

PIC を用いたコンピュータ制御教材の研究

田中 啓勝*・山本 尚登*・藤山 秀公**

中学校技術・家庭科技術分野におけるコンピュータ制御学習用として、PIC を用いた教材を開発し、それを用いた授業計画を作成した。本教材の主なハードウェアは、PIC 使用法やプログラミング及び制御の基本学習用に開発した PIC トレーニングボードと、応用教材としたライントレーサー及びクリスマスツリーから成る。PIC は PIC 単体のものではなく、BASIC インタプリタ書き込み済みの PIC16F877 モジュール（販売元：秋月電子商会）を用いた。プログラミングには PIC16F877 モジュール添付の PIC-BASIC 統合開発環境を使用する。PIC トレーニングボードと PIC-BASIC 統合開発環境を用いることによって、パソコンのプリンタインタフェースを使った制御学習と同様な容易さでマイコンによるコンピュータ制御学習が可能になった。授業計画では、ロボットとしてのライントレーサーの製作を目的として意識させながらも、PIC トレーニングボードによる基本学習を重視した。2 進符号の理解にも留意した。

キーワード：PIC、コンピュータ制御、制御教材、マイコン制御、ライントレーサー

1. はじめに

平成元年の学習指導要領改訂により中学校技術・家庭科に「情報基礎」領域が新設された。その学習指導要領ではコンピュータ制御の内容は明示されてはなかった。しかし同年文部省発行の「中学校指導書 技術・家庭科編」では、学習指導要領に示された「情報基礎」の内容(3)の「イ コンピュータの利用分野を知ること。」に関して、「コンピュータの利用分野には、事務処理分野、制御分野、通信分野などがあることを知らせる。」とされた。このような学習指導要領改訂を契機に、コンピュータ制御の教材、学習に関する様々な研究^{1)~6)}が行われてきた。平成10年告示の中学校学習指導要領では技術・家庭科技術分野の内容が「技術とものづくり」、「情報とコンピュータ」の二つに整理され、「情報とコンピュータ」の中で「コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること。」と中学校学習指導要領において初めてコンピュータ制御の内容が明示された。

コンピュータ制御は、産業の場だけでなく今や家庭など生活のいたるところで用いられている。電化製品など身の回りのコンピュータ制御には、組込型マイコンを使用したものがほとんどである。しかしながら、従来中学校で扱われてきたコンピュータ制御教材はパソコンの I/O インタフェースを利用したものが多く、マイコンを使った制御はあまり扱われてこなかった。中学校の教科書にも「センサカー」のようにマイコンを使った教材が掲載されるようになってきているし、マスコミでもユビキタス社会が話題になっており、今後マイコン制御教材の重要性は確実に高まるものと考えられる。一方では、パソコンの OS の管理機能が強化されるに従いパソコンによるハードウェア制御は非専門家にとって扱いにくいものになりつつあり、その意味でもマイコン制御教材の開発が期待される。

中学校におけるコンピュータ制御学習で、従来マイコン制御があまり取り扱われなかった主な理由を我々は以下のように考えている。

1. インタフェースなどの製作に時間や費用がかかる。
2. アセンブリ言語を使うことが多く、レジスタなどハードウェアの知識が要求され、プロ

* 三重大学教育学部技術教育講座

** 三重県上野市立成和中学校

プログラミングも面倒である。

3. プログラムを書き込むための ROM ライタを用意しなければならない。またプログラムの作成・書き込み・実行・デバッグなどの手順もわずらわしく、コンピュータ制御の学習をプログラミングの基本学習を兼ねて行うことも多い中学校段階では円滑な学習の障害となる。

マイコンを使った制御学習を普及させるためには、このような問題点の解決が望まれる。

本稿では、大学での授業実践⁷⁾をふまえて中学生用に開発した PIC を用いたコンピュータ制御教材と授業計画例について述べる。BASIC インタプリタ書き込み済 PIC モジュールと統合開発環境の使用、PIC トレーニングボードの開発によって、上述の問題点の解決をすることができたと考えられる。授業計画は「ロボットとしてのライントレーサの製作」を単元名として、プログラミングの基本学習や 2 値信号・2 進数の理解も重視するものとした。授業時間は全 20 時間の計画である。

