

# 部分重畳型ビデオチャットにおける 侵入感を与える三次元的な移動表現

濱上 宏樹<sup>1,a)</sup> 吉野 孝<sup>2,b)</sup>

受付日 2016年4月8日, 採録日 2016年10月4日

**概要:** 近年, Skype などの無料でビデオチャットを行えるツールの普及により, 容易にビデオチャットを行える環境が整ってきた. そのため, 今後は会議などのフォーマルな場面での利用だけでなく, ビデオチャットは, 家族や友人とのインフォーマルなコミュニケーションでの利用が増えてくると考えられる. しかし, 従来のビデオチャットには, 対面環境に比べて対話相手との心理的な距離感を感じてしまうという問題点がある. 本研究では, この問題点を改善するため, 部分重畳型ビデオチャットシステム「ドアコム Z」の開発を行った. ドアコム Z は, 現実中存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ, 相手の空間とつながっているような表示を行うビデオチャットシステムである. 深度情報を用いることで, 遠隔空間における三次元的な移動を表現した. 遠隔空間内における三次元的な移動の実現により, 「遠隔空間において相手の背後に隠れる」「遠隔空間内を指差す」という表現が可能になった. 遠隔空間における三次元的な移動の表現の有用性を示すために, 侵入感の検証および被侵入感の検証を行った. 検証実験より, 三次元的な移動の表現は, 二次元的な移動の表現に比べ, 侵入感を向上させることが分かった. また, 両手法ともに被侵入感が得られ, 表現による大きな違いはないことが分かった. 表現方法に関係なく, 自身の空間にある物を指差される映像は, 被侵入感を与えることが分かった.

**キーワード:** ビデオチャット, 部分重畳型, 遠隔地間, 距離感, 侵入感, 被侵入感

## The Expression of 3-D Movement which Can Give a Feeling of Intrusion in Partial Overlay-type Video Chat System

HIROKI HAMAUE<sup>1,a)</sup> TAKASHI YOSHINO<sup>2,b)</sup>

Received: April 8, 2016, Accepted: October 4, 2016

**Abstract:** In recent years, the spread of tools that free video chat, such as Skype, has facilitate the use of video chat. We think that a video chat can be used in informal communication. However, the conventional video chat has a problem that you feel a sense of distance to a dialogue partner compared with the face-to-face environment. In order to improve the problem, we have developed a partial overlay-type video chat system “DOACOM-Z.” DOACOM-Z can connect between remote places virtually through the frame which exists in an actual space. The 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.” The usefulness of the expression of three-dimensional movement in the remote space, we carried out a verification experiment of a feeling of intrusion and a verification experiment of a feeling of being intruded. From the result of the verification experiments, we found that the expression of three-dimensional movement can improve the feeling of intrusion compared with the expression of the two dimensional movement. In addition, a feeling of intrusion was obtained with both methods. We found that there is no significant differences between expressions. Regardless of the method, the image pointing object in its own space can provide a feeling of being intruded.

**Keywords:** video chat, partial overlay display-type, remote spaces, sense of distance, feeling of intrusion, feeling of being intrusion

## 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]. 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. そのため, 今後は会議などのフォーマルな場面での利用だけでなく, ビデオチャットの家族や友人とのインフォーマルなコミュニケーションでの利用が増えてくると考えられる. しかし, 従来のビデオチャットには, 対面環境に比べて対話相手との心理的な距離感を感じてしまうという問題点がある.

この問題を改善するため, 本研究では遠隔空間内における三次元的な移動が表現可能なビデオチャットシステム「ドアコム Z」を提案する. 本システムは, 対話相手と自身の映像の重畳表示を行う部分重畳表示型ビデオチャットである. 部分重畳表示型ビデオチャットとは, 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である. 現実存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ, 相手の空間とつながっているような表示を行う. 枠を境界として空間をつないだような表現である点が対面環境と大きく異なる. 本システムでは空間をつなぐ枠として, ドア型の専用インタフェースを用いている. 部分重畳型ビデオチャットにおいてドアの存在が, ドア型インタフェースを操作するユーザの存在感と映像の立体感を増加させることが確認されている [3]. 本システムでは遠隔空間内における三次元的な移動の表現を実現する. 遠隔空間内における三次元移動の表現を可能にするため, 従来のビデオチャットで用いられていた Web カメラに加えて深度センサを用いる. 従来の遠隔コミュニケーションにおけるユーザの実際の位置関係を提示する研究により, 遠隔コミュニケーションにおけるユーザの実際の位置関係の提示は, 対話相手の存在感や同室感が向上することが確認されている. 本システムは部分重畳型ビデオチャットにおいて, 映像により前後移動を表現した点が従来の研究と異なる.

