

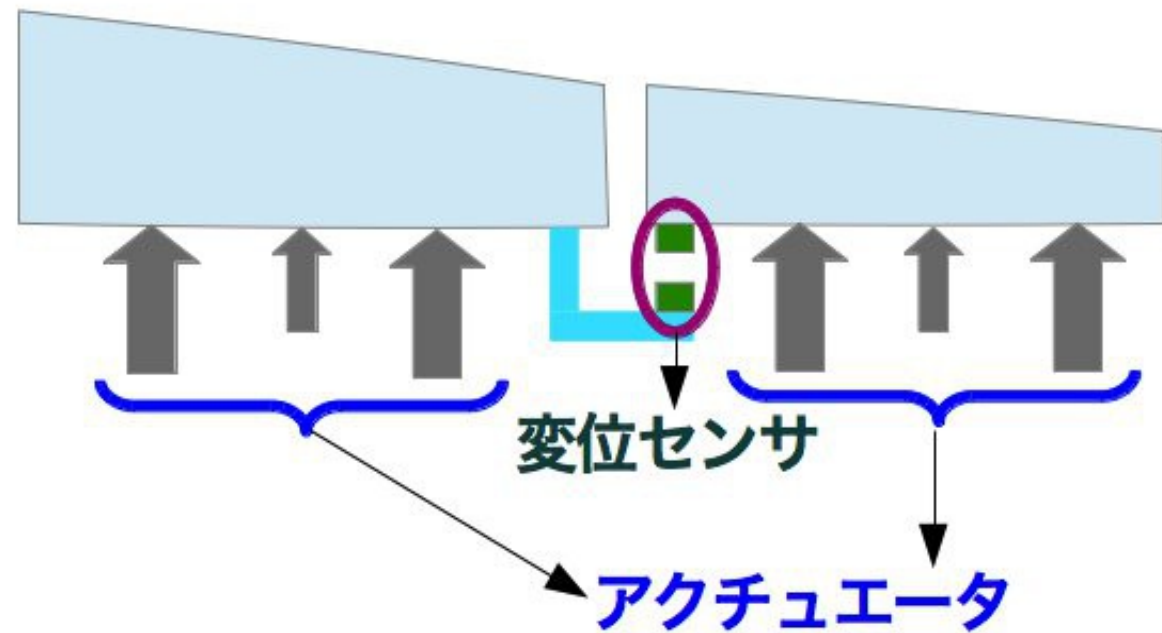
# 京大岡山 3.8m 望遠鏡 分割鏡制御に用いる アクチュエータの特性評価

京都大学大学院 理学研究科  
宇宙物理学教室 M1

長友 竣

# 分割鏡制御

- 望遠鏡姿勢変化・熱変形  
風による振動



# 分割鏡制御

- 望遠鏡姿勢変化・熱変形  
風による振動

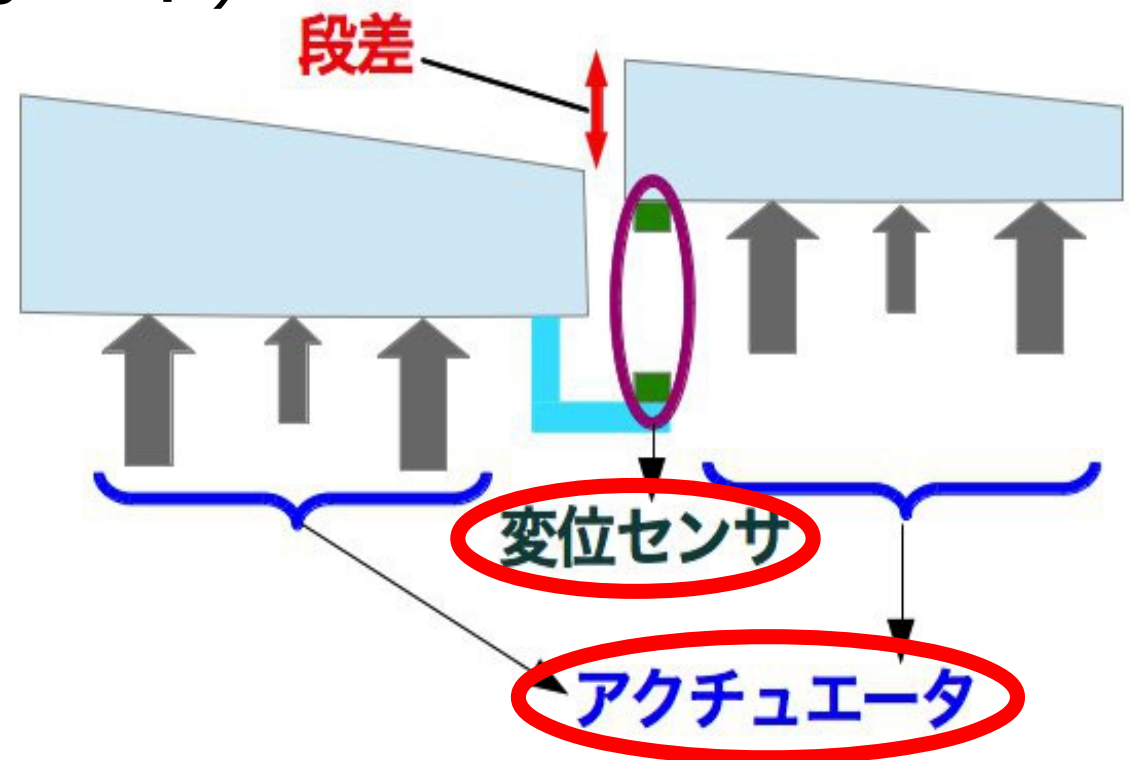
- 鏡の境界に段差  
(1枚鏡の様に扱えない！)

