

SWIMS-IFU

－ すばる・TAO望遠鏡に向けた
近赤外面分光ユニットの開発－

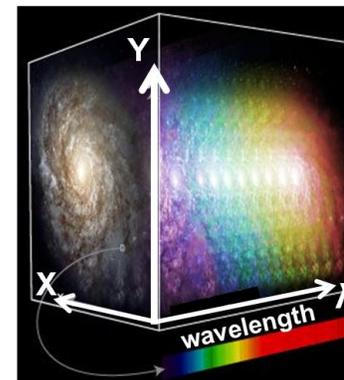
北川祐太郎 & SWIMS team (東大IoA)

<Collaborator>

尾崎忍夫(NAOJ-ATC), 吉川智裕(京産大), 所仁志(株ナノオプト)

面分光とは？

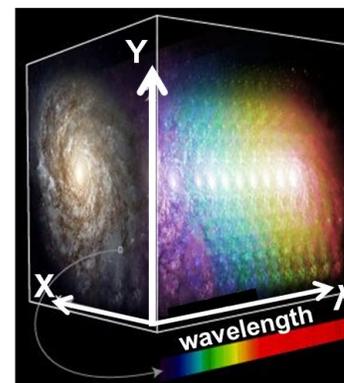
- ▶ 空間方向2次元 + 波長方向1次元のデータを一度に取得
 - ・最終的に得られるデータは3次元の「データキューブ」



- ▶ 天体の物理量に対して、その空間構造を知ることができる
 - ✓ Resolved stellar populations
 - crowded fields, nuclear and bulge regions, most luminous star, supernovae, planetary nebulae, HII regions*
 - ✓ Normal Galaxies
 - stellar and gas dynamics, super massive black holes, galaxy nuclei, elliptical galaxies, spiral/bars*
 - ✓ Active Galaxies
 - gas dynamics, stellar populations, nuclear activity/starburst, fuelling of the active nucleus, (extended) narrow emission-line regions*
 - ✓ Group and cluster of galaxies
 - galaxy formation, galaxy evolution, tidal interaction and merging, star formation history*
 - ✓ High red shift galaxies
 - galaxy evolution, galaxy dynamics, galaxy formation, star formation history, cosmology*
 - ✓ Gravitational lensing
 - gravitational lens models, QSO unresolved structure, dark matter in lens galaxies, extinction laws in galaxies*

