

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

明野観測所に設置した3色同時撮像ロボット望遠鏡による γ 線バースト残光と活動銀河核の観測

河合誠之、下川辺隆史、森由希、工藤佑允、中嶋英也(東工大)

森正樹(ICRR)、
柳澤顕史、吉田道利、渡部潤一、福島英雄(国立天文台)ほか

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



宇宙線研共同利用査定額：10万円
用途： 旅費（東工大→明野）



明野50cm Φ 望遠鏡の開発と運用

▶ 開発

- (きっと)9割ほど終了
- 自動観測 (GRB、パトロール観測)
- 自動解析
- おおむね自動運転・ときどき不具合 (bug, 停電、虫、鳥?)

▶ 運用

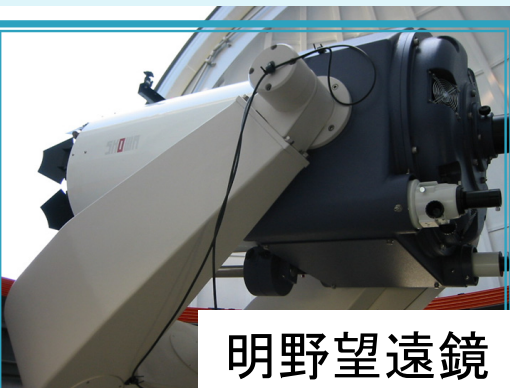
- GRB
100/2/3 ~ 15/yr 程度の観測
- AGN (GRB観測時以外)

これからは、(ほぼ完全な)運用フェーズ

MITSuME

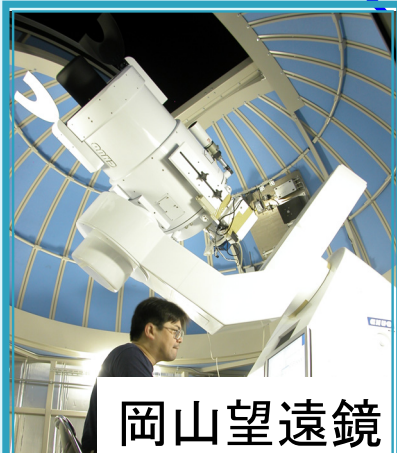
Multi-color Imaging Telescopes for Surveys and Monstrous Explosions

