

ガンマ線バースト用偏光度検出器 : POTENTIS

山形大理 郡司修一、岸本祐二、門叶冬樹、

大阪大理 林田清、 理化学研究所 三原建弘、 JAXA 斎藤芳隆

Polarimeter for Transient and Intensive Sources: POTENTIS

Shuichi Gunji¹, Yuji Kishimoto¹, Fuyuki Tokana¹,

Kiyoshi Hayashida², Tatehiro Mihara³, and Yoshitaka Saito⁴

¹Faculty of Science, Yamagata University 1-4-12 Kojirakawa Yamagata-city 990-8560

E-mail: gunji@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

²Faculty of Science Osaka University, ³Riken, ⁴JAXA/ISAS

Abstract: Gamma-ray Burst (GRB) is one of the main topics in the field of astrophysics. Though many types of observation have been carried out since the discovery, the radiation mechanism is still unknown. So we propose the gamma-ray burst detector capable of detecting the polarization. It is POTENTIS (Polarimeter for Transient and Intensive Sources). It is a scattering type polarimeter and consists of scintillators and multianode photomultipliers. We are investigating the basic performance through experiments at accelerator facility and balloon-borne experiments. We will report the design and the basic performance.

Key words; Gamma-ray Bursts, Polarization

はじめに

現在ガンマ線バースト (GRB) の発生メカニズムは宇宙物理の中心的な課題の一つである。しかし未だその詳細な輻射メカニズムは不明であり、輻射メカニズムを明らかにする今までにない観測が求められている。その意味で、硬 X 線領域での偏光度観測は重要な意味を持つ。それは GRB の放出するエネルギーが硬 X 線領域で最大であり、さらに偏光観測を行えば、その発生源において磁場のエネルギーに対する情報が得られるからである。実際 2003 年に RHESSI による GRB の偏光度観測が行われたが、RHESSI は偏光度検出器として特化されていないため、正確な情報が得られなかった。そこで我々はスペースステーション搭載用にガンマ線バーストの偏光を測定できる検出器の基礎開発を行っている。このプロジェクトを POTENTIS と呼ぶ。この文章では、我々が行ってきた基礎実験やシミュレーションを通して、POTENTIS の予想される性能を説明する。

検出器のデザイン

図 1 に POTENTIS の概略図を示す。POTENTIS は 4 つの同一の偏光度検出器をそれぞれ違った方向に向けた構造を取っている。そして、その一つの検出器は図 2 の様な構造になっている。中心には 5.5mm 角で長さ 50mm のプラスチックシンチレーターが 196 本配置されており、その外側を 5.5mm 角で長さ 50mm の CsI(Tl) シンチレーター 60 本が囲んで

いる。

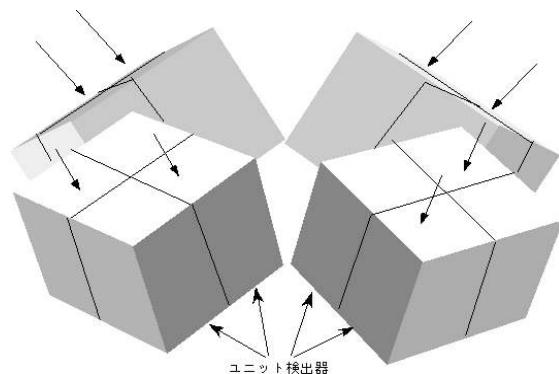


Fig.1 POTENTIS の概略図。4 つの同一の GRB 用偏光度検出器が 60 度違った方向を向いて設置されている。

そして 256 本のシンチレーターからの信号は 4 本のマルチアノード光電子増倍管 (MAPMT) により読み出される。また MAPMT からの信号はコンパクトな回路によって信号処理される。シンチレーターの上側には、コリメーターが取り付けられており、検出器の視野を ±30 度に制限している。また CsI(Tl) シンチレーターの上部にも、ガンマ線が直に CsI(Tl) に入射しないようにパッシブなシールドが取り付けられている。開口部から入ってきたガンマ線は、プラスチックシンチレーターで散乱されて、散乱されたガンマ線は、いずれかの CsI(Tl) シンチレーターによって吸収される。散乱ポイントと吸収ポイントが読み出されれば、ガンマ線の 2 次元的な散乱方向を同定することができる。この散乱方向は、ガンマ線の偏光方向に

