

かなた望遠鏡による突発天体の 即時フォローアップ観測

笹田 真人 (広島大学)

自動観測やリモート観測を行うために必要なこと

東広島天文台かなた望遠鏡では2017年8月より、大学構内からリモート観測を実施している

- **遠隔での操作**

リレー回路によって各装置のスイッチをPCから遠隔にて制御可能にする
(空調、照明、各装置の再起動、フラット用照明)

- **観測可能性のチェック**

天文台現地の気象の監視や空の状態のチェックを行う

- **安全性の確保**

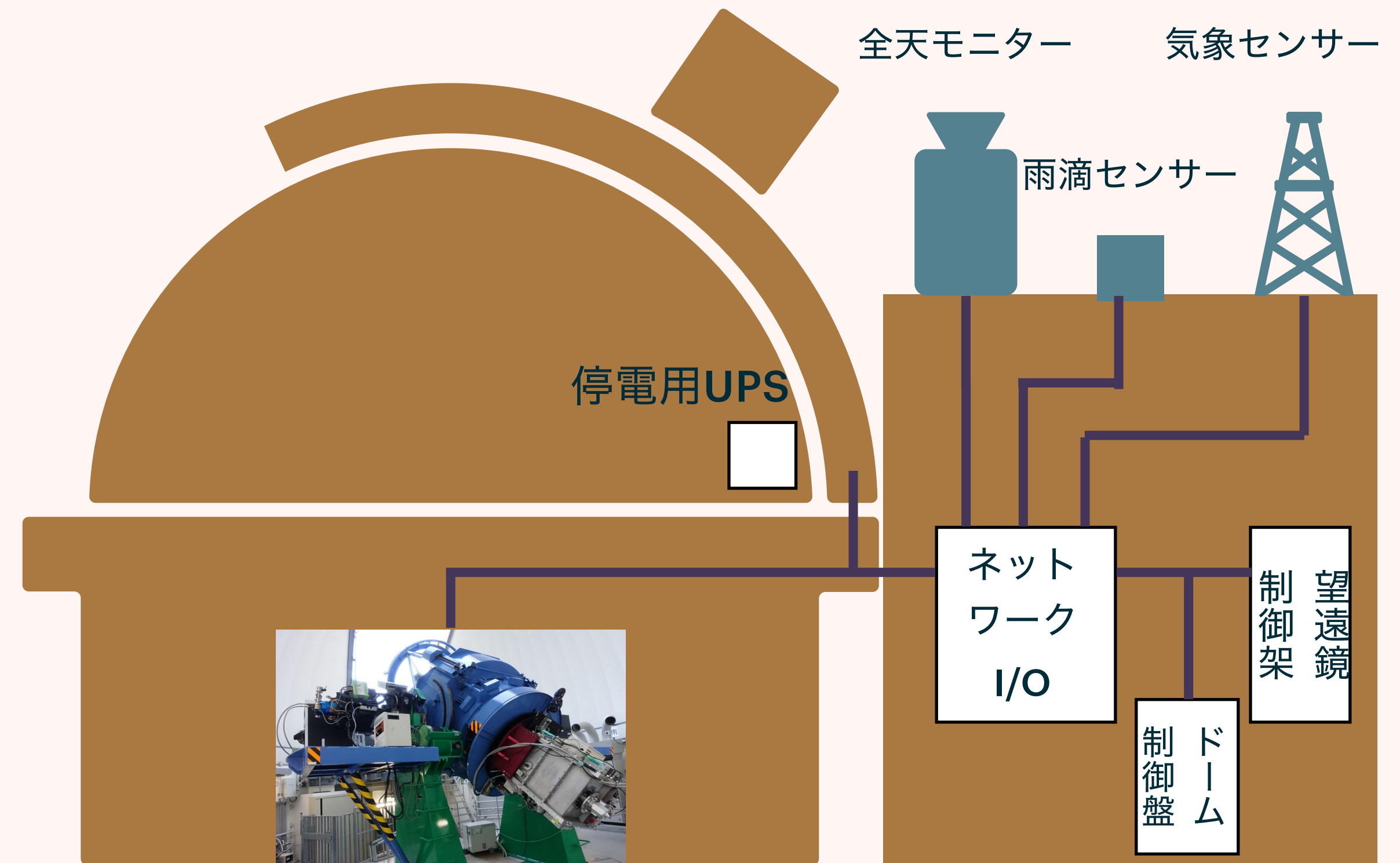
自動観測を行う場合において、人がドーム内にいるときに望遠鏡が動かないようにするために、適切な規約を設定するとともにハード的にも制限を設ける

- **緊急時の望遠鏡・装置の保全**

停電や降雨時にドームスリットが自動で閉まるシステムを設ける

気象監視システム概要

- 東広島天文台の気象を監視する装置
 - 雨滴センサー(VAISALA社 CVS-DRD-11A)
 - 全天モニター(Davis社 Vandage Pro 2/2plus)
 - 気象センサー(カメラ Nikon D3400)
- 雨滴センサーが雨を検知すると望遠鏡制御装置からドームスリットが閉じられる
- 気象センサーおよび全天モニターのデータは、ブラウザを通してチェックすることができる



雨滴センサーおよび気象モニター

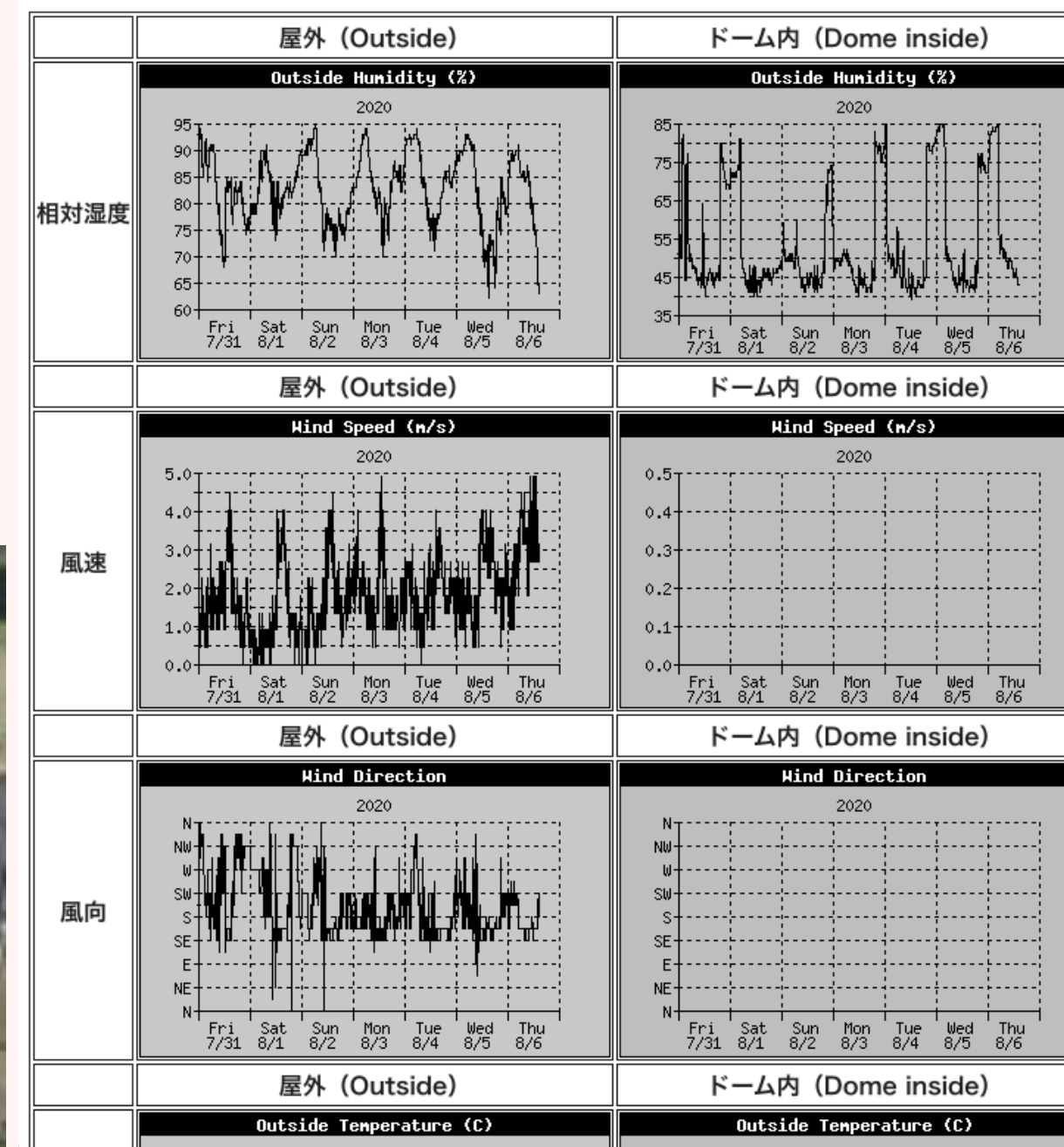
- 市販の気象モニターを用いて常時湿度、風速、風向、気温、気圧、日降水量、放射強度を計測
- モニターはドーム内部および屋上に設置
- 計測されたドーム内湿度や降水量、雨滴センサーの反応が注意を要するものであれば、ウェブ上で色付きで目立つよう表示
- ドームに取り付けられた湿度計の値に応じて観測室にアラームを発する



