



# TAO6.5m望遠鏡用中間赤外線装置MIMIZUKU：光学系

宮田隆志 (東京大学 天文学教育研究センター)

酒向重行、中村友彦、浅野健太郎、内山瑞穂、尾中敬、左近樹、青木勉、加藤大輔、川良公明、河野孝太郎、越田進太郎、小西真広、征矢野隆夫、田中培生、田辺俊彦、樽沢賢一、土居守、半田弘弘、三谷夏子、峰崎岳夫、本原顕太郎、吉井讓(東京大学)、片ざ宏一(JAXA)、板由房(東北大学)

MIMIZUKUは東京大学を中心に開発を進めている次期大型中間赤外線装置である。広い観測波長範囲 (2-38  $\mu\text{m}$ ) と高い空間分解能 (1" @30  $\mu\text{m}$ ) を兼ね備えており、同時複数天体観測用のField stackerも搭載している。MIMIZUKUは標高5,640mのTAO6.5m望遠鏡のほか、すばる望遠鏡にも搭載が可能である。本論文ではMIMIZUKUの特色を活かすべく設計された光学系について詳述する。

## MIMIZUKU = Mid-Infrared Multi-field Imager for gaZing the UnKown Universe

### MIMIZUKU装置コンセプト

#### 地上からの中間赤外線観測：2つの利点

##### ① 高解像度が達成可能

- ✓ 中間赤外線の空間分解能は口径によって決まる。
- 高解像度達成のためには、地上(大口径)望遠鏡が不可欠

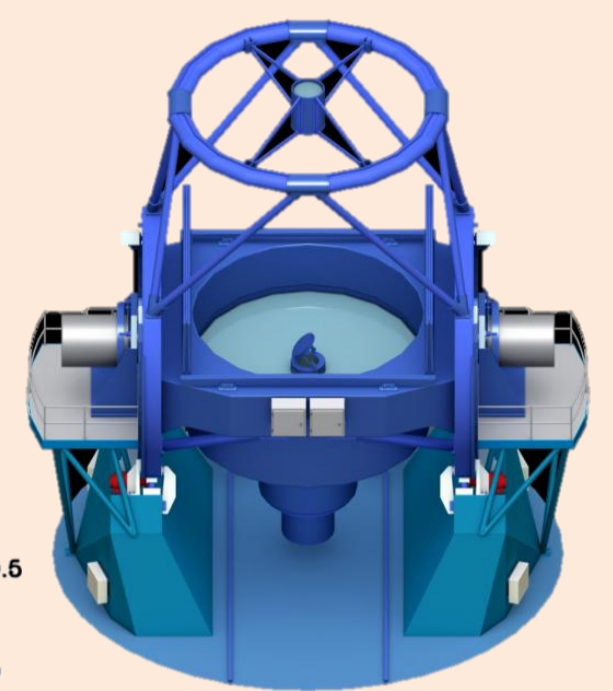
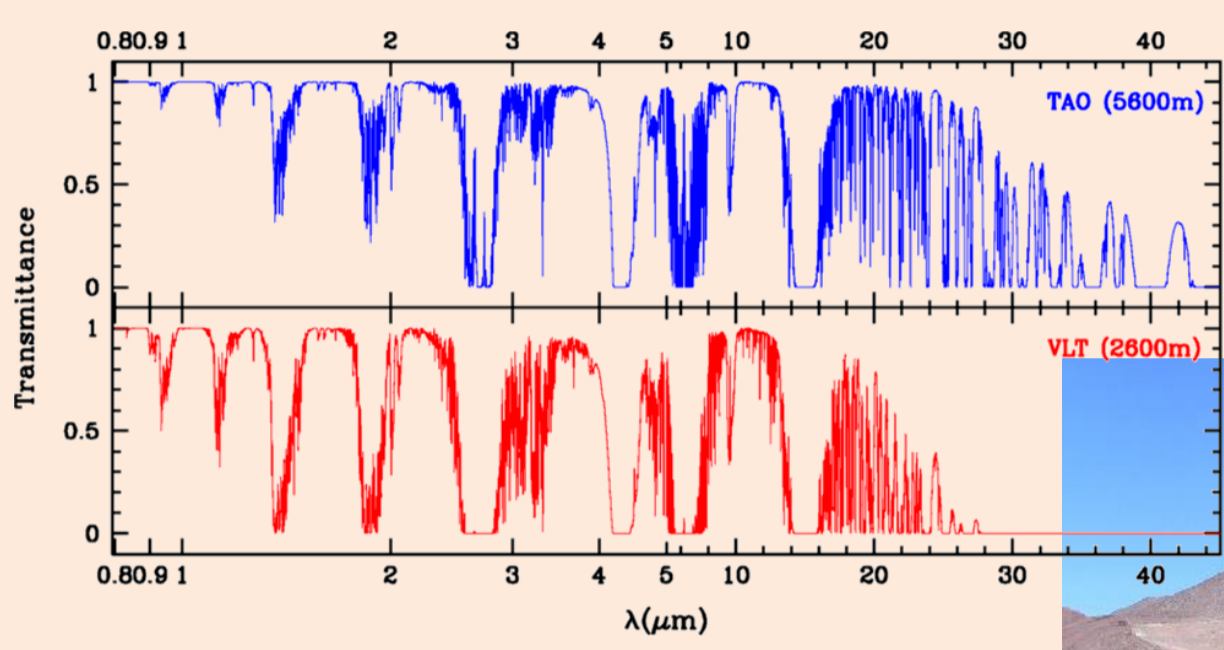
##### ② 継続的な観測が可能

