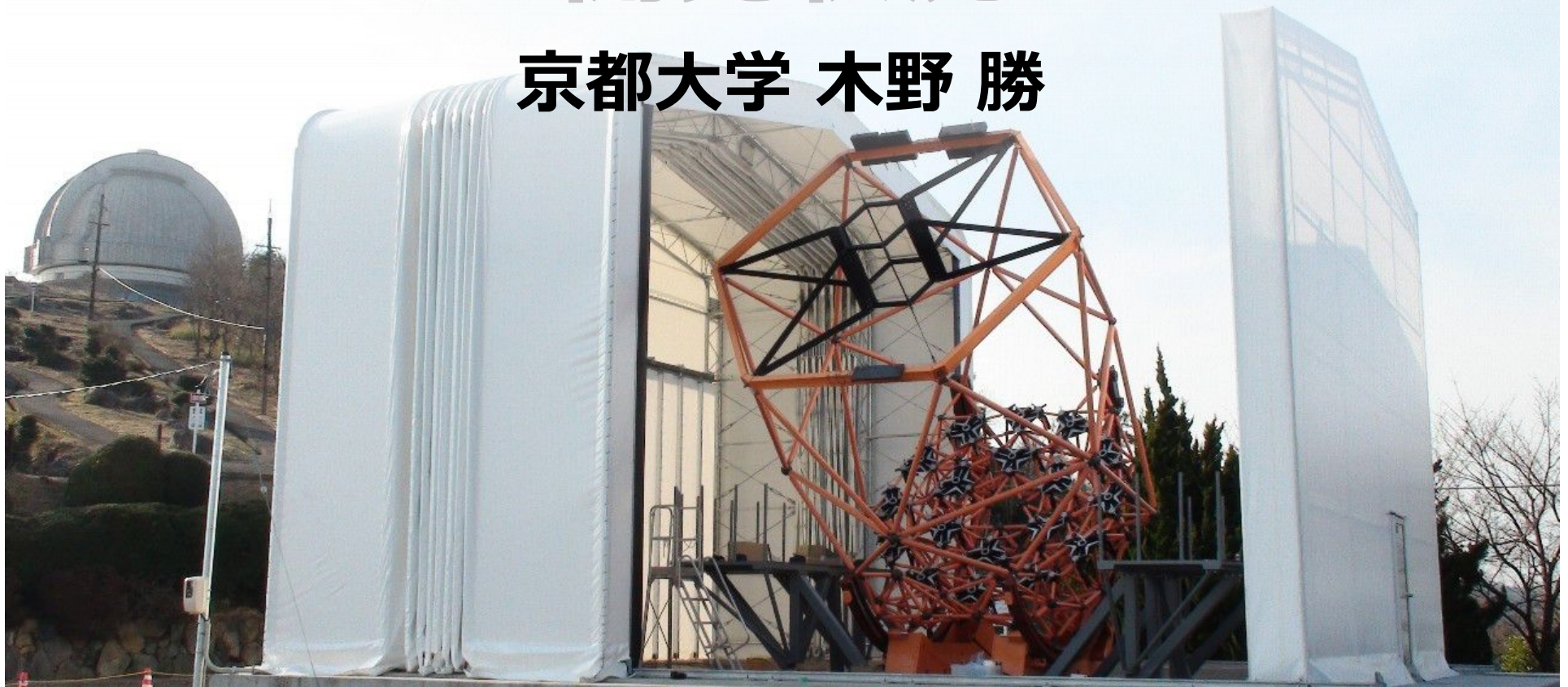


2015/07/18 第37回 望遠鏡技術検討会 @京都

セグメント主鏡制御装置の 開発状況

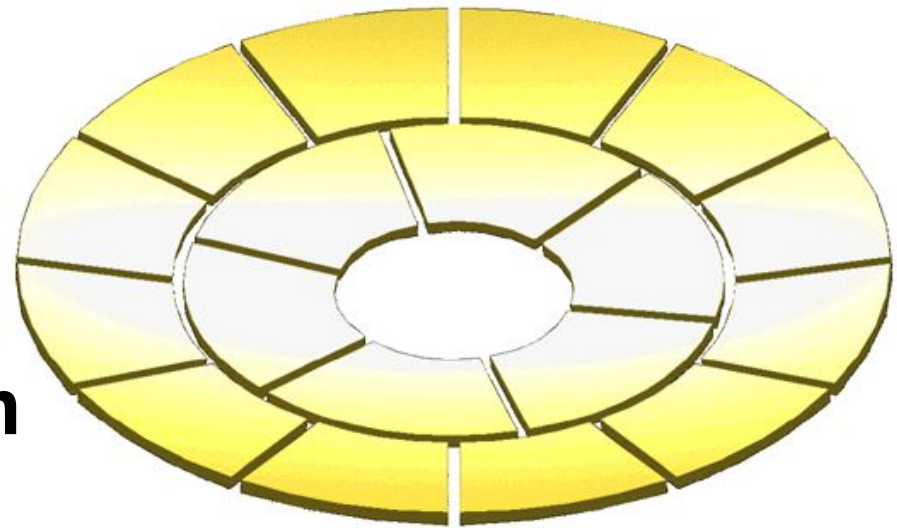
京都大学 木野 勝



セグメント鏡

分割数 : 6+12
大きさ : 対角~1.2 m
重さ : 約70 kg

設置精度 : $\text{rms} \leq 50 \text{ nm}$

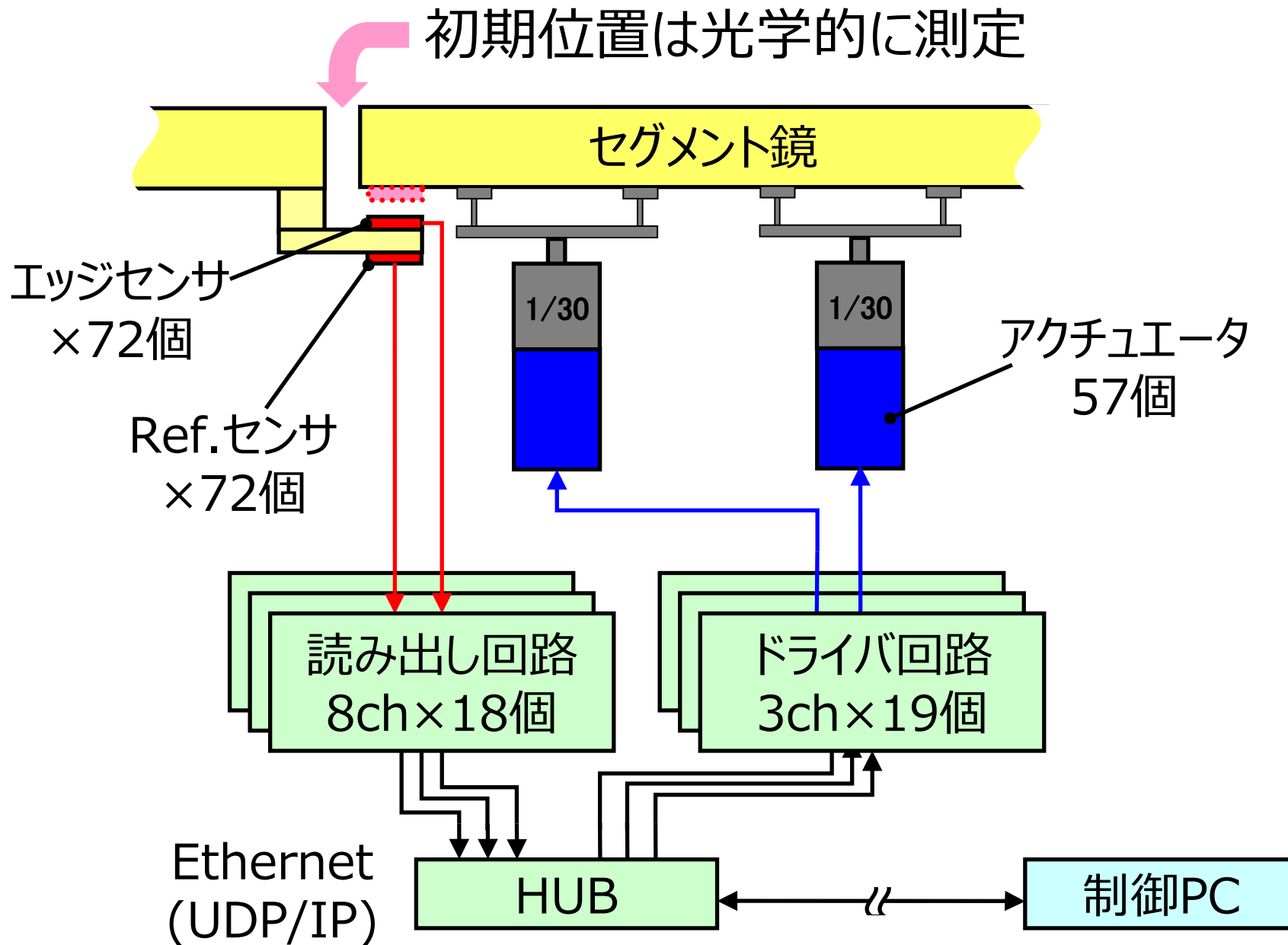


外乱

架台の重力変形・熱変形
: $\sim 100 \mu\text{m}$ 変動は遅い

風圧 : 300 nm @1 Hz
10 nm @10 Hz

鏡の段差・傾きをリアルタイムで計測して補正



非干渉化行列

- ・導出 (2、6枚、18枚)
- ・誤差伝播の評価 (2、6枚、18枚)

アクチュエータの伝達関数

- ・特性の測定

支持構造の伝達関数

- ・機械設計
(内周リング・内周・外周)
- ・特性 (静的・動的) の測定

センサモデル

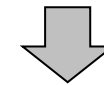
- ・特性の測定

制御システムモデル構築

- ・制御ソフトの作成

制御・通信システムの入手

- ・制御用計算機
- ・アクチュエータドライバ
- ・センサ読出し回路



実機 (or 単純化モデル) で動作検証

光学センサとの統合

量産

- ・アクチュエータの購入
- ・支持構造の製作
- ・センサの購入

- ・アクチュエータドライバの製作
- ・センサ読み出し回路の製作

非干渉化行列

- ・導出 (2、6枚、18枚)
- ・誤差伝播の評価 (2、6枚、18枚)

