

# 計測・制御技術を発展させたロボット学習の試行研究

真城 匠

(奈良市立登美ヶ丘中学校)

谷口義昭

(奈良教育大学 技術教育講座 (技術科教育))

## A trial study on the robot learning to develop a measurement control technology

Takumi SHINJO

(Tomigaoka Junior High School)

Yoshiaki TANIGUCHI

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

**要旨:** 中学校技術・家庭の技術分野において、新しく追加された計測・制御技術にロボット学習の導入の可能性を検討した。本事業は、文部科学省「平成 27 年度情報教育指導力向上支援事業に係るプログラミング教育」の委託研究である。全 5 時間の授業時数で、プログラミングおよび計測・制御技術を習得できるロボット学習を実践し、生徒たちは課題解決に意欲的に取り組むことができた。

**キーワード:** ロボット学習 Robot learning  
プログラミング学習 Programming learning  
課題解決 Solving problems

的可能性について検討した。

### 1. はじめに

新しい知識・情報・技術が社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す社会、いわゆる知識基盤社会の構築を目指して、学校教育は大きく変化している。平成 20 年度に改定された学習指導要領において、中学校技術・家庭の技術分野は、材料と加工に関する技術、エネルギー変換に関する技術、生物育成に関する技術、情報に関する技術の 4 領域に再編された<sup>1)</sup>。なかでも、前述の知識基盤社会で生きるには情報化への対応が重視され、情報に関する技術の充実を図るために計測・制御の学習が追加され、コンピュータによる新しい学習への対応が急務になっている。一方、教育現場で計測・制御に関する実習を行う場合、教材やソフトウェアの準備、また計測・制御技術に基づく機械を動作させるためのプログラミングの内容も高度となり、短時間に効果的な学習を展開することが難しくなっている。

文部科学省は情報教育の現状を把握するために、「平成 27 年度情報教育指導力向上支援事業に係るプログラミング教育」について調査することになった<sup>2)</sup>。文部科学省は全国規模でこの調査事業の公募を行い、本校がプログラミング教育会社との連携実績が認められ、実践校に指定された。

本研究は、計測・制御学習として動く機構とプログラミング技術を統合したロボット学習に注目し、その教育

### 2. 情報教育指導力向上支援事業について

#### 2. 1. 本事業への応募

2015 年 8 月末の文部科学省主催の本事業に申し込み理由等を記述し、申し込みを行った。内容は、学校の概要、コンピュータ学習の現状、事業の簡単な計画等であった。小中高それぞれの校種につき 3 校ずつの募集であった。本校は、大阪に本社を置く株式会社アーテック(以降、教材会社と明記する)と提携し申し込み、申請した全国の中学校の中で選出された。

#### 2. 2. 授業計画

採択通知後平成 27 年 9 月に授業計画を立てるために、教材会社の授業担当者と複数回打ち合わせを行った。実践した授業は以下の通りであった

- 1)対象学年、人数：2 年生 3 学級、1 組 (男子 2 1 名、女子 1 5 名)、2 組 (男子 2 2 名、女子 1 4 名)、3 組 (男子 2 1 名、女子 1 5 名) 計 1 0 8 名。
- 2)当該授業の時間数：5 時間(情報に関する技術 30 時間のうち)

授業時間数を 5 時間と幾分短めに設定した。これ以上短くするとロボットに必要な計測・制御技術であるプログラミングおよび動作確認の学習ができず、長すぎると他校で幅広く導入することが難しくなると考えたため

ある。プログラミングの導入からロボットを制御する学習を実施するには5時間では困難であったため、ロボット本体の組み立て（車型ロボット）は教師が事前に行った。また、課題を解決するために行うロボットの改良に必要な機構の学習も事前に行った。本学習の授業計画を表1に示す。

表1 授業計画

時限(時間数)	内容・学習活動
1 (1)	身の回りで制御されている物を知り、基本的なプログラミングを学習する。
2 (1)	プログラミングの基礎基本を学習する。
3 (1)	課題を分析し、適合する条件を見つけ、プログラムを作成し、ロボットを動作させる。
4・5 (2) 本時	課題を解決するために、ロボットを工夫し、改良を加え、適切なプログラムを作成し、ロボットを制御する。

### 2. 3. 準備

車型ロボットの本体は教師が準備したため、生徒はプラスチック製ブロックを組み合わせて目的の機構を發揮するための部材の製作を行い、本体に装着した。

コートは、各授業の内容により異なるが、1～3限目は図1に示すB4の上質紙に印刷したものをすべての班に配布した。

また4・5限は課題解決能力を高めるために、3つの課題、すなわち①ラインをトレースする、②停止線で停止する、③アームでピンポン球を操作する、を想定した。コートを図2に示す。コートはロボットの大きさ等を考慮し、一辺600mmのスチレンボードを使用した。8台のコートに、各班で試行したロボットを走行させた。

