

令和 4 年 5 月 31 日

## 若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 202180021  
氏名 麻田 晴香

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。  
なお、下記記載の内容については相違ありません。

### 記

1. 派遣先: 都市名 ジュネーブ (国名 スイス)
2. 研究課題名 (和文) : ジェイプサイ中間子を用いたトップクォーク質量の精密測定
3. 派遣期間: 令和 3 年 10 月 30 日 ~ 令和 4 年 5 月 1 日 (184 日間)
4. 派遣先機関名・部局名: 欧州原子核研究機構・実験物理学部門
5. 派遣先機関で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

私は、2018 年末までに ATLAS 実験で取得した積分ルミノシティ  $140 \text{ fb}^{-1}$ 、衝突エネルギー  $13 \text{ TeV}$  の陽子陽子衝突データを使用し、 $\mu$  粒子対に崩壊する  $J/\psi$  中間子を含むトップクォーク事象を用いた、真空安定性の決定に重要なトップクォークの質量を測定する手法の開発に取り組んでいる。これは、従来の手法で支配的だったジェット再構成による系統誤差を抑えた相補的な結果を提示する。

派遣先機関では、主にこの測定手法における系統誤差の評価に取り組んだ。この手法では、ジェット再構成由来の系統誤差を抑えるため、ジェットを再構成せず、終状態レプトンの運動学的特徴とトップクォーク質量が強い相関を持つことを利用する。この相関は、シミュレーションを用いて抽出されるため、この手法では信号事象モデリング由来の系統誤差が支配的になると見込まれている。派遣期間中は、この信号事象モデリング由来の系統誤差の見積もりと、実際にジェット再構成由来の系統誤差が抑制できているかを確認するために検出器由来の系統誤差の見積もりに取り組んだ。その結果、現状の手法において、信号事象モデリング由来の系統誤差が  $1 - 2 \text{ GeV}$  程度、検出器由来の系統誤差が数百  $\text{MeV}$  程度であることが明らかになり、信号事象モデリング由来の系統誤差の削減が本研究における最重要課題であることが確認できた。

また、本手法で用いる信号事象は崩壊分岐比が小さいため、高精度の測定には膨大な統計量が必要になる。ATLAS 実験では、全衝突事象を記録できないので、ヒッグスボソンやトップクォーク由来の高い運動量を持った  $\mu$  粒子をオンラインで選別する  $\mu$  粒子トリガーを導入しており、 $\mu$  粒子トリガーの安定した運用はトップクォーク質量測定の精度向上に必須である。私は、今回の滞在期間中、上記の活動と並行して、8 月の LHC Run 3 開始に向けた、ATLAS エンドキャップ部  $\mu$  粒子トリガー用検出器 Thin Gap Chamber (TGC) のメンテナンスおよび、TGC の信号を用いた  $\mu$  粒子トリガーのアップグレードにも取り組んだ。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

今後はまず、背景事象モデリング由来の系統誤差を見積もり、今回の派遣期間中に見積もった信号事象モデリング由来の系統誤差と検出器由来の系統誤差に加えて、この手法における系統誤差を総攬する。そして、系統誤差の削減を目指し、主にシミュレーションデータを使用して測定手法の改善に取り組む。現時点では、信号事象モデリング由来の系統誤差の中でも、特にトップクォークを生成する部分のモデリングと、終状態放射のモデリングが由来の系統誤差が支配的である。この2つのモデリングが、トップクォーク質量と終状態レプトンの運動学的特徴の相関関係にどう影響しているのかを、検出器シミュレーションを含まない関連粒子の情報を活用して理解する。そして、それらの系統誤差が削減できるよう、事象選別条件の修正や、モデリングの不確かさの影響がトップクォーク質量の測定に表れにくくなるようなフィッティングの方法の最適化を行い、トップクォーク質量測定手法全体を改善していく。最後に、開発した手法を、実際の陽子陽子衝突データに適用し、本測定の最終結果を得る。以上をまとめ、論文を執筆し、ATLAS collaboration として出版し結果を公表する。また、日本物理学会等、国内外の会議でも報告する。

また、LHC Run 3 の終了時までには積分ルミノシティ  $450 \text{ fb}^{-1}$  のデータ取得を実現できるトリガーシステムを完成させるため、エンドキャップ部  $\mu$  粒子トリガーの開発および運用も引き続き行う。特に、派遣期間直後の数か月間は、陽子陽子衝突を含む長期間のビームコミッションが計画されており、ATLAS 検出器はその衝突事象も利用して、より物理ランに近い環境で最終的な動作検証を進める予定である。TGC およびエンドキャップ部  $\mu$  粒子トリガーも、他の検出器やシステムのエキスパートと連携を取りながら、実際に検出した粒子の情報を用いてパラメータ調整や動作検証を行う。例えば、衝突点以外で生じる粒子由来の背景事象の削減を目的として、Run 3 からの運用を予定している New Small Wheel (NSW) とは、今後 NSW の回路ボードとエンドキャップ部  $\mu$  粒子トリガー回路ボード間の残りのファイバー接続を完了させ高速通信を確立し、受け取った NSW の信号を処理するタイミングなどを調整する予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

まず、ヨーロッパ等を拠点に活動している共同研究者との時差が少なくなったことにより、オンタイムで議論する時間が沢山持てるようになったことは、私の研究にとって非常に有意義であった。特に、系統誤差評価方法の確立においては、物理的な観点でもテクニカルな観点でも綿密な議論を重ねることができ、より信頼できる見積もりが行えるようになった。例えば、 $J/\psi$  候補である  $\mu$  粒子対の再構成由来の系統誤差の評価方法については、共同研究者と共に一から見直し、これまで評価に使用していたパラメータが本手法には適切でないことが明らかになった。そして、 $\mu$  粒子再構成の専門家も交えてさらに議論を深め、本手法に合った方法を開発した。

また、実験の現場に行って、実際の検出器および  $\mu$  粒子トリガー回路ボードにアクセスし、自分が担当する検出器への理解を深めることができた点も、今回の派遣の大きなメリットであった。滞在期間中、TGC に高電圧を付与するためのモジュールを冷却するファンを経年劣化の為に全て取り替えたが、その際小さなクレーンを利用し、高さ 25 m の位置に設置してあるモジュールにもアクセスした。また、トロイド磁石の電源を入れる前に、検出器エリアの特に金属系のごみを取り除く大掃除にも参加した。これらの活動を通して、ATLAS 検出器の大きさや、どれだけ多くの検出器や装置が綿密に組み合わさって構成されているのかなどを実感することができた。これは、CERN に滞在し活動しないとできない貴重な経験であったと思う。加えて、受入研究者の Thilo Pauly 氏を始め、ATLAS 実験の現場で働く様々な国籍の研究者とかかわりが持てたことも、今滞在で得たものとして非常に大きかったように感じる。自分が担当するトリガー回路ボードと接続する他の検出器の回路ボードを実際に目の当たりにし、開発者本人と議論ができたのは大変勉強になった。