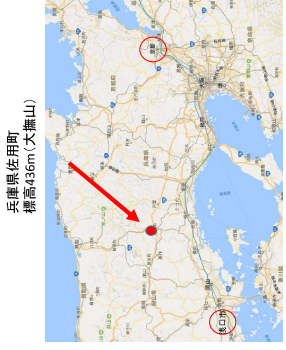


主鏡:有効口径2000mm  
焦点:カセグレン(F12)、ナスマス(F12)ナスマス2(F15)  
架台:経緯台(運動速度0.5度/秒)

## なゆた望遠鏡と観測装置の現状

本田 敏志  
and  
西はりま天文台スタッフ  
(兵庫県立大学)

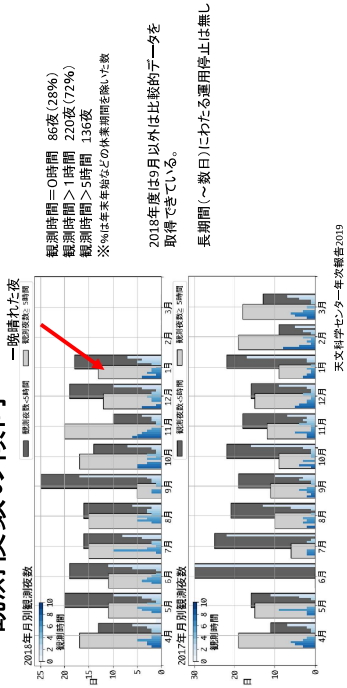
2019年度せいめい(光赤外)ユーザーズミーティング2019.08.08



兵庫県佐用町  
標高436m(穴藪山)



### 観測夜数の傾向

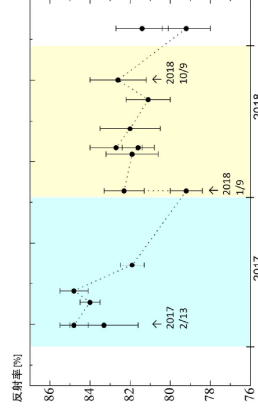


### 望遠鏡のトラブル

- ・制御系のエラー
  - ・たまにフォーカスなどが変えられなくなるが、たがいがいすくくに復旧できる。
- ・エンジン・ジャヤ車輪交換
  - ・車輪のベアリング劣化、回転時に一部干渉していた
- ・制御ボードの電源故障
  - ・予備部品に交換して復旧
- ・AZ,EL駆動部から油漏れ
- ・時刻装置の故障
  - ・GPSのロールオーバー



### 主鏡の反射率



2016年に主鏡を再蒸着  
反射率はおよそ80%以上を保持  
3か月に1回程度掃除している。

### 観測装置

- ・ナスマス焦点(×2)
- ・可視赤-中分散分光(MALLS)
- ・眼視観望
- ・(ハイビジョンカメラ)
- ・カセグレン焦点
  - (2つ同時取り付け)
- ・近赤外線撮像(NIC)
  - ・可視光多色撮像(MINT)
  - ・同時偏光撮像/分光(POL)
  - ・狭帯域撮像分光(LISS) 再大
  - ・WFGS2(2017年UHより移設)
  - ・高速スペクトル撮像(VTOS)

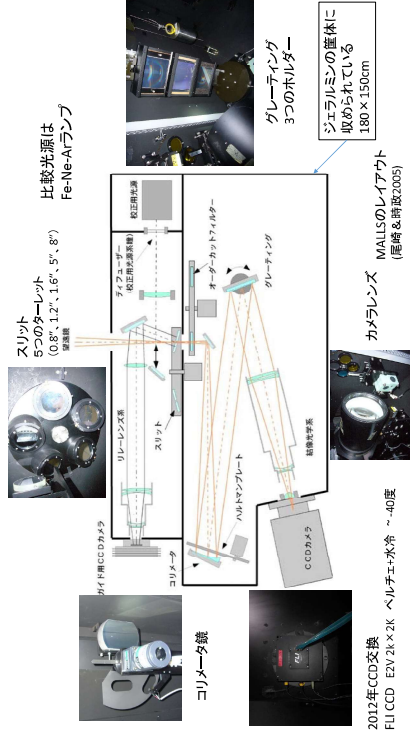
装置名	観測を実施した220夜中の利用率と利用数
NIC	23.8% / 71夜 (2017年度: 23.1% / 43夜)
MINT	2.0% / 6夜 (2017年度: 5.9% / 11夜)
MALLS	69.1% / 206夜 (2017年度: 68.8% / 128夜)
LISS	3.4% / 10夜 (2017年度: 12.0% / 22夜)
POL	0.3% / 1夜 (2017年度: 15.6% / 29夜)
WFGS2	1.3% / 4夜 (2017年度: 2.7% / 5夜)



