

SWIMSにおける面分光ユニットの開発

北川 祐太郎 (D3, 東京大学 / 天文学教育研究センター)

共同研究者 :

SWIMS開発チーム (東京大学)

尾崎忍夫 (NAOJ)

山形豊 (理化学研究所), 森田晋也 (東京電機大)

近赤外面分光観測の重要性

- 現代の銀河研究において、
空間情報を保持したまま波長情報を同時に取得できる面分光観測
の重要性は年々増している。

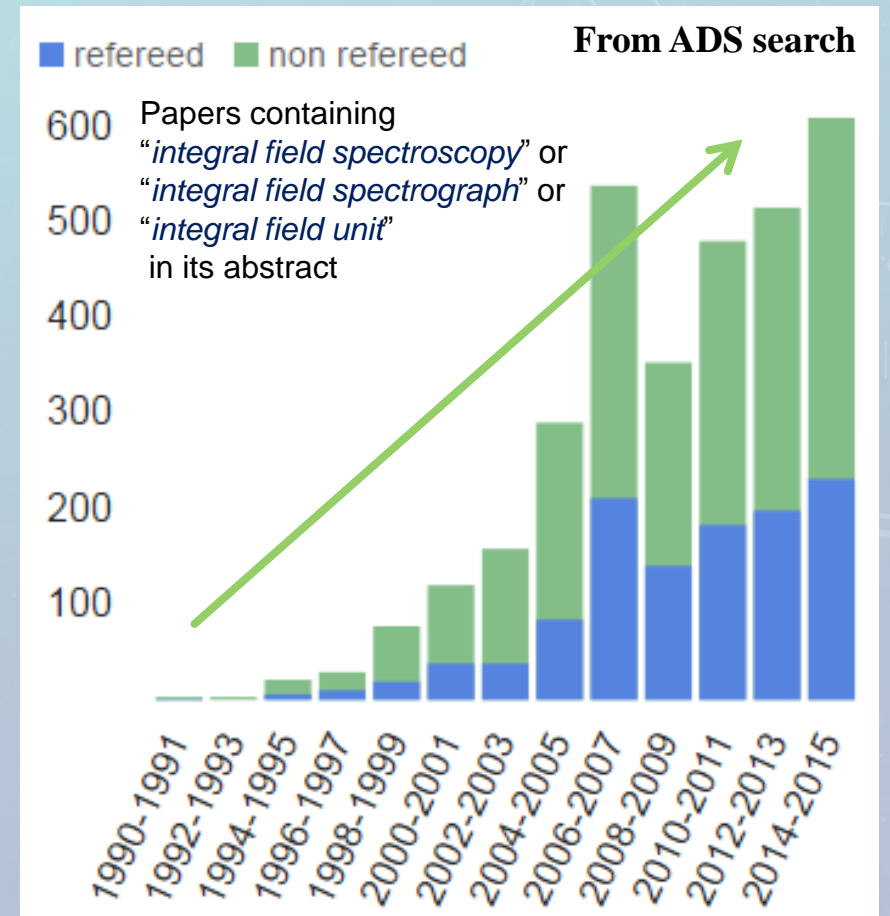
- 一方、近赤外波長の面分光装置は技術的ハードルもありその需要に対してまだまだ数が少ない。

- 低温真空装置

- 熱設計を考慮した光学系，機械系の設計が必要。

- 半導体検出器

- 低温駆動，読出し，可視に比べて非常に高価。



本研究の目的

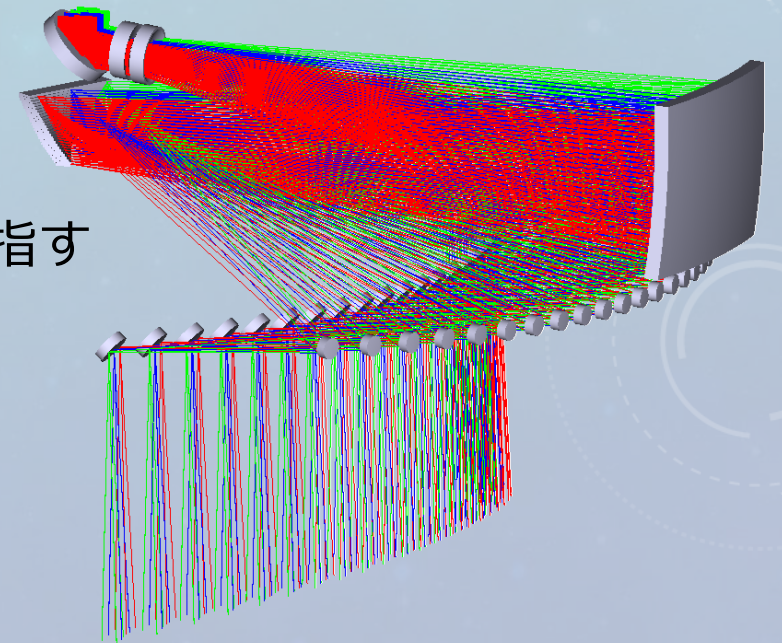
■ SWIMS-IFUとは

- 近赤外波長帯 (0.9 – 2.5 μm) で面分光観測を実現する光学ユニット
- 近赤外分光カメラ SWIMS をホスト装置として, 小型IFUを収納する形で面分光を実現
 - すばる望遠鏡, TA06.5m望遠鏡での近赤外面分光観測を実現

