

高等学校 工業

PI Cマイコンを活用したメカトロ実習教材の開発
—機械系の生徒に適した基本を学べる教材を目指して—

青森県立五所川原工業高等学校 教諭 坂下 哲也

要 旨

本校電子機械科で行われている実習項目の一つに「メカトロ実習」がある。メカトロニクス（以下メカトロ）とは「機械工学」と「電子工学」の融合技術である。実際のメカトロ製品は、マイクロコンピュータ（以下マイコン）で制御されたものが多く、その基礎を学習する機会が重要である。本研究では、特に電子回路やプログラミングを深く学ばない機械系の生徒を対象とした分かりやすい教材開発を行うことを目指した。

キーワード：メカトロ実習 P I Cマイコン 機械系学科 フリーソフト 教材開発

I 主題設定の理由

本校電子機械科ではメカトロ実習において、Visual Basic (Microsoft Corporation) による制御実習を行っている。しかし、本実習は初めてメカトロを学習する生徒にとっては、学習内容が高度であり、生徒の作業もプログラム入力だけであることから、もっと基礎から学べる教材の必要性を感じていた。そこで今回メカトロ実習の再編及びP I Cマイコンを活用したメカトロ実習教材の開発を研究の主題として設定した。

1 本校電子機械科の実習体系

表1に本校電子機械科の実習項目を示す。今回は「メカトロⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ」の実習に注目した。表2に「メカトロⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ」の実習内容を示す。

表1 本校電子機械科の実習項目一覧

1年	前	パソコンⅠ	電子工作	手仕上げ	機械加工Ⅰ
	後	メカトロⅠ	ロボット	材料試験	機械加工Ⅱ
2年	前	マシニングセンタ	電気実験	ガス溶接	特殊機械Ⅰ
	後	メカトロⅡ	電子実験	アーク溶接	特殊機械Ⅱ
3年	前	メカトロⅢ	シーケンスⅠ	F Aシステム	C A DⅠ
	後	メカトロⅣ	シーケンスⅡ	産業用ロボット	C A DⅡ

表2 本校電子機械科メカトロ実習の内容一覧

メカトロⅠ	ポケコンによるI/O（入出力）制御	プログラミング言語：Basic 制御対象：LED，スピーカ，DCモータ	1年後期 (9時間)
メカトロⅡ	パソコンによるI/O（入出力）制御	プログラミング言語：Visual Basic 制御対象：LED	2年後期 (9時間)
メカトロⅢ	パソコンによるI/O（入出力）制御	プログラミング言語：Visual Basic 制御対象：7セグメント，DCモータ	3年前期 (12時間)
メカトロⅣ	パソコンによるI/O（入出力）制御	プログラミング言語：Visual Basic 制御対象：ステッピングモータ	3年後期 (9時間)

2 メカトロ実習を担当して

私の専門は「材料技術」であり、これまでメカトロ実習などに触れる機会を持つことはなく、本校電子機械科に勤務することになって、初めてメカトロ実習というものを経験した。もちろん多少の関連知識は持っていたが、教材研究や実際の実習を行ってみて、特に「メカトロⅡ、Ⅲ、Ⅳ」について素人なりに次の二つのことを感じた。

- ア 初学者にとって、「Visual Basicによるプログラミング」、「パソコンと制御基板とのインターフェース」、「制御基板の電子回路」など学習内容が高度である。
- イ 実習における生徒の動きはほとんどがプログラムの入力のみになっている。

3 メカトロ実習の再編

先の事柄を踏まえ本校電子機械科で検討し、次の三つのポイントでメカトロ実習の再編を行うこととした。表3に再編後のメカトロ実習内容を示す。

- ア メカトロⅠは従来どおりとする。
- イ メカトロⅡ、Ⅲ、Ⅳ（合計30時間）の内容を精選し、メカトロⅡ、Ⅲ（合計21時間）とする。
- ウ メカトロⅣ（合計9時間）として、新たに「マイコン制御実習」を取り入れる。

