

天体観測のための 補償光学装置のシミュレータ開発

外乱オブザーバの適用とそのテスト結果



大阪電気通信大学大学院
工学研究科 制御機械工学専攻

MM18A012

藤田 勝

発表内容

1. 研究背景
2. 補償光学系の概要と動作
3. シミュレーション環境の構築
4. まとめ

発表内容

1. 研究背景
2. 補償光学系の概要と動作
3. シミュレーション環境の構築
4. まとめ

1. 研究背景

■ 目的: 太陽系外惑星の直接観測

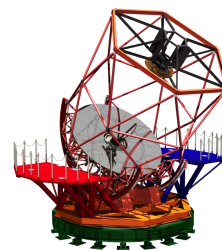
- ・ 観測光を集めるために**大型望遠鏡**が必要



地球型系外惑星の
直接観測

30m望遠鏡(TMT)

@Mt. Mauna-Kea in Hawaii

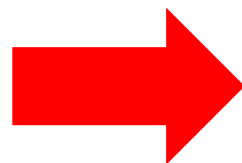


木星型系外惑星の
直接観測

せいめい望遠鏡(3.8m望遠鏡)

@浅口市 岡山県

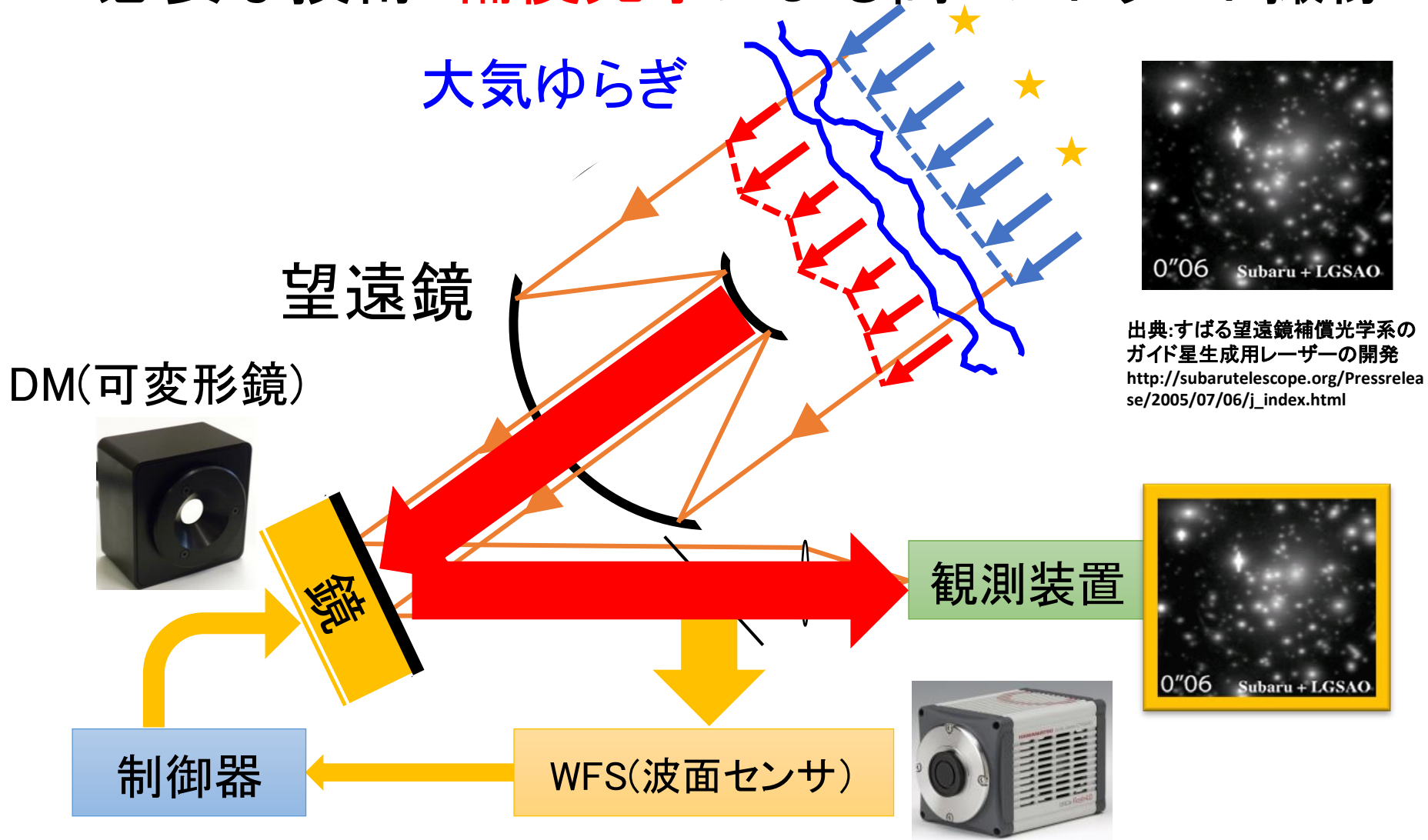
- ・ **高コントラスト**で**高分解能**な観測装置が必要



蛍の光と
同程度の強度・・・

1. 研究背景

■ 必要な技術: **補償光学**による高コントラスト撮像

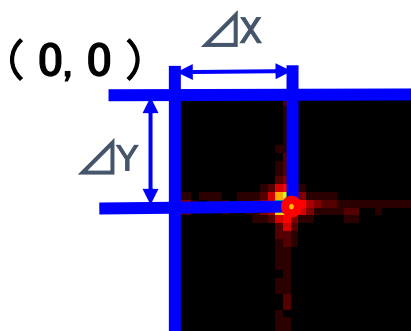
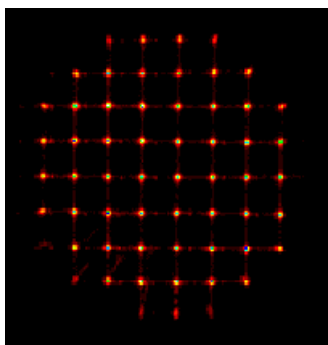
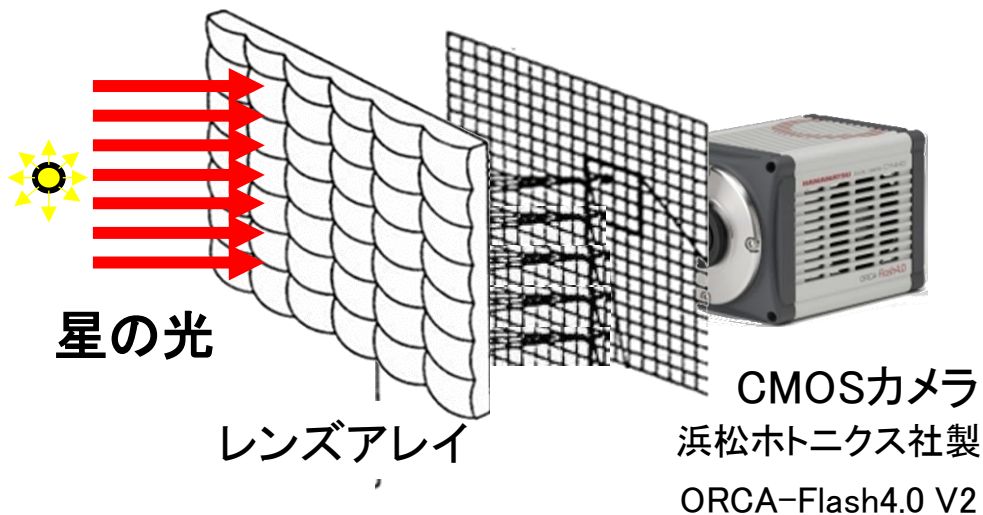


