

# 21. 液晶パネル基板搬送用ロボットの制振制御に関する研究 -実験環境の構築および振動の観測-

指導教員：平田 研二 准教授 機械創造工学課程 09302387 金川 雅和

## 1. はじめに

### 背景

- 産業用ロボットのさらなる高機能化が必要とされている

### 今までの研究

- ロボットのパラメータ設計
- 制御系設計

⇒

### 研究成果

- 脚部の精密な制御に成功

アームへの影響は考慮に入れていない

### 問題の背景

- 近年、液晶基板のサイズが大型化
- 搬送ロボットの大型化
- 動的特性の影響が大きくなる

⇒

### 問題

- 手先に振動が発生してしまう
- 振動により作業時間が長くなる

振動が早く収束するような制御系設計が必要

### 中間報告

- 手先に発生する振動を再現できるような、実験環境の構築

## 2. 液晶パネル基板搬送用ロボット

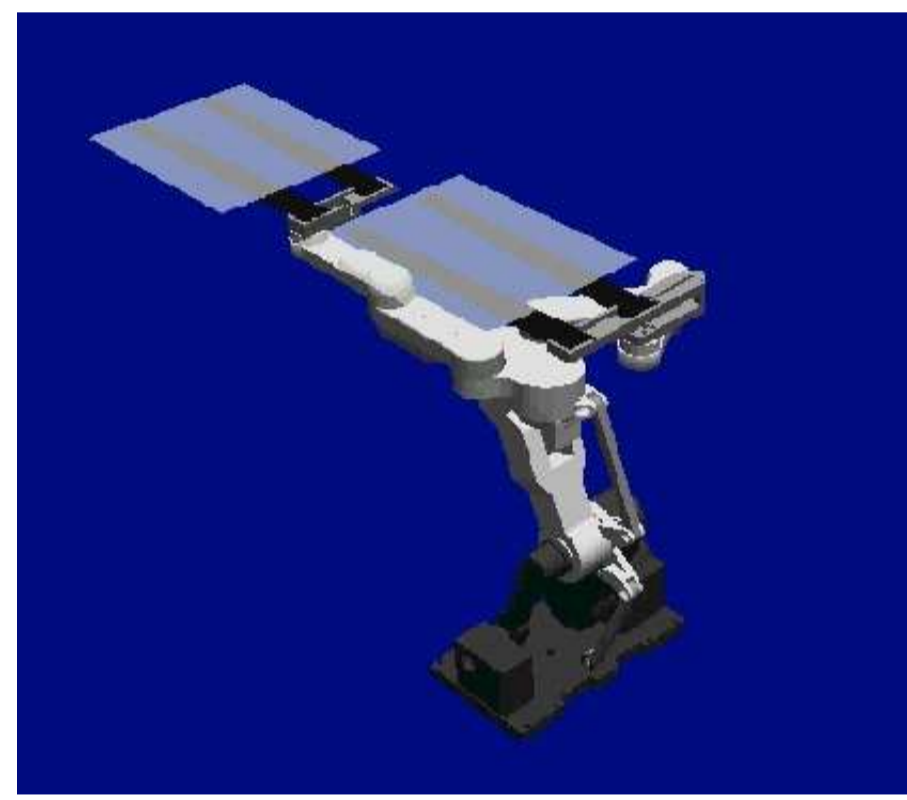


Fig. 1: 液晶パネル基板搬送用ロボット

### 実機の構成

- 10軸, 2本のアーム
- 肩部・腰部・脚部

### 実験環境

- 肩部・腰部・脚部を別々に設計

- ⇒ 脚部だけの挙動を確認する
- ⇒ 実験機には振動を再現できる機構がない
- ⇒ 固有角周波数を調整できる機構が必要

## 3. 実験機用アームの運動方程式

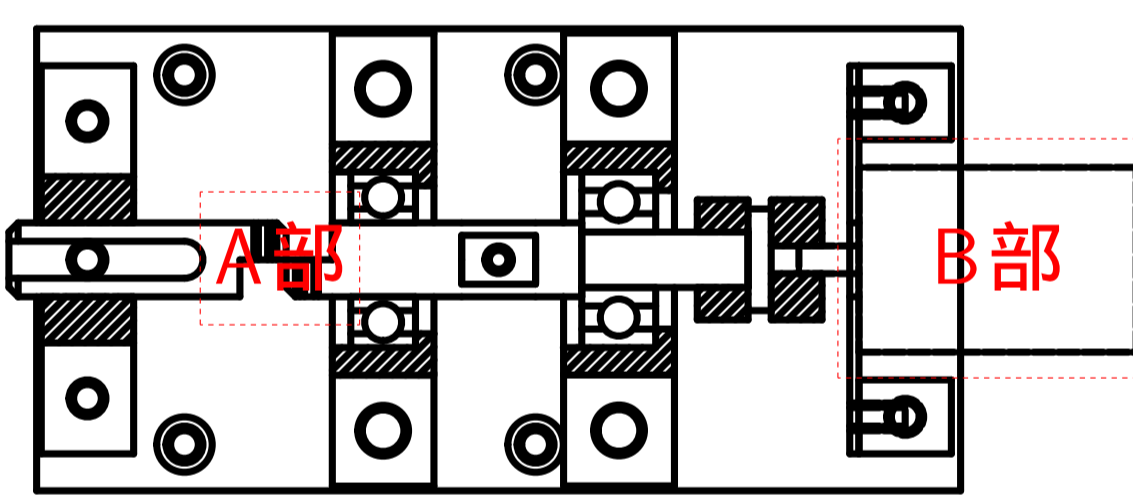


Fig. 2: 実験機用アーム

### A部(トーションバー)

- バネ定数

### B部(モータと抵抗)

- 粘性係数

