

インタラクションの相互性に着目した 複合現実を用いた遠隔コミュニケーションシステム

藤田大介¹ 桂田浩一¹ 澤田隼¹ 大村英史¹

概要: コミュニケーションは自分と相手がメッセージを伝達し合い、理解し合う相互のインタラクションによって成立する。つまり自分が相手とコミュニケーションをしている認識を得るには、「自分が相手とインタラクトしている」認識と、「相手が自分とインタラクトしている」認識が必要となってくる。遠隔のコミュニケーションは相手の実体が自分の現実空間に存在しないため、これらの認識は希薄である。ただし近年仮想現実を用いた仮想空間上でのコミュニケーションにより、遠隔でもこれらの認識が比較的容易になった。しかしあくまでも仮想空間上・仮想アバター同士であるので、現実・直接でのコミュニケーションとは異なる。そこで本研究では現実と仮想を融合させることができる複合現実を用いて、現実空間の中で二つの認識が得られるシステムの提案・実装を行う。まず「自分が相手とインタラクトしている」認識のために、双方の現実空間に相手の仮想アバターを出現させる。そして「相手が自分とインタラクトしている」認識のために、自分のアバターと相手がコミュニケーションを行っている現実空間を鏡のようにディスプレイ表示する。最後に実験を行い、遠隔コミュニケーションにおける本システムの可能性が確認された。

キーワード: コミュニケーション、複合現実技術、インタラクション、相互性

1. はじめに

コミュニケーションの定義とは「社会生活を営む人間の間で行われる知覚や感情、思考の伝達」[1]である。人間の「間」とあるようにコミュニケーションは人間と人間同士で行われ、自分と相手が何らかのメッセージを伝達し合い、理解し合うことによって成立する。そこで私たちは以下の仮説を立てた。自分がコミュニケーションという相互的なインタラクションを行っているという自覚は、以下の二つの認識によって構成される。一つは、自分が相手に情報を伝達し、相手の情報を理解しているという「自分が相手とインタラクトしている」認識である。もう一つは、相手は自分に情報を伝達し、自分の情報を理解しているという「相手が自分とインタラクトしている」認識である。

同じ現実空間を共有する直接のコミュニケーションにおいては、これらの二つの認識は自分の現実空間に相手の実体が存在するため容易に生起される。一方、離れた空間同士で行われる遠隔のコミュニケーションにおいては、目の前に相手の実体はないため、これらの認知は希薄である。これに対し、近年仮想現実技術を用いた同じ仮想空間を共有するコミュニケーションが確立され、これによって二つの認識は遠隔コミュニケーションにおいても生起できるようになってきた。しかし、このコミュニケーションはあくまでも仮想アバター同士・仮想空間上のものであるので、現実の直接コミュニケーションとは情報の量や質から生じるリアリティが異なる。

そこで本研究ではより「自分が相手とインタラクトしている」認識と「相手が自分とインタラクトしている」認識を得ることが可能になるような遠隔コミュニケーションシステムを提案し、構築する。このシステムでは、現実空間に仮想物体を表示することによって現実と仮想を融合させ

ることが可能となる複合現実技術(MR)を利用する。まず「自分が相手とインタラクトしている」ことをユーザーが認識するために、双方の現実空間の目の前に相手の仮想アバターを表示させる。次に自分の仮想アバターと相手の実体がコミュニケーションを行っている複合現実空間をディスプレイに重畳表示させる。ユーザーはこのディスプレイを見ることによって、相手の現実空間で相手と自分がコミュニケーションをとっているように感じ、「相手が自分とインタラクトしている」ことを認識する。このディスプレイは自分の現実空間と鏡合わせになるように表示されるため、この空間をMRミラー空間と名前を付ける。

提案システムの実装を行い、評価実験を行う。MRミラー空間を表示するディスプレイが存在する場合としない場合を比較し、「自分が相手とインタラクトしている」認識と「相手が自分とインタラクトしている」認識がコミュニケーションにどういった影響を与えるか、そして本システムが遠隔コミュニケーションにおいて有用であるかどうかを調査する。

2. 関連研究

2.1 コミュニケーション

「自分が相手とインタラクトしている」認識や「相手が自分とインタラクトしている」認識の生起は遠隔コミュニケーションより直接コミュニケーションの方が容易である。これは表情や仕草などの相手から伝達される情報が遠隔より直接の方が多くことに起因すると考えられる。

