



ぬいぐるみ型コントローラを用いた VR アバタの 移動操作手法の提案

大塚 敦子¹⁾, 佐野 遵平¹⁾, 小泉 直也¹⁾

1) 電気通信大学 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, otsuka@media.uec.ac.jp, j.sano@media.uec.ac.jp, koizumi.naoya@uec.ac.jp)

概要: 本研究では, VR 空間におけるアバタ操作を目的として, ぬいぐるみ型コントローラと HMD の組み合わせを提案する. ユーザの身体動作による操作は負担が大きく, またボタン等によるコントローラ操作は, ユーザの操作とアバタの見た目・動作との対応関係が希薄という課題があった. 本手法では, ぬいぐるみの動きをアバタ動作に反映した際に, ユーザの HMD に表示する視点位置を, 一人称視点と三人称視点で比較し検討した.

キーワード: ぬいぐるみ, モーションキャプチャ, HMD, 一人称視点, 三人称視点

1. はじめに

メタバースや VR 空間において, ユーザがアバタを身に纏い操作することで自己を表現する手法が広く用いられている. 社会的なつながりを形成する場も広がっており, アバタを用いた自己表現がユーザ行動や対人関係に影響を及ぼすことが示されている [1]. また, VR ダンスのようにアバタの姿を見ながら踊る活動では, 通常のダンスよりも楽しさが向上し, メタバース上で他者と同時に踊ることも可能となる [2].

しかし, ユーザの身体動作によるアバタ操作は, 身体的負担が大きく, リラックスした状態での使用には適さない. とりわけユーザの全身の動きを直接トラッキングする Full Body Tracking は, ユーザの全身運動をそのままアバタに反映できる点で優れているものの, 多数のセンサ装着と連続した運動を要するため, 長時間セッションには不向きである. すなわち, ユーザが座位や仰臥位といったリラックス姿勢で操作することが困難という課題が残る.

そこで本研究では, 自己の身体を動かすことなく全身を操作する手法として, ぬいぐるみを用いたアバタ操作手法を提案する. ぬいぐるみ型コントローラを入力媒体とすることで, ユーザは座位や寝姿勢でも身体負担を最小限に抑えつつアバタの全身を制御できる. これを用いることで, VR 空間でのアバタ操作のみならず, 大型ディスプレイや空中像などに表示する CG エージェント操作など, 広くアバタ操作に応用できると考えられる.

本稿では, ぬいぐるみを用いたアバタ操作手法を実装したうえで, 一人称視点と三人称視点で評価実験を行い, 検証した結果を報告する. VR のアバタ操作にぬいぐるみをコントローラとして使用する場合は, 視点設定が酔いや空間への存在感に影響を与えると考えられ, 視点をどこに置かが設計上重要となる. そのため, 視点条件が主観的・客観的指標に及ぼす効果を検証する.



図 1: ぬいぐるみ型コントローラ (左) と操作する様子 (右)

2. 関連研究

2.1 VR におけるアバタの操作

メタバースや VR 空間において, ユーザがアバタを通じて自己を表現し, 他者とコミュニケーションを行う手法が実現している. しかし, これらの方式は, ユーザ自身が全身を動かす必要がある.

これに対して, 身体動作の少ないアバタの操作方法として, 望月らは, ユーザのリアルな身体運動を必要としない新たな身体没入型 VR インタフェース Motion-Less VR を提案し, 身体を動かさずに VR 空間への没入感を得る手法の基礎検討を行っている [3]. 一方で, 身体動作を大きく魅力的に表現するような用途には対象としていない.

2.2 ぬいぐるみ UI

人形等を使ったインタフェースも提案されている. Fukuoka らは, 人形のモーションキャプチャと操作者の身体動作を組み合わせ, 空中像として表示される CG キャラクタの身体動作操作を行った [4]. 棟方らは, CG キャラクタと操作インタフェースの外見類似度がユーザの行動や内省に影響を明らかにした [5]. これらの研究では, キャラクタの操作手法に焦点を当てており, ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 視点の選択が酔いや空間への存在感, 操作精度に及

