

# PBLにおけるロボット教育活動

Education using robots in PBL

福田 靖, 水野 真, 岡田 浩之, アツアンヤ 亜伊子  
Yasushi Fukuda, Makoto Mizuno, Hiroyuki Okada, Aiko Atuanya

玉川大学工学部機械情報システム学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1

Department of Intelligent Mechanical Systems, Tamagawa University,  
6-1-1 Tamagawa Gakuen, Machida, Tokyo 194-8610

## Abstract

This review presents an educational program by applying robots' technology to PBL (Project Based Learning) for the freshman and sophomore students in the Department of Intelligent Mechanical Systems, College of Engineering. In PBL, all students belong to one of several groups. They design their original robot system and develop the robot using mechanical elements, microcomputers, and sensors, with the other members in a group. They can simultaneously learn the basic background knowledge of hardware and software which are necessary for engineering, together with the cooperation, communication and presentation skill in PBL.

Keywords: Project Based Learning, education, robot, contest, mechanism, program, sensor

## 1. はじめに

工学部機械情報システム学科では, 1, 2 年次において, ロボットを用いた創造教育の一環として PBL (Project Based Learning) を実施している.

PBL では, 学生を数人のグループに分けて, ロボットの構想を検討し, 機械要素, マイコン, センサなどを用いてロボット製作を行う. この過程で, ハードウェア, ソフトウェアの基礎的な知識とともに, 協調性やコミュニケーション力, プレゼンテーション力などを習得する.

PBL で実施しているミニロボット・コンテスト, 大道芸ロボット, ライトレースロボット, ロボカップ・プロジェクトを紹介する.

## 2. ミニロボット・コンテスト

1 年次の最初の課題がミニロボット・コンテストである.

ミニロボット・コンテストでは, 2~3 人のグループ毎にボールを運搬するロボットを製作する. 2 つのグループが対戦で勝敗を決し, 総当たり戦の得点結果で優勝チームを決定する.

フィールドは, 図 1 に示すように, 縦 0.9[m], 横 1.8[m]のフィールドを 2 つのエリアに分けたもので, 各々エリアには 0.3[m]四方のスタート・ゾーンと, 0.3[m]四方で段違いのゴール・ゾーンを設けている.

スタート・ゾーンに, 白色ピンポン玉 5 個 (各 1 点), オレンジ色ピンポン玉 5 個 (各 3 点), ゴルフボール 2 個 (各 5 点) を置き, 制限時間 (3 分間) でゴール・ゾーンに運んだボールの合計点数により, 勝敗を決定する.

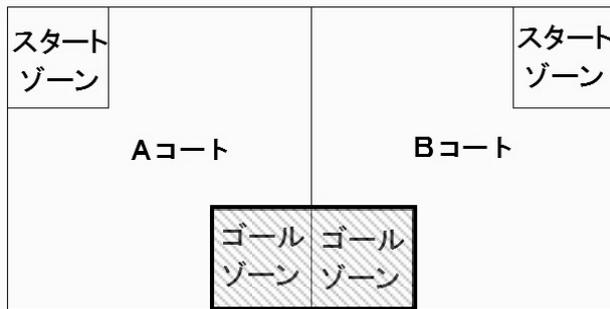


図1 ミニロボット・コンテストのフィールド

ロボット製作においては、タミヤのロボットキットを使用し、DCモータ、減速機、タイヤ、構造材料、ねじ、操作ボックスなどを配布する。さらに、金属板、アクリル板、工作用紙などを配布する。ロボット製作上、スタート時のロボットの大きさが長さ 0.3[m]、幅 0.3[m]以内という制約条件を設けている。また、競技中の相手への妨害行為は禁止としている。

学生は、1年半ほど、ロボット製作に取り組み、その後、ミニロボット・コンテストを実施する。

全体の日程は、以下の通りである。

- ・ 1回目：ガイダンス（授業の進め方、グループ分け、ルールや配布部品の説明など）、
- ・ 2～4回目：機構検討、ロボット製作、フィールド・テスト、操作練習、
- ・ 5回目：ミニロボット・コンテスト。

