

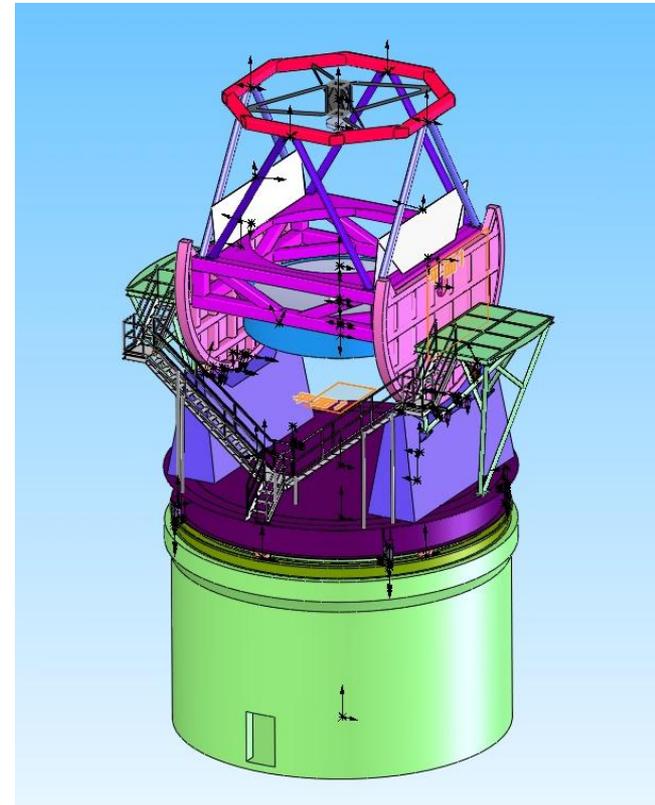
TAO観測装置の作られ方

本原顕太郎(東京大学天文学教育研究センター)

他TAOプロジェクトチーム

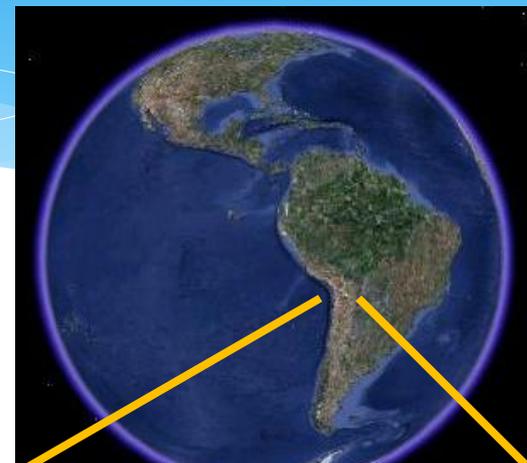
TAO Project

- * TAO : The University of Tokyo Atacama Observatory
 - * A 6.5m IR/Optical telescope
 - * At the highest site on the world (18500ft)
 - * Led by Institute of Astronomy, University of Tokyo



Co. Chajnantor

- * One of the peaks at the Chajnantor plateau
- * At the northern edge of ALMA concession
- * Altitude of 5640m (18500ft)
- * 南緯20度/西經30度

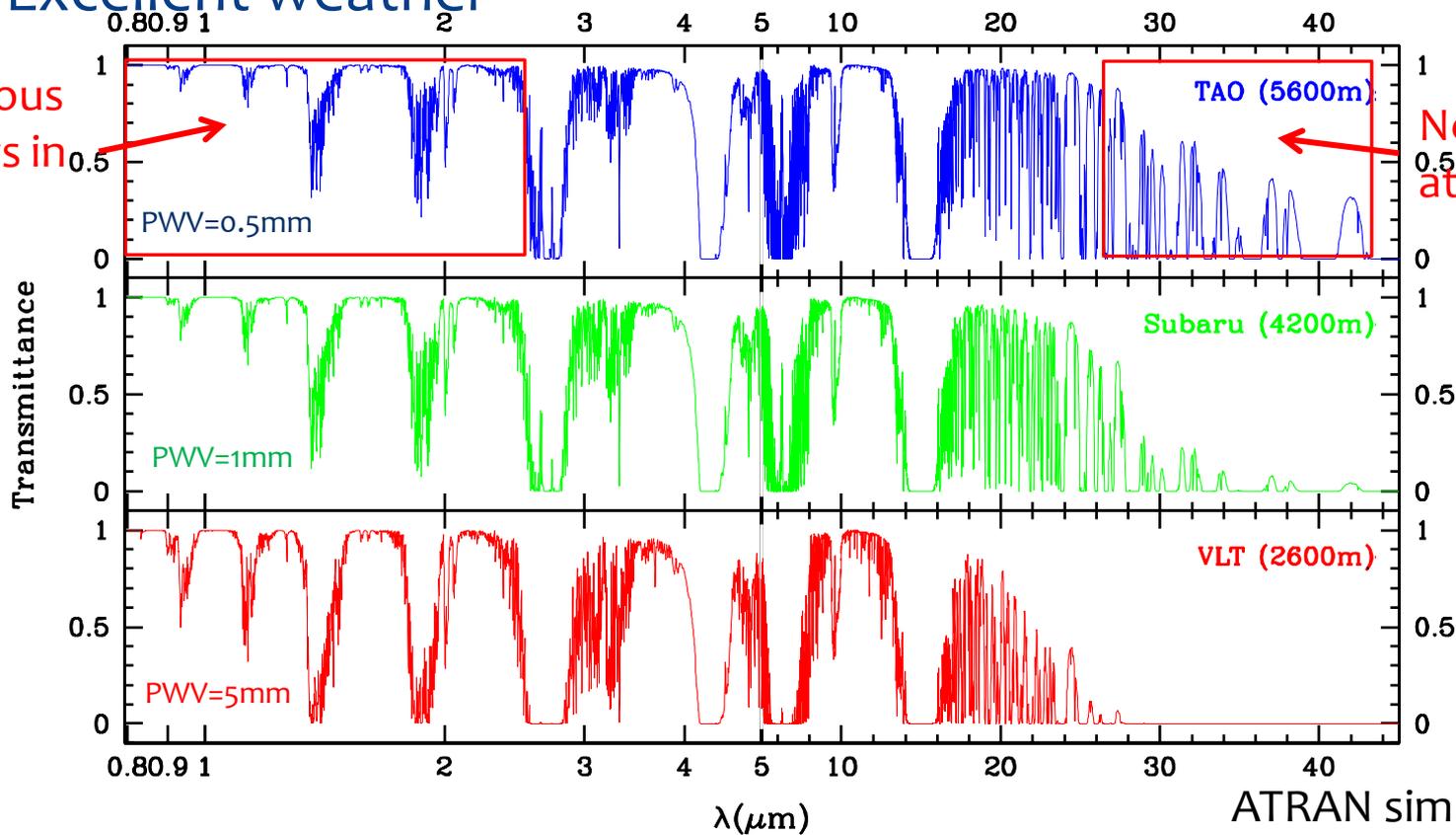


Good Conditions

- * Very low water vapor (PWV~0.5mm@25%tile)
- * High transmittance in the infrared
- * Good seeing (~0.7" optical)
- * Excellent weather

