

SWIMS多天体分光用 マスク素材冷却収縮試験

@第8回可視赤外線観測装置技術ワークショップ

東京大学天文学教育研究センター

修士1年

櫛引洸佑

本原顕太郎, 小西真広, 高橋英則,
加藤夏子, 寺尾恭範, 河野志洋 (東京大学天文センター)

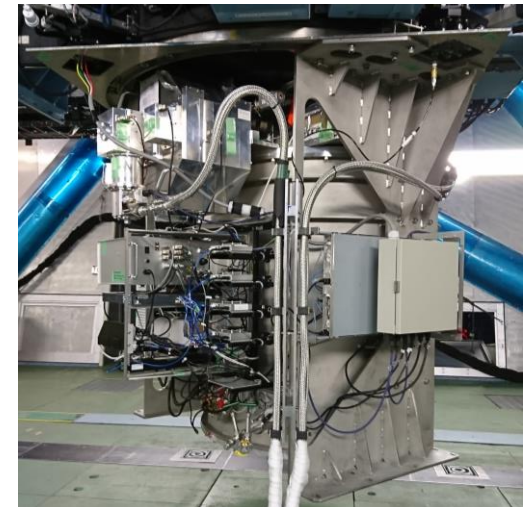
目次

- イントロダクション
 - SWIMSとその多天体分光機能
 - スリットマスクの設計に関する収縮
- マスク素材冷却試験
 - 実験設定
 - 結果
- SWIMS多天体分光試験観測
 - マスクの形状、温度変化

SWIMS

TAO望遠鏡第一期装置

- $\lambda = 0.9-1.45, 1.45-2.5 \mu\text{m}$ を二色同時に撮像/分光
- $\phi 9'.6$ の広視野撮像 (with 4 detector)
- 近赤外線波長帯を一度に多天体分光
- IFUによる面分光



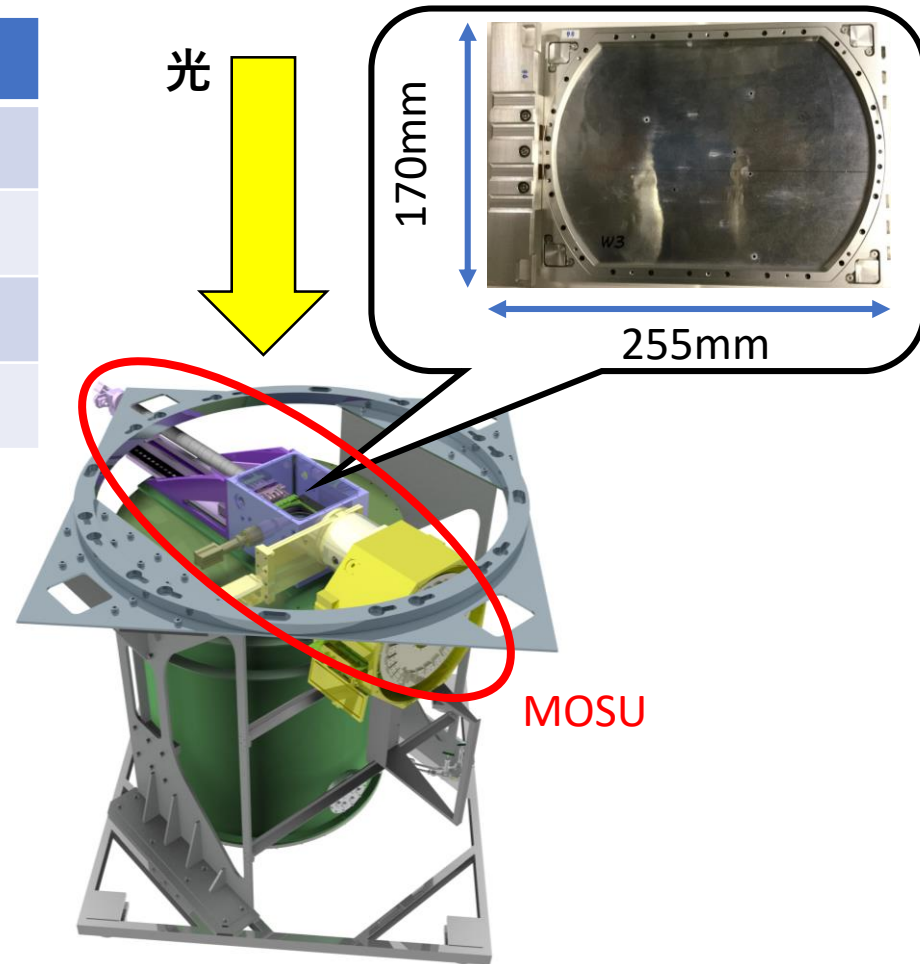
SWIMS全体 : 26日午前 小西
IFU : このあとすぐ 河野

スリット多天体分光

	@Subaru	@TAO
最大天体数	~20	~40
$R=\lambda/\Delta\lambda$	~1000	
FoV	2'8×3'3	3'7×8'6
感度(Ks)	20.7	20.4

感度 : 3600s, S/N=5, スリット幅=0".5, 点源

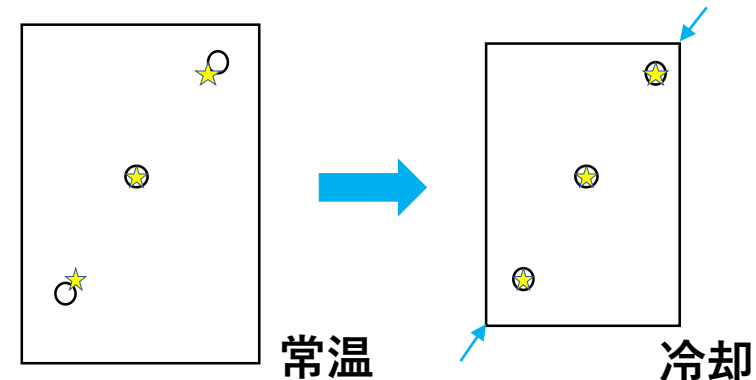
- MOSUにより焦点面にスリットマスクを導入
- スリットマスク上で天体の位置関係を再現



