

ロボット工房における理科教育・工業教育

Science and Engineering Education at ROBO WORKS

岡田 浩之、アツアンヤ 亜伊子、大森 隆司

福田 靖、水野 真

Hiroyuki Okada, Aiko Atuanya, Takashi Omori

Yasushi Fukuda and Makoto Mizuno

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

機械情報システム学科における PBL プロジェクトは上級生から下級生までのグループによって、知能ロボットに関するプロジェクトの計画立案から製作、発表まで自分たちで行い、その問題を解決する過程を通して、問題解決力、チームワーク、リーダーシップ、プレゼンテーション力、コミュニケーション力など、社会に出て必要とされる技術者としての人間力を育てることを目的として開講された。本稿では PBL プロジェクトの活動拠点であるロボット工房における様々取り組みを紹介する。

Keywords: Problem Based Learning, education, robot, science

1. 工学部における問題解決型教育

学習者が少人数のグループを作り、自らが発案し、計画・実行・評価のサイクルを繰り返す教育手法を「問題解決型授業」と呼ぶ。30年ほど前にカナダで実践的な教育プログラムとして始まった

Problem Based Learning(PBL)は「問題解決型の授業」の先進的な取り組みとして主に欧米の理系大学において普及してきた。特にアメリカのハーバード大学医学部においては大半の授業を PBL 型に移行し、“自ら学ぶ”という面において大きな教育効果を挙げたとしている。

PBLの目標とする、小グループでの授業や自発的学習の促進は近年、基礎学力とともに工学部で学ぶ動機も明確でない新入学生にとっての導入教育として適していると考えられる。



図 1 PBL プロジェクトの様子

2. ロボット工房における PBL

機械情報システム学科では平成20年度より学科科目として PBL(Problem Based Learning)プロジェクトを設置した(図1)。本科目は1セメスターから4セメスターに渡って設置され、上級生から下級生までのグループによって、知能ロボットに関するプロジェクトの計画立案から製作、発表まで自

分たちで行い、その問題を解決する過程を通して、問題解決力、チームワーク、リーダーシップ、プレゼンテーション力、コミュニケーション力など、社会に出て必要とされる技術者としての人間力を育てるものである。PBLプロジェクトでは、エレクトロニクス、機械工学、情報科学など広い分野の知識を結集するものであり、活動の中で、実践的で幅広い知識を得ることを目的としている。その活動は週一回のコマだけではなく空き時間や夏休みなどの長期休暇を利用して行うと同時に、活動成果を夏休み体験学習イベント、大学祭など学内イベントで発表すると共に、ロボカップなど学外のコンテストへの参加を積極的に推進している。付録1にPBLプロジェクトAのシラバスの一部を示す。PBLプロジェクトAは入学して初めての Semester に履修するもので、後に続くロボットプロジェクトの導入として位置づけられる。授業は週一回の2コマ（100分）と同じ時間の課外実施分で合計30回に全て参加することが原則である。課外実施分は履修者各自の裁量に任せ進めるが、ロボット工房に常駐している教員の指導を受けることができる。

また、シラバスの特徴としてプレゼンテーションを重視している。自らのプロジェクトを構想、設計、制作、評価の各段階においてプレゼンテーションし、周囲の評価をフィードバックする仕組みを作っている。

機械情報システム学科でのPBL実施から4年が経ち、平成24年度からは新たな段階へと進む。

これまでは希望者だけが履修する選択科目であるPBLプロジェクトを新入学の1 Semester において必修科目とし、全教員が関わる学科横断的なカリキュラムへと改編する。

また、従来同様2 Semester 以降は選択科目になるが、一般的に言われる Problem Based Learning を以下のような4段階に拡張し、異なったPBLの意味づけで教育を考えている。

1) 作業など経験不足を補うためにとにかく作ってみようという段階の Practice Based Learning 。

2) 作っていくうちに壁に当たるので、これを解決していく段階の Problem Based Learning 。

3) 小さいシステムではなく少し複雑なシステムを複数人で作るためのプロジェクトに沿って行う能力を養う Project Based Learning 。

4) 他人でも使えるようにしっかりしたものを作ることを目的とした Product Based Learning 。

3. TRCP

ロボット工房は玉川ロボットチャレンジプロジェクト（TRCP: Tamagawa Robot Challenge Project）の活動拠点としての役割を果たしている。

TRCP は玉川学園における理科教育を特にロボットを通じて促進するための全学園的なプロジェクトであり、玉川大学でのロボット研究の成果を玉川学園の教育現場に展開し、学生・生徒の理系科目への興味をかきたて、子供達の自主的な学習意欲を引き出すことで高い教育効果を実現しようとする活動である。テーマは二つあり、一つは『ロボット競技会への出場支援による活発な学生活動の実現』、もう一つはその先にある『ロボットを題材とした意欲を引き出す学習教材の開発』である。

TRCP は工学部（ロボット工房）にだけでなく、脳科学研究所知能ロボット研究センター、学術研究所K-16一貫教育研究センターの共同プロジェクトとして発足したが、その中でも実践の場として重要な役割をロボット工房が担っている。

