

## 自律型3モータ制御用ロボット教材の開発†

### Development of an Autonomous Mobile Arm-equipped Robot as a Teaching Material

紅林秀治\*                      井上修次\*\*                      江口 啓\*  
 Shuji KUREBAYASHI      Shuji INOUE                      Kei EGUCHI  
 鎌田敏之\*\*\*                      青木浩幸\*\*\*\*                      兼宗 進\*\*\*\*\*  
 Toshiyuki KAMADA      Hiroyuki AOKI      Susumu KANEMUNE

3モータ制御が可能な教材用ロボット基板を開発し、中学校「技術・家庭」におけるロボット製作の学習とコンピュータ制御の学習が融合できる教材システムを考案した。開発した教材を用いることで、ロボット製作の学習では中学校で取り組まれているロボットコンテストの学習と同様に、市販されている部品や材料を利用でき学習者自らが工夫し製作できるようにした。また、制御プログラムには、教育用プログラミング言語「ドリトル」を採用し、日本語での制御プログラム作成を可能にした。開発した教材を用いて中学生123名による評価実験を行った。その結果、開発した教材によりロボットコンテストと制御プログラムの学習を融合する授業が可能になることを確認した。

キーワード: 技術教育, 制御学習, 中学校「技術・家庭」, ロボットコンテスト, 自律型ロボット

#### 1. はじめに

筆者らは、中学校「技術・家庭」の学習領域「情報とコンピュータ」で扱う学習用教材として、モータを2個制御する(以下「2モータ制御」と呼ぶ)ことが可能な自律型制御ロボット基板を開発し、実践を行ってきた<sup>1)</sup>。プログラムがロボットの動作により確認できるため、実感を伴いながらプログラミング学習や自動制御の学習ができるという教育効果を小・中学校における実践から確認できた<sup>2)3)</sup>。さらに、自律型ロボットを制御学習教材として用いることで、プログラミングだけでなく、動力伝達および機構学習に応用できたり<sup>4)</sup>、ハードウェアとソフトウェアの両面から学習者のものづくりに対する思考力と工夫する力を育成できたりする<sup>5)</sup>教育効果も報告されるなど、教材としての価値が高いこともわかってきた。しかし、2モータ制御では、学習者が製作したロボットを前後左右に移動させる制御で二つのモータを使い切ってしまう。そのため制御プログラムも移動制御のみに制限され、結果として学習課題が単調になるという問題が生じた。そこで筆者らは、新た

に教材の検討・改良が必要であると考えに至った。

検討の過程において、中学校「技術・家庭」のロボット製作教材として成功した授業例である「ロボットコンテスト」の実践に注目した。なぜならば、ロボットコンテストでは、様々なコンテスト課題を教員が考え実践するため、学習課題を豊富に設定できると考えたからである。さらに、ロボットの製作と制御の学習に留まらず、制御プログラムによるロボットコンテストの実施も期待できる。

ロボットコンテストで製作するロボットは、移動だけでなくモノを持ち上げる、運ぶ、おろす等の動作をさせるものが多い。それらの動作を実現するためには最低3個のモータが必要である。そこで、筆者らは3モータ以上の制御を可能にする自律型ロボットの教材例を調べた。

3モータ以上を使用した代表的な教材例としては、レゴマインドストームを使った学習が報告されている<sup>6)7)</sup>。ところが、マインドストームは製作をレゴブロックで行うため、ハンダ付けやネジ留めなどの基本的な製作作業を生徒は体験することができない。筆者らはロボット制御の学習だけでなく、製作の学習も技術教育には重要であると考えているためレゴマインドストームでは、不十分であると考えた。さらに、制御基板のクリケット<sup>8)</sup>も3モータ制御が可能であるが、基板の値段が中学校教材として高価(<http://gleasonresearch.com/>では、販売価格が99米国\$であり、日本円で約1万3千円する。)であることから、多くの中学校では導入することが困難であると判断した。

(2008年3月3日受付, 2009年3月5日受理)

\* 静岡大学  
 \*\* スタジオミュウ  
 \*\*\* 愛知教育大学  
 \*\*\*\* 高麗大学  
 \*\*\*\*\* 一橋大学  
 † 2007年8月本学会第49回全国大会にて発表

以上の理由から、筆者らは、ハンダ付けやネジ留めなどの基本的な製作作業を生徒が体験できることに加えてロボットコンテストの学習に制御プログラムの学習を加えることが可能な自律型3モータ制御教材の開発を試みた。さらに、適度な値段(3500円から4000円程度)で購入可能な仕様となるように制御基板を設計した。

