

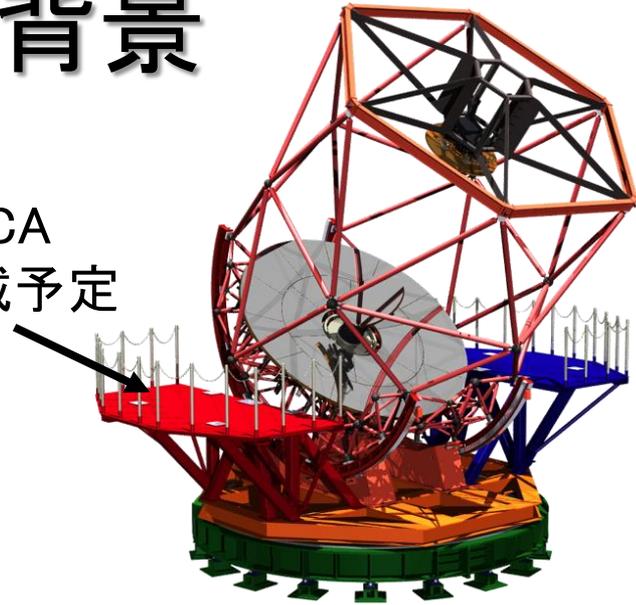
天体観測のための補償光学システム開発

大阪電気通信大学 大学院 工学研究科
制御機械工学専攻
中村 祐一

入部正継（大阪電気通信大学），○中村 祐一（大阪電気通信大学）
山本広大（京都大学），木野勝（京都大学），松尾太郎（大阪大学）

背景

SEICA
搭載予定



京大岡山3.8m望遠鏡

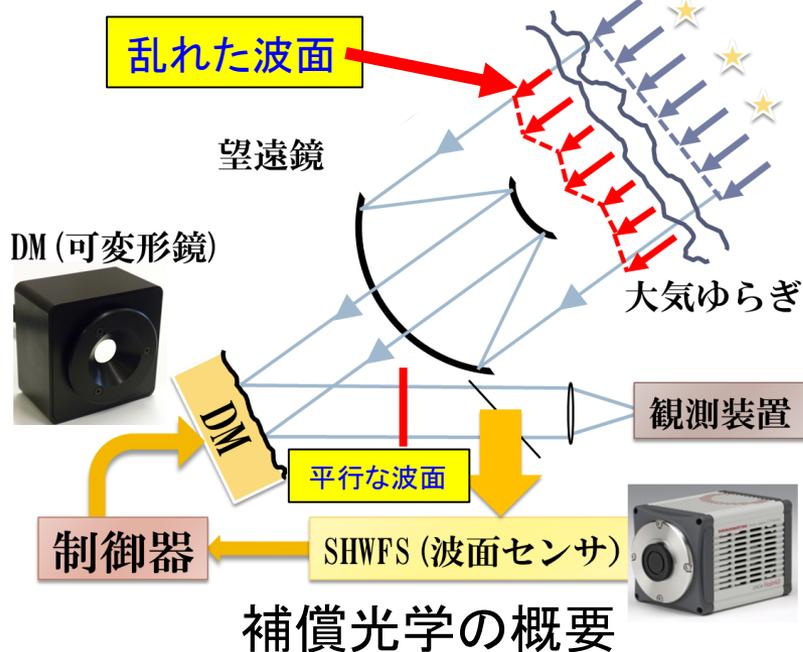
SEICA

(Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Adaptive optics)

研究目標

木星型惑星の直接観測と調査
次世代技術の開発

- ・各種先進技術のテストベッド
- ・構成: 極限補償光学系+コロナグラフ
- ・京大岡山3.8m望遠鏡に設置



補償光学 (Adaptive Optics)

