

CERN Summer Student Programme 2012 体験記

東京工業大学 理工学研究科 基礎物理学専攻 陣内研究室 修士1年

本橋 和貴

motohashi@hep.phys.titech.ac.jp

2012年(平成24年)10月26日

1 はじめに

今年、新粒子発見のニュースで世間を騒がせた European Organization for Nuclear Research (CERN) において例年開催されている Summer Student Programme に2012年7月2日から9月7日までの10週間参加しました。Summer Student Programmeとは、世界中から約200名の学生が参加し、希望調査をもとにそれぞれ割り当てられた研究グループの中で研究を行なっていくという企画です(図1)。研究以外にも、7月頭から8月半ばまでの6週間の午前中には Summer Student を対象とした Lecture Programme があり、また CERN の各実験施設への見学ツアーに参加することができる非常に有意義なプログラムです。以下にその体験について総括し報告します。



図1: プログラム参加者の集合写真

2 活動内容

2.1 研究

私は Linear Collider Detector (LCD) グループに配属され、supervisor である Jan Strube のもとで Compact Linear Collider (CLIC) で用いるために開発している Tungsten Digital Hadron Calorimeter (WDHCAL) のビームテストデータの解析を行いました。この研究活動の

成果は LCD Student Seminar においてプレゼンテーション形式で発表しました。以下では、CLIC, WDHCAL の解説と私が行った解析について記します。

2.1.1 CLIC と Particle Flow Algorithm

CLIC は CERN の地下に建設が計画されている最大重心エネルギー 3 TeV の e^+e^- 衝突型の線形加速器です。その主目的は LHC で発見された、もしくは発見が期待されている新粒子の精密測定にあります。ジェット現象は不確実性が高いため、ジェットの測定精度向上がカギの一つとなっています。カロリメータの読み出しを細かく分割し、ジェット内の粒子の流れを追い、荷電粒子の場合は内部飛跡検出器における運動量測定の情報も用いることで高精度を実現します。このコンセプトを Particle Flow Algorithm と呼びます。

2.1.2 WDHCAL

ハドロンカロリメータでも飛跡を測定するためソレノイド磁石はカロリメータの外側に設置します。そこで、私が所属したグループではコンパクト化のために吸収体はタングステンとし、大量のチャンネルに対応するため読み出しをオン・オフのみのデジタルとした Resistive Plate Chamber (RPC) から構成されるサンプリングカロリメータ、WDHCAL のビームテストを CERN の SPS で今年の5、6月に行いました(図2)。私はここで得られたデータの解析を担当しました。ビーム試験用の検出器は面積 $96 \times 96 \text{ cm}^2$ の38レイヤーと tail catcher で構成されています。吸収体の厚みは 1.6 cm であり、1つのレイヤーは3つのRPC、6つの Front End Board (FEB) で構成されています。読み出しピクセルの大きさは $1 \times 1 \text{ cm}^2$ 、WDHCAL の読み出しは 350,208 チャンネル、tail catcher は 129,024 チャンネルで合計 479,232 チャンネルと非常に細かく分割されています。

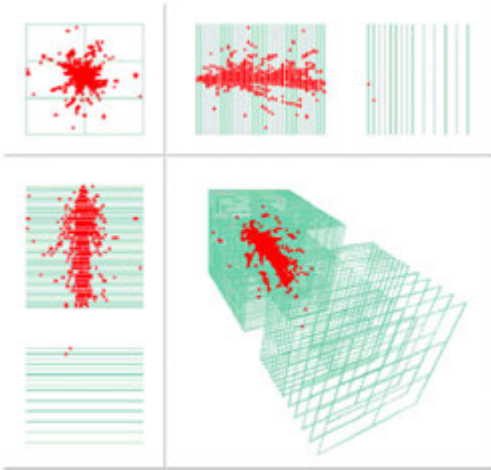


図 2: 実データのイベントディスプレイ

2.1.3 Data Quality

図 3 は、RPC とトリガー用のシンチレータでシグナルが検出された時間の差とイベント数を表したヒストグラムです。データの quality を上げるため、 $\Delta\text{TimeStamp}$