- ✓ スペース望遠鏡の観測時間は限られている
- ✓ 望遠鏡寿命も短く、長期の観測は不可能
- 長期・系統的なモニタ観測は地上望遠鏡がかなしい

#### TAO：地上最高の赤外線観測サイト

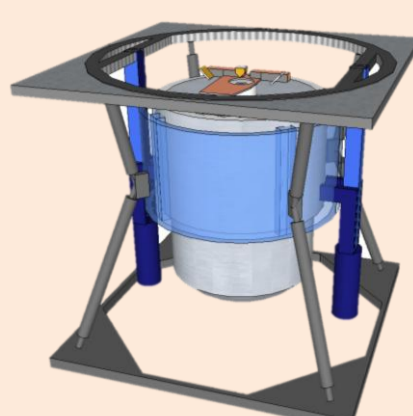
- ✓ TAO計画
- 6.5-m望遠鏡をアタカマ・チャナントール山に建設
- 標高 5,640m = 世界最高標高の天文台！

高い標高+乾いた大気  
→ MIR波長でクリアな大気条件  
特に26-38 $\mu\text{m}$ はTAOのみが観測可能



#### MIMIZUKU：次世代大型中間赤外線装置

- ✓ 2-38 $\mu\text{m}$ の広い波長範囲
- ✓ 回折限界での観測が可能 (>8 $\mu\text{m}$ )
- ✓ モニタ観測のためのField Stackerを新導入
- ✓ TAO望遠鏡のほか、すばる望遠鏡にも搭載可能



