

平成 30 年度 修士論文

題目

タイトル

— サブタイトル —

指導教員

石川 将人 教授

大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

学籍番号 28E17076

名前

2016 年 2 月 xx 日



# 概要

卒業論文を  $\text{\LaTeX}$  で書くときに参考になればと思い作りました. なぜかコンパイルできない, Word みたいな微調整ができなくて体裁が整わないなどの “ $\text{\LaTeX}$  あるある” で, 無駄に時間を費やさないように, 本来時間を割くべきところにきちんと時間を割けるようにしましょう.

本テンプレートは使用を強要するものではありません. すでに Share フォルダ内に, 末岡先生が作られた大須賀研用のテンプレがありますのでそれを用いても構いません. あるいは自分で論文体裁を整えてもらっても構いません. 要するに論文が書ければそれでいいのです.

本テンプレートは完成度は高くないです. より多くの知識や経験を今後に生かすため, 気がついたことがあれば随時加筆修正を行ってくださいと幸いです. また, 第 ?? 章と第 ?? 章に書いてある内容なんかも参考にしてもらえればと思います.

## Specification of this template

最終更新日	2019 年 1 月 14 日
本テンプレート保存場所	/knight/share/テンプレート/ $\text{\LaTeX}$ /thesis_utf8
動作確認した $\text{\TeX}$ 環境	$\text{\TeX}$ Live 2015: ptex2pdf. Mac OSX, Windows7 共に確認.

# Abstract

This paper discusses ...



# 目次

第 1 章	力制御	1
1.1	力推定アルゴリズム . . . . .	1
1.2	PID 制御と I-PD 制御 . . . . .	1
1.3	$H_\infty$ 制御 . . . . .	2
1.4	外乱に対する頑健性 . . . . .	3
参考文献		5



# 図目次

1.1	Block Diagram for Force Control . . . . .	2
1.2	PID and I-PD Controller . . . . .	2
1.3	Step Repsonse of PID Controller and I-PD Controller . . . . .	3





## 表目次



# 第 1 章

## 力制御

油圧システムの力制御については、センサを取り付けて直接力を測定したり、式 ?? に  
よる推力をそのままシリンダの出力として用いる方法がとられてきた [1, 2, 3, 4]. 本章で  
は、 $G_{f_{thrust}2f_{measure}}$  を用いて出力を推定する推定アルゴリズムおよび制御器の設計とそ  
の比較を行う.

### 1.1 力推定アルゴリズム

力制御をおこなうためのシステムのブロック線図を Fig. ?? に示す. 油圧シリンダの  
head 側および rod 側の圧力と受圧面積から式 ?? を用いて推力  $f_{thrust}$  を計算して伝達関  
数  $G_{f_{thrust}2f_{measure}}$  へ入力し、その出力を推定出力  $f_{estimate}$  としてフィードバックする.  
実際に発生している実測出力  $f_{measure}$  は Load Cell により測定される.

### 1.2 PID 制御と I-PD 制御

PID 制御器 (Fig. 1.2(a)) と I-PD 制御器 (Fig. 1.2(b)) による応答を調べる. I-PD  
制御器を利用するのは、目標値の急峻な変化に対するオーバーシュートを抑制させること  
を目的とするためである.  $s/(\tau s + 1)$  は近似微分器であり、 $\tau = 0.005$  とした. 制御器に  
おけるそれぞれのゲイン  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  は  $G_{input2f_{measure}}$  に対し限界感度法を適用して  
決定し、 $K_P = 8.4$ ,  $K_I = 168$ ,  $K_D = 0.1$  とした.

それぞれの制御器におけるステップ応答を Fig. 1.3 に示す. Fig. 1.3(a) が推定値の応  
答, Fig. 1.3(b) が実測出力の応答である. Fig. 1.3(a) より推定値  $f_{estimate}$  は目標値に対  
し定常偏差なく追従している. 実測出力  $f_{measure}$  の応答は, Fig. 1.3(b) より定常偏差が  
残っていることが確認されるが、偏差は 5% 以内に収まっており、推定値をフィードバッ  
クすることにより実測出力を制御することができているといえる. また、I-PD 制御器に  
おけるオーバーシュートが PID 制御器に比べて抑制されており、I-PD 制御器を導入した