本論文では、筆者らが開発した3モータ制御用教材について述べるとともに、授業実験により学習教材としての有効性について検討した結果を示す。

## 2. 中学校のロボットコンテストについて

中学校では、全国で約3000校の学校でロボットコンテストに取り組んでいる。この学習の特長は、コンテスト課題に向けて中学生がロボットを自作し、競技に参加することである。競技のルールは、教師が考え、生徒はその課題を解決するために自らのロボットを設計・製作する。製作過程で、リンク機構、電源とモータを制御するための回路、金属やプラスチック等の材料の性質などを学ぶ。それらの内容は、ロボット製作において必要と感じた生徒が、短期間のうちに自ら調べたり、教師のアドバイスを聞いたりしながら自主的に学び始める<sup>9)</sup>。いわゆる、専門教育を系統的に施す専門高校や大学の教育課程での学習とは異なり、プロジェクト法的な学習形態をとることで、生徒がものづくりを幅広く自主的に学ぶようになる<sup>10)</sup>。これが、ロボットコンテスト学習の特長である。図1に、製作したロボットの動作を確認する生徒の様子を示す。

しかし、ロボットコンテストで製作するロボットはリモートコントローラで操作するロボットであり自律動作ロボットではない。そこで、コントローラによるロボット操作からプログラミングによるロボット制御に置き換えることが可能になれば製作と制御を総合的に学べる学習となる。

ロボットコンテストの特徴を生かしながら、コンピュータと制御プログラムの学習との融合をはかるためには、制御するためのロボットを製作する必要がある。また、ロボットの製作に機構的な学習を取り入れるためには、もの

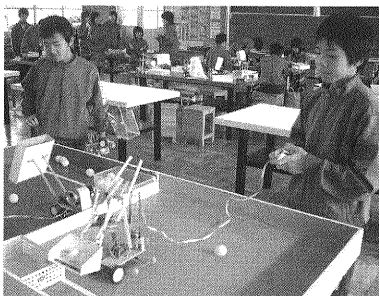


図1 ロボットの動作を確認する生徒(掲載許諾済)

を持ち上げたり運んだりする機能が要求されるコンテスト課題が必要になる。そこで、両方の必要性を満たす制御基板の開発を行うこととした。

## 3. 制御基板の基本設計

自律動作を実現するための基板設計の方針を以下に示す。

- 3個のモータを正転、逆転、停止できる。
- センサ入力により条件判断が可能
- 制御プログラムは、パソコン内で中間コードに変換し、基板に転送する。
- 転送された中間コードが基板上のEEPROMに格納され、基板上のファームウェアがそれらを解釈・実行する。

これらの条件で基板を設計する利点は、中間コードとなるバイトコードを生成できる機能があれば任意のプログラミング環境に対応できるようになることである。今回の設計では、中学生が学びやすいように日本語を主体としたプログラムを使って制御プログラムが書けるようにし、その日本語プログラムをバイトコードに変換し基板に転送するようにした。

## 4. 開発した基板

自律動作を可能にするために、PIC<sup>11)</sup>というワンチップマイクロコンピュータを採用した。このマイクロコンピュータはCPUの他に12個のI/Oポートを持ち、1kワードのプログラムメモリと128バイトのEEPROMが内蔵されているなど、ファームウェアの設計やバイトコードの保存等に適しており、自律動作を可能にするコントローラとして使用できると考えたからである。12個のI/Oポートのうち6個はモータ制御に、4個をセンサ入力用に、残り2個をそれぞれバイトコード入力、スピーカ出力として使用した。以上の内容を構成した回路図を図2に、製作した基板を図3に示す。図2の(A)がPICであり(B)がモータドライバIC(SANYOLB1638(LB1639)<sup>1)</sup>である。図4にLB1638の端子と入出力の関係<sup>12)</sup>を示す。また基板の回路の特性を表1に示す。

