

## 小集団学習を利用した自律型ロボット制御の学習

Learning control program using autonomous robots with small group activity

西ヶ谷浩史\*・紅林秀治\*\*

Hirohumi NISHIGAYA Shuji KUREBAYASHI

### abstract

In this paper, we propose the lessons to learn control program using autonomous robots with small group activity for junior high school students. We design the lessons of the robot contest that students enjoy learning and make the control program for robots dancing like a synchronized swimming. In taking small group activity to lessons of the control program, students are easy to understand the control program, so that they can solve the problems of program and enjoy learning by discussion with small group.

### 1. はじめに

中学校技術・家庭科「情報とコンピュータ」の学習の中で、プログラミングや制御を学習させることが、情報技術や産業技術を教える点で有効である<sup>[1]</sup>。しかし、それらの実践は難しく、生徒がプログラムの意味や機械の動きのしくみを理解しながら学習できるとは言い難い<sup>[2]</sup>。特に、制御学習に関しては機械を作る部分＝ハードウェアとプログラミングを行う部分＝ソフトウェアの両面での難しさがある。筆者らは、これらの問題点を解決するために独自の教材を開発し実践を重ねてきた。その結果、生徒がロボットを自作し、プログラムで制御する学習が生徒に達成感を与え、プログラミング学習に効果を生むことが明らかになった<sup>[3]</sup>。ところが、ロボットの製作まで興味を持ち取り組んだ生徒が、制御プログラミングで難しさを感じる人が多いこともわかった<sup>[4]</sup>。すべての生徒に興味を持たせながら学ばせるためには、学習形態が個人学習よりも小集団による学習の方が効果がある<sup>[5]</sup>。また、学習課題も機械の制御を目的とせず、手段となるようなコンテスト形式の課題ならば、生徒の取り組み方も変わる<sup>[6]</sup>。そこで、個人で製作したロボットを小集団で演技する制御プログラムの課題「シンクロ演技発表会」を設定して実践した。その結果、プログラムの設計や評価を協同行うため問題解決を早め制御プログラミングの学習が効率的になり、学習意欲を高めることがわかった。本稿では、使用した教材、授業内容、授業結果、考察の順に報告する。

\* 静岡大学教育学部附属島田中学校 \*\* 静岡大学教育学部

## 2. 使用した教材

### 2.1 使用した基板

ロボット制御と製作にあたり、井上修次氏が開発した制御用基板<sup>[7]</sup>を利用した。図1に基板を示す。基板は4個の入力ポートを持ち、モータを3個制御できる。この基板に採用したPIC (16F630) というワンチップマイコンには、RAMだけでなく、フラッシュメモリと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 BYTEまで書き込み可能である。ロボットの命令は、引数と命令の2つで構成されるため、1ステップ2バイト使用することになる。そのため、約63ステップの命令が記録できる。

こ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ャボックスやタイヤ等のパーツを利用した。作品例を図2に示す。

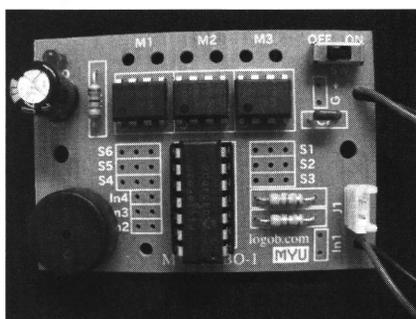


図1：基板

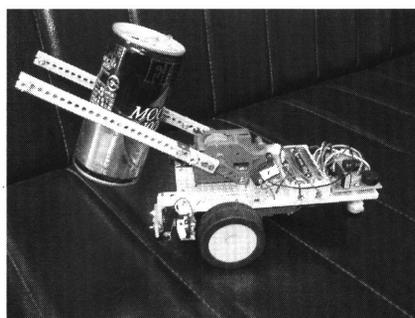


図2：作品例

### 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<sup>[8]</sup>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、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、“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。

- (1)：通信ポートを利用するためのオブジェクトを作成。

- (2) : MYUオブジェクトに「プログラム」が何かを教える命令で、ロボットの動きを「はじめロボット」から「おわりロボット」までの間に記述する。
- (3) : 基板の電源スイッチをONにするとプログラムがスタートする。
- (4) : ロボットが、10 前進 (1秒間前進) してから 停止する
- (5) : プログラムの終わりを示す。
- (6) : 「転送命令」が実行されMYUロボが理解できる機械語に変換。

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)
「 ! 10 前進 停止	(4)
おわりロボット」。	(5)
ロボ ! 転送命令。	(6)

