

自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた 授業による学習効果の検討[†]

Investigation of the Effect of Curriculum for Students to Learn Manufacturing and Programming to Control an Autonomous Mobile Arm-Equipped Robot as a Teaching Material

紅林 秀治* 青木 浩幸** 室伏 春樹*** 江口 啓*
Shuji KUREBAYASHI Hiroyuki AOKI Haruki MUROFUSHI Kei EGUCHI

自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた制御学習の授業とその学習効果について述べる。筆者らは独自に開発した制御学習用教材¹⁾を用いて、中学校「技術・家庭」における「ものづくり学習」と「情報の学習」の融合を試みた。二つの学習を融合するために、中学校で行われているロボットコンテストの課題を制御学習に取り入れた。それによる学習効果は、授業を通して機械、電気、コンピュータ、プログラムを総合的に学ぶことができると同時に、それらが調和して機能するシステムについて学習できることであると、筆者らは考えた。それらの検証のために、中学校において授業を実践した。その結果、本教材を用いた授業により、「機械や電気やコンピュータのことが広く学ぶことができる」だけでなく「機械や電気やコンピュータが関連しあいながら成り立つシステムの仕組みを類推できるようになる」ことが明らかになった。

キーワード：技術教育、制御学習、中学校、自律型ロボット

1. はじめに

中学校「技術・家庭(技術分野)」(以後、技術科とよぶ)では「A技術とものづくり」に並んで「B情報とコンピュータ」が含まれ、中学校での情報教育を担っている。「B情報とコンピュータ」では、プログラムと計測・制御に関する内容がある。

計測・制御は、現行の指導要領では選択的内容の取り扱いであるが、技術分野の学習としては欠かせない重要な学習内容であることを、村松²⁾や川俣³⁾らは指摘している。さらに、2012 年から導入される新学習指導要領においては、計測・制御は必修化⁴⁾が発表されており、一段と制御学習教材に対する期待が高まっている。

制御学習では、コンピュータによる制御の学習に対する関心・意欲を高めることが大事であるが、生活空間の

中にある制御技術、あるいは制御技術により支えられている社会などを認識させることも大切である。そのためには、制御システムに関して専門家あるいは、その技術に精通している人から説明を受けたとき説明内容を理解できる程度の素養を身につける必要がある⁵⁾。このような素養を身につけるためには、制御システムを理解するための学習が必要となる。

制御学習のメリットは、制御機器を製作し制御するというように、「ものづくり」と「プログラム」の学習を融合できる⁶⁾ことであり、それは、ハードウェアとソフトウェアの両方の概念を体験的に学習できることを意味する。さらに、機械、電気、コンピュータ、プログラムを総合的に学ぶことができると同時に、それらが調和して機能するシステムについて学ぶことを可能にする。したがって、制御システムを理解するには制御学習が有効であると言える。

制御学習に関しては、いくつか授業実践が報告されている。池田ら⁸⁾は市販の制御教材⁹⁾を用いた制御学習の授業とその評価方法(観点の評価規準、もしくは、自己評価による学習到達度を測る方法)を紹介している。また、嶋田ら¹⁰⁾は、自律型ロボット教材を用いた技術科の授業を行いその授業経過における興味や関心の変容および学習効果を報告している。伊藤ら^{7),11)}は、ロ

(2008 年 4 月 24 日受付, 2009 年 10 月 10 日受理)

* 静岡大学

** 高麗大学

*** 静岡市立清水第一中学校

† 2007 年 8 月本学会全国大会にて発表

ロボットコンテスト課題を取り入れハードウェアとソフトウェアの両面の学習を効果的に展開する学習方法を提案した。

これらの研究は、学習者の関心・意欲を中心とした学習効果を毎回の授業後あるいは、授業カリキュラムの開始前と終了後のアンケートにより比較検討しているが、制御システムの理解を中心とした学習効果を調べていない。

有川らは、「コンピュータによる自動化概念の学習指導法の開発」¹²⁾の中で、工作機械をモデルにした教材を利用した授業を行っている。その中で制御システムの理解に関して「全自動洗濯機」の仕組みを生徒に記述させることで自動化システムの理解が深まることを述べた。また、森ら¹³⁾¹⁴⁾は、その学習内容が制御学習に限定されず、機器の仕組みの学習が可能であることを示した。ところが、これら研究では、例示した製品あるいは、例示した機器の仕組みの理解に留まっているため、学習者がシステムを一般化して理解している、あるいはシステムの概要を理解しているとは言い難い。

