

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	MeV ガンマ線領域	1
1.1.1	多波長と比べた時の MeV ガンマ線の特徴	1
1.2	核ガンマ線観測	3
1.2.1	核ガンマ線	3
1.2.2	Ia	3
1.2.3	重力崩壊型	3
	あとがき	4
	参考文献	5

第 1 章

MeV ガンマ線天文学

宇宙の観測は地上から可視光を観測することから始まり、現在では人工衛星を用いることで宇宙空間において可視光は勿論、電波・赤外線・X 線の領域の観測が行われるまでになり、電磁波以外にも陽子を主とする宇宙線やニュートリノの観測なども行われるようになった。このように様々な側面から宇宙を観測することで天体の多種多様で興味深い振る舞いが数多く明らかになっていき、天文学は今日まで発展し続けてきた。

中でも MeV ガンマ線という側面からは放射性同位体が崩壊する時に放射される数百 keV～数 MeV の核ガンマ線を観測できるので元素合成の過程の解明に繋がると期待されている。しかし、MeV ガンマ線はその性質から観測が困難であり、現在までに十分な感度による観測は行われておらず未開拓な部分が多い領域でもある。この章では、まず MeV ガンマ線領域の性質について簡単に述べてから、MeV ガンマ線を観測することで解明が期待されているいくつかの物理事象を現在までの観測結果と共に述べていく。

1.1 MeV ガンマ線領域

1.1.1 多波長と比べた時の MeV ガンマ線の特徴

ガンマ線は数十 keV 以上のエネルギーを持つ電磁波を指すが、その範囲は非常に広く数 TeV にまで及ぶ。その幅広い範囲のどの領域で観測するかによって見えてくる宇宙の現象は異なってくる。例えば、超新星爆発時にばらまかれる放射性同位体からの核ガンマ線が丁度数 MeV の領域であるため、MeV ガンマ線を観測することによって元素合成の様子が直接観測できると期待されている。他にも多くの物理現象の詳しい描像を得られると期待されており、非常に興味深い領域となっている。

しかし、MeV ガンマ線観測には様々な困難が存在する。天体からの MeV ガンマ線は地球大気によって地表に届くまでにほとんど吸収されてしまうため (図 1.1)、大気圏内で観測を行うには高度 40km 以上で観測可能な大気球、もしくは大気が存在しない宇宙空間での観測を実現する衛星を用いる他はない。加えて X 線と比較するとエネルギーが高い光子数が少なく、宇宙空間における透過力も強いので、宇宙全体に広がってしまったガンマ線が存在しバックグラウンド源になってしまっている。さらに、この様な注目天体以外からのガンマ線が検出器本体と相互作用を起こしてバックグラウンドをより多くしてしまう。

こうした背景から様々な物理現象の解明に繋がると期待されていながらも、MeV ガンマ線の観測は他の領域に比べると未開拓な部分が多い (図 1.2)。従って MeV ガンマ線領域はより感度の高い検出器・検出手法が求められている領域である。

