A night sky photograph showing the Milky Way galaxy and a telescope structure in the foreground. The sky is dark with numerous stars and the faint glow of the galaxy. A thin, vertical orange line is visible in the upper part of the image. The telescope structure is silhouetted against the sky, with some lights visible on its side.

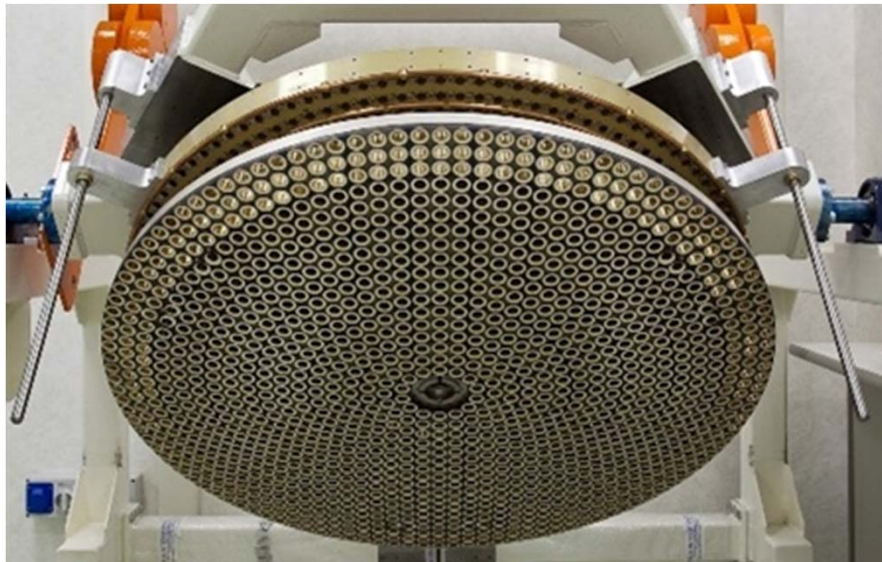
Wide-Field Imager/MOS Spectrograph with Ground-Layer Adaptive Optics

K. Motohara (Univ. Tokyo)

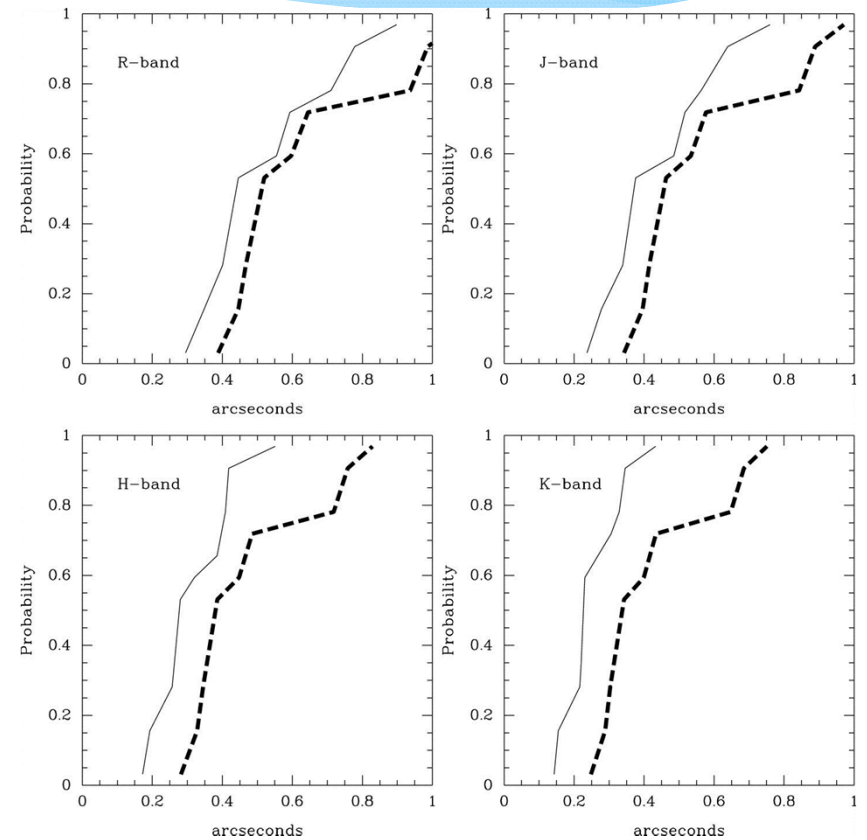
With support by T. Yamamuro (Optcraft) and SWIMS Team

GLAO

- * 早野さん、大屋さん講演
- * 10arcmin FoV
- * FWHM <0.4 arcsec
- * Deformable 2ndry Mirror