可視50cm望遠鏡



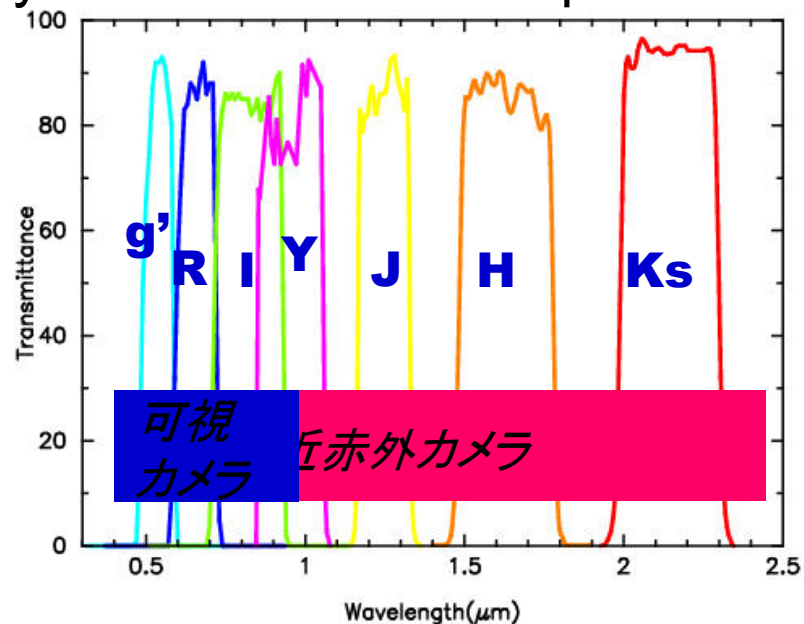
明野望遠鏡

東大宇宙線研明野観測所



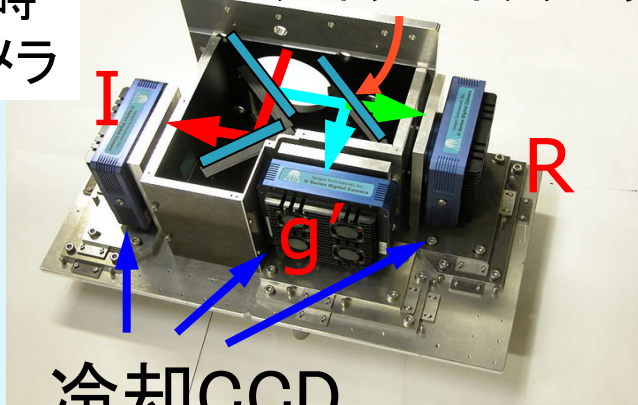
岡山望遠鏡

岡山天体物理観測所



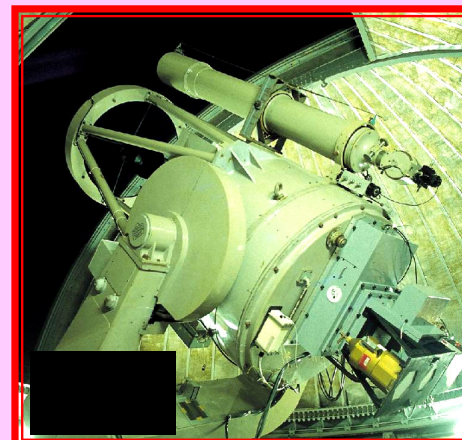
三色同時
撮像カメラ

ダイクロイックミラー

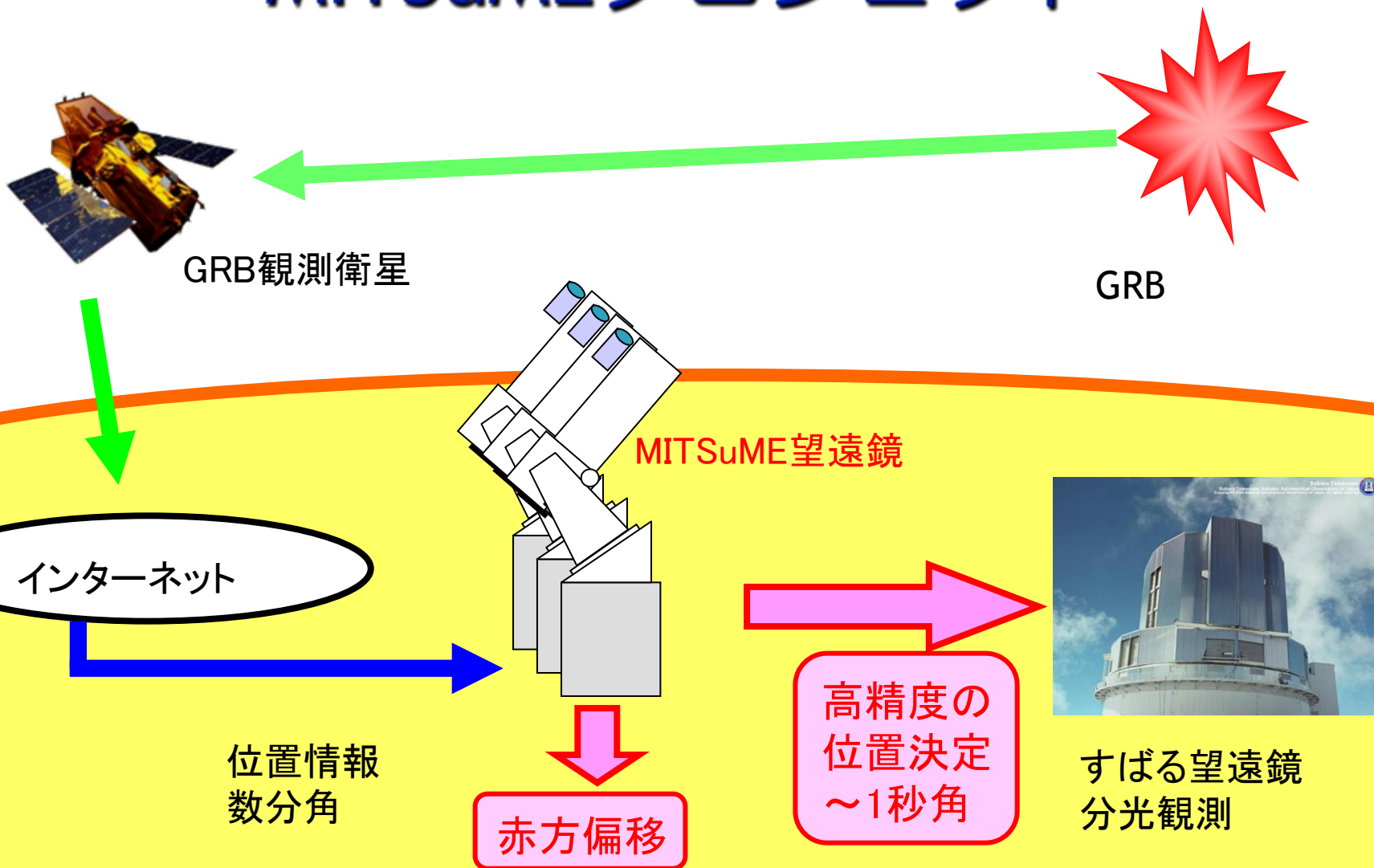


冷却CCD

近赤外91cm
望遠鏡

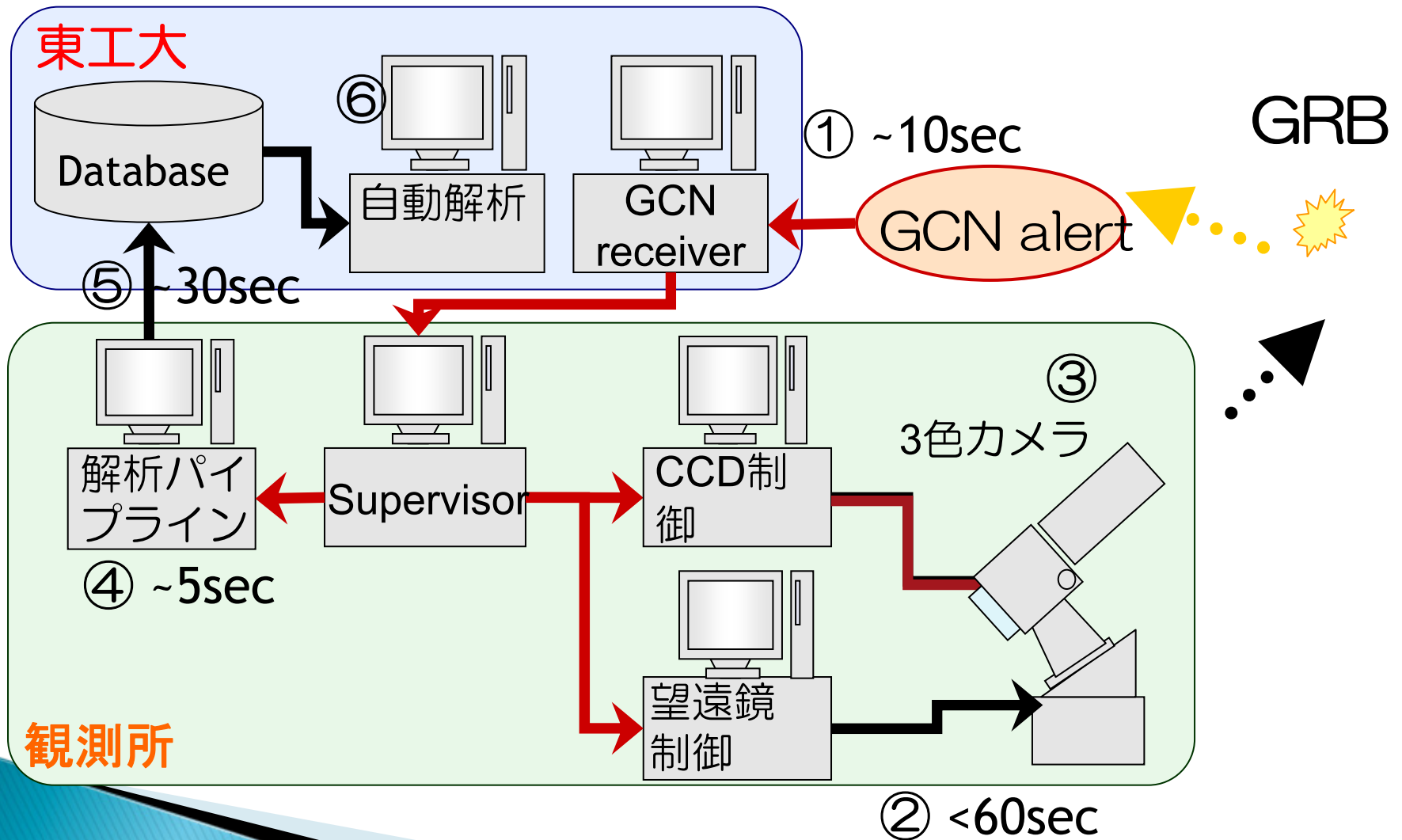


MITSuMEプロジェクト



「即時・自動・多色」の観測システム

MITSuME-Akeno Operation



パトロール観測

- ▶ GRB待機中にAGN観測
- ▶ Fermi/MAXI との他波長同時観測へ

starList search

http://ribots2:2388/pat/

starList search

name

ra[deg]

dec[deg]

kind

ACN

order by

☒ name

☐ ra[deg]

