

太陽系外惑星の多波長観測の実習の報告

熊澤希珠(埼玉大学) 実習先:兵庫県立大学西はりま天文台

概要

太陽系外惑星のトランジット観測で観測される波長ごとの減光率の違いから惑星大気の推定することができる。現在、埼玉大学55cmSaCRA望遠鏡/MuSaSHIを用いて、可視域のトランジット観測(r,i,zバンド)を行っている。そのため、2mなゆた望遠鏡/NICを用いて近赤外域であるJ,H,Kバンドの3波長で観測を行うことで、長波長側を含めて大気の推定を行える。実習ではXO-3のトランジット観測を行い、ディザリング観測とガイド観測の比較と縦パターンの処理の比較を行った。

本講演では、実習時に行なった太陽系外惑星のトランジット観測とそのデータの一次処理の解析、今後の展望について述べる。

太陽系外惑星とは？

太陽系外惑星(以下系外惑星)は1995年に発見されてから現在まで約4500個ほど見つけられている主星近傍を公転するガス惑星のホットジュピターや地球質量の約数倍の岩石惑星のスーパーアースなど多種多様な惑星系が発見されている

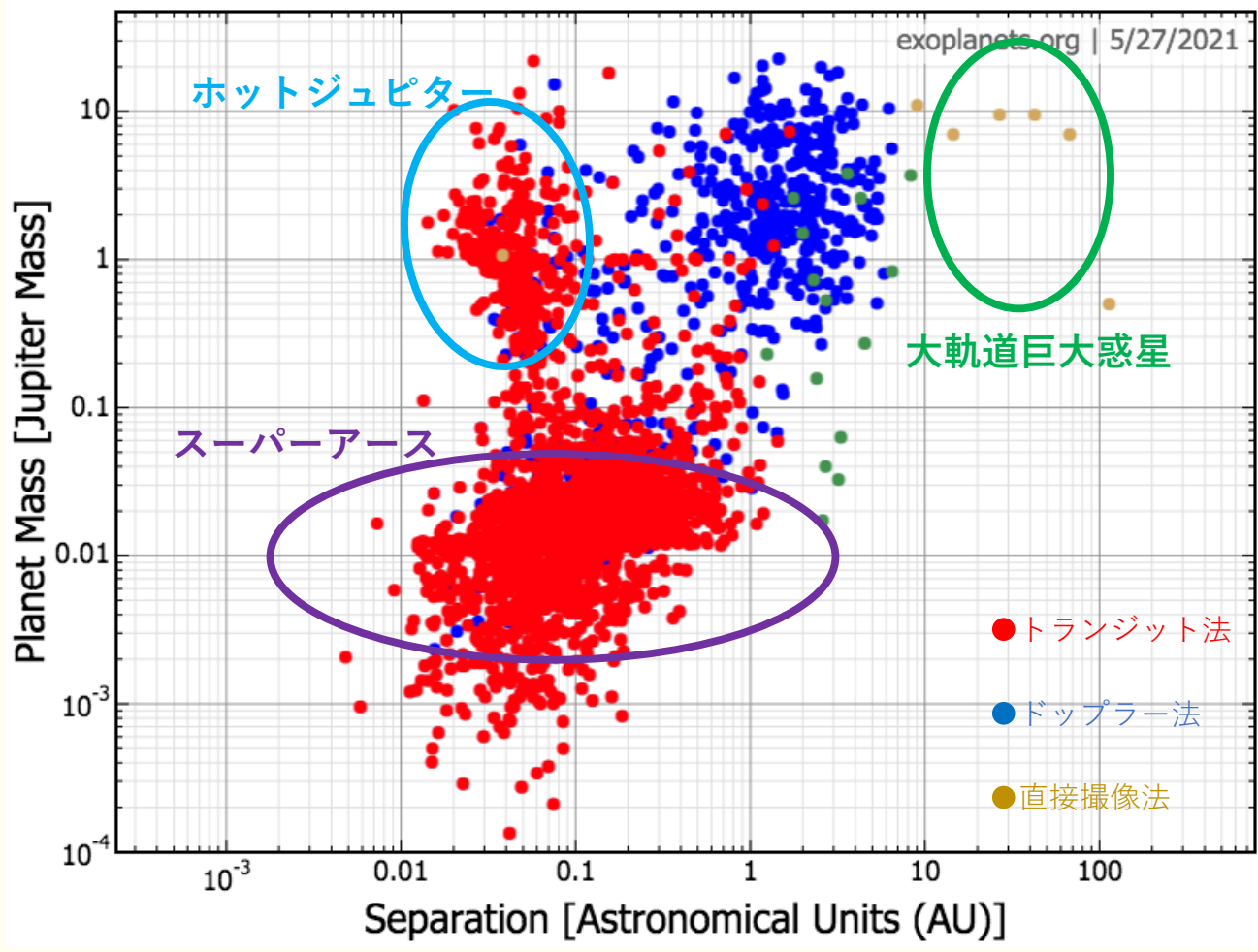


図1 系外惑星の角距離と質量の関係
exoplanets.org(<http://exoplanets.org/>)