Current Weather at Higashi-Hiroshima Observatory



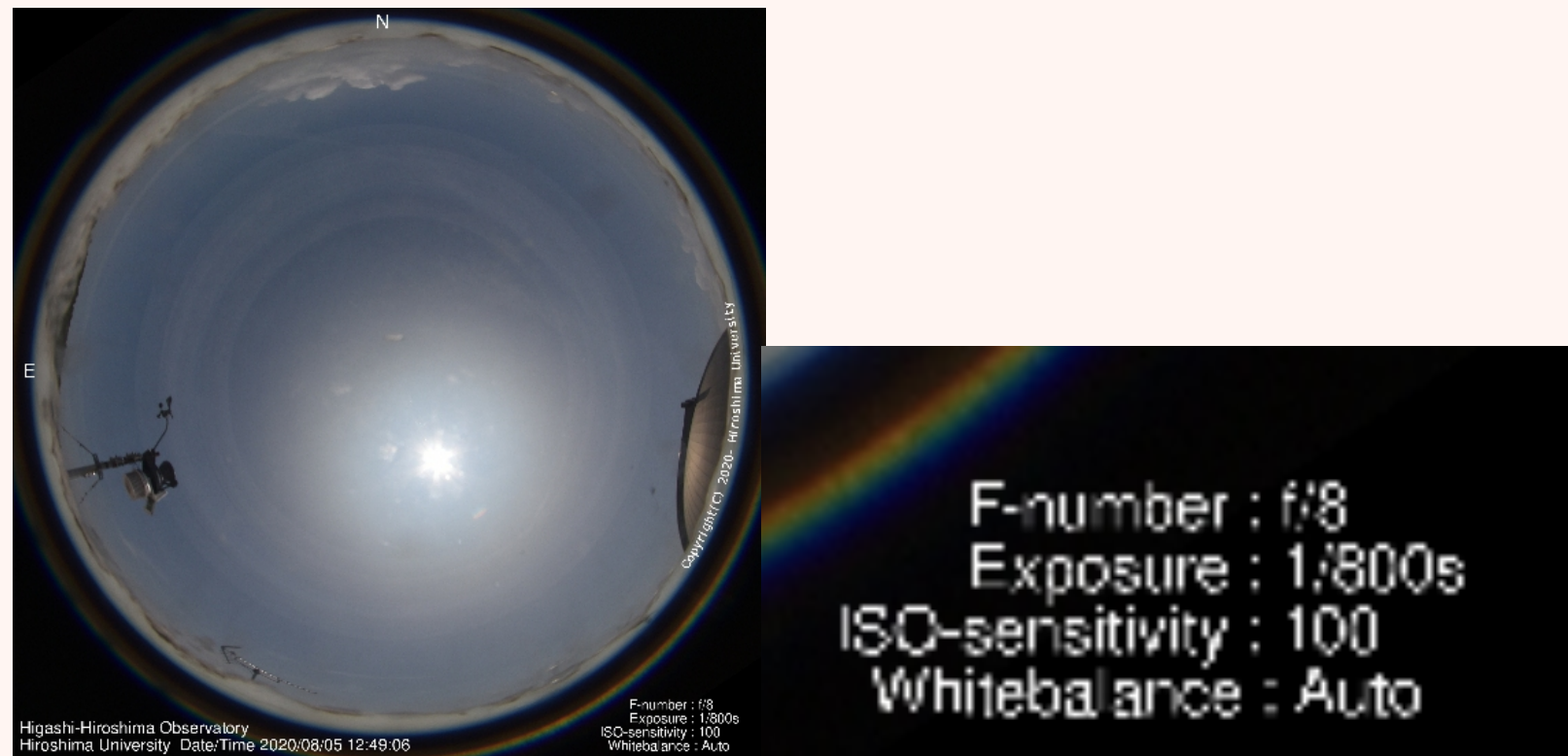
	Date	Time JST	Temp. degs C	Humidity %	Wind Spd m/s	Wind Dir	Atm. Pres. hPa	Rain fall mm/hr	Radiation W/m2
Outside	20/08/06	14:35	28.7	63	3.1	S	956.1	0.0	751
Dome inside	20/08/06	14:30	22.7	43	0.0	---	952.4	0.0	0



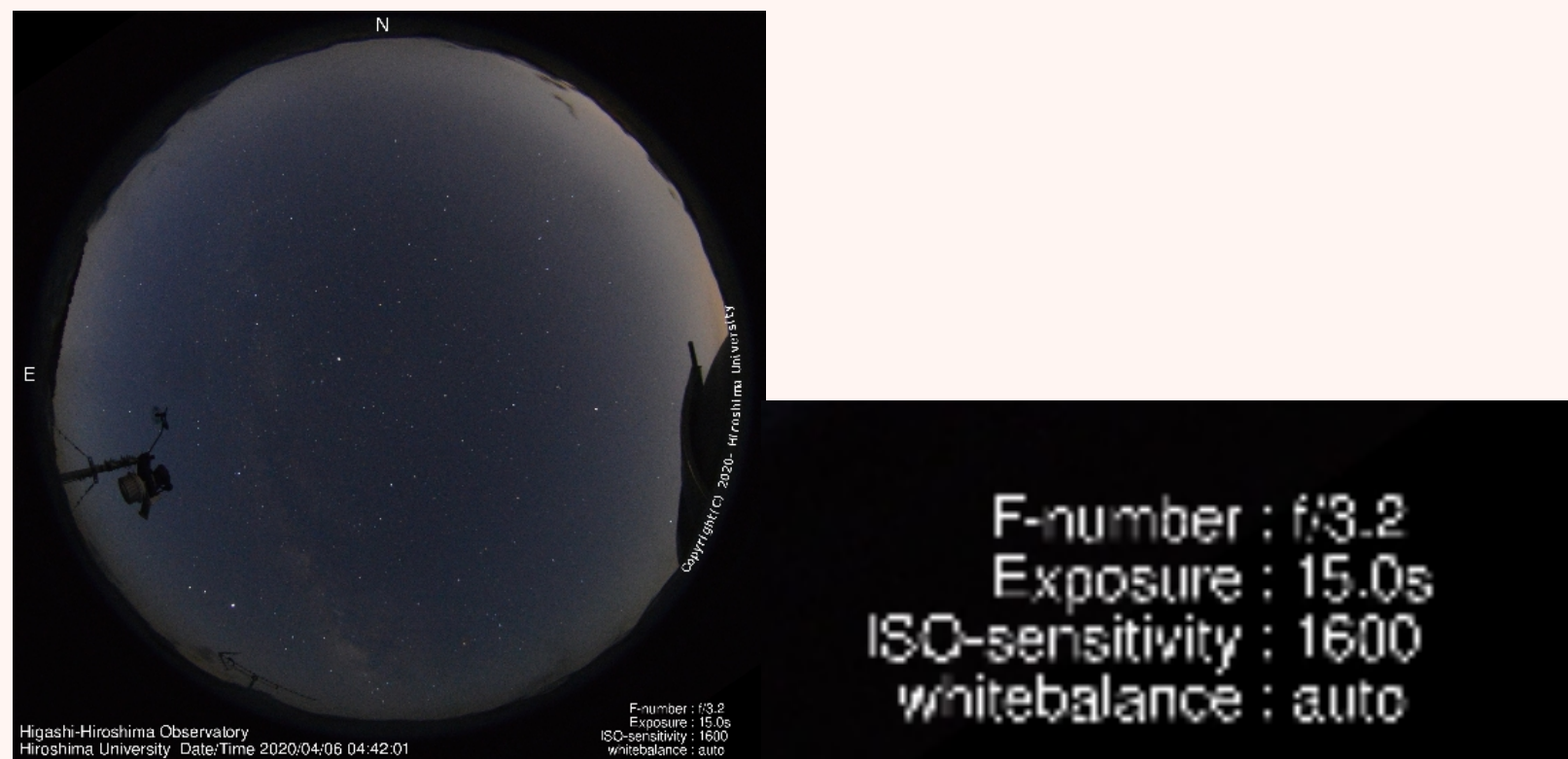
全天モニター

- カメラと魚眼レンズ(SIGMA社 4.5mm F2.8 EX DC Circular Fisheye HSM)を用いて撮影
- ドライバ : gphoto2
- 日中・夜間で露出時間、絞り、コントラストなどを調節
- 日の入り・日の出の前後で段階的に調節することで、サチらせずに全天画像を取得
- 直前の画像との差分も表示