## 5. 制御基板のファームウェア

開発した制御基板では、コンピュータから転送されるバイトコードを解釈・実行するようPIC内にファームウェアを組んだ。図5はファームウェアのブロック図である。基

<sup>1)</sup> SANYO製LB1638とLB1689では特性が若干異なるが本教材のモータドライバとして使用には問題がないため両方を採用した

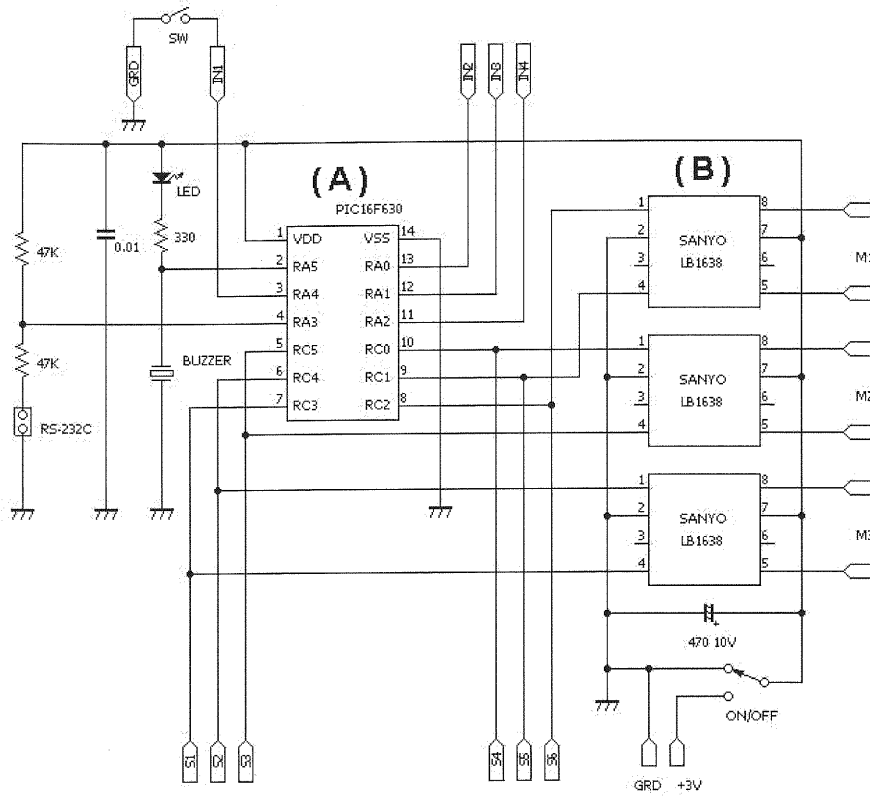


図 2 回路図

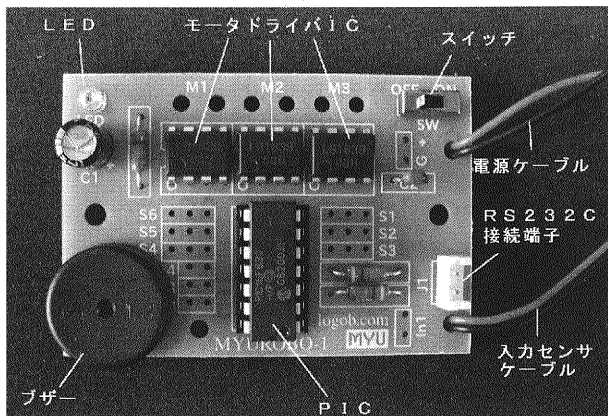
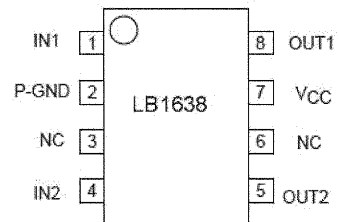


図 3 製作した基板<sup>13)</sup>

板は、コンピュータからバイトコードを受け取る際に、パソコンのシリアル端子（以降「RS232C 端子」と述べる）から受け取り、EEPROM(128byte) 内に保存する。基板と RS232C 端子がつながっていないかは端子の電圧から判別し、つながっていない場合は、EEPROM 内のバイトコードの解釈・実行を順次行なう。プログラムの実行初期には、「パワーオンスタート」と「リミットスイッチ」の二つの判別を設けることで、基板スイッチ上の電源スイッチを入れたと同時にバイトコードを解釈・実行するのか、電源ス



Truth Table

IN1	IN2	OUT1	OUT2	Mode
L	L	OFF	OFF	Standby
H	L	H	L	Forward rotation
L	H	L	H	Reverse rotation
H	H	H	H	Brake

図 4 モータドライバと入出力の関係<sup>12)</sup>

イッチを入れた後にリミットスイッチ（入力スイッチ）による入力確認した後に動作するのかわ、パソコン上のプログラムで設定できるようにした。これにより、基板とコンピュータをつなぐケーブルを外した瞬間からプログラムによる動作が始まることがないようにした。ファームウェアはすべて、PIC 用アセンブリ言語<sup>11)</sup>で作成した。

