

MITSuME（爆発変動天体の多色 撮像観測）プロジェクト

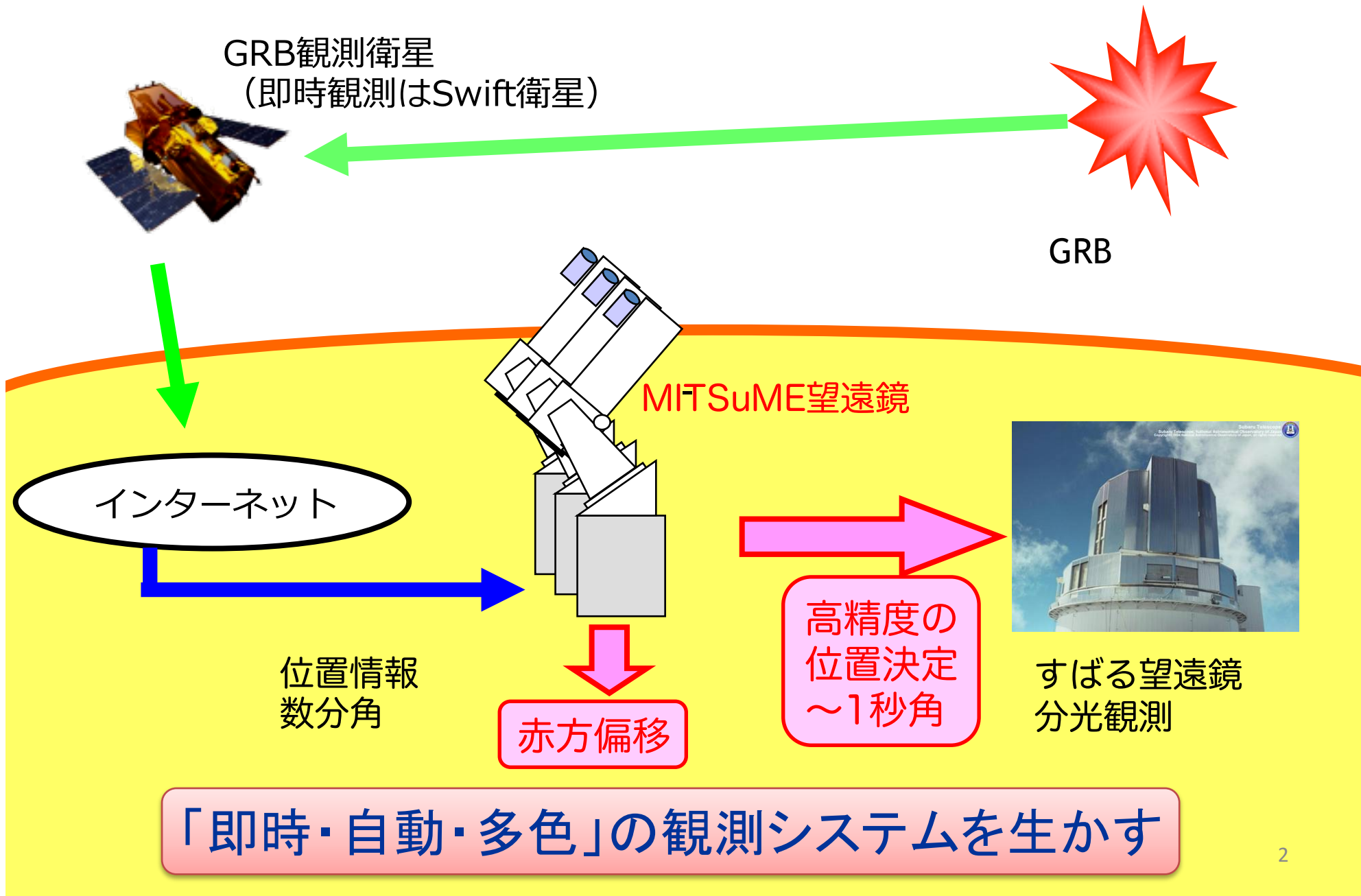
本プロジェクトにおける**明野観測所に設置した3色同時撮像ロボット望遠鏡を使用したガンマ線バースト（GRB）残光等突発天体の観測**

共同利用査定額: なし

河合誠之、齊藤嘉彦、谷津陽一、藤原太智、橘優太郎、吉井健敏、栗田真、矢野 佑樹、橘優太郎、小野雄貴、村木雄太郎、針田聖平（東工大）、柳澤顕史、黒田大介、花山秀和（国立天文台）ほか