- ・大気ゆらぎによって乱れた波面を波面センサと可変形鏡を用いて補正

極限補償光学系

乱れた波面を周波数に分担して補償する

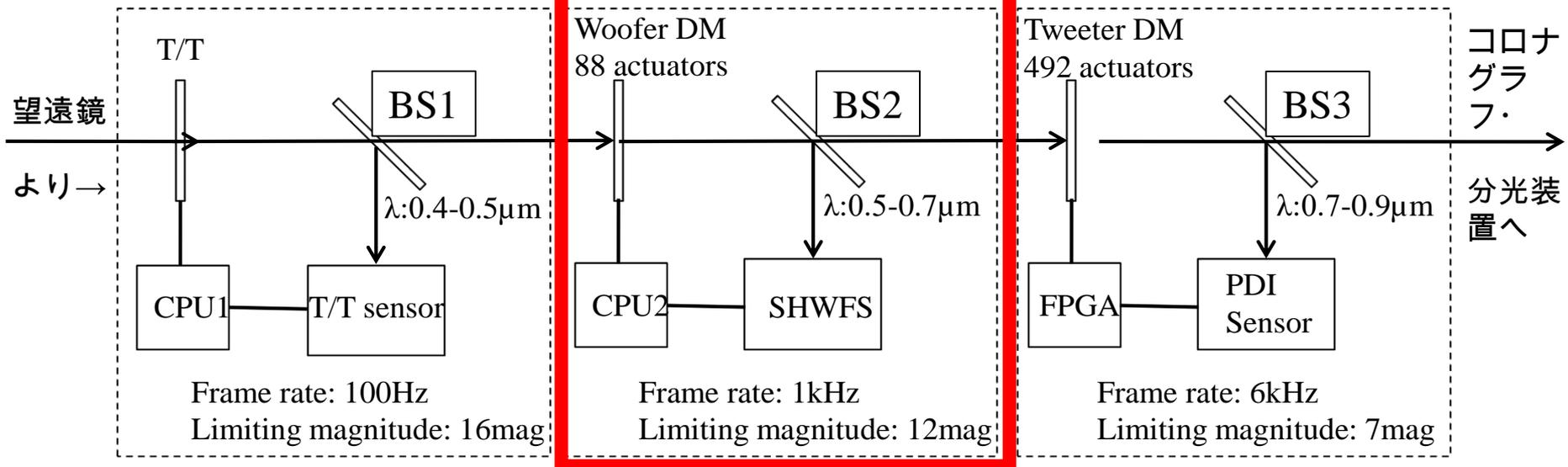
T/T , Woofer
低速、粗い波面制御

Tweeter
高速、高精度波面制御

Tip/Tilt部 視野内で星像を安定させる

Woofer部 $\lambda/4$ 程度まで波面補償する

Tweeter部 $\lambda/20$ 程度まで波面補償する

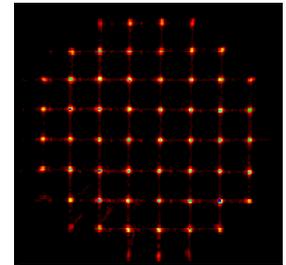
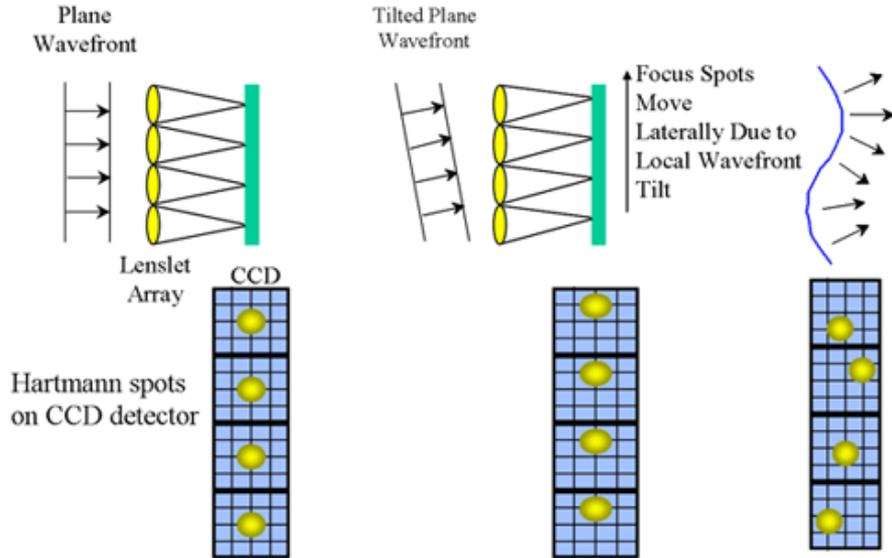


Woofer補償光学系の開発

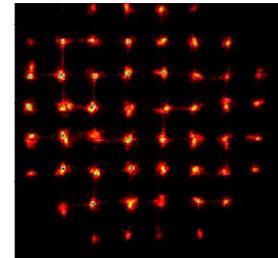
Woofler補償光学系の概要

▶ SHWFS

浜松ホトニクス ORCA-Flash4.0 V2
マイクロレンズアレイ 52素子



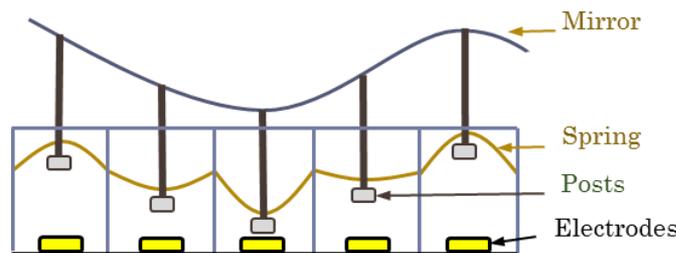
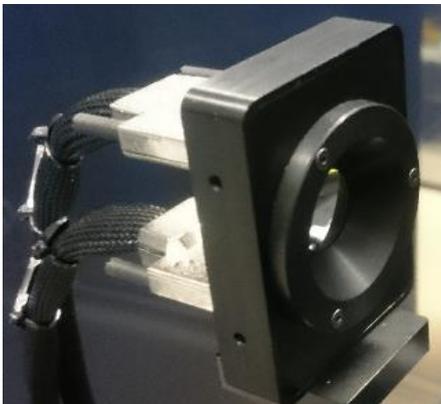
大気乱流が無い時



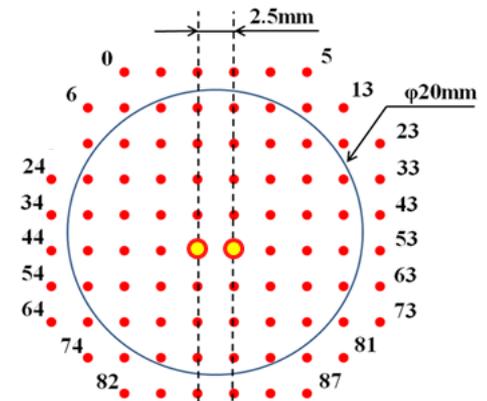
大気乱流を通った時

▶ DM

Alpao
DM88-25
ストローク 40 μm (全素子可動時)
アクチュエータ数 88素子(有効52素子)