continuous windows in the NIR

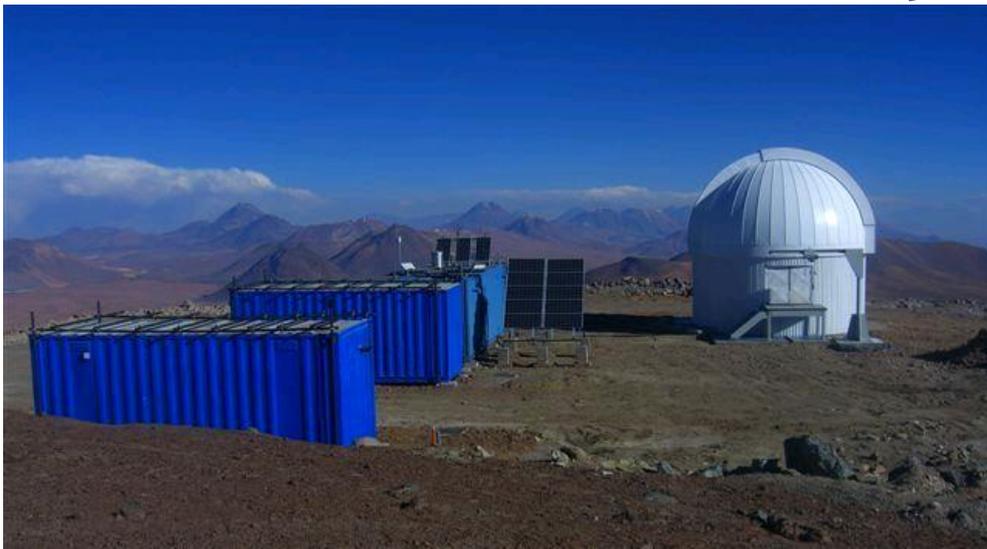
New windows at 30 um



Existing Facility : miniTAO 1.0m

- * A pathfinder telescope
 - * RC Cassegrain telescope
 - * Focal ratio F/12.0
 - * FOV $\varphi 10$ arcmin
 - * Two facility instruments
 - * near-infrared camera ANIR
 - * mid-infrared camera MAX38

Installed at the summit in 2009



Now Seen in Google Earth,



Image © 2011 DigitalGlobe
© 2011 DMapas
© 2011 Inav/Geosistemas SRL
Image © 2011 GeoEye

©2010 Google™

in Wikipedia,

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_highest_astronomical_observatories

The screenshot shows a web browser window with the address bar containing the URL en.wikipedia.org/wiki/List_of_highest_astronomical_observatories. The page content includes a paragraph about high-altitude astronomical sites, a section titled "Highest permanent observatories" with an [edit] link, and a table of permanent observatories above 3000 m.

such sites. At the far end of the spectrum, for the extremely short wavelengths of [x-ray](#) and [gamma ray astronomy](#), along with high-energy [cosmic rays](#), high altitude once again offers significant advantages, enough that many experiments at these wavelengths have been balloon-borne or even [space telescopes](#), although a number of high-altitude ground-based sites have also been used. These include the [Chacaltaya Astrophysical Observatory](#) in Bolivia, which at 5230 m (17,160 ft) was the world's highest permanent astronomical observatory^[8] from the time of its construction during the 1940s until surpassed in 2009 by the new [University of Tokyo Atacama Observatory](#),^[9] an optical-infrared telescope on a remote 5640 m (18,500 ft) mountaintop in Chile.

Highest permanent observatories [edit]

Permanent observatories above 3000 m:

Observatory Name	Elevation	Observatory Site	Location	Coordinates	Established	Type of Observatory	Major Instruments
University of Tokyo Atacama Observatory (TAO)	5640 m (18,500 ft) ^[9]	Cerro Chajnantor	Atacama Desert, Chile	 22° 59′ 12″ S 67° 44′ 32″ W	2009 ^[9]	Optical, infrared	
Chacaltaya Astrophysical Observatory	5230 m (17,160 ft) ^[8]	Chacaltaya	Andes, Bolivia	 16° 21′ 12″ S 68° 07′ 53″ W	1946 ^[8]	Cosmic ray, gamma ray	
Atacama Cosmology Telescope	5190 m (17,030 ft)	Cerro Toco	Atacama Desert, Chile	 22° 57′ 31″ S 67° 47′ 16″ W	2007	Microwave	
Llano de Chajnantor	5100 m (16,730 ft)	Llano de Chajnantor	Atacama Desert, Chile	 23° 01′ 00″ S 67° 47′ 16″ W		Millimeter	CBI, APEX

