

自律型 3 軸制御ロボット教材を用いた授業実践

紅林 秀治[†], 兼宗 進[‡], 青木 浩幸[§], 鎌田 敏之^{*}
静岡大学[†], 一橋大学[‡], 東京学芸大学[§], 愛知教育大学^{*}
eskureb@ipc.shizuoka.ac.jp[†], kanemune@acm.org[‡],
aokih@cs.u-gakugei.ac.jp[§], tkamada@aeu.ac.jp^{*}

概要

自律型 3 軸制御ロボットを用いた中学生にむけた技術教育を提案する。最初に自律型ロボットを用いる理由について述べ、開発した制御用基板と制御用に使用したプログラミング言語ドリトルについて説明する。次に、教員と中学生に行った評価実験について述べる。教員からは、3 軸制御ロボットの学習は、情報教育とものづくり学習を融合する教材であるという評価を得た。中学生の授業実践からは、制御プログラムによるロボットコンテストが実施可能で、学習意高めながらものづくりとプログラミング学習の二つを学習できる教材であることがわかった。

Practice of learning manufacturing and control programming with autonomous triaxial robots

Shuji Kurebayashi[†], Susumu Kanemune[‡], Hiroyuki Aoki[§], Toshiyuki Kamada^{*}
Shizuoka University[†], Hitotsubashi University[‡], Tokyo Gakugei University[§],
Aichi University of Education^{*}

In this paper, We propose the lesson to learn technology with autonomous triaxial robots for junior high school students. First, the reason why Autonomous robots as teaching material are needed is explained. The circuit board as teaching material and programming language "Dolottle" which control a robot are described. Then, we introduce lessons of manufacturing and controlling robots to teachers and students in "Technology and Home economics" subject. From the result of lessons we found that autonomous triaxial robots as teaching materials were effective in interdisciplinary learning manufacturing and programming to control robots

1 はじめに

現在、中学校技術・家庭科の授業では、「ものづくり」の学習と「情報」の学習を独立して教えている。

「情報」の学習は中学校指導要領 [1] が定める、学習領域「情報とコンピュータ」においてコンピュータの使い方を中心に教える内容になっており、コンピュータの原理の学習もコンピュータの範囲内にとどまっている。

一方、ものづくり学習では、ロボットコンテストの学習により、機械の学習の範囲にとどまらず電気

の学習や金属加工の学習などと融合がはかられ、その育効果が様々なところで報告されている [2][3]。しかし、中学校で実践されているロボットコンテストのロボットは、コントローラを使って手操作により自作したロボットを制御するものであり、コンピュータと結び付いた学習にはなっていないという問題点がある。

筆者らは、従来のロボットコンテストにおける教育的効果を生かしながら、ロボットコンテストでは足りない部分を補うために、制御プログラミングによる、ロボットコンテストを可能にする教材開発を行った。その開発過程で、ただ制御プログラムの体

験的な学習を行うのではなく、ロボットコンテスト同様に、生徒がロボット作りに自ら工夫し創造する楽しさを味わえる条件と制御プログラミングも難しい言語を使用せず学びやすいものであるという二つの条件を満たすことを考慮した。

2 使用した教材

手動によるリモコン操作ではなく、プログラムによる自律的な動作を可能にするために、我々は CPU を内蔵した基板と、プログラミングを行うための言語を開発した。

2.1 制御基板

ロボットが自律的に動作するためには、プログラムを記憶するためのメモリ、プログラムを実行するための CPU が必要である。また、プログラムはパソコンから電気的な信号として転送され、ロボットを動かすための信号は電気的にモーターに伝えられる。

今回使用した基板では、生徒が自分で部品を取り付け、半田付けや配線を行うことで、プログラムだけでなく、電気的な回路を含めて電子機器がどのような仕組みで動いているかということを体験的に学べる教材とした。

設計した基板 [5] を図 1 に示す。

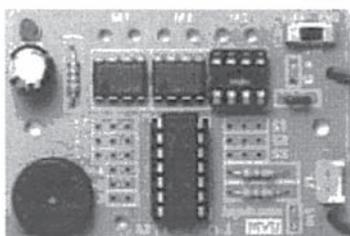


図 1 基板

移動しながら何らかの作業をするロボットを実現するためには、移動用に 2 モーターを使用するため、最低 3 モーターを制御する必要がある。今回、自律型 3 軸制御用に開発した基板は 4 個の入力ポートを持ち、モーターを 3 個制御できる。

