

中学校における先端技術の教材利用

—— ロボット技術教材を利用した制御・プログラミング学習 ——

森 慎之助・楠 橋 光 久*1・山 崎 博 司

(技術教育講座)

(平成14年5月16日受理)

Use of High-Technologies as Teaching Material In Junior High School

—— Learning of Programming and Controlling Technologies through
the Use of Robotics ——

Shinnosuke MORI, Mitsuhsa KUSUHASHI and Hiroshi YAMASAKI

1. はじめに

平成10年12月に文部科学省(当時文部省)から発表された新しい学習指導要領⁽¹⁾が、平成14年4月より完全実施された。ここでは、完全学校週5日制のもと、各学校が「ゆとり」の中で「特色ある教育」を展開し、子どもたちに学習指導要領に示す基礎的・基本的な内容を確実に身に付けさせることはもとより、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」をはぐくむことが基本的なねらいとして掲げられている。また、授業時数の縮減と教育内容の厳選、個に応じた指導の充実、体験的、問題解決的な学習活動の重視、総合的な学習の時間の創設、選択学習の幅の拡大という5項目が示され、21世紀のわが国の初等中等教育をより充実、発展させるための一つの道筋を示しているものといえる。ここでは、完全学校週5日制の導入によって授業時間は減少することにより、履修すべき学習内容を選択することがせまられることは必至であり、今後、「生きる力」を真に育成し、その実をあげていくためには、教育効果をより効率的に上げるような学習法、教材の開発、検討が一層重要となってくるものと考えられる。

一方、21世紀のわが国が向かう方向として「科学技術立国」が示されており、その実現せしめるための施策を示した「科学技術基本計画」(平成7年11月施行)⁽²⁾および「科学技術基本計画」(平成13年3月30日閣議決定)⁽²⁾が示されている。これらの中では、「科学技術に関する学習の振興」の必要性が明記されており、「学校教育における科学技術に関する学習の振興

*1 愛媛大学教育学部附属中学校

並びに科学技術に関する啓発および知識の普及」を促進することが求められている。また、これらのことは、中学校技術科学学習指導要領においても、基礎的な技術・技能のみならず、先端技術を題材として学習展開を行うこととして示されている。先端技術の一部は、21世紀の社会を支えるものであり、生徒たちにとって身近でかつ一層関わり合いが多くなる可能性が高いため、生徒たちの興味・関心も高く、また、これらに関する知識・経験は、近未来における「生きる力」の一部ともなりうると考えられる。

以上のような観点から、本研究では、新しい学習指導要領の課す諸要件を実現し、かつ小学校、中学校連携および教科間連携を視野に入れた様々な面からの学習活用が可能な学習教材となりうるような題材として、「先端技術」を選択することとした。本報告は、その第1段階であり、中学校技術科選択領域において「技術とものづくり」および「情報とコンピュータ」を学習できるような題材を「先端技術」の中から選定して授業活用とその可能性を模索したものである。

中学校技術家庭科においては、今回の学習指導要領改訂により「技術分野」、「家庭分野」の2分野とするとともに、「技術分野」は、従来の6領域から「技術とものづくり」、「情報とコンピュータ」という新しい2領域に再編された。現在、様々な面から新しい学習指導要領に対応した教材の検討が行われている⁽³⁾が、いまだ十分なものとは言えないのが現状であり、より多面的な学習が可能となる教材の開発が急務といえる。本報では、技術科における「技術とものづくり」および「情報とコンピュータ」を学習できるような先端技術として、近年著しく社会に普及をはじめた「ロボット技術」を題材とし、「情報とコンピュータ」領域でセンサを使用した運動伝達の制御およびそのプログラミングの理解について検討した。教具としてはLego社の「マインドストーム」を使用した。授業実践は、選択授業において行い、学級の枠をはずした小集団を構成し、協働作業を重視しつつ、体験的、問題解決的な学習内容とした。ここでは特にロボット技術の概要を把握させるとともに、駆動部分およびセンサ技術の一部を課題として取り上げ、ロボット関連技術の理解と知識の定着度に着目するとともに、興味・関心に関しても、授業実践の前後でアンケート形式による調査を行ったので、その結果について報告する。

