

自律型制御ロボット「ORCA」を活用した制御学習の指導法の工夫と補助教具の開発

倉敷市立北中学校 教諭

長谷川正英

研究の概要

本研究では、自律型制御ロボットを活用した制御学習の指導法の工夫と補助教具の開発を行い、それらの効果を探った。その結果、自律型制御ロボットを製作し、それを制御する学習において、指導法の工夫と補助教具の開発を行うことは、生徒が制御学習に積極的に取り組み、理解を深め、工夫し創造する能力をはぐくむ上で一定の効果が得られることが分かった。

キーワード 中学校技術・家庭〔技術分野〕，プログラムと計測・制御，指導法の工夫，補助教具の開発，自律型制御ロボット，ORCA

はじめに

中学校学習指導要領技術・家庭（以下「学習指導要領」という。）〔技術分野〕の学習内容「B 情報とコンピュータ(6)プログラムと計測・制御」（以下「B(6)」という。）について、同解説 - 技術・家庭編 - では「身近な生活の中に、コンピュータを用いた計測・制御が利用されていることを知らせ、目的に応じた簡単な計測・制御ができるように指導する」と示されている¹⁾。しかし、平成16年度に国立教育政策研究所が行った「音楽等質問紙調査」は第3学年での「B(6)」の履修率が1.6%と、非常に低い状況を示している。この状況から中央教育審議会（2008）は「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（答申）」において、「『プログラムと計測・制御』に関する内容が学校選択項目であり、中学校卒業時の生徒の情報活用能力に差が見られる」ことを課題として挙げ、現在の選択項目から必修項目とすることの必要性を示している⁷⁾。本校生徒へのアンケート調査でも身近にある電気機器などを利用はしているが、その制御に関しては余り知らないという結果が出た。

そこで、本研究では、生徒が自律型制御ロボット「ORCA」（以下「ORCA」という、図1）の製作と制御を通して、制御学習に積極的に取り組み、理解を深め、工夫し創造する能力を育成するための指導法の工夫と補助教具の開発を行い、それらの効果を探るため本主題を設定した。



図1 自律型制御ロボット「ORCA」

研究の目的

ORCAを教材として、プログラミングによる制御学習の指導法の工夫と補助教具の開発を行い、それらの効果を探る。

研究の内容

1 生徒の意識調査

- (1) 調査対象：倉敷市立北中学校 第3学年 選択技術・家庭〔技術分野〕履修者 32名
- (2) 調査内容：「制御」に対する意識調査

(3) 調査方法：5件法による選択調査及び自由記述によるアンケート調査，聞き取り調査を授業前後に行う。

(4) 調査結果と考察

このアンケート調査において「とても当てはまる」「やや当てはまる」と回答したものを「肯定群」，「どちらともいえない」と回答したものを「中立群」，「やや当てはまらない」「とても当てはまらない」と回答したものを「否定群」として本文及び図2，8に表した。

図2の質問への回答結果では，制御という言葉を見たことがある生徒は全体の半数であったが，制御という言葉に自信を持って説明できる生徒は1名のみであった。また，生徒に対する自由記述（表1）や図2の回答結果から，生徒は制御について「具体的に理解していないが，生活には必要なものなのではないか」と意識していると考えられる。以上の結果から，制御に対する知識の定着を図る必要性を感じた。

なお，授業後のアンケート調査，ワークシートの記述，生徒の様子を観察及び聞き取り調査で，本研究の効果を探ることとする。

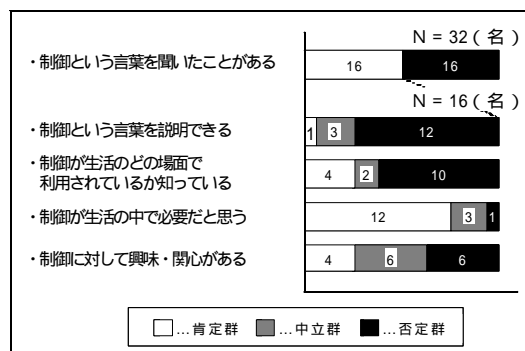


図2 制御に関する主な生徒の回答（複数回答可）

表1 授業前の制御に対する意識

・制御という言葉を知らない（16名）	
・コントロールするもの（6名）	
・自分の思いのままに動かすもの（4名）	
・何かを動かすためのもの（5名）	
・暴走しないように止めるもの（5名）	等

