

系外惑星観測装置SEICA の開発状況

○山本広大(京都大学)、
長田哲也, 栗田光樹夫, 木野勝,
○津久井遼, 渥美直也(京都大学),
入部正継, 藤田勝, 高橋陸(大阪電気通信大),
河原創(東京大学), 小谷隆行(ABC/NOAJ),
村上尚史(北海道大学),
田村元秀(東京大学/ABC/NOAJ)

本日の内容

- SEICAの紹介/進捗 (山本)
- 点回折干渉計型波面センサ (津久井)

青ナスミス(現仮ローテータ側)を占有予定



Okayama Observatory, Kyoto University

SEIMEI
TELESCOPE



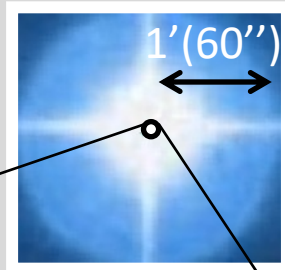
SEICA (Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Adaptive Optics)

目的: 系外惑星直接撮像 + 装置開発

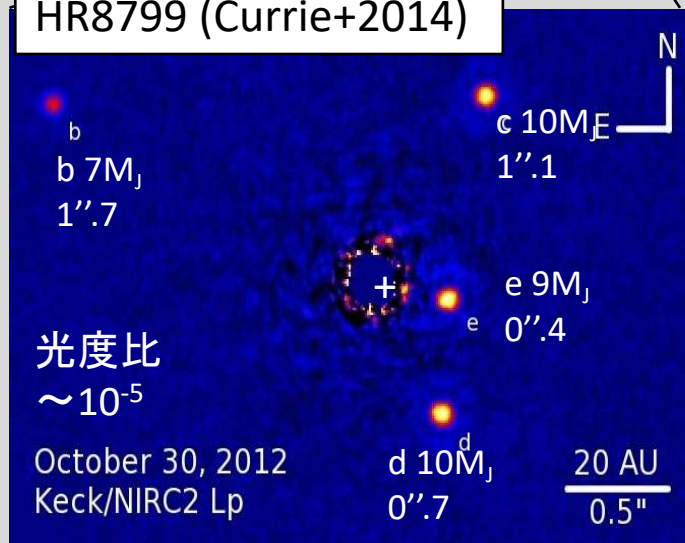
熱放射

1. $0''.2$ 秒角以遠(2AU@10pc)で木星質量の惑星の検出 / キャラクターリゼーション
2. 惑星撮像装置(for TMT)に搭載する先進技術開発・実証

系外惑星 撮像観測



HR8799 (Currie+2014)



技術開発

補償光学

- ◆ FPGA controller for ExAO
- ◆ 直接位相計測型波面センサ

コロナグラフ

- ◆ ナリング干渉計型

ポスト- コロナグラフ

- ◆ スペックルナリング (SLM etc...)
- ◆ 瞳再配置撮像
- ◆ 高分散分光器 など

その他

- ◆ 分割主鏡ならではの
高コントラスト技術
- ◆ 高精度温度制御

など開発中

SEICA: 実機設計/製作

■ 全体光学系: Tip-Tilt + 低次AO + 高次AO + コロナグラフ

望遠鏡よりの入射光

Tip-Tilt/リレー/
ImR/ADC光学系
[詳細設計中]

コロナグラフ+サイエンスカメラ
[製作中]

高次DM+
波面センサ
[設計中]

SEICA: スケジュール+予算

■ 2020:

- ◆ 実機的设计製作[ImR+校正光源+ADC+Tip-Tiltカメラ+低次AO]と試験
- ◆ 恒温設備の青ナス搭載
- ◆ T-T光学系による恒星試験観測

■ FY2020:

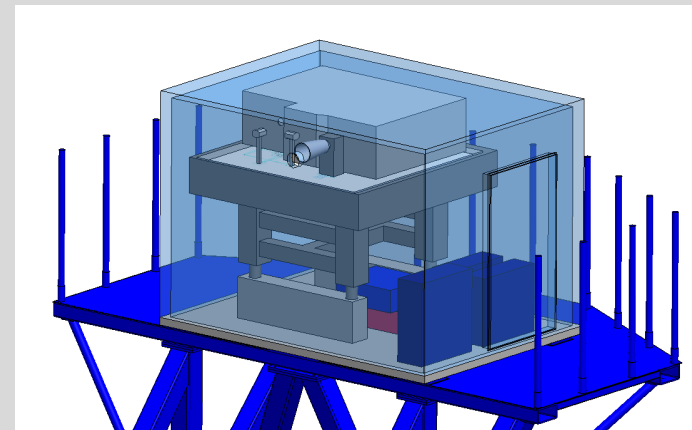
- ◆ 低次AOまでの光学系の設計完了
- ◆ 位相計測型WFSの原理実証試験 [→津久井]

■ FY2021:

- ◆ 高次AOにSHWFSを用いた状態で装置全体のファーストライト
- ◆ 位相計測型WFSの性能評価試験開発

■ 予算:

- ◆ 光学系、恒温/構造体の開発 → 基盤A (3500万 5年(3年目))
- ◆ FPGA制御器、コロナグラフ開発 → TMT戦略経費 **20年度は停止**
高次AO+コロナグラフ用の科研費を検討中



恒温設備: 通年15/20°C管理

2020.8.19

2020年度せいめいUM+大学望遠鏡UM

@ ZOOM



点回折干渉計型 波面センサ

京都大学理学研究科宇宙物理学教室

D1 津久井遼

共同研究者：木野勝、山本広大、
栗田光樹夫(京大)、松谷晃宏(東工大)

補償光学と波面センサ

• 補償光学への要求

レンジ ~1200 nm (P-V)

波面精度 $\lambda/20 = 80$ nm (RMS)

制御頻度 6.5 kHz

制御点数 ~500点

• 波面センサへの要求

測定レンジ 1200 nm (P-V)

測定誤差 < 40 nm (RMS)