2. PIC-BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュールと PIC トレーニングボード

(1) PIC-BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュール

Z80 など初期のマイコンを使用する場合、I/O インタフェースやメモリなどの接続をするという面倒な作業が必要であった。その後 I/O インタフェースやメモリ内蔵型のマイコンが市販されるようになり、マイコンを使った制御学習は格段に容易になった。しかしプログラムは最近までアセンブリ言語が中心で、C 言語や BASIC 言語が使用できる場合もコンパイラを使用し、また ROM ライタも必要とされた。

PIC (Peripheral Interface Controller) は、米国のマイクロチップテクノロジー社が開発した I/O インタフェースやメモリを内蔵した LSI (ワンチップマイクロコンピュータ) である。多種類のものが用意され用途に応じて選択できるようになっている。我々は、秋月電子商

会から販売されている PIC-BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュールを使用することにした。このモジュールでは、PIC16F877 に PIC-BASIC インタプリタが書き込まれており、統合開発環境を提供するソフトウェア (Windows 95, 98, ME, NT, 2000, XP 上で動作する) も添付されている。

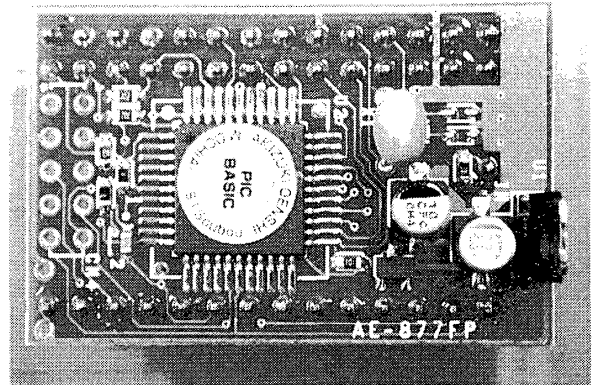


写真1 BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュール

PIC-BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュールを写真1に示し、主な特徴を以下に列挙する。なお、このモジュールの大きさは約 25×40mm である。

- デジタル I/O、RS232C、AD 変換入力 of インタフェースを内蔵している (PIC16F877)。
- ROM ライタは不要で、RS232C を通してプログラムの書き込みが可能である。
- BASIC 言語による総合開発環境ソフトが用意されている。

プログラムの作成、書き込み、デバッグが容易である。

コンパイルの手続き無しで書き込み実行ができる (BASIC インタプリタ書き込み済みのため)。

デバッグ実行は PIC をプログラム書き込みモードにしたままで行うことができる。PIC-BASIC に用意されているコマンドが多すぎないため、学習用に適している。I/O ポート入出力にはポート番号は使わず定義済み変数を使用するので初心者にも使いやすい。

液晶ディスプレイ用のコマンドも用意されており、簡単にディスプレイを使用できる。

- ・レギュレータが装着されており、単一電源で使用できる。
- ・比較的安価である。

(2) PIC トレーニングボード

PIC トレーニングボードは、PIC16F877 使用法やプログラミング及び制御の基本学習のために開発したものであり、上記 PIC16F877 モジュールがソケットを介して装着されている実験用ボードである。ボードの写真写真2に、その回路図を図1に示す。さまざまな制御対象の実験に使用できるように PIC の I/O ポートをピンジャックを通して外部機器に接続できるようにしている。ピンジャックに接続されているポートは、RA0~3 の 4 ビット、RE0~2 の 3 ビットおよび RD0~7 の 8 ビットの合計 15 ビットである。15 ビットすべて、入力用にも出力用にも使用できる。PIC16F877 には合計 33 ビットの I/O ポートが用意されているが、学習用の制御システムには 15 ビットの I/O ポートがあれば十分だと考えた。RA0~3、RE0~2 は、A/D 入力にも使うことができる。RB および RC ポートのピンジャックを用意しなかった理由は、これらのポートは LCD や RS-232C あるいはモード切替などに使われているからである。RA は 6 ビットのうち下位 0~3 の 4 ビットのみピンジャックに接続してある。これは 5 ビット目 (RA4) が特殊 (シュミットトリガ、オープンドレイン) になっているため、それ以降のビットを使わないことにより単純化したためである。RD ポートの 8 ビットには入出力信号値確認用に LED が取り付けられている。RA、RE ポートには LED を付けなかったのは、PIC トレーニングボードの大きさを考慮したことによる。

