

研究報告書

「世界の子ども達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム」

研究タイプ： 通常型

研究期間： 平成 21 年 10 月～平成 25 年 3 月

研究者： 田中 文英

1. 研究のねらい

本研究では、子ども達が海外に置かれたロボットを遠隔操作することによって、現地の教室活動にリアルタイムに参加できるシステムを開発する。

現在、ビデオ会議などの手法はすでに外国語教育の現場でも用いられているが、とくに学習初期や早期教育の場合、生徒が外国人を目の前にして上手くコミュニケーションできず固まってしまう問題がある。それに対して、遠隔操作ロボットを用いた場合、生徒は外国人との間で映像音声のみならず物体を介した意思疎通を図ることも可能となり、固まらずにコミュニケーションできる可能性がある。もしもこうしたシステムが実現できれば、外国語教育において大きな価値を提供できる。また、将来的にこうしたシステムが社会に導入されれば、留学など異文化体験に興味はあれども最初の一步が踏み出せない人々や金銭的に余裕の無い人々でも、手軽に、しかも現在の PC 上のサービスと比べて格段にリッチな体験をすることが期待できる。

遠隔操作ロボット研究の歴史は古く、近年では遠隔コミュニケーションを目的とした研究や開発も盛んになり始めている。しかしながら、子どもを操作者とした試みはこれまで行われていない。そこで本研究では、子ども(3 歳以上)自身により操作が可能な遠隔操作ロボットシステムを開発し、その有効性をコミュニケーション教育の場面で検証する。さらには同システムで実際に世界をつなぐ試みを行い、テストケースとして世の中に発信する。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究は、大別して以下の3テーマについて行われた。

- ①子ども用の遠隔操作ロボットシステムの開発
- ②コミュニケーション促進性に関する検証実験
- ③同システムで異国間の子ども達をつなぐテストケースの社会発信

①では、主に就学前の 3～5 歳を対象とした三輪車型の操作インタフェースと、主に 6 歳以上を対象としたグローブ型の操作インタフェースを開発し、英会話教室や幼稚園・小学校などの教育現場におけるフィールド実験を通して主にユーザビリティの観点から評価と改善のサイクルを継続した。その結果、要求仕様通り、最低限のインストラクションで子どもでも直観的に操作可能な遠隔操作ロボットシステムを得ることができた。これらの開発過程やユーザビリティの観点から行った調査結果を論文等で報告した。

②では、①で開発されたシステムを、教育効果・意義の観点からその効果を検証する実験を行った。具体的には、英会話教育の場面で、子ども達のコミュニケーションを促進することができるかどうか、そしてできたとしたらその要因は何であるかを調査する実験を計画し、幼稚園と小学校、総計 50 名以上の参加者の下で実験を行った。その結果、本システムは従来型のビデオ会議よりも有意に子ども達のコミュニケーションを促進し得ることが示された。さらには外国人の側においても、本システムを用いることにより子ども達との意思疎通が格段に図りやすく、教示行為も行い易いというフィードバックが得られている。

③では、とくに研究期間の後半において様々な教育現場に出向き、本研究と本システムを社会発信する活動を継続した。そこでは、英会話学校、幼稚園や小学校など現場の先生方のみならず、つくば市教育委員会の方々、つくば市長にも活動を見て頂くことができた。さらに、最終年度にはオーストラリアの小学校 (Snowy Mountains Grammar School) と日本の小学校 (春日学園) を実際に本システム上でつなぐトライアルを実施し、200 名以上の子ども達に交流活動へ参加して頂き、インパクトのある社会発信を行うことができた。

また、①～③に加えて、新規に教育支援ロボットの研究も行った。ここでは、子ども達の英語教育を新しい形で支援するロボットを開発し、導入効果を検証するフィールド実験を行った。実験の結果、同ロボットは子ども達の英単語学習を有意に促進できることが判明した。

以上の活動は、Human-Robot Interaction 分野の主要国際会議 (ACM/IEEE HRI, IEEE RO-MAN) などで 10 件の査読付き論文、13 件の招待講演 (内 3 件は国際会議)、さらに当該分野のトップジャーナルである Journal of Human-Robot Interaction に論文が掲載されている。また同時に、国内外の新聞や TV など各種メディアにて報道されている。研究活動と並行して、各地の幼稚園や小学校を中心とする教育関連施設からの要請を受けて多数の出前授業やデモンストレーションを行い、社会発信と同時に社会貢献を意識する活動を継続した。

