

# 木曾シュミットシンポジウム 2008

## 「追跡望遠鏡 WIDGET-L の開発と現状」

埼玉大学大学院理工学研究科 田代・寺田研究室  
菅佐原たか子

ガンマ線バースト (GRB) は、宇宙遠方において短時間に莫大な量の線を放出する、爆発現象である。GRB の研究は近年、急速に進められている。今尚、多くの謎に包まれた現象である。この GRB を可視光で捉えるために、我々の研究室では、東京大学木曾観測所に小型の自動化望遠鏡の導入を計画している。今回、その開発と現状について発表する。

### GRB の残光と発生のメカニズム

GRB の謎を解く手がかりに、残光がある。残光とは、GRB 発生後に X 線から電波までの広い波長域において減光していく現象である。この残光は 1997 年、BeppoSAX 衛星によって初めて捉えられた。残光により、分角での位置測定が可能となり、その位置に大型の望遠鏡を向けたところ、GRB の母銀河が発見され、赤方偏移より、GRB までの距離が正確に測れるようになった。これにより、GRB が宇宙遠方で起こる現象であることが明らかとなった。

残光からわかることは、GRB までの距離だけではない。GRB の発生のモデルとして、現在提唱されているものに、Fire ball モデルがある (図 1)。このモデルによると、中心天体が爆発を起こすと、粒子が光速に近い速度でシェル状に噴出される。このシェル同士が衝突・合体を起こすことによって、内部衝撃波が生成される。この衝撃波面から、X 線が放射され、ドップラー効果により、地球からは線として観測される。また、シェルと星間物質の衝突により、外部衝撃波が生成され、X 線や可視光、電波が発生する。これが残光として観測される。このモデルから考えると、残光は GRB が発生した周りの環境に依るといえる。残光は十分な時間が経つと、ベキ乗で減光するが、早期のふるまいは異なることが観測事実として知られている。この違いが GRB の周辺環境や衝撃波面にあると考えると、中心エンジンに近い情報を持つと考えられる早期の残光は、残光のふ

るまいの違いを表す手がかりになる。それには、早期の観測が必要となってくる。

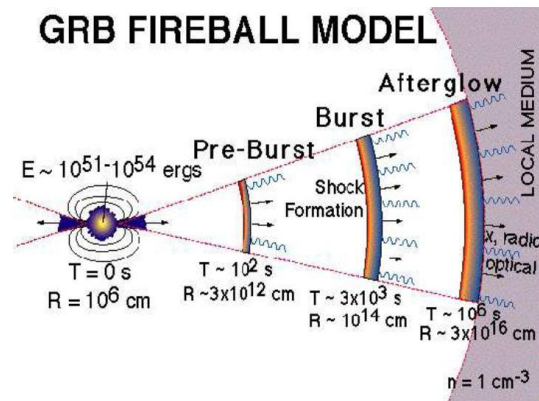


図 1: Fire ball モデル

## 地上観測の現状と WIDGET-L の導入

現在 GRB の観測は、衛星による宇宙空間からの観測と地上からの観測がある。地上の望遠鏡は衛星からの GRB 発生速報 (GCN, GRB Coordinates Network) を受け取り、その方向に向き観測を開始する。Swift 衛星の場合では、GRB からの 線を検出すると位置を計算し、約 20 秒程度で地上へと速報を流す。このように、早ければ、発生後 20 数秒からの観測が可能となるので、早期の観測には、自動化望遠鏡の導入が必要となる。/// 現在、木曽観測所には、GRB 発生前後の閃光を捉えることを目的とした超広視野望遠鏡 WIDGET と、口径 105cm、限界等級 22 等級の Schmidt 望遠鏡がある。図 2 は、それぞれの観測領域を示したものである。いままでは、WIDGET の観測領域と Schmidt 望遠鏡の観測領域の間、バースト発生から 20 ~ 1000 秒、13 ~ 17 等級のところ観測できていなかった。ここは、図 2 からわかるように、減光のふるまいが様々なところが含まれていた。今回、WIDGET-L を導入することでこの領域の観測が新たに可能となるため、GRB 発生直後からの連続した観測が可能となる。

### 1 WIDGET-L

前章で述べた通り、早期の観測には、自動化望遠鏡が必要となる。望遠鏡に必要なスペックは、以下の通りである。

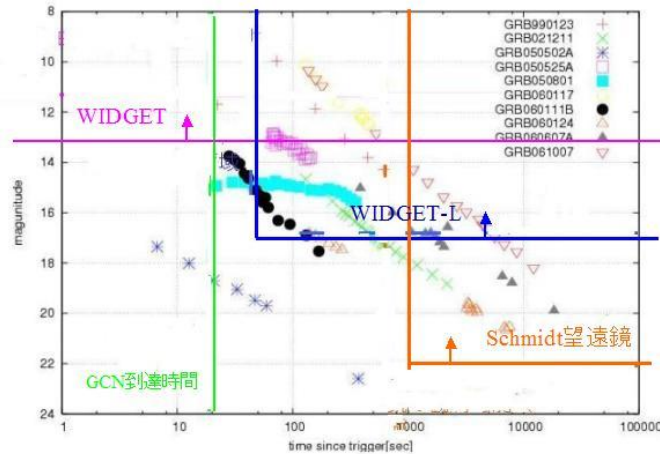


図 2: WIDGET、WIDGET-L、Schmidt 望遠鏡の観測領域

- 速報位置のエラーサークルが十分入る視野 (Swift/BAT のエラーサークル  $> 3^\circ$ )
- 目的の座標に、10 数秒 ~ 数 10 秒で導入が可能 ( $> 5^\circ/\text{sec}$ )
- ある程度の暗さの天体 ( $< 17$  等級) を捉えられる能力 (残光の約 10%)

