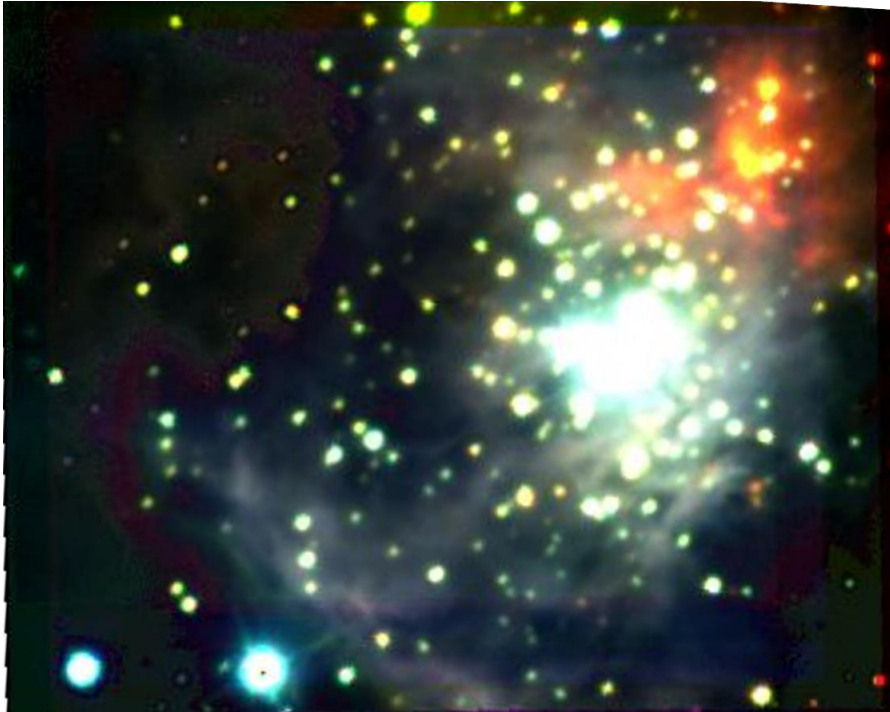


鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡用 近赤外線 3 バンド同時撮像装置 kSIRIUS の開発

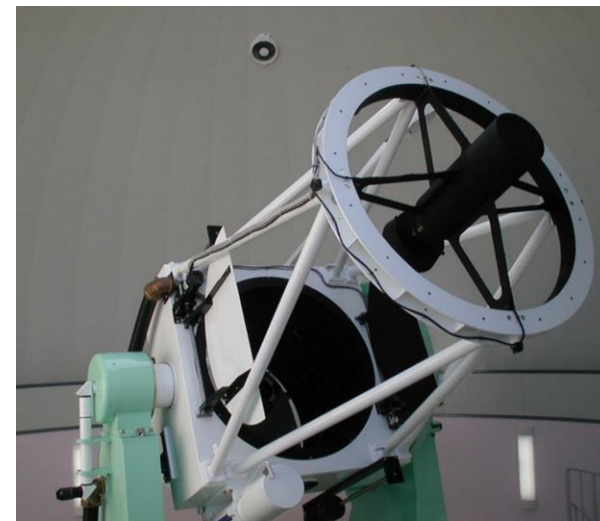
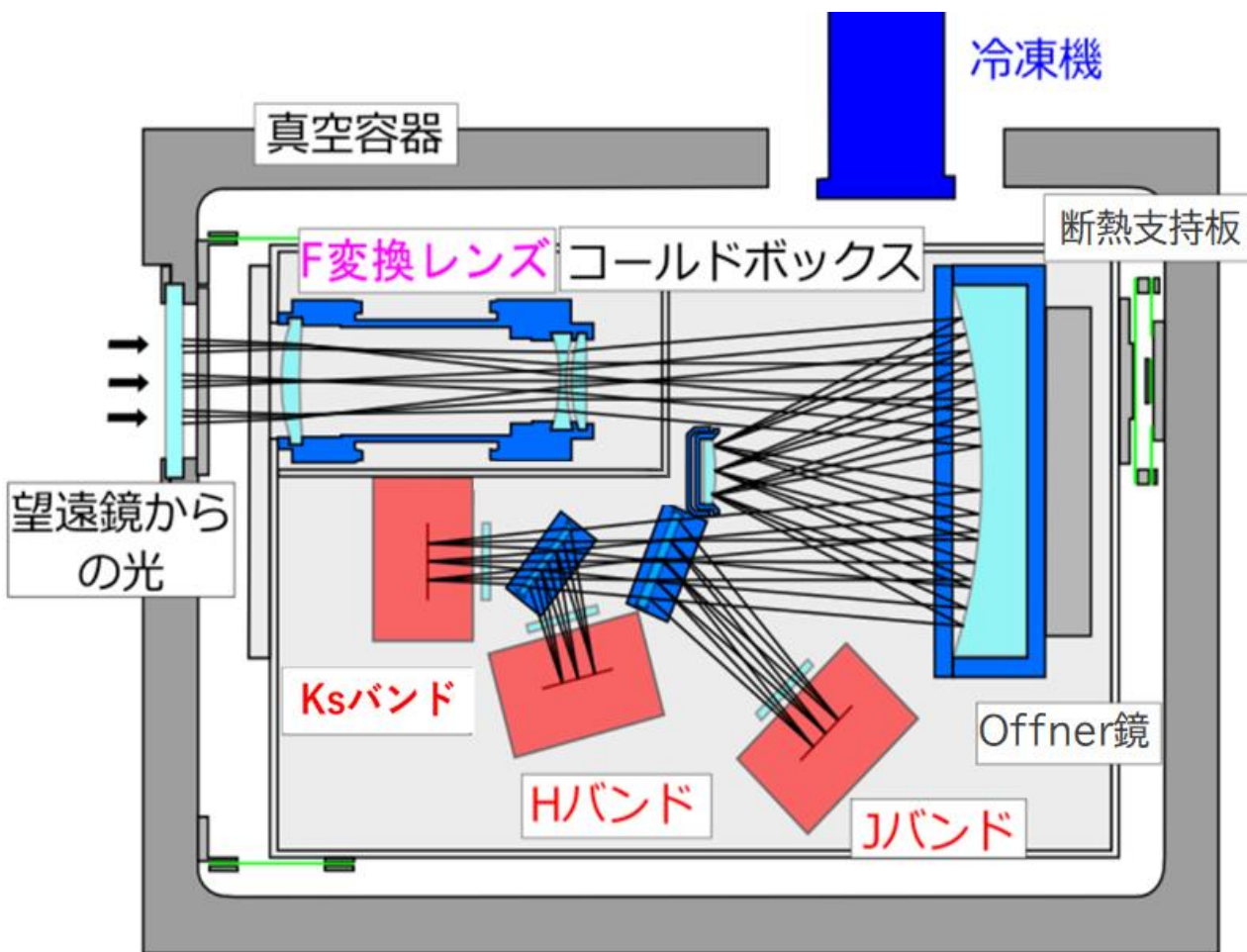


2023/1/13 ファーストライト

鹿児島大学 理工学研究科
永山研究室 修士2年
赤峰 恭太郎

2023/3/1 OISTER WS@名古屋大学

kSIRIUSの仕様

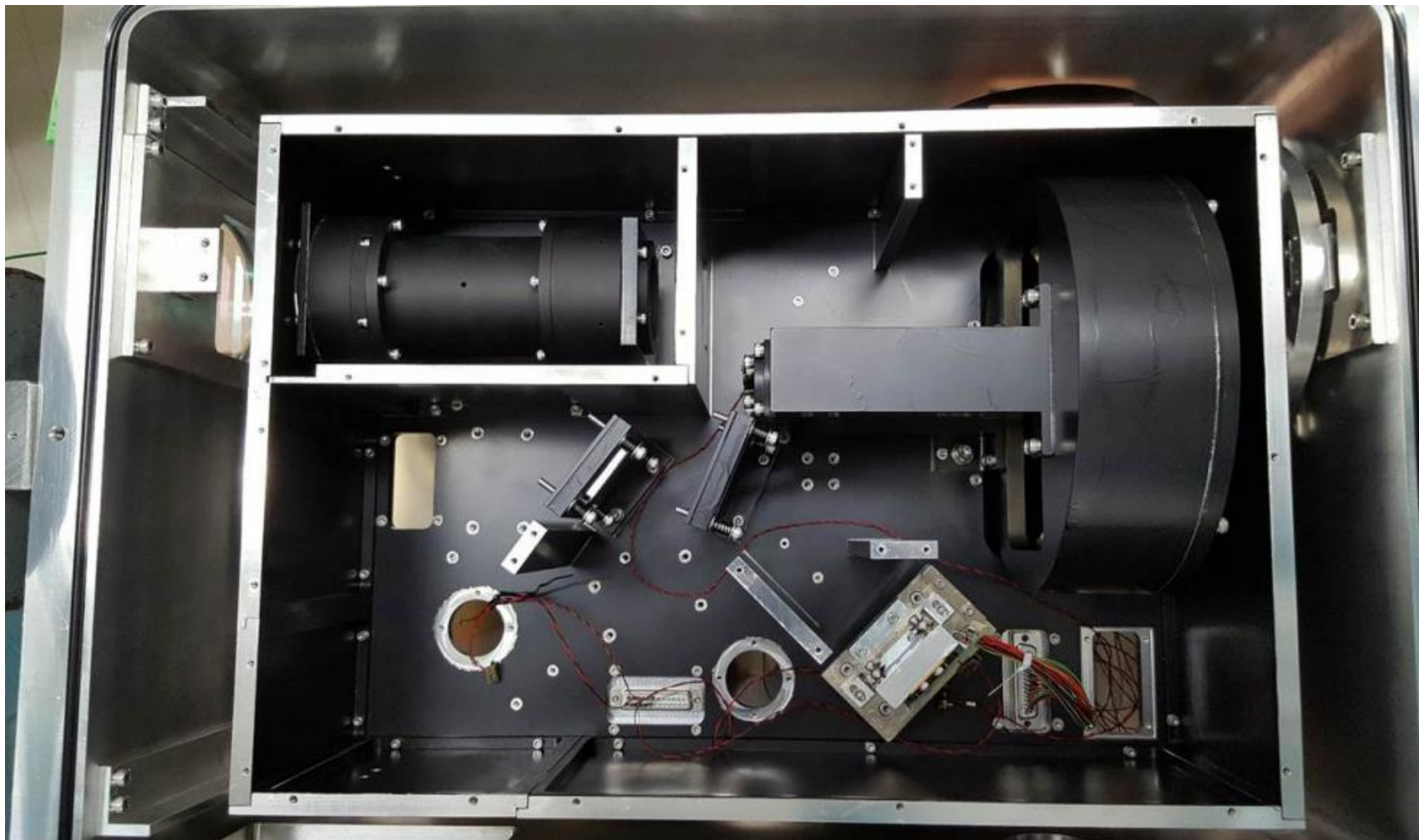


鹿児島大学1m望遠鏡

観測波長	1.26 μ m(Jバンド)
	1.65 μ m(Hバンド)
	2.15 μ m(Ksバンド)
設計視野	10.8' $\times$ 10.8'
現在の視野	3.7' $\times$ 2.9'
現在の画素スケール	0.69"

