

立体感を付与する変形スクリーンによる存在感の創出 Creating of Presence using a Deformable Screen which gives 3D Feelings

櫛田佳那
Kana Kushida

中西英之
Hideyuki Nakanishi

大阪大学工学研究科 知能・機能創成工学専攻
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

A video conference is one of method to express a remote person. However, most of it is designed for on plane surfaces and feeling of solidity is lost. On the other hand, 3D images using binocular parallax have a problem of the dissociation of vergence and accommodation. In this study, we developed a tele-presence system using a flexible and deformable screen. We conducted experiments and got suggestion that 3D feelings given by the system strengthen presence of object and remote partner.

1. はじめに

遠隔地の人間を表現する手段にビデオ通話がある。近年、ビデオ通話を利用したビデオ会議システムが、実際に普及するようになってきた。これらのシステムは、高音質の通話と大画面かつ高解像度の映像によって、等身大の人物映像とリアルタイムにコミュニケーションを図ることを可能にする。このように、遠隔地の対話相手とその場で対面しているかのような臨場感を提供する技術のことを、テレプレゼンスと呼ぶ。しかし、現在普及しているテレプレゼンスシステムの多くは、平面の表示画面を前提としており、立体感は失われる。これは、対話相手が実際に存在している感覚を損なう原因のひとつになると考えられる。利用者が HMD などの機器を装着し、没入感を得る装着型システム等も開発されているが、これらは機器の装着によって臨場感を無視している。また、両眼視差を用いた立体映像には輻湊眼球運動と焦点調節の不一致があり、これは視覚疲労の原因になるという問題がある[江本 02]。いくつかのテレプレゼンスシステムでは、凹凸のある表示面を用いることで、対話相手の三次元的な身体性を表現しようとしている。例えば、LiveMask[Misawa 12]は、立体的な顔の形状をしたスクリーンを持つテレプレゼンスシステムである。また、Interactive Spatial Copy Wall[Wesugi 04]は、遠隔の相手の上半身の動きを 3 次元的に計測し、192 本のシリンダーの動きによって再現するシステムである。そこで我々は、エラスチック・ディスプレイを用いて、映像の表示面を物理的に変形させ、映像に立体感を与えるシステムを考案した。エラスチック・ディスプレイは、湾曲が可能であるフレキシブル・ディスプレイの特性に加え、伸縮する特性を持った表示デバイスである[Lepinski 11, Müller 14]。これらのシステムは、柔軟で伸縮性の高い素材でできたディスプレイの裏面から映像を投射することによって実現されている。押ししたり、つまんだりといった三次元での操作ができるデバイスとして、複雑なデータを直感的に操作できる新たなインターフェースとして期待が寄せられている。しかし、これらのシステムは、テレプレゼンス分野への応用はされていない。このエラスチック・ディスプレイを用いることで、汎用性が高く、なめらかな表示面を持ったテレプレゼンスシステムが構築できるのではないかと考えている。

本研究では、柔軟なスクリーンを物理的に変形させ、映像上の物体に立体感を与えるシステムを構築した。また、実験より、

連絡先: 中西英之, 大阪大学大学院工学研究科,
知能・機能創成工学専攻, nakanishi@ams.eng.osaka-u.ac.jp



(a) 全体図 (b) 側面図

図 1 構築したシステム

システムによって作り出された凹凸の表現が映像上の物体や対話相手の存在感を強化するかどうかを調査する。

2. システム

本研究で提案するシステムは、映像を投影するスクリーンと、そのスクリーンを変形させる押し出し部によって構成されたローカル側システム(図 2)、及び遠隔地の情報を取得するリモート側システムからなる。本研究では、片方向のシステムを構築している。

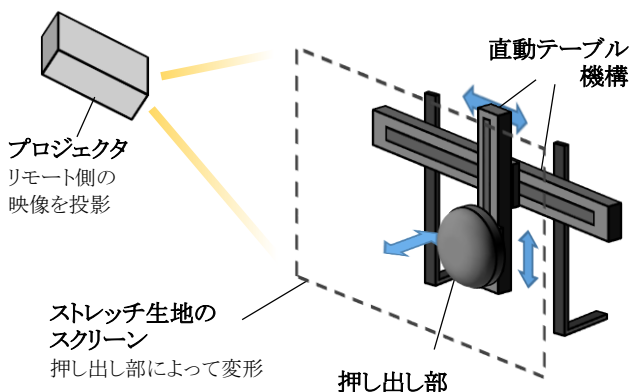


図 2 システム構成(ローカル側)

