

Tomo-e Gozen Sky Atlas のアップデート

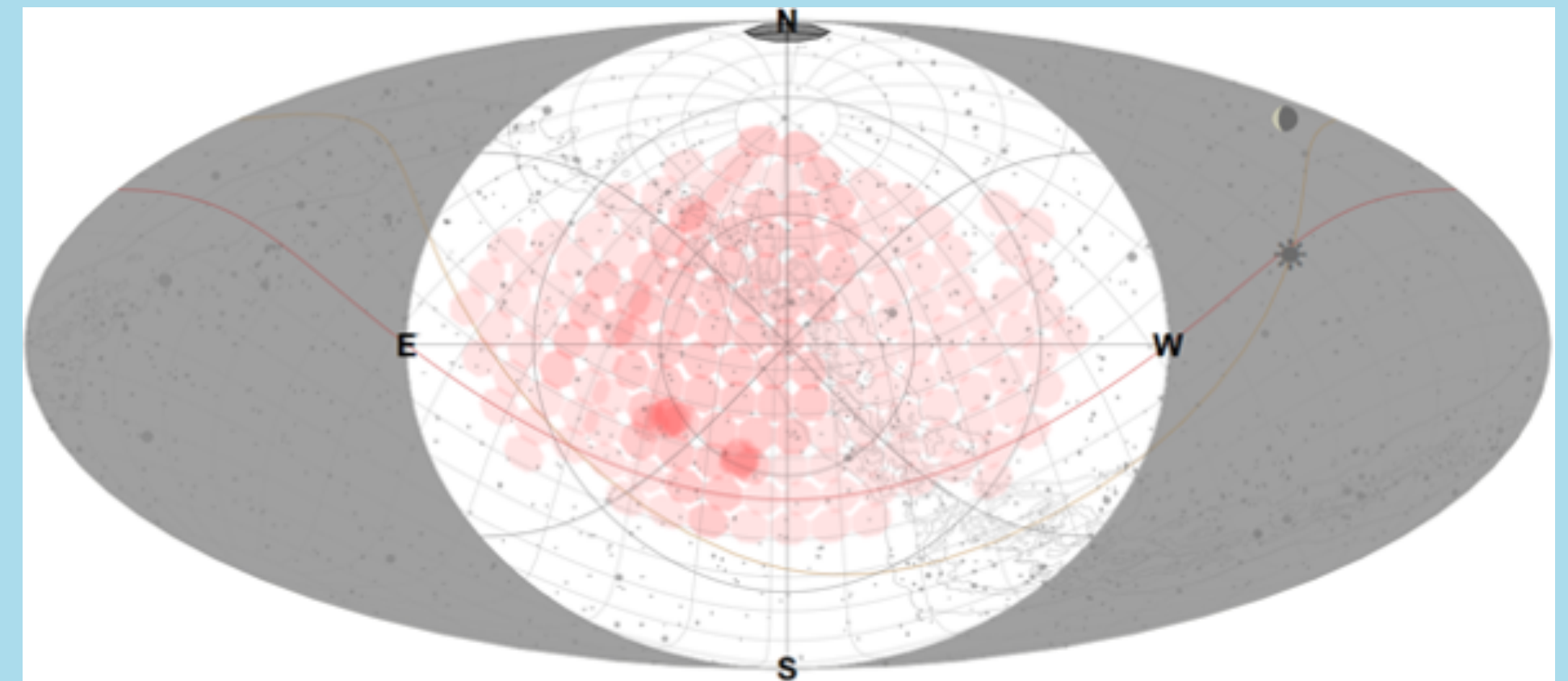
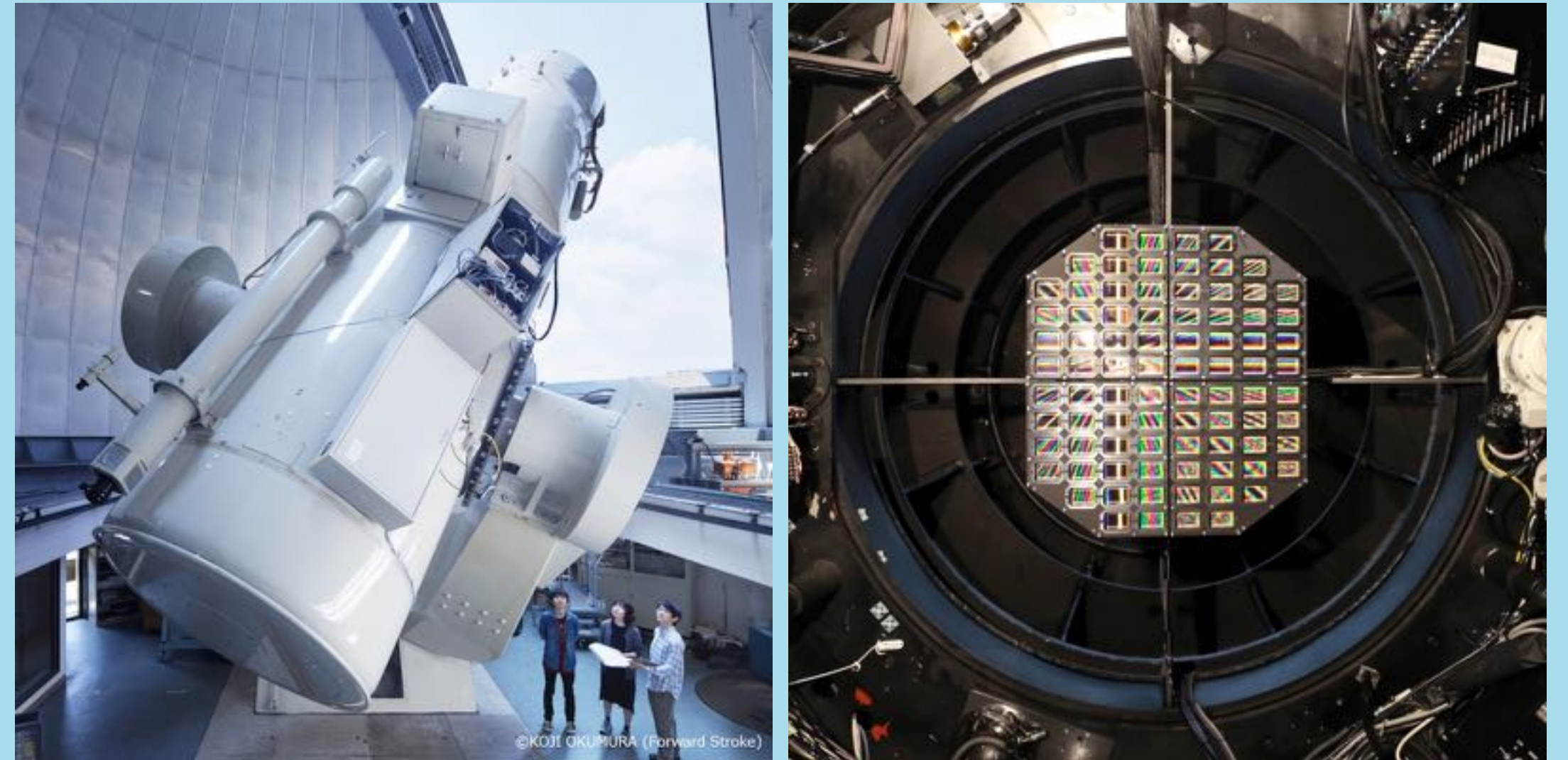
Satoshi TAKITA (IoA/UT)
Tomo-e Gozen Project