図3:ロボットの命令プログラム

### 3. 授業

#### 3.1 対象学年と授業構成

静岡大学教育学部附属島田中学校の技術・家庭科の必修授業 (2年生120名) で行った。この学習は、2年時と3年時で行う技術・家庭科の授業時間 (合計40時間) を使い自律型3軸制御ロボットの製作と制御の授業として計画した。2年時ではロボットの移動部分の製作と制御を行い、3年時でロボットにアームをつけて作業ロボットの製作と制御を学習する。今回報告する授業は、2年時のロボットの制御の授業 (26時間) である。表1に2年時の授業内容を示す。

表1 : 授業内容 (2年時)

No	内 容	時間
1	プログラミング言語「ドリトル」の基礎	4
2	電気工作の基礎技術「半田付けのしくみと方法」	2
3	モーターへの配線とユニバーサルプレート	2
4	電気回路の基礎「回路の三要素と反転回路」	1
5	ロボットの設計と製作	1
6	基板の取り付けと配線作業	2
7	ロボットカーの製作続き	2
8	ロボットの移動部完成	2
9	ロボットとコンピュータとの接続	1
10	リモートコントロールでの動作確認	2
11	プログラムを転送しての動作「スラローム」	2
12	グループで演技をするための構想	2
13	グループで準備	2
14	シンクロ演技発表会	1

### 3.2 設定した課題と授業

表1の授業内容No.12「グループで演技をするための構想」No.13「グループで準備」で設定した課題の名前をシンクロ演技発表会とし、図4に示すルールを生徒に提示した。

<p>シンクロ演技発表会の（ルール）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生活班（6人）の集団演技をすること。その際、他のロボットと動きが合っているか、また工夫された演技構成がされているかを考えること。</li> <li>・時間は、やり直しを含めて60秒以内。演技自体は30秒以内に納め、音楽は自由に自分たちで選んで使用しても良い。</li> <li>・競技場の大きさは、180cm×180cm。</li> </ul>
---

図4：課題のルール

シンクロ演技発表会に向けて以下の順序で授業を行った。

- ・グループで演技の構想
- ・個人でプログラミング
- ・プログラミングの評価（グループで合わせる）

「グループで演技の構想」では、グループによる話し合いで演技のテーマを考えさせた。その後テーマを具体化するために、ロボットの動きを図で描き個々のロボットの動作を設計させた。これにより、個々の課題や作業内容が明確になるようにした。図5は、生徒がグループで話し合い、各ロボットの動作を記録したを構想図である。

「個人でプログラミング」では個々に分かれて自らの課題のプログラミング作業を行う。

「プログラミングの評価（グループで合わせる）」では、個々で作ったプログラムをそれぞれのロボットに転送しグループで動作を確認する。ここでは、プログラミングの評価をグループで行い、個々のプログラムの修正点を明確にする。

## 4. 授業結果

### 4.1 ロボットの製作

生徒は、授業時間内にロボットを完成することができた。図6は、生徒が製作したロボットである。3モータを使用しているが、今回の課題では使用しないが次回3年時の課題のためにギヤボックスを設置するよう指示した。

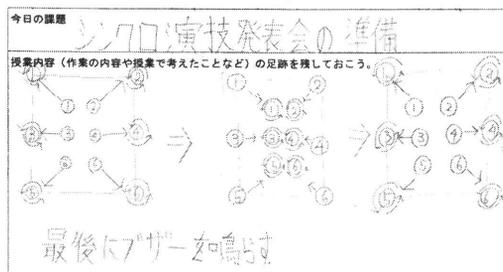


図5：構想図

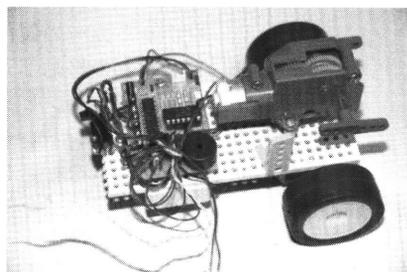


図6：生徒の作品

## 4.2 プログラムの制作

グループごとの話し合いにより、生徒のプログラミングの課題が明確になり生徒は、個々の課題に向けて取り組むことができた。授業中、コートの端から端までを何秒でロボットが移動できるか、また90度向きを変えるためには何秒必要かなど、それぞれのロボットに与えるモータ制御時間を計測する姿が見られた。また、自分のロボットがまっすぐ進まないなど機械的な不具合を発見しその修理もプログラムで行う生徒もいた。

作ったプログラムをグループで評価し修正する作業も協同作業で行うことができた。また、発表会もグループごと実施することができた。図7と図8は発表会を行っている時の生徒の様子である。



