

群 教 セ	G07 - 03
	平 17.225集

プログラムによる制御を実感しながら 学べる搭乗可能な電動カートの開発と活用

長期研修員 阿久津 貴英

(研究の概要)

中学校技術・家庭科技術分野「B 情報とコンピュータ (6)プログラムの計測と制御」の学習支援教材として、ROBOLABのプログラムで制御することができる搭乗可能な電動カートを開発し、活用した。自作のプログラムによる制御を、電動カートに乗って実感させることは、学習に対する関心・意欲を高め、プログラムの学習に関する基本的な知識や技能を身に付けるために有効であることが分かった。

キーワード 【技術・家庭科 技術分野 教材開発 情報とコンピュータ プログラミング】

はじめに

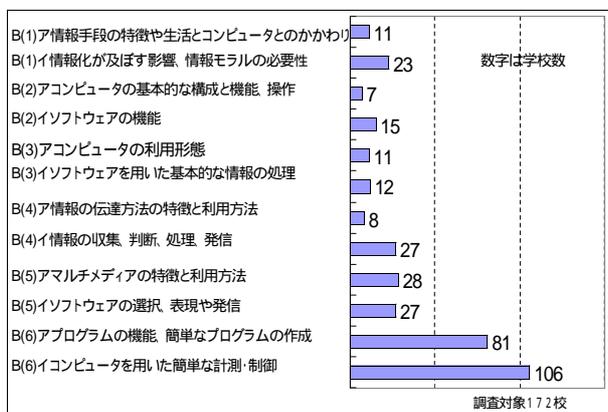
中学校技術・家庭科技術分野のプログラムの学習では「マルチメディアの活用などコンピュータを使った授業は楽しい。」という生徒の中にも、命令語の扱いやプログラムの記述や書式が分かりにくく、学習内容も実感しにくいと感じる生徒が多い。また、プログラムを思いどおりに実行させることができなかつたり、その原因がつかとめられないことにより、学習意欲が減退することもある。また、平成15年度本センターで実施した「県内全公立中学校技術・家庭科における教育課程の編成・実施に関する調査報告」の分析結果から、技術分野の内容で取り扱いにくいと感じている項目は、内容B「情報とコンピュータ」(6)ア「プログラムの機能、簡単なプログラムの作成」(6)イ「コンピュータを用いた簡単な計測・制御」が

突出していることが、図1のとおり明らかになっている。その主な理由としては、「適切な教材がない」「生徒たちの意欲の継続が難しい」が挙げられている。

これらの状況を踏まえ、プログラムを分かりやすい形で作成することができ、しかも結果の良否を実感できるようにすることは、生徒の学習意欲を向上させると考える。さらに、プログラムを作成する技能はもとより、プログラム作成に対する「思い」が今まで以上に込められ、コンピュータの画面だけの学習では感じることはできない「楽しさ」や「学ぶことへの満足感」も味わうことができると思う。

以上のことから、プログラムの学習支援教材としてプログラムによる制御を実感できる教材を開発し活用する。これにより、生徒はプログラムによる制御の機能を実感しながら学習することができ、関心・意欲を高め、プログラムによる制御について理解を深めるとともに、プログラムを作成する力を身に付けることができると考え、本主題を設定した。

図1 教師が情報とコンピュータで取り扱いにくいと感じる項目



研究の内容と方法

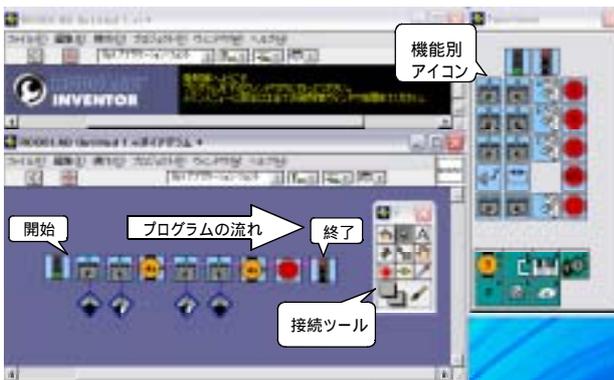
1 基本的な考え方

内容「B 情報とコンピュータ (6)プログラムの計測と制御」を学習する上で、自作のプログラムによる制御を実感できる搭乗可能な電動カート教材(以下、電動カート)を開発し、マインドストーム教材と組合せて活用する。

