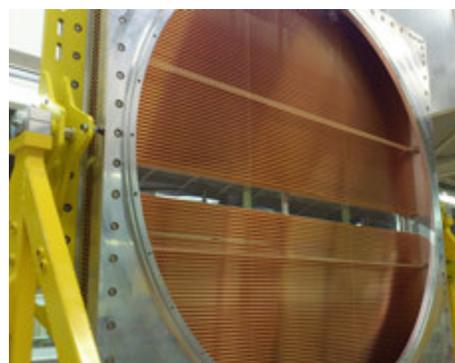


図 2: 各チェンバーを構成するレイヤーの 1 つ

#### 2.1.3 ビームテスト

今年の夏、straw chamber のプロトタイプの位置分解能を測定するためのビームテストが行われた。このプロトタイプは円筒形の真空容器中に、8 本の straw tube を重なるように 4 列、計 32 本設置したもので、straw tube

の側面側からビームが当たるようになっていた。そして、トリガー用のプラスチックシンチレータと、テレスコープ用の MicroMegas 検出器が straw tube を挟むように設置されている (図 3 参照)。

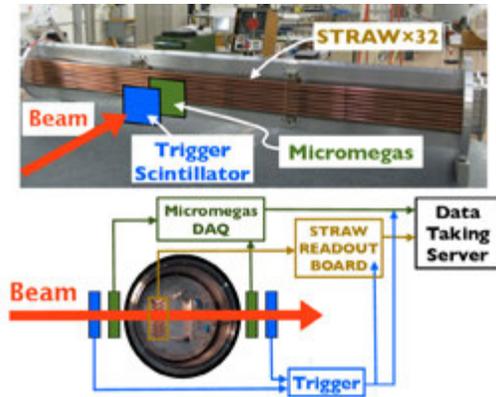


図 3: ビームテストのセットアップ

#### 2.1.4 私が行ったこと

私の仕事は、ビームテストのすべての event から straw chamber の位置分解能測定に使える event を抽出することであった。Straw chamber の位置分解能を解析するためのプログラムは、今年 2 月から NA62 に参加していた Boston 大学の学生が開発していたのだが、これは各 event で粒子が一つしか通過しないことを前提としたものであった。しかし、実際のデータには真空容器の中でシャワーが起こるために多数の粒子が通過する event や、ノイズなどにより cluster が多数見える event が存在するので、条件にあった event を選び出す必要がある。

そこで私は MicroMegas 検出器からの情報を使って、通過する粒子が 1 つだけであるような event を選ぶプログラムを作成した。

MicroMegas 検出器はガスイオン化検出器の一種で、荷電粒子などがガスをイオン化して生成した電子を強電場で増幅し、平面上に平行に並んだ数百本の strip から信号を読み出すことができる。そして、この stripのうち電流が流れた strip の cluster が通過した粒子に対応し、cluster の位置から粒子の通過した位置を求める。

私は通過する粒子が 1 つだけ、つまり cluster が 1 つだけである条件として、一番信号の大きい strip を含む cluster を gaussian で fit し、中心の strip から  $2\sigma$  以上離れたすべての strip について、もっとも信号の大きい strip の  $\frac{1}{3}$  以下に電流量が収まることを要求した。ある run についてこの event 選択を行った際の、条件を満たした event とそうでない event を図 4 に示す。

図 4 から、条件を満たした event は cluster がただ 1 つだけ存在し、満たさなかった event は複数の cluster が存在することが見て取れる。この条件を満たした event は

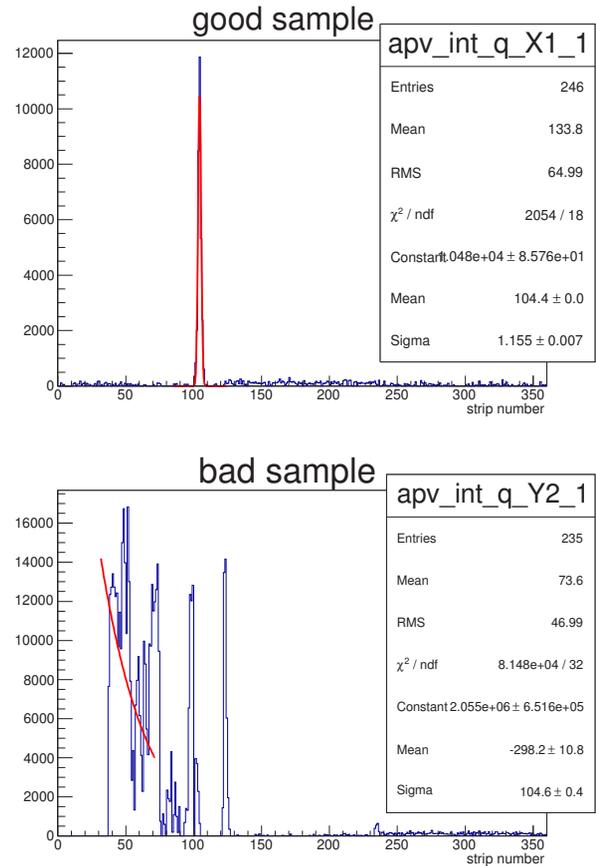


図 4: 条件を満たした event (上図) と満たさなかった event (下図) (縦軸は各 strip の信号の大きさ)

全体の 70% ほどで、いくつかの run について目視で確認したところすべての event で cluster が一つのみであったので、きちんと選別できたものと思われる。

