

干渉を用いた波面測定技術の開発

木野 勝 (京都大学)、京大・岡山3.8m望遠鏡開発メンバー、SEICA開発メンバー

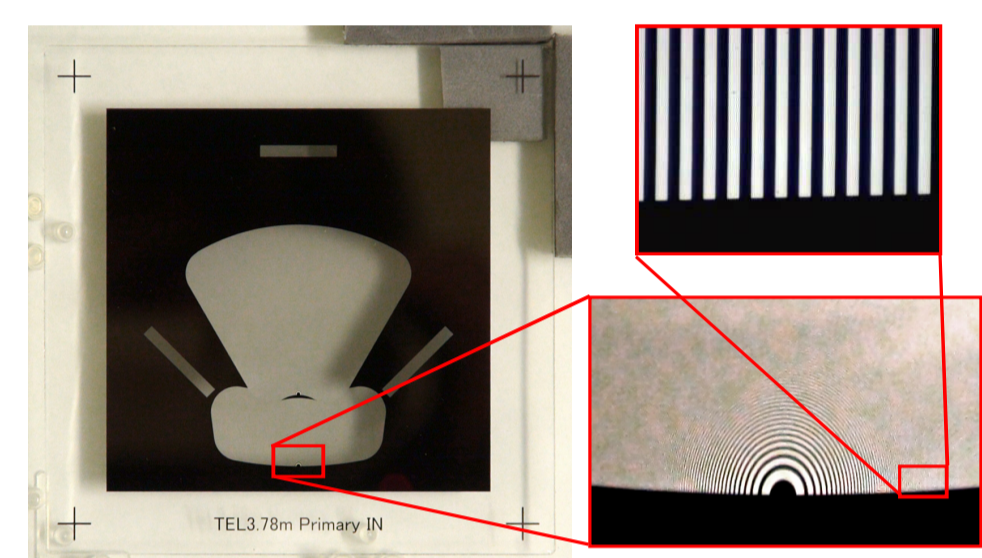
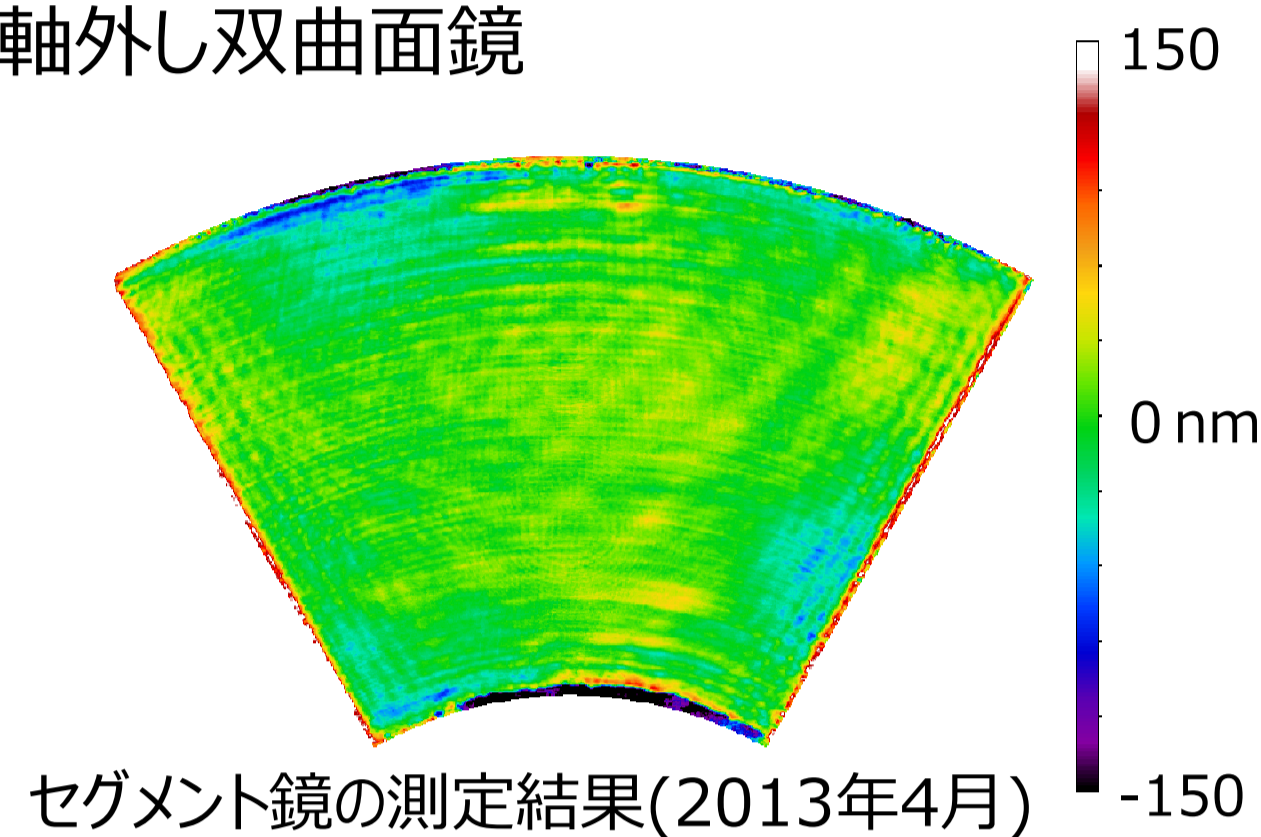
概要

