

# 仮想現実技術を利用した同室感共有システムの構築

## Proposition of “ same room feeling system ” using virtual reality technology

村田 直樹<sup>1\*</sup> 須賀 聖<sup>2</sup> 上野 哲史<sup>3</sup> 清田 陽司<sup>3</sup> 栗原 聡<sup>2</sup>  
Naoki Murata<sup>1</sup>, Satoshi Suga<sup>2</sup>, Satoshi Ueno<sup>3</sup>, Yoji Kiyota<sup>3</sup> and Satoshi Kurihara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学情報理工学部

<sup>1</sup> The University of Electro-Communications

<sup>2</sup> 電気通信大学大学院情報理工学研究科

<sup>2</sup> Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

<sup>3</sup> 株式会社 LIFULL

<sup>3</sup> LIFULL Inc.

**Abstract:** In recent years, due to the development of public transportation, opportunities to visit distant places have increased. Moreover, there are tasks that we can't finish by using telephone, E-mail, SNS and so on and we have to visit the place to finish. However, it costs to travel distant places in terms of labor and time. Therefore, we propose a system in which user can virtually visit distant places by using the technology of VR or MR which has developed rapidly in recent years, and obtain a feeling of sharing the same space with the person in distant place. We also evaluate the impression of communication received from our system by subject experiment.

## 1 はじめに

### 1.1 研究背景

現代では交通の発達・整備により、様々な場所を訪れる機会が増えている。仕事や私生活などにおいても、行動範囲は広がっており、飛行機や車などを用いて遠隔地へ移動するといったことも多い。例えば、ビジネスにおける相手先の会社での打ち合わせ、不動産の内見または建築における建設予定地での下見など、仕事の面でも様々な場所を訪れるケースが存在する。また私生活においても、旅行であったり、遠く離れた親戚に会いに行くなど、長時間の移動が必要な場面も少なくない。

しかし移動には時間や労力といった点でコストがかかる。そのため、1日に様々な場所で仕事をするような場合には、移動だけで多くの時間や労力を消費する上、移動できる距離にも限界がある。またお年寄りや入院患者など、移動することが困難な人々は遠く離れた人に会いに行くこと自体が難しい場合もある。そこで本研究では、移動にかかる時間や労力などのコストを削減することを目的とした、遠隔地にいる相手と同一空間上で、対面に近いコミュニケーションをとっているような感覚を得られるシステムの構築を目指す。

### 1.2 他媒体との相違点

本研究で提案するシステムでは、遠隔地にいる相手と同一空間を共有し、対面に近いコミュニケーションを行うことに焦点を当てている。対面に近いコミュニケーションとは、相手の表情や声、顔の向きや視線の向き、ジェスチャーなどをリアルタイムでやり取りするコミュニケーションである。しかし、遠隔地にいる相手とコミュニケーションをとる手段として、現代では電話やメール、SNSなど様々な媒体が存在する。そこで、同一空間での対面に近いコミュニケーションと現存する通信システムを用いたコミュニケーションとの相違点を挙げる。

まず先ほど述べた電話やメールまたはTwitterやFacebookなどのSNSといった媒体は、主に声や文字などでやり取りが行われるため、表情や視線、ジェスチャーなどといった相手の視覚的な情報を読み取ることができない。視覚的な情報でやり取りをするという点でカメラで撮影した動画を送るといった方法も考えられる。しかしこうした手段のやり取りの場合、相手の視覚的な情報を汲み取ることができず、リアルタイムではなく必ずタイムラグが生じてしまう。以上の観点から電話やメール、または文字や画像、動画などでコミュニケーションを行うようなSNSを用いたやり取りでは、相手との対話の中で対面で会話をする時に得られるような、今現在の相手の情報などが抜け落ちてしまう恐

\*連絡先：電気通信大学情報理工学部  
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1  
E-mail: nmurata@ics.lab.uec.ac.jp