■ 目的

- SWIMS-IFUの開発を通じて以下の要素技術の確立を目指す

- (1) イメージスライサー型 IFU の設計
- (2) 低温使用に適したミラー材質の選定, 評価
- (3) 超精密切削加工技術のIFUミラー製作への応用

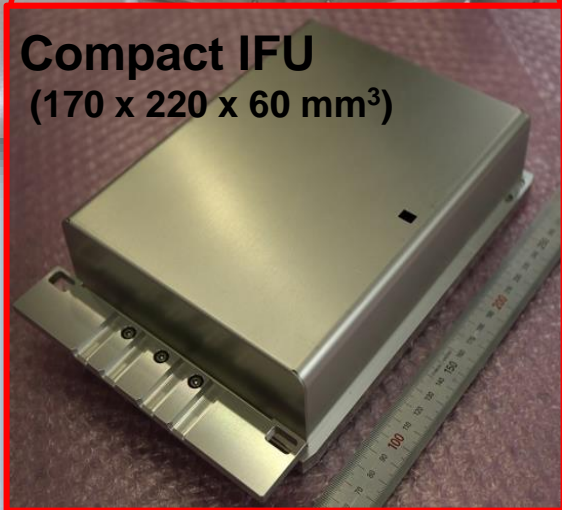


SWIMS-IFUのコンセプト

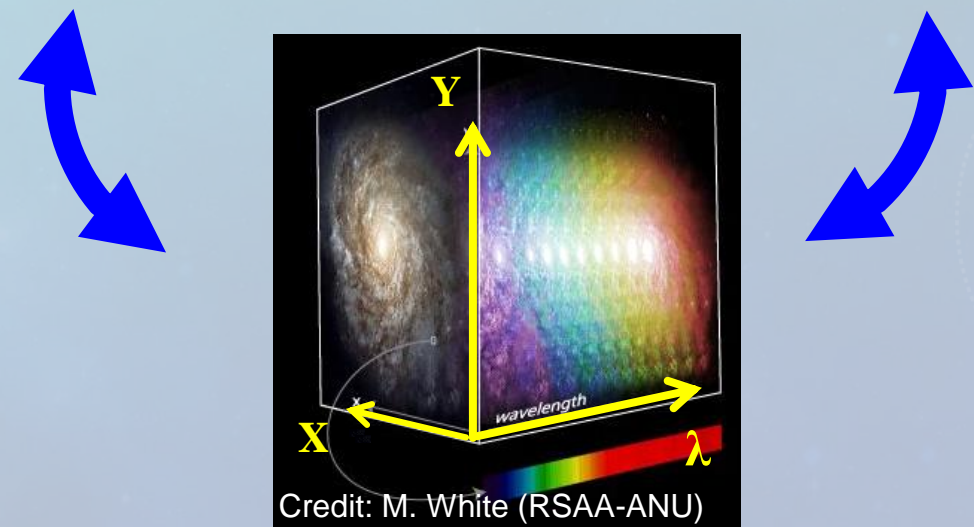
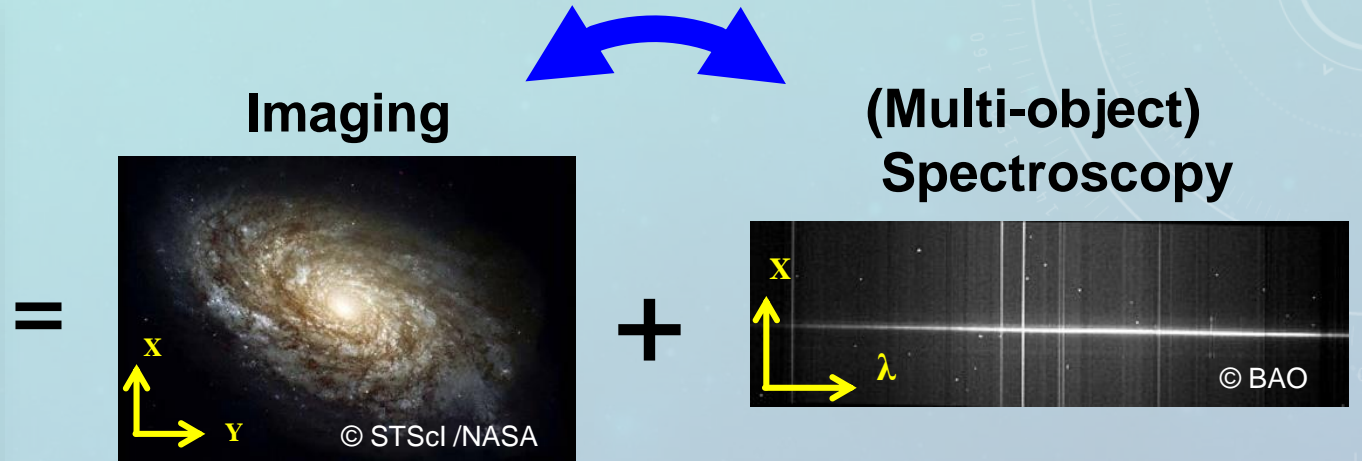
SWIMS メインデューワー



Compact IFU
(170 x 220 x 60 mm³)

