

1

可視赤外線観測装置技術ワークショップ2024 @東京大学天文学教育研究センター・三鷹キャンパス

広視野近赤外線望遠鏡PRIMEの進捗報告

山 響 (大阪大学, D2), PRIMEコラボレーション

PRIME望遠鏡

PRime-focus Infrared Microlensing Experiment

◆ 世界初、銀河系中心方向の広視野近赤外線
重力マイクロレンズサーベイで系外惑星を
探査する

◆ 2022年度完成

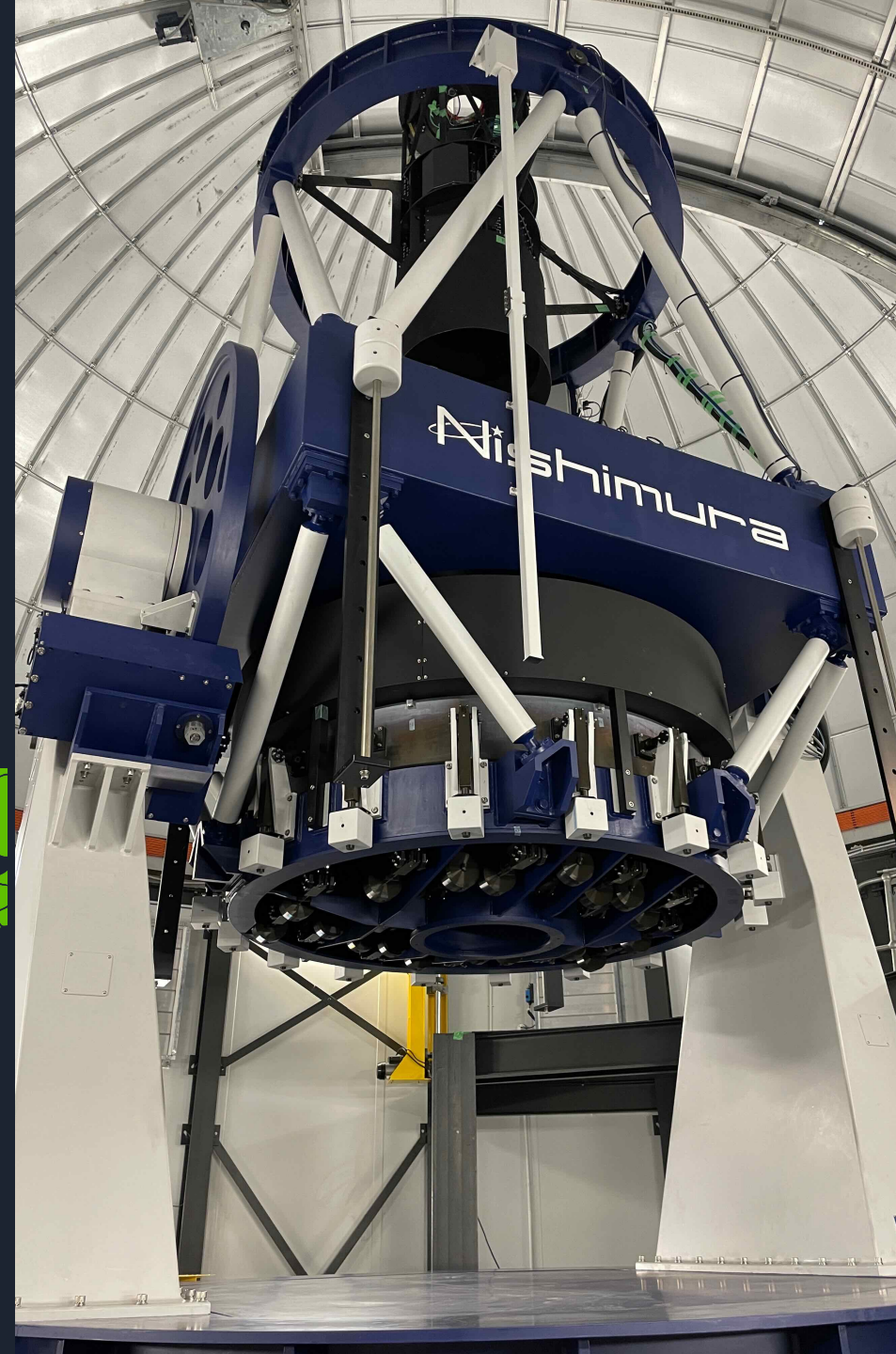
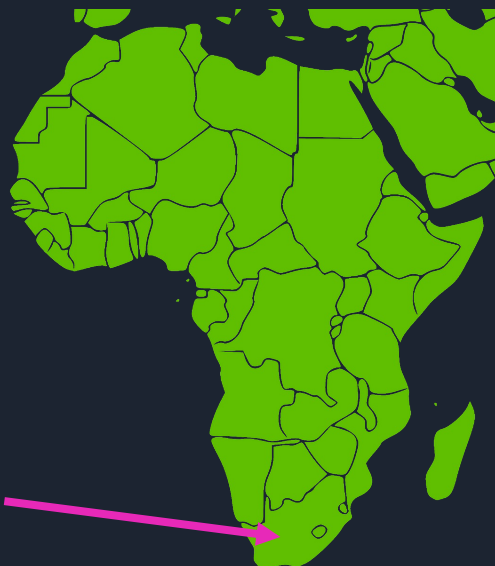
◆ 基本情報

口径 : 1.8 m

F値 : 2.29

焦点形式 : 主焦点

サイト : 南アフリカ共和国
Sutherland観測所



近赤外線による重力マイクロレンズサーベイ

可視光

銀河系中心方向の
低銀緯領域

近赤外線

星の数密度が高い銀河系中心方向の低銀緯領域は重力マイクロレンズサーベイに適しているが、ダストが多く可視光は減光する

減光されにくい**近赤外線**で、星の数密度が高い低銀緯領域を観測しよう！

- ◆ 惑星発見数がこれまでの**~10倍に** (Kondo et al, 2023)
- ◆ 銀河系中心方向の惑星頻度の解明
- ◆ 惑星頻度の環境依存性の解明

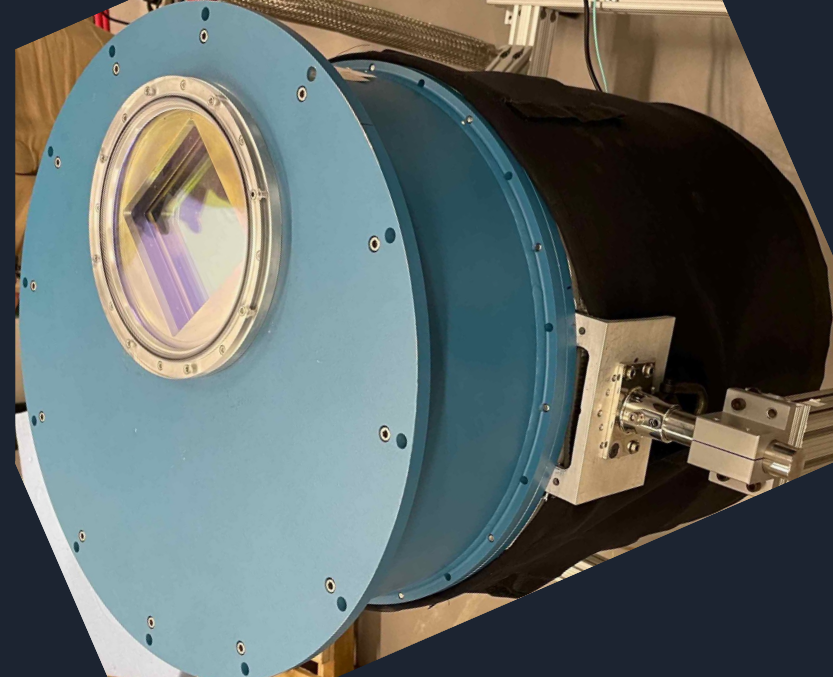
PRIME-Cam

- ◆ 検出器 : H4RG-10 × 4 枚
- ◆ 観測波長帯 : Z, Y, J, H の 4 波長帯 + *Narrow-band*
➤ サーベイでは主に *H-band* を使用
- ◆ 限界等級 : 18.5 mag (*H*, Vega 等級, 積分時間 100 s)
- ◆ 視野 : 1.45 deg² 近赤外線で世界最大級