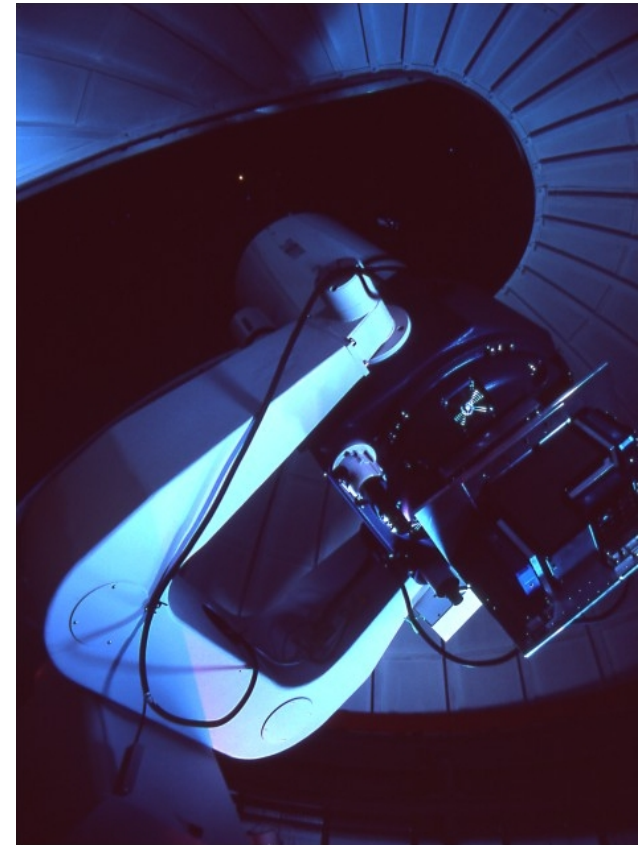
- MITSuMEプロジェクトの概要とGRB観測の実績
- 光・赤外線天文学大学間連携事業に関する観測
- 望遠鏡の整備

MITSuMEプロジェクト



明野50cm可視光望遠鏡の概要

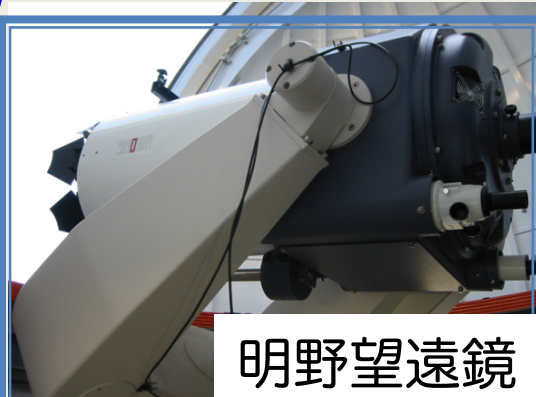
場所	山梨県北杜市明野町
形式	カセグレン型反射望遠鏡
架台	フォーカス式赤道儀
口径	500mm
観測装置	MITSuME(可視3色同時測光)
有効視野	28x28分角 ²
観測波長	400 – 950 nm
駆動速度	最大 3° /sec
限界等級 (60sec積分, S/N=10)	g': 16.7, Rc: 16.6, lc: 15.8



MITSuME

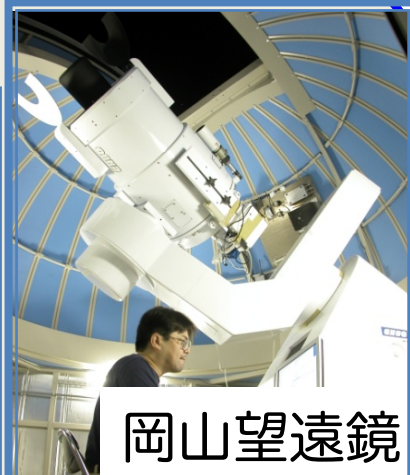
Multi-color Imaging Telescopes for Surveys and Monstrous Explosions
(爆発変動天体の多色撮像観測のための望遠鏡)