2. 授業前調査

授業実践を行うにあたり、生徒がロボット技術に関して、どのような意識および知識を有しているかを調べるため、授業対象生徒に対してアンケート形式の調査を行った。調査の実施時期は、授業実践開始の直前（平成12年10月）である。対象生徒は技術を選択した3学年の男子17名、女子4名である。

2. 1 調査項目

調査項目は、ロボットに対する意識・知識、およびセンサ、制御、プログラムなどについての知識などに関する14項目から構成されている。本報告では、これらのうちロボット技術の一部に関する5項目について検討を行った。表1に、検討項目を示す。設問(1)では、思いつくロボットを5つ列挙させ、生徒たちが現在どのようなロボットを認知しているかを回答させた。設問(2)、(3)はそれぞれセンサおよびその機能に関する認知度を回答させた。設問(4)、(5)では、

表1 授業前調査項目

	設問	目的	記入方法
ロボットに関する調査	(1)	言葉のイメージを知る	記述方法
センサに関する調査	(2)	言葉の認知度を知る	選択方式
	(3)	機能の理解度について知る	選択方式
ロボットの制御に関する調査	(4)	認知度を知る	選択方式
プログラムに関する調査	(5)	生徒の作成経験を知る	選択方式

それぞれロボットの制御の認知およびプログラミングに関する興味を選択方式にて回答させた。

2. 2 回答結果及び考察

設問(1)に対する回答結果に関しては、全員の生徒が、空想的なものを考えており、アニメなどの影響をかなり受けていることがうかがえる。

設問(2)に対する回答を集計した結果を図1に示す。95%の生徒がセンサという用語を知っていると回答しており、この用語は認知されていると考えてよいことがわかる。図2は、センサの機能に関する回答結果である。設問(2)の結果に反して、その機能については「全く知らない」または「あまり知らない」と回答した生徒は、50%であった。この結果から、生徒は「センサ」という用語については何らかの認知はあるものの、その機能に関しては十分な理解がなされていないことがわかる。

図3は、設問(4)「ロボットの制御を知っているか」に関する回答結果である。65%の生徒が「よく知っている」または「だいたい知っている」と回答している。この回答結果を詳細に調べると、男子生徒は16名中12名、女子生徒は4名中1名のものが「知っている」と回答しており、男子生徒の方がロボットと制御の関連を理解している割合が高かった。

設問(5)についての回答結果を図4に示す。「パソコンを使用してプログラミングすることに興味があるか」との設問に対し、85%の生徒が「ある」と回答している。しかしながら、他の回答から、プログラム作成の経験者は2名のみであり、プログラミングについては興味・関心はあるものの実際にプログラム作成をする機会は非常に少ないことがわかる。

