

## 自律型ロボット教材を用いたプログラム学習に対する効果†

古平真一郎\*・石島 隆志\*・坂本 弘志\*・高橋 脩太\*\*・宮川こずえ\*\*

伊藤 秀哲\*\*\*・針谷 安男\*\*

宇都宮大学大学院教育学研究科\*

宇都宮大学教育学部\*\*

宇都宮大学教育学部附属中学校\*\*\*

情報に関する教育の重要性が示されている現在、中学校技術・家庭科技術分野における「情報とコンピュータ」の学習は中学校学習段階の情報教育の学習において必要不可欠なものである。なかでも、選択領域である「プログラムと計測・制御」の学習において、自律型ロボットを教材とした教育実践が多数報告されている。その実践の中では、課題を解決しながら学習を行うことで、生徒の学習意欲、深い知識の習得などの技術的素養の向上、創造性の育成ができるとされている。

本研究は、自律型ロボット教材を用いた「プログラムと計測・制御」の内容における実践において、技術的素養の向上を図り、その中でも創造性を広げることができる学習指導計画作成を最終目的とする。本報告では、創造性を広げる課題解決型の学習スタイルに着目し、その学習スタイルを採り上げて行った授業実践とそこで得られた効果について述べる。また、授業実践の中で、基礎・応用・創造の3段階を踏む学習をすることで意欲の向上、知識の習得に加えて創造性の広がり期待できることが確認された。

キーワード：自律型ロボット，プログラミング学習，課題解決型学習スタイル，創造性

### 1. はじめに

#### 1.1 技術教育と情報教育との関連

平成14年度から施行されている中学校学習指導要領の技術・家庭科技術分野の学習内容は、「技術とものづくり」と「情報とコンピュータ」の2構成となっている<sup>(1)</sup>。また、高等学校で

は普通教科として「情報」が新設されるなど、情報に関する教育が重要視されている。さらに文部科学省が平成14年に提示した新「情報教育に関する手引き」の中では、子どもたちに学習させるべき「情報活用能力」の内容として「情報活用の実践力」、「情報の科学的な理解」、「情報社会に参画する態度」の3観点を設定した<sup>(2)</sup>。情報教育は、この情報活用能力3つの観点を、教育活動全体を通して総合的にバランスよく育成させていくことを目標としている。

中学校学習段階において情報活用能力の3つの観点を育成する学習を実践しようとした場合、「情報活用の実践力」は総合的な学習をはじめ、

† Shinichiro KODAIRA\*, Takashi ISHIJIMA\*, Hiroshi SAKAMOTO\*, Naotaka TAKAHASHI\*\*, Kozue MIYAKAWA\*\*, Hideaki ITO\*\*\*and Yasuo HARIGAYA\*\* : The effect for the Program Learning Using Robot Teaching Materials

\* Graduate School of Education, Utsunomiya University

\*\* Faculty of Education, Utsunomiya University

\*\*\* The Junior High School Attached to the Faculty of Education of Utsunomiya University

各教科で指導が可能である。また「情報社会に参画する態度」は社会科の公民をはじめ、モラルに関する分野で採り上げられるべき内容である。しかし、「情報の科学的な理解」に関する学習においては、指導が可能な教科がなく、その指導を技術科の「情報とコンピュータ」の領域が担わなくてはならないものとされている。

## 1.2 自律型ロボット教材

「情報の科学的な理解」に関する学習として、「情報とコンピュータ」の選択内容である「プログラムと計測・制御」に即した自律型ロボット教材を使用した実践例<sup>(3)</sup>が報告されている。また現在、市販されている自律型ロボット教材には表1に示すように様々なものがある。

これらに使用されているプログラム言語はGUI型(Graphical User Interface)、CUI型(Character User Interface)とあり、それぞれ異なるが、いずれの教材も学習対象に対してプログラミングや制御をいかにわかりやすく体験的に理解させるかに重点をおいており、技術的素養を向上させるものとしてふさわしいものであるといえる。しかし、学習対象や学習内容によって使用するものを選択する必要がある。

表1 自律型ロボット教材比較検討

教材名	プログラム言語	種類	計測・制御
レゴ	RCXCode	GUI	○
	ROBOLAB	GUI	○
	NQC	CUI	○
ROBO DESIGNER	TiColla	GUI	○
	TiColla CDE	CUI	○
キューブカート2	らくらく制御	GUI	○
OJ2	C-style	GUI	○
サッカー	TileDesigner	GUI	○
梵天丸	まきもの	CUI	○
オートマ君	自動化簡易言語 オートマ君	GUI	○
HYPERLINE TRACER	×	GUI	○
開発教材 (柴崎ら)	アセンブリ言語	CUI	○