4. ロボカッププロジェクト

ロボット工房では工学部、大学院工学研究科との共同プロジェクトとして、ロボットの国際的な競技会であるロボカップへの参加をサポートしている。



図 2 ロボット工房の様子

まず始めに、ロボット工房が設置された2006年から2007年にかけて、SONY製のAIBOを使ったサッカーリーグに挑戦した。出場するすべてのチームが同じハードウェアを使用するため、試合ではソフトウェアの勝負になる。玉川大学チームは初参加の2006年より日本大会を勝ち抜き、世界大会への出場権を連続して獲得した。

ところが、2008年になってSONYがAIBOの開発を中止するという事態を受けて、ロボカップ委員会ではAIBOサッカーリーグの取りやめを決めた。そこで、我々は家庭内での様々なサービスを競技形式で競うロボカップ@ホームリーグへの参戦を目指し、新たなロボットの開発を始めた。@ホームリーグでは自由なハードウェアを使えるため、AIBOリーグとは異なりハードウェアとソフトウェアの両方の勝負となる。

@ホームリーグでも我々は予想以上の好成績を挙げ、世界大会において2008年優勝、2009年準優勝、2010年優勝と初出場から3年連続で表彰台に上がった。PBLプロジェクトでは1年次よりロボット製作を通じて様々な技術や企画力、コミュニケーション能力を身につけることを目的としている。PBLプロジェクトに初期段階から参加した学生はロボカップ@ホームリーグで世界大会に出場し、優勝したチームの主要なメンバーとして育ってい

る。

以下では、@ホームリーグの競技の様子を簡単に紹介する。

ロボカップ@ホーム（以下@ホームリーグ）はロボカップのリーグの一つとして実施され、日常生活で人間を支援する自律ロボットによる競技を通じて、人とコミュニケーションしながら、より役に立つ仕事を行う実用的なロボットの実現を目指した競技である。@ホームリーグはいくつかの共通のタスクとそれぞれのチームが独自に設定するオープンチャレンジ、デモチャレンジ、ファイナル競技から構成される。

共通タスクはテクニカルコミッティーが主導し、メーリングリストなどで協議を重ねた上で毎年、様々な視点で難度の高いタスクに変更される。これは、技術の進歩とタスクの難易度を適切に制御するためである。また、競技会において勝敗は単純に課題の成功・失敗だけで決まるのではなく、以下に挙げるような様々な視点から採点されることになっており、純粋にロボット技術を競うのではなく、現実の家庭で使うという実用性を重視した競技であることがわかる。また、動作の信頼性・安全性もまた評価の対象となるため競技は基本的に一発勝負であり、再試行は減点の対象となる。

- ロボットと人の自然なコミュニケーション
- アプリケーション志向であるか
- 技術的に新しい事に挑戦しているか
- セットアップに時間をかけていないか
- 観客が見ていて楽しいか
- 実用的な時間で動作するか

これらの評価基準を満たしつつ、ルール上のタスクを一発勝負で確実に実行できるロボットは、現時点で開発されている家庭用ロボットとしてはレベルが高いところにあると考えられ、この競技で優秀な成績をおさめることのできるロボットは、社会のニーズに対する一つの答えとなる可能性もあるという意味で、@ホームリーグは人工知能の重要なテーマの一つを体現していると言える。ここでは、共通タスクの一つである Robot

Inspection and Poster Session (RIPS) を紹介する。

RIPS はすべての競技の初めに行われるタスクであり、ロボットとチームのメンバーを他のチームに紹介する目的で行う。同時に、ロボットがルールの基準に適合した安全性を持っているかを審判団に示す。制限時間は7分間で、初めの2分でロボットは自らが自己紹介を行い、緊急停止ボタンが有効であることを示す。

引き続き、チームリーダーがチームの紹介をプレゼンテーションし、他のチームリーダー達からの質問に応える QA の時間が5分間ある。プレゼンテーションや質問に対する応対も採点の対象になり、他のチームのリーダーによる投票で得点が決まる。RIPS は競技としては簡単なタスクだが、ロボットの安全性を疑われた場合、以降の競技には参加できないことになるので重要なタスクである。図3に2010年世界大会（シンガポール）での

RIPS タスクの様子を示す。



図 3 RIPS の様子

5. おわりに

ロボット工房は、単に学術研究にとどまらず、幅広い対象への「ものづくり」教育の題材となる施設である。この工房を拠点に、世界的なロボット技術の競技会である『ロボカップ』に挑戦する

「玉川ロボットチャレンジプロジェクト」やPBLプロジェクトが実施されている。ロボカップサッカーアイボリーグでは2005年から世界大会の常連に、2008年から新たに参戦したロボカップ@ホームリーグでは、ワールドチャンピオンの座を獲得した。

