

大型スクリーンとタブレット連動型ロボットを用いたリアルタイム遠隔教育システムの開発と検証

代表研究者	冬野美晴	九州大学 芸術工学研究院 助教
共同研究者	中島祥好	九州大学 芸術工学研究院 教授
共同研究者	森本有紀	九州大学 芸術工学研究院 助教
共同研究者	森山円香	神山つなぐ公社 教育支援担当職員

1 はじめに

日本では全公立学校のうち約1割がへき地等指定学校であり、少子化に伴いその数は増加傾向にある。たとえば鹿児島県は小学校・中学校の約40%がへき地にあり、その約70%が離島に位置している(冬野編, 2015)。また県内の全学校数が小学校 513・中学校 230 の中、複式学級を有する学校がそれぞれ 230 校・31 校となっており、小規模校の多さが窺える。さらに、へき地等指定を受けていない場合でも、日本全国で人口過疎地域が増え学校の統廃合が進み学校の孤立が進んでいるケースもある。

このような背景の中、離島校等において遠隔指導が正規単位として容認され始めており、遠隔ビデオ通話システム等を応用した遠隔教育システムの利用が進んでいる。たとえば、ビデオ通信を PC 画面やタブレット端末で実施し、遠隔地同士の学生らが相互に交流する試みや、英語授業の ALT (外国語指導助手) の派遣が通常よりも少ない回数で、都市部の ALT が遠隔通信技術によって授業に参加する試みが挙げられる(竹生・足助, 2017; 塚本, 2017)。

また、日本と比較して国土の広いオーストラリアやアメリカなどでは、地理上の理由から学校に通うことが困難な子どもたちのために公的に遠隔教育が行われることが少なくない。たとえば、オーストラリアでは公立の遠隔教育専門のセンターを過疎地域につくり、オンラインビデオ講義や都市部の講師との通話をサポートする機器を配置することで、質の高い遠隔教育を提供している (Holmberg, 2005)。しかし、すべてを遠隔教育のみで行うことには困難が多く、理科科目の実験など、対面授業でなくては実施が難しいものがあるため、定期的な対面授業を取り入れることの必要性が明らかになっている。

日本では遠隔指導の実際の運用は未だ比較的事例が少なく、また運用にあたり課題が指摘されている。課題の一つとして挙げられるのが、コミュニケーションにおける非言語要素の活用の少なさである。一般に広く普及している遠隔ビデオ通話システムを利用する場合、固定された画面で顔を中心とした上半身の映像と音声による通話がなされることが多い。しかし、ヒトのコミュニケーションにおいて対人距離・ジェスチャ・姿勢等の非言語要素が担う機能は音声の倍以上とも指摘され、教育指導においても例外ではない。従来のシステムでは画面の中で見える表情など一部の非言語メッセージしか活用されず、対面指導と比較してコミュニケーション全体の質が変わる傾向にあった。

遠隔コミュニケーションを促進するツールとして、近年タブレット連動型自立走行ロボットを用いたテレプレゼンスロボットの開発運用が進んでいる。テレプレゼンスロボットとは、遠隔地で前後左右等へ移動可能な躯体をもつ、遠隔ビデオ通信装置を指す。すでにさまざまなテレプレゼンスロボットが市場に出ているが、ロボット上部に遠隔ビデオ通信を行う液晶画面やタブレット等が配置され、脚部には車輪等の移動装置があり、遠隔ビデオ通信を行うユーザが手元で操縦をすることで前後移動・左右方向への回転が可能なものが多い(図 1)。このようなテレプレゼンスロボットは、リモートワークなどビジネス場面における使用事例が国内外で見られ、また教育現場における使用も少しずつ拡大している。



▲ Double Robotics 社「Double2」
(<http://www.doublerobotics.com/>)



▲ VGo 社「VGo」
(<http://www.vgocom.com/>)

図1 市販されているテレプレゼンスロボットの例

また、ロボットを用いた遠隔指導教育については、韓国で英語授業に活用している先行事例がある。韓国では国策として英語教育が手厚く実施されており、日本で言うところの ALT の配置も手厚い。しかし、コストや人員配置が課題となる場合もあるため、遠隔通話で指導を行う英会話講師が自走型ロボットによって遠隔通信を行い、ALT として遠隔地の教室にいる児童生徒を指導するシステムが制作され、現場で検証され有用性が確認されている (Yun, Kim, and Choi, 2013)。しかし、これまでに日本の学校英語教育でテレプレゼンスロボットが導入された事例は希少である。本研究で試行・検証することで、今後の教育応用への試金石となることが期待される。

