

# 先端技術を題材とした「総合的な学習の時間」

—— ロボット技術の学習 ——

森 慎之助・楠 橋 光 久・山 崎 博 司

(技術教育講座) (愛媛大学教育学部附属中学校) (技術教育講座)

(平成13年5月24日受理)

## Interdisciplinary Study Utilizing a Teaching Material Subject to High-Technology

—— A Learning of Technologies on Robotics ——

Shinnosuke MORI, Mitsuhsa KUSUHASHI and Hiroshi YAMASAKI

### 1. は じ め に

「総合的な学習の時間」<sup>(1)</sup>は、平成10年7月の教育課程審議会答申を受けて、完全学校週5日制のもと、「ゆとり」の中で「特色ある教育」を展開し、幼児・児童・生徒に自ら学び、自ら考える「生きる力」の育成を目指して設置されたものであり、21世紀にむけて、初等中等教育をより充実、発展させるための一つの道筋として期待されている。しかしながら、「総合的な学習の時間」の内容については、「地域や学校、子どもたちの実態に応じ、学校が創意工夫を生かして特色ある教育活動が行える時間」、「国際理解、情報、環境、福祉・健康など従来の教科をまたがるような課題に関する学習を行える時間」として主旨が示されているのみであり、その具体的内容、教材等については、学校および授業者の創意工夫にゆだねられている。そこでは、①自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てること、②学び方やものの考え方を身につけ、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすることが重要であるとされており、これらの観点に立脚し、また、平成14年度からの完全実施に向けて多くの検討・試行がなされている。しかしながら、いまだ十分なものとはいえず、より一層、様々な観点からの検討が必要であると考えられる。

本研究は、「生きる力」を「自己学習力と豊かな人間性によって支えられているものである」ととらえ、生きる力の一つである「豊かな人間性」を「心の教育」と位置づけたものである。本報告は、現代の子どもたちに問われている「人間関係能力の低下」という心の問題に対処するための一手段として、「協働作業による人間関係能力の育成」を目途として「人間関係能力

の育成」を計ることを試みた研究<sup>(2)</sup>の一部である。ここでは、中学校技術科学学習指導要領の中で示されている「実践的・体験的な学習活動を中心とし、仕事の楽しさや完成の喜びを体得させるようにすること」「生徒が自分の生活に結び付けて学習できるよう、問題解決的な学習を充実する」という観点から、協働作業のための題材として、先端技術の中からロボット技術を選定し、その概要を把握させるとともに、その一部を教材として、自主協働による作業をさせる学習展開を構成した。教具としては、LEGO社の「マインドストーム」を使用し、授業実践は、愛媛大学教育学部附属中学校において行った。

前報<sup>(3)</sup>においては、使用した教具および授業構成などの詳細を報告するとともに、学年・学級の枠をはずした小集団の中で協働作業を行うことによる人間関係能力に与える効果に着目して検討を行い、その有効性を示した。本報はその続報であり、授業実践によるロボット関連技術の理解と知識の定着度に着目して、授業実践の前後で調査を行ったので、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11月）である。対象生徒は1，2，3学年の各クラスから無作為に選抜された男女各1名ずつからなる男子11名，女子12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、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。