表3 再編後の本校電子機械科メカトロ実習の内容一覧

メカトロⅠ	ポケコンによるI/O（入出力）制御 プログラミング言語：Basic 制御対象：LED、スピーカ、DCモータ	1年後期 (9時間)
メカトロⅡ	パソコンによるI/O（入出力）制御 プログラミング言語：Visual Basic 制御対象：LED	2年後期 (9時間)
メカトロⅢ	パソコンによるI/O（入出力）制御 プログラミング言語：Visual Basic 制御対象：DCモータ、ステッピングモータ	3年前期 (12時間)
メカトロⅣ	マイコンによるI/O（入出力）制御 プログラミング言語：C言語 制御対象：LED、スピーカ	3年後期 (9時間)

II 研究目標

本研究の目標は、次の3点にポイントを置き、マイコンを活用したメカトロ教材の開発を行うこととした。

- ア 電子回路・プログラミングを深く学ばない機械系の生徒を対象とする。
- イ ものづくりの時間を設ける。
- ウ フリーソフト等を利用し、コストをかけない。

III 研究の実際とその考察

1 教材の精選

(1) PIC microcontroller (Microchip Technology社、以下PICマイコン)の選定

マイコンの種類は数多くあるが、その中からPICマイコンを選択した。その理由は次の通りである。

- ① 非常にポピュラーなマイコンであり、ホビーユーザも多く、参考文献が多い。
- ② フラッシュメモリ内蔵で、プログラムの書き換えが簡単にできる。
- ③ 開発環境（プログラミング、コンパイル、プログラムの書込み）ソフトが無料である。
- ④ マイコンの価格が安価である。
- ⑤ 低消費電力であり、乾電池等で動作する。

(2) テストボード製作実習の導入

マイコンのプログラミングを学習し、動作確認を行うためのテストボードを実際に生徒に製作させることとした。ポイントは次の3点である。

- ① 電子回路，電子工作に不慣れな機械系の生徒が3時間で製作できるレベルとする。
- ② LED制御，スピーカ制御が学べるようにする。
- ③ 安価に製作できるようにする。

(3) C言語の選択

PICマイコンの開発用言語は、「アセンブラ」と「C言語」の2種類があるが、プログラミング言語として最も普及しており、応用の幅がある「C言語」を選択した。例えばC言語による開発の基礎を経験することで、マイコンの種類等が変わっても、応用しやすいという利点がある。

本校電子機械科の生徒は、「情報技術基礎」及び「工業技術基礎」で「Basic」を学習しており、「C言語」は学習していない。そのために分かりやすくかつ効率的に学べるように、丁寧な解説を加えた実習テキストや説明用のプレゼンテーション資料などもあわせて作成した。

2 「PIC16F84A」による教材開発

PICマイコン自体にも多くの種類がある。今回はその中でも最も参考文献が多いと思われる「PIC16F84A」を選択し、それに合わせた教材開発を行った。

図1に開発した「テストボード」を示す。同じ構成の「テストボード」を実際に実習の中で生徒に製作させたところ、3時間で終わることができず6時間程度かかってしまった。予想以上に時間がかかることが分かり、試行錯誤を繰り返した結果、「PIC16F84A」というPICマイコンを使った教材開発を断念することとした。

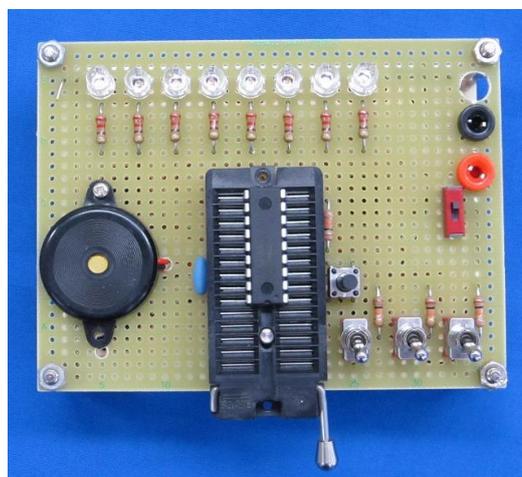


図1 PIC16F84A用テストボード

3 「PIC12F629」による教材開発

「PIC16F84A」を使ったテストボードよりも、もっとシンプルな回路が組めそうなPICマイコンとして、以下の3点をポイントとして「PIC12F629」を選定した。図2に開発した「テストボード」を示す。