大学間連携の協力のもとで進めている京大・岡山3.8m望遠鏡とそれに搭載する観測装置の製作をとおして、光の波面測定技術を開発してきた。なかでも光の干渉を応用した測定手法はナノメートルに迫る精度を容易に実現可能であり、高い空間分解能・波長分解能を必要とする天文観測機器の開発においては極めて有用な技術である。しかし干渉方式は振動や空気揺らぎなどの外乱に影響されやすい欠点があった。そこで我々は被検光と参照光を可能な限り共通光路とすること、および複数位相を同時もしくは短時間で取得することでこの問題を解決し高い精度と安定性を両立する波面測定技術を開発してきた。ここでは、我々が開発した3つの波面測定装置について、その概要を紹介し開発状況を報告する。これらの波面計測の技術は大学間連携事業を含む種々の観測装置開発者に提供していきたい。

CGH干渉計

- セグメント主鏡の形状を測定
- 測定対象は大きさ約1.2m、曲率半径10mの軸外し双曲面鏡

測定点数	1280×1024 点
測定頻度	~1 回/秒
精度	rms 80 nm
レンジ	~数 μm
開発状況	運用中

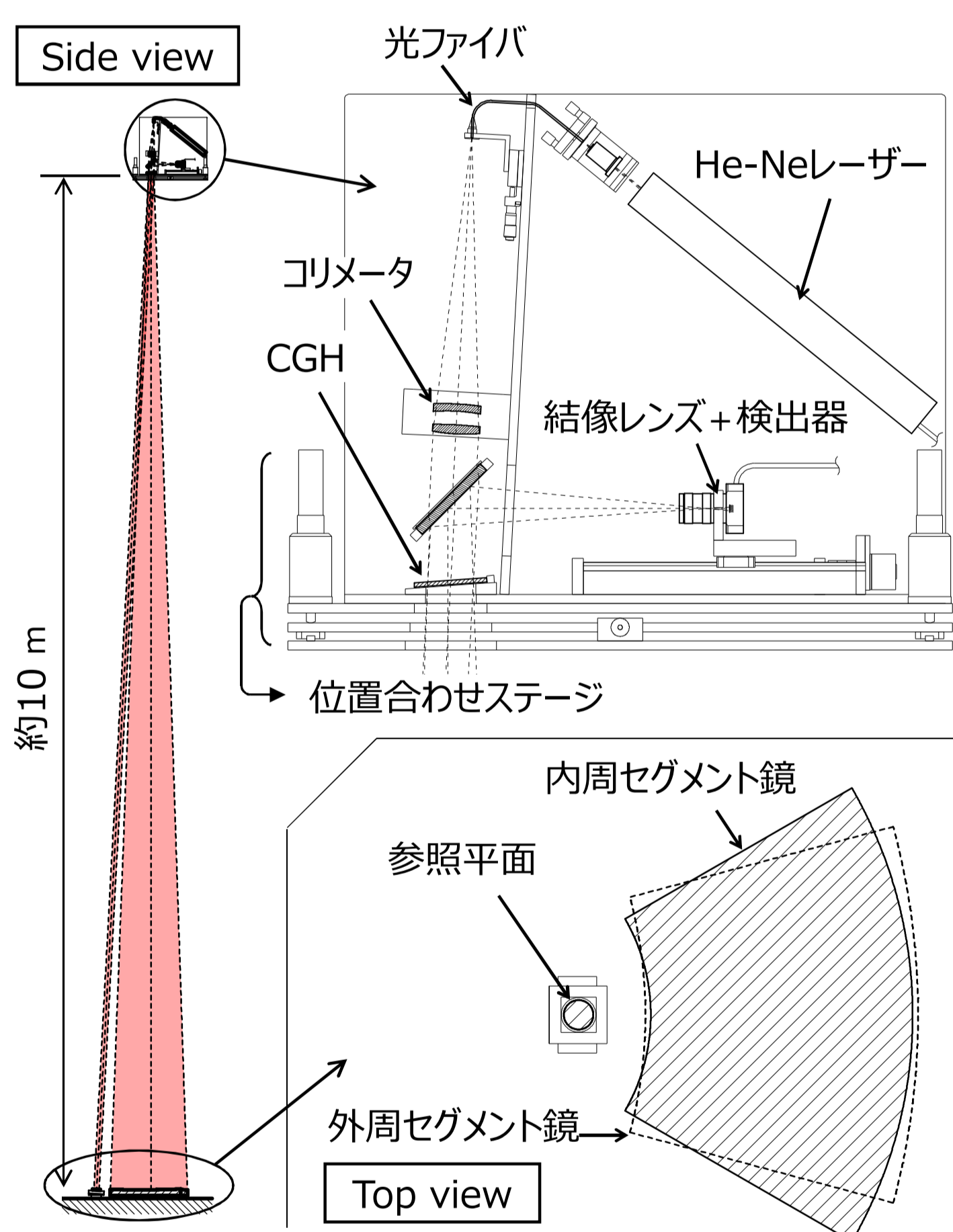


CGHとは

- 微細な縞模様を刻んだ回折光学素子自由曲面の波面を形成できる
- 描画領域 $\square 50\text{mm}$ 最少縞間隔 $6\mu\text{m}$

