

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

－すばる・TAO望遠鏡での
近赤外面分光観測に向けて－

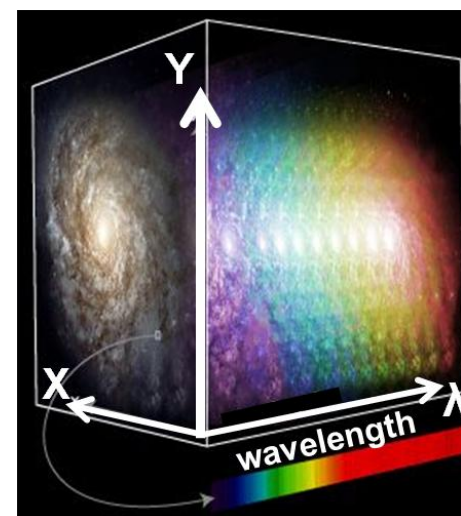
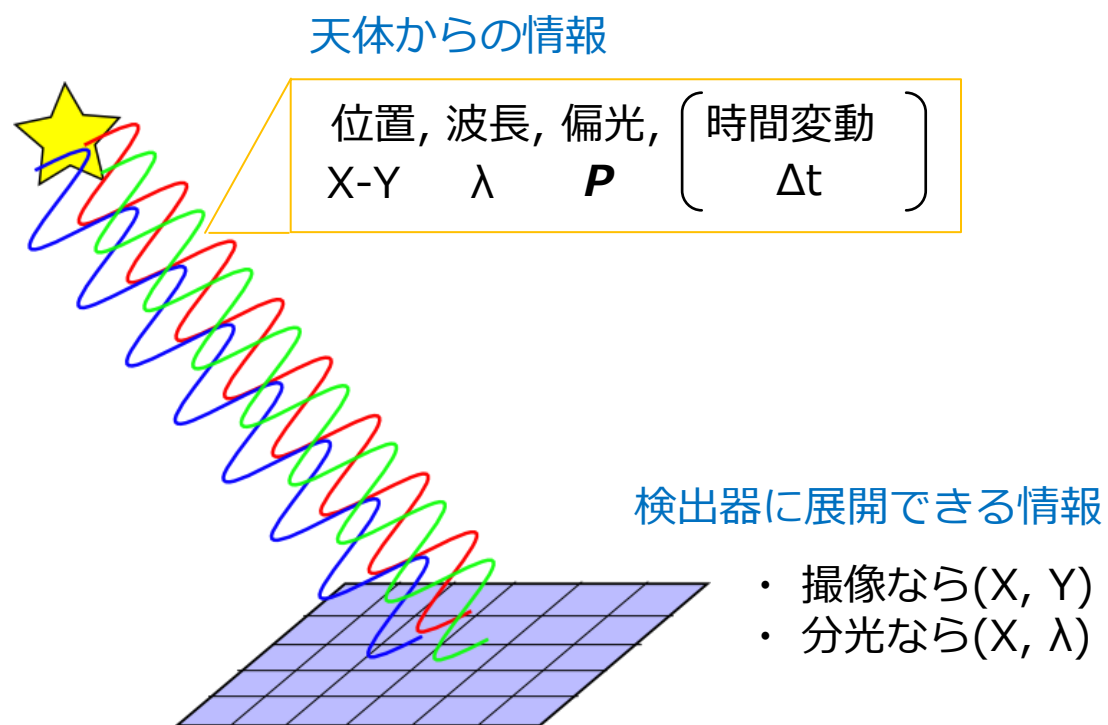
北川 祐太郎 & SWIMS team
(東大天文センター)