出典:すばる望遠鏡補償光学系の
ガイド星生成用レーザーの開発
http://subarutelescope.org/Pressrelease/2005/07/06/j_index.html

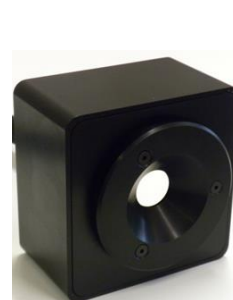
1. 研究背景

■ 必要な技術: 補償光学による高コントラスト撮像

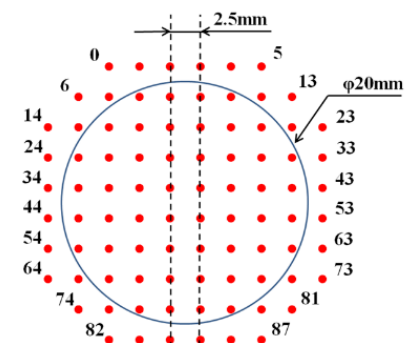
波面センサ (WFS: Wave Front Sensor)



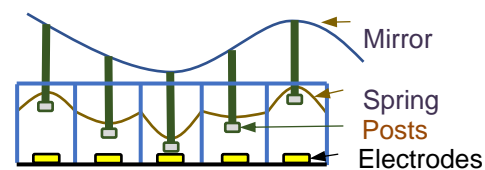
可変形鏡 (DM: Deformable-mirror)