VLT Deformable 2ndry



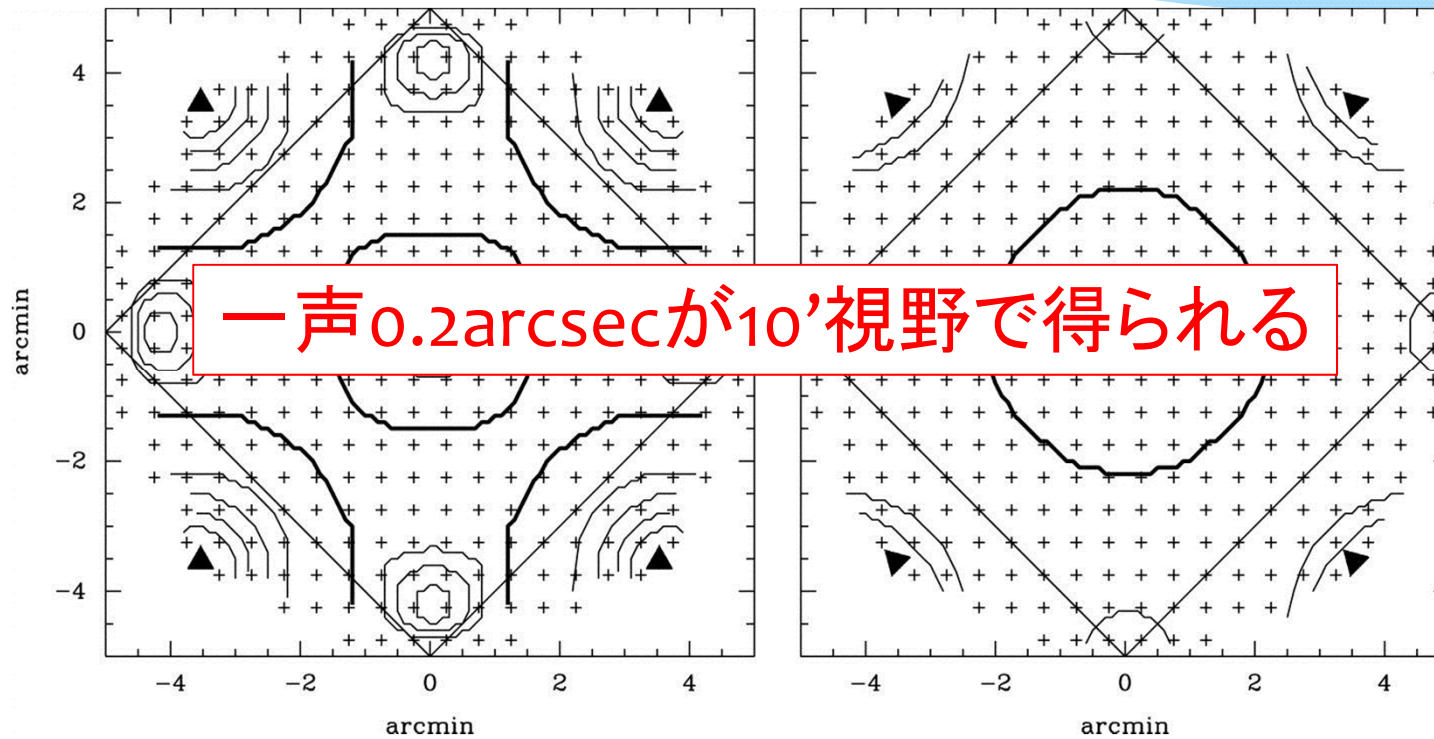
GLAO Simulation (Andersen+06)

Uniform PSF Expected

K-band Simulation by Andersen+06

EE in 0.2'': Solid=49%

FWHM: Solid=0.19''



- * “The performance is very uniform across the FOV; the separations between contours is just 1% in EE and 0.01 in FWHM”

Science Targets

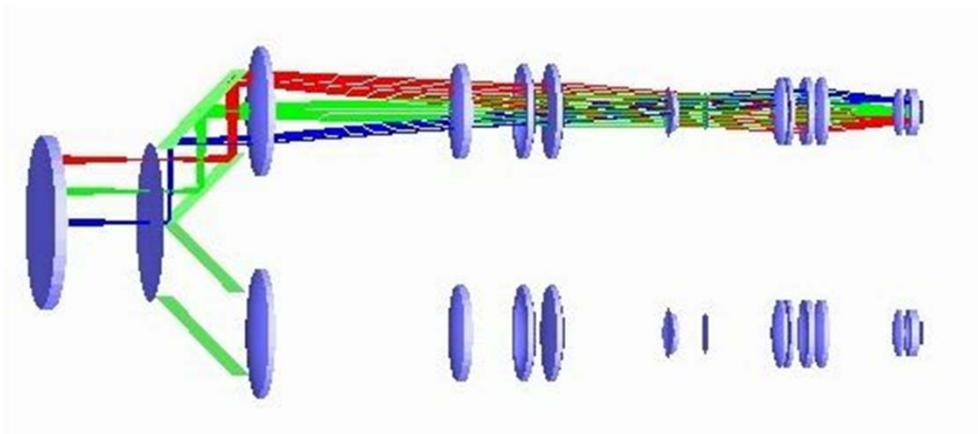
- * 比較的良い空間分解能 (0.2''-0.4'')
- * 感度の向上 (0.6-0.9magのゲイン)
- * を広い視野(>10' FoV)で得られる

