小学校科学教育支援と工学系学生のキャリア アップを意識した PBL 教育の試み

A Trial of PBL Education with Emphasis on Improving Practical Competence of Engineering Students – A Trial Connected with the Support for Science Education in Elementary School

堤 博 貴^{※1}
Hirohisa TSUTSUMI

新 國 広 幸^{※1}
Hiroyuki NIKKUNI

北 越 大 輔^{※1}
Daisuke KITAKOSHI

安 田 利 貴^{※1}
Toshitaka YASUDA

菊 池 章^{※1}
Akira KIKUCHI

三 谷 知 世^{※1}
Tomoyo MITANI

Recently Colleges of technology as well as universities have some experience-oriented classes in sciences for elementary school students. These have proved to be successful as good motivation for students in the primary education to be engineers. This research has tried the PBL education, which combined the Support of Science Education in Elementary School and the improvement of students' practical competence in their careers. The support of science education in elementary school was carried out by using LEGO blocks, widely utilized in the educational researches of robots, and was conducted in the practical class with the autonomous robots. Finally, the method for the class was evaluated by the elementary school students on the basis of the questionnaire.

Keywords : Engineering Education, College of Technology, PBL Education, Manufacture

キーワード：工学教育，高等専門学校，PBL 教育，ものづくり

1. はじめに

近年，多くの大学工学部や工業高等専門学校で小学生，中学生，高校生を対象とした科学系の体験授業が行われており，将来，初等教育段階の生徒が工学の道を志す動機づけとして，あるいは地域連携事業の一環として成果を上げている^{1) - 3)}．工学部離れ⁴⁾や少子化が叫ばれて久しい今日，高等教育機関側としては地域や一般の人々に向けて発信するねらいがあり，また，小中高校側としては早期からのキャリア教育や体験教育の充実化を目指すねらいがある．近年では，学会などの学術団体が主体的に小中高校向けの教材開発やイベントに取り組む事例もあり，低学年における専門教育の必要性が増しているように見受けられる．

筆者の勤務する東京工業高等専門学校（以後，東京高専と呼ぶ）は八王子市に創立されてすでに45年が経過している．東京高専でも上述のような取り組みを積極的に実施しており，夏休みには自由研究にとりくむ小学生の生徒を対象としたイベントを，秋の文化祭では体験教室を中心としたイベントを，さらに中学生向けの体験入学での体験講座などを開催している．筆者も年に2～3回これら体験教室に参加している．体験

教室に参加する小中学生らはものづくり，ひいてはもののしくみやメカニズムに強い関心を示すことが見受けられる．

一方，高等教育に目を向けてみると，大学・高専などの高等教育機関では近年キャリア教育が強く求められており⁵⁾，筆者の所属校でもキャリア教育の一環として，企業とのインターンシップ，企業との共同研究，企業関係者による講演会などの取り組みがなされている．しかしながら，従来のこうした取り組みにおいて，学生はあくまで授業を「受ける」立場であり，将来をみすれば，学生自身が人に「教える」立場になるトレーニングが必要である．また，彼らがスタッフの一員として積極的に何らかの業務を担当しその責務を全うする経験も必要と考えられる．

そこで，前述に述べた，1) 初等教育向けの体験型教育，2) 高等教育向けキャリア教育，の2つの課題を有機的に結合するプロジェクトに取り組み，小学校科学教育支援と工学系学生のキャリアアップを意識したPBL教育を試みた．近年，ロボットの教育研究において広く利用されているLEGOブロックを教材とし，小学生向けの自立型ロボットの体験教室を実施することで小学校の科学教育支援および地域支援を展開する．その一方で，かつて学校でLEGOの授業を受講した工学系学生が先生となって小学生を指導することで，将

2011年7月21日受付

※1 東京工業高等専門学校

来のキャリアアップに向けたコミュニケーション・積極性・自主性の向上を試みたので報告する。

2. 講座内容

2.1 講座の概要

本講座では、小学6年生50名に、障害物を自分で避けながら走る自立型ロボットの製作及び作製したロボットを使用しての競技会に取り組んでもらった。講座は1日間で4時間実施した。なお、本取り組みは、実習を通してコミュニケーション能力を養うことも目的としているため、1班当たりの人数を3名または2名として50名の生徒を17チームに分け、班内で相談、話し合いをしながら作業するようにした。各班には、本校の学生1名をTA (Teaching Assistant) として配置し、その他に、教員5名と学生2名で作業が遅れている班のフォロー等の対応を行った。ただし、TA学生または教員はあくまでも相談役として意見を出すようにして、アイデアの提案からロボット作製等まで基本的に児童中心で行えるようにした。

