



MR 空間におけるわかりやすい インタラクションの検討

A study of accessible interaction on mixed reality

表柚希¹⁾, 梶田悠²⁾, 杉山賢二¹⁾, 山添崇²⁾

Yuzuki OMOTE, Haruka KAJITA, Kenji SUGIYAMA, Takashi YAMAZOE

- 1) 成蹊大学大学院理工学研究科理工学部 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1 dm216204@cc.seikei.ac.jp)
- 2) 成蹊大学理工学研究科理工学部 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1 yamazoe@st.seikei.ac.jp)

概要: 複合現実 (Mixed Reality, MR) では, 人間の動きを映像に反映し, リアクションが返ること
でインタラクションが成り立つ. しかし, 人間の動きと映像が生み出す相互作用については未解明
の部分が多く, 直感的でわかりやすいインタラクションの基準も未だ不明である. 本論文では直感
的でわかりやすいインタラクションの特徴と条件を明確化することを目的として, MR 空間の人型オ
ブジェクトとのインタラクションを成立させるためのアノテーションの呈示方法を評価した.

キーワード: 行動・認知, 視覚, HMD, ウェアラブル

1. はじめに

複合現実 (以下, MR) は, 映像情報と現実空間における人間の動きが相互作用する技術であり, 人間とデバイスを相互に結びつけるインタラクションは, MR を活用する際に, UI からアプリケーションに至るまで, とても重要な役割を果たしている. 仮想現実 (以下, VR) では, 人間の感情を誘発するようなインタラクションの形成方法が検討[1]されており, インタラクションが強化現実 (以下, AR) を含めた仮想環境におけるユーザー体験を形成する重要な要素の一つであることがわかっている. また 3 次元空間のナビゲーションにおいては, ヘッドマウントディスプレイ (以下, HMD) を用いた VR 環境が, 従来型の平面ディスプレイよりもユーザビリティ評価が高いことが知られており[2], 奥行き知覚など, 人間の直感的判断に沿うことが MR 環境におけるユーザビリティ向上の鍵となると考えられる.

その一方で, 行動や動作が伴うような場面における MR 環境のインタラクションのユーザビリティ評価はあまり行われておらず, 直感的にわかりやすいインタラクションの特性もわかっていない. このため既存の MR システムでは, イベント発生時に, ユーザーがイベントの把握に困難

が伴う場面も少なくない. そこで本研究では, 人間にとって直感的でわかりやすいインタラクションの特徴とその条件を解明することを目的として, MR 環境におけるオブジェクトの動作と情報呈示方法の最適な組み合わせをユーザビリティ評価から明らかとし, MR 環境における最適なインタラクションの形成方法の検討を試みた.

2. 先行研究

MR 環境における人間の行動や動作に焦点を当てたユーザビリティ評価として, 公共施設内の歩行を伴う状況での生理心理負荷の評価が実施[3]された. 具体的には, 単眼式 HMD を着用し動画コンテンツを鑑賞しながら, 歩行した際の生理心理負荷の評価が行われた. Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) と NASA-TLX を用いた主観評価および心拍数とケイデンスを用いた客観評価の結果, ハンドヘルド機器と比べて生理心理負荷が微増するにとどまるものの, 視覚的な変動が生理心理負荷に大きく反映されることが示されている.

没入感と VR 酔いの関係性の評価[4]では, VR タスクの物語性やユーザー体験などの要因を含めて評価が行われた. 主観評価には SSQ と PENS を用いた評価の結果, 没

入感と VR 酔いに直接的な関連性は確認されなかったが示されている。一方で同じような視覚的状况であっても、コンテンツの内容によって実験参加者が受け取る印象が異なり、コンテンツの内容が、没入感と VR 酔い両方に間接的な影響を与えるという結果も示されている。このことから視覚だけでなく体勢感覚やシナリオの状況から受ける影響も大きいことが示されている。

3. 実験

わかりやすいインタラクションを検討にするあたり、MR 環境における人間の動作理解とアノテーションの関係に着目した。MR 環境では、情報アクセスを行う際に擬人化されたアバターを用いてコミュニケーションを行うことが多く、人間に近い人型オブジェクトとインタラクションを形成することが多い。そこで人型オブジェクトの動作イベントと、イベント情報を呈示するアノテーションを組み合わせて、実験参加者に呈示しユーザビリティを評価するものとした。

3.1 環境および機材

人型オブジェクトとアノテーションの組み合わせを評価するにあたって、ゲームエンジン (Unity2019.3.15f,Unity社) と両眼式シースルー型 HMD (Magic Leap 1, Magic Leap社, 視野角: 左右 40° 上下 30°, 1300000pixels) を用いて MR 環境の構築を行なった。MR 空間内に人型オブジェクトを配置し、オブジェクトの動作とアノテーションの実装し MR コンテンツをビルドした。MR コンテンツの操作は、両眼式シースルー型 HMD 付属のコントローラ (振動機能, 6 軸モーションセンサーを内蔵) によって行うものとした。評価は、実験参加者の安全を確保できる広さを持つ室内環境にて実施するものとした。