コミュニケーションにおいて相手に伝達する情報は言語情報・非言語情報の2つに分類される[2]。言語情報は相手に伝達する言語自体の意味・内容のみに対して、非言語情報は話し方、表情・身振りの身体動作など様々な要素が含まれている。BirdWhistellは、言語情報は対話全体の情報の

¹ 東京理科大学
Tokyo University of Science

30 から 35%程度の割合で、それ以外は非言語情報が占めているという調査結果を報告している[3]。他にも Mehrabian は、より感情を伴うコミュニケーションにおいて言語情報が全体の 7%、非言語情報である聴覚情報が 38%、視覚情報は 55%であるという調査結果を報告している[4]。これらの研究よりコミュニケーションにおいて非言語情報は重要な役割を担っていることがわかる。つまり遠隔のコミュニケーションにおいて伝達が難しい非言語情報をいかに相手に伝えることができるかが肝要である。

次に非言語情報の分類を紹介する。Marjorie は非言語情報を以下の九つの要素に分類した[5][6]。

- ・人体（性別、年齢、体格、皮膚の色など）
- ・動作（人体の姿勢や動きで表現されるもの）
- ・目（視線の交差と目つき）
- ・周辺言語（話し言葉に付随する音声上の性状と特徴）
- ・沈黙（会話の間など）
- ・身体接触（相手の身体に接触すること、またはその代替行為による表現）
- ・対人的空間（コミュニケーションのために人間が利用する空間）
- ・時間（文化形態と生理学の二つの次元での時間）
- ・色彩（服装や空間の色調など）

これらの要素が既存の遠隔コミュニケーションシステムでそれぞれ伝達可能であるかどうかを表 1 としてまとめる。

表 1 各遠隔システムが対応する非言語情報

非言語情報の要素	音声通話	ビデオ通話	VR 対話
人体	×	○	△
動作	×	○	△
目	×	○	△
周辺言語	○	○	○
沈黙	○	○	○
身体接触	×	×	△
対人的空間	×	×	△
時間	○	○	○
色彩	×	○	○

各システムが伝達できる要素を○、伝達できない要素を×で示す。仮想現実技術を用いた VR 対話では、コミュニケーションは仮想アバター同士で行うため、現実の実体のコミュニケーションほど十分な情報を相手に伝達することができない。これに該当する要素は△で示す。本研究では、既存システムで不十分である要素の伝達を目指し、MR ミラー空間の表示を試みる。これにより具体的に遠隔空間に存在する相手の様子が想起され、相手と相互的なコミュニケーションをしているという実感が増大する。このようにして「自分が相手とインタラクトしている」・「相手が自分とインタラクトしている」二つの認識の生起を強化することが可能になる。

2.2 超鏡システム

相手の現実空間と自分の仮想アバターをディスプレイ上に重畳表示する MR ミラー空間システムとの類似した先行研究として超鏡システム[7][8]がある。このシステムは、画像処理で切り抜き合成した自分の実映像を相手の現実空間と重畳表示させる。

超鏡システムを使ったコミュニケーションでは遠隔空間にいる相手と一定のパーソナルスペースを空けたり、指示語が「それ」から「これ」になったりなど、ディスプレイ上に映る相手の現実空間で直接コミュニケーションが行われているような様子が確認されている。MR ミラー空間システムは、実映像ではなくディスプレイ上の仮想アバターであるが、仮想アバターを自分の身体であると認識できれば、同様の効果が得られることが予想される。

2.3 自己身体認識

提案システムでは、MR ミラー空間を鏡合わせのようにディスプレイ上に重畳表示する。そこでディスプレイ上に表示される自分の仮想アバターを自分自身であると認識する必要がある。自分が鏡に映っている認識を自己鏡映像認知[14]といい、映っている像が自己であるという認識を自己身体認識[9]という。自己鏡映像認知は鏡映像が実像だけでなく、仮想アバターでも生起されることが確認されている[15]。自己身体認識は、身体所有感と運動主体感の二つの認識から構成される。身体所有感とは投射先の身体が自分の身体であると感じる認知である。この認知は自分の実際の身体と投射先の身体の外見上の差異(体型や髪型, 服装, 性別など)が大きくなればなるほど生起が難しくなる[10][11]。運動主体感とは自分が主体となって投射先の身体を動かしていると感じる認知である。この認知は自分の実際の身体を動かしてから投射先の身体に反映されるまでのラグ, 動作反映の精度[12][13]などによって生起の度合いが変化する。

