

令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：CTA 大口径望遠鏡を用いた天の川銀河中心領域における暗黒物質探索研究 英文：Dark Matter Searches at the Galactic Centre with CTAO LSTs
研究代表者	稲田 知大
参加研究者	阿部正太郎、齋藤隆之、手嶋 政廣
研究成果概要	本研究では、次世代ガンマ線観測天文台 CTAO の大口径望遠鏡 LST を用いて、天の川銀河中心領域における TeV スケール暗黒物質探索を進めた。特に、WIMP 暗黒物質の対消滅に由来するガンマ線、とくにラインガンマ線放射を探索するため、稼働中の LST-1 を用いた解析基盤の構築を行った。 LST-1 から銀河中心を観測する場合、天頂角は 55 度以上となる。この大天頂角観測では、低エネルギー側のしきい値やエネルギー分解能には不利な面がある一方、TeV 以上の高エネルギー領域では有効検出面積が大きくなり、多 TeV 暗黒物質探索に有利である。本研究では、この特徴を活かした銀河中心解析を進め、LST-1 の広い視野と比較的平坦なアクセプタンスにより、MAGIC より広い解析領域を用いた暗黒物質探索が可能であることを確認した。そして、約 40 時間の銀河中心観測を想定した LST-1 の装置応答を用いて、暗黒物質ライン探索の信号・背景モデルを構築し、感度推定を行ない、背景事象カット、観測視野・領域などを整備した。ランダムフォレストなどで落としきれない宇宙線事象を主要な背景事象として扱い、エネルギースペクトル上でのスライディングウィンドウ法に基づくライン探索解析を整備した。これにより、CTAO-LST による初の銀河中心暗黒物質探索に向けた解析パイプラインを準備することができた。 暗黒物質密度分布として cuspy な Einasto profile と cored な Burkert profile の双方を仮定し、LST-1 および将来の 4 台 LST アレイにおける感度を評価した。その結果、4 台 LST では 3 TeV 程度の wino といった熱的残存暗黒物質候補に接近できる可能性が示された。これは、CTAO-LST が TeV スケール暗黒物質探索において重要な役割を果たし得ることを示す成果である。 本研究は、宇宙線研が主導してきた LST カメラ、銀河中心観測、大天頂角解析の研究基盤と密接に連携して進められた。今後は、LST-1 解析結果の論文化を進めるとともに、連続スペクトル探索や 3 次元モデリング解析へ展開する。さらに、LST2-4 号機のコミッションングと 4 台 LST アレイ解析に向けて、装置応答と系統誤差の理解を深め、CTAO 時代の本格的な暗黒物質探索につなげる。

論文・プロシーディング

- [1]: (査読有) “Probing the sensitivity of CTAO-N LSTs observations at large zenith angles to the multi-TeV gamma-ray emission from the inner 10 parsecs of the Galactic Center” , S. Abe, T. Inada and E. Moulin, JCAP 09 (2025) 009.
- [2]: (投稿中) “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, e-Print: 2506.08084 [hep-ph].
- [3]: (プロシーディング) “TeV Gamma-Ray Diffuse Emissions in the Galactic Center Region with CTAO LST-1” , S. Abe, H. Kubo, M. C. Strzys, M. Teshima and I. Vovk on behalf of the CTAO-LST Project, PoS(ICRC2025)542.
- [4]: (プロシーディング) “VHE Gamma-Ray Emission in the Inner 10 Parsecs of the Galactic Center with CTAO-N LSTs” , S. Abe, T. Inada and E. Moulin, PoS(ICRC2025)543.
- [5]: (プロシーディング) “Line emission search from Dark Matter annihilation in the Galactic Center with LST-1” , A. Abhishek, S. Abe, T. Inada, S. Ventura, M. Doro, M. Teshima and G. Verna on behalf of the CTAO-LST Project, PoS(ICRC2025)462.

国際・国内会議

- [6]: (招待講演) “高エネルギー宇宙ガンマ線観測による暗黒物質探索の現状と将来展望”, 日本物理学会 第 80 回年次大会「暗黒物質対消滅のしきい値共鳴効果を巡る理論的発展と観測的探索」シンポジウム 講演, 2025 年 9 月, 稲田 知大
- [7]: “Discovering the Higgsino at CTAO-North within the Decade”, ICRC2025, Geneva, Switzerland, 2025 年 7 月, Tomohiro Inada.
- [8]: “Search for Dark Matter spectral lines around the Galactic Centre with CTAO LST-1”, TAUP 2025, 2025 年 8 月, Tomohiro Inada.
- [9]: “TeV Gamma-Ray Diffuse Emissions in the Galactic Center Region with CTAO LST-1”, ICRC2025, Geneva, Switzerland, 2025 年 7 月, Shotaro Abe et al.
- [10]: (招待講演) “TeV Gamma-Ray Emission across the Galactic Center Ridge with the CTA First Large-Sized Telescope”, 日本物理学会 2026 年春季大会, Online, 2026 年 3 月, Shotaro Abe.
- [11]: (招待講演) “Probing WIMP Dark Matter with CTAO: The Decadal Vision”, Workshop for Tera-Scale Physics and Beyond, The University of Osaka, Osaka, 2025 年 12 月, Shotaro Abe
- [12]: (招待講演) “The Galactic Center Region with TeV Gamma Rays (TeV ガンマ線で見える天の川銀河中心領域)”, Galactic Center Workshop 2025, National Astronomical Observatory of Japan, Mizusawa, 2025 年 9 月, Shotaro Abe et al.

受賞

- [13]: 阿部 正太郎, 日本物理学会若手奨励賞 (宇宙線・宇宙物理領域) , 2025 年度.
- [14]: 阿部 正太郎, Werner Hofmann Scientific Award, CTAO, 2025.