

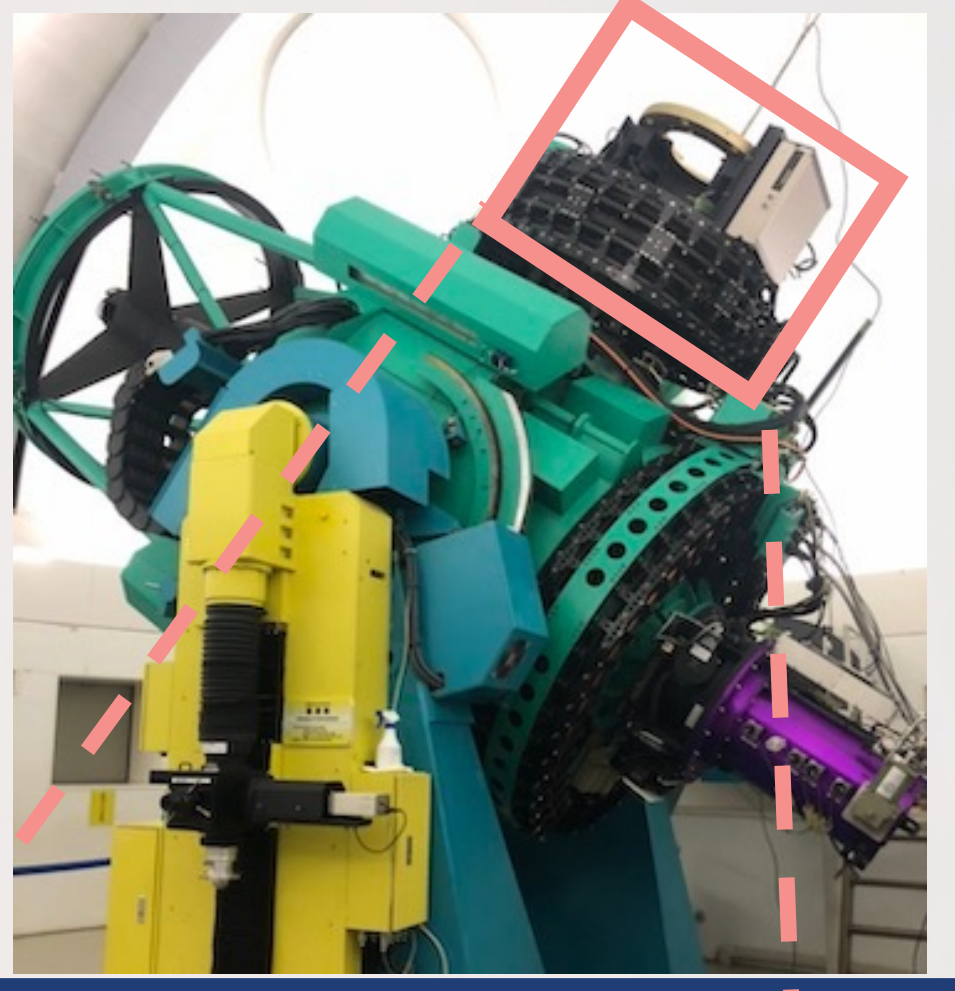
# ぐんま天文台150cm望遠鏡/MuSaSHIの科学観測とレデューサー開発の基礎実習 @OISTER教育プログラム

金井 昂大(埼玉大学)

## 概要

ぐんま天文台150cm望遠鏡での多色同時撮像観測を目的として、2020年度OISTER教育プログラムで埼玉大学”SaCRA”望遠鏡に開発された三波長同時撮像装置”MuSaSHI”を搭載するためのマウント製作を実施した。その結果、150cm望遠鏡ベントカセグレ1焦点への搭載を実現し、試験観測を通して科学観測が可能であることを確認した。しかし、中期的・定常的な運用を目指す上では、①視野が狭いこと②望遠鏡-装置間の通信③ケーブル配線などで課題があった。そこで、2021年度はMuSaSHIのぐんま天文台150cm望遠鏡での環境整備と、性能向上のためのレデューサー開発の実習を行なっている。