光学系の構成

- 平行光をCGHに入射
- 1次回折光が軸外し双曲面の波面形状(被検光)、0次光は平面波(参照光)となる
- 反射して戻った光を再びCGHで合成して干渉



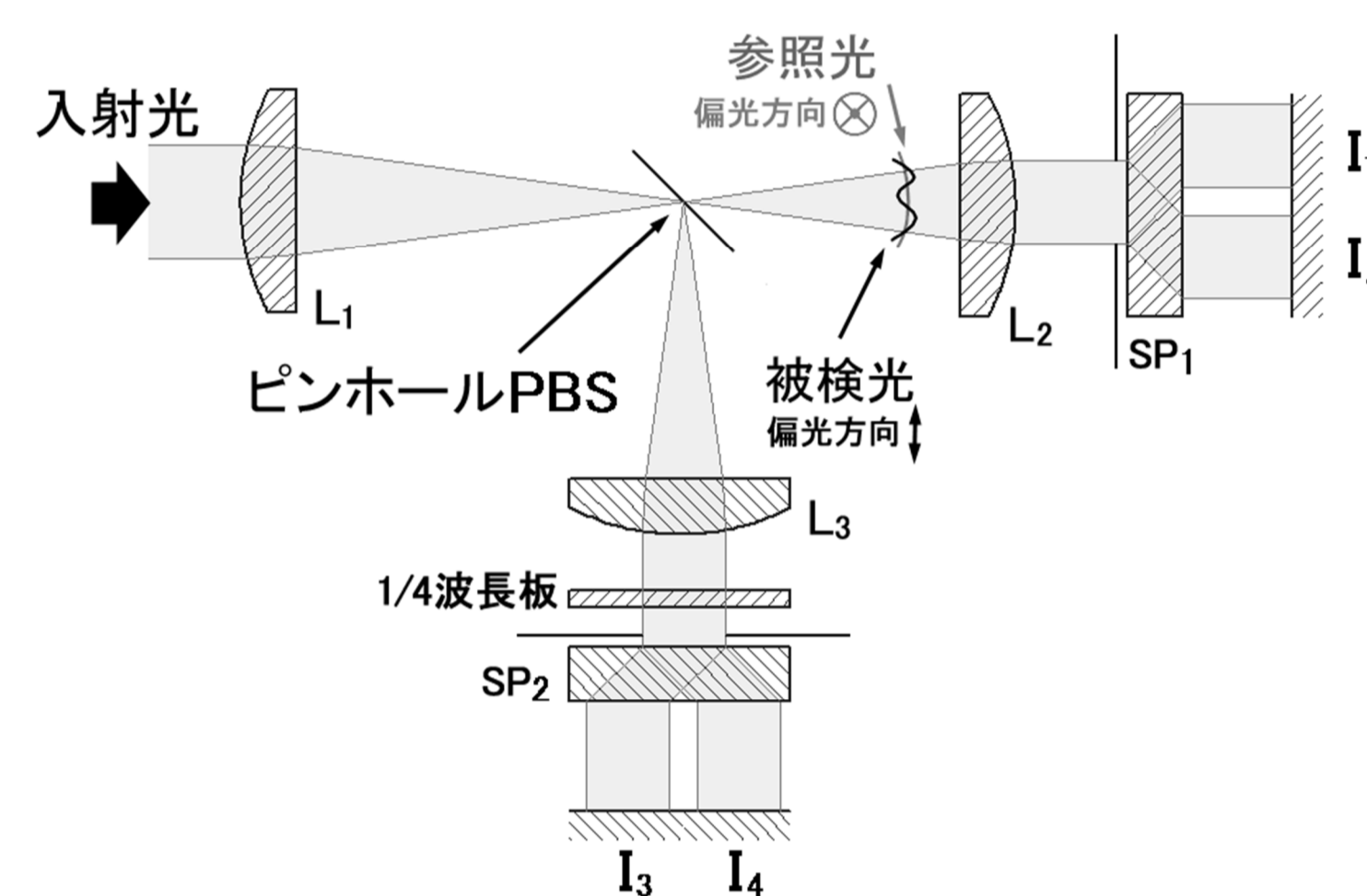
特長

- 被検面と参照面が近いため振動・空気揺らぎが低減
- 被検光と参照光の光路長が等しいので波長変動の影響なし
- 被検光と参照光の回折効率が等しいので干渉縞が高コントラスト