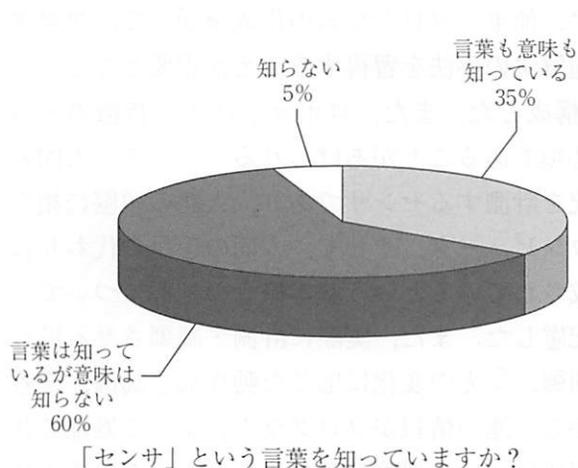


図1 授業前調査結果

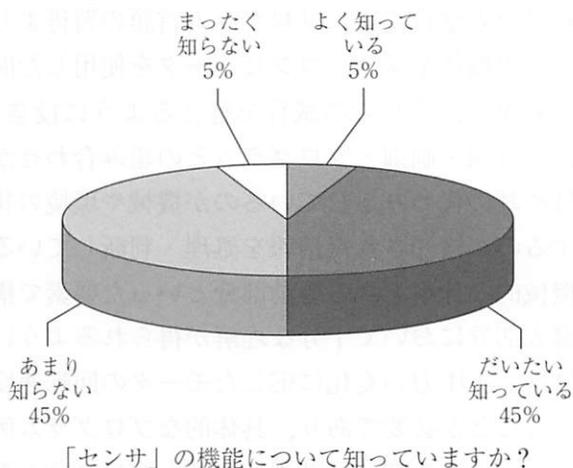


図2 授業前調査結果

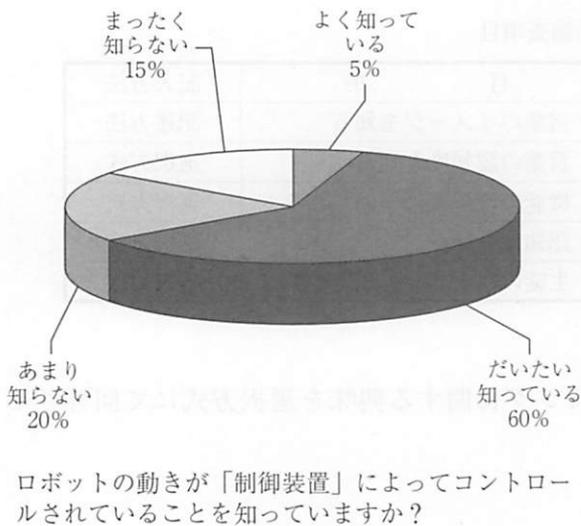


図3 授業前調査結果

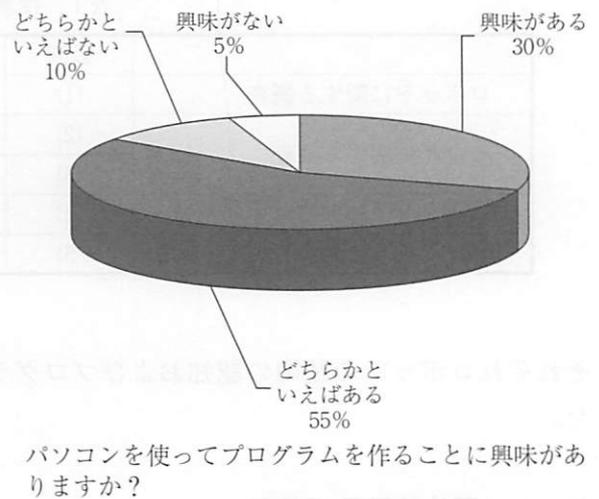


図4 授業前調査結果

3. 授業実践

授業実践は、愛媛大学教育学部附属中学校の技術・家庭科技術分野選択授業において行った。実施時期は平成12年11月であり、授業時間は、連続した2校時を2回（2週）の4校時である。授業対象は、授業前調査の対象とした男子17名、女子4名であり、これらの生徒を4名または3名の6グループの小集団に振り分けた。

3. 1 学習指導案

指導内容の構成は、技術科教育の視点を参考としたものであり、中学校学習指導要領技術家庭編技術分野では、B 情報とコンピュータ（6）ア プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること、イ コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること、と記述されている。本授業では、これらの観点から授業内容を構成することとし、前者（ア）に関する内容、すなわち、駆動機構部については、あらかじめ製作したものを準備し、駆動機構部を制御するためのプログラムを作成させることを目的とした。この場合、中学校におけるプログラム学習では、プログラム言語の習得よりは、簡単なプログラムの作成を通して、プログラムの機能を学び、コンピュータを使用した問題解決の手法を習得することが重要となることを考慮し、それらの試行を行えるように授業を構成した。また、ロボット技術の特徴の一つに、計測・制御とプログラムとの組み合わせが必須であることがあげられる。よって、人間の目や耳の代わりにしているのが機械や環境の状況を計測するセンサであり、人間の頭脳に相当するのが検知された情報を処理・判断しているコンピュータ、そして、人間の手足の代わりに機械的な仕事をする駆動部分といった要素で構成されているという基本概念の把握について、導入部分において十分な理解が得られるように配慮した。また、実際に計測・制御させる場合には、①圧力の変化に応じたモータの回転速度制御、②光の変化に応じた動作部分制御、を考えることが必要であり、具体的なプログラム例から一連の情報がプログラムによって処理されていることを知り、計測・制御とプログラムの関連について理解を深めることができるように配慮した。

