日本産業技術教育学会誌第 53 巻第 1 号（2010）■～■

自律型ロボット教材の評価と授業†

Evaluation and Classroom Experiences of Autonomous Robots in Junior High School

井戸坂　幸男*　　久野　靖**　　兼宗　進***
Yukio IDOSAKA　Yasushi KUNO　Susumu KANEMUNE

中学校では，2008 年(平成 20 年)に告示された新学習指導要領が 2012 年度から完全実施される。技術・家庭科では,「計測・制御」の授業が必修化されることになった。この授業用の教材として自律型ロボットが有力視されており，このロボットで新しい教育課程のねらいが達成できるかどうかを検討する必要がある。本研究では，計測・制御の教材に求められる要件を整理し，自律型ロボットを使った授業を通して教育課程のねらいが達成できるかを検証した。その結果，自立型ロボットを使った授業では，コンピュータを利用した計測・制御の仕組みや情報処理手順を考えたプログラミングが学習できることが分かった。また同時に，生徒は授業を楽しく感じ，コンピュータや制御機器への興味・関心が高まり，身近にある制御機器の仕組みに関する理解も深まることも分かった。

キーワード：自律型ロボット，計測・制御，技術教育，プログラム

1．はじめに

中学校では，2008 年に告示された新しい中学校学習指導要領 [1]（以下，新指導要領）が 2012 年度から完全実施される。技術・家庭科の技術分野では,「D情報に関する技術」で,「プログラムによる計測・制御」が必修化されることになった。

制御学習に関する実践は，紅林らによる自律型 3 モーター制御ロボットの学習効果の検討 [2]，古平らによる自律型ロボット教材を使った学習効果の検証 [3] などがあるが，実践事例は少ないのが現状である。とくに，個人向け教材として市販されている自律型ロボットの調査や,新指導要領での授業を想定した学習効果の検証は行われていない。

新指導要領の完全実施に向け,新しい教材も発売されてきている現在，中学校での計測・制御学習に使用する教材としてどのような要件が必要で,どのような学習が可能かを検討することは重要である。

本研究では，まず，新指導要領のねらいに照らし合わせて，計測・制御の教材に求められる要件を整理し，市販されている 10 種類のロボット教材を調査した。さらに,これらのロボット教材を実際に使った授業を実施し,新指導要領のねらいが達成できるかを確認した。次に,学習の進め方に関しても新指導要領の授業を想定した実践を行い，学習効果についても検証した。これらの結果をもとに，新指導要領のねらいが達成できるか，どのような学習効果があるかを検討した。

2．計測・制御学習のねらい

本研究における教材評価および授業設計の基準とするため，中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編 [4]（以下，新指導要領解説）の分析を行った。また，履修時間の多少によって教材の評価が異なるため,年間指導計画の分析も行った。

2.1　新学習指導要領でのねらい

新指導要領解説には，領域Dの「プログラムによる計測･制御」に関して,次の２つの内容があげられている。

ア　コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。
イ　情報処理の手順を考え，簡単なプログラムが作成できること。

具体的なキーワードとして,次のことが書かれている。

・センサ，コンピュータ，アクチュエータなど計測・制御のシステム構成。

(2010 年 6 月 18 日受付，2010 年 11 月 21 日受理)
* 松阪市立飯南中学校
** 筑波大学大学院
*** 大阪電気通信大学
† 2009 年 12 月 本学会第 27 回東海支部大会(静岡)にて発表

・インタフェースの必要性。
・情報処理の手順には，順次，分岐，反復の方法があることを知る。
・簡単なプログラムを作成できるようにする。

また，領域Dの配慮事項として，「ものづくりを支える能力を育成する観点から，(略)，プログラムにより機器等を制御したりする喜びを体験させるとともに，(略)。」とある。このことから，授業には教材（機器）を使った実習が必修であると判断した。

2.2　新指導要領での計測・制御学習の割り当て時間

今回の改訂では，A～Dの 4 領域すべてが必修化されたが，技術・家庭科の総授業時数は変わっていない。3 年間で全 87.5 単位時間（35+35+17.5）である。それぞれの領域に割り当てる時間は決まってはいないが，表 1 に示すように，ある教材会社の試案によると，計測・制御に割り当てられる時間は 5～7 単位時間程度と非常に少ない。別の教材会社の試案でも，8.5 単位時間となっている。前述の紅林らの実践[2] は 31 単位時間，古平らの実践[3] は 18 単位時間であり，このような 5 単位時間という短い時間の実践報告は少ない。