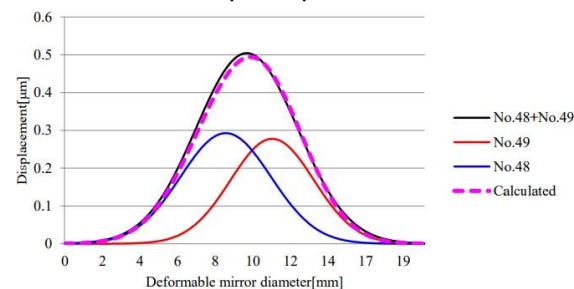
ALPAO社製
ALPAO DM 88-25



● Element — Effective diameter



Actuation principle of DM

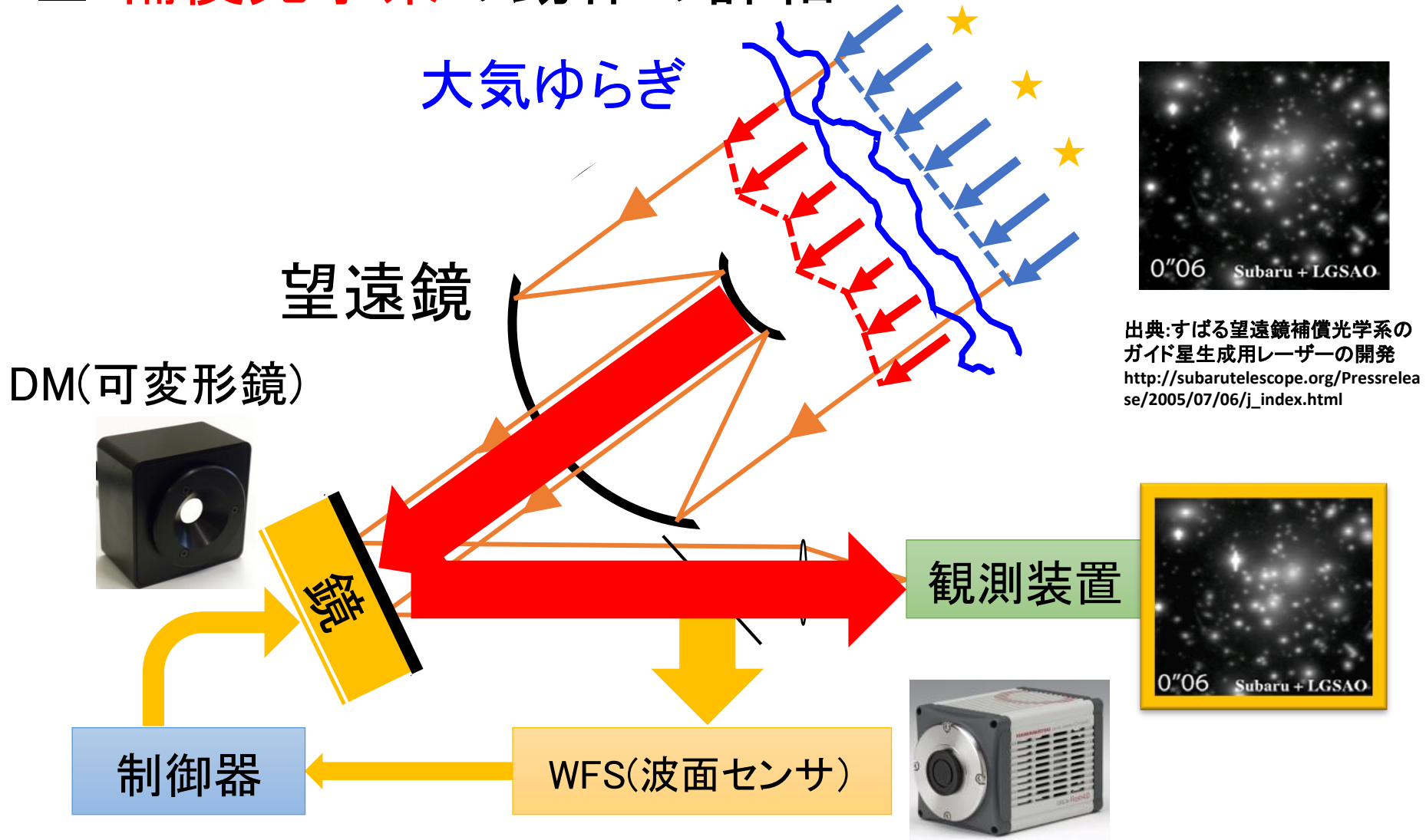


発表内容

1. 研究背景
2. 補償光学系の概要と動作
3. シミュレーション環境の構築
4. まとめ

2. 補償光学系の概要と動作

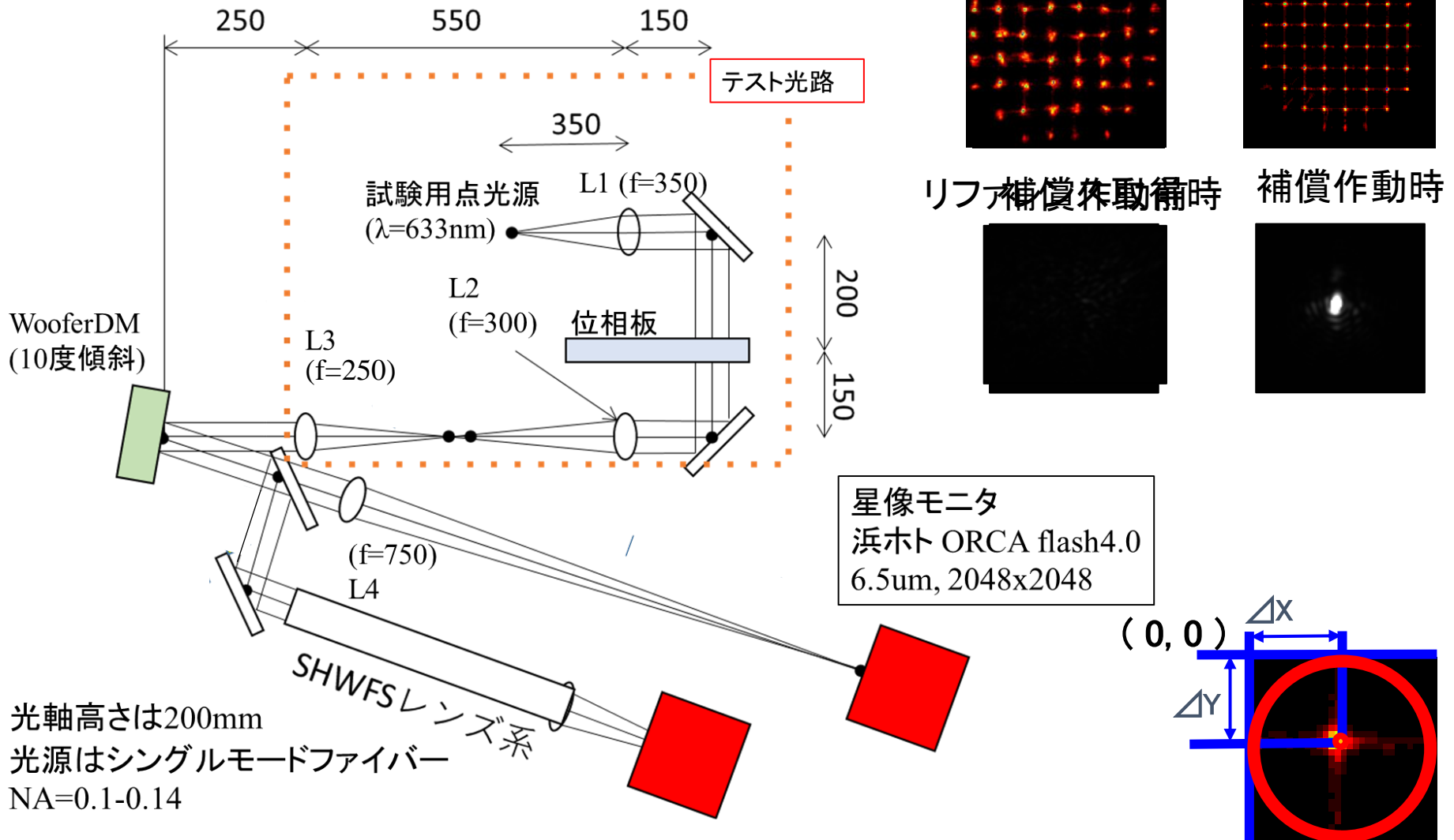
■ 補償光学系の動作の詳細



出典:すばる望遠鏡補償光学系の
ガイド星生成用レーザーの開発
http://subarutelescope.org/Pressrelease/2005/07/06/j_index.html

2. 補償光学系の概要と動作

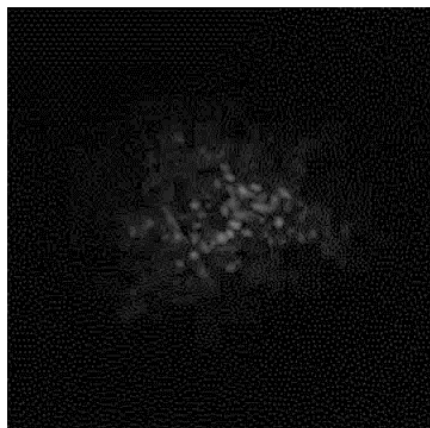
■ Woofer実験系の詳細



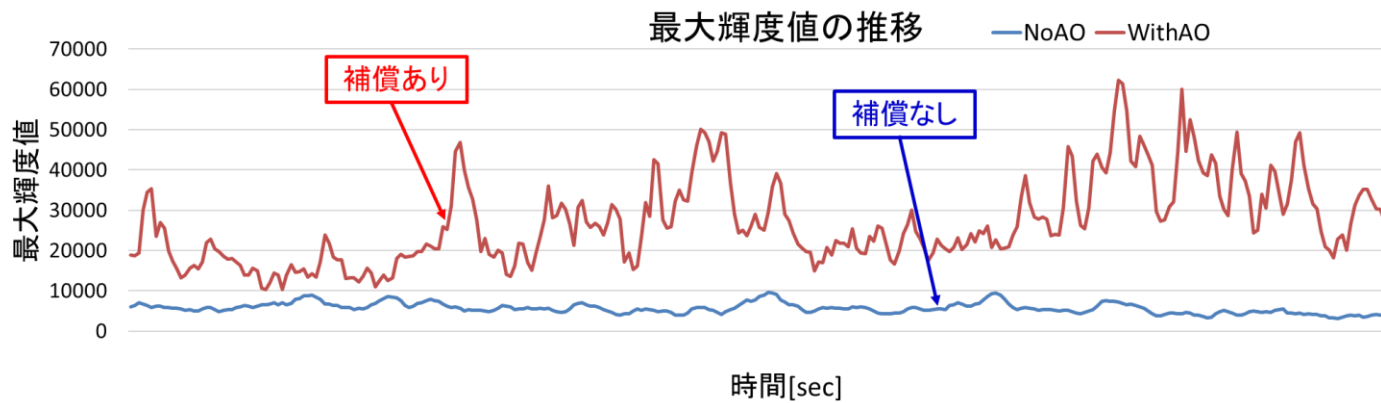
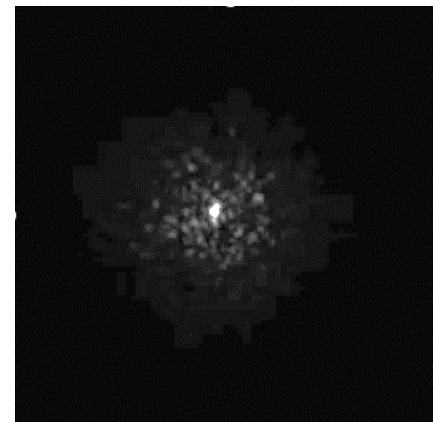
2. 補償光学系の概要と動作

■ 実験の様子(モニタ用カメラの映像)

補償なし



補償あり(輝度最大)