先端技術

表2 授業実践の学習指導案(1, 2時限目)

学習内容	時間(分)	形態	学習活動	指導上の留意点(▲評価)
1. 学習課題の確認	10	全体	○ロボットとは何であるか確認する。 ・ロボットの定義づけをする。 ・実際のロボットのVTRを見る。	・VTRを使用して、具体的に分かりやすくする。
2. ロボットの機能	10	全体	○ロボットに必要な要素にはどのようなものがあるか考える。 1. 動作機能 2. 人工知能 3. センサ	・ロボット(P3)の写真を見せることで、必要な要素に気づかせる。 (▲ロボットに必要な機能を正しく理解しているか)
3. センサの種類とその働き	15	全体	○センサの種類とその働きについて理解する。 センサ(圧力や明るさや温度等の変化量を計測する装置) ・マインドストームのセンサを使ったVTRを見る。 ライトセンサ, タッチセンサ, 角度センサ ○ロボットの機能についてのまとめと、次時の授業で行う作業の確認	・センサをマインドストームを使って説明することで、興味を持たせる。 ・RCXの扱い方の注意をする。
4. RCXの使用法の確認	10	班	○RCXの使い方を理解する。 ・各部の説明と、ボタンの操作法 ・班に分かれて実際にRCXを操作してみる。	・RCXを実際に触らせながら説明することで、理解しやすくする。
5. マインドストームの使用法の確認	20	班	○実際にマインドストームを動かしてみる。 ・RCXにセンサとモーターをつけただけの簡単なものを使用する。 ・どのようなプログラムで動いていたのか理解する。 ・センサについてまとめる。	・前で実演しながら、説明することで理解しやすくする。 ・プログラムをプロジェクトを使って説明する。 ・次時に作成するプログラムと関連付けておく。
6. プログラミング方法の確認	15	一斉	○プログラミングの方法を理解する。 ・ダウンロードの方法を理解する。	
7. プログラミング	10	班	○課題のプログラムを作成して、ダウンロードする。 ・実際に動かしてみて、プログラムの意味を理解する。 ・マインドストームを班ごとに前へ返す。	・机間相談し、作業が出来ていない生徒に助言をする。 (▲プログラムを作成し、ダウンロードすることができるか)
8. 次時の内容確認	5	一斉	○次時の授業で行う作業を確認する。 ・班ごとにロボットを造ること	

学習指導案を表2および表3に示す。1時限目は導入部分であり、ロボットに必要な要素を理解させるとともに、マインドストームを用いた教示教材を作成して、センサの種類とその働きについて理解させることを目的とした。授業を円滑に進めるために、ワークシートおよび学習ノートを用意した。マインドストームのコントロールプログラムの理解させるための資料を作成して使用した。2時限目はマインドストームの具体的な使用方法と、制御方法についての



図6 授業風景（プログラムを作成している様子）

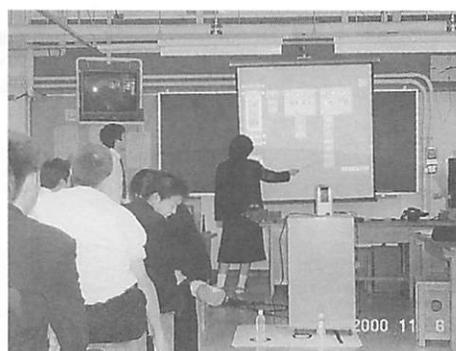


図7 授業風景（作成したプログラムを発表している様子）

の授業風景である。学級の枠を越えて良好な協力関係が確認できた。授業時間の最後に、班ごとに作成したプログラムと動作の確認を行い、知識の共有を目指した。図7に発表時の様子を示す。発表の準備時間をほとんど用意しないにも関わらず、すべての班からの発表は良好に行われた。

