

# 自立型ロボットを活用した情報教育

## I T Education Using Autonomous Robots

紅 林 秀 治\* 佐 藤 和 浩\*\* 兼 宗 進\*\*\*  
Shuuji Kurebayashi, Kazuhiro Sato and Susumu Kanemune

（平成17年9月30日受理）

### 概要

教材用自立型ロボットの開発とそれを利用した情報教育を提案する。最初に、授業の中で活用できる廉価な教材用ロボット基板の設計と、そのロボットを汎用プログラミング言語（ドリトル）から制御する仕組みを述べる。続いて、中学校技術・家庭科「情報とコンピュータ」の学習において実施したロボットの製作と制御の授業を報告し、最後に小学校の「総合的な学習の時間」の中で実施したロボット制御のプログラミングの授業を紹介する。ロボットという現実世界とプログラミングを扱うことで、子どもたちは、実世界と結びついた形でプログラミングを学ぶことができた。

### 1 はじめに

中学校技術・家庭科で「情報とコンピュータ」の授業が実践されている。誰でも、コンピュータの操作ができるようになることを目標に学習内容が組まれている。<sup>[1]</sup>しかし、コンピュータがネットワークでつながり日常生活に入り込んできた今日、コンピュータのプログラムミスによる問題が社会に大きな影響を与えるようになってきた。<sup>[2]</sup>

筆者らは、コンピュータの操作を中心に教えるだけでなく、学習指導要領に示す<sup>[3]</sup>プログラムについて教える必要があると考えた。ところが、難しいプログラミング言語を教えることは、学習者（特に小中学生）に対する負担が大きい。そのため、プログラムは簡単な日本語で構成されたものであることが望ましい。さらに、作ったプログラムが画面上の動きで動作確認するだけでなく、機器の動きでも確認できる学習の方が効果的である。そこで、教育用プログラム言語「ドリトル」<sup>[4]</sup>で動作する、廉価な自立型ロボットを開発し、それを用いた情報教育を考案し実践した。その結果、開発した自立型ロボット教材が、プログラミング学習に対する生徒の意欲を向上させることがわかった。本論文では、開発した自立型ロボット教材と実践した授業を中学校「技術・家庭科」、小学校「総合的な学習の時間」の順に紹介する。

---

\* 静岡大学教育学部 \*\* 千葉市立おゆみ野南小学校 \*\*\* 一橋大学総合情報処理センター

## 2 開発した自立型ロボット用基板

ロボット開発に関わり、以下の条件を満たす教材を探した。下記がその条件であり（ ）内が理由である。

- ・ 車輪の付いたロボットカーにする（教材として使い安い）
- ・ パソコンからリモコンで制御するのではなく、プログラムを内蔵して動く自立型にする。また、線をつながなくてもパソコンからプログラムを転送できる。（有線だと行動範囲が狭くなり動きが限定されるため望ましくない）
- ・ 壁にぶつかったことがわかるセンサーがある。（迷路などの学習に使いたい）
- ・ パソコンがなくても TV リモコンで制御できる。（自宅に持ち帰っても遊べる）
- ・ 安価である。（生徒が教材費で購入できる。3500 円以下にする。）
- ・ 汎用のプログラミング言語から操作できる。（プログラミングやシミュレーションの授業と関連づける。）

ところが、市販されているものでは上記条件のものは見つかることができなかった。<sup>[5][6]</sup>そこで、新たに学習用ロボットの回路基板を作ることにした。その設計基本方針を下記に示す。

### (1) 簡潔な回路にする

生徒が作りやすいように、部品の少ない簡単な回路にする。そのために、CPU とメモリ などが一体になった PIC <sup>[7]</sup> という制御用のチップを採用する。

