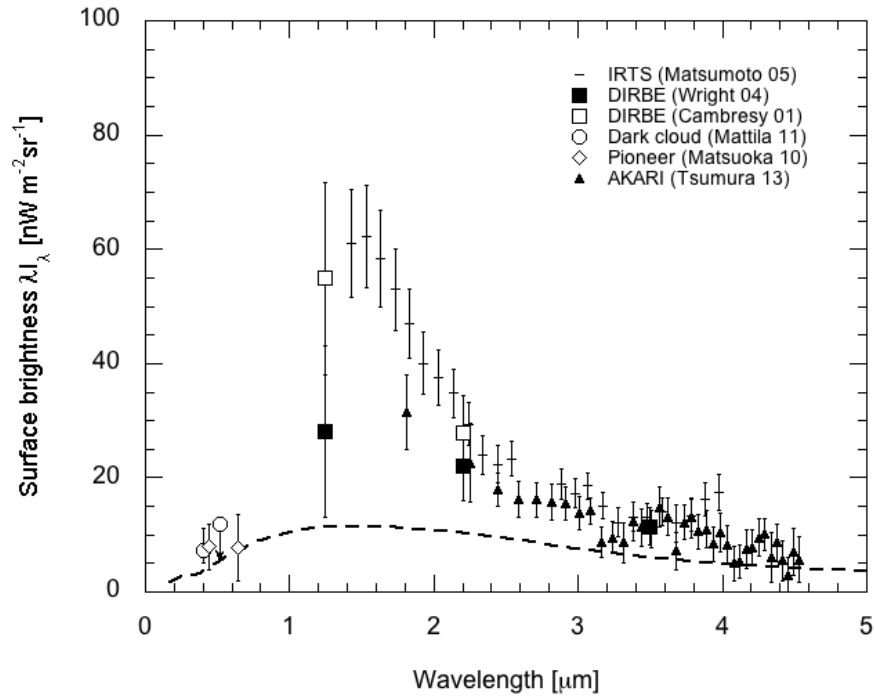


ロケット実験CIBER-2 の望遠鏡開発

関西学院大学 理工学研究科 M1 児島智哉

CIBER-1(Cosmic Infrared Background ExpeRiment-1)による宇宙赤外線背景放射の観測



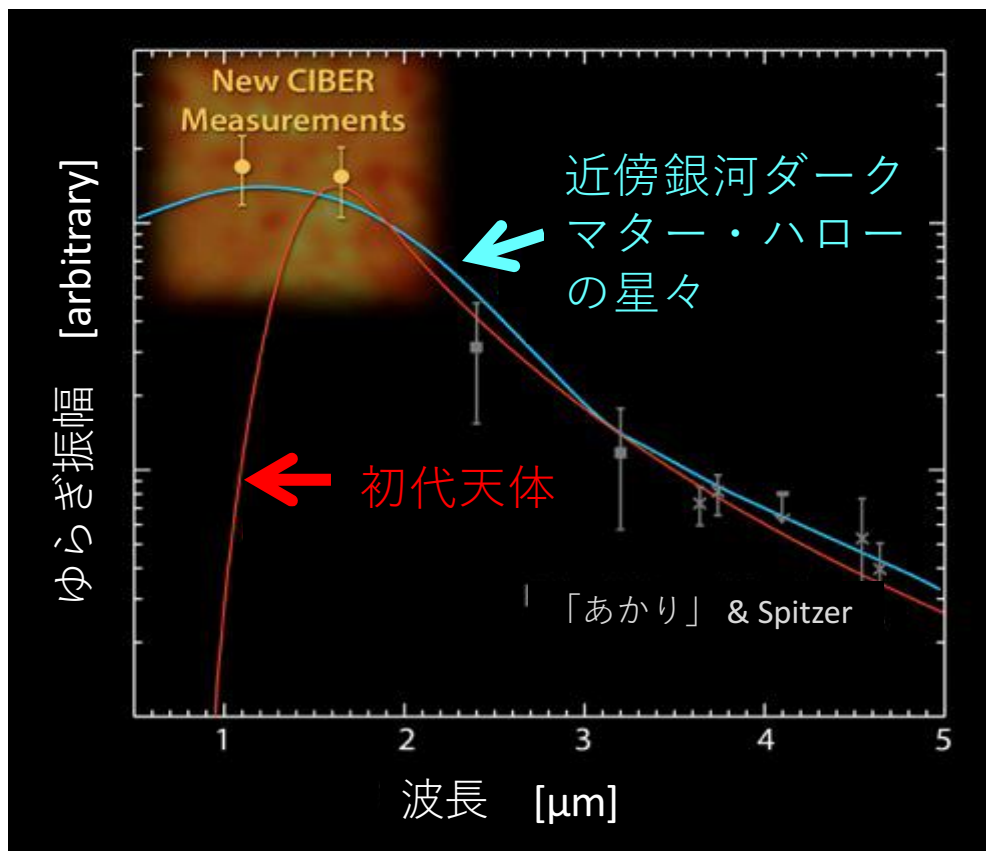
近赤外域の輝度異常

初代星モデル：初代星($z \sim 7$)のライマン α の足し合わせ?

or

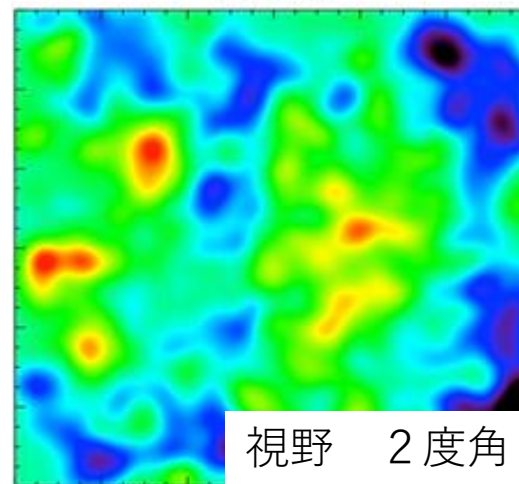
ハロー星モデル：近傍銀河のダークハローに大量の暗い星が存在?