移動が可能なテレプレゼンスロボットを用いて遠隔教育を行えば、教員は学生の近くまで移動し、学生の表情や手元を確認しながら机間指導を行うこと等が可能になり、実際に同じ教室で学生を指導する環境により近い形で指導できると考えられる。また、話者の非言語メッセージの伝わりやすさに着目すると、パソコン画面と大型スクリーンを比較した場合、より非言語メッセージが観察しやすい大型スクリーンのほうが効果的であることが予想される。そこで本研究では、パソコン画面、大型スクリーン、テレプレゼンスロボットによる遠隔ビデオ通話を用いた遠隔授業の比較実験を行い、遠隔教育におけるテレプレゼンスツールの有用性を検証する。

2 関連研究

村上他 (2010) は、話者がテレプレゼンスロボットを介して遠隔地の相手と会話する際に、テレプレゼンスロボットが固定された条件と、左右回転・前後運動・回転+前後運動 (手動操作)・回転+前後運動 (自動操作) する各条件で比較実験を行った。実験結果から、話者のテレプレゼンスの度合いについて、ロボットの前後運動による効果が有意に確認された。テレプレゼンスの度合いは、「同じ部屋の中で実際に相手に眺められている感じがしたか」「相手の存在感を感じたか」などの項目からなる質問紙調査によって測られた。

長谷川・中内 (2014) は話者の無意識的身振り (ジェスチャ) に着目し研究を行っている。話者のジェスチャを捕捉し、遠隔地に配置したロボットへ反映させる実験を行い、ジェスチャが反映されることで遠隔通話における会話衝突が減る傾向にあることが明らかになった。ロボットは手足部分が稼動するロボットであ

った。

以上より、遠隔授業において前後移動を取り入れることと、教員（遠隔話者）の無意識的身振りが伝わりやすい環境を取り入れることが遠隔授業のスムーズな実施に役立つと考えられることから、テレプレゼンスロボットと大型スクリーンによりこれらの点を検証する。検証においては、比較対象としてパソコン画面（14インチ）も条件に組み入れ、遠隔通信ツールが異なる4条件下で実験授業を行った。実験授業の詳細について3節で論じる。

3 研究方法

3-1 実験条件と被験者

テレプレゼンスの方法の違いによる影響を検証するため、教員が以下の4条件で学生らとコミュニケーションを行う、英語レッスンの遠隔授業を行った。大型スクリーンのみやテレプレゼンスロボットのみの条件に加え、双方の利点が生かせるのではないかと考えられる、大型スクリーンとテレプレゼンスロボットを組み合わせた条件（条件4）も取り入れた。

日本人高校生4名（男性1名、女性3名）を学生被験者、日本人英語学習者を2年以上指導した経験がある英語話者1名を教員被験者とし実験授業を実施した。学生被験者たちの英語力は同程度であった¹。学生被験者は全員が同じ教室で着席し遠隔指導を受けた。教員被験者は別の場所から遠隔ビデオ通話のみを使って指導した²。

条件1. パソコン画面（14インチ）

条件2. 大型スクリーン

条件3. テレプレゼンスロボット

（Double Robotics社のDouble 2：遠隔側話者のユーザ操作による前後移動・左右回転・上下調節が可能。画面には9.7インチのiPadを使用。図1参照）

条件4. 大型スクリーン+テレプレゼンスロボット

3-2 授業構成

いずれの条件においても次の構成により授業を実施した。授業はすべて英語で実施された。各条件はそれぞれ約8分間である。

1. ワークシートの重要英単語の意味を教員と学生が相互会話により確認する
2. 学生はそれぞれワークシートの長文を黙読する
3. 学生は長文に関する英語の質問が1つずつ記載されたカードを引き、質問を口頭で読み上げ回答する（回答を考察する際、学生同士で相談可）
4. 教員は回答に対するフィードバックを行う
5. 各条件終了時に学生被験者と教員被験者それぞれに対し質問紙調査を実施

