

近赤外線面分光ユニット SWIMS-IFUの開発

2020/12/2 @可視赤外線観測装置技術WS

櫛引洸佑 (東大天文専攻D1)

細畠拓也、竹田真宏、山形豊 (理化学研究所)、
森田晋也 (東京電機大学)、
本原顕太郎、尾崎忍夫、都築俊宏 (国立天文台)、
高橋英則、小西真広 (東京大学)

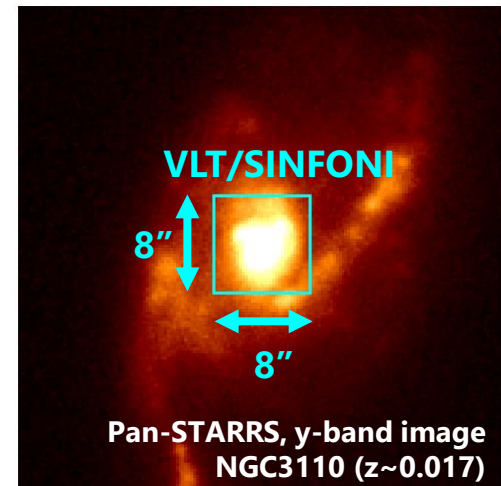
近赤外線面分光の重要性と難点

1. 強いダスト減光を持つ天体 (e.g. Starburst galaxies, Star-forming region)
2. 高赤方偏移天体 (e.g. H α (656.3nm) for $z\sim 0.5-2.8$)

既存面分光装置の問題点

- 狭い視野 (多くがAO使用)
 - VLT/SINFONI 8x8 arcsec²で最大
 - 近傍の広がった天体や広範囲観測には不向き
- 狭い波長帯域
 - 近赤外線のみもしくは2バンド程度 (e.g. J, H, K, HK)
 - 近赤外線に存在する複数の輝線を観測するには不十分
 - Paschen series: Pa α 1.875 μ m, Pa β 1.281 μ m, Pa γ 1.093 μ m
 - Bracket series: Br γ 2.165 μ m, Br δ 1.945 μ m
 - Others: HeI 1.08, 1.87, 2.06 μ m, [FeII] 1.26, 1.64 μ m, H₂ 1.96, 2.03, 2.06 μ m

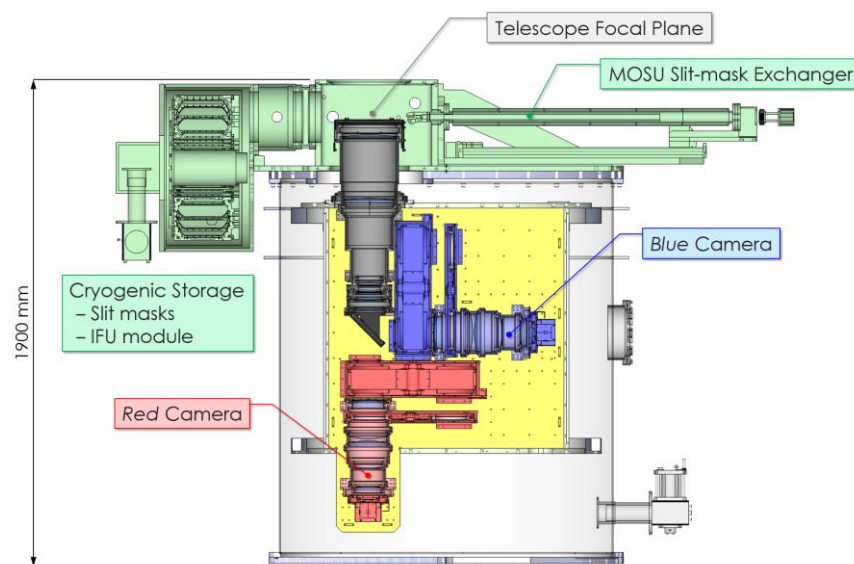
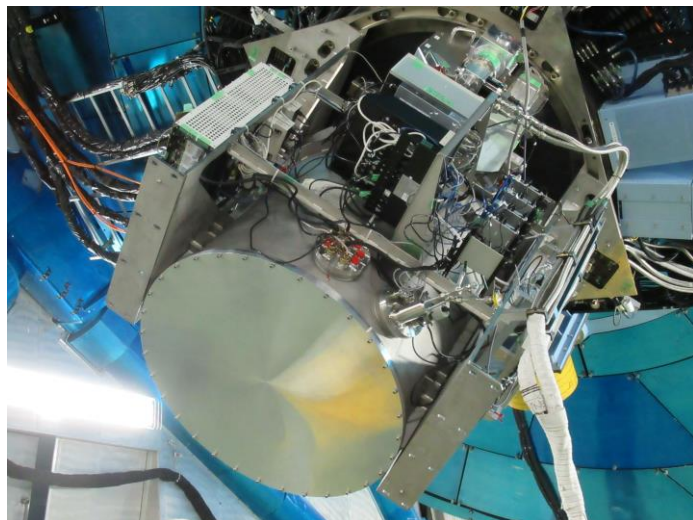
→ 広視野、広波長帯域の近赤外線面分光は未だ切り開かれていないパラメータスペース