<Collaborator>

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

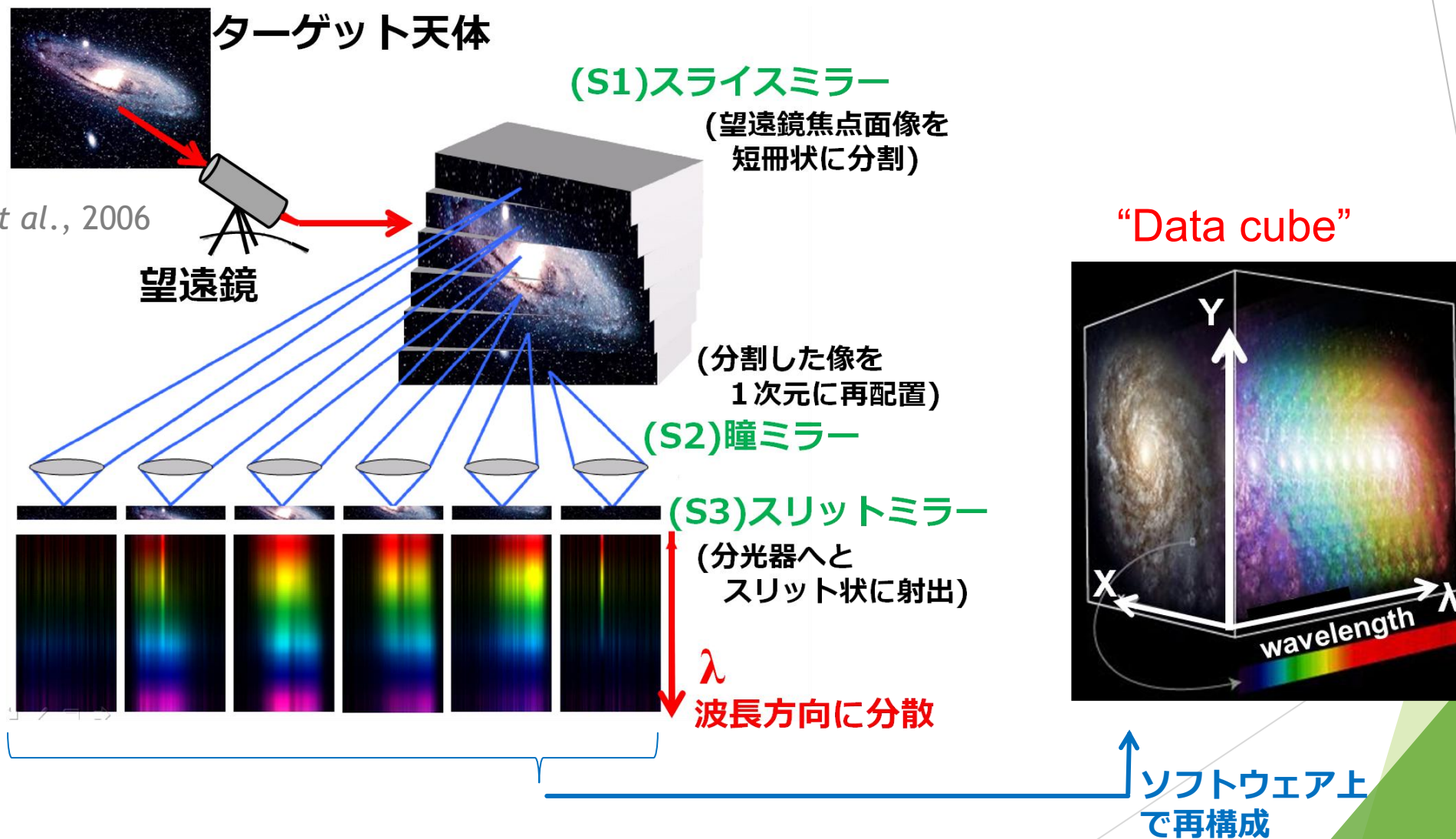
面分光 (Integral Field Spectroscopy) とは？

- ▶ 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」



- **面分光なら(X, Y, λ)
のデータが取得可能**

イメージスライサー型面分光ユニット



近赤外面分光装置が今、必要なワケ

- ▶ 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
- ▶ 今後も、近赤外面分光観測の需要は増していくと思われる。
容易にアクセスできる装置は？ ゼロから面分光観測専用の装置を作る？

近赤外面分光装置が今、必要なワケ

- ▶ 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
- ▶ 今後も、近赤外面分光観測の需要は増していくと思われる。
容易にアクセスできる装置は？ ゼロから面分光観測専用の装置を作る？