授業では、学生被験者たちが普段の高校の授業で使っている英語教科書を参照し製作されたワークシートと質問カードのセットが用いられた（付録参照）。条件ごとに異なる内容のワークシートと質問カードセットが製作され、難度はすべての条件で同程度になるよう調整された。質問紙では村上他（2010）を参考に、テレプレゼンスの度合いに関する項目と、授業の受けやすさ（教員被験者の場合、「指導のしやすさ」）に関する項目をそれぞれ9段階（1～9）の尺度法で尋ねた。テレプレゼンスの度合いに関する項目は、「相手のふるまいが分かったか」「相手の存在感を感じたか」「相手に実際に眺められている感じがしたか」の3項目である。更に、任意のフリーコメントを得た。

実験終了後、学生被験者と教員それぞれに対する質問紙調査への回答をまとめ、平均値を算出した。

4 質問紙調査の結果

まず、学生被験者による質問紙への回答をそれぞれ集計し平均化した結果を図2に示す。

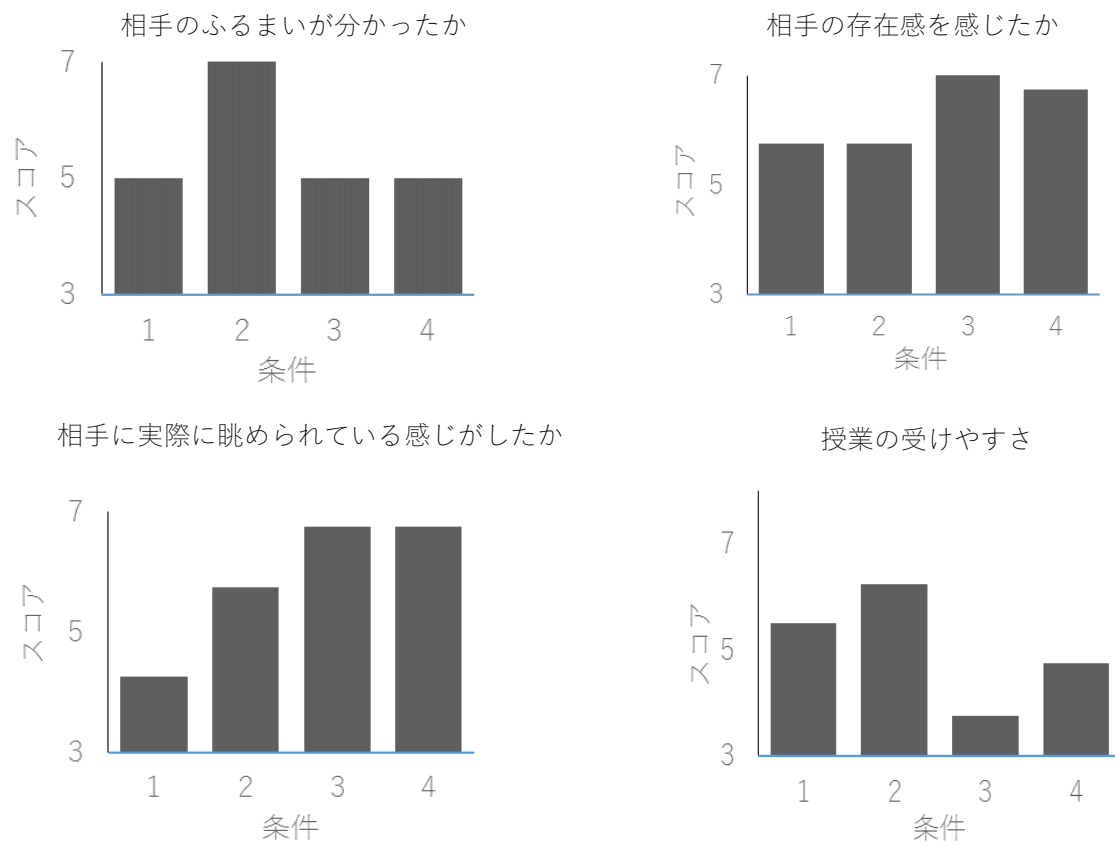


図2 学生被験者らによる質問紙への回答結果

「相手の存在感を感じたか」「相手に実際に眺められている感じがしたか」に対する回答結果から、テレプレゼンスロボットを用いた条件3・4では教員のテレプレゼンスの度合いが高かったことがわかる。しかし、「授業の受けやすさ」は大型スクリーンのみを用いた条件2が最も高かった。条件2は「相手のふるまいが分かったか」に対する評価が高いことから、大型スクリーンを用いた条件2においては教員の表情・ジェスチャ等が観察しやすかったため、授業の受けやすさが高かったと考えられる。テレプレゼンスロボットにおいては表情は観察しやすいが、大型スクリーンと比較すると画面が小さく手のジェスチャは見えづらいこともあることから、上半身全体のジェスチャの見えやすさが授業の受けやすさに影響を与えた可能性がある。学生被験者からのフリーコメントを以下に示す。