図 1 両眼式シースルー型 HMD

3.2 インタラクション要素の分類

MR コンテンツにアノテーションを実装するにあたって、人間のコミュニケーション手段に着目し、その動作からインタラクション要素の分類 (表 1) を行った。これは、一般的な対人コミュニケーションの方法が人間にとって直感的な情報のやりとりのひとつであることに起因している。MR 環境において主なコミュニケーション手段には、

会話・文字情報のやり取り・物のやり取り、が存在する。これらのコミュニケーション手段を行う際に対応する動作は、会話では、口を動かす・声を出す・声を聴く・表情を見る、文字情報の授受では、文字を書く・文字を読む、物のやり取りでは・物を渡す、である。これらの動作を構成するインタラクション要素は、表情変化、音声指示、全体動作、文字情報の呈示、振動伝達であると考えられる。そこで、これらのインタラクション要素に基づきアノテーションの実装を行い、動作と組み合わせるものとした。

表 1 インタラクション要素の分類

コミュニケーション	動作	インタラクション要素
会話	口を動かす 声を出す 声を聴く 表情を見る	表情変化 音声指示
文字情報の授受	文字を書く 文字を読む	文字情報の呈示
物のやり取り	物の授受 物を移す	振動伝達 全体動作

3.3 動作の実装

人型オブジェクトの動作は、会話・文字情報の授受・物を渡す (図 2)・物を拾う、の 4 動作を選定した。物のやり取りにおいては、視線や体勢の変動を伴うことも多いため、先行研究の知見から、物を渡す、物を拾う、の動作を個別に設定するものとした。会話の動作は、人型オブジェクトが頷きながら「こんにちは！私は人間です」という音声を再生する動作とした。文字情報のやり取りの動作は、「こんにちは！私は人間です」と書かれた板を人型オブジェクトの前に呈示する動作とした。物を渡す動作は、人型オブジェクトが左手を伸ばして赤いキューブを実験参加者に手渡そうとする動作とした。物を拾う動作は人型オブジェクトがしゃがんで赤いキューブを拾い実験参加者に手渡そうとする動作とした。

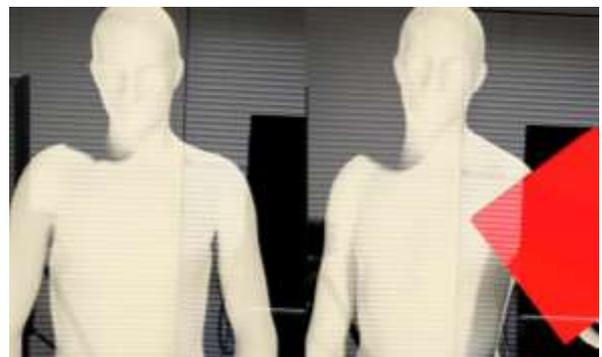


図 2 物を渡す動作

3.4 アノテーションの実装

人型オブジェクト動作時に付与されるアノテーションは、音声ガイダンス・色変化・テキストガイダンス・振動の 4 条件とした。4 動作に対して 4 条件のアノテーションが同様に付与されるものとした。(表 2) 音声ガイダンスは、人型オブジェクトの動作を音声で示すアノテーションと

した。会話の動作の場合は「自己紹介です」、物を渡す動作の場合は「物を渡します」、物を拾う動作の場合は「物を拾います」、文字情報の授受の動作の場合は「文字情報を呈示します」という音声を再生するものとした。色変化のアノテーションは、動作時に人型オブジェクトの色が肌色から少し赤みを帯びた薄いピンク色へと変化するアノテーションとした。(図3) テキストガイダンスのアノテーションは、動作時に人型オブジェクトの右上に文字情報で動作内容を示すアノテーションとした。会話の動作の場合は「自己紹介です」、物を渡す動作の場合は「物を渡します」、物を拾う動作の場合は「物を拾います」、文字のやり取りの動作の場合は「文字情報を呈示します」という文章を呈示するものとした。振動のアノテーションは、動作時に手持ちのコントローラが振動するアノテーションとした。

表2 人型オブジェクトの動作とアノテーションの対応

動作	アノテーション			
	1	2	3	4
会話	音声 ガイダンス	色変化	テキスト ガイダンス	振動
物を渡す	音声 ガイダンス	色変化	テキスト ガイダンス	振動
物を拾う	音声 ガイダンス	色変化	テキスト ガイダンス	振動
文字情報の授受	音声 ガイダンス	色変化	テキスト ガイダンス	振動