## 1.3 課題解決型の学習

ロボット教材を使用した授業実践の中では、生徒が課題を解決しながら学習していく課題解決型の学習が多く取り入れられている。この課題解決型の学習をすることで、課題解決力の育成や技術的素養の向上が可能である。今回、自律型ロボット教材を用いた授業実践を行う上で、この学習は生徒にとって有効なものであると考えられる。先行研究<sup>(4)</sup>における自律型ロボット教材を使用した実践で展開された学習では、生徒の進度にばらつきが見られ、創造性のある課題解決が困難になることが指摘されている。そこで、課題解決型の学習の流れに着目し、その中で生徒の進度のばらつきを抑制しつつ、創造性を広げることが可能な学習が必要であると考えられる。

## 2. 研究目的

本研究では、「情報の科学的な理解」の指導を重点として、「情報とコンピュータ」の中の「プログラムと計測・制御」の内容を取り入れた、技術的素養の向上を図り、創造性を広げることができる学習指導計画の作成を最終目的とする。この学習指導計画には、課題解決力育成のため、計測・制御、プログラミングが可能である自律型ロボット教材を使用し、学習の流れの手法として課題解決型の学習を取り入れる。本報告では、自律型ロボット教材を用いた課題解決型学習の授業実践とそこで得られた効果について述べる。

## 3. 課題解決型の学習スタイル

今回の授業実践では、課題解決型学習の学習スタイルについて着目した。課題解決型の学習スタイルとしては、以下の2つのスタイルに大別される。1つは、教師側が生徒に対して課題を1つ1つ与え、生徒がその課題を乗り越えなが

ら学習していくスタイル、もう1つは、教師側が大きな目標を掲げ、それに対して自分の必要とする知識を得ながら学習していくスタイルである。

前者の学習スタイルは先行研究<sup>(4)</sup>で採り上げられ、図1のように教師側から与えられた課題を生徒が1つ1つ解決していく授業スタイルである。このスタイルでは、生徒の進度にばらつきが見られ、時間と手間がかかることが考察として挙げられた。また、最終的な課題に到達する道筋がある程度方向付けられてしまい、創造性のある課題解決が困難になることも指摘されている。

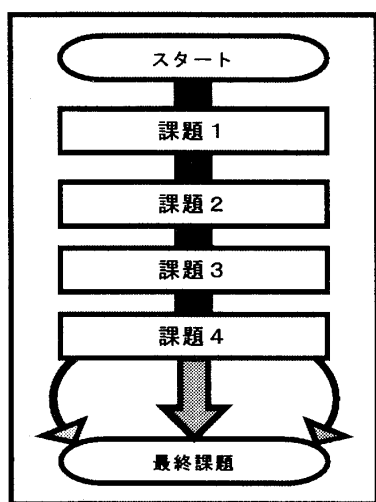


図1 学習スタイル1

後者の学習スタイルは、初めに教師側からの支援により一斉の学習を行い、その後、教師側から最終的な目標である課題を提示する。最終課題を提示した後は、生徒がその課題達成に必要なとする知識を取り入れながら学習していく授業スタイルである。一見このスタイルは、教師側からの支援がなく、各生徒がそれぞれ異なった学び方を行い、知識の偏重や前者のスタイル以上の進度のばらつきが見られることが予想される。しかし、それぞれの得た知識を共有し、有効活用するなどの工夫を凝らした学習スタイルを確立することができたならば、創造性を生

かし広げることができる発展的な学習スタイルとして大きな可能性があると考えられる。

今回、課題解決型の学習スタイルとして後者のスタイルを採り上げ、図2に示すようにその具体的な学習の段階として、3つの段階に分解した。第1の段階として、課題解決のために必要最低限の知識や技能を習得する「基礎」の段階、第2の段階として、基礎の学習から発展させた課題に対し、基礎の学習を利用する「応用」の段階、第3の段階として、最終的な大きな課題に対して創意工夫し、創造性のある解決方法を見出す「創造」の段階とした。

学習の配慮としては、「基礎」の段階では、生徒が十分に課題解決のための知識・技能を習得できるよう説明の充実化、「応用」の段階では、「基礎」を理解した知識のみで解決する課題の設定を、「創造」の段階では、生徒の創造性を広げさせるために解答の数を絞ったものではなくできる限り解答が出ると予想される課題の設定を必要とする。