→ **既存の多天体分光装置を利用し、
軽量・小型な面分光ユニットを開発することで
簡便に近赤外面分光観測を実現**

「SWIMS+面分光ユニット」のコンセプト

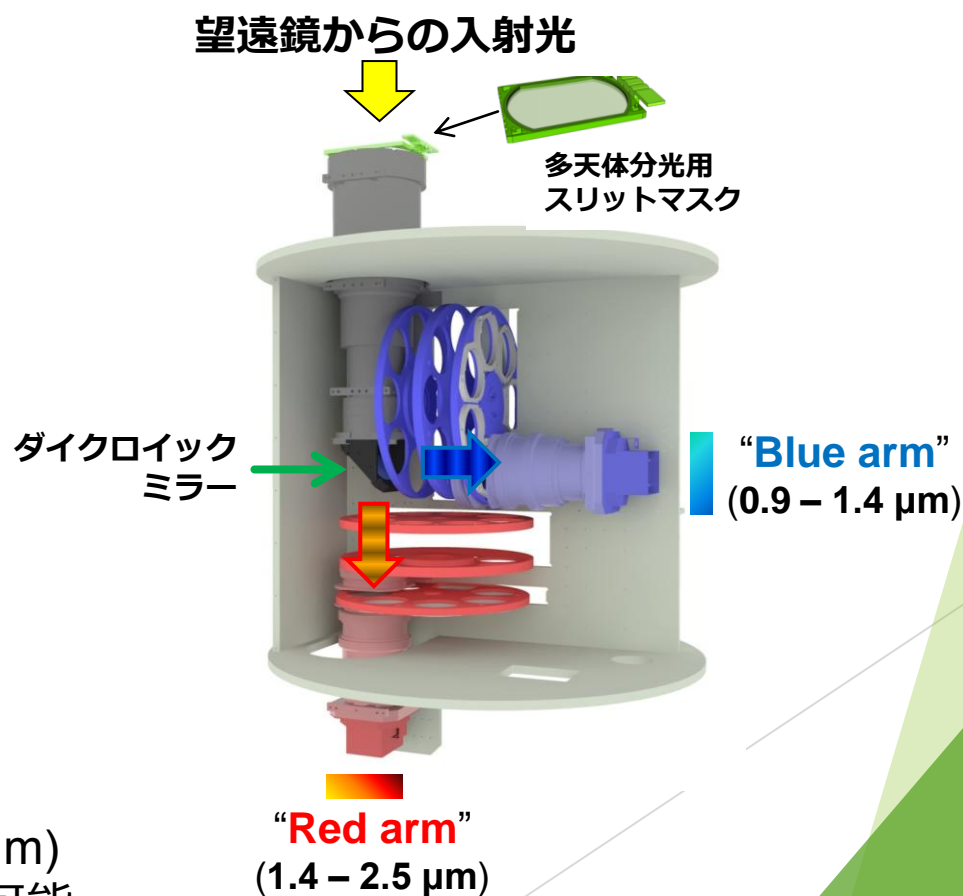
What is SWIMS ??

