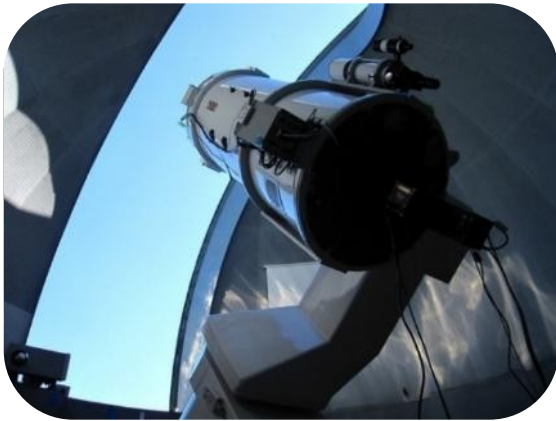


埼玉大学望遠鏡・装置制御系 “SaCRAシステム”の現状

～第6回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ@国立天文台～



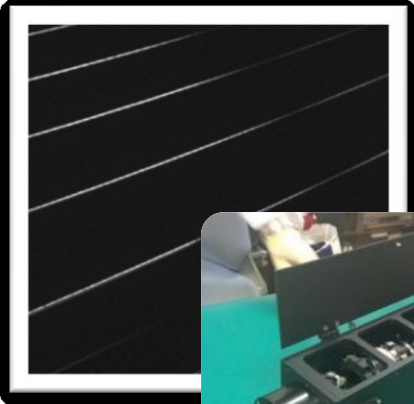
柴田 吉輝

大朝 由美子, 清水 孝志,
清野 玄太, 宮川 遼太 (埼玉大学)
潮田 和俊 (住田光学ガラス/埼玉大学)
木野 勝 (京都大学)

<outline>

- ・埼玉大学望遠鏡・観測装置制御系“SaCRAシステム”の概要
- ・観測システムの構築・更新
- ・“SaCRAシステム”による測光分光同時観測
- ・“SaCRAシステム”の性能評価
- ・三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”偏光観測ユニットの開発
- ・まとめと今後





埼玉大学望遠鏡・観測装置制御系
“SaCRAシステム”の概要

埼玉大学の観測装置



55cm反射望遠鏡“SaCRA”



36cm反射望遠鏡



三波長同時
偏光撮像装置
“MuSaSHI”(r',i',z')



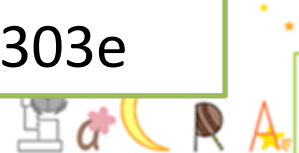
可視中分散
分光装置
(10,000 Å ~ 3,500 Å)

バンドパスフィルター

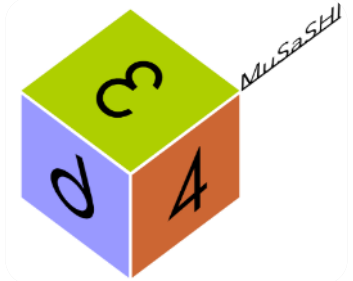
- B,V,Rc,r',i',z,H α

+ CCD検出器

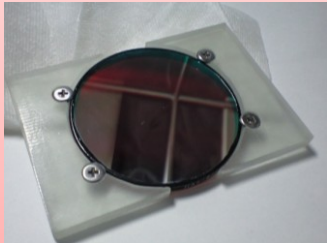
- FLI ML4710 MB/DD
- SBIG STXL-6303e



埼玉大学の観測装置 -三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”

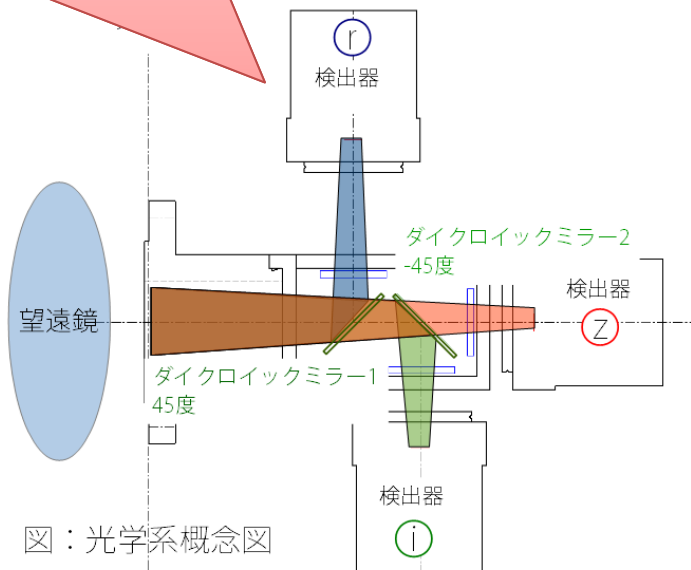


3Dプリンタを使用したバンドパス
フィルタアダプタを作成
→汎用円形フィルタを搭載可能に



ナローバンド
H α フィルタに交換
(中心波長: 6566 Å)

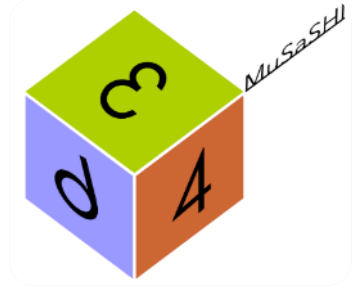
光学系	ウェッジ付きダイクロイックミラー +フィルター
検出器	FLI ML4710-DD × 2 ML4710-MB × 1
観測波長	SDSS r(5,500-6,800 Å) i(7,000-8,100 Å) z(8200-10,000 Å)
観測視野 @SaCRAカセグレン	12.8 × 12.5 arcmin (0.727 arcsec/pixel)
筐体	アルミニウム製 アルマイト処理表面 400 × 400 × 100mm ~10kg(+検出器)



図：光学系概念図



埼玉大学の観測装置 -三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”



3Dプリンタを使用したバンドパス

• MuSaSHIの特徴

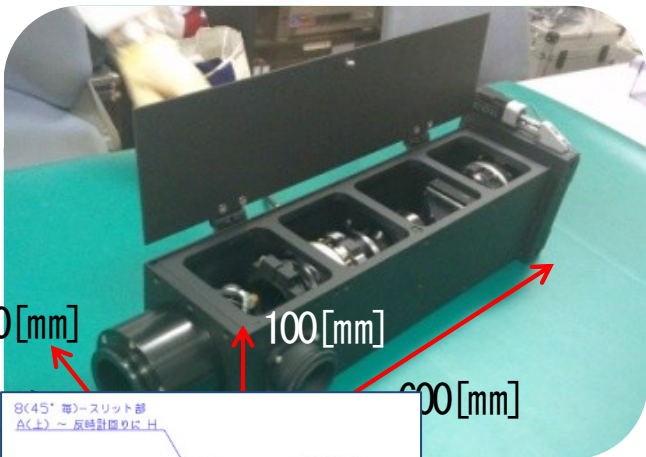
- ① 明るいF値に設計し、**高い効率**を有する3波長同時撮像ユニットの光学系
- ② 可視域の長波長側の3波長を選択
- ③ 3波長同時撮像ユニットと偏光ユニットを独立
- ④ **小さな筐体**であり、他の望遠鏡に搭載が容易