- 段差をセンサで  
キャッチ

↓ ↑

アクチュエータで  
位置修正

→リアルタイムの  
制御



# 制御対象と目標

- 制御対象
  - 60個のセンサ
  - 54個のアクチュエータ

} 18枚鏡を  
1枚鏡のように  
機能させる
- 目標
  - 重力変形・熱変形・風の振動(~数Hz)を  
50nm以下に抑制
  - 1秒間に数10~100回のフィードバック

**専用の制御システムを構築  
アクチュエータの正確な動作モデルが必要**

# 制御システム開発のステップ

同時  
進行

アクチュエータ

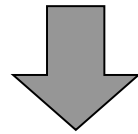
支持構造

エッジセンサ

変換行列の導出

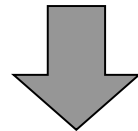
の特性測定

アクチュエータの  
動作モデル



制御モデル・制御ソフトウェアの作成

制御/通信システムの構築



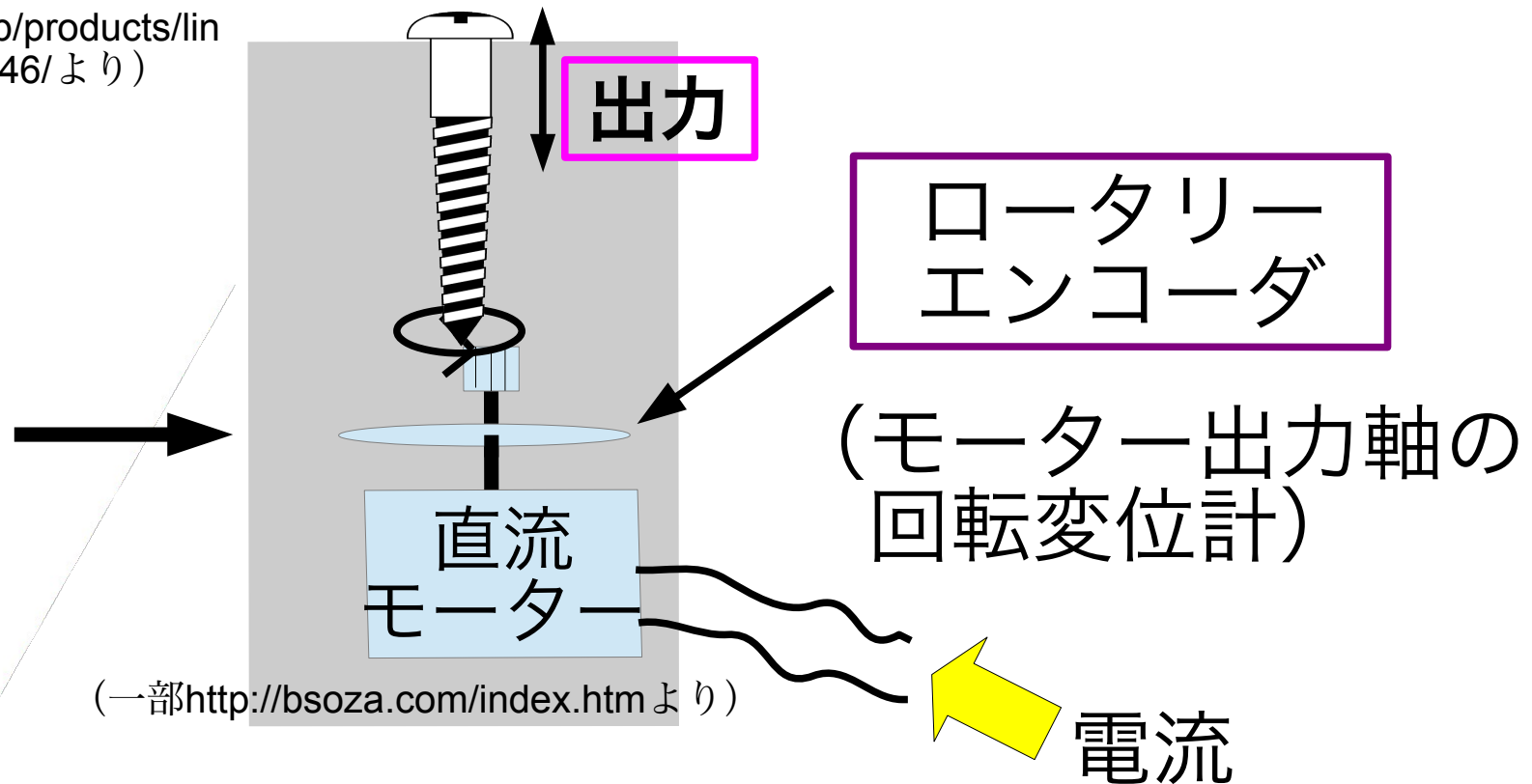
制御の専門家の  
協力

実機による動作試験

# リニアアクチュエータの構造

- モータの回転→上下方向の運動

([http://www.hds.co.jp/products/lineup/linear/03la02\\_lah46/](http://www.hds.co.jp/products/lineup/linear/03la02_lah46/)より)



# 今回行ったこと

- 動作の数式モデル ( $\theta(t)$ : モータの回転軸の変位)