☐ priority

☐ only observe

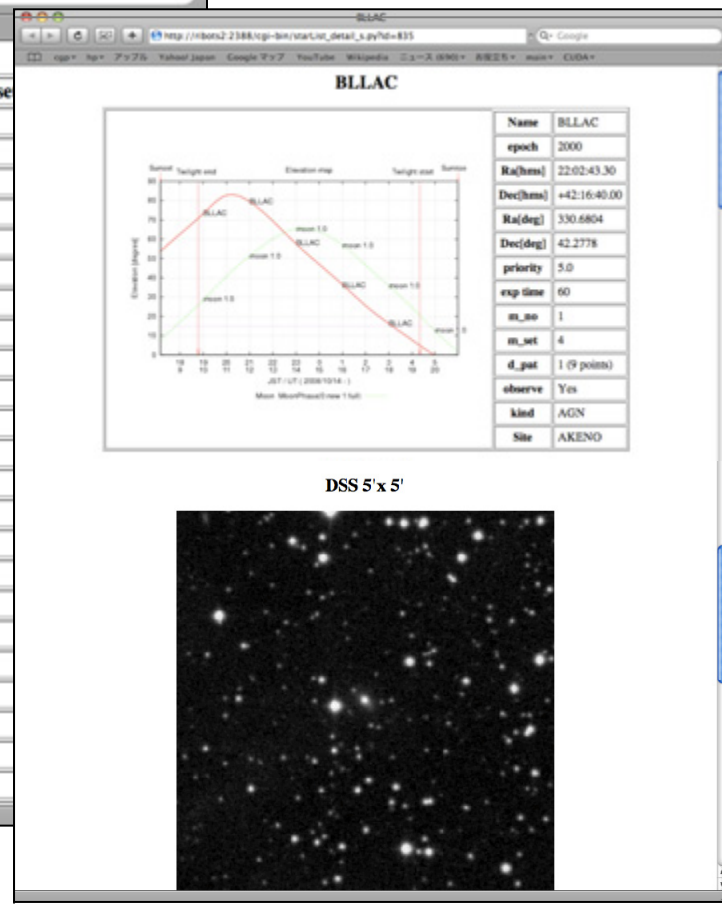
search

reset

Today's Schedule

create Schedule file

name	ra	dec	ra [deg]	dec [deg]	priority	m_no	m_se
1E0317.0+1835	03:19:51.80	+18:45:34.20	49.965833	18.7595	1.0	1	3
1E1415.6+2557	14:17:56.68	+25:43:26.24	214.486167	25.723956	2.0	1	3
1ES0033+595	00:35:52.64	+59:50:04.6	8.96935	59.834608	1.5	1	3
1ES0120+340	01:23:08.55	+34:20:47.50	20.785625	34.346528	1.5	1	3
1ES0229+200	02:32:48.62	+20:17:17.45	38.202567	20.288181	1.0	1	3
1ES0414+009	04:16:53.81	+01:04:57.00	64.2242	1.0825	2.0	1	3
1ES0502+675	05:07:56.25	+67:37:24.40	76.984375	67.6234444	2.0	1	3
1ES0647+250	06:50:46.52	+25:03:00.3	102.693833	25.050083	3.0	1	3
1ES0806+524	08:09:49.15	+52:18:58.7	122.454792	52.316306	3.0	1	3
1ES1011+496	10:15:04.14	+49:26:00.7	153.767249	49.433529	3.0	1	3
1ES1028+511	10:31:18.51	+50:53:35.9	157.827125	50.893306	3.0	1	3
1ES1101-232	11:03:37.57	-23:29:30.18	165.90655	-23.491718	2.0	1	3
1ES1218+304	12:21:21.94	+30:10:37.1	185.341421	30.176975	5.0	1	3
1ES1219+044	12:22:22.55	+04:13:15.78	185.5939567	4.2210489	2.0	1	3
1ES1517+656	15:17:47.60	+65:25:23.90	229.448333	65.423306	2.0	1	3
1ES1544+820	15:40:16.01	+81:55:05.50	235.066708	81.918194	3.0	1	3
1ES1553+113	15:55:43.04	+11:11:24.37	238.92935	11.1901014	2.0	1	3
1ES1959+650	19:59:59.85	+65:08:54.65	299.999384	65.148514	10.0	1	6
1ES2344+514	23:47:04.84	+51:42:17.88	356.770158	51.704966	5.0	1	3
1H0323+022	03:26:13.97	+02:25:14.66	51.558213	2.420738	1.0	1	3
1H0658+595	07:10:30.05	+59:08:19.60	107.6252083	59.1387778	2.0	1	3
1H1720+117	17:25:04.36	+11:52:15.20	261.2681667	11.8708889	2.0	1	3
3C111	04:18:21.28	+38:01:35.80	64.588655	38.0266111	5.0	1	3



