

アバターの移動の速度・加速度特性が操作性に与える影響の検討

鈴木秀太^{†1} 益子宗^{†2}

概要: メタバースの分野においては、ユーザーがアバターを介して仮想空間内を移動する際の操作性が、タスク遂行効率や没入感に影響すると考えられている。本研究では、メタバース空間におけるアバター移動操作の基礎特性を明らかにすることを目的とする。メタバース上でのアバター移動は、一般にキーボードやコントローラ入力によって行われ、移動速度や加速度は経験的に設定されることが多い。しかし、速度や加速度の設定によっては、移動効率の向上と引き換えに操作の不安定さや停止制御の難しさが生じる可能性がある。そこで本研究では、Unity を用いてメタバース空間を想定した実験環境を構築し、加速度特性の違いがユーザーの操作性に与える影響を検討した。ターゲット到達課題を通じて、到達時間や移動軌道などの行動ログと主観評価を収集し、メタバースにおけるアバター移動設計に関する基礎的知見を得ることを目指す。

1. はじめに

近年、メタバースと呼ばれる仮想空間上で、ユーザーがアバターを介して活動するサービスが拡大している。メタバース空間では、コミュニケーション、学習、イベント参加、ゲームなど多様な活動が行われており、アバターを用いた移動操作はユーザー体験の基盤となる重要な要素である。アバター移動が直感的でない場合、タスク遂行効率の低下や没入感の損失につながる可能性がある[1][3]。

メタバースにおけるアバター操作は、現実空間での身体運動とは異なり、入力デバイスを介した間接的な操作によって行われる。そのため、アバターの移動速度や加速度といった運動パラメータの設定は、ユーザーの操作感や制御のしやすさに大きく影響すると考えられる。しかし、これらのパラメータは開発者の経験的判断に基づいて調整されることが多く、メタバース環境においてユーザー操作性に与える影響を定量的に評価した研究は十分ではない。

本研究では、メタバース空間を想定したアバター移動環境を Unity 上に構築し、移動速度および加速度の違いがユーザーの操作性および移動パフォーマンスに与える影響を明らかにすることを目的とする。特に、加速度特性に着目し、行動ログに基づく客観指標と主観評価を組み合わせた分析を行うことで、メタバースにおけるアバター移動設計の基礎的知見を提供する。

2. 関連研究

メタバース空間では、ユーザーはアバターを通じて仮想空間内を移動し、他者やオブジェクトと相互作用を行う。このような環境において、アバターの移動方式や運動特性は、ユーザーの行動効率や主観的体験に影響を与える重要な要因である。これまで、仮想空間における移動操作に関する研究は、主に VR 環境を実験基盤として行われてきた

が、これらの研究はメタバースにおけるアバター操作の基礎特性を理解するうえで有用な知見を提供している。

VR 関連の先行研究では、連続的な移動操作が高い到達効率を示す一方で、操作の不安定さや不快感を引き起こす可能性があることが報告されている[2][4]。また、移動中の速度変化や加速度特性が、ユーザーの制御感や安心感に影響を与えることも示唆されている。これらの結果は、メタバース空間におけるアバター移動設計において、運動パラメータの設定が重要であることを示している。

しかしながら、既存研究の多くは移動手法そのものの比較に主眼を置いており[5]、同一の移動方式における運動パラメータ、特に加速度特性の違いが操作性に与える影響を詳細に分析した研究は少ない。本研究はこの点に着目し、メタバース空間を想定したアバター移動における加速度特性の影響を定量的に検討する。

3. 実験方法

3.1 実験内容

本研究では Unity を用いてメタバース空間を想定した仮想環境を構築した。被験者はキーボード入力によりアバターを操作し、三人称視点 (TPS) を基本とした移動タスクを実施した。今回の実験においては、速度と加速度が与える影響に絞り検証するため、視点条件を固定した。

アバターの移動制御には、前進速度・加速度・減速度をユーザーインターフェース (図 1) から個別に設定可能な方式を採用し、実験条件に応じてこれらのパラメータを変更した。各試行の条件および操作ログは自動的に CSV 形式で記録される。記録した情報は、1) 試行 ID, 2) 試行開始時刻, 3) 試行終了時刻, 4) 試行所要時間, 5) 前進速度, 6) 加速度, 7) 減速度, 8) 視点モードの 8 項目である。