可視50cm望遠鏡



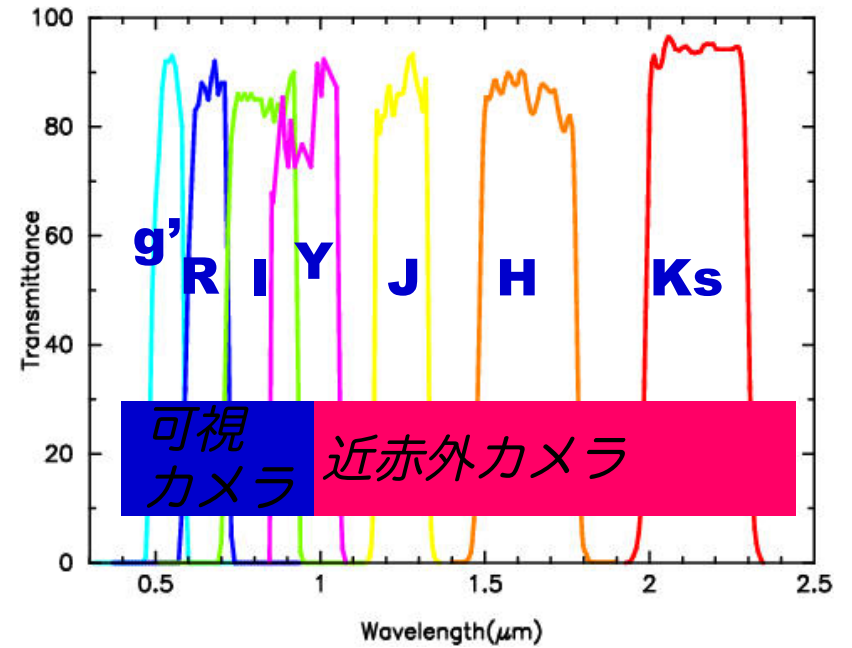
明野望遠鏡

東大宇宙線研明野観測所



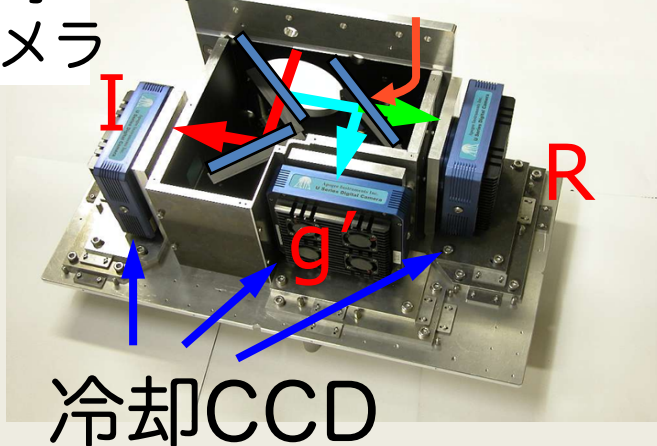
岡山望遠鏡

岡山天体物理観測所



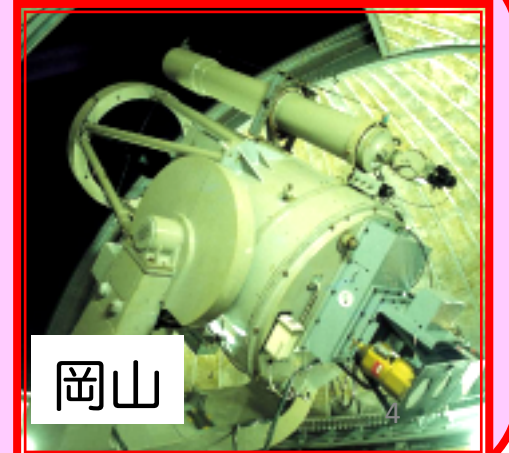
三色同時
撮像カメラ

ダイクロイックミラー



冷却CCD

近赤外91cm
望遠鏡



岡山

明野望遠鏡のGRB即時観測実績

期間: 2014/12/01–2015/11/30