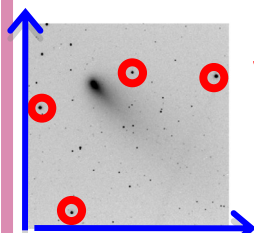
解析パイプライン



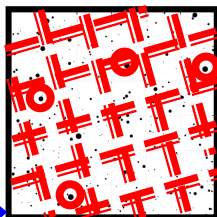
Raw image

Source finding

Catalog matching



CCD画像

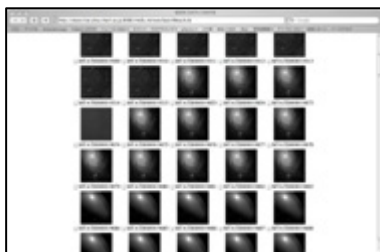


USNO-A 2.0カタログ

- 明るい50天体を選択し、これらから画像の天球座標を決定

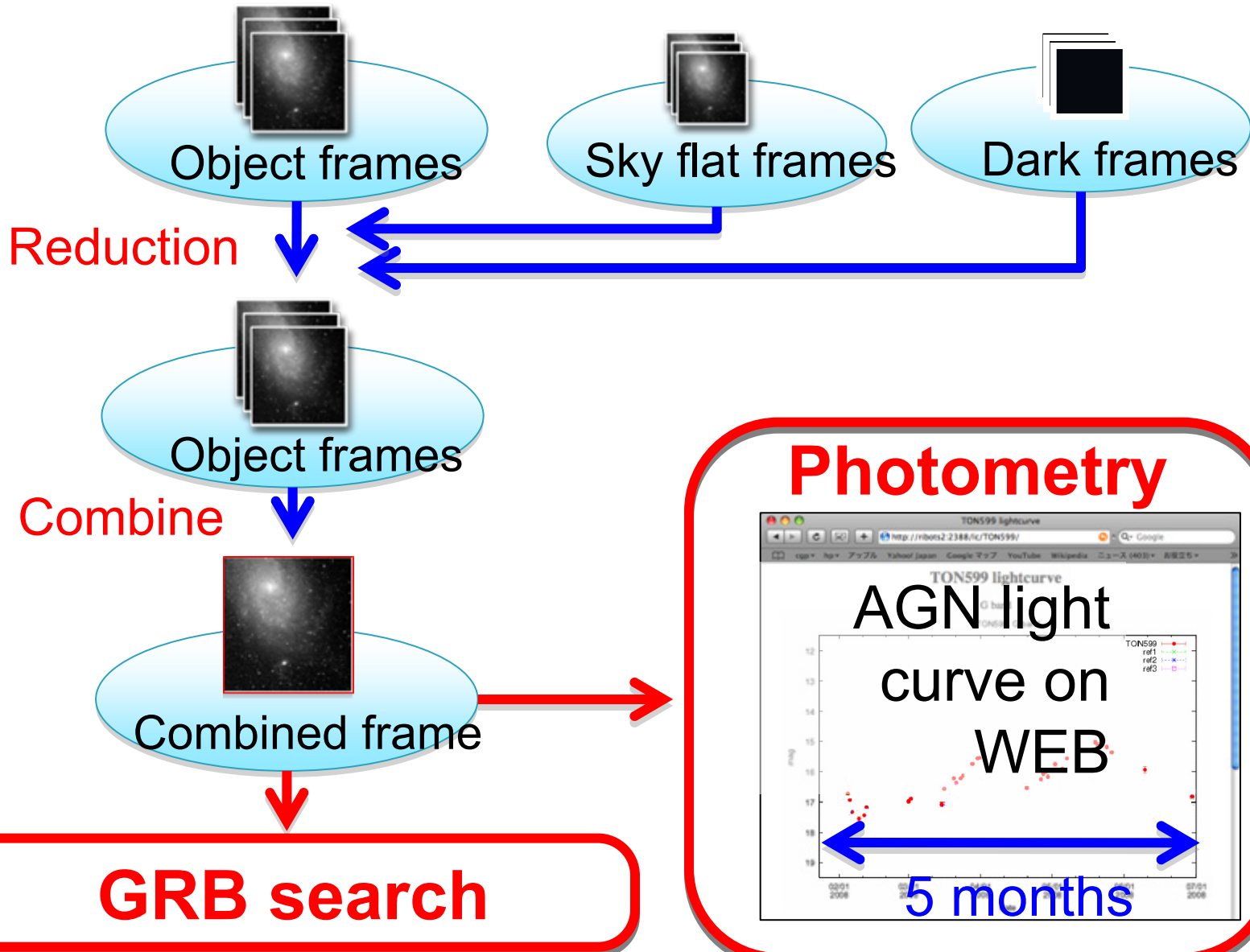
Photometry

Database



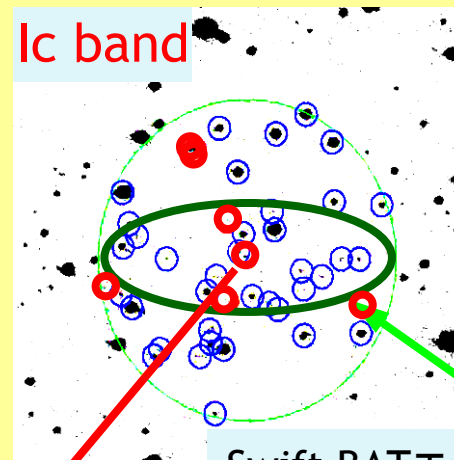
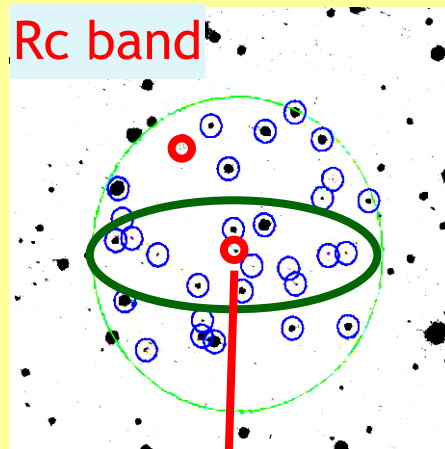
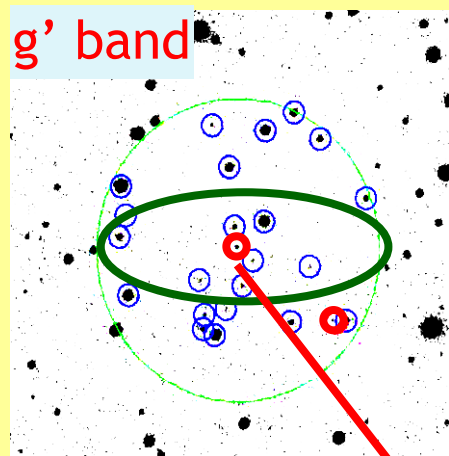
- 解析結果と画像が登録される
- WEBを通してアクセス可能
- QL画像も作成

自動解析



GRB search

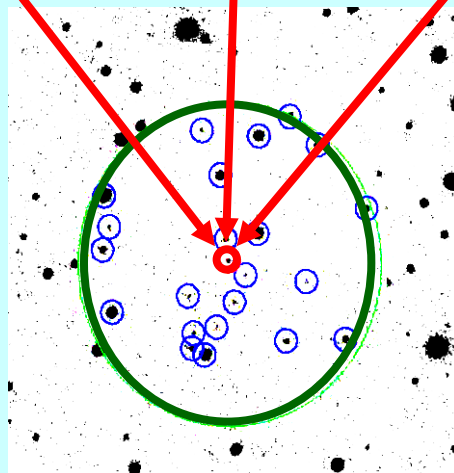
Step 1 恒星カタログと撮像した画像を比較
各画像ごとに**既知の恒星**と**未同定の像**を識別



○: 既知の天体
○: 未同定の像

Swift BATエラーサークル(3分角)

