

KOOLS-IFU用簡易自動観測 システムの開発

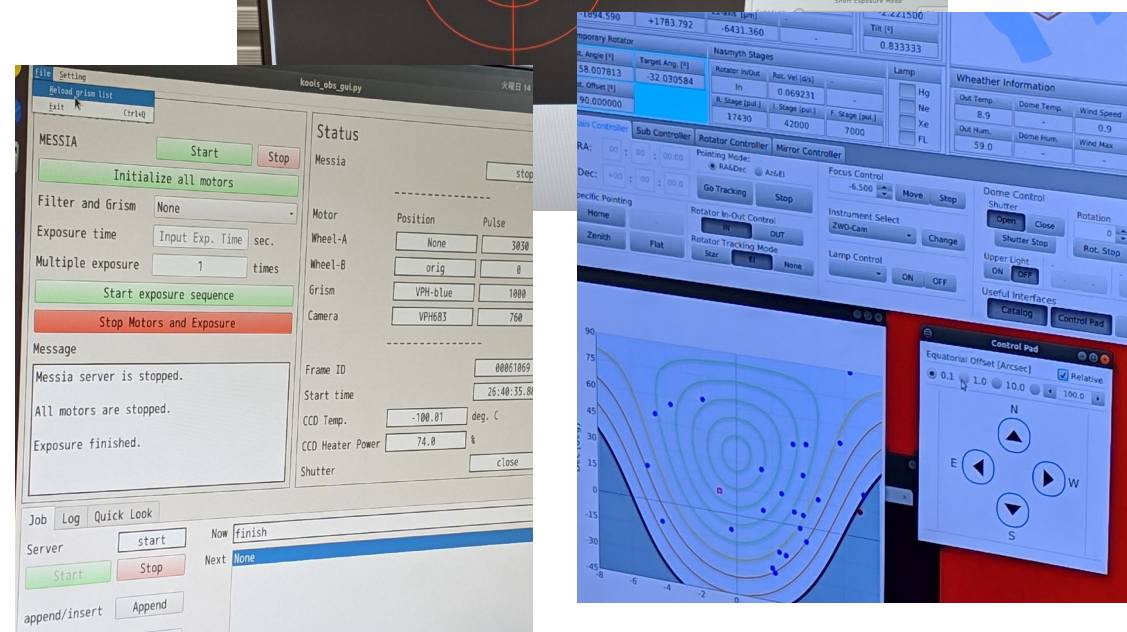
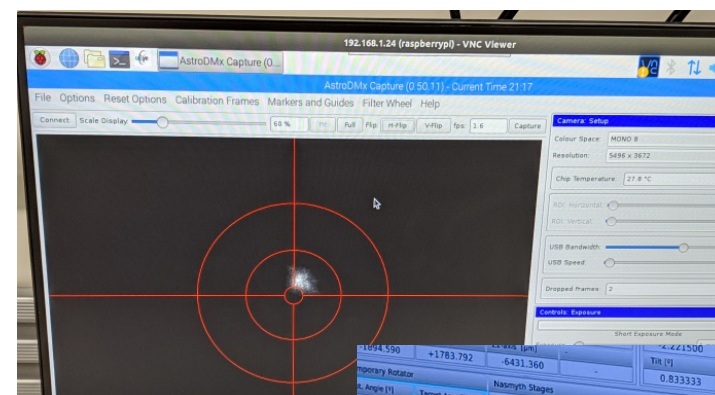
前原裕之（国立天文台）

現状の簡易イメージローテータを使った観測

- 問題点：視野カメラ（スリットビューワー）やオフセットガイダーががなく、観測中の焦点面の状態が確認できない

- 望遠鏡を位置補正用の天体に向ける
- 観測装置を視野確認用CMOSカメラに切り替え
- 指向誤差を補正
- 望遠鏡を観測天体に向ける
- 観測装置をKOOLS-IFUに切り替え
- 積分
- 望遠鏡を位置補正用の天体に向ける
- 観測装置を視野確認用CMOSカメラに切り替え
- 追尾誤差を補正
- 望遠鏡を観測天体に向ける
- 観測装置をKOOLS-IFUに切り替え
- 積分
- ...