そこで本研究では、機械、電気、コンピュータ、プログラムを総合的に学ぶ制御の授業が、機械、電気、コンピュータ、プログラムが調和して機能するシステムの概要の理解に効果あることを示す必要があると考えた。

そのため筆者らは、制御教材を用いた授業を実践し、学習者に対するアンケートにより授業開始前と授業終了後の比較調査を行った。さらに、制御学習経験の有無による制御システムの概要の理解の差についても比較調査を行った。本論文では、制御システムの概要の理解の捉え方、授業内容、調査のための授業に使用した教材、アンケート結果、考察の順に述べる。

2. 制御システムの概要の捉え方と授業について

2.1 システム化された製品の仕組みを知る意義

システム化された製品は情報化社会の進展により、より身近なものになっている。図1は、主要耐久消費財の中の家庭用の機器類の普及率¹⁶⁾¹⁷⁾をグラフに表したものである。これらの製品の普及は、私たちの生活を便利で快適なものに変える一方、その使用者は製品を正しく使い管理しなくてはならないという義務や責任を負う⁵⁾。使用者が製品を正しく使用し管理するためには、機械、電気回路、コンピュータが結びつき一つのシステムを構成しているという仕組みや原理がわかる能力が

必要である。

2.2 システムの概要を理解するための授業

これまでに筆者らは、システムの仕組みを学ぶことができる、新たなものづくり教材の開発を行ってきた¹⁵⁾。開発の過程においては、現在中学校の「技術・家庭」の授業実践で機械、電気回路、材料加工を融合し成功した教材例である「ロボットコンテストの実践」¹⁸⁾¹⁹⁾に注目した。ところが、中学校のロボットコンテストの学習では、生徒が自ら作ったロボットをリモートコントローラで操縦し競い合うが、コンピュータ制御の学習が取り入れられていない。筆者らは、ロボットの操縦を制御プログラムの学習に置き換えることで、学習意欲を向上させながら、以下の内容を効果的に学習できる授業を構成できると考えた。

- ・ 機械や電気やコンピュータのことを広く学ぶことができる。
- ・ 機械と電気とコンピュータが関連し合いながら成り立つ制御システムの仕組みを類推できるようになる。

ここでは、「システムの概要の理解」を、「制御システムの仕組みを類推できるようになる」と置き換えた。なぜなら、システムのそのものの理解とは、機器の仕組みを説明できるかどうかで判断できるからである。しかし、簡単な制御教材を利用した学習だけでは、様々なセンサーやアクチュエーターを完全な形で理解できるわけではない。しかし、学んだ知識から仕組みを類推することは可能である。そこで、本研究では、システムの概要の理解を、システムの仕組みを類推できる知識の有無で判断しようと考えた。

2.3 仕組みを類推できる知識の捉え

学習者が、システムの仕組みを類推できることを調べるために、類推できる程度の知識を定義する。システムの仕組みを類推できる程度の知識とは、機械、電気回路、センサー、コンピュータ、制御プログラムなどの役割に関する簡単な知識とそれぞれが連動してシステムを構成しているという二種類の知識とした。これらの知識は、製品により使用しているセンサーやアクチュエーターが異なるため、知識の評価方法が難しくなる。そのため、入力から出力までの過程が簡単に説明できる程度の知識とした。

