

MITSuME-Okayama: ガンマ線バーストの残光自動解析システムD50の構築

黒田大介, 柳澤顕史, 清水康広, 長山吾吾, 戸田博之(国立天文台), 吉田道利(広島大学),
太田耕司(京都大学), 下川辺隆史, 森由希, 河合誠之(東京工業大学)

ガンマ線バーストの残光は発生後、急激に暗くなり数時間後には観測できないことがほとんどである。衛星から発生のアラートを受けた地上の望遠鏡は、迅速な観測と解析を行い、その結果をGamma-ray bursts Coordinates Network (GCN) Circularsに報告することが重要となる。

岡山天体物理観測所のMITSuME50cm望遠鏡と3バンド同時測光カメラは、ガンマ線バーストの残光を多波長で観測できるシステムである(詳しくは柳澤,他のポスターを参照)。このシステムの観測データを迅速に解析を行うために2段階の自動解析パイプライン(D50)を構築したので報告する。

ガンマ線バースト観測モード

アラート受けると観測可能な場合は、1ショット60秒露出で観測を開始する。ターゲット位置を中心に3×3のディザリングを1セットとして繰り返し観測をする。

自動解析パイプラインD50

①リアルタイム解析(常時実行される)

データが取得された後、2から3分のディレイで処理を開始する。

- 位置座標(World Coordinate Systems)の決定。
 - この位置座標を基に器械等級と恒星カタログを比較し、フィールドのゼロ点の計算。
- このゼロ点の値は、空の条件を判断するために使い、後の解析対象となるフレームを選ぶ指標となる。

②ガンマ線バーストの残光検出のための解析

C. 1次処理

ダークフレーム : 観測開始前に30枚程度取得。
フラットフレーム : ディザリングしたスカイフラット。

D. 位置合わせ+重ね合わせ

WCSの情報を基に位置を合わせ、10分,20分,30分,60分,90分,120分の積分フレームを作る。それぞれゼロ点の等級と限界等級(S/N-3)を計算をする。

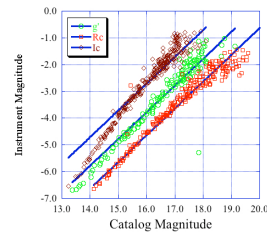
E. 天体の検索

衛星からの位置情報を基に、カタログにない光源を検索する。未知光源が発見されればアパーチャ測光してDで求めたゼロ点を基準に等級を換算する。
未検出の場合は、限界等級を報告する。

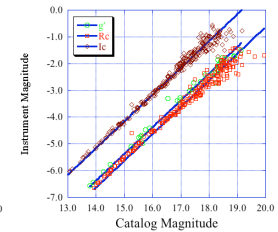
等級リファレンスとしてGSC2.3を使用

一般によく使われるUSNO-B1 (Monet et al., 2003)やNOMAD(Zacharias et al., 2005)のカタログは、下図に示すように広域にわたって傾き1の線形性が保たれておらず、等級を決めるリファレンスとして適切ではない。一方で、GSC2.3(Lasker et al., 2008)は良い線形性を保ち、SDSSカタログと換算等級の比較においてもその残差が最も小さい(0.1mag程度)ことが示されている(Sear et al., 2006)。

USNO-B1, NOMAD



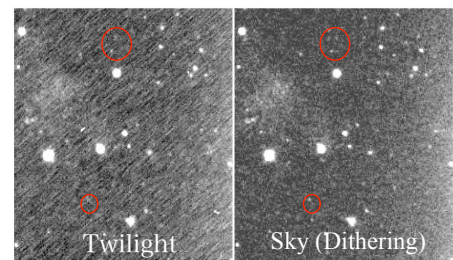
GSC2.3



スカイフラットを使用する理由

高照度のトワイライトフラットを使用した場合、CCDカメラの特性に起因すると考えられる下図に示すようなスクラッチパターンが出現した。一方で、ディザリングして観測したスカイフラットを使用すると、そのパターンはなくなり、より深く検出できるようになった。