本講演では昨年度実施した観測成果の報告と、本年度実施している実習の途中経過報告および今後の展望について述べる。



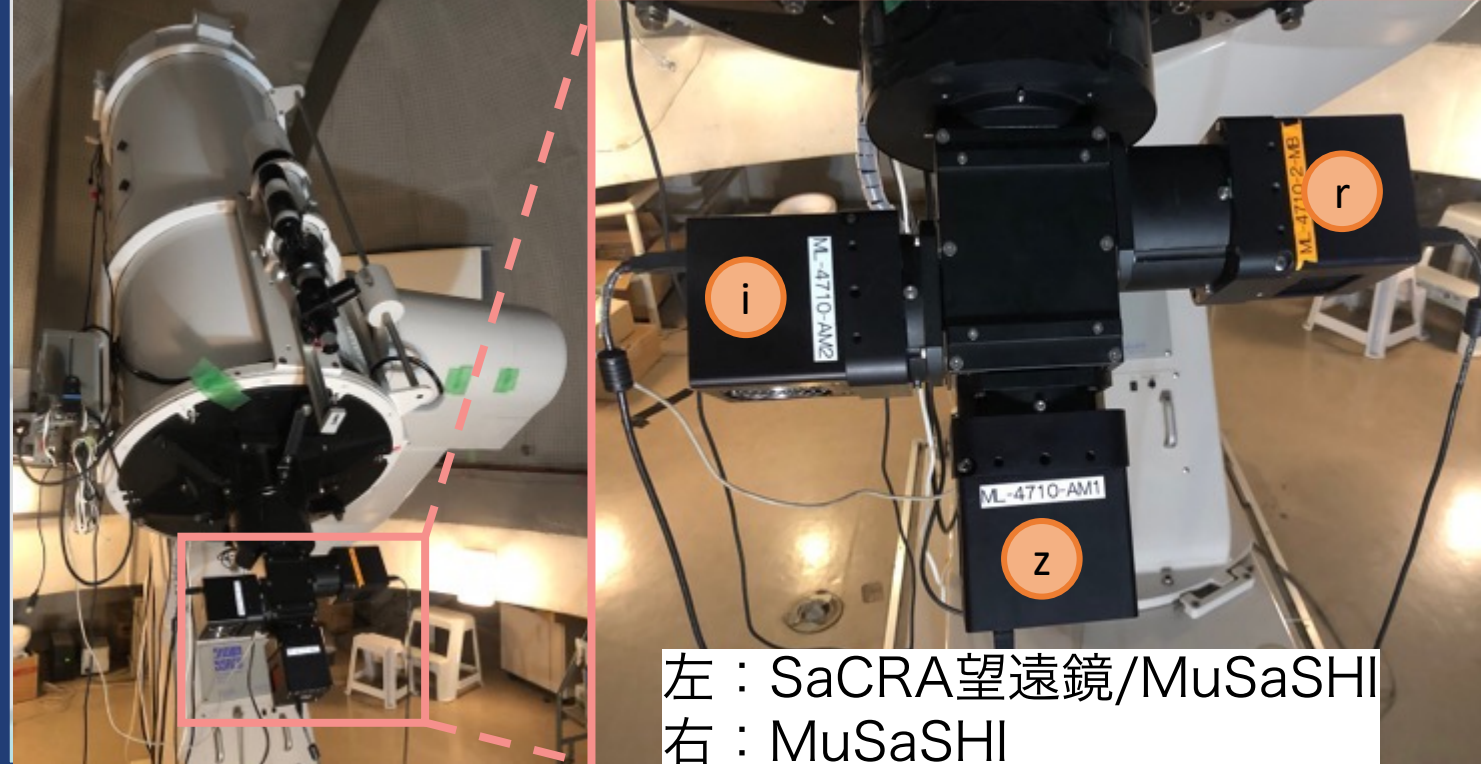
## ぐんま天文台 150cm望遠鏡

合成F値	12.2
カセグレ観測装置	赤外線観測装置 GIRCS
ベントカセグレ1観測装置	空き (MuSaSHI 搭載予定)
ベントカセグレ2観測装置	低分散分光撮像装置 GLOWS
ナスミス2観測装置	(高分散エシェル分光器) GAOS

→ 現在は多色同時撮像装置がない

## MuSaSHI

- ・ 埼玉大学55cm”SaCRA”望遠鏡(F6.5)用に開発(潮田 修士論文 2016, Oasa et al. 2020)
- ・ r,i,zバンド同時撮像観測+偏光観測
- ・ SaCRA搭載時の限界等級(S/N $\geq$ 10, zバンド) ~16.5等(1min), ~18.5等(30min)