潮田 修士論文

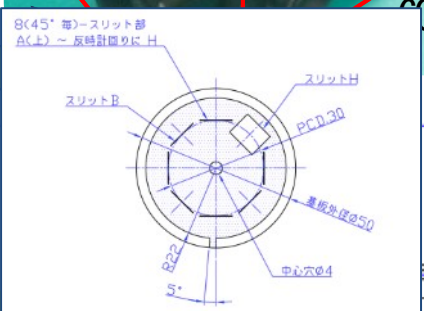


埼玉大学の観測装置 -可視中分散分光器

光学系	透過型エシェルグリズム,スリットターレット,エシェルグリズム,クロスディスペルザー,カメラレンズ
検出器	FLI ML4710-MB/DD
スリット幅	18~180 μm , ∞ の8種
観測波長	3700~10000[\AA]
分解能	R~3,000(@6,000 \AA スリット36 μm)
筐体	アルミニウム製(アルマイト処理表面) 600×100×100mm ~8kg



望遠鏡



望遠鏡からの光



スリットビューワー

Slit Viewer



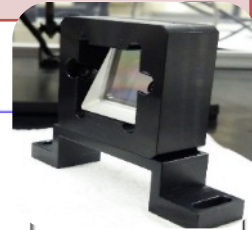
エシェル
グリズム

クロス
ディスペルザ

コリメータレンズ

カメラレンズ

Echelle Spectrometer



検出器



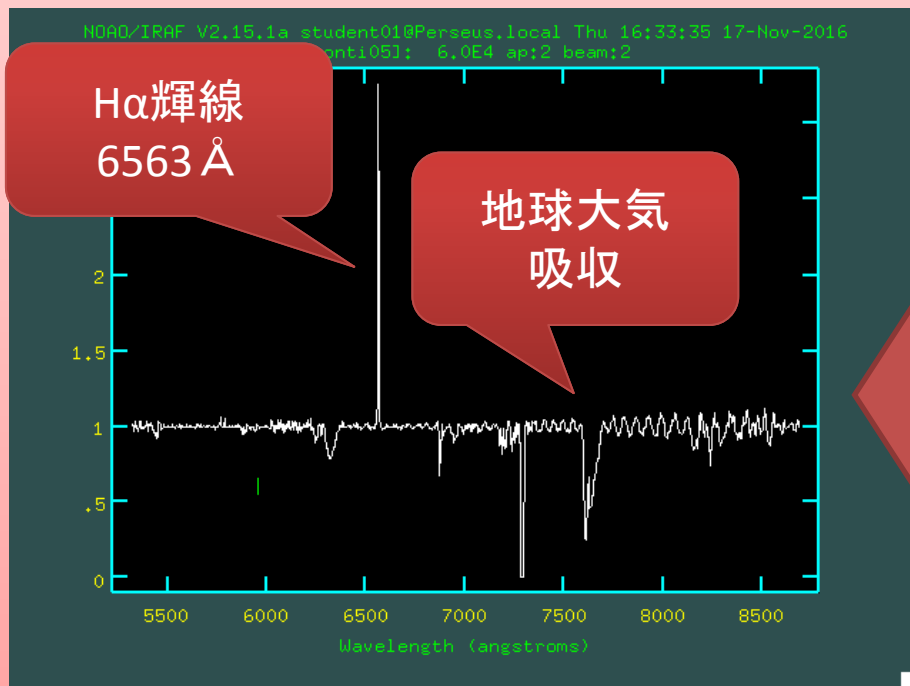
FLI

- 本分光器の目標・目的

- ① Tタウリ型星や月の地球照等の科学的観測

- ② 様々な天体のスペクトルテンプレートの作成

⇒ 高校生や大学生を対象に、観測したデータを用いて
“分光”や“スペクトル”についての教育的利用



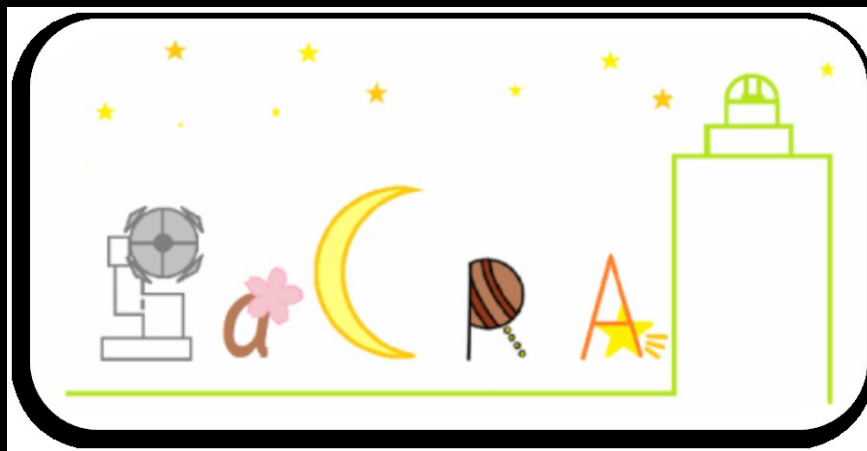
HD207650 (A1V) の
スペクトル
学部生の実習として使用中



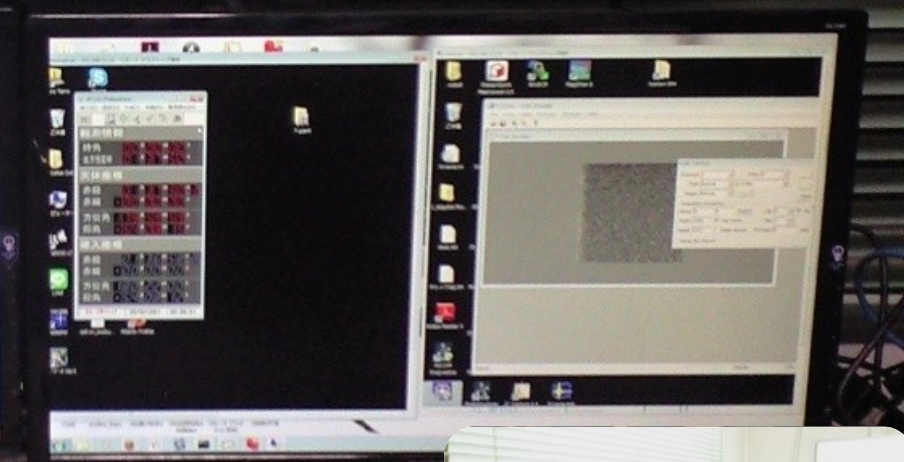
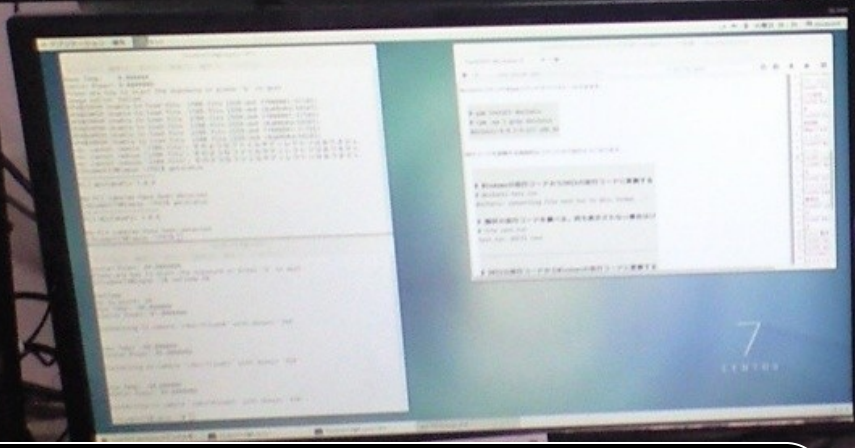
埼玉大学望遠鏡・観測装置制御系”SaCRAシステム”



