

# OISTER 教育プログラム 短期滞在実習報告

金井昂大(埼玉大学)

滞在先：国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡

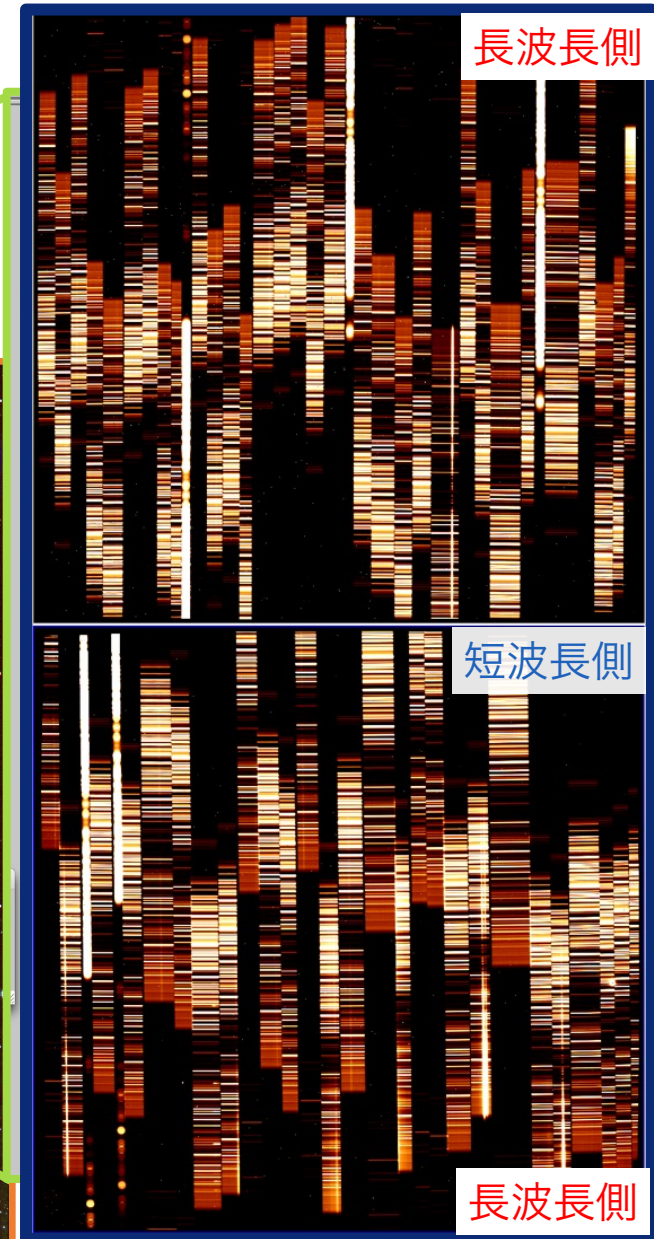
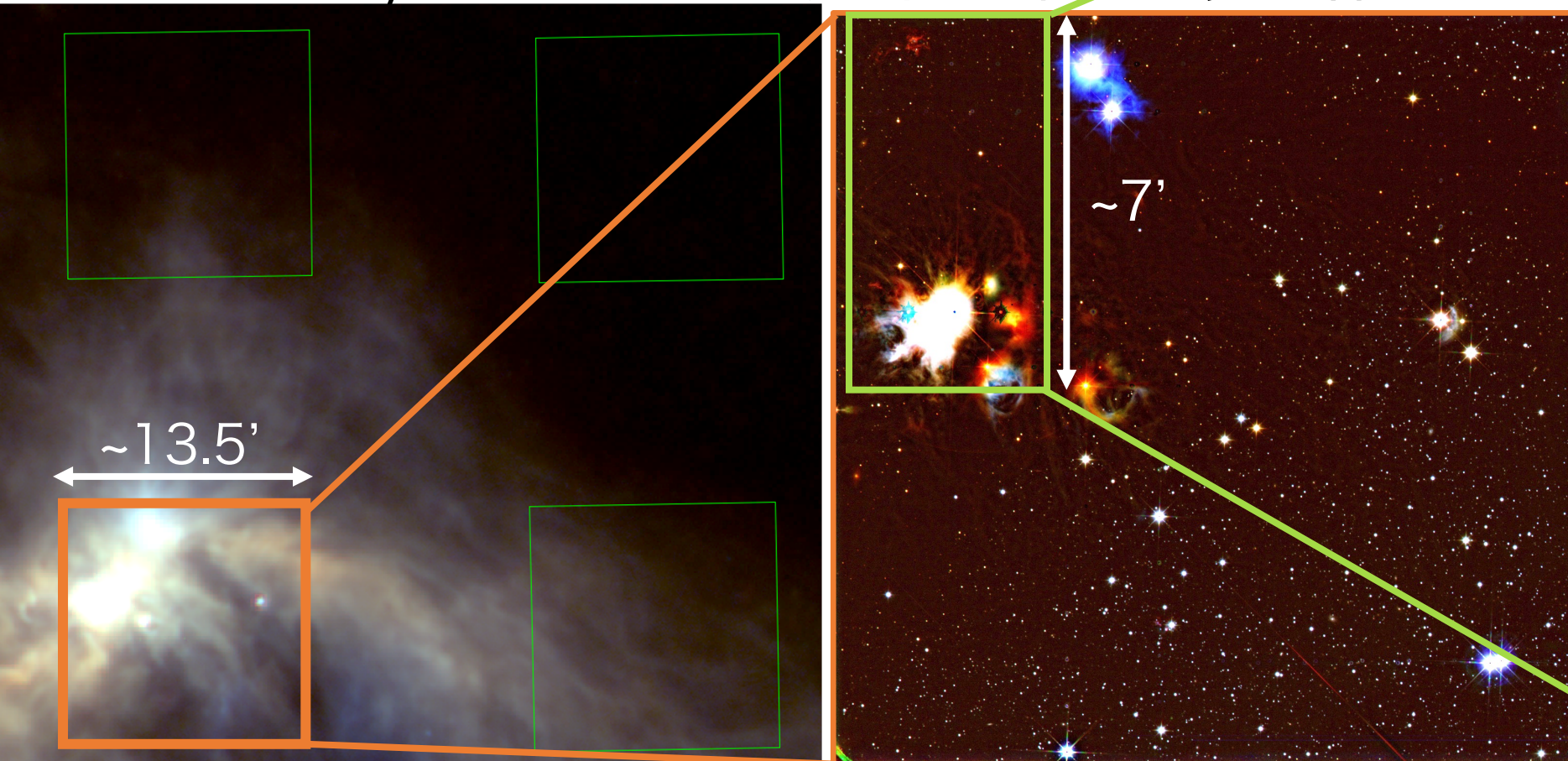
受け入れ担当：美濃和さん、田中壺さん