トランジット法について

惑星が主星の前を通過する際に起こる減光を観測する方法
発見された系外惑星のうち、約8割程度がトランジット観測により見つけられている

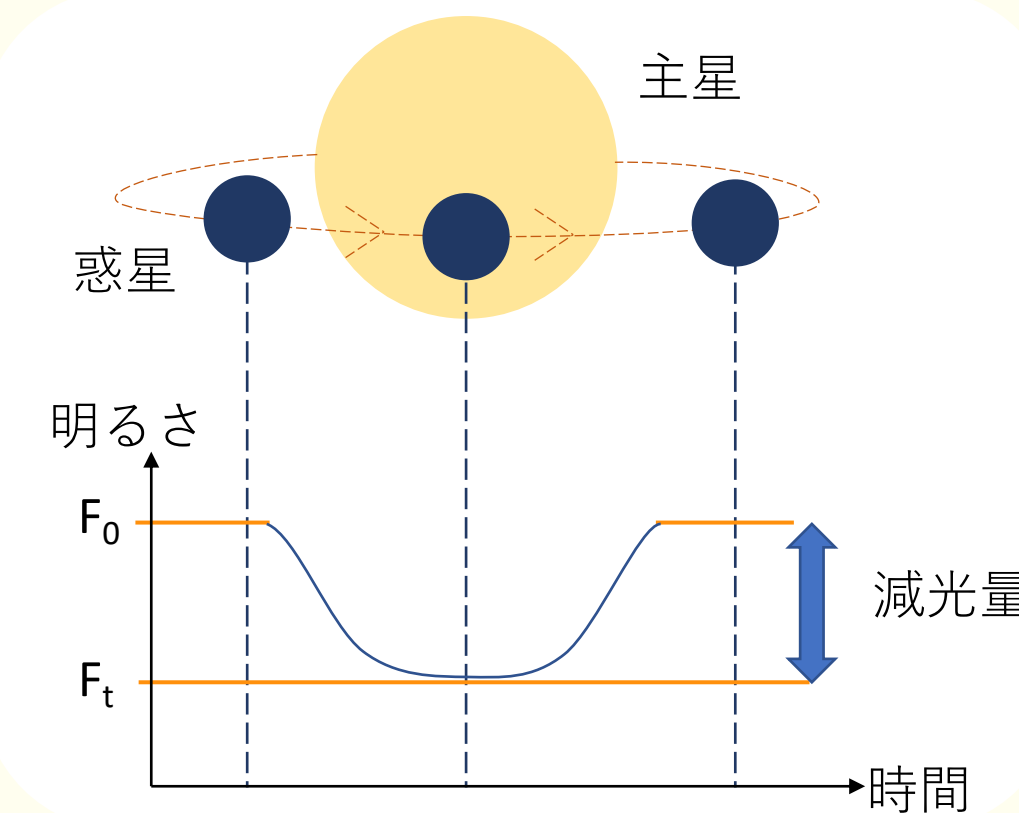


図2 トランジット法の模式図

多波長トランジット観測

雲や大気の組成によって観測される波長ごとの減光率が異なる。そのため、多波長で観測することで、減光率の波長依存性から惑星の大気を推定することができる

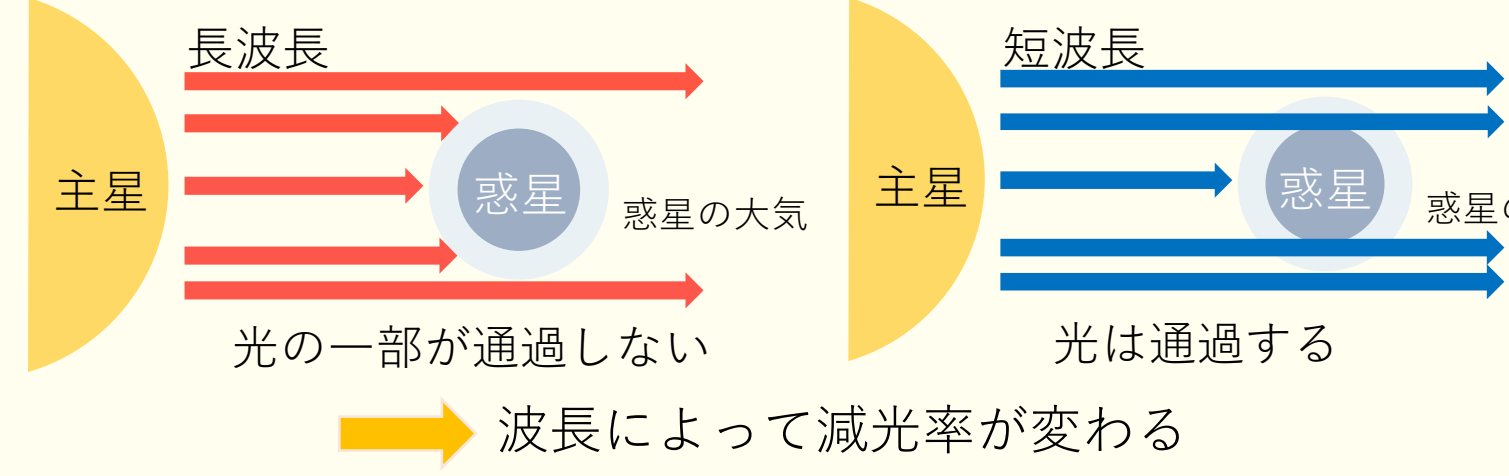


図3 減光率の波長依存性の例

観測

表1 観測概要

望遠鏡	2mなゆた望遠鏡
観測装置	近赤外撮像装置(NIC)
観測視野	2'.73×2'.73
観測波長	J(1.18-1.33μm) H(1.48-1.78μm) K(1.99-2.30μm)
観測天体	XO-3(J=9等)
金属量 [Fe/H]	-0.08 (± 0.04)
観測日	2021/11/2