埼玉大学望遠鏡・観測装置制御系“SaCRAシステム”



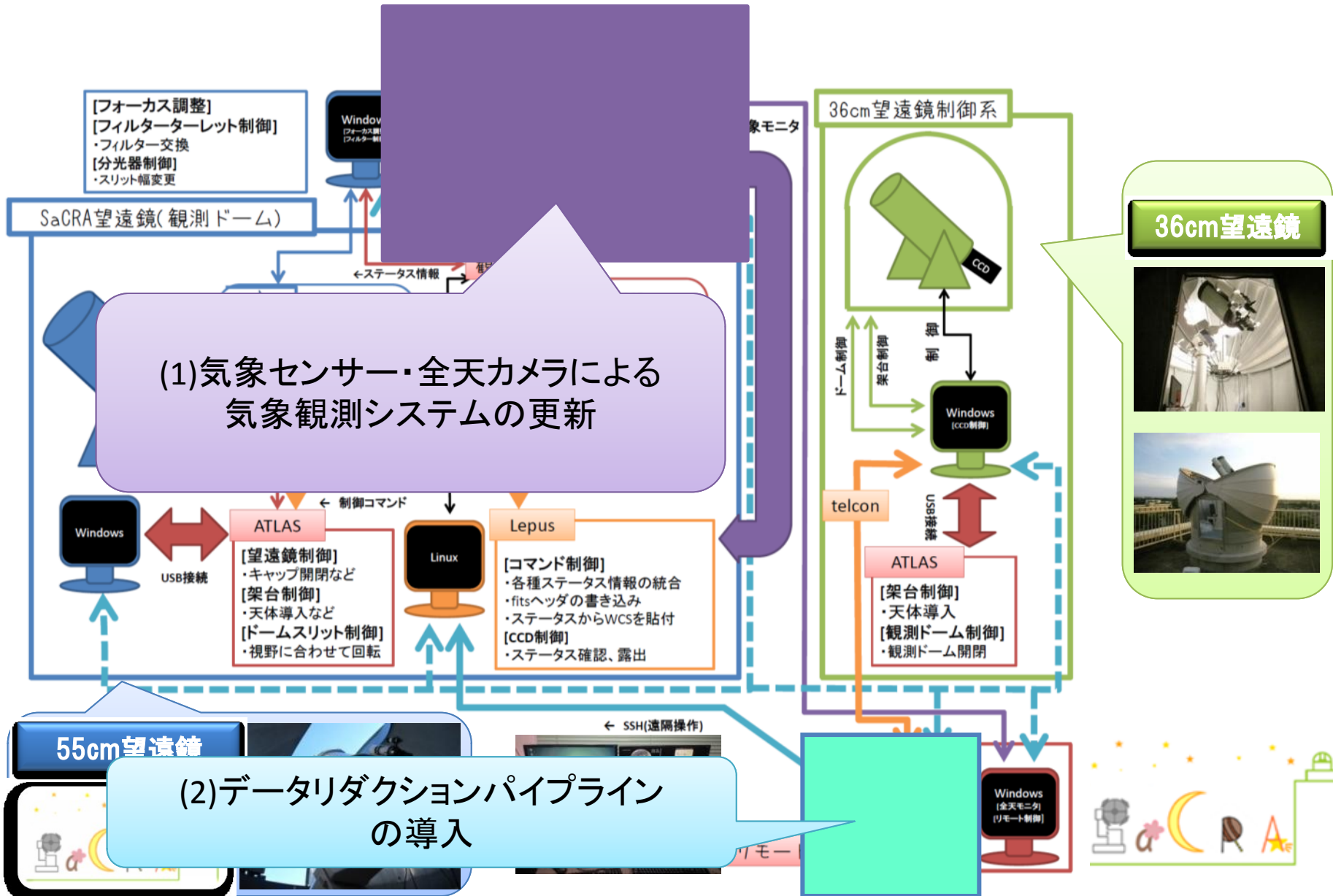
埼玉大学望遠鏡・観測装置制御系
“SaCRAシステム”



“SaCRAシステム”
の構築・更新

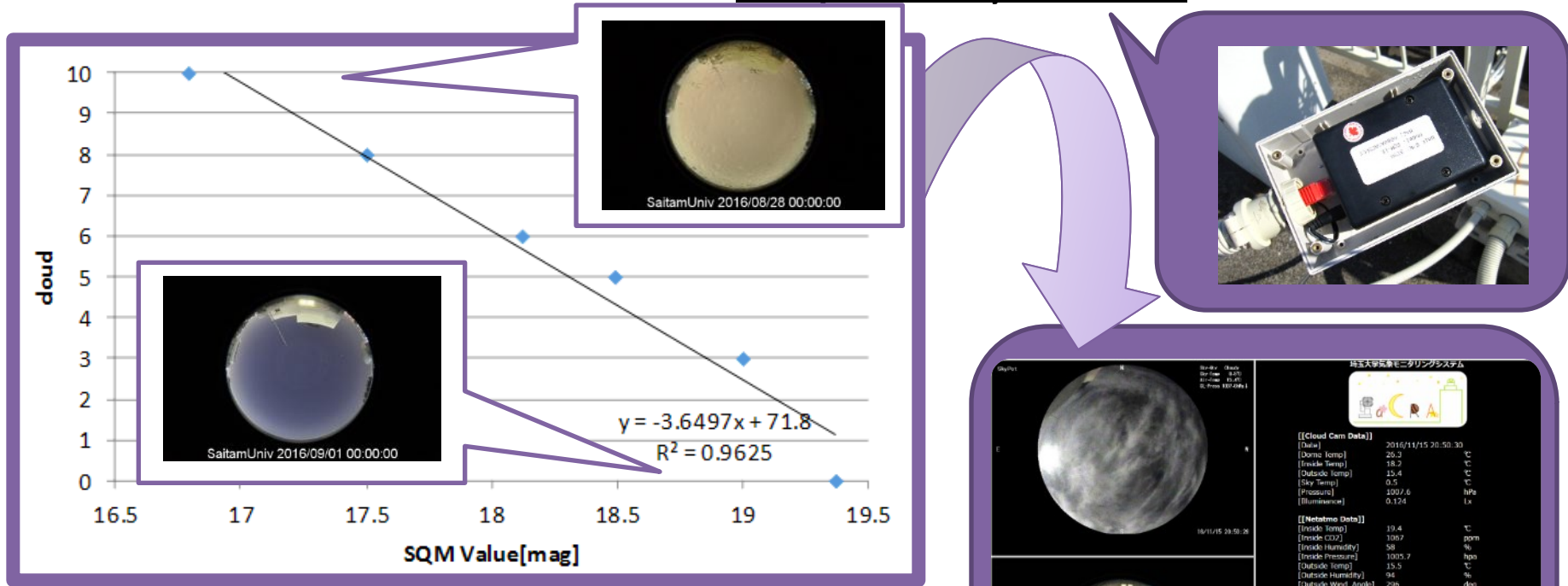


55cm及び36cm望遠鏡制御系”SaCRAシステム”