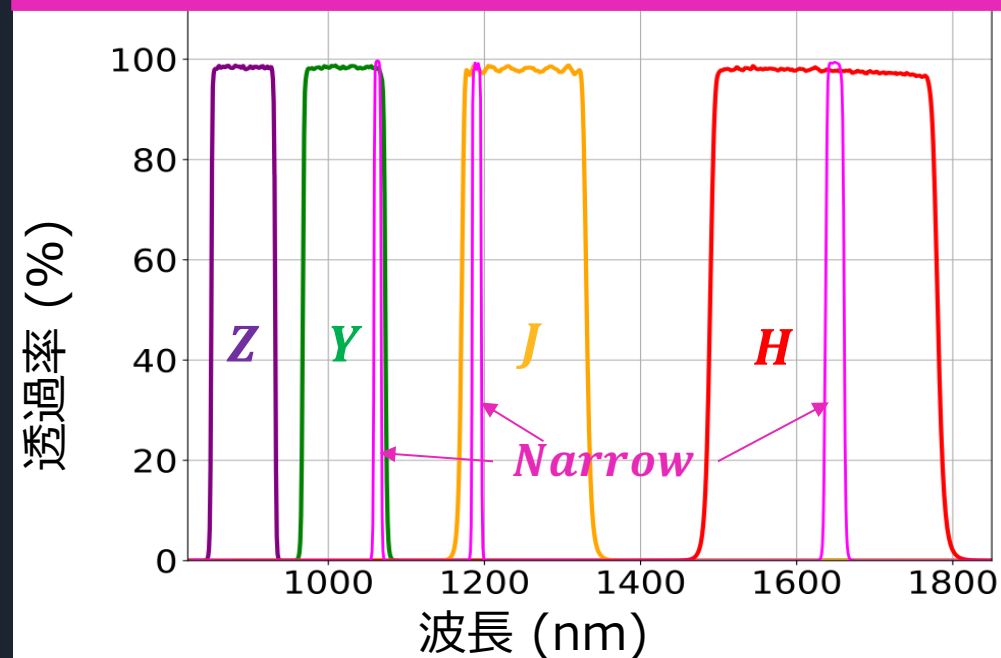
主な近赤外線望遠鏡の視野の比較



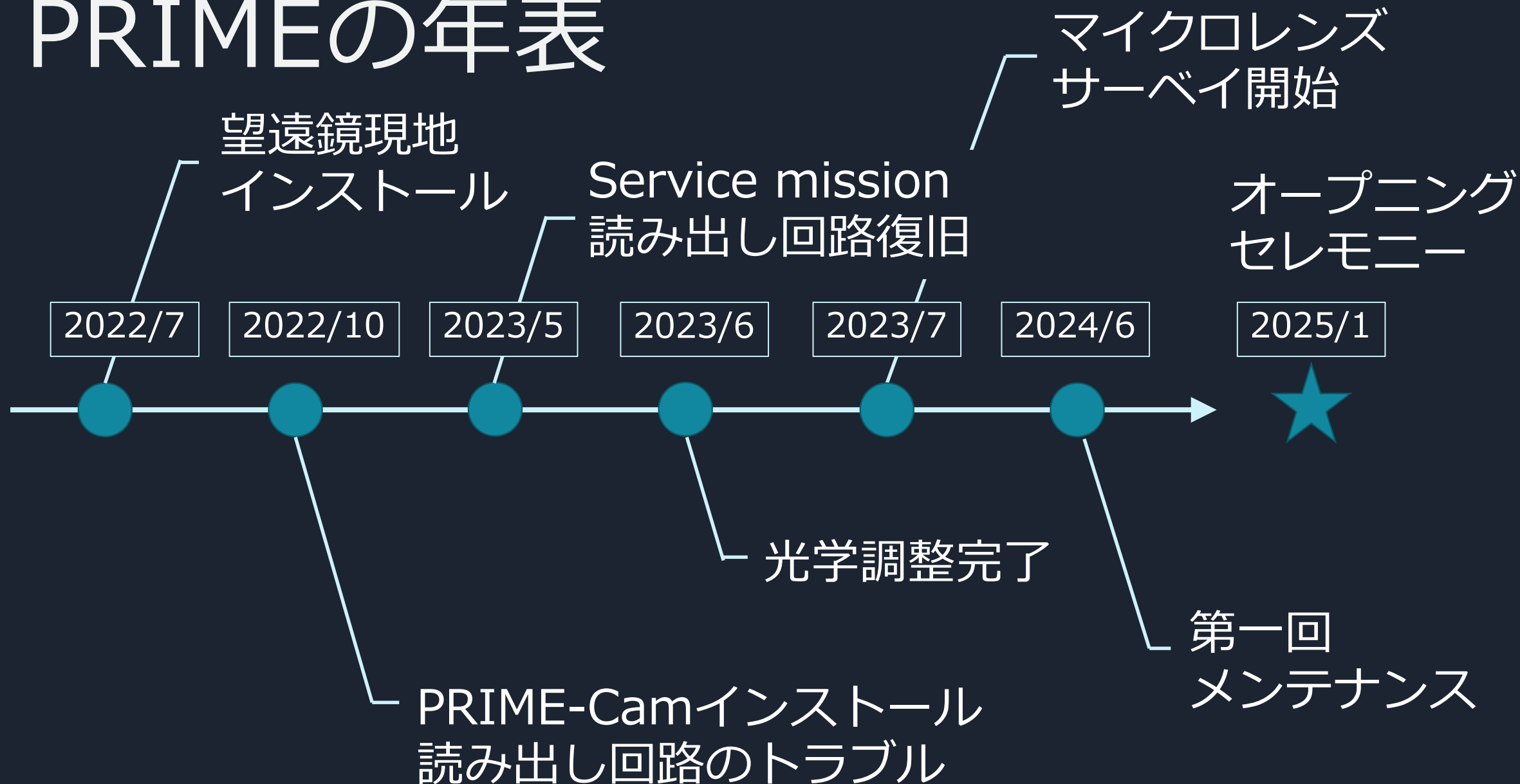
NASA/GSFCで製作 2022年10月インストール完了



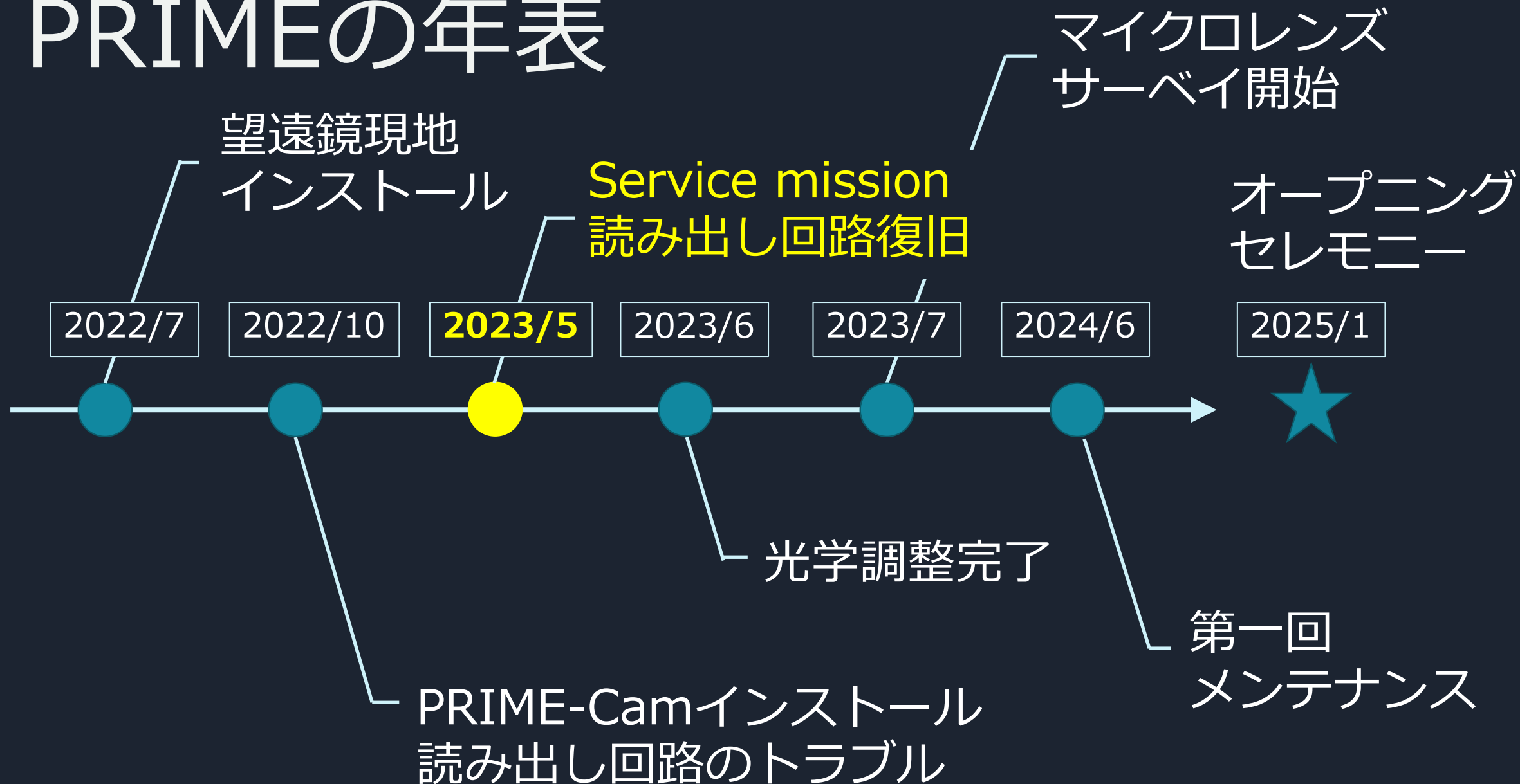
PRIMEの観測波長帯（フィルター透過率）



PRIMEの年表



PRIMEの年表



Service Mission