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

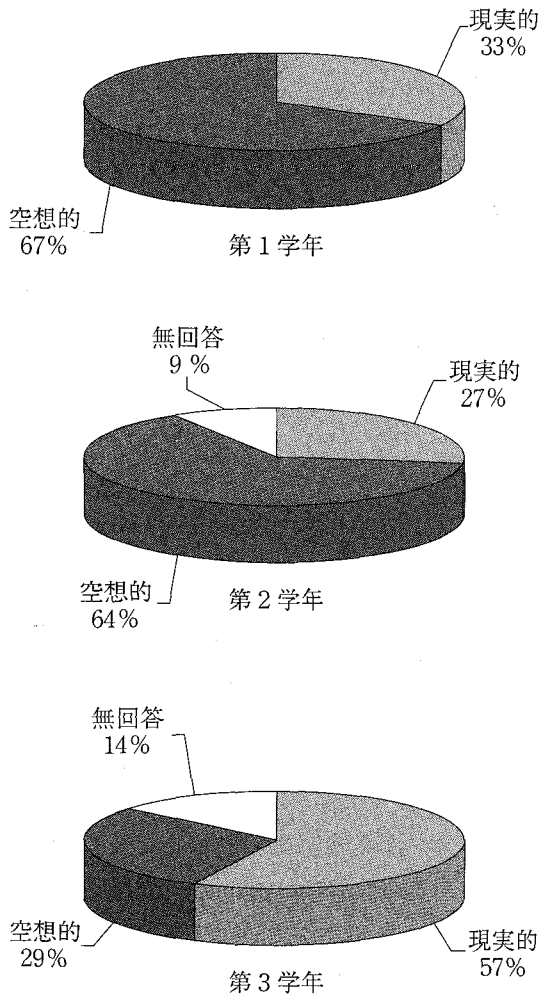
### 2.2 回答結果および考察

図1に設問（1）に対する回答結果を示す。生徒の思いつく「ロボット」について記述された内容を現実に存在するもの（現実的）と、SFなどの現実には存在していないもの（空想的）に分類した結果であり、学年ごとに集計したものである。第1学年では、空想的が67%であ

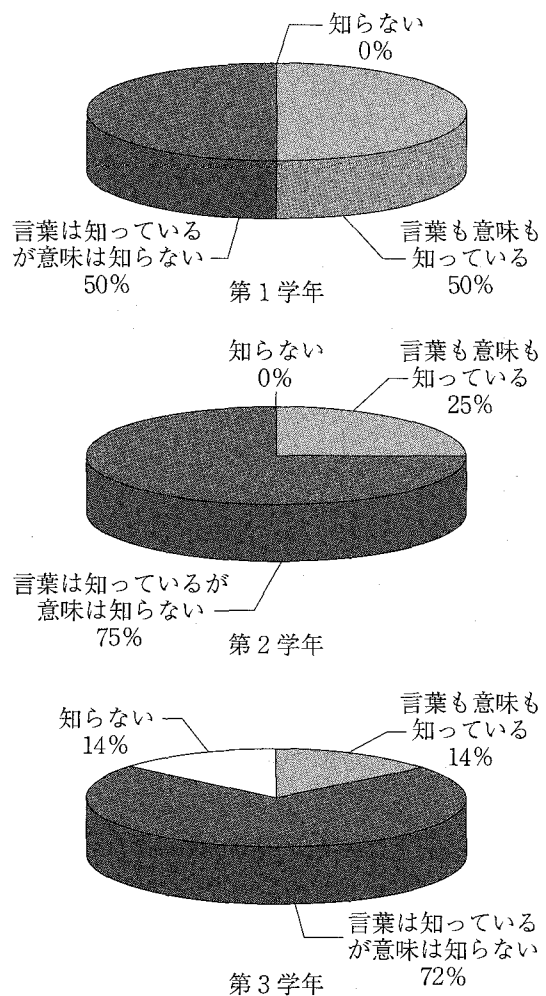
り、SF・アニメなどのテレビ番組などの影響を強く受けていることがわかる。また、第3学年では、現実に存在するロボットを挙げた生徒が57%、空想的なものが29%であり、アニメなどの影響が薄れていることがうかがえる。

設問（2）に対する回答を学年ごとに集計した結果を図2に示す。第1学年および第2学年では、センサという言葉について「知らない」と答えた生徒は皆無であったのに対し、第3学年では14%が知らないと回答した。全体では96%の生徒がセンサという言葉を知っていると回答しており、この語句は認識されていると考えてよいことがわかる。図3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、第3学年で全員であり、第2学年および第1学年ではそれぞれ38%であった。この結果から、生徒は「センサ」という語句については何らかの認識はあるものの、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。

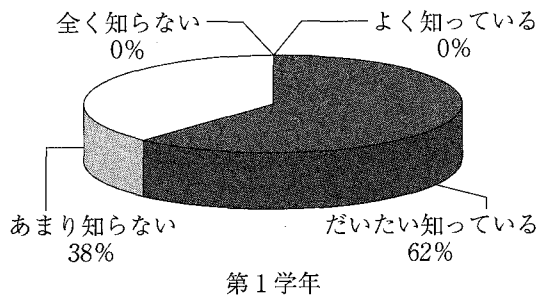
図4は、設問（4）「ロボットの制御を知っているか」に関する回答結果である。4割の生徒が「よく知っている」または「だいたい知っている」と回答しており、ロボットと制御が関連づけられている生徒が半数に満たないことがわかる。また、ここでは男子生徒の半数が「知っている」と回答したのに対し、女子生徒では19%であり、知識について性差があることが推



