

遠隔対話におけるテレプレゼンスロボットの 頷き動作の違いに対する印象評価

石田華子^{†1} 高瀬遥矢^{†1} 杉本武士^{†1} 堀井省次^{†1} 蒲池恒彦^{†1}

概要：頷きは、コミュニケーションを円滑に行うために欠かせない重要な非言語表現の1つであり、人は相手との関係性や会話の内容に応じて様々な頷き動作を行っている。そのため、テレプレゼンスロボットを用いて遠隔でコミュニケーションを行う際にも頷きは重要である。しかし、テレプレゼンスロボットが様々な頷き動作を行った時に、それぞれの頷き動作が対面した人にどのような印象を与えるのかは明らかでない。そこで、本研究では頷き動作を「速度」「深さ」「連続回数」の3つの要素に分解し、各要素の値と組合せを変えて生成した複数の頷き動作に対する印象を、我々が開発中のテレプレゼンスロボットを用いて評価した。実験の結果、頷き動作の違いが異なる印象を与えることが分かった。具体的には、頷きが遅い方が、共感して聞いている印象を対面した人が感じており、頷きの速度が“共感”に影響を与える可能性がある。

1. はじめに

近年、リモートワークが急速に広がり、オフィスにいる人と在宅環境にいる人とが混在する状況が一般化しつつある。我々は、オフィスと在宅環境のように離れた状況でも、対面している時のような円滑なコミュニケーション体験を実現することを目指し、遠隔から操作して、離れた場所でも自分の存在を拡張して表現できるテレプレゼンスロボットを開発した。物理的な存在がオフィスにあることが重要だと考えており、本研究で開発したテレプレゼンスロボットをフィジカルアバターと呼ぶ[1][2]。

人は対面している相手とコミュニケーションするときに、言語だけでなく、身振り、表情、視線、人との距離、声のトーン、等の言語以外の情報も使っている。このようなコミュニケーションを非言語コミュニケーションと呼ぶ。我々はこれらの非言語表現によって、言語では伝えきれない意味を補完したり、相手の気持ちを読み取ったりしながら、コミュニケーションを行っている[3][4]。

非言語表現の1つである頷きは、聞き手から話し手への応答の一種で、話を聞いていることや話に興味があることを示す。さらに、頷きによって聞き手と話し手のリズムが合うことで話が弾むため、コミュニケーションには欠かせない[5][6]。そのため、フィジカルアバターを介したコミュニケーションにおいても、頷きが重要となる。

しかし、頷きは意識せずに行っていることも多く、フィジカルアバターの頷きを手動操作する場合、対話しながら操作することは操作者にとって負担が大きい。さらに、操作者が対話に集中して頷きの操作を失念してしまうと、フィジカルアバターに対面した人は、操作者の頷きが見えなくなり、コミュニケーションに悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、円滑なコミュニケーションのためには、頷きを

自動化することが重要である。

前述のように、頷きはコミュニケーションに欠かせないが、「タイミング」と「動作」を適切に行わないと以下のような問題が生じる場合がある。

- (1) フィジカルアバターが頷くタイミングが、対面した人が期待するタイミングとずれると、話のリズムが合わなくなる。
- (2) フィジカルアバターの頷き動作が、対面した人が期待する応答と異なると、聞いている態度に違和感を持つ。

そのため、頷きを自動化するにあたって、これらの2つの因子を考慮することが重要である。問題(1)のタイミングに関しては、中道[7]らの研究がある。この研究では、人の容姿に似たテレプレゼンスロボットを用いて、テレプレゼンスロボットの頷きモードを、手動操作頷き、一定間隔で頷く自動頷き、頷きなし等いくつか用意して、話を聞く態度として良い印象を相手に与えられるかを評価した。被験者はテレプレゼンスロボットの操作者として、テレプレゼンスロボットに対面した人の話を聞くというタスクを行った。タスクの様子は録画されており、被験者は、録画を視聴してテレプレゼンスロボットに対面した人視点からの客観的な評価を行った。その結果、テレプレゼンスロボットが一定間隔で頷く自動頷きの場合は、頷きなしの場合よりも聞く態度として良い印象だったと評価していた。しかし、この評価は操作者の評価であるため、実際にテレプレゼンスロボットに対面した人の評価が同様かは分からない。

