

# MITSuME 岡山望遠鏡による6年間の GRB フォローアップ観測

柳澤顕史<sup>1</sup>, 黒田大介<sup>1</sup>, 吉田道利<sup>2</sup>, 戸田博之<sup>1</sup>, 長山省吾<sup>1</sup>, 清水康広<sup>1</sup>, 沖田喜一<sup>1</sup>, 太田耕司<sup>3</sup>, 河合誠之<sup>4</sup>  
 on behalf of the MITSuME collaboration. <sup>1</sup> OAO/NAOJ, <sup>2</sup> 広島大学, <sup>3</sup> 京都大学, <sup>4</sup> 東京工業大学

## はじめに

Multi-color Imaging Telescopes for Surveys and Monstrous Explosions (MITSuME)はGRB可視残光を、地上望遠鏡群で多色測光観測するプロジェクト(代表:河合)である。多色測光の目的は、放射領域の物理状態を解明すること、およびライマン吸収端を利用して距離を計測することにある。このフォローアップ・プロジェクトは天候補償を目的として3つサイト(明野、石垣島、岡山)に置かれた地上望遠鏡で行われている。中でも、岡山の望遠鏡(MITSuME 岡山望遠鏡)は最初に稼働し、2004年のファーストライト以来、順調に観測を継続してきた。本報告では、観測施設とその制御を概説し、これまでの観測結果について報告する。

## 望遠鏡とドーム

MITSuME 岡山望遠鏡は口径50cmの自律型望遠鏡で、GRBのフォローアップを主たる目的として製作され、岡山天体物理観測所構内に設置された。この望遠鏡は、クラシカルカセグレン光学系にコマ収差補正レンズを併用した光学系を採用しており、取り付けられた撮像装置により26 x 26 arcmin<sup>2</sup>の広視野を一度に撮像することができる。望遠鏡架台は高出力モーターによる高速化が施されており、最大指向スピード6 deg./secで駆動できる。それゆえ何れの方向でも1分以内に指向することができる。ドームにも高出力モーターを取り付けてあり、その最大スピードは9.3 deg./secである。それゆえ、180度反対側に指向するのに僅か20秒しかかからない。この高速駆動システムにより、これまでGRB発生後40秒後より観測を始めたことがある。この望遠鏡に関わる全ての周辺装置類(モーター、スイッチなど、CCDカメラは除く)は岡山天体物理観測所で開発されたマイコンボード(Hitachi H8 series)で制御されている。通信は、RS-232C, 18,900 baud である。

## 3バンド同時撮像カメラ

図1は、カセグレン焦点に取り付けられた3バンド(SDSS-g', Rc, Ic)同時撮像カメラの構造を示している。このカメラは、2つのダイクロイックミラーで入射光束を3つに分割し、それぞれのアームに割り当てられた1台のCCDカメラ(Alta-U6, Apogee, USA)で画像を取得している。なお、カメラの直前にフィルターを置くことで、測光バンドを確立している。

表 1: MITSuME 岡山望遠鏡の諸元

Telescope	
Diameter	500mm
Optics	Classical Cassegrain reflector + Coma corrector
F ratio	F/6.5
Hartmann constant	0.7 arcsec
Mount	Fork equatorial
Max. slew speed	6 deg./sec
Pointing accuracy	9 arcsec
Dome	
Diameter	4m
Max. speed	9.3 deg./sec (39 sec/rev)
CCD Camera	
Type	ALTA U6 (Apogee, USA)
CCD	KAF-1001E (KODAK, USA)
Format	1024 x 1024
Field of View	26 arcmin. x 26 arcmin.
Image scale	1.5 arcsec/pix
Filters	
Filters	SDSS g', Rc, Ic (Asahi Spectra)
Beam splitter	Dichroic mirrors (Asahi Spectra)
Sensitivity	
Limiting mag. <sup>**</sup>	g'=18.4, Rc=18.5, Ic=17.7

<sup>\*\*</sup> The limiting magnitudes were defined as detection limit at S/N=10 with 10 min exposure.

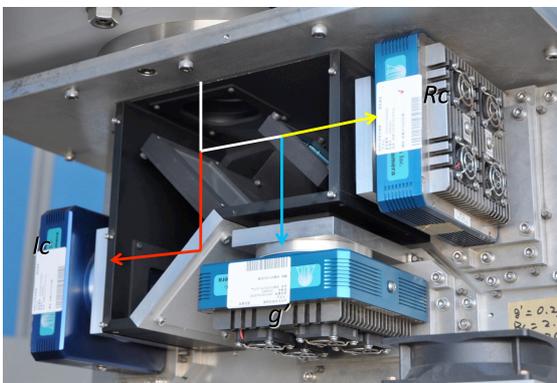


図1: 3band同時撮像カメラの構造

## ソフトウェア

MITSuME 岡山望遠鏡は3つのサーブソフトウェア(cont50, altad, obs)で制御されており、GRBの観測データは専用バイブライン(D50)で処理されている(図3)。

