

CERN Summer Student Programme 2014 参加報告

京都大学 理学研究科

潘 晟

bansei0526@scphys.kyoto-u.ac.jp

2014年(平成26年)9月26日

1 はじめに

2014年6月30日から9月5日まで、CERNで開催された Summer Student Programme 2014 に参加してきました。10週間のプログラムの間、研究やまわりの人々から沢山のことを学びました。この場をお借りして、私の CERN での仕事、プログラムの内容、生活についての報告をさせていただきます。

2 研究

2.1 研究内容

本プログラムで私が担当したのは、CMS detect 実験のミュオン検出器ヒットからミュオン候補事象を抽出するアルゴリズムを改良することです。これはミュオンの飛跡再構成のためには欠かせない作業で、ここで抽出、選別されたミュオン候補事象を元にミュオンの飛跡再構成、および物理解析が行われます。現行のアルゴリズムでは拾うことのできないようなミュオン候補事象も選出できることを目標に研究を進めてきました。

2.2 CMS 検出器 [1]

CMS 検出器は Higgs 粒子や SM を超える物理の探索を主な目的として建設され、現在 LHC(Large Hadron Collider) に設置されている汎用粒子検出器です。図 1 に CMS 検出器の概要図を載せました。これらの図からわかるように、CMS 検出器は複数の部分から構成されており、それぞれのパートが特定の粒子を検出するのに特化した構造になっています。図 2 に各パートが、それぞれどのような粒子をどのように検出するのかという概要図が示されています。

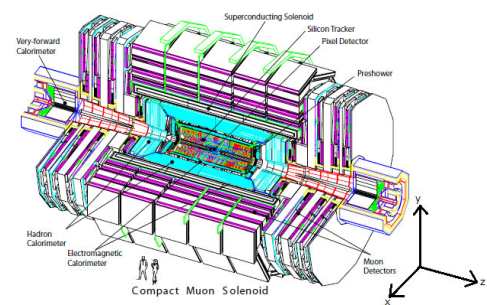


図 1: CMS 検出器

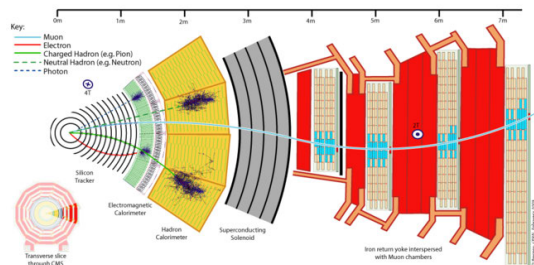


図 2: 検出器のそれぞれのパートが粒子を検出している概要図

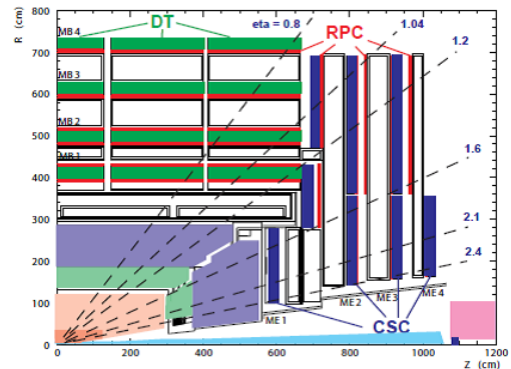


図 3: ミュオンシステムの概要図

2.3 ミューオンシステム

CMS 検出器の各パートのうち、一番外側に位置している検出器がミューオン検出器です。これは 3 つの異なるタイプの検出器から構成されており、バレル部には Drift Tube chambers(DTs) が、エンドキャップ部には Cathode Strip Chambers(CSCs) が、それぞれ 4 層の構造で設置されています。これらはミューオンのヒット座標およびその方向の情報を与えてくれます。また、両部分に Resistive Plate Chambers(RPCs) が設置されています。RPCs は非常に早い時間応答が特徴で、Trigger システムなどに用いられています。図 3 にミューオンシステムの概要図を示します。

2.4 ミューオン飛跡再構成

ミューオンの飛跡再構成は以下の様な手順で行われる。

(1) はじめに、CSCs, DTs, RPCs にヒットがあるとそれぞれの検出器内で飛跡の再構成が行われます。この段階の飛跡再構成を local reconstruction と呼び、これによって再構成されたヒットを segment と呼びます。

(2) 次に、DT と CSC における全ての segments の中から、一直線に近い飛跡で並んでいる segments を探し出します。

(3) これらのミューオン候補事象から、再構成アルゴリズムによってミューオンシステム内での飛跡が再構成されます。この段階の飛跡再構成を standalone reconstruct と呼び、これによって再構成されたミューオンを standalone muon と呼びます。

