

ハイコントラスト望遠鏡 「PLANETS」開発の現状と今後

#坂野井 健¹, 鍵谷 将人¹, 中川 広務¹, 笠羽 康正¹, 寺田 直樹¹
平原 靖大², 栗田 光樹夫³ Jeff Kuhn⁴, Svetlana Berdygina⁵
Marcelo Emilio⁶

¹東北大・理

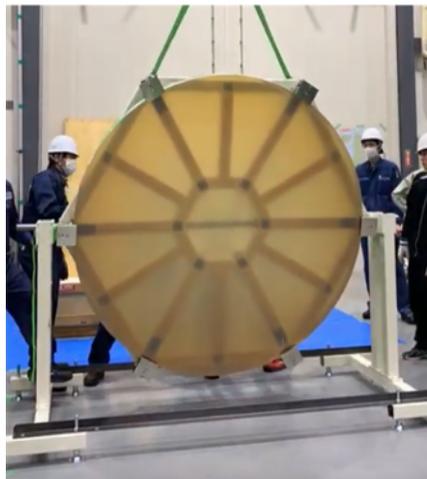
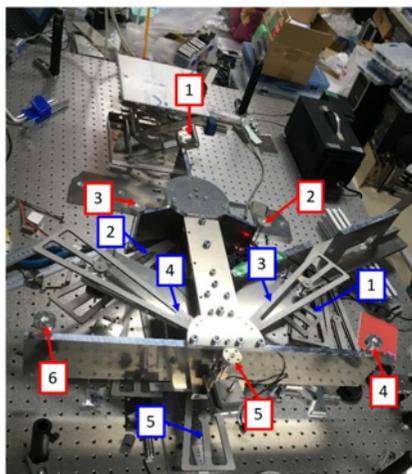
²名古屋大・環境

⁶京都大・理

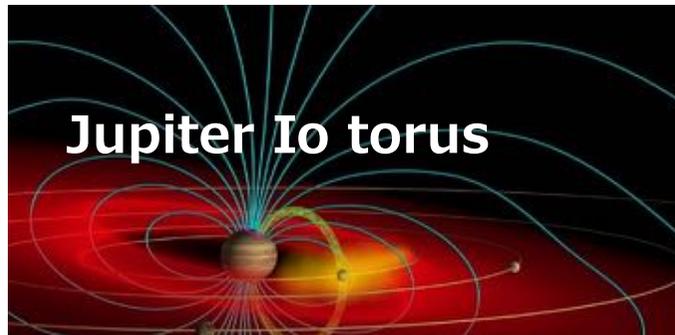
²IfA, UH, USA

³KIS, Germany

⁴Estadual de Ponta Grossa, Brazil



観測ターゲットと科学意義



惑星観測において

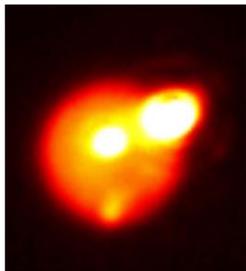
- ✓ 高コントラスト観測がなぜ必要か？
- ✓ 連続観測がなぜ必要か？
- ✓ 高分散分光観測がなぜ必要か？



