



VR/MR 技術を用いた同室感を有する遠隔コミュニケーションシステムの提案

村田 直樹¹⁾, 須賀 聖¹⁾, 上野 哲史²⁾, 清田 陽司²⁾, 栗原 聡¹⁾

1) 慶應義塾大学 理工学研究科 (〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1)

2) 株式会社 LIFULL (〒 102-0083 東京都千代田区麹町 1-4-4)

概要: 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多くなった。しかし移動には時間や労力などの面でコストがかかり、移動できる距離にも限界がある。本研究では、こうした移動にかかるコストを削減し、対面に近いやり取りを行うことのできる遠隔地間通信システムを提案する。今回は Mixed Reality(MR) と Virtual Reality(VR) のデバイスをそれぞれ用いてシステムを構築した。提案するシステムの評価実験に関しては、VR 側ユーザにおいて、視点の移動が同室感を得る上で有効であることがわかった。MR 側ユーザに関しては、現在実装できているシステムにおけるアバタの有無はあまり同室感の醸成には有効ではなく、この結果から、アバタに関するシステムの改善点がいくつか挙げられた。

キーワード: テレマージョン・テレグジスタンス, AR/MR, 同室感

1. はじめに

現代では交通の発達により、様々な場所を訪れる機会が増えている。また実際に目的の場所に訪れ、その場にいる人とコミュニケーションを取る必要がある要件も多く存在する。しかし、移動には時間や労力といった面でコストがかかる上、人によっては移動することが困難な人もいる。そこで場所を移動せずにある空間へ擬似的に訪れ、その場にいる人とコミュニケーションをとることはできないかと考える。

ここで擬似的に訪れるという点で、仮想現実技術を使ったテレプレゼンスの技術を用いる。しかし現実の空間を共有するために、VR デバイスだけではなく MR デバイスも用いる。VR デバイスを用いたユーザは目的の空間を擬似的に訪れ、MR デバイスを用いたユーザは遠隔地にいるユーザをアバタとして認識する。

以上から本研究では、移動のコスト削減を目的とし、仮想現実技術を用いて、現実のある空間を共有し、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を提案する。

2. 関連研究

森川ら [1] は、クロマキー処理によって撮影したユーザの自己像のみを切り出し、遠隔地にいる相手ユーザの映像に重ね合わせることで、同一画面上に各ユーザが存在するかのような感覚を得られる超鏡というシステムを作り出した。また平田ら [2] は、複数のカメラと円柱状に並べた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、撮

影されたユーザの映像を、位置関係を合わせてディスプレイ上に表示するシステム t-Room を開発した。

以上のように、遠隔地間での空間共有システムはいくつか存在するが、いずれも問題点が挙げられる。森川らの超鏡システムではオクルージョンの問題があり、ユーザが動ける範囲や、映し出す相手空間の範囲が限定されている。また、これらのシステムは画面上という 2 次元の限られた空間の共有であり、3 次元の広がりを持つ空間を共有できていない。

Piumsomboon ら [3] は、VR デバイスと MR デバイスの両方のデバイスを用いた遠隔地間での通信において、コミュニケーションにおける様々な要素が、どのように人の共感に影響を与えるのかという点で実験を行った。その中で、顔の向きや視線の向き、さらには心拍数などの生理的な要素など、様々な要素を考慮し、コミュニケーションの中での共感度について分析した。しかし、この研究では、ユーザが通信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。またインタラクションに用いるアバタも手及び胸の部分でしか表しておらず、本研究の全身を表した人型のアバタとは異なっている。

3. 提案手法

本研究では VR デバイスをつけたユーザが、遠隔地にいる MR デバイスをつけたユーザのいる空間に、擬似的に訪れるシステムを考える。以下、VR デバイスをつけたユーザを VR 側ユーザ、MR デバイスをつけたユーザを MR 側ユーザと呼ぶ。まず、VR 側ユーザに対して各々移動ロボットを用意し、MR 側ユーザのいる空間に配置する。それぞれの移動ロボットにはマーカーを取り付け、MR 側ユーザは