本論文では, まず 2 章で関連研究について述べる. 3 章では本システムの概要の説明を行う. 4 章では, 遠隔空間内における三次元的移動の表現による侵入感の検証を行い, 結果と考察を述べる. 5 章では, 遠隔空間内における三次元的移動の表現による被侵入感の検証を行い, 結果と考察を述べる. 6 章では本研究の結論について述べる.

## 2. 関連研究

本章では, 遠隔コミュニケーションに関する研究および遠隔コミュニケーションにおけるユーザの位置関係に関する研究を示し, 本研究の位置付けを明らかにする.

### 2.1 遠隔コミュニケーションに関する研究

従来のビデオチャットには, 対面環境に比べて対話相手との心理的な距離感を感じてしまうという問題点がある. この問題を解決するため, 対話相手の存在感や同室感を演出する研究が多くなされてきた. 本節では, これらの研究を遠隔空間を対面環境に近づける方法と, 近づける以外の方法の 2 種類に分類してそれぞれ述べる. 従来のビデオチャットの対面環境に比べて対話相手との心理的な距離感を感じてしまうという問題点を解決するために, 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ある. 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 [4] 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 [5] によって遠隔地にいる相手の存在感が増すことが分かっている. 三澤らの LiveMask [6] では, 立体形状ディスプレイを用いて対話相手の顔を立体的に表示することで, 対話相手の存在感が向上することが分かっている.

ビデオチャットにおいて対面環境に近づける以外の方法によって, 遠隔地の相手の存在感の向上を目指した研究も多くなされてきた. 遠隔重畳型ビデオチャットとして森川の超鏡 [7] がある. 超鏡は, 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 WISIWYS (What I See Is What You See) を満たしている点などがある. 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, 本システムは異なる部屋にいる対話者がドア枠を境界として, 異なる空間をつなぎ対話しているような映像を作り出す. 本システムは, あくまでお互いに異なる部屋にいる状態で対話を行う映像である点が大きく異なる.

### 2.2 遠隔コミュニケーションにおけるユーザの位置関係に関する研究

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, Hirata らの t-Room [8] がある. t-Room ではユーザが同じ部屋にいるような感覚を同室感と定義している. ユーザの位置関係を考慮して, 実対面しているような

<sup>1</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科  
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640-8510, Japan

<sup>2</sup> 和歌山大学システム工学部  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640-8510, Japan

a) hamaue.hiroki@g.wakayama-u.jp

b) yoshino@sys.wakayama-u.ac.jp

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。田中らは対話相手を映したディスプレイを物理的に移動させた [9]。対話相手の前後移動とディスプレイの移動を同期させることで、対話相手の移動を映像のみのビデオチャットに比べ強調した。この手法により、対話相手にあたかも人が実際に移動しているかのような感覚を与えることが確認されている。対話相手の前後の移動を表現するために、移動するディスプレイが必要であり一般的なビデオチャット環境と異なるという問題がある。田中らのシステムと本システムの類似点は、ビデオチャットにおいて相手の前後移動を強調している点である。しかし、田中らのシステムが物理的な移動によって前後移動を表現したことに對して、本システムでは映像により前後移動を表現した点が異なる。

運動視差によるテレプレゼンス強化を目的とした研究がある。Nakanishi らは相手側に設置してあるカメラをユーザの前後移動に合わせて物理的に移動させるシステムを開発した [10]。これにより、表示される映像に運動視差が発生する。実験の結果、運動視差がテレプレゼンスを強化させることが分かった。

平岡らは閲覧者の視点位置検出および、対話相手の映像を擬似的な運動視差付き映像に変換するシステムを開発した [11]。利用者の前後移動により対話相手の映像が変化するものである。平岡らのシステムでは卓上に設置可能な深度センサ付きカメラを用いることにより、一般的なデスクトップ PC 環境でも前後方向の運動視差を再現している。川路らは平岡らのシステムの評価実験を行った。実験の結果、深度センサ付きカメラによる擬似的な運動視差映像が社会的テレプレゼンスを増強させることが分かった [12]。平岡らのシステムと本システムでは深度センサを付きカメラを用いて使用者の前後を取得している点が類似している。平岡らのシステムが対面した映像での前後移動を表現したことに對して、本システムは部分重畳型ビデオチャットにおいて前後移動を表現した点が異なる。また、本システムは運動視差ではなく映像の重畳順により前後移動を表現した点が異なる。

