

ドアコム Z : 遠隔空間内の物に対する接触と三次元的な移動が表現可能な ビデオチャット

濱上 宏樹¹ 吉野 孝¹

概要: 我々はこれまでに可動枠を用いた部分重畳表示型ビデオチャットシステム「ドアコム」を開発してきた。ドアコムは、現実空間に存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ、ユーザが相手の空間内を動き回ることができるようにするシステムである。ドアコムでは、深度センサーを用いて遠隔の空間をつなぐことで、遠隔空間内の物を三次元的移動を表現し、「遠隔空間内に隠れる」「遠隔空間内を指差す」という重畳表示ならではの表現を実現した。しかし、このシステムでは遠隔空間内の物に触れることができず、「自身の空間に侵入されている感覚」に関しては、十分な効果を与えられていないことが課題であった。そこで本研究では、ビデオチャットにおいて遠隔空間における物を掴んで三次元的に移動可能な仕組みを提案する。本提案では、遠隔空間内の接触と三次元的な移動を表現し、「遠隔空間内の物を掴む」「遠隔空間内の物を移動かす」という重畳表示ならではの表現を実現する。また、提案手法を実装したドアコム Z の試作システムを開発し、試作システムを用いて予備実験を行った。予備実験の結果、提案手法により遠隔空間内における接触や移動が表現可能であることが確認できた。

DOACOM-Z: The Video Chat Which can Express Touch to a Thing in Remote Space and 3-D Movement between Remote Spaces

HIROKI HAMAUE¹ TAKASHI YOSHINO¹

Abstract: We have developed a partial overlay-type video chat system “DOACOM” which use a movable frame. “DOACOM” can connect between remote places virtually through the frame which exists in an actual space. A user can move three-dimensionally in another remote partner’s space in the new system. This system can express three-dimensional movement in the remote space using a depth sensor at both places. The system can give both expressions “hiding in the remote space” and “pointing in the remote space.” However, the system can not touch to a thing in remote space. The conventional system could not enough give “the sense into which it is invaded by own space.” We propose that a new video chat which can express touch to a thing in remote space and 3-D movement between remote spaces. This system can express “holding a thing in remote space” and “moving a thing in remote space.” Moreover, we developed the trial system of “DOACOM-Z.” We carried out the preliminary experiment using the trial system. As the result of the experiment shows that it can be expressed “holding a thing in remote space” and “moving a thing in remote space.”

1. はじめに

近年、Skype などの無料でビデオチャットを行えるツールが普及してきている [1]。またその機能が Facebook や Google+ といった大規模 SNS に組み込まれたことや、ス

¹ 和歌山大学 システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University,
Wakayama-shi, Wakayama 640-8510, Japan

スマートフォンの普及 [2] により、容易にビデオチャットを行える環境が整ってきた。従来、メディアスペースによって遠隔地間を対面環境に近づける試みが多くなされてきた。大画面のディスプレイで遠隔地の相手を等身大に表示すること [3] や、ハーフミラーを用いたシステムでアイコンタクトを可能にすることによって、遠隔地にいる相手の存在感が増すこと [4] がわかっている。我々は、ドア型の専用インターフェースを用いて重畳表示を行う、ビデオチャットシステム「ドアコム」を開発してきた [5]。本稿では、遠隔地間の一方または両方のカメラの映像の一部を、他方の映像や別の映像に重畳し、互いが同じ映像を見て会話を行うシステムを「重畳表示型ビデオチャット」と呼ぶ。過去の実験より、ドアコムはカメラ映像をそのまま相手のディスプレイに表示させるビデオチャットに比べ、存在感および同室感（遠隔地の対話者と同じ部屋にいる感覚）が向上し、映像に立体感が生じる傾向が得られている [5]。また、遠隔空間内における三次元移動の表現によりドア操作側へ「相手の空間に侵入している感覚」を与えることが分かっている [6]。しかし、ドア無し側へ「自身の空間へ侵入されている感覚」は十分に与えられていなかった [7]。そこで本稿では、深度センサーを用いて遠隔の空間をつなぐことで、遠隔空間内の接触と三次元的な移動を表現し、「遠隔空間内の物を掴む」「遠隔空間内の物を動かす」という重畳表示ならでの表現を実現する。