▶ 近赤外 2色同時 多天体分光撮像装置

Simultaneous-color **W**ide-field **I**nfrared **M**ulti-object **S**pectrograph

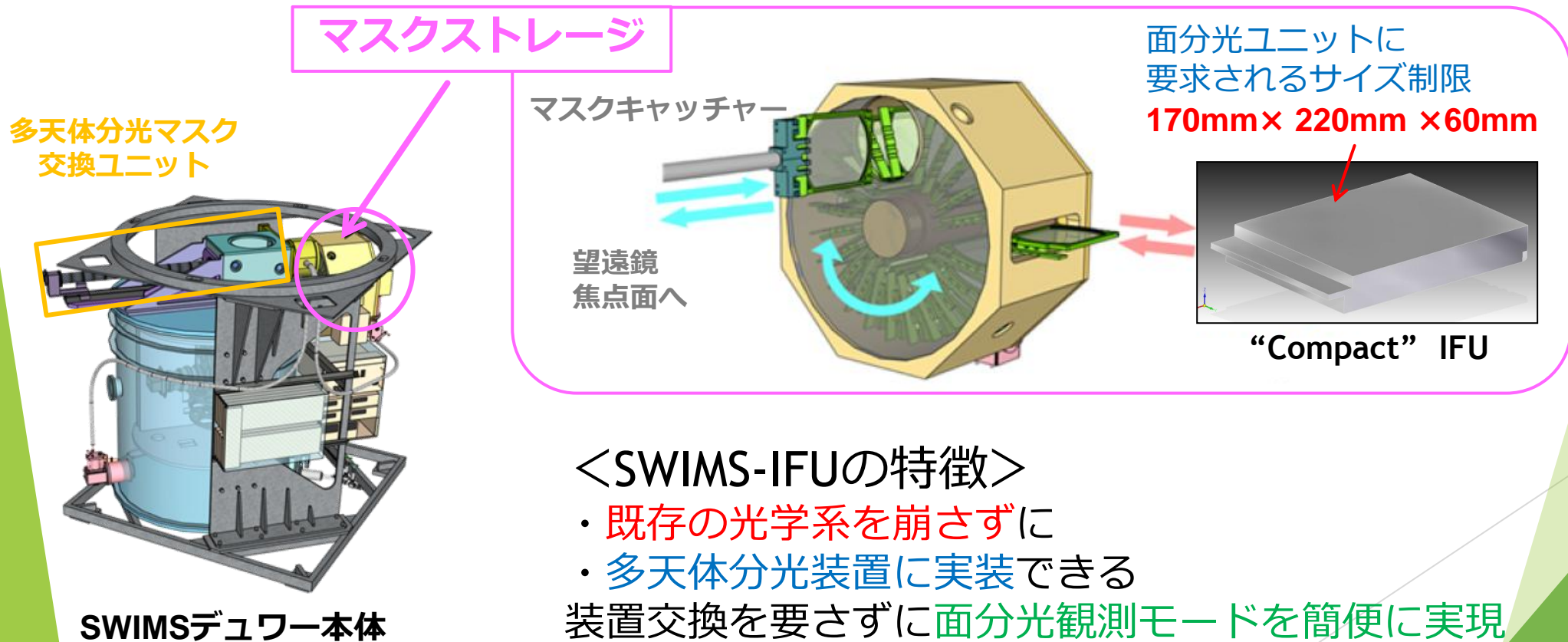


近赤外の2つの波長域 (0.9-1.4/1.4-2.5 μm)
を同時に撮像、もしくは多天体分光が可能



SWIMS+面分光ユニット(IFU)のコンセプト

- ▶ 多天体分光の1スリットマスクとして格納可能な小型・軽量ユニット



SWIMS-IFUにおける光学設計

▶ 目標

(1) 要求されるサイズ・重量制限を満たし

(2) 科学観測に耐える光学性能を有する

イメージスライサー型 近赤外面分光ユニットの開発

【SWIMS-IFUの基本パラメータ】

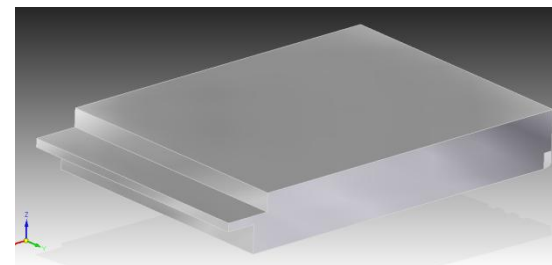
視野	スライス幅	スライス数	
14" × 10.4"	0.4"	26	← 検出器が各焦点面に4枚の場合 (TAO望遠鏡)
14" × 6.8"	0.4"	13	← 検出器が各焦点面に2枚の場合 (すばる望遠鏡)

