

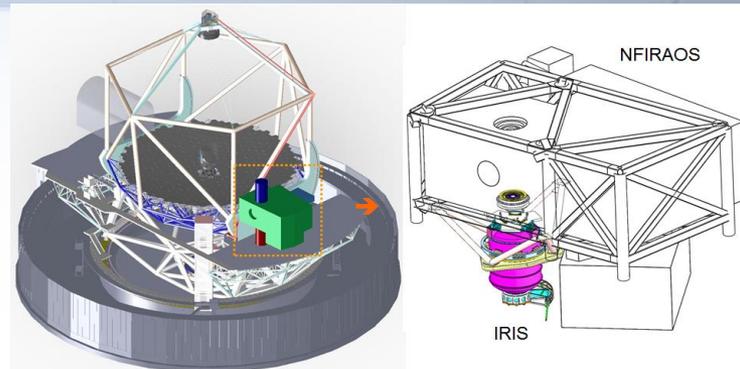
# TMT第一期観測装置IRIS 開発の現状と課題

内山 瑞穂 (NAOJ ATC/TMT/IRIS-J)

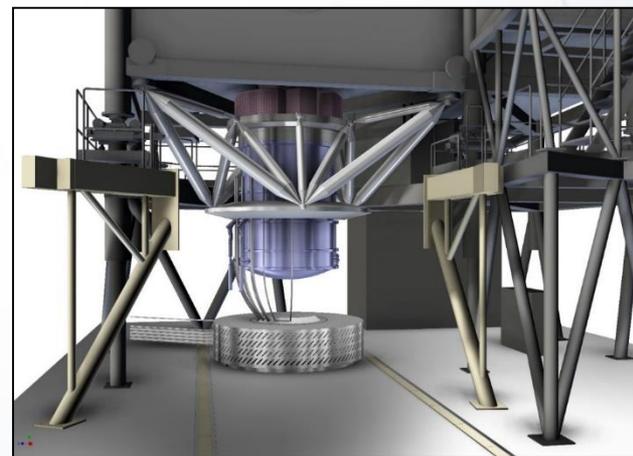
## **TMT Confidential**

The Information herein contains Cost Estimates and Business Strategies which are proprietary to the TMT Project and may be used by the purpose of performing a confidential internal review of TMT. Disclosure outside of the TMT Project and its review panel is subject to approval of the TMT Project Manager.

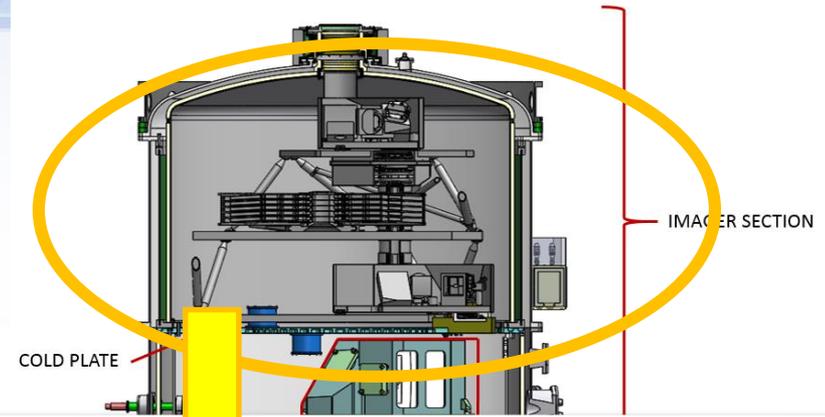
- ◆ TMT第一期観測装置  
InfraRed Imaging Spectrograph



