



## VR 環境でのコミュニケーションにおける鏡の効果

亀岡嵩幸<sup>1)2)</sup>, 金子征太郎<sup>1)2)</sup>

1) 電気通信大学 (〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {kameoka・kaneko}@kaji-lab.jp)

2) 日本学術振興会 (〒 102-0083 東京都千代田区麹町 5-3-1)

**概要:** VRSNS においてユーザーが鏡の前に集まる現象が知られている。VR 空間上の鏡はアバターに対する自己身体性を生起させることが知られているが、我々は鏡の存在が他者へのプレゼンスを向上させ、ひいてはコミュニケーションの円滑化に繋がるのではないかと考えた。本発表では VR 空間における鏡の存在がユーザーにどのような行動を誘発するのか実験的に調査した結果を報告する。

**キーワード:** VR 空間, アバター, 鏡

### 1. はじめに

HMD の普及に伴い、VRSNS の普及が目覚ましい。VRSNS とは、VR 空間中において自らのアバターを操作することにより、他者とのコミュニケーションを可能とするソーシャルネットワーク機能を備えたオンライン環境のことである。VRSNS ではユーザーが自由に VR 空間を設計可能なものも存在しており、例えば VRChat や cluster などは開発用の SDK が公開されている。

これまで著者はユーザーによって設計されたワールドに鏡が設置されていることを頻りに観察してきた。例えばユーザーが自身のアバターを確認するための姿見として置かれたものや、壁一面が鏡となった巨大な鏡を使い自身のみならず他者のアバターを視認しつつコミュニケーションを行うためのものなどを観察してきた。特に後者において鏡の前に複数人が集まり鏡に向かって話しかけるという VR 環境ならではの行動として非常に興味深いものを確認している。このように VR 環境でのコミュニケーションにおいて、鏡がコミュニケーションを円滑化していることが推察される。

コミュニケーションにおいて鏡の影響を調査した研究はいくつか存在する。例えば、Morikawa らの HyperMirror がある [1]。これはプロジェクターに鏡写しに投影されたユーザーの映像に遠隔地のユーザーを並べるように投影することでユーザー間の心理的距離を縮め、コミュニケーションの円滑化を行っている。VR 空間中の鏡が使用するアバターへの自己身体性を増強する報告 [2] や、モニターを鏡のように使用することで遠隔会議が円滑に進む報告 [3] が存在する。また VR 環境におけるユーザーの行動を調査し、環境がユーザーに与える効果を調査した取り組みも存在する [4]。しかしながらこれまでにコミュニケーションを VR 環境で行う際の鏡の影響を定量的に調査した報告は我々の知る限り存在しなかった。

本研究では VR 空間中でのコミュニケーションにおいて、鏡がユーザーの行動にどのような影響を及ぼすか調査する。我々はこれまでの推察より、「VR 環境において人々は鏡付近に集まり、鏡越しに会話をする」という仮説を立てた。本

稿ではこの検証のために、鏡とポスターを配置した VR 空間中で二人一組の被験者に会話を行わせ、その際の行動を記録、及び空間に対する感想を尋ねた。本調査は将来的な VR 空間設計の基礎的な知見となることが期待される。

### 2. 実験

本研究の目的は VR 環境における鏡の存在がコミュニケーションに及ぼす影響を調査することである。そこで本稿では予備的な調査として「VR 環境において人々は鏡付近に集まり、鏡越しに会話をする」という仮説の検証を行う。

#### 2.1 被験者

VRChat を日常的に利用しているユーザーに対して実験を行った。被験者の選定基準として VRChat の操作に手間取ることなくコミュニケーションが取れることを条件とした。実験は 2 人 1 組で行い、9 組 (18 名) に対して行った。被験者は HMD を用いた VR モードもしくは HMD を用いないデスクトップモードでの参加を自由に選べた。合計して VR モードの利用者は 11 名、デスクトップモードの利用者は 7 名だった。またデスクトップモードの組み合わせが 3 組 (6 名)、VR モードの組が 4 組 (8 名)、デスクトップモードと VR モードの組み合わせが 1 組であった。

