

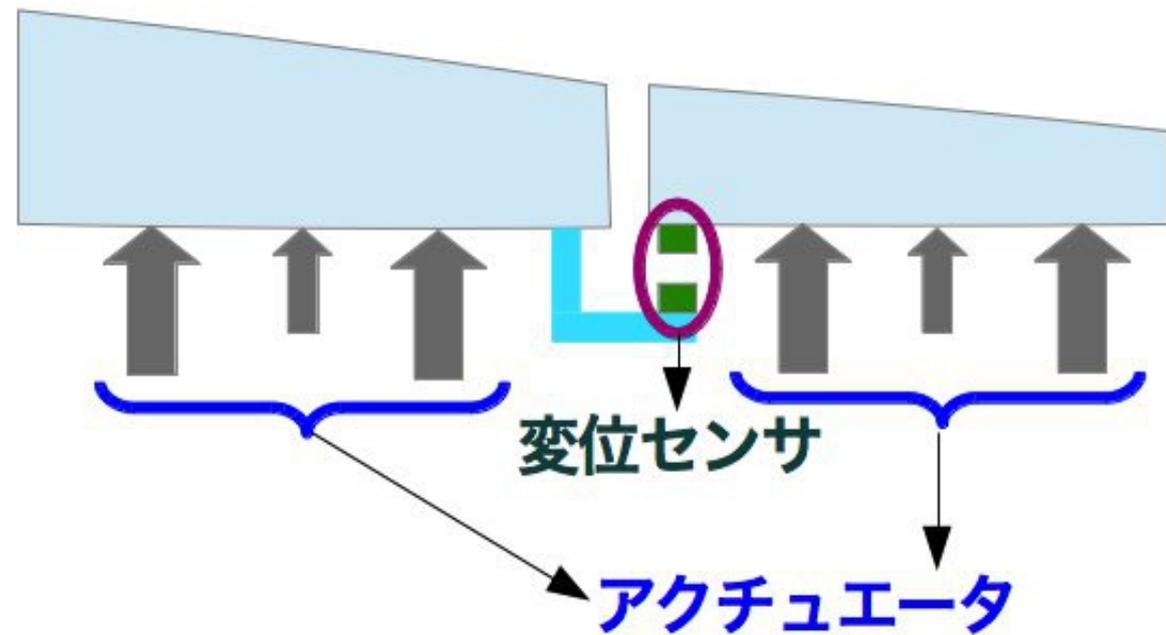
京大岡山 3.8m 望遠鏡 分割鏡制御に用いる アクチュエータの特性評価

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

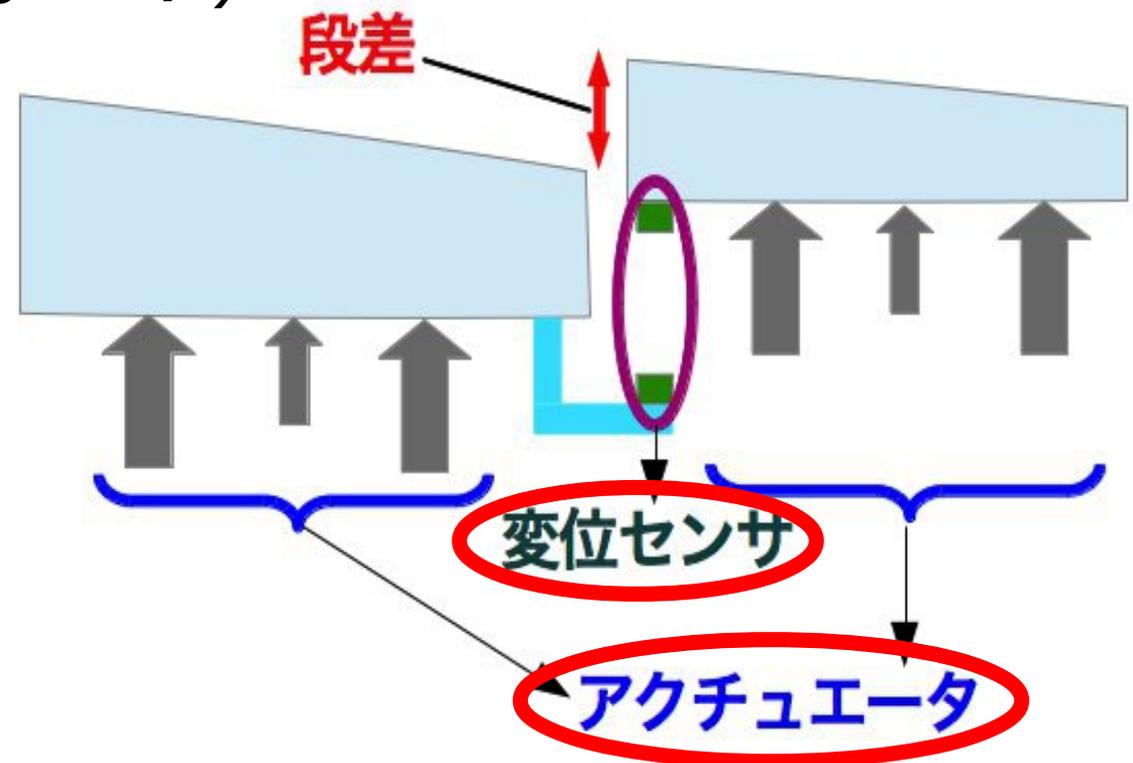
- 鏡の境界に段差
(1枚鏡の様に扱えない！)