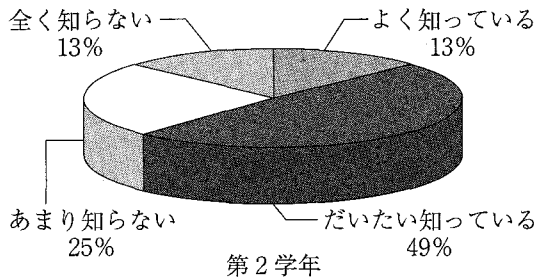
(思いつくロボットをあげてください)  
図1 授業前調査結果



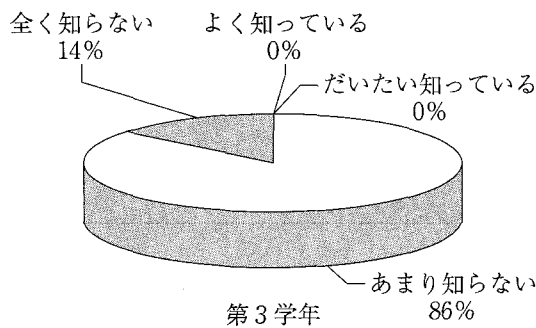
(「センサ」という言葉を知っていますか?)  
図2 授業前調査結果



第1学年



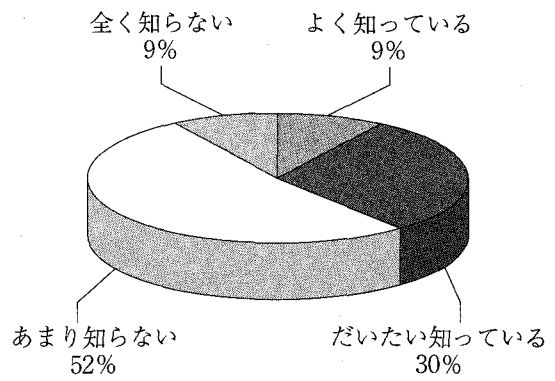
第2学年



第3学年

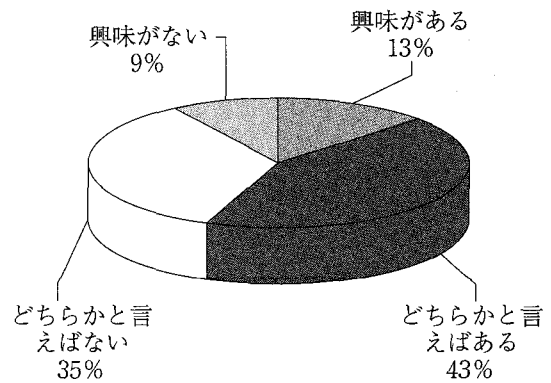
(センサの機能について知っていますか?)

図3 授業前調査結果



(ロボットの動きが「制御装置」によってコントロールされていることを知っていますか?)

図4 授業前調査結果



(パソコンを使ってプログラムを作ることに興味がありますか?)

図5 授業前調査結果

測できる。

設問(5)についての回答結果を図5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、56%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1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。

### 3. 授業実践

授業実践は、愛媛大学教育学部附属中学校において行った。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11名、女子12名であり、これらの生徒を4名(うち1グループは3名)の小集団に振り分けた。各集団への振り分けは、学年および学級および男女が偏らないように配慮した。

### 3.1 学習指導案

授業実践は、「総合的な学習の時間」にあたる「自主協働」の授業において行った。学習指導案を表2～表4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<sup>(4)</sup>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を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理解を深めることを主眼とし、センサを実際に使用させる作業で構成した。3・4時限目は、教材としてマインドストームの1セットを各班に与え、各班でロボットの構成要素（駆動部、センサ部、制御部）を認識させるとともに、それを制御するプログラムを作成させるという課題について作業をさせた。図6は、本授業で与えた光センサ、タッチセンサ、角度センサを使用して制御を行うプログラム作成課題であり、ここでは、与えられたライン上を走るライントレーサおよび障害物を避けて目的地まで到着する障害物回避走行の2つの課題を与えた。課題は図示し、かつプログラムのフローチャートで示すことで理解しやすいように配慮した。駆動部分は、各班ごとに事前に作成したものを使用させた。また、プログラム作成のために各班ごとに1台のパーソナルコンピュータを用意した。

