



身体負荷軽減と円滑なコミュニケーションを目的とする メタバースインタフェースのメタバース上シミュレーション による評価

Evaluation of Metaverse Interface for Physical Load Reduction and Smooth Communication by Simulation on Metaverse

坪井優汰¹⁾, 長谷川晶一¹⁾

Yuta TSUBOI and Shoichi HASEGAWA

1) 東京工業大学 工学院情報通信系 (〒 226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 R2 棟 624 室 R2-20, info@haselab.net)

概要: リモートワークの拡大に伴い物理的な環境を共有しない遠隔の人々が円滑にコミュニケーションを行う方法が求められる。メタバースはその方法として注目されているが、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を身に着ける必要性、酔いなどの身体負荷により作業性を低下させる問題がある。そこで、本研究では HMD を用いない低身体負荷なメタバースインタフェースを提案し、その前段階としてメタバース上にシステムのシミュレータを製作し、実用性の検討を行った。

キーワード: コミュニケーション, 作業支援・評価, ユーザインタフェース, メタバース

1. はじめに

1.1 背景

情報通信技術の発展に伴い次第に注目されていたリモートワークは、2020 年以降新型コロナウイルス感染症の世界的流行によって急速に普及し、働き方の新しい標準として認識されるようになった。現在、物理的な環境を共有しない遠隔の人々のコミュニケーション手段は、Zoom[1] に代表される Web 会議ツールやチャットツールの使用が一般的である。

しかし、これらのツールを用いたコミュニケーションは対面でのコミュニケーションと比較して様々な課題がある。Bailenson[2] は Web 会議に特有の疲労感について、"Zoom faatigue" (Zoom 疲労) と題し、Zoom などの Web 会議ツールを使用すると、非言語情報の制限によるコミュニケーション負荷の増大が起こると主張した。

また、Web 会議ツールは参加者と同一の空間を共有できないため F 陣形が形成できない。F 陣形とは Kendon[3] が定義した、複数人の対面コミュニケーションにおいて自然と形成される空間配置の概念である。生物はその活動のために空間が必要で、例えば椅子に座ってテレビを見る際に、テレビと椅子の間に空間が必要となる。この空間を操作領域 (transactional segment) と呼び、会話の場合は参加者が互いに相手が表出する非言語情報を見るために、自然とこの領域を共有することで F 陣形が形成される [4]。

つまり、Web 会議ツールのように空間が隔てられていると、相手の非言語情報を見るために自然に身体を移動させた結果形成されるはずの F 陣形が形成されず、非言語情報を

制限された状態でのコミュニケーションを余儀なくされる。

このように、現状の Web 会議ツールを使用したりリモートワークでは多くのコミュニケーション上の問題が存在するため、遠隔地の人々がより円滑にコミュニケーションを行う方法が求められる。

1.2 メタバースのリモートワークへの利用

近年、メタバースをリモートワークに活用する事例がみられる。例えば、Meta 社の Horizon Workrooms[5] が挙げられ、このようなヘッドマウントディスプレイ (HMD) を使用し、メタバース上のオフィスで共同作業をするアプリケーションが利用されている。

メタバース上での会話はアバターを介して行うものであるが、参加者の体の向きや視線等の非言語情報を多く伝えられる点で優れており、Web 会議ツールを用いたコミュニケーションの課題の一部を解決できる可能性がある。また、同一の仮想空間を共有するため、アバターを介して F 陣形の形成が可能である。

しかし、HMD を使用するメタバースは身体負荷や、作業性の低下など Web 会議ツールとは別の問題が発生する。HMD を長時間着用すると、その重量や固定具の圧迫による首や頭への負荷による疲労、および VR 酔いを誘発する可能性がある。また、VR をリモートワークに使用する場合、HMD が現実世界を遮断するため、そのユーザは周囲の状況を把握することが困難になる。例えば、PC の最も基本的な作業であるタイピングも現実世界のキーボードや手元が見えず、視覚的フィードバックがないため効率が低下する [6]。

以上のことから、メタバースをリモートワークに使用する

る場合の障壁は主に、HMDを装着することによる身体負荷と作業性の低下によるものではないかと考えた。本研究の目的はHMDを用いず、メタバースの利点を維持したメタバースインタフェースの提案である。ただし、本発表では複数人での評価が可能なシミュレータをメタバースプラットフォームを用いて構築し、これを用いた評価実験まで行った。