... and Certified as Guinness World Record



CERTIFICATE

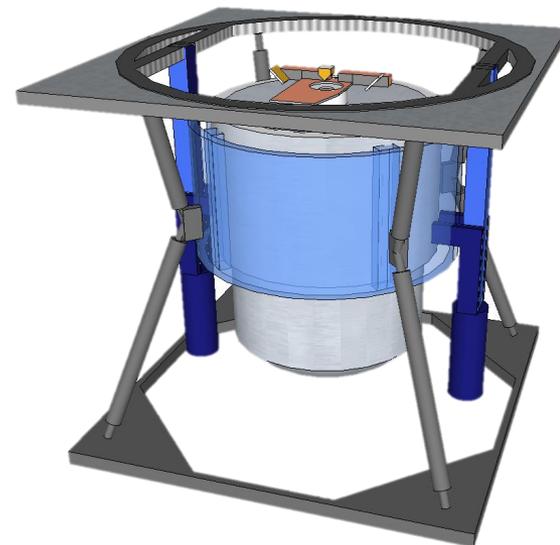
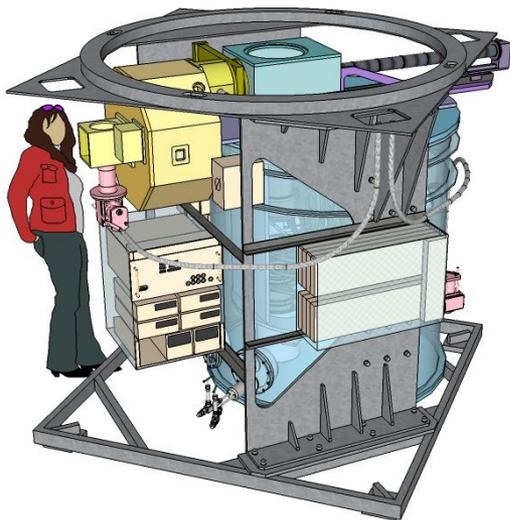
**The highest astronomical observatory
is the University of Tokyo
Atacama Observatory, located at an
altitude of 5,640 m (18,503 ft)
on the summit of Cerro Chajnantor
in a scientific reserve called
Atacama Astronomical Park, Chile.
The observatory houses a
1 m (3 ft 3.37 in) infrared telescope
called miniTAO, which saw first light
on 23 March 2009.**

GUINNESS WORLD RECORDS



Instrumentation for TAO 6.5m

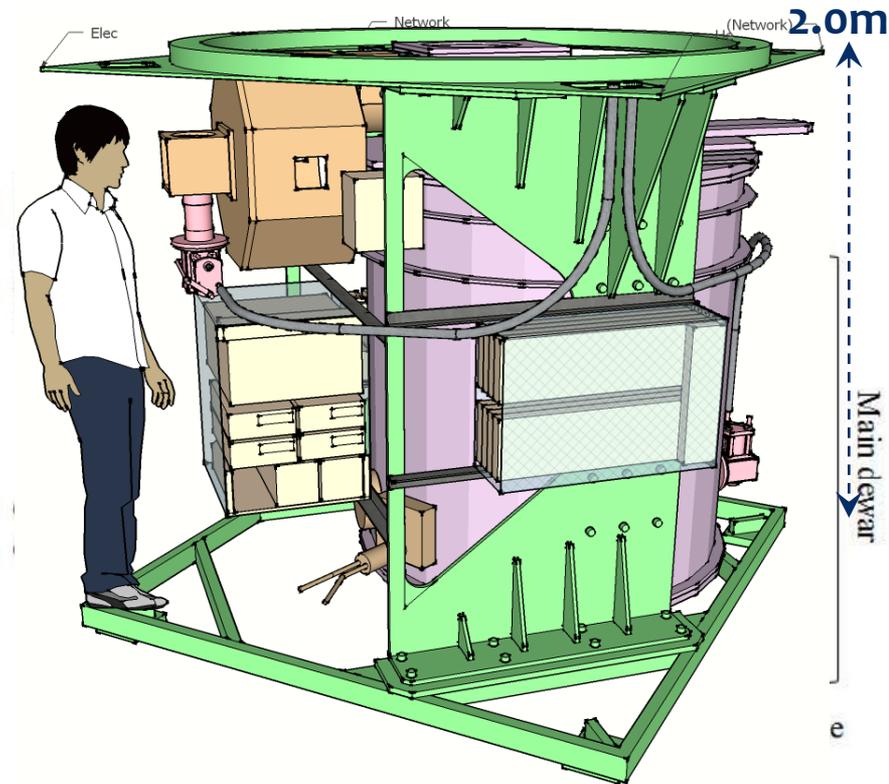
- * Two Instruments
 - * NIR MOS spectrograph/Imager (SWIMS)
 - * MIR Imager/Spectrograph (MIMIZUKU)
- * 2009年度補正予算で製作費用が措置された。
(~2010年度)



NIR Camera : SWIMS

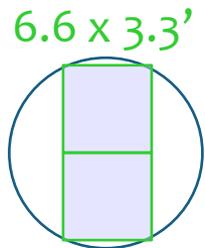
- * Simultaneous-color **W**ide field **I**nfrared **M**ulti-object **S**pectrograph

- * 広い視野: 9.6' Φ with 4kx4k pixels
- * 2バンド同時撮像分光
 - * blue channel : 0.9-1.4 μ m
 - * red channel : 1.5-2.5 μ m
- * 多天体分光
 - * with cooled multi-slit masks
 - * max. 30 objects
 - * 0.9-2.5 μ m simultaneous spectroscopy (R~1000)
- * IFU module
- * Member : 本原、小西、高橋、
館内、加藤、尾崎、吉川

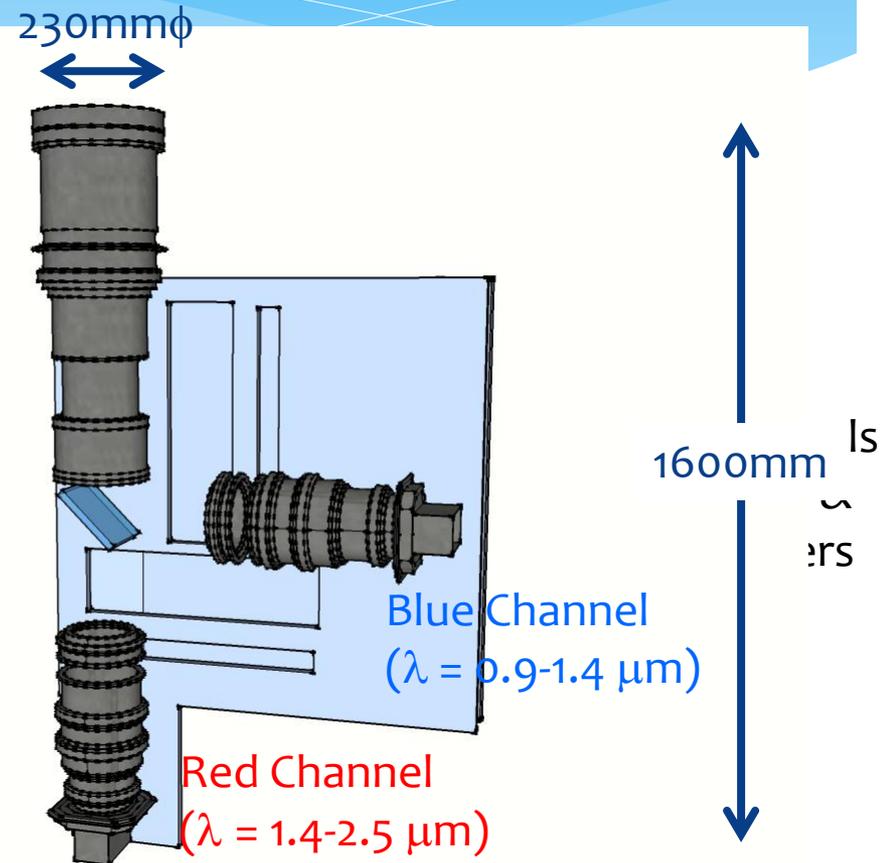
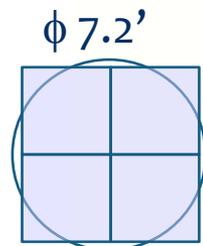


