

遠隔話者の接近を強調する視覚効果によるテレプレゼンスの強化

Visual effects to highlight a remote person's approach enhance telepresence

加藤 慶*¹
Kato Kei

中西 英之*¹
Hideyuki Nakanishi

妹尾 岳*¹
Gaku Seno

石黒 浩*²
Hiroshi Ishiguro

*¹ 大阪大学大学院 工学研究科 知能・機能創成工学専攻
Department of Adaptive Machine Systems, Graduate School of Engineering, Osaka University

*² 大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム創成専攻
Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

In videoconference, body motion presented by screen images is less noticeable than physical body motion, so it is difficult to grasp a remote person's behaviors. We developed two additional functions which highlight a remote person's approach. One function moved a local display forward when a remote person approached a camera. The other function made a remote camera zooming in when a remote person approached a camera. We conducted an experiment and observed that both functions amplified the presence of a remote person who moved. Even if a remote person didn't move, the movement of the display was effective. On the other hand, if a remote person didn't move, the zooming in and out of the camera was not effective. They both produced similar visual effects, but, they amplified the presence of a remote person by different methods.

1. はじめに

ビデオ会議の研究において、テレプレゼンスは、同じ部屋の中で相手と向かい合っている感覚、もしくは単に、どれだけ対面状況に近いかという度合いを示す[Finn 97]. 近年、高品位ビデオ会議システムは対面会議を代替しつつある. 社会的存在感を伝達できるビデオ会議は、基本的に音声会議よりも優れたテレプレゼンス技術と言える[de Greef 01]. ビデオ会議では、カメラの配置を工夫することで、アイコンタクトを成立させることができる. また、高品位ビデオ会議システムでは、大型フラットパネルディスプレイを用いることで、相手の等身大映像を表示できるようになった. アイコンタクト[Bondareva 04], 等身大映像[Buxton 92]はテレプレゼンスを強化することが知られている. しかし、高品位ビデオ会議システムでも、対面状況を完全に再現できているとは言いがたい. その原因の一つが空間移動に伴って生じる現象の欠如である. 例えば、ビデオ会議において、ユーザが視点を移動させてもディスプレイに映る相手の見え方は変化しない. 移動する遠隔操作型ロボットのカメラを通すと、相手の存在感が強化されることが知られている[Nakanishi 08]. ユーザの頭の位置に同期して遠隔地のカメラを移動させることで遠隔操作型ロボットを用いたときと同様の視覚効果が得られる. [Gaver 95]. そのようなユーザの移動を強調する移動カメラがテレプレゼンスを強化することが実証されている[Nakanishi 09]. また、ビデオ会議における相手の体の動きはビデオ映像でしか表現されないために、実空間での体の動きよりも目立たないので、ユーザが相手の振る舞いを把握するのは難しい[Heath 92].

ロボットに搭載したディスプレイに操作者の顔面映像を表示する遠隔操作型ロボットを用いることで、操作者の振る舞いを表現できる. しかし、ディスプレイの大きさとロボットの機動性の間には、トレードオフが存在する. 大型ディスプレイはロボットの機動性を妨げるので、通常、ロボットに搭載されたディスプレイはビデオ会議用ディスプレイよりも小型であり、そこに操作者の等身大映像を表示することはできない. 相手の映像が小さければ

テレプレゼンスは低下する[Buxton 92]. この問題を解決するには、ビデオ会議用ディスプレイとディスプレイ搭載ロボットの間型の研究が必要である. しかし、そのような試みはほとんどなされていない.

我々は、等身大映像を表示する大型ディスプレイと、相手の移動を表現する移動機構を組み合わせることでテレプレゼンスを強化できると考えた. 我々は、この仮説に基づき、移動ディスプレイを検証した. ビデオ会議用ディスプレイでは、ビデオ映像の変化が相手の振る舞いを表現するが、ロボットに搭載されたディスプレイでは、ディスプレイという装置の動きが相手の振る舞いを表現する. 我々はこれら両方の方法を利用することを考えた. すなわち、相手の移動に同期してディスプレイが移動する. 実験では、相手の上半身全体を表示するために 30 インチワイドディスプレイを縦に設置した. これが相手の 50cm の前後移動に同期して 6cm だけ前後移動を行った.