アクチュエータの伝達関数

- ・特性の測定

支持構造の伝達関数

- ・機械設計
(内周リング・内周・外周)
- ・特性 (静的・動的) の測定

センサモデル

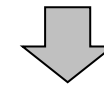
- ・特性の測定

制御システムモデル構築

- ・制御ソフトの作成

制御・通信システムの入手

- ・制御用計算機
- ・アクチュエータドライバ
- ・センサ読出し回路



実機 (or 単純化モデル) で動作検証

光学センサとの統合

量産

- ・アクチュエータの購入
- ・支持構造の製作
- ・センサの購入

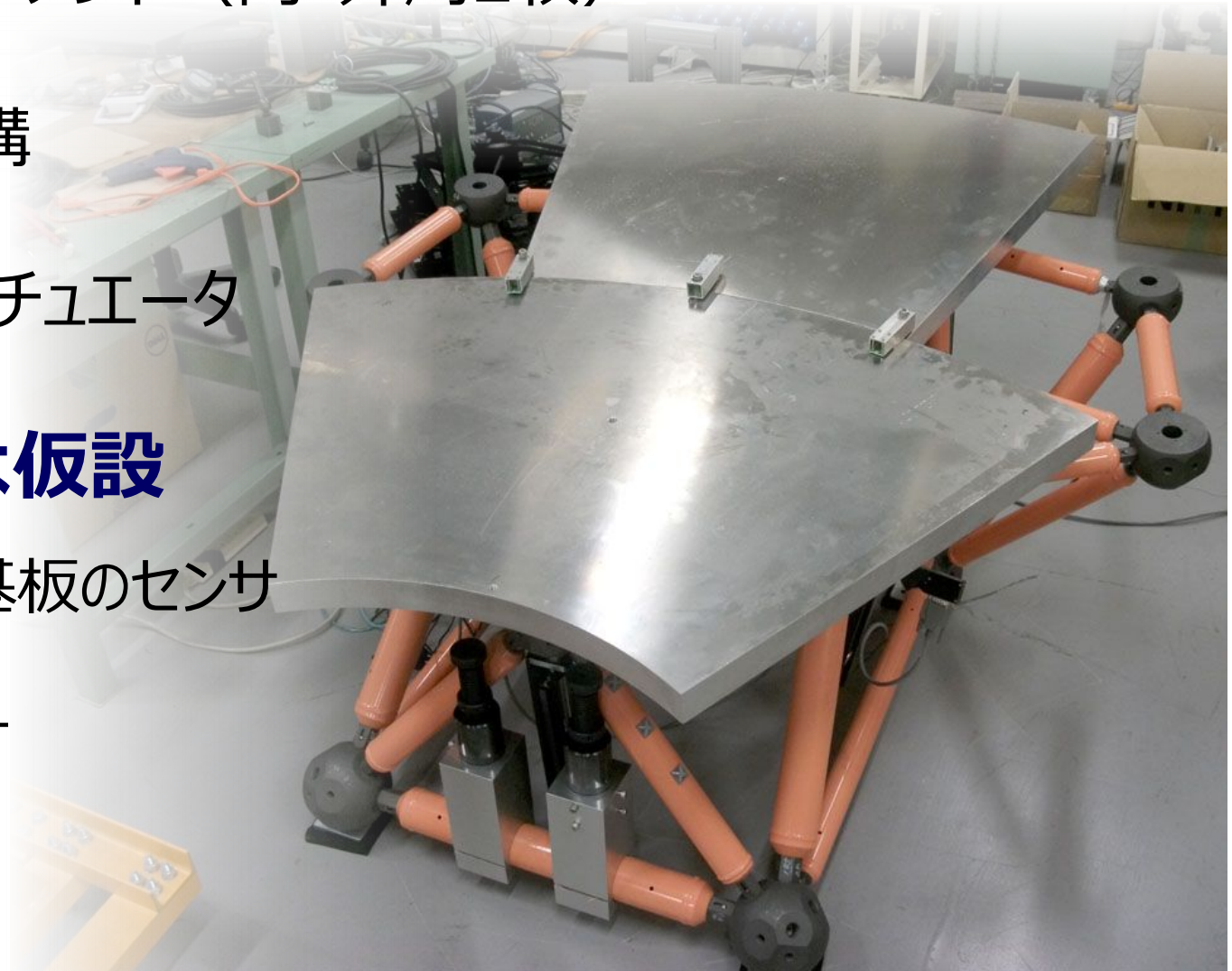
- ・アクチュエータドライバの製作
- ・センサ読み出し回路の製作

I 実機と同じ支持・駆動構造を2セット

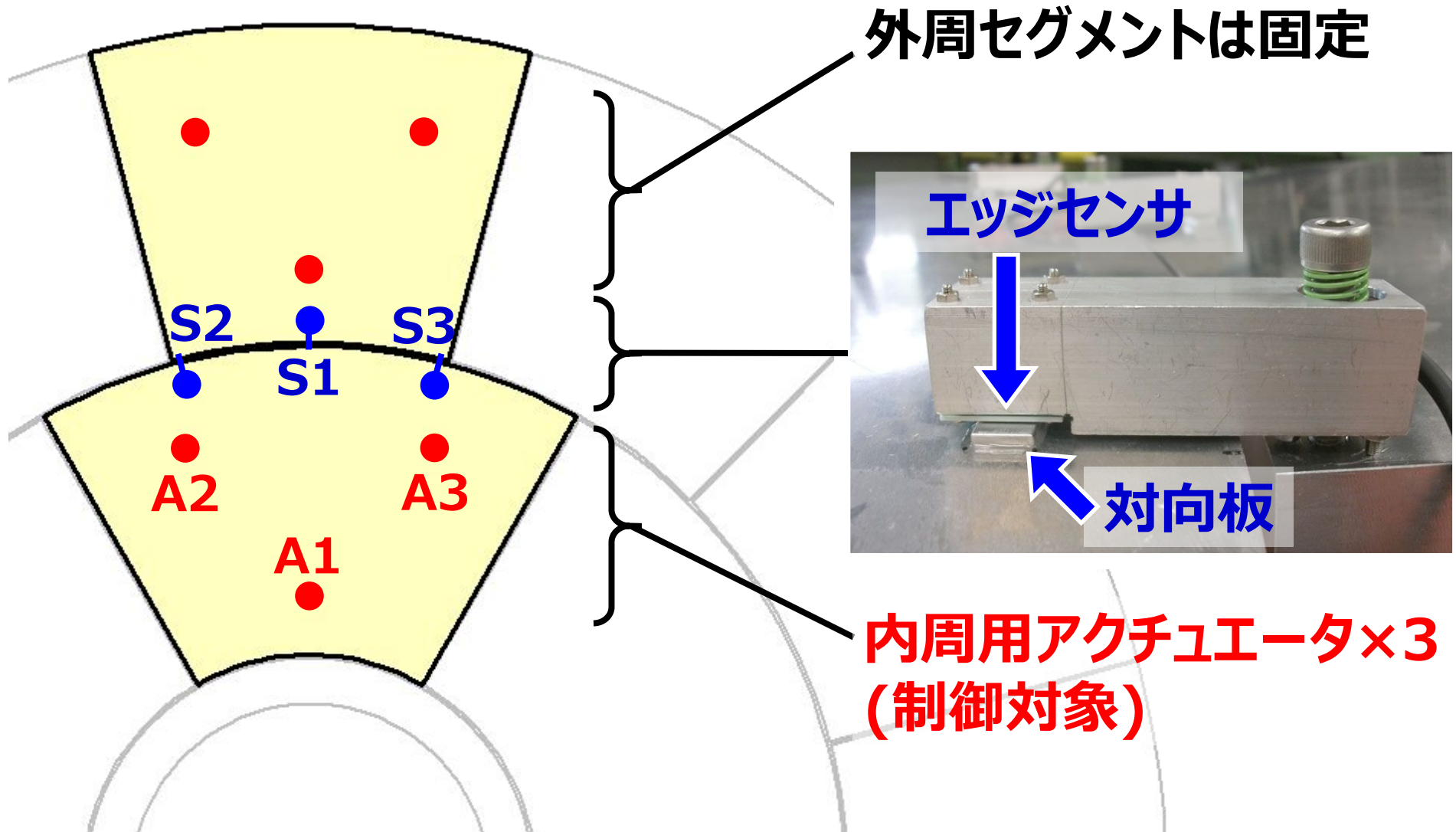
- アルミ製ダミーセグメント（内・外周2枚）
- ホイフルツリー
- ラテラル支持機構
- 1/30減速器
- Zaberリニアアクチュエータ