開発の流れ

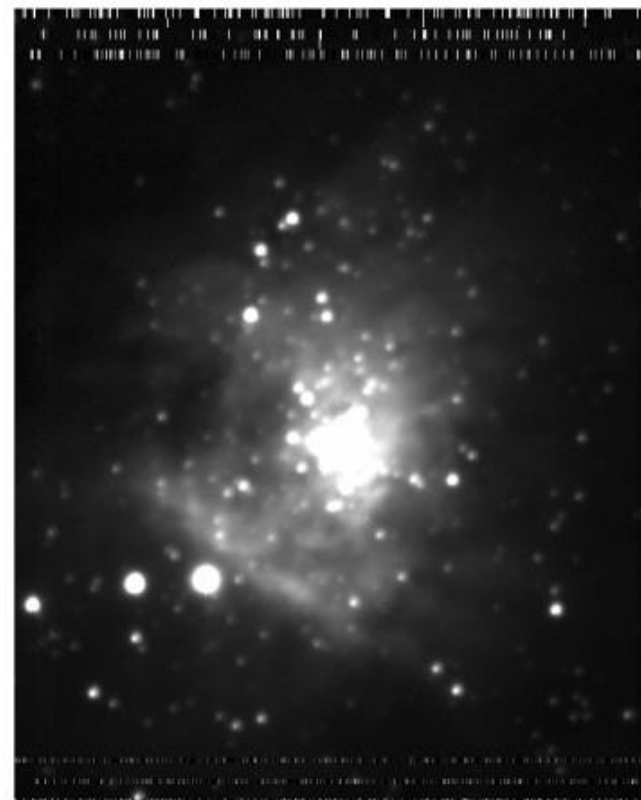
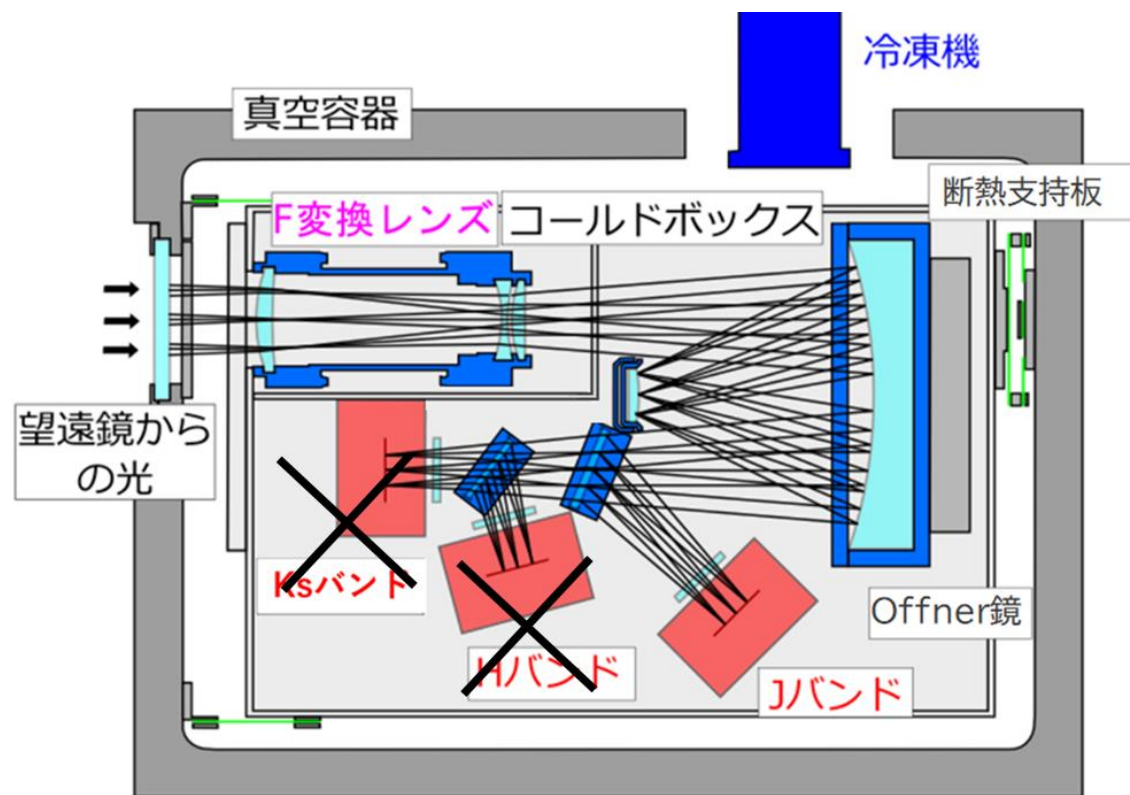
機械設計・組み立て（西森健文, 修士論文2017）



開発の流れ

Jバンド部分の試験観測（内野亮太, 修士論文2018）

検出器：台湾製InGaAs検出器（640×512画素）

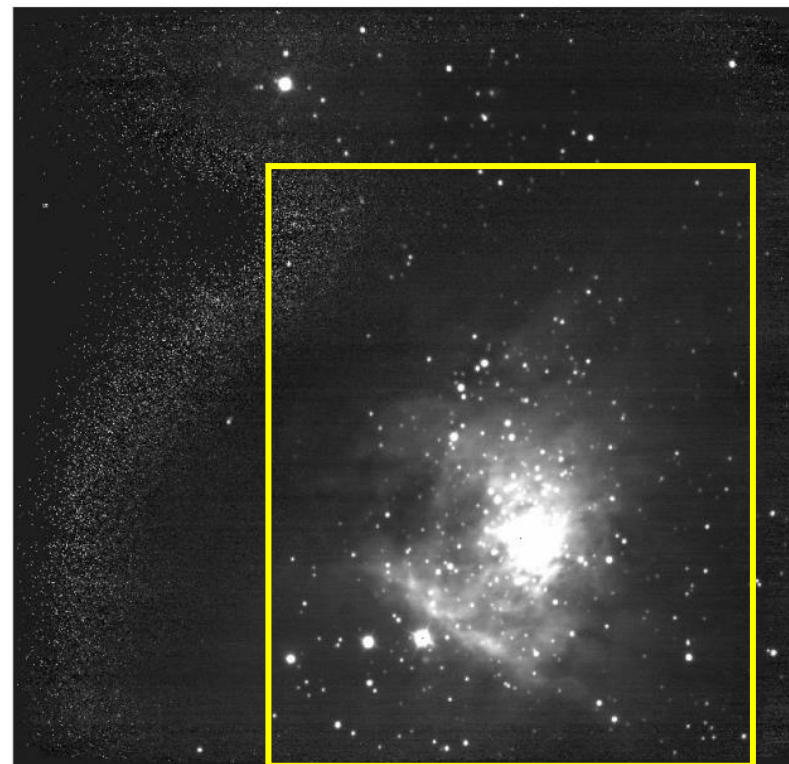
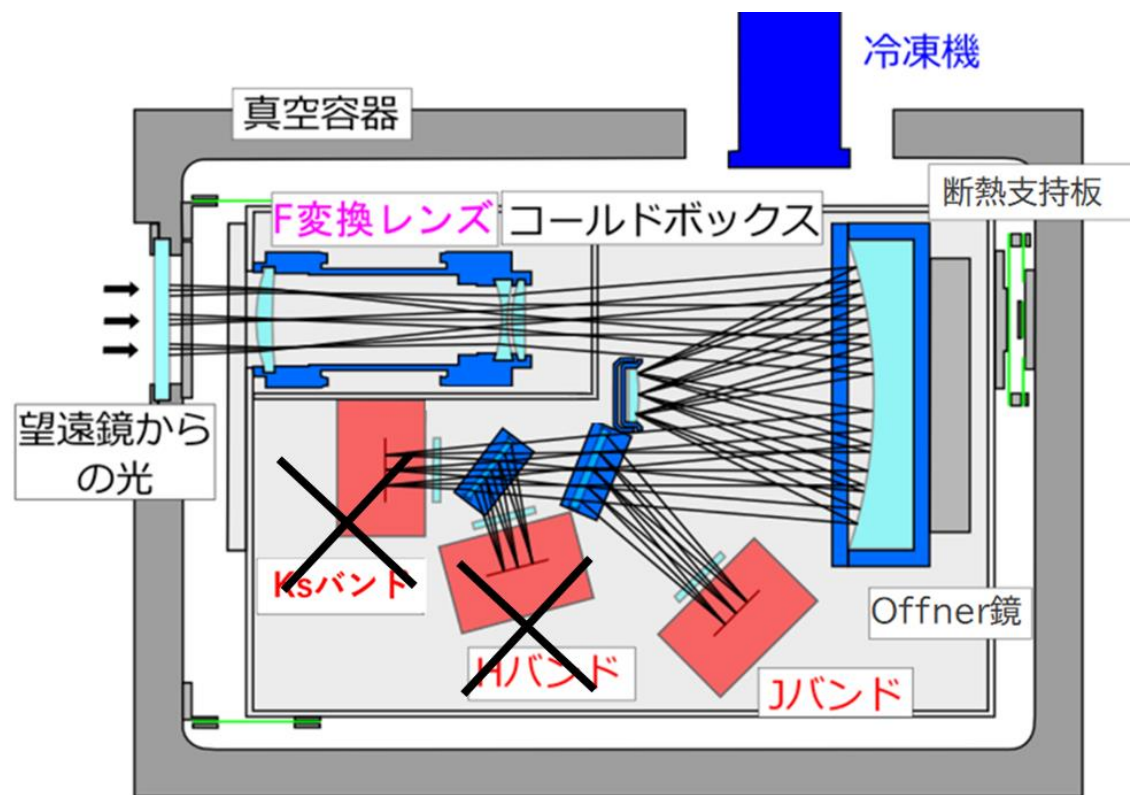


