

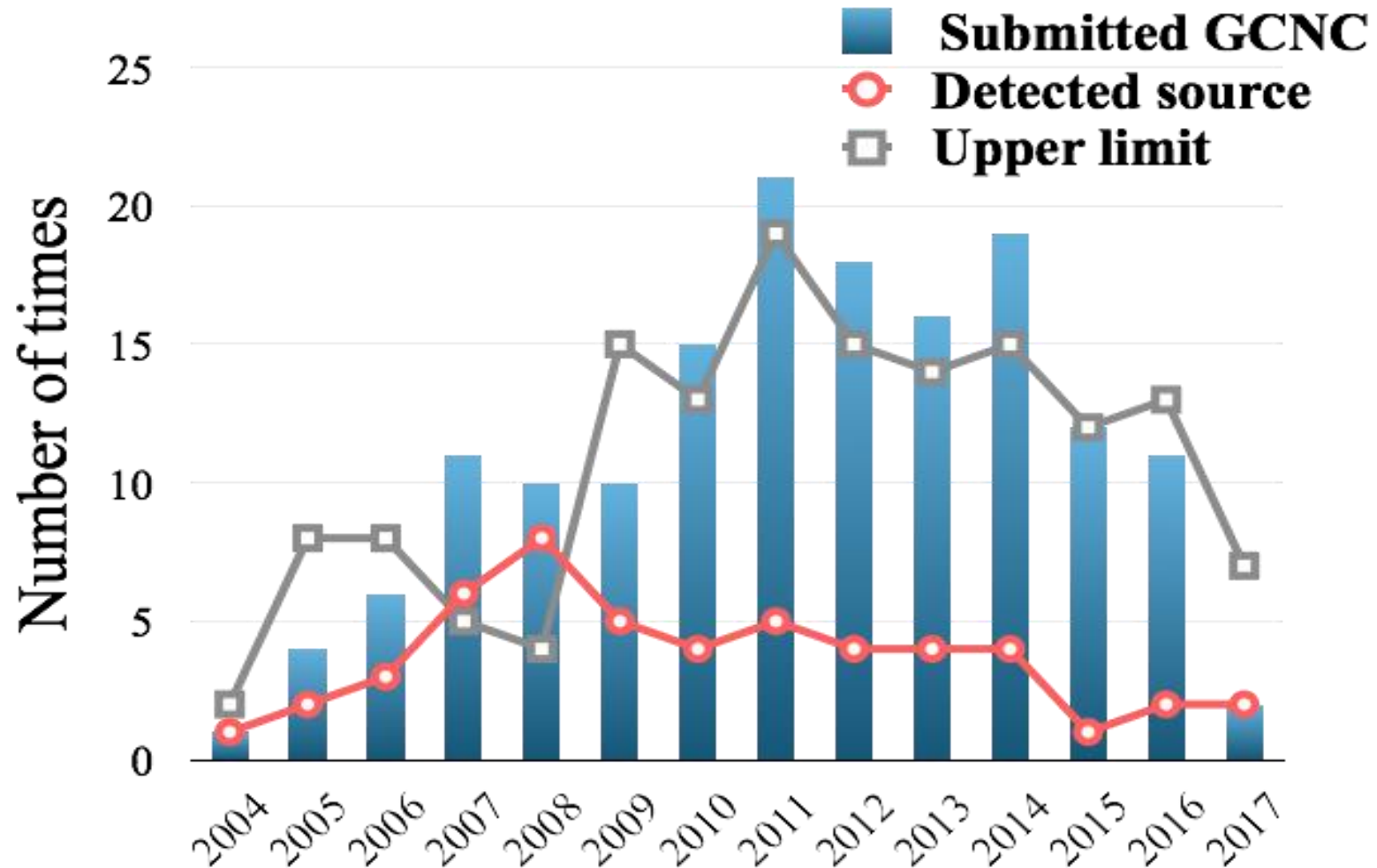
MITSuME望遠鏡とGRB観測

河合誠之
東工大

2017年9月5日 岡山 UM

GRB即時観測実績 ～岡山50cm望遠鏡～

ポスター（黒田大介）



- ✓ 合計201回(年平均15回)の観測と解析
- ✓ 残光検出 合計51回、GCNC投稿数 合計156回(天体別に集計)
- ✓ バースト検出後5分以内の観測開始が20%を占める(2009年からの統計値)
- ✓ アラートから41秒後(入電から26秒後)の観測開始が最速

科研費・学術創成研究 (P.I.河合誠之)

「ガンマ線バーストの迅速な発見、観測による宇宙形成・進化の研究」

X線γ線衛星 と 地上望遠鏡 が一体となって観測

- **ガンマ線バースト斥候衛星**

- ◆ 広視野監視、高感度検出、位置決定、即時通報

- **地上望遠鏡**

- ◆ 衛星からの通報に即時対応
⇒ ロボット望遠鏡（完全自律制御）
- ◆ 可視～赤外多色測光によって
ガンマ線バースト残光の赤方偏移を決定
- ◆ 国内2箇所に設置 --岡山(2003)、明野(2004)



ガンマ線バーストの 迅速な発見、観測による 宇宙形成・進化の研究

専用小望遠鏡の岡山天体物理観測所への設置

河合誠之

東京工業大学 大学院理工学研究科 基礎物理学専攻

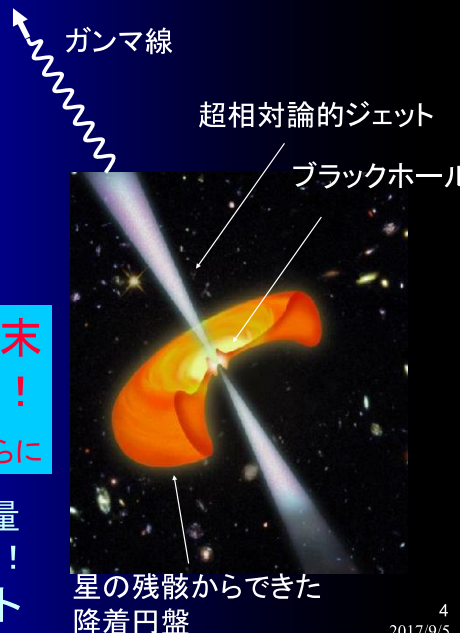
ガンマ線バーストの 起源

- 大質量星の重力崩壊
(極端な超新星)

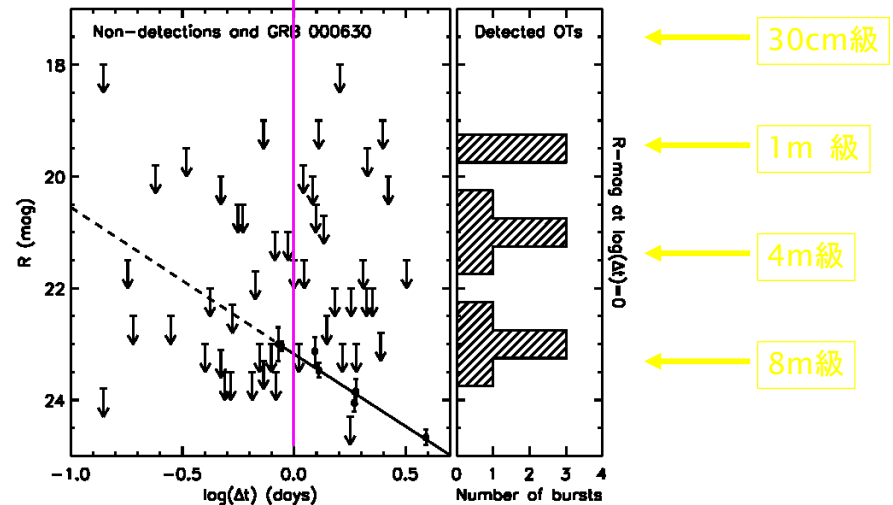
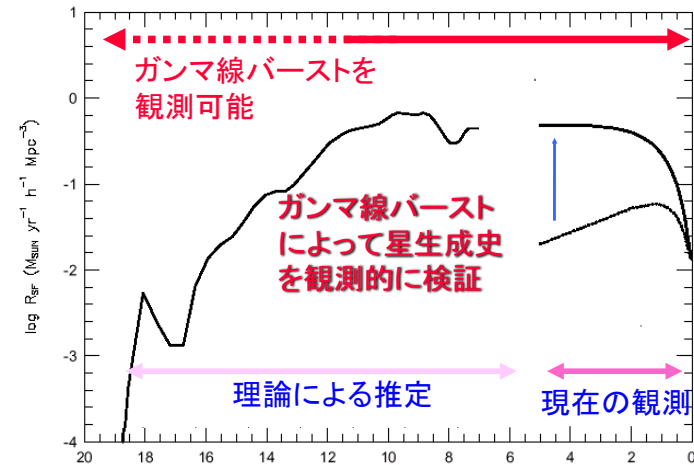
大質量星の終末
.....星の存在の証明！