(1) マインドストーム教材について

マインドストーム教材は、レゴ社とマサチューセッツ工科大学が開発した自作プログラムで制御できるロボット教材である。プログラムは、ROBO LABソフトウェア（National Instrument社のLabviewをベースとして開発されたプログラミングソフトウェアである。以下、ROBOLAB）を使って作成する。ROBOLABは操作が容易であり、コンピュータの画面上でアイコンを並べたり、はり付けたりするだけでプログラムを作成することができる。これにより、生徒は難解な言語を使用することなくプログラムによる制御を容易に学習できる利点を持つ。図2に、ROBOLABによるプログラム作成画面の例を示す。生徒は、このような形でプログラムを作成する。

図2 機能別アイコンを配列した一例



次に、作成したプログラムを、図3に示すコントロールボックス（以下、RCX）に転送する。その後、レゴブロックで作ったロボットにRCXをはめ込んで実行させる。モータやライトなどの出力部品、タッチセンサや光センサなどの入力部品を自由に組み込んで、プログラムによる制御を学習することができる。

図3 RCX



RCXにはコンピュータが内蔵されている

(2) 電動カートについて

プログラムの学習において、制御の対象として電動カートを開発・活用することは、プログラムの機能や考え方の理解を助け、次のような効果があると考えた。

自分でつくったプログラムを実感できる

プログラムによる制御を画面上で視覚的にとらえるのではなく、生徒全員が一人ずつ電動カートに乗り自らが作成したプログラムを実行すると、電動カートは、プログラムのとおり動作する。生徒は、プログラムによる制御を実感することができ、電動カートに乗る楽しさも加わり、学習への意欲の高まりが期待できる。

プログラムによる制御に関する基本的な知識・技能が身に付く

生徒は、ROBOLABを活用することで、容易にプログラムを作成することができる。さらに、図4に示したレゴブロックによって組み立てた模型自動車（以下、模型自動車）でのプログラム作成の実践を踏まえ、電動カートに乗るためのプログラムを作成し、搭乗して動作を確認する。よりよい動きにするため、プログラムを修正する。この修正・改善及び動作確認を繰り返すを行うことで、プログラムの学習の基本的な知識・技能を身に付けさせることが期待できる。