しかし，領域Aも含めた複合教材と考えると，2 領域をあわせて 35 単位時間程度の時間確保ができるものと考えられる。ロボット教材は，基板の電子部品の半田付けなどの電気学習やロボットの機構など機械学習も含めた総合的な学習教材としてとらえることもできる。この実践は，紅林らが報告[5] している。

表 1　教材会社による指導計画の例

1 年生 35 単位時間	領域 A 材料と加工(25～30) 領域 D 情報[モラル](5～10)
2 年生 35 単位時間	領域 C 生物育成(8～10) 領域 D 情報[マルチメディア作品](7～10) 領域 B エネルギー変換 電気(15～20)
3 年生 17.5 単位時間	領域 B エネルギー変換[動力](10～12) 領域 D 情報[計測・制御](5～7)

3．自律型ロボット教材の評価

まず，新指導要領のねらいに照らし合わせて，計測・制御の教材に求められる要件を整理し，市販されているロボット教材を調査した。

3.1　教材用ロボットに求められる要件

新指導要領の検討に基づき，教材用ロボットに求められる要件を整理した結果を表 2 に示す。

表 2　教材用ロボットに求められる要件

A. 分岐，反復の命令が分かりやすい制御ソフト
B. センサを使った計測学習ができる機能
C. エラーが少ない転送方法
D. 不具合の原因を特定しやすい工夫
E. 創意工夫が生かせる教材

教材用の自律型ロボットの特徴は，光センサやタッチセンサなどのセンサが搭載されており，これを生かしたプログラムができることにある。このセンサを生かした条件分岐プログラムの学習のポイントとなる。しかし，初めて学習する生徒にとって理解が難しい。そこで，簡単で分かりやすくプログラミングできる制御ソフト（要件 A）が必要不可欠となる。また，搭載されたセンサをプログラムの実行時だけに利用するのでなく，計測学習ができるかどうかという観点（要件 B）も制御の仕組みを理解する上で重要なポイントとなる。

また，自律型ロボットは，作ったプログラムをロボットに転送し，ロボットが独立してプログラムを実行する仕組みである。家電等に使われている組込型の制御と似ており，計測・制御の基本的な仕組みを理解させるにはよい教材であると思われる。しかし，実際に教材を使用すると不具合も多く発生する。原因としては，プログラムミス，転送エラー，ロボットの不具合などが考えられる。転送エラーが少なく（要件 C），不具合が起こった場合でも原因を特定しやすい工夫（要件 D）が必要である。また，ものづくりを支える能力を育成する教科としての観点から，形や機能などに創意工夫が生かせる教材（要件 E）であることも必要である。

3.2　自律型ロボット教材の評価

著者らが収集した 10 種類の教材用ロボットについて，概要を整理したものを表 3 に示す。

表 3 調査したロボット一覧

ロボット名	制御ソフト	転送方法	搭載センサ
製品ａ	フローチャート型	音	タッチ
製品ｂ	タイル型	画面点滅	光
製品ｃ	記述型(複数あり)	シリアル	タッチ
製品ｄ，ｅ	フローチャート型	USB	赤外線
製品ｆ，ｇ	フローチャート型	音	タッチ(光)
製品ｈ	タイル型	音	赤外線,タッチ
製品ｉ	タイル型	シリアル	赤外線,光,タッチ
製品ｊ	記述型，タイル型	シリアル	赤外線,タッチ

製品ａ～ｇは教材用として販売されているロボットである。製品ｈは学校教材ではないが小中学生向けのロボット教室で使われている。また，製品ｉは中学生を含めたサッカー競技用ロボットで，製品ｊは海外(韓国)で教材用に開発されたロボットである。

