

東工大および明野観測所におけるGRB残光 観測システムの構築

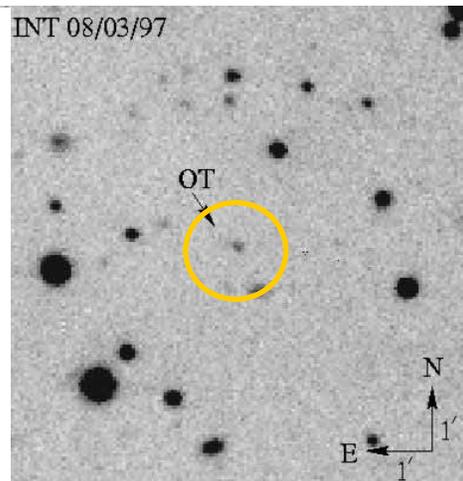
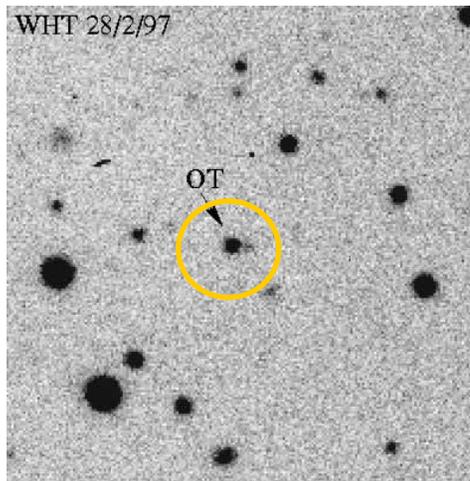
佐藤理江、河合誠之、片岡淳、小谷太郎、鈴木素子、
谷津陽一、有本誠 (東工大)、
渡部潤一、福島秀雄 (NAOJ)、柳澤顕史 (OAO/NAOJ)、
太田耕司 (京都大)、吉田篤正 (青学大)、
清水康広、吉田道利、長山省吾 (OAO/NAOJ)、
黒田大介 (総研大)、戸田博之 (放送大)

観測の目的

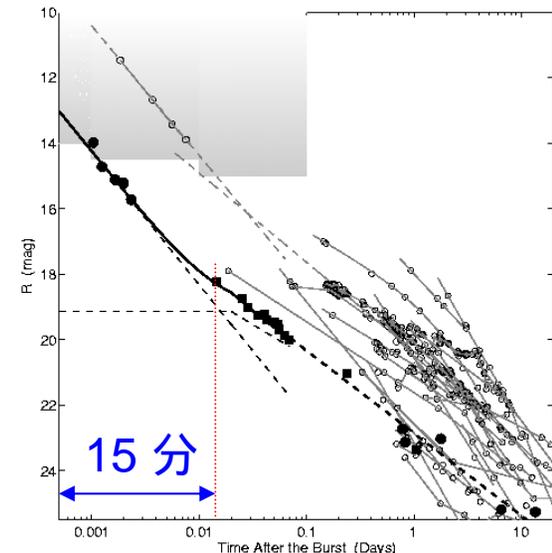
GRB 残光は時間とともに急速に減光 $t^{1 \sim -2}$

↓
即座の観測が重要

↓
Swift / HETE-2 衛星の通報に基づき、自動的に観測を行う
東工大と明野観測所にGRB残光自動観測システムを構築



GRB発生から 8 時間後 GRB発生から 8 日後



GRB 021211 の光度曲線 (Fox et al.)

東工大GRB自動観測システム

観測機器

■ 望遠鏡 Meade社 LX200 30

口径 30cm

高速駆動 6度 / 秒

■ 冷却 CCD カメラ Apogee社

AP6E 1024 × 1024 画素

ノーフィルター



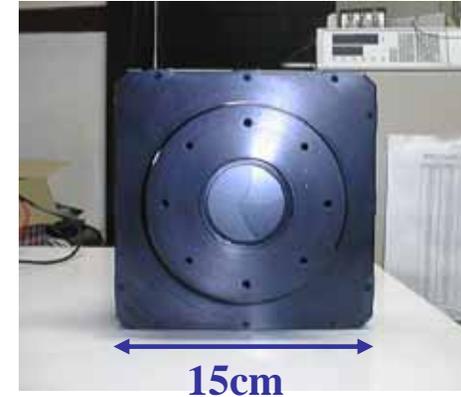
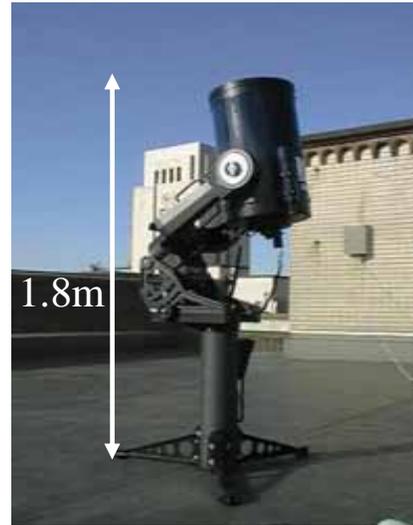
東工大システムの視野