この PIC トレーニングボード上には、DC ジャック、レギュレータ、+5V および GND 用ピンジャック、RS-232C コネクタ、LCD、電源スイッチ、プログラム書き込みモードと実行モード切替スイッチなども取り付けられている。9V の AC アダプタから DC ジャックを通して電源は供給される。PIC16F877 モジュールには 9V が直接供給され、モジュール上のレギュ

レータにより PIC に必要な電圧が得られる。トレーニングボード上に取り付けた (モジュール上のもとは別の) レギュレータにより得られる 5V は、ピンジャックを通して外部回路の電源として使用できる。また、この +5V 用ピンジャックおよび GND 用ピンジャックは、1, 0 の固定信号源として PIC の入力実験に用いることもできる。RS-232C コネクタを通してパソコンと接続することにより、PIC へのプログラムの書き込みや PIC とパソコン間のデータ交換を行うことができる。液晶ディスプレイ LCD は 16×2 行のものである。小さなものであるが、この LCD に文字や数値を表示する機能が、PIC の使用法やプログラミングの基本学習にはたいへん役立つ。I/O ポートを使った入出力実験や制御実験においても、LCD は P

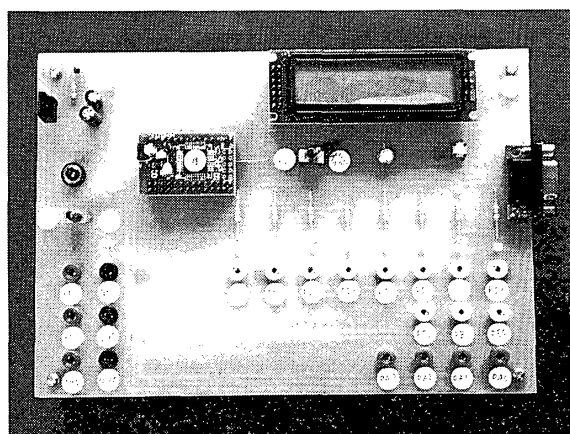


写真2 PIC トレーニングボード

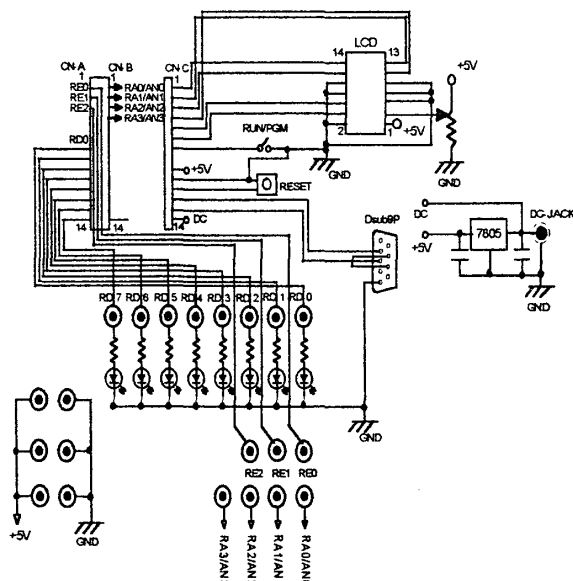


図1 PIC トレーニングボード回路図

プログラムの進行状況の把握などに大いに活用できる。

また、前述のようにこの PIC トレーニングボードではソケットを介して PIC16F877 モジュールを装着するようにしているので、RS232C コネクタが付けられていない自立型ロボット等に組み込むための PIC16F877 モジュールの ROM ライタとして使用することもできる。

なお、この PIC トレーニングボードは三重大学教育学部における平成 14 年度後期「電子計算機基礎」⁷⁾の授業で用いたものを改良したものである。主な改良は、ボードの配線をユニバーサル基板ではなく専用のプリント基板を用いたことである。プリント基板の設計は我々が行い、製作は業者に依頼した。これは、中学校での授業のために必要になる多数のトレーニングボードの製作を容易にするためである。また、RD ポートに LED を付けたことも改良点の一つである。大学では、既存の LED ポートチェッカーやテスタを使ったが、トレーニングボードに LED を取り付けることにより中学校での授業が進めやすくなると考えたからである。