- 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

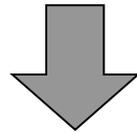
支持構造

エッジセンサ

変換行列の導出

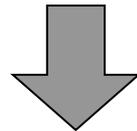
の特性測定

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



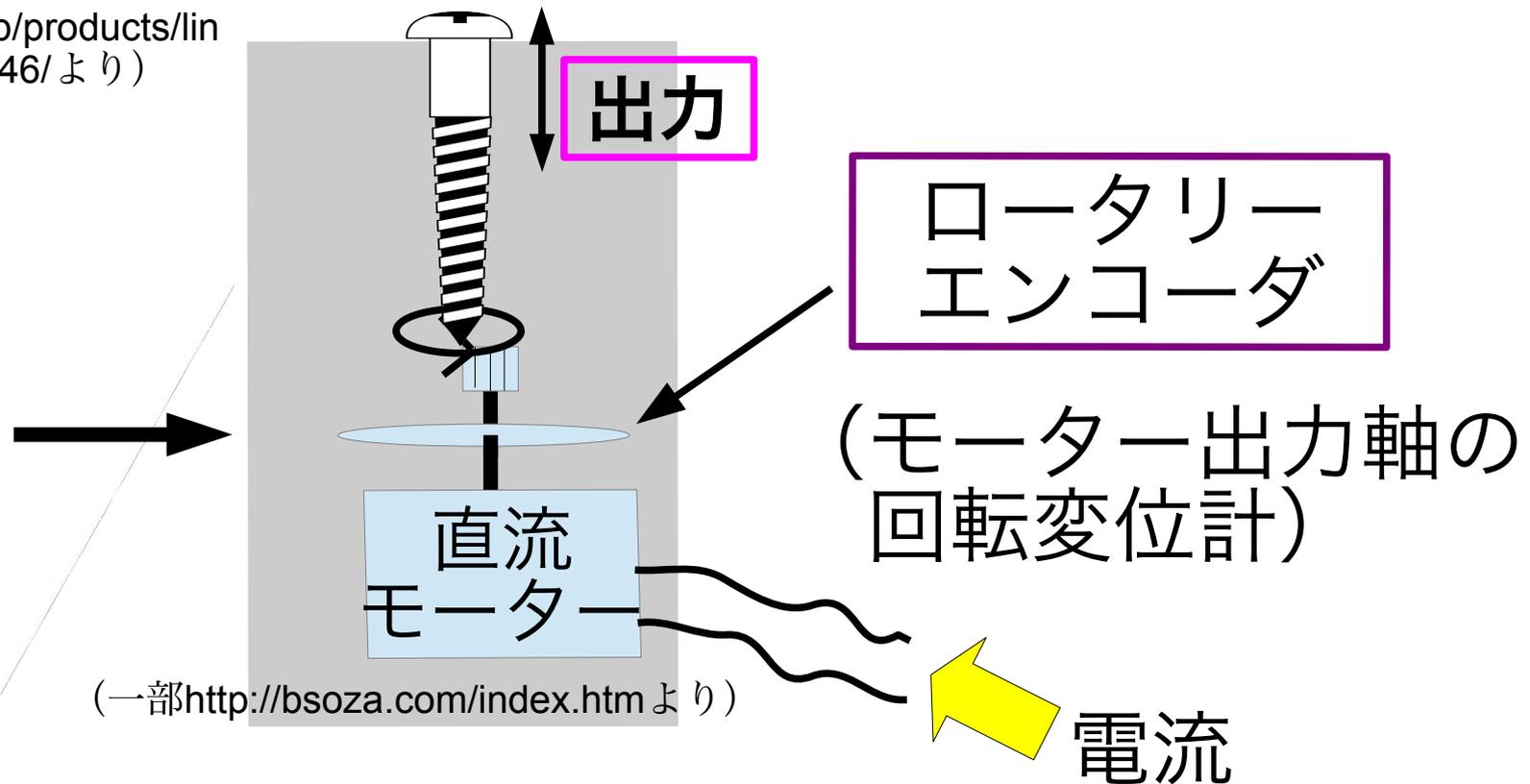