宇宙赤外線背景放射の観測



CIBER-1 I-band

(個別に検出された天体の除去後、揺らぎ強調)



Zemcov *et al.* *Science* (2015)

ハロー星モデルの検証のためには
可視域にわたる、多波長でのゆらぎ観測が必要

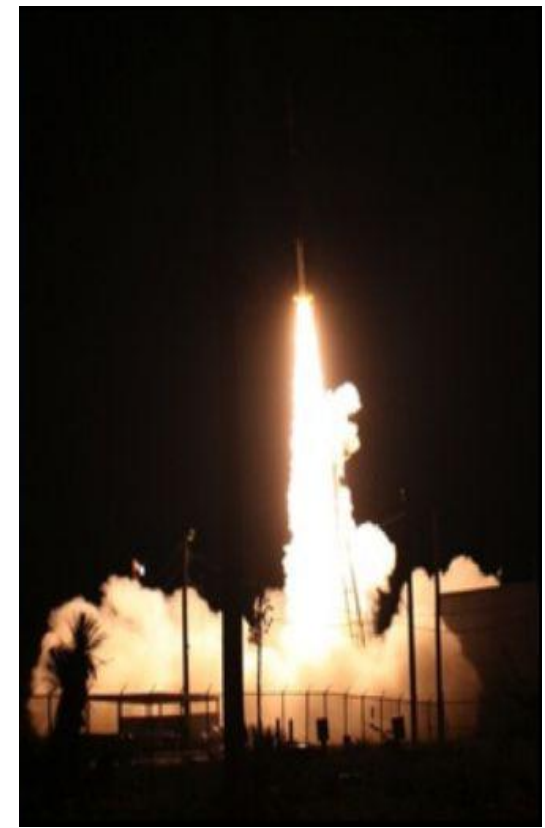
ロケット実験CIBER-2

(Cosmic Infrared Background Experiment)

