

23. 液晶パネル製造ロボットの制御系設計

指導教員：平田 研二 准教授 機械創造工学課程 10306988 仲居 洋介

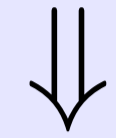
1. はじめに

背景

近年、液晶パネルのサイズが大型化する傾向にある

- ▶ 製品(テレビなど)自体の大型化
- ▶ 効率よく板取を行えるため歩留まりが向上し、生産コスト低減が見込める

パネルの搬送ロボットも大型化し、制御が困難



- ▶ 動特性について考慮する必要がある
 - ▶ 生産性向上のため、高速で動作させる
 - ▶ 質量や慣性モーメントが大きい
- ▶ 大型になると、アームのたわみが無視できなくなる
- ▶ 多数の関節間が互いに干渉する多入出力系となる

目的

多入出力系としての液晶パネル製造ロボットに対して、適切な制御系設計を行う

2. 搬送ロボットの概要

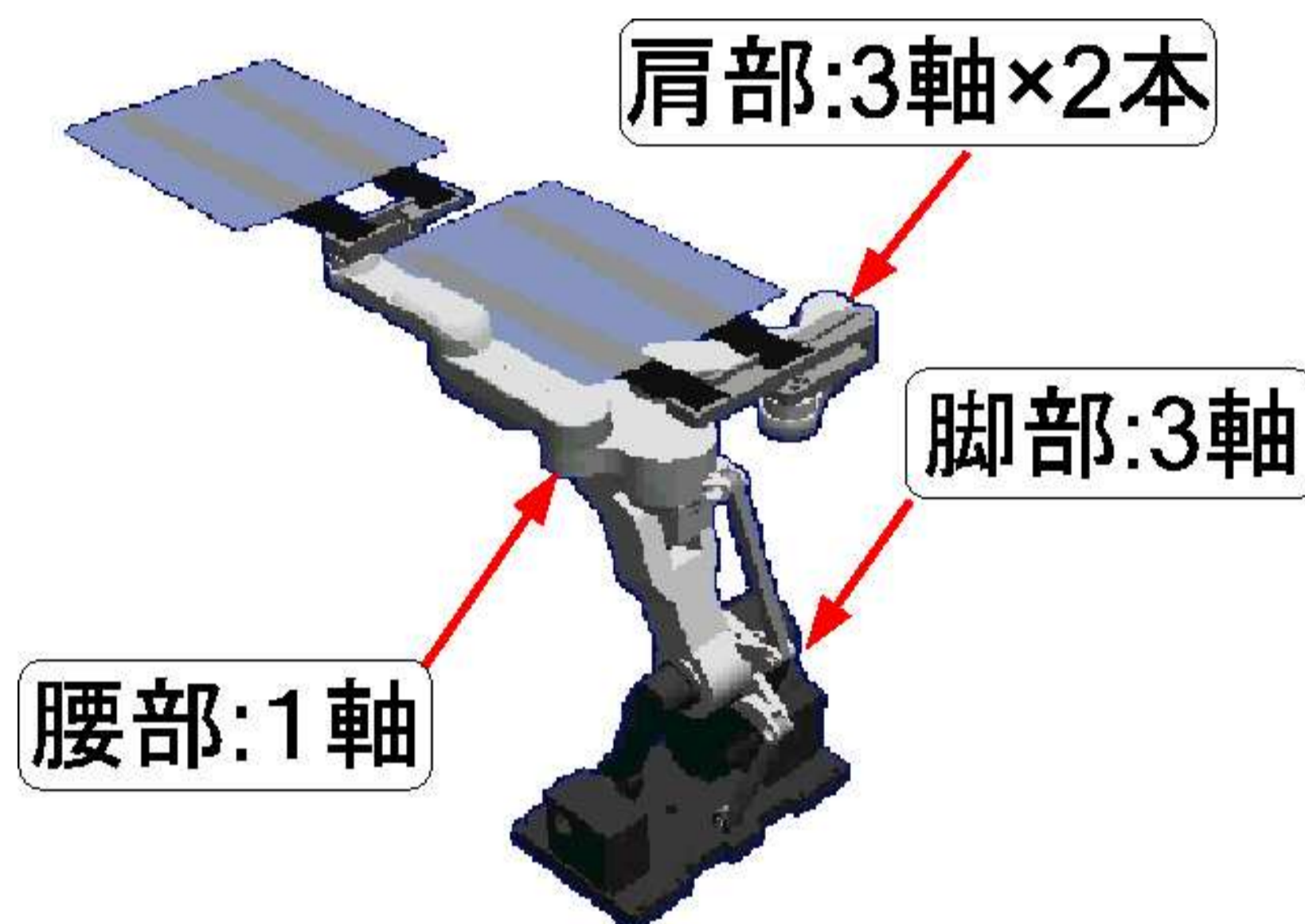


Fig. 1: 搬送ロボット

脚部、腰部、肩部の3部分に分割して考える

関節の数	10か所
アーム	2本

ロボットの全高	約3[m]
パネルの大きさ	第8世代

▶ 第8世代:
2160[mm]×2460[mm]