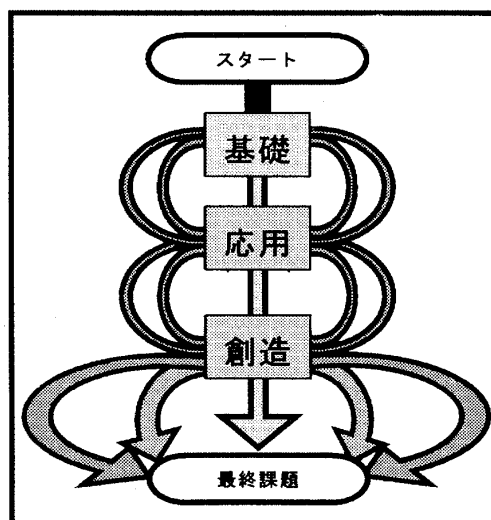


図2 課題解決型学習の3段階

#### 4. 授業実践

この学習スタイルをもとに授業実践を展開し、学習スタイルに対する効果を調べる。

##### 4.1 実践内容と生徒の実態

宇都宮大学附属中学校において3年選択技術受講者28名（うち男子20名、女子8名）を

対象として、平成18年10月から平成19年2月まで14週にわたって計29時間の授業実践を行った。授業実践内容を表2に示す。この授業実践の第2週目から4週目の3週での学習と第6週目から11週目の6週での学習で基礎・応用・創造の3段階を2回踏む学習スタイルを考慮に入れ、授業実践内容を設定した。

表2 授業実践内容

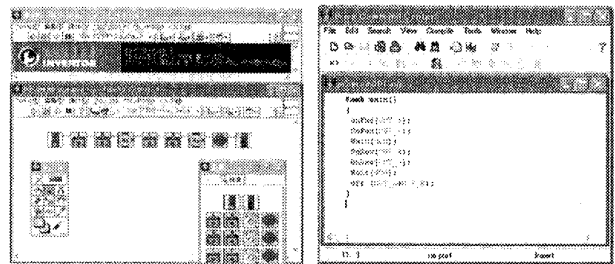
週	内 容	学習段階
1	オリエンテーション・アンケート	
2	制御ロボットの製作	
	プログラムに慣れよう (予選)	基礎
3	プログラムで動かそう	応用
4	プログラムで動かそう (大会)	創造
5	プログラムで動かそう	
6	センサを使用した計測	基礎
7	大会へ向けての計画・発表会	
8	センサを使用したプログラミング1	応用
9	センサを使用したプログラミング2	
10	センサを使用したプログラミング3	
11	センサを使用したプログラミング4 (大会)	創造
12	センサを使用したプログラミング5	
13	センサを使用したプログラミング6	
	ポートフォリオの作成	
14	身の回りにある制御物について・まとめ	

今回、選択技術を受講した生徒のうち半数以上の生徒はプログラミングの経験がない生徒であった。また、プログラムに対するイメージも「難しい」、「多くの知識が必要」などの否定的な意見が多い。しかし、「楽しみながらプログラミングをやっていきたい」、「自分の力でプログラムが作成できるようになりたい」など、授業に対しての興味・関心・意欲の強さが見られた。

#### 4.2 教材概要

本実践では、自律型ロボット教材としてレゴマインドストームを使用する。本教材は、レゴブロックでロボット本体を組み立てることができ、付属の入力装置（センサ）により計測も可

能である。また、プログラムを赤外線通信により転送し、自律型でロボットを動作させることのできる制御用教材である。制御用プログラム言語としては、図3に示すような動作を模したアイコンを並べ、線をつなぎプログラムを作成するGUI型、動作の構文をキーボードで入力し、プログラムを作成するCUI型の2種類がある。この2種類のプログラム言語を使用することで、多様なプログラム学習が可能であり、基礎から創造まで幅広く有効性が高い。



(a) GUI型 (b) CUI型

図3 プログラム画面

#### 4.3 展開

##### 4.3.1 オリエンテーション (第1週目)

選択教科のオリエンテーションにおいて、対象の3年生全員にもものづくりではなく、プログラム学習に重点をおいた授業を行うことを説明した。

##### 4.3.2 制御ロボットの製作 (第2週目)

2週目には、プログラム制御の対象であるロボット製作の時間を設定した。本研究では、プログラム学習による工夫・創造性を重点的に観察することを目的としているため、製作するロボットは、生徒のオリジナルではなく、図4に示す見本を模倣して製作させた。