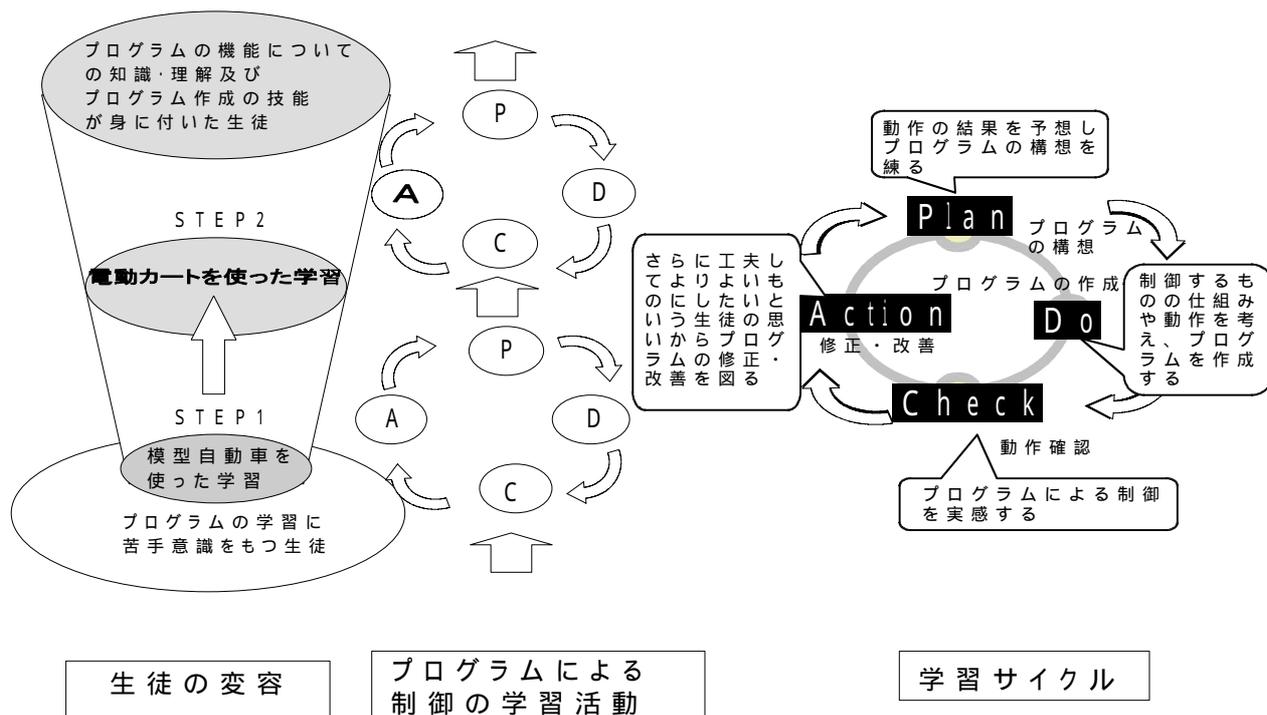
図4 RCXを接続した模型自動車



2 電動カートを用いたプログラムの学習構想

模型自動車を用いたプログラムの構想、作成、動作確認、修正・改善の一連の工程について、図5のSTEP1を繰り返し行うことで、生徒にプログラムの機能の基本的な知識・技能を身に付けさせる。さらに、電動カートを活用し、同様に一連の工程について、図5のSTEP2を繰り返すことでプログラムの学習の基本的な知識や技能の習得ができると考えた。

図5 電動カートを用いたプログラムの学習の構想図



3 電動カートの構造及び原理

(1) 電気信号伝達の構造・原理

マインドストームのRCXからの出力信号を測定すると、RCXのパワーレベル別の電圧・電流特性は、表1に示す結果になった。

表1 RCXのパワー - 電圧・電流特性

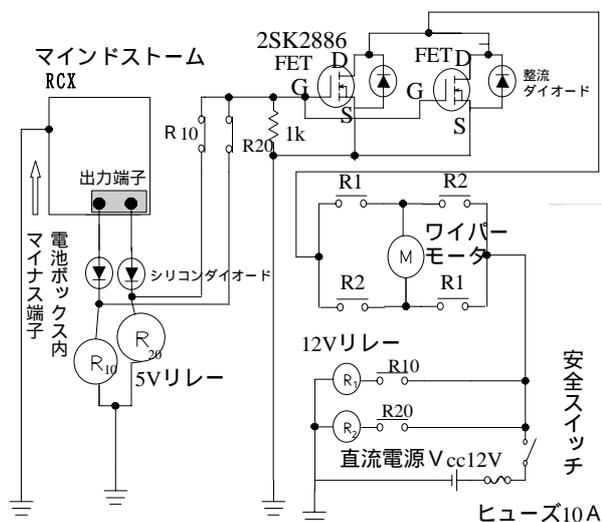
	電圧(V)			電流(A)		
	1回目	2回目	average	1回目	2回目	average
power1	6.00	5.60	5.80	0.025	0.025	0.025
power2	6.60	6.50	6.55	0.025	0.026	0.026
power3	6.80	6.80	6.80	0.028	0.028	0.028
power4	6.90	6.90	6.90	0.029	0.028	0.029
power5	6.90	6.80	6.85	0.030	0.030	0.030

注：データは無負荷状態での測定値

表1のデータから、RCXからの出力電圧及び出力電流は、いずれも小さいため、直接電動カートのモータへの入力信号にはできないことが分かった。

電動カートのモータは、動力源を自動車用のバッテリーから得るため直流電圧12V、始動電流として3～5A程度が必要になるため、表1の電圧と電流を電界効果トランジスタ(以下、FET)により、増幅することが必要となる。また、RCXからの信号の方向により、正転・逆転をモータに伝えるためのHブリッジ回路が必要であることから、図6に示す電気回路を設計・製作した。