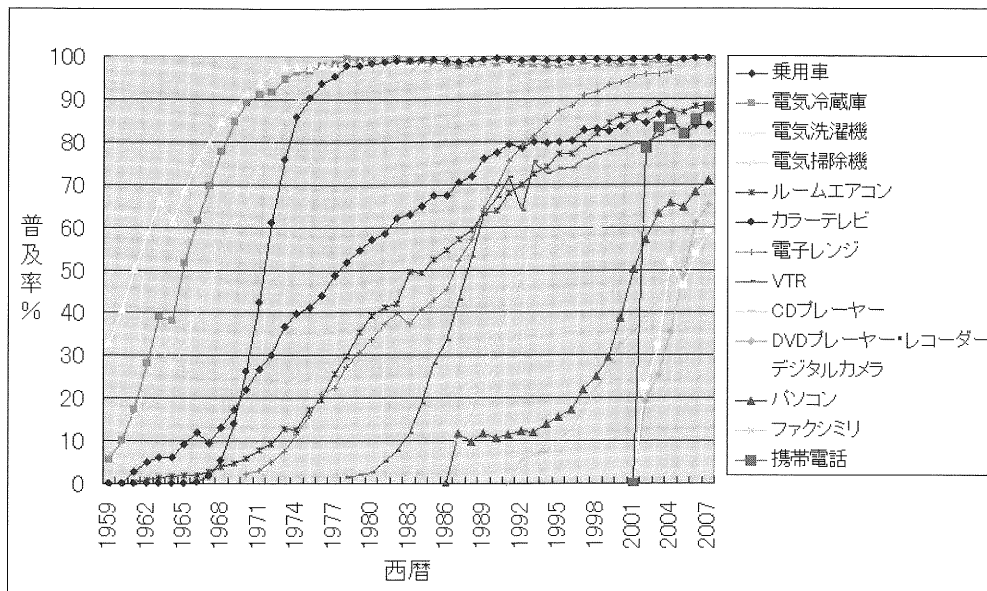


図1 主要耐久消費財の普

3. 授業実践

3.1 授業計画

授業内容とその時間配分を表 1 に示す。授業では、ロボット製作に関係する基板とモータやセンサーへの配線、それらに関する電気回路(表 1 No.4: スイッチによる反転やセンサーによる電圧変化)を学んでから、センサーの役割(表 1 No.5)や機器の保守点検(表 1 No.7)の必要性などを扱うようにした。また、車体の

製作(表 1 No.3)では、コンテスト課題を解決するための機構について考える場面を設け、機械的な学習も行えるようにした。授業の終わりには、自律制御プログラムによる空き缶を探し運ぶコンテストを実施した。

表 1 授業内容と時間

No.	授業内容 (2 年次)	時間
1	プログラムの利用 (C)	1
2	プログラムを作成 (C)	7
3	車体の製作 (M)	6
4	配線とセンサスイッチ (E)	4
No.	授業内容 (3 年次)	時間
5	センサーの役割 (E)	2
6	動作確認 (C, M)	3
7	産業と保守点検 (E, M)	1
8	基本制御命令の学習 (C)	3
9	センサーを使ったプログラム (E, C)	2
10	ロボットコンテスト	2

(M), (E), (C) は、それぞれ機械、電気、コンピュータの学習内容を示す
1 時間は 50 分

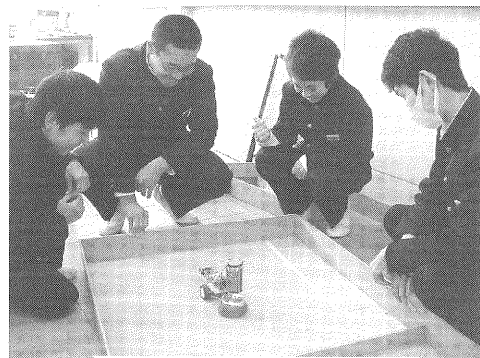


図 2 授業の様子(コンテス

このように、授業を通じて機械、電気、コンピュータ、プログラムについて学習できる内容とした。図 2 は課題に挑戦している生徒の様子である。ロボットは指定されたスタート位置からスタートし、コートの中に設置された空き缶を拾い上げることができれば課題達成である。これ以降は、コート内に障害物を置いて難易度を上げていく。空き缶が置いてある台座は金属テープが巻いてあり、導通センサーで障害物と区別できるようになっている。

3.2 制御教材：3 モータ制御ロボット

手動によるリモコン操作ではなく、プログラムによるロボットの自律的な動作を可能にするために、CPU を内蔵した基板を使用した(図3)。

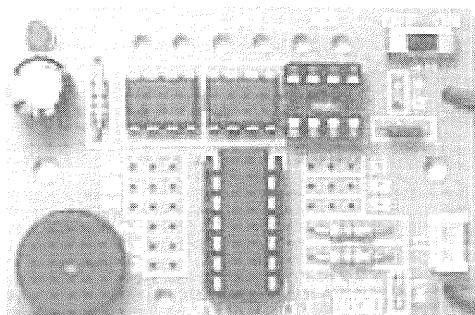


図3 基板

ロボット製作に機械的な要素を取り入れるためには、移動しながら何かを持ち上げたり運んだりできる機能をロボットに付加する必要がある。そのためには、移動用の2モータと作業用の1モータの最低3つのモータを制御する必要がある。今回、自律型3モータ制御用に使用した基板は4個の入力ポートを持ち、モータを3個制御できる。

