

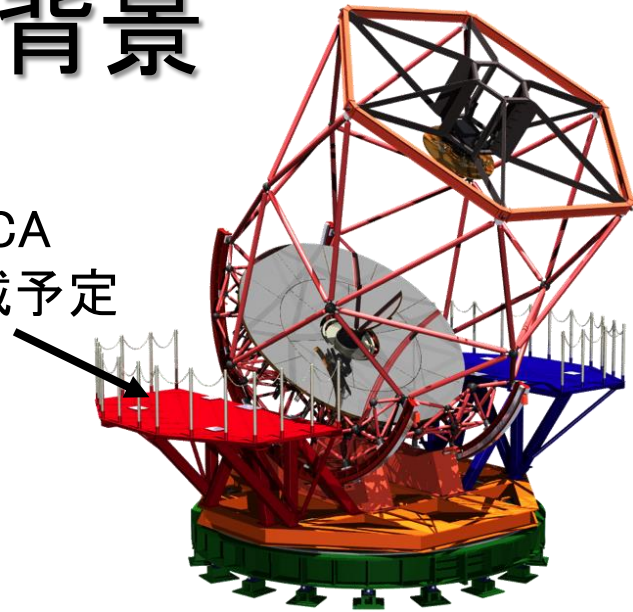
# 天体観測のための補償光学システム開発

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

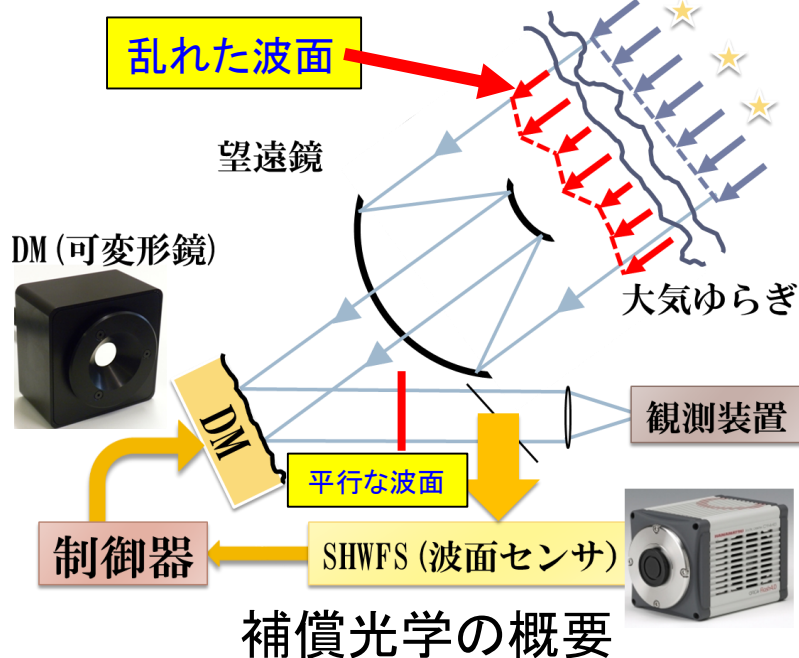
## SEICA

(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

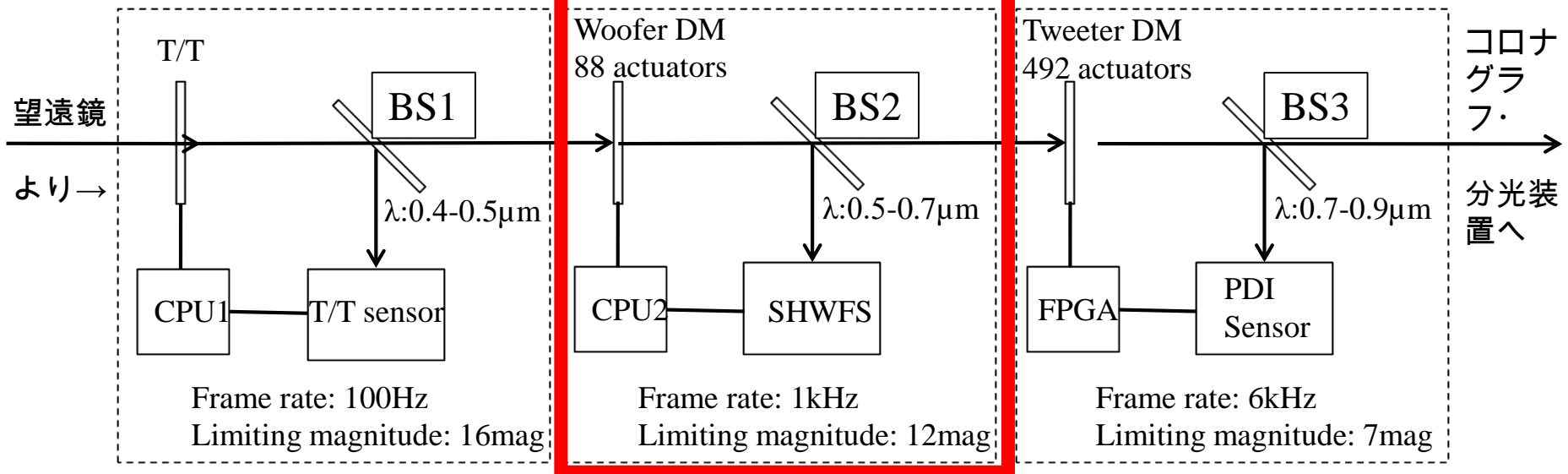
Tweeter

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

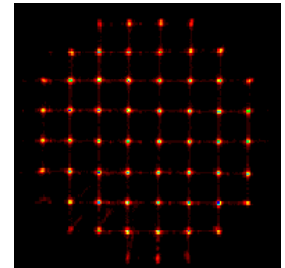