はじめに

# 普段の研究

- 超低質量天体の近赤外測光/分光観測  
すばる/MOIRCSで近赤外+広視野+多天体分光

近赤外H,Kバンドで  
約60天体を同時に分光観測





はじめに

# MOIRCS

すばる望遠鏡カセグレン焦点の近赤外撮像・多天体分光装置

- 視野：7'×4'
- 観測波長：z,J,H,Kバンド(0.9-2.4 $\mu\text{m}$ )
  
- 分光モード  
スリットマスクを用いた多天体分光
- 低分散(R~500)：zJ/HK
- 中分散(R~2000)：y,J,H,K



はじめに

## 目的

将来的にすばる望遠鏡のULTIMATEをはじめとする、広視野近赤外観測装置の開発や運用、それらを用いた観測研究を行ないたい

今回の実習では、

○近赤外観測装置の性能評価として、

- ・すばる望遠鏡で運用されているMOIRCS
- ・検討が進められているULTIMATE

の近赤外分光観測用Exposure Time Calculatorの開発

○MOIRCSの運用・観測の見学等

を実施させていただいた。



# 実習

## 実習内容

日程：2024/09/03 - 2024/10/04

### ○ETC作成

PFS用のETC(Hirata 2012)をMOIRCSの近赤外JHKバンドに対応するように改良

- ・地球大気透過率/OH夜光モデルの追加
- ・望遠鏡+装置の熱放射の算出
- ・MOIRCSの装置効率+結像性能推定
- ・シーイング(GLAO 有無)によるSlit lossの推定
- ・Starbugの装置効率+熱放射の算出

