

系外惑星撮像装置SEICAの開発： 高次波面センサの進捗

2023/9/13

2023年度せいめいUM

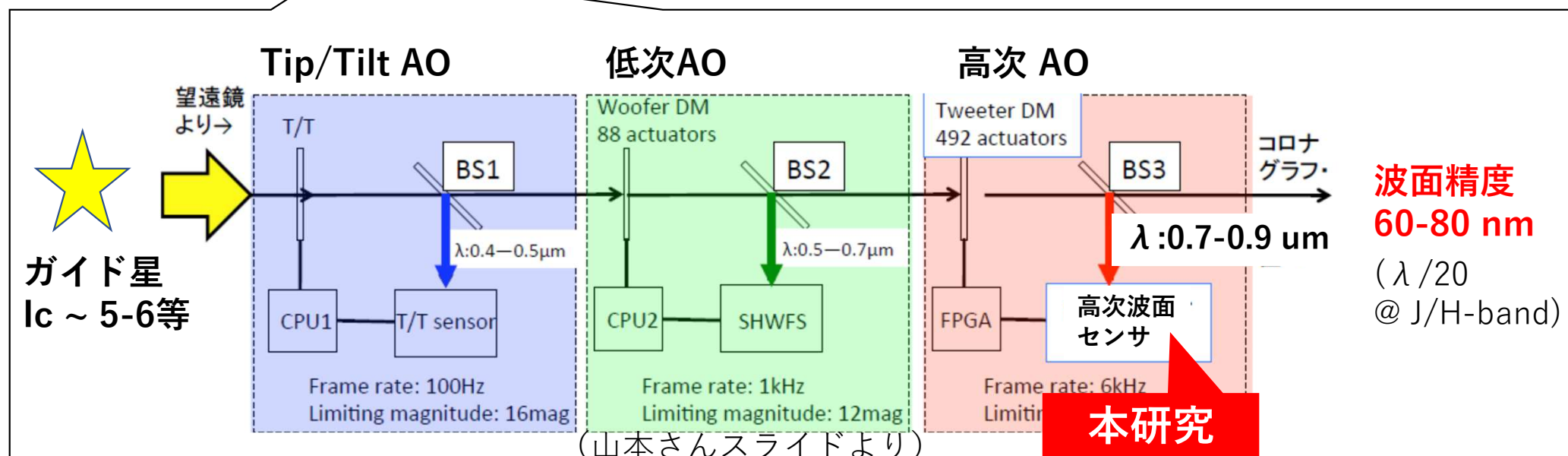
津久井 遼

(4月より(株)ロジストラボ所属)



背景

- SEICA : 極限補償光学 + コロナグラフ



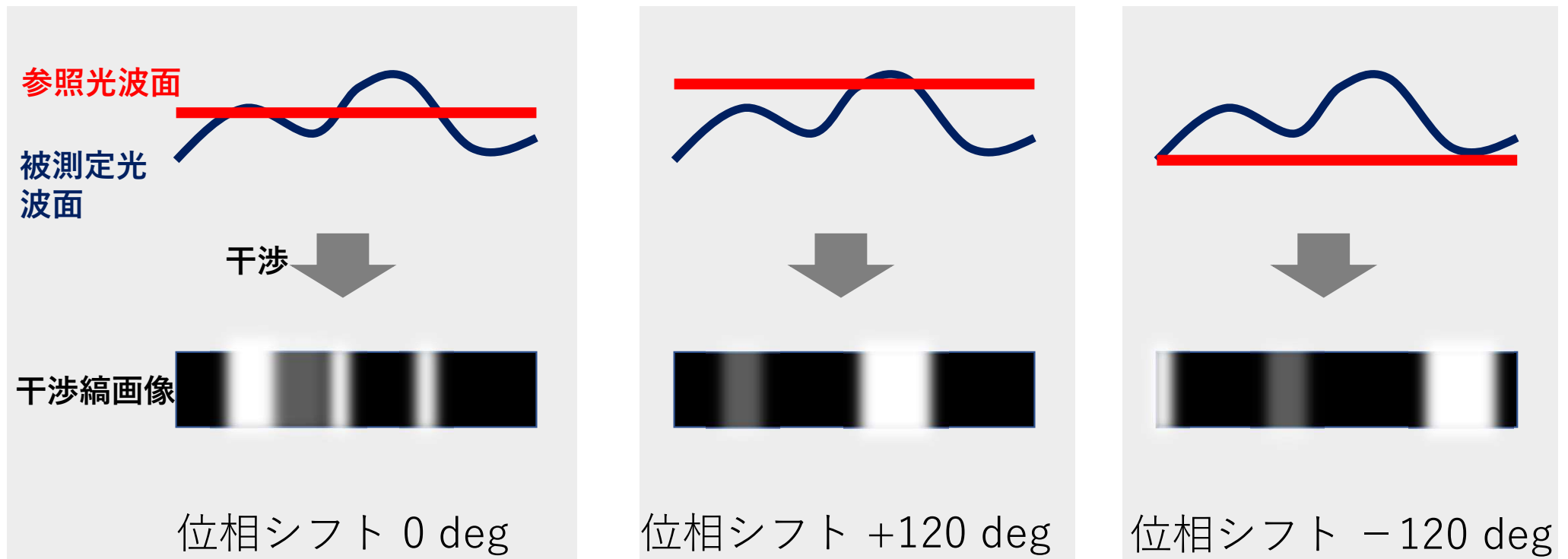
- 要求性能 :