れがあると考えられる。ここでリアルタイムに視線や表情などの情報を伝えることができる通信システムとして、テレビ電話や Skype などの媒体も考えられるが、こうした通信システムに関しても、補うことができない点がいくつか挙げられる。まずカメラの位置と相手の目の位置が一致しないためにアイコンタクトを取ることができない点である。植松ら [1] はテレビ電話を使ったコミュニケーションの中で、アイコンタクトを取れないことによる不自然さから、ユーザが相手の顔を見る頻度が減り、電話的な話し方になってしまうことを明らかにした。また森川 [2] はテレビ電話を用いたコミュニケーションの問題点をいくつか指摘している。1つ目は複数人との対話において、画面越しの特定の人物に視線を送るといった行為などが有効に作用しないという点である。これはテレビ電話の映像が、カメラと話し手の位置関係によって決まるため、聞き手の位置は話し手を映し出す映像の中に考慮されないためである。2つ目はジェスチャーなどが有効に作用しないという点である。ジェスチャーは手話などのようにそれだけで意味がある場合はあまりなく、周囲の状況との関わりによって意味を持つことが多い。そのため画面越しでは有効に作用せず、各ユーザのいる周辺環境そのものを共有する必要がある。3つ目は相手の空間にあるものに対して指し示したり、そのものがある方向に体を向けるといった行為が作用しない点である。これは相手に伝わる情報が2次元的な映像であるために、3次元的な方向などを伝える動作を伝えることが難しいためである。

### 1.3 Virtual Reality(VR)・Mixed Reality(MR) について

virtual という言葉はそのものの本質を備えたという意味があり、Virtual Reality(VR) は人間の感覚器を介して、その場に存在しないものの本質を人間に体験させるものであると言える [3]。今回用いる VR 機器では、空間の見え方といった視覚的な要素であったり、その空間で聞こえる音などの聴覚的な要素を、その場に存在しないユーザが感覚として体験することで、あたかもその空間にいるかのような感覚を得ることができる。

対して、Mixed Reality(MR) については Augmented Reality(AR) や Augmented Virtuality(AV) といった概念が関わってくる。AR の概念は 1993 年に Feiner ら [4] によって提唱されており、眼鏡型のデバイスを通して、現実世界に CG などの仮想物体を重畳させ、網膜上で現実世界に仮想世界を融合したり、Head Mounted Display(HMD) などに装着されたカメラから撮影した映像を利用して、その映像に CG などの仮想物体を重畳したりするなどといった方法で現実世界に仮想的な要素

を付け足す技術である。対して AV は、幾何形状の表面に実写画像を貼り付けるテクスチャマッピングや、仮想空間の映像の中に現実に存在する物体を配置するなど、仮想空間を現実世界の要素で補強する技術である。カーネギーメロン大学の金出ら [5] はある空間を多数のカメラで様々なアングルから撮影し、それら 2D の映像をつなぎ合わせ、加工することによって 3D モデルを構築した。これらの映像を用いることでユーザは自由な視点からその映像を見ることができ、金出らはこれらの技術を Virtualized Reality と呼んだ。この技術は、現実世界を撮影し、その映像を仮想空間として体験するという意味では、AV の一種であると言える。まとめると、AR は現実世界を仮想的要素で補強する技術であり、AV は仮想的の世界を現実的要素で補強する技術である。すなわち、両者は現実空間と仮想空間のどちらに重きをおくかという点に違いがある。

Milgram ら [6] は 1994 年に Mixed Reality という概念を明示的に提唱した。Mixed Reality(MR) は上述した AR と AV の概念を統合し、包括したものであるとしている。また Milgram らは現実世界と仮想世界が連続的であり、一直線上に存在するという概念を Virtuality Continuum とした。この概念を図 1 に示す。