これらのロボットを使い，表２の要件を調査した。

要件Ａ　分岐，反復の命令が分かりやすい制御ソフト

制御ソフトを分類すると３つのタイプに分けられる。フローチャートのように命令を矢印でつなげるフローチャート型（図 1），命令のタイルを縦一列又は方眼上に並べるタイル型（図 2），BASIC やプログラミング言語「ドリトル」[6] などの言語を使って命令を記述する記述型（図 3）である。フローチャート型とタイル型は，見た目は同じように思われるが，反復命令の場合，矢印でループを作る方法と反復の始まりタイルと終わりタイルで挟み込む方法とで異なるため分類した。条件分岐プログラムを考えた場合，視覚的にとらえられるフローチャート型やタイル型は生徒にとって分かりやすくなっているが，記述型は文字で記述するため分かりにくいと考えられる。しかし，改行など記述方法を工夫することにより視覚的に分かりやすくすることもできる。

調査したロボットのほとんどは，フローチャート型・タイル型であり，記述型だけのものは少ない。

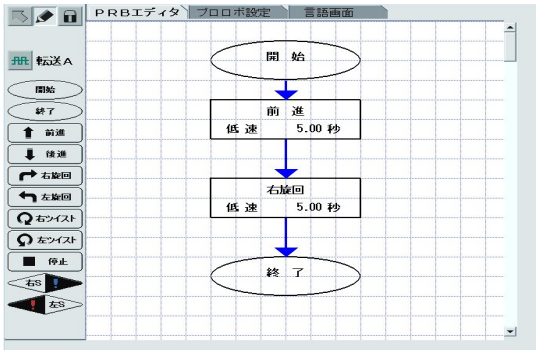

図１　フローチャート型

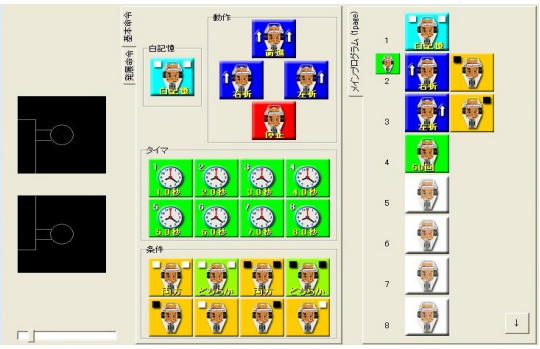

図２　タイル型

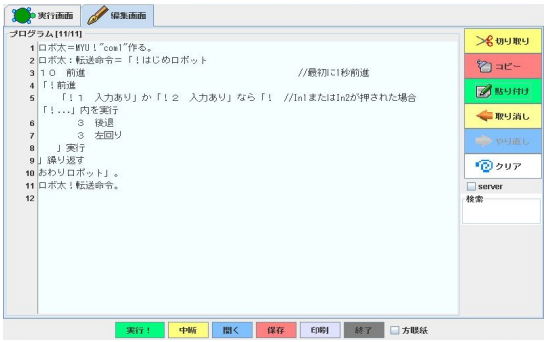

図３　記述型

要件Ｂ　センサを使った計測学習ができる機能

ロボットには，光（可視光）センサ・赤外線センサ，又は，タッチ（接触）センサが，必ず搭載されている。センサを搭載していないものはない。しかし，センサの値を読み取り，プログラムに生かせる機能のついたロボットは少ない。計測ができる製品は，赤外線センサが計測した値を制御ソフト上に表示させ，プログラムに使うことができるようになっている。製品の中には，オプションで距離センサなどを取り付けると読み取ったセンサの値を表計算ソフトに記録することができるものもある。

計測ができる製品は，赤外線や光センサを使っており，タッチセンサでは計測を扱うことは難しいと思われる。タッチセンサでは，計測結果（接触したという結果）を利用したプログラムを作ることはできるが，計測結果を調べる機能はついていない。

新指導要領には計測・制御とはあるが，どのような計測をしなければいけないかは，明確には示されていない。しかし，計測結果を表示させる機能を使うことにより，計測･制御の学習をより深めることができると考えられる。

要件Ｃ　エラーが少ない転送方法

転送方法は，シリアルポート（COM）や USB ポートを使った転送方法，音信号に変換してヘッドホン端子を使って転送する方法（音通信），画面点滅を読み取る独自の方法がある。転送エラーが少ないものから，シリアル・USB ポート，音通信，画面点滅の順となる。音通信の場合は，音量調整がうまくいかないと転送エラーが多い。また，画面点滅は液晶ディスプレイの明るさ，教室の明るさに影響され，転送エラーが多い。