SWIMS Optics

- * 2 channels split by DM at 1.4 μm
 - * Spectroscopy from 0.9-2.5 μm with $R \sim 1000$ (0.6" slit)
=> accurate line ratios
 - * Dual-band wide-field imaging
- * Each focal plane is covered by 2 H2RGs (extendable to 4x4)



→
Future





Assembly Test at Mitaka New Building (2011/6)

SWIMSの作り方

真空冷却部分

- ✓大型光学系を搭載
- ✓全体を70K以下に冷却
- ✓全体の構造体も含む

低温大型光学系

- ✓屈折系
- ✓非球面石英レンズ
- ✓ZnSeレンズ

光学素子

- ✓フィルター
- ✓グリズム
- ✓ダイクロミックミラー
- ✓ウィンドウ

低温駆動系

- ✓広帯域フィルタホイールx4
- ✓狭帯域フィルタホイールx2

検出器システム

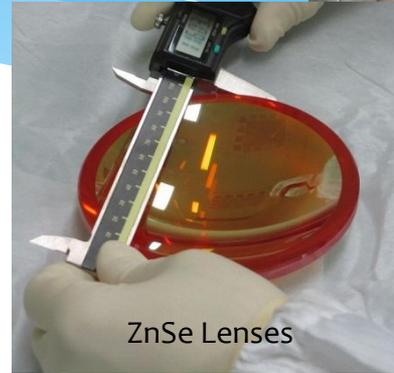
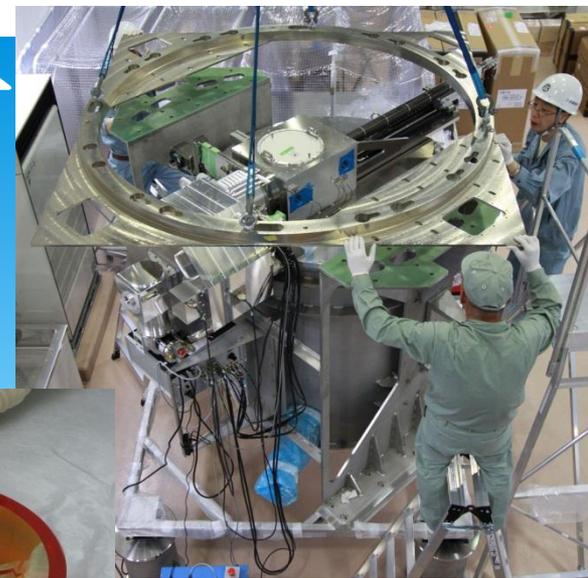
- ✓2kx2k HgCdTe (H2RG)
- ✓SIDE CAR ASIC読出

MOSスリット交換機構

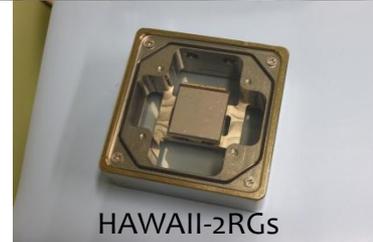
- ✓冷却で動作
- ✓MOIRCSの改良版

IFUモジュール

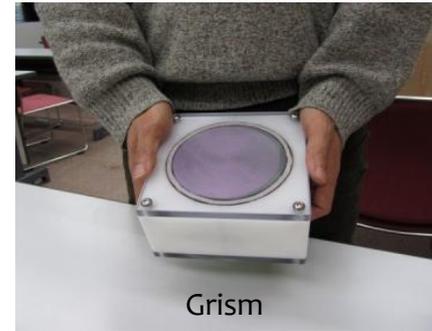
- ✓最大28スライス
- ✓視野14" xxx"
- ✓非球面切削加工
- ✓MOS交換機構に搭載