さらに

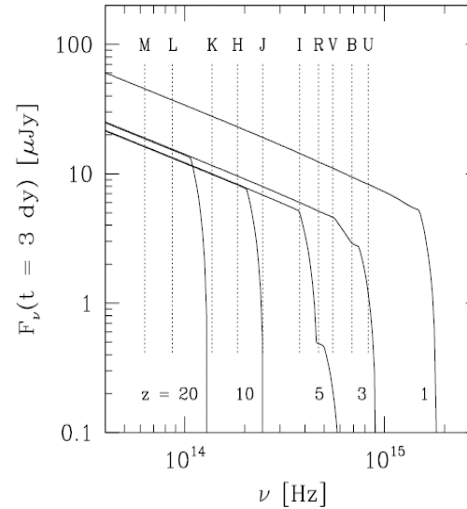
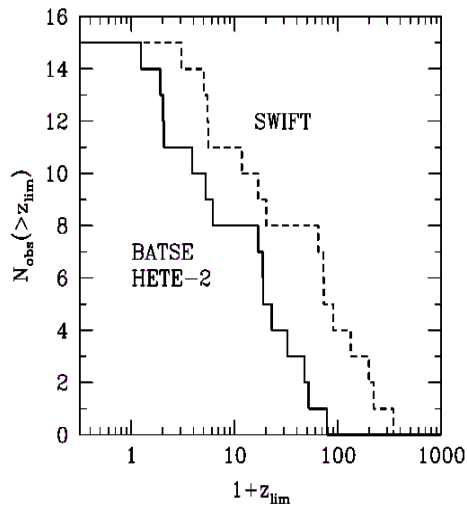
初代の星: 数百太陽質量
必ず重力崩壊するはず！
→ガンマ線バースト



宇宙開闢以来の星生成の歴史



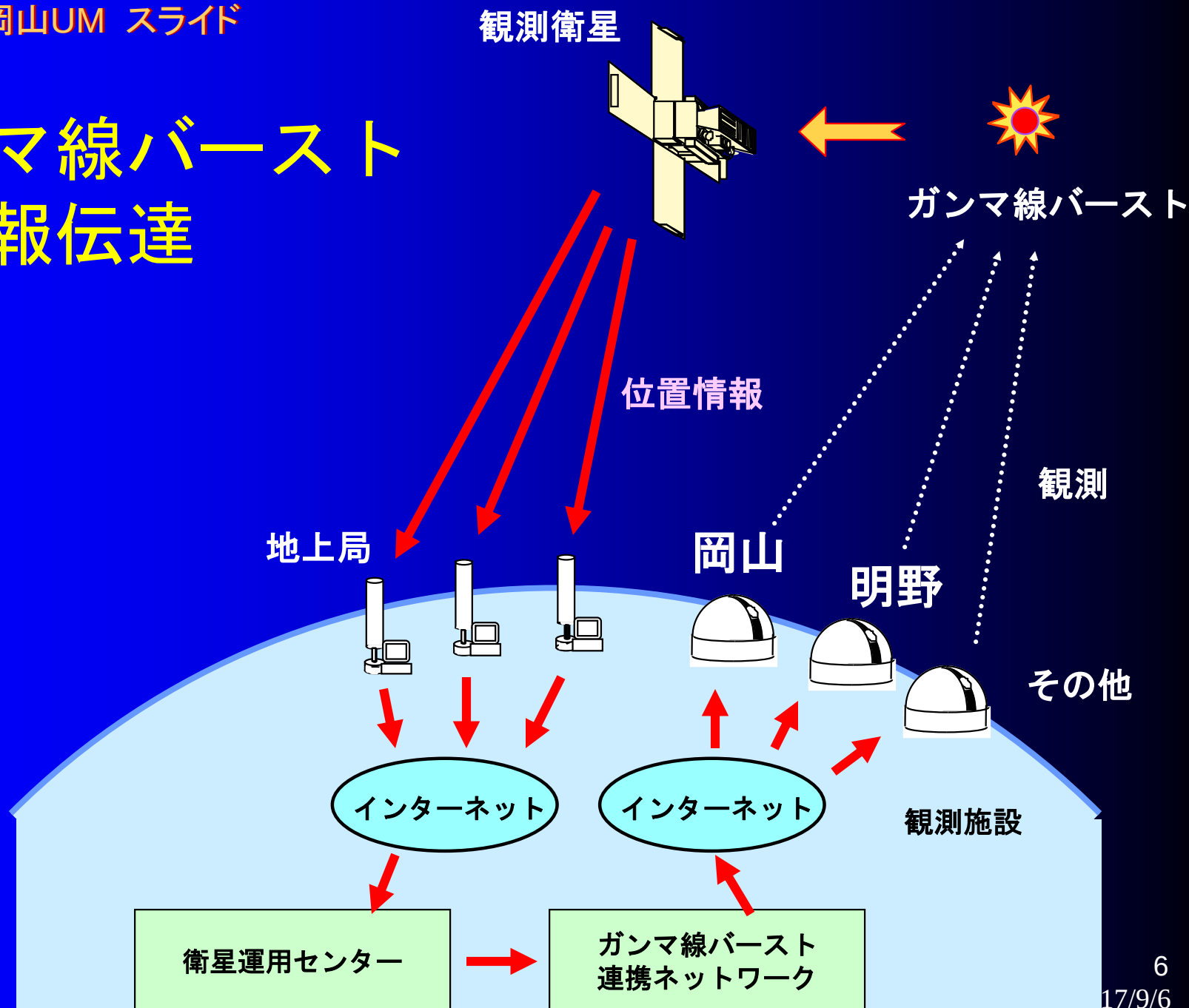
- 減光が早い・観測が遅い
- 高い星間吸収
- 高赤方偏移 (Lyman Drop)



ガンマ線バースト専用小望遠鏡

-
-
-
-
-
-

ガンマ線バースト の情報伝達



岡山天体物理観測所



91 cm NIR

50 cm VRI

設置された可視50cm望遠鏡



光学系: クラシカルカセグレン
+ コマ収差補正レンズ

口径: 50cm

口径比: F/6.5

焦点スケール: 63.5 arcsec/mm

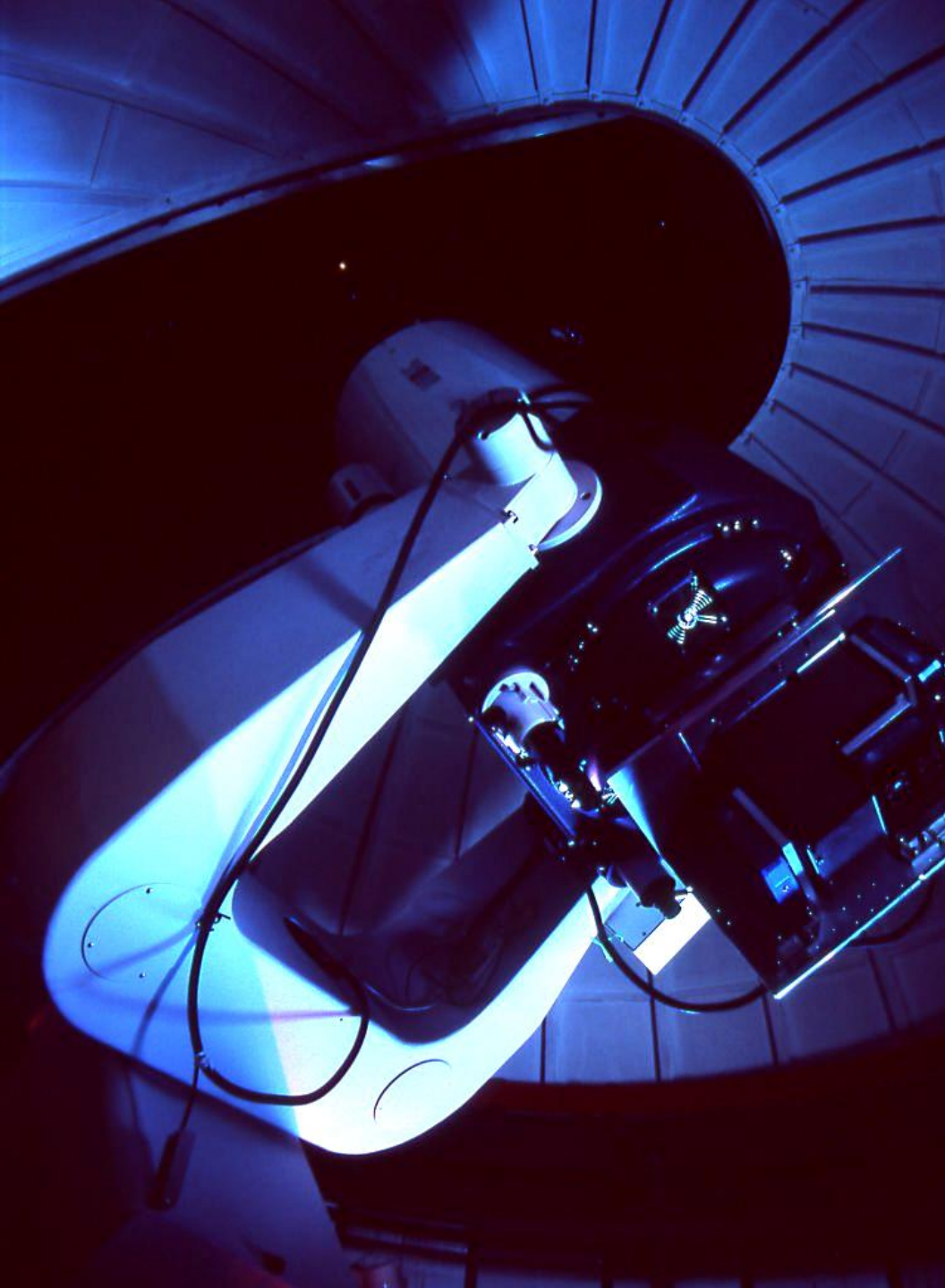
中心遮蔽: 0.22

最大指向スピード: 4 deg./sec
(cf. REM: 12 deg./sec)