2023/5 - NASAとPRIME-Camのメンテナンスを実施

Chip2の読み出しができない

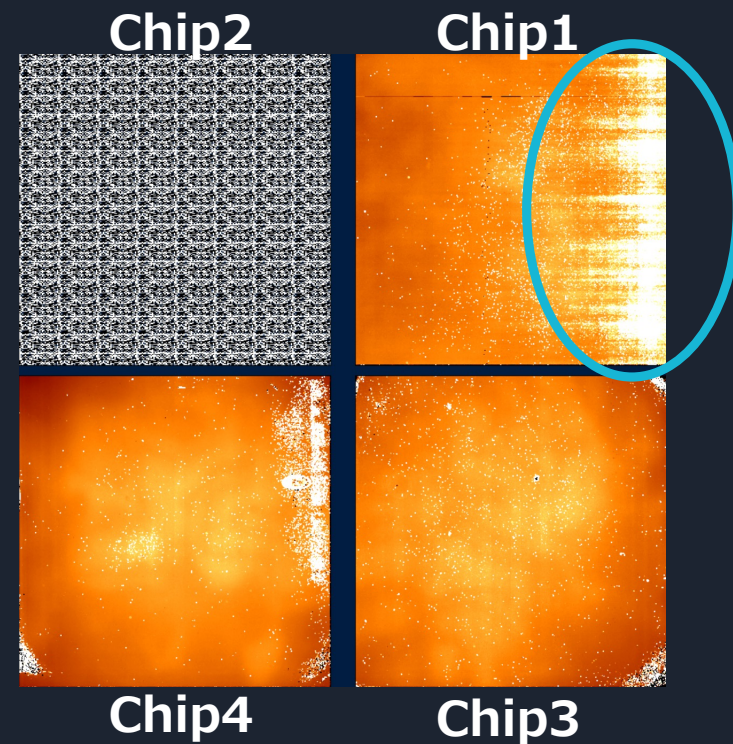
- 読み出し回路(ACADIA)が輸送で壊れていた
- **ACADIAを新品に交換し解決！**

Chip1視野端のパターンノイズ

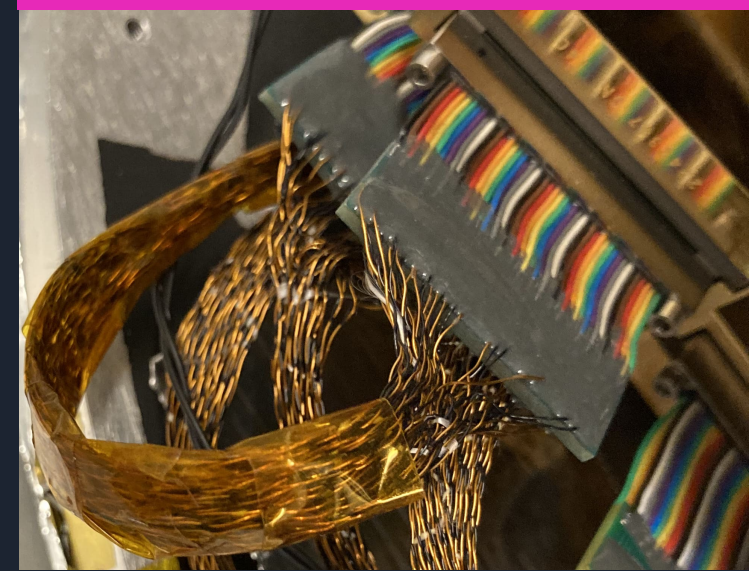
- ACADIAのケーブル不良が原因
- ケーブル不良悪化、Chip1も読み出し不可に
- **新しいケーブルを作成・交換し解決！**