本研究では、VR と MR の技術を用いてシステムを構築していく。VR に関しては HTC Vive というヘッドマウントディスプレイ(図 2)を用いて、あるユーザがもう一方のユーザの空間(部屋)を仮想的に訪れる。これは空間的に離れた遠隔実世界にあたかも実際にいるかのような没入感を与えるテレプレゼンスの技術を用いている。このテレプレゼンスの技術は現実世界の映像をコンピュータ上に取り込み、仮想世界として人間に体験させるという意味では AV の一種であるとみなすこともできる。また MR に関しては Microsoft HoloLens という MR デバイス(図 3)を用いる。このデバイスを装着したユーザは現実空間の中に CG でできたアバタを認識し、そのアバタを介して相手ユーザとコミュニケーションをとる。

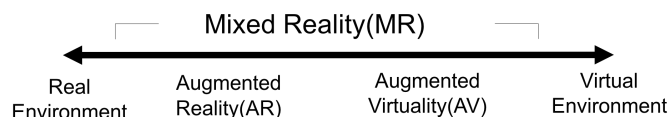


図 1: Virtuality Continuum (Milgram ら [6])

<sup>1</sup>※ <https://www.vive.com/jp/>より引用

<sup>2</sup>※ <https://www.microsoft.com/ja-jp/store/d/microsoft-hololens-development-edition/8xf18pqz17ts?activetab=pivot%3aoverviewtab>より引用



図 2: HTC Vive<sup>1</sup>



図 3: Microsoft HoloLens<sup>2</sup>

## 2 関連研究

### 2.1 同室感について

原田 [7] によると、同室感という言葉は遠隔地にいるユーザとあたかも同じ部屋にいるような感覚を示している。この同室感に着目した先行研究として平田ら [8] による t-Room の研究がある。t-Room の研究では、複数のカメラとディスプレイで構成された装置で遠隔地にいる各ユーザを囲み、ユーザ同士の位置関係を合わせ、ディスプレイ上に表示するといったシステムを構築している。t-Room のシステムの概要図の一例を図 4 に示す。このシステムによって、時間的・空間的制約を超えて、ユーザ同士があたかも同一空間上に存在し、画面越しに同じ距離感と方向感を得ることができるようになる。平田 [9] によると同室感のある空間には 4 つの特徴や性質がある。そこでそれら t-Room における同室感の性質を説明しつつ、本研究のシステムとの比較を行う。まず 1 つ目に画像と音の入力（撮影と取音）と出力（表示と再生）が同一空間で同時に行えるという点がある。これはリアルタイムでインタラクションを行うためには必要不可欠な性質である。共有する空間の映像と音を入力・出力するという点で本研究のシステムにも合致している。2 つ目にディスプレイ表面周辺でのみ同室感を得られるという点を挙げており、2. 1 次元の同室感と呼んでいる。これは t-Room のシステムがディスプレイという 2 次元のデバイスを用いてユーザを表示するため、位置関係や大きさを揃えるためにはユーザの行動範囲がディスプレイ周辺に限定されるためである。本研究ではテレプレゼンスの技術を用いて、3 次元的な空間の共有が可能である。そのためユーザの行動の範囲は平田らによる t-Room の研究と比べて広がっている。3 つ目は多地点間で同室感のある空間を共有できるという点である。一対一ではなく遠隔地にいる複数のユーザが同一空間でやり取りを行うことができるというのが、同室感のある空間の性質の一つであるとしている。今回は対複数のユーザに対するインタラクションについては触れていないが、ネットワークの制御の仕方を考えれば、複数のユーザにおける同室感の共有は本研究のシステムでも可能であると考えられる。4 つ目は実世界と同じようなものごとを知覚し、行動をとることができる、つまり HMD 等のデバイスやクロマキーなどを用いることなく、実