SWIMS-IFU for SWIMS

SWIMS

- TAO 6.5m望遠鏡用の近赤外線撮像分光装置
- 一度の露光で0.9-2.5 μm 全体のスペクトルを取得できるスリット多天体分光
- 撮像&分光機能は21A-22Bの期間、すばる望遠鏡でPI装置として共同利用



SWIMS-IFU for SWIMS

SWIMS

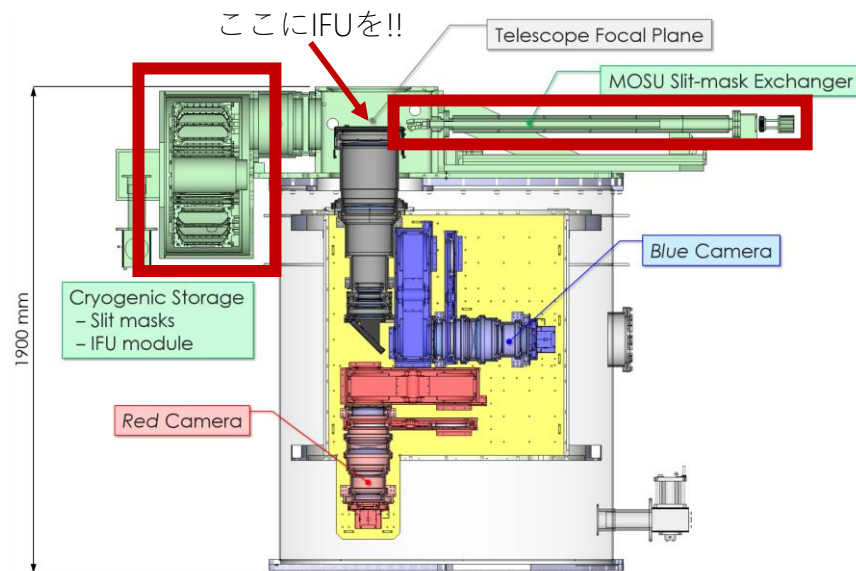
- TAO 6.5m望遠鏡用の近赤外線撮像分光装置
- 一度の露光で0.9-2.5 μm 全体のスペクトルを取得できるスリット多天体分光
- 撮像&分光機能は21A-22Bの期間、すばる望遠鏡でPI装置として共同利用

SWIMS-IFUのコンセプト

SWIMSの光学系を変えることなしに、
焦点面に導入するだけで面分光装置へ
切り替える光学ユニット



スリットマスクと同様に保管し、
ロボットアームで焦点面に導入する



SWIMS-IFU仕様

イメージスライサーIFU

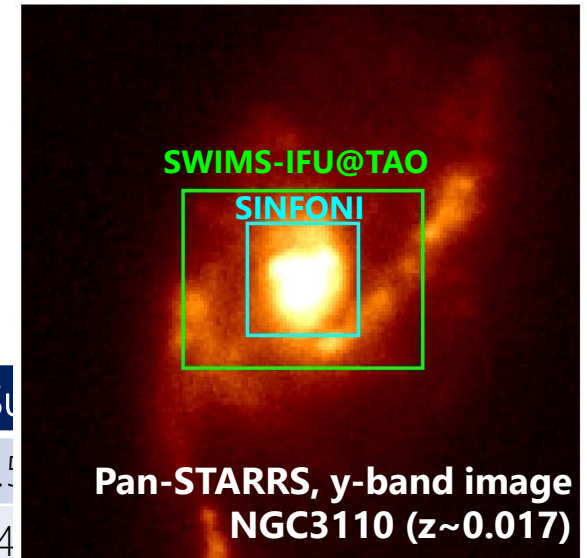
- SWIMSの一度の分光観測での広い波長帯域
- スライス幅をシーイングサイズに最適化し、広視野