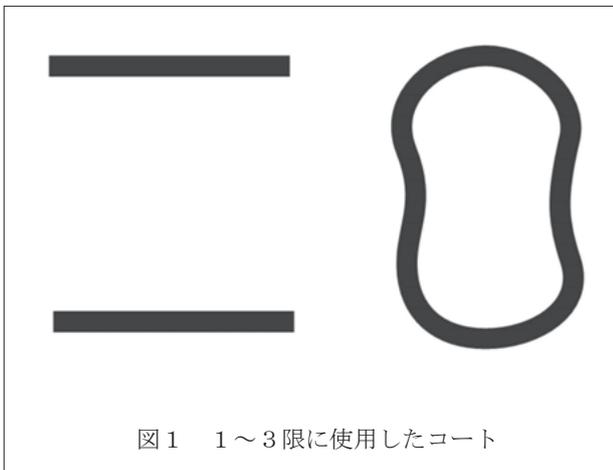


図1 1～3限に使用したコート

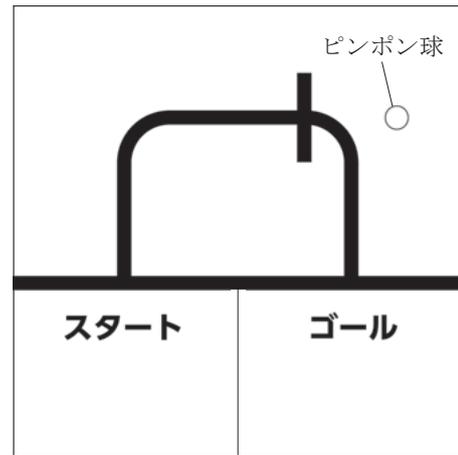


図2 4・5限目に使用した課題を提示したコート

本学のコンピュータ室には中間モニタがないため、図3に示すプログラムの内容を印刷したマグネットシート教具を準備した。これにより、視覚的に理解させることができる点や、いつでもマグネットシートを参考にしながら考えることが出来るため、生徒にも好評の意見があった。

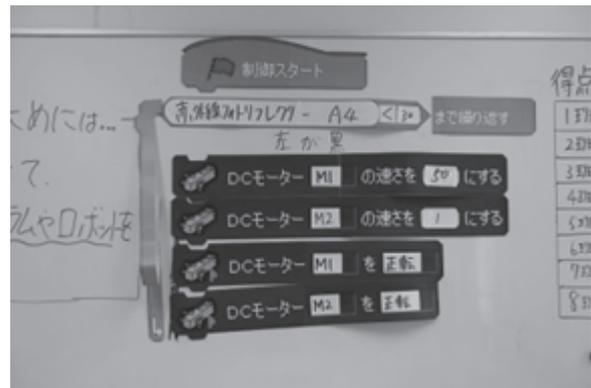


図3 プログラムを説明するマグネットシート教具

### 2. 4. 生徒の実態

小学校ではコンピュータの基本操作を学習しており、学校によってはワードやパワーポイントの使い方を学習している生徒もいる。中学校に入学してからは、コンピュータの基本操作やエクセルの学習などを行った。プログラミングやプログラムの実行によって動作するロボットに関する授業は初めてである。

## 3. 授業実践

### 3. 1. 1～3限目

1限目は身の回りにおける電気製品等の中で制御されているものに注目し、それらの基本的な仕組みを学習させた。その後教師が作成したロボットを提示し、前進および後進、回転、停止などの動作がプログラミングで可能となることを理解させ、ソフトウェアの基本概念を学

習させた。ソフトウェアとロボットが実際に作動するハードウェアの関係を理解している様子を図4に示す。



図4 生徒の授業の様子

2 限目は、物体に赤外線を照射させ、その反射の数値を測定する光センサーを提示し、計測学習をさせた。具体的には、黒線が2本書かれたB4の上質紙(図1)を各班に配布し、ロボットが走行するコートとした。光センサーが黒線を感知し、線上で停止する、次に後進するプログラムを作成させた。このプログラムによってロボットが2本の黒線の間を往復する運動が可能となった。

3 限目は今まで学習した内容をさらに発展させるために、瓢箪形の黒線が書かれたB4上質紙のコート上を赤外線センサーが感知しながら、曲線に沿って走行するプログラムを作成させた。生徒は初めのうちロボットが黒線から外れて走行する失敗に遭遇していたが、何回もプログラムを検討することによってラインをトレースする課題を解決していった。