44.0 × 44.0 (2.58)

HETE-2 の位置誤差範囲を十分カバーできる

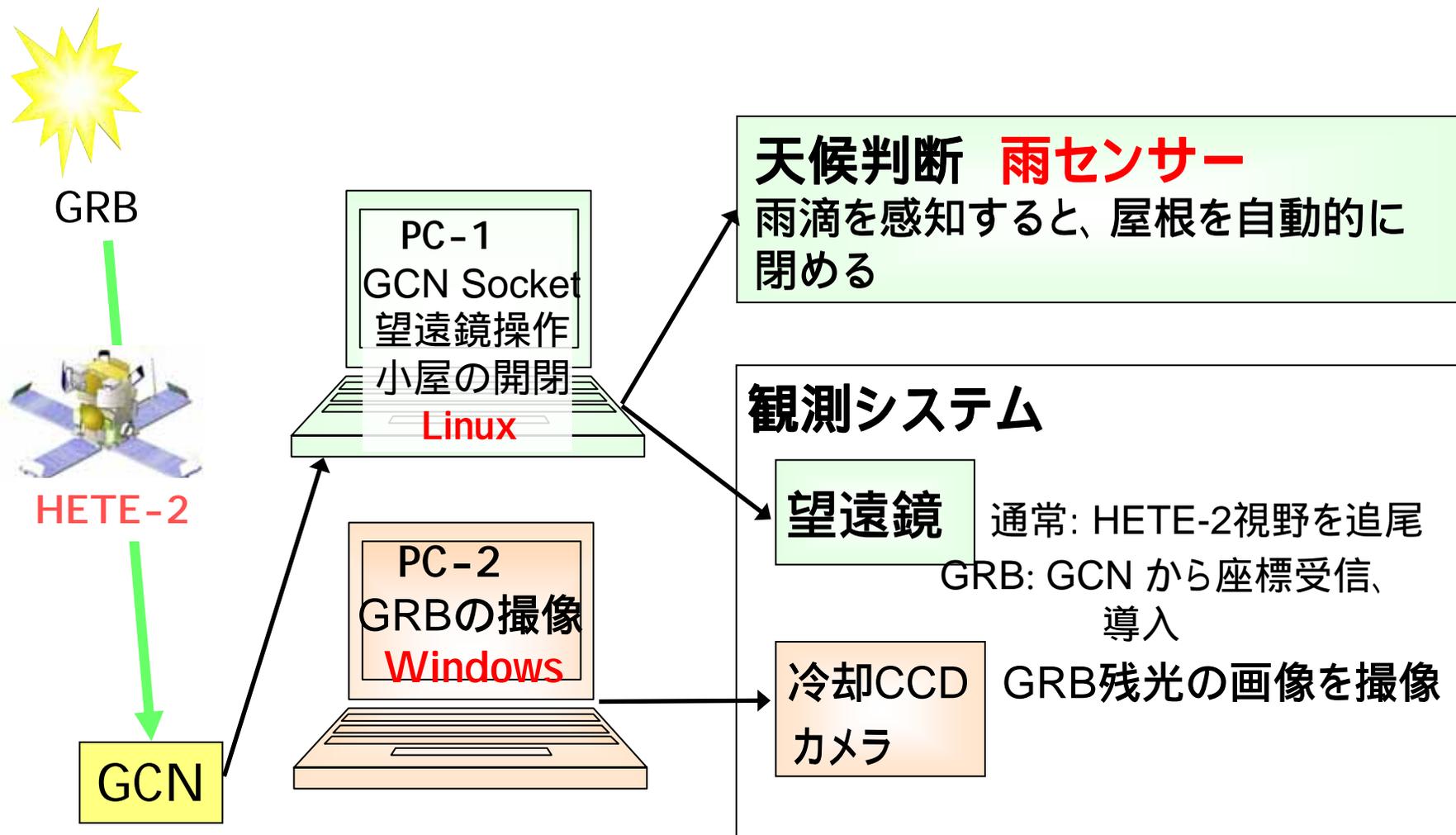
東工大システムの限界等級

~ 17.3 等級



望遠鏡格納小屋

自動観測システム概要



これまでの追観測結果

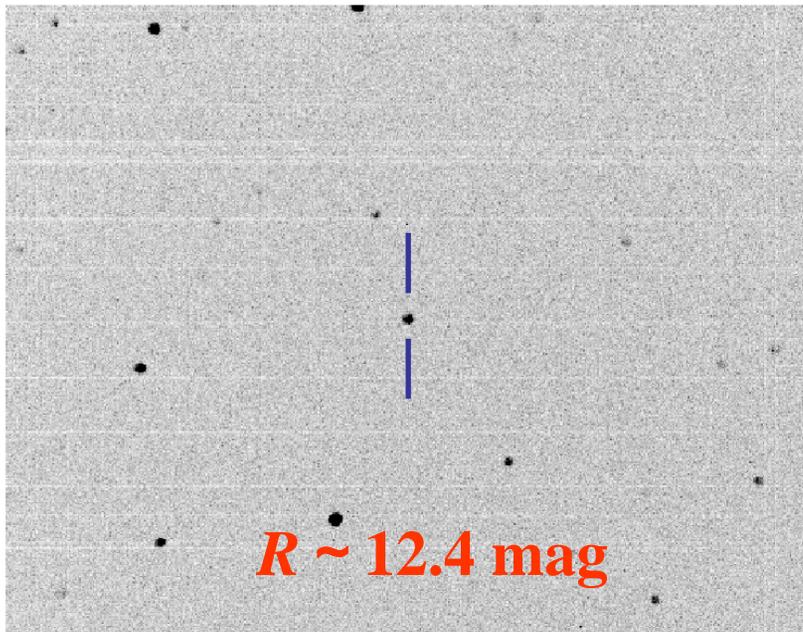
イベント名	速報までの時間	速報衛星	観測開始時間	結果
GRB 021211	22 秒後	HETE-2	2.3 時間後	×
GRB 030115	1.2 時間後	HETE-2	10 時間後	×
GRB 030227	1.8 時間後	INTEGRAL	1.4 時間後	×
GRB 030329	1.2 時間後	HETE-2	1.1 時間後	(12.4 等)
GRB 030418	215 秒後	HETE-2	27 分後	×
GRB 030823	2.3 時間後	HETE-2	1.9 時間後	×
GRB 031220	4.8 時間後	HETE-2	5.9 時間後	×