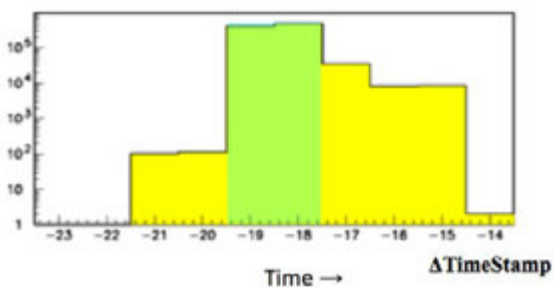


図 3: Time Window の選択

が-18 と-19 のヒット以外を除いていました。しかし、-18 と-19 の境にあるヒットは 2 度カウントされてしまうことがあるというバグがありました。図 4 が、あるランに含まれるイベントのナンバーとダブルカウントヒットの数を表しています。Supervisor と共にこのバグを修正しました。

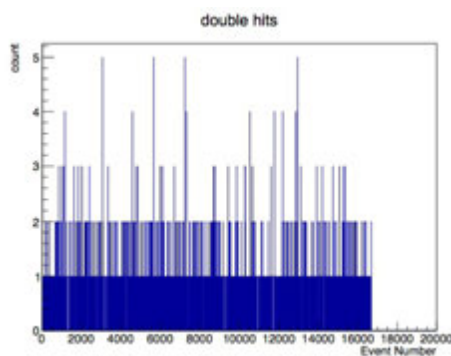


図 4: イベントごとのダブルカウントヒットの数

2.1.4 Layer Efficiency

後にモンテカルロとデータを比較して性能を評価するのですが、レイヤーごとに RPC の efficiency が異なるため、この情報を知っておかなければいけません。計算方法としてはまず muon, electron, pion などのビームのうち muon のみを選別します。Muon は透過力が高いため、ビームのエネルギーが高いと検出器すべてを貫通してしまいます。よって、muon の track を引いて、track 上に RPC のヒットがあるイベントの総数を muon のイベント数で割ればその RPC の efficiency が計算できます。Efficiency は温度や RPC 内のガスの圧力などに依存し、ランごとにも異なるためすべてのランに対して efficiency プロットを作りました。図 5 に、あるランにおける efficiency のプロットを示します。

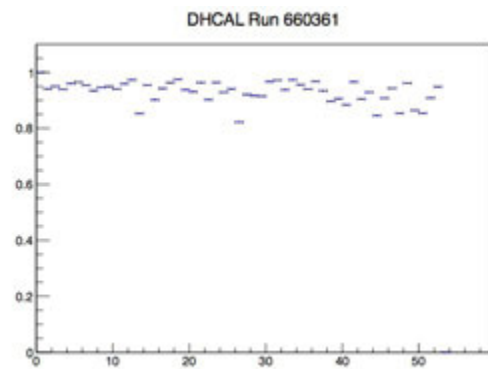


図 5: レイヤーごとの RPC の efficiency

2.1.5 Bad Pixel List

また、レイヤーごとのヒットマップをすることにより、死んでいる ASIC・FEB・RPC とノイズが多い ASIC・FEB をビームテストの時期ごとにリスト化しました。図 6 はあるランにおけるイベントをレイヤーごとにすべて詰めたヒットマップです。中心のヒット数が多くなっているのはトリガー用のシンチレータが中心に配置されているためです。この図を見ると死んでいる ASIC と RPC、ノイズな FEB と RPC があることがわかります。

2.2 講義

7 月 4 日から 8 月 10 日までの 6 週間は毎日午前中に 3 時間の講義を受けました。この講義の内容は、素粒子物理学に関しては基礎から標準理論、超対称性理論、超弦理論の基礎までカバーし、他にも統計や、検出器、加速器、トリガー、シミュレーション、そして医療まで多岐にわたった有意義なものでした。英語が苦手だったため、講義内容が易しかったうちはともかく、後半の授業