対面状況では、対話者の接近によって 2 種類の視覚効果が生じる. 1 つは相手までの距離の縮小であり、もう 1 つは視界に映る見かけ上の相手の拡大である. 後者は遠隔地のカメラのズームインで再現できる. 我々は、相手の前後移動に同期したズーム機能によって、ある程度、テレプレゼンスを強化できると考えた. 我々は、この仮説に基づき、カメラのズーム機能を検証した. すなわち、相手の移動に同期して、遠隔地のカメラがズームイン・アウトする. 実験では、移動ディスプレイと同様に相手が 50cm の前後移動を行ったとき、これに同期して、カメラの垂直画角が 28.8° から 23.6° の範囲で変化するようにズームイン・アウトを行った.

2. システム設計

移動ディスプレイを用いたビデオ会議システムのデザインを図 1(a)に、カメラのズーム機能を用いたビデオ会議システムのデザインを図 1(b)に示す. 図 1(a)は、ユーザ B がディスプレイに近づき、ユーザ A の部屋のディスプレイが前進する様子を示す. ユーザ B の接近にともなってユーザ A と、ユーザ B の映像を表示するディスプレイとの距離が短くなる. 図 1(b)は、ユーザ B がディスプレイに近づき、ユーザ B の部屋のカメラがズームインする様子を示す. ユーザ A の見るユーザ B の映像は、ユー

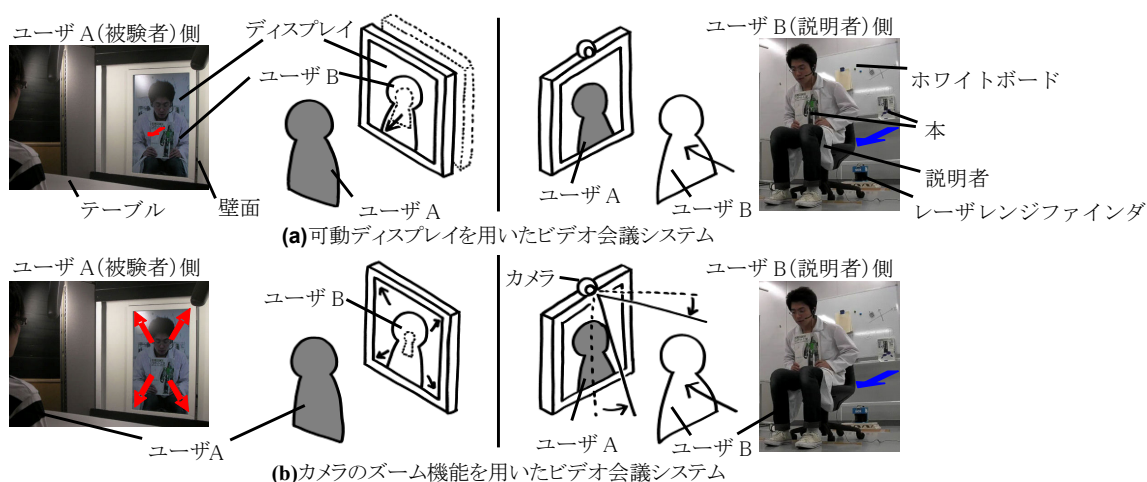


図 1. 遠隔話者の接近を強調する 2 種類のビデオ会議システム

ザ B の移動による拡大に加えて、カメラのズームインによっても拡大される。以下に各システムの設計方針を示す。

2.1 移動ディスプレイ

予備実験において、ディスプレイを長距離移動させたところ、被験者に不自然な印象を与えた。そこで、我々はディスプレイの移動範囲を最小化した。相手の 50cm の移動に対して、ディスプレイが 6cm だけ移動するように設計した。移動ディスプレイの実験の目的は、ディスプレイまでの距離変化による影響を検証することである。よって、相手の移動による相手の映像の拡大を最小限に抑えるために、カメラの画角を小さくした。カメラの画角は 22.7° で固定した。より自然なデザインとするためにディスプレイを壁面埋め込み型とした。ディスプレイは壁面の前後 3cm を移動する。

2.2 カメラのズーム機能

相手の接近による見かけ上の相手の拡大を表現するために、カメラをズームインさせる。相手の 50cm の移動に対して、カメラの垂直画角を 22.7° から 27.2° まで変化させた。カメラのズーム機能以外は、基本的に、移動ディスプレイにおいてディスプレイがユーザに最も近い位置で固定されているものとした。