$$\frac{d^2 \theta(t)}{dt^2} = B i(t) + C + D \frac{d\theta(t)}{dt}$$

摩擦の係数C

電磁力の係数B

粘性の係数D

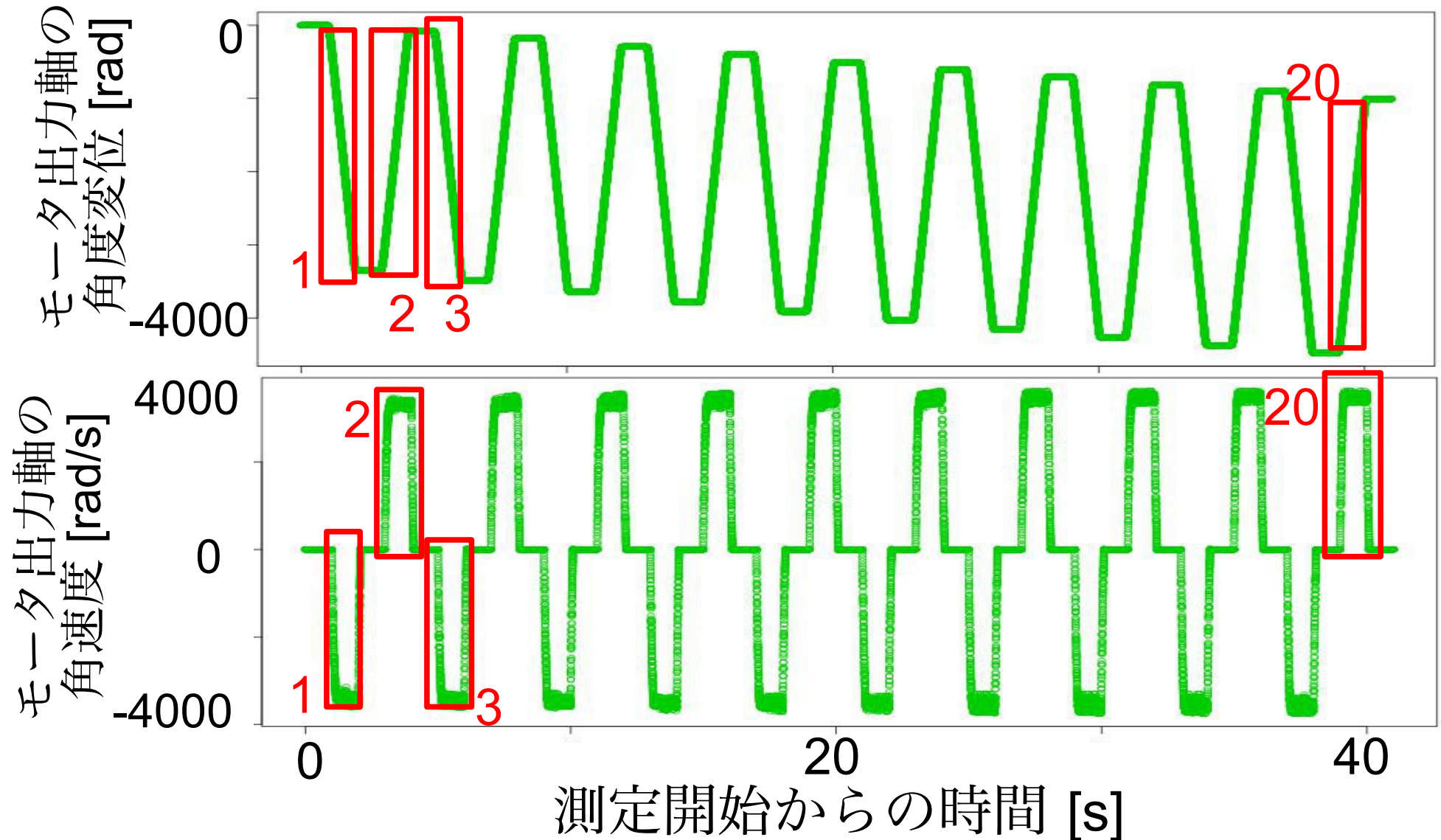
- ステップ電流応答を振幅を変えて測定
  - 各係数の概数決定
  - 正常な動作をする電流の最小値  
→ 望遠鏡での使用時：小電流で小さな変位修正
  - 粘性による動作の時定数  
：制御の時間間隔と比較  
→ 近似したモデルが使用可？使用不可？