ZnSe Lenses



HAWAII-2RGs

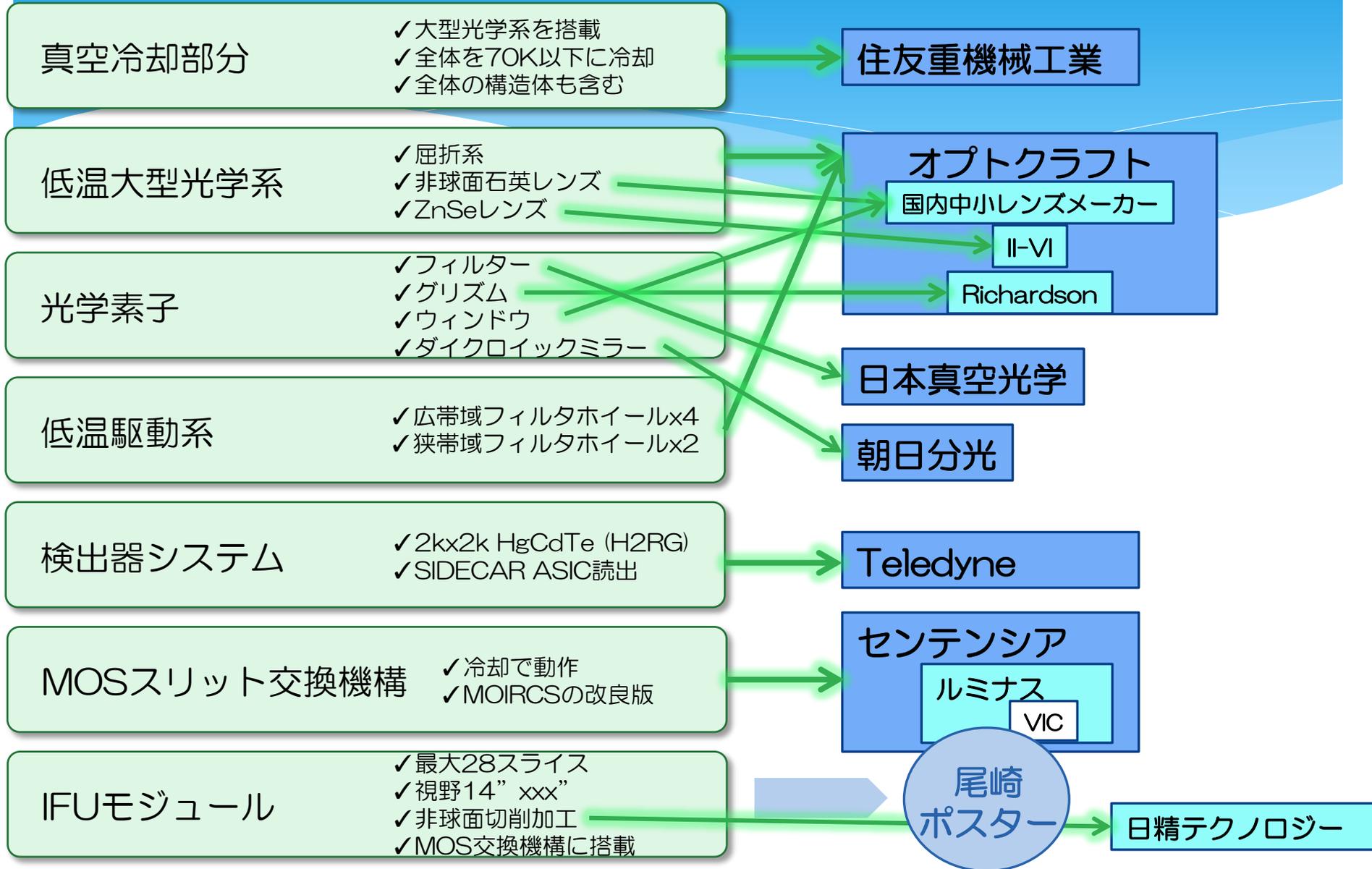


Grism



MOS Exchanger

SWIMSの作り方

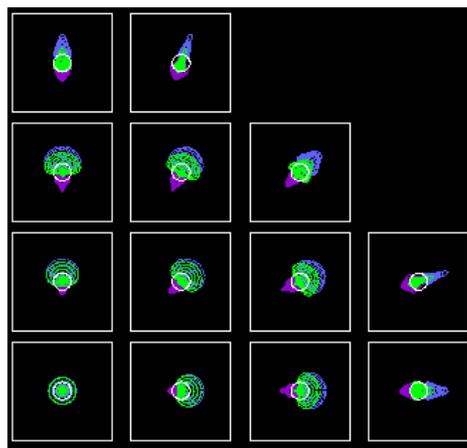


SWIMSのポイント

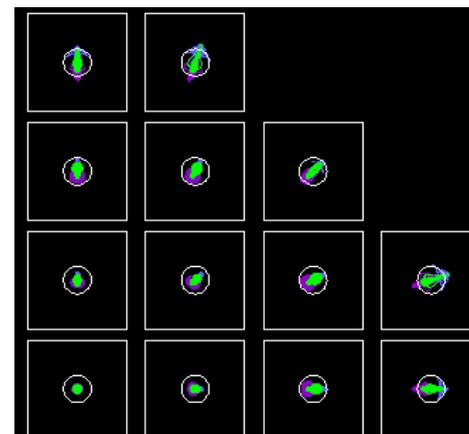
- * 大型冷却光学系⇒オプトクラフト
 - * フィールドレンズΦ230mm
 - * ウィンドウΦ250mm
 - * 大型ダイクロイックミラー165x120mm
 - ：平面度をいかに出すか(朝日分光)
 - * フィルターホイール6枚
 - * NBFホイールを別途用意
- * 大型MOS交換ユニット
⇒センテナシア・ルミナス+オプトクラフト/住友重機のアドバ
イス
 - * 真空冷却システムの経験はなかった
 - * ロボットハンドによるMOSプレート交換機構(+VICインターナシ
ョナル)
- * IFU
⇒SWIMSチーム+尾崎(ATC)+吉川(京産大)
 - * 超精密加工機による非球面光学素子(日精テクノロジー)

光学設計

- * コリメータの一部を取り替えて、すばる・TAO両対応
- * 相談しながら一年程度かけて落とし所を探った
 - * レンズ枚数
 - * スポットサイズ
 - * 購入できそうなレンズ材
 - * 納品期限(2011/3末)
- * 最後の最後で良い解が見つかった