冷却収縮と必要な精度

作成時 ~ 293K → 焦点面 ~ 100K
⇒ 拡大して作成

L_T/L_{293} の情報が必要

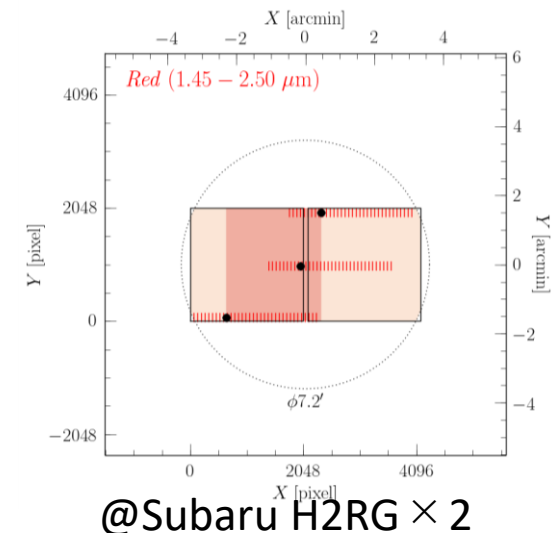


必要精度 : 0.5"幅スリットの10%
⇒ $\Delta L_T = 24\mu\text{m}$ (@Subaru カセグレン)

スリット作成範囲: 78mm × 94mm

⇒ $L_{293} = 80\text{mm}$

⇒ $\Delta L_T/L_{293} = 24\mu\text{m} / 80\text{mm} = 0.0003$

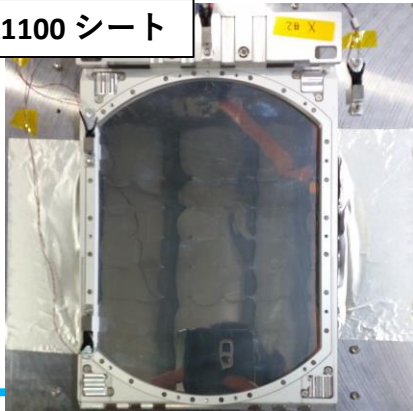


使用した素材

ピンホールグリッドが空いたシート、板材

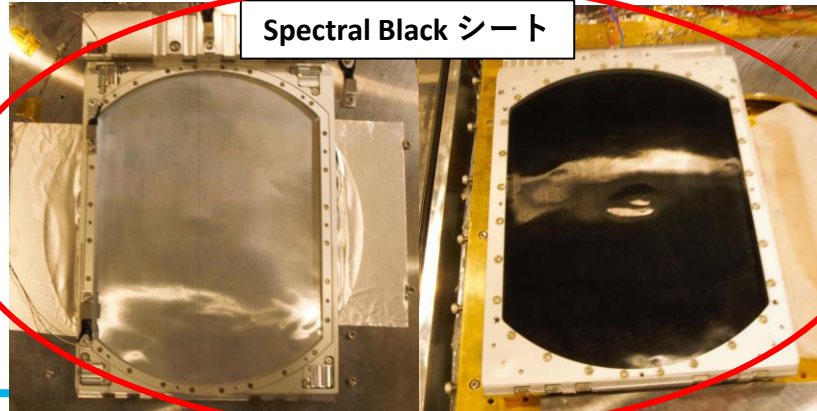
	A1100 シート	Spectral Black シート (Acktar社)	A1100 10mm厚板
材質	A1100	アルミニウム +Fractal Black	A1100
厚さ	100 μ m	125+5 μ m	10mm
寸法	222mm \times 162mm	222mm \times 162mm	240mm \times 190mm
ピンホール グリッド	20mm間隔 5 \times 8 長方形	20mm間隔 5 \times 8 平行四辺形	25mm 間隔 6 \times 5 長方形