3. 実験

学部生の被験者に、研究室とは別の部屋から、ビデオ会議システムを用いてもらった。そして、説明者から 3 冊の本の説明を聞くというタスクを行ってもらった。

図 1(a), (b)には実験の様子も示した。被験側に、30 インチワイドディスプレイに直動位置決めテーブルを接続した移動ディスプレイを設置した。そして、移動ディスプレイにカメラで捉えた映像を表示した。説明者の椅子の後ろに設置したレーザーレンジファインダからの位置情報に従って、ディスプレイが前後移動、もしくは、カメラがズームイン・アウトした。予備実験において、アイコンタクトがテレプレゼンスを強化し[Bondareva 04]、アンケートにおける天井効果を引き起こした。よって、説明者の視線が下向きになるよう、説明者側のディスプレイを床に設置した。

説明者は椅子に座り、説明の間中、正面を向いていた。説明者は本の説明前に椅子を滑らせて 50cm 後退し、ホワイトボードに立てかけておいた本を取り、膝に置きつつ、椅子を滑らせて 50cm 前進して元の位置に戻って本の説明を開始した。これを 3 冊の本に関して行ったので、説明者は 3 回カメラへの接近動作を行った。それぞれの本の説明は約 30 秒であり、タスク終了ま

での時間は 3 分弱であった。説明者は被験者に、1 冊の本につき 1 つの質問を行った。

3.1 仮説と実験条件

説明者が前進することによる説明者の映像の拡大は小さかった。また、移動ディスプレイでは、ディスプレイの前進距離は極めて短く、視界に映るビデオ映像の見かけ上の拡大はほとんど生じていなかった。よって、移動ディスプレイを用いた実験では、ディスプレイまでの距離の縮小による効果のみを検証する。それに対して、カメラのズーム機能を用いた実験では、視界に映るビデオ映像の見かけ上の拡大による効果のみを検証する。

実験では 6 条件を設定した。各条件において実験環境は同様であり、説明者の振る舞い、視覚効果のみが各条件で違った。

移動ディスプレイの設計を反映した条件として、歩行・移動条件を設定した。カメラのズーム機能を検証する条件として、歩行・ズーム条件を設定した。両条件において説明者は、本の説明中に後退を開始し、後退ききったところで説明を終了した。その場で後ろを向き、本を取り替えて、その場で前を向いた。そして、前進を開始すると同時に次の本の説明を開始した。この動きを歩行ありと呼ぶ。

我々の基本的な仮説は、説明者のカメラへの接近動作に合わせて視覚効果を生じさせると、被験者の感じるテレプレゼンスが強化されるというものである。1 つ目の仮説は、その視覚効果にディスプレイまでの距離変化が適用できるというものである。2 つ目の仮説は、その視覚効果に相手の映像の大きさの変化が適用できるというものである。

この 2 つの仮説を示すために基本条件を設定した。この条件では、視覚効果は発生せず、ディスプレイは被験者に最も近い位置に固定され、カメラは最もズームインした状態で固定された。また、説明者は会話中に移動を行わなかった。説明者は、1 冊の本の説明が終了した直後に、後ろを向きながら後退し、本を取替えて、前を向きながら前進した。元の位置に戻ると、次の本の説明を開始した。すなわち、通常のビデオ会議であると言える。この動きを歩行なしと呼ぶ。移動カメラは相手の移動と無関係に移動した場合、ユーザの感じるテレプレゼンスを強化できなかったと報告されている[Nakanishi 09]。このことから、我々は、視覚効果の発生が説明者の移動と無関係である場合には効果が消えると考えた。3 つ目の仮説は、ディスプレイの移動が説明者の移動に同期していないとき、仮説 1 の効果が消えるというものである。4 つ目の仮説は、カメラのズームが説明者の移動に同期していないとき、仮説 2 の効果が消えるというものである。こ

の2つの仮説を示すために、移動条件、ズーム条件を設定した。両条件において、説明者の振る舞いは基本条件と同じであったが、説明者が歩行を行っていないときに視覚効果が発生した。また、歩行条件を設定した。この条件において、説明者の振る舞いは、歩行・移動条件、及び、歩行・ズーム条件と同じであるが、視覚効果は発生せず、説明者の振る舞いに関わらず、ディスプレイは常に被験者に最も近い位置に固定されており、カメラは最もズームインした状態であった。

各条件における、被験者が見る映像変化前後の様子の違いは図2のようになった。

3.2 実験結果

各条件 10 人ずつの被験者にシステムを使用してもらい、アンケートによる主観評価を用いて比較した。アンケートは各項目に対して 9 段階のリッカート尺度を用いた。アンケート結果を図3に示す。

