

平成30年度（2018年度）修士論文

電子飛跡検出型コンプトンカメラを用いた 豪州  
気球実験

京都大学大学院 理学研究科 物理学第二教室 宇宙線研究室

小野坂 健

2019年1月1日 提出

## Abstract

MeV 領域のガンマ線を観測することで超新星残骸による元素合成などの解明が可能である。しかしこの領域は X 線や GeV/TeV ガンマ線の領域に比べて 1 桁感度が悪く、十分な観測が行われていない。そこで我々は従来の 10 倍の検出感度を目標とし、電子飛跡検出型コンプトンカメラ (Electron Tracking Compton Camera : ETCC) を開発している。この検出器は反跳電子の 3 次元飛跡とエネルギーを測定するガス検出器と、散乱ガンマ線の位置とエネルギーを測定するシンチレーションカメラから構成されている。これにより従来のコンプトンカメラでは測定できなかった反跳電子の飛跡情報を得ることによりコンプトン散乱を完全に再構成することができ、ガンマ線の到来方向を光子毎に一意に決定することが可能で高いバックグラウンド除去能力をもつ。我々は衛星搭載を目標としており、その前段階として気球実験計画 SMILE(Sub MeV and MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-Balloon Experiment) を立ち上げ、進行してきた。そして 2018 年 4 月に ETCC の天体イメージング能力の実証試験として豪州にて気球実験を行なった。本論文ではこの気球実験で使用した ETCC フライトモデルの課題であった消費電力と熱の問題を踏まえ、気球全体における電源システム、姿勢系センサーの性能評価、そして実際のフライトを経て得られた ETCC の上空での姿勢情報の解析や、取得した荷電粒子のデータから東西効果を確認したことについて述べる。(使用バッテリー・持続時間。フライト時間・姿勢の様子、東西効果の優位度(?))

MeV 天文学したいでもうまくいってないよそこで我々は ETCC を開発 ETCC はこういう特徴があつてすごいのよ将来は衛星搭載して観測をしたいよでもその前に気球を使ってちゃんと観測をできるか気球を使って試験する計画を建てているよ今回は天体イメージング能力の実証のためにオーストラリアで実験をしたよそのために前回のモデルから色々改良を加えたフライトモデルを作ったよ上空ではこれこれこういう環境になるので、それでも動くようにバッテリー選びや熱設計をして環境試験を行ったよ上空での姿勢を把握できるように姿勢系センサーを載せていて、そのテストなども行ったよ実際の実験でもちゃんと動作してデータを取ることができたよ姿勢の解析をしたよ東西効果も見れたよ (?)

# 目次

第 1 章	MeV ガンマ線天文学	1
1.1	これまでの MeV ガンマ線天文学 . . . . .	2
1.1.1	MeV ガンマ線領域 . . . . .	2
あとがき		3
参考文献		4

## 第 1 章

# MeV ガンマ線天文学

かつてから可視光から電波・赤外線・X 線と様々な波長の電磁波の観測は天文学の発展に貢献してきた。さらに今日では陽子を主とする宇宙線やニュートリノなどの観測も行われる様になり、観測によって得られる宇宙の情報はより豊かになった。

宇宙の情報を得る手段の一つにガンマ線の観測がある。ガンマ線とは数百 keV 以上のエネルギーを持つ電磁波を指す。1950 年代に早川らにより、宇宙線と星間物質との相互作用で作られる  $\pi^0$  中間子の崩壊によってガンマ線が放射されることが予言されて以来 1967 年に OSO-3( $\geq 50$  keV)、1972 年に SAS-2(20 MeV  $\sim$  1 GeV)、1975 年に COS-B(2 keV  $\sim$  5 GeV) と、次々とガンマ線観測衛星が打ち上げられ、多くのガンマ線天体を発見している。また、sub-MeV $\sim$ 数十 MeV までの低エネルギーガンマ線では、1989 年に GRANT 衛星がロシア、フランスによって、1991 年に CGRO 衛星がアメリカによって打ち上げられている。近年は 2002 年に硬 X 線を観測する INTEGRAL、2004 年にガンマ線バーストを観測する SWIFT、2008 年に GeV 領域を観測する Fermi が打ち上げられ、観測が続いている。地上では 1990 年代から Whipple、CANGAROO などの Cherenkov 望遠鏡によって非常にエネルギーの高い TeV ガンマ線領域の観測が始まっており、現在でもステレオ方式の HESS、MAGIC 等によって次々と新しいガンマ線天体が発見されている。

MeV 領域のガンマ線は元素合成や粒子加速、宇宙線と星間物質との相互作用といった情報を提供する。また、MeV ガンマ線は高エネルギーガンマ線とは異なり、最遠方の初期宇宙から地球までほとんど減衰することはない。そのため、初期宇宙の激しい星の生成、消滅などの観測が期待されるユニークなガンマ線である。しかし、一方で地球の大気には吸収されるため、MeV ガンマ線の観測は大気外に出る必要がある。(図 1.1)

MeV 領域は可視光や X 線の領域に比べ、光子数が少なく透過力も高い上、物質との相互作用が主にコンプトン散乱によるので光子の完全な吸収は難しい。さらに銀河面全体に広がったガンマ線放射や、宇宙線と衛星本体との相互作用による大量のバックグラウンドが存在し、観測が非常に困難な領域である。以上の理由から、MeV 領域の天文学は、他の波長域に比べ大きく遅れを取っているのが現状である。

この章では MeV ガンマ線領域について簡単に解説し、これまで行われてきた MeV ガンマ線観測、そして MeV ガンマ線を観測することでどのような物理現象の解明に繋がると期待されているかについて述べる。



# あとかき

ありがとうございました。

## 参考文献

- [1] M.Oda abd K.Matsuoka; *Progress in Elementary Particles and Cosmic-Ray Physics*, **10** (1971), 305.