制御の専門家の
協力

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/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)

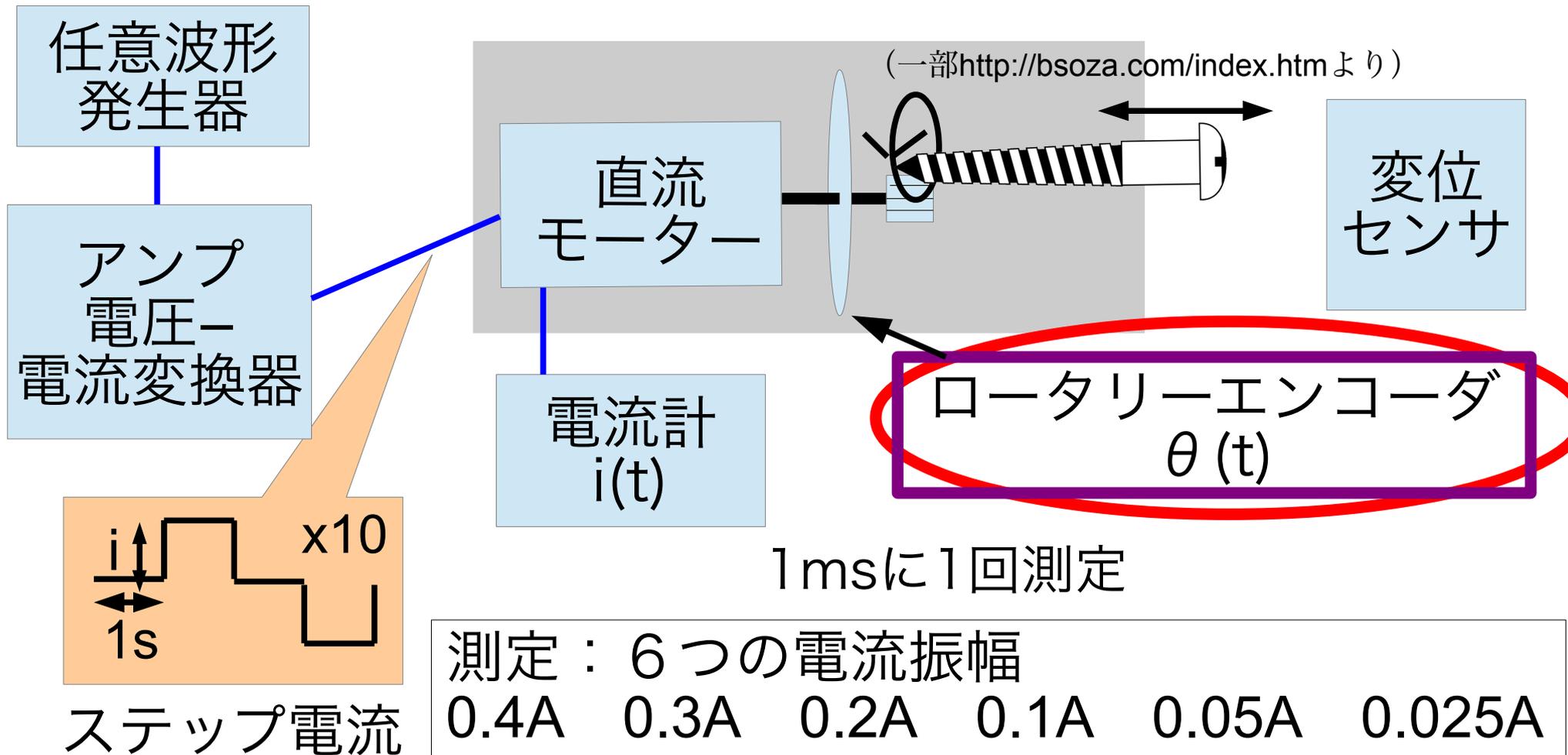
$$\frac{d^2 \theta(t)}{dt^2} = B i(t) + C + D \frac{d\theta(t)}{dt}$$