M42（Jバンド）

開発の流れ

Jバンド部分の試験観測（出崎一成, 修士論文2019）

検出器：浜松ホトニクス製InGaAs検出器（1280×1280画素）

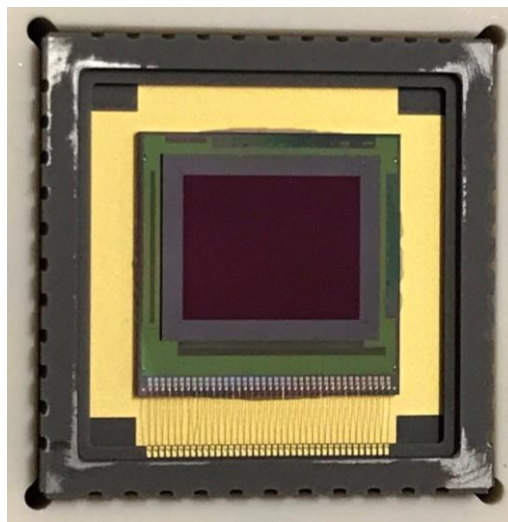


H・Ksバンド→検出器が入手できず開発中断…

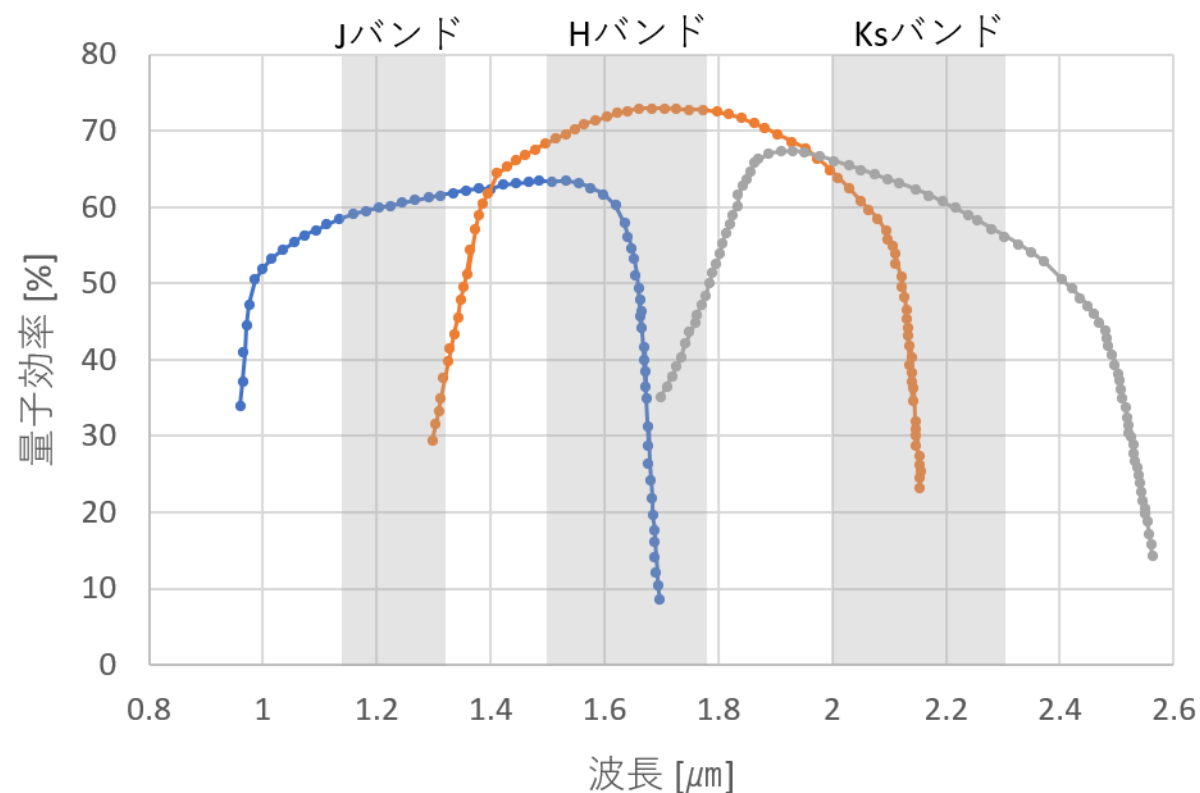
開発の流れ

2022年3月 国産InGaAs検出器の試作品が完成

- ・ 浜松ホトニクス社で製造、永山研究室(鹿児島大)・国立天文台で性能評価
- ・ 320×256画素、画素サイズ20 μm
- ・ 感度波長がバンドごとに異なる



ついに3バンド分そろった！



—●— Jバンド用検出器 —●— Hバンド用検出器 —●— Ksバンド用検出器

浜松ホトニクスのWEB上の資料を基に作成

開発の流れ

残された課題：3バンドで観測できるようにする

- ①H・Ksバンド用検出器はJバンド用検出器より運用温度が低い
→**検出器の冷却機構の構築**
- ②3つのバンドで望遠鏡の副鏡位置がそろっている必要性
→**検出器の位置調整**
- ③H・Ksバンドでは光学性能評価が未実施
→**3バンドでの光学性能評価**

望遠鏡取り付け前

- ・ F付きビームを用いた光学試験



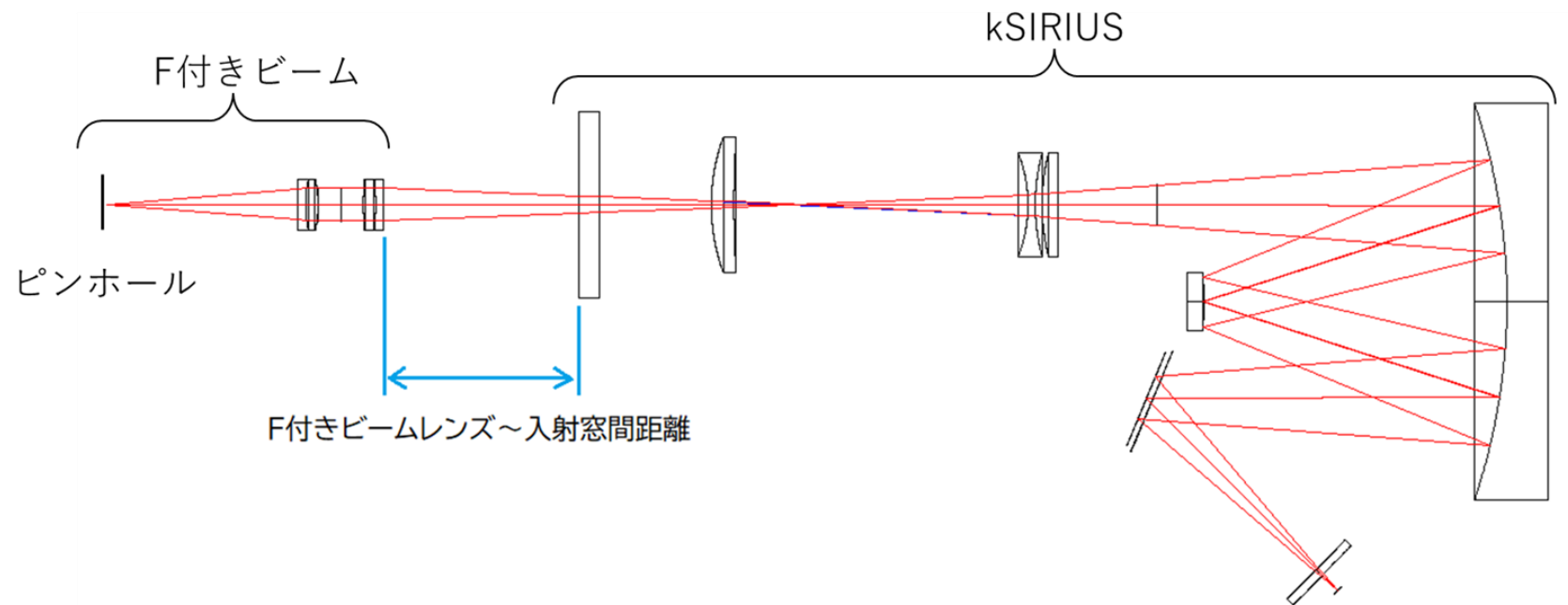
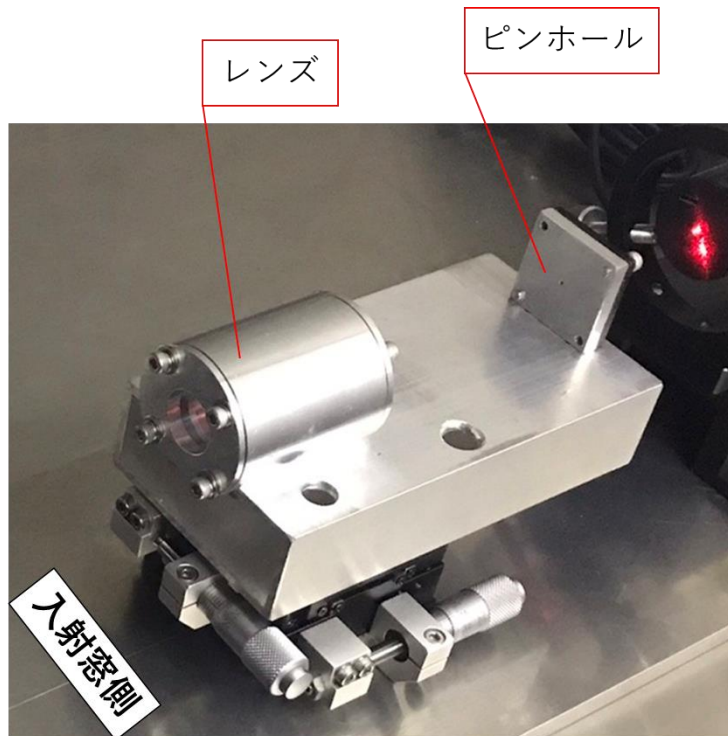
望遠鏡取り付け後(試験観測)