2 教材設定の理由

学習指導要領において〔技術分野〕の目標は，「実践的・体験的な学習活動を通して，ものづくりやエネルギー利用及びコンピュータ活用等に関する基礎的な知識と技術を習得するとともに，技術が果たす役割について理解を深め，それらを適切に活用する能力と態度を育てる」と示されている²⁾。また，安東（1999）は「B(6)」について，「コンピュータを働かせるプログラムの必要性を知らせ，目的に応じて課題を解決するための簡単なプログラムを作成させる」と述べている³⁾。この目標を達成するために，生徒が，制御学習に積極的に取り組み，理解を深め，工夫し創造する能力をはぐくむことのできる教材を選択し，活用することが大切であると考えた。そこで本研究では，比較的到低価格で生徒一人一人が持つことができ，製作品が同じ完成形となり，平等な条件でプログラミングに取り組むことのできるORCAを教材として選択し，活用することとした。今回，教材として利用するORCAは，大阪府教育センター専門教育室と大阪府四条畷市立田原中学校の井上伸治教諭が共同開発した自律型制御ロボットである⁴⁾。この教材は先行研究の事例が少なく，教材としての可能性を探ることもできると考えた。

3 指導法の工夫と補助教具の開発

(1) 指導法の工夫

授業実践の指導計画の中に学習内容，主な活動及び指導法の工夫を示す（表2）。指導法の工夫は次の3点である。

1点目は，「進度表の利用(A)」である。これは，生徒が製作及び制御過程のどの学習段階に達しているのかを確認するもので，生徒の学習意欲と積極性を高めることを期待した工夫である。2点目は，「知識の提示(B)」である。これは，生徒が積極的に学習に取り組み，生徒の理解を促し，知識の定着を期待した工夫である。例えば，ねじ回しの使用に際して「手のひらでグリップエンドを包み，押し込む力が7，回す力が3」というような工具の正しい使用法などにも触れ，制御がコンピュータによってのみ行われるものでなく，制御の考え方は生活の至るところに存在していることを伝える。3点目は，「思考を助ける助言(C)」である。これは，生徒の思考の内容や状況に応じた助言を行うことにより，生徒の思考の深化を期待した工夫である。生徒は制御の各学習過程において，「新しい知識を獲得 知識の活用 知識の応用・発

展」を繰り返す。指導者は生徒の実態に応じ、知識を提示したり、理解できるようにしたり、概念化できるようにしたりする助言を行う。これが生徒の思考を助けることにつながると考える。例えば、ボウリングの問題解決的な学習において直進を試みる生徒が「左右のモータの回転数を同数にしたのに直進しない」という疑問を持ったとする。その際、生徒がモータの回転数を揃える必要性を理解していることを確認できれば、「モータ自体にも違いがあるのかもしれないね」と助言することでモータの回転数を変える思考に至ることが期待できる。

