



課題非関連の視触覚情報の呈示による触覚感度の変調

Modulation of tactile sensitivity by presentation of task-unrelated visuotactile information

羽鳥康裕¹⁾, 石井 圭²⁾

Yasuhiro HATORI and Kei ISHII

1) 労働安全衛生総合研究所 (〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6, hatori@s.jniosh.johas.go.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: 触覚情報は物体の操作など, 外界とのインタラクションを行う上で重要である. 本研究では, 課題非関連の視触覚情報の呈示による触覚感度の変調を計測した. 課題非関連の視覚情報が呈示されたことによる触覚感度変化と課題非関連の触覚情報が呈示されたことによる触覚感度変化には正の相関が見られた. この結果は, 課題非関連の情報呈示による感度変化には個人差が存在することを示唆する.

キーワード: 触覚, 感度, クロスモーダル

1. はじめに

触覚情報は物体の操作など, 外界とのインタラクションにおいて重要な役割を果たす. 触覚情報は対象に触れるまで得ることができないため, 視覚情報に基づいた触覚情報の予測が行われている[1]. 先行研究において, 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, 後続刺激に対する大きさ知覚の感度が上昇し, その感度上昇には視覚情報の呈示が寄与することを報告した[2]. 触覚感度の調整には循環応答の関与が報告されている[3]. 本研究では, 先行研究で観察された触覚感度変調のメカニズムを検討するために, 循環応答の計測を含めた心理物理実験を実施した. 本稿では心理物理実験の内容と結果について報告する.

2. 方法

2.1 参加者

実験には 18 名 (男性: 12 名, 女性: 6 名; 27.8 ± 4.3 歳) 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. 実験課題を実施できなかった 2 名を分析から除外した.

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: 2880×1600 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 実験刺激

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 (直径 4 cm) と, 円筒の内側面に配置された突起から構成されていた. 突起は, 大きさ判断を行うためのものと視触覚情報の一致性の情報を与えるためのものの二種類があった. 大きさ判断のための突起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 4 mm であった. テスト刺激の大きさは, 2.8 – 5.2 mm の範囲で 0.4 mm 刻み (7 通り) で大きさを設定した. 視触覚情報の一致性の情報を与えるための突起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突起の呈示条件は, 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

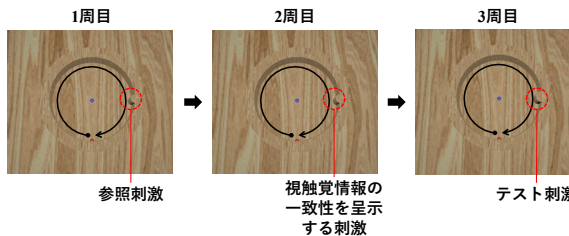


図 1: 1 試行の流れ. 円筒の下部から時計回りに触覚呈示デバイスを動かした (黒線). 触覚呈示デバイスを 3 周回した後, 参照刺激とテスト刺激のどちらが大きかったかを強制二肢選択により回答した. 実際の実験では, 参照刺激とテスト刺激は見えなかった.

は 28 通りであった。各条件はランダムな順序で呈示された。

2.4 実験手続き

試行開始前に、円筒、注視点（図 1 の青球）とペンの初期位置を調整するための球（図 1 の赤球）が呈示された。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を操作し、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円筒に沿って三周回した後に、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により回答した。実験は、実験参加者のペースで進めた。各条件 5 回の繰り返しを行うことができた実験参加者 13 名の結果を分析した。

3. 結果

触覚知覚の感度を定量化するために、実験参加者の応答に対して、式(1)のシグモイド関数をフィッティングし、心理測定関数を求めた。

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

x はテスト刺激のサイズ、 y はサイズ x のテスト刺激において、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 2 に 1 名分の心理測定関数を示す。条件によって心理測定関数の傾き（感度）が変化するかどうかを比較した。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。