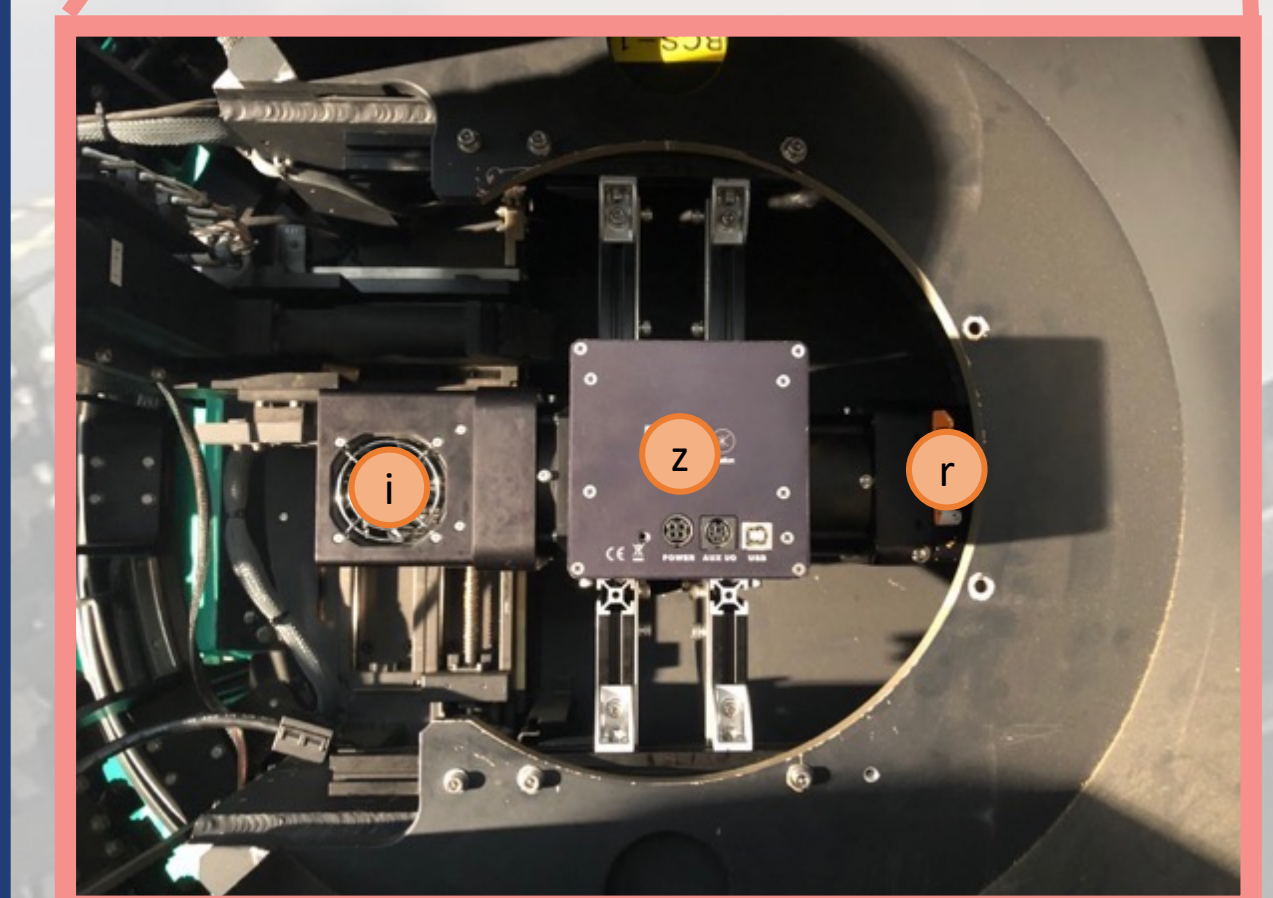
左: SaCRA望遠鏡/MuSaSHI 右: MuSaSHI

## 三波長同時偏光撮像装置”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)
重量	~10kg
CCD	FLI ML4710 MB/DD/AM
画素数(画素サイズ)	1056x1027(13 $\mu$ m)
観測視野 @SaCRA(F6.5)	12.8' x 12.4' (0.74"/pix)