2.4 複合現実技術

提案システムで利用する複合現実とは、シースルー型のヘッドマウントディスプレイ (HMD) を通して現実空間に仮想オブジェクトを映し出し、それらを相互かつリアルタイムに複合させる技術である。1994年に Milgram らによって提案された概念であり、仮想現実 (VR: Virtual Reality) と拡張現実 (AR: Augmented Reality) の中間に位置付けられる[16][17]。同じく現実空間に仮想物体を表示する拡張現実との相違点は、映像の見せ方 (MR では HMD, AR ではディスプレイ) が挙げられる。また複合現実では壁や床などの空間を認識し、それを踏まえた仮想オブジェクトの配置が可能となる。

3. インタラクションにおける相互性に基づいたコミュニケーションシステム

インタラクションの相互性に着目した遠隔コミュニケ

ーションシステムについて述べる。

3.1 システムの説明

図2は二人のユーザー（青色と桃色）によるコミュニケーション時の提案システムの外観である。それぞれ異なる空間にユーザーはおり、網掛けのヒト型が仮想アバターである。中央のモニターはMRミラー空間を表示するディスプレイである。ディスプレイ下にあるカメラは相手のMRミラー空間を生成するために現実空間を撮影するストリームカメラである。ユーザーの正面にあるカメラはユーザーの動きを取得するセンサーカメラである。

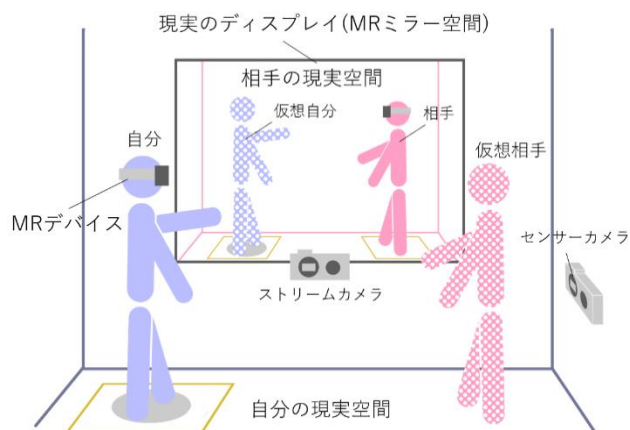


図1 提案システムの外観

提案システムは「自分が相手とインタラクトしている」認識を複合現実で、「相手が自分とインタラクトしている」認識をディスプレイ表示によって生起させることを目的としている。次にそれぞれについて説明する。

(1) 「自分が相手とインタラクトしている」認識

主観的に「自分が相手とインタラクトしている」認識を得るためには、現実空間上で仮想的な相手とコミュニケーションをできるようにする必要がある。このため、複合現実用のHMDを利用し、現実空間上に相手の仮想アバターを表示させた複合現実空間を提供する。これにより、ユーザーは現実空間で仮想の相手とインタラクトしている認識を持つ。

(2) 「相手が自分とインタラクトしている」認識

客観的に「相手が自分とインタラクトしている」認識を得るためには、現実のディスプレイ上で実際の相手とコミュニケーションをし、それが観察できるようにする必要がある。このためには、まず自分の現実空間にストリームカメラでリアルタイムに撮影した相手の姿・現実空間と自分の仮想アバターを重畳表示させたディスプレイを配置する。仮想アバターには自分の空間に配置したセンサーカメラで取得する動作情報を反映する。これにより、ユーザーは相手の現実空間で実際の相手とインタラクトしている認識を持つ。

前提としてディスプレイ上に表示する自分の仮想アバターに自己身体認識を生起する必要があるため、MRミラー空間を以下のように設定する。まず自分の空間配置とディスプレイ上の相手の空間配置・ユーザーの動作反映をそれぞれ鏡合わせのようにする。動作反映は具体例として自分が右手を挙げた場合、ディスプレイ上の自分の仮想アバターは左手を挙げ、ディスプレイ上の相手の実体が左手を挙げた場合、目の前の相手の仮想アバターは左手を挙げる状態にすることである。このようにすることによってディスプレイが鏡の役割を持ち、自己鏡映像認知を生起させることが可能になる。次に身体所有感を得るために実際の自分の身体と仮想アバターの外見を似たものに設定する。また大型のディスプレイを利用することで、表示される仮想アバターの大きさが実際の身体大きさに近づき、外見的な差異が少なくなる。

