



# 現実とは腕の長さが異なるアバターを使用することで 生じる到達運動に対する影響

Effects on Reaching Motion Caused by Using Avatars  
with Arm Length That Differ from Reality

永田裕幸<sup>1)</sup>, 楊皓宇<sup>2)</sup>, 大竹諒哉<sup>3)</sup>, 小林美瑠<sup>4)</sup>, 水谷賢史<sup>5)</sup>  
Hiroyuki Nagata, You Koou, Otake Ryoya, Kobayashi Miru, Kenji Mizutani

- 1) 東海大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 3ceim038@mail.u-tokai.ac.jp)
- 2) 東海大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 1meim007@mail.u-tokai.ac.jp)
- 3) 東海大学情報理工学部情報科学科 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 9bdi2219@mail.u-tokai.ac.jp)
- 4) 東海大学工学部医用生体工学科 (〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143, 0cey1102@mail.u-tokai.ac.jp)
- 5) 東海大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, mk069882@tsc.u-tokai.ac.jp)

**概要:** 私たちが使用する VR アバターのサイズは現実の体のサイズと一致するとは限らない。また、腕の長いアバターを使用することで遠くにある物体に触れることを可能にする人間拡張の研究が行われている。本研究では、VR アバターの腕の長さを変化させることで、被験者の到達動作と物体との接触の知覚にどのような影響が生じるか調査した。実験の結果、被験者はアバターの腕の長さに応じて到達動作を行い、物体との接触の知覚に腕の長さによる変化は表れなかった。この結果は、VR ユーザーはアバターの腕の長さの変化に適応できることを示している。

**キーワード:** 運動予測, 到達動作, 人間拡張

## 1. はじめに

近年、Virtual Reality (VR) は普及が進み、ユーザーが増加している。それにより、VR はゲームや映像視聴、ビジネス、メタバースなど幅広い分野で利用されている。VR ではユーザーがアバターを使用することがあり、アバターを操作することでゲームやコミュニケーションを行う。

私たちが使用する VR アバターのサイズは必ずしも現実の体のサイズと一致するとは限らない。また、アバターの腕を長くすることで、遠くにある物体に触れることができるようにする人間拡張の先行研究[1]が存在する。サイズのずれや人間拡張によりアバターの腕の長さが変化することで、ユーザーの運動や知覚に変化が表れる可能性がある。そこで、本実験では腕の長さが異なるアバターを使用し、アバターの腕の長さが被験者の運動と知覚にどのような影響を与えるのか調査した。

## 2. 実験

### 2.1 環境

実験環境はゲームエンジン Unity (Unity Technologies) を使用して VR 空間内に作成した (図 1)。被験者は VIVE Pro

(VIVE 社) を装着し、2 つの VIVE コントローラーと右肘に装着した VIVE トラッカーを使用してアバターを操作することで実験を行った。実験で使用するアバターは被験者の身長に合わせてサイズが調整された。現実と腕の長さが異なるアバターの手は、肩を中心としてアバターの腕の長さに応じて拡張された位置に配置されるよう設定を行った。これにより、現実とは腕の長さが異なるアバターであっても、現実の腕とアバターの腕の姿勢が一致するようになった。

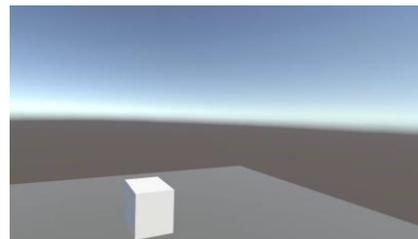


図 1: 実験で使った VR 空間

2.2 方法

実験は6名の被験者（男4人，女2人，平均年齢27.0歳）の協力を得て，計9回行った．実験では腕の長さの異なる（長い（長さ+12.5%），普通，短い（長さ-12.5%））3種類のアバターを使用した（図2）．



図2：実験で使った腕の長さが異なるアバター（左から短い，普通，長い）

被験者は実験のはじめに，自分の操作しているアバターが映されたモニターの前で，目の前に現れるキューブ（1辺10cm）に手を伸ばすことでアバターの腕の長さを認識した．その後，被験者はモニターがない状態で，腕を動かさずにコントローラーを操作することでVR空間内のオブジェクトを手の届く限界だと思える位置に移動させ，到達可能判断距離を回答した．最後に，被験者は右手を上げた状態で前方に出現するキューブ（1辺10cm）に最短距離で触れ，触れたと感じた瞬間にコントローラーのトリガーを引く接触タスクを行った．キューブの出現する位置はアバターの腕の長さを基準として4パターン（0.4，0.6，0.8，1.0倍）用意され，これをそれぞれ2回ずつ，計8回接触タスクを行った．この一連の流れを，アバターを変えて計3回行った（図3）．

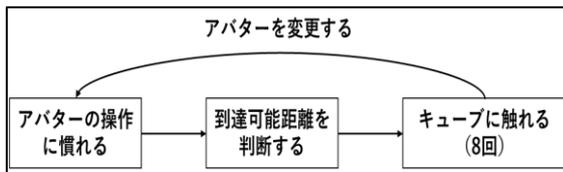


図3：実験プロトコル

2.3 記録項目

この実験から，到達可能判断距離とアバターの腕の長さの差，接触タスクでキューブに触れるまでの手の軌道，キューブに触れてから被験者が接触を知覚するまでにかかった時間を記録した．到達可能判断距離は，被験者が移動させたオブジェクトの位置から測定し，手の軌道はキューブが出現してから被験者がトリガーを引くまでのアバターの指先の座標を記録することで求めた．接触を知覚するまでにかかった時間には，接触タスクでアバターの手がキューブに触れてから，被験者がトリガーを引くまでにかかった時間を測定し使用した．

