

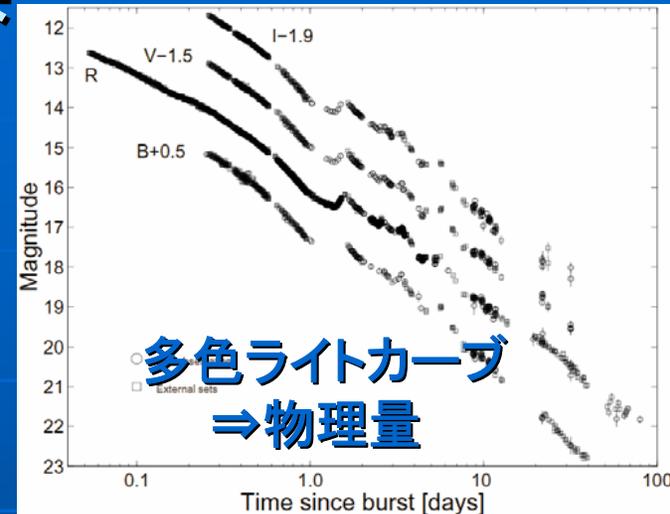
# ガンマ線バーストの 迅速な発見、観測

○河合誠之、小谷太郎、谷津陽一、下川辺隆史、  
石村拓人、N. Vasquez、森由希(東工大)、  
森正樹(ICRR)、渡部潤一、福島英雄(NAOJ)、  
柳沢顕史、長山省吾、吉田道利、(OAO/NAOJ)  
黒田大介(IAO/NAOJ)、戸田博之(OAO)、他三つ目チーム

# 本研究の目標

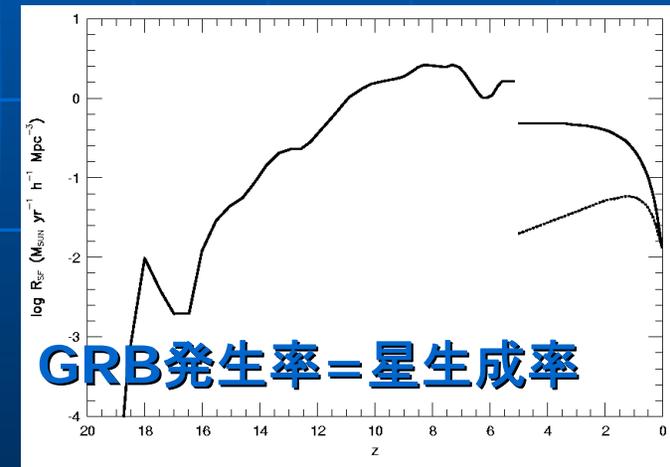
## 目標とするサイエンス:

- GRBの放射機構の解明
- $z \sim 10$  の原始宇宙の星生成史の解明



## 観測方法:

- 早期残光の多色光度変化の観測
- GRBの距離計測



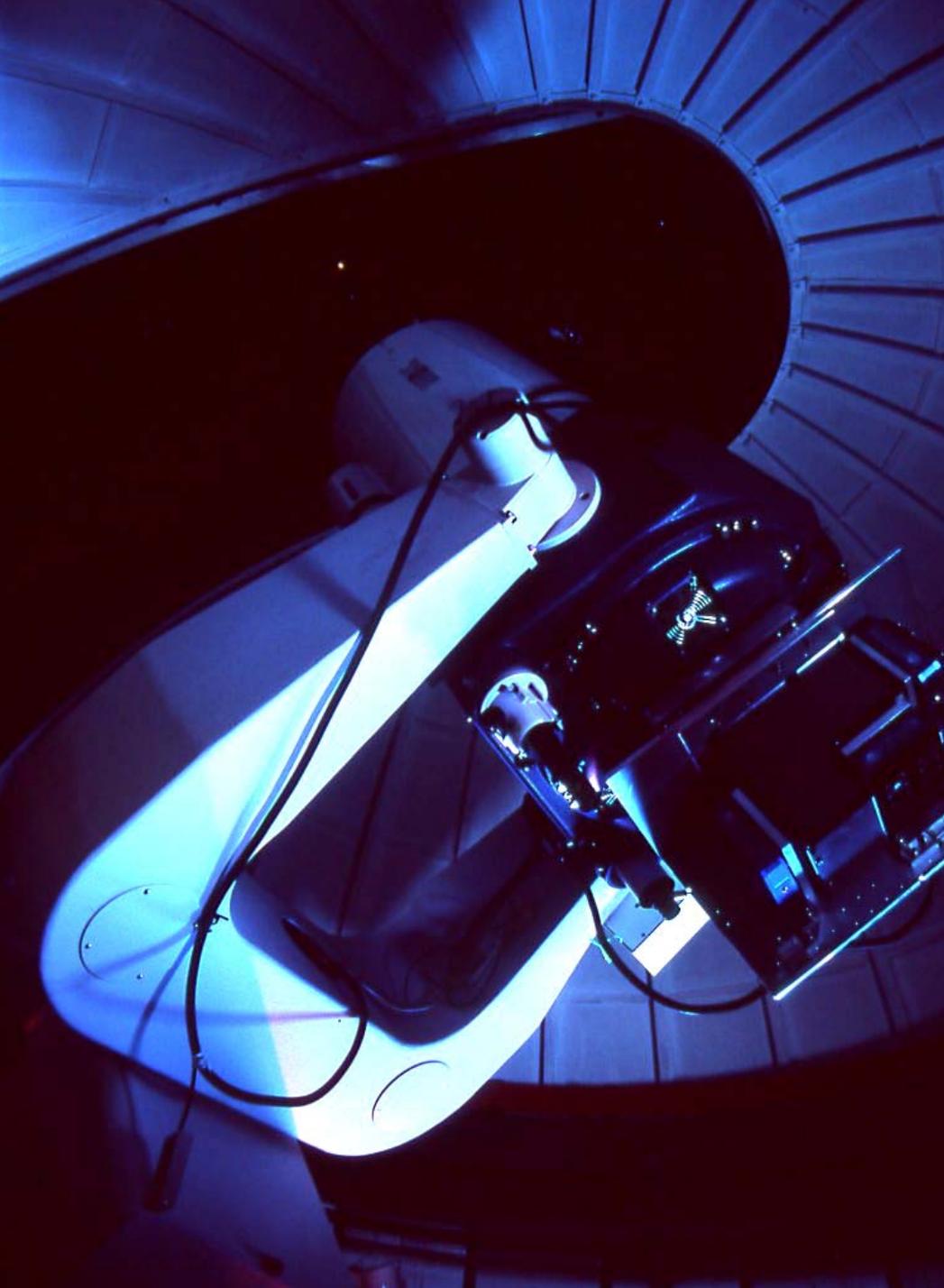
中型望遠鏡で目標を達成できる

- 衛星通報対応観測システムの開発

# 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





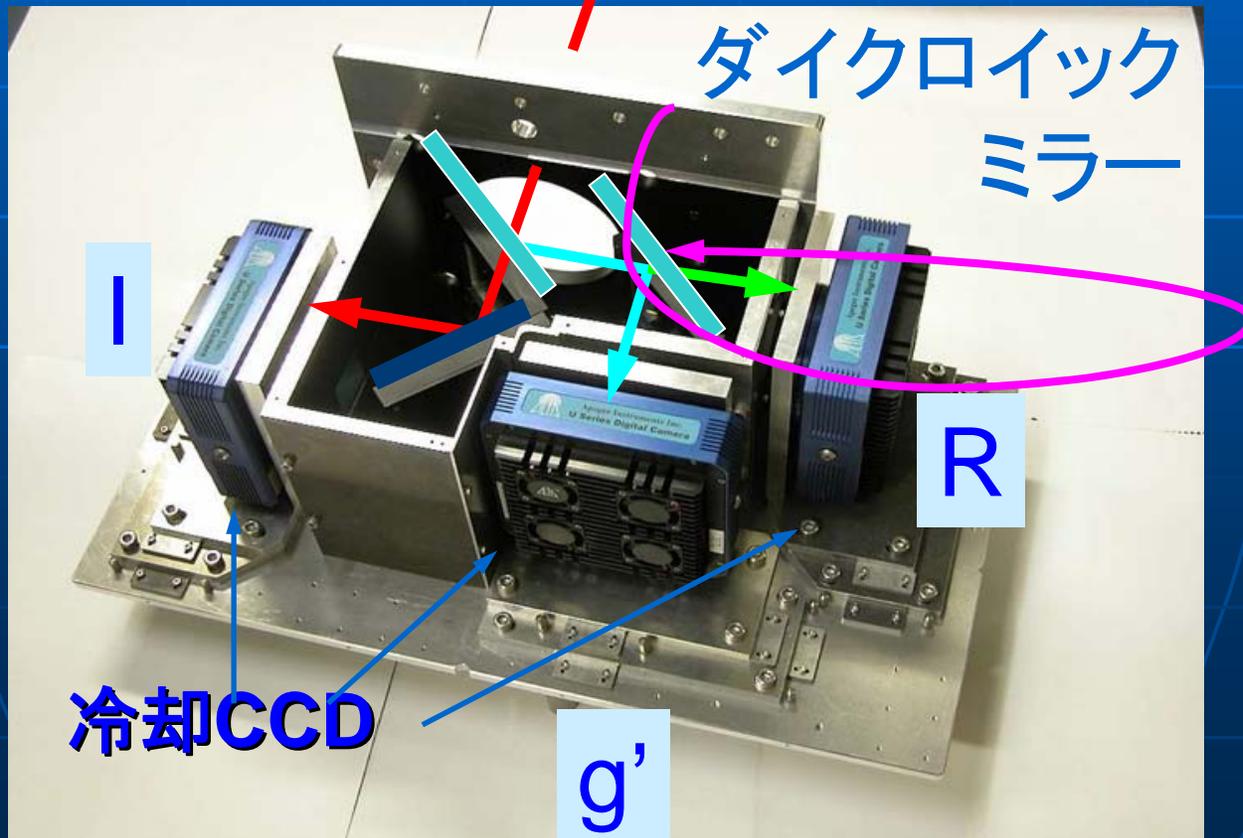
## MITSuME Akeno Optical Telescope

- 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

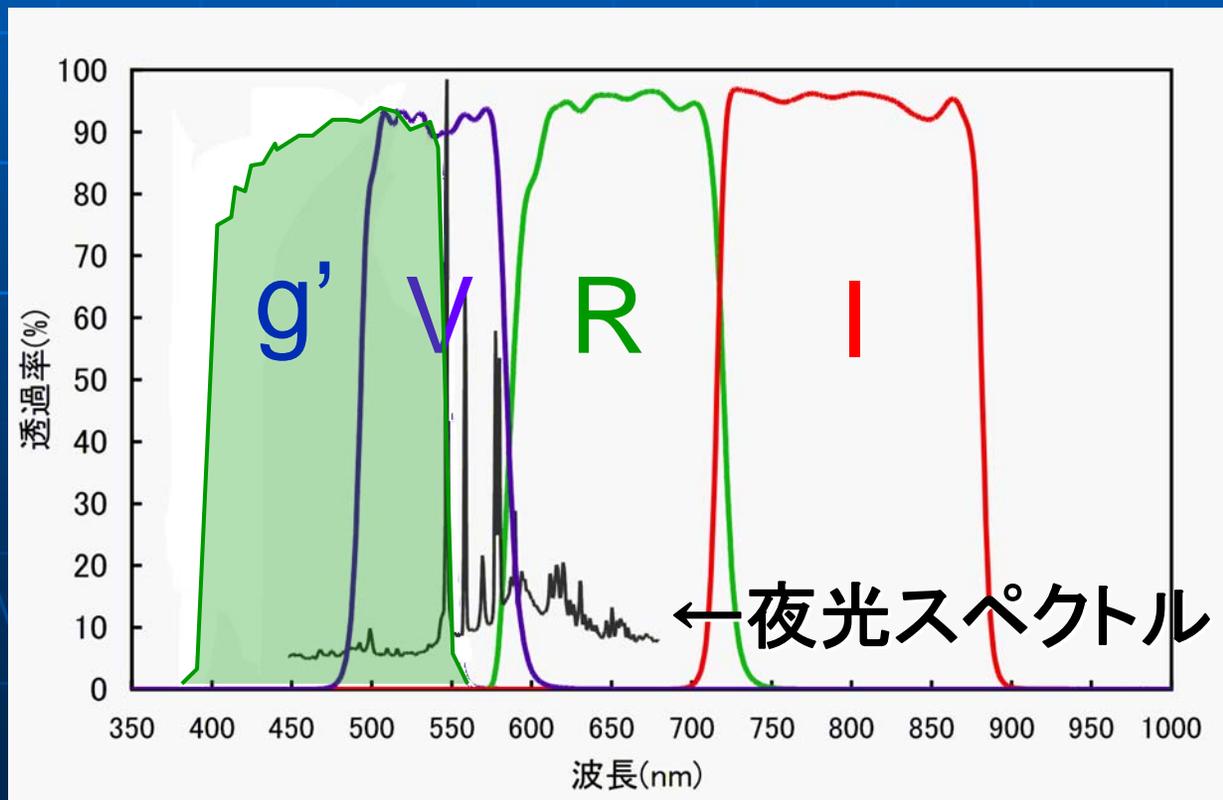


# $g' \cdot R_c \cdot I_c$ 混合測光システム

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

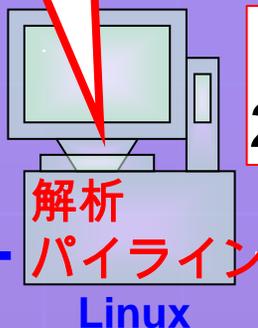


3色CCDカメラ



system統括  
Linux

簡易解析  
10sec

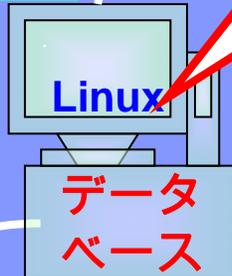


解析  
パイプライン  
Linux

転送  
20sec

岡山天体  
物理観測所

東工大



Linux  
データ  
ベース

QL作成、登録  
4sec

国立天文台



SMOKA

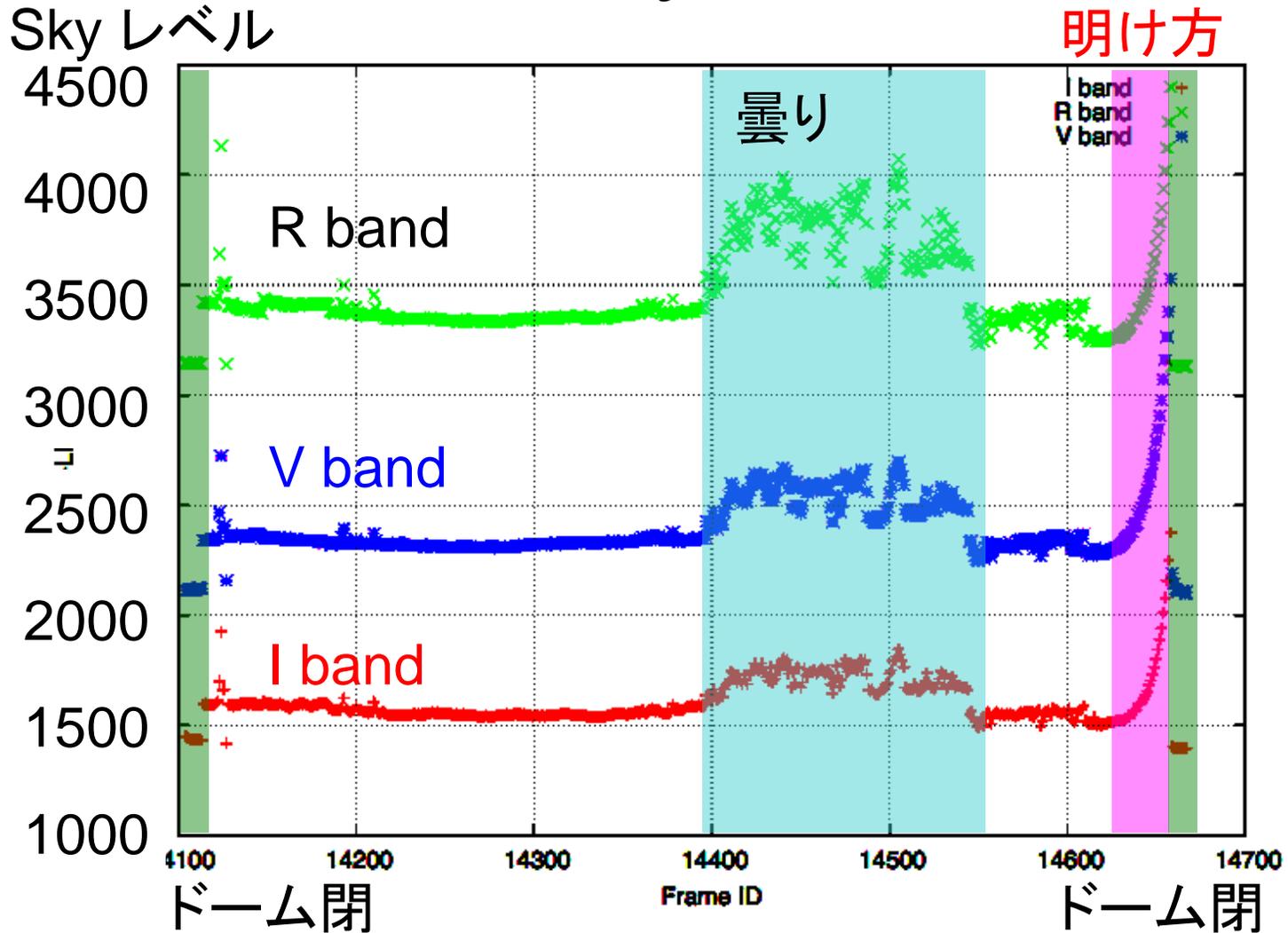
ADSLx3

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

# 簡易解析1: Skyカウントの測定

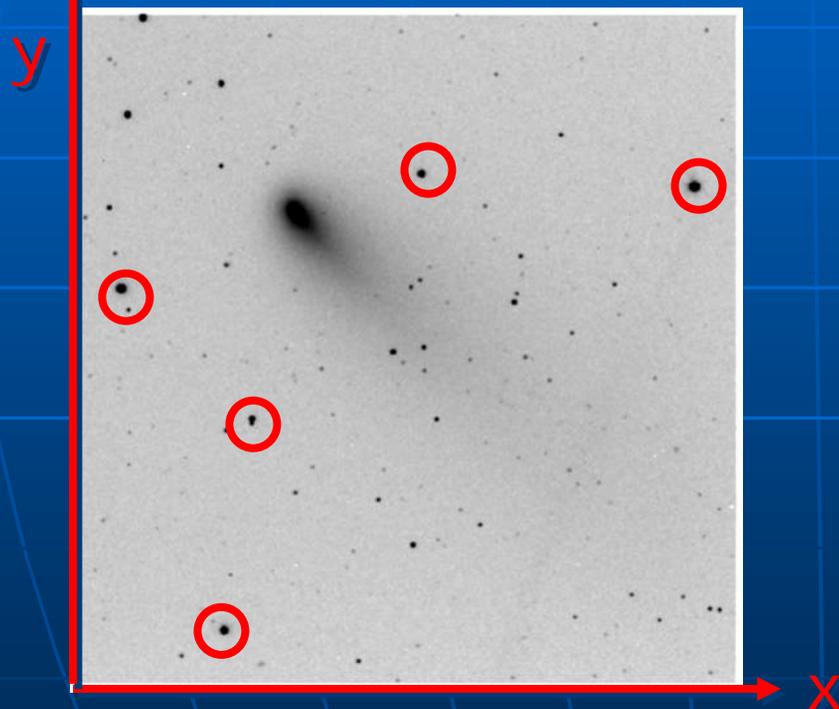


即時、自動による画像の状態の判定

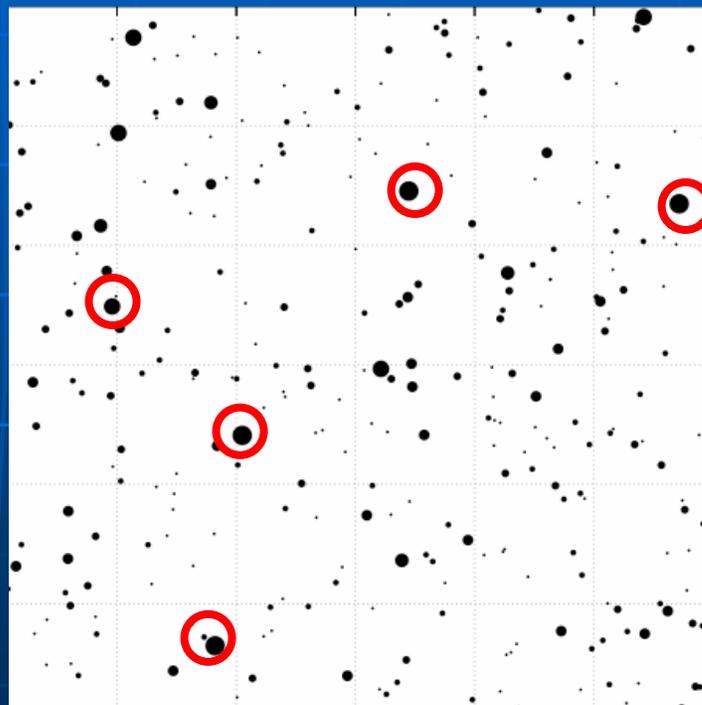