ディスプレイ表示において「相手が自分とインタラクトしている」認識を得るには自己身体認識だけではなく、ディスプレイ上のMRミラー空間に自分の仮想アバターが違和感なく存在しているように見える必要がある。まず現実空間と仮想アバターの色調差が問題になる。そこで同様に現実空間に仮想アバターを重畳表示している関連研究[15]を参考にした。仮想アバターの輪郭のハイライトであるリムライトを完全に削除し、さらに全体的な彩度を40%ほど下げることで調整する。次にユーザーの行動範囲を固定する。これはディスプレイ上の仮想アバターが空間の床面以外に移動することを防ぎ、適切な角度・サイズを維持するためである。最後にディスプレイに表示する範囲を図2のように顔中心ではなく、身体全体とする。このようにすることで自分の仮想アバターが床面と接地している様子が確認でき、より違和感なく空間に存在しているように感じる事が可能になる。

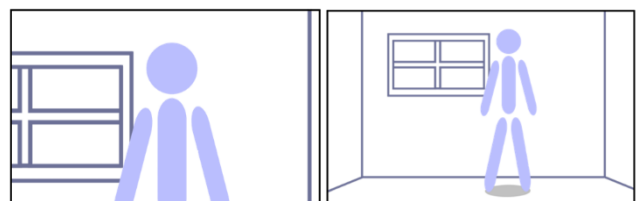


図2 ディスプレイの範囲（左：顔中心 右：体全体）

4. 実装システム

システムの実装についての詳述する。提案システムは互いに離れた2人のユーザー間のコミュニケーションを想定する。図1に示した機器は、表2のような具体的なデバイスを用いた。図3は実装システムで使用するデバイス間の情報の流れを表している。わかりやすいように相手から自分への情報の流れのみを示している。実際は自分から相手へ

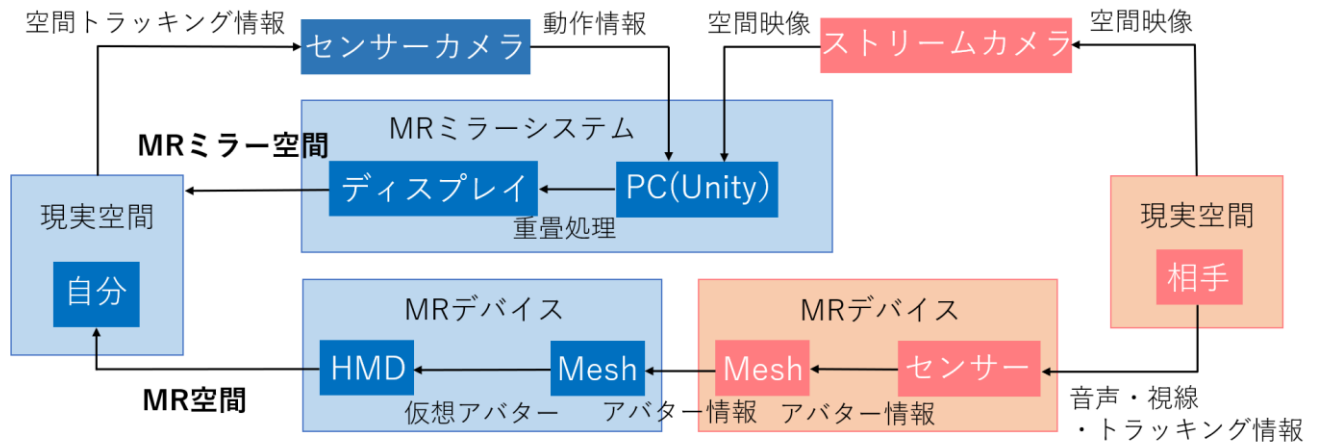


図3 システムにおけるデバイス間の情報伝達

の情報の流れも存在し、双方向のシステムである。青色は自分の空間にあるデバイスを表し、赤色は相手の空間にあるデバイスを表している。

を図5に示す。中央に表示されている青い服のキャラクターが相手の仮想アバターであり、現実空間に仮想アバターが表示できることがわかる。

表2 システムで利用したデバイス

機器	具体的なデバイス
MR デバイス	Microsoft HoloLens2
センサーカメラ	Microsoft Azure Kinect DK
ストリームカメラ	LOGICOOL STREAMCAM
ディスプレイ	SONY BRAVIA KJ-75X8000H