明野50cm 可視光望遠鏡

宇宙線研究所
明野観測所(山梨県北杜市)
50cm望遠鏡ドーム概観





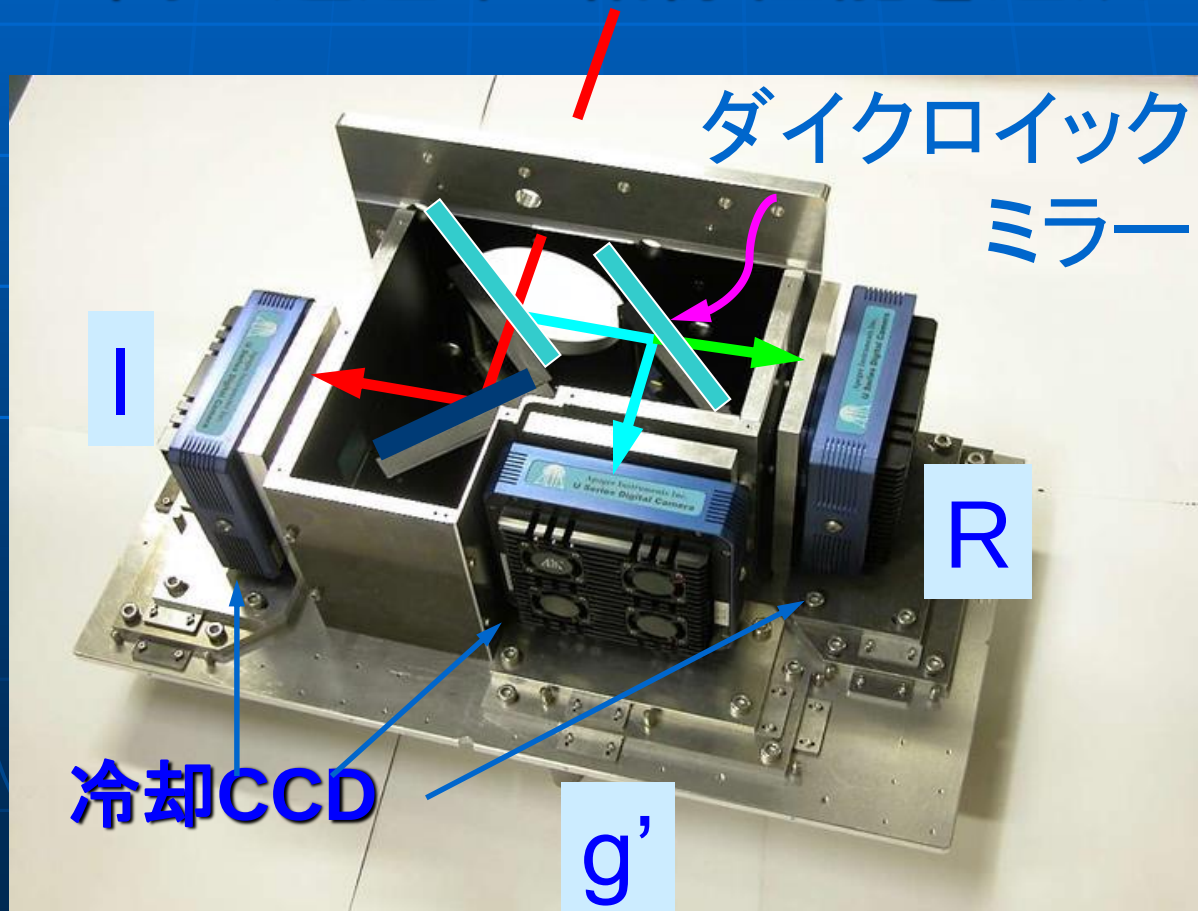
MITSuME Akeno Optical Telescope

- 口径50cm (F6.1)
- 広視野
 - $28 \times 28 \text{ arcmin}^2$
- 高速導入
 - 4 deg. / sec
- 制御
 - 無人自動運用

3色同時撮像カメラ改良

- Ic、Rc、g' (SDSS) の採用
- ダイクロイックミラーの新規開発

⇒ 高い透過率・結像性能を達成

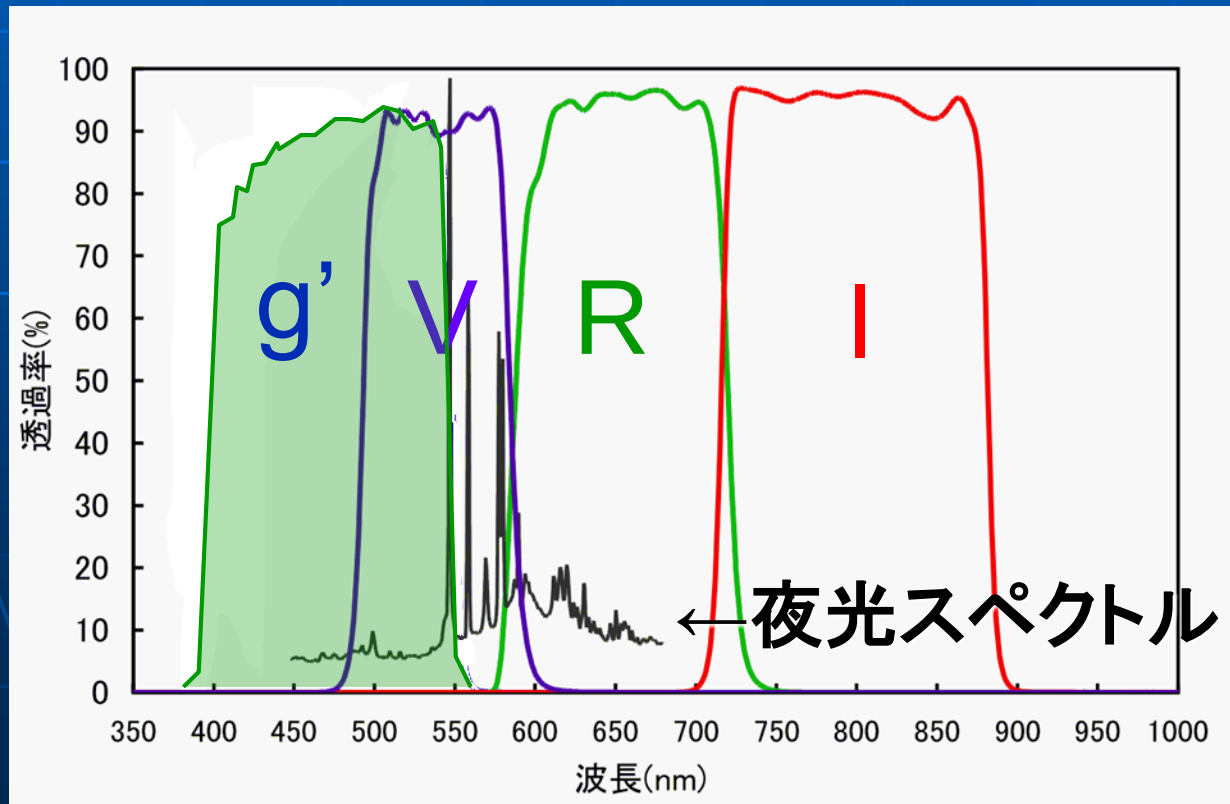


$g' \cdot R_c \cdot I_c$ 混合測光システム

より深い検出限界を達成するため

- ①広い帯域で
- ②夜光の影響の少ない

g' -bandを採用 $\Rightarrow$ 検出効率の向上



簡易解析とデータベースシステム

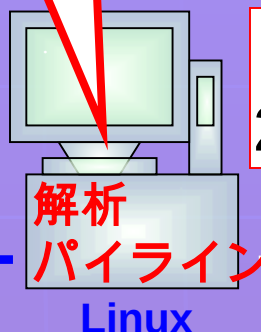
明野観測所



3色CCD カメラ



簡易解析
10sec

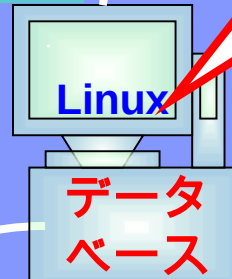


転送
20sec

岡山天体
物理観測所

QL作成、登録
4sec

東工大



国立天文台



ADSLx3

ミラーリング

全画像：「簡易解析」→「データ登録」

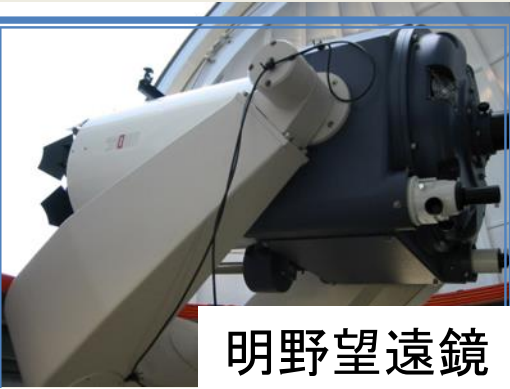
- **解析パイプライン**：自動、即時、短時間の簡易解析
- **データベース**：データ登録、QL画像作成、検索