点回折干渉型波面センサ

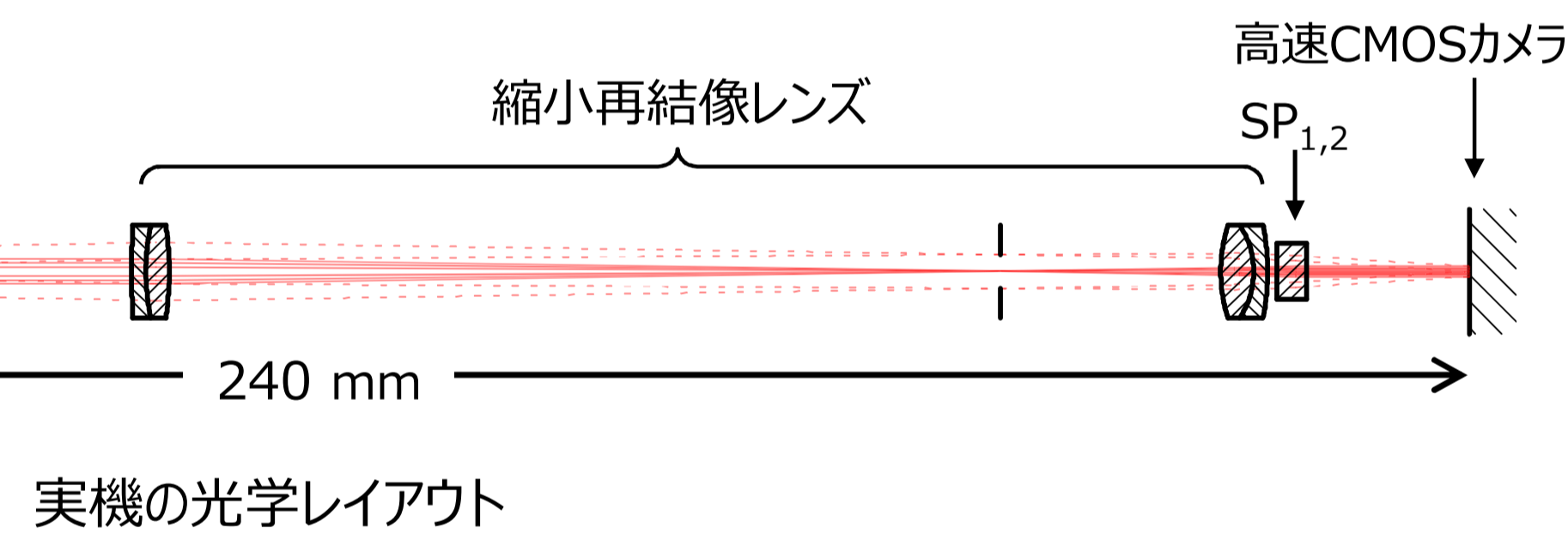
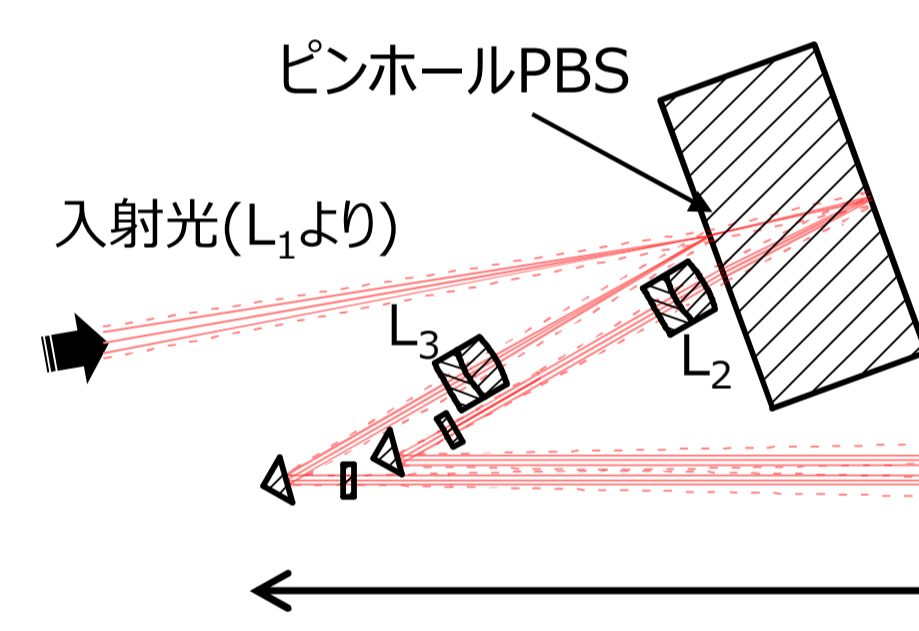