- 操作が煩雑



簡易的な自動化プログラムの方針

- 位置補正用天体を撮ってKOOLES-IFUのQuickLook画像から指向・追尾誤差を補正
- その後観測天体に向けてKOOLES-IFUの積分を開始
 - 装置切り替えの時間削減
 - 操作ミス（視野確認カメラのまま積分してしまう等）の防止
- 位置補正：KOOLES-IFU用のセルフガイド機能を利用

KOOLS-IFUのセルフガイド機能

- フレア星の観測用に開発
 - 短時間積分 + 長時間連続観測
 - 観測の中断があると困る（装置の切り替えをしたくない）
 - 19Aの望遠鏡PAがされていない状態で追尾誤差大（1"/分で星の位置がずれる）の状態でも観測できるよう開発
- KOOLS-IFUのスペクトルを即時解析
- ファーバー端面の2D画像を基に、星の重心位置を検出し、追尾誤差を補正
 - 当初は自力で解析していたが、その後KOOLS-IFUの制御ソフト側でQuickLookを作る機能が実装されたので、そちらを利用するよう変更

作成したプログラム群

- TCP/IPで望遠鏡制御GUI、KOOLS-IFU制御GUIを通信し、ポインティングや積分を行い、得られたQL画像から天体を検出する。
- 望遠鏡
 - tel_point.py: ポインティング
 - azel.py: offset値の変更（指向・追尾補正）
 - 簡易イメージローテーターの有無や追尾モードは自動判定
- KOOLS-IFU
 - kools_exp.py
- 天体検出
 - find_obj.py

簡易自動観測の流れ

- ① ターゲット近くの位置基準天体を導入し、ZWO-Cam でレチクルのおおよそ中心に来るよう、Control Padなどで微調整
- ② 観測装置を KOOLS-IFU に切り替え
- ③ find_obj.py を実行し、位置補正
- ④ 星検出および位置補正が正常にできたら、kools_exp.py で観測天体を積分