面分光とは？

- ▶ 空間方向2次元 + 波長方向1次元のデータを一度に取得
 - ・最終的に得られるデータは3次元の「データキューブ」

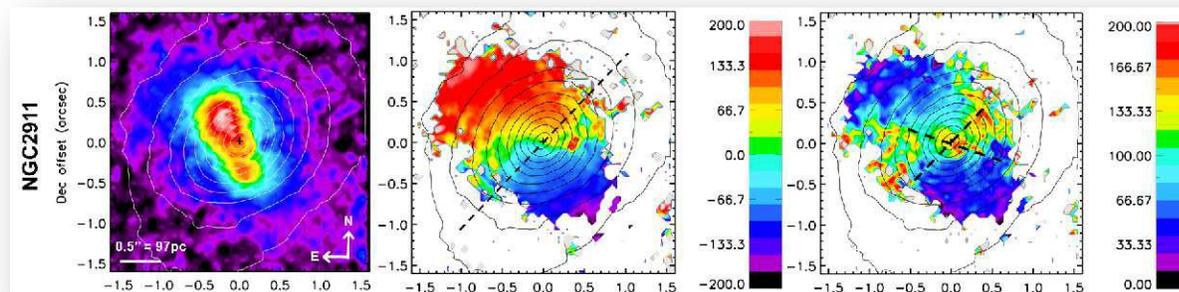


- ▶ 広がった天体の物理量に対して、その空間構造を知ることができる

NGC2911

左から

- ・ H₂ガスflux分布
- ・ 速度場
- ・ 速度分散場



F. Müller-Sánchez *et al.* (2013)

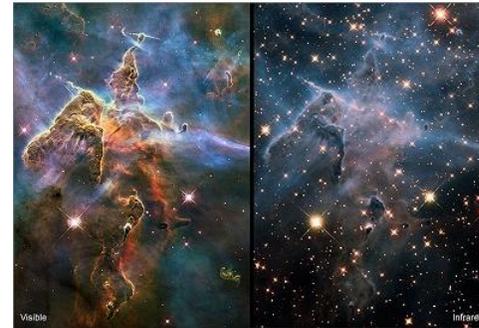
近赤外面分光が今、必要なワケ

- ▶ 減光の影響を受けにくく、ダストの奥深くまで見通せる

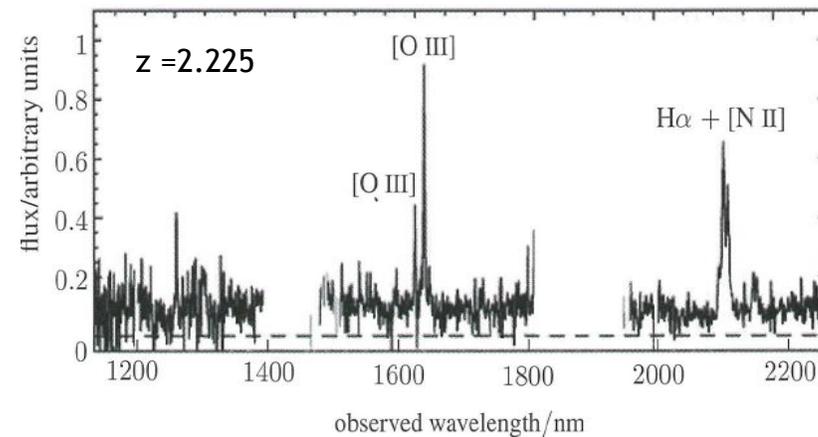
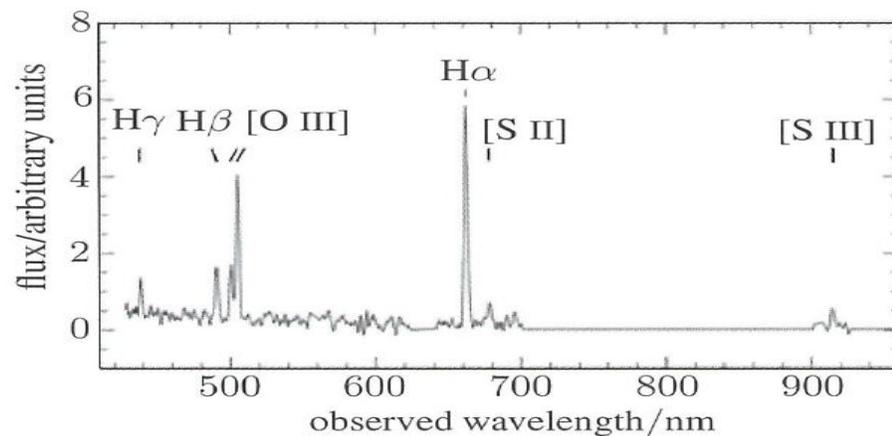


近赤外面分光が今、必要なワケ

- ▶ 減光の影響を受けにくく、ダストの奥深くまで見通せる



- ▶ $z > 1$ の遠方では、静止系可視域の重要な輝線が近赤外域に入ってくる



left panel : ESO

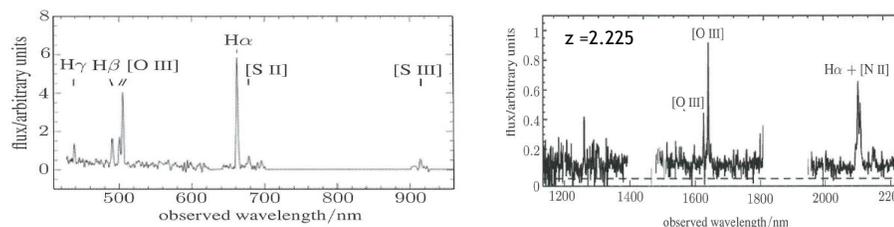
right panel : van Dokkum, P.G. *et al* (2005)

近赤外面分光が今、必要なワケ

- ▶ 減光の影響を受けにくく、ダストの奥深くまで見通せる



- ▶ $z > 1$ の遠方では、静止系可視域の重要な輝線が近赤外域に入ってくる



left panel : ESO, right panel : van Dokkum, P.G. *et al* (2005)

