

■談話室

CERN Summer School 2012 参加報告

京都大学

中塚 徳継

nakatsuka@scphys.kyoto-u.ac.jp

2012年10月24日

1 前書き

2012/6/25～2012/8/31の間、CERN Summer Student Programに参加する機会をいただきました。LHCbを構成するグループの一つであるVELOグループのメンバーとして10週間(!)研究に参加しました。期間中にはHiggs-like粒子発見の発表があるなど、素晴らしい体験になりました。以下、この夏の成果を報告させていただきます。

2. 活動内容

このプログラムはlectureとprojectを中心に、最後には研究成果を発表する機会が与えられる、本格的なものです。さらにはCERNでの研究現場を見学するツアーが多数開催され、まさに一夏かけてCERNのすべてを体験することができました。講義では、加速器の話からひも理論の解説まで幅広い内容で、特に面白かったのはISOLDEと呼ばれるビームラインを用いた原子核実験の話でした。他にも、陽子線を用いたがん治療の話、将来のリニアコライダー計画の話、データ収集のためのエレクトロニクス、ROOTの使い方まで、幅広い講義が行われ飽きのこないものでした。最後のとりを飾るclosing lectureでは、Fermilabのdeputy directorであるY. K. Kim氏によるヒッグス探索実験の次の実験(この時点でHiggs-like粒子は発見されていた)がどのようなものになるか、どのような方向を目指すべきかに関する興味深い話を聞くことができました。見学では、実際にLHCbの巨大な検出器の置いてある地下ピットに入りました。地下に入るときに虹彩を用いた生体認証を通り、さながら金庫にでも入るような不思議な体験ができました。

2.1 プロジェクト

自分が携わったプロジェクトはいくつかありますが、ここではそのうちの2つについて説明します。1つ目は、この夏にVELOグループが行ったテストビームのメンバーとして、Andrei Nomerotski氏の指導のもと新しい検出器の冷却モジュールのテストを行いました。

2.1.1 マイクロチャンネルクーリング

自分が所属していたVELOグループは、その名の通りLHCbのうちVELO(Vertex Locator)と呼ばれる検出器を担当しています。このVELOは、陽子-陽子衝突の衝突点付近においてあるSiストリップ検出器で、衝突で出てくる

粒子のプライマリ・バーテックスを検出する重要な役割を果たします(図1)。

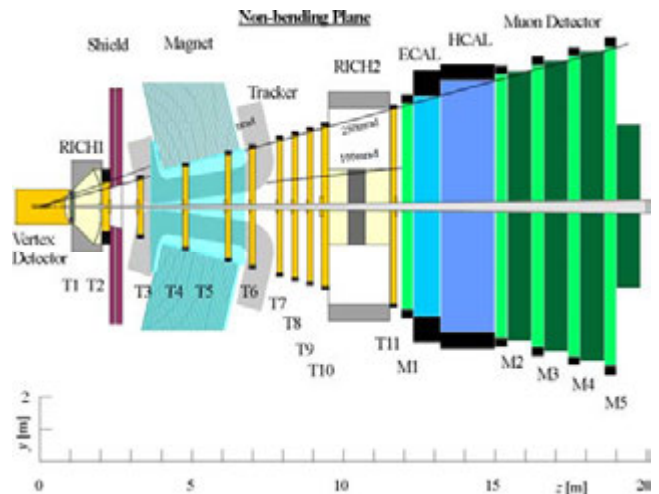


図1: LHCb 検出器。

この検出器は衝突点の直近に位置しているため、放射線による劣化が早く進む特徴があります。そのため、運用中に印可電圧を上げていき、性能を維持する必要があります。そのときに問題になるのが発熱です。そのためいくつかの冷却システムのテストを行っていたのですが、そのうち新しく考案されたmicro channel coolingと呼ばれる冷却システムのテストを行いました。このmicro channel coolingは、二枚のシリコン板に溝を彫って張り合わせたものに、液体二酸化炭素を流して冷却するもので、Si検出器に直接組み込んで冷却することができます(図2)。

