

三波長同時撮像装置MuSaSHIの ぐんま天文台150cm望遠鏡 搭載と観測

金井昂大(埼玉大学 D2), 大朝由美子(埼玉大学)
高橋英則(東京大学), 橋本修(ぐんま天文台)

可視赤外線観測装置技術WS2022@京都

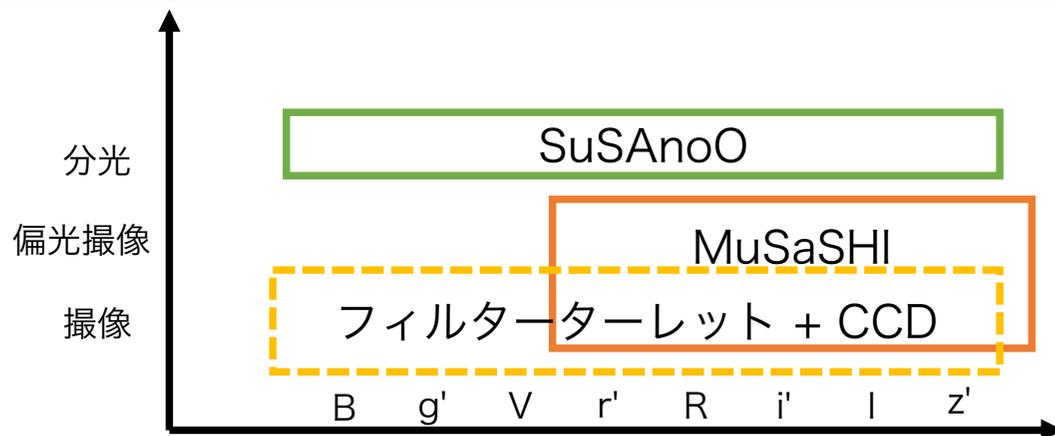
- SaCRA望遠鏡/MuSaSHIについて
- ぐんま天文台150cm望遠鏡にMuSaSHI搭載(2020/01-2022/03)
- レデューサー開発(2021/10-2022/03)
- レデューサー導入・観測(2022/05-)
- まとめ/今後の展望

SaCRA望遠鏡

- ・ 埼玉大学構内(さいたま市桜区; 北緯:35.86°, 東経:139.6°)に設置

OISTER, J-GEM観測に参画

口径	55cm
光学系式	リッチー・クレチアン光学系
焦点	主焦点(F2.8) カセグレン焦点(F6.5)
観測装置	三波長同時偏光撮像装置 MuSaSHI 可視光小型中分散エシエル分光器 SuSAnoO フィルターターレット + CCD

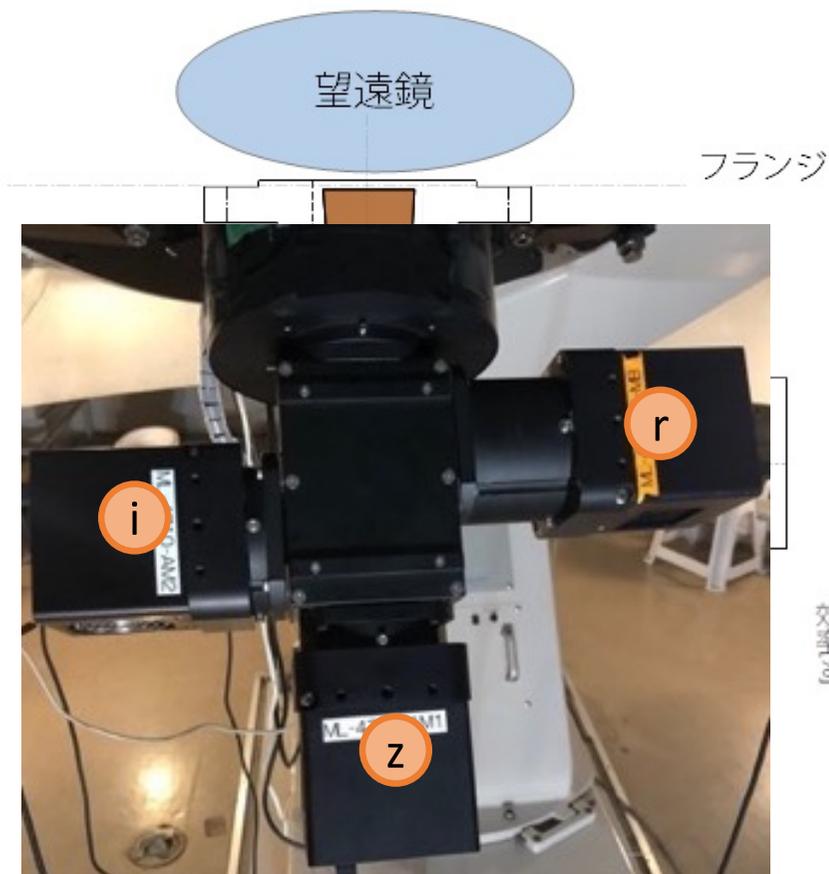


MuSaSHI

第5,7回装置WS

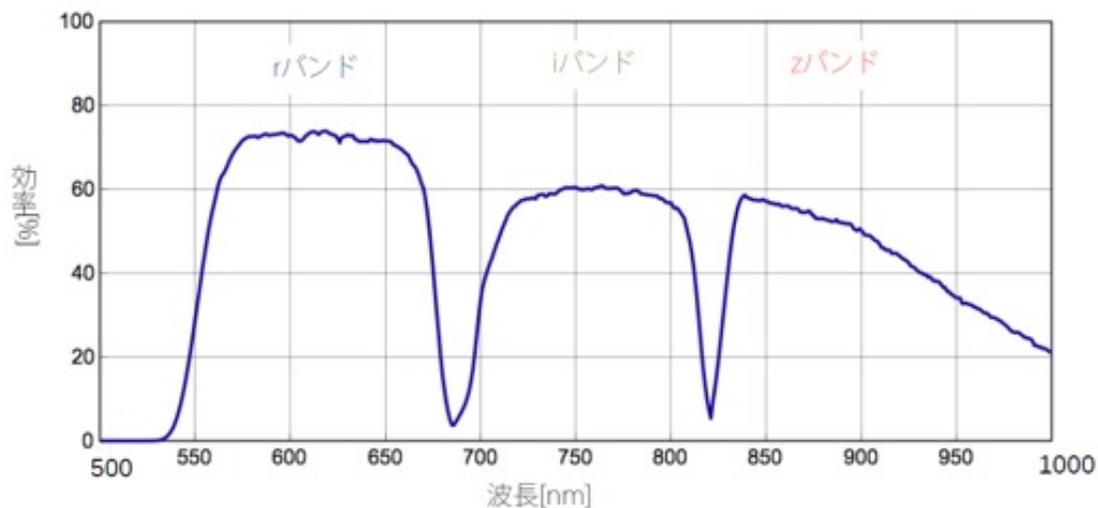
MuSaSHI…三波長同時偏光撮像装置 (Oasa et al. 2020)

