

南アフリカ望遠鏡用近赤外線高分散分光器 SAND(South Africa Near-infrared Doppler)

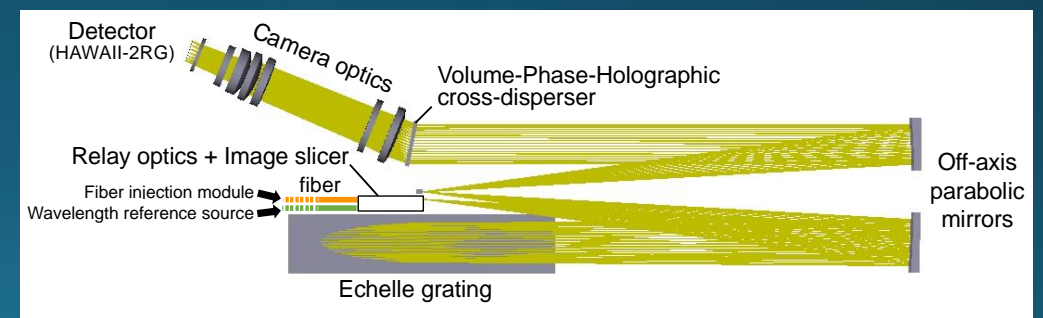


2021/12/09 アストロバイオロジーセンター
高橋葵、小谷隆行、SANDチーム



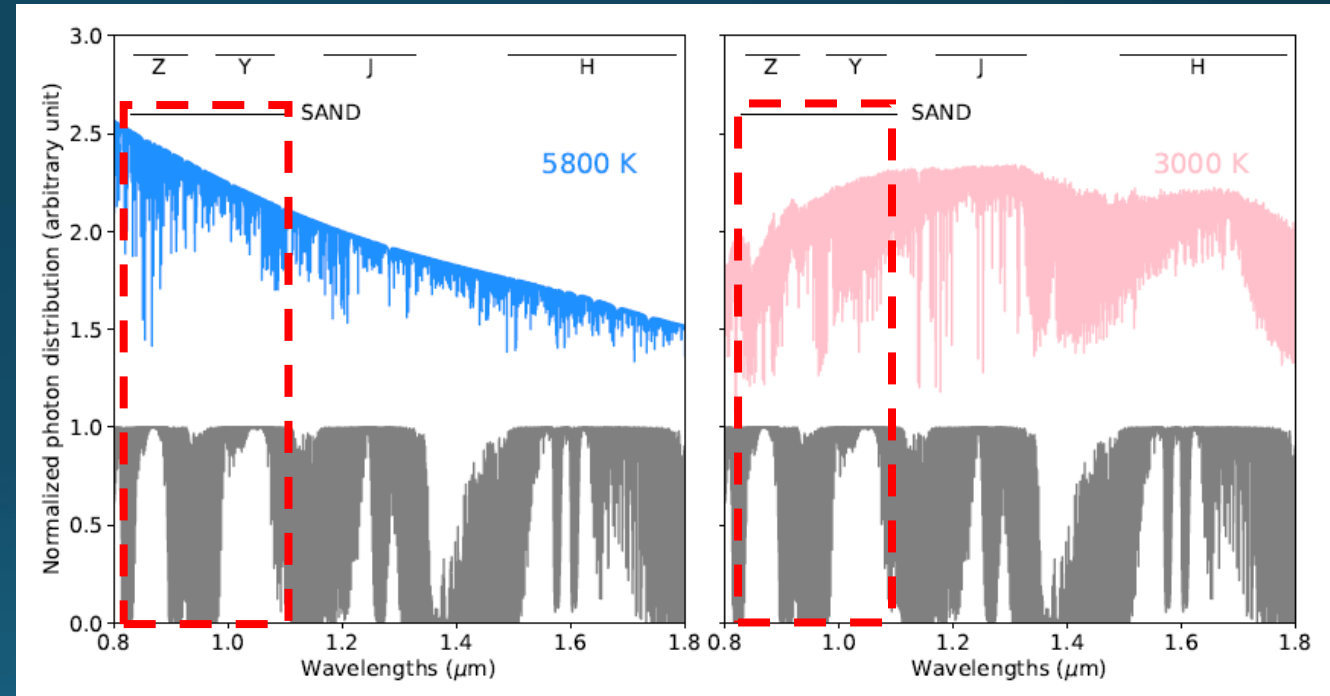
SAND(South Africa Near-infrared Doppler)

- z - Y-band (0.83-1.15 μm)、 $R=55000$ の高分散分光器、精密な視線速度測定 ($\sim \text{m/s}$)
- IRD/Subaruの設計をベースに色々と改良
 - より高効率、安定したRV測定を目指す
- 惑星探査のための近傍M型星のRVモニター、若い星のRVサーベイ
- 阪大が建設中のPRIME望遠鏡 (1.8m) の建屋内に分光器を設置
- PRIMEのメインターゲットである銀河中心が見えない期間にSANDで観測
- IRSF, SALTともファイバー結合を計画
- 2018年開発開始、2022年度中に完成予定、2023年に南アに輸送