大きく依存するため、散乱方向を読み出せば、ガンマ線の偏光情報を取得する事ができる。

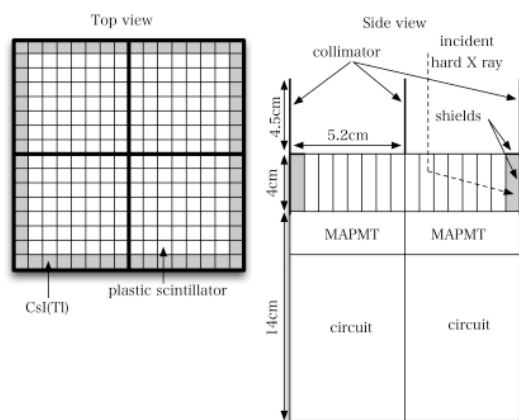


Fig. 2 POTENTIS を構成する偏光度検出器の概略図。プラスチックシンチレーターで散乱したガンマ線をCsI(Tl)シンチレーターで吸収し、その散乱方向を調べることで、偏光情報を得ることができる。

検出器の開発状況

我々はまず図3に示すような検出器を製作し、そのモジュレーションファクターと検出効率を KEK のBL14Aにおいて実験的に調べた。

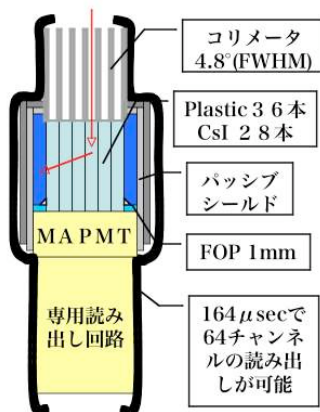


Fig.3 製作した検出器の概略図の天体観測に使用することができる。図4はこの検出器に偏光ビームを照射して調べたモジュレーションファクターを示している。このデータから計算したところ、検出器が80keVの硬X線に対して53%のモジュレーションファクターを獲得できるということが分かった。また同様に80keVで20%の検出効率を獲得できる事も明らかになった。また図5はこの検出器を4台並べて気球実験を行った時の写真である。この実験ではカニ星雲をターゲットとして偏光観測を行った。観測時間が短かったため、カニ星雲の偏光を精度良く決定することはできなかった

が、 8σ でカニ星雲からのフラックスを検出する事に成功している。この実験で検出器が上空で正常に動作することが確認できた。

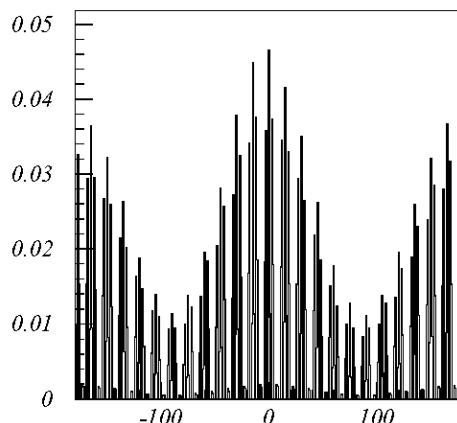


Fig.4 横軸は検出器の回転角、縦軸がカウント数。このモジュレーションの振幅が大きいほど、偏光検出を精度良く行える。



Fig.5 気球実験を行った時の写真

検出器の予想される性能と今後の課題

現時点の基礎実験から推定される POTENTIS の性能は、100keV に対してモジュレーションファクターが56%、検出率が19%となる。また視野が1台当たり、 ± 30 度程度あるために、年間10発程度のGRBに対して偏光の測定が可能であると思われる。一方、以下に挙げた項目を今後調べていく必要がある。1)現時点で使用を予定しているH8500は耐震化されていない。もし耐震化が不可能であれば、別のMAPMTを使用する事を検討しなくては行けない。2)検出器に斜めからGRBの光子が入射した時にどの程度の性能を発揮できるのか実験的に明らかにする必要がある。現時点での簡単なシミュレーションでは、30度はずれた方向でGRBが起

こつても、偏光を捕らえることができるが、今後詳細に検討する必要がある。