プログラムはPCのシリアルポートと専用ケーブルで接続し、転送する。基板以外のロボット本体に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4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4の中の(1)は制御基板、(2)は電池(単三乾電池二本)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である。(5)は壁を検知するためのセンサースイッチ、(6)はアームの位置を検知するセンサースイッチである。(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機械的な要素を加えた学習が可能になった。

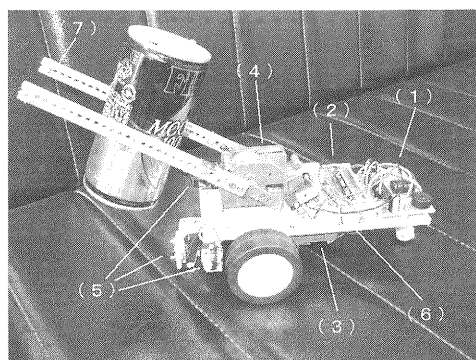


図4 作品

3.3 制御プログラム：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」を採用した²⁰⁾²¹⁾。ドリトルの利点は、日本語プログラムを用いることで言語習得の敷居を低くすることができることと、タートルグラフィックで学んだプログラムモデルをほぼそのままロボットプログラミングに応用できることである。

図5にドリトルによる制御プログラムの一例を示す。このプログラムでは、壁つたいに移動し、缶を検出し、缶を持ち上げている。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)を定義している。このメソッドは16行目が実行されることで、プログラム内容がロボットに転送される。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。

- ・ 2番センサーに入力がない(左の壁に当たっていない)なら、右タイヤを前進させる。(5)
- ・ そうでない(左の壁に当たっている)場合には左タイヤを前進させる。(6)
- ・ 正面の1番センサーに入力があつたなら「缶獲得」を実行する。(7)
- ・ (5)(6)(7)を繰り返す。(8)

「缶獲得」の定義は次の通りである。

- ・ 10単位(1秒間)待つ(11)
- ・ 4番センサー(アームが下がったことを検知)に入力があるまでアーム用モータを右回転(12)
- ・ 10単位(1秒間)アーム用モータを左回転させ、缶を持ちあげる。(13)
- ・ 10単位(1秒間)後退する。(14)

4. 学習効果の検証

4.1 調査1：事前事後調査

制御学習の効果「機械や電気やコンピュータのことを広く学ぶことができる。」「機械と電気とコンピュータが関連し合いながら成り立つ制御システムの仕組みを類推できるようになる。」を検証する目的でアンケート調査を行った。アンケートは、授業の開始前と終了後に実施した。回答は選択式で行った。アンケート内容を下記に示す。