2.2 実施内容

(1) 実施計画

実施スケジュールを表1に示す。6月から準備を開始し、はじめに実施内容、日程等についての検討、必要物品の発注及びTAの募集を行った。7月にTAに対してオリエンテーションを実施し、取り組み内容、児

表1 ロボット講座の実施スケジュール

6月中	実施内容及び日程の検討、必要物品の購入、TAの募集
7月中	TAへのオリエンテーション
8月23日	競技フィールドの作製等の会場設営
8月25日	ロボット教室実施

表2 ロボット講座の日程

10:00~10:50	<ul style="list-style-type: none"> ロボットの仕組みについて学習 自己紹介 LEGOロボットの組立て方、センサ使用法、プログラムの作り方の勉強
10:50~11:00	<ul style="list-style-type: none"> 休憩
11:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> 障害物を自分で回避するロボットの見本を見る 役割分担の決定 障害物回避ロボットの作製
12:00~12:50	<ul style="list-style-type: none"> 休憩
12:50~14:00	<ul style="list-style-type: none"> 障害物回避ロボットの作製の続き 競技フィールドを用いて試作ロボットのためし走行とロボット プログラムの修正
14:00~14:10	<ul style="list-style-type: none"> 休憩
14:10~14:20	<ul style="list-style-type: none"> 1回目競技会
14:20~14:40	<ul style="list-style-type: none"> ロボット プログラムの修正
14:40~14:50	<ul style="list-style-type: none"> 2回目競技会
14:50~15:00	<ul style="list-style-type: none"> アンケート、表彰式

童を指導する上での注意点等について説明を行った。また、TA学生に実際に自立型ロボットの製作に取り組んでもらい、講座当日に児童が実習を行う際の問題点の洗い出しをして、実施内容、スケジュール等を修正した。8月23日に競技フィールドの作製等の会場の設営をして、8月25日のロボット講座を実施した。

(2) 作製したロボットについて

ロボット教材には、LEGO MINDSTORMS (ROBOTICS INVENTION SYSTEM 2.0) を使用した。LEGOロボットは、工具を使うことなくロボットの組立てが容易にでき、プログラミングでは、アイコンを並べることで小学生でも簡単にロボットに所望の命令を与えることができる。各班にLEGOロボット1台とプログラミング用のノートパソコン1台を配布した。

(3) ロボットの組立・プログラミングと競技会

表2にロボット講座の日程を示す。はじめに、自立型ロボットの基本的な仕組みについて説明を行った。説明の後、班ごとに分かれて、班内でお互いに自己紹介をしてから、まずLEGO MINDSTORMSの「トレーニングミッション」を通してロボットの組立て方、センサの使い方、及びプログラムの作り方について勉強してもらった。次に、障害物回避ロボットの見本を全体に紹介し、各班は見本を参考にしながら、障害物回避ロボットの作製を行った。なお、LEGOロボットの作製作業には、ロボットの組立てとプログラミングがあるが、はじめにそれぞれの児童の役割を明確にしてから作業に取り組むようにした。なお、作業中は対象が小学生ということで、おおよそ5分おきに10分の休憩を設けた。児童がロボット製作に取り組んでいる様子及び児童が作ったロボットの写真をそれぞれ、図1、図2に示す。

ロボットが出来上がった班は、競技フィールドで実際に走らせてみて、問題があるようなら再度ロボット及びプログラムの修正を行うようにしてもらった。児童は、修正と試し走行のサイクルを何度か実施することで、ものづくりで重要な試行錯誤を体験することが

図1 ロボット製作の様子

図2 児童が作製したロボットの一例

図3 競技フィールド

できる。

図3のような競技フィールドを使用した。1,800mm×900mmの競技フィールドの中に、障害物として、坂道と立方体の箱3個を配置した。表3に競技ルールを示す。競技会は2回実施し、2回の合計タイムが短い順に順位をつけ、競技会後に、優勝、準優勝、第3位の班を表彰した。また、タイムだけでなく、デザイン面の評価も行い、最も優れたデザインのロボットを作製した班にデザイン賞を与えた。

3. 教育の方法と期待される教育効果

3.1 チーム作業による協調性の向上

表4は教育方法と期待される教育効果について取りまとめたものである。本体験教室では児童3名と高専のTA学生1名の計4名を1班としたが、これにはいくつかの狙いがある。ひとつは協調性の向上である。共同のアイデアを出し合って作業を行う場合に、ある一人の意見が尊重されると、他の学生がやる気を失ってしまうことがある。しかし、3名程度の少人数では、