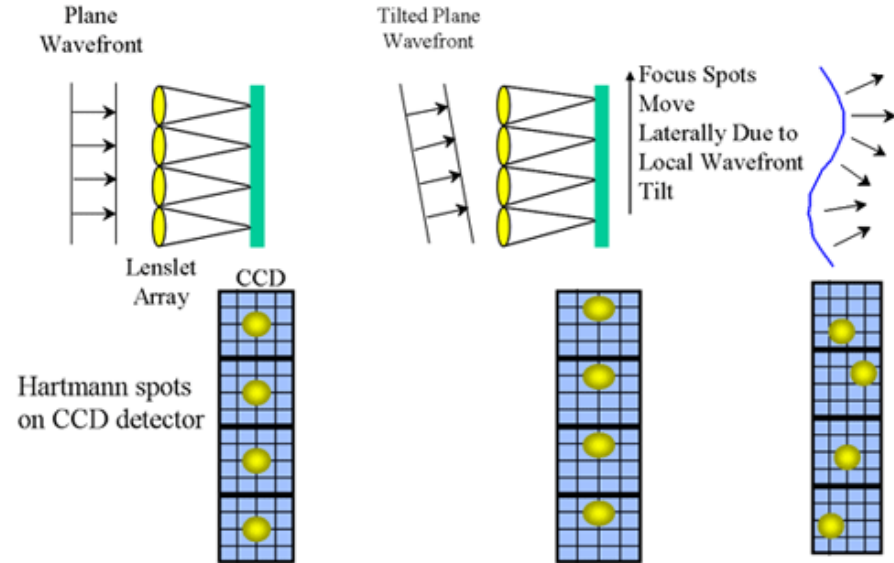


Woofer補償光学系の開発

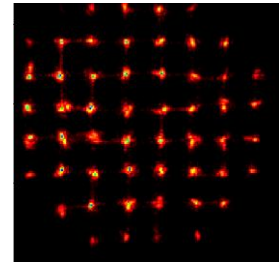
# Woofler補償光学系の概要

## ▶ 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



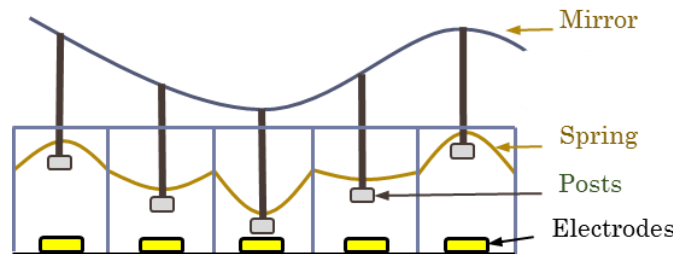
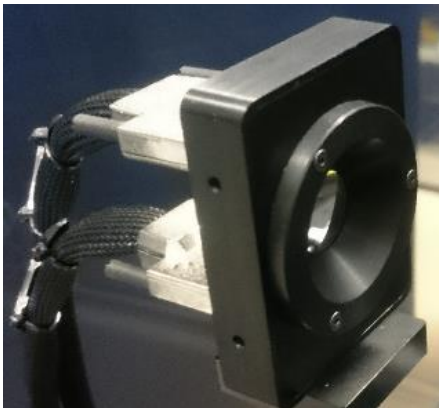
大気乱流が無い時



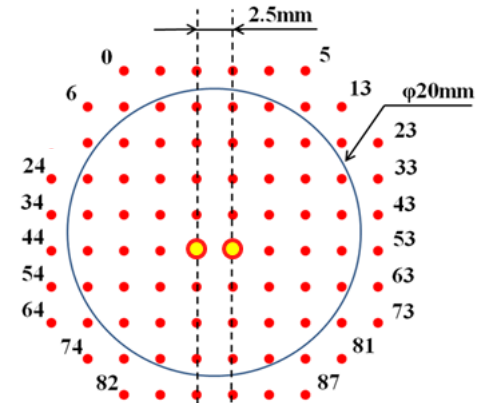
大気乱流を通った時

## ▶ DM

Alpao  
DM88-25  
ストローク 40 $\mu\text{m}$ (全素子可動時)  
アクチュエータ数 88素子(有効52素子)