この日程の途中で、ロボット紹介のプレゼンテーションを行い、製作中のロボットの構想図を提出する。

ミニロボット・コンテストでは、各グループがほぼ同一の部品を使用しながらも、ロボットの方式により勝敗に明らかな差が出ることを体感できる。また、DCモータの動作原理、減速機の使い方、ボール持ち上げに必要な関節トルクの算出方法、垂直抗力と摩擦の関係などを理解することもできる。

図2に2009年度の優勝チームのロボットを

示す。

このロボットは、角柱状のボール収集箱をアームで前後に移動する方式で、ボール収集箱の両側をオープンにして、ボールの入口、出口としている。入口側に2本のゴムを張り、ボールが入った後、外に出ないようにするとともに、出口側に工作用紙で緩衝部分を設け、ボールで出る速度を遅くして、ボールを確実に自分たちのゴール・ゾーンに置く工夫をしている。スタート・ゾーン内のボールに上方から収集箱をかぶせボール収集箱に入れ、ゴール・ゾーン近傍にロボットを移動し、アームでボール収集箱を後方に回して、出口側からそっとゴール・ゾーンにボールを落とす、という作戦である。非常に単純かつ合理的な機構と動作により、このロボットが優勝した。

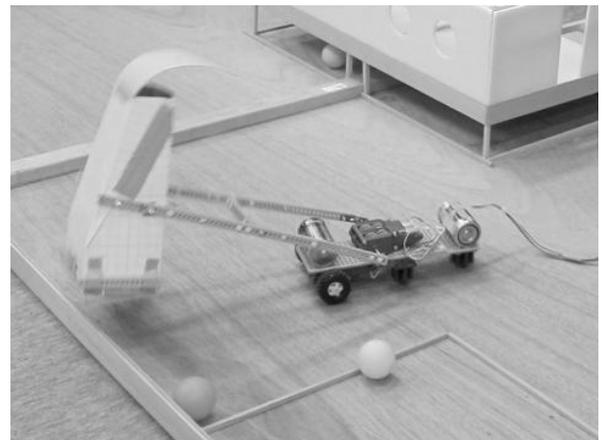


図2 2009年度優勝のロボット

このミニロボット・コンテストは新入生の最初の課題であるため、専門的な予備知識を必要とせず、自らの創意工夫でロボット製作を行える課題としている。

### 3. 大道芸ロボット

1年次に、ミニロボット・コンテストの次に行う課題が大道芸ロボットである。

大道芸ロボットでは、何かパフォーマンスをして人を楽しませるロボットを考え、実際にロ

ロボットを製作し、最後にパフォーマンスを行う。3～5人を1チームとして、アイデア検討、設計製作などをすべて自分で行う。そして、春学期の最終週に大道芸ロボットのデモを行う。さらに、夏期休暇中に開催される「脳とロボット」で大道芸ロボットのパフォーマンスを披露する。

ルールとしては、パフォーマンスを行い、人を楽しませることが出来れば何でも良く、ロボット操作はジョイ・スティックによる遠隔制御、マイコンを用いた自動制御のどちらも良い。ロボット製作においては、タミヤのロボットキットのDCモータ、減速機、タイヤ、構造材料、ねじ、操作ボックスなどを使用可能としている。これらの他に、予算を決めて、モータ、減速機、ベルト、板、棒などの機械部品、マイコン、抵抗、コンデンサなどの電子部品、その他、パフォーマンスに必要な材料を購入可能としている。これらの部品は、ロボットの部品ガイドやWEBなどで自ら調べて、教員に購入を申し出る。

全体のスケジュールは下記の通りである。

- ・1回目：ガイダンス（授業の進め方、グループ分け、ルールなど）、アイデア検討。
- ・2回目以降：設計製作。
- ・最終週：大道芸ロボット・デモ。
- ・「脳とロボット」：大道芸ロボット・デモを披露。

2009年度は、JOYQ（自動ビリヤード装置、図3）、歌うボーカロイド（歌を歌うロボット、図4）などを製作しパフォーマンスを披露した。

工学の心髄は「もの」を媒体とした新しい価値の創造である。新しくて独創的なパフォーマンスを行うロボットの構想を考え、メンバーが協力して、DCモータや様々な部品を用いてロボットを製作することを通じて、ハードウェア、ソフトウェアの基礎的な知識とともに、協調性やプレゼンテーション力、コミュニケーション力なども合わせて習得する。



