

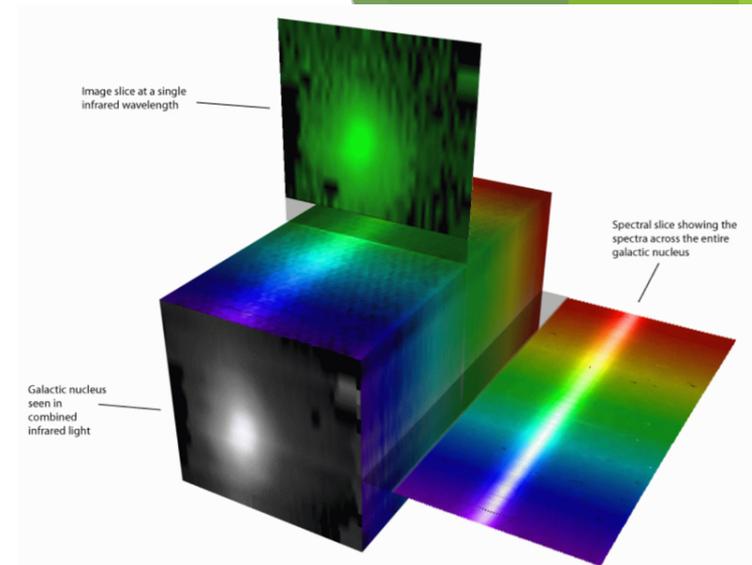
スライサー型面分光 ユニットを開発してみても

尾崎 忍夫 (国立天文台)

内容

- ▶ インTRODクシヨン
 - ▶ 面分光とは
 - ▶ FOACS IFU紹介
- ▶ FOACS IFU開発を通して見えてきた技術課題
- ▶ 将来へ向けて

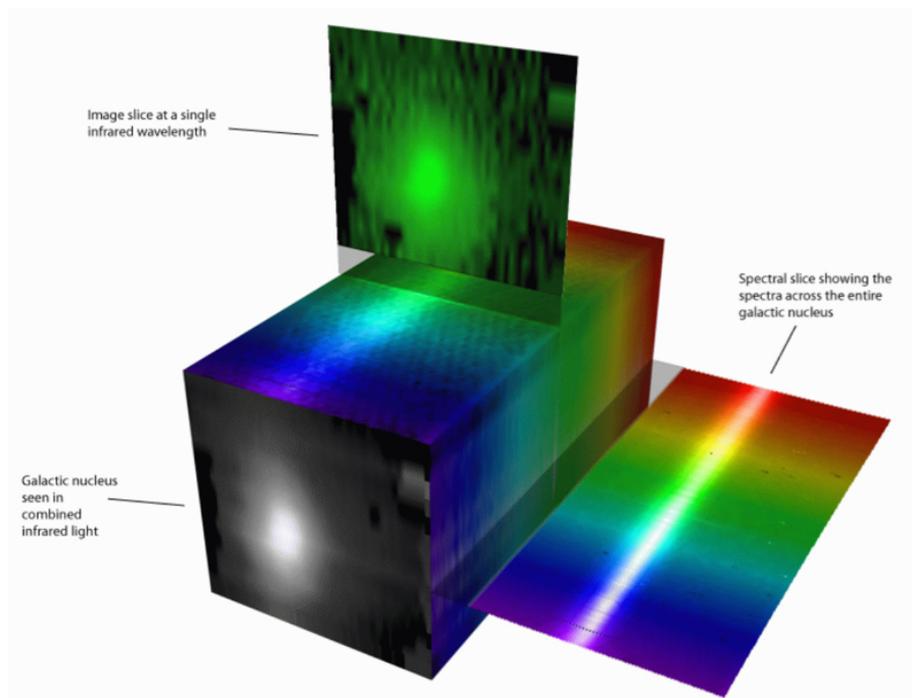
ハイパースペクトルイメージング



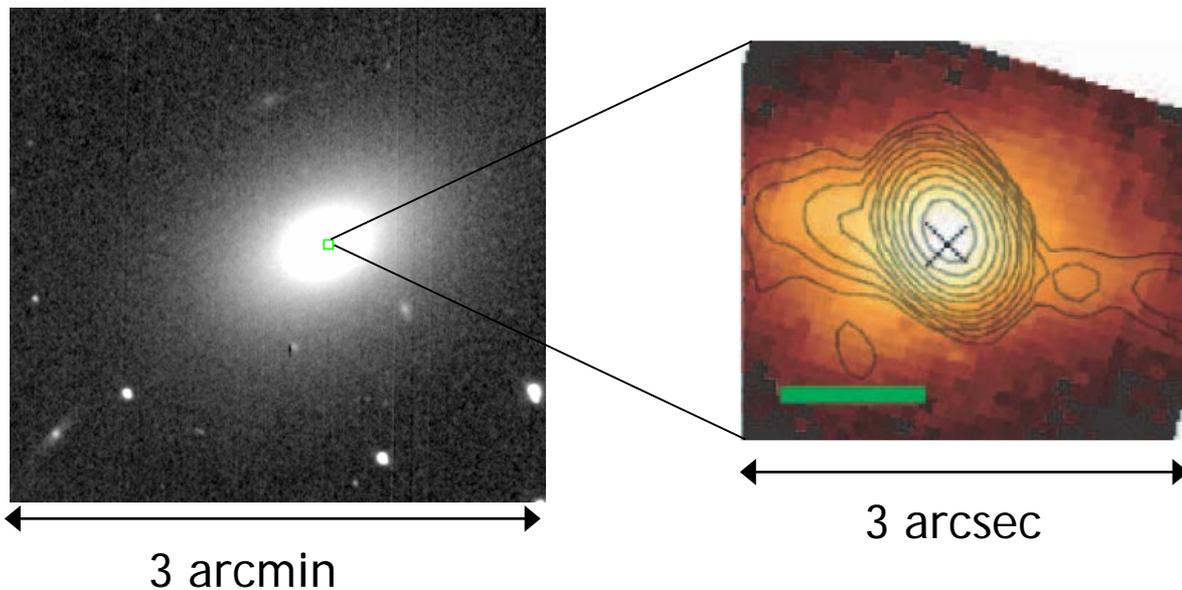
- ▶ データキューブを得る測定手法の総称
- ▶ 医療やリモートセンシングなど多様な分野に応用されている。
- ▶ 天文分野では3次元分光 (tridimensional spectroscopy)
- ▶ 手法は様々
 - ▶ スリット分光器でスキャン (時間がかかる)
 - ▶ 複数枚のフィルターで撮影 (時間がかかる、波長分解能悪い)
 - ▶ 複数のダイクロイックミラーで光を波長方向に分けて撮影 (波長分解能悪い)
 - ▶ 面分光ユニットを使用 (視野または波長範囲が狭くなる)