## 取り付け (2020/10)

アルミフレームを用いて上下からの支持機構を製作 → 取り付けに成功



ぐんま150cm望遠鏡ベントカセグレ1焦点にMuSaSHIを取り付けた様子

## 試験観測・性能評価 2020

2021年10月の滞時は科学観測を実施できなかったため、2020年10月(ローターが動作しない不具合時)での観測成果を示す

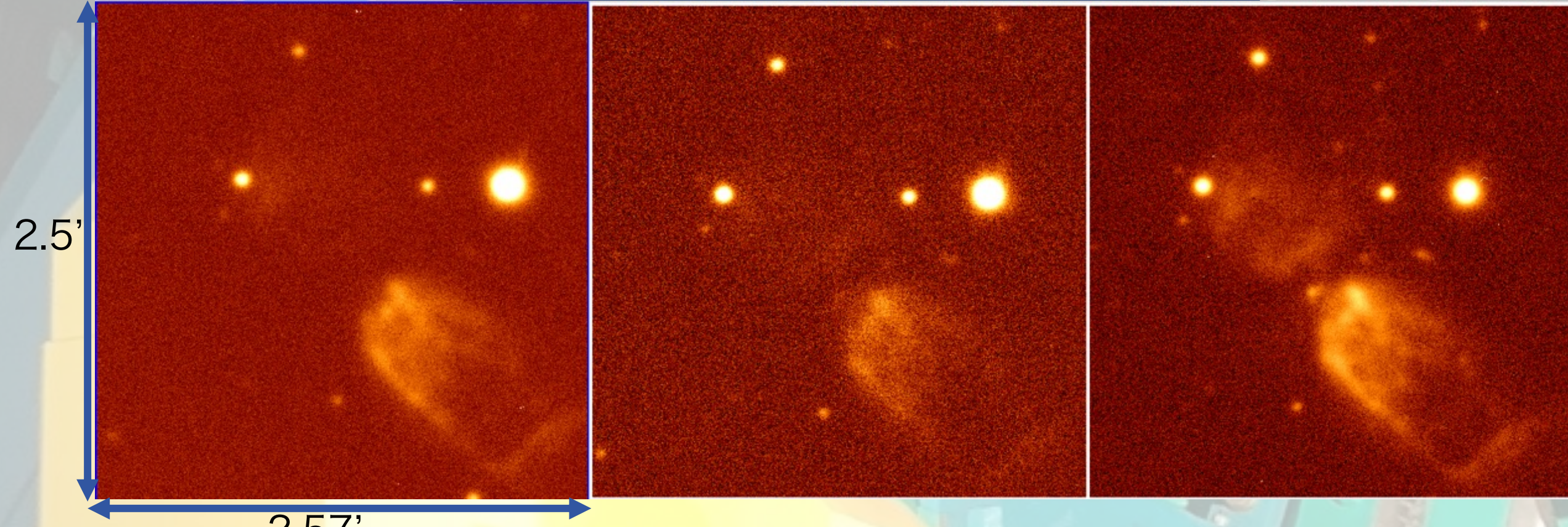
観測および性能評価項目の情報	
観測日	2020/10/28-30
観測天体	Landolt 標準領域 M15, M42, M37, M67, S106, R Mon, Mon R2, HAT-P-38, WR1.5-7, CW Leo
性能評価項目	ダーク/フラット精度, 視野/ピクセルスケール, 限界等級
シーイング	3" - 6"

150cm望遠鏡搭載時のMuSaSHIの性能

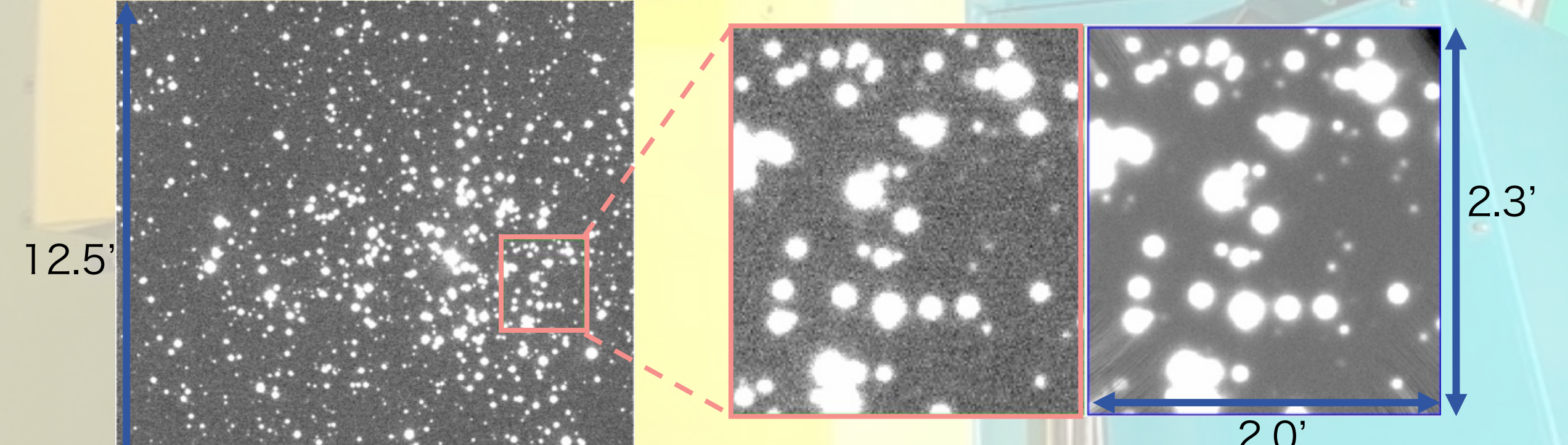
MuSaSHI@150cm望遠鏡	
F値	12.2
観測視野*1	2.57' x 2.50' (0.146"/pix)
限界等級*2	< 18.8mag (SaCRA: 17.3mag)

