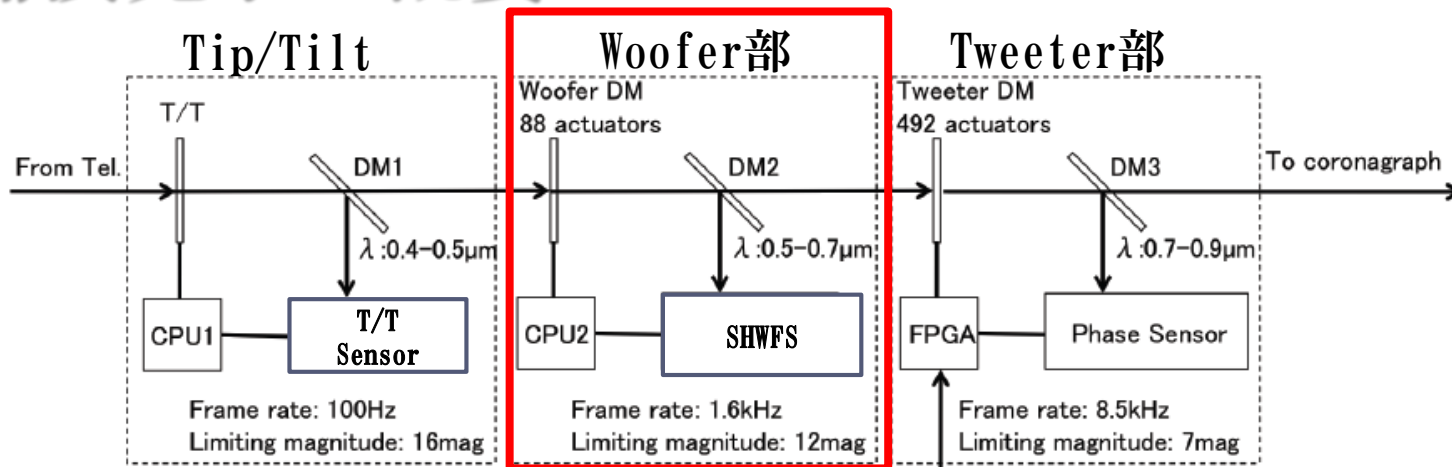


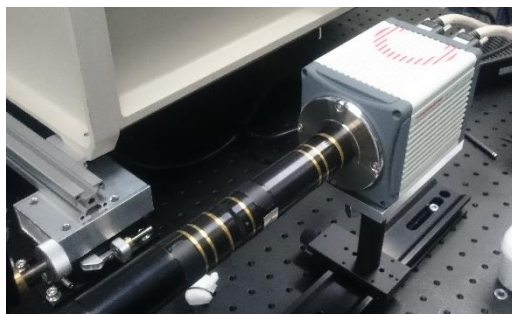
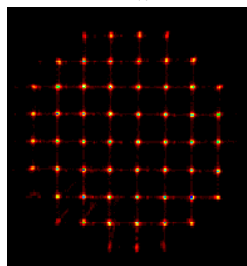
補償光学Wooflerシステム開発の報告

大阪電気通信大学
大学院 工学研究科
制御機械工学専攻
M2 中村 祐一

補償光学の概要

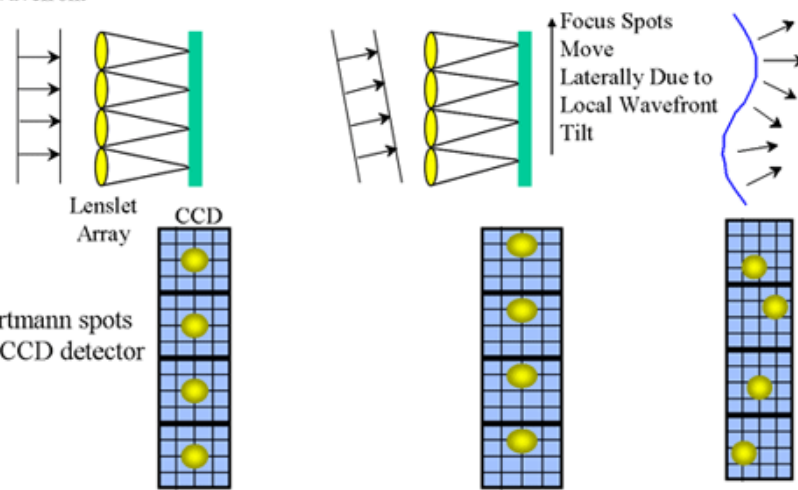


SHWFS

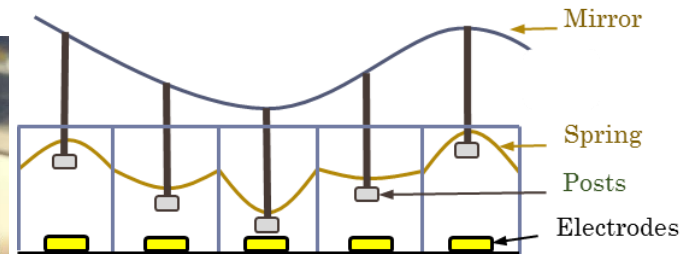
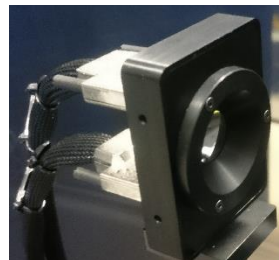


Plane Wavefront

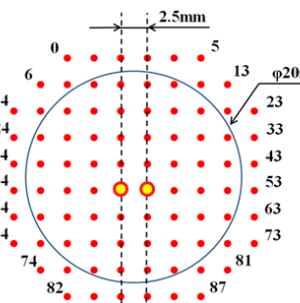
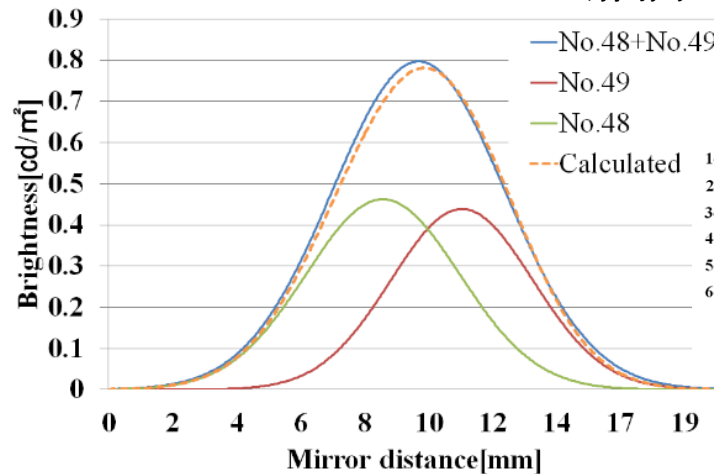
Tilted Plane Wavefront



DM



DMの断面図



単素子で周辺の素子に影響する

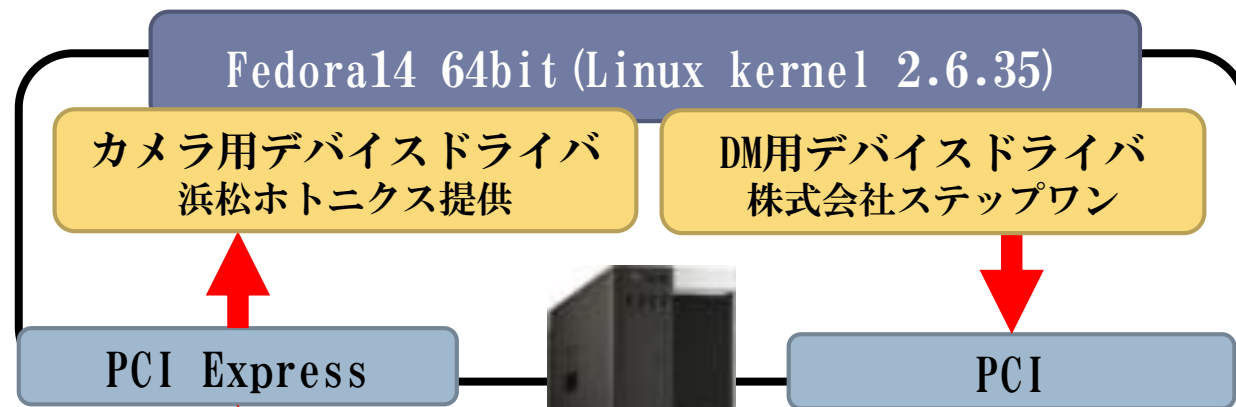
進捗状況

- ▶ 2015年7月
- ▶ Linux制御システムの構築
 - ▶ DM制御インターフェースボードの選定
 - ▶ 制御ドライバの開発
 - ▶ カメラリンクボードミドルウェアの移植
 - ▶ カメラ読み取り速度と実時間性を測定
- ▶ 2016年5月
- ▶ フィードバック制御システムの構築
 - ▶ 作用行列の生成
 - ▶ 実時間性の測定
 - ▶ フィードバック制御結果