I エッジセンサは仮設

- アルミナセラミック基板のセンサ
- アルミ製の支持腕
- 鏡面側に取り付け



エッジセンサ3個で内周セグメントを駆動



$dA_1 \sim dA_3$ アクチュエータの駆動量

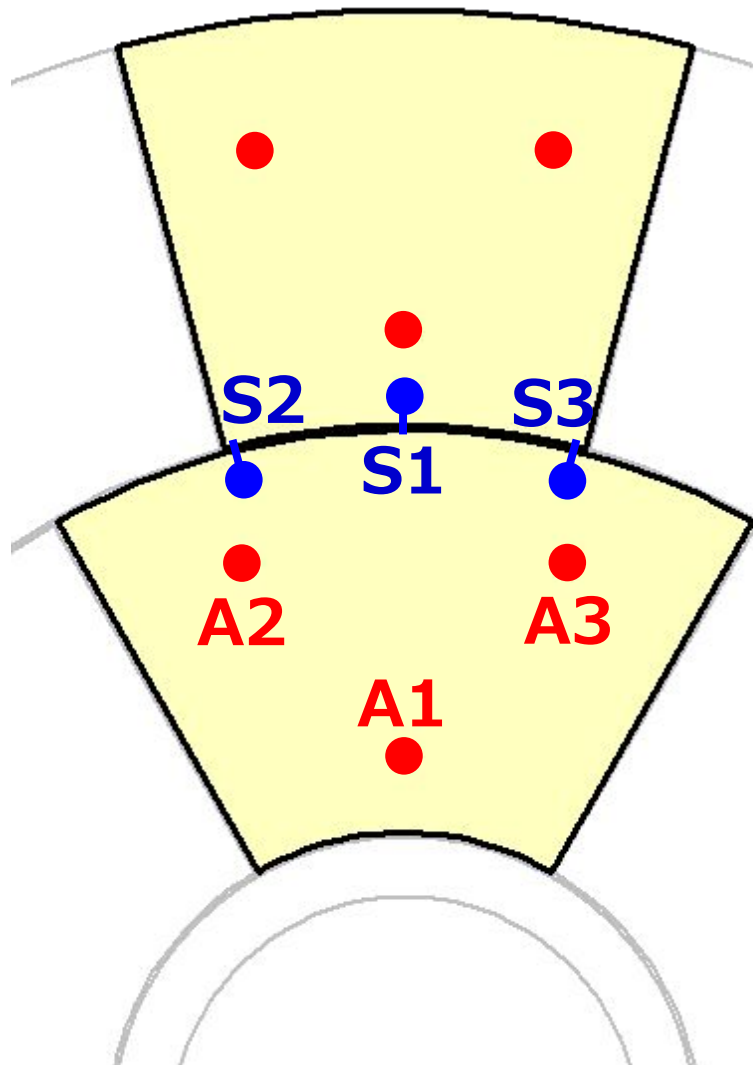
$dS_1 \sim dS_3$ エッジセンサでの変位

$$\begin{pmatrix} -0.90 & 0.45 & 0.45 \\ 0.95 & -1.27 & -0.22 \\ 0.95 & -0.22 & -1.27 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dA_1 \\ dA_2 \\ dA_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dS_1 \\ dS_2 \\ dS_3 \end{pmatrix}$$

↓ 逆行列

$$\begin{pmatrix} -3.07 & -1.96 & -1.96 \\ 0.93 & -1.40 & -0.45 \\ 0.93 & -0.45 & -1.40 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dS_1 \\ dS_2 \\ dS_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dA_1 \\ dA_2 \\ dA_3 \end{pmatrix}$$