- レンズを用いない高効率(70-50%)な収束光学系(F6.5)
- 小型 & 軽量 → なゆた望遠鏡や堂平観測所に持ち込んで観測



SaCRA望遠鏡搭載時のMuSaSHI

光学系	ウェッジ付き ダイクロイックミラー
観測波長	r(550-680nm) i(700-810nm) z(820-1000nm)
大きさ	~40cm×40cm×15cm



ぐんま天文台150cm望遠鏡

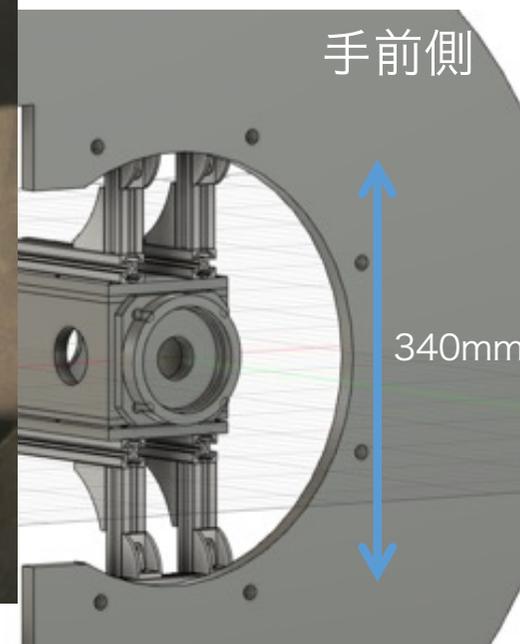
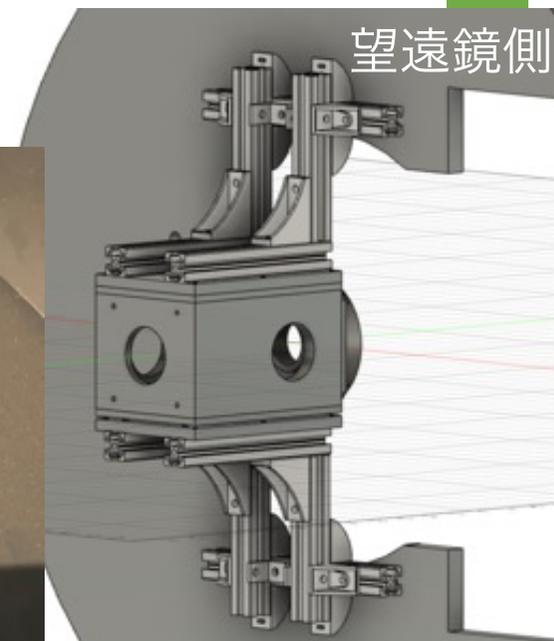
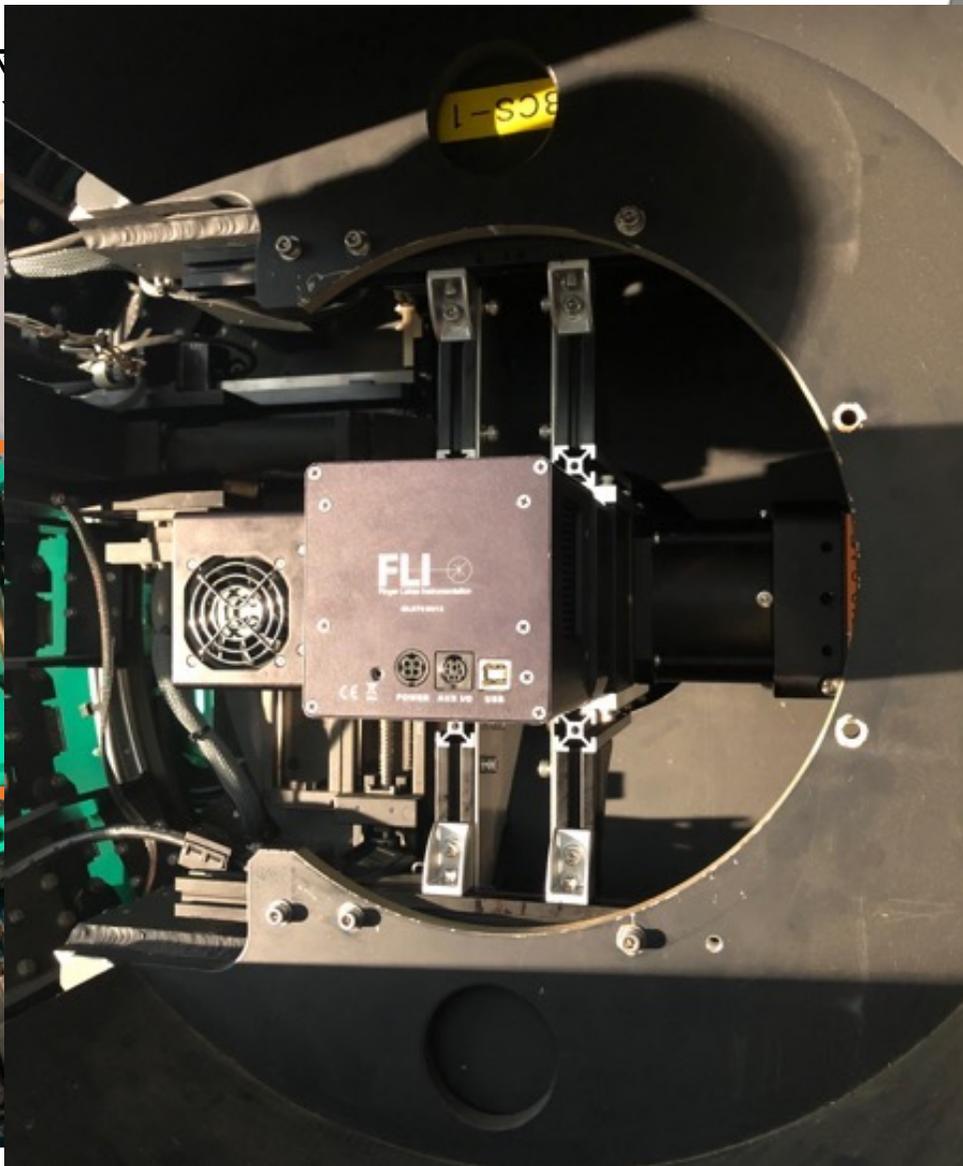
望遠鏡設置位置	北緯: 36.60°, 東経:138.97°
口径	150cm
焦点距離	1830cm
	近赤外撮像分光装置
<p>MuSaSHIを搭載し、 ぐんま天文台150cm望遠鏡で 多色同時撮像観測</p>	
ベントカセグレン焦点(1)	空き → MuSaSHI 搭載予定
ベントカセグレン焦点(2)	低分散分光撮像装置 (GLOWS)