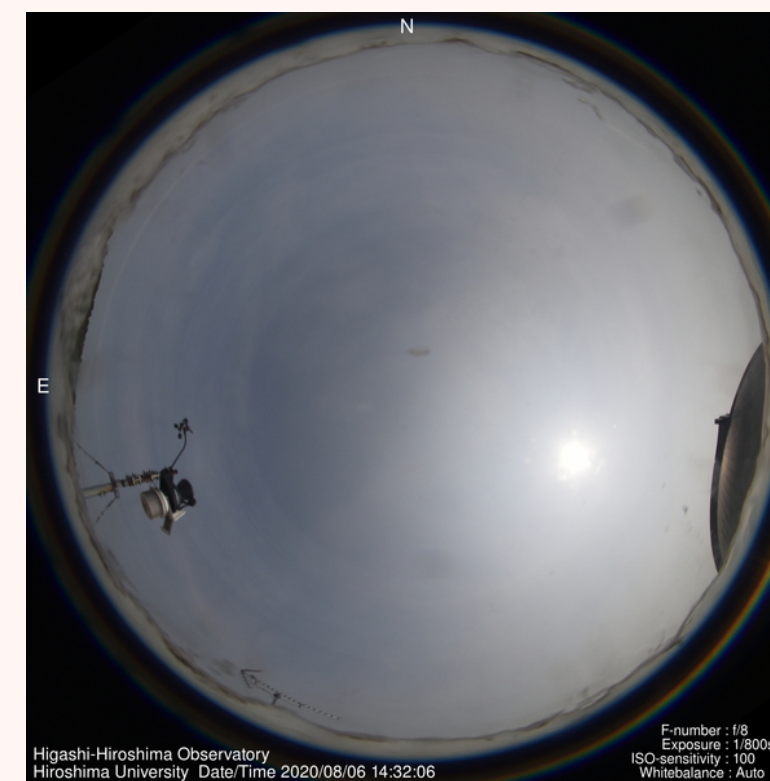
昼



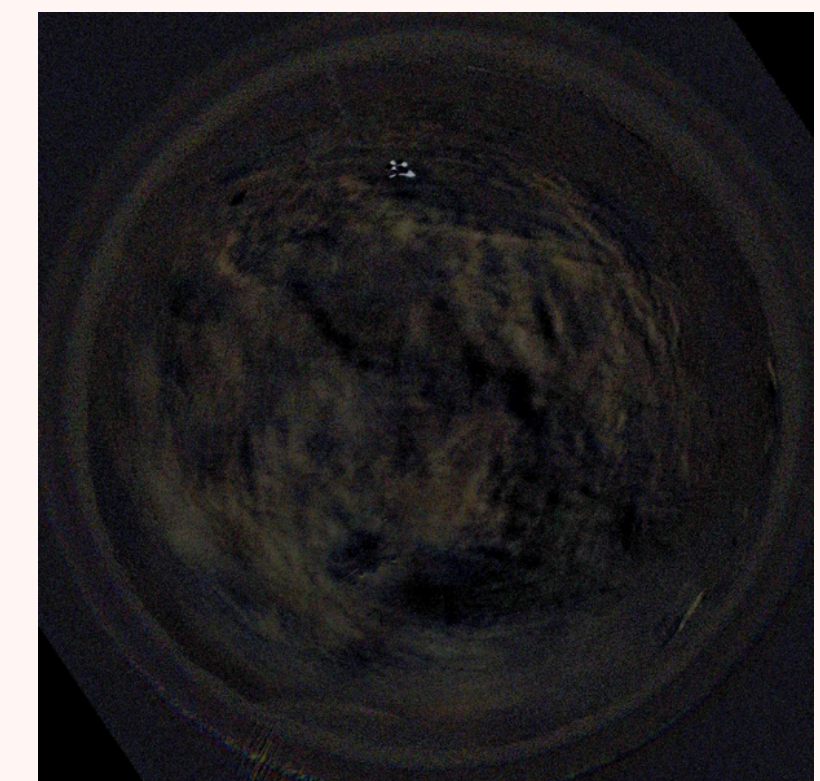
夜



取得画像



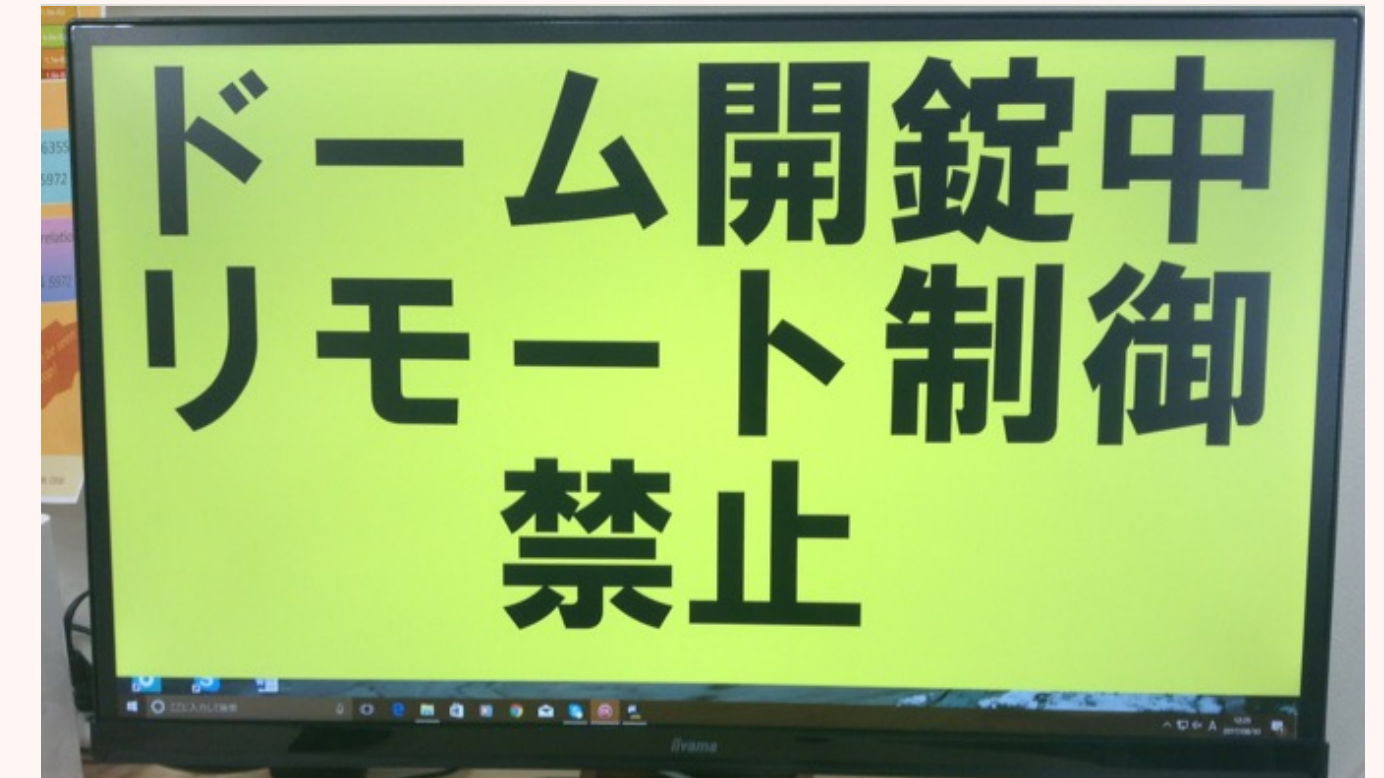
差分画像



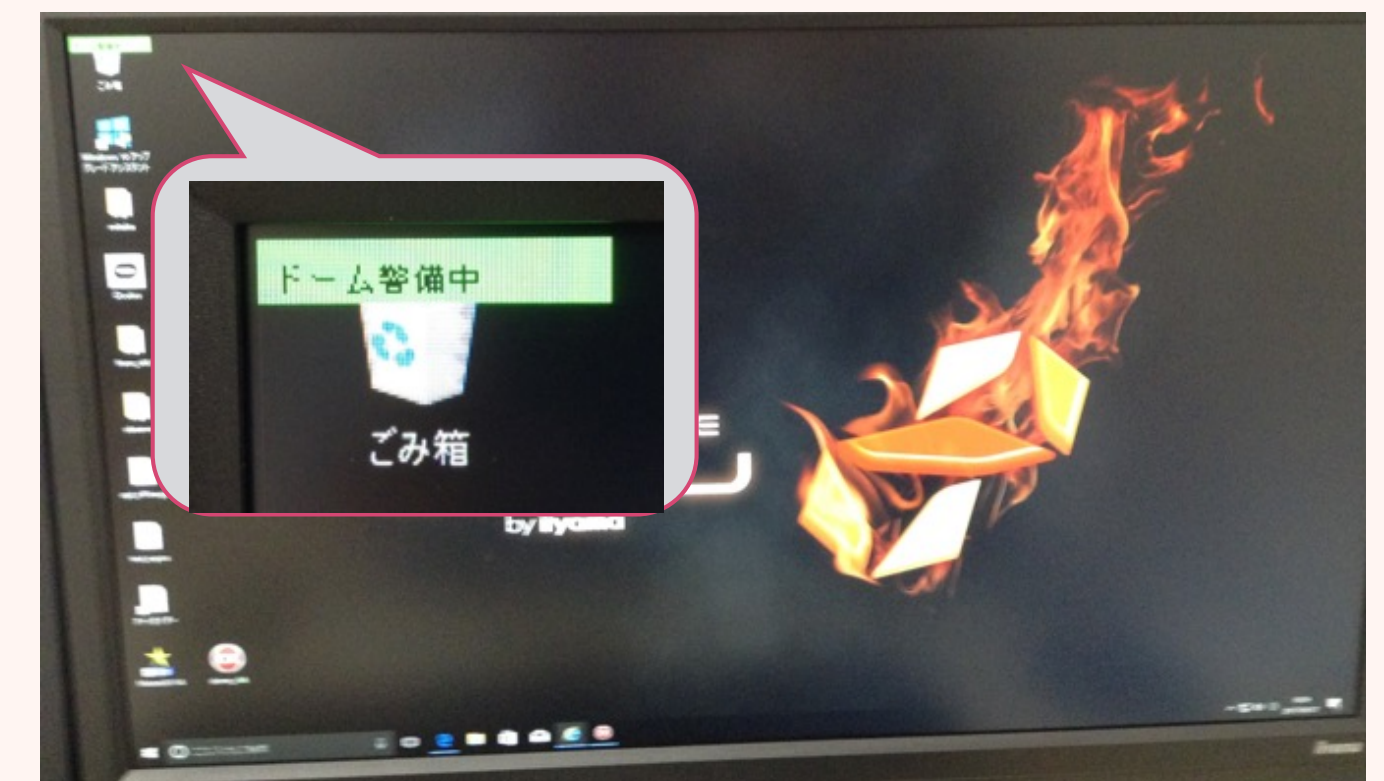
リモート観測と安全性