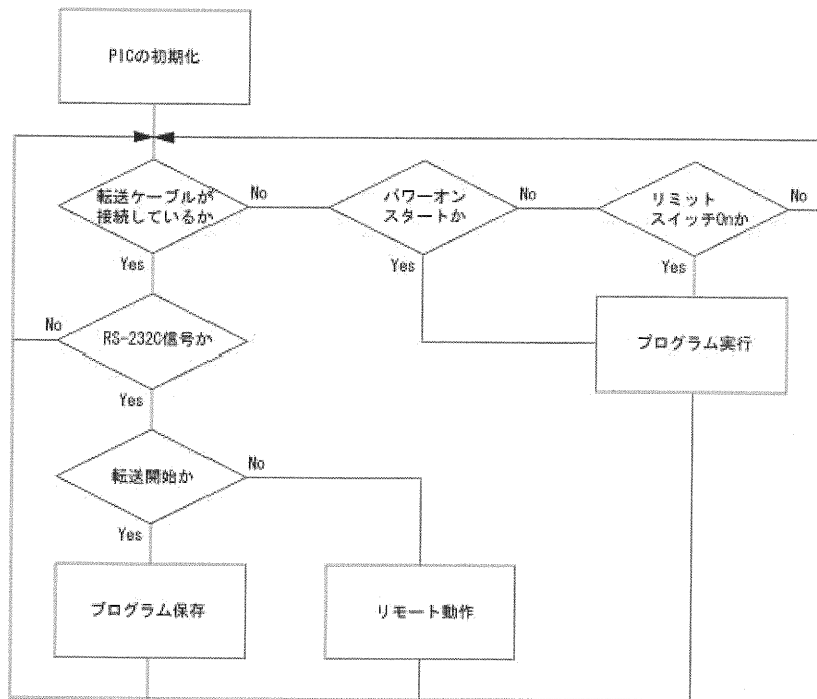


図5 ブロック図

表1 回路の特性

No.	特性	値
1	動作電圧	2.5V-5.5V (PIC16F630)
2	入出力	入力4ポート 出力6ポート
3	入力電圧	-0.3V-3.3V
4	出力電圧	-0.3V-3.0V
5	出力電流	0.1 μ A-500mA
6	制御プログラムサイズ	127 バイト

池二本)である。(3)は移動用モータ(2個)とギヤボックスである。(4)は作業用のモータとギヤボックスある。(5)は壁を検知するためのセンサスイッチ,(6)はアームの位置を検知するセンサスイッチである。(7)は作業用アームである。

このように移動だけでなく、作業部分を製作課題に加えることができる。そのため、作業部を工夫し様々な機構を取り入れることが可能になる。これにより、電気回路や制御プログラムの学習に構造的な学習を加えることが可能になった。

### 5.1 3モータ制御ロボット製作例

図3の基板を使用することで、3個のモータが制御可能になり、左右の車輪を回転することに加え、アームを操作することで運搬などの仕事をさせることができる。センサーについては、衝突を検知するスイッチのほか、光の反射を検知するセンサスイッチなどを合計4個まで取り付けることができる。プログラムはRS-232C端子を使い、外部から専用ケーブルで転送する。基板以外のロボット本体は市販のギヤボックスやタイヤ等のパーツを利用した。作品例を図6に示す。このロボットは空き缶を持ち上げ運ぶ課題のもとで製作されたロボットである。

図6の中の(1)は制御基板,(2)は電池(単三乾電

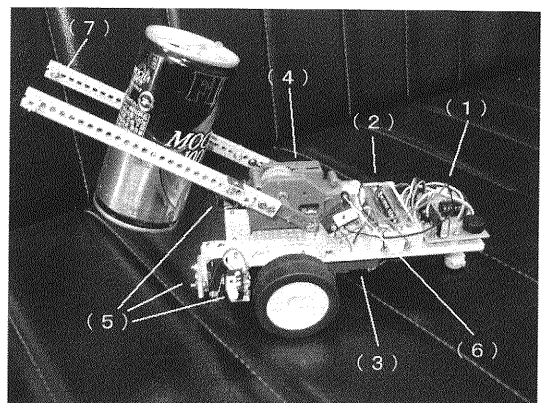


図6 作品例

## 6. 制御プログラム

パソコン上で作成する制御プログラムは、RS232C 端子からバイトコードを送信可能なアプリケーションソフトならば、基本的には制御可能であるが、本研究では教育用プログラミング言語「ドリトル」<sup>14)15)</sup>を用いた。

ドリトルの利点は、日本語を用いて記述することで学習の敷居を低くすることができること、画面上のオブジェクトを操作するモデルを採用していることである。ドリトルの処理系には通信ポートにアクセスする機能が含まれており、それを利用して外部機器の制御が行える。授業で使う際には、外部機器の使用に応じてわかりやすい記述を可能にするオブジェクトを予め用意することで、学習者が入出力の詳細に煩わされることなく外部機器の制御に集中できるようにした。図 8 にドリトルによる制御プログラム(壁をはい、荷物を検出し、荷物を持ち上げるプログラム)を示す。このプログラムでは、“ロボ”という名前の通信オブジェクトを生成し、その内部に“転送命令”という名前でロボットに命令を送るメソッド(オブジェクトごとに記憶する小さなプログラム)を定義した。このメソッドは、通信ポートを開いた後で実行される。転送される命令により、ロボットは次のようなプログラムを実行する。

- ロボという名のロボット制御用のオブジェクトを生成し、通信ポートを「COM1」に設定する。以下「ロボ!」に設定された命令内容で「!」と書かれたものは、対象を示す「ロボ!」が省略されたものである。(1)
- 転送命令という名のメソッドを生成し、「」の中にプログラムを定義する。プログラムのメインルーチンは「はじめロボット」から「おわりロボット」の間におく。(2)(9)