また、中道らは問題(1)の頷きタイミングに着目しており、問題(2)の頷き動作については言及していない。そこで、本研究では頷き動作に着目し、フィジカルアバターに対面した人にとって、聞いている態度として良い印象を与える頷き動作を解明することを目指す。

2. 関連研究

人の頷き動作については、様々な分野で研究されている。ここでは、聞き手の傾聴が重要となるカウンセリングにおける研究について述べる。井上らは、セラピストとクライアントの頷きが同期する度合いの変化を調査した[8]。クライアントが実際に抱える問題を議論するカウンセリング対話を分析しており、考察の中で、熟練セラピストの頷き動作に言及している。そこでは、クライアントの問題認識への肯定を強化する場面や、クライアントとの合意形成のために、セラピストは「力強い頷き」を返していたと表現している。

このような感性的な表現ではなく、頷き動作を物理的な特徴で分析した研究もある。森らは、頷き動作の物理的特徴を抽出し、共起する相槌の種類との関係を分析した[9]。相槌には、「はい」「うん」等の受容や承認を表すものや、「そう」「そうか」等の理解や同意を表すものがある。この研究では、受容や承認を表す相槌と共起する頷きは浅く、理解や同意を表す相槌と共起する頷きは深いという結果が報告されている。したがって、人は対話において、話を聞いている態度として受容や承認を表す時は浅く頷き、理解や同意を表す時は深く頷くと考えられる。

アバターの頷き動作に関する研究として、CG アバターの頷き動作の印象を評価した北村らの研究[10]が挙げられる。北村らは、頷き動作を構成する要素として「1回の頷きに要する時間」「頷きの深さ」「頷きの連続回数」を用い、それらの組合せでCGアバターの頷き動作を作成した。そして、CGアバターが様々な頷き動作をする映像を被験者が見て印象を評価した。その結果、頷き動作の3つの構成要素の全てが頷き動作の印象に影響を与えたという結果が得られた。また、いずれかの設定値を変更すると、異なる印象となる場合があることや、「1回の頷きに要する時間」がその他の2要素に比べて、頷き動作の印象変化に影響を与えやすいことが示された。

この研究では、CGアバターが様々な頷き動作をする映像を見た人が頷き動作そのものに対して感じる印象を評価しているが、本研究では、より実用に近い環境として、実機のフィジカルアバターを用いて日常の対話の場面を設定し、フィジカルアバターに直面した人が感じる印象を評価する。

3. フィジカルアバターの頷き動作に対する聞いている態度の印象の評価

3.1 実験概要

本研究では、良い印象を与える頷き動作の解明を目指しているが、良い印象は一意ではなく、話し手が相手に期待する応答に対応した様々な良い印象があると考えた。その理由としては、話し手の期待として「軽い気持ちで聞いて欲しい」「集中して聞いて欲しい」「理解して欲しい」「興味

を持って欲しい」「共感して欲しい」等があると考えられ、それぞれの期待に応える頷き動作に対して良い印象を受けるのではないかと考えたためである。そこで、本稿では、良い印象を与える頷き動作とは、フィジカルアバターに直面した人の期待に応える頷き動作であると定義する。

しかし、人の頷き動作と同様に、フィジカルアバターが様々な頷き動作をした時に、それぞれの頷き動作に対して、聞いている態度として異なる印象を受けるかは明らかでない。また、人の頷き動作については、速い浅い頷きに対して話を軽い気持ちで聞いているという印象を受け、遅い深い頷きに対して話を理解している印象を受けると予想される[9]が、フィジカルアバターの頷き動作から受ける印象が、人の頷き動作から受ける印象と同様かは分からない。