これまでに 7 つの GRB 残光追観測を行い、
GRB 030329 の残光観測に成功した

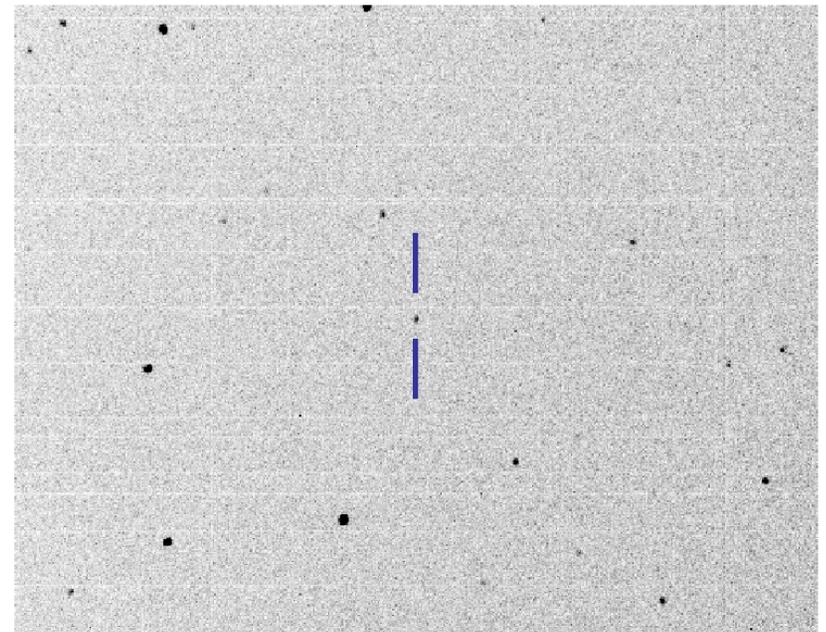
GRB 030329 の観測画像

観測開始時刻：2003年03月29日 21時44分13秒

→ バースト発生から **67 分後 (世界最初期)**



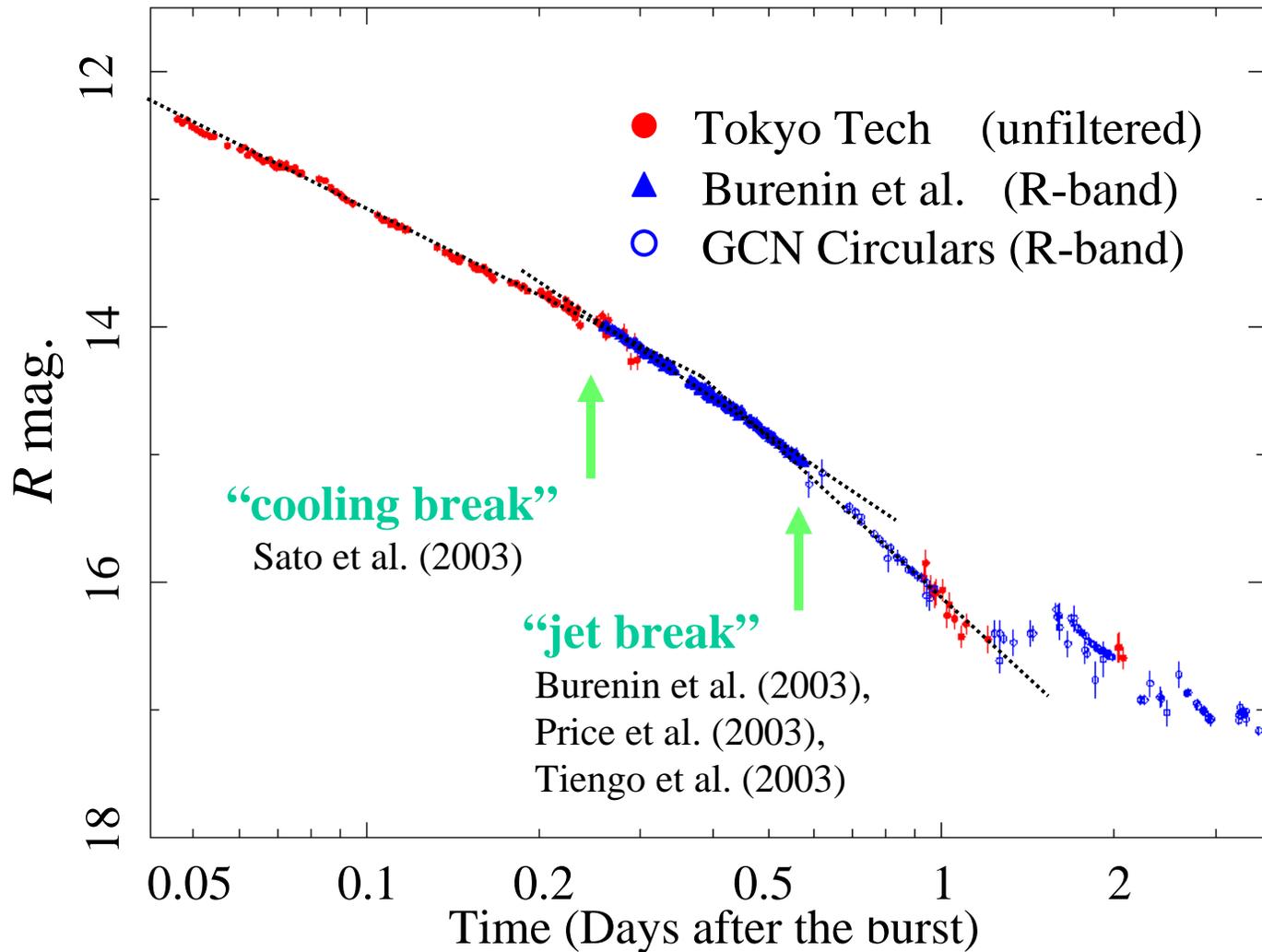
2003/03/29 21:44



2003/03/30 01:55

東工大屋上で観測した GRB 030329 残光画像
(Meade LX200-30, Apogee AP6E, no-filter)

GRB 030329 の光度曲線



GRB 030329 の残光光度曲線は **1成分のべき関数では合わない**
(Sato et al. 2003, ApJ, 599, L9)