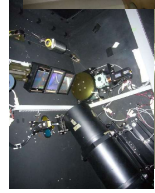
2018年度は装置交換作業18回

## 中・低分散ロングスリット分光器 (MALLS)

- ナスミス台に搭載
- 3つの回折格子と5つのスリット
- R = 400 ~ 10,000
- $\lambda = 3800 \sim 9000 \text{ \AA}$
- イメージローター無し
- 2014年10月に取り外した。
- R $\sim$ 9000 V $\sim$ 15
- R $\sim$ 1400 V $\sim$ 17
- R $\sim$ 700 V $\sim$ 17
- 600sec, S/N $\sim$ 10, @5500A
- 1.5" seeing



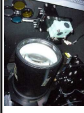
2012年CCD交換  
FU CCD EV2k x 2k ベルチエフ冷却  $\sim$ 40度



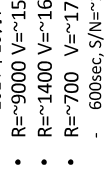
比較光源は  
Fe-Ne-Arランプ



MALLSのレイアウト  
(尾崎&晴取2005)

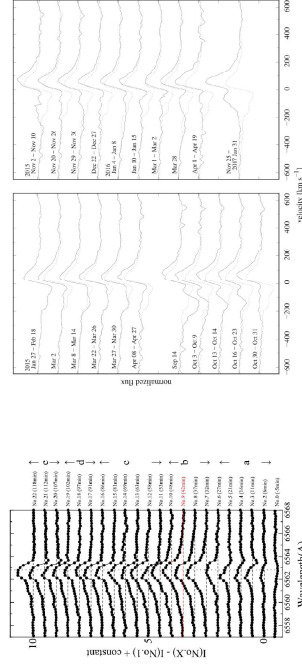


カメラレンズ  
ジェラルミンの筐体に  
取められている  
180 x 150cm



### 高い波長分解能で時間変動を追う観測

MALLSで得られた  
スペクトルの例

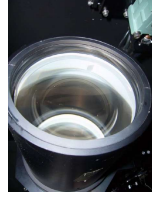


フレア星 EV Lac (V $\sim$ 9)  
Honda et al., 2018 PASJ

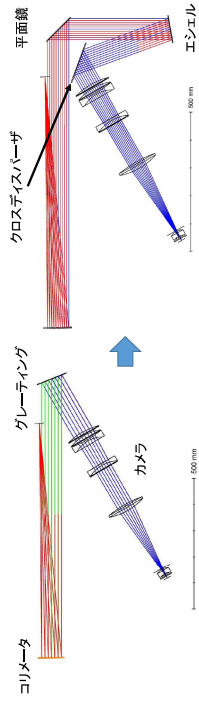
FU Ori 型星 V960 Mon (V $\sim$ 11-13)  
Takegi et al., 2018 ApJ

## エシエル化の検討

- 2013年頃よりMALLSのエシエル化を検討
- RGI製 エシエル回折格子 (71.5度, 31.6/mm) 購入
  - 110 x 220 x 30 (mm)
- e2v製 2k x 4kチップを3枚入手
- 2016年度より共同利用拠点を3枚入手
  - 予算は2018年度まで
- クロスディスプレイ等購入
- カメラなどをそのまま利用したエシエル化を行う
  - カメラの焦点距離が短い(341.5mm)ため分解能は1"幅スリットでもR $\sim$ 50,000程度になる。



