事例紹介

大学院生出張授業プロジェクト“BAP”によるロボット教育

Robot Education with Back to Alma Mater Project

尾形 邦裕^{*1} 宮武 広直^{*2} 安藤 康伸^{*2} 白川 慶介^{*2}^{*1}東京大学大学院情報理工学系研究科 ^{*2}東京大学大学院理学系研究科Kunihiro Ogata^{*1}, Hironao Miyatake^{*2}, Yasunobu Ando^{*2} and Keisuke Shirakawa^{*2}^{*1}Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo ^{*2}School of Science, The University of Tokyo

1. はじめに

研究者が自身の研究内容を広く一般の方に知ってもらうことは研究者にとって重要な責務であると思われ、サイエンスコミュニケーションを目指す活動が様々な分野において盛んに行われるようになってきている。そのような活動の中には学生主体で行われるものもあり、東京大学においては“0to1”や“BAP”という学生団体が挙げられる[1][2]。

本報告では、「大学院生出張授業プロジェクト（Back to Alma Mater Project）“BAP”」の支援のもと、高校生および小学生に向けて行った出張授業について述べる。小学生および高校生に対して出張授業をする狙いは大学院生の研究者を目指す姿勢や熱意を通して、研究者という生き方を具体的に示すことである。その結果、小学生や高校生は自らの将来について具体性を持って考えることができる。

BAPでは様々な研究分野の出張授業を実施してきた。本報告ではこれらの授業のうち、ロボット研究をテーマとした出張授業について報告する。この授業の目的は高校生や小学生に対してロボット研究に興味を持ってもらうことである。

2. BAPにおける出張授業の協力体制

BAPでは2008年度に東京大学学生企画コンテストにおいて優秀賞を受賞し、2009年度は東京大学の支援のもとで全国の高校において出張授業を行った。BAPは東京大学における学生団体である。講師を希望する大学院生を全学から募集し、彼らを支援することで、大学院生による出張授業活動の普及を目的としている。BAPでは出張先としては講師の母校である高校をターゲットにしている。この理由は、自分たちの先輩が授業をしてくれることで高校生が研究者という未来を具体的に感じる事が挙げられる。

2008年までに有志の学生によって首都圏の高校を中心に

図1 Logo of BAP and flow of the BAP system

出張授業を行ってきた。その後理学系研究科だけでなく全学の大学院生による出張授業を行うため、0to1[1]の一部メンバーがBAPを結成した。これまでの出張授業を通して得られたノウハウをもとに2009年度から全国の高校に対する出張授業を実施した。その結果、全国でおよそ30校の高校において1,000人ほどの高校生に出張授業を行うことができた。

BAPによる支援のもとで出張授業をするうえでの利点として2点挙げられる。1点目は高校へのコンタクトから授業実施までがマニュアル化されているために、「大学院生にとって低負荷」、「高校生にとっては高品質」な授業を提供することが可能となることが挙げられる。2点目にBAPメンバーによる授業の練習会が挙げられる。この練習会によって大学院の研究という高度な内容を高校生に理解してもらうことが可能になる。そして、本番の授業後に受講生にアンケートを行い、BAP内での反省会を通して、今後の活動にフィードバックしていく。Fig.1に上記で述べた高校へのコンタクトから授業の実施および練習会の流れを示す。

3. 出張授業の実施内容

3.1 本出張授業での狙い

これまでに大学生に対するロボット工学教育の在り方に対する調査、小中高生に対するものづくり教室やロボットコンテスト参加によるロボット教育についての報告がなされてきた[3][4]。

これらの報告では大学での講義やロボット塾などの定期

原稿受付 2010年11月17日

キーワード: Robot Education, Alma Mater, Graduate Students

^{*1,2}東京都文京区本郷 7-3-1^{*1,2}Bunkyo-ku, Tokyo

的に行われる授業における取り組みの調査であるのに対して、本出張授業では1時間程度という短い講義の中で、受講した生徒がロボットに興味を持ち、将来において大学や企業でロボットの開発を志すことを主な狙いとしている。短い授業時間の中でも多くの受講生がロボットに興味を持ってもらうためヒューマノイドロボットによる実演を入れることとした。また、ただ見ているだけではなく体験して理解できるようなデモンストレーションを行った。これまでに筆者は4回の出張授業を行ってきた。2009年に富山南高校および相模原高校、2010年には小学生向けのワークショップと2回目の相模原高校への授業を実施した。