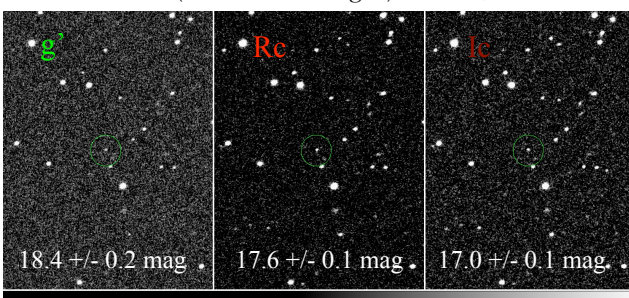
R-band
3600秒積分



SExtractor, WCSTools, PyRAFなどの解析ソフトウェアを組み合わせるRubyスクリプトから実行している。

自動解析パイプラインD50は、各バンド並列に処理され、5分程度で一連の解析を終える。その解析結果をまとめ、メールで報告する。下記にその一例を示す。

GRB091208B (60sec x 9 images) の残光検出画像



メールで送信される解析結果

```
#Auto Analysis Results for GRB091208B
#ID#    MID-UT    T-EXP    g'    r'    i'    Rc    Rc_err    Ic    Ic_err    Ic_err
0.00855 10:02:17  540.0    18.466  17.560  17.560  0.120  17.666  0.150
0.01615 10:13:14  540.0    18.100  17.560  17.560  0.120  17.666  0.150
0.02375 10:24:11  540.0    18.203  17.883  17.883  0.148  17.666  0.279
0.03135 10:35:03  540.0    18.211  18.487  18.487  0.297  17.224  0.162
0.03895 10:45:56  540.0    18.553  20.229  20.229  0.639  17.761  0.241
0.04655 10:57:00  540.0    19.121  19.068  19.068  0.183  17.671  0.243
0.05415 10:12:04  1500.0    18.514  17.897  17.897  0.114  17.389  0.138
0.06175 10:42:06  4440.0    19.057  18.328  18.328  0.102  17.689  0.117
0.13060 12:15:02  5820.0    20.466  19.182  19.182  0.217  19.217  0.217

#ID#    MID-UT    T-EXP    g'    r'    i'    Rc    Rc_err    Ic    Ic_err    Ic_err
0.00855 10:02:17  540.0    5.0    5.0    5.0    9.6    7.5
0.01615 10:13:14  540.0    6.7    6.7    6.7    9.2    5.2
0.02375 10:24:11  540.0    5.9    6.7    6.7    9.9    3.9
0.03135 10:35:03  540.0    4.4    3.7    3.7    6.9    4.6
0.03895 10:45:56  540.0    3.9    4.6    4.6    6.1    4.2
0.04655 10:57:00  540.0    3.0    4.1    4.1    5.0    3.0
0.05415 10:12:04  1500.0    7.1    10.2    10.2    8.2
0.06175 10:42:06  4440.0    6.2    11.0    11.0    9.8
0.13060 12:15:02  5820.0    3.0    3.0    3.0    3.0

#ID#    MID-UT    T-EXP    g'_SD    r'_SD    i'_SD    Rc_SD    Rc_err    Ic_SD    Ic_err    Ic_err
0.00855 10:02:17  540.0    -0.5    -0.5    -0.1    -0.3    -0.4    -0.6
0.01615 10:13:14  540.0    -0.3    -0.5    -0.3    -0.4    -0.1    -1.0
0.02375 10:24:11  540.0    -1.5    -1.3    -0.8    -0.8    -0.2    0.4
0.03135 10:35:03  540.0    0.3    -0.5    0.1    -0.3    0.0    -0.7
0.03895 10:45:56  540.0    -0.2    -0.7    0.1    -1.3    0.0    -0.6
0.04655 10:57:00  540.0    99.9    99.9    0.2    -1.3    -0.9    -1.5
0.05415 10:12:04  1500.0    0.3    -0.9    0.1    -0.6    -0.3    -0.4
0.06175 10:42:06  4440.0    -0.2    -0.8    0.0    -1.1    -0.3    -0.7
0.13060 12:15:02  5820.0    99.9    99.9    99.9    99.9    99.9    99.9
```

現在は、GCN Circularへ観測報告する前に、必ず画像の確認を行っている。この部分の自動化が次の課題である。