ア ピンの数が8個しかなく、制御できるものの数は限られるが、回路がシンプルになり、回路の流れが分かりやすい。

イ 必要最小限の機能がすべてマイコンに内蔵されており、必要な電子部品も少なく製作も比較的簡単になる。

ウ 「PIC16F84A」よりもさらに安価である。

また同じ構成のテストボードを生徒に製作させたところ、ほとんどの生徒が3時間で完成させることができた。この結果から今後実習で使用するPICマイコンを「PIC12F629」に決定した。

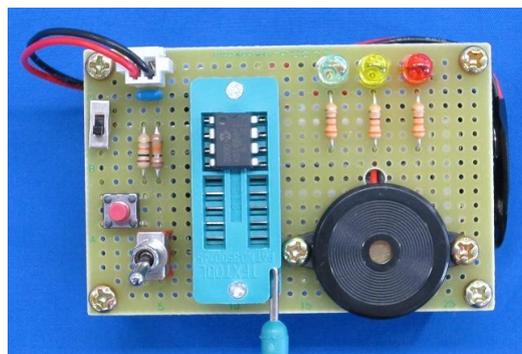


図2 PIC12F629用テストボード

4 フリーソフトの活用

近年はフリーソフトが充実してきており、本研究では、一つの試みとして教材開発に関わるものはすべてフリーソフトで対応した。表4に使用したフリーソフトの一覧を示す。

また今回は使用することができなかったが、本教材に関連するフリーソフトとして「電子回路エディタ」や「プリント基板製作用のエディタ」もある。それぞれいくつかの種類があり、将来的にはこの関連のフリーソフトを研究することで、さらに教材開発の幅が広がると考えられる。

表4 使用フリーソフト一覧

MPLAB IDE (Microchip Technology社)	プログラムの作成を行い、HEXファイル（16進数の文字列）を書き出すソフト。
HI-TECH C Compiler for PIC10/12/16 MCUs(Lite mode) (Microchip Technology社)	C言語で開発したプログラムをHEXファイルにコンパイルする。
Open Office	実習テキスト、講義用プレゼンテーション資料等を作成する。

(1) MPLAB IDE

PICマイコンを開発販売しているマイクロチップ社が無料で提供している統合開発環境ソフトである。マイクロチップ社製のPICライタ（書き込み器）を使い、アセンブラ言語で開発する場合であれば、本ソフトだけでプログラム開発からPICマイコンへの書き込みまですべて行うことができる。

(2) HI-TECH C Compiler for PIC10/12/16 MCUs(Lite mode)

本ソフトは、単体で使用するのではなく、上記の「MPLAB IDE」に組み込んで使用するC言語のコンパイラである。プログラム開発用のC言語のコンパイラは数種類あるが、本コンパイラには次の4点の特徴がある。

- ① 無料で使用できる。
- ② ANSI（米国規格協会）Cに準拠しており、一般的なC言語の学習で対応でき応用の幅が広い。
- ③ 本コンパイラを使った参考文献がほとんどない。
- ④ プログラムサイズに制限がある。（実習で使用するプログラムでは問題はない。）

本研究では、情報量の少ない本コンパイラを用いた教材開発にチャレンジしたことに意義があると考えられる。一つのプログラム開発を行うたびに何度も試行錯誤を繰り返した。

(3) Open Office

フリーのオフィスソフトである。近年は使いやすさや他のオフィスソフトとの互換性が向上し、身近なソフトになりつつある。5種類のソフトが入っており、その内容は次の通りである。

- ・ Writer（ワープロソフト）
- ・ Calc（表計算ソフト）
- ・ Impress（プレゼンテーションソフト）
- ・ Base（データベースソフト）
- ・ Draw（図形描画ソフト）