別の観点から見ると，画面点滅は転送している信号を点滅として視覚的にとらえることができる。音通信は信号を音声ファイルに変換して音として聞くことができるものもある。転送する信号を光や音に変換することで

生徒に分かりやすくする効果があると思われる。しかし，実際の授業で使ってみると，画面点滅や音通信は予想以上に転送時のトラブルが多く，生徒が困る場面も多く発生する。

要件 D　不具合の原因を特定しやすい工夫

自律型ロボットでは，ロボットが全く動かないというトラブルも多い。原因は，プログラムのエラー，プログラム転送時のエラー，ロボットのハードの不具合，電池の消耗などが考えられる。原因を特定しやすくするための工夫として，ハードに問題がないかを確認するためのテストプログラム，プログラムにエラーがないかどうかをソフト側でチェックする機能，ソフト側での転送状況の表示，ロボット側での転送の成否を知らせる音声又はLED の点灯などの工夫が見られた。すべてのロボットに不具合の原因を特定するための何らかの工夫がある。

要件 E　創意工夫が生かせる教材

ロボットは，全く改造できないタイプとロボットの形状の改造やセンサの追加などができるタイプがある。

開発メーカーの考え方によって大きく異なり，全く改造できないタイプのもの，いろいろな形に工夫することをねらったもの，センサを追加して発展学習できるようになったものがある。形が工夫できるタイプは形への創意工夫を生かす学習ができる利点はあるが，学習時間をたくさん必要とするため，授業の扱い方によって使い分けるのがよいと思われる。

以上の結果をまとめると表 4 の結果となる。

表 4　ロボット教材に求められる要件の評価

要件	満たす ←　　→ 満たさない
A	○フローチャート型，○タイル型　△記述型
B	○測定値を画面表示できる　　×表示できない
C	○USB，○シリアル　　△音　　×画面点滅
D	○テストプログラム，○エラーチェック
E	○形を工夫できる　　×拡張不可，形の工夫不可

・評価：○満たす，△条件付き満たす，×満たさない

4．多種類のロボットを使った実践

自律型ロボット教材によって新指導要領解説にある内容ア，イが達成できるかを調べるため，表 3 で紹介した 10 種類の自律型ロボットを使った授業を実施した。

4.1　実践内容

授業は著者の一人が勤務する公立中学校において，2008 年度と 2009 年度の 2 年間にわたって実施した。総合的な学習の中での実施のため，生徒の自主的な学習活動を重視し，授業のねらいを「自律型ロボットのしくみや使い方を自分たちで調べ，実際に動作させる方法を習得すること」とした。学習時間は，全 8 回（100 分授業）であるが，実際にロボットの研究ができるのは 5 回である。学習の進め方は，2 名程度の少人数グループを構成し，自分たちの希望で割り当てられたロボットの制御方法やプログラミング方法を調べ，自分の作ったプログラムで実機を制御する。調べる手段は，付属の説明書やインターネットの情報である。

生徒に与えた課題は，次の 2 つである。

・基本課題：ロボットの仕組みや転送方法など基本的な制御方法を調べ，プログラムをロボットに転送してロボットを動くようにする。
・発展課題：光センサ・タッチセンサなど付属するセンサを使ったプログラムを作り，ライントレース・障害物回避などの働きを持ったロボットにする。

また，2009 年度に準備したロボットは，生徒 18 名に対して計 21 台である。内訳は，製品ａ　4 台，製品ｂ 2 台，製品ｃ 4 台（4 種類），製品ｄ 1 台，製品ｅ 2 台，製品ｆ 1 台，製品ｇ 1 台，製品ｈ 2 台，製品ｉ 2 台，製品ｊ 2 台である。

授業の概要を表 5 に示す。

表 5　授業概要

学年：中学 3 年生
教科：総合的な学習の時間(国際・情報)
選択：英会話や外国の文化を調べる「国際講座」と自律型制御ロボットを研究する「情報講座」のどちらかを選択
時数：100 分×8 回（研究 5 回，まとめ 2 回，発表会 1 回）
情報講座生徒数：
2008 年度:男子 19/19 名,女子 3/19 名,計 22/38 名
2009 年度:男子 15/23 名,女子 3/19 名,計 18/42 名