明野GRB自動観測システム

場所: 山梨県北巨摩郡明野村
東大宇宙線研明野観測所

観測システムの設計方針

■ 自動化可能なシステムとする

- PC (Linux) による全体制御
- 動力要素、センサーすべて PC で統括
- スケジュール観測可能
- GCN Alert 割り込みに対応

■ 無人観測に対応

- 気象変化に自律対応 (降雨、停電、強風)
- 安全対策 (部外者も含む)
- ドーム内外の遠隔監視

■ 迅速な観測・解析が可能

- ドームと望遠鏡の高速駆動
- 高速読み出し (1 M pix/s) CCD カメラ
- ADSL を用いた広帯域ネットワーク (VPN) で東工大と結ぶ

観測機器



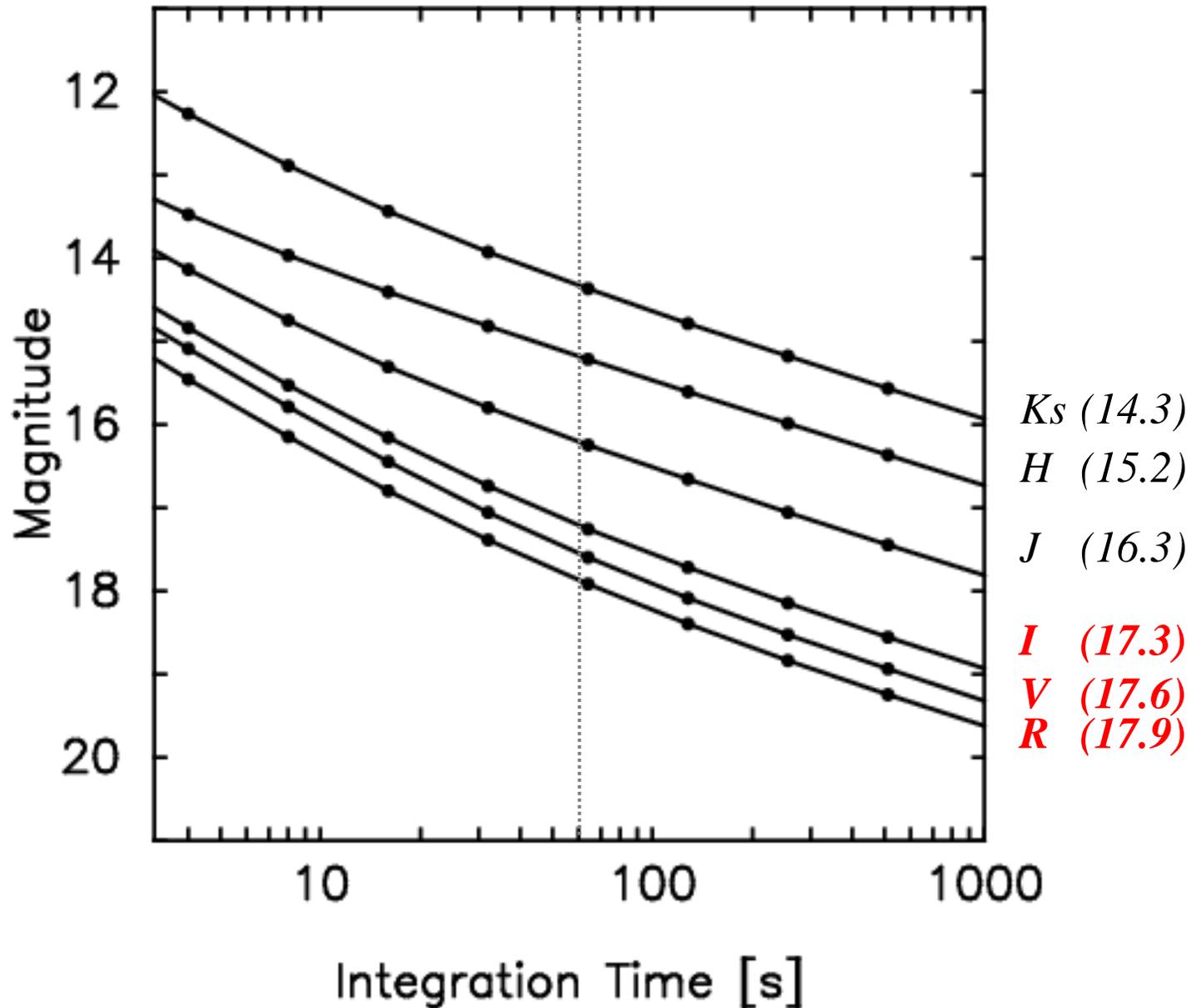
- 望遠鏡 昭和機械製作所製
口径 50cm
高速駆動 3度 / 秒



- CCD カメラ Apogee社 Alta U6
1024 × 1024 画素
V・R・I / 3色同時撮像

⇒ 明野システムの視野
26.0 × 26.0 (1.6)