表2 授業実践の指導計画

	学習内容	主な活動	指導法の工夫
第一回 (導入)	「制御について知ろう」	・生活の中で利用している電気機器に制御機能が組み込まれていることを知り、制御に対する興味・関心を持つ。	・携帯電話を分解し、P I C等の実物を提示することでコンピュータの内部に組み込まれている構造の一端を知り、制御機能が組み込まれていることを知らせる。(B)
第二次 (製作過程)	第1時 「ORCAについて知ろう」	・ORCAについて知り、制御学習全体への見通しを持つ。 ・ORCAにダウンロードするプログラムを変えることにより同じマシンが多様な動きをるところを見る。その中で制御の存在と必要性を知る。	<ul style="list-style-type: none"> ・安全に正しく工具を使うことは、自らが工具を制御しているということや、ナットの締め付けにも制御が必要なおことに気付くよう助言する。(C) ・授業の中で毎時間制御に関する発問を行い、制御に対する意識付けをする。(B) ・制御されたORCAを教室に展示することにより完成形の意識付けと目標の明確化を図る。(B) ・「進捗表」「VODコンテンツ」を活用し、生徒の自主的取り組みを支援する。(A)
	第2～4時 「はんだ付けをしよう」	・はんだごて、ニッパ等を利用し、部品を安全に正しく取り付ける。	
	第5～8時 「組立てをしよう」	・六角レンチ、ラジオペンチ及びねじ回し等の工具を利用し、ねじやナット等を安全に正しく取り付ける。	
第三次 (制御過程)	第1時 「プログラムについて知ろう」	・コンピュータを制御するC言語の存在を知り、インターフェースは人間が使い易いようにG U I (Graphical User Interface) 化されていることを知る。	<ul style="list-style-type: none"> ・制御機能を持つものが身の回りに多数存在していることを伝える。(B) ・今回の授業ではコンピュータによる制御を中心に学ぶことを伝える。(A) ・コンピュータ言語としてのC言語の存在を伝え人間に分かりやすくするためアイコン等でのプログラムの代替が行われていることを伝える。(B)
	第2～3時 「ボウリングをしよう」	<ul style="list-style-type: none"> ・ORCAを制御し、直進するようプログラムを作成する。 ・理論上の動きと実際の動きに違いがあることに気付く。 ・10本のピンを倒すためにプログラムを改良する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的なプログラムの作成方法を知る。 ・理論上の正解が必ずしも最適解とはならず、工夫・改良の余地があることを伝える。(C) ・プログラムがなぜ万能でないかを考えるような助言をする。(C)
	第4～5時 「迷路脱出をしよう」	<ul style="list-style-type: none"> ・タッチセンサを利用した条件分岐の考え方があることを知る。 ・LOOP構文を利用した無限ループの考え方があることを知る。 ・より早く、より正確に迷路脱出をするためにプログラムを改良する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・IF構文を利用した、条件分岐の概念を伝える。(B) ・LOOP、WHILE構文を利用した繰り返しの概念を伝える。(B)
	第6～7時 「ライントレースをしよう」	<ul style="list-style-type: none"> ・ラインセンサを利用した条件分岐の考え方があることを知る。 ・迷路脱出のときに利用したルーチンワークを応用し、ライントレースするプログラムを作成する。 ・より早く、より正確にライントレースをするためにプログラムを改良する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・変数、TIMER構文を利用した回数や時間の設定の概念を伝える。(B) ・ラインセンサの条件分岐のプログラムがタッチセンサのプログラムの応用であることに気付くような助言をする。(C)
	第8～10時 「サッカーゲームをしよう」	<ul style="list-style-type: none"> ・前段階までに学習した内容を総合的に応用しサッカーゲームができるプログラムを作成する。 ・より早く、より正確にサッカーゲームをするためにプログラムを改良する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒が作成したプログラムに対して、特許を与え、新しいプログラム作成へのさらなる意欲の向上を図る。(C) ・生徒が工夫し創造する場面を設定するため質問に直接的な回答をするのではなく、間接的な助言をする。(C)
第四次 (まとめ)	「まとめをしよう」	<ul style="list-style-type: none"> ・制御が生活のどのような場面で利用されているのかを確認する。 ・制御の考え方を学ぶことが生活にどう生かされるのかを考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生活に利用されている場面が想起できるような助言をする。(C) ・制御について学ぶことが論理的な思考につながることを伝える。(B)

(2) 補助教具の開発

補助教具のVODコンテンツの制作に当たっては、放課後等の短い時間を利用し、生徒の進度やニーズに沿うために、次の三つの手順に従った。

手順1はVODコンテンツの基となる学習内容の分析と目次作りである。例えば、製作過程では説明書の各作業工程を分析し、より効率的な作業ができるよう、学習内容の順番を変更し、提示する等の工夫をした。手順2は分析した学習内容に対するデジタルカメラでの動画等の撮影である。撮影時に学習内容のナレーションを同時に加え、撮影後の編集の必要性をなくした。手順3はHTML化である。専用ソフトウェアを利用するのではなく、表計算ソフトウェアのファイルをHTML形式で保存する機能を利用した。この制作手順により、特殊な知識や難しい操作を必要とせず、手軽にVODコンテンツの制作ができた。

また、生徒が簡単に視聴できるよう、次の2点を工夫した。

1点目として、HTML形式の画面に目次と画像を配置し、クリックすれば動画が再生されるようにした。2点目として、この動画は生徒の視線と同じ位置から撮影したものになるようにした。ここでは手振れを防止し、両手を利用した作業撮影をするためにデジタルカメラを固定する台を製作した(図3)。



図3 VODコンテンツの制作

本研究では、製作過程、制御過程に対しそれぞれ一つずつ、計二つのVODコンテンツを制作したが、これらは実際の生徒の現状に合わせてコンテンツを随時、追加・改訂することが可能である。生徒はこのようにして制作したVODコンテンツを自分の進捗、疑問などニーズに合わせて自主的に利用し、課題を解決することができる。