(1) 「自分が相手とインタラクトしている」認識

MR 空間は HoloLens2 (図4) を用いて実現する。



図4 MR デバイス HoloLens2

このデバイスは、シースルー型の HMD (Head Mount Display) によって自分の現実空間に仮想オブジェクトを配置することができる。そして仮想アバターの相手の姿を表示するために、HoloLens2 上で Microsoft Mesh というアプリケーションを利用する。このアプリケーションによって各種センサーから取得した相手の音声・視線・両手の動作を反映させた仮想アバターを、遠隔空間に存在する相手の現実空間に相手の仮想アバターを表示することができる。また複合現実で使用される仮想アバターはアプリケーション上で設定する。Microsoft Mesh で作成した MR 空間の視界



図5 Microsoft Mesh 上で作成した MR 空間の視界

(2) 「相手が自分とインタラクトしている」認識

MR ミラー空間を表示させるために、それぞれの空間に大型のディスプレイ (75 インチ) を用意する。次にセンサーカメラである Azure Kinect DK (図5) をユーザーの正面に、相手の姿・現実空間の映像を撮影するストリームカメラである LOGICOOL STREAMCAM をユーザーの側面に設置する。



図6 センサーカメラ Azure Kinect DK

そしてこれらのデバイスからそれぞれリアルタイムに取得した動作情報と空間映像を PC に送り、統合開発環境を持つ Unity 上で仮想アバターへの反映や合成、色調補正などの調整処理を行う。その後、それぞれの空間に配置したディスプレイ上に MR ミラー空間として出力する。MR ミラー空間の仮想アバターは 3D アバター制作ソフトウェア VRoid Studio で作成した。

5. システムの評価実験

提案システムを評価するために 3 種類の実験を行った。それぞれの実験について詳述する。

5.1 MR ミラー空間の仮想アバター認識実験

(1) 実験目的

MR ミラー空間を表示するディスプレイは、鏡のように機能しているが、表示される現実空間が相手の空間である上に、自分の仮想アバターが表示される。このため、鏡のような空間であることを認識するためには、仮想アバターが自分自身であるという自己身体認識が必要になる。この実験では、自分の仮想アバターが、自分自身であるという認識（自己身体認知）が得られているか検証のために、仮想アバターの操作性、自己身体認知、相手空間内の存在感について調べる。

(2) 実験概要

男性大学院生 2 名が実験に参加した。手順は、まず実験参加者は身体を動かしながら、MR ミラー空間が表示されるディスプレイを 5 分ほど観察した。その後、以下の 3 項目のアンケートについて文章で回答した。

(1) 違和感（仮想アバターの動作反映までのラグや精度に違和感があるか）、(2) 自己身体認知（アバターが自分自身であるか）、(3) 空間存在感（MR ミラー空間に自分が存在しているか）。

(3) 実験結果

図 7 は実験の様子である。図 8 は現実空間におけるユーザーの姿、図 9 に MR ミラー空間における仮想アバターの姿を示す。これら 3 つは同じタイミングの図である。



図 7 アバターの自己身体認識実験の様子



図 8 現実空間におけるユーザーの姿



図 9 MR ミラー空間におけるユーザーの姿

図 8 と 9 よりユーザーの実際の運動情報がトラッキングされ、ディスプレイ上の仮想アバターも同じ姿勢をとっていることが確認できる。一方で、現実の空間が異なるため背景の違いがわかる。アンケート報告では、実験被験者は (1) 違和感はなく、アバターに対して (2) 自己身体認知を得ていた。また、(3) 背景の異なる空間にも自分自身が存在している認識が得られ、ディスプレイが鏡のように機能していることが確認された。

5.2 システムのコミュニケーション実験

(1) 実験目的

提案システムで現実空間と同じようなコミュニケーションが十分に進行することが可能であるか検証を行う。このため、現実空間でもコミュニケーションを普段から行っている知人同士に実験協力をお願いした。また、提案システムと既存システム（音声通話やビデオ通話）との違いについてアンケートで調査を行う。

(2) 実験概要

この実験ではコミュニケーションについて調査を行うため、現実空間でのコミュニケーションに問題のない知人同士である男性大学生男性 2 名が実験に参加した。

事前準備として、実験参加者はシステムの概要・操作に関する説明を受ける。次に、実験参加者は複合現実空間と MR ミラー空間の仮想アバターの外見を、現実の姿と似た外見に設定する。実験におけるコミュニケーションは日常的な会話を設定した。実験終了後、以下の 2 項目の文章回答のアンケートを実施した。

- (1) 円滑性(コミュニケーションは円滑に行われたか), (2) コミュニケーションの違い(提案システムと既存システムの違い).