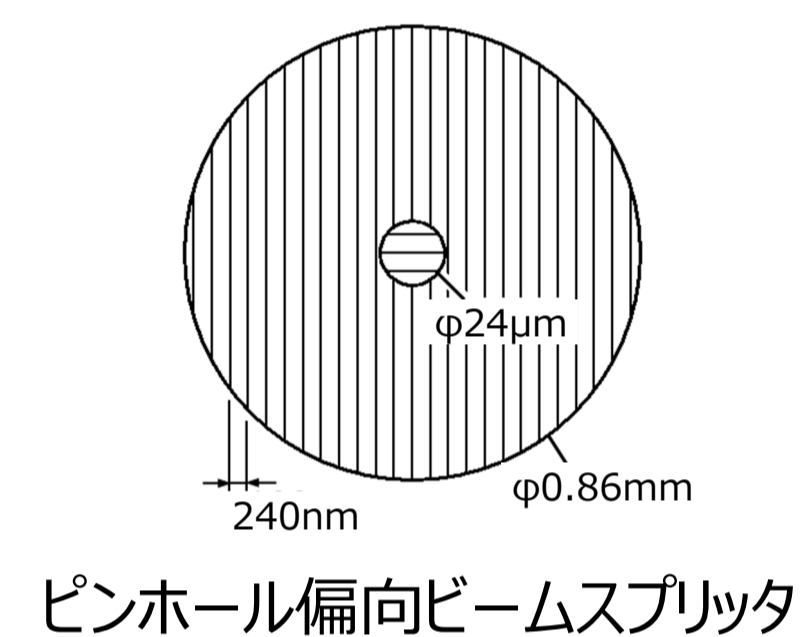
- 系外惑星探査装置(SEICA)に搭載する極限補償光学用の波面センサ
- 大気による波面揺らぎのうち、時間的・空間的に高周波な成分を検出

