

双方向テレプレゼンスロボットを用いた 高齢者による子どもへの遠隔授業の実現に向けた予備実験の報告

A Pilot Study about Remote Teaching
over a Two-way Telepresence Robot System

岡村 栄里奈 *1
Erina Okamura

田中 文英 *2
Fumihide Tanaka

*1筑波大学 大学院 システム情報工学研究科
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

*2筑波大学 システム情報系
University of Tsukuba, Faculty of Engineering, Information and Systems

Work support for elderly people and childhood education are gaining importance in an aging society with fewer children. Telepresence robots are expected to provide a promising solution as it could enable people even with some physical difficulties to work from their home. The goal of this study is to develop a two-way telepresence robot system with which elderly people can give lessons using their skills to elementary school students. In this paper, we report exploratory field trials and explain three crucial functions for the two-way telepresence robot system.

1. はじめに

近年、日本社会では少子高齢化が年々深刻化し、増加する高齢者人口の人材活用と、これからの日本社会を担う子どもたちへの教育の質の向上が重要視されている。高齢者の中には、現役時代に培った専門的な技術や知識を持っていながら、定年後はそのスキルを発揮する場がなく眠らせてしまっている人が少なくない。そこで、高齢者が子どもたちに自らのスキルを活用して教育活動を行える場を作ることは、上記の課題を同時に解決することが期待される。しかしながら、高齢者は身体的、時間的な問題から移動が難しい場合が多い。そこで、高齢者が自宅から遠隔地にいる子どもに教育活動を行うことが可能になれば、上記課題の解決に大きく貢献すると考えられる。

著者らは、テレプレゼンスロボット技術を用いた高齢者による子どもへの教育活動、遠隔授業の実現を目指している。本稿では、その実現に向けた技術要素の探索と最初のシステム設計・開発について報告する。

2. 双方向テレプレゼンスロボットの仲介による遠隔授業：基本コンセプト

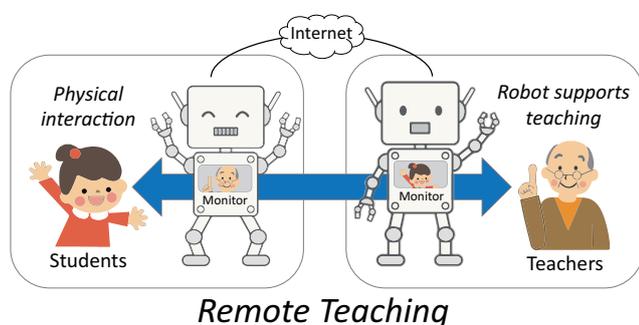


図 1: 双方向テレプレゼンスロボットによる遠隔授業

連絡先: 岡村 栄里奈, 筑波大学システム情報工学研究科, 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, okamura@ftl.iit.tsukuba.ac.jp

我々は高齢者による子どもへの遠隔授業の目指すべき姿として、

- (1) 教えることに慣れていない高齢者でも教えやすく、子どもにとっても教わりやすい
- (2) 双方に「授業が楽しい」という印象を与えることで、授業へ継続的に参加するモチベーションを維持する

ことが重要であると考えた。これらのコンセプトを満たす手段として、双方向テレプレゼンスロボットシステムを提案する。本研究で実現を目指す遠隔授業の概念図を図 1 に示す。本研究ではテレプレゼンスロボットのロボットプラットフォームとして、ソフトバンクロボティクス社の Pepper [1] を使用する。ロボットの胸部にディスプレイ、頭部にはウェブカメラを搭載し、頭部カメラで撮影した映像が遠隔地のロボットの胸部ディスプレイに表示される。これにより遠隔地間のビデオ通話 (Skype) が可能である。ロボットを高齢者と子どものいる地点の双方に 1 台ずつ設置する。高齢者はロボットを通じて遠隔地の子どもに自らの得意分野に関する授業を行う。子どもや高齢者はロボットとの身体的なインタラクションにより授業に参加する。またロボットは発話や動作、胸部に搭載されたディスプレイを用いて円滑な授業の進行を支援する。

Tanaka らの研究 [2] により、子どもが操作可能な (片方向) テレプレゼンスロボットが遠隔授業の活発化に貢献することが検証され、テレプレゼンスロボットを通じて子どもが授業に参加することが遠隔授業というユースケースにおいて有用であることが示唆されている。また、Nakanishi らはロボットハンドを通じた双方向の身体接触により遠隔存在感が高められ、相手に対する親近感が増すことを検証した [3]。本研究では、テレプレゼンスロボットを介してハイタッチなどの双方向の身体的なインタラクションにより、子どもと高齢者の双方の緊張を和らげ、「授業が楽しい」という印象を与えられることを目指し、双方向のテレプレゼンスロボットシステムを設計する。