### ○その他

- ・MOIRCS観測見学(ヒロ, 山頂)
- ・MOIRCSマスクカット作業見学
- ・HSC焦点切り替え作業見学

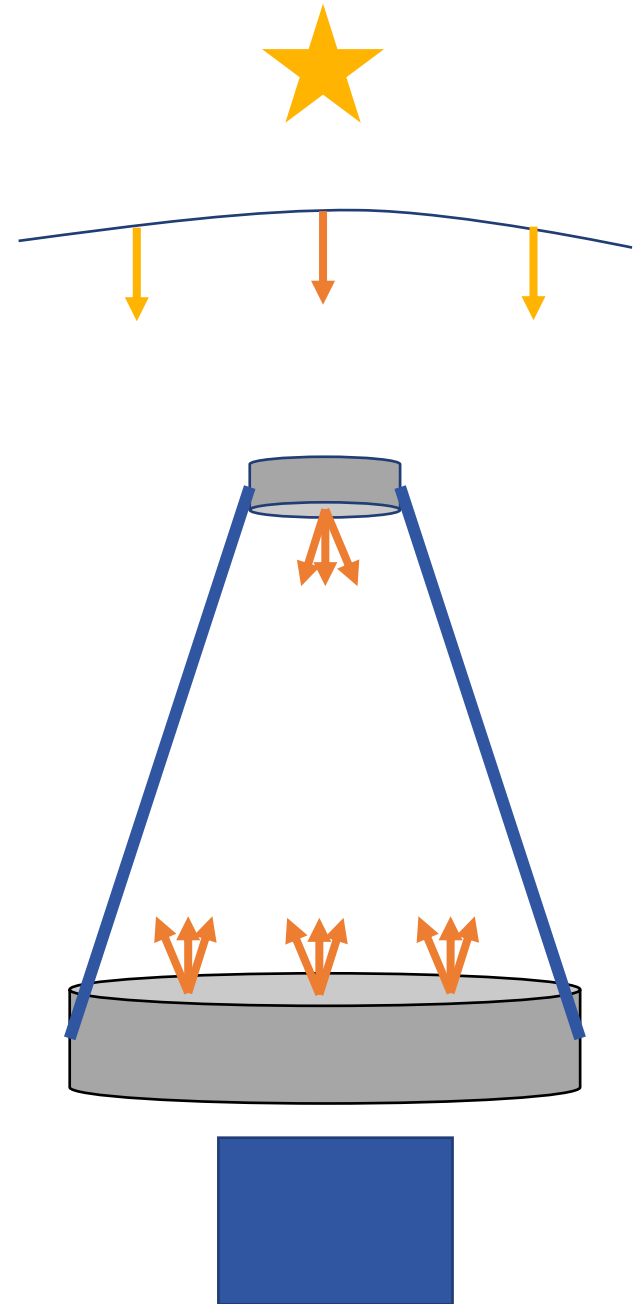
ETC

## 赤外域のノイズ源

可視域と異なるノイズが支配的

- ・ Skyの熱放射
- ・ OH夜光
- ・ 主鏡の熱放射
- ・ 副鏡の熱放射
- ・ 装置光学系の熱放射

これらの要素も考慮するようETCに組み込んだ



ETC

## S/Nの導出

使用したETCにおいて、S/Nは以下の式で算出される

$$\frac{Signal}{Noise} = \frac{Obj \times \tau \times \varepsilon_{tel} \times \varepsilon_{inst} \times t \times n}{\sqrt{Signal + \delta_{sky}^2 + \delta_{thermal}^2 + \delta_{sub}^2 + \delta_{stray}^2 + \delta_{dark}^2 + \delta_{readnoise}^2}}$$



ETC

## 装置効率と熱放射率

熱放射率を(1-透過率)、有効面積・視野を考慮して導出  
デュワー内部は冷却しているため、ここでは考慮しない

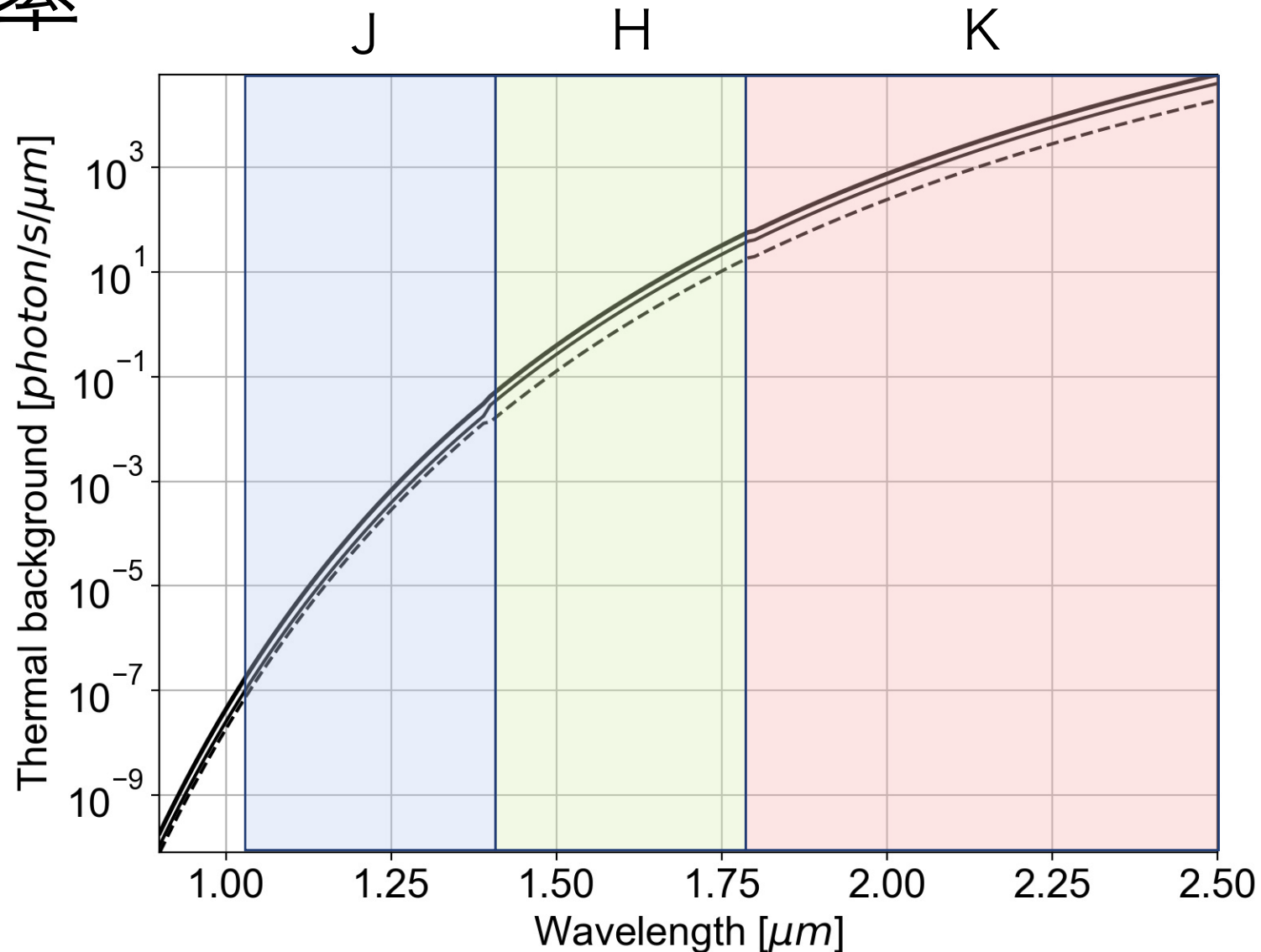
	放射面積	Sky	主鏡	副鏡
Sky	on-skyの視野 サイズ	黒体 ×透過率	反射率	反射率
主鏡	有効面積		黒体× (1-反射率)	反射率
副鏡	主鏡面積			黒体× (1-反射率)