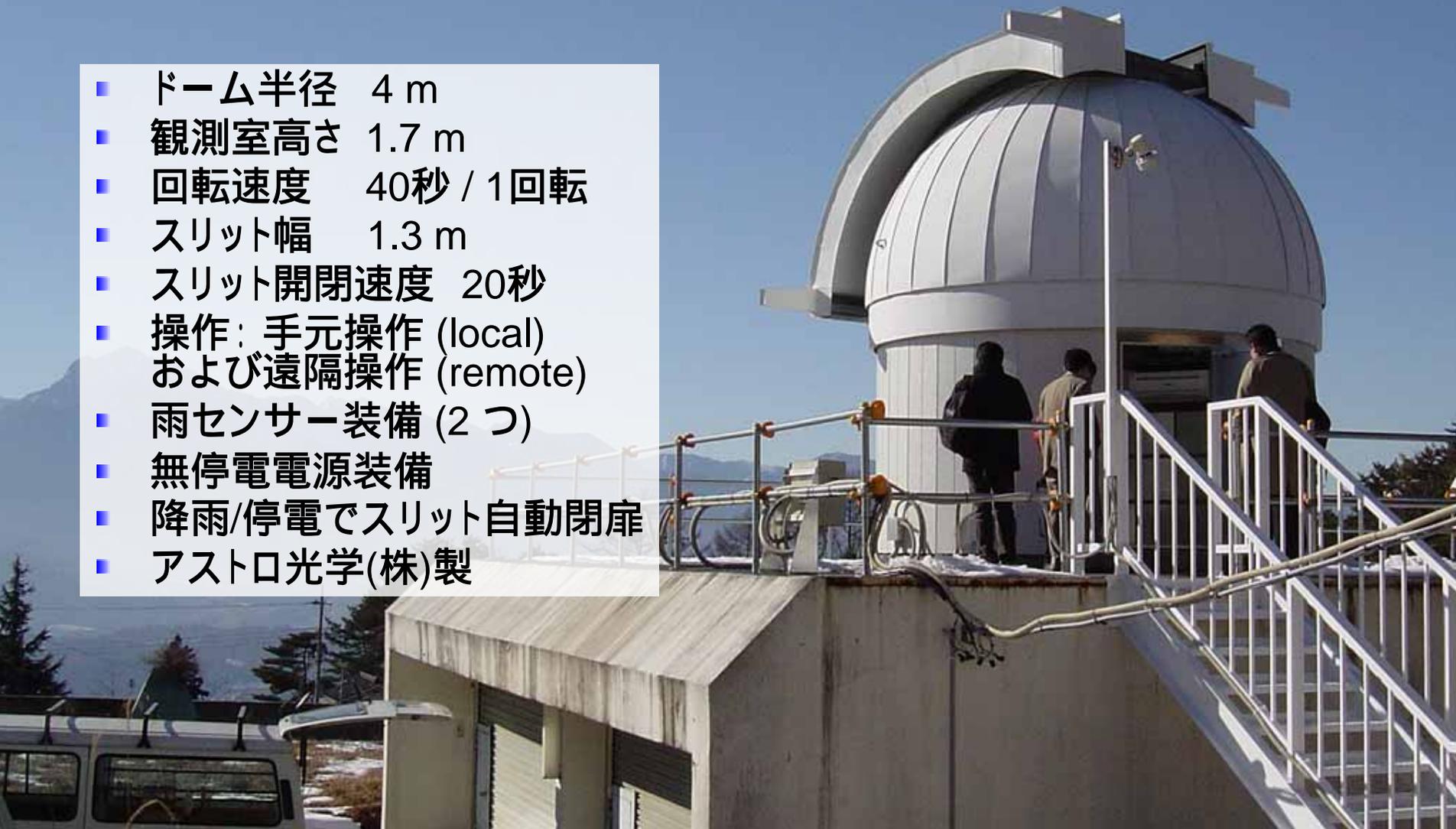
検出限界予測 (S/N = 10)



明野 50cm 望遠鏡ドーム

設置場所: 東大宇宙線研究所明野観測所

- ドーム半径 4 m
- 観測室高さ 1.7 m
- 回転速度 40秒 / 1回転
- スリット幅 1.3 m
- スリット開閉速度 20秒
- 操作: 手元操作 (local)
および遠隔操作 (remote)
- 雨センサー装備 (2 つ)
- 無停電電源装備
- 降雨/停電でスリット自動閉扉
- アストロ光学(株)製