2.1 直動テーブル機構

押し出し部は、二台の直交する直動テーブル機構によって二次元上を自由に移動することができ、また、直動機構によって押し引きの動作を再現する。これにより、映像上の物体位置と同期して押し出し部が移動する。

2.2 スクリーン

スクリーン前面のプロジェクタから、スクリーンに向けてリモート側の映像が投影される。スクリーンはストレッチ生地できており、押し出し部によって押し出されて柔軟に変形する。

2.3 リモート側システム

リモート(実験者)側では、対話相手である実験者の様子を、WebカメラとMicrosoft Kinectによって撮影する。Webカメラで撮影した映像は、ローカル側のプロジェクタによってスクリーン上に投影される。また、ジェスチャー認識のデバイスであるKinectが取得した深度マップから、物体の位置や動きを推定し、ローカル側の直動テーブルの動きに反映させる。

3. 実験

3.1 仮説

構築したシステムのテレプレゼンスシステムとしての有用性を確かめる実験を行った。また、我々の先行研究では、対話相手の前後移動に同期したディスプレイの移動が、対話相手の同室感を強化することが分かっている[Nakanishi 09]。このことから以下の仮説を立てた。

仮説1: スクリーン上の物体に立体感を与えることで、対話相手との同室感が増す。

仮説2: スクリーン上の物体に立体感を与えることで、物体の存在感が向上する。

3.2 実験条件

仮説を検証するために、2つの実験を行った。実験1では、以下の2条件を比較した。

平面スクリーン条件: 平面のスクリーン上に遠隔地映像が投影される(図3(a))。

変形スクリーン条件: スクリーンが映像上の物体に同期して変形する(図3(b))。

また、押し出し部の形状の複雑さに関わらず変形スクリーンの効果が現れるかどうか確かめるため、以下の2種類の実験タスクを用意した。

ボールタスク : 説明者はボールを提示しながらスポーツ競技の説明タスクを行う。

ぬいぐるみタスク: 説明者はぬいぐるみを提示しながら動物の説明タスクを行う。

ボールを用いた実験では、図4(a)に示すような半球型の押し出し部を、ぬいぐるみを用いた実験では図4(b)に示すようなぬいぐるみの形を大まかにかたどった押し出し部を用いて、提示物体の動きに同期してスクリーンが変形する。被験者は、ボールタスク、ぬいぐるみタスクのどちらかについて、平面スクリーン条件、変形スクリーン条件の2条件を体験してもらう。

また、このシステムはプロジェクタを用いているため、映像の解像度や画質は液晶ディスプレイに劣る。このシステムが一般的なテレビ会議システムに比べても有用であるかどうかを確かめるため、実験2では、平面スクリーン条件、立体スクリーン条件の2つに加え、液晶ディスプレイ条件を追加し、3条件での実験を行った。

液晶ディスプレイ条件: 大型の液晶ディスプレイ上に遠隔地映像を表示する(図3(c))。

実験2の実験タスクは、実験1のぬいぐるみタスクと同じものとした。

実験1の実験環境を図5に示す。実験2では、リモート側は実験1と同じであるが、液晶ディスプレイ条件と画面の大きさを統一するために、ローカル側システムのスクリーンの大きさが横54cm、縦77cmに変更されている。



(a) 平面スクリーン条件



(b) 変形スクリーン条件



(c) 液晶ディスプレイ条件

図3 実験条件



(a) ボールタスク

(b) ぬいぐるみタスク

図4 タスクごとの提示物体(左)と押し出し型(右)