# モータ出力軸の運動

- 例：0.4A

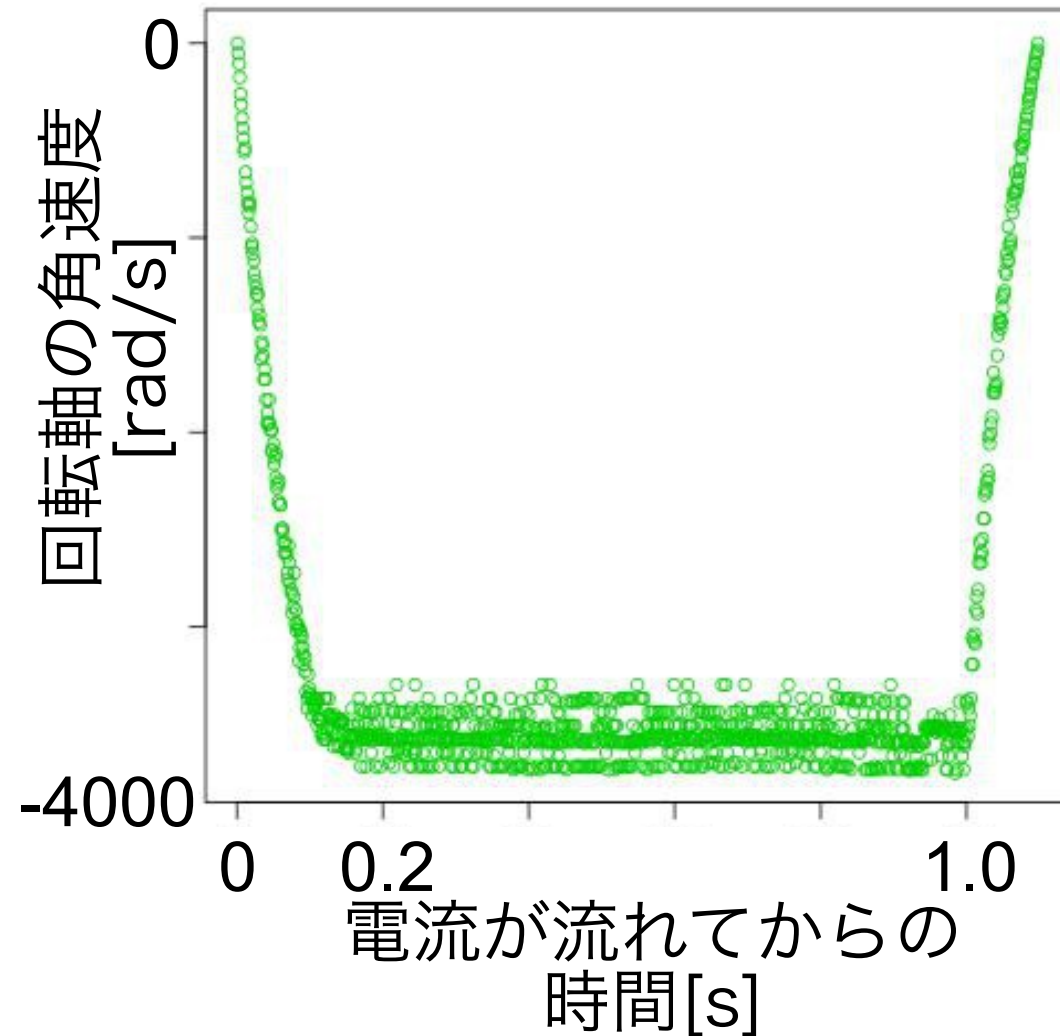


# フィッティング

- 電磁力の係数  $B$   
摩擦の係数  $C$   
粘性の係数  $D$
- 最小二乗法を用いて  
1回の動作ごとに  
フィッティング

$$\dot{\theta}(t) = B \int i(t) dt + Ct + D\theta(t)$$

0.4A 13回目の動作

