

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B



## 研究課題名 CALET 長期観測による銀河宇宙線の起源解明と暗黒物質探索

早稲田大学・理工学術院・名誉教授

とりい しょうじ  
鳥居 祥二

研究課題番号：19H05608 研究者番号：90167536

キーワード：高エネルギー宇宙線、銀河宇宙線、近傍加速源、暗黒物質、国際宇宙ステーション

#### 【研究の背景・目的】

我々は宇宙空間における高精度な宇宙線観測を実現するため、国際宇宙ステーション(ISS)日本実験棟「きぼう」に搭載する観測装置 CALET を開発し、2015年8月から順調な観測を実施している(図1)。CALET は電子観測に最適化された、シャワー粒子のイメージング機能を備えた非常に厚い(30 放射長)カロリメータであり、TeV 領域の電子直接観測が可能な装置である。加えて、CALET は  $Z=1-40$  の電荷測定が可能で、主要な一次原子核成分について数10GeV から1PeV 領域に至る観測を実施している。

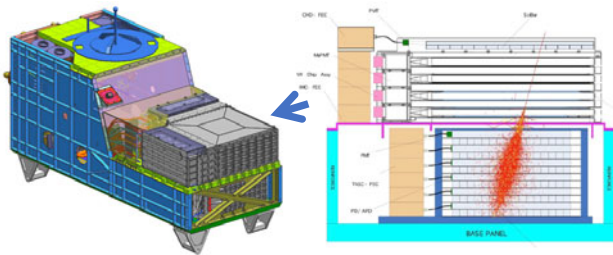


図1：CALET 全体の外観(左)及び観測装置の側面図と1TeV電子シャワーのシミュレーション(右)

このような独創的発想により考案された CALET の優れた性能を駆使して、未開拓な領域での宇宙線各成分の高精度観測を実現することにより、銀河宇宙線の加速・伝播における未解決課題や新たな課題を解決するとともに、電子・ガンマ線観測により宇宙科学最大の謎の一つとされる、暗黒物質の探索を行うことが目的である。

#### 【研究の方法】

CALET の観測データは、ISS から「つくば宇宙センター(TKSC)」を経由して、早稲田大学内に構築した「Waseda CALET Operations Center (WCOC)」で受信し、ミッション運用及び科学データ解析を実施している。ミッション運用のためのリアルタイムデータとは別に、ダウンリンク時のデータ欠損を補完した観測データが科学データ解析のために、1時間毎に送信される。そして、装置較正と各種の補正を行ったデータを WCOC 内で定期的に作成し、国内外に配布することにより国際共同研究チーム体制で科学データ解析を実施する。

突発的な現象であるガンマ線バーストや重力波イベントについては、即時的な解析が不可欠なため、特に観測生データから直接データ解析を行い、研究者ネットワークにより即時広報を行う。

研究成果はできるだけ速やかに、国内外の会議で公表するとともに、重要な結果は国際的に著名な学術誌に投稿し、WEB等により広報を行う。

#### 【期待される成果と意義】

2000年代に大きく進展した宇宙線の直接観測は、銀河宇宙線の加速・伝播機構を統一的に記述する“標準モデル”をもたらした。本研究では、CALET 長期観測により、原子核成分(ハドロン)と電子成分(レプトン)の双方で“標準モデル”の中心的仮説である「超新星残骸における衝撃波加速と銀河内伝播過程」を直接的に検証する。

原子核成分では100 TeV 領域における加速限界の検出、電子成分ではTeV 領域での近傍加速源の初同定を目指す。いずれの観測も、たとえ未検出であっても銀河宇宙線の加速機構について強力なモデル制限を与える。また、ニッケル核( $Z=28$ )に至る各原子核成分の流束と、2次成分/1次成分の比(ホウ素/炭素など)を、広いエネルギー範囲で高精度に測定して伝播機構の記述を高精度化する。

さらに、全電子の測定結果に見られる特徴的エネルギースペクトルの構造の兆候に着目して、TeV 領域に質量を持つ暗黒物質の検出に挑戦する。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Extended Measurements of Cosmic-ray Electron and Positron Spectrum from 11 GeV to 4.8 TeV with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station”, Y.Asaoka, S.Torii, *et al.* (CALET Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* 120, 261102 (7pp) (2018).
- “Direct Measurement of the Cosmic-Ray Proton Spectrum from 50 GeV to 10 TeV with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station”, Y.Asaoka, P.S.Morrocchesi, S.Torii, *et al.* (CALET Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* 122, 181102 (2019).

#### 【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度  
154,800千円

#### 【ホームページ等】

<http://calet.jp>  
[torii.shoji@waseda.jp](mailto:torii.shoji@waseda.jp)