



一貫しない視触覚情報の呈示による触覚感度変化の検討

Investigation of changes in tactile sensitivity by the presentation of inconsistent visual-haptic information

羽鳥康裕¹⁾, 石井圭²⁾

Yasuhiro HATORI and Kei ISHII

1) 東北大学 電気通信研究所 (〒980-0812 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1, hatori@tohoku.ac.jp)

2) 産業技術総合研究所 (〒305-8566 茨城県つくば市東 1-1-1, kei-ishii@aist.go.jp)

概要: 物体の視覚情報は、その物体を触った際に生じる触覚情報に関する手がかりを提供する。本研究では、視覚情報から予測される触覚刺激とは異なる触覚刺激の呈示が触覚感度に与える影響を検討した。視覚情報に基づいて触覚感度は向上したが、視触覚刺激の一貫性は感度を向上させるとは言えなかった。この結果は、視触覚情報統合における視覚情報の優位性を示唆する。

キーワード: 多感覚統合, 触覚感度,

1. はじめに

感覚刺激は一律に処理されるのではなく、状況に応じた感度の調整が行われる。視覚によって、物体に直接触れる前から物体の情報を取得できるため、視覚情報に基づく触覚情報の予測が行われている[1]。視覚情報から予測される触覚情報と異なる触覚情報が呈示された場合、後続の刺激においては触覚情報に対する感度が上昇することが考えられる。なぜなら、多感覚情報は一律の重みで統合されるのではなく、それぞれの感覚情報の信頼性に基づいた重み付けが行われるためである [2-3]。視覚情報の信頼性が一時的に低下することにより、触覚情報の優先度が高くなる可能性が考えられる。本研究は、予測と一致しない視触覚情報が呈示された後に、後続刺激に対する触覚感度が変化するかどうかを検討した。

2. 方法

2.1 参加者

実験には 18 名 (男性: 14 名, 女性: 4 名; 21.6 ± 0.98 歳) の大学生が参加した。実験参加者は全員、正常な視力または矯正による正常な視力を有していた。

2.2 装置

視覚刺激はヘッドマウントディスプレイ (Valve index; 解像度: 2880 x 1600 pixels; リフレッシュレート: 120 Hz) に呈示された。触覚刺激はペン型の触覚呈示デバイス (Touch X; 最大呈示力 7.9 N) を用いて呈示された。刺激呈示は Unity によって制御された。

2.3 刺激

図 1 に実験刺激を示す。実験刺激は、触覚呈示デバイスの動きを安定させるための円筒と、円筒の内側面に配置された二種類の凸から構成されていた: 大きさ判断を行うための凸 (図 1 黒丸) と視触覚情報の一致性の情報を与えるための凸 (図 1 黄丸) である。大きさ判断のための凸は参照刺激とテスト刺激から構成されていた。参照刺激の大きさは Unity 上で 0.5 (円筒の内側面から出る凸の大きさは約 3mm に相当) に設定された。実験参加者は、参照刺激を試行中に見ることができた。テスト刺激の大きさは Unity 上で 0.38 から 0.64 まで、0.04 刻みで変化させた (7 通り)。実験参加者は、テスト刺激を試行中に見ることができなかった。視触覚情報の一致性の情報を与えるための凸の大きさは参照刺激と同じであった。視触覚情報の一致性の情報を与えるための凸の呈示条件は、試行中に見えるかどうか (2 通り) と触れるかどうか (2 通り) の組み合わせの計 4 通りであった。従って、実験条件のすべての組み合わせは 28 通りであった。それぞれの条件における凸の大きさ判断を 10 回繰り返した。そのため、試行数の合計は 280 試行であった。条件はランダムな順序で呈示された。

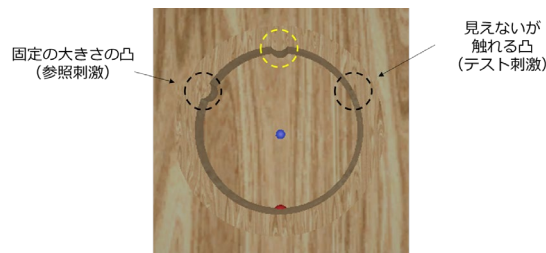


図 1 実験刺激。刺激は円筒と 2 種類の凸で構成された。

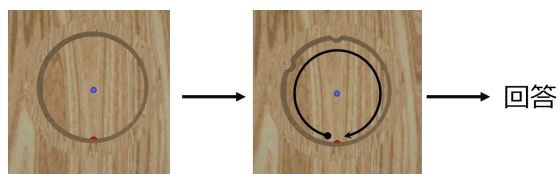


図2 1試行の流れ。触覚呈示デバイスの位置を合わせた後(図左),円筒の内側面に沿って触覚呈示デバイス进行操作し(図中央の黒線:実験中はデバイスの位置は不可視),凸の大きさ判断を行った。