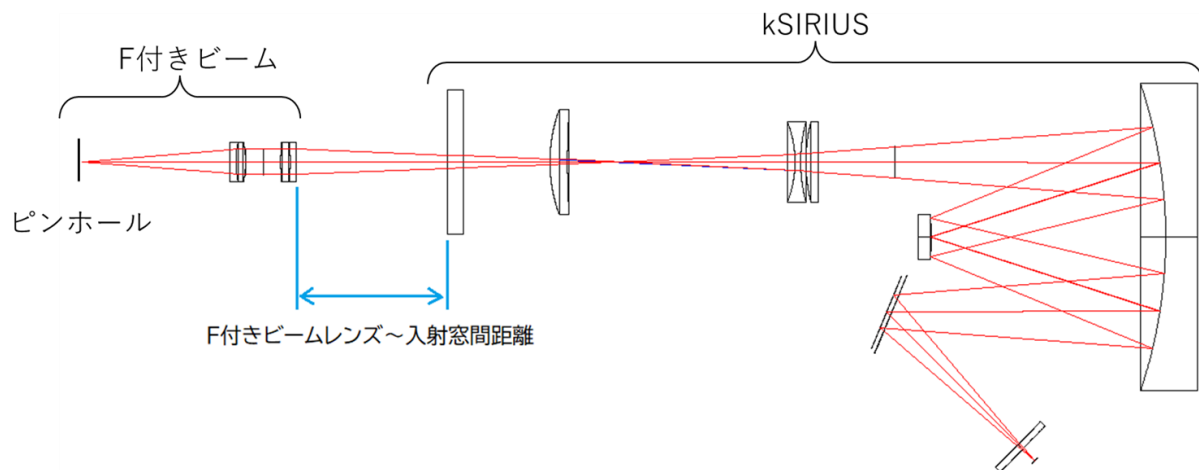
- ・ 星像半値幅
- ・ 限界等級

F付きビームを用いた光学試験

- F付きビーム：1m望遠鏡と同じF12の光束を再現した光学ユニット
- F付きビームを用いて、光学系の結像性能を調査

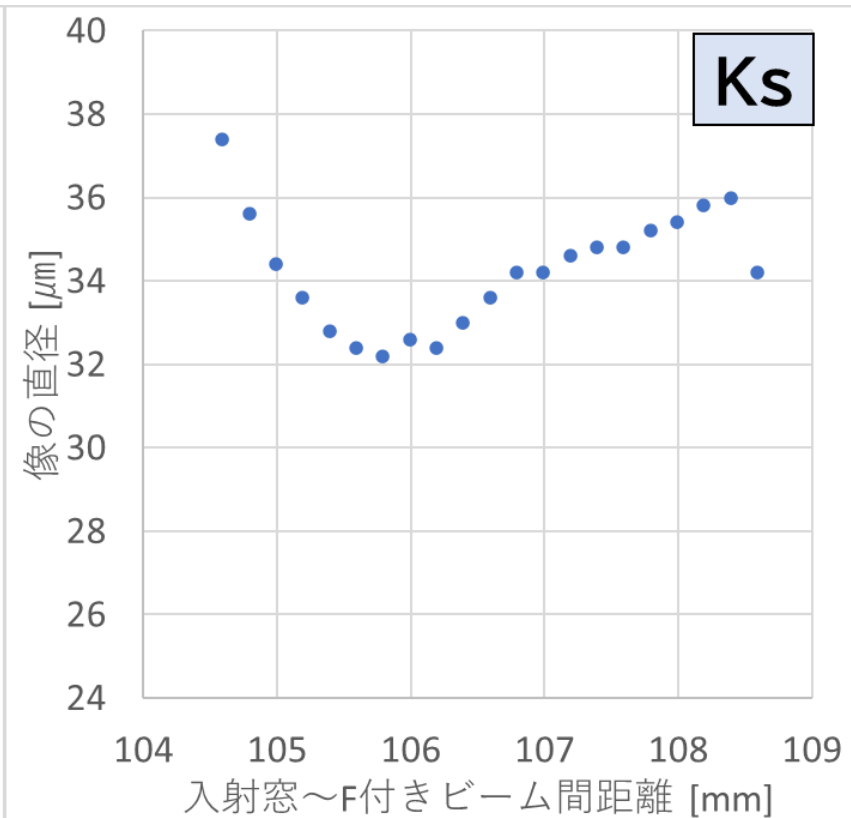
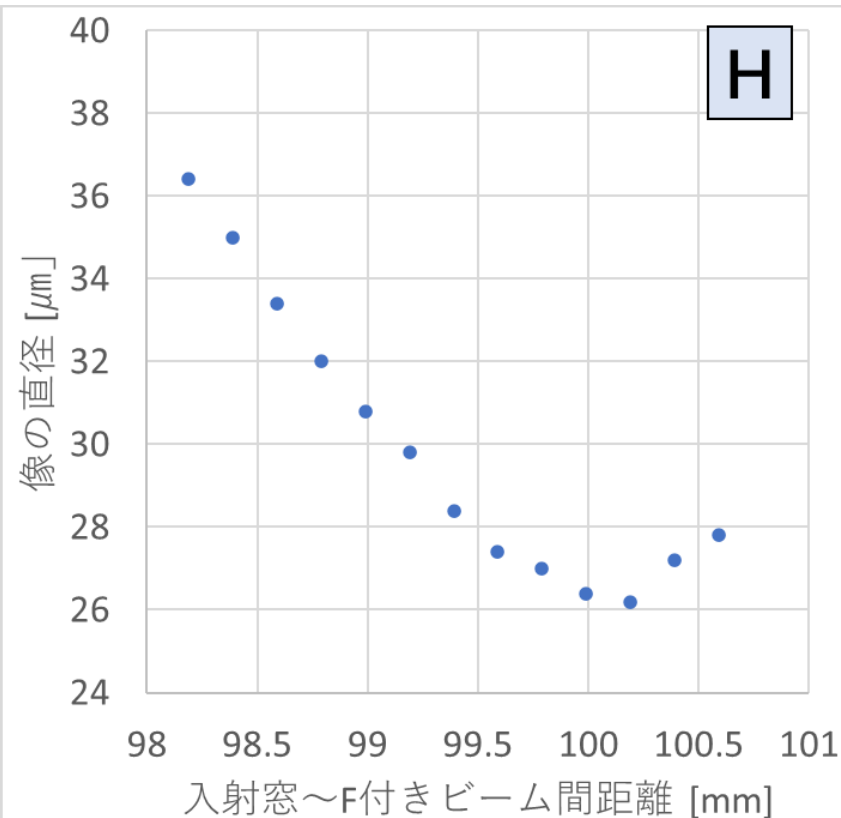
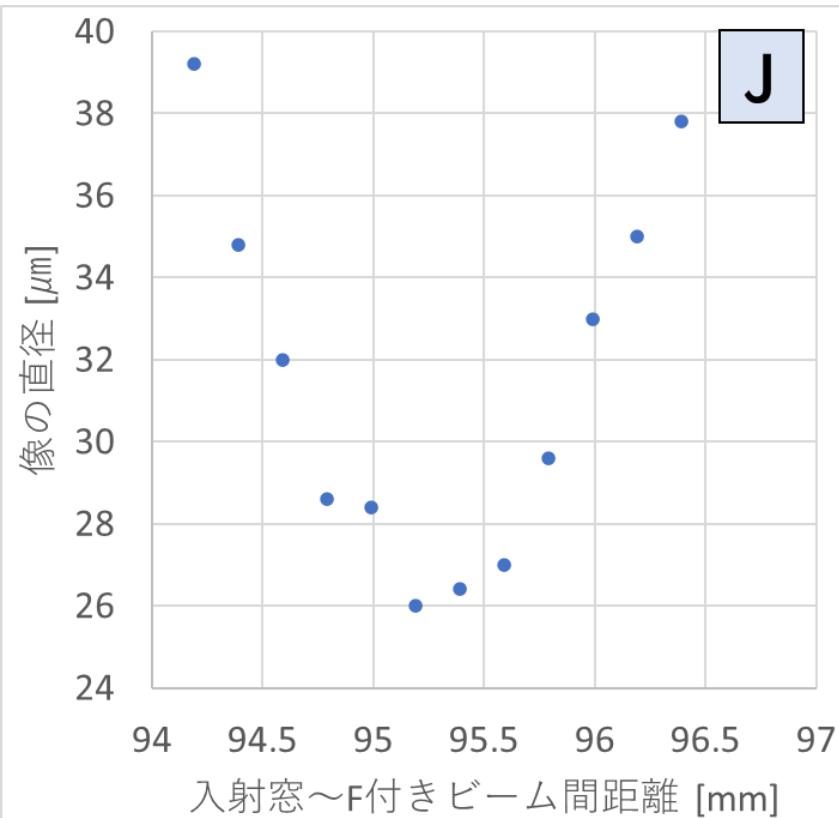
方法 F付きビームとkSIRIUSの間の距離を変えながら撮影、像の最小値を調べる
※F付きビームの色収差のため、像が最小となる距離はバンドごとに異なる