4. 授業後調査および考察

4.1 授業後調査項目

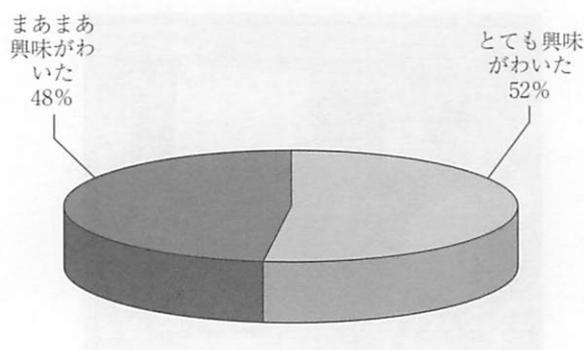
授業終了時に本授業に関する調査を行った。調査は記名式とし、ロボット技術に関する知識の理解度に関する項目で構成されている。設問は6項目であり、その内容をまとめたものを表4に示す。設問(1), (2)はロボットに関する興味・関心に関する設問であり、設問(1)では、「ロボットについて興味がわいたか」を4段階で、また設問(2)は、「ロボットのどの部分に興味を持ったか」を記述方式で回答させた。設問(3)はロボットの構成についての理解度を4段階で回答させた。設問(4)はセンサに関する設問であり、授業で取り扱ったセンサの種類およびその機能を記述させた。設問(5), (6)はプログラミングに関する設問であり、設問(5)「考えたとおりのプログラムが作れたか」、設問(6)「そのプログラムの内容を理解できたか」を、4段階で回答させた。

表4 授業後調査項目

	設問	目的	記入方法
ロボットに関する調査	(1)	興味度を知る	選択方式
	(2)	興味の内容を知る	記述方式
	(3)	構成の理解度を知る	選択方式
センサに関する調査	(4)	機能の理解定着度の客観的評価を知る	記述方式
プログラム作成に関する調査	(5)	自己満足度を知る	選択方式
	(6)	理解定着度の自己評価を知る	選択方式

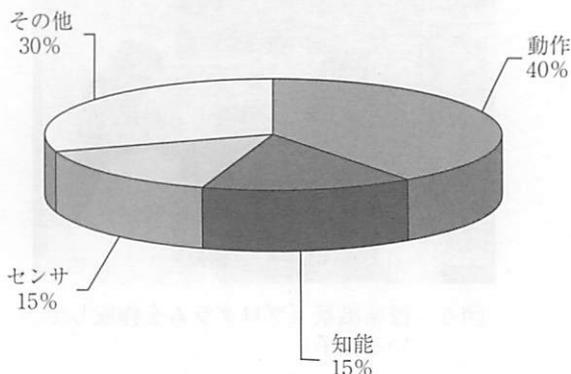
4.2 回答結果及び考察

図8に、設問(1)についての回答結果を示す。「ロボットに対して興味がわいた」と回答した生徒は全員であった。「とても興味がわいた」と回答した生徒は52%に達している。図9は、設問(2)についての回答結果である。ロボット技術学習後に生徒が興味を示したロボットの部分