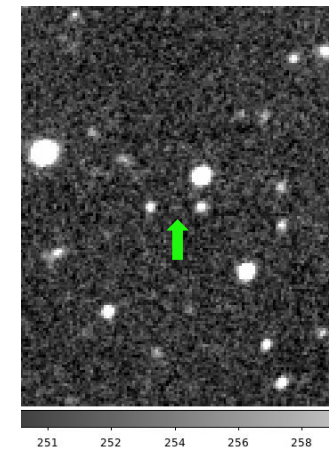
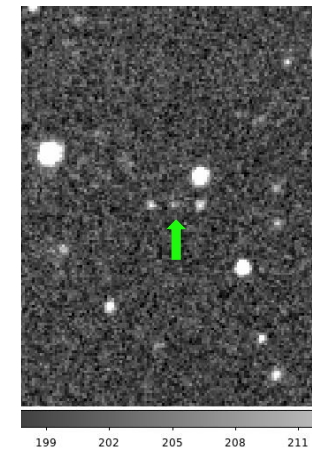
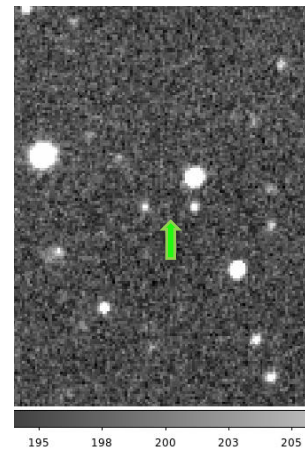
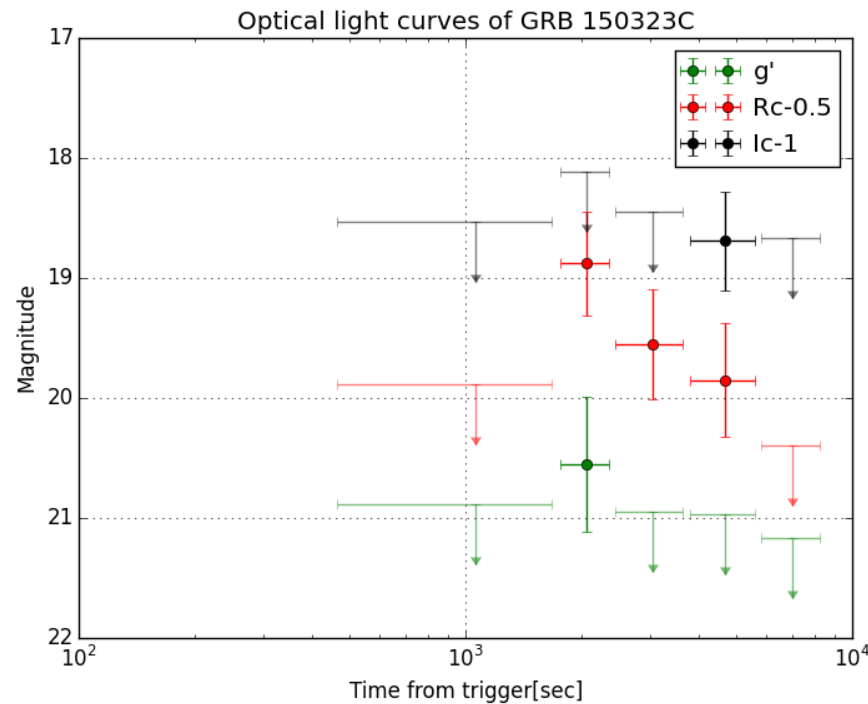
• Swift衛星から受信したGRBのAlert	85件 (74)
• 実際に望遠鏡が向いた	40件 (30)
• 少なくとも天体の限界等級が求められた	27件 (27)
• 天体が同定できた	3件 (6)