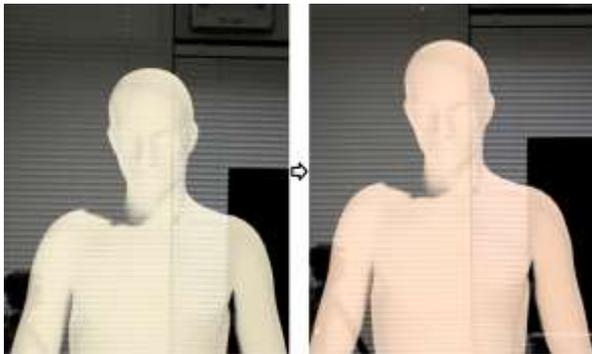


図3 色変化アノテーション

3.5 実験参加者

参加者は、22歳から23歳までの3色型色覚を持ち、軽度運動に支障のない男性1名、女性2名の合計3名とした。参加者には、事前にインフォームドコンセントを行い、参加の承諾を得てから実験を実施した。

3.6 主観評価

印象評価を実施するため、主観評価を用いて実験を実施した。評価には、NASA-TLXおよび独自に設定した7件法の印象評価項目を用いた。7件法の印象評価(表3)は、30項目の評価項目を-3~0~3の7段階で評価するものとした。参加者のうける印象が抽象的である可能性を考慮して一部に内容が重複する項目を設定している。

3.7 実験手順

実験参加者は、はじめに両眼式シースルー型HMDを着

用とコントローラの所持を行なった。その後コントローラを使用して、MRコンテンツを起動し、人型オブジェクトの動作とアノテーションを組み合わせた1条件のコンテンツを体験するものとした。体験の後、HMDを着用したまま、NASA-TLXおよび7件法の印象評価の回答を行なった。これを4動作、4条件のアノテーションの合計16条件のMRコンテンツを体験し評価するものとした。16条件のMRコンテンツは、被験者間でランダムな順番となるように設定した。

表3 7件法の印象評価

評価項目	項目値
わかりやすさ	わかりづらい — わかりやすい
興味深さ	興味がそそらない — 興味深い
疲れやすさ	疲れやすい — 疲れにくい
好き嫌い	嫌い — 好き
自然さ	不自然 — 自然
快適さ	不快 — 快適
きれいさ	汚い — きれい
安心感	不安 — 安心
単純さ	複雑 — 単純
美しさ	醜い — 美しい
新しさ	古い — 新しい
温かさ	冷たい — 温かい
安全性	危険 — 安全
静かさ	うるさい — 静か
新鮮さ	常套(古臭い) — 新鮮
普遍的か	特殊 — 普遍的
穏やかさ	荒い — 穏やか
優劣	劣っている — 優れている
苦楽	辛い — 楽
楽しさ	つまらない — 楽しい
便利さ	不便 — 便利
斬新さ	陳腐 — 斬新
簡略さ	煩雑 — 簡略
自由さ	窮屈 — 自由
派手さ	地味 — 派手
適切さ	不適切 — 適切
賑やかさ	寂しい — 賑やか
明瞭さ	曖昧 — 明瞭
優しさ	厳しい — 優しい
友好的か	敵対的 — 友好的

3.8 解析

NASA-TLXおよび7件法のスコアは、評価項目ごとに動作とアノテーションを要因として、2要因の分散分析と多重比較(Binfeironi-Dunn)を行った。

3.9 実験結果

NASA-TLXの評価ではFRスコア(フラストレーション)において、アノテーションでは、振動が他のアノテーションよりもスコアが高い結果($P<.01$)となった。動作では、文字情報の授受が会話と物を拾う動作よりもスコアが高い結果($P<.01$)となった。特に文字情報の授受の動作の際にはフラストレーションが溜まりやすい結果であった。

7件法の印象評価では、静かさにおいて、アノテーションでは、振動が色変化とテキストガイダンスよりもうるさいと感じる結果($P<.01$)となった。穏やかさにおいて、ア

ノテーションでは、振動が他のアノテーションよりも荒い印象を感じる結果 ($P<.001$) となった。賑やかさにおいて、アノテーションでは、振動が色変化とテキストガイダンスよりも賑やかと感じる結果 ($P<.01$) となった。派手さにおいて、アノテーションでは、振動がテキストガイダンスよりも派手を感じる結果 ($P<.01$) となった。斬新さにおいて、アノテーションでは、音声ガイダンスがテキストガイダンスよりも斬新と感じる結果 ($P<.01$) となった。便利さにおいて、アノテーションでは、音声ガイダンスが振動よりも便利と感じる結果 ($P=.001$) となった。優劣において、アノテーションでは、音声ガイダンスがテキストガイダンスと振動よりも優秀と感じる結果 ($P=.01$) となった。快適さにおいて、振動が音声ガイダンスよりも不便と感じる結果 ($P=.01$) となった。解析結果を以下の図 4, 5 に示す。