(2) 詳細

研究テーマ①「子ども用の遠隔操作ロボットシステムの開発」

冒頭(1. 研究のねらい)にも記したように、これまで子ども自身により操作される遠隔操作ロボットは開発されてこなかった。そのため要求仕様についても不明であり、筆者らはまず要求仕様を探る目的で現場観察から本研究テーマを開始した。本研究の将来的な出口の一つとして幼児英語教育を想定していたため、幼児英語教育に長い歴史と実績・ノウハウを有する(株)こども英会話のミネルヴァに協力を要請し、同社長からの快諾を得て、つくば市にある同社の教室で研究活動を開始した。

フィールド観察および現場の先生方や保護者の方々との会話の中から、(Ⅰ)操作インタフェースは子どもの全身動作を活かすこと、(Ⅱ)3 歳の子どもでも詳しい事前説明無しに使えること、(Ⅲ)安全性の観点から操作に際してある程度の重量抵抗があること、(Ⅳ)操作インタフェースは入手が容易で汎用性の高いものをベースとすること、などの要求仕様が見えてきた。そこで、これらの要求仕様を満たすものとして三輪車型の操作インタフェース【図 1】を開発し

た。引き続き行われたフィールド実験により、同インタフェースが既存のゲームコントローラと比較してロボット遠隔操作に有効であることが確認されている。本研究では、この他にも年齢帯に応じた操作インタフェースの開発を行い、教室でテストするというサイクルを継続した。例えば、就学年齢程度以後になると複雑な操作を行うことへの意欲も強くなっていくため、両手同時操作などの要素を取り入れることが有効になってくる。そのため、モーションセンサを組み入れてジェスチャー認識機能を実装したデータグローブ型インタフェース等も開発した。

研究テーマ②「コミュニケーション促進性に関する検証実験」

Skype 等に代表されるビデオ会議は、すでに様々な教育現場においても利用されている。しかしながら、英会話など異言語コミュニケーションの場面では、とくに学習初期の子ども達などの場合、外国人を目の前にして上手くコミュニケーションできず固まってしまうことが多々ある。これに対して、遠隔操作ロボットシステムを介した場合、子ども達は映像音声に加えて物体把持や身体動作によるコミュニケーションをとることが可能となり、外国人との間でも固まらずにコミュニケーションできることが期待できる。この点を検証するため実験を行った。

つくば市内3か所の幼稚園、および小学校の協力を得て、4歳から8歳まで総計50名以上の子ども達を対象として実験を行った。実験は、前半にビデオ会議をベースライン配置して、後半にロボット操作入力を入れるか入れないかの二条件・被験者間配置デザインをとった。遠隔地は筑波大学内に仮想外国の教室を用意し、英語ネイティブの留学生とロボットを配備した【図2】。レッスンは、各セッション開始時にランダムに選ばれる3種類の物体を用いたストーリーテリング形式のものを用いた。実験の結果、ロボット操作入力は被験者の留学生に対する反応率を有意に向上することが判明し、本研究の仮説が立証された。さらには、実験に参加した留学生の多くが、ロボット条件のほうが教える側としても教え易いというコメントを残しており、実際に留学生の行動分析からもそうした傾向が明らかになった。

研究テーマ③「同システムで異国間の子ども達をつなぐテストケースの社会発信」

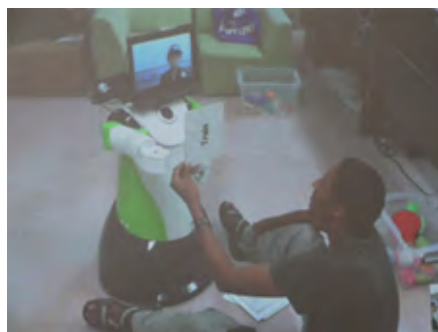
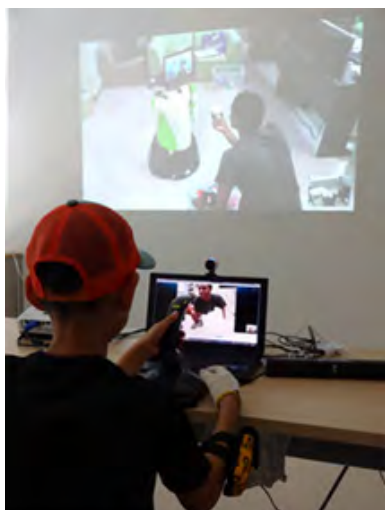
2012年11月に、オーストラリア南部の小さな街 Jindabyne にある Snowy Mountains Grammar School と、つくば市の春日学園(春日小学校・中学校)を、実際の授業中に本システムで接続するトライアルを行った。オーストラリア側はネットワークインフラ環境がベストとは言えない山奥の学校であり、公衆3G回線を携帯ルータから利用した。これは現在の先進国においてはミニマムレベルに近い環境であり、逆にこの環境下で示された結果は、世界のかなり広いエリアにおいて同等以上のことが実現できるものと思われる。