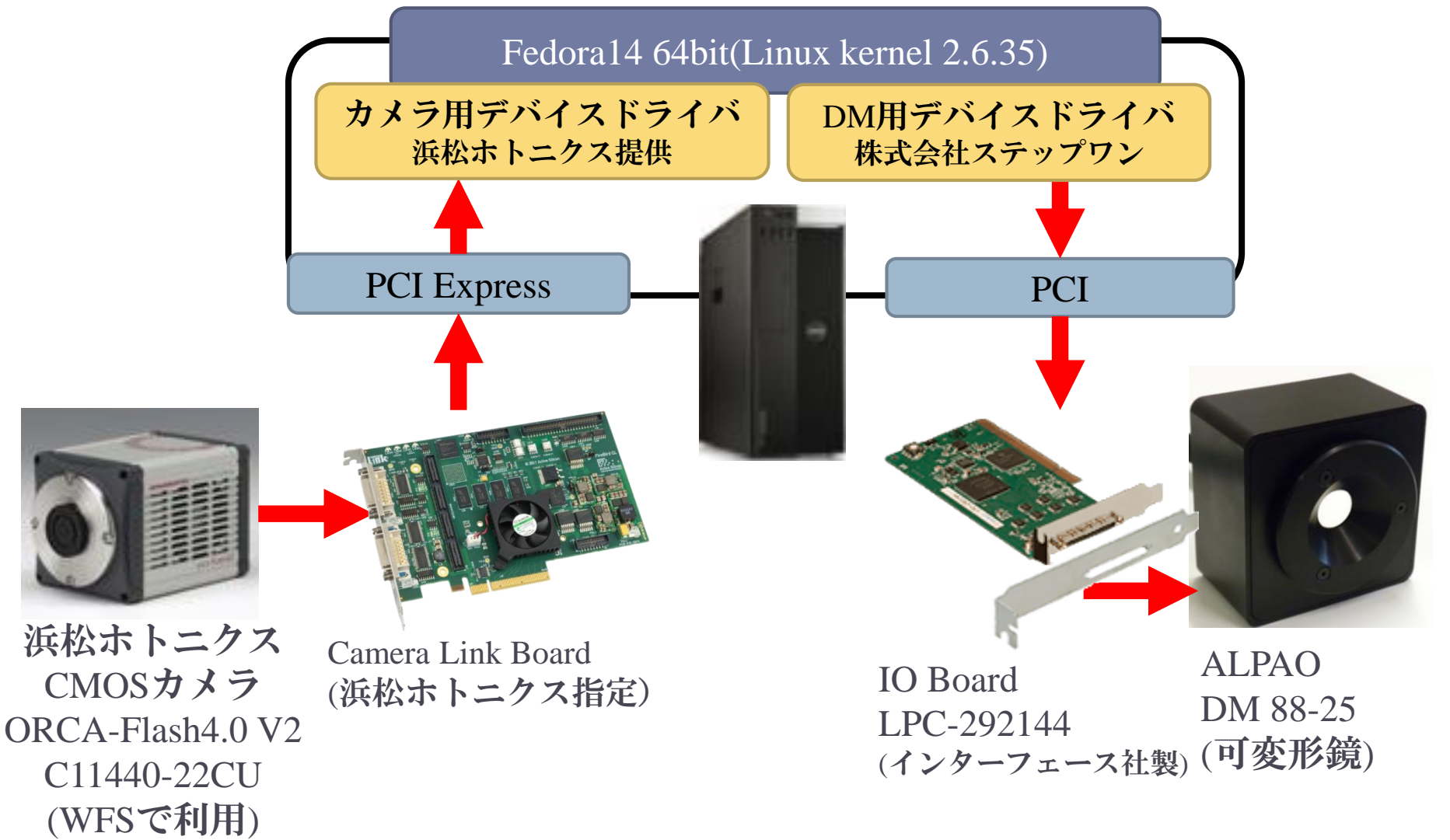
DMの断面図



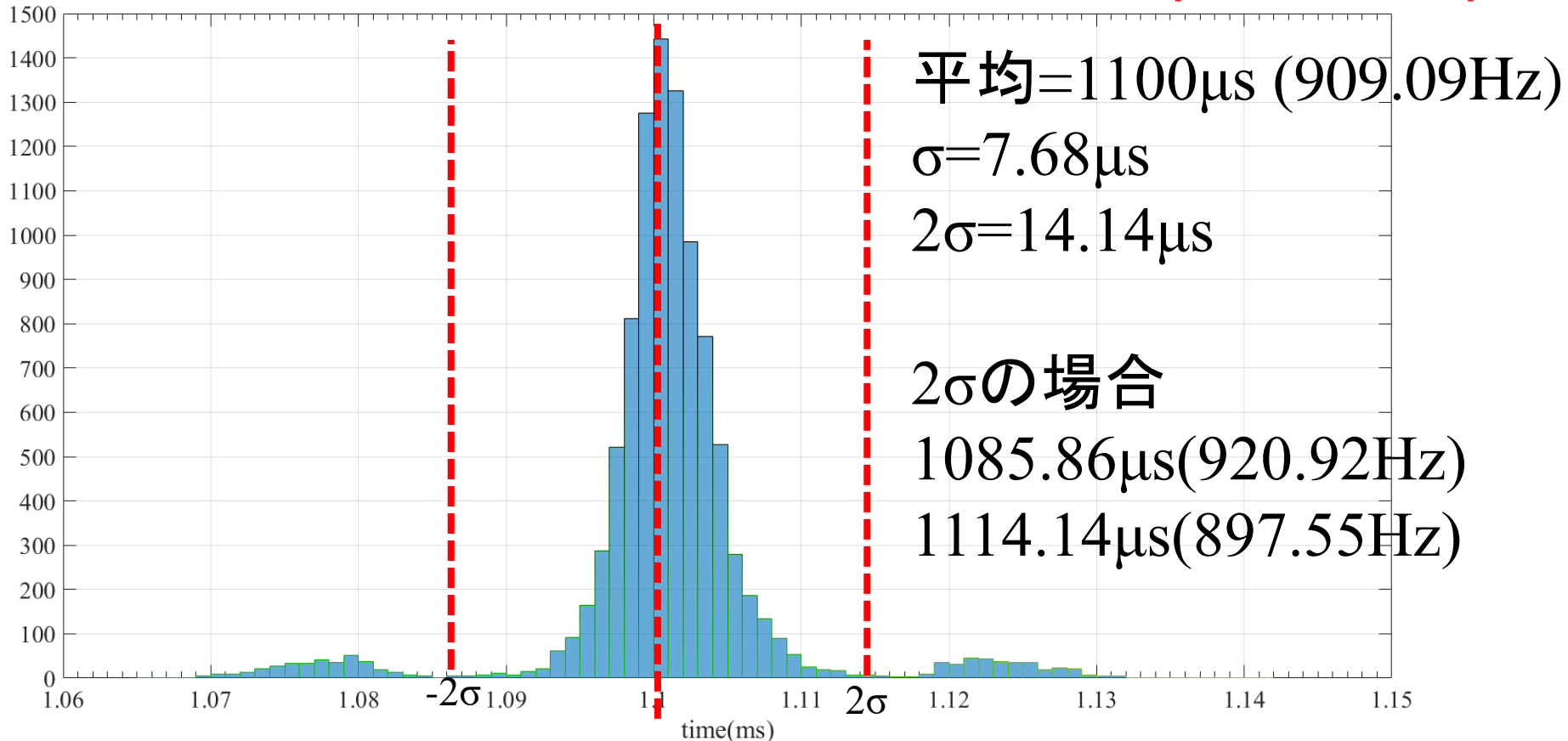
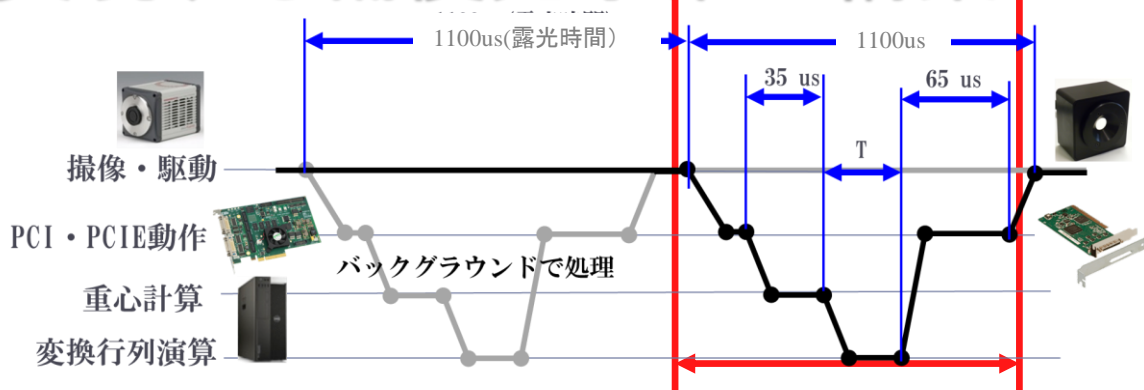