#### 2.1.5 その他

実は今回のビームテストは 7 月中旬に実施される予定だったが、ビームラインの真空漏れにより 1 ヶ月遅れ、実際に行われたのは帰国 2 週間前の 8 月下旬であった。そのため、メインとなる straw chamber のプロトタイプ的位置分解能を解析するところまでは、残念ながらできなかった。ビームが止まっていた間は supervisor の Augusto から課せられた「CKM 行列の global fit を作成して、 $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  の崩壊分岐比を予想せよ」という (突拍子もない) 課題に、同僚のシンガポール人学生の Hong Qi Tan と一緒に取り組んでいた。なかなか苦しい課題であったが、CP 対称性の破れについての理解が深まり、私が日本で参加している KOTO 実験<sup>1</sup>の理論的背景もきちんと知ることができたので、このアクシデントも逆によかったのではないかと思う (図 5 参照)。

<sup>1</sup>KOTO 実験は J-PARC のハドロンホールで行われている実験であり、こちらは  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  の崩壊分岐比の測定を目標としている。

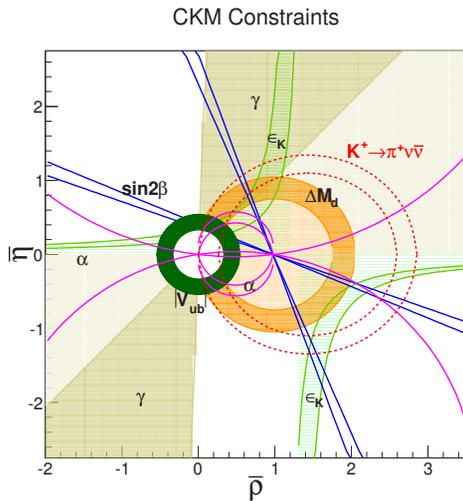


図 5: 様々な論文や PDG の booklet を参照して作成した CKM 行列のパラメータの global fit

## 2.2 講義, Visit, Workshop

7月5日から8月9日までの午前中は、講義が開かれており、素粒子・原子核物理学の他、統計・データ解析、天体物理などの授業もあった。この時期はちょうど Higgs 粒子(と思われる新粒子)の発見が発表された直後であったことから、講義にも Higgs 粒子と関連する話題が多く取り上げられており、授業そっこのけで持参したパソコンに夢中な学生も、Higgs 粒子の話題がでるとサッとスライドに目をやる光景は滑稽であった。

また、visit や workshop に応募すると CERN 内の各研究施設の見学や、体験をすることができた。私は CMS の見学ができる visit と beam line の workshop に参加した。Beam line の workshop は、SPS ビームラインのビームを 5 mm ずらすには電磁石に流す電流をどれだけ変えればよいのかを逆算し、実際にコントロールルームでビームを操作するというもので、実際にビームが思った通りの位置にずれたときはとても興奮した。

## 3 CERN での生活

私は CERN から 2 km ほど離れた St. Genis のホステルに滞在し、毎日自転車で CERN まで 10 分ほどかけて通った。午前の講義が終わると昼食をとり、少しレストランでのんびりしてから午後は NA62 での研究を行って、5 時過ぎには切り上げるという日々が続いた。St. Genis のホステルはキッチンが各階で共同になっており、料理をする内に知り合いも増えていった。特にガーナ出身の Abdul やエジプト出身の Ehab とは、よく同じ時間帯に料理し、彼らの目を疑うような調理法に苦笑いしながら、CERN での日々の生活や、母国の文化(彼らは敬虔なイスラム教徒であった)について話したりした。

また、休日はジュネーブ近郊のジュラ山やサレーブ山を訪れた他、CERN 周辺をサイクリングしたり少し遠出をしてパリやベルリンなどへも旅行することができた。

## 4 今後の抱負

私がこのプログラムでもっとも痛感したことは、英語力の欠如であった。Supervisor に聞きたい(日本語でなら難なくできる)質問があっても、英語に苦手意識があるために躊躇してしまうことが何度もあり、勇気を出して質問しても、自分の言いたいことは半分程度しか伝わらず、相手の言うことも十分に理解できず... の繰り返しに辟易した。他の(母国語が英語でない)国の学生たちは私に比べて圧倒的に英語ができ、私にも十分な英語力があれば、もっと仲良くできただろうと後悔すると同時に、自分と年代の(物理学を専攻する)世界中の学生はこんなに英語ができるのか、と自分の不甲斐なさを感じた。しかし、このように英語の必要性を肌身をもって感じることもできたのも、このプログラムに参加できたおかげであり、今後に生かしたいと考えている。

## 5 今後のサマースチューデントプログラムに望むこと

私個人としては、CERN での生活、および CERN へ行くまでの諸手続きに関して不満は一切なく、手厚いサポートを受けられたことに感謝している。ただ、このプログラムの存在をもっと広く各大学・研究室に宣伝してもよいのではないかと感じた。実際、大阪大学内の他の素粒子・原子核実験グループの学生でこのプログラムの存在を知る人は少なかった。

## 6 謝辞

まず、このような素晴らしい機会を与えてくださった KEK の皆様、および CERN の NA62 実験グループの皆様に深く感謝します。そして、このプログラムに申し込む際に推薦書を書いていただき、application form を何度も添削してくださった山中卓教授と、このプログラムを紹介し、参加を勧めてくださった花垣和則准教授にお礼を申し上げます。また、大阪大学 ATLAS グループの皆様には CERN 滞在中いろいろとお世話になり、何度も食事に誘っていただきました。ありがとうございました。最後に、同じく日本からの Summer Student である大石君、清水君、中塚君、本橋君、君たちと CERN での生活をともにすることができて本当に楽しかったです。ありがとう。