3. 予備テストにおける要求仕様の探索

提案する双方向テレプレゼンスロボットシステムの具体的な要求仕様を探索するため、我々は子どもと高齢者に参加して

もらい予備テストを実施した。予備テストは2名の高齢者と4名の小学生が参加し、高齢者の自宅と遠隔地の子どもがいる部屋をインターネット接続して実施された。遠隔授業の題材は折り紙の教示とした。遠隔授業は子ども一人につき15分程度で、交代で実施された。遠隔授業の間は、ロボットの発話ののちの自律的なロボットの適切な振る舞いと機能を調査するため、テスト実施者により遠隔操作された。参加者が遠隔地の相手の顔が手元のうち自分の見たい視点に切り替えられることを想定し、参加者がロボットの手の甲に触れることによって遠隔地のロボットの頭部を動かし、ロボット頭部のカメラの視点を切り替える機能を搭載した。またテスト実施者の遠隔操作によりロボットを通じて子どもと高齢者がハイタッチを行う機会を設けた。ハイタッチを実行するタイミングは、子どもと高齢者が喜びを共有したいと考えられるときとした。この予備テストの結果から、下記の3つの課題が浮き彫りになった。

1) 視点の操作について

授業では折り紙という手を使う作業をしていたため、ロボットの手に触れて視点操作の機能を使うことが困難であった。また視点を切り替えられた後も、相手の手元の様子が見えにくい状況が観察された。双方が見たいところが見られないという問題が、授業の進行に大きな影響を及ぼしていた。これにより、手作業の教示において自然に使いやすい操作インターフェースと、ユーザーが見たい対象が画面内に収まるよう追従する必要性が確認された。

2) ロボットの視線について

予備テストで高齢者が子供に折り紙を教えている間、終始手元が映っていることで、子どもが折り紙の手順がわからなくて困っている様子が高齢者が気がつかない場面が生じた。手作業の教示において手元が映っていることは教示の進行において重要であるが、教わっている人の顔から理解しているかどうかの様子を伺えることが求められる。

3) 身体接触を伴うインタラクション

予備テストでハイタッチを実行すると、子ども、高齢者の双方が笑顔になる様子が確認できた。ユーザーのハイタッチをする意図をロボットが検知することで自律的に動作し、ハイタッチを実行するインターフェースが望ましい。

4. 双方向テレプレゼンスロボットシステムの実装

予備テストの結果を踏まえ、下記の3つの機能、半自動カメラ視点制御機能、自動目配り機能、双方向ハイタッチインターフェースを開発する。

4.1 半自動カメラ視点制御機能

遠隔授業の円滑な進行のため、双方が見たいものを捉えられるようカメラ視点を制御する機能を実装する。ロボットへの音声指示により、双方の視点を顔または手元に切り替える。また、ロボットは顔または手元を自動で追従する。

4.2 自動目配り機能

高齢者が子どもの表情を確認できるよう、高齢者が子どもに教示をしている間、高齢者の発話に即して子ども側のロボットが自律的に子どもの顔に目配りする。高齢者の発話終了とともに子ども側のロボットが子どもの手元から顔に数秒間視線を移すことで、高齢者にとって余計な操作をすることなく、子ども

の様子を伺いやすくすることを図る。さらに、ロボットが適宜顔を見てくることによって、子どもにとって見守られているという感覚を付与することを目指す。

4.3 双方向ハイタッチインターフェース

遠隔授業において、双方のユーザーの緊張感を和らげ、授業の印象を良くすることを目的とし、ユーザーの意思によって遠隔地間の双方向のハイタッチを実行するためのインターフェースを実装する。

1) ハイタッチ開始動作

ユーザーの発話から「ハイタッチ」という特定のキーワードを検知すると、子どもと高齢者双方のロボットが手を挙げてハイタッチのポーズをとる。また、ユーザーの拳手を検知するインターフェースを実装する。