* 実はPRIME-Camの窓が結露する問題も解決！

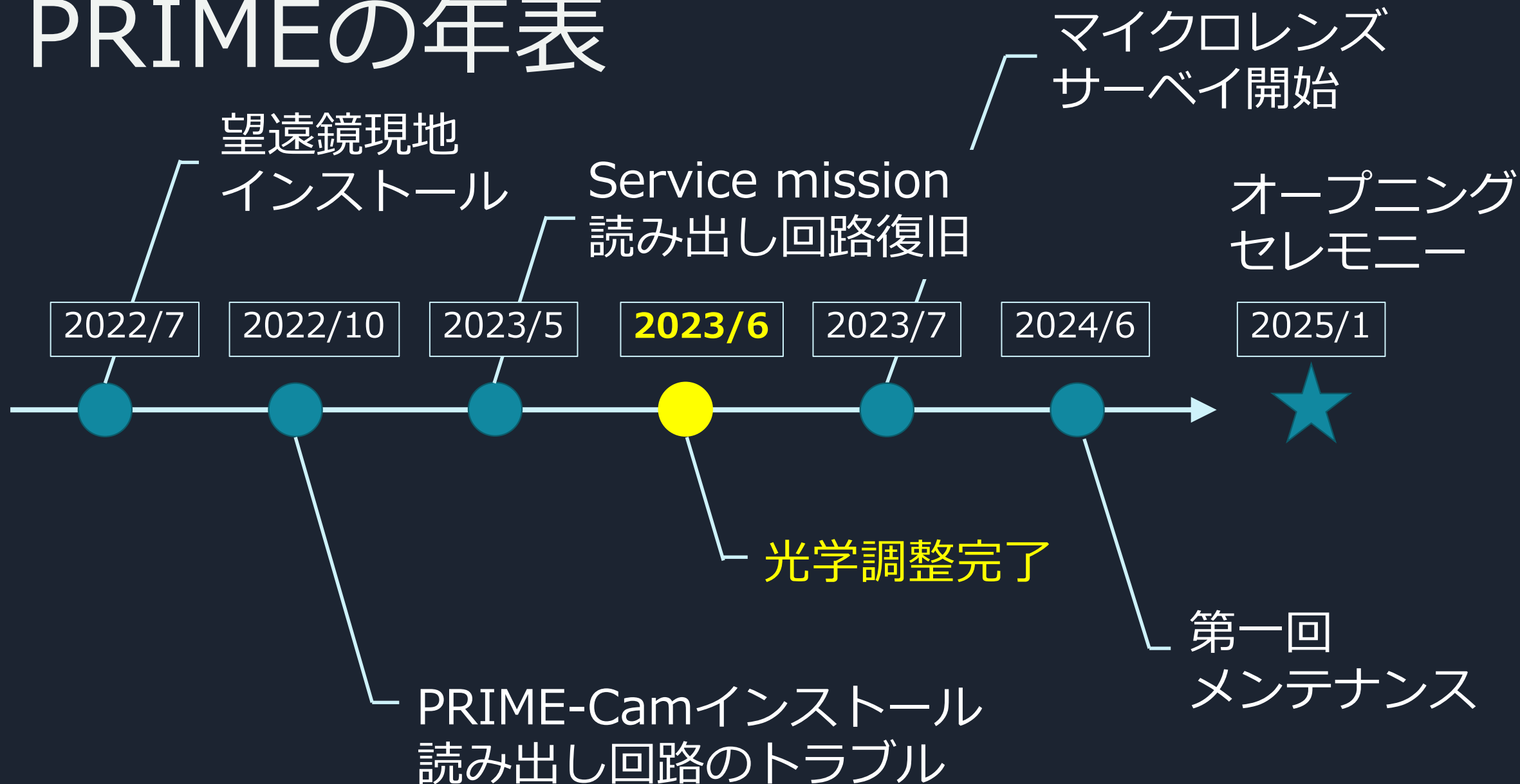
読み出し回路トラブル解決後、光学調整を実施



Chip1のACADIAのケーブル

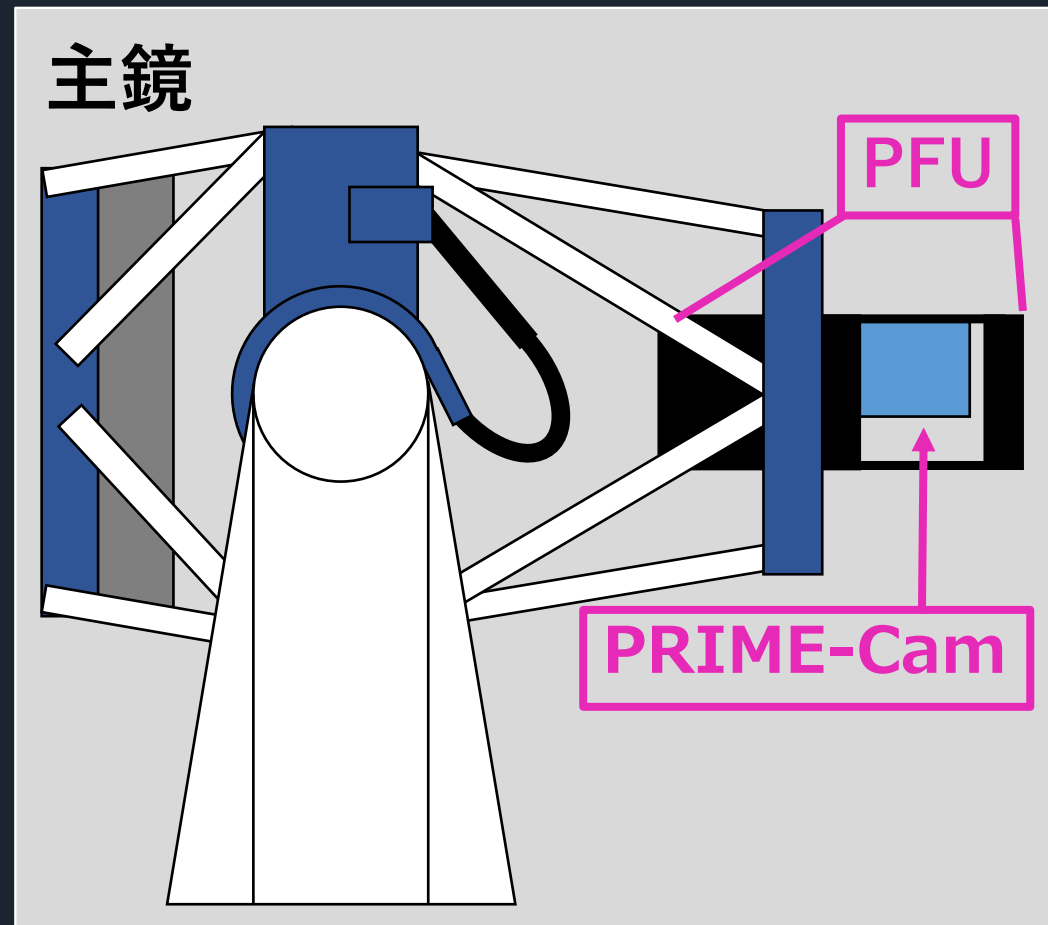


PRIMEの年表



光学調整

- 事前に検証しておいたハルトマンテスト用いた広視野光学系の光学調整法を実施
- ✓ 収差補正レンズが4枚搭載されている Primary Focus Unit (PFU) のdecenterとtip/tiltの調整
- ✓ 2番目の補正レンズL2のtip/tiltの調整
- ✓ PRIME-Camのtip/tiltで検出器面の傾きを調整



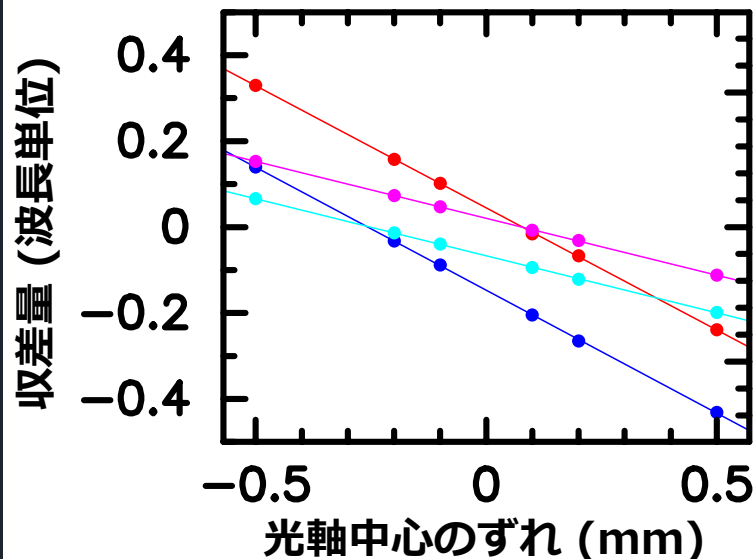
* 主鏡は動かさない

光学調整方法

PRIMEの広視野を分割し、PFUが最適な位置からずれた光学系におけるハルトマンテストを視野毎にシミュレーション

➤ ずれの種類・量と収差の種類・量の対応関係を調べた

シミュレーション結果の一例



収差の種類 vs ずれの種類

Tip	vs	X方向
Hor Coma	vs	X方向
Tilt	vs	Y方向
Var Coma	vs	Y方向

調べた対応関係を使用し、実際のハルトマンテストで得られる収差から光学系のずれの種類・量を推定！

➤ PFUとL2を調整

光学調整方法の検証

PRIME-Camインストールに先駆けPRIMEにテストカメラを搭載、本光学調整方法で光学性能が改善するか検証した

ハルトマン定数
(Yama-Cam光学調整前)

0.509"



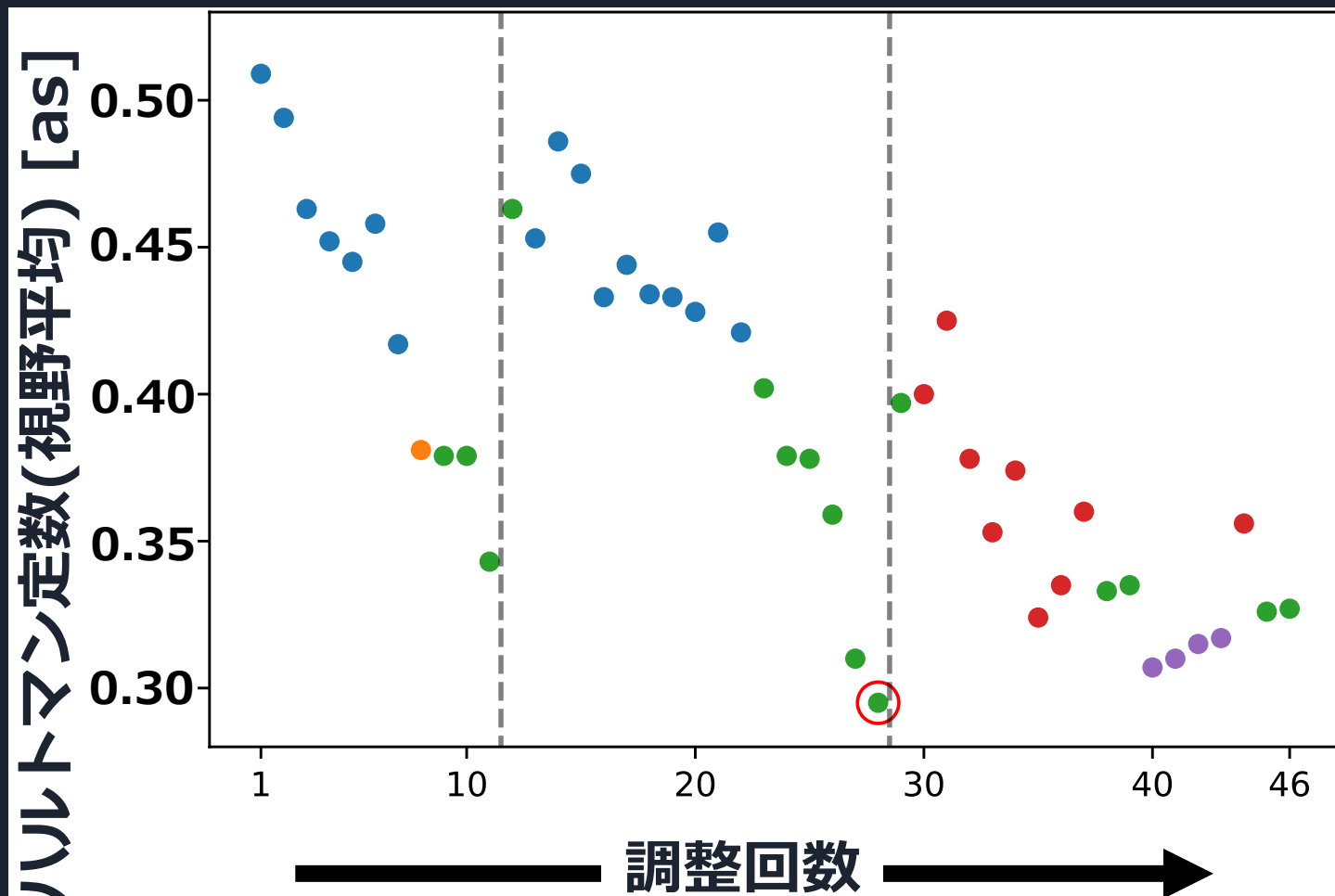
ハルトマン定数
(Yama-Cam光学調整後)