- ▶ 観測の高効率化

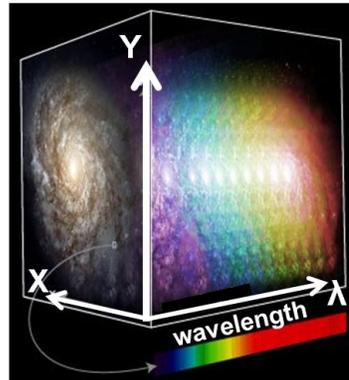
【世界の大型望遠鏡における近赤外面分光の現状】

望遠鏡 (口径)	VLT (8.1m)	Keck (10m)	Gemini (8.1m)	Subaru (8.2m)
装置名	SINFONI	OSIRIS	NIFS	
波長 [um]	1.1 - 2.45	1.0 - 2.4	0.94 - 2.4	
視野	~ 8" × 8"	~ 3.2" × 6.4"	3" × 3"	

SWIMS+面分光ユニットのコンセプト

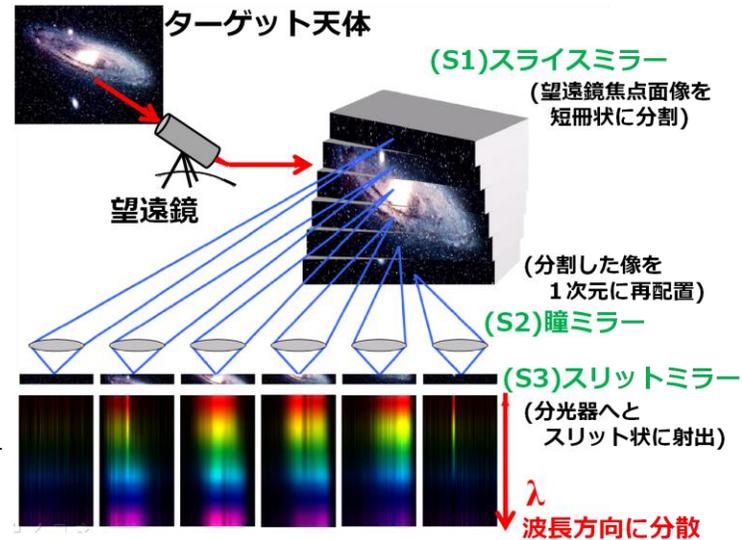
▶ 光学設計

- ・イメージライサ型を採用



ソフトウェア上で再構成

【イメージライサ型面分光の概念図】



- ・ seeing-limit な観測に最適化

cf. すばるシーイング: 0.4-1.0"

視野	スライス幅	スライス数
14"×10.4"	0.4"	26
14"×6.8"	0.4"	17

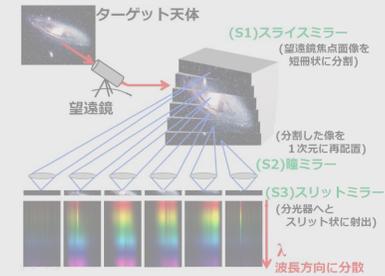
← 検出器が各焦点面に4枚の場合 (TAO望遠鏡)

← 検出器が各焦点面に2枚の場合 (すばる望遠鏡)

