

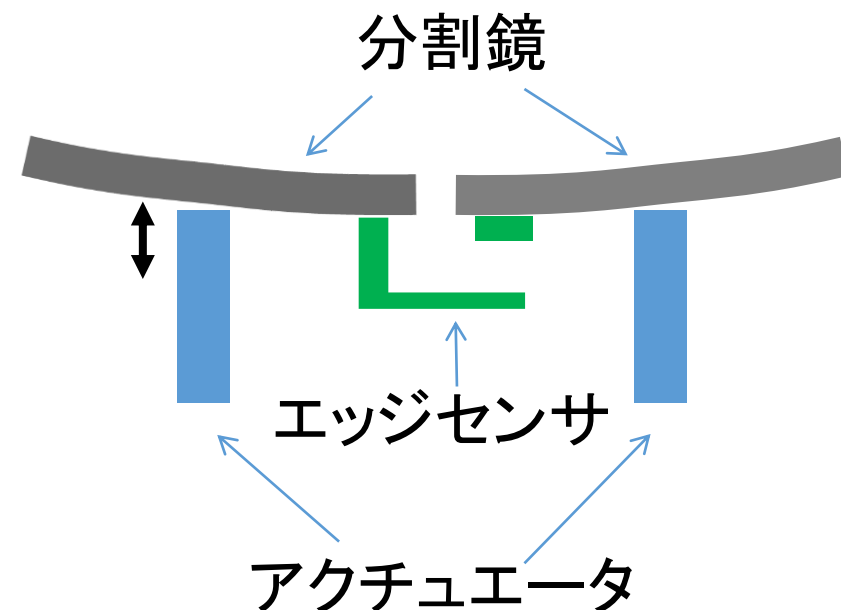
京大3.8m望遠鏡 分割鏡段差計測のための 位相カメラの技術開発

上野忠美, 横山洋海, 岩室史英(京都大学)

2013/12/18

位相カメラ

- 望遠鏡の姿勢変化が起こる
⇒ 重力の向きに違いが生じる
⇒ 分割鏡間に段差が生じる
- 主鏡を一枚鏡として扱う
⇒ 分割鏡間の段差を小さくする
⇒ そのためには**段差計測**が必要
- 観測時の段差計測はエッジセンサを使う
しかし、数日経つと原点がずれてしまう
- 定期的に段差を正確に計測し原点の補正を行う
⇒ **位相カメラシステム** (以後位相カメラ) という方法を用いる