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？

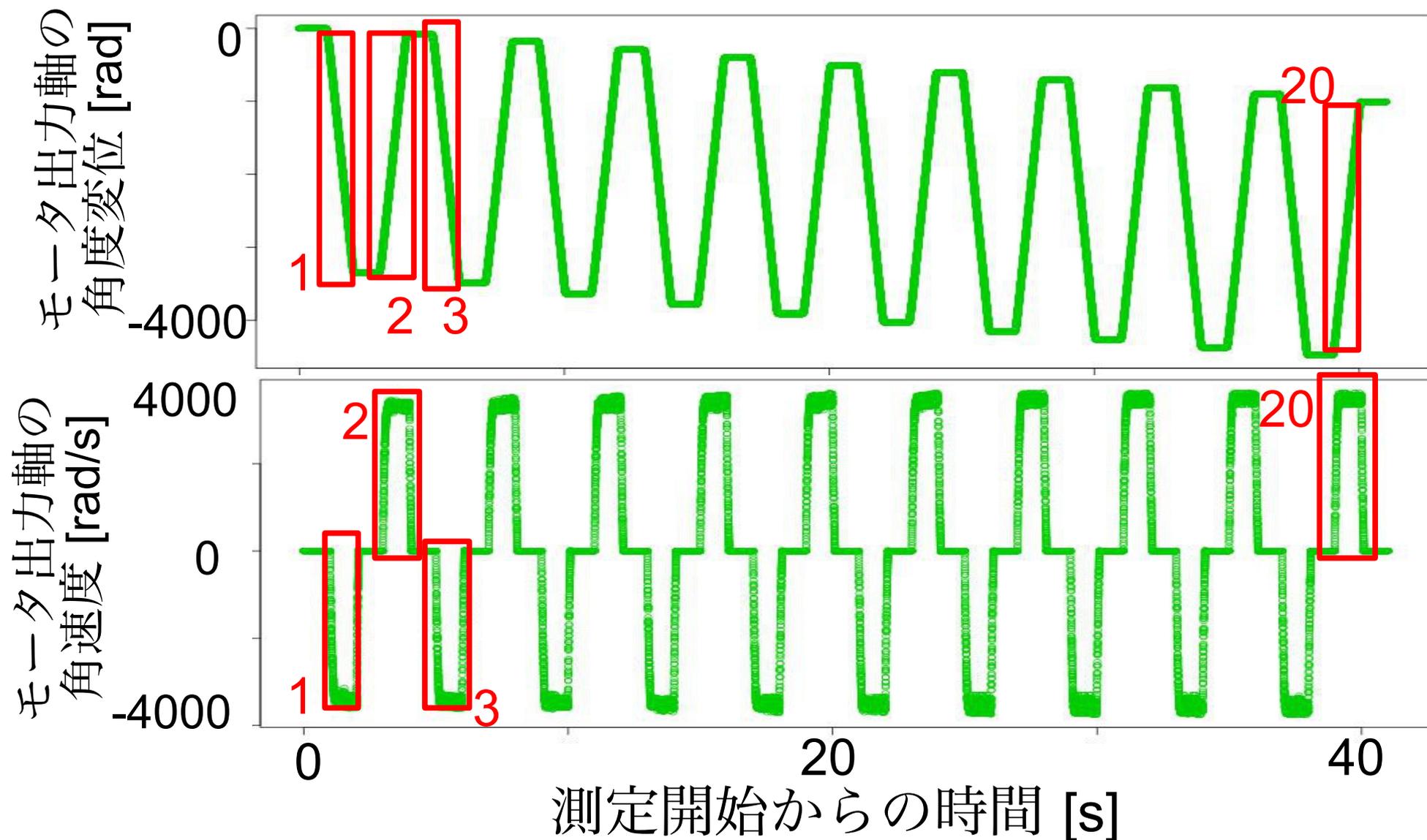
測定システム

- アクチュエータ：LAH-46-1002-F-L
(ハーモニック・ドライブ・システムズ社)