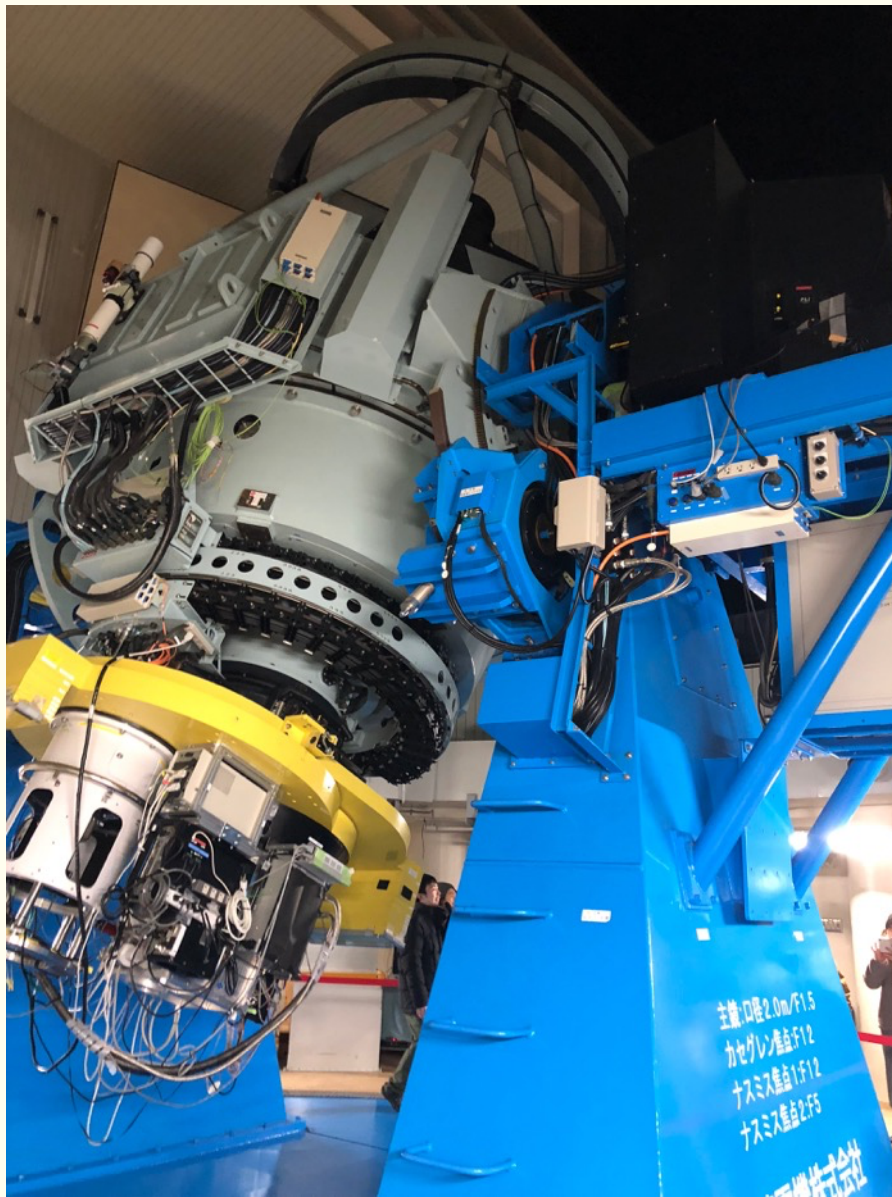


図4 なゆた望遠鏡

2021年11月15,18日に埼玉大学55cm望遠鏡SaCRA/MuSaSHIを用いて、r,i,zバンドでの観測を行った。

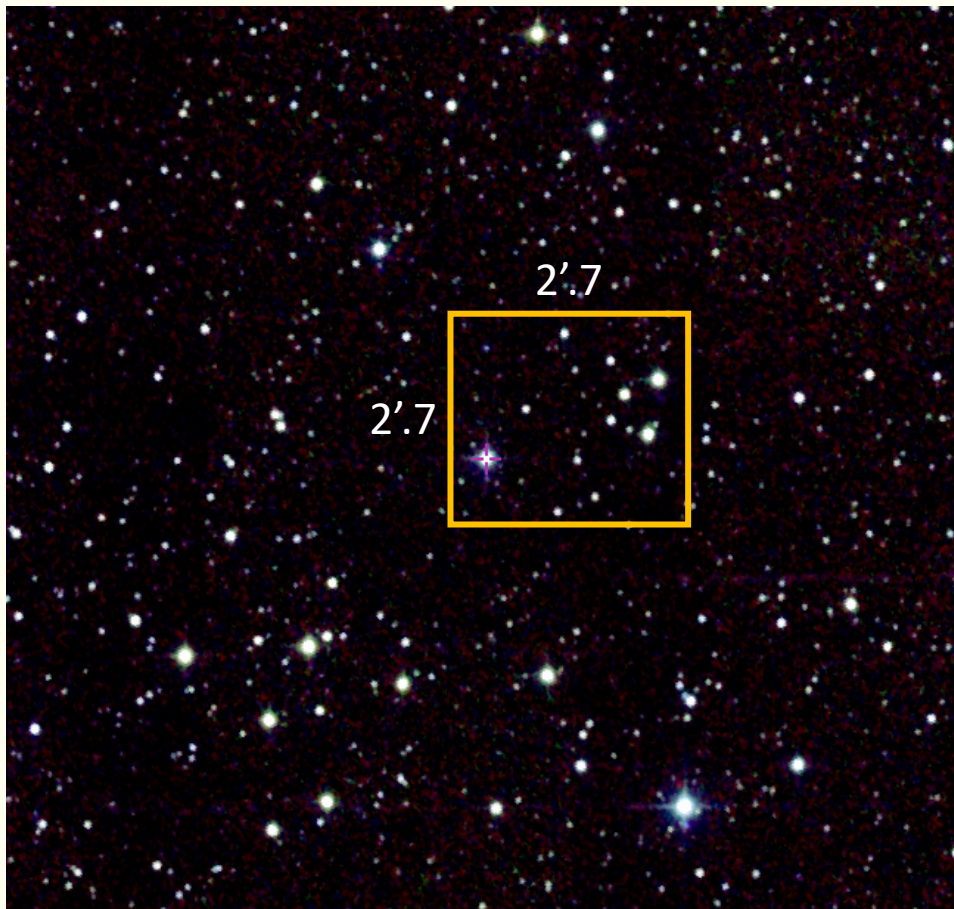


図5 観測天体の観測視野

表2 観測データ(露出時間×枚数)

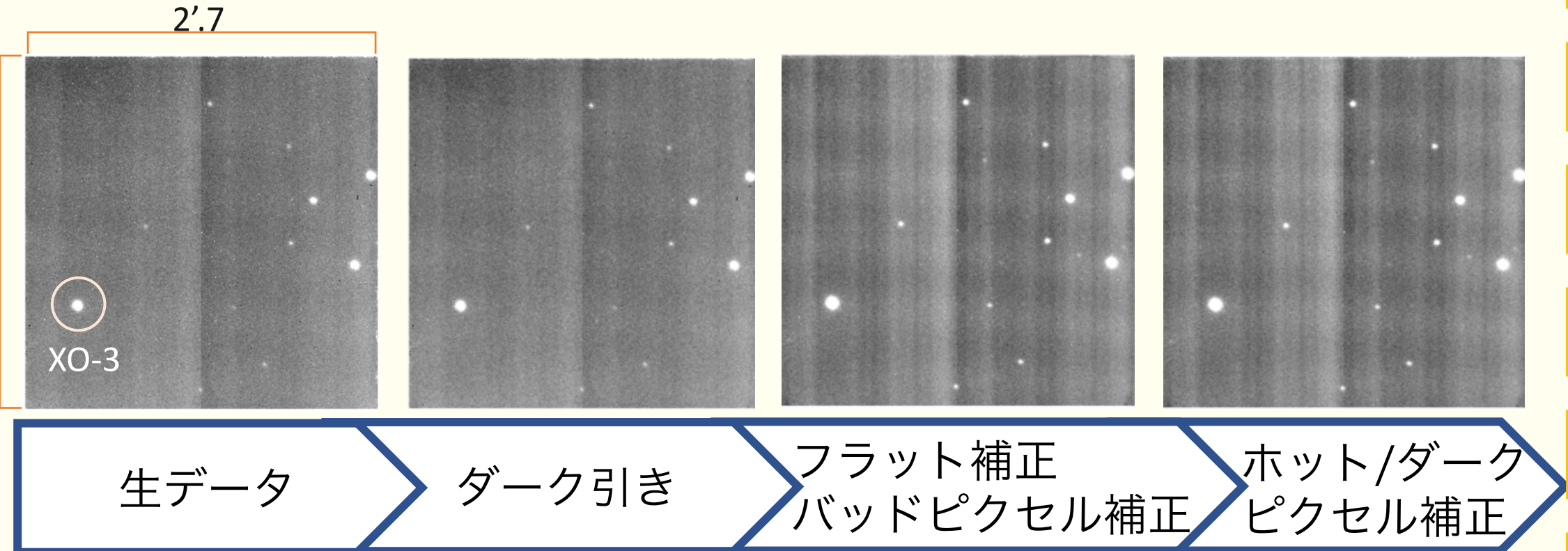
	ディザリング観測	ガイド観測
トランジット前	10s×20枚	10s×40枚
トランジット中	10s×20枚, 20s×10枚, 40s×20枚	20s×60枚, 40s×30枚, 16s×20枚, 10s×40枚
トランジット後	20s×100枚	20s×110枚