- * Wide Field Imaging
- * Multi-object Spectroscopy

Wide Field Imager : MOIRCS

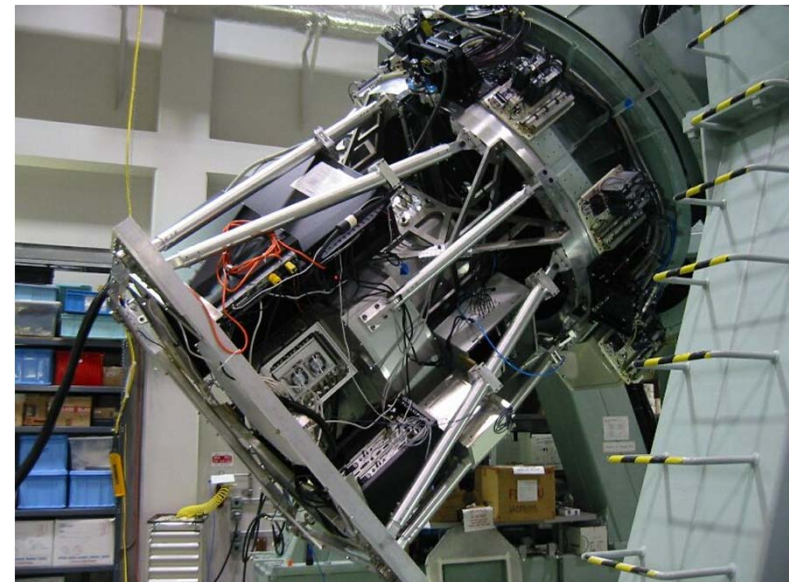
Imaging

- FoV 3.9x6.9'
- 視野をミラーで二分割
- HAWAII-2RG x 2
- 0.12"/pix
- 0.9-2.5 μ m



MOS Spectroscopy

- 0.6-0.7nm / pix
([R~500@0.6"slit](#))
- Slit Length 3.9' x2
- ~50 objects/mask



Example of a Instrument

* Example on the Web

http://www.naoj.org/Projects/newdev/ws11b/ref/spec_WFNIRCS20110706.html

Imaging

- FoV 13.7'x13.7'
- HAWAII-4RG x 4
- 0.1"/pix
- 0.75-2.5 μ m

MOS Spectroscopy

- 0.9-1.4 / 1.4-2.4 μ m
- 0.15-0.2nm / pix
([R~3000@0.3"slit](#))
- Slit Length 13.5'
- ~80 ojects/mask

これはどれくらい現実的なのか？
技術的課題は？

Challenging Optics

巨大な視野

* 大きなレンズ

* $13.7' \times 13.7' = 19.4' \phi = 581\text{mm}$ (0.5mm/arcsec)

* 保持を考えると600mmを超えるだろう

* ウィンドウは更に大きくなる

* 使える材質はFused Silicaくらい？

⇒ フィールドレンズはフッ化物系でないと設計が難しそう

* 波長範囲

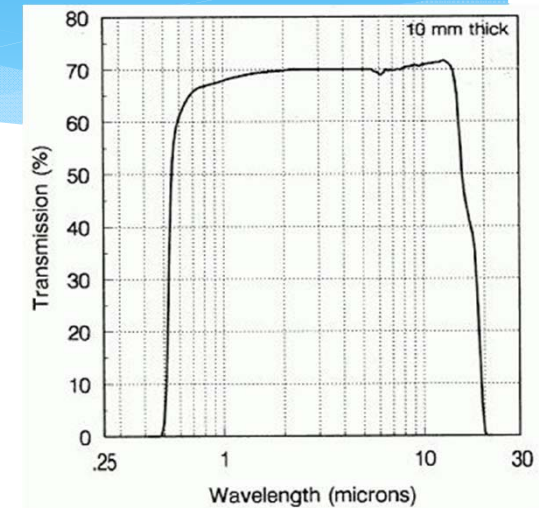
* 波長範囲を広げると設計が難しくなる

* 使える硝材の透過率 (ZnSeだと $<1\mu\text{m}$ で急激に透過率が下がる)