ハワイ・マウナケア山山頂におけるseeing-limited 観測に最適化

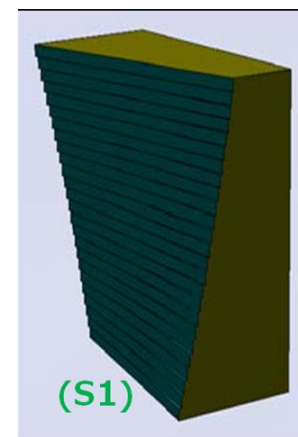
光学設計における束縛条件

▶ 光学設計の際に下記の条件を考慮

(1) サイズは $170 \times 220 \times 60 \text{ mm}^3$ 以下
← MOSユニットへの格納条件



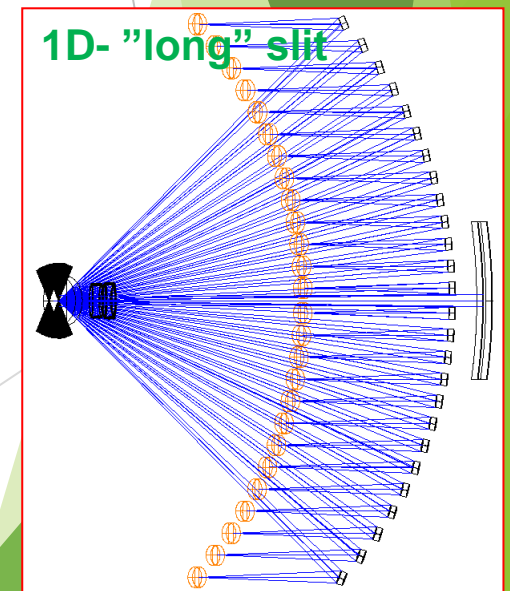
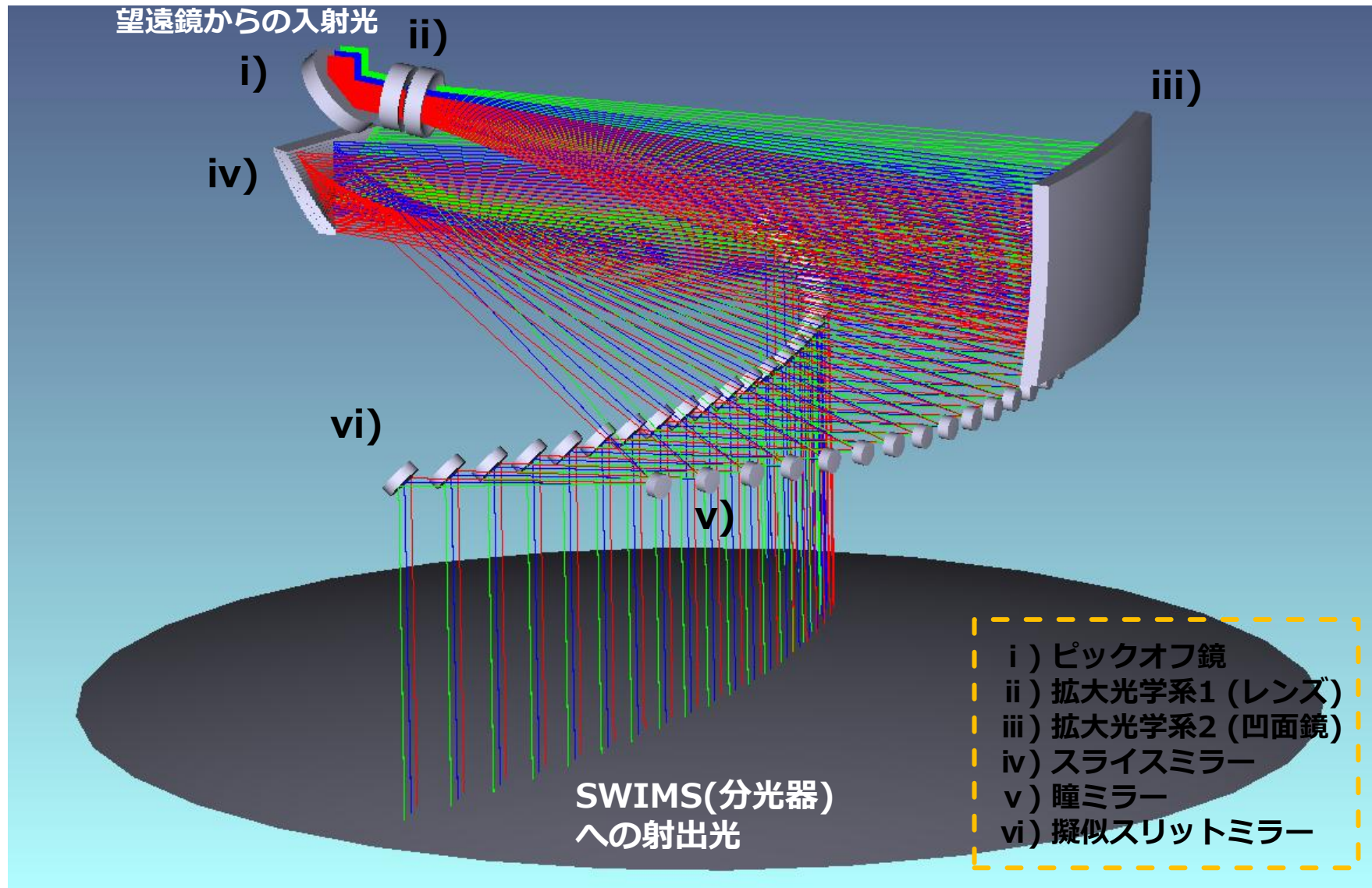
(2) スライスミラーの鏡面形状はフラット
← ミラー加工を容易にする工夫