ロボットのハイタッチのポーズは、人間同士が直接ハイタッチをする作法を参考にして作成する。人と人が直接ハイタッチする際には、手をあわせる瞬間は相手の顔ではなく手元を見るのが自然である。このことを参考に、ロボットを介して遠隔地の相手とハイタッチをする最中に遠隔地のロボットと相手の手元が映ると、遠隔地の相手とハイタッチをしている感覚が高められることを狙う。ハイタッチの一連の流れ（ロボットが手を上げて人間の手がロボットの手に触れ、人が手を下ろし、ロボットが手を下ろす）の最中はロボットは自分の挙げた手を見るようにし、ハイタッチの最中はビデオチャットを通じて互いに遠隔地の相手のハイタッチを実行する手元が映るようにした。ロボットは前のめりになるような印象を与えるため、軽く腰を屈める姿勢をとる。また、ハイタッチ実行時にロボットの挙げる手は2つの遠隔地間で左右対称となるようにする。

2) ハイタッチ実行動作

先述のハイタッチ開始動作の後、ユーザーの手がロボットの手のひらに近づくと、ロボットが手を押し返す機能を実装する。具体的には、ロボットの手の平に近距離センサを搭載し、ハイタッチ開始動作によりロボットがハイタッチのポーズをとった後、ユーザーがロボットの手の平に手を近づけたことを検知するとロボットが手を前に押し出す。デバイスはセンサ部分と通信モジュールからなる。近距離センサにはフォトリフレクタ (TPR-105F)、通信モジュールにはマイコン (Arduino Pro Mini 328 3.3V 8MHz)、無線通信モジュール (SparkFun Bluetooth Mate Gold) を使用し、これらを小型のリチウムポリマバッテリーによって駆動させる。

5. フィールドテスト

開発した3つの機能についてそれぞれ評価し、より詳細な要求仕様を調査するためのフィールドテストを実施した。具体的には、予備テストに参加した一部の子どもと高齢者を対象にした、開発した3つの機能による遠隔授業の改善を検証するテスト (フィールドテスト1) と、大学生が参加し開発した3つの機能についての評価とより詳細な要求仕様を調査するテスト (フィールドテスト2) を実施した。

5.1 フィールドテスト1

5.1.1 テストの目的

予備テストに参加した子どもと高齢者に開発した3つの機能を遠隔授業内で使用してもらい、感想を聞き遠隔授業の改善

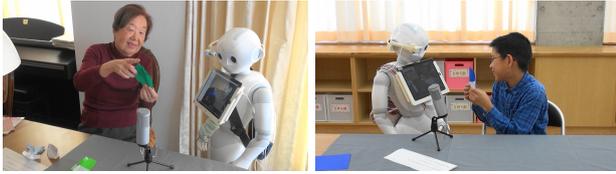


図 2: フィールドテスト 1 の高齢者側の様子 (左) と子ども側の様子 (右)

を検証することを目的とした。

5.1.2 テスト環境

フィールドテスト 1 には予備テストに参加した高齢者 1 名と小学校 6 年生の児童 1 名が参加し、高齢者の自宅と児童が通う小学校の教室で実施された。

5.1.3 テスト手順

予備テストと同様に、遠隔授業の題材として折り紙を扱った。はじめに子ども、高齢者に対し 5 分程度のテストの説明とロボットの機能についての説明を行なった。その後テスト実施者の指示によりビデオ通話 (Skype) を通して遠隔授業を開始した。遠隔授業は最長で 10 分間とし、授業の進行は参加者に任せ、折り紙が完成した時点で終了とする。遠隔授業の終了後、子ども、高齢者に個別にインタビューを実施した。

5.1.4 結果

フィールドテスト 1 の様子を図 2 に示す。フィールドテスト 1 では開発した 3 つの機能を子どもと高齢者に使用してもらい、予備テストからの改善を検証する予定であった。しかし実際には一部の機能しか動作せず、改善への貢献が確認できたのは半自動カメラ視点制御機能のインターフェース部分のみとなった。

高齢者が子どもに折り紙を教え始めると子どもはすぐにロボットに「手元を見て」と言い、子ども側と高齢者側の両方のロボットが手元に視線を向け、参加者はお互いの手元の方向を見ることができた。テスト終了後個別にインタビューを実施した結果、子どもから音声指示インターフェースはわかりやすいという意見を得られた。

フィールドテスト 1 にて一部の機能しか動作しなかった原因として、テスト環境における準備の時間が限られており準備が不足していたこと、通信方法の負荷が大きかったことが考えられる。

検証できなかった残りの機能の評価のため、通信方法を改善し、準備に時間が十分に費やせる大学内でフィールドテスト 2 を実施した。

5.2 フィールドテスト 2

5.2.1 テストの目的

半自動カメラ視点制御機能の自動追従機能部分、自動目配り機能、双方向ハイタッチインターフェースの評価と、より詳細な要求仕様の調査を目的とした。

5.2.2 テスト環境

フィールドテスト 2 は田中研究室で雇用した研究補助アルバイトの大学生 6 名が参加し、大学内の教室 2 部屋で実施された。二つの教室は隣り合っているが、壁で仕切られておりお互いの姿を見たり声を聞いたりすることはできない。片方の部屋は教える役、もう一方の部屋は教わる役がいる擬似的な遠隔環境とした。人とロボットの配置などの設定はフィールドテスト 1 と同様とした。