#### 2.2 実験環境

実験に用いる VR 空間は Unity にて作成し、VRChat 上にアップロードして実験を実施した。VR 空間には 2 種類の部屋を作成した。それぞれ被験者に対して実験手続きを説明する VR 空間 (以下説明空間とする, 図 1), 鏡を配置した VR 空間 (以下実験空間とする, 図 2) である。実験空間は縦横 10m, 高さ 4m の空間で、天井に蛍光灯を模した照明、机と椅子を用意した一般的な休憩スペースを模した空間である。なお椅子、机には接触判定をつけなかった。この空間に対し調査対象である鏡、及び対照条件として VRChat にて一般的に設置されているポスターとしてイベントカレンダーを配置した。このイベントカレンダーはオンライン上に公開されたフォームよりユーザーが登録したイベントが自動的に表示されるオブジェクトであり、鏡

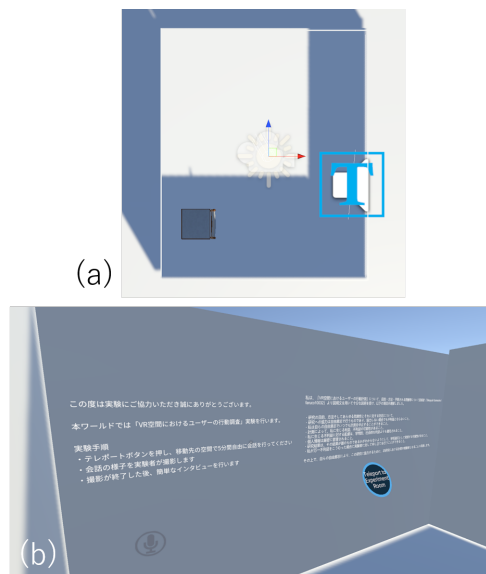


図 1: 説明空間。(a) は説明空間の外観。(b) は説明空間に設置した説明文の様子である。

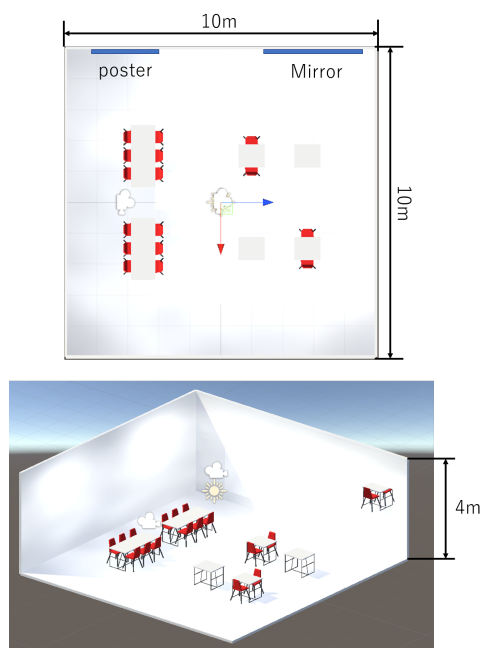


図 2: 実験空間

と対象の位置に設置することでユーザーがどちらに興味関心を示すかを観察する目的で設置した。本稿では実験環境として VRChat を採用した。VRChat は独自の空間を設計可能なほか、VRChat を日常的に利用しているユーザー数は実験を行うにあたり十分に存在すると考えたためである。

### 2.3 実験手続き

まず被験者は二人一組で説明空間に参加し、実験者から実験手続きの説明を受けた。被験者は用意された実験空間にて自由に 5 分間会話をするように指示された。なお会話の内容や行動に対して制限は設けず、自由に振る舞って良い旨を伝えた。説明終了後、被験者は実験空間へ移動し、実験者は被験者のコミュニケーションの様子を定点カメラによ

り撮影した。実験終了後、被験者へ自由回答インタビューを行った。加えて実験後に Google フォームを用いたアンケートを行った。質問項目はすべて自由回答にて回答させ、各項目は「実験会場（ワールド）への印象をご自由にお聞かせください。」「実験当時のコミュニケーションについて印象をご自由にお聞かせください。」「そのほかお気づきのことがありましたらご自由にお聞かせください。」とした。