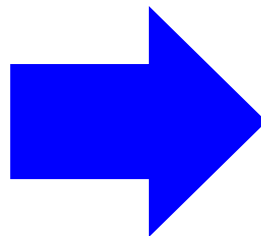
発表内容

1. 研究背景
2. 補償光学系の概要と動作
3. シミュレーション環境の構築
4. まとめ

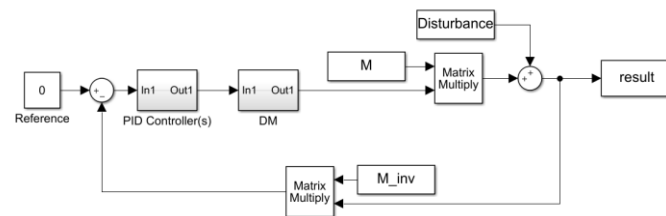
3. シミュレーション環境の構築

■ 補償光学系のシミュレーション環境の構築

実験系



シミュレーション環境



※ 実験主体での開発

※ シミュレーション環境での開発

■ 問題点

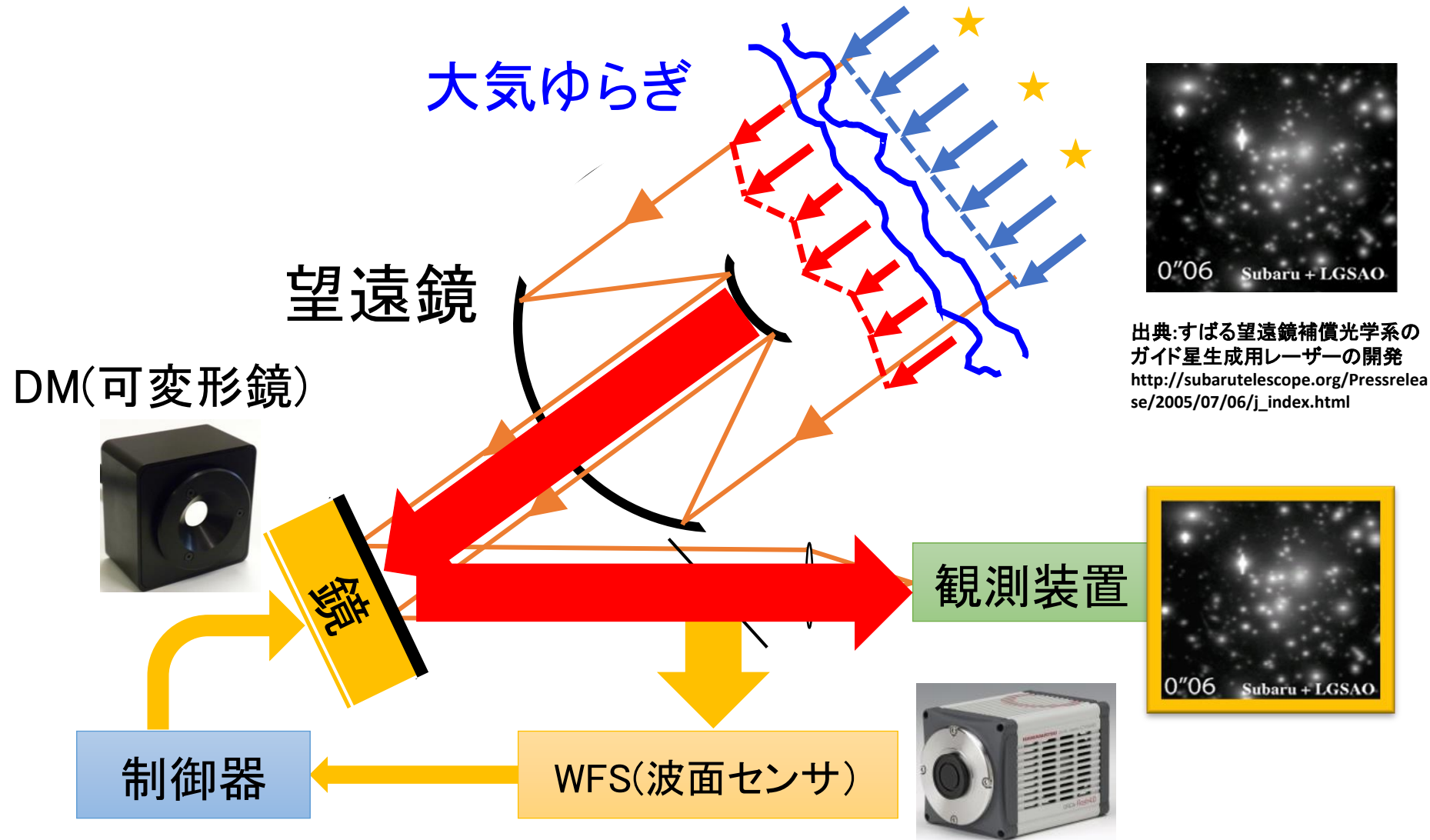
- ・ 実験系(光学系)の調整が複雑なため安定した実験環境の構築が困難.
- ・ デバイスが高価で破損回避のために制御パラメータの大きな変更が困難.

■ シミュレーション環境

- ・ 数値モデルによるシミュレーションなので安定している.
- ・ 破損の恐れがないため大胆な制御パラメータ変更とアルゴリズム検討が可能.