この基板に採用した PIC16F630[6] というワンチップマイコンには、RAM だけでなく、フラッ

ッシュメモリと EEPROM が内蔵されている。フラッシュメモリにファームウェアとして、ホストコンピュータから制御命令を受信して EEPROM に記憶し、記憶した命令を解釈・実行するためのモニタープログラムが書き込まれている。プログラムはホストコンピュータからバイトコードで送られ 127 バイトまで書き込み可能である。典型的な命令は、命令と引数を合わせて 2 バイトで表現される。この基板を使用することで、3 個のモーターが制御可能になり、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ー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 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。生徒の作品例を図 2 に示す。



図 2 作品例

2.2 プログラミング言語「ドリトル」

制御プログラムを作成するためのプログラミング言語にはドリトル [6] を採用した。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、外部のロボットを制御できることが利点である。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、外部機器の仕様に応じてわかりやすい記述を

| | |
|-------------------------------|------|
| 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」 | (5) |
| そうでなければ「! 左前」実行 | (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 | (12) |
| 10 モーター左 | (13) |
| 10 後退 | (14) |
| 」。 | (15) |
| ロボ！転送命令。 | (16) |

図3 制御プログラムの例

可能にするオブジェクトを予め用意することで、生徒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3にドリトルによる制御プログラムを示す。このプログラムでは、壁をはい、荷物を検出し、荷物を持ち上げている。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をする。

- 2番センサーに入力がない間、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。(5)(6)
- 1番センサーの入力が確認したら「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(16)

ドリトル [7] を採用したことで、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学習環境を構築できた。

表1 講習内容

| 講習項目 | 時間 |
|-----------|----|
| 3軸ロボットの製作 | 3 |
| 3軸ロボットの制御 | 3 |

3 教員への講習会

2006年8月に広島県福山市において中学校技術科教員5名に、11月に静岡県藤枝市において中学校技術科教員8名を対象に3軸ロボットの製作と制御プログラミングの講習会を行った。講習内容を表1に示す。講習は紅林が担当した。

3.1 製作

講習会では、ロボットは空き缶を持ち上げ運ぶ作業ができるものを製作した。作品例を図4に示す。モーターは、移動用に2個、缶を持ち上げるアームのために1個を使用した。センサースイッチは、左右の衝突検知に2個、アームの位置判定などに2個使用した。缶には電導性のテープを巻き、接触時に電気が流れるかどうかで壁などと区別するようにしている。アームの内側には輪ゴムを切って貼り付け、すべらずに缶を保持できるようにした。

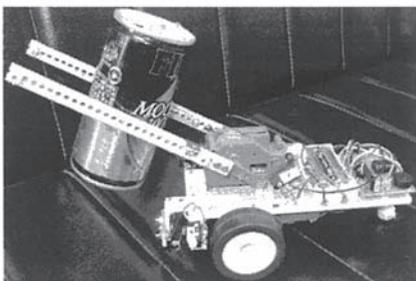


図4 缶運びロボット

3.2 制御プログラム

ドリトルを用いて、制御プログラムを作った。プログラムは図3に相当するサンプルプログラムを基本に講習した。最後に、プログラムによる缶運びロボットコンテストを実施した。図5は講習会の様子である。

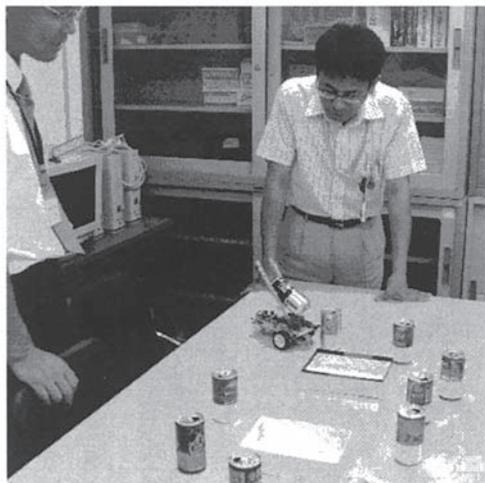


図5 講習会の様子

3.3 講習の結果

講習後アンケートを実施した。質問内容に対して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)で答えるようにした。以後5・4を肯定的、1・2を否定的と考える。以下表2から表3は質問内容とその人数である。

