

すばる観測研究体験
MOIRCSの観測
ねこでも書けるオペファイル

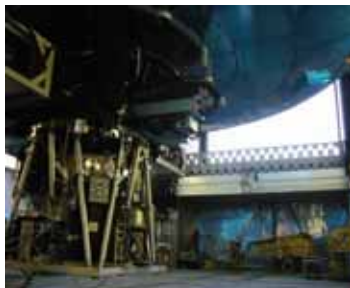


Tanaka et al. (2004)

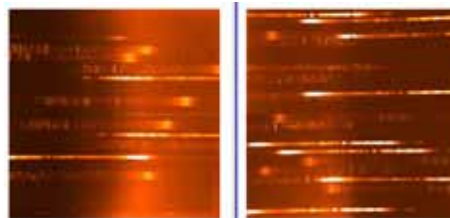
内一・勝野 由夏
東京大学大学院 理学系研究科 附属
天文学教育研究センター 研究員

MOIRCS モアックス
Multi-Object InfraRed Camera and Spectrograph

- 近赤外線で高解像度広視野撮像と多天体分光ができる装置
- すばる望遠鏡のカセグレン焦点に搭載
- 東北大学/ハワイ観測所が共同で開発



すばる望遠鏡カセグレン焦点に付いたMOIRCS



Tokoku et al. (2005)

MOIRCSのデータ

- 広い視野を確保するために検出器を2個使う
- 画像解析で2つのデータをつなげる



生データ

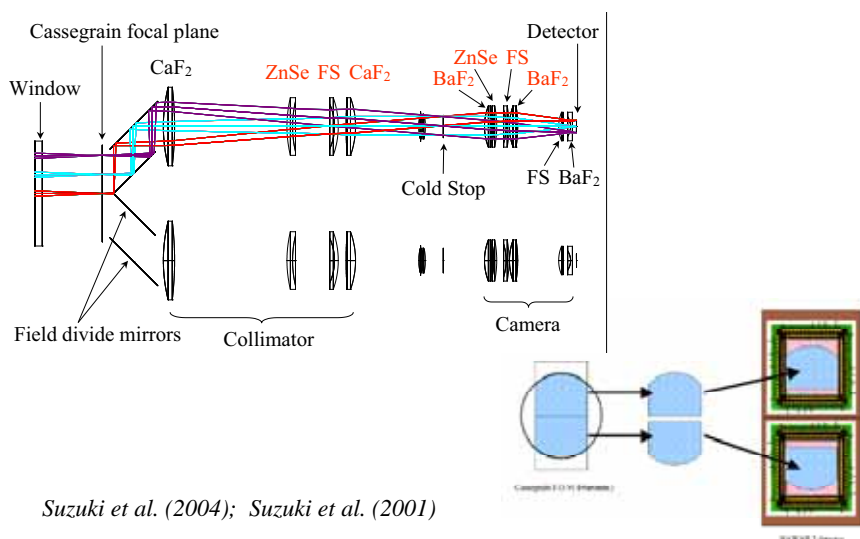


画像解析後



Tanaka et al. (2004)

参考: MOIRCS光学系のレイアウト



近赤外線とは？

- 紫外線 …… 10 nm ~ 0.4 μm
- 可視光 …… 0.4 ~ 0.8 μm
- 近赤外線 …… 0.7 ~ 2.5 μm
- 中間赤外線 …… 2.5 ~ 4 μm

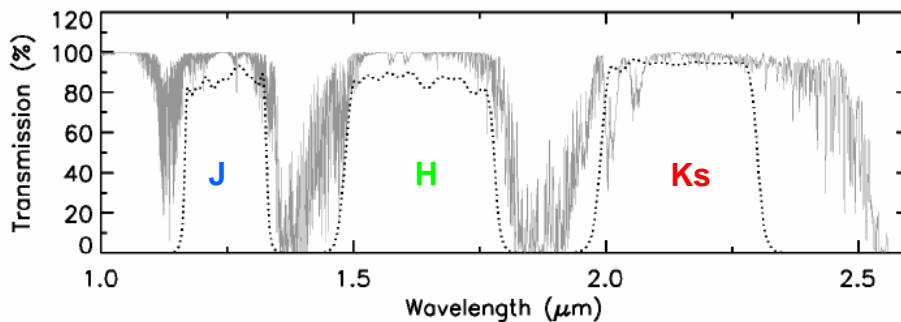
MOIRCS は 0.8 ~ 2.5 μm を観測できる

近赤外線の観測

- 可視で見た空……暗い
赤外線で見た空……明るい
- 大気が近赤外の波長帯で光っている
OH 夜光輝線 (波長によって明るい所がある)
熱放射 (波長が長くなるほど明るくなる)
- 近赤外線観測で注意すること
空の明るさのために検出器が早く飽和する
空の明るさが時間変動する、一様でない