ETC

# 装置効率と熱放射率

熱放射率を(1-透過率)、  
デュワー内部は冷却して

	放射面積	Sky
Sky	on-skyの視野 サイズ	黒体 ×透過率
主鏡	有効面積	
副鏡	主鏡面積	

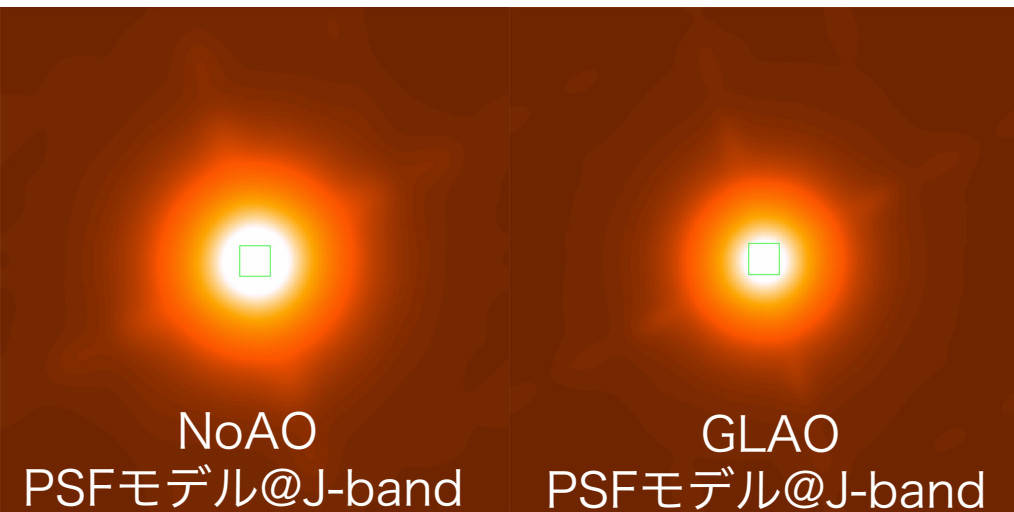


ETC

# Slit covering fraction

Minowa+20のPSFモデルを使用

- Natural seeing : 0.6" @J-band, GLAO : 0.34" @J-band
- Slitを0.5"×0.5"のBoxと仮定 (空間方向の1次元化を0.5"で行なう)
- 8" apertureの総カウントとBox内のカウントの比をSlit covering fractionとした