Two Year Progress

- 2021 年 3 月に Tomo-e Gozen のウェブサイトリニューアル
 - Tomo-e Gozen Sky Atlas の公開
 - 毎晩の観測データを自動で Sky Atlas に反映
 - データの転送、画像変換をコマンド一発で実行
 - スタック済み 2-D fits の公開
 - 国立天文台 SMOKA から公開
- Sky Atlas のアップデート
 - 操作性の向上、新機能の追加

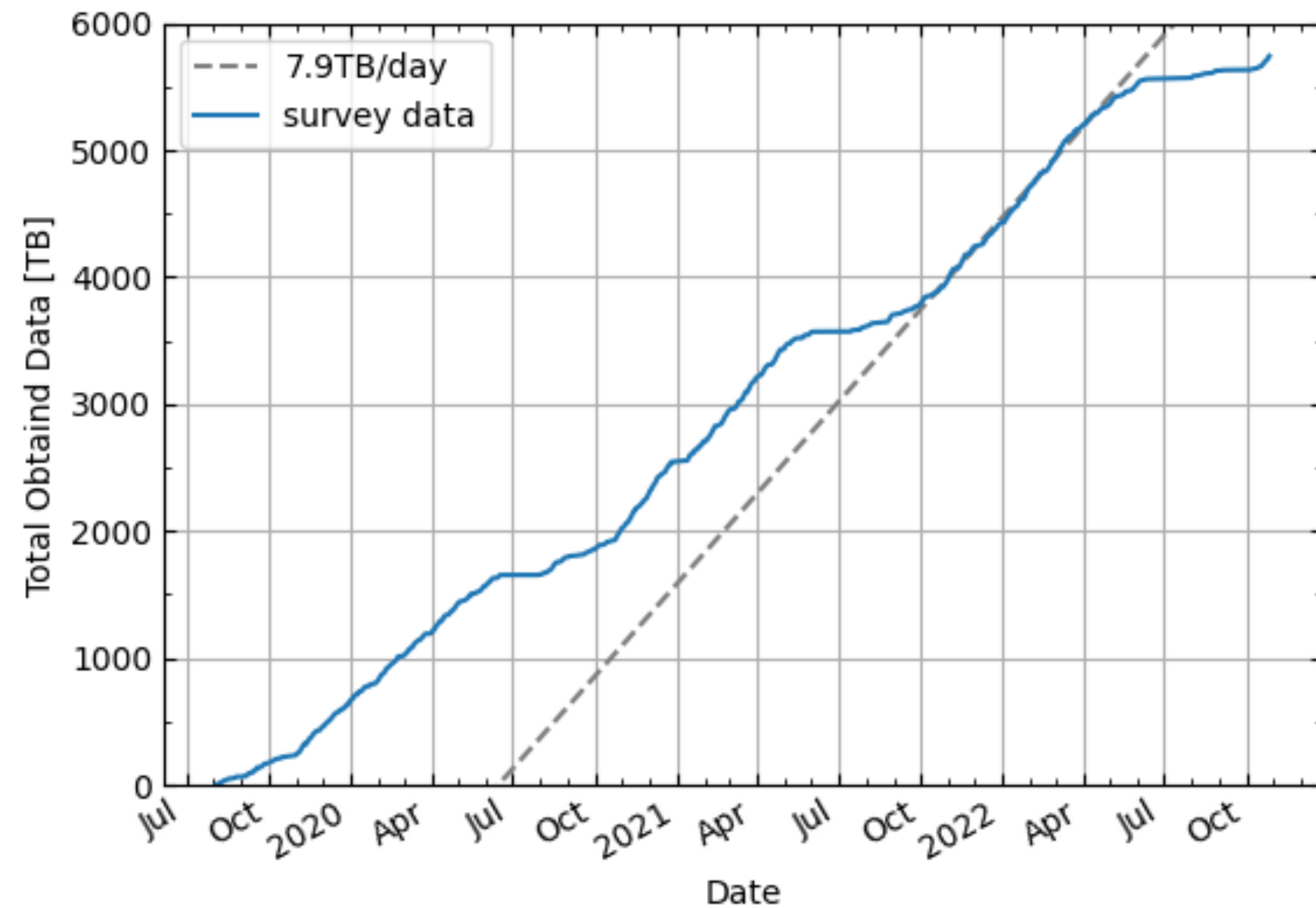
About Tomo-e Gozen

- トモエゴゼン
 - 木曾観測所 105 cm シュミット望遠鏡に搭載
 - 広視野: ~20 平方度
 - 39 arcmin x 22 arcmin x 84 chips
 - 動画観測: 2--68 fps
 - フィルター無し (可視光全域)
- 動画サーベイ
 - 全天サーベイ
 - ~7000 平方度, 2 fps, 18 frame, 一晩に一回
 - 高頻度サーベイ
 - ~3000 平方度, 2 fps, 12 frame, 一晩に複数回