ぼす影響は十分に検証されていない。

本研究では、上記のようなぬいぐるみインタフェースの特徴を生かし、ぬいぐるみ型インタフェースを HMD と組み合わせた VR 操作において、適切な視点設計を検討するため、一人称視点と三人称視点の比較実験を実施する。

2.3 VR における視点の影響

VR 空間における視点の設計は、ユーザの酔いや没入感、操作に大きく影響する要素であり、これまでも多くの研究がなされている。Evin らは、一人称視点と比べ三人称視点の方が VR 酔いを軽減することを報告した [6]。また、Cmentowski らは、状況に応じて一人称視点と鳥瞰型の三人称視点をスムーズに切り替える手法を提案し、広大な VR 空間における空間把握の向上と酔いの軽減を実現した [7]。さらに、Ulrichs らは三人称視点での複数の移動操作手法を比較し、移動時間と VR 酔いへの影響を評価した [8]。これらの研究は、視点選択がユーザに与える影響を示しているが、操作デバイスは HMD とハンドコントローラに限定されている。ぬいぐるみのような実体オブジェクトとの組合せや、ぬいぐるみのような実体オブジェクトにより操作する方法において、視点の違いがユーザーにどのような影響を与えるかは検証されていない。

3. 提案手法

3.1 設計要件

本研究の目的は、ユーザがリラックスした状態で、VR 空間内のアバタに魅力的な動きを付与できる操作手法を実現することである。座位や仰臥位といった姿勢を保ったまま、アバタの全身を見栄えよく動かせるようにする。

アバタ操作の対象は VR 空間とし、視覚提示には HMD を用いることを前提とした。そして、ぬいぐるみの動作をアバタに同期させる一方で、HMD から得られるユーザの頭部姿勢はアバタの首には同期させず、カメラ視点の制御のみに利用する設計とした。これは、頭部を動かすことで、感情を豊かに表現し、魅力的なアバタ操作を行うことができるが、ユーザの頭部動作をアバタに反映させないことで、アバタが過度に揺れることを防ぎ、酔いと負担を抑えられると考えたためである。

3.2 アバタ操作方法

アバタの移動操作は「前進」と「方向転換」があり、アバタの空間移動において最も重要なものから実装した。

前進操作は、ぬいぐるみを前傾させることで実現する。ゲームコントローラでジョイスティックを前方に倒して前進する操作をぬいぐるみの傾き姿勢に置き換えた。ぬいぐるみが鉛直方向から前方に 20 度以上傾いた時に、アバタが前進するようにしている。

また、方向転換はぬいぐるみを回転させることで行う。座位姿勢でも左右歩行を実現するために、当初はぬいぐるみの回転量がアバタの回転量にそのまま反映される絶対座標系も検討したが、予備テストの比較の結果、絶対座標ではユーザの身体方向とぬいぐるみの向きが一致しない場面で

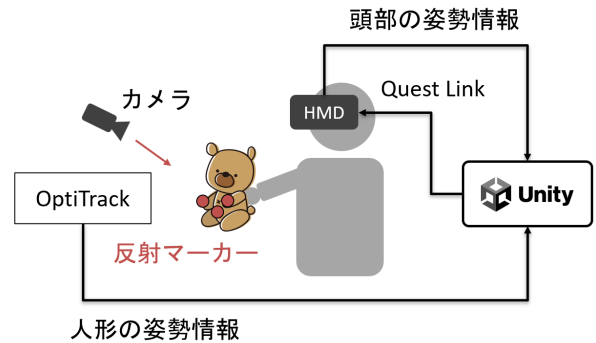


図 2: システム設計

操作が難しく、VR 酔いの可能性が高いと考えられた。そこでユーザの正面を基準にした相対座標系で回転量を算出し、ぬいぐるみの前方ベクトルをユーザの向きと一致させる方法を採用した。ぬいぐるみがユーザと同じ方向を向いている状態から左右へ ± 20 度以上回転すると、アバタは対応する方向に毎フレーム 1 度ずつ進行方向を更新する。

3.3 実装方法

ぬいぐるみに赤外線反射マーカを取り付け、ぬいぐるみの動きをモーションキャプチャした。キャプチャシステムには、OptiTrack PrimeX 13 を使用した。図 1 に示すようにぬいぐるみの胴体にマーカを 4 つ配置し、計 6 台のカメラからキャプチャした姿勢情報からアバタの制御を行った。

