

太さ知覚の視触覚統合における自己身体に関連した情報の影響

1265097 吉良 勇飛 【知覚認知脳情報研究室】

Effects of Self-Body-Related Information on the Visual-Haptic Integration of Thickness Perception

1265097 KIRA, Yuhi 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

1 はじめに

視触覚統合における重み付けを検討した先行研究では、視覚入力にノイズを付加して信頼性を低下させると触覚の重み付けが増加するという結果が得られている[1]。しかし、実験において用いられた触覚刺激は実物ではない力覚呈示であり、刺激までの距離や自己身体などの対象以外の視覚的な情報の効果も検討されていなかった。視触覚統合において、知覚時の状況や得られる情報が変わることでも重み付けが変わる可能性が考えられる。

そこで本研究では身体に関連する情報を操作することで視触覚の重み付けが動的に変わるかを、触覚刺激として実物の棒、視覚刺激としてVR空間上にバーチャルな棒を呈示して太さの知覚によって検討した。各実験においては、太さの判断の基準とするモダリティによっても重み付けが変わる可能性を検討するため、力触覚を基準に太さ判断を行う触覚判断課題と、視覚を基準に太さ判断を行う視覚判断課題を設定した。実験1では知覚時の状況の操作として自己身体から刺激対象までの距離を操作した。対象に触れるときは自己身体の視覚情報を受け取ることも多いため、ハンドアバタを呈示することでVR視覚情報の信頼性が向上し、視覚の重み付けが相対的に大きくなると考えられる。そこで実験2ではVR空間に身体フィードバック(ハンドアバタ)を視覚情報として呈示することによる影響を検討した。

2 方法

触覚刺激は3DプリンターのEnder-3 S1で実物の筒状の棒を作成し、支柱に通して呈示した。視覚刺激はUnityで作成し、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)のVIVE Proを用いて触覚刺激とVR空間内で同じ位置に呈示した。参加者の頭部位置はあご台で固定した。

3 実験1：距離操作実験

3.1 触覚判断課題

実験参加者は正常な視力(矯正含む)を有する大学生15名(20.3±0.94歳)であった。標準刺激は外径16mmの実物の棒のみを触覚呈示した。比較刺激は7水準の実物の棒(外径13, 14, 15, 16, 17, 18, 19mm)の

それぞれの触覚刺激に、実物の棒と同じ太さのVR上の棒(変化0%)、及び実物の棒より太さを±10%変化させたVR上の棒の3種類のいずれかを視覚刺激として呈示した。実物の棒は7水準の外径からランダムに選り、選ばれた触覚刺激を基準とし、3種類のいずれかの太さの視覚刺激と同時に呈示した。また、参加者と支柱の距離を200, 325, 450mmの3水準設定した。

参加者はHMDを装着して触覚刺激のみの標準刺激を指先で把持した後、視覚刺激と触覚刺激が同時に呈示される比較刺激を把持し、「標準刺激より比較刺激の方が太いか」を力触覚により判断した。この手続きを触覚刺激(7水準)×視覚刺激(3水準)×距離(3水準)の全条件において20試行ずつ、4日間に分けて行った。

3.2 視覚判断課題

触覚判断課題に参加していない15名(20.0±0.88歳)が参加した。触覚と視覚の条件を入れ替え、「VR上に呈示した視覚のみの標準刺激より視触覚同時呈示した比較刺激の方が太いか」を視覚により判断した。

4 実験2：アバタ呈示実験

実験1に参加していない大学生15名(23.1±0.94歳)が参加した。参加者と刺激までの距離を325mmで固定し、VR空間上にバーチャルな手(ハンドアバタ)を表示し、実験1と同様に触覚判断課題および視覚判断課題を行った。

5 分析

実験および条件ごとに「標準刺激よりも比較刺激の方が太い」と回答した割合を算出して心理測定関数をフィッティングした。50%点を外径16mmの標準刺激と同じ太さに感じられた比較刺激の主観的等価点(PSE)とした。算出したPSEを基に、SSを標準刺激の太さ(mm)とし、 $Ri = \frac{SS}{PSE}$ で表されるRiを視触覚統合時に知覚された太さの変化率(%)とした。CSを各実験における判断基準となるモダリティ側の比較刺激の太さ(mm)、 S_v と S_h をそれぞれ視覚刺激と触覚刺激の太さ(mm)とした。以下の数式により、視覚と触覚の重み付け w_v と w_h をそれぞれ算出した。

$$CS \times Ri = S_v \times w_v + S_h \times w_h \quad (w_v + w_h = 1)$$

6 結果

触覚判断課題における触覚と比べた視覚刺激の変化 (-10, ± 0 , +10%), 視覚判断課題における視覚に比べた触覚刺激の変化 (-10, ± 0 , +10%) をモダリティ間変化%とする。

