

TRCP : 玉川大学/学園におけるロボット活動の活性化

Development of Robot Related Activity at Tamagawa Gakuen and University

大森 隆司

工学部機械情報システム学科教授

194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1

Department of Mechanical Systems, Tamagawa University

6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

1. はじめに

玉川大学脳科学研究所知能ロボット研究センターは学術研究所の一施設として設立されて以来、玉川大学の特徴を活かしたロボットの開発を目標として掲げて研究・開発を行ってきた。児童から大人までを対象とした夏休みイベント「触れてみよう！脳とロボット」は2010年で9回を数え、知能ロボット研究センターの開発しているロボットの展示として大学周辺の子供たちに定着し、毎年約300人の参加者を得ている。また研究と並行した活動として毎年ロボカップ世界大会に出場し、家庭用ロボットの機能を競う@home部門では2008年優勝、2009年準優勝、2010年優勝という世界レベルでのすばらしい成績を残している。

知能ロボット研究センターは教育への寄与も熱心に行ってきた。玉川学園には表1のような個別のロボット関連活動があるが、それらについての主催・技術支援・出張講義など様々な形で教育活動へ関与してきた。それらは、後に述べるように一定の効果があつたものと考えられる。一方で、大学教員が玉川学園の教育に直接に寄与することはある面では望ましいことであるが、いつまでも直接の関与を続けることはできないという指摘もある。いずれ、教育の内容の高度化の一つの過程として、ロボット関連

の活動についても大学から学園に知識・機材を転移していく必要があるものと考えられる。

表1は2009年時点での玉川学園におけるロボット関連活動の一覧である。現時点でも大きくは変わっていない。学園の低学年、中学年、高学年のそれぞれでロボットを題材に活動があり、興味のある生徒はその成長の間に何回かロボットというものについて体験することができる。

しかしその実際をより細かく見てみると、改善の余地があるように思われる。一つは、これらの活動の多くは教員のボランティアに支えられたサークル活動である点であろう。そのため、教員はロボットを用いた活動を実施するのに必要とされた技術の訓練を受けておらず、多くの場合は独学と試行錯誤で生徒の活動を支援している。その熱意と努力はすばらしいものであるが、ここはやはりロボットに必要な技術的な知識を持つ専門家の支援を受けるか、あるいはそのような知識・技能の訓練を受ける必要があるように思われる。大学教員がロボット活動の指導をすればこの問題は回避できるが、いつまでもそのようなサービスを継続することは困難である。

もう一つは、個々の活動の間の連携が取れていない点であろう。個々のサークル活

動や臨時の活動は教員の優れたアイデアで実施されるものではあるが、個々の教員の努力には限界があり、全体として生徒の成長に合わせて組織的に企画されたものとはいえないであろう。そのため、活動内容に一貫性が見られないと同時に、機材などもサークル活動などの限られた予算の制約を

うける。表1のうち正規の科目に組み入れられているのは大学のPBL・特別課外演習のみである。これらの問題の原因は、ロボットを使った活動の内容が正規のカリキュラムや教育課程と対応していないことが大きいように思われる。

表1. 玉川学園／大学で現在行われている／企画されているロボット関連活動

組織	活動	対象・学年
低学年	ひらめきときめきサイエンス(体験) Science Partnership Program (SPP:体験)	小学校希望者 4年生全員
中学年	ひらめきときめきサイエンス(体験) World Robot Olympic(WRO:競技会) Robocup 日本 Jr レスキュー部門(競技会)	希望者 希望者 希望者
高学年	ひらめきときめきサイエンス(体験) World Robot Olympic(WRO:競技会)	高校生希望者 高校生希望者
大学	PBL(Project Based Learning) (体験)	工学部 1～2年
大学院	Robocup 日本大会, 世界大会(競技会)	工学部四年～修士
研究所	脳とロボット(8月) (展示) テクノフェスタ(11月) (展示)	小学生～一般 大学生～一般

このような玉川大学・玉川学園でのロボット活動の現状を踏まえ、我々は玉川大学・玉川学園全体でのロボット活動の連携を通じた、理科・技術教育及び教育技術の向上を目指す。