- 実際には②以後はshell scriptなどで実行するのが良い

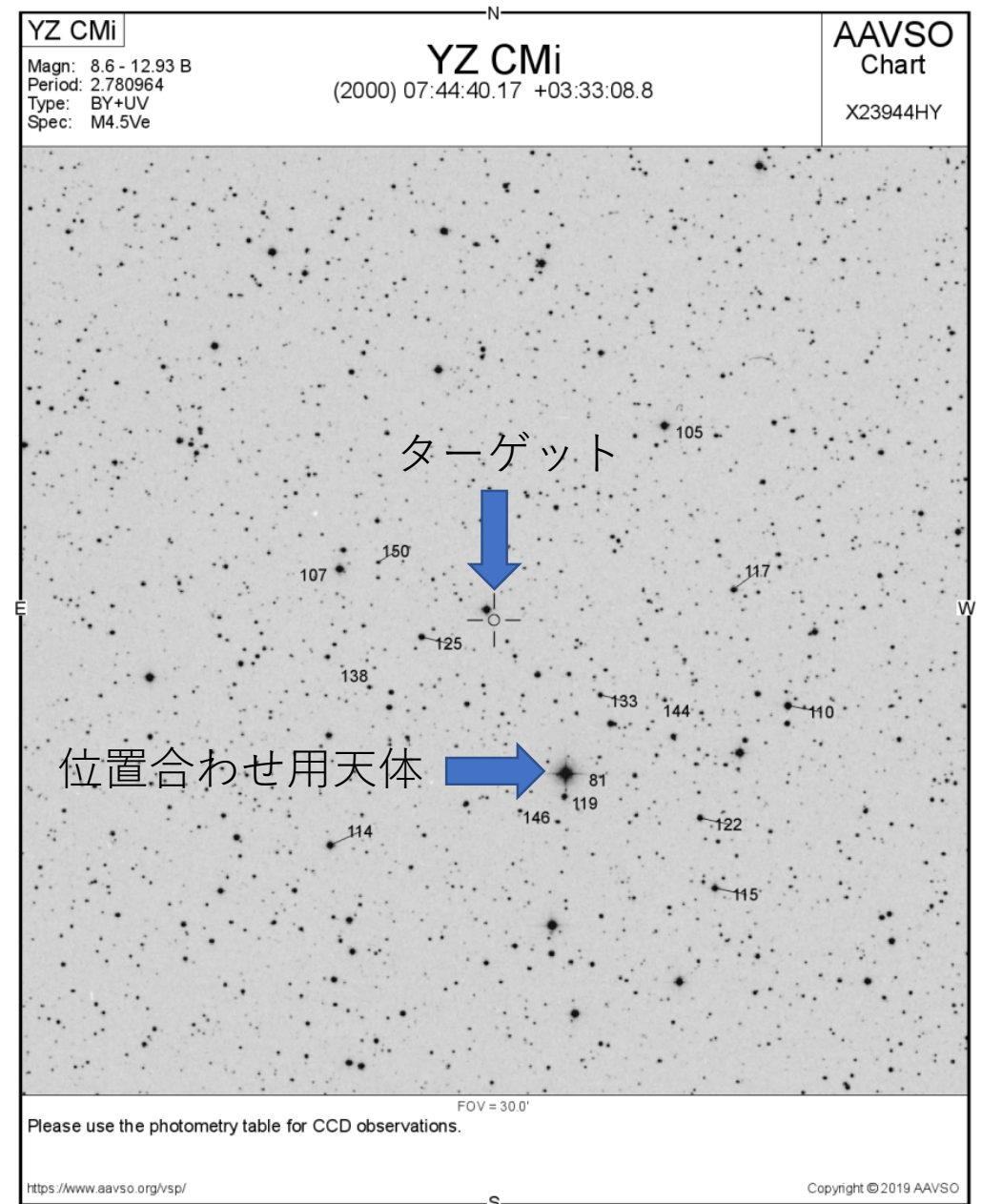
• 例

- HD291230で位置補正→TCPJ0607を VPH-blueで2分積分
- 上記を5回繰り返し

```
#!/bin/sh
i=0
while [ $i -lt 5 ];
do
    tel_point.py HD291230 06:07:34.49 -01:00:20.9
    find_obj.py 15 9 6.e5 2.5 VPH-blue 5 && tel_point.py
    TCPJ0607-01 06:07:30.75 -01:01:47.0 && kools_exp.py
    VPH-blue 120
    i=`expr $i + 1`
done
```

動作試験の概要

- KOOLS-IFUの2D画像を使い、YZ CMiで近くの天体（8等星）で位置合わせ（5秒積分）
- その後、YZ CMiに向けて観測画像を取得（30秒積分）
- 再び位置合わせ用天体に戻って追尾誤差を補正（5秒積分）
- YZ CMiを観測（30秒積分）
- 上記を繰り返す
 - 2月8日：18:40-20:04
 - 2月11日：18:45-19:30
- どの程度の位置の再現性があるか、観測時間のロスはどの程度かを評価



```
/home/messia/maehara/sample/yzcmi_test.sh
```

```
#!/bin/sh
```