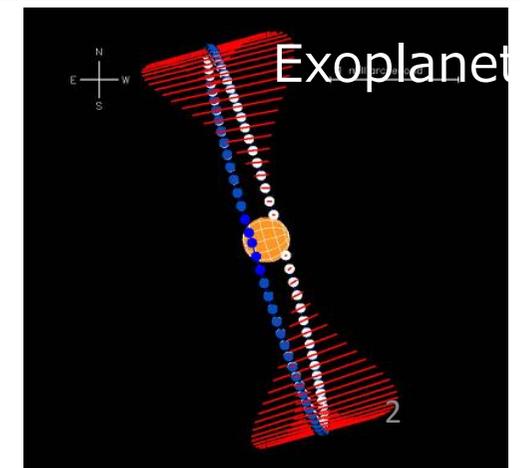
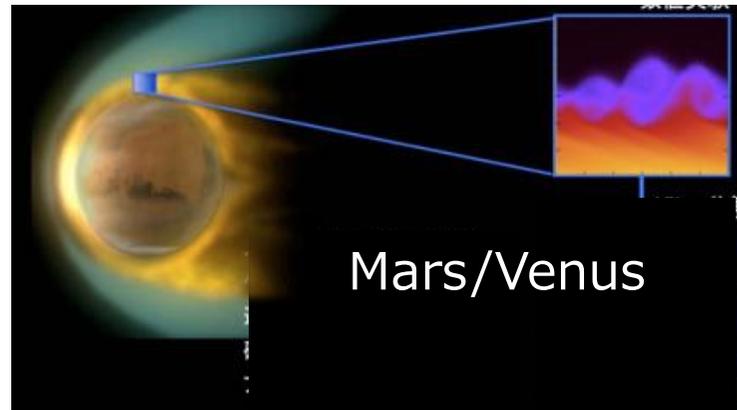
我々が継続観測にもちいているT60は、低散乱光学系でなく口径も不足



- ✓ イオ火山活動モニターと噴出ガスの磁気圏内輸送・プラズマ加速、ならびにオーロラ発光との対応
- ✓ 火星や金星の外圏からの大気散逸
- ✓ 系外惑星大気



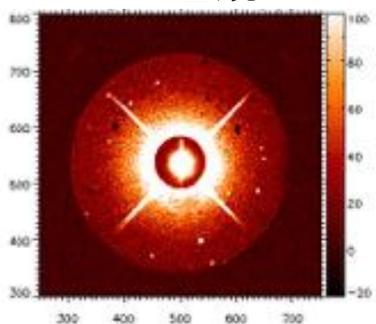
- 惑星ディスクの太陽散乱光は、周辺ガス発光と比較して $10^5 \sim 10^7$ 倍大きい。
- 通常光学系では、内部散乱光が大きく観測不可能。



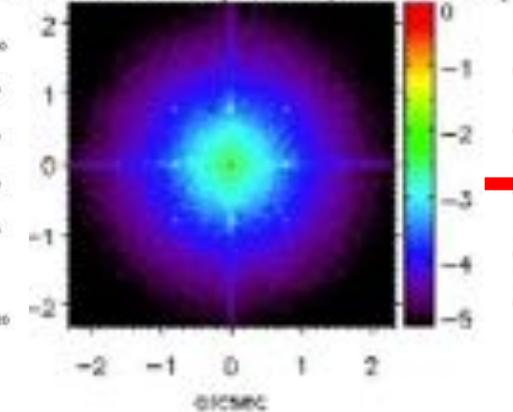
高コントラスト望遠鏡「PLANETS」望遠鏡の特徴

A. Conventional telescope

Haleakala
60cm望遠鏡

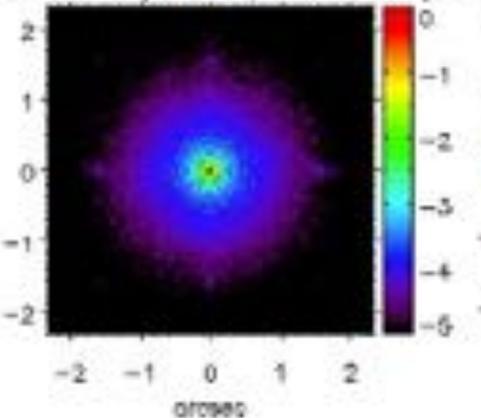


通常の3.6m(DM24, R0=15cm)

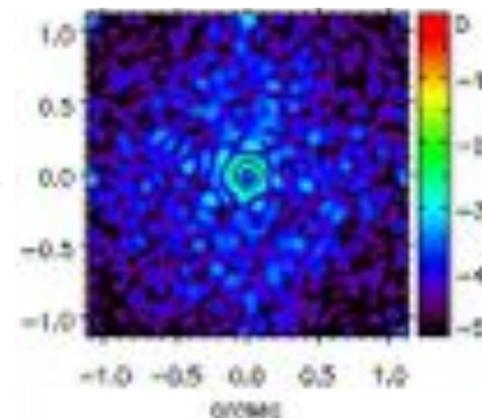


B. PLANETS (Φ1.8m)

PLANETS(DM24, R0=25cm)