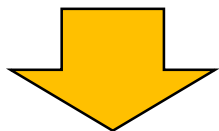
位相カメラ

光の干渉縞を読み取り、分割鏡の光軸方向の相対位置を光学的に確認するシステム

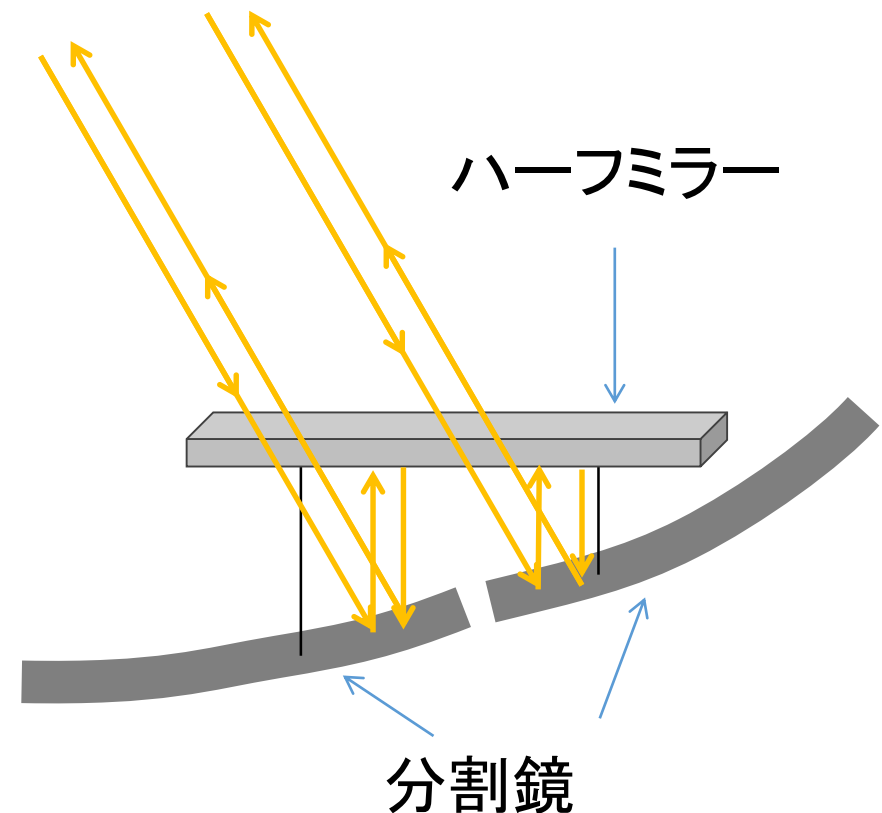
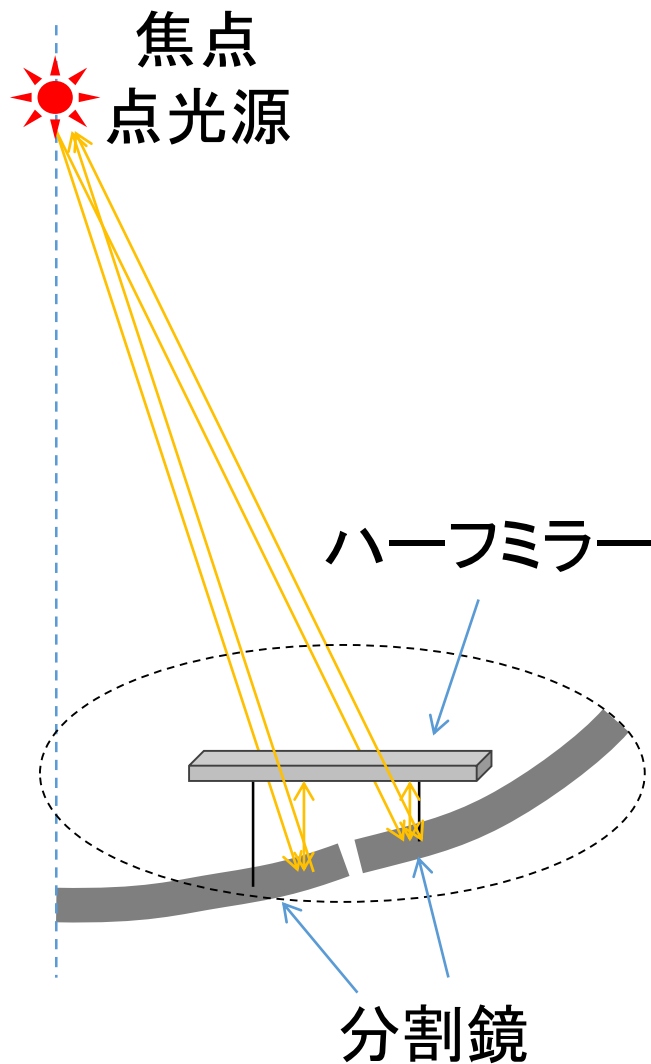
従来の方法は光源として星の光を干渉させて計測を行ってきた