・ NASAのサウンディング
ロケットBlackBrantに観測装
置を搭載し、CIBのスペクト
ルと空間ゆらぎの高精度観測
を行うロケット実験。

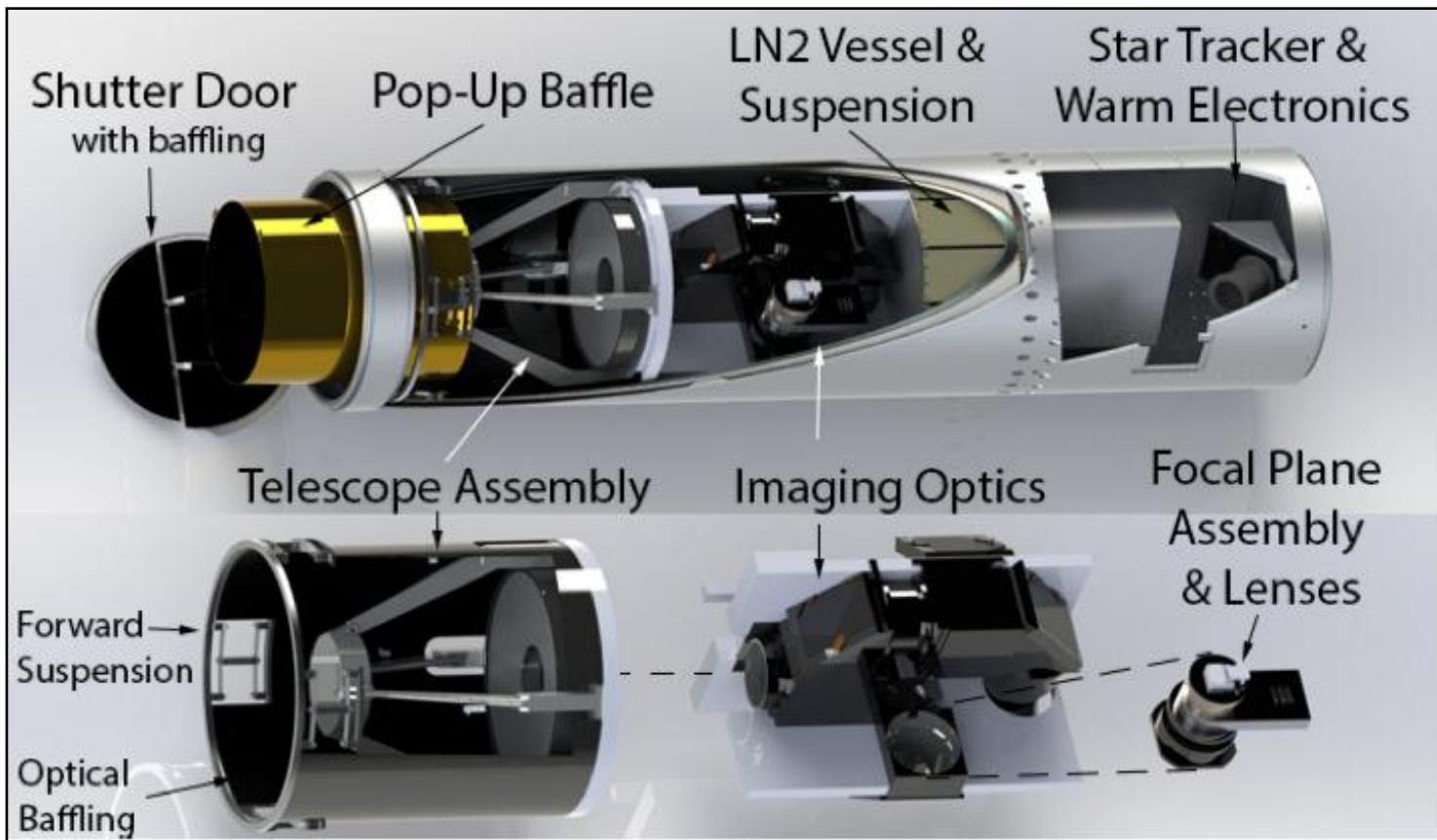
日米韓台の国際協力のもと、
2017年末の打ち上げを目指す。

・ CIBをIHLや銀河および初
代星などに成分分離し検出
する。

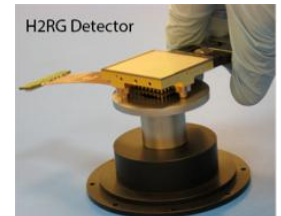


CIBER-2 観測装置

大口径（ $\phi 28.5\text{cm}$ ）冷却望遠鏡
6波長バンドのレンズ光学系
視野 2.3×2.3 度

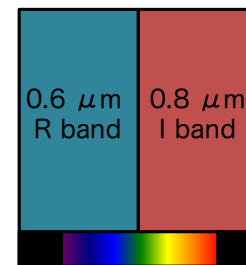
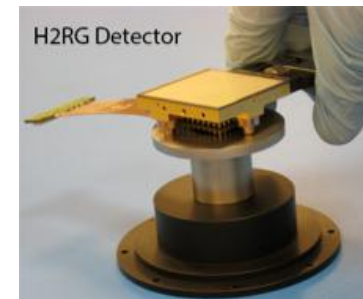
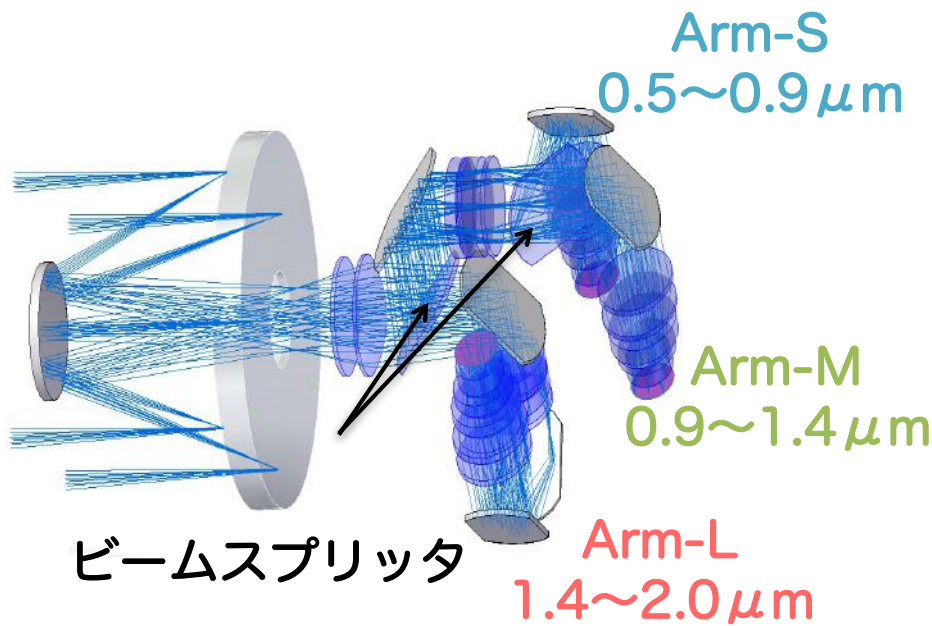


HgCdTe検出器:
Hawaii-2RG
(2K \times 2K)

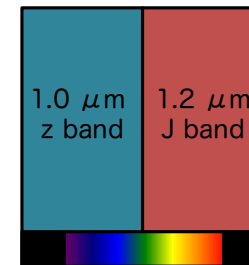


Imaging Optics

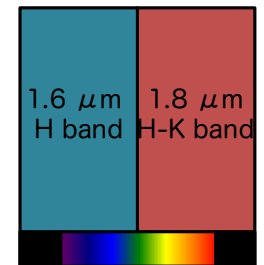
- ・ビームスプリッタによって波長域を3つに分け、検出器面上でさらに2つのバンドに分けることで合計6バンドによる観測