### 3. ドアコム Z

#### 3.1 従来のドアコム概要

ドアコムは、対話相手と自身の映像の重畳表示を行う部分重畳表示型ビデオチャットである。部分重畳表示型ビデオチャットとは、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を行うシステムである。現実存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ、相手の空間とつながっているような表示によって、対面環境に近づける以外の方法で心理的な距離感の改善を目指す。インタフェースとして使用する枠は、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。これまでの研究により、枠の存在はドアなし側ユーザに對して、ドア操作側ユーザの存在感と映像の立体感を増加させることが分かっている。また、枠から手を出す越境表現により、相手の空間で指示操作をしている感覚の向上が確認された [13]。既存のビデオチャットと比較すると、ドアコムを用いることで、相手の空間とつながっている感覚は、ある程度得られていると考えられる。このシステムにより、同室感や、指示操作に対する効果はある程度確認できているものの、得られている効果はいまだ十分とはいえない。

#### 3.2 従来の課題

ドアコムの特徴は枠を介して空間をつなぐ点である。本研究の課題は遠隔コミュニケーションにおいて枠を介して相手の空間とつながっている感覚の向上である。従来のドアコムでは、ドア操作側はつねに最前面に重畳表示される。この表現により、相手の空間内を二次元的に移動することは可能であったが、奥行きを考慮した三次元的な移動は表現されていなかった。つまり、ドアを持った状態で前後に移動したとしても、重畳された映像に変化はない。この表現では、ドア操作側ユーザの動きが映像に反映されず、相手空間へ侵入し、移動するという感覚において、影響を与えている可能性がある。また、従来のドアコムでは、ドア操作側ユーザは、対話相手の空間内を二次元方向であれば自由に動き回ることが可能であるため、相手の空間での指示操作感覚を得ることが可能である。一方、ドアなし側ユーザから見ると、自分の空間に相手が侵入してきており、ドア操作側ユーザと比較して、相手への指示操作感覚が得られにくい。つまり、同じビデオチャットに参加しているにもかかわらず、ドアなし側ユーザは得られる指示操作感覚が不十分であり、ドアなし側ユーザの指示操作感覚についても十分な効果が得られるような工夫が必要である。

#### 3.3 設計方針

一般的な従来のビデオチャットでは、対話相手のいる空間に入っているような表現はできない。従来のドアコムでは、相手のいる空間の映像の上に、ドア操作側の映像を重ねることで、遠隔地間をつなぐ表現を行い、対話相手の空間に入り込むような表現を実現した。ドアコム Z では、対話相手の空間に入り込む感覚を向上させることによって、相手の空間とつながっている感覚の向上を目指す。本論文では、相手の空間にドア枠を介して入り込むことを「侵入」と表現する。自身の空間に居ながらにして、ドア枠から相手の空間に入る「進入」と、通常入ることのできない対話相手の領域を侵す「侵入」の意味を意図している。実際に、自身の空間が相手の空間とつながっており、相手の空間に侵入しているのであれば、侵入した空間におけるモノとドアやドア枠外に出した手にカメラから見た前後関係が生じ

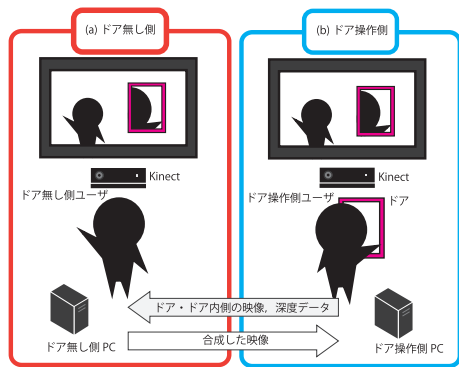


図 1 システム構成

Fig. 1 System configuration.



図 2 表示映像

Fig. 2 Display image of DOACOM-Z.

