

ロボット作り教室を通じた中学校技術分野「計測・制御」の指導内容の検討

三田 純 義¹⁾・長 壁 高 志²⁾・佐 瀬 暁 洋³⁾・前 橋 信 吾⁴⁾・清 水 貴 史⁵⁾

1) 群馬大学教育学部技術教育講座 2) 高崎市立豊岡小学校
3) 前橋市立第六中学校 4) 前橋市立箱田中学校 5) 高崎市立中尾中学校

Consideration of Teaching Contents of Measurement and Control in Technology Education of Junior High School through Manufacturing a Robot

Sumiyoshi MITA¹⁾, Takashi OSAKABE²⁾
Akihiro SASE³⁾, Shingo MAEBASHI⁴⁾, Takashi SHIMIZU⁵⁾

- 1) Department of Technology Education, Faculty of Education, Gunma University
Maebashi, Gunma, 371-8510, Japan
2) Toyooka Elementary School, Takasaki, Gunma, 370-0874, Japan
3) Dai-Roku Junior High School, Maebashi, Gunma, 371-0852, Japan
4) Hakoda Junior High School, Maebashi, Gunma, 371-0835, Japan
5) Nakao Junior High School, Takasaki, Gunma, 370-0001, Japan

(2011年10月31日受理)

1. はじめに

1. 1 背景

1998年改訂中学校学習指導要領(以下では現行指導要領とする)の技術分野の内容は、「A 技術とものづくり」、「B 情報とコンピュータ」の2つとなっていた。そのうち、「A 技術とものづくり」の内容では、(5) エネルギー変換を利用した製作品の設計・製作、(6) 作物の栽培、「B 情報とコンピュータ」の内容では、(5) コンピュータを利用したマルチメディアの活用、(6) プログラムの計測・制御の計4項目について、生徒の興味・関心に応じて選択的に履修させる内容として位置づけられていた。しかし、2008年改訂中学校学習指導要領(以下では新指導要領とする)の技術分野の内容は、「A 材料と加工に関する技術」、「B エネルギー変換に関する技術」、「C 生物育成に関する技術」、「D 情報に関する技術」の現代社会で活用されて

いる多様な技術を4つの内容としてまとめており、現行指導要領では選択履修であった内容においても、すべての生徒に履修させることが明記された。一方で、新指導要領における中学校の技術・家庭の授業時数は、現行の授業時数と変化はなく、今までと同じ授業時数の中で充実した内容を指導していかなければならない¹⁾。

新指導要領の技術・家庭(技術分野)の4つの学習内容の1つである「D 情報に関する技術」では、(1) 情報通信ネットワークと情報モラル、(2) デジタル作品の設計・制作、(3) プログラムによる計測・制御を指導することになる。このうち、「(3) プログラムによる計測・制御」については、現行指導要領では「選択履修」になっており、学校によっては行われていない可能性がある。また、これまではコンピュータのプログラムの作成では、HTMLや表計算ソフトウェアのマクロの作成などが指導されてきた。そこには、計測・

制御として具体的な対象を計測したり、制御したりする学習は少ない。さらに、今までの「計測・制御」の授業では、市販のキット製品を教材として使い、指導を行っている場合が多く見られ、そのキットを準備するだけでも多大な費用を必要とした。これらのことから、これまで以上に「(3) プログラムによる計測・制御」について、他の内容と複合させるとともに、準備するにあたっての費用を抑えつつも指導できる教材が求められている^{2) 3)}。

1. 2 目的

本研究では群馬大学教育学部の体験的科目「フレンドシップ教育実践演習」において、毎年、群馬大学教育学部として開催している創造ロボット教室において、2日間、中学生を対象にしたコースにおいて、ロボット作り教室において実施したことをもとに、つぎのことをねらいとする。

2008年改訂中学校学習指導要領「技術・家庭科 技術分野」の「D (3) プログラムによる計測・制御」の授業を展開することを目的に、ロボット作り教室において、開発した教材を授業形式で試行し、中学校技術の教材として導入可能かを検討する。

2. PICマイコンを活用した教材の選定

現在、「(3) プログラムによる計測・制御」に関する教材として技術分野の指導には多様なものが使われている。現在市販されている教材について、3例取り上げ、その概要を表1に示す。モータの構成については3例ともDCモータ2個を制御している。センサについて、教材Aは光センサを2つ、教材Bはタッチセンサを2つ、教材Cは光センサ及びタッチセンサを2つずつ搭載している。通信方法は、USBやRS232C、音声

信号など多様である。制御方法は、フローチャートやe-BASIC、GUIなどがあるが、それぞれアイコンを選択してプログラミングをしていくというのが主流となっている。そこで、新学習指導要領に対応した「プログラムによる計測・制御」に関する教材には、つぎのことを考慮する。