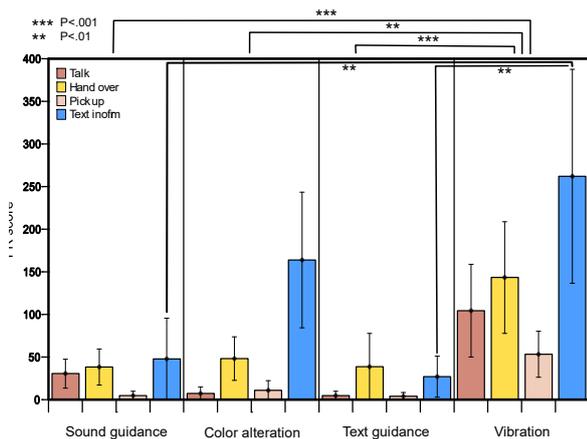


図 4 NASA-TLX FR スコア (エラーバーは S.D.)

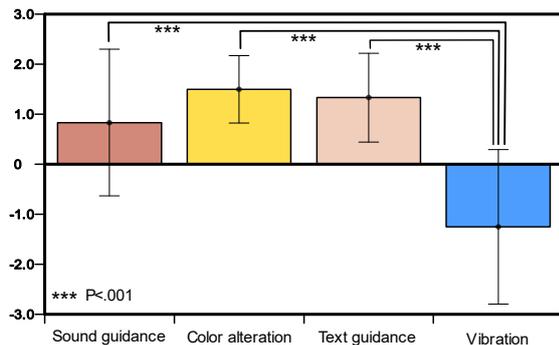


図 5 穏やかさの印象評価 (エラーバーは S.D.)

4. 考察

NASA-TLX を用いた評価の結果、動作、アノテーションそれぞれでフラストレーションを感じる条件が存在する結果となった。加えて動作とアノテーションの両者で相乗効果が見られる結果となった。この結果は、オブジェクトの動作とアノテーションの組み合わせに応じて、わかりやすいインタラクションが異なる可能性を示唆していると考えられる。このことは、視覚的な変動が生理心理負荷に大きく反映される先行研究の結果^[3]と合致している。本実験では、振動を用いたインタラクションの形成はフラスト

レーションが溜まりやすい可能性を示唆していると考えられる。またフラストレーションが溜まりやすい条件が存在することは、7件法のスコアの結果において、振動のアノテーションが、うるさい、荒い、賑やか、派手、不便という印象となっており NASA-TLX の結果と合致している。一方で、音声ガイダンスは、斬新、優秀、便利と感じており、室内環境においては、音声ガイダンスを用いたインタラクションが有用である可能性が高いと考えられる。このことは、コンテンツの内容によってユーザーが受け取るインタラクションの印象が異なるという先行研究の結果^[4]と合致している。

5. まとめ

本研究の結果、動作およびアノテーションの条件によって、わかりやすいインタラクションが異なる可能性が高いことがわかった。一方で、被験者数が少ないため、今後は被験者数を増やしさらに精度を向上させる必要がある。また非人格型のオブジェクトも MR では用いられることが多く明らかに人型と印象が異なるため、非人格型のオブジェクトを用いた評価も実施する必要があり、今後の評価実験の実施を検討する必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたって、ご助力いただいた荒木純氏、石坂千尋氏に謝意を表す。本研究は電気普及通信財団の研究調査助成および、科研費(課題番号 20K19852) の助成を受けたものである。なお、本研究は成蹊大学研究倫理委員会の承認(承認番号 SREC20-02)を得て、実施されたものである。

参考文献

- [1] Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., ... & Alcañiz, M. (2007). Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions. *Cyberpsychology & behavior*, 10(1), 45-56.
- [2] Santos, B. S., Dias, P., Pimentel, A., Baggerman, J. W., Ferreira, C., Silva, S., & Madeira, J. (2009). Head-mounted display versus desktop for 3D navigation in virtual reality: a user study. *Multimedia tools and applications*, 41(1), 161-181.
- [3] Kawai, T., Häkkinen, J., Yamazoe, T., Saito, H., Kishi, S., Morikawa, H., ... & Nyman, G. (2010, January). Ergonomic evaluation of ubiquitous computing with monocular head-mounted display. In *Multimedia on Mobile Devices 2010* (Vol. 7542, p. 754202). International Society for Optics and Photonics.
- [4] Weech, S., Kenny, S., Lenizky, M., & Barnett-Cowan, M. (2020). Narrative and gaming experience interact to affect presence and cybersickness in virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies*, 138, 10239