MITSuME

Multi-color Imaging Telescopes for Surveys and Monstrous Explosions

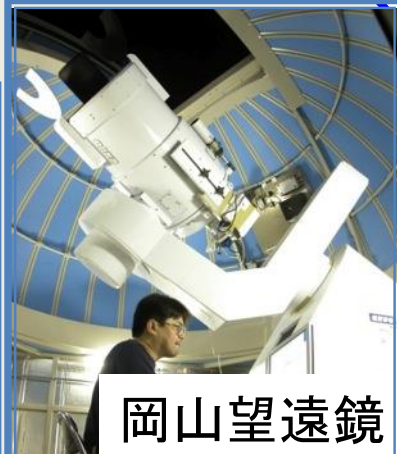
(爆発変動天体の多色撮像観測のための望遠鏡)

可視50cm望遠鏡



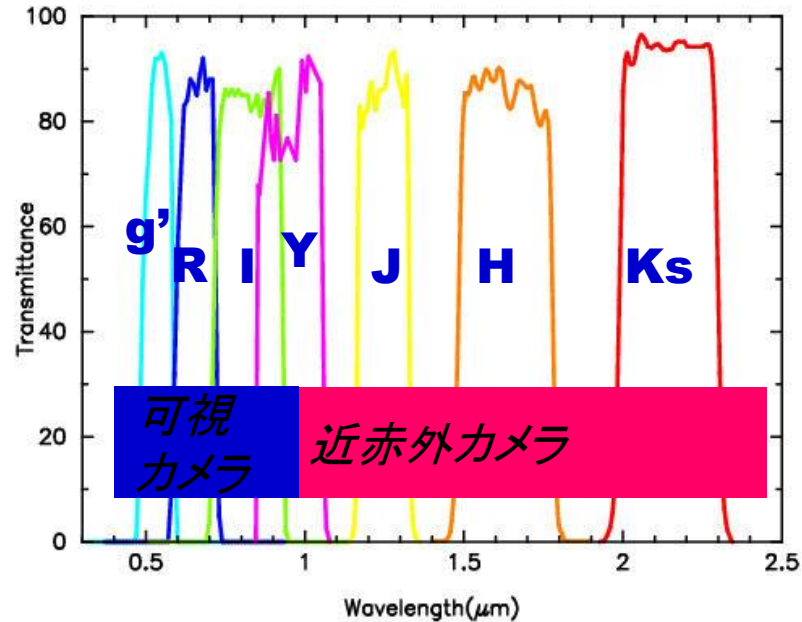
明野望遠鏡

東大宇宙線研明野観測所



岡山望遠鏡

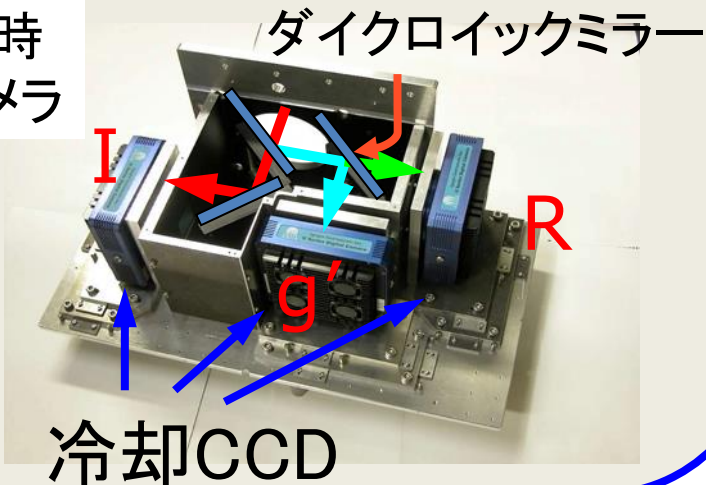
岡山天体物理観測所



可視
カメラ

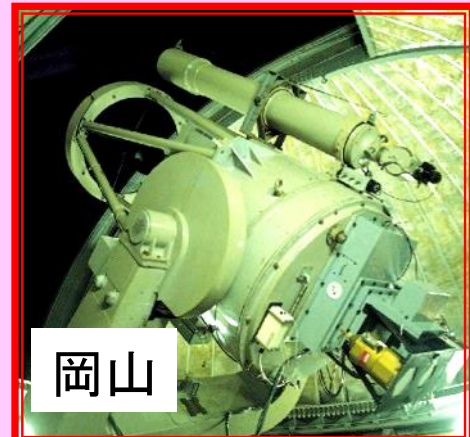
近赤外カメラ

三色同時
撮像カメラ



冷却CCD

近赤外91cm
望遠鏡



岡山

岡山50cm望遠鏡立ち上げ功労者

- 柳澤顕史：望遠鏡、三色カメラ、ドーム
- 吉田道利：制御、観測所の便宜
- 黒田大介：カメラ制御読出ソフト、観測
- 太田耕司：色補正
- 清水さん：制御エレクトロニクス
- 沖田さん：運営
- 戸田博之：観測、運用
- 渡部潤一：岡山へのきっかけ

データベース概要

- データの一括管理と検索(Web)
- 観測者支援
 - 観測時の全情報保持(簡易解析結果を含む)
 - QL画像、ムービ表示機能

検索画面

BOOK DATA CENTER

//okasci.hpr.phys.titech.ac.jp:8080/mtdb_retrieve/Observat

Google

Yahoo! JAPAN ニュース (458) メイン プログラミング physics 工大祭

MTDB Data Center

Observation Summary

SELECT/UNSELECT RANGE SELECT

Akeno Telescope

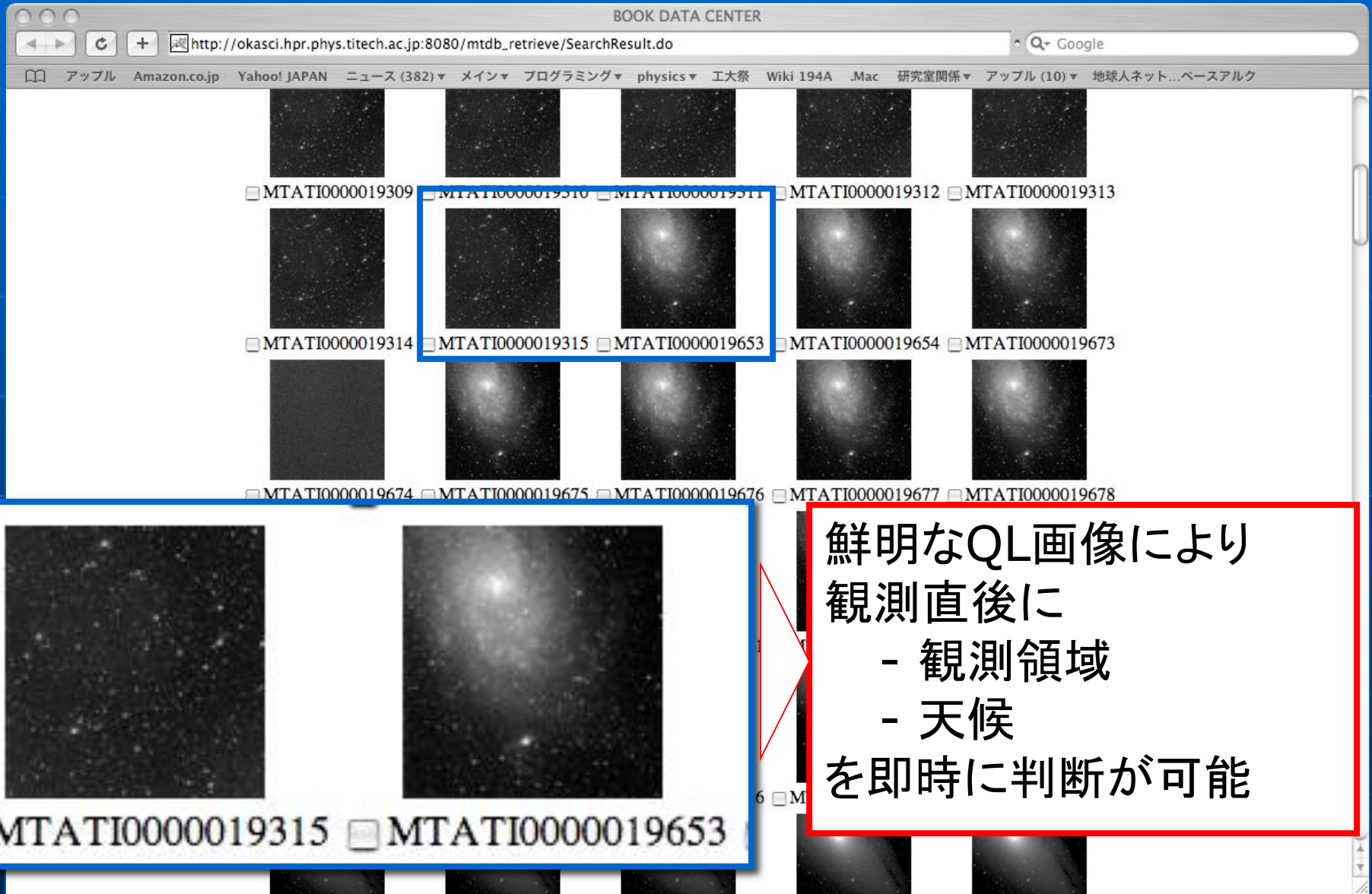
SEARCH	DATE	TOTAL	DATA TYPE				FRAME ID
			OBJECT	FLAT	DARK	BIAS	
☐	2006-08-14	174	156	0	18	0	MTATG0000019120
☐	2006-08-15	687	657	0	30	0	MTATG0000019178
-	TOTAL	861	-	-	-	-	-