しかし、

- 計測には時間が掛かり観測時間に影響する
- 日本の大気のリード長は短い

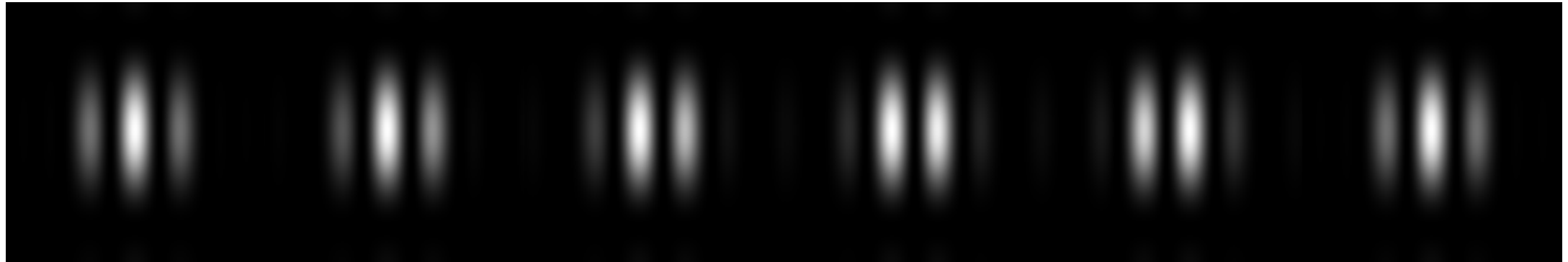


これらの問題を解決するために光源にレーザーを用いた技術を開発中



位相のずれ

分割鏡間に段差が生じる⇒位相がずれる



0



2π

波の周期性か



波長の違いで

波長の異なる

レーザー名	波長
チューナブルダイオードレーザー (波長可変)	765-781nm
安定化ダイオードレーザー	808nm
He-Neガスレーザー	633nm

$\delta) \times \lambda$

実験装置

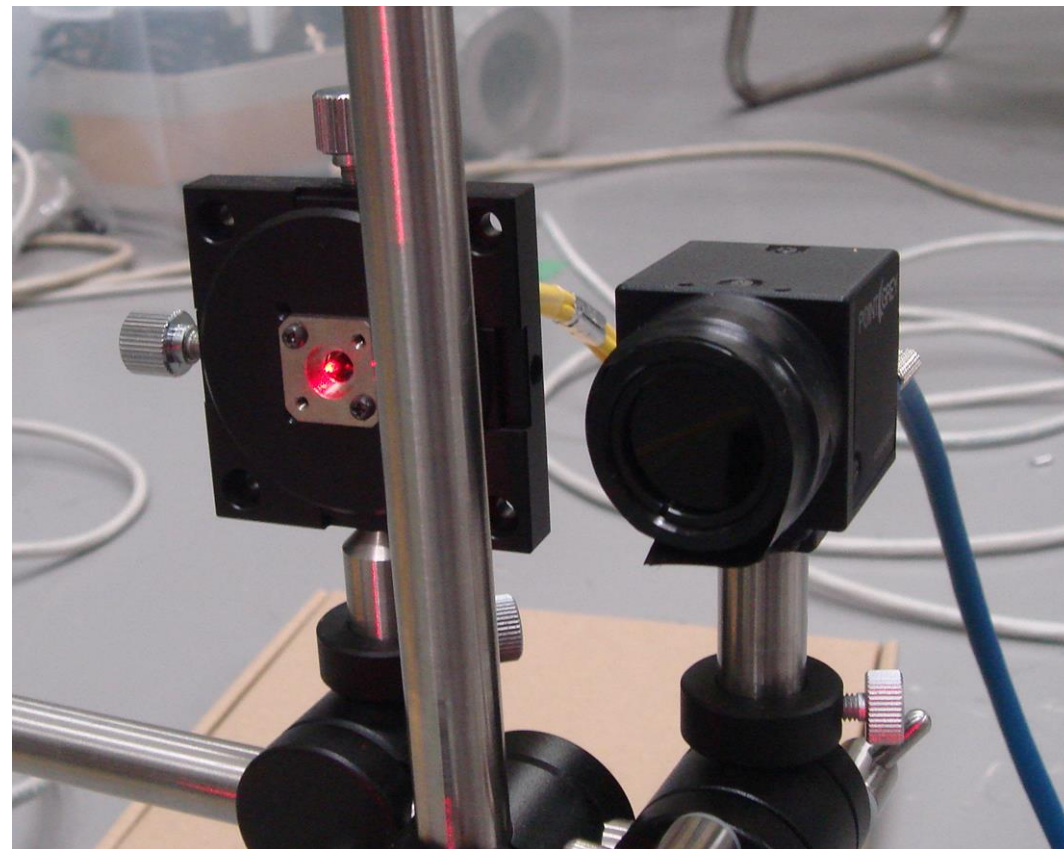
- カメラはLinuxドライバ持つものを用意
- 3.8m望遠鏡と同じ合成焦点距離22.8mの光学系の設計組立
- 焦点位置で広がった回折像を縮小するための縮小光学系の設計