(1) 気象センサー・全天カメラによる気象観測システムの再構築

20平方度の空の明るさを測る“Sky Quality Meter”を導入



図：雲量とSQM値の関係

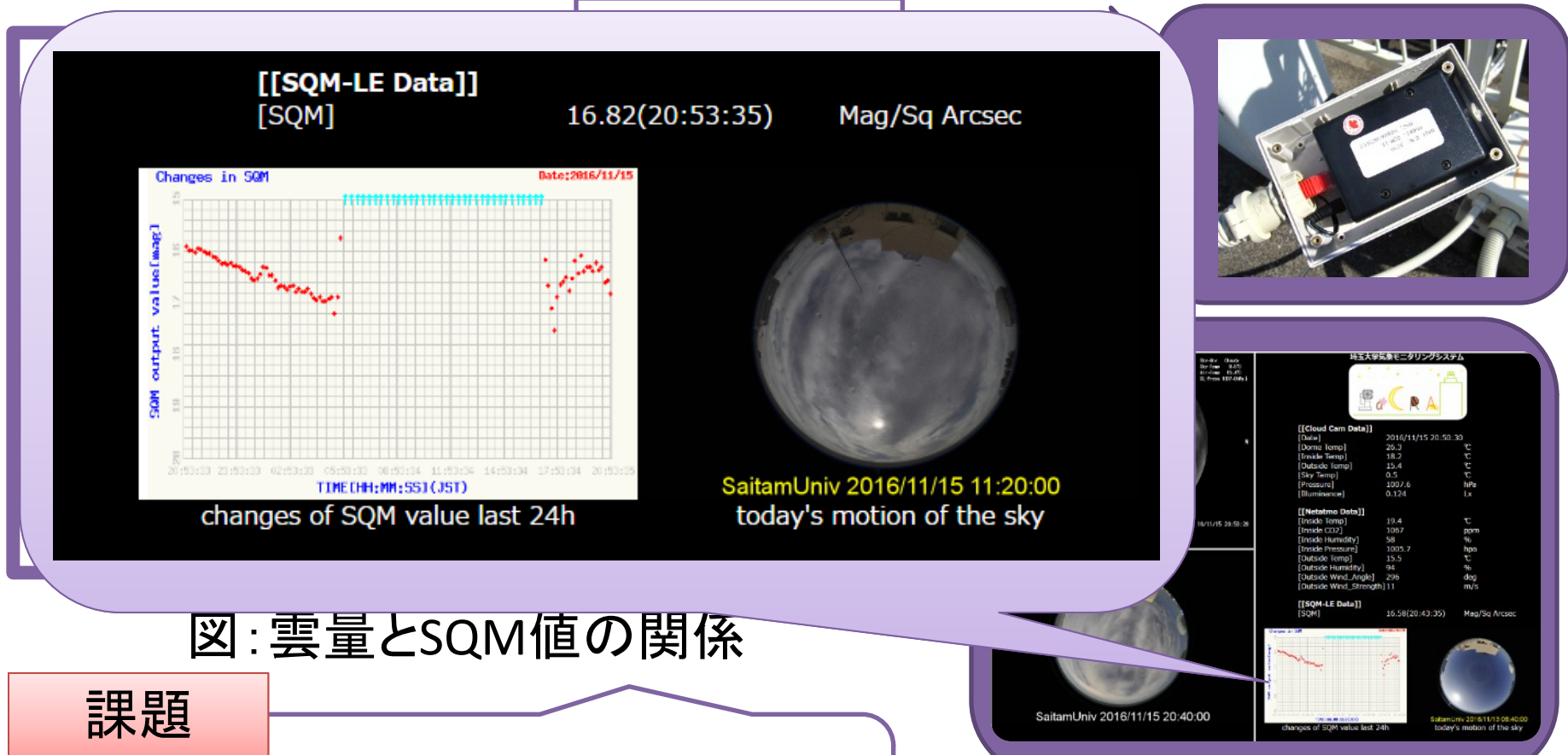
課題

- ・月による背景光の上昇
- ・天頂(20°) 付近以外の測定

モニタリングサイトに
天候アラームを表示

(1) 気象センサー・全天カメラによる気象観測システムの再構築

20平方度の空の明るさを測る“Sky Quality Meter”を導入



[[SQM-LE Data]]
[SQM] 16.82(20:53:35) Mag/Sq Arcsec

Changes in SQM
Date: 2016/11/15
SQM output values [mag]

changes of SQM value last 24h

SaitamUniv 2016/11/15 11:20:00
today's motion of the sky

埼玉大学気象センシングシステム

[[Cloud Cam Data]]	2016/11/15 20:50:30	
[Data]		
[Domo Temp]	20.2	°C
[Inside Temp]	18.2	°C
[Outside Temp]	15.4	°C
[Sky Temp]	0.5	°C
[Pressure]	1007.6	hPa
[Illuminance]	0.124	lx

[[Nebulino Data]]		
[Inside Temp]	19.4	°C
[Inside CO2]	1067	ppm
[Inside Humidity]	58	%
[Inside Pressure]	1005.7	hPa
[Outside Temp]	15.5	°C
[Outside Humidity]	84	%
[Outside Wind_Angle]	296	deg
[Outside Wind_Strength]	11	m/s

[[SQM-LE Data]]	16.58(20:43:35)	Mag/Sq Arcsec
[SQM]		

changes of SQM value last 24h

SaitamUniv 2016/11/15 20:40:00

SaitamUniv 2016/11/15 00:40:00
today's motion of the sky

図：雲量とSQM値の関係

課題

- ・月による背景光の上昇
- ・天頂(20°) 付近以外の測定

モニタリングサイトに
天候アラームを表示

(1) 気象センサー・全天カメラによる気象観測システムの構築

大学・研究機関と連携した、全国版天候観測サイトを構築

OISTER Network Monitor to skYcam for Japanese Institute

2016/11/17 17:26:56

(JST)

岡山

京都

埼玉

北海道

広島

兵庫

山梨

群馬

光・赤外線大学間連携事業 加盟機関

鹿児島
(予定)