質問1「ロボットの製作は生徒には難しい」と質

表2 生徒にとっての難しさ(質問1, 質問2)

| | 難しい | | 易しい | | |
|------------|-----|---|-----|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ロボットの製作 | 0 | 2 | 6 | 5 | 0 |
| ロボットのプログラム | 0 | 1 | 5 | 6 | 1 |

表3 学習効果の期待(質問3, 質問4, 質問6)

| | 高い | | | 低い | |
|----------|----|---|---|----|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 情報の学習 | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| ものづくりの学習 | 6 | 6 | 1 | 0 | 0 |
| 工夫・創造する力 | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 |

表4 授業で使いたい(質問5)

| | 肯定 | | | | 否定 |
|----------------|----|---|---|---|----|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ロボットコンテストをやりたい | 5 | 7 | 1 | 0 | 0 |

問2「ロボットのプログラムは生徒には難しい」に関しては肯定的に答えている教員よりも否定的に答えている教員が多いことが表2からわかる。この結果から、講習を受けた教員は3軸制御ロボットを授業で利用可能と考えていることがわかった。

質問3「情報の学習として効果がある」と質問4「ものづくりの学習として効果がある」に関しては、ほぼ全員が肯定的に答えていることが表3からわかる。これらの結果から、3軸制御ロボットの学習は、情報教育ともものづくり教育の両方に効果が期待できる教材であることがわかった。

質問5「プログラミングを取り入れたロボットコンテストを授業でやってみたい」と質問6「3軸制御ロボットの学習は工夫し創造する力を育てる」に関して、ほぼ全員の教員が肯定的に答えていることが表4からわかる。3軸制御ロボット教材を用いたプログラミングによるロボットコンテストが実施が可能であり、さらに工夫し創造する力を育てることが期待できる教材であることがわかった。

以上の教員評価の結果から、今回設計した3軸制御ロボットの教材は授業で利用可能であり、高い教育効果が期待できることがわかった。

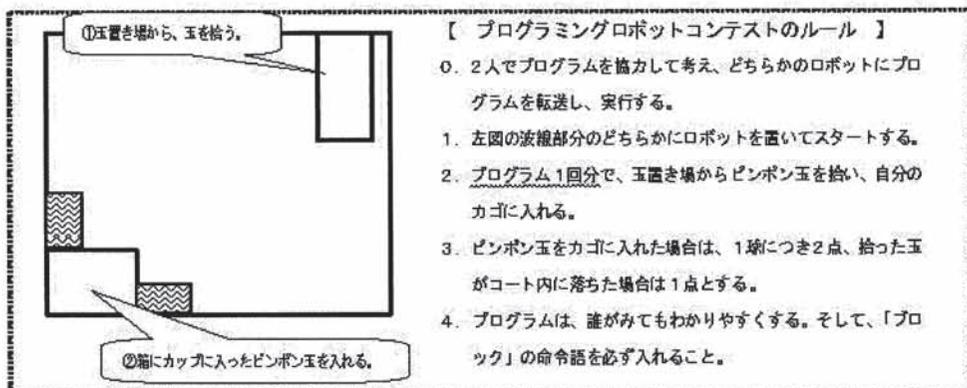


図6 ロボコンのルール

表5 授業内容と時間

| 授業内容 | 時間 |
|------------------|----|
| コンピュータ制御について調べよう | 1 |
| プログラムを作成してみよう | 4 |
| 制御ロボットを製作しよう | 10 |
| 制御プログラミング | 3 |
| プログラミングロボコン | 3 |

4 中学生への授業

2006年1月から10月に、静岡県藤枝市立葉梨中学校の生徒(3年生123名)を対象に3軸制御ロボットの製作と制御の授業を行った。授業は、秋山教諭が担当した。

4.1 授業内容

授業内容と時間を表5に示す。授業では、ドリトルによる簡単なグラフィックのプログラミングを行った後、ロボットの製作を行った。ロボットに関しては図2で示した生徒作品を基本モデルとして、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製作させた。