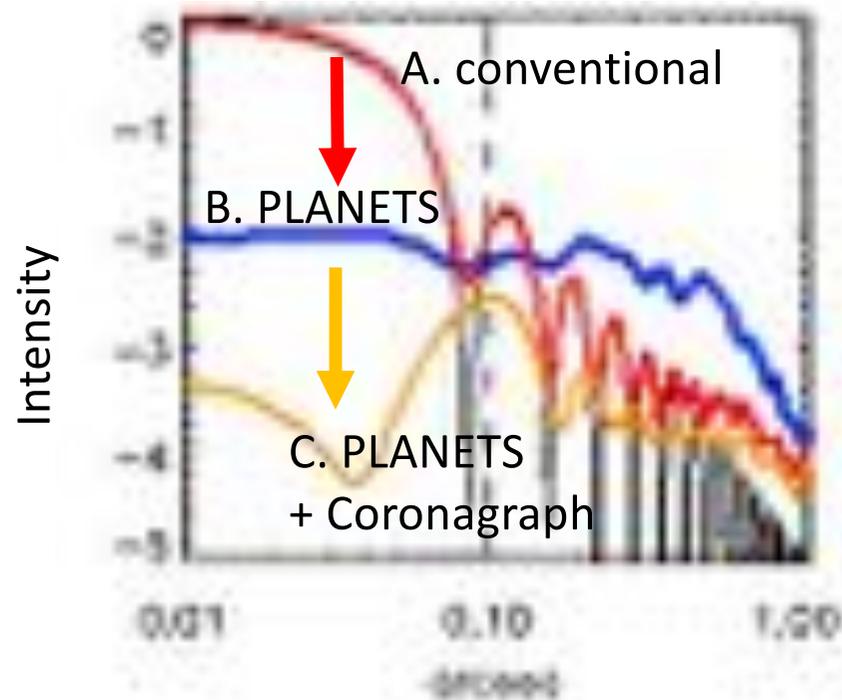
C. PLANETS (Φ1.8m)
+ Coronagraph



- ✓ 口径2mの軸外し光学系による低散乱特性
- +
- ✓ 補償光学系 (AO) による大気乱流低減
- +
- ✓ コロナグラフ



高コントラスト観測の実現



Distance from main object surface 3

探査機と連携する地上PLANETS望遠鏡観測の意義

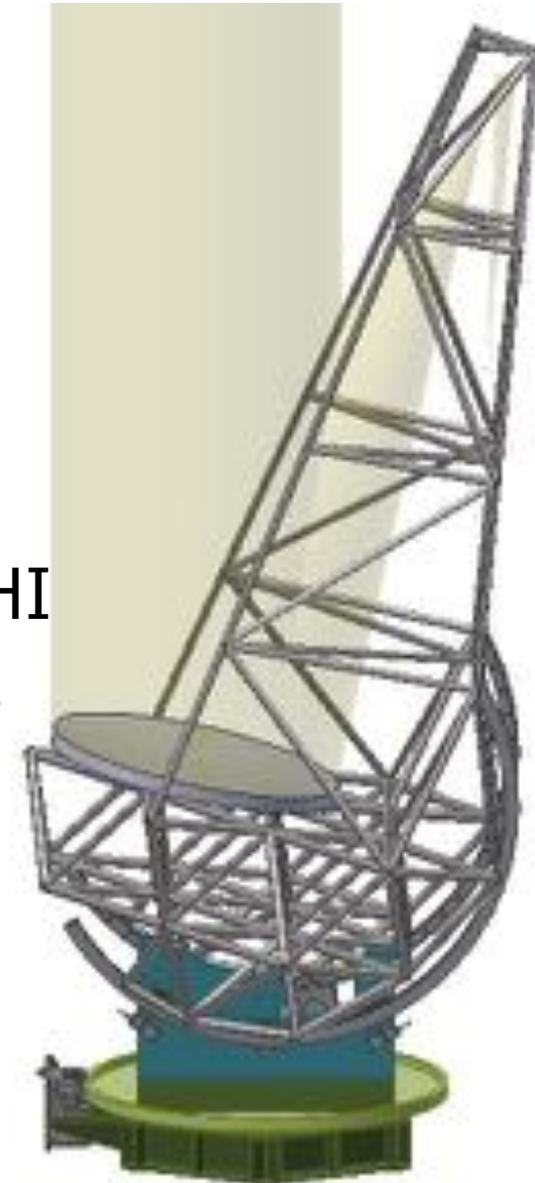
- イオやエウロパの噴出ガスと磁気圏相互作用
[Hisaki/Juno/JUICE/Europa Clipper]
- 火星電離圏・外圏・散逸大気 [MAVEN/MMX/MACO]
- 水星 Na, Ca, K 希薄大気[BepiColombo/Mio]
- 系外惑星
- 小天体・彗星・etc.