Go to Search Result

DATE	TOTAL	DATA TYPE			
		OBJECT	FLAT	DARK	BIAS
2006-08-14	174	156	0	18	0

データベース：QL画像

- ・データベース登録時にQL画像を自動生成

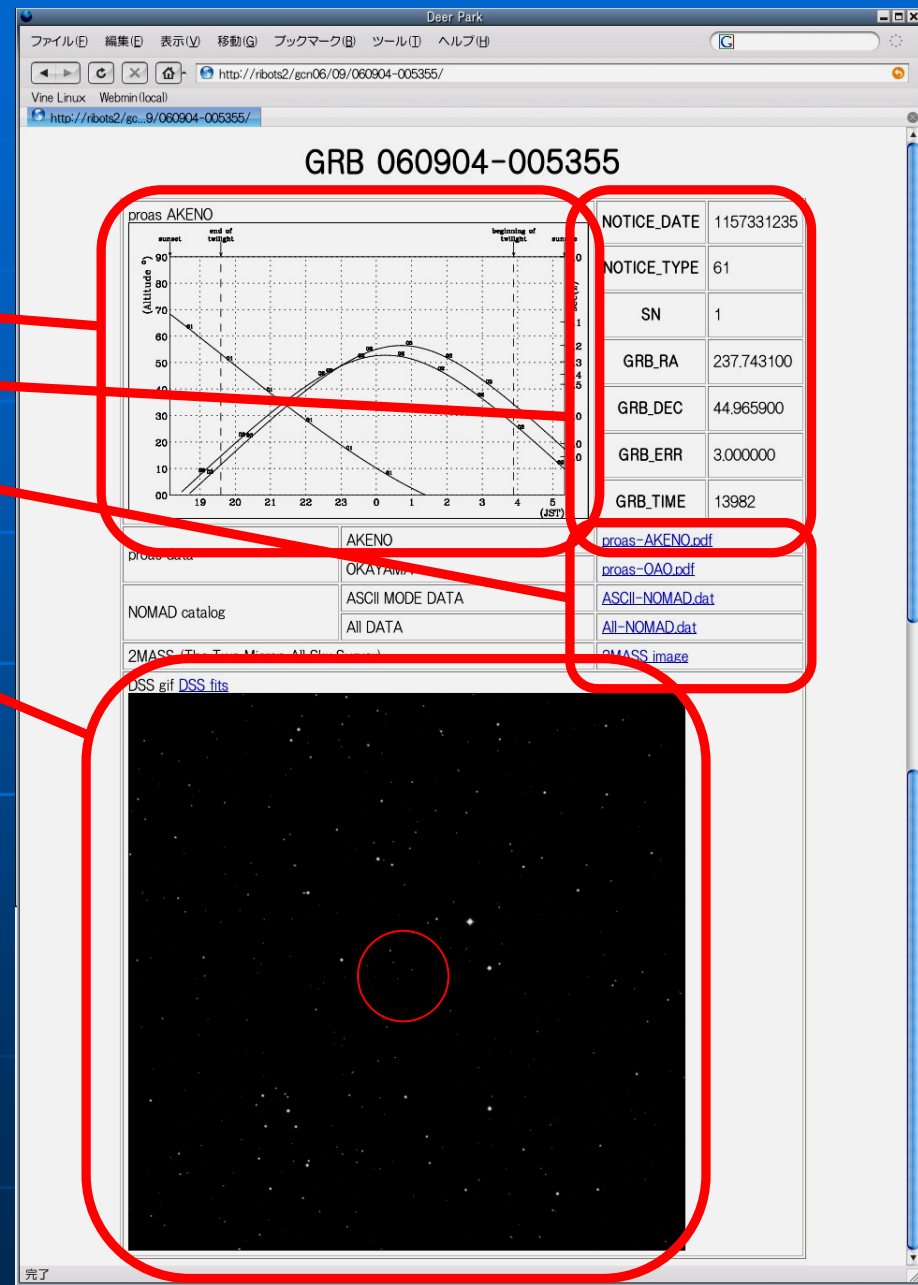


GRB情報ページの自動生成

■ GCN受信により自動生成

- Elevation Map
- 座標情報(GCN)
- 各種測光カタログ(リンク)
- Finding chart

⇒観測に必要な情報を
迅速に取得可能



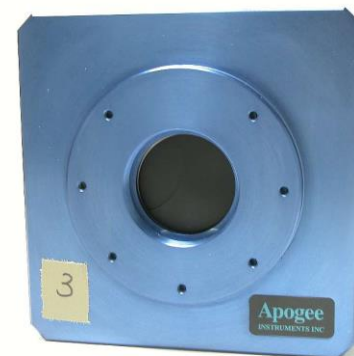
落雷にて故障した物品一覧



ドーム回転モーター



FOCUS エンコーダーの
表示器



CCD Camera (Alta U6)



RA, DEC エンコーダー



ドーム位置角読み取り
エンコーダー



CCD Camera 制御 PC

雨漏り事故

- 2007年7月1日早朝
- 降雨時にドーム開、望遠鏡カバー開
- 2時間程度雨ざらし
- 被害
 - ドーム床水溜り
 - 望遠鏡筒内浸水、主鏡及び補正レンズ濡れ
 - 三色カメラフィルター類濡れる
 - 制御系、PC、CCDカメラは無事



雨漏り事故原因

- 望遠鏡制御系と制御ソフト間の通信エラー
 - ➔ 制御ソフトの暴走
 - ➔ スケジューラーからのコマンド無視
- 制御系とソフト間の通信エラーはときどき起こる。原因不明。制御系電源を再投入すると回復する