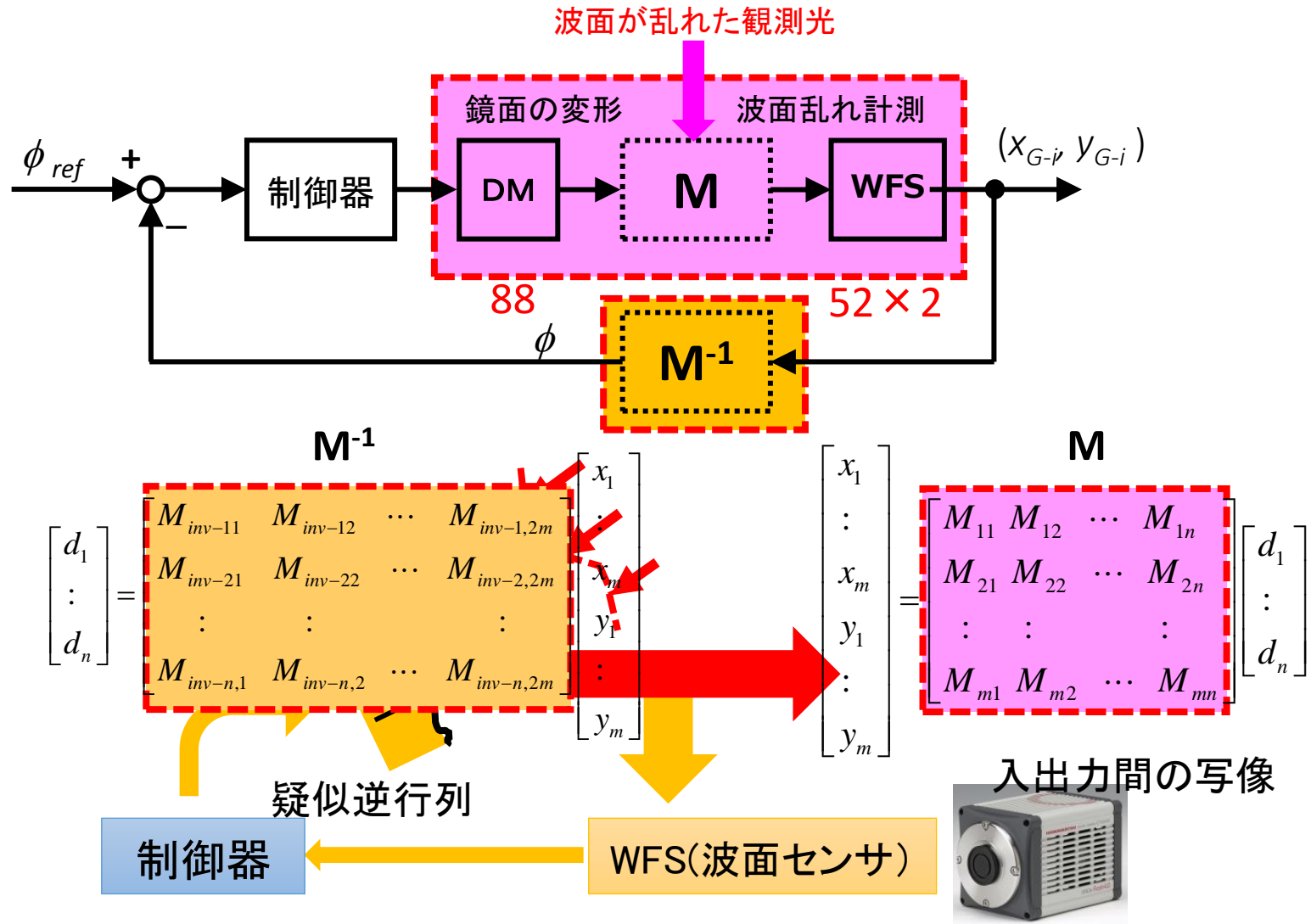
3. シミュレーション環境の構築

■ 補償光学系の動作の詳細



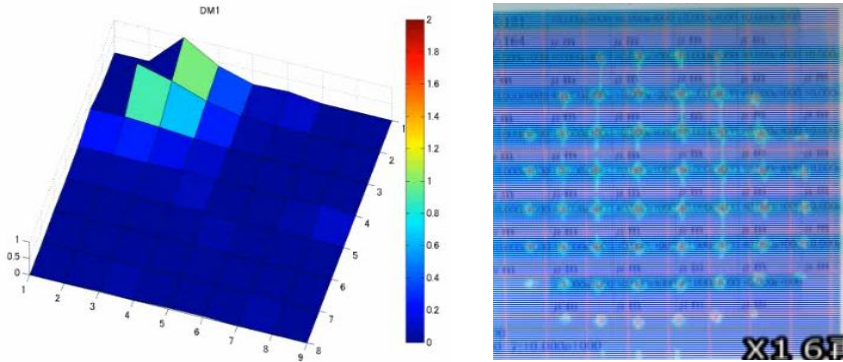
3. シミュレーション環境の構築

■ 補償光学系のシステム構造



3. シミュレーション環境の構築

■ 作用行列Mの導出

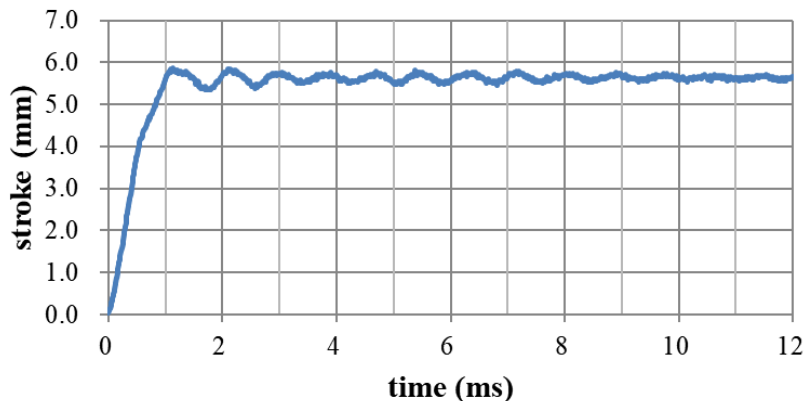


$$\begin{bmatrix} X_{1_1} \\ X_{2_1} \\ \vdots \\ X_{51_1} \\ X_{52_1} \\ Y_{1_1} \\ Y_{2_1} \\ \vdots \\ Y_{51_1} \\ Y_{52_1} \end{bmatrix} = M \frac{1}{0.2} \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

1素子ずつ独立して駆動させた際の重心位置を取得し行列Mにより関係付ける。

DMへの入力量とWFSの移動量の相関を測定

■ DMのモデル同定(ステップ応答法)

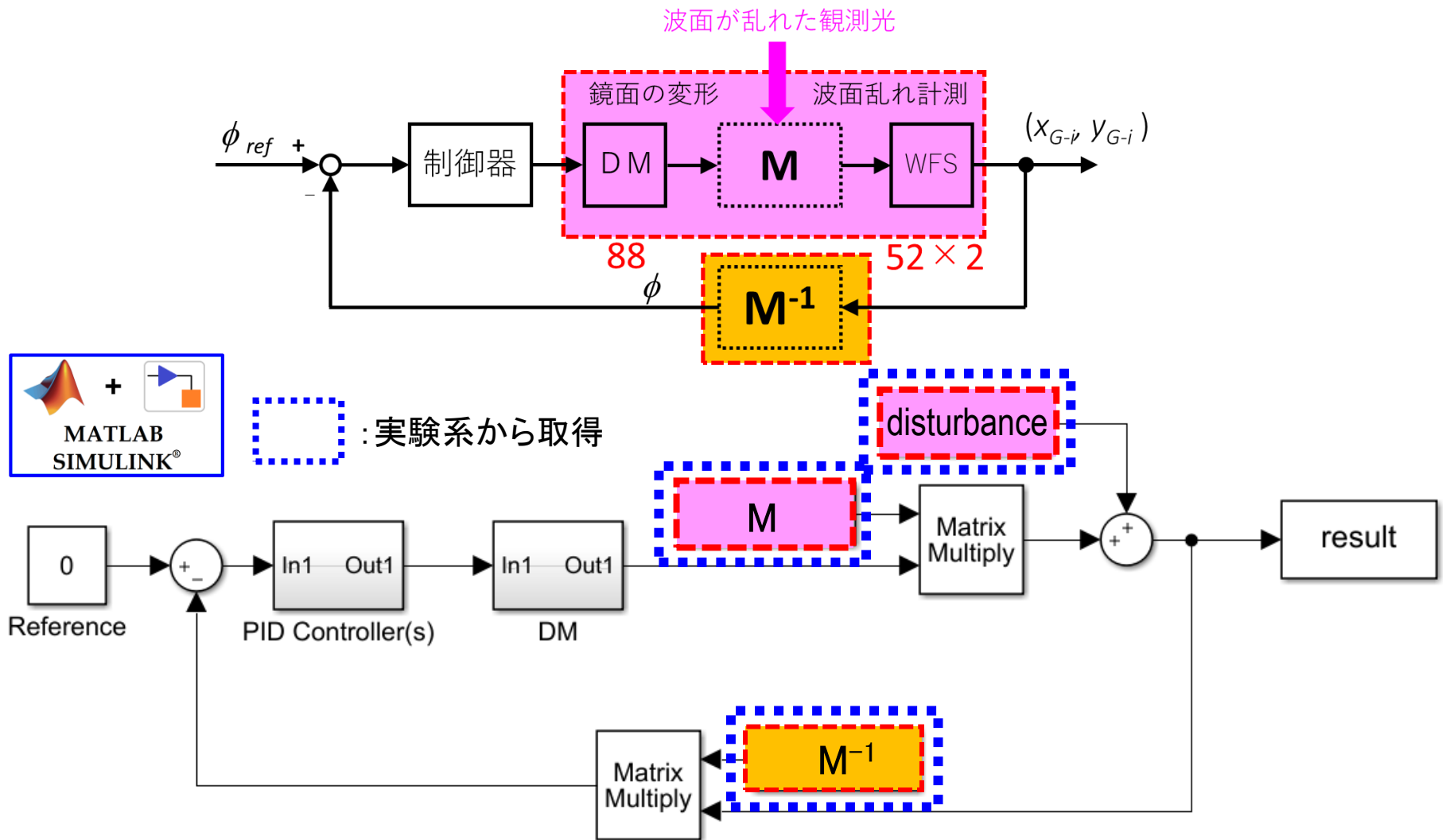


$$G(s) = \frac{n_5 s^5 + n_4 s^4 + n_3 s^3 + n_2 s^2 + n_1 s + n_0}{d_6 s^6 + d_5 s^5 + d_4 s^4 + d_3 s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0}$$

$$\begin{aligned} n_5 &= 3.217 \times 10^4, & n_4 &= 6.496 \times 10^8, & n_3 &= 6.676 \times 10^{12}, & n_2 &= 6.519 \times 10^{16}, \\ n_1 &= 2.357 \times 10^{20}, & n_0 &= 1.404 \times 10^{24}, \\ d_6 &= 1.0, & d_5 &= 2.234 \times 10^4, & d_4 &= 2.058 \times 10^8, & d_3 &= 1.891 \times 10^{12}, \\ d_2 &= 9.271 \times 10^{15}, & d_1 &= 3.488 \times 10^{19}, & d_0 &= 6.229 \times 10^{22} \end{aligned}$$