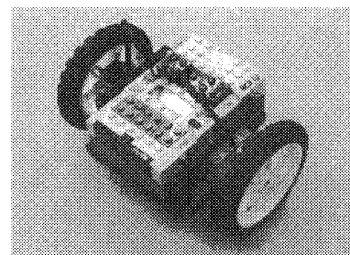


図4 製作したロボット

### 4.3.3 プログラムに慣れよう（第2週目）

まず、GUI型のプログラム言語を使用し、プログラムに慣れる時間を設けた。初めに図5に示すサンプルプログラムを提示し、そのサンプルプログラムのそれぞれのアイコンがどのような意味を持つか、転送時にどのような動きをするかを考えさせた。その後、プログラムの転送、動作の確認を行った。サンプルプログラムには、モータの正回転、停止、時間の設定を取り入れた。これにより、使用するプログラム言語の基本的な操作方法、最低限の理解が必要なアイコンの意味、プログラムの流れが理解でき、学習スタイルの基礎の学習ができた。

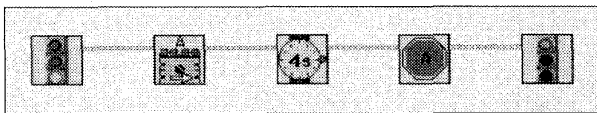


図5 GUI型サンプルプログラム1

サンプルプログラムは、ロボットの片輪だけが回転するプログラムであった。そこで、カーリングを題材とした課題を設定した。内容は、板の端からロボットを前進させ、板から落下しないようにロボットを停止させるというものである。課題は個人課題とした。生徒はこの内容に対して、前進させるためにはどうすればよいか、落下させないために時間をいくつに設定すればよいかなど、それぞれの課題を持ち、プログラムを変えていった。これにより、基礎的な部分から応用する段階に進むことができた。

### 4.3.4 プログラムで動かそう（第3～4週目）

カーリング課題を解決できた生徒には、ボウリングを題材とした課題を設定した。内容はカーリングで使用した板にボウリングのピンを置き、倒したピンの数を得点とするものである。また、ロボコン形式をとり、4人で1チームとし、授業を展開した。実践では4週目の大会に

向けて試行錯誤しながらプログラミングに取り組む生徒の姿が見られた。結果的にピンをすべて倒す生徒はいなかったが、ロボットの移動方向を転換させる動作や片輪だけでの回転、また音楽を流すプログラムを作成している生徒もいた。大会の様子を図6に示す。これにより、前進・停止する課題をクリアした生徒は、ボウリングという新しい課題に対してそれぞれが独自性のあるプログラムを作成することができ、創造の段階に進むことができた。また、大会で他の生徒の動作を見ることにより、自分が考えていた範囲外のアイデアを知ることができ、プログラムに対する創造の幅を広げることができた。

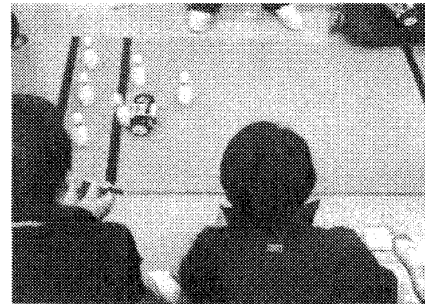


図6 授業の様子（ボウリング大会）

### 4.3.5 プログラムで動かそう（第5週目）

5週目では、さまざまな種類のプログラム言語を知ることがを目的として、CUI型のプログラム言語を使用してプログラミングを経験させる時間を設けた。こちらも図7のようなサンプルプログラムを提示し、キーボードによりプログラムを作成させ、各構文の持つ意味、転送時の動きなどを予想させた。その後、それぞれの構文やプログラム全体としての説明を行い、転送方法を説明した。また、このプログラム言語はコンパイル機能により、構文の打ち間違いがあると転送されない仕組みになっている。この機能から生徒は打ち間違いによるプログラム作成の難しさなども経験することができた。

構文、操作方法が理解できた後、GUI型のプログラム言語で行ったときと同様にボウリン

大会の課題を設定した。今回の大会では、前回の大会で得た情報が多かったため、さらに工夫を凝らした動作をさせる生徒が多数見受けられ、ピンをすべて倒す生徒もいた。

```

task main()
{
  OnFwd(OUT_A);
  OnFwd(OUT_B);
  Wait(400);
  OnRev(OUT_A);
  OnRev(OUT_B);
  Wait(400);
  Off(OUT_A+OUT_B);
}

```

図7 CUI型サンプルプログラム1

#### 4.3.6 センサを使用した計測（第6週目）

6週目からの内容は、今までの学習をさらに発展させたセンサを使用したプログラミングとし、実際に計測を行わせる時間を設けた。黒、白などの色やアルミホイル、ライトなどの身のまわりあるものを付属の光センサを用いて明度の計測を行った。計測の様子を図8に示す。また、教室の環境も変えることで随時計測値が変わることも理解させた。



図8 明度の計測

生徒の計測が終了した後、今回使用する光センサの説明を行った。また、白・黒を判別する境目となる値（しきい値）にも触れ、しきい値がわかればプログラム内での判断が可能であるということも理解させた。