### (2) 簡単な命令で動くようにする

パソコンから転送する命令をできるだけ簡単なものにして、生徒が扱いやすいようにする。また、命令に汎用性を持たせ一般的な言語からも制御できるようにする。

### (3) 古くならない内容にする

最新の技術を使いながら、時代が変わっても無駄にならないオーソドックスな計測・制御を学べる設計にする。

### (4) 小学校、中学校の授業で使えるようにする

①小学校の総合的な学習の時間では、TV リモコンを使った操作で迷路ゲームなどを行えるようにする。

②中学校の技術・家庭科では、ロボットカーを作り、それをプログラムから制御できるようにする。

図 1 に設計した基板の回路図を示す。少ない部品で構成し、必要な機能を持ちながら、複雑な回路にならないように工夫した。この基板に採用した PIC(12C672) というワンチップマイコンには、CPU の他に、揮発性メモリー (RAM)、不揮発性メモリ (ROM)、入力装置 (I/O) が搭載されている。不揮発性メモリーには、パソコンから転送された命令を解釈するためのモニタプログラムが書き込まれている。揮発性メモリーには 39 ステップのプログラムと、7 ステップのサブルーチンプログラムを 2 個記憶することができる。入出力装置は 2 個のモータの正転・逆転動作により、ロボットの前後左右の移動を可能にした。また、マイクロスイッチによる入出力検出により、プログラムによるマイクロスイッチのオン・オフの判断が可能になっている。プログラムは基板上の赤外線受光器により外部のインターフェースから受け取るようにした。インターフェースは、RS232C 端子から出された信号を赤外線発光ダイオードより赤外線を発光し制御基板に命令を転送するようにした。図 2 に製作した基板を、図 3 にインターフェースの回路図、図 4 に製作したインターフェースを示す。