近赤外観測と大気透過率

- 空が光っていない波長帯(バンド)を選んで観測
- J (1.2 μm), H (1.6 μm), Ks (2.2 μm) と呼ぶ

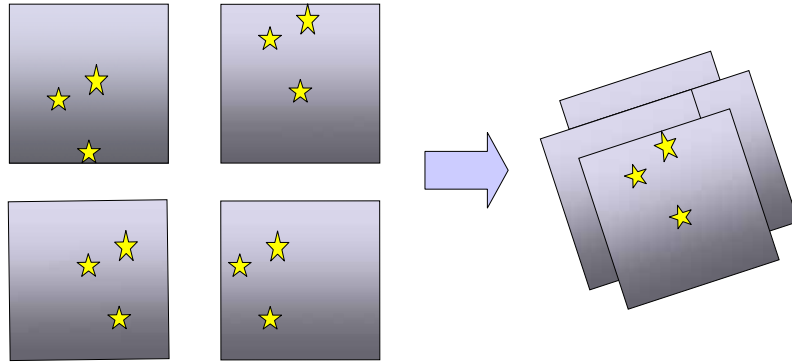


Tokunaga, Simons, & Vacca (2002)

近赤外線での観測方法

- 空が明るい
 - 検出器が早く飽和してしまうので、1枚の画像の露出時間は短くする。(代わりに同じ場所で何枚も撮る。)
 - 検出器読み出し時間がオーバーヘッドになるので、読み出しシステム上でデータを足し合わせる。(coadds)
- 空の明るさが変動する、一様でない
 - 少しずつ視野をずらしながら撮る。(dither)
 - 観測後、画像解析で空のパターンを作って差し引く。

どんなデータが出てくる？



- 画像解析で位置合わせをして合成する

Coadds と Dithering

- 望遠鏡を微妙に動かしながら何枚も撮る

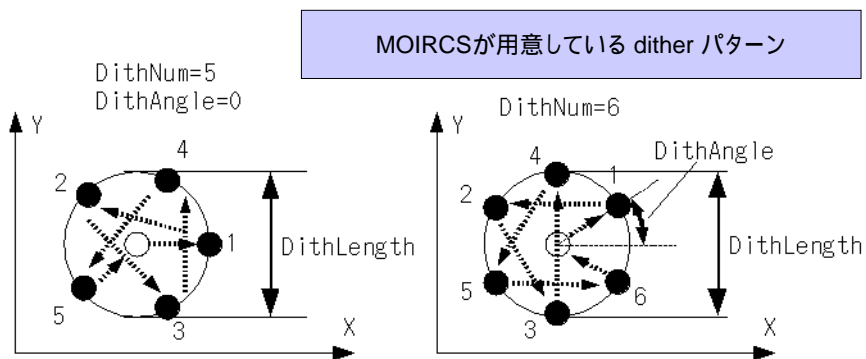


Figure 4. Dither pattern of GETOBJECT: If you assign DITHCENTER=YES, the image at the center position is taken first and a total of (DITHNUM+1) images are taken for each dither pattern.

効率的な観測のために

オーバーヘッドの原因

- 検出器読み出し時間：
 - 検出器を飽和させない範囲で、1フレームの露出時間は長くしたい
- 望遠鏡動作時間：
 - 望遠鏡追尾がずれない範囲で、Coadds はなるべく多くしたい

ポイント

近赤外での空の明るさの変動のタイムスケールは、およそ20～30分です。一つの観測シーケンスが20～30分におさまるようにしましょう。

Table 1: Examples of overheads for imaging mode

$$[\text{Overhead}] = [\text{Typical exposure time}] * [\text{coadds}] / [\text{Overhead Time}]$$