4.2　実践結果

授業形態が少人数学習のため，授業者が生徒の観察や生徒個人へ聞き取りを行いやすい。そこで，授業者による授業中の生徒の観察と生徒個人への聞き取りによって，課題の達成状況を判断した。また，全 8 回の授業の中で，3 回終了後（中間調査）と 8 回終了後（事後調査）にアンケート調査を実施し，生徒の内面的な変化を調査した。

4.2.1　新指導要領解説の内容ア，内容イの達成度

内容ア「計測・制御の仕組みの理解」については，授

業での観察の結果,全員が何らかのプログラムを作り転送してロボットを動かせることができていた。生徒は,プログラミング, 転送, ロボットの動作確認と何度も試行錯誤を重ねていた。観察による制御方法理解の達成度は，表 6 のようになる。全員が達成できており，自律型ロボットを使った授業では,内容アを達成できることが分かった。

内容イ「プログラムの作成」について，表 7 に自己評価によるプログラミング達成度を示す。「イ．サンプルを入れただけ」と答えた生徒 3 名は，記述型のソフトで制御していた生徒であり,分岐のプログラミングを自分たちだけで理解するのは難しかったことが分かった。しかし, 同じソフトを使った生徒でも，センサを使った条件分岐プログラムまで理解できた生徒もいた。このことから, 記述型のソフトについて, 今回の自学する授業スタイルでは,生徒の理解の差が大きいことが分かった。フローチャート型とタイル型は, 分岐を含むプログラムを理解しやすいことが分かった。

また, 生徒の観察から, 生徒に与えた課題の達成状況は, 基本課題については全員達成できていたが, 発展課題はあまり達成できなかった様子であった。

表 6　制御方法理解の達成率(観察)　N=18　(2009 **年度**)

段　階	達成率	人数
プログラム作って，転送し制御できる	100.0%	18 名
プログラム作れるが，転送分からない	0.0%	0 名
プログラム作れない，転送分からない	0.0%	0 名

表 7　プログラミング達成度(自己評価)　N=18　(2009 **年度**)

段　階	割合	人数
センサを使った条件分岐プログラム	66.7%	12 名
繰り返し命令のプログラム	44.4%	8 名
自分のプログラムができる	55.6%	10 名
サンプルを入れただけ	16.7%	3 名
全く分からなかった	0.0%	0 名

・生徒の自己評価によるもの，複数回答

4.2.2　生徒の興味・関心の変化

アンケートの結果（表 8）から，授業の楽しさについては, ほとんどの生徒が肯定的であったと分かる。希望して選択した生徒であるため,当然の結果とも言えるが,中間調査より事後調査の方が肯定度が高まっていることは注目に値する。

表 9 からコンピュータの仕組みへの関心，制御ロボットへの関心については,全員がコンピュータと制御ロボットに興味・関心を持ち, 授業を通して興味が深まったという結果が得られた。自律型ロボットを用いることで, 生徒の興味・関心につながる学習が可能であることが分かった。

表 8　授業の楽しさ　N=18　(2009 **年度**)

選択肢	中間調査		事後調査	
楽しい	72.2%	13 名	77.8%	14 名
楽しい方	16.7%	3 名	22.2%	4 名
普通	11.1%	2 名	0.0%	0 名
楽しくない方	0.0%	0 名	0.0%	0 名
楽しくない	0.0%	0 名	0.0%	0 名

表 9 授業後の興味・関心　N=18　(2009 **年度**)

選択肢	ＰＣの仕組み		制御ロボット	
大変興味を持った	33.3%	6 名	16.7%	3 名
興味を持った	66.7%	12 名	83.3%	15 名
あまり持たなかった	0.0%	0 名	0.0%	0 名
持たなかった	0.0%	0 名	0.0%	0 名

5．新指導要領向けの実践

前節では,新指導要領解説の内容イに関して達成できたとは言えなかった。そこで, センサの読み取り機能のついている製品を用いて,授業方法を変えて授業を試みた。この授業は, 新指導要領下での授業を意識して授業設計した。この実践で, 新指導要領解説の内容イの達成度を検証するとともに, 計測・制御学習の学習効果についても調査した。

5.1　実践概要

3 年生の「技術・家庭」の必修授業において，自律型ロボットを使った計測・制御の授業を行った。授業概要を表 10 に示す。

表 10　授業概要

学年：中学 3 年生
教科：技術・家庭（技術分野）　必修授業
時数：50 分×5 回
教材：センサの値を画面表示，フローチャート型（製品ｅ）
生徒数：47 名　（2 クラス）