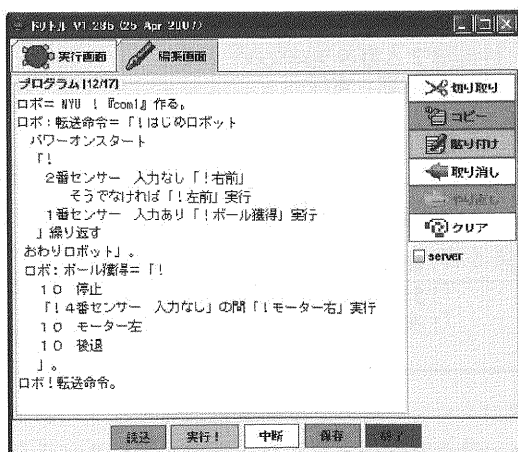


図 7 ドリトル編集画面

表 2 授業内容と時間

No.	授業内容	授業時間
1	コンピュータ制御について調べよう	1
2	プログラムを作成してみよう	7
3	制御ロボットを製作しよう	10
4	制御プログラミング	3
5	プログラミングロボコン	3

1 授業時間は 50 分

- 基板の電源スイッチを ON にしたと同時にプログラムが動作する「パワーオンスタート」を設定する。(3)
- 「「!」」繰り返す」により繰り返し命令の設定。(4)(8)
- 2 番センサに入力なしの間右タイヤを前進させる。入力があったら左タイヤを前進させる。これは、左側の壁に沿って前進させる。(5)(6)
- 1 番センサの入力を確認したら「ボール獲得」を実行する。(7)
- ボール獲得をメソッドとして定義。(10)~(15)
- 命令をロボットへ転送する。(16)

ドリトルを用いることで、制御命令がわかりやすい日本語で表記でき、簡略な構文で作ることができるため、プログラムの難度が上がっても中学生に理解しやすいと考えた。

図 7 は、図 8 のプログラムをドリトルの編集画面に入力したものである。また、図 9 は図 7 の実行画面である。

図 7 の編集画面上で実行ボタンを押すと図 9(a) で示す画面になる。画面では、プログラムで使用したバイト数がサイズとして表示される。図 9(a) の転送ボタンをクリックすることで COM ポートに接続されてバイトコードの転送が始まる。図 9 (b) は、転送中の画面である。転送中は転送ボタンが転送状態を表すグラフに変わり現在何%のプログラムが転送されているのか表示される。また、転送したバイトコードが 10 進数表示となって示されている。図 9 (c) は、転送完了後の画面である。転送が完了した時点で「転送完了」が表示され COM ポートへの接続も切断される。

このように、プログラムは、日本語で作られ基板にバイトコードで転送される。また、転送しているバイトコードも 10 進数表記でわかるようにしたことでプログラムが数値に変換され転送されることがイメージしやすくなるようにした。表 3 と表 4 は制御に使用できる命令である。

表3 命令一覧

命令	命令解説	用例
t 前進	両輪を前転させる (t は 0.1 秒単位の時間 以下同じ)	10 前進
後退	両輪を後転させる	10 後退
左前	左車輪を前転させる	10 左前
右前	右車輪を前転させる	10 右前
左後	左車輪を後転させる	10 左後
右後	右車輪を後転させる	10 右後
右回り	左車輪を後転・右車輪を前転	10 右回り
左回り	右車輪を後転・左車輪を前転	10 左回り
停止	全モータを停止させる	10 停止
時間	t × 0.1 秒の間現在の状態を続ける	10 時間
モーター左	第3モータを左回転させる	10 モーター左
モーター右	第3モータを右回転させる	10 モーター右
ブザー	ブザーを引数 × 0.1 秒間ならす	10 ブザー
電子音	電子音を引数 × 0.1 秒間ならす 2番目の引数は電子音のパルス幅	10 30 電子音
リミットスイッチ	リミットスイッチ(スイッチ1番)が 押されるまで現在の状態を続ける	リミットスイッチ
サーボ	引数番目のサーボに引数2番目 のパルス幅の信号を出力	192 2 サーボ
ポート出力	引数ポートに2番目の 引数値とするデータを出力	10 64 ポート出力

表4 命令一覧(条件分岐と繰り返し)