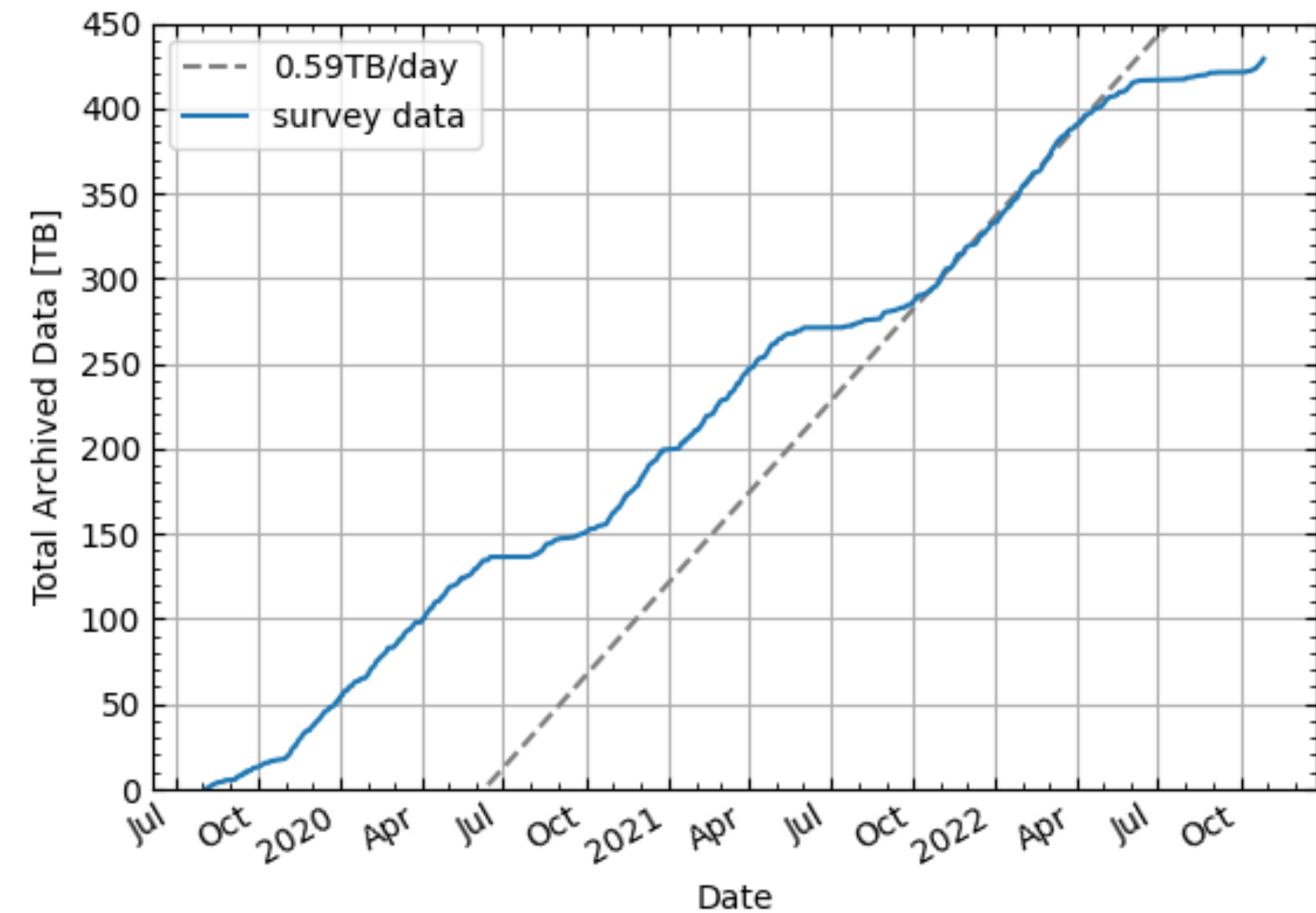


一晩の観測領域

Data Rates



動画データ: ~7.9 TB/day
(七日後に削除)



アーカイブデータ: ~0.59 TB/day
(スタック済み二次元画像)