0.295"

Result :

ハルトマン定数 0.295" を達成 !
(Sutherlandの平均seeing=1.4")

Yama et al., 2023



光学調整の結果

- 2023/6 - PRIME-Camで光学調整を実施

目標値

- ハルトマン定数: H -bandの視野平均で $0.35''$ 以内
- 検出器の傾き: $120''$ 以内

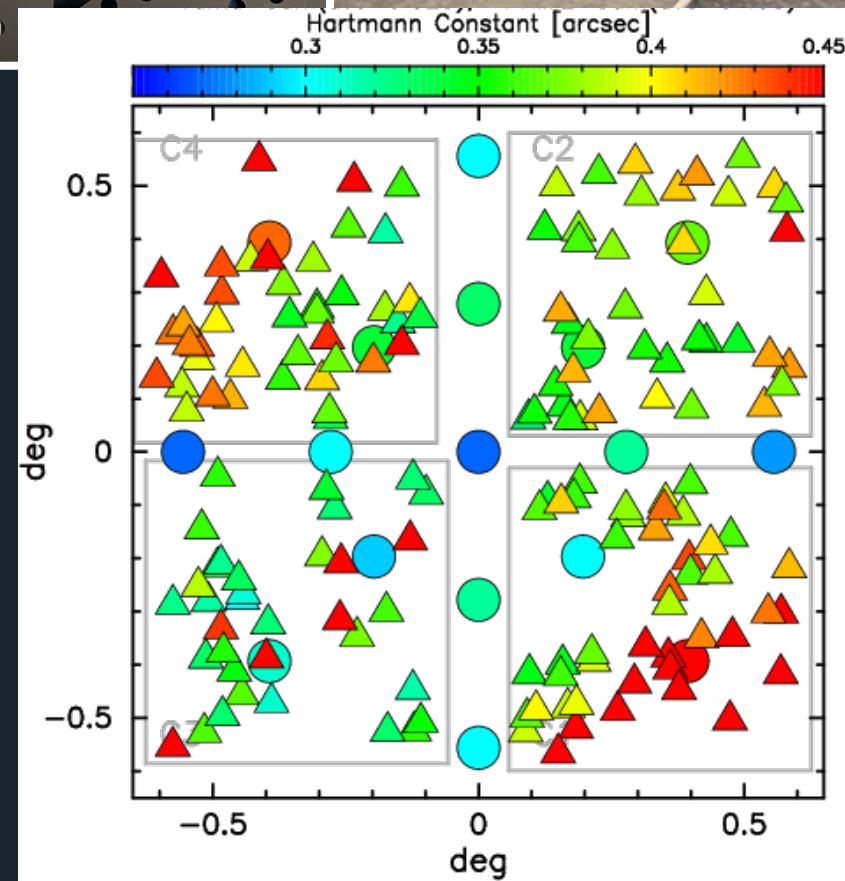
結果

- ◆ 最終的なハルトマン定数
- ◆ 最終的な検出器の傾き

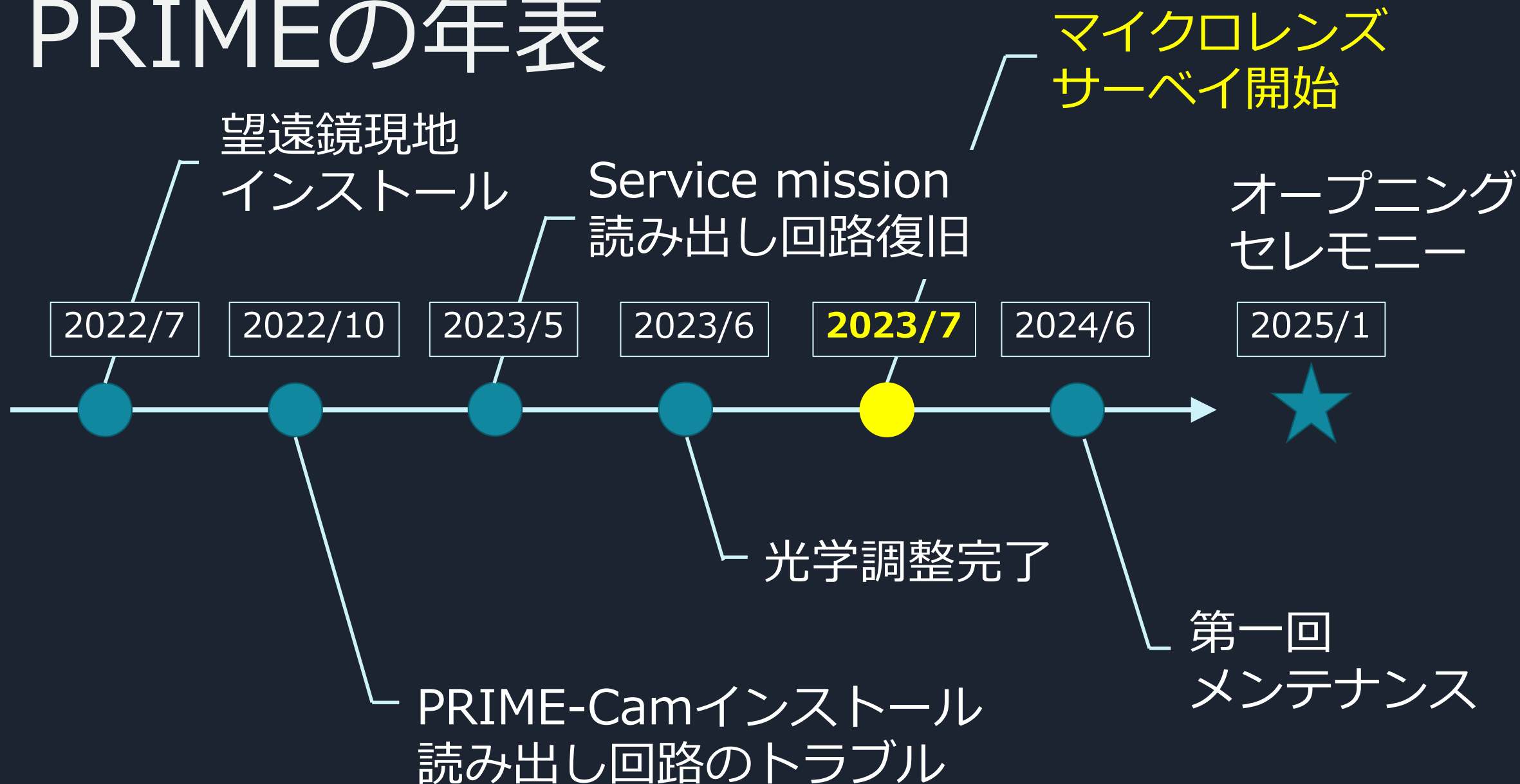
- H -band: $0.344''$
- J -band: $0.367''$
- Y -band: $0.366''$
- Z -band: $0.386''$
- 目標値を達成!