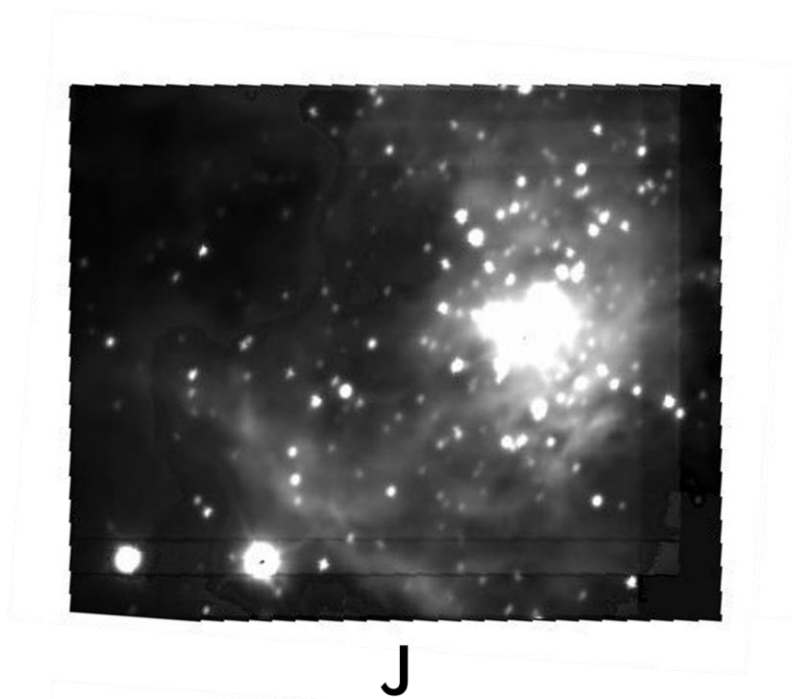


	像の大きさ [μm]	像の大きさ [秒角]
J	26.0	0.9
H	26.2	0.9
Ks	32.2	1.1

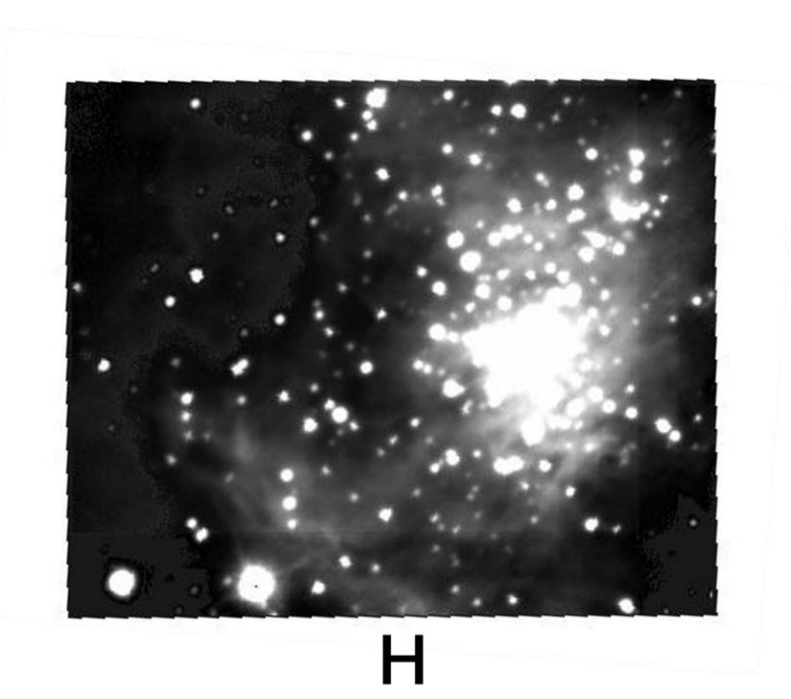
典型的なシーイングサイズ(1.5~2.0")よりも小さい → 十分な結像性能がある



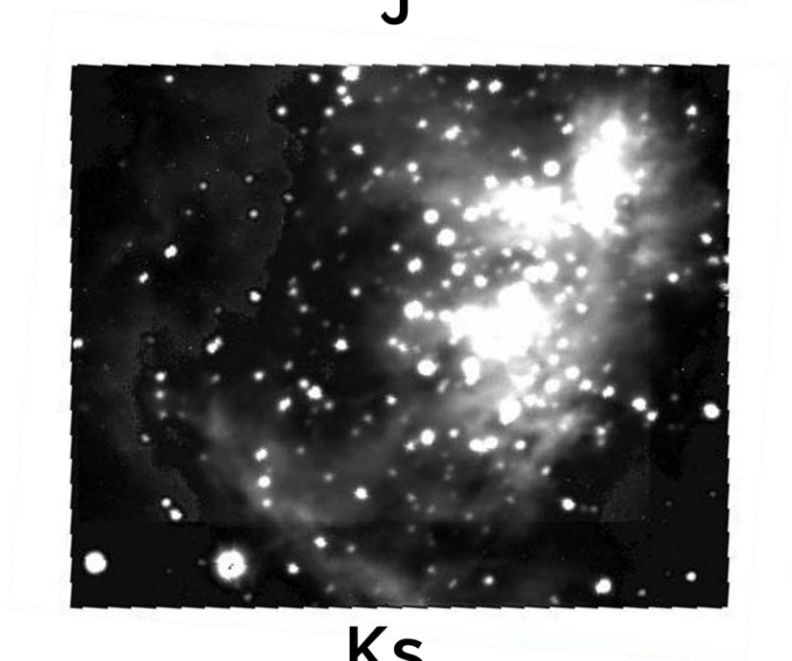
ファーストライト



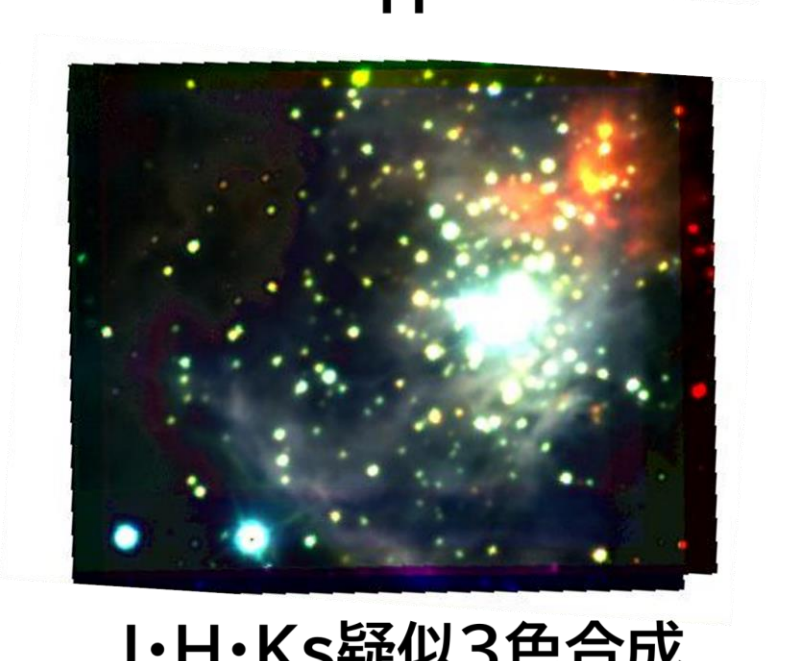
J



H



Ks



J・H・Ks疑似3色合成

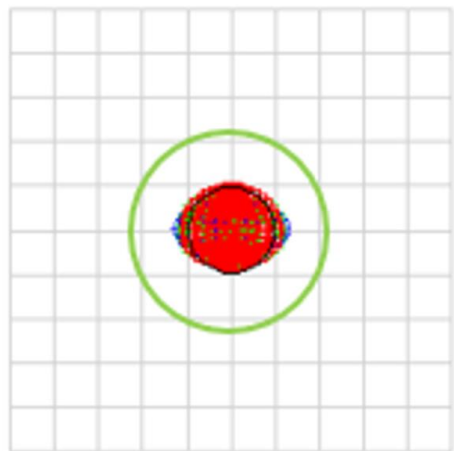
星像半値幅

星像がどれぐらい小さく結像しているか

可視2バンド同時カメラと併用 → **可視・赤外分離DM**が入る
光学シミュレーションでは、像への影響は小さい

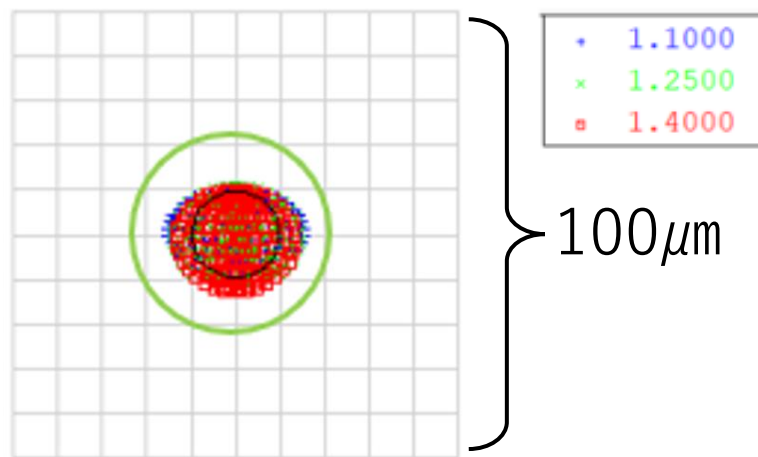
結像シミュレーション(Jバンド、視野中心のみ)

