

CERN Summer Student Programme 2017 参加報告

東京大学 理学系研究科

桶作 愛嬉

okesaku@icepp.s.u-tokyo.ac.jp

2017年(平成29年)10月27日

1 はじめに

2017年6月5日から8月11日までCERN Summer Student Programmeに参加した。このプログラムは、スイス・ジュネーブ郊外にある欧州原子核研究機構(CERN)で開催される夏の学校で、物理や計算機科学などの幅広い分野の学生300人余が参加し、CERNでの様々な研究活動に従事するプログラムである。10週間の滞在であったが、そこでの活動内容について報告する。



図1: プログラム期間に最初に到着した学生たち。中央の坊主頭の人物が筆者。

2 活動について

2.1 講義

6月27日より6週間、素粒子物理学やCERNで行われている実験、それに関する技術的なことをテーマとした多くの講義が午前中に行われた。講義はCERNのMain Auditoriumで開かれたが、初めてCERNの存在を知ったのが高校生の頃Higgs粒子発見の記者会見をニュースで見た時で、その会見場がMain Auditoriumだった。そういった場で講義を受けることができ、非常に興奮したことを覚えている。講義の内容は非常によく

準備されていた。またWebから後で講義を見直すことができるようになっており、学習の役に立った。

2.2 施設見学など

プログラム中は、CERN内にある研究施設を見学する機会が設けられ、ATLASのvisitor centreや¹Antiproton Decelerator, 世界初のwwwサーバーがあるdata centreなどを見学した。見学中は他の学生と自由に歩き回ることができ、新しい学生との交流が生まれるなど、楽しい時間であった。

2.3 研究活動

プログラム期間中は特定のsupervisorの下で研究を行う。私は、ATLAS実験でtrack reconstructionが専門のRoland JanskyさんとAnthony Morleyさんとともに、飛跡再構成のためのアルゴリズム改良の研究を行なった。

2.3.1 ATLAS 検出器

ATLAS検出器の内部では、陽子の衝突点を囲むようにinner detector(ID)が設置されており、荷電粒子の飛跡を測定している。図2に示すようにIDは内側からinsertable B-layer(IBL), pixelレイヤー, silicon microstrip detector(STC), transition radiation tracker(TRT)と層構造になっている。私は、このうちpixelレイヤーとSCTでのtrack reconstructionの改良に取り組んだ。

2.3.2 Track Reconstruction

ID内のヒット情報から荷電粒子の飛跡を再現することをtrack reconstructionという。Track reconstruction

¹LHCが稼働中だったのでATLAS検出器を直接見ることは残念ながら出来なかった。

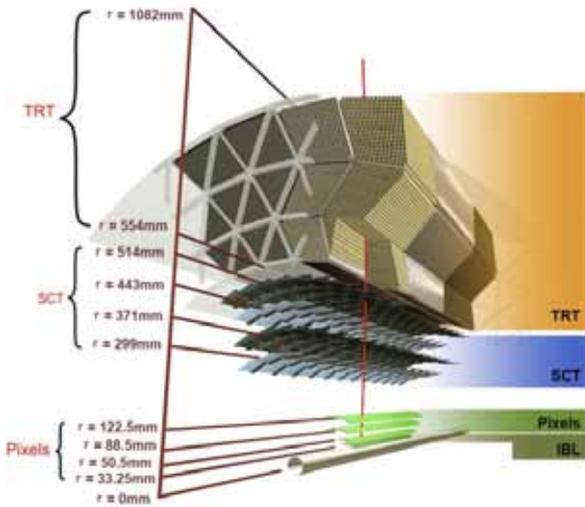


図 2: ID のイラスト.

は運動量測定に用いられるなど重要な役割を担っており、以下のような手順で行われる: (1) ヒットのあった pixel や strip を近辺のものと合わせて1つの cluster にする。複数の粒子から1つだけの cluster(merged cluster) ができる場合もある (図 3)。 (2) cluster から track 候補を構成し, assign された cluster 数, hole 数², track のフィットの χ^2 値, 他の track にも assign された cluster の数を踏まえて track を決定する。

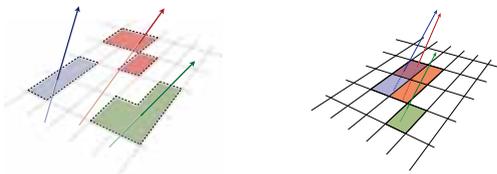


図 3: 左:1つの粒子から1つのクラスターが構成された様子。右:複数の粒子から1つのマージされたクラスターが構成された様子。

1つの merged cluster が複数の track に assign されることは問題はない。しかし, Merged cluster でない cluster が複数 track に assign されている場合 (このような cluster を shared cluster という), cluster の assign が失敗している可能性がある。今後, LHC のルミノシティが向上するにつれ, このような merged cluster や shared cluster の数は増加すると見られている。実際, 図 4 のように track reconstruction の効率が低くなっている。効率よく track reconstruction を行うには, merged cluster の正確な判定と shared cluster 数を抑えることが必要である。Merged cluster の判定にはニューラルネットワークが用いられているが, これに加えて shared cluster の数を抑えるような工夫が必要となる。そこで私は graph

²track と検出器の有感領域との交差点で, 対応する cluster が無い点と定義される。

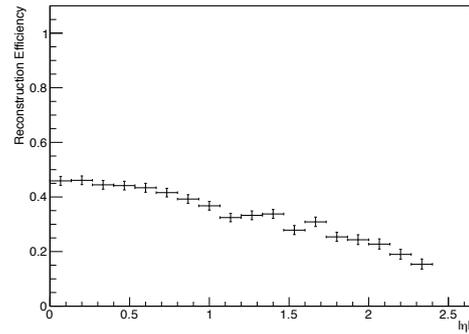


図 4: 縦軸に track reconstruction の efficiency, 横軸に pseudorapidity の絶対値 $|\eta|$ をプロットしたもの。Efficiency は reconstruct された track/reconstruct されるべき track で定義されている。