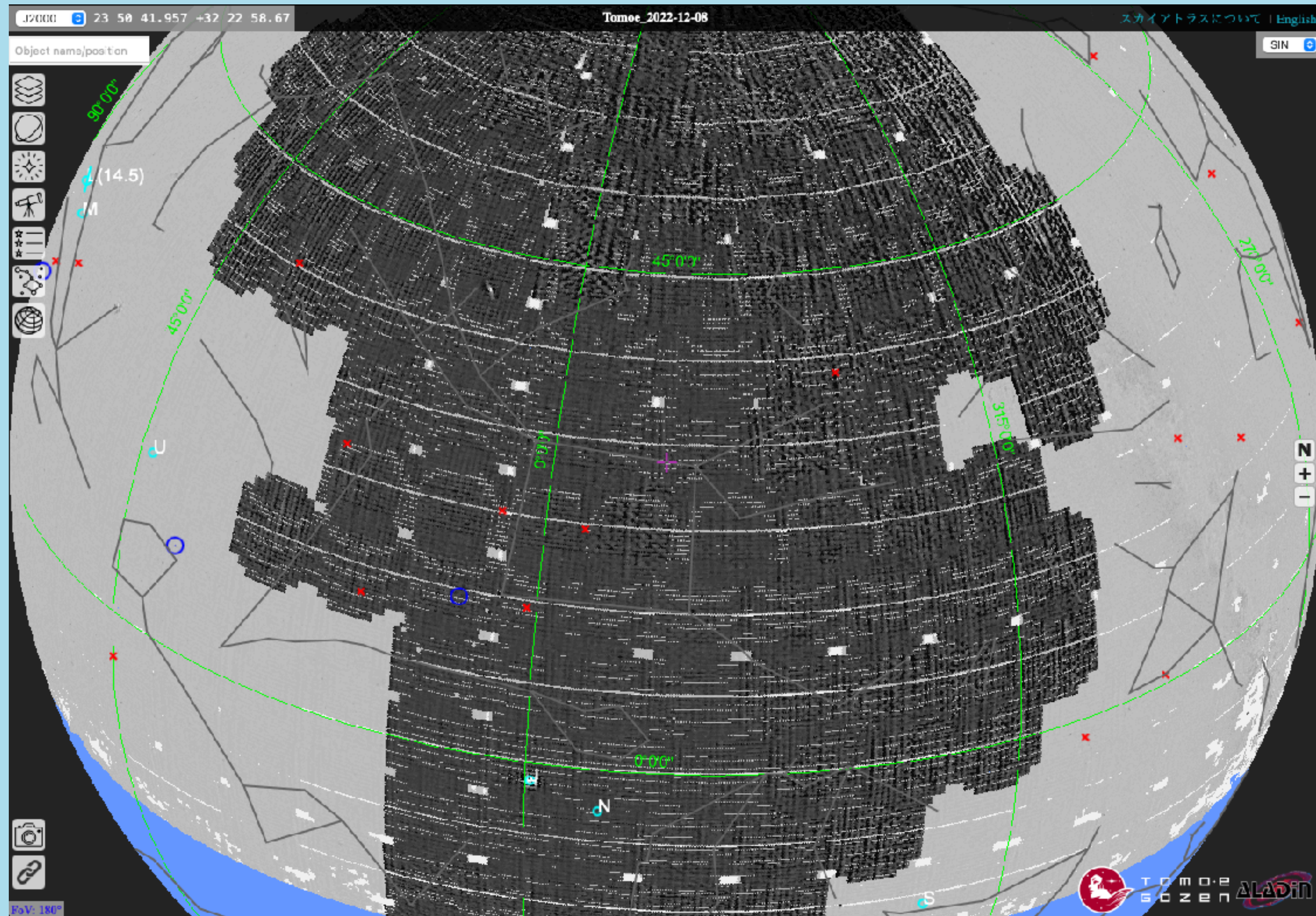
Tomoe Gozen Website

- 観測者向けの情報
 - フィールドチェッカー
 - 気象情報等の観測ステータス
- 取得後半年を経過した fits データの公開
 - スタック済みの 2D fits
 - 全天サーベイ、高頻度サーベイのみ対象
 - 国立天文台 SMOKA からは取得後 3 年を経過したデータを公開 (原則 2019 年 10 月以降の全データ)
- 全天サーベイデータを利用した Sky Atlas
 - 観測の翌日に公開 (png 画像)



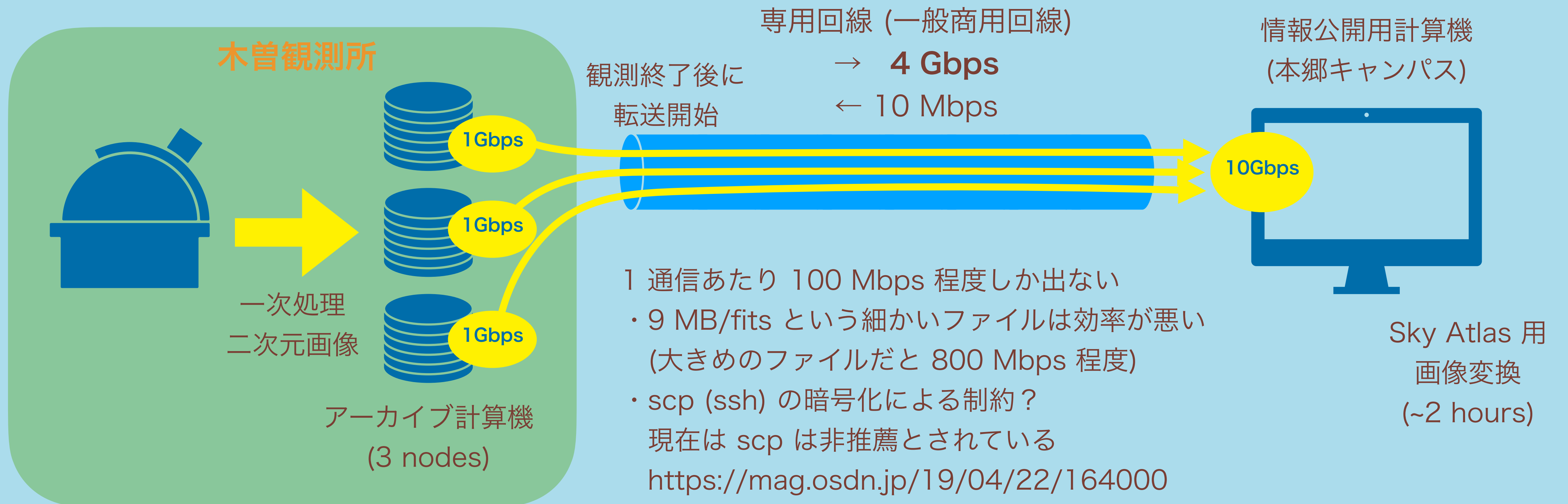
<https://tomoe.mtk.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/ja/index.html>

