

# 部分重畳型ビデオチャットにおける 接触と三次元移動表現の効果

濱上 宏樹<sup>1</sup> 吉野 孝<sup>2</sup>

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、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開発し、試作システムを用いて実験を行った。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、接触表現や操作性についての問題点が明らかになった。そこで本稿では、「遠隔空間内の物に触れている感覚」の向上を目的とし、部分重畳型ビデオチャットにおける接触表現手法を提案する。

## Effect of Expression of Touch and 3-D Movement in Partial Superposition Display-type Video Chat

HIROKI HAMAUE<sup>1</sup> TAKASHI YOSHINO<sup>2</sup>

### 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 Z」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

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 [6]。また、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。この表現により、「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 [7]、得られている効果は未だ十分とは言えない。

そこで我々は、深度情報を用いた遠隔空間内の接触と三次元的な移動の表現手法を開発した。また、本手法を用いた試作システムを開発し予備実験を行った。実験の結果、本手法はユーザに「遠隔空間内の物に触れている感覚」「遠隔空間内の物を掴んでる感覚」「遠隔空間内の物を動かしている感覚」を与えられることが確認できた。また、アン

<sup>1</sup> 和歌山大学院システム工学研究科

<sup>2</sup> 和歌山大学システム工学部

ケートの回答から、接触表現や操作性についての問題点が明らかになった。そこで本稿では、「遠隔空間内の物に触れている感覚」の向上を目的とし、部分重畳型ビデオチャットにおける接触表現手法を提案する。

## 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 Is 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。

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する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 Z

### 3.1 ドアコム Z の概要

ドアコム Z 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三次元的に動

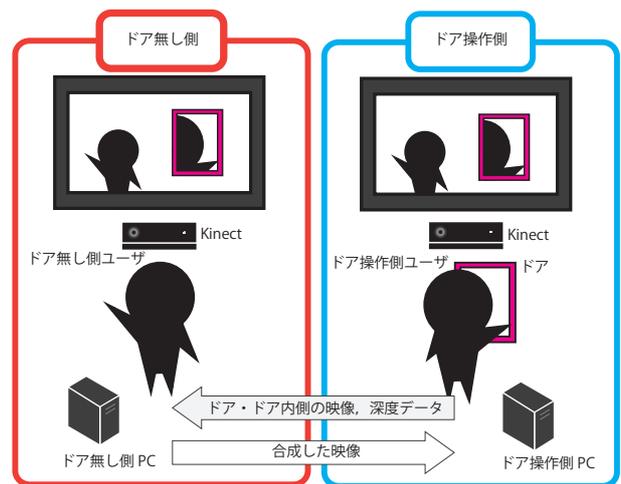


図 1 システム構成図



図 2 ドアコム Z 表示映像

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 Z 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 Z 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 Z のインタフェースを示す。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。

## 4. 提案手法

### 4.1 従来のドアコム Z における課題

これまでに開発してきたドアコム Z 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

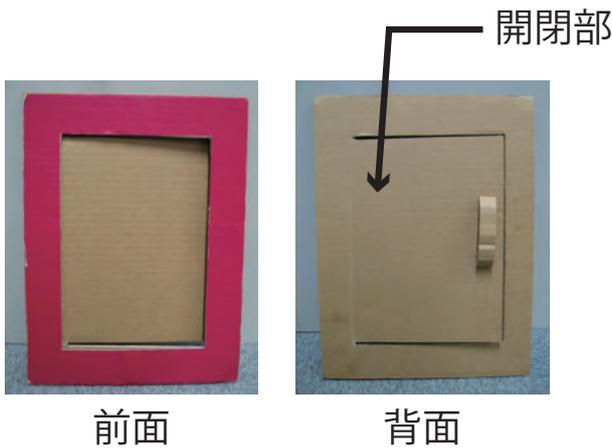


図 3 ドアコム Z のインタフェース

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 遠隔空間内の接触判定手法

遠隔空間内における三次元移動の表現とドア枠から手を出す表現により、遠隔空間内の指差しが可能である。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を行うことが可能である。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、「遠隔空間内の物に触れる」という表現を実現する。遠隔空間内の物に対する接触の表現方法について述べる。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。接触と判定されたとき、接触部分の色は変化する。図 5 に接触表現を示す。接触している判定された部分は青色に表示されている。

#### 4.3 映像による接近表現手法

物に触れるためには、自身の手を対象物のある地点まで

動かす必要がある。実際の空間では、人は視差によって物と自身の手との距離を測っている。遠隔空間内で物に触るときも同様に、自身の手を対象物のある地点まで動かす必要がある。しかし、実際の空間とは異なり、試作システムの映像は平面ディスプレイに表示されているため、視差によって物と自身の手との距離を測ることができない。