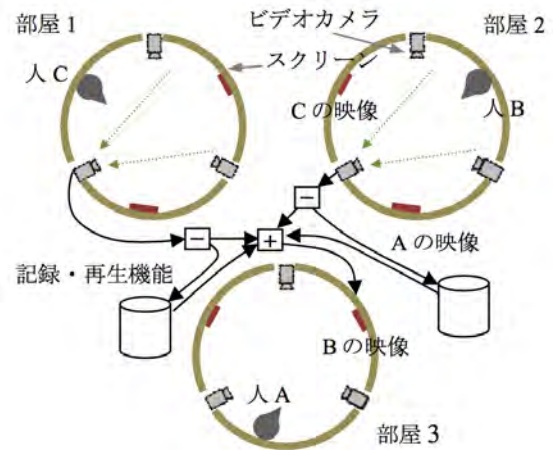


図 4: t-Room のシステムの概要図の一例（平田ら [8]）

際に同一空間で動作を行うこととほとんど同じような感覚で行動できる点である。このことに関して、本研究では HTC Vive という HMD を用いているため合致しない。以上から同室感の性質に関して t-Room と比較すると、本研究のシステムではユーザの行動範囲が広がり、ディスプレイの表面周辺という限られた空間ではなく部屋全体を空間として共有できるという利点がある反面、HMD を用いるために実世界と同様なインタラクションを行うことができないという特徴があることがわかる。

### 2.2 VR/MR を用いた先行研究

本研究の関連研究として、Piumsomboom ら [10] は、MR と VR を用いた遠隔でのコミュニケーションシステムを用いて、コミュニケーションにおける様々な要素がどのようにインタラクションに作用するのかを実験した。ここでは特に、科学技術がどのようにして人間同士の共感や理解をより深めることができるかという、Empathic Computing の分野から評価が行われている。Piumsomboom らは、パソコンを使った指示者と AR デバイスをつけたユーザ、AR デバイスをつけたユーザと VR デバイスをつけたユーザ、VR デバイスをつけたユーザ同士など様々な条件での実験を行った。それぞれのユーザに、協調作業によって達成できるタスク（ブロックを積み上げるなど）を設定し、その中で顔の向きや視線の向き、部屋の見え方や手の動き、さらには心拍数などの生理的な要素に至るまで、様々な要素を考慮して人間同士のコミュニケーションの中での共感度に与える影響を分析した。その中でこれら様々な要素を共有し合うことが、コミュニケーションの中で共感度を高めるという結果を示した。しかし Piumsomboom