観測日は曇りがちな時があったため、露出時間が表2のようになった。

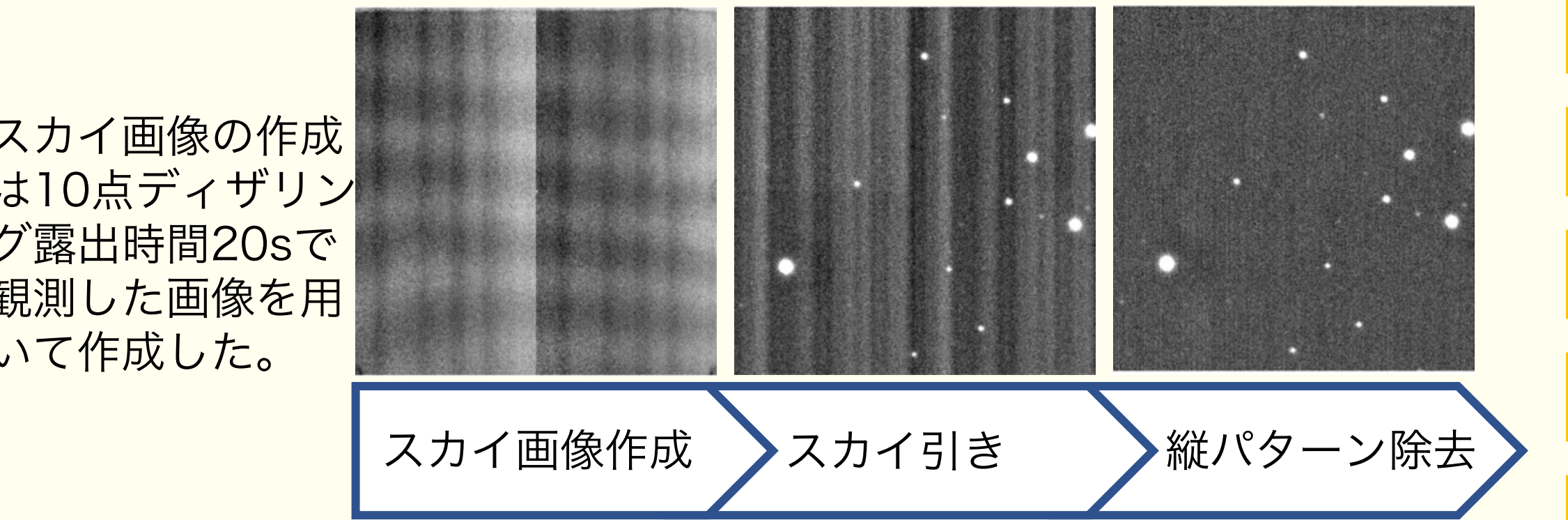
解析

ディザリング観測とガイド観測の解析をIRAFを用いて行った。

解析手順 (Hbandの画像を使用)