SANDサイエンス目標

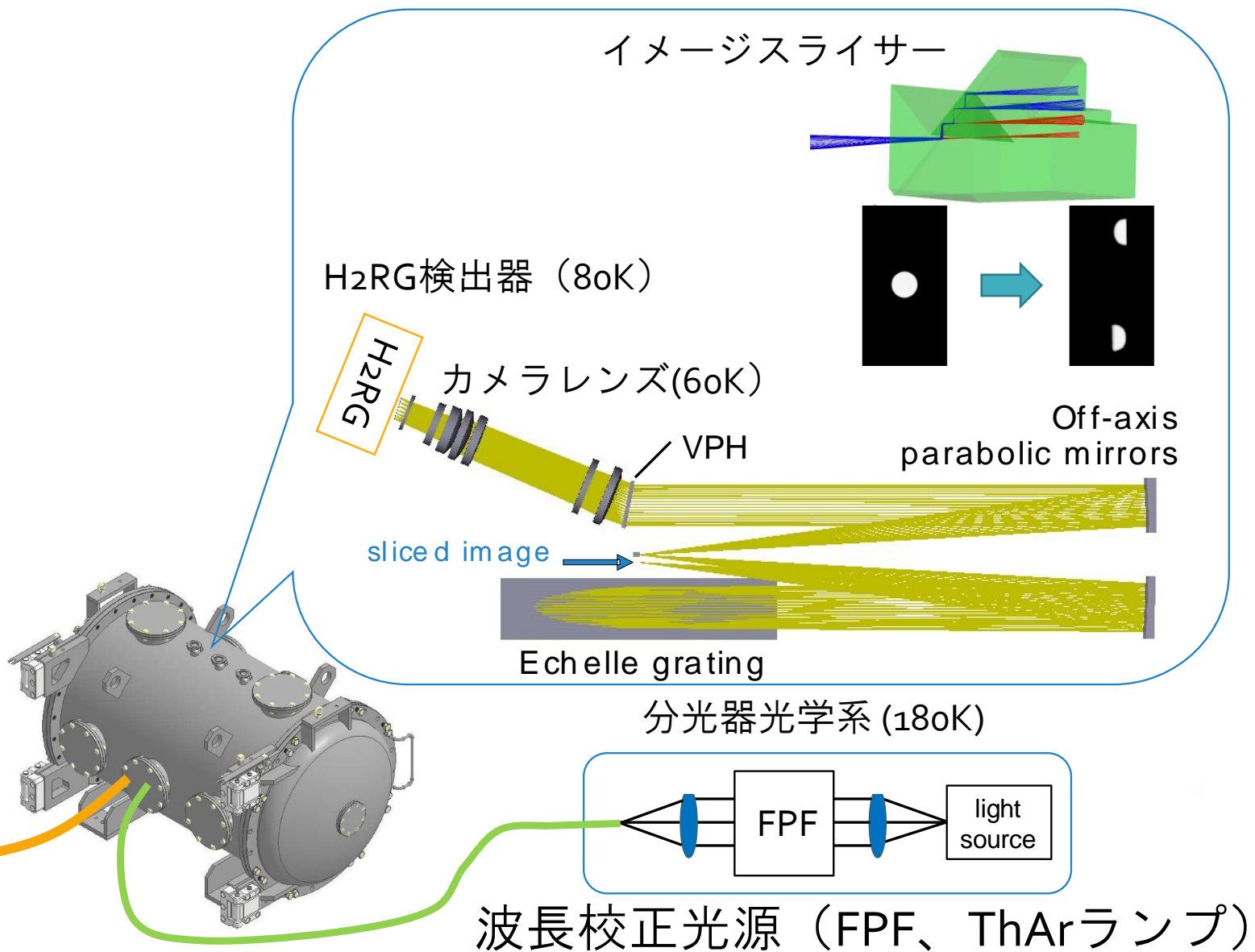
- 近傍M型星を \sim m/sレベルの精度でRVモニター
 - 南天にはNIRのRV測定用高分散分光器がほとんどない (NIRPS)
 - 長期間連続して近傍のM型星を観測し続けることで、新たな惑星を発見
- 若い星のRVサーベイ (~ 10 m/s)
 - 若い恒星 (< 1 Gyr)は、活動度が高く高精度RV測定が難しく、RV観測が進んでいない
 - 近赤外線では、活動度由来のRVノイズが小さくなると言われているため、可視では難しかった高精度RV測定が可能に



G型星・M型星ともに、z,Y-bandは吸収線が多数あり、RV測定には重要な波長帯域

SAND overview

ファイバー入射
モジュール



SAND分光器光学系

- 分光光学系はオーソドックスな高分散分光光学系
- イメージスライサーにより波長分解能向上 + 高効率

detector (HAWAII-2RG)

