



第二の肘関節を追加した人型アバタへの 身体所有感生起に関する研究

A Study on The Sense of Body Ownership for A Humanoid Avatar with Additional 2nd Elbow Joints

本多 誼海¹⁾, 中泉 文孝²⁾, 大須賀 美恵子²⁾

Yoshimi HONDA, Fumitaka NAKAIZUMI, and Miekko OHSUGA

1) 大阪工業大学 大学院 ロボティクス&デザイン研究科

(〒530-8568 大阪府大阪市北区茶屋町 1-45, m1m20r31@oit.ac.jp)

2) 大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部

(〒530-8568 大阪府大阪市北区茶屋町 1-45, fumitaka.nakaizumi@oit.ac.jp, miekko.ohsuga@oit.ac.jp)

概要: 身体所有感とは、視覚や自己受容感覚などの感覚情報を統合して、ある身体を「自分の身体」と知覚する感覚である。VR 空間のアバタに対しては、使用者とアバタの身体運動を同期させ、あたかも自分の身体のように動作させることで身体所有感を生じさせる手法がある。本稿では、第二の肘関節を追加した人型アバタを用いたアバタの骨格が人と異なる場合の身体所有感について検証するための実験システムを提案し、その検討を行う。

キーワード: 身体所有感, 身体図式, ボディトラッキング

1. はじめに

バーチャルリアリティ(以下, VR)とはユーザに適切な感覚情報を提示することで、身体的・空間的制約を超えた体験が可能になる技術である。VR 体験の一つにバーチャル空間をアバタを通して体験するものがある。ゲームでプレイヤーキャラクターとして用いられるアバタはボタン(スティック)で操作されることが多いが, VR 体験ではハンドコントローラやモーションキャプチャデバイス等で身体の動きをトラッキングし, その動きをアバタの動作に対応させる操作手法が用いられる。

このように VR ではユーザの動作を直接体験に用いることが可能である。VR 空間のアバタを自分の身体を用いて操作することで, アバタの身体をあたかも自分の身体だと感じる感覚, すなわち身体所有感が生起することがある。先行研究では人型アバタを始め, 様々な形状のアバタを用いた身体所有感の研究[1][2]が行われている。アバタに身体所有感を生起させ, 自分の身体のように操作することで, アバタとの一体感が高まり, VR 体験の満足感や臨場感が高まる。どのようなアバタだと身体所有感を生起させることができるのかという知見は, これから増えると予想される VR ゲームなどのエンターテインメントの満足感向上に繋げることができる。

先行研究では様々な種類のアバタに対して身体所有感

が生起することが確認されているが, アバタの見た目(形状)を人型アバタから別のものに変更した場合の身体所有感を検証しているものが多く, アバタの骨格を変更した場合の身体所有感について検証しているものが少ない。

そこで本研究では人とアバタの骨格の違いに注目し, 腕部分が人の骨格と異なった人型アバタを用いた実験システムを製作し, そのシステムについての検討を行った。

第 2 章ではこれまでの身体所有感に関する先行研究をまとめ, 第 3 章で今回製作した人型アバタ, 第 4 章でそれを用いる実験システムを説明する。第 5 章で実験システムについての考察を行い, 第 6 章が終章となっている。

2. 先行研究

身体所有感とは, 視覚や自己受容感覚などの複数の感覚情報を統合してある身体を自分の身体だと感じる感覚のことである。有名な実験としてラバーハンド錯覚の実験がある[3]。これは実験協力者の腕を隠した状態でその横に偽物の腕(ラバーハンド)を置き, 2 つの腕に同期した触覚刺激を提示することであたかもラバーハンドが自分の腕だと感じる現象である。一般的なラバーハンド錯覚の実験では, 腕を動かさない状態で実験を行うため, ラバーハンドの現実の腕に対する類似度が身体所有感に影響しやすい。類似度の具体例としては, ラバーハンドの視覚的な類似度

(ラバーハンドが解剖学的に矛盾していない向きである、ラバーハンドが人の腕の形状である)[4]や触覚刺激の時間的同期の類似度などが挙げられる[5].

身体所有感を生起させるもう一つの手法がVR空間のアバタの動作をユーザの動作に対応させるものである。人型アバタの場合、VR空間での視点をアバタの視点に置き換え、ユーザの動作をアバタに反映させることで、あたかもアバタの身体が自分の身体のように感じることができる。この手法ではVR空間のアバタを見るだけではなく実際に動かすことができるため、アバタとユーザの外見の違いが身体所有感に影響しづらい。先行研究では、透明身体[1]であったり、尻尾を追加した人型アバタ[6]であっても身体所有感を生起させることが可能であるとされている。また人型アバタ以外にも、様々な動物型アバタ(コウモリ、トラ、クモ)[2]でも身体所有感を生起させることが可能とされている。