### 3. 2. 4・5 限目

4 限目および5 限目は同じ学習目標を掲げた。すなわち「与えられた課題を解決するため、班で話し、考え合い、最適なプログラムを作成する」であり、今まで学習した計測・制御技術を総合して課題を解決することであった。授業の学習指導案(略案)を表2に示す。

事前に作製したコート(図2)を使って、課題に取り組ませた。課題はスタートからゴール地点まで光センサーを使ってラインを読み取り、停止線で停止する。その後ピンポン玉をゴールまで運び、ロボット自身もゴールエリアに入ることが課題である。課題を解決する評価方法として、課題解決の程度によって評点を提示した。具体的な配点を表3に示す。生徒は、プログラムの改良、精度の高い光センサーの配置、動作の安定したアーム部材の改良などに力点を置いて、試行錯誤を繰り返して課題を解決する様子がうかがえた。評価点を設定することで、生徒はより学習意欲や課題解決意欲を高めることができたと考える。設計したアームの一例を図5に、実際に課題に取り組んでいる様子を図6に示す。

表2 学習指導案(略案)

時間	学習活動	指導上の留意点と評価
0	プログラムの準備をする。	○授業が始まるまでに、コンピュータのログイン、Studuinoの起動、ロボットの準備をさせる。
5	(1) 本時の目標を知る。	○あらかじめ板書しておいたコートの図や説明を見せて、学習目標を理解させる。
本時の課題 様々な課題をクリアするロボットを作製しよう		
10	(2) サーボモータの使い方を知る。	○サーボモータの使い方をマグネットシートを使いながら教える。
20	(3) 課題解決に向けたロボットの製作、およびプログラムの作成する。試走させる。	○課題解決に向け、ロボットを改良したり、プログラムを作成させ、出来た班から試走させる。(技能) ○改良したロボットや、作成したプログラムを後ほど評価する。(工夫・創造)(知識・理解)
45	(4) 本時のまとめをする。	○SKYMENUを用いてアンケートに答えさせる。 ○アンケートの内容を見て、授業に対する意欲等を評価する(関心・意欲・態度)(知識・理解)

表3 課題と評価点について

課題	方法	得点
ボールの手前にあるラインで1秒停止する。	時間を使った制御	5
	赤外線リフレクタを使った(ライントレース)制御	10
ボールをゴムの上から移動させる。	ロボットのみでボールを動かす	5
	サーボモータを用いて、ボールをはじく	10
	サーボモータを用いて、ボールをつかむ	20
ロボットがゴールゾーンに入る。	ロボットのためのゴール	10
ボールをゴールゾーンまで運ぶ。	特記事項なし	10

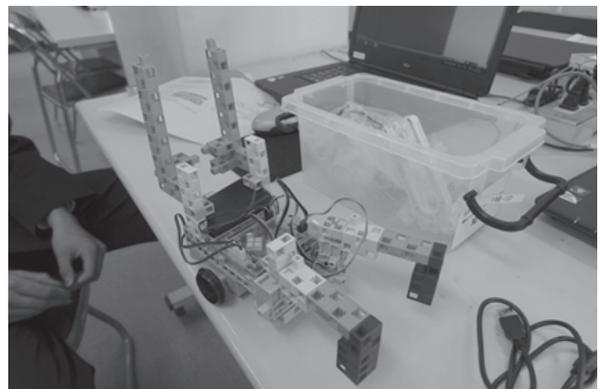


図5 作成されたロボットの一例

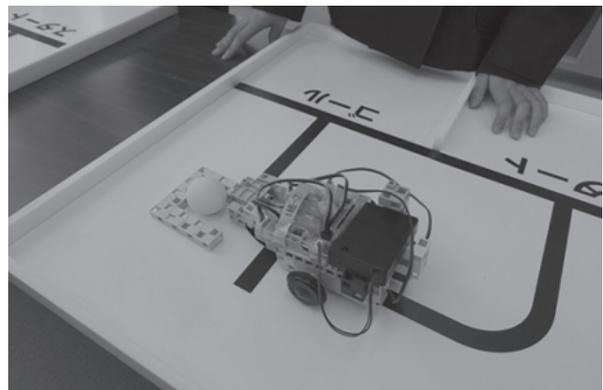


図6 課題に取り組んでいる様子

### 3. 3. 指導について

本校は2人に1台のコンピュータの配置であるため、1班2名とし、合計18班を編制した。授業が始まるまでに各班はコンピュータにログインし、使用するプログラミングソフトウェア Studuino BLOCK Programming Environment を起動させ、教師が組み立てたロボットを準備させた。授業の初めに、課題を伝え、各班で考えさせ、ロボットを改良させた。生徒は、適宜必要な①プログラムを作成し、②ロボットを試走行させ、③不具合を解決するためのプログラムの修正する、これらの作業を繰り返し行うことで課題を解決していった。