また, コミュニケーションにおける行動を分析するためにそれぞれの様子をビデオ録画し, 映像として記録した.

(3) 実験結果

アンケートの (1) 円滑性に関して 2 名共に「コミュニケーションは円滑であった」という回答した. このことから提案システムは十分に円滑な遠隔コミュニケーションを提供できることが示唆された.

またアンケートの (2) コミュニケーションの違いは, 実験参加者は「身体を動かすこともあって, 音声通話やビデオ通話より相手の存在を実感しやすい印象を受けた」という回答をした. これはビデオ通話や VR 対話でも同様のことがいえるが, 身体全体の動きを相手に伝達することができる点や現実空間で制限なく現実の身体を動かすことが可能な点は本システムの特徴であると考えられる. もう 1 名の実験参加者は「ディスプレイ画面ではなく, 複合現実を見ていて, あまり音声通話やビデオ通話との違いを感じられなかった」という回答をした. 一方, ビデオ映像の分析を行うと, 相手の反応を伺うタイミングで図 10 のような仮想ミラー空間を確認する特徴的な行動がたびたび観察された. つまり, この実験被験者は無意識にディスプレイ上の MR ミラー空間を参照していた事になる.



図 10 ミラー空間を確認する動作

5.3 MR ミラーシステムの検証実験

(1) 実験目的

提案システムは「相手が自分とインタラクトしている」認識を高めるために MR ミラー空間を実装している. MR ミラー空間の有用性を確認するために, MR ミラー空間を映し出すディスプレイがある場合とない場合の遠隔コミュニケーションの比較を行う.

(2) 実験概要

この実験もシステムのコミュニケーション実験と同じ参加者で実施した. まず, システムの操作に慣れるまで練習を行う. 操作に慣れたら, MR ミラー空間を表示するディスプレイのある状態とない状態で実験参加者同士コミュ

ニケーションをとる. コミュニケーションとして 5 枚から始めるババ抜きタスクを採用した. このタスクは, 図 11 のように仮想オブジェクトのトランプで行う.



図 11 5 枚から始めるババ抜きのタスク

タスク終了後に以下の 2 項目の文章回答のアンケートを実施した.

(1) MR ミラー空間の効果 (ディスプレイ表示ありとなしのそれぞれ違い), (2) コミュニケーション中の注目点 (タスク中ディスプレイ表示ありとなしそれぞれで何をしていたか).

またシステムのコミュニケーション実験と同様に行動分析のためにそれぞれの様子をビデオ録画し, 映像として記録した.

(3) 実験結果

アンケート (1) MR ミラーの効果では「ディスプレイ表示ありの方が相手の存在をより実感しやすくなった」という回答を得た. またアンケート (2) ディスプレイの利用では「ディスプレイ表示なしでは, 複合現実上の相手の仮想アバターのしぐさを見ていた. ディスプレイ表示ありではディスプレイ上の相手の表情としぐさを見ていた」という回答を得た. つまり, 実験参加者は, MR ミラー空間を映し出すディスプレイ表示から表情といった非言語情報を得ていたことになる.

またビデオ映像では, 図 10 で確認されたような行動がババ抜きの最後の 1 枚対 2 枚の駆け引き時に見られた. つまり, コミュニケーションによっては非言語情報が必要になることがあり, 現在の仮想アバターではそれらの非言語情報を伝達できない事がわかる.

6. 考察

MR ミラー空間の仮想アバター認識実験では, 十分な自己身体認識が得られた. よって提案システムでも超鏡システムと同様に相手と直接コミュニケーションしているような認識をディスプレイにより得ることができた. この認識は「相手と自分がインタラクトしている」認識に大きく影響していると考えられる.