面分光

- ▶ 1度の露出でデータキューブを得られる手法
 - ▶ 天候変動の影響を受けない均質なデータ
 - ▶ 貴重な望遠鏡時間を有効に活用できる

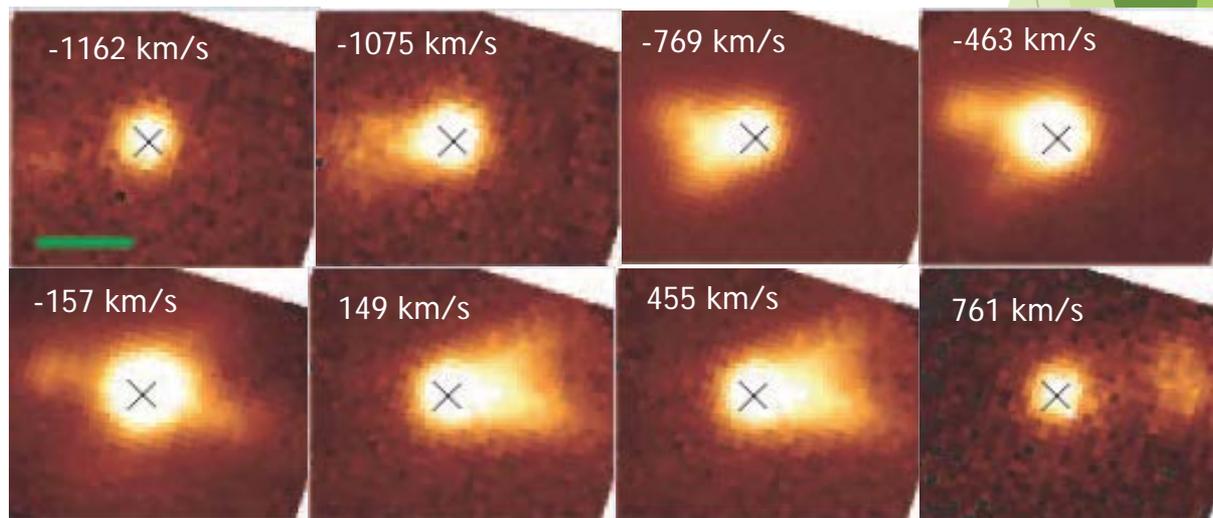


面分光装置Kyoto 3DIIでの観測例

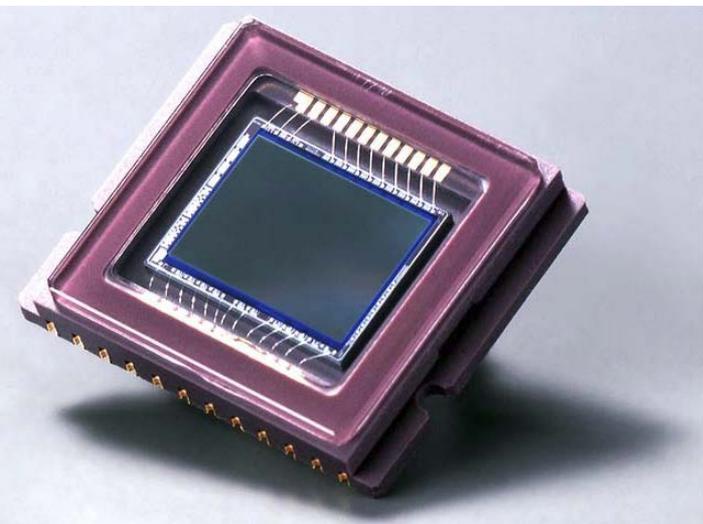


NGC1052の[OIII]5007 イメージ
コントアは電波1.4GHz
Sugai et al., 2005

NGC1052の各速度成分のイメージ
空間分解能 $\sim 0.4''$; $R \sim 1200$
Sugai et al., 2005, ApJ, 629, 131