ロボットは未来の我々の生活にかかわりの深い道具であると同時に、子供たちの興味をひきつけ、意欲をかきたてる教材として大きな可能性を秘めている。ロボット工房では、学生たちのロボットに関わりたいという気持ちを育て、さらにその関わりをただ『見る・遊ぶ・動かす』から『作る・理解する・設計する』へと段階的に深め、結果として未来の日本の科学技術を担う人材を育成する工学教育システムの構築を目指している。この目的のため、ロボット工房では本学の種々のロボット活動の交流を促進し、その交流の場に研究所・大学のロボットについての知識・技術を提供する。そしてよりレベルの高いロボット活動を実践した結果として、大学でのロボット教育法の開発、学園でのより高いチャレンジの追求、さらにはロボットで子供たちの意欲を引き出す教材を開発していく。

参 考 文 献

- 1) 岡田浩之、大森隆司：ロボカップ@ホーム - 人とロボットの共存を目指して - 、人工知能学会論文誌、25巻、2号、229 / 236(2010)
- 2) Attamimi, M., Mizutani, A., Nakamura, T., Sugiura, K., Nagai, T., Iwahashi, N., Okada, H., Omori, T.; Learning novel objects using out-of-vocabulary word segmentation and object extraction for home assistant robots, 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation、 745/750(2010)

2012年2月10日原稿受付

Received, February 10, 2012

付 録 1 。 PBL プロジェクトのシラバスの例

科目	PBL プロジェクト A (ロボット)	区分	機械情報システム学科科目群
授業コード	14032	開設セメスター	1S
曜日・時限	春 金 /56	単位数	2 単位
担当者名	岡田 浩之、大森 隆司、福田 靖、水野 真		

授業の概要	<p>ロボットに関する入門的知識を学ぶとともに、既存ロボットを動かすことでロボット工学の基礎を学ぶ。体験学習イベントなど学内イベントで成果を発表する。本授業は時間割上の曜日時限30コマの他に学期中の時限外に30コマ分を受講することにより成り立っている。また、授業は週一回の講義・演習だけではなく空き時間や夏休みなどの長期休暇を利用して効率的に課題に取り組むこととする。なお、PBL プロジェクト A～D の概要および要件について、学生要覧を参照すること。</p>
-------	---

到達目標	<p>学生自身が結成したチーム単位でプロジェクトを立案・運営する過程を通して、より実践的な学習を行ない、ロボット工学の基本的技能を修得することを到達目標とする。</p>
------	--

授業計画	テーマ	内容	授業を受けるにあたって
第 1 回目	ガイダンス	授業の進め方や到達目標などについて解説する	シラバスを確認しておく
第 2 回目	ロボット製作(1) (時限外実施分)	マイコン制御ロボットの組み立てを行う	ロボットの製作マニュアルを熟読して、疑問点を洗い出しておくこと。
第 3 回目	ロボットの歴史	ロボット研究の歴史を学ぶ	配布資料の該当箇所を熟読し、疑問点を洗いだしておく。
第 4 回目	ロボット製作(2) (時限外実施分)	マイコン制御ロボットの組み立てを行う	ロボットの製作マニュアルを熟読して、疑問点を洗い出しておくこと。
第 5 回目	ロボット工房の紹介	ロボット工房の設備、備品などを紹介し、使用方法を解説。	
第 6 回目	ロボット製作(3) (時限外実施分)	マイコン制御ロボットの組み立てを行う	ロボットの製作マニュアルを熟読して、疑問点を洗い出しておくこと。
第 7 回目	事例紹介(1)	ロボカップサッカー	ロボカップサッカーについてインターネット等で調べておく
第 8 回目	ロボット制御プログラミング(1) (時限外実施分)	マイコン制御ロボットのプログラミングを行う	ロボットのプログラミングマニュアルを熟読して、疑問点を洗い出しておくこと。

以下省略

第24回目	ケーススタディ(5) (時限外実施分)	これまで作成したロボットを使い、グループごとに目標を設定し解決する	事前にグループ討論の話題を見いだしておくこと。
第25回目	発表会(2)	グループごとに成果を発表する	十分に事前準備を行い、発表のリハーサルを行っておく。
第26回目	ケーススタディ(6) (時限外実施分)	これまで作成したロボットを使い、グループごとに目標を設定し解決する	事前にグループ討論の話題を見いだしておくこと。
第27回目	発表会(3)	グループごとに成果を発表する	十分に事前準備を行い、発表のリハーサルを行っておく。
第28回目	ケーススタディ(7) (時限外実施分)	これまで作成したロボットを使い、グループごとに目標を設定し解決する	事前にグループ討論の話題を見いだしておくこと。
第29回目	発表会(4)	グループごとに成果を発表する	十分に事前準備を行い、発表のリハーサルを行っておく。
第30回目	ケーススタディ(8) (時限外実施分)	これまで作成したロボットを使い、グループごとに目標を設定し解決する	事前にグループ討論の話題を見いだしておくこと。

教科書	参考文献、資料を配布する
参考文献	授業中に紹介する
成績評価方法	出席状況、作品製作および発表によって評価する。
そのほか受講者への指示/メッセージ	PBLプロジェクトでは履修者個人単位ではなく履修者同士あるいは上級生と下級生が共通の課題に取り組むことを前提とする。PBLプロジェクト履修者はロボカップサッカーを初めとする各種ロボットコンテストへの参加を原則とする