

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2025 年 6 月 10 日採択

申請者氏名	阿部正太郎 (会員番号 8766)
連絡先住所	〒 277-8582 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
所属機関	東京大学・宇宙線研究所
職あるいは学年	PD：学振
任期 (再任昇格条件)	1 年 (再任 1 回限り)
渡航目的	研究集会での口頭発表・ポスター発表
講演・観測・研究題目	“TeV Gamma-Ray Diffuse Emissions in the Galactic Center Region with CTAO LST-1” など
渡航先 (期間)	スイス (2025 年 7 月 11 日～7 月 25 日)

申請者は 2025 年 7 月にスイス・ジュネーブで開催された第 39 回国際宇宙線会議 (ICRC 2025) に参加し、銀河中心領域からの超高エネルギーガンマ線観測に関する最新の研究成果を発表した。ICRC は、宇宙線・ガンマ線・ニュートリノ・暗黒物質など、申請者の研究対象と密接に関わる分野の専門家が世界中から一堂に会する、当該分野で最大規模かつ最重要の国際会議である。発表タイトルおよび講演者¹は以下の通りである。

- **講演 1 (口頭)** : “TeV Gamma-Ray Diffuse Emissions in the Galactic Center Region with CTAO LST-1” ; S. Abe, H. Kubo, M. Strzys, M. Teshima, and I. Vovk, for the CTAO-LST Project.
- **講演 2 (ポスター)** : “VHE Gamma-Ray Emission in the Inner 10 Parsecs of the Galactic Center with CTAO-N LSTs” ; S. Abe, T. Inada, and E. Moulin.
- **講演 3 (口頭, 共著)** : “Line Emission Search from Dark Matter Annihilation in the Galactic Center with LST-1” ; S. Abe, A. Abhishek, M. Doro, T. Inada, M. Teshima, S. Ventura, and G. Verna, for the CTAO-LST Project.
- **講演 4 (口頭, 共著)** : “Discovering the Higgsino at CTAO-North within the Decade” ; S. Abe, T. Inada, E. Moulin, N. L. Rodd, B. R. Safdi, and W. L. Xu.

Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) 計画は、南北二箇所にチェレンコフ望遠鏡アレイを設置する次世代ガンマ線天文台の国際共同計画である。特に日本が大きく貢献している Large-Sized Telescope (LST) は、その初号機 LST-1 が 2018 年にスペイン・ラパルマ島 (北半球サイト) に建設され、現在は性能検証と科学観測が並行して進められている。残る 3 台の LST も同サイトで建設が進められており、近く竣工する予定である。

¹慣例により著者名はアルファベット順で記載し、講演者に下線を付した。

申請者は、この LST-1 による天の川銀河中心領域の観測プロジェクトにおいて責任者 (PI) を務め、日・米・欧の約 15 名の国際メンバーを率いて、観測戦略の立案からデータ取得、解析手法の開発、物理的解釈までを一貫して主導してきた。また、LST アレイ完成後を見据えたシミュレーション研究にも先駆的に取り組んでいる。特に重要な科学目標として、次の二課題に取り組んでいる。以下では、課題 1 に関連する講演 1 に焦点を当てる。

課題 1 PeV 宇宙線加速源 (PeVatron) の存在と性質の解明

課題 2 超対称性粒子を念頭に置いた TeV スケール暗黒物質探索とその正体の解明

H.E.S.S. による 2016 年の報告では、銀河中心領域における PeVatron の存在を示唆する観測的証拠を初めて提示した。しかし、その後の MAGIC や HAWC による結果とは完全には整合しなかった。このような状況において、銀河中心領域に本当に PeVatron が存在するのか、また存在するとすればその供給量が天の川銀河全体の PeV 宇宙線にどの程度寄与しうのかを明らかにすることは、高エネルギー宇宙物理学における極めて喫緊の課題である。

申請者は、LST-1 を用いた大天頂角観測法および非点源解析法を開発し、TeV 領域における単位時間あたりの拡散ガンマ線観測感度として世界最高性能を達成した。この性能を活かし、LST-1 によって銀河中心を約 39 時間観測し、そのデータを解析した。その結果、約 200 pc に広がるリッジ領域の拡散ガンマ線放射においてスペクトルカットオフ $E_{\text{cut}} \sim 24 \text{ TeV}$ が示唆され、MAGIC の結果と整合的であることを確認した。一方、Sgr A* 近傍の 20-60 pc 程度の領域では単純なべき乗則が成立し、 $E_{\text{cut}} > 46 \text{ TeV}$ (90% C.L.) という制約を得ており、H.E.S.S. の結果と整合的であった。

以上の結果は、銀河中心における TeV ガンマ線拡散放射に空間的なスペクトル曲率の変動が存在することを、世界で初めて明確に示したものであり、これまでの観測結果間の不一致を統合的に説明することができる。物理解釈としてはいくつかの可能性が考えられるが、一つのシナリオとして、超大質量ブラックホール Sgr A* が過去の限定的な期間にのみ PeVatron として活動していたとすれば、銀河中心に PeVatron は確かに存在したものの、その PeV 宇宙線供給量は限定的であった可能性がある。このように、本研究は PeVatron シナリオに対して新たな観測的制約を与えうる重要な成果であり、銀河中心研究の大きな進展を示した。なお、これらの解析結果および科学的解釈は、投稿論文としてまとめている段階にあり、現時点では予備的報告であることには留意されたい。

発表時の質疑応答では多くの質問を受け、講演後にも複数の研究者から積極的な意見交換が行われるなど、非常に活発な反応が得られたことは率直に嬉しく感じた。個人名の記載は控えるが、そのうち数名とは、他の解釈シナリオや解析過程における潜在的な系統的誤差など様々な観点から踏み込んだ議論を行い、新たな共同研究として継続的に議論を進めることで合意した。帰国後も実際に Zoom ミーティング等を通じて議論を継続している。また、既存の共同研究者とも現地で複数回にわたり詳細な議論を行い、通常の遠隔会議では時間的制約から十分に扱えない技術的な確認を、対面で集中的に進めることができた。さらに、私的な事項ではあるが、次のポジションに関する関係者との意見交換を現地で多く行えたことも特筆すべき成果である。また、ジュネーブ開催という地の利を活かし

CERN 内部を見学するとともに、CERN でのセミナー後の研究者たちと合流して近隣のイタリアンレストランで国際的な交流を深める機会にも恵まれたことは、貴重な経験となった。

なお、詳細はここでは割愛するが、講演2の内容は学会後の2025年9月に出版されたことを記しておく：Abe, S., Inada, T., and Moulin, E., *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP)*, 09, 009, 2025, doi:10.1088/1475-7516/2025/09/009.

本渡航は、早川幸男基金からの助成により実現したものであり、ここに深く感謝の意を表す。本助成によって国際会議への参加が可能となり、銀河中心領域に関する最新研究成果を世界に向けて発表するとともに、多くの研究者との議論を通じて新たな知見と共同研究の端緒を得ることができた。現地で得られた学術的および人的成果は、今後の銀河中心研究およびLSTやCTAOの発展に大きく寄与するものである。このような貴重な機会を与えてくださった早川幸男基金に、改めて深甚なる謝意を表す。