実験1の各条件におけるPSEのグラフを図1に示す。PSEについて、モダリティ間変化% (3水準) $\times$ 距離 (3水準) の対応あり二要因分散分析を行ったところ、視覚判断課題 (図1右) でのみモダリティ間変化% 及び距離の主効果が有意であり ($F(2,28) = 22.93, p < .001, \eta_G^2 = .21$; $F(2,28) = 8.92, p < .01, \eta_G^2 = .03$), 多重比較の結果、どちらの効果もすべての水準間に差が見られた ($p < .05$)。

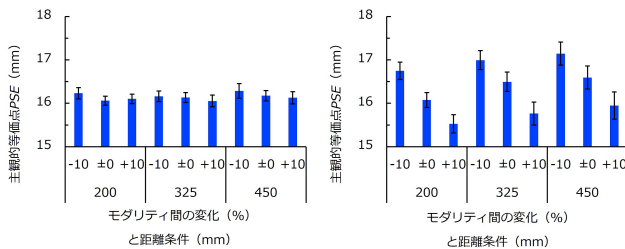


図1 距離操作実験：主観的等価点
(左：触覚判断，右：視覚判断)

第5節で述べた方法で求めた重み付け係数は、触覚判断課題と視覚判断課題のそれぞれについて、横軸を距離条件、縦軸を重み付け係数とした $\pm 10\%$ のモダリティ間変化条件ごとの結果を、図2に示す。各実験の重み付けについて、 $\pm 10\%$ の変化 (2水準) $\times$ 距離 (3水準) の対応あり二要因分散分析を行ったところ、視覚判断課題 (図2右) において交互作用が有意であった ($F(3,42) = 5.96, p < .05, \eta_G^2 = .02$)。

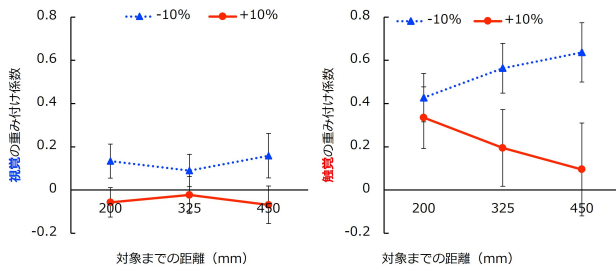


図2 距離操作実験：重み付け係数
(左：触覚判断，右：視覚判断)

実験1の325 mm 距離条件と実験2の各条件を比較したグラフを図3に示す。PSEについて、モダリティ間変化% (3水準) $\times$ アバタ有無 (2水準) の二要因混合計画の分散分析を行ったところ、視覚判断課題におけるモダリティ間変化% (図3右) のみ有意な差が見ら

れた。

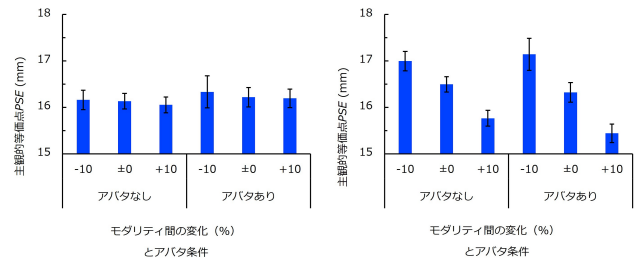


図3 主観的等価点比較
(左：触覚判断課題，右：視覚判断課題)

7 考察

実験1および2ともに触覚判断課題では視覚情報の付加の影響が見られなかったが、視覚判断課題では触覚情報の付加の影響が見られた。距離に依存して網膜像が変化する視覚情報に対して触覚は距離に依存して変化しないことに加えて、実物の触覚刺激に対してバーチャルな視覚刺激を用いたため、本実験の刺激では触覚が優位となった可能性がある。

視触覚の重み付けは距離に依存して変化するが、距離が近いほど視覚の重み付けが一律に大きくなるのではなく、-10%の触覚情報を付加した条件では逆に距離が遠いほど重み付けは大きくなり、どちらの感覚モダリティがより大きいかは依存してその距離の影響の傾向が異なった。これは、視覚による大きさの恒常性の効果に対して、触覚刺激の不一致の相対的關係が重み付けに影響を及ぼしていることを示唆する。

実験1の325 mm 距離条件と実験2の比較より、身体フィードバック (ハンドアバタ) 呈示の影響は見られなかった。ハンドアバタの呈示はVRの視覚情報自体の信頼性に寄与せず、視覚の重み付けが増加しないと考えられる。

8 結論

本研究では実物の棒を把持する力触覚情報とVR上の棒による視覚情報を呈示し、視触覚統合への自己身体に関連した情報の影響を検討した。その結果、視覚判断に対する触覚の影響が一貫して見られた。対象までの距離が変化する時の視触覚統合時の重み付けは、視覚と触覚の相対的關係に依存して変化した。身体情報としてハンドアバタを呈示したが、視覚の重み付けの増加は見られず、少なくともVR視覚上では身体の視覚呈示は重み付けに大きな影響を及ぼさない可能性が示された。

参考文献

- [1] Ernst MO and Banks MS, "Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion", Nature, Vol.415, pp.429-443, 2002.