視点の操作には、HMD から得られる回転角度や座標情報を利用した。映像提示には Meta Quest 3(以下 HMD) を使用し、頭部の姿勢情報は HMD に搭載されている IMU(Inertial Measurement Unit) を用いて取得し、HMD に提示される映像の視点操作を行った。

システム構成を図 2 に示す。ぬいぐるみの動きをキャプチャし、Motive でキャプチャした情報を Unity に送り、アバタを制御する。また、HMD 内部の IMU が頭部の回転情報を PC に送り、視線の制御を行う。最終的な Unity 上の映像を Quest Link を使って、HMD に送る。

4. 評価

4.1 実験手順

本実験では、ぬいぐるみ型コントローラを用いた VR 体験において、ユーザー視点のアバタと一致する 1 人称視点(図 3)と、アバタを視認できる 3 人称視点(図 4)のどちらがより適しているかを比較検討した。今回は、座位姿勢で実験を行うこととした。

評価を行う指標として、Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)[9]、Igroup Presence Questionnaire (IPQ)[10]、移動完了時間およびアバターの壁との平均接触割合(移動完了時間に対するアバターが壁と接触していた時間の割合)を使用した。SSQ は VR 使用時に生じるシミュレータ酔いの程度を評価するための尺度であり、IPQ はユーザがバーチャル空間に「そこにいる」と感じる主観的な感覚(プレゼンス)を測定するために用いられる。IPQ は、総合的なプレ

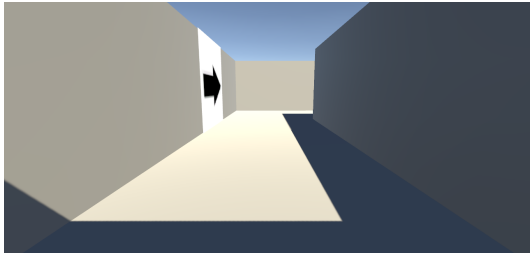


図 3: 一人称視点におけるアバタ操作時の視覚提示例

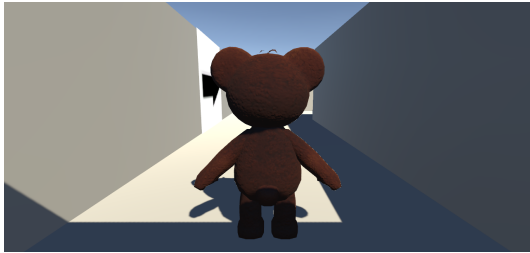


図 4: 三人称視点におけるアバタ操作時の視覚提示例

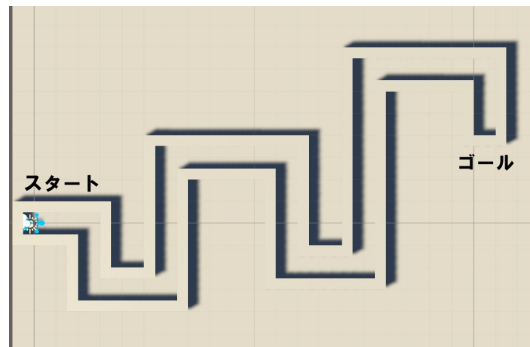


図 5: 実験で使った VR 空間内の歩行課題コース

ゼンス (G), 自分の身体が実際にバーチャル空間に存在している感覚 (SP), バーチャル空間にどれだけ注意を向けていたか (Inv) およびバーチャル空間がどれだけリアルに見えたか (Real) の 4 つの因子から構成される。さらに、移動完了時間とアバターの壁との平均接触時間割合を記録した。

実験参加者には、図 5 に示す VR 空間を歩行させ、終了後にアンケートに回答させた。操作方法の説明後、各視点条件において 1 分間操作練習を行わせた。その後、各条件で歩行課題を 1 試行ずつ行い、試行後に Google Form を使用してアンケートに回答させた。両試行を終えたあとに、自由回答式のインタビューを行った。