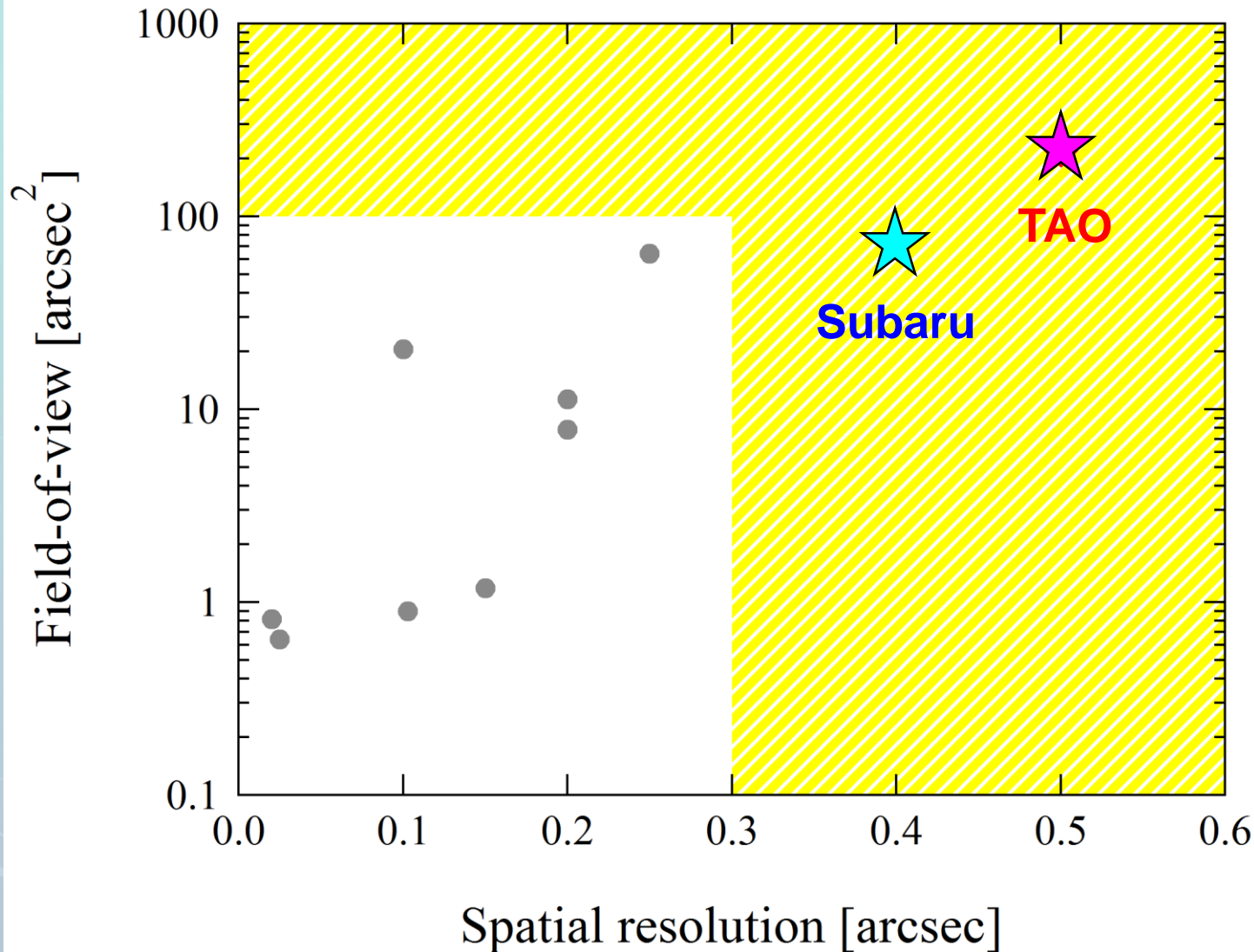


一晩のうちに各観測モードをリモートで交換可能



Integral field spectroscopy

既存装置に対する位置付け

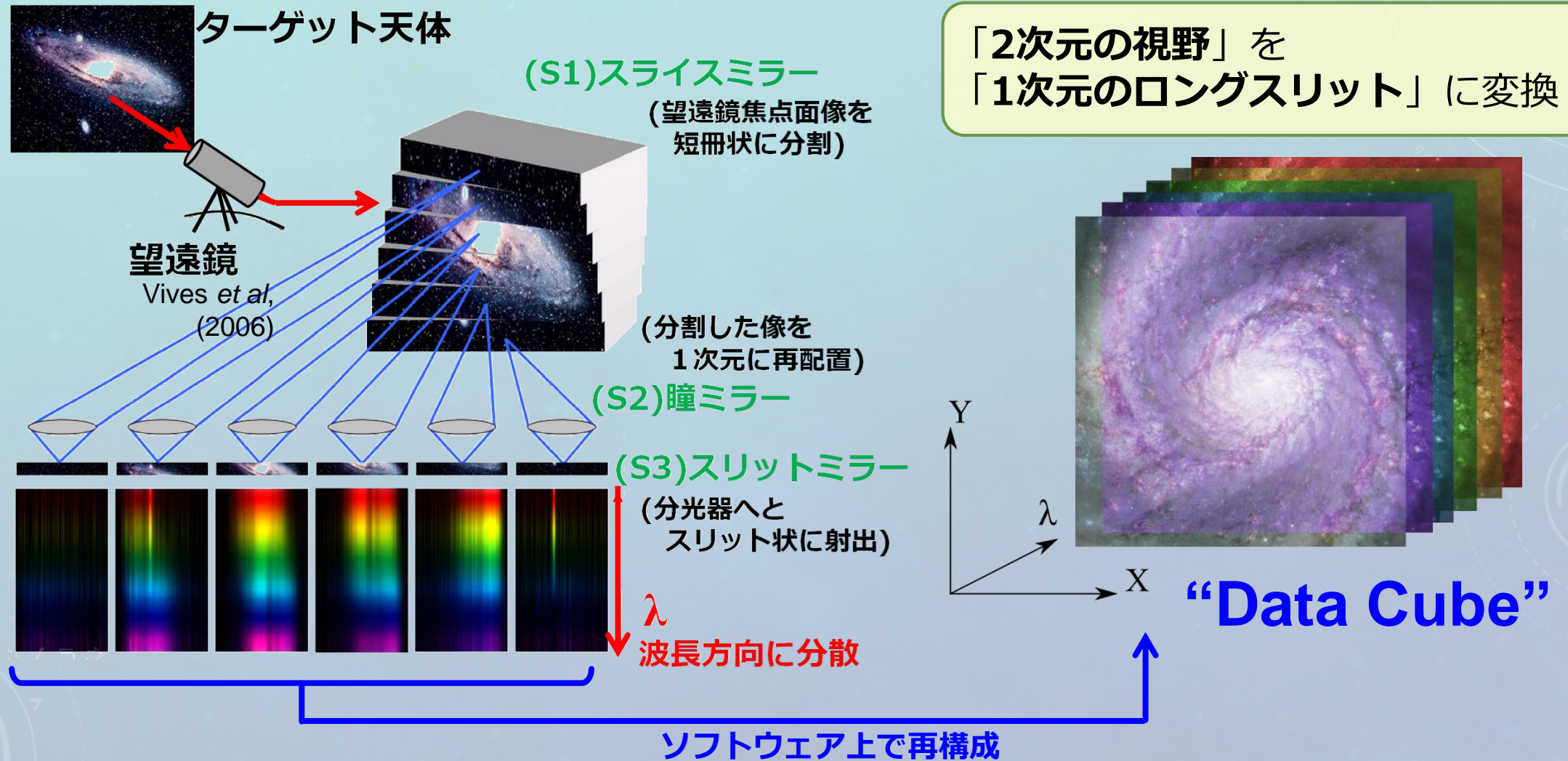


- **広視野** (> 250 arcsec² @TAO)
- **広波長帯**
(0.9-2.5μmのスペクトルを同時取得)
- **Seeing-limited 観測 に最適化**

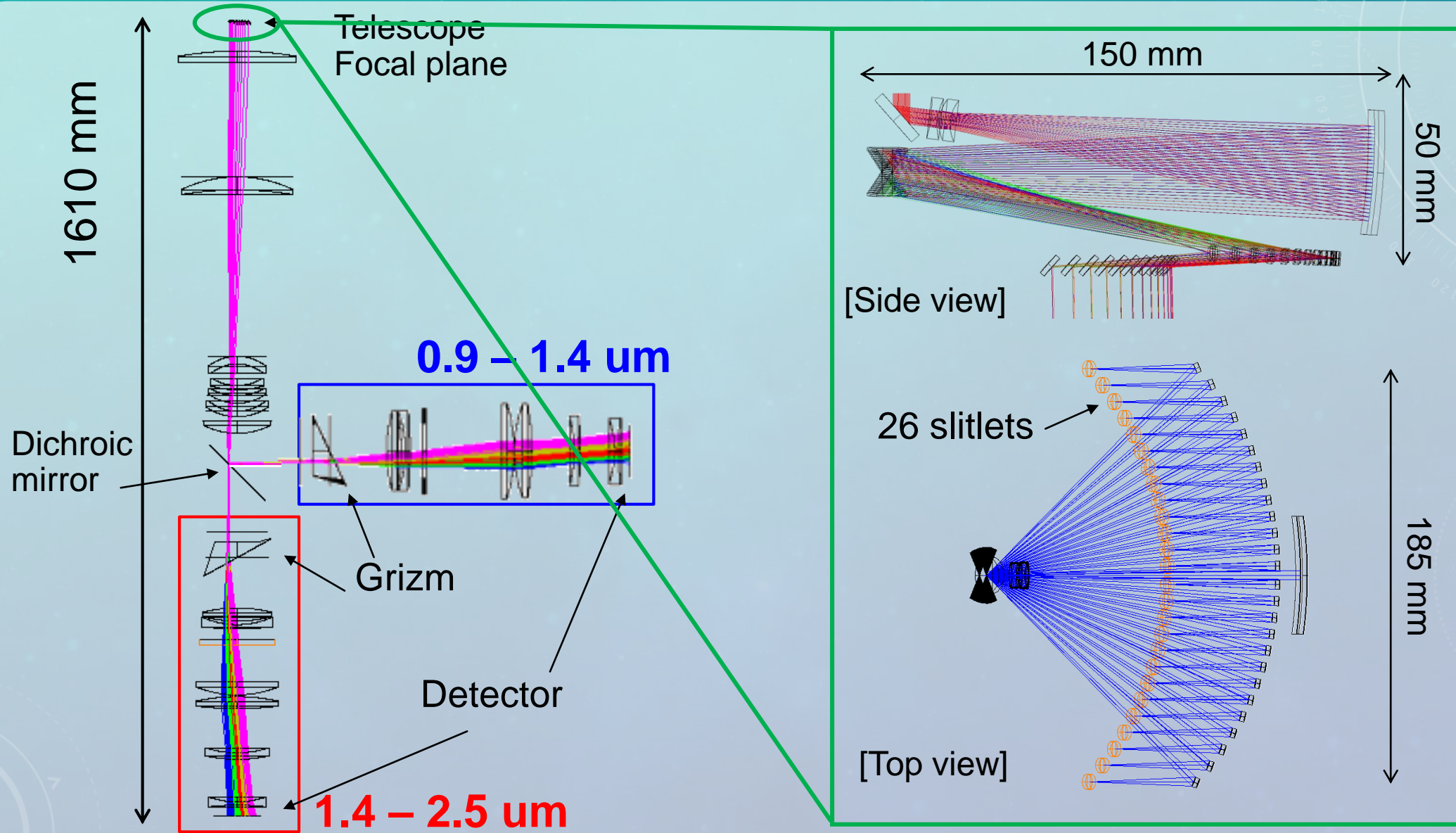
Telescope	Subaru	TAO 6.5m
Method	Image slicer	
λ (μm)	0.9 - 1.4 (blue) 1.4 - 2.5 (red)	
λ / Δλ	900 - 1400 (blue) 700 - 1200 (red)	
sampling	0.4" (13 slice)	0.5" (26 slice)
FoV	14.0" x 5.2"	17.5" x 13.0"