- ・ 質問1：コンピュータの役割は何ですか？
- 選択肢：ワープロ、計算機、表計算、インターネット、ゲーム、電子メール、機器の動作、機器の連動、センサーで判断

```

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「！缶獲得」実行(7)
      」繰り返す(8)
おわりロボット」。(9)
ロボ：缶獲得＝「！(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5 制御プログラムの例

4.2 調査 1 の結果

授業の前後における質問 1～質問 3 の結果を表 2～表 4 にそれぞれ示す。質問 1「コンピュータの役割は何ですか？」に関しては、表 2 より「機器の動作」「機器の連動」「センサーで判断」の回答が授業前に比べて授業後に増えていることがわかる。このことから、生徒のコンピュータの役割に関するイメージに制御機器のイメージが加わってきたことがわかる。

質問 2「コンピュータで動作しているものはどれですか？」に関しては、表 3 より、どの選択肢も授業前に比べて授業後に増えている。とくに「エアコン」「洗濯機」「エレベータ」「電気炊飯器」が増えていることから、

- ・ 質問 2: コンピュータで動作しているものはどれですか？
 - 選択肢: エアコン, 洗濯機, エレベータ, テレビ, 自動車, 電気炊飯器, 携帯電話, わからない
- ・ 質問 3: ロボットが正確に動作するためには何が大切ですか？
 - 選択肢: 機械, プログラム, コンピュータ, 電気回路, センサー, 配線, 材料, その他

表 2 コンピュータの役割は何ですか？

回答内容	単位 %		
	事前	事後	差
ワープロ	51	49	-2
計算機	11	23	+12
表計算	9	18	+9
インターネット	89	92	+3
ゲーム	31	36	+5
電子メール	39	51	+12
機器の動作	12	59	+47
機器の連動	12	32	+20
センサーで判断	7	74	+67

表 3 コンピュータで動作しているものはどれですか？

選択肢	単位 %		
	事前	事後	差
エアコン	18	84	+66
洗濯機	7	52	+45
エレベータ	40	75	+35
テレビ	27	46	+19
自動車	11	36	+25
電気炊飯器	7	59	+52
携帯電話	53	78	+25
わからない	29	3	-26

表 4 ロボットが正確に動作するためには何が大切ですか？

回答内容	単位 %		
	事前	事後	差
機械	19	35	+16
プログラム	71	89	+18
コンピュータ	27	42	+15
電気回路	32	47	+15
センサー	11	53	+42
配線	21	54	+33
材料	17	27	+10
その他	0	2	+2

質問 1 は、コンピュータの役割がワープロや表計算などのアプリケーションソフトの利用のイメージだけでなく機器の動作やセンサーの働きなどの制御のイメージを持っているかどうかを調べるために行った。選択肢の「機器の動作」「機器の連動」「センサーで判断」を選択する生徒には、コンピュータの役割にシステムで動作する制御のイメージが加わっていると考えられる。

質問 2 は、設定した選択肢のすべては身近にあるコンピュータが関与しながら動作している機器である。生徒は、これらの機器について学習していないが、生徒が学習した知識とこれらの機器の動作からコンピュータが関与していることを類推して答えることができるかどうかを調べることを目的としている。選択する機器の数が多いほど、システムで動作している機器の仕組みを類推できる知識が備わっていると考えられる。

質問 3 は、ロボット制御に大切であると思われる回答項目の数が授業の前と比較して増えるかどうかを調べるために行った。ロボットの制御は、機械的な部分や電気回路や配線など様々なものが連動して成り立つ。生徒はロボット制御を通じて必然的に機械や電気回路、センサー、コンピュータのことなど広く学び始める。選択する回答項目数が多いほど、機械や電気やコンピュータのことを広く学んだと考えられる。

自動化にコンピュータが関与していることを類推する知識が増えたことがわかった。

質問3「ロボットが正確に動作するためには何が大切ですか?」に関しては表4より、どの選択項目も事前から事後にかけて増加していることから授業を通じて機械、電気回路、センサーなど広く学習できていることがわかった。

4.3 調査2: 学校間調査

事前事後の調査は、授業実践の前後の比較によるものであるが、授業を実施した生徒の地域性や「技術・家庭」以外の授業等が調査結果に影響を与えることも考えられる。また、授業を担当した教師のモチベーションなどの影響も考えられる。そのため、同じ教材を用いて異なる地域で異なる教師による同様の授業実践をした学校(以後実験群という)とまったく実践をしていない学校(以後統制群という)の生徒に質問1と質問2に関して同様のアンケート調査を実施した。調査は2008年2月に各学校にて行った。実験群の授業は静岡県内の公立の中学校(中学3年生120名)で実施した。一方、制御学習を全く行っていない統制群の中学校(静岡県内3校の公立中学3年生196名)では「技術・家庭」の授業でアプリケーションソフトを利用した学習やインターネットを活用した学習等を行っていた。また、調査した実験群と統制群の学校では理科や社会科、総合的な学習の時間等で家庭用電気機器の仕組みや自動システムについて調べる学習などを行っていなかった。したがって学習環境の違いでは実験群と統制群では制御学習以外はほぼ同じであると判断した。さらに、制御システムの仕組みの理解力に関して調査する内容として以下の記述回答を求めるアンケート調査も行った。

- ・ 追加質問1: 未来の車を考えよう。ハンドルが必要ない車を開発したい。どのようなセンサーや装置をつければ、ハンドルが必要ない車ができるだろうか?
- ・ 追加質問2: 信号機に感應式と書かれた信号機がある。この信号機は、ある状態になると作動するが、それはどのようなセンサーが働いていて、どのような仕組みになっているからだろうか?

4.4 調査2の結果