実験参加者は、21～23 歳の男性 3 名、女性 3 名の計 6 名であった。なお、実験参加者ごとに実験順序を入れ替えた。

4.2 結果

図 6 は、SSQ スコアの平均値を比較した結果である。三人称視点のほうが一人称視点よりもスコアが全体的に低く、VR 酔いが軽減される傾向が見られた。

図 7 は、IPQ の各因子および合計スコアの平均値を示している。この結果から、一人称視点の方がバーチャル空間への存在感を高める可能性が示唆された。

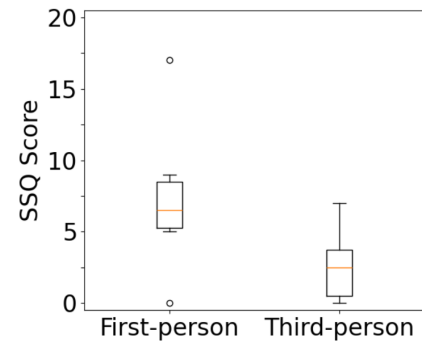


図 6: 各視点条件における SSQ スコアの平均値

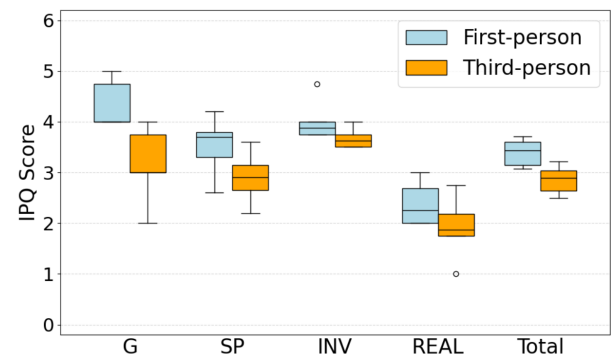


図 7: 各視点条件における IPQ 因子および合計のスコア平均値

図 8 は各視点条件における移動完了時間を示しており、一人称視点では平均 57.4s、三人称視点では平均 55.2s と、三人称視点の方がやや短い結果となった。図 9 に示す壁との平均接触時間割合は、一人称視点の方が 4.6% で三人称視点の方が 7.6% となり、一人称視点の方が低い結果となった。

5. 考察

SSQ の結果より、三人称視点は VR 操作による映像酔いを軽減する効果があると考えられる。これは、先行研究 [6] と一致し、三人称視点では、常にアバタが視界の中央に位置し、方向転換をして視点が移動したとしても注視対象が安定しているため、視界の揺れが少なく酔いが抑制されたと推察される。

IPQ の結果は、一人称視点の方が一般的なプレゼンス感

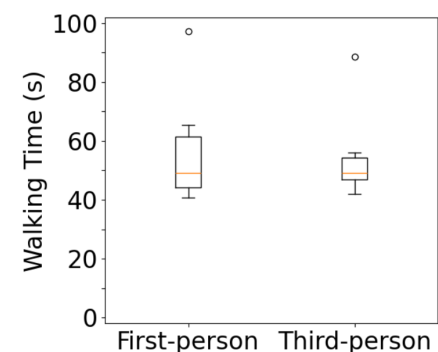


図 8: 各視点条件における移動完了時間

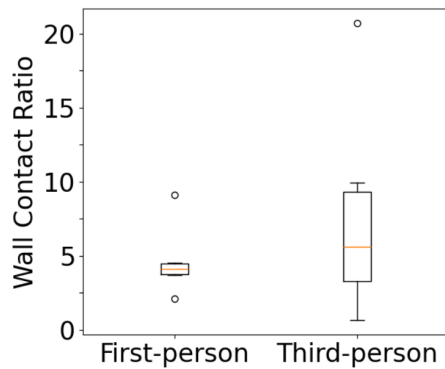


図 9: 各視点条件における壁との平均接触時間割合

(G) や VR 空間への存在感 (SP) のスコアが高く、先行研究 [7] と一致した。アバタの視界がそのままユーザの視界になることによって、VR 空間との一体感が強まり、より自己がその空間に存在しているという感覚が生まれたためと解釈できる。一方で、VR 空間がリアルに見えたか (Real) については、明確な差は見られなかった。