# 実時間性と高速化を実現する補償光学系の構築

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

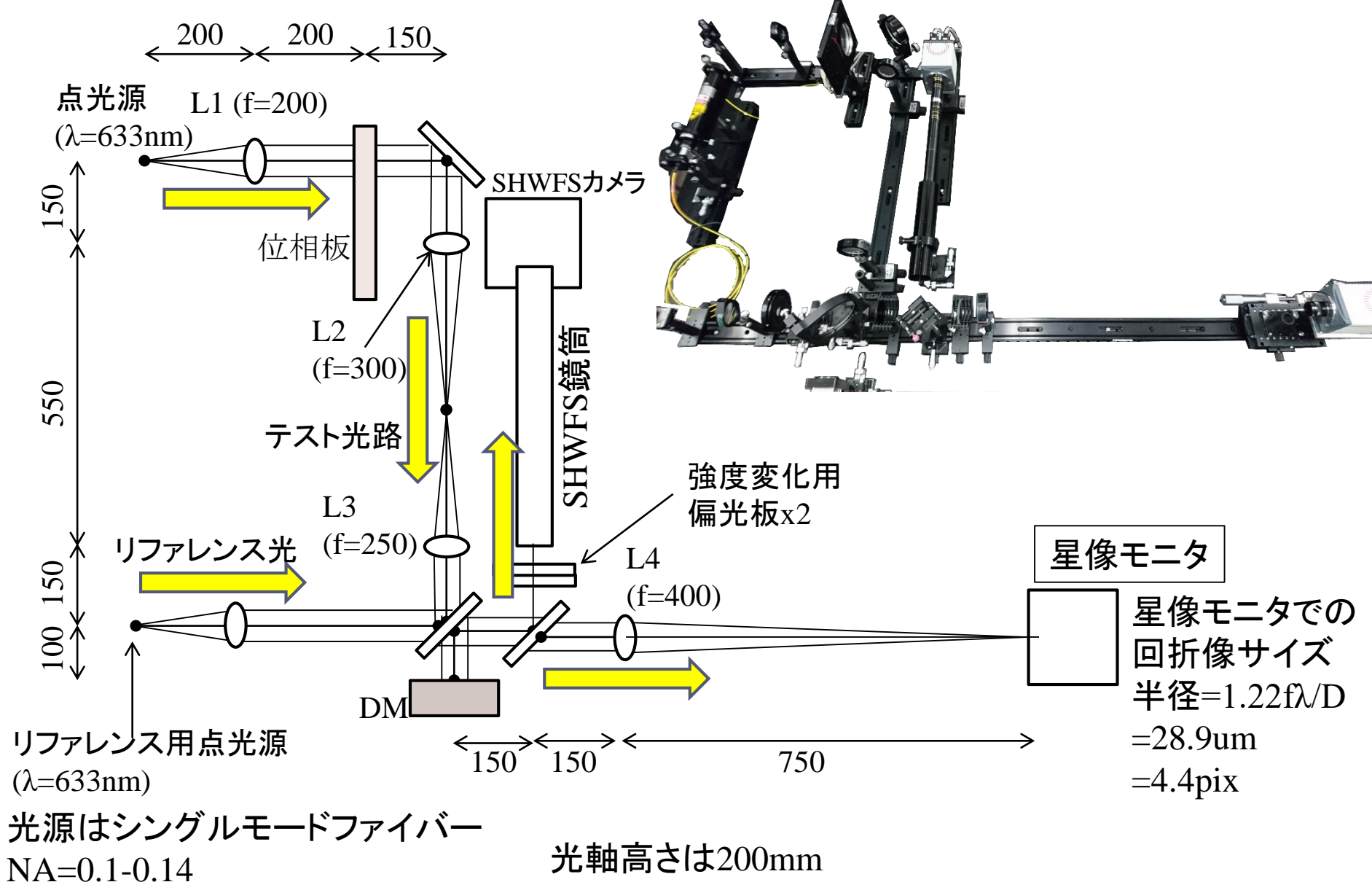


実時間性測定ヒストグラム



# 補償光学実験

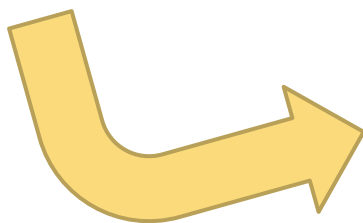
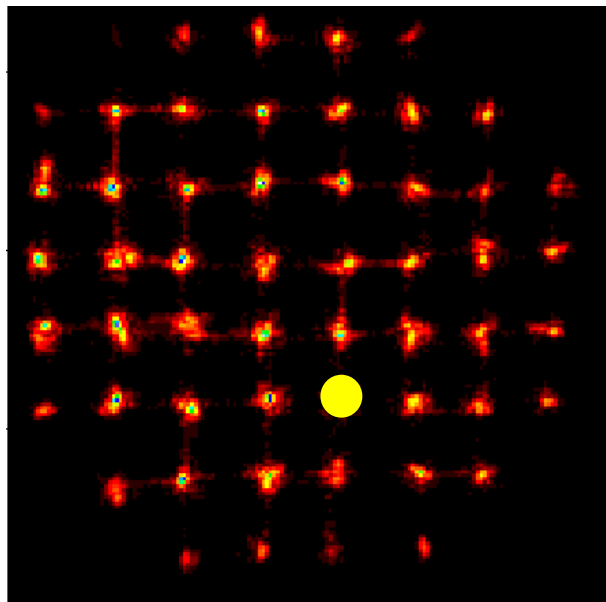
## 実験環境



