

## 人工衛星による偏光観測の実現と ガンマ線バーストの放射機構の解明

Polarization Measurement aboard the Satellite and  
Solution of the Emission Mechanism of the Gamma-Ray  
Bursts

米徳 大輔 (YONETOKU DAISUKE)

金沢大学・数物科学系・助教



### 研究の概要

宇宙最大の爆発現象である「ガンマ線バースト」の放射機構を解明するために、ガンマ線偏光検出器を開発する。小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS に搭載して宇宙空間で観測を行い、年間2～4例程度の明るいガンマ線バーストの偏光度を測定する。ガンマ線偏光検出器を人工衛星に搭載することは世界初の試みとなり、ガンマ線偏光天文学という新分野を開拓する。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学（素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理）

キーワード：ガンマ線バースト、偏光、宇宙物理、人工衛星、検出器開発

### 1. 研究開始当初の背景

ガンマ線バースト (GRB) は初期宇宙で発生する宇宙最大の爆発現象で、数10秒という短時間だけ極めて明るく輝く現象である。そのため、宇宙の最遠方を観測するための現象として注目されている。しかし、どのようなメカニズムで大量のガンマ線を作り出しているのが解明できていない。理論モデルで予言されているようなシンクロトロン放射であるならば、ガンマ線は強く偏光しているはずで、それを直接検出することが重要であると考えられていた。

### 2. 研究の目的

本研究で開発したガンマ線偏光検出器を人工衛星に搭載し、GRBに強い偏光が存在するかを観測的に調査する。この観測で、GRBの発生現場に強い磁場が存在するかを探り、放射メカニズムを解明することが目的である。また、世界で初めて人工衛星を用いたガンマ線偏光観測を実現し、「ガンマ線偏光天文学」という新分野を開拓することも大きな目標である。

### 3. 研究の方法

2010年5月に打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS に GRB 用のガンマ線偏光観測装置 (GAP) を搭載し、世界初の GRB 偏光観測を実現する。ガンマ線がコンプトン散乱する際には、偏光方向と垂直に散乱しやすいという性質を利用し、散乱強度分布を測定できる検出器を製作する。

### 4. これまでの成果

平成20年度から21年度の前半にかけては GAP の開発に専念し、図1左の写真に示すような検出器を完成させた。形状は直径17cm 高さ16cm の円筒形で、重量は3.4kg と非常に小型の観測装置となっている。図1右に示すように、中心には差し渡し14cm の12角形のプラスチックシンチレータを配置し、その外周には厚さ5mm の CsI(Tl) シンチレータが取り囲んでいる。各シンチレータの発光は小型の光電子増倍管で検出され、エネルギーや検出時間を測定することができる。ガンマ線がコンプトン散乱するときには、偏光方向と垂直に散乱しやすいという特徴があるので、GAP はプラスチックと CsI の同時イベントを観測して、コンプトン散乱の角度依存性を測定できる仕組みになっている。

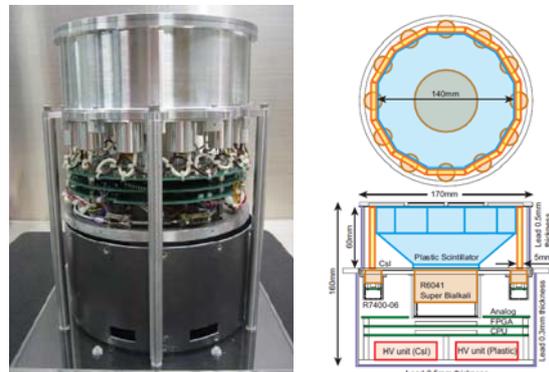


図1：(左)GAP フライトモデル、(右)内部構造を示した図

平成22年5月18日に IKAROS は金星探査機「あかつき」とともに H2A ロケット17号機で打ち上げられた。IKAROS 自身の膜展開および加速実証は極めて順調に進み、打ち上げから1か月後には理学観測機器である GAP に電源を投入することができた。その後、宇宙空間におけるエネルギー較正などを行い、センサー全てが正常に動作することを確認した上で定常観測モードに移行している。2010年7月7日に発生した GRB 100707A を検出し、ガンマ線バースト検出器としての動作実証を行うこともできている。現在も GAP は正常に動作し、宇宙空間で観測を続けている。1週間に1イベント程度の頻度で GRB を検出している。