Step 2 3画像に共通した**GRB**の検出



GRB061121残光の例

4月から12月までの観測実績

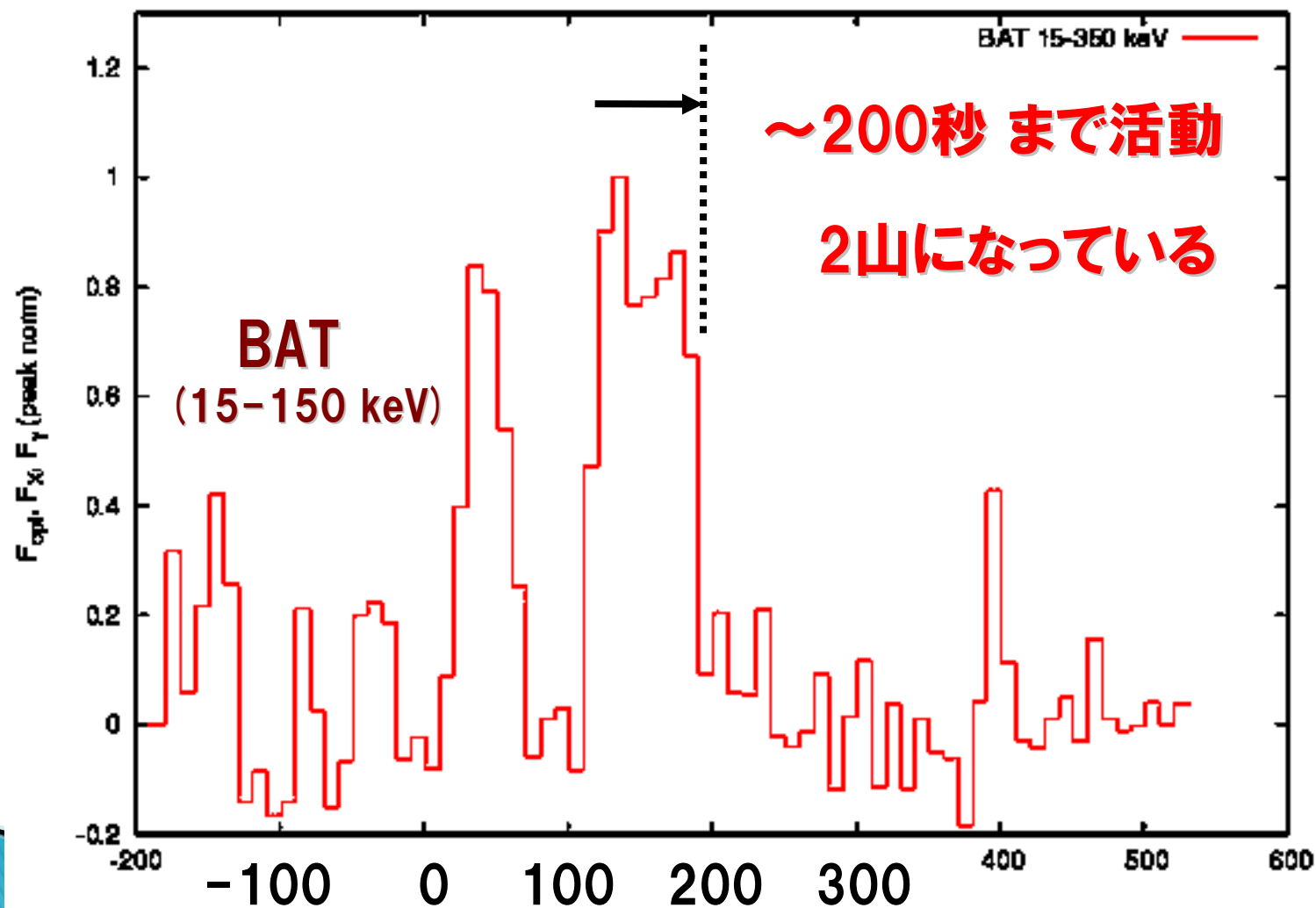
GRB	g' [mag]	R_c [mag]	I_c [mag]	発生から観測開始 までの時間
081203A	18.5 ± 0.2	18.1 ± 0.3	17.7 ± 0.3	4時間01分
081128	>19.5	>19.8	>18.6	26分
081012	>17.6	>17.7	>16.7	64秒
080702	>16.6	>17.7	>16.5	42秒
080613B	>17.0	>17.7	>17.8	38秒
080613A	>17.6	>17.2	>17.0	1時間19分
080607	>18.3	>18.0	>17.4	5時間55分
080514	>15.2	>15.9	>15.2	3時間59分
080506	18.2 ± 0.4	17.4 ± 0.2	16.8 ± 0.5	117秒
080503	>18.7	>19.2	>19.0	5分40秒

15件のGRBを観測

うち2件のGRBの検出に成功

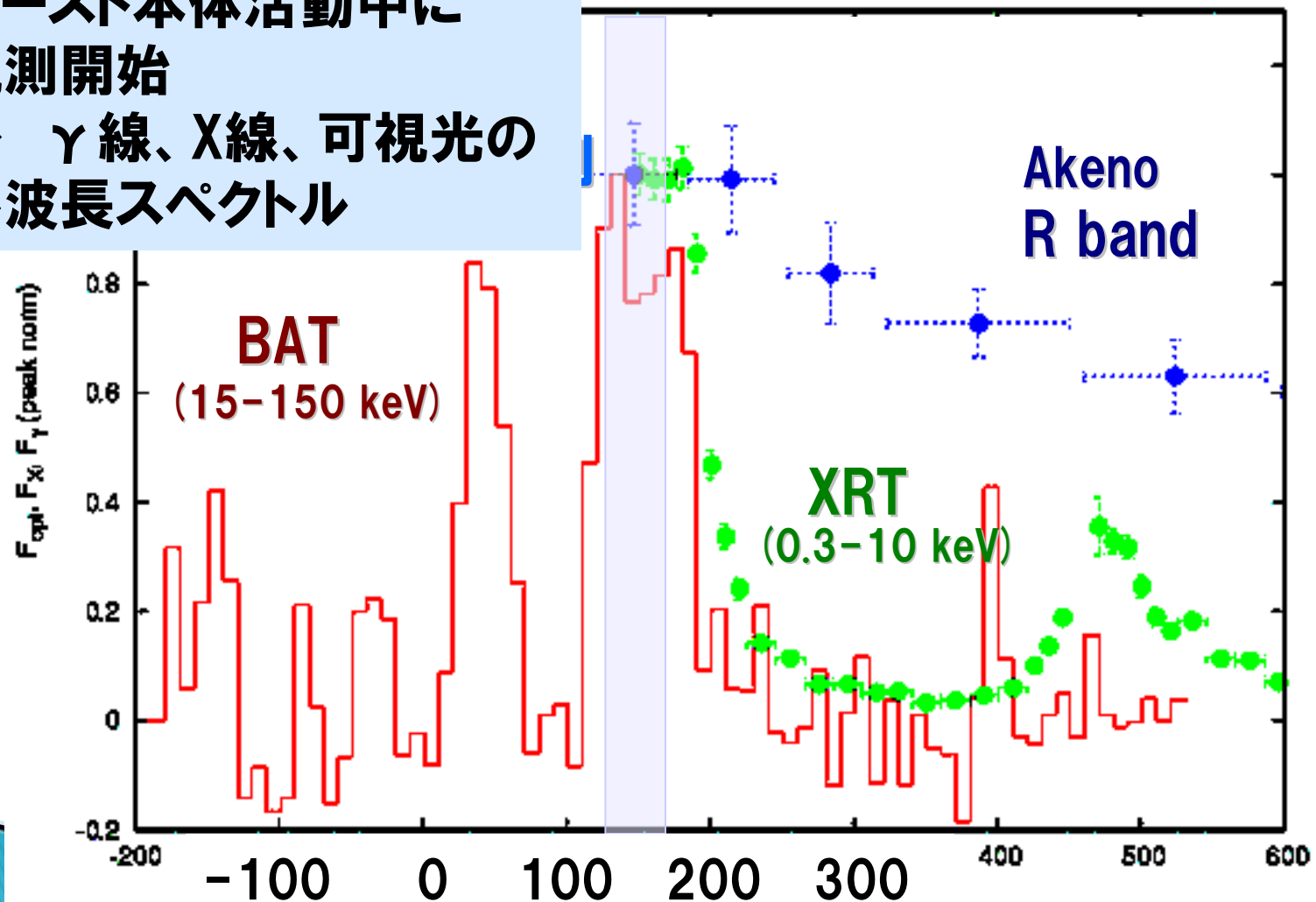
(他に岡山、石垣島で4件検出、昨年明野では4/15)