- ドーム機械警備ステータスの監視、および監視アプリの自動・常時起動
→ ヒューマンエラーの防止
- ネットワークカメラによるドーム内映像・音声の監視
- 屋外監視カメラ・全天モニターによる外部環境の監視
- 音声による観測ステータス・突発現象アラートの監視システム

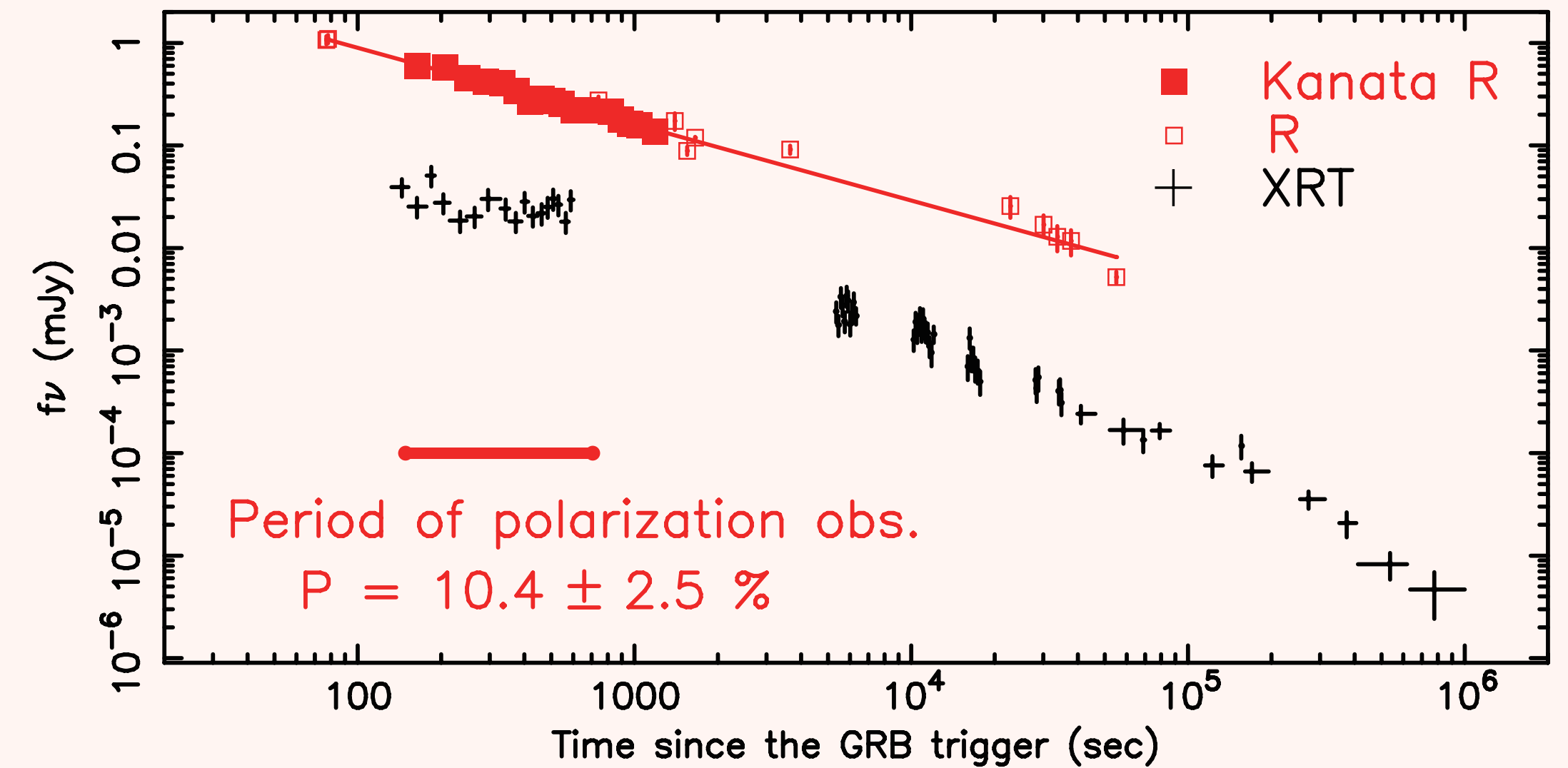
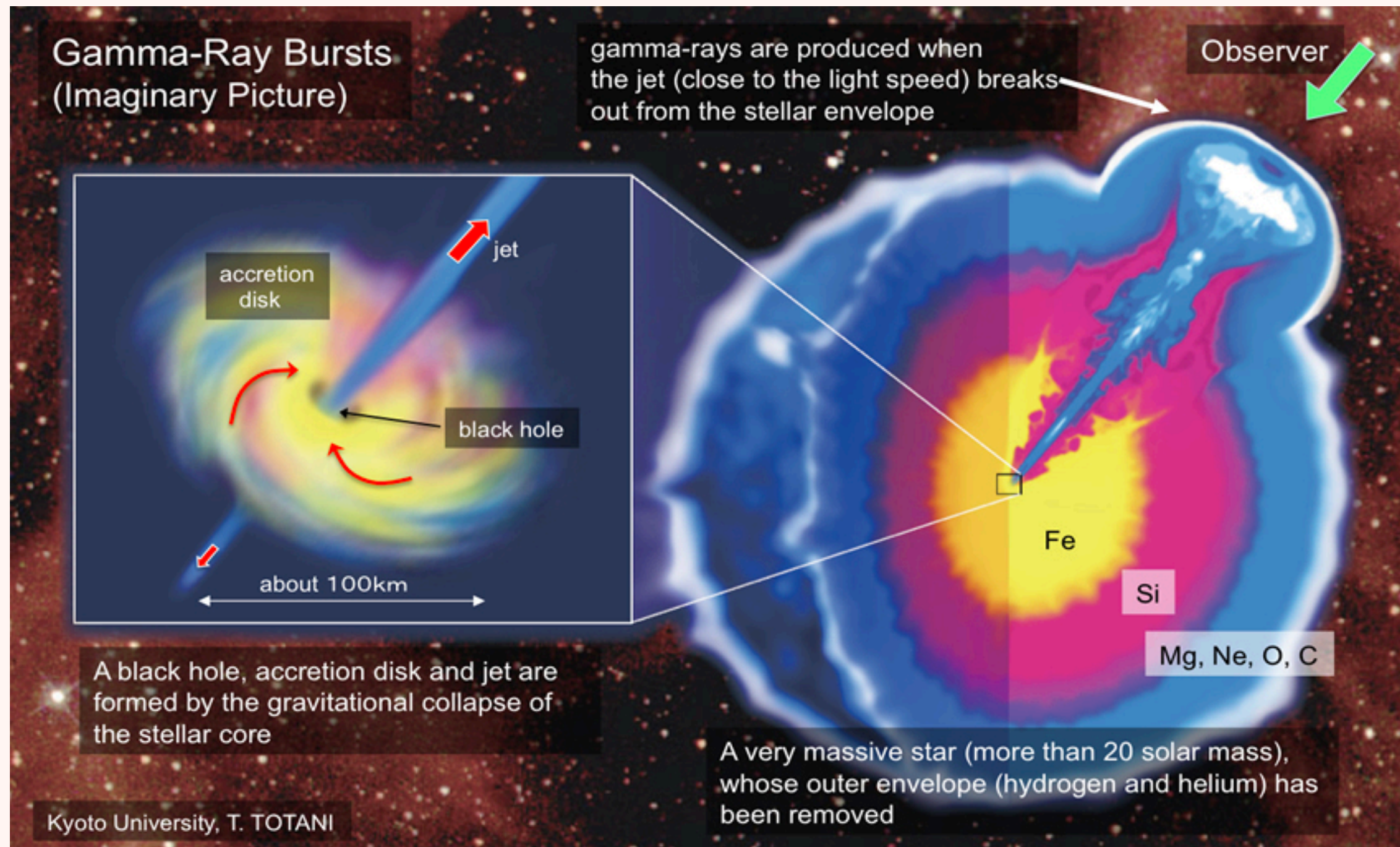
ドーム開錠中