# 簡易解析2: WCSの書き込み

- WCS(World Coordinate System) : 画像から星を検出し、  
CCDの座標(x,y) と天球座標(R.A.,Dec)との対応付け

CCDイメージ



恒星カタログ : USNO-A 2.0



各データの天球座標を即時決定、天体の同定  
⇒データ取得直後からの解析が可能

# 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

観測当日の撮像枚数

MTDB Data Center

Observation Summary

SELECT/UNSELECT RANGE SELECT

Akeno Telescope

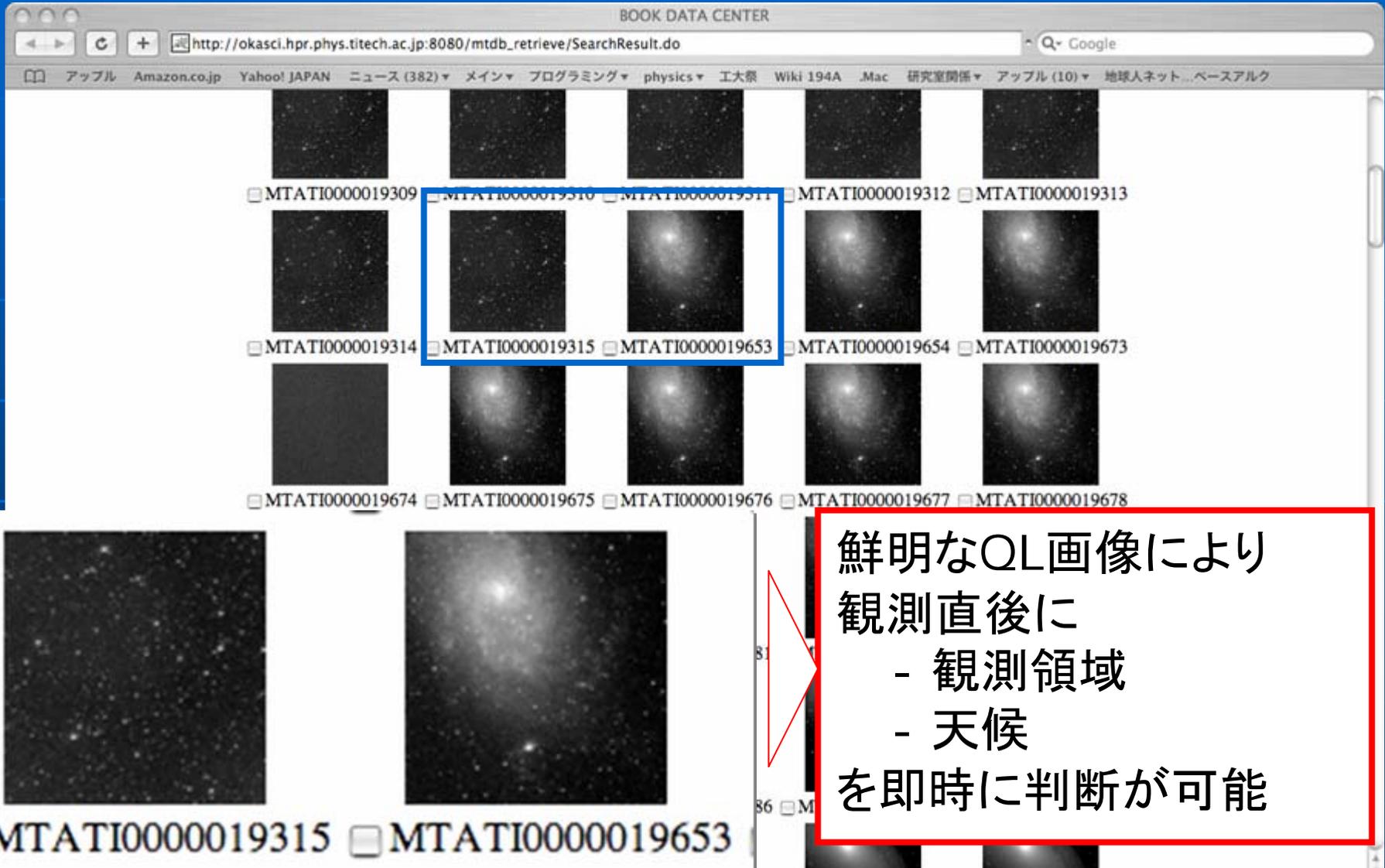
| SEARCH                   | DATE       | TOTAL | DATA TYPE |      |      |                   | FRAME ID |
|--------------------------|------------|-------|-----------|------|------|-------------------|----------|
|                          |            |       | OBJECT    | FLAT | DARK | BIAS              |          |
| <input type="checkbox"/> | 2006-08-14 | 174   | 156       | 0    | 18   | 0 MTATG0000019120 |          |
| <input type="checkbox"/> | 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



BOOK DATA CENTER  
http://okasci.hpr.phys.titech.ac.jp:8080/mtdb\_retrieve/SearchResult.do