イメージスライサー型 IFU の原理

“Advanced image slicer” concept (Content 1997b, 1998, 2000)

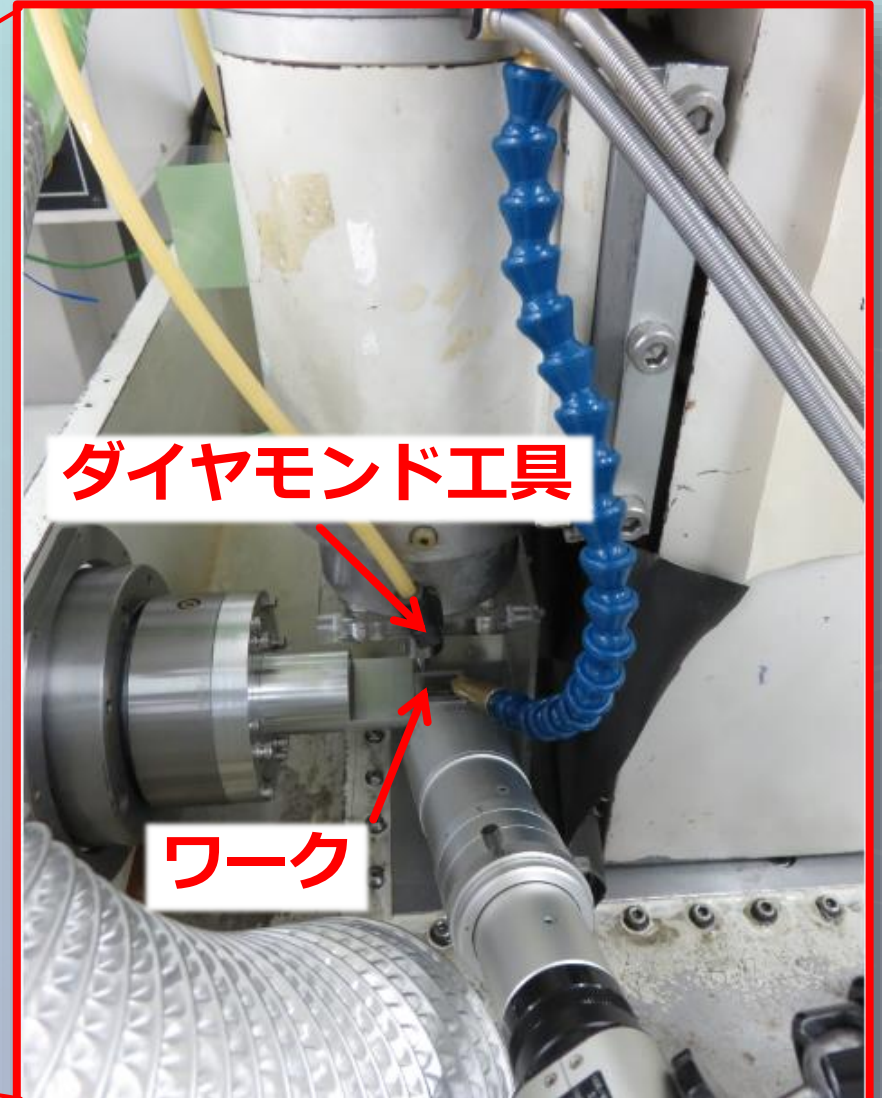
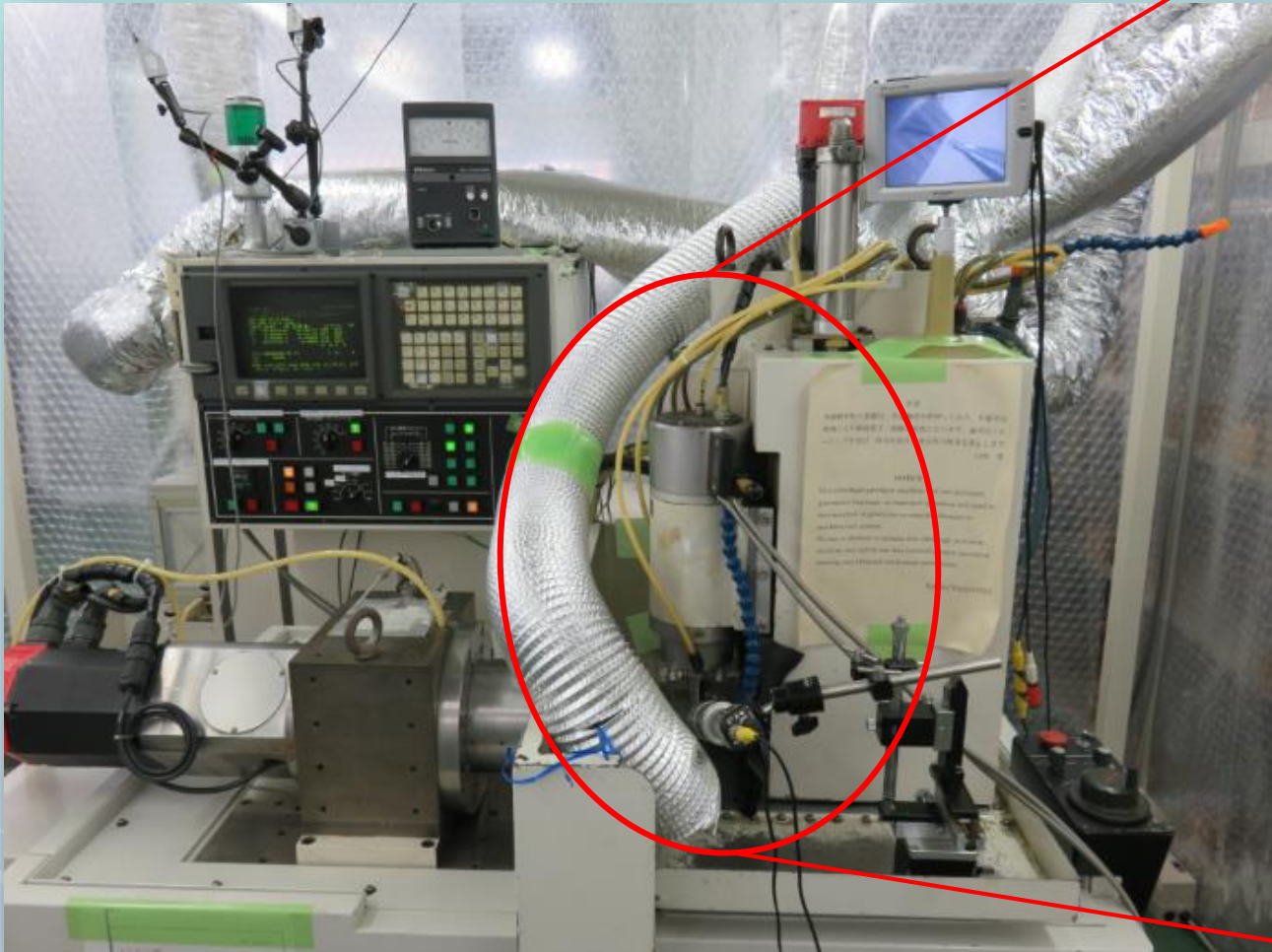


