

ロボット技術による早期教育の支援と拡張

Supporting and Expanding Childhood Education by Robotics

田中 文英*¹ 松添 静子*² 高橋 利光*²
Fumihide Tanaka Shizuko Matsuzoe Toshimitsu Takahashi

*¹筑波大学 システム情報系 / JST さきがけ

Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba / JST PRESTO

*²筑波大学 大学院システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

Two cases of using robotics for supporting and expanding childhood education are described. The first one is about Care-Receiving Robot to promote children's spontaneous learning by teaching, and the other is about a teleoperational robotic system that connects remote classrooms and expands the classroom environment.

1. はじめに

我々は、ロボット技術を用いて子どもたちの教育活動を支援する試みを現実フィールドにおいて実践している。ここでのロボットとは必ずしも人型のものには限定せず、センサにアクチュエータ、そしてそれらを取り持つプログラムを有するものといった広義のロボットを想定している。ただし重要な要件として、ユーザとの間で現実世界における物理的なインタラクションを行えることが肝心であると考えている。近年、各種ソーシャルメディアの急速な普及に伴い、インターネット上などいわば仮想世界におけるユーザ体験の機会は劇的に増えつつある。その一方で、ロボット技術は現実世界におけるユーザ体験を提供しうるものであり、とくに早期教育の現場においてはそれが顕著な価値を産み出す場面が数多く存在するからである。じっさい、教育の現場に携わる教師や保護者たちからも、現実世界における体験の必要性を聞く機会がとても多い。

本発表の目的は、以上の動機に基づき我々が行っている二つの研究事例を紹介することである。ひとつ目の事例は、ケア・レシーバー型ロボット (Care-Receiving Robot: CRR) とよばれるロボットを教室内の授業に導入することによって、子どもたちの自発的な学習を促進しようとするものである (2章)。ふたつ目の事例は、子どもたち自身によって遠隔操作可能なロボットインタフェースを用いてリアルタイムに遠隔地の教室活動・外国人の子どもたちとも交流可能なシステムの開発を目指すものである (3章)。これらの研究におけるフィールド実験は、主につくば市にある子ども向け英会話教室等にて行っており、これまでに延べ 50 名以上、3 歳~8 歳まで幅広い年齢帯の子どもたちに参加して頂いている。

2. ケア・レシーバー型ロボットによる教育支援

従来型の教育支援ロボットの多くは、ケア・ギバー型、つまり人間教師や大人のかわりに子どもたちに対して物事を教えたり面倒をみたりするよう設計されたものであった。これに対して我々は、逆にケア・レシーバー型のロボット (CRR: Care-Receiving Robot)、つまり子どもたちにロボットを教えてもらい、結果的に子どもたち自身への教育効果向上につ

なげようとするコンセプトのロボット [Tanaka 09] に着目し、実際の教室フィールドでその開発を進めている。ここでは、教室における具体的な学習の場面 (人間教師によって主導されるレッスン等) において、子どもたち (一人の場合もある) の中に小型の人型ロボットを導入する。このロボットは、子どもたちと一緒にレッスンに参加するが、わざと出来が悪い (教師の課す学習タスクを間違える) よう行動する。過去の研究から、ある種のロボットは子どもたちの世話欲を強く誘引することが知られており、ここでもそうした子どもたちからのケア行動を誘引するロボットを導入する。すると子どもたちは高いモチベーションを持ってこのロボットを教え続け、結果的に子どもたち自身も当該タスクに対する学習効果が高まる (Learning by Teaching) ことが期待される。