モータ出力軸の運動

- 例：0.4A

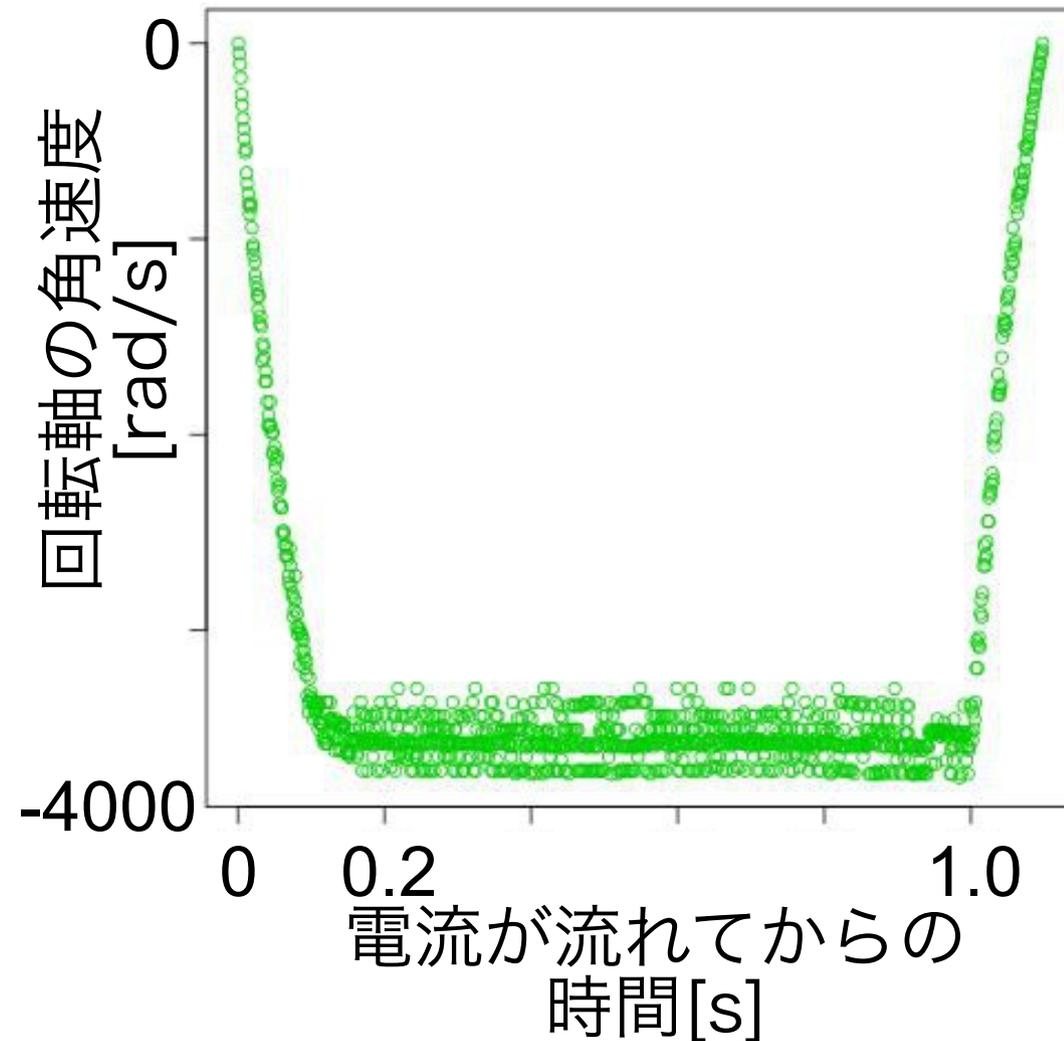


フィッティング

- 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

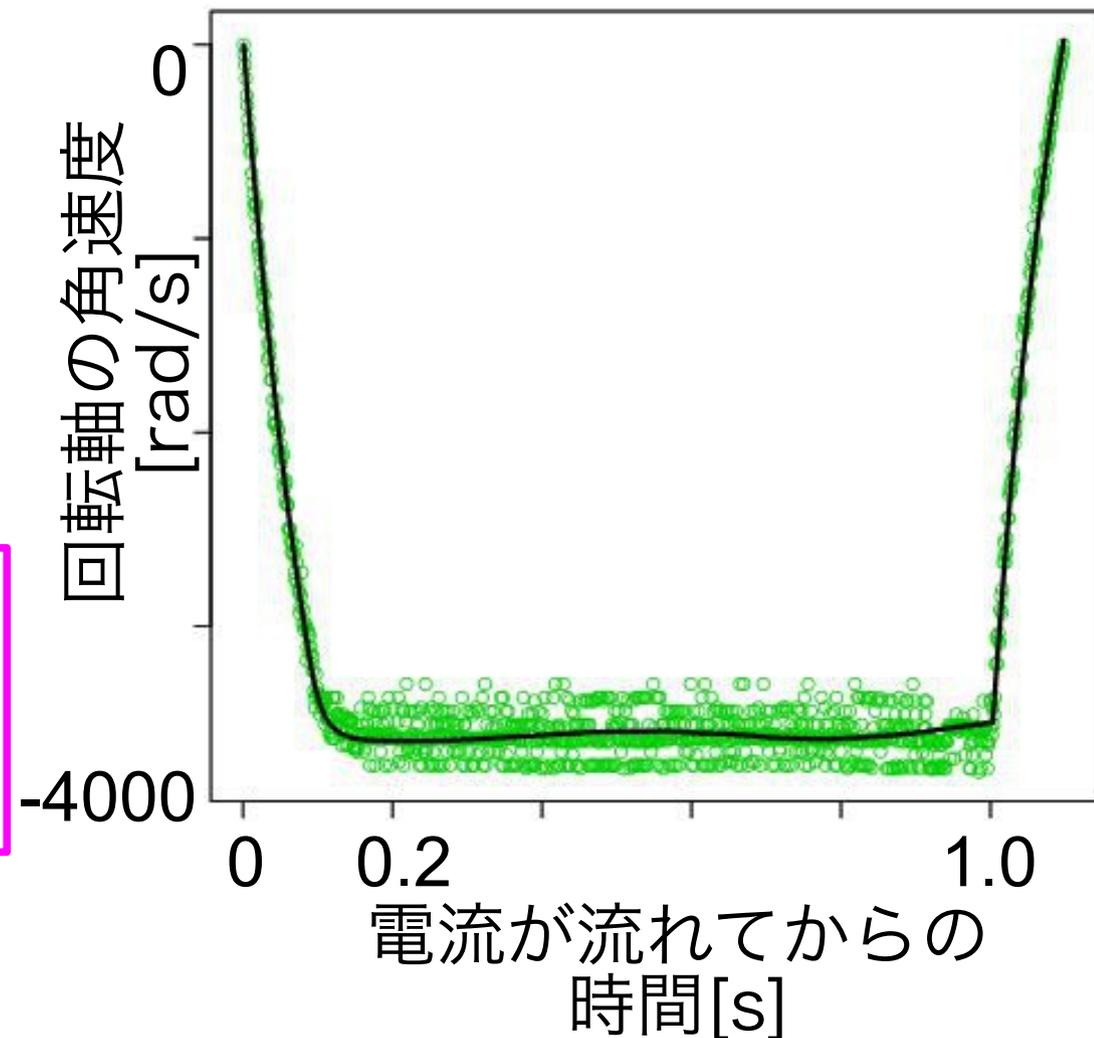


フィッティング