2. 関連研究

HMDを用いない没入型の仮想現実システムとしてCAVE[7]がある。CAVEは部屋程度の大きさの立方体の壁面全体に映像を投影することで、利用者を仮想空間に没入させるシステムであり、偏光眼鏡やアクティブシャッター方式の眼鏡を用い、左右の目に異なる映像を映し出すことで、立体視を実現する。このシステムはコミュニケーション手段としての利用も研究されており、ネットワークを介して同一の仮想空間を共有し、ビデオアバターを用いる方法が提案されている[8]。

しかし、このシステムを各家庭に配置する場合は配置スペースや導入コストが障壁となる。そのため、本研究では作業性を確保しつつ、低コストで省スペースであるシステムの提案を目指す。

3. 提案手法

図1に提案インタフェースを示す。以下の3つの要素で構成される。

1. 曲面スクリーン

- 作業用のディスプレイの背後に大型の曲面スクリーンを配置し、メタバース空間を投影する。
- コミュニケーション時、作業用のディスプレイはシステムの一部となる。
- これにより、HMDを装着せずに広い視野角を確保し、高い没入感を実現する。

2. トラッキングカメラ

- 利用者の体の動きをリアルタイムにトラッキングするカメラを設置する。
- アバターの動きを利用者と連動させる。

3. 空間音声システム

- メタバース空間内での音声の位置や距離感を再現する音声

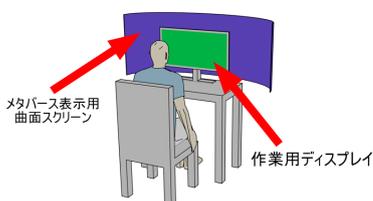


図1: 提案インタフェース

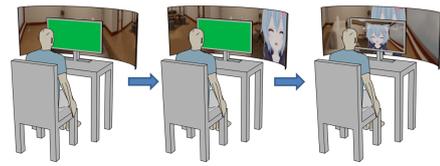


図2: 他者の接近からコミュニケーションへの移行の様子

- 対面での会話に近い臨場感を実現する。

このインタフェースにより、通常時は作業に集中しながらもメタバース上の別ユーザの接近に気付くことができ、スムーズなコミュニケーションへの移行が期待される(図2)。また、空間と身体動作の同期が可能であるため、インタフェース利用者同士または、インタフェース利用者と通常VR使用者間での非言語コミュニケーションが可能であると考えられる。

4. 実験

4.1 実験目的

提案手法のインタフェースを実現するにあたり、インタフェースに必要な機能や実用性を事前に検討する必要がある。そこで、メタバースのVRChat[9]上に本インタフェースのシミュレータを製作し、これを用いて評価実験を行った。実験はHMDを用いてメタバース上で行うため、作業性や身体負荷の評価は出来ないことから、特にコミュニケーションが円滑に行えるかどうかをインタビューによって調査する。

4.2 シミュレータの詳細

実験で使うシミュレータは図3左で示される、遠隔操作可能な自身のアバターの分身と図3右で示される、現実の部屋を模した空間に置かれたスクリーンで構成される。インタフェース利用者はこの空間からシミュレータを介してコミュニケーションを行う。

アバターの分身はその位置と向きをコントローラーで操作でき、姿勢は自動で本体アバターと同期される。この分身は提案インタフェース内でのアバターに相当する。

スクリーンにはアバターの分身の視点がパノラマ表示される。これは提案インタフェースの曲面スクリーンに相当する。

なお、シミュレータはこの実験のために制作された専用



図3: 左) シミュレータアバターの分身。右) 分身の視点を表示するスクリーンが置かれた部屋



図 4: Expression Menu

アバターに内蔵された機能であり、ワールドの機能ではないため、シミュレータ使用者は普段と異なる姿のアバターを使用する必要がある。本研究ではシミュレータ機能を有し、姿の異なる 2 種のアバターを用意し、参加者に選択してもらった。