図7：発表会の様子1



図8：発表会の様子2

## 4.3 アンケート結果

全ての授業を終えた後、学習の効果と効率を調べるために、生徒120名にアンケートを行った。質問内容を以下に示す。質問内容に関して、7：強く思う、6：思う、5：どちらかと言えばそう思う、4：どちらとも言えない、3：どちらかと言えば思わない、2：思わない、1：全く思わない の7段階の尺度で答えるように指示した。以後、7、6、5を肯定的な回答、3、2、1を否定的な回答と判断した。

### 質問内容

質問1：授業内容をもっと知りたい、授業を続けたい。

質問2：自分なりに考えた、解決できた。

質問3：作業が思いどおりにできた。

質問4：授業内容を理解できた。

質問1は授業に対する意欲、質問2は授業で生徒の思考、質問3はロボット製作とプログラミング制作の両方の作業、質問4では授業内容の理解に関するそれぞれの生徒の自己評価を調べるために実施した。質問1と質問4は効果を、質問2と質問4は、効率を調べる指標とした。表2は、集計した結果である。この結果から、質問1「授業内容を知りたい、授業をもっと続けたい」という設問に対しては、94%生徒が肯定的に答えている。また質問4「授業内容を理解できた」は、93%、さらに質問2「自分なりに考えた解決できた」に関しては84%とどちらも高い数字を示している。これは、今回の課題が、今まで難しいとされていた制御学習の内容を容易に生徒が理解しやすい形に変えた題材であったことを示している。また、その課題も生

徒の興味を持続させる効果があり、そのことが質問1での高い数字につながったと考えられる。

表2：アンケートの結果

	7	6	5	4	3	2	1
質問1：授業内容をもっと知りたい、授業を続けたい	65	29	3	0	0	0	0
質問2：自分なりに考えた、解決できた	52	32	6	3	3	0	0
質問3：作業が思いどおりにできた	39	35	10	10	0	0	0
質問4：授業内容を理解できた	58	35	0	3	0	0	0

#### 4.4 生徒の感想

シンクロ演技発表会を終えた後、生徒の授業感想を取った。図9に生徒の感想を示す。授業を振り返って「よかった、うれしい、楽しい、おもしろい」など肯定的な感想を、88人(73%)の生徒が書いていた。これらの中には生徒感想(1)(2)(3)などのように、今まで行われていた個人作業主体の制御学習には見られなかった感想が出てきた。これは、共同学習を取り入れたことにより、生徒の意欲向上と充実感を生み出すという学習効果があったことを示している。

一方、感想の中には、「難しい」という言葉を48人(40%)の生徒が使っていた。これらの中には、生徒感想(4)のようにロボットの本質を理解したものがあつた。また、生徒感想(5)のように難しさを感じながらも技術に対する自信をつけることにつながった体験となつたことがわかつた。このことは、今まで何の疑問も持たなかつた技術や当たり前だと感じていた技術に対してはじめて向き合うきっかけとなつた学習だつたと言える。

制御の課題を競技ではなく発表会という形式を取つたことにより、生徒感想(6)(7)のように、シンクロ演技発表会は勝ち負けや優劣を競うコンテストではなく、グループで考えたテーマに対してロボットの動作を考える課題であつたため、失敗したり、思い通りに動かなくても満足感を味わうことができたことがわかつた。

#### 5. 考察

生徒は、質問1「授業内容をもっと知りたい、授業をもっと続けたい」と質問2「自分なりに考え、解決できた」の回答のほとんどが、肯定的な回答であつたことから、シンクロ演技発表会を取り入れたロボット制御の学習は、課題に対して考えることを促し、生徒の意欲を高めるものであつたことがわかる。また、質問3「作業が思い通りにできた」質問4「授業内容を理解できた」に関して70%以上の生徒が肯定的な回答をしていることから、個人作業である制御プログラムの学習をほとんどの生徒が理解できたと感じていたことがわかる。このように、質問1から質問4までの問いに対して肯定的な回答が多い結果となつた理由は、共同学習を取り入れたことによる学習効果であると考えられる。

制御プログラムの学習では、他教科の学習が不得手な生徒は苦手意識を持つ傾向にあつた<sup>[9]</sup>。しかし、図9生徒感想(1)(2)(3)で示したように、個人作業で行つたプログラミングの評価をグループで行い、問題となる所や修正箇所などを個人が把握しやすかつたことや、構想・制作・評価・修正というプログラミング学習の流れを一人だけで行わず、構想と評価にグ