多色同時撮像観測機能がない

マウント検討/設計

望遠鏡焦点面に直接搭載

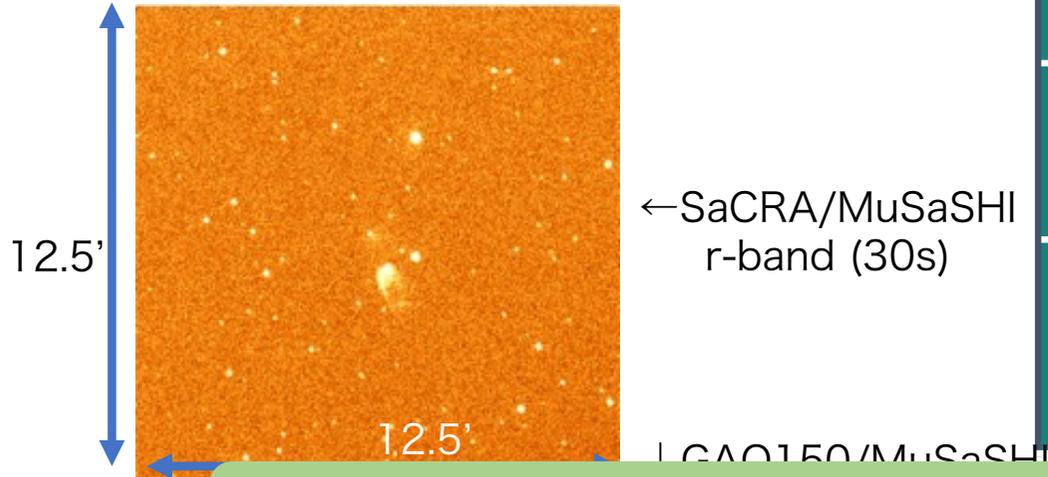
- マウント材



ファーストライト @2020/10

天候：くもり,晴れ

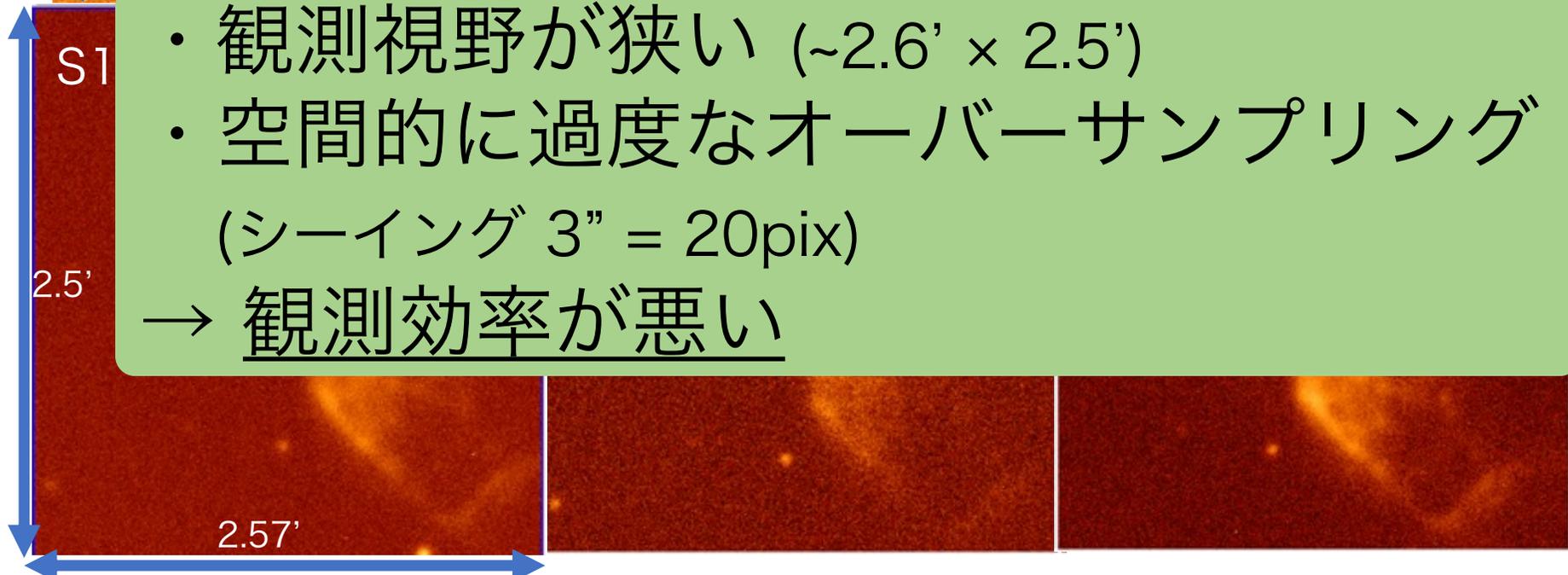
シーイング：3"-5"



MuSaSHI@150cm望遠鏡

F値	12.2
観測視野	2.57' × 2.50' (0.146"/pix)
限界等級 S/N≥10, rバンド, 積分時間 1200s	r:18.8mag (SaCRA:17.3mag)

- 観測視野が狭い (~2.6' × 2.5')
 - 空間的に過度なオーバーサンプリング
(シーイング 3" = 20pix)
- 観測効率が悪い



課題

- 視野が狭く、過度なオーバーサンプリング
- 搭載に時間がかかる+取り付け再現性が低い

→ レデューサー開発

(F12.2 → F~6.5に変換, MuSaSHI搭載位置をフランジ手前に変更)