4 授業実践

- (1) 対象：倉敷市立北中学校 第3学年 選択技術・家庭〔技術分野〕履修者 32名
- (2) 期間：平成19年6月～7月、9月～11月(全20時間)
- (3) 題材：ORCAを活用した制御に関する問題解決的な学習
- (4) 実際の授業

ア 制御について考える(第一次)

身近な電気機器として携帯電話を分解し、多数の部品で構成されていることに気付くよう意図した。生徒は其中でも特にPICに興味を示し、制御機能の存在を意識した。

イ 製作をする(第二次 第1～8時)

第1時は、ORCAに数種類のプログラムをダウンロードし、実際の動きを見せた。身近な例としてビデオゲームのソフトウェアの入替えを取り上げることにより、生徒は制御を概念的に理解し、身近にあるものとしてとらえた。第2～4時は、はんだ付けを中心とした作業を行った。作業の前には補助教具のVODコンテンツをプロジェクタで投影し、安全で正しいはんだ付けの方法を確認できるようにした。はんだ付けに自信のない生徒は友人の作業を見たり、補助教具のVODコンテンツを確認したりしながら作業を進めた。第5～8時は、組立てを中心とした作業を行った。ワッシャやナットの必要性について知ることによって、組立てにも制御の概念が利用されていることを意識することができた。

ウ プログラミングをする(第三次 第1～10時)

(ア) プログラムについて知ろう(第三次 第1時)

コンピュータを制御するためには特殊なプログラムが必要であることを、C言語を例に知らせた。例として、モータを回転させる命令が、コンピュータ言語でどのように処理されているのかを示し、GUIによるインタフェースにより人間にとって分かりやすいものになるよう工夫されていることを伝えた。今回利用するソフトウェア(C-Style)は視覚的に非常に分かりやすく構成されており、生徒はすぐに基本的な使い方を理解した。

(イ) ボウリングをしよう(第三次 第2・3時)

第2・3時は、制御の始めとして、ボウリングに取り組んだ(図4)。これは2m先の10本のピン(フェルトペン)を何本倒せるかという課題である。目標は左右のモータを制御し、直進するプログラムを作成することである。生徒は、表3のような疑問を感じ、助言を受け、思考をしながらORCAを直進させるためのプログラムの作成に取り組んだ。多くの生徒はまず左右のモータの回転数を同数とし、直進するプログラムを作成した。理論上は左右のモータの回転数を同数にすれば直進するはずであるが、機械的な要素もあり、同回転数で直進することはほとんどない。生徒は疑問を持ちつつも試行錯誤しながら何度も取り組んだ。ここで指導者が何か困っていることはないかと問うと、表3 Q1の質問があった。表3 A1のような助言をすると、生徒は左右のモー

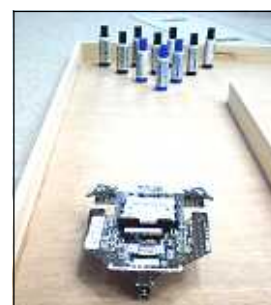


図4 ボウリングの様子

タの回転数を調整する必要性に気付き、再試行した。生徒は、この思考の過程でプログラミングによる制御の必要性を実感した。この課題は、32名全員が自分のORCAを直進させ、ピンを倒すことができた。その後は表3 Q2, 表3 Q3のような疑問を基にそれぞれのプログラムの作成や調整に取り組んだ。生徒は、新しく獲得した知識を活用し、目標を一層確実に達成するために、工夫を続けた。

