

可動枠を用いた部分重畳表示型ビデオチャットにおける越境表現の効果

吉野 孝^{1,a)} 宮部 真衣^{2,b)}

概要:我々は、遠隔地間における対話者の円滑なコミュニケーションを支援するシステム“ドアコム”を開発した。ドアコムは、一方のユーザ（ドア操作側）がドア型インタフェースを用い、相手の空間（ドア無し側）に現れる表示を実現した、重畳表示型のビデオチャットシステムである。ドアコムでは、ドアを相手側の画面のどの位置に、どの大きさで重畳表示するかといった自由度が、ドア操作側ユーザに与えられている。ドア無し側ユーザは、ドアの表示位置、表示サイズからドア操作側ユーザの意図を読み取ることが可能となる。従来のドアコム（旧ドアコム）では、ドアの枠内のみ描画していた。そのため、枠外へ手を出すジェスチャをした場合には、枠外に出した部分は表示されなかった。今回新たに、枠外に手を出すジェスチャをした場合、枠外の描画を行うことが可能なドアコム（新ドアコム）を開発した。新ドアコムでは、「枠外へ手を出す」表現が可能となったため、遠隔地からの指示操作に効果があると考えられる。本稿では、ドア（可動枠）を用いた部分重畳表示型ビデオチャットにおける枠外へ手が出る（越境表現）効果を検証するために実験を行い、利用者の行動について観察を行った。実験の結果、新ドアコムの越境表現により、遠隔地からの指示操作が容易になる可能性を示した。

キーワード: 遠隔コミュニケーション, 協調作業, ビデオチャット, 指差し, 遠隔指示

Effect of Cross-border Expression in Partial Superposition Display-type Video Chat using a Movable Frame

Abstract: We have developed an overlay-type video chat system called “DOACOM,” which enhances the presence of a distant speaker. DOACOM has a door-type interface on the door-operation side. When a speaker on the door-operation side opens the door, he/she appears inside the other speaker’s (on the door-less side) room. In DOACOM, the speaker on the door-operation side can adjust the size of the door by superposition, and the speaker on the door-less side can adjust the position of the door on the screen. The speaker on the door-less side can perceive the intention of the speaker on the door-less side with respect to door operation, from the display position and size of the door. Conventional DOACOM (hereafter, old DOACOM) allows a speaker to draw within the door limit. Therefore, a hand cannot be displayed in the case of a gesture that dabbles outside the limit. We have developed a new version of DOACOM that allows the speaker to draw outside the door limit, and hence, when a gesture is made, the hand can move outside the door limit (hereafter, cross-border expression). Thus, instructions can be executed remotely. In this study, we conducted experiments and observed speakers’ actions to verify the effect of cross-border expression using new DOACOM. The results show that new DOACOM facilitates the remote execution of instructions.

Keywords: remote communication, collaborative work, video chat, pointing, remote instruction

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

² 東京大学 知の構造化センター
Center for Knowledge Structuring, The University of Tokyo,
Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

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

b) mai.miyabe@gmail.com

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、Web カメラの普及 [2], [3] 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 [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によって、遠隔地にいる相手の存在感が増すこと [5] が分かっている。

我々は、ドア型の専用インタ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 [6], [7]。本稿では、遠隔地間の一方または両方のカメラ映像の一部を、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。また、ドアコムでは、ドアを相手側の画面のどの位置に、どの大きさで重畳表示するかといった自由度が、ドア操作側ユーザ^{*1}に与えられている。ドア無し側ユーザは、ドアの表示位置、表示サイズからドア操作側ユーザの意図を読み取ることが可能となると考えている。

従来のドアコム（旧ドアコム）では、ドアの枠内を描画していたが、実験中に、利用者がドアの枠外へ手を出すという行動がよく見られた。そこで、新たに枠外へ手を出せる機能（越境表現）を備えたドアコム（新ドアコム）を開発した。

本稿では、重畳表示型ビデオチャット“ドアコム”における、越境表現の効果を確認するために実験を行った。

2. ドアコム

2.1 ドアコムの概要

ドアコムは遠隔2地点でビデオチャットを行うシステムである。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。ドアコムのシステム構成を図1に示す。本システムはドア操作側とドア無し側で通信を行う。

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。

ドアコムでは、ドアを相手側の画面のどの位置に、どの大きさで重畳表示するかといった自由度が、ドア操作側ユーザに与えられている。ドア無し側ユーザは、ドアの表示位置、表示サイズからドア操作側ユーザの意図を読み取