肩部の2本のアームでパネルを搬送する

→ 肩部のアームを3リンクアームとして考える

3. 運動方程式の導出

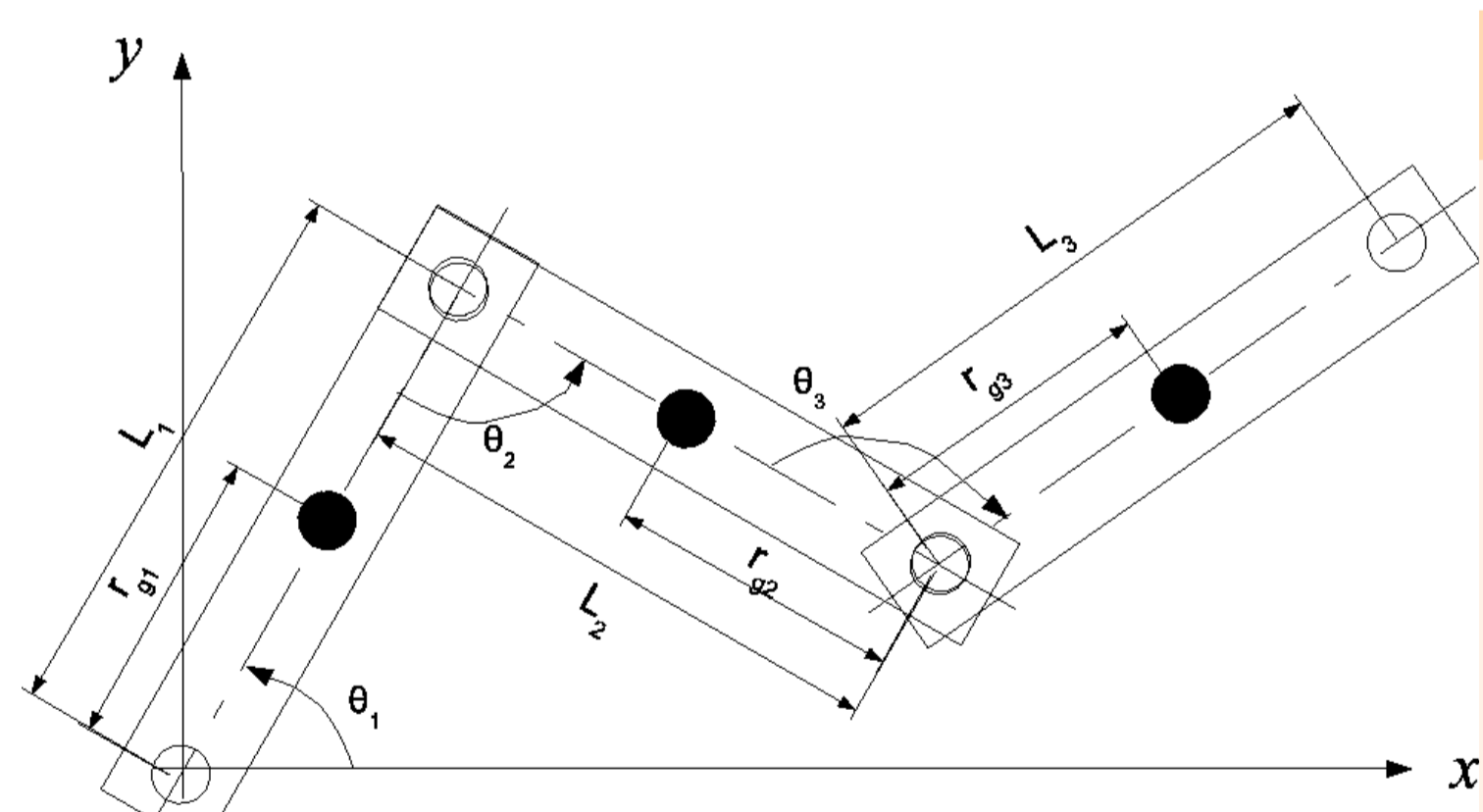


Fig. 2: 3リンクアームのモデル

各アームの質量: m_i 接点間の長さ: l_i
重心距離: r_{gi} 角度: θ_i ($i = 1, 2, 3$)

ラグランジュ法

エネルギーから運動方程式を導出する複雑な座標系の運動方程式を容易に導出できる

$$Q_{ib} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i}$$

Q_{ib} : 一般化力 q_i : 一般化座標
 $L = T - U$: ラグランジュ関数

3リンクアームの運動方程式の導出に適する

ポテンシャルエネルギーなし → $U = 0$ 、運動エネルギー $T = k_1 + k_2 + k_3$
各リンクの運動エネルギー k_i ($i = 1, 2, 3$)、は以下のように表される

$$k_1 = \frac{1}{2} m_1 r_1^2 \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} I_1 \dot{\theta}_1^2$$

$$k_2 = \frac{1}{2} m_2 \{ (L_1^2 + 2L_1 r_2 \cos \theta_2) \dot{\theta}_1^2 + L_2^2 \dot{\theta}_2^2 + (2r_2 - 2L_1 r_2 \cos \theta_2) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \} + \frac{1}{2} I_2 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2$$

$$k_3 = \frac{1}{2} m_3 \{ (L_1^2 + L_2^2 + r_3^2 + 2L_1 r_3 \cos(\theta_2 - \theta_3)) \dot{\theta}_1^2 + (L_2^2 + r_3^2 - 2L_2 r_3 \cos \theta_3) \dot{\theta}_2^2 + r_3^2 \dot{\theta}_3^2 + (2L_2^2 + 2r_3^2 - 2L_1 L_2 \cos \theta_2 + 4L_2 r_3 \cos \theta_3 - 2L_1 r_3 \cos(\theta_2 - \theta_3)) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 + (-2r_3^2 + 2L_2 r_3 \cos \theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + (-2r_3^2 + 2L_2 r_3 \cos \theta_3 - 2L_1 r_3 \cos(\theta_2 - \theta_3)) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_3 \} + \frac{1}{2} I_3 (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)^2$$

これより、 $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i}$ を求めて3リンクアームの運動方程式を導出する