5.1.1　授業内容

計測・制御の授業を設計するに当たり, 稲川による高校での実践資料 [7] を参考に，次の学習を考えた。

(1) センサを使った計測学習

このロボット教材は，制御ソフトの画面に赤外線センサの値を表示させることができ（図 4），この値を使ってプログラムを考えることができる。また，USB 延長ケーブルを使い，ロボットを移動させていろいろな条件での値を調べさせることもできる。ライントレースプログラムにつながる紙の白い部分と黒い部分の値の違いを測定し，プログラムにつながる課題設定にした。

図 4　センサの値の表示（白色と黒色の値）

(2) 情報処理手順を考えたプログラミング学習

授業のねらいを，新指導要領解説にある順次，分岐，反復の手順を学習させることとして，次のように計画した。

順次，反復については，図 5 に示す「正方形コース」を，第 1 時は順次処理，第 2 時は反復処理で考える。同じ課題を順次と反復で考えさせ，処理の違いも気づかせる設定とした。プログラムの違いを図 6 に示す。

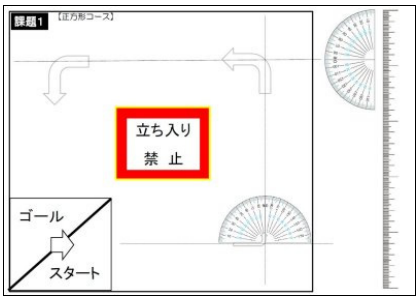

図 5　正方形コース

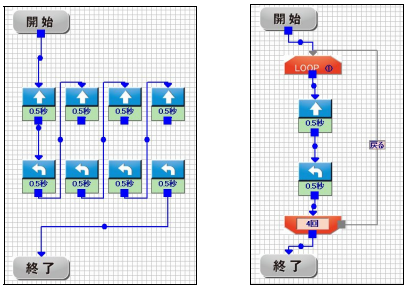

図 6　「正方形コース」の順次処理（左）と反復処理（右）

分岐については，センサによる計測学習とあわせて，スタート（白）とゴール（黒）の赤外線センサでの値を測定した後，図 7 の「黒になったら止まるコース」のプログラムを課題にした。次の展開として，図 8 左に示す片方のセンサだけでトラック型のコースをライントレースするプログラムにつなげていった。片方のセンサだけのため，右回り又は左回り専用のプログラムとなる。次の時間には，左右両方のセンサを使って図 8 右のＳ字コースやラインが交わっているコースでのプログラムを課題にした。

これらの学習を表 11 に示す全 5 時間の指導計画で実施した。

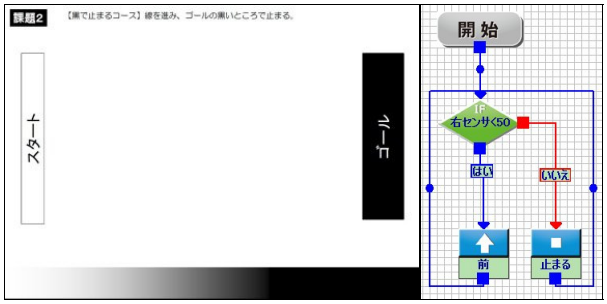

図 7　黒になったら止まるコースと分岐プログラム

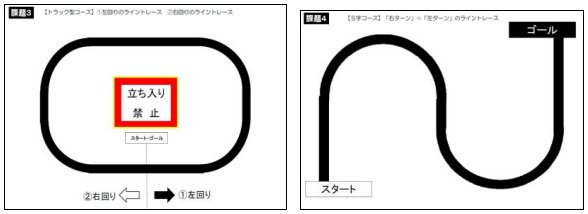

図 8　トラックコースとＳ字コース

表 11　指導計画

第 1 時：	制御の基本的な仕組み／直進とモーターの調整
	順次処理による「正方形コース」課題
第 2 時：	反復命令を使った「正方形コース」課題
第 3 時：	光センサを使った計測
	分岐命令を使った「黒で止まるプログラム」作成
第 4 時：	片方だけのセンサを使った「ライントレース」課題
第 5 時：	左右両方のセンサを使った「ライントレース」課題