\*1 M37観測画像にwcsを貼って測定  
\*2 M37観測画像から見積もり

### ○取得画像例(S106/M37)



S106の画像(露出時間30秒)。左からr, i, zバンド



(左,中)SaCRA/MuSaSHIで観測したM37 rバンド積分時間15分 (右)150cm望遠鏡/MuSaSHIで観測したM37 rバンド/同15分 150cm望遠鏡/MuSaSHIの画像は1/2にピンニングしている。

### ○多波長トランジット観測

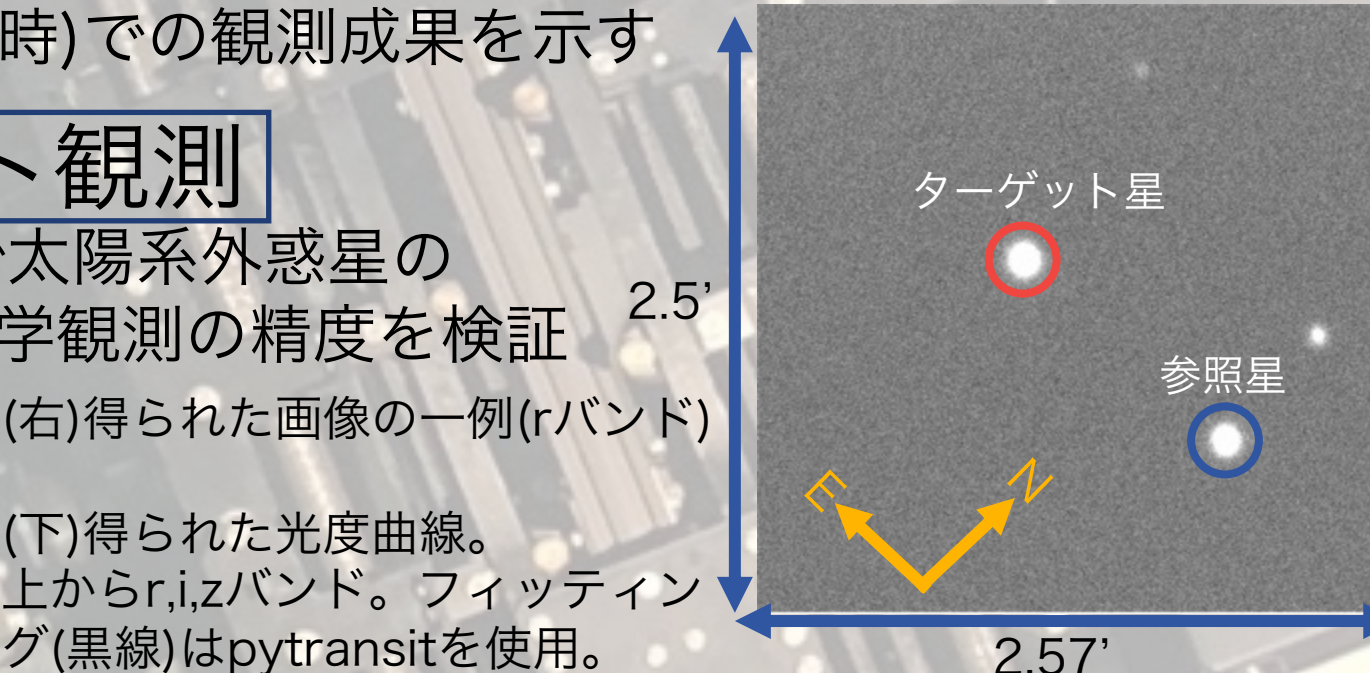
150cm望遠鏡/MuSaSHIで太陽系外惑星のトランジット現象を観測し、科学観測の精度を検証

