

■談話室

CERN Summer Student Programme 2025 参加報告

インペリアル・カレッジ・ロンドン 機械工学専攻 学部3年

杉本 一陽

ks2522@ic.ac.uk

2025年（令和7年）8月27日

1 はじめに

私は6月23日から8月22日までの9週間CERNのSummer Student Programme 2025に参加した。以下では、その活動内容を報告する。

2 活動内容

2.1 講義

7月から5週間にわたって講義が行われ、講義期間中は午前中が講義時間という形式であった。講義は基礎からLHCへの応用まで幅広く学ぶことができ、各分野の専門家からお話を聞くことができた。工学専攻の学生にとっては内容が飲み込みづらい講義もあったが、新しい学びや発見がたくさんあり、とても満足のできる時間であった。

2.2 施設見学

プログラムの一環としてATLAS Control Room, Synchro-cyclotron, Antimatter Factory, Data Centerの見学をすることができた。残念ながらLHCが運転中であったため、現在使われている検出器を見学することはできなかった。しかし、偶然メンテナンスでLHCが一時停止した期間が何日もあり、その機会に地下に潜り、今は現役を引退しているDELPHIの見学をすることができた。これらの見学を通し、改めてCERNのスケールの大きさを実感した。



図1：DELPHIの見学

2.3 研究開発

2.3.1 SpaCal (Spaghetti Calorimeter)

配属先はLHCbの電磁カロリメーターのアップグレードを担当する研究グループであった。今年の冬から新しく導入される、より繊細で正確なエネルギーが測定可能な電磁カロリメーター・SpaCal (Spaghetti Calorimeter)の開発に主に取り組んでいる。名前の由来はモジュールに数多く使用されるシンチレーションファイバーがスパゲッティのように見えることに由来する。

2.3.2 SpaCalと較正機器の接続器

SpaCalの中でも担当したプロジェクトがSpaCalと時間安定性と光電子増倍管(PMT)変動を監視する較正機器の接続器である。図2にあるよう、SpaCal内部には数多くのシンチレーションファイバーが通っており、そのうちの一つを前方まで延長する。その延長したファイバーを「Calibration Fiber」とし、測定を行う。このCalibration Fiberに較正機器をクォーツファイバー(Quartz Fiber)とオス型コネクタピン(Male Connector)を通して接続できる接続器(Female Connectors Plate)が必要であった。

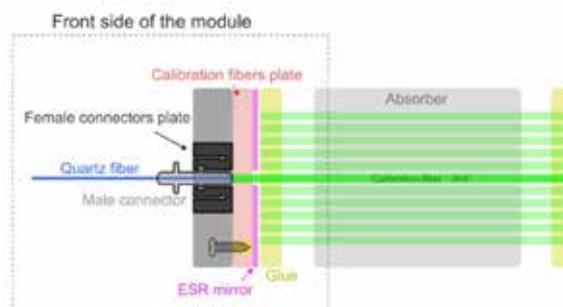


図2：SpaCal前側の概要

過去の設計では、Calibration Fibers Plateにもオス型の突起物があり、接続器の両面からピンを挿入するというものだった。しかし、この設計では部品が破損しやすい上、破損時に部品が入り替えにくいという難点があった。また、モジュールの組み立て・取り壊しもとても難しく時間がかかるため、接続システムの簡潔化も課せられた。

2.3.3 設計・製作

まず、オス型コネクタピンを挿入してクリップする装置の開発を行った。多くの寸法、材料、製造方法を考慮する必要があり、最適な設計を決定するために20以上の試作品を作った。最終的な寸法は図3の通りになった。材料は優れた引張強度と程よい曲げ弾性率のバランスを提供する上、火災時には難燃性を発揮する難燃性樹脂を選んだ。また、部品の複雑な内部構造を精密に製造するために、光造形樹脂（SLA樹脂）プリントを製造方法として採用した。