三人称視点では、移動完了時間が短く、アバタの位置や向きを把握しやすいことが操作のしやすさにつながったと考えられる。実際に、実験参加者からは「三人称視点では自分の位置情報が把握しやすく、頻繁に体の向きを変える必要がなかった」というコメントが得られた。一方、壁との平均接触時間割合が三人称視点の方が高かった理由として、一人称視点では壁が視界に迫ることで不快感が生じ、それを回避しようとする行動が生まれたためと考えられる。これは「壁が視界に近づくとき不快で、衝突を避けた」という参加者からのコメントからも支持される。加えて、三人称視点ではカメラの視点とアバタの実際の位置が一致しておらず、視覚と位置情報のずれが生じやすいため、アバタが壁に衝突しやすくなる傾向があると考えられる。

また、三人称視点に対して、「クマが歩いているのが可愛かった」や「クマのアバタが見えることで、パートナーのような感じがして愛着が湧いた」などのコメントが複数得られた。実際に、実験参加者 6 名中 5 名が三人称視点のほうが楽しいと回答しており、視認可能なアバタが操作対象として認識する参加者が多く、ぬいぐるみ型インタフェースとの結びつきが強まり、楽しさが向上したと考える。

6. おわりに

本研究では、VR 空間におけるアバタ操作の手法として、ぬいぐるみ型コントローラと HMD を組み合わせた操作システムを提案した。評価実験の結果から、酔いの抑制という観点では、アバタが視認できる三人称視点の方が有利である一方、VR 空間への存在感の観点では、一人称視点のほうが優れていることが示唆された。さらに、アバタが視認できることで操作のしやすさや楽しさが向上する傾向が見られた。

今後は、移動操作だけでなくぬいぐるみの手の動きをアバタに反映させることで、より豊かな身体表現や感情表現を可能にする。VR 空間での利用に限らず、大型モニターや

空中像などに表示される CG エージェント等にも活用したい。今回は、胴体位置を取得するためにぬいぐるみに箱を設置したが、ぬいぐるみ特有の柔らかさや可愛さが損なわれる点が課題であり、外観を維持しつつ位置を取得する方法の検討が必要である。さらに、本研究のように一定距離を移動するタスクでは傾け操作による前進が有効であったが、位置移動が少なかったり、アバタを通じてコミュニケーションを取ったりするようなアプリケーションでは、ぬいぐるみを振ることによる前進操作など、可愛らしさを重視した操作方法も検討していく。

謝辞 本研究は、JST 創発的研究支援事業 JPMJFR216L の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Bakti Jabar, et al. The social impact of vr technology on society: A systematic literature review. *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika*, Vol. 14, pp. 57–62, 12 2022.
- [2] Bhuvaneswari Sarupuri, et al. Dancing in virtual reality as an inclusive platform for social and physical fitness activities: a survey. *The Visual Computer*, Vol. 40, No. 6, pp. 4055–4070, 2024.
- [3] 望月典樹, 他. リアル身体での運動を伴わない身体没入型 VR インタフェース「Motion-Less VR」の提案と基礎検討. *TVRSJ*, Vol. 26, No. 1, pp. 76–85, 2021.
- [4] Miyu Fukuoka and Naoya Koizumi. Poppel: Manipulating a mid-air CG character using a puppet and human body. In *2024 IEEE 13th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 74–77, 2024.
- [5] 棟方渚, 他. CG キャラクタを操作するインタフェースデザインの類似性がユーザに与える影響. *HI 学会論文誌*, Vol. 17, No. 2, pp. 171–178, 2015.
- [6] Inan Evin, et al. 3PP-R: Enabling Natural Movement in 3rd Person Virtual Reality. *CHI PLAY 2020*, pp. 438–449, 2020.
- [7] Sebastian Cmentowski, et al. Outstanding: A Multi-Perspective Travel Approach for Virtual Reality Games. *CHI PLAY 2019*, pp. 287–299, 2019.
- [8] Johanna Ulrichs, et al. Effects of Third-Person Locomotion Techniques on Sense of Embodiment in Virtual Reality. *Mobile and Ubiquitous Multimedia 2024*, pp. 72–81, 2024.
- [9] Robert S. Kennedy, et al. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 3, No. 3, pp. 203–220, 1993.
- [10] Igroup presence questionnaire (ipq). <https://www.igroup.org/pq/ipq> [アクセス日: (2025 年 6 月 18 日)].