A1100 シート



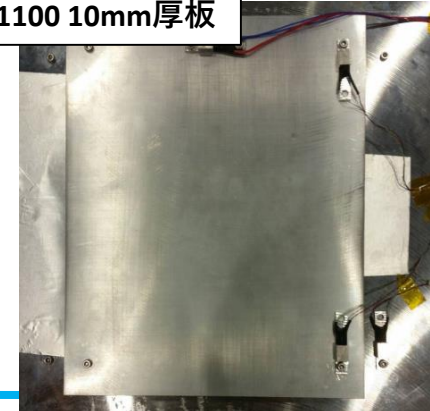
2019/2/25.26

Spectral Black シート



第8回可視赤外線観測装置技術ワークショップ

A1100 10mm厚板

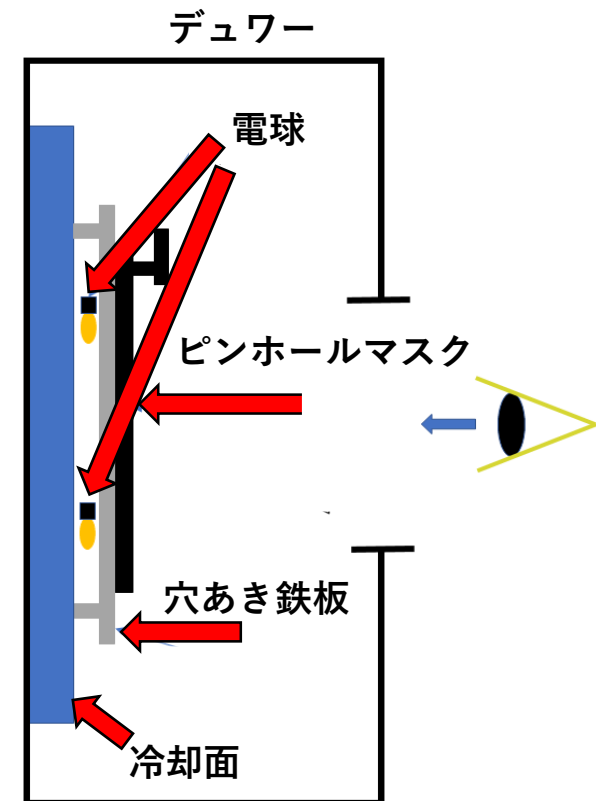
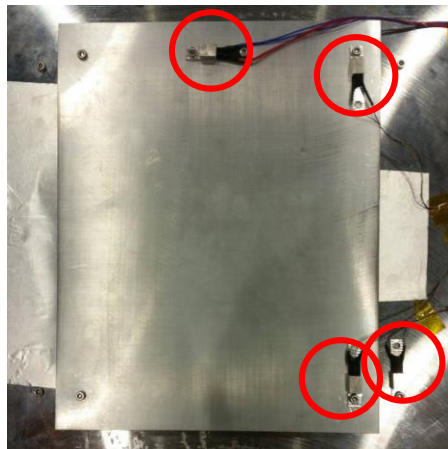
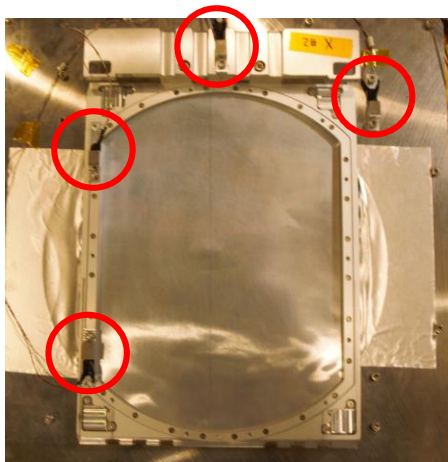