(4) 最後に、standalone muon の飛跡と内部の Tracker によって発見されたミューオンの飛跡とでマッチングするものを探し出します。これに当てはまるものがあつた場合、それをもってミューオン候補とし、CMS 検出器全体でのミューオンの飛跡再構成が完了します。この段階の再構成を global reconstruction と呼び、このミューオンを global muon と呼びます。

これらの手順によって再構成されたミューオンは、CMS 実験での様々な解析に用いられています。そして私が今回のプログラムで携わったのは (2) のステップです。

2.5 アルゴリズム作成

今回のアルゴリズム作成にあたって、2 ミューオンイベントのシミュレーションデータを用いました。5 GeV の低 p_T イベントが 393 イベントと、ミューオンの生成点がビーム軸から離れているイベント (displaced event) を 346 イベント用いました。これらのシミュレーションデータのミューオンヒット (segments) から、ミューオ

ンと思われる候補 (segment が一直線状に並んだ候補) を選別することができるようなアルゴリズムを次のような手順で作成しました。まずはそれぞれの segments を DTs または CSCs のヒットしたステーション別に分類します。次に、ステーション 1 に入っているそれぞれの segments から図のように円錐形の”サーチライト”を出して、ステーション 2 に分類された segments の中に”サーチライト”で照らされるような segment があるかどうかをチェックします。もし見つかった場合、さらに segment 2 から”サーチライト”を出して、今度はステーション 3 の segments を探していきます。このようにして発見された segments はおおそ一直線に並んでいる segments であるとみなされ、ミューオン候補事象となります。図 4 と図 5 に概要図を示します。様々な状況を

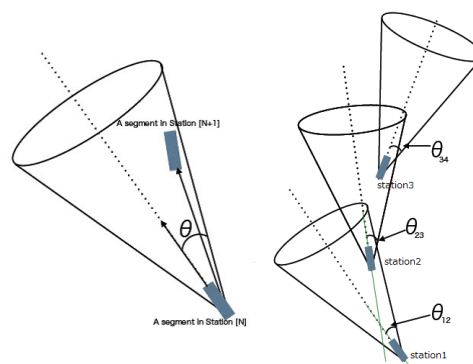


図 4: Search light

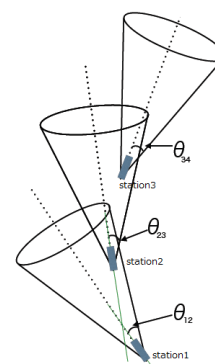


図 5: Search light

想定して、station 1→station 2→station 3→station 4 という順番だけでなく、station 1→station 2→station 4, station 1→station 3→station 4, station 2→station 3→station 4, station 1→station 4, station 2→station 4, station 3→station 4 という順番でもミューオン候補事象を探索しました。また、背景事象を取り除くため、各 segment 同士の角度にも制限を加えました。(図 6 参照) ただし、ステーション 4 の segment については方向の情報を持たないため、この制限は加えていません。

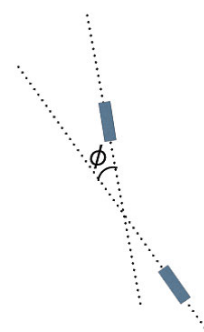


図 6: segments 同士の角度

”サーチライト”円錐の角度 θ と segments 同士の角度

ϕ の最大角については、シミュレーションデータを用いて、ステーション毎に θ と ϕ のヒストグラムを生成し、それを元にミュオンを 99% 選別することができるような角度 θ と ϕ を選びました。(θ と ϕ の定義については図 4, 5, 6 参照)

下図 7 にヒストグラムの例を載せます。また、これによって決定された θ と ϕ の値を表 1 に与えます。

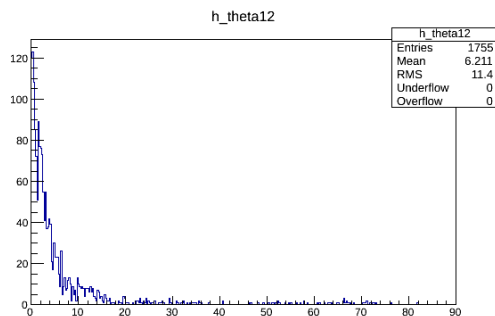


図 7: 横軸は station1 中の segment の方向と station1, station2 の各 segments を結んだ線分の角度、縦軸はカウント数を表す

	θ	ϕ
sta 1→sta 2	66.5°	45°
sta 2→sta 3	60°	50°
sta 3→sta 4	60°	-
sta 1→sta 3	54°	50°
sta 2→sta 4	55°	-
sta 1→sta 4	50°	-