ドーム施錠中



ガンマ線バースト残光の可視光観測

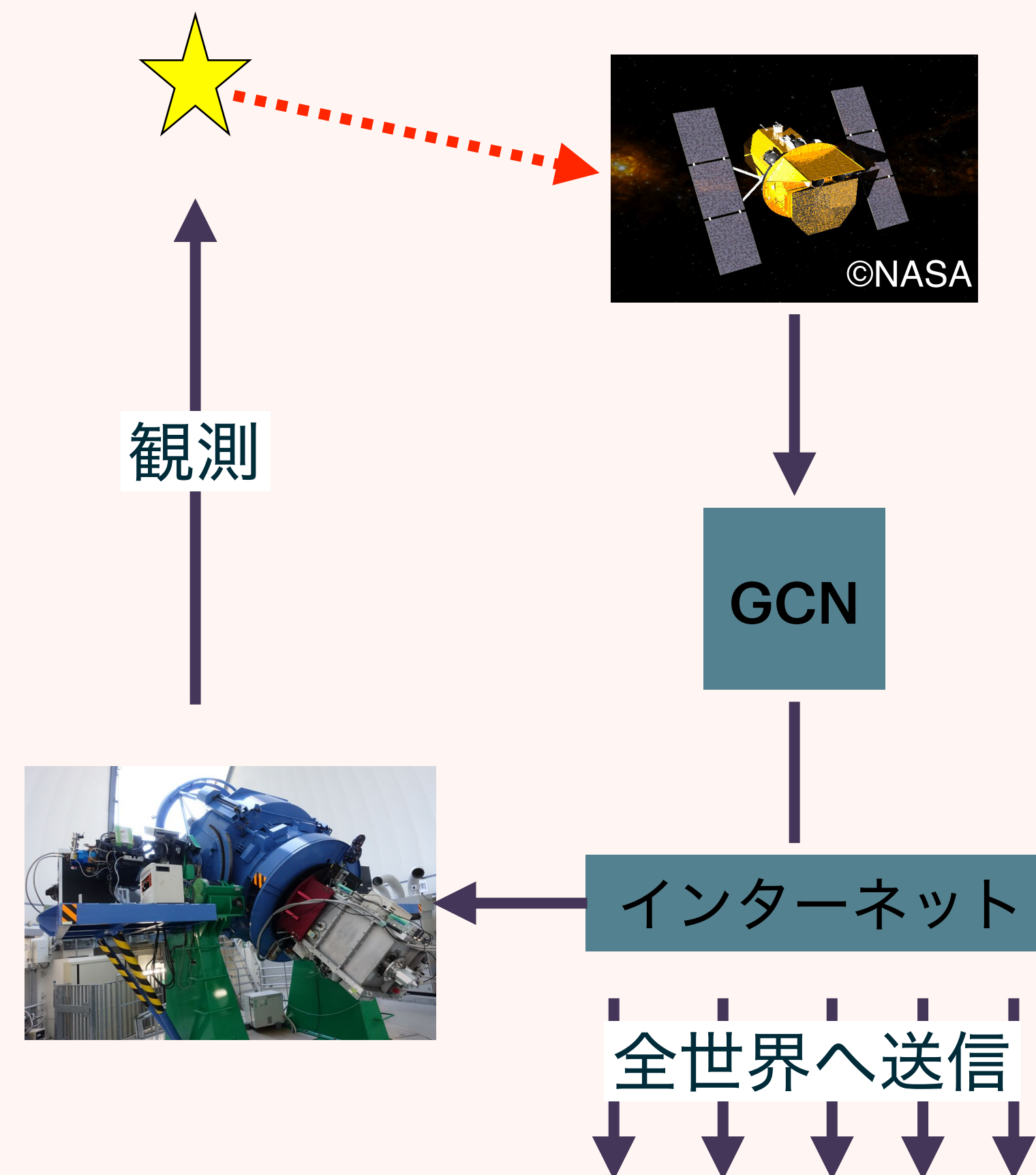


Uehara et al. 2012

ガンマ線バーストの発生後、シンクロトロン放射である残光が観測される
残光を早期から偏光観測することで、生成されたジェットの磁場や構造について理解

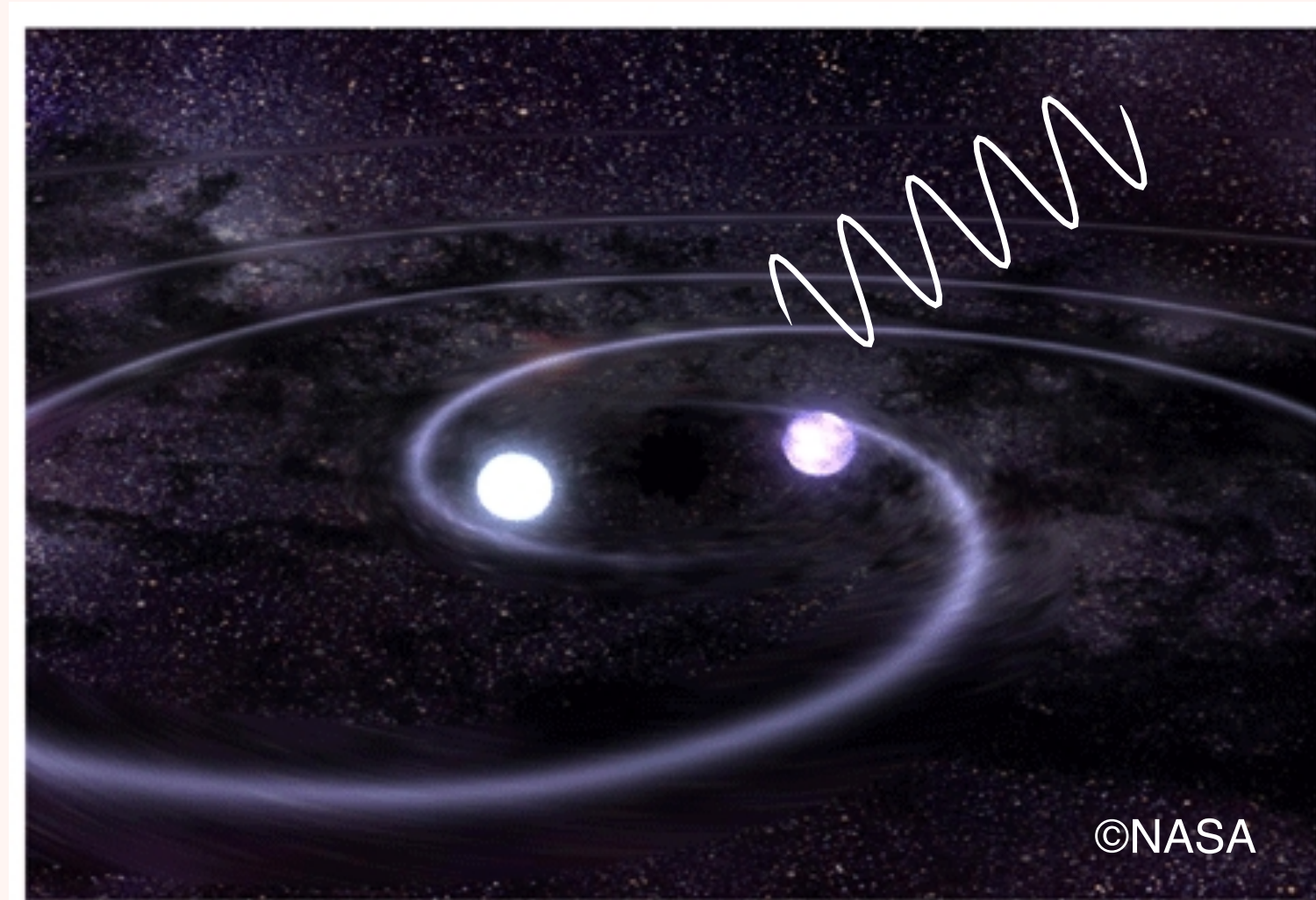
ガンマ線バースト(GRB)の自動観測システム

- 衛星がGRBからのガンマ線を検出する
- 自動で地上へ天体情報（明るさ、時刻、天体位置など）が送られる
- Gamma-ray Coordination Network; GCN を通じて世界へ情報が送信される
- 東広島天文台のサーバーがGCNのアラートをソケット通信で受信
- GRBの観測可能性（時刻、地方恒星時や高度、天気）を自動で検討し、可能である場合にHOWPoIを用いて偏光観測を開始する。



