

VR 空間における視触覚体験が身体所有感に与える影響

犬嶋 美雨
大山潤爾
横澤 一彦

日本国際学園大学経営情報学部
国立研究開発法人産業技術総合研究所
日本国際学園大学経営情報学部

本研究では、VR空間にアバターの身体と仮想物体を呈示して、視覚情報と実際の物体の触覚情報の一致度や類似性を操作することで、凹凸感や材質感といった代表的質感知覚への影響と、そのような質感知覚結果がVR空間のアバターに対する身体所有感に与える影響を調べることを目的とした。視触覚情報の一致度を操作した第1実験の結果、凹凸が細かく視触覚情報が一致している視触覚体験により、身体所有感が高くなる可能性が示唆された。第1実験よりも凹凸が細かく類似した質感と考えられる材質を用いた第2実験では、材質の一致度の違いには有意差がない一方、練習効果によって身体所有感が高くなる可能性が示された。両実験結果から、身体所有感への影響は、視触覚情報の一致度ばかりではなく、現実世界とVR空間で時空間的に同期した継続的な視触覚体験が、身体所有感を高く生起させる可能性が考えられる。

Keywords: full-body illusion, ownership, immersive visual environments, visual-tactile sensation

問題・目的

自己認知の中でも身体に対する所有感は身体所有感と呼ばれ、ラバーハンドやVR空間における仮想身体であるアバターに対し、錯覚を起こしてしまうことが知られている。近年、VR空間を使用した身体所有感の研究は数多く存在するが(例えば、Slater & Sanchez-Vives, 2016)、凹凸感や材質感によって得られる視触覚情報が身体所有感に与える影響については、未解明なまま重要な研究課題として残されている。

本研究では、HMD(ヘッドマウントディスプレイ)を使用したVR空間の視覚情報と、現実空間の触覚情報の一致度は凹凸感や材質感といった知覚にどのような影響を及ぼすのか、また、そのような視触覚相互作用が身体所有感に影響するのかについて検討した。

方法

【実験1】

実験参加者 正常な視力または矯正視力を有した男性6名、女性6名(平均年齢24.9歳)

デザイン 表面特徴(高類似表面、低類似表面)×視触覚情報の一致度(一致、不一致)の2要因計画

装置 HMD(VIVE Pro eye, HTC)、トラッカー(VIVE Tracker, HTC)、VR対応PC(Alienware15, Dell, NVIDIA GeForce RTX 4080)

呈示されるVR空間、3DモデルおよびアバターはXperigrapher®(Ohyama, 2021)を用いて制御された。アバターは日本人女性と日本人男性のものを男女で使い分けた。

手続き 参加者は両手足、腹部に各1つずつ、計5つのトラッカーを装着した状態で実験の説明を受けた。参加者はHMDを装着後、前方に呈示された机の上に置かれた2つのキューブの上面を左右10秒間、2回ずつ交互に触るよう指示を受けた(図1)。参加者はHMD装着時と非装着時において視触覚情報の一致度と身体感覚に関する質問(6件法)に回答した。

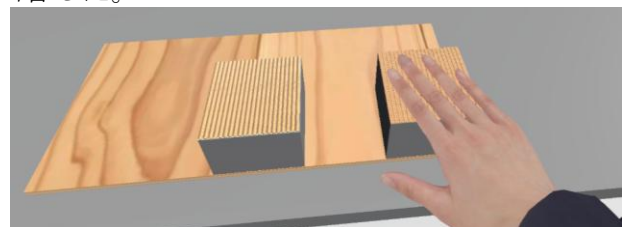


図1 実験の様子(参加者視点)

【実験2】

実験参加者 正常な視力または矯正視力を有した男性6名、女性6名(平均年齢43.25歳)