□探査機の詳細・その場観測と相補的、地上望遠鏡による全球広域分布の撮像観測は重要

PLANETS望遠鏡の諸元

M1: parabola, 1.86m
4.333m fl
M2: ellipse, 12cm
0.26m fl

- グレゴリアン焦点
 - 多色偏光カメラ (DiPOL-2)
 - ファイバーバンドル(可視・近赤外)
 - 可視エシエル分光器VISP
 - 近赤外エシエル分光器ESRPT
 - 新開発ファイバー (中間赤外)
 - 中間赤外ヘテロダイン分光器MILAH1
 - 中間赤外エシエル分光器GIGMICS
- 視野
 - 6分角 (回折限界像は1分角)



開発 (1) 1.85-m主鏡製造と粗削り

完了

Ohara Clearceram Z-HS



溶融
(Dec. 2010)



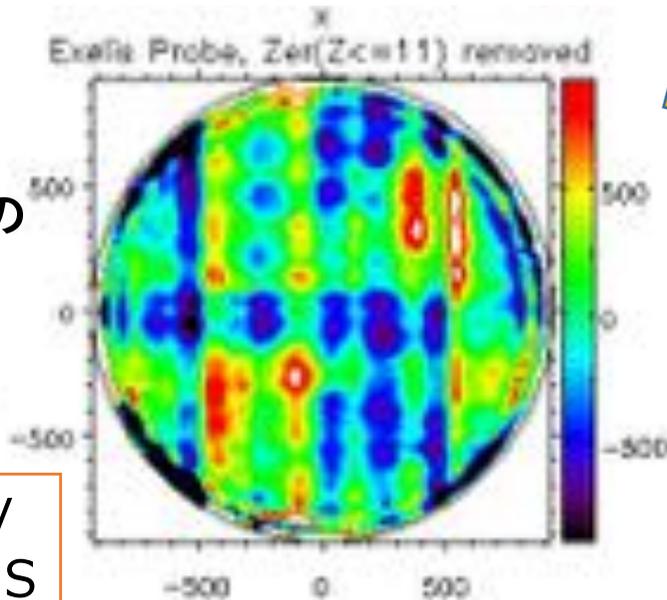
Los Angelesに出荷
(May 2011)

$\Phi = 1850\text{mm}$, $t = 100\text{mm}$

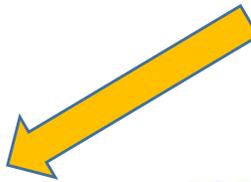


ITT/EXELISで粗研磨
(July 2012)

ITT/EXELISの
2012年
計測結果



10.9 μm P-V
1.51 μm RMS



日本で最終研磨(到着 Jan. 2020)