50cm 望遠鏡で撮影した NGC891

Date: 2004 / 08 / 10

Telescope: 明野 50cm

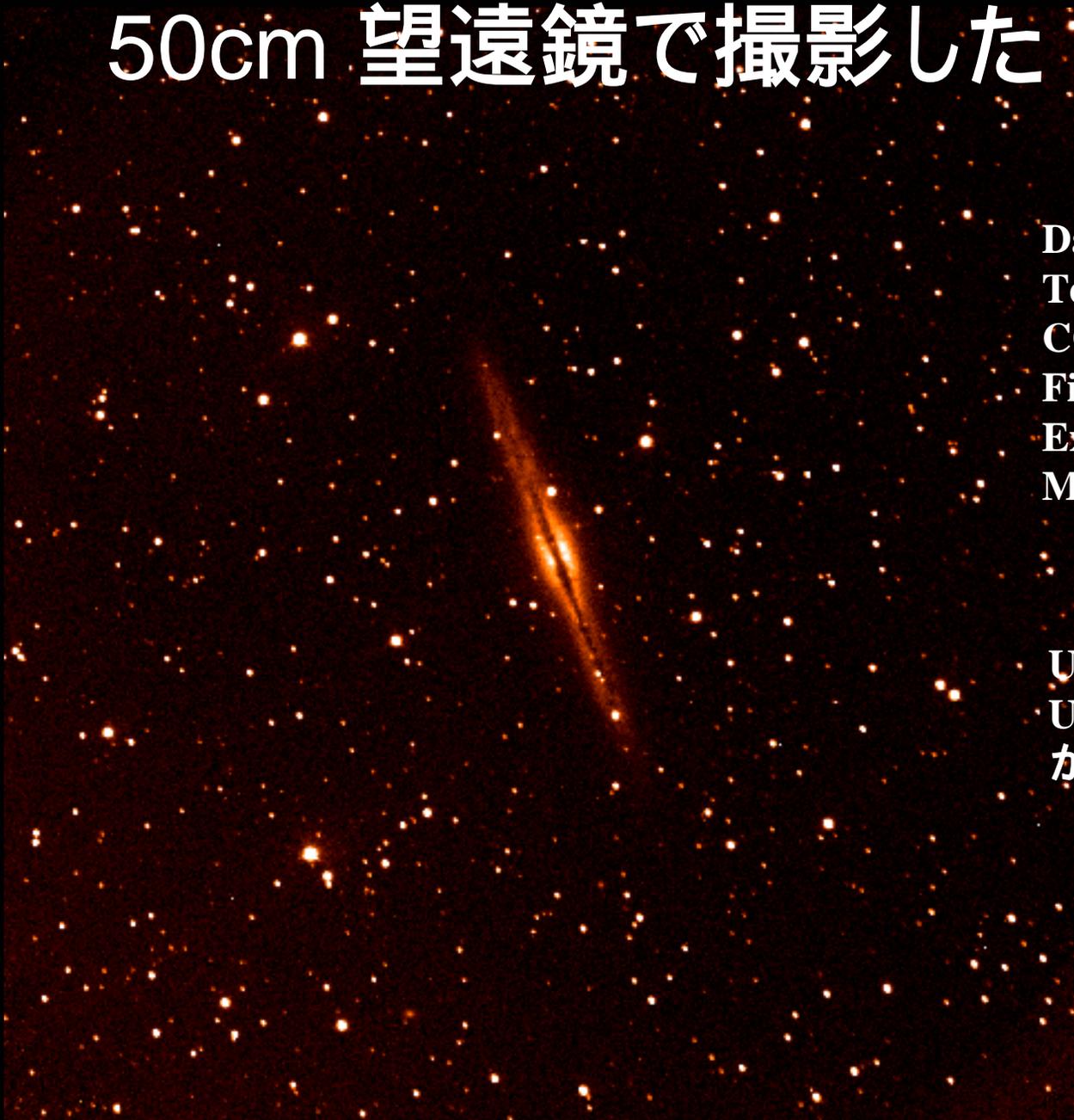
CCD camera: U6 (Apogee)