図6 モータ制御回路



Hブリッジ回路とは、電磁リレースイッチ R1 と R2 の切り替えをすることにより、モータに流入する電流の方向が変わり、結果としてモータの回転方向を変えることができる電気回路である。

今回使用した主な電子部品(モータ1個あたりの個数)及びFETを表2に示す。

なお、FETの選定については表2の定格値に近いものであれば、上記の形式以外でも動作可能である。

表2 制御回路に必要な主な部品

部品名	個数	備考
MOS FET 2SK2956	2	表3参照
12Vリレー	2	a接点2
5Vリレー	2	a接点1 b接点1
ダイオード	4	
10Aヒューズ	1	ヒューズケース含む
1k 抵抗	1	

表3 FET 2SK2956の特性

項目	定格値
ドレイン・ソース電圧 V_{DS}	30 V
ゲート・ソース電圧 V_{GS}	± 20 V
ドレイン電流 I_D	50 A

注：FETは2個並列に接続した

次に、RCXの各部の機能及び回路図の接続方法を図7に示す。詳細については、以下のとおりである。

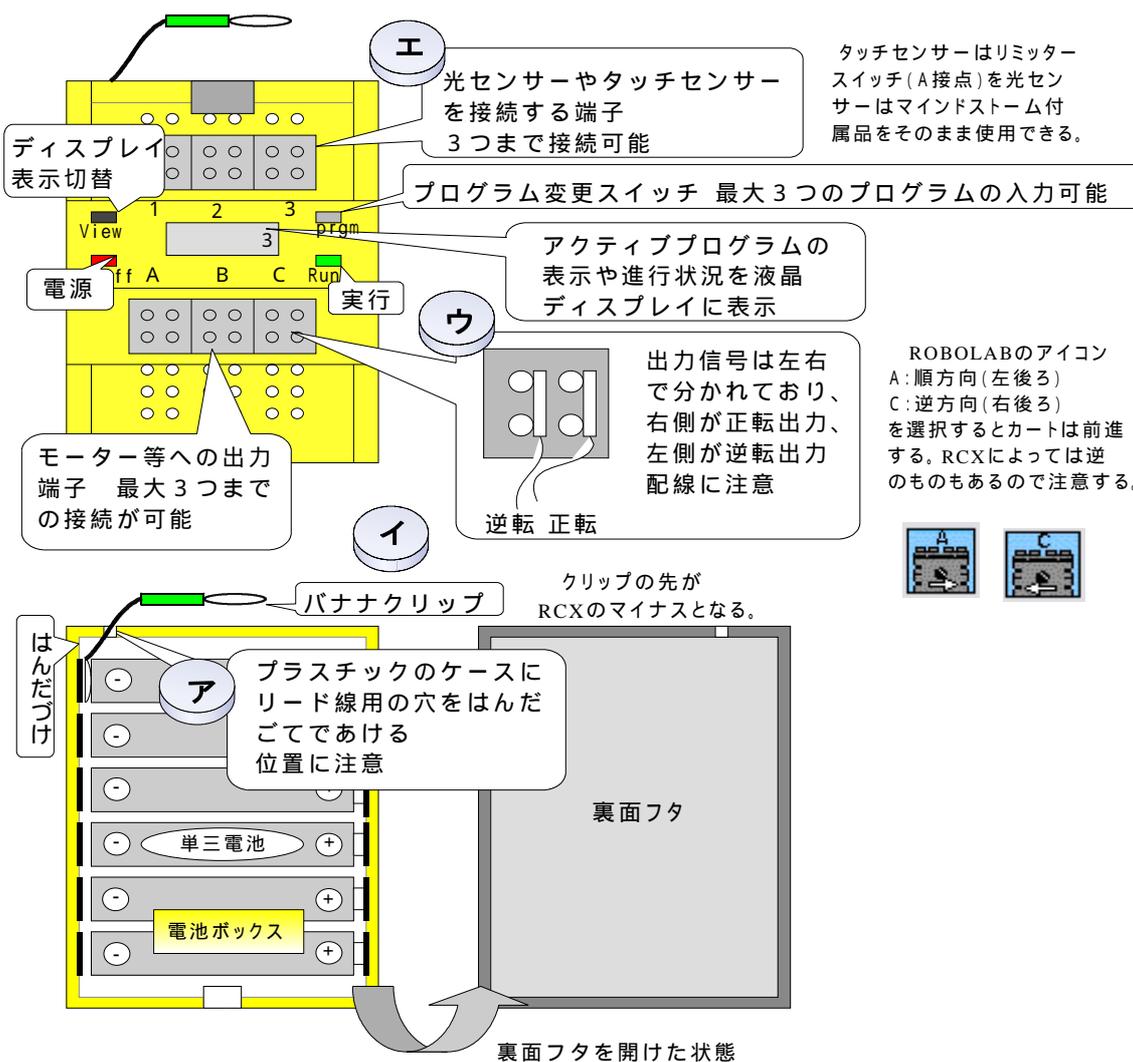
ア RCXの配線について

RCXと制御回路を接続するマイナス端子はRCXの裏面より、電池ボックスのふたを開け、電池ソケットのマイナス端子にコード線を直接ハンダづけし、接続した(図7ア)。このとき、6個のマイナス端子のうち、接続する端子はRCXにより異なるので、一番上か一番下の端子に回路計をあて電圧の状態を確認する必要がある。RCXの出力オンの状態で、表面の出力端子と電池ボックスのマイナス端子を結んで直流電圧6~8V程度の出力があるマイナス端子が、接続する端子となる。

イ アース線の接続について