Arm-S



Arm-M



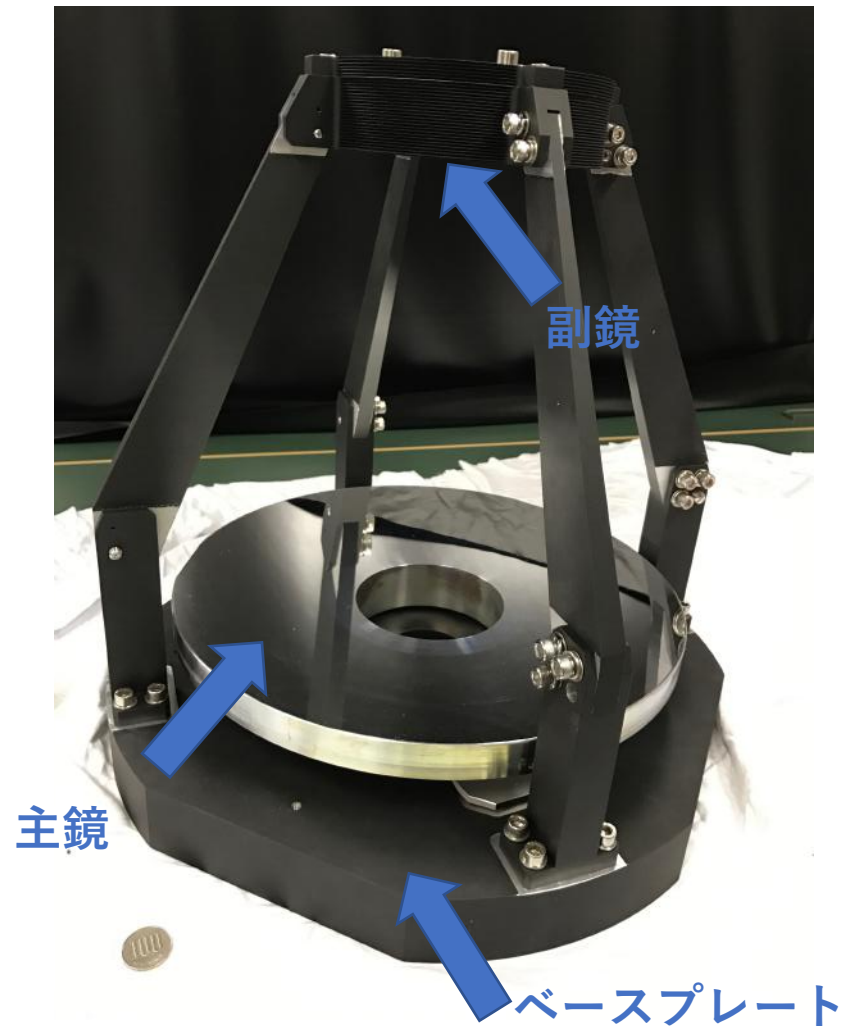
Arm-L

CIBER-2 望遠鏡

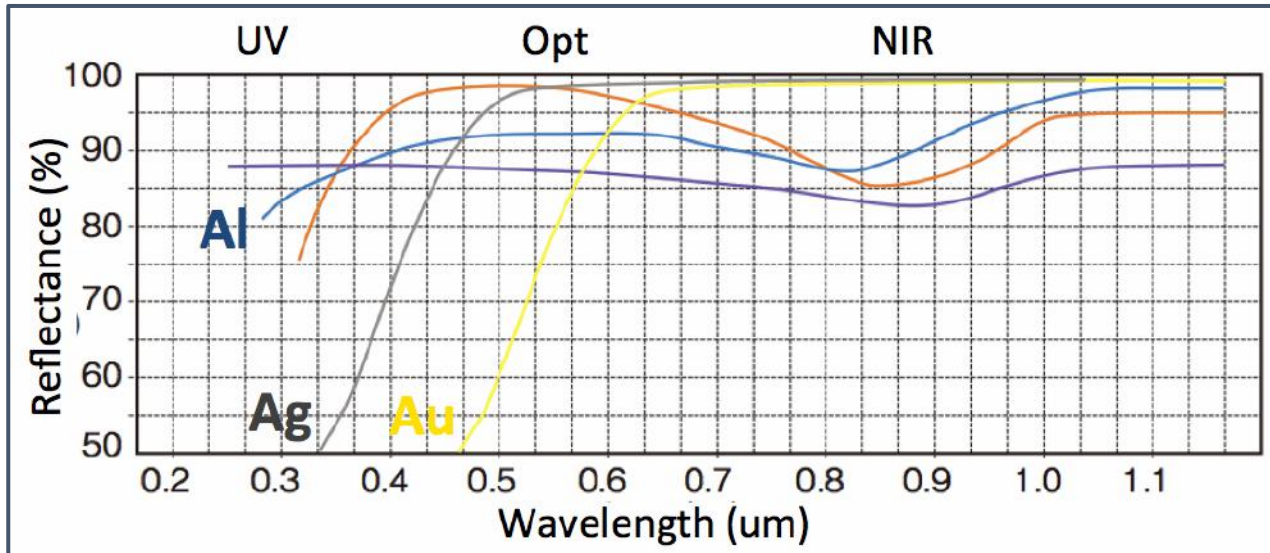
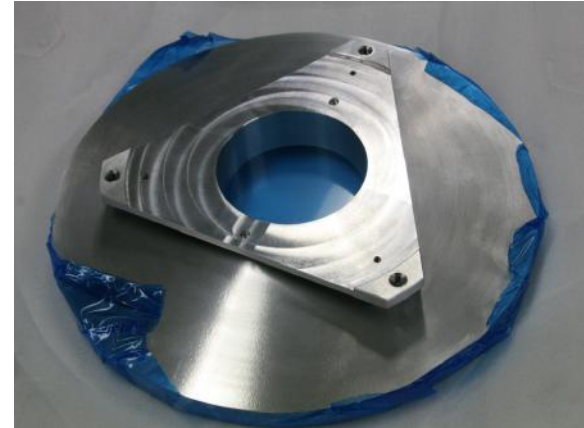
- ・ リッチー・クレチアン式望遠鏡
- ・ サイズ：主鏡 28.5cm Φ 、副鏡 11cm Φ 、F/3.26
- ・ 可視域で $\lambda/5$ の表面精度
- ・ 材質：アルミRSA6061-T6



主鏡支持構造：フレクシャ

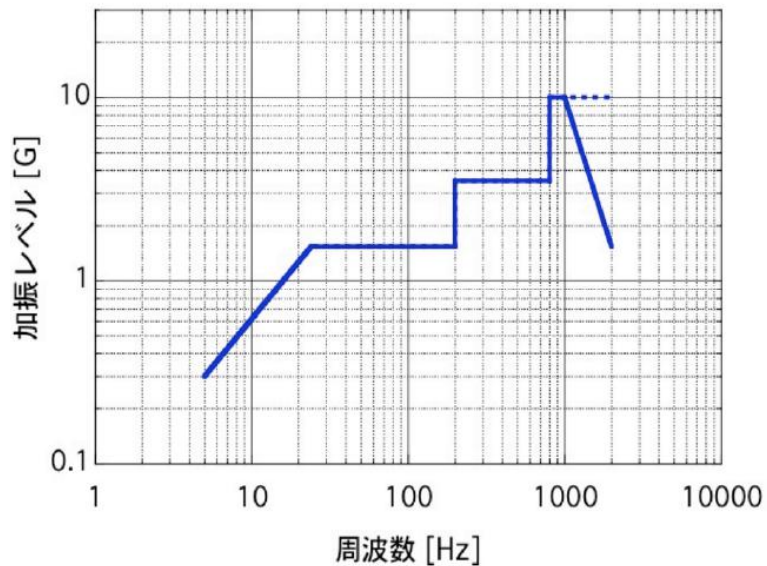
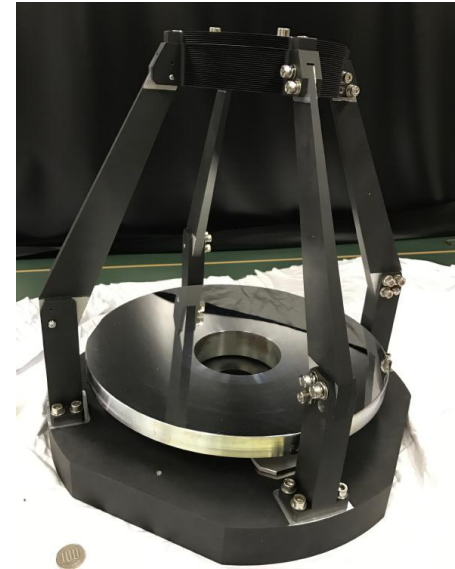


望遠鏡 鏡面コーティング

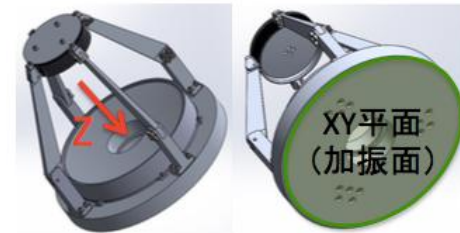


望遠鏡構造解析

加振レベル：NASA の BlackBrant クラスのロケットへの搭載機器に対する要求試験レベルを基準。

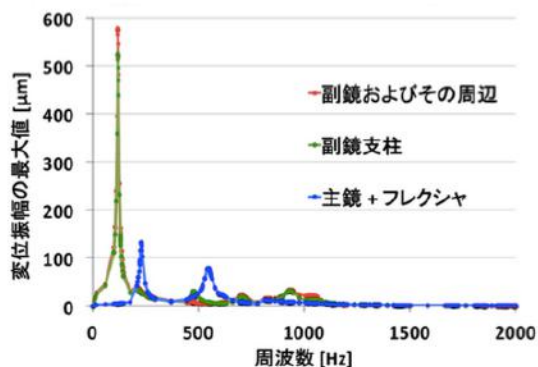


望遠鏡構造解析(調和振動)