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

表2 授業実践の学習指導案（1時限目）

学習内容	時間	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	○ロボットとはなんであるか確認する。 ロボットの定義づけをする。 ・実際のロボットを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。 ○ 動作機能 ○ 人工知能 ○ センサ	・ロボット(P3)の写真を見ることによって、必要な要素を気づかせる。 (▲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	15	全体	○センサの種類とその動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。	・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。
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操作してみる。	・RCXの扱い方の注意をする。 ・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 まとめと次時の確認	5	一斉	○ロボットの機能についてまとめと、次時の授業で行う作業の確認	

表3 授業実践の学習指導案（2時限目）

学習内容	時間	形態	学 習 活 動	指導上の留意点 (▲評価)
1 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ターを使って説明する。 ・次時に作成するプログラムと関連付けておく。
2 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。	
3 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。	・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)
4 次時の内容確認	5	一斉	・マインドストームを班ごとに前へ返す。 ○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	

表4 授業実践の学習指導案（3，4時限目）

学習内容	時間	形態	学 習 内 容	指導上の留意点 (▲評価)
1 前時の学習内容の復習	5	一斉	○前時の学習内容を確認する。 ・ロボットの機能 ・マインドストームの使い方	・前回配ったプリントを参考にする。
2 学習課題の確認	10	一斉	○班ごとに造るロボットの課題を確認する。 ・班内で、どのセンサから取り組むのが相談すること ・作業を分担する。 ・発表の役割分担をするとともに発表をする時間を確認する。	・プログラムの課題をプリントおよびVTRで提示することで、理解しやすく、確認しやすくする。
3 ロボットの製作	35	班	○班でプログラムを作る。	・机間相談して作業がうまく出来ない生徒に助言する。
4 発表	25	班	○造ったロボットを班ごとに発表する。 ①動きを見せる ②プログラムを説明する	・視聴覚機器を使いプログラムを見やすくする。
5 まとめ	10	全体	○ロボットについてまとめる。 ・ロボットのVTRを見る。 ・マインドストームのその他の作品を見る。	・ロボットについてのビデオを見せる。
6 動作部分を作る	10	班	○自由に動作部分を作る。	・動作部分を作ってみたいか確認をとる。
7 片づけ	5	班	○ブロックの数を確認する。	

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<sup>(5)</sup> 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)圧力の変化に応じてモータの回転速度を制御する、(2)光の変化に応じて動作部分を制御させる、ことなどを考える必要があり、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。

## 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7項目であり、その内容をまとめたものを表5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

## センサを使うためのプログラムを作って

### 動かして見よう!

<プログラムの作成課題>前回の授業で配布したプリントを参考にして、下の図1のような動きのできるロボットを造ってみよう。

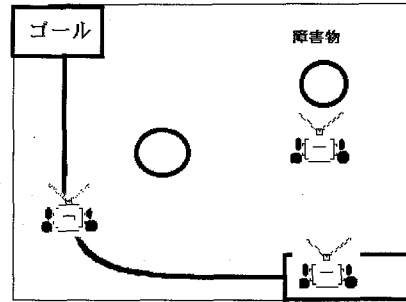
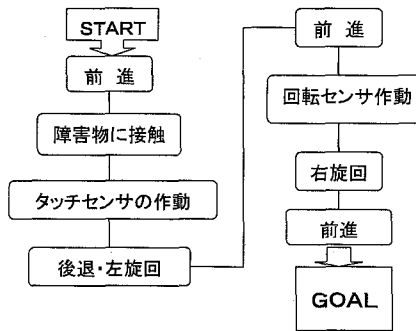


図1 動作の仕方

#### ☆タッチセンサと角度センサを使用



#### ☆ライトセンサを使用

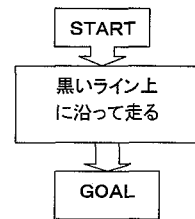


図6 センサに関する課題

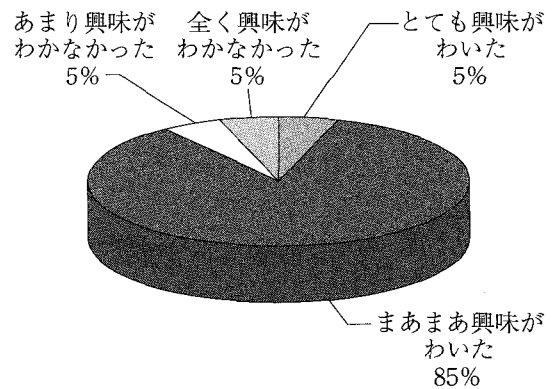
表5 授業後調査項目

	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
	(4)	構成の要素の理解度を知る	記述方式
センサに関する調査	(5)	機能の理解定着度の客観的評価を知る	記述方式
プログラムの作成に関する調査	(6)	自己満足度を知る	選択方式
	(7)	理解定着度の自己評価を知る	選択方式