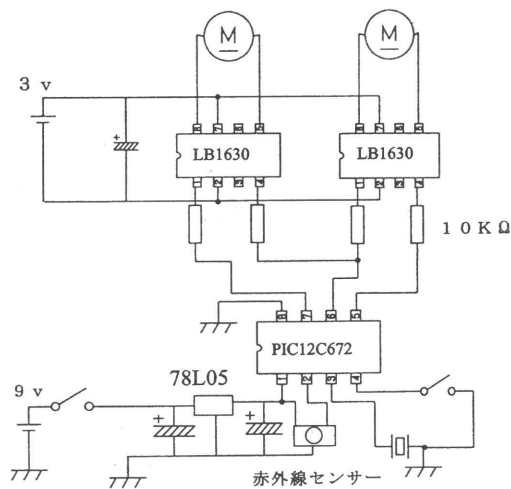


図 1：回路図

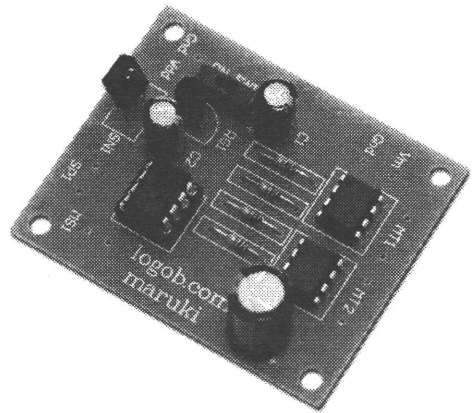


図 2：製作した基板

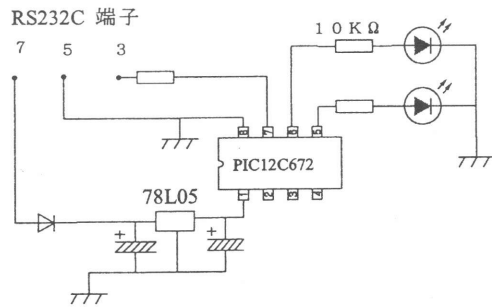


図 3：回路図（インターフェース）

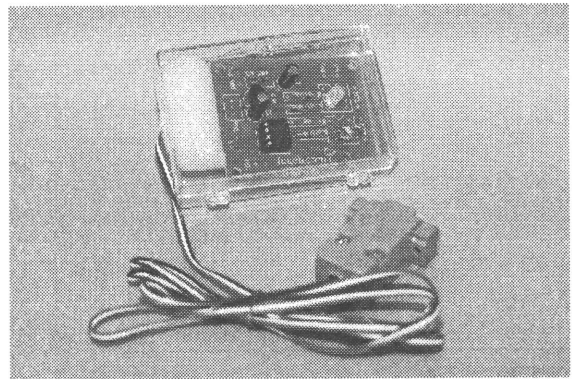


図 4：製作したインターフェース基板

### 3 ドリトルについて

ドリトルは、教育用に設計されたオブジェクト指向言語である。簡潔な日本語による構文を採用しており、オブジェクトに呼びかける形でプログラムを記述できる。ドリトルの処理系には通信ポート (RS232C) にアクセスする機能が含まれており、それを利用することで、外部機器の制御が行える。授業で使う際には、外部機器の使用に応じてわかりやすい記述を可能にするオブジェクトを予め用意することで、生徒が入出力の詳細に煩わされることなく外部機器の制御に集中できる。表 1 は、制御で使用する命令である。図 5 にロボットをドリトルから制御するプログラム例を図 6 にドリトルの実行画面を示す。このプログラムでは、"ロボ次郎" という名前の通信オブジェクトを生成し、その内部に"転送命令" という名前でロボットに命令を送るメソッド (オブジェクトごとに記憶する小さなプログラム) を定義している。このメソッドは、通信ポートを開いた後で実行される。転送される命令により、ロボットは次のような実行を行う。

- ・ マイクロスイッチが押されたら実行を開始する。
- ・ マイクロスイッチが押されるまで前進する。
- ・ 何かにつかったら後退し、左に向きを変える。
- ・ 再びスイッチが押されるまで前進する。
- ・ 何かにつかったら後退し、右に向き向きを変える。

ロボ次郎＝シリアルポート！作る。  
 ロボ次郎：転送命令＝「！はじめロボット  
 スイッチスタート 前進・入力で停止  
 10 後退 15 右前 15 左後  
 前進・入力で停止  
 10 後退 15 左前 15 右後  
 おわりロボット」。  
 ロボ次郎！”com1” ひらけごま。  
 ロボ次郎！転送命令。  
 ロボ次郎！うごけ。  
 ロボ次郎！とじろごま。

図5：制御プログラム例（ドリトル）

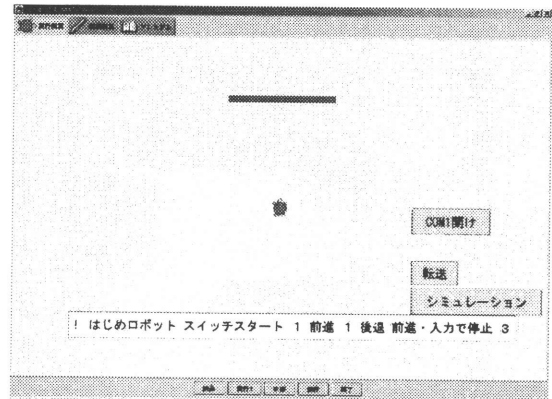


図6：ドリトル実行画面

表1：ロボット制御で使用するドリトルの命令一覧

ひらけごま	シリアルポートを使えるようにする。 "com1" ひらけごま "COM2" ひらけごま (" "内は大文字でも可)
とじろごま	シリアルポートを閉じる。
左前	左タイヤを前転させる。 引数は 0.1秒×数字時間。引数は整数を入力。
前進	両タイヤを前転させる。
右前	右タイヤを前転させる。
左後	左タイヤを後転させる。
後退	両タイヤを後転させる。
右後	右タイヤを後転させる。
はじめロボット	プログラムの最初に置く。
おわりロボット	ロボットに伝えるプログラム（メインルーチン）の終わりに置く。
前進・入力で停止	センサースイッチが押されるまで、前進命令を続ける。
うごけ	転送したプログラムを実行する命令。
はじめさぶ1	サブルーチンプログラム1の開始を伝える。
はじめさぶ2	サブルーチンプログラム2の開始を伝える。
うごけさぶ1	サブルーチンプログラム1の実行を伝える。
うごけさぶ2	サブルーチンプログラム2の実行を伝える。
おわりさぶ	サブルーチンプログラムの終わりに置く。
スイッチスタート	転送したプログラムをセンサースイッチを押すことにより開始
ここからずっと繰り返し	エンドレスな繰り返しをさせる。
ここまでずっと繰り返し	エンドレスな繰り返しをさせる。
回数繰り返しA	回数を指定して繰り返しをする。
ここまで繰り返しA	繰り返ししたいプログラムの終わりに置く。