トランジット観測の情報

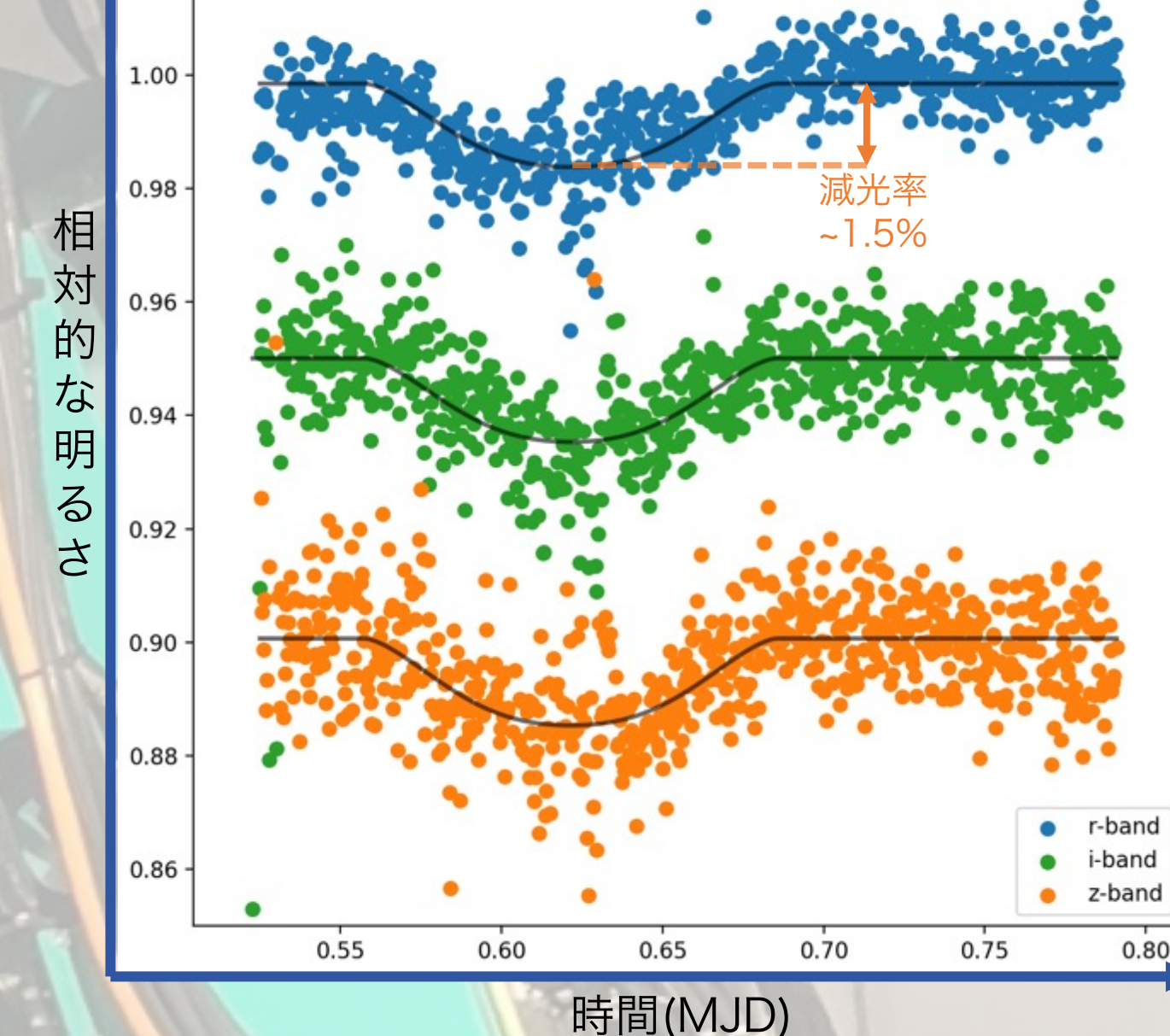
観測日	2020/10/30
観測時間	21:32 - 28:00
観測天体	HAT-P-38
等級	13.0 mag@z
露出時間	30 s
シーイング	~3"