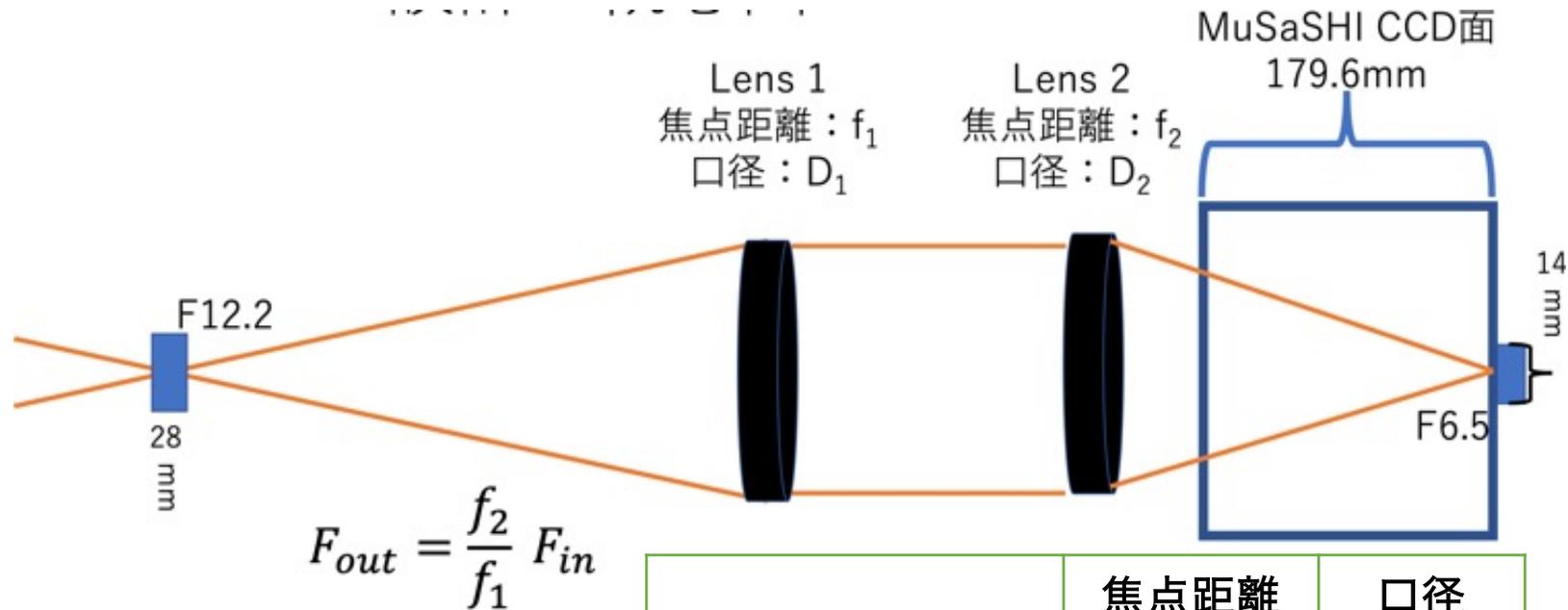
- 配線の安全性/安定性
- 望遠鏡と制御PCの接続
- 観測時の望遠鏡情報の取得

→ 通信/制御系の更新+最適化

(配線BOXの製作+ソフト整備)



レデューサー開発 @OISTER教育プログラム



	焦点距離	口径
コリメーターレンズ	400mm	75mm
カメラレンズ	220mm	50mm

- レンズ選定条件
- ① $f_2 \geq 180\text{mm}$
 - ② $f_2/f_1 \leq 0.53$ (@F6.5)
 - ③ $D_1 \geq f_1/12.2 + 28\text{mm}$ (観測視野実サイズ)
 - ④ $D_2 \geq 1500 \times f_1 / 18300$ (主鏡瞳サイズ)
 - ⑤ コーティングが500-1000nm

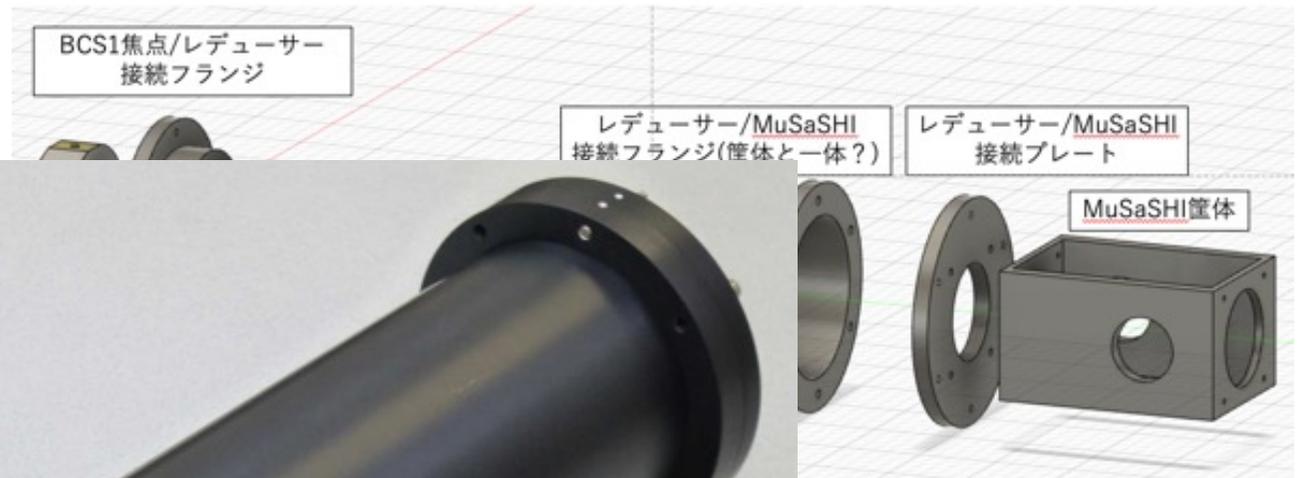
条件を満たすレンズの組み合わせを検討
 F12.2 → F6.7 (4.7'×4.6'; 0.27"/pix)