進捗状況

- ▶ 2015年7月
- ▶ Linux制御システムの構築
 - ▶ DM制御インターフェースボードの選定
 - ▶ 制御ドライバの開発
 - ▶ カメラリンクボードミドルウェアの移植
 - ▶ カメラ読み取り速度と実時間性を測定
- ▶ 2016年5月
- ▶ フィードバック制御システムの構築
 - ▶ 作用行列の生成
 - ▶ 実時間性の測定
 - ▶ フィードバック制御結果

Linux制御システムの構築



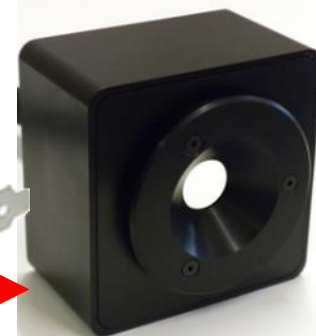
浜松ホトニクス
CMOSカメラ
ORCA-Flash4.0 V2
C11440-22CU
(WFSで利用)



Camera Link Board
(浜松ホトニクス指定)



I/O Board
LPC-292144
(インターフェース社製)



ALPAO
DM 88-25
(可変形鏡)

Linux制御システムの構築

$1.2+T \rightarrow T=100\mu\text{s}$ で 769Hz

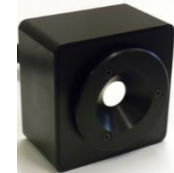
1.1 ms

35 μs

65 μs

T

撮像・駆動



PCI・PCIE動作



重心計算



変換行列演算

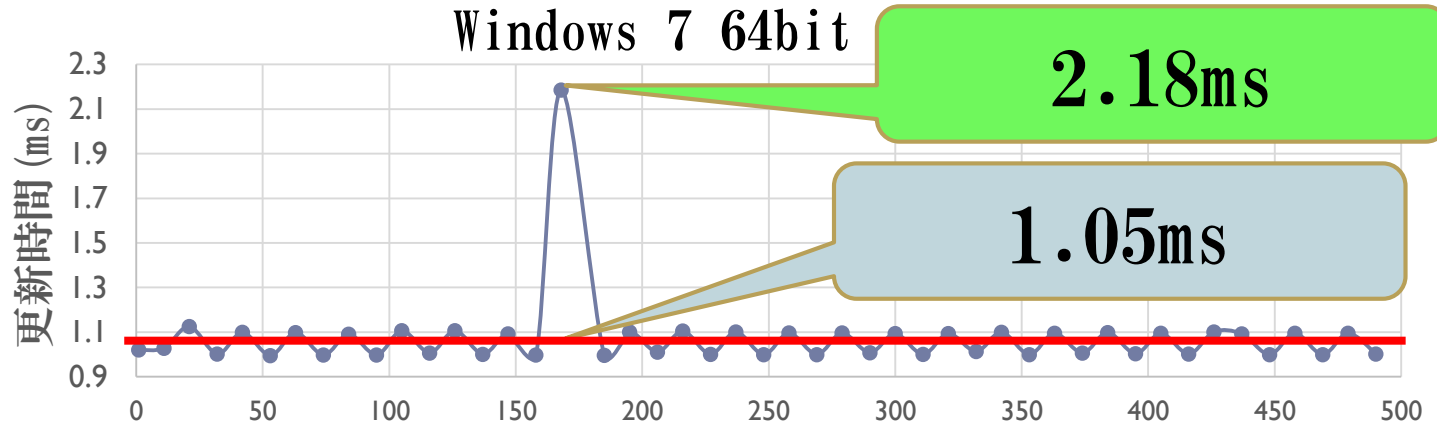
ナイキスト周波数 = 385Hz,
実使用帯域 = $769 / 10 = 77 \text{ Hz}$

Linux制御システムの構築

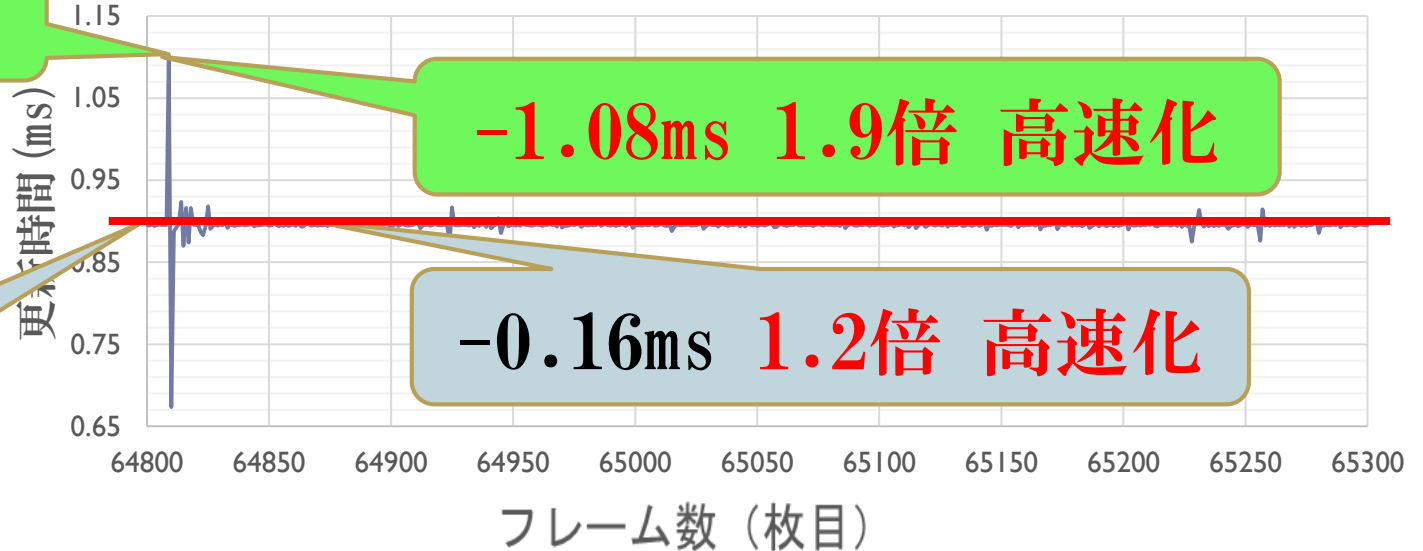
▶ CMOSカメラのフレーム更新時間



CMOSカメラ
(WFSで利用)



