

高エネルギー宇宙物理学研究

研究代表者 鳥居 祥二
(理工研/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 月に国際宇宙ステーションへの打ち上げを行なった。本研究では、宇宙線加速・伝播機構の定量的研究、及び暗黒物質と近傍加速源の探査を行うことを目的としている。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により、より高エネルギー領域での宇宙線加速・伝播機構を明らかにする。それらと並行して、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、宇宙線観測に必要な素粒子相互作用を含むシミュレーション計算の精度向上を行なっている。

2. 主な研究成果

CALET は、HTV 5 号機によって 2016 年 8 月 19 日に国際宇宙ステーションへの打ち上げが成功し、軌道上での装置動作検証をへて 10 月から定常運用による観測を開始した。そして、初期運用 3 ヶ月間の観測データをもとに、科学評価基準 (ミニマムサクセス) が達成されていることが、JAXA による審査により確認されている。CALET の軌道上運用のために、理工学研究所内に構築した早稲田大学 CALET 運用室 (Waseda CALET Operations Center) において、観測データのリアルタイムのモニターとデータ解析を実施している。その成果は国内外の会議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 100 TeV 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 (理工学術院、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) "Calorimetric Electron Telescope (CALET) for the International Space Station", S. Torii for the CALET Collaboration, PoS (ICRC2015), ID#581 (2015) pp.1-8.
- 2) "Development of the Waseda CALET Operations Center(WCOC) for Scientific Operations", Y.Asaoka for the CALET Collaboration, PoS (ICRC2015), ID#603 (2015) pp.1-8.
- 3) "CALET's sensitivity to Dark Matter annihilation in the galactic halo", H.Motz, Y.Asaoka, S.Torii, S. Bhattacharyya, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 12 (2015) 47.
- 4) "Energy calibration of Calorimetric Electron Telescope (CALET) in space", T.Niita, S.Torii, Y.Akaike, K.Kasahara, S.Ozawa, T.Tamura, Advances in Space Research, 55 (2015) pp. 2500-2508.
- 5) "Measurements of very forward neutron energy spectra for 7 TeV proton-proton collisions at the Large Hadron Collider", O.Adriani, S.Torii, et al., (LHCf collaboration), Phys. Lettes, Section B, 750 (2015) pp.360-366.

4.2 総説・著書

該当なし

4.3 講演

- 1) 「CALET 軌道上観測の初期運用報告」鳥居祥二、日本物理学会第 71 回年次大会、東北学院大学泉キャンパス、2016 年 3 月 19-22 日
- 2) 「ISS 軌道上における CALET の電子観測条件最適化」浅岡陽一、日本物理学会第 71 回年次大会、東北学院大学泉キャンパス、2016 年 3 月 19-22 日
- 3) 「ISS 軌道上における CALET の電荷識別性能」小澤俊介、日本物理学会第 71 回年次大会、東北学院大学泉キャンパス、2016 年 3 月 19-22 日
- 4) 「Discerning Pular and Dark Matter Explanations of the Positron Excess with CALET」H. Motz, 日本物理学会第 71 回年次大会、東北学院大学泉キャンパス、2016 年 3 月 19-22 日
- 5) 「CALET プロジェクト:「きぼう」における高エネルギー宇宙線、ガンマ線観測」鳥居祥二、宇宙科学シンポジウム、JAXA 宇宙科学研究所、2016 年 1 月 6 日-7 日

4.4 受賞・表彰

該当なし

4.5 学会および社会的活動

- 1) NHK BS コズミックフロント「ダークマター：謎の物質の正体は？」TV 放映
- 2) 早稲田宇宙科学観測所 公開セミナー (早稲田大学) 2016 年 3 月 15 日
国際宇宙ステーション「きぼう」搭載 CALET による宇宙線観測—高エネルギー宇宙の謎に迫る—

5. 研究の課題と展望

CALET による観測が開始され、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。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。すでに JAXA によるミニマムサクセス評価をクリアーして、観測を順調に継続している。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。今後は、偏極ビームを用いた実験を米国ブルックヘブン研究所を行う予定である。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。