

初年次プログラミング教育におけるロボット PBL の導入 ～授業における事例報告～

菅谷みどり・芝浦工業大学工学部情報工学科

杉本徹・芝浦工業大学工学部情報工学科

谷田川ルミ・芝浦工業大学工学部共通学群

連絡先 (〒135-8548 江東区豊洲 3-7-5 研究棟 14A32・doly@shibaura-it.ac.jp)

1. 専門における導入教育

1.1. 動機

専門科目でのプログラミングの導入授業では、学習の意欲の向上が重要である。これは演習で扱う教材に依存する部分も大きい。ロボット教材はプログラミングの役割や効果を動くことで直感的に把握させる以外にも、工学系科目との連携や研究への発展課題も多いことから学部導入教材として適していると考えられる。

ロボット教材を現実的に考えられる背景には、安価で規格化されたハードウェア[1]、や無料のミドルウェア[2]の普及が大きい。これらの導入により C や C++ 言語などで、基礎的な動作が実現できる。一方、複数人が1台のロボットの開発を共同で行う PBL 形式でロボットを動かすロボットチャレンジ[3]等が開催され、その効果が認知されつつある。特に、情報系の演習は他の工学系科目に比べ、PC さえあれば一人でできてしまう課題が多いことから、学生同士の関係形成や協調学習の機会が少ない。ロボットを用いた PBL により早期の段階から、PC のみならず様々な応用方法を理解するとともに、開発を共同して行う経験を積ませることで、ICT の活用力、コミュニケーション力（協調性、自主性、適応力）を養成する[4]ことが必須との認識により、ロボット PBL 授業を学部1年生前期のプログラミング入門に導入設計/実施するものとした。

表1：プログラミング入門1 実習授業

授業回	内容
1-6	UNIX 概念, コマンド, CS リテラシ
7-12	C 言語基礎 (変数, 演算子, 制御構造, 配列, 関数)
13-14	ロボット PBL 実習
15	期末テスト

1.2 ロボット PBL の設計

プログラミング入門の授業へのロボット PBL の導入設計では、下記の方針を定めた。

(1)演習の一部として、前半授業で学習した内容に基づき、C 言語でプログラムを作成する（ハードウェアの開発は行わず、情報技術を応用した開発内容とする）

授業は15回前半で UNIX の使い方などのリテラシ、後半で C 言語基礎（変数と代入、型と演算子、制御構造

(if-else, while, for), 配列, 関数) を実施する。ロボット PBL 実習は、C 言語基礎の終了後 13,14 回目の授業で学習した知識を利用して作成できる範囲とした。

(2)コンテスト形式を導入する

コンテスト形式は、参加するグループのメンバー全員が共有できる目標、ルールが明確で、短い時間で協力し、勝つ事に向かって体制をつくりやすい。今回授業2回(4コマ)と限られたコマ数で実施する必要があった事から、コンテスト形式は適切と考えられた。また、コンテストの内容により取り組む内容が異なると考えられたため、段階をふみ、まず単純なルールの競技を行い、次にチームの議論などが必要となる競技の二つを準備した(表2)。

表2：競技内容

[競技1] チキンレース
直進し、できるだけゴール(2m)に近い位置で停止させる。タイム最小、誤差最小チームが優勝
[競技2] フリー演技
チームごとにテーマを決め、テーマに沿った演技(ロボットの動作)を3分間行う。技術点、芸術点で相互に採点し評価

2. ロボット PBL 授業の実施

2014年度前期7月に、芝浦工業大学情報工学科1年生のプログラミング入門1の前期授業(必修107名)対象に、設計した授業を実施した。

実施は、ロボット[1]、ミドルウェア[2]上で C 言語を用い、1チーム(10人)あたりロボット1台という配置で実施した。1限目の授業の前半部分の導入講義では、移動の基礎的なプログラムや誤差の測定など実施した後、2限目で競技を実施した。競技1では1グループを2手にし、チキンレース(表2)と、それに回転を加えた2つの競技を実施した。授業は大変盛り上がった。競技自体は単純であるが、制限時間内での戦略性も問われることから、学生らが集中して取り組んでいる様子がみられた。

また、競技2は、音楽に同期させた動作が必要であり、設計とチューニングを繰り返し行う必要がある。繰り返し動作を効率的に行うためには、関数化(モジュール化)などの工夫も必要な事から、C 言語基礎の総復習という位置づけとした。