Linux Fedora 14 64bit

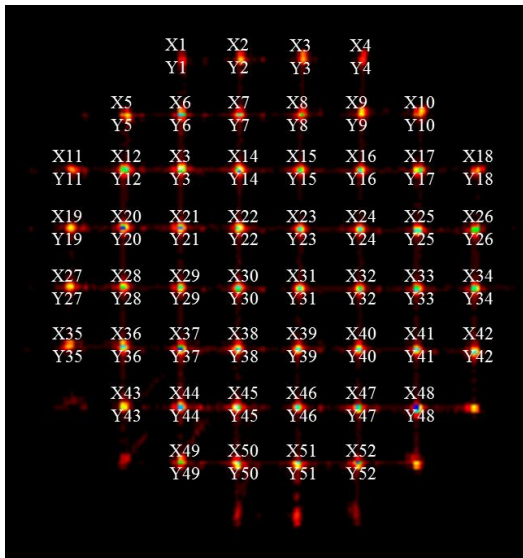


進捗状況

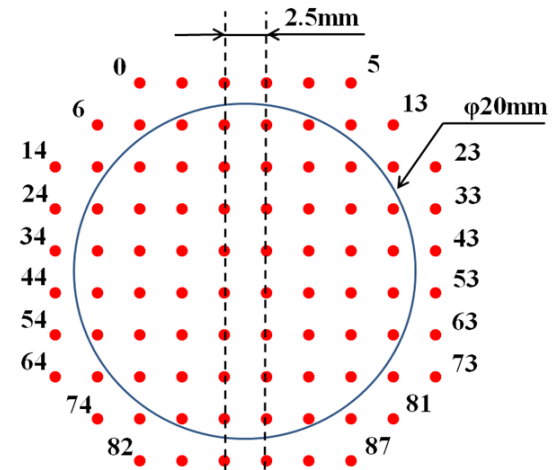
- ▶ 2015年7月
- ▶ Linux制御システムの構築
 - ▶ DM制御インターフェースボードの選定
 - ▶ 制御ドライバの開発
 - ▶ カメラリンクボードミドルウェアの移植
 - ▶ カメラ読み取り速度と実時間性を測定
- ▶ 2016年5月
- ▶ フィードバック制御システムの構築
 - ▶ 作用行列の生成
 - ▶ 実時間性の測定
 - ▶ フィードバック制御結果

作用行列の生成

SHWFS : 104個



DM : 88個の値



重ね合わせによる影響を係数として方程式作る

$$DM1 = a_{1,1}X_1 + a_{1,2}X_2 + \dots + a_{1,52}X_{52} + a_{1,53}Y_1 + a_{1,54}Y_2 + \dots + a_{1,104}Y_{52}$$

$$DM2 = a_{2,1}X_1 + a_{2,2}X_2 + \dots + a_{2,52}X_{52} + a_{2,53}Y_1 + a_{2,54}Y_2 + \dots + a_{2,104}Y_{52}$$

⋮

$$DM88 = a_{88,1}X_1 + a_{88,2}X_2 + \dots + a_{88,52}X_{52} + a_{88,53}Y_1 + a_{88,54}Y_2 + \dots + a_{88,104}Y_{52}$$

$$\begin{bmatrix} DM1 \\ DM2 \\ \vdots \\ DM87 \\ DM88 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,104} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{88,1} & \dots & a_{88,104} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 \\ \vdots \\ X52 \\ Y1 \\ \vdots \\ Y52 \end{bmatrix}$$