GRB 080506: Swift BAT

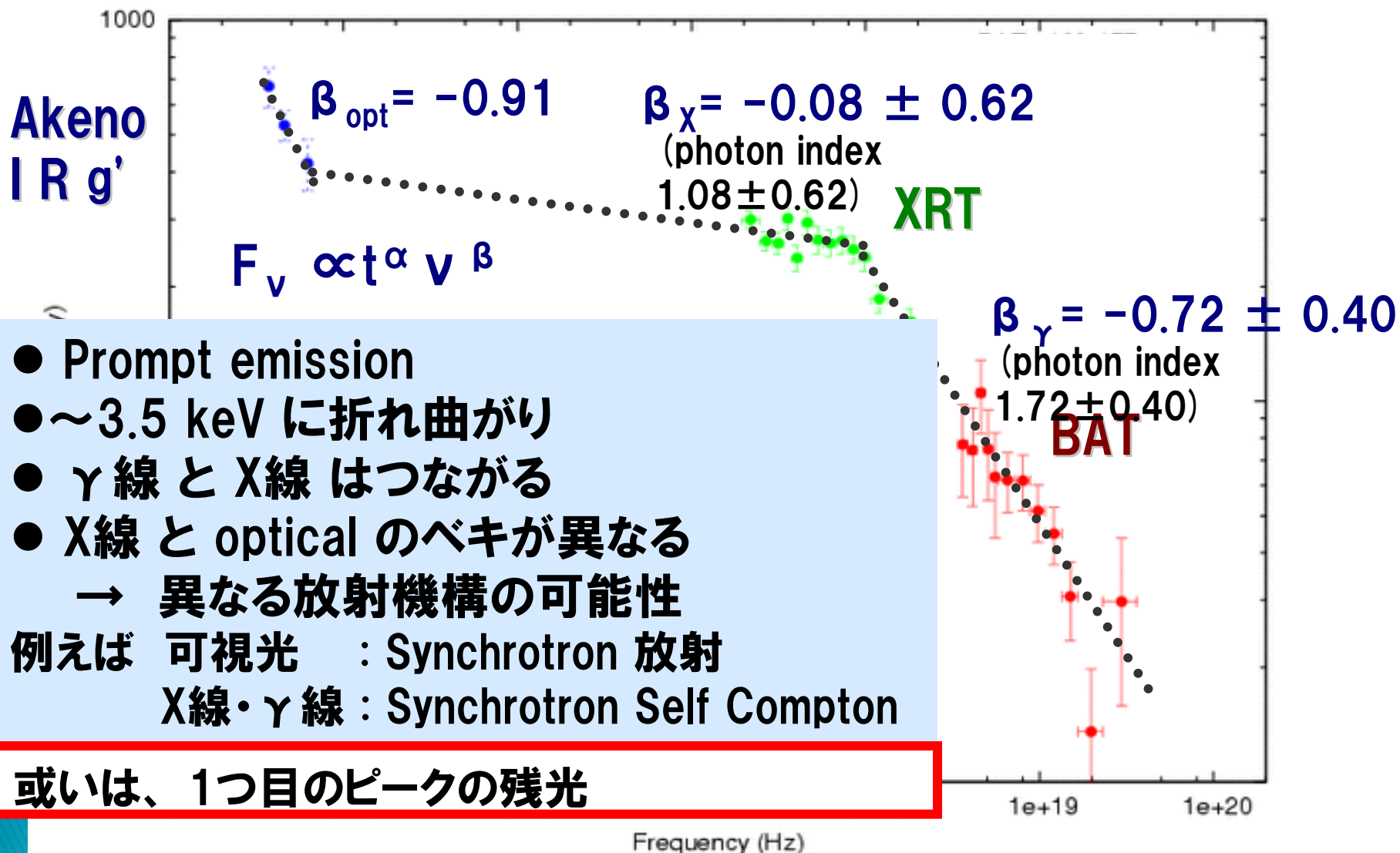


BAT + R band (Akeno) light curve

バースト本体活動中に
観測開始
→ γ 線、X線、可視光の
多波長スペクトル



広帯域エネルギースペクトル

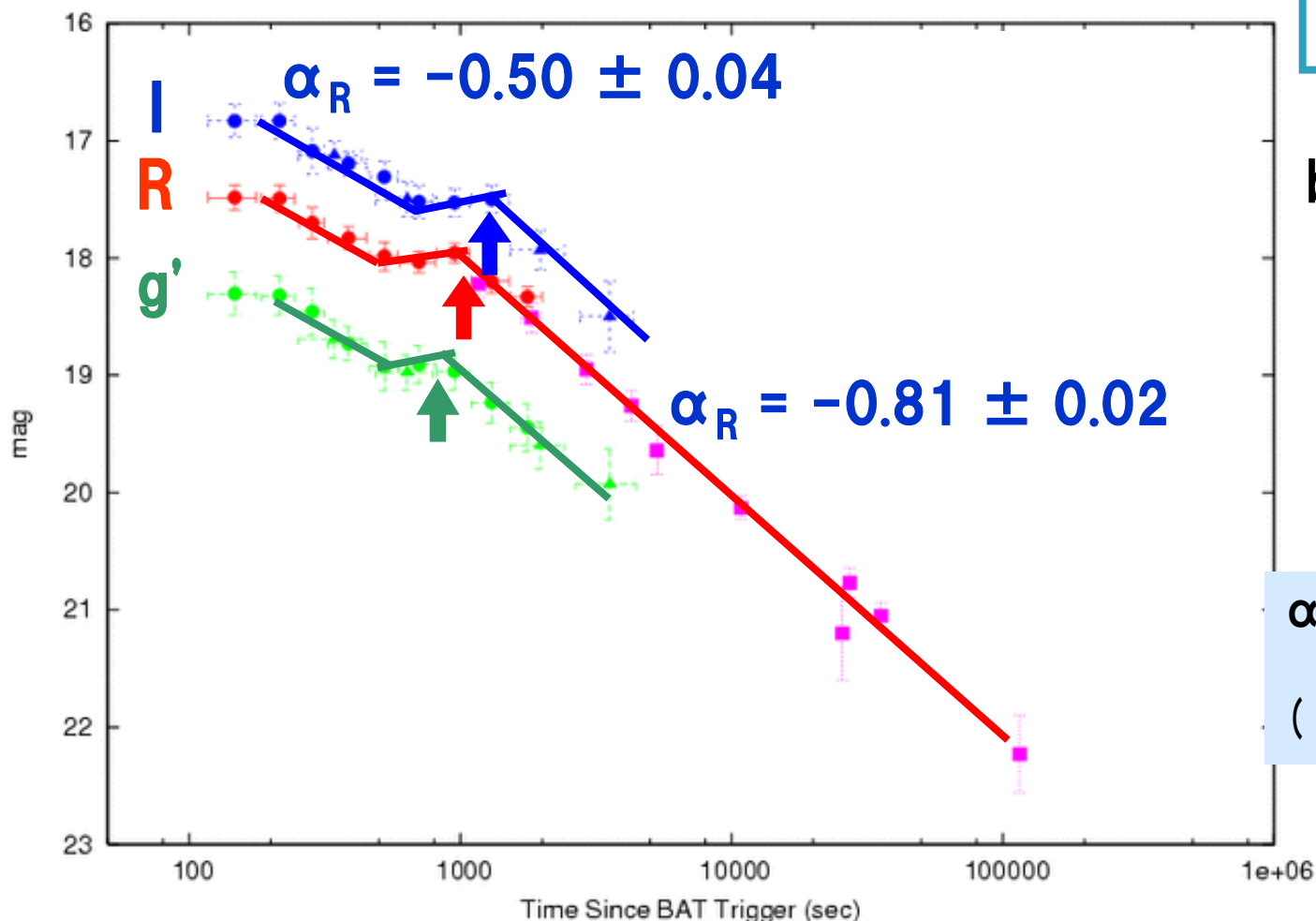


- Prompt emission
 - ~ 3.5 keV に折れ曲がり
 - γ 線 と X線 はつながる
 - X線 と optical のベキが異なる
→ 異なる放射機構の可能性
- 例えば 可視光 : Synchrotron 放射
X線・ γ 線 : Synchrotron Self Compton