- 高精度 ($\approx 40 \text{ nm RMS}$)
- 高頻度 (毎秒 ≥ 5000 回)
- 多点 ($> 24 \times 24$ ピクセル)

少ないフォトン(低S/N)で高精度測定

測定原理：位相シフト干渉法

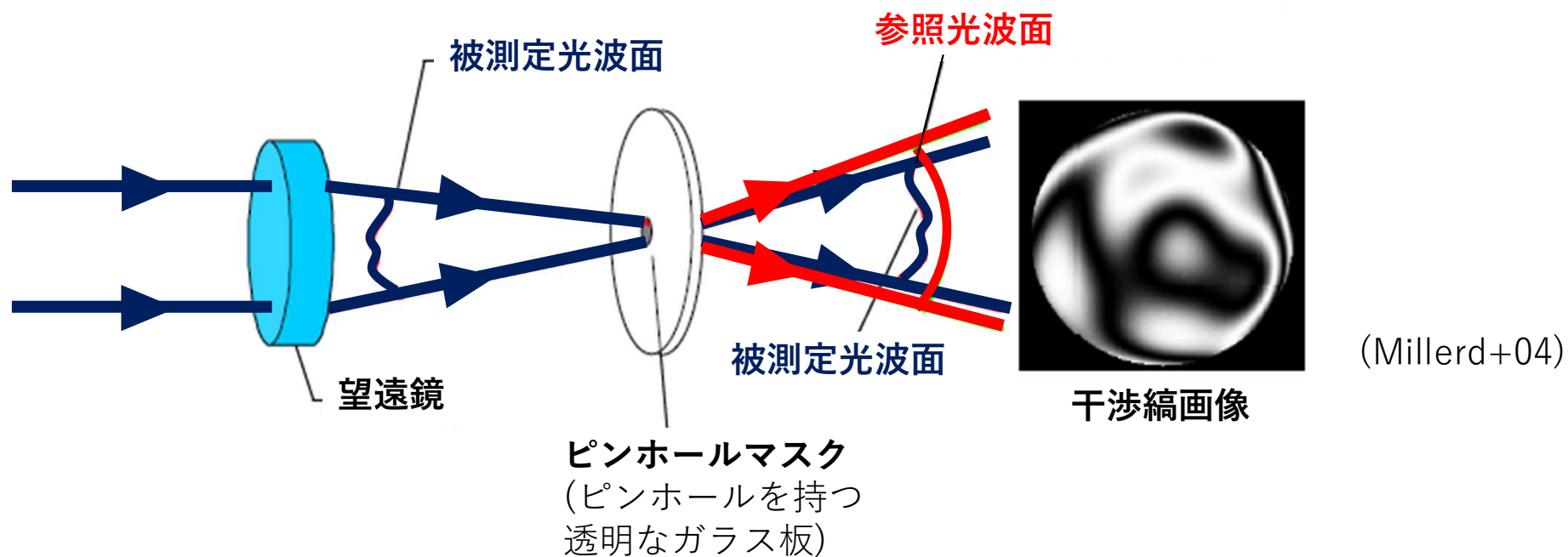
- 低S/Nにおいても比較的高精度な測定が可能
- 3種類の干渉縞から、被測定光の波面形状を計算



- 必要なもの：参照波面, 3段階位相シフト (0, ± 120 deg)