図3 JOYQ



図4 歌うボーカロイド

#### 4. ライントレースロボット

大道芸ロボットの後、秋学期からの課題がライントレースロボットである。

ライントレースロボットでは、ラインに沿ってコースを走行するロボットを製作し、スピードを競う。

ロボットの製作は以下の手順で行う。

- ① 一人1台ずつロボット本体を製作する。タミヤのダブルギアボックス、タイヤ、ボールキャスター、ユニバーサルプレートを使いロボット本体を作る。使用しているCPUボードVS-WRC003は、ルネサスエレクトロニクス製H8マイコンH8/36064を搭載しており、C言語でプログラミングができる（図5）。
- ② プログラミングの開発環境設定を行なう。ルネサスエレクトロニクスより無料配布され

ている High-performance Embedded Workshop (HEW)と H8SX,H8S,H8 C/C++コンパイラパッケージ, フラッシュ開発ツールキット (FDT)をインストールする.

- ③ PC と CPU ボードとの接続, 書き込みの方法について, LED を点滅させるサンプルプログラムを実行させ確認する.
- ④ 関数を用いてモータを動かす基本的なプログラムを作成する. VS-WRC003 に搭載されている 2チャンネルの DC モータドライバを用いて, プログラムより 2つのモータの回転方向や速度を制御する. また, PWM 端子より任意のデューティ比の PMW 指令を与え速度制御を行う.
- ⑤ 赤外線センサ (反射型フォトセンサ) を用いて, 基本であるライン (楕円形) に沿って進むようにプログラミングを行なう. 赤外線センサの入力の値よりしきい値を求める.
- ⑥ 楕円形のラインレースが上手く走行できるようになったら, 複雑なコースに挑戦する. 1つのセンサではジグザグになりスムーズな走行難しいため, センサを 2~4 個に増やして直線や直角, 鋭角なコーナーにも対応できるようにする (図6).
- ⑦ 障害物, コースの途中のラインの切れ目, 坂道などにも対応できるようにロボット本体に超音波センサや 3 軸加速度センサをなど取り付け, また, 自作センサを製作してプログラミングを行う (図7).

このラインレースロボットでは, センサや制御プログラムの基本を学ぶことができ, コースの難易度が増すことにより試行錯誤するなかで, 学生一人一人が実力を伸ばすことができる. また, 光センサの製作により, 電子回路の基礎を学び, センサの組み合わせなどを考え工夫することにより, ロボット制御の可能性が広がり, 応用・発展問題に取り組むことができる.

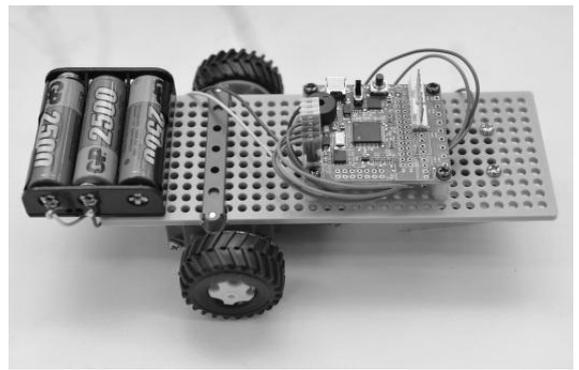


図5 ロボット本体



図6 赤外線センサを4つ付けた基本型

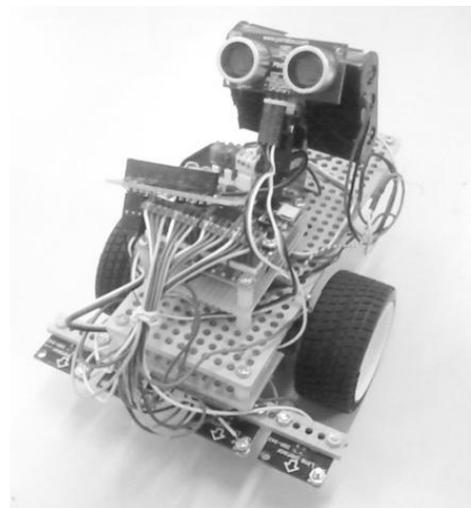


図7 センサ追加の拡張型

## 5. ロボカップ・プロジェクト

ラインレースロボットの後, さらに高度なロボット開発を行いたい学生は, ロボカップ・プロジェクトに参加する.