光学レイアウト

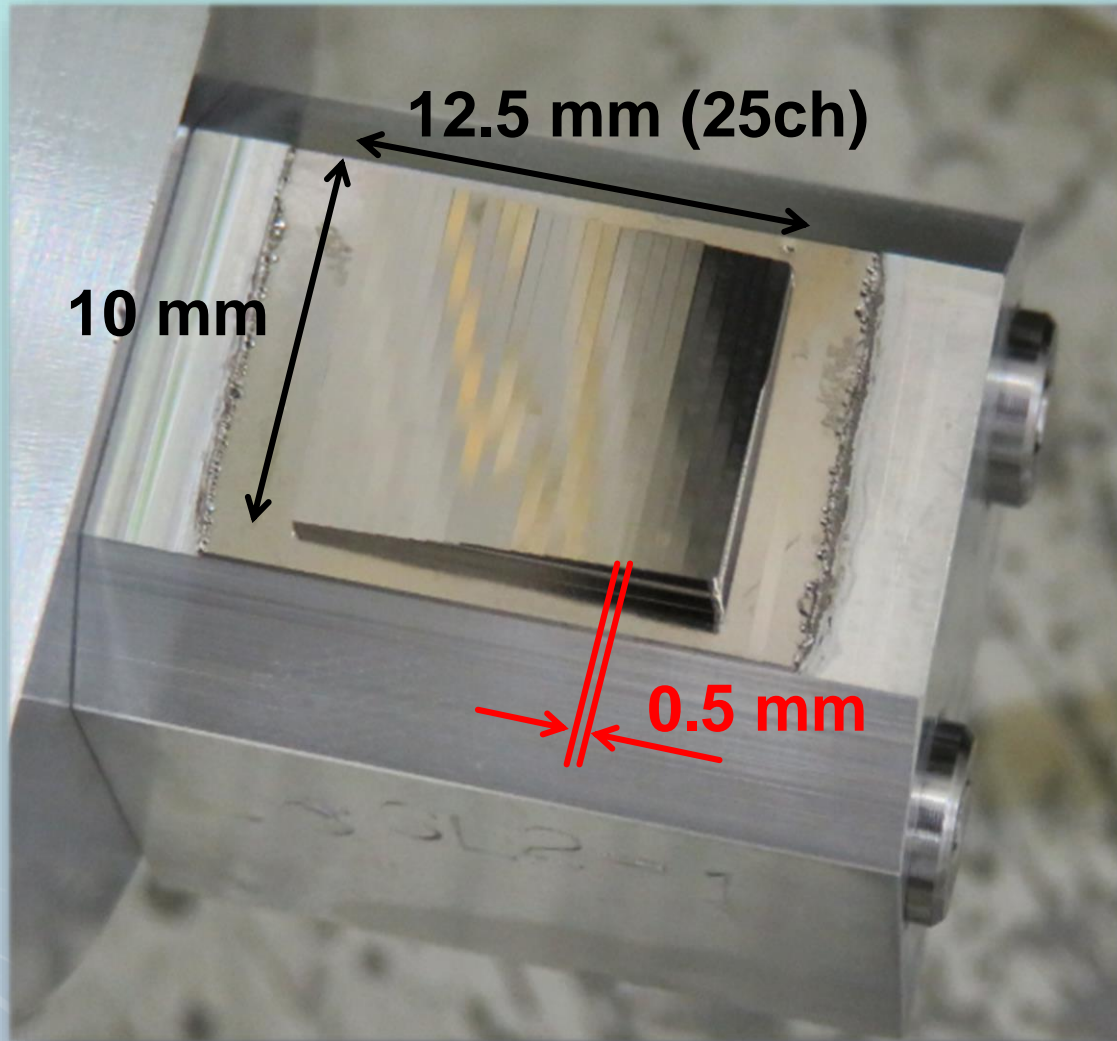


超精密切削加工技術の IFUミラー製作への応用

- 先端光学素子開発チーム (理研) 所有の4軸超精密加工機 (東芝機械) を使用



超精密切削加工技術の IFUミラー製作への応用

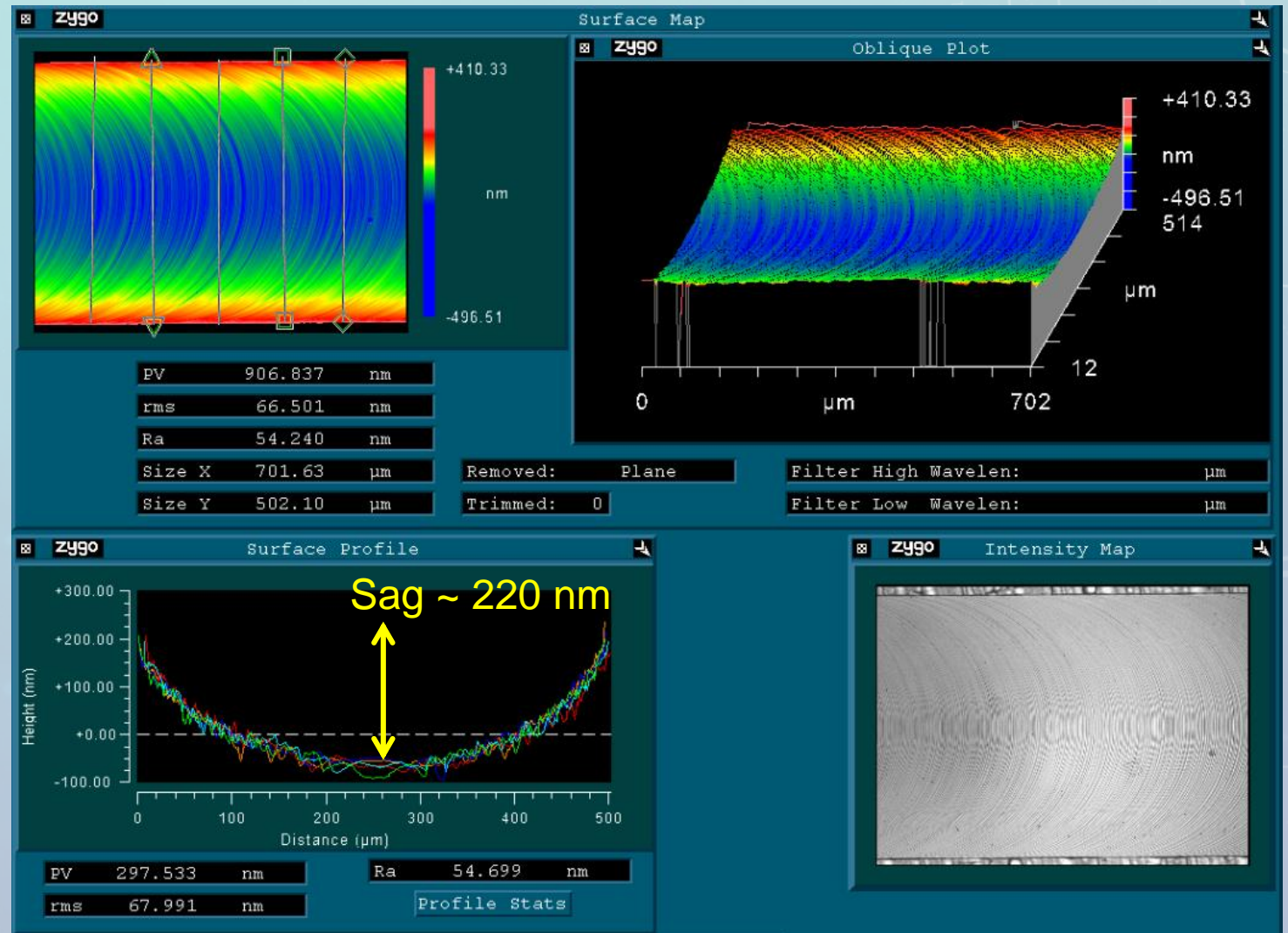
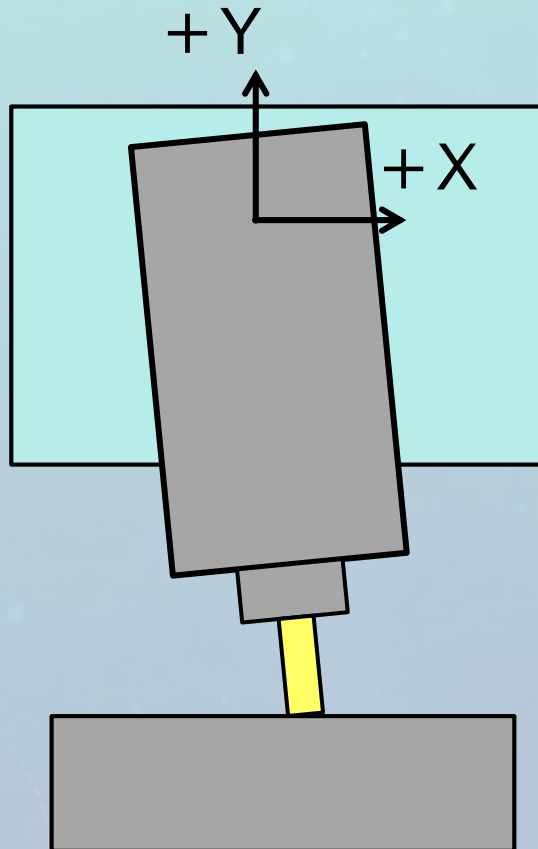