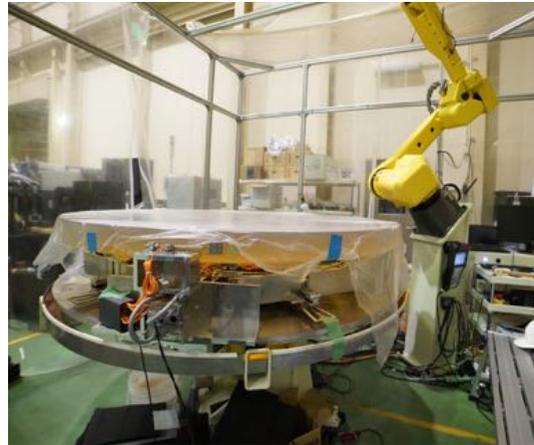
→ラフネスを~20nmRMSまで改善する必要あり

開発（2）1.85-m主鏡最終研磨

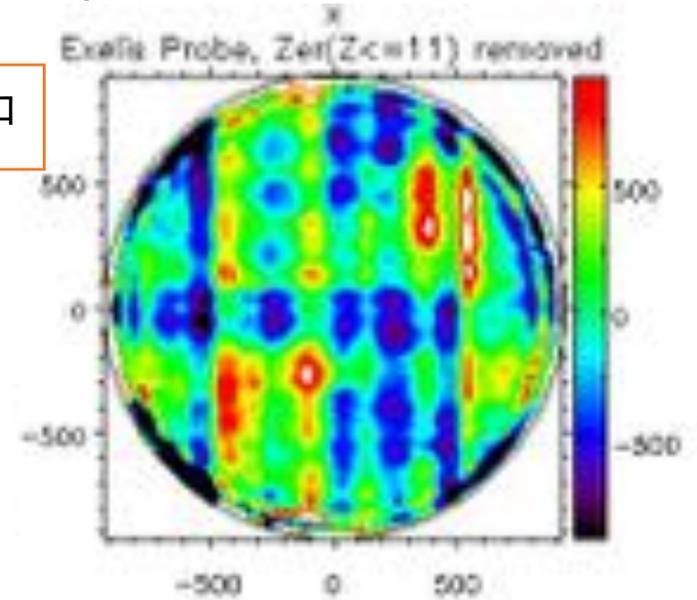
- 岐阜・ロジストラボ社において、最終研磨のために、主鏡形状測定を2021年9月から開始
- ロボットアームと3点引きずり法による計測、ならびにデータスティッチング解析アルゴリズムにより、干渉系と比べて格安の検査方法を確認
- 10月末から試験研磨を開始