トランジット解析結果

バンド	減光率(%)
r	1.496
i	1.530
z	1.522



ターゲット星 参照星



z=13.0等の天体の1.5(±0.001)%の減光を有意に検出

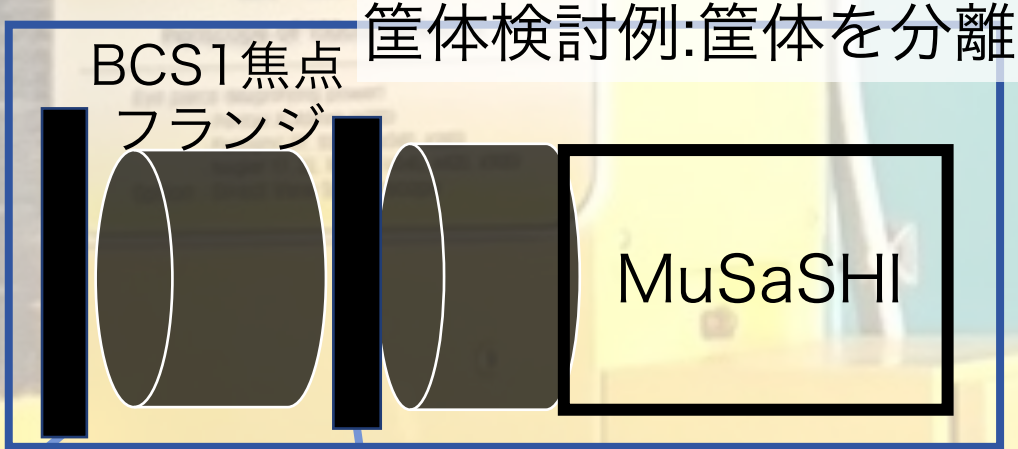
## 中期的/定常的運用に向けて

### ①視野の拡大 → レデューサー設計

ぐんま天文台の平均的なシーイング(2"-3")に対して、ピクセルスケールが約0.15"とオーバーサンプリングであるため、MuSaSHIの光学設計(F6.5)に合わせたレデューサーを開発し、観測視野の拡大、観測効率を向上させる。

→ 二枚のレンズを用いたレデューサーの検討

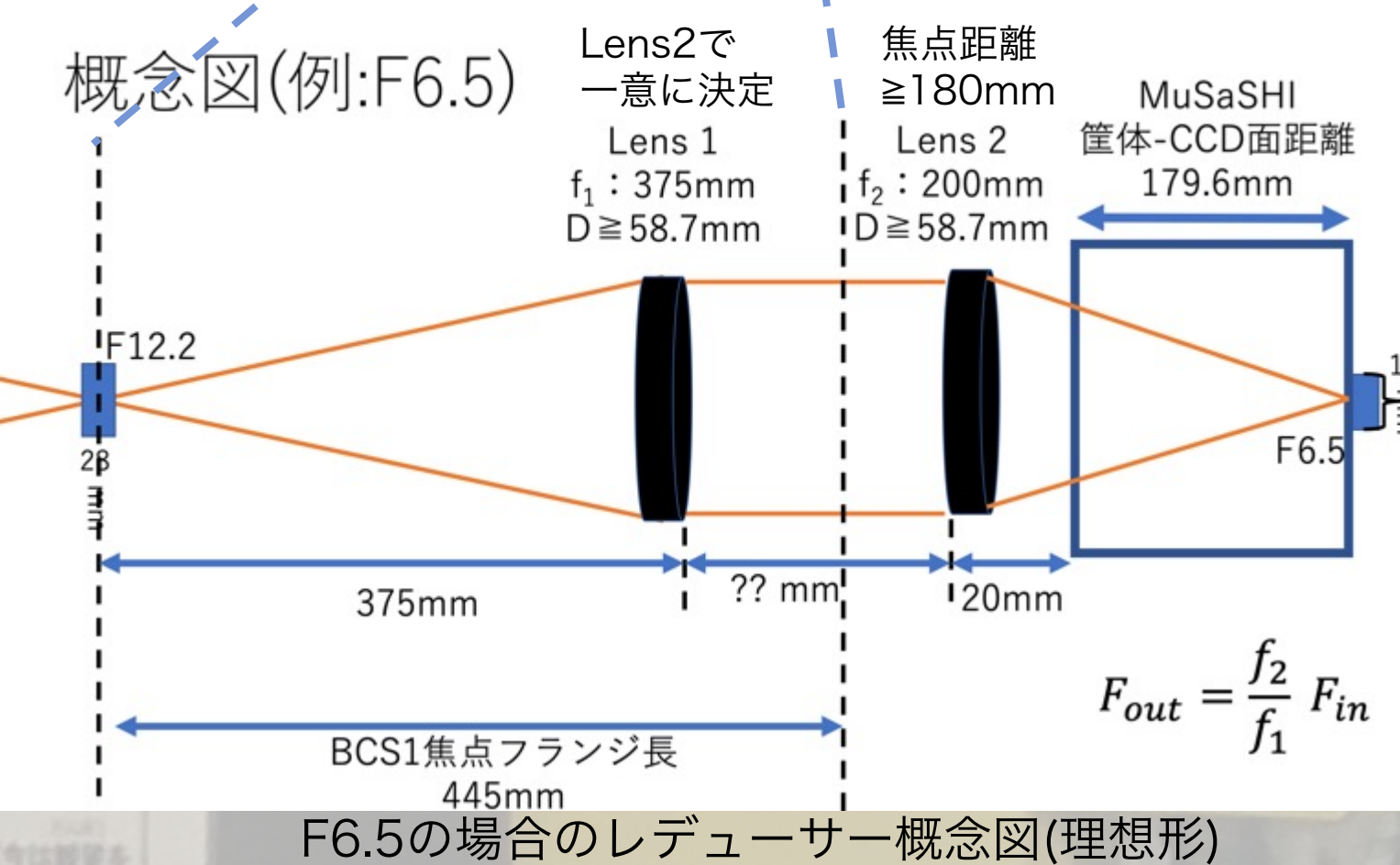
- ・ レンズの条件(既製品を調査中)
- ①アクロマートレンズ+コーティングが500-1000nm
- ②結像レンズの焦点距離( $f_2$ )が180mm以上
- ③二枚のレンズの焦点距離の比( $f_2/f_1$ )が約0.53(@F6.5)
- ④レンズの口径が $f_1/12.2+28$ mm (~60mm)以上