移動ディスプレイによる効果を検証するために、移動の有無と歩行の有無を組み合わせた 4 条件を比較した。移動と歩行を別々の要因として二元配置の分散分析を行った。

移動と歩行の交互作用は見られなかった。しかし、テレプレゼンスにおける移動の主効果が強く出た。移動により、同じ部屋の中で実際に説明者を眺めている感覚($F(1,36)=9.456, p<0.01$)、本を眺めている感覚($F(1,36)=6.399, p<0.05$)、目の前にいる感覚($F(1,36)=7.089, p<0.05$)、向かい合っている感覚($F(1,36)=7.598, p<0.01$)、会話している感覚($F(1,36)=16.438, p<0.001$)が有意に増加した。また、歩行の主効果が出た。歩行により、向かい合っている感覚($F(1,36)=5.707, p<0.05$)が有意に増加した。しかし、会話している感覚($F(1,36)=5.918, p<0.05$)が有意に減少した。その他の感覚に有意差は見られなかった。

カメラのズーム機能による効果を検証するために、ズームの有無と歩行の有無を組み合わせた 4 条件を比較した。ズームと歩行を別々の要因として二元配置の分散分析を行った。

テレプレゼンスにおけるズームと歩行の交互作用が強く出た。映像のきれいさ($F(1,36)=4.739, p<0.05$)、音声のきれいさ($F(1,36)=6.096, p<0.05$)、説明者を眺めている感覚

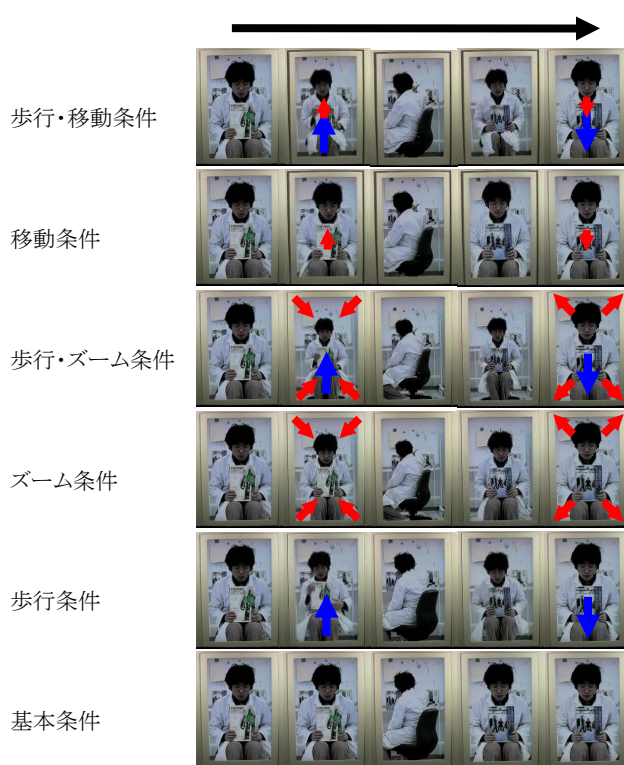


図2. 各条件の違い(映像変化の様子)

($F(1,36)=7.003, p<0.05$)、目の前にいる感覚($F(1,36)=8.341, p<0.01$)、会話している感覚($F(1,36)=14.642, p<0.001$)が有意に増加した。また、本を眺めている感覚($F(1,36)=3.842, p<0.1$)が増加する傾向が見られた。以上の感覚について、ズームと歩行の単純主効果の検定を行った。歩行あり群において、ズームによって、説明者を眺めている感覚($F(1,36)=4.722, p<0.05$)、目の前にいる感覚($F(1,36)=14.722, p<0.001$)、会話している感覚($F(1,36)=23.007, p<0.001$)が有意に増加した。歩行なし群において、ズームによって、映像のきれいさ($F(1,36)=5.474, p<0.05$)、