- スライスミラー (25 ch) をダイヤモンドエンドミルで加工 (工具径 $\Phi 0.5$ mm)



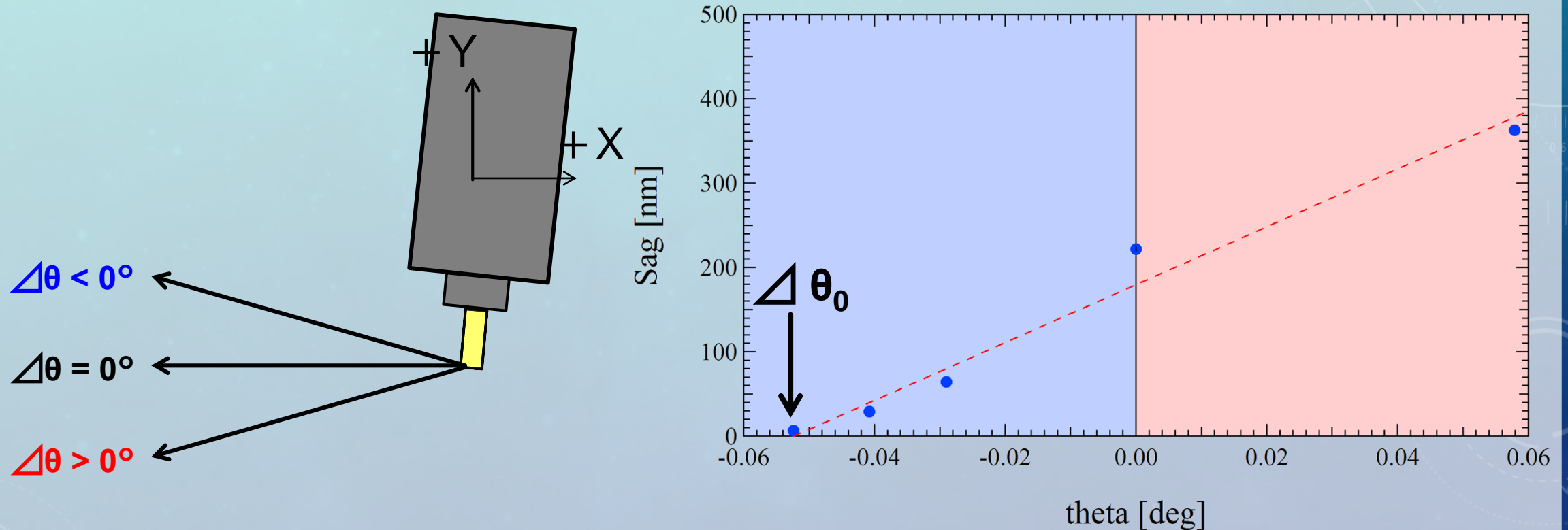
スピンドル加工時に発生する問題

スピンドルがX並進軸に対して微小な傾きをもつせいで、底面に凹面形状が発生。



多軸数値制御による解決

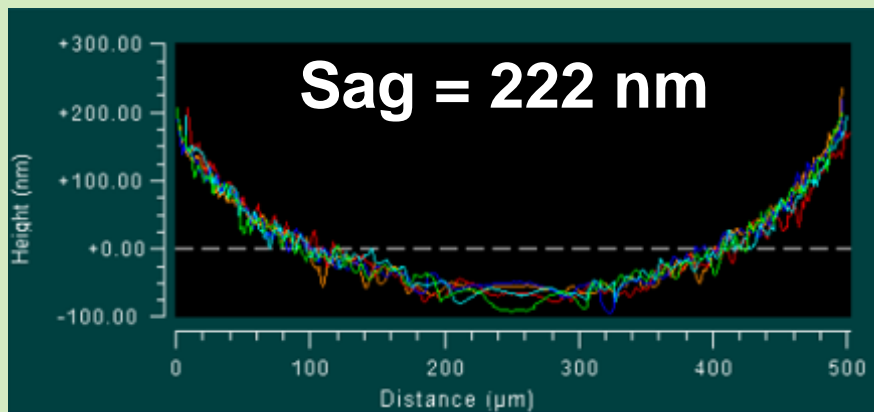
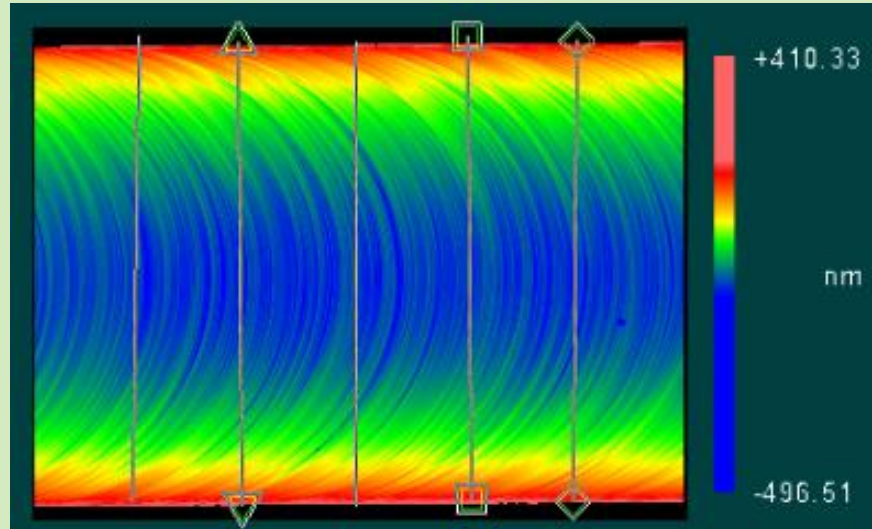
- (X, Y) 2軸制御による加工パス補正を加えることで、平面形状が得られる？
- 具体的には、テストピースに本番同様の幅500 μm の溝を加工し、底面形状を測定 \rightarrow 補正する (を繰り返す) ことで工具傾斜角度 $\Delta\theta_0$ を算出する。