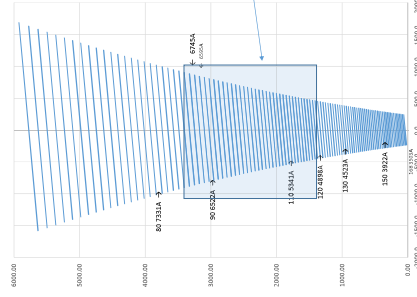
- 現状の構成(低・中分散分光)も保持したい。
- MALLSはほぼ毎夜利用されており、停止は出来ない。
- 限られた予算で開発。



なるべくロー配置にしたい。  
現状のシステムにはできるだけ手を加えない。

- 平面鏡で光を筐体内の空いているスペースへ折り曲げ、エシエルとクロスディスプレイを追加する。
- クロスディスプレイをステージに載せ、出し入れすることで従来のモードと切り替える。

スペースが十分でなく、光が一部クラレる可能性がある。

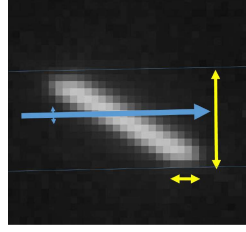
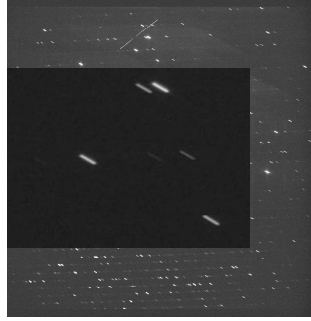


1秒スリット (3pix x サンプルング)  
R=42,000 @ 6000A

波長域は4900 $\sim$ 6800 Åの  
スペクトルが得られる。  
7000 Åを超えたとつながらなくなる。  
クロスディスプレイの角度は  
固定して運用する。

将来的にはCCDを2K x 4Kに  
することで観測波長域を  
広げることが目指す。

スリット 120 x 550  $\mu\text{m}$  (17 x 4.6") で得られた  
コンパリソン画像 (Fe-Ne-Ar)



スペクトルを抽出するときには  
アパーチャを分割して処理する

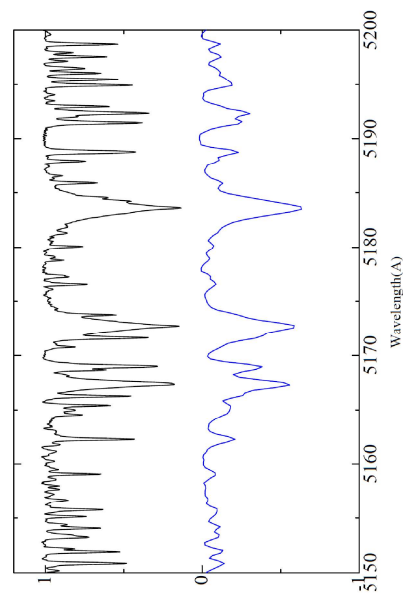
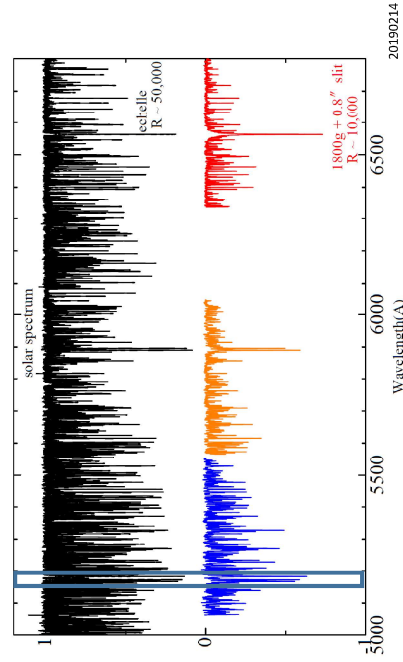
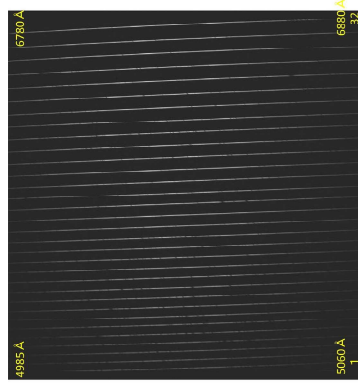
傾いたスリット像