* 大きな像面湾曲

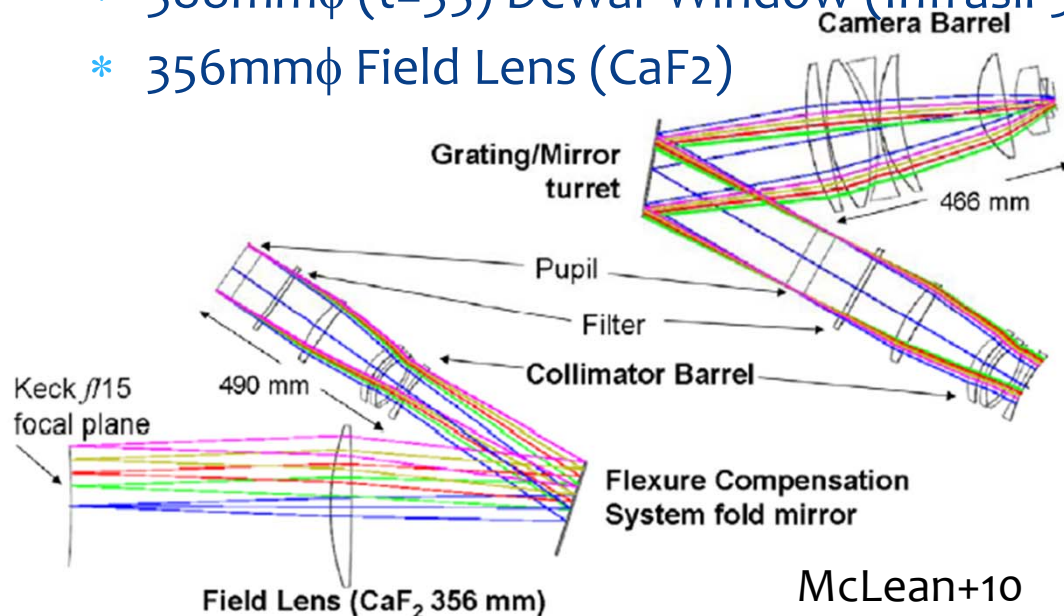
* 分光も行うためには、コリメータでこの湾曲をとっておく必要がある

* さらなる設計への制限

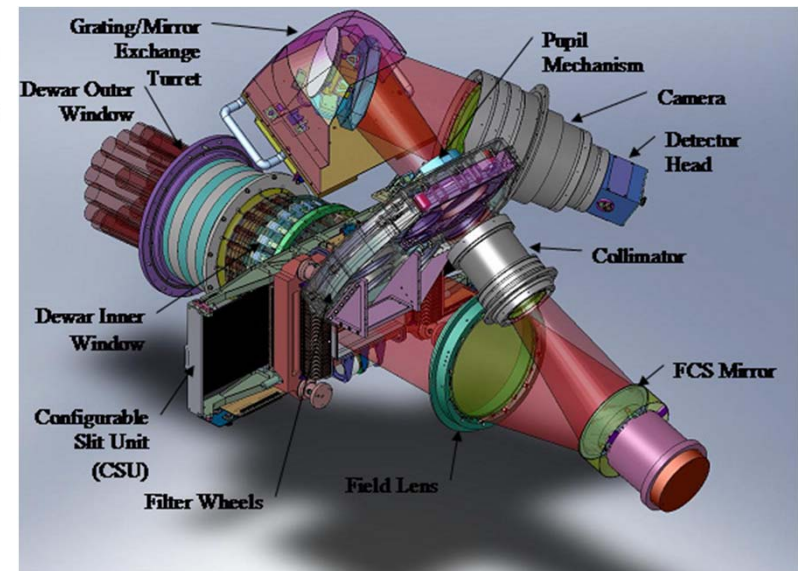


MOSFIRE Optics

- * Keck NIR MOS Spectrograph
- * 0.9-2.5 μm
- * 6.1'x6.1' FoV
- * All spherical design
- * Giant Optical Components
 - * 388mm ϕ (t=35) Dewar Window (Infrasil-302) / 二重構造
 - * 356mm ϕ Field Lens (CaF₂)



McLean+10



MOSFIRE Optics (cont'd)

* 結像性能は(AOにとっては)あまりよくない

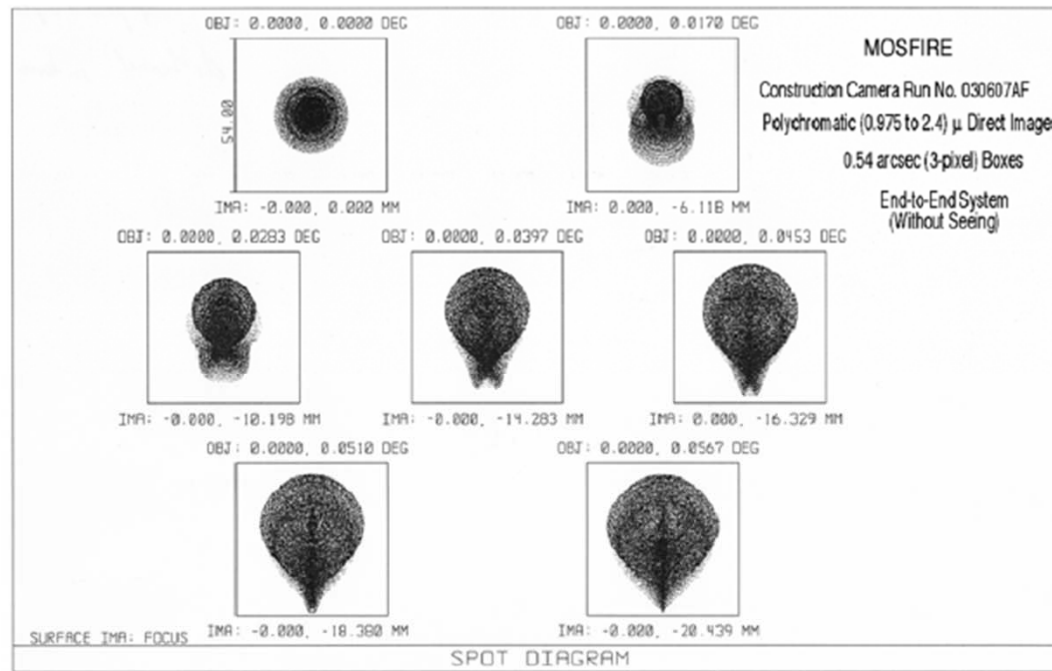
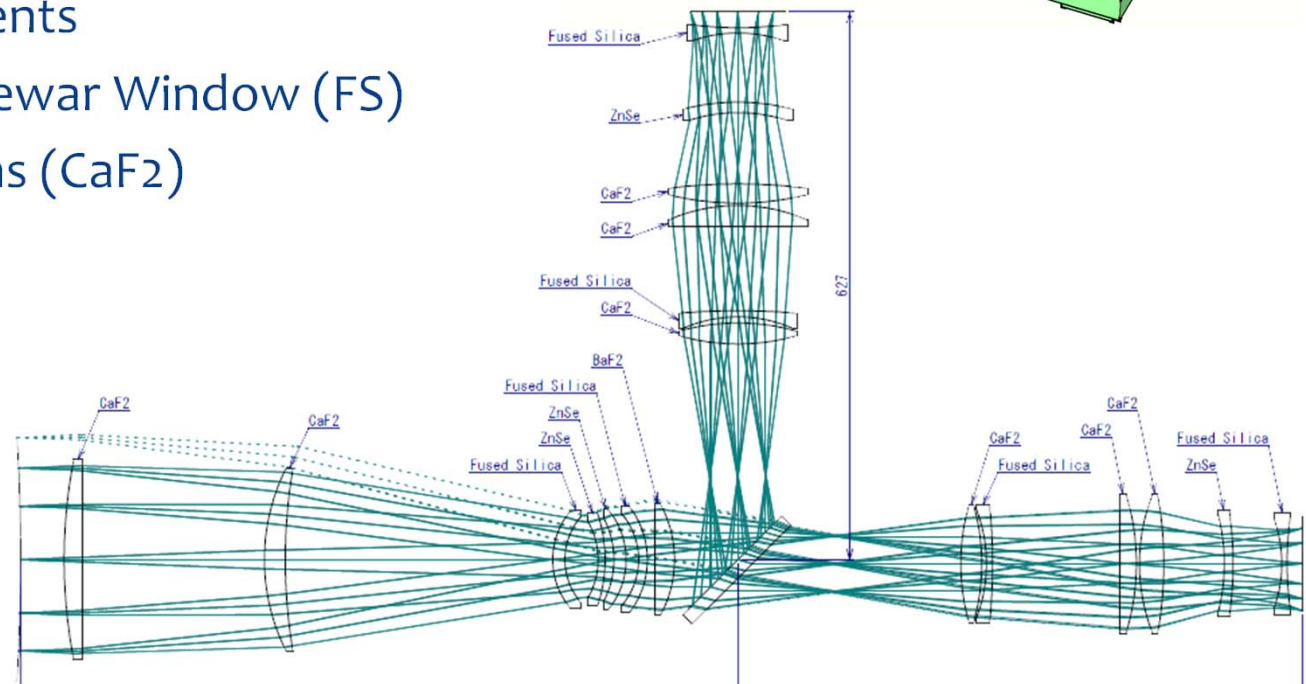
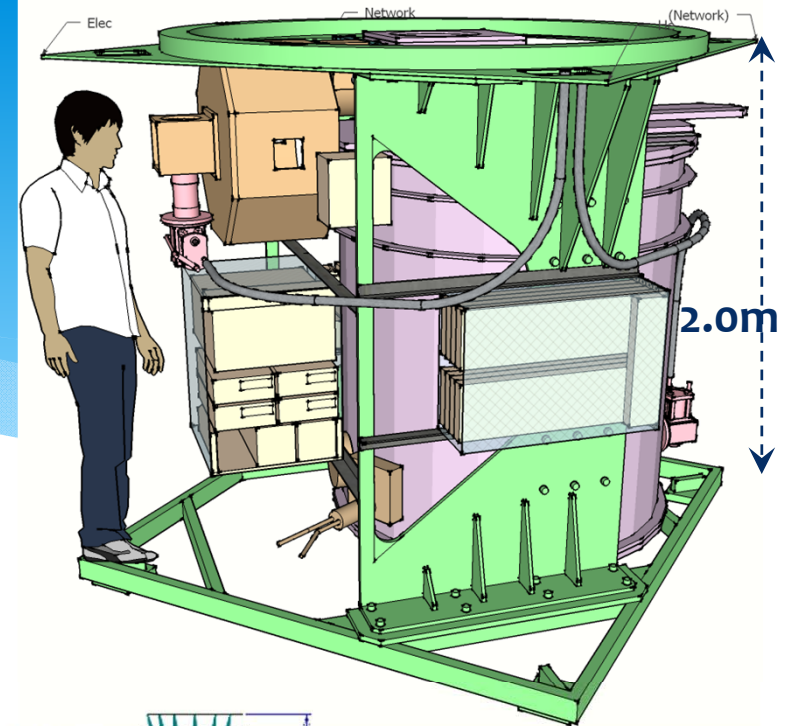