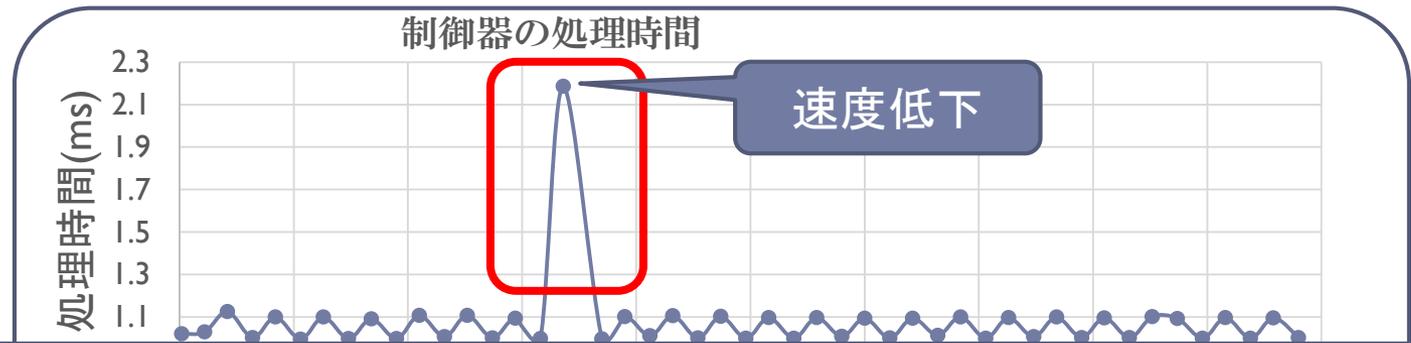
DMの断面図



実時間性と高速化を実現する補償光学系の構築

従来の制御器のシステムブロック図

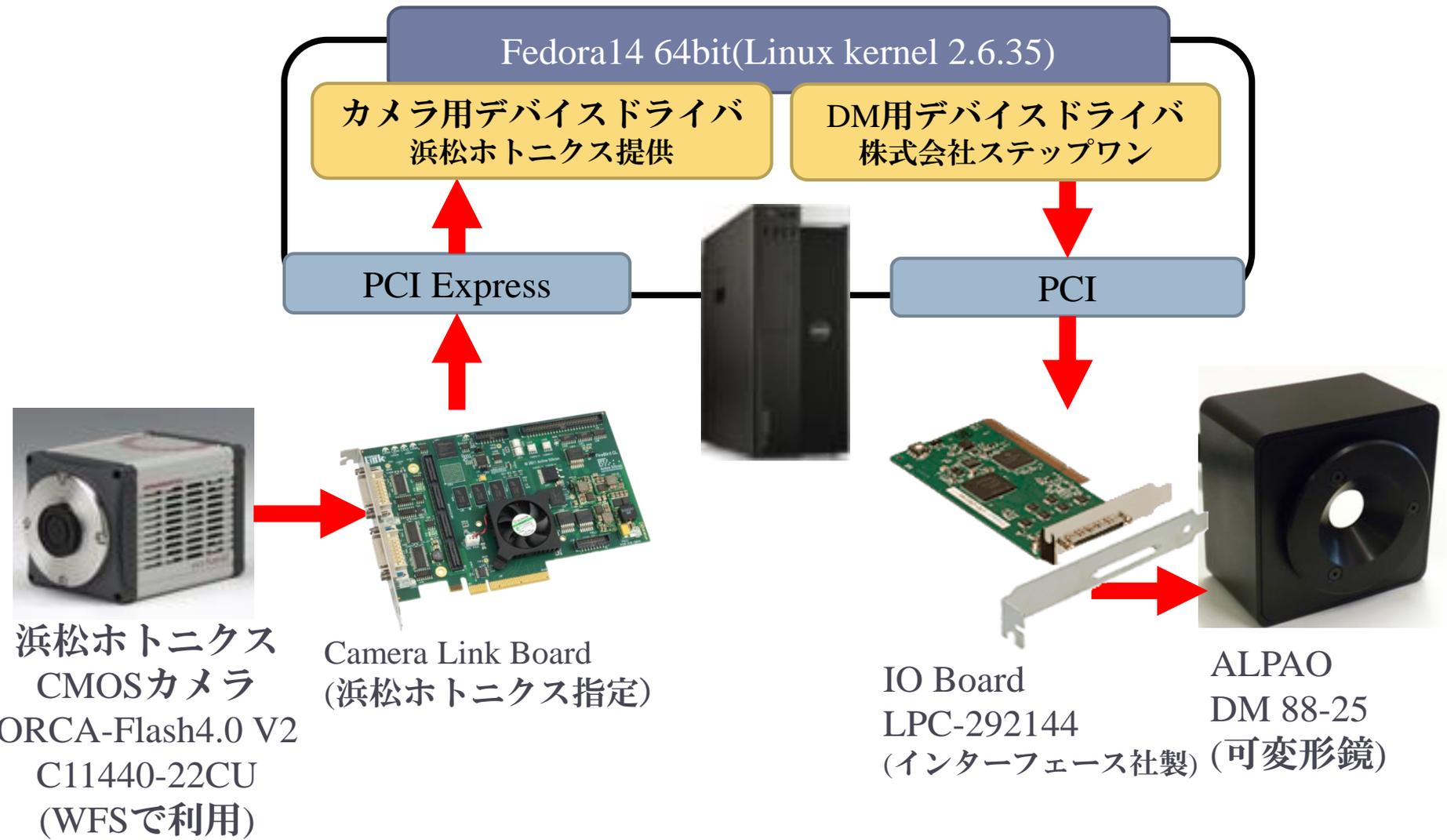
Windowsシステムによる