NoAO	J	H	K
Seeing	0.60"	0.54"	0.46"
Slit cover	32.4%	38.5%	40.6%

GLAO	J	H	K
Seeing	0.34"	0.26"	0.21"
Slit cover	45.7%	54.2%	58.6%



ETC

# MOIRCS スリット分光

MOIRCS webでS/N=5, 1hourの5 $\sigma$ 等級をinputした際に得られたS/N

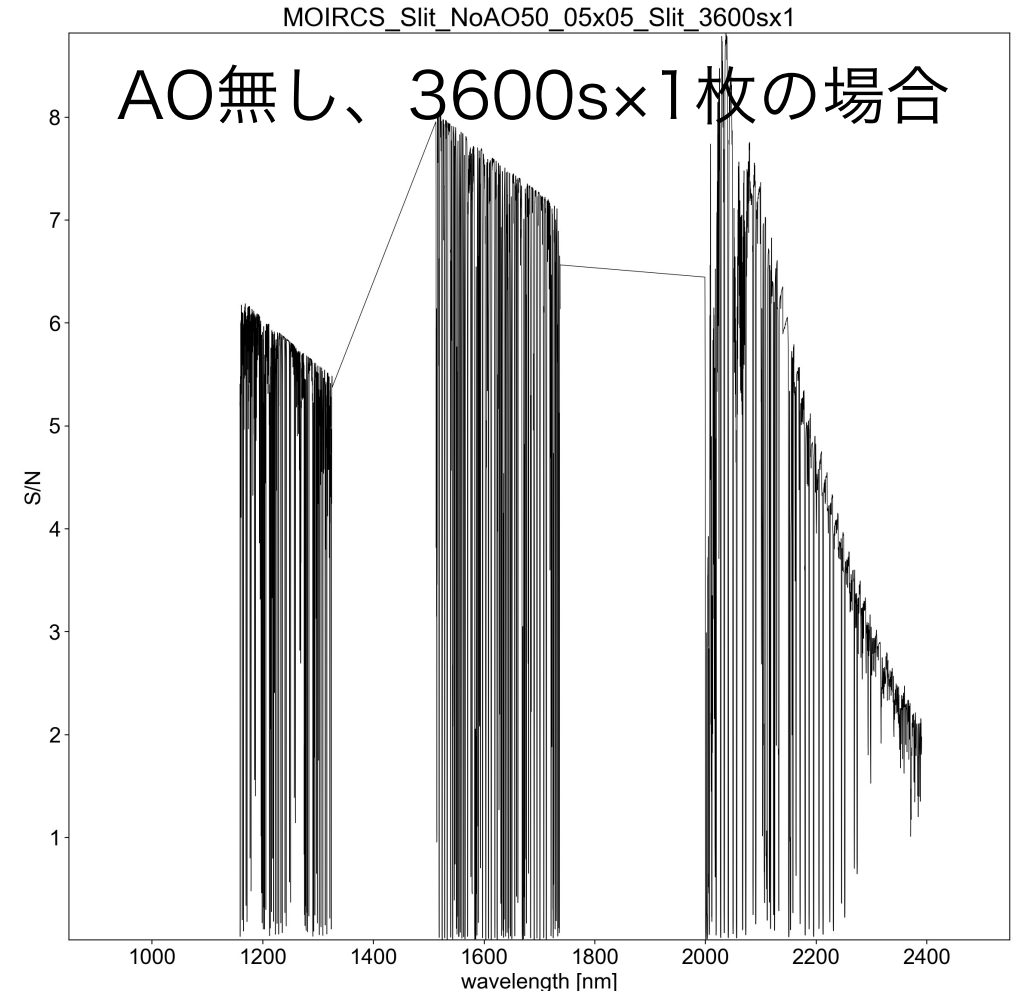
Slit covering factor

AO無し : 32.4%, 38.5%, 40.6%

GLAO : 45.7%, 54.2%, 58.6%

AO無し	J	H	K
300s×12	2.27	3.26	1.52
600s×6	3.08	4.20	2.11
3600s×1	5.58	6.45	4.66

GLAO	J	H	K
300s×12	3.15	4.37	2.16
600s×6	4.21	5.51	2.99
3600s×1	7.23	7.91	6.45



# Starbug

## Starbug効率検討

AAOが提案している

ファイバー多天体面分光ユニット

Starbugと呼ばれる面分光ユニット

(1.18平方秒角/ユニット)

(61ファイバー/ユニット)

(合計14ユニット)