Figure 3: Expected end-to-end spot diagrams for the MOSFIRE optics in imaging mode

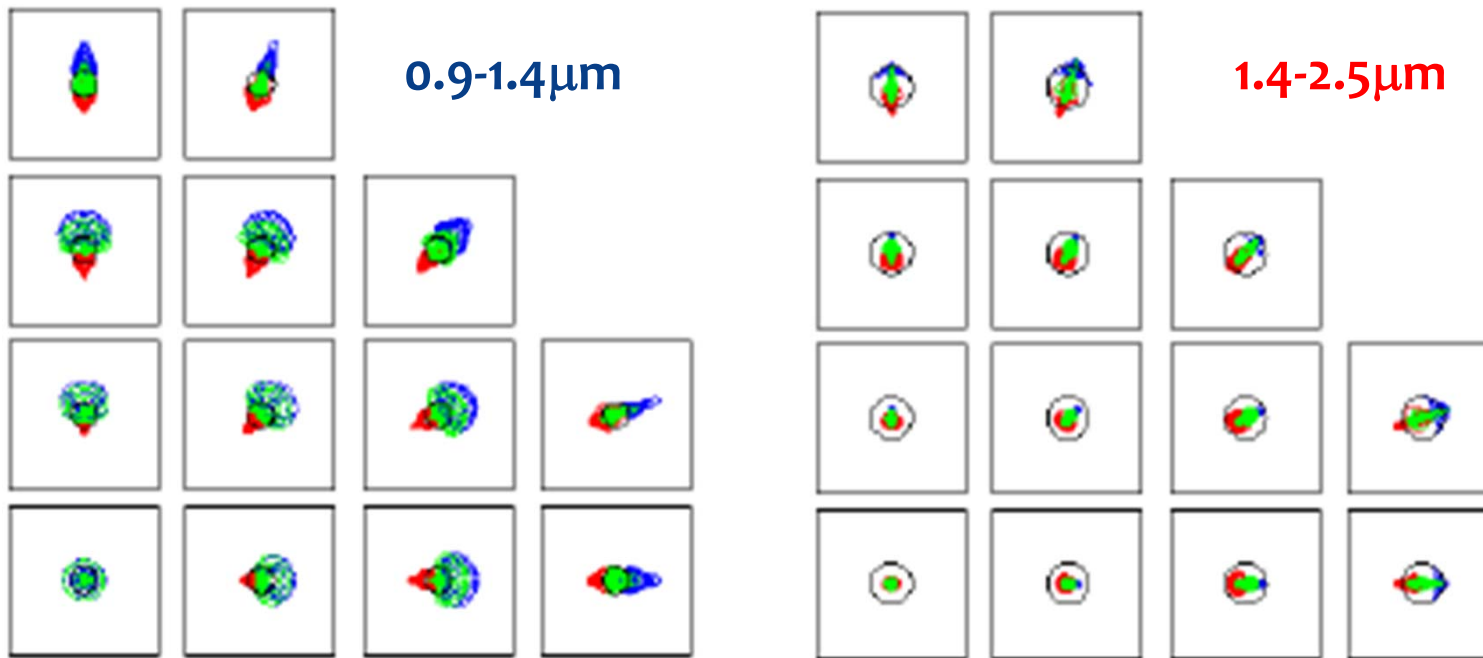
SWIMS Optics

- * New NIR Spectrograph for TAO
- * 0.9-2.5 μm (0.9-1.4 / 1.4-2.5 simultaneous)
- * 6.6'x3.3' FoV (@ Subaru)
- * Several aspherical components (ZnSe)
- * Big Optical Components
 - * 250mm ϕ (t=35) Dewar Window (FS)
 - * 230mm ϕ Field Lens (CaF₂)