RCXと制御回路の着脱が容易にできるようにするため、アース線の接続は、バナナクリップとソケットを用いて行うことにした(図7イ)。

図7 RCXの各部の使い方



ウ 入出力端子の接続について

RCXの出力端子や各種センサからの入力端子については、形状が正方形であるため、接続の向きに注意する必要がある。接続する方向を間違えると誤動作するので、あらかじめ確認しておく必要がある(図7ウエ)。

エ 安全への配慮について

RCXへの入力装置であるタッチセンサは、模型自動車のものでは、衝突の衝撃が大きすぎ壊れるため、シーケンス制御等に用いる大きめのリミッタスイッチを使用した。

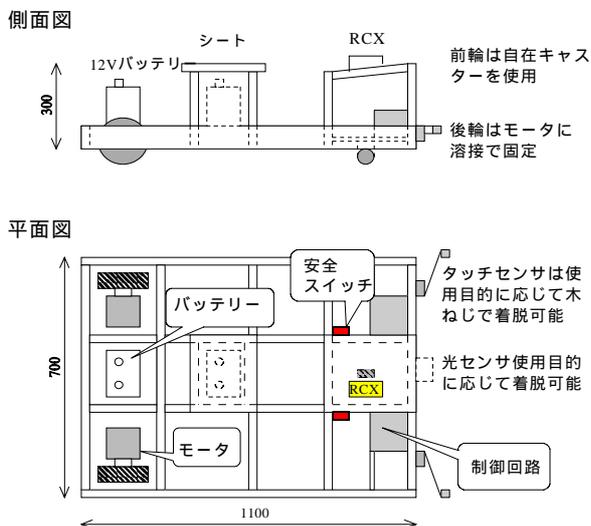
また、12Vバッテリー一つで左右二つのモータを動作させると配線への負荷が大きすぎるため、バッテリーは、一つのモータ制御回路に一つとした。安全装置として、バッテリー付近に10Aヒューズ及び安全スイッチを挿入した。

電動カートが走行中に障害物等に接触して動けなくなった場合は、そのままにしておくとお過剰な始動電流がモータに流れ危険なため、安全スイッチにより回路を切るように搭乗前に伝えておく必要がある。

(2) 電動カートの基本構造について

プログラムによる制御可能な電動カートの基本構造を図9及び図10に示す。

図9 電動カートの概略



ア フレーム加工について

2×4材を使ったフレームの場合、シャーシ部は、量販店等で市販されている2×4材(1800mm)を5本と角材(30mm×30mm×120mm)を2本程度、板材(240mm×1200mm×15mm)を2枚用意し、コースレット2種類(30mm、50mm)で接合し、組み立てた。