##### Specifications of the MIMIZUKU

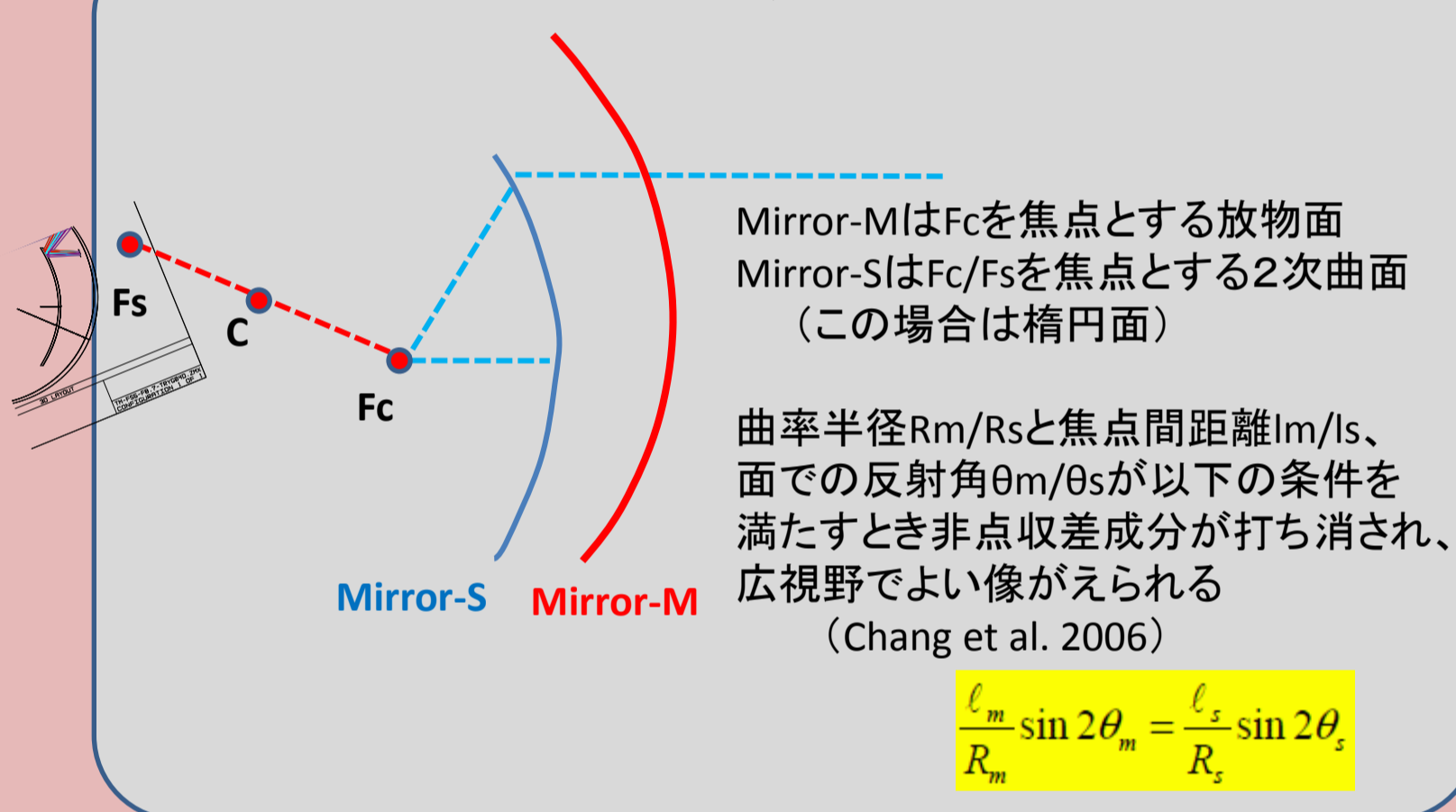
	NIR channel	MIR-S channel	MIR-L channel	Note
Detector	InSb 1kx1k	Si:As 1kx1k	Si:Sb 128x128	
Wavelength	2-5.6 $\mu\text{m}$	6-26 $\mu\text{m}$	25-38 $\mu\text{m}$	@ TAO 6.5m
Pixel Scale	0.11"/pix	0.11"/pix	0.46"/pix	
Field of View	2'x2' or 1'x2' x2	2'x2' or 1'x2' x2	1'x1' or 0.5'x1' x2	w/o field stacker w/ field stacker
Spectroscopy	Slit+grism	Slit+grism	Slit+grism	
Spec. Resolution	R~200 for 2.8-4.2 $\mu\text{m}$ R~400 for 4.5-5.5 $\mu\text{m}$	R~200 for 7.5-13.5 $\mu\text{m}$ R~150 for 16.5-26.5 $\mu\text{m}$	R~50 for 26-38 $\mu\text{m}$	