4.3 実装

実験で用いたアバターとワールドは、VRChat が提供する開発環境の VRChat SDK を導入した Unity[10] で開発した。

アバターの分身は、本体のメッシュの頂点から指定したオフセットずらした位置に頂点を複製する頂点シェーダによって表示される。このオフセットの値は、図 4 の Expression Menu 内のコントローラーから操作できる空オブジェクトのワールド座標を、特殊なシェーダとカメラを用いて `rendertexture`(Unity のカメラ映像をテクスチャとして出力する機能) に書きこみ、分身シェーダから読み込み直すことで得た座標を指定するようになっている。この機構により、任意の位置に移動が可能な分身を構築した。また、この分身の頭の位置にカメラを取り付け、その映像をスクリーンに表示している。

ワールドは、ロビーと 2 つの部屋からなり、シミュレータ使用者は自宅を模した部屋、他参加者は広いリビングを模した部屋を使用する。これら 2 つの部屋は特に機能を持たない。ロビーにはアバターベダスタル (VRChat の機能でアバターを変更できるオブジェクト) が設置されており、これを用いて実験用アバターに着替えられる。また、2 つの部屋へそれぞれワープできるボタンを設置した。

4.4 実験内容

シミュレータを使用する参加者 1 名と通常の VR 使用者 2 名 (うち 1 名は執筆者) で 15 分の会話をする。その後、執筆者以外の 2 名は役割を交代し再度 15 分の会話をする。この際、会話のテーマは参加者内で適当に決定したのち開始し、その後は自由に雑談をするものとした。なお、1 度の会話で一貫して同じテーマで会話するわけではなく、話題転換も自由に行える。また、会話開始前にシミュレータの操作方法についての説明をしておく。

会話終了後、参加者にそれぞれの視点 (シミュレータ、通常 VR) での会話についてインタビューを行う。インタビュー方式は半構造化インタビューを採用し、質問をシミュレータ使用者、通常 VR 使用者ごとに用意した。

シミュレータ使用者用の質問は以下の通りである。

1. システムを利用してみて、感想を聞かせてください。
2. なにか気になる点があれば、教えてください。
3. システム利用中に、自分がその場にいるような感覚 (分身の位置に自分がいる感覚) がありましたか？
4. 相手と同じ空間にいる感覚はありましたか？
5. 相手の発言や行動は、理解しやすかったですか？
6. 相手に自分の意思や感情は、伝えやすかったですか？
7. 会話中のジェスチャーや視線は、どのように感じましたか？ (例えば、自分と話しているとき、自分のほうをみているように感じられたか？)
8. 相手に話しかけられたとき、それに気づきましたか？
9. 逆に相手に話しかけたとき、相手は気づきましたか？

通常 VR 使用者用の質問は以下の通りである。

1. システム利用者と通常 VR とのコミュニケーションで何か差を感じましたか？
2. システム利用者がその場にいるように感じましたか？
3. 相手の発言や行動は、理解しやすかったですか？
4. 相手に自分の意思や感情は、伝えやすかったですか？
5. 会話中のジェスチャーや視線は、どのように感じましたか？ (例えば、システム利用者が自分と話しているとき、自分のほうをみているように感じられたか？)
6. システム利用者に話しかけられたとき、それに気づきましたか？
7. 逆にシステム利用者に話しかけたとき、相手は気づきましたか？

4.5 実験環境

実験参加者は各自、自宅から VRChat 上のワールドに入り、実験に参加してもらった。VR 環境は HMD を用いた 3 点トラッキング以上の PCVR 環境を指定した。

4.6 実験結果

当研究室所属のメンバー 2 名が実験に参加し、執筆者を含む 3 名での会話を行った。参加者は全員 VRChat の操作に慣れた男性で、互いに普段の様子を知っている。

実験参加者のうち執筆者以外の 2 名を A,B と呼称する。1 回目の会話で A は通常 VR,B はシミュレータを使用し、2 回目の会話で A はシミュレータ,B は通常 VR を使用した。次に、それぞれの視点でのインタビュー結果をまとめる。

4.6.1 通常 VR 視点でのインタビュー結果

A,B どちらからもシミュレータ使用者は通常 VR 使用者と同じようにその場にいるように感じたという回答が得られた。一方で、首のうなずき、向きやジェスチャーは理解できるものの、体の向きが変わらないためシミュレータ使用者の発言や行動がわかりにくいことがあるという回答も得られた。実際にシミュレータ使用者から話しかけられたときに気づけなかったことがあった。