表3 ボウリングにおける生徒の学習

生徒の疑問	指導者の助言	開発されたプログラム	生徒の感想
Q1 左右のモータの回転数を同数にしているのに、なぜ直進せずに、右に曲がっていくのだろう？	A1 同数にしたらまっすぐに行くはずだね。モータ自体にも差があるのかもね？ そうだとすれば、何を調整すればいい？	P1 右のモータの回転数より、左のモータの回転数が少ないもの。左右のモータの回転数を調整したもの。	・自分の考えた動きと実際の動きと違うことがある困った。プログラムは調整する必要があるんだ。 ・直進したときにはとてもうれしかった。制御は面白い。
Q2 直進するようになったけれど、ピンが余り倒れない。どうすればいいだろう？	A2 もの同士が当たったときに倒れやすい要素には何があるだろう？	P2 モータの回転数を上げたもの。速度が増したことで倒れやすくなった。 P3 実際のボウリングのようであえて曲がるようにしたもの。	・速度を上げると、また直進しなくなったので調整した。 ・実際のボウリングのように曲がる球も投げようと思ってしたら、倒れ方が違った。
Q3 大分倒れるようになったぞ。今度は10本のピンをすべて倒したい。	A3 ピンの置かれている間隔がORCAの幅より広い。本物ではできないけれどORCAならできる方法があるよね。	P4 ピンの場所で前進、後退させるもの。 P5 ピンの場所で回転させるもの。	・「制御」が自分のイメージに合わせて、ものを動かすことだと分かった。 ・10本のピンが倒れるのがうれしい。

(ウ) 迷路脱出をしよう (第三次 第4・5時)

第4・5時は、迷路脱出に取り組んだ(図5)。これは1800mm x 900mmのベニヤ板を区切って作った迷路を、いかに早く脱出することができるかという課題である。目標はタッチセンサによる条件分岐のプログラムを作成することである。生徒は、表4のような学習を行った。

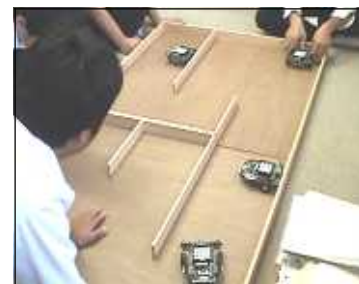


図5 迷路脱出の様子

生徒は当初、ボウリングの考えを活用し、距離と速度を計算して迷路を脱出するプログラミングに取り組んだ。ただ、この考え方ではスタート地点の配置、タイヤの摩擦、電池の消耗度等幾つかの要素により、同じプログラムでも脱出できる場合と脱出できない場合があり、不確実であった。ここで、ORCAに搭載されたタッチセンサの機能と制御構文「IF」のプログラミング利用について提示をした。ここでの助言は、LEDセンサを例とした。助言後、生徒はタッチセンサと「IF」を利用したプログラムを作成した。試行錯誤の末、確実に迷路を脱出することのできるプログラムを作成することができた。その後は、いかに早く脱出させるかという競争に発展していった。これ以上、安全に脱出することのできるプログラムがないという最適解を見付け、更に「早さ」という付加価値を求め、プログラム初期段階のコースをそのままトレースする方法とタッチセンサによる方向付けを組み合わせたプログラムを製作する生徒も現れ、一つの課題をより高いレベルで追求しようとする生徒の姿が見られた。

表4 迷路脱出における生徒の学習

生徒の疑問	指導者の助言	開発されたプログラム	生徒の感想
Q1 迷路の道筋をプログラミングしても毎回同じ動き(結果)にならない？他に方法は？	A1 どんな要素(理由)が考えられると思う？要素に左右されずに動くといいね。	P1 迷路の道筋から距離と速度を計算したもの。 P2 速度を低くすることで対応し改良したもの。	・環境に左右されるから難しい。 ・道筋プログラム以外にいい方法はないのだろうか？スタートの置き方や電池が関係している。
Q2 道筋プログラムには限界があるかも？何かいい方法は？	A2 タッチセンサを押すとLEDが光り、離すと消える。これが応用できないかな？(IF構文の提示)	P3 左右のタッチセンサにより反応するもの。 P4 反応すると少し後退し、30度ほど向きを変えてから前進するもの。	・タッチセンサにより反応するプログラムの微調整が大変だったけど、うまく作動するようになった。
Q3 タッチセンサでも行ったり来たりを繰り返す。確実に行く方法ないかな？	A3 自分が巨大迷路に入ったとしたら、どうやって確実に脱出できると思う？	P5 片方のタッチセンサにより反応するもの。反応すると30度ほど向きを変え、少し前進した後、また元の角度に戻り、前進を繰り返すもの。	・片手を壁に沿わせれば確実になる。片側のセンサによる反応を調整して作ってみよう。 ・迷路を脱出できるようになった。 ・プログラムが分かりだした。うれしい。

(I) ライントレースをしよう (第三次 第6・7時)