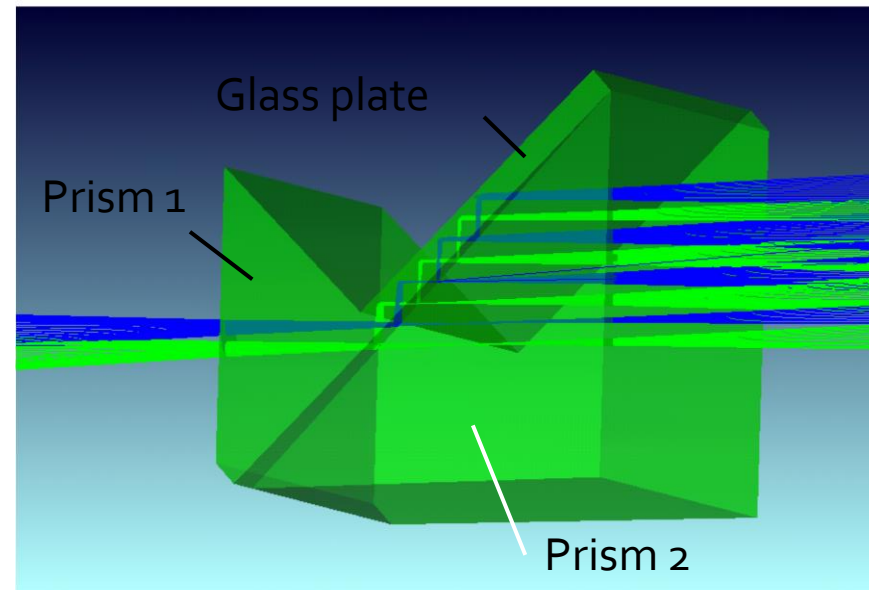


(13.3 lines/mm, blazed angle ~ 80 deg)

Bowen-Wallraven type Image slicer



input



output

(need additional glass plate to correct defocusing)

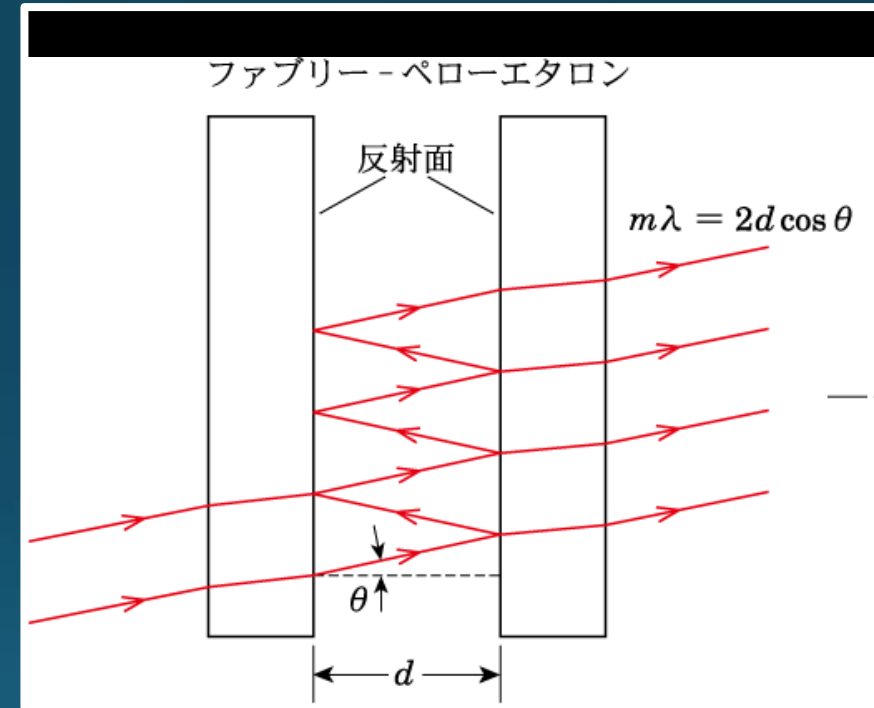
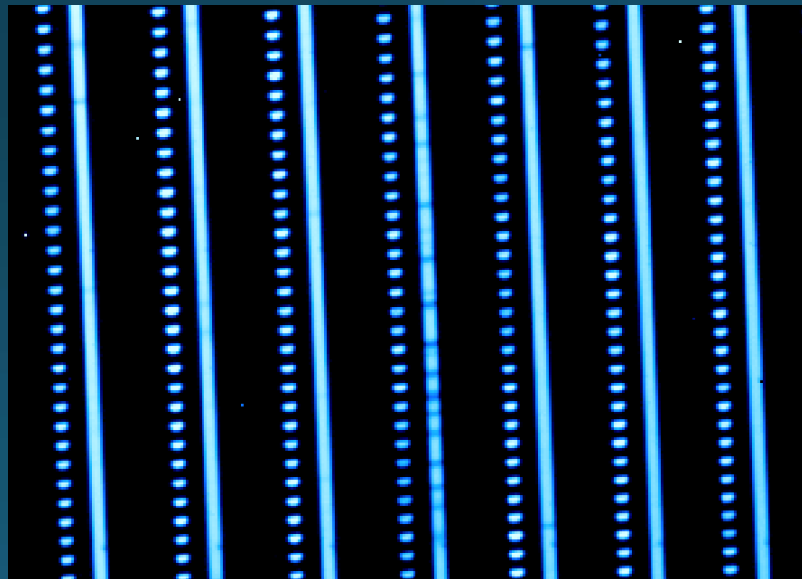
真空チャンバーと冷却系