MTATI0000019309 MTATI0000019310 MTATI0000019311 MTATI0000019312 MTATI0000019313  
MTATI0000019314 MTATI0000019315 MTATI0000019653 MTATI0000019654 MTATI0000019673  
MTATI0000019674 MTATI0000019675 MTATI0000019676 MTATI0000019677 MTATI0000019678

MTATI0000019315 MTATI0000019653

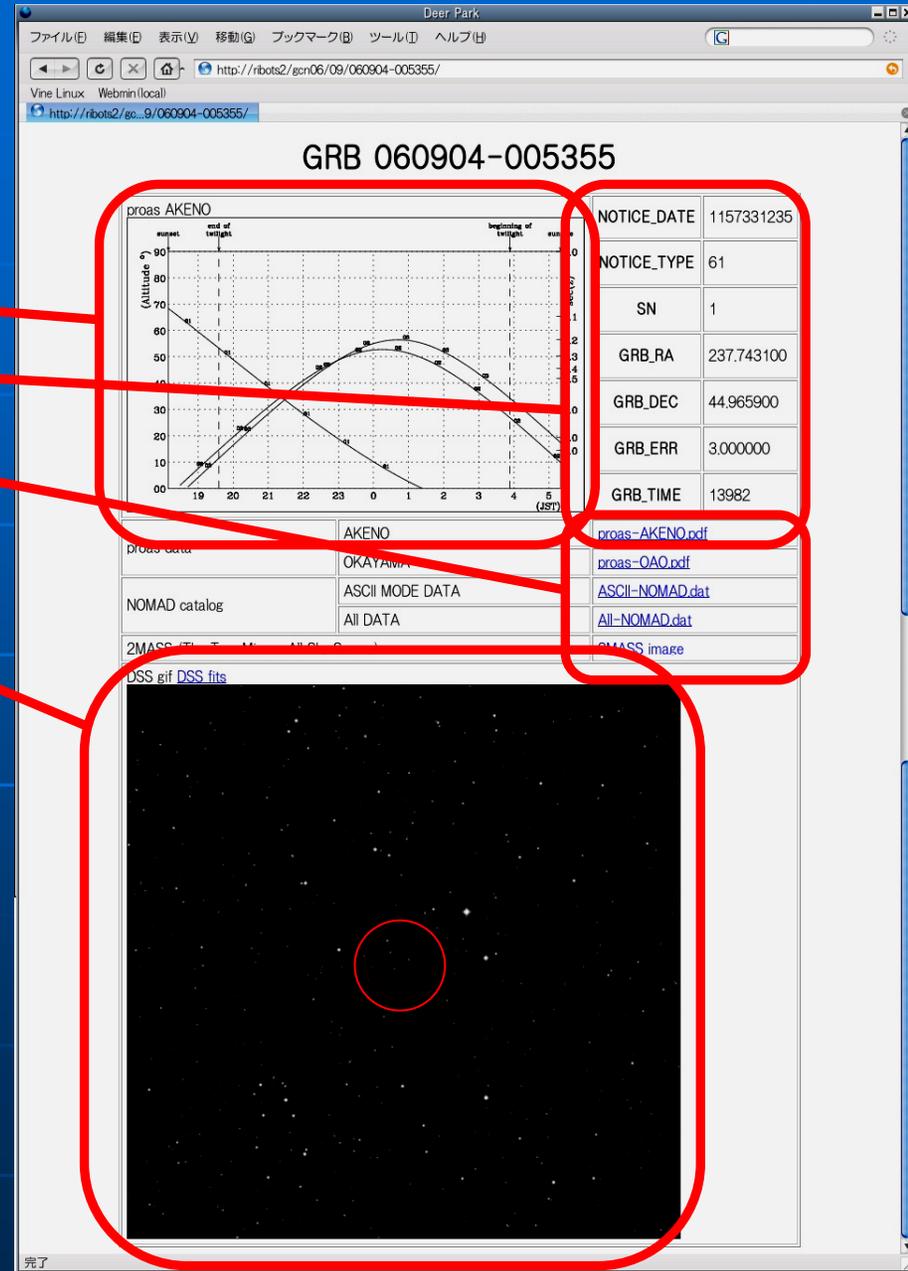
鮮明なQL画像により  
観測直後に  
- 観測領域  
- 天候  
を即時に判断が可能

# GRB情報ページの自動生成

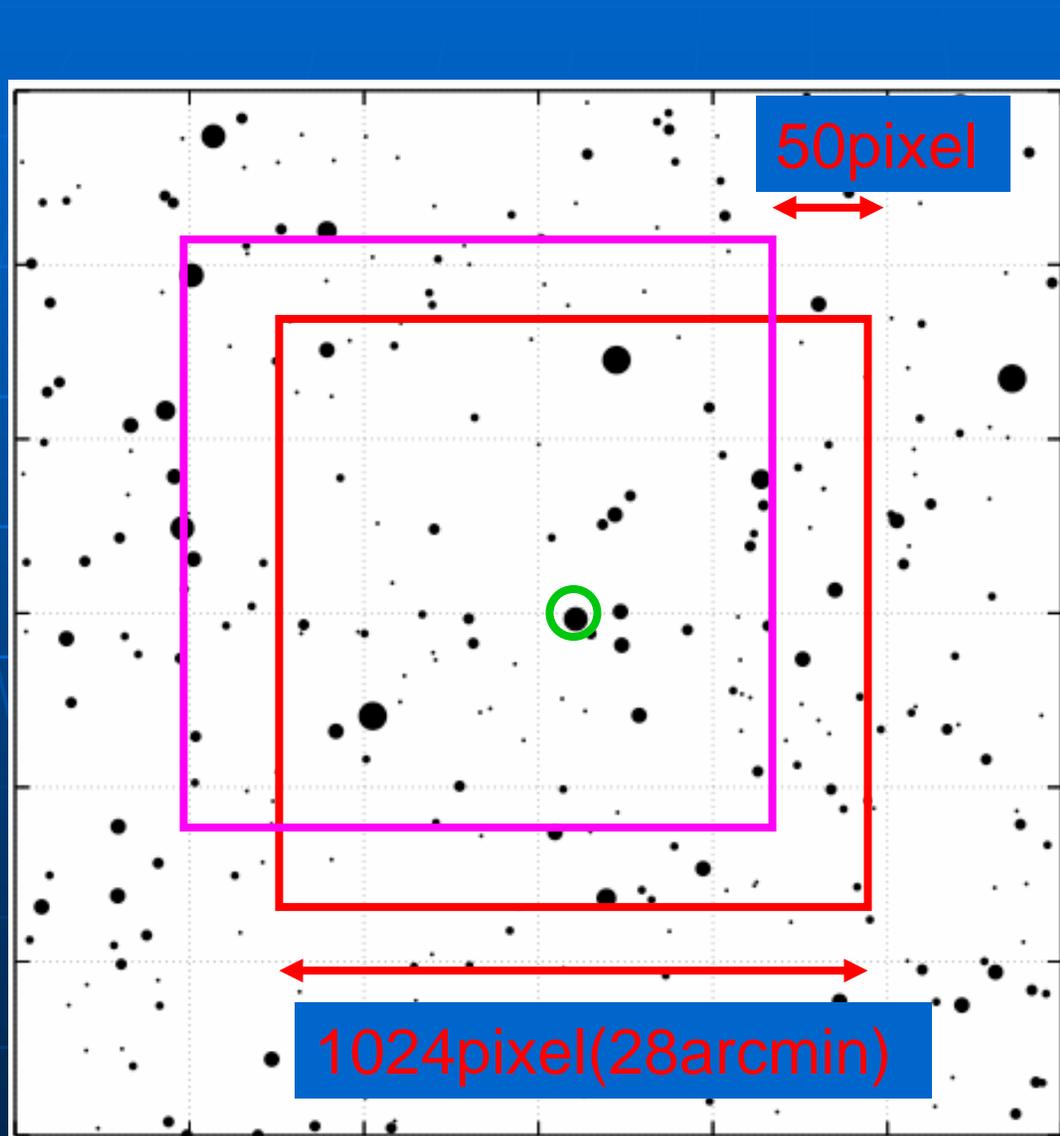
## ■ GCN受信により自動生成

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

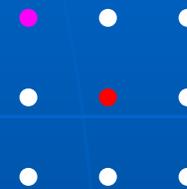
⇒観測に必要な情報を  
迅速に取得可能



# Ditheringの実装

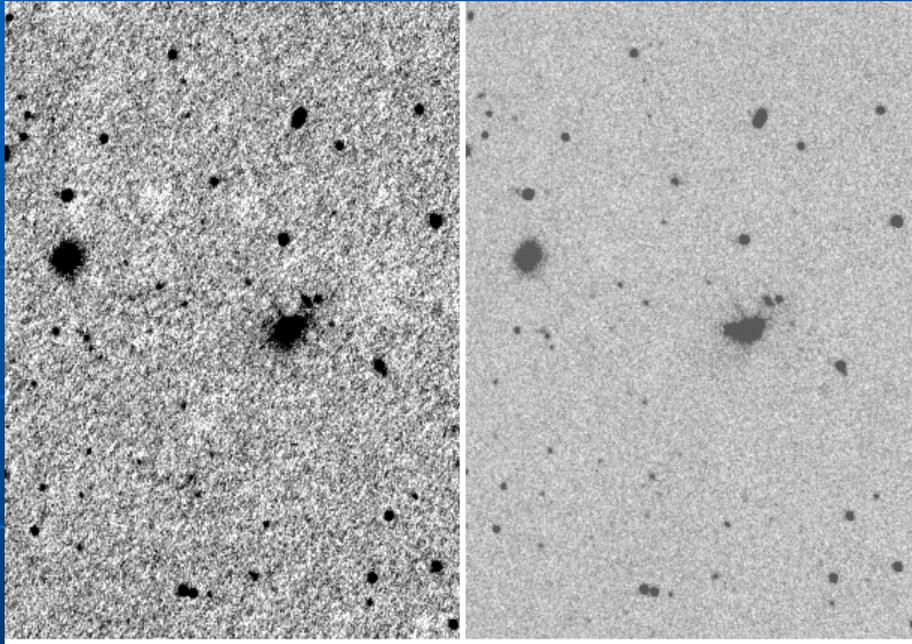


50pixel



上下左右50pixel  
合計9つの領域の画像

# Ditheringの効果



Dithering  
なし

Dithering  
あり

## 限界等級の比較

|              | $g'$ [Mag] | I [Mag] | R [Mag] |
|--------------|------------|---------|---------|
| Dither<br>あり | 20.8       | 19.7    | 20.7    |
| Dither<br>なし | 20.6       | 19.5    | 20.5    |