Filter	Overhead	Exposure time per readout [s]	Number of coadds	Total exposure time per frame [s]
J	22 %	180	1	180
	33 %	120	1	120
H	63 %	30	4	120
	82 %	20	6	120
Ks	32 %	80	2	160
	42 %	50	3	150

これは暗い天体を撮るときのおすすめパターン。天体の特徴によって変えましょう。

観測の流れ

- 観測をするということは・・・
 - 望遠鏡
 - 目標の天球座標に向ける
 - Rotator を回して Position Angle (PA) をセットする
 - 天体追尾を始める
 - 観測装置(MOIRCSの場合)
 - フィルターを設定する
 - 近赤外検出器 (HAWAII-2) に溜まった電荷をリセットする
 - 露出開始
 - 露出時間になったら検出器からデータを読み出す

オペファイル(operation file)とは？

- 望遠鏡を目標の座標に向ける…
 - 人力？No！
コンピューターにコマンドを送る
 - では各動作コマンドを一つ一つコンピューターに送るのか？
面倒。かつミスも多い
- Abstract Command
 - 望遠鏡の動作コマンド、観測装置の動作コマンドなどをまとめたマクロ
 - Abstract Command を観測の順に並べたものを“オペファイル”と呼ぶ
 - オペファイル = “観測の設計図”
あらかじめ作っておく。いかに完璧に仕上げるかで観測の成否が決まる。

MOIRCS オペファイルの書き方マニュアル

- http://www.naoj.org/Observing/Instruments/MOIRCS/imag_obsguide_MOIRCS.doc
- http://www.naoj.org/Observing/Instruments/MOIRCS/imag_information.html

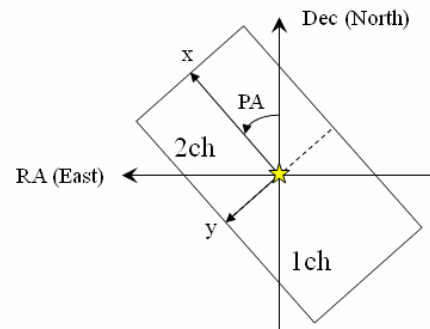
よく読んでおきましょう。

コマンドは一文字でも間違えるとエラーになるので注意！

1. Object definition: (天体を定義する)

(1) 最初に観測天体の座標と名前を定義しておく。

- AS15=OBJECT="AS15-1 Standard" RA=064037.90
DEC=091841.0 EQUINOX=2000.0 PA=0.0



検出器1 (Channel1)と
検出器2 (Channel2)の
境界が視野中心です。

MOIRCSは検出器1と検
出器2がつながった長方
形の視野を持っていて、
PA = 0のときに検出器2
が北になります。

PAは天体定義のところで
指定します。

Figure 1. Definition of the position angle (PA) used in OPE file: PA=0 when Channel 2
x-axis is to the North.

Target acquisition: (望遠鏡を天体に向ける)

(2) 望遠鏡に天体に向ける

- SETUPFIELD \$DEF_IMG \$AS15



2. Filter setup commands: フィルターを定義する / セットする

* ダークを撮るときのフィルターターレットの構成を定義する
(光を検出器に入れないように遮光板にする)

- DEF_DARK=GRISM=BP

* 観測のときのフィルターターレットの構成を定義する

- DEF_IMJ=FILTER_A=J FILTER_B=CSL GRISM=HOLE
- DEF_IMH=FILTER_A=H FILTER_B=CSL GRISM=HOLE
- DEF_IMKS=FILTER_A=KS FILTER_B=CSL GRISM=HOLE

フィルターをセットする

- Filter change command is "SETUPOBE". See the examples below.

- (1) Setup for **dark frames**
 - SETUPOBE \$DEF_IMG \$DEF_DARK
- (2) Setup for a **J-band** observation
 - SETUPOBE \$DEF_IMG \$DEF_IMJ
- (3) Setup for an **H-band** observation
 - SETUPOBE \$DEF_IMG \$DEF_IMH
- (4) Setup for a **Ks-band** observation
 - SETUPOBE \$DEF_IMG \$DEF_IMKS

3. Fieldcheck commands:

観測視野をチェックする

- CHECKFIELD \$DEF=IMG EXPTIME=30 SKYSUB=YES
- SKYSUB・・・スカイが明るくて天体が見えない場合は、位置をずらして2枚撮って、差し引いた画像を使ってチェックする。