表3 競技ルール

• 障害物を避けて、スタートからゴールまで早く着くことができるロボットを作る。
• 障害物の回避には必ずセンサを利用する。
• 競技会は2回行い、2回の合計タイムが短いチームの順に順位を決定する。
• スタート時、ロボットをスタート地点の真ん中で坂を上る方向に設置する。
• ゴールはスタート地点の反対側にあり、ロボットについているセンサがゴールの壁に触れるまでの時間を計測する。
• ロボットがスタートしてから3分以内にゴールに着かない場合、タイムオーバーとなり、タイムは3分となる。
• ロボットが競技フィールドの外に出た場合、その競技のタイムは3分となる。

表4 教育方法と期待される教育効果

教育内容	教育効果	
	児童	TA学生
チームでの作業	コミュニケーション、協調性	コミュニケーション、指導力の向上
ブロックによる製作	発想力 創造力の向上	指導力の向上 発想を引き出す
コンテスト実施	性能評価、達成感	指導の成果確認
自立制御ロボットの製作	工学への関心	ロボット制御の復習

1名の気力の低下がチーム全体の作業能力の低下につながるため、自然と他者の意見を反映するような協調が生まれ、コミュニケーションを取り合って作業を行うようになる。グループコミュニケーションにおいては、グループサイズが3～5名が適切であるとする事例^{6)～8)}がみうけられることから、ここでは3名1班としてグループワークをすることで協調性の向上を試みた。

もう一つは、チーム内で役割分担をすることで、自分に合った仕事や役割を探すことが可能となり、このことから自己の能力の再発見も期待できる。

また、3名はTA学生が児童らを見渡しなが指導するのに最適な人数と考えられた。彼らは常にコミュニケーションをとりながら作業を行う必要があり、作業をしつつ協調性を向上させることが期待できる。その一方で、ほとんどの児童らの指導をTA学生が行うため、TA学生の指導力に大いに依存し、TA学生によってチームのカラーや個性が決定づけられるため、指導者としてのやりがいを持たせる狙いもある。

3.2 特定のテーマ設定と作業の計画性向上

特定のテーマを設定してその目標を明確にすることで、自分が取り組むべき作業内容や今後の作業計画を立てることができる。コンテストは最終的な試験となるが、最終的な答えは一つに絞られず、いくつかの答えの中から正しいと思われることを選択することになる。また、短時間でロボット製作することから、複雑

なものを製作しようとするすると時間が不足し、一方、単純なロボットでは勝てなくなるというトレードオフの関係が生ずる。この結果、作業の効率化が必要となり、チーム内での分業や段取りの良さが求められることになる。

コンテストでは2回タイムトライアルで優劣を競うために、2回ともリタイヤせずに安定して良いタイムを出す必要がある。ギア比を変えることでロボットのスピードを変更可能であるが、高速なロボットは安定性に劣り、低速なロボットは安定性が高くなる傾向にある。したがって、スピードを重視するか、安定性を重視するかで作るロボットの性格が異なり、それを考慮しながらロボット製作をする必要がでてくる。結果として、コンテストでは中くらいのスピードで、安定して2回の競技を終えることができたロボットが優勝している。

4. アンケート調査とその分析

4.1 小学生向けアンケート結果

本プロジェクトの教育効果を調べるためにアンケートを実施した。アンケートは体験講座を受けた小学生および指導したTA学生双方に実施した。参加したすべての参加小学生とTA学生から回答を得た。

小学生向けアンケート内容を表5に、結果を図4に示す。図4のそれぞれのグラフは表5のアンケート内容に対応している。各グラフで数字の合計が一致していないのは、アンケート毎に有効回答数が異なるためである。図4(1)～(3)より7割以上の小学生がこの体験教室について「面白い」と答えておりロボット工作について興味を持つことができたことがわかる。図4(4)より、TA学生の指導や小学生とのコミュニケーションも比較的良好だったと考えられる。また、図4(5)より、今回のロボット体験教室の内容がおおむね理解されており、TA学生の指導が良好であったことが伺える。

また、自由記入欄に書かれた意見を集めたものを表6に示す。「時間を多くしてほしい」「パーツを増やして自由度を高めてほしい」「人間型のロボットを作りたい」という意見が多く見られた。

4.2 TA学生向けアンケート結果

一方、TA学生向けのアンケート内容を表7に、結果を図5に示す。図5のそれぞれのグラフは表7のアンケート内容に対応している。図5(1)より、小学生が苦戦しつつも積極的に楽しんでいただけたことがわかる。また、図5(2)(3)より体験教室の準備、担当した生徒の数については適当だったと思われる。図5(4)より、参加者への働きかけについては意見が割れており、働きかけに苦労したTA学生と、あまり苦労しなかったTA学生がいたようである。

