

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 π^+ 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

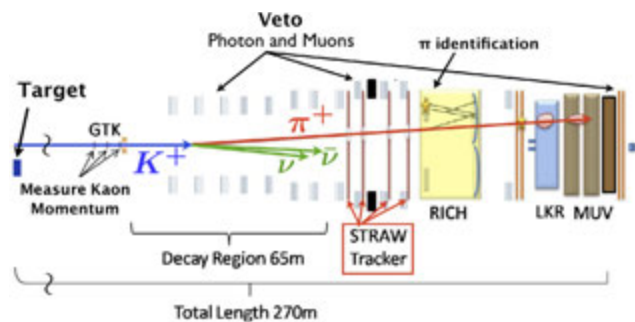


図 1: NA62 実験で使われる検出器の配置とシグナルイベントの概念図

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° 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。

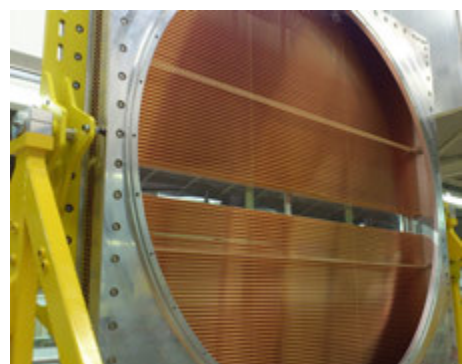


図 2: 各チェンバーを構成するレイヤーの 1 つ

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)。

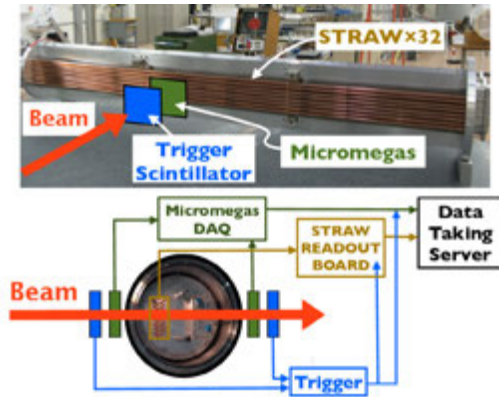


図 3: ビームテストのセットアップ

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 2σ 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

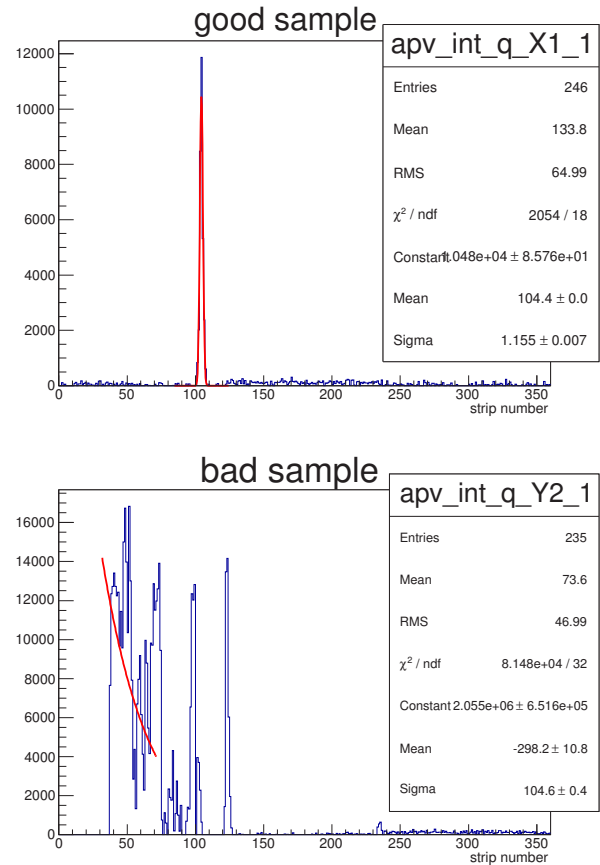


図 4: 条件を満たした event (上図) と満たさなかった event (下図) (縦軸は各 strip の信号の大きさ)

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¹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)。

¹KOTO 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。