理科教育の成否は、優れた技術をもってその特色とする日本という国の未来を左右する重要な問題である。同時に、児童・生徒の年齢を対象としたロボット関連活動のレベルの高さもまた日本の特色である。であるならば、ロボットを教材とした理科教育は時代の必然的な流れである。しかし現在、民間の講習会や塾で使う教材は多く開発されているが、教育機関である学校において正規のカリキュラムに組み込み可能な

教育コースや教材は多くはない。その理由として、ロボットを使用した学校理科には、正規教科の内容としての吟味、それを使いこなす教員の訓練、日常的な授業体系の中での時間枠の確保、コストなど考えなければならない点がおおいことが挙げられよう。これは、単にロボット教材会社の努力で越えられるものではなく、教育機関が組織として努力すべき問題であるように感じる。そこで我々は、玉川大学/玉川学園において玉川ロボットチャレンジプロジェクト(TRCP)を検討・実施したのでその成果を報告する。

2. 玉川ロボットチャレンジプロジェクト

前章で述べた背景により、我々は玉川大学／玉川学園におけるロボットの理科教育への導入可能性を検討することとした。幸い、脳科学研究所知能ロボット研究センター／工学部ロボット工房はロボカップ世界大会にて2008年優勝という実績があり、それを評価されて2009年度の小原教育研究奨励基金(2009～2010年度)をいただくことができた。これを原資として、玉川学園におけるロボット教育活動へ以下の構想での支援を計画した。

活動1：競技会チャレンジ

WRO(World Robot Olympiad), ロボカップなど外部のロボット競技会に参加する希望者を募り、力を合わせてロボットを作る過程を通じてチームを育てることで、理系に興味を持つ児童・学生を育成する。競技会は、参加者が情熱を傾けて自主的に活動することで、理系活動の面白み、さらにはチームワークの力をまざまざと体験することができる。TRCPはその体験をプロモートすることで、理系教育・人間力教育に貢献する。大学は、ロボット制作の技術支援、教員のサポートをする学生の派遣、機材の提供などで支援を行う。

活動2：教材開発活動

ロボット競技会は面白く教育効果も大きいですが、単発で終わってしまうし、参加者も限られている。玉川学園のより広い生徒・学生に理系教育活動の効果をおよぼすには、より広い活動プログラムの確立が必要である。その一つは著名な研究者などによる講演会や体験授業であるが、これも単発で終わる傾向が強い。学園で

の日常的な教育として持続可能な活動とするには、ロボットに対する児童の興味を活かしつつ、教育単元やカリキュラムに対応して日常教育に取り込み可能なコンテンツを開発していくことが望ましい。そこで、ロボット体験学習の材料を工夫し、例えば、てこ、歯車、滑車、電気、電池、モーター、パソコンなどの理科や算数・数学の教育単元にみあう教材と教授法を開発する活動を行うことで、学園全体の教育に資する。

以下、実施されたTRCPの玉川学園における活動についてまとめた。

3. 玉川ロボットチャレンジプログラム 2009～2010の成果

3-1. 低学年でのTRCP：SPPロボット工作

低学年は理科というよりは遊びや暮らしの中で科学技術の産物に触れ、結果としてその背後にある理科的な考え方になじむことが教育の一つの目標であると考えられる。そのため、TRCPでは小学四年生を対象に、ロボットの工作とそれを使っての遊び的な活動に焦点を絞った活動を行った。文部科学省系の独立行政法人科学技術振興機構は、児童生徒の科学技術、理科・数学に対する興味・関心と知的探求心等を育成することを目的として、学校等と大学との連携により、科学技術、理科・数学に関する観察、実験、実習等の体験的・問題解決的な学習活動に対して支援するサイエンスパートナーシップ・プロジェクト(SPP)を行っている。我々はこれに応募し、2009年、2010年の11月に玉川学園小学校の4年生全員を対象として、事前の工学部ロボット工房の見学、ロボット工作と競技会、事後のまとめをセットとした体験活動を実施した。

この実施のポイントは、どれだけの時間をかけて、どれだけの内容を、どのような

教材を用意して実施するか、という大学教員も小学校教員も経験したことがない内容であり、試行錯誤であった。しかしその成果は確実にあり、2009年についてはロボット工房を見学した後日、参加した小学四年生がロボット工房に自主的に遊びに来た、2010年に玉川学園中学年で5年生(前年に4年生としてSPPを体験)でのロボットサークルへの参加希望者が倍増した、といった実績がある。その実施の実際については他の原稿に詳細に書かれているのでそれを参照されたい。