2. 関連研究

遠隔重畳型ビデオチャットとして森川らの超鏡 [8] がある。超鏡では、相手と自分が鏡の中で同じ場所にいるような表示を行うことにより、存在感を実現するシステムである。この研究は、ビデオ対話に適した映像であれば、現実にはありえない状況でも存在感を実現することが可能であることを示した。超鏡と本システムの類似点としては、重畳型ビデオチャットである点や、対話者同士が同じ映像を見ているため WISI-WYS(What I See What You See) を満たしている点などがある。相違点としては、超鏡が鏡をメタファとして、遠隔対話者同士が同じ部屋にいるような映像を作り出しているのに対し、本システムは遠隔地の空間がドアによって繋がっている点がある。また、それを実現するために実際のオブジェクトをインターフェースとしている点も異なる。

ビデオチャットにおいてはユーザの位置関係も重要な要素である。実際の部屋と同じような空間を作り出すシステムとして、平田らの t-Room [9] がある。t-Room ではユーザが同じ部屋にいるような感覚として同室感を定義している。ユーザの位置関係を考慮して、実対面しているような協調コミュニケーション環境を実現し、同室感を高めることを目標にしている。

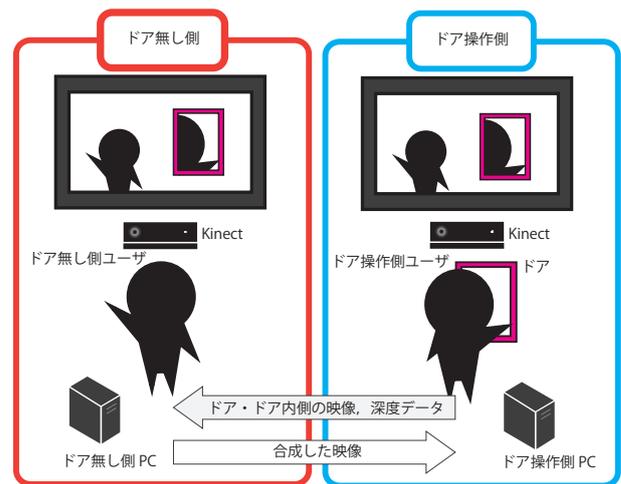


図 1 システム構成図

ビデオチャットにおいて存在感を向上させるための、腕を用いた様々な手法が提案されている。Tang らの VideoArms [10] では共有している作業領域上にある腕の映像を対話相手に表示することにより、対話相手との共有空間を指示することが可能である。大西らの PopArm [11] では、対話相手の映像から境界面を超えて実体化したかのように見せることにより、存在感を出すシステムである。実体化させた腕を用いて対話相手側の空間を指示することが可能である。HANDY System [12] では利用者の手の映像を対話相手の対話相手の顔の映像と組み合わせることで、存在感の向上を行った。これらの研究により、ビデオチャットにおいて腕を対話相手の空間に侵入させる手法は存在感が向上することが分かっている。しかし、これら手法では遠隔地の物に対しての指示は可能であるが、遠隔地の物に対する接触や移動に関しては表現できていない。

3. ドアコム

3.1 ドアコムの概要

ドアコムは、現実空間に存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ、ユーザが相手の空間内を平面的に動き回ることができるようにするシステムである。

本システムはドア操作側とドア無し側で通信を行う。図 1 にドアコムのシステム構成を示す。Kinect によりカラー情報、深度情報、骨格情報を取得し通信を行う。図 2 にドアコムの表示映像を示す。ドア操作側ユーザは、ドアを顔の前に掲げてドアを開き、その中からディスプレイを覗くようにして会話を行う。各ユーザのディスプレイには、ドア無し側の部屋の映像にドア操作側のドアとドアの内側が重畳表示される。これにより、ドアの操作側とドア無し側の空間がドアによって繋がっているような映像となる。図 3 に、ドアコムのインターフェースを示す。ドアコムは、他人の部屋に入るために使用する「ドア」をメタファとした。