レデューサー開発

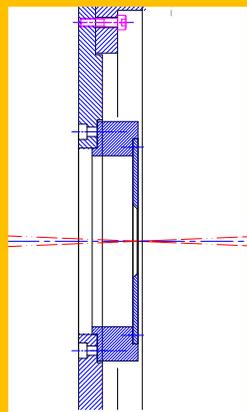
筐体製作

- ・長さ：～400mm
- ・重量：～3kg
- ・レデューサー/MuSaSHI

部分取り付
→位置決めピ
・焦点面絞り

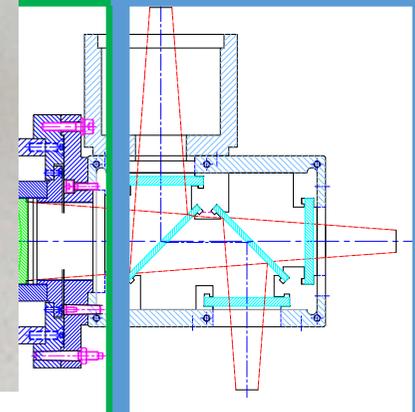


望遠鏡焦
点面絞り



ラ
ズ

MuSaSHI
筐体

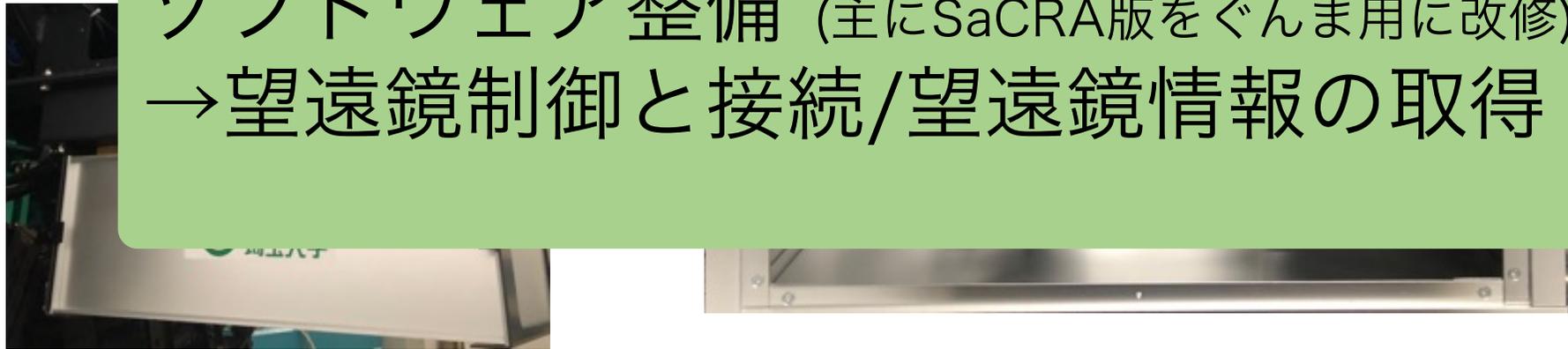


通信/制御系の更新・最適化

- 焦点設置配線BOXの作製



焦点で有線LANを接続可能に
→ 配線がBCS1焦点のみで完結
煩雑さが解消し、安全/安定性の向上

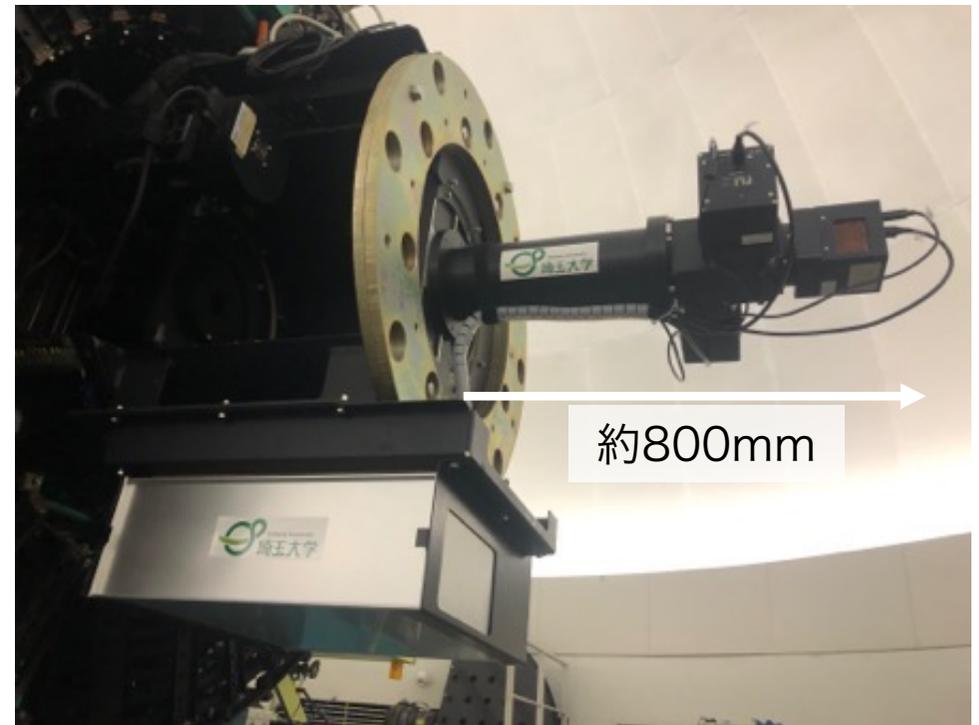
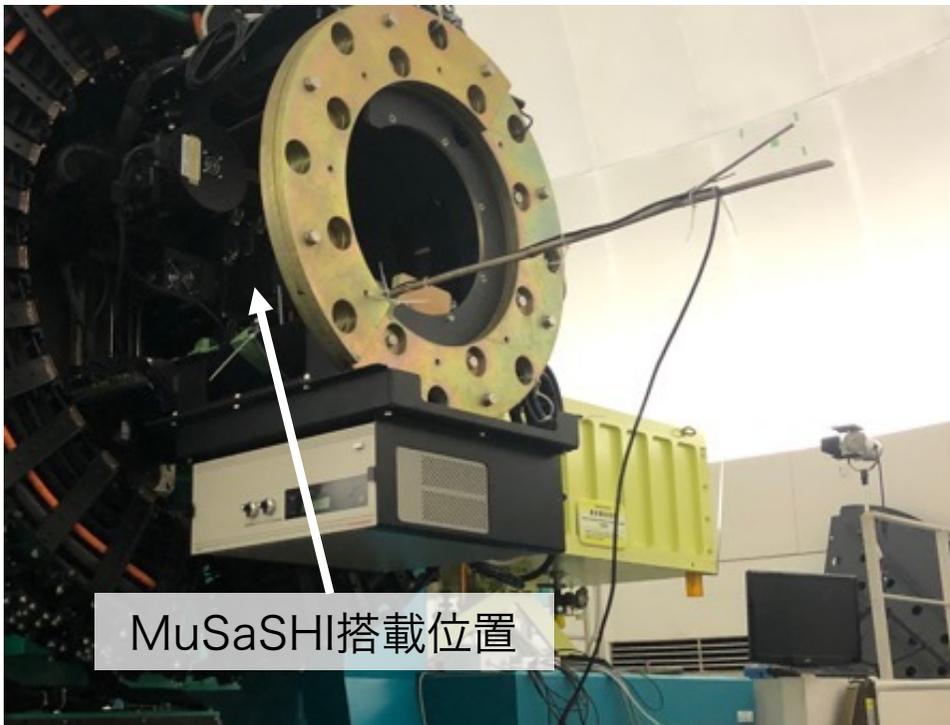