位相シフト干渉法の実装

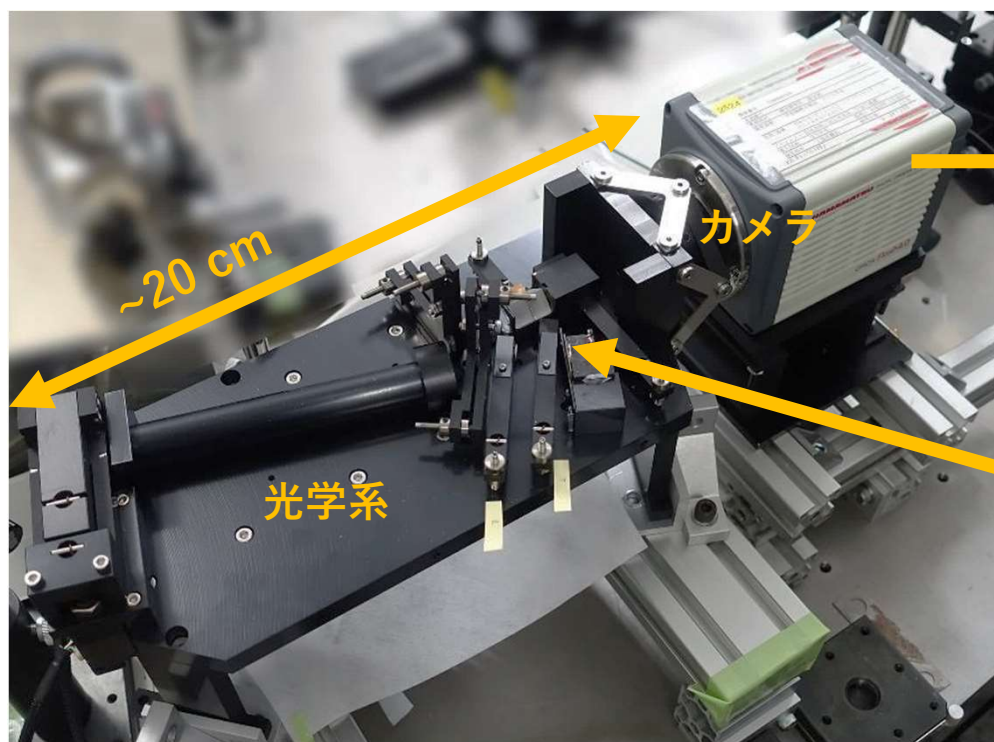
- 参照波面：PDI (Point-Diffraction Interferometer)方式により生成
 - 被測定光の一部をピンホールで取り出して参照光とする



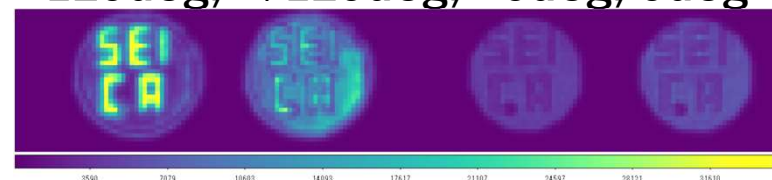
- 3段階位相シフト：ピンホールマスクを複屈折結晶 TiO_2 で作ることで達成 (Tsukui+23)

これまでの開発

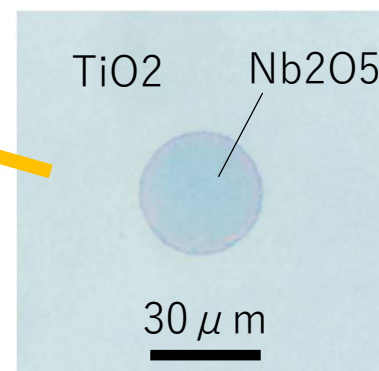
- FY2021: 東工大マイクロプロセス部門との共同研究でピンホールマスク開発
- FY2022: 光学系組み立て、実験室内での性能評価実験
 - 低S/Nにおける測定誤差: ~ 30 nm, 従来方式(Shack-Hartmann, 理論値)の \sim 数分の1



-120deg, +120deg, 0deg, 0deg



干渉縞画像(Tsukui+23)



ピンホールマスク
(Tsukui+23)