- ① コンピュータのプログラミングを機械的な動きとして確認できる。
- ② 「A 材料の加工」、「B エネルギー変換」、「D 情報」を複合した内容とする。
- ③ プログラミングが容易に行える。

2. 1 コントローラ

コントローラには神奈川県総合教育センターで学校教育用に開発したロボット学習システムRoboXを使う。RoboXシステムは、プログラム作成アプリケーション (RoboBuilder) で作成したロボットの動作プログラムをロボット制御ボード (RoboBrain) に転送することで、ロボットを自律動作させるものである。

2. 1. 1 機能限定版RoboBrainの回路・基板

本研究では、ファームウェア、ブートローダ、ユーザープログラムの書き込みが可能であったRoboBrainの機能を、ユーザープログラムのみの書き込み機能に限定した。図1に示す機能の制御ボードをプリント基板化し、使用した (以下機能限定版RoboBrain)。これにはモータは3個、センサは6個まで搭載可能である。電源は単三形乾電池を4本使用する。

2. 1. 2 RoboBuilderのプログラミング

RoboBuilderは、ロボットプログラムの初級者を対象として、プログラムの動作の仕組みを視覚的に理解し、命令をアイコン化して、ブロックのように並べて

表1 現在市販されている教材3例

	教材A	教材B	教材C
モータ構成	DCモータ2個	DCモータ2個	DCモータ2個
搭載センサ	光センサ×2	タッチセンサ×2	光センサ×2 タッチセンサ×2
通信方法	USB接続(直接) ドライバインストール不要	RS232Cコネクタ	専用ケーブルによる音声信号
制御方法	フローチャート形式(GUI)	e-BASIC	GUI
電源	単三形乾電池2本	単三形乾電池2本	単三形乾電池4本

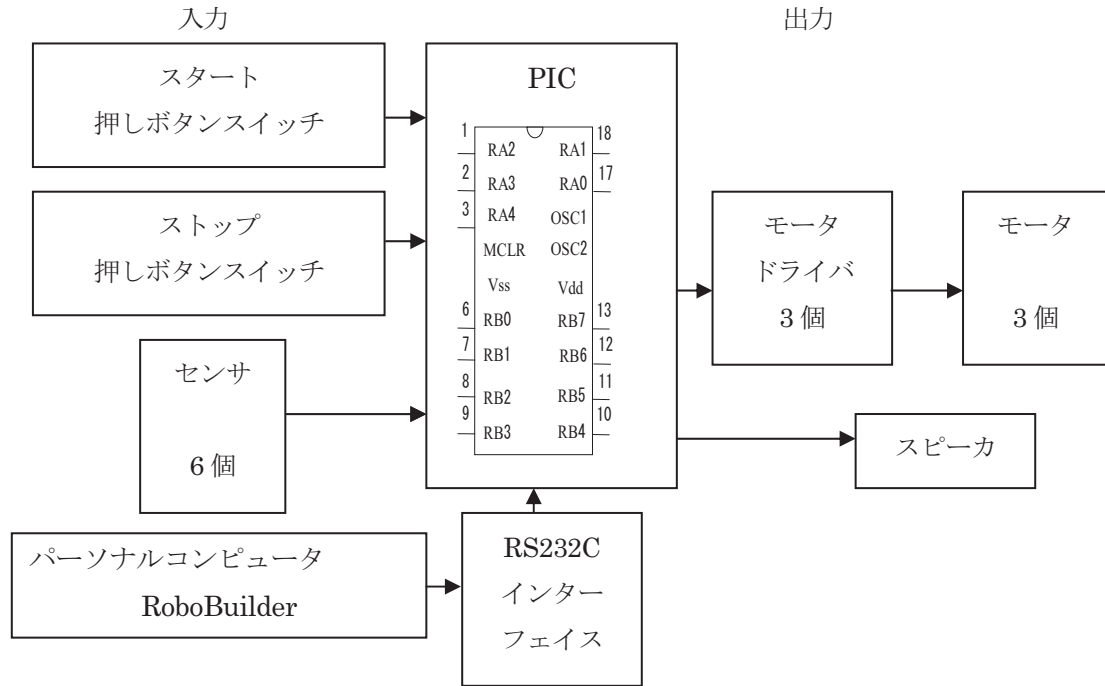


図1 制御基板（コントローラ）RoboBrainの構成

いくプログラミングできる。

RoboBuilderには、①マルチタスク機能の実装（最大8タスクの同時実行）、②マウスのみで、すべての操作（値の入力を含む）の実現、③作成したプログラムを日本語の文章とBASICプログラムで表示可能、④センサ値の表示機能、⑤メロディの作曲及び演奏機能（最大3曲）などの特徴がある^{3) 4)}。