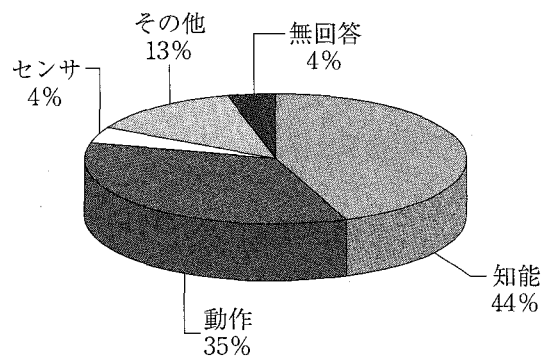
解度を4段階で、また設問(4)はロボットを構成する要素を記述方式で回答させた。設問(5)はセンサに関する設問であり、授業で取り扱ったセンサの種類およびその機能を記述させた。設問(6)、(7)はプログラミングに関する設問である。設問(6)、(7)では、「考えたおりのプログラムが作れたか」、「そのプログラムの内容を理解できたか」を、4段階で回答させた。

#### 4. 2 回答結果および考察

図7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90%であり、10%の生徒が「ロボットに対して興味がわかなかった」と回答した。しかしながら、「とても興味がわいた」と回答した生徒は5%にとどまっていることがわかる。図8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では、知能部分が44%であり、動作部分の35%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35%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。図7に示した「とても興味がわいた」と答えた生徒が少なかった要因のひとつとして、動作部分への興味が満たされないことへの不満の現れである可能性も考えられ、これらについては今後検討が必要と思われる。一方、授業の中で比較的時間を費



(ロボットについて興味がわきましたか?)  
図7 授業後調査結果



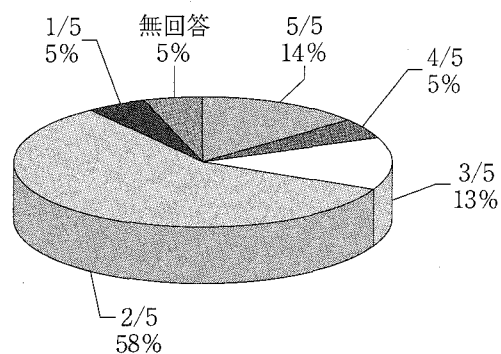
(ロボットのどんなところに興味がわきましたか?)  
図8 授業後調査結果



やして解説したセンサについては4%（1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9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5要素を記述させた結果であり、5要素のうち、2要素のみを記述した生徒が58%と多く、5要素すべてを回答した生徒は14%にとどまった。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、および制御、知能などについて、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10は、ロボットの構成についての理解度の自己評価と客観的評価の相関を示したものである。客観的評価は、図9の回答数、自己評価は設問（4）の回答数を用いた。この図から、自己評価が低いものでも、客観的評価は高い（自己評価2,客観的評価4）部分に生徒群（9名）が存在していることがわかる。また一方、自己評価が上位でありながら、客観的評価が下位（自己評価3,客観的評価0）の生徒も3名存在しており、相関に明らかな傾向が見出せなかった。この結果は、母集団（生徒数）の少なさ、または授業時間の制約から授業内容を限定したことによって生じた結果である可能性も否定できず、今後の検討課題といえる。

図11は、設問（5）についての回答結果である。授業で使用したセンサ「光センサ、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、81%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1名のみ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。



(ロボットを造るために必要な要素は何でしたか?)