()は昨年の実績

- 「実際に望遠鏡が向く」場合は、明野からは見えない方角である場合や時期的に太陽の方向にあって観測出来ない場合、さらに雨天の場合が除かれている。
- 9月5日に望遠鏡ドームが故障し、10月3日に修理が行われるまでの約1ヶ月間観測が止まる。この間に明野で観測可能なGRBは4件あった。

GRB150323C

発見から**85秒後**に観測を開始した。Triggerから30分ほどは残光が見えなかったが、その後増光して残光が見られた。

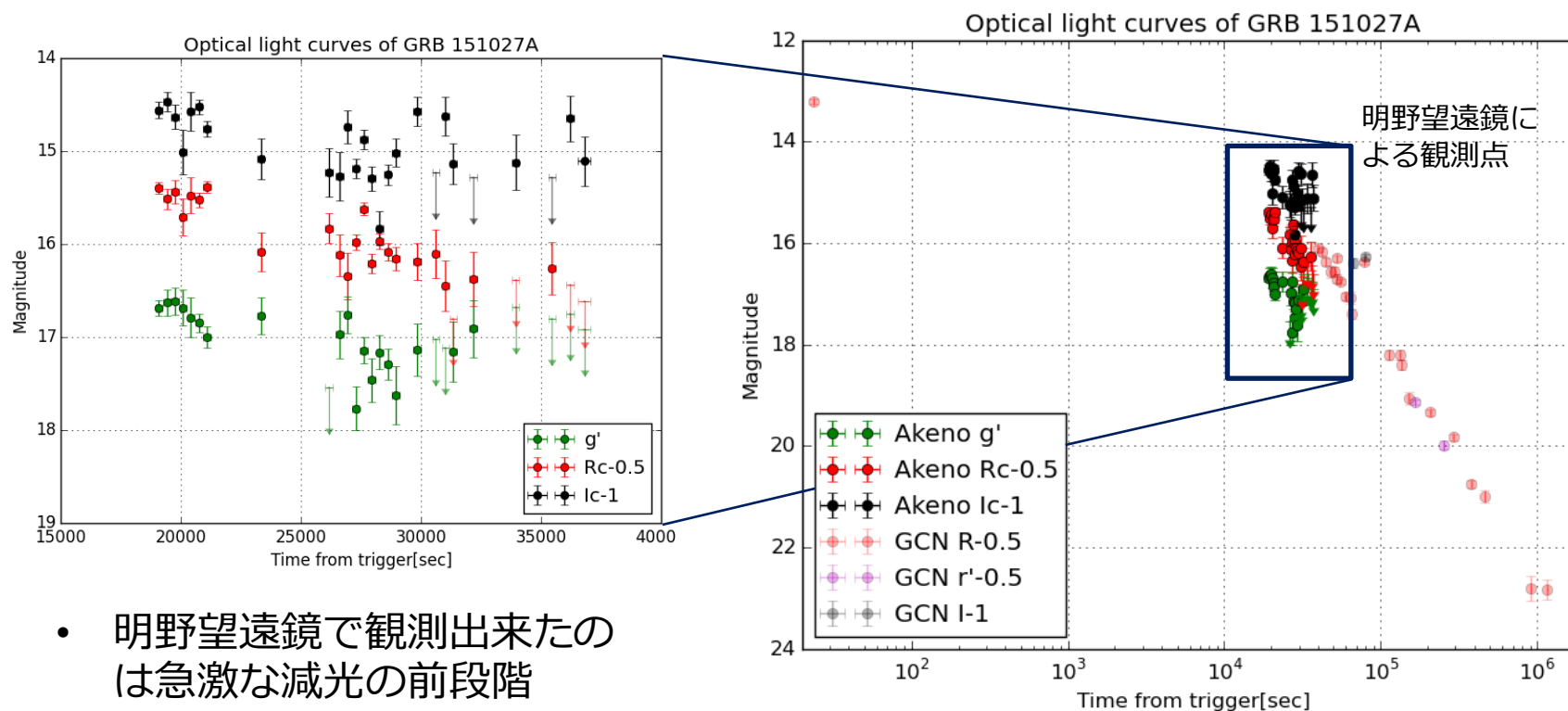


※時間は全てJST

- 30分後の増光はGRBにおいて珍しい例
- 増光の後は単調に減光し、再び検出限界以下となった。
- **現在、赤外線観測結果と合わせて論文化の準備中**

GRB151027A

日本時間の午後1時に出現し、5時間後という早くはない観測開始ではあったが、残光が明るく一晩中観測可能であった。



- 明野望遠鏡で観測出来たのは急激な減光の前段階

- 典型的なGRBの残光と比較して減光が急であり、1日後には観測できなくなっていた。
- 詳細は議論中

Swiftの速報以外で検出されたGRB観測実績

期間: 2014/12/01–2015/11/30

- 自動的に情報を取得するのではなく、ウェブサイト（GCN Circular）にアップされた情報に基づき手動でフォローアップを開始。
- フォローアップを実際に行った件数は以下の通り

● MAXIによって検出されたGRB	7件
● Fermi衛星によって検出されたGRB	3件
● Swift衛星の地上解析によって検出されたGRB	2件
● INTEGRAL衛星によって検出されたGRB	1件

このうち1件の可視光同定に成功

12月よりMAXIとFermi/LATの速報に対して自動観測を開始した。

光・赤外線天文学大学間連携事業への参加



日本の大学と国立天文台が国内外に持つ中小の望遠鏡を有機的に結びつけ、突発天体の即時連続フォローアップ観測の地球規模ネットワークを構築する

光・赤外線天文学大学間連携 における明野望遠鏡での観測天体（1）

- **GRB:**

- GRB150323C(2015/03/23)

- 西はりま天文台のなゆた望遠鏡（口径2.0m）において赤外線の撮像データを取得。**先に紹介した明野望遠鏡のデータと合わせて論文化へ。**

- **ブラックホール連星:**

- V404 Cyg(2015/06/15 – 2015/09/04)

- 連携観測では特に長いタイムスケールでの変動に着目。
- 東工大では短い時間変動に着目し観測データを共有し共同で研究を進める。

詳しくは別スライドにて。

光・赤外線天文学大学間連携 における明野望遠鏡での観測天体 (2)

- **活動銀河核:**

- KISS14k (2015/1/28, 2/9-11、4/18)

- 電波との同時多波長キャンペーン観測

- **現在論文の準備中**

- NGC3516 (2015/5/11-16)