アバタを用いた場合では、前述のようにアバタを自分の身体のように動かせるため、主にアバタとの視点の同時性(アバタを1人称視点で体験できている)、アバタとの動作の同時性(アバタとユーザの動作が同期している)などが身体所有感生起の重要な要因となってくる[7]。一方、アバタとユーザの属性(性別、種、骨格、形状など)に大きな違いがあっても、身体所有感は生起するといわれている[2][7][8]。このことから本研究では骨格が異なる人型アバタを用いた身体所有感の研究を行うこととした。

3. 第二の肘関節を追加した人型アバタ

本研究では骨格が異なる人型アバタとして第二の肘関節を追加した人型アバタを製作した。骨格の違いとして腕部分を変更した理由は、人にとって腕は日常的に観察し、生活のための道具として用いている部位だからである。日常的に見なれている部位がアバタで異なったときに身体所有感にはどう影響するのかを検討するのが本実験の目的である。

今回製作したアバタの全身図を図1に示す。各アバタの姿勢は図中の実験協力者が行っている姿勢に合わせたものである。アバタの外見は簡単なオブジェクトを組み合わせた簡素な見た目にした。これは先行研究[8]でキューブを組み合わせた人型アバタでも身体所有感が生起したということ参考している。

(a)は実験協力者の関節座標をそのまま対応させた人型アバタである。(b)はそこから更に腕の長さを1.5倍に伸ばした人型アバタである。先行研究[1]でも腕の長さを変えた実験が行われているため比較のために用意した。

(c)、(d)は第二の肘関節を追加した人型アバタである。本研究では追加した腕を上腕、前腕に対して中腕と呼称する。(c)、(d)は外見は同じものだが動作方法の違いで比較するため動作方法を2種類用意した。

(c)では中腕を上腕と前腕の動作を元に動作させるように設計を行った。肩と手首の間に1本のベクトルを定義し、

そのベクトルを中腕を動作させるベクトルとして用いた。中腕への反映の際は、中腕ベクトルを正規化し上腕の長さを乗じて反映させた。この動作方法は設計上、肘が逆方向に曲がってしまうような解剖学的な矛盾が発生しにくいようになっている。

(d)では中腕を手の動きを元に動作させるように設計を行った。手首から手の甲までのベクトルを取得し、そのベクトルを正規化、上腕の長さを乗じたのち中腕へと反映させている。この動作方法は(c)と異なり、手首を外側へひねった際に中腕ベクトルも外側を向いてしまうため、肘が逆方向へと曲がってしまう。先行研究[4]では、解剖学的矛盾が生じた時身体所有感が減少したという報告があるため、この場合のアバタへの身体所有感にはどの程度の影響があるのかを検証するために用意した。

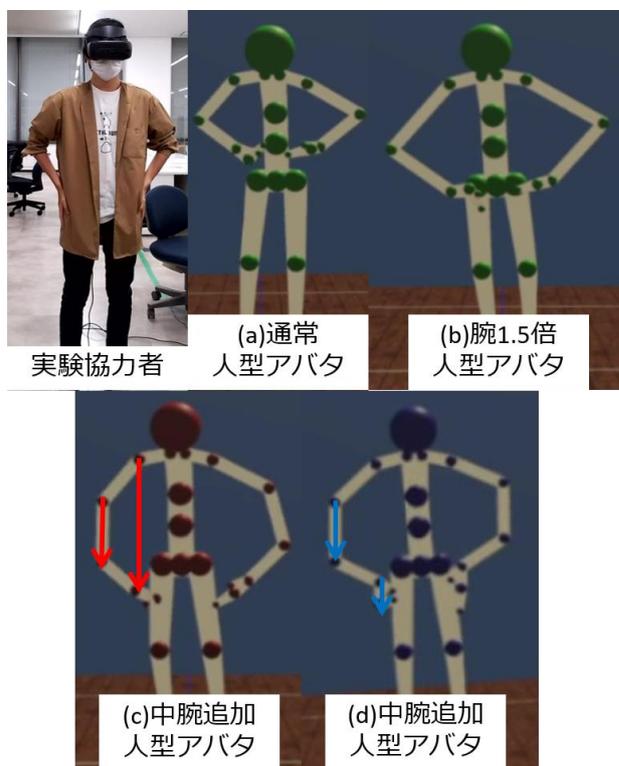


図1: 実験協力者とアバタの対応の様子

4. 実験システムの検討

4.1 実験システムの概要

実験用のVR空間はUnity3D(2020.3.2f1(64bit))で製作した。人型アバタはUnity3Dのオブジェクトを組み合わせて表現し、実験協力者の骨格座標取得にはAzure Kinect DK(以下、Azure Kinect)を用いた。Azure Kinectは内蔵の深度カメラ情報から人物の骨格推定を行い、各関節の座標や回転を手軽に検出できるデバイスである。実験協力者が機器を身につけることなくセンシングできるため、実験協力者への負担が少ないという利点が見込めるため採用した。Azure Kinectで取得したデータはAzure Kinect Sensor SDK, Azure Kinect Body Tracking SDKを用いることでUnity3D上