	TAO (6.5m)	Subaru (8.2m)
波長	0.9-1.45 μm (Blue) & 1.45-2.5 μm (Red)	
波長分解能 R	1000-1500 (Blue) & 800-1400 (Red)	
視野	16".6 x 12".8	13.5" x 4".8
ピクセルスケール	0".126 pix ⁻¹	0".095 pix ⁻¹
スライス幅	0".5	0".4
スライス数	26 (ch-13~-1, +1~+13)	12 (ch-6~-1, +1~+6)
IFU Throughput	> 70%	
Image quality	< 0.4"	

SWIMS-IFU仕様

イメージスライサーIFU

- SWIMSの一度の分光観測での広い波長帯域
- スライス幅をシーイングサイズに最適化し、広視野



	TAO (6.5m)	Su
波長	0.9-1.45 μm (Blue) & 1.45-2.5	
波長分解能R	1000-1500 (Blue) & 800-14	
視野	16".6 x 12".8	13.5" x 4".8
ピクセルスケール	0".126 pix ⁻¹	0".095 pix ⁻¹
スライス幅	0".5	0".4
スライス数	26 (ch-13~-1, +1~+13)	12 (ch-6~-1, +1~+6)
IFU Throughput	> 70%	
Image quality	< 0.4"	

光学系

Pre-optics (PO0-PO2) : 光をIFU内へ導き、望遠鏡焦点面像を適切なサイズに拡大

Slice-mirror array (S1)

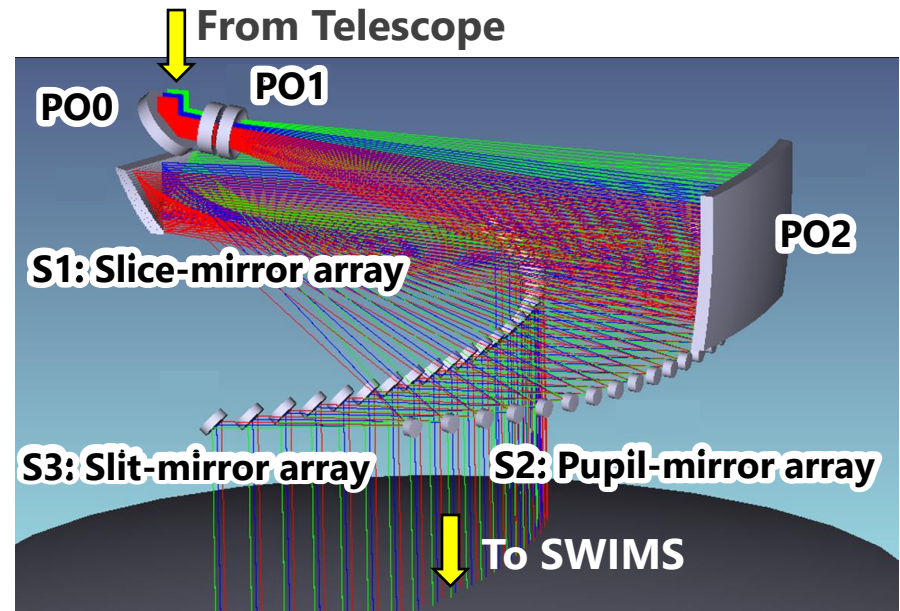
- 26の短冊状(18mm x 0.52mm)平面鏡
- 上から下へCh +13~+1, Ch -1~-13

Pupil-mirror array (S2)

- 中心部分12チャンネルは球面、
外側14チャンネルは軸外し楕円面

Slit-mirror array (S3)