そこで本稿では、平面的な映像上で自身の手と物との接近を表現する手法を提案する。

図 6 に映像による接近表現の仕組みを示す。図 6 の  $d1$  は Kinect と侵入側ユーザの手との距離、 $d2$  は Kinect と被侵入側にある物との距離を表している。

Kinect から侵入側ユーザの骨格情報を取得し、右手の二次元座標と深度情報を得る。遠隔空間にある物と右手との距離を求める。距離に応じて、遠隔空間内にある物の色を変化させる。遠隔地にある物と侵入側ユーザの右手との距離が 10cm 未満の時は、接触している。10cm 以上 50cm 未満の時は、接近している。50cm 以上の時は、離れていると定義している。

##### (1) 非接近

まず、 $d1$  と  $d2$  の差が 50cm 以上の場合について述べる (図 6(a))。  $d1$  と  $d2$  の差が 50cm 以上とき、被侵入側の空間において、侵入側ユーザの手と被侵入側にある物とは接近していないと判定される。このとき、図 6(a) の表示映像で被侵入側の物の色は変化していない。

##### (2) 接近

次に、 $d1$  と  $d2$  の差が 10cm 以上 50cm 未満の場合について述べる (図 6(b))。  $d1$  と  $d2$  の差が 10cm 以上 50cm 未満の範囲の値であるとき、被侵入側の空間において、侵入側ユーザの手と被侵入側にある物とは接近していると判定される。このとき、被侵入側の物の色は  $d1$  と  $d2$  の差に応じて色の濃度に変化する。図 6(b) の表示映像では、被侵入側の物の色は緑色に変化している。

##### (3) 接触

次に、 $d1$  と  $d2$  の差が 10cm 未満の場合について述べる (図 6(c))。  $d1$  と  $d2$  の差が 10cm 未満とき、被侵入側の空間において、侵入側ユーザの手と被侵入側にある物とは接触していると判定される。このとき、被侵入側の物の色は接触を表す色に変化する。図 6(c) の表示映像では、被侵入側の物の色は黄色に変化している。

これらの遠隔空間における接近の表現により、遠隔空間ある物と自身の手との距離を表現することができる。

#### 4.4 振動による接触表現手法

実際の空間では触覚によって、物との接触を知覚することができる。しかし、試作システムでは実際の空間とは異なり、映像のみの表現であったため、触覚によって接触を

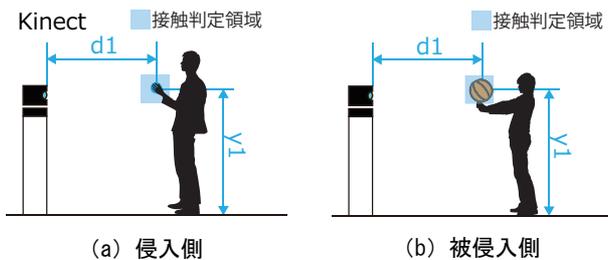


図 4 接触判定

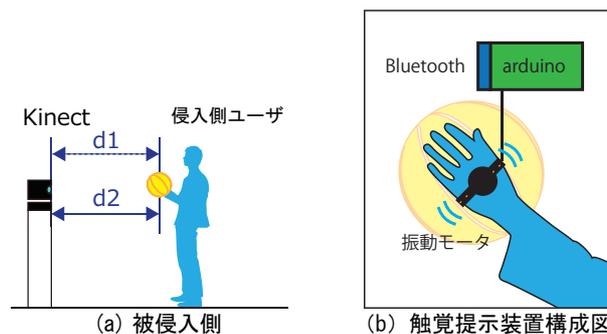
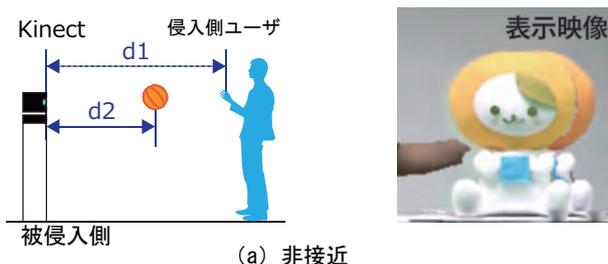