説明後、実際に計測したこの値を使用したプログラムを作成する時間を設定した。まず図9

のような白黒を判別し、モータを正回転させるサンプルプログラムを提示した。サンプルプログラムには今まで使用したことのない分岐・反復のアイコンを使用していたが、生徒は自分の力でそのアイコンのある場所を見つけ出し、プログラムを作成していた。この段階で分岐・反復のアイコンの役割や作成方法などの理解をすることで基礎の部分の学習を行った。

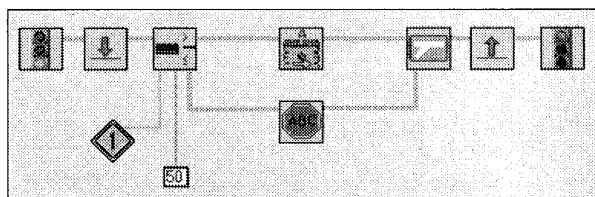


図9 GUI型サンプルプログラム2

#### 4.3.7 大会へ向けての計画・発表会（第7週目）

7週目は、センサを使用したプログラミングに向けての最終課題を設定した。最終課題はボウリング大会と同様、ロボコン形式をとり、2人1組のチームで得点を競い合うという内容とした。初めに大会までの予定を見せ、生徒に見通しを持たせた。そこで今回は、大会へ向けて方針を立て、次回からその方針に沿って各チームのプログラミングに移ることを説明した。大会ルールをひとつひとつ確認し、その後、授業の後半にそれぞれのチームが考えた方針を発表させる時間をとった。発表させた内容としては、ロボットにどのような動きをさせるか、そのためにどのようなプログラムを作成していくか、ロボットにどのようなセンサを取りつけるかなどである。また、ただ発表するのではなく、発表した内容や態度に対して生徒同士が相互評価をするような形式をとった。これにより、各チームの発表を聞くことで自分たちの思いつかなかったアイデアを知ることができ、疑問点や改良点などを考えさせることができた。

#### 4.3.8 センサを使用したプログラミング(第8～12週目)

8週目からは、大会へ向けてのプログラミングを各チームで行わせる時間をとった。前回話し合ったそれぞれのチームの方針に基づき、センサを使用したプログラムの作成やロボットの製作を行った。ここで生徒たちは今まで学習した基礎の部分を生かし、応用する段階を踏んだ。その結果、光センサを使用してライトレースを行うプログラムを作成したチームがいた。大会へ向けてプログラミングを行っている様子を図10に示す。

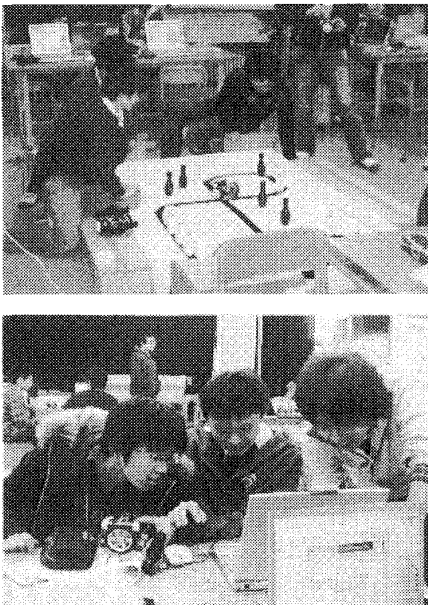


図10 授業の様子(試走, プログラミング)

9週目は、基礎の部分の学習を振り返ることのできるサンプルプログラムシートを配付し、チームのプログラムにいかせるよう配慮した。また、タッチセンサを使用した模型を用意し、ロボット製作にも配慮を施した。その結果、プログラム作成、ロボット製作ともに前回以上に意欲的に取り組む姿が見え、それぞれの方針をロボットの動きに具現化し、応用の部分の段階を十分に踏むことができたと考えられる。授業の後半では、プログラム意見交換会を開き、5チームのプログラムを生徒全員に向けて示し、

方針やどのようなプログラムを作成したかを発表させた。発表の様子を図11に示す。これにより、自分達のチームでは見つけることができなかったプログラムのアイコンや、考え付かなかった分岐の仕組みなどの知識を共有することができ、今回の学習の欠点ともいう知識のばらつきを最小限に留めることができたと考えられる。