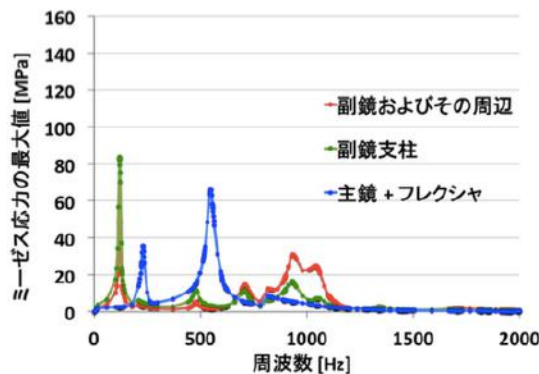


X方向加振

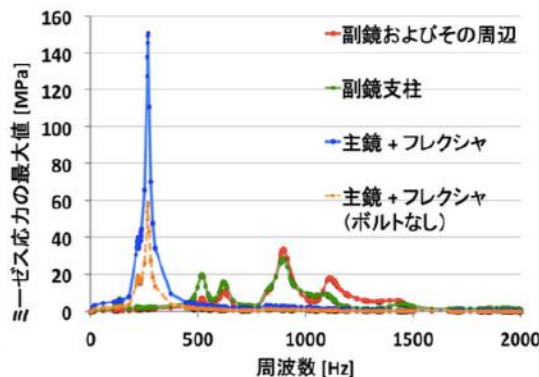
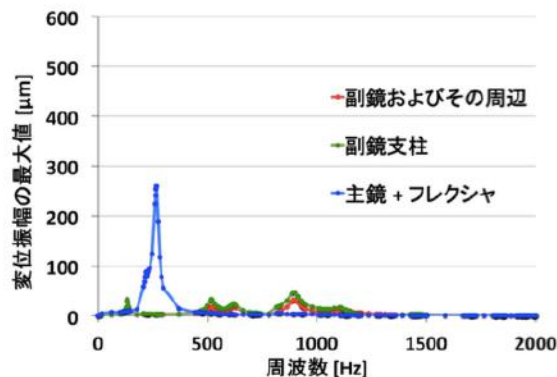
最大変位プロファイル



最大応力プロファイル



Z方向加振



最大ミーゼス応力

$$\sigma_{\max} =$$

X : 83Mpa @120Hz

Z : 150Mpa @267Hz

※150Mpaの応力がかかるのはボルト部分

アルミ(6061-T6)の降伏強さ

~275Mpa @ 300K

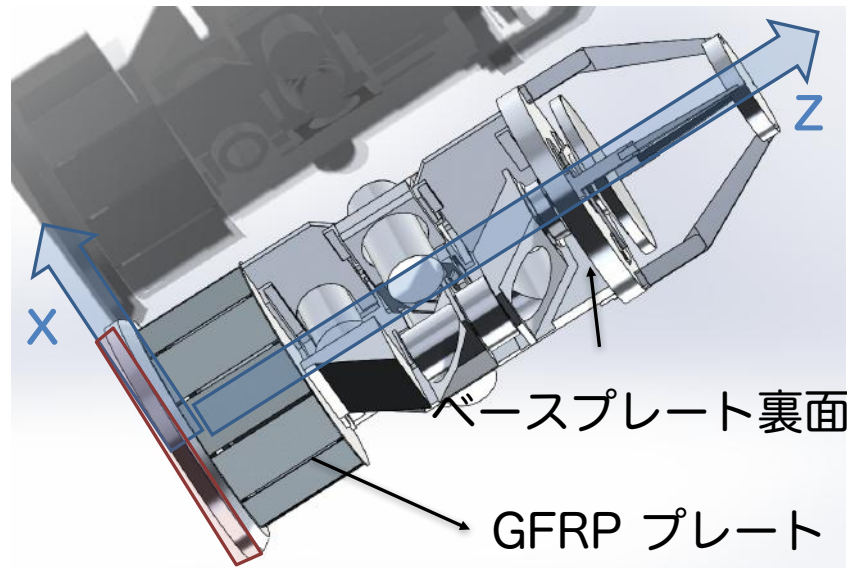
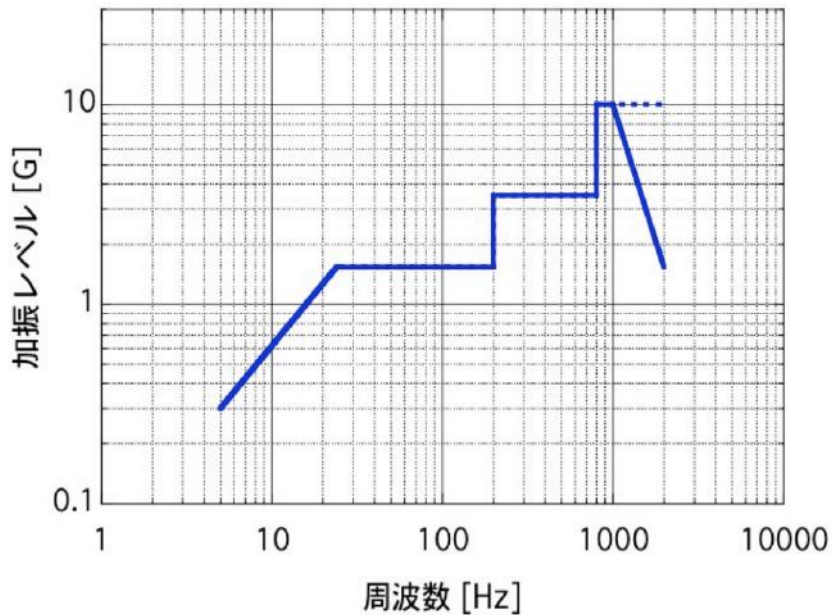
~325Mpa @ 77K