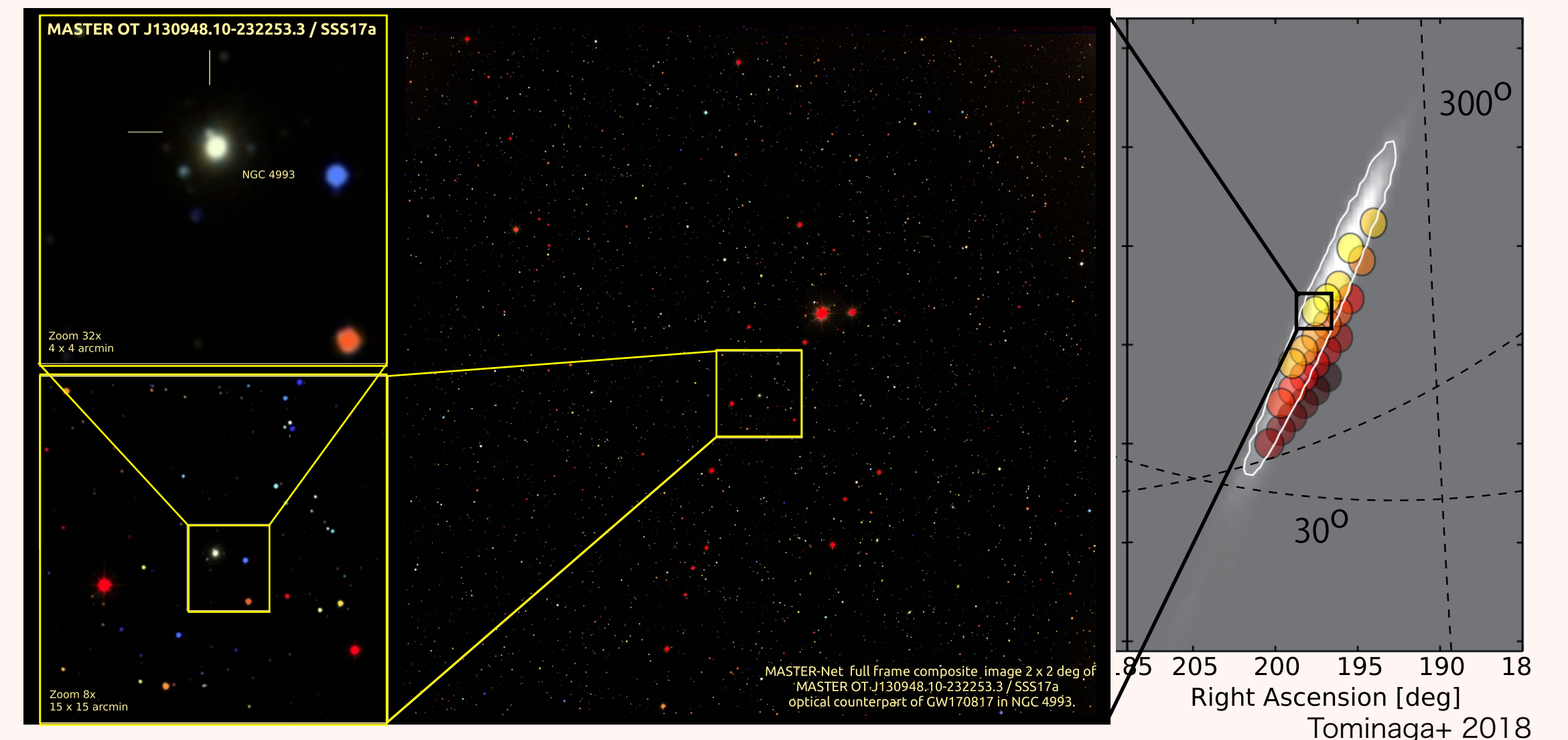
重力波源の電磁波対応天体観測

中性子星連星の合体時に重力波を放出し、
電磁波を放射する



- r-process によりランタノイド原子の生成
- 電磁波対応天体観測から、重元素生成のメカニズムに迫る

GW170817の重力波確率と領域内にある可視光天体

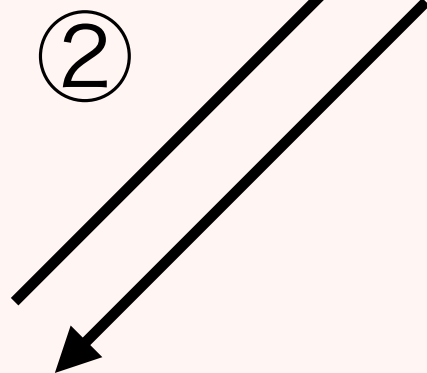
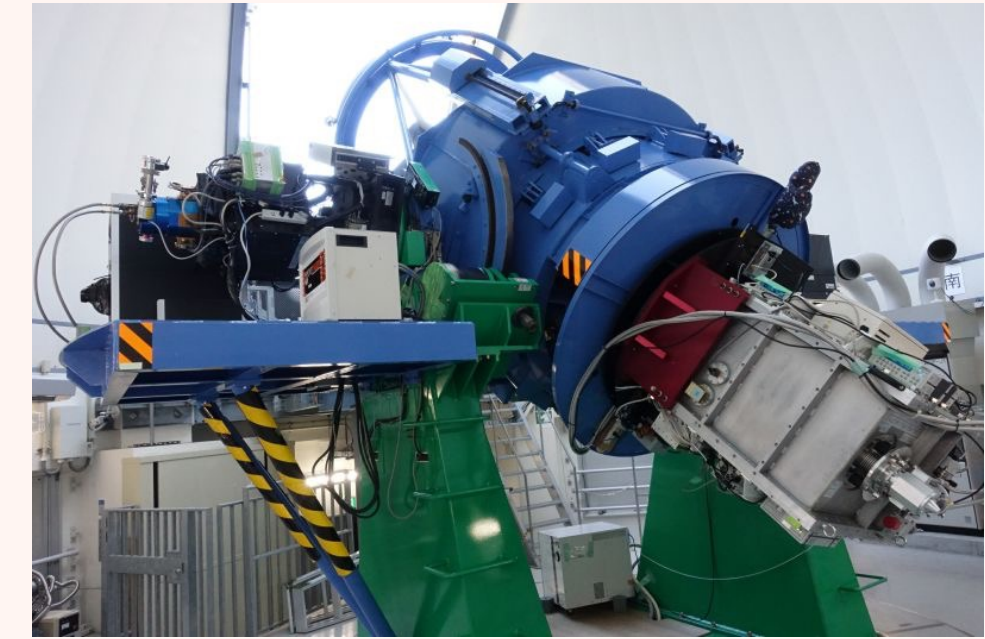
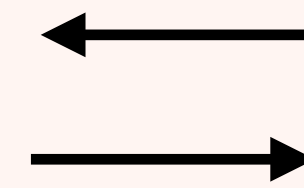
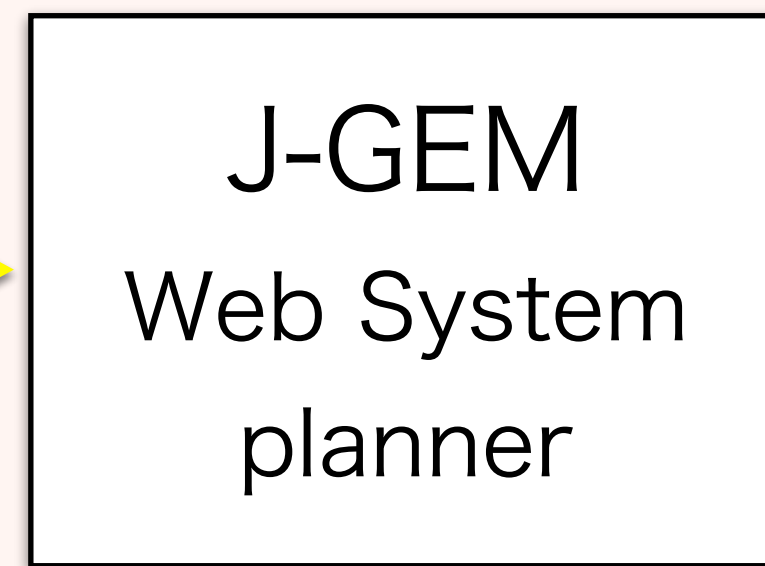
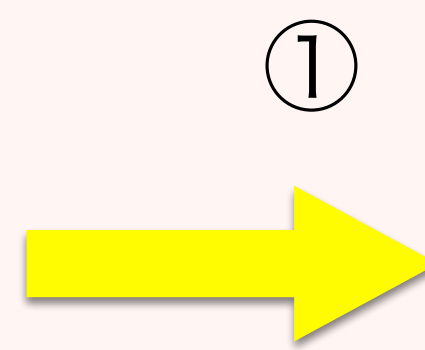