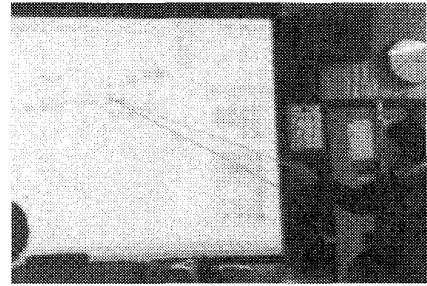


図11 発表の様子

10週目には、前回発表された5チームのプログラムに特徴、補説を加えたワークシートを配付し、それぞれのチームの方針に役立つよう配慮した。ここで、発表したチームのプログラムを知り、自分達のチームのプログラムに生かす創造の段階に移行させることができる。

11週目には、10週目までに作成してきたプログラムを使用して大会を開催した。各チーム2回競技を行い、点数の高い方をそのチームの得点とした。大会では、各チームが考え、作り出した創造性のあるプログラムを作成し、ロボットの動きに反映されていた。中には満点を獲得するチームもあり、生徒全員が参加できた盛り上がりのある大会が開催できた。

12週目も同様、全員参加の大会を開催した。

#### 4.3.9 ポートフォリオの作成(第13週目)

大会終了後の13週目には、作成したプログラムを記録・保存する時間を設定した。各チームが、どのようなプログラムを作成したか、実際に大会へ臨んでの結果、プログラミングの感

想などを文書ファイルにして作成する作業を行わせた。また、大会で使用したロボットの写真撮影、プログラムの動作確認などを行わせ、より見やすくわかりやすい文書を作成するよう促した。生徒は図12に示すように自分達の製作したロボットの特徴やプログラムについての説明を詳細に記入していた。

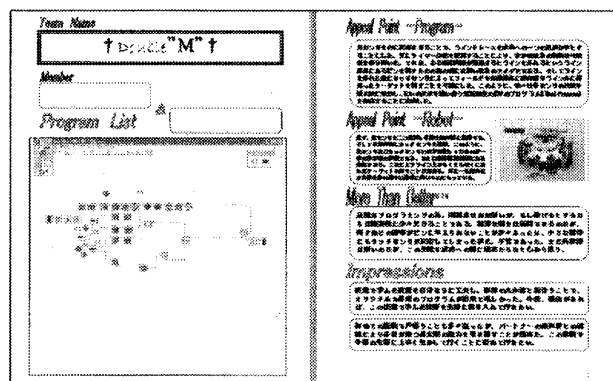
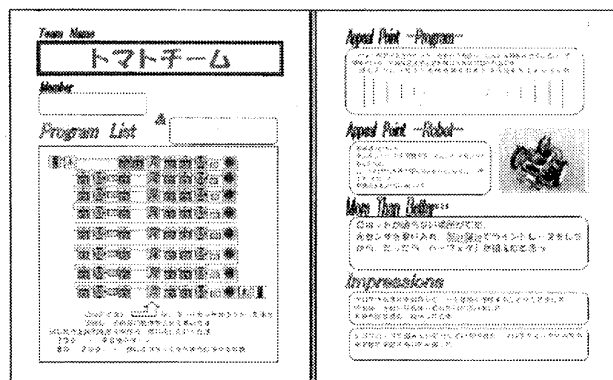
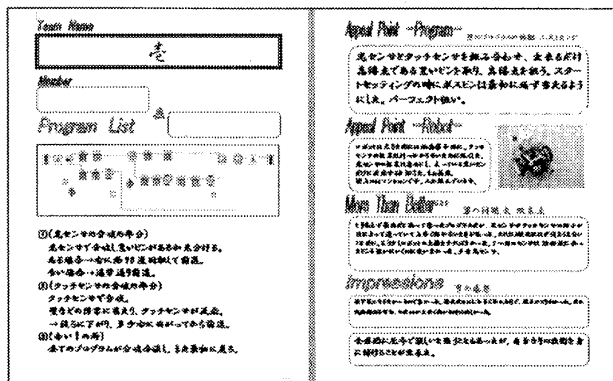


図12 作成したポートフォリオ

#### 4.3.10 身のまわりにある制御について(第14週目)

今まで行ってきたプログラミングと実生活との関連が必要であると考え、実際に身のまわり

にある制御物の仕組みを考えさせる時間をとった。今回は自動ドアの制御の仕組みを考えさせた。まず、自動ドアの制御として最も根本的な流れを考えさせた後、その根本的な流れをもとに、より実用化に近づけるためにはどのような問題が考えられるか、そのためにはどのような対処をすればよいかなどを考えさせた。ある生徒は、ヒトの判別をするために荷重センサを足元に使用し、重さによる判別をするアイデア、またある生徒は、事故防止のためにドアの閉まる面にタッチセンサを取り付け、センサに触れた場合ドアをもう一度開かせるといったアイデアを出していた。