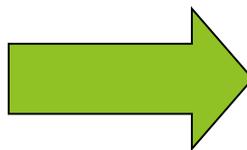
面分光ユニット



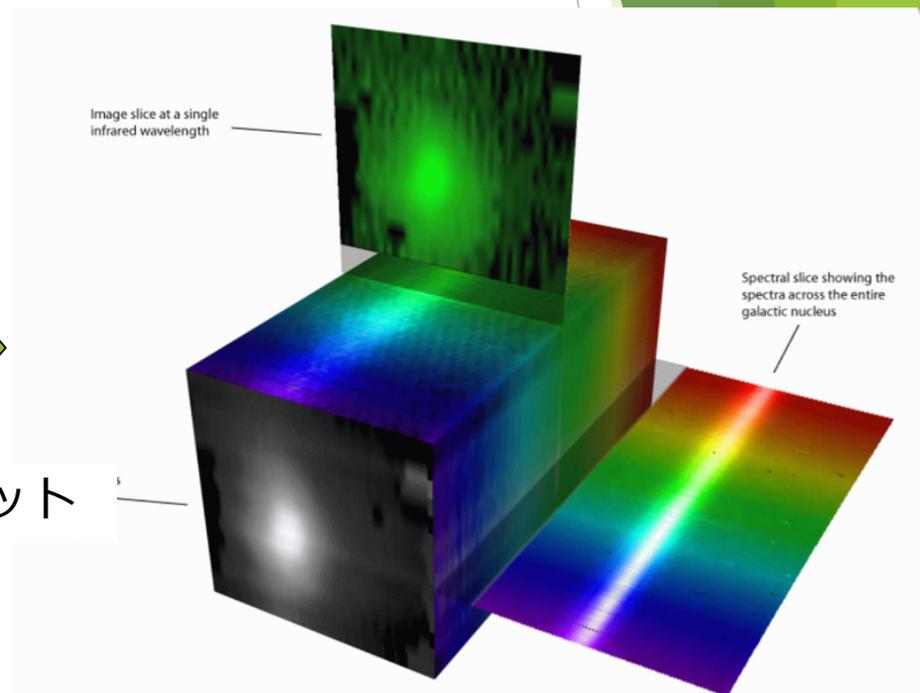
検出器は2次元

2019/2/25,26

第8回 可視赤外線装置技術ワークショップ



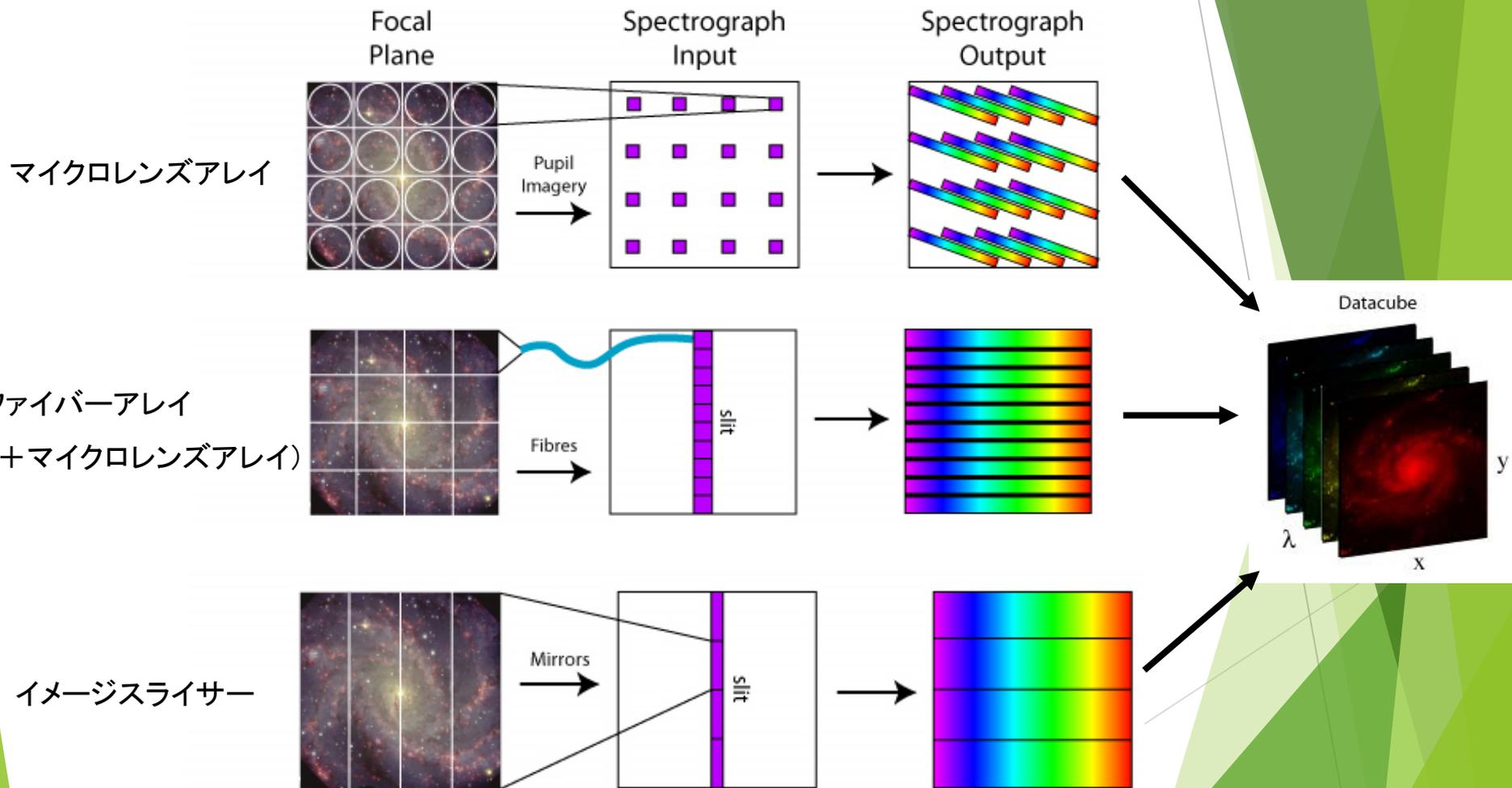
面分光ユニット



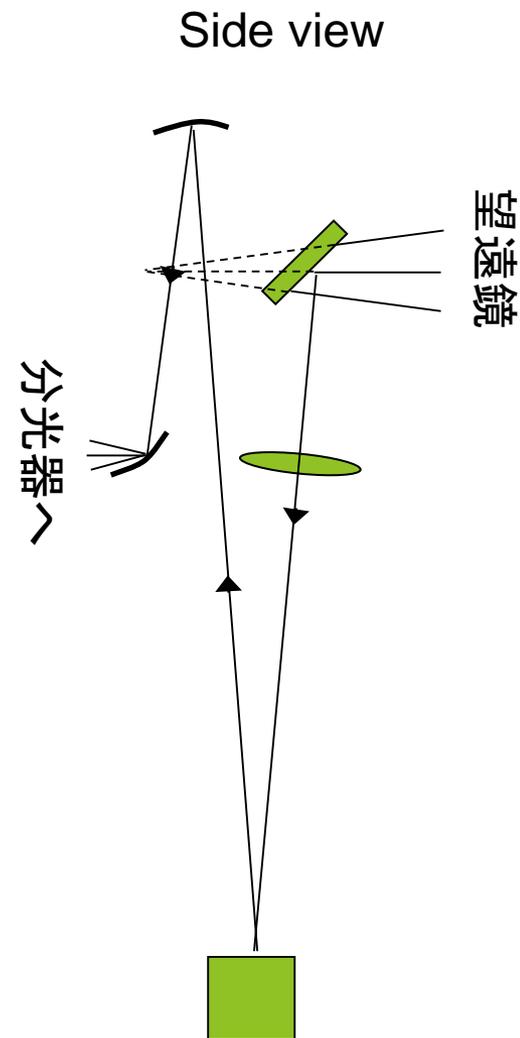
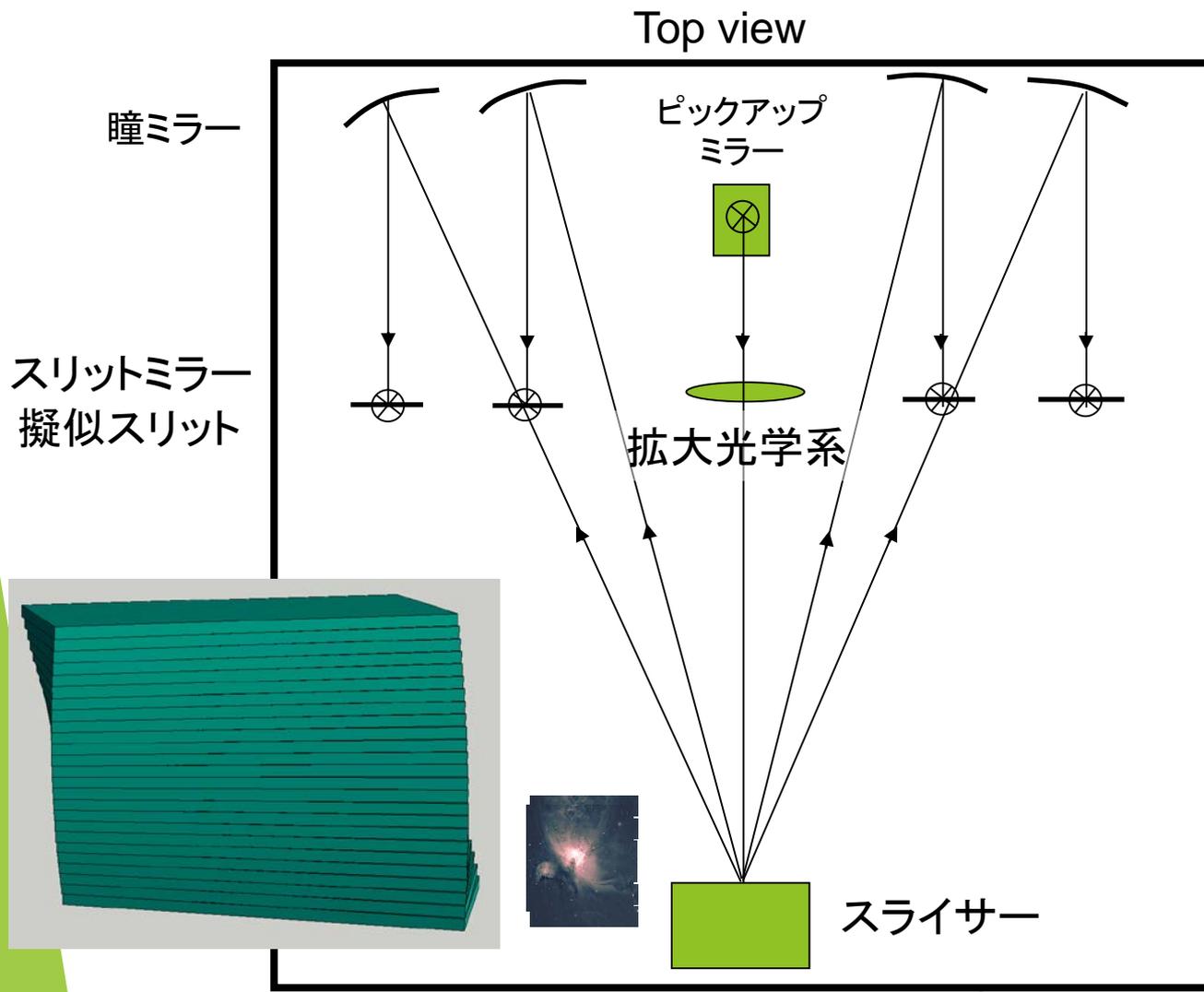
3次元

データキューブ

面分光ユニットのタイプ

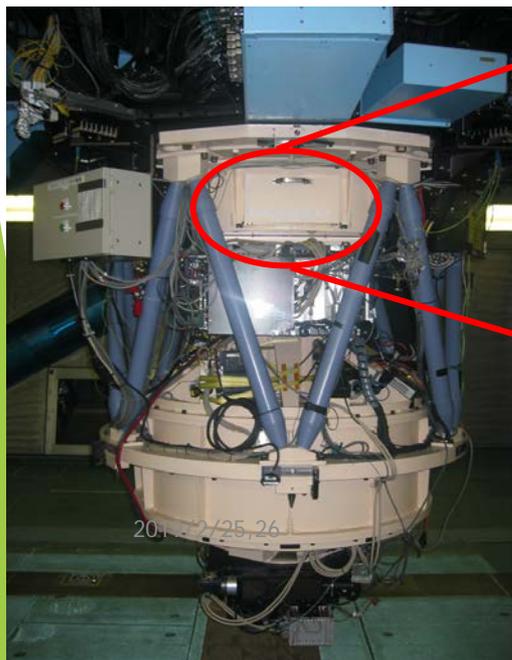


イメージスライサー型 面分光ユニット



FOCAS IFU

- ▶ 遠方銀河などの淡く広がった天体の観測を目的とする。
 - ▶ 反射面に高反射率誘電体多層膜ミラーを採用することで高いスループットを達成している。
 - ▶ ベストシーイング程度の適度に粗いサンプリングを採用することで、淡く広がった天体への感度向上を狙っている。
- ▶ 既存装置を利用することで少ないコストと労力で面分光機能を実現する。
- ▶ TMT第一期装置 可視光撮像分光装置WFOS用IFUのための実証試験もかねる。



2014/7/25, 26



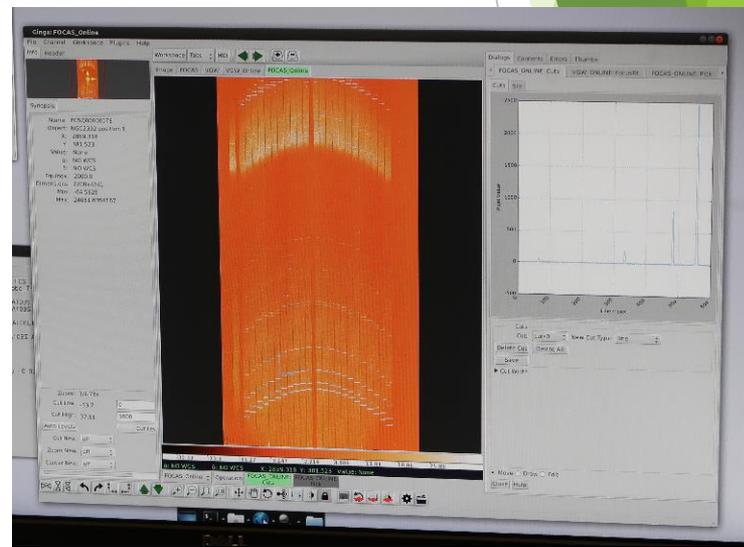
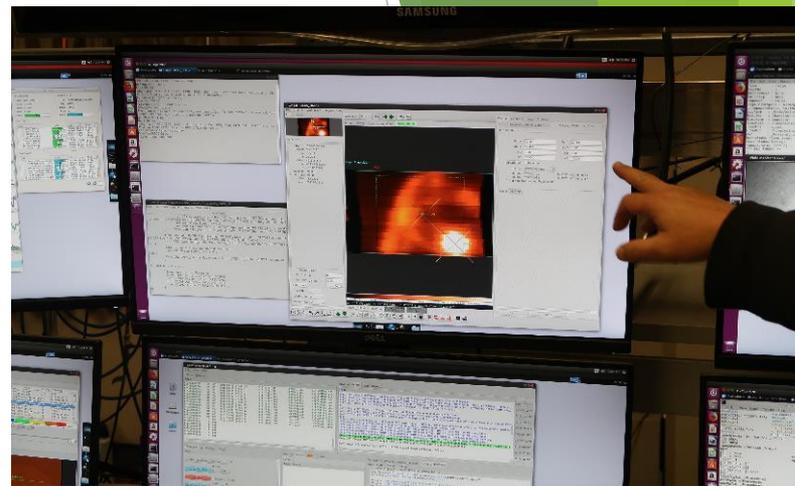
第8回 可視赤外線装置技術ワークショップ



Mask stacker

FOCAS IFU First light!