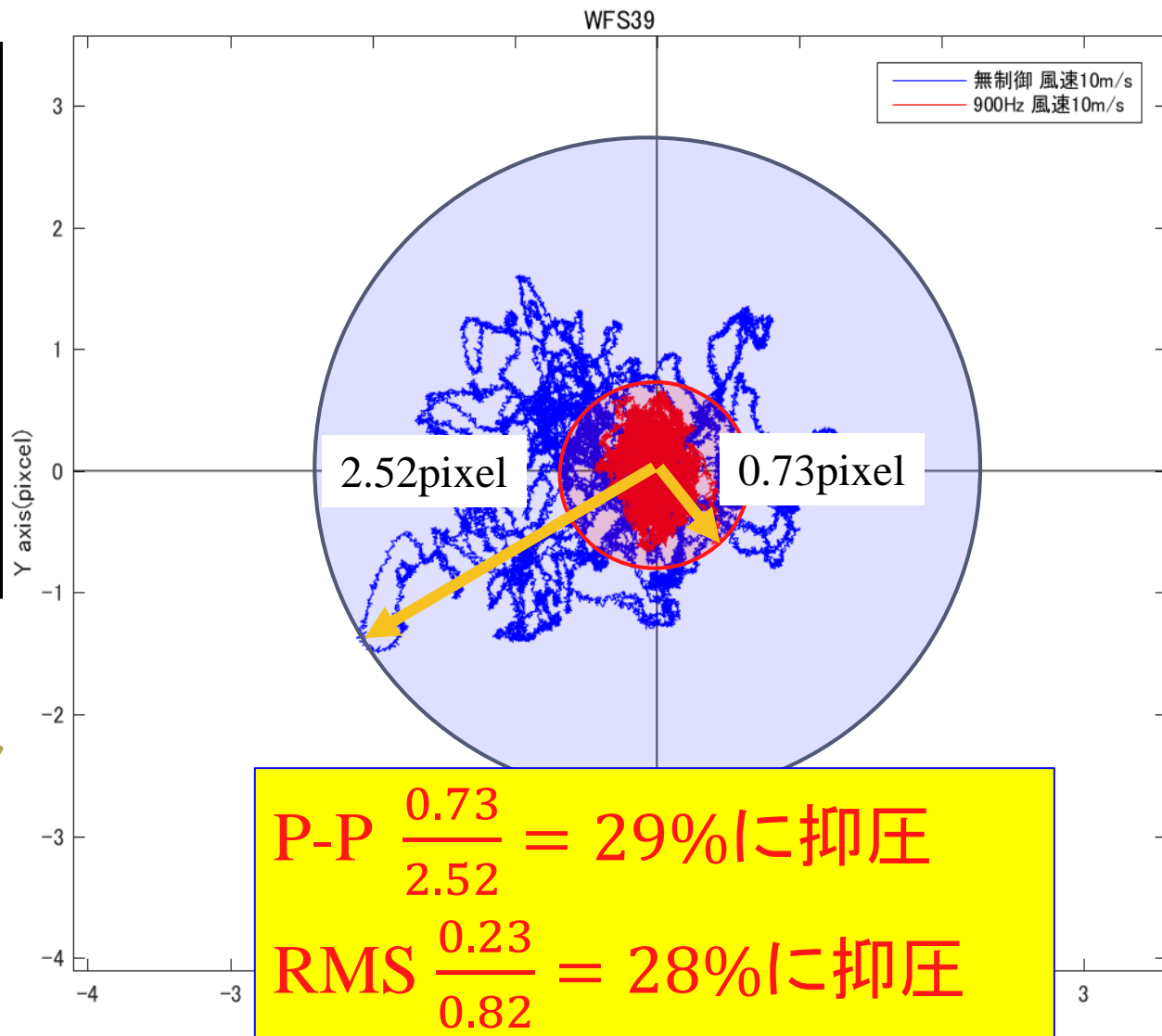


# 補償光学実験

## SHWFSの抑圧率

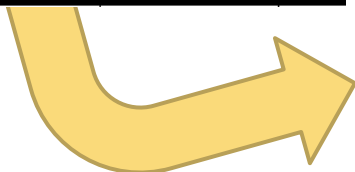
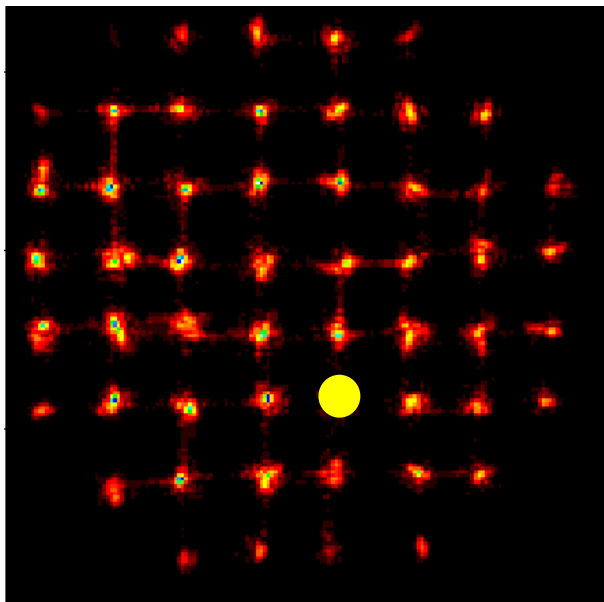


## SHWFSのスポット軌跡

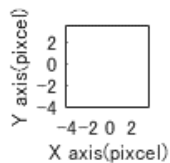
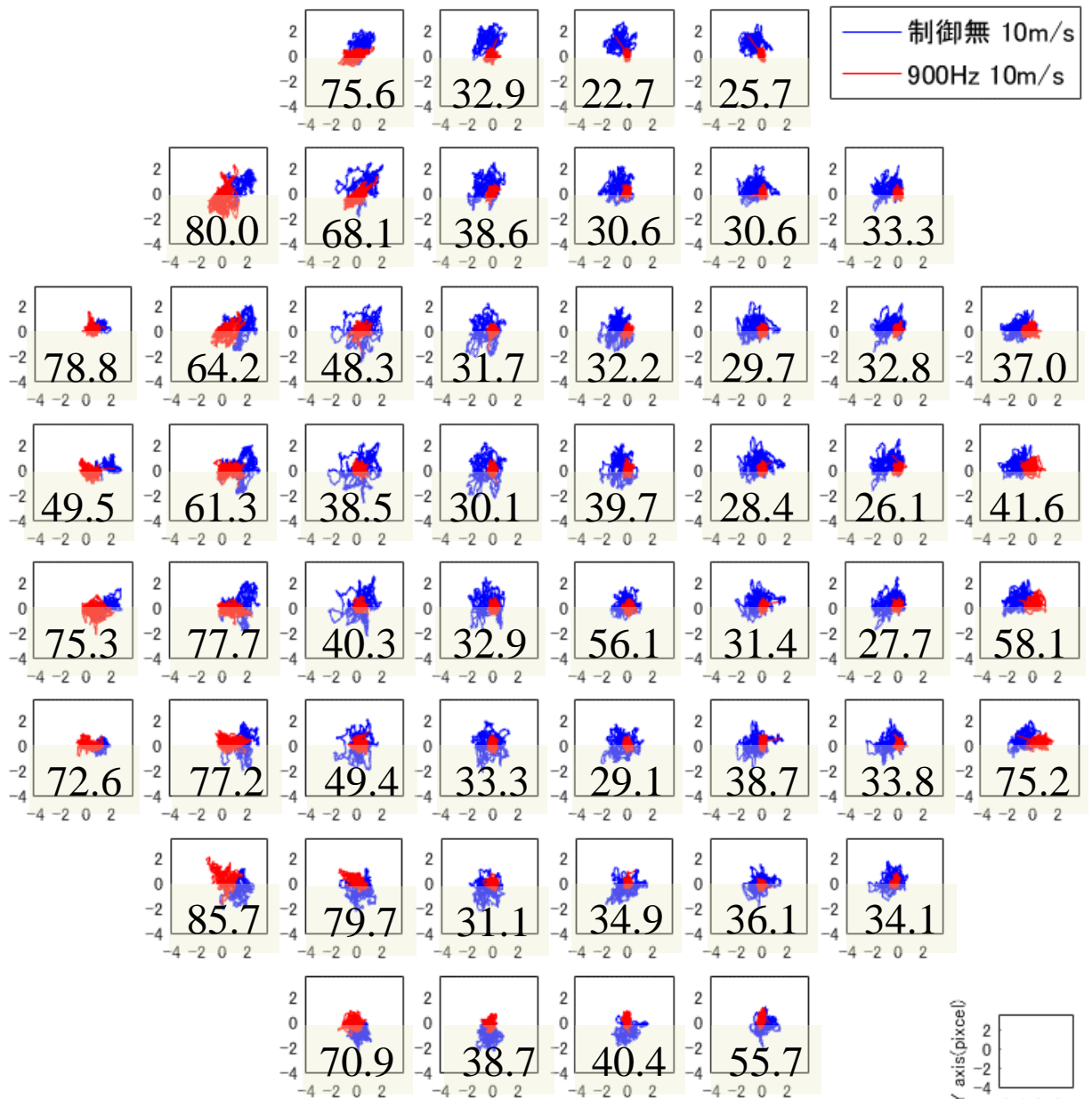