をこの問題に応用することを試みた。Graph の実装には Boost Graph Library というオープンソースソフトウェアを用いた。

2.3.3 Graph

はじめに graph の説明をしておく。図 5 に例を示す。Graph の node に対し, reconstructed track とそれに assign された cluster を割り当て, edge は cluster が track に assign されたことを示す。



図 5: 2つの reconstructed track を Graph で表示した例。各 graph の中心にある node が reconstructed track を, それと edge で繋がった node が assign された cluster を表す。cluster node のうち小さいものが pixel, 大きい方が SCT の cluster。Node の色は track や cluster を作った粒子の種類に対応する。



図 6: Shared cluster が含まれている graph の例。中心の graph にある cluster node が, 左右の graph と edge で繋がっている。

図 5 では shared cluster は見られない。図 6 に shared cluster が含まれる場合の graph を示す。Graph 上ではこのように shared cluster が複数の graph に共有された

nodeとして表現することができる。またさらに複雑な例を図7に示した。

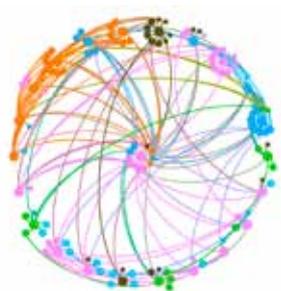


図7: 複数の track が互いに shared cluster を持っている例。

このように graph で shared cluster を表現することで視覚的に捉えることが出来るようになった。この graph を使うことで shared cluster を効果的に予想する方法をいくつか提案した。

例えば、

- Cluster nodeのうち、track との結合が多いもの(例えば3つ以上)などを shared cluster とみなす。
- 複数の edge を持つ cluster node に対し、assign された全ての track node を考える。最も多くの cluster node と結合している track node との edge のみを残す。

などが考えられる。非常に残念ながら、graph 生成のプログラム実装に予想以上の時間を取られてしまい、これらのアイデアを実際に試す前にプログラムの期間が終了してしまった。

2.3.4 Poster Session

8月上旬には student session と poster session と題して口頭発表の機会があった。早いもの順だったので student session には参加できなかったが³、poster session には参加することができた。最終的な目標を達成できない中での発表だったが、他の summer student や研究者と議論することができたり、また「面白い研究だね」などとコメントを頂いたりすることができ、プログラム中で最も記憶に残る活動となった。

3 CERN での生活について

CERN での滞在は非常に楽しいものになった。スイスの夏は日本に比べて涼しく、また夜の9時頃まで明る

³Summer Student Office から参加申し込みのメールが遅れて届いたため、悲しい。

く過ごしやすい環境であった。そのせいか研究後も趣味に時間を費やしたり外で食事をしたり活動的な人が多い印象を受けた。また CERN には小さいが本格的なジムがあり、その日の仕事が終わったらトレーニングをしてから帰宅する、という日々を送っていた。CERN にいる人々は体づくりにも熱心な人が多いようで、ジムでは多くの人と知り合うことができた。

休日はジュネーヴやベルンといったスイスの街、あるいは少し遠出をしてスペインのバルセロナに行った。ヨーロッパは初めてであったが、日本とはまた違った歴史・文化を存分に感じた。

研究の面のみならず、様々な経験を積むことができた10週間であった。

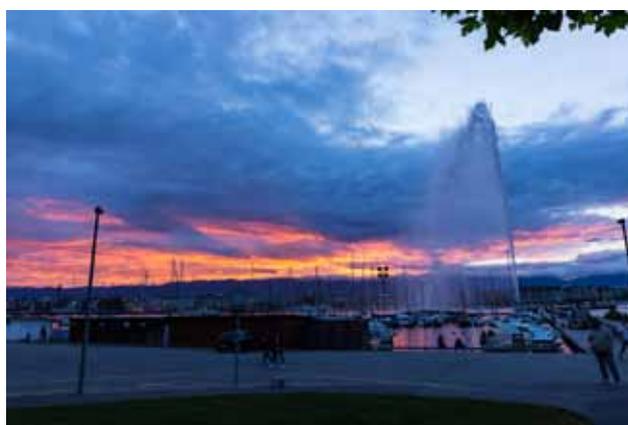


図8: ジュネーブ・レマン湖周辺での一枚。ジュネーブはCERNからトラムで20分程度に位置しており、休日だけでなく平日の午後なども出かけに行った。

4 終わりに

CERN Summer Student 2017 に参加するにあたり、多くの方にお世話になりました。応募や面接に関しては東京大学の浅井祥仁教授、難波俊雄助教に丁寧な助言を頂きました。また研究室の先輩でありこのプログラムの参加者でもある山道さん、樊さん、周さん、上岡さんにも滞在についてのアドバイスを頂きました。Roland Jansky さん、Anthony Morley さんには滞在中の研究を1からつきっきりで指導して頂きました。現地に滞在している日本人研究者の方々には、CERN 周辺を案内して頂いたり、バーベキューなどをご馳走になったりしました。今回プログラムと一緒に参加した真利くん、鈴木くん、山本くんとは休日によく出かけ、楽しい時間を過ごすことができました。

皆様のおかげで、大変充実した時間を過ごすことができました。この場をお借りして御礼申し上げます。ありがとうございました。