March 2, 2018



公差設定

- ▶ 結像性能
- ▶ 瞳ミラー・スリットミラーが全ての光を拾う
- ▶ 隣り合う擬似スリットが重ならない
- ▶ 分光器内光学系でのケラレ量を最小にする

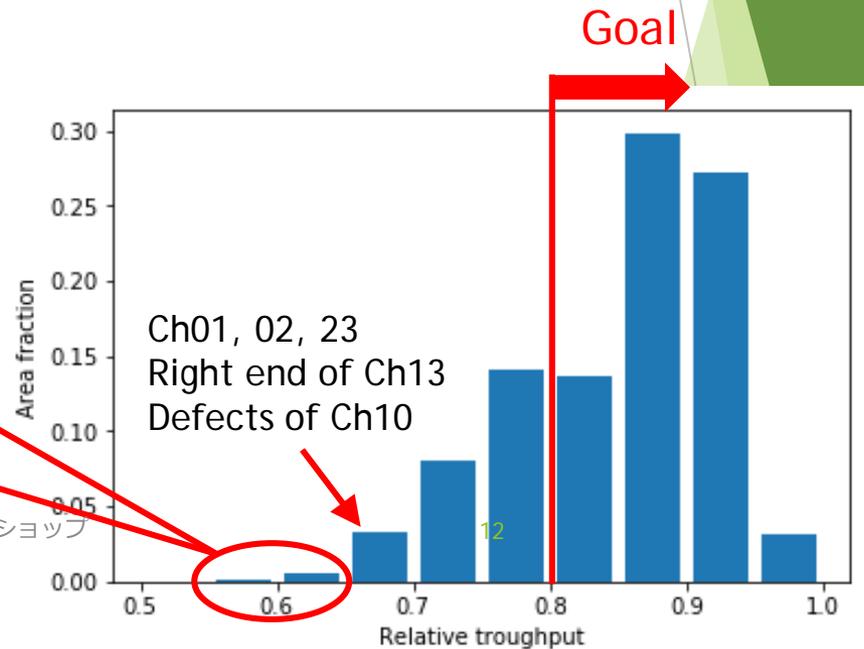
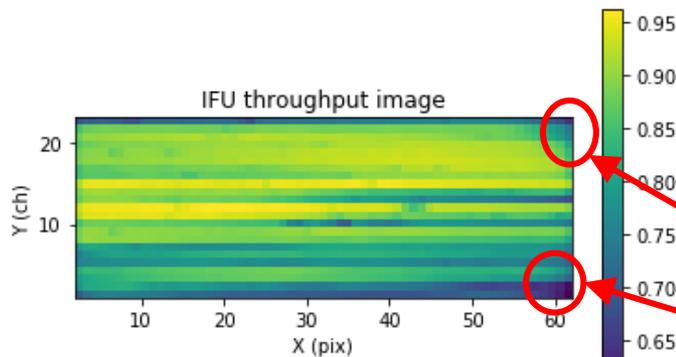
この二つが
厳しい

スライスミラー	角度	0.005°以下
	横ずれ	0.05mm以下
瞳ミラー	角度	0.03°以下
	横ずれ	0.06mm以下
スリットミラー	角度	0.03°以下
	横ずれ	0.04mm以下

ミラーサイズを考慮すると角度精度は3-4 μ mのアライメント精度に対応

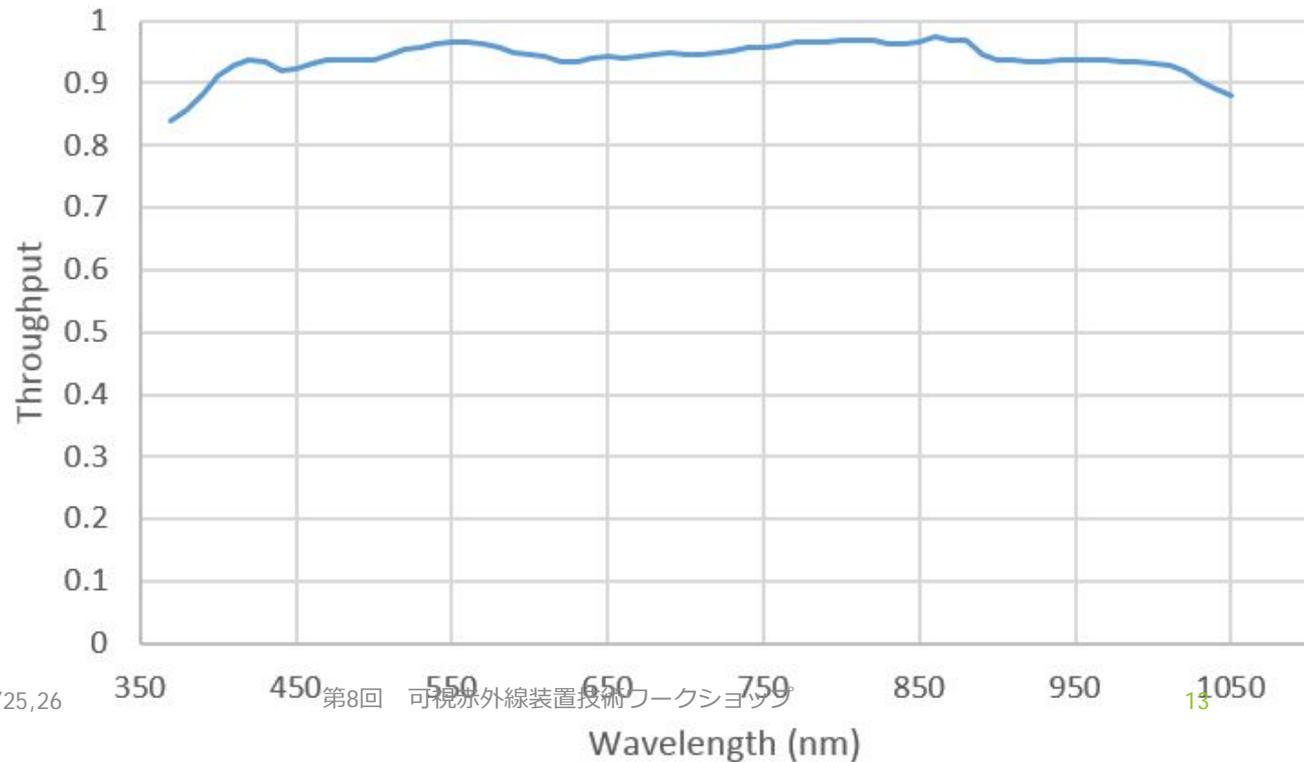
IFU単体スループット

- ▶ Mean: 85.0%
- ▶ Median: 87.3%
- ▶ 予想スループット (ケラレなし仮定) ~87%
 - ▶ コーティング+レンズ内部透過率 ~95%
 - ▶ ケラレ 8%
 - ▶ 設計 ~3% (視野角)
 - ▶ 公差込み ~5% 程度の増加



