

令和 4年 7月 20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 202080324  
氏 名 佐藤 光流

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 Louvain-la-Neuve (国名 ベルギー王国)
2. 研究課題名（和文）：環境宇宙線ミュオンの低エネルギー成分を用いた非破壊検査
3. 派遣期間：令和 3年 9月 15日 ~ 令和 4年 6月 20日 (279日間)
4. 派遣先機関名・部局名：Université catholique de Louvain
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）

派遣先の研究室では、ミュオンを用いたラジオグラフィ技術であるミュオグラフィに向けたガス検出器の開発を行っている。新型コロナウイルスの感染拡大の影響により当初の予定よりも渡航が遅れたため、日本では三次元モンテカルロシミュレーションコードを用いてこのミュオグラフィ検出器の最適化に向けた計算を行い、その成果を週に1度のオンラインミーティングにて報告した。

渡航後はこのミュオグラフィ検出器の開発とミュオンのエネルギースペクトル測定の両方を行う予定であったが、ミュオグラフィ検出器のノイズトラブルの解決に時間を要することと、渡航期間が短縮されたことによって、後者に集中することになった。ミュオンのエネルギースペクトル測定の検出器には派遣先の研究室で開発された Cosmic-Bench を用いた。Cosmic-Bench は 160 cm×10 cm×1 cm のサイズのプラスチックシンチレータ 16 本で1つの層になっており、それを x 方向と y 方向に合わせて2層並べることでミュオンの飛来位置を特定できる仕組みになっている。2層ずつを 1.3 m 離れた位置に設置し、合計 4 層でミュオンの飛来方向を特定する。さらに、上の2層と下の2層の時間差を取得することで、ミュオンのエネルギーを決定することも可能である。このように、本検出器ではミュオンのエネルギーと飛来方向を同時に特定できるため、ミュオンの二重微分スペクトルを取得できる。まず、本検出器のセットアップを行い、合計 64 本のそれぞれのシンチレータにかける電圧と、ノイズを識別するための閾値の値を決定した。この決定した最適値を用いて、テスト計測を行った。テスト計測ではそれぞれのシンチレータのゲインが一致し問題なく動作することを確認した。さらに、上の2層と下の2層の時間差スペクトルを取得するプログラムを作成した。

また、ベルギー滞在中にこれまでの研究成果を論文にまとめ、国際論文誌に投稿した。2021年11月24日から26日にはベルギーの Ghent 大学で行われた学会 Muography 2021 に参加するなど、Ghent 大学の学生や教員のみならず、ヨーロッパ中の大学や企業の研究者と交流を深めた。

## 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)

今回の渡航では **Cosmic-Bench** を用いて宇宙線ミュオンの二重微分スペクトルのテスト計測を行い、それぞれのプラスチックシンチレータが問題なく動作していることを確認した。この結果を検出器の検出効率で補正をすることで、ミュオンの二重微分スペクトルを導出できる。そこで、三次元モンテカルロシミュレーションコード **PHITS** 及び **Geant4** を用いて検出効率を導出し、この補正を行う。さらに、今後は長期間に渡る本計測を行う予定である。得られたスペクトルを過去の実験値や **PARMA**、**CRY** などの理論モデルとの比較を行い、その結果を **Université catholique de Louvain** の教授らと共同で **IEEE NSS/MIC** にて発表を行う予定である。

また、現在の **Cosmic-Bench** の検出器体系では、用いられているプラスチックシンチレータの幅で位置分解能が決定する。現在のシンチレータは  $160\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 1\text{ cm}$  の四角柱のものを使用しているが、この体系では1つのシンチレータの中のどこに粒子が入射したかを特定することはできない。しかし、これを三角柱にして上下交互に配置することで、それぞれ重なったシンチレータへの付与エネルギーの比から、検出器の幅よりも高い精度で入射位置を特定することができる。よって、四角柱のプラスチックシンチレータを用いる場合よりもさらに位置分解能を上げることが可能となる。今後はより位置分解能の向上を目的として検出器開発を行っていく予定である。

また、1999年に **Kremer** らが **Physical Review Letters** で、地磁気の異なる2地点の計測を比較して、**800 MeV** 以下のエネルギー領域では地磁気依存性が強く表れることを示唆している。しかしながら、従来ミュオン計測に用いられてきた大型装置では、地磁気のような場所に依存する物理現象を系統的に調べることは不可能であった。そこで、今後開発する検出器には可搬性を持たせ、様々な環境にて計測を行い、地磁気依存性についても考察したい。

## 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)

渡航先の研究室には、ベルギー以外にも、イタリアやフランス、スペイン、インドやベトナムなど様々な国から学生や教員が集まっており、研究に対する姿勢だけでなく、考え方や文化の違いなど多くのことを学ぶことができた。特に、私が最も驚いたのは教員の働き方であった。通常日本の教員らは大学に通える距離に家族と住んでおり、朝早くから出勤し夜遅くまで残っていた。しかし、渡航先の研究室では、教員らは隔週で大学に出勤していた。というのも、1週間は自国に帰り家族と過ごしながリモートワークを行い、1週間はベルギーに戻り大学に出勤するという生活を隔週で繰り返していたからだ。また、ヨーロッパ圏内の移動は航空券が安いとため、毎週自分の国に帰り家族と過ごしている学生も多く見受けられた。そうでなくても、学生や教員は遅くとも17時ごろには研究を切り上げ、研究後の時間を楽しんでいた。驚くことに、ベルギーでは平日でも関係なく学生らが17時からビールを飲んでいて、プライベートの時間を大事にすることが、研究を効率的に行うことにつながっているのかもしれない。

また、研究を行っていく上で、例え目上の人であっても自分の意見をはっきり主張し、周りの意見も受け入れることが重要であると感じた。日本では和を乱すのではないかと思ひ躊躇われるような発言でも、他国の学生ははっきり主張し、また、それを馬鹿にしたり、煩わしいと思ったりせず受け入れる文化を感じた。私は英語が流暢ではなかったが、それでも自分の考えを話そうと努力し、周りの学生や教員が私の考えを理解しようとしてくれることが大変ありがたかった。教員、学生ともに「もしも英語がわからなかったら、それはあなたの問題ではなくこちらの問題だから、いつでも聞き直してね」と言ってくれさり、英語が伝わらないのではないかと聞き取れないのではないかとという恐れを払拭することができた。このような、「積極的にコミュニケーションを取ろう」という姿勢が、研究においても活発な議論につながっていると感じた。

以上のように、今回の渡航では日本での研究生活では得られない貴重な経験をし、自分自身を大きく成長させることができたと考えている。今回の経験をもとに、研究者として更に自己研鑽に努める所存である。