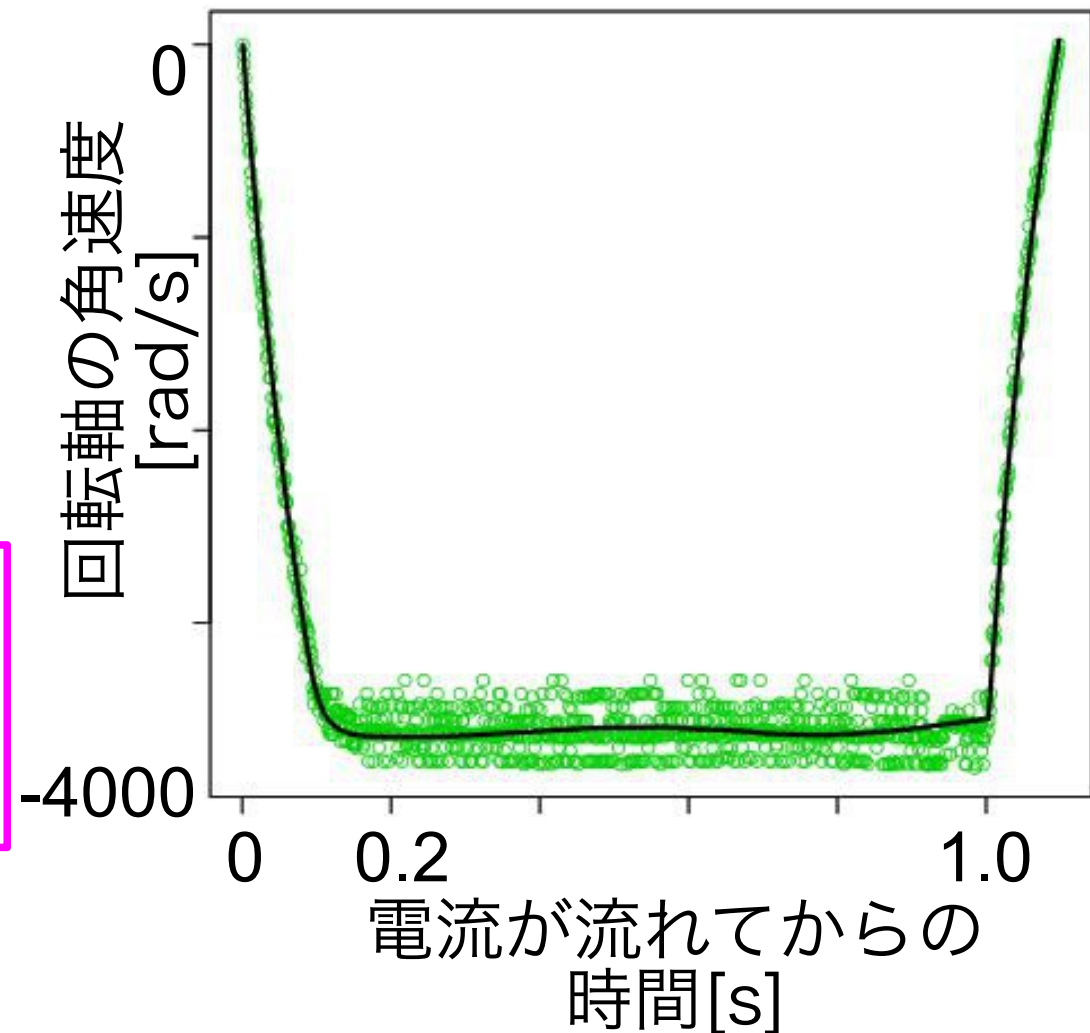


# フィッティング

- 電磁力の係数  $B$   
摩擦の係数  $C$   
粘性の係数  $D$
- 最小二乗法を用いて  
1回の動作ごとに  
フィッティング

$$\dot{\theta}(t) = B \int i(t) dt + Ct + D\theta(t)$$

0.4A 13回目の動作



# 最小駆動電流

- 電磁力の係数  $B$