SWIMS+面分光ユニットのコンセプト

▶ 光学設計

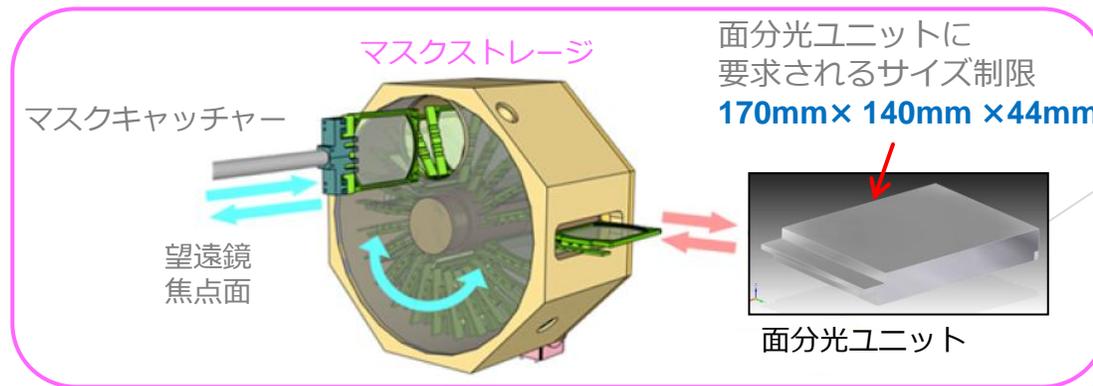
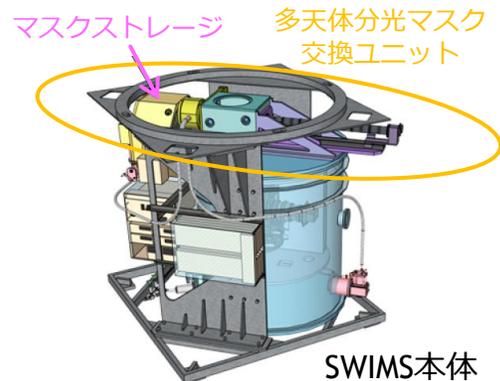
- ・ イメージスライサー型を採用
- ・ seeing-limit な観測に最適化 cf. すばるシーイング: 0.4-1.0"



視野	スライス幅	スライス数	
14"×10.4"	0.4"	26	← 検出器が各焦点面に4枚の場合 (TAO望遠鏡)
14"×6.8"	0.4"	17	← 検出器が各焦点面に2枚の場合 (すばる望遠鏡)

▶ 機械設計

- ・ 多天体分光の1スリットマスクとしてインストール可能な小型・軽量ユニット

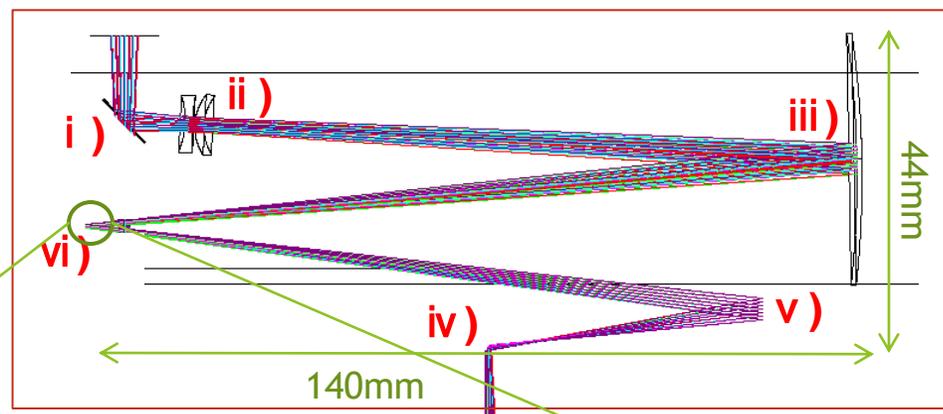


製作状況(1) 光学設計

- ▶ 要求されるサイズ制限を満たす光学解の構築に成功

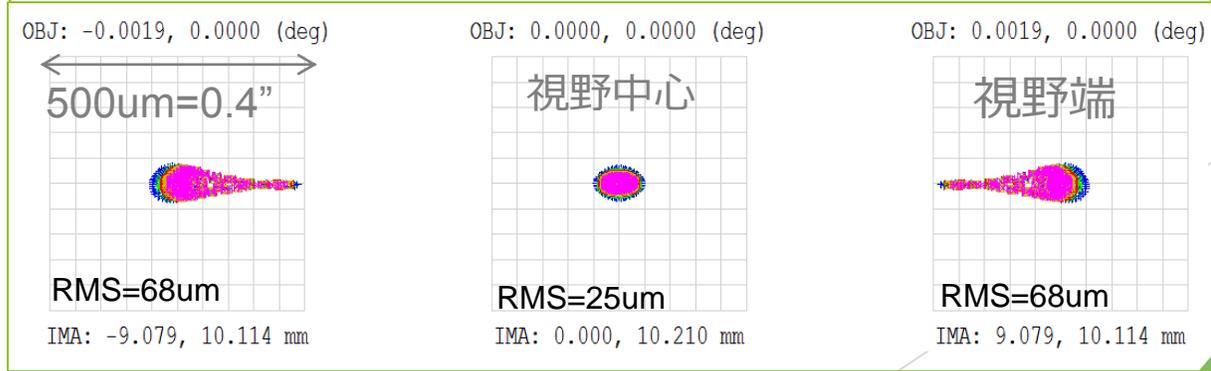
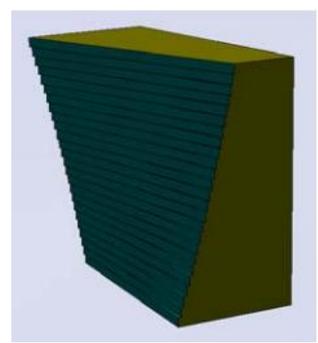
SWIMS-IFUに含まれる光学面は以下の6つ