- これまでも共同研究で行ってきた観測を大学間連携事業に規模を広げた観測。

- **超新星:**

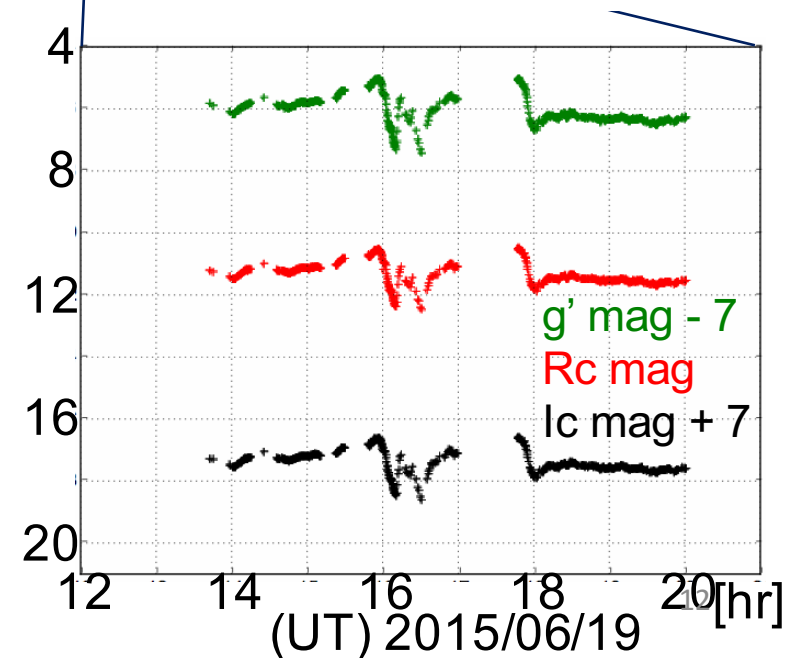
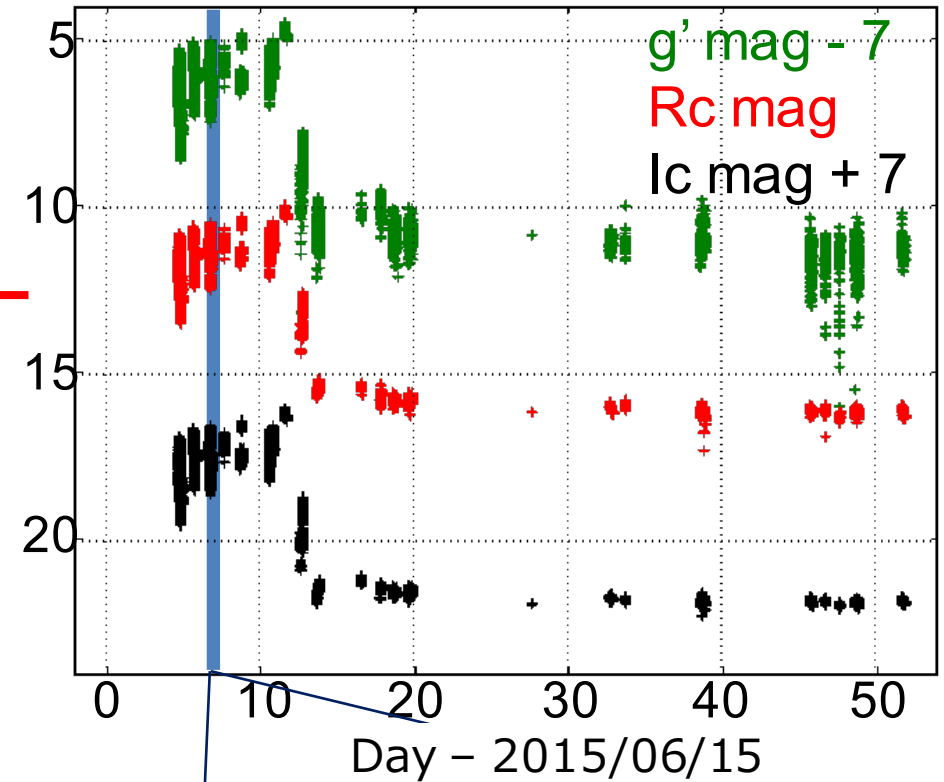
- SKYS6 (2015/11/12-)

- SKYS9 (2015/11/15-)

- いずれも東京大学木曾観測所の超新星サーベイによって発見された超新星のフォローアップ観測。

V404 Cyg (GS 2023+338)

- 低質量ブラックホール連星
- 2015/06/15 SwiftとMAXIがフレアを検出
 - 短時間で明るさが激しく変動
- 明野望遠鏡は発見から4日後に可視光での観測を開始
- 可視光での明るさも短時間で激しく変動
- **現在、論文化に向けて解析中**



望遠鏡メンテナンス

■ ドーム駆動系の故障

- ✓ 9月5日にドームが故障。修理のための部品取り寄せに時間を要し、観測可能になったのは10月3日で全ての修理が完了したのは12月2日。



ドーム停止の原因となった
従動輪の交換



ドーム停止により摩耗した
駆動輪の交換



その他環境整備

1. 解析環境の整備

- 大学間連携事業の一環として各機関のデータで共通で使用可能な自動解析パイプラインの開発を行う
- GRBのデータ即時測光および大学間連携事業のキャンペーン観測の即時測光が可能に
- 来年の天文月報に記事が掲載予定 (右図)
- **現在、このパイプラインに関する論文を執筆中。**

2. 広視野イメージを応用した気象識別 (次頁)

光・赤外線大学間連携共通自動即時測光パイプラインCARPの開発



斉藤

斉藤 嘉彦¹
諸 隈 智 貴²

¹東京工業大学大学院理工学研究科 系研究開発専攻 〒153-8502 東京都品川区大田1-2-13-1 H-201
²東京大学大学院理学系研究科防災天文学教育研究センター 〒151-0015 東京都三鷹区大田2-2-1
e-mail: ¹taoyama@ap.phys.titech.ac.jp, ²tsukagami@nao.ac.jp

光・赤外線大学間連携事業の枠で行う連携観測の多くで、異なる装置で観測された波長域にわたる測光データが取得される。装置ごとに異なる方法の解析パイプラインに対して、効率的に比較可能な解析結果を提示出来ないという点で好ましくない。我々がガンマ線バーストのような突発天体の観測の場合は、その後のフォローアップ観測の計画を早急に決定するため、科学的論文にも大きく影響する。今回これらの問題を解決するために、光・赤外線大学間連携事業の一環として開発された観測データに対して共通に利用可能な自動即時測光パイプラインの開発を行った。