或いは、1つ目のピークの残光

可視光 light curve

double break を仮定



$$v_{\text{break}} \propto t^{-1.44 \pm 0.22}$$

v_{break} is v_m

$\alpha_R < 0$ at
before break
($v_R < v_m < v_c$)

Slow
Cooling

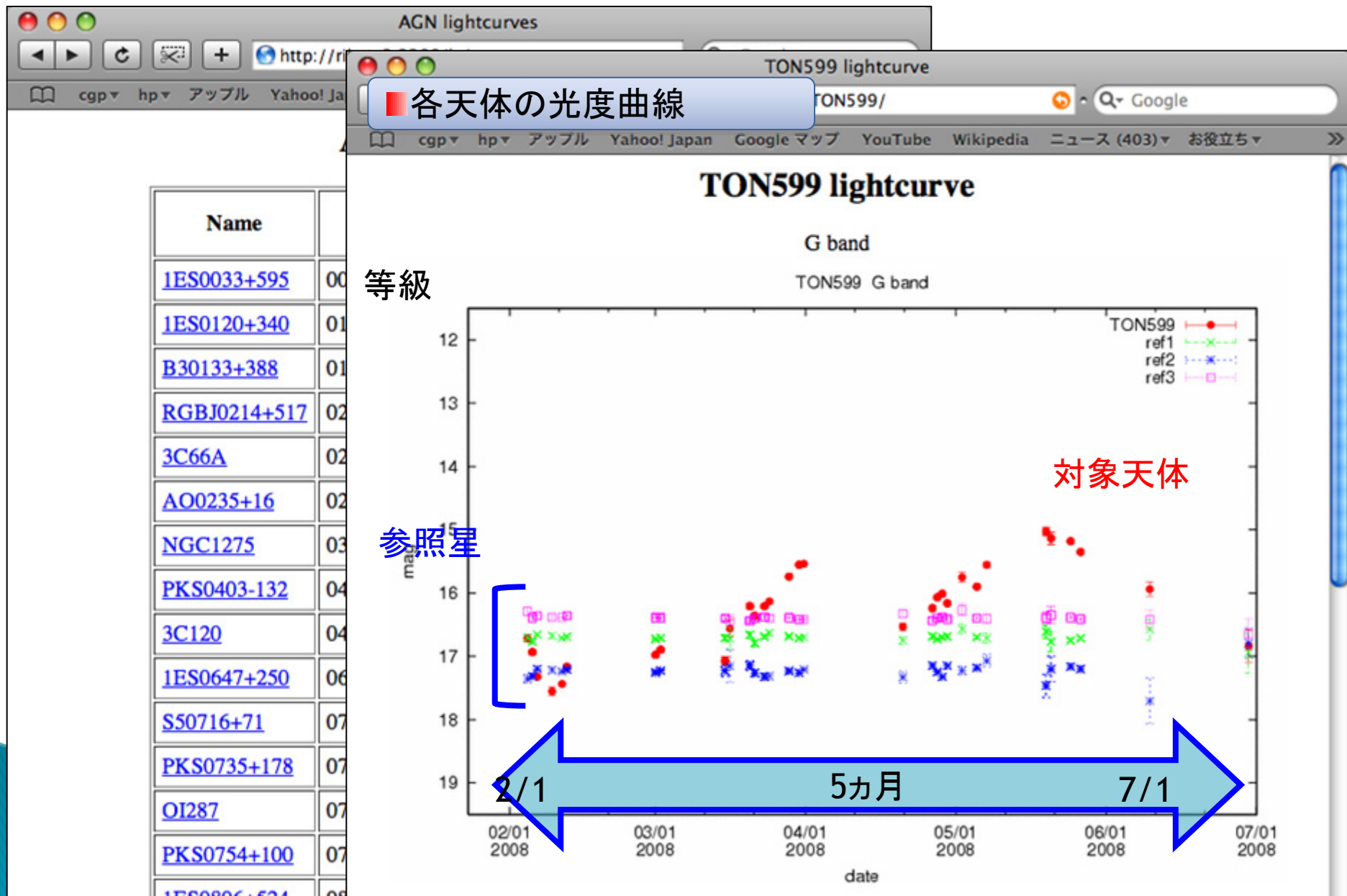
$$\alpha_R = -3(p - 1) / 4$$

$$= -0.81 \pm 0.02$$

($v_m < v_R$)