第6・7時は、ライントレースに取り組んだ(図6)。これは白の紙上にかかれた黒のライン

をたどり，いかに早くゴールするかという課題である。目標はラインセンサによる条件分岐のプログラムを作成することである。生徒は，表5のような学習を行った。最初に，白の紙上にかかれた黒のラインに向かって走り，その上で止まるプログラムを作成した。これはタッチセンサの応用的要素が多く，ラインセンサを使った光線反射での色の識別が問題となった。多くの生徒はタッチセンサで学んだ条件分岐の考え方を応用し，この課題を達成することができた。この後，任意にかかれたライン上をトレースするプログラムを作成した。何名かの生徒は条件分岐の考えを利用しながら，プログラムを作成していくことができたが，多くの生徒はつまづくこととなった。そこで，前述の紙上に2本のラインをかき，その間を往復するプログラムを作成するよう指示した。このとき，無条件ループの考え方を提示した。これにより制御プログラムの新しい知識を獲得した生徒はライン上をトレースする動きを完成させることができた。この課題でも，識別するまでの時間の設定をいろいろ工夫し，少しでも早く一周することができるプログラムの開発に取り組んでいた。他の考え方で取り組んだ生徒は少なかったが，迷路脱出の考えを応用し，黒ラインの左側のみをトレースする方法を考えた生徒もいた。この段階では，制御について構造的に理解でき，人間ならばどうするかと考え，プログラミングをする生徒が増えてきた。



図6 ライントレースの様子

表5 ライントレースにおける生徒の学習

生徒の疑問	指導者の助言	開発されたプログラム	生徒の感想
Q1 全然分からない。ラインセンサを使えばいいのは分かるけど...	A1 前の時間，タッチセンサで学習したことを思い出ししてみよう。少し簡単な課題をしてみよう。 (ライン往復を提示)	P1 白からスタートして黒で止まるもの。一度のみ。 P2 黒ライン上で前後に微動するもの。	・黒と白を認識させるのが難しかった。 ・友人のORCAのセンサの数値と同じ数値にしても駄目だった。 ・ORCAも一台一台違うのかも。
Q2 黒ライン上で前後に微動する。行ったり来たりを繰り返さない。なぜだろう？	A2 行ったり来たりは繰り返したよね。プログラムも繰り返しができるものがあるよ。 (LOOP, WHILE構文の提示)	P3 2本のラインの間を前後に何度も往復するもの。 P4 ライントレースへの活用に向けた調整をしたもの。	・何度も同じ動作をさせるプログラムの構文が分かったことがうれしい。同じプログラムを何度も打つ必要がなくなった。
Q3 うまくラインをトレースするためにはどうすればいいだろう？	A3 センサ感度を調整する以外に何かないかな？	P5 黒ライン上を微動しつつトレースするもの。 P6 白から黒に変わった瞬間少し方向転換するもの。	・黒の中を進ませる方法だけだと思っていたけど違う方法もあった。それを見つけた友人はすごい。 ・人に置き換えて考えてみることは大切だ。

(オ) サッカーゲームをしよう (第三次 第8～10時)

第8～10時は，サッカーゲームに取り組んだ⁹⁾(図7)。これは1800mm×900mmのベニヤ板でサッカーコートを作ったもので，2分間で相手より多くの得点を取るという課題である。目標は前段階までのプログラムを総合的に応用することである。生徒は，表6のような学習を行った。授業の準備段階で赤外線ボールを認識させることが問題となる。普通の教室の明るさでは赤外線が認識されにくいためであり，サッカーゲームのスペースを暗くするこ



図7 サッカーゲームの様子

表6 サッカーゲームにおける生徒の学習

生徒の疑問	指導者の助言	開発されたプログラム	生徒の感想
Q1 それぞれのセンサにより反応するプログラムを作成すればいいですね。	A1 そうかもしれないね。今までやってきたことの集大成だからね。それぞれのプログラムは前の授業を思い出ししてみよう。	P1 障害物に当たったら方向転換するもの。 P2 赤外線ボールを認識し，追いかけるもの。 P3 自分のコートから相手のコートへ進むもの。	・赤外線ボールをORCAが追いかけるのが面白い。 ・今までやってきたプログラミングの考え方をすべて使ってやる必要があり難しかった。
Q2 赤外線ボールを認識するときとしないときがあるのはプログラムのせい？	A2 環境(明るさ)にもよるかもしれないね。(カーテンを閉め，照明を消し，プログラムを動かすよう指示する。)	P4 赤外線ボールを一層認識するように感度を調整したもの。	・赤外線ボールやコートの方向を認識させるのが難しかった。細かい調整が必要だ。
Q3 サッカーゲームで勝つためにはどのようにすればいいだろう？	A3 人間のサッカーゲームは攻撃するばかりかな。	P5 キーパーのようにゴール前で回転し続けて相手の攻撃を止めるもの。	・友人と対戦できたり，ゲーム性があって面白かった。 ・プログラムで勝てなくても作戦で勝てることがある。