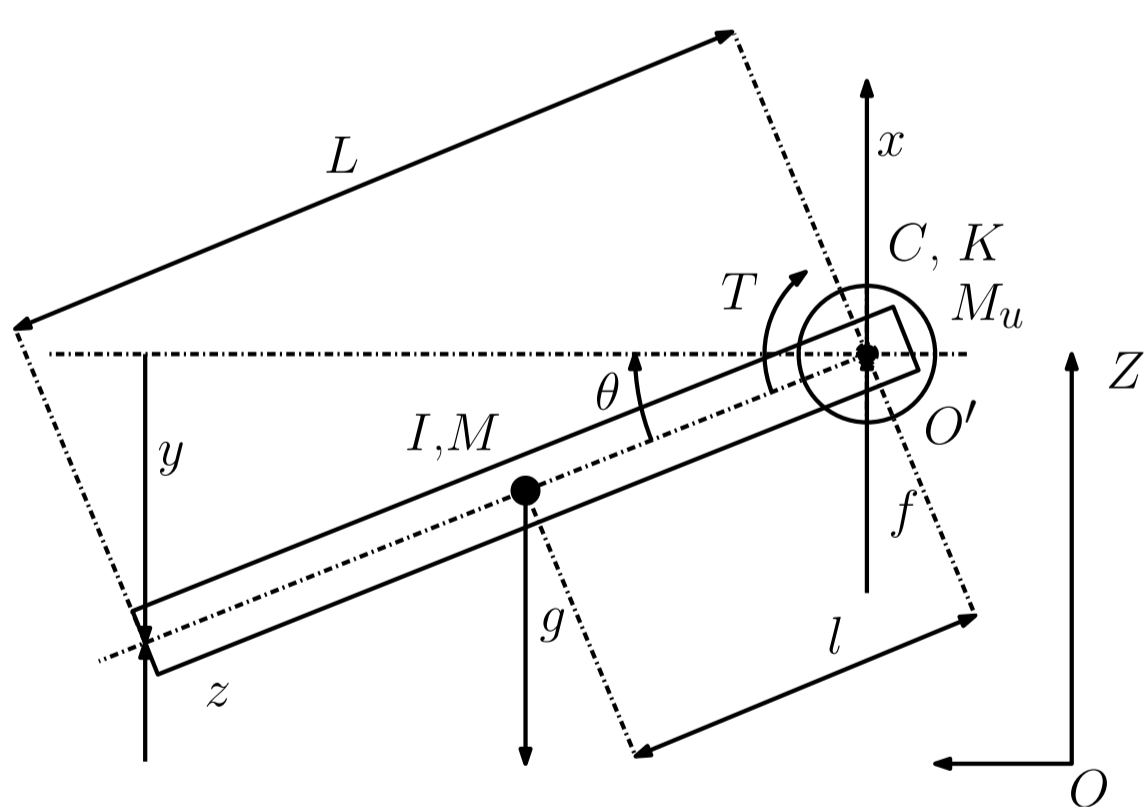


Fig. 3: 実験機用アームのモデル

名称	記号[単位]
回転軸の変位	$x$ [m]
アーム先端の振幅	$y$ [m]
地面からアーム先端までの距離	$z$ [m]
アームと水平のなす角	$\theta$ [rad]
アームの重心点までの距離	$l$ [m]
アームの先端までの距離	$L$ [m]
アームの質量	$M$ [kg]
アームの慣性モーメント	$I$ [kgm <sup>2</sup> ]
回転方向に対しての粘性係数	$C$ [Nms/rad]
回転方向に対してのバネ定数	$K$ [Nm/rad]
アーム・軸・土台の質量	$M_u$ [kg]
脚部から土台にかかる力	$f$ [N]
発生するトルクの正方向	$T$ [Nm]
重力加速度	$g$ [m/s <sup>2</sup> ]

### アームの運動方程式

$$I\ddot{\theta} = -C\dot{\theta} - K\theta - lMg \cdot \cos\theta - IM\ddot{x} \cdot \cos\theta \quad \left(-\frac{1}{2}\pi \leq \theta \leq \frac{1}{2}\pi\right)$$

### アームの固有減衰角周波数 $\omega_d$ ・初期振幅 $A$

$$\omega_d = \frac{\sqrt{4IK - C^2}}{2I} [\text{rad/s}] \quad A = \sqrt{\theta_0^2 + \frac{(\dot{\theta}(0) + \sigma\theta_0)^2}{\omega_d^2}} [\text{m}]$$