誤差増幅率
(18セグメントの場合) **4.13倍**
1.48倍



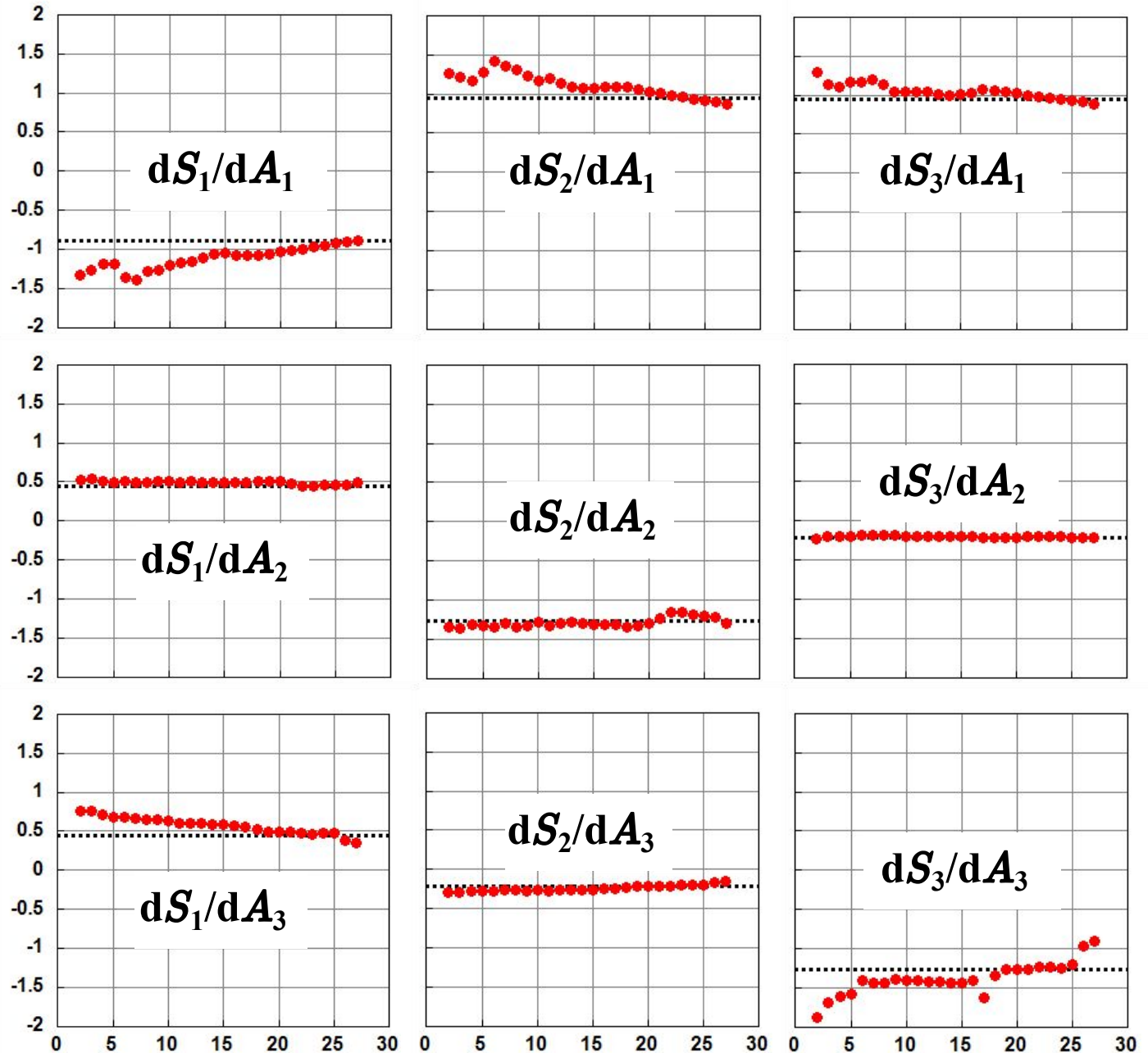
I アクチュエータの繰り出し位置を変えて作用行列を測定

1. 全てのアクチュエータを位置 x_0 に移動
2. アクチュエータ1を $+10\mu\text{m}$ 駆動
3. 1.と2.でのセンサ値の差を記録
4. アクチュエータ1を x_0 に戻す
5. アクチュエータ2を $+10\mu\text{m}$ 駆動
6. ...

$$\begin{pmatrix} -0.90 & 0.45 & 0.45 \\ 0.95 & -1.27 & -0.22 \\ 0.95 & -0.22 & -1.27 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dA_1 \\ dA_2 \\ dA_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dS_1 \\ dS_2 \\ dS_3 \end{pmatrix}$$