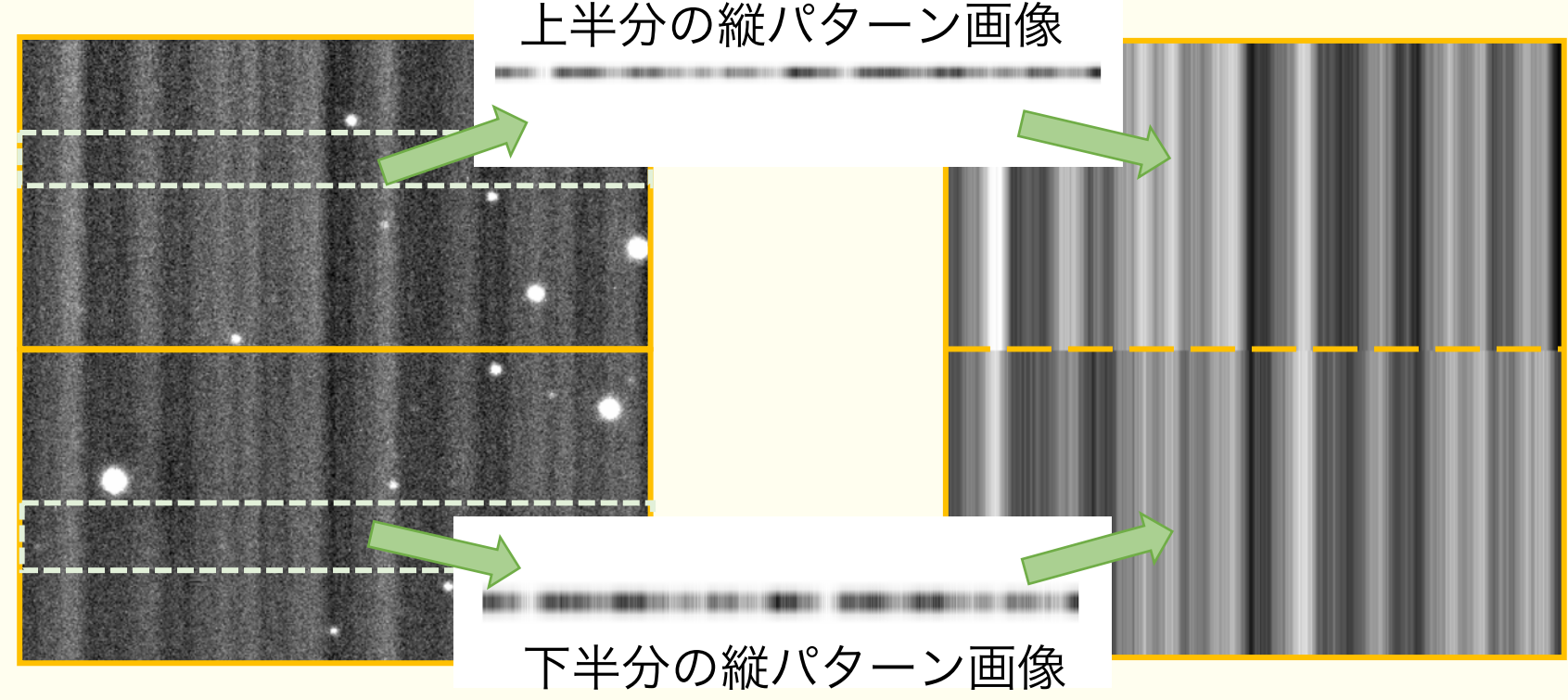
フラットはトワイライトフラットを使用



スカイ画像の作成は10点ディザリング露出時間20sで観測した画像を用いて作成した。

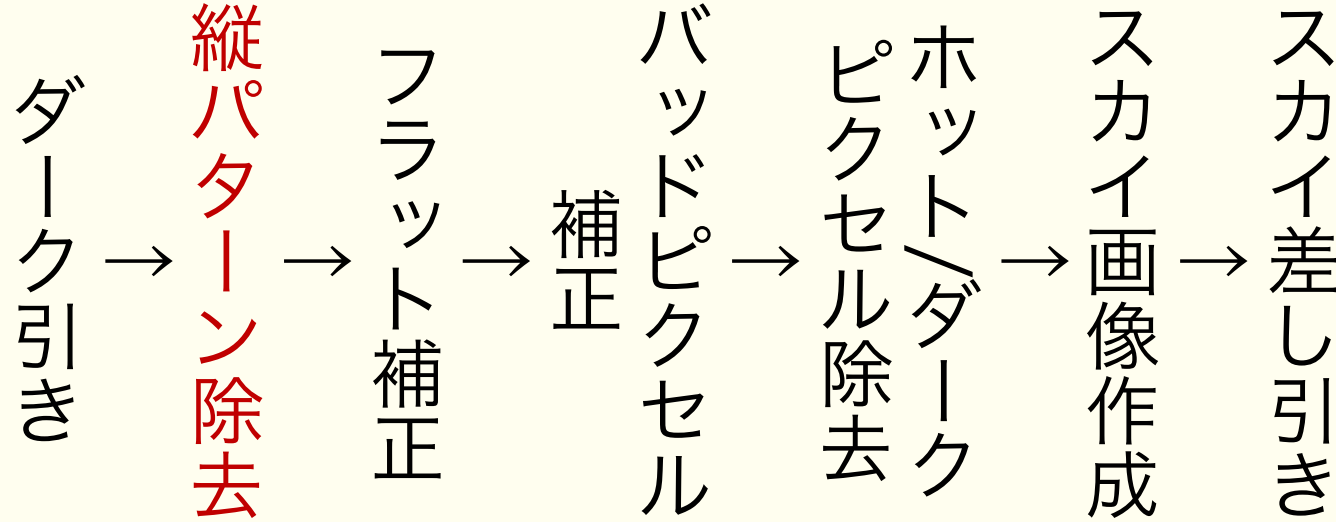
縦パターンの除去について

縦パターンを除去するために、画像の上半分と下半分でそれぞれ星の写っていない場所の縦パターンを読みとる。



1024×1024ピクセルの画像を作る。
縦が1~512ピクセルの列に上半分の画像を貼り付ける。
同様に縦が513~1024ピクセルの列に下半分の画像を貼り付ける。