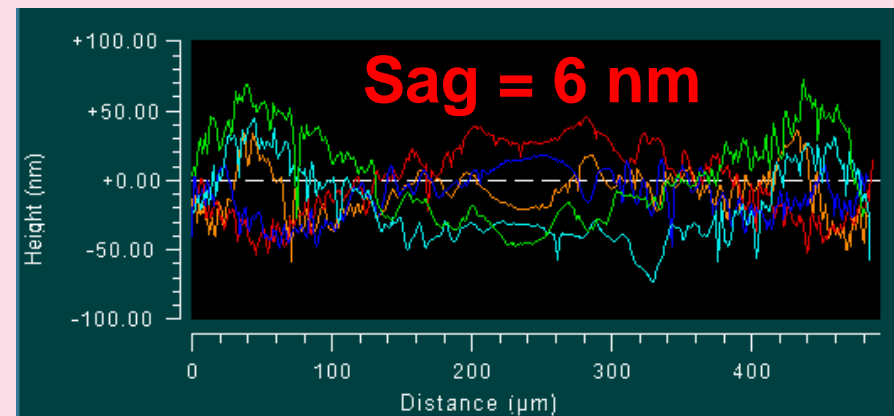
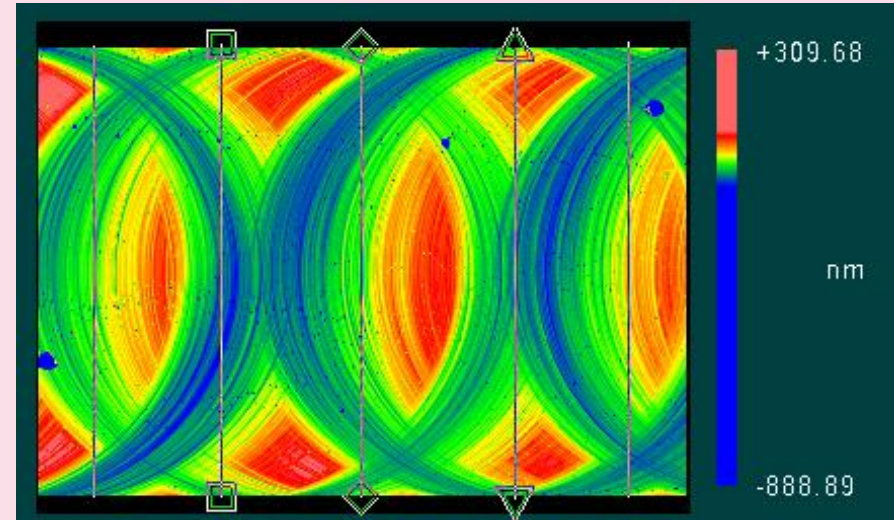
- Sag ~ 0 nm に対応する $\Delta\theta_0$ をベストフィット直線から算出 ($\Delta\theta_0 = 0.0524^\circ$).
- この値は幾何的計算から予想される補正角度 $\Delta\theta_{\text{calc}} = 0.0579^\circ$ とconsistentである。

改善その 1: 形状精度

補正前 ($\angle\theta = 0^\circ$)

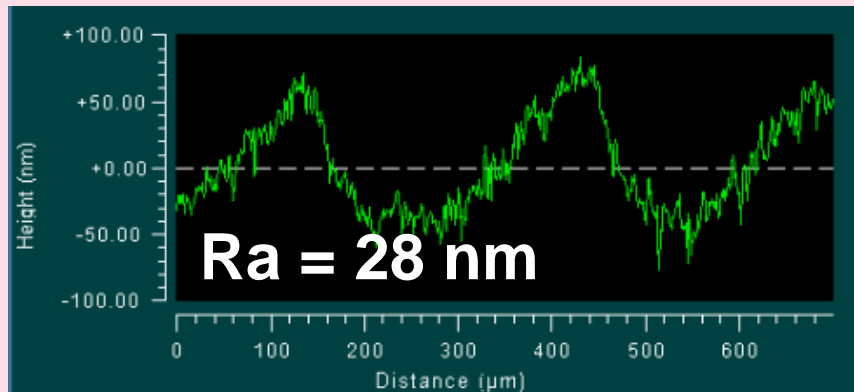
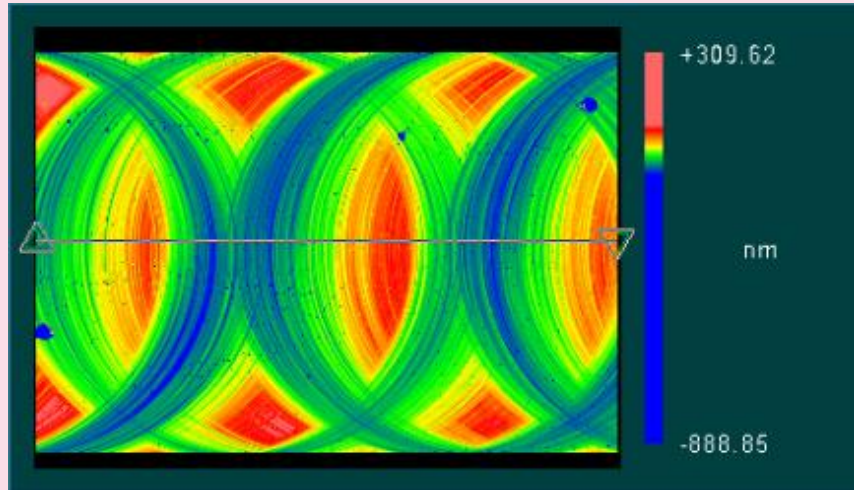


補正後 ($\angle\theta = 0.0524^\circ$)