### Alp Booのスペクトル

32本  
4985~6880 Å

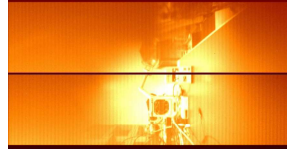
H $\alpha$ とH $\beta$ を同時に入れるのは  
やや困難か

M $\beta$ (5100)、Li(6707)が入る  
この波長域に固定して  
運用する。



### 2k x 4k e2v CCD (杉江 -> 井上)

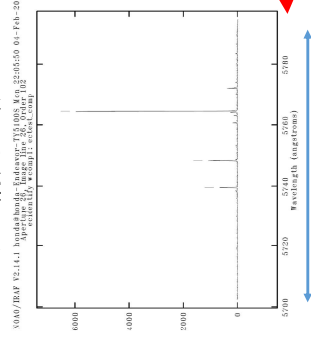
- デュワーーを作成し冷却試験を行い、CCD素子を  
-90°Cまで冷却することに成功した。
- 国立天文台のMESSIAGとMFront2を組み合わせ、  
天体の光を画像データとして取得する読み出し  
システムを開発。
- エンジニアリングチップでデータの読み出しにも成功、  
ダークはやや高いがバンドカラムは多くない。
  - 読み出し: 2.9e ダーク: 2.1e/hr/pix



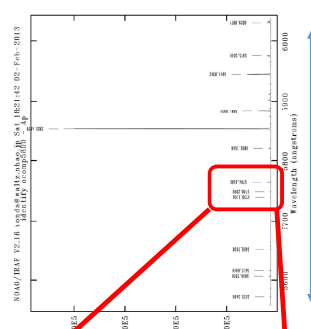
試験的に得た画像 @NAOJ

- 現在冷却試験を継続中

エシエルで得られたコンパリソン



現状のmaskで得られるコンパリソン



90 Å

450 Å

Fe-Ne-Arではラインが不足

## 現状の性能まとめ

- 1秒 (長さ方向4.5")スリットでは実質R~35,000程度
  - 「仮」スリットでは、R>50,000程度のスペクトルが得られたが。。。
- 波長域は5000 ~ 6800Åが取得できる。
- 傾いたスリットの対応
- データ処理がややめんどろ。
- 1pix当たりの光はMALLSの最高分散モードより1/10程度か？

### 検討事項

- 安定性の向上 (地震対策含む)
- データ処理の簡素化

## Malls エシエル今後の予定

- Th-AIランプのインストロール
- 次期共同利用 (10月 ~) から公開
- 低分散分光はWFGS2でも対応へ
- エシエル用スリットを増やすか？
- CCD 2k x 4k取り付け -> 4000-8000 Å をカバー
- イメージスライサーの導入、ファイバースコープ化
- CCDモザイク化 (4k x 4k)
- etc.

OA0/HIDES -> 惑星探査に特化へ  
くんま/GAOS -> 岡山でRV測定専用  
系外惑星関係以外のサイエンスに  
対応できるように

## MALLSの現状

- 低分散 150本回折格子 R~400-800 V~17
- 中分散 1800本回折格子 R~5000-10000 V~13
- 高分散 エシエル R~35000 V~10

## 今後の予定

- 波長校正用光源をTh-AIに変更
- 2K x 4K CCDのインストロール

## 可視多色撮像装置 (MINT)



- B, V, Rc, Ic, g, r, i, z, (VR)
- 限界等級 60秒積分、S/N= V~20:1mag
- FLI CCD 2K x 2K
- 視野10.9' x 10.9'
- ピクセルスケール0.32"
- CCDは WFGS2へ移設
- 装置は運用停止へ

運用終了

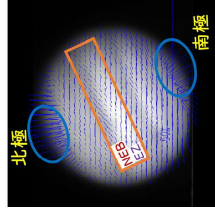


WFGS2に統合

## 同時偏光撮像分光 (POL)

0°, 45°, 90°, 135° の4つの直線偏光成分の明るさを同時に取得できる

- 公開していない装置
- 分光機能を追加 (2016年橋本幸論)
- 木星の大気 (2018年池邊修論)
- 地球照の観測 (高橋)



木星偏光ベクトル(ババント)  
Ikebe et al. in prep.

内部利用で運用中



WFGS2に統合予定