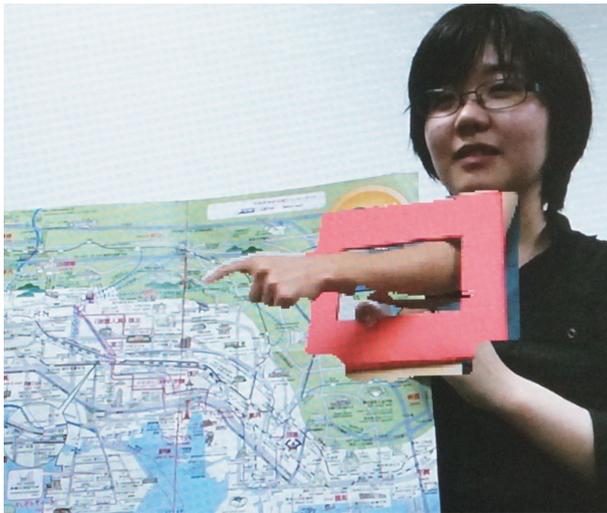


図 2 ドアコム表示映像

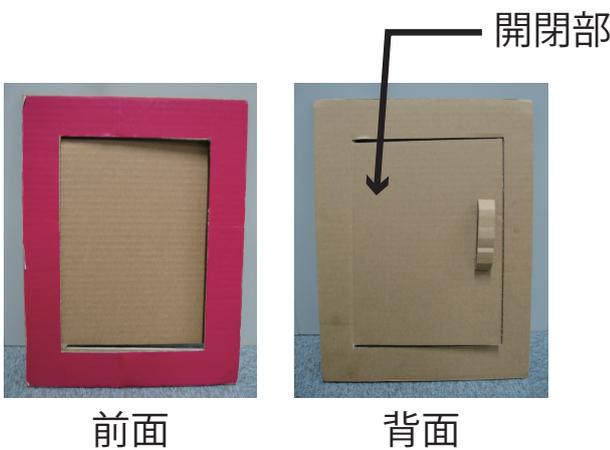


図 3 ドアコムのインタフェース

4. 提案手法

4.1 従来のドアコムにおける課題

これまでに開発してきたドアコムにおいては、前述したように「ドア」を用いて遠隔地間を仮想的に接続し、ドアを用いた、ドア枠から手を出すなどのジェスチャが可能となっている。また、Kinectにより取得可能な深度情報を用いて、ユーザや周辺物体の前後関係や前後への移動を認識し、前後関係を考慮した重畳表示を行うことにより、遠隔地における三次元的な移動の表現が可能となっている。このシステムにより、「相手の空間に侵入している感覚」や、「自身の空間へ侵入されている感覚」はある程度確認できているものの、得られている効果は未だ十分とは言えない。

4.2 遠隔空間内の接触表現手法

従来のドアコムでは、ドア枠から手を出すことで遠隔空間内の指差しが可能であった。しかし、実際に空間に侵入しているのであれば、指差しだけでなく、その空間にあるモノに対する接触と移動を行うことが可能である。そこで本稿では、遠隔空間内の物に対する接触と三次元的な移動可能な手法を提案する。また、提案手法を用いて遠隔空間