新潟

ハワイ

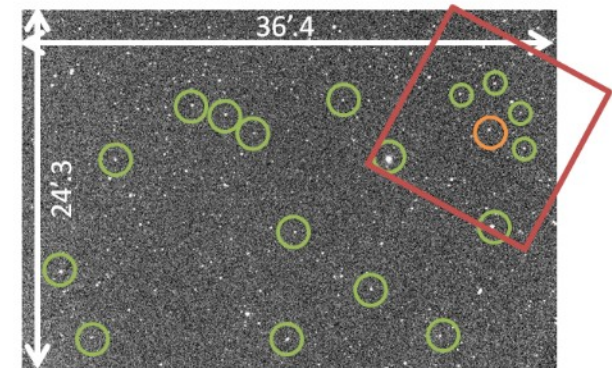
チリ

北海道
から
広島まで

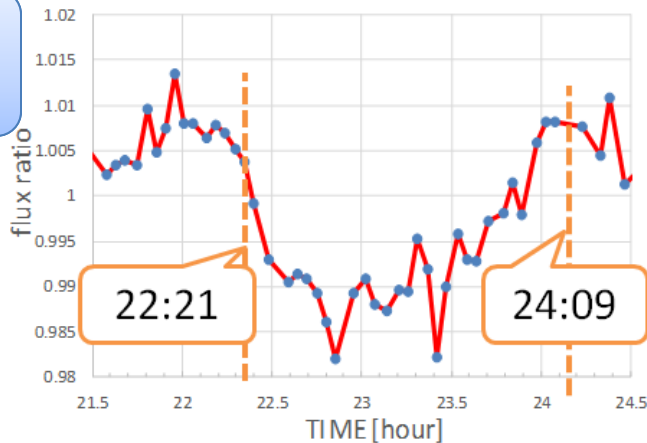
協同研究先
国内外11カ
所の天候を
確認可能

(2) 複数装置同時観測とデータリダクション パイプラインによる解析結果

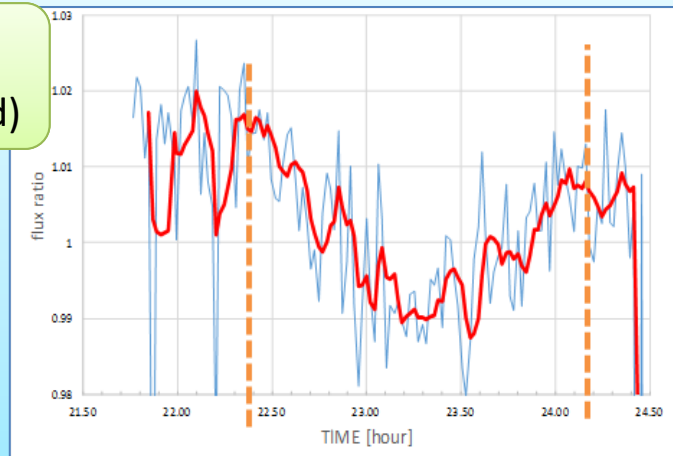
SaCRAシステムを使用し、“SaCRA” (rmag limit:16.4)
36cm望遠鏡(rmag limit:13.9)での同時観測を実施
光・赤外線大学間連携事業によるデータ
リダクションパイプラインを導入



“SaCRA”+
“MuSaSHI”



36cm+
CCD(i'band)



“SaCRA”+“MuSaSHI”と36cm望遠鏡同時観測で、
共に対象天体の光度変化を捉えることに成功！



“SaCRAシステム”による
測光分光同時観測

“SaCRAシステム”による分光測光同時観測

SaCRAシステムを使用し、“SaCRA”+可視中分散分光器と36cm望遠鏡の同時観測を実施

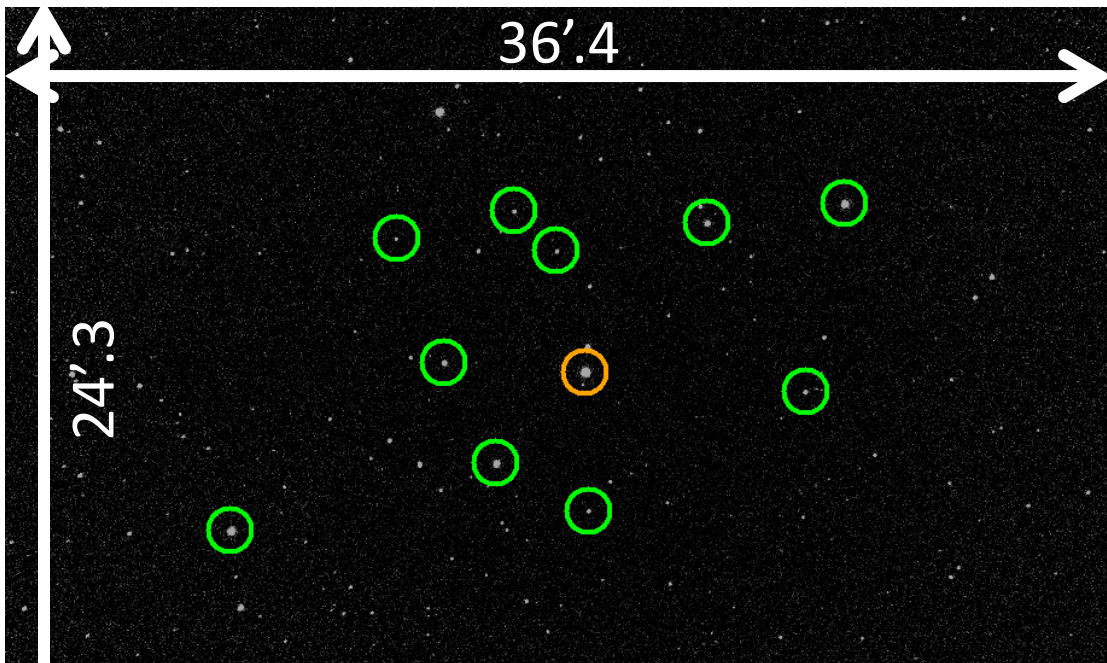


図:系外惑星系WASP-33
(橙色 $V=8.3\text{mag}$)とその
参照天体(緑)
[36cm + CCD (i'バンド)
exp:10s]