Sky Atlas



<https://tomoe.mtk.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/skyatlas/>

Data Transfer



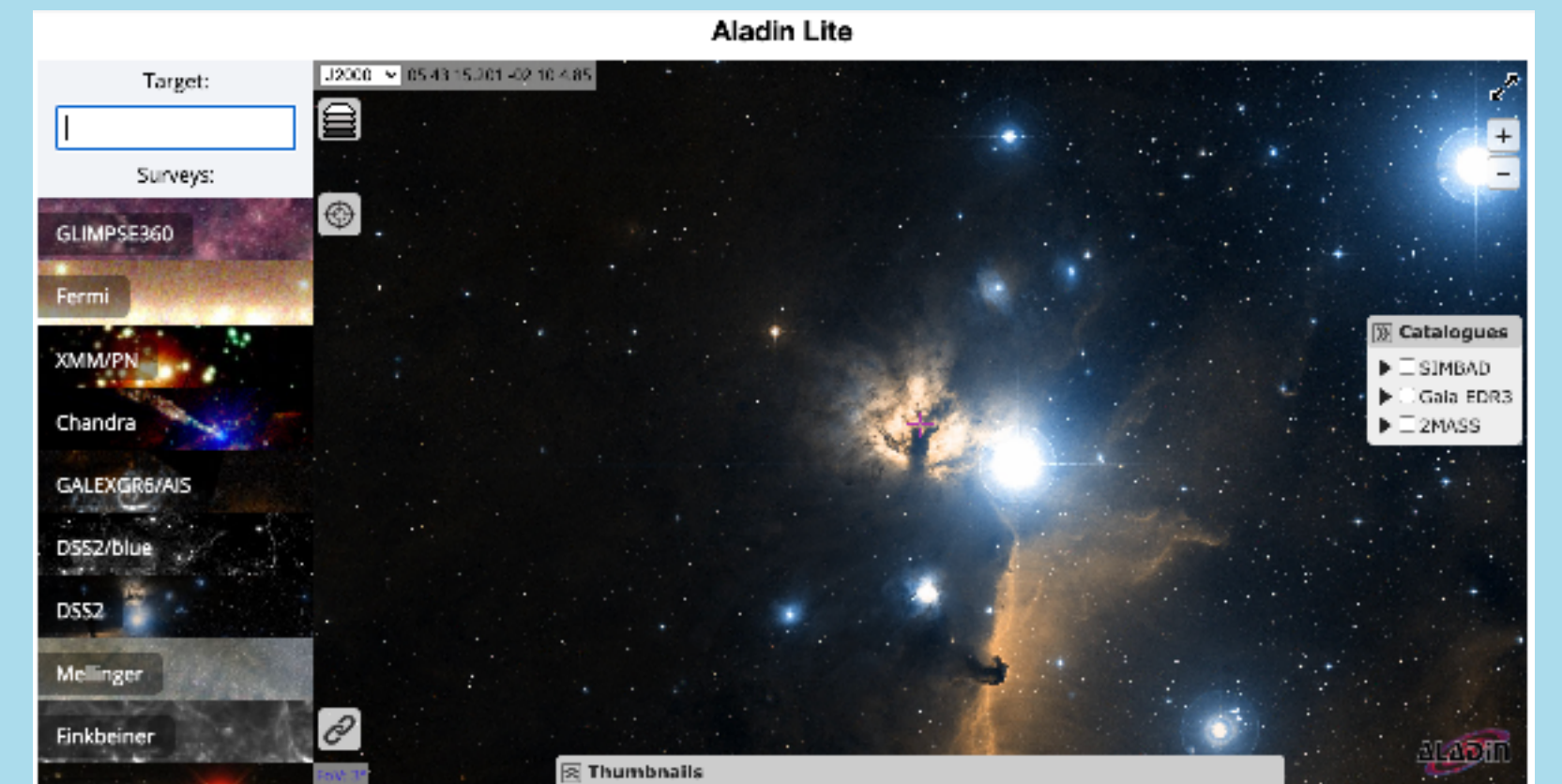
ssh + tarball 形式での転送

=> 3 並列で ~300 GB を一時間で転送 (200 Mbps x 3)

若干マシになった程度 (ファイルの検索や tar 操作も含むので、実際の転送速度は不明)