- $\phi 1\text{m}$, 長さ 1.2m 大型真空チャンバー
- 光学系全体をレールに乗せて出し入れ可能
- 冷凍機1: 検出器を 80K 、カメラレンズを 60K に冷却 (パルスチューブ冷凍機)
- 冷凍機2: 光学ベンチを 180K に冷却 (GM冷凍機)
- 光学ベンチ全体をガラスエポキシの腕で吊ることで断熱+振動遮断
- 多数のポリミド面状ヒーターと温度センサーにより、光学系温度安定性 $< 10\text{mK}$ を目指す



波長校正

- 白色光をFabry-Perot-Filter (FPF)に通すことで周期的な輝線を生じさせ、波長の基準として用いる
- FPFのGap間隔が変化しないように、全体を真空チャンバーに入れ10mK以下の安定性を保つ

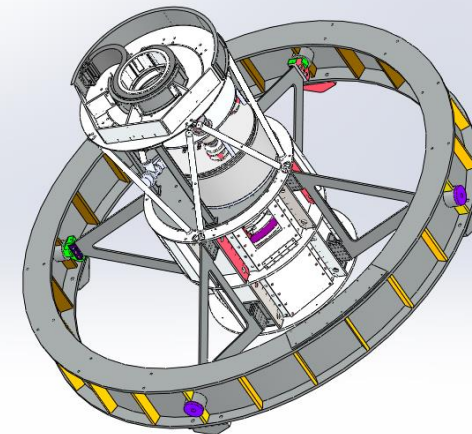


ファイバー入射モジュール

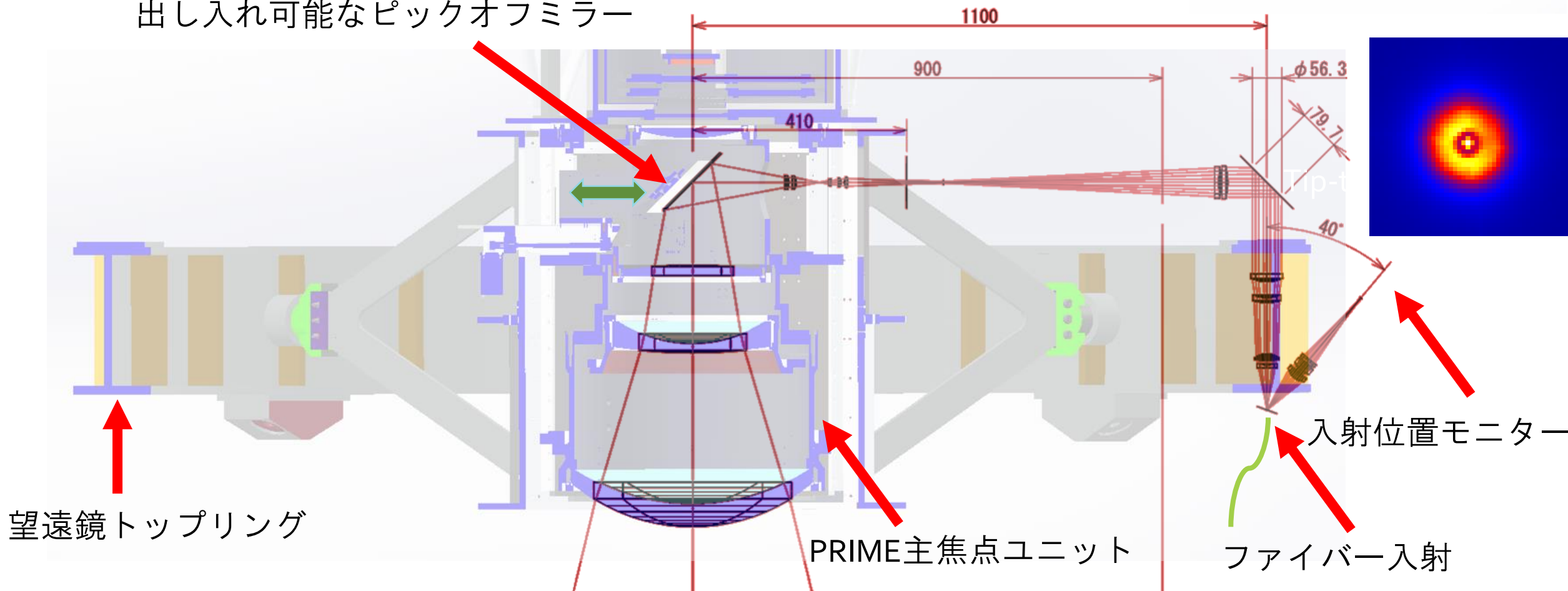
- PRIMEは主焦点カメラが付いた望遠鏡、カセグレン、ナスミス焦点はない！
- どこから光を取ってファイバーに入れるか？実は結構な難問
- 主焦点カメラレンズの中に、光を折り曲げる出し入れ可能なピックオフミラーを設置、トップリング上に置いたファイバーに入射させる