観測日時:
2016年10月24日

系外惑星系 WASP-33のトランジット現象を
測光、分光で、同時に観測

“SaCRAシステム”による分光測光同時観測

SaCRAシステムを使用し、“SaCRA”+可視中分散分光器と36cm望遠鏡の同時観測を実施

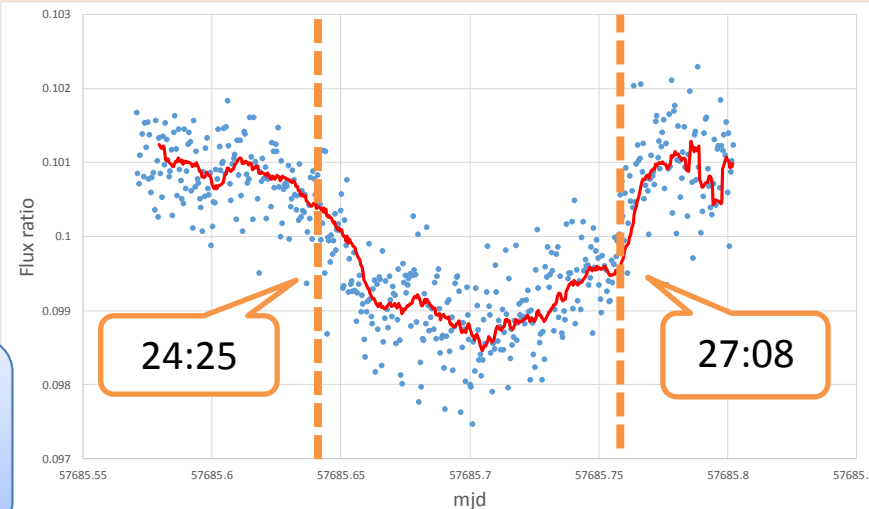
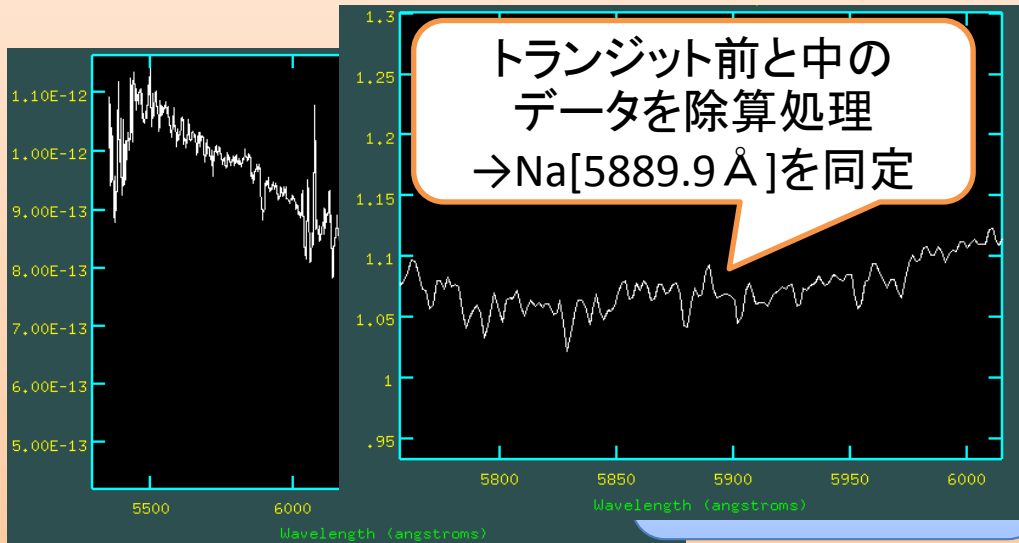
“SaCRA”
+可視中分散分光器



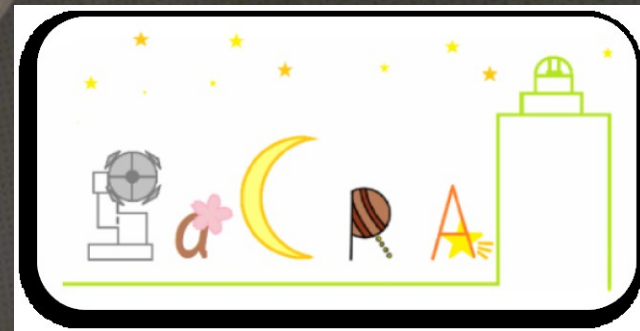
36cm+CCD(i'band)



トランジット前と中の
データを除算処理
→Na[5889.9 Å]を同定



“SaCRA”+分光器と36cm望遠鏡同時観測で、
光度曲線と分光データの同時取得に成功！

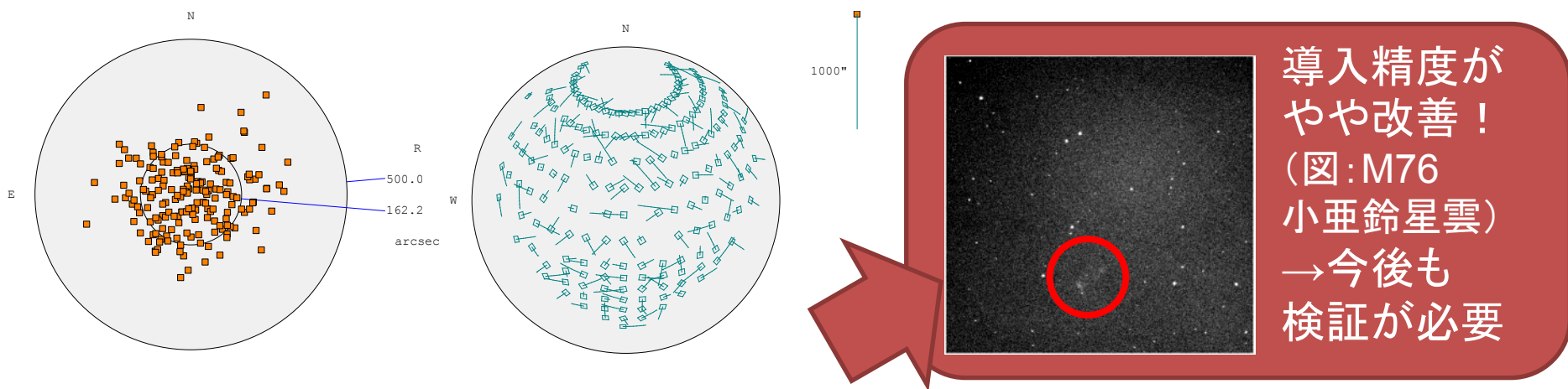


“SaCRAシステム”の
性能評価

“SaCRA”の性能評価を実施

▪ 追尾性能評価試験(分光器搭載時)