2. 2 制御対象

コントローラを使った制御対象は図2に示すライントレースカーとする。これは光センサ、モータドライバ・モータがそれぞれ2つ、スピーカが1つ搭載されているものである。車体はベニヤ板などの板材を利用している。また円滑な走行を可能とするために、前部にはボールキャスタが付いている。

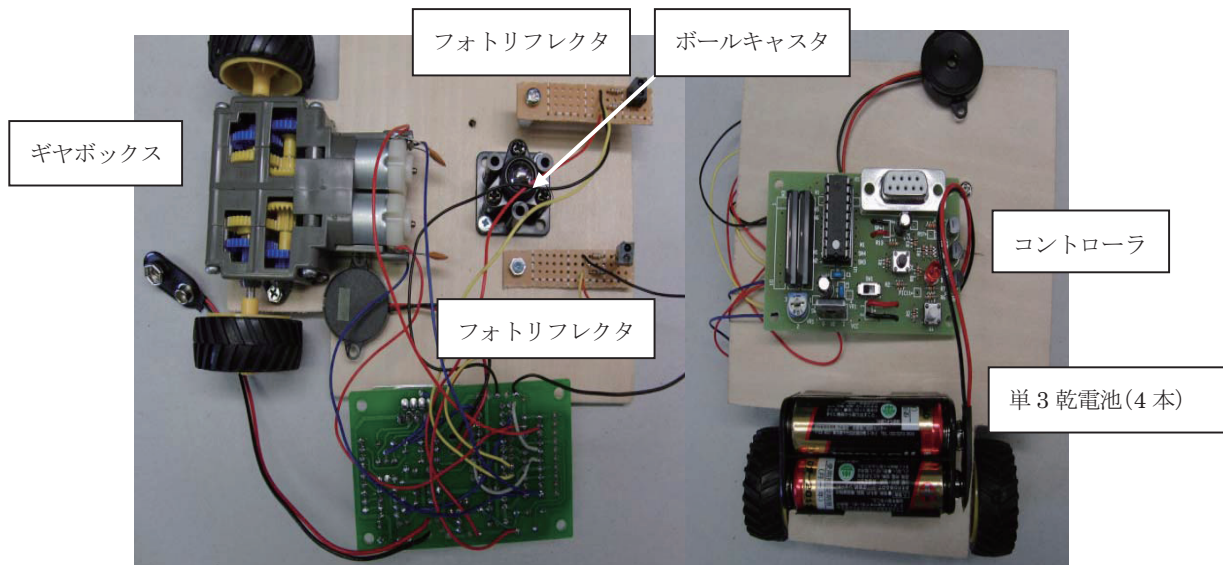


図2 ライントレースカー

2. 3 教材と学習指導要領との関連

教材の指導内容と2008年改訂学習指導要領の内容の関連について表2に示す。ライトレースカーを製作し、プログラムの作成を行うことで、A 材料と加工、B エネルギー変換、D 情報という3つの内容について学習することができる。

3. 教材の活用—ロボコンにおける実践—

開発した教材を使い、中学生を対象に参加者を募って、ロボット作り教室を実施する。活動内容は、コントローラと制御対象（ライトレースカー）の製作、プログラムの作成である。活動においては、大学の教員1名が講義形式で制御やコントローラ等について説明し、実際の製作活動では、研究室の大学4年生3名と、体験科目フレンドシップを受講している2年生11名がTAとして、参加者の支援を行った。TAは事前に、コントローラの製作、電子部品の性質と用途、プログ

ラムの作成について、実習を交えた講習を一日受講した。

3. 1 実施計画

参加者51名を対象に夏季休業の2日間で、表3に示す計画でロボット作り教室を実施した。1日目・2日目ともに6時間の活動で、計12時間のロボット作り教室である。

3. 2 実施内容

①コントローラの製作

参加者が2人1組または3人1組で、完成品コントローラ1台を参考にして、未完成品コントローラに部品のはんだづけとワイヤの配線を行い、未完成品コントローラを完成させる。部品のはんだづけをする前にその部品の特徴や性質について、スライドを用いて講義形式で説明した。

完成品コントローラおよび未完成品コントローラに

表2 教材と学習指導要領における関連

活動内容	学習指導要領の内容
・コントローラに関する講義 ・コントローラの製作	B エネルギー変換 (2)エネルギー変換に関する技術を利用した製作品の設計・製作 イ 製作品の組立て・調整や電気回路の配線・点検
・ギヤボックスの組立	B エネルギー変換 (1)エネルギー変換機器の仕組みと保守点検 ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組み (2)エネルギー変換に関する技術を利用した製作品の設計・製作 イ 製作品の組立て・調整や電気回路の配線・点検
・車体の製作	A 材料と加工 (2)材料と加工法 イ 材料に適した加工法と、工具や機器の安全な使用
・工作用紙によるカバーの製作	A 材料と加工 (3)材料と加工に関する技術を利用した製作品の設計・製作 イ 構想の表示方法と製作図
・プログラムの作成 ・ライトレースカーの走行・コースの検討	D 情報 (3)プログラムによる計測・制御 ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組み イ 情報処理の手順と、簡単なプログラムの作成

