

振動制御実験

九州工業大学 機械知能工学科 機械コース
3 年 学籍番号:13104069 坂本 悠作

実験日 1:平成 27 年 6 月 17 日

実験日 2:平成 27 年 6 月 24 日

提出日 :平成 27 年 6 月 30 日

1 基本課題 1

授業内課題発表点 13

2 基本課題 2

2.1 実験の感想

機械工学実験の中では特に楽しめる内容であったと感じた。進行もスムーズに流れていたため、全体的に見れば良い実験であったと感じた。

2.2 機械・宇宙システムの技術者として、制御をどう捉えるか

現在の機械製品では、電子機器による制御が欠かせない状態にあるため、制御の知識・技術はある程度持つておくべきことであると考えます。しかし、あまりにも電子制御に頼ってしまうと現代までに培われたからくり (例えば、ゼンマイで動作する機械式時計) のような技術を継承していく者は必要であると思う。

2.3 PID 制御とはなにか

PID 制御系の最も基本的な構成は図に示す通りである。PID 補償器 $C(s)$ は、比例・積分・微分

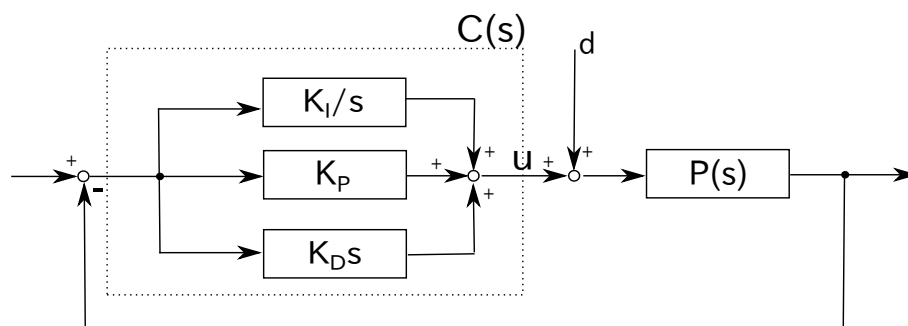


図 1: PID 制御系の基本形

の 3 つの要素を並列に結合したものである。 K_P, K_I, K_D のパラメータは、それぞれ比例ゲイン・積分ゲイン・微分ゲインと呼ばれており、図 1 の $C(s)$ を PID 補償器と呼ぶ。このパラメータを決定するには、主に限界感度法かステップ応答法が用いられる。限界感度法は持続振動をする比例パラメータ ($u = K_c e$ の K_c) を実験的に求め、Ziegler Nichols によって提唱された調整方法でそれぞれのパラメータを求めていく。PID 補償器の伝達関数を次式で示す。

$$C(s) = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s \quad (1)$$

$$= K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (2)$$

ここで、(2) 式の $T_I \equiv \frac{K_P}{K_I}, T_D \equiv \frac{K_D}{K_P}$ である。 T_C = 振動周期とすると、Ziegler Nichols 調整法によれば、表 1 のようになる。

また、過渡応答法 (ステップ応答法とも) によるパラメータ調整法では、制御対象単体にステップ状の入力を加えた時の応答から制御パラメータを求める。多くの場合はシグモイド曲線のような曲線となるので、曲線の最も急なところに接線を引き、その勾配を R 、接線が時間軸と交わる時刻を L とすると、表 2 のようにパラメータを調整する。この PID 制御で全ての制御が行えるわ

表 1: Ziegler Nichols 調整法

制御の種類	K_P	積分時間 T_I	微分時間 T_D
P	$0.50K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$0.83T_C$	-
PID	$0.60K_u$	$0.50T_C$	$0.125T_C$

表 2: 過渡応答法

制御の種類	K_P	積分時間 T_I	微分時間 T_D
P	1/RL	-	-
PI	0.9/RL	3.33L	-
PID	1.2/RL	2L	0.5L

けではなく、問題を起こすこともある。そのような場合は変形させて、D 動作または PD 動作をフィードバックに移すことも有る。PD 動作をフィードバックに移した形は比例・微分先行型 PID 制御または I-PD 制御と呼ばれる。

どちらの調整法を適用してもオーバーシュートが発生してしまうので、必要であれば調整法を適用した後に微調整を行なう。

2.4 最適制御とはなにか

最適制御とは、制御系の設計における目標(ここでは、収束の速さ、入力小ささ、変化の穏やかさ等を含む)を実現するために、重みに左右される評価関数(一般的には2次系式をとって負の値が出ないようにしている)を用意し、これを最小にするような制御系を設計する。欠点として、システム同定(入力と出力の関係を求めること)が難しいことや、多入力多出力多パラメータとなってしまうことが挙げられる。

3 実験を改善する方策を述べよ

1. 第1週目の倒立振り子ロボットの組み立ては、目的が明確でなく時間の無駄だと感じましたのでロボットを事前に組み立てておくのがよろしいと思います。1週目2週目共に同じロボットを使用するのであれば、組み立て・分解する必要性が全く見当たりません。
2. 2週目の最適制御でのレースは必要ないと感じました。前週のPID制御でのレースとの違いが見当たらないので、もしも違いを明確に認識することが目的であったならば、違いが顕著に現れている動画等を撮影し、それを見比べる方が学習になったと思います。
3. 2週目の発表では、評価をする教員の方が完成度を求めすぎているように感じました。全員が誤解しないような言葉を使うように、という指摘ではなく、目的を絞って行なうほうがよろしいと思います。

4 最適制御よりも PID 制御の方が非常に多くの場面で使われているのはなぜか

ラインレースの走行制御を考えてみると、入力としてラインの位置とロボットの位置の距離を制御したい量、入力としてロボットの左右の車輪 (モータ) の回転速度差を入力として与えると考える。このとき、ラインの片端をラインの位置として捉えるために、光センサ (参考文献 1 で用いられているような) ではなくカメラによる画像処理で目標値を取得すると仮定した。

PID 制御であれば、ラインとの距離に比例した比例制御、振動を抑えるための微分制御、標準偏差が無くなるために積分制御を入力量として算出する。限界感度法によってパラメータを決定する。最適制御であれば、ロボットが早くラインに近くなるように重みを重くする。

最適制御は評価関数によってパラメータを求めることができるが、状態方程式によるモデリングが難しく、計算も難解であり、システム同定も困難である。対して PID 制御では 1 入力 1 出力 3 パラメータであり、計算も簡単である。今考えているラインレースロボットは、車輪の回転数比を入力としてラインとロボットの距離を出力とする 1 入力 1 出力であるので、そこまで大変な計算ではなく、電圧値に比例してトルクが増加するような DC モータを用いればシステム同定も簡単にできると予想される。PID 制御でもかなり性能の良い制御が実現できるが (参考文献 2 の動画参照)、振動を起こさずにライン端に素早く収束する方が望ましいと考える。従ってこのラインレースロボットでは、最適制御をするほうが良いと考えた。

5 参考文献

1. <http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/st/gr-thesis/ms/2011/08mi200.pdf>
2. http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1007/26/news083_2.html
3. 機械工学実験 2 実験書
4. はじめての現代制御理論 佐藤和也ら 講義 14「最適制御」