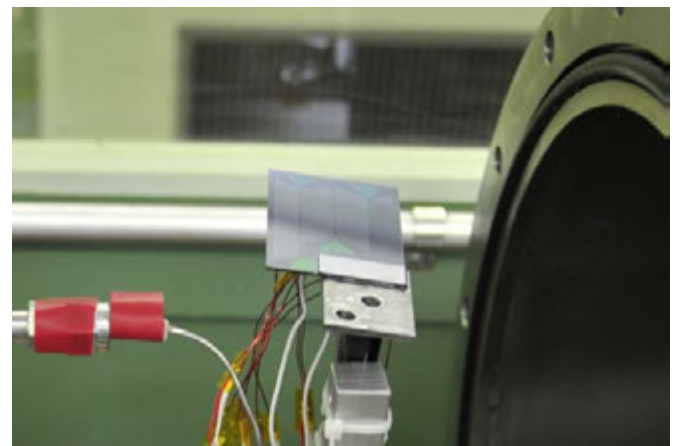


図2: Micro channel cooling の Si プレート。

冷却性能のテストは、この冷却プレートが単位時間あたり除去できる熱量を計測します。そのために、プレートの中央に電熱線と温度計を張り、温度が上昇しない上限の発熱量を測りました。この冷却システムの欠点は、ある一定以上の熱量を加えると、液体二酸化炭素が蒸発してしまい、急激に冷却性能が低下してしまう点にあり、残念ながら今回のテストビームタイムで実際の検出器モジュールに組み込んでテストすることはできませんでした。

2.1.2 X探索

2つ目のプロジェクトは非常に面白く、LHCb の実際のデータを使った物理解析でした。このプロジェクトには一夏を通して関わり、大変面白い成果を得ることができました。残念ながらこの解析は confidential であり、すべてをここで説明することはできないことをお断りしておきます。このプロジェクトでは、アドバイザーである Paula Collins 氏と Kazu Akiba 氏の指導のもと、X(3872) と呼ばれる粒子の探索に取り組みました。X(3872) とは、日本の Belle 実験で初めて発見され、その後 SLAC の BaBar 実験でも見つかったチャーモニウムの1つと考えられている粒子です。この粒子の量子数は未だ決定されておらず、面白いテーマといえます。この粒子については、確立した崩壊モードが少ないのですが、今回は崩壊分岐比が大きいことがわかっている、

$$X(3872) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$$

の崩壊モードについて探索を行うことになりました。そのためには、まず J/ψ の不変質量を再構成することから始めます。 J/ψ の崩壊モードのうち、LHCb での検出効率が高いとわかっている、

$$J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$$

に絞って、一つのバーテックスからミューオン対が出てくるイベントを探索します。結果は図3の通りです。

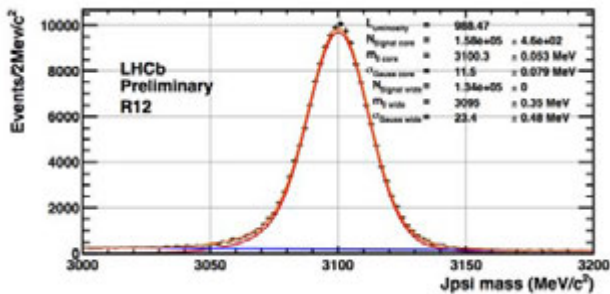


図 3: 再構成した J/ψ の不変質量分布。フィッティングの中心がよく J/ψ の質量(3096MeV)を再現している。

この J/ψ と同じバーテックスからパイオン対が出てきたイベントを探索し、 $\pi^+\pi^-J/\psi$ 不変質量を再構成します。ここから得られた不変質量分布が図4です。

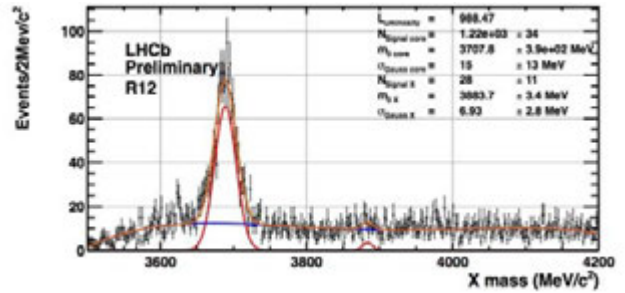


図 4: $\pi^+\pi^-J/\psi$ の不変質量分布。3700MeV に見えているのは ψ' のピーク。この時点では、3872MeV 付近には特にエンハンスはみられない。

まだピークのようなものは何も見えないので、次にイベントを選ぶ(カットをかける)必要があります。カットの掛け方にはいろいろあるのですが、既に見えている ψ' のピーク幅がもっとも狭くなったときが最適であるという条件を付けて、合理的にカット条件を選びました。その結果、 $M(\pi^+\pi^-J/\psi) - M(J/\psi)$, すなわち $\pi^+\pi^-J/\psi$ 不変質量から J/ψ 不変質量を引いた結果のピーク幅がもっとも狭いという結論が得られました。その結果が図5です。