Naoki MURATA, Satoshi SUGA, Satoshi UENO,
Yoji KIYOTA, and Satoshi KURIHARA

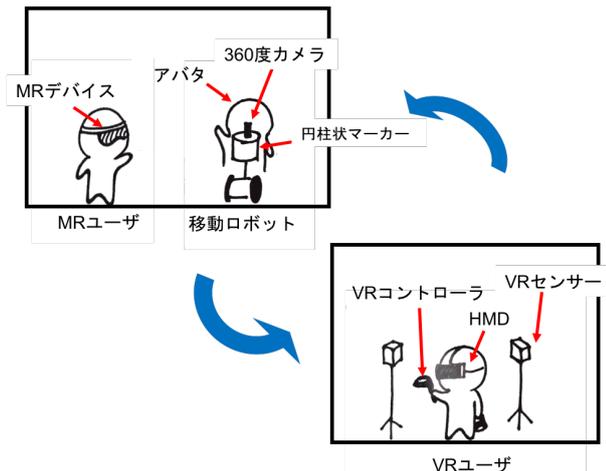


図 1: システムの概要図



図 2: アバタの外観

MR デバイスを通してそれぞれのマーカーを認識し、マーカー上に人型のアバタを表示する。各ユーザはそれらのアバタを介して遠隔地間でのインタラクションを行う。以下、システムの概要図を図 1, MR デバイス越しに表示されるアバタを図 2 に示す。

まず、移動ロボットと VR 側ユーザ間の通信に関して説明する。移動ロボットに設置された 360 度カメラの映像が、VR 側ユーザの HMD へ送信される。VR 側ユーザは HMD を通じてその映像を見ることで、MR 側ユーザのいる空間を擬似的に訪れたかのような没入感を得る。また、VR 側ユーザが装着している HMD 及びコントローラの位置情報を移動ロボットに送信することで、移動ロボットは VR 側ユーザの動きに合わせて移動する。

次に VR 側ユーザと MR 側ユーザ間の通信に関して説明する。VR 側ユーザが装着している HMD とコントローラの位置情報及び回転情報が MR デバイスに送信される。MR デバイスを通して表示される人型のアバタの頭と手の位置を、受信した各情報に合わせて変化させることで、VR ユーザの動きとアバタの動きを連動させる。

最後に移動ロボットと MR 側ユーザ間の通信に関して説明する。移動ロボットに設置された円柱状のマーカーを MR デバイスが認識することで、移動ロボットの位置情報を取

得し、その位置情報から移動ロボットに重ね合わせるようにして、人型のアバタを表示する。

4. 評価実験

本システムによって、同室感を得ることができたかという点に焦点を当てて比較実験を行った。比較対象となる通信システムには Skype のテレビ電話機能を用いた。しかし、ハードウェアの性能の面から、今回は VR 側ユーザと MR 側ユーザに分けて同室感を得たかどうかの評価を行う。以下、VR 側ユーザの評価実験を実験 1 とし、MR 側ユーザの評価実験を実験 2 とした。また、実験のタスクの中で、VR 側ユーザにあたる被験者を指示者、MR 側ユーザにあたる被験者を作業者とする。

4.1 実験 1: VR 側ユーザにおける同室感の評価

4.1.1 実験 1 の概要

本研究で提案するシステムにおける、VR 側ユーザの本質的な利点は、移動ロボットにより自由に視点を変更できるという点であると考えられる。そこで VR 側ユーザの視点の移動の有無が、同室感に与える影響に焦点を当てて実験を実施した。実験の内容としては、指示者が完成形を理解した上で指示を出し、作業者が指示に従ってブロックを積み上げていくというタスクを設定する。そして、タスクを完了するまでにかかった時間や、実験の中でやり取りされた会話及び実験後の評価アンケートによって評価を行う。

4.1.2 実験 1 の環境・手順

実験の環境としては、大学の部屋の一つと、隔てられた廊下の一部を利用した。今回、移動ロボットと VR 側ユーザの位置の同期といった部分が実装できていないため、指示者が口頭で指示を送り、第 3 者がカメラを移動させることで、指示者の視点の移動を行った。また Skype のテレビ電話機能を用いた実験では、各被験者がノート PC を用いて Skype を起動させ、指示者は PC 内臓のカメラやマイクを、作業者は PC 内臓のマイクと、別で接続した web カメラを用いて通信を行った。web カメラに関しては、三脚を用いて固定し、定点で撮影した。

被験者は 20 代の男女 8 名で、それぞれ指示者側と作業者側で分かれて 2 人 1 組となり、計 4 組のグループを作った。そして 2 組は視点移動ができ、他の 2 組は視点移動ができないという条件でタスクを実施した。

実験の手順は、実験開始前にブロックの完成図を見せながら、指示者に説明を行った。その後、実際にそれぞれタスクを実行してもらい、タスクにかかった時間の計測と会話の録音を行った。また、実験後のアンケートに関して、各質問は”全くそう思わなかった”から”実際に対面している位”を想定して 1-5 までの 5 段階で評価することを、指示者に指定して評点を得た。実験の結果は表 1, 表 2, 表 3 にそれぞれ示す。