Cont50は、望遠鏡、ドーム、およびすべての周辺装置を監視・制御している。より正確には、モーター類やスイッチ類を直接制御しているマイコンボードと通信制御をおこなっている。なお、Cont50は、188 cm望遠鏡の制御ソフトである cont74-II [1]を改変したものである。

Altadは、3台のALTA-U6 CCDを同時制御している。個々のCCDカメラの制御には Random Factory (USA) から提供されているドライバソフトウェアを改変・利用している。

Obsは、cont50とaltadを統括し、スケジューラにしたがって自律観測を行う実体である。obsは dispatch-type のスケジューラを内包しており、観測天体の優先度や観測条件のよって決まるスコアにより観測天体を決定するほか、GCN アラートを受け取る機能も備えている。GRBの観測が可能な場合は現行の観測を停止し、即座にGRBに指向して連続撮像観測を実施する。

D50は、GRB観測画像を処理する解析バイブラインである。GRB観測フレーム生成後に処理が開始され、残光の検出と測光を行う。一連の処理は5分で終了する。詳細は、黒田・他のポスター参照のこと。

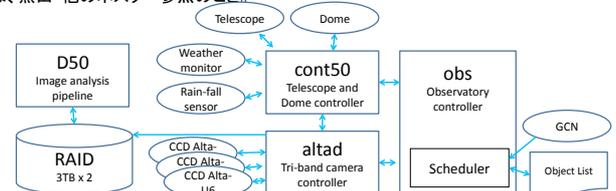


図 2: MITSuME岡山望遠鏡のソフトウェア構造。

## これまでの観測結果と、MITSuME岡山望遠鏡がとらえた最遠のGRB

2004年のファーストライト以来、2010年8月12日現在で、我々は136のGRBを観測し、27のイベントで光学残光を検出した。また、天候がよく、報告の価値のある50のイベントについて、GCN サーキュラーに観測結果を投稿した。表3に、測光を行ったイベントのリストを示す。

MITSuME 岡山望遠鏡がとらえた最も遠い GRB は GRB060115 である。図3に示したスタック画像が示すように、Rc、Ic-bandには残光が認められるが、g'-bandには見当たらない。これは、g' drop-out イベントを示している。我々の報告[2][3]を受け、イタリアのグループが ESO-VLT FORS1 で分光観測を行い、z=3.52 であることを確認した[4]。この観測結果は、g'-bandに残光が見つからないことと矛盾しない。なお、GRB060115の観測に成功したのは東アジア・オセアニア地域では我々だけであった。

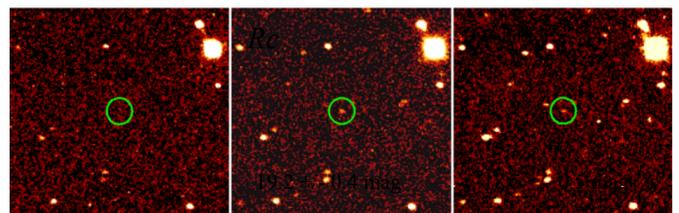


図3: MITSuME 岡山望遠鏡がとらえた z=3.52 のGRB060115.