測定頻度 6.5 kHz

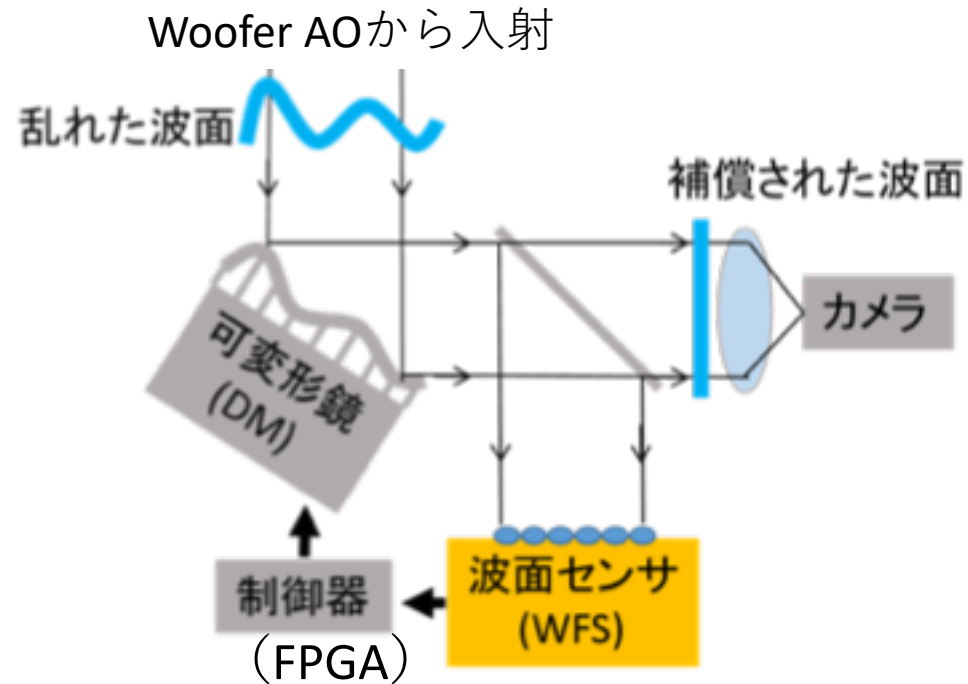
測定点数 ~500点

測定波長 700-900 nm

広レンジ

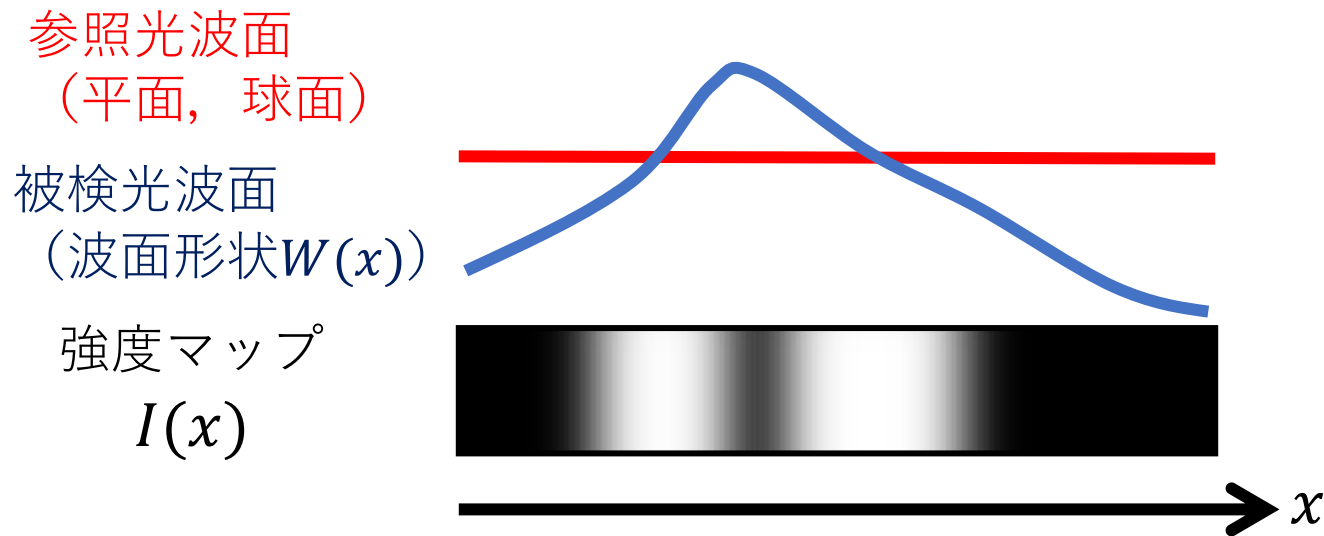