での使用が可能となる。

実験協力者への VR 空間の視覚提示には HMD(Windows Mixed Reality)を用いた。HMD を用いることでアバタを 1 人称視点で観察することができ、高い没入感を維持できる。

実験空間を図 2 に示す。現実空間(図 2 左)は前方に AzureKinect を設置した、横約 2.5m×縦約 4m の障害物のない空間である。VR 空間(図 2 右)は現実空間とスケールを一致させた空間で、現実で AzureKinect がある位置にアバタの姿を確認できる鏡を設置した。また後述する実験タスク用に前方からボールオブジェクトが飛んでくるようにしてある。

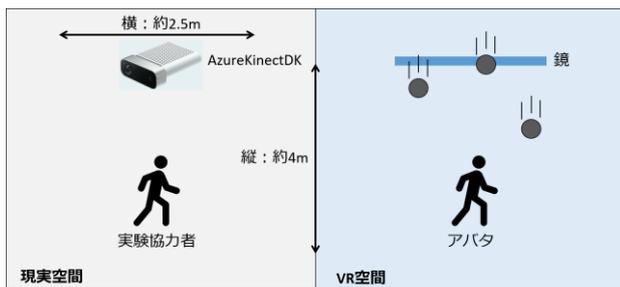


図 2: 実験空間(左・現実, 右・VR 空間)

4.2 身体所有感の計測

主観的な身体所有感生起の程度を調べるために、Roth ら [9]の Alpha IVBO を参考にアンケートを作成した。Alpha IVBO は主観的な身体所有感を測定するためのアンケートで、本研究で用いる実験システム用の質問を追加し全 15 問の質問で構成した。各質問に 0~6 のリッカート尺度で回答してもらい、その結果を身体所有感の主観的尺度として用いる。

4.3 実験中のタスク

実験協力者には各条件のアバタを用いて VR 空間を体験してもらう。初めに VR 空間内で鏡の前に立ってもらい、鏡に映っているアバタの姿を見ながら操作方法を学んでもらう。操作方法が身についたところで鏡を消し、3 分間前方から飛んでくるボールをブロックしてもらうタスクを行ってもらう。

5. 実験システムの考察

5.1 アバタについて

仮説として、通常の骨格を持つ人型アバタに比べて、中腕を持つ骨格の異なる人型アバタは、アバタの見かけや自己受容感覚の違和感から身体所有感の程度が減少することが予想される。更に中腕の動かしたときに(d)のアバタの動かし方では解剖学的な矛盾が発生しやすいことが予測されるため、身体所有感は生起しにくいのではないかと予想される。

5.2 ボールをブロックするタスク

実験システム製作中にアバタにボールが接触する場面

を観察していると、ボールの速度によっては VR 空間の出来事にもかかわらず危険を感じるような場面があった。先行研究[7]でも 1 人称でアバタが危害を加えられる様子を観察した際に、生理指標からも危害に対する反応が見られたため本実験でも同じような結果が得られるのではないかと予想する。

6. おわりに

本稿では、骨格が異なった人型アバタに対して身体所有感は生起するのかを検証するための実験システムを提案した。今後は、この実験システムを用いて実験を行い、骨格が異なる人型アバタに身体所有感は生起するのかを検証していく。

参考文献

- [1] 近藤亮太, et al. 見えない長い腕: 四肢先端の視覚運動同期による四肢伸張透明身体への所有感生成と行動変容. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2019, 24.4: 351-360.
- [2] KREKHOV, Andrey; CMENTOWSKI, Sebastian; KRÜGER, Jens. Vr animals: Surreal body ownership in virtual reality games. In: Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts. 2018. p. 503-511.
- [3] BOTVINICK, Matthew; COHEN, Jonathan. Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. Nature, 1998, 391.6669: 756-756.
- [4] 井手正和, et al. 身体的制約がラバーハンドイリュージョンに及ぼす効果. 立教大学心理学研究, 2012, 54: 13-20.
- [5] TSAKIRIS, Manos. My body in the brain: a neurocognitive model of body-ownership. Neuropsychologia, 2010, 48.3: 703-712.
- [6] STEPTOE, William; STEED, Anthony; SLATER, Mel. Human tails: ownership and control of extended humanoid avatars. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 2013, 19.4: 583-590.
- [7] SLATER, Mel, et al. First person experience of body transfer in virtual reality. PloS one, 2010, 5.5: e10564.
- [8] LUGRIN, Jean-Luc; LATT, Johanna; LATOSCHIK, Marc Erich. Avatar anthropomorphism and illusion of body ownership in VR. In: 2015 IEEE Virtual Reality (VR). IEEE, 2015. p. 229-230.
- [9] ROTH, Daniel, et al. Alpha IVBO-construction of a scale to measure the illusion of virtual body ownership. In: Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. 2017. p. 2875-2883.