とで対応した。赤外線センサでボールを追い，ラインセンサで自分のコートと相手のコートを判断し，2対2で対戦をする本競技は生徒にとって非常に新鮮で，興味を持つことができるものであった。各センサにより適切に反応するプログラムを作成することは高度なことであり，多くの生徒が試行錯誤し，繰り返し取り組んだ。

エ まとめをする（第四次 第1時）

ORCAを活用した制御学習は，問題解決のためのプログラミングを行い，試行錯誤する学習の繰り返しである。生徒は，次第に高度になる学習内容に対し，前時の知識を活用したり，補助教具を利用したり，友人と相談したりするなどして，積極的に取り組んだ。生徒は制御に対して表7のような感想を述べた。そこには制御に対する理解とともに，日常の物事のどこに制御が存在し，応用することができるか思考する様子が見て取れた。授業後も家庭でプログラミングを行うという生徒もあり，実践的態度の育成にもつながったのではないかと考える。「制御」を学習することがORCAの操作だけではなく，生活のいろいろな場面で利用できる広がりのあるものであることに生徒が気付くことにもつながった。最後に，生活の多くの場面に制御の考え方が存在し，それを知った上で利用することの大切さを伝え，授業のまとめとした。

表7 制御に対する授業後の感想（自由記述）

<ul style="list-style-type: none"> ・自分でプログラムが作成できたことが楽しい。 ・自分の作ったプログラムをダウンロードさせることで，思いどおりの動作をすることが面白かった。 ・ゲームのボタン一つにも制御機能が隠されていることが分かった。 ・プログラムのミスを見出すのが難しかった。 ・プログラムどおりに動かないことがあって困った。 ・信号機や電子レンジなど見えないところに制御が働いていることが分かり，うれしかった。 	等
--	---

(5) 結果と考察

ア 教材について

ORCAを授業で活用する中で，以下の3点について確認できた。

1点目は，生徒が自ら製作し，自ら制御することに大きな意義があることである。製作過程で，苦勞し試行錯誤しながら完成させることにより，制御過程でのプログラミング学習でも「自分の作ったORCA」に対する愛着から自発的にプログラムの開発や課題への挑戦を行っている姿が確認できた。また，ORCAは指導法を工夫することで，生徒が比較的容易に製作することができ，学習指導要領に明記された「A技術とものづくり」の内容も学習できると考える。2点目は，プログラミングの学習に適していることである。GUIによる分かりやすいプログラミングソフトウェアと各種のセンサを利用することで，問題解決的な学習を効果的に設定することができる。3点目は，ORCAが改良を重ねられている教材であることである。今回の授業実践で明らかになった教材としての課題（表8）も，今後の改良につながるものが予想され，教材として発展する可能性が確認できた。以上3点から，ORCAが制御学習を行う教材として，十分に効果があると考えられる。

表8 ORCAの教材としての課題

<ul style="list-style-type: none"> ・プログラミングソフトウェア（C-Style）の改良 ・レジストリの書き換え，ダウンロード時の不良 ・機械的補修 ・モータ部分の補修，PICの動作不良 ・授業までの準備物 ・3年間の指導計画の中における適切な学習時期 ・学習内容の厳選 	等
---	---

イ 指導法の工夫について

3(1)で述べた3点の指導法の工夫について，それぞれの効果と課題が確認できた。

1点目の「進度表の利用」については，生徒が次の作業内容や学習全体の中での位置付けを認識することにより，学習に積極的に取り組み，知識を定着することに効果があったと考えられる。その反面，進度の遅い生徒が自身の課題への取り組みを作業の早さのみで他の生徒と比べることもあり，進度表の役割の認識の徹底が重要であると感じた。2点目の「知識の提示」については，身近な例を通して知識を提示することで，「実践的・体験的」な活動の中での知識の定着ができ，積極的な活用につながった。3点目の「思考を助ける助言」については，生徒の疑問の内容や状況に応じて助言を行うことが，知識を獲得すること，活用すること及び概念化することを助け，思考を促すことに効果があったと考えられる。その反面，指導者が生徒の疑問の状況や意図を確実にとらえきれない場面もあり，学習の助けとなることが十分にできないこともあった。今後の授業の中で生徒のニーズに対応できるよう工夫していきたい。