1. 背景

光・赤外線大学間連携事業 (以下、単に「大学間連携事業」とする) において、観測者が所有する装置で共通で利用できる自動即時測光パイプラインの必要性は当初から指摘されていた。

当事業における科学的効果が期待される現象であるガンマ線バースト (GRB) の地上望遠鏡でのフォローアップ観測にはいくつかの厳しい要求がある。一つは GRB のガンマ線のフレアをとらえる衛星の情報に基づき可及的速やかに観測を開始することである。GRB の現象において重要な情報は最初の数秒から数時間以内に含まれており、出来る限り早い観測を行わなければならない。ガンマ線をとらえたフレアの位置を秒単位の精度で継続的に送信する装置は幸に Swift 衛星の搭載装置である Burst Alert Telescope (BAT) である。この BAT から送られてくる座標情報は

円には 3 分角半径の高さを持つ円、すなわちエラーサークルとして与えられる。

二つめの要求は地上望遠鏡の観測ではこのエラーサークルの中に可視光・赤外線における GRB の対応天体を見つけることである。この BAT から送られてくる情報の数分後には、同じく Swift 衛星に搭載されている X-Ray Telescope (XRT) という X 線の観測装置による、より正確な赤外線情報 (5 秒角以下の位置決定精度) が届く場合が一般的だが、その情報がすぐに来ない場合も想定しなければならない。それを行うためにはエラーサークル内の天体を検出しその中で未知の天体であり、かつ明るさの変動が与えられる天体を探し、輝度を測定することが必要となる。

そして最後は波長方向の情報を得ることである。例えば、可視光では対応天体が見つからないにもかかわらず赤外線では対応天体が見つかるような場合は高赤方偏移の現象である可能性があり、宇宙の最遠方クラスの現象であればさらに口径の大

広視野イメージを応用した気象識別

- **明野の夜間晴天率は高くない**

- 風向きにより、観測所直上に定常的に雲が発生
- 晴れ間を狙うことで観測効率を向上を目指す

- **深層学習による画像認識の応用**

- 機械学習による画像認識を行い雲を検出
- 晴れている天域を観測可能天域のみをサーベイ
- 将来の重力波天体探査に向けた観測網の統括管理に必須の技術

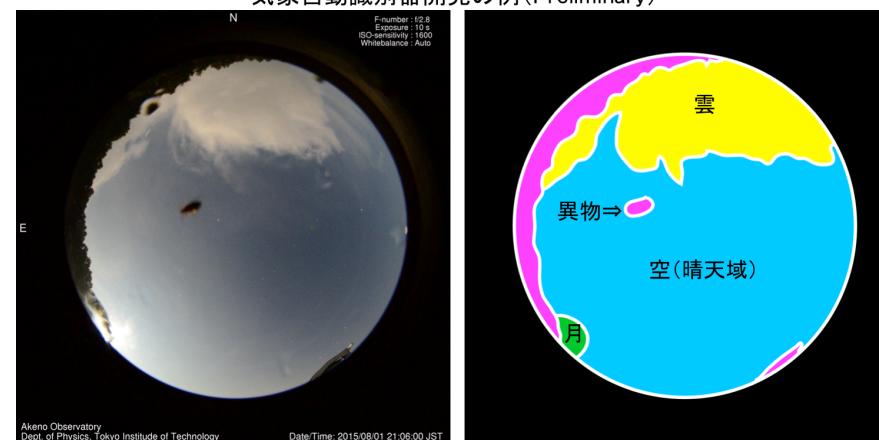
- **進行状況**

- 東工大研究チーム発足 (8月)
 - 東工大MITSuMEチーム
 - 学術国際情報センター 下川辺助教
 - 情報工学専攻 篠田教授・井上助教
- 1000枚の教師データ作成 (9月)
- カメラ画像と天球座標の変換 (10月)
- 現在処理プログラムをチューニング中



日中の衛星写真では雲を95%の
識別精度で識別 (東工大・工 太田)

気象自動識別器開発の例 (Preliminary)



実際の画像 (夜間の全天画像)

物体のカテゴリライズの様子

まとめ

- ガンマ線バースト残光観測
 - 3天体の可視光同定
 - Swiftによる速報以外のGRB検出情報に対してもフォローアップ。1天体の可視光同定
 - MAXI、Fermi/LATの速報による自動観測を開始
- 大学間連携のキャンペーン観測および突発天体観測
 - 6天体の観測
 - 従来、共同観測を行ってきた「活動銀河核のモニター観測」と「木曾KWFC超新星探査プロジェクト」も大学間連携の観測へと規模を広げる
- 自動観測運用
 - ドーム故障とその修理
 - 大学間連携事業の一環として解析パイプラインの開発

明野観測所での運用継続よろしく申し上げます。

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
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 (2)