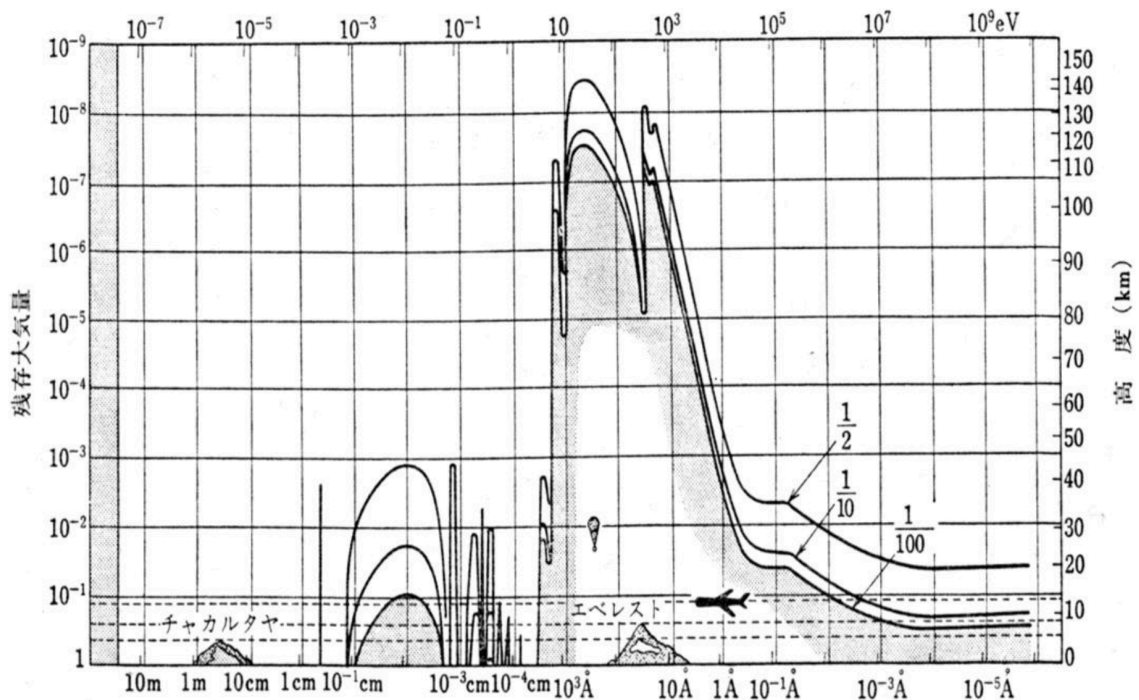


図 1.1 大気による様々な波長の電磁波の吸収 (出典??) [1]

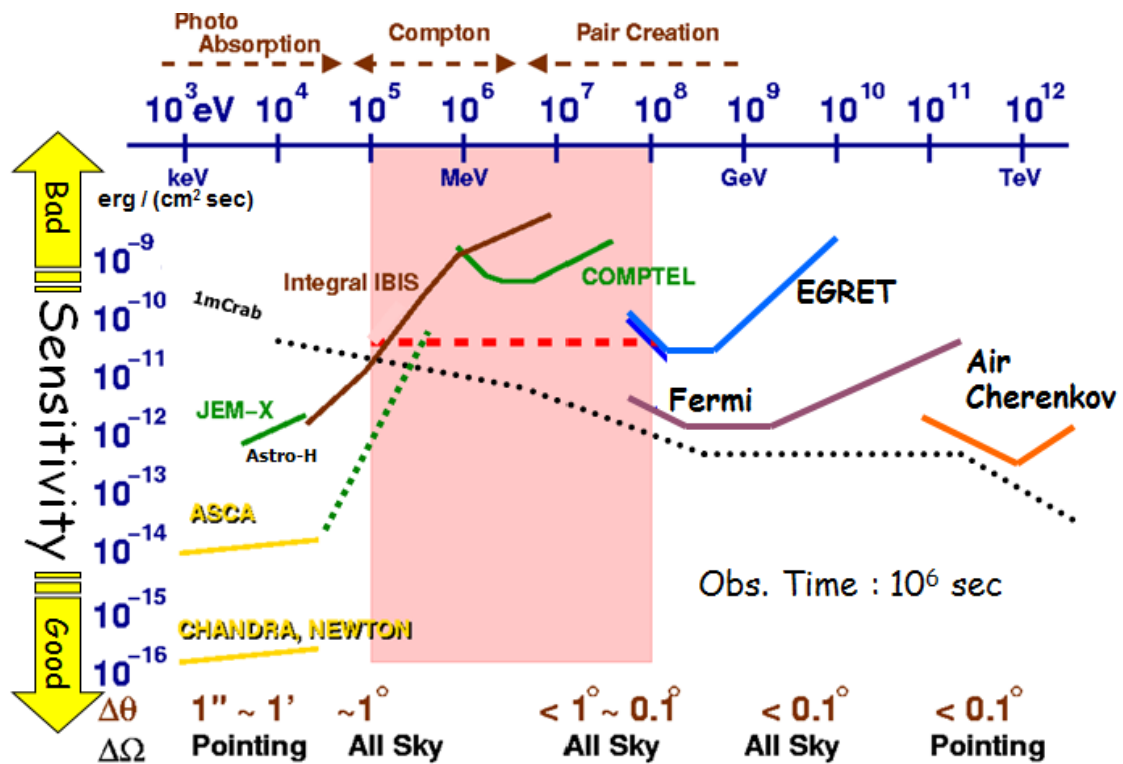


図 1.2 X 線・ガンマ線領域における現在までの観測及び到達感度 (最新?)。破線はこれから観測が予定されているもので (最新?)、赤色の破線は京都大学の目標値である

1.2 核ガンマ線観測

核ガンマ線の観測をするとめっちゃうれしいよ！こういうことがわかるしなんでもわかる

1.2.1 核ガンマ線

てすとてすと

1.2.2 Ia

テストテスト

1.2.3 重力崩壊型

テストテスト

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.