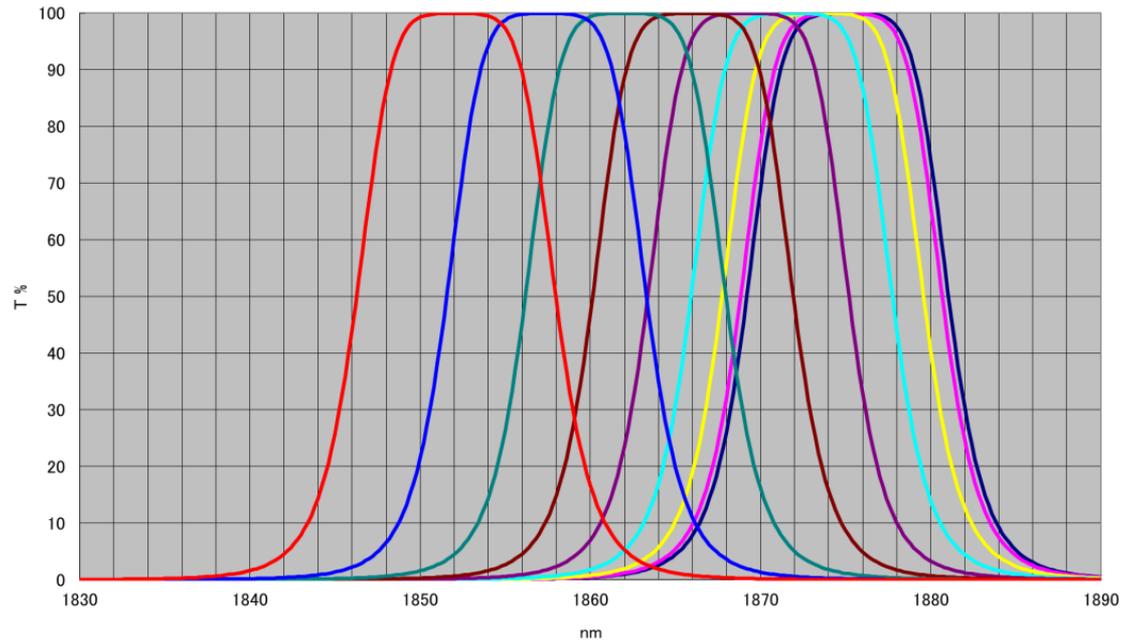
Blue Channel



Red Channel

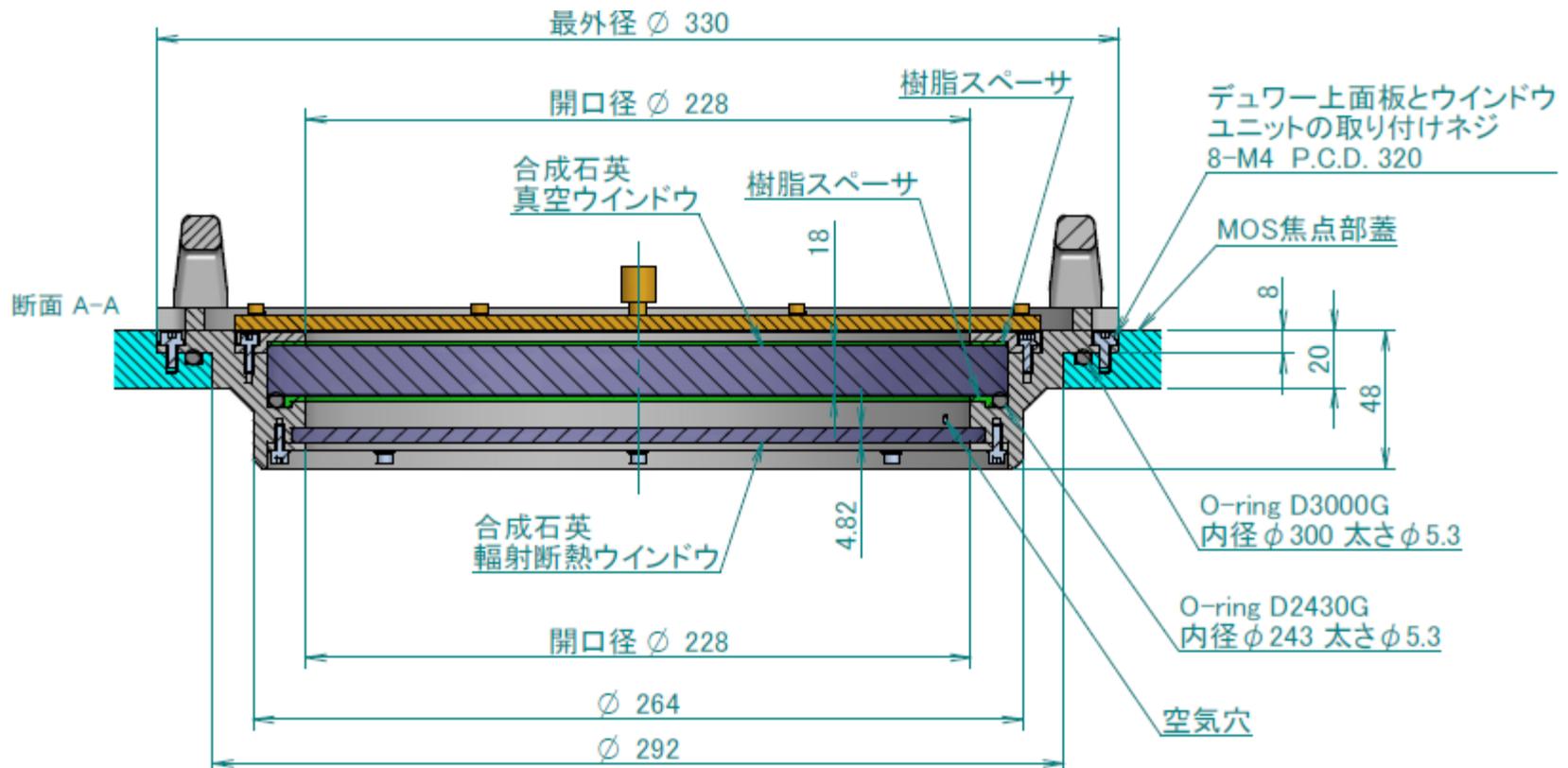
NBFホイール

- * 光軸に垂直に置きたい
 - * 入射角 θ のときの中心波長のズレ $\Delta\lambda$ は
$$\Delta\lambda = \lambda_c \left(1 - \frac{\sqrt{n_{\text{eff}} - n_0 \sin^2 \theta}}{n_{\text{eff}}} \right)$$
 - * 平行光に置くと、ゴースト防止の為傾ける必要あり
- * 収束光中にホイールを置く
 - * NBFを使わないときはARコートのみ基板を挿入



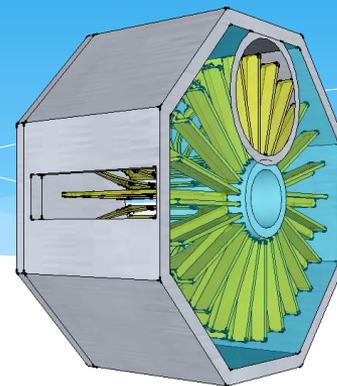
二重ウインドウ

- * 大型ウインドウにCaF₂を使いたくない⇒無水石英
- * ウインドウ中心の結露を防ぐ

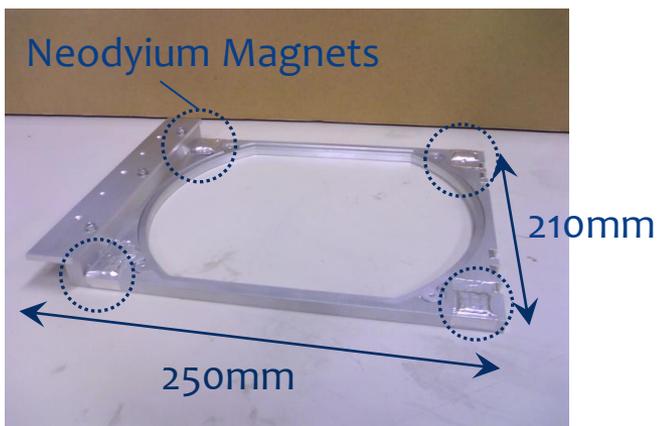


MOSユニット

- * Robotic Mask Exchange Unit
- * Maximum # of mask slit : 20
- * New design with high reliability
 - * Magnet – latch (Both at the focus and the stock)
 - * Curved mask to adjust focal plane curvature