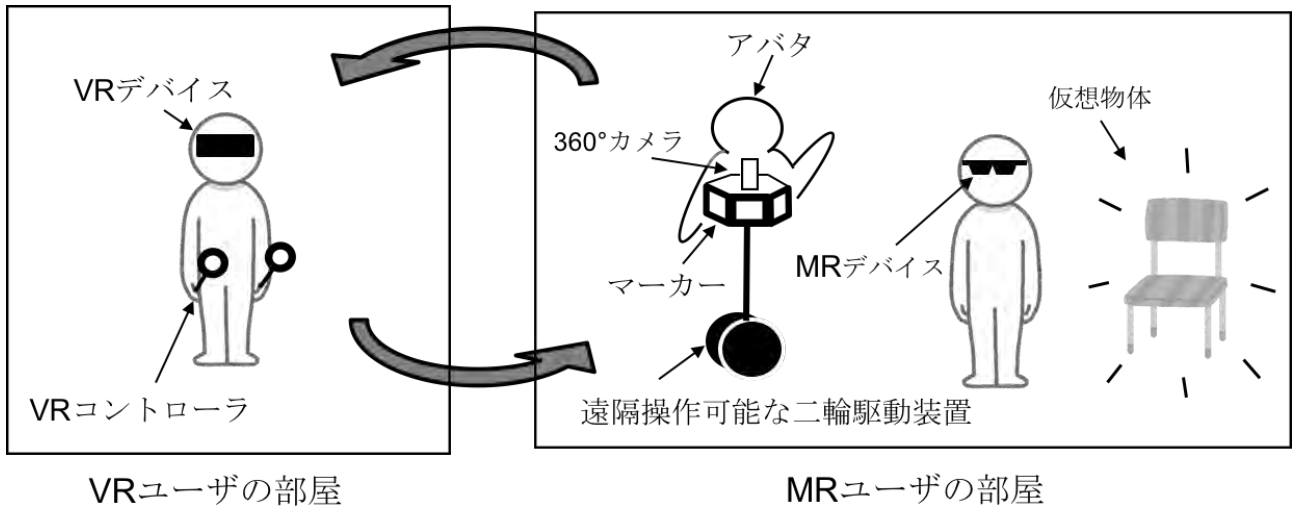


図 5: システムの概要図

らの研究では、人間のコミュニケーションの中で、どのような要素が共感度を高めるのかという部分に着目して実験を行っているため、ユーザがシステムを使うことによって受ける印象などを評価していない。また、VR デバイスをつけたユーザが仮想的に遠隔地を訪れる際に用いるアバタを、手および胸から上の部分でしか表現しておらず、本研究で扱う全身を表した人型のアバタとは異なっている。また、本研究で考慮する現実世界に重ね合わせた仮想物体を用いたインタラクションについても触れられていない。

### 3 提案手法

本研究では、MR デバイスをつけたユーザの部屋に、VR デバイスをつけたユーザが擬似的に訪れるシステムを考える。システムの概要図を図 5 に示す。VR 側ユーザは MR 側ユーザのいる部屋で撮影される 360° カメラの映像を VR デバイスを通して見ることで、MR 側ユーザのいる部屋を VR 映像として見ることができる。また MR 側ユーザのいる部屋には遠隔操作が可能な二輪の移動機器を置く。VR 側ユーザは VR デバイスのコントローラを用いて、この二輪の移動機器を動かすことで部屋の中を移動する。また MR 側ユーザのいる部屋にある二輪の移動機器にはマーカーを取りつけ、MR 側ユーザは MR デバイスを通して、二輪の移動機器にアバタを重ねて認識させる。このアバタは人の全身を表す人型のアバタを用い、VR 側ユーザの動きや顔の向きと連動させる。このアバタを介して MR 側ユーザと VR 側ユーザがコミュニケーションをとる。さらに VR 側ユーザは VR デバイスのコントローラを使って、アバタの表情を嬉しい・悲しい・怒っているなど大ま

かな感情に分けて表現できるようにする。アバタの視線についても VR 側ユーザの視線の向きと連動させる。また仮想物体を各ユーザが共有する空間に配置し、認識させる機能も持たせる。なお、ソフトウェアに関しては、統合開発環境を内蔵したゲームエンジン Unity5 を用いて作成する。構築したシステムを通じて、アバタを用いたインタラクションから受ける印象及び共有する空間に配置した仮想物体がインタラクションに与える影響を被験者実験により評価する。

### 4 おわりに

現時点では、MR 側ユーザが MR デバイスを通してマーカーを認識し、マーカーの動きに追従して VR 側ユーザを表すアバタを表示させる部分 (図 6) と、VR デバイスを用いることで、VR 側ユーザの動きをアバタと連動させる部分 (図 7)、また VR デバイスのコントローラを用いて、アバタの表情を変化させる部分 (図 8) まで実装できている。今後の流れとしては、まず MR 側ユーザのいる部屋の映像を、リアルタイムで VR ユーザが VR 映像として見るという部分を実装する。また VR 側ユーザの視線の向きなどもアバタと連動して表現できるようにし、さらには仮想物体を共有する空間に配置するといった部分も考えながらシステムの構築を進めていく。最終的には提案システムの評価をする。