2.4 手続き

試行開始前に,円筒,注視点(図2左の青球)とペンの初期位置を調整するための球(図2左の赤球)が表示された。実験参加者はペン先の位置を赤い球に合わせた後,キーを押下することで試行を開始した。実験参加者は触覚呈示デバイス进行操作し,円筒の内側面を時計回りになぞった。触覚呈示デバイスを一周回した後に,参照刺激とテスト刺激のどちらが大きいかを強制二肢選択法で回答した。実験参加者は,試行中は注視点を見るように指示された。

3. 結果

一致しない視触覚情報の呈示によって凸の大きさ知覚の感度が変わるかどうかを調べるために,実験参加者の応答に式(1)のシグモイド関数をフィッティングした。

$$y = 1 / (1 + \exp(-s(x - c))) \quad (1)$$

x はテスト刺激のサイズ, y はテスト刺激サイズ x において,テスト刺激の方が大きいと回答した確率, s は傾き, c は主観的等価点を表す。図3に1名分の結果を示す。条件によって,心理測定関数の傾きが異なっているかどうかを検討した。そのために,実験参加者18名の応答に対して心理測定関数のフィッティングを行い,心理測定関数の傾きを算出した。中央の凸の可視性と可触性を要因とする2要因分散分析を実施したところ,主効果,交互作用いずれも有意ではなかった(可視性: $F(1,17) = 0.45$; 可触性: $F(1,17) = 1.30$; 交互作用: $F(1,17) = 1.70$; $ps < 0.51$)。このことから,中央の凸によって感度が変わるとは言えなかった。

心理測定関数の傾きは個人差が大きかったため,実験参加者毎に傾きの変化を式(2)により正規化した。

$$s_d = (s_v - s_i) / (s_v + s_i) \quad (2)$$

ここでは,可視性を例にして説明する。式(2)の $s_v(s_i)$ は中央の凸が見えている条件(見えていない条件)の心理測定関数の傾きを表す。これにより,中央の凸が見えていることによる触覚感度の変化を-1から1の範囲で表すことができる。可触性と一貫性についても同様の正規化を行った結果を図4に示す。正規化した感度変化に対して1標本t検定を実施したところ,中央の凸が見えている場合のみ,感度変化が0から有意に高かった($t(17) = 2.45, p = 0.026$)。この結果は,中央の凸が見えたことにより,後続の触覚刺激に対する感度が上昇したことを示す。

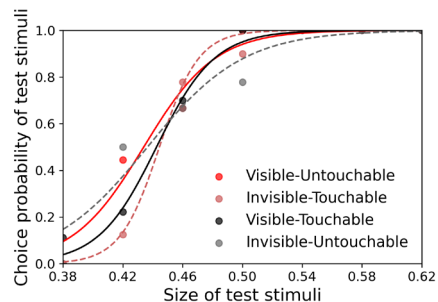


図3 心理測定関数の例(1名分)。色と線の種類は条件を表している。

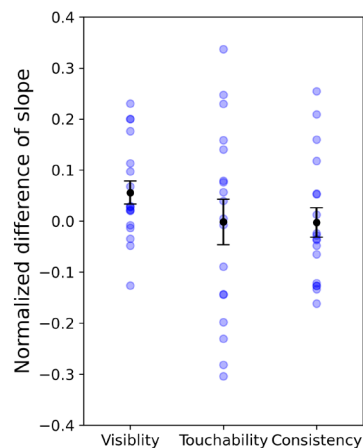


図4 中央の凸が見えていたこと(左),触れたこと(中央),中央の凸の視触覚情報が一致していたこと(右)による感度変化。青丸は各実験参加者の結果,黒丸は平均を表している。誤差棒は標準誤差である。

4. むすび

本研究では,視覚情報から予測される触覚刺激とは異なる触覚刺激の呈示が,後続刺激に対する触覚感度が変わるかどうかを検討した。視覚情報に基づいて触覚感度は向上した。この結果は,視触覚情報統合における視覚情報の優位性を示唆する。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 22K12742の助成を受けた。

参考文献

- [1] Buckingham, G., Cant, J.S., Goodale, M.A.: Living in A Material World: How Visual Cues to Material Properties Affect the Way That We Lift Objects and Perceive Their Weight, *Journal of Neurophysiology*, 102, pp. 3111–3118, 2009.
- [2] Alais, D., Burr, D.: The Ventriloquist Effect Results from Near-Optimal Bimodal Integration, *Current Biology*, 14, 257–262, 2004.
- [3] Ernst, M.O., Banks, M.S.: Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature* 415, 429–433, 2002.