Prototype Mask Holder



インターフェース

- * 東大+住重・センテンシア(+ルミナス)・オプトクラフトの関係者全員によるインターフェース会議を月一回開催
 - * 設計図面などの共有を可能な限り行う
 - * 設計図面においての座標系を定義
 - * 望遠鏡焦点・視野中心
 - * 冷却時収縮の処理に注意
- * 情報共有はWikiを用いた
 - * 図面、打合せメモ、写真など
 - * それなりに機能
 - * 情報の検索性に問題あり

MOSU - SWIMS : Simultane...

www.iba.s.u.-to-kyo.ac.jp/TAO/swims/index.php?MOSU

Top / MOSU

SWIMS wiki

MOSU

Menu

- Top
- スペック
- 検出器
- 光学系
- フィルタ
- 冷却・機械系
- MOSU
- 計数機
- IRI
- 打ち合わせなど
- 子音
- 他装置情報
- ワークショップ
- 資料置き場
- 写真
- 装置ステータス
- サイボウズ

MOSUシステム

- MOSU A/リスト
 - 設計未確定事項リスト (2010.12.29現在) : 101229_設計未確定事項リスト.pdf
- MOSU/メインデューワー I/F
 - ペローズI/F (2010.11.05 I/F打合せ資料)
 - メインデューワーI/Fプレート図面 : 20110125_メインデューワーIFプレート.pdf / 20110125_メインデューワーIFプレート.dwg
 - メインデューワー&MOSU/F図面(2011.01.31) : 20110131_MOSU-IF.dwg / 20110131_MOSU-IF.dxf
- MOSU/鏡筒 I/F
 - 鏡筒I/F板図面 : 鏡筒IF板.pdf / 20110218_鏡筒IF板.dwg
- MOSU重量
 - 重量管理表 (2010.11.16現在) : 20101116_MOSU重量管理表.pdf
- マスクポケット位置 : 20110526_マスクポケット位置_V2.pdf
 - 原点マグネット:6番
 - リミットセンサ・ダミーマスク(温度センサ):18番
- シーケンス・電気関係

Wikiメモ

- Wiki
 - カスタイズメモ
 - 備忘録
- WikiEngines
- WikiName
- WikiWikiWeb

不具合関連

- MOSU改修
 - 2011.09.09 MOSU再搬入
 - 2011.09.02 本日の議事メモ
 - 2011.08.30 真空試験
- MOSUシステム不具合会社

MIR Camera : MIMIZUKU



* Mid Infrared Multi-mode Imager for gaZing at the Unkown Universe

* 中間赤外線観測装置

* 広い波長範囲をカバー

* NIR channel : 2um – 5.6um (InSb)

* MIR-S channel : 6 – 26um (Si:As)

* MIR-L channel : 24 – 38um (Si:Sb)

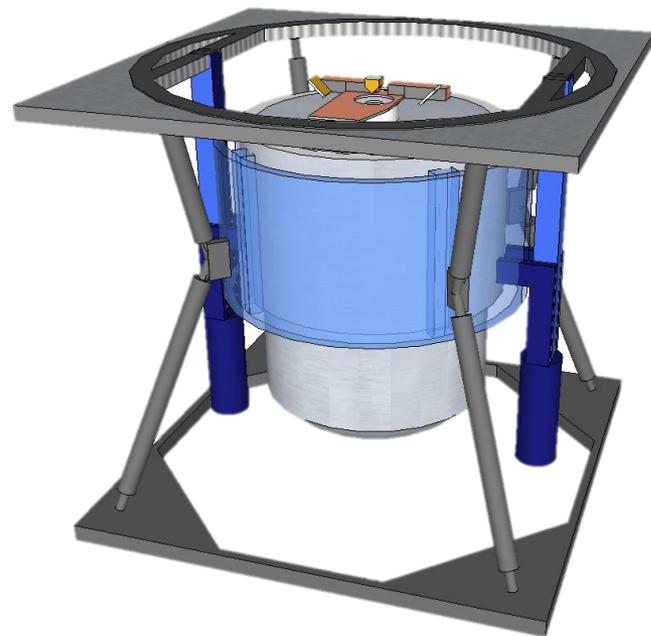
* 高い空間分解能

* >6umで回折限界を達成

1.2 arcsec @ 30um

* 相対測光による変光天体検出

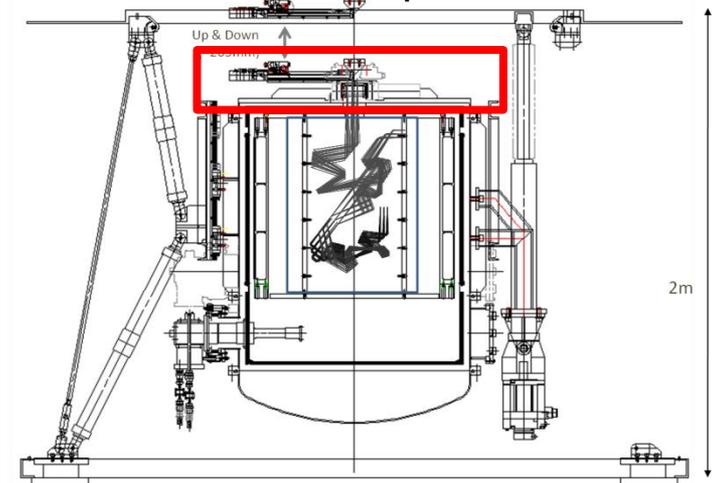
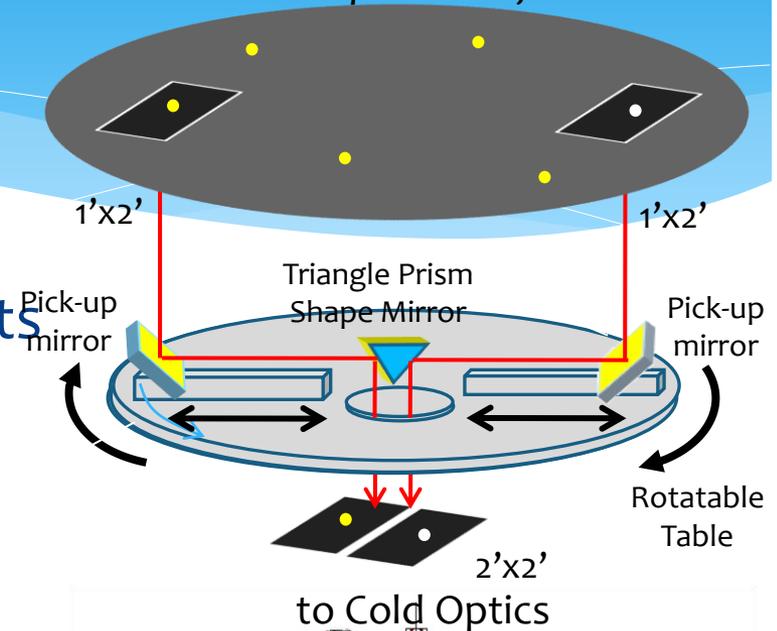
* Member : 宮田、酒向、上塚、
中村、浅野、内山