ロボットについて興味がわきましたか？

図8 授業後調査結果

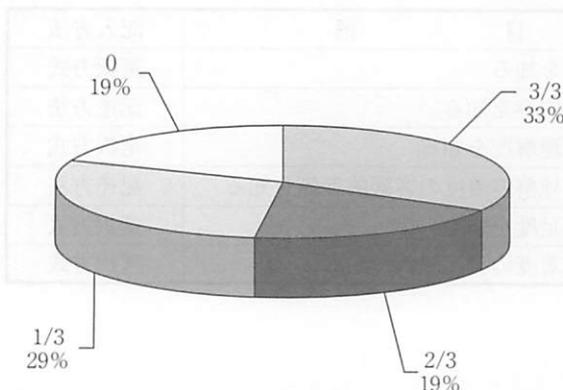


ロボットのどのところに興味がわきましたか？

図9 授業後調査結果

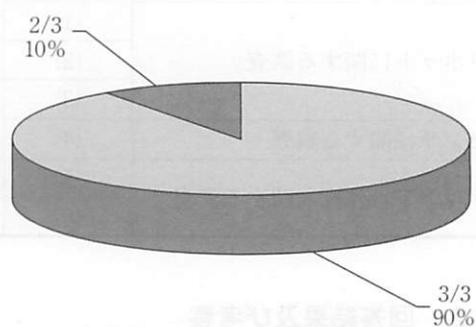
では、動作部分が40%であり、知能およびセンサ部分の15%を上回っていることがわかる。本授業では動作部の機構などについては授業時間の関係から最小限にとどめ、主として制御、プログラミング、センサを組み合わせたロボット技術の知能部分について授業を構成した。このため、ロボット動作を制御する知能部分に対する興味が啓発されたものと考えられる。この点を考え合わせると、動作部分に対して40%の生徒が興味を示していることは、これらの駆動部分について生徒に潜在的な興味があることの現れであることが推測できる。一方、授業の中で比較的時間を費やして解説したセンサについては15%（3名）の生徒しか興味を示しておらず、これは、本授業の構成上、センサ技術をロボットというシステムを構成する一部として説明したために生じた結果と考えられる。

図10は、設問(3)についての回答結果である。ロボットを構成するための3要素を記述させた結果であり、3要素すべてを回答した生徒は33%にとどまった。1つの要素も記述できない生徒は19%であり、全体として回答数は少なく、これらの要素については理解が十分に行われていないことがわかる。しかしながら、本授業で主眼をおいたセンサ、制御などについて、多くの生徒が記述しており、授業の成果は確認できたといえる。すなわち、本授業時間の構成ではロボットを構成するすべての要素について十分な理解を図るには不十分であるが、その中の2



ロボットを造るために必要な要素は何でしたか？

図10 授業後調査結果



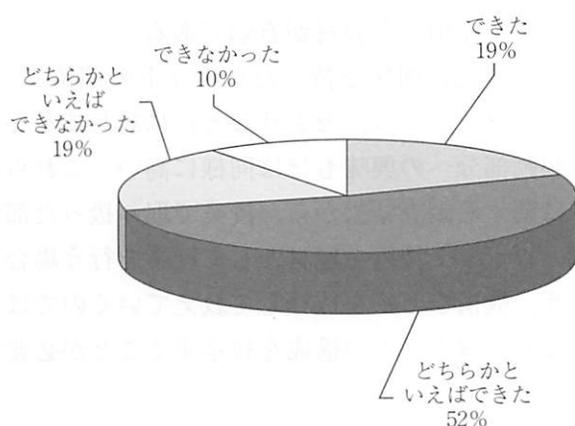
どのようなセンサを授業で使用しましたか？

図11 授業後調査結果

要素程度を取り上げて理解を計ることは可能であることがわかる。図11は、設問(4)についての回答結果である。授業で使用したセンサ「ライトセンサ、タッチセンサ、角度センサ」の名称および機能を記述させたところ、90%の生徒が3種類の名称および機能を記述できており、実際に利用したことにより、知識の高い定着率、理解度を示していることがわかる。しかしながら、このような高い定着率にもかかわらず、前述のごとくロボットの中でセンサについて興味がわいたと答えた生徒が3名であったことを考えると、センサ技術の学習については、その意義を十分に教示し、より広い視野からセンサを取り扱うことが必要であるものと思われる。