- H -band: $70''$
- 目標値を達成!

光学調整が完了!



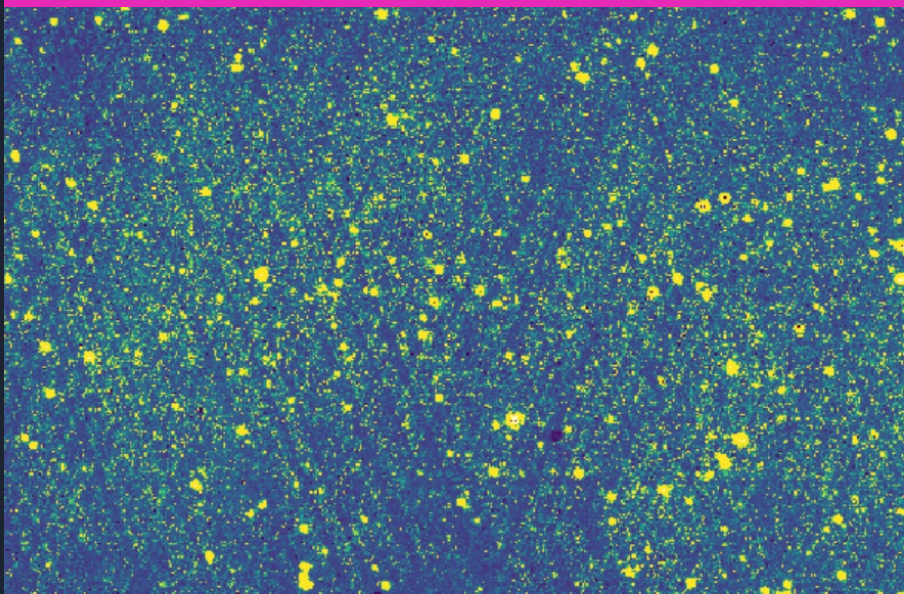
PRIMEの年表



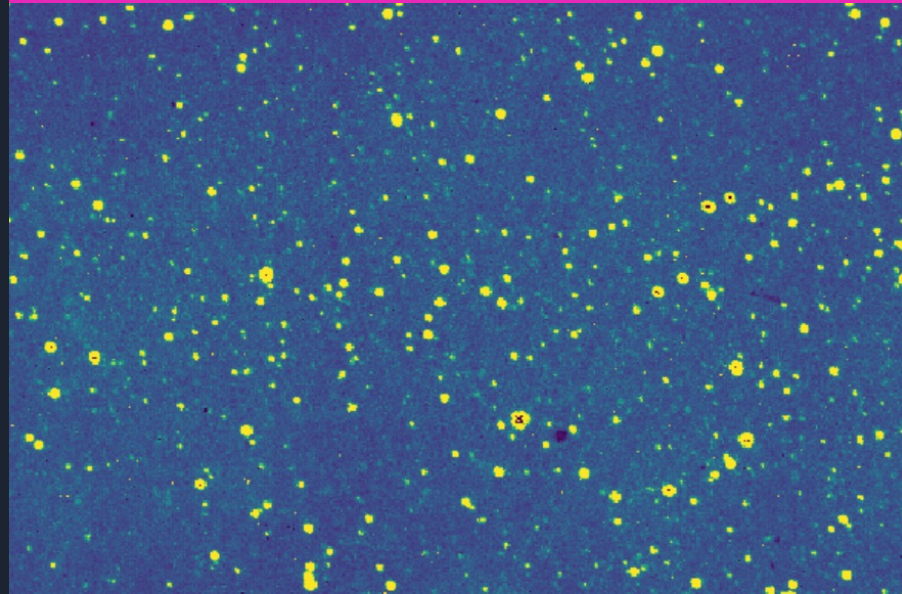
非線形性補正 (Non-Linearity Correction: NLC)

- H4RGは光子数カウントに明らかな非線形性があるため、補正が必要
- 従来の補正方法 (JWST-STScI-005167)では全てのpixelを補正しきれない
- 新たな補正方法を開発し、現在はこれら2つの方法をpixelごとに選択してNLCを行っている (Hamada et al., in prep)