Filter : R band

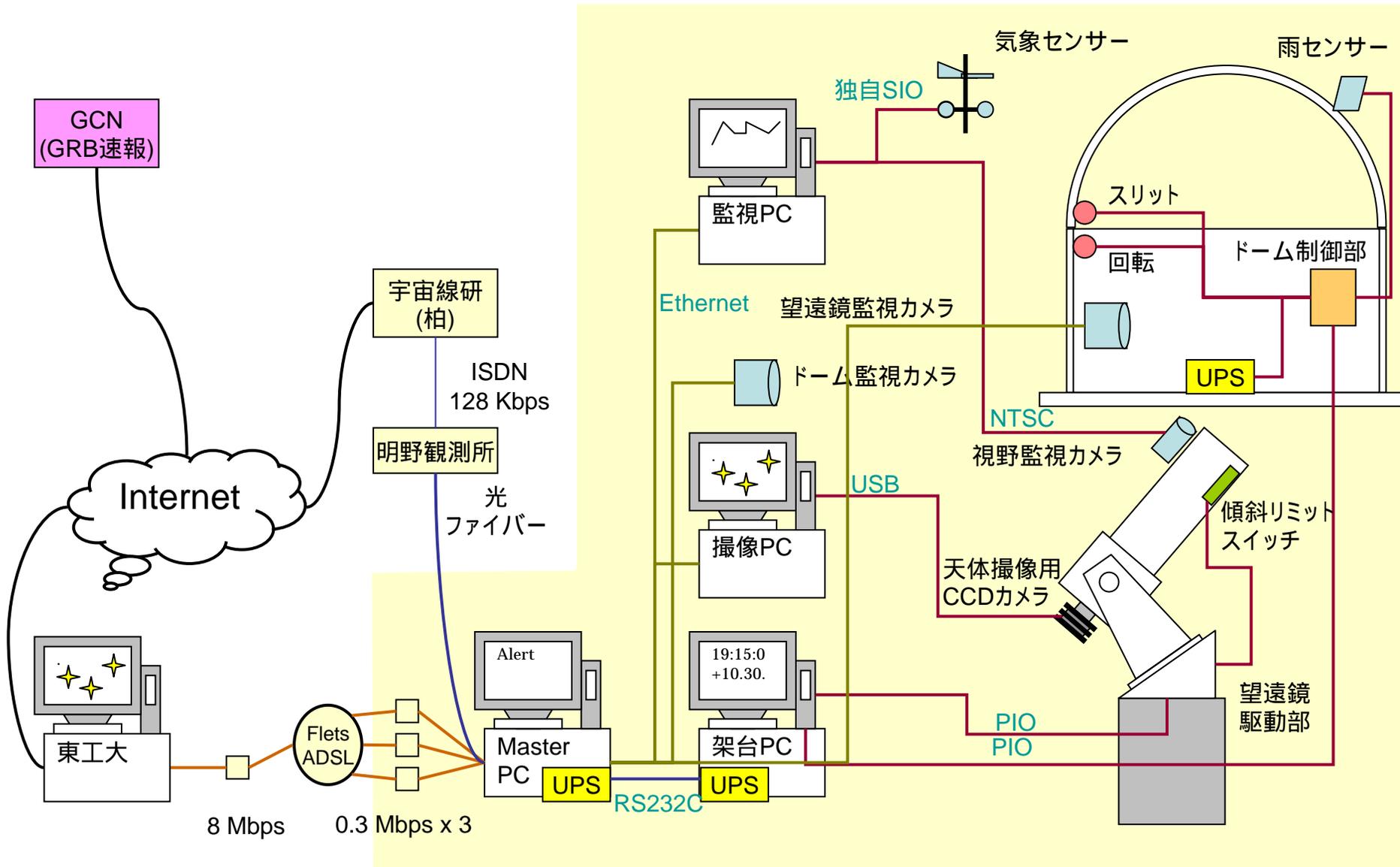
Exp: 60 sec x 8 (480 sec)

Moon phase: 23.7

USNO-A2.0 カタログの
U1275-01435724 (R=18.5)
が認識できる.



制御系統図



今後の課題

■ 望遠鏡

- ハルトマン試験の解析
- フィルターアダプター、ドローチューブの改善
- 追加ハルトマン試験
- 追尾性能試験
- 導入精度試験
- フォーカスの温度依存性の測定、解析
- ドームフラットの製作
- 望遠鏡指向補正

■ 三色カメラ

- 光学系調整(焦点、視野合わせ)
- 光学系性能試験
- 限界等級測定
- 撮像ソフト整備
- 高感度カメラ導入の検討

■ ドーム、運用系

- 気象データの解析
- エアコンリモート制御
- 監視カメラ画像データベース
- I/F Box UPS整備
- 監視カメラの落雷対策

■ 観測・解析系

- 自動観測プログラムのデバッグ
- 標準測光システムへの変換係数の測定
- データ保存ディスクの整備
- データ自動転送
- 変光天体検出プログラム

望遠鏡の仕様

● 主鏡

- 有効直径 500 mm
- 焦点距離 3000 mm
- 鏡材 ゼロデュア
- 鏡面処理 Al + SiO₂コート
- 有効視野 30分角
- 結像性能 視野内で 43 μ m 以下
- 観測波長 400 - 950 nm