ファイバー入射モジュール

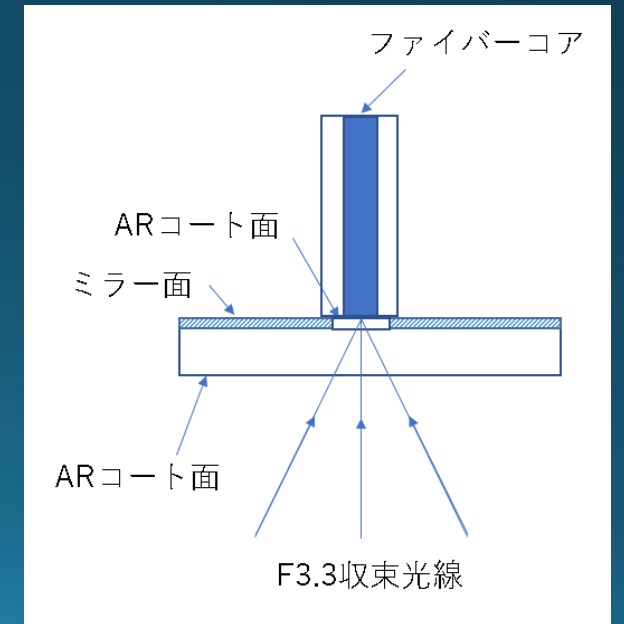
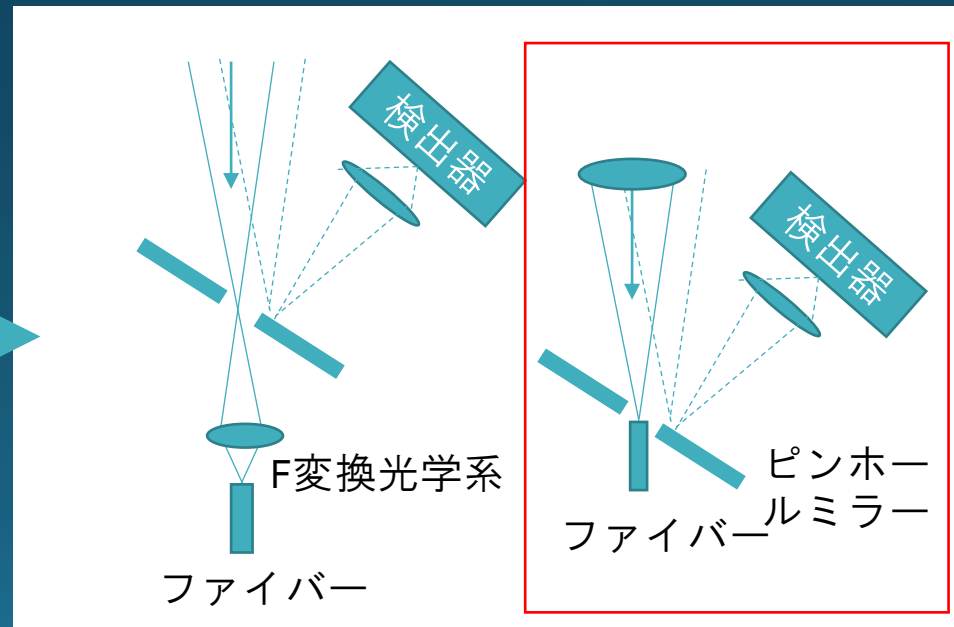
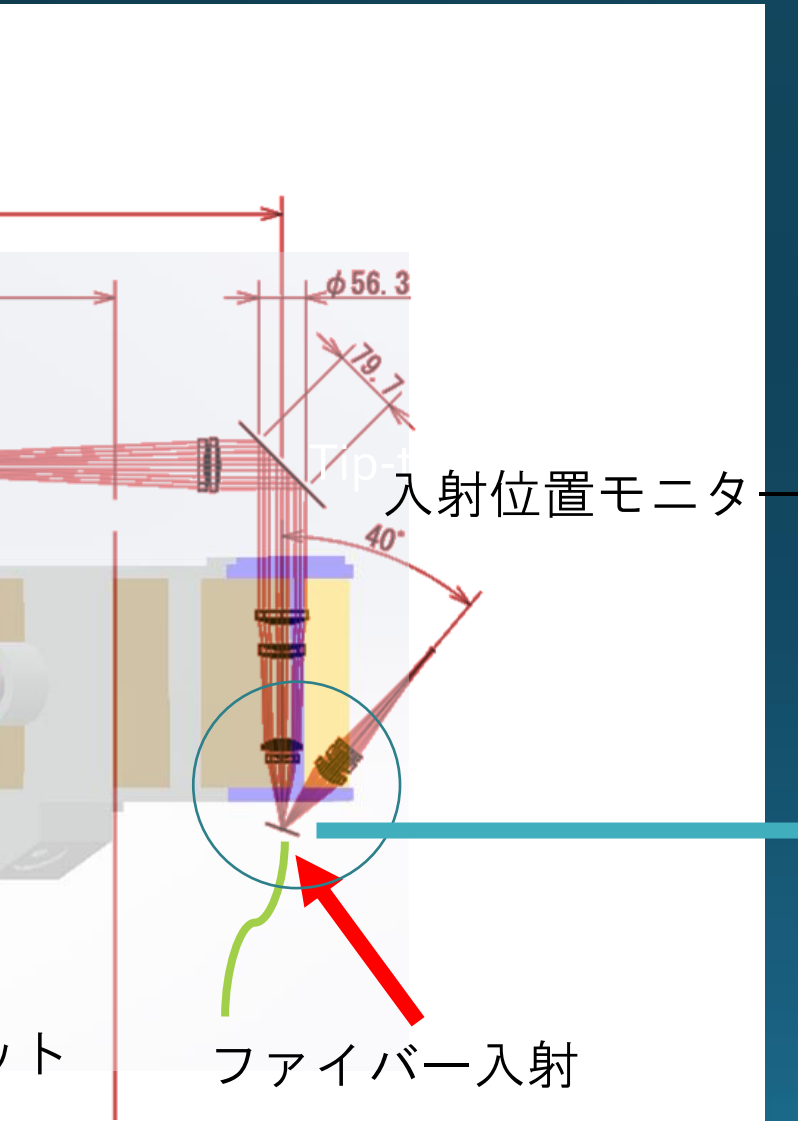
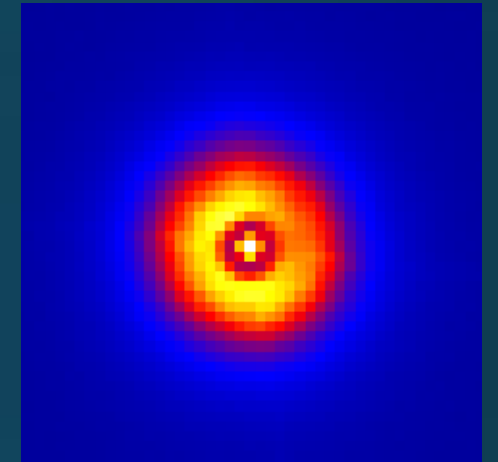