DMなし



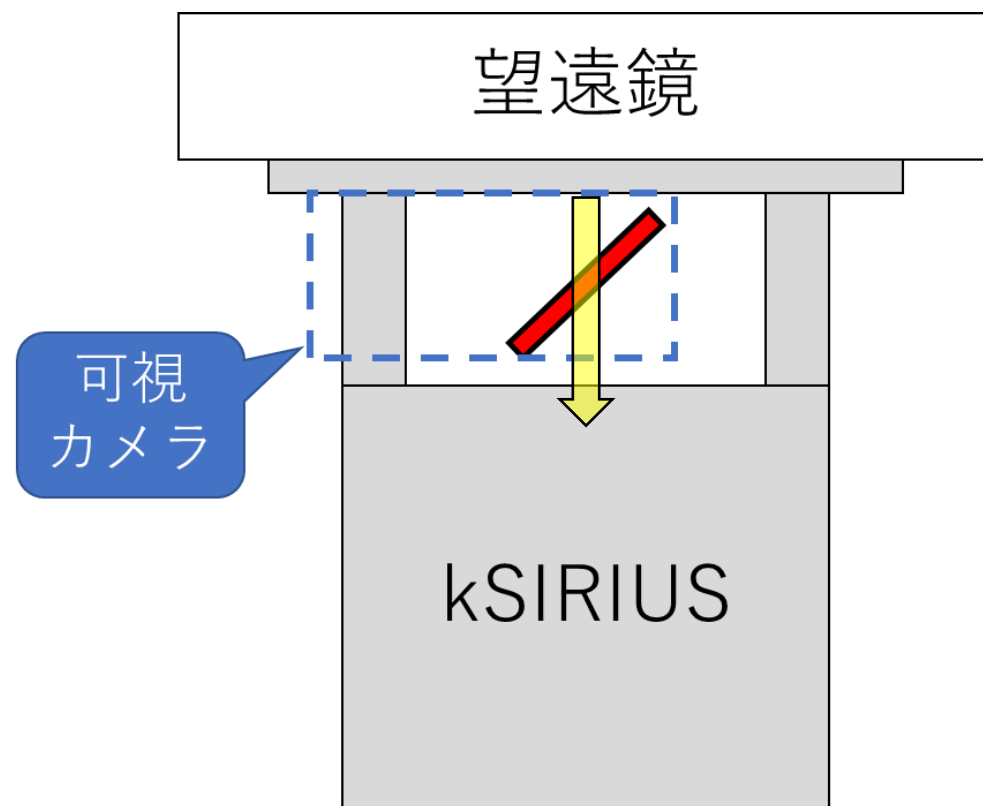
RMS radius : $7.1\mu\text{m}$

DMあり



RMS radius : $9.4\mu\text{m}$

緑円：シーイングサイズ(1.5")



星像半値幅

可視・赤外分離DMあり

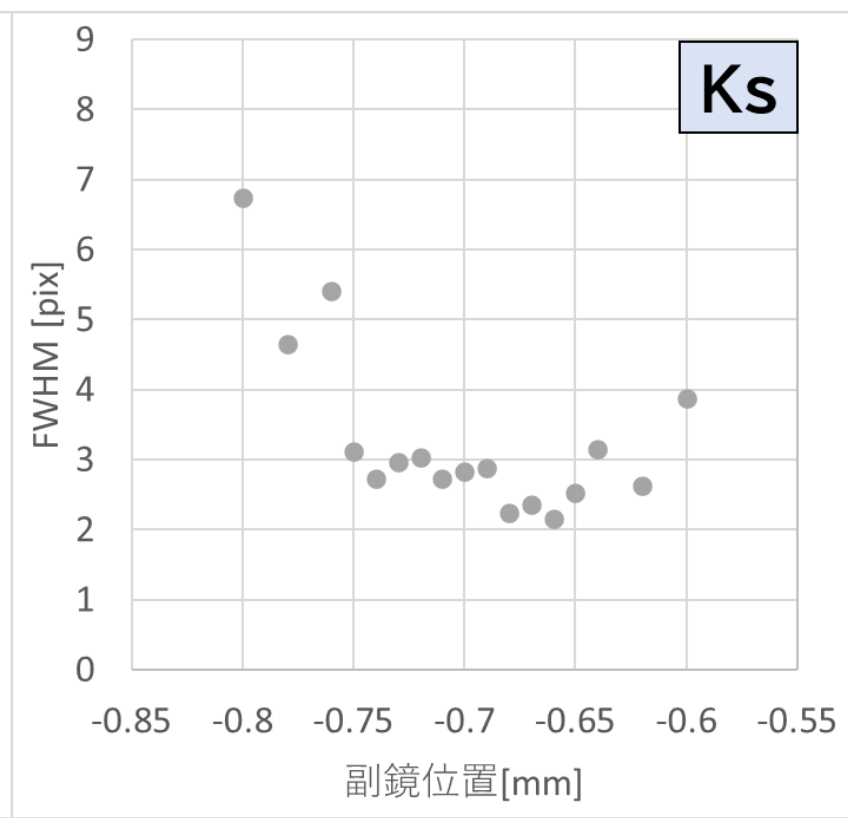
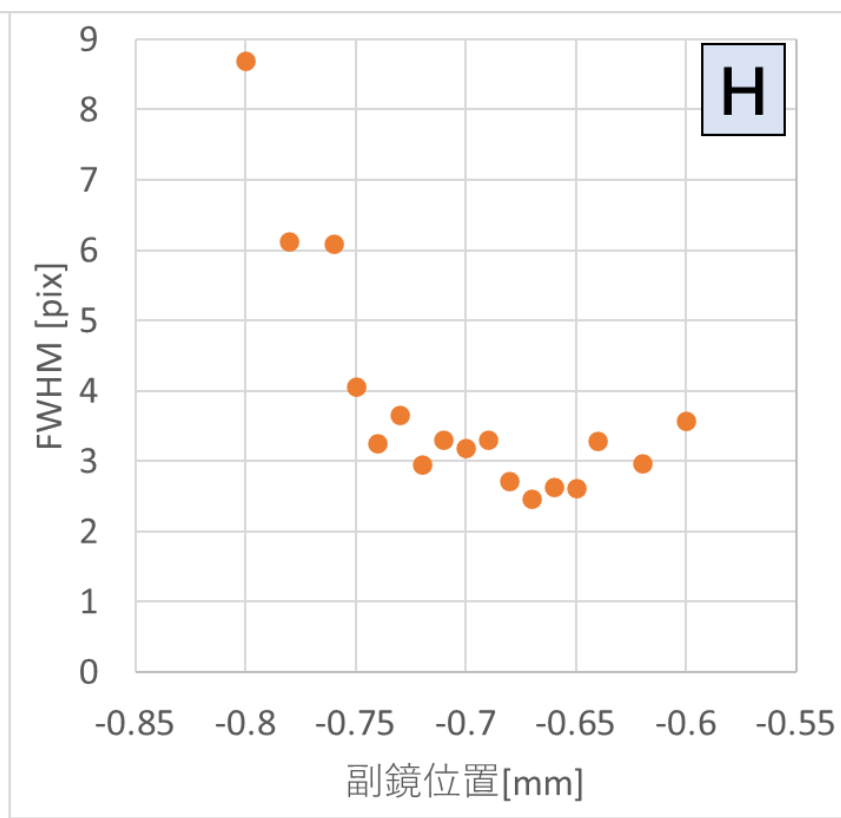
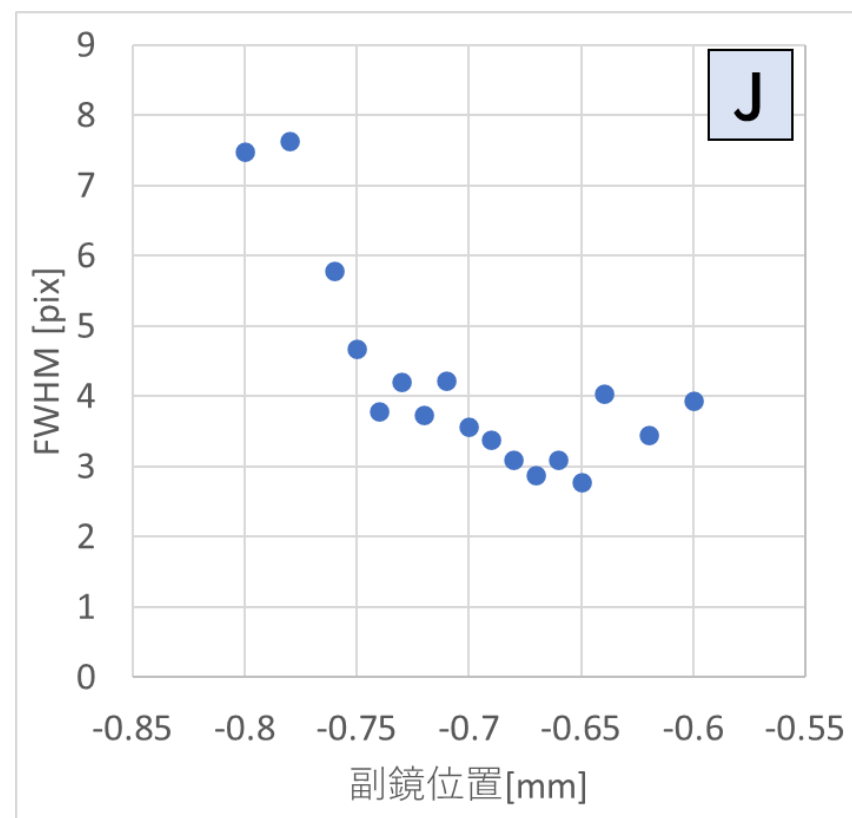
副鏡位置：3バンドとも-0.65~-0.68mmでそろっている