3-2. 中学年：自由研究とサイエンスクラブへの支援

玉川学園 K-12 では、自由研究やサイエンスクラブでロボットを使用した活動が2種類、行われている。一つは組み込み用マイコンを使用して部品からロボットを組み立ててソフトウェアも開発するロボット(部品ロボット)であり、もう一つはレゴマインドストームを使用したレゴロボットです。どちらも国内の競技会してよい成績を収めており、成績次第では海外の競技会などへの参加も夢ではない。サイテックセンターには2010年9月にK-12ロボット工房が完成し、恒常的な活動の場ができ、効率の良いロボット開発が行えるようになった。以下、それぞれの活動の成果について説明していく。

3-2-1. 部品からのロボット製作

ロボットの一つの作り方は、土台にタイヤ・ギア・モーター・センサー・それらの制御回路、さらには全体を動かすマイコン(制御用の超小型コンピュータ)といった部品を組み合わせ、全体を作っていく方法がある。工作の技術も必要で手間もかかって大変ですが、大変勉強になり、動いた時

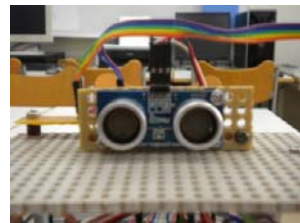
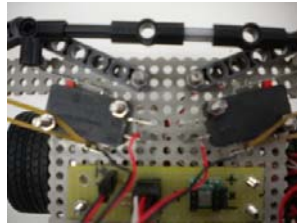
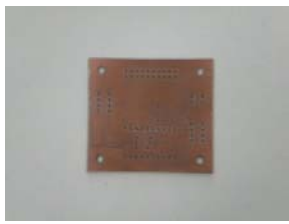
の感動はひとしおである。これまでも、田原剛二郎先生(中学年)の指導のもとで自由研究とサイエンスクラブでロボット製作の活動が行われ、ロボカップ大会のジュニア競技に中学年の児童・生徒が参加してきた。

2009年にTRCPの活動が始まって、工学部の教員が自由研究とサイエンスクラブで行われているロボット製作に技術支援を行い、これまでと比較して多様なセンサーが使えるようになってきた。その結果、2010年のロボカップジュニア大会では神奈川県予選を勝ち抜き、関東大会に進むことができた。また、センサーの感度や使用方法の工夫についてレポートをまとめた中学年8年生の矢澤さんの研究が、日本学生科学賞で入賞した。

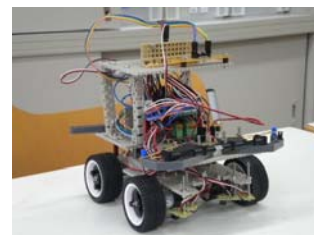
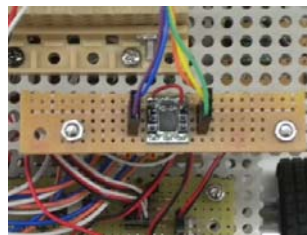
現在は、ロボットの製作は自由研究の時間のみ行なってきたが、それに加えて中学年の情報や技術の時間に授業として取り組めるように教材開発を行なっている。自由研究に所属する5年生にも簡単に製作できるよう、工学部のスタッフが基板を製作したりセンサーの処理プログラムをしたりすることで、ロボット製作を中学生の授業に取り入れていくことが現実になりつつある。図1に今年度から使用できるようになったセンサーや部品を図1に示す。

3-2-2. レゴマインドストームによる5~12年生のロボット活動

レゴロボットは、有川 淳 先生の指導のもと、自由研究とサイエンスクラブの活動として実施されている。高校生チームが、レゴマインドストーム発売初年度から開催されているロボット大会「電子ロボと遊ぶアイデアコンテスト」で2009年度は第2位、2010年度は第3位に入賞した。入賞チームの9割は工業高校が占める中、玉川学園は入賞の常連校となっている。