こうした CRR コンセプトの実装可能性を探る目的で、我々はこれまでに幾つかのフィールド実験 [松添 11, Tanaka 12] を行ってきた。最初に行った実験では、前述のつくば市にある子ども向け英会話教室における実際の幼児レッスン (3 歳~5 歳) 内に、Aldebaran Robotics 社の NAO をベースに実装された二種類の CRR を導入してみた。ひとつ目の CRR は「優等生型」のロボットで、教師の主導するレッスン内において問いに対して全問正解するよう遠隔操作された。ふたつ目の CRR は「出来が悪い」ロボットで、問いに対して常に誤答し続けるよう遠隔操作された。実験中に撮影されたビデオを用いた子どもたちの行動分析の結果、後者のロボットに対して子どもたちは顕著に多くの回数のケア行動を行っていることが判明し、CRR のコンセプトは英会話レッスンの文脈において実装可能であることが確かめられた。さらに、子どもたちのロボットに対する働きかけの形態を分析したところ、最も多く発生していた行動は (子どもからロボットへの) 接触動作を伴うものであることが判明したため、次なる実験では接触動作による教示を含んだタスクを設計することにした。

次に行われた実験では、CRR 導入による子どもたちの学習効果への影響を調査した。同じ英会話教室内において、今度は一人ずつ個別に実験に参加して頂いた。今回は、学習効果を (賛否両論あれども) 定量評価してみようということになり、同教室の教師たちのアドバイスを元に英語動詞学習タスクを採用することにした。通常の教室内レッスンにおいても、動作を示す絵柄と共に単語名が記載された単語カードが日々用いられており、達成度の評価も Pre/Post-test の枠組で比較的容易に行

うことができる。実験においては、教師役の実験者が進行する英語動詞学習レッスンに子どもが CRR と一緒に参加するという形で行われた。まず、単語カードを用いた Pre-test が実験者と子どものみで行われ、ここで 4 種類の未知単語 (Pre-test で正解できなかった単語) が同定される。続いて実験者は、この 4 種類の英語動詞に関するレッスンを実施し、その内の 2 種類の単語においては CRR を用いたレッスンをし、残りの 2 種類の単語においては通常の単語カードを用いたレッスンを行った。CRR を用いたレッスンでは、該当動詞の動作を間違え続ける NAO に対して、子どもたちから「手取り足取り」動作を教示してもらう直接教示 (direct teaching) が取り入れられた。レッスン終了後、10 分間ロボットと自由に関わられる自由時間を経て実験者による Post-test が実行され、Pre-test で不正解であった動詞について正解できるかどうかを確認された。分析の結果、CRR と共に学んだ動詞については、それ以外の動詞に比べて有意に Post-test 正解率が高いことが判明し、CRR 導入の効果が確かめられた [Tanaka 12]。

こうした実験に引き続き、現在、さらに詳細な CRR の要件を調べる目的で実験が行われている。これまでのトライアルでは CRR コンセプトの大枠は確かめられたが、具体的に「どれくらい出来が悪いのが良いのか」「どう間違えるべきか」といったデザインポリシーに関する知見は依然少なく、試行錯誤で取り入れている状況にある。そこでこれらのデザインポリシーを調査する実験を、新たな (動詞学習以外の) タスクにおいて行っている。CRR が有効に働く具体的なレッスン事例の知見を蓄積していくことも重要な課題である。

3. 遠隔操作ロボットシステムを用いた教室拡張

ふたつ目の研究事例は、子どもたち自身によって操作可能なロボットシステムを用いた教育活動支援である。ロボット分野において遠隔操作ロボットの歴史は古く、これまで様々な理論が提案され、応用実践もなされてきた。その中で近年とくに盛んな領域に、遠隔コミュニケーション支援を目的としたロボット応用がある。最近米国西海岸などでは、シリコンバレー企業や病院などへの新たな市場開拓を目指してベンチャー企業が商品を投入しつつある。これらの多くは、Skype に移動機能を持たせたような形のシンプルなロボットであるが、すでに上述のような幾つかのターゲット市場においてはユーザ価値が生まれ始めている。また、韓国では、国内の英語教師不足を補うために遠隔操作ロボットが注目を集めている。ここでは英語圏の国に住む外国人教師が遠隔操作ロボットを通じて韓国内の教室で授業を行うことを目指して開発が進められている。