質問1と質問2の結果を表5と表6に示す。表5表6から、実験群と統制群ではそれぞれの質問の回答で差が生じていることがわかった。特に質問2に関しては「わからない」と回答する統制群の生徒が実験群の生徒に比較して多いことがわかった。

追加質問1と追加質問2に関して生徒の回答と分類例を図6に示す。生徒の回答は、「入力」「処理」「出力」の関係を類推して記述しているものは「A」とし「入力」や「出力」に関しては記述しているが途中のどのような処理をするのかがはっきりとわからない記述に関しては「B」として分類した。また「わからない」と記述した回答や意味が読み取れない回答(空白も含む)は「C」とした。分類したそれぞれの回答数の割合を表7に示す。表7から、システムの仕組みを類推して答える生徒の割合が統制群よりも実験群の方が多いうことがわかった。以上の結果から、本教材による授業は、教師や地域の異なる中学生にも同様な効果をもたらすことが明らかになった。

5. 考察

調査1と調査2の質問2「コンピュータで動作しているものはどれですか?」に関して表3と表6より、授業の前後および実験群と統制群との間でそれぞれ差が生じた。その理由として、制御学習を通じて自動化し

表5 質問1: コンピュータの役割は何ですか?

回答内容	単位 %	
	実験群 N=120	統制群 N=196
ワープロ	64	36
計算機	29	10
表計算	24	17
インターネット	89	95
ゲーム	42	42
電子メール	70	48
機器の動作	39	14
機器の連動	40	19
センサーで判断	38	19

表6 質問2: コンピュータで動作しているものはどれですか?

選択肢	単位 %	
	実験群 N=120	統制群 N=196
エアコン	73	30
洗濯機	68	20
エレベーター	70	45
テレビ	58	39
自動車	41	11
電気炊飯器	70	17
携帯電話	77	56
わからない	5	28

た機器にはセンサーやアクチュエータや制御回路やコンピュータプログラムなどが関与していることを生徒が類推できるようになったからと考えられる。なぜならば、生徒が教材として使用したロボットは、制御プログラムによりセンサー入力による判断を伴う自律的な動作を可能とするため、「入力」と「出力」の間にある「制御プログラム」つまりは「情報の処理」に関する内容を学習する。そのため、自動化を実現している機器の仕組みを教材用ロボットの制御と重ねて考えることができたと考えられる。それが調査 2 で行った追加質問 1 と追加質問 2 に関しても同様な結果を生んだと考えられる。信号機の仕組みやハンドルのない自動車については、授業で扱っている内容ではない。そのため、資料や書物などで調べる以外は、想像して答えるしかない内容である。ところが、実験群においては、統制群よりも仕組みを単なる想像ではなく、学習した概念をもとに類推して答える人数が多く、さらには「わからない」や「無回答」の生徒の割合が少ない。これは、3 モータ制御教材を用いた授業の中で、ロボットを製作し制御基板やセンサースイッチを取り付け、制御プログラムで動作を確認するという学習を通じて、「入力」と「出力」とその間にある「情報の処理」という関係を製作を通じて体験的に学び、それが様々な自動化した家電や機器等、授業で習ったことがない機器に関しても制御システムの概要を類推して答える結果を導いたと考えられる。さらに、実験群の生徒 40 名 (1 学級) に「ロボット制御の学習を通じて自分に身につけてきたと思われることは何ですか?」という内容で質問したところ 24 名の生徒が「電気製品のしくみが想像できる」「コンピュータと機械の関係がわかる」と答えるなど制御学習の体験がシステムの仕組みを類推できることにつながっていたことがわかった。

6. まとめ

筆者らは、自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた授業について、その学習効果を考え授業実践により検証を試みた。中学校で行った授業結果より、自律型 3 モータ制御ロボット教材による「ものづくり学習」と「情報の学習」を融合した授業は、筆者らが考えた「機械や電気やコンピュータのことが広く学ぶことができる」ことが調査 1 の質問 3 の結果よりわかった。さらに調査 1 と調査 2 の結果から「機械や電気やコンピュータが関連しあいながら成り立つシステムの仕組みを類推できるようになる」こともわかった。以上より、ブラックボックス化した生活の中の機器類の仕組みをイメージで

き、ひいては専門家から説明を聞いた時に内容を把握できる能力や、技術を正しく理解し使用・管理できる消費者の育成に役立つ可能性があるかと確信する。

追加質問 1	
A に分類した生徒の回答	・車や道路にセンサーを取り付けて、車に目的地を入力するだけでそこまで動くようにする。信号などの情報は車が常にキャッチして適切な対応するプログラミングをしておく。速度などについては道路のセンサーからキャッチし、道路のセンサーによって目的地までたどりつけるようにする。
B に分類した生徒の回答	モノや壁にぶつかると、向きを変えてよけることができる装置。
追加質問 2	
A に分類した生徒の回答	・信号機の下に車が信号まちで停止したときから信号機が作動する。車が停車したことをセンサーで認識して作動した信号機は、ある一定時間がたつと青に変わり、黄になり赤に戻るとそのまま停止する (ずっと赤の状態を保つ) を繰り返す。
B に分類した回答	・人が近づくと信号が変わるセンサー働いている。 ・赤外線センサーがついていて、センサーの感知範囲内に熱源があらわれると作動する。

図 6 追加質問 1 と追加質問 2 の生徒の回答と分類例

表 7 追加質問 1 と追加質問 2 の分類結果

質問 3.	単位 %	
	実験群 N=120	統制群 N=196
A	45	2
B	53	61
C	2	37

質問 4.	単位 %	
	実験群 N=120	統制群 N=196
A	29	5
B	68	51
C	4	45

謝 辞