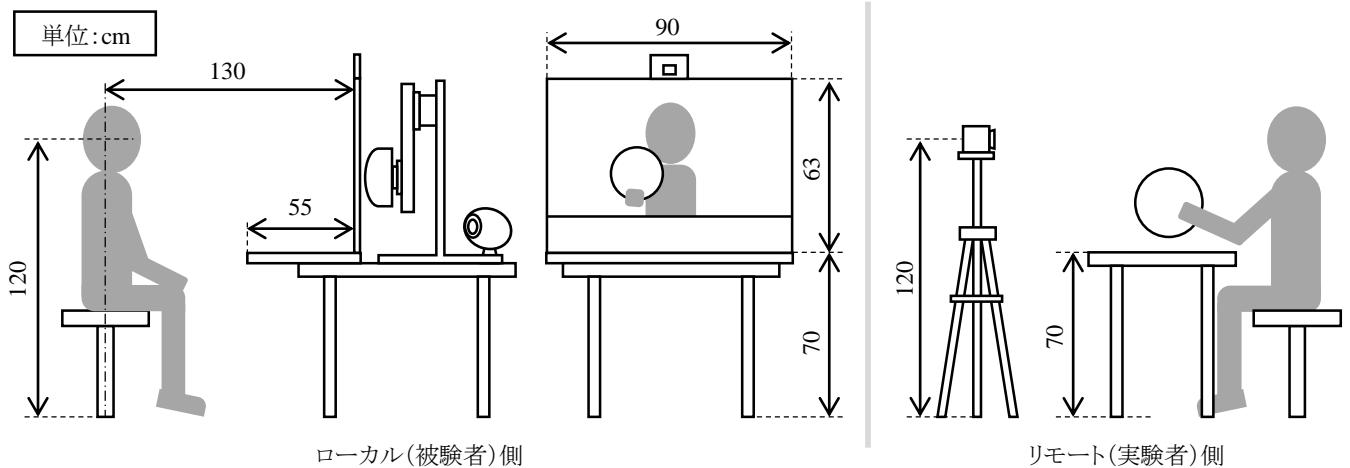


図5 実験環境(実験1)

3.3 アンケート

実験後、被験者には、7段階のリッカート尺度のアンケートに回答してもらった。1, 2, 3, 4, 5, 6, 7をそれぞれ「まったくあてはまらない」、「あてはまらない」、「ややあてはまらない」、「どちらともいえない」、「ややあてはまる」、「あてはまる」、「非常によくあてはまる」に対応させた。アンケートの質問項目は以下のように設定した。

- Q1. 映像は十分きれいだと感じた。
- Q2. 音声は十分きれいだと感じた。
- Q3. 説明者の説明は分かりやすかった。
- Q4. 同じ部屋の中で説明者と会話している感じがした。
- Q5. あたかも自分と同じ部屋の中に{ボール, むいぐるみ}があるように感じた。

上記の項目に加え、自由記述欄を設けた。

このうち、Q1～Q3までは説明の品質に関する項目であり、条件間で説明の品質の差がないか確認する。Q4, Q5の質問が、それぞれ仮説1, 仮説2に対応している。

また、アンケート回答後にはアンケート内容についてのインタビューを行った。

4. 結果及び考察

2つの実験はそれぞれ被験者内実験とした。関西在住の大学生を対象とし、実験1ではボールタスクが8人(内男7人, 女1人)、むいぐるみタスクが8人(内男6人, 女2人)の計16人、実験2では19人(内男8人, 女11人)の被験者に実験に参加してもらった。図6, 7において、箱は平均値を、棒は標準誤差を示す。

実験1におけるアンケートの比較結果を図6に示す。Q1～Q3の質問については差が見られず、それぞれの条件間で説明の品質に差がなかったことが確認できた。Q5の、物体が自分と同じ部屋の中にあっただよように感じたかという質問について、条件間のt検定を行ったところ、ボールタスク条件においても、むいぐるみタスク条件においても、物体の存在感について優位な差が見られた(ボールタスク条件で $p<.05$, むいぐるみタスク条件で $p<.01$)。これは、仮説2を支持する結果である。また、立体感を与えたのは物体のみであるが、その物体を提示している対話相手についても、アンケートの平均値に差が見られた。むいぐるみタスクでは、Q4のアンケート結果に有意傾向が見られた($p<.1$)。変形スクリーン条件でQ4の同室感についてのスコアが向上し