不規則な割り込みが原因の速度の低下



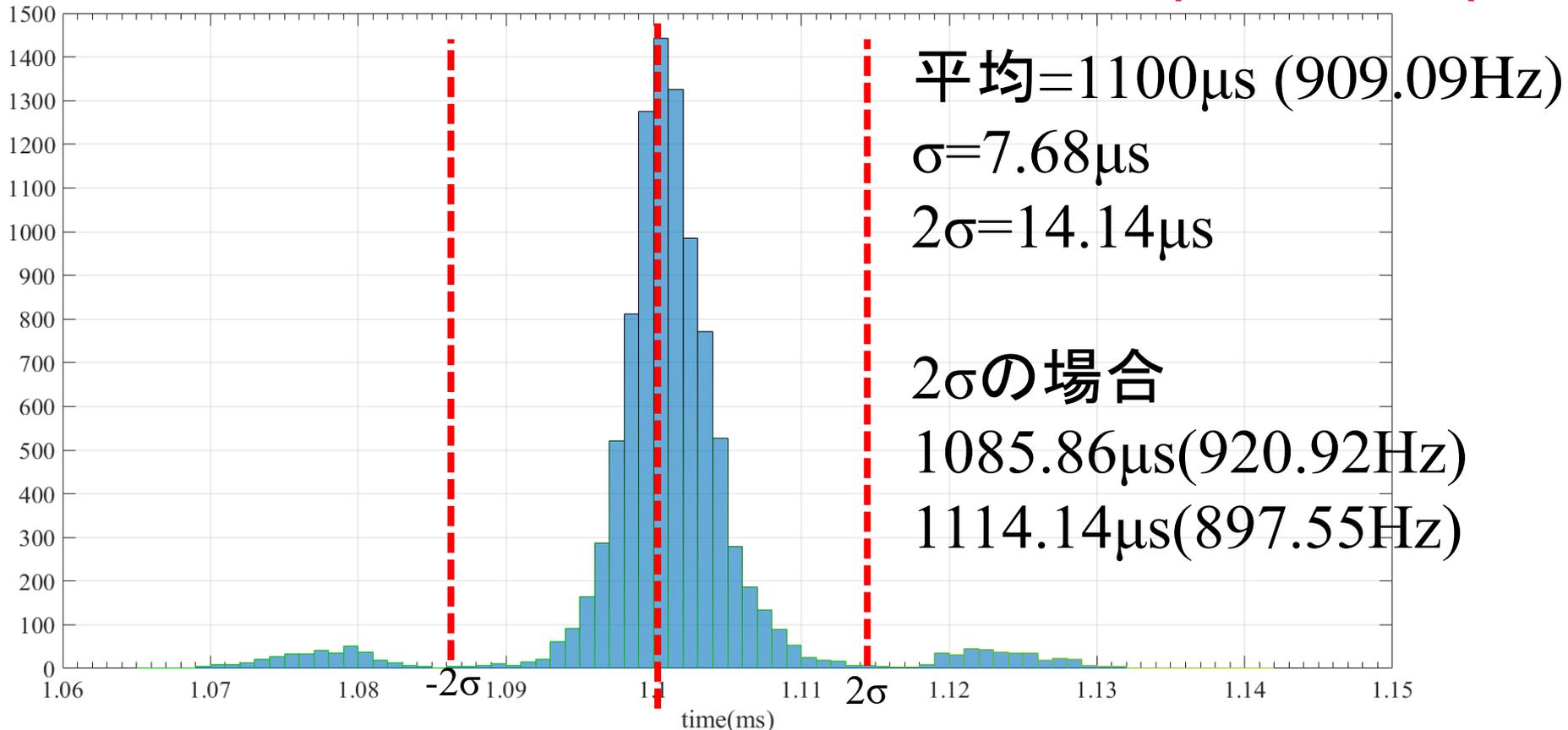
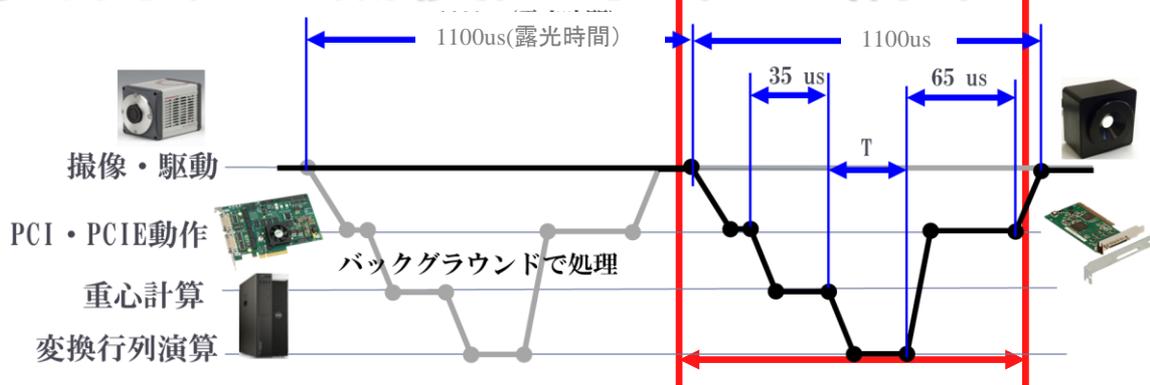
- ・最遅値を制御周期にする必要がある
- ・制御系の性能の低下につながる