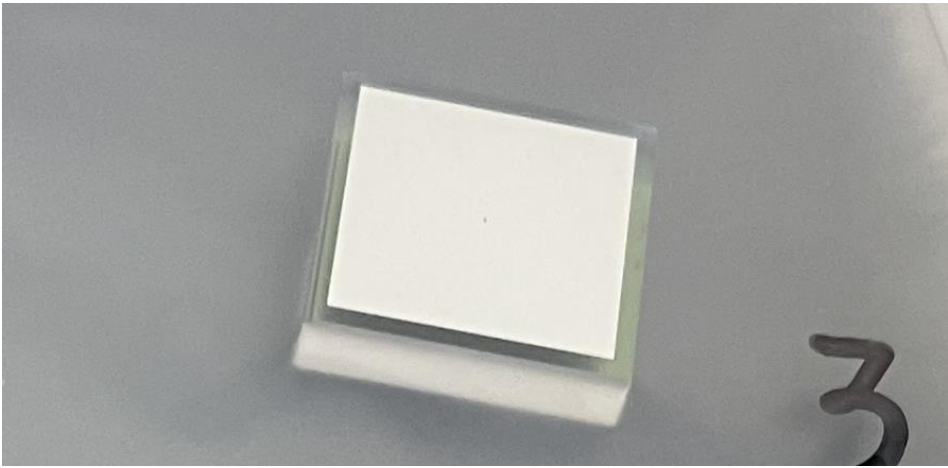
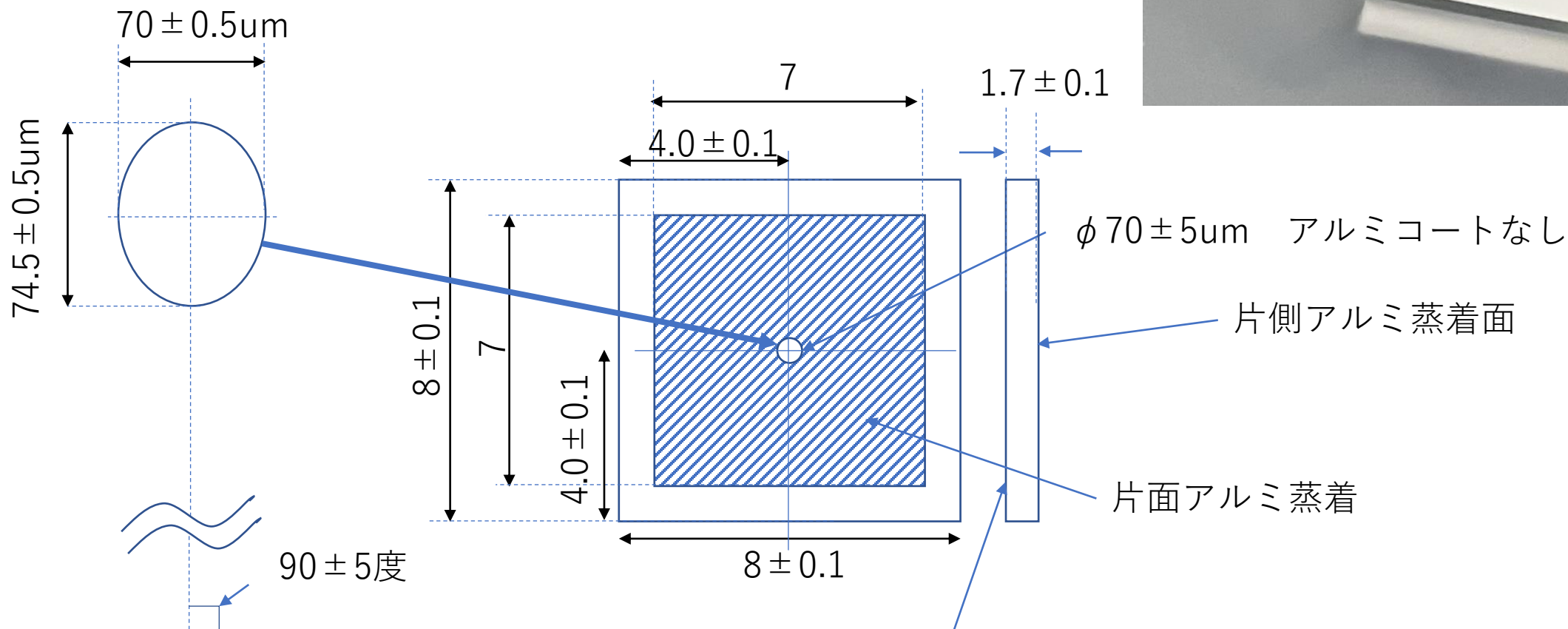
出し入れ可能なピックオフミラー