- i) ピックオフ鏡
- ii) 拡大光学系1(レンズ)
- iii) 拡大光学系2(凹面鏡)
- iv) スライスミラー
- v) 瞳ミラー
- vi) 擬似スリットミラー



【各ミラーを配置した光線追跡図】

スライスミラーの鏡面は平坦

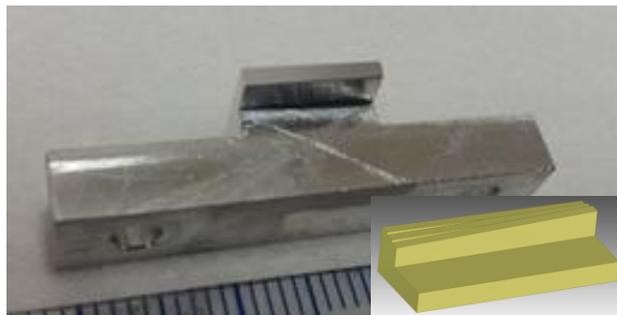


製作状況(2)ミラー製作

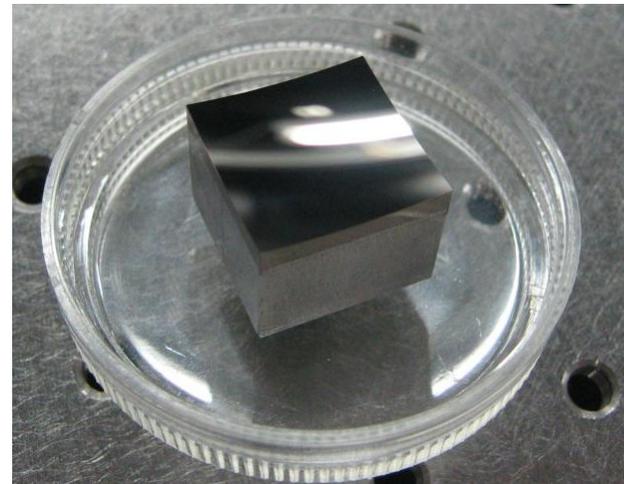
▶ 超精密加工技術を用いた金属鏡の試作

観測時にはSWIMS全体は冷却環境下
→熱膨張率の差による光軸ズレを避けるには、ミラーもAl合金で製作

従来は精密加工が困難だった金属鏡だが、
この数年の加工技術の進展 = 超精密加工によって
近赤外天文学の要求精度(<10nm)に耐えるレベルに到達



スライスミラー
(平均表面粗さ~7nm)



瞳ミラー
(平均表面粗さ~3.8nm)

【課題】面分光に用いる複雑な形状をもつミラーアレイにこの技術が適用可能か実証すること

本日お持ち帰り頂きたいこと

- ▶ 既存の光学系を崩さずに多天体分光装置に実装できる面分光ユニットの開発
- ▶ 面分光ユニットの基本光学パラメータ

視野	スライス幅	スライス数	
14"×10.4"	0.4"	26	← 検出器が各焦点面に4枚の場合 (TAO望遠鏡)
14"×6.8"	0.4"	17	← 検出器が各焦点面に2枚の場合 (すばる望遠鏡)

光学設計については最終段階。各ミラーの製作について本格的な検討を開始

- ▶ すばる望遠鏡でのSWIMS+面分光観測モードはオプション
TAO望遠鏡では 良好な赤外観測サイトと0.9-2.5 μ mの広波長域を一度に面分光可能
高効率な観測による大量のサンプル構築、Pa α 輝線の空間分布(ダストに隠れた星形成)