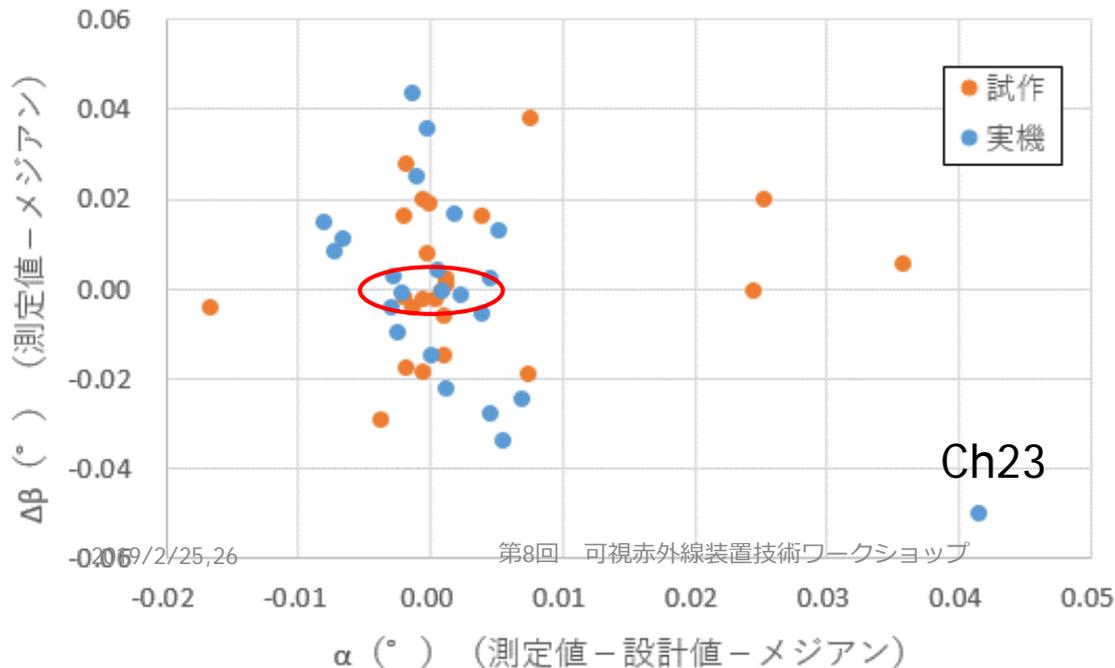
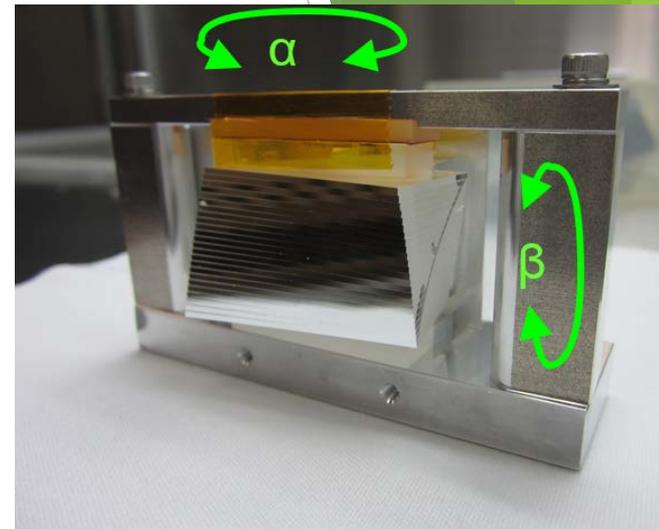
予想スループット (ケラレなし仮定)

- ▶ ~95%
- ▶ 誘電体多層膜ミラーの反射率が良かった。



スループット低下要因 1 スライサー組立精度

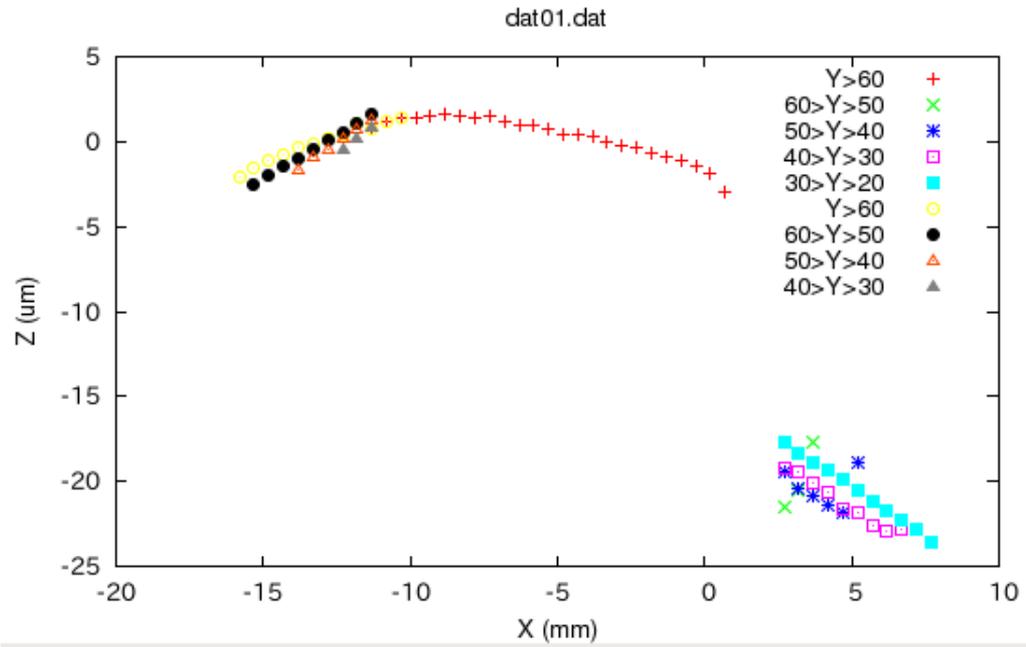
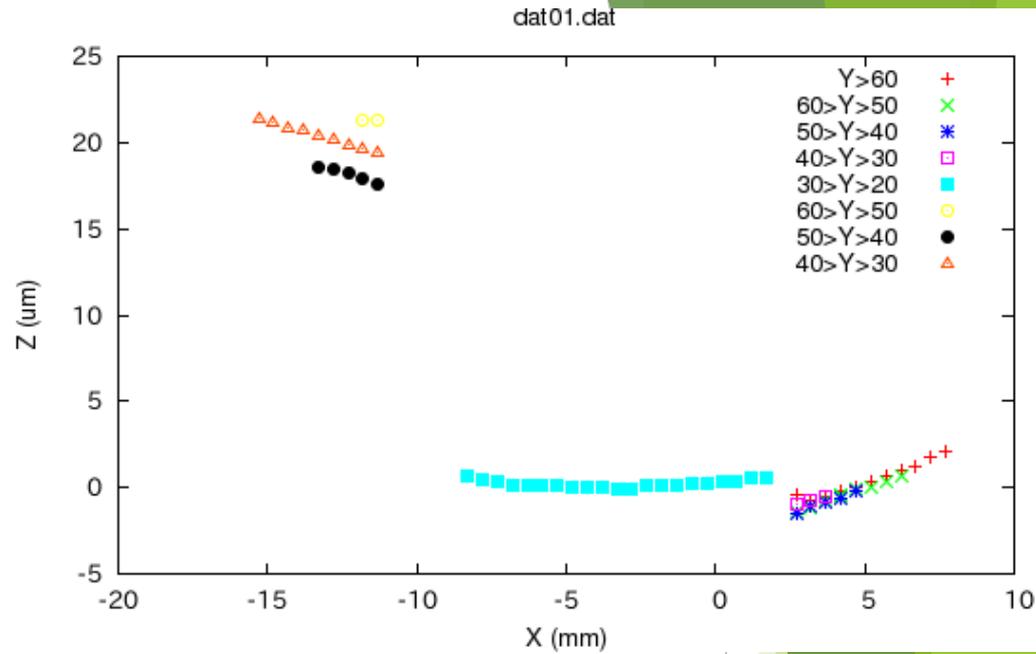
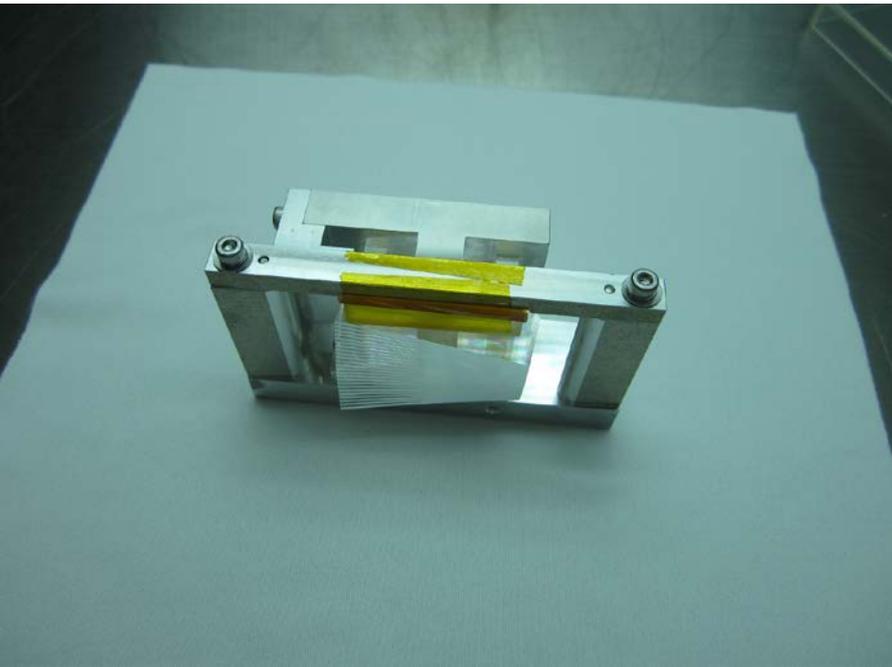
- ▶ 試作と実機で大差ない
 - ▶ Ch23を除いて最大8%のケラレに相当
 - ▶ Ch23 12%のケラレに相当
- ▶ 実機組立では試作時での経験から工程を改善させている。