ソフトウェア整備 (主にSaCRA版をぐんま用に改修)
→ 望遠鏡制御と接続/望遠鏡情報の取得

レデューサーの有無の比較

レデューサー無し

レデューサー有り



- 配線の安全性/安定性の向上
- MuSaSHI取り付け再現性の向上
- 観測準備/運用の安定性の向上

ファーストライト@2022/05

レデューサーを搭載した観測

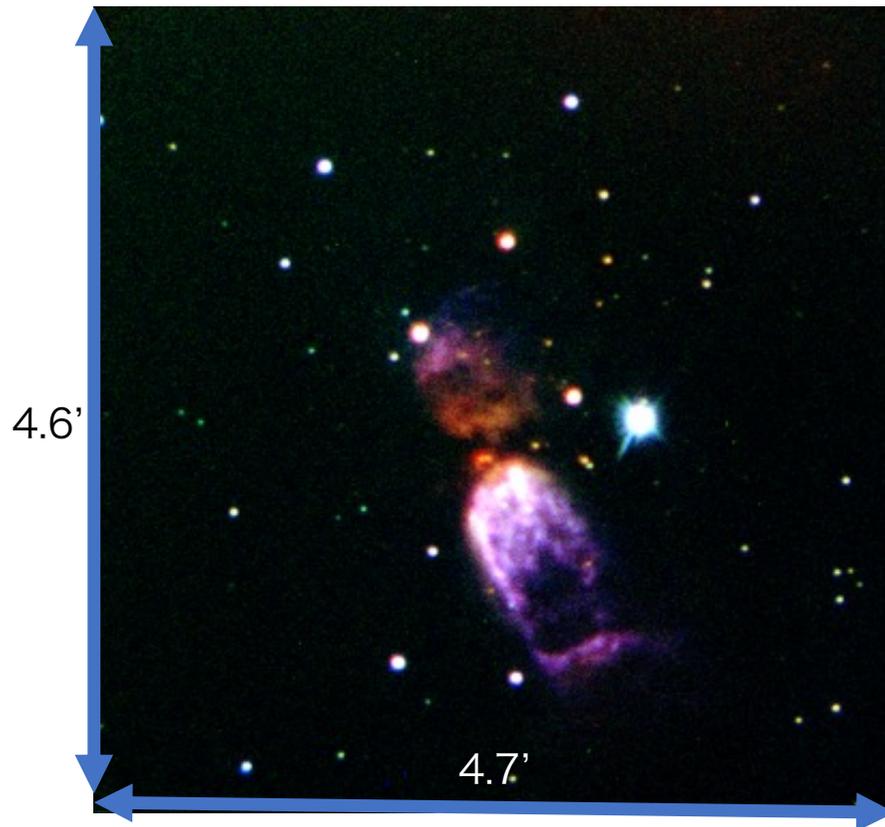


すばる/CISCO

S106 (2022/05/11)

r,i,z 3色合成図

M42 (2022/11/21)

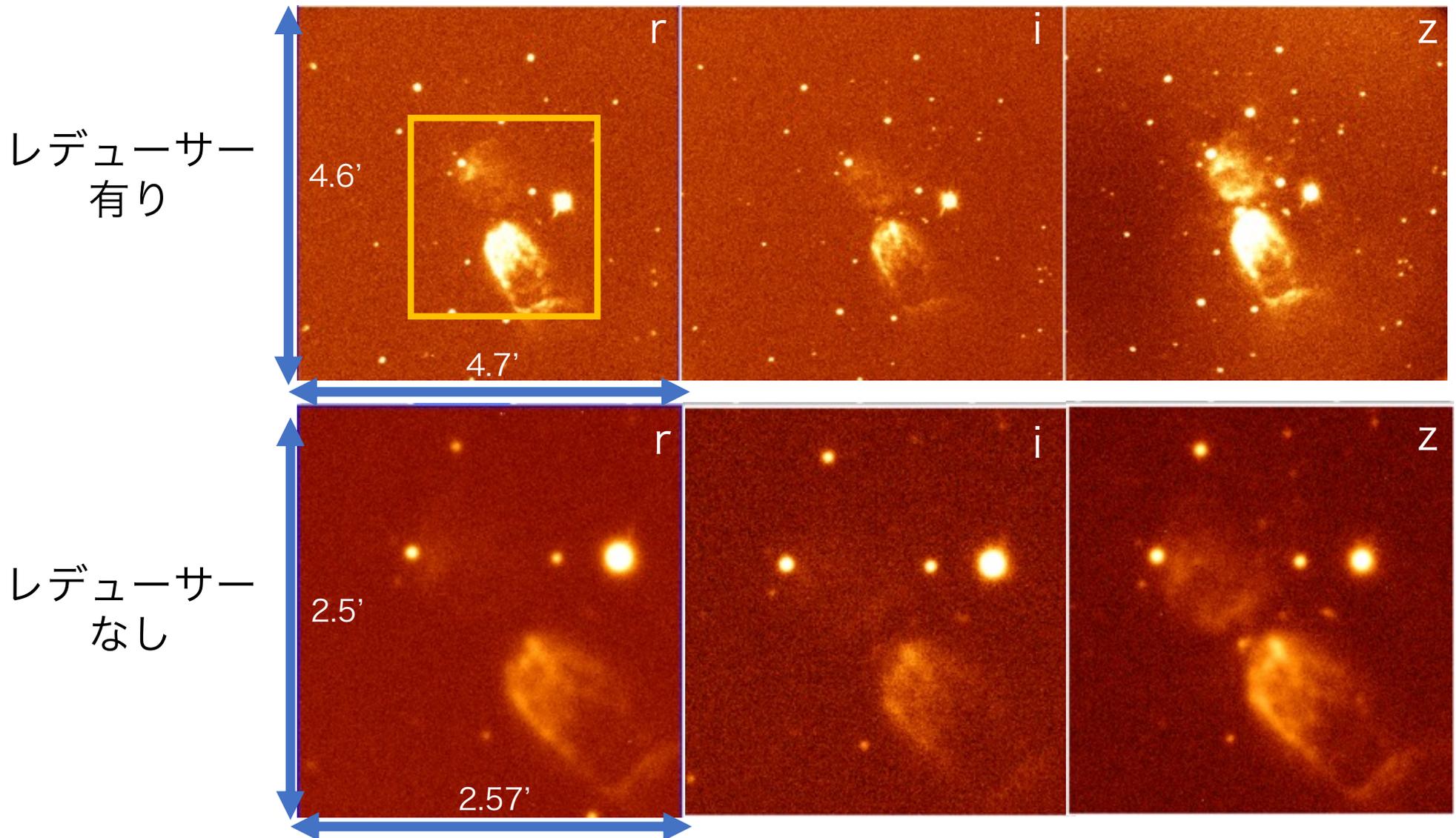


11月末までに4回(計13夜)持ち込み観測を実施 (快晴率~10%)

