【基盤研究（S）】
理工系（数物系科学）

研究課題名　高精度直接観測で探る高エネルギー宇宙線の加速と伝播

早稲田大学・理工学術院・教授　鳥居（とりい）　祥二（しょうじ）

研　究　分　野：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理
キ　ー　ワ　ー　ド：宇宙線（実験）

【研究の背景・目的】

宇宙線の研究は，粒子の生成・消滅という素粒子・原子核物理学と，粒子の加速・伝播という宇宙物理学の２つの側面を持っており，観測される宇宙線の組成やスペクトルは両者が複雑にからみあった現象である．そのため，宇宙線の正確な理解のためには，組成やスペクトルの高精度な観測により各々の側面を正確に切り分ける必要があり，地球に降り注ぐ宇宙線を大気の希薄な高い高度で直接捉えることが不可欠である．このような飛翔体を用いた宇宙線の直接観測は，これまでに国内外で様々な装置が考案されて実施されて来た．

最近の観測からは，従来の粒子加速・伝播機構モデルだけでは理解できない，(1) 陽電子・電子比率の“異常”と電子＋陽電子流束の“過剰”，(2) 陽子・ヘリウムにおけるエネルギースペクトルの“硬化”，が報告されている．これらは，宇宙・素粒子における最大の謎である暗黒物質，又は（及び）未発見の近傍加速源や未知の伝播過程の存在を示唆しているが，観測データ間の相違や高エネルギー領域での観測量の不足のため確定的な結果を得るに至っていない．我々は，国際宇宙ステーション（ISS）における高精度直接観測により，暗黒物質・近傍加速源の解明を含む高エネルギー宇宙線の加速・伝播機構研究の新展開を目指す．

【研究の方法】

ISS 日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォーム（JEM-EF）に搭載する高エネルギー宇宙線観測装置（CALET：Calorimetric Electron Telescope）により，まだ観測が乏しいテラ電子ボルト（TeV）領域の電子（＋陽電子）と“ニー”領域（～3×10^{15} eV）に迫る陽子・原子核成分の世界最高レベルの観測を実施する．CALET は図１に示す通り，電荷測定器（CHD: CHarge Detector），イメージング・カロリメータ（IMC: IMaging Calorimeter），及び全吸収型カロリメータ（TASC: Total AbSorption Calorimeter）により構成されている．宇宙線やガンマ線が入射すると粒子の種類に応じてシャワー粒子が発生する．その際に各検出器で得られる独立な情報により，電子，ガンマ線又は陽子・原子核といった粒子種別や到来方向・エネルギーの測定を行う．

CALET は「こうのとり」５号機により打上げ５年間の観測を実施する予定であるが，軌道上データはつくば宇宙センター経由で早稲田大学の CALET 運用センター(WCOC) にほぼリアルタイムで転送される．本研究計画では，WCOC でのミッション運用とデータ解析により，研究目的を達成する．

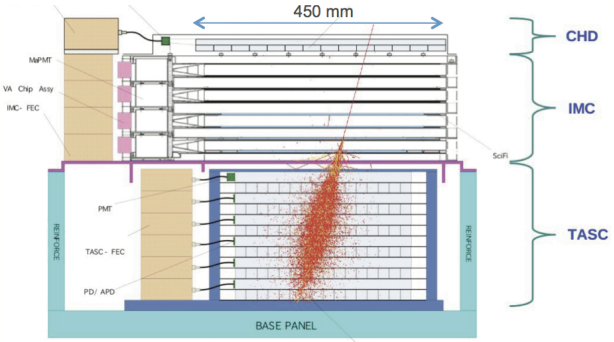

図１　カロリメータの側面からみた概念図と
1TeV電子が入射した場合のシミュレーション例.

【期待される成果と意義】

現在，電子・陽電子観測に用いられているマグネットスペクトロメータ(PAMELA, AMS) は，電荷の正負を判別できるものの観測領域が TeV 以下に限られる．これまでのカロリメータ方式の装置(ATIC, Fermi-LAT) も，電子観測に最適化された装置ではないため，高エネルギー領域での電子選別等が正確ではない．それに対して CALET は電子観測に最適化されており，分厚い(30 r.l.) カロリメータを備えることにより TeV 領域での直接観測が実現できる唯一の装置である．その結果、世界で始めて荷電粒子による近傍加速源の検出や、質量が TeV を越える暗黒物質の探査が可能である．加えて，陽子・原子核の 10 GeV-1000 TeV でのエネルギースペクトルの精密観測と数 TeV に至る B/C 比の測定により，宇宙線の生成・伝播機構の高精度な解明を達成する．

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・鳥居祥二,「宇宙線を直接捉える」，日本物理学会誌, Vol.67, No.12, pp. 821-827 (2012)
・S.Torii, “Calorimetric Electron Telescope mission：Search for dark matter and nearby sources”, NIM, A630, pp.55-57 (2011),

【研究期間と研究経費】

平成２６年度－３０年度
１３０，０００千円

【ホームページ等】

http://www.crlab.wise.sci.waseda.ac.jp