さて、これらの遠隔操作ロボットはすべて大人ユーザを想定したものであった。それに対して我々は、子どもたち自身が直接操作可能な遠隔操作ロボットの開発と、それを利用した教育活動支援の試みを実践している [高橋 11]。子どもたち自身をユーザとするにあたり重要な要件が二つあり、ひとつは複雑な事前説明なしにシステムが操作可能なこと、もうひとつは子どもたちの興味を引くよう、システムの操作自体が何かしらの楽しさを提供するものであることである。これらの要件は、本システムを実際の教室の活動中において使ってもらおうとする上ではとても重要なものとなっている。

以上の考察を元に、我々は前述の英会話教室を中心としたフィールドにおいて遠隔操作ロボットシステムの開発を続けている。操作インタフェースとしては、三輪車型のインタフェースを開発しており、従来型の TV ゲームコントローラ型

のインタフェースとの比較実験を行うことによって両者の特徴を調べている。三輪車型インタフェースは車輪にロータリーエンコーダがつけられており、前後左右の動き情報を Bluetooth およびインターネットを用いて遠隔地のロボットに転送する。ロボットはこの情報を用いてリアルタイムに三輪車と同期して動くよう制御される。サドル上部には小型のタブレット PC が設置されており、Skype を通じてロボット側 (やはりタブレット PC が設置されている) と画像音声のやりとりが可能になっている。さらに、操作者の子どもには三輪車に乗りながら利き手に手袋を装着してもらい、この中に埋め込まれた曲げセンサの情報をロボット側に転送することによって、ロボットハンドを操作することができる。

これらの遠隔操作ロボットシステムを用いて、実際に遠隔教室間を接続するトライアルを行っている。移動機能と把持機能があることによって、遠隔教室にて行われている各種のサークルタイムやゲームに参加することができ、また、遠隔地間の子どもたち同士で物体の受け渡しや協調作業などを行うことができている。こうしたインタラクションが実現できることは、両者の間でコミュニケーションを促進する上で極めて重要なポイントとなっている。通常の面と向かった直接対話 (TV 電話も含む) では、外国人を相手に緊張してしまいコミュニケーションをとれなかった子どもたちが、ここでのシステム上では操作を通じてコミュニケーションが取れてしまうという事例が観察されている。つまり、これまでの TV 電話や Skype では会話や表情といったチャンネルしかなく、英語がうまく話せないことによって会話のチャンネルが詰まってしまった場合は当惑するという行動をとるしかできなかったものが、ここでは移動や把持といった操作チャンネルがあることによって「詰まらずに」いられている可能性が示唆されている。

引き続き現在、システムの安全性や、ロボット側の入出力手段の検討、装着型センサを用いた子どもたちの状態認識とその利用などの課題について研究を進めており、これまでと同様にフィールドでの観察と改善を通じて開発を継続中である。

謝辞

本研究は、科研費 (23680020)、JST 戦略的創造研究推進事業さきがけの支援を受けて行われている。

参考文献

- [Tanaka 09] Tanaka, F., Kimura, T.: The Use of Robots in Early Education: a Scenario Based on Ethical Consideration, *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009)*, p.558-560 (2009)
- [松添 11] 松添 静子, 田中 文英.: ケア・レシーバー型ロボットへの直接教示による幼児の英語動詞学習効果の検証, HAI シンポジウム 2011, 京都工芸繊維大学 (2011)
- [高橋 11] 高橋 利光, 田中 文英.: 幼児英会話教室における教育支援のための遠隔操作ロボットの開発, HAI シンポジウム 2011, 京都工芸繊維大学 (2011)
- [Tanaka 12] Tanaka, F., Matsuzoe, S.: Care-Receiving Robot to Promote Children's Learning by Teaching: Field Experiments at a Classroom for Vocabulary Learning, *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol.1 No.1 条件付採録 (2012)