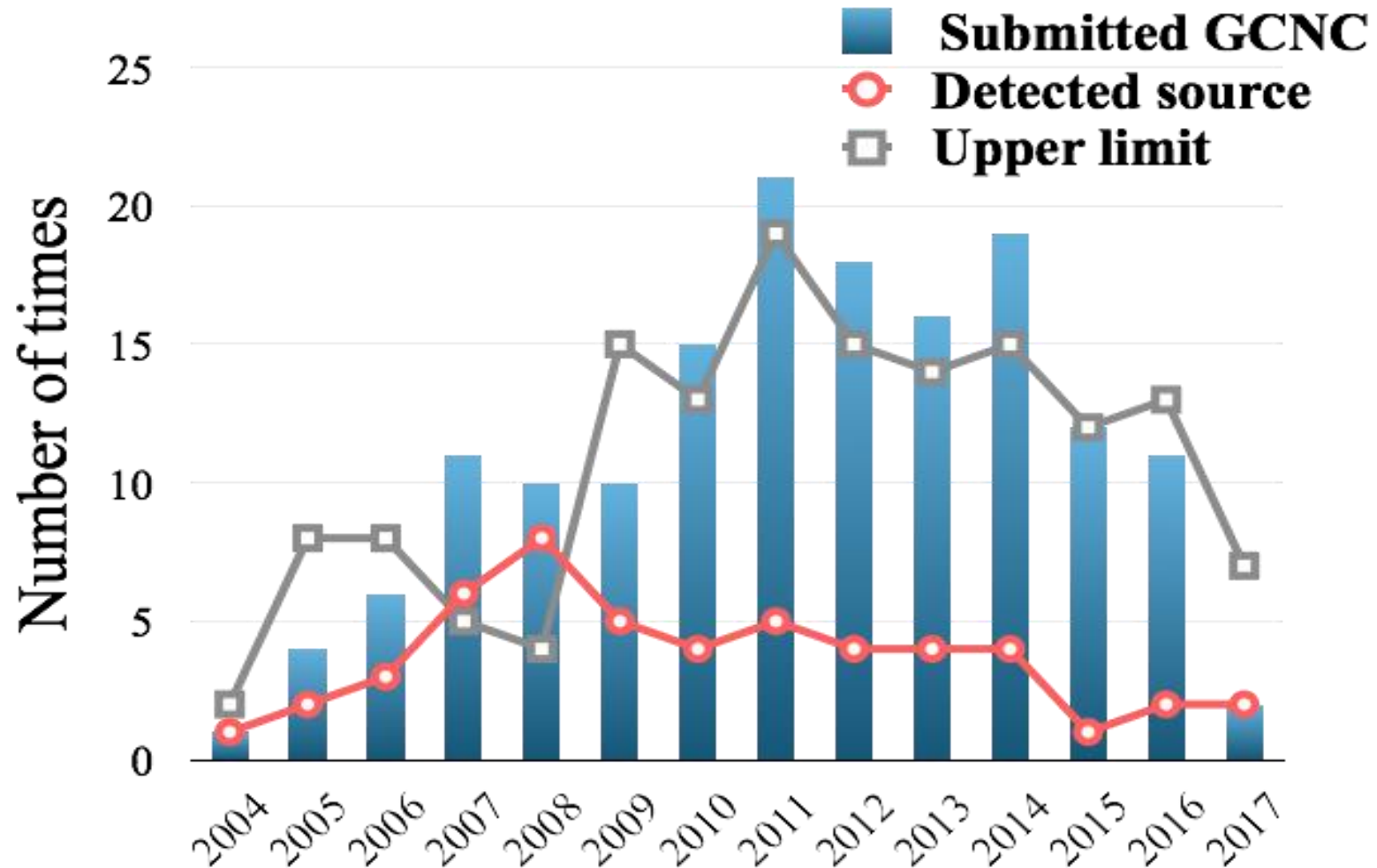
GRB即時観測実績 ～岡山50cm望遠鏡～

期間：－2017/08

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
可視光対応天体未 同定	2	8	8	5	4	15	13	19	15	14	15	12	13	7
可視光対応天体同 定	1	2	3	6	8	5	4	5	4	4	4	1	2	2
GCN投稿	1	4	6	11	10	10	15	21	18	16	19	12	11	2

GRB即時観測実績 ～岡山50cm望遠鏡～

ポスター（黒田大介）



- ✓ 合計201回(年平均15回)の観測と解析
- ✓ 残光検出 合計51回、GCNC投稿数 合計156回(天体別に集計)
- ✓ バースト検出後5分以内の観測開始が20%を占める(2009年からの統計値)
- ✓ アラートから41秒後(入電から26秒後)の観測開始が最速

GRB即時観測実績 ～明野50cm望遠鏡～

期間：－ 2017/08

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
可視光対応天体未 同定	2	6	12	19	9	11	18	24	29	21	24	21	14
可視光対応天体同 定	0	1	4	2	3	3	2	5	5	6	3	8	2
GCN投稿	2	4	7	4	1	2	12	4	10	17	15	14	4

MITSuME望遠鏡の今後

- GRB 即時対応の継続
 - MAXI X-ray Flash ($0.5^\circ \times 2^\circ$), Fermi GBM (半径 5°)
- OISTER 連携、J-GEM連携
 - 突発天体追跡、キャンペーン観測
- GROWTH 連携
 - 突発天体（重力波対応を含む）
- 多色同時測光を生かした独自プロジェクト
 - 変動天体モニター --- X線連星、AGN、...
- 運用体制

GRB即時観測実績

～過去7年の実績～

期間：2011/04/01 – 2017/08/23

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Swiftのアラート受信数	47	89	87	74	85	89	52
少なくとも限界等級が求められた	7	29	34	27	27	29	16
可視光対応天体が同定出来た	2	5	5	6	3	8	2

成果リスト: 査読論文

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2005

1. “MITSuME---Multicolor Imaging Telescopes for Survey and Monstrous Explosions”, Kotani et al., Nuovo Cimento C Geophysics Space Physics C, Vol. 28, 755

2007

1. “Development of MITSuME—Multicolor imaging telescopes for survey and monstrous explosions”, Y. Yatsu et al., Physica E., Vol.40, 434

2009

1. “Multiwavelength Observations of 3C 454.3. II. The AGILE 2007 December Campaign”, Donnarumma et al., The Astrophysical Journal, Volume 707, pp. 1115-1123.2009
2. “Optical and Near-Infrared Photometric Observation during the Superoutburst of the WZ Sge-Type Dwarf Nova, V455 Andromedae”, Matsui et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 61, 1081
3. “Simultaneous MITSuME $g'R_C I_C$ monitoring of S5 0716+714”, Stalin et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 399, 1357
4. “Early Phase Observations of Extremely Luminous Type Ia Supernova 2009dc”, Yamanaka et al., The Astrophysical Journal, Letters, Volume 707, pp. L118-L122.

成果リスト: 査読論文

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2011

1. “Photometric observations of 107P/Wilson-Harrington”, Urakawa et al., Icarus, Vol. 215, 17

2012

1. “GRB 071112C: A Case Study of Different Mechanisms in X-Ray and Optical Temporal Evolution”, Huang et al., The Astrophysical Journal, Vol. 748, 44
2. “Discovery of Superhumps during a Normal Outburst of SU Ursae Majoris”, Imada et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 64, L5

2013

1. “Dense Optical and Near-infrared Monitoring of CTA 102 during High State in 2012 with OISTER: Detection of Intra-night ”Orphan Polarized Flux Flare“, R. Itoh et al., Astrophys. Journal., Vol.768, L24 (大学間連携)
2. “Optical-to-near-infrared Simultaneous Observations for the Hot Uranus GJ3470b: A Hint of a Cloud-free Atmosphere”, Fukui et al., The Astrophysical Journal, Vol. 770, 95
3. “Multi-color Transit Photometry of GJ 1214b through BJHKs Bands and a Long-term Monitoring of the Stellar Variability of GJ 1214”, Narita et al., The Astrophysical Journal, Vol. 773, 144
4. “OAO/MITSuME Photometry of Dwarf Novae. I. SU Ursae Majoris”, Imada et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 65, 87

成果リスト：査読論文

黒字：明野と岡山両方、赤字：明野のみ、青字：岡山のみ

2014

1. “Kiso Supernova Survey (KISS): Survey Strategy”, T. Morokuma et al., Publ. Astron. Soc. Japan, Vol.66, 114 (KISSプロジェクト)
2. “Variable optical polarization during high state in gamma-ray loud, narrow-line Seyfert 1 galaxy 1H 0323+342”, R. Itoh et al., Publ. Astron. Soc. Japan, Vol.66, 108 (大学間連携)
3. “GRB 130427A: A Nearby Ordinary Monster”, A. Maselli et al., Science, Vol. 343, 48.
4. “Discovery of Dramatic Optical Variability in SDSS J1100+4421: A Peculiar Radio-loud Narrow-line Seyfert 1 Galaxy?”, M. Tanaka et al., Astrophys. Journal., Vol.793, L26 (大学間連携)
5. “Lightcurve survey of V-type asteroids in the inner asteroid belt”, Hasegawa et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 66, 54
6. “Multi-band, Multi-epoch Observations of the Transiting Warm Jupiter WASP-80b”, Fukui et al., The Astrophysical Journal, Vol. 790, 108
7. “Optical and Near-infrared Polarimetry of Highly Reddened Type Ia Supernova 2014J: Peculiar Properties of Dust in M82”, Kawabata et al., The Astrophysical Journal, Letters, Vol. 795, L4

成果リスト: 査読論文

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2015

1. “OISTER Optical and Near-Infrared Observations of Type Iax Supernova 2012Z”, M. Yamanaka et al., Astrophys. Journal., Vol.806, 191(大学間連携)
2. “Multi-wavelength Observations of the Black Widow Pulsar 2FGL J2339.6-0532 with OISTER and Suzaku”, Y. Yatsu et al., Astrophys. Journal., Vol.802, 84(大学間連携)
3. “Dust from Comet 209P/LINEAR during its 2014 Return: Parent Body of a New Meteor Shower, the May Camelopardalids”, Ishiguro et al., The Astrophysical Journal, Letters, Vol. 798, L34

成果リスト: 査読論文

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2016

1. “OISTER optical and near-infrared observations of the super-Chandrasekhar supernova candidate SN 2012dn: Dust emission from the circumstellar shell” Yamanaka et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 68, 68. (大学間連携)
2. to search for an optical counterpart of the first gravitational wave source GW150914”, Morokuma et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 68, L9.(J-GEM)
3. “X-Ray and Optical Correlation of Type I Seyfert NGC 3516 Studied with Suzaku and Japanese Ground-based Telescopes” Noda et al., The Astrophysical Journal, Vol. 828, 78
4. “No Evidence of Intrinsic Optical/Near-infrared Linear Polarization for V404 Cygni during Its Bright Outburst in 2015: Broadband Modeling and Constraint on Jet Parameters” Tanaka et al., The Astrophysical Journal., Vol. 823, 35. (大学間連携)
5. “Monitoring Observations of the Jupiter-Family Comet 17P/Holmes during its 2014 Perihelion Passage”, Kwon et al., The Astrophysical Journal, Vol. 818, 67
6. “2014-2015 Multiple Outbursts of 15P/Finlay”, Ishiguro et al., The Astronomical Journal, Vol. 152, 169
7. “M31N 2008-12a - The Remarkable Recurrent Nova in M31: Panchromatic Observations of the 2015 Eruption.”, Darnley et al., The Astrophysical Journal, Vol. 833, 149