理想的な場合

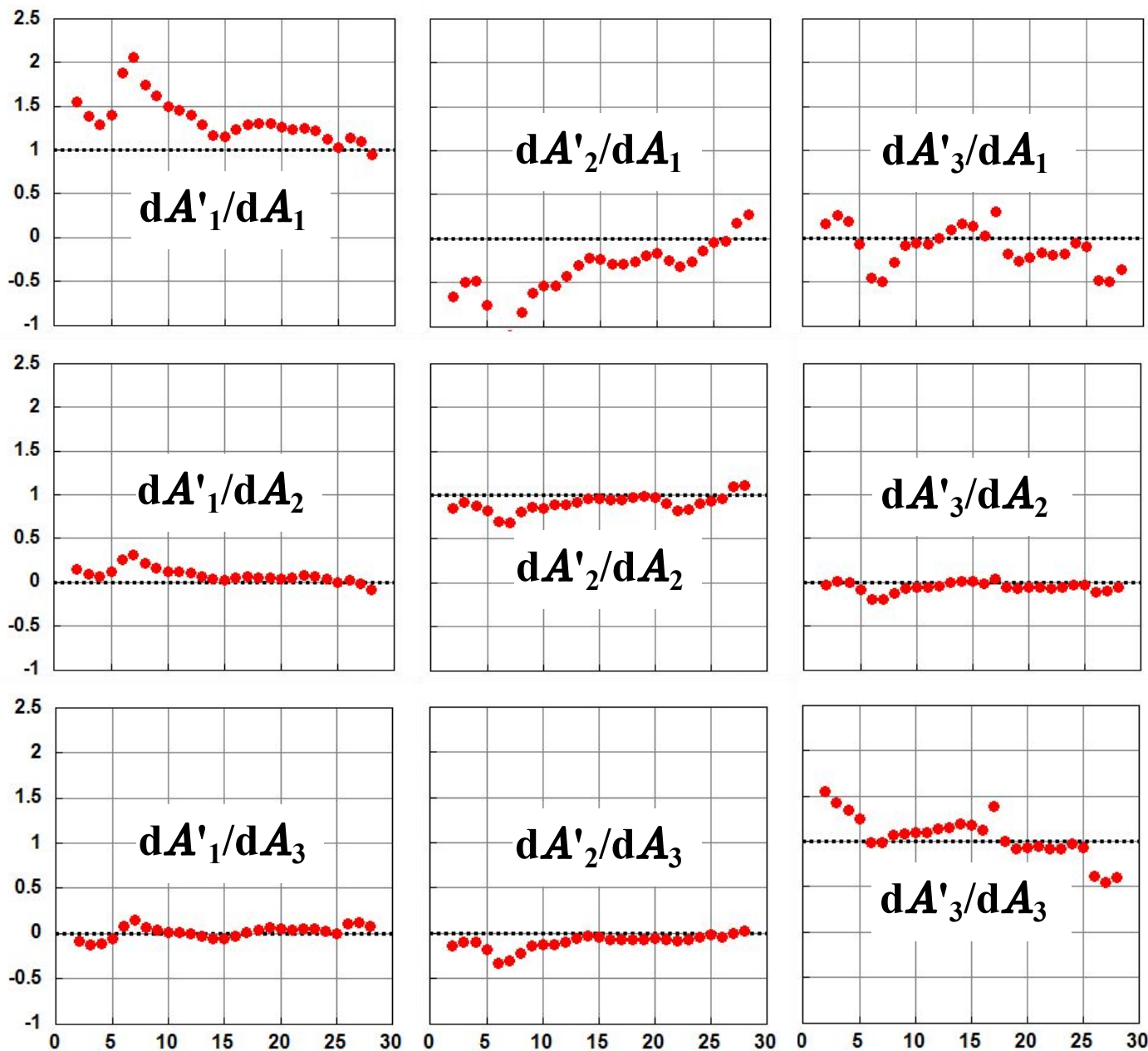
$$\begin{pmatrix} -0.90 & 0.45 & 0.45 \\ 0.95 & -1.27 & -0.22 \\ 0.95 & -0.22 & -1.27 \end{pmatrix}$$



$\left[\begin{array}{c} \text{作用行列の} \\ \text{実測値} \end{array} \right]$
 と
 $\left[\begin{array}{c} \text{作用行列の} \\ \text{設計値} \end{array} \right]^{-1}$
 の積

理想的な場合

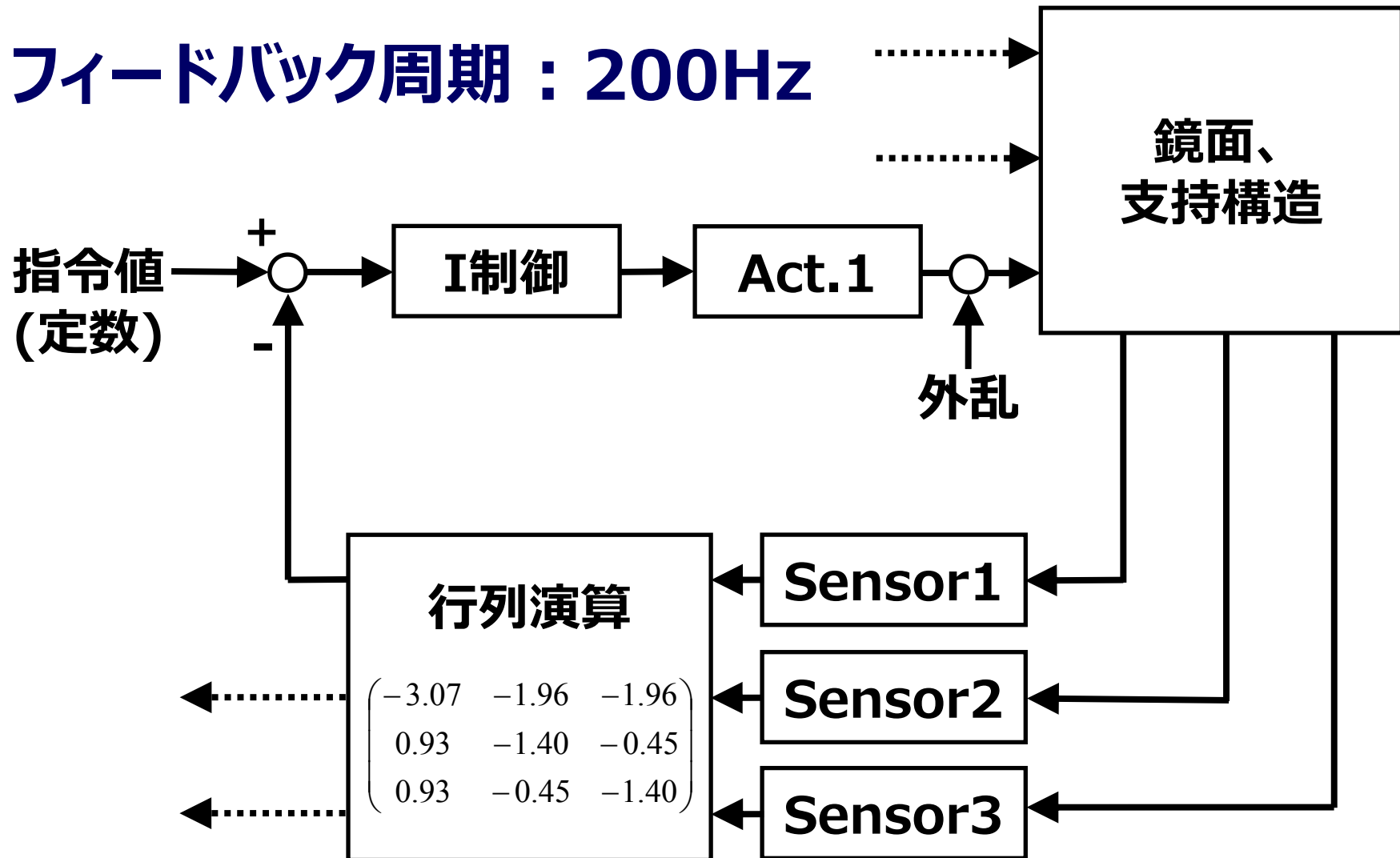
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