- 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

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

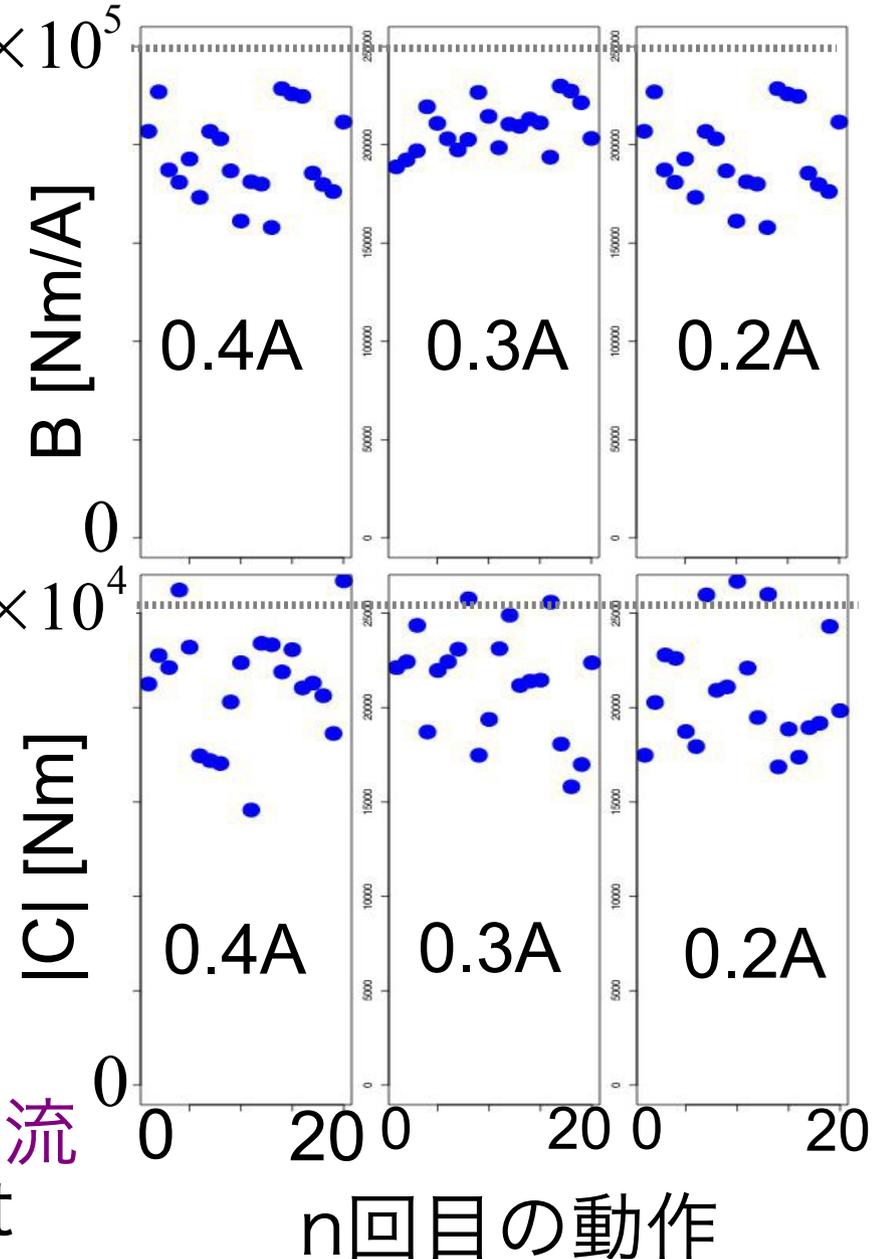
- 電磁力 \geq 摩擦

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