★学生コメント

- ・ロボットが近づいてくるのは、先生が後ろからノートを覗く雰囲気似ていた。
- ・ロボットは面白かったが、音声がやや聞き取りづらかった。
- ・スクリーンは音声も聞き取りやすく、文字もはっきり見えた。
- ・ロボットのときは音割れがあったり、相手に自分たちの声が聞き取られにくかったり、やりにくさがあった。
- ・ロボットが近くに来たら照れた。

質問項目結果と同様に、テレプレゼンスの高さについてテレプレゼンスロボットを用いた条件を評価するコメントがある一方、音声通話の問題を指摘するコメントがあった。これも授業の受けやすさに影響を与えたと考えられる。

次に、教員被験者に対する質問紙調査の結果を図3に示す。

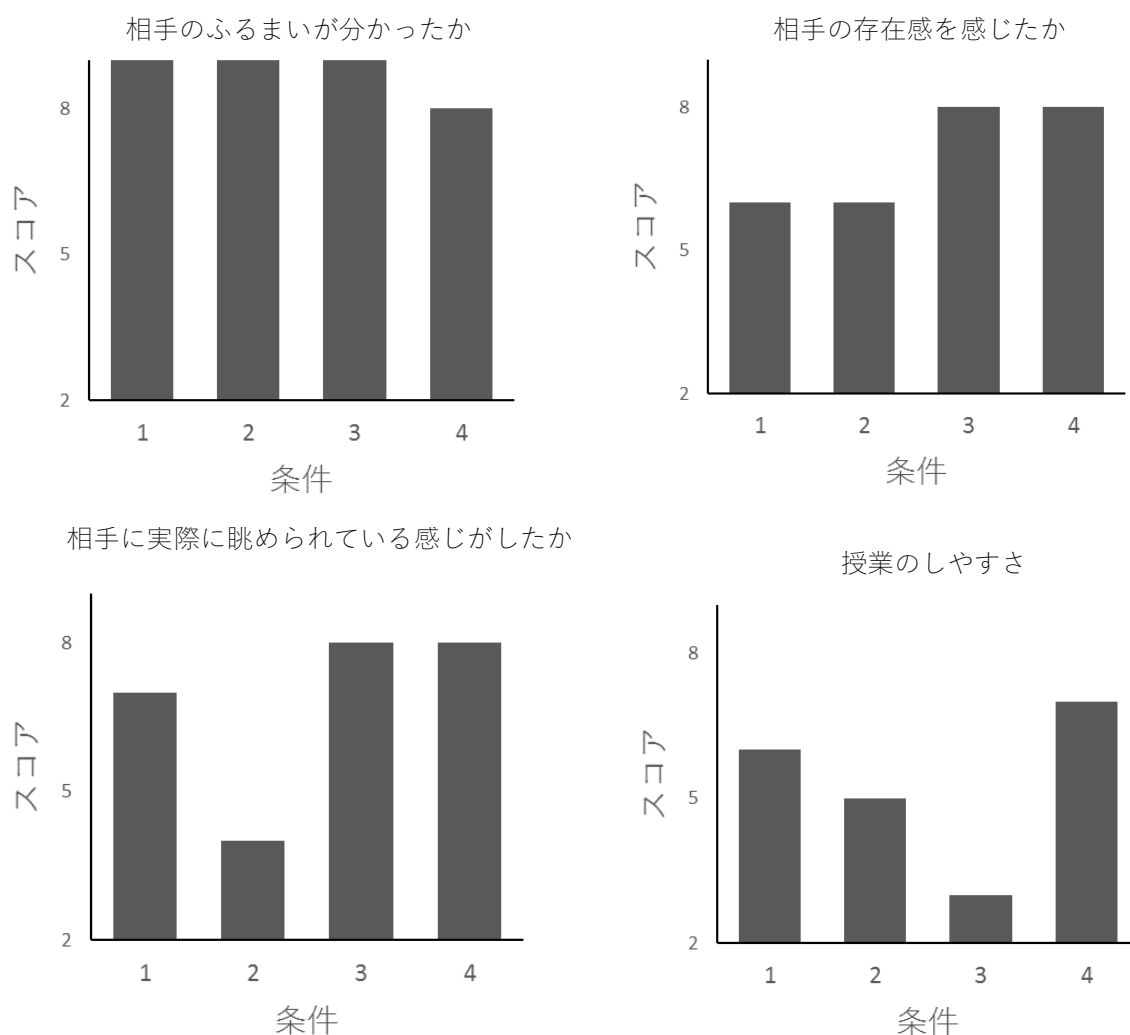


図3 教員被験者による質問紙への回答結果

テレプレゼンスの度合いについては、学生被験者の結果と同様の傾向で、テレプレゼンスロボットのみの条件3とテレプレゼンスロボットと大型スクリーンを併用した条件4が高かった。授業にしやすさについては併用した条件が最も高く、学生被験者による授業の受けやすさと異なる結果となった。

教員被験者からのコメントを以下に示す。

★教員コメント

- ・パソコン画面のときは、相手が大きい声で話さないと聞こえづらい。授業するときは、（学生たちが相互で話す）小声の疑問などで色々わかるので、すこし困る。
- ・大型スクリーンのみの方は、学生たちはプロジェクタを見るので、彼らがどこを向いているかよくわからなかった。