また、縦パターン除去をフラット補正の前に処理する場合の方法での一次処理も行った。



縦パターンを先に除去した一次処理後の画像では少し縦パターンが目立っているように見える。

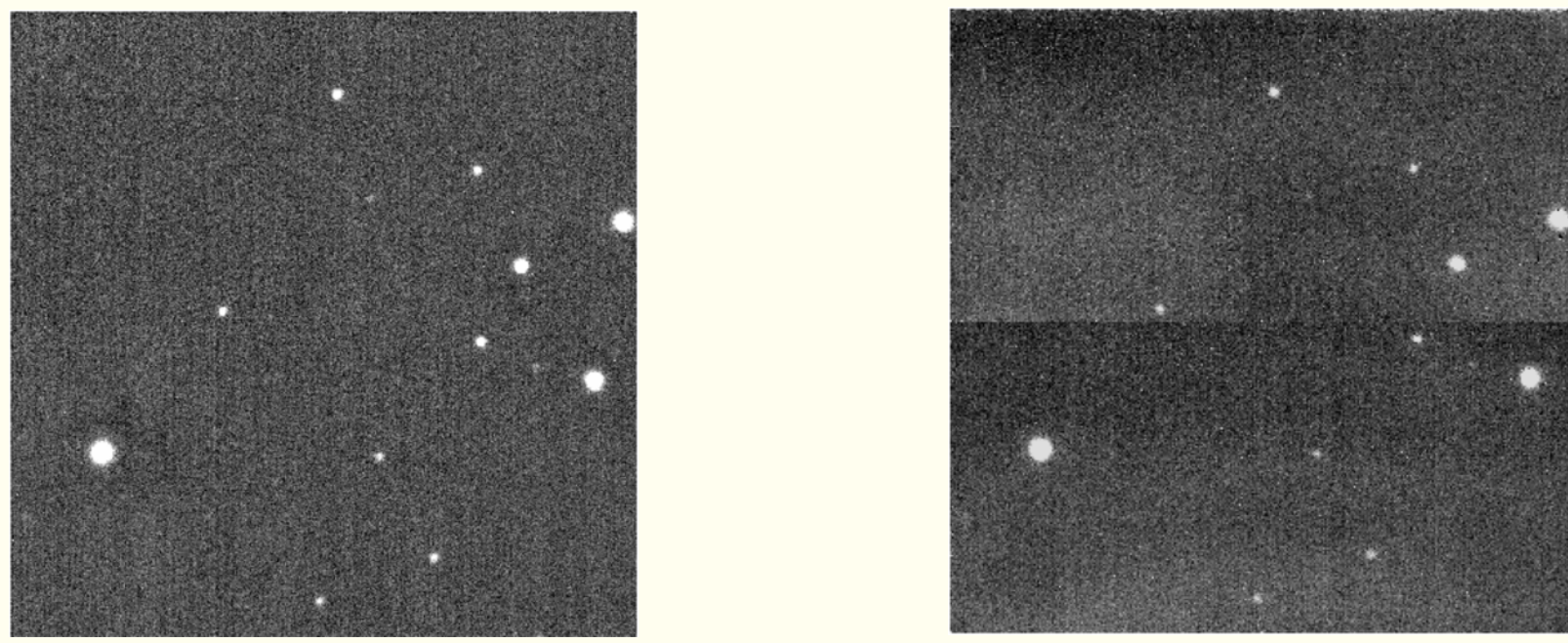


図6 ガイド観測時の縦パターンを最後に処理した一次処理後の画像(左)と縦パターンを先に除去した一次処理後の画像(右)

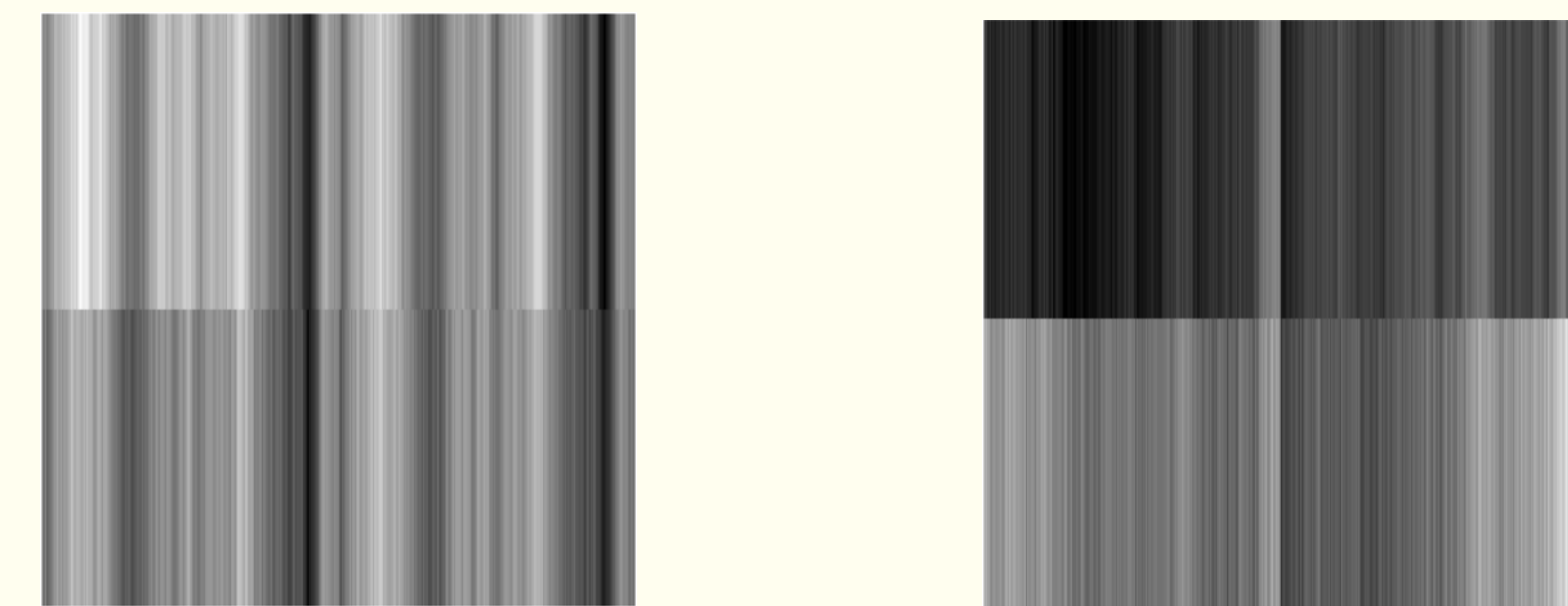


図7 図5の(左)の画像の縦パターン画像と図5の(右)の画像の縦パターン画像

縦パターンの現れ方に差が見られた。スカイ画像を引く前に縦パターン除去を行ったこともあり、縦パターン除去時のパターンの画像に反映されていないパターンがあると考えられる。

結果・考察

ディザリング観測とガイド観測の比較調査を行なった。
それぞれの違いを調査するために、ディザリング観測(露出時間20s×100枚)とガイド観測(露出時間20s×80枚)のHbandの画像を用いた。