ボルトの降伏強さ

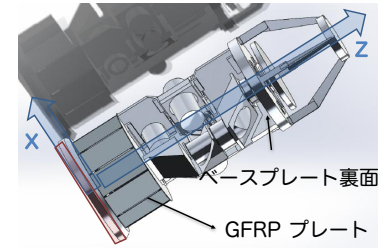
600Mpa以上

望遠鏡構造解析(調和振動)

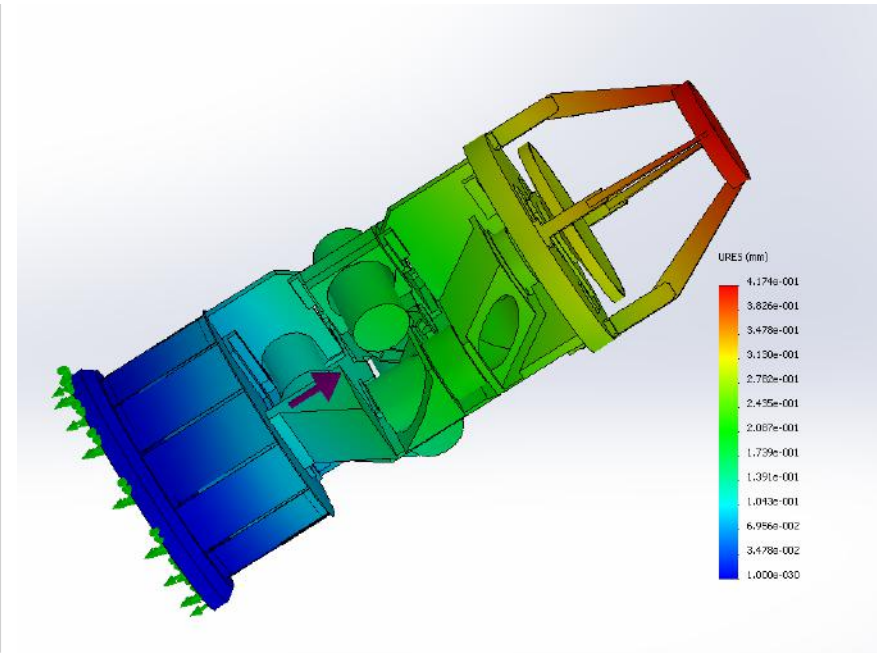
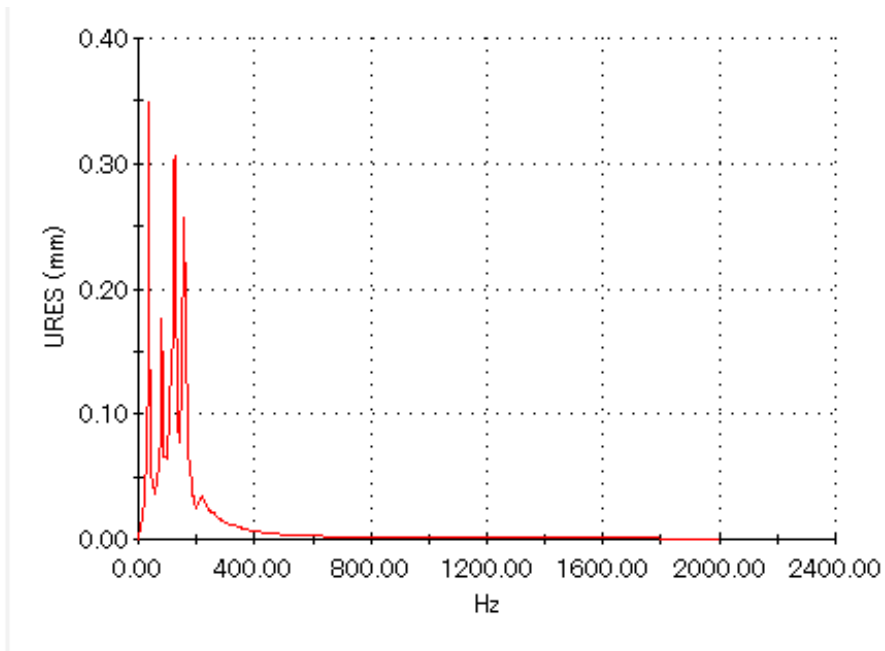
- ・ ロケットスキン(赤色部)に、ロケット搭載要求の加振レベルで調和振動



望遠鏡構造解析(調和振動)



