

教科・領域教育専攻

生活・健康系コース（技術・工業・情報）

指導教員 伊藤 陽介

1. はじめに

2008年に公示された中学校技術・家庭科(技術分野)(以下, 技術科と略記)の学習指導要領 D 情報に関する技術(3)プログラムによる計測・制御の内容では, コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ることが規定されている。一方, 計測・制御技術を理解する上でフィードバック制御は重要な概念であり, その技術を分かりやすく学習支援する方法が必要とされている。本研究の目的は, 技術科教育を対象としフィードバック制御を含む計測・制御技術の内容を修得できる学習支援方法として, 実験的・体験的に学習できる教材を開発し, その有用性を評価することである。

2. 計測・制御学習を支援する教材

フィードバック制御を含む計測・制御技術の内容を修得できる学習支援方法について検討するために, 主に技術科を担当している教員に対して意識調査を行った。その結果を参考にして, 本教材では, フィードバック制御として PID 制御を用い, ポテンシオメータを取り付けた DC モータをマイコンによって制御し, サーボ機構を実現することにした。

3. 教材のハードウェアとソフトウェア

研究開発した教材の上面図を図 1 に示す。本教材は, 台座の上に制御基板及び DC モータと

減速ギアからなる制御対象部から構成される。減速ギアの回転軸を検出するためのセンサとしてロータリ型ポテンシオメータを用いる。さらに, 回転角の指示用ポテンシオメータを制御基板上に備えている。本教材の制御基板には, 8bit の組込型マイコンである Microchip 製の PIC18F27J53 を採用した。ホスト PC と USB 通信してプログラムを更新できる。DC モータの電力制御と液晶ディスプレイ(LCD)のコントラスト調整用電圧発生のために PWM 信号を出力する。

4 つのプッシュスイッチ操作によって LCD に階層構造のメニューの一部を表示し各種機能を指示する。 K_p (比例定数), T_i (積分時間), T_d (微分時間)の各パラメータを制御中にスイッチ操作で変更でき, PID 制御の効果を実時間で体験できる。目標位置と現在位置及び制御量は,

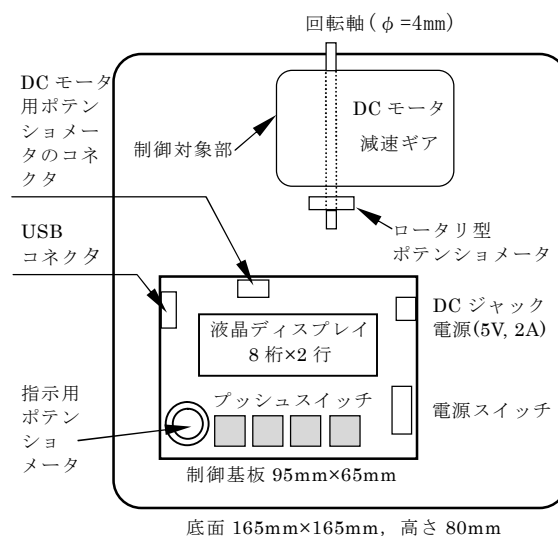


図 1 計測・制御教材の構成

LCD に棒グラフまたは数値でリアルタイムに表示され、学習者が容易に制御状態を目視できる。なお、PID 制御中に過剰な負荷が DC モータにかけられた場合、保護のため制御を止めエラー表示するなどの安全対策を施している。

4. 教材の制御用パラメータ値

本教材の制御対象部において最も影響の大きいパラメータである K_p を決定する。ここでは、 $T_i = 0$ 、 $T_d = 0$ とした場合である比例制御のみのブロック線図を図 2 に示す。 ψ_d は回転角度の指示値であり、 ψ は回転軸に取り付けたポテンシオメータで計測した回転角度である。DC モータの特性値は、電機子間抵抗(R_a)、電気的時定数(T_e)、トルク定数(K_T)、逆起電力定数(K_e)、電機子慣性モーメント(J_m)で示され、実験などにより定数を設定する。さらに、マイコンによる制御量の更新間隔(T_a)、減速ギア比(K_g)、負荷(T_L)を定数として設定する。

図 2 に示したブロック線図を行列演算ソフトウェア Scilab を用いてシミュレーションし、フィードバック制御の安定性を解析する。限界応答法により K_p を定めるため振動状態となる最小の K_u を求めた結果 24 となった。よって、 $K_p = 0.5 \times 24 = 12$ を設定して再度シミュレーションを行い、設定値になるまでの立ち上がり時間とオーバーシュート量を考慮した結果、比例制御のみの場合において、本教材に設定すべ

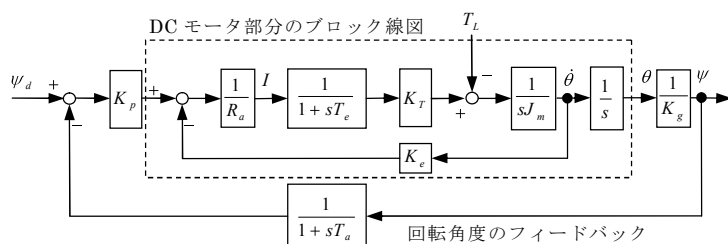


図 2 制御対象部のブロック線図 (比例制御の場合)

きパラメータ値として $K_p = 12$ を得た。

5. 教材の有用性

本教材を用いた授業を 2013 年 8 月に香川県内 R 中学校において実践した。生徒は回転軸の先端を手で触って負荷をかけたり、ポテンシオメータを使って指示位置を変更したりして、計測・制御状態を目視や力加減で体験できた。

授業後にサーボ機構を事例とする計測・制御技術に対する(A)興味・関心の高まり、(B)用語、(C)役割の理解、及び、本教材の(D)操作、(E)表示内容、(F)計測方法の理解について 4 件法(1: 否定~4: 肯定)でアンケート調査した。その結果を図 3 に示す。項目 A~F の平均値は 3.0 となり、計測・制御技術を学習する上で本教材の有用性が示された。しかし、項目 E の標準偏差が他の項目と比較して大きく、本教材における表示内容の理解度に差異が生じていたことがわかった。さらに、項目 C の平均値が A、B と比較して低くなり、計測・制御技術の役割と本教材との関連付けが弱かったことも推測できた。

6. まとめ

本研究ではフィードバック制御を含む計測・制御学習支援方法として生徒が容易に実験し、制御効果を体験できる教材を開発した。本教材を用いた授業実践により、その有用性が明らかとなった。

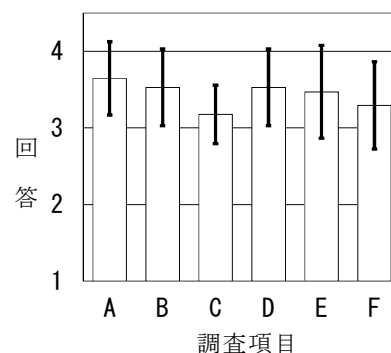


図 3 アンケート結果