(a) モータードライバー用の基板 (b) タッチセンサー (c) 超音波レンジファインダー



(d) 加速度センサー (e) デジタルコンパス (f) 現時点のロボット

図1 工学部と中学年の連携で製作された各種部品とセンサー

中学年生チーム「玉川学園 STC」は、ファーストレゴリーグ大会に焦点を絞って練習をしている。5年生で結成し、初年度から全国大会出場をはたし、7年生となった今年、3年連続全国大会出場となった。2010年6月には、レゴの教育用新製品「エネルギーセット」の記者発表会の場で、新製品を用いたプレゼンテーションを玉川学園に行ってもらいたいという依頼を受け、「玉川学園 STC」チームを中心に7～8年生が宇宙エレベーターをイメージしたマシンを発表し、質疑応答の見事さとともに好評を博した。この模様はテレビ東京「ワールドビジネスサテライト」や「Japana Times」などで取り上げられた。

2009年からは工学部との連携ができ、大学生が定期的に指導に来るようになった。また、2010年度ファーストレゴリーグ大会では、プレゼンテーション準備のため脳科学研究所の木村先生、松田先生の指導があった。

その他の対外的な活動としては、毎年夏休みを利用して WRO Japan 公認予選会西

東京大会を小学生部門・中学生部門に分けて開催した。また、高等部在学中から活躍していたチーム「wish」が大学生になり、WRO Japan や FLL ロボット大会のスタッフとしての参加したことや、低学年学園展用に制作したマシンがテレビ番組に取り上げられるといった出来事もあった。

3-3. 高学年情報科 12 年選択 「プログラミング」

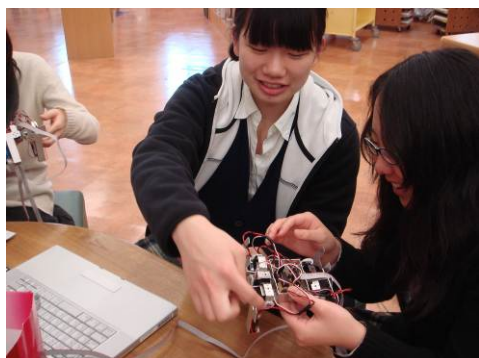
高学年では、2011年1月7日(金)から2月4日(金)までの全16時間を使用して、四足歩行ロボットの組み立てと、プログラム制作を課題とした授業が登本洋子先生を中心により行われた。対象は12年生(高3)のうちプログラミングを選択した生徒で、2010年4月から12月まで、計算機言語 Visual Basic を一通り学習した生徒16名である。このうち6名は玉川大学工学部に進学が決定した。

授業1時間目に授業の主旨を説明した後、3名を1チームとして、ロボットのキットとマニュアルを配付した。最終授業で競技を行い、ロボットレースでは速さを競うこと、ロボット一芸披

露では高度な技を披露することを目標とした。

共同作業におけるものづくりも体験してほしいため、教材としては必ずしもネジを使う必要はなく、両面テープでも代用できるように考えられているが、ネジでの作成を選択した。制御基板、モーター、電池ボックス等を細かなネジで組み立てていく(図2(a))。当初、部品の

紛失ゆ細かな作業のミスも心配されたが、そのような心配をよそに生徒はいつもよりも静まり返って作業に熱中していた。教員の心配が生徒の体験の機会を奪っていることもあるかもしれないと思うほど、どのチームも難なく組み立ててくれた。



(a) 熱中：ロボット組み立て中



(b) 試行錯誤：どうやったら歩くの？



(c) 気合い：「歩けえ」、ロボット

図2 12年生によるロボット制作授業

ロボットの動作は、首、前右足、前左足、後右足、後左足の計5ヶ所の関節の動きをプログラムすることで決まる。「歩く」という動作も、私たちは日常は特に意識せずにおこなっているが、実際にロボットにスムーズな四足歩行をさせようとする、意外と難しい(図2(b))。「え～、いつもどうやって歩いているんだろう？」とハイハイの姿勢を取り、「歩く」動作の分析を始

めた者も少なくなかった。首の動きが大切なことにも気づかされる。これこそがモノを作ることによってその背後にあるものを理解する過程であり、簡単そうでなかなか思うようにいかない動作に生徒は夢中になり、最終日の競技では手に汗を握る戦いとなった(図2(c))。