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 (3)

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 (4)

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 (Swift速報以外)

実際にフォローアップ観測をしたもののうち、少なくとも限界等級が決まったもの

GRB	発見した衛星・装置	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始までの時間
141230A	Fermi/GBM	>19.2	>20.4	>19.9	6.5時間
150311A	MAXI/GSC	>19.4	>19.7	>19.0	23時間
150518A	MAXI/GSC	>20.7	20.4 ± 0.3	19.7 ± 0.4	13.5時間
150608A	MAXI/GSC	>17.9	>18.0	>17.4	6時間
150724B	Fermi/LAT	>21.3	>20.9	>20.0	21時間
151120A	INTEGRAL	>19.0	>19.0	>18.1	11時間

成果リスト: 査読論文

2015

1. “OISTER Optical and Near-Infrared Observations of Type Iax Supernova 2012Z”, M. Yamanaka et al., *Astrophys. J.*, Vol.806, pp.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. J.*, Vol.802, pp.84 (大学間連携)

2014

1. “Discovery of Dramatic Optical Variability in SDSS J1100+4421: A Peculiar Radio-loud Narrow-line Seyfert 1 Galaxy?”, M. Tanaka et al., *Astrophys. J.*, Vol.793, pp. L26 (KISSプロジェクト)
2. “Kiso Supernova Survey (KISS): Survey Strategy”, T. Morokuma et al., *Astrophys. J.*, in press (KISSプロジェクト)
3. “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*, in press (大学間連携)
4. “GRB 130427A: A Nearby Ordinary Monster”, A. Maselli et al., *Science*, Vol. 343, Issue 6166, pp.48-51 (GRB残光観測)

成果リスト: 学会・研究会発表 (1)

2015

1. “光赤外線大学間連携によるスーパーチャンドラセカール超新星候補SN 2012dn の ToO 観測: 赤外超過とダスト放射”, 山中 雅之 他, 日本天文学会秋季年会、甲南大学、2015/9/9-11(大学間連携)
2. “IIP型超新星2014cx の早期紫外-近赤外域SEDの解析”, 中岡 竜也 他, 日本天文学会秋季年会、甲南大学、2015/9/9-11(大学間連携)
3. “MITSuME 明野望遠鏡によるガンマ線バースト残光の観測(2012-2015)”, 藤原 太智 他, 日本天文学会秋季年会、甲南大学、2015/9/9-11(大学間連携)
4. “明野50cm可視光望遠鏡の2014 年度運用実績”, 斉藤 嘉彦 他, 日本天文学会春季年会、大阪大学、2015/3/18-21(明野望遠鏡運用)

2014

1. “大学間連携望遠鏡によるガンマ線バーストの観測”, 河合 誠之 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2015/9/11-13(大学間連携)
2. “OISTER・すざくによる2FGL J2339.6-0532の観測”, 谷津 陽一 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)
3. “可視・近赤外撮像データに対する測光パイプラインの開発”, 斉藤 嘉彦 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)
4. “光赤外大学間連携とかなた望遠鏡による Narrow Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0323+342の可視観測”, 田中 康之 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)

成果リスト: 学会・研究会発表 (2)

5. “光赤外線大学間連携における超新星爆発のToO観測状況報告II”, 山中 雅之 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)
6. “大学間連携によるAGNジェットの多波長観測”, 伊藤 亮介 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)
7. “可視変動により見つかったradio-loud narrow line Seyfert 1の多波長観測”, 諸隈 智貴 他, 日本天文学会秋季年会、山形大学、2014/9/11-13(大学間連携)
8. “明野50cm可視光望遠鏡の2013年度運用実績”, 齊藤 嘉彦 他, 日本天文学会春季年会、国際基督教大学、2014/3/19-22(明野望遠鏡運用)
9. “X線と可視光の同時観測で迫るNGC 3516セントラルエンジンの構造”, 野田 博文 他, 日本天文学会春季年会、国際基督教大学、2014/3/19-22(活動銀河核観測)
10. “Optical follow-up observation of the transient objects with the MITSuME telescope”, Y. Saito et al., Suzaku-MAXI 2014, 愛媛大学、2014/2/19-22(X線新星フォローアップ観測)
11. “Probing the origin of Pulsar wind with a black widow pulsar 2FGL2339.6-0531”, Y. Yatsu et al., Suzaku-MAXI 2014, 愛媛大学、2014/2/19-22(大学間連携)
12. “Optical observations of a black hole binary MAXI J1910-057 with the MITSuME telescope”, T. Yoshii et al., Suzaku-MAXI 2014, 愛媛大学、2014/2/19-22(ブラックホール連星系観測)
13. “Optical follow-up observation for very early phase GRB afterglows with the Akeno telescope”, 齊藤 嘉彦 他、新学術領域研究「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」第2回シンポジウム、東京工業大学、2014/1/13-15(GRB残光観測)