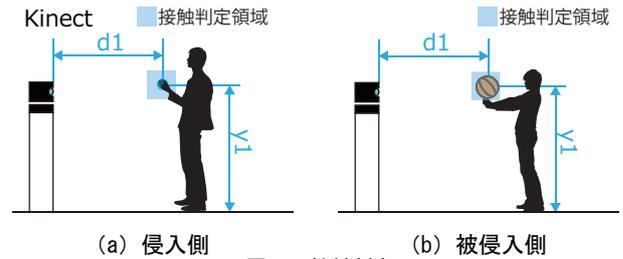


図 4 接触判定



図 5 接触表現

内の物に対する接触と三次元的な移動が可能になった重畳表示型ビデオチャットをドアコム Z と呼ぶ。ドアコム Z では、Kinectにより取得可能な深度情報と骨格情報を用いることにより、従来のドアコムでは実現できていなかった、「遠隔空間内の物を掴む」「遠隔空間内の物を動かす」という表現を実現する。図 4 に提案手法による接触判定の仕組みを示す。図 4 の $d1$ は Kinect と侵入側利用者の右手との距離、 $y1$ は右手の位置を表している。Kinect から侵入側ユーザの骨格情報を取得し、右手の二次元座標を得る。右手の二次元座標を基準に二次元的な接触判定領域を定める。Kinect から侵入側ユーザの右手の深度情報を取得する。右手の深度情報と二次元的な接触判定領域を用いて、三次元的な接触判定領域を作成する(図 4(a))。三次元的な接触判定領域を被侵入側に送信する。被侵入側にて、三次元的な接触判定領域にある映像を接触したと判定する(図 4(b))。図 4(b) では被侵入側ユーザが持っているボールが三次元的な接触判定領域内にあり、接触していると判定される。深度情報を用いて接触判定を行うことで、遠隔空間内のモノを映像から背景と区別して判定することができる。

4.3 遠隔空間内の動かす表現手法

遠隔空間内の動かす表現には、Kinectにより取得可能な骨格情報と深度情報、カラー画像を用いる。

(1) 掴み表現

遠隔空間内のモノが接触している状態が図 6(a) である。接触している部分は青く表示されている。Kinect からユーザの骨格情報を取得し、右手の状態を判定する。右手が閉じている状態のときは接触状態にあるモノを掴んでいると判定する。掴んでいる状態では、掴



図 6 掴み表現

んだ時のモノの映像を複製し保持する(図 6(b))。遠隔地内のモノが移動し接触状態では無くなっても、掴んでいる間は複製された映像は保持されたままである。右手が開いている状態のときは接触していても掴んでいないと判定する。掴んでいる状態から右手を開くと、保持していた映像は消える。

(2) 上下左右移動表現

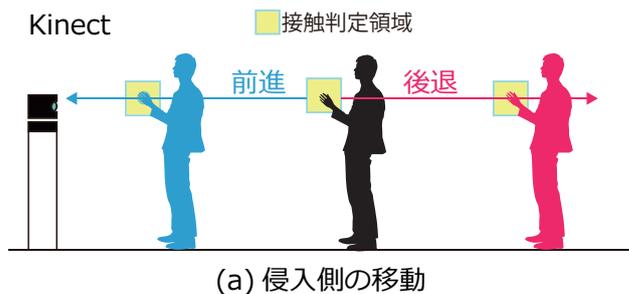
Kinect からユーザの骨格情報を取得し、右手の座標を取得する。掴んだ時の位置から右手が移動した分、保持されている映像を平面的に移動させる。これにより、遠隔空間内の掴んだモノの上下左右移動表現が可能である。

(3) 前後移動表現

図 7 に提案手法による前後移動表現の仕組みを示す。Kinect からユーザの骨格情報と深度情報を取得し、右手の深度情報を取得する。モノを掴んだ状態で Kinect に対して前後に移動したとき、変化した右手の深度情報により保持した映像の拡大縮小を行なう。拡大縮小の倍率は深度情報の変化量により求める。Kinect に対して前進すると Kinect からの距離が近くなる(図 7(a))。前進したことにより深度情報が変化し、保持された映像は拡大される(図 7(b))。Kinect に対して後退すると Kinect からの距離が遠くなる(図 7(a))。後退したことにより深度情報が変化し、保持された映像は縮小される(図 7(c))。これにより、遠隔空間内の掴んだモノの前後移動表現が可能である。

(4) 回転表現

Kinect から被侵入側の深度情報、カラー画像と侵入側ユーザの骨格情報を取得する。被侵入側の掴みにより保持されている映像のカラー画像と深度情報を組み合わせて三次元画像情報とする。侵入側ユーザの骨格情報から右手首の角度を取得する。右手首の角度に応じて三次元画像を回転させる。回転させた三次元画像を Kinect を正面とした二次元画像に変換し、画面に表示する。回転前の映像が図 8(a)。回転後の映像が図 8(b)である。これにより、遠隔空間内の掴んだモノの回転表現が可能である。