実時間性と高速化を実現する補償光学系の構築

OSをWindowsからLinuxに変更 → 物理層ベースからカスタマイズ



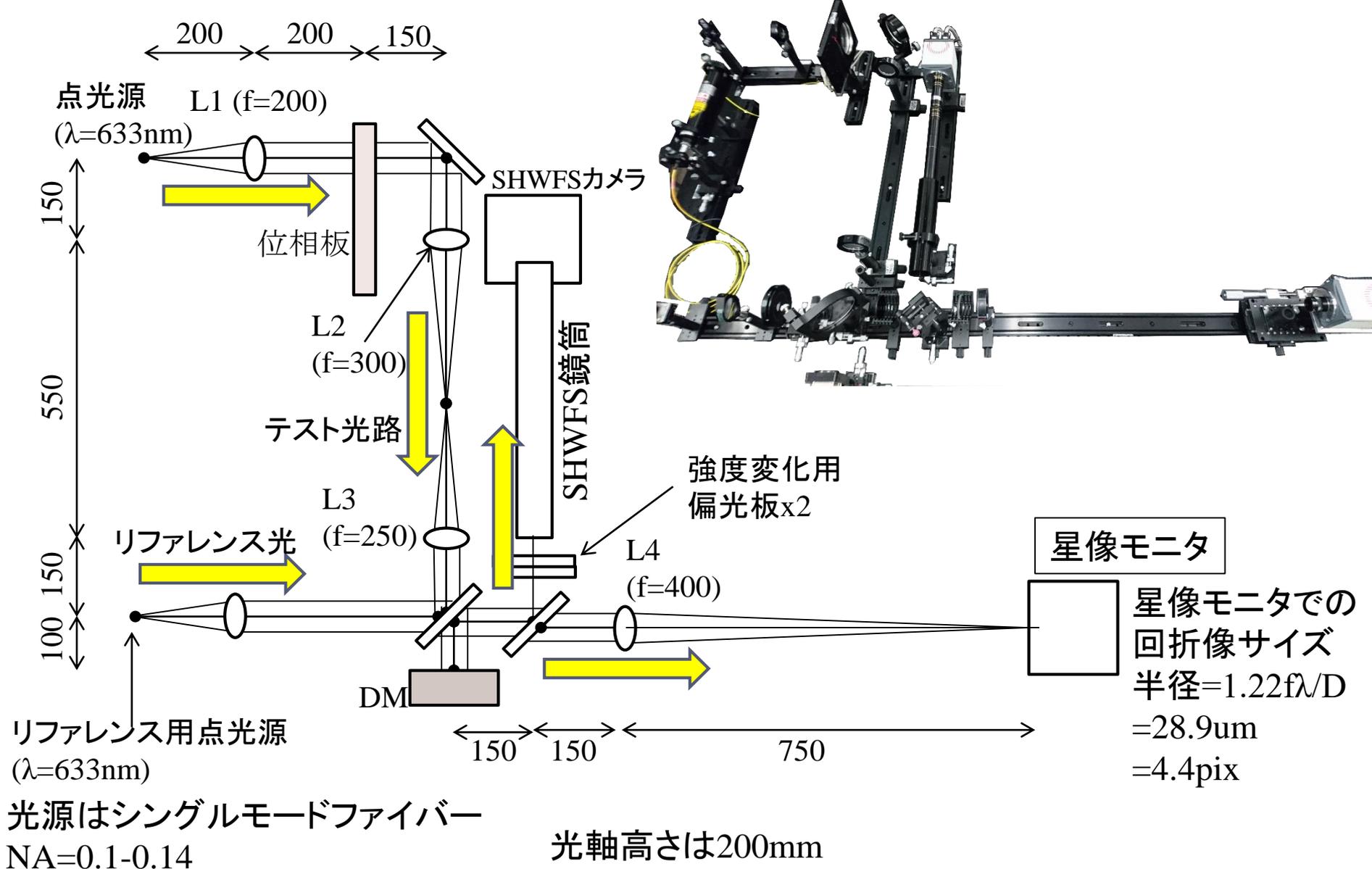
実時間性と高速化を実現する補償光学系の構築



実時間性測定ヒストグラム

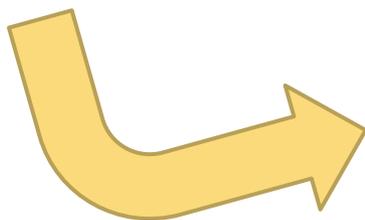
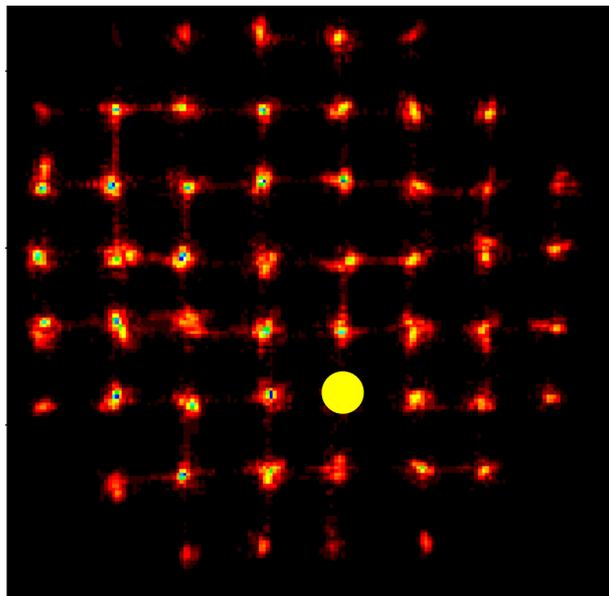
補償光学実験