スライスミラー の反り

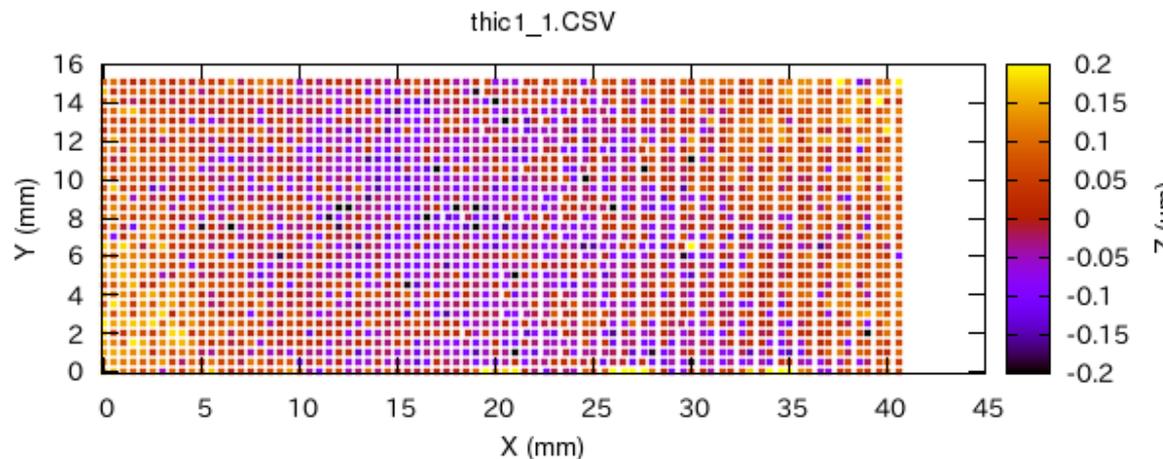


$\text{Tan}^{-1} (5\mu\text{m} / 5\text{mm}) \sim 0.06 \text{ 度}$

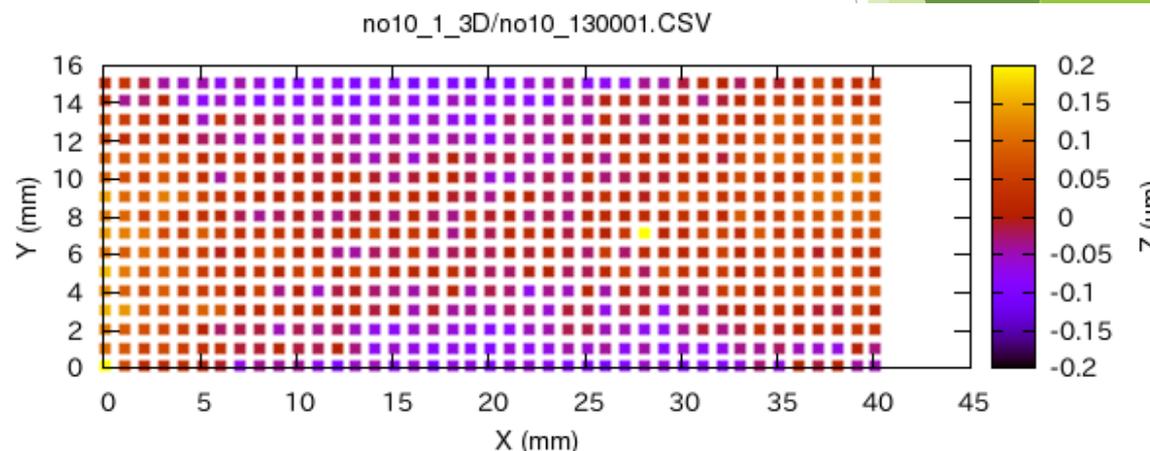


スライスミラー基板単体の反り

- ▶ ~0.4 μm PV
- ▶ 積み重ねて抑えることでスライスミラーが徐々に反るような変形が生じる？

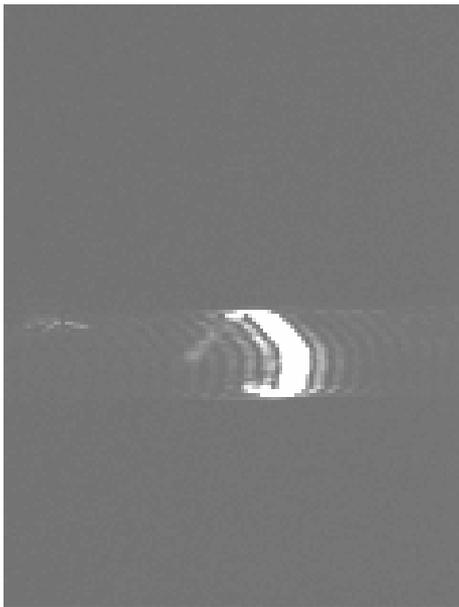


- ▶ スライスミラーは23枚
- ▶ $0.4\mu\text{m} \times 12 = 4.8\mu\text{m}$

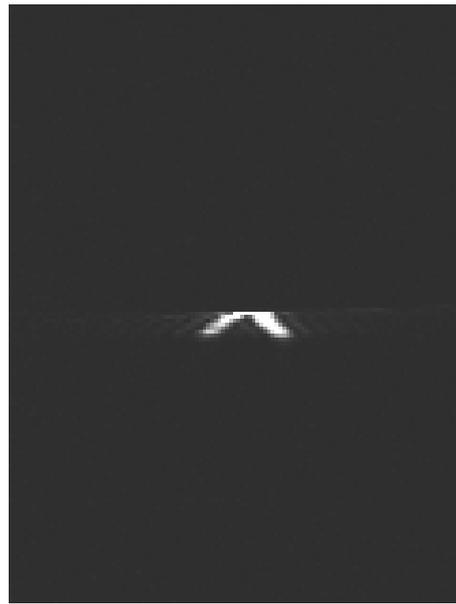


スライスミラーの瞳結像性能

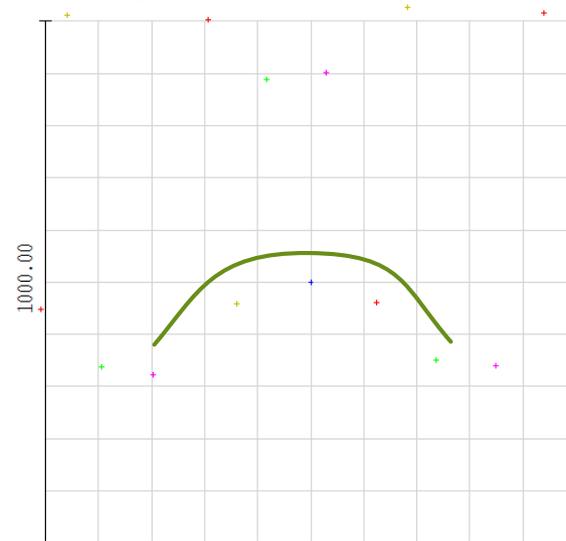
- ▶ レーザーをビームエクパンダーでスライサー全面に当たるようにして、瞳結像性能評価した。
- ▶ 確かに押さえつけることで変形が起こっている。



組み立てた状態



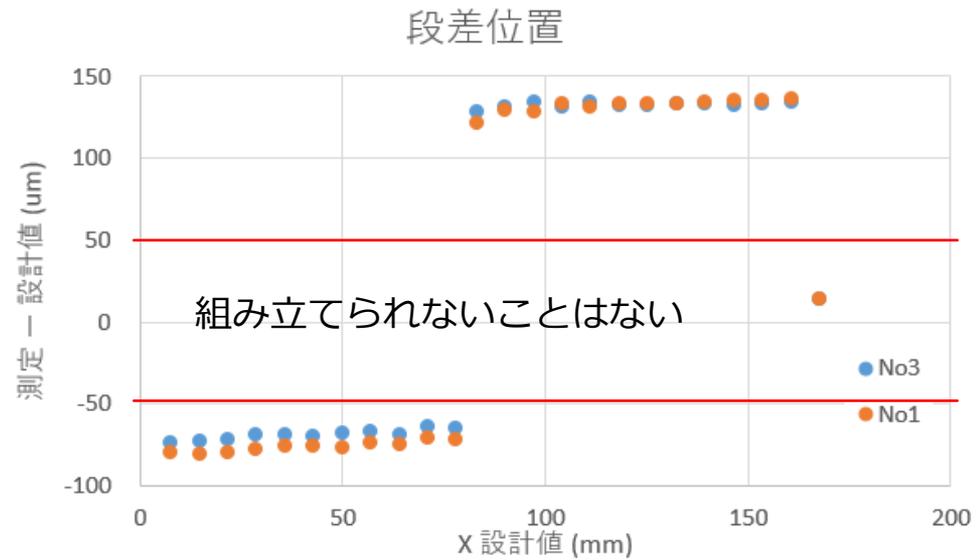
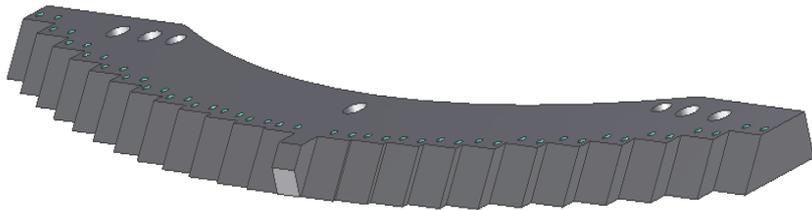
ばらした状態