進行中

ロボットアーム

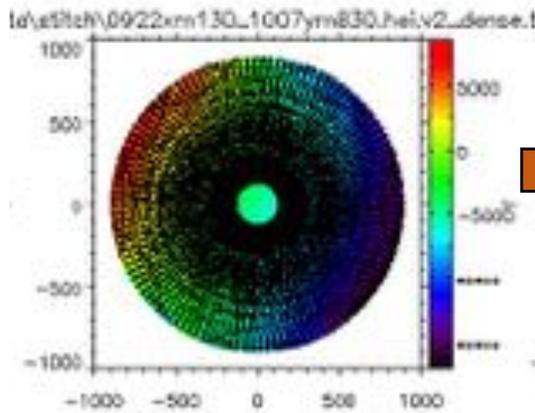


ITT/EXELISの2012年計測結果

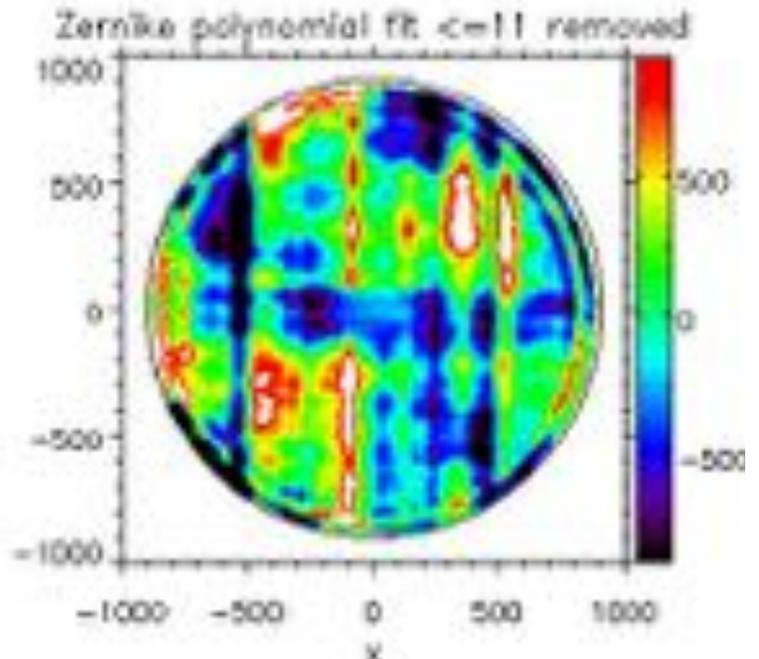
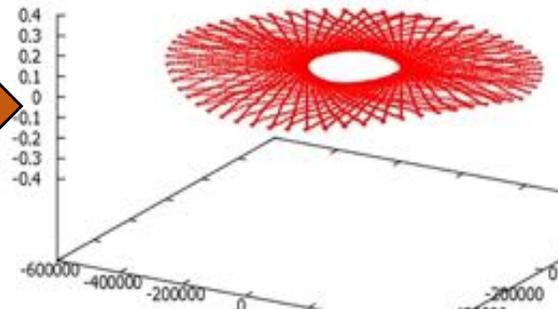


今回の計測結果

計測パス

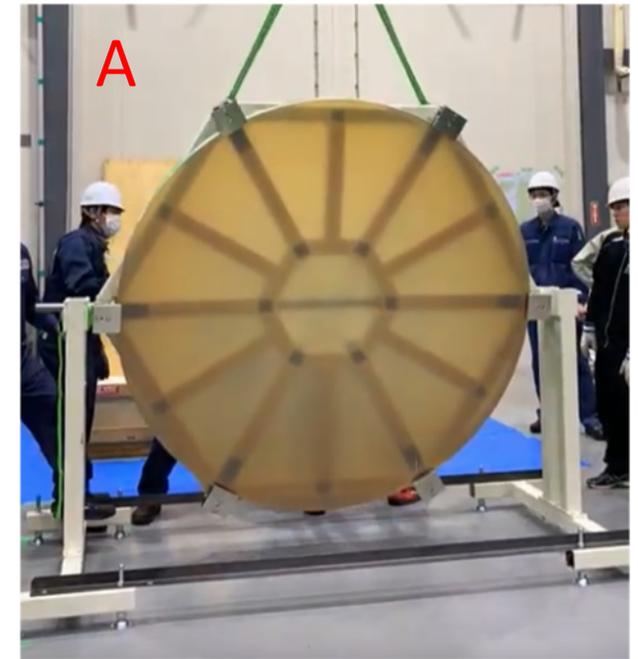


データスティッチング



開発（3）主鏡保持機構 ほぼ完了

- ✓ 2020年2月より開発開始
- ✓ TMT望遠鏡や京大せいめい望遠鏡で採用されているウィッフルツリー機構を採用
- ✓ 最終研磨に必要な水平（天頂）設置の架台は完了
- ✓ 実際の観測に必要な、天頂角稼働架台は今後