私たちの身の回りにある多くのものは、私たちが触れる前から高度な技術が使われていて、

ブラックボックス化している。使い方はわかるし、便利に活用しているのだが、その仕組みはわからないことが多い。そのようなものに囲まれて育っている生徒だからこそ、一から組み立て、自分で書いたプログラムで動かすことで原理を理解する体験をしてほしいという願いから今回の教材を導入し、2年目の実践であった。

本来技術は、何かを実現するためのものである。目的に向かって、持っている技術を駆使して、試行錯誤を繰り返してくれたところで、今回の授業は成功であった。計算機のプログラム作成の基礎を学んできた生徒にとっては、実際にロボットをプログラムで動かしたことで、プログラミングの実際の利用場面を体験することにつながったと考えている。

2010年度に関しては12年生のプログラミングを対象に、かつ1月以降に授業に出席する限られた生徒での試みであったが成功と考えられるので、来年度は普通コース及びプロアクティブラーニングコースの情報の必修授業にもこの教材を導入したいと考えている。クラスの人数が約3倍になるので、どのように授業を展開するかが課題である。

3-4. 大学でのロボット関連活動

大学での教育は理科教育とは一線を画すものであるが、より進んだ技術の学習、あるいは将来は教員となることが期待される学生のロボット関連の技能の学習、という意味でTRCPとして位置づけられる活動が行われている。

一つは、工学部機械情報システム学科の授業としてのPBL(Project Based Learning)である。工学部に入学後の一年の春学期から二年の秋学期まで、さらにはその後も継続してロボットやソーラーカーにかかわる活動に参加するもので、ロボットの場合は工学部に設けられたロボット工房にてロボット製作や各種ロボット関連イベ

ントへの参加を行っている。この具体的な姿については本紀要の別稿にて紹介されているのでここでは述べない。

ロボット工房での活動は、PBLだけでなく、工学部及び工学研究科全体のロボット関連の活動の活性化を狙っている。その一つが、脳科学研究所知能ロボット研究センターとの共同活動としてのRoboCup参加である。RoboCupには日本国内で開催されるJapan Openと世界的な規模で行われる世界大会があり、玉川大学のチームは過去5年間両方に参加してきた。その努力の成果として、2008年と2010年には家庭用ロボットの競技を行うアトホーム部門で世界チャンピオンとなった実績がある。この履歴・詳細については本紀要の別稿にて紹介されているのでこれ以上は述べない。

脳科学研究所知能ロボット研究センターは、TRCPの教育関連活動とはまた別に研究活動を行っている。毎年、工学研究科の大学院生が研究目的でロボット工房を使用しつつ、学会発表、論文執筆を行い、学位を取得してきた。TRCPの参加者のうち工学部のメンバーは知能ロボット研究センター教員と実質的に重なっており、両者の活動は密接につながっている。

工学部以外では、教育学部の富永ゼミがロボット関連の技術を小学校の教材として利用するための手法の開発を、TRCPの一環として行っている。具体的には、2010年については工学研究科の博士課程学生であった横山絢美さんが教育学部の3年生のロボットプログラミングの支援を行い、富永先生の教育としてのロボット利用の課題設定と、それを実現する工学技術としての課題設定がうまくかみ合った活動が行われた。その成果は2010年8月の「触れてみよう！脳とロボット」展およびコスモス祭にて展示された。

4. まとめ

以上、2009年と2010年度に小原教育研究奨励基金による活動として行った玉川ロボットチャレンジプロジェクト(TRCP)の活動の全体像を説明した。TRCPには工学部および工学研究科、さらに脳科学研究所 知能ロボット研究センターと学術研究所 K-16 一貫教育研究センターが深く関与しており、結果として大学という枠にも囚われない幅広い活動が行われた。成果をみると、これまでもロボットに親しんでいた工学部についてはより深いロボット利用の技

術教育の進展がみられ、さらにそれ以外の教育学部や学園の低学年・中学年・高学年でそれぞれ新しい展開の萌芽がみられた。そしてなにより、これらの活動が相互に連携して玉川大学/学園全体の理科教育にロボットを取り入れていこうという機運ができたことがうれしい展開である。

今後の展望として、玉川大学のプロジェクトとして2011年から5年間、教育開発を目的とした新しい玉川チャレンジプロジェクトが開始されることとなった。今後の展開を注目されたい。