成果リスト：査読論文

黒字：明野と岡山両方、赤字：明野のみ、青字：岡山のみ

2017

1. “J-GEM Follow-Up Observations of The Gravitational Wave Source GW151226”, Yoshida et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol. 69, 9. **J-GEM**

成果リスト: 査読なし論文等

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2006

1. “The Observation Campaign of SS 433 in April 2006”, Kotani et al., Proceedings of the VI Microquasar Workshop: Microquasars and Beyond. September 18-22, 2006, Como, Italy, p.50.1

2008

1. “MITSuME: multicolor optical/NIR telescopes for GRB afterglows”, Shimokawabe et al., GAMMA-RAY BURSTS 2007: Proceedings of the Santa Fe Conference. AIP Conference Proceedings, Volume 1000, pp. 543-546 (2008).
2. “Multicolor Optical Observation of GRB061121 by MITSuME”, Ishimura et al., GAMMA-RAY BURSTS 2007: Proceedings of the Santa Fe Conference. AIP Conference Proceedings, Volume 1000, pp. 261-264 (2008).

2009

1. “Multi-wavelength photometric and polarimetric observations of the outburst of 3C 454.3 in Dec. 2009”, Sasada et al., 38th COSPAR Scientific Assembly, 2010/7/18-15, Bremen.2009

成果リスト: 査読なし論文等

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2010

1. “Optical observations of the very early phase GRB afterglows with MITSuME”, Yatsu et al., "The First Year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources", Poster Presentations, 4th International MAXI Workshop held November 30 - December 2, 2010 in Tokyo, Japan.
2. Six years of GRB follow up with MITSuME Okayama Telescope, Yanagisawa et al., DECIPHERING THE ANCIENT UNIVERSE WITH GAMMA-RAY BURSTS, Volume 1279, article id. 466-468.
3. Multi-band optical monitoring of GRB100925A/MAXI J1659-152, Kuroda et al., Telescopes from Afar, Proceedings of the conference, id. 57.

2012

1. “Study of very early phase GRB afterglows with MITSuME”, Saito et al., Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 279, p. 387-388.
2. Photometric Observations of Comet-Asteroid Transition Object 107P/Wilson-Harrington, Urakawa et al., Asteroids, Comets, Meteors 2012, Proceedings of the conference, Volume.1667, 6088
3. Lightcurve Survey of V-Type Asteroids. Observations Until 2005, Hasegawa et al., Asteroids, Comets, Meteors 2012, Proceedings of the conference, Volume 1667, id. 6281.

成果リスト: 査読なし論文等

黒字:明野と岡山両方、赤字: 明野のみ、青字:岡山のみ

2014

1. “Optical follow-up observation of the transient objects with the Akeno telescope”, Saito et al., Suzaku-MAXI 2014: Expanding the Frontiers of the X-ray Universe, proceedings of a conference held 19-22 February, 2014 at Ehime University, Japan. Edited by M. Ishida, R. Petre, and K. Mitsuda, 2014., p.210

2015

1. “Optical Photometric Observations of M31N 2008-12a: Pre- and Post-maximum of the 2015 Eruption”, Arai et al., The Astronomer's Telegram, Volume 7979.

付録: GRBの観測実績 (1)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
110422A	-	-	-	71秒(曇)
110519A	-	-	-	13時間(曇)
110521A	-	-	-	16時間(曇)
110530A	-	18.84±0.65	-	125秒
110625A	-	-	-	11時間(曇)
110726A	-	-	-	9時間
110731A	-	-	-	8分(曇)
110827A	-	-	-	11時間(曇)
110829A	-	-	-	8時間(曇)
110915A	-	>17.6	>17.6	1時間

付録: GRBの観測実績 (2)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
110921A	> 19.4	18.8 ± 0.2	18.8 ± 0.3	108秒
110928A	> 20.4	> 20.6	> 19.9	8時間
111016A	> 17.4	> 17.3	> 16.5	16分
111020A	-	-	-	2時間(曇)
111022B	> 17.8	> 17.8	> 16.5	2時間
111029A	> 20.5	> 20.8	> 19.5	6分
111123A	-	> 17.9	> 18.1	69秒

付録: GRBの観測実績 (3)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
111204A	> 19.4	18.8 ± 0.2	18.8 ± 0.3	108秒
111210A	> 20.4	> 20.6	> 19.9	8時間
111211A	> 17.4	> 17.3	> 16.5	16分
111212A	-	-	-	2時間(曇)
111215A	> 17.8	> 17.8	> 16.5	2時間
111228A	> 20.5	> 20.8	> 19.5	6分
111229A	-	> 17.9	> 18.1	69秒

付録: GRBの観測実績 (4)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
120117A	>19.7	>19.5	>18.8	15時間
120118B	-	>20.5	>19.7	43秒
120212A	-	-	-	77秒(曇)
120215A	>18.1	>17.7	>17.7	9時間
120224A	-	-	-	3時間(曇)
120305A	>19.2	>18.9	>18.4	14.5時間
120311A	-	>18.3	>18.2	10.5時間
120320A	>18.9	>19.3	>18.8	153秒
120324A	>20.3	>18.7	>18.2	10時間
120326A	19.00 ± 0.09	18.4 ± 0.07	17.9 ± 0.07	9.5時間
120327A	>18.3	>17.7	>19.0	13時間

付録: GRBの観測実績 (5)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	観測所	発生から観測開始までの時間
120328A	-	>17.7	>18.2	明野	14時間
120404A	-	-	-	明野	82秒
120521C	>18.9	>19.2	>18.4	明野	12時間
120703A	-	>17.1	>17.4	明野	16時間(曇)
120711B	>16.1	>16.3	>15.7	明野	8時間
120729A	>17.7	>18.1	>17.8	明野	24分
120802A	>18.9	>19.5	>17.3	明野	7.5時間
120803A	-	-	-	明野	2.5時間(曇)
120803B	>18.0	>18.0	>17.3	明野	82秒
120804A	-	>17.8	>17.5	明野	10.5時間
120805A	>20.2	>19.9	>19.4	明野	13.5時間

付録: GRBの観測実績 (6)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
120923A	> 17.8	>17.1	>18.5	4.5時間
120927A	-	> 19.8	> 18.5	17.5時間
121011A	-	18.1 ± 0.2	17.7 ± 0.3	63秒
121024A	-	-	-	10時間(曇)
121117A	> 20.6	> 20.3	> 19.7	2.5時間
121123A	-	-	-	97秒(曇)
121125A	-	-	-	7分13秒(曇)
121128A	>19.4	>19.1	17.92 ± 0.14	4時間

付録: GRBの観測実績 (7)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
121202A	-	-	-	4.5時間 (曇)
121209A	-	> 19.8	> 19.6	11時間
121211A	> 21.1	20.4 ± 0.3	> 20.0	2時間
121212A	> 19.8	> 20.5	> 19.8	4.25時間
121226A	-	> 19.1	> 19.0	57秒
130102A	-	-	-	2.5時間 (曇)
130122A	> 20.3	> 20.3	> 20.0	10.5時間
130131A	> 20.2	> 20.6	> 19.6	50秒
130131B	> 19.0	> 19.8	> 19.3	48秒
130215A	> 20.7	19.2 ± 0.1	18.7 ± 0.2	8時間

付録: GRBの観測実績 (8)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
130216A	>19.0	>18.8	>18.4	11.5時間
130306A	-	-	-	18時間 (曇)
130408A	> 21.1	20.4 ± 0.3	> 20.0	2時間
130427A	15.66 ± 0.10	15.03 ± 0.07	14.71 ± 0.09	2時間
130502A	>20.3	>20.3	> 20.0	18時間
130504A	>20.3	>20.3	> 20.0	12時間
130508A	18.8 ± 0.1	18.9 ± 0.2	18.0 ± 0.1	1.5時間
130511A	>20.2	>20.6	>19.6	26秒
130527A	>19.0	>19.8	>19.3	1.5時間
130528A	>20.7	19.2 ± 0.1	18.7 ± 0.2	18.5時間

付録: GRBの観測実績 (9)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
130603A	>19.4	>19.4	>18.7	4時間
130604A	>19.0	>19.2	>19.2	3時間
130606A	>20.1	>20.0	>19.5	14時間
130610A	>20.7	>19.8	> 19.5	8時間
130612A	-	-	-	8時間 (曇)
130625A	-	-	-	3.5時間 (曇)
130626A	-	-	-	44分 (曇)
130701A	>20.2	>20.6	>19.6	9時間
130722A	>19.0	>19.8	>19.3	2時間
130725A	-	-	-	2時間 (曇)

