

高エネルギー宇宙物理学研究

研究代表者 鳥居 祥二
(先進理工学部 物理学科 教授)

1. 研究課題

宇宙における高エネルギー現象の体系的解明をめざして、高エネルギー宇宙線の観測と高エネルギー素粒子相互作用の研究を行う。そのため、国際宇宙ステーション搭載の宇宙線観測装置 (CALET) の開発を行い、2015年8月の打ち上げ後、継続的に観測及びデータ解析を実施している。観測結果を用いて、宇宙線加速・伝播機構の定量的な研究を行うとともに、暗黒物質と近傍加速源の探査を実施している。加えて、チベット高原に建設した空気シャワー測定装置による、高エネルギー宇宙線及びガンマ線の観測を実施している。さらに、宇宙線観測に必要なシミュレーション計算に必要な相互作用モデルを検証する目的で、CERN-LHC などの高エネルギー加速器によるビーム実験を実施している。

2. 主な研究成果

国際宇宙ステーションにおける CALET による観測は、すでに 2.5 年以上に亘って観測が継続的に実施できており、理工学研究所内に設置した早稲田大学 CALET 運用室 (Waseda CALET Operations Center) において、軌道上運用のモニターとデータ解析を実施している。これまでに、主要な観測目的である電子成分について、世界に先駆けた TeV 領域の直接観測の成果をすでに、Physical Review Letters にて発表している。ガンマ線、陽子・原子核成分の観測も予定通り実施されており、そのいくつかの成果はすでに論文投稿および論文作成を行っている。そして、米伊との国際共同研究によるデータ解析が進行しており、その成果は国内外の会議における招待講演等において公表している。

チベット高原における空気シャワー観測は、東京大学宇宙線研究所をホスト機関として、日中共同研究としてすでに 30 年以上の歴史をもつ研究であり、テラ電子ボルト (TeV) 以上のガンマ線観測や数 1000TeV 領域に及ぶ宇宙線の観測において成果をあげている。そのほか、太陽活動の宇宙線への影響を長期に観測することにより、太陽地球磁気圏の研究が実施されている。

CERN-LHC を用いたハドロン相互作用実験 (LHCf プロジェクト) は、CERN に承認された LHC 実験の一つであり、世界でも最高エネルギーの領域において最前方に生成されるガンマ線、中性子の測定をおこなった。そして、これまでは検証が困難であった 10^{17} eV 領域におよぶハドロン相互作用モデルの検証を実施して、シミュレーション計算の精度向上により宇宙線観測データのより高精度な理解に大きな貢献を果たしている。

3. 共同研究者

浅岡陽一 (理工研 次席研究員)

小沢俊介 (先進理工学部、物理学科、次席研究員)

Holger Motz (国際教育センター 助教)
ほか 約 150 名 (日米伊中研究者を含む)

4. 研究業績

4.1 学術論文

- 1) "Energy Spectrum of Cosmic-Ray Electron and Positron from 10 GeV to 3 TeV Observed with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station", O.Adriani, Y. Asaoka, H.Motz, S. Torii, et al. (CALET Collaboration), Physical Review Letters, 119 (2017) 181101.
 - 2) "On-orbit operations and offline data processing of CALET onboard the ISS", Y.Asaoka, S.Ozawa, S.Torii et al. (CALET Collaboration), Astroparticle Physics, 100 (2018) 29-37.
 - 3) "Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger", B.P. Abotto, S.Torii, Y.Asaoka, S.Ozawa, et al., Astrophysical Journal Letters 848, L12, 2017.
 - 4) "Decaying Fermionic Dark Matter Search with CALET", S. Bhattacharyya, H.Motz, S.Torii, Y.Asaoka, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2017 (2017) 1-19.
 - 5) "The CALorimetric Electron Telescope (CALET) on the ISS: Preliminary Results from the On-orbit Observation since October 2015", S.Tori et al., (CALET collaboration), Proceedings of Science (ICRC2917), ID: 1092 (2017) 1-16.
 - 6) "The LHCf Experiment: Forward particle production spectra at LHC", E. Berti, O. Adriani, K. Kasahara, T. Suzuki, S.Torii et al., (LHCf collaboration), Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C., 40 (2017) 13.
 - 7) "Northern Sky Galactic Cosmic Ray Anisotropy between 10 and 1000 TeV with the Tibet Air Shower Array", M. Amenomori, S.Torii et al., The Astrophysics Journal, 836 (2017) 153.
- 他、国際会議 Proceedings 論文 25 件。

4.2 総説・著書

該当なし

4.3 招待講演

- 1) "The CALorimetric Electron Telescope (CALET) on the ISS: Preliminary Results from the On-orbit Observation since October 2015", 35th International Cosmic Ray Conference, July 12-20, 2017 (Busan, Korea)
- 2) "Calorimetric Electron Telescope (CALET): Summary of the First Two-Year on Orbit", International Symposium on Cosmology and Astroparticle Physics (CosPA 2017) December 11-15, 2017 (Kyoto)
- 3) 「国際協力による高エネルギー電子・ガンマ線観測 (CALET)」, ISS 利用 NASA-JAXA ジョイントワークショップ、丸の内オアゾ フクラシア Hall A、2018 年 1 月 24, 25 日

4.4 受賞・表彰

該当なし

4.5 学会および社会的活動

1) 理工学術院総合研究所講演会 「加速器と先端計測を駆使して宇宙の謎を探る」

2017年6月20日 早稲田大学国際会議場井深大記念ホール

CALET で宇宙を見る -国際宇宙ステーション「きぼう」での宇宙線観測-

5. 研究の課題と展望

CALET による観測はすでに 2.5 年を経過して、今後 JAXA との共同研究として 2020 年までの観測が予定されている。観測の主要目的である TeV 領域での電子観測による暗黒物質及び近傍加速源の探索が実施されており、現在すでに初期的な 3TeV までの観測結果について論文発表を行っている。その他のガンマ線、陽子・原子核観測の結果についても数ヶ月内に論文発表が予定されている。宇宙科学観測として大変難しい課題である長期間に亘る安定的な軌道上運用が実現されており、WCOC における 24 時間体制による運用モニターや国際共同研究によるデータ解析も順調に実施されている。このため、2018 年度内には観測全般に関わる成果を国内外で公表するとともに、主要な雑誌に発表を予定している。今後の課題としては、鳥居が代表者として早稲田大学を中心に実施している JAXA との共同研究体制を維持しながら、研究継続を実現することにより所期の観測目的を達成することにある。

なお、チベット高原における空気シャワー観測実験は、さらなる展開によりさらに高精度な観測装置の建設が予定されており、今後に大きな進展が期待できる。また、加速器を用いたハドロン相互作用の研究は、CERN-LHC での実験を終了してすでに成果が公表されている。現在、偏極ビームを含む原子核相互作用実験を米国ブルックヘブン研究所を行っている。これらの研究はすべて相補的な内容を含んでおり、全体として宇宙線観測による高エネルギー宇宙物理学の進展に、今後とも大きく寄与できるものと確信している。