また、自由記入欄に書かれた意見を集めたものを表8に示す。「自由度を高めるべき」「班の人数を少なく

表5 小学生向けアンケート

- (1) ロボットを組み立ててみて、どう思いましたか？
- (2) ロボットどうしを対戦させてみて、どう思いましたか？
- (3) ロボットを組み立てている時と競走させている時では、どちらが面白かったですか？
- (4) 皆さんのグループで、手伝いをしてくれたお兄さん、お姉さんについて、どう思いましたか？
- (5) ロボットの「センサ」や「モータ」がどんなものか、良く分かりましたか？

図4 小学生向けアンケート結果

表6 小学生からの意見

- ・時間がもう少しあって、パーツも多い方がよかった
- ・2台作ってもっと競争して改竄したかった
- ・1人1つずつ作りたい
- ・いままじゅうぶん楽しいと思う
- ・車の形とかざらず他の形のものを作りたい
- ・遊ぶ時間がもっと長かったらいいと思った
- ・人間型のロボット製作をしたい
- ・もっと工夫できるようなパーツがあったらいいと思う
- ・お兄さんの考えしかとおさなくて、自分の考えがあまりできなかった

すべき」という意見が見られ、この点については小学生のアンケート結果と一致している。

以上のことから、さまざまな改善点はあるものの、小学生はロボットについて学習できており、TA学生の指導が比較的良好になされ、小学生とTA学生が協調して課題に取り組めたものと考えられる。

表7 TA学生向けアンケート

- (1) 皆さんから見て、小学生のロボット組み立て、競走の風景はどのように見えましたか？
- (2) 今回のイベントにTAとして参加するにあたって、小学生に内容を説明するための準備は十分であったと思いますか？
- (3) TA一人あたりで面倒をみる小学生の数について、どう思いますか？
- (4) TAとして、自分自身の参加者への働きかけについて自己評価して下さい。

図5 TA学生向けアンケート結果

表8 TA学生からの意見

- ・最初だけしっかり教えて軌道に乗ったらまかせてよいと思った
- ・ゲームは自由だったらもっと楽しかったかも
- ・面倒をみる小学生の数は4人でも問題無いと思うが、レゴのキットを2つにして2人で1つの作品を作る方がよい気がする
- ・お昼を早くすませた子達を待たせずに、順次やらせていくべきだと感じました。
- ・ルールの厳密化（どこまで改造していいのか？など）
- ・もう少し準備時間があると…
- ・作れるものの自由度を大きくした方がよいと思う
- ・自由度を上げるべき
- ・今の自由な感じでよいと思う

5. まとめ

小学校科学教育支援と工学系学生のキャリアアップを意識したPBL教育を試み、その教育効果について検討した。その結果、受講した小学生、指導したTA学生からの評価は比較的良好であり、本取り組みが小学校支援および、将来のキャリアアップに向けた指導力・コミュニケーション力・積極性・自主性の向上において、一定の成果が得られたのではないかと考えられる。本取り組み中の小学生は非常に元気であり、ロボットに改良を加えては競技フィールドで走行させることを何度も何度も繰り返す生徒が多数おり、こうしたロボット工作が彼らにとって良い刺激を与えているように思われた。

今後とも地域貢献、キャリア教育を念頭に置きながら本取り組みを継続していければ幸いである。

参考文献

- 1) 奥本 幸, 義永常宏, 兼重明宏, 中村真沙枝, 村田正樹:「小学生がつくるロボットコンテスト」を通じた協同教育の実践, 工学教育, 57-3, pp.67-70, 2009
- 2) 野口昭治: 小学校低学年を対象としたトライボロジー教育の試み, 工学教育, 56-4, pp.15-20, 2008
- 3) 伊藤伸英, 伊藤吾朗, 柴田隆行: 児童のための機械的ものづくり教育の実践, 工学教育, 54-4, pp.55-60, 2006
- 4) 杉山 茂, 稲岡 武, 杉野彰一, 大西徳生: 工学離れを防ぐ“科学体験フェスティバル in 徳島”の現状と波及効果, 工学教育, 57-3, pp.14-19, 2009
- 5) 奥本良博: 阿南高専における職業指導プログラム, 工学教育, 55-6, pp.79-83, 2007
- 6) 山下修一: 中等学校理科教育における構成されたグループコミュニケーション活動の課題, 理科教育学研究, 48-2, pp.1-11, 2007
- 7) 石崎繁利, ほか: 分担方式によるものづくり教育の試み, 工学教育, 58-2, pp.64-69, 2010
- 8) 小島俊輔, ほか: マイコンシステム開発技術習得のための短期PBL教育, 工学教育, 55-3, pp.105-110, 2007

著者紹介

堤 博貴

1997年 長岡技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程情報・制御工学専攻退学, 1997年 東京工業高等専門学校機械工学科助手・助教を経て講師, 現在に至る, 博士(工学), 専門分野 精密工学, 所属学会 日本機械学会, 精密工学会
tsutsumi@tokyo-ct.ac.jp