$$p \sim 2.08$$

AGN光度変動の長期的監視



AGN光度変動の長期的監視

■ 各天体の光度曲線

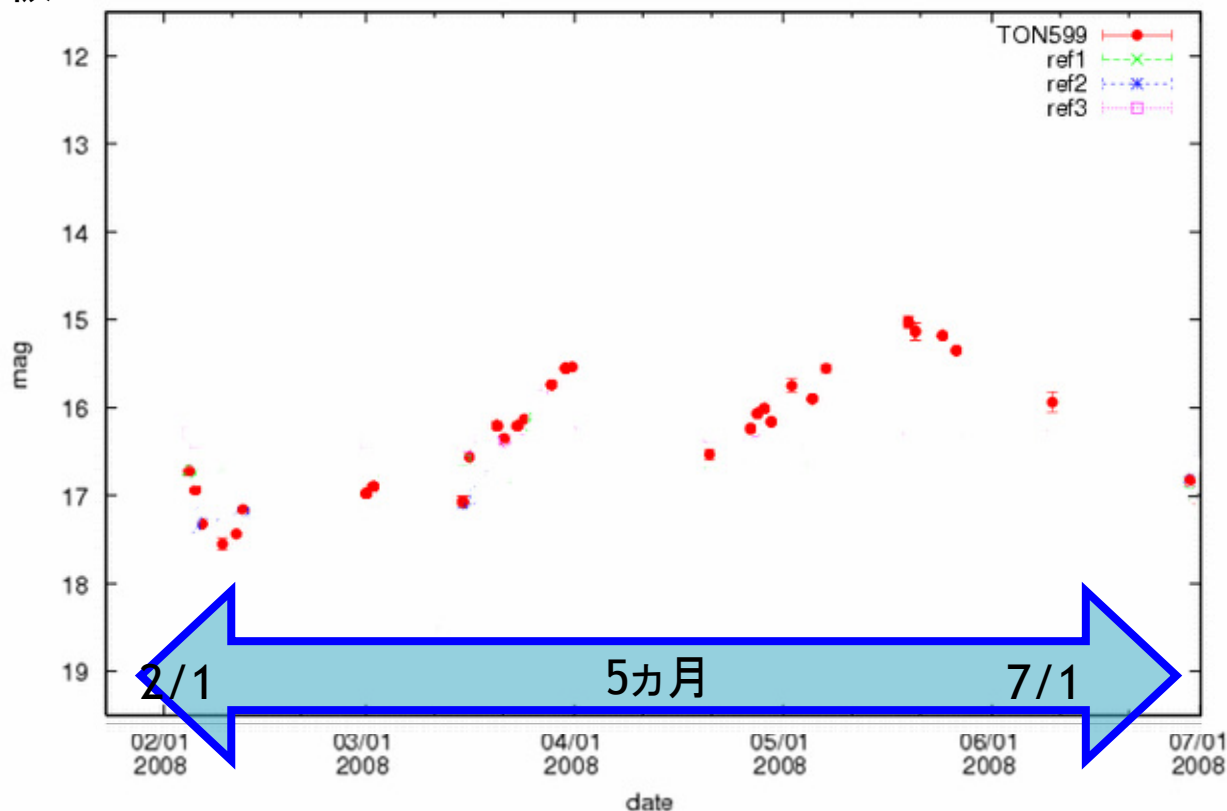
Name	
1ES0033+595	00
1ES0120+340	01
B30133+388	01
RGBJ0214+517	02
3C66A	02
AO0235+16	02
NGC1275	03
PKS0403-132	04
3C120	04
1ES0647+250	06
S50716+71	07
PKS0735+178	07
OI287	07
PKS0754+100	07
1ES0806+524	08

等級

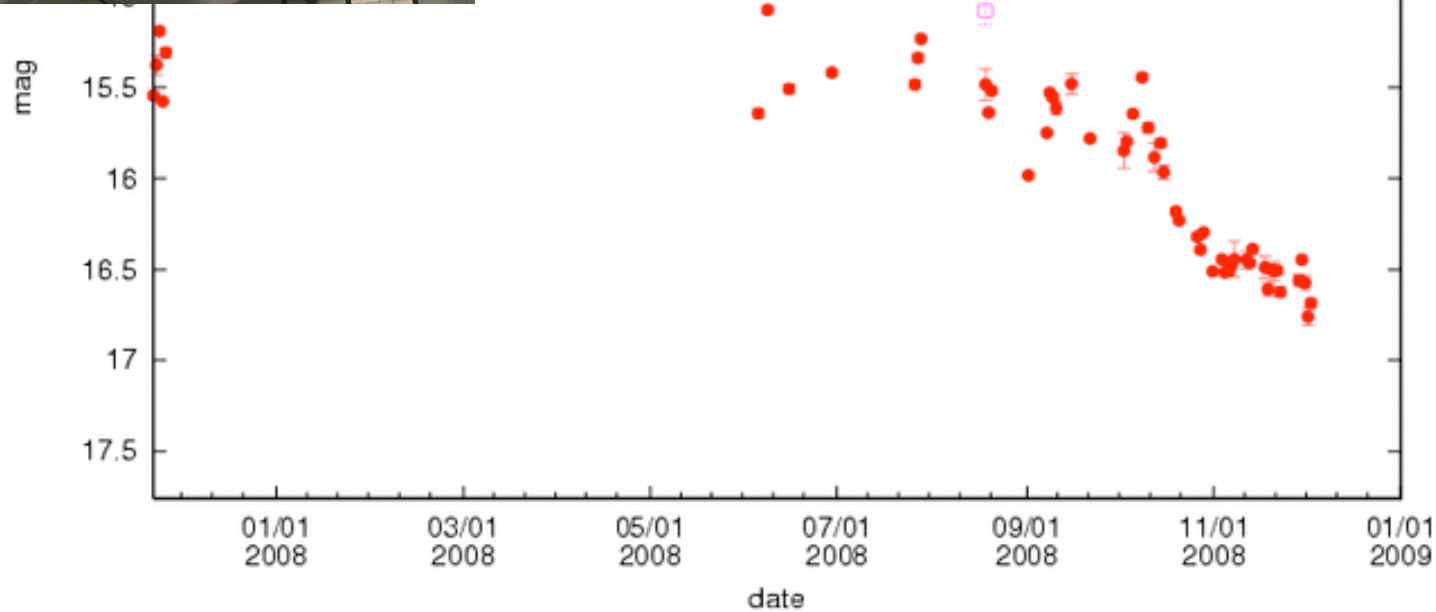
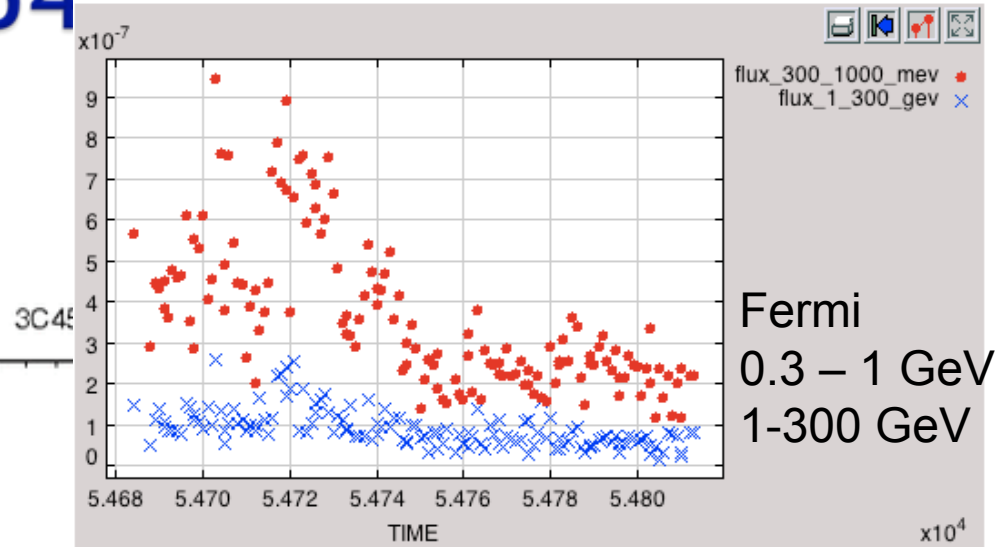
TON599 lightcurve

G band

TON599 G band



3C454.3 light curve



まとめ

- ▶ 自動観測運用：ほぼ安定
- ▶ ガンマ線バースト追跡高速化：ほぼ限界
 - GRB 080506: 赤方偏移、放射の物理(電子スペクトルetc.)
- ▶ パトロール観測
 - Fermi 衛星と (2008/6～) (主に Blazar型AGN)
 - MAXI と (2009/5～) (AGN + BH連星, etc.)
- ▶ 明野観測所での運用継続よろしくお願いします。