制御基板開発に協力していただいたスタジオ・ミュウの井上修次氏、評価実験授業に協力してくださった藤枝市立葉梨中学校の秋山先生、静岡大学教育学部附属島田中学校の西ヶ谷先生、研究協力いただいた静岡県内の中学校の先生方に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 紅林秀治, 井上修次, 江口 啓, 鎌田敏之, 青木浩幸, 兼宗 進:自律型 3 モータ制御用ロボット教材の開発, 日本産業技術教育学会誌第 51 巻第 1 号, pp. 7-16 (2009)
- 2) 村松浩幸: I T の授業革命「情報とコンピュータ」, 東京書籍, p. 10 (2000)
- 3) 川俣純:技術科の授業を創るー学力への挑戦-, 学文社, pp. 186-187 (1999)
- 4) 文部科学省:中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 教育図書, pp. 32-37, (2008)
- 5) 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)
- 6) Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Knemune:Learning Computer Program with Autonomous Robots. LNCS, Vol. 4226, pp. 138-149, 2006.
- 7) 伊藤陽介, 石塚仁志, 大泉 計, 菊地 章:ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案, 日本産業技術教育学会誌第 50 巻第 2 号, pp. 59-67 (2008)
- 8) 池田洋一・横田耕一, 小夏隆雄:「情報とコンピュータ」における個に応じた学習指導と評価の在り方, 平成 16 年度研究紀要, 第 3 3 集, pp. 94-99, 熊本県立教育センター (2004)
- 9) <http://www.roboken.channel.or.jp/borg/>
- 10) 嶋田彰子, 山管和良, 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 巻第 4 号, pp. 297-305 (2007)
- 11) 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 巻第 3 号, pp. 213-221 (2007)
- 12) 有川誠, 近藤昌也:コンピュータによる自動化概念の学習指導法の開発, 日本教育工学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp. 165-173 (2007)
- 13) 森慎之介助:ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析, 日本産業技術教育学会誌第 47 巻第 3 号, pp. 201-207 (2005)
- 14) 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 巻第 3 号, pp. 193-200 (2006)
- 15) 西ヶ谷浩史, 紅林秀治, 兼宗進, 鎌田敏之:3 軸自律型制御ロボットを用いた制御の学習, 情報教育シンポジウム論文集 (SSS2006), Vol. 2006, No. 8, pp. 319-324, (2006)
- 16) 内閣府経済社会総合研究所景気統計部:主要耐久消費材等の普及率<全世帯> (時系列), 家計消費の動向調査 (平成 16 年版), 独立行政法人国立印刷局, pp. 24-27 (2004)
- 17) 内閣府経済社会総合研究所景気統計部:主要耐久消費材等の普及率<全世帯> (時系列), 家計消費の動向調査 (平成 19 年版), 独立行政法人国立印刷局, pp. 25-26 (2007)
- 18) 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. 269-272 (1997)
- 19) 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)
- 20) 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 (PR012), pp. 78-90 (2001)
- 21) 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)

Abstract

The present paper describes the evaluation of a technology education curriculum for junior high school students to learn manufacturing and programming in controlling an autonomous mobile arm-equipped robot as teaching material. The purpose of the curriculum is to teach the concept of systems consisting of mechanical and electrical apparatus and a computer through the integration of manufacturing and programming. This paper reports results of evaluation for the curriculum carried out at a junior high school. It can be concluded that the curriculum proposed here satisfies the requirements to give students more incentives in learning the concept of systems.

Key words: Technology education, Learning to control, Junior high school, Autonomous robot