

平成24年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：飛翔体観測による高エネルギー宇宙線加速天体の研究
英文：Study on High Energy Cosmic Ray Sources by Observations in Space

研究代表者 早稲田大学 理工学研究所 鳥居祥二

参加研究者

早稲田大学 理工学研究所	客員教授	笠原克昌
早稲田大学 理工学研究所	次席研究員	小澤俊介
東京大学 宇宙線研究所	教授	寺沢敏夫
東京大学 宇宙線研究所	准教授	瀧田正人
東京大学 宇宙線研究所	研究員 (学振PD)	赤池陽水
JAXA/SEUC	プロジェクト研究員	清水雄輝
JAXA/ISAS	准教授	斉藤芳隆
JAXA/ISAS	助教	福家英之
神奈川大学 工学部	教授	田村忠久
神奈川大学 工学部	教授	日比野欣也
横浜国立大学 工学研究院	教授	柴田慎雄
横浜国立大学 工学研究院	准教授	片寄祐作
芝浦工業大学 システム工学部	教授	吉田健二
立命館大学理工学部	教授	森正樹
弘前大学理工学研究科	准教授	市村 雅一

(他 早稲田大学 大学院生12名)

研究成果概要

宇宙線電子成分は、高エネルギー領域では主にシンクロトロン放射と逆コンプトン散乱でエネルギーを損失し、そのいずれの過程においてもエネルギー損失の割合がエネルギーの2乗に比例しておこる。このプロセスは純粋に電磁的過程であるため、観測データから加速源のエネルギースペクトルや、銀河内伝播過程を比較的容易に求めることができる。さらに、TeV領域では1 kpc内にある近傍ソースのみが寄与するので、そのようなソースの同定が可能となり電子加速源が同定できる。このような特徴から、宇宙線の加速、伝播機構の解明に不可欠なものとして、電子観測は1950年代から行われてきたが、まだ十分な成果が挙がっていないとは決していえない状況である。そのおもな理由は、フラックス自体が少ないうえに1000倍を超える陽子雑音との区別が非常に難しいためである。

我々は、シンチファイバーを用いた高精度なイメージングカロリメータの開発に成功し、南極周回気球による長時間観測 (PPB-BETS) を実現した。この結果、従来の10年分以上の観測量が1回の観測で得られるようになり、TeV領域に至る電子エネルギースペクトルと異方性の観測から、近傍ソースの存在が検証できる段階に達している。これらの成果により、宇宙研究開発機構 (JAXA) により、国際宇宙ステーション「きぼう」曝露部におけるCALETプ

プロジェクトが承認され、2014年度の打ち上げを目指して装置開発が実施されている。CALETでは、5年間の観測でTeV領域の電子を1000イベント以上観測が可能で、近傍ソースの検出と暗黒物質の探索、宇宙線加速・伝播機構の解明をめざしている。

平成21年度に実施したCALETプロトタイプ2号機 (bCALET-2) による気球実験では、CALETの技術実証を行うとともに、1-100GeVの一次電子、100MeV-10GeV大気ガンマ線の観測に成功している。その成果は、CALETの開発における重要な実験的検証として、宇宙科学研究所の査読付き研究報告として平成24年度に出版している【発表1】。平成24年度には、CALETの熱構造モデルと前置回路BBM(一部)で構成した搭載機器と同構造なプロトタイプを用いて、CERNにおいて電子・陽子ビーム照射実験を実施した。さらに、電荷測定器 (CHD) 単体での重原子核のビーム照射実験を実施し、本研究のテーマであるCHDの電荷分解能の検証を始めて実施している。その結果得られた性能評価は、国内外の会議で発表している。さらに、CALETの詳細設計がほぼ終了したことに伴い、精緻なCALET構造モデルを取り入れたシミュレーションを実施するとともに、軌道上運用におけるキャリブレーション方法の検討のための計算を実施している。

本年度に実施した研究の主な成果は以下の通りである

1) CERN-SPS重イオンビームによるCHDの電荷分解能評価試験

セグメント化したプラスチック・シンチレータにライトガイドを装着して、それぞれをPMTで読み出す方式の電荷測定器 (CHD: 搭載装置同等品) を用いて、CERN-SPSにおいて重原子核ビーム照射実験を実施した。この結果より、重原子核の観測が $Z=40$ の領域まで可能であることが確認されている。【発表2】

2) CALETのための大規模シミュレーション計算。

CALET実機の構造を取り入れたシミュレーションモデルを構築し、より精度の高いシミュレーション計算を観測データ予測や装置開発のために、宇宙線研の計算機を用いて実施した。【発表3】

【発表】

(1) 気球搭載型CALETプロトタイプ (bCALET-2) による電子・ガンマ線観測

仁井田多絵、鳥居祥二、小澤俊介、笠原克昌、田村忠久、吉田健二、片寄祐作、福家英之、他、宇宙航空研究開発機構研究開発報告 (査読有) JAXA-RR-11-008, 2012

(2) 電荷測定装置の重粒子検出性能

小澤俊介、荻田竜平、笠原克昌、片平亮、片寄祐作、金子省吾、斉藤優、清水雄輝、鳥居祥二、仁井田多絵、村田彬、渡辺仁規、日本物理学会第68回年次大会 (広島大学), 2013 他6件

(3) シミュレーション計算を用いた CALET の軌道上性能検証

仁井田多絵、赤池陽水、鳥居祥二、笠原克昌、小澤俊介、中川友進、植山良貴、九反万里恵、中村政則、吉田圭佑、渡辺仁規、第13回宇宙科学シンポジウム (2013) JAXA宇宙科学研究所 (相模原) 他2件