る。利用者に「相手の空間で指示操作をしている感覚」や「相手の空間へ侵入している感覚」を与えるためには、二次元の位置だけでなく奥行きも考慮した、空間における位置関係に基づく重畳表示が重要であると考えた。この課題を解決するために、遠隔空間における三次元的な移動が表現可能なビデオチャットシステム「ドアコム Z」を開発する。

### 3.4 システム構成

図 1 にドアコム Z のシステム構成を示す。本システムはドアを持たないドアなし側 (図 1(a)) とドア型インタフェースを操作するドア操作側 (図 1(b)) とで通信を行う。図 2 にドアコム Z の表示映像を示す。ドアコム Z 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 内でドアを持ちドアから手を伸ばしているユーザがドア操作側、地図を持っているユーザがドアなし側である。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、ドアな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なし側の空間がドアによってつながっているような映像となる。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。

#### (A) ドアなし側

ドアなし側の構成は図 1(a) である。ドアなし側の使用機器はドアなし側 Kinect, ドアなし側 PC である。

ドアなし側では、ドアなし側 Kinect でユーザを撮影し、ドア操作側に送信する。ドアの操作側 PC から送られてきたドアのフレームとその内側の映像を、ドアなし側 PC でドアなし側の映像と合成する。また、ドア操作側ユーザの動作に応じた処理を行う。

#### (B) ドア操作側

ドア操作側の構成は図 1(b) である。ドア操作側の使用機器はドア, ドア操作側 Kinect, ドア操作側 PC である。ドア操作側 Kinect でドア操作側ユーザを撮影し、ドア操作側 PC でドアのフレームを認識してドアのフレームとその内側の映像、枠外に出た手の映像と深度情報、右手の状態、骨格情報をドアなし側に送信する。

### 3.5 遠隔空間内における三次元移動の表現

インタフェースとして用いているドアが実際に対話相手側の空間に侵入しているのであれば、侵入した空間におけるモノとドアやドア枠外に出した手にカメラから見た前後関係が生じる。利用者に「相手の空間で指示操作をしている感覚」や「相手の空間へ侵入している感覚」を与えるためには、二次元の位置だけでなく奥行きも考慮した、空間における位置関係に基づく重畳表示が重要であると考えた。そこで、これらの課題を解決するために、本システムではビデオチャットにおいて遠隔空間における三次元的な移動を表現する。本システムでは、従来のビデオチャットに用いられてきた Web カメラに代えて Kinect を用いることで、遠隔空間における三次元的な移動の表現を可能にする。具体的には、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、三次元的な移動を画面内で表現する。

図 3 に重畳表示の仕組みを示す。図 3 における  $d_1$  は Kinect と利用者との距離を、 $d_2$  は Kinect とドアとの距離を表している。

#### (1) $d_1 > d_2$

まず、 $d_1 > d_2$  の場合について述べる。ドア操作側にある Kinect からドアまでの距離  $d_2$  がドアなし側の Kinect から人物および物体までの距離  $d_1$  よりも小さい場合、ドアによって切り取られたドア操作側の映像は、ドアなし側の人物および物体より前面に表示される (図 3(c))。

#### (2) $d_1 < d_2$

次に  $d_1 < d_2$  の場合について述べる。ドア操作側にある Kinect からドアまでの距離  $d_2$  がドアなし側の Kinect から人物および物体までの距離  $d_1$  よりも大きい場合、ドアによって切り取られたドア操作側の映像はドアなし側の人物および物体より背面に表示される (図 3(d))。

従来のドアコムではつねにドア操作側の映像が前面に表示されていたために不可能だった「遠隔空間において相手の背後に隠れる」「ドアなし側からドア操作側への指示」といった表現が、本提案手法により可能となる。図4に「遠隔空間において相手の背後に隠れる」表現の映像を示す。ドア操作側のユーザがドアなし側ユーザと背景の壁の間の深度にいるため、ドアなし側ユーザの背面にように表示されている。図5に「遠隔空間を指差す」表現の映像を示す。ドア操作側のユーザよりもドアなし側ユーザの手の深度が小さいため、ドアなし側からドア操作側の空間への指示が表現されている。

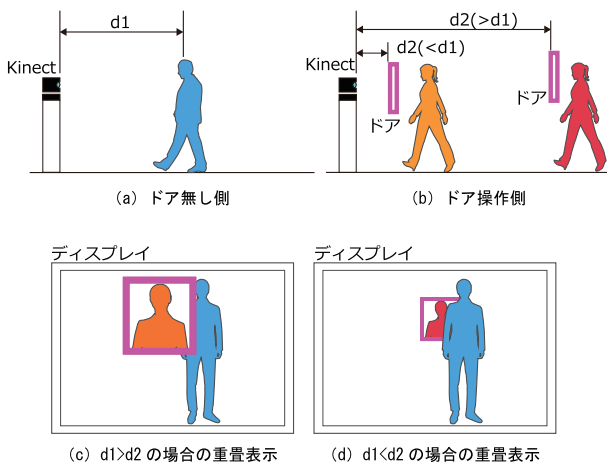


図3 前後関係を考慮した重畳表示の仕組み

Fig. 3 Mechanism of the overlay display that takes into account the positional relation.