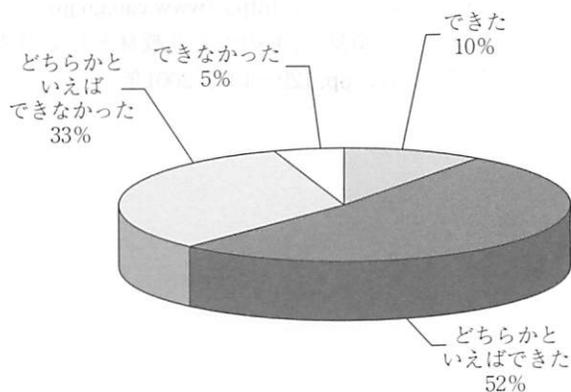
図12は、設問(5)「自分の考えたプログラムができましたか」という設問に関する回答結果である。19%の生徒が「できた」、52%の生徒が「どちらかといえばできた」と回答していることがわかる。4名または3名に1台のコンピュータでありながら、「できた」または「どちらかといえばできた」とした生徒は全体で71%に達している点で特徴的である。授業風景の観察結果から、キーボード操作は1名の生徒が行うが、他の生徒はマインドストームの機構を観察しながらアイデアを出し、他の生徒は配布資料を調べるという役割分担が形成されており、この数値は、それらの役割を担いながらプログラミングに関与したという結果が現れたものと考えられる。従来、中学校技術科の授業で導入・検討されてきたプログラム作成が、ロボットという具体的な対象物を設定した制御プログラム作成を課題として与えることにより、多くの生徒にプログラミングに関与させることができることが明らかとなった。

図12において、「どちらかといえばできた」を選択した生徒が半数以上を占めた要因のひとつとして、課題の未達成が考えられる。ここではライトレーサおよび障害物回避走行の2種類の課題を課したが、前者はほとんどの班で完成させることができたものの、後者は約半数の班でしか達成することができなかった。ここでの数値はこれらの課題の未達成の影響を含むものであり、今後引き続き、課題の難易度の妥当性との関連を検討していく必要があるものと考えられる。図13は、設問(6) (図12)の確認としての「プログラミングを自分なりに理解できたか」という設問への回答結果である。結果は図12とほぼ同様な傾向を示している。図12および図13の結果から、各班のうちの1名がプログラミングに主として関与したのではなく他の構成員たちもプログラミングに関与し、またそれによってプログラムの内容についても理解が促進



自分の考えたプログラムを作ることができましたか？

図12 授業後調査結果



プログラミングについて自分なりに理解できましたか？

図13 授業後調査結果

されたと考えることができ、本授業の教材・構成の有効性を示すものであるといえる。

5. ま と め

多面的な学習活用が可能な学習教材となりうるような題材として、「先端技術」を選択し、中学校技術・家庭科技術分野の「技術とものづくり」および「情報とコンピュータ」の2領域に関連する題材として「ロボット技術」を取り上げた。「情報とコンピュータ」領域において、ロボット技術の概要を把握させ、学級の枠をはずした小集団で協働作業をさせる学習展開を構成した。教具としてはLego社「マインドストーム」を使用し、センサ、制御、プログラミングなどのロボット関連技術を学習させた。学習題材としての効果を測るため、知識定着をテスト形式のアンケートによって確認するとともに、興味・関心を授業の前後で調査し、それらを総合して、授業構成、題材、教材の効果について検討を行った。

その結果、以下のような知見を得た。

- (1) 授業後調査の結果から、ロボットに関して全員の生徒が興味があると回答した。また、授業内容として取り上げたセンサ、プログラミングについて、その理解度も高く、本授業構成および使用した教材が有効である。
- (2) 授業後に興味を持ったロボットの部位については、授業で主な対象とした制御部分（知能、プログラム、センサなど）に対して多くの生徒が関心を示したものの、その他の機構・駆動部分への興味もほぼ同様に高い。これらの結果を裏打ちする形で、ロボットの構成要素に関する調査結果から、授業で取り扱った部位のみの理解・定着がみられた。
- (3) ロボット技術を題材として授業を行う場合、ロボットを構成している諸技術（制御、センサ、機構など）を抜粋して教えていくのではなく、その構成要素をバランスよく教えていきながらロボットの構成を教示することが必要である。

参 考 文 献

- (1) 文部科学省ホームページ, <http://www.mext.go.jp/index.htm>
- (2) 内閣府ホームページ, <http://www.cao.go.jp/>
- (3) 例えば大倉, 須見, 「ものづくり教材としてのスターリングエンジンの開発」, 日本産業技術教育学会誌, 第45巻3号, pp.129-135, 2001年