(a) 侵入側の移動

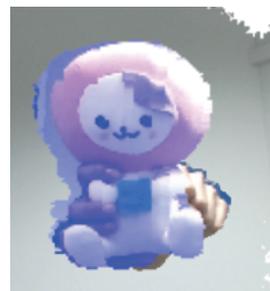


(b) 前進時の表示映像

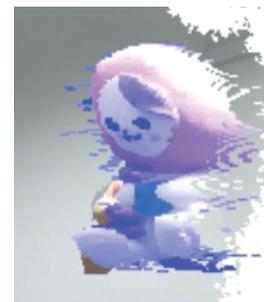


(c) 前進時の表示映像

図 7 前後移動表現



(a)回転前



(b)回転後

図 8 回転表現

従来のドアコムでは不可能だった「遠隔空間内の物を掴む」「遠隔空間内の動かす」といった表現が、本提案手法により可能となる。

5. 予備実験

5.1 実験概要

提案手法により、遠隔空間内における接触や移動が表現できているか、ドアコム Z の試作システムを用いて予備実験を行った。ドアコム Z の試作システムでは、以下の操作が可能である。

- (1) 接触表現：遠隔空間内において接触判定領域内にある物を青く表示する
- (2) 掴み表現：手が閉じているとき、接触している映像を保持する
- (3) 上下左右移動表現：掴み状態で手を上下左右に移動させると、保持した映像も同様に移動する
- (4) 前後移動表現：掴み状態で手を前後に移動させると、保持した映像が拡大縮小する
- (5) 回転表現：掴み状態のとき、保持した映像を回転させ表示する

表 1 アンケートの結果 (5 段階評価)

	質問項目	評価の分布					中央値	最頻値
		1	2	3	4	5		
(1)	遠隔空間内の物に接触しているように感じた。	0	1	1	4	4	4	4, 5
(2)	遠隔空間内の物に掴んでいるように感じた。	0	0	0	5	5	4.5	4, 5
(3)	遠隔空間内の物を上下左右に動かしているように感じた。	0	1	1	3	5	4	5
(4)	遠隔空間内の物を前後に動かしているように感じた。	0	0	1	4	5	4.5	5
(5)	遠隔空間内の物が回転しているように感じた。	0	1	1	6	2	4	4

・評価項目 (1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)

5.2 実験手順

本実験ではドアコム Z の試作システムを用いて、遠隔空間内にある物の受け渡しを行った。実験協力者は和歌山大学の学生 10 名である。実験協力者は侵入側に立ちシステムの操作方法の説明を受け、以下のタスクを行った。

- (1) 遠隔空間内にある指定された物に右手を接触させる
- (2) 接触した物を掴む
- (3) 掴んだ物を上下左右に移動させる
- (4) 掴んだ物を前後に移動させる
- (5) 掴んだ物を回転した映像を見る

実験後アンケートを行った。

5.3 実験結果と考察

表 1 にアンケート結果を示す。アンケートは 5 段階評価と記述式を用いた。

(1) 接触表現

遠隔空間内の物に接触について質問した結果 (表 1(1))、
 「同意する」という回答が得られ、遠隔空間内において接触判定領域内にある物を青く表示することにより接触を表現できることが分かった。しかし、「触っているという感覚が視覚だけで感じにくかった」という意見も見られた。より接触感を与えられる表現を検討する必要がある。

(2) 掴み表現

遠隔空間内の物を掴んでいる感覚について質問した結果 (表 1(2))、「同意する」という回答が得られた。自由記述では「普段の掴む動作と同じ動きでできたから」という意見が得られ、手が閉じているときに接触している映像を保持する表示により掴みを表現できることが分かった。

(3) 上下左右移動表現

遠隔空間内の物を上下左右に動かしている感覚について質問した結果 (表 1(3))、「同意する」という回答が得られた。自由記述では「手の移動に物が正しく追従していたから」「思い通りに動いたから」という意見が得られ、手の上下左右移動により保持した映像も同様に移動することで上下左右移動が表現できることが分かった。しかし、「動かすのが難しかった」という

意見も得られた。操作性の改善が必要である。

(4) 前後移動表現

遠隔空間内の物を前後に動かしている感覚について質問した結果 (表 1(4))、「同意する」という回答が得られた。自由記述では「大きさが変化したから」「画像が拡大縮小したため」という意見が得られ、手の前後移動により保持した映像が拡大縮小することで前後移動を表現できることが分かった。