4.1.3 実験 1 の結果

表 1 から、グループ A, B は 10 分以内に収まっているのに対して、グループ C, D は 10 分以上の時間がかかって



図 3: Skype による実験の様子

表 1: タスクの完了までにかかった時間

条件	グループ	時間
視点の移動ができる	A	5分35秒
	B	9分30秒
視点の移動ができない	C	18分37秒
	D	12分00秒

表 2: 実験中の会話の中で交わされた言葉の数

	グループ			
	A	B	C	D
全体の文字数	1296	1665	2808	2632
指示語の数	23	18	41	42
位置を表す言葉の数	68	72	102	110

表 3: 評価アンケートの結果: VR 側ユーザ

	グループ			
	A	B	C	D
1. 相手に指示を伝えやすかったか	5	3	1	2
2. 遠隔地の様子がわかりやすかったか	4	3	2	2
3. 実際に相手の部屋にいて、作業していたかのような感じがしたか	4	3	2	1

いる。このことから、視点の移動が作業効率を上げ、指示者の指示が、より円滑に伝わっていると考えられる。

表 2 から、まず実験中の会話全体の文字数に関して、A、B のグループが C、D のグループよりも数が少ないことがわかる。また、表 1 と比較してみると、タスクの完了までにかかった時間に比例して、言葉の数も多くなっている。このことから、視点の移動により、少ない会話数で効率よく指示が伝えられることがわかる。

また、指示語や位置を表す言葉の数に関しても、C、D のグループに比べて、A、B のグループの方が数が少なく、A、B 間及び C、D 間の数に大きな差がない。この結果から、タスクの中で交わされる指示語や位置を表す言葉の数は、タスクの完了までにかかった時間及び言葉の全体の文字数に比例している。

表 3 から、視点の移動ができる A、B のグループの方が視点の移動ができない C、D のグループと比べて、全体的に高い評点を得られた。指示を伝えやすさや、遠隔地の様子のわかりやすさの部分では、視点移動の有無により差が生じている。同室感という点に直接関わる、質問内容の 3 の項目に関しては、視点の移動があったグループの方が、より相手の空間で作業している感覚、つまり相手とまるで同じ空間にいるような感覚を表す同室感を得ているという結果となった。

4.2 実験 2: MR 側ユーザにおける同室感の評価

4.2.1 実験 2 の概要

MR 側ユーザが同室感を得る上で重要な部分は、遠隔地にいる VR 側ユーザをアバターとして認識し、そのアバターを介してやり取りを行う点であると考えられる。そこで実験内容としては、ブロックを指定された範囲に順番に配置するというタスクを設定する。指示者が決まった順番でブロックを置く指示を出し、作業者は指示を聞いて、事前に区切られたエリアにそれぞれブロックを配置していく。最初に、このタスクを提案システムのアバターを用いることで行い、次に同じタスクを実験 1 と同様に、Skype のテレビ電話機能を用いて行う。これらの実験により、作業者つまり MR 側ユーザの得る同室感に関して評価していく。評価方法は、作業者にアンケートをとることで主観的な評価を得る。

4.2.2 実験 2 の環境・手順

実験環境は、実験 1 と同様である。アバターの有無による比較であるため、提案システムを用いた実験ではアバターの表示される位置は固定した。また、VR デバイスを使うことに慣れた実験の協力者一人に、全ての実験における指示者を担当してもらった。比較対象の Skype を用いた実験に関しては実験 1 と同様である。web カメラは実際にブロックを配置するスペース全体が見える位置で固定した。このカメラの映像が指示者側の視点となる。

被験者は 20 代の男性 5 名で、実験終了後には、作業者側の被験者に対して評価アンケートに回答してもらった。評価アンケートに関しては実験 1 と同様で、5 段階で評価してもらった。