^{†1} 芝浦工業大学大学院 理工学研究科

^{†2} 芝浦工業大学 デザイン工学部



図 1 条件指定用の UI



図 2 ターゲットの領域 (赤色の円柱)



図 3 試行完了の通知 UI

実験では、被験者はスタート地点からターゲット領域までアバターを移動させる課題を行った。ターゲット(図2)は、スペースキーを押すとアバターの前方に一定距離で円形領域として召喚され、アバターが領域内に3秒間滞在した時点で試行完了と判定した。試行完了の判定が出ると、図3のように画面上にテキストが表示され、ユーザーに通知する。ターゲットに当たり判定は無い。床面のマス目模様はマス1個につき0.5mのサイズになっている。

試行は、被験者が移動入力を行い、アバターが実際に移動を開始した時点で開始される。この設計により、アバター生成直後や待機状態を除外し、純粋な操作パフォーマンスを計測可能とした。実験の条件は以下の表1に示す。

表 1 実験の速度・加速度条件

前進速度	加速度	減速度
5.0 m/s	1.0 m/s ²	0.1 m/s ²
10.0 m/s	5.0 m/s ²	5.0 m/s ²
20.0 m/s	50.0 m/s ²	10.0 m/s ²

実験前に、極端に低い加速度や減速度は操作性に大きな悪影響を及ぼすと仮定し、この仮説の検証のため条件の一部に加速度 1.0 m/s²と減速度 0.1 m/s²を設定した。

3.2 評価方法

操作性を以下のような内容に分解して定義し、評価する指標として用いた。

- 到達時間：移動開始から試行完了までの経過時間
- 主観評価：操作しやすさ、停止制御感、アバターの動きへの予測 (7段階尺度)

4. 実験結果

本実験には、PC操作に不慣れな60代の被験者2名と、PC操作に慣れた20代の被験者2名の計4名が参加した。各被験者は、前述の27条件について、各条件1試行ずつ移動課題を実施した。評価の上位3条件と下位3条件の結果は以下ようになった。

表 2 評価が良かった条件

条件	前進速度 (m/s)	加速度 (m/s ²)	減速度 (m/s ²)
B1	5	5	10
B2	10	5	10
B3	10	50	10

表 3 評価が悪かった条件

条件	前進速度 (m/s)	加速度 (m/s ²)	減速度 (m/s ²)
W1	20	50	0.1
W2	10	1	0.1
W3	20	1	5

表 4 評価が良かった条件の評価平均

条件	操作しやすさ	停止制御感	動きの予測しやすさ
B1	6.50	6.25	6.50
B2	6.25	6.50	6.25
B3	6.00	6.00	6.25

表 5 評価が悪かった条件の評価平均

条件	操作しやすさ	停止制御感	動きの予測しやすさ
W1	1.75	1.25	1.50
W2	2.25	2.00	2.00
W3	2.50	2.50	2.25

評価が高かった条件では各指標の平均値が 6.0 以上となった一方、極端に低い加速度または減速度を設定した条件では、すべての指標で平均値が 3.0 未満に低下した。主観評価においては、操作しやすさ、停止制御感、動きの予測しやすさのいずれの項目においても、中程度の加速度 (5~10 m/s²) と十分な減速度 (5 m/s²以上) を組み合わせた条件で高い評価であることが分かった。一方、加速度が極端に低い条件では、入力に対する反応が鈍く、アバターの挙動を予測しづらいという評価が多く見られた。また、減速度が極端に低い条件では、停止操作が困難となり、ターゲットを通過した後修正操作をする行動があった。