#### 4.4 アンケート調査結果

授業実践の第1週(授業開始時)、4週(ボウリング大会後)、12週(プログラミング大会後)に事前・中間・事後アンケートを行い、プログラムに対する関心・意欲、知識・理解の面からの変容を見るために調査を行った。アンケート項目を表3、結果を図13に示す。アンケートの数値は5段階とし、数値が高くなるにつれ肯定的意見を示す。これより、質問項目1~3、7~11の関心・意欲の面では、事前・中間・事後とも高い値を示しており、関心・意欲が長期に渡って維持されていることがわかる。また、質問項目4~6の知識・理解の面では、事前・中間・事後とアンケート調査を行うにつれて平均の数値が高くなっており、プログラム、制御に対する知識・理解の定着が生徒の意識の中で確立されたことが見られる。

また、本実践の学習スタイルに対して、新鮮だった、たくさん悩み考えることの大切さを知ったなどの感想があり、積極的に自分の課題を見つけ解決に臨んでいた生徒が多く見られた。



表3 アンケート項目

質問事項	
1	ロボットに対して興味がある
2	ロボットを製作してみたいと思う
3	ロボットについていろいろなことを知りたい
4	制御がどのようなものか理解している
5	身のまわりの機器がどのように制御されているのか理解している
6	プログラムがどのようなものか知っている
7	プログラミングに興味がある
8	プログラムに対していろいろなことを知りたい
9	自分の力でプログラムが考えられるようになりたい
10	より多くのプログラミングに挑戦してみたい
11	これから行う授業が楽しみだ

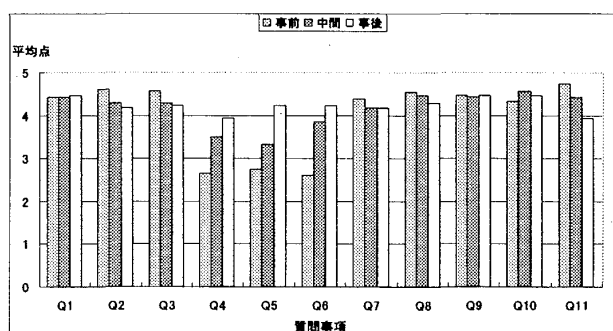


図13 アンケート調査結果

#### 4.5 生徒の作成したプログラム比較

今回の授業実践に取り入れた学習スタイルにより、生徒の創造性を生かすことができたか、またそれが結果となって表れたか生徒の作成したプログラムにより考察した。

##### 4.5.1 先行研究における生徒のプログラム

先行研究の授業の流れとしては、光センサを使用したライントレースをするプログラムが作成できるよう生徒全員に、共通の課題を細かく課し、それらの課題を解決した後に、最終課題を与えた。この最終課題に対して生徒が作成したプログラムには図14のようなものがあった。ほとんどの生徒は、最終課題以前に作成したライントレースのプログラムを改良し(a), (b)のような光センサを使用したプログラムを作成した。中には、(c)のような時間制御による単