そこで、対話の場面におけるフィジカルアバターの頷き動作の違いによって、話を聞いている態度の印象が変化するか評価した。

3.2 フィジカルアバター

実験に使用したフィジカルアバターの外観を図1に示す。デザインコンセプトとして、フィジカルアバター自体のキャラクター性や性別の影響を排除するためにシンプルなデザインを目指した。フィジカルアバターは、頭部とボディ部から構成され、頭部には360度カメラ、マイクアレイ、LED、スピーカ、ディスプレイが搭載されている。フィジカルアバターの頭部とボディ部の間に2台のモータを搭載し、頭部を上下左右に動かすことができる。頷きを表現するための上下方向の可動にはサーボモータを用いており、可動範囲は仰角5度、俯角15度である。頷きの制御にはRaspberry Pi 4を用い、自動で頷く機能として、一定間隔で頷くモードと対面する人の発話終了を検知して頷くモードを実装した。

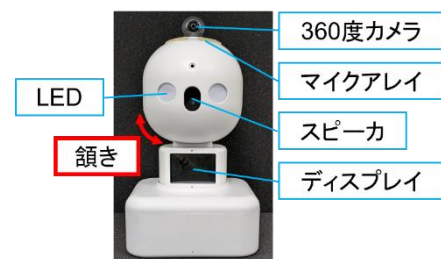


図1 フィジカルアバター

3.3 頷き動作の構成要素と各要素の設定値

本研究では、前述の北村らの研究[10]を参考に、フィジカルアバターのハードウェア構成を考慮して、「頷きの速度」「頷きの深さ」「頷きの連続回数」の3要素の組合せで頷き動作を生成する。ここで、極端に速い遅い、または極端に浅い深いなど、違和感のある構成要素が1つでもある場合には、組み合わせでできる頷き動作も違和感のある頷き動作となる。そのため、フィジカルアバターの頷き動作の構成要素の内「速度」と「深さ」について、違和感のある設

定値を排除するため、印象評価実験を行う前に予備実験を行った。

予備実験では、8名の被験者が、フィジカルアバターが傾く様子を撮影した動画を見て印象を評価した。まず、「速度」の評価について述べる。「速度」はサーボモータの速度 [deg/s] で設定する。フィジカルアバターの構造上、最低値は 1 deg/s であり、最高値は 30 deg/s であるため、1 deg/s から 30 deg/s まで 1 deg/s 刻みで設定した。被験者には、フィジカルアバターを正面から撮影した動画を見て、違和感のない速度の最大値と最小値を回答してもらった。最大値の平均が 14.4 deg/s であり、最小値の平均が 5.4 deg/s であった。僅かな差のため、今回の実験では「速い」と「遅い」の両極端の設定値で比較することとし、「速い」を 14 deg/s に、「遅い」を 5 deg/s に設定した。

続いて「深さ」の評価について述べる。サーボモータの俯角が 4 deg 以下では、フィジカルアバターの頭部の動きが視認できなかったため、5 deg から最高値の 15deg までを 1 deg 刻みで評価した。その結果から、「浅い」を 8 deg、「深い」を 14 deg に設定した。

また、「連続回数」には 1 回、2 回を設定し、以上の設定値を組み合わせることで表 1 の比較条件を設定した。

表 1 比較条件

条件 No.	速度	深さ	連続回数
1	速い	浅い	1 回
2	速い	浅い	2 回
3	速い	深い	1 回
4	速い	深い	2 回
5	遅い	浅い	1 回
6	遅い	浅い	2 回
7	遅い	深い	1 回
8	遅い	深い	2 回

3.4 印象評価実験の実験環境

実験環境を図 2 に示す。部屋を 2 つに分けており、被験者は部屋 1 で実験に参加する。被験者が着席した位置から、ロボットに対して心理的に負担のない距離である 1.2 m の位置[11]にフィジカルアバターを設置した。フィジカルアバターの横にはモニターを設置し、被験者が読むエッセイを表示した。360 度カメラをフィジカルアバターと被験者の間に設置し、実験の様子を撮影した。部屋 2 には、実験者があり、この部屋からフィジカルアバターの傾き動作の設定を変更する。フィジカルアバターの傾きのタイミングは、フィジカルアバターに対面する人の発話中に 7.7 秒間隔で傾くモードと、対面する人の発話終了を検知したら傾くモードを排他で設定した[7][12]。傾きタイミングを全ての被験者で統一して評価するため、被験者にはこちらで用意したエッセイを音読してもらった。なお、エッセイは 60 秒～90 秒程度で読める文章量である。