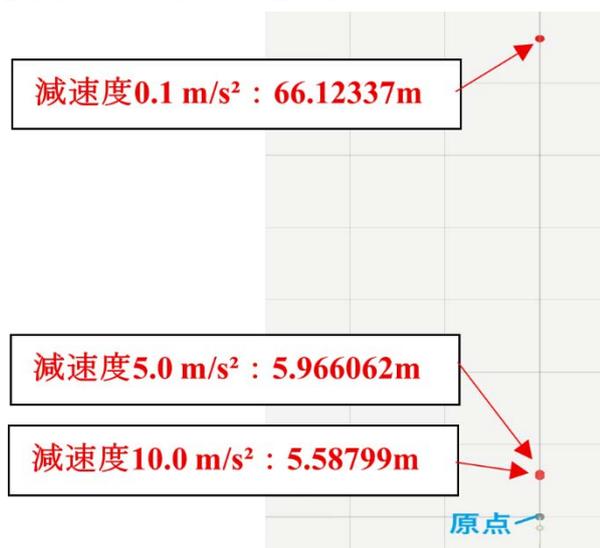


図 4 各減速度条件でのアバターの停止位置

また、参考として、実験において特に影響の大きかった減速度のパラメータ変化によってどのようにアバターの動きが変化するかを検証し図 4 に示す。速度と加速度はそれぞれ 5.0 m/s, 5.0 m/s² で固定し、正面 5m 先のターゲットにたどり着いた瞬間に移動キーを離すタスクを行い、アバターが停止した位置の原点からの距離を記録した。

5. 考察

実験で得た結果から、速度そのものよりも加速度および減速度が操作性に与える影響が大きいことが挙げられる。前進速度が高い条件であっても、加減速が適切に設定されている場合には一定の操作性が維持された。一方で、速度が中程度であっても、加減速が極端な条件では操作性が著

しく低下した。この結果は、メタバース空間におけるアバター移動設計において、最高速度の調整以上に速度変化の特性が重要であることを示していると考えられる。

また、高齢被験者と若年被験者の間で評価の傾向自体は概ね一致していたため、移動のみという簡単なタスクにおいては、幅広い世代で統一した移動設計も可能であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、メタバース空間におけるアバター移動操作を対象とし、移動速度・加速度・減速度といった運動パラメータがユーザの操作性に与える影響を検討した。Unity 上に実験環境を構築し、行動ログと主観評価を組み合わせた実験を行うことで、運動パラメータと操作性の関係を定量的に評価可能な枠組みを示した。

実験の結果、極端に低い加速度や減速度は、操作しやすさ、停止制御感、動きの予測しやすさのすべてにおいて悪影響を及ぼすことが明らかとなった。一方で、中程度の加速度と十分な減速度を設定した条件では、到達時間が短く、主観評価も高い値を示した。これらの結果から、メタバース空間におけるアバター移動設計においては、単に移動速度を調整するだけでなく、加速度特性を含めた包括的な設計が重要であることが示唆された。

今後の課題としては、被験者数を増やし、年齢層や操作経験の違いによる影響をより詳細に分析することが挙げられる。また、本研究ではキーボード入力による移動操作を対象としたが、ゲームパッドやタッチ操作など、異なる入力デバイスにおける比較も重要である。さらに、長時間利用時の疲労感や学習効果の影響を考慮した実験を行うことで、メタバース空間におけるアバター移動の最適設計に向けた知見をより深化させることができると考えられる。

参考文献

- [1] Boletsis, C.. The New Era of Virtual Reality Locomotion: A Systematic Literature Review. *Multimodal Technologies and Interaction*. Multimodal Technologies and Interaction. 2017, vol. 1, issue. 4, p. 1-24
- [2] Ruddle, R. A., Payne, S. J. and Jones, D. M.. Navigation Performance in Virtual Environments. Navigating large-scale “desk-top” virtual buildings: effects of orientation aids and familiarity. 1998, vol. 7, p. 179-192.
- [3] Fernandes, A. S. and Feiner, S. K.. Combating VR Sickness through Subtle Dynamic Field-Of-View Modification. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, 2016, p. 201-210.
- [4] Slater, M. and Sanchez-Vives, M. V.. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 2016, vol. 3.
- [5] Nilsson, N. C., Peck, T., Bruder, G., Hodgson, E., Serafin, S., Whitton, M., and Steinicke, F.. 15 Years of Research on Redirected Walking in Immersive Virtual Environments. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2018, vol. 38, issue. 2, p. 44-56.