⇒ 検出限界の  
向上に成功

# GRB061121の検出

11/22 (JST)

0:22:29

Swift からのアラートを受ける

RA = 09:48:54.58 ,  
Dec = -13d11m42.8s

~1:30

GRB061121、明野上空へ

GRB061121を  
捉える

↓ 2:36:34から27分積分

1:37:55

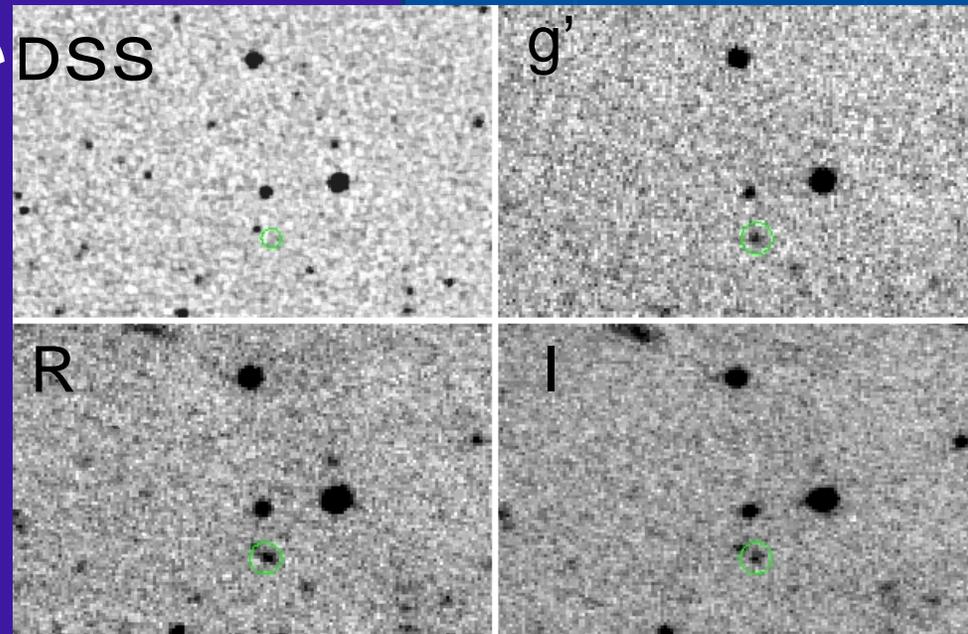
GRB観測開始

2:36:34

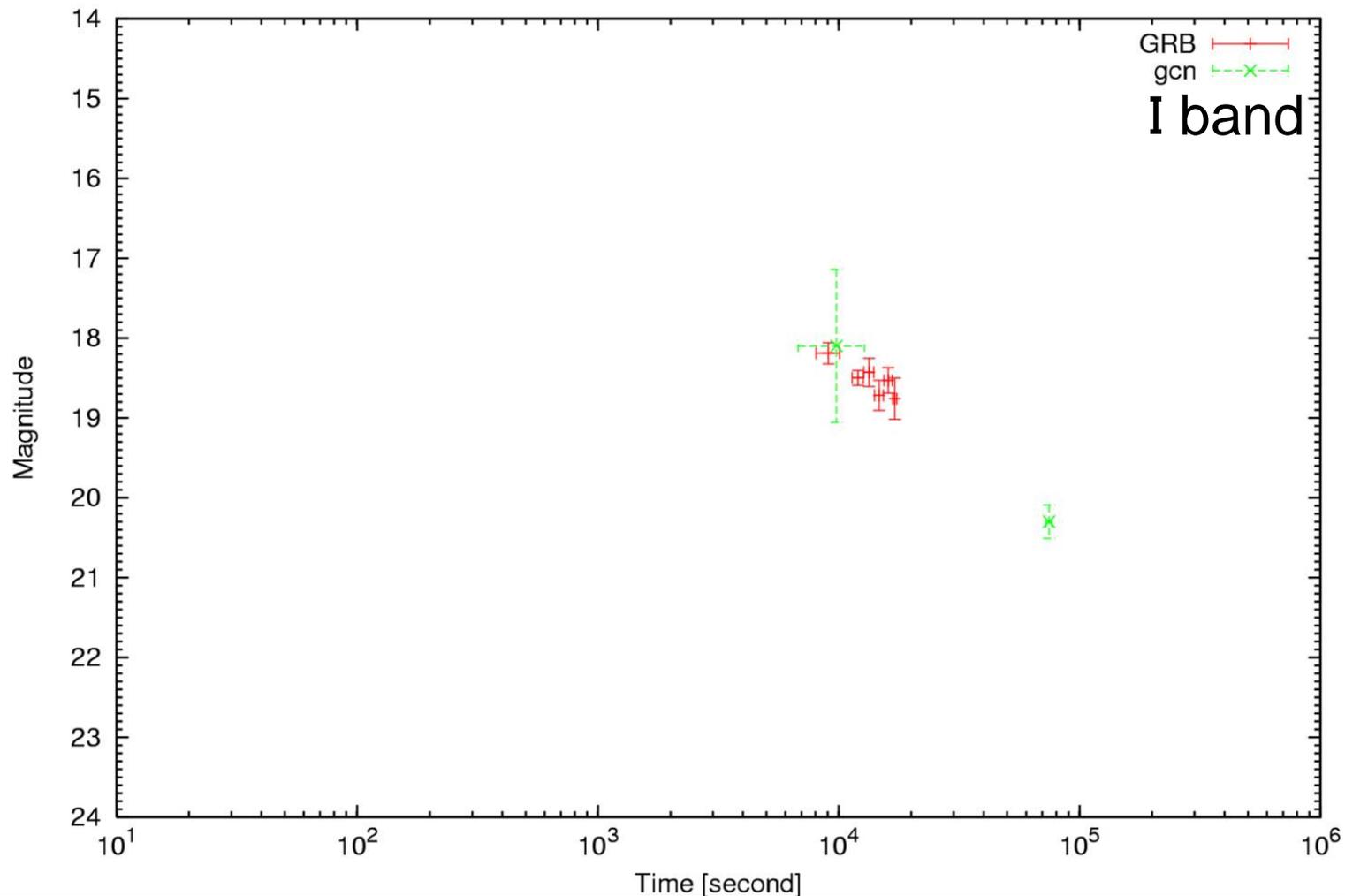
データ取得

~6:00

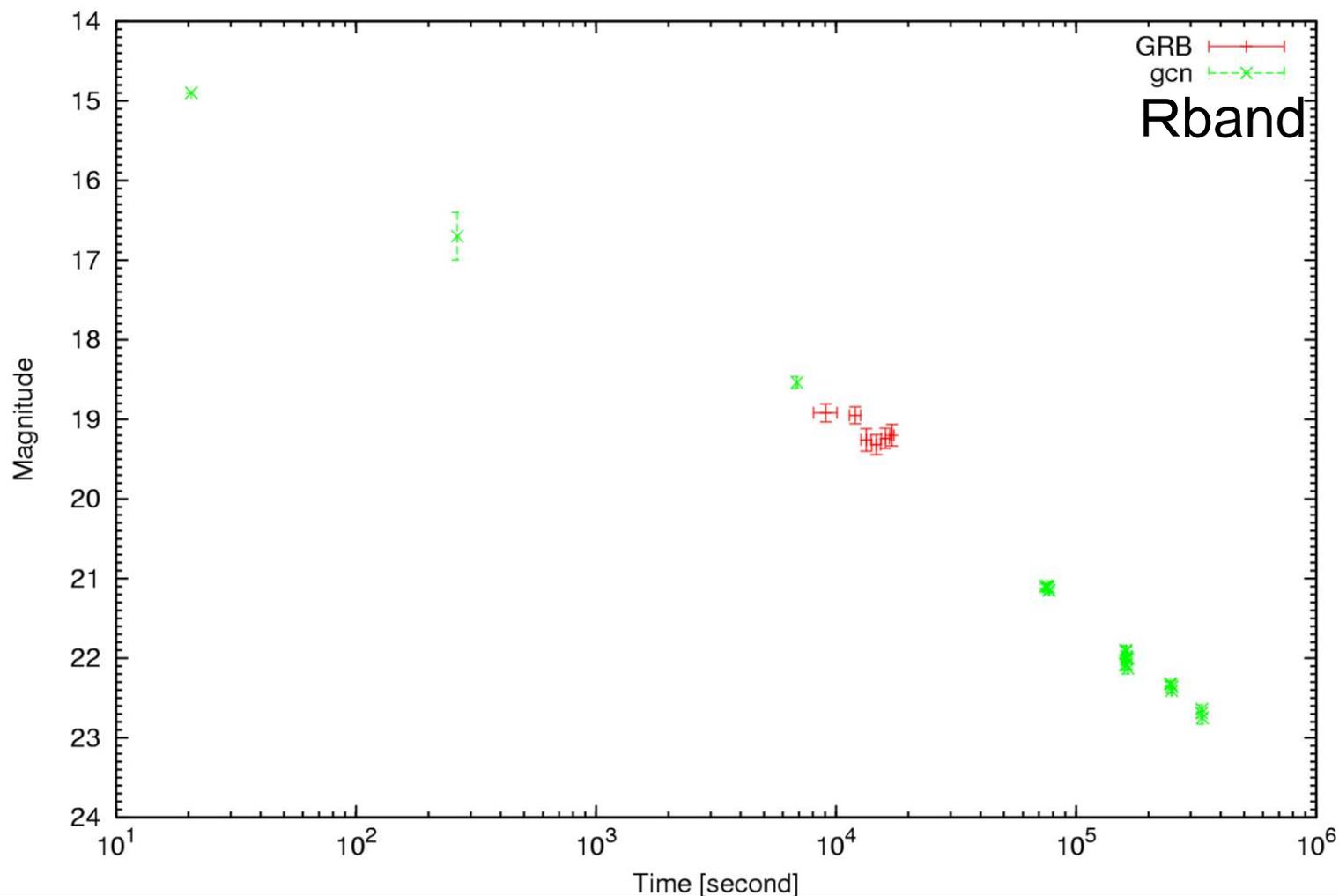
日の出  
観測終了



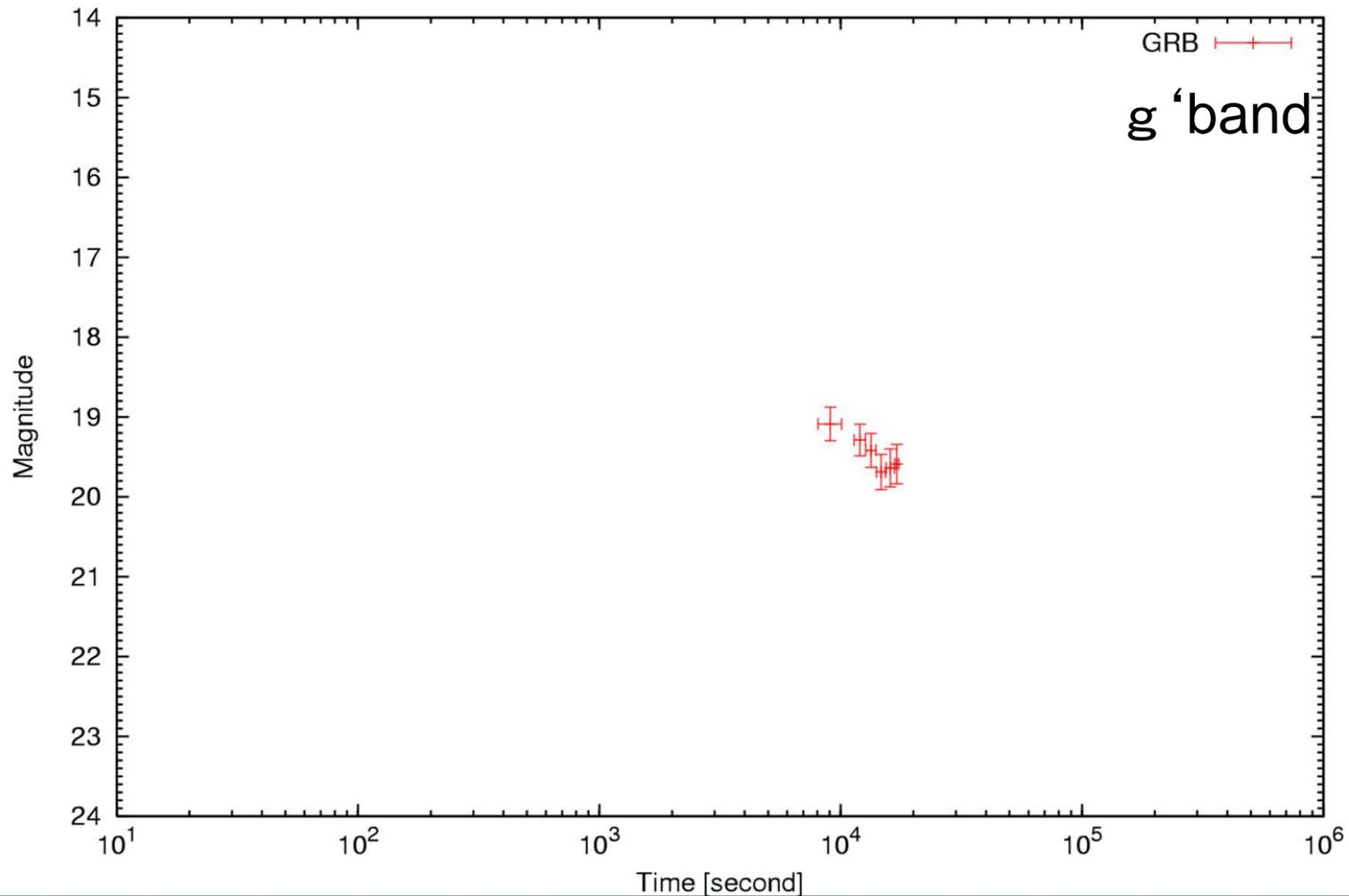
# GRB061121 の Light Curve



# GRB061121 の Light Curve



# GRB061121 の Light Curve



# まとめ

- GRB観測システムを開発・観測開始
- 撮像装置の改良により検出効率向上
- 自動観測、自動解析が実用化レベルに
- データベース、GRB情報ページなどの観測支援システムの充実化
- GRB061121の検出に成功

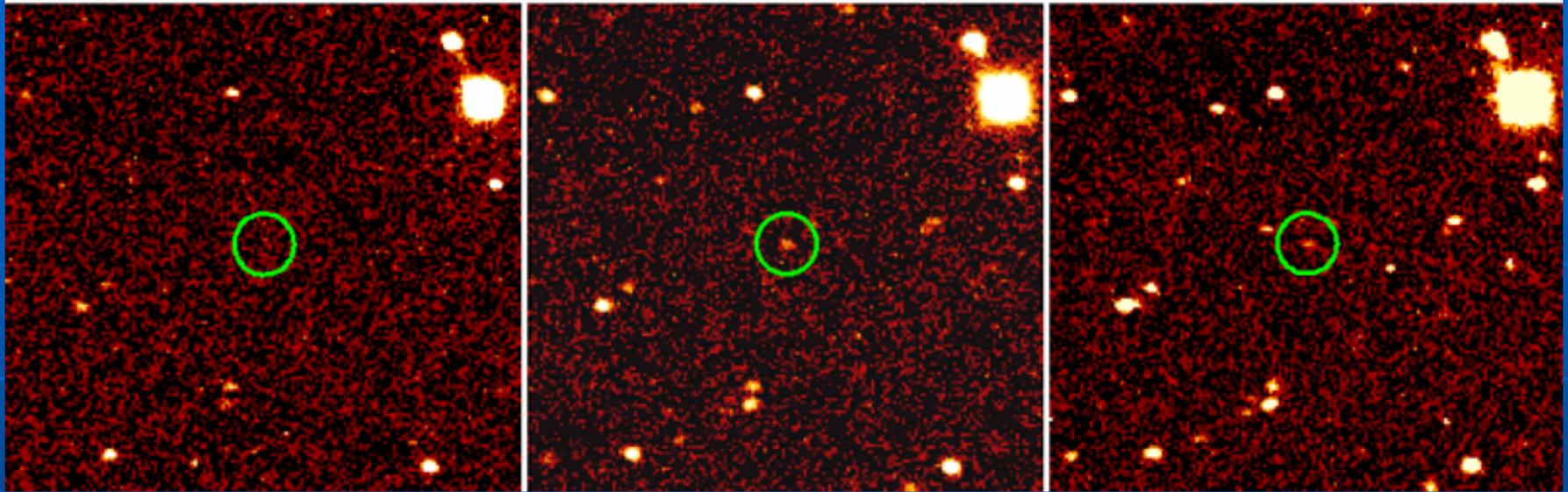


# GRB060115: Lyman-dropの検出

G (480nm)

R (650nm)

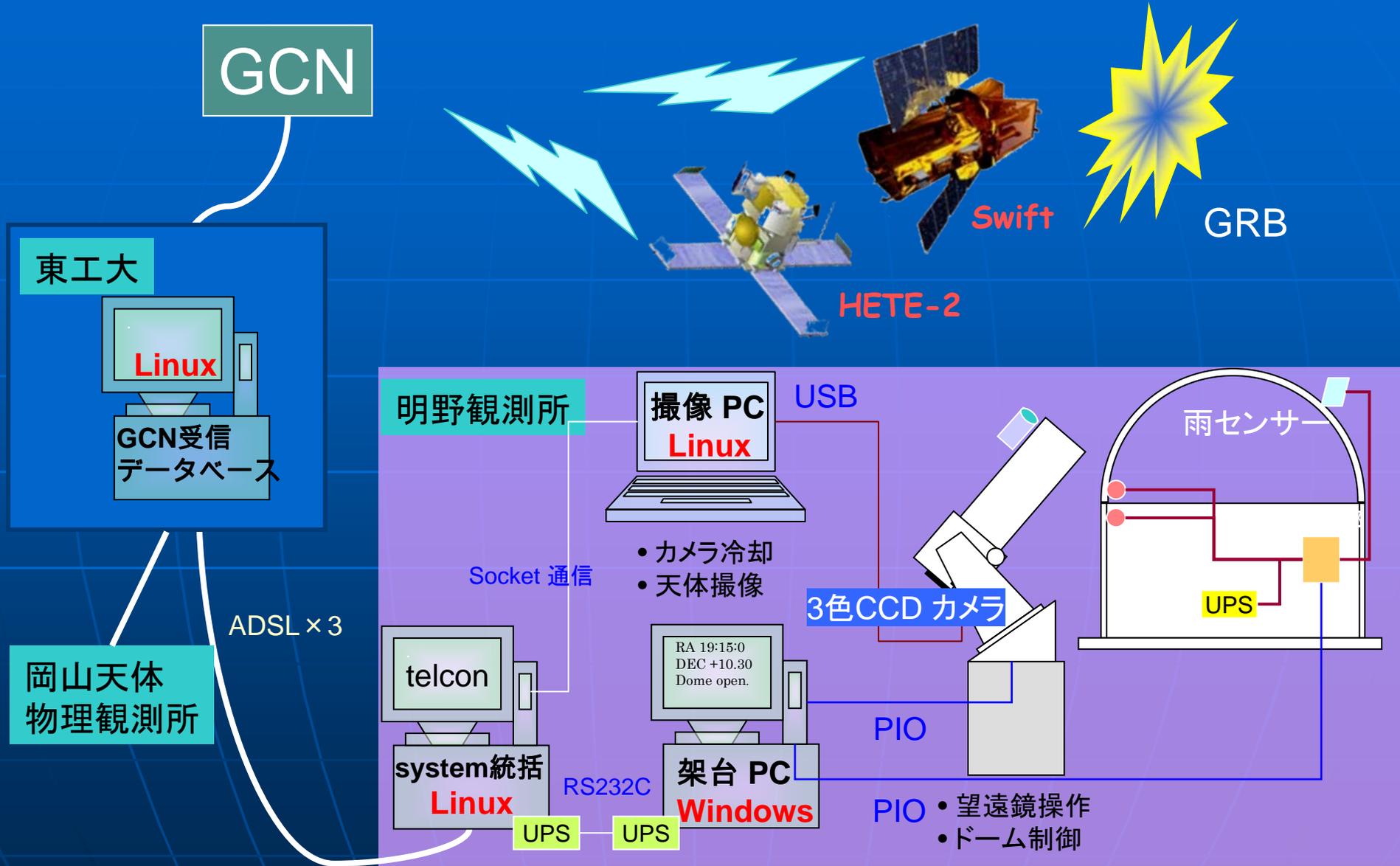
I (800nm)



- バースト発生 6分後から観測開始(岡山50cm)
  - GCNにg'バンドのドロップを報告
  - VLT追観測⇒ $Z=3.53$  発見当初6番目に遠い
- ⇒遠方GRBの検出・距離計測の可能性を実証

Yanagisawa, K., Toda, H., and Kawai, N., 2006, GCN circular No. 4510.  
Piranomonte, S. et al., 2006, GCN circular No. 4520.