(5) 回転表現

遠隔空間内の物が回転している感覚について質問した結果 (表 1(5))、「同意する」という回答が得られた。自由記述では「回転して見えた」「回転により厚みが感じられた」という意見が得られ、保持した映像を回転させ表示することで表現できることが分かった。しかし、回転表現における背面の表示について「後ろ側が反転だけだった」や「少し違和感があった」という意見も得られた。Kinect による一方向からの情報取得では背面の情報は取得できないため、違和感ない表示方法を検討する必要がある。

システムに対する自由記述では「掴めることが面白い」や「相手側の介入できる要素があって面白い」と提案手法による表現を支持する意見が得られた。

6. おわりに

本研究では「自身の空間に侵入されている感覚」や「相手の空間へ侵入している感覚」を与えることが可能なビデオチャットの実現を目指し、遠隔空間内の三次元的な接触移動表現手法を提案した。提案する表現手法は以下の 2 点にまとめられる。

- (1) 遠隔話者やその空間の物体の接触を、Kinect で取得可能な骨格情報と深度情報から判定
- (2) 接触したモノを掴み、三次元的に移動させることにより、ビデオチャットでは難しかった双方向のインタラクション手法を実現

また、提案手法を用いたドアコム Z の試作システムを開発し予備実験を行った。実験の結果、提案手法により遠隔空間内における接触や移動が表現可能であることが確認できた。アンケートの回答から、回転表示における遠隔空間

内の物の背面の表示についての問題点が明らかになった。今後、問題点の改善を行い、提案手法により可能となる「遠隔空間内の物を掴む」「遠隔空間内の動かす」の効果について検証する。

参考文献

- [1] Skype Blogs: Skype の同時接続ユーザー数、4000 万人を達成, <http://blogs.skype.com/2012/04/13/skype4000/> (参照 2015.1.9).
- [2] 総務省:平成 24 年度版 情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc122110.html>(参照 2015.1.9).
- [3] Marilyn M. Mantel, Ronald M. Baecker, Abigail J. Sellen, et al. : Experiences in the Use of a Media Space,CHI '99, pp.203-208(1991).
- [4] Yevgenia Bondareva and Don Bouwhuis: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp.1-9(2004).
- [5] 藤田 真吾, 吉野 孝 : 重畳表示型ビデオチャットにおける枠の 3 次元的な移動と存在の効果, 情報処理学会, インタラクション 2012 論文集, pp.813-818(2012).
- [6] 濱上 宏樹, 宮部 真衣, 吉野 : 部分重畳表示型ビデオチャットにおける三次元インタラクション手法の提案, 情報処理学会第 77 回全国大会, 1ZA-03, 第 4 分冊, pp.199-200(2015).
- [7] 濱上 宏樹, 宮部 真衣, 吉野 孝 : 部分重畳型ビデオチャットにおける被侵入感の検証, 情報処理学会, 関西支部大会, G-11, pp.1-2 (2015) .
- [8] 森川 治, 前迫孝徳 : 「超鏡」: 自己像を表示するビデオ対話方式, 情報処理学会 HI 研究会, Vol.725, pp.25-30 (1997).
- [9] Kenji Hirata, Yasunori Harada,Takehiro Ohno, et al. : t-Room: Telecollaborative Room for Everyday Interaction, 情報処理学会第 66 回全国大会, 4B-3, pp.4.97-4.98 (2004).
- [10] Anthony Tang, Carman Neustaedter, Saul Greenberg: VideoArms: Embodiments for Mixed Presence Groupware, Proc. of BCS HCI 2006, pp.85-102(2006).
- [11] 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之 : PopArm: 身体映像の部分実体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化, 情報処理学会, インタラクション 2015 論文集, pp.38-46(2015).
- [12] Igor de Souza Almeida, Marina Atsumi Oikawa, Jordi Polo Carres, Jun Miyazaki, Hirokazu Kato : AR-based video-mediated communication : A social presence enhancing experience, SVR2012, pp.125-130(2012).