教師は授業中机間巡視を行い、生徒たちのロボットの改良や、プログラミングの作成の様子を見て、種々のアドバイスを行った。本授業では、多くの課題の出現を予想して教材会社員にも授業支援員として補助してもらった。補助を行う過程で、生徒から出された課題に対して即座に解決できる方策をアドバイスするのではなく、生徒たち自身が答えを導けるようなアドバイスを行うことに心がけた。これにより、課題を解決するには様々な方法や考え方があることに気づかせることで、生徒たちに達成感を感じさせることができることを、授業後のアンケートで確認できた。

## 4. 授業評価アンケート

### 4. 1. 授業アンケートの結果

授業後に、本研究題目である計測・制御技術を発展させたロボット学習について次に示す項目でアンケートを行った。また、自由記述欄を設定して、授業の感想を求めた。

- (1) ロボットを使ったプログラミングの授業はどうでしたか
- (2) 2人で話し合い、協力し合って課題をクリアすることができましたか
- (3) もし、機会があればロボットやプログラミングの授業を受けたいですか

図7に質問項目(1)の回答結果を示す。「とても楽しい」や「まあまあ楽しい」を選んだ肯定的な意見は91.2%と非常に高い。このことから、多くの生徒たちはロボットを使ったプログラミングの授業に対して意欲的に取り組んでいたことがわかる。

図8は質問項目(2)の回答結果を示す。8割以上の生徒が、話し合いについて肯定的な回答をした。これは授業中に班同士で話し合い、課題解決を図ろうとした結果である。これは、コミュニケーション能力の育成にもつながるといえる。図9は質問項目(3)の回答結果を示す。「とてもそう思う」が51人、「そう思う」が31人、「あまり思わない」が14人、「思わない」が6人と、8割以上の生徒がプログラミングの授業を受けたいと思っていることがわかる。

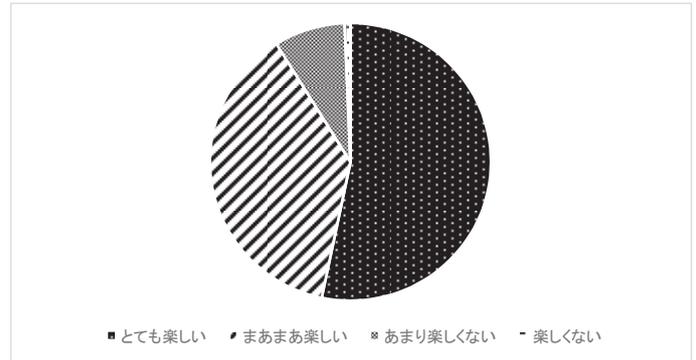


図7 アンケート質問項目(1)

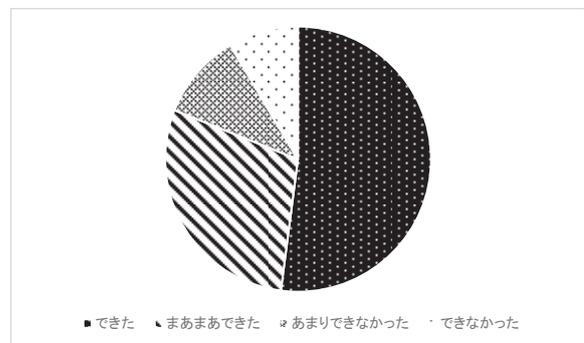


図8 アンケート質問項目(2)

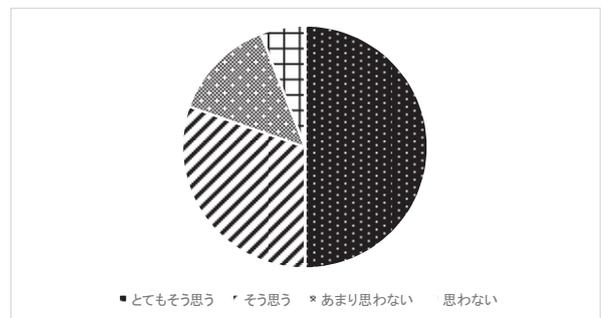


図9 アンケート質問項目(3)