$$y = M^+ u$$

M : 作用行列

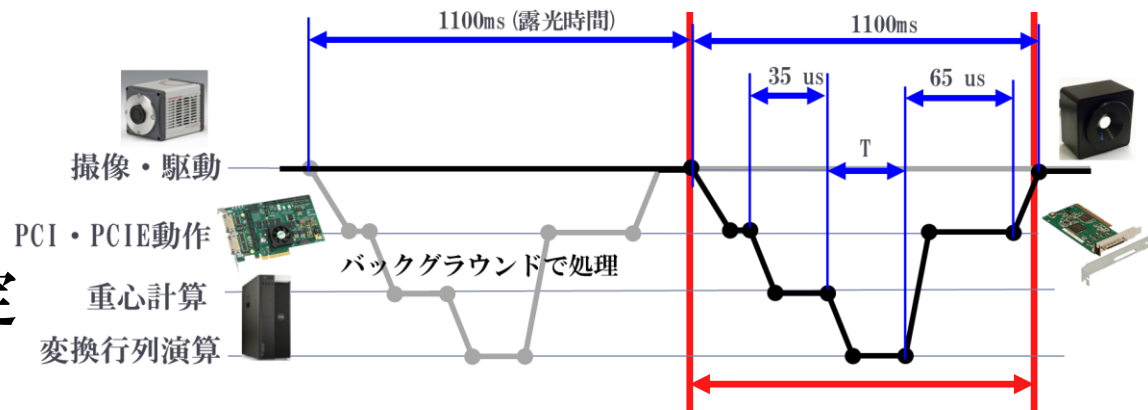
M⁺ : 作用行列の疑似逆行列

y : DMへの入力

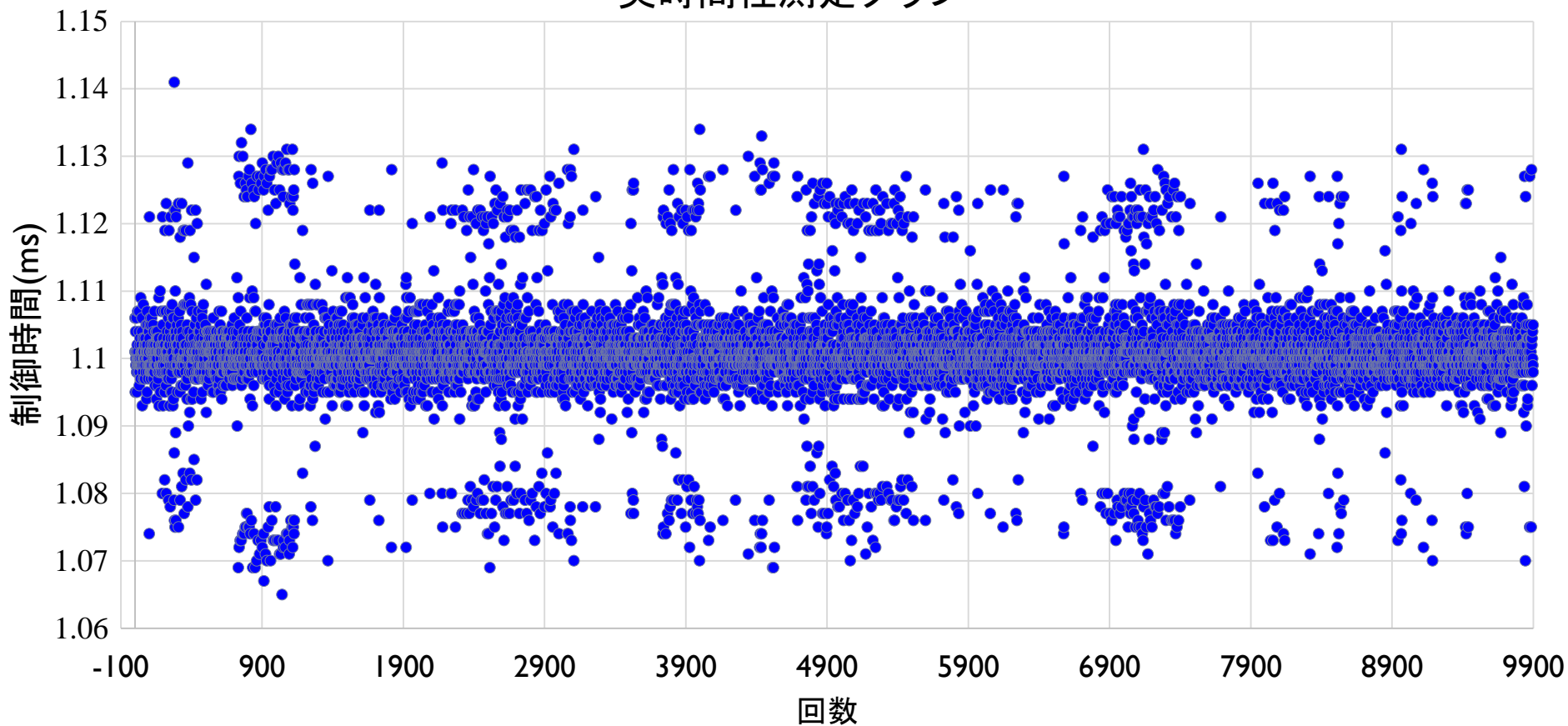
u : WFSの重心

実時間性測定

▶ 実際にA0を動かして測定

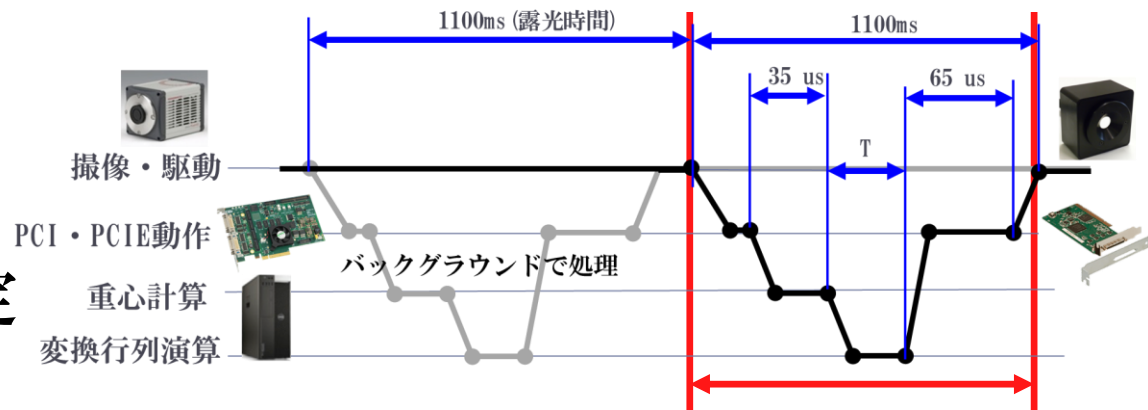


実時間性測定グラフ

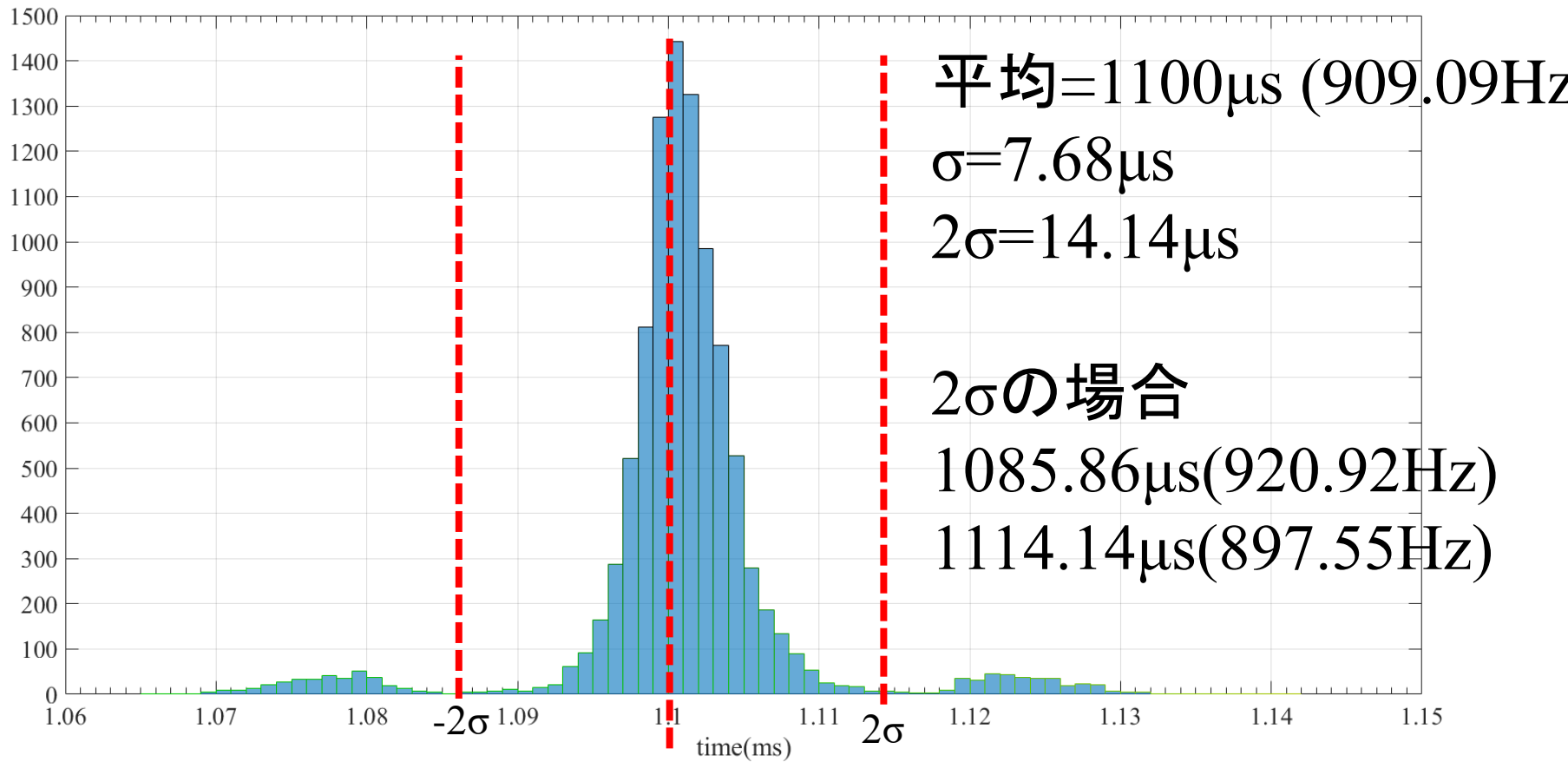


実時間性測定

▶ 実際にA0を動かして測定

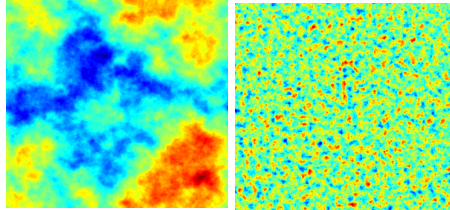