安定した運用の実現！

レデューサーの有無による画像の違い

観測視野の拡大+オーバーサンプリングの改善

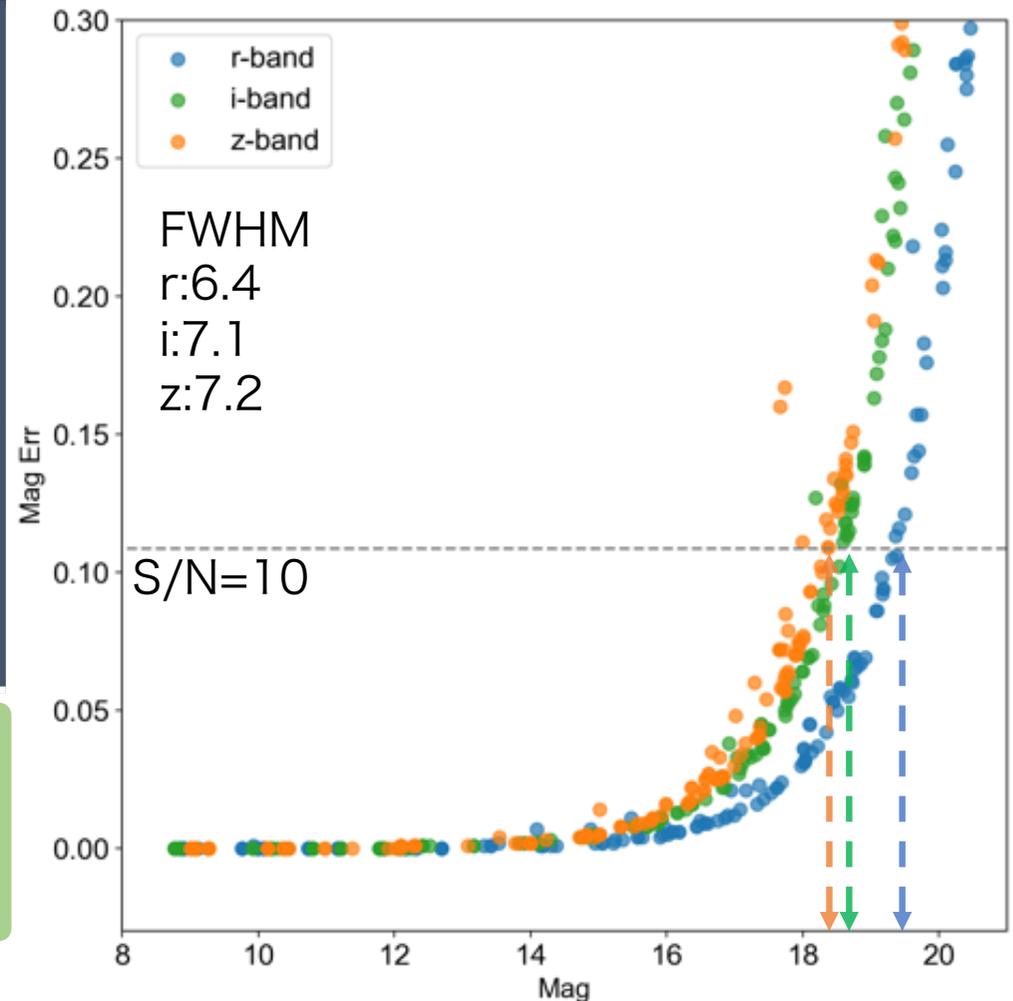


レデューサー+MuSaSHI性能評価

MuSaSHI@150cm望遠鏡

F値	6.7
観測視野	4.77' × 4.61' (0.270"/pix)
限界等級 S/N \geq 10, 積分時間 300s	r : 19.4 mag i : 18.5 mag z : 18.3 mag

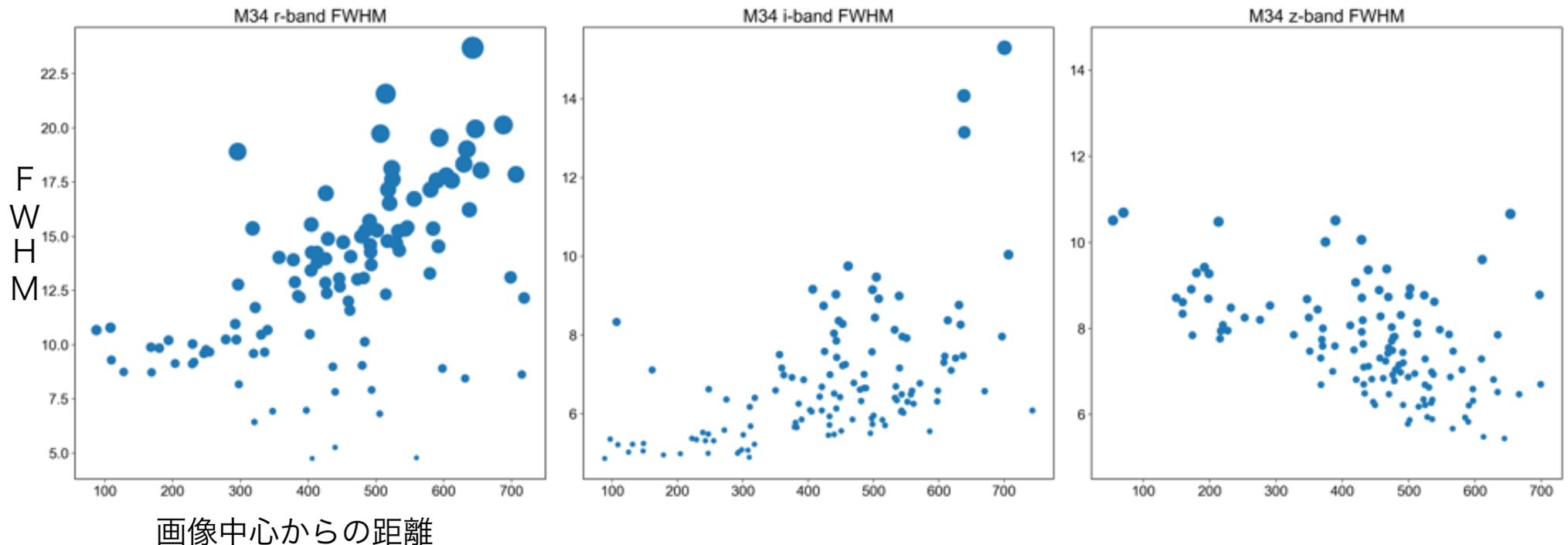
レデューサーの搭載で
1.4mag深い観測を達成！



- 依然としてオーバーサンプリング
- バンド間のフォーカスズレ
→ シムによる調節が必要

視野周辺部での星像の歪み

画像上の位置による星のFWHMを測定



rバンド>iバンド, zバンドは逆の傾向
→ 焦点位置の違いによる収差の変化
像面湾曲補正が必要 → 補正レンズの検討?