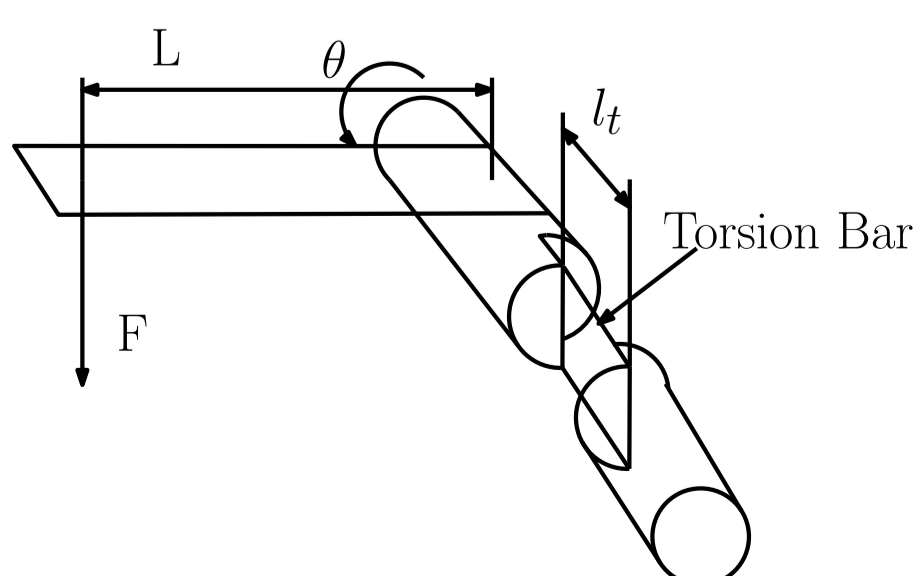


Fig. 4: トーションバー

### トーションバー(バネ定数)

$$K = \frac{K_c}{l_t} \quad K_c: \text{物性値}$$

⇒ 有効バネ長さ $l_t$ を変更することによりバネ定数を変更可能

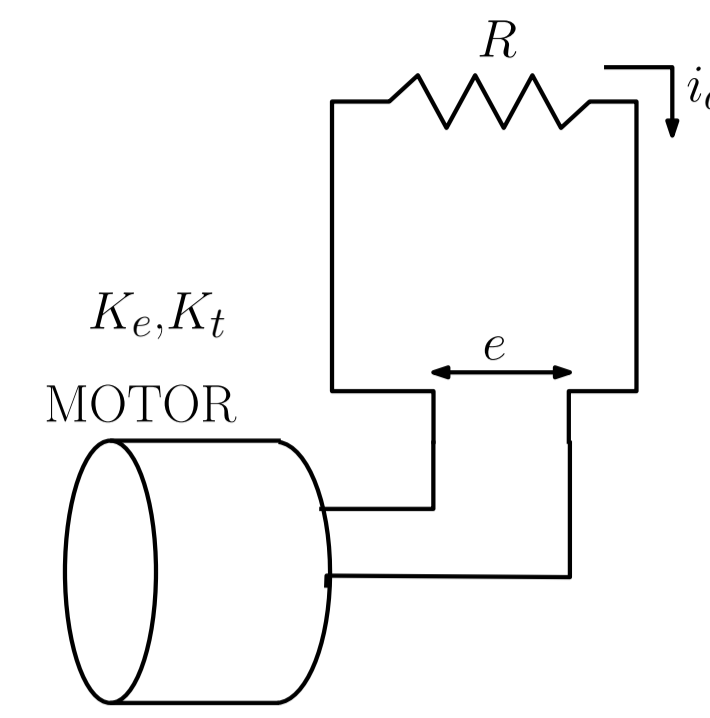