実験環境

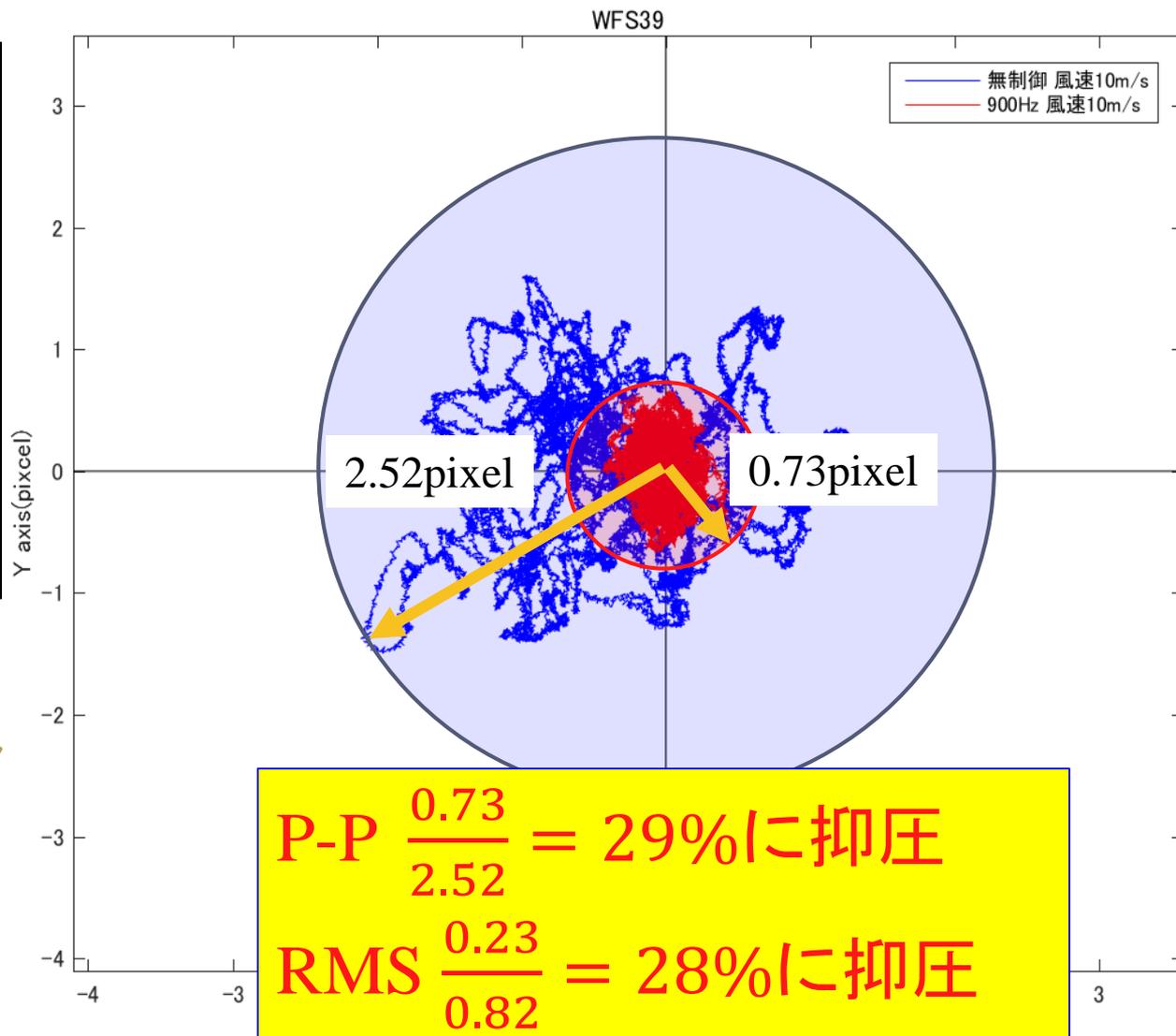


補償光学実験

SHWFSの抑圧率

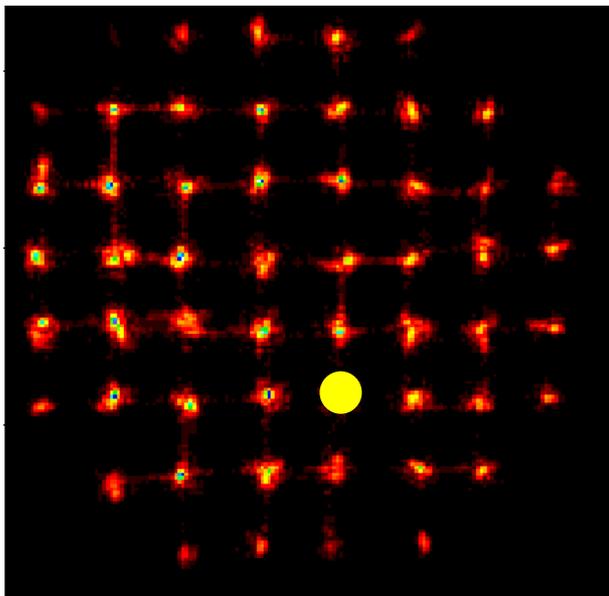


SHWFSのスポット軌跡

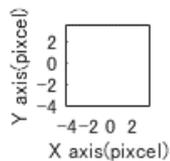
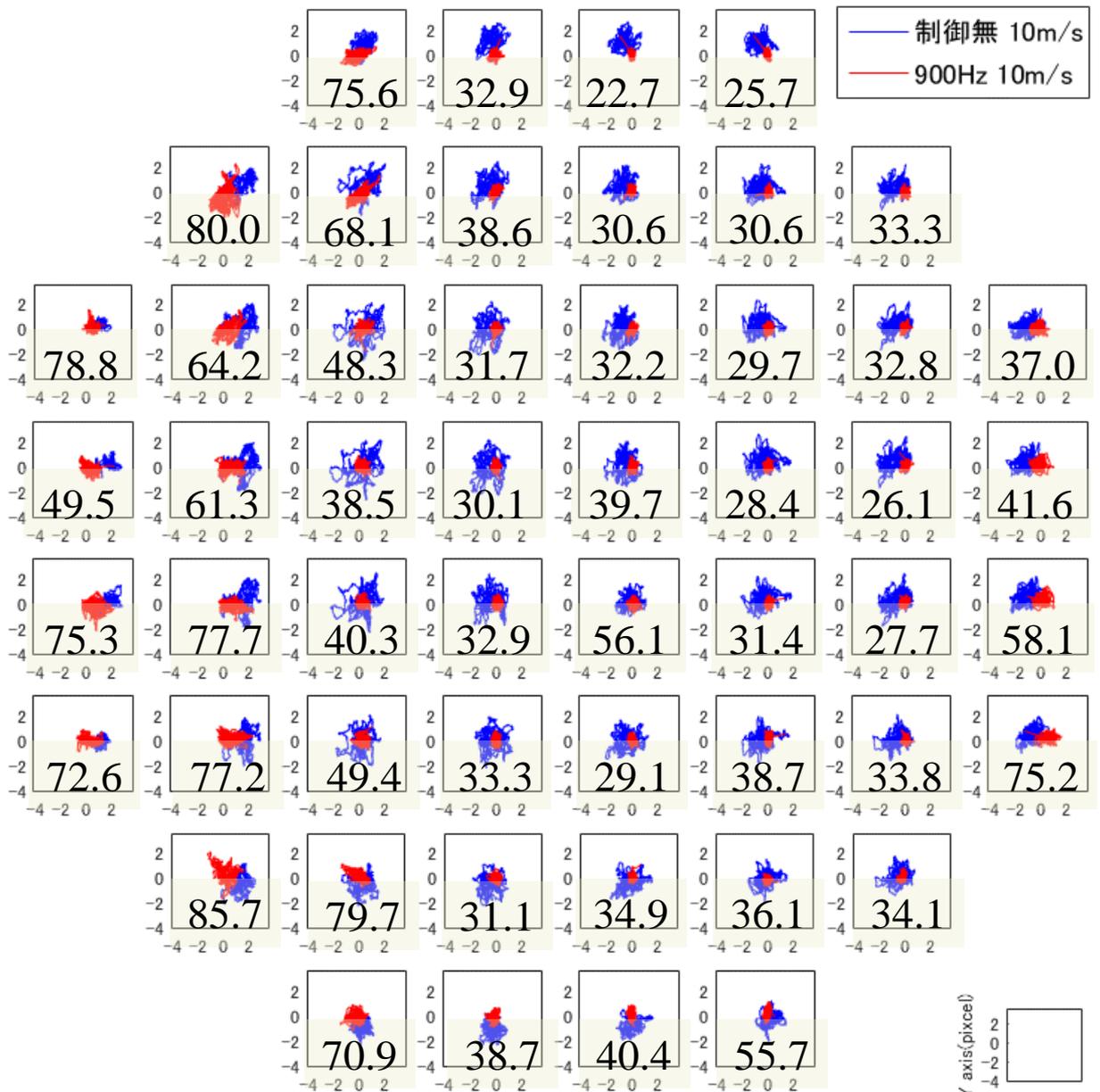