## 4 中学校での授業

### 4.1 授業

藤枝市立西益津中学校の技術・家庭科の授業では、2001年度3年生138名と2003年度に3年生135名の必修授業として自立型ロボットの製作とそれを制御するプログラミングの授業を行った。授業はすべて紅林が行った。活動場所は、ロボット製作は技術室、ロボット制御はパソコン室で行った。授業計画を表2に示す。

### 4.2 結果

#### ① ロボットの製作について

生徒は、上記の基板を使い、独自の形のロボットを製作した。表3に使用した部品を示す。製作授業時間は、10時間程度ある。ロボット製作では、なるべくコンパクトに作品をまとめるように指導した。生徒たちは、基板やパーツの配置を考えながら作業に臨んでいた。はんだごてを使うことや、ビスやナットで締め付けることも初めてという生徒が半数以上いたが、自分のオリジナリティーを出そうと真剣に授業に取り組む姿が見られた。授業時間内ではほぼ全員の生徒が作品を完成させることができた。図7に生徒の作品を示す。

#### ② ロボットの制御について

生徒は、自作のロボットを使い、迷路を抜ける課題を学習した。実施時間は、8時間程度である。図8に学習の様子を示す。

制御の授業では、2003年度の生徒135名にアンケートを実施した。表4に結果を示す。集計の結果、90%以上の生徒がロボットの制御学習が「とてもたのしい」「どちらかといえば楽しい」と答えている。多くの生徒がロボット制御の学習に満足していることがわかる。また、70%以上の生徒がロボットをプログラムで動かすことに「大変難しい」「どちらかというとなんか難しい」と答えている。このことから、ロボット制御の学習は「難しいが楽しい」と感じていた生徒が多かったことがわかる。資料1は生徒の授業感想である。

表2：授業計画（中学）

ロボットを作ろう	(計10時間)
ギヤボックスの製作	2時間
基板の製作	2時間
車体の製作	4時間
動作の確認	2時間
ロボットをプログラムで動かそう	(計8時間)
インターフェースについて	2時間
センサースイッチを使おう	1時間
サブルーチンプログラムを使おう	1時間
ロボットの命令を分析しよう	2時間
難しい迷路に挑戦しよう	2時間

表3：使用した部品

・田宮ツインギヤボックス ITEM 70097
・田宮ユニバーサルプレート ITEM 70098
・田宮 TRACK & WHEEL SET ITEM 70100
・電池ボックス（単3×2本用）
・電池スナップ2個
・圧電スピーカ1個
・006 P電池ホルダー1個
・マイクロスイッチ1個

表4：アンケート結果

設 問	回 答 数	比 率
1 とても楽しい	57	44%
2 どちらかといえば楽しい	68	51%
3 どちらかといえば楽しくない	6	5%
4 とっても楽しくない	0	0%

設 問	回 答 数	比 率
1 大変簡単である	5	4%
2 どちらかという と簡単である	33	23%
3 どちらかという と難しい	67	47%
4 大変難しい	36	26%