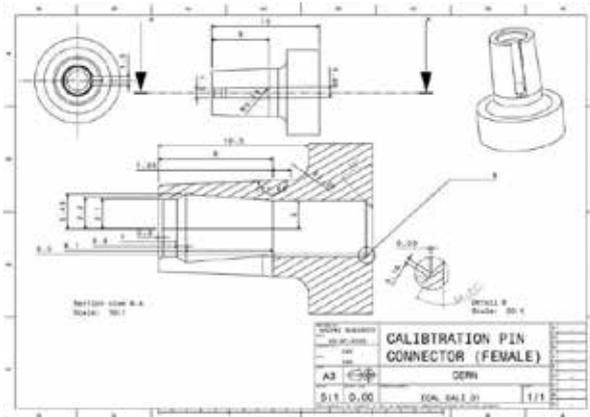


図3：クリップ装置の設計図

次に、これらのクリップ装置を一つのプレートにまとめる必要があった。この時、クリップ装置の位置が Calibration Fiberに完璧に揃うよう、繊細な計測と微調整が必要である。最大の難点はSLA樹脂プリントの仕様上、ウォーピングという部品が歪む現象が起きてしまうことだ。SLA樹脂プリントでは、部品は紫外線（UV）硬化により層ごとに製造されるため、部品内部に温度差が生じ、内部応力が発生する。これにより、Calibration Fiberとクリップ装置の位置がかすかにずれてしまう。この歪み具合を把握し、それに適した設計を行うことに苦労した。

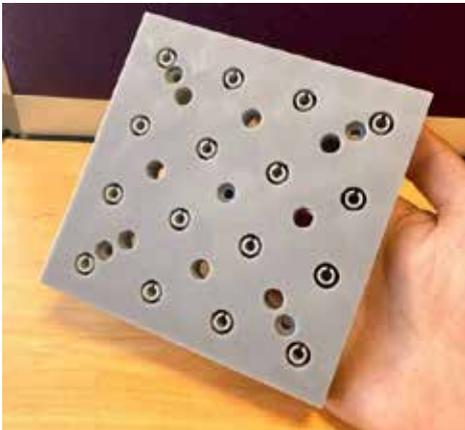


図4：接続器の完成品

2.3.4 検証

接続器の有効性を検証するため、較正点の統一性を測る実験を行った。各較正点の値が、最大値と最小値で10倍以内のばらつきに収まれば、許容範囲内とみなされる。

実験装置は図5にある通りである。接続器をテストモジュールと発光ダイオード（LED）に接続し、各較正点で電圧対時間の積分のヒストグラムを作成する。各較正点で10,000回の測定を行った後、データを比較する。

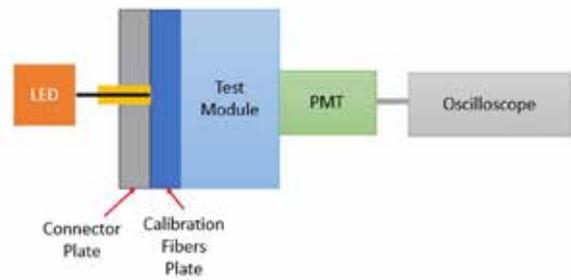


図5：接続器の実験装置

結果は図6にあるよう、第3チャンネルと第13チャンネルに最も大きい差が見られた。その差は約3.38倍と、許容範囲である10倍以下に収まる。上限を大きく下回ったものの、改良の余地はまだある。しかし、プログラム期間の都合上、これ以上改良する時間が惜しくもなかった。

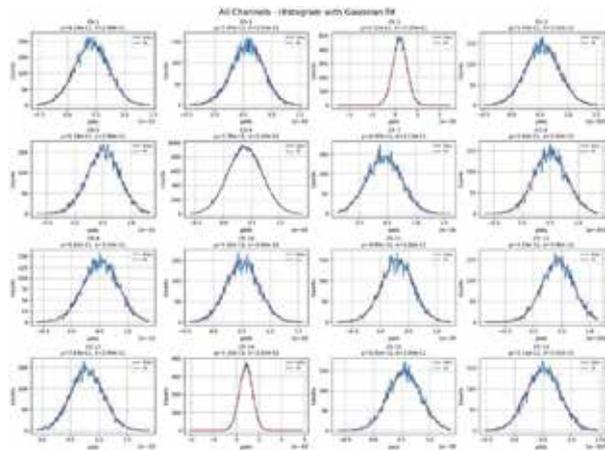


図6：接続器の検証結果（x軸-電圧の時間的積分、y軸-計測回数）

2.3.5 その他の仕事

エンジニアとして働くうえでメインのプロジェクト以外にも様々な形で研究グループをサポートしなければならない。研究グループ内の実験に必要な部品の設計・製作や部品開発のコンサルティングを行った。