4. システム同定

これまでの研究

- ▶ アームに振動が生じた
- ▶ ロボット自体が動作中にたわむ
- 振動を抑制するために機構のモデル化を見直す
まずは、システム同定を行えるようにする

システム同定

実際の入出力データから、対象となるシステムの数学モデルを推定する

例題とする実験装置

例題として、以下の実験機器についてシステム同定を行った

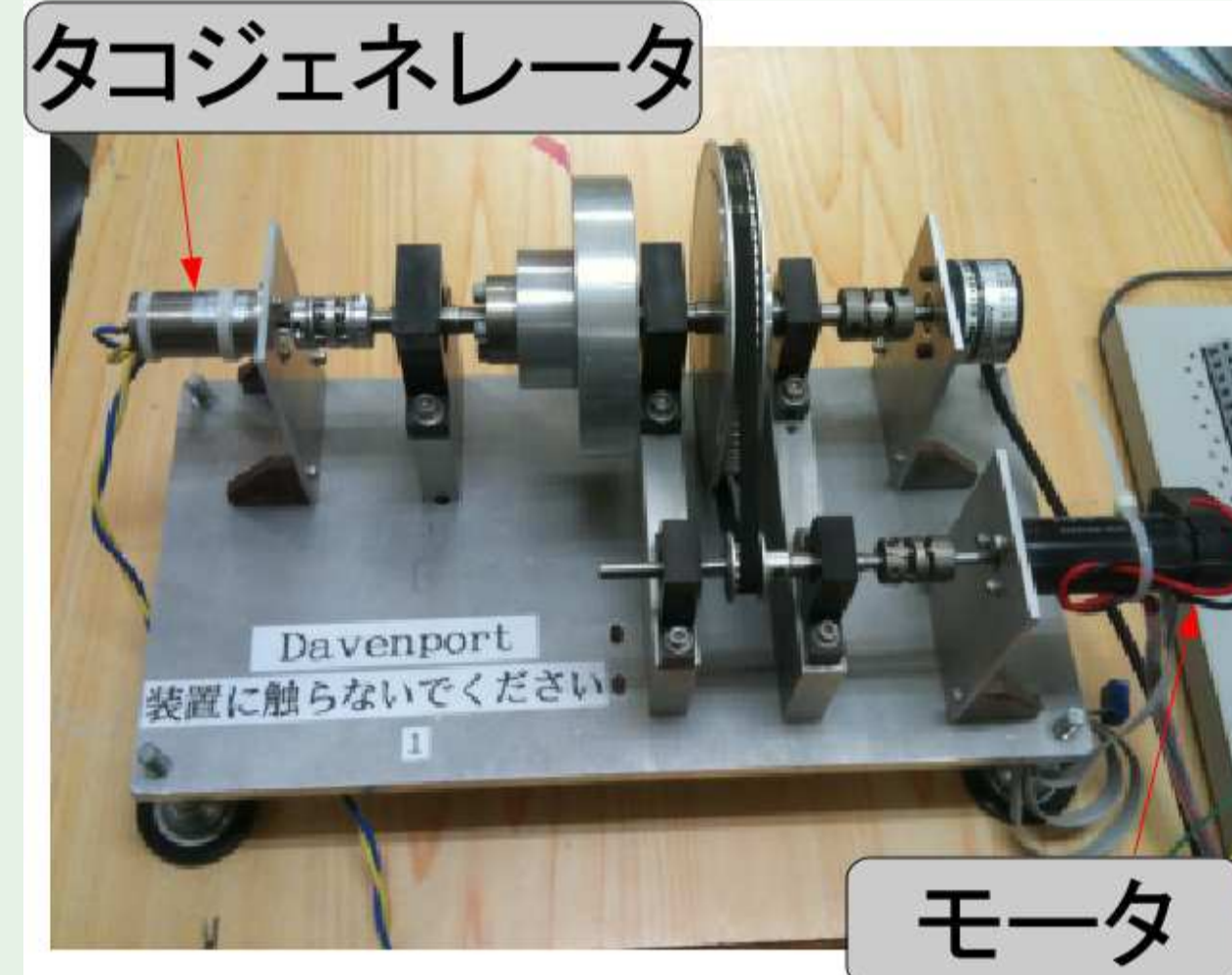


Fig. 3: 実験装置の外観

ステップ応答・周波数応答を測定し、システム同定を行う

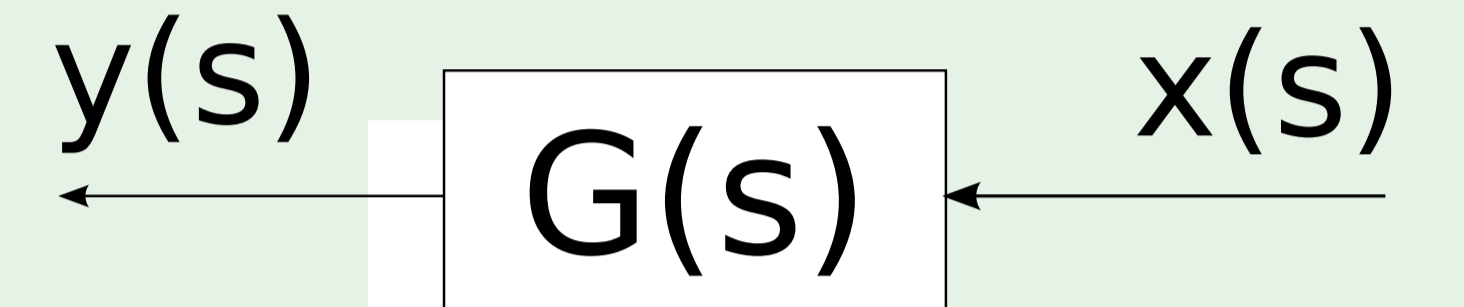


Fig. 4: ブロック線図

$$y(s) = G(s) \cdot x(s)$$

入力 x : モータにける電圧 [V]