: 赤緯 0° の天体の南中時刻を含む約1時間同じ領域を撮像
1分当たりの検出器上の位置ずれ量を算出



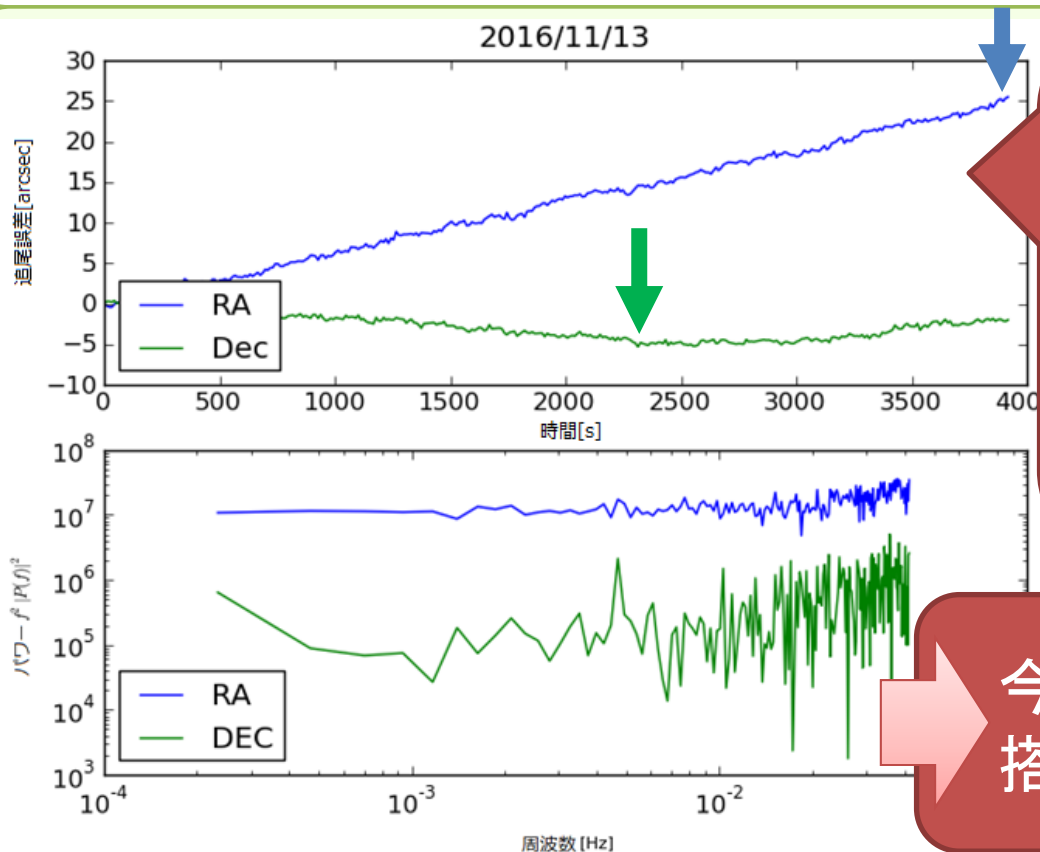
導入精度が
やや改善!
(図: M76
小亜鈴星雲)
→ 今後も
検証が必要

	RA[HH:MM:SS]	δ RA	DEC[DD:MM:SS]	δ DEC
導入座標	1:49:19.69	-	+51:34:31.7	-
補正パラメータ無し	1:42:26.951	-1'.815	+51:38:15.696	-3'.733
補正パラメータ有り(188天体)	1:42:21.537	-0'.462	+51:37:34.701	-3'.050

“SaCRA”の性能評価を実施

・追尾性能評価試験(分光器搭載時)

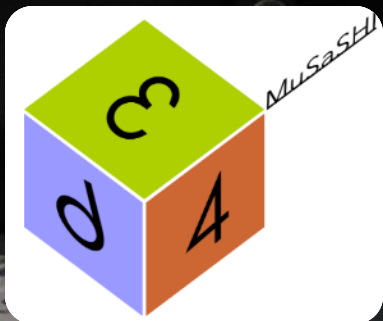
: 赤緯 0° の天体の南中時刻を含む約1時間同じ領域を撮像
1分当たりの検出器上の位置ずれ量を算出



	RA方向 位置ずれ [arcsec/min]	DEC方向 位置ずれ [arcsec/min]
石橋 2015	+0.56	+0.08
本観測結果 [最大值]	+0.39	-0.13

RA方向は、PAパラメータによって改善か？

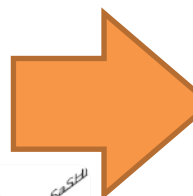
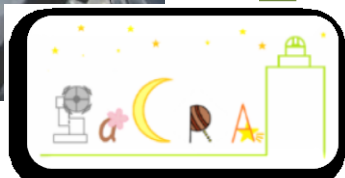
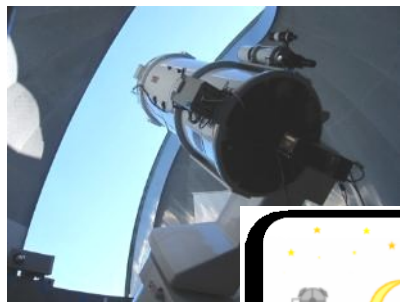
今後、各装置別(MuSaSHI搭載時等)で検証予定



三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”
偏光観測ユニットの開発

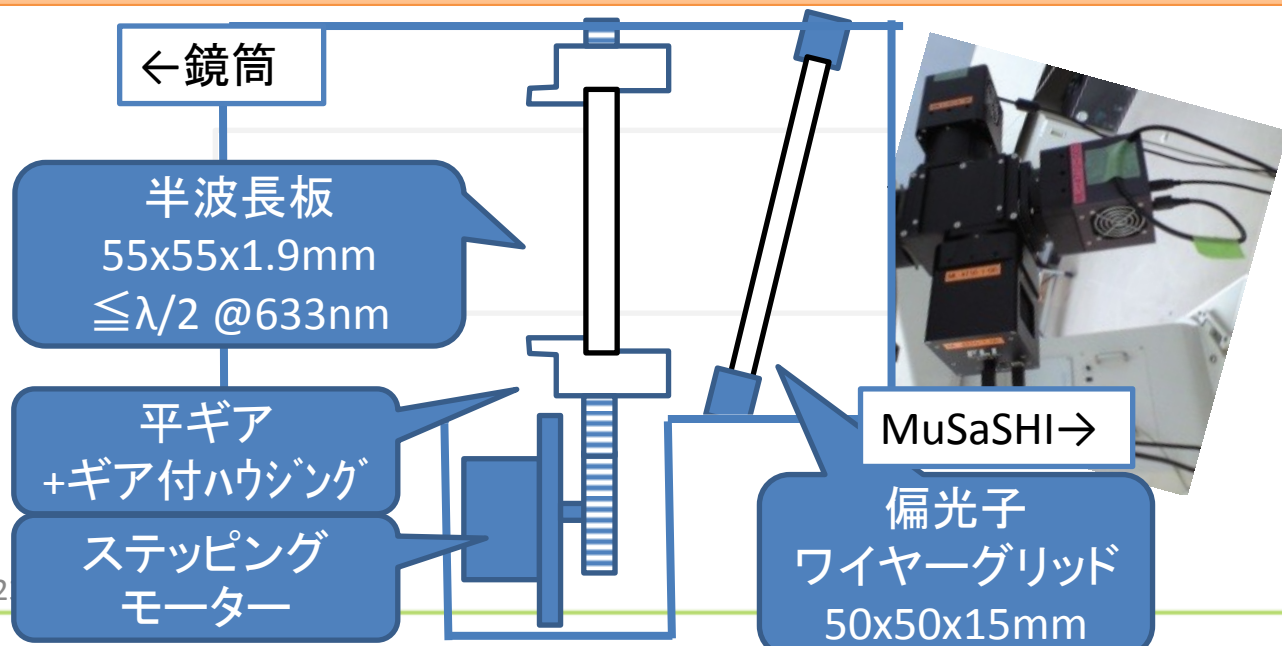
三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”