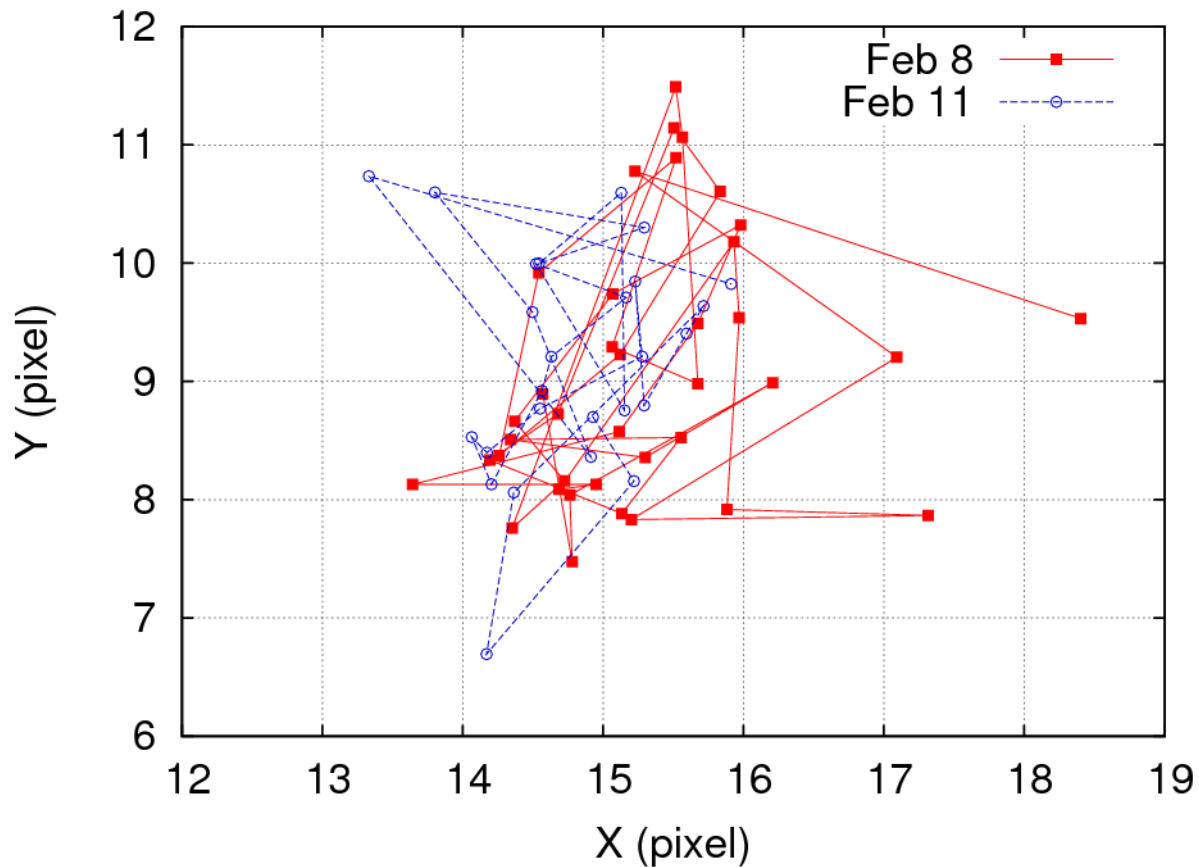
```
while [ 1 ]; do
```

```
    tel_point.py HD62525 07:44:31.17 +03:28:17.2
```

```
    find_obj.py 15 9 6.0e5 2.0 VPH-blue 5 && tel_point.py  
YZ_CMi 07:44:39.71 +03:32:59.9 && kools_exp.py VPH-blue 30
```