このプロジェクトでは, 上級生とともに,

eR@sers のメンバーとして、ロボカップ@ホームリーグに出場するための、ロボット開発やソフトウェアの作成を行う。

ロボカップは、「西暦 2050 年にサッカーの世界チャンピオンチームに勝てる自律型ロボット・チームを作る」ことを目標としている。

その中の 1 つのリーグであるロボカップ@ホームリーグでは、家庭のキッチンやリビングルームなどでさまざまな課題に取り組み、その達成度を競う (図 8)。



図 8 2010 年世界大会  
優勝ロボット

このリーグでの課題をタスクと呼び、代表的なタスクには、複数の人間の名前や顔を記憶し、再会した時に認識できるかを試す「Who Is Who」や、人のあとを安全について歩く「Follow Me」、指定された物を別の部屋に探しに行き、持ってくる「Go Get It」などがある。

ロボカップ・プロジェクトでは、まず、タスクの実現に必要な機能を抽出し、ロボットのハードウェアを決定する。次に、タスク実現に必要な細分化された機能 (モジュール) の割り出し、実際のモジュールの開発を行う。

タスク実現に必要なモジュールは、以下の通りである。

①台車制御モジュール：家庭内での移動を実現するモジュール。車輪制御とともに、距離センサを用いた地図作成、経路検索なども行う。

②画像認識モジュール：カメラを使い、人、物体の検出、人とのインタラクション動作であるジェスチャー検出を行うモジュール。

③アーム制御モジュール：画像処理など得られた情報を元に、主に物体の把持を行うモジュール。画像認識から得られる座標とアーム自身の座標をマッチングさせ、物体の距離を算出から物体の把持を行う。

2 年で PBL は終了するが、その後も引き続き、ロボカップ・プロジェクトに参加することができる。

また、ロボカップ・プロジェクトの他にも、自分の創りたいロボットを製作することが可能である。図 9 にロボット・ハンド、図 10 にロボットランサーの例をしめす。



図 9 ロボット・ハンド

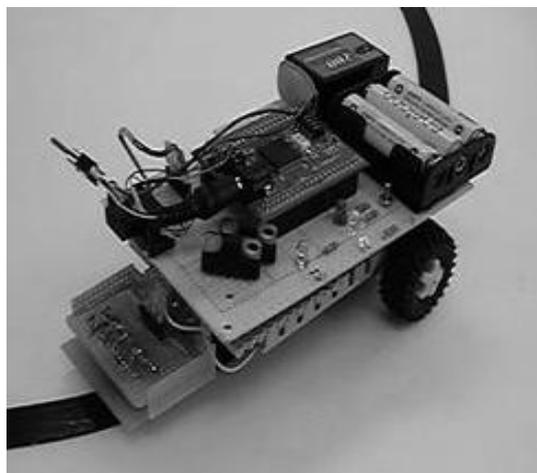


図 10 ロボットランサー

## 6. まとめ

工学部機械情報システム学科のPBLにおけるロボット教育活動について紹介した。

PBLにおいては、実際に自分たちでロボットの機構、制御などを考え、自分たちでロボットを製作し、動作させることにより、通常の講義では体験できないものづくりやプログラム制御の面白さを学ぶことができる。そして、課題を解決する過程を通じて、問題発見、問題解決、チームワーク、リーダーシップ、自主性、プレゼンテーション、コミュニケーションなど、社会に出て必要とされるスキルを身につけることが可能である。

PBLは、工学教育において極めて有効な方法であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 広瀬 茂男：ロボットコンテストはなぜ必要なのか，日本ロボット学会誌，Vol.15，No.1，pp.17-21 (1997).
- 2) 米田 完，坪内 孝司，大隈 久：はじめてのロボット創造設計，講談社 (2001).
- 3) ロボコン部品ガイド 2011 年版，オーム社 (2010).

---

2011年2月14日原稿受付

Received, February 14, 2011