この PIC トレーニングボードを用いれば、マイコンでのプログラミングや制御の学習が、パソコンを使った学習と同程度の容易さで実行できる。このことは、平成 15 年度三重大学大学院教育学研究科免許法認定公開講座「技術教育特論Ⅱ」における試用でも確認することができた。

3. 授業計画

PIC を用いたコンピュータ制御学習の実践的研究を行うために、次のような授業実施計画案を作成した。話題性のあるロボットとコンピュータ制御とを結びつけた計画とした。具体的な製作題材としては、搬送ロボットして生産現場や病院などで試用されてきたライントレーサーを取り上げることにした。製作課題を設定すると同時に、PIC トレーニングボードによる基本学習を重視した。現在（平成 15 年度）、この計画に基づいて、三重県上野市立成和中学校の必修技術・家庭科の授業として、授業が実施されつ

つある。この授業実践結果の分析は別報で論じる予定であり、ここでは授業計画の概略を紹介する。

なお、この授業は財団法人つくば科学万博記念財団の「ロボット・実験学習メニュー開発支援事業」の支援を受けて実施されている。

(1) 授業計画概要

授業実施クラス：2 年 1 組、2 組（計 47 名）

授業担当者：藤山秀公教諭（著者の一人）

授業単元名：ロボットとしてのライントレーサーの製作

指導計画：全 20 時間

- ・はじめに（ロボットと社会、ライントレーサーとは） …2 時間
- ・ライントレーサーの製作 …5 時間
- ・PIC トレーニングボードによる基本学習 …9 時間
- ・ライントレーサーのプログラム製作 …2 時間
- ・走行大会 …1 時間
- ・まとめ …1 時間

この計画では、ライントレーサーのハードウェア製作とソフトウェア（プログラム）製作の間に、PIC トレーニングボードによる基本学習を入れることにしている。PIC トレーニングボードによる基本学習の後にライントレーサーの製作を行う計画にしなかったのは、①まずは製作に取り組むことにより課題意識を高め、②PIC トレーニングボードによる基本学習に引き続きライントレーサーのプログラム製作を行うことによりプログラム製作における生徒の思考をスムーズに行えるようにして生徒に能力獲得感を持たせたいと考えたからである。

(2) ライントレーサーについて

製作するライントレーサーは光センサ 2 個と模型用モータ 2 個を使った最も簡単なものとした。ライントレーサーの製作における創意・工夫は、今回の授業計画ではハンダ付けの方法・手順などに限定し、ライントレーサーのプログラム製作を PIC トレーニングボードでの基本学習の応用課題と位置づけた。より速く、確実に走るようにライントレーサーを工夫するなどの課題も魅力あるものではあるが、本授業計画

においてはコンピュータ制御の基本を学ぶための題材として位置づけた。

ライトレーサーの試作品の写真を写真3に、回路図を図2に示す。生徒にはこれと同じ物を製作させる。基本的には大学の授業⁷⁾で製作させたものと同様なものであるが、いくつかの改良を行っている。改良点の第1点は、回路部分(ライトレーサー制御ボード)をユニバーサルボードでなくプリント基板にしたことである。このプリント基板は我々が設計して業者に製作を依頼したものである。プリント基板にすることにより、生徒が回路を誤って製作することがないようにし、製作時間の短縮が可能になる。2番目の改良点として、さらに授業時間を短縮し、回路の動作を確実なものにするために、PIC16F877 モジュール用のソケットは指導者側があらかじめハンダ付けをしておくことにした。3番目、大学の授業ではライトレーサー制御ボードにRS232Cコネクタを付けずにプログラムの書き込みはPICトレーニングボードを使って行ったが、今回の中学校で使用するボードにはRS232Cコネクタを取り付けることにした。中学校の授業時間の範囲ではプログラムの書き込み、デバッグのたびにPIC16F877モジュールをソケットから外したり差し込んだりする手間をかけることは望ましくないと考えたこと、および取り外し、取り付けの際にPIC16F877モジュールを傷める恐れがあることを考慮したものである。4番目の改良点は、モータドライバをTA8409SからTA7291Pに変更したことである。これは、TA8409Sでは若干パワー不足であったためである。なお、光センサは大学での授業で使用したものと同じS428251を使用した。車体等も大学での授業と同じで、TAMIYAのUNIVERSAL PLATE-SET、TRUCK TIRE SET、TWIN-MOTOR GEARBOXなどを用いた。