科学観測

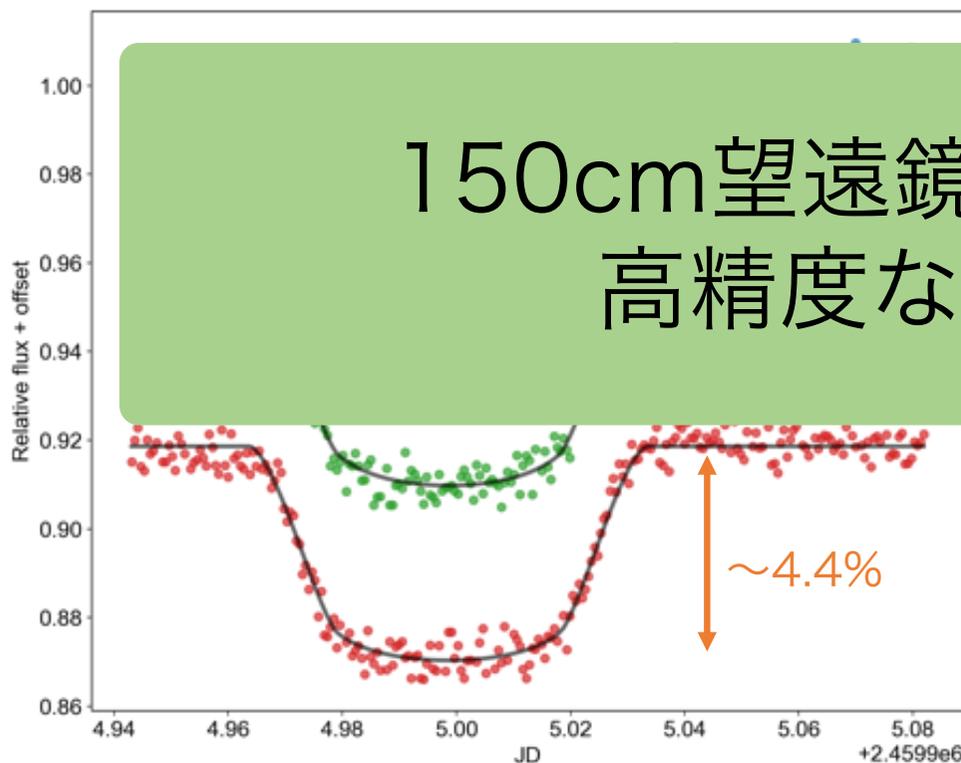
SaCRA望遠鏡(口径55cm)との比較

- 系外惑星トランジット

観測天体：TOI-3714, $r=14.67$, $i=13.63$, $z=13.17$

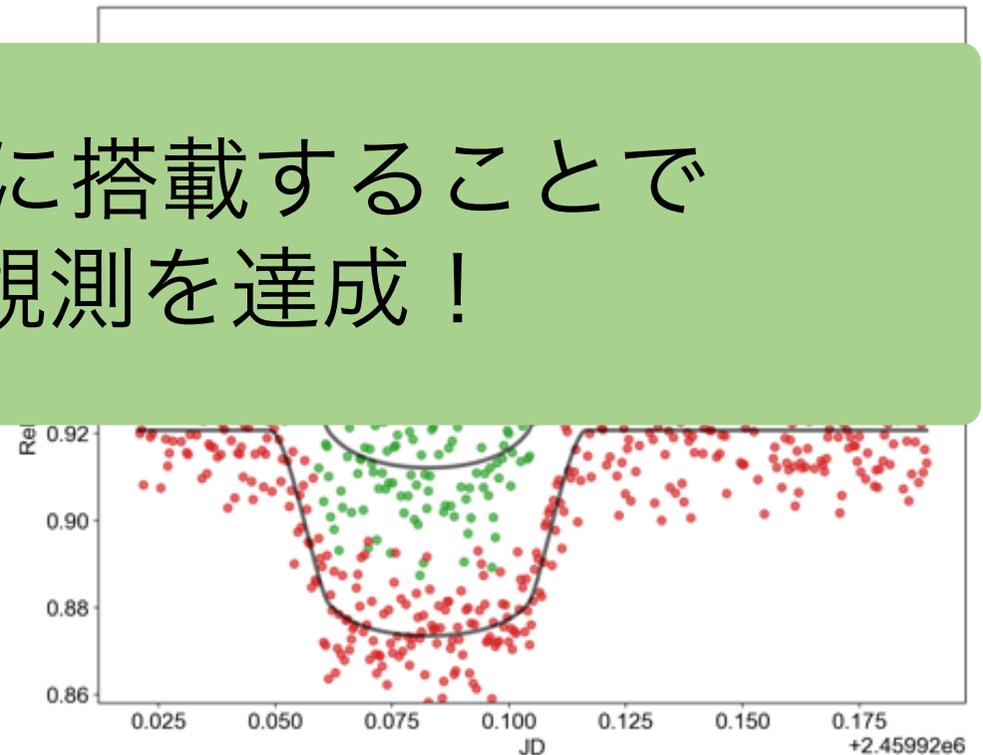
観測日：2022/11/21(GAO), 2022/12/06(SaCRA)

GAO150cm/MuSaSHI



Fitting sigma平均：0.021

SaCRA/MuSaSHI



Fitting sigma平均：0.027

150cm望遠鏡に搭載することで
高精度な観測を達成！

まとめ

ぐんま天文台150cm望遠鏡での多色同時撮像観測

→ SaCRA用のMuSaSHIを搭載・観測

- 直接搭載

視野が狭く(2.6'×2.5')、過度なオーバーサンプリング

配線の安全性/望遠鏡との接続 に課題

- レジューサー開発+搭載

視野の拡大(4.7'×4.6'; 0.27"/pix)

配線の改善+ソフトウェア整備

→ 安定した運用の実現(計13夜観測)！

課題/今後の展望

課題

- 観測夜数
→ さらなる性能評価+科学観測
- レデューサー導入後の課題
バンド間フォーカスズレ (シムによる対策を検討済み)
像面湾曲収差補正/視野周辺アストロメトリ 歪み

今後の展望

- SaCRAでのMuSaSHI2を開発
→ 150cm望遠鏡に現MuSaSHIを常駐
- (将来的に…)150cm望遠鏡専用の多色同時撮像観測装置開発
狭帯域多色同時撮像機能の搭載

ご静聴ありがとうございました！