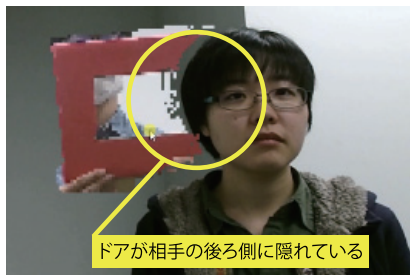


図4 「遠隔空間において相手の背後に隠れる」表現

Fig. 4 Expression of “Hide in the remote space.”



図5 「遠隔空間を指差す」表現

Fig. 5 Expression of “Pointing to the remote space.”

## 4. 侵入感の検証

### 4.1 実験の概要

ドア操作側のユーザは、自身の空間が相手の空間とつながることによって、相手の空間に侵入することが可能となる。遠隔空間内における三次元的な移動の表現が、実際にドア操作側に「相手の空間へ侵入している感覚」を与えているか検証を行った。遠隔空間内における三次元的な移動が可能でドアコムZと二次元的な移動が可能でドアコムとの比較実験を行った。

### 4.2 実験手順

提案手法の評価実験を行った。実験では従来手法（三次元インタラクション表現のない従来のドアコム）および提案手法（ドアコムZ）が利用者に与える侵入感を比較する。本実験では Kinect により撮影した深度情報および画像情報、事前に別室で撮影した深度情報および画像情報を用いた。実験協力者は和歌山大学の学生 10 名である。実験はタスクを定めて、実験協力者はタスクに沿って動作を行った。実験タスクは、従来手法と提案手法によって表示に違いが生じる移動の動作とした。実験協力者は手法による表現の確認を行い、侵入先の空間にいる相手とコミュニケーションはとっていない。実験協力者に、従来手法と提案手法による表現の違いは説明していない。実験の流れは以下のとおりである。

- (1) 実験協力者はドア操作側ユーザとしてドアを持つ。
- (2) 実験協力者はドア枠を持って画面に注目したまま画面の前を横切るように往復する。

図6に実験の様子を示す。実験では従来手法および提案手法による表示方法の比較を行った。従来手法ではドアを持った実験協力者がつねに別室で撮影した画像の前面に表示される。提案手法ではドアを持った実験協力者は深度情報により別室映像の人物との位置関係を判定され、その結果を考慮して重畳表示される。順序効果を考慮し、協力者を5名ずつ2グループに分け、従来手法と提案手法の実施順序を入れ替えている。実験後、アンケートを行った。

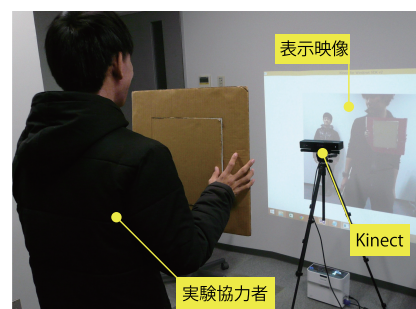


図6 侵入感の検証の実験の様子

Fig. 6 Photograph of a verification experiment of a feeling of intrusion.

表 1 アンケートの結果 (5 段階評価)

Table 1 The results of the questionnaire (5-point Likert scale).

	質問項目	表示方法	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
			1	2	3	4	5			
(1)	相手がいる空間に侵入した感じがした。	従来手法	1	6	3	0	0	2	2	0.00195*
		提案手法	0	0	1	8	1	4	4	
(2)	ただ単に映像を見ている感じがした。	従来手法	0	0	1	7	2	4	4	0.00195*
		提案手法	1	5	3	1	0	2	2	
(3)	どちらの表示方法を好むか。	共通	0	0	0	2	8	5	5	

- ・ (1), (2) 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)
- ・ (3) 評価項目 (1: 従来手法, 2: どちらかといえば従来手法, 3: どちらともいえない, 4: どちらかといえば提案手法, 5: 提案手法)
- ・ \*: 有意差あり  $p < 0.05$
- ・ 有意確率には, ウィルコクソンの符号付順位和検定を使用.
- ・ 有意確率は従来手法と提案手法の評価の差.