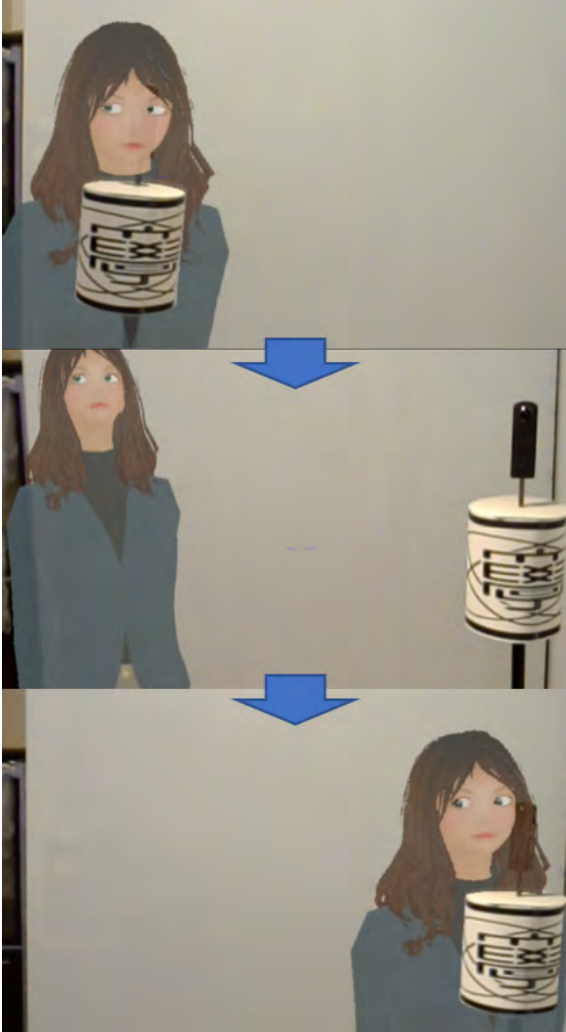


図 6: MR デバイスから見たアバタがマーカーを追従する様子



図 7: VR ユーザの動きと連動するアバタ



図 8: アバタが表情を変える様子 (左上:微笑む, 左下:怒る, 右上:悲しむ, 右下:笑う)

## 参考文献

- [1] 植松尚幹, 林正和, 岩崎昭浩, 小松原明哲. テレビ通信システムにおける会話特質について (1). 人間工学, Vol. 30, pp. 132-133, 1994.
- [2] 森川治ほか. 超鏡: 魅力あるビデオ対話方式をめざして. 第 41 巻, pp. 815-822. 情報処理学会論文誌, 2000.
- [3] 日本バーチャルリアリティ学会. バーチャルリアリティとは, 01 2012.
- [4] Steven Feiner, Blair Macintyre, and Dorée Seligmann. Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 53-62, 1993.
- [5] Takeo Kanade, Peter Rander, and PJ Narayanan. Virtualized reality: Constructing virtual worlds from real scenes. *IEEE multimedia*, Vol. 4, No. 1, pp. 34-47, 1997.
- [6] Paul Milgram and Fumio Kishino. A taxonomy of mixed reality visual displays. Vol. 77, pp. 1321-1329. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 1994.
- [7] 原田安徳. 同室感通信. インタラクティブシステムとソフトウェア 日本ソフトウェア科学会 WISS'98, pp. 53-60, 1998.
- [8] 平田圭二, 梶克彦. Ht-1-3 未来の電話 t-room: 対面環境の再現を目指すビデオコミュニケーションシステム (ht-1. 人間情報と未来の ict, チュートリアルセッション, ソサイエティ企画). 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol. 2009, , 2009.
- [9] 平田圭二. 未来の電話を考える-遠隔コミュニケーションシステム t-room. NTT 技術ジャーナル, Vol. 19, No. 6, pp. 10-12, 6 2007.
- [10] Thammathip Piumsomboon, Youngho Lee, Gun A Lee, Arindam Dey, and Mark Billinghurst. Empathic mixed reality: Sharing what you feel and interacting with what you see. In *Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR), 2017 International Symposium on*, pp. 38-41. IEEE, 2017.