純なプログラムを作成していた生徒もいたが、最終課題前までに使用していたアイコンのみしか使用しておらず全体的に同様な形のプログラムが多く見られた。

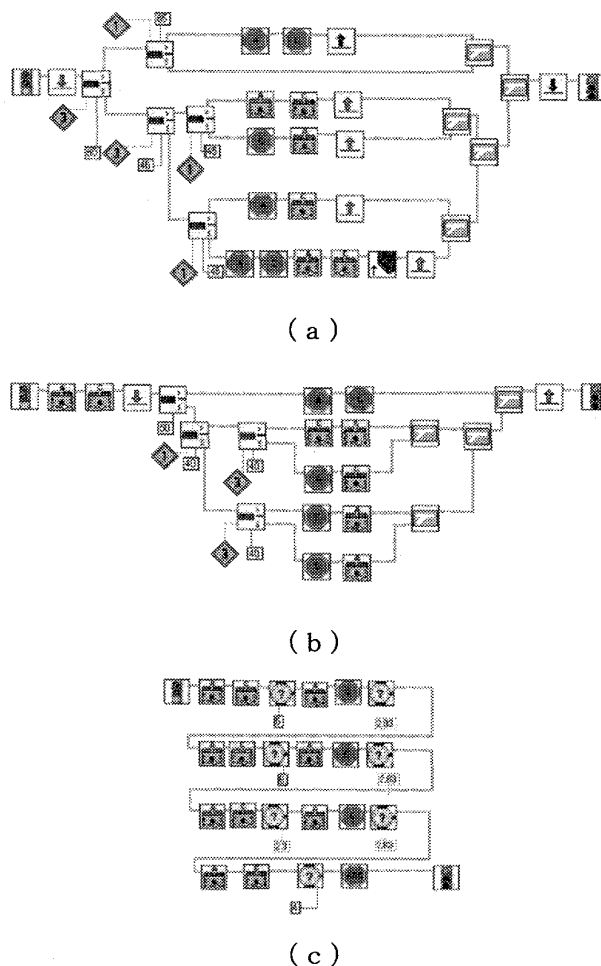


図14 先行研究における生徒のプログラム

##### 4.5.2 本実践における生徒のプログラム

本実践において、生徒全員の共通の学習は、プログラムの基礎的な部分の学習のみであった。その後、最終課題の提示により各チームは自分達が見つけ出したアイコンを積極的に見つけ出し、プログラムに取り組んでいった。課題内容は、コース内にあるピンを倒し、倒した本数による得点で順位が決定される。コースには黒線があり、黒線を辿るだけでも点数を獲得できる。最終課題の概略図を図15に示す。

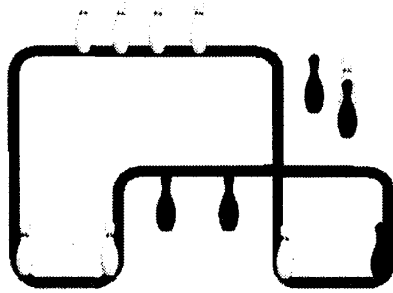
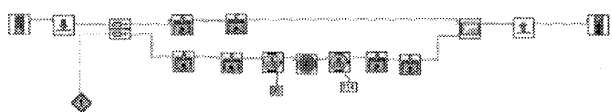
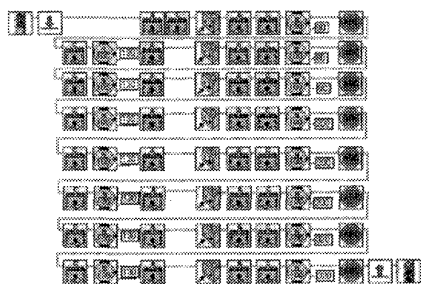


図 1 5 最終課題コース (概略図)

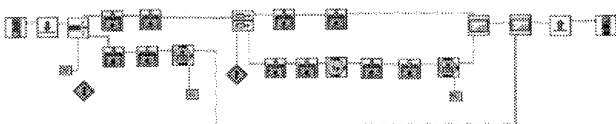
本実践において作成された代表的なプログラムを図 1 6 に示す。



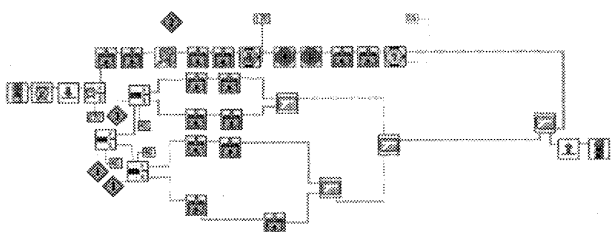
(a)



(b)



(c)



(d)

図 1 6 本実践における生徒のプログラム

本実践を行った結果、光センサを使用したライントレースをするプログラムの他に、図 1 6 の (a), (b) のようなタッチセンサのみを使用したプログラムでも異なるアイコンを用いて

プログラムを作成しており、(c) のようなタッチセンサと光センサを混同させたプログラムや、(d) のようなタイマ制御を行い、時間がたつとプログラムの切り替えができるプログラムなど、さまざまなアイデアを取り入れたプログラムが作成された。また、本実践ではグループ学習や意見の交換を取り入れることで進度のばらつきを防ぎ、課題に取り組むことができるように配慮したことも結果に反映されていると考えられる。

## 5. まとめ

本報において、自律型ロボット教材を用いた課題解決型スタイルの基礎・応用・創造の 3 段階を採り入れた授業実践を実施した。その結果、生徒は積極的に課題に取り組み、さまざまなアイデアを含んだプログラムが作成され、創造性のある学習を行うことができた。また、生徒の課題学習に対する高い関心・意欲の維持、自己の意識の中での知識・理解の定着が図れた

今後は、本実践の結果から課題研究、調査方法などを考察し、よりよい指導計画を確立する予定である。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 10 年 12 月）解説—技術・家庭科編—（1999）
- (2) 文部科学省：情報教育の実践と学校の情報化～新「情報教育に関する手引き」～（2002）
- (3) 島田他：技術教育における自律型ロボット教材を用いた授業実践，宇都宮大学教育学部教育実践センター紀要，第 28 号，pp117-125（2005）
- (4) 石島他：ロボット教材を用いたプログラム学習に関する研究，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第 29 号，pp. 181-190（2006）