### 4.3 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。相手の空間への侵入について質問した結果 (表 1(1)), 従来手法と提案手法とでは有意差がみられた。従来手法は「同意しない」という結果, 提案手法では「同意する」という結果が得られた。従来手法に比べ提案手法は相手の空間に侵入している感覚を与えられることが分かった。自由記述より, 従来手法では「ただ画像と重なっているだけのように見えるため, 侵入した感じはしなかった」と実際の位置関係を考慮していない平面的な重畳表現では侵入感を感じないという回答が得られた。提案手法では「ドアの重なりによって自分が空間のどの位置に存在するか把握できた」や「後ろの人より前にいることが分かった」という意見が得られ, 別空間の人物とドアとの重なり方により相手空間におけるドアの位置を把握できたと考えられる。

単純に映像を見ていると感じるかどうかについて質問した結果 (表 1(2)), 従来手法と提案手法とでは有意差がみられた。従来手法は「同意する」という結果, 提案手法では「同意しない」という結果が得られた。従来手法に比べ提案手法は自分自身が関わっている印象を与えたことが分かった。自由記述より, 従来手法で「同意しない」と回答した協力者からは「自身で何かアクションを起こしたりできないため」という意見が得られた。それに対して, 提案手法で「同意する」と回答した協力者からは「遊び度が増していた」「背後に隠れるなどのインタラクションができるため」「自分が介入している感じが強かった」という意見が得られた。このことから, 遠隔空間における三次元移動により可能となった「遠隔空間において相手の背後に隠れる」というインタラクションは相手の映像に自身が関わっている印象を与える要因になったと考えられる。

どちらの表示方法を好むかについて質問した結果 (表 1(3)), 従来手法に比べ提案手法が好まれることが

分かった。自由記述では「奥行が感じられた」「相手の背後に隠れられる」と遠隔空間内における三次元移動表現が支持された。また, 「遠近感に違和感がなかった」という回答も得られ, 実際の位置関係が反映されている点も支持された要因だと考えられる。

その他の自由記述回答では「隠れて遊べそう」「映像の中に仮想的な空間を感じることができて楽しかった」という意見があり, 提案手法は従来手法と異なった使用方法の可能性があると考えられる。

## 5. 被侵入感の検証

### 5.1 実験の概要

ドアなし側のユーザは, 自身の空間が相手の空間とつながることにより, 自身の空間に侵入されることが可能である。遠隔空間内における三次元移動の表現がドアなし側に与える被侵入感について検証を行った。遠隔空間内における三次元移動が可能なドアコム Z と遠隔空間における二次元移動が可能なドアコムとの比較実験を行った。

### 5.2 実験手順

提案手法の評価実験を行った。実験では従来手法 (三次元インタラクション表現のない従来のドアコム) および提案手法 (ドアコム Z) が利用者を与える被侵入感を比較する。本実験ではドア操作側ユーザとドアなし側ユーザを別室に分けシステムを用いて会話を行った。実験協力者は和歌山大学の学生 10 名である。実験はタスクを定めて, 実験協力者はタスクに沿って動作を行った。実験タスクは, 従来手法と提案手法によって表示に違いが生じる移動や指差しの動作とした。指差しを用いた説明を行う状況として, 地図を用いた会話を行った。実験協力者に, 従来手法と提案手法による表現の違いは説明していない。本実験はあらかじめ定められたタスクを行うため, フォーマルなコミュニケーションを想定した実験である。実験の流れは以下の

表 2 アンケートの結果 (5段階評価)

Table 2 The results of the questionnaire (5-point Likert scale).

	質問項目	表示方法	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
			1	2	3	4	5			
(1)	自身の空間に侵入された感じがした.	従来手法	0	2	2	4	2	4	4	0.344
		提案手法	1	0	1	4	4	4	4, 5	
(2)	ただ単に映像を見ている感じがした.	従来手法	1	5	0	4	0	2	2	0.500
		提案手法	1	6	1	2	0	2	2	
(3)	どちらの表示方法を好むか.	共通	1	0	2	5	2	4	4	

- ・(1), (2) 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)
- ・(3) 評価項目 (1: 従来手法, 2: どちらかといえば従来手法, 3: どちらともいえない, 4: どちらかといえば提案手法, 5: 提案手法)
- ・有意確率には, ウィルコクソンの符号付順位和検定を使用.
- ・有意確率は従来手法と提案手法の評価の差.