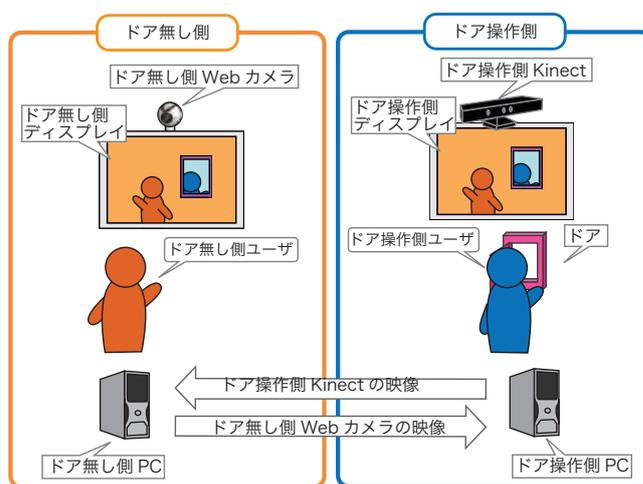


図 1 システム構成図

Fig. 1 DOACOM system configuration.

ることが可能となる。

ドアコムは、鏡像表示および正像表示が可能であり、対話の内容に応じて使い分けている。森川の調査 [8] によると、自己像を表示する場合に、正像表示と鏡像表示を比べると、恥ずかしさや違和感などの評価において、鏡メタファを用いた鏡像表示の方が良い結果となっている。また、位置関係を重視する対話内容の場合には、正像表示が適している。

2.2 システム構成

ドアコムのシステム構成を、ドア操作側とドア無し側に分けて述べる。

(A) ドア操作側

ドア操作側の使用機器は、ドア、Kinect、ドア操作側ディスプレイ、ドア操作側 PC である。図 2 に、操作するためのドアを示す。ドアの大きさは、高さ 40cm、幅 30cm で、取っ手が付いており、開閉できる。越境表現を実現するために、深度情報が取得できる Kinect を用いた。

(B) ドア無し側

ドア無し側の使用機器は、ドア無し側 Web カメラ、ドア無し側ディスプレイ、ドア無し側 PC である。

2.3 画像の合成処理の流れ

図 3 に、新ドアコムの画像の合成処理の流れを示す。図 3 中の数字は以下の処理番号と対応している。画像の合成処理の流れを、ドア操作側とドア無し側について以下に示す。

(A) ドア操作側

- A-1: ドア操作側 Web カメラでドア操作側を撮影。
- A-2: ドア無し側に映像を送信。
- A-3: ドア無し側から送られてきた映像を受信。
- A-4: ドア操作側ユーザが持つドアを認識。

*1 ドアコムでは、一方の利用者だけがドアを利用する。



図 2 ドアコムのインタフェース
Fig. 2 DOACOM interface.



図 4 ドアコムの利用中の様子
Fig. 4 Screenshot of DOACOM in use.

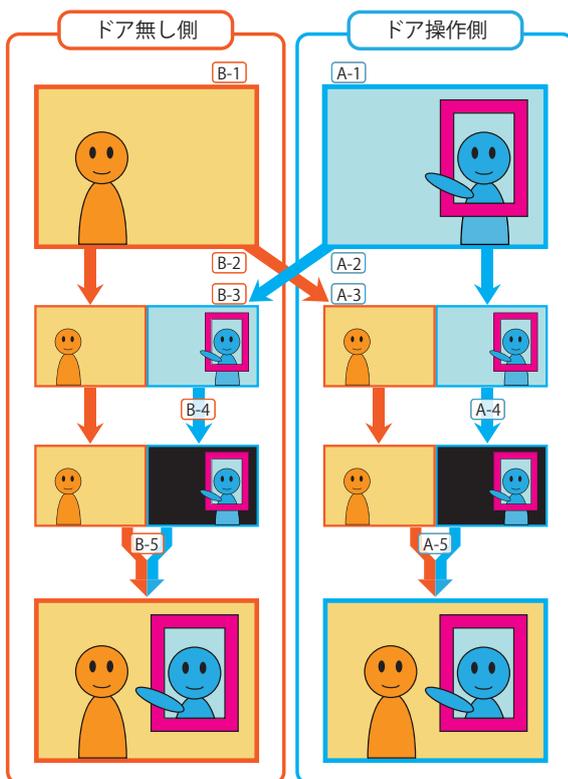


図 3 画像の合成処理の流れ
Fig. 3 Flow of image composition.