6

実験設定

- 液体窒素で冷却
- 電球で裏からピンホールグリッドを照らし、Canon EOS6Dで撮影
- ピンホールグリッドの拡大縮小

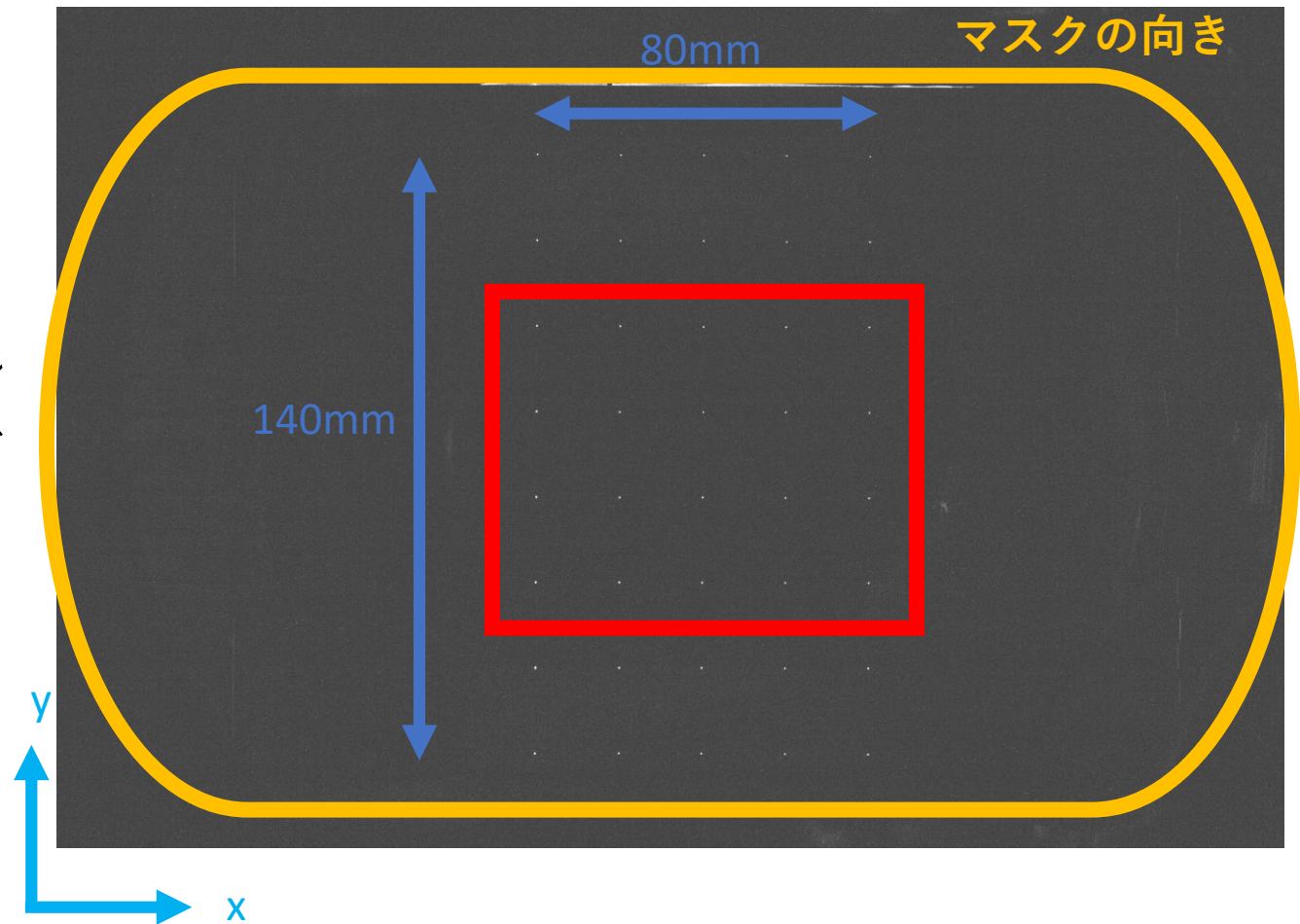
温度計



実際に取れた画像

A1100での画像

- 20mmグリッド
8×5のピンホール
- ピンホールサイズ
0.1 mm

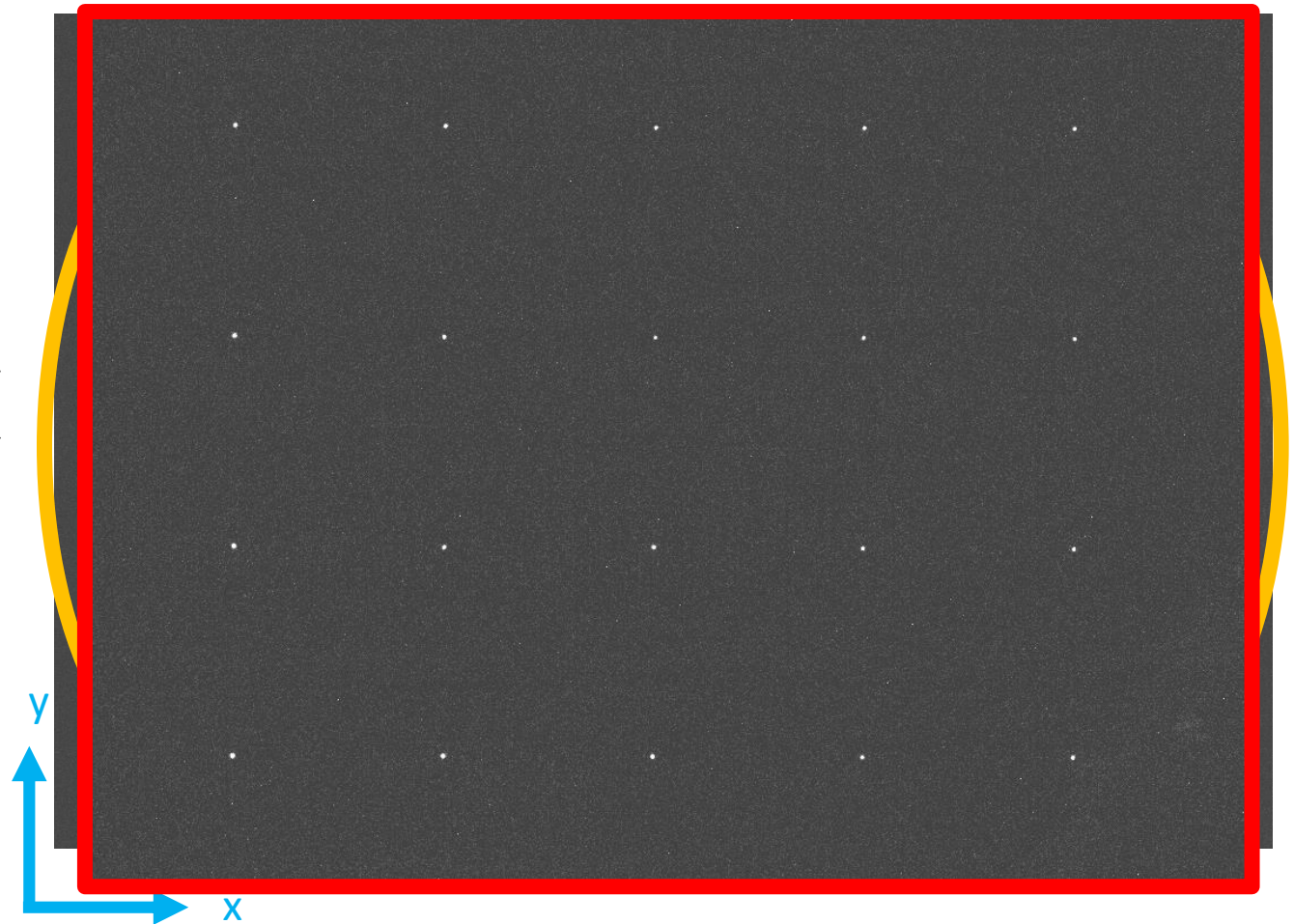


293Kでの実際の画像

実際に取れた画像