プログラミングの課題として、ロボットにピンポン球を運び、別なケースに入れる作業を提示した。図6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7と図8は授業の様子である。



図7 プログラミングする生徒

5 授業結果

5.1 ロボットの製作

生徒123名は、時間内に全員がロボットを完成させることができた。

5.2 制御プログラミング

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すくう作業プログラムを作り試していた。また、プログラムによるロボットコンテストも行うことができた。



図8 コンテスト課題に取り組む生徒

表6 アンケート結果

| | 人数 | 割合 (%) |
|---------------------|-----|--------|
| 1. ロボット製作 (難しい) | 88 | 71.5 |
| 2. ロボット製作 (楽しい) | 115 | 93.0 |
| 3. ロボットのプログラム (難しい) | 87 | 70.1 |
| 4. ロボットのプログラム (楽しい) | 91 | 74.0 |
| 5. 授業続けたい | 96 | 78.0 |

5.3 アンケート結果

全学習内容終了後、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。表 6 に質問内容と肯定的な答えをした生徒の人数と割合を示した。

表 6 から、ロボット製作と制御プログラミングの両方が生徒にとって「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、3 軸制御ロボット教材の難易度が生徒にとって適切であ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、3 軸制御ロボットの授業は生徒の学習意欲を高めるものであったことがわかった。

(1) ひとつひとつ小さな部品から一つの何かが出来て、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・角度をしっかりと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9 生徒の感想

5.4 授業後の感想

図 9 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 軸制御の学習は生徒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。

6 考察

講習を受けた教員と授業を受けた生徒が自律型 3 軸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 軸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 軸制御学習では、移動の制御だけでなく作業の制御も必要なため、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で、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かプログラムによるも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。

7 関連研究

3軸のロボット制御を手軽に実現する製品としてレゴマインドストームが知られている[8]。この製品を使うことで、レゴブロックを用いてロボットを作成し、画面でフローチャートを描くような形でプログラムを作成することができる。一方、CPUを含む電子回路はブラックボックスの中に入っており、生徒が部品などの回路を見ることはできない。

今回の授業では、部品の取り付けや半田付けなどの電子回路作成を体験させたかったことと、チャートでなく文字によるプログラミングを体験させたかったことから、専用の基板を開発し、プログラミング言語を設計した。

8 まとめ

自律型3軸制御ロボットの評価実験を行い、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。また、自律型3軸制御学習は、意欲を損なわず楽しく取り組める適度な負荷を与えるの教材であることもわかった。さらに、確実に動作するための制御プログラムや条件分岐の考え方を、楽しいと思わせながら学習できるものであることがわかった。

コンピュータの仕組みを科学的に理解するためには、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[9]。しかし、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、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軸制御ロボットと制御プログラミングの学習には、ハードウェアや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、「コンピュータが機械を制御する」モデルも無理なく楽しみながら学べるようにする。中学校・技術家庭科の授業でそのモデルを示すことは、生徒たちに現材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[10]を育てる教育にもつながる。自律型3軸制御教材の授業が、多くの中学校で実践されることを期待したい。

3軸ロボット教材を開発していただいたスタジオ・ミュウの井上修次氏と実験授業に協力していただいた藤枝市立葉梨中学校の秋山友徳先生に感謝いたします。

参考文献

- [1] 文部科学省：中学校学習指導要領。1998
- [2] 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てる授業実践。日本産業技術教育学会誌，Vol.39，No.4，pp169-272，1997
- [3] 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，pp209-217，2001
- [4] 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，pp2-3，2001
- [5] 鎌田敏之，井上修次，室伏春樹，紅林秀治：教材用自律型制御ロボット基板の開発と授業実践。日本産業技術教育学会，第49回全国大会講演要旨集，pp100，2006
- [6] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/80185D.pdf>
- [7] 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

- [8] 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, pp201-207, 2005
- [9] Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Knemune: Learning Computer Program with Autonomous Robots. LNCS, Vol.4226, pp138-149 ,2006
- [10] 桜井宏: 社会教養のための技術リテラシー. 東海大学出, 2006