5.2.3 テスト手順

フィールドテスト 1 と同様、遠隔授業の題材として折り紙を扱った。一回のテストにつき 2 名の参加者が参加し、一人は折り紙を教える役、一人は折り紙を教わる役に振り分けた。遠隔授業の進行の仕方はフィールドテスト 1 と同様とした。テスト終了後に 3 つの機能に関するアンケート、インタビューを実施した。

5.2.4 結果

1) 半自動カメラ視点制御機能に関する結果

テスト終了後、参加者から「手元はよく追従できており、相手の手元が良く見えた」「相手の名前を呼ぶと相手の顔が見られるのは面白い」などの肯定的な意見が得られた。一方で否定的な意見としては、「ビデオ通話の相手の映像荒く、手元が見えづらい」という画質に起因する見えづらさについての意見と、「一対一で教えているので相手の名前を呼ぶ機会がない」という意見が多数得られた。実際に、遠隔授業中には双方の手元が映っている時間がほとんどであり、お互いの顔が映る時間は遠隔授業の前後のわずかな時間のみであった。また 1 名の参加者は「ロボットに顔を追従され続けるのが怖い」と回答した。

2) 自動目配りに関する結果

教える側の参加者からは、自動目配り機能についての肯定的な意見として「教えている最中に勝手に (相手の手元から顔に画面が) 切り替わる方が自然に相手に様子を見ることができると」などが得られた。その一方で、折り紙を教えることに慣れていない参加者からは、「相手の手元を見て確認したいため、手元が見えなくなるのは良くない」という否定的な意見が得られた。

教わる側の参加者からは、すべての参加者がロボットに目配りされていることにほとんど気がつかない、または意識しないと回答し、自動目配り機能の有無による遠隔地の相手への距離感の変化は感じないと答えた。その一方で、1 名の参加者はロボットに時折顔を見られることによって、ロボットの存在感が増されたと回答した。

3) 双方向ハイタッチインターフェースに関する結果

テスト中に参加者同士がハイタッチを実行したとき、すべての参加者が笑顔になり、中には声を出して笑う様子も観察された。ハイタッチが実行されるタイミングについては、すべての参加者の組は遠隔授業開始前にテスト実施者の指示によりデモンストレーションとして実行したものに、遠隔授業終了時に一回実行した。1 組の参加者は、上記に加えて遠隔授業の途中で手順の区切りがついた時点で 1 回ハイタッチを実行、という流れを計 2 回行った。遠隔授業開始前のデモンストレーションを除き、すべてのハイタッチは教える側の参加者から実行された。アンケートの結果、6 名の参加者のうち 5 名から肯定的な意見が得られた。また「ロボットの動きが相手に同期していないことに違和感を感じた」「相手と手をあわせるタイミングが合わない」とロボットとハイタッチをしているように感じる」「相手の顔が見えないと誰としているのかわからない」という意見が得られた。

6. 考察

フィールドテスト 1, 2 の結果をもとに、開発した 3 つの機能についての考察を述べる。

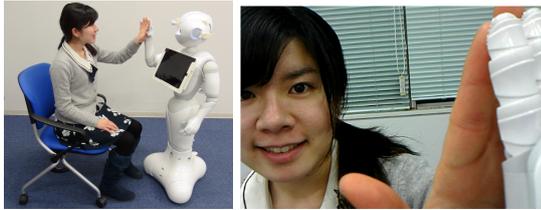


図 3: 改善されたロボットのハイタッチの姿勢（左）とその時のロボット視点の画像（右）

6.1 考察 1: 半自動カメラ視点制御機能

手作業の教示という場面に特化して考えると、手元を見てという音声指示インターフェースについてはわかりやすいということが考えられる。一方で相手の名前を呼ぶ音声指示は使用されず、一対一での遠隔授業で相手の名前を呼ぶ機会がない、手作業の教示中に相手の名前を呼ぶことが憚られるという意見を得た。今回のフィールドテストで設定した一対一での手作業の教示という場面においては、相手の名前を呼ぶというインターフェースは適切ではない可能性がある。設定を変えて複数人が参加する遠隔授業とした場合には、相手の名前を呼ぶ機会が発生しやすくなり、機能が効果的に使用される可能性が考えられる。