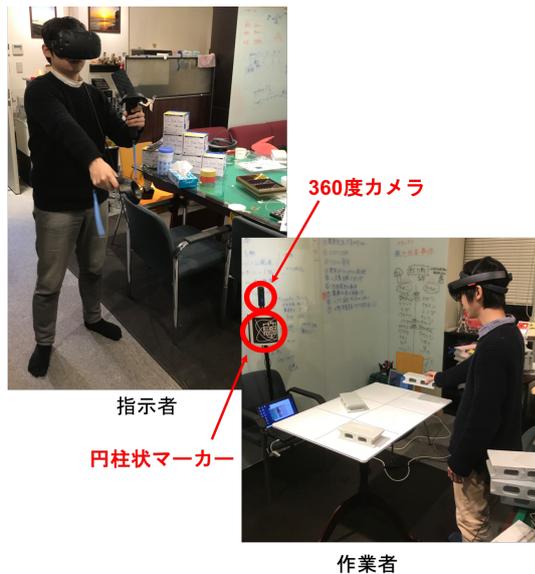


図 4: 本研究のシステムを用いた実験の様子

4.2.3 実験 2 の結果

表 4 より、まず、質問 1 に関して、Skype を用いた場合の回答が全て 5 と、高い評点を得ている。それに対してアバタを用いた場合の回答では、4 以下の評点を得ており、相手の指示が伝わりづらかったことがわかる。被験者から得た感想の中には、「MR では、(アバタの) 手の位置がどこかに慣れるまで、指示がわかりづらかった」や、「指差しだと、奥と手前のどちらを指しているのかがわかりにくかった」など、アバタの指差しの位置が明確に伝わらないことが挙げられた。これは指示者側が見る映像にズレが生じているためだと考えられる。原因の一つとして考えられるのは、360 度カメラが単眼であるために、指示者の見る映像に奥行きがないという点である。

質問 2, 3 に関しては、システム間の明確な差が出なかった。しかし、質問 2 に関しては提案システムの方が平均的な評点は高い。これはアバタの顔の向きが、指示者の注視点を伝える上で有効に作用したためではないかと考える。しかし、アバタと作業者の視線の向きを同期させるという点に関して、今回のシステムでは実装に至らなかったため、そういった部分で指示者の注目している点が伝わりづらかったのではないかと考える。さらには、作業者の装着している MR デバイスの視野角が狭く、アバタの全身を捉えることができなかったことも原因として考えられる。

質問 3 の内容に関しては、被験者が主観的に感じる同室感に最も近い内容である。しかし、今回の実験の結果からはシステム間に明確な差は出ず、被験者によって個人差があることがわかる。被験者から得た感想の中には、「(アバタの) 全身が見えないので親近感が薄かった」や、「もう少しアバタがリアルだと嬉しい。アバタが女性でも指示者が男声だとリアリティがない」などアバタの外観や、声に関する否定的な意見がある反面、「アバタがいることで、一緒に作業している感じがした」といった、アバタの存在が被験者

表 4: 評価アンケートの結果 : MR 側ユーザ

	アバタ	被験者				
		A	B	C	D	E
1. 相手の指示がわかりやすかったか	あり	3	3	3	3	4
	なし	5	5	5	5	5
2. 相手がどこに注目しているかがわかりやすかったか	あり	3	5	5	4	4
	なし	5	3	4	2	2
3. 実際に相手が身近にいて指示をしてくれているように感じたか	あり	5	5	2	4	4
	なし	1	3	5	5	2

に同室感を与えていることを示す肯定的な意見も挙げられた。

5. おわりに

仮想現実の技術を用いて、遠隔地の空間に仮想的に訪れ、その場にいる人と対面に近いコミュニケーションをとることができるようなシステムを提案した。評価実験からわかったことは、VR 側ユーザにおける視点の移動が同室感の醸成に有効であるという点である。また、MR 側ユーザが得る同室感に関しては、アバタの位置関係やデバイス越しにアバタが見える範囲などが同室感の醸成に影響を与えることがわかった。

今後の課題として、まず VR 側ユーザに関しては、360 度カメラの画質の改善や、単眼のカメラから複眼のカメラへの変更などが挙げられる。これらの改善により、VR 側ユーザが見る映像に奥行きが生まれ、また得られる没入感も向上すると思われる。MR 側ユーザに関しては、アバタのズレの修正やマーカー認識の精度の向上、また MR デバイスの視野角の拡張などが挙げられる。これらの改善により、空間の中に、より自然な形でアバタを映し出すことが可能であると考えられる。以上の改善点を修正することで、より自然な形でユーザ同士がインタラクションを行うことができ、同室感の醸成の向上につながるのではないかと考える。

参考文献

- [1] 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 41.3 (2000): 815-822.
- [2] Hirata Keiji, et al. : t-Room: Next generation video communication system. Global Telecommunications Conference, 2008. IEEE GLOBECOM 2008., p.1-4, 2008.
- [3] Thammathip Piumsomboon, et al. : Empathic Mixed Reality: Sharing What You Feel and Interacting with What You See., Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR), 2017 International Symposium on. IEEE, p. 38-41, 2017.