図9 授業後調査結果

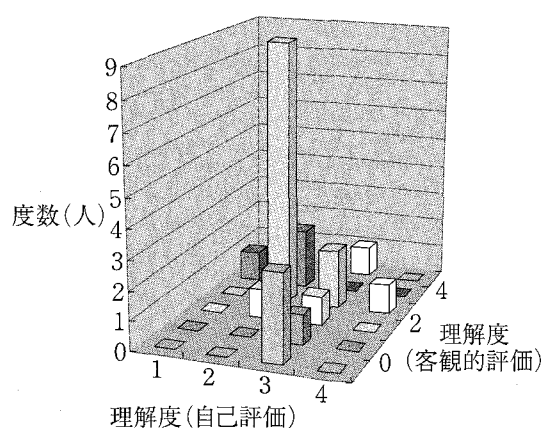
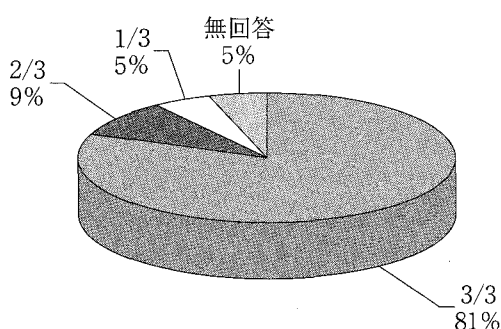


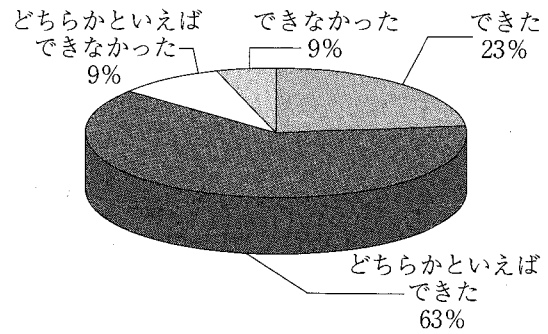
図10 ロボットの構成についての理解度の自己評価と客観的評価の相関



(どのようなセンサを授業で使用しましたか?)

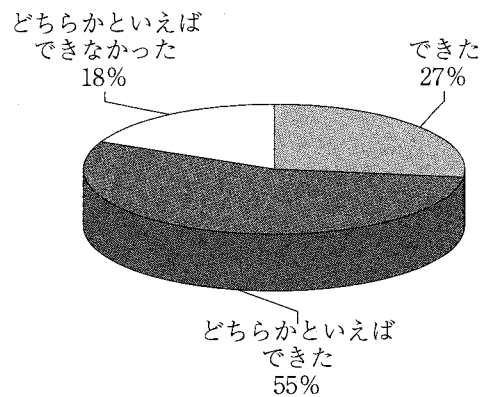
図11 授業後調査結果

図12は、設問（6）「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。23%の生徒が「できた」、63%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86%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った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参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参与させることができることが明らかとなった。このことは、本授業構成が、ここでの主題である自主協働作業についての課題として有用であることを示したものとイえる。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4名のうちの1名がプログラミングに主として参与したのではなく他の構成員たちもプログラミングに参与し、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。



(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

## 5. ま と め

総合的な学習の時間における、協働作業のための題材として先端技術、特にロボット技術を取り上げ、その概要を把握させるとともに、一部を教材として用いて自主協働による作業をさせる学習展開を構成した。教具として、LEGO社「マインドストーム」を使用するとともに、学年・学級の枠をはずした小集団の中で、協働作業を行った。ロボット、センサ、プログラミ

ングなどのロボット関連技術に関する知識、興味などを、授業の前後で調査して、授業構成、題材、教材の効果について検討を行った。授業後調査の結果から、ロボットに関して90%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なものであることが明らかとなった。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とが明らかとなった。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。以上の結果から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ことが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究は、平成12年度愛媛大学教育学部学部内特別経費の援助のもとに実施されたものである。記して深甚なる謝意を表す。また本研究を遂行するに際し、様々なご助力を賜った本学部 村尾卓爾教授に厚くお礼を申し上げる。

## 註

- (1) 文部科学省, <http://www.mext.go.jp/index.htm>
- (2) 愛媛大学教育学部附属中学校, 「研究紀要 第53号 生きる力を育む学習の創造 (第3年次)」, 2000年
- (3) 森, 小川, 楠橋, 山崎, 「先端技術を題材とした「総合的な学習の時間」—ロボット技術教材を利用した自主協働学習の展開—」, 愛媛大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 第19号, (2001), pp41
- (4) Joe Nagata, 「Joe Nagata の LEGO MindStorms スーパークリーチャー」, オーム社, 1999年
- (5) 文部省, 「情報教育に関する手引」, ぎょうせい, 1998年