実験手順は以下の通りである。

- (1) フィジカルアバターに遠隔から人がログインしていることを被験者に意識させるため、部屋 2 にいる実験者がフィジカルアバターを介して被験者に挨拶する。
- (2) 被験者に、フィジカルアバターに向かってエッセイを語りかけるように音読してもらう。
- (3) 音読終了後、フィジカルアバターの聞いている態度の印象をアンケートにより評価してもらう。
- (4) 8 つの比較条件を順不同にして(2)～(3)を実施する。
- (5) 全比較条件の終了後、インタビューを行う。

以上の手順で、18名の被験者に対して印象評価実験を実施した。

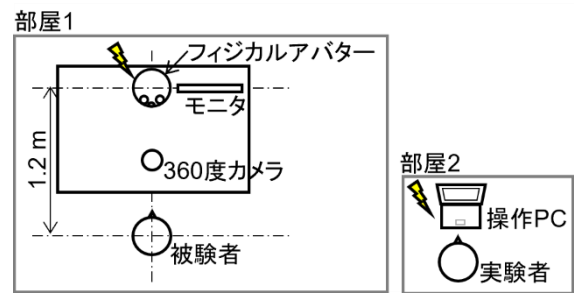


図 2 実験環境

3.5 アンケートと分析方法

アンケートの設問は以下の通りである。聞いている態度の印象を 5 つの観点で挙げ、それぞれに対して設問を作成した。評価は 5 段階のリッカート尺度で行った。

- (1) フィジカルアバターはあなたの話を“軽い気持ち”で聞いていると感じましたか？
- (2) フィジカルアバターはあなたの話を“集中”して聞いていると感じましたか？
- (3) フィジカルアバターはあなたの話を“理解”して聞いていると感じましたか？
- (4) フィジカルアバターはあなたの話に“興味”を持って聞いていると感じましたか？
- (5) フィジカルアバターはあなたの話に“共感”して聞いていると感じましたか？

上記の各設問に対して、クラスカルウォリス検定と、多重比較として Steel-Dwass 検定を行い、8 つの比較条件を統計的に比較した。

4. 印象評価の結果と考察

図 3 (1)～(5)にアンケートの各設問に対する結果を示す。いずれの設問においても、比較条件間に有意水準 5%で有意差が見られなかったが、インタビューから、各比較条件に対してそれぞれ異なる印象を被験者が感じていたことが分かった。有意差が見られなかった要因として、被験者ごとに、同じ傾き動作に対する印象がばらついていたことが挙げられる。一例を示すと、速い傾きに対して、話を聞いていないと感じる被験者もいれば、興味や関心を持って聞

いていると感じる被験者もいた。そのため、各設問における各比較条件に対する評価が被験者間でばらついており、有意差が見られなかったと考察される。

このばらつきの要因として、被験者の個人差がまず考えられる。さらに、人は、速い浅い領きに対して話を軽い気持ちで聞いているという印象を受け、遅い深い領きに対して話を理解している印象を受ける傾向があるが[9]、これとは異なる印象を受けた人がいたことから、領き動作をするのが人かフィジカルアバターかによって、受ける印象が変化する人がある可能性も考えられる。

条件8（遅い・深い・2回）について、インタビューにて全ての被験者からの評価が低かった。領き動作の構成要素には、違和感のない値を設定したが、組合せによっては違和感のある領き動作になることが分かった。条件8を除き、残りの7つの比較条件を領きの「速度」で2群に分け、Welchのt検定を行った。その結果、5つの設問の内、設問(5)「フィジカルアバターはあなたの話に“共感”して聞いていると感じましたか？」において、領きが遅い方が、領きが速いよりも有意に評価が高いことが分かった ($t(27)=2.276, p=.031$)。したがって、領きが遅い方が共感して聞いていると感じられ、領きの速度が“共感”に影響を与える可能性がある。