筐体の検討も含めて 年度内の製作/試験観測を目指す

既製品レンズの候補例			
メーカー	焦点距離	直径	
レンズ1 Thorlabs	300mm	50.8mm	
レンズ2 Edmund	400mm	75mm	
レンズ3 Thorlabs	180mm	50.8mm	
レンズ4 Edmund	200mm	75mm	

レンズの組み合わせ例  
・ レンズ1+3 → F7.3 視野:4.2'x4.2'  
・ レンズ2+4 → F6.1 視野:5.0'x5.0'



F6.5の場合のレデューサー概念図(理想形)

### ②通信の改善 → 望遠鏡-装置制御PCの接続

・ ネットワーク接続  
MuSaSHI制御PCをネットワークに接続するため、焦点部に光/Ethernet変換器を設置 → 望遠鏡制御が可能に。さらに配線を短縮。

・ 望遠鏡制御  
観測時の望遠鏡/気象情報の取得や望遠鏡の制御を行うため、中継機にアクセスする形でMuSaSHI制御PCと望遠鏡制御系を連携 → 観測時の情報のfitsヘッダー登録や即時性の高い望遠鏡操作が可能に。

### ③配線の改善 → MuSaSHI用焦点据え置きBOX

持ち込み時のスムーズな観測実施(=配線や物の設置の簡易化)、安定的な運用を実現するため、MuSaSHI制御PCやCCD用ACアダプター等を収納した焦点据え置きBOXを設置。 → 定常的運用へ活用。



現在設置されている旧CCD用計算機

旧CCD用計算機を MuSaSHI用配線BOXに置き換え



製作中の据え置きBOX内部

## まとめ

- ・ ぐんま天文台150cm望遠鏡にMuSaSHI搭載のためのマウントを設計/製作 → 観測可能な搭載状態を実現
- ・ 150cm望遠鏡+MuSaSHIで試験観測/性能評価/科学観測を実施 → 科学観測が可能であることを確認
- 中期/定常的運用のための準備
  - ・ 望遠鏡制御や望遠鏡/気象情報取得を実現
  - ・ 焦点据え置きBOXを製作し安定した運用
  - ・ レデューサーの検討 → 年度内の製作/試験観測を目指す。

## 今後の展望

- 中期的/定常的運用に向けて
  - レデューサーの製作
    - ・ レンズの検討/用意+筐体設計/製作 → 年度内の試験観測を目指す
  - 観測頻度の増加
  - MuSaSHIのコピーを製作し、定常的に設置
- 150cm望遠鏡専用に設計した多色撮像装置の製作

本実習では、前年度に引き続き橋本修氏(ぐんま天文台)、高橋英則氏(東京大学)に多大なるご尽力をいただいております。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