実時間性測定ヒストグラム

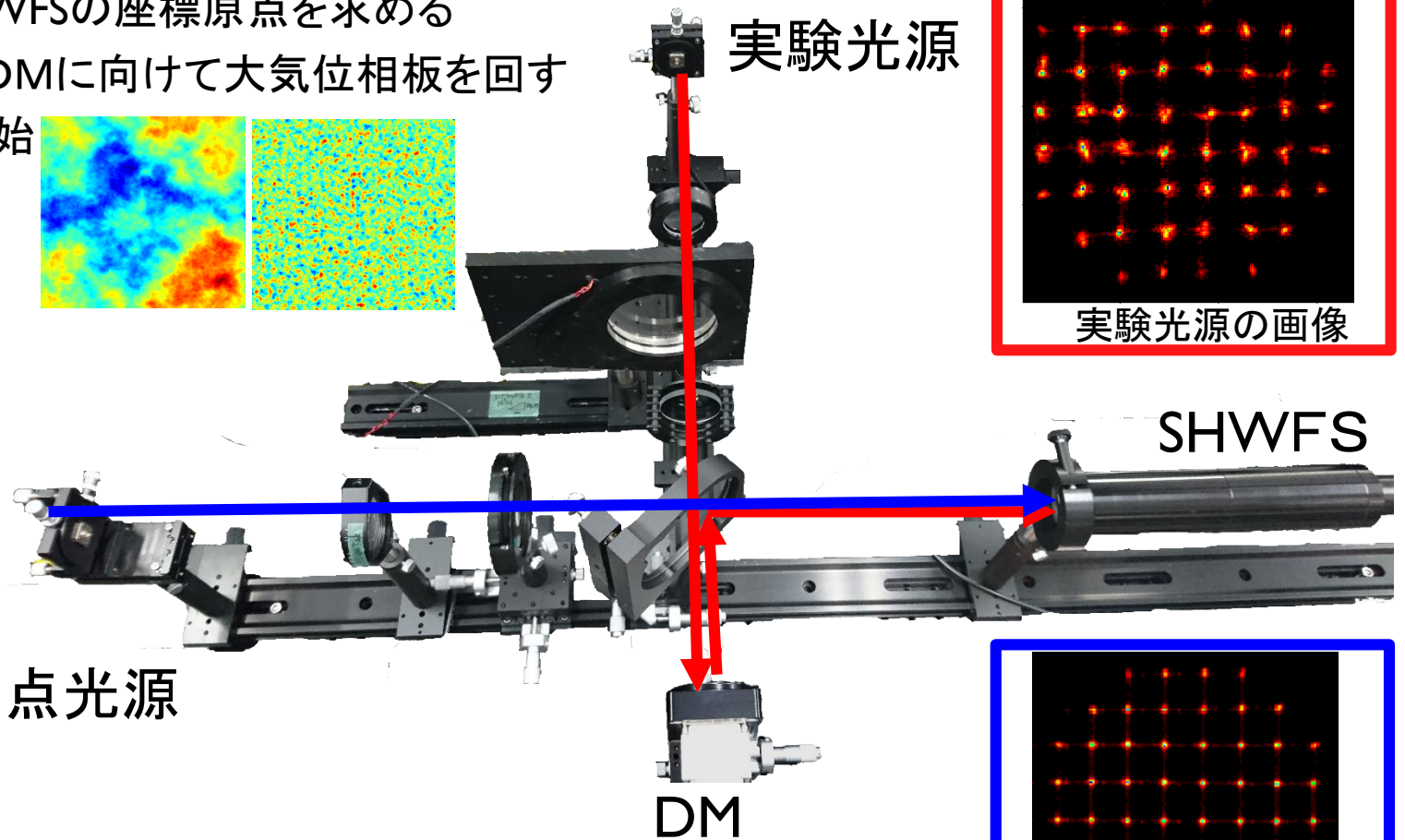


補償光学実験

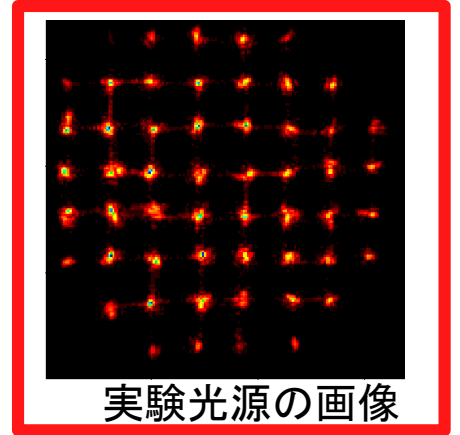
1. 原点光源でWFSの座標原点を求める
2. 実験光源をDMに向けて大気位相板を回す
3. 補償光学開始



原点光源

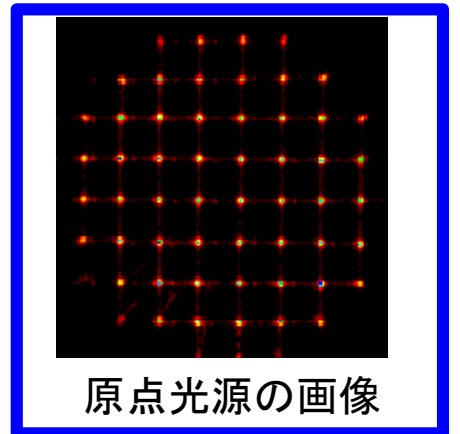


実験光源



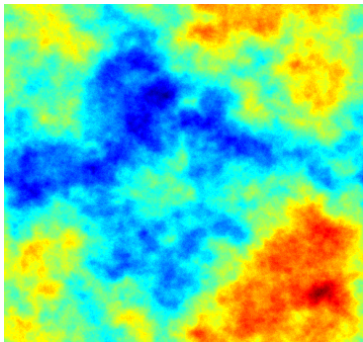
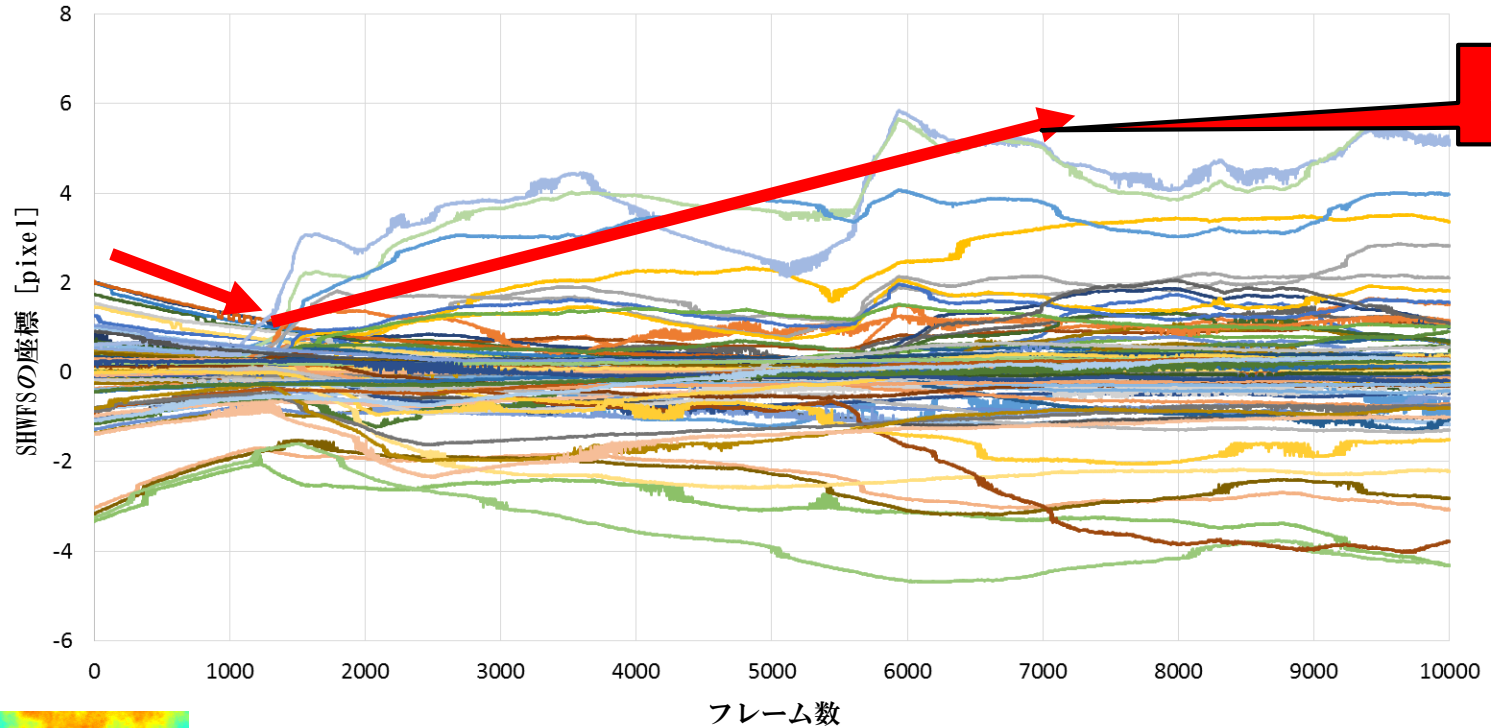
実験光源の画像