● 副鏡

- 有効直径 160 mm
- 鏡材 ゼロデュア
- 鏡面処理 Al + SiO₂コート

● 架台

- 形式 フォーク式赤道儀
- 導入精度 >2' (30度以内)
- 駆動速度 最大 3度/秒

● 制御系

- オープンループ制御
- PC + 制御ボード
- RS232Cにより外部より制御

● 光学系

- 非球面+球面 + 補正光学系

● 重量 約1000 kg

● (株)昭和機械製作所 製

CCD カメラ: Alta U6 (Apogee社製品)

Alta U6

- メーカー: Apogee, USA
- CCD: KAF-1001E (Kodak, USA)
- 画素サイズ: $24\text{ }\mu\text{m} \times 24\text{ }\mu\text{m}$
: $1.6 \times 1.6\text{ sq. arcsec}$
- 画素数: 1024×1024
 $26 \times 26\text{ sq. arcmin.}$
- 量子効率: $0.65 @ 600\text{ nm}$
- 読み出しノイズ: 15 e-
- 読み出し時間: $1\text{ sec}(16\text{ bit})$
- A/D変換: $16\text{-bit}, 1\text{MHz}$
 $12\text{-bit}, 5\text{MHz}$
- **USB2.0** インターフェース
- 気温より35度冷却可能