- ・テレプレゼンスロボットのみの方は、ホワイトボードが使えないと英語のみで単語の意味を伝えるのは難しい。そして、カメラの視界から遠ざかったり離れたら、学生たちがこちらをちゃんと見えないと思い、ジェスチャもあまり使えなかった。
- ・スクリーンとテレプレゼンスロボットを併用した場合、テレプレゼンスロボットで移動して、教室のプロジェクタの光がテレプレゼンスロボットに当たると学生たちの様子

が見えなくなる。しかし、テレプレゼンスロボットとスクリーンの双方があると、遠隔指導でも普通の対面授業の感覚に近づくと思った。

以上のように、テレプレゼンスロボットとスクリーンを併用することで、板書をしたり机間指導をしたりといった対面授業で可能なことが遠隔指導でも可能となり、対面授業に近い授業が可能になるが、教室での配置や教員側のカメラの位置などをより入念に検証する必要がある。また、教員側でツールの特性をよく理解し、授業のどのパートでどのツールを使うか、またどのようなやりかたで使うかなどについて各ツールの特性を最大限有効に用いる重要性が確認された。

5 行動分析

質問紙調査の結果から、大型スクリーンとテレプレゼンスロボットの有用性が、テレプレゼンスの度合いとの関わりからある程度確認された。本研究では更に、これらの条件間で、学生の教員に対するインタラクション行動に違いがあるのかを分析するため、行動分析を行った。

行動分析では、学生参加者の行動を動画記録したデータを用いて、条件2-4の「うなずき」の継続時間長を分析した。参加者の全うなずきを動画注釈ソフトウェアELANを用いて集計し、平均値から各条件の1分あたりの時間長と頻度を算出した(図4)。