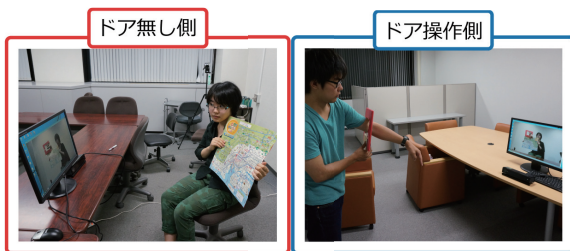
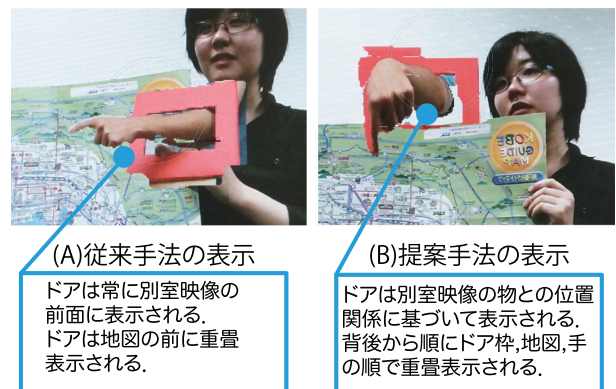


図 7 被侵入感の検証の実験の様子

Fig. 7 Photograph of a verification experiment of a feeling of being intruded.



(A)従来手法の表示

ドアは常に別室映像の前面に表示される。ドアは地図の前に重畳表示される。

(B)提案手法の表示

ドアは別室映像の物との位置関係に基づいて表示される。背後から順にドア枠,地図,手の順で重畳表示される。

図 8 被侵入感の検証の表示映像

Fig. 8 Display image of a verification experiment of a feeling of being intruded.

とおりである。

- (1) 実験協力者はドアなし側ユーザとして地図を持つ。
- (2) ドア操作側ユーザから地図上の地形・観光地について説明を受ける。
- (3) ドア操作側ユーザは, システムを用いて枠から手を出すことによって, 実験協力者の持つ地図の説明箇所を指差しながら説明を行う。
- (4) ドア操作側ユーザは説明箇所を指示した際, 実験協力者が地図上の指示されている地点を認識しているかについて随時確認を行う。

図 7 に実験の様子を示す。実験では従来手法および提案手法による表示方法の比較を行った。図 8 (A) に従来手法による表示, 図 8 (B) に提案手法による表示を示す。従来手法では別室のドア操作側の映像がつねにドアなし側の映像の前面に表示される。提案手法では, ドア操作側の映像は, 深度情報によりドアなし側の映像における人や物の位置関係を判定し, その結果を考慮して重畳表示される。順序効果を考慮し, 協力者を 5 名ずつ 2 グループに分け, 従来手法と提案手法の実実施順序を入れ替えている。実験後, アンケートを行った。また, 実験協力者の行動を分析するために, 実験中の様子をビデオカメラにより録画した。

### 5.3 実験結果と考察

表 2 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。自身の空間への被侵入感について質問した結果 (表 2 (1)), 従来手法と提案手法はともに高い被侵入感が得られ, 有意差がみられなかった。提案手法と従来手法では自身の空間への被侵入感に大きな違いはないことが分かった。自由記述により「指がドアから出てきて指し示してくれたから」「地図を指していたため」という意見が得られ, 表示手法に関係なく自身の空間にある物を指差される映像は被侵入感を与えていると考えられる。また, 一部の実験協力者は提案手法による表示に対して「背後から侵入された感じがした」と記述しており, 従来手法より被侵入感を感じていたことが分かった。

単純に映像を見ていると感じるかどうかにについて質問した結果 (表 2 (2)), 従来手法と提案手法とでは, 有意差がみられず, どちらも単純に映像を見ているとは感じないことが分かった。自由記述より, 従来手法では「腕が出ていたから, ただの映像とは思えなかった」「侵入された感じがした」という意見がみられ, 提案手法では「腕が出ていたから」「従来手法より侵入された感じがした。少し恐怖も感じた」という意見がみられた。このことから, 実験協力者はどちらの手法でも遠隔空間から伸びる腕に対し被侵入感を感じていたと考えられる。単純に映像を見ていると感じ