$$2.5 \times 10^5$$

$$B \approx (2.1 \pm 0.2) \times 10^5 \text{ [Nm/A]}$$

- 摩擦力の係数  $C$

$$|C| \approx (2.1 \pm 0.3) \times 10^4 \text{ [Nm]}$$

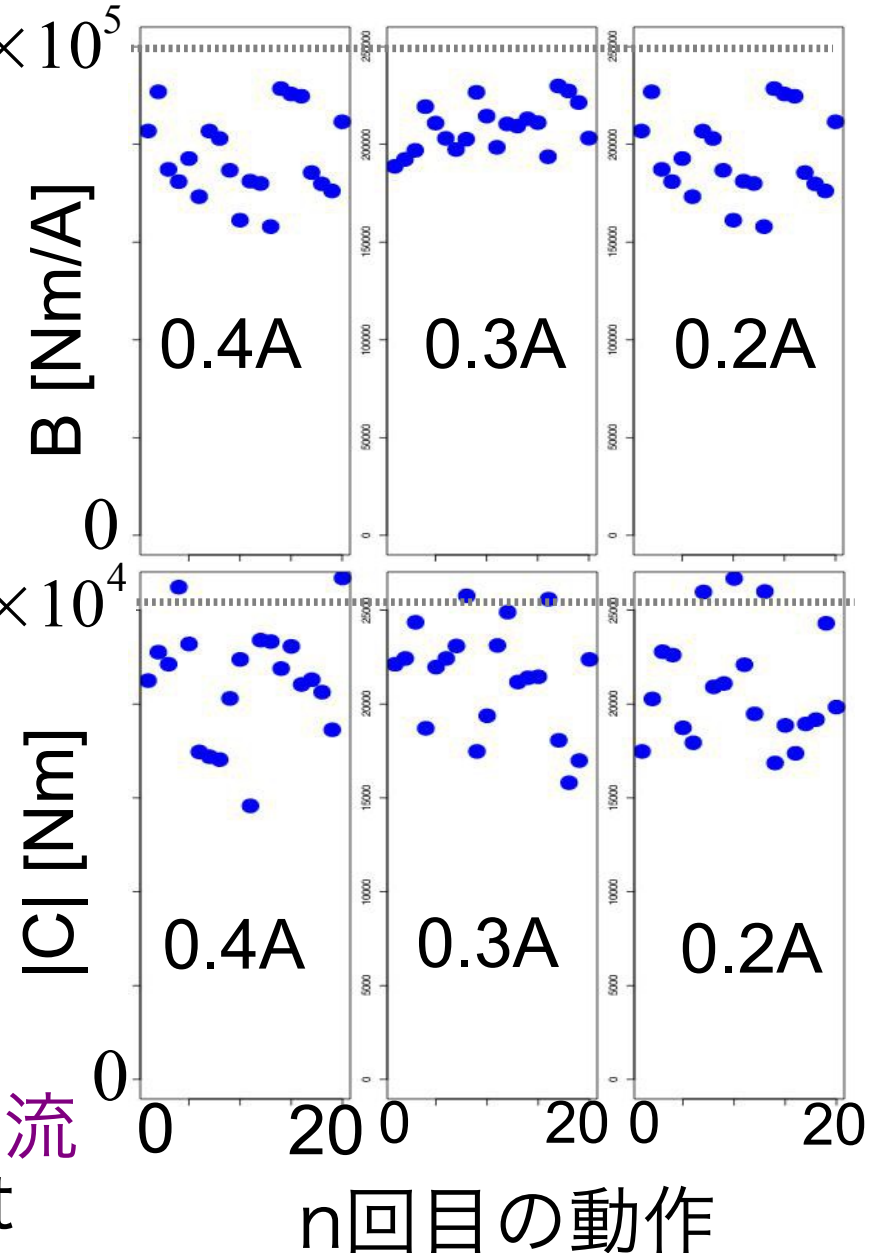
- 電磁力  $\geq$  摩擦

$$\underline{Bi_0} \geq \underline{|C|}$$