また、インタビューにて「自然なところと不自然なところがあった」「一定の領き動作であり違和感があった」という意見があった。その人が期待した応答と、領き動作から受ける印象が一致した時に「自然」と表現し、一致していない時に「不自然」や「違和感」と表現したのではないかと考えられ、今回の実験では被験者が期待する応答はエッセイを通して同様だと想定していたが、実際には1段落や1文ごとに期待する応答が異なっていたと考えられる。

5. 結論

本研究では、フィジカルアバターに直面した人に良い印象を与える領き動作を解明することを目指し、良い印象の領き動作を、対面した人が期待する応答と一致した領き動作であると定義した。そして、期待する応答として、話を聞いている態度を5つの観点で分けた。実験では、遠隔対話のシチュエーションにおいて、フィジカルアバターの8種類の領き動作を、5つの観点で評価した。

その結果、全ての観点において、8種類の領き動作の間に有意差は見られなかったが、インタビューから、それぞれの領き動作に対して、異なる印象を被験者が受けていることが分かった。また、全ての被験者からの評価が低い領き動作があり、領きの各構成要素に違和感がなくても、組合せによっては違和感がある領き動作となることが分かった。その条件を除き、領きの「速度」で2群に分けて検定を行ったところ、領きが遅い方が、領きが速いよりも共感して聞いていると感じられ、領きの速度が“共感”に影響

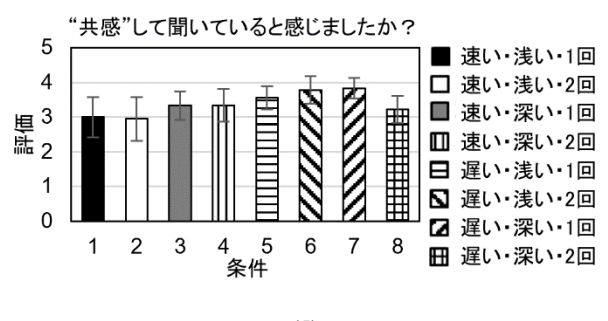
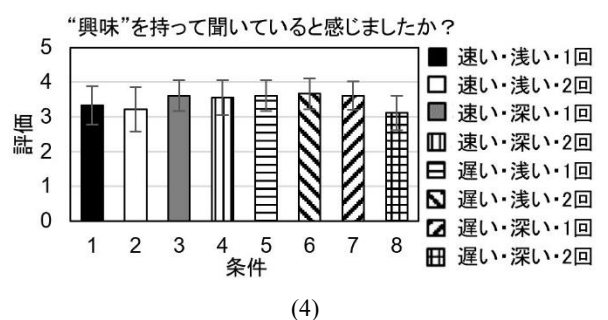
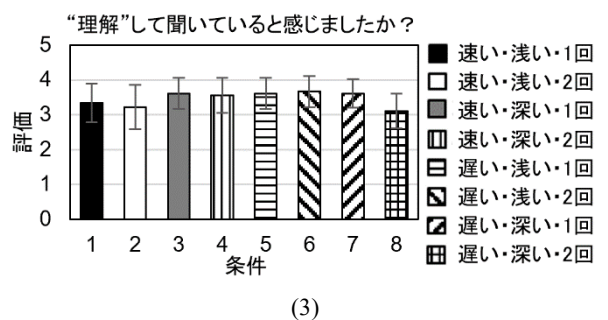
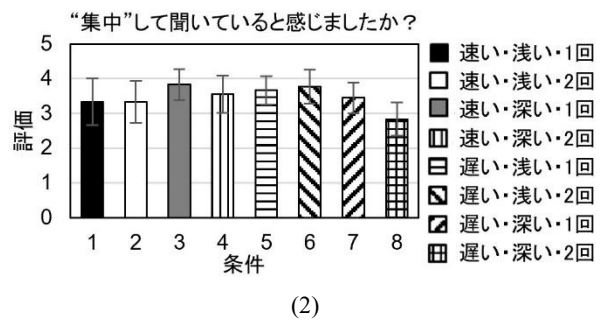
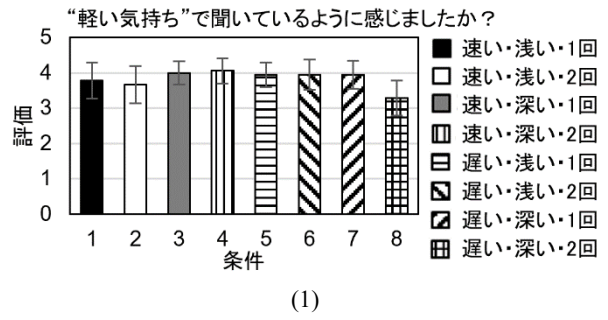


