



個人の感覚特性に応じた VR 空間における擬似触覚認知

東京都立大（旧首都大学東京） システムデザイン学部
准教授 福井 隆雄

1. はじめに

HMD (Head Mounted Display, ヘッドマウントディスプレイ) の低価格化こともない、HMD を用いた VR ゲームも急速に発展している。一方で、VR 空間への没入感には個人差があり、VR 酔いが見られるなど、いまだ技術的改良の余地は大きく、VR 空間における (個人特性も考慮した) 知覚・認知・行動特性に関する研究が十分に行われているとはいえない。

ヒトは外界とのインタラクションにおいて、視覚、聴覚、触覚、自己受容感覚など、さまざまな感覚モダリティを利用している。本研究では、視覚と自己受容感覚間の不整合のために生じる、擬似触覚 (pseudo-haptics) と呼ばれる現象に注目した。例えば、コンピュータのマウスを動かす際、PC スクリーン上に提示された球体をポインタでなぞる際、自身の手によるマウスの動きに対して、球体の中心に向かう時のポインタの速度を遅くする、あるいは速くすることで、手が平面上を動いているにも関わらず、参加者は凸と凹の感覚を経験するというものである (Lécuyer, Burkhardt, & Etienne, 2004)。また、Pusch, Martin, and Coquillart (2009) は、VR 空間上でチューブ内を粒子が流れる映像の中に手を入れ、手を静止させることで手が流される感覚 (擬似力覚) を生成し、Watanabe (2013) は視覚映像の背景の速度を調節することにより (指先) の衝突感を生成させ、速度の変化量が大きい程、擬似触覚の強度が大きくなることを示した。

本研究は、擬似触覚をうまく利用することにより、バーチャルリアリティ空間をより『リアル』にするための基礎的知見を提供することを目指し、個人特性を考慮した、VR 空間内での擬似触覚の認知過程について検討する。具体的には、HMD を装着した参加者に、静止した手腕モデルと (そのモデルに) 接近する移動物体を提示し、移動物体の速度変化により VR 空間における擬似触覚を経験させた上で、移動物体が手腕モデルへ衝突する際、速度変化やその位置が、擬似触覚の生起強度などのように影響するかを検討した。個人特性の 1 つとして、内受容感覚の精度 (Schandry, 1981) を考慮した。さらに、自閉スペクトラム症の方は、定型発達者と異なる感覚特性 (感覚過敏、感覚鈍麻) を持ち、多感覚統合の困難さも指摘されている (e.g., Cascio et al., 2008) ので、定型発達者の自閉傾向を評価する自閉症スペクトラム指数 (AQ

スコア) (Baron-Cohen, Wheelwright, Skinner, Martin, Clubley, 2001; 日本語版は若林、東條, Baron-Cohen, Wheelwright, 2004) を算出し、これらの個人特性と擬似触覚強度との関連も検討した。

2. 方法

実験参加者: 右利きの男性 12 名 (平均年齢 [±SD]: 22.3 ± 1.6 歳) が実験に参加した。実験実施にあたり、首都大学東京日野キャンパス研究倫理委員会の承認を受けた。

装置及び刺激: ソフトウェア unity により VR 空間において移動物体と静止した手腕モデルとの衝突の映像を作成し、HMD (Oculus Rift CV1) を用いて実験参加者に提示した (図 1)。内受容感覚精度の算出のための心拍数カウント課題については、Polymate VAP5148 (ミユキ技研) を用いて実施した。

手続き: 参加者は実験前に AQ スコアの日本語版に回答した。そして、Schandry (1981) と同じ方法により内受容感覚精度を測定した。実験では、図 2A に示すように VR 空間を左から右に水平に移動する灰色の円柱物体が白い円柱物体に沿って一定の速さで流れ、白い物体に触れている手腕モデルの周辺の所定の位置 (6 条件、図 2B) で初速度 23 deg/s から 0.3、0.5、0.7 倍に減速する映像を提示した。参加者は VR 空間の手腕モデルと一致するように手腕を台の上に置き (図 1)、各試行後に灰色の棒が右手に接触した際に、右手に何か違和感のようなもの (擬似触覚) を感じたかを 1 から 5 の 5 件法 (1: 全く感じない、5: とても強く感じる) により主観的評価を行った。また、18 試行を 1 セット (ランダム