# 補償光学実験

## SHWFSの抑圧率

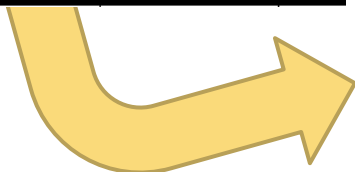
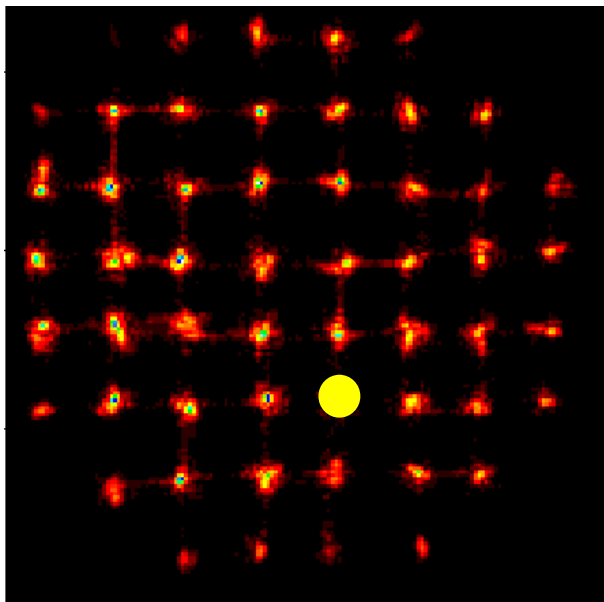