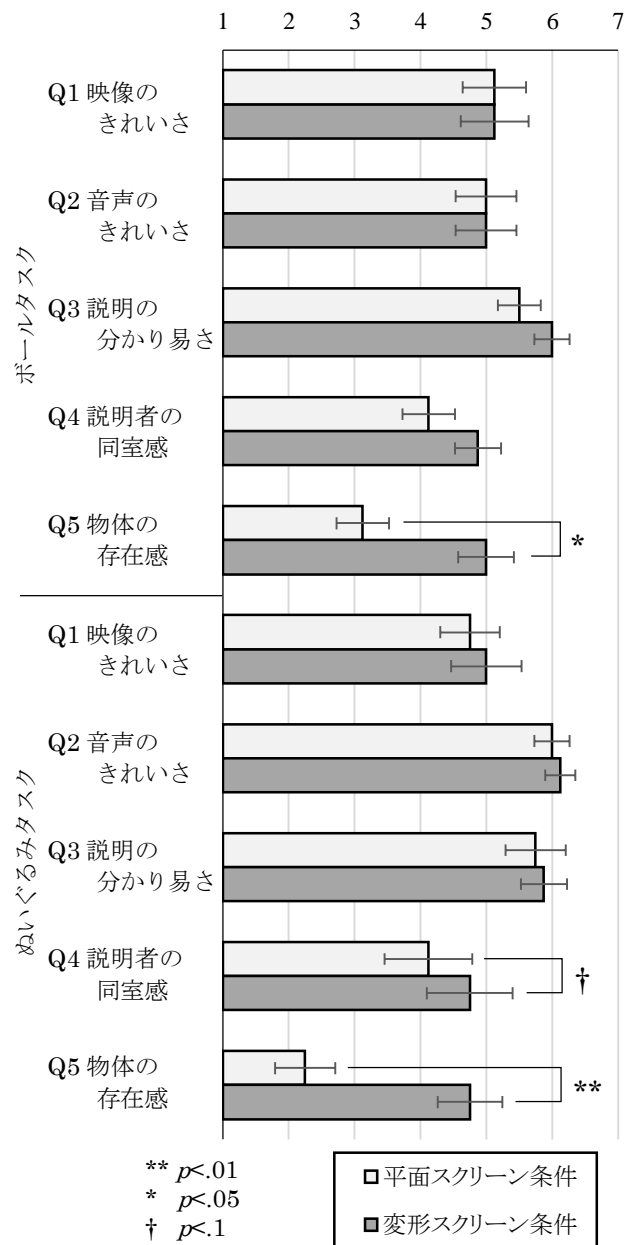


図6 アンケート結果(実験1)

たのは16人中6人で、立体感によるリアリティの向上や、物体を共有しているという感覚によって対話相手との同室感が向上したという意見があった。また、スクリーンが押し出される動作によって「実際にぬいぐるみを手渡されているような感覚になった」とコメントした被験者もいた。

ボールタスクでもぬいぐるみタスクでも仮説2が支持されたことから、大まかな形をかたどった押し出し型でも、被験者は立体感から物体の存在感を感じるということがわかった。しかし、インタビューにて「ぬいぐるみがスクリーンを後ろから押し込んでいるように感じた」とコメントしている被験者もあり、複雑な形状の再現ができない現状のシステムでは、リアルさの追求や、実際にそこにある感覚の再現に限界がある。この部分については、今後改善していくべき課題のひとつである。

また、実験2における3条件のアンケート結果を図7に示す。1 要因分散分析を行ったところ、Q1の映像のきれいさ ($F(2,18)=3.65, p<.001$), Q4の説明者の同室感 ($F(2,18)=3.65, p<.05$), Q5の物体の存在感 ($F(2,18)=6.80, p<.01$)について主効果が有意傾向であることがわかった。この3項目について、ボンフェローニ補正法を用いた多重比較を行った。図7中に示されているのは、多重比較の結果である。

Q2, Q3のアンケート結果には差が見られず、それぞれの条件間で音声や説明の品質に差がなかったことが確認できた。しかし、Q1については、多重比較を行ったところ、平面・変形スクリーン条件と液晶ディスプレイ条件の間に有意な差が認められた(ともに $p<.01$)。映像の品質については、スクリーンを用いた条件よりも液晶ディスプレイが勝っていることがわかる。しかし、Q4の説明者の同室感についての質問では、液晶ディスプレイ条件よりも変形スクリーン条件のほうが平均スコアは高くなっている。多重比較した結果では、平面スクリーン条件と変形スクリーン条件の間では有意傾向が見られた($p<.1$)。これは仮説1を支持する結果である。しかし、液晶ディスプレイ条件と変形スクリーン条件の間では、平均値の差は認められたものの、有意傾向までには至らなかった(*n.s.*)。複数の被験者が、映像のきれいさによって説明者が同じ部屋にいるような感覚が強化されたと回答しており、同室感については、変形スクリーンの優位性は認められなかった。一方、物体の存在感については、平面スクリーン条件と変形スクリーン条件の間に有意差が見られ($p<.05$)、液晶ディスプレイ条件と変形スクリーン条件の間にも有意傾向が見られた($p<.1$)。

