

距離知覚の action-specific effect における腕の視覚情報の重要性についての検討—VR 技術を用いて—

門脇 廉太郎
浅野 倫子

東京大学文学部人文学科心理学専修課程
東京大学大学院人文社会系研究科

人間の行動可能性が知覚に影響することを action-specific effect と呼ぶ。先行研究では、VR 空間上で対象への到達運動を行った際、手腕の視覚サイズの拡大時は縮小時よりも距離が短く推定された。action-specific effect のメカニズムとして、「身体を基準とした測定」がある。この理論では、自身の手腕に由来する運動境界を基準に距離が知覚され、運動境界内のものは近く、境界外のものは遠く推定するとされる。現在、腕(手首~肩口)の視覚情報が運動境界の知覚(ひいては effect の生起)に重要であるかは不明である。本研究では VR を用いて手腕の大きさと腕の視覚情報を操作し、腕の視覚情報の重要性を検討した。結果、腕の視覚情報に関わらず、手腕の大きさによる効果は見られず (effect 非生起)、先行研究は再現されなかった。ブロックの順序の影響を排除した補助分析では、腕の視覚情報によらず action-specific effect の傾向がみられ、腕の視覚情報は必要ではない可能性が示唆された。

Keywords: action-specific effect, virtual reality, distance perception, reaching, visual perception

問題・目的

環境下での人間の身体の状態や行動可能性が知覚に影響することを action-specific effect と呼ぶ。距離知覚においても action-specific effect が見られる。ターゲットに対して手が届かず手を伸ばすだけの条件と、棒のような道具を用いてそのターゲットに対して到達する条件に分け、参照点とターゲット間の距離を推定させたとき、後者の方が参照点とターゲット間の距離を短く推定した (Witt et al., 2005)。

Linkenauger et al. (2015) は、VR 技術を用いて手腕そのものの大きさを変えて到達運動を行ったときの、自分の胴の正面にある参照点からターゲット点までの距離推定を調べた。その結果、手腕が大きく、より遠くのターゲット点まで到達可能な long 条件の方が、手腕と到達範囲が小さい short 条件よりも距離を短く推定し、action-specific effect が見られた。

距離知覚における action-specific effect が生じるメカニズムとして、Proffitt & Linkenauger (2013) によって示された「身体を基準とした測定 (body-based scaling)」が考えられる。これは、視覚情報は身体から生じる perceptual-ruler によって測定されており、人間は様々な目的に対応した自身のとらえ方に応じて、自分の身体を基準にして世界を知覚しているとする理論である。腕による到達運動においては、腕の長さによって由来する運動境界 (最大到達範囲) が perceptual-ruler として機能すると考えられる。距離知覚における action-specific effect については、人間は運動境界内に入った対象を近く知覚し、運動境界外に位置する対象を遠く知覚しているという説明ができる。

現在、腕(手首~肩口)の視覚情報が運動境界の知覚(ひいては effect の生起)に必要なかは不明である。そのため本研究では、「腕の視覚情報がない状態でも、手腕の大きさが大きい場合は手腕の大きさが小さ

い場合より距離を短く推定する」、「腕の視覚情報がない状態では、手腕の大きさが異なっても条件間で距離推定に差が生じない」という相反する2つの仮説をおいてそれを検証する。

方法

独立変数として、腕の視覚情報 (visible, invisible の2水準)、手腕の大きさ (large, small の2水準)、VR 空間内の参照点とターゲット点間の実際の距離 (後述する実際の2点間の距離、5cm~60cm の範囲で5cm刻みの12水準) を被験者内要因として設定した。被験者が回答した推定距離を従属変数とした。被験者は、距離推定課題を4ブロック行った。各ブロックには、visible-large 条件 (以下 VL 条件)、visible-small 条件 (以下 VS)、invisible-large 条件 (以下 IL)、invisible-small 条件 (以下 IS) の4条件 (図1) のうちいずれかが適用された。

被験者 大学生・大学院生29人が実験に参加し、実験の目的に気づいた被験者2人と実験の過程で誤った操作を行った5人を除き22人を分析に含めた。

実験環境と刺激 VR 空間の机の上には、推定フェーズと調整フェーズ (後述) において直径2.5cm の点刺激を提示した。さらに推定フェーズでは、机の上部に被験者から見て水平方向に伸びる青いバーを表示した。手腕の大きさの条件について、large 条件では被験者の手腕の大きさを本来のアバターより25%大きくし、到達範囲も25%奥にした。small 条件では被験者の手腕の大きさを本来のアバターより15%小さくし、到達範囲も実際より15%手前になった。

手続き 各条件1ブロックずつ、合わせて4ブロックを行った。ブロック間には1分間の休憩設け、4つのブロックの順番についてはカウンターバランスをとった。調整フェーズと推定フェーズから構成された

調整フェーズ 被験者は、仮想の手腕を動かし人差し指で机上の青い点に触れた。点が遠く触れられない

場合は点に腕を伸ばした。点が提示される位置は12種類でそれぞれ3回提示されたため、計36試行だった。

推定フェーズ 被験者はまず、机上の手前の赤点(参照点)に触れ、次に奥の赤点(ターゲット点)に触れ、再度参照点に触れるという動作を行った。その後、青いバーを2点間の距離に合うように伸縮させ、2点間の距離を推定した。2点間の距離には5cm刻みで5~60cmの12種類あり、それぞれについて3回距離推定を行ったため、計12試行だった。