### SHWFSのスポット軌跡

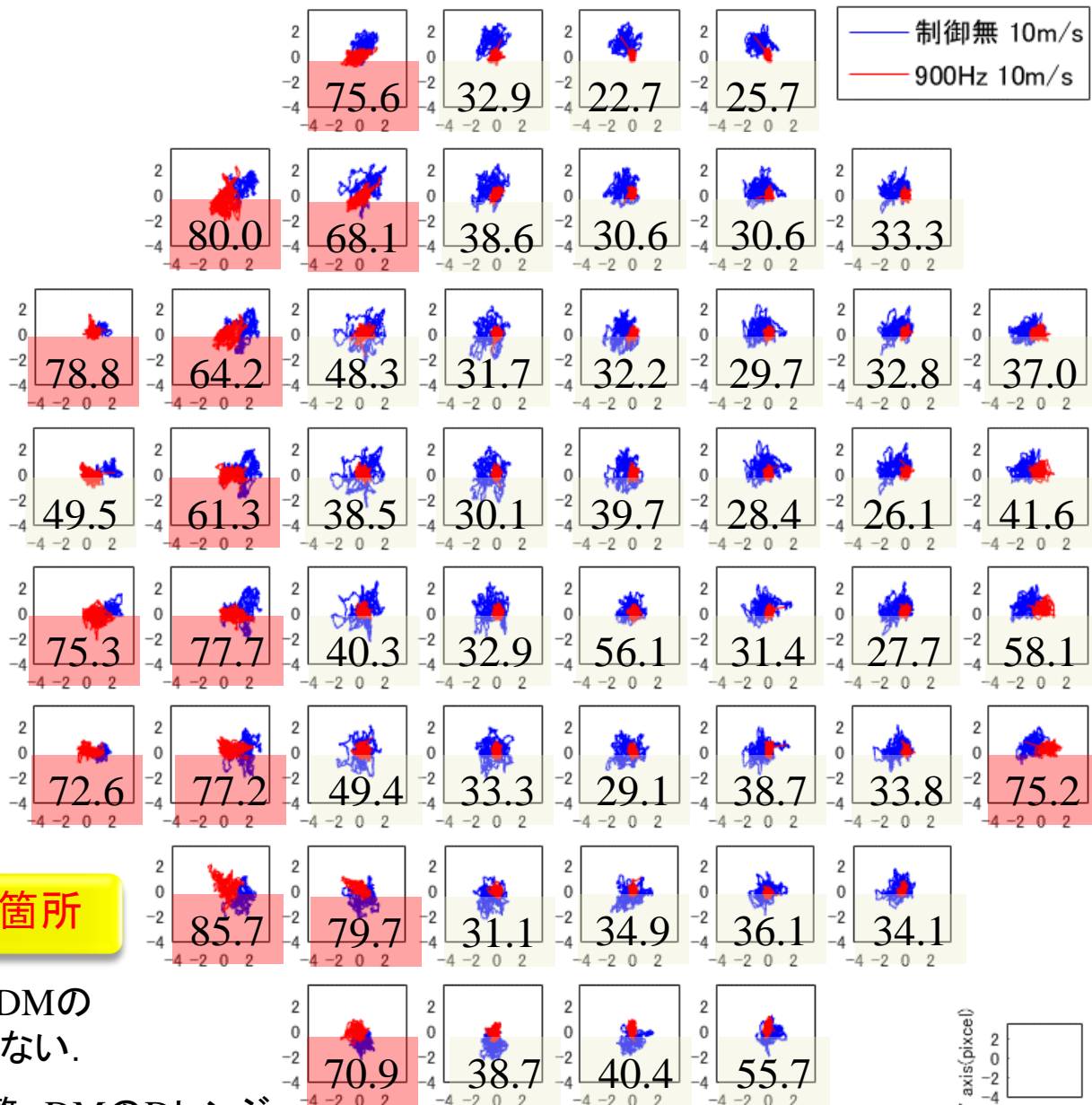


# 補償光学実験

## SHWFSの抑圧率



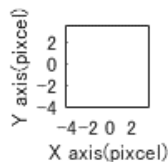
### SHWFSのスポット軌跡



波面センサの抑圧率が低い箇所

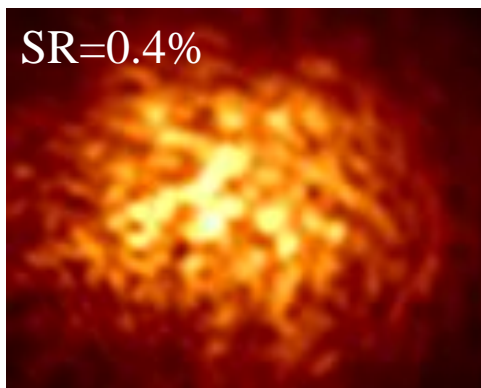
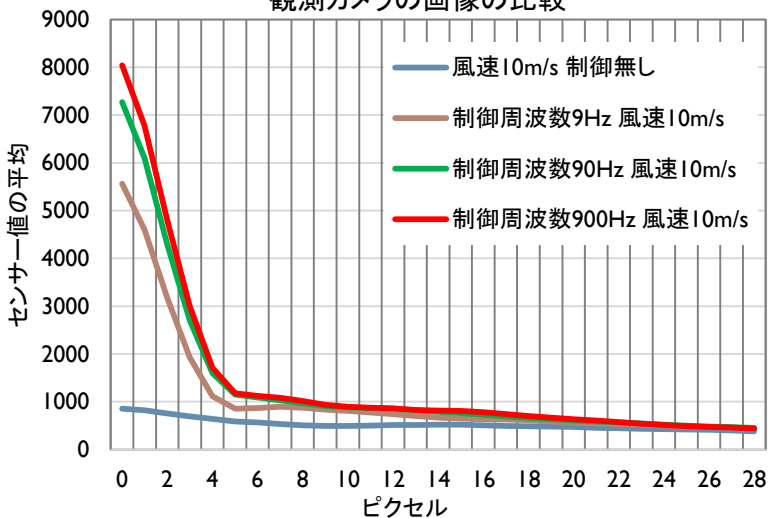
・波面センサの読み出し結果がDMの動作に反映されていない。