(3) 各ミラーを同一箇所配置

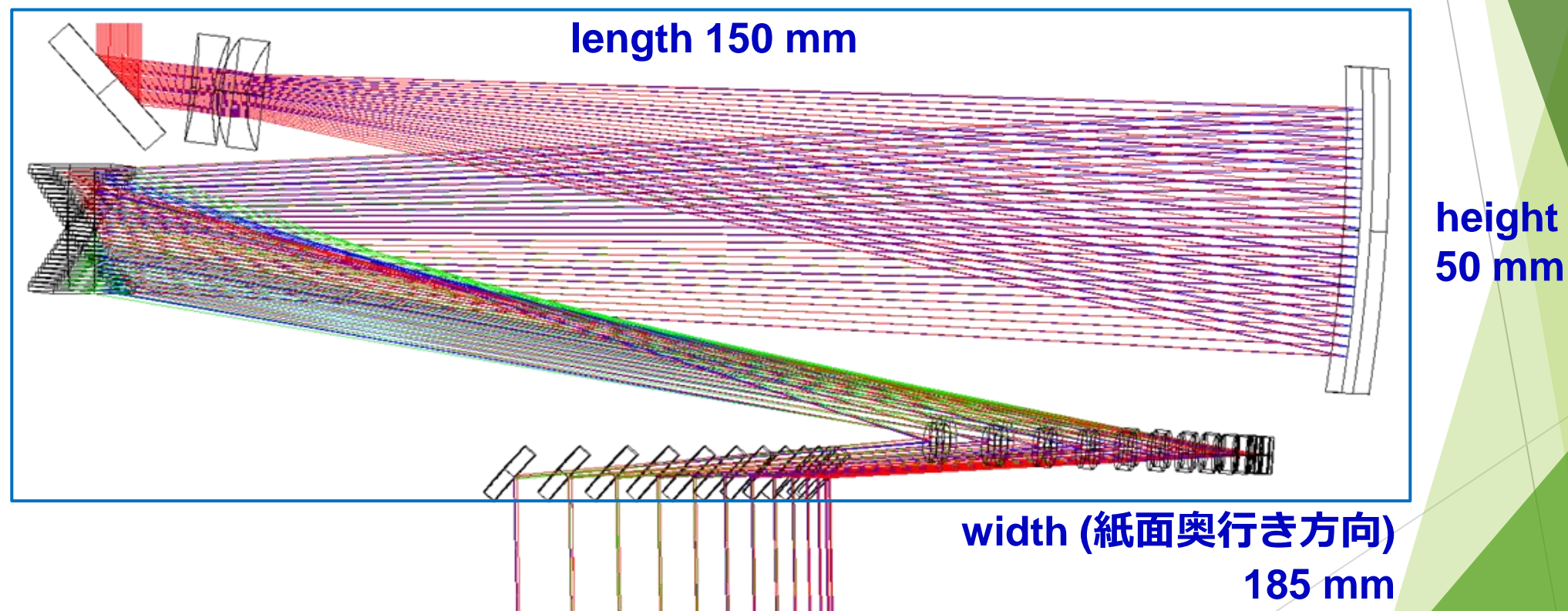
← ミラー同士の一体加工によりアライメント手間を省略

Modeling of SWIMS-IFU



(1) サイズ要求に対する評価

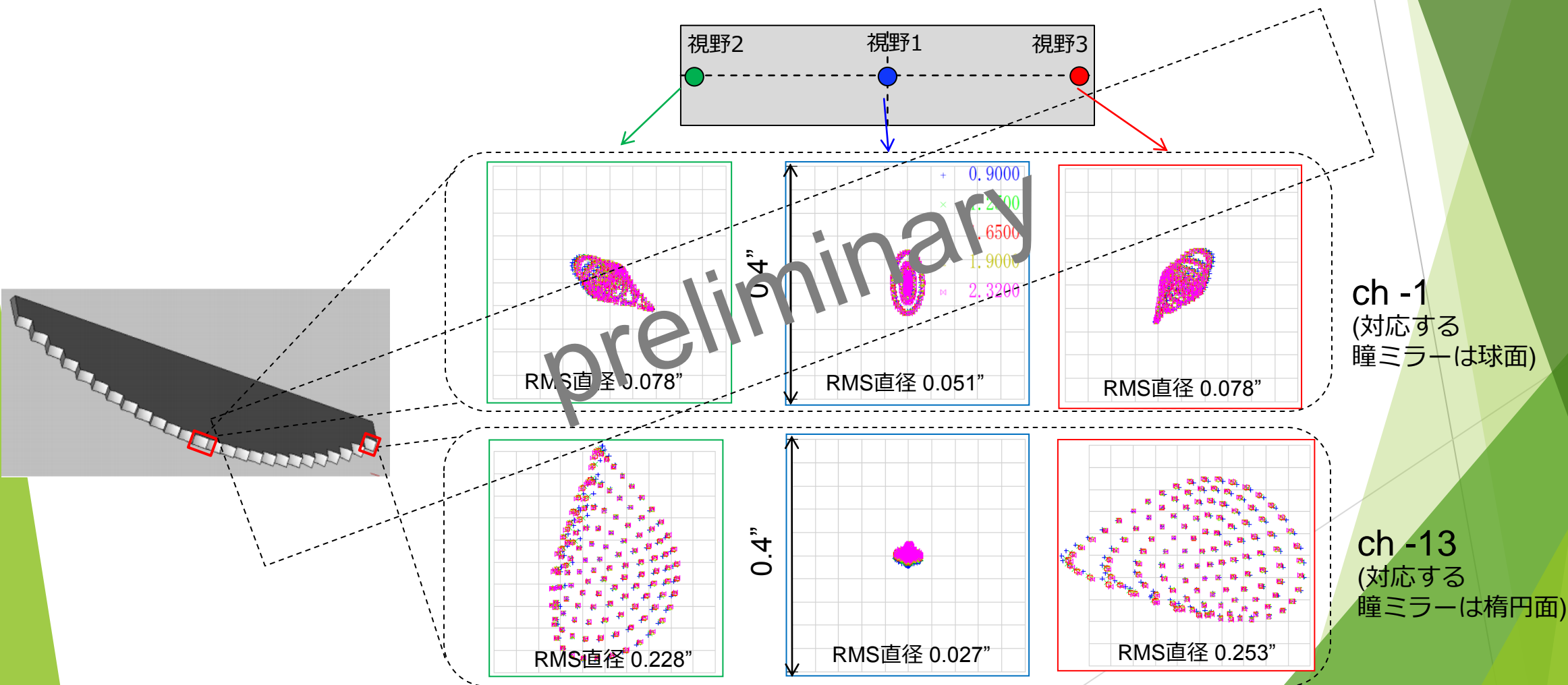
- ▶ 要求されるサイズ制限を満たす光学解の構築に成功



面分光ユニットに要求されるサイズ制限
170mm (L) × 220mm (W) × 60mm (H)

(2) 結像性能に対する評価

▶ スリットミラー上におけるスポットダイアグラム

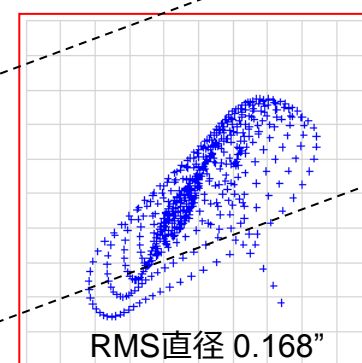