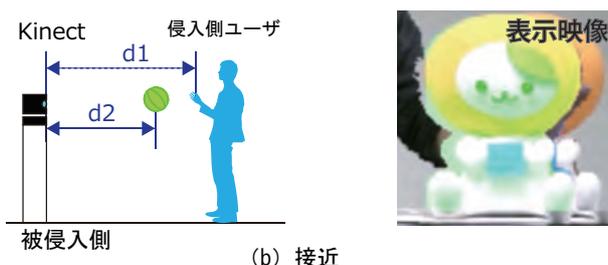
図 7 振動による接触表現



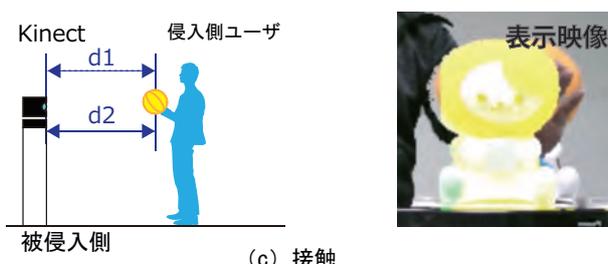
図 5 接触表現



(a) 非接近



(b) 接近



(c) 接触

図 6 接近表現

知覚することはできなかった。試作システムを用いた予備実験のアンケートの回答から、「触っているという感覚が

視覚だけで感じにくかった」という意見が得られた。「遠隔空間内の物に触れる」感覚の向上のために、触覚への情報提示が必要であると考えた。そこで本稿では、振動による接触表現手法を提案する。

図 7 に振動による接触表現の仕組みを示す。図 7 のように遠隔地にある物と侵入側ユーザの手の深度が一致したとき、上記の遠隔空間内の接触判定手法によって、接触していると判定される。接触していると判定されたとき、Bluetooth 通信によって振動パターン情報を PC から Arduino に送信する。Arduino では振動パターン情報によって振動モータを制御する。振動モータの振動によって、接触を触覚に提示する。

## 5. 実験

### 5.1 実験概要

映像による接近表現手法、振動による接触表現手法の提案手法の効果を実験により検証する。実験は振動による接触提示装置の試作を用いる。図 8 に試作した振動による接触提示装置を示す。振動部はバンドによって実験協力者の右手に固定する。

実験は「映像による接触表現」と「映像による近接表現」、「振動による接触表現」の 3 つの組み合わせ、以下の 4 通りの表示を比較する。

- (1) 映像による接触表現
- (2) 映像による接触表現+映像による近接表現
- (3) 映像による接触表現+振動による接触表現
- (4) 映像による接触表現+映像による近接表現+振動による接触表現

### 5.2 実験手順

本実験は、提案手法による表示を行う部分重畳型ビデオチャットと、振動により接触提示を行う試作システムを用いて行う。実験タスクは遠隔空間内にある物への接触である。実験協力者は和歌山大学の学生 10 名である。実験は以下の手順によりを行う。順序効果を考慮し、表示方法の順番は実験協力者により異なる。

- (1) 実験協力者は Kinect の前に立ち、接触提示装置を

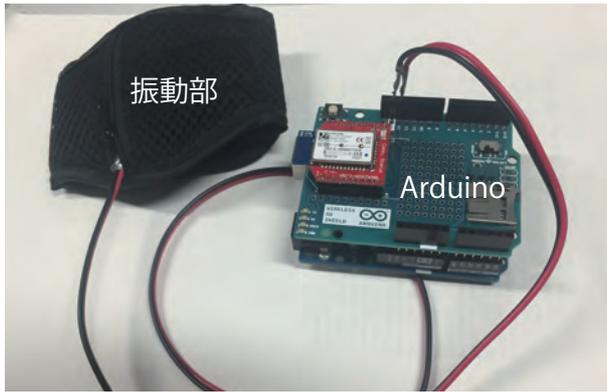


図 8 触覚提示装置の試作システム

右手に装着する。

- (2) 表示方法について説明を受ける。
- (3) 映像を見ながら遠隔空間内にある物への接触を行う。
- (4) 表示方法を確認できたら次の表示方法に映像を切り替える。

上記の(2)から(4)を4つの表示方法を確認するまで繰り返す。実験終了後アンケートを行う。

### 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4つの表現の順位付けと自由記述を用いた。表2に手法毎の順位の集計を示す。合計点数は、実験協力者が回答した順位を1位:4点、2位:3点、3位:2点、4位:1点として計算した合計点である。実験協力者は10名のため、合計点数の最も高い場合は40点、最も低い場合の点数は10点である。合計点数を比較して、点数の高い方法から順位を付けている。

#### (1) 映像による接触表現

アンケートの結果(表1(1))より、「映像による接触表現」を用いた表示は、合計点数15点であり、順位は4位であった。これは4つの表示方法の中で最も低いスコアとなった。また、集計の結果(表2)、この表示を1位に選んだ実験協力者は0人であった。自由記述より、「接触していることはわかるが、接触領域がどのあたりにあるのか分かりづらい」という回答が得られた。接触時のみ物の色が変わるため、物の位置がわかりづらかったと考えられる。また、「触れた感覚がなかったので、空間のどこに物体があるのかがわかりにくかった」という回答が得られた。映像のみの接触表現による視覚的な変化では、接触している感覚を与えられていないと考えられる。