A1100での画像

- 20mmグリッド
8×5のピンホール
- ピンホールサイズ
0.1 mm



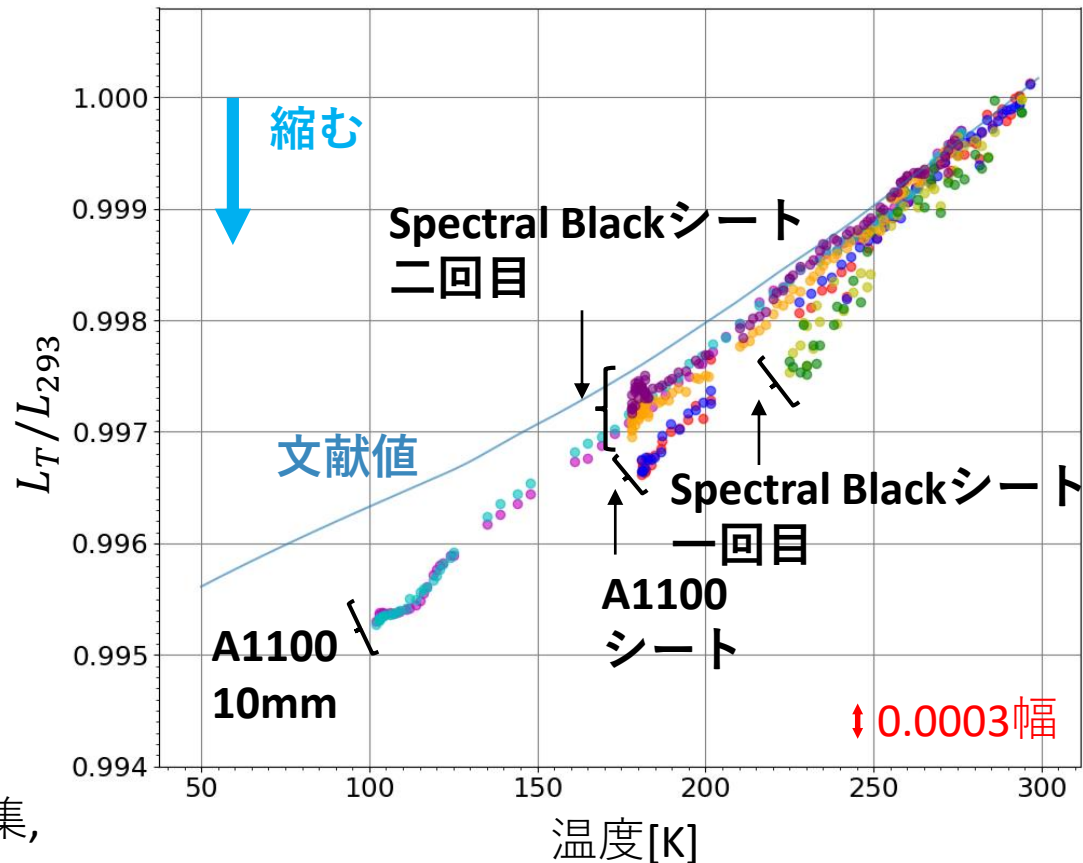
293Kでの実際の画像

収縮特性

A1100シート × 1
A1100 10mm厚板 × 1
Spectral Blackシート × 2

- 0.0003幅の精度達成
- 縦横の差はほぼない
- どの素材も **文献値** より縮む傾向

文献値 : (極低温金属材料データ集,
社団法人低温工学会)