高精度

高頻度



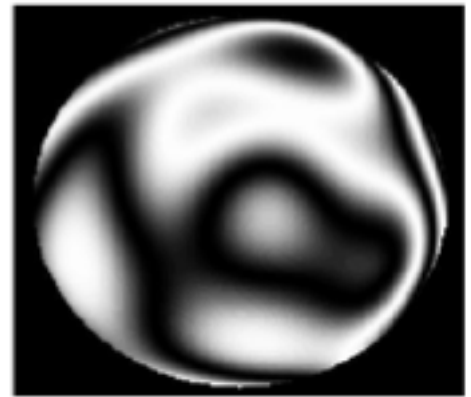
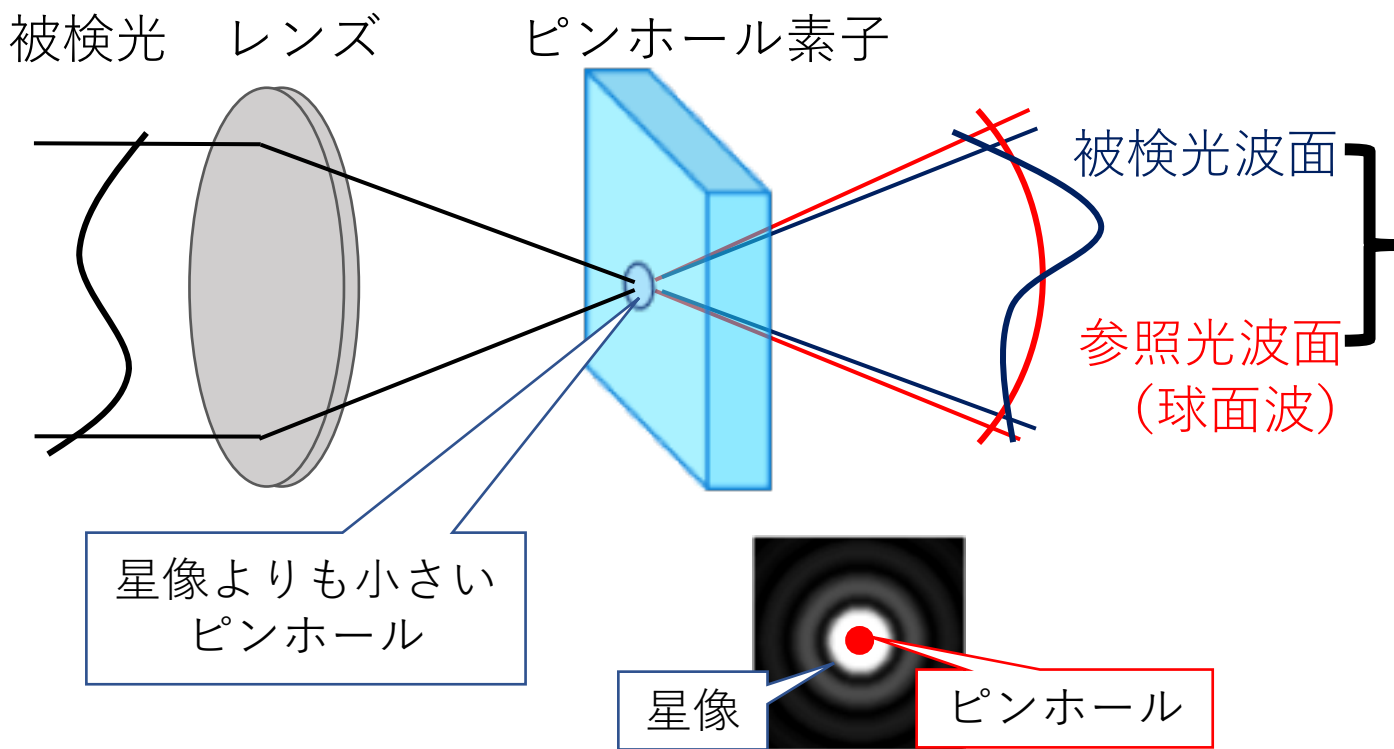
干渉法による波面測定