たと選択した実験協力者は「能動的に動かなかったから」と回答していた。実験協力者は地図を持っていたため、自由に動けなかったと考えられる。

どちらの表示方法を好むかについて質問した結果(表 2(3)), 従来手法に比べ提案手法が好まれることが分かった。自由記述では「ドアが後ろに、腕は地図の前にあって現実味がかった」という意見があり。提案手法による実際の空間における位置関係を考慮した表示は、従来手法による表示より好まれていると考えられる。従来手法を選択した実験協力者の回答では「従来手法のほうが伝わった気がする」という意見が得られた。これはドアがつねに最前面に表示されていたため、ドアが地図に隠れることなく表示されつづけたためと考えられる。また、表示方法の違いが分からなかった実験協力者もいた。これは実験タスクがドアの映像と平面である地図との重畳表示を行うものであり、従来手法による表示と提案手法による前後関係を考慮した表示に大きな違いがみられなかったことが原因の1つであると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、ビデオチャットにおいて対面環境に比べて対話相手との心理的な距離感を感じてしまうという問題点を改善するため、部分重畳型ビデオチャットシステム「ドアコム Z」の開発を行った。ドアコム Z は、現実存在する枠を介して遠隔地間を仮想的につなぎ、相手の空間とつながっているような表示を行うビデオチャットシステムである。深度情報を用いることで、遠隔空間における三次元的な移動を表現した。遠隔空間における三次元移動の表現の効果について検証し、以下を明らかにした。

- (1) 「侵入感」の検証の結果、三次元的な移動の表現は、二次元的な移動の表現に比べ、侵入感を向上させ、対話相手の映像に介入している感覚を向上させることが分かった。
- (2) 「被侵入感」の検証の結果、三次元的な移動の表現と二次元的な移動の表現はともに被侵入感が得られ、表現による大きな違いはないことが分かった。また、表現方法に関係なく、自身の空間にある物を指差される映像は、被侵入感を与えることが分かった。

遠隔空間内における三次元的な移動を表現したドアコム Z を利用することにより、遠隔地間での対話において心理的な距離感を感じるという問題点を改善できる可能性を示した。今後、三次元インタラクションが可能となったドアコム Z を利用することで、遠隔コミュニケーションにおけるユーザの行動の変化について調査を行う。

## 参考文献

- [1] Skype Blogs : Skype の同時接続ユーザー数、4000 万人を達成、入手先 (<http://blogs.skype.com/2012/04/13/>)

- skype4000/) (参照 2015-01-09).
- [2] 総務省：平成 24 年度版 情報通信白書、入手先 (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc122110.html>) (参照 2015-01-09).
- [3] 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).
- [4] Mantel, M.M., Baecker, R.M., Sellen, A.J. et al.: Experiences in the Use of a Media Space, *CHI '99*, pp.203-208 (1991).
- [5] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9 (2004).
- [6] 三澤加奈, 石黒祥生, 暦本純一：LiveMask：立体顔形状ディスプレイを用いたテレプレゼンスにおけるコミュニケーションの評価, 情報処理学会インタラクション 2012, pp.41-48 (2012).
- [7] 森川 治：「超鏡」：魅力あるビデオ対話方式をめざして, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.815-822 (2000).
- [8] Hirata, K., Harada, Y., Ohno, T. 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).
- [9] 田中一品, 加藤 慶, 中西英之, 石黒 浩：人の移動の表現方法：ズームカメラと移動ディスプレイによる社会的テレプレゼンスの向上, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.4, pp.1393-1400 (2012).
- [10] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces, *Proc. CHI 2009*, pp.433-442 (2009).
- [11] 平岡勇作, 宮田慎也, 坂本竜基：前後移動時の運動視差を模した擬似視差映像の生成, 情報処理学会研究報告, 2012-HCI-146, Vol.2012, No.5, pp.1-5 (2012).
- [12] 川路崇博, 坂本竜基：擬似的な前後方向の運動視差付き映像が社会的テレプレゼンスに及ぼす影響の評価, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.5, pp.1509-1517 (2014).
- [13] 吉野 孝, 藤田真吾：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, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.249-255 (2013).



濱上 宏樹 (学生会員)

1993 年生。2016 年和歌山大学システム工学部デザイン情報学科卒業。現在、同大学大学院システム工学研究科システム工学専攻博士前期課程在学中。HCI に関する研究に従事。



吉野 孝 (正会員)

1969 年生。1992 年鹿児島大学工学部電子工学科卒業。1994 年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。博士(情報科学)。現在、和歌山大学システム工学部教授。CSCW, HCI, コミュニケーション支援システムの研究に従事。