3. 結果

3.1 到達可能判断距離

アバターごとの腕の長さとの到達可能判断距離の差を図4に示す．どの条件でも，被験者の過半数は到達可能判断距離をアバターの腕の長さよりも長く回答した．t検定の結果，いずれにも有意差は確認できなかった．

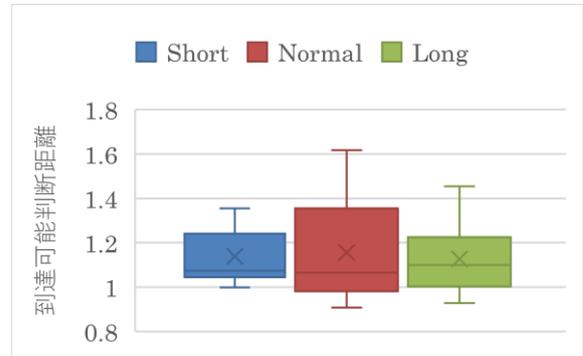


図4：アバターの腕の長さを1としたアバターごとの到達可能判断距離

3.2 手の軌道

アバターの腕の長さの1.0倍の位置にあるキューブに触れる際のアバターごとの手の軌道を図5に示す．キューブに触れる手の軌道にはアバターの腕の長さによる大きな差は確認できず，0.4倍，0.6倍，0.8倍の位置にあるキューブに対する手の軌道についても同様だった．

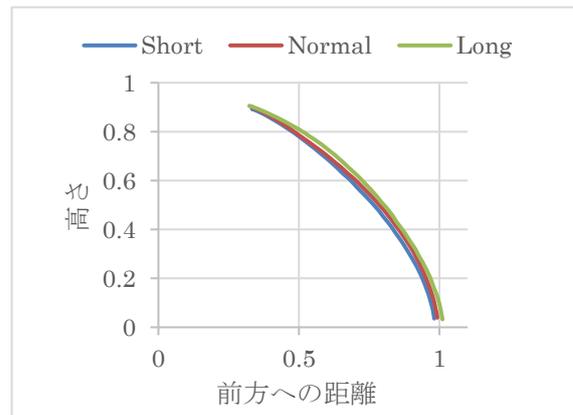


図5：それぞれのアバターの腕の長さを1として，1.0倍の距離にあるキューブに触れる手の軌道

3.3 接触の知覚

それぞれの腕の長さ，キューブの位置で接触を知覚するまでにかかった時間を図6に示す．分散分析の結果，アバターの腕の長さ，キューブの位置による主効果，および交互作用は確認できなかった．

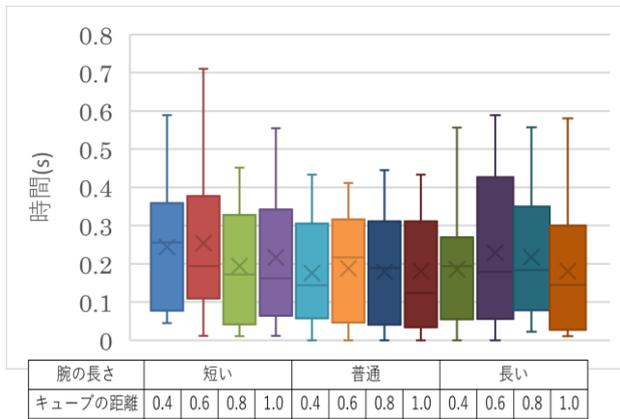


図 6: キューブに触れてから被験者が接触を知覚するまでの時間

#### 4. 考察

到達可能判断距離の差はアバターの腕の長さが変わっても大きく変わらなかった。このことから、被験者が腕の長さの変化に応じて到達可能距離の判断基準を変化させていることがわかった。先行研究[2]では、腕の運動の視覚フィードバックにずれを生じさせると、そのずれに応じて到達可能判断距離も変化した。本実験の結果はその先行研究の結果と一致するものになった。

キューブに触れる手の軌道に、腕の長さによる大きな差は確認できなかった。先行研究[2]では、手の視覚フィ

ードバックにずれを生じさせ、被験者がそのずれに適応しても、運動学的特性は変化しなかった。そのため、本実験でも手の軌道に大きな変化が表れなかったと考えられる。

キューブとの接触の知覚にアバターの腕の長さやキューブの位置による影響は確認できなかった。この結果から、現実とは異なる腕の長さのアバターであっても、物体との接触を適切に認識することができることがわかった。

#### 5. むすび

現実の体とは腕の長さが異なるアバターを使用すると、被験者は腕の届く距離をアバターに合わせて判断し、腕の長さに適応して到達動作を行った。

#### 参考文献

- [1] 中川航太郎, 井上康之, Harin Hapuarachchi, 杉本麻樹, 稲見昌彦, 北崎充晃: 伸長する腕に対する身体性の獲得: 伸長実装法による違い, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 27, pp. 341–351, 2022.
- [2] Jeremy Bourgeois, Yann Coello: Effect of visuomotor calibration and uncertainty on the perception of peripersonal space, Attention, Perception, & Psychophysics, Vol. 74, pp. 1268–1283, 2012.