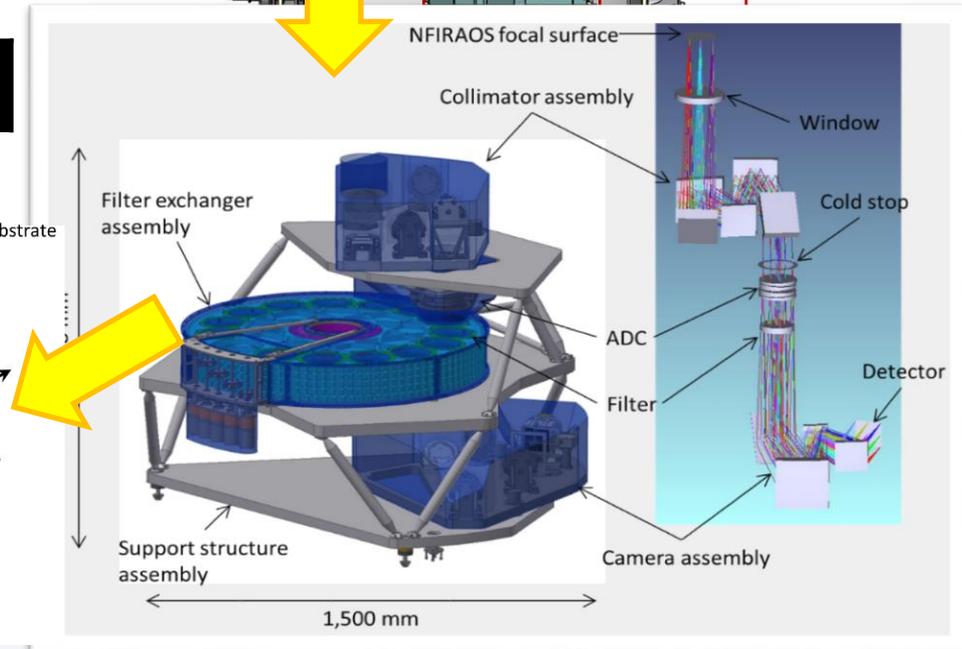
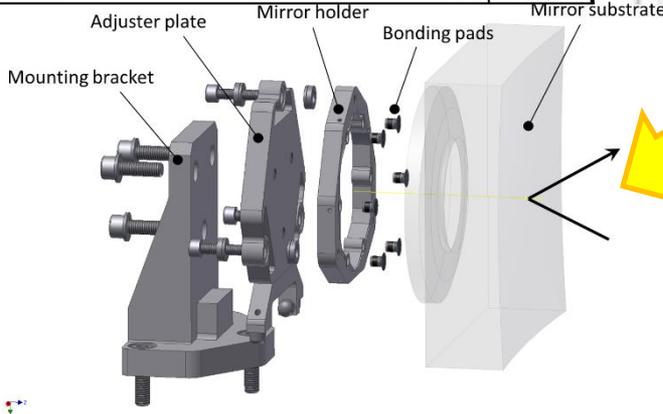
- ◆ 第一期AO装置NFIRAOSとセットで  
J, H, Kでの回折限界撮像
- ◆  $30\mu\text{arcsec}$ の相対位置天文精度



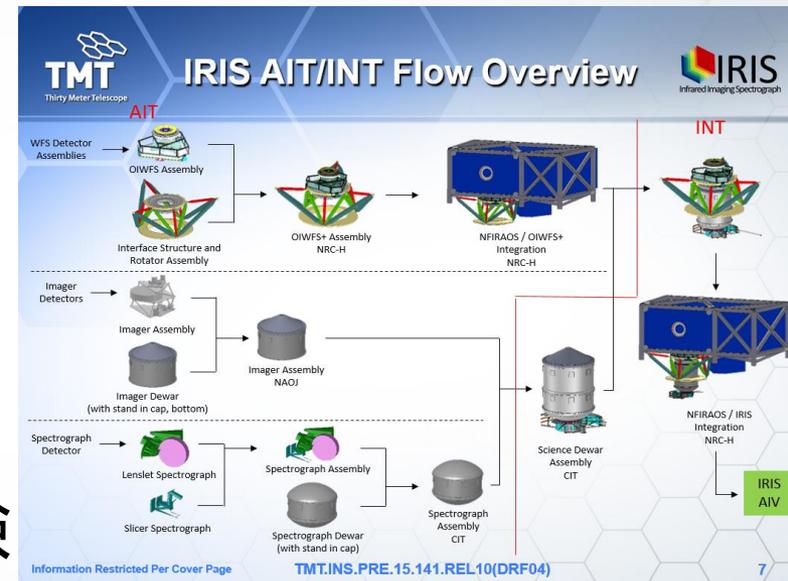
- 光学系全体を77K冷却
  - Imager:スループット45%



Capability mode	Spatial sampling (mas)	Field View (arcsec)	of Resolution ( $\lambda/d$ )	Min/Max wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Bandpass
Imager	4 mas	34 x 34	Set by filter	0.84-2.4	>37 filters Variety of bandpasses
Slicer IFS	50 mas				
88x45 Spaxels	25 mas				
Slicer IFS	50 mas				
44x45 Spaxels	25 mas				
Lenslet IFS	9 mas				
112x128 Spaxels	4 mas				
Lenslet IFS	9 mas				
16x128 Spaxels	4 mas				



- 今年9月にPDR(Preliminary Design Review)-2を終了
- 現在FDP(Final Design Phase)
  - 2.5-3 year 予定
- その後に各機関でのAIT
  - 2.5-3 year 予定
- 最終的に全体を組合せて試験  
→TMTへ搭載



- ◆ 10年安定して使用できる装置
  - 一度も開けずに運用したい
    - ◇ 使用素材の安定性
    - ◇ 使用可動部材の耐久性
  - 各種試験が進行中/実施予定