Whiffle-tree mirror support



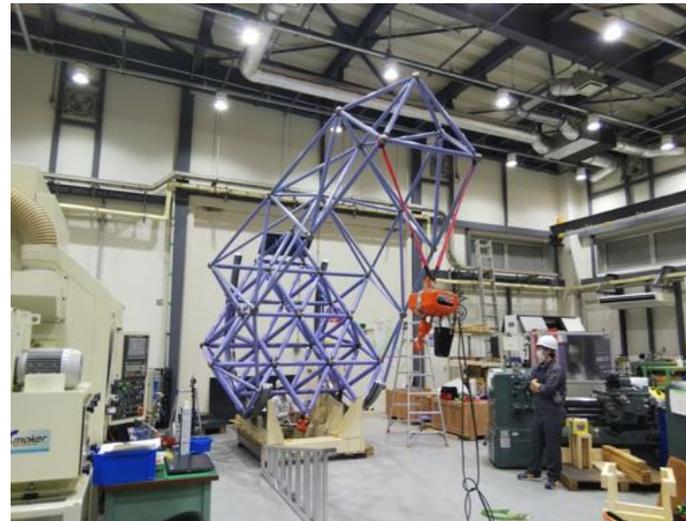
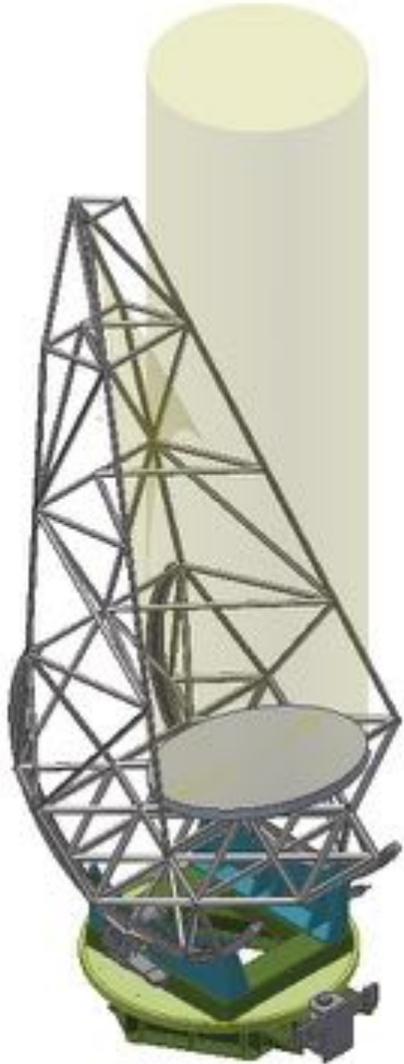
Gluing metal adopters



開発（４）望遠鏡架台

完了

- ✓ 京大せいめい望遠鏡のプロトタイプ架台を再利用
- ✓ 軽量・ロバストなトラス構造
- ✓ Rガイド・エンコーダ・上部構造は新規開発
- ✓ 東北大内で開発し、完了済み



今後の展望（1）国内試験観測

2022

- ✓ 東北大学・福島県飯舘観測所のスライディングルーフ施設を利用
- ✓ 来年2022年に、星を用いて望遠鏡全系の動作確認と、光学系の性能実証を実施する計画
- ✓ 日本では上空のジェット気流のため、科学目的は達成できない → 国外の高地における気流安定条件が不可欠

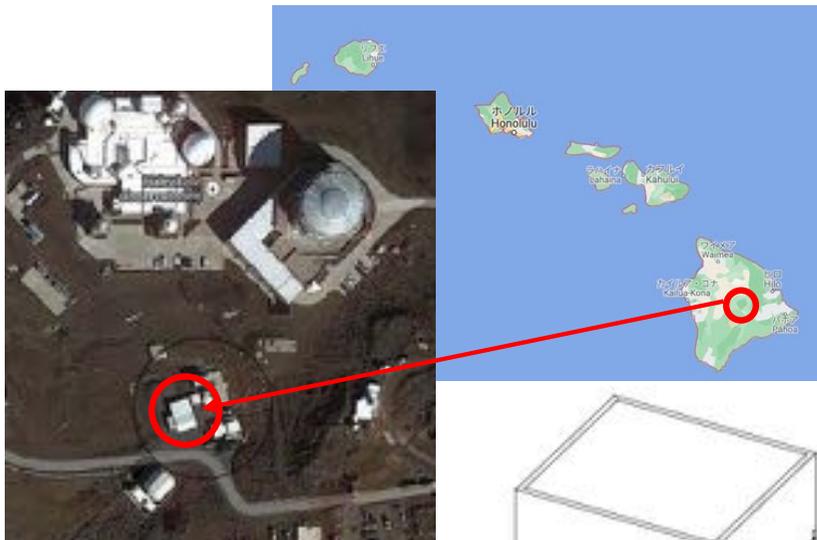
Roll-off roof building in the litate observatory