Starbugの光をファイバーで

MOIRCSに入れて分光する

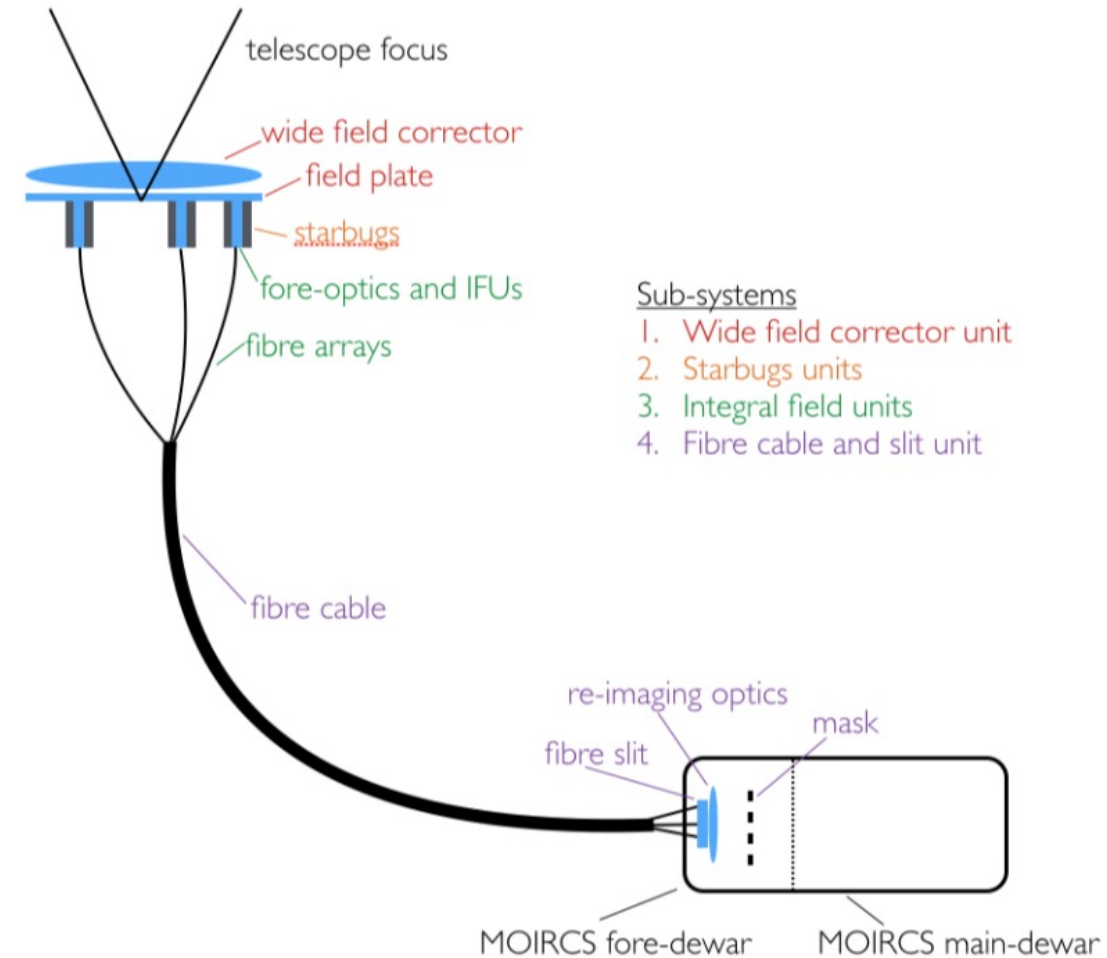


Figure 10. Block diagram of the ULTIMATE instrument, showing the sub-systems.

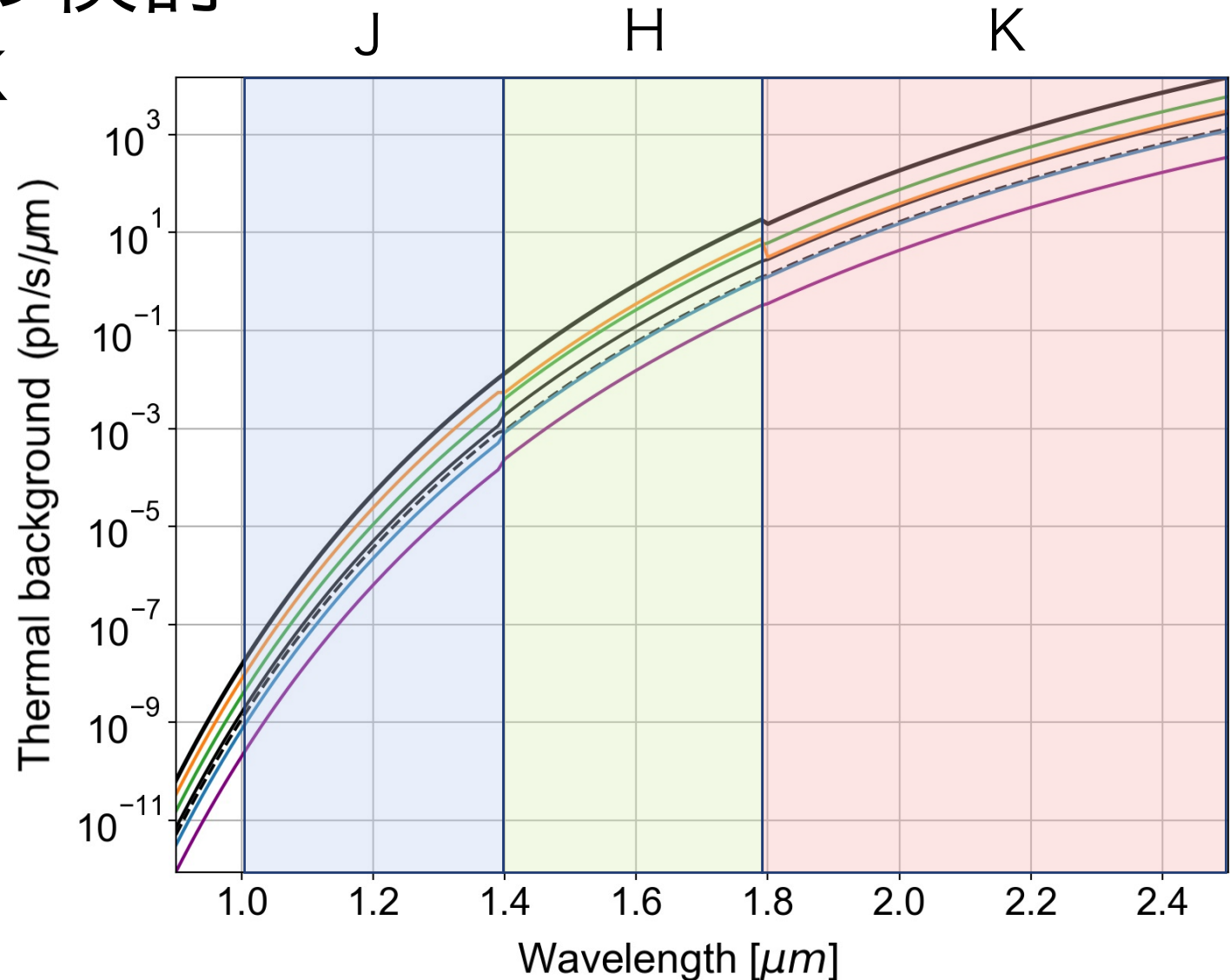
効率(~70%)・熱放射の検討を行なった

# Starbug

## Starbugの熱放射の検討

• 推定される熱放射@273K

- 合計(太線)
- 主鏡(黒)
- 副鏡(破線)
- WFI(青)
- Fore-optics(紫)
- IFU(緑)
- ファイバー(オレンジ)