プログラムは、車がラインの右にはずれたら左に戻し、左にはずれたら右に戻すということができるよう生徒に考えさせる。ソフトウェアで速度制御することも可能であるが、本授業計画では、そこまで考えることは生徒に要求し

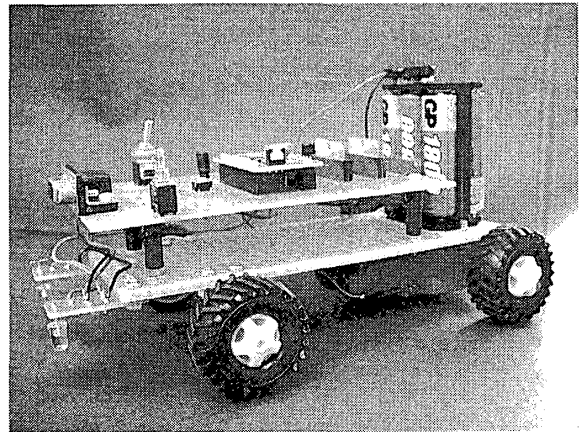


写真3 ライトレーサー

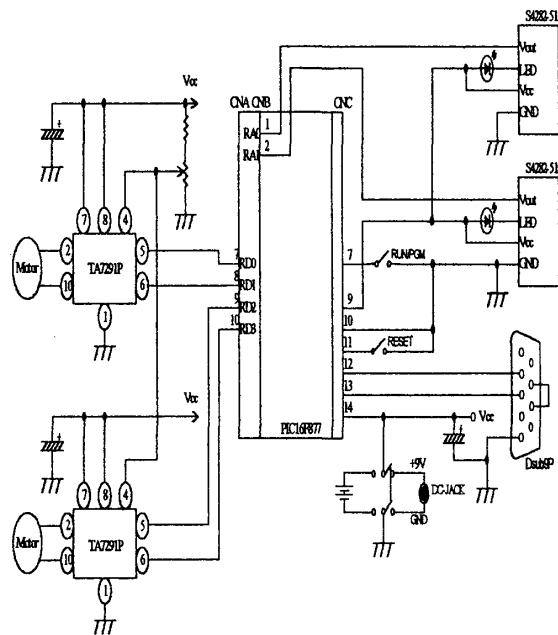


図2 ライトレーサー回路図

ない。自ら作成したプログラムで、車がラインに沿って動けば「大成功」と喜び合いたいと考えている。

(3) PICトレーニングボードによる基本学習およびクリスマスツリーについて

授業計画の対象としているのはプログラミングを初めて学習する生徒たちである。まずはプログラミングとはということから始め、プログラムの作成、書き込み、実行の手順を教える。その段階ではI/Oポートの入出力は行わない。この段階でディスプレイ(LCD)が装着され、なおかつLCDを簡単に使用できるBASICコマンドが用意されていることが威力を発揮する。文字や数字を表示したり、簡単な四則演算の結果を表示させたりすることによりプログラミン

グの基本や PIC16F877 の使い方を知ることができる。この段階で、後で必要になる判断文まで扱う。ちょうど英語で「if」を学習することになっており都合がよい。

プログラミングに少し慣れた段階で、I/Oポートからの出力を扱う。まずは1ビットずつ出力することから始め、出力する値と PIC トレーニングボード上の LED の点滅の関係を考えさせ、順次多数の LED を思うように点灯できるようにする。次にその応用としてクリスマスツリーに付けられた LED の点灯パターンを与えるプログラムを製作させる。出力を扱う予定時期がクリスマスに近いので、クリスマスツリーは生徒の関心を高めるのに役立つと考えて計画した。その後、入力について学習する。これらの過程で、2 値信号や 2 進数についても学習する。PIC-BASIC ではビット単位の入出力ができるようになっているが、今回の授業計画では入出力は全てパラレルポート (RD, RA, RE) 単位で扱うことにした。そのことにより、各ビットの値とポート全体としての値との関係を意識させることにした。