### MIMIZUKU光学系デザイン

#### 低温光学系

共焦点軸外し非球面のペアによってカメラ系、コリメータ系を形成  
→ 広い波長カバレッジと広い視野を実現

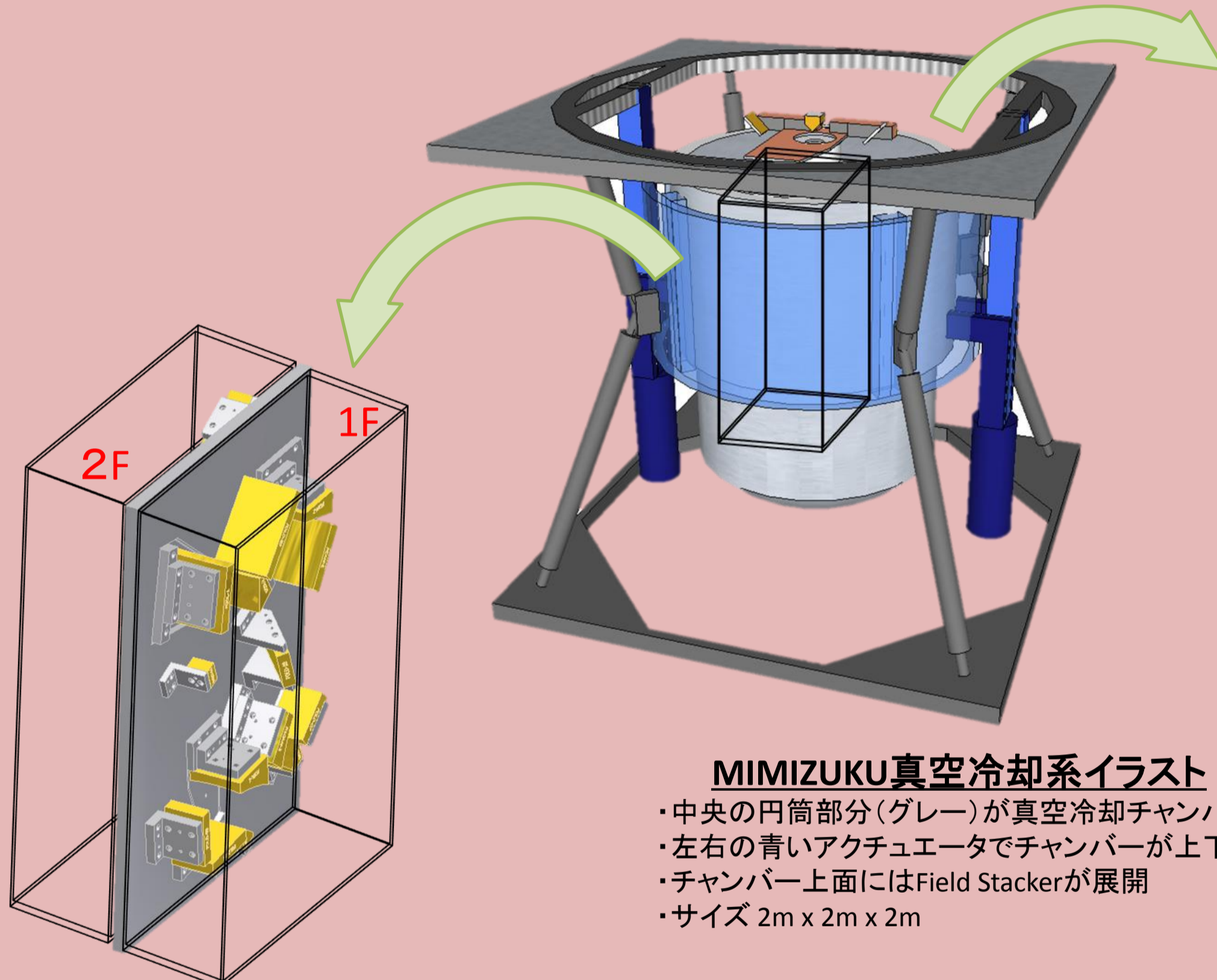
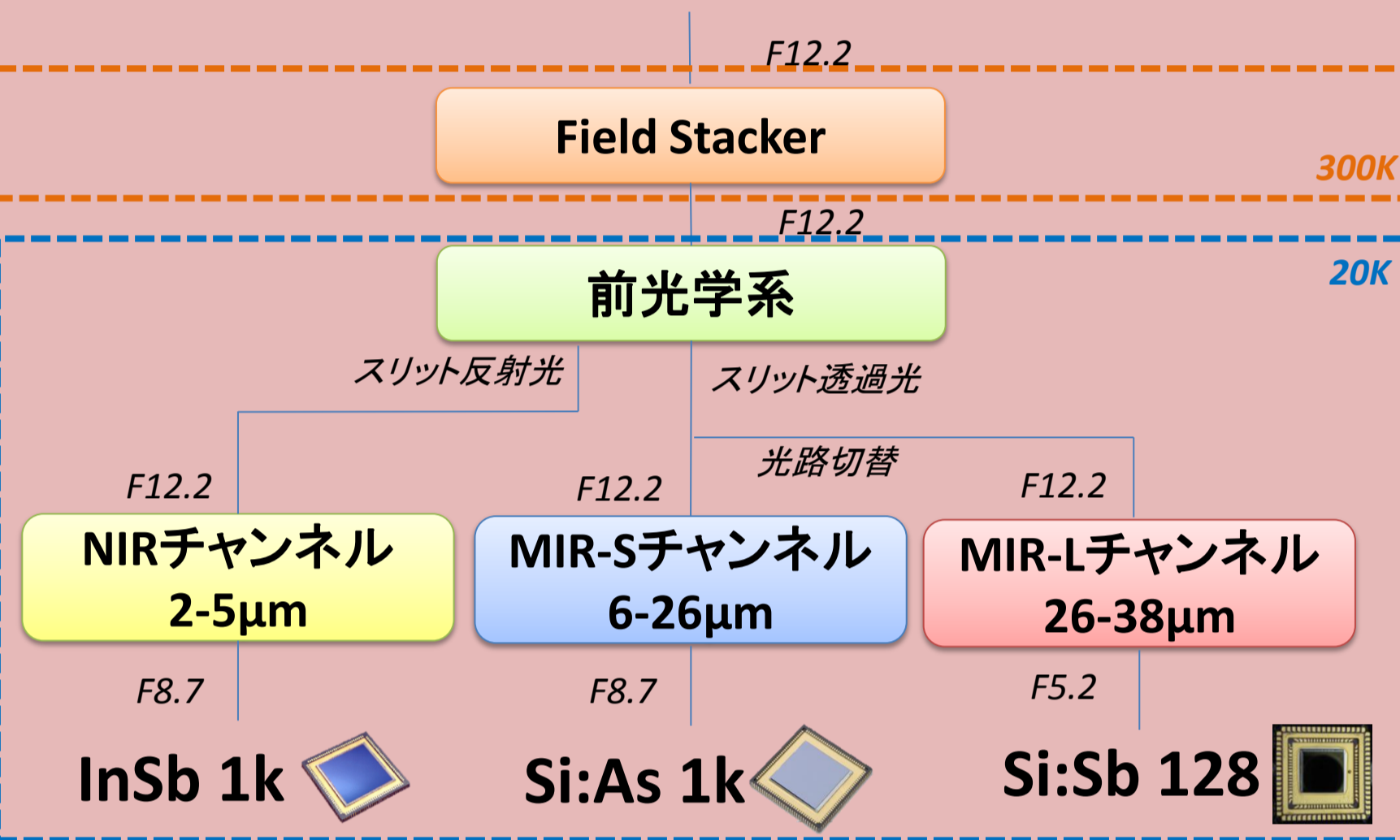
##### ※ 共焦点軸外し非球面鏡による広視野結像系