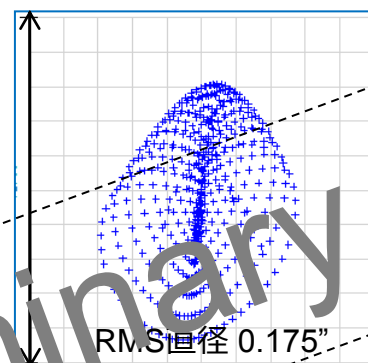
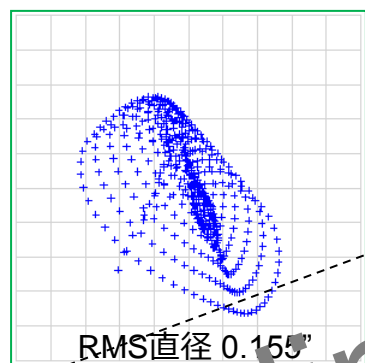


(2) 結像性能に対する評価

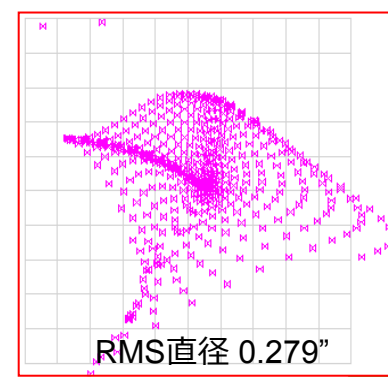
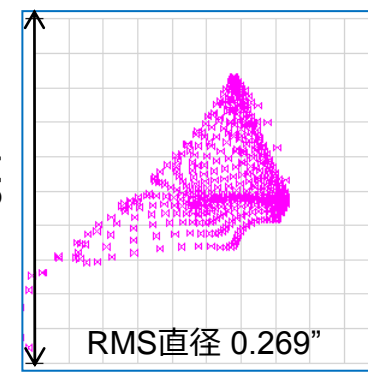
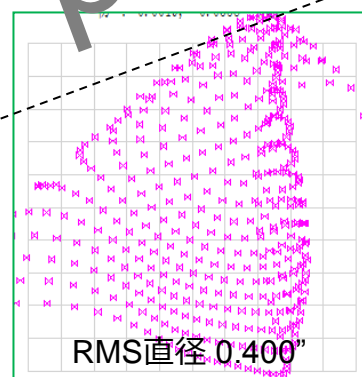
IFU

▶ SWIMS検出器上でのスポットダイアグラム

Best spot (-1ch, 0.9 μ m)



Worst spot (-13ch, 1.4 μ m)



一番悪化したスポット ~ マウナケアのベストシーイング ~ 0.4"

ダイクロイック
ミラー

ここから本題...??