電磁カロリメーターのアップグレードにあたり、実験で検証しなければならない事が沢山あった。研究グループ内で実験が行われる時は、その実験に必要なパーツを頼ま

れ、コンピュータ支援設計（CAD）で設計し、製作した。図7は実際製作したシンチレーションファイバーからの光をPMTに集中させるライトガイドである。プラスチックの型を3Dプリントで製作し、内側にレーザーで切ったEnhanced Specular Reflector（ESR）フィルムを貼り付けたものである。

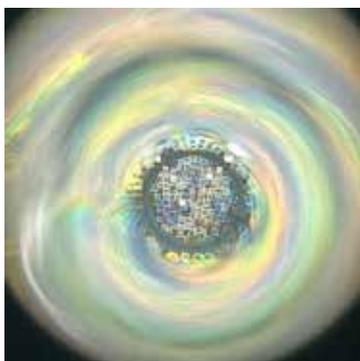


図7：ライトガイド内部

また、研究グループ内では様々な部品の開発が行われており、エンジニアとして意見を求められることが多々あった。例えば、シンチレーションファイバーの束をまとめるバンドラーという部品の設計と製作のコンサルティングを行った。どのように設計すれば正確に部品が完成するかなどの相談を受け、アドバイスを提供した。この時、学生ではなく一同僚として接され、真剣にアドバイスや意見を求められる。最初は自身の一言で世界最先端の研究施設で物事が左右する可能性があるということにプレッシャーを感じ、緊張した。しかし、プログラム後半にかけて徐々に慣れていき、頼ってもらえることの喜びが増し、チームに少しでも多く貢献できるように尽力した。

これらは直接研究グループの方々と同様にとっても楽しくやりがいのある仕事だった。しかし、メインプロジェクトを期間内に終わらせることに苦労した要因の一つでもある。

2.4 研究発表

滞在最終週にLHCbグループ全体の前で自身の研究開発の成果を発表する機会があった。10分の発表時間と5分の質疑応答の時間が設けられた。グループ全体の前で発表という貴重な機会であった上、高い評価をいただいた。

3 CERNでの生活

構内にあるCERN Hostelのツインルームに滞在し、食事は自炊と食堂のR1を主に利用した。

仕事後は他のsummer studentと沢山の時間を過ごした。ボルダリングやランニング、料理を通じた文化交流をした。また、仕事が少し早く終わった日はLac Lémanへ泳ぎに行っ

たり、サイクリングで遠出もした。スーパーバイザーと仕事後に登山をした日もあった。

週末にはLac Lémanを自転車で一周やTour du Mont Blancのハイキング・キャンプ（図8）、Interlaken周辺で登山などアウトドアを中心に他のsummer studentと取り組んだ。また、ChamonixやLyon, Annecyへの旅行もした。

これらを通し親しい友達が沢山でき、プログラムの終わった今でも連絡を取り合っている。ロンドンの大学に通っていることもあり、ヨーロッパの友達には会いやすい。



図8：Tour du Mont Blancのフランス側のルート途中

4 今後の抱負・プログラムへの期待

今回のプログラムで得た経験は今後の自身のエンジニアとしての人生に活かしていきたいと思う。また、CERNの研究グループの方々やsummer studentの仲間達とできた繋がりを一生大切にしていきたい。

本プログラムへの期待を強いて言えばプログラム期間の延長である。予算やCERNとの契約の都合もあるだろうが、8週間でプロジェクトを終わらせることに苦労した。

5 謝辞

本プログラム参加にあたって、非常に沢山の皆様にお世話になりました。スーパーバイザーのMatteo Salomoni様とThomas Schneider様をはじめ、直接指導をいただいたKacper Jama様やAleksandar Bordelius様を含む研究グループの皆様には特に感謝いたします。インペリアル・カレッジ・ロンドンのPeter Huthwaite先生には推薦状を書いていただき、感謝いたします。このプログラムを支援しているKEKの加速器科学国際育成事業（IINAS-NX）に感謝いたします。また、現地でサポートしてくださった小作翔太郎様をはじめとする、KEKの方々にも感謝いたします。最後に、とても楽しい時間を共に過ごさせてくれたsummer studentの大切な仲間達に感謝いたします。