

# Present Status of Large Area Polarimeter (LEAP) Project

S. Gunji, T. Nakamori, T. Kishikawa, Y. Oikawa, T. Ueda, M. Takakura, Y. Konno (Yamagata Univ.), S. Daigle, J. Gaskin, B.D. Ramsey (NASA/MSFC), M. McConnell (UNH), D. Yonetoku (Kanazawa Univ.), T. Mihara (RIKEN), K. Hayashida (Osaka Univ.), Y. Kishimoto, S. Kishimoto (KEK), Y. Saito (JAXA), H. Takahashi (Hiroshima Univ.), Y. Yatsu (Tokyo Tech.), and K. Toma (Tohoku Univ.)

**Abstract:** 現在我々はガンマ線バーストのエネルギー輻射メカニズムを明らかにするため、国際宇宙ステーションに大型のガンマ線バースト偏光度検出器を搭載し、数年に渡って100個程度のガンマ線バーストの偏光観測を実現する計画を立案している。この計画をLEAP計画と呼ぶ。そこで我々は基礎的な実験を行うと共に、ブレッドボードモデルの検出器を製作してその性能をビーム実験で調べた。本ポスターでは、LEAP計画の現状と我々がやっている検出器開発に関して説明する。

## Motivation

ガンマ線バースト(GRB)の発見からおよそ50年が経ち、今まで様々な観測がなされてきたが、GRBには未だ未解明の問題が多く残されている。特にガンマ線バーストの輻射メカニズムは未解明の問題の最たるものである。標準的なファイヤーボールモデルでは、火の玉が光速の99.999%でジェット状に吹き出し、そこからガンマ線も放射されていると考えられているが、詳細は明らかでない。しかしガンマ線放射には2つのメジャーなモデルがある。一つはシンクロトロンモデルと呼ばれるもので、もう一つがフォトスフィアモデルと呼ばれるモデルである。シンクロトロンモデルは内部衝撃波によって熱化された電子が磁場に絡みつき、シンクロトロン放射を起こすというモデルであり、フォトスフィアモデルは光学的に薄くなってきた火の玉から、ガンマ線が散乱されながら漏れ出すというモデルである。両者の違いを見分けるには、ガンマ線の偏光観測が非常に有効だと予想されており、シンクロトロンモデルの場合、非常に高い偏光度(40%程度)を持ったガンマ線が放射される可能性があり、フォトスフィアモデルでは偏光度が低い(~10%未満)と考えられている。実際に2010年にIKAROSに搭載されたGAPという小型の

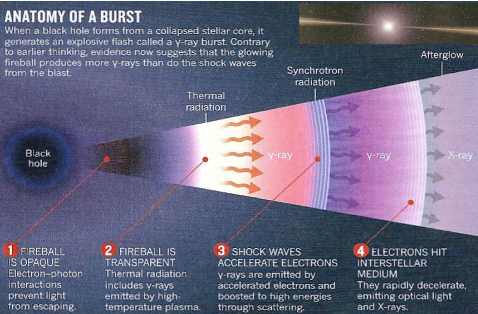
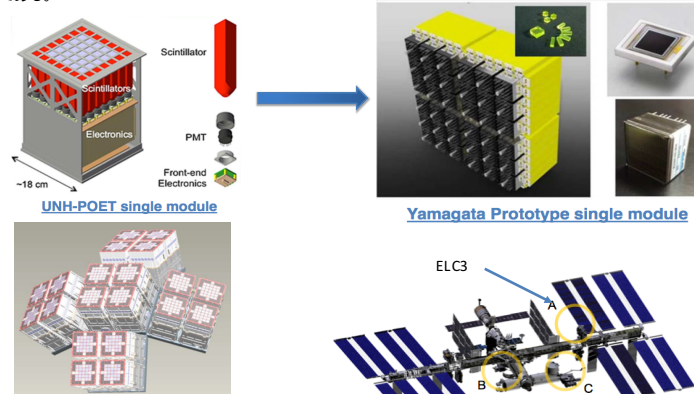


Figure1 (<http://universe-review.ca/I08-08-GRB.jpg>)

ガンマ線バースト偏光度検出器は1.5年の間に30例程度のガンマ線バーストを捕らえ、その中の3例に対しては偏光測定を行う事ができた。特にその中の2例に関しては、非常に高い偏光度が観測された事から、シンクロトロン放射が有力だと考えられるが、例が少なく偏光度の誤差も大きいことから確実な事がまだ分かっていない。そこで、我々はより大型で高性能のGRB偏光度検出器を開発し、それを宇宙ステーションに搭載する計画を立案している。これがLEAP計画である。

## LEAP Project

コンプトン散乱型の偏光計を十数モジュール宇宙ステーションに搭載し(ELC3 and/or JEM)、2年間で100個近いGRBの偏光観測を目指している。現在モジュール偏光計のデフォルトタイプはニューハンプシャーで開発されたPOETをベースにしているが、我々はさらに高性能な偏光計を開発するため、MAPMT、GAGG、APDを使った独自の検出器開発を進めている。最終的に何モジュールを搭載するかまだ未定だが、検出器の面積はトータルで3m<sup>2</sup>程度、重量は~2000kg、電力は~1500W程度となる予定である。