5 実習展開

表5に実習時の展開を示す。多くのことを学習させたい気持ちはあるが、9時間という限られた時間の中で、基礎をしっかりと理解してほしいということから、余裕を持って取り組める内容になるように心がけた。

また制御対象はLEDやスピーカであるが、それぞれの制御プログラムがそのままモータ制御に応用できるということを生徒にしっかりと説明して実習を行うことが大切である。図3に生徒が製作したテストボード、図4に生徒の実習風景を示す。

表5 PICマイコンを利用した実習展開

第1週	テストボードの製作（LED、スピーカ）	3時間
第2週	テストボードの電子回路の説明 LED制御実習（点灯実習（基礎）、C言語の説明）	3時間
第3週	LED制御実習（点灯実習（応用）、C言語の説明） スピーカ制御実習	3時間

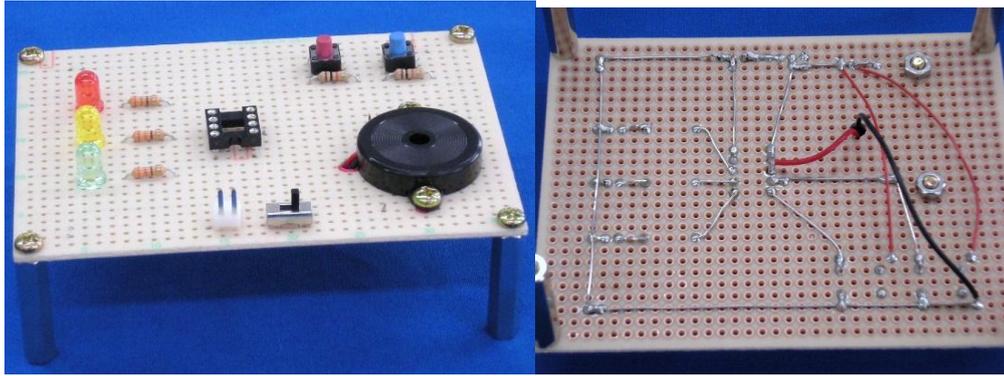


図3 生徒が製作したテストボード



図4 生徒の実習風景（プログラム開発）

6 各種モータ制御教材の開発

本研究では、さらにメカトロニクスにはかかせないモータ制御教材についても開発した。本校電子機械科の現状では実際に実習等に組み込む予定はないが、基礎的な部分を開発することで、教材の幅を広げることが可能である。

(1) DCモータ制御教材

DCモータの正転・逆転・停止がスイッチ操作で行える基礎教材を製作した。モータドライバICで「Hブリッジ回路」を利用した制御基板を製作した。図5に製作したDCモータ制御用教材を示す。

DCモータ制御の応用としては、同じ回路を利用して、PWM（パルス幅変調）方式による速度制御などがあり、さらに教材の幅を広げることが容易である。

(2) ステッピングモータ制御教材

ステッピングモータの正転・逆転・停止がスイッチ操作で行える基礎教材を製作した。図6に製作したステッピングモータ制御用教材を示す。

ステッピングモータは、回転角度の制御が行えるため、位置決め用のモータとしてメカトロ分野での用途も多い。応用としては、今回の回路をそのまま利用して、角度制御を行うことが可能である。