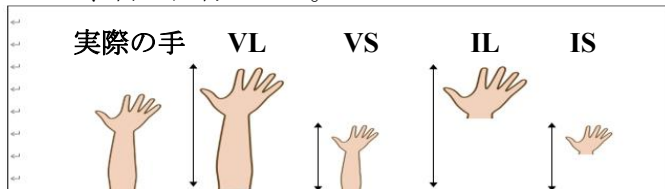


図1. 各条件の模式図. 大きさと到達範囲は、実際の手を100%としたとき、VLとILでは125%、VSとISでは85%であった。

結果

各条件における推定距離の平均を図2Aに示した。推定距離を従属変数として、被験者内三要因(手腕の大きさ×腕の視覚情報×実際の点間の距離)の分散分析を行った。その結果、腕の視覚情報の主効果($F(1,22) = 1.21, p = .28, \eta_p^2 = 0.05$)、腕の大きさの主効果($F(1,22) = 0.05, p = .81, \eta_p^2 = 0.00$)は有意ではなかった。腕の視覚情報と腕の大きさの交互作用($F(1,21) = 0.16, p = .16, \eta_p^2 = 0.01$)、腕の視覚情報と実際の点間の距離の交互作用($F(11,231) = 0.51, p = .90, \eta_p^2 = 0.02$)、腕の大きさと実際の点間の距離の交互作用($F(11,231) = 1.19, p = .30, \eta_p^2 = 0.05$)、腕の視覚情報と腕の大きさと実際の点間の距離の3者の交互作用($F(11,231) = 1.22, p = .27, \eta_p^2 = 0.06$)は全て有意ではなかった。

被験者が4ブロックをこなすにあたり、ブロックの順序が結果に影響を与えた可能性がある。そこで、各被験者の1ブロック目の結果に絞った分析を行った。1ブロック目がILだった被験者は4名、他の条件だった被験者は各6名だった。この結果は図2Bに示した。1ブロック目の手腕の大きさと腕の視覚情報を被験者間要因、実際の点間の距離を被験者内要因として、混合三要因の分散分析を行った。その結果、腕の大きさと実際の点間の距離について、交互作用に有意傾向が見られた($F(11,198) = 1.62, p = .09, \eta_p^2 = 0.08$)。単純主効果の検定の結果、実際の点間の距離が60cmのとき、腕が大きいときは腕が小さいときより距離を短く推定するという点について有意傾向が見られた($F(11,198) = 3.44, p = .08, \eta_p^2 = 0.16$)。腕の視覚情報と腕の大きさと実際の点間の距離の3者の交互作用($F(11,198) = 0.60, p = .83, \eta_p^2 = 0.03$)、腕の視覚情報と腕の大きさの交互作用($F(11,198) = 0.09, p = .76, \eta_p^2 = 0.00$)、腕の視覚情報と実際の点間の距離の交互作用($F(11,198) = 1.06, p = .40, \eta_p^2 = 0.06$)は有意ではなかった。

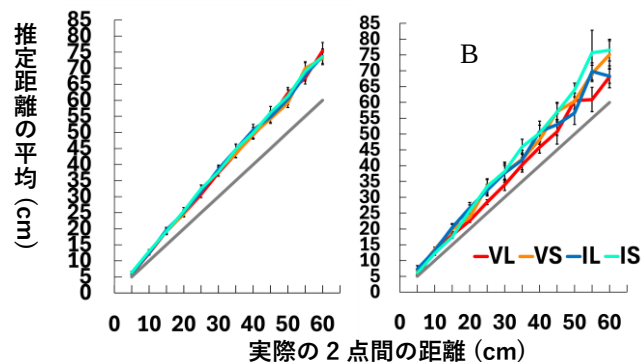


図2. 各条件における平均推定距離。(A) 全ブロック平均、(B) 1ブロック目のみの平均。灰色の線は2点間の物理的距離を正確に推定した場合の結果を、エラーバーは標準誤差を示す。

考察

「腕の視覚情報がない状態でも、手腕の大きさが大きい場合は手腕の大きさが小さい場合より距離を短く推定する」、「腕の視覚情報がない状態では、手腕の大きさが異なっても条件間で距離推定に差が生じない」という2つの仮説を立てた。結果、腕の視覚情報の有無に関わらず、手腕の大きさが大きい場合と小さい場合で距離推定に差が見られなかった。つまり、action-specific effectが見られておらず、Linkenauger et al. (2015) の結果を再現できなかった。本研究の仮説はLinkenauger et al. (2015) の結果が成り立つことを前提としており、これを再現できなかったためこの結果から仮説の妥当性を検証することは難しい。ただ、1ブロック目の結果に絞った分析からは、腕の視覚情報の有無にかかわらず、手腕が大きい場合は手腕が小さい場合より距離を短く推定する傾向が見られた。このことから「腕の視覚情報がない状態でも、手腕の大きさが大きい場合は手腕の大きさが小さい場合より距離を短く推定する」という仮説が支持されたといえる。つまり、腕の視覚情報がない状態でもaction-specific effectが生じたといえる。ただしこの追加分析についてはサンプルサイズが小さい点、被験者間要因である点で注意が必要である。

引用文献

- Linkenauger, S. A., Bulthoff, H. H., & Mohler, B. J. (2015). Virtual arm's reach influences perceived distance but only after experience reaching. *Neuropsychologia*, 70, 393-401. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.10.034.
- Proffitt, D. R. & Linkenauger, S. A. (2013). Perception viewed as a phenotypic expression. In Prinz, W., Beisert, M., & Herwig, A. (Eds.), *Action Science: Foundations of an Emerging Discipline* (pp. 171-198). MIT Press.
- Witt, J. K., Proffitt, D. R., & Epstein, W. (2005). Tool use affects perceived distance but only when you intend to use it. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 880-888. doi: https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-1523.31.5.880.