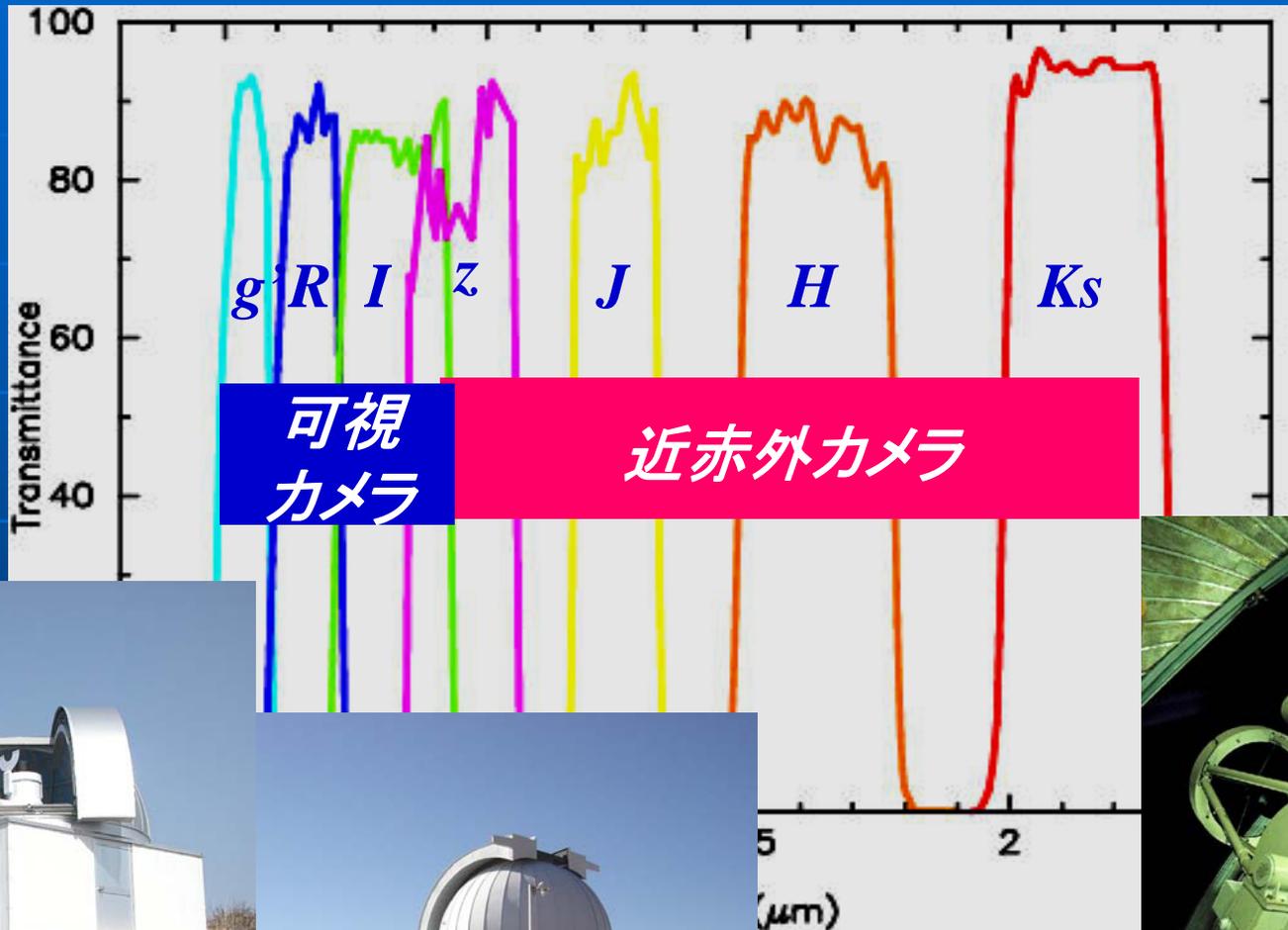
# 自動観測の流れ



明野では自動化はほぼ終了しており、現在試験運用中

# 同時多色測光観測システム 三つ目

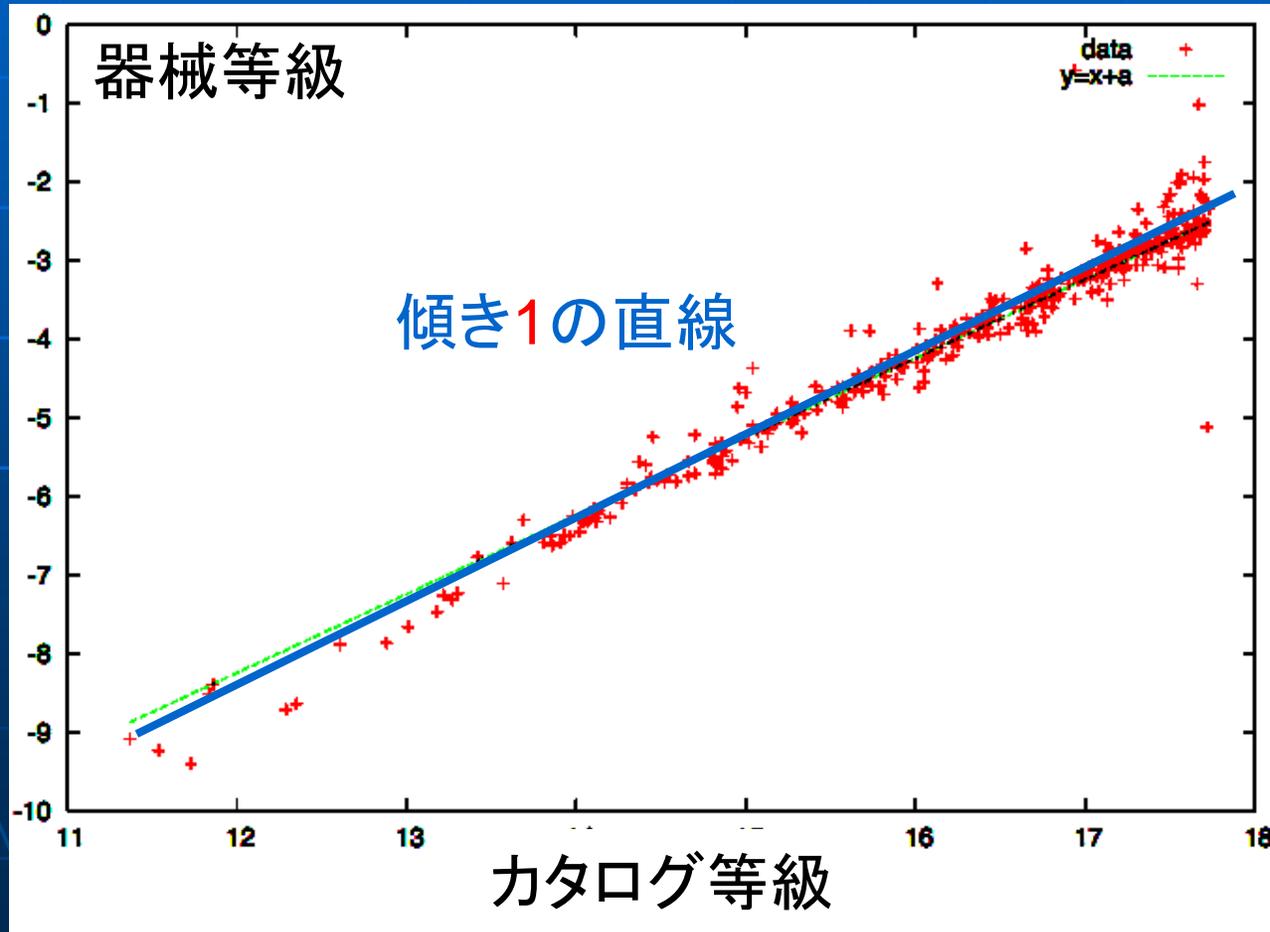
*Multi-color Imaging Telescopes for SURvey and Monstrous Explosions*



# 簡易解析3: 測光と等級決定

天体の同定、測光

- 器械等級とカタログ等級の比較
- オフセット(零点)の決定



# 岡山50cm 可視光望遠鏡

国立天文台  
岡山天体物理観測所  
50cm望遠鏡ドーム概観

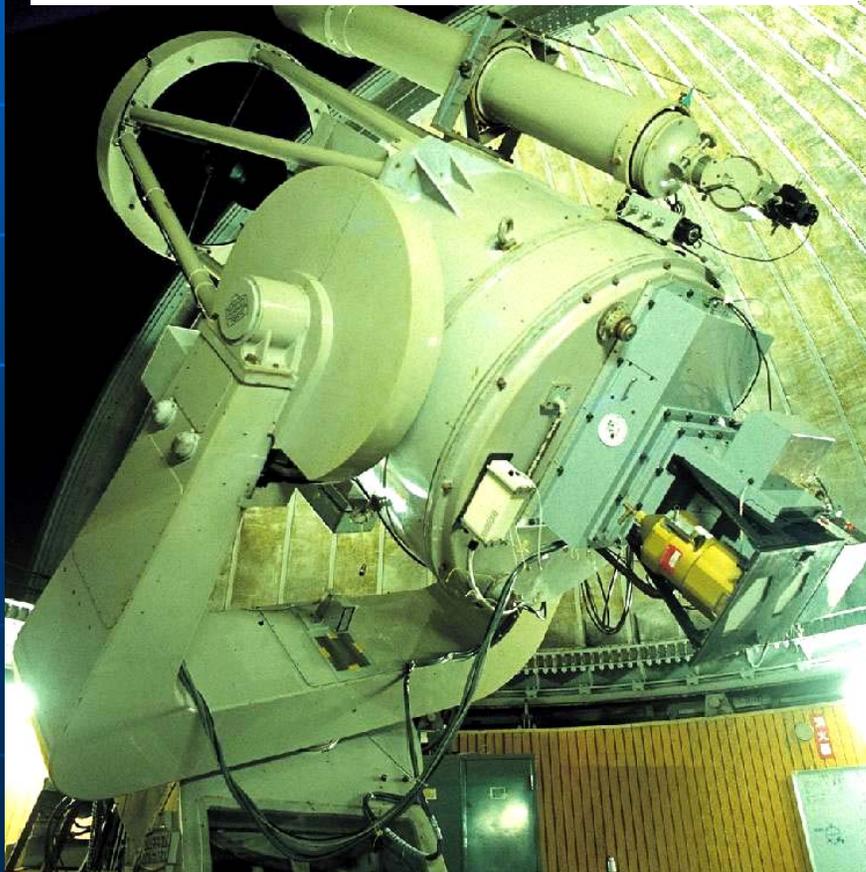
188cm  
↓

91cm  
↓



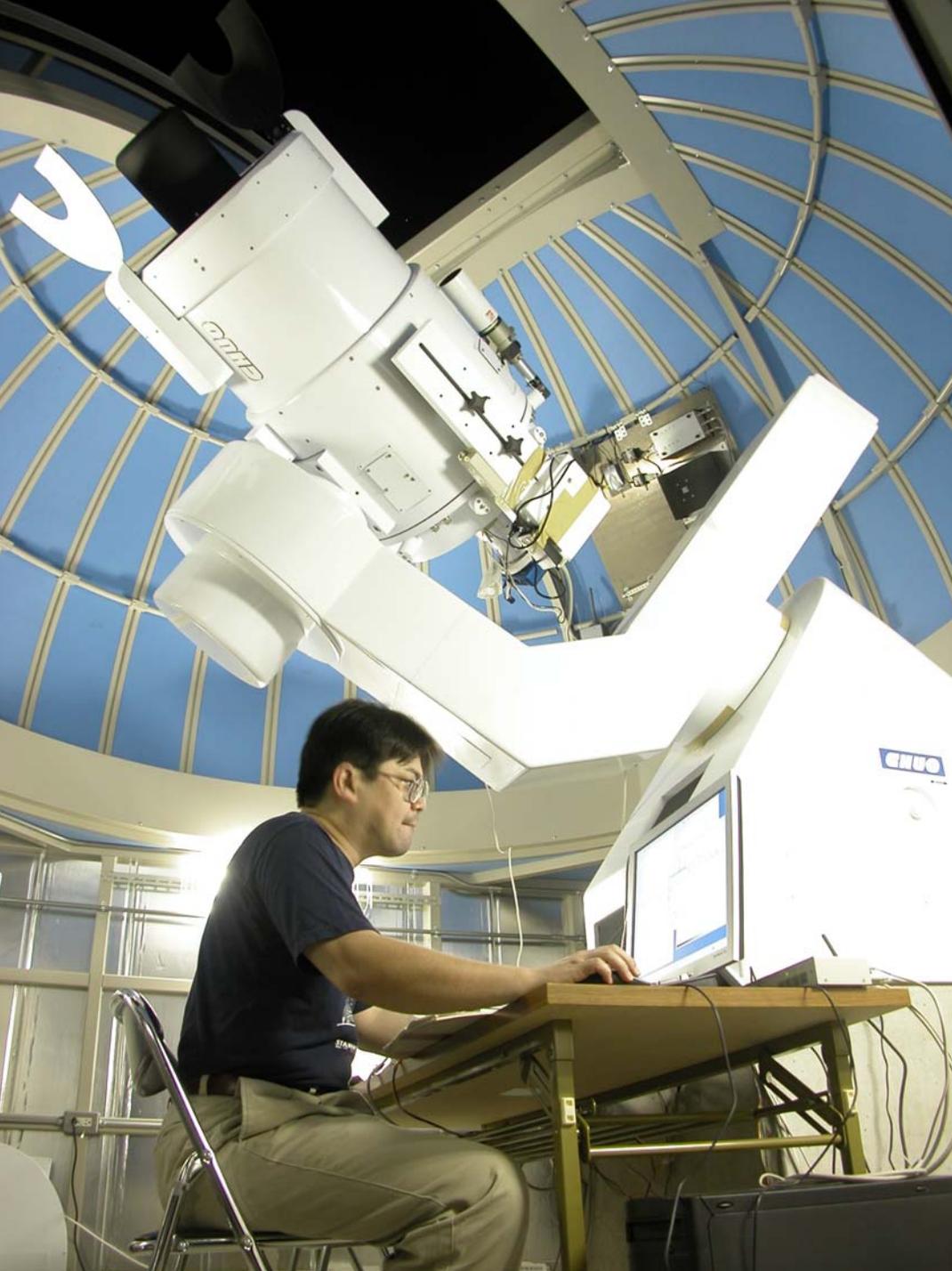
# 岡山 91cm 赤外広視野カメラ

- Manufacturer : NIKON (present)
- Completion: 1959
- Mount : Fork Equatorial
- Slew Speed: 1.5 deg / sec