→検出器の位置調整がうまくいっている

像の大きさ：典型的なシーイングサイズ(1.5~2.0")程度

→シーイングで制限されている

	像の大きさ(FWHM)	
	[pixel]	[秒角]
J	3.0	→ 2.1
H	2.5	→ 1.7
Ks	2.2	→ 1.5

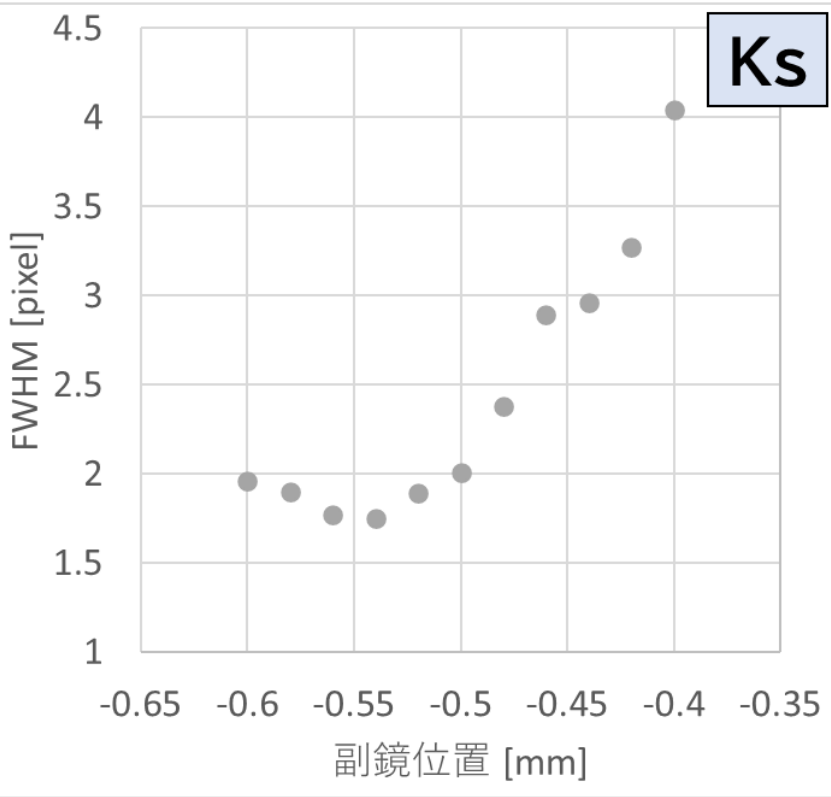
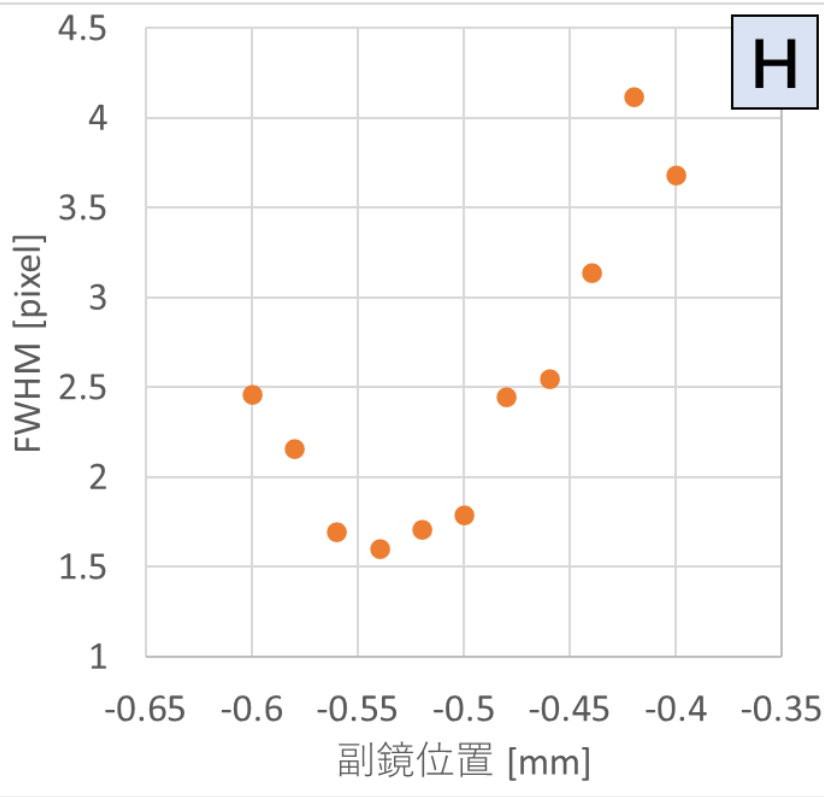
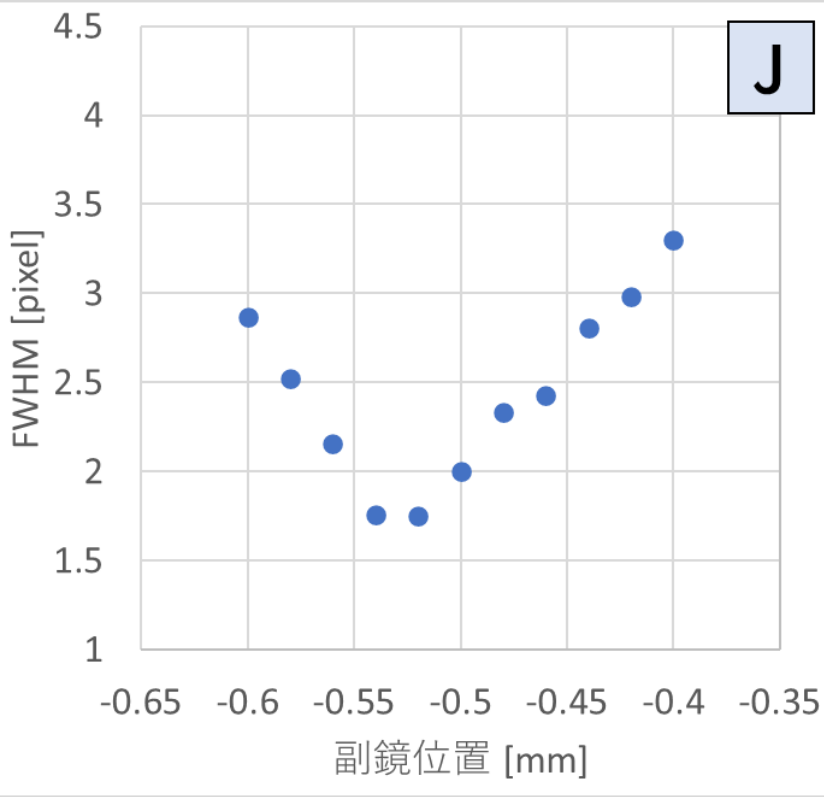


星像半値幅

可視・赤外分離DMなし

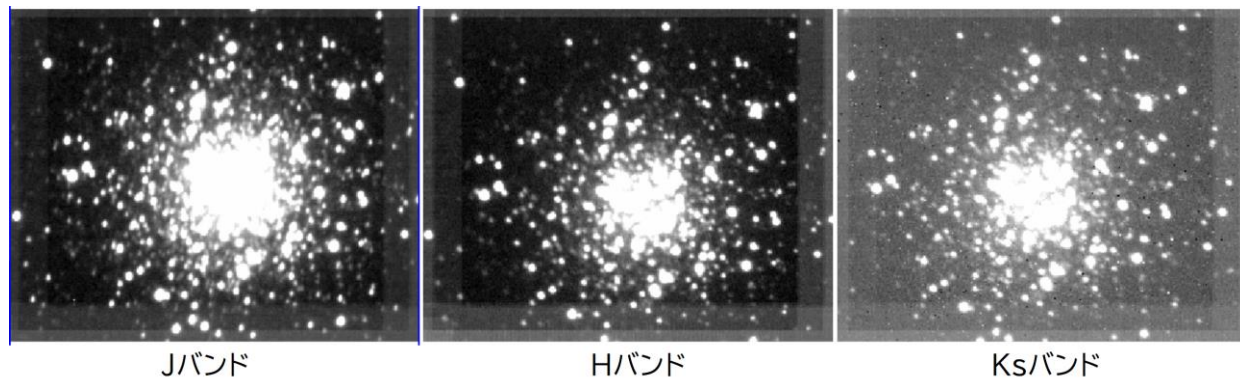
副鏡位置：3バンドとも-0.54mmでそろっている
像の大きさ：光学試験の結果と同程度に小さい
→観測時のシーイングが良かったため
(可視・赤外DMで悪化しているわけではない)