# Starbug

## MOIRCS+Starbug

MOIRCS webでS/N=5, 1hourの5 $\sigma$ 等級をinputした際に得られたS/N

Fiber covering fraction@0.079"/fiber

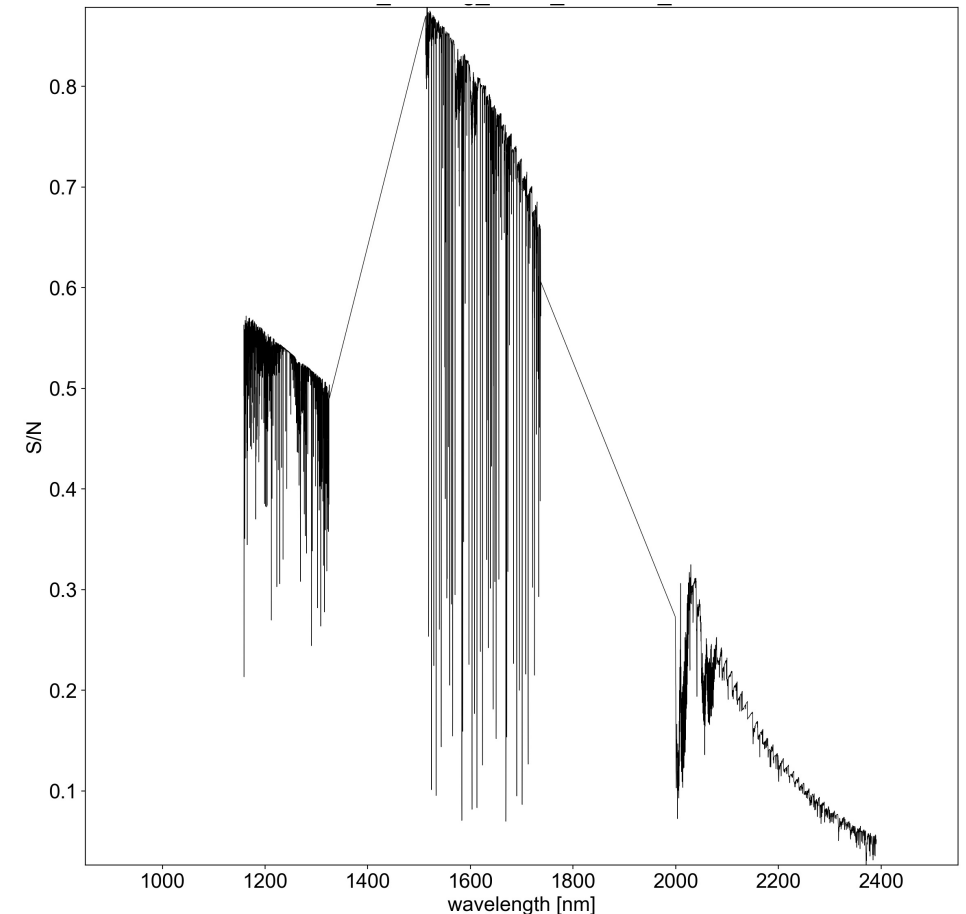
AO無し : 3.51%, 3.96%, 4.82%

GLAO : 7.36%, 9.98%, 13.8%

AO無し	J	H	K
300s×12	0.17	0.27	0.15
600s×6	0.24	0.37	0.16
3600s×1	0.53	0.79	0.16

GLAO	J	H	K
300s×12	0.36	0.66	0.42
600s×6	0.50	0.92	0.44
3600s×1	1.09	1.91	0.46

AO無し、3600s×1枚の場合



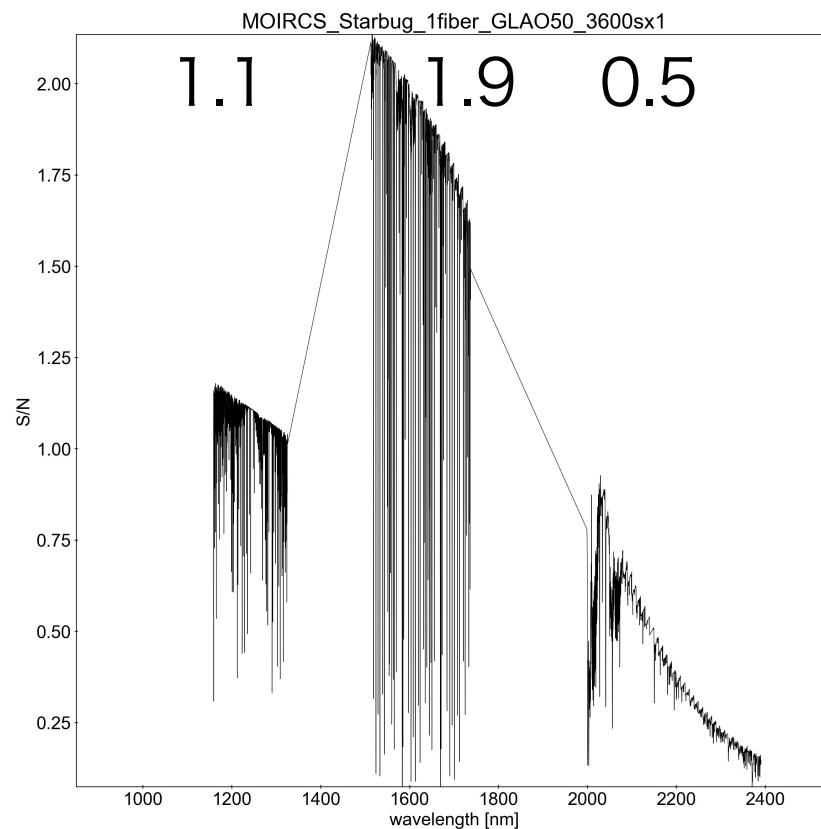
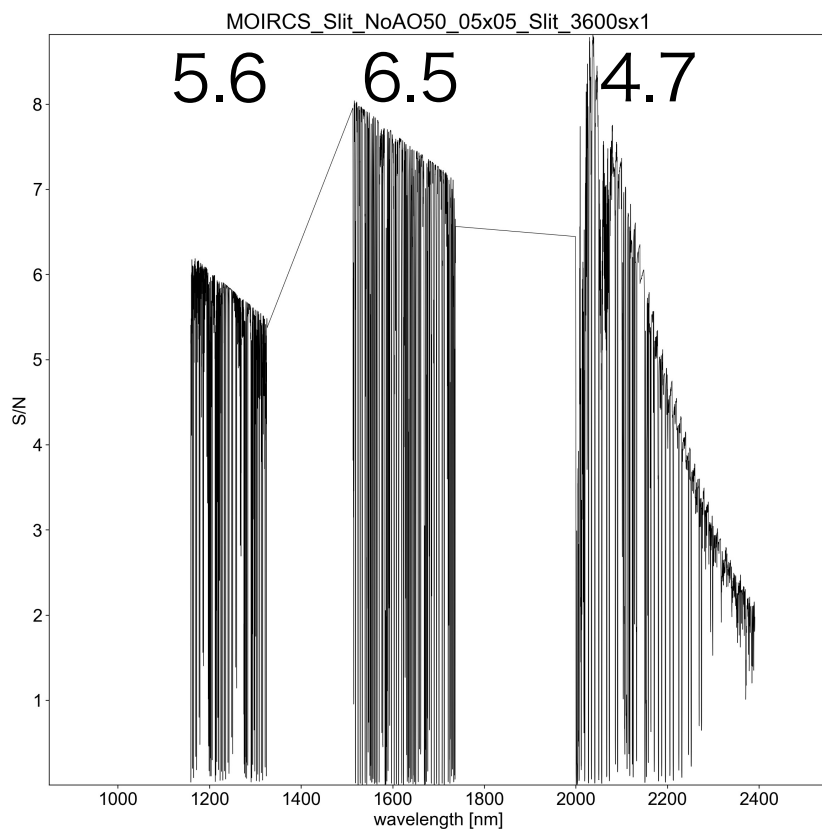
ETC

# MOIRCS Slit NoAO vs Starbug 1 fiber GLAO

現状のMOIRCS(AO無し)とStarbug-MOIRCS(AO有り)の比較

Slit : NoAO, 0.5"×0.5" boxと仮定

Starbug : GLAO, 中央の1 fiber, 0.078" radiiと仮定



点源にも最適なファイバー径を探る？

ETC

## 今後のETC開発の展望

### ○MOIRCS

- ・他のグリズム(低分散)版も作成
- ・透過率等を波長の関数に
- ・MOIRCSの収差を考慮したS/N測定  