本研究で使用する WIDGET-L が上記の要求を満たしているかを検討してみると、

1. 望遠鏡と CCD を合わせた時の視野は、 $18^\circ \times 18^\circ$  なので、Swift/BAT のエラーサークルが十分に入る。
2. 望遠鏡の導入速度を  $4.5^\circ/\text{sec}$  なので、目的の座標まで、早ければ 10 数秒程で導入可。
3. 限界等級は、木曽の空、5 秒積分でシミュレーションすると、17 等級。

となり、必要な要求を満たしていると言える。

また、望遠鏡・CCD カメラの動作はプログラムによって制御され、観測開始から終了までの過程を自動で行う。



図 3: WIDGET-L で使用する望遠鏡



図 4: CCD カメラ

## 観測の流れ

次に、WIDGET-L の観測の流れについて述べる。WIDGET-L では、大まかに分けて、昼運用と夜運用があるが、この切替えには太陽高度を用いる。太陽高度が $-12^\circ$ 以下となれば、夜運用と判断し、観測に入る。夜運用に入るとまずは、GRB の速報があるかどうかを見に行く。WIDGET-L では、衛星からの速報をメールの形で受け取り、そこに書かれている座標をファイルに書き込む。このファイルを 2 秒おきに読みに行くことで、GRB が起きていることを判断する。GRB 発生 の速報があったら、次に観測が可能かどうかを判断する。WIDGET-L の観測条件は、高度が $15^\circ$ 以上、 $-30^\circ < \text{Dec} < 60^\circ$ である。観測小屋は屋根が開くタイプであり、望遠鏡をピラーにのせて設置すると、高度が $15^\circ$ 以下の観測はできない。また、Dec が $-30^\circ$ 以下では南天の空となり、 $60^\circ$ 以上では、望遠鏡のフォークアーム部と CCD カメラがぶつかってしまうので、禁止領域とした。観測条件を満たす時望遠鏡はその座標に向き、追跡観測を行う。現在のところ、西の空、高度 $15^\circ$ になるまで観測を行う。

GRB の速報がない場合、もしくはあっても観測条件に満たない場合は、2nd target の観測に入る。ここで、2nd target とは、ブレーザーなどの変光星を想定している。座標は、予めファイルに書いておき、それを読みに行く。そして観測条件に合う場合は、追跡観測を開始する。2nd target を観測している途中でも、GRB が発生した場合に対処するため、GRB の速報の有無は 2 秒おきに読みに行く。そして、速報があり、観測条件も満たす場合は、2nd target の観測を取り止め、GRB の観測に移る。

このように、WIDGET-L では、GRB の観測を主目的としつつも、変光星の観測にも考慮した設計にしている。

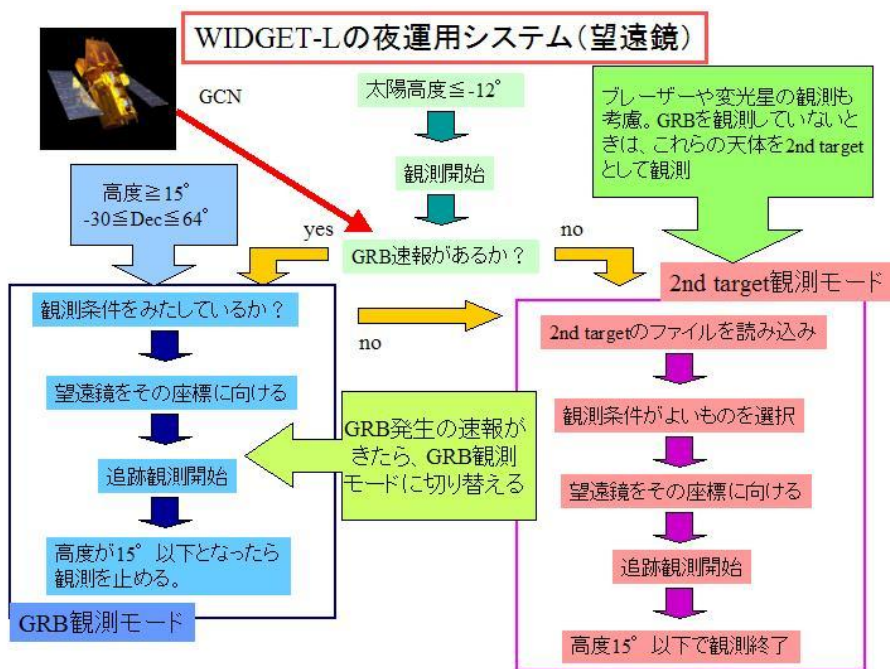


図 5: WIDGET-L の観測の流れ

## まとめ

ここまで述べてきた通り、WIDGET-L は、GRB 早期観測に必要なスペックを揃えているといえる。現在までに、望遠鏡と CCD の制御プログラムは、ほぼ完成しており、これらを完全なものとするとともに、極軸合わせの確認もしなくてはならない。予定としては、今年中に木曾へ移設し、初期運用、性能評価を行う予定である。