令和4年7月7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 202080265

氏名 大谷 恵生

(氏名は必ず自署すること)

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 ミュンヘン (国名 ドイツ)
2. 研究課題名 (和文) : CTA大口径望遠鏡初号機とMAGIC望遠鏡を用いた銀河中心領域の観測的研究
令和3年9月22日 ~ 令和3年12月3日 (73日間)
3. 派遣期間: 令和4年5月20日 ~ 令和4年6月15日 (27日間) 合計100日間
4. 受入機関名・部局名: マックスプランク物理学研究所
5. 派遣先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)

本研究の最終目的は、次世代型大気チェレンコフ望遠鏡 Cherenkov Telescope Array (CTA) の大口径望遠鏡初号機と、現行の大気チェレンコフ望遠鏡 MAGIC を用いた高感度観測により、銀河系中心領域からの高エネルギーガンマ線放射をより詳細に明らかにすることである。これを達成するため本プログラム派遣先では、両望遠鏡による同時観測イベントの解析手法の開発、および同時観測性能の評価を行なった。

解析手法の開発は、CTAの公式解析ソフトウェアである ctapipe を元に、従来のチェレンコフ望遠鏡の解析手法に沿って行なった。ctapipe にすでに実装されている一般的な機能、およびCTA大口径望遠鏡およびMAGIC望遠鏡の観測データに対して実装した最適手法を元に、同時観測データに対する解析パイプラインを整えた。このパイプラインは magic-cta-pipe という名前でGitHub に共有されており、共同研究者と並行して開発が進められている。

次に同時観測性能の評価は、モンテカルロシミュレーションおよび標準光源であるかに星雲の同時観測データを用いて行なった。シミュレーションによる評価では、両望遠鏡の同時観測によるエネルギー分解能および角度分解能は、MAGIC単体の観測と比較して10%以上向上することが確認された。特に100 GeV以下の低エネルギー帯域では20%程度の向上が見られ、これはCTA大口径望遠鏡がMAGIC望遠鏡よりも優れた集光面積を備えていることに由来していると考えられる。また、シミュレーションおよびかに星雲の観測データの解析から、同時観測の感度はMAGIC単体と比べて約40%程度向上することが確認された。これは、MAGIC単体での解析との詳細な比較から、ガンマ線観測のバックグラウンドとなる宇宙線イベントを同時観測により効率よく除去できることに由来していることが明らかとなった。

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)

本研究により、エネルギー分解能や角度分解能、ガンマ線天体に対する感度といった基本的な同時観測性能を評価することができた。今後はさらに詳細な観測性能、特に銀河系中心領域のような、空間的に広がったガンマ線放射領域に対する観測性能等を評価していく予定である。この評価には、観測データに含まれる宇宙線由来のバックグラウンドを詳細にモデリングする必要があるが、現在このモデリングツールも並行して開発を進めている。

また、実観測データの解析から信頼性の高い結果が得られるよう、開発した解析ツールを詳細に確認する予定である。チェレンコフ望遠鏡においてガンマ線の放射フラックス等を見積もるには、モンテカルロシミュレーションにより評価される望遠鏡の有効面積等が必須となる。これより、シミュレーションと実観測データの不一致は、計算される放射フラックスに系統誤差を生じさせる。この誤差を最小限に抑えるため今後は、シミュレーションおよび実観測イベントのパラメータ分布等を比較し、これらがより一致するようにシミュレーションを微調整する。さらに、かに星雲の観測データから放射フラックスを計算し、現行のチェレンコフ望遠鏡による測定結果と誤差内で一致することを確かめる。これらの詳細な確認および調整の後、銀河系中心領域の同時観測データの解析を進め、得られた結果を元に物理的議論を進めていく予定である。

本研究における同時観測性能の評価結果は論文としてまとめて出版する予定であり、現在下書きを進めている段階である。この論文は私が主著者として携わっており、文章や図の作成を主体的に進めている。今後の日本物理学会や宇宙線国際会議などにも積極的に参加し、研究結果を報告する予定である。また、銀河系中心領域の解析も含めた結果は博士論文としてもまとめる予定である。

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)

本プログラムに採用されたことで、海外の共同研究者と直接議論する機会を得られただけでなく、毎日のコーヒブレイク等も含めてお互いの進捗を頻繁に確認する機会を得られ、研究を効率よく進めることができた。普段日本で仕事をしている場合は、時差の影響もあり、メールや毎週のミーティング等を通じてお互いの大まかな仕事の流れを確認する程度が限界であった。しかし派遣先に滞在することで、大まかな点の共有だけでなく、イベント解析手法の特に細かい部分などを念密に議論し、共同して開発を進める機会を多く得られた。また、解析パイプラインの問題、バグ等が発見された時も、すぐにその点を共有しつつ、解決策を検討することができた。

派遣先では、同観測実験グループによる定期ミーティングが行われており、グループ内の学生と同様に毎週の進捗報告をする機会を得られた。これにより、英語での報告および質疑応答の経験をさらに積めたのはもちろんのこと、日本では普段関われない方々から貴重な意見およびアドバイスをいただくことができた。

また、これは研究活動とは直接関係はないが、今回の派遣を通じて海外（ヨーロッパ）での生活になじみ、かつ現地の人々の考え方や価値観に直接触れることができた。私は博士課程の後、海外でポスドクとして研究を行うことに強く興味を持っているが、今回の長期滞在により海外で研究を続ける自信をより身につけることができた。本プログラムに採用していただき、財政的支援および派遣手続きをサポートしてくださったJSPSご担当者様に、この場をお借りして感謝申し上げます。