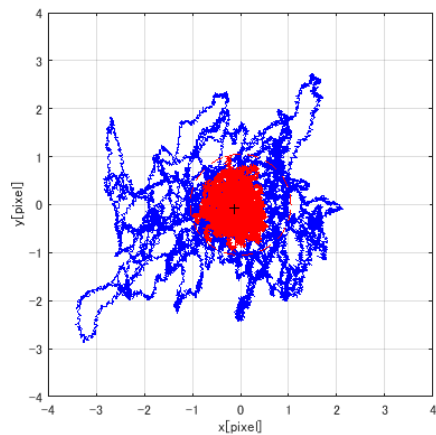
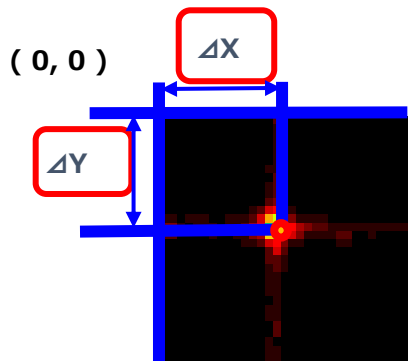
3. シミュレーション環境の構築

■ シミュレーション環境へ系の移植

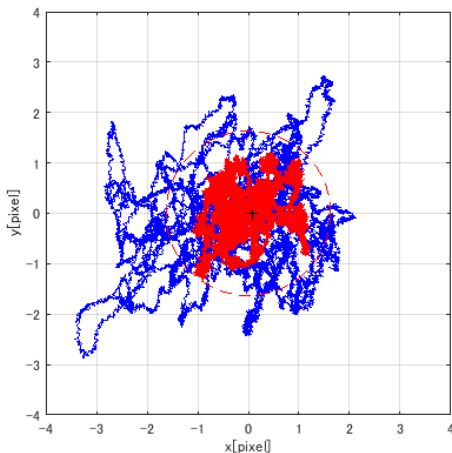
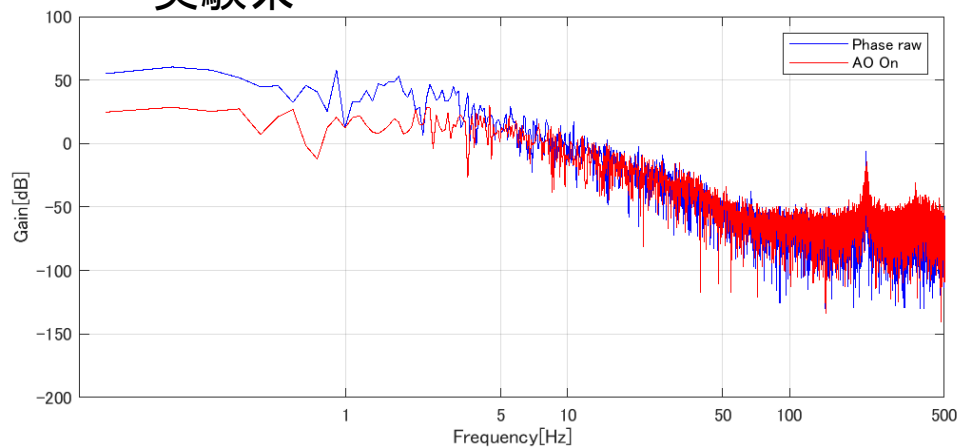