### 4. 2. 生徒の感想

以下は生徒たちの自由記述の一例である。

1) 最初は難しくて全然分からなかったけどペアの子と協力してだんだんできるようになりました。出来ていくにつれてこの授業がたのしくなっていました。最後の授業はパソコンと走らせる場所を何回往復したかというくらいたくさん走らせました。あとちょっとというところで終わってしまったのは悔しいけどこの授業はとっても楽しかったです!! (女子)

2) すごく勉強になったし一生でも何回もない体験だったけど難しかったです。三学期もできればこの授業をやりたい。がんばって点数をとれるようにしたい。(女子)

3) ロボットのプログラミングはまるでロボットに命を吹き込むような感覚だった。難しかった所もあったが思いどおりにロボットが動いたときはとても達成感があった。(男子)

4) 二人で協力し、いろんな課題をこなすことができました。はじめはプログラムを作るのが難しくて戸惑ってしたりしたけどどんどん課題をクリアするごとに自然と授業に参加するのが楽しみになってきました。最後のボールを運ぶのも協力して課題をクリアできました3学期の授業も願うようにしたいです。(男子)

5) 成功したときはおもわずガッツポーズをしてみたいです。何か制作するのもいいけれどこのような授業もいいと思いました。また機会があればやりたいです。(女子)

## 5. 考察

### 5. 1. ロボット学習の利点

授業を実践したところ、この授業の利点と改善点が見えてきた。まず、本授業の利点は2つある。1点目は、生徒たちが課題解決を目標に試行錯誤するため、学習意欲が高く、定期試験における学習定着率も良い点である。これまでは机上でのプログラムチャートなどの制御の学習を行っていた。しかし、実際にプログラムでロボットを制御させ、課題解決させることで、生徒たちが意欲的に取り組んでいることがアンケートからも分かった。

さらに課題を得点性としてゲーム要素を導入することで、学習意欲が高まったと考える。また、コートは複数準備することで、何度もチャレンジする事が出来、他の班のロボットの動きを参考に出来るため、生徒同士での学びの共有化や相互間の支援活動ができていた。学習内容では、ロボットの改良を行う際に材料の加工技術における「アームの強度設計」およびエネルギー変換技術の「機構」取り入れることもできていた。

もう1点は、課題を解決するために、生徒同士が男女問わず話し合うことでコミュニケーション能力の育成ができた点である。一斉授業型の学習に比べ、本授業は生徒たちの活動が中心となるため、生徒同士の言語活動も増えた。また、ロボットは2人に1台という数が適切であると考えられる。2人は交代しながら1人がプログラミングを行い、1人がロボットの改良を行うことで、話し合いながら課題の解決を行っていた。また、課題によって

はその逆の役割分担も見られた。1人に1台ずつの配当では、課題解決に個人差ができ、途中で学習を放棄することも考えられる。逆に1台につき3人以上になると、役割分担の内容に大きな差ができ、活動に参加する生徒としない生徒が出てくると考えられる。

### 5. 2. ロボット学習の改善点

本授業の改善点は2つある。1点目は、課題が難しく、4・5限目の授業では0点のグループがあった点である。0点という点数は、生徒たちにとっては学習意欲の低下につながる可能性があるため、スタート地点からロボットが出たら得点を与える、あるいは機構など工夫した点を発表させ、加点するなどの対応が必要であると考えられる。

もう1つは費用の面である。今回のプログラミングソフト「Studuino BLOCK Programming Environment」は無料であり、全ての生徒用コンピュータのインストールすることができた。しかし、ロボット本体はアーテック社の Robotist Basic は1台で27,950円である。しかし、レンタルもしており、3か月レンタルの場合、2人で1台利用するプランは1人当たり1,810円で、4人で1台利用するプランは1人当たり1,080円で利用することができる。このレンタルキットにはロボット本体はもちろん、ロボット収納のボックスや生徒用テキスト、ライントレース用コートや衝突回避用のコートなど、授業に必要なものは全てそろっている。そのため、すぐには始めることができる。

### 5. 3. 所見

今回の授業を進めていく中で、ロボットを用いたプログラミング教育は生徒の学習意欲を高め、コミュニケーション能力の育成にもつながることがわかった。

しかし、予算や授業時間数などの都合で教材を準備しにくい公立中学校では、本研究で用いたロボット教材を導入できない学校があることも事実である。

そこで、本教材を教育委員会で購入し、希望する学校が授業時間を調整し、貸し出すシステムを確立することによって、ロボット学習は展開できると考える。一方、現在技術・家庭の授業時間ではプログラミングおよび計測・制御技術を習得できるロボット学習に十分時間を確保し難い。このため現行授業時間数の増加を強く望む。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領，平成20年3月
- 2) 文部科学省：文部科学省委託事業，平成27年度情報教育指導力向上支援事業，プログラミング教育