→ 画像の位置で得られるS/N mapを作成

### ○Starbug

- ・IFU全体(fiberごと)
- ・Fiber径 vs S/N の検討

○その他の近赤外分光観測装置にも対応させる・UI作成/公開



# その他現地で学んだこと

○”観測者”では見られない運用の場面

- マスクカット
- 主焦点交換作業


1日ばかり！

→ 大規模だからこそ  
人手も必要

○現地の方と議論

- MOIRCSについて

→ 今後の開発・運用に  
繋げてゆきたい



すばる望遠鏡に関わる皆さんの支えが  
あってすばらしいデータが得られてい  
ることを実感

## 最後に…①

実習中お世話になった、全ての皆様に感謝いたします。

- ・ 宮崎所長をはじめとするスタッフのみなさん

美濃和さん、田中壺さん、小山さん、寺居さん、高木さん、田中陽子さん、岡本さん、早野さん、矢部さん、森鼻さん、寺尾さん、青木さん、俵さん…、

- ・ Rothさんほかヒロオフィス事務のみなさん、

- ・ Mattさんほか技術職員のみなさん、

本当にありがとうございました。

また1月にお会いしましょう！

## 最後に…②

OISTERの大学院(学部)生のみなさん

ぜひ教育プログラムに申し込んでみてください！

他の観測所・スタッフの方から学び、自分の知見・視野を広げるチャンス  
(まずは国内のところへ行くのがオススメです)

過去の教育プログラムで行なってきたぐんま150cmにMuSaSHIを搭載し、観測する取り組みがStars and Galaxies 誌に掲載されることが決定いたしました。

OISTER関係者のみなさま、特に高橋隼さんにこの場を借りて御礼申し上げます。

教育プログラムを生かした様々な成果がこれからも生まれますように