図3 フィジカルアバターの聞いている態度への印象

を与える可能性がある。しかし、同じ頷き動作に対する印象が被験者ごとにばらついており、誰にとっても良い印象となる頷き動作を解明できたと結論付けることはできない。被験者ごとのばらつきの要因を解明できなかったため、今後は詳細な分析が可能な実験を設計する必要がある。

今回の実験では、被験者の期待を制御しなかったため、被験者がどのような応答を期待しながら音読していたのかが分からない。さらに、エッセイのどの箇所を音読している時に期待と頷き動作が一致していたのかも分からないため、詳細な分析ができない。被験者の期待を制御すれば、フィジカルアバターとの頷き動作と聞いている態度の印象の関係を詳細に分析できる。今後は、エッセイを1文ずつ区切って印象評価することや、相手に“興味”を持ってもらいたいことを自由に話して印象評価する等、詳細な分析を可能にする実験方法を検討し、その人の期待と期待に応える頷き動作の関係を明らかにすることを目指す。

参考文献

- [1] “KYOCERA Japan : 京セラの人間拡張 Human Augmentation”, <https://www.kyocera.co.jp/humanaug/>, (参照 2023-12-6).
- [2] 荒川隆行, 高瀬遥矢, 杉本武士, 堀井省次, 蒲池恒彦. 知覚スコアに基づく遠隔操作コミュニケーションロボットの存在感コントロール. 日本音響学会 2021 年秋季研究発表会講演論文集, 2021, p. 1389-1392.
- [3] 和田実. 非言語的コミュニケーション —直接性からの検討—. 心理学評論, 1996, vol. 39, no. 2, p. 137-167.
- [4] “Chatwork : 非言語コミュニケーションとは? ノンバーバルコミュニケーションの例と種類”, <https://go.chatwork.com/ja/column/telework/telework-094.html>, (参照 2023-11-16).
- [5] 渡辺富夫. 身体的コミュニケーションにおけるモーション. 計測と制御, 2009, vol. 48, no. 6, p. 448-451.
- [6] 泉子・K・メイナード. 会話分析. くろしお出版, 1993.
- [7] 中道大介, 西尾修一. 遠隔操作型コミュニケーションロボットにおける頷き動作の半自動化による操作主体感への影響. 人工知能学会論文誌, 2016, vol. 31, no. 2, p. H-F81_1-10.
- [8] 井上雅史, 入野俊夫, 古山宣洋, 花田里欧子, 一宮貴子, 末崎裕康. 対話の流れと頷きパターン変化. HAI シンポジウム, 2010, 1A-3.
- [9] 森大河, 伝康晴. 相槌の形態と頷きの物理的特徴の関係. 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会, 2021, p. 62-67.
- [10] 北村美和子, 黒川智司, 石井裕, 渡辺富夫. CG キャラクタを用いた多様な頷き動作に対する印象評価. ヒューマンインターフェース学会論文誌, 2022, vol. 24, no. 4, p. 249-262.
- [11] 伊藤彰則. ロボットとの対話と心理的・物理的距離. 計測と制御, 2022, vol. 61, no. 3, p. 193-197.
- [12] 大嶋悠司, 田中一晶, 中西英之, 石黒浩. 遠隔対話用ロボットの頷きの自動化とモーションチューリングテストによる検証. 人工知能学会全国大会論文集, 2012, 3K1-R-11-2.