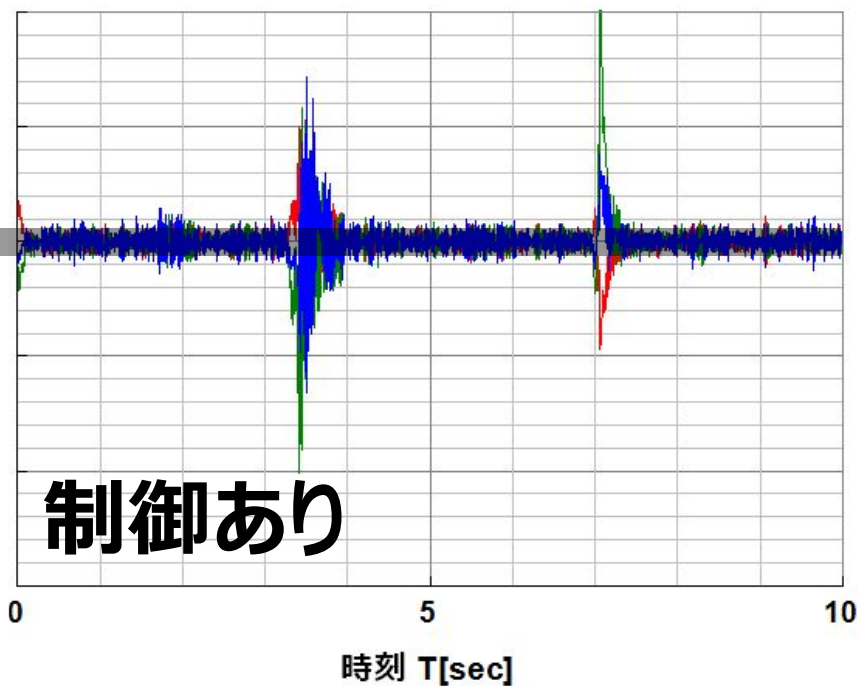
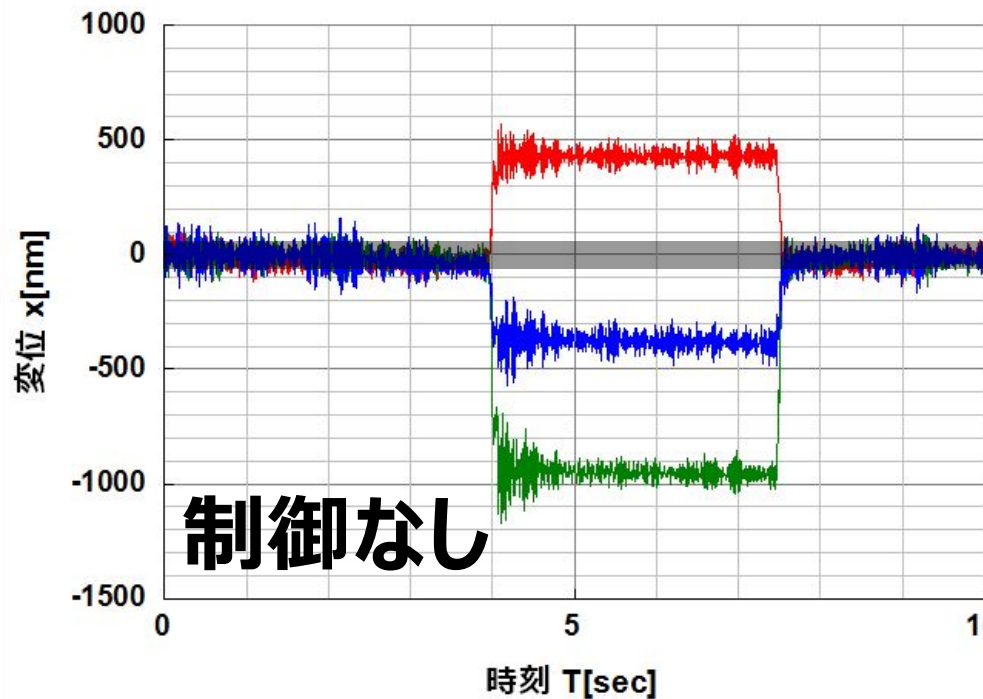
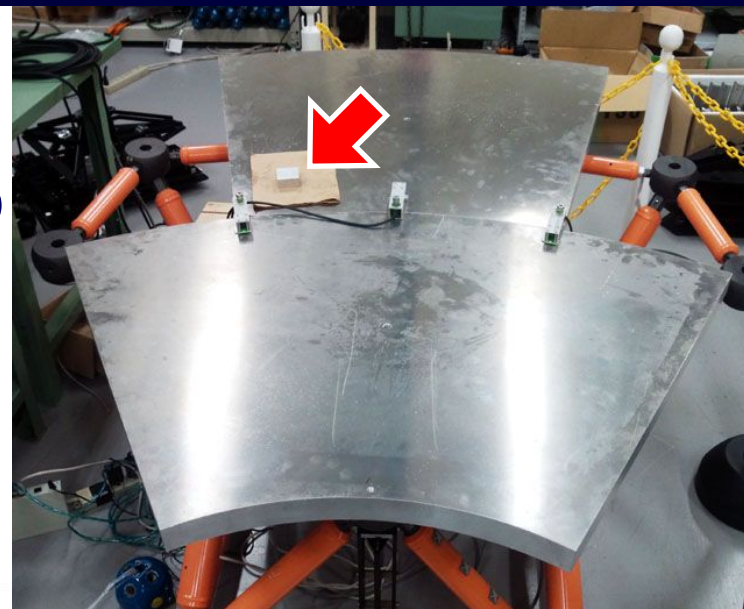
偏差に比例した速度指令