ファイバー入射モジュール

- ファイバーの真ん中に正確に星像を入射させたい
 - 入射像位置のずれは、RVオフセットにつながる
- よくあるのは、一度焦点を作り、そこにピンホールミラーを置き、穴を通った光はファイバーに集光、ミラーで反射した光をモニターに使う
- ピンホールミラー、入射位置モニター光学系の間のアライメントが崩れると、ファイバー面上での像位置がわからなくなる
- ファイバー端面にピンホールミラーを置くことで、位置の不定性がゼロに



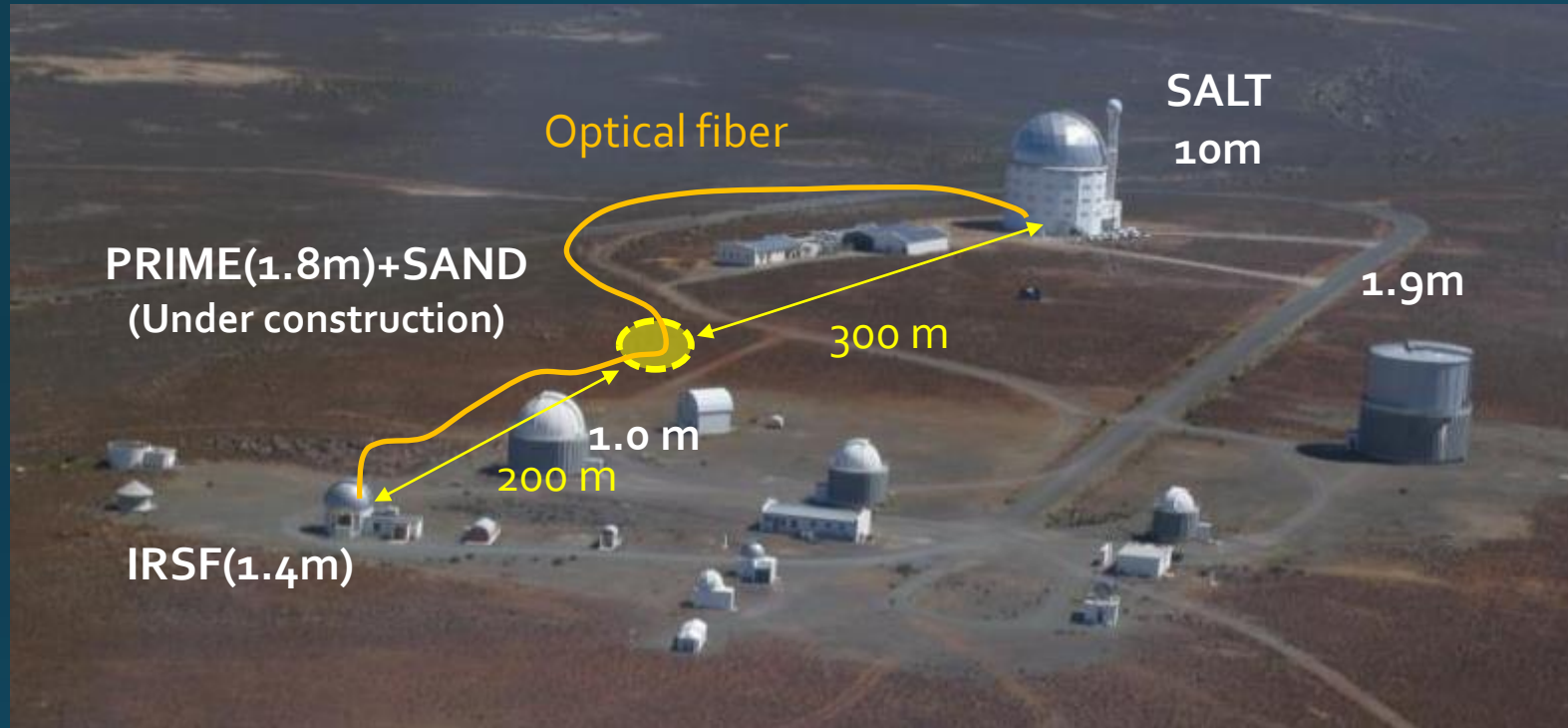


片側反射防止コート (光線入射角度20度、0.83-1.15 μmにて反射率1%以下)