SHWFS



原点光源の画像

補償光学実験



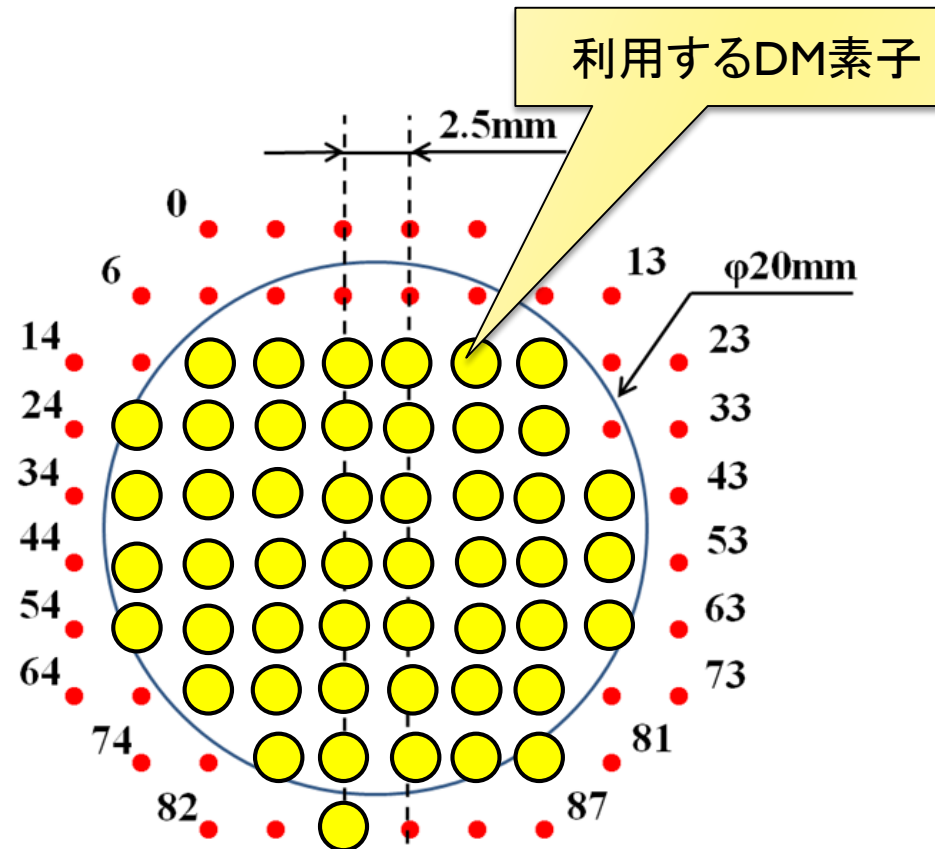
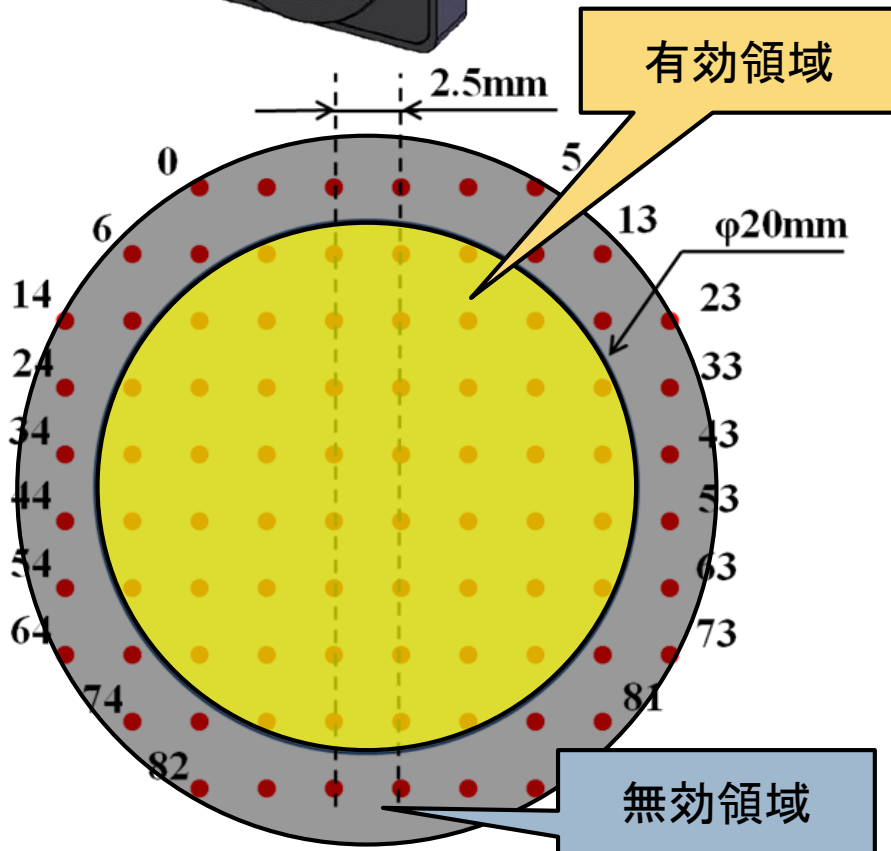
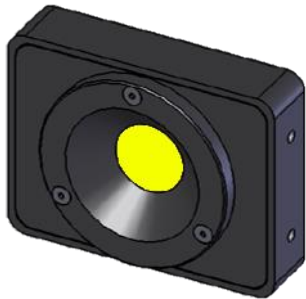
- X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15
- X16 X17 X18 X19 X20 X21 X22 X23 X24 X25 X26 X27 X28 X29 X30
- X31 X32 X33 X34 X35 X36 X37 X38 X39 X40 X41 X42 X43 X44 X45
- X46 X47 X48 X49 X50 X51 X52 Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8
- Y9 Y10 Y11 Y12 Y13 Y14 Y15 Y16 Y17 Y18 Y19 Y20 Y21 Y22 Y23
- Y24 Y25 Y26 Y27 Y28 Y29 Y30 Y31 Y32 Y33 Y34 Y35 Y36 Y37 Y38
- Y39 Y40 Y41 Y42 Y43 Y44 Y45 Y46 Y47 Y48 Y49 Y50 Y51 Y52