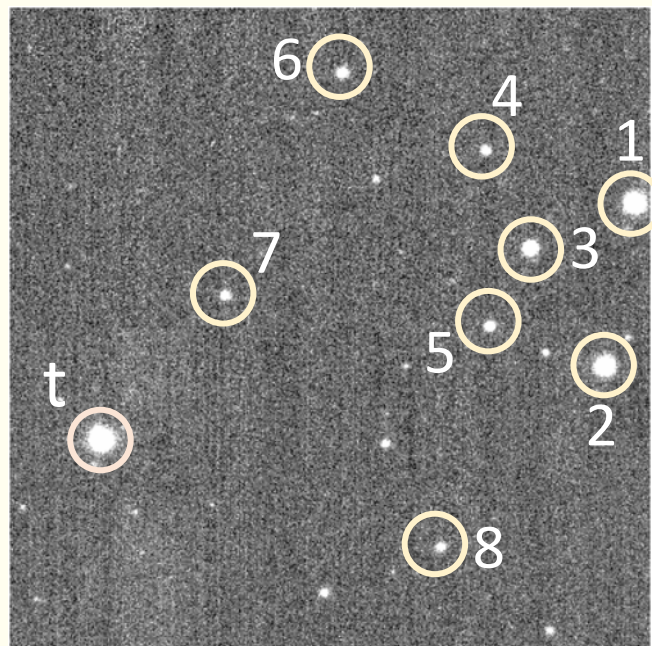


図8 ディザリング観測の一次処理後の画像

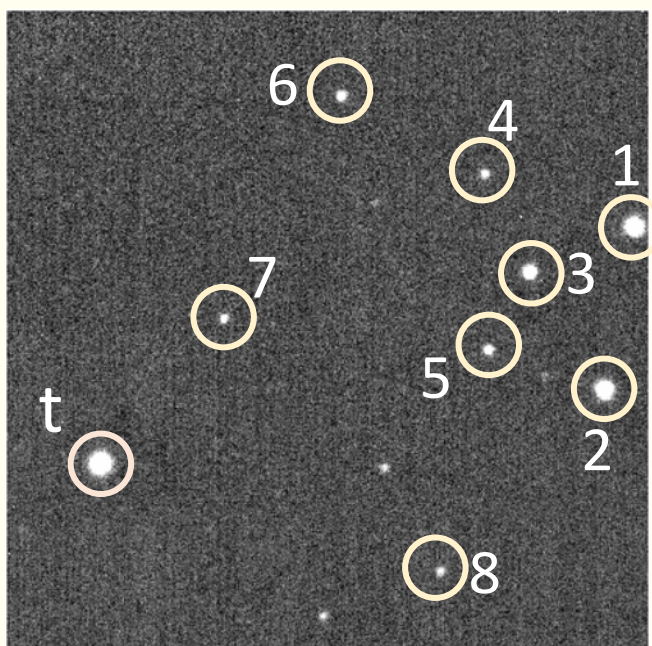


図9 ガイド観測の一次処理後の画像

図8・図9の丸印はXO-3と参照星である。

t…XO-3、1…参照星1、2…参照星2、3…参照星3、4…参照星4、5…参照星5、6…参照星6、7…参照星7、8…参照星8

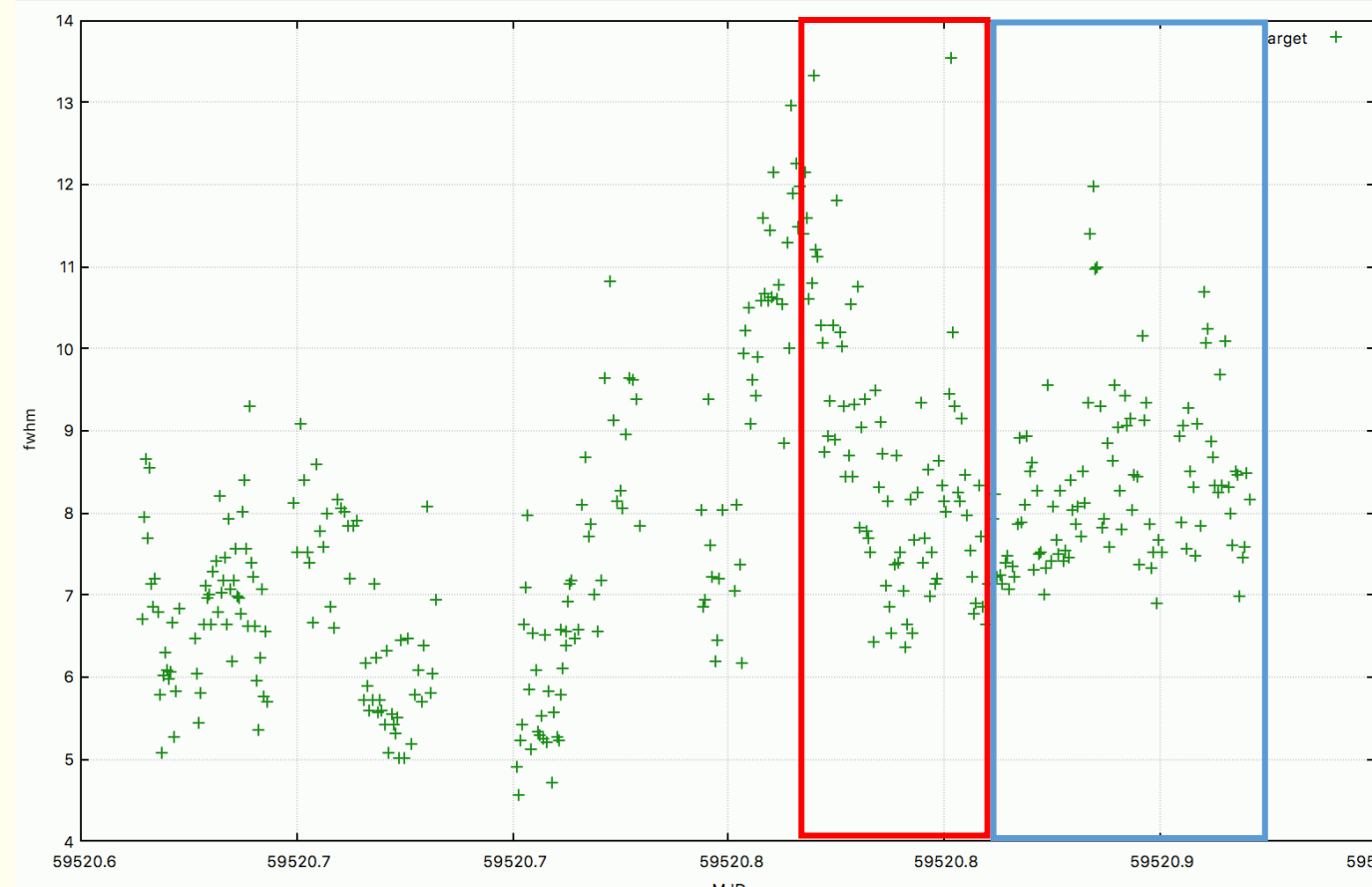


図10 観測開始から終わりまでのXO-3のfwhm (トランジット後の赤枠:ガイド観測と青枠:ディザリング観測)