トピック：カメラ更新による高精度化

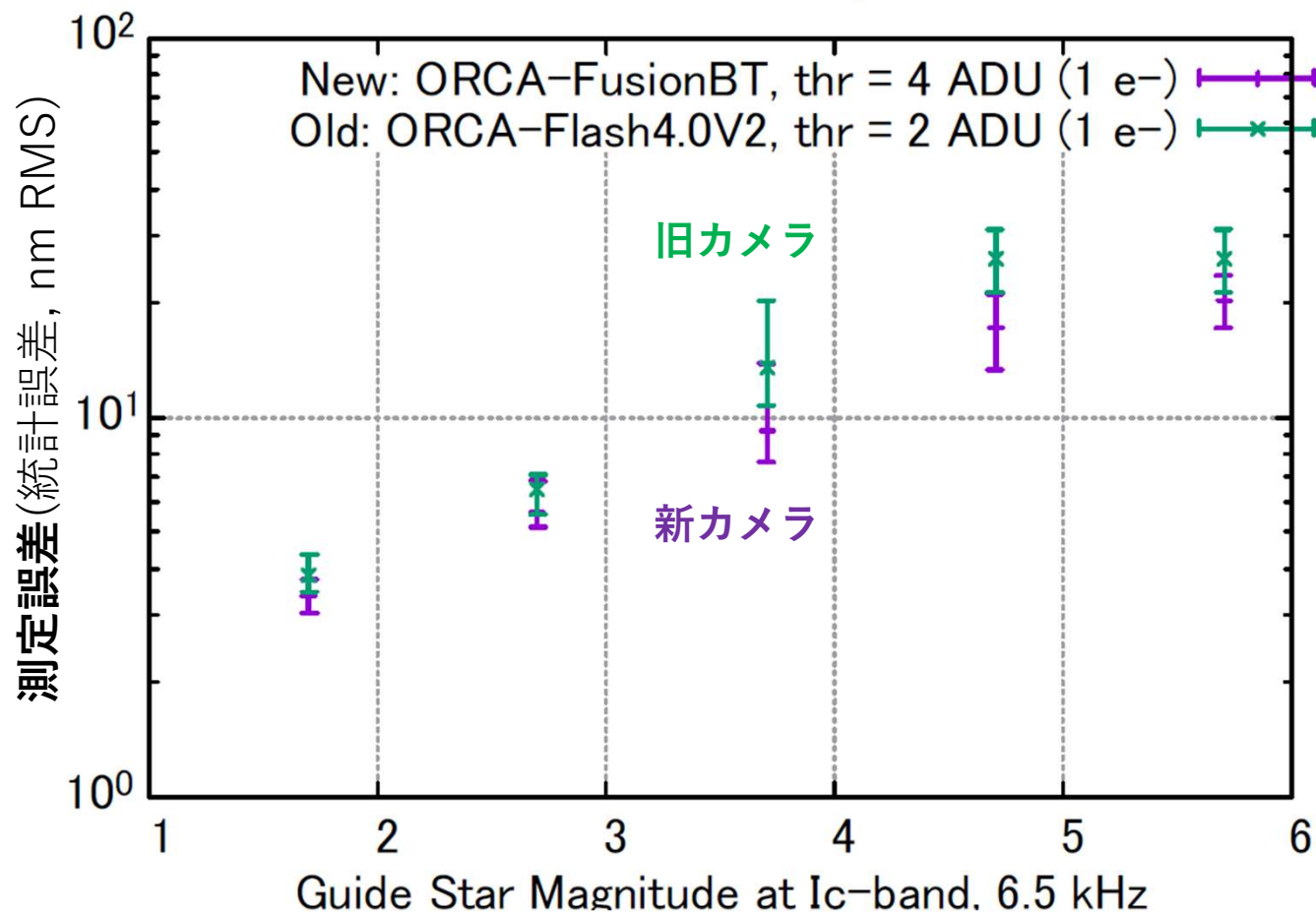
- 干渉縞画像のノイズを減らし、波面測定の高精度化を期待

	旧：ORCA-Flash4.0V2	新：ORCA-Fusion BT
形式	表面照射CMOS	裏面照射CMOS
量子効率 @ 波長800 nm	~50%	~57%
読み出しノイズ @ Standard Scan	1.6 electrons RMS (カタログ値)	0.84 electrons RMS (浜ホト実測値)



トピック：カメラ更新による高精度化

- 実験室内での既知波面の測定により、誤差量を決定
→ ~5 nm(~ 20%)の誤差低減を確認



まとめ

- SEICAの波面補償目標：60 – 80 nm ($\sim \lambda / 20$ in J/H-band)
 - 高次波面センサへの要求：低S/Nでの高精度(≈ 40 nm)測定
- 新方式による高次波面センサを開発
 - 複屈折結晶を用いることで、位相シフト干渉法による天体光の波面測定を実現
 - 低S/Nにおける測定誤差: ~ 30 nm, 従来方式(Shack-Hartmann, 理論値)の \sim 数分の1
- 今回、干渉縞画像を撮像するためのカメラを更新
 - 測定誤差が ~ 5 nm ($\sim 20\%$)低減
 - SEICAの補償精度向上や、error budgetの緩和につながることを期待
- 他国AOチーム等からの問い合わせあり
 - コロキウム・情報提供を実施

コロキウム@東北大→
2023/7/12