低温光学系は2階建て構造

- 1F： 前光学系
- MIR-Sチャンネル (6-26 $\mu\text{m}$ )
- 2F： MIR-Lチャンネル (26-38 $\mu\text{m}$ )
- NIRチャンネル (2-5 $\mu\text{m}$ )

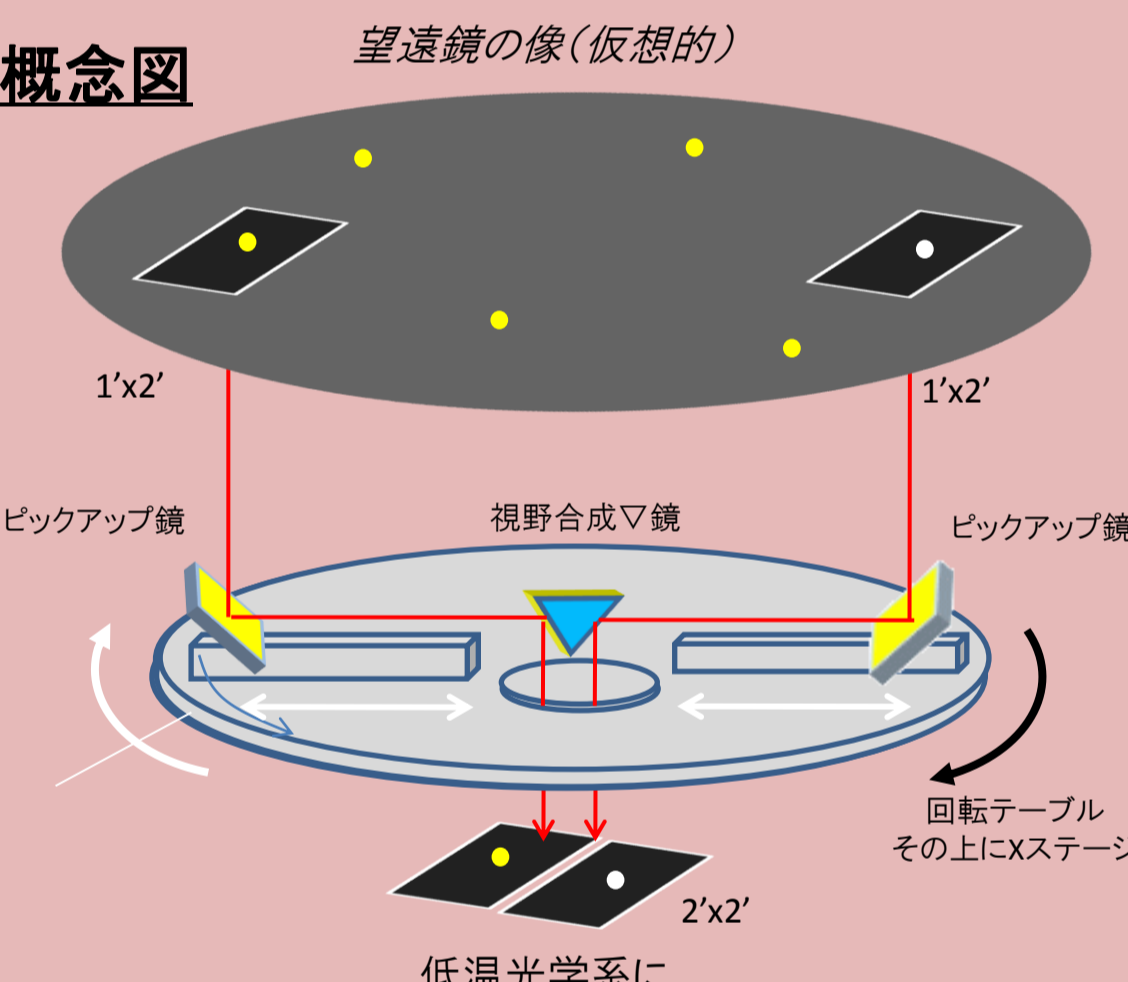
前光学系および各チャンネルはコリメータ+カメラでなっており、総計16枚の非球面鏡から構成されている