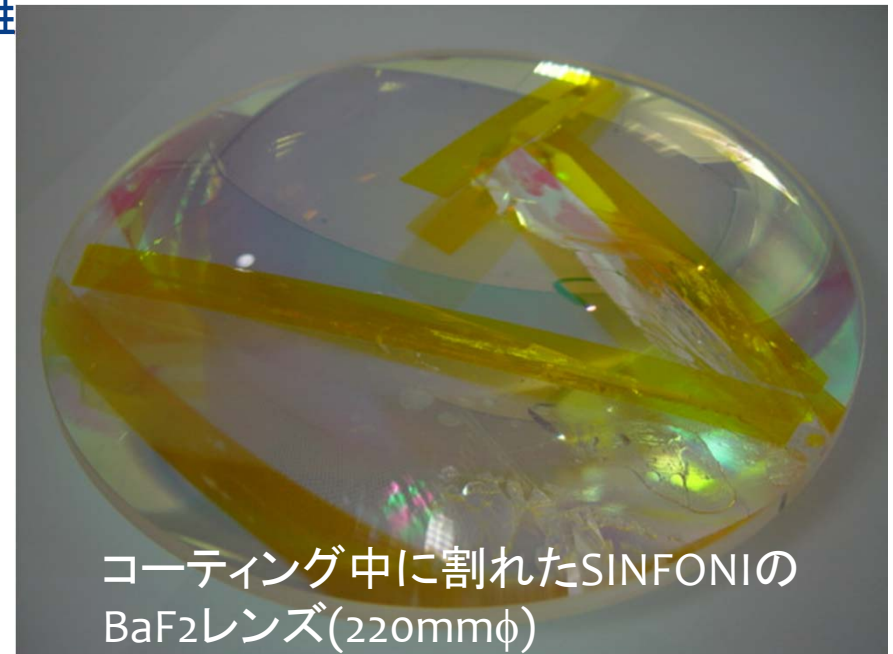
SWIMS Optics (cont'd)

- * MOSFIREよりはいいが
- * GLAOにはギリギリ？



Fluoroid Lenses

- * フッ化物系などの結晶材は光学系の”レアアースメタル”
 - * 色収差が小さい
 - * 他の材質(FS・ZnSe...)と合わせて広波長で色消しがしやすい
- * 大きなものの入手は非常に困難
 - * CaF₂ : ~380mm max?
 - * BaF₂ : far smaller (~220mm?)
 - * ZnSe : ~300mm?
- * ハンドリングが難しい
 - * 熱膨張が大きい・結晶
⇒割れやすい
 - * CaF₂ウィンドウ破損事件多数

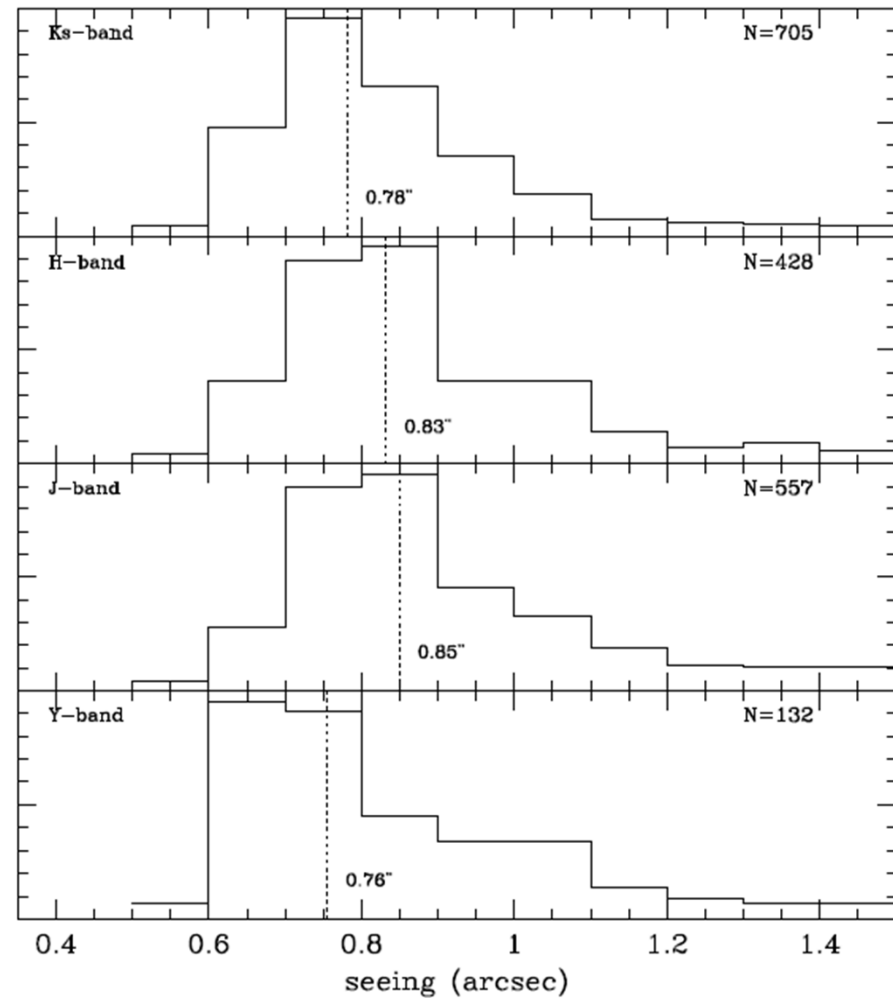


コーティング中に割れたSINFONIの
BaF₂レンズ(220mmφ)