3.2 2009年での富山南高校および相模原高校における出張授業

筆者は2009年10月20日に東京大学にて富山南高校の高校2年生41名に、同年10月30日に相模原高校にて同校の高校1年生から3年生15名に対して出張授業をそれぞれ行った。本授業の狙いはロボット研究に興味を持ってもらうことおよびヒューマノイドロボットの運動制御の基本的な概念を伝えることにある。また、授業の最後にアンケートに答えてもらった。アンケートの結果は次章で述べる。

本授業ではロボットのハードウェア、制御系、環境認識など広範囲な説明およびヒューマノイドロボットの紹介と歩行制御一般論について授業を行った。続いて講師の研究紹介を行い、ヒューマノイドロボットの制御アルゴリズムを検討するためのモーションキャプチャによる人の運動解析について説明した。最後にロボットのデモンストレーションのために、フィードバック制御の基本概念とヒューマノイドロボットの安定化制御アルゴリズムの概要について説明した。そして、ここでの説明をもとに実機のヒューマノイドロボットを用いて、フィードバック制御の必要性について体験してもらった。

本授業ではゼネラルロボティクス株式会社によって開発された小型ヒューマノイドロボット“Choromet”を使用した[5]。本ロボットには全身に20個のサーボモータ、3軸加速度センサ、2軸角速度センサ、足裏には3軸力覚センサが搭載されている。本授業では足裏の力覚センサの値よりZMPを計算し[6]、それをフィードバックし、重心位置補正をすることでロボットの安定化を実現している。重心補正計算には長阪らによって提案された体幹位置コンプライアンス制御を用いている[7]。

生徒には、ロボットは足裏の力センサを用いて腰の位置を補正することで転倒しないように自身を制御していると説明し、それを体験してもらうために自らロボットを動かすことでフィードバック制御がある場合とない場合の違いを知ってもらう。デモンストレーションのシステムの概要をFig. 2に示す。

ロボットはゲームパッドの入力によって前方あるいは後

図2 The system of controller and humanoid robot with the ZMP feedback control

方へ体幹を傾ける。ロボットはフィードバック制御なしでは重心が支持領域から逸脱して、静的安定性が保たれず転倒してしまう。そこでフィードバック制御をオンにするとZMPの変化に合わせて腰の位置が変化し、前方への転倒を回避することができる。

3.3 東京私立中学合同相談会における出張授業

2010年5月8日に東京国際フォーラムにて実施された東京私立中学高等学校協会主催による東京私立中学合同相談会のワークショップでは、筆者は小学生50名に対して出張授業を行った。本授業ではロボットがどのような部品によって構成され、どのようにして動いているのかというハードウェアから動作制御するためのソフトウェアまで説明した。最後に、実機のロボットをコントロールするデモンストレーションを行った。

前節で述べた高校生向けの授業との差分として、ロボットと人を対比してロボットの構造を具体的に理解できるように工夫した。また、抽象的な表現は避け、実際に使われている部品について具体的に説明するようにした。また、ロボットのデモではロボットの操作を通して動かすこと自体の難しさを伝えることに主眼を置いた。

ロボットのデモではゲームパッドの入力によってヒューマノイドロボットが前後左右への歩行およびキック動作するものとした。使用したヒューマノイドロボットは前節と同じ小型ヒューマノイドロボットChoromet、歩行アルゴリズムには杉原らによって提案された境界条件緩和法を用いた[8]。安定化アルゴリズムには前述の体幹位置コンプライアンス制御を用いた。

本デモの問題点として、授業で使用したテーブルに合わせて歩行パラメータの調整をしていないために前方歩行が不安定になりがちであった。そのためロボットの制御の困難さが際立って、受講生にロボット研究に期待を持たせるには不十分であった。今後は、ハードおよびソフトの両面から路面環境に頑健な歩行を実現する工夫が必要であると考えられる。

図3 (a): lecture for high school students at Sagami High School (b): workshop in the fair of private school for elementary students