Fig. 5: 粘性抵抗

### モーター(粘性係数)

$$C = \frac{C_c}{R} \quad C_c: \text{物性値}$$

⇒ 抵抗 $R$ を変更することにより粘性係数を変更可能

$l_t, R$ を変更してやることで、 $\omega_d$ の調整が可能

## 4. 構築した実験環境概略

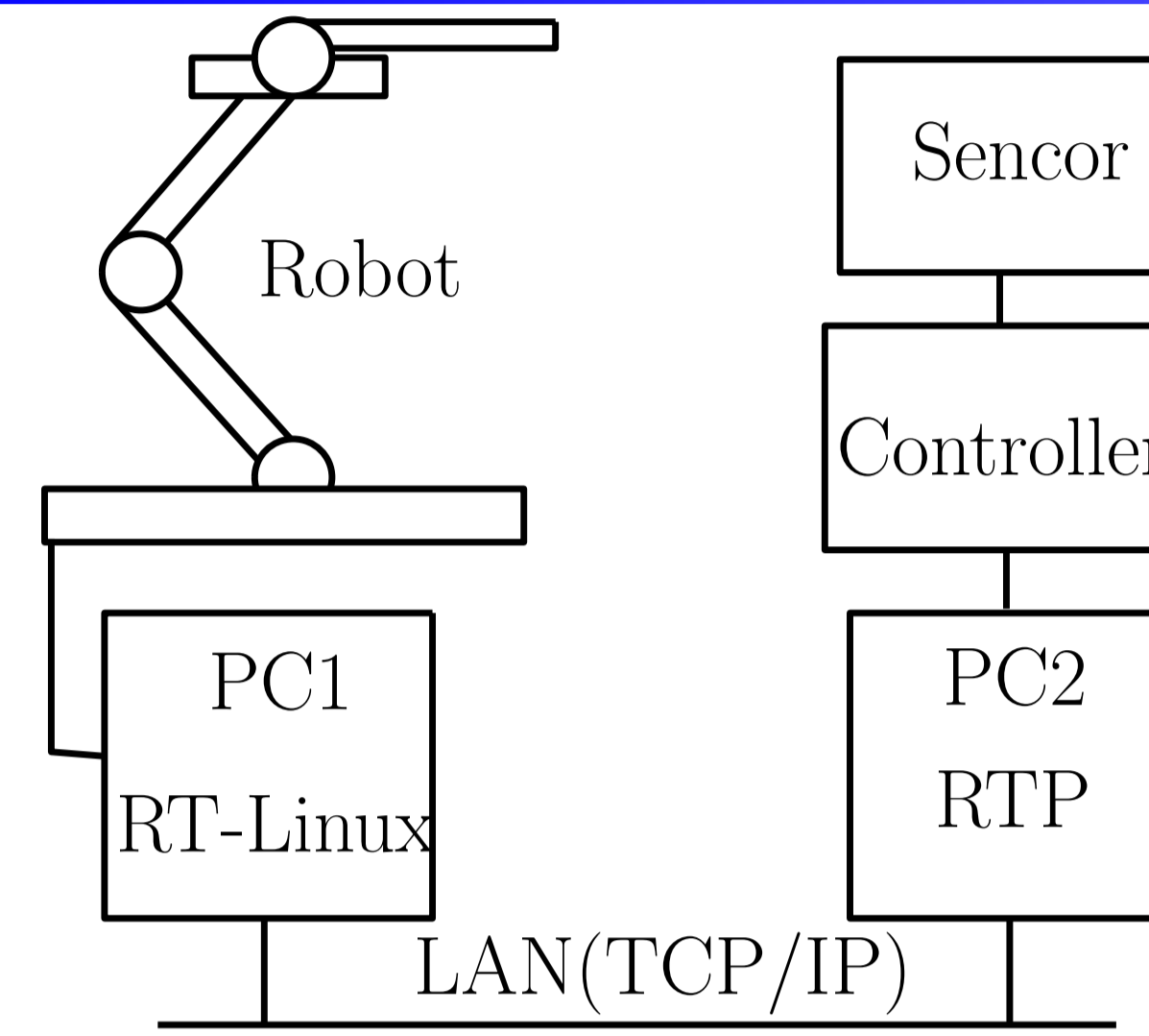