Z方向加振によるベースプレート裏面の変位



ベースプレート裏面：最大変位0.35mm @ 35Hz
X方向へのシミュレーションも酷似の結果

今後の計画

- ・ 2016年11月末に大阪IMV株式会社テストラボにおいて試作望遠鏡の振動試験を行う。

振動試験前後に、望遠鏡の結像性能の評価のための光学試験を実施。

- ・ 12月中旬には、名古屋大学において低温用大型チャンバーを用いた試作望遠鏡の冷却試験の実施を予定。



振動試験前後の試作望遠鏡光学特性試験

- ・振動前後で望遠鏡の光学特性に大きな変化がないことを光学測定により確認する。

振動前後の光学測定における要求値

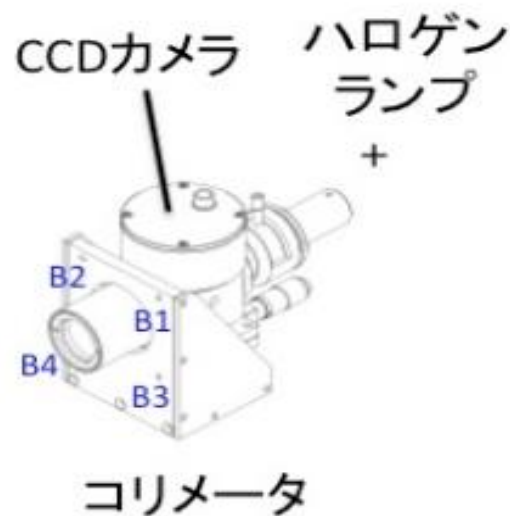
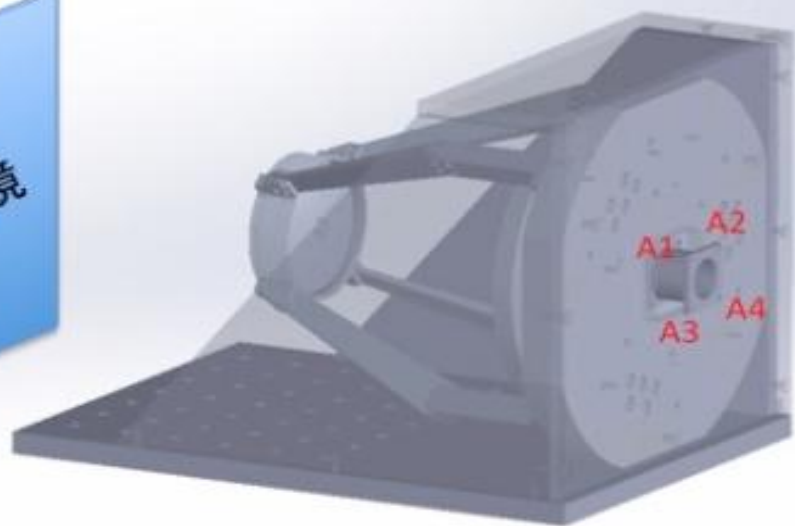
| 測定パラメータ | 振動前測定での要求値 | 振動後測定での要求値 |
|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 光軸上での焦点面位置 | (設計値から $< \pm 60$ [μm]) | 振動前から $< \pm 60$ [μm] |
| 焦点面上での焦点位置 | 光軸から $< \pm 10$ [μm] | 振動前から $< \pm 10$ [μm] |
| 像の広がり | 2σ 径 < 10 [μm] | 2σ 径 < 10 [μm] |

振動試験前後の試作望遠鏡光学特性試験 試験セットアップ

- ・ 望遠鏡を治具に取り付け、オートコリメーション方式によって結像性能の評価を行う。

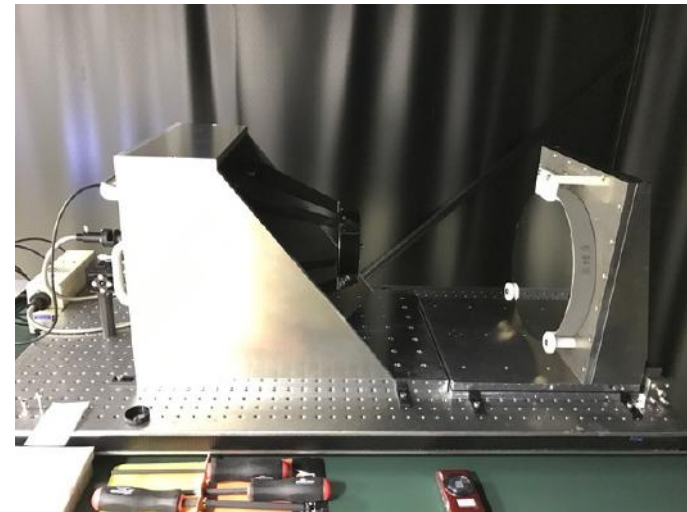
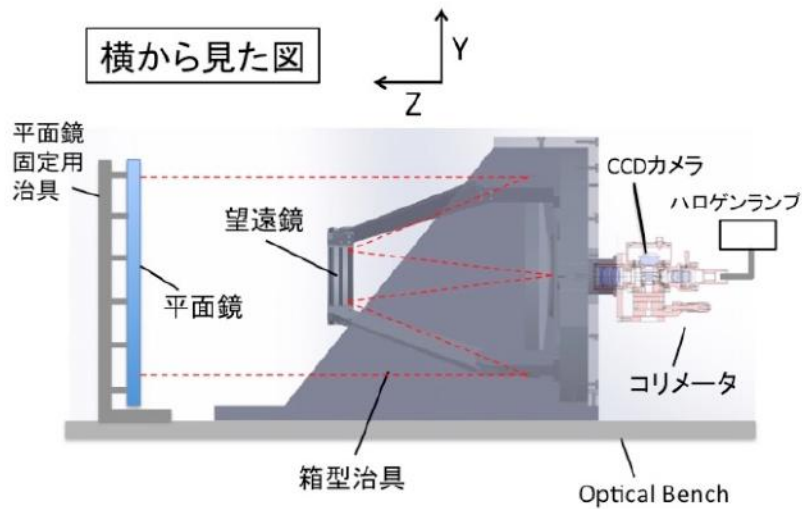
概観図