表3 ロボット作り教室の日程

1日目 午前(9:00~12:00) 午後(13:00~16:00)	事前アンケート・テスト コントローラに関する講義(20分) マイクロコンピュータやロボットについての説明 PIC及び基板の各部、はんだづけの方法についての説明 ①コントローラの製作 ②ギヤボックスの組立
2日目 午前(9:00~12:00) 午後(13:00~16:00)	③車体の製作 ④工作用紙によるカバーの製作 ⑤プログラムの作成、ライトレースカーの走行 事後アンケート・テスト

ついて図3、参加者が取り付ける部品については図4に示す。取り付ける順番は、①PICソケット→②タクトスイッチ×2→③スライドスイッチ→④半固定抵抗器→⑤発光ダイオード→⑥モータドライバ→⑦トランジスタとした。熱に弱い部品を参加者がはんだづけに慣れたときに取り付けることにした。

②ギヤボックスの組立

ギヤボックスの組立では、「TAMIYA ダブルギヤボックス」を組立て、ギヤのはたらきについてスライドや動画を用いて説明した後、製作をした。ギヤボックスの速度伝達比については344.2にしたが、コースの走行の際にギヤボックスを取り外し、速度伝達比を

変えることができることを伝えた。

③車体の製作

車体の製作では、組立てたギヤボックス・タイヤ・ボールキャスター・コントローラ・光センサを木ねじやボルトとナット、両面テープを用いて板に取り付ける。

④車体カバーの製作

車体カバーは工作用紙を用いた。配布プリントにカバーの展開図のサンプルを示し、そのサンプルを工作用紙にかき写し、カバーを製作する参加者がほとんどだったが、一部の参加者はオリジナルのカバーを製作した。図5にサンプルの展開図を示す。