### 2.4 解析方法

撮影された動画に対して各アバターの VR 空間上での移動軌跡を抽出するため画像処理の手法を用いて解析を行った。処理には Matlab の MotionBasedMultiObjectTrackingExample 関数を改変して行った。以下に処理の概要を述べる。まずアバターが出現していない初期フレームを背景フレームとする。その後各フレームと背景フレームとの差分を計算、2 値化し検出された領域に対して ID を振りトラッキングを開始した。トラッキング時には二値化した領域の移動量が最小であるものを同一の ID とみなすこととした。なお処理中にトラッキングロストにより各被験者トラッキングに対する ID の変更が発生したため、この修正を手動にて実施した。最終的に各フレームにおけるアバターの重心位置を抽出した。

### 3. 結果

被験者ごとの軌跡を図 3～5 に示す。大別して VR モードで参加した被験者は移動が少なく、ボディランゲージ、手や頭の動きを使ってコミュニケーションを取っている様子が記録動画から確認され、軌跡データを見ても細かい動きが少ないことから確認できた。デスクトップモードで参加した被験者は細かく身体を動かして（アバターを移動させて）ボディランゲージをおこなう、感情表現を行う（左右に動く、ジャンプするなど）様子が確認できる。またデスクトップモードでは細かく動くのに対し、VR モードでは移動は直線的で、目標位置まで移動し移動先でとどまり会話するようすが確認できた。

また、ユーザーの動きには大きく分けて 4 つのパターンが存在することがわかった。1 つ目は実験空間に移動した瞬間の場所から移動せずに会話を行うもの（これは一通り空間を見渡した後に初期地点近くに戻るものも含む）、2 つ目はカレンダーの前に移動しそこで話すもの、3 つ目は鏡の前に移動し鏡越しにコミュニケーションを行うもの、4 つ目はカレンダーを見た後に鏡の前に移動するものである。

これらのパターンに被験者の組を分類すると、それぞれ、スポン地点で話すパターンは VR モードで参加した組み合わせ 2 組であった。カレンダーの前で話す組は VR モードの組と VR モードとデスクトップモードの組み合わせの 2 組であった。鏡の前でコミュニケーションを取る組は VR モード同士の組が 2 組、デスクトップモード同士の組が 1 組の計 3 組であった。カレンダーを見た後に鏡の前に移動する組はデスクトップモード同士の組が 2 組であった。

次に VR 空間を九分割し、被験者の各領域における滞在

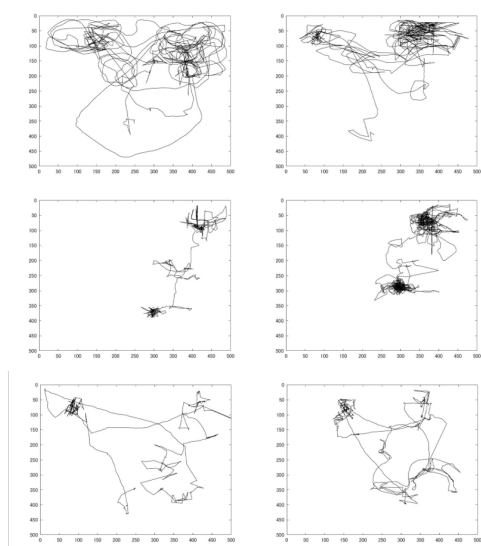


図 3: デスクトップモードの被験者個別の軌跡データ。左右のグラフが 1 組の被験者対を表す。

割合を計測した (図 6)。各領域の数値は全被験者の滞在割合の平均値を表し、色の濃さが割合に対応する。また移動軌道を示した結果と同様、図上部右側に鏡が、上部左側にポスターが配置されている。この結果より、鏡付近とポスター付近の滞在率が他の領域に比べて高くなっていることがわかった。次にこれらの滞在割合がチャンスレート 0.11 を有意に上回っているか検証するため、Willcoxon の符号順位和検定を行った。結果、滞在確率が低かった中段左側、下段左側部において有意差 ( $p < 0.05$ ) が確認され、ポスター付近、鏡付近においては有意差が確認されなかった。