実験参加者は基本的に複合現実でコミュニケーション

をとり、時折ディスプレイ表示に視線を向けていた。つまりコミュニケーションの状況によって、このディスプレイ表示が必要である状態と必要でない状態が存在することが分かる。またこの行動は特に駆け引きや相手の反応を伺う場面で確認された。よって情報の伝達が密接に行われるコミュニケーションを行う時、よりディスプレイ上のMRミラー空間を参照すると考えられる。特にMRミラーシステムの検証実験では相手の実際の表情といった非言語情報を取得していたことが分かった。しかし、これはあくまでも一人の実験参加者の定性的な回答によるものである。さらにシステムのコミュニケーション実験では、もう一人の実験参加者が無意識にディスプレイ上のMRミラー空間を参照していた。よって実際には、相手の姿や自分を含めたコミュニケーション全体などMRミラー空間上のどこが参照されて、コミュニケーションに影響を与えているかは明確に判別できていない。提案システムが具体的にどのようなコミュニケーションで有用であるかを判断するためには、これについてより深く調査する必要がある。今回の実験では実験参加者がそれぞれ2名であったため、定性的な回答のみで評価した。対して今後は実験参加者を増やし、定量的な回答から結果を判断する。またコミュニケーションにおいて提案システムのMRミラー空間が持つ鏡のような効果も重要であると考えているため、これについてもより具体的に検討する。

7. おわりに

本研究ではインタラクションの相互性に着目し、コミュニケーションの認識は「自分が相手とインタラクトしている」認識と「相手が自分とインタラクトしている」認識から成立すると仮説を立てた。そこでこれらの認識が得られるような遠隔コミュニケーションシステムを提案し、実装した。その後評価実験を行い、実験参加者からは情報の伝達が密接に行われる場面でディスプレイ表示を注視するような行動がみられた。このことから本システムは遠隔コミュニケーションにおいて有用である可能性がある。しかし具体的にMRミラー空間のどこを参照しているかは明確には判別できていない。今後はこれについてより深く調査する。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 20K12126, 21K00234 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 広辞苑 第五版「コミュニケーション」。1997, 岩波書店, pp.1004-1005.
- [2] 中野はるみ. 非言語コミュニケーションと周辺言語. 2008, 長崎国際大学論叢, 第8巻, pp.45-57.
- [3] Ray L. Birdwhistell. Kinesics and Context: Essays on Body Motion Communication. 1970, Univ. of Pennsylvania Press Philadelphia, pp. 157-158.

- [4] Alvert Mehrabian. Silent messages. 1971, Wadsworth, Belmont, California.
- [5] Marjorie Fink Vargas, Louder than Words: An Introduction to Nonverbal Communication. 1986, Iowa State Univ. Press.
- [6] マジヨリー・F・ヴォーガス (石丸正訳). 非言語コミュニケーション. p15, 1987 新潮選書.
- [7] 森川治, 超鏡: 魅力あるビデオ対話方式をめざして. 2000, 情報処理会論文誌 Vol.41 No.3, pp. 815-822.
- [8] Osamu Morikawa, Takanori Maesako. HyperMirror: a Video-Mediated communication system. 1997, CHI'97 extended abstracts, pp. 317-318.
- [9] Kazumichi Matsumiya. Awareness of voluntary action, rather than body ownership, improves motor control, 2021, Scientific Report 11, No. 418.
- [10] Ferran Argelaguet, Ludovic Hoyet, Michael Trico. The role of interaction in virtual embodiment: Effect of the Virtual hand representation. 2016, Proceedings of IEEE Virtual Reality (VR), pp. 3-10. 2016.
- [11] 鈴木宏昭ら, プロジェクション・サイエンス. 2020, 近代科学社.
- [12] Sotaro Shimada, Kensuke Fukuda, Kazuo Hiraki. Rubber hand illusion under deployed visual feedback, 2009, PLoS ONE, 4(7): e6185.
- [13] Nicolas Franck et al.. Defective Recognition of one's own actions in patients with schizophrenia, 2001, America Journal of Psychology, 158(3), pp. 454-459.
- [14] 草山太一ら, 自己鏡映像認知への温故知新, 2012, 動物心理学研究, Vol. 62 (2012), No. 1 pp. 111-124.
- [15] 平野篤真, 田中文英, モニターに映りこんだユーザー像をアバターに置き換えることでプロテウス効果を促進するシステムの開発, 2021, HAI シンポジウム, pp. 1-9.
- [16] Paul Milgram, Fumio Kishino. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, 1994, IEICE Transactions on Information Systems Vol E77-D No.12, pp.1321-1329.
- [17] 田中秀行, 太田友一. 複合現実感, 1998, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 3, pp.266-272.