※ A1,2,3,4はそれぞれB1,2,3,4と対応

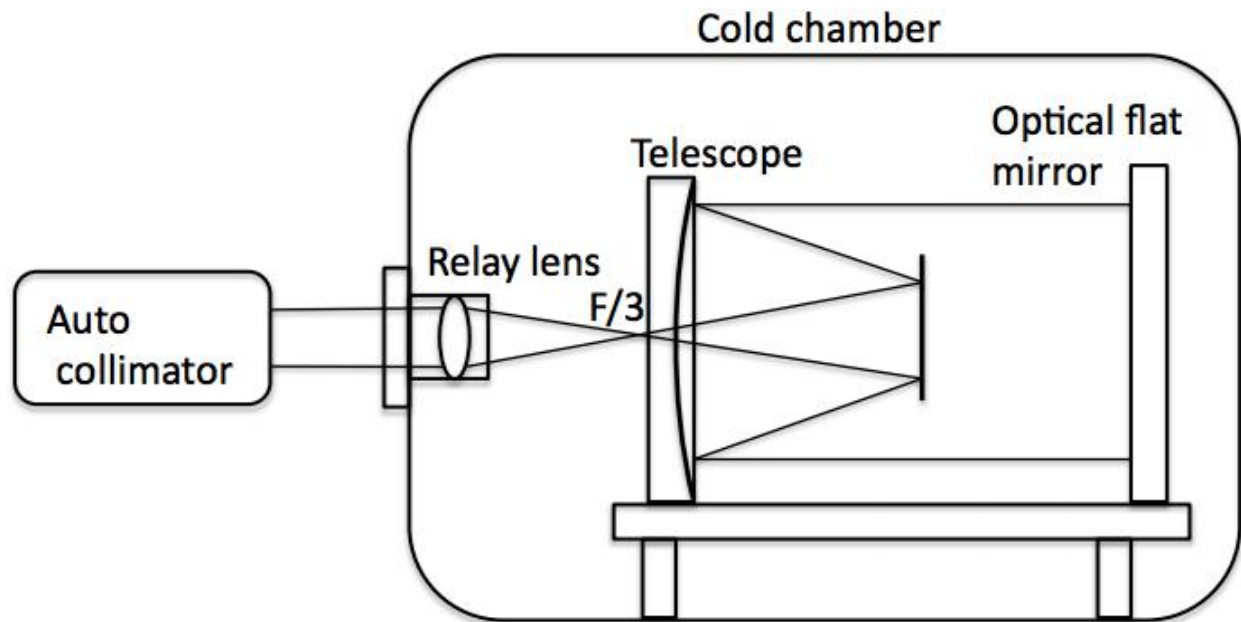


振動試験前後の試作望遠鏡光学特性試験 試験セットアップ

- ・アライメント調整後、最終的な3つのパラメータ(光軸上での焦点面位置、焦点面上での焦点位置、像の広がり)を測定。

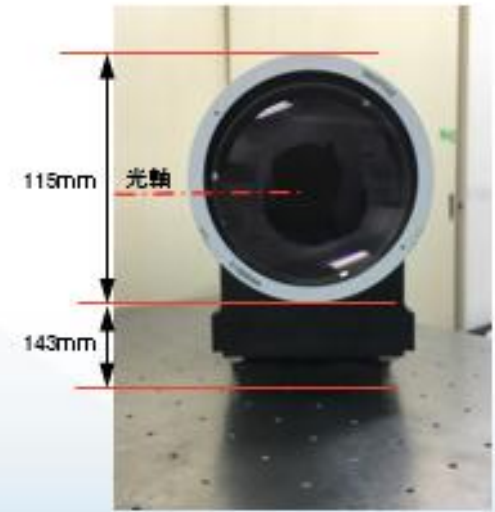
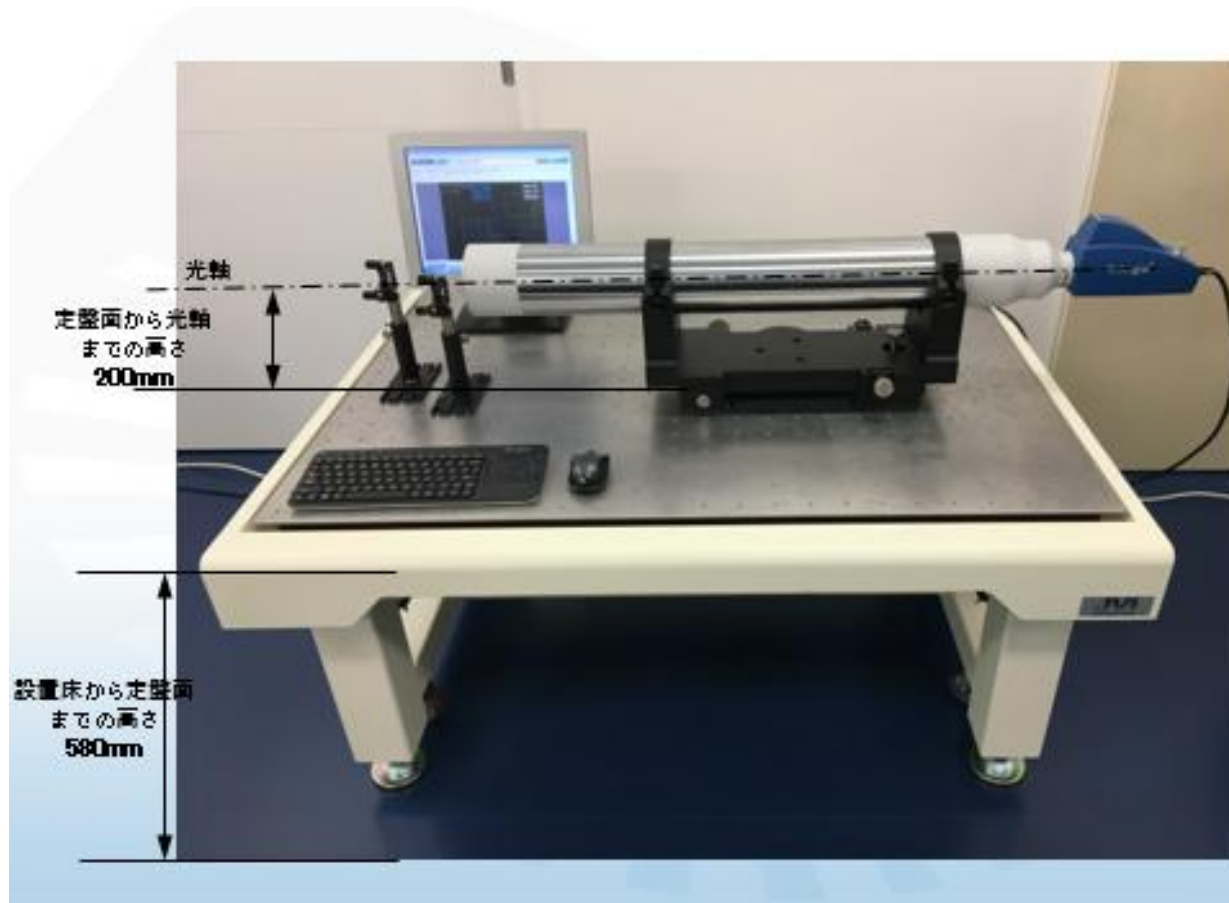


試作望遠鏡の冷却試験



大型チャンバー@名古屋大

試作望遠鏡の冷却試験



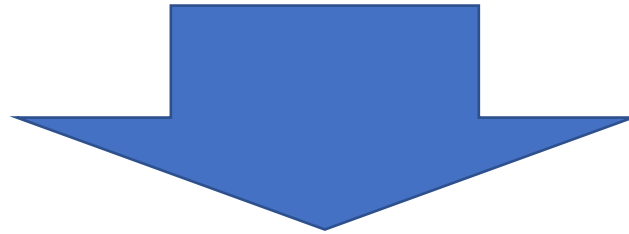
CIBER-2 進捗状況

- ・ 望遠鏡

試作モデルが完成。
2016年内に振動試験&冷却試験を行う。
フライトモデル製作中。
(2017年1月完成予定)

- ・ レンズ光学系モジュール

製作中。(反射防止膜の蒸着など、表面加工を進行中。)
完成後は各モジュール(Arm-S,M,L)の冷却を行う。冷却前後にはアライメントチェックを実施。



望遠鏡(フライトモデル)にレンズ光学系の取り付けを行い、カリフォルニア工科大学へ輸送し、観測機器全系での光学測定