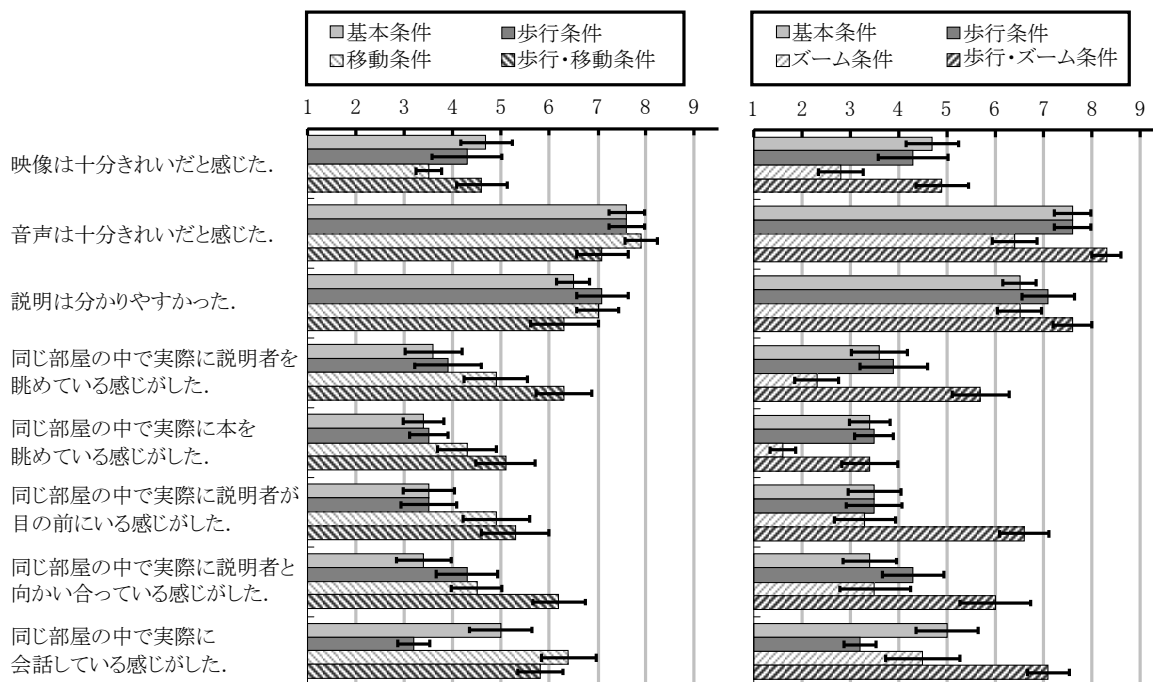


図3. アンケート結果 (左: 移動ディスプレイを用いた実験, 右: カメラのズーム機能を用いた実験)

音声のきれいさ($F(1,36)=4.863$, $p<0.05$), 本を眺めている感覚($F(1,36)=8.614$, $p<0.01$)が有意に減少した。交互作用が見られなかった感覚に関して、歩行の主効果が見られた。歩行によって、向かい合っている感覚($F(1,36)=6.462$, $p<0.05$)が有意に増加した。その他の感覚には有意差は見られなかった。

また、カメラがズームする条件である歩行・ズーム条件、ズーム条件の被験者には、2部目のアンケートで、映像変化について尋ねた。その結果、歩行・ズーム条件のうち5人は向こうのカメラがズームしていたと答え、1人は向こうのカメラが移動していた、1人はディスプレイが移動していたと答えた。すなわち、ズームによって生じる映像変化と似た映像変化を感じていた。残りの3人は変化していなかったと答えた。一方、ズーム条件の被験者のうち、向こうのカメラがズームしたと答えたのは2人だけだった。5人は変化していなかったと答えた。3人はその他と答え、インタビューでも、正確に覚えていないといった答えをした。

4. 考察

移動ディスプレイの実験結果は仮説1を支持し、仮説3を棄却した。歩行・移動条件だけでなく、歩行を伴わない条件である移動条件の被験者も強いテレプレゼンスを感じた。移動条件のうち5人はインタビューで、ディスプレイが移動する規則について、説明者の前後移動もしくは、説明者が本を差し出す動作に連動して映像変化が起きたと答えた。このことから、ディスプレイの移動は対人距離や、相手の持つものまでの距離の変化を表現し、テレプレゼンスを強化したと考えられる。

説明者の歩行は向かい合っている感覚を増加させたが、会話している感覚を減少させた。これは、実験の設定である会話中に相手が前後移動するという行為が、相手と共に会話に従事している感覚を妨げたためだと考えられる。よって、相手が自然に移動するなら、ユーザの感じるテレプレゼンスを強化すると考えられる。歩行が会話している感覚を減少させる。それに関わらず、歩行・移動条件の被験者は会話している感覚を強く感じた。よって、移動ディスプレイは歩行による逆効果を上回る効果を持つと考えられる。