命令	命令解説	用例
「<条件文>」なら 「...」実行	<条件文>が真であれば ...を実行。	「!2入力あり」なら 「!前進」実行
「<条件文>」なら「...」 そうでなければ「—」実行	<条件文>が真であれば...を, 偽であれば—を実行。	「!2入力あり」なら「!前進」 そうでなければ「!後退」実行
「<条件文>」の間 「...」実行	<条件文>が真である間...を 繰り返し実行。	「!1入力あり」の間 「!5ブザー2時間」実行
繰り返し脱出・ 実行脱出	break 命令。実行中の繰り返しや実行 ブロックの実行を中止して次へ進む。	「!5ブザー」「!1入力あり」なら 「!繰り返し脱出」実行2時間」繰り返し
次繰り返し 再実行	continue 命令。実行中の繰り返しや 実行ブロックの実行を中断して 次の繰り返しや条件判定に進む。	「!5ブザー」「!1入力あり」なら 「!次繰り返し」実行2時間」10繰り返し

```

ロボ= MYU !『com1』作る。 (1)
ロボ：転送命令=「！はじめロボット (2)
    パワーオンスタート (3)
    「！ (4)
        「！2番センサー 入力なし」なら「！右前」//左壁に近づく (5)
        そうでなければ「！左前」実行//左壁から離れる (6)
        「！1番センサー 入力あり」なら「！ボール獲得」実行 (7)
    」繰り返す (8)
    おわりロボット」。 (9)
ロボ：ボール獲得=「！ (10)
    10 停止 (11)
    「！4番センサー 入力なし」の間「！モーター右」実行 //アームを下ろす (12)
    10 モーター左//アームを上げる (13)
    10 後退 (14)
」 (15)
ロボ！転送命令。 (16)
    
```

図 8 制御プログラムの例

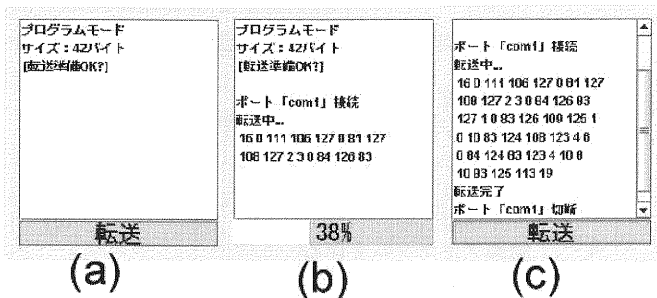


図 9 実行画面

## 7. 中学生への授業による評価実験

2006年1月～10月にかけて静岡県内の中学校の生徒(3年生123名)を対象に3モータ制御ロボットの製作と制御の授業を行った。授業は、技術科担当教員が行った。

### 7.1 授業目標

授業目標は、「目的とする動作に合わせて、ロボットを製作し、制御プログラムを作る体験を通して制御技術の基本を学ぶ」である。ここで言う制御技術の基本とは、専門教育で捉える制御技術の基本とは異なり、中学生が制御技術の概要が学べることを考え「コンピュータがモータの回転や入力センサによる条件判断などの制御をし、その制御方法をプログラムで決めること。」という内容と捉えた。実施した授業内容と授業時間を表2に示す。

### 7.2 授業内容

授業では、ドリトルによる簡単なグラフィックに関するプログラミングを行った後にロボットの製作を行った。ロボットは、生徒一人につき一台製作するようにした。製作においては、ピンポン球を輪ゴムが仕掛けられた紙コップ

ですくい上げる機構のロボットを製作した。製作上の細かい工夫に関しては生徒に自由に考えさせた。また、プログラミングの課題としては、ロボットにピンポン球を運び別のケースに入れる作業を提示した。図12に課題の図とルールを示す。最後に生徒全員でコンテスト形式で授業を行った。図10と図11は授業の様子である。



図 10 プログラミングする生徒 (掲載許諾済)

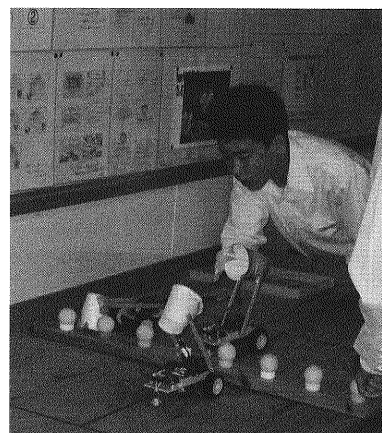
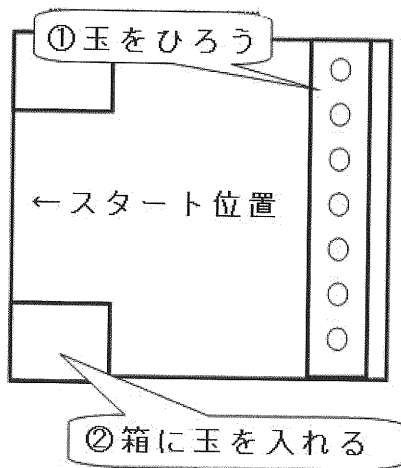


図 11 ロボットコンテストの様子 (掲載許諾済)



コンテストのルール

1. 2人でプログラムを協力して考え、どちらかのロボットにプログラムを転送し、実行する。
2. 左図の波線部のどちらかにロボットを置いてスタートする。
3. 玉置場からピンポン玉を拾い、自分のかごに入れる。
4. ピンポン玉をかごに入れた場合は、1球につき2点。拾った球がコート内に落ちた場合は1点とする。