A-5: ドア無し側の映像にドアとその内側を合成.

(B) ドア無し側

B-1: ドア無し側 Web カメラでドア無し側を撮影.

B-2: ドア操作側に映像を送信.

B-3: ドア操作側から送られてきた映像を受信.

B-4: ドア操作側から送られてきた映像のドアを認識.

B-5: ドア無し側の映像とドア操作側のドアとその内側を合成.

旧ドアコムと新ドアコムは、基本的な処理の流れは同じであるが、新ドアコムでは、枠外の映像を重畳する際 (A-4 および B-4) に、Kinect の深度情報を用いることで、枠の位置より前の映像を重畳し、越境表現を実現している。

図 4 に、ドアコムの利用中の様子を示す。ドアコムは、

ドア枠の外は表示されない ドア枠の外も表示される



(A) 旧ドアコムの表示例



(B) 新ドアコムの表示例

図 5 旧ドアコムと新ドアコムの表示の違い

Fig. 5 Difference between the displays of old DOACOM and new DOACOM.

ドア無し側の画像に、ドア操作側のドアを含んだ内側の画像を重畳している。そのため、ドアを表示する場所は、ドア操作側のドアの表示位置に依存している。ドア操作側が前後に移動すると、それに応じて画像の大きさが変化する。ドア操作側が左右に移動すると、ドアの表示位置が変化する。多くの場合、ドア操作側ユーザは表示された映像を見ながら、重畳表示しても問題のない位置あるいは意図した位置に移動する。

図 5 に、旧ドアコムと新ドアコムの表示の違いを示す。図 5 の左側が旧ドアコムの表示で、右側が新ドアコムの表示である。旧ドアコムは枠上の指の表示が見えないが、新ドアコムでは枠外へ手が出ている。

3. 評価実験

3.1 実験概要

“ドアコム”における、越境表現の効果を確認するために、実験を行った。実験では旧ドアコムと新ドアコムの比較を行った。実験の目的は、利用者が枠外へ手を出す機能をどのように利用するかを観察である。

実験タスクは、パズルを解くタスクとした。このタスク

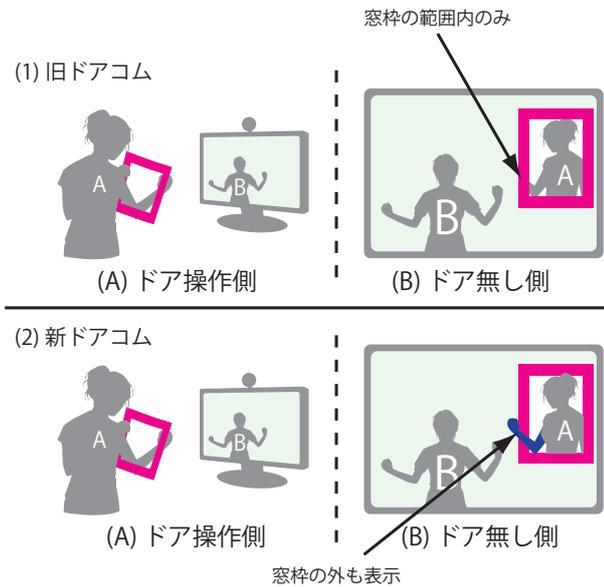


図 6 比較実験のイメージ

Fig. 6 Image of comparative experiments.

では、2つの部屋に分かれ、ドア操作側（被験者）から、ドア無し側に指示し、パズルを解く。

実験の被験者は、ドア操作側ユーザとして、ビデオチャットを行った。被験者数は20名で、旧ドアコムの被験者が10名、新ドアコムの被験者が10名である。被験者は、旧ドアコムか新ドアコムのどちらか一つのみの実験に参加した。ドア無し側は、実験協力者一人が担当した。実験のイメージを、図6に示す。図6の(A)ドア操作側が被験者であり、(B)ドア無し側は実験協力者である。

映像の解像度は320 pixel × 240 pixelである。ドア操作側は15インチのノートPC上に重畳表示した画像を表示し、ドア無し側は22インチの液晶ディスプレイに表示した。フレームレートは約10fpsであった。音声の通信には、Skypeを用いており、ほぼ明瞭に聞こえていた。ドア操作側はヘッドセットを利用し、ドア無し側はマイクとスピーカーを利用した。