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

ここでは、2 周目の突起が見えていたこと（可視性）による感度変化を例にして説明する。式(2)の $s_v(s_i)$ は 2 周目の突起が見えている条件（見えていない条件）の心理測定関数の傾きを表す。式(2)による正規化を行うことにより、2 周目の突起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。2 周目の突起を触ることができたか（可触性）と視触覚情報が一致していたか（一貫性）についても同様の正規化を行った。正規化された感度変化を図 3 に示す。正規化された感度変化に対して 1 標本 t 検定を行ったところ、いずれの要因においても、感度変化は統計的に有意ではなかった（ $p > 0.1$ ）。感度変化には個人差があったため、それぞれの要因による感度変化の相関関係を分析した。図 4 に、2 周目の突起の可視性による感度変化と可触性による感度変化の散布図を示す。両者の相関係数は 0.33 であった。この結果は、2 周目の突起の視覚情報の呈示によって感度が上昇（低下）する実験参加者は、触覚情報の呈示によっても感度が上昇（低下）する傾向があることを示唆する。

4. むすび

課題非関連の視触覚情報呈示による触覚感度の変化を

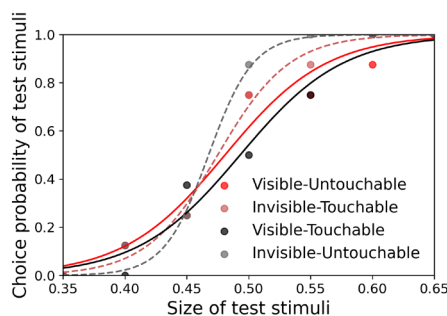


図 2: 心理測定関数の例。色と線の種類は条件の違いを表している。（実線）2 周目の凸が見えた条件、（破線）2 周目の凸が触れた条件、（赤）2 周目の視触覚情報が不一致だった条件、（黒）一致していた条件。

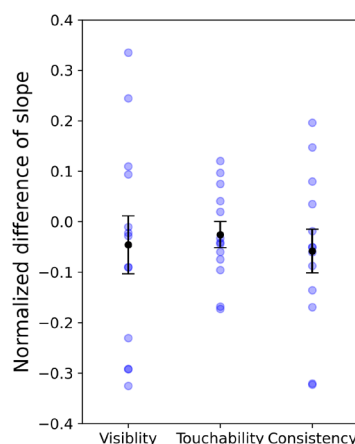


図 3: 2 周目の突起が見えていたこと（左）、触れたこと（中央）、視触覚情報が一致していたこと（右）による感度変化。青丸は各実験参加者の結果、黒丸は平均を表している。誤差棒は標準誤差である。

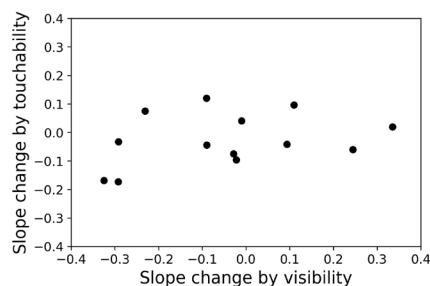


図 4: 2 周目の突起が見えていたことによる感度変化（横軸）と触れたことによる感度変化（縦軸）。

検討した。課題非関連の視触覚情報が呈示されることにより、後続刺激に対する触覚感度の変化には個人差が見られた。具体的には、課題非関連の視覚情報が呈示されたことにより感度が上昇（低下）する人は、触覚情報が呈示されたことにより感度が上昇（低下）する傾向が見られた。今後、循環応答と感度変化の関係を検討する予定である。

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] 羽鳥康裕, 石井圭: 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, 第 28 回バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1C1-01, 2023.
- [3] Murata J., Matsukawa H., Komine H., Tsuchimochi H.: Modulation of radial blood flow during Braille character discrimination task, *Acta Physiological Hungarica*, 99, pp.25-32, 2012