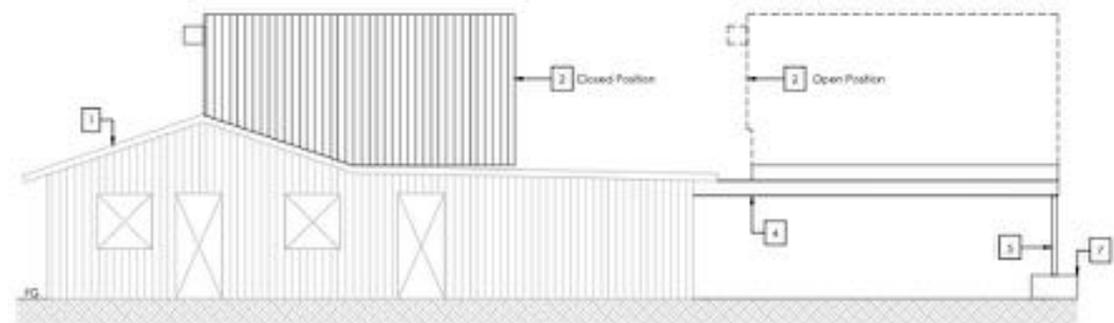
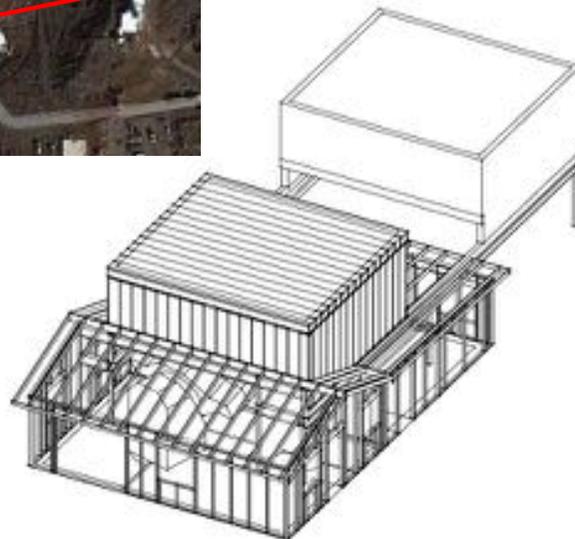
今後の展望（2）ハワイ・ハレアカラ観測

2024 -

- ハレアカラ は高地にあり、晴天率・気流安定度が世界トップレベル(3040m, GLAT=20° 42.5' N, GLON=203° 44.5' W)
- ハワイ大との共同研究で、ハワイ大の既存建屋を使用
- 現在取得困難なハワイ州からの山頂建築許可 (CDUP) をすでに取得済み
- 基本的な設計は終了
- 今年度、基礎工事を開始する (11月～)



Chicago building renovation



まとめと今後の計画

- ✓ 【高コントラスト光学】 1.8m軸外し主鏡による明るい天体近傍の希薄発光観測に特化。
- ✓ 【世界最高条件の晴天率・気流安定度】 ハワイ・ハレアカラ山頂（標高3040m）に設置。
- ✓ 【フレキシブル運用】 専有望遠鏡をいかした、モニタリング、ToO、探査機連携観測。
- ✓ 【高分散分光装置】 可視～中間赤外までほぼ全てをカバーする高分散分光装置を搭載する。
- ✓ 【建築のチャンス】 現在は困難なハワイ州からの山頂建築許可 (CDUP) を取得済み。
- ✓ 【他分野との共同】 多方面の分野の科学研究・実利用産業での活用も期待。

<2021> 主鏡最終研磨（国内・ロジストラボ社）

ハレアカラ山頂観測所1期工事

<2022> 主鏡アルミ蒸着

飯舘観測所で試験運用観測

ハレアカラ山頂観測所2期・3期工事（検討中）

<2023> 主鏡・望遠鏡一式を日本からハワイへ輸送

設置、試験

<2024～> 科学運用

惑星・小天体・突発天体・系外惑星ならびに光赤外装置開発の広い分野から、PLANETS望遠鏡を利用した共同研究をぜひお願いします！