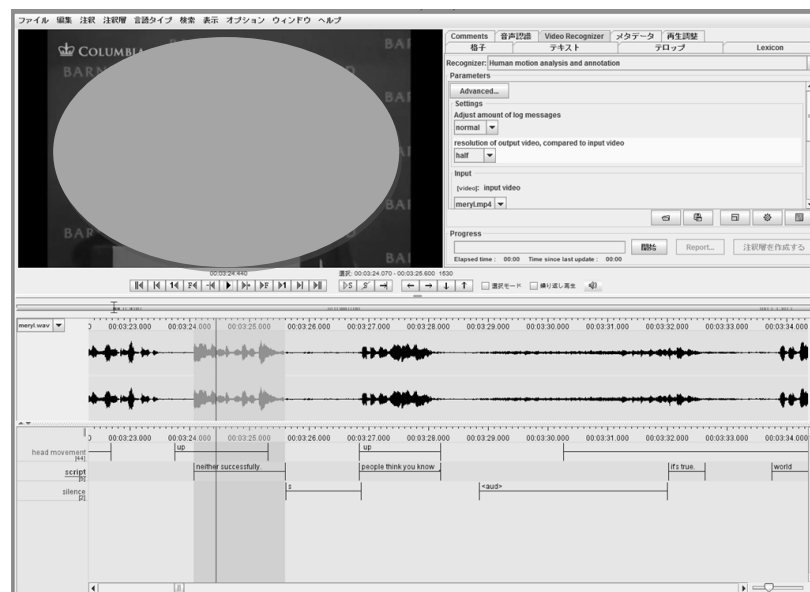


図4 行動分析に用いた動画アノテーションツール”ELAN”作業画面の例

5-2 行動分析結果

スクリーンのみを用いた条件、テレプレゼンスロボットのみを用いた条件、両方を用いた条件の各授業における学生被験者のうなずきを分析し、各被験者のうなずきの時間長を平均化した結果、テレプレゼンスロボットのみを用いた条件において学習者のうなずきの継続時間長が最も長かった。グラフは1分あたりのうなずき継続時間長を示す(図5)。

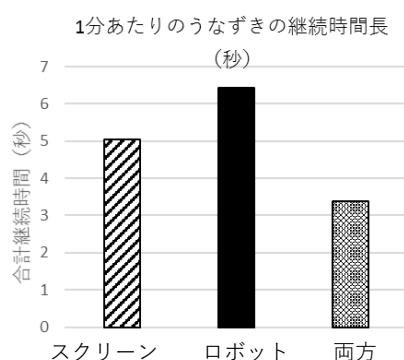


図5 学生参加者のうなずきの時間長

スクリーンとテレプレゼンスロボットの両方を用いた条件については、質問紙調査においてテレプレゼンスの度合いを測る「相手の存在感を感じたか」「相手に実際に眺められている感じがしたか」の2項目でテレプレゼンスロボットのみ条件と同程度に高い評価を得ていたが、学生のうなずき時間長についてはロボットのみ条件よりも半減していた。スクリーンとテレプレゼンスロボットの両方を用いた条件は学生評価による「授業の受けやすさ」の項目で低い評価となっていたが、うなずきの時間長も少なく、学生被験者たちはスクリーンとロボットのどちらを見るか迷うなどしてコミュニケーションに集中しづらかった可能性がある。

5 おわりに

本研究では遠隔指導においてテレプレゼンスツールがコミュニケーションに与える影響に着目し、PC画面、大型スクリーン、テレプレゼンスロボットを用いて4条件下で実験授業を実施した。従来、スカイプなどのビデオ通信で実施する学生相互の遠隔地交流の試みなどが行われてきたが、先行研究より、ロボットの前後運動によってテレプレゼンスが有意に高まるということや、遠隔地に話者の無意識的身振り（ジェスチャ）が反映されることでコミュニケーションの質が高まること確認されている。そこで本研究では、前後運動が可能なテレプレゼンスロボットと、PC画面と比べよりジェスチャが分かりやすいと考えられる大型スクリーンを条件に取り入れ、英語の実験授業を遠隔で行い学生被験者に質問紙調査を実施した。更に、教員-学生間のインタラクションの違いを見るため、授業中の学生の行動を動画記録し、うなずきの時間長を計測し分析した。

実験結果より、テレプレゼンスロボットを用いた条件およびテレプレゼンスロボットと大型スクリーンを併用した条件において「相手の存在感を感じた」「相手に実際に眺められている感じがした」などのテレプレゼンスの度合いを確認する質問へのスコアが高く、先行研究と同様に、移動可能なロボットによって教員のテレプレゼンスの度合いが高まったことがわかった。また、大型スクリーンのみを用いた条件において「相手のふるまいが分かった」という回答のスコアが最も高く、更に「授業の受けやすさ」のスコアももっとも高かったことから、遠隔話者のジェスチャがより伝わりやすい環境の有効性が確認された。

しかし、両者の利点を組み合わせることができるのではないかと考えられた、大型スクリーンとテレプレゼンスロボットの双方を用いた条件では、「相手のふるまいが分かった」および「授業の受けやすさ」に関して大型スクリーンのみを用いた条件よりもスコアが低かった。この点に関しては、教員側による両ツールの使い分けの工夫や教員側のシステムの配置の工夫（操作がより簡便になるような配置とする）などの改善の余地があると考えられる。教員被験者による回答からは、併用型条件がもっとも対面授業に近い感覚で授業ができるというコメントが見られ、併用型システムの有用性が示唆された。