Lipunov+ 2017

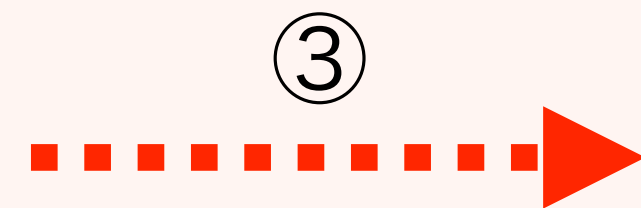
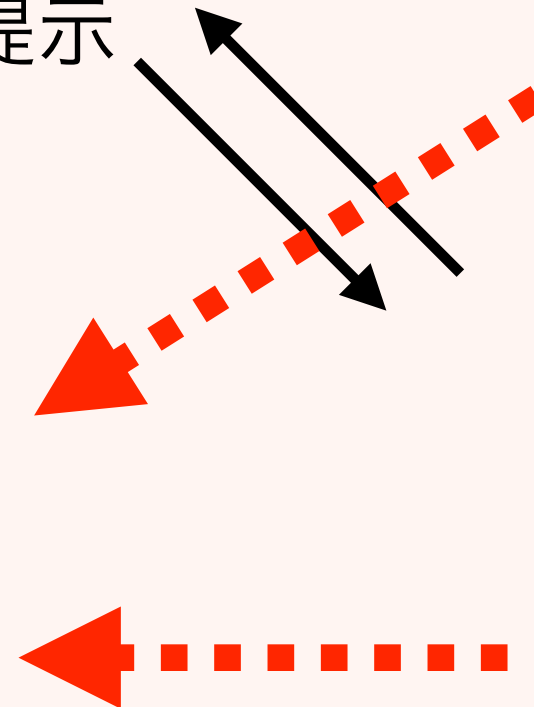
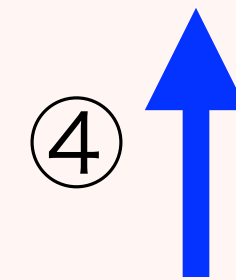
- 広大な重力波確率領域から突発天体を発見する
- 視野が広くない望遠鏡は候補母銀河を観測

2019年4月から重力波観測ランO3が実施

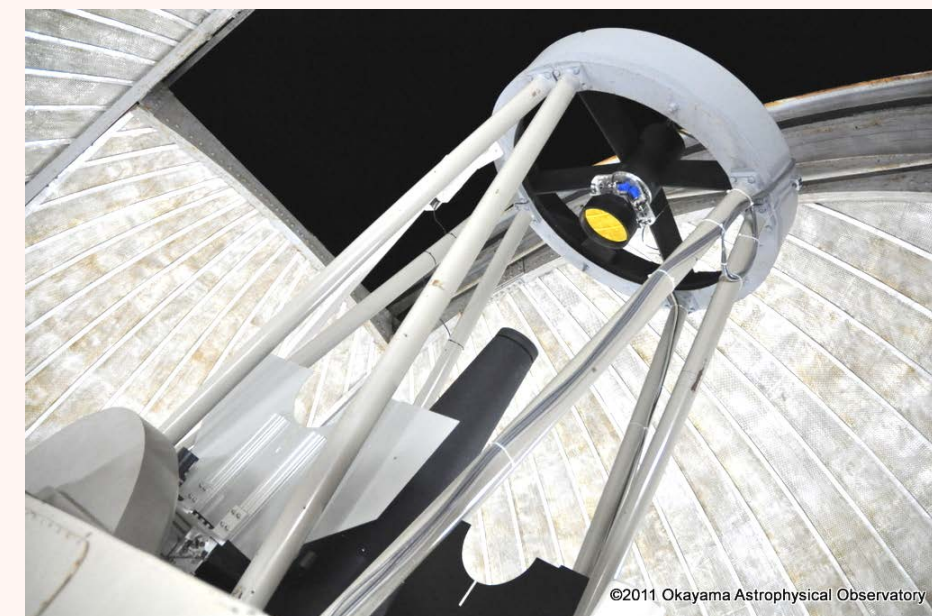
重力波源天体の半自動観測システム



- ・銀河リスト生成
- ・観測情報の収集・提示



- ・観測画像の保存と提示
- ・限界等級の計算
- ・画像の差し引き



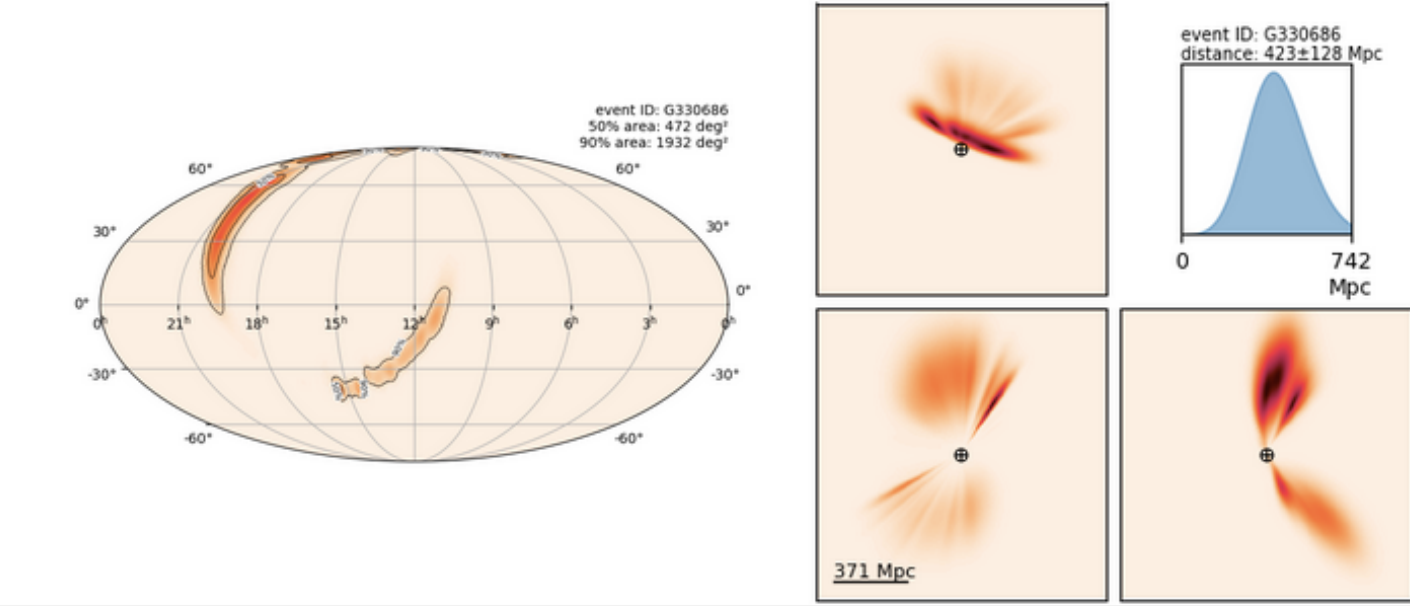
- ・観測
- ・解析

Planner と Image Server

For normal operation

[Event list](#) | [Candidates](#) | [Observing Log](#) | [Cross Table](#) | [GCN template](#) | [All Observing Log](#) | [Groups](#) | [Depths](#) | [Transients](#) | [Admin](#)
 Need machine readable format like JSON output? Just replace "main.html" with "processor.py" or [click here](#).
 Sat, 22 Jun 2019 09:11:47 GMT

candidate : S190426c



galid	eventid	prob	inserted	ra	dec	dist	OptExpected	NirExpected	state	obsids	updated	filter anc
GL232822+852913	S190426c	0.004373	2019-04-27 11:55:01.261810	352.0922	85.4869	354.2081	25.2	22.7	Curated	Kanata-HONIR	2019-04-27 11:31:45.128061	H=15.35,R=21
GL001239+854312	S190426c	0.0043644	2019-04-27 11:55:01.261810	3.1639	85.7199	292.5736	24.8	22.3	Curated	Kanata-HONIR	2019-04-28 08:27:10.122503	H=16.87,R=19
GL233253+853017	S190426c	0.0039403	2019-04-27 11:55:01.261810	353.222	85.5048	304.0923	24.9	22.4	Curated	Kanata-HONIR	2019-04-27 01:21:28.630183	H=15.35,R=21