なお、角材や板材は端材などを活用したので数量については目安である。特に荷重のかかる部分であるシャーシとモータとの接合部や座席部は、さらに強度を高めるため、金属製の補強金具(L字やT字)で固定した。

図10 電動カートの基本構造(2×4材フレーム)



イ 動力部について

電源は、自動車用のバッテリー(12V)を使用し、原動力は、図11に示す自動車用のDC12Vワイパーモータを左右の後輪に使用した。ワイパーモータは、低速回転であるがギアが内蔵されており、比較的大きなトルクを出すことができる。これらは、自動車解体業者等で入手可能である。

図11 動力として使用するワイパーモータ



本研究では、モータに車輪(台車用のものを使用)を直接溶接した。

度」「創意工夫」「協調性」についての回答得点の平均値を求め、調査実施時期ごとの意識の変容を把握した。

なお、本センターに専用サイトを構築し、生徒のアンケート入力及びグラフ表示（パスワードで制限）をWeb上でできるようにした。グラフは、図13に示すように個人やクラスごとに表示するこ

とができる。グラフの数値が高いほど、その因子に対する生徒の意識が高いことを示す。

(4) 実践経過

本題材「電動カートに乗ってプログラムによる制御を実感しよう」は、以下の6時間計画で5回にわたって実施した。

時数	ねらいと主な学習活動	生徒の反応・様子
1	<p>ROBOLABの使い方に慣れよう —プログラムの起動、作成(順次・反復・分岐)、保存、終了の方法の理解—</p> <ul style="list-style-type: none"> 身近な生活の中でのプログラムの役割について考える。 プログラム作成のためのソフトウェアを起動し、プログラムの作成、保存、終了の方法を知る。(テキストは平成14年度群馬県総合教育センター長期研修員の研究内容「問題解決能力を高める技術分野の指導の工夫 - マインドストームを用いたロボットコンテストを取り入れて - 」から、プログラム作成用手引き書を活用した。http://www2.center.gsn.ed.jp/houkoku/2002c/02c13/siryuu.htm) 学習内容を学習シートにまとめる。 アンケートに回答する。 	<ul style="list-style-type: none"> プログラムのはたらきとソフトウェアの活用方法について、プリントの記入やコンピュータの操作を積極的に行う生徒が多かった。反面、理論的で抽象的な内容が多かったこともあり、後半はやや集中力を欠く生徒もいた。 授業後の感想から「プログラムの制御と聞いてすごく難しい勉強をするのかなと思っていたが自分にもできそうな気がした。」「これから楽しみ。」といった今後の学習への期待感の高まりを感じた。
2	<p>RCXの使い方、模型自動車の動かし方を理解しよう</p> <ul style="list-style-type: none"> プログラム作成ソフトROBOLABを起動する。 模型自動車の動作を考え、目的に合うアイコンを選び接続して、プログラムを作成保存する。 完成したプログラムをRCXに転送し、模型自動車を動かす。 実行した結果を振り返り、プログラムを修正・改善する。 <p>・アンケートに回答する。</p>	<p>図14 プログラム作成の取組</p>  <ul style="list-style-type: none"> 生徒には前回のプログラムによる制御の理論が実践できるとあって全体的に意欲の高まりを感じた。また、模型自動車へのプログラム転送後、前進、後退など簡単な動作確認をしたが、あちらこちらから生徒たちの歓声が上がった。 授業後の感想から「2回目ということで前回よりはいろいろと分かってきた。パソコンで自分で(アイコンを)並べたとおりに動いてくれてうれしかった。」「小さな模型自動車だけれど動いたときは感動した!」

サンプルプログラム(前進・後退)をもとに自作プログラムを作成しよう

2

- ・ 4人グループをつくり、それぞれが分担して自らの目的(回転やS字など)を選択し、搭乗する電動カートの動作を考える。
 - ・ 目的にあった自作プログラムを作成し、保存する。
-
- 模型自動車を使ってプログラムの動作確認をする。
- 教室での動作確認後、体育館へ移動し動作させる。
- プログラムの不具合を調整する。
- ～ を繰り返す。