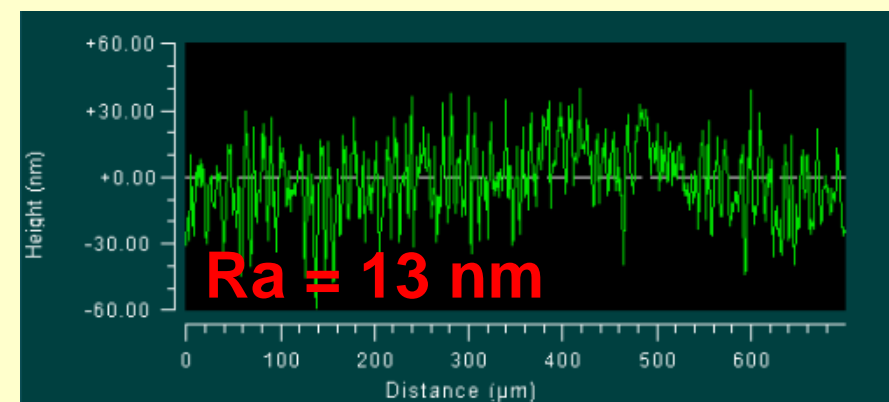
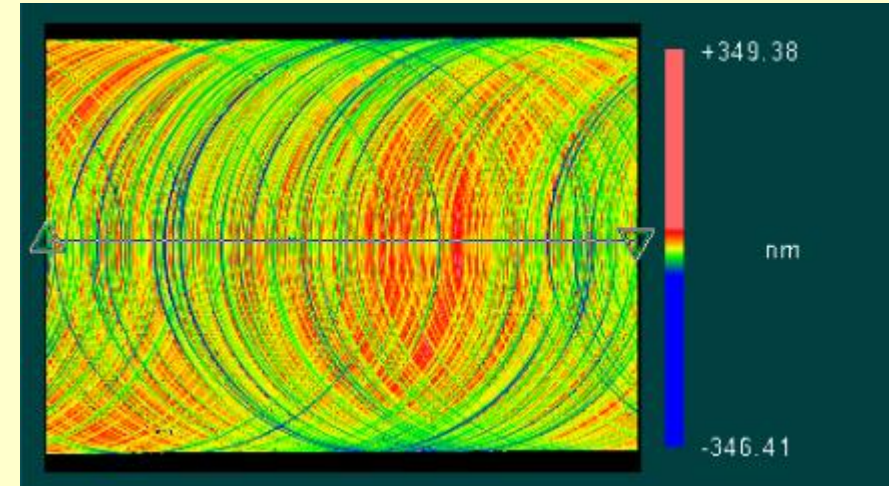


改善その2: 表面粗さ

初期条件



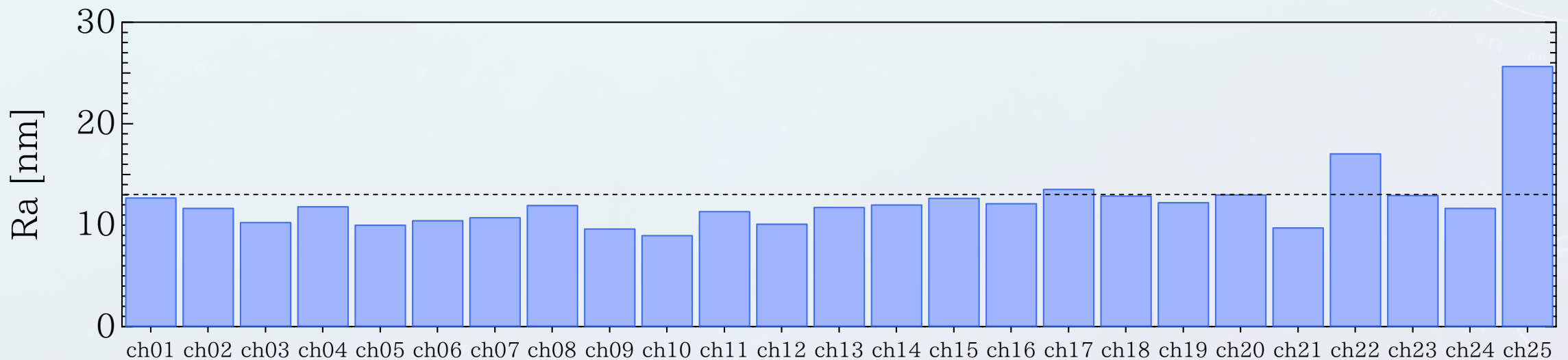
加工条件追い込み後



各スライス面の表面粗さ評価

■ ミラー中央部の700 μm x 500 μm の領域を粗さ測定,

- 要求表面粗さ : 10 nm
- 測定値 (平均) : 12 nm \rightarrow 25 ch 中 20 ch で仕様を満たす表面粗さを達成



超精密切削加工技術を用いたスライスミラー製作の実証

最後に

可視赤外装置コミュニティに育てて頂いた5年間でした。

M1 (2012年度 @ 三鷹)

M2 (2013年度 @ 京大)

D1 (2014年度 @ 三鷹)

D2 (2015年度 @ 東北大)

D3 (2016年度 @ 三鷹)

『SWIMSにおける面分光ユニットの開発』

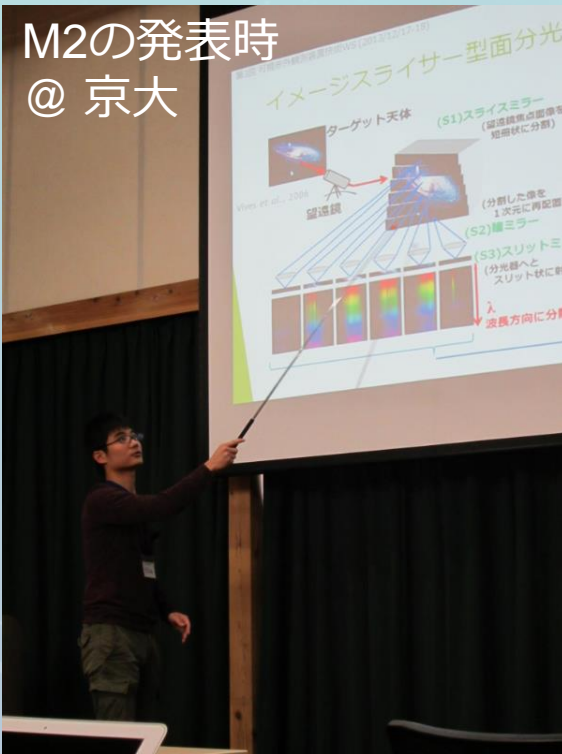
『イメージスライサー型面分光ユニットにおける光学設計』

『真空冷却下における鏡面形状評価』

『イメージスライサー型近赤外面分光ユニット SWIMS-IFU における要素技術開発』

『SWIMSにおける面分光ユニットの開発』

M2の発表時
@ 京大

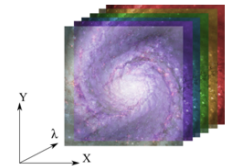


念願の (?) 面分光研究会も開催することができました。



面分光研究会2016

— 面分光で解き明かす銀河の形成と進化 —



■ 装置WSのよかった点

年に1度、自身の成果を報告できる良い機会。

他プロジェクトの進捗を知ることができる情報交換の場。

次年度以降もぜひ続けていってください。

本講演のまとめ

■ 次世代の面分光装置開発を見据えて...

- 近赤外イメージスライサー型 IFU を開発
→ 次世代 IFU に向けた各要素技術の確立

(1) コンパクトIFUの設計

(2) 低温環境使用に最適な材料選定

(3) 超精密加工によるスライスミラーアレイの一体技術

■ 今後の開発スケジュール

- 現在，構造体とミラーアレイの製造図面を作成中
- 2017年中にすばる望遠鏡でのファーストライトを目指す。

※ 近赤外面分光に興味をもっているかたは SWIMS チームまで連絡ください。