(3) DCサーボモータ制御教材

DCサーボモータの左右（ 0° ～ 180° ）への回転制御がスイッチ操作で行える基礎教材を製作した。図7に製作したDCサーボモータ制御用教材を示す。

DCサーボモータもPWM（パルス幅変調）方式を用いることで、任意の角度で角度制御ができる。近年は小型で高性能なものもあり、小型ロボット等に应用されている。

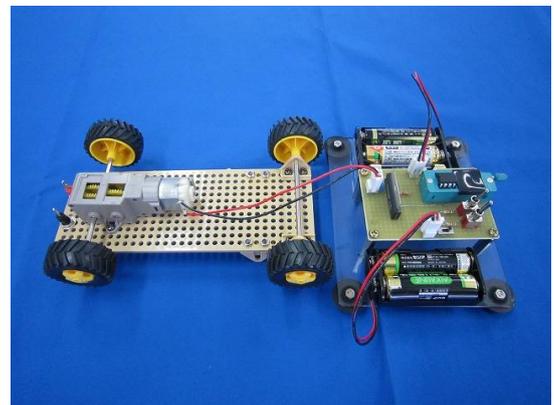


図5 DCモータ制御用教材

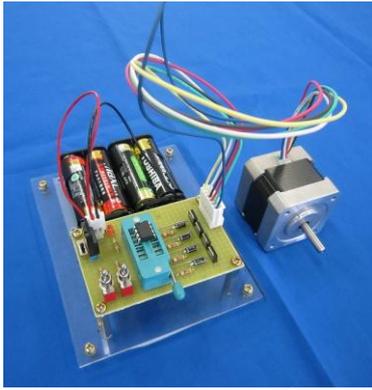


図6 ステッピングモータ制御用教材

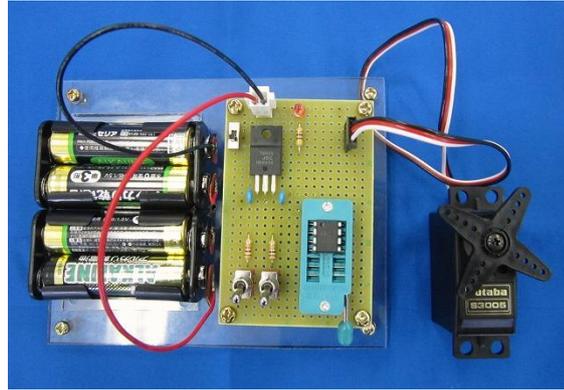


図7 DCサーボモータ制御用教材

IV 研究のまとめ

本教材による生徒の反応は良好であった。生徒の実習レポートを読んでもと、特にものづくりの時間を入れたことで、やりがいや楽しさを感じるようになり、実際につくることで苦手な電子回路へのイメージもある程度払拭できているようである。また心配したC言語については、Basicの基礎があるためそれほど大きな抵抗感を持たず取り組んでいるようであった。

今回の教材開発のコンセプトをベースにさらに教材の改良に努めていきたい。また今回の基礎教材から内容を広げていくことは比較的容易であり、今後の生徒・学校の実情に応じて適宜利用していくことが可能である。

近年はフリーソフトが充実してきており、本研究でもコストをかけずに生徒や社会の実情にあわせた教材開発を行うことができた。

V 本研究における課題

今回はメカトロニクスの中でも主にエレクトロニクスに関わる部分の教材開発で終わったが、メカニクスに関わる部分の教材開発ができるとさらに良いものになると考えられる。例えば図8に示すような機械要素を取り入れた教材を開発したい。また、PICマイコンによるモータ制御実習も本校電子機械科の実習に組み込むことが可能か、本校電子機械科で検討したい。

電子回路からC言語までほとんどの内容が初めて触れるものばかりで一つ一つが自分の勉強になった。今回学んだことを生かしていくためにも、今後もメカトロニクス分野の勉強を続けていくことが大切であると感じた。

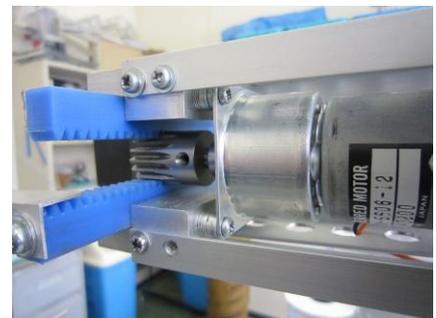


図8 メカニクス教材の例

<参考文献>

答島一成 2006 『PIC入門 C言語編テキスト』 アドウィン

中尾真治 2005 『C言語ではじめるPICマイコンフリーのCコンパイラではじめよう』 オーム社

<商標>

Visual Basicは、Microsoft Corporationの登録商標である。

PIC microcontrollerは、Microchip Technology社の登録商標である。

MPLAB IDEは、Microchip Technology社の登録商標である。

HI-TECH Cは、Microchip Technology社の登録商標である。