測定点数	492 点
測定頻度	6000 回/秒
精度	P-V 60 nm
レンジ	0.6 μm
開発状況	基礎実験 & 設計中



光学系の構成

- 入射光をピンホール偏光ビームスプリッタ上に結像
- PSFの中心と外周部で直交した偏光成分を透過/反射
- 偏光方向を45°に配置したサバル板で共通ベクトル成分を抽出し干渉
- 反射側にだけ1/4波長板を挿入することで、透過側:0°, 180°
反射側:90°, 270°の全4位相を同時に取得



特徴

- 完全な共通光路干渉計なので振動・温度変化・空気揺らぎに対して極めて安定
- 波面誤差の要因となる光学素子は L_1 のみ
- 完全な等光路長干渉計なので広い動作波長域
- 光の利用効率が高く、暗い基準星でも高S/N

位相カメラ

- セグメント主鏡間の段差を検出
- 干渉計としては広いレンジで絶対距離を計測できる

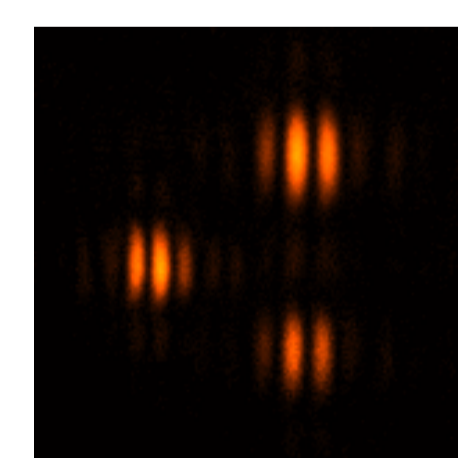
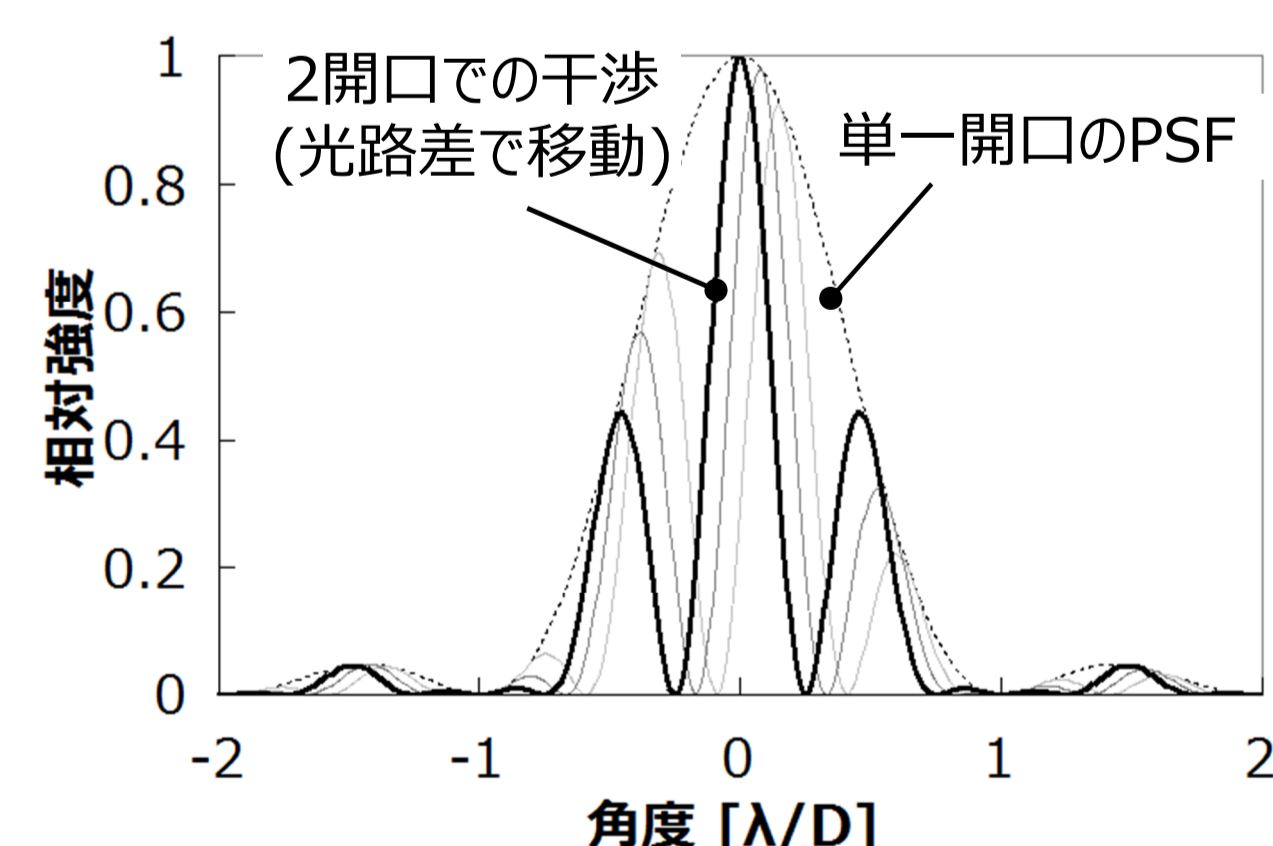
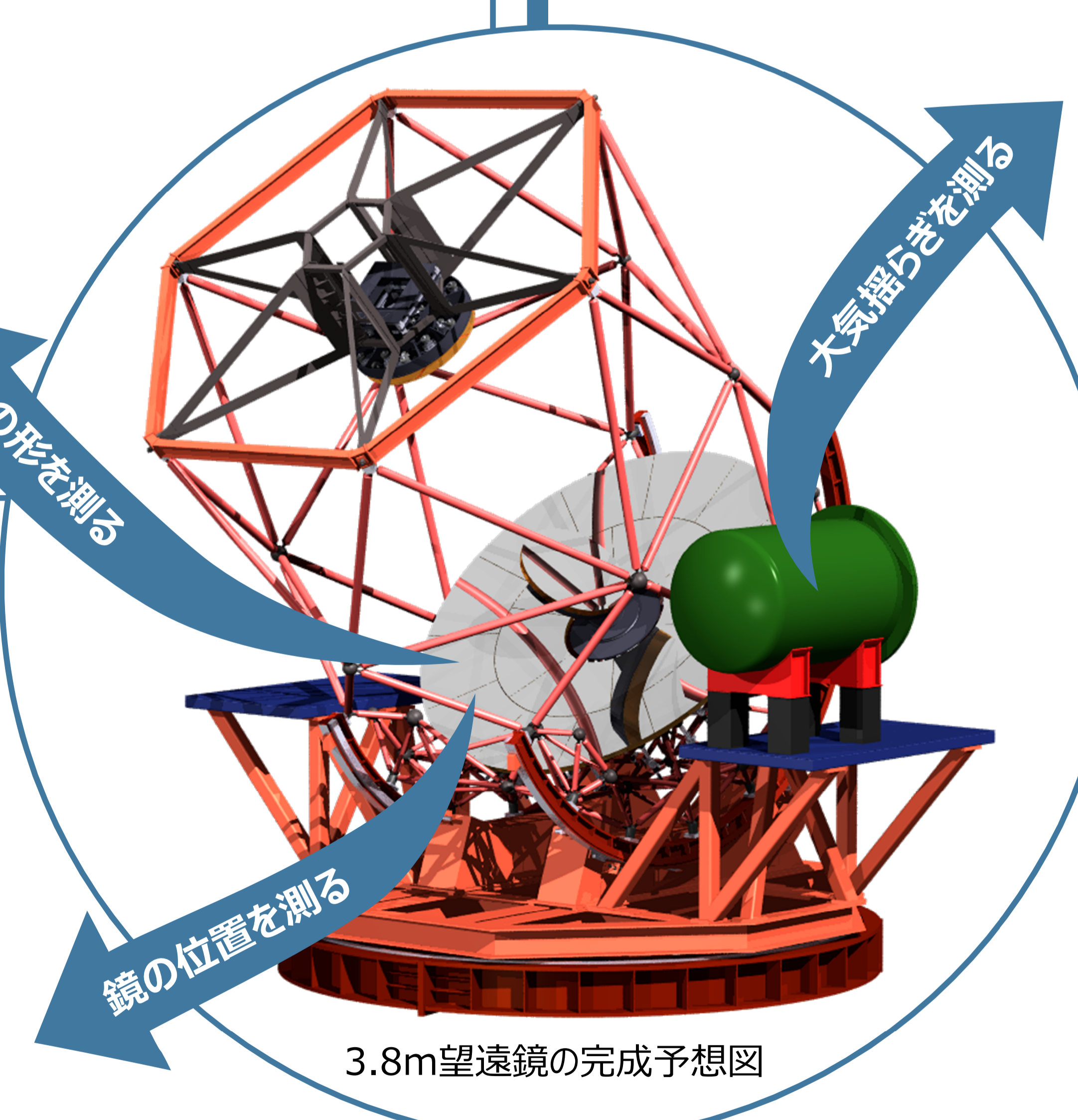
測定点数	24 点
測定頻度	~0.1 回/秒
精度	P-V 20 nm
レンジ	~100 μm
開発状況	実機制作中

光学系の構成

- 望遠鏡焦点に点光源を配置
- 望遠鏡でコリメートされた光をセグメント境界に置いたハーフミラーで折り返す
- 各セグメントからの反射光が検出器上で重なり干渉
- 3波長の光源(うち1つは波長可変)を用いて位相差から絶対距離を算出

特徴

- 2光束の経路が近接しているため振動・空気揺らぎの影響を受けにくい
- 波長可変レーザーを含む多波長を使うことで測定レンジが広い
- 段差が0に調整された状態では等光路長干渉計なので波長変動の影響なし
- 基準星を使わないため昼間や曇天でも測定可能



検出器

点光源 (レーザー3波長)
633, 765~781, 808nm