補償光学実験

SHWFSの抑圧率

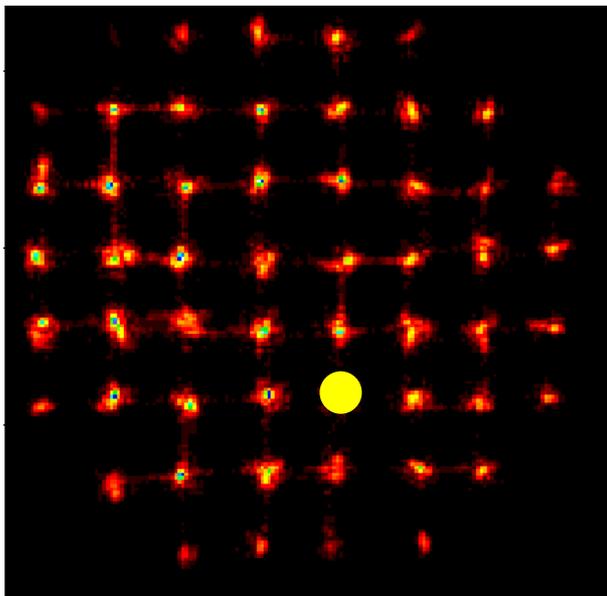


SHWFSのスポット軌跡

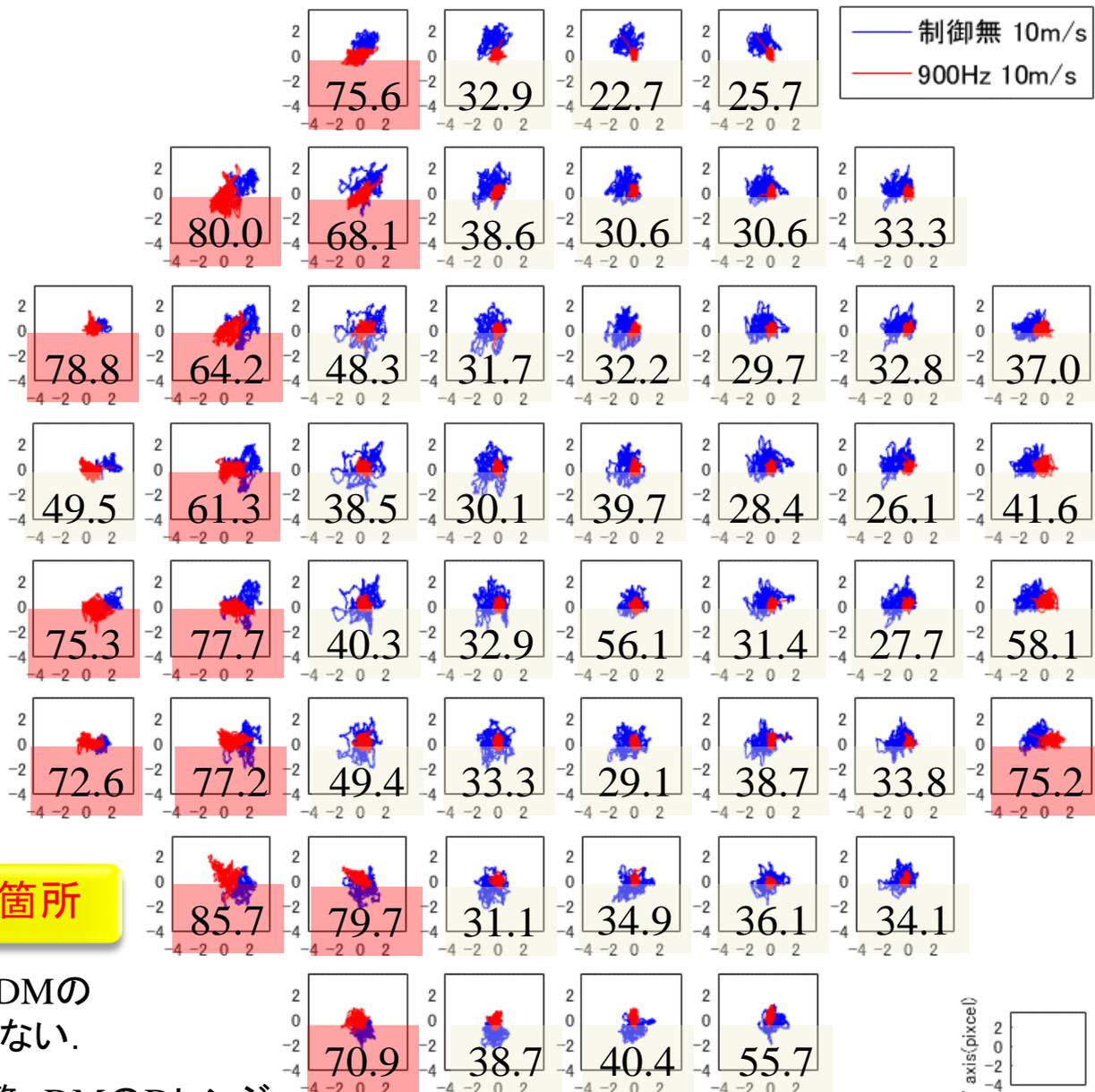


補償光学実験

SHWFSの抑圧率



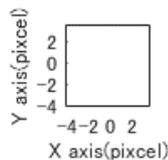
SHWFSのスポット軌跡



波面センサの抑圧率が低い箇所

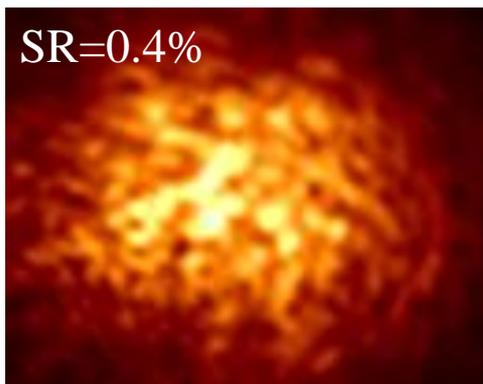
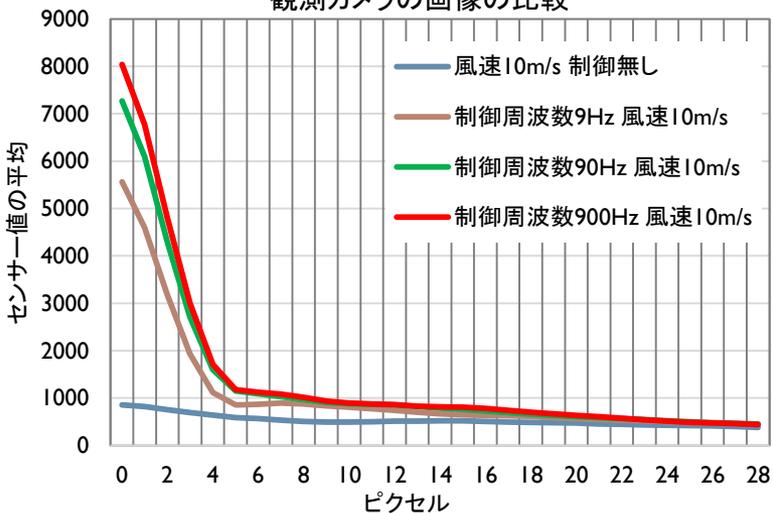
- ・波面センサの読み出し結果がDMの動作に反映されていない。

→SHWFS素子数, 光学系調整, DMのDレンジ

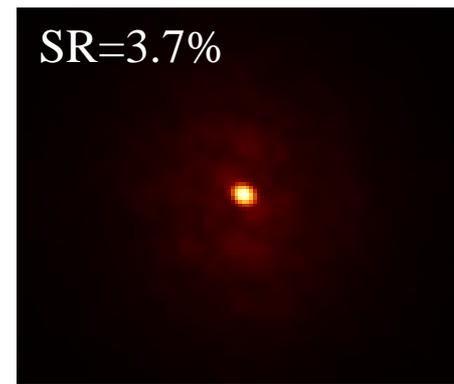


補償光学実験 SR測定結果

観測カメラの画像の比較