‐偏光観測ユニット”の開発



当初予定していた
直線偏光観測を
実施するための
偏光観測ユニット
を開発

[初期設計案] 光・赤外線大学間連携 WS 2015より



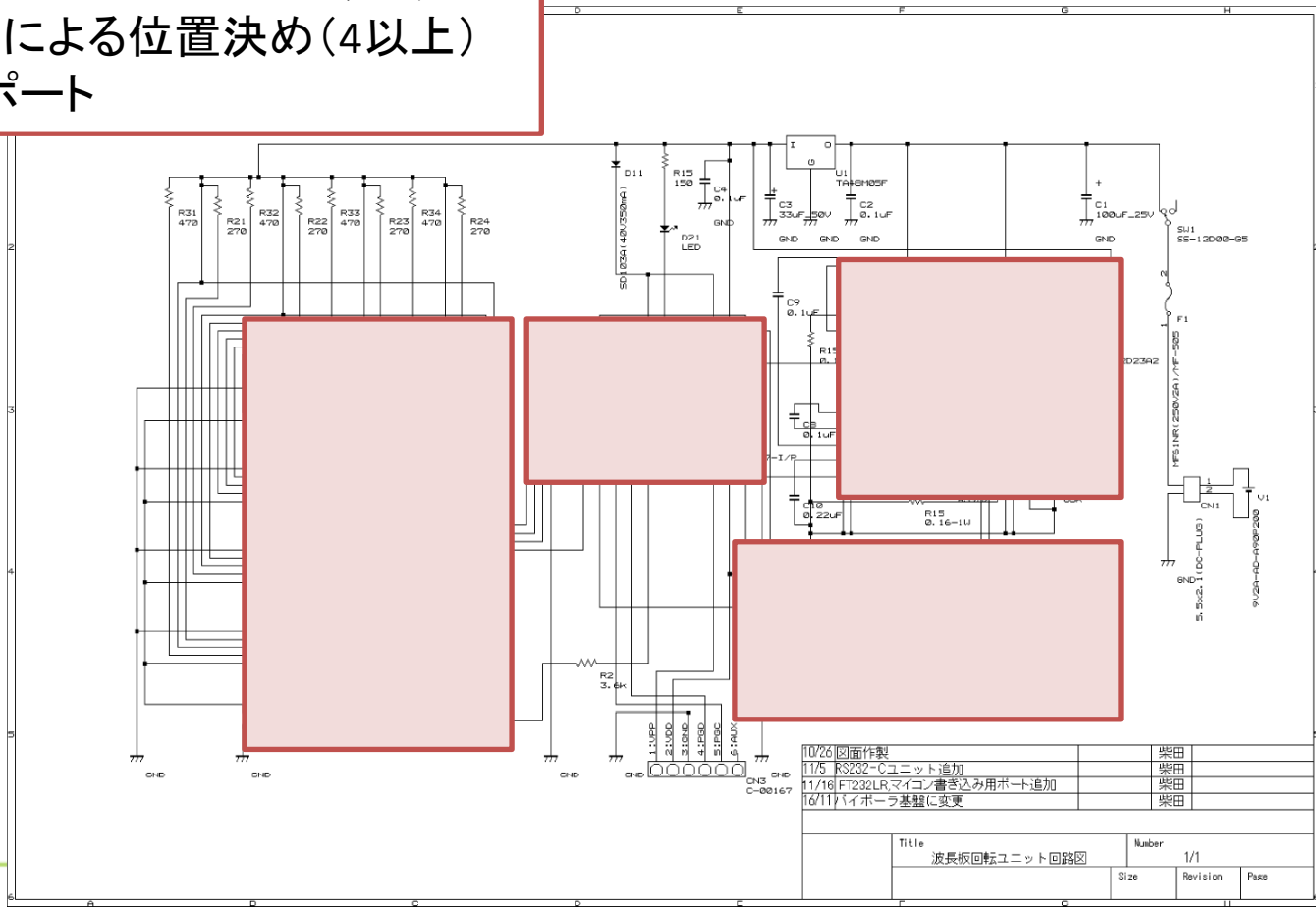
モーター+平ギア
ワイヤーグリッド
+半波長板
で偏光観測を実施



三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI” - “偏光観測ユニット”の開発・回路設計

<回路構成>

- ・PICマイコンによる制御
- ・ステッピングモーター+ギアorベルト+ベアリング
- ・フォトインタラプタセンサによる位置決め(4以上)
- ・PCとのシリアル通信用ポート

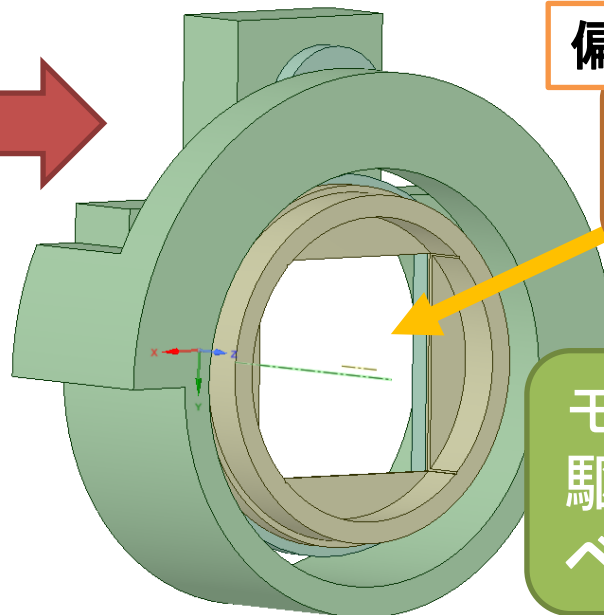
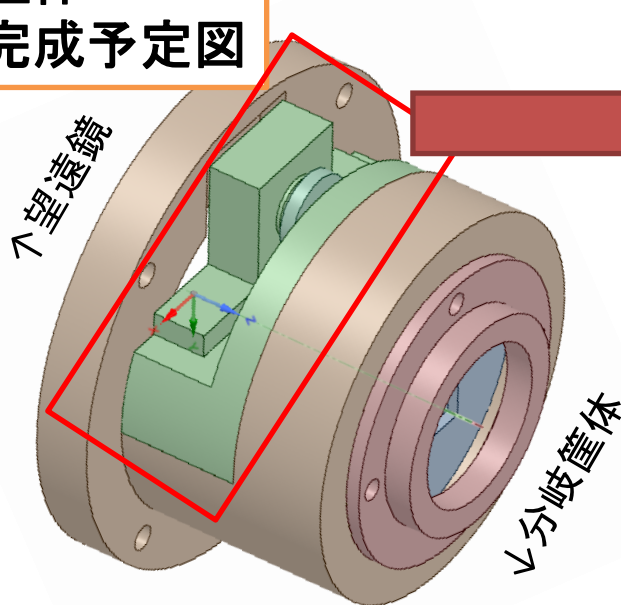


三波長同時偏光撮像装置“MuSaSHI”

‐偏光観測ユニット”の開発

- ①自重変形を考慮して、筐体を箱型から円筒形
- ②天候の変化等に応じて、偏光-無偏光を切り替えられるユニット式
…に変更し、最終設計段階に

筐体
完成予定図



偏光観測ユニット

モーター、ベアリング、
偏光素子を一体化

モーターとベアリングの
駆動伝達方法を検討中
ベルト駆動 or ギア駆動

今年度末、埼玉大学“SaCRA”他の
望遠鏡で観測予定



A nighttime photograph of a cityscape, viewed from an elevated position. The foreground is dark, while the middle ground is filled with numerous small, bright lights from buildings and streets. On the left side, a taller building with several lit windows is visible. The sky is dark and mostly clear.

まとめ・今後の課題

まとめ・今後の課題

埼玉大学の観測装置の改良およびこれを統括する 制御システムの構築、性能評価・更新を実施

(1)各種サブシステムの更新・再構築

- ✓ 気象センサー更新・照度計導入による気象観測システムの更新
- ✓ パイプラインによる簡易測光等の半自動化(2台同時トランジット観測)を実施

(2)複数装置での測光分光同時観測

- ✓ 中分散分光器と36cm望遠鏡によって恒星WASP-33のトランジット分光測光同時観測を実施

(3)“SaCRA システム”の性能評価

- ✓ 搭載フィルターによる限界等級を算出

(4)“MuSaSHI”偏光観測ユニットの設計を実施

- ✓ 年度内ファーストライト予定

→今後は、

- ・望遠鏡の性能評価と導入精度の改善
- ・“MuSaSHI”偏光観測ユニットの組み上げおよび性能評価

等を実施予定