5.2　実践結果

授業での観察と生徒のプログラム作品，及び事前・事後調査から達成度を判断した。

5.2.1　新指導要領解説の内容イ「プログラムの作成」

プログラム作成ができたことの評価は，毎時間ごとに制作した生徒のプログラムに基づいておこなった。生徒の作成したプログラムを見ると，順次，反復については問題なく全員できていた。分岐については，片方のセンサだけを使った正方形コースや黒になったら止まるコースの分岐処理は全員できていたが，左右両方のセンサ

を利用するＳ字コースやラインが交わるコースのプログラムができた生徒は全体で 2 名/39 であった。

この結果より，順次，反復，分岐の基本的な課題はできているため，内容イ「基本的なプログラムの作成」は達成できたことが分かった。

5.2.2　計測・制御の学習効果

計測・制御学習の学習効果として，身近にある制御機器の理解が深まるかを調査した。表 12 にある質問を事前・事後の両方のアンケートで実施した。今回の授業では，光センサを利用した学習はしているが，温度や圧力などの他のセンサを使った制御については学習していない。授業では直接学習することのなかった制御機器の仕組みを考えることができるかを調べた。

エアコンの仕組みの説明の正解と不正解の例を表 13 に示す。また，正解者数を表 14 に示したが，制御機器でない自転車（電動自転車を除く）については，他の質問がセンサによる計測･制御を正しく説明できるかを基準に採点したため集計から除いた。

事前・事後の正答率を t 検定で分析したところ，「エアコン」「炊飯器」「自動車」においては，「0.1%水準で有意」に向上したことが分かった。「エレベータ」についても，高い正解率が得られた。これらのことから，計測に対応した教材を使うことで，身近にある様々な制御機器の理解が深まることが分かった。

表 12　制御機器のしくみに関する質問

1. エアコンはどのようにして温度を調整しているかわかりますか。簡単に説明しなさい。
2. 次の機器の中にはコンピュータが組み込まれていると思いますか。組み込まれているものには○をつけ，どのように使われているかを簡単に説明しなさい。
　(1)炊飯器　(2)エレベータ　(3)自動車 (4)自転車

表 13　エアコンの仕組み説明の正解例と不正解例

正解例：温度が分かるセンサがついていて，設定した温度より上がれば温度を下げるように動作する。
不正解例：
・リモコンで温度を変えている。
・リモコンの命令でプログラムが動作して温度調整する。

表 14　制御機器のしくみに関する正解者数 N=39

設問	事前(人)	事後(人)	t	p
1.エアコン	1	28	9.25	p<.001
2.(1)炊飯器	15	26	3.86	p<.001
(2)エレベータ	19	21	1.43	p=.16
(3)自動車	11	23	4.11	p<.001

5.2.3　授業の楽しさ・難易度・興味・関心

事後調査では，授業に関しての授業の楽しさ・難しさや制御機器・PC への興味・関心を 5 段階で評価する調査も実施した。調査結果を表 15 に示す。

授業は，ほとんどの生徒が楽しく感じていることが分かったが，難易度に関しては難しいと感じる生徒が多い一方，易しいと感じる生徒もいる。どのようなところが難しく感じたに関しては，ロボットの操作は簡単であったが，与えたライントレースプログラムを難しく感じていたことが生徒の記述より分かった。制御機器やコンピュータへの関心は，高まったと答える生徒がほとんどで，否定的な選択肢を選んだ生徒はいなかった。

表 15　事後調査 N=39

	5	4	3	2	1
1.楽しさ	25 名 64.1%	12 名 30.8%	1 名 2.6%	1 名 2.6%	0 名 0.0%
2.難しさ(全体)	17 名 43.6%	16 名 41.0%	2 名 5.1%	4 名 10.3%	0 名 0.0%
・プログラムの難しさ	16 名 41.0%	18 名 46.2%	1 名 2.6%	3 名 7.7%	1 名 2.6%
・ロボットの操作方法の難しさ	0 名 0.0%	5 名 12.8%	17 名 43.6%	11 名 28.2%	6 名 15.4%
・課題の難しさ	18 名 46.2%	14 名 35.9%	5 名 12.8%	2 名 5.1%	0 名 0.0%
3.制御機器への興味・関心	12 名 30.8%	20 名 51.3%	7 名 17.9%	0 名 0.0%	0 名 0.0%
4.コンピュータへの興味・関心	18 名 46.2%	19 名 48.7%	2 名 5.1%	0 名 0.0%	0 名 0.0%