- ・ アンケートに回答する。

- ・ 3年生ということもあってグループ作りは順調で、その後の話し合い活動(役割分担)も楽しそうであった。プログラム作成の作業でも同じ班同士でアドバイスをしている様子が見られた。
- ・ 体育館での試走は実行させる場の広さが生徒の予想以上のものであったようで、実行後すぐにコンピュータ室に戻り、プログラムに修正を加える生徒が多かった。
- ・ 授業後の感想から「自分の思い通りに車が動かさなくてくやしかった。でもそれが楽しかった。次は動かしたい。」
「教室ではちゃんと動いたのだが、体育館では動かなかった。原因は不明。おそらく体育館用に修正したのが・・・次はOK。」

図15 模型自動車を使って動作確認



1

自作プログラムで電動カートを動かそう

- ・ 電動カートに乗り、プログラムを実行することでプログラムによる制御を実感する。
 - ・ 生徒は体育館へ移動し、電動カートに乗り、自ら作成したプログラムで動かす。生徒は動作確認後、さらに、改善点を見だし、プログラムを修正・改善し、再び電動カートを動かす活動を繰り返す。
- ・ アンケートに回答する。

- ・ 中学3年生ということもあり、はじめは恥ずかしがっている様子も見受けられ、電動カートにも乗りたがらなかった様子が見られたが、徐々に恥ずかしさも薄れ、自分のプログラムを体感したり友達の体験を見る中で、教室ではなかなか見られない生徒の豊かな表情や歓声を聞くことができた。
- ・ 電動カートに乗り、プログラムのはたらきを実感することで満足するだけでなく、生徒は自発的にプログラムをさらによりよいものにするため、修正・改善を加える行動が見られた。
- ・ 授業後の感想から「今日はすごく楽しかった!!
ちゃんと車が動くか心配だったけどちゃんと動いてくれてよかった。」
「Nさんのプログラムがおもしろかった。自分のプログラムはいまいちだった。」
「イメージ通りにきれいに動いてくれたわけではなかったけど、とりあえず動いてくれたので

図16 電動カートに乗り実行



	<p>うれしかった。」</p> <p>「自分のプログラムが消えてしまったり、作成が遅くなったりして大変だったけど、あんな大きな車がデータ一つで簡単に動いたことに驚いた。できれば、コンピュータでプログラムをつくることをまたやりたい。」</p> <p>「せっかく（修正後の）プログラムが完成したのに時間が足らなかった。」</p>
--	--

3 結果と考察

体験的なプログラム学習支援教材として電動カートを用いることで、以下のことが明らかとなった。

(1) プログラムによる制御を実感しながら学習する活用における有効性について

生徒一人一人が電動カートに乗り、自作プログラムを実行させる場面では、多くの生徒が興味をもって意欲的に体験したり、観察したりしていた。授業後の感想シートでは、以下のような記述が寄せられた。

今日は実際に自分のつくったプログラムで車に乗ったが、うまくS字（の動き）ができたのでよかったです。とてもうれしかったです。もっとやりたい。

初めての体験でとても楽しむことができました。みんなと話したり、順番を待っている間も楽しかったです。自分でつくったプログラムで大きい車に乗れたのはとてもよかったです。

楽しかった。思ったように動かなかったけれど、プログラミングだけであんなものが動くとは驚きだった。もう少しプログラミングをしたかったが残念だった。

最初に車に乗れてうれしかった。とてもドキドキして動かなかったらどうしようかと思ったけど動いてよかった。とてもワクワクした。

これらの感想から、本教材は多くの生徒の学習に対する関心・意欲を喚起するとともに、プログラムによる制御を実感させることができたと考える。実際に、本学習についての放課後補習を希望する生徒も数多く見られた。このことから、電動カートによる体験活動は有効であったと考える。