3.4 2010年での相模原高校における授業

2010年8月19日には、相模原高校の学生を東京大学に招いて、授業を行った。本授業では相模原高校側から、文理両方の学生が参加しやすいように理系だけではなく、文系の講師を用意してほしいとの要望があった。そこで筆者以外に東京大学大学院の人文社会系研究科の大学院生にも授業を要請した。その結果、2009年の実施時と異なり、文系の生徒も集まったので、文理を問わず様々な学生に対して授業を行うことができた。

2009年の授業との差分として、一般的なロボットの研究紹介を簡略化し、ヒューマノイドロボットにフォーカスを絞った。特に、最先端のロボット研究の一端を知ってもらうために、筆者の研究をもとに人の運動解析をロボットへ応用するという枠組みについて説明をし、続いてロボットを用いた構成論的アプローチに基づく人の認知機能の解明に関する研究について紹介した。これらの研究紹介を通して、人とロボットの相互理解という研究分野を紹介した。

2009年の相模原高校での出張授業と私学合同説明会ワークショップでの出張授業の様子をFig. 3に示す。図中の(a)が相模原高校、(b)が私学合同説明会ワークショップのときの写真である。

4. 授業アンケートの結果

4.1 高校生に対するアンケート

相模原高校および富山南高校の授業後にアンケートを実施した。アンケートは各項目5段階で評価するものと自由記述をそれぞれ行った。5段階評価ではポイントが高いほどに評価が高い。

アンケート内容は以下の6項目と自由記述である。

- (1) 授業は面白かったですか
- (2) 授業内容全般は自分なりに理解できましたか
- (3) 授業内容は高度でしたか
- (4) 授業内容について興味を持ちましたか
- (5) 授業内容について自分でさらに調べてみようと思いますか
- (6) 大学院での研究活動に興味を持ちましたか

図4 Result of questionnaires from the lectures of 2009 and 2010

2009年に実施した相模原高校15名、富山南高校41名および2010年に実施した相模原高校27名による合計83名に対するアンケート結果をFig. 4に示す。

Fig. 4のquestion 1より、およそ9割の学生が授業が面白かったと評価している。また、question 4からはほぼ同数の学生が授業内容であるロボット研究に興味を持ったと答えていることから、本授業の狙いが達成できたと言える。さらに、question 6からおよそ7割の学生が大学院での研究活動に興味を持ったと答えている。このことは今後のロボット研究に対する受講生の発展的な研究への意欲が感じられる。

また、自由記述では授業の面白かったことや疑問や質問などについて答えてもらった。ここではその一部を抜粋して紹介する。

- ロボットに関することが全て面白かった
- ロボットがとても複雑にできていることがわかった
- 人の謎を解明するのにロボットにモデルを組み込むことが面白かった
- 実機ロボットが動いているのを見て、すごくロボットに興味 that 起きた
- フィードバック制御で自発的にロボットが動いたことがすごいと思った
- 自分は文系だが、わかりやすくて面白かった
- 大学は自分の学びたいことを学べる素晴らしいところだと思うので、今から頑張りたいです
- 機械系の乗り物に興味があったがロボットにも興味を持った
- ロボットについて学ぶ機会が持ててよかった
- 22世紀までに自分で考えたり、動いたりする人型ロボットはできるのか
- 知能は人間に追い付くのか

自由記述内容から分かるように、今回の授業を契機にロボットに興味を持った学生がいることが分かる。また他分野に興味を持っている学生にも効果があったことが分かる。

さらに、興味を持つきっかけとして実機のロボットによる実演が効果的であることも分かる。

4.2 先生に対するアンケート

学生以外に授業に協力していただいた先生方にもアンケートを実施した。アンケート内容を以下に示す。なおすべて自由記述となっている。

- (1) プレゼンテーション内容は生徒さんの興味をひくものでしたか
- (2) 難易度は生徒さんに対して適切なレベルでしたか
- (3) プレゼンテーションの良かった点と悪かった点を挙げてください
- (4) これまでに貴校の卒業生による講演会等を企画されたことがある場合、お答えください。私達大学院生による出張授業では、他の団体や個人の発表と比べて、どのような点が良かった、悪かった、あるいは特徴的だったでしょうか。