Zemaxでの予想

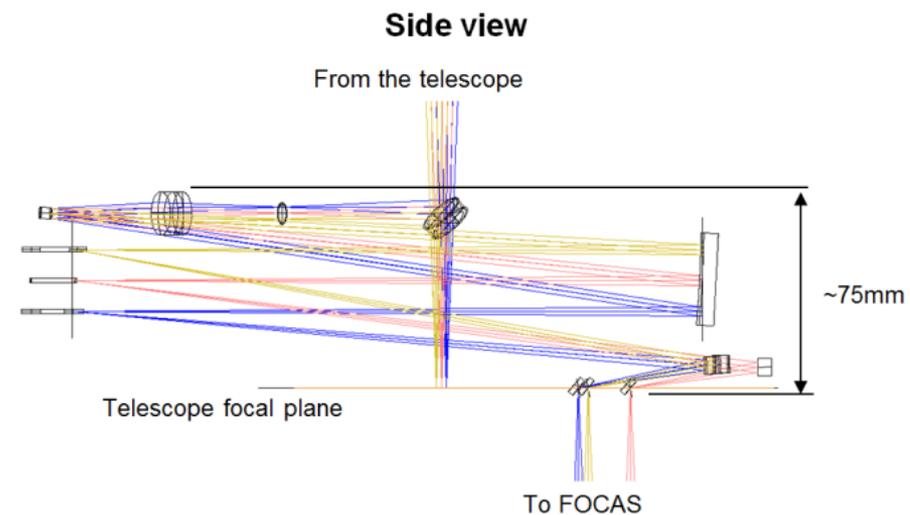
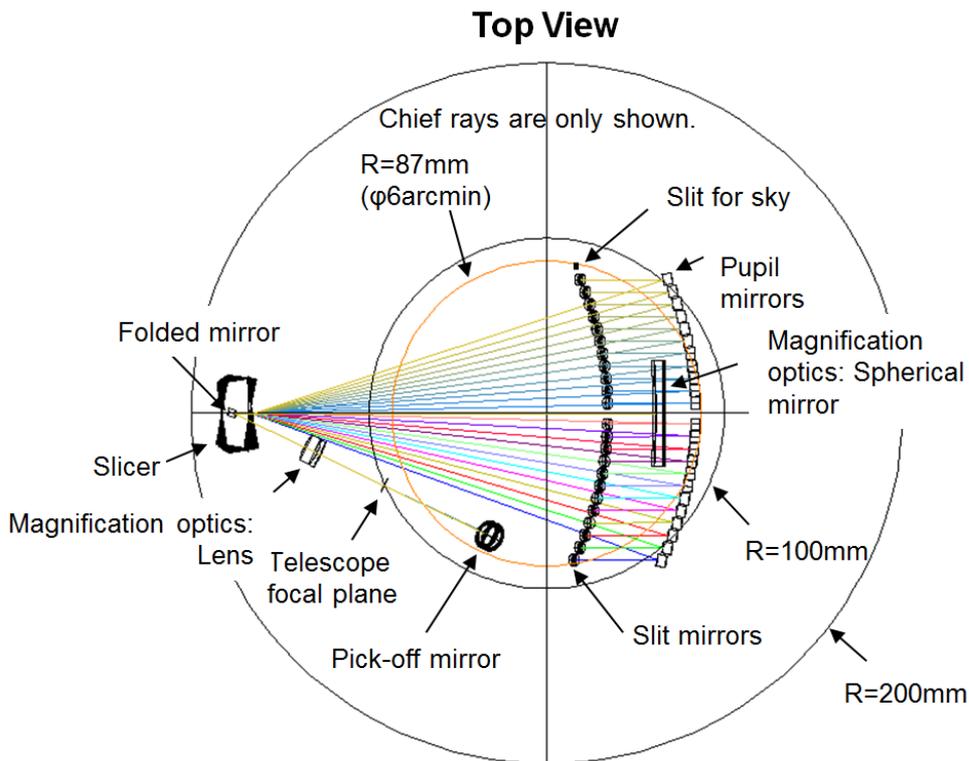
スループット低下要因 2 スリットミラーオプトメカ製造誤差

- ▶ ~4%のケラレ増加に対応

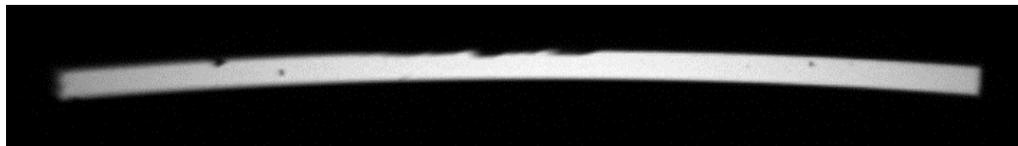
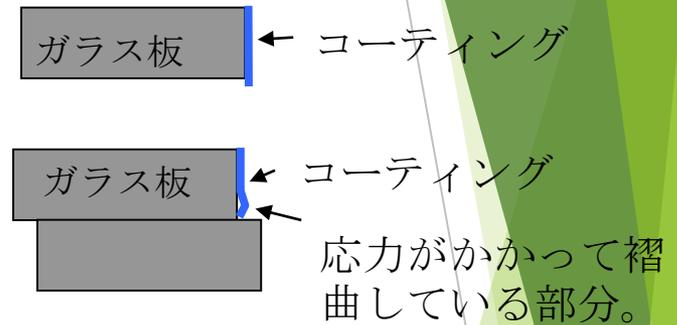
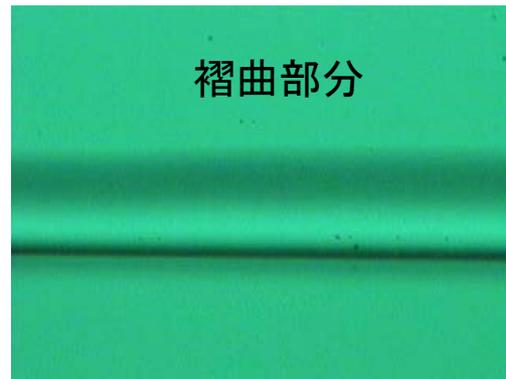
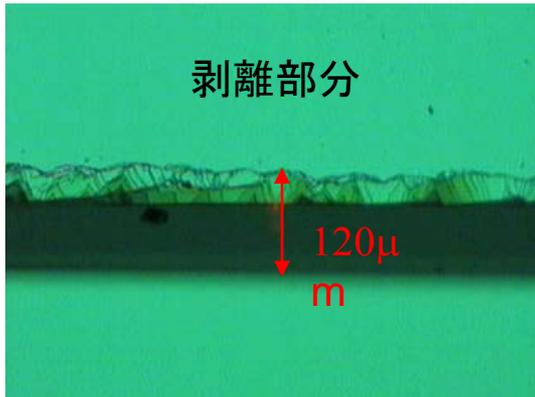