デザイン 材質特徴(木質、布質、異質)×視触覚情報の一致度(一致、不一致)の2要因計画

装置 HMD、トラッカー、呈示されるVR空間などは実験1と同様であった。

手続き 実験 1 と同様にキューブの上面を触った後、参加者は HMD 装着時のみ質問に回答した。

結果

【実験 1】

参加者が視触覚情報の一致度を判定できていたか調べるため、表面特徴と一致度の 2 要因による二元配置分散分析を行った。その結果、表面特徴の主効果 ($F(1,11)=17.18, p=.002$) と、一致度的主効果 ($F(1,11)=44.39, p=.000$) に有意差があり、表面特徴と一致度の交互作用も有意であった ($F(1,11)=46.14, p=.000$)。

アバターを VR 空間における自分の身体と感じるかは、表面特徴と一致度の 2 要因による二元配置分散分析を行った結果、表面特徴の主効果 ($F(1,11)=6.76, p=.025$) と、一致度的主効果 ($F(1,11)=5.04, p=.046$) に有意差があり、表面特徴と一致度の交互作用は有意ではなかった。

【実験 2】

実験 1 同様、参加者が視触覚情報の一致度を判定できていたか調べるため、材質特徴と一致度の 2 要因による二元配置分散分析を行った。材質特徴の主効果 ($F(1,11)=7.54, p=.019$) と、一致度的主効果 ($F(1,11)=5.68, p=.010$) に有意差があり、材質特徴と一致度の交互作用に有意差はなかった。

アバターを VR 空間における自分の身体と感じるかは、材質特徴と一致度の 2 要因による二元配置分散分析を行った結果、材質特徴の主効果、一致度的主効果はいずれも有意差がなく、材質特徴と一致度の交互作用にも有意差はなかった。身体所有感に対する練習効果を調べた結果、回数の主効果に有意差があった ($F(2,22)=5.41, p=.012$)。また、回数の組み合わせに対し t 検定による下位検定を行い、p 値に対し Bonferroni 補正を行った結果、前半 - 中間の間に有意差がなく、前半 - 後半の間に有意差があり ($t(23)=-3.02, p=.018$)、中間 - 後半の間に有意差があった ($t(23)=-3.82, p=.003$)。

考察

実験結果から、3 つの新しい知見が示唆された。

一つ目に、視触覚刺激の一致度と身体所有感について、視触覚情報の一致度の評価が困難となる

表面特徴や材質特徴の実験試行において、身体所有感は一時的に上昇することがわかった。

二つ目に、質感についての調査結果から、視覚情報と触覚情報の一致度は凹凸感や材質感といった質感知覚には大きな影響を与えていないことがわかった。質感の回答において、一致度の評価に関わらず先行試行と後続試行の回答が左右逆になっていたことから、一致度と質感の評価は別々の方法で行われていたことが考えられる。

三つ目に、視触覚情報の一致度の評価が困難となる実験試行を繰り返し体験することによって身体所有感は練習効果の影響を受けることがわかった。

これらの知見は、現実世界と VR 空間で同期した視触覚体験ができること自体が身体所有感を生起させるという先行研究の報告を支持する。

本研究の 2 つの実験は、VR を使うことで現実では切り分けることができない視覚と触覚の身体性を分離した調査が可能だが、VR 実験の限界として、VR 空間では手やキューブが現実の位置と完全には一致しないという点がある。実際にずれがあることを報告する参加者もいたが、主観的な誤差と実際の位置の誤差は計測していなかったため、どの程度実験結果に影響するかは今後更なる検討が必要である。

もう一つの限界として、本研究では、運動刺激の影響については調べていなかったことから、今後、運動刺激を取り除いた受動的な触覚刺激を与える実験を実施することによって、VR 空間におけるアバターに対する身体所有感の生起要因を明らかにしていく必要があると考えられる。

引用文献

Slater, M., Sanchez-Vives, M.V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3: 74.

Ohyama, J. (2021). Xperigrapher: Social-Lab Experimental platform to evaluate experience in cyber physical society. *Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering*, 811-813.