個別の軌跡を分析すると VR 空間に参加する方法によってコミュニケーション時の動作に特徴が見られた。デスクトップモードで参加したユーザーは小刻みに身体を動かしてボディランゲージの代わりとしていた。また VR モードのユーザーは顔の傾きや身振り手振りを使いコミュニケーションを行っている様子が観察された。またすべての組み合わせにおいてユーザーはお互いに近い場所で会話を行っていた。今回用意した実験空間では距離による音声減衰は実装されていたが、部屋の中であればお互いの声は聞き取れる程度の減衰率であった。

今回の研究でテーマとしている鏡による影響として鏡への印象についてコメントしていたものを取り上げる。まず鏡に積極的に近づいてコミュニケーションを行っていたユーザーからは「特に意識はしていなかった」「相手が鏡の前だったので近づいた」「鏡越しに見ることで自分と相手を同時に見ることができて会話がしやすい」といったコメントを得た。また鏡に積極的に向かわなかったグループの回答として「鏡に気づかなかった」「鏡の前は描画負荷がかかり動作が重くなるので行かなかった」といった回答を得た。鏡の存在に気づかなかったユーザーは実験空間に移動した際に周囲を見回してめぼしい仕掛けやインタラクション可能なオブジェクトがないことを確認したことで会場を詳しく

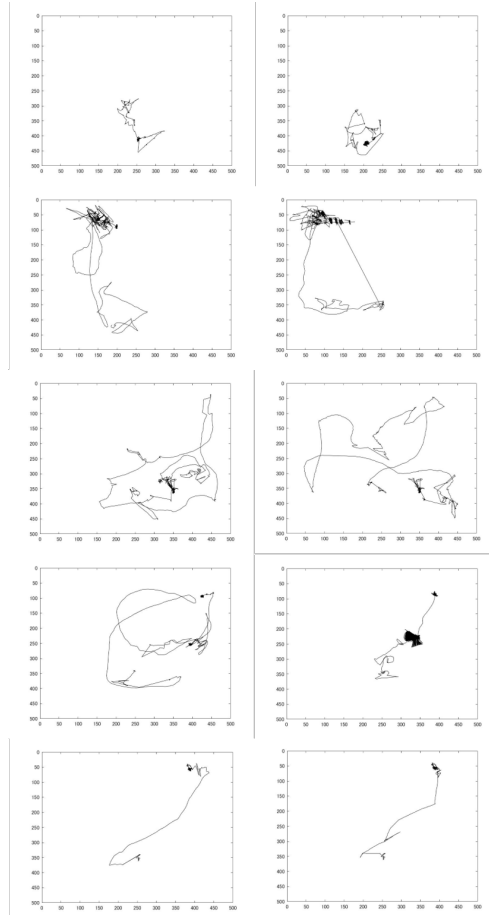


図 4: VR モードの被験者個別の軌跡データ。左右のグラフが 1 組の被験者対を表す。

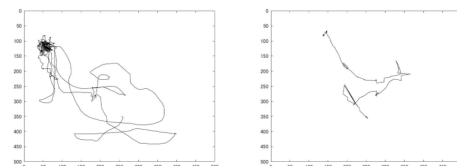


図 5: VR モードとデスクトップモードの組み合わせでの被験者個別の軌跡データ。左が VR モード、右がデスクトップモードで参加した被験者のグラフ。

見て回るモチベーションが失われたとも語っていた。

#### 4. 考察

本研究では、VR 環境において人々が鏡付近に集まり、鏡越しに会話をするという仮説を立て実験を行った。結果、鏡及びポスター付近に比較的高い確率で滞在することが判明した。この結果は、壁にかかっているオブジェクトがユーザーに対して弱い影響を及ぼすことを示唆しており、鏡の影響を確認するものではなかった。対して個別の行動に着目すると、ユーザーの行動は大きく 3 パターンに分けられることが分かった。それぞれ、1) 積極的に鏡の前へ移動する、2) 他者が鏡前にいる場合に鏡前へ移動する、3) 鏡前へ移動しない、である。

鏡前に積極的に移動した被験者から「鏡があることで安

Poster		Mirror
28.03	4.98	27.98
0.43 <sup>*</sup>	7.12	6.32
0.27 <sup>*</sup>	15.46	9.41

\* p<0.05

図 6: 全被験者の各領域における平均滞在率 (%). 右上に鏡, 左上にポスターが配置されている. 図中の色の濃度は滞在率の高さに対応する.