また、評価が分かれた回答があり「システム使用者に話しかけたとき、相手は気づきましたか?」という質問に対して、Bは特に違和感なく伝わったと答えたが、Aは自分の振る舞いは余り伝わらなかった、あまり自分の方を見ていなかったと答えた。

4.6.2 シミュレータ使用者視点でのインタビュー結果

A,Bどちらからも、会話相手に話しかける場合と相手に話しかけられる場合のどちらも特に違和感なく会話を進行できたと回答が得られた。また、相手の視線が自分のほうを見ているかどうかの区別ができたという。一方で、相手と同じ空間にいるという感覚は余りなく、モニターをみているような感覚に近いという回答も得られた。

さらに、システムの気になった点として「スクリーンに自身の手が映らない」、「スクリーンの端が歪んで見える」、「コントローラを使った分身の位置調整が難しいため会話中に移動させるのが厳しい」という意見も得られた。

5. 考察

インタビュー結果から、通常 VR 使用者からみたシミュレータ使用者は概ね通常 VR 使用者と変わらないものの、首の向きとジェスチャーの同期だけでは不十分であり、体の向きもスムーズに動かせることがコミュニケーションにおいて重要であることが示唆された。現時点のシステムで体の向きを変える際はコントローラから都度メニューを開かねばならず、これを操作しながら会話するのは難しいので、体の向きのローカル回転も分身に同期させるように改善する必要がある。

また、シミュレータ使用者が相手と同じ空間にいるような感覚がないという点については、「モニターを見ている感覚に近い」、「スクリーンの端が歪んで見える」といった回答から、曲面スクリーンを HMD の没入感に近づけるような表示方法の工夫が必要かもしれない。例えば、使用者の頭の位置に応じて表示映像を調整するような機能が考えられる。

また、スクリーンに自身の手が映らないことは自身の姿勢が正しく同期されているか確認できないことによって没入感を下げていた可能性がある。

6. 今後の課題

本研究では、曲面スクリーンを用いたメタバースインタフェースを提案し、そのシミュレータを用いて評価実験を行った。今後は考察から見えたシミュレータの改善を行い、本発表と同様の実験を行いたいと考えている。また、本発表ではシミュレータ使用者が1名で実験を行ったが、シミュレータ使用者が複数いる場合での実験や、複数の通常 VR 使用者も混在させた状態での実験も行いたいと考えている。さらに、本発表の実験ではスクリーンのサイズや曲率は固定であったため、現実世界に配置することを考慮しつつ実用性をもったスクリーンがどのような大きさや形状なのかを検証できるような実験も行い、十分な検討を行った後に提案インタフェースの実現をしたいと考えている。

参考文献

- [1] Zoom Video Communications, Inc. : Zoom, <https://zoom.us>, (参照 2024-07-22).
- [2] Bailenson, Jeremy N. : Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of Zoom fatigue., *Technology, Mind, and Behavior*, 2021.
- [3] Kendon, Adam : *Conducting interaction : patterns of behavior in focused encounters*, Cambridge University Press, 1990.
- [4] 坊農 真弓 : 会話構造理解のための分析単位-F 陣形, *人工知能学会誌*, Vol.23, pp.545-551, 1999.
- [5] Meta Platforms, Inc. : Horizon Workrooms, <https://forwork.meta.com/jp/horizon-workrooms/>, (参照 2024-07-22).
- [6] Fereydooni, Nadia and Walker, Bruce: *Virtual Reality as a Remote Workspace Platform: Opportunities and Challenges*, *Microsoft New Future of Work Virtual Symposium*, 2020.
- [7] Cruz-Neira, Carolina and Sandin, Daniel and DeFanti, Thomas : *Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE*, *ACM SIGGRAPH*, Vol.27, pp.135-142, 1993.
- [8] 小木 哲朗, 山田 俊郎, 栗田裕二, 服部陽一, 廣瀬 通孝 : 仮想空間共有のためのビデオアバター技術とその利用法 (i 特集 ネットワークと VR), *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.8, pp.37-46, 2003.
- [9] VRChat, Inc. : VRChat, <https://hello.vrchat.com/>, (参照 2024-07-22).
- [10] Unity Technologies : Unity, <https://unity.com/>, (参照 2024-07-22).