アンケート結果、相模原高校および富山南高校どちらの先生方からもプレゼンテーション内容について良い評価が得られた。良かった点としては動画や実機による実演が挙げられる。一方で、悪かった点としてデモ内容を多様にしてほしいという意見があった。また、難易度については少し難しかったとの回答が見られ、特に高校1年生には高度であったとの意見があった。

これらの意見は今後の授業に生かしていく上で貴重なものである。

5. お わ り に

本報告は大学院生出張授業プロジェクト“BAP”の支援のもとに行ったロボット研究に関する出張授業の実施成果について述べた。特に相模原高校、富山南高校、東京私立中学合同相談会のワークショップで行ったロボット教育活動について報告した。本出張授業の狙いとしては、短い時

間の中でロボットに触れながらロボット研究に興味を持ってもらうことにある。そのために、ヒューマノイドロボットを用いたフィードバック制御の体験デモを行った。授業後のアンケート結果から本授業を契機にロボット研究に興味を持ってもらえたことが分かった。一方で授業の難易度についてより検討が必要であることも分かった。

今まで本活動の主体は東京大学の大学院生に限られてきたが、今後は他大学の大学院生が出張授業を行えるように活動の拡大を進める。これにより、より多くの小中高生がロボットに興味を持つことができる環境を整えたい。

謝 辞 本出張授業を実施するに当たって協力していただいた相模原高校および富山南高校の教職員の方々に感謝の意を表す。また、東京私立中学合同相談会のワークショップ実施において協力していただいた私学合同説明会運営委員長の平方裕行先生および WIL 代表の本間典子先生に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- [1] 東京大学大学院理学系研究科有志科学コミュニケーション活動グループ Oto1 ウェブサイト, <http://sc.adm.s.u-tokyo.ac.jp/Oto1/>
- [2] 大学院生出張授業プロジェクトウェブサイト, <http://sc.adm.s.u-tokyo.ac.jp/bap/>
- [3] 琴坂信哉: “ロボット感動教育—ロボット工学教育, ロボットを使った工学教育手法アンケート—”, 第 27 回日本ロボット学会講演会予稿集 DVD-ROM, 2J1-01, 2009.
- [4] 西村明浩: “自治体におけるロボットを活用した教育の取組み”, 第 27 回日本ロボット学会講演会予稿集 DVD-ROM, 2J1-02, 2009.
- [5] ゼネラルロボティクス株式会社ウェブサイト, <http://www.generalrobotix.com/product/choromet/index.htm>
- [6] M. Vukobratovic and J. Stepaneko: “On the Stability of Anthropomorphic Systems,” *Mathematical Biosciences*, vol.15, no.1, pp.1-37, 1972.
- [7] 長阪憲一郎, 稲葉雅幸, 井上博充: “体幹位置コンプライアンス制御を用いた人間型ロボットの歩行安定化”, 第 17 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.1193-1194, 1999.
- [8] 杉原知道, 中村仁彦: “境界条件緩和法による 2 脚ロボットのオンライン運動計画”, *日本ロボット学会誌*, vol.25, no.7, pp.1082-1091, 2007.

尾形邦裕 (Kunihiro Ogata)

2008 年東京大学大学院修士課程修了。同年同大学大学院博士課程進学、現在に至る。ヒューマノイドロボットの全身運動制御、人の巧みな全身運動の研究に興味を持つ。
(日本ロボット学会学生会員)

宮武広直 (Hironao Miyatake)

2009 年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程卒業、2010 年同大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程進学、現在素粒子物理学実験や宇宙論に関する研究に従事。日本物理学会会員。

安藤康伸 (Yasunobu Ando)

2007 年東京大学理学部物理学科卒業、2009 年同大学大学院理学系研究科修士課程修了、現在は同大学院博士後期課程 2 年。専門は計算物性理論。スーパーコンピュータを用いた水分子の電極付近の運動のシミュレーションおよび解析。日本物理学会会員。

白川慶介 (Keisuke Shirakawa)

2010 年東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了、2010 年同大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程進学。専門は宇宙プラズマ物理学の降着円盤におけるプラズマ不安定性。