付録: GRBの観測実績 (1 0)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
130725B	>17.3	>17.5	>17.7	17.5時間
130806A	>21.3	>20.4	>19.7	7時間
130807A	-	-	-	3分 (曇)
130822A	-	-	-	46秒 (曇)
130831A	15.48 ± 0.23	15.15 ± 0.37	14.23 ± 0.27	48秒
130907A	-	-	-	13時間 (曇)
130912A	-	-	-	5時間 (曇)
130925A	-	-	-	10時間 (曇)
131002A	>20.2	>20.6	>19.6	2時間
131004A	-	-	-	12時間 (曇)

付録: GRBの観測実績 (1 1)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
131018A	-	-	-	3時間 (曇)
131026A	>17.3	>17.5	>17.7	1.5 時間
131030A	>21.3	>20.4	>19.7	12時間
131117A	>17.7	>17.6	>17.7	8.5時間
131128A				6分

付録: GRBの観測実績 (1 2)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
131227A	>21.1	>20.6	> 20.1	4時間
131229A				5時間
140102A	-	-	13.01±0.17	67秒
140108A	>19.6	>19.1	>18.5	16時間
140114A	-	-	-	1.5時間 (曇)
140129A	>20.9	>20.6	>20.0	3時間
140129B	>17.9	>17.4	>17.3	21時間
140206A	20.74±0.14	18.88±0.08	18.37±0.10	8.5時間
140302A	>20.8	>19.9	>19.3	8.5時間
140311A	>19.1	>19.4	>17.7	15時間

付録: GRBの観測実績 (1 3)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
140318A	>20.8	>20.1	>19.6	11.5時間
140331A	>18.5	>17.8	>17.5	4.5時間
140408A	>20.1	>19.6	>19.1	3.5時間
140423A	20.49 ± 0.23	19.83 ± 0.15	19.72 ± 0.22	66分
140430A	>19.2	>19.5	>19.2	15時間
140502A	>20.8	>20.2	>19.4	5.5時間
140512A	>19.8	>19.3	>18.6	19.5時間
140515A	>20.8	>20.5	>19.4	1.5時間
140614B	>19.7	>19.8	>18.9	6.5時間
140629A	15.06 ± 0.04	14.25 ± 0.03	13.83 ± 0.03	6分

付録: GRBの観測実績 (1 4)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
140903A	-	-	-	19時間 (曇)
140907A	19.2 ± 0.2	18.2 ± 0.2	17.3 ± 0.1	58分
140916A	-	-	-	6時間 (曇)
140930A	-	-	-	14時間 (曇)
141015A	>20.7	>20.1	>19.3	5.5時間
141026A	>21.8	>21.4	>20.5	2時間
141109A	>20.4	>19.4	>20.1	10.5時間
141109B	>19.4	>19.0	>18.4	11時間
141121A	20.8 ± 0.2	19.7 ± 0.1	19.4 ± 0.2	10時間
141130A	>20.9	>20.3	>18.4	19時間 (曇)

付録: GRBの観測実績 (1 5)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
141212A	>19.6	>19.0	>18.3	61秒
141212B	>19.0	>18.8	>18.3	7時間
141220A	>21.4	>20.8	>20.4	10時間
141221A	>21.3	>20.8	>20.2	9時間
141225A	>22.1	>21.7	>20.4	18時間
150101A	>21.8	>21.4	>20.5	1.5時間
150120A	>20.7	>20.5	>19.4	7.5時間
150120B	>20.6	>20.6	>19.6	5時間
150211A	>20.7	>20.3	>19.0	4時間
150212A	>20.7	>20.5	>19.4	7時間
150213B	>20.3	>19.9	>19.0	17時間
150222A	-	-	-	4時間 (曇)

付録: GRBの観測実績 (1 6)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
150302A	>20.1	>19.6	>17.5	3.5時間
150314A	>21.6	>21.1	>20.1	5.5時間
150317A	>21.0	>20.6	>19.3	6時間
150323A	>21.8	>21.4	>20.3	7.5時間
150323C	>20.9	20.3±0.5	>19.5	85秒
150407A	-	-	-	10時間 (曇)
150413A	>17.3	>17.2	16.1±0.3	4.5時間
150423A	>19.4	>19.3	>18.4	6.5時間
150424A	-	-	-	2時間 (曇)
150428B	>20.0	>19.4	>18.7	11.5時間

付録: GRBの観測実績 (1 7)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
150527A	>20.3	>19.4	>18.4	5.5時間
150607A	>19.9	>19.8	>18.8	3.5時間
150710A	-	-	-	11時間 (曇)
150716A	-	-	-	4時間 (曇)
150727A	-	-	-	16時間 (曇)
150728A	-	-	-	0.5時間 (曇)
150811A	-	-	-	7時間 (曇)
150818A	>19.4	>19.4	>18.5	18.5分
150819A	-	-	-	13.5時 (曇)
150831B	-	-	-	14時間 (曇)

付録: GRBの観測実績 (1 8)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
151006A	>21.3	>20.8	>19.9	5.5時間
151021A	-	-	-	8時間 (曇)
151022A	>18.5	>18.4	>17.5	2.5時間
151027A	16.72 ± 0.06	16.00 ± 0.04	15.62 ± 0.05	5.5時間
151027B	-	-	-	14時間 (曇)
151029A	-	-	-	5時間 (曇)
151031A	>18.8	>18.9	>18.3	10.5時間
151118A	>20.3	>19.6	>18.4	14.5時間

付録: GRBの観測実績 (1 9)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
151205A	>20.1	>20.2	>19.0	3.75時間
151215A	>20.9	>20.6	>19.6	7時間
151228B	>20.9	>20.6	>19.6	7時間
160101A	>18.5	>18.2	>17.4	18時間
160104A	>18.5	17.9 ± 0.3	16.5 0.2	46秒
160127A	>20.7	>20.4	>19.2	9.4時間
160131A	15.2	14.38 0.04	14.17	36分
160203A	>21.0	>20.8	>20.1	7時間
160220A	>18.4	>18.5	>17.9	16時間
160220B	>16.0	>17.2	>16.7	7時間
160221A	>15.1	>15.8	>15.3	21時間
160225A	>19.4	18.2	17.1	198秒

付録: GRBの観測実績 (2 0)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
160227A	20.1	18.6 0.1	18.6 0.3	126秒
160303A	>20.3	>20.4	>19.6	62秒
160321A	>17.8	>18.9	>18.1	19時間
160327A	>19.7	>19.5	>18.4	18分
160410A	>19.8	>19.7	>19.1	5.4時間
160525A	>18.6	>18.2	>17.6	71分
160601A	>21.7	>21.1	>19.9	33秒
160703A	15.46 0.06	14.59 0.06	14.25 0.09	350秒
160815A	>18.1	>17.5	>17.2	15分
160925A	15.96 0.04	16.00 0.05	15.93 0.06	18時間
161007A	>19.2	>18.7	>17.8	17時間
161014A	16.67 0.13	15.69 0.06	15.40 0.07	46秒

-> Not GRB

付録: GRBの観測実績 (2 1)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
161017A	14.55 0.06	13.78 0.05	13.38 0.06	51秒
161022A	>20.7	>20.4	>19.3	10時間
161108A	>19.5	>20.0	>20.0	14時間
161109A	>18.9	>18.4	>17.1	7時間
161113A	>19.9	>19.4	>19.3	49時間
161117A	>19.7	>19.5	>19.1	7時間
161129A	>20.5	19.4	18.9	33分 -> Not GRB
161202A	>20.6	>20.2	>19.8	10時間
161217A	>20.1	>19.9	>19.1	11時間
161219B	18.83±0.11	18.23±0.09	18.14±0.11	17時間

付録: GRBの観測実績 (2 2)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
170202A	>19.1	17.01±0.12	17.08±0.25	39秒
170205A	> 19.6	> 19.1	> 18.5	54時間 (曇)
170206B	>19.93	>19.19	>18.62	20.5時間
170208B	-	-	-	雪
170311A	>18.1	>19.0	>18.4	11.5時間
170317A	>19.5	>18.7	>17.8	1 時間
170318A	>19.3	>19.1	>18.2	5 時間
170318B	>19.1	>18.9	>17.6	2.5時間
170325A	-	-	-	雪
170330A	-	-	-	雪

付録: GRBの観測実績 (2 3)

GRB	g'[mag]	Rc[mag]	Ic[mag]	発生から観測開始までの時間
170405A	-	-	-	85秒 (雲)
Swift748858 possible GRB	>20.5	>20.4	>19.7	2時間
170428A	>20.5	>20.1	>19.3	7時間
170519A	19.1	18.5	18.1	6時間
170524A	-	-	-	1.5時 (雲)
170526A	-	-	-	雨
170531B	-	-	-	15時間 (雲)
170604A	>20.2	>19.2	>19.5	12時間
170626A	-	-	-	雨
Swift755873 possible GRB	>18.5	>18.5	>17.7	19時間

付録: GRBの観測実績 (2 4)

GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
170705A	>18.5	>17.9	>17.8	8.5時間
170711A	>17.2	>17.3	>17.1	18時間
170714A	-	-	-	4時間 (曇)
170810A	-	-	-	法定停電
170822A	>20.8	>20.1	>18.9	7時間
170823A	>19.3	>18.3	>19.0	12.5時間