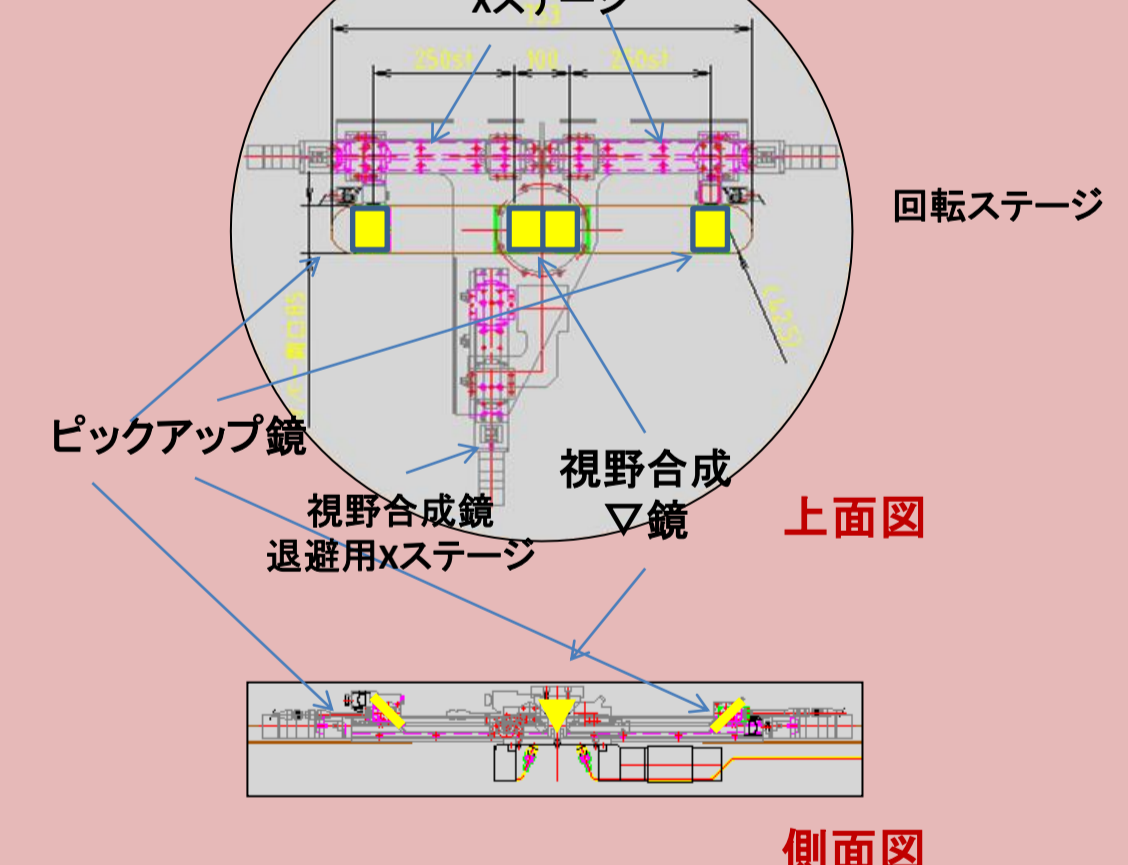
#### Field Stacker

- ・2つのピックアップ鏡で望遠鏡内の任意の視野を選択
- ・視野合成鏡で像を合わせることで2つの視野を1つの検出器に落とすシステム
- ・ピックアップ鏡は4次のポリノミナル面望遠鏡非点収差を軽減
- ・光路差補正のため、デューアが上下動
- ・視野合成鏡は退避可能
- ・FSなし、中心2'の観測が可能に