	試験観測		光学試験
	[pixel]	[秒角]	[秒角]
J	1.8	→ 1.2	0.9
H	1.6	→ 1.1	0.9
Ks	1.8	→ 1.2	1.1

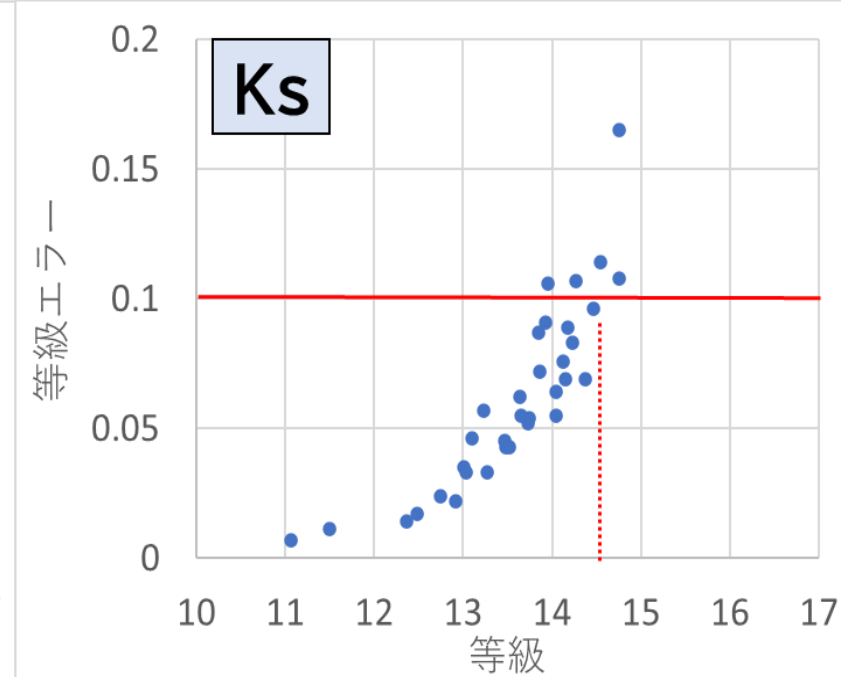
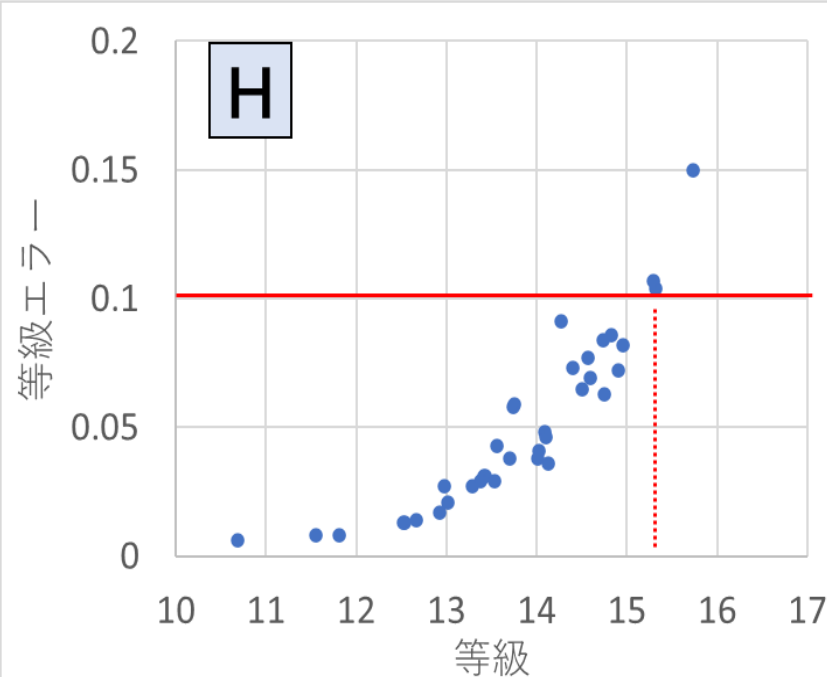
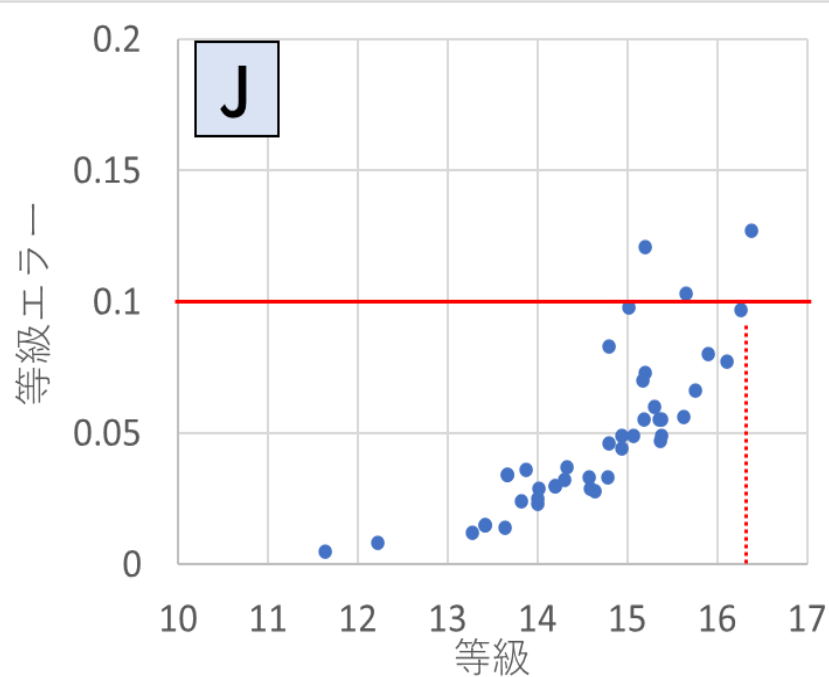


限界等級

ある観測条件において観測可能な最も暗い星の等級
さまざまな明るさの星に対して相対測光することで導出



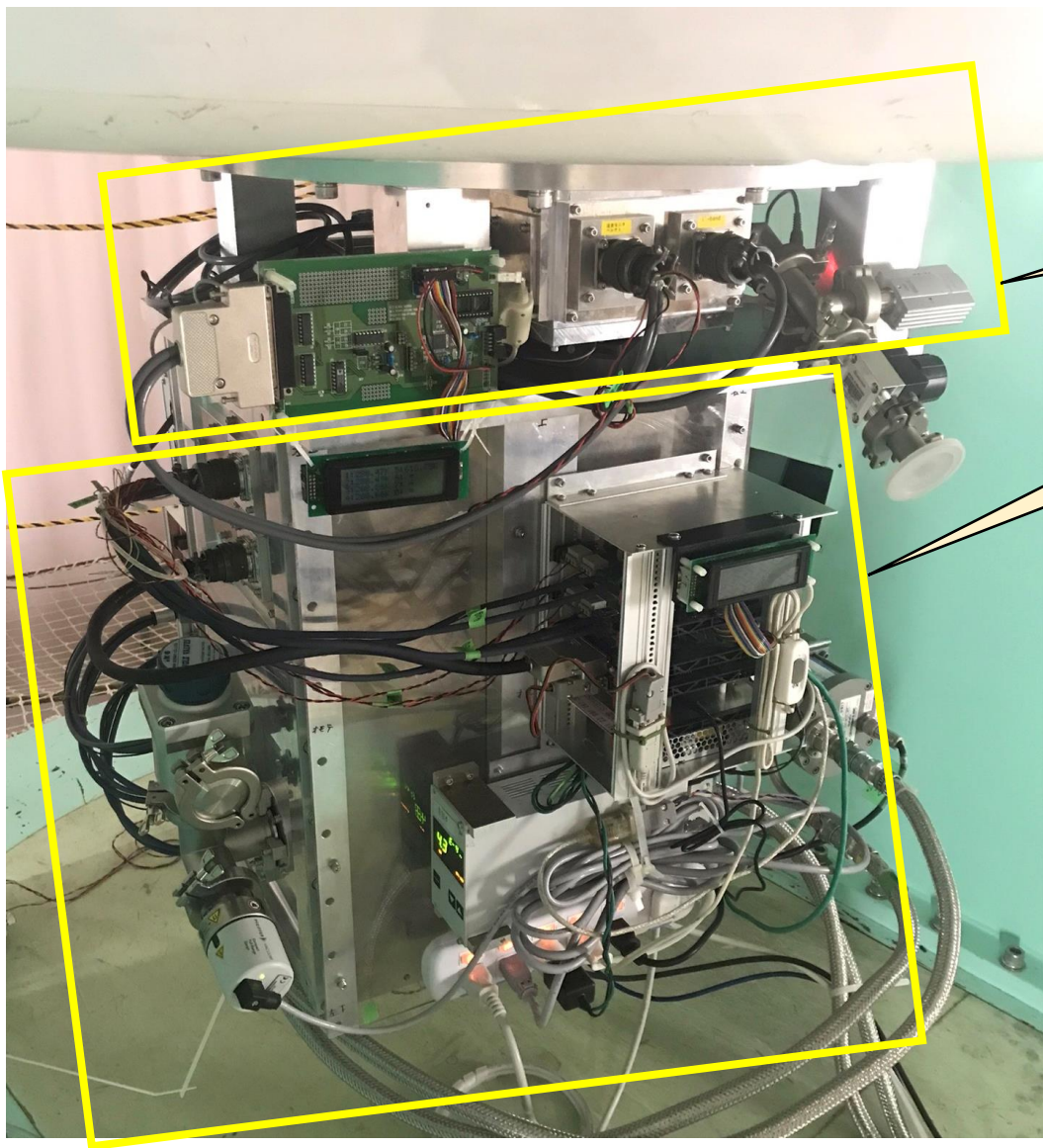
	限界等級[等](270秒積分, S/N=10)	
	期待値	実測値
J	15.8	16.3
H	15.5	15.3
Ks	14.7	14.5



総積分時間	限界等級の期待値[等](S/N=10)		
	J	H	Ks
1秒	9.9	9.9	9.3
30秒	13.6	13.6	12.9
5分	15.9	15.5	14.8
10分	16.5	16.0	15.2

撮影時間について

- 1フレームあたりの積分時間：1~600 秒
- 積分時間 + 5 秒 cadenceで撮影可能（現時点）



可視2バンドカメラ

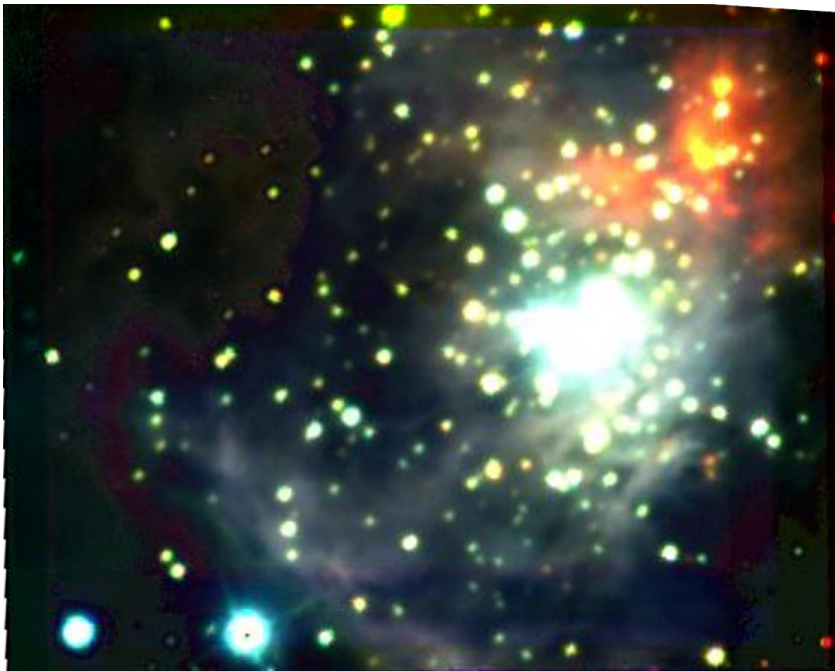
kSIRIUS

赤外3バンド＋可視2バンド
5バンド同時撮像を目指す

詳細は米盛講演

kSIRIUS まとめ

- ・ J、H、Ksの3バンドでファーストライトを迎えることができた
- ・ 試験観測の結果、表のような光学性能が確認できた



	星像半値幅[秒角] (可視・赤外DMなし)	限界等級[等] (270積分・SN=10)
J	1.2	16.3
H	1.1	15.3
Ks	1.2	14.5