3. シミュレーション環境の構築

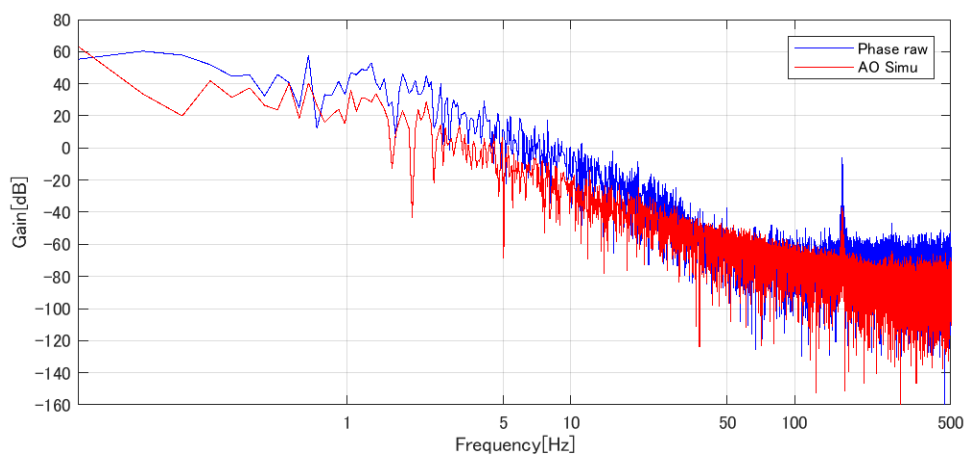
■ シミュレーションと実験系の応答比較



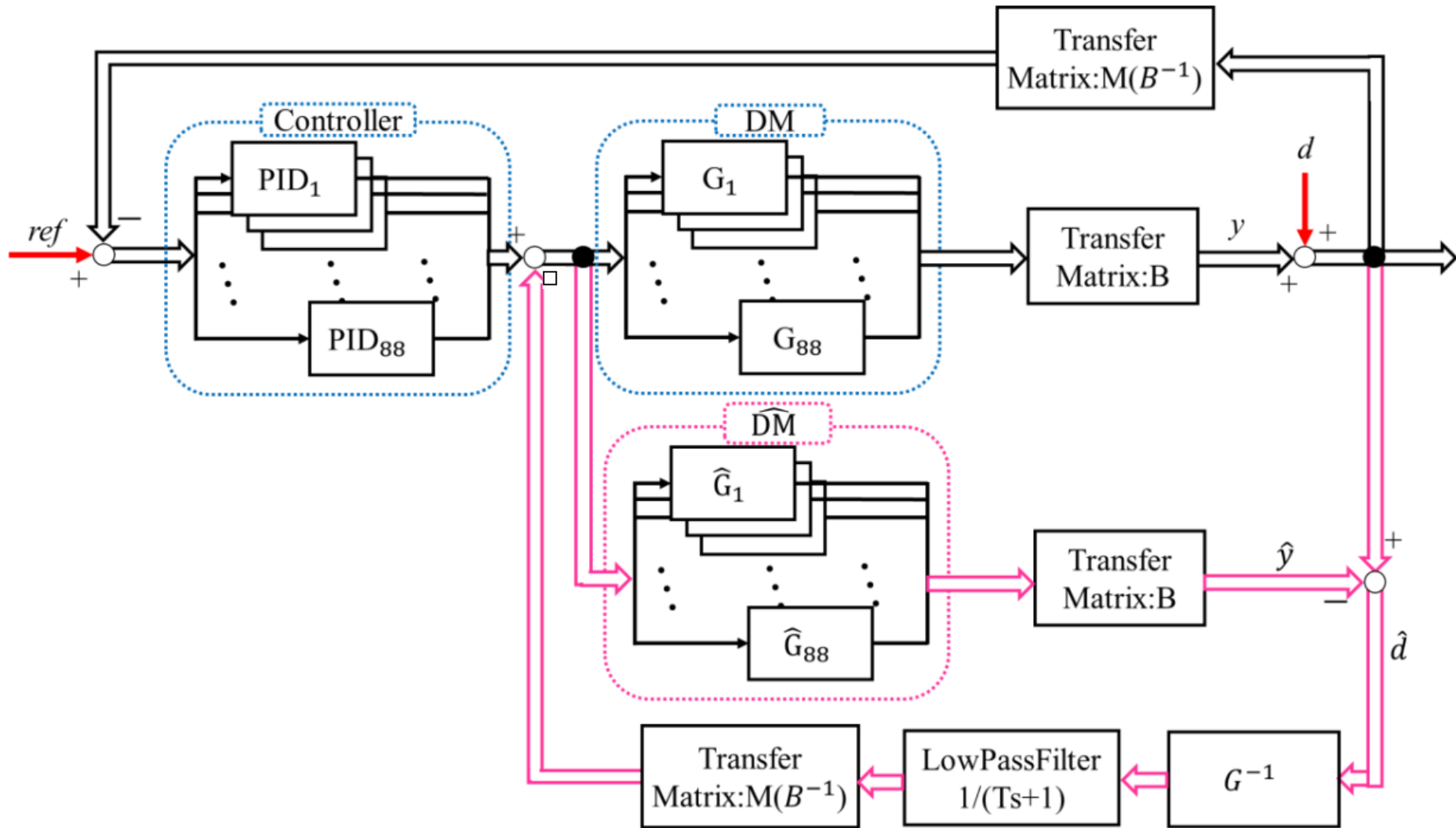
実験系



シミュレーション



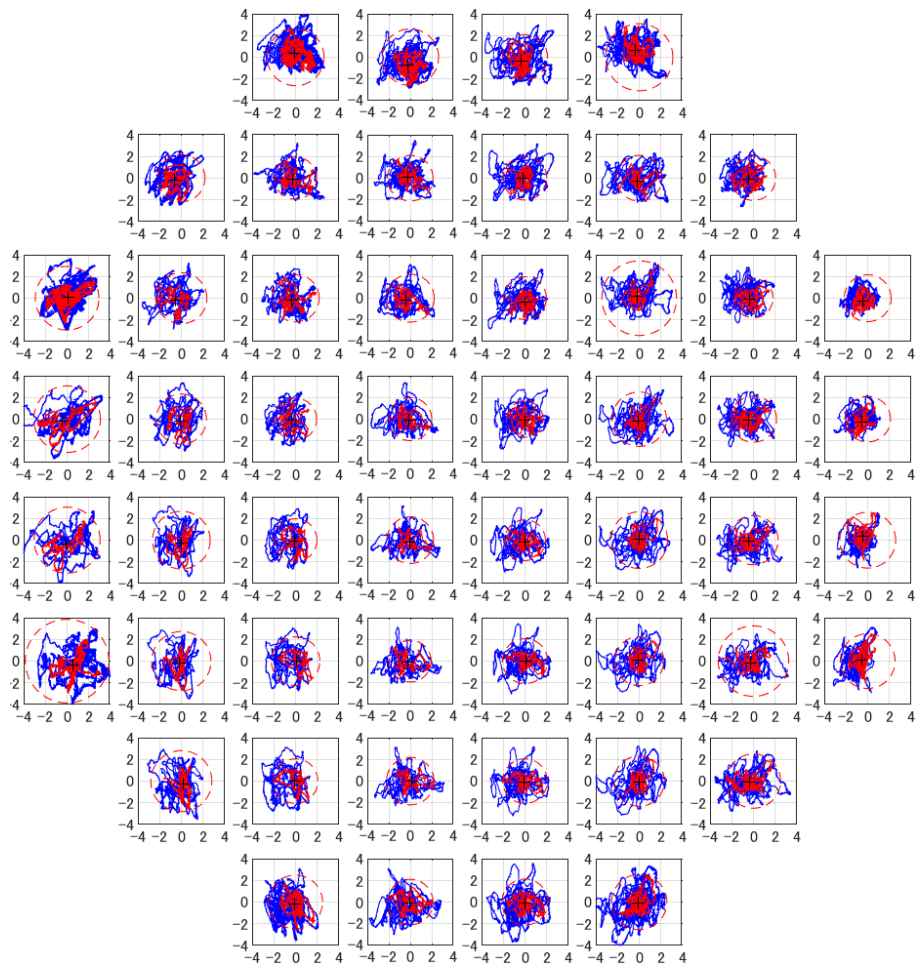
■ 外乱オブザーバの適用を検討



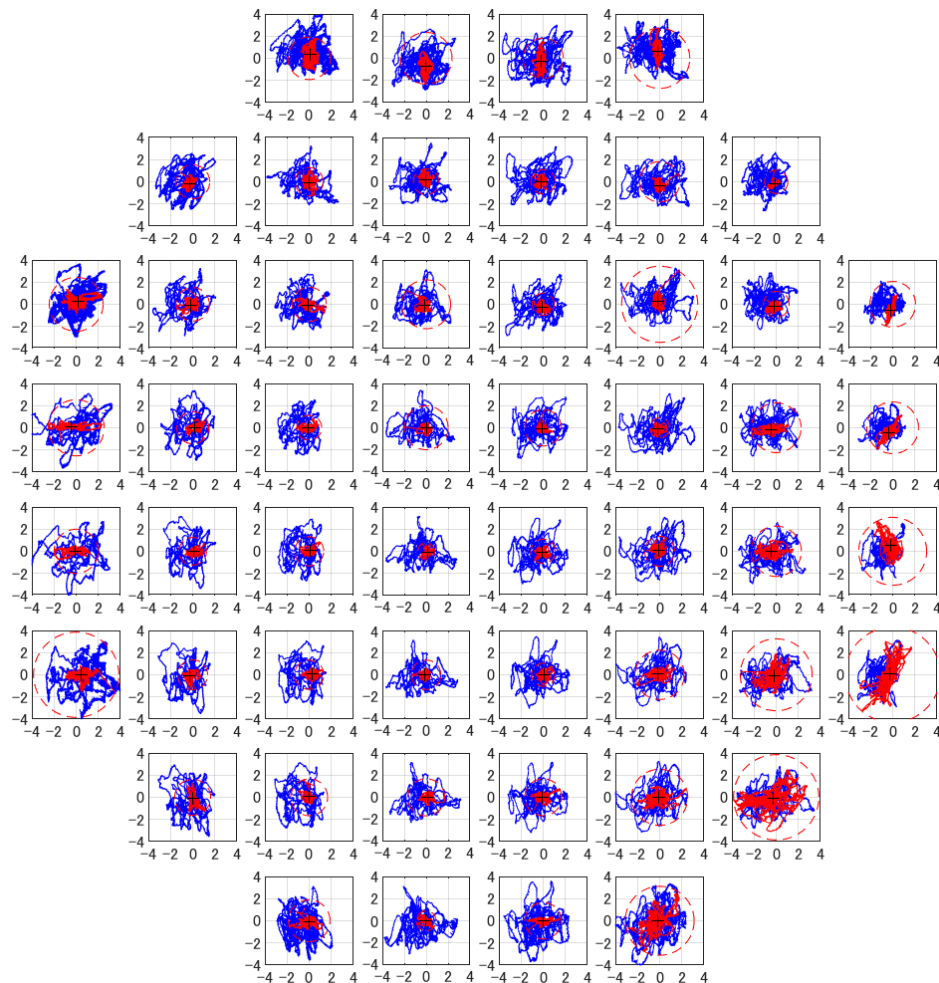
今回はカットオフ周波数を100Hzとした。

■ 外乱オブザーバの適用結果

外乱オブザーバ無し



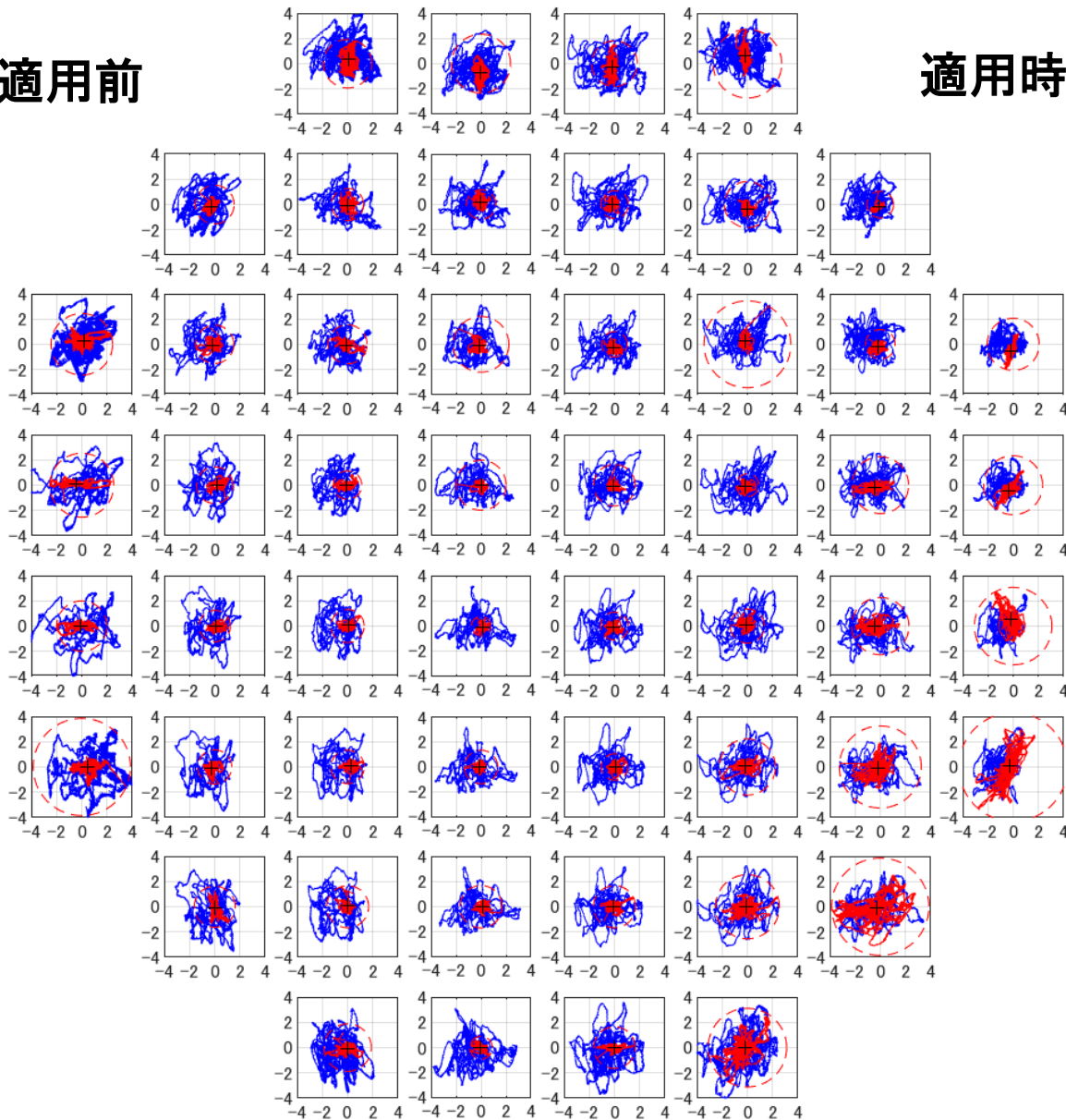
外乱オブザーバ有り



■ 外乱オブザーバの適用結果

適用前

適用時



適用前