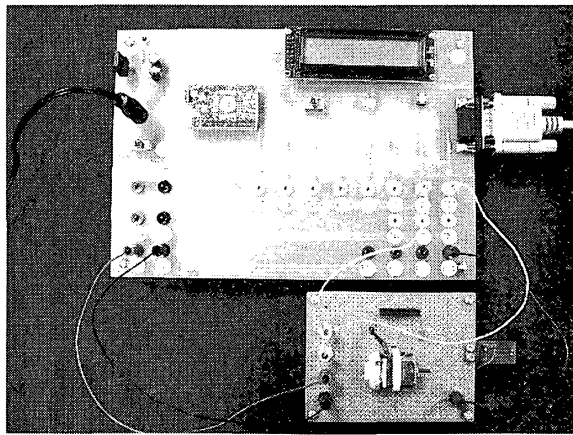


写真4 センサ&モータ実験

最後に、光センサーからの入力値に応じてモータを ON、OFF するプログラムを製作させることで制御の基本学習とする。この学習のために、センサとモータおよびモータドライバをそれぞれ 1 個取り付けたボードも用意した。このボードを PIC トレーニングボードに接続した様子を写真 4 に示す。

なお、プログラミングの基本学習のためには

デバッグ実行の利用がたいへん便利であるが、パソコンと独立にマイコン (PIC) が動作するのだということを生徒にはっきりと認識させるために実行モードへの切り替えや、パソコンと PIC トレーニングボードとを切り離れた実行も重視して授業を進めるよう計画している。

4. おわりに

PIC-BASIC 書き込み済み PIC16F877 モジュールを使って開発した PIC トレーニングボードを使うことにより、マイコンを使った制御学習を従来のパソコンを使った制御学習と同程度の容易さで行うことができるようになった。PIC トレーニングボードでの学習を基礎にライントレーサーのような自立型の制御を扱うことも容易になった。また、本稿で示した授業計画の基本学習の中で取り上げたクリスマスツリーや、我々がこれまで授業実践してきた「コンピュータ制御による温泉卵づくり」など、PIC トレーニングボード自体を使った制御学習も可能である。

本稿で示した授業計画は、技術教育の授業時間が極めて少ないという日本の中学校の状況を考慮して、コンピュータ制御の基本学習に焦点を当てたものである。もっと多くの授業時間を使うことができればライントレーサーの製作においてもエネルギー利用技術や加工技術の学習などを重視することが可能であると考えられる。当面、そのような学習内容の拡がりについては、「選択教科」の時間などで追求することを検討中である。

授業計画に基づいた授業実践は現在進行中であるが、授業の進行に役立てることができるようホームページ (<http://www.cc.mie-u.ac.jp/~lp20101/tanaka/seiwa/index.htm>) を作成し、生徒と大学の要員との質疑応答などもできるようにインターネット上の掲示板 (非公開) も用意した。また、時間短縮のために (時間的余裕があれば不要と思えるが) ライントレーサー製作に必要な導線をあらかじめ適当な長さに切って生徒に配るという手だてもとっている。

付 記

本研究の遂行において常に協力し、多大な寄与をしていただいた三重大学教育学部学校教育教員養成課程技術教育コース学生高洲由貴さんに謝意を表します。

参考文献

- 1) 亀山 寛：プリンタインターフェースを利用した制御教材の検討 日本産業技術教育学会誌、35 (3)、185-193(1993)
- 2) 佐藤 博・入蔵靖彦・渡辺 武：センサとコンピュータにより制御された機械を教えるための教材 日本産業技術教育学会誌、36 (2)、119-126(1994)
- 3) 村尾卓爾・大内信頭：材料加工を題材とし

たコンピュータ制御教材の開発 日本産業技術教育学会誌、36 (3)、215-221(1994)

- 4) 川崎直哉・吉本 徹：サーボ制御を用いた木琴自動演奏システムの開発 日本産業技術教育学会誌、36 (4)、269-275(1994)
- 5) 杵淵 信・鳥居隆司・安藤明伸・菅野徳明：カラーディスプレイによるパソコン制御インタフェースの開発 日本産業技術教育学会誌、40 (1)、17-22(1998)
- 6) 衣笠 洋：ワンチップマイコン自立型ロボットの製作教材としての実践 日本産業技術教育学会誌、43 (1)、65-68(2001)
- 7) 田中啓勝・高洲由貴・山本尚登：PIC を使った制御学習における創意工夫—大学における授業改革の試み— 平成 14 年度受託研究大学教育学部向け知的財産教育研究調査報告書、三重大学教育学部、4. 3. 1-4. 3. 10(2003)