3日間のテストトライアルの間に、小学1年生・3年生で双方合計200名以上の子ども達に参加して頂くことができた。実験のため条件を統制した「研究テーマ②」と異なり、自然な授業の文脈下で、かつ集団の中で行われたという違いがあるものの、「研究テーマ②」の実験から導かれた結論と同じこと、つまり、本システムを間に挟むことによって、まったく面識が無く、言語の壁がある中でも非常に密な相互コミュニケーションが実現可能であることが観察された。とくに、物の受け渡し【図3】などの契機を通じて顕著にコミュニケーションが誘発されていた。また、ロボットを用いることによって非常に多様な教室活動に参加できることが分かった。

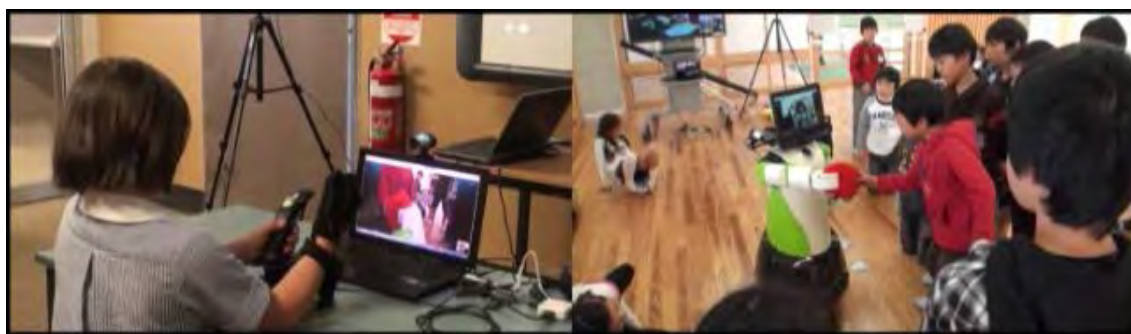
一連の活動は、子ども達や保護者、教育現場からも大変好評を博し、新聞社やテレビ局、地元の各種広報メディアなどによって広く報道された。本テーマについては未だ内容を論文にまとめたり学会発表を行ったりするに至っていないため、数多く蓄積された知見をこれから順次各方面にて発表していく予定である。(最初の論文は3月×切のロボット分野の主要国際会議であるIROSに投稿する予定で現在執筆を進めている)



【図1】三輪車型・遠隔操作インタフェース



【図2】遠隔操作ロボットで外国人のレッスンに参加



【図3】オーストラリア(左)と日本(右)の小学校間でのフィールドテスト

3. 今後の展開

「遠隔操作ロボット」とは、実際には幾つかの重要要素に分解できるものと思われる。たとえば、「操作者の身体動作入力」+「ロボットの表出」+「通信路での情報の遮断・加工」+「その他」という分け方が考えられる。そして本研究では主に前 2 要素に焦点をあてて調べる実験を行ってきた。ところが、3 番目の要素である「通信路での情報の遮断・加工」という点についても大きなユースケースを示しそうな場面が見つかった。それは、発達障害などによりコミュニケーションに障害を有する方々を支援する機器への応用である。自閉症に関するよく知られた仮説の一つに、感覚器官から入ってくる莫大な情報量への対応困難さや、情報のまとめあげの困難さなどが指摘されている。遠隔操作ロボットを間に挟むことによって、適度に情報を遮断・加工することができれば、そうした人々のコミュニケーションを支援し、社会参加を促すことが可能になるかもしれない。筆者らは、東京大学の当事者研究グループとの共同で、すでにこの研究テーマに着手し始めた。当然のことながら、現在筆者らが有するインタフェースは全て健常児を対象としたものであり、ギャップも多く存在するが、当事者の方々からはすでに多くのフィードバックと強い期待を頂いている。

また、これまで対象としてきた、健常児の教育支援等を目的とした研究も引き続き継続する。さきかけの 3 年半で得られた様々な教育現場や企業とのネットワークを活かして、今後中長期的には、ロボット技術を活かし得る具体的な教育カリキュラムの検討も行いたいと考えている。

