

## 1. 研究目的

PID 制御方法とは、古くからフィードバック制御の一種であり、プロセス制御の中で多く用いられている。入力値を目標値と出力値の偏差に対して、比例、積分、微分の3つの要素を用いることで、制御を行う方法である。今回の研究では、DC ブラシレスモータを制御対象とし、パソコンで制御しデータを読み取り、速度制御 (PI 制御)、位置制御 (PID 制御) についてのシステム解析、また実験によって各ゲインによっての特性の変化を調べた。それによって求められた結果から制御に適した最適ゲインを求めていった。

## 2. 全体構成

制御キットは QUANSER ENGINEERING TRAINER と呼ばれる DC モータ制御トレーナーを使用して実験を行っていった。このシステムの理解をするために制御対象である DC ブラシレスモータを伝達関数によって数学モデル化した。

図 1 にそのブロック線図を示す。

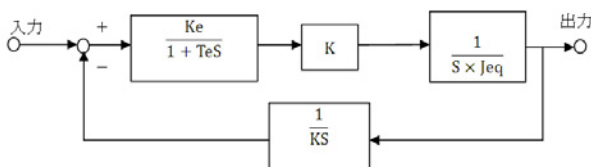


図 1 モータのブロック線図

このブロック線図より PID 定数を含んだ開ループ伝達関数を導出した。

$$G(s) = \frac{0.005(K_D s^2 + K_I s + K_P)}{(1 \times 10^{-3} s^3 + 2.21 \times 10^{-3} s^2) + 0.005(K_D s^2 + K_I s + K_P) + 0.093} \dots \text{式 (1)}$$

これらの結果より、sci lab を用いてボード線図を表し、安定解析などを行っていった。

## 3. 実験内容

ステップ応答法によって理論値を用いた PID 各ゲインの導出と実験的に PID 各ゲインを求める方法の2つの方法によって最適ゲインを導き出し、結果の比較を行った。また、これらの結果を検討し、より正確な最適ゲインの導出を実験によって値を求め、その結果を参考にして速度制御、位置制御での各コントローラーでの最適ゲインをコントローラーの設計を考慮し、それらの仕様に適したゲインを導出することで最適

ゲインを求めた。

## 4. 結果

ステップ応答法では、実測の波形から、必要となるパラメータを求め、理論値より最適ゲインを求めたが、理論値と制御系との相性が悪かったために、良い結果が得られなかった。次に実験的に一定のステップで P 制御, I 制御, PI 制御, PID 制御で各ゲイン変化させ、実験的に最適ゲインを求めていった結果は以下の表に示す。

表 1 実験的に求めた各最適ゲイン

速度制御		位置制御		
KP	KI	KP	KI	KD
0.1	1.5	4.2	7.5	0.08

速度制御では立ち上がりに時間がかかるものや、ゲイン定数によって振幅を起こすものもあった。また、位置制御では少しのゲイン定数の変化で大きく安定から外れるものもあった。この結果からさらに、各システムに適した最適ゲインを求めた結果を次の表に示す。

表 2 設計から求めた各最適ゲイン

速度制御		位置制御		
KP	KI	KP	KI	KD
0.0995	1.2	3.95	7.38	0.0804

この2つの結果を比較してみても、ほぼ同じゲインの値が得られていることが確認できるため、最適ゲインを表 1、表 2 の値として決定した。

## 5. 今後の発展

今回は、制御系から解析を行っていった。しかし、今回の研究では制御トレーナーの PIC やそのプログラム等、詳細なシステムには触れていない。また、MATLAB 等のソフトウェアを使用することでさらに実験の幅が広がる。今後は、よりこの制御キットの理解を深めて、さらに実験や解析を進めていく必要がある。

## 文献

- [1] 嶋谷 有三, “わかる制御工学,” 産業図書, (Jan.2004)
- [2] 黒須 茂, “制御工学入門,” パワー社, (Jan.1985)
- [3] 水城 尚志, 永森 重信, “メカトロニクスのための DC サーボモータ入門からコアレス、ブラシレスモータまで,” 総合電子出版, (Jan.1982)
- [4] 石井 次郎, “技術者のための自動制御入門,” 日本理工出版会, (Jan.2009)
- [5] 岩井 善太郎, 川崎 義則, 石飛 光章, “制御工学,” (Jan.1999)