Accurate Photometry in MIR

Telescope Field of View

- * Simultaneously observe two objects for differential photometry
 - * ~50% of 9/18um sources have a counterpart star
- ↓
- * Field Stacker Unit
 - * Movable Cryostat necessary!



MIMIZUKUの作り方

真空冷却部分

Field Stacker
常温駆動ユニット

低温大型光学系

- ✓ 反射系
- ✓ 軸外し鏡16枚で構成
- ✓ 難易度の高い設置調整

低温屈折光学要素
グリズム
メッシュフィルター

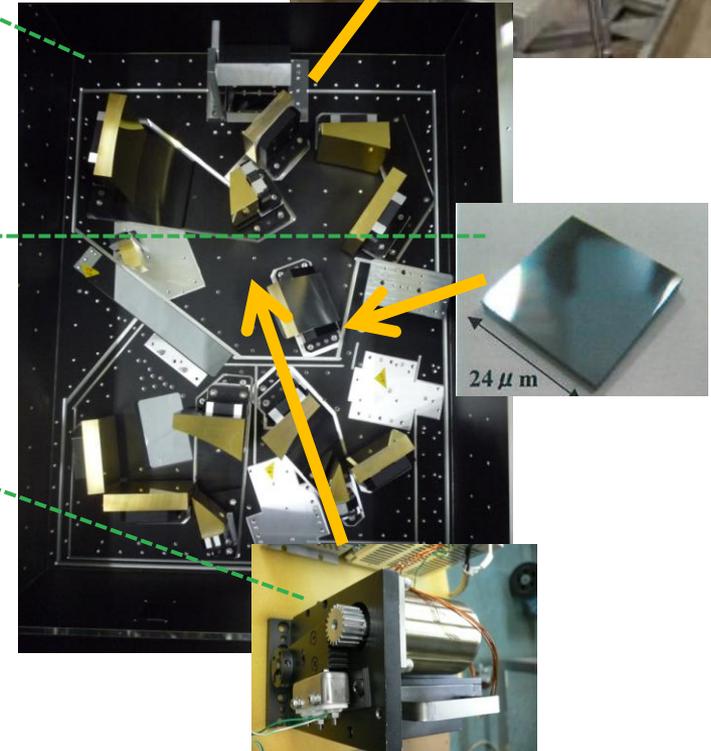
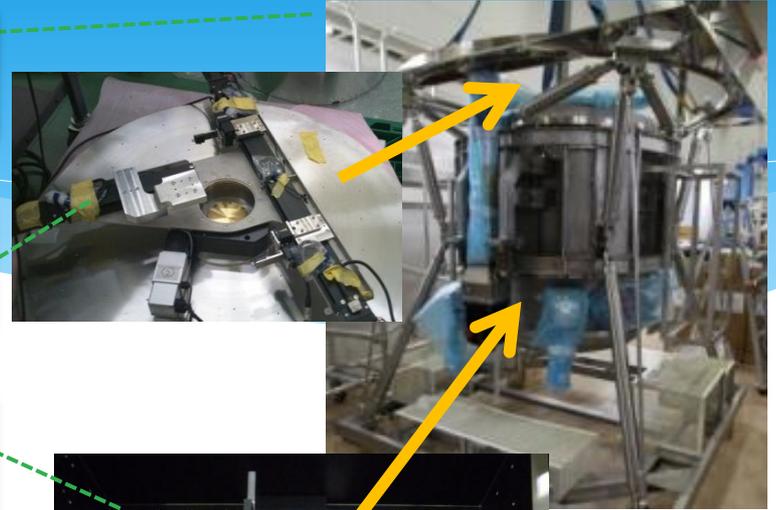
- ✓ 分光用グリズム (Si/Ge)
- ✓ 長波長用メッシュフィルター
- ✓ 高効率モスアイ付きレンズ

低温駆動部

- ✓ 8つの低温駆動部品
- ✓ 回転x5、鏡移動x1、鏡傾けx2

電気回路

- ✓ MIR検出器用高速読み出し回路
- ✓ 低温部分にバッファアンプ



MIMIZUKUの作り方

真空冷却部分

- ✓全体を20K、検出器部を5Kに冷却
- ✓デュワー全体を上下動

Field Stacker 常温駆動ユニット

- ✓ピックアップミラー2枚を駆動
- ✓平行移動2軸+傾け2軸

低温大型光学系

- ✓反射系
- ✓軸外し鏡16枚で構成
- ✓難易度の高い設置調整

低温屈折光学要素 グリズム メッシュフィルター

- ✓分光用グリズム (Si/Ge)
- ✓長波長用メッシュフィルター
- ✓高効率モスアイ付きレンズ

低温駆動部

- ✓8つの低温駆動部品
- ✓回転x5、鏡移動x1、鏡傾けx2

電気回路

- ✓MIR検出器用高速読み出し回路
- ✓低温部分にバッファアンプ

住友重機械工業

クリスタル光学

NTT-AT

鈴木商館

内山
ポスター

上塚
講演

岡田
ポスター

TAOの装置開発の指針

マンパワーはない

お金はそれなりにあった(過去形)

大学でやる

- * 先端的で研究となるような項目
- * 次世代装置に役立ちそうな要素技術開発

企業に外注

- * それだけでは研究にならない開発項目

Schedule

Items	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
6.5-m telescope Detailed design Primary Enclosure/Telescope structure Road and ground activities Enclosure installation 6.5-m telescope installation 6.5-m telescope operation											
1st generation instruments Detailed design Assemble, laboratory tests test observations at Subaru Observations at TAO 6.5m							