##### Field Stacker 概念図

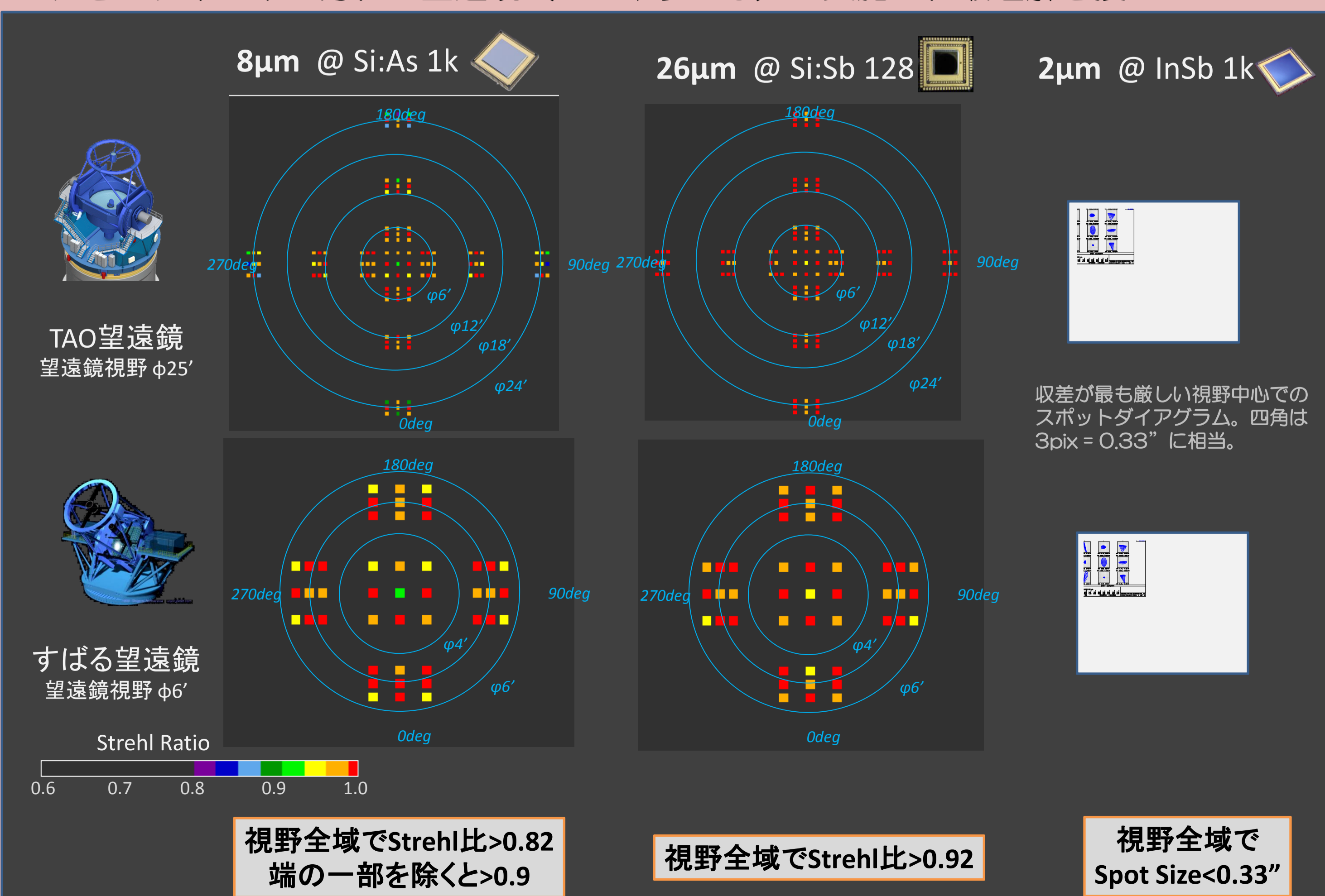


##### Field Stacker 設計図



#### 光線追跡による性能評価

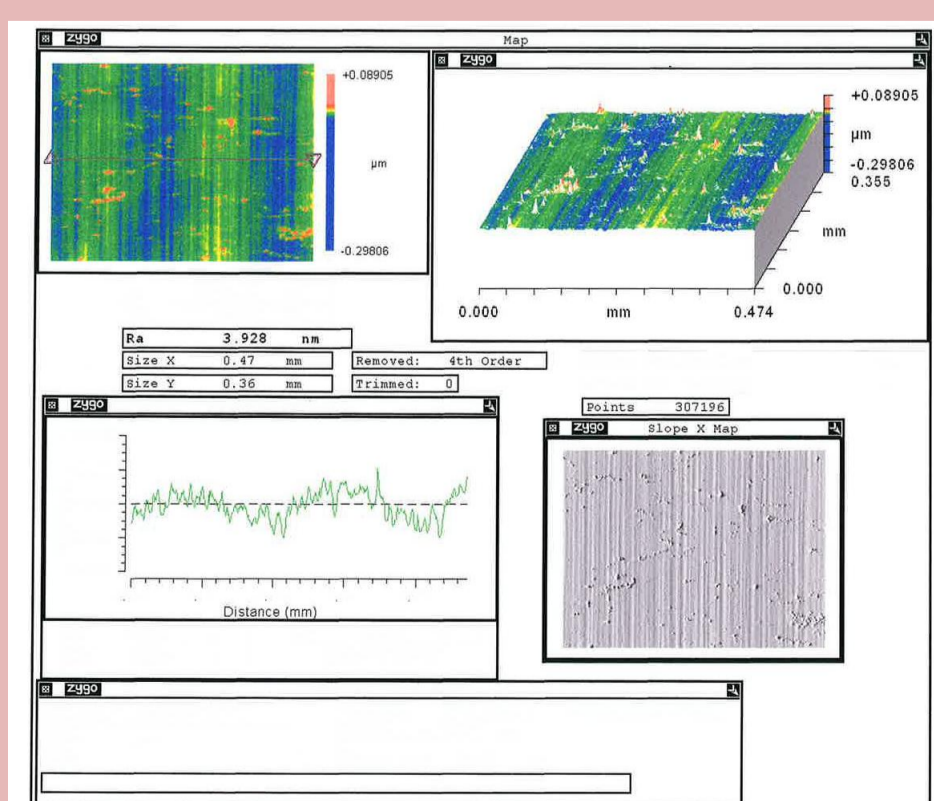
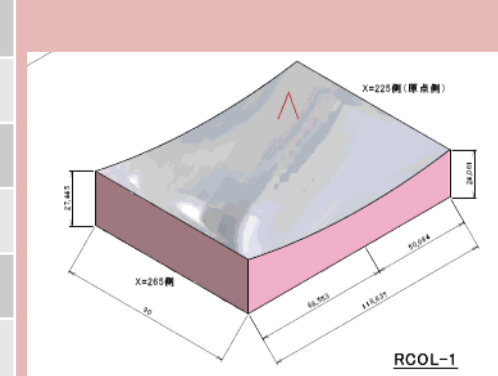
Field Stackerの回転およびピックアップ鏡位置によって像性能は異なる  
ピックアップ鏡位置3箇所 x 回転方向4方向 +FSなし=13パターンで像評価  
これを3チャンネル分、2望遠鏡 (TAO/すばる) で実施し、最適解を捜査



#### 軸外し非球面鏡の試作

軸外し(特に大きな軸外し量の)非球面鏡の制作は容易ではない  
2軸CNC超精密鏡面加工機で試験加工 (w/ クリスタル光学)  
→ 表面精度は合格、形状の追込みを進める

Parameter	値
サイズX [mm]	95
サイズY [mm]	80
曲率半径R [mm]	243.33
コニック定数 k	-0.181662
対称軸からの距離 xx	225-270
最大Sag量 [mm]	5.2



試作品の写真。中央に少し乱れが見えるが、この部分もRa<5nmである。

>8 $\mu\text{m}$ で回折限界の結像性能、2-6 $\mu\text{m}$ でもシーイング以下の結像性能を達成