従来方法のみで補正した画像



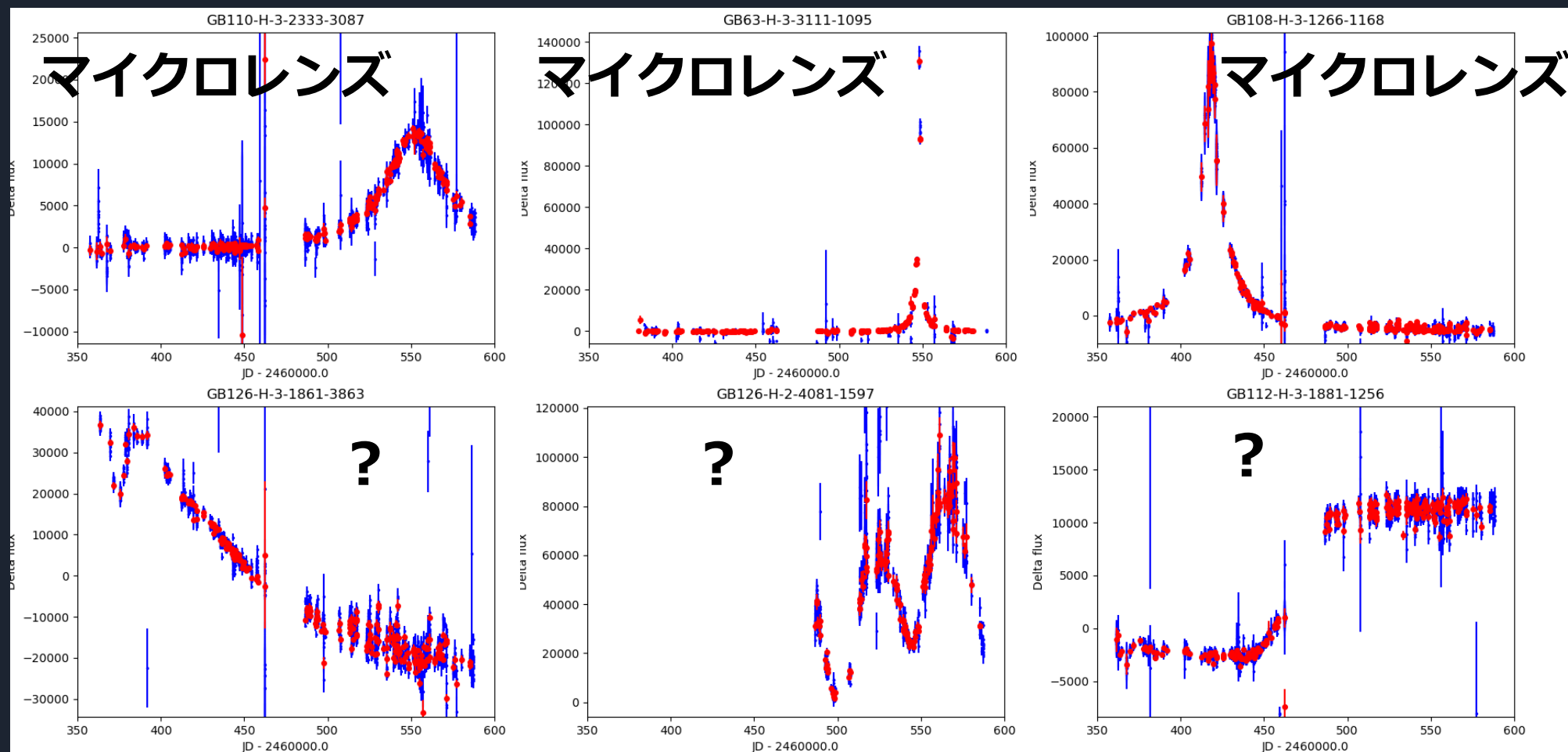
現在の方法で補正した画像



重力マイクロレンズイベントの発見

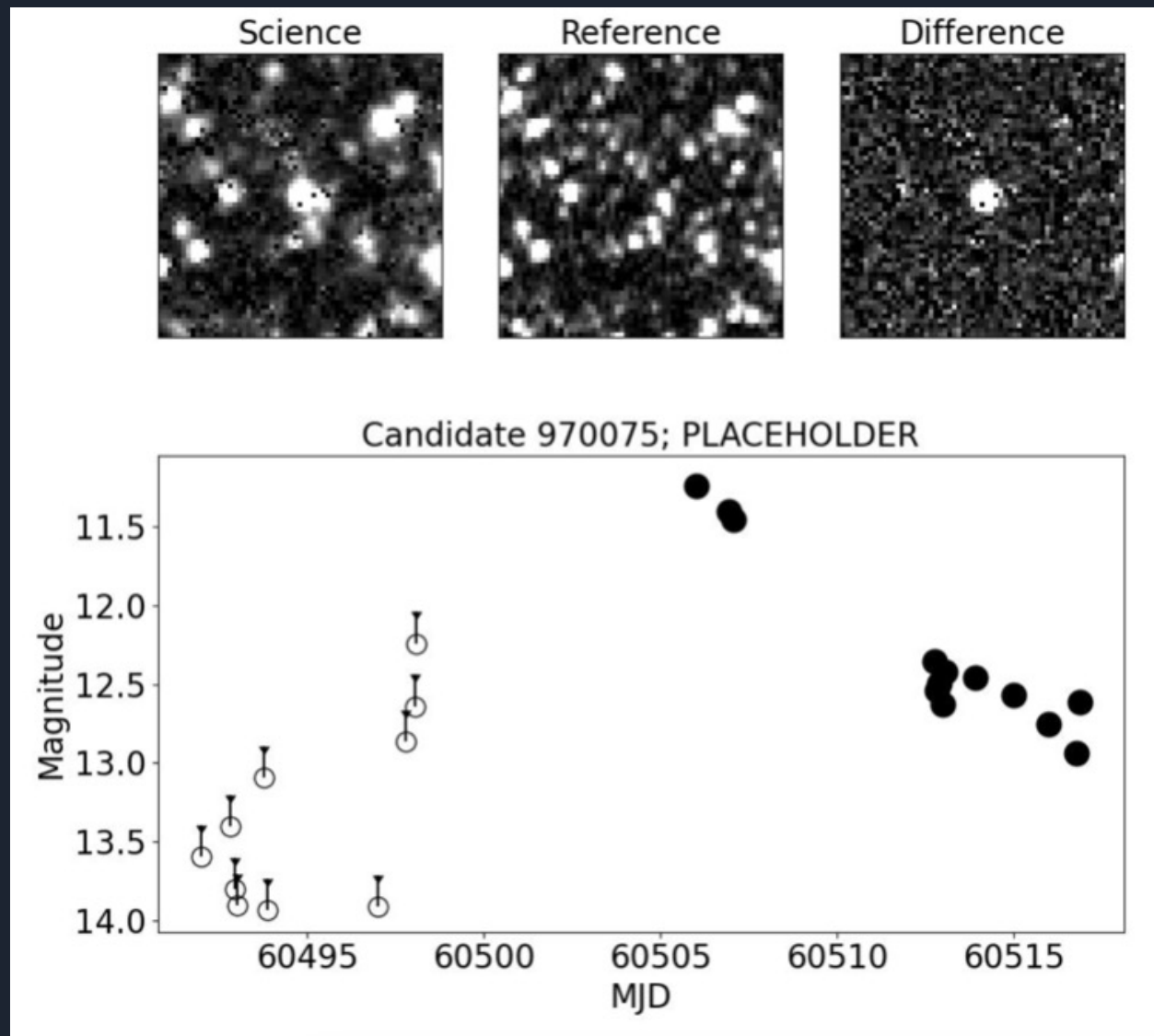
- 解析パイプラインが完成しつつあり、マイクロレンズイベントが検出され始めた

* 系外惑星は未検出

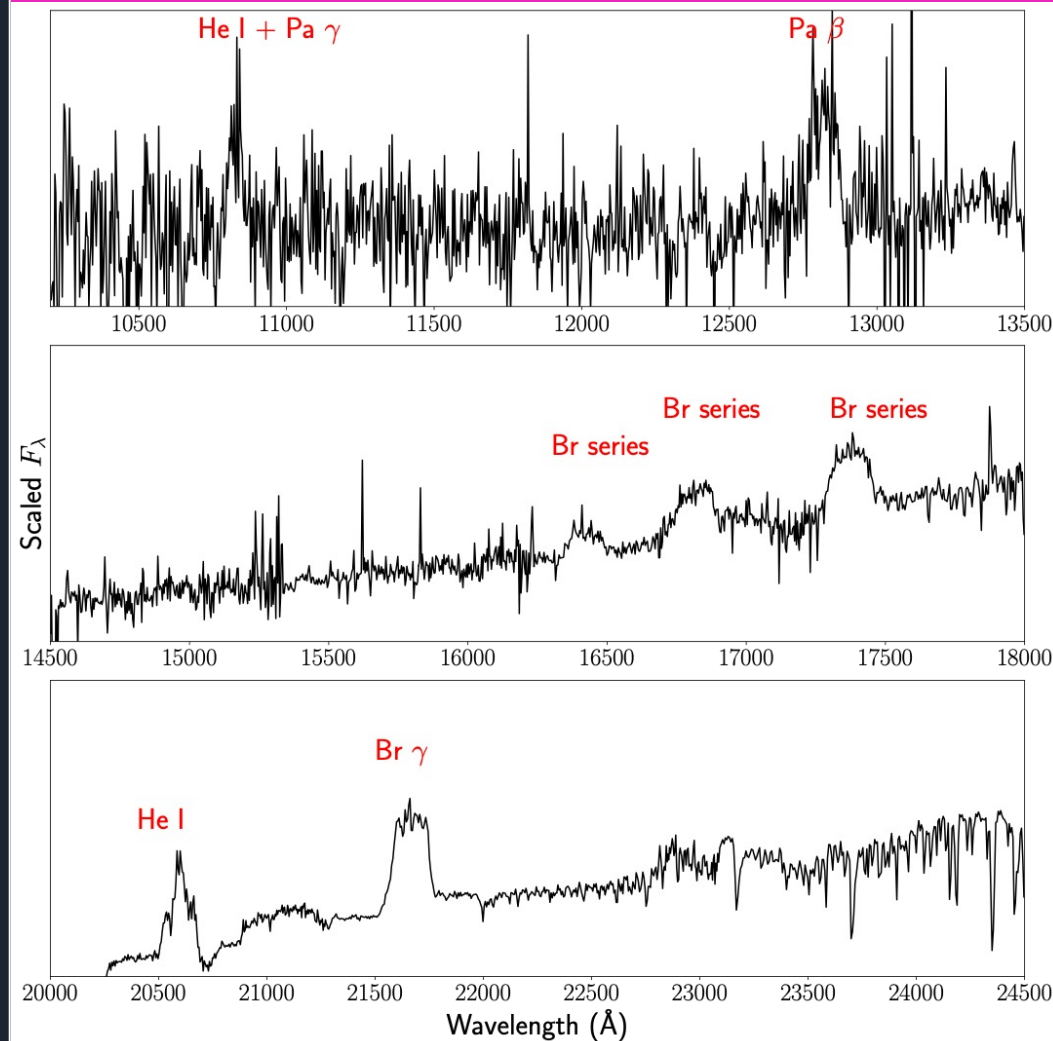


銀河系中心で新星を発見

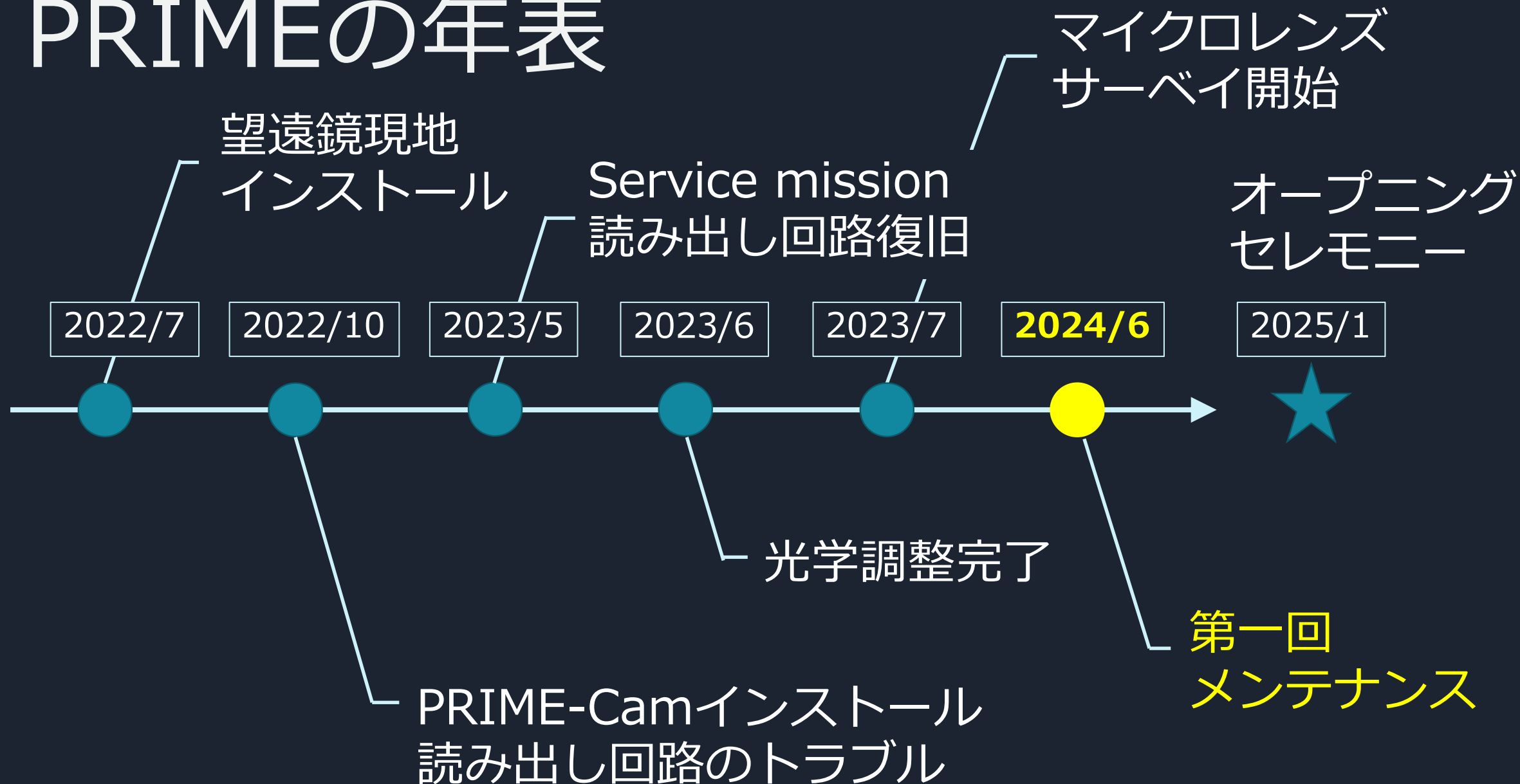
Atel #16824 (Hamada+)



新星のスペクトル (FIRE/Magellan)



PRIMEの年表



第一回メンテナンス

- 2024/6 - 望遠鏡 + ドームの大規模メンテナンスを実施
- 主鏡洗浄 + オートフォーカサーの設置 + ドームモーターの交換と原点追加