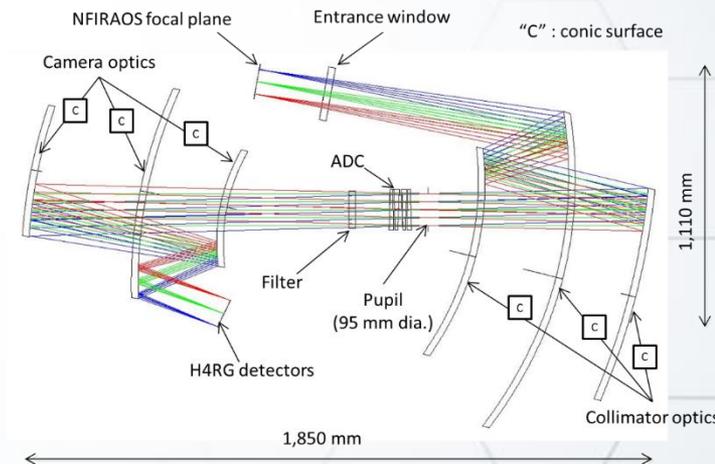


- ◆ 要求光学性能の達成
  - 非常にシビアな要求
    - ◇ 形状誤差等の精確な測定
    - ◇ 現実的な組立方法の策定



# 要求光学性能の達成 及び精密な形状誤差測定の必要性

- Imager全体での要求WFE: DM補正後で **rms<40nm**
- 現状の想定では研磨誤差由来の形状誤差が支配的:  
rms<26nm
  - 各非球面鏡毎に分配する: **rms<6nm**
  - **これを保証する測定精度が必要**
  - アライメント立案の上でも、  
形状誤差を精密測定しておくことは重要
- 測定上の問題
  - 非球面の測定
  - 軸外し量が多い(数百mm)
 →こうした中で測定精度を達成する必要

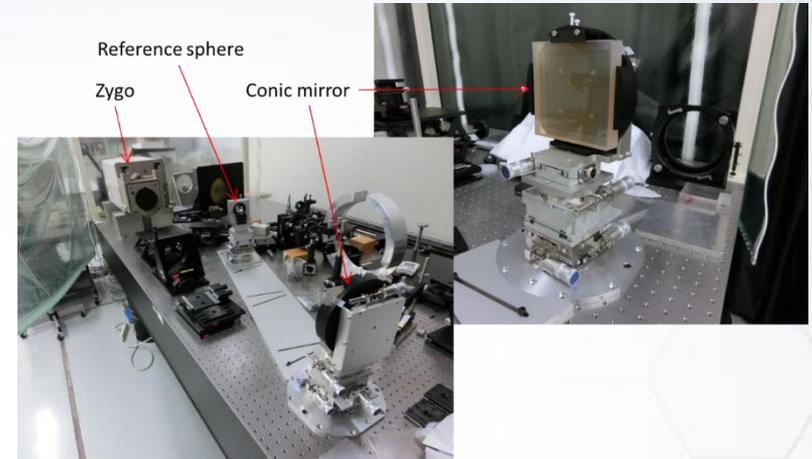


測定手法	精度	コスト	懸念事項
CGH+レーザー干渉計	△(低周波で難)	○	CGHの製作精度の限界
レーザー干渉計でのステッチング測定	○?	○?	軸外し非球面でのステッチング技術開発の必要
白色干渉法を用いた表面形状測定計	?	◎	低散乱面かつ非球面での測定精度の検証が必要
直接接触測定	○?	◎	鏡面への測定によるキズ等が生じないか検証が必要

凸面試作鏡の測定検証試験(の準備)が進行中

**測定例や他に有望な測定手法について情報あれば是非教えて下さい！**

- 凹面鏡については  
ステッピングなしで  
形状測定できる方法を  
レーザー干渉計で実証済
  - rms<5nmを達成



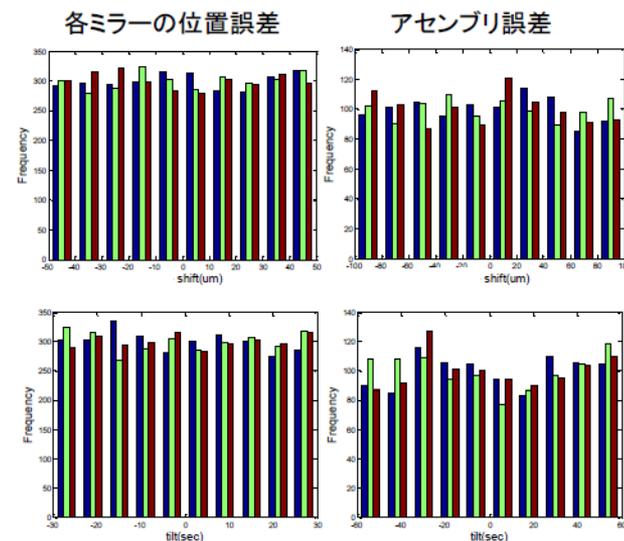
- 凸面鏡についてはレーザー干渉計＋ステッピング、  
及び白色干渉計での試験測定を今年度中に実施す  
る予定で準備中