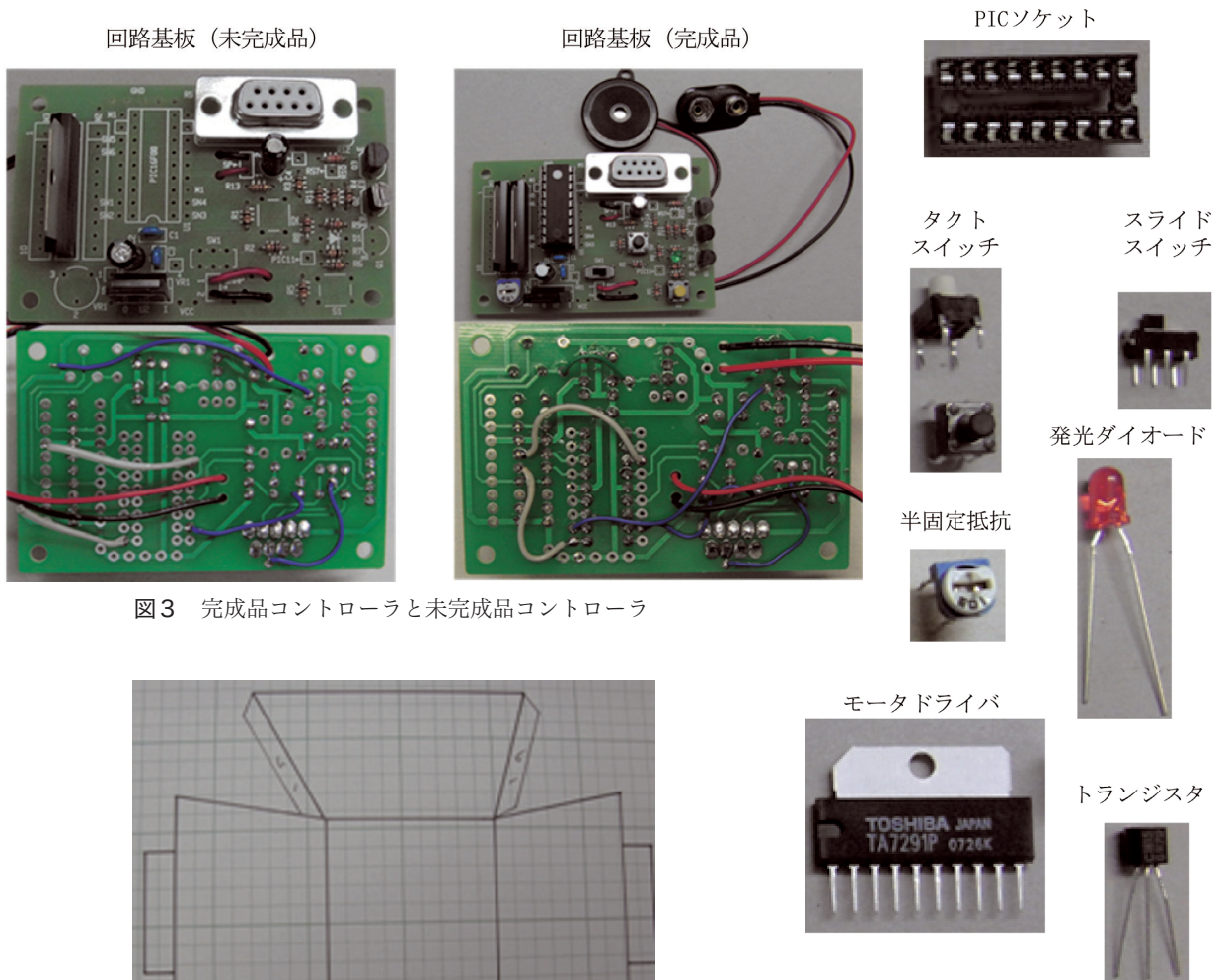


図3 完成品コントローラと未完成品コントローラ

図5 展開図のサンプル

図4 参加者が取り付ける部品

⑤プログラムの作成

プログラムの作成は、RoboBuilderを用いた。参加者には、プログラムの作成活動時にプログラム作成マニュアルを配布した。参加者は音楽を鳴らすプログラムやモータを指定された秒数回転させるプログラムなどの簡単なプログラムを作成し、基本的な作成方法を習得した。その後、マニュアルにしたがってプログラムを作成していき、ライントレースのプログラムについて考えた。ライントレースでは実際にコースを走らせ、光センサの閾値やモータの回転数をプログラムで変えた。

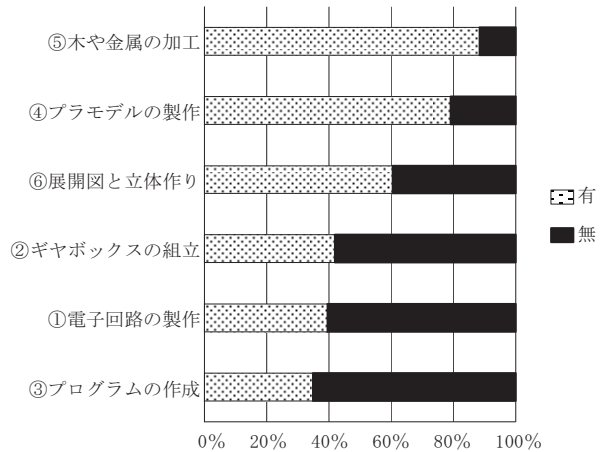


図6 ものづくりの経験

4. 参加者の受け止め方

参加者51名のうち8名は前年度のロボット作り教室に参加したため、以下では8名を除いた中学生43名（1年生13名、2年生23名、3年生7名）を調査対象とした。

4.1 ものづくりの経験

本教室の開始時に、ものづくりの経験についてアンケートを実施した。

調査内容

次の6項目について、今までの経験の有無について「はい」「いいえ」を選択させた。

- ①電子回路などはんだづけ
- ②ギヤボックスの組み立て
- ③コンピュータのプログラムの作成
- ④プラモデルの製作
- ⑤木や金属の加工
- ⑥展開図から立体の製作

調査結果

ものづくりの経験についての結果を図6に示す。木や金属の加工やプラモデルの製作、展開図と立体作りについては、60%以上の参加者が経験している。しかし、ギヤボックスの組立や電子回路の製作、プログラムの作成については半数以上の参加者が経験していない。

経験有りと答えた参加者に対し経験回数を聞いたところ、電子回路の製作やプログラムの作成、ギヤボックスの組立については、経験があっても1回だけだと回答したのが半数程度であり、経験回数が多い。

4.2 課題の難易度と課題への興味

本教室の終了時に課題の難易度と課題への興味についてアンケートを実施した。

調査内容

次の5項目についての難易度と興味、それぞれ5段階で評価させた。

- ①電子回路の製作
- ②ライントレースカーの製作
- ③展開図から立体を作る
- ④プログラムの作成
- ⑤ライントレースカーの走行

[難易度]

- 5：たいへん難しい
- 4：難しい
- 3：どちらともいえない
- 2：やさしい
- 1：たいへんやさしい

[興味]

- 5：たいへん興味をもてた
- 4：興味をもてた
- 3：どちらともいえない
- 2：興味をもてなかった
- 1：まったく興味をもてなかった

調査結果

課題の難易度の結果を図7に、課題への興味の結果を図8に示す。

難易度については、展開図から立体作り以外の4項目については半数以上の参加者が難しいと感じている。特にライントレースカーの走行については難しいと考えている参加者が多い。