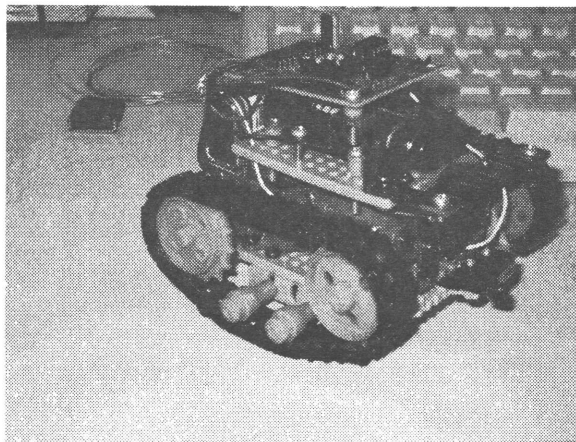


図7：生徒作品

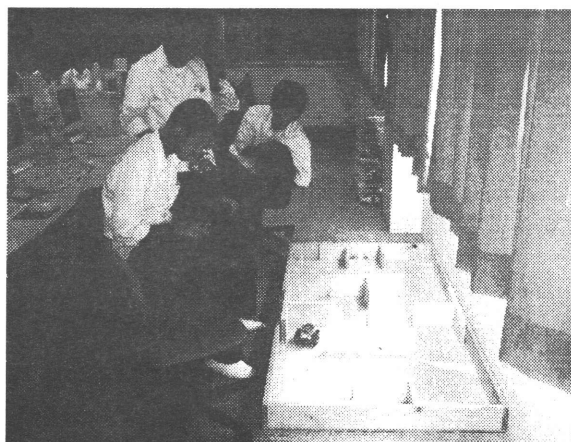


図8：迷路に挑戦する生徒

私はロボットを作る時、はんだがなかなかできなくて苦労しました。でも、自分が作りたいたいと思っていたような小さいロボットができてすごく楽しかったです。ドリトルのプログラムはなかなかいい感じにできました。ロボットの動き(前進するとき左の方へ行っちゃうとか、進み方)に合わせたプログラムを作ることができました。だから迷路も3分の2くらいまで行けました。それが嬉しかったです。

資料1：生徒の感想

## 5 小学校での授業

### 5.1 授業

千葉市立金沢小学校では、2002年度6年生の総合的な学習時間を使って情報学習としてロボット制御の授業を行った。授業は、佐藤が行った。小学校の授業では中学校技術・家庭科の授業のように制御やプログラミングを全面に出すことは児童に難解さを感じさせてしまうため、次のように児童のモチベーションを持続する工夫をした。

- ・ 3, 4人でチームを作り、共同で課題を追求していけるプロジェクト型の学習とした。チーム内で

は、全体の進行を管理するディレクターと橋の作成をするデザイナー、ロボットの動きを担当するプログラムの3つの役割を持たせた。

- ・プログラミングや制御だけでなく、紙工作などと組み合わせた総合的な学習とした。
  - ・画面の中と実世界の関わりを体験できるようにした。紙工作においては、ロボットが通過する橋を画面上のCADで設計し（ペイント系のソフトを用いた）、実際に工作を行った。制御については、画面上でプログラミングを行い、その後プログラムをロボットに転送して動作させた。
  - ・学習の最終局面をコンテスト形式にして、楽しみながら課題の達成度を確認できるようにした。
- 表5に授業計画を示す。資料2にコンテストの課題，図9，図10にロボットコンテストの様子を示す。

## 5.2 結果

ロボットはスタート後、橋の下を通過するため、橋の強度とロボットが自由に通り抜けるための橋脚の間隔を決めることが難しかったようである。資料3に児童の感想を示す。計算機からプログラムが転送されていること、ドリトルのような言語処理系も一つのソフトウェアであること、ソフトウェアは自分がプログラムした通りにしか動かないこと、市販のゲームなどもプログラムにより動いていること、などを児童が学んだことが現れている。

表5：授業計画（6年 金沢小ミニロボットコンテストを開こう）

ドリトルでどんなことができたか？	2時間
ミニロボコンの作戦を立てよう	1時間
金沢小ミニロボットコンテストに挑戦しよう	8時間
デザインコンテストを開こう（ロボットと橋のプレゼン）	1時間
金沢小ミニロボットコンテストを開こう。	2時間

- ・机に自作の橋を置き、プログラムしたロボットカーを図12のコースの通りに動かす。
- ・2回のトライアルで良い方の記録を採用する。橋のデザイン・強度・製作技術も評価の対象とする。
- ・ロボットはプログラムで制御する。
- ・ステージは、180cm × 135cm（長机3台分）とする。橋は全長40cm・全幅20cm・最高値10cmとする。