Pixel Scale

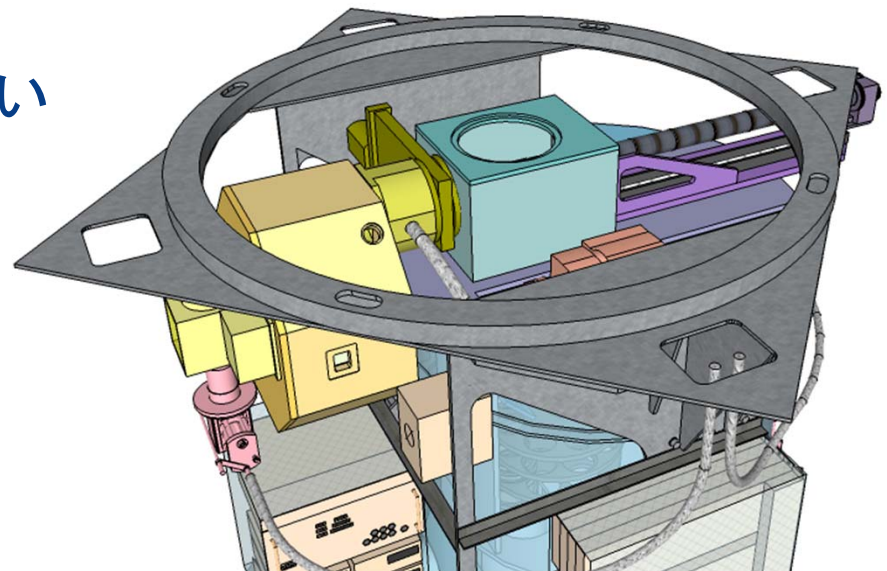
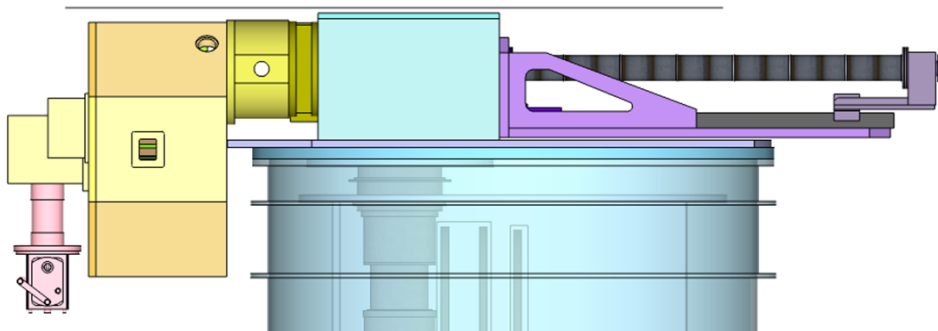
* ナイキストサンプリングでいいの？

Seeing statistics of ANIR/miniTAO1m
0.31arcsec/pix sampling



Larger MOS Unit

- * MOIRCS型の交換機構は大きくなりすぎておそらく使えない
- * SWIMSサイズ(230x150mm焦点サイズ)で2m角のサイズに入れるのにギリギリ
- * バックフォーカスの余裕もない



Challenging MOS Unit

- * MOSFIREが採用したCSU
 - * 温度によるスリット幅変化とかで苦労している？
 - * 非常に複雑

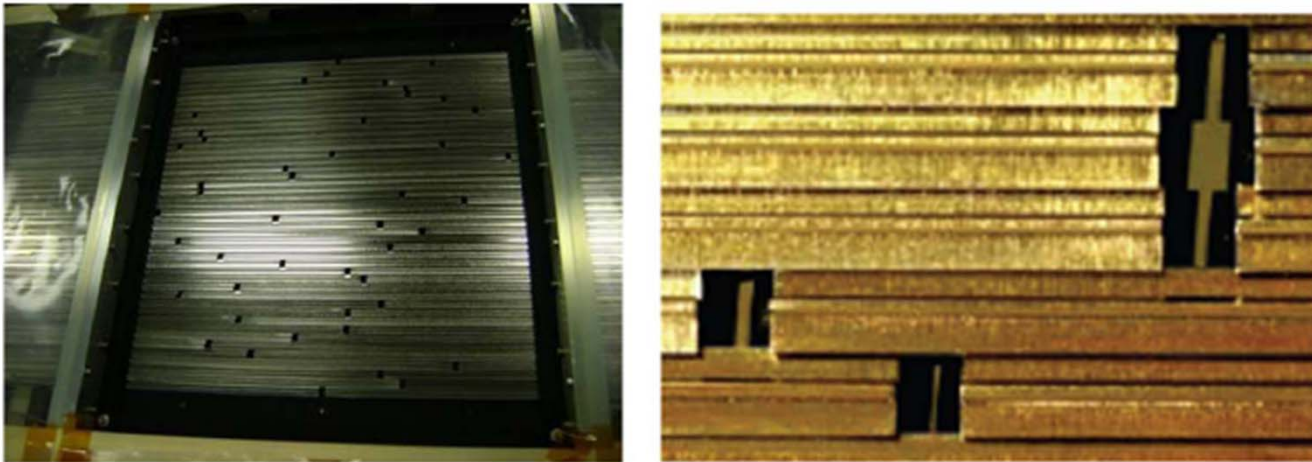
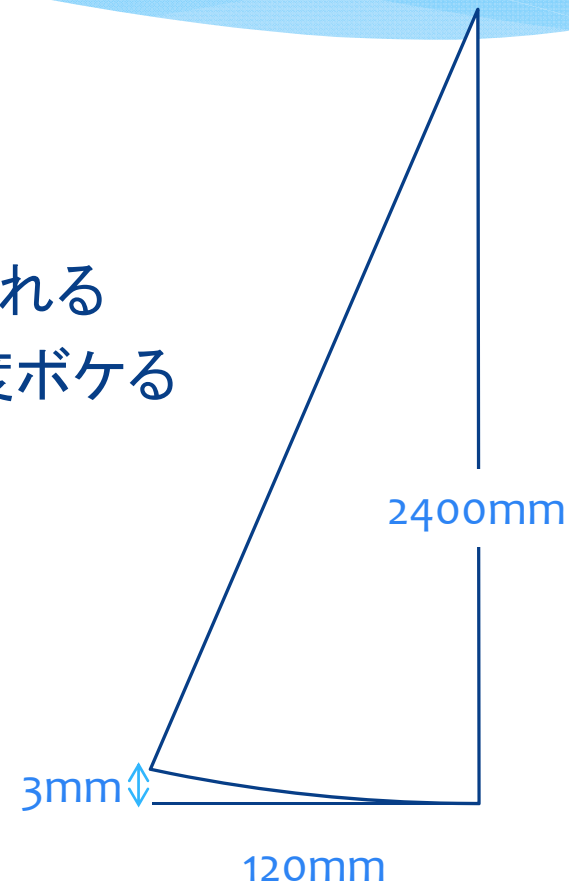