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

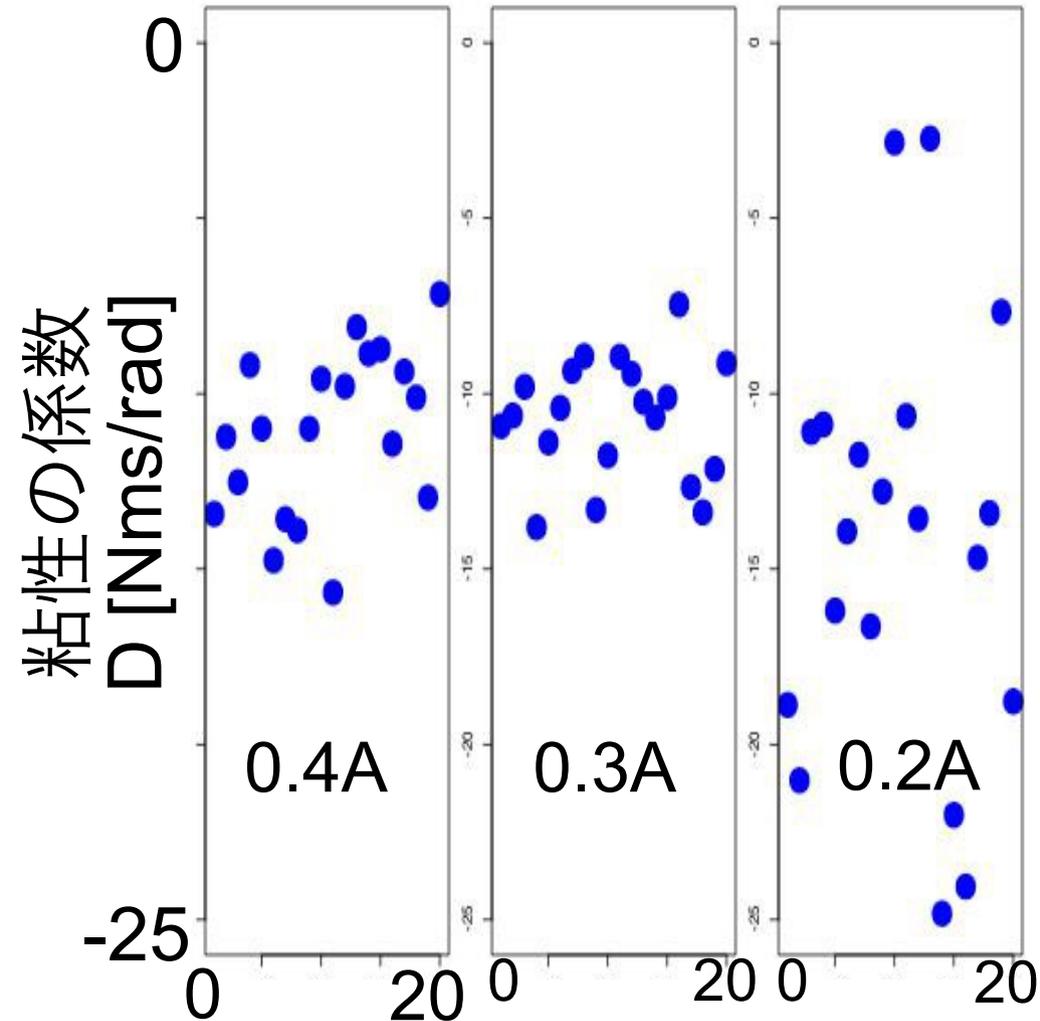
$$|D| \approx 12 \pm 4 \text{ [Nms/rad]}$$

- 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

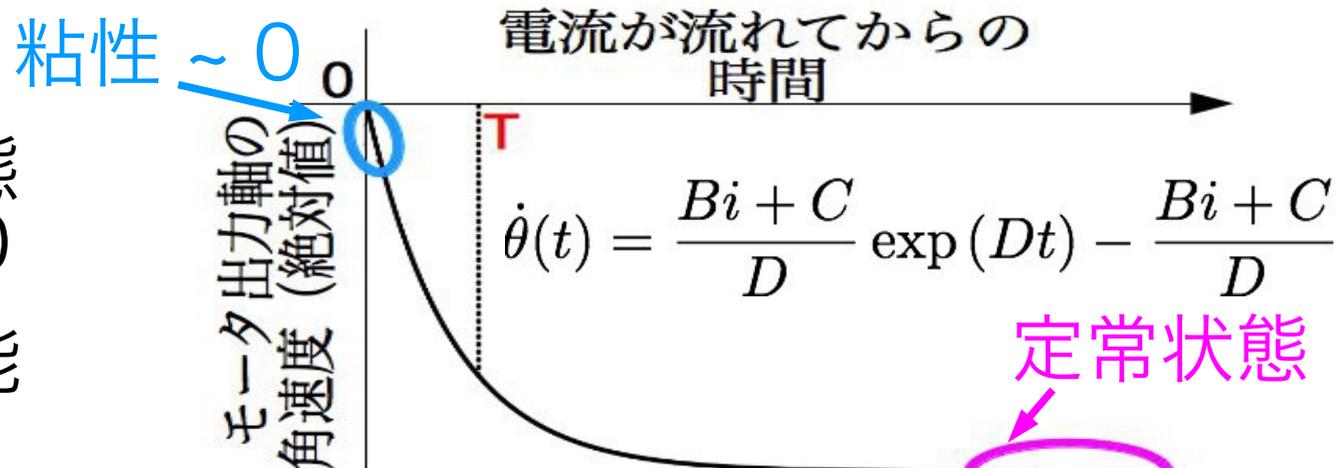


n回目の動作

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
 $0.1\text{[s]} \sim$ 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 ~ 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！