- Manufacturer : IHI
- Completion: 1959
- Rotation Speed: 3.0 deg / sec





## MITSuME Okayama Optical Telescope

- 口径50cm (F6.5)
- 広視野
  - $26 \times 26 \text{ arcmin}^2$
- 高速導入  
10 deg. / sec
- 制御
  - 独自開発の回路・ソフトウェア

# どうやって 距離を 決めるか？

相対強度

水素によって  
吸収されている

赤方偏移=8

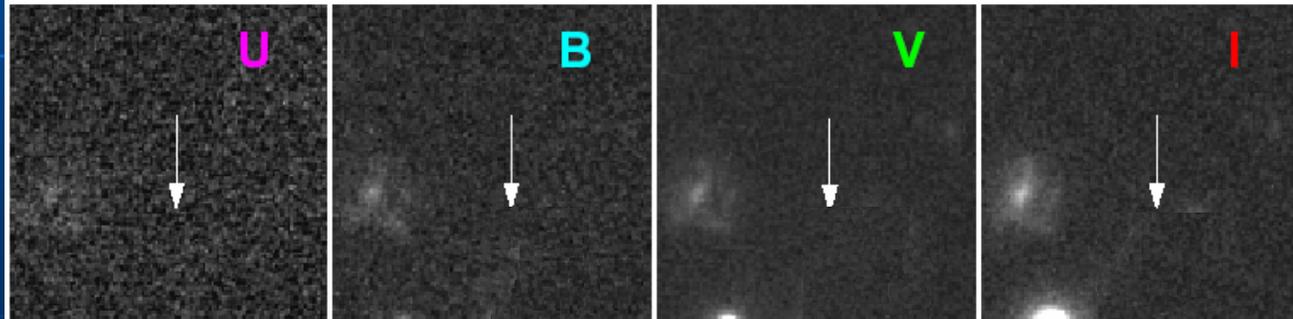
redshifted Lyman limit

200 400 600 800 1000  
観測波長 (nm)

## ライマンドロップ法

銀河間空間水素による  
吸収を利用

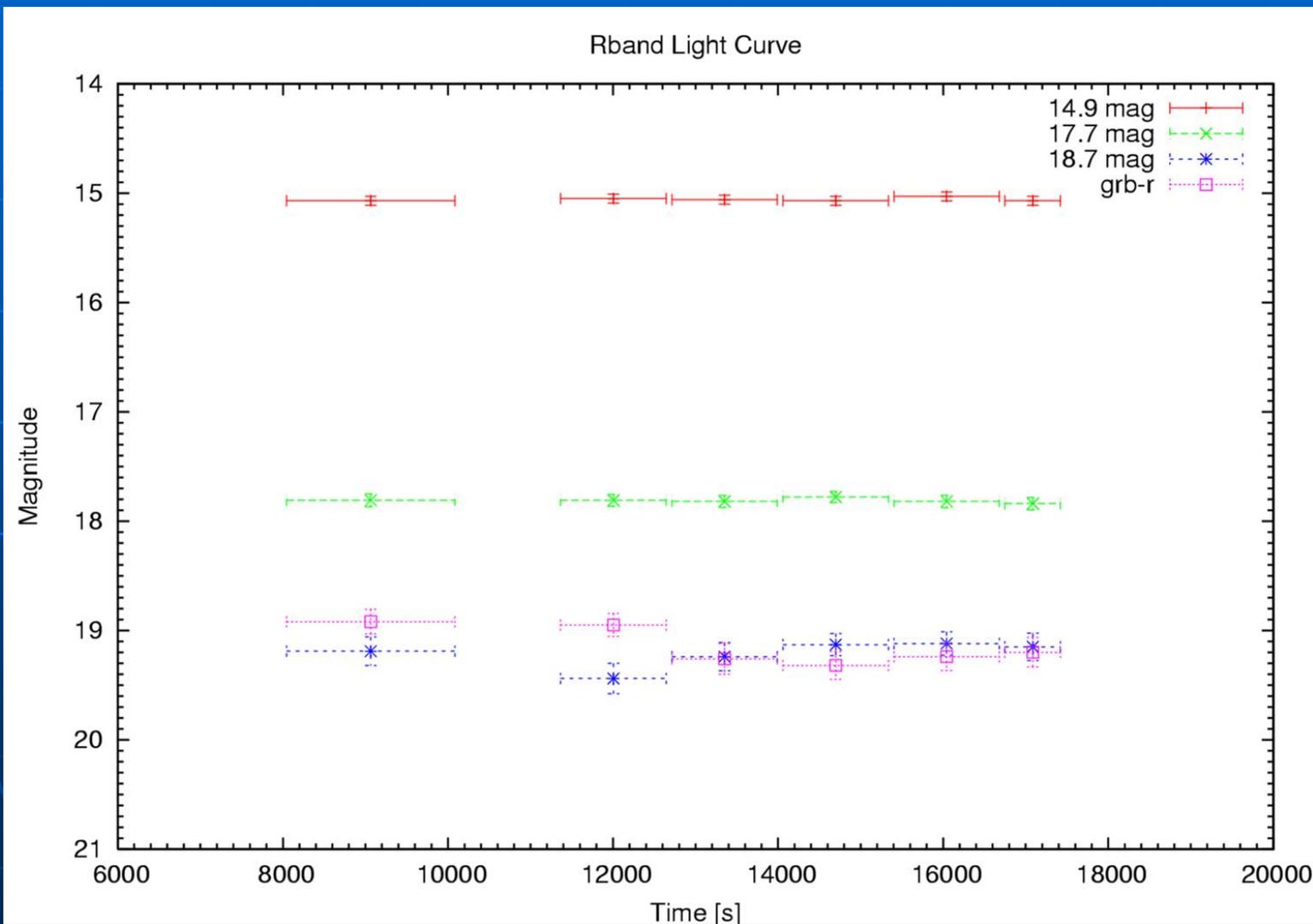
(赤方偏移した  
ライマン吸収端より  
短波長側は見えない)



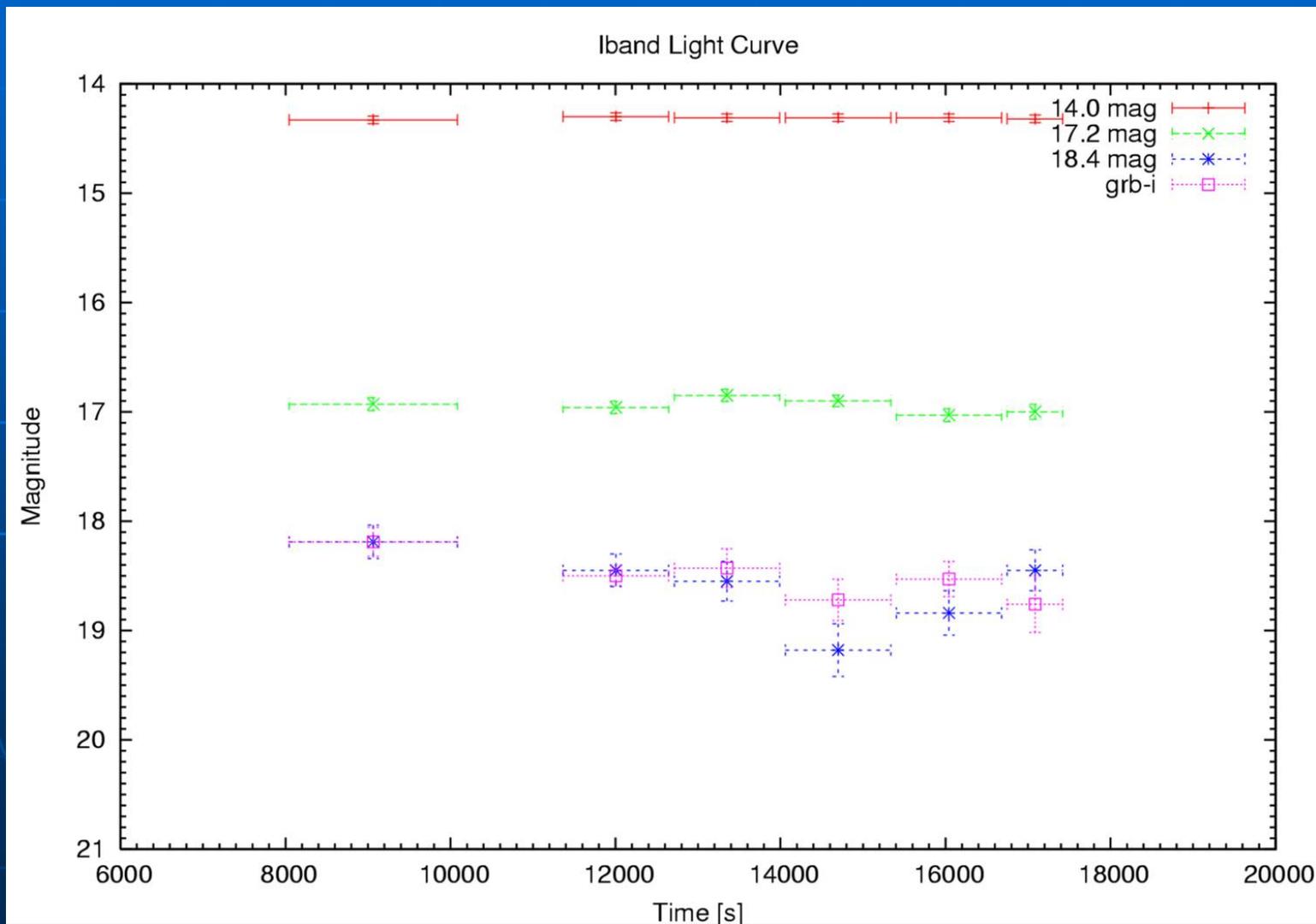
ビッグバン後10億年以前 (赤方偏移 > 10)