Fig. 6: 構築した実験環境概略

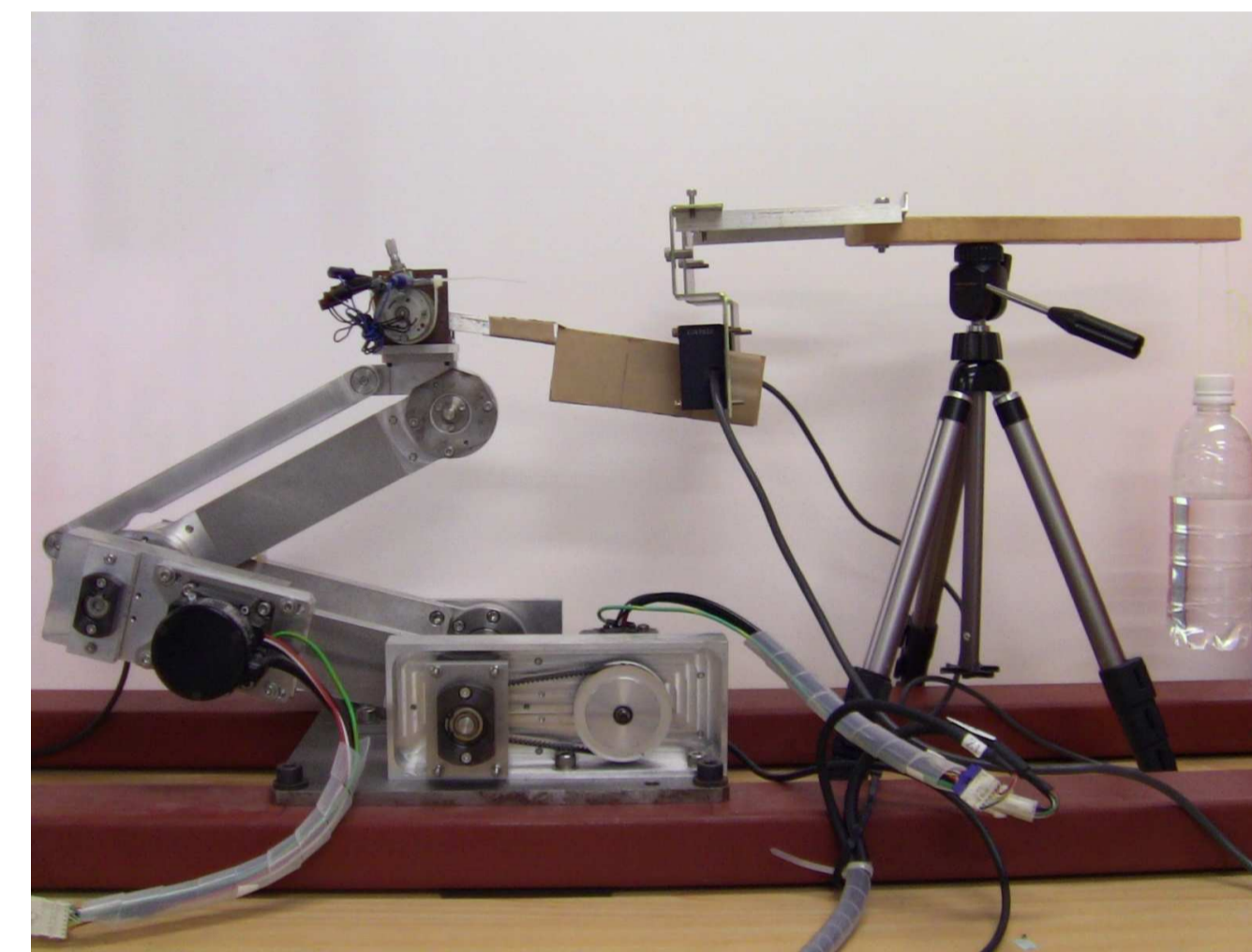
二つのPCはTCP/IPを介して実験の開始と終了を同期する

### 脚部実験機制御用PC(PC1)

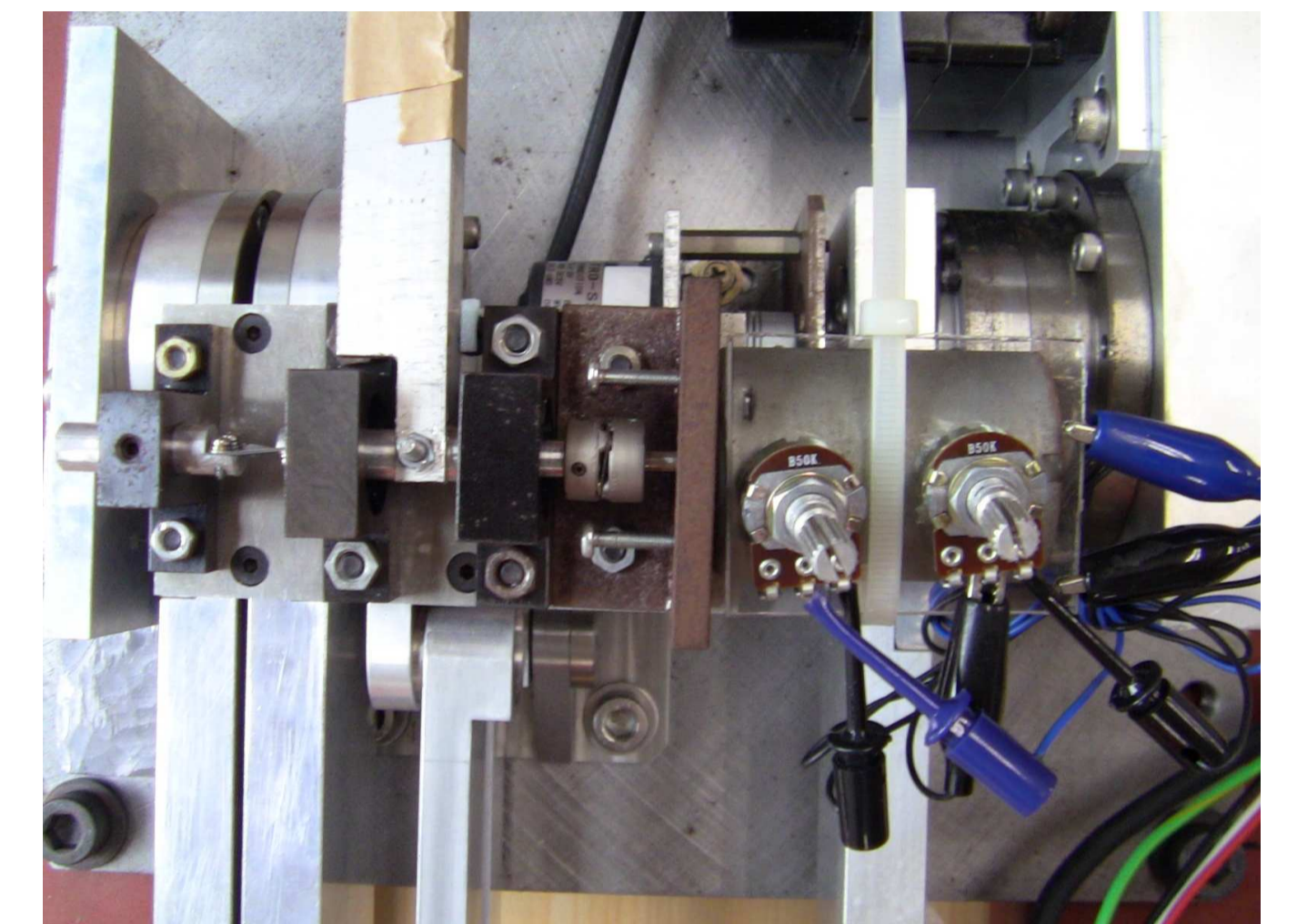
- RT-Linux
- 脚部実験機を制御する