(2) プログラムによる制御に関する基本的な知識・技能が身に付くことへの有効性について

生徒はサンプルプログラムでの学習から、さらに自分の思い通りに電動カートを動かしたいという目標をもち、プログラムのデータや順序を変えるなど修正や善良を繰り返し行い、自作プログラムとして動作を確認した。生徒は、その学習活動でRCXに動作の手順を設定すれば出力対象を制御できることを理解し、目的達成のために、自分の意思でプログラムを書き換えることができるようになった。授業後に保存されたプログラムを見ると、授業に参加したすべての生徒がサンプルプログラムに修正や改善を加え、自作プログラムがつくられていた。これらの学習活動で、プログラムの学習に関する基本的な知識・技能を身に付けることができたと考える。授業後の感想シートでは、次のような記述が寄せられた。

たっ、楽しい！すごいすごい！自分でつくったプログラムが自分を乗せて走ったよ。感動！左右のモータを逆に走らせたのが、おもしろかった。普通に（プログラム通り）前進して、モータ（のアイコン）を逆にすると元の位置まで戻る。あたりまえのことに感動。

すごく楽しかった。（アイコンの）つなぎかたしだいで、バックしたり、前進したりしてすごくおもしろかった。いろいろ試してみたい。

（RCXの接続を間違えて）後ろ向きだったけどプログラム通りに動かせました。動いたときはすごくうれしかったし、感激しました。プログラム作りは楽しかったです。車が動いたのはびっくりしました。人間の技術の進歩はすごいことを実感しました。

(3) 授業実践における生徒の意識の変容について

授業実践において、生徒の意識がどのように変容したか調査を行った(在籍生徒92名)。調査は、全5回の授業終了後に授業に参加したすべての生徒を対象にインターネット上の本センターのWebページからアンケートに回答し、送信する方法で行った。結果(3年3組在籍31名)を図17に示す。

生徒の意識は、各因子とも学習を重ねる度におおむね高まっていることが見受けられる。生徒は、模型自動車や電動カートを動かすという一連の学習活動に対して、関心・意欲を高めプログラムの作成・改善を繰り返し行った。このことで知識・理解についての意識も高まったと考える。

図17 因子分析による生徒の意識の変容



また、一つのRCXに最大3つのプログラムを転送できることから、授業実践の3回目以降に目的を達成するためのグループ活動を取り入れた。ここで目的とは、個人がS字やクランク、回転などの動きを担当してプログラムを作成し、連動させることで、班として一連の動きをさせることである。これにより、因子5「創意工夫」、因子6「協調性」についての意識が高まったと考える。今までのコンピュータを使った授業では、各自のコンピュータの画面の中だけで学習が進められていたことが一般的であったが、今回は目的に対して、個々が作成したプログラムをつなぎ合わせる活動もあり、互いの情報交換や話し合いの中でこれらの因子の意識の高まりに影響があったと考える。

研究のまとめ

今回は本教材を教師が開発し、「情報とコンピュータ」の学習で生徒に活用させたが、そのほか「技術とものづくり」の学習や、生徒自身による共同製作教材として本教材を製作する授業展開も(中学2年理科「電流と磁界」の学習内容も含む)も考えられる。別紙資料の「製作の手引き」を参考にして、さらに改良を加え製作していただければ幸いである。

1 成果

電動カートを活用した授業実践を通して、生徒がまずプログラムの学習に関心を示し、実感することができたことは、プログラムの学習を進めるために意味のあるものであった。生徒は、学習した知識をもとに、自作のプログラムを作成し、模型自動車を使って実行した。さらに電動カートを活用し、この活動を繰り返すことで、プログラムの作成の技能や理解はより確かなものとなった。このことから、プログラムの学習をする上で、本教材は有効であったと考える。

2 今後の課題

今回製作した電動カートは全部で4台あり、授業での活用を希望する学校に貸し出す予定である。なるべく多くの学校で活用してもらうことを望むが、利用予定日が重なった場合は調整が必要になる。また、故障等のトラブルも起こり得るので、円滑な利用のための整備や支援が今後の課題であると考えている。

<参考文献>

坪島 茂彦・中村 修照 著
「新版 モータ技術百科」 オーム社 (1993)

(担当指導主事 宮内 光一)