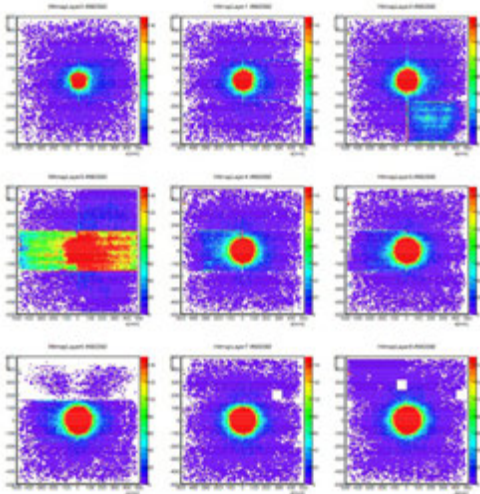


図 6: レイヤーごとのヒットマップ

についていくのはとても大変でした。しかし講義のビデオやスライドは web 上で観られるようになっているし、講義終了後には必ず質問の時間が設けられているので助かりました。

3 生活面でのエピソード

毎日が国際交流の連続で非常に貴重な体験となりました。朝は食堂に行けば誰かしら Summer Student がいましたし、授業後も一緒に昼食を食べ、夕方には研究グループ内で coffee break の時間が必ずあり、夕飯ももちろんのこと、金曜日に至っては毎週音楽を流しながらのパーティがありました。パーティではヨーロッパ人の陽気な性格に驚かされ、アジア人同士で無意識に共有している感覚があることに気づいたり、普段あまり気にしたことがなかったアフリカの文化に触れたり新しい発見ばかりでした(図7)。週末には Summer Student の友人たちと旅行に行き、ヨーロッパ各地を観光しました。散財したせいで後半お金が足りなくなってきたので友人と自炊生活をしていたのも楽しい思い出となりました。



図 7: Wine Wednesday Party の様子

また、とにかく外国人には親切な人が多いと感じました。渡航日、飛行機が遅れてジュネーブ到着が夜中になってしまい焦って CERN 行きではないトラムに乗ってしまったときには見知らぬおじさんが助けて下さり、CERN に着いたら偶然通りがかった Summer Student 達がエントランスやホステルの受付まで案内してくれ、初日から色々な人のお世話になりました。

4 今後の抱負と今後このプログラムに望むこと

このプログラムを通じて物理に関する知識を増やすことができたのはもちろんのこと、国際研究の輪に加わる体験ができたことが今後の自分の人生に大きな影響を与えたと思います。最先端の研究に触れ、これまで以上に素粒子物理の研究に興味が湧いてきました。いつの日かまた Summer Student の仲間たちと再会したときはお互いの成長した姿を見ることができればとても素敵なことだと思います。英語アレルギーも克服できたのでその頃までにはスムーズなコミュニケーションが取れるようにも今後努力していきます。

この 10 週間は非常に貴重で有意義な体験をさせていただきました。Summer Student Programme は是非これからもずっと継続することを願います。

謝辞

KEK の徳宿克夫先生をはじめ、事務手続きなどでご助力いただいた KEK 国際企画課の福田さん、CERN 駐在の石川さんに大変お世話になりました。また CERN での研究においては supervisor の Jan Strube 氏、Christian Grefe 氏、また Summer Student Team の皆様のご尽力をいただきました。さらに陣内修先生には本プログラムへの参加を勧めていただき、私を推薦していただいただけでなく、プログラムへの申込みの際はお忙しい中たくさんのお言葉をいただきました。最後に Summer Student の皆様、日本からの参加者である清水君、中塚君、豊田君、大石君、その他大勢の方々と楽しく過ごせたことに感謝します。ありがとうございました。心より厚くお礼申し上げます。