図12 ロボットコンテストのルール

8. 授業結果

8.1 ロボットの製作

生徒123名は、時間内に全員ロボット(計123台)を完成させることができた。授業時間の都合上ロボットの形状は、ピンポン球を輪ゴムが仕掛けられた紙コップですくい上げる機構のロボットをサンプルとして示したため、ロボットの形状やピンポン球の持ち運びに関する機構に関しては生徒の工夫はあまりみられなかった。

8.2 制御プログラミング

生徒は、ドリトルを採用したため、プログラミングの基本的なことに関しては問題なく学習できた。また、ロボットの制御のプログラムはサンプルプログラムを基本にしながらも独自の移動プログラムやピンポン球をひろい上げ運ぶ作業プログラムを作ることができた。

8.3 アンケート結果

全ての学習内容終了後、生徒123名にアンケート調査を行った。アンケートでは以下の質問1から質問5に関しては5段階の尺度(5・強く思う 4・思う 3・どちらともいえない 2・思わない 1・全く思わない)で答えるように指示した。以下5と4の回答を肯定的な回答、1と2の回答を否定的な回答とした。表5に質問内容に対して肯定的な回答をした生徒の人数と割合を示した。

表5から、ロボット製作も制御プログラミングの学習も生徒にとって「難しいが楽しい」と考える学習内容であったことがわかる。これは、本教材を使った課題が、授業を受けた生徒にとっては難しすぎるものではなかったことを意味する。また、授業をもっと続けたいと考える生徒が多かったことから、筆者らが開発した制御教材を用いた授業

表5 アンケート結果

No.	質問内容	人数	割合 (%)
1	ロボットの製作は難しい	88	71.5
2	ロボットの製作は楽しい	115	93.0
3	制御プログラムを作ることは難しい	87	70.1
4	制御プログラムを作ることは楽しい	91	74.0
5	この授業をもっと続けたい	96	78.0

は生徒の学習意欲を高めることができることがわかった。

8.4 授業の感想

図13は、授業後の生徒の感想である。感想(1)から、製作から制御まですべて体験できたため、生徒に達成感を与えることができたことがわかる。感想(2)から、制御の難しさを示しながらも、もっと続けたいという意欲を持っていたことがわかった。アンケート結果からもわかったことであるが、3モータ制御の学習は生徒(中学3年生)に適度な負荷であったことがわかる。感想(3)から、機械への関心が持てたとあるように、この学習が教材への興味関心だけでなく、その他の機械やロボットなどに及ぶことがわかった。

9. 考察

生徒が自律型3モータ制御ロボットの学習に好意的な評価を出していることから、中学校の授業に3モータ制御ロボットの学習が無理なく取り組み、しかも、プログラミングとものづくりの両方を総合的に学べる教材であることがわかった。3モータ制御学習では、2モータ制御教材の時と比べて、移動の制御だけでなく作業の制御も必要なた



(1) ひとつひとつ小さな部品から一つの何かができて作っていくと授業があつという間に感じ、夢中になって取り組めた。ただ作るだけでなく、自分が作ったものをパソコンであやつったり難しいけどできたときはすごく嬉しかった。機会があればまたやりたいです。

(2) プログラムによるロボット制御は、距離・角度をしっかり考えないといけないので大変でした。でも、この授業をもっと続けたいと思いました。

(3) 普段ではやらないロボット製作や制御をやってロボットや機械への関心が持てた。自分が考えたプログラムでロボットが考えた通りに動いたときは嬉しかった。

図 13 生徒の感想

め、制御プログラムが難しくなる。しかし、アンケート結果や生徒の感想(2)からもわかるように、その難しさが、生徒の意欲を失わせるものではなく、もっと続けたいと思わせるような負荷であった。そのような適度な負荷となり得た理由は、生徒がロボットを自作したことと、制御プログラミングで扱った言語がわかりやすかったことが考えられる。生徒は、ロボットを自作しているため、動作がうまくいかない原因を、ロボットの機構によるものなのかそれともプログラムによるものなのか、把握しやすかったものと考えられる。また、プログラムもわかりやすい言語で表記できたため、プログラミングの煩わしさを感じることなく制御内容のプログラミングに集中できたと考えられる

## 10. まとめ

筆者らが開発した教材により、プログラミングによるロボットコンテストを行う授業実践が可能であることを確認した。ロボットコンテストの導入により、生徒が自然に楽しみながらロボット制御を学べる環境を構築できることもわかった。これは、移動制御を中心とする2モータ制御教材と比較し多様な評価形式を生み出すことを意味しており、それは同時に、学習者の創意工夫する力をロボットの機構とプログラムの両方の面から育む可能性があることを意味している。さらに、自律型3モータ制御学習は、筆者らが取り組んだ2モータ制御教材と比較し、授業時間数はロボット製作やプログラム制作にかかる時間が多く必要となるためおおよそ5時間ほど多くなる<sup>1)</sup>が、意欲を損なわず楽しく取り組める適度な負荷を与える教材であることもわかった。コンピュータの仕組みを理解するためには、ソフトウェアの働きやハードウェアの仕組み等を学習する必要がある<sup>16)17)</sup>。しかし、コンピュータの専門家を目指していない中学・高校の生徒たちにとっては、プログラミングや制御を学ぶことがおもしろいと思わせる教材でそれらを無理なく学習できる環境を構築することが大切であ