反射波面 λ / 8 rms (λ = 633 nm)

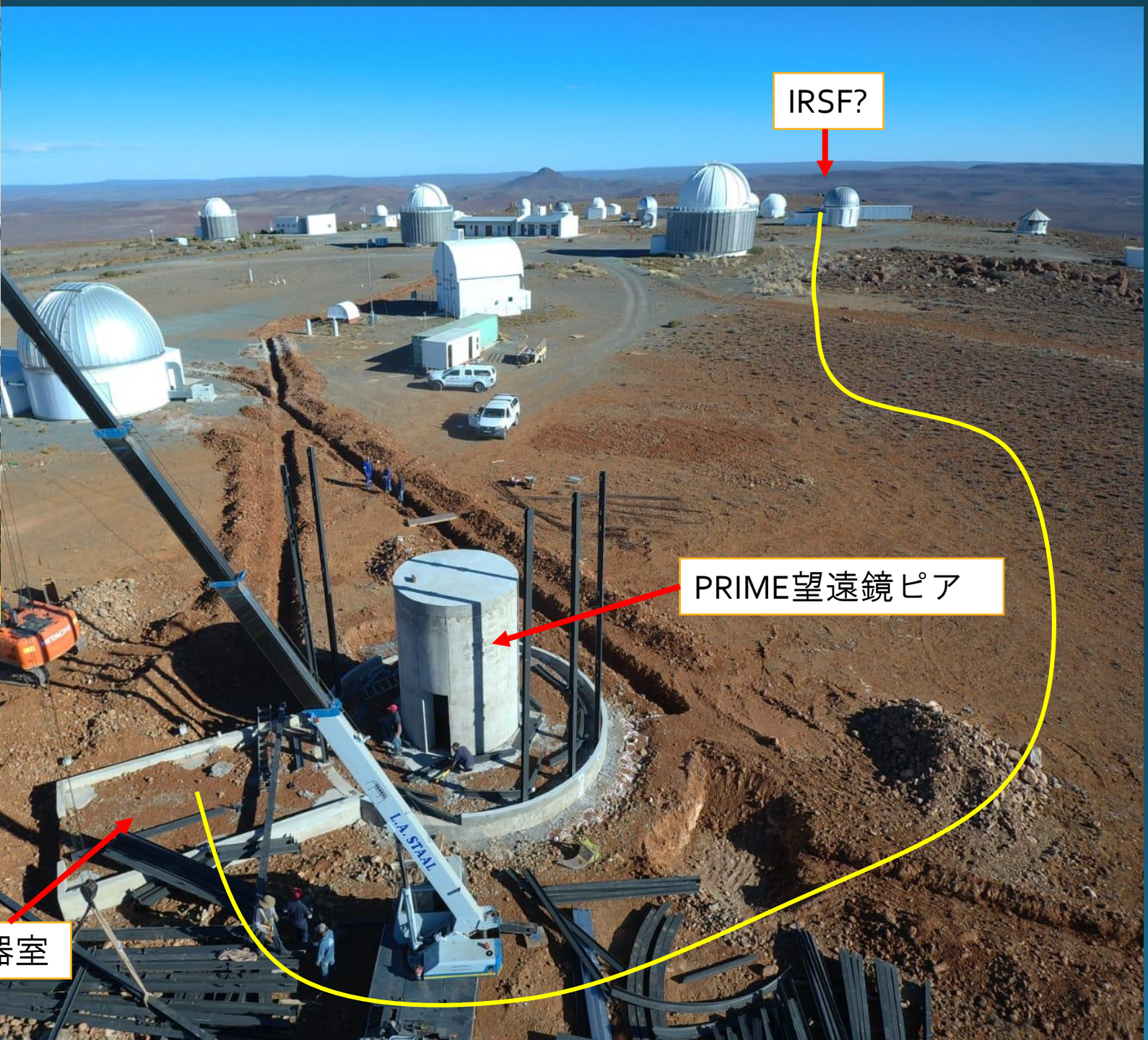
個数 : 4

South Africa Fiber-Linked Array for sub-Nanometer resolution spectroscopy (SAFLAN)



- SANDはファイバー分光器なので、ファイバーさえ届けばどの望遠鏡と接続しても良い
- 近赤外用光ファイバーの透過率は非常に高い
- 1kmでも90%透過 (YJH-band)、IRD/Subaruでは500m程度使用





IRSF?

PRIME望遠鏡ピア

分光器室

IRSFとのファイバー結合

- 名古屋大学、鹿児島大学と共同でファイバー入射光学系を検討中
- SANDはファイバー分光器なので、ファイバーさえ届けばどの望遠鏡と接続しても良い
- 近赤外用光ファイバーの透過率は非常に高い
 - 1kmでも90%透過 (YJH-band)、IRD/Subaruでは500m程度使用
- PRIME望遠鏡(1.8m)と口径が似ているので、同じコア直径のファイバーが使える(60 μm コアで2.1 秒角)
 - SALTの場合はplate scaleが違いすぎるので簡単ではない



ありがとうございました！