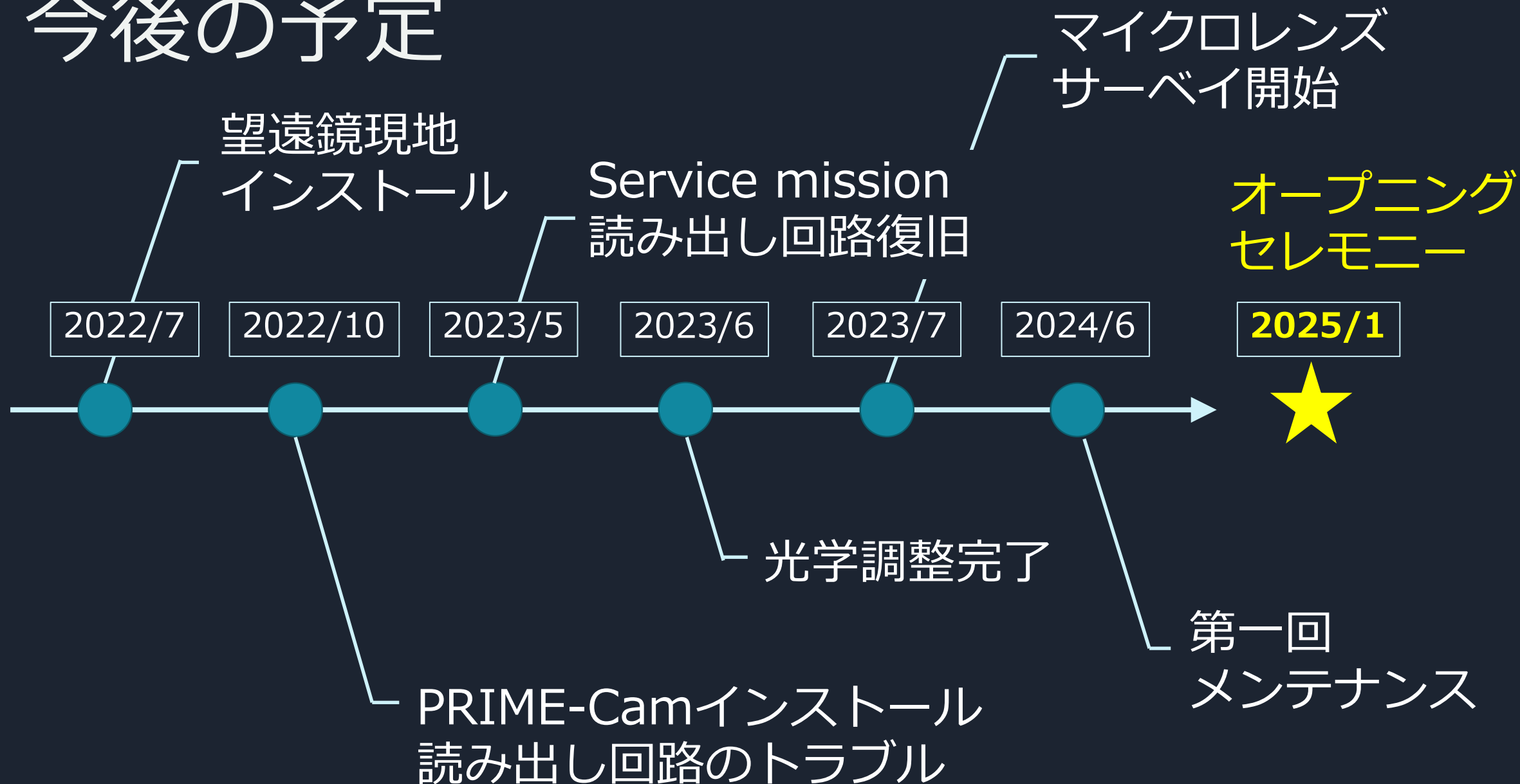
主鏡洗浄



新ドームモーター、ケラレ問題の解決

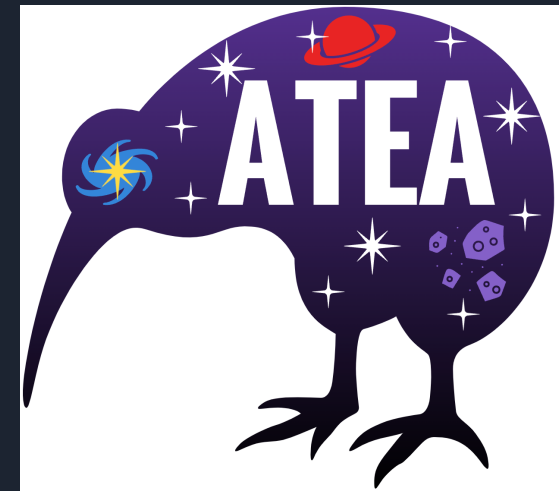


今後の予定



今後の予定

- 2025/1 – 南アでMicrolens conference + オープニングセレモニー
- 2025/1 – 公募型観測開始（バルジ観測時間以外）
- 2025/2 – 第二回メンテナンス
- 観測のリモート化（2025/1以降にシステム完成予定）
- ニュージーランド61cm望遠鏡に多色カメラATEAを設置（2025/8?）
 - PRIMEのフォローアップ観測を行う（奥本さんの発表）



本発表のまとめ

PRIMEは読み出しトラブルの解決や光学調整を行い重カマイクロレンズサーベイを開始

銀河系中心領域におけるマイクロレンズイベントが検出され始めた

2025年1月から公募型観測がスタート

2025年1月にSutherland観測所にてオープニングセレモニー！！