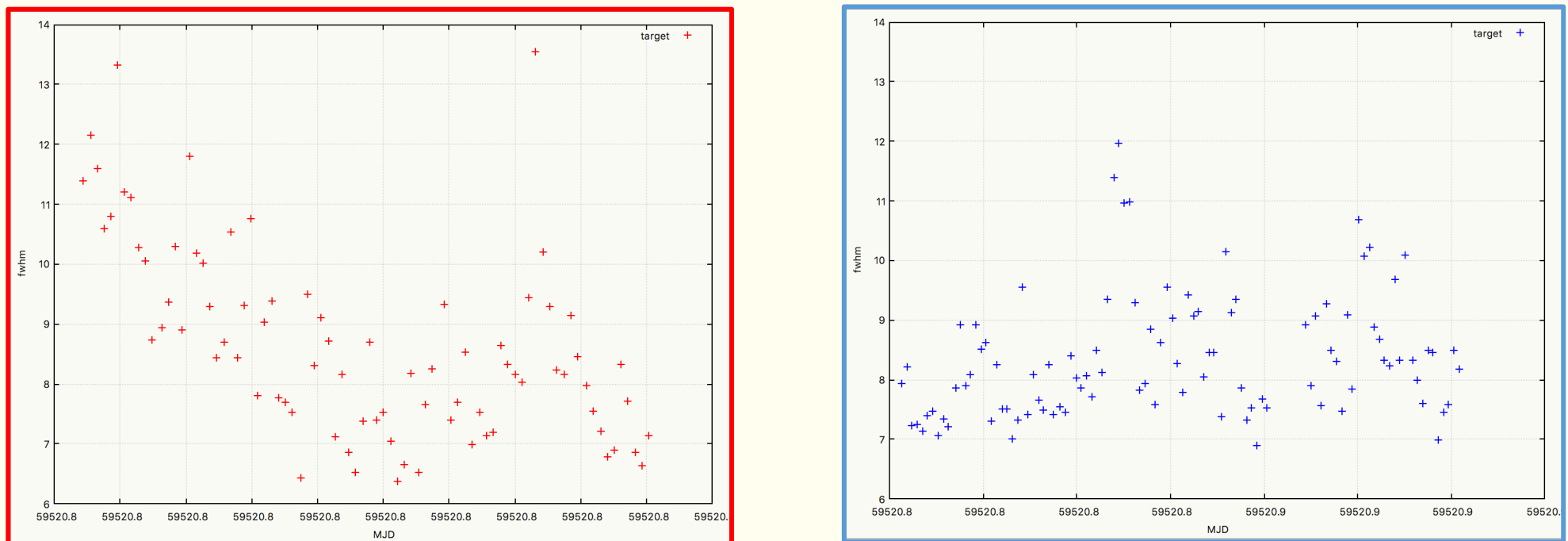


図11 図10の赤枠の拡大図(左)と図10の青枠の拡大図(右) (左:ガイド観測 右:ディザリング観測)

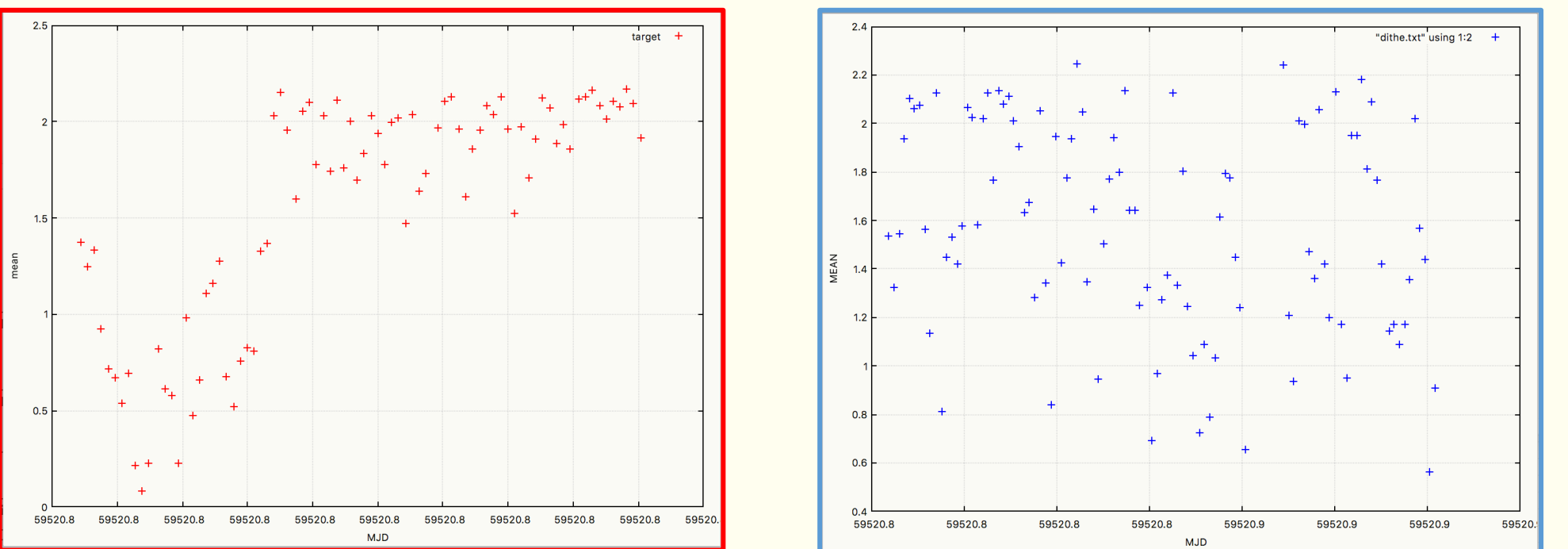


図12 各画像全体のカウントの平均値の時間経過 (左:ガイド観測 右:ディザリング観測)



図13 XO-3の参照星測光の比較 (左:ガイド観測 右:ディザリング観測)

右図のディザリング観測のプロットが途切れているのは、参照星1,2,8のいずれかが視野外から外れてしまっていたため、参照星測光を行えなかったからである。

参照星の数を変えて測光したところ、暗い星も含んでいる8つ全てを参照星をしている時が精度良くできた。

また、ディザリング観測とガイド観測を比較すると、安定性としてはそまでの差はないが、トランジット観測という観点ではやはりガイド観測の方が良いと思われる。

まとめ・今後の展望

・縦パターン除去のタイミングの比較の結果、フラット前に除去を行ったがスカイの影響からか、縦パターンが検出しきれなかった。

・ガイド観測とディザリング観測の画像の測光値の比較から、安定性の差はそこまでないが、トランジット観測を行う場合にはガイド観測の方が良いと思われる結果となった。

観測したXO-3の光度曲線を描く。

埼玉大学55cm望遠鏡SaCRA/MuSaSHI(r,i,z)でXO-3の観測を行ったデータの解析を行い、6波長の減光率の波長依存性を調べることで、大気の推定を行う。

謝辞

本実習では、西はりま天文台の高橋隼氏、伊藤センター長をはじめとする職員の方々・学生の方々に多大なるご尽力をいただいております。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。