ウ 補助教具について

補助教具のVODコンテンツについては、以下の2点の効果と課題が確認できた。

1点目は、生徒の自主的・自発的な活用である。指導者の指示を待つのではなく、生徒自身が進度に応じて分からないところを確認するため、積極的にVODコンテンツを利用する姿が見えた。このコンテンツを利用する中で、共通の疑問点について友人と互いの意見を交換する場面も見られ、教具の可能性を感じた。2点目は、簡単に制作できることである。生徒のニーズに合わせて、次時までに課題に対応したVODコンテンツの制作が十分に可能であり、柔軟性を持った教具となった。今後も生徒の実態に応じた追加・改訂を行い、補助教具としての有用性を高めていきたい。課題としては、生徒の課題発見の場面が多様であり、初期に予想して制作したVODコンテンツではすべての課題に対応できなかったことが挙げられる。また、生徒の作成したプログラムやそれにより制御されたORCAの動画を加えることができず、興味・関心を引き出すような応用的利用ができなかった。これは、今後の研究で事例を集めることで解決していきたい。

成果と課題

生徒に対する事前・事後のアンケート調査、観察及び聞き取り調査等の実態調査から次のことが考えられる。

ORCAを活用し、指導法の工夫と補助教具の開発を行った制御学習は、生徒が積極的に取り組み、理解を深め、工夫し創造する能力をはぐくむ上で有効であると考えられる(図8)。一方で、一人一人が工夫し、考えることのできる教材として、ORCAの活用は非常に有効であったがまだまだ研究の余地のある教材であると考えられる。今後は、研究の過程で発見された課題を改良しながら効果的にORCAを活用する指導法の工夫と補助教具の改良を続けるとともに、学習指導要領の改訂を念頭に置き、生徒によりよい学習の機会を提供できるよう努力していきたい。

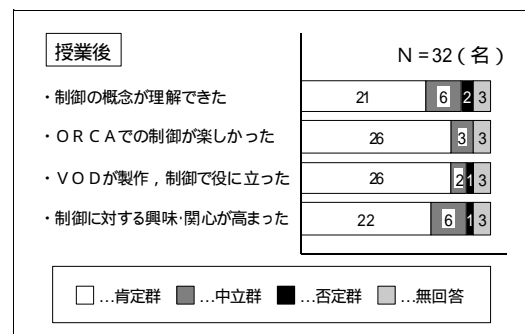


図8 授業後の制御に対する意識

おわりに

今回は「制御学習の指導法の工夫と補助教具の開発」を主題として研究を行ったが、「制御を」学習するのではなく、「制御で」生活に必要な何を学習すべきかが問題であるように感じた。今日までの科学技術の発展は、それ自身の細分化、専門化を加速してきた。そのため、専門家でさえもその全体を理解することは困難になってきている。もちろん、制御に関する技術もこの中に含まれる。このような状況の中で、科学技術が社会全体に有益な方向で発展していくためには、科学技術の基本的な考え方が広く理解され、信頼され、支持されることが必要不可欠ではないだろうか。本研究がこの一助となることを願っている。

引用文献

1) 文部省(1999)「中学校学習指導要領(平成10年12月)解説-技術・家庭編-」東京書籍

2) 前掲書1)

3) 河野公子・渡邊康夫・安東茂樹(1999)「改訂 中学校学習指導要領の展開 技術・家庭科<技術分野>編」明治図書

参考文献

・鎌原雅彦・宮下一博・大野木裕明・中澤潤 編著(1998)「心理学マニュアル質問紙法」北大路書房

・上野耕史(2007)「中等教育資料 平成19年3月号」ぎょうせい

・河村茂雄(2007)「データが語る 子どもの実態」図書文化

Webページ

ア)「幼稚園,小学校,中学校,高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」

(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf)

イ)ORCA研究所【05年ドキュメント】ORCA開発の経緯

(<http://orca-labo.com/ORCAway>)

ウ)ロボカップ・ジュニア・ジャパン 京都ノード運営委員会 サッカーフィールドについて

(<http://www.kyoto.robocupjunior.jp/field.htm>)