興味については、参加者の多くは「たいへん興味をもてた」または「興味をもてた」と回答し、興味をもてなかったと回答した参加者は各項目とも5%以下であった。

参加者は教材についてやや難しいと感じていたが、興味をもって取り組むことができた。難易度が高いからといって、教材への興味・関心が下がるわけではないということがわかった。

展開図から立体作りについて難易度及び興味が低くなった要因としては、展開図から立体作りの時にサンプルとして2つの立体の展開図を用意してあり、それをかき写した参加者が多かったためだと考えられる。

プログラムの作成とライトレースカーの走行の難易度が高かった要因としては、ライトレースをさせるプログラムの作成及び光センサの閾値の決定について考え込む参加者が多かったためだと考えられる。

電子回路の製作への興味の高さの要因としては、参加者の電子回路のものづくり経験が少なく、はんだづけの活動に興味をもち、意欲的に取り組んでいたことが挙げられる。

4.3 知識の確認テスト

本教室の開始時及び終了時に電子回路や歯車、モータ等に関するテストを実施した。テスト内容と学習指導要領との関連について表4に示す。

表4 テスト内容と学習指導要領との関連

テスト内容	指導要領関連内容	
モータの回転	B エネルギー変換 (1)エネルギー変換機器の仕組みと保守点検 ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組み	
発光ダイオード		
スイッチ		
歯車と動力伝達		
抵抗による分圧		
二択問題	製図	A 材料と加工 (3) 材料と加工に関する技術を利用した製作品の設計・製作 イ 構想の表示方法と製作図
	コンピュータのデータ処理	D 情報 (1) 情報通信ネットワークと情報モラル ア コンピュータの構成と基本的な情報処理の仕組み
	はんだづけ	B エネルギー変換 (2) エネルギー変換に関する技術を利用した製作品の設計・製作 イ 製作品の組立て・調整や電気回路の配線・点検
	発電機とモータ	B エネルギー変換 (1) エネルギー変換機器の仕組みと保守点検 ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組み
	電流	
歯車		
プログラム	D 情報 (3) プログラムによる計測・制御 ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組み	

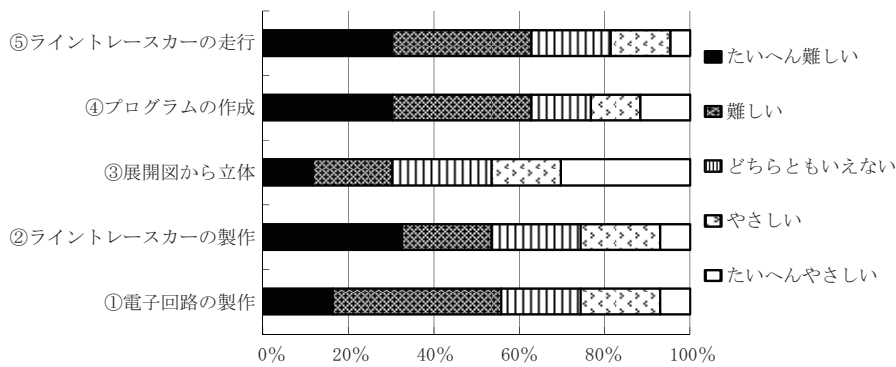


図7 課題の難易度

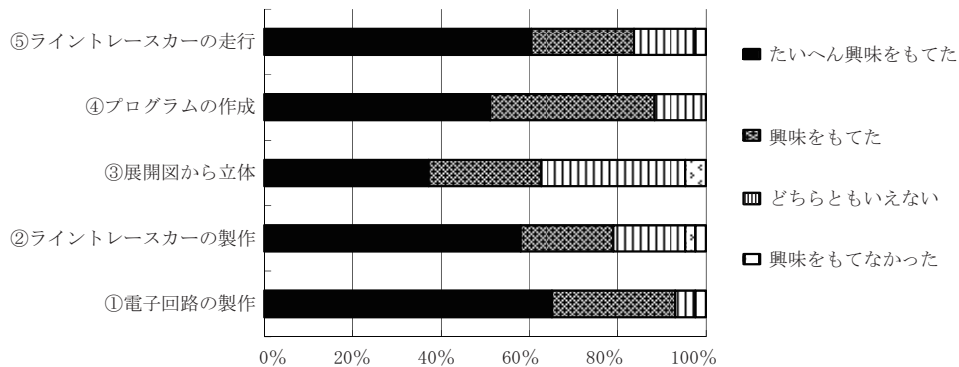


図8 課題への興味

調査内容

次の項目について、テストを実施した。

- ①モータの回転（図の完成）…3問
- ②発光ダイオード（穴埋め）…3問
- ③スイッチ（選択）…5問
- ④歯車と動力伝達（記述）…7問
- ⑤二択問題…10問
- ⑥抵抗による分圧（数値記入）…6問