取得画像 参照画像 差分画像 ブリンク

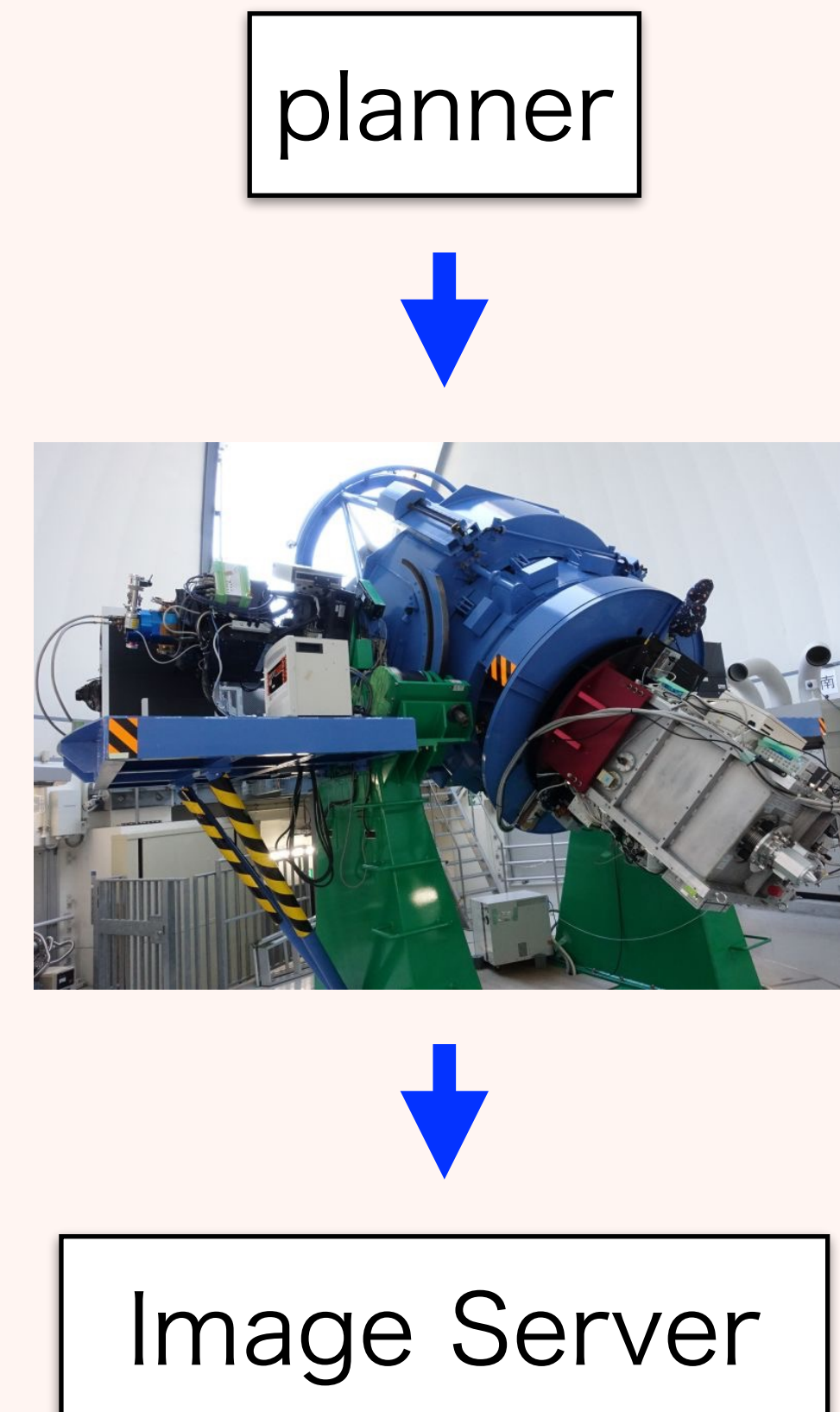
Galaxy GL224423+042110 Telescope Kanata Filter R Obs. MJD 58420.60 Uploaded (UTC) 2018/10/30 04:02:59.28 Has Transient -- Report NO UL >19.74 Image detail & report (JS9)				
Galaxy GL224423+042110 Telescope Kanata Filter H Obs. MJD 58420.60 Uploaded (UTC) 2018/10/30 04:02:41.91 Has Transient -- Report NO UL >19.17 Image detail & report (JS9)				

・ターゲット銀河の情報と観測の状況を収集・表示する

- ・取得画像をウェブサーバーにアップロードすることで、取得画像を共有する
- ・共有した画像を加工し突発天体を探す

かなた望遠鏡の半自動観測と即時解析システム

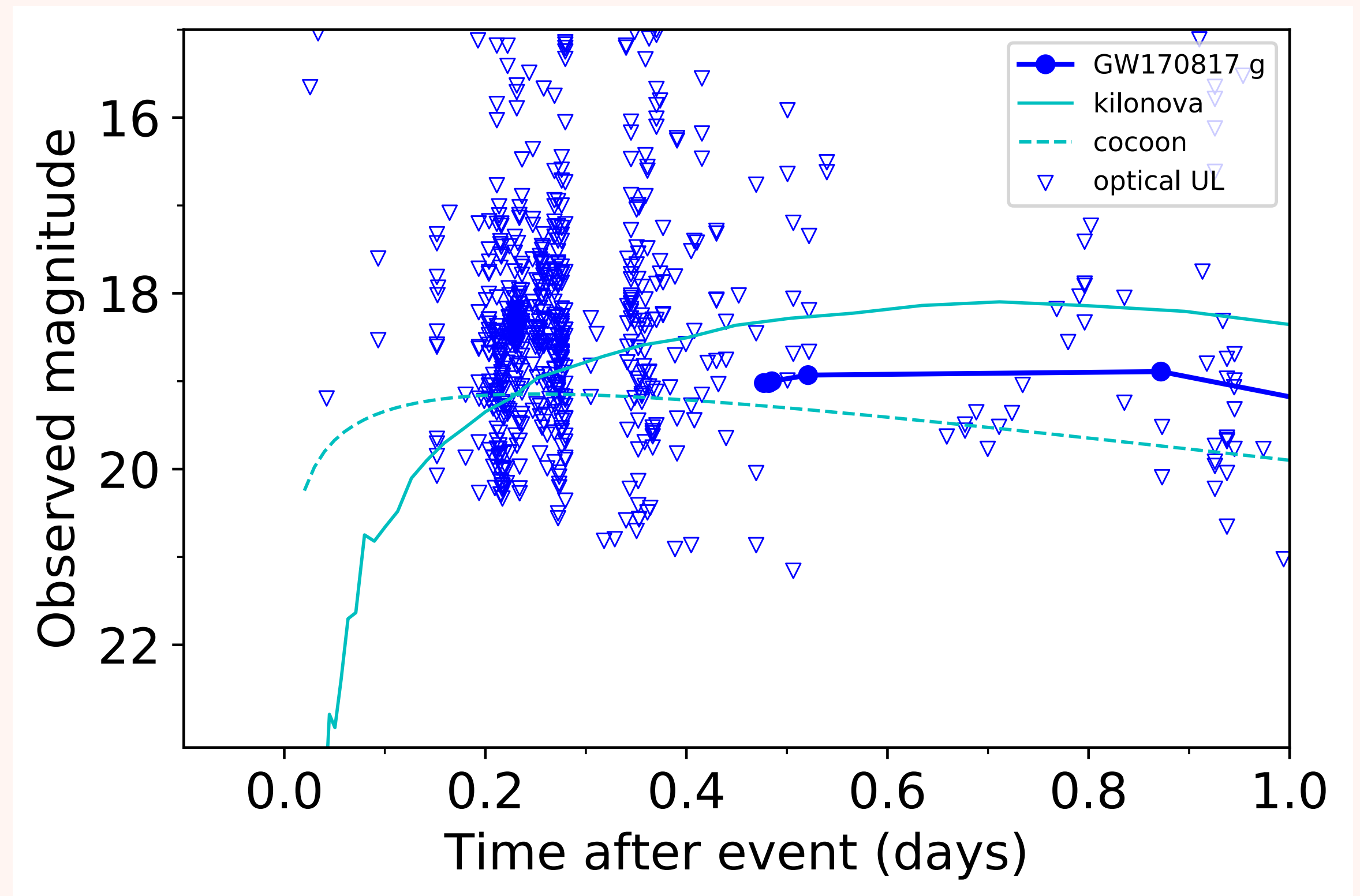
- **planner**を常時監視
- イベント発生時に生成された重力波天体の候補母銀河リストを取得
- 観測天体の選定
トランジェントの有無、重力波発生確率、観測可能方向、**J-GEM**での観測の有無
- 天体を観測
- データ処理
 - ▶ ダークまたはバイアス差引およびフラット処理
 - ▶ 複数フレームからスカイフレームを作成し差し引き
 - ▶ astrometry.net を用いて**WCS**を決定
 - ▶ **WCS**を元に複数画像を合成
- 合成画像を **Image Server**へ送信



J-GEMによるO3の活動

- O3では明らかな重力波源からの電磁波放射を検出することができなかった
- J-GEMでは1日以内からの重力波フォローアップ観測を実施した
- 中性子星連星合体によって発生する電磁波放射
 - キロノバ (r-process)
 - コクーン (ジェットと周辺物質の相互作用)
- 重力波源の電磁波放射を検出できれば、
J-GEMによる電磁波フォローアップによって両者を切り分けることが可能

全てのイベントの取得された限界等級と爆発モデル



まとめ

- **かなた望遠鏡では2017年からリモート観測を実施**
 - スイッチ等を遠隔操作可能にする
 - 環境監視システムにより現地を監視する
 - ドーム内での安全確保
 - **観測当初からGRBの自動観測を実施**
 - **重力波電磁波フォローアップのための半自動観測システムの構築と重力波フォローアップの実施**
-