今後の展望として、本研究では学生被験者らの主観評価と教員被験者の主観評価、および学生被験者のうなずきの分析を行ったが、より多くの種類の動作について学生被験者と教員被験者双方のデータを定量的に分析することで、今後の遠隔指導システムに向けた示唆が得られると期待される。

注

1. 学生被験者たちは通っている高等学校において全員が英語 4 技能検定テストである GTEC (<http://www.benesse.co.jp/gtec/>)を受験していたため、GTEC のスコアによって英語力に大きな差がないことを確認した。被験者の平均英語力は GTEC グレード 5 であった。
2. 実験遂行上、教員被験者は同じ建物内の階が異なる別室において遠隔指導を行った。学生被験者達には「教員は別の場所から遠隔指導を行う」と伝えられた。

【参考文献】

- 冬野美晴編 (2015) 『長期教育実習と実習フォロー研修の試行と効果検証』平成 26 年度文部科学省“総合的な教師力向上のための調査研究事業～教育課題に対応するための教員養成カリキュラム開発～” 報告書. 九州大学.
- 長谷川孔明・中内靖. (2014) 「テレプレゼンスロボットによる無意識的身ぶりの表出が発話交替に与える影響」『日本機械学会論文集』80(819), DR0321.
- Holmberg, B. (2005). *Theory and practice of distance education*. Routledge.
- 村上友樹・中西英之・野上大輔・石黒浩 (2010) 「ロボット搭載カメラの移動がテレプレゼンスに与える影響」『情報処理学会論文誌』51(1), 54-62.
- 竹生秀之・足助武彦 (2017) 「伊那における遠隔授業」『日本デジタル教科書学会第 6 回年次大会発表予稿集』63-64.
- 塚本譲二 (2017) 「これからの学校教育が目指すもの—地域との連携をとおして—」『明治大学教育会紀要』第 9 巻, 43-48.
- Yun, S. S., Kim, M., & Choi, M. T. (2013). Easy interface and control of tele-education robots. *International Journal of Social Robotics*, 5(3), 335-343.

付録

実験授業で用いたワークシートと質問カードの例

A wooden spoon looks like the opposite of "technology", as the word is normally understood. But look closer at your wooden spoons. Look at the shape. Is it oval or round? Cupped or flat? Perhaps it has a pointed end on one side to get at the **lumps** on the corner or the pan. Maybe the handle is extra-short, for a child to use, or extra-long, to give your hand a place of greater safety from a hot pan. **Countless** decisions – economic and social as well as those related to design and applied engineering – will have gone into the making of this object, and these will affect the way this device **enables** you to cook.

The wooden spoon does not look particularly **sophisticated**, but it has science on its side. Wood is *non-abrasive and therefore is gentle on pans- you can **scrape** away without fear of damaging the metal surface. It is *non-reactive: you need not worry that it will leave a metallic taste or that it will chemically react with foods. Above and beyond its functionality, however, we cook with wooden spoons because we always have. They are part of our civilization.

Traditional histories of technology do not pay much attention to food. They tend to focus on industrial and military developments. When food is mentioned, it is usually in the context of agriculture, rather than the domestic work of the kitchen. But there is as much innovation in a bottle opener as in a bullet. Technology is not just a form of the latest engineering but something very human: the creation of tools and techniques that answer certain needs in our lives.

*non-abrasive: 研磨作用のない

*non-reactive: 反応性のない

Describe the wooden spoon in your kitchen.	Ask a friend: What other kitchen utensils are mentioned in the text?
Texts on technology in the past repeatedly referred to food in connection to kitchen work as well as agriculture. True or False?	People normally think that a wooden spoon should be put in the category of the latest technology. True or False?
What is the difference between a spoon with a short handle and a long handle?	Translate to Japanese: "There is as much innovation in a bottle opener as in a bullet."
Ask a friend: Why do we cook with wooden spoons?	Translate to Japanese: "Traditional histories tend to focus on industrial and military developments."

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
遠隔教育におけるテレプレゼンスツールの比較実験—英語授業でのテレプレゼンスロボット使用検証—	言語科学, 53, pp. 47-53.	2018年3月
テレプレゼンスツールを利用した遠隔教育の検討：学習者の行動分析によるツールの比較	外国語教育メディア学会第58回全国大会プロシーディング (2p)	2018年8月 (予定)