SWIMS-IFUに おける技術課題

SWIMS-IFUにおける技術課題

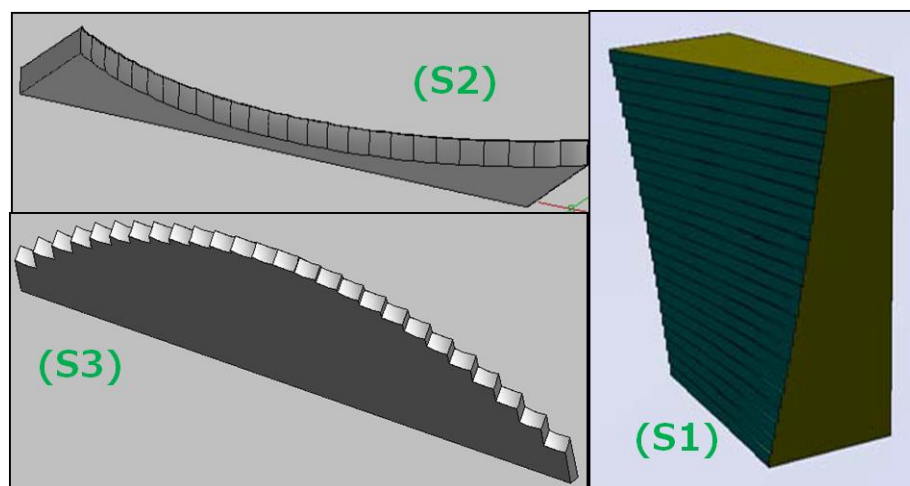
▶ 光学設計は、まだ改善の余地あり

- ・非常に狭い空間で光線を複数回反射させることになるので、必然的に収差は大きくなる (特に端チャンネル)
- ・でも端チャンネルでの結像性能は可能な限り良くしたい (現在は瞳ミラーの端チャンネルは楕円鏡)
- ・SWIMS内で綺麗な瞳像を作る必要あり (光量ロスは抑えたい)

SWIMS-IFUにおける技術課題

▶ 各種ミラーの製作

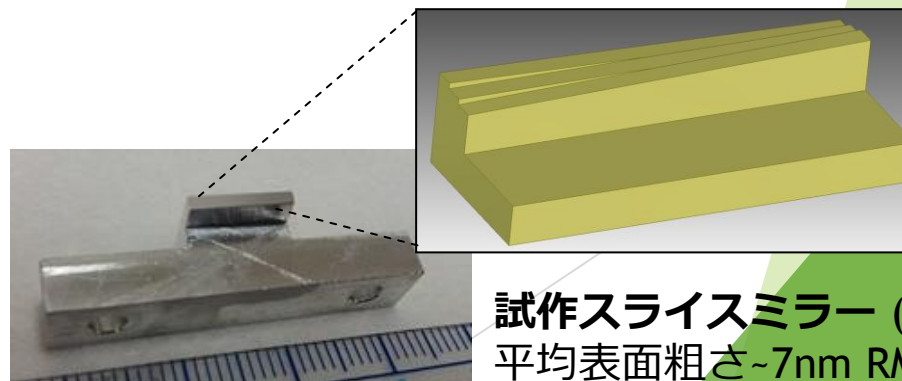
スライスミラー、瞳ミラー、擬似スリットミラーいずれも「曲者」揃い



超精密加工技術を用いた金属鏡の切削加工

- ・アルミ母材から一体加工
- ・各面は異なるRをもつ (+一部非球面)
- ・目標 表面粗さ10nm RMS

——→ 海外業者も視野に含めて、現在検討中



試作スライスミラー (3反射面)
平均表面粗さ~7nm RMS

Summary

▶ SWIMS-IFUのコンセプト

既存の分光装置を利用し、**軽量・小型な面分光ユニットを開発**することで、**簡便に近赤外面分光観測を実現**

▶ 要求される**サイズ条件を満たす光学設計解の構築に成功。**

seeing-limited 観測条件の下で **acceptable** な結像性能を達成

▶ 技術課題

- ・ 狭い空間かつ反射を多用した光学系での、結像・瞳像性能の向上
- ・ 複雑な形状をもつミラーアレイの**超精密加工による製作可能性**

上記の技術要素で、過去に検討したことがある、あるいはこうしてはどうだろうか??
など質問、コメントがあればぜひお待ちしております (y_kitagawa@ioa.s.u-tokyo.ac.jp)