今回の方法では、対話相手の同室感を感じるかどうかは被験者によって差があることがわかった。今後は、映像上の対話相手の身体にも立体感を付与することによって、どのような結果が得られるか調査したい。

5. おわりに

本研究では、柔軟に変形して映像上の物体に立体感を付与するスクリーンを開発した。テレプレゼンスシステムとしての効果を調べるために、システムが遠隔地の映像上の物体および対話相手に対する存在感を向上させるかどうか実験を行った。その結果、システムによって作り出された凹凸の表現が、映像上の物体や対話相手の存在感を強化するという示唆を得た。

謝辞

本研究は、基盤研究(B)「ソーシャルテレプレゼンスのためのロボットエンハンスドディスプレイ」、挑戦的萌芽研究「気配伝達型ソーシャルテレプレゼンスの研究」、KDDI財団「人間クラウドのためのロボティックアバター」、倉田記念日立科学技術財団

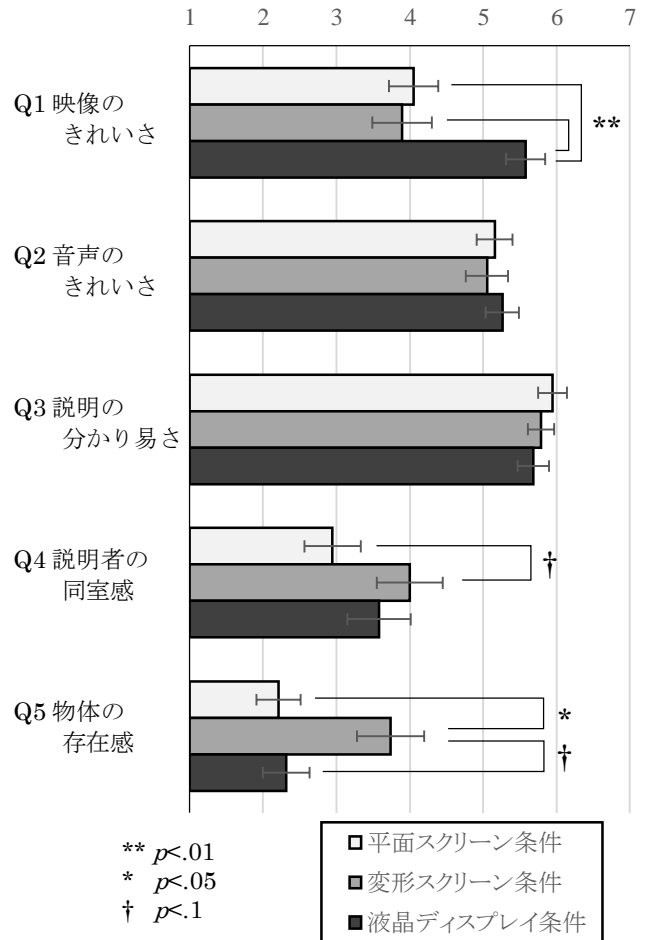


図7 アンケート結果(実験2)

「監視感を最小化しつつ存在感を最大化するミナマルロボティックメディア」からの支援を受けた。

参考文献

- [Lepinski 11] Lepinski, J., Vertegaal, R.: Cloth displays: interacting with drapable textile screens, Proc. TEI 2011, pp. 285-288, 2011.
- [Misawa 12] Misawa, K., Ishiguro, Y., Rekimoto, J.: LiveMask: A Telepresence Surrogate System with a Face-Shaped Screen for Supporting Nonverbal Communication, Proc. AVI 2012, pp. 394-397, 2012.
- [Müller 14] Müller, M., Knöfel, A., Gründer, T., Franke, I., Groh, R.: FlexiWall: Exploring Layered Data with Elastic Displays, Proc. ITS 2014, pp. 439-442, 2014.
- [Nakanishi 09] Nakanishi, H., Murakami, Y., Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces, Proc. CHI 2009, pp. 433-442, 2009.
- [Wesugi 04] Wesugi, S., Ishikawa, K., Suzuki, N., Miwa, Y.: Interactive Spatial Copy Wall for embodied interaction in a virtual co-existing space, Proc. 13th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp. 265-270, 2004.
- [江本 02] 江本正喜, 矢野澄男: 立体画像観視における両眼の輻湊と焦点調節の不一致と視覚疲労の関係, 映像情報メディア学会誌, Vol. 56, No. 3, pp. 447-454, 2002.