

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

中学校学習指導要領(2008年)の技術・家庭科(技術分野)(以下、技術科)では、プログラムによる計測・制御の学習内容が必修となった。様々な計測・制御技術のうちフィードバック制御は重要な概念であり、ライントレースなどの題材を用いた教育は行われているが、その制御方法には一般に制約が多い。本研究では、技術科教育においてフィードバック制御を考慮した計測・制御に関する技術を実験的・体験的に学習できる教材を開発することを目的とする。

習得できる機能を備える。計測部としてポテンシオメータ、表示部として液晶ディスプレイ(LCD)、制御対象としてDCモータを備え、マイコンによるサーボ制御を行う教材である。可動部はDCモータと減速ギアからなる回転軸とポテンシオメータから構成される。学習者が指定した回転角を保持するようにPIDによりフィードバック制御する回路とフィードバック状態のパラメータ変更をリアルタイムで実行するソフトウェアが組み込まれている。

### 2. フィードバック制御を学習するための教材

#### 2.1 概要

本教材は、フィードバック制御としてサーボモータを取り上げ、指導者が演示に利用し、学習者自らが計測・制御技術を実験的・体験的に

#### 2.2 ハードウェア

図1に本教材のブロック図を示す。ホストPC側からソフトウェアの更新やコマンドによる操作が可能となるUSB通信機能を備え、モータの回転やLCDのコントラスト調整用電圧を発生するためのPWM信号を出力する。これらの機能を

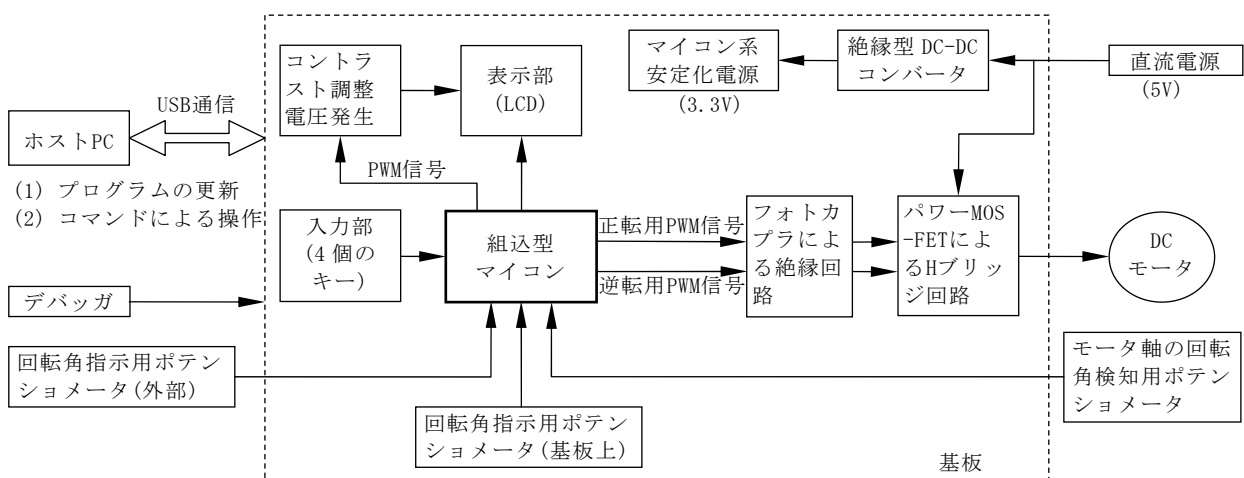


図1 フィードバック制御教材のブロック図

実現するために8ビットのワンチップマイコン (Microchip 製 PIC18F27J53) を利用する。表示部として8桁×2行表示可能なLCDを用い、入力部に4個のキーを備える。モータから発生するノイズの影響がマイコン系回路に混入することを防ぐため絶縁型DC-DCコンバータとフォトカプラによる回路を用いる。回転角の計測には可変抵抗器を用いたポテンショメータを用い、モータの回転軸に減速ギアを介して接続する。また、回転角の指示用のポテンショメータを基板上と基板の外部に2種類備える。

## 2. 3 ソフトウェア

本ソフトウェアはブートローダとファームウェアから構成されC言語と簡易BASICで記述されている。電源オン時に特定の組み合わせのキーが同時に押されていればブートローダを起動し、USB通信を介してファームウェアを更新する。それ以外であればファームウェアの正常性を確認し起動する。

PID制御のパラメータは、各値をキー操作またはホストPCからのコマンドにより設定でき、リアルタイムにPID制御の効果を実験できる。これらのパラメータはマイコン内部のフラッシュメモリに4セット分記憶できる。制御量と指示量はLCDに棒グラフまたは数値で逐次表示する。LCDに表示する階層的なメニュー構造は、上段に「>」の数で階層数を示し、当該メニュー名を表示するとともに、下段に選択可能なメニュー名を表示する。

PIC18F27J53はデータ用EEPROMを備えていないためプログラム用フラッシュメモリ内にパラメータを記憶する。パラメータ記憶用領域は書き込み時のエラー対策などのために主と副を割り当て冗長性を高めている。メイン処理では初

期化処理の後、階層的なメニュー処理と簡易BASICインタープリタ処理を繰り返す。本インタープリタはデモやホストPCから送られたBASICプログラムを実行するために実装されている。割込み処理は、0.5ミリ秒毎のタイマ割込み、または、AD変換処理の終了割込みで起動され、キー入力(チャタリング防止、長・短押し判定、リピート)、ポテンショメータの入力及びPID制御量の更新を行う。

## 3. 計測・制御教育への利用

技術科において開発した教材を計測・制御教育のために利用する。その場合、指導者側であらかじめ本教材を組み立てておく。学習時にエアコンやラジコンなどの身近な機器においてフィードバック制御が必要なことを示すが、PID制御の理論的な内容まで深入りしない。制御パラメータによって制御結果が異なることを体験的・実験的に示すため、あらかじめ適切なパラメータを記憶しておき利用する。さらに、学習者にとって身近なゲーム機器などへの計測・制御技術の応用を想起させるために、本教材のデモやゲーム機能を利用して計測・制御技術へのさらなる興味・関心を向上させる。

## 4. まとめ

フィードバック制御を含む計測・制御教材の開発にあたり、設計面では安定動作と経済性を両立するように配慮し、ソフトウェア面では学習効果が高まるように多様な機能を盛り込んだ。今後、本教材のポテンショメータ部の小型化と高精度化を行い、ソフトウェアにホストPCからのコマンド制御や制御パラメータの自動設定、制御情報のログ機能などを追加することで、より教育効果を高めることができると期待される。