資料2：コンテストの課題



図9：ロボットコンテスト

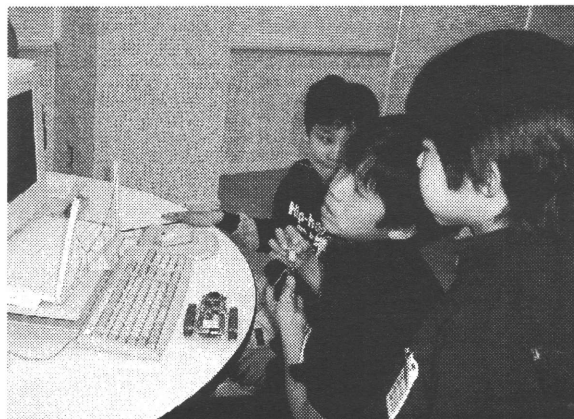


図10：プログラミングをする児童

- ・コンピュータで命令を出し、ロボットが動くななんてびっくりしました。すごいと思いました。
- ・こんな楽しいソフトを作る人はすごい。ゲームと違って、プログラムを作るところが気に入った。
- ・文を入力すれば、動くななんてすごいと思った。
- ・コンピュータを使ってロボットを動かす楽しさに気づいた。
- ・ゲームをやっている時、ぼくたちは簡単にすすめているけど、本当はすごい。プログラムは大変だなと改めて気づいた。
- ・楽しくできたの家でもやってみたい。
- ・みんないろんなデザインがあってよかった。ゴールした時は、とてもうれしかった。

### 資料3：児童の感想

## 6 考察

小学生も中学生も、開発した基板を用いた自立型ロボットの制御学習を楽しむことができた。その理由として、授業後の感想から以下のことが考えられる。

- ・資料1：生徒の感想に「ロボットの動きに合わせたプログラムを作ることができました」とあるように、プログラムでロボットの動き（右方向に曲がっていくという機構上の問題）を補正しようとする実物に合わせたプログラミング学習ができたこと。
- ・資料3：児童の感想にあるようにプログラミングが「すごい」という感動体験が味わえる課題設定ができたこと。

以上のことから、具体物であるロボットに命令するという行為により、コンピュータ内部で行われているプログラムの動きとロボットを制御するための一連の行為を結びつけることで、コンピュータにおけるプログラムの役割や作る楽しさを理解することができたと考えられる。

## 7 まとめと課題

開発した自立型ロボット教材で、小学生も中学生にも楽しみながらプログラミングの学習ができることがわかった。特に中学校では「もの作り」題材と融合した形での授業展開を可能にした。小学校では、難しいと思われるプログラミングもロボット制御を行うことで、実感を伴いながら学習させることができることがわかった。

筆者らが開発した基板を用いると一台3500円程度の教材費で自立型ロボットの製作を可能にしたが、ロボットを製作したり、制御したりする授業には、教材準備に時間と労力がかかり、教師の負担も大きくなる。しかし、時間と労力をかけて作り上げた授業には、多くの子どもたちが学習意欲をもって学ぶ。そして、今まで疑問すら感じなかったコンピュータの仕組みを想像したり、ソフトウェアとハードウェアの関係を理解し、今後のコンピュータ技術の発展に期待しながら自ら関わっていきたいという希望を持つことができる。

今後の課題として、ロボットの制御できるモータの数を増やし、プログラミングによるロボットコンテストを可能にできる基板の開発や、現在の基板を使い小学校での実践教員を増やし、小学校にロボット制御の授業を普及させたい。

基板の設計開発には岡田雅美さんに多大な協力をいただきました。藤枝市立西益津中学校と千葉市立金沢小学校の児童・生徒のみなさんおよび先生方にもご協力いただきました。この場をかりてお礼申し上げます。



**参考文献**

- [1] 文部科学省 (平成 10 年) 中学校学習指導要領 財務省印刷局
- [2] 斉藤了文 テクノリテラシーとは何か pp178-196 講談社
- [3] 中学校学習指導要領 (平成 10 年 12 月) 解説－技術・家庭編－ pp42-44 東京書籍
- [4] 兼宗進, 中谷多哉子, 御手洗理恵, 福井真吾, 久野靖, 学校教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」の設計と実装 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.SIG11 (PRO12), pp78-90, 2001
- [5] メカトロで遊ぶ会 ロボット梵天丸 <http://toro.inrof.org/bonten/>
- [6] LEGOMINDSTORMS for school <http://www.mdstorm.com/robolab/>
- [7] PIC <http://www.microchip.com/>