3.2 実験タスク

実験のタスクは、4つの正方形を組み合わせて作られた7種類のブロック二組および1つの正方形を用い、それらのブロックを組み合わせて正方形を作るパズルである。作成する正方形は、3×3、4×4、5×5、6×6とした。実験時間は最大15分程度であり、被験者のパズルを解く時間により、実験の時間は異なる。

全ての被験者に対して同じ手順で実験を行った。

実験の実施手順は次の通りである。

- (1) “ドアコム”を用いて、パズルを解いてもらうことを説明する。
- (2) パズルを解くのは被験者であり、別の部屋の実験協力者に指示して、パズルを動かすことを説明する。

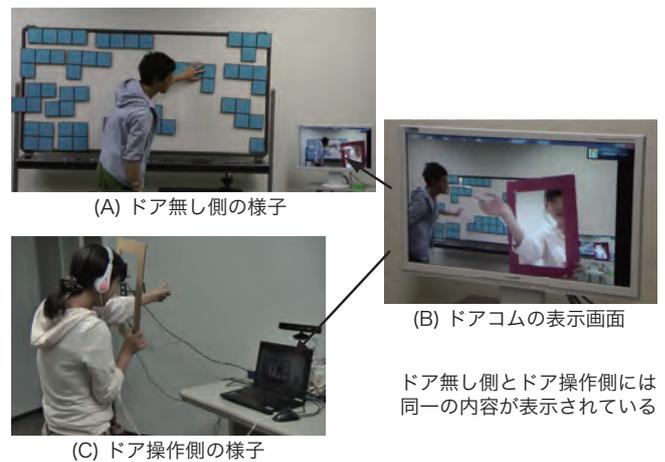


図 7 実験中の様子

Fig. 7 Photograph of experiment.

- (3) パズルの能力を調べる実験ではないことを説明する。また、できる限り早く解いてもらうことを願う。
- (4) ヘッドセットを付けてもらい、別の部屋の実験協力者との対話状況を確認する。
- (5) ドアコムの操作説明を行い、手を出させて、表示される状況を確認してもらおう（使用するシステムが旧ドアコムまたは新ドアコムにかかわらず手を出してもらおう）。
- (6) 実験中に質問があれば、随時質問するように伝える。
- (7) 実験のタスクとして、別の部屋のパズルのピースを組み合わせて、3×3の正方形を作ってもらおう。
- (8) 3×3の正方形が出来たら、4×4の正方形を作ることを伝える。
- (9) 4×4の正方形が出来たら、5×5の正方形を作ることを伝える。
- (10) 5×5の正方形が出来た時点で、実験時間が10分未満の場合には、6×6の正方形を作ることを伝える。
- (11) 実験終了後、アンケートに回答してもらおう。
- (12) 実験の内容について、他の人に伝えないように願う。

図7に、実験中の様子を示す。図7(A)は、ドア無し側の様子である。ホワイトボード上に15個のピースがある。実験開始前の15個のピースの配置は、毎回、同一にした。

図7(B)は、ドアコムの表示画面である。ドア無し側はホワイトボードの右に設置した液晶ディスプレイに表示している。

図7(C)は、ドア操作側の様子である。ドア操作側のノートPCの表示内容は図7(B)と同一である。

4. 実験結果と考察

被験者の属性を、表1に示す。平均年齢は、22歳～23歳であった。男性15名、女性5名が参加した。ドアコムの実験に参加したことがある被験者は8名で、12名は初めてドアコムを使った。ビデオチャットの利用経験がある被験

表 1 被験者の属性
Table 1 Attributes of subjects.