フィードバック制御ON

補償光学実験

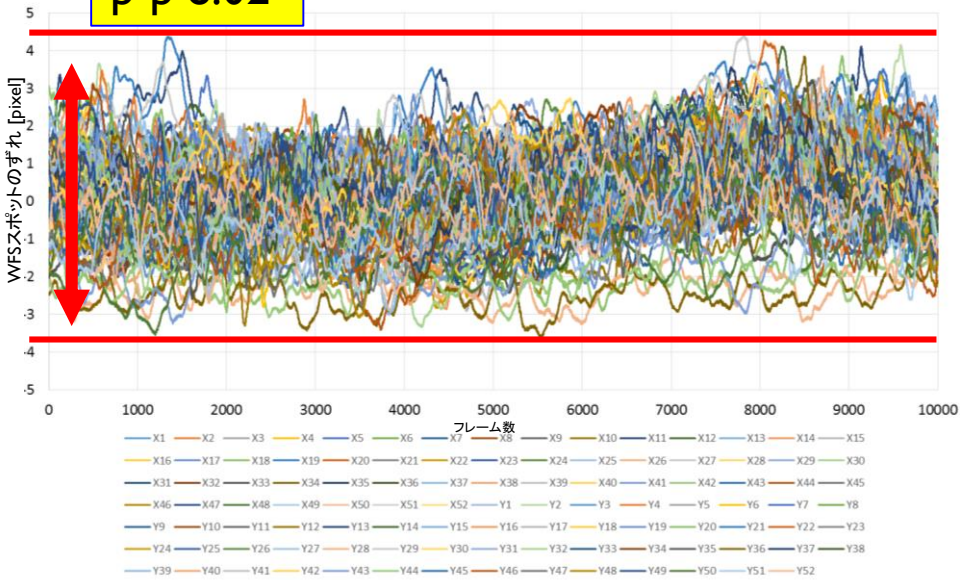
波面センサが反応しない
DM素子が存在する

WFSに反応しないDMを使わない

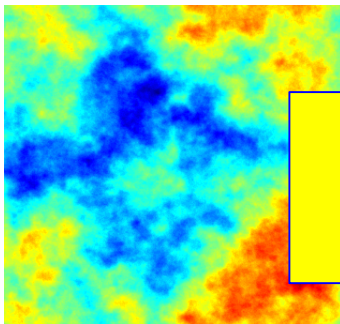


補償光学実験

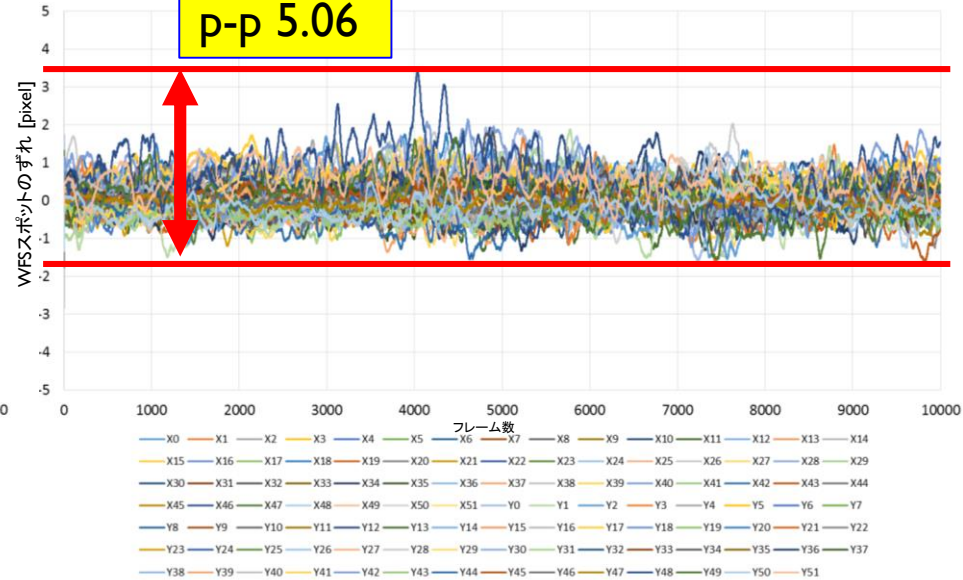
p-p 8.02



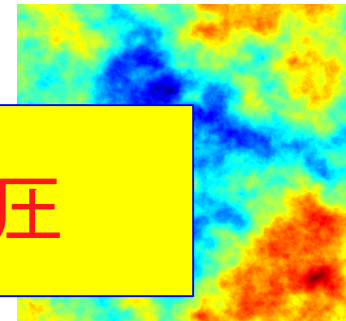
大気ゆらぎのみ
(フィードバック制御OFF)



p-p 5.06

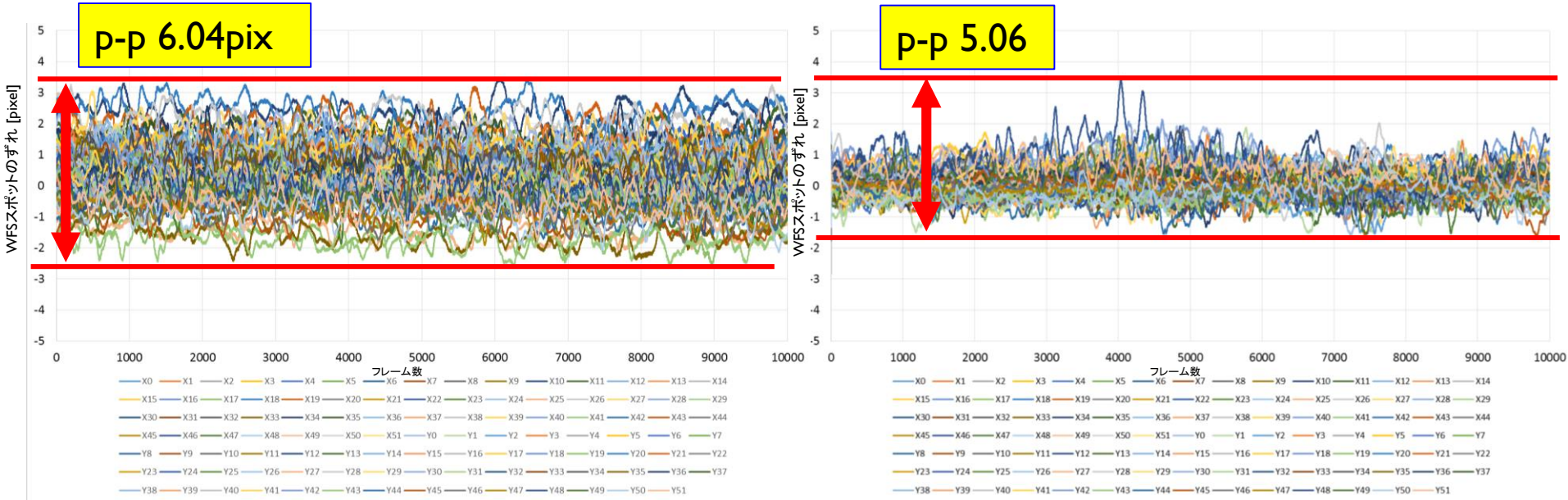


フィードバック制御ON



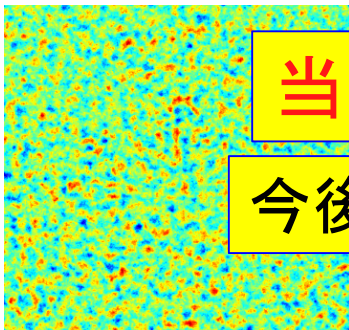
$$\frac{5.06}{8.02} = 63\% \text{に抑圧}$$

補償光学実験



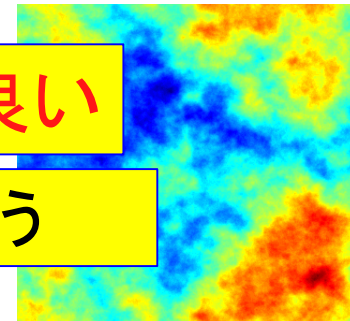
補償後の位相板(目標)
(フィードバック制御OFF)

フィードバック制御ON



当初の想定より19%良い

今後、より詳細な評価を行う



進捗状況

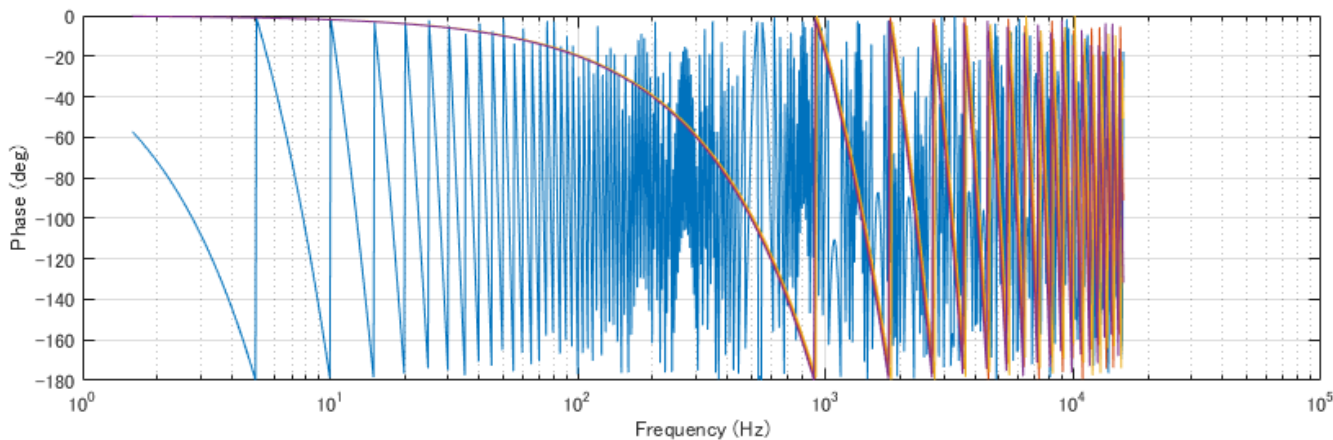
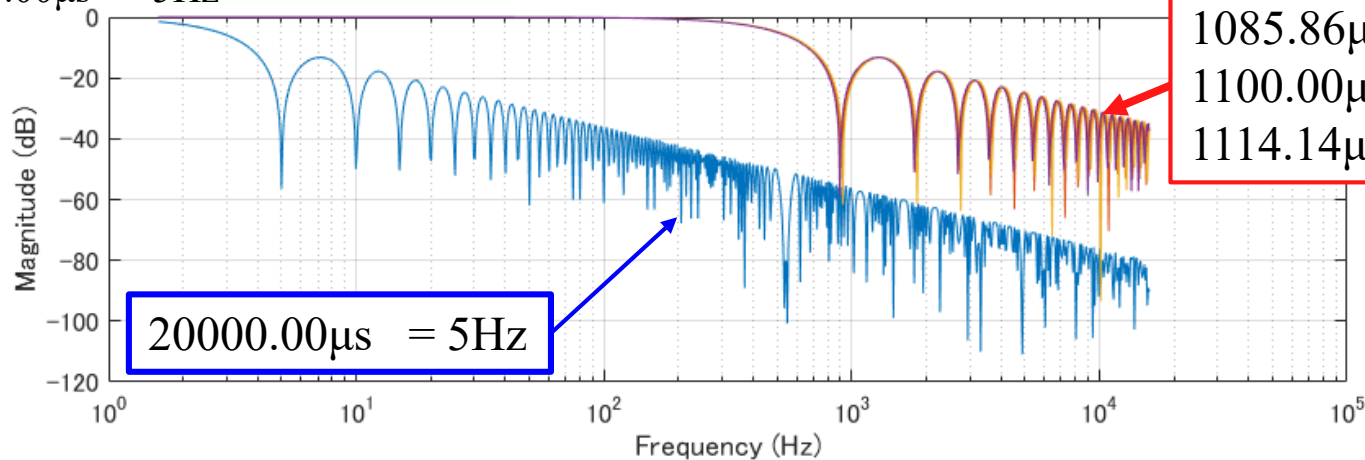
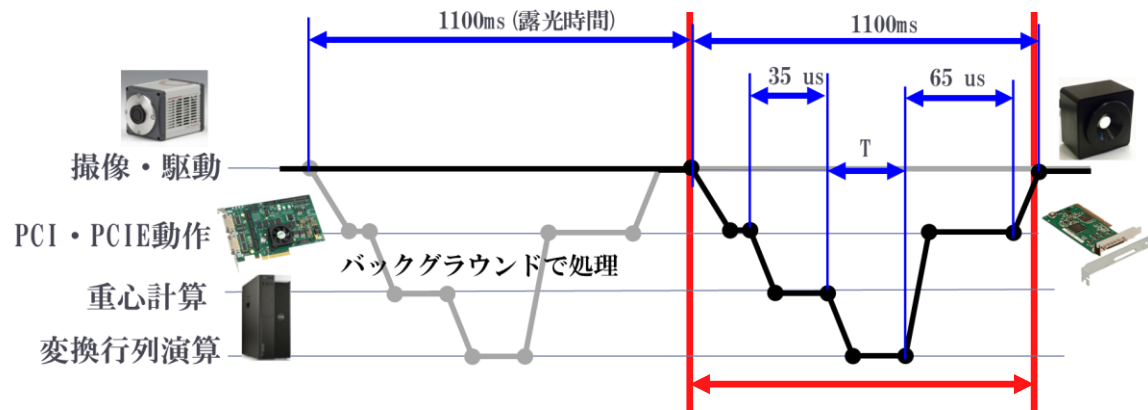
- ▶ 2015年7月
- ▶ Linux制御システムの構築
 - ▶ DM制御インターフェースボードの選定
 - ▶ 制御ドライバの開発
 - ▶ カメラリンクボードミドルウェアの移植
 - ▶ カメラ読み取り速度と実時間性を測定
- ▶ 2016年5月
- ▶ フィードバック制御システムの構築
 - ▶ 作用行列の生成
 - ▶ 実時間性の測定
 - ▶ フィードバック制御結果