調査結果

事前テストと事後テストの全体の平均正答率を図9に、項目ごとの正答率を図10から図15に示す。

事前テストの全体の正答率が20%であったのに対して、事後テストでは47%であり、t検定の結果、有意差があった。

各問題の正答率の比較では、事前テストよりも事後テストの正答率が向上している。抵抗による分圧については事前テストと事後テストの正答率に変化がない問題が二問あったが、そのほかの四問については正答率が向上した。

5. まとめ

夏季休業の2日間（計12時間）で、参加者51名を対象にロボット作り教室を実施した。ロボット作り教室の活動として、開発したライトレースカー教材を授業形式で試行し、中学校技術科の教材として導入可能かを評価した。その結果、次のことがわかった。

- (1) 開発したライトレースカー教材はA 材料と加工、B エネルギー変換、D 情報という3つの内容を複合したものづくりの教材となる。
- (2) 参加した中学生は今回の教材をやや難しいと感じてはいたが、興味をもって意欲的に取り組み、

ほぼ全員がライトレースカーとしてコースを走らせることができた。

今後の課題

中学校技術科の教材として導入していくにあたって、限られた授業時数の中ですべての内容を指導していくのか、一部の内容を取り上げて指導していくのかという指導計画が課題である。また、ロボット作り教室での調査ということで比較的興味・関心が高い中学生が調査対象であった。中学校では、生徒一人一人の興味・関心やものづくりの技能に関して個人差があるので、中学校技術科の授業としてライトレースカー教材を導入し、効果及び課題の検討をしていくことが必要である。

本研究は群馬大学教育学部の体験的科目の1つである「フレンドシップ」の一環として、平成22年度科学研究費基盤研究（C）（課題番号22500843）により実施した研究で、関係諸氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 文部科学省編（2008）：中学校学習指導要領解説—技術・家庭編—
- 2) 三田純義、古谷清蔵、前橋信吾、清水貴史、平形隆正：教員研修を通じた技術教育における計測・制御教材に関する検討—マイクロコンピュータを活用した計測・制御教材—、群馬大学教育実践研究，第28号，pp169-178（2011）
- 3) 三田純義，清水貴史，寺島邦彦，平形隆正：学校現場と大学との関係による教材開発—技術教育の複合ものづくり教材を題材として—、群馬大学教科教育研究会編，教科教育の今日的課題と展望，pp151-169（2011）
- 4) ロボット学習システム RoboX
<http://www.edu.ctr.pref.kanagawa.jp/robox/>