C-MOSカメラ

Point Grey社のFlea3(USB 3.0)
FL3-U3-13E4M-C



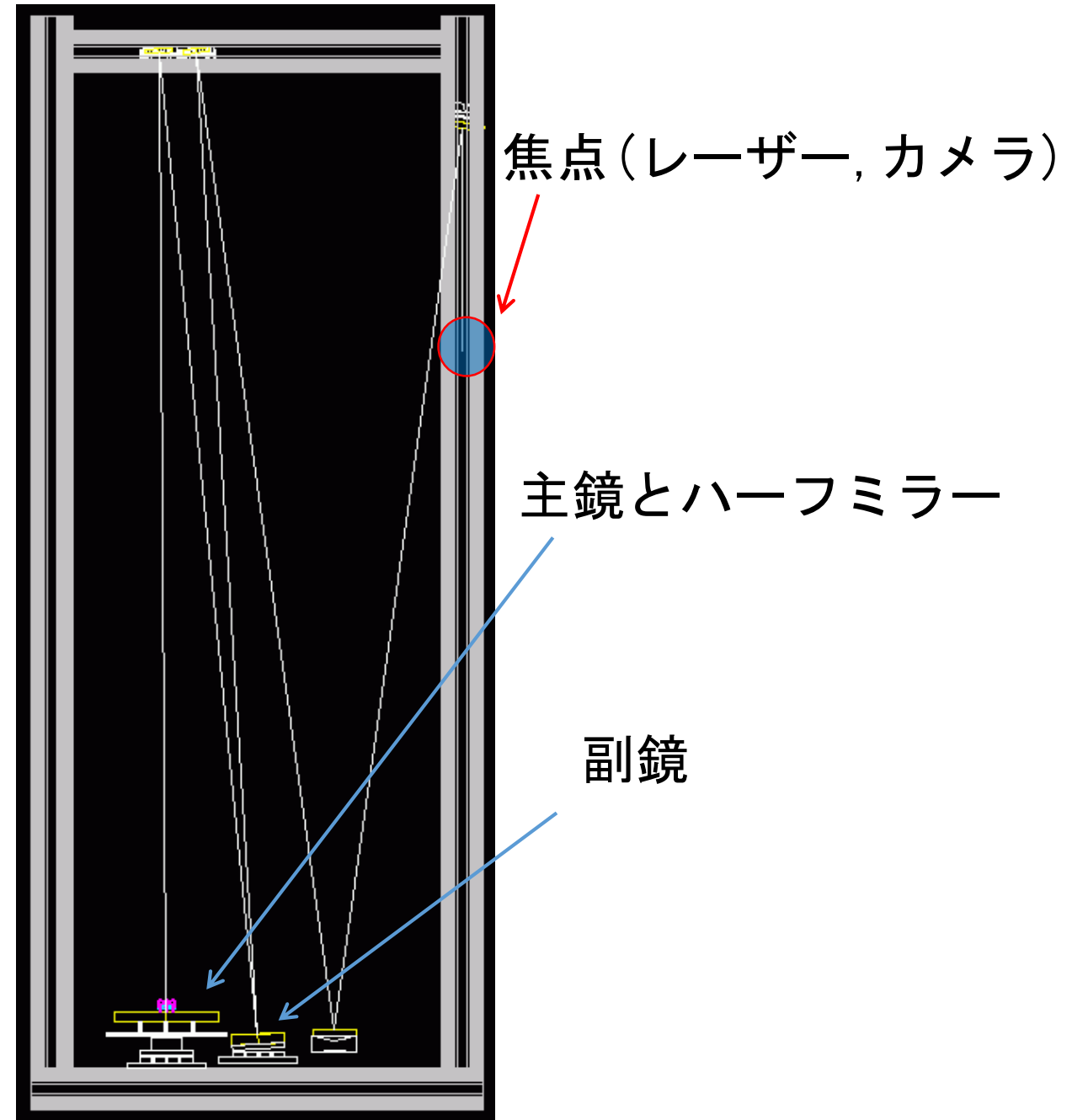
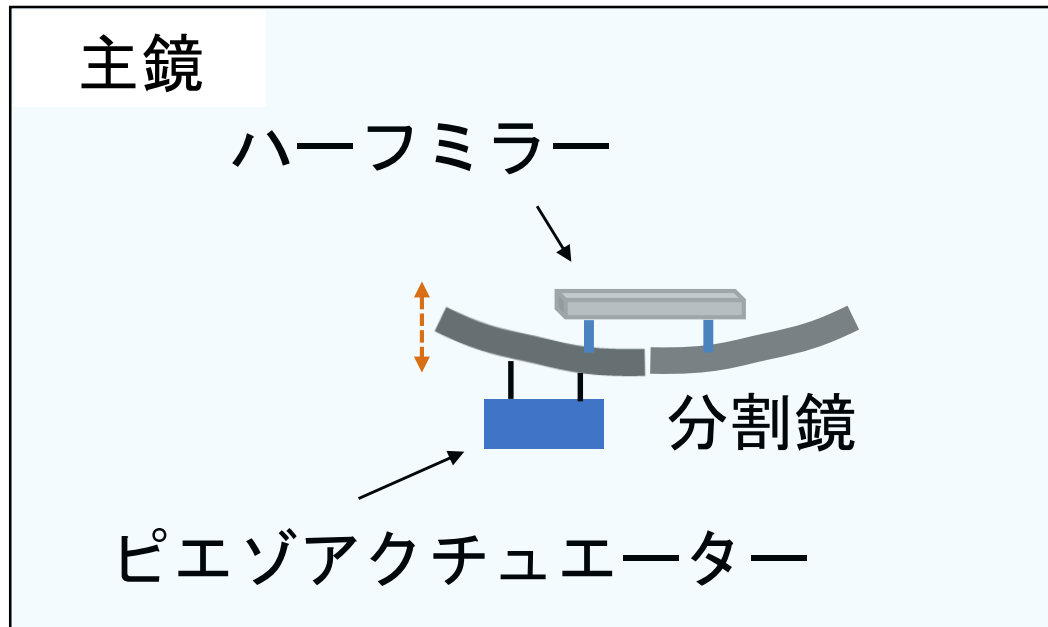
カメラ仕様	デジタルカメラ
特徴	Linuxドライバあり
画素数	1280 × 1048
ピクセルサイズ	5.3 μ m
読み出しレート	60fps
量子効率	633nmで43%