表2: MITSuME 岡山望遠鏡が測光を行った GRB の一覧

GRB id	Exp. (min)	DTT	IC	I err	Rc	Rc err	g'	g' err	V	V err	GCN No.
041006	10	yes	18.57	0.30	18.75	0.17	-	-	18.96	0.23	-
041016	No	-	18.0	-	18.5	-	-	-	18.0	-	GCN 2818
041211	No	-	19.8	-	20.0	-	-	-	19.8	-	-
050319	30	yes	6.835	0.15	7.091	0.18	-	-	6.993	0.24	-
050408	37	no	-	-	17.8	-	-	-	-	-	GCN 3195
050416	40	no	19.0	-	-	-	-	-	19.0	-	-
050432	74	no	-	-	18.2	-	-	-	-	-	-
050526	40	no	20.13	0.20	20.30	0.17	-	-	19.2	-	GCN 3495
050711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
050911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
050915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
051227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
060105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
060108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
060110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478
060118	5	yes	18.3	0.1	18.0	0.1	18.5	0.1	18.5	0.1	GCN 4486
060115	34	yes	17.9	0.4	18.1	0.5	-	-	18.4	0.1	GCN 4511
060218	81	yes	16.61	0.14	17.03	0.12	17.41	0.12	-	-	-
060403	18	no	19.78	-	19.8	-	-	-	-	-	-
060503	44	no	19.9	-	20.5	-	-	-	-	-	GCN 4954
070125	23	yes	18.0	0.3	18.8	0.2	19.6	0.2	-	-	GCN 6550
070220	105	no	20.0	-	-	-	-	-	-	-	GCN 6123
070311	76	no	19.2	-	19.0	-	-	-	-	-	GCN 6193
070419A	106	yes	19.8	0.2	19.5	0.2	19.6	0.2	-	-	GCN 6392
070610	12	no	19.0	-	18.9	-	-	-	-	-	GCN 6511
070615A	4	yes	17.1	0.3	17.6	0.1	18.0	0.1	-	-	GCN 6551
070615	5	no	19.4	-	19.8	-	-	-	-	-	GCN 6552
071011	600	yes	18.2	0.4	18.0	0.3	-	-	-	-	GCN 6922
071011	20	no	18.7	-	19.1	-	-	-	-	-	GCN 6975
071112C	1	yes	16.4	0.1	17.0	0.1	17.1	0.1	-	-	GCN 6987
071118	5	yes	17.8	0.5	18.5	0.5	18.9	0.5	-	-	GCN 7107
080012	10	yes	17.80	0.20	17.77	0.20	18.40	0.26	-	-	GCN 7395
080229	5	yes	17.1	0.3	17.8	0.2	17.5	0.2	-	-	GCN 7341
080307	40	no	18.7	-	19.3	-	-	-	-	-	GCN 7376
080310	60	yes	19.1	0.2	19.7	0.3	20.0	0.3	-	-	GCN 7410
080306	3	yes	17.96	0.11	17.96	0.11	-	-	17.96	0.11	-
080304	40	yes	18.6	0.4	19.2	0.2	19.0	0.2	-	-	GCN 7821
080319	60	yes	19.03	0.38	20.58	0.32	-	-	-	-	GCN 7863
080408	37	no	-	-	17.8	-	-	-	-	-	-
080416	40	no	19.0	-	-	-	-	-	19.0	-	-
080432	74	no	-	-	18.2	-	-	-	-	-	-
080526	40	no	20.13	0.20	20.30	0.17	-	-	19.2	-	GCN 3495
080711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
080911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
080915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
081227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
080105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
080108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
080110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478
080118	5	yes	18.3	0.1	18.0	0.1	18.5	0.1	18.5	0.1	GCN 4486
080115	34	yes	17.9	0.4	18.1	0.5	-	-	18.4	0.1	GCN 4511
080218	81	yes	16.61	0.14	17.03	0.12	17.41	0.12	-	-	-
080403	18	no	19.78	-	19.8	-	-	-	-	-	-
080503	44	no	19.9	-	20.5	-	-	-	-	-	GCN 4954
080711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
080911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
080915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
081227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
080105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
080108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
080110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478
080118	5	yes	18.3	0.1	18.0	0.1	18.5	0.1	18.5	0.1	GCN 4486
080115	34	yes	17.9	0.4	18.1	0.5	-	-	18.4	0.1	GCN 4511
080218	81	yes	16.61	0.14	17.03	0.12	17.41	0.12	-	-	-
080403	18	no	19.78	-	19.8	-	-	-	-	-	-
080503	44	no	19.9	-	20.5	-	-	-	-	-	GCN 4954
080711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
080911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
080915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
081227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
080105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
080108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
080110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478
080118	5	yes	18.3	0.1	18.0	0.1	18.5	0.1	18.5	0.1	GCN 4486
080115	34	yes	17.9	0.4	18.1	0.5	-	-	18.4	0.1	GCN 4511
080218	81	yes	16.61	0.14	17.03	0.12	17.41	0.12	-	-	-
080403	18	no	19.78	-	19.8	-	-	-	-	-	-
080503	44	no	19.9	-	20.5	-	-	-	-	-	GCN 4954
080711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
080911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
080915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
081227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
080105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
080108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
080110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478
080118	5	yes	18.3	0.1	18.0	0.1	18.5	0.1	18.5	0.1	GCN 4486
080115	34	yes	17.9	0.4	18.1	0.5	-	-	18.4	0.1	GCN 4511
080218	81	yes	16.61	0.14	17.03	0.12	17.41	0.12	-	-	-
080403	18	no	19.78	-	19.8	-	-	-	-	-	-
080503	44	no	19.9	-	20.5	-	-	-	-	-	GCN 4954
080711A	15	-	15.5	-	17.7	-	-	-	15.4	-	-
080911	87	no	20.0	-	19.3	-	-	-	19.0	-	-
080915	38	no	19.0	-	19.3	-	-	-	19.7	-	-
081227A	14	no	18.71	-	18.77	-	-	-	18.5	-	GCN 4418
080105	20	no	19.25	-	19.12	-	-	-	-	-	GCN 4430
080108	40	no	19.8	-	19.9	-	-	-	19.6	-	GCN 4451
080110A	10	no	17.3	-	17.8	-	-	-	17.6	-	GCN 4478