電磁力      摩擦力

$$\rightarrow i_0 \geq \boxed{0.10 \pm 0.02 \text{ [A]}}$$

正常な動作に必要な最小電流  
→ 測定結果とも consistent



# 動作の時定数

- 粘性の係数

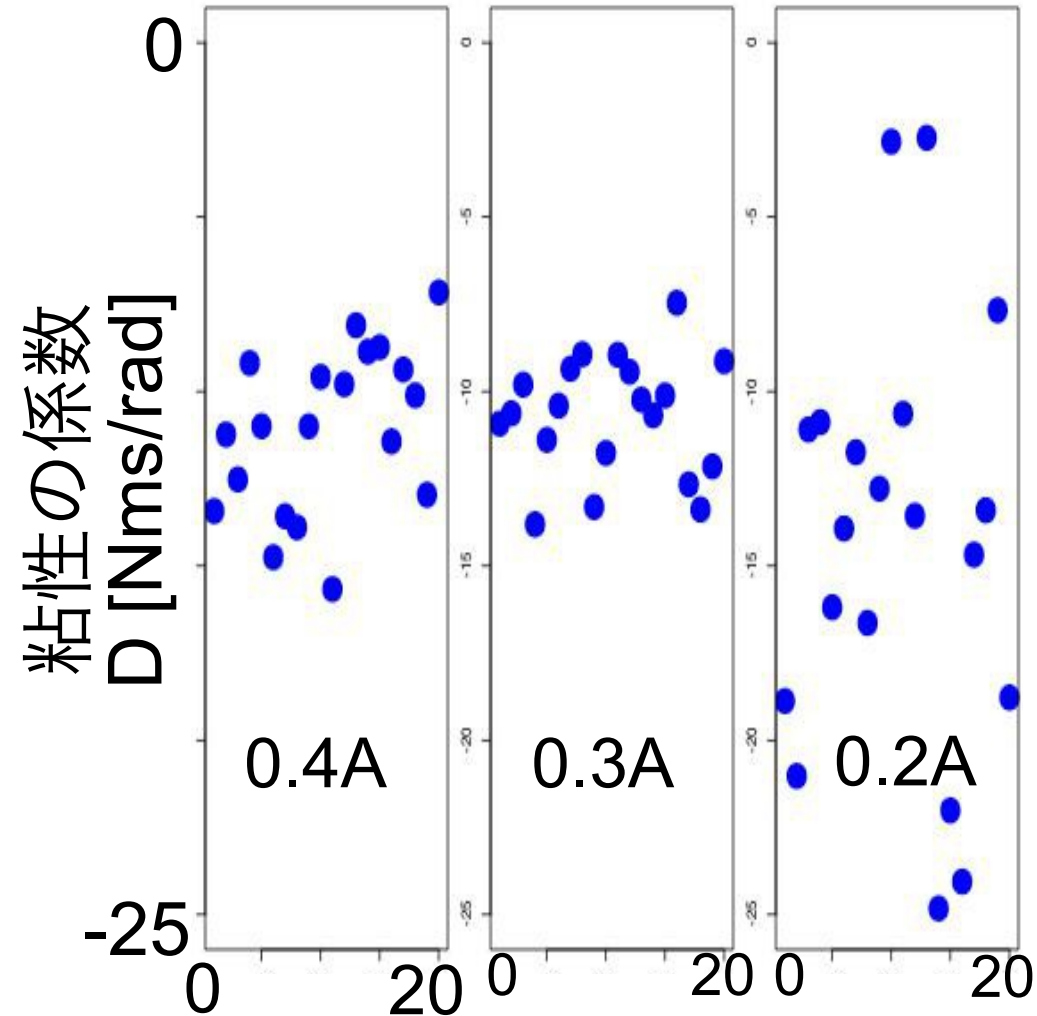
$$|D| \approx 12 \pm 4 \text{ [Nms/rad]}$$