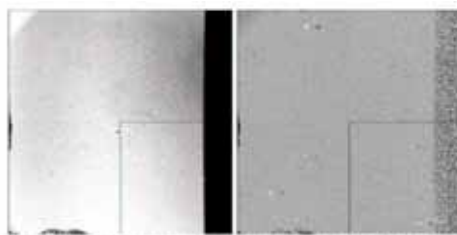


図5: 生データ (左, MCSA00014017.fits) と生データを減算に取られた生データで割った画像 (右, MCSA00014017.fits/MCSA00014019.fits)

Kajisawa (2007)

4. Telescope offset commands:

望遠鏡を少しだけ動かしたいとき

X, Y 方向に動かす

(1) To move *the position of targets* by $dx=10$ (arcsec) and $dy=20$ (arcsec).

- TELOFFSET \$DEF_TOOL DX=10.0 DY=20.0
(See Figure 2)

回転させる

(2) To change position angle by 10 (degree).

- PAOFFSET \$DEF_TOOL DPA=10.0
(See Figure 3)

OFFSETコマンドで天体はどちらに動く？

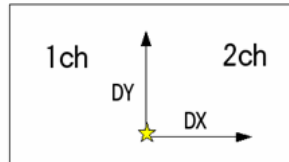


Figure 2. Direction of DX and DY of TELEOFFSET in a FITS image



Figure 3. Direction of DPA of PAOFFSET in a FITS image

5. Data acquisition command:

観測天体を撮る

- GETOBJECT \$DEF_IMG EXPTIME=50.0
NEXPOSURE=1 COADDS=3 DITHNUM=8
DITHCENTER=YES DITHLENGTH=15.0
DITHANGLE=0 DATTYPE=OBJECT

説明 以下の設定で露出を始める。

露出時間: 50秒

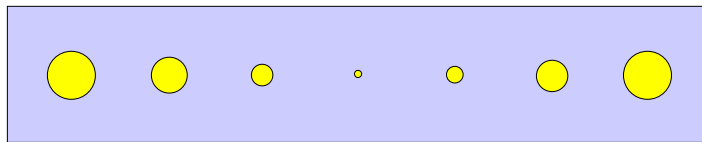
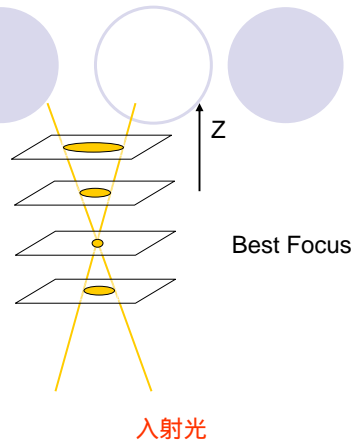
Coadds: 3回

Dither パターン: 8点 + 中心(計9点)

Dither の幅: 15秒

フォーカス合わせとは？

- フォーカスを合わせる
 - 焦点位置(Z)を変えて星像の大きさを測り、最適な焦点位置を探し出す
- MOIRCSでは・・・
 - 焦点位置を少しずつ (ΔZ) 変えて星を撮る
 - 一番星の像が小さいときを Best Focus とする



焦点位置: $Z-3*\Delta Z$ $Z-2*\Delta Z$ $Z-\Delta Z$ Z $Z+\Delta Z$ $Z+2*\Delta Z$ $Z+3*\Delta Z$

6. Telescope focusing command: フォーカスを合わせる

- FOCUSTELESCOPE \$DEF_TOOL EXPTIME=13.0
NEXPOSURE=1 NSTEP=9 Z=0.9250 DELTAZ=0.035
FOCUS_MODE=ANA

パラメータの説明

- Z : 中心となる副鏡の位置
- NSTEP: 副鏡を動かすステップ数
- DELTAZ: 1ステップで動く距離
- MODE: ANA モードを指定すると、Best Focus を計算してくれる。

フラットを撮る

一様な光源を撮り、検出器の感度ムラを補正する。

- ドームフラット

ドーム内のスクリーンを明るく照らして撮る。

(欠点) Kバンドは熱を検出するので、気温が高いときは明るすぎて撮れない。

- スカイフラット

星のほとんどない空を撮る。

(欠点) 夜光輝線によるパターンが乗ってしまう場合がある。

コマンドは観測と同じ (ドームフラットは dither しなくて良い)。

おわり