カメラのズーム機能を用いた実験の結果は仮説2,4を支持した。相手のカメラへの接近動作に合わせてカメラをズームインさせると、テレプレゼンスが強化される。相手がカメラに接近しない場合には効果が見られなくなる。ズーム条件の被験者のうち、映像変化についてカメラがズームしたと答えた被験者は2名だけだった。このことから、説明者の移動に連動しない単なるズームによる映像変化はユーザの意識に上りにくく、効果がなかったと考えられる。これは、単なるズームという映像変化が、テレビなどで頻繁に用いられている視覚効果であるためであると考えられる。ズーム条件の被験者の感じた、映像のきれいさ、音声のきれいさ、本を眺めている感覚は有意に低かった。これはズームアウトによって、本、説明者の映像の解像度が下がったために、被験者は映像に悪い印象を持ち、その印象が音声の印象にまで影響したためと考えられる。また、相手の歩行は会話している感覚を減少させる。それに関わらず、歩行・ズーム条件の被験者はテレプレゼンスを強く感じた。よって、カメラのズーム機能はそれによる逆効果を上回る効果を持つと考えられる。また、歩行・ズーム条件では、被験者の感じる映像のきれいさ、音声のきれいさも強化された。これは、テレプレゼンス強化の影響が被験者の感じる映像、音声の品質にまで影響したためだと考えられる。

歩行・ズーム条件の被験者には、インタビューで映像変化の規則について、ズームが相手の移動を分かりやすくしていたといった説明をする者はいなかった。しかし、相手が本に注目さ

せようとしたときにズームしたと述べた者がいた。移動ディスプレイとカメラのズーム機能ではテレプレゼンスの強化プロセスが異なると考えられる。

また、対面状況では、相手の接近は注意を促す行為であると考えられる。人間は何かかに注意していると、物体を認識できる有効視野と呼ばれる範囲が狭くなる。視野の変化はカメラのズーム機能で表現できる。カメラのズーム機能は、相手が注意を促す行為である接近動作を行うのに連動してカメラの画角を小さくし、ユーザに提示する映像の範囲を狭める。この変化がユーザ自身の有効視野が狭くなった感覚を与え、テレプレゼンスを強化したと考えられる。

5. おわりに

本論文では、ビデオ会議において、ユーザの目の前のディスプレイを前進させる場合、もしくは、遠隔地の相手のカメラへの接近にあわせてカメラをズームインさせる場合にユーザが感じるテレプレゼンス、すなわち、遠隔地の相手と同じ空間で対面しているような感覚を強化できることを示した。

前者では、人の接近に伴う距離変化のみを表現するために、ディスプレイの移動距離を最小にした。実験では、ディスプレイの移動が相手の移動に連動していないときでも効果を示した。これは、ディスプレイの移動がユーザに、相手が移動している印象を与えるためだと考えられる。

後者では、我々は、人の接近に伴う見かけ上の相手の拡大を表現するために、カメラをズームインさせた。実験によって効果が示されたが、被験者は見かけ上の相手の拡大を表現しているとは感じなかった。被験者の発言から、ズームインによる撮影範囲の縮小は有効視野の狭まりを表現していると考えられる。

謝辞

実験に協力していただいた浅野立弥氏に感謝する。本研究は、若手研究(A)「テレロボティックメディアによる社会的テレプレゼンスの支援」、基盤研究(S)「遠隔操作アンドロイドによる存在感の研究」、グローバルCOEプログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」からの支援を受けた。

参考文献

- [Bondareva 04] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D. Determinants of Social Presence in Videoconferencing. Proc. AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp.1-9, 2004.
- [Buxton 92] Buxton, W.A.S. Telepresence: Integrating Shared Task and Person Spaces. Proc. Graphics Interface 92, pp.123-129, 1992.
- [de Greef 01] de Greef, P. and Ijsselstein, W. Social Presence in a Home Tele-Application. CyberPsychology & Behavior, 4(2), pp.307-315, 2001.
- [Finn 97] Finn, K.E., Sellen, A.J. and Wilbur, S.B. Video-Mediated Communication. Lawrence Erlbaum Associates, 1997.
- [Gaver 95] Gaver, W.W., Smets, G. and Overbeeke, K. A Virtual Window on Media Space. Proc. CHI95, pp.257-264, 1995.
- [Heath 92] Heath, C. and Luff, P. Media Space and Communicative Asymmetries: Preliminary Observations of Video-Mediated Interaction. Human-Computer Interaction, 7(3), pp.315-346, 1992.
- [Nakanishi 08] Nakanishi, H., Murakami, Y., Nogami, D. and Ishiguro, H. Minimum Movement Matters: Impact of Robot-Mounted Cameras on Social Telepresence. Proc. CSCW2008, pp.303-312, 2008.
- [Nakanishi 09] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K. Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces. Proc. CHI2009, pp.433-442, 2009.