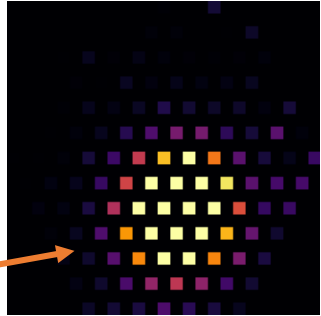
```
done
```


YZ CMiの 2 D画像上での位置の変化



- YZ CMi自体の 2 D画像上での星の重心位置の変化を測定

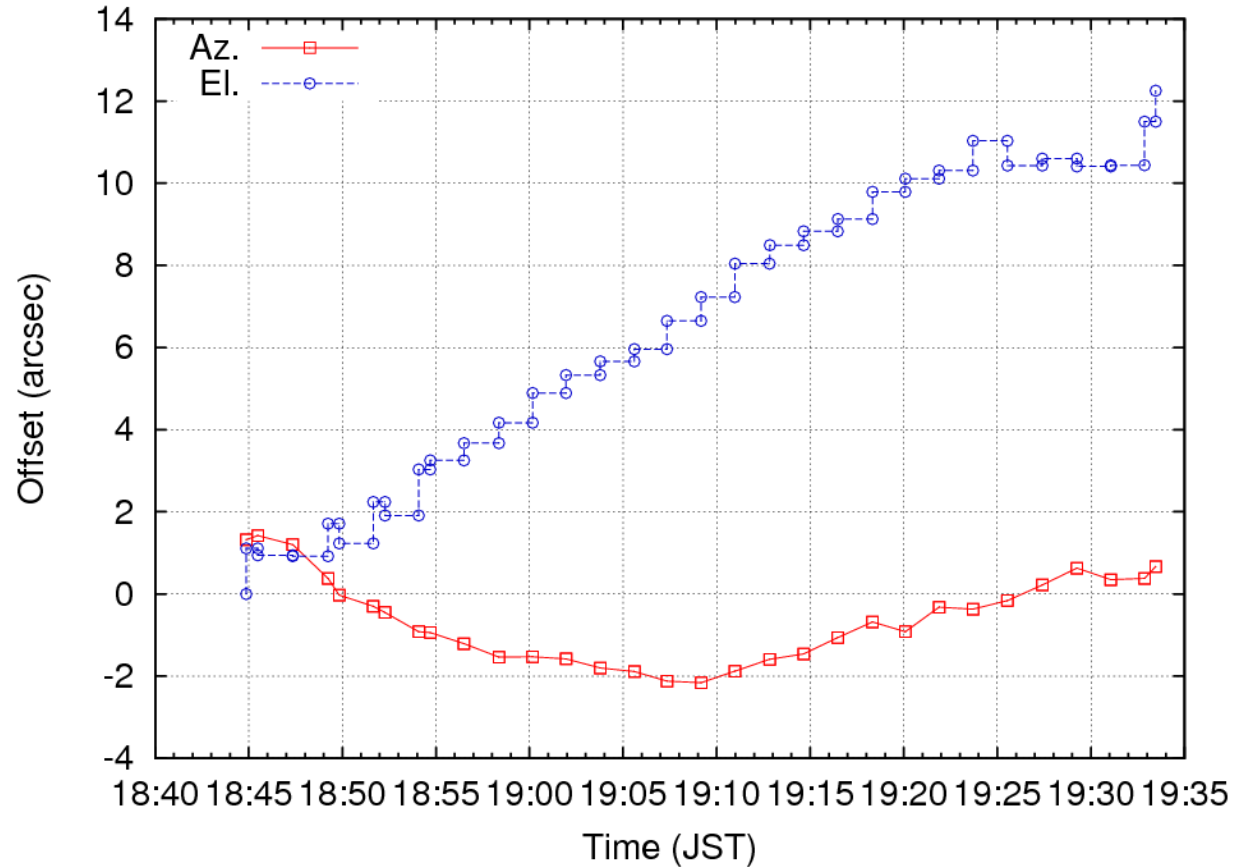
- 目標位置：X=15, Y=9
- 2/8：X_RMS=0.92、Y_RMS=1.10
- 2/11：X_RMS=0.62, Y_RMS=0.95
- $\sim 0.6''/\text{pix.}$ ($15''/25 \text{ pix.}$)



- 観測時間のロス（補正1回あたり）

- 2/8：平均109秒、最大197秒
- 2/11：平均95秒、最大127秒
 - 位置補正を打ち切る閾値を8日は1.4 pixel, 11日は2.0 pixelに設定
 - 位置合わせ用の露出時間は5秒

2月11日の自動観測中のAz./El.のOffset量の時間変化



- 18:45-19:30までの間にEl.方向のOffsetが~12"増加
 - Az.方向は+/- 2"
- シーイングサイズ(~2")程度にとどめておけるのは5分程度
 - 近くの星で位置補正を行わないと、20分程度でK00LS-IFUの視野から外れる

動作試験のまとめ

- KOOLS-IFUのみを使って、近くの星で位置補正をすることで、おおむねRMS<1秒程度でターゲット天体のIFU視野上での位置を合わせることができる。
- 観測時間のロス補正1回あたり1.5-2分程度
 - より暗い天体を位置合わせに使う場合は露出時間の分だけ増える
 - 位置合わせ用の（サイエンスデータでない）KOOLS-IFUの積分時をwipeなしで実行出来れば10-20秒程度短縮可能。
→KOOLS-IFU制御ソフトにwipeなし読出しモードが追加されたので1分程度まで短縮可能

今後

- 2020年9月末に装置ローテーター（赤ナスミス）側に新ファイバーバンドルを設置予定
 - 天体の導入（指向誤差補正）がオフセットガイダーで行うことができるようになる
- 2020年度中
 - 指向・追尾誤差補正をKOOLS-IFUで行わずにオフセットガイダーで行うよう変更
 - ポインティング、積分等のコマンドはそのまま利用可能
- 2021年度以降
 - 188cm + HIDES-Fのキューシステム + スケジューラーを移植
 - ToO対応：Tomo-eなど外部からの情報をトリガーとした観測天体リストの動的更新
 - VOEvent transport protocol ?
 - 独自のSlack bot ?
 - 多色カメラ・GAOES-RVなど他の観測装置への対応
 - 安全対策（各種センサー類）の拡充を待って自動観測開始