New Sky Atlas

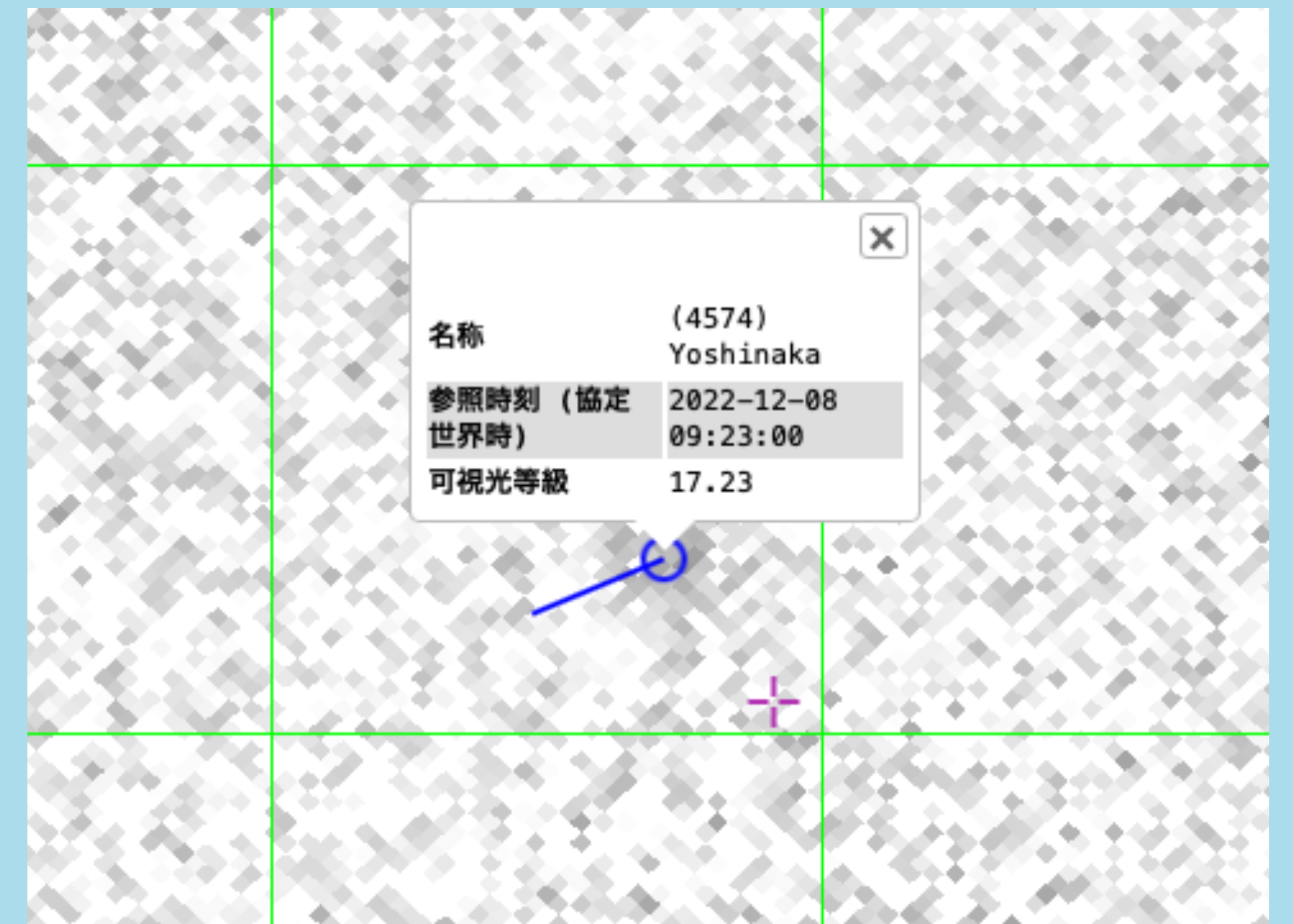
- 仏 Strasbourg が開発した Aladin Lite をベースとして作成
 - HTML5 + JavaScript による天文用画像ビューア
 - HiPS (HEALPix) 形式のデータによる全天画像
 - version 3 の開発が進められている (beta 版が利用可能)
 - コア部分に Rust/WebGL を利用
 - 描画が非常にスムーズに
- Tomo-e Gozen Sky Atlas も Aladin Lite v3 ベースに更新



<https://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/>

New Features

- Aladin Lite v3 で実現
 - 画像の重ね合わせ表示
 - DeepStack と日々のデータを同時に表示
 - 二年間の観測データを足し合わせた参照画像
 - 「差分表示」モードにより移動天体や突発天体を見やすく
 - 座標グリッド表示を標準機能として搭載
- その他
 - 小惑星の座標計算の高精度化
 - 実際の観測時刻での計算



Asteroid Ephemeris

軌道長半径や傾斜角といった軌道要素を元に、観測時刻における天体の座標を計算。

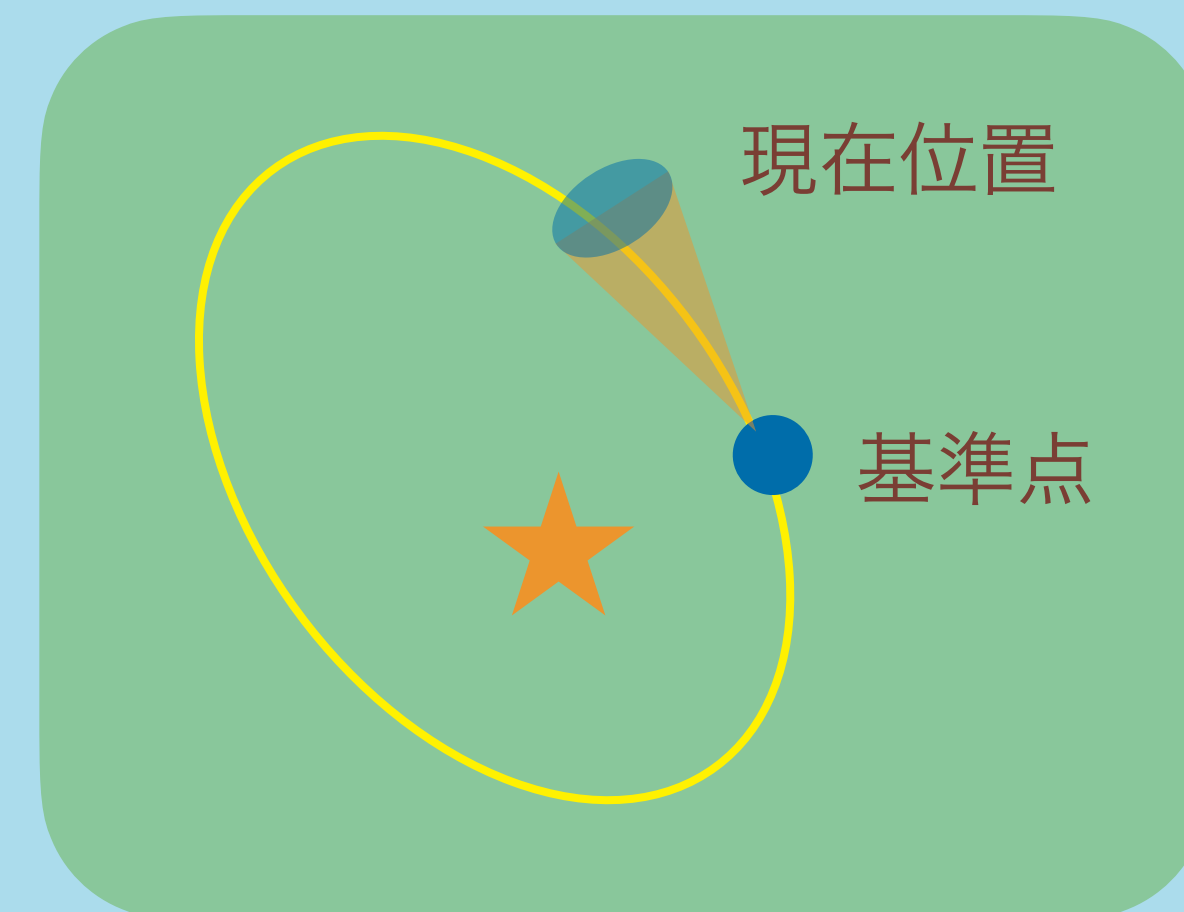
- ・ 軌道要素は Minor Planet Center が提供している。
- ・ 軌道要素の基準点は、ある観測日のデータ。
- ・ 観測地点の緯度経度: NEO (地球近傍天体) は地球上のどこから見るかで座標が大きく変わる。