GAP がこれまでに検出した中で最も明るいイベント GRB100826A のガンマ線強度変動を図2に示す。このイベントは、GAP の前方20度程度から入射し、極めて明るいイベントであったため、偏光情報のデータ解析を行うことができる。現在、データを慎重に解析している最中で、平成23年度には科学成果として公表できるよう努力している。

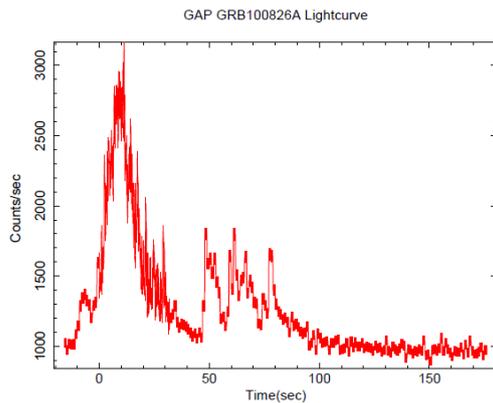


図2: GAP が観測した GRB100826A の光度曲線。現在、このイベントに対するガンマ線偏光のデータ解析を行っている。

GAP は宇宙空間で動作した世界初のガンマ線偏光検出器であることから、宇宙科学研究本部(JAXA)プレスリリースを経由して新聞等でも報道された。また、GAP 検出器本体についての詳細と、打ち上げ後のエネルギー較正や動作実証についての論文を執筆し、日本天文学会の欧文報告誌に受理されている(2011年6月号: PASJ Vol.63 No.3に掲載予定)。

以上のように、平成22年度までに、GAP フライトモデルの開発、IKAROS 探査機の打ち上げ、機上動作実証、観測と、予定していたスケジュール通りに研究が進んでいる。IKAROS は2012年頃まで運用される予定であるため、今後の観測とデータ解析から、GRB のガンマ線偏光を検出することが科学目標である。

## 5. 今後の計画

IKAROS 探査機の運用が2012年程度まで延長されたため、引き続き運用・観測を行う。平成23年度中には第一弾の科学成果を公表できるよう、データ解析に取り組み、論文を執筆することを目標とする。

本研究課題で、人工衛星を用いたガンマ線偏光天文学という新しい学術分野を開拓できたため、今後の発展を目指して、より偏光検出感度の高い新しい観測装置の開発を進めていきたい。これは現在計画されている小型科学衛星ポラリスや、次世代のソーラーセイルに搭載することを目標としている。

## 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- (1) D. Yonetoku, T. Murakami, S. Gunji, T. Mihara, T. Sakashita, Y. Morihara, Y. Kikuchi, T. Takahashi, H. Fujimoto, N. Toukairin, Y. Kodama, S. Kubo, & IKAROS Demonstration Team  
Gamma-Ray Burst Polarimeter –GAP– Aboard the Small Solar Power Sail Demonstrator IKAROS  
PASJ Vol.63 No. 3 掲載予定 (2011)
- (2) D. Yonetoku, T. Murakami, R. Tsutsui, T. Nakamura, Y. Morihara, K. Takahashi  
Possible Origins of Dispersion of the Peak Energy Brightness Correlations of Gamma-Ray Bursts  
PASJ, Vol.62, No.6, (2010)
- (3) R. Tsutsui, T. Nakamura, D. Yonetoku, T. Murakami, Y. Kodama, K. Takahashi  
Cosmological constraints from calibrated Yonetoku and Amati relation suggest fundamental plane of gamma-ray bursts  
JCAP, Issue 08, pp. 015 (2009).
- (4) R. Tsutsui, T. Nakamura, D. Yonetoku, T. Murakami, S. Tanabe, Y. Kodama, K. Takahashi  
Constraints on  $w_0$  and  $w_a$  of dark energy from high-redshift gamma-ray bursts  
MNRAS, 394, L31-L35.(2009)
- (5) Y. Kodama, D. Yonetoku, T. Murakami, S. Tanabe, R. Tsutsui, T. Nakamura  
Gamma-ray bursts in  $1.8 < z < 5.6$  suggest that the time variation of the dark energy  $Is$  small  
MNRAS, 391, L1-L4. (2008)

## 受賞歴

- (1) 第1回日本物理学会若手奨励賞  
(宇宙線・宇宙物理領域) (2007)
- (2) 文部科学大臣表彰  
若手科学者賞 (2009)

ホームページ等

<http://astro.s.kanazawa-u.ac.jp/~yonetoku>