6.2 考察 2: 自動目配り機能

テスト結果から、自動目配り機能によって教える側にとっては、相手の顔が時折見られることで相手の様子がわかるということ自体においては利点があることが確認された。1名の参加者が「ロボットに顔を追従され続けるのが怖い」と回答した一方で、教えられる側の参加者はロボットに目配りされることにほとんど気がつかなかったと回答した。この結果から、ロボットの視線が人間に与えるロボットの存在感と心理的な負荷に影響することが考えられる。神田ら [4] の研究により、ロボットが自らの意図を表現するために「視線制御を行うことが愉快性や活動性において印象の違いをもたらす」ことがわかっている。ロボットの意図表現に限らず、人とロボットが接するとき人に心理的な負担を与えないための新たなロボットの視線制御の必要性が浮き彫りになった。

6.3 考察 3: 双方向ハイタッチインターフェース

遠隔授業の中でハイタッチを実行したときに参加者の笑顔が観察されたことや、参加者から肯定的な意見を得られたことから、双方向ハイタッチは遠隔授業において交流を促進する機能として有用である可能性がわかった。

双方向ハイタッチにより遠隔地の相手をより近くに感じる効果的な作法として、以下の2点が重要である可能性が示唆された。

- ハイタッチを実行する瞬間は、相手の手元だけではなく顔も同時に見える
- 相手と手を合わせるタイミングを合わせる

今回のテストで作成したハイタッチのロボットのポーズは、遠隔地のロボットと相手の手元のみが映る仕様となっていた。これを改善したロボットのポーズを図3に示す。ロボットがハイタッチのポーズをとると、遠隔地のロボットの手元と相手の手元に加え、相手の顔も同時に映るようにする。また遠隔地の相手の動作と自分側のロボットの動作を同期させ、双方のユー

ザーが手を前に押し出す動作を同時に実行しないとハイタッチが実行できないという状況を作り出し、画面を見ながらタイミングを合わせるようにする。これにより、遠隔地の相手とハイタッチをしているという感覚が強化され、ハイタッチによる楽しさや遠隔地の相手への親近感が増されることを期待する。今後はこのような機能を実装し、効果を検証していく予定である。

7. おわりに

高齢者による遠隔地の子どもへの遠隔授業において、(1) 教えやすく、教わりやすくする、(2) 楽しいという印象を付与し、授業への継続的な参加のモチベーションを維持するための双方向テレプレゼンスロボットシステムの開発に向けた要求仕様を調査した。フィールドテストの結果、必要であると予想された3つの機能、半自動カメラ視点制御機能、自動目配り機能、双方向ハイタッチインターフェースを実装し、これらの機能の遠隔授業における貢献の評価とより詳細な要求仕様の調査のための2つのフィールドテストを実施した。その結果、半自動カメラ視点制御機能は授業の進行を促進することがわかった。自動目配り機能は遠隔授業の進行に貢献する明確な知見は得られなかったが、ロボットの視線が人の心理状態に与える影響の可能性が示唆された。双方向ハイタッチインターフェースについては、双方向ハイタッチ自体は遠隔授業における交流を促進することがわかった。ロボットを通じたハイタッチの効果的な作法として、ハイタッチを実行する瞬間は相手の手元だけではなく顔も同時に見えるようにすること、相手と手を合わせるタイミングを合わせる可能性が示唆された。

本稿ではロボットの能動的な行動は開発の対象としなかったが、ロボットが発話や動作を用いて遠隔授業に介入することで、本研究で目指す遠隔授業の実現に貢献する機能の検討も必要である。また、高齢者が教えられる題材の一例として今回は折り紙を取り扱ったが、今後は手作業の教示だけでなく、知識の伝承などに関わる題材も検討していく予定である。

謝辞

本研究は、科研費・基盤研究(A)「子どもと高齢者の教育的コミュニケーションを支援するロボットインタフェース(課題番号 15H01708)」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] Pepper, SoftBank Robotics Corp: <http://www.softbank.jp/en/robot/>
- [2] F. Tanaka, T. Takahashi, S. Matsuzoe, N. Tazawa and M. Morita: Telepresence Robot Helps Children in Communicating with Teachers who Speak a Different Language. In Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2014), pp.399-406, 2014.
- [3] H. Nakanishi, K. Tanaka, and Y. Wada: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence. In Proceedings of International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2014), pp. 2143-2152, 2014.
- [4] 神田 崇行, 石黒 浩, 石田 亨: 人間-ロボット間相互作用に関わる心理学的評価. 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 3, pp. 362-371, 2001.