心感を得られる”というコメントを得た。これはオンラインコミュニケーションにおいてシステムとの通信が確立していることを確認できたためだと推察した。物理空間における会話では自身が取った行動、言動は確実に相手にその意図は別として伝わる。しかし、VRSNS においては自分視点では確認できていても相手視点では違う情報が見えていくこともある。例えば自分では手を動かしているつもりでも相手からみたらまったく動いていないように見えることがある。この入出力のギャップを確認する存在として鏡があることで安心感を感じられるのではないかと考えた。

次に他者が鏡前にいる場合に鏡前へ移動するユーザーの行動原理を説明するものとして、VR 空間で会話をする際にはユーザーは空間的に近い距離に移動して会話を行う様子が確認された。これはすべての被験者に対してこの傾向があり、鏡の前に移動しない被験者に対してもポスター前や初期スポン地点付近で会話を行うなどの差はあれど近い場所にて会話を行っていた。そのため個人的に鏡を利用するユーザーの存在が結果として人々が鏡の前に集まるといった現象を引き起こしていると考えられる。

また鏡の前での行動を観察すると鏡に向かって会話を行っており、自身と相手を同時に視認しながら会話を行っていた。これは先行研究において示されている鏡を利用することでコミュニケーションが円滑化する効果が発生しているのではないかと考えられる [1]。

今回の実験では被験者はすべて VRChat を使い慣れているユーザーを選択した。これは前述の通り会話時に意図しないことへの関心を防ぐためであったが、鏡を見慣れていることで鏡への安心感を感じたということも考えられる。また鏡の存在がどのようにコミュニケーションに影響を及ぼすかをより深く調査するためには鏡の有無によりコミュニケーションの難易度、内容、質がどのように変化するかを比較実験する必要がある。

## 5. おわりに

本研究では VR 環境における鏡がコミュニケーションにどのような影響を与えるのかを調査する予備的な検討として鏡のある空間におけるユーザーの行動観察を行った。実験環境として VRChat を利用し、普段から VRSNS を利用したコミュニケーションを行っているユーザー 9 組 (18 名) に対して実験を行った。その結果、VR 空間への没入方法として鏡の存在がユーザーへ安心感を提供し、コミュニケーションに利用するユーザーが存在することが確認できた。また HMD を用いるか平面のディスプレイを用いるかによってコミュニケーション時の行動が異なる様子が観察された。しかし、今回の実験では鏡の有無によるコミュニケーションの質の変化を検証できていない。今後鏡のない環境でのコミュニケーションと比較して鏡が空間に与える影響を更に詳しく調査していきたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 19J02096, 20J23128 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Osamu Morikawa and Takanori Maesako. Hyper-mirror: Toward pleasant-to-use video mediated communication system. In *Proceedings of the 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '98*, p. 149–158, New York, NY, USA, 1998. Association for Computing Machinery.
- [2] Claudia Krogmeier and Christos Mousas. Evidence for a relationship between self-avatar fixations and perceived avatar similarity within low-cost virtual reality embodiment. In *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pp. 127–134, 2021.
- [3] Jens Emil Grønbaek, Banu Saatçi, Carla F. Griggio, and Clemens Nylandsted Klokmoose. *MirrorBlender: Supporting Hybrid Meetings with a Malleable Video-Conferencing System*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021.
- [4] Julie Williamson, Jie Li, Vinoba Vinayagamoorthy, David A. Shamma, and Pablo Cesar. *Proxemics and Social Interactions in an Instrumented Virtual Reality Workshop*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021.