- 26の球面鏡



機械系

170 x 220 x 54 mm³に収まるサイズ → MOSU内に保管可能

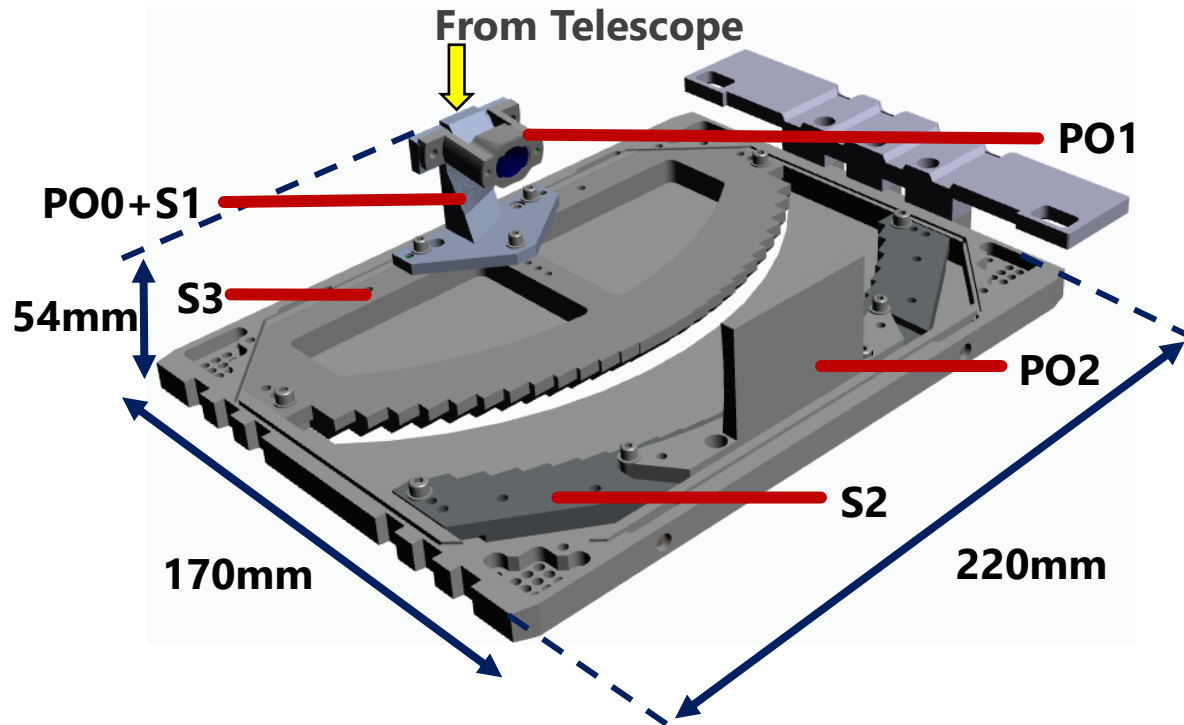
アルミニウムのみで製作 (PO1レンズ除く) → 冷却下での使用

複数鏡面の一体加工

- PO0+S1
- S2
- S3

→ 位置較正負担を軽減

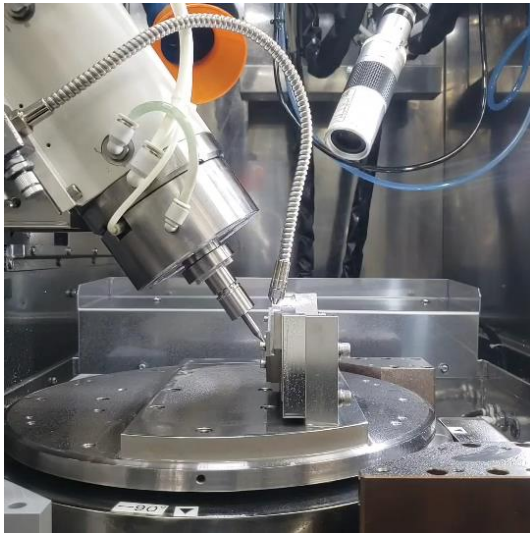
超精密切削加工により
高精度な一体加工を実現
(理化学研究所
先端光学素子開発チームとの
共同開発)