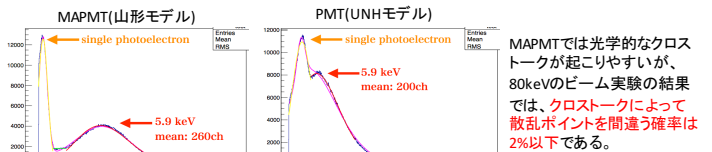
Nov. 2014: コラボレーションを非公式にスタート  
Aug. 2015: 山形大学とNASA/MSFCの間で International Visiting Researcher Programを締結  
Nov. 2015: Advanced Concept Office(MSFC)へのInterview  
Nov. 2015: 日本で偏光RG設立  
Apr. 2016: 第二段階の内部レビュー(Gate A)  
Sep. 2016: 第二段階の内部レビュー(Gate B)  
Dec. 2016: 第三段階の内部レビュー(Gate C)  
Dec. 2016: MoOにプロポーザル提出  
??? 2022: ISSへ搭載、観測開始

以上のロードマップに加えて、2016年の早い時期に日本においてLEAPワーキンググループの設立を目指す。また日本側から1億円程度の開発費を捻出する必要があるため、その予算獲得も数年内に行う必要がある。

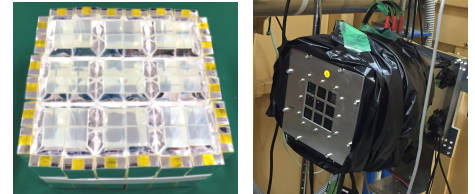
Science Team		
Role	Name	Org.
Principal Investigator	Mark McConnell	UNH
Instrument Manager	John Mason	UNH
Science Operations	Mark Churrier	UNH
UNH Science Team	James Ryan	UNH
	Joseph Dwyer	UNH
	Jason Legere	UNH
Instrument Development	Peter Blower	UNH
	Shaichi Gunji	Yamagata University
MSFC Principal Investigator	Jessica Gaskin	MSFC / ZP12
Project Manager	Steve Pavelliz	MSFC / ZP21
Project Manager	Colleen Wilson-Hodge	MSFC / ZP12
MSFC Science Team	Stephan Daigle	MSFC / ZP12
	Robert Press	MSFC / ZP12
	Douglas Swartz	MSFC / ZP12

## Bread Board Model

POETではR9880U-210というPMTを使う予定であり、我々はR11265-200-M16というMAPMTを使用する予定である。どちらも光電面はウルトラバイアルカリであるが、R9880U-210は受光面が小さい。そのため、山形モデルのフォトンの集光効率の方が2倍程度高く、スレッシュホールドをより低くでき、低エネルギー側の検出効率をさらに向上できる。

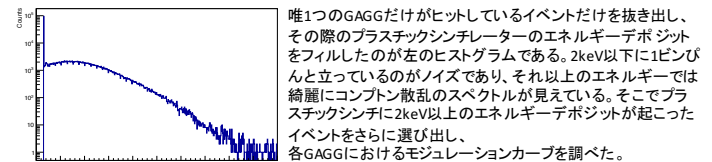


プラスチックシンチレーター36本+9本のMAPMT、GAGG24個と+APD24個でできた4分の1サイズのブレッドボードモデルを製作し、2015年12月にKEKで偏光ビームを照射する実験を行った。

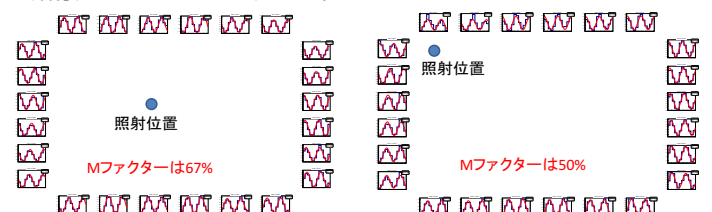


## Preliminary Performance

80keVの偏光ビーム(偏光度85%)を様々なプラスチックシンチレーターの中心に照射し、検出器を回転させて、各々の角度でAPDに吸収されたイベント数を調べた。トリガーは24個のGAGG信号のORである。



典型的な2箇所の照射位置でのそれぞれのGAGGのモジュレーションカーブが示されている。照射はプラスチックシンチレーターの中心のみに行われたため、全体に照射した場合よりもより綺麗なモジュレーションカーブになっている。



6箇所のプラスチックシンチレーターで得られたモジュレーションファクターの値が左図に示されている。対称な位置のモジュレーションファクターは原理的に同じなので、それを考慮して全体のモジュレーションファクターを求める。なおweightとは、検出効率を考慮した重みである。  
67% × 4個 × weight1+64% × 8個 × weight2+49% × 8個 × weight3+63% × 4個 × weight4+57% × 8個 × weight5+50% × 4個 × weight6=57%  
すると最終的に57%という値を得た。

## Future Plan

- 1) 以上の結果はプラスチックシンチレーターの中心にビームを照射した場合の結果である。シミュレーションで中心に当たった場合と外れた場合で、どの程度の差が生じるのかを調べ、実際のモジュレーションファクターの値を調べる。
- 2) 検出効率を正しく計算するには、各検出器のエネルギーキャリブレーションが必要となる。現在の解析ではプラスチックシンチレーターのキャリブレーションデータだけを使っているため、今後GAGG+APDのキャリブレーションデータも使って解析を行う。
- 3) 現在BBMの結果を受けて、Engineering Model(EM)の設計を行っている。EMは完全に1つのモジュールになり、振動や衝撃もクリアするように設計する予定である。すでにEMを作るためのシンチレーターと光検出器の発注がほぼ終わっており、3月までに納入される予定である。また現在EMのための回路の基礎設計を行っており、今年の4月からその開発が始まる。今年の12月までにEMを作る事を目標としている。