（みた すみよし・おさかべ たかし・させ あきひろ・まえばし しんご・しみず たかし）

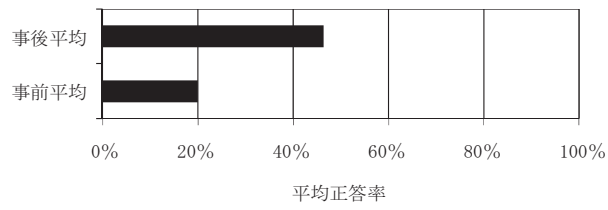


図9 事前テストと事後テストの平均正答率

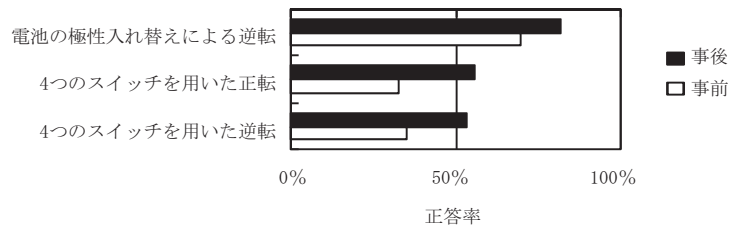


図10 モータの回転

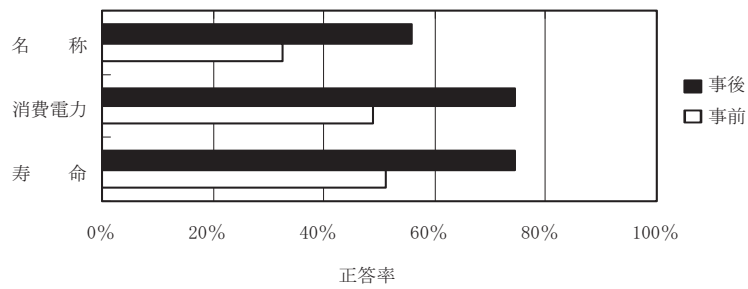


図11 発光ダイオード

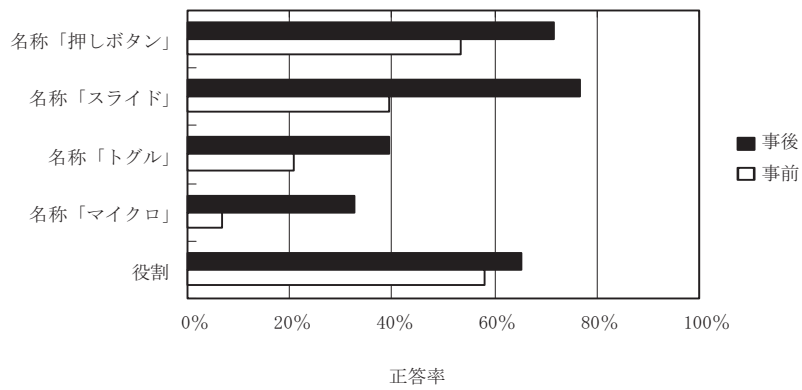


図12 スイッチ

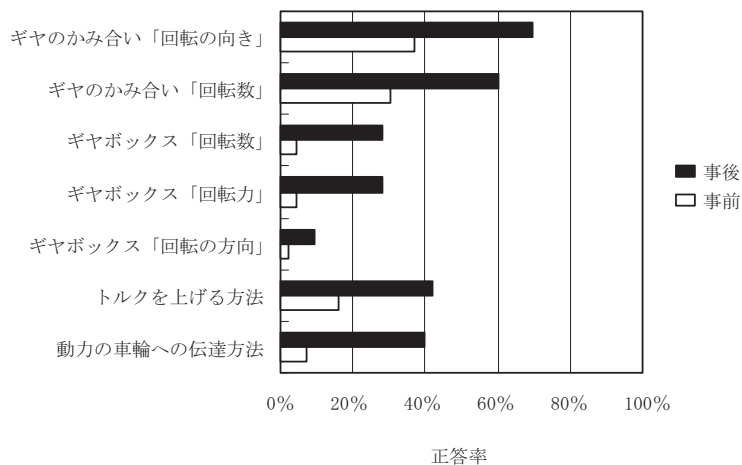


図13 歯車と動力伝達

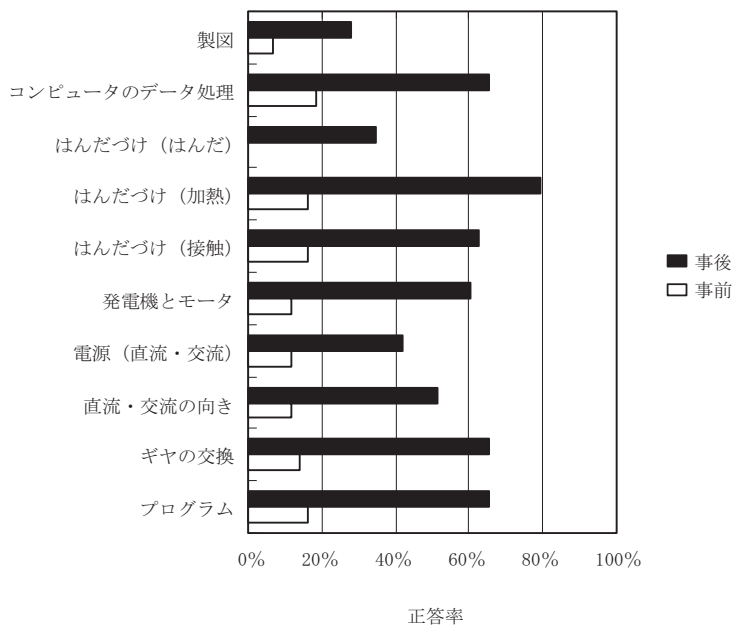


図14 二択問題

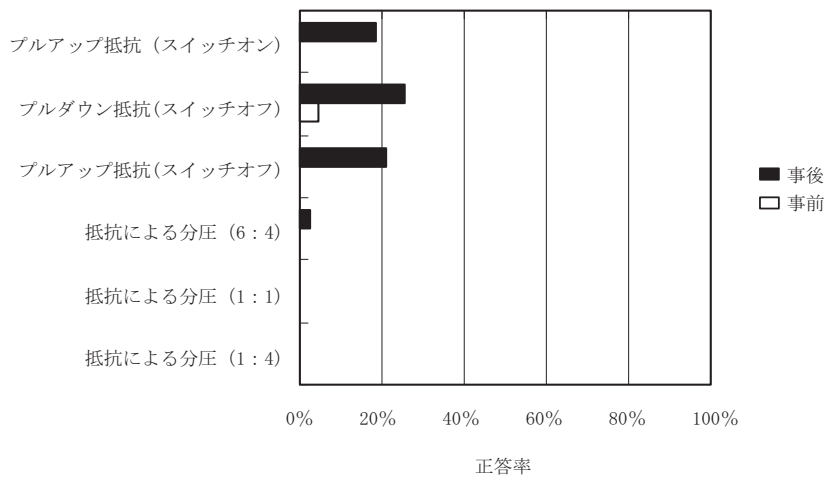


図15 抵抗による分圧