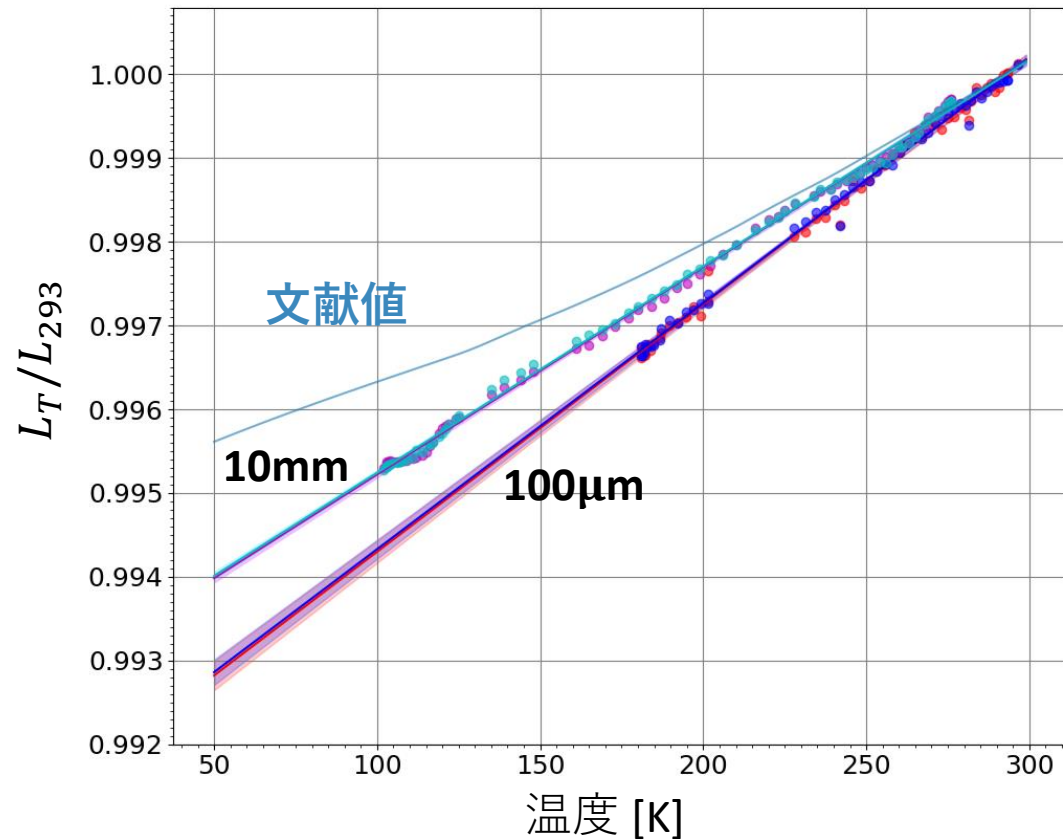
厚みによる違い

A1100 100 μ m vs 10mm

- 薄いものの方が縮む

圧延加工の際の残存応力が縮む方向に効いている？

⇒ アニールしたサンプルの測定が必要



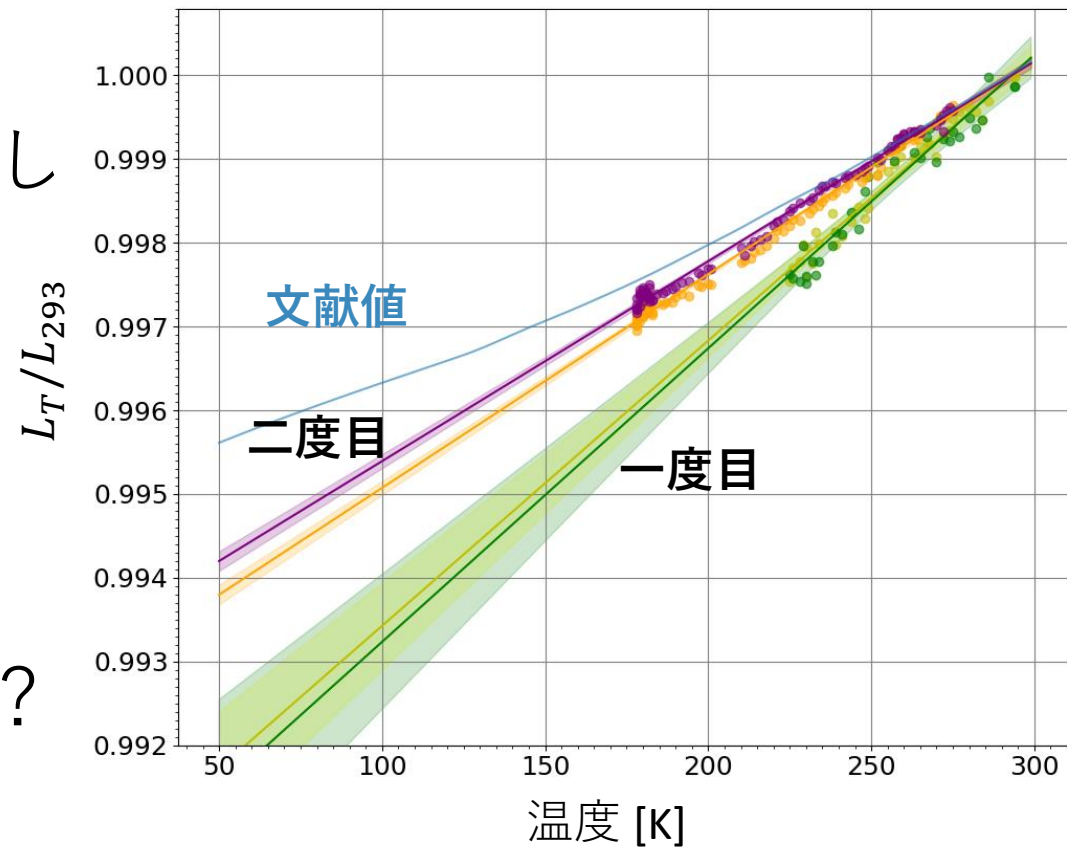
繰り返しによる違い？

Spectral Black

- 二度目は収縮量が減少し文献値に近づく

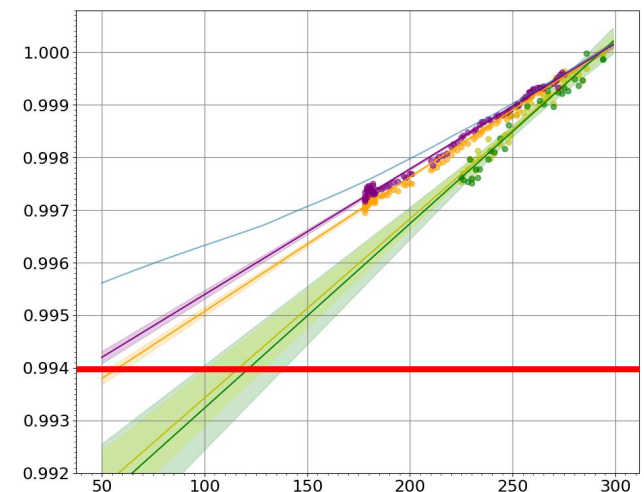
考えられる原因

- 素材の性質の変化？
(特に黒色膜)
- ⇒3度目はどうなるのか？



収縮試験まとめ

- 素材の厚さが薄いものほど、より大きく縮む (A1100 100 μ m vs 10mm)
- 二度目の実験をすると収縮量が減少し、文献値に近づく (Spectral Black)
- 基本的に観測で使うマスクは一度目の冷却なので、Spectral Blackの一度目の結果を使う
- 試験観測ではMOIRCSが使用している収縮率0.9940という値を使用した
- 二度目の使用では収縮量が変わる可能性があり、要注意



マスク温度制御への要求

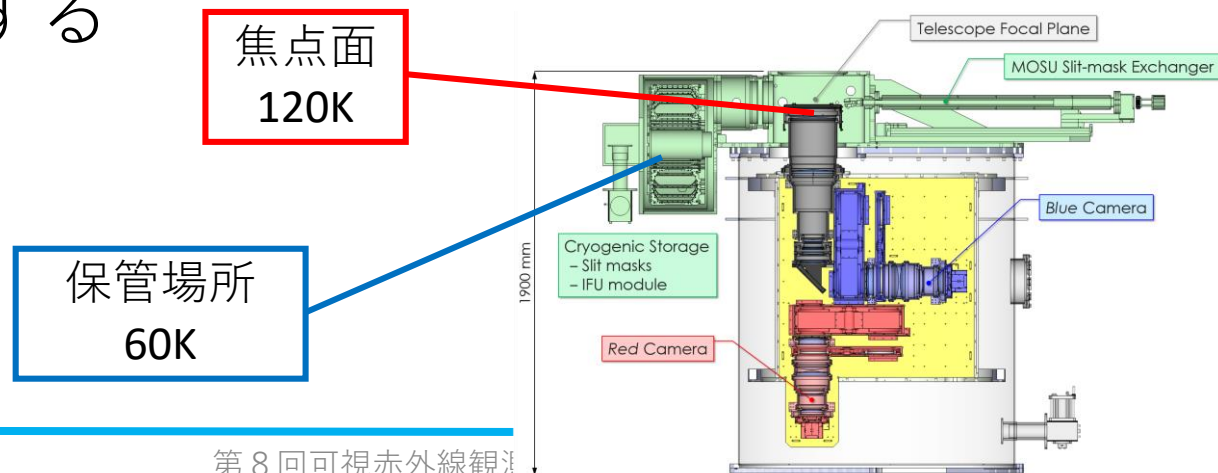
Spectral Black 一回目の結果から

$$\Delta(L_T/L_{293}) < 0.0003$$

⇒ 設定温度の $|\Delta T| < 8.57\text{K}$ 範囲内で実温度を安定
しかし...