ループによる意見やアドバイスが入るため課題に対する負荷が軽減されたと考えられる。その結果、プログラミングが不得手な生徒も、高い意欲を持ち続けて学習に臨むことができた。また、感想（7）にもあるように、グループごとの課題に対してうまくいかず失敗しても生徒にとっては楽しかったものであったことがわかる。コンテストとなると勝敗を決める形式が多いが、本実践で取り組んだコンテストは集団で作り上げたものをみんなで見せ合い評価し合う形式である。そのため、生徒が自らのプログラム構想を公開し共有する結果となり、そのことが生徒のプログラム構想を広げ考え工夫する機会を増やした。その結果、質問2「自分なりに考え解決できた」に関する肯定的な回答が多く現れたと考えられる。以上から、小集団による制御プログラムの学習は、生徒の意欲を高め、考え課題を解決する機会を増やす学習であったといえる。

- (1) グループでやるのは難しいけど、そろえば個人より何十倍もスケールが大きくなります。また、もう一度やりたいです。
- (2) 自分たちもすごく大変だったから、他の人たちが成功しなくてもあたたかい雰囲気でしたのがものすごく良かったと思った。
- (3) 自分たちが思っていたような動きはあまりできなかったが、班全員で一つの動きをやれて本当に楽しかった。
- (4) ロボットは、自分の意志が無いから、使いやすかったり逆に不便だったりするんだと思った。
- (5) 一人ではうまくいっているように見えるのに、グループで合わせることが難しいとわかりました。みんなと合わせるといことは人間にとっては、あたりまえ。これを自律型ロボットにも同じように表現豊かに演技をしてもらうというのは、とても複雑な作業をしなければなりません。・・・おかげでロボットともドリトルとも仲良くなりました。
- (6) 今回初めて、プログラミングをして演技をするということをやったけど、自分なりにどうやればどうなるか考えながらできて、ロボットがまっすぐ進まないとかあったけど最後までしっかりとやれて良かったです。
- (7) 他の班の演技も失敗してもおもしろかったし、短時間でここまでできたのだから長時間だったらもっともっとすごいことができるような気がしました。

図9：生徒の感想

## 6. まとめ

自律型ロボット制御の学習に、グループ学習を取り入れることが可能であることと、その学習効果として、学習意欲を高め、考え課題を解決する機会を増やす効果があった。

ロボット制御を取り入れることで、プログラミング学習に実物の動きによる体験に学習効果があった<sup>[3]</sup>が、今回の授業ではそれだけでなく、共同作業による構想と評価がさらに学習の効率を上げていることがわかった。

自律型ロボットの製作と制御の学習は、生徒に機械学習と制御プログラミング学習を総合的に学べる学習でありロボット学習の基礎にもなる。しかし、その学習課題のほとんどが個人によるロボット製作と制御プログラムの制作であった。個人によるプログラミング作業では、ど

うしても得意な生徒と不得意な生徒で学習に差がうまれる。その結果、学習意欲が減退する生徒も増えることにつながるが、グループ学習を取り入れることで、制御プログラムの学習に関してはその問題点を克服できる可能性がある。また、コンテストも競い合う形式ではなく見せ合い評価し合う形式の学習であったため、個人の考えをグループ全体の考えとして共有でき、生徒の構想力を刺激する効果も期待できる。

筆者らの実践した、シンクロ演技発表会以外にも、様々な課題設定は可能である。自律型制御ロボットを用いた授業実践をする教員仲間が増えることを期待したい。

## 7. 謝辞

授業実践にあたり、静岡大学教育学部附属島田中学校の生徒のみなさんと教職員のみなさんに多大なご協力をいただき感謝申し上げます。

## 8. 参考文献

- [1] 紅林秀治：ロボット制御でプログラミング学習。技術教室 第55巻第1号, pp.8-15, 2007
- [2] 永野和夫, 田中嘉美, 村松浩幸：ITの授業革命 情報とコンピュータ。pp.92-110, 東京書籍, 2000
- [3] Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Knemune: Learning Computer Program with Autonomous Robots. LNCS, Vol.4226, pp.138-149, 2006
- [4] 渥美勇輝, 王 東屏, 村松浩幸：生産システムを体験的に学習させるための制御教材の提案。第24回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp.17-18, 2006
- [5] 森真之助, 山本透, 盛岡弘, 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
- [6] 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
- [7] ロボット工房スタジオ・ミュウ：<http://www.geocities.jp/shuinoue/>
- [8] 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, pp.58-71, 2003
- [9] 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て。情報教育シンポジウム論文集 (SSS2004), pp.21-28, 2004