Figure 7: Left: a picture of the CSU showing a mask configuration. Right: a close-up showing the black knife-edge slits.

Curved Focal Plane

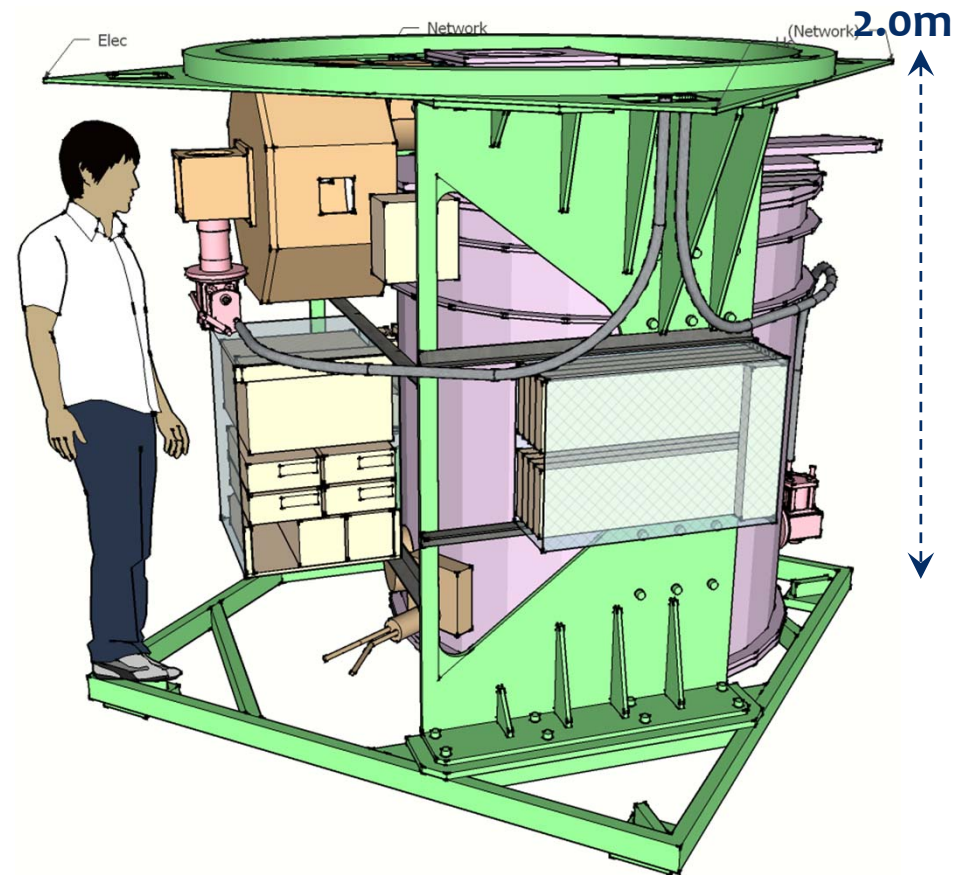
- * すばるのカセグレン焦点面
 - * $R=2400\text{mm}$ の湾曲がある
 - * 中心から4'で3mm焦点位置がずれる
 - * 像は $3/12=0.25\text{mm}=0.5\text{arcsec}$ 程度ボケる
- * 曲がったマスクプレートが必要
 - * 理想的には球面
 - * 円筒で近似できるか？



Installable to Subaru/Cassegrain?

* SWIMS

- * 重量2.5t近くになりそう...
- * 重量は思った以上に重くなる



Realistic Specification

- * 有効径350mm Field Lens =8.2'x8.2' FoV
... 検出器とのマッチングは？
 - * H4RG x 1 \Rightarrow 0.12arcsec/pix
 - * H4RG x 4 \Rightarrow 0.06arsec/pix
- * 0.8-2.5 μ m coverage
- * 0.1arcsec PSF

New Ideas Necessary

- * 焦点面分割?
 - * ピラミッドミラー?
 - * 多数の光学系を並べる?
- * 多くのパラメータのどこで妥協できるか？
 - * 結像性能
 - * 視野
 - * (多天体)分光可能性
- * その他
 - * 軽量化
 - * MOSスリットの方式

Summary

- * 広視野でGLAOに耐える光学系の検討を先に始めたほうがいだろう
- * 機械系も重要
- * 重さも重要
- * MOIRCSの視野分割というのはじつは非常に賢いやり方であった。