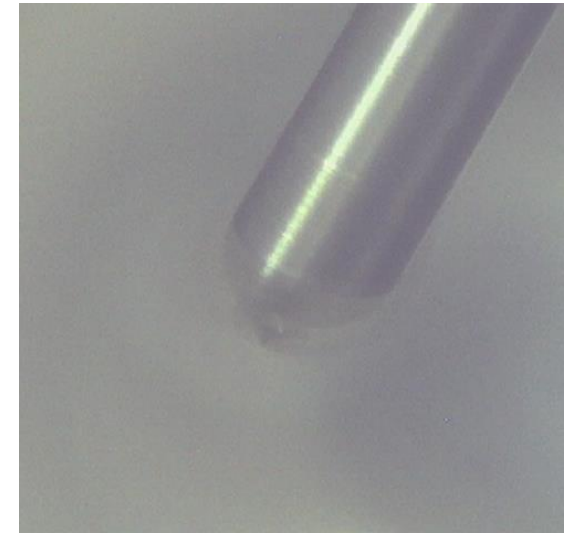
超精密切削加工

nmオーダーの制御精度をもつ加工機による加工

- ミラー間の相対鏡面位置精度 ~ μm オーダー
- 面粗さや面形状などの面精度を高精度に達成
- 組み上げの際の参照面も同時に製作



2020/12/2 瞳ミラーアレイ最終加工 粗削り



2019/10 瞳ミラーアレイ試験加工仕上げ

開発の現状

PO0+S1: Slice-mirror array

準備中。2021年1月より加工開始予定

PO1

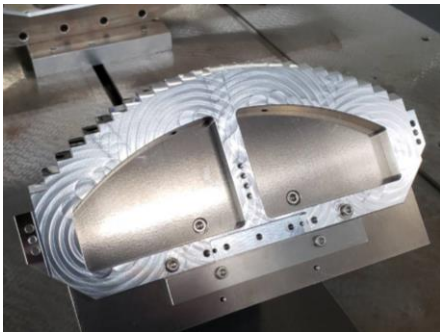
設計がほぼ完了
まもなく製作
(超精密加工ではない)

PO2

最善の加工手法を検討中

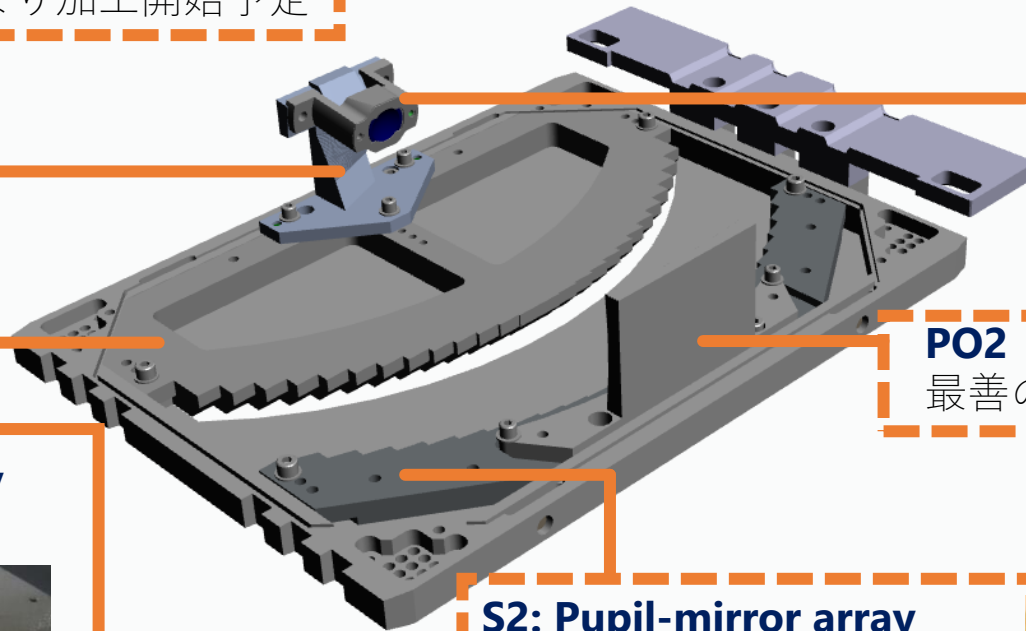
S3: Slit-mirror array

完成(2019/2-3)



S2: Pupil-mirror array

試験加工完了(2019/10-11)
最終加工が現在進行中
(2020年内完了)