- 粘性による速度変化の時定数

$$T = \frac{1}{|D|} \approx \frac{1}{12 \pm 4} \approx 0.1 \text{ [s]}$$

動作の時定数

~ アクチュエータの制御間隔

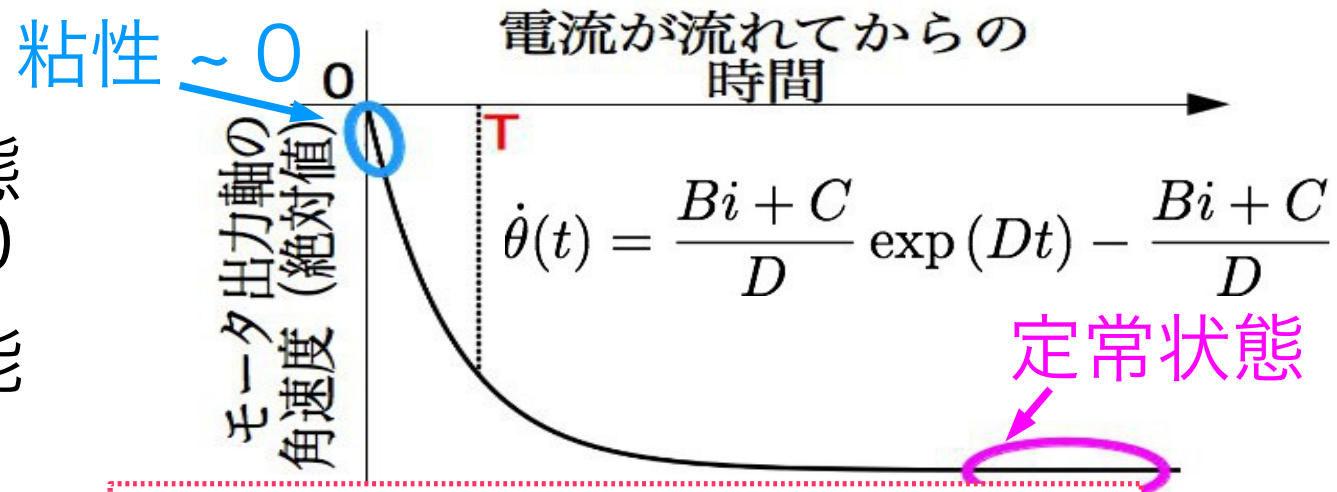


n回目の動作

# 考察

- 正常な動作をする電流の最小値  $\sim 0.1\text{A}$ 
  - 望遠鏡での使用時：小電流で小さな段差を修正  
 $\rightarrow$  **0.1A以上の電流が必要**
- 粘性による動作の時定数  
 $0.1\text{[s]}$  ~ アクチュエータの制御間隔

$T \ll 0.1\text{s}$  : 定常状態  
 $T \gg 0.1\text{s}$  : 粘性  $\sim 0$   
 と近似可能



$T \sim 0.1\text{s}$  : 近似不可  $\rightarrow$

**モデルの再検討も視野に入れながら、更なる正確性の向上が必要**

# まとめと今後の展望

- 分割鏡専用の制御システムの構築が必要
  - アクチュエータの動作モデルを推定し、ステップ電流応答を測定
  - 正常に動作する電流値  $\gtrsim 0.1 \pm 0.02$  A  
→ 0.1A以上で小さな段差を制御
  - 動作の時定数 ~ アクチュエータ制御間隔  
→ モデルの再検討も視野に入れながら、  
更なる正確性の向上が必要
- 
- 今後：アクチュエータの周波数応答測定  
→ モデルの検討・各パラメータの正確な値

**ご清聴**

**ありがとうございました！**