ライマン吸収端の波長 > 1  $\mu\text{m}$   $\rightarrow$  近赤外線領域

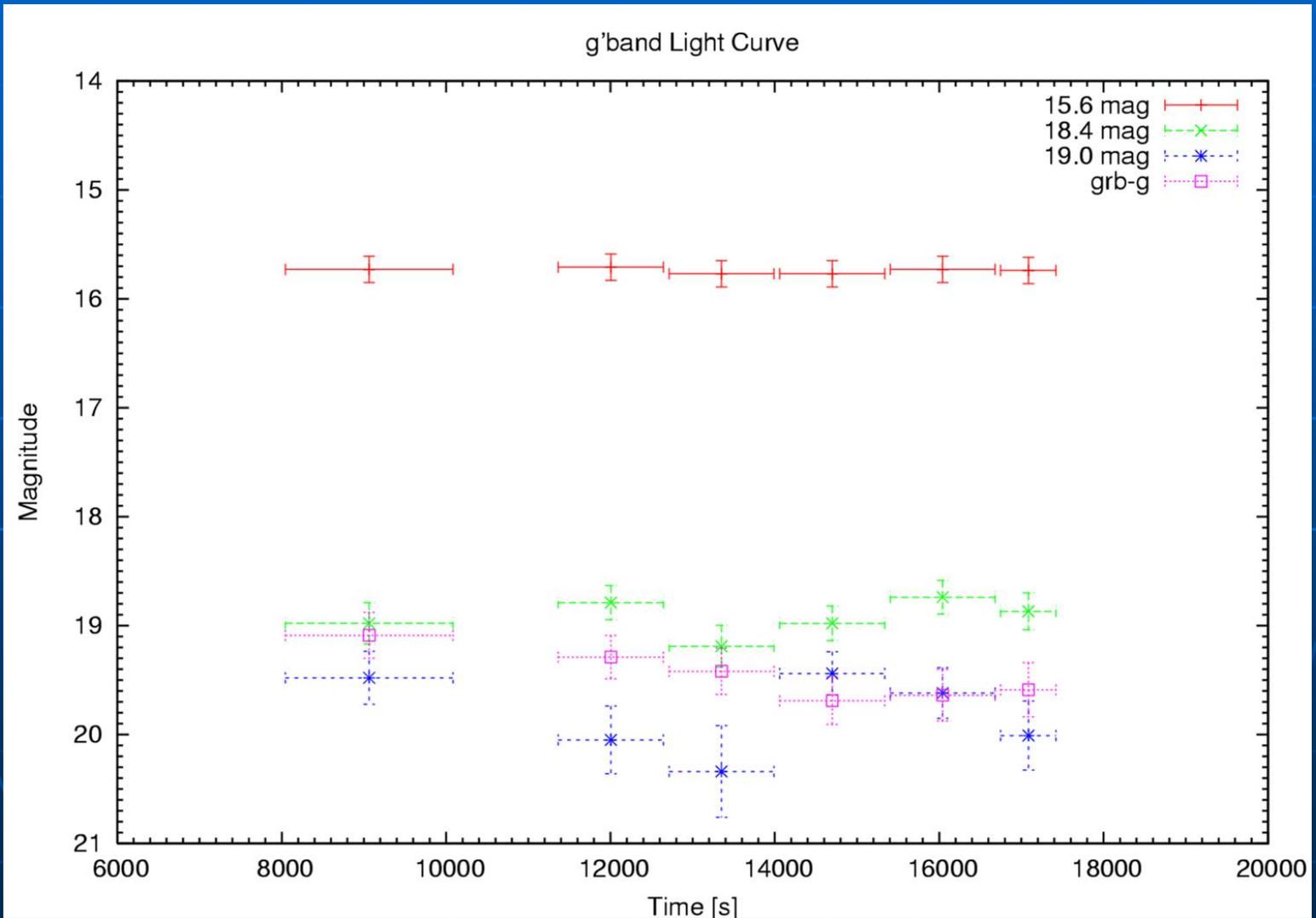
# 検出限界ギリギリの星の変動 Rバンド



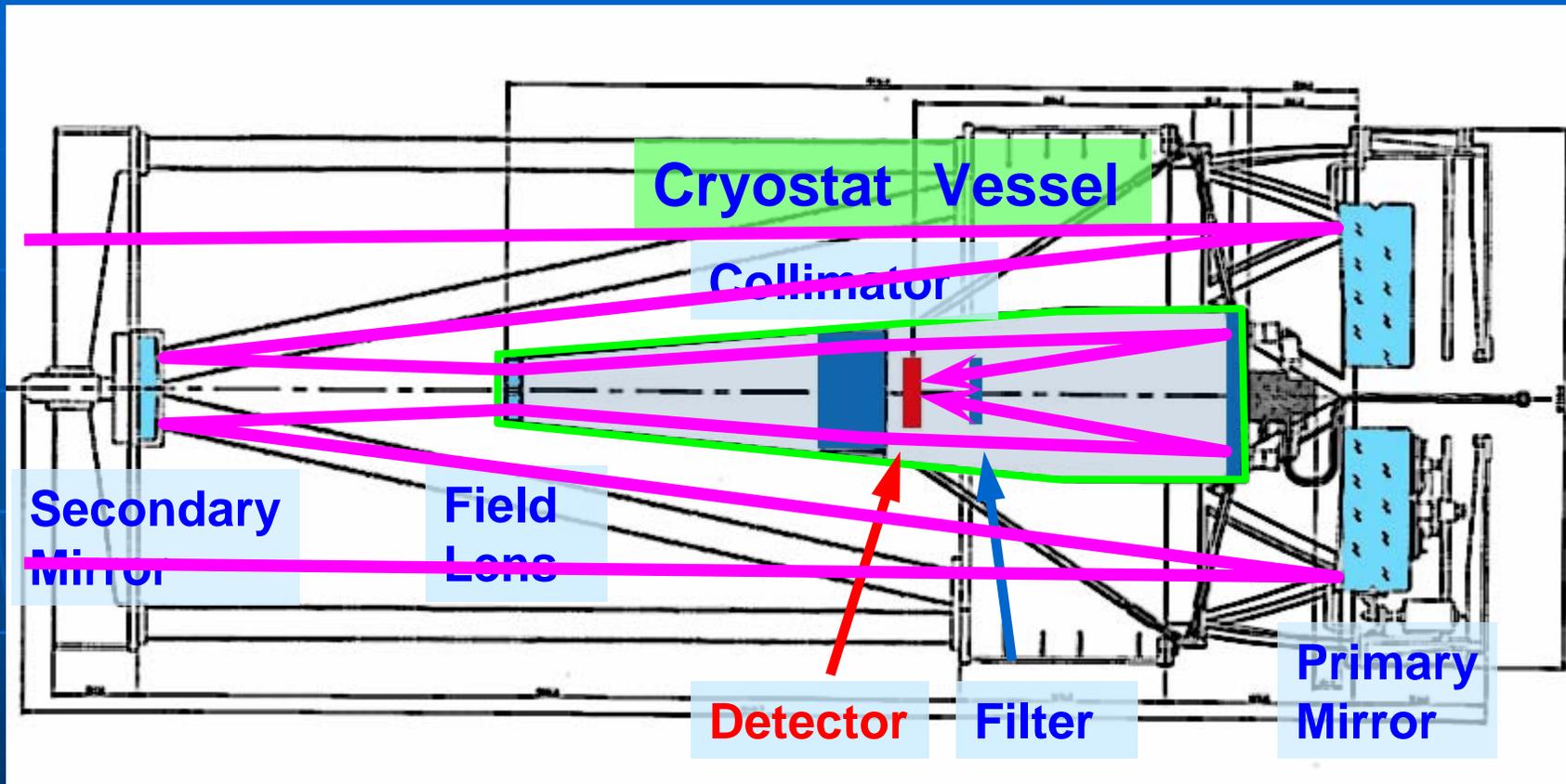
# 検出限界ギリギリの星の変動 Iバンド



# 検出限界ギリギリの星の変動 g'バンド



# 赤外広視野カメラ光学系



現存する91cm主鏡を流用し、広視野カメラを作成

# 赤外カメラ製作状況



クライオスタット  
(冷却試験終了)

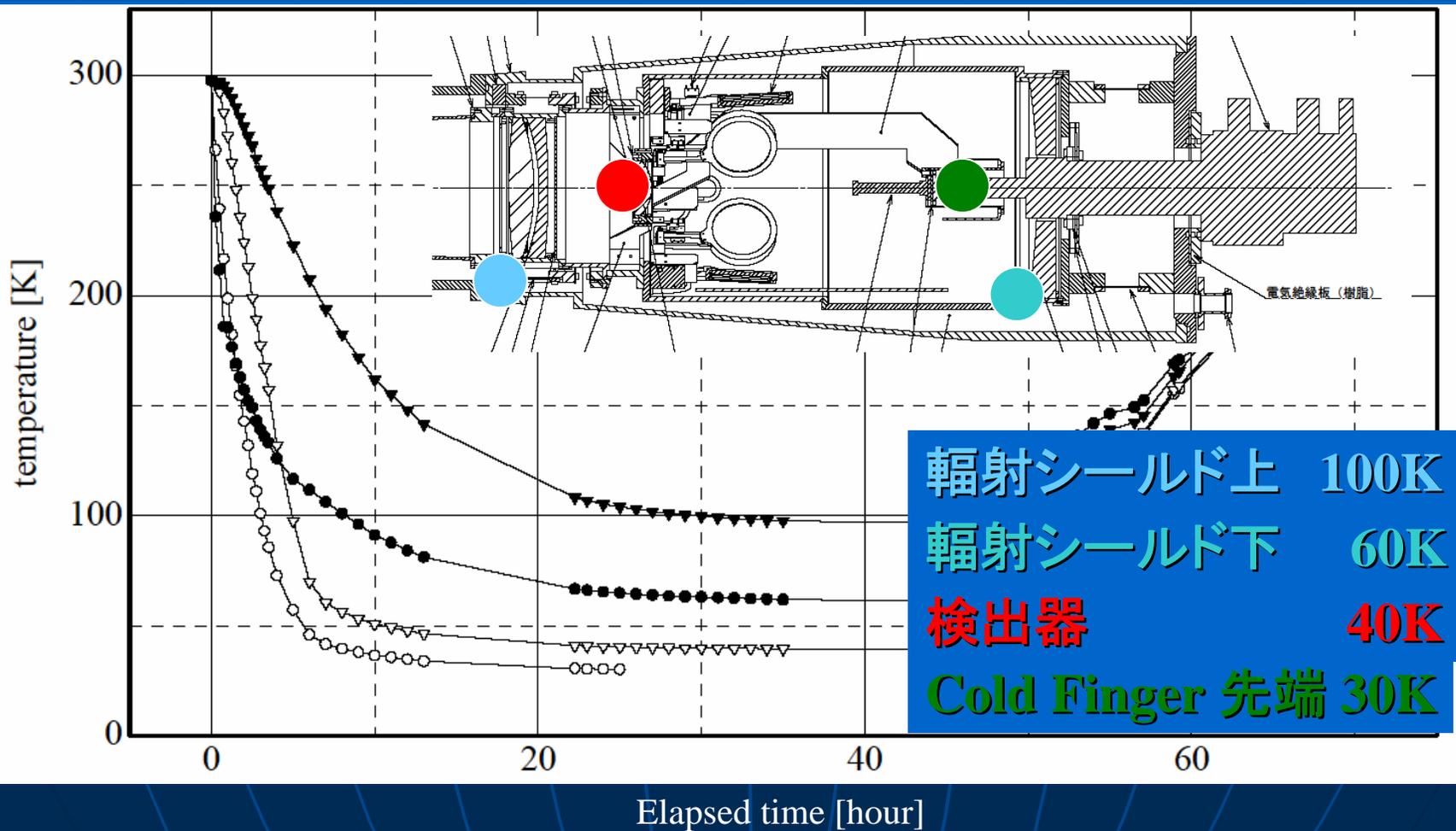


望遠鏡トップリング交換



主鏡Auコート(搬出の様子)

# 冷却試験結果



# 近赤外検出器 : HAWAII-2 RG



## HAWAII-2 RG PACE

- Manufacturer : Rockwell Science Center
- Photo Sensor : **HgCdTe**
- Cut-off Wavelength : 2.5  $\mu\text{m}$
- Format : **2048 x 2048**
- Pixel size: **18  $\mu\text{m}$  x 18  $\mu\text{m}$**
- Sensitive Area: 36.8 mm x 36.8 mm
- Full Well :  $1 \times 10^6$  e-/pixel
- Optical Fill Factor : > 0.98
- Operating Temperature : > 30 K
- Max. QE : 65 % @ 2  $\mu\text{m}$
- Readout Noise : 20e-
- # of output : 32
- Typical Readout Time : **0.8sec**

⇒プロトタイプによる読み出しに成功



0.95 deg

0.95 deg