スループット低下要因 3 拡大光学系折り曲げミラー

- ▶ 折り曲げミラー 6.5mm径
- ▶ アライメント誤差のため、視野の角でケラレ

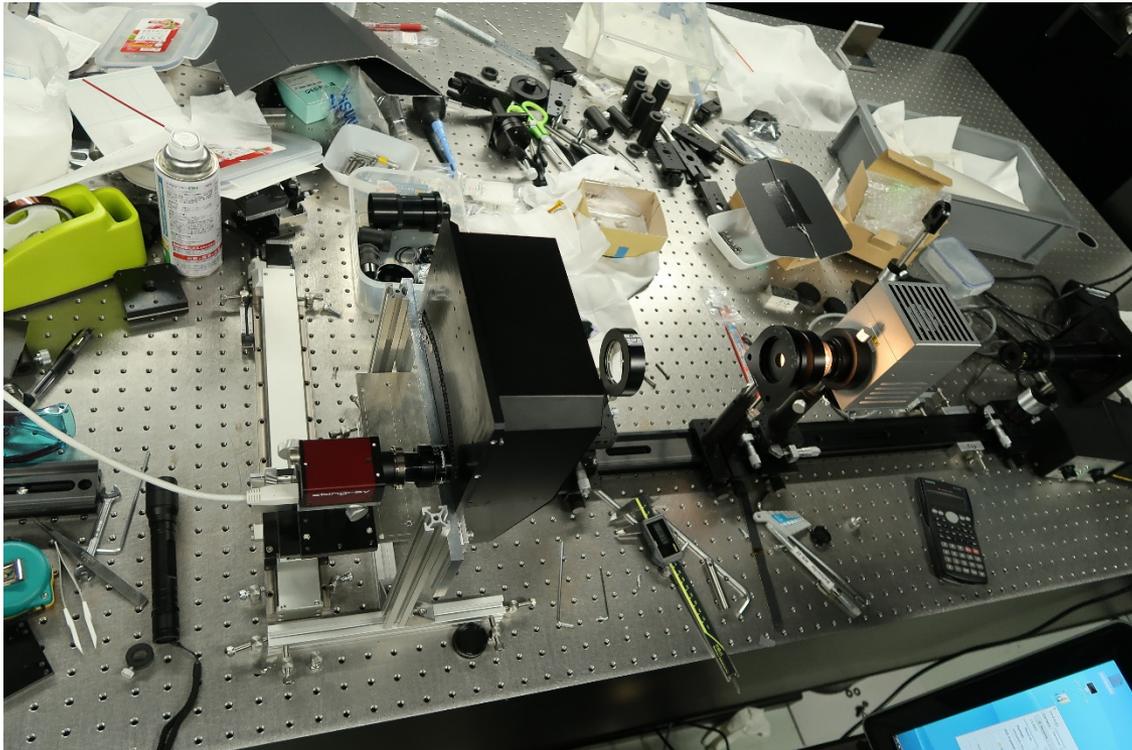


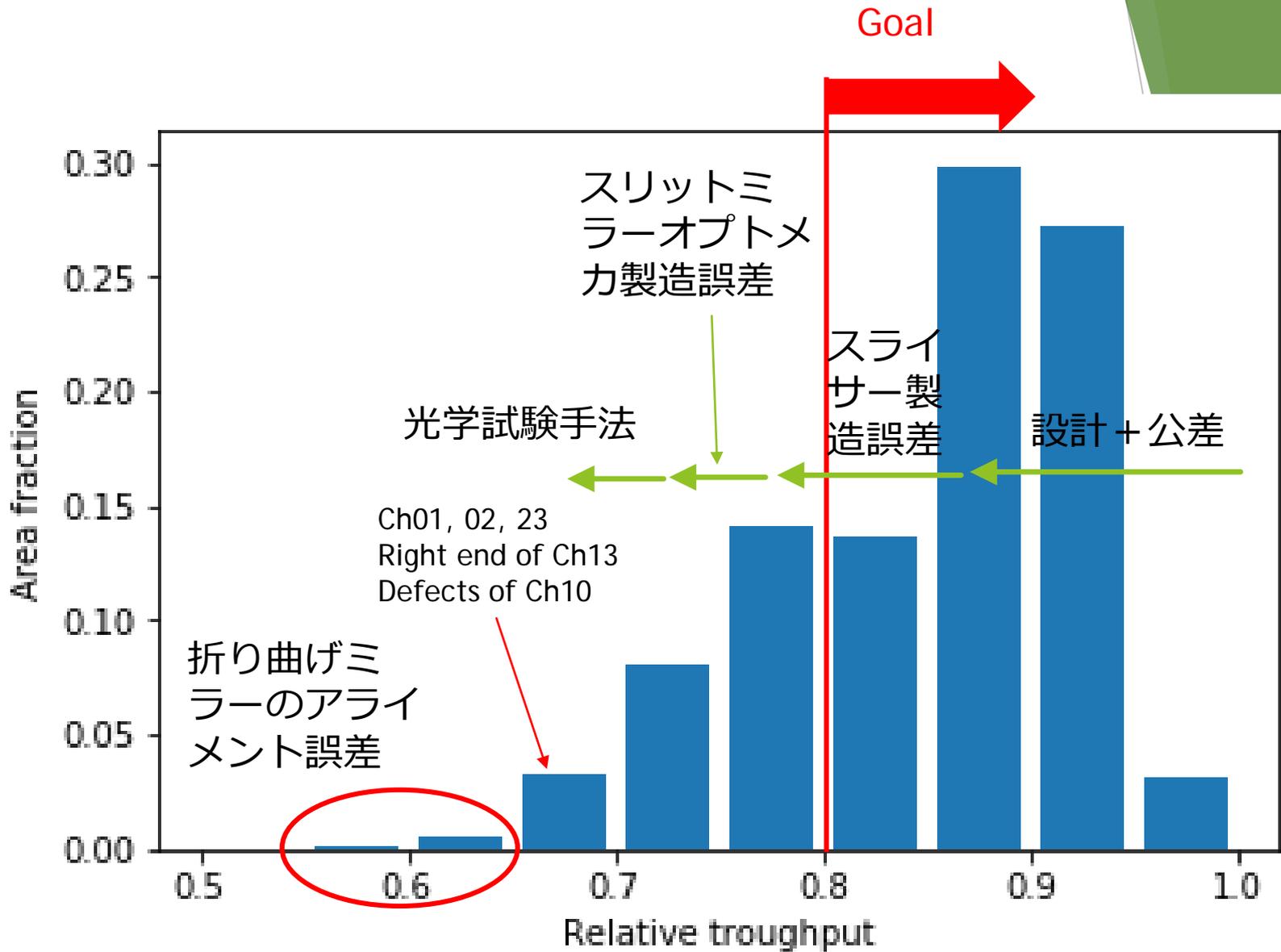
スループット低下要因 4 Ch10のエッジの欠け



スルー putt 低下要因 5 実験室の光学試験手法

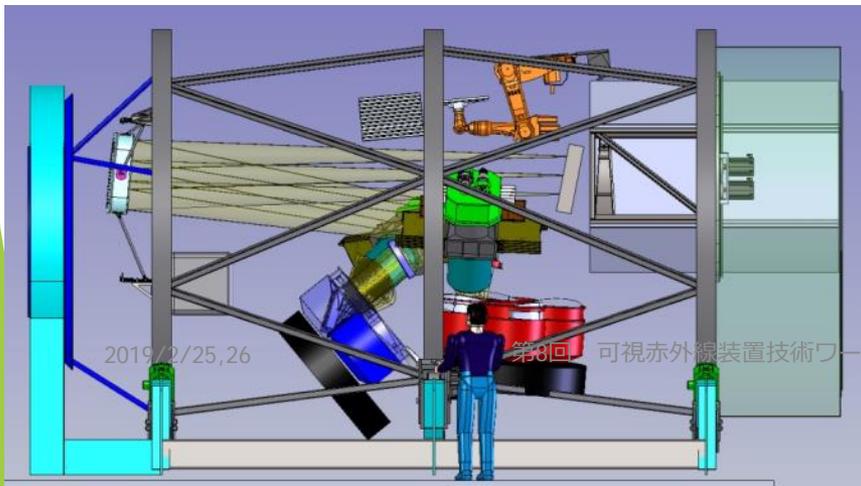
- ▶ 望遠鏡からの光を模した入射光
- ▶ IFUからの射出光方向測定方法
- ▶ これから検証



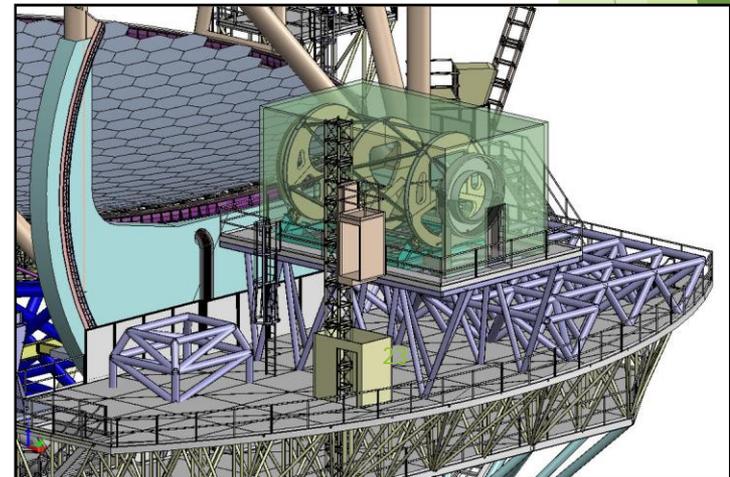


Wide Field Optical Spectrograph (WFOS)

- ▶ TMT第一期観測装置の一つ
- ▶ 国際共同開発
 - ▶ UCSC (US), Caltech(US), NIAOT (China), IIA (India), NAOJ (Japan)
 - ▶ NIAOT: Nanjing Institute of Astronomical Optics and Technology
 - ▶ IIA: Indian Institute of Astrophysics



第3回 可視赤外線装置技術ワークショップ



WFOS IFUへ向けて

- ▶ スライサー
 - ▶ 材料をヤング率の大きなセラミックにする
 - ▶ オプティカルコンタクト、もしくははやりわりと押さえる（技術試験、技術開発）
 - ▶ エッジ処理（技術試験）
- ▶ アライメント調整・確認手法の見直し
- ▶ 光学設計の工夫で公差を緩くする。
- ▶ 業者との作業分担をどうするか？