外部サービスを利用

- ・ JPL/HORIZONS
一番正確。近傍の惑星等による摂動を考慮した N 体計算。

軌道要素を元に自力で計算

- ・ python パッケージ (PyEphem, JPLEphem/Skyfield) 作者は同じ
太陽と対象天体との 2 体問題 (ケプラー回転) として計算。
摂動の影響があるので、基準点から離れるほどズレが出てくる。



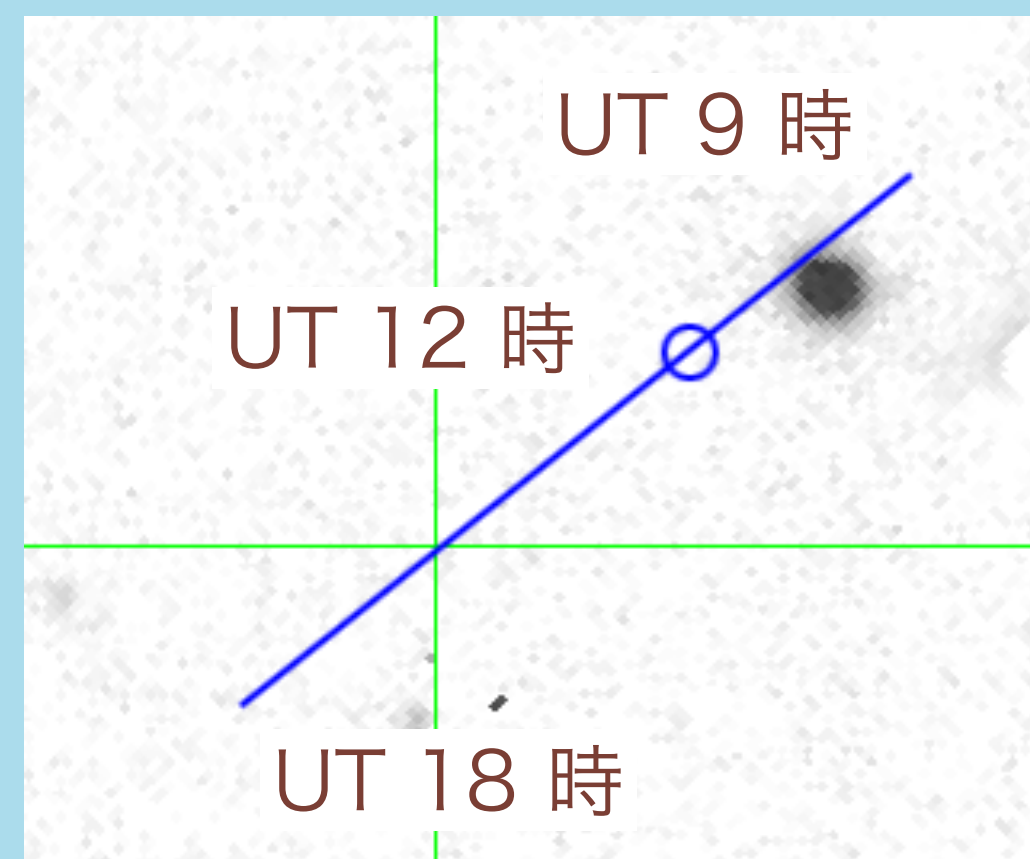
Precise Coordinates

Lowell 天文台が提供する軌道要素

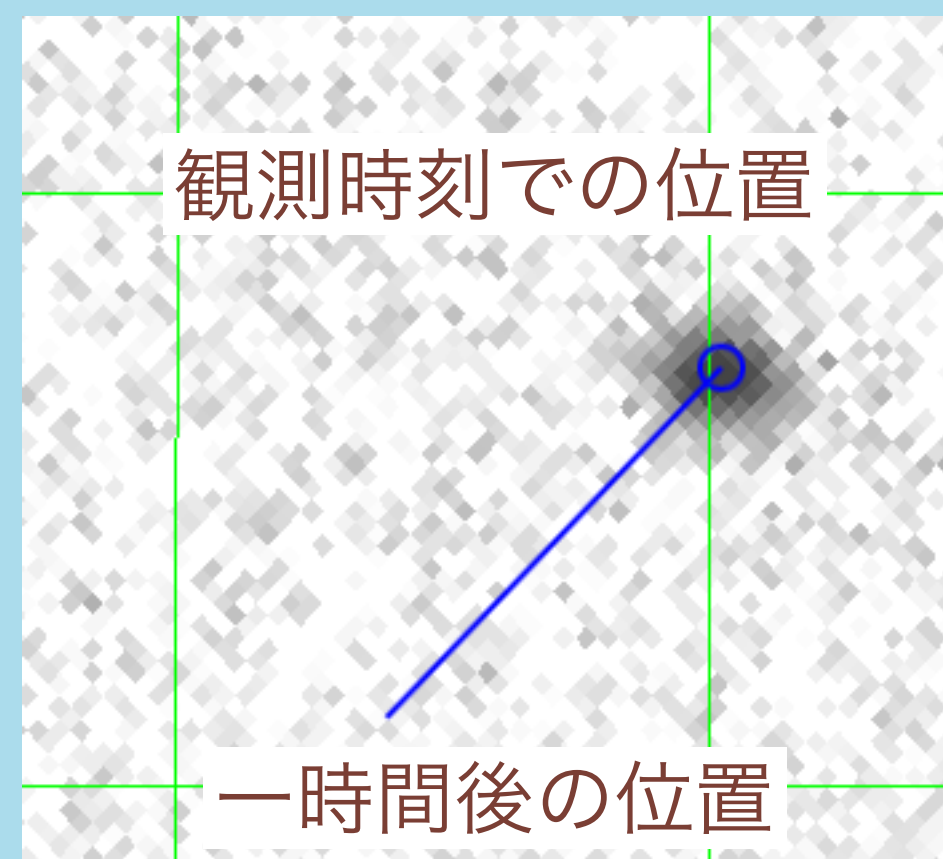
- ・ MPC の軌道要素を元に独自に N 体計算を行い、その日を基準とした軌道要素を毎日提供。
(+- 50 日程度は有効)

Tomo-e Gozen の観測時刻を参照