S3: Slit-mirror array

鏡面精度

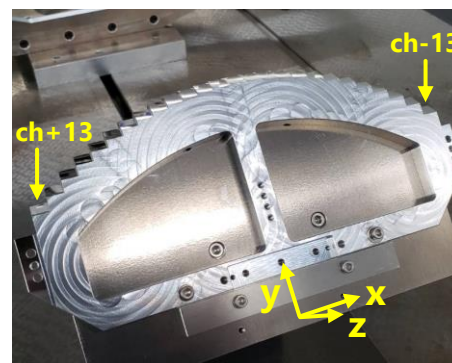
面粗さ、面形状共に要求を満たす精度を達成

	Average \pm Std	Requirement
Roughness RMS [nm]	7.4 \pm 2.1	< 10
Shape error P-V [nm]	169 \pm 32	< 300

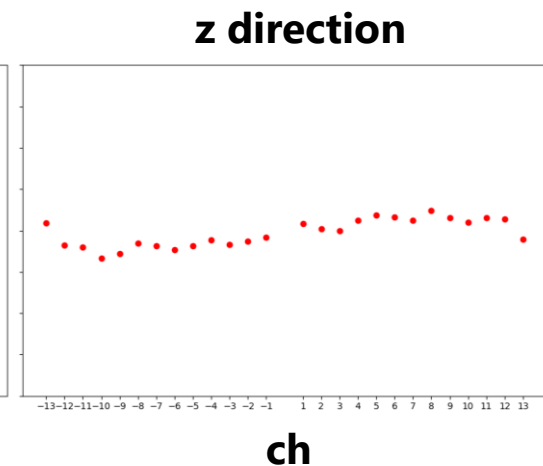
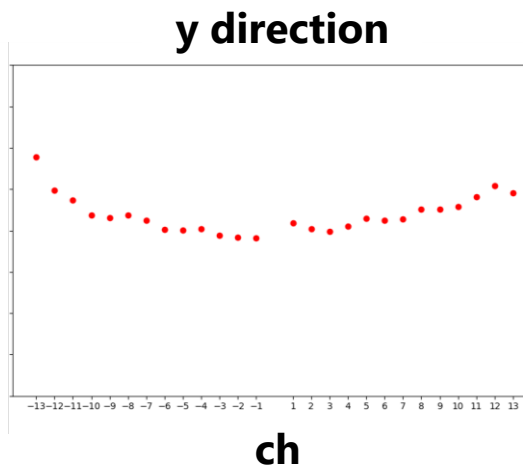
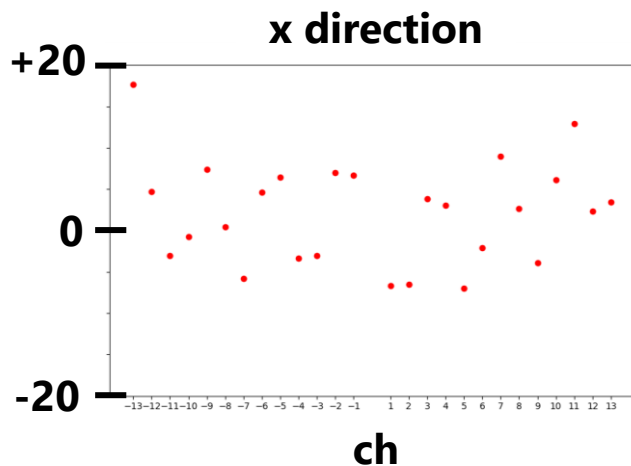
ミラー間相対位置精度

< 10 μ m程度の精度で完成 (測定機の精度は数 μ m程度)

最終的には光学試験で確認する必要あり



設計相対位置からのズレ [μ m]
(ch+1とch-1の中点を原点とする)



今後の計画

超精密加工

- S2: Pupil-mirror array →まさに今進行中！年内終了予定
- PO0+S1: Slice-mirror array → 2021年1月開始予定
- PO2 → PO0+S1完了後開始予定

組み上げ

- ベースプレートとPO1レンズの製作
- PO0+S1, S2, S3の部分組み上げ試験
- 全ての要素の組み上げは
2021年4-7月頃に完了予定

性能評価とSWIMSへのインストール

- 2021年内に実験室での性能評価
- 2022年1月以降のSWIMS@Subaruへのインストールを目指す