光学系の設計

主鏡と副鏡を合わせた
合成焦点距離22.8mの光学系

平面鏡で何回か反射することで距離を稼ぐ



光学系の組立

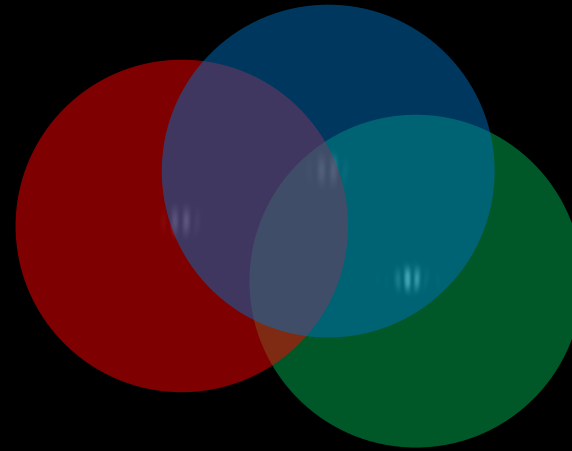


縮小光学系

焦点距離2mの凹面鏡を使った撮像

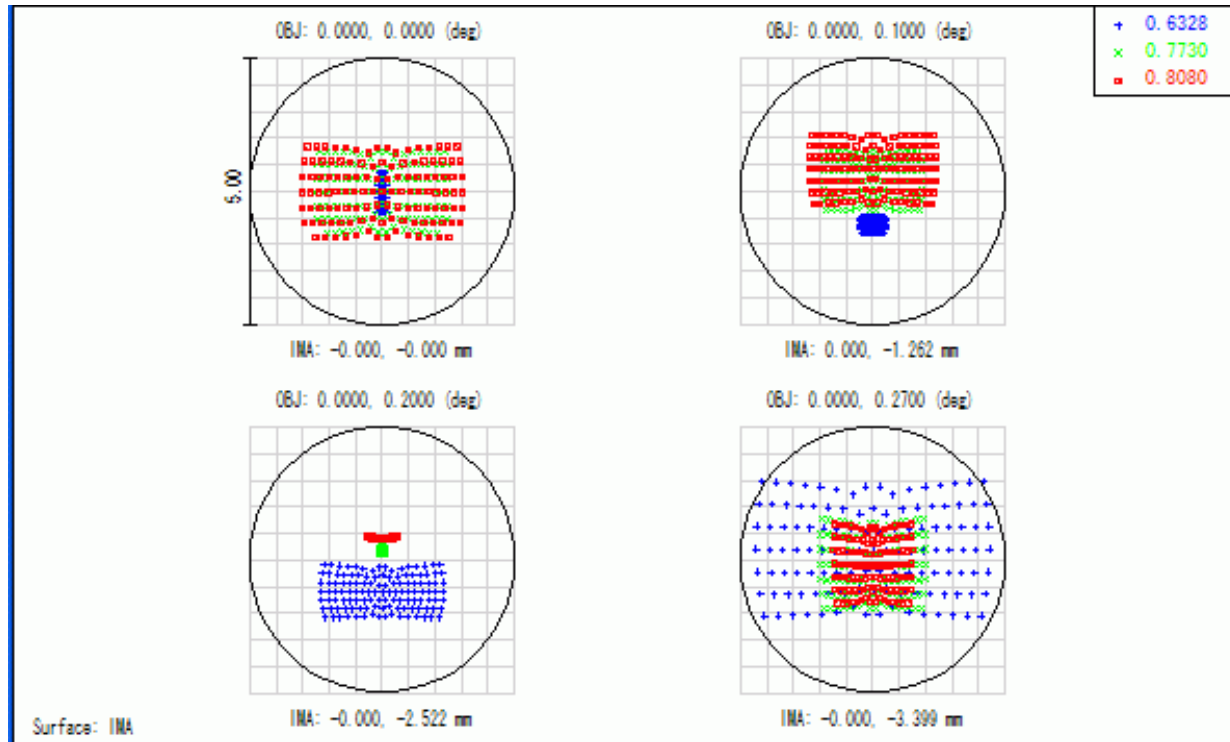
合成焦点距離22.8mでは
スポットサイズが10倍以上
になることが予想される

- 各レーザーの出射光位置
を離す
⇒各スポットを分離
- 縮小光学系を設置
⇒スポットのS/Nを上げる



縮小光学系

市販の2つの色消しレンズを組み合わせて色収差を小さくした

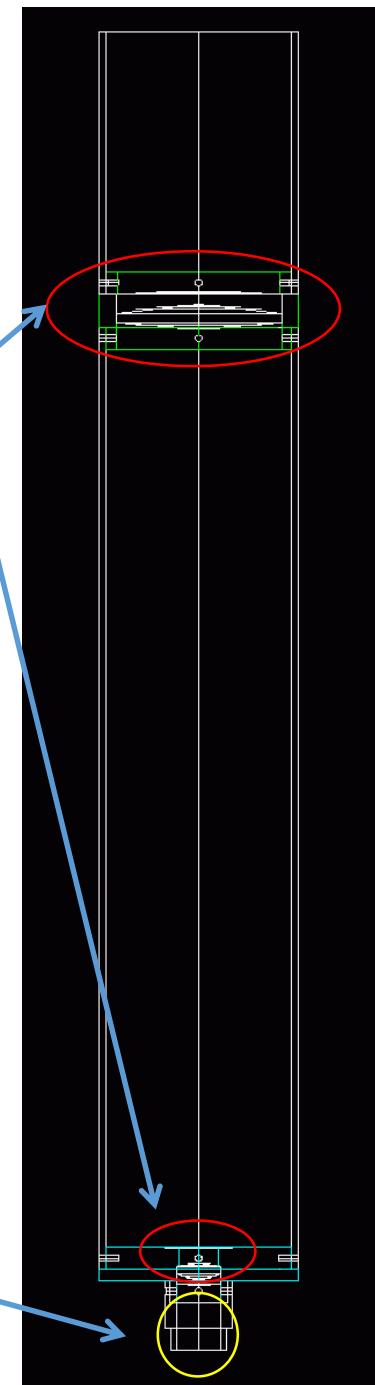


レイトレース計算によるスポット図

約1/10に縮小

レンズ

カメラ



実際の撮影

全体の画面に対して
スポットは小さいが、
干渉縞がはっきり見
えるレベルで撮影が
できている

- 各干渉縞を区別できる
- 背景光より十分明るい



レーザー名	波長
チューナブルダイオードレーザー (波長可変)	765-781nm
安定化ダイオードレーザー	808nm
He-Neガスレーザー	633nm

実際の撮影

全体の画面に対して
スポットは小さいが、
干渉縞がはっきり見
えるレベルで撮影が
できている

- 各干渉縞を区別できる
- 背景光より十分明るい

ここから位相計算を
リアルタイムで行える
ソフトを開発中



レーザー名	波長
チューナブルダイオードレーザー (波長可変)	765-781nm
安定化ダイオードレーザー	808nm
He-Neガスレーザー	633nm

まとめ

- 位相カメラとは、セグメントの境界から来た光を干渉させ、その干渉縞のパターンを読み取ることで段差を決定するシステムである
- 3.8m望遠鏡は、光源にレーザーを使った段差計測を行う予定。現在そのシステムの開発中
- 3.8m望遠鏡と同じ合成焦点距離22.8mの光学系の設計と組立を行った
- S/Nを上げるための縮小光学系の設置
- 3つのスポットを独立に確認できた
- ドーム内でも計測が可能
- 現在、位相計算のソフトウェアを開発中