保管時と使用時の温度が60Kほど違う

⇒ マスク導入後、大きく温度変化しマスクが
膨張する

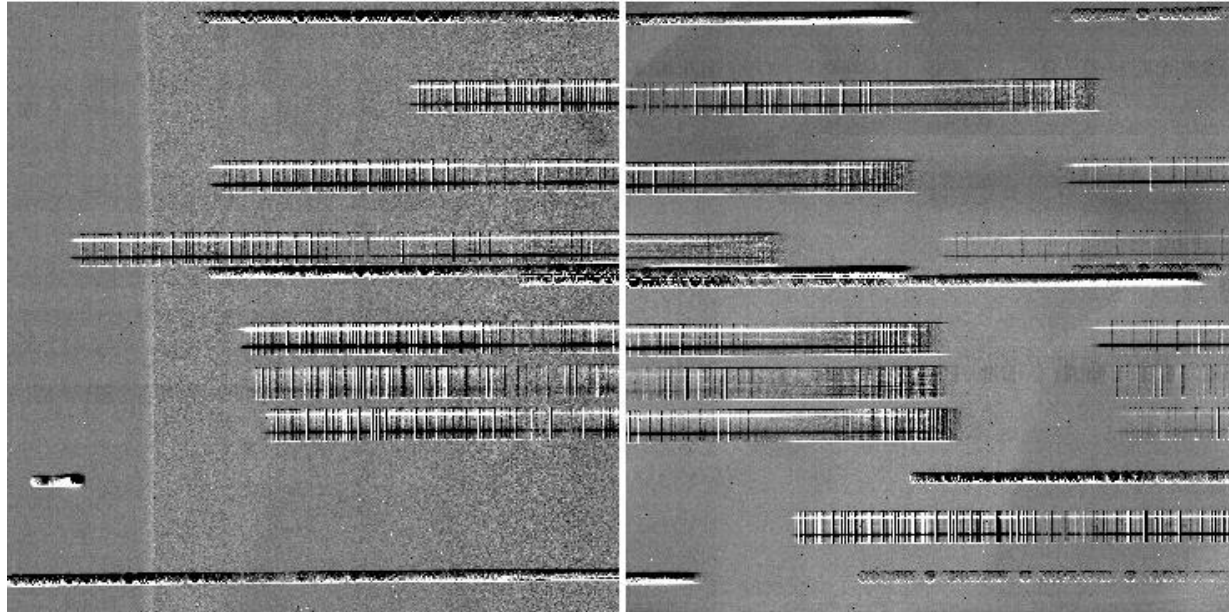


スリット位置ずれ

2019/1/22, 23, 24, 26 (計3夜) 試験観測@Subaru

観測時間の中でのマスクの形状変化確認

約40分間離れた二枚の画像でスカイが引け残りができてしまう



スリット位置の時系列変化

三つのスリットについて背景光の輝線のズレ

	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目	5枚目	6枚目	7枚目	8枚目
1枚目との 時間差	0 min	6 min	11 min	17 min	28 min	34 min	39 min	45 min

マスク挿入後約15min

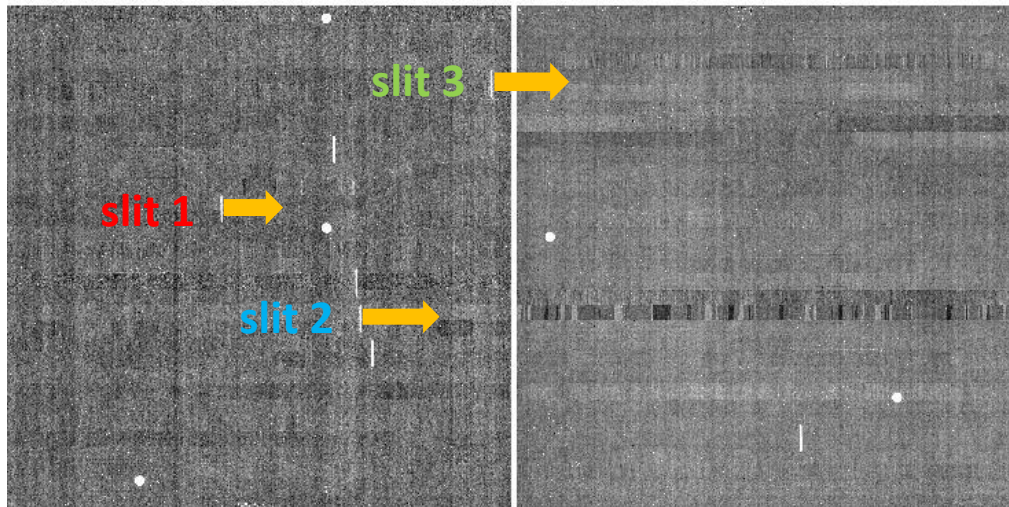
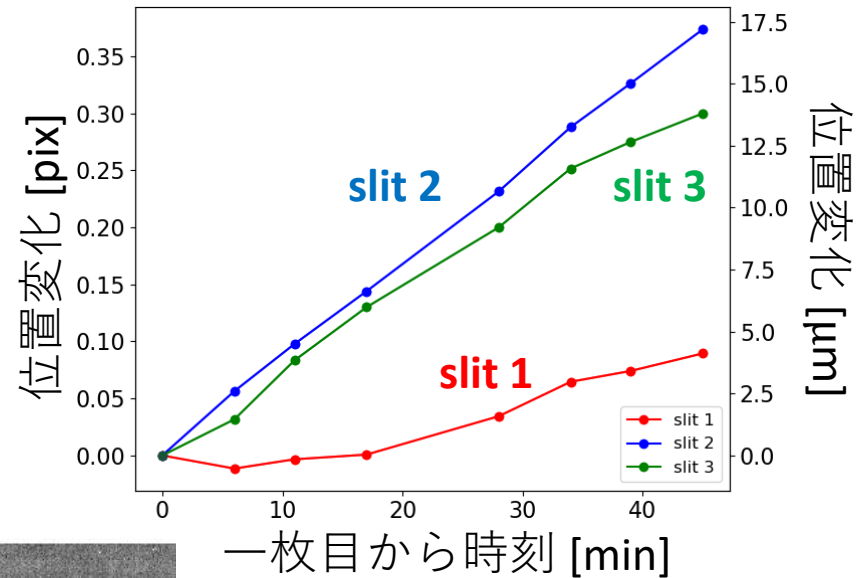