補償光学Wooflerシステム開発の報告

大阪電気通信大学
大学院 工学研究科
制御機械工学専攻
M2 中村 祐一

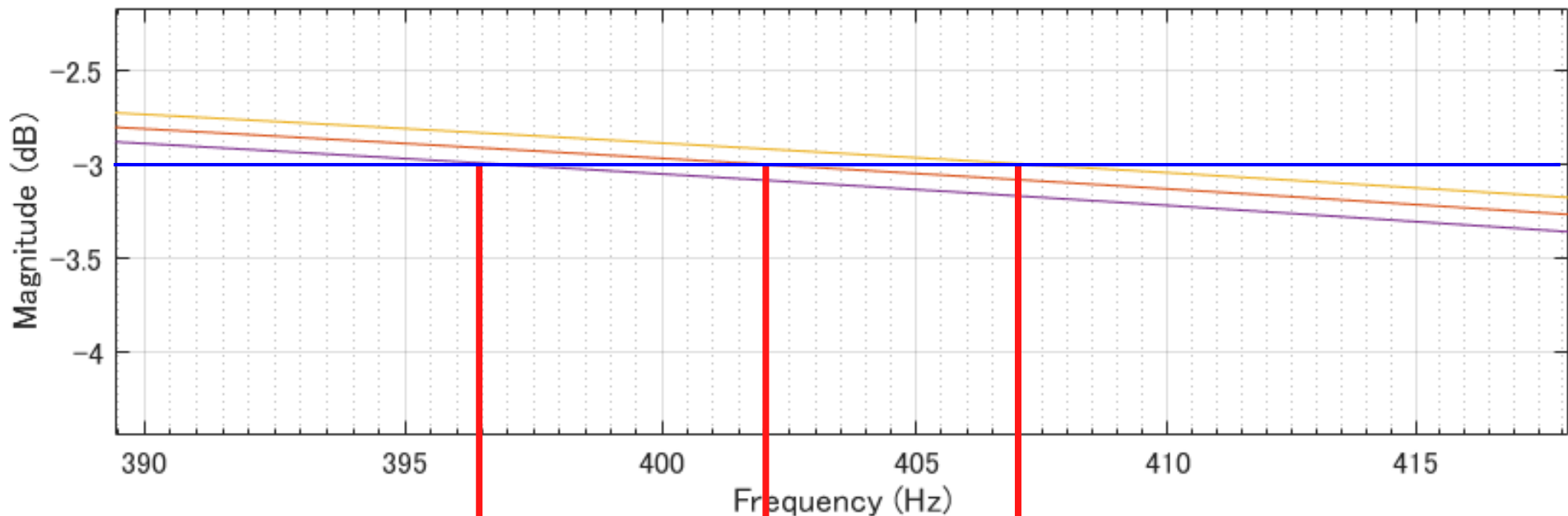
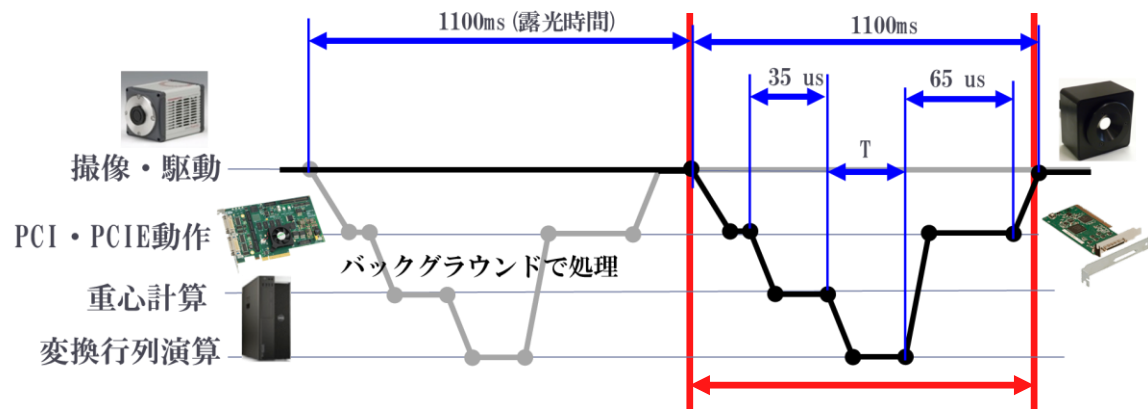
実時間性測定

- ▶ 実際にAOを動かして測定
- ▶ 1085.86 μ s = 920.92Hz
- ▶ 1100.00 μ s = 909.09Hz
- ▶ 1114.14 μ s = 897.55Hz
- ▶ 20000.00 μ s = 5Hz



実時間性測定

- ▶ 実際にAOを動かして測定
- ▶ $1085.86\mu\text{s} = 920.92\text{Hz}$
- ▶ $1100.00\mu\text{s} = 909.09\text{Hz}$
- ▶ $1114.14\mu\text{s} = 897.55\text{Hz}$
- ▶ $20000.00\mu\text{s} = 5\text{Hz}$



サンプルリング周波数
897.55Hz
ナイキスト周波数
448.78Hz
補償帯域
396.92Hz

サンプルリング周波数
909.09Hz
ナイキスト周波数
454.55Hz
補償帯域
402.0Hz

サンプルリング周波数
920.92Hz
ナイキスト周波数
460.46Hz
補償帯域
407.26Hz

DM入力値と変位