表 3：ロボット PBL アンケートの結果（有効回答数 107 名）

	(1) 実習前(1~12回目)より授業にも積極的に参加していたと思う	(2) 実習前の授業よりも、ロボット実習をしたことにより、プログラミングの知識が身についたと思う	(3) ロボット実習のために、事前に勉強したり、調べたりした	(4) ロボット実習の中で、課題を見つけて、その解決に取り組んだ	(5) 講義だけのロボット実習よりも、プログラミングへの興味が増した	(6) ロボット実習で学んだことを「生かしてつくり」をしたと思う	(7) ロボット実習をしたことにより、プログラミングを学ぶようになった	(8) ロボット実習よりも、他の授業との関係が深まったと思う	(9) ロボット実習に満足している
とてもそう思う	19%	9%	9%	17%	16%	15%	23%	25%	11%
まあそう思う	55%	40%	29%	46%	48%	51%	47%	62%	56%
あまりそう思わない	20%	37%	47%	33%	25%	25%	24%	10%	24%
全くそう思わない	5%	14%	16%	4%	10%	9%	7%	3%	9%
無回答	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%

1 週間の準備期間を置いて翌週に発表する形式とし、機械の故障で棄権した班以外、8 つの班が演技を披露した。

3. 実践による改善効果

ロボット PBL 終了後にアンケートを取った結果を表 3 に示した。(1)の回答により、74%の学生が、座学授業よりも、積極的、もしくはまあ積極的に参加していたと回答している。PBL の直前のアンケートにて授業に積極的に参加していたと思う、と回答した学生が 90%であったことから、積極性を促進したといえる。プログラミングへの興味が増した(7)の動機は(とても+まあ 70%)となり専門科目の動機付けにもなったことがわかった。また、(8)のロボット実習を行う前よりも、関係が深まった(とても+まあ 87%) と回答した。(8)の評価が高かったことは、目標や問題を共有し、解決して行くプロセスで仲間同士の連帯感を促したと考えられる。特に 1 年生は、グループは事前に固定的に割り振られた学籍番号順である。それにも関わらず、このような回答が得られたことは、今まで以上にコミュニケーションが活発に行われたことが読み取れる。最後に、(9)の満足度も 67%と半数を超えており限られた授業内での 1 回目の試みとしてはまずまずの成果が得られた。ただ、ロボットの台数が人数比に対して少ない事で、全ての学生が課題に取り組めなかった点については課題が残った。

表 4: アンケート（自由記述項目）

<p>■実習の良かった点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プログラムをハードに適用する難しさと、楽しさを学べた。 ・書いたプログラムが動いても実際の動きとは差があると分かった。 ・班の人と協力して一つのことに取り組めた。 ・授業でやっていたプログラミングがどのように物を動かすのかを体験できた。 ・プロジェクトの流れを知ることができた。
<p>■実習で不満だった点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハードが壊れていた。 ・ロボットの貸し出し時間が少なく、満足のいくプログラムが組めなかった。 ・後半の実習に対する準備時間が特に足りなかった。 ・実習を 3 回行ってほしい。 ・プログラミングの授業なのに、プレゼンだけ行う人がいた。 ・単調な動きしかない。 ・プログラミングする人が限られてしまい暇になる人がいた。

特に、2 回目のフリー演技については、3 分間の動

作を実現するという課題に対して、ロボットの台数が 10 人に 1 台と少なく、かつ、課題の発表会までのロボット貸出設定が 90 分 × 2 回と少なく時間が足りないという問題が指摘された。

ICT 技術によるロボット実習は、学習への積極性、意欲向上や仲間意識の向上としては評価が高かったことから、当初の目的をある程度達成できたといえる。一方、また、専門教育については、ロボット実習後の成績評価において、例年と比較して目立った改善はみられなかった。この事から、今後、発展性のある課題設定などの工夫が必要であると考えられる。さらに、PBL の適性人数やロボット台数の増加、故障対策などのノウハウの蓄積が必要である。

4. 結果と考察

実施結果より、ICT を活用したロボット PBL の効果として、意欲向上や仲間意識向上に寄与したことが分かった。しかし、能力開発、ハード管理の点では課題が残った。2015 年においては、新たに、学習内容を効果的に実践するために、分割コンパイルなどの分散開発手法にて、関数化を促すなどの試みを行っている。また、台数を倍に増やし、故障対策なども検討した。ロボットは発展性のある教材、能力開発手法であるため、今後息の長い取り組みが必要である。

5. 謝辞

本 ICT 教育は芝浦工業大学、工学部情報工学科教員、芝浦工業大学 FD・SD 活動助成による予算支援、学生課の支援により実施できましたこと、心より感謝申し上げます。また研究室の中山悟君、住谷拓馬君、宮入崇誠君などの協力について、改めて感謝申し上げます。

6. 参考文献および関連 URL

- [1] iRobot Create, <http://store.irobot.com/> (2015,7,15)
- [2] ROS: <http://www.ros.org/> (2015,7,15)
- [3] 久住 憲嗣, 渡辺 晴美, 分野を超えたものづくりと教育 - 組込みシステム開発教育のためのロボットチャレンジ, 情報処理学会 学会誌, 56 号 01 号, pp50-52, 2014.
- [4] 小野和弘, 松下佳代, 斉藤有吾, PBL における問題解決能力の直接評価, 大学教育学会誌, 第 36 巻, 第 1 号, 2014 年 5 月.