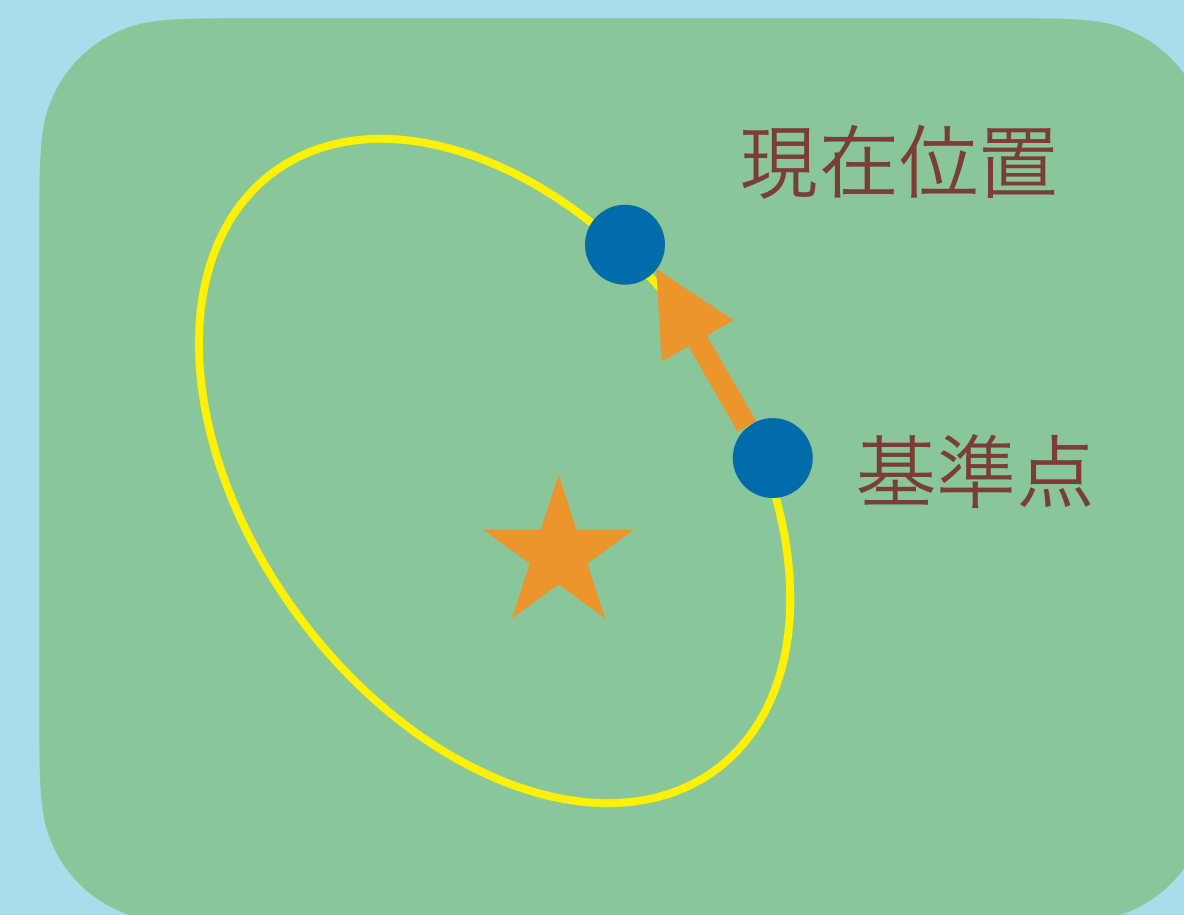
- ・ まず、夜のある時点 (UT12時) の座標を計算。
- ・ Tomo-e の観測視野とのオーバーラップを求める。
- ・ その観測時刻に合わせて、再度座標を計算。



従来



新バージョン



Summary

- Tomo-e Gozen Sky Atlas による毎晩の画像データ (png) を即時公開
 - 細切れのデータ群を効率良く転送する方法があれば教えてください
 - あきらめて exposure 毎 (84 fits) に tar で固めておく？
- Aladin Lite v3 ベースの新バージョンへの移行
 - 画像の重ね合わせ表示により、時間軸天文学を身近なものに
 - 小惑星の座標を精度良く計算
 - 実際の観測データとの一致
- 教育、普及活動への応用
- 追加して欲しい機能や改善点等ありましたら、お知らせください