6．まとめ

本研究において以下の事項が明らかになった。

教材調査（第 3 章）では，教材用ロボットに求められる 5 種類の要件の考察より，次のことが分かった。

・「制御ソフト」は，フローチャート型，タイル型，記述型の 3 種類 があり，分岐命令が分かりやすいのは前 2 者である。

・「計測」は，計測結果をプログラムに生かせるように考えられているが，計測結果を表示できる機能を持った製品は少ない。赤外線センサや光（可視光）センサを搭載した一部の製品に，画面上に計測結果を表示できる製品がある。

・「転送方式」で，エラーが少ないのは，USB やシリアルポートを使った転送方法である。

・自律型ロボットのすべてに，不具合の原因を特定しや

すい工夫がされている。
・「創意工夫」が生かせる教材として，形を改造したりセンサを追加したりできる製品がある。

最初の授業実践（第 4 章）では，総合的な学習の中で市販されている 10 種類の自律型ロボットを使った結果，次のことが分かった。
・教材用ロボットに求められる 5 種類の要件の評価は，適切である。
・どの自律型ロボット教材を利用した場合でも，新指導要領解説の内容アを達成できる。
・自律型ロボットを用いることで，生徒の興味・関心につながる学習が可能である。

次の授業実践（第 5 章）では，技術・家庭の必修授業で，「センサの測定値を画面表示，フローチャート型」の自律型ロボット教材を使い，次のことが分かった。
・自律型ロボット教材で，新指導要領解説の内容イを達成できる。
・制御学習の楽しさ，ＰＣ・制御機器に関する興味・関心につながる学習ができる。
・制御学習を通して，身近にある制御機器の仕組みに関する理解が深まる。

以上の結果より，自律型ロボット教材は，新指導要領のねらいを満たすことのできる有効な教材であることが分かった。また，本研究での実践授業を通して，自律型ロボットは，生徒が興味・関心を持ち，楽しく学習できる教材であり，コンピュータや制御機器への理解が深まるだけでなく，身近にある制御機器の理解も深まることが分かった。

自律型ロボット教材は，計測・制御学習の有効な教材である。今後，更に分かりやすい制御ソフトが開発され，転送時のエラーやロボットのハードの不具合などのトラブルをなくすための技術開発が進むことが望まれる。

新指導要領の実施に伴い必修化される計測・制御学習であるが，実践例が少ないため，どのような教材を使い，どのような内容で実践すればよいか不安に思っている現場の教員も多い。今回の研究報告が，現場での実践に役に立ち，少しでも教員の負担軽減につながれば幸いである。

参考文献

1) 文部科学省：中学校学習指導要領 第 2 章 各教科 第 8 節技術・家庭（2008）
2) 紅林秀治・青木浩幸・室伏春樹他：自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた授業による学習効果の検討，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 3 号，pp.195-202（2009）
3) 古平真一郎・坂本弘志・針谷安男：自律型ロボット教材を用いた「プログラミングによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 4 号，pp.285-292（2009）
4) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭（2008）
5) Shuji Kurebayashi, Hiroyuki Aoki, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune, Yasushi Kuno：Proposal for Teaching Manufacturing and Control Programming Using Autonomous Mobile Robots with an Arm, LNCS, Vol.5090, pp.75-86（2008）
6) 兼宗進・中谷多哉子・久野靖他：初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価，情報処理学会論文誌，Vol. 44 No.SIG13(PRO18), pp.58-71(2003)
7) 稲川孝司：車型ロボットによる問題解決学習－アルゴリズムとフローチャートの学習を通して－，日本文教出版， ICT Educaton, No.43, pp21-25（2010）

Abstract

In Japan, the new educational guideline for junior high school will be effective in fiscal 2012. In the subject of "technologies and home economics", "measurement and control" will be mandatory. For teaching this area, methods to control autonomous robots are important tools. We therefore compared some robots materials for education in our class, and conducted lessons using an autonomous robot. Our students learned mechanisms of control and programming for robots. In this paper, we report results of those instruction sessions.

Key words：Technology education, Autonomous robot, Program, Learning to control