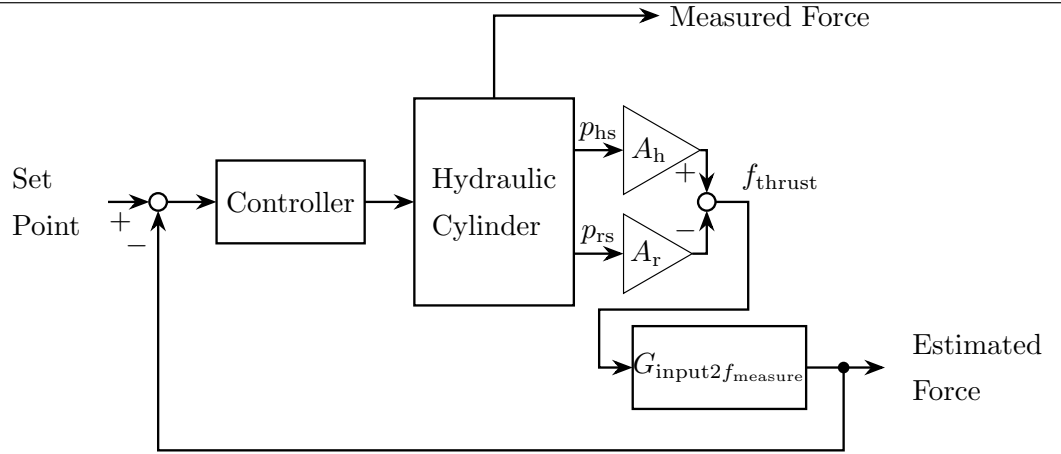


Fig. 1.1: Block Diagram for Force Control

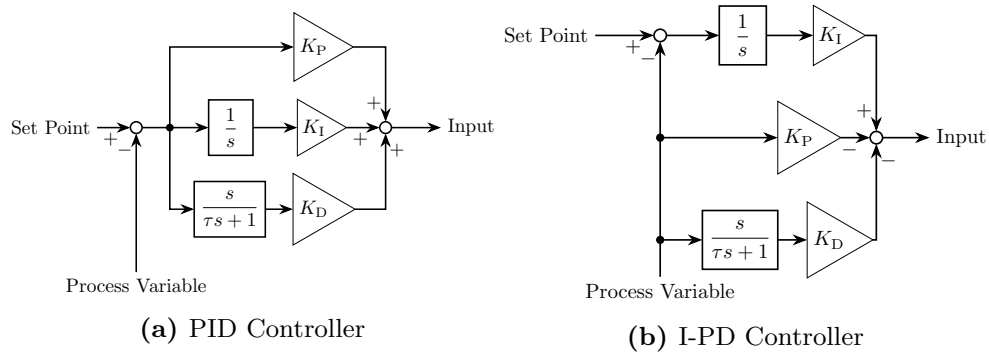
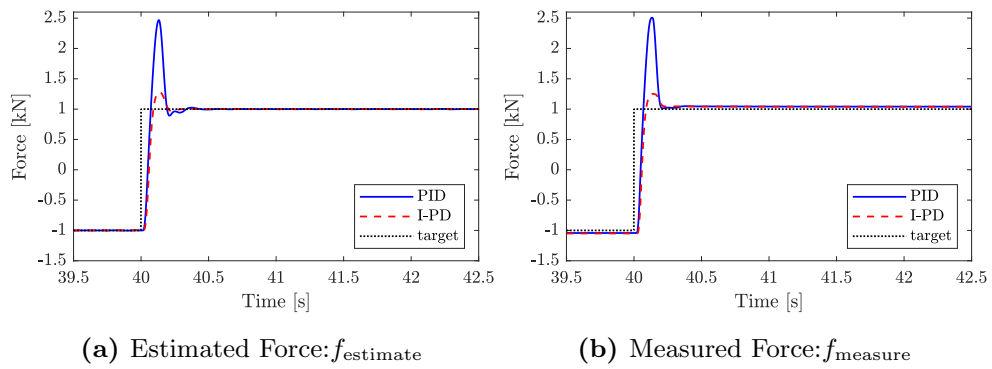


Fig. 1.2: PID and I-PD Controller

意図を満たしている。

### 1.3 $H_\infty$ 制御

対象のシステムに対して、 $H_\infty$  制御の適用をする。 $H_\infty$  制御の適用により、モデル化誤差の吸収および外乱抑制が期待される。力制御を行う際には環境との接触を伴うため、環境から振動など様々な外乱を受けることになる。その点においても、外乱抑制を行う制御の適用は意味あるものとなる。

**Fig. 1.3:** Step Response of PID Controller and I-PD Controller

### 1.3.1 対象システムの状態空間表現

### 1.3.2 $H_\infty$ 制御器

### 1.3.3 サーボ系 $H_\infty$ 制御器

## 1.4 外乱に対する頑健性



## 参考文献

- [1] Claudio Semini, Nikos G Tsagarakis, Emanuele Guglielmino, and Darwin G Caldwell. Design and experimental evaluation of the hydraulically actuated prototype leg of the hyq robot. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on*, pp. 3640–3645. IEEE, 2010.
- [2] Claudio Semini. Hyq-design and development of a hydraulically actuated quadruped robot. *Doctor of Philosophy (Ph. D.), University of Genoa, Italy*, 2010.
- [3] 川端健太郎, 西拓紀, 鳥居裕貴, 北浦誠人, 兼松宏多, 玄相昊. 1a1-i02 油圧式 4 脚歩行ロボット rl-a1 の開発 (力制御型液圧駆動ロボット (1)). ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2014, pp. 1A1–I02\_1. 一般社団法人 日本機械学会, 2014.
- [4] 岡田大貴, 横小路泰義, 田崎勇一, 吉灘裕, 中村晋也, 倉鋪圭太. 多自由度油圧駆動ロボットのシリンダ圧に基づく手先負荷力推定による力覚フィードバック. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2017, pp. 2A1–P06. 一般社団法人 日本機械学会, 2017.

