

## 平成20年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：長期間気球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  
Using Long Duration Balloon

研究代表者 鳥居祥二（早稲田大学 理工学術院・教授）

### 参加研究者

笠原克昌（早稲田大学 理工学研究所・客員教授）  
小澤俊介（早稲田大学 理工学研究所・客員講師）  
山上隆正（早稲田大学 理工学研究所・客員研究員）  
日高 健（早稲田大学 先進理工学研究科・M2）  
赤池陽水（早稲田大学 先進理工学研究科・M2）  
福田康博（早稲田大学 先進理工学研究科・M2）  
平 晃一（早稲田大学 先進理工学研究科・M2）  
中村亮太（早稲田大学 先進理工学研究科・M1）  
瀧田正人（東京大学 宇宙線研究所・准教授）  
清水雄輝（東京大学 宇宙線研究所・研究員）  
斉藤芳隆（JAXA・宇宙科学研究本部・准教授）  
福家英之（JAXA・宇宙科学研究本部・助教）  
湯田利典（神奈川大学 工学部・特任教授）  
田村忠久（神奈川大学 工学部・助教授）  
日比野欣也（神奈川大学 工学部・助教授）  
有働慈治（神奈川大学 工学部・助手）  
柴田慎雄（横浜国立大学 工学研究院・教授）  
片寄祐作（横浜国立大学 工学研究院・特別研究教員）  
倉又秀一（弘前大学 理工学部・教授）  
市村雅一（弘前大学 理工学部・准教授）  
吉田健二（芝浦工業大学 システム工学部・准教授）

### 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。このプロセスは純粹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1kpc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。このような特長から、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げられている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100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（BETS）の開発に成功し、陽子を数1000倍まで除去することに成功するとともに、衛星通信や太陽光発電システムなどの技術を駆使して南極周回気球（PPB）による長時間観測を実現した。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。さらに、100日間の長期間気球が実現されれば暗黒物質によって生成される電子（+陽電子）、CrabやVelaからのガンマ線の観測も可能性も出てくる。

これまでの、PPB-BETSによる観測結果や米国の南極周回気球実験（ATIC）では、図1に見られるような300-800GeVの領域に冪型スペクトルに対する電子フラックスの“過剰”が観測されている。この過剰は、PAMELAによって検出された10-100GeV領域での陽電子比の過剰との関連があると考えられており、新たな陽電子・電子の加速源の存在を示唆している。この起源に関する解釈として天体起源（近傍パルサーなど）のほかに、暗黒物質（WIMP）を起源とする説が数多く発表されている。どの説が正しいかは、さらに高精度の観測が不可欠であり、今後の電子・陽電子観測の進展が期待されている。

我々は、JAXA/宇宙科学研究本部（ISAS）が開発しているスーパープレッシャー気球を用いた南半球一周による長期間気球実験により TeV 領域に及ぶ電子観測の実現を計画している。さらに、国際宇宙ステーションの日本実験モジュール船外実験プラットフォーム（JEM/EF）での CALET による観測を目指しており、気球観測実験は CALET の性能実証化のための開発研究としても重要である。このために気球搭載型の CALET プロトタイプ（bCALET）を開発している。平成18年に実施した bCALET-1 による観測に続いて、平成21年度における気球観測（bCALET-2）の申請を ISAS に行って承認されている。bCALET-2 は bCALET-1 の4倍の規模を持ち、100GeV 領域での観測が可能である。この実験は、スーパープレッシャー気球での観測（bCALET-3：図2）に向けて、TeV 領域に至る電子、大気ガンマ線のフラックスの精密測定と装置性能の実証化を行う目的で実施する。すでに装置製作上の要素技術開発はほぼ終わっており、平成20年度には装置の基幹部分である BGO カロリメータで用いるフォトダイオード読み出し回路システムを完成して、これまでに比べて省電力かつ広いダイナミックレンジをもつシステムの開発に成功しており、現在は bCALET-2 の製作を実施している。

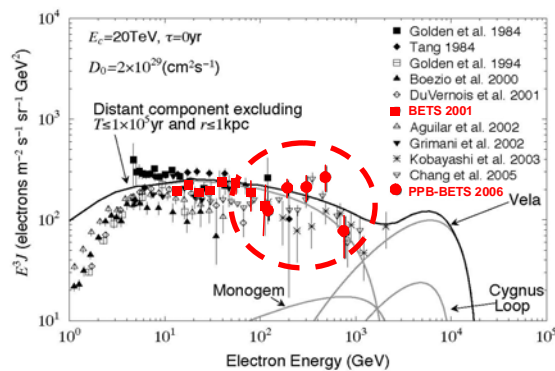


図1：これまでの電子観測結果と理論的計算の比較。ATIC/PPB-BETSによる観測では、300-800GeV 領域に冪型スペクトルに対する過剰（赤丸）が観測されている。

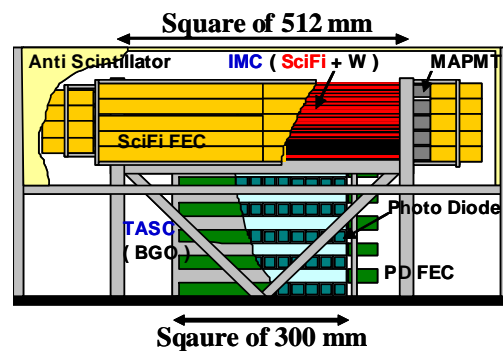


図2：スーパープレッシャー気球による観測のために開発中の bCALET-3 の概念図。