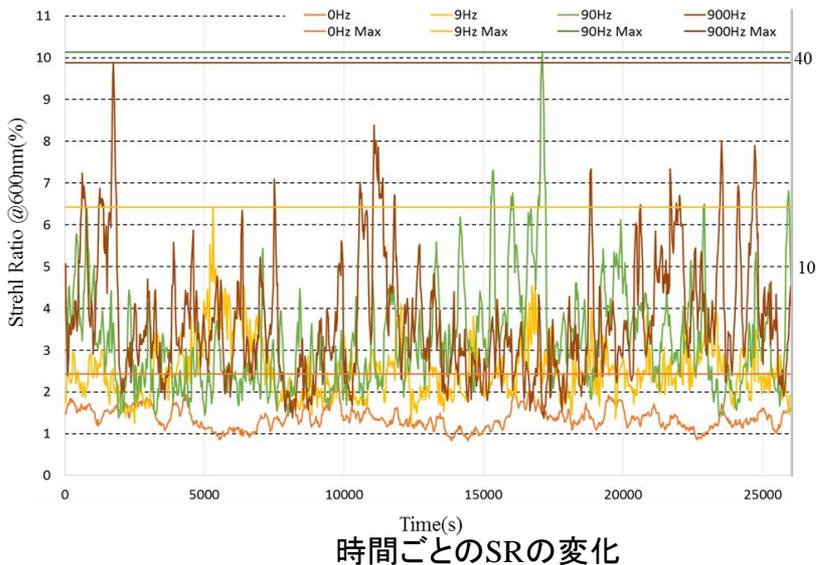
風速 10m/s 制御無し



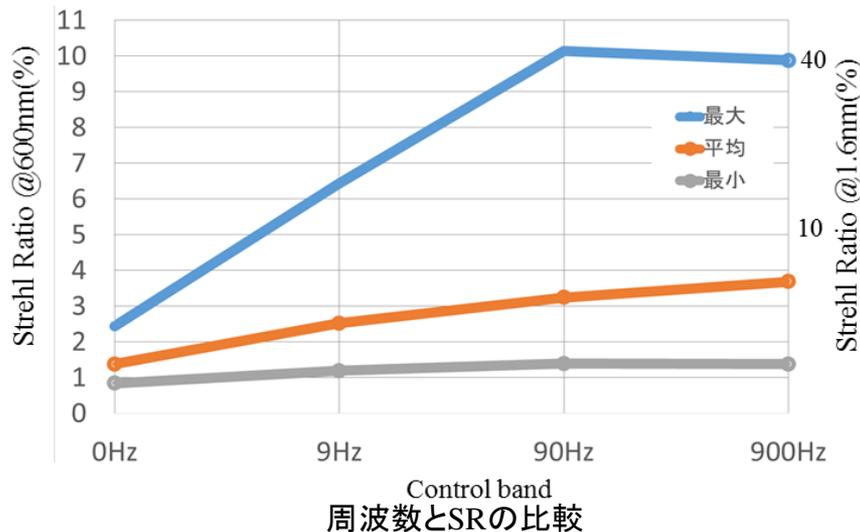
風速 10m/s 900Hz

$\lambda=633\text{nm}$ 風速10m/s 制御帯域900Hz 星像モニタ(16秒間平均 26fps)

制御無しに比べてSRが上昇しているが
非常に不安定なSR変動



制御帯域が高速化すると補償精度も向上



まとめ

- ▶ 実時間性を意識した補償光学システムを開発した
 - ▶ $2\sigma=14.14\mu\text{s}$ の実時間性の制御が可能
- ▶ 補償光学実験を行った
 - ▶ 0Hzに比べてSRが上昇しているが非常に不安定なSR変動が見られた
 - ▶ 制御帯域が高速化すると補償精度も向上
- ▶ 今後
 - ▶ SHWFSの数を増やして波面分解能を向上
 - ▶ 定量的に適切なゲインを決定
 - ▶ 比例制御からPID制御系に変更