#### (2) 映像による接触表現+映像による近接表現

アンケートの結果(表1(2))より、「映像による接触表現」と「映像による近接表現」を用いた表示は、合計点数19点であり、順位は3位であった。また、集計の結果(表2)、この表示を1位に選んだ実験協力者は0人であった。自由記述より、「距離感によって濃度

が変わるので分かりやすい」や「近いということがわかった」という回答が得られた。これは映像による近接表現によって、距離感を提示することができたと考えられる。「近接表現、接触表現ともに色が変わるので、紛らわしい。色が変わると触った気持ちになる」という回答が得られた。近接表現と接触表現の差別化が必要であると考えられる。

#### (3) 映像による接触表現+振動による接触表現

アンケートの結果(表1(3))より、「映像による接触表現」と「振動による接触表現」を用いた表示は、合計点数30点であり、順位は2位であった。また、集計の結果(表2)、この表示を1位に選んだ実験協力者は3人であった。自由記述より、「触れていることが、視覚でも触覚でも分かる」や「触れた瞬間がわかった」という回答が得られた。振動によって接触を表現することで、使用者に接触感を与えられることがわかった。また、「接触している間ずっと振動していると気になる。触っているものは振動していなから」という回答が得られた。試作システムは、接触中は常時振動している。これは接触感に影響を与える可能性があり、改善する必要がある。

#### (4) 映像による接触表現+映像による近接表現+振動による接触表現

アンケートの結果(表1(4))より、「映像による接触表現」「映像による近接表現」「振動による接触表現」を用いた表示は、合計点数36点であり、順位は1位であった。これは4つの表示方法の中で最も高いスコアとなった。また、集計の結果(表2)、この表示を1位に選んだ実験協力者は7人であった。自由記述より、「近接表現と触覚提示の良いところが合わさって一番良かった」という回答が得られた。これにより、複数の表現を組み合わせても、効果が得られることがわかった。しかし、一部の実験協力者は「近接表現が紛らわしい」と回答しており、近接表現のない、映像による接触表現と振動による接触表現の方を支持する意見も得られた。

その他の回答では、「もともと黄色のものは変化がわからない」や「緑と黄色の変化は分かりづらい」といった表示の色に対する意見が得られた。色による表現に対して改良を行う必要があることがわかった。振動による接近表現は、全体的に肯定的な回答が得られた。しかし、振動の大きさやパターンに改良が必要であることがわかった。

## 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

表 1 アンケートの結果

	質問項目	順位										合計点	順位
		実験協力者											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
(1)	映像による接触表現	4	2	4	4	3	4	3	3	4	4	15	4
(2)	映像による接触表現+映像による近接表現	2	4	2	2	4	3	4	4	3	3	19	3
(3)	映像による接触表現+振動による接触表現	3	1	3	3	1	2	2	1	2	2	30	2
(4)	映像による接触表現+映像による近接表現+振動による接触表現	1	3	1	1	2	1	1	2	1	1	36	1

・順位は実験協力者の順位付けの結果である。4つの表示方法を1位から4位まで順位付けしている。  
 ・合計点は実験協力者による順位付けを1位:4点, 2位:3点, 3位:2点, 4位:1点として換算した合計である。

表 2 順位毎の回答者数

表示方法	映像による接触表現	映像による接触表現 +映像による近接表現	映像による接触表現 +振動による接触表現	映像による接触表現 +映像による近接表現 +振動による接触表現
1位	0	0	3	7
2位	1	3	4	2
3位	3	3	3	1
4位	6	4	0	0

・数字は順位毎の回答者数である。

表現手法を提案した。提案する表現手法は以下の4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) 接触を色の変化によって表現
- (3) 近接を色の変化によって表現
- (4) 接触を振動の提示によって表現

また、提案手法を用いた試作システムを開発し実験を行った。実験の結果、「映像による接触表現」「映像による近接表現」「振動による接触表現」の3つの表現を組み合わせた表示が最も支持されることがわかった。アンケートの回答から、映像による近接表現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「遠隔空間内の三次元的な接触」を用いたコミュニケーションについて調査を行う。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K12085 の助成を受けたものです。

## 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: Deter-minants

- of Social Presence in Videoconferencing, AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp.1-9(2004).
- [5] 濱上 宏樹, 宮部 真衣, 吉野 孝 : 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).
- [6] 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).
- [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 一品, 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).