る。3モータ制御ロボットとプログラミングの学習には、ハードウェアとソフトウェアを無理なく自然に考えさせるという学習効果がある。そのため、新学習指導要領<sup>18)</sup>で示された「コンピュータによる制御」モデルも無理なく楽しみながら学べるようになる。中学校「技術・家庭」の授業でそのモデルを示すことは、生徒たちに現在と未来の技術に関して考える良いきっかけを与えることにもなる。さらに、技術リテラシー<sup>19)</sup>を育てる教育にもつながる。自律型3モータ制御教材の授業が、多くの中学校で実践されることを期待したい。

謝辞

中学生への授業による評価実験では、静岡県藤枝市立葉梨中学校の秋山友徳先生にご協力いただきました。また、研究推進にご協力いただいた同校の生徒みなさん及び教職員のみなさんに御礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune: Learning Computer Program with Autonomous Robots, LNCS, Vol.4226, pp.138-149 (2006)
- 2) 佐藤和浩, 紅林秀治, 兼宗進: 小学校におけるプログラミング活用の現状と課題, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会, CE(78), pp.57-63(2005)
- 3) 紅林秀治, 兼宗進: プログラミング学習についての一考察: ロボット制御のプログラミング学習とソフトウェア作りのプログラミング学習を比較し, 情報教育シンポジウム論文集 (SSS2004), pp.21-28(2004)
- 4) 森慎之助, 山本 透, 森岡 弘, 白浜 弘幸: 中学校技術・家庭科(技術分野)におけるロボット技術を用いた動力伝達および機構学習, 日本産業技術教育学会誌, 第48巻3号, pp.193-200(2006)
- 5) 伊藤陽介, 森 誉範, 菊地 章, 大泉 計: 「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻3号, pp.213-221(2006)
- 6) 嶋田彰子, 山菅和良, 針谷安男, 鈴木道義: 自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻4号, pp.297-305(2007)
- 7) 森真之助: ロボット教材を用いた制御・プログラミングの授業実践と作業分析, 日本産業技術教育学会誌, 第47巻3号, pp.201-207(2005)

- 8) Martin,F.,Mikhak B.,Resnick,M.,Silverman B. and Breg,R.:To Mindstorms and Beyond : Evolution of a Construction Kit for Mgcial Machines. Robots for kids,Morgan Kaufman(2000)
- 9) 下山大: 物作りを通してたくましく生きる力と自ら学び考える創造性を育む授業実践., 日本産業技術教育学会誌, Vol.39, No.4, pp.169-272,(1997)
- 10) 大倉浩之, 木村誠, 須見尚文: ものづくり学習としての位置づけと教材研究・開発, 日本産業技術教育学会誌, 第43巻4号, pp.209-217(2001)
- 11) PIC データシート :<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/80185D.pdf>.
- 12) Low-Saturation Bidirectional Motor Drive for Low-Voltage Applications, SANYO ElectricCo.,Ordering number: EN3515A,Ltd. Semiconductor Bussiness Headquarters,pp.1-4(1996)
- 13) ロボット工房スタジオミュウ, <http://www.studiomyu.com>
- 14) 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井真吾, 久野靖: 学校教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」の設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.SIG11(PRO12),pp.78-90(2001)
- 15) 兼宗進, 中谷多哉子, 御手洗理恵, 福井真吾, 久野靖: 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.144, No.SIG13, pp58-71(2003)
- 16) 米田完, 坪内孝司, 大隅久: はじめてのロボット創造設計, 講談社 (2001)
- 17) 末松良一, 雨宮好文.:制御用マイコン入門 (2005)
- 18) 文部科学省:中学校学習指導要領解説 技術・家庭科篇, 教育図書 (2008)
- 19) 桜井宏: 社会教養のための技術リテラシー, 東海大学出版 (2006)

## Abstract

We describe a control board for an autonomous mobile arm-equipped robot that we have developed and evaluate it as a teaching material. Using our control board and the programming language “Dolittle” in technology education, students were able to learn systems that work with mechanics, electricity and computers through an integration of manufacturing and programming. Thus, we established a curriculum for junior high school students to learn the systems we wanted to teach with an autonomous mobile arm-equipped robot as teaching material. In this paper, a test conducted to evaluate our lessons in junior high school is reported. As a result, our robots and technology education curriculum satisfy the requirement for students to have more incentive to learn the concept of systems.

Key words: Technology education, Learning programming to control, Industrial arts and Home economics, Robot contest, Autonomous robot