→SHWFS素子数, 光学系調整, DMのDレンジ

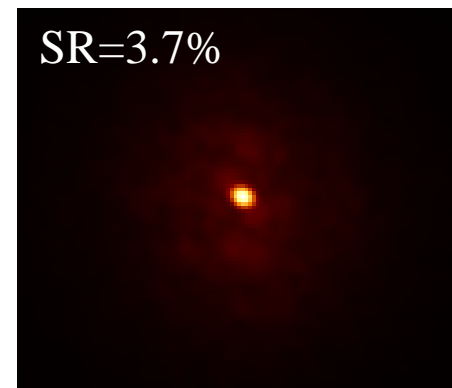


# 補償光学実験 SR測定結果

観測カメラの画像の比較



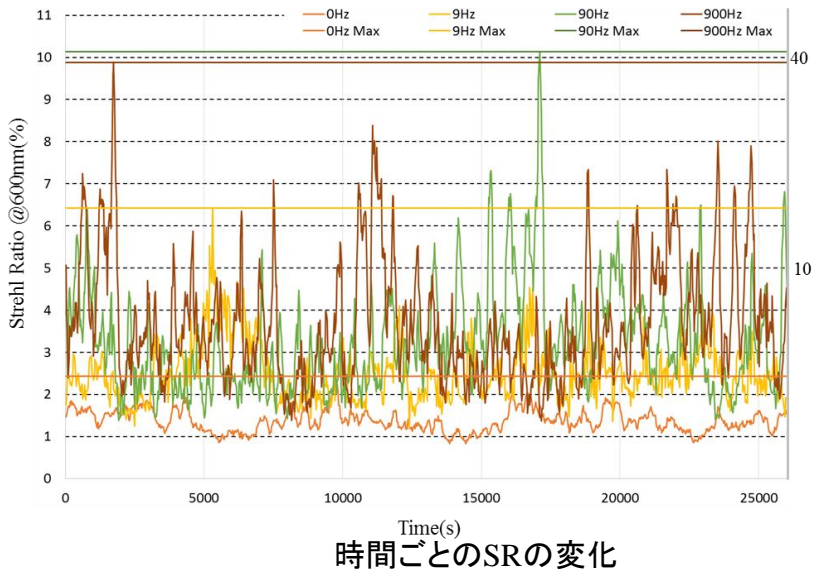
風速 10m/s 制御無し



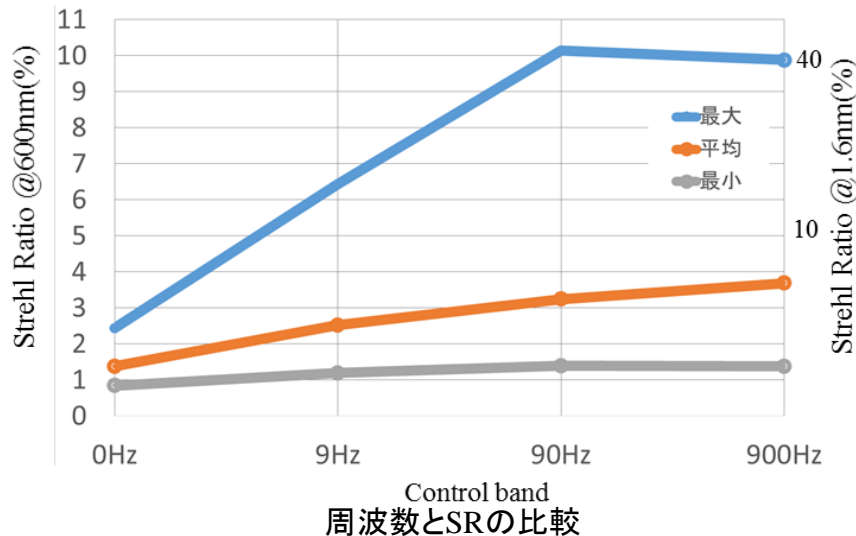
風速 10m/s 900Hz

$\lambda=633\text{nm}$  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