4. 自己評価

子ども向けの遠隔操作ロボットシステムを開発し、その有効性と特質を教育の場面で検証し、さらには世界の子ども達をつなぐテストケースを社会に示すとした、当初目標の最主要部分については一定の達成を得たものと考えている。

ただし、こうした研究を「一発もの」に留めず、継続して現場で利用可能かつ有用なものとするためには、まだ不十分な面がある。例えば、応募時の計画では開発したシステムを Web サービスと接続するという計画も盛り込んでいたが、これについては 3 年半の研究期間内に行うことができなかった。システムを長く使ってもらうためには、コンテンツ・ジェネレーションという要素が含まれていることが肝心であると考えている。Web サービスから新しいコンテンツを随時加えていくことによって、遠隔操作ロボットシステムを教育の現場でより長く使えるようにしようと当初描いていたが現在までは行い得ておらず、本システムの開発面における今後の重要課題の一つであると考えている。

5. 研究総括の見解

子どもが「海外に置かれたロボットを遠隔操作し現地の活動に参加する」ことを目的とした夢のある研究である。遠隔操作ロボットは古くから研究されているが、子どもを操作者とした試みは行われていない。本研究の優れた点は、遠隔操作ロボットを実際に開発し、実験室実験と社会実験を通してその可能性を明らかにしたことである。まず、ロボットの開発では、子どもの全身動作を活かすこと、事前説明無しに使えること、操作に際して重量抵抗があること、入手が容易で

汎用性の高いことなどの要求を満たす三輪車型の操作インターフェースを開発している。フィールド実験により、同インターフェースが既存のゲームコントローラと比較して遠隔操作に有効であることを確認している。次に、つくば市内の幼稚園、小学校の 50 名以上の子ども達の協力を得て、ビデオ会議をベースラインとし、ロボット操作を入れるか入れないかを条件とする被験者実験を行っている。その結果、ロボット操作によって被験者の反応が有意に向上することを示している。さらに、オーストラリアと日本の小学校を本システムでつなぎ、200 名以上の子ども達の交流活動を実現した。本システムにより、面識が無く言語の壁がある中でも密なコミュニケーションが生まれることが観察された。特に、物の受け渡しなどを契機としてコミュニケーションが顕著に誘発された。この活動は教育現場からも好評を博し、現地の新聞社やテレビ局によって報道されている。今後、ロボットがコミュニケーションのメディアとして果たす効果の解明と、実システムの運用が行われることを期待する。

6. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. <u>田中 文英</u> . 子どものころとからだを動かすロボット. 人工知能学会誌. 2013, Vol.28(2), 採録決定
2. <u>Fumihide Tanaka</u> , Shizuko Matsuzoe. Children teach a care-receiving robot to promote their learning: field experiments in a classroom for vocabulary learning. Journal of Human-Robot Interaction. 2012, Vol.1(1), 78-95
3. <u>田中 文英</u> . 幼児教育現場におけるソーシャルロボット研究とその応用. 日本ロボット学会誌. 2011, Vol.29(1), 19-22
4. <u>Fumihide Tanaka</u> , Takeshi Kimura. Care-receiving robot as a tool of teachers in child education. Interaction Studies. 2010, Vol.11(2), 263-268
5. <u>田中 文英</u> , 小嶋 秀樹, 板倉 昭二, 開 一夫. 子どものためのロボティクス:教育・療育支援における新しい方向性の提案. 日本ロボット学会誌. 2010, Vol.28(4), 87-94

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 0 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. Toshimitsu Takahashi, Masahiko Morita, <u>Fumihide Tanaka</u> . Evaluation of a tricycle-style teleoperational interface for children: a comparative experiment with a video game controller. Proceedings of the 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2012, 334-338
2. <u>Fumihide Tanaka</u> , Toshimitsu Takahashi. A tricycle-style teleoperational interface that remotely controls a robot for classroom children. Proceedings of 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2012, 255-256
3. Toshimitsu Takahashi, Masahiko Morita, <u>Fumihide Tanaka</u> . Operational feedback

considering social contingency for robot teleoperation. Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2011, 234–239

4. Fumihide Tanaka, Toshimitsu Takahashi. Linking children by telerobotics: experimental field and the first target. Proceedings of 6th ACM/IEEE International Conference on Human–Robot Interaction, 2011, 267–268

5. Fumihide Tanaka, Tomoyuki Noda. Telerobotics connecting classrooms between Japan and US: a project overview. Proceedings of the 19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2010, 197–198