- 被検光を参照光と干渉させることで、波面形状を強度マップに変換
- 強度マップを検出器で撮像
- 計算処理により、被検光の波面形状を復元



点回折干渉計

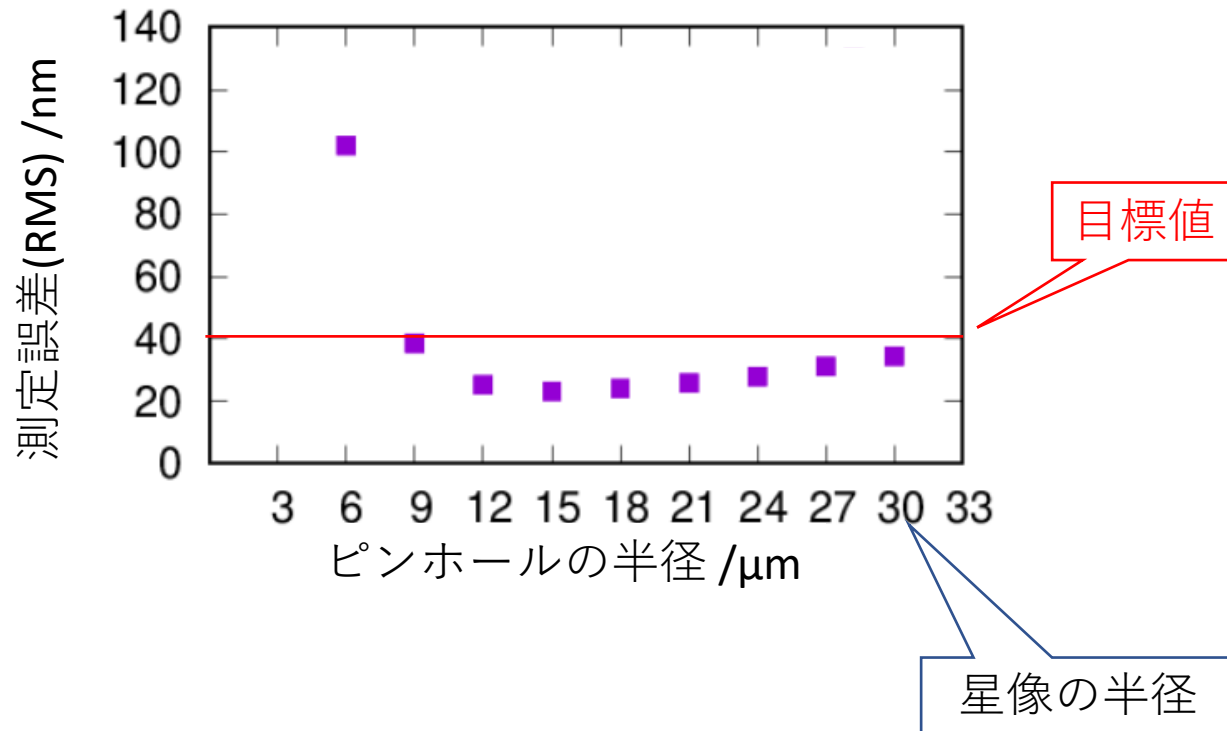
- ピンホールで被検光から参照光を抽出し、干渉させる
- 従来方式は光の利用効率が低い点の問題
 - ピンホール素子が偏光板で作られていた
- 新方式は光の利用効率を改善
 - ピンホール素子を**複屈折結晶(TiO2)**で構成
 - 従来方式の約**2倍**の効率



干涉光強度マップ (Millerd+04)

主な進捗：ピンホールサイズの最適設計

- 波面の測定誤差はピンホールのサイズに依存する
 - ピンホールが大きすぎても小さすぎても誤差増
→ 誤差を減らすために、ピンホール半径の調整が必要
- シミュレーションにより測定誤差を求めた
→ ピンホール半径：12 – 18 μm が好適 (星像半径: 30 μm)



主な進捗：ピンホール素子の加工

- 複屈折結晶(TiO_2)にピンホールを作る必要がある
 - 東工大技術部・松谷氏との共同研究
イオンエッチング技術の利用
- 7月より東工大クリーンルームにて試作開始
- 要求サイズ(半径, 深さ)に近いピンホールの試作に成功



まとめ

- SEICA用波面センサとして、**複屈折結晶を用いた点回折干渉計**を開発中
 - 従来方式よりも光の利用効率を向上(約2倍)
 - シミュレーションを行い、ピンホールのサイズを最適設計
 - その他、色収差の影響などを評価
- Tsukui et al., Applied Optics (2020), accepted
- 東工大にて複屈折結晶(TiO₂)の加工開始
 - 今後の課題：加工された複屈折結晶の検査・評価
 - 波面測定の実験
 - 実機光学系の組み立て(設計は従来型を流用)