属性	旧ドアコム	新ドアコム
平均年齢 (歳)	22.9	22.2
性別 (男:女)	9:1	6:4
ドアコムの利用経験の有無 (ある:なし)	4:6	4:6
ビデオチャットの利用経験の有無 (ある:なし)	6:4	6:4

者は 12 名、利用経験のない被験者は 8 名であった。

4.1 タスクの達成時間

表 2 に、タスクの達成時間を示す。全ての被験者が、3×3 から 5×5 のパズルを解いた。今回の実験では、5×5 の正方形が出来た時点で、実験時間が 10 分未満の場合には、6×6 の正方形のパズルも行ったが、全員実験していないため、分析対象から除外した。

3×3 のパズルは、最短で 38 秒 (被験者 H)、最長で 2 分 49 秒 (被験者 M) かかった。一部の被験者は、最初、ドア無し側への指示の仕方に戸惑っていたが、ほとんどの場合に、すぐに指示を行い、パズルを解いていた。パズルの解き方は、最終形を想定してから指示する場合や、ある程度の指示を出しながら解を見つけるなど、解き方に違いが見られた。また、3×3、4×4、5×5 と、動かすピースが増えるにつれて、難易度も増し、ほとんどの場合、達成時間が徐々に増える傾向が見られた。5×5 では、組合せによって正方形が出来ない場合があり、時間が掛かる被験者がいた (被験者 C, G, H, I, K, N, T)。

旧ドアコムおよび新ドアコムのタスクの達成時間は、平均では新ドアコムが時間を要しているが、個人差も大きく (標準偏差が大きい)、差が見られなかった。

4.2 アンケート結果

表 3 に、アンケート結果を示す*2。全ての項目において、旧ドアコムと新ドアコムに差は見られなかった。

表 3(1)「相手への指示操作のしやすさ」、表 3(3)「相手との意思疎通の円滑さ」については中央値 4 であり、新・旧どちらのドアコムとも指示しやすく、十分に意思疎通が出来ていることがわかった。ドアコムを介したパズルの操作においては、ほとんど問題なく指示操作を行えていることがわかった。

表 3(2)「相手の空間で指示操作をしている感覚」について、有意差は見られなかったが、評価 4 以上をみると、旧ドアコムは 3 名、新ドアコムは 6 名と、新ドアコムの方が「相手の空間で指示操作をしている感覚」がある可能性がある。今回、被験者は、旧ドアコムか新ドアコムのどちら

*2 アンケート項目の一部は、臨場感などの評価において用いられる IPQ (Igroup Presence Questionnaire) を参考に作成した。

か一方の実験に参加しており、システム間での比較評価は行っていない。システム間の比較評価を行うと明確に差が見られる可能性があると考えている。

表 3(4) において、相手の空間への侵入について質問したが、今回の実験では、あまり侵入している感覚を与えられていないことがわかった。被験者は、パズルを解くタスクに集中しており、相手の空間へなんらかの影響を与えている感覚が、十分に得られていないと考えられる。

表 3(5) において、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が、表示している画像に対して、ドアおよび自分の画像が表示されているために、自分自身が関わっている印象を与えたことがわかった。

4.3 ユーザの行動

両システムにおけるユーザの特徴的な行動について示す。

- 新ドアコムは、ドアから手を出して指示ができるため、ドアから手を出して、該当するピースを直接指差し、「これ」「それ」などの指示語で指示する行動が見られた。旧ドアコムは、ドアから手を出せないが、ドアを移動し、ドア枠のぎりぎりまで指を出して該当するピースを示し、「これ」「それ」などの指示語を使って指示する行動が見られた。
- 旧ドアコムおよび新ドアコムの両方とも、単に口頭のみで指示を行う被験者がいた。これは、通常のビデオチャットと変わらない使い方であると考えられる。
- ドアコムのドアのサイズが比較的大きく、重畳した画像でピースが隠れてしまうことがあった。そのため、パズルのピースを探すために、移動して探し回る様子が見られた。
- ドアから手を出して指示するのではなく、指示は主に口頭であるが、ドアの位置を基点として、ピースがある方向やピースの移動方向を指示するジェスチャをしている被験者がいた。
- 1 名だけ、ドアから手を出して、液晶ディスプレイ上のピースを指し示した被験者がいた。その際、ドア無し側へ指示が伝わらないことに気が付き、重畳表示された自分の手の位置を重畳された画像上で調整する行動が見られた。

5. おわりに

可動枠を用いた部分重畳表示型ビデオチャットにおける越境表現の効果を検証するために、実験を行い、利用者の行動について観察を行った。

実験の結果、タスク達成時間およびアンケート評価において、旧ドアコムと新ドアコムの間には明確な差はみられなかったが、「相手の空間で指示操作をしている感覚」については、新ドアコムの評価が高く、新ドアコムの枠外へ手がでる (越境表現) 効果は、指示操作に良い影響を与える可

表 2 タスクの達成時間
Table 2 Task completion time.