位置操作・位置制御でみると積分制御

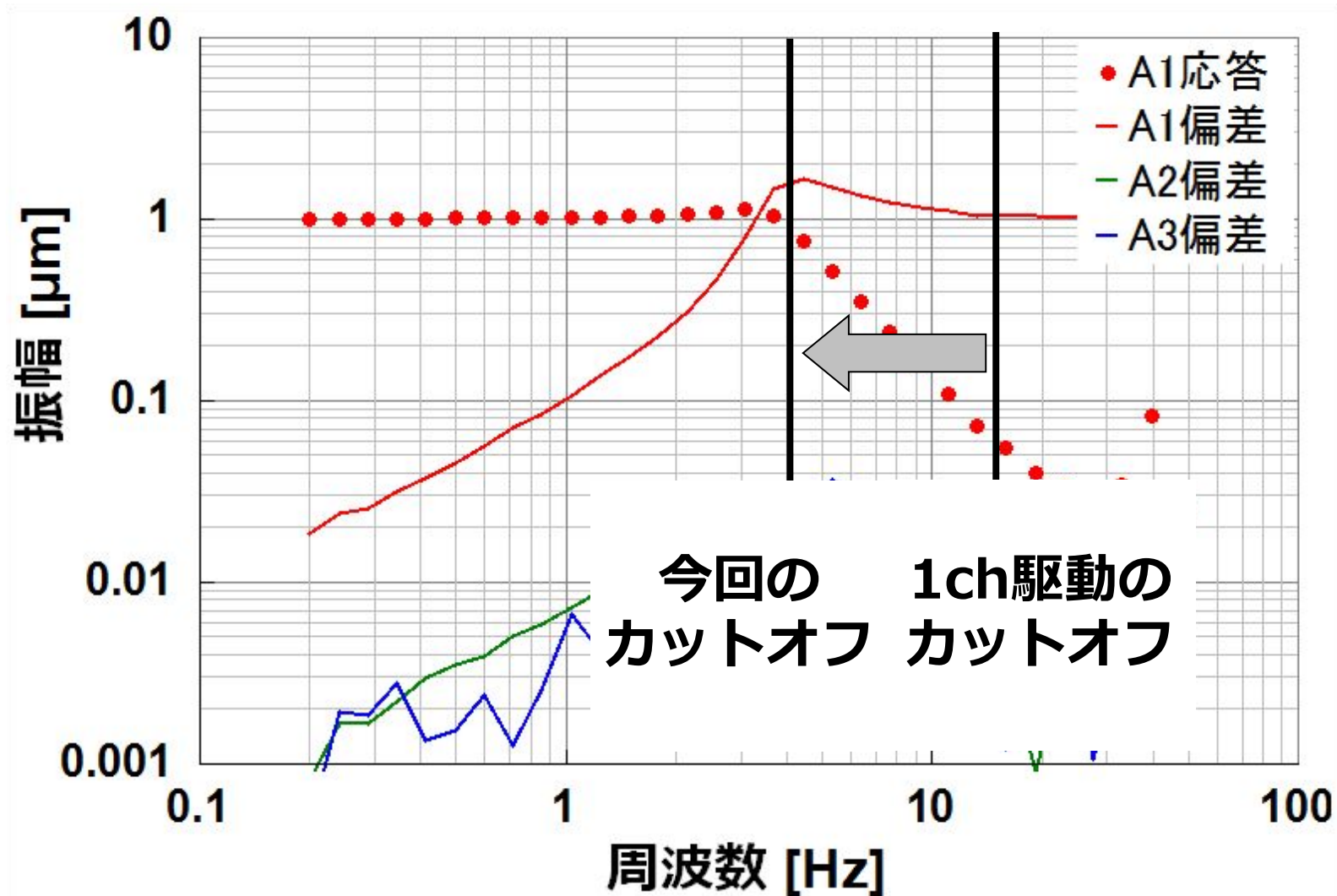
フィードバック周期：200Hz



重さ90gwのアルミ片を
外周セグメントに置く → 退ける



- 指令値：振幅 $1\mu\text{m}$ 、周波数 $0.2\sim 50\text{Hz}$ の正弦波
- プロット： $S_1\sim S_3$ から推定した $A_1\sim A_3$ での変位



内外周 計2枚のセグメント鏡を1/6トラスに搭載

3つのエッジセンサを使い、内周セグメントの位置・傾きを制御

- 鏡2枚での作用行列と、その逆行列を導出
- 実機で作用行列を測定
- フィードバックループを組み、特性を測定
→ $f_c \sim 4\text{Hz} \cdots 1\text{ch}$ のときの $\sim 1/3$

制御回路の組み立て

- 必要数の60%まで完了