表 1: 決定された各 θ と ϕ の値

2.6 結果

先程も述べました通り、私はこのアルゴリズムを 393 イベントの 5 GeV のミュオンイベントと 346 イベントの displaced ミュオンイベントに適用して、簡単な性能の評価を行いました。そのうちの 1 イベントの例を図 8 に載せます。この図はある 1 イベントの xy 平面ヒストグラムで、黒い丸点はシミュレーションデータのミュオンを表しており、三角の点は私のアルゴリズムによって選択されたミュオン候補事象を表しています。この図を見ると、私のアルゴリズムによってミュオンが正しく選択されていることがわかります。

- 5 GeV ミュオンイベント

現行のアルゴリズムでは 2515 segments のミュ-

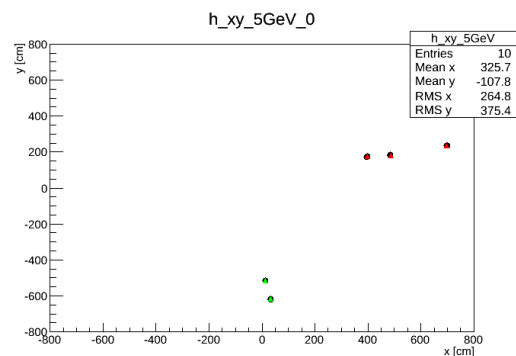


図 8: ある 1 イベントの例

オン候補事象を発見できたのに対して、私のアルゴリズムでは 2751 segments のミュオン候補事象を発見することができました。

- displaced ミュオンイベント

現行のアルゴリズムでは 2334 segments のミュオン候補事象を発見できたのに対して、私のアルゴリズムでは 3119 segments のミュオン候補事象を発見することができました。

以上の結果より、私のアルゴリズムのほうが現行のアルゴリズムに比べてより多くのミュオン候補事象を選択できたということが出来ます。ただし、時間的な制約もあり、当初の目的であった closed-by なミュオン事象に対する評価を行うという段階までは到達することができませんでした。また、シミュレーションデータだけでなく、実データに対しても効果的に働くかどうかの評価を行うこともできませんでした。これらの課題点に関しては、帰国後も supervisor と連絡を取り合い引き続き取り組んでいく予定です。

3 CERN での生活

Summer Student が選べる CERN での宿舎は 2 つあり、1 つは CERN 内にある CERN hostel で、もうひとつは CERN を出てフランスの St.Genis にあるホテルです。後者の方が値段が安いこともあり、私は St.Genis のホテルに宿泊しました。このホテルの 1 階には談話スペースと共用のテレビラウンジがあり、他の Summer Student とのコミュニケーションが非常にやりやすい環境だったと思います。特に今年はブラジルワールドカップが開催された年でもあり、試合のある日には皆でテレビラウンジに集まっての試合観戦も行われました。また、ホテルのすぐ近くにサッカーコートがあり、夕方から皆で集まってサッカーを楽しんだりもして、非常に楽しい時間を過ごすことができました。スーパーマーケット

も近くにあったことも合わせて、こちらのホステルを選んで正解だったと思っています。

また、このプログラムには世界各国の学生が参加しているので、色々な国の文化に直接触れることができ、非常に刺激的な日々だったと思います。中でも一番印象的だったのは、CERNに着いた最初の週に開催された Welcome party で、全くお酒を飲んでいなかった参加者に「Why don't you drink?」と聞いて、「Now, I'm in fast.」と返ってきたことでした。それまでは“断食”という慣習はお話としてしか聞いたことのなかった私にとって、それを実際に行っている人と直に触れ合う経験というのは非常に衝撃的で興味深いものでした。



図 9: サッカーゲームの前に準備運動をするサマースチューデント達

4 今後の抱負

今回の滞在で痛感したのは、自分の英語力の低さでした。スーパーバイザーに質問したいことがあっても、なかなか正確に伝えることができず、一つの問題が片付くのにかなり苦勞をしました。自分が普段どれだけ英語を使わない環境にいるのかを強く実感した滞在になりました。今後はこれを教訓に、日常から英語を使う、あるいは聞く環境にどんどん飛び込んで行きたいと思っています。特に、この分野では外国の研究機関との共同研究や研究会なども多く、英語に触れ合う機会はたくさん用意されているので、積極的に参加していきたいと思っています。

5 今後このプログラムに望むこと

大学院1年生の夏という、研究者生活の非常に早い時期に CERN という国際的で大規模な機関で研究ができるという機会は非常に貴重で有意義なものであったと思います。今後とも、このプログラムは継続していただきたいと思っています。そしてできることなら、日本からの参加人数がさらに増えることを願っています。

参考文献

- [1] D. Trocino, CERN-THESIS-2011-150, CMS-TS-2011-042, Ph.D thesis (2011).