旧ドアコム												
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均	標準偏差
3×3	00:42	01:03	01:12	00:59	00:45	01:09	01:48	00:38	01:55	01:18	01:09	00:26
4×4	01:30	01:10	01:20	01:09	01:29	02:02	02:15	01:13	02:41	00:48	01:34	00:35
5×5	02:19	01:48	06:15	01:49	00:58	01:47	06:06	07:50	05:21	01:58	03:37	02:29

新ドアコム												
被験者	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	平均	標準偏差
3×3	02:12	01:01	02:49	02:17	00:59	01:07	01:06	01:20	02:10	01:05	01:37	00:41
4×4	01:55	00:54	00:59	02:00	03:03	01:06	03:04	00:58	01:50	01:12	01:42	00:50
5×5	10:15	01:58	01:29	06:19	03:25	02:06	03:33	02:05	02:30	09:10	04:17	03:11

※表の値は、分:秒である。

表 3 アンケート結果 (旧ドアコムと新ドアコム)
Table 3 Questionnaire results for the experiment (Comparison between old DOACOM and new DOACOM).

質問項目	システムの種類	中央値	有意確率	5段階評価				
				1	2	3	4	5
(1) 相手への指示はしやすかった。	旧ドアコム	4	0.450	0	3	1	5	1
	新ドアコム	4		0	2	0	7	1
(2) 自分のいる部屋から指示しているのではなく、相手の空間の中で指示している感じがした。	旧ドアコム	3	0.187	1	3	3	2	1
	新ドアコム	4		0	3	1	4	2
(3) 相手との意思疎通 (お互いの考えの伝達や理解) は円滑に行えた。	旧ドアコム	4	0.395	0	2	1	6	1
	新ドアコム	4		0	1	1	5	3
(4) 相手のいる空間に侵入した感じがした。	旧ドアコム	3	0.470	0	3	3	4	0
	新ドアコム	3.5		0	2	3	4	1
(5) ただ単に映像を見ているような気がした。	旧ドアコム	2	0.334	3	3	2	2	0
	新ドアコム	2		3	5	2	0	0

※表中の中央値とは、「1:強く同意しない」「2:同意しない」「3:どちらでもない」「4:同意する」「5:強く同意する」の5段階の評価基準による評価結果の中央値である。

※各質問項目の5段階評価の数字は人数である。

能性があると考えている。

ユーザの特徴的な行動として、新ドアコムでは、該当するピースを直接指差し、旧ドアコムでは、ドア枠のぎりぎりまで指を出して該当するピースを指し示し、「これ」「それ」などの指示語を使って指示する様子が観察された。枠外へ手がでる(越境表現)効果により、指示操作が容易になる可能性がある。

今後、旧ドアコムと新ドアコム間のユーザの行動の詳細な分析や指示語の利用状況の分析を行う。また、実験タスクの見直しや、指示タスクにおける新ドアコムの枠の存在の効果について検証する。将来的には、ドアの表示位置を用いたドア操作側ユーザの意図はどの程度表現可能か、相手にどの程度伝わるかについての検討も行う。

参考文献

[1] Skype -The Big Blog:30 million people online on Skype, 入手先 (http://blogs.skype.com/en/2011/03/30_million_people_online.html).

[2] japan.internet.com:PC 必須機器に成長する!?—「ヘッドセット」「Web カメラ」25%が所有, (<http://japan.internet.com/research/20050216/1.html>).

[3] japan.internet.com:PC ユーザの3割が「Web カメラ」か「ヘッドセット」または「両方」を持っている, (<http://japan.internet.com/research/20100907/1.html>).

[4] Marilyn M. Mantei, Ronald M. Baecker, Abigail J. Sellen, et al.: Experiences in the Use of a Media Space. CHI' 91, pp.203-208(1991).

[5] Yevgenia Bondareva and Don Bouwhuis: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp.1-9 (2004).

[6] 藤田 真吾, 吉野 孝: ドアコム: タンジブルインタフェースを用いたビデオチャットシステム, 情報処理学会, インタラクシオン 2011 論文集, pp.757-760 (2011).

[7] 藤田 真吾, 吉野 孝: ドア型の専用インタフェースを利用したビデオチャットシステム「ドアコム」の評価, 情報処理学会, EC2011, pp.1-4 (2011).

[8] 森川 治: ビデオ対話における自己像の表示による対話相手の存在感への影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.1-1, pp.61-68(1999).