出力 y : 回転速度 [rps]

$G(s)$: 実験装置の伝達関数

ステップ応答

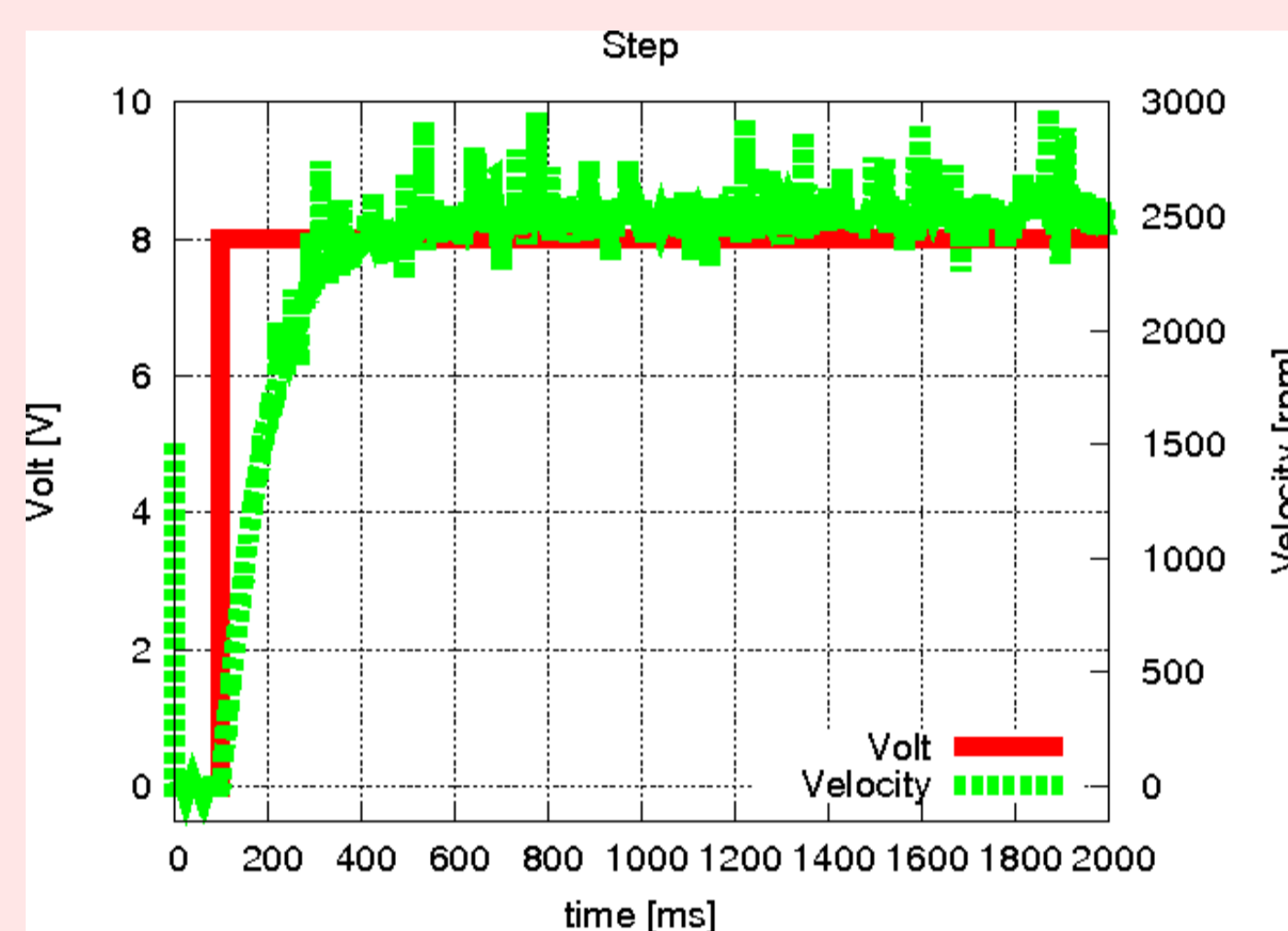


Fig. 5: ステップ応答

過渡応答の様子から、システムは一次系と考えられる

- ▶ 推定された伝達関数:

$$G(s) = \frac{5.25}{0.099s + 1}$$

周波数応答

様々な周波数の正弦波を入力し、周波数応答を観測する

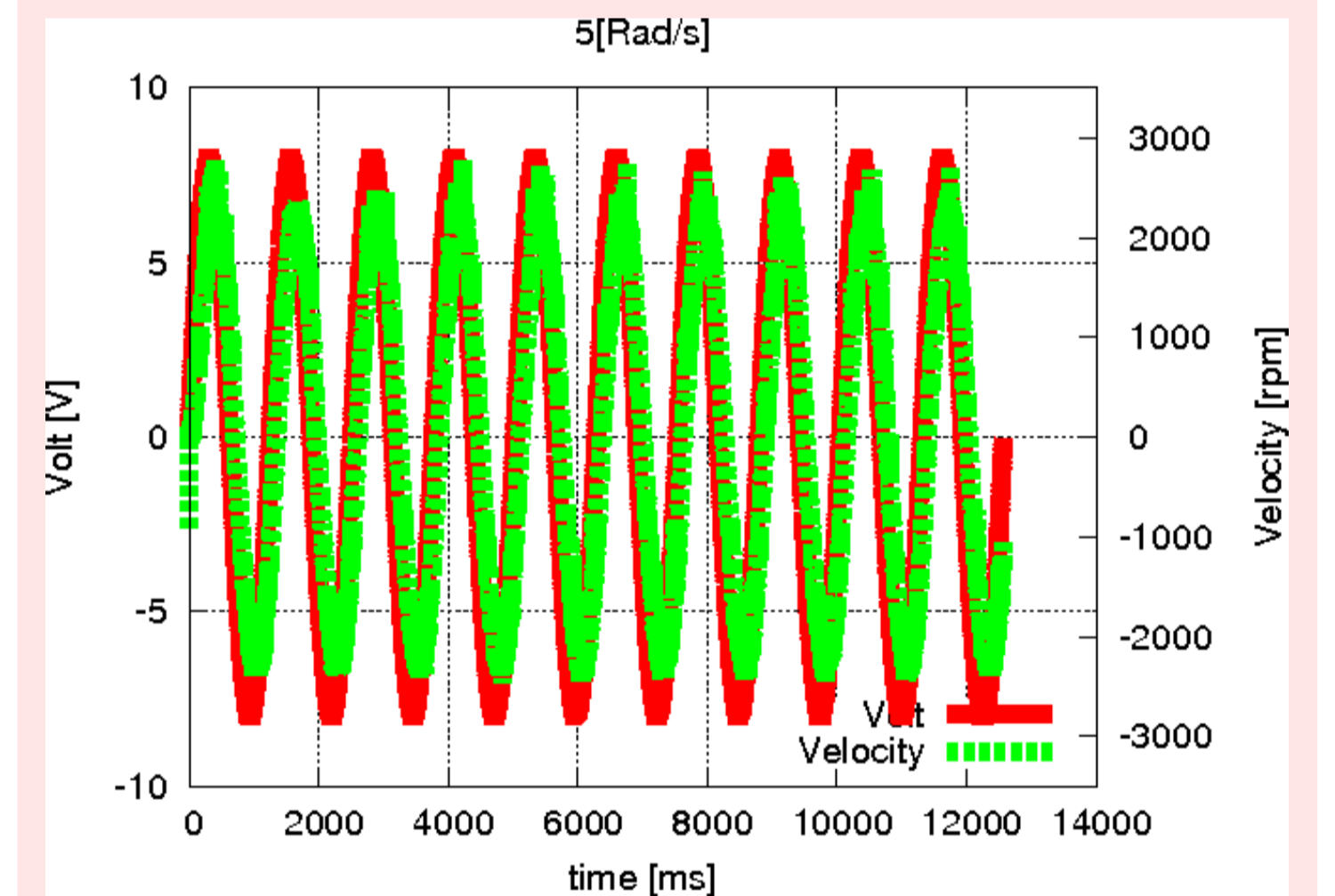


Fig. 6: 入力 $\omega = 5$ [Rad/s] の周波数応答

周波数ごとのゲイン、位相を得る

ボード線図による各同定法の比較

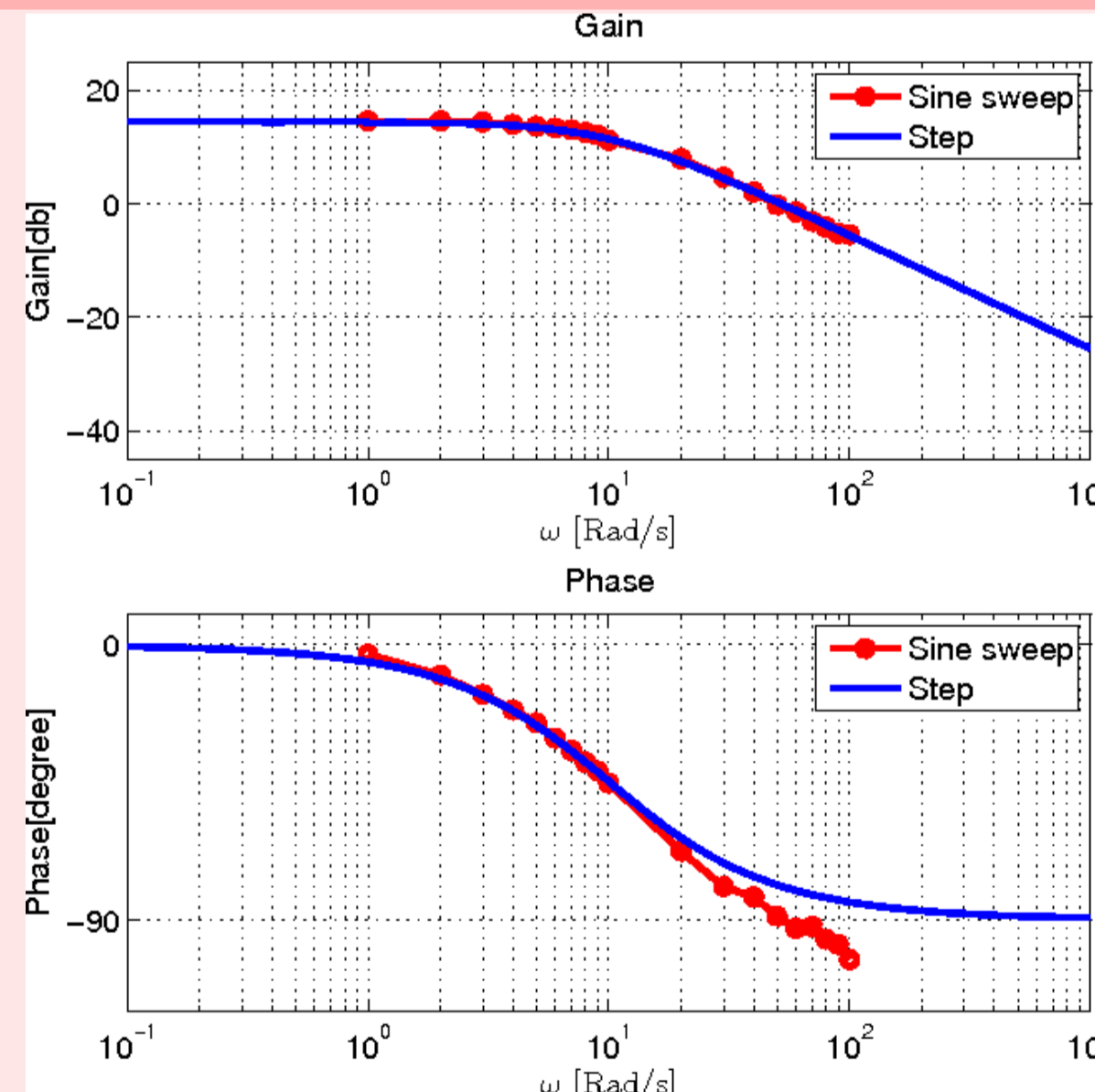


Fig. 7: ボード線図

- ▶ 伝達関数からボード線図を作図し、その上に周波数応答から得られたデータをプロットする
- ▶ ボード線図を用いて推定した伝達関数が適切であるか検証

Fig.7より、二つの同定法で同様な結果が得られたと推察できる

5. おわりに

- ▶ 搬送ロボットの運動方程式を導出の準備ができた
- ▶ 例題とした実験装置についてシステム同定を行った

6. 今後の課題

- ▶ 状態空間について学習
- ▶ 小型実験機を用いた制御系設計と実験
- ▶ 実機を用いた制御系設計と実験