- 要求される達成性能: DM補正後 **WFE<7nm**
- 実現可能な組立・調整プランの模索
  - 設置精度
    - $\pm 0.5\text{arcmin}$ ,  $\pm 50\mu\text{m}$ : 各鏡
    - $\pm 1.0\text{arcmin}$ ,  $\pm 100\mu\text{m}$ : 各アセンブリ
  - 検出器位置を動かさない

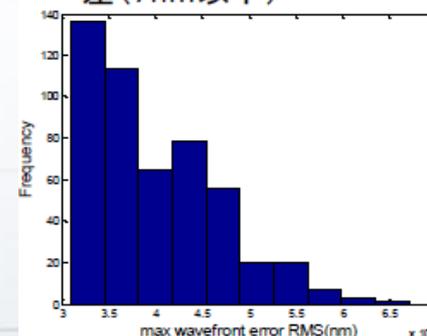
→ **Focusing+image tilt+1mirror (shift)**  
で補正可能という暫定結果

- 具体的な手順を策定しつつ追解析を進める

- 製造誤差の影響も補正したい
  - 曲率は精密測定できれば対策が可能

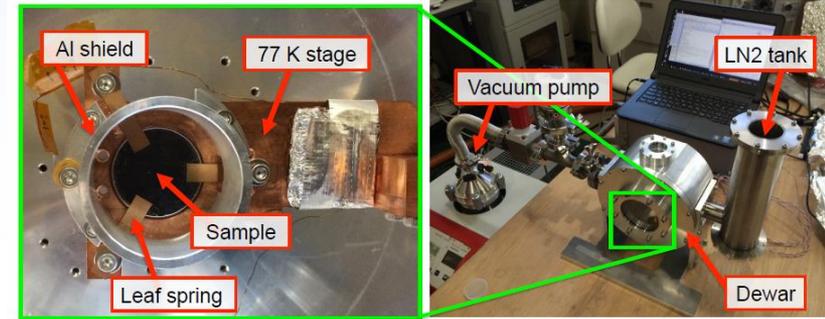


調整後の最大波面収差 (7nm以下)



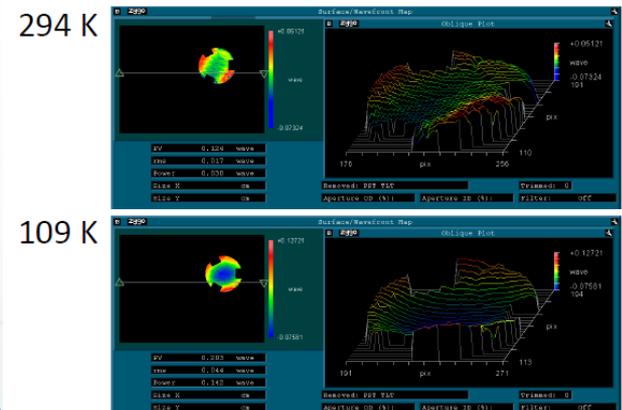
- ◆ その他検討・試験の必要な事項
    - ◇ 常温でアライメント後に低温下でも要求を充たす構造材の選定
- ミラー保持機構部・アセンブリのみをインバーにすれば良い
- ◆ インバーの低温性能・長期安定性評価→明日の講演
  - ◇ 下流(IFS)へimage tiltの影響が許容されるのか
  - ◇ 鏡背面接着パッドの熱収縮の影響評価試験
  - ◇ 瞳撮像系の組立調整、瞳位置合わせ

- コーティングによる鏡面の熱収縮由来変形の推定も必要  
rms < 6nm



- Φ25mmのコーティングサンプル3種を冷却下で形状測定し、実際の鏡面の変形を推定(Mukae Master thesis)

- DM補正後は仕様内と確認
- より大きなサンプルでの測定も行う



# Acknowledgments

The TMT Project gratefully acknowledges the support of the TMT collaborating institutions. They are the California Institute of Technology, the University of California, the National Astronomical Observatory of Japan, the National Astronomical Observatories of China and their consortium partners, the Department of Science and Technology of India and their supported institutes, and the National Research Council of Canada. This work was supported as well by the Gordon and Betty Moore Foundation, the Canada Foundation for Innovation, the Ontario Ministry of Research and Innovation, the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, the British Columbia Knowledge Development Fund, the Association of Canadian Universities for Research in Astronomy (ACURA), the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), the U.S. National Science Foundation, the National Institutes of Natural Sciences of Japan, and the Department of Atomic Energy of India.