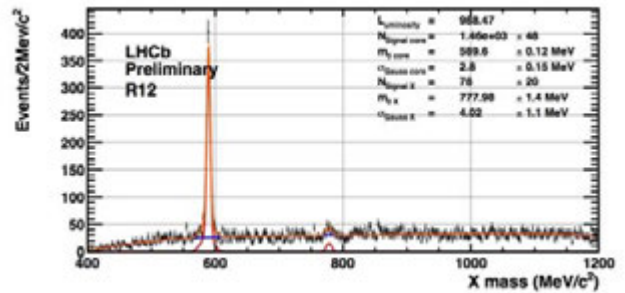


図 5: $M(\pi^+\pi^-J/\psi) - M(J/\psi)$ 不変質量分布。ちょうど X(3872) の質量から J/ψ (3096) の質量を引いた 776MeV 付近にわずかなエンハンスが見える (!)。

今まで触れていなかったのですが、今までのデータは2011年の全ランから得られたものです。次に、私が CERN に滞在していた時点までの 2012 年のデータもあわせた結果が図6です。ここにはハッキリと 776MeV のピークがあることがわかります。

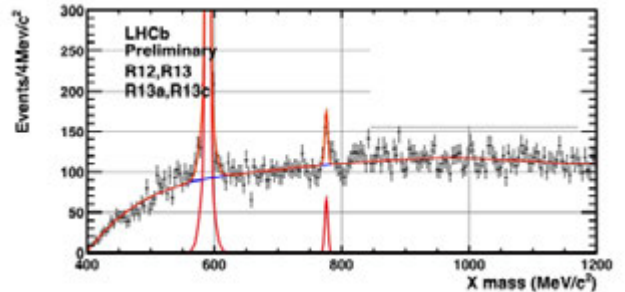


図6: 2012年8月までの全データを使った結果。クリアなピークが見える。詳しい結果は将来出るであろう論文を待ちたい。

2.2 プレゼンテーション

プログラムの期間中、プロジェクトの成果を発表する機会をたくさん与えられました。解析の進捗状況を毎週のミーティングで発表することも多々あり、忙しい日々が続きました。プログラムの最後には、student session という、学生が自分のプロジェクトを発表する機会がありました。この student session では、CERN の main auditorium (!) で発表させていただき、大変貴重な経験になりました(図7)。

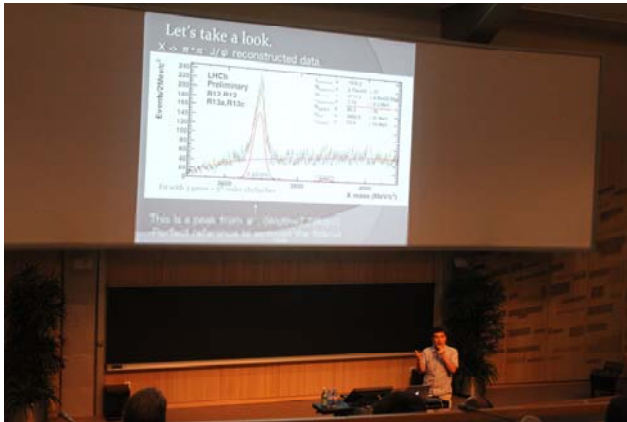


図7: Main auditorium での発表の様子。

もう一つ、大きなプレゼンテーションは、LHCbのサマースチューデントが集まって成果を発表するもので、こちらは聴衆がLHCbのプロフェッショナルが集まっており気の抜けないものでしたが、やはりよい経験になりました。

3. 生活面のエピソード

日々の生活もやはり大変充実したものでした。自分はCERN hostelに住んでいましたが、夜な夜な St. Genis のホステルに遊びにいったり、誕生日パーティを開いたり、アフターファイブも精力的に活動しました。ナイトハイクと称して、夕方にジュラ山に登りに行ったのもよい思い出です(図8)。



図8: ジュラ山頂“Le Reculet”にて。

4. 今後の抱負

今回のプログラムで得られた国際交流の経験は、間違いなく将来の研究生活の役に立つことになると思います。このCERNの夏を通じてたくさんの友達が世界中にできました。この友達こそ、今回のプログラムで得られたかけがえのない成果だと思います。

5. 今後のサマースチューデントプログラムへ望むこと

CERN への日本の貢献度を思うと、もう少し参加できる人数が多いとよいと思います。実際に日本と同じオブザーバーステイトであるアメリカやロシアからはたくさんの学生が参加していました。

6. 謝辞

自分は高エネルギー分野とは少し異なる原子核・ハドロン物理分野にいます。今回のプログラムを組織していただいた KEK の徳宿先生、福田様、石川様には大変お世話になりました。そして、CERN で素晴らしいプロジェクトに参加させていただいた、LHCb のメンバーの皆様にも大変お世話になりました。この場をお借りして、お礼申し上げます。