### 平行光ラインセンサ用PC(PC2)

- RT Preemption Patchを当てたLinux
- アームの振動を観測する
- センサのコントローラからRS232Cを介してデータを取得する



(a) 全体

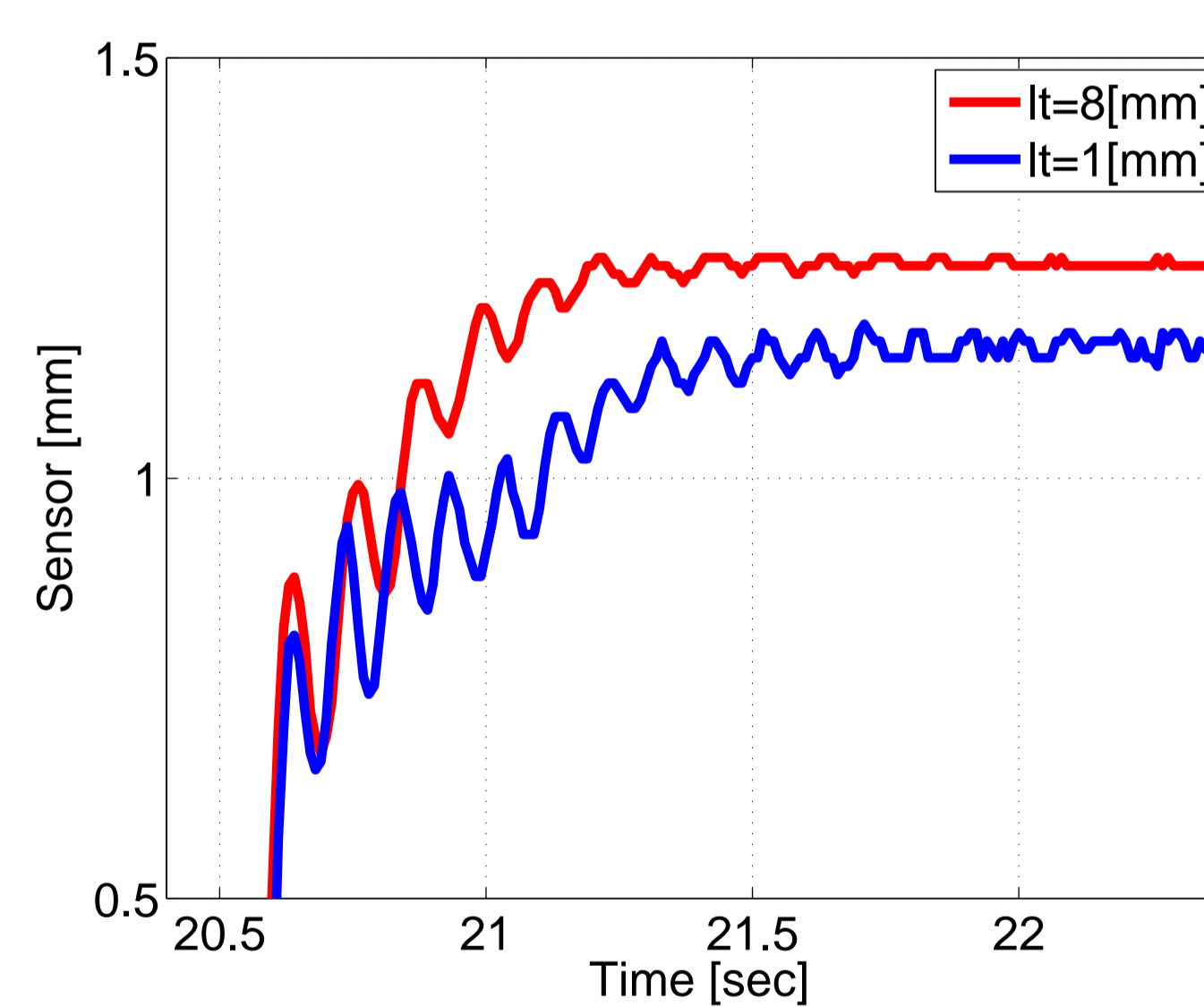


(b) アーム部

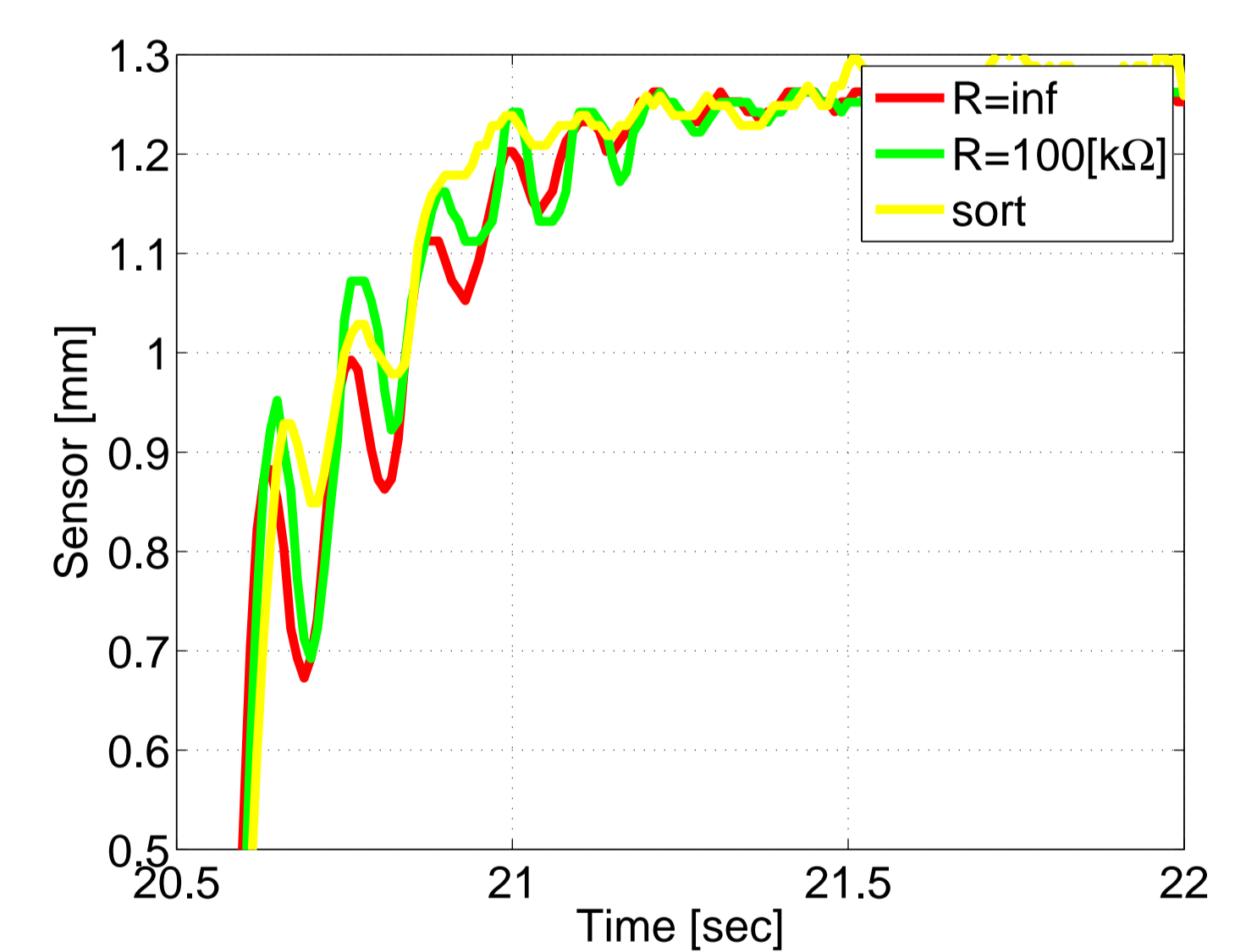
Fig. 7: 構築した環境

## 5. 確認実験

- センサの検出可能範囲までランプ応答で近づける
- 十分に振動が収まるまで待機した後、ステップ入力にてアームを振動させる
- 平行光ラインセンサを使って振動を観測する



(a) バネ定数を変動させた場合



(b) 粘性係数を変動させた場合

Fig. 8: 実験結果

### 実験結果

- 各パラメータを調節することにより
  - 減衰角周波数が求めた式と同じ傾向を示すことを確認した
  - 減衰時間が求めた式と同じ傾向を示すことを確認した

## 6. 今後の課題

- 実機で発生している減衰角周波数を実験機にて再現する
- 採用する制振制御法の決定
- アームを含むロボットのパラメータ同定

### 参考文献

- [1] 川島 雄介, 大型液晶パネル搬送ロボットの脚部モデルを用いた制御系設計および実験に関する研究, 長岡技術科学大学, 2009