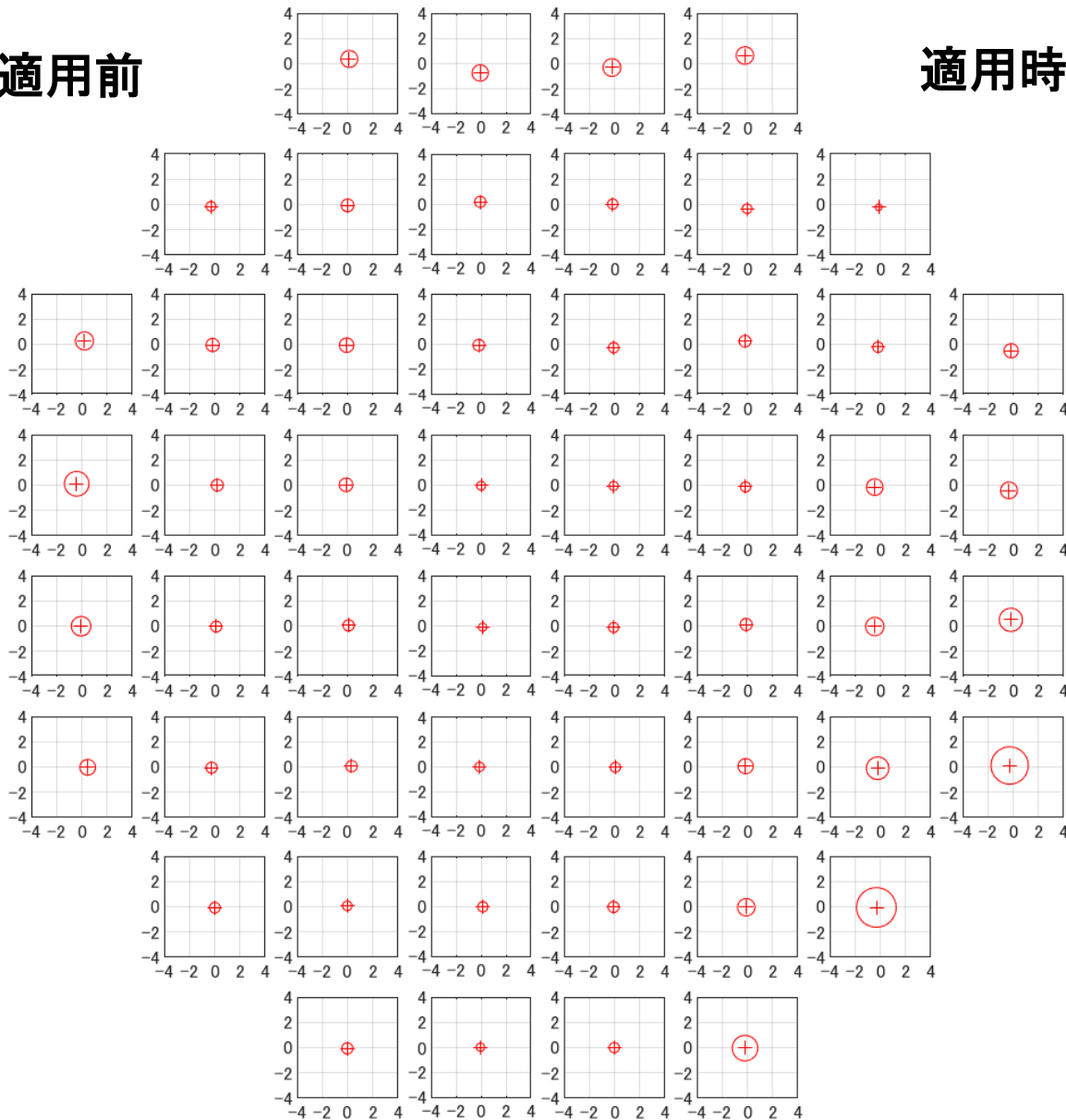
適用時

平均位置 [pix]	0.950	0.533
標準偏差 [pix]	0.993	0.565

■ 外乱オブザーバの適用結果

適用前

適用時



適用前

適用時

平均位置 [pix]	0.950	0.533
標準偏差 [pix]	0.993	0.565

発表内容

1. 研究背景
2. 補償光学系の概要と動作
3. シミュレーション環境の構築
4. まとめ

4. まとめ

■まとめ

補償光学装置シミュレータが実験系と同様の振る舞いをしたのを確認した.

外乱オブザーバを適用した際, 大半の開口にて制御結果の改善を確認した.

■今後

今回改善しなかった開口の原因調査
→作用行列の影響?

外乱オブザーバに使用するLPFの最適カットオフ周波数導出