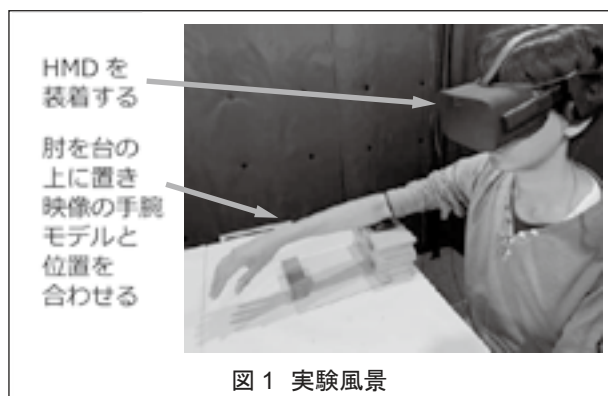
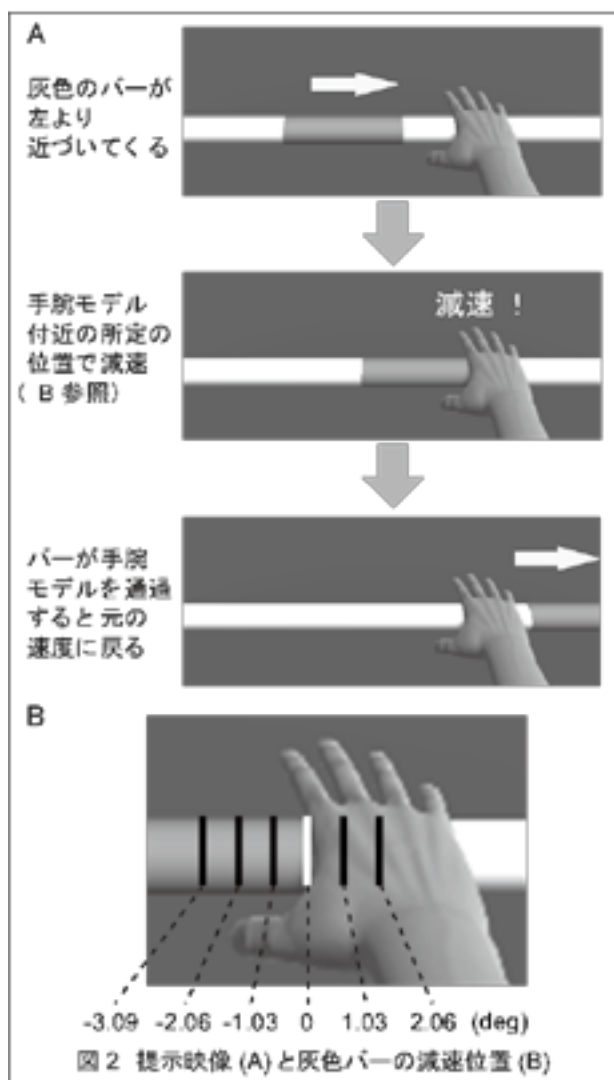


図 1 実験風景



ム提示) とし、計10セット (180 試行) 行った。

分析: 灰色の棒の移動速度変化率と変化位置を要因とする2 要因分散分析 (Ryan の方法、有意水準5%) を行い、主観的評価値への影響を分析した。また、主観的評価と AQ スコア、主観的評価と内受容感覚精度の関数を探るため、独立変数として減速の最も小さい0.7 倍条件の評価値 (X1)、0.3 倍条件と0.7 倍条件の評価値の差 (X2)、従属変数として AQ スコアあるいは内受容感覚精度 (Y) を用いて重回帰分析を行った。

3. 結果

主観的評価値に対する速度変化率の主効果については有意差が認められたが [$F(2, 215) = 10.273, p = 0.001$]、変化位置の主効果については有意差が認められなかった [$F(5, 215) = 1.431, p = 0.228$]。多重比較の結果、0.3 倍条件と0.7 倍条件の間、0.5 倍条件と0.7 倍条件の間に有意差が認められた。AQ スコアを従属変数として行った重回帰分析について、決定係数0.549 ($p = 0.028$) であり、重回帰式は $Y = -14319X1 + 15300X2 + 39.755$ となった。

内受容感覚の精度は0から1の値をとり、1に近いほど自分の身体の内臓感覚を正確に把握していることを示す。今回の参加者の内受容感覚の値は、 0.779 ± 0.151 (平均 $[\pm SD]$) であった。内受容感覚の値が約0.9 と自分の体を正確に把握している人もいれば、約0.6 とあまり正確でない人もいた。また、AQ と同様に、主観的評価値との関数を探るため、同様の重回帰分析を行ったが、決定係数0.063 ($p = 0.746$) であり、有意な関数認められなかった。

4. 考察

分散分析の結果より、移動物体の手腕モデル接触時の速度変化率が大きいほど、強い擬似触覚が生成されることが示された。これは、Suzuki and Fukui (2019) の結果とも一致している。本研究では速度変化位置についても検討したが、変化位置が3 deg 程度のずれの場合には擬似触覚の生成に影響を及ぼさないことが示唆された。

また、重回帰分析より、AQ スコアに対して、0.7 倍条件の主観的評価は負の、0.3 倍条件と0.7 倍条件の評価値の差は正の有意な関数を示した。自閉傾向が高いほど、速度変化率が小さい場合には擬似触覚は起こりにくい一方で、減速率が大きくなるにつれて擬似触覚が生じやすくなる可能性が示された。一方で、本研究では主観的評価と内受容感覚精度との関数認められなかった。以上より、減速率に応じた擬似触覚は自閉傾向により調節される可能性が示唆された。

謝辞 本研究の実施にあたり、研究助成(A-2)に採択くださった中山雄雄科学技術文化財団に感謝申し上げます。

参考文献

- Baron-Cohen, S. et al. (2001). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 5-17.
- Cascio, C. et al (2008). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(1), 127-137.
- Lécuyer, A. et al. (2004). *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 239-246.
- Pusch, A. et al. (2009). *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(3), 256-268.
- Schandry, R. (1981). *Psychophysiology*, 18(4), 483-488.
- Suzuki, K. & Fukui, T. (2019). *Perception*, 48(2S), 103.
- 若林 明雄ら (2004). *心理学研究*, 75(1), 78-84.
- Watanabe, J. (2013). *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 1(2), 199-202.