温度変化による膨張

時刻とともに右に移動

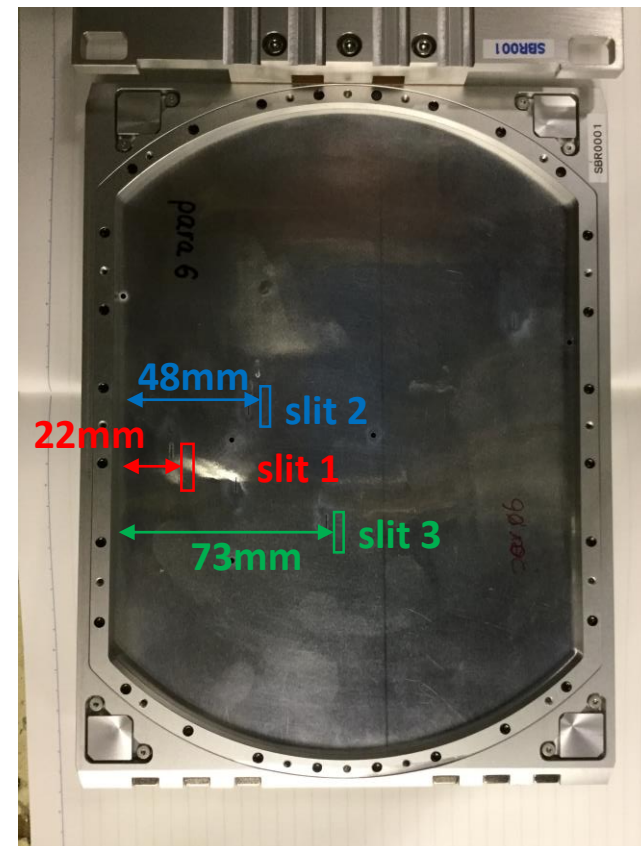
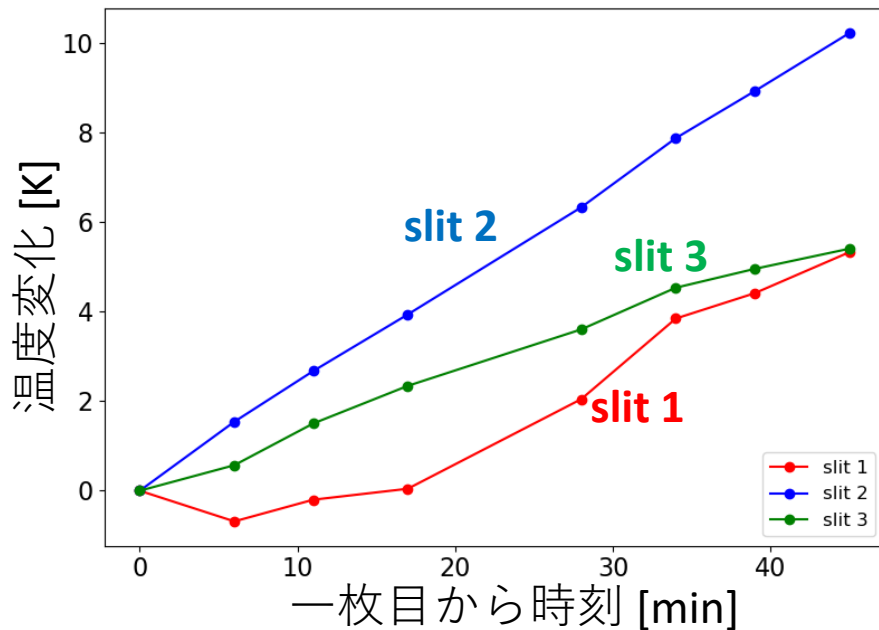
左のslit1の位置ずれが小さく、
右の二つが大きい

⇒左側を中心に膨張



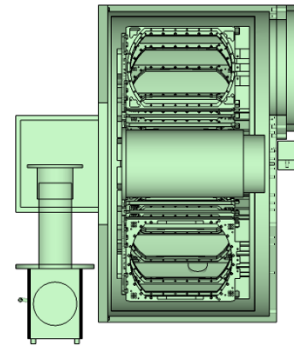
温度変化

右下図でのマスク素材左端を膨張の基準として採用
slit1,3は近い温度に、slit2はさらに高い
⇒温度勾配があり、さらに上昇の傾向



マスク温度変化への対策

- 保管場所(60K)と使用場所(120K)の温度差を改善
⇒ 保管場所のカルーセル温度を上げる
 - MOSU用の冷凍機の熱パスを減らす
 - 温度制御ヒーター



Cryogenic Storage
- Slit masks
- IFU module

- 温度変化しても変形しにくい素材
 - インバーなど
- ⇔ 熱輻射を抑えるための温度(<200K)まで安定して冷えるか

まとめ

- 試験観測に向けた多天体分光用マスクの冷却試験とその結果を用いて作成したマスクにおけるSWIMS多天体分光試験観測を行った。
- 冷却試験では必要な精度で収縮特性を取得できたものの、文献値よりも大きな収縮、素材の厚みによる違い、繰り返しによる変化が見られた。
- 試験観測ではマスクの温度変化によるスリット位置の変化が見られた。
- 今後はアニールしたアルミ素材やSpectral Black素材の3度目の試験、SWIMS内のマスク温度環境の改善を行っていく。