

皮膚兎錯覚現象を応用した触覚方位知覚の検討

1265107 武内 一晴 【知覚認知脳情報研究室】

Haptic Orientation Perception Utilizing the Cutaneous Rabbit Illusion Phenomenon

1265107 TAKEUCHI, Issei 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

1 はじめに

VR技術の進展により、近年では視覚や聴覚だけでなく、触覚の呈示も多く試みられている。しかし、触覚の呈示は体の位置ごとに物理刺激が必要なことがその普及を妨げている。手軽に触覚を呈示することは困難であるが、VR技術の進展には触覚の導入が不可欠であり、そのためには刺激位置に依存せずに触覚表現を可能とする技術が必要である。本研究ではこの目的のために、皮膚兎錯覚現象を利用する。皮膚兎錯覚とは、触覚刺激を2回皮膚上のある位置に与え、直後に別の位置に3回目の触覚刺激を与えると、皮膚上に小さな兎が跳ねていくように2回目の触覚刺激が2点のあいだに移動して知覚される現象である[1]。本研究では皮膚兎錯覚現象が生じるときに、1, 2回目の触覚刺激の方位を3回目の刺激呈示時に変化させると、触覚刺激を呈示していない位置に感じた2回目の触覚刺激の方位が1回目と3回目の中間的な知覚に変化するのかを検討した。また先行研究では視覚刺激との同期で皮膚兎錯覚が促進されることが報告されており[2]、視覚効果の有無により触覚による方位の知覚が影響されるかも検討した。

2 方法

2.1 実験環境及び参加者

参加者はヘッドマウントディスプレイ(HMD)とヘッドホンを装着した状態で、触覚刺激装置に手のひらが上に向くように右腕を置いた。HMDは視覚刺激を呈示し、ヘッドホンは装置の音が手がかりとならないようにホワイトノイズを呈示した。参加者は正常な視力を有する20代の成人12名(平均年齢22.91, SD = 1.88, 男性11名, 女性1名)であった。

2.2 実験装置

触覚刺激は自作の実験装置により呈示した。装置の模式図を図1に示す。モータに接続した板がシーソーのような部分の板を跳ね上げることで反対側の部分が参加者の腕を押し付けるように刺激し、そのすぐ後に重りによって再び反対側に傾くため、皮膚兎錯覚現象が生じるような短時間の触覚刺激の呈示が可能であった。刺激する部分は自由に方位を変更可能であり、先端に方

位刺激を判断しやすいように薄く伸びたブレード(厚さ1 mm, 長さ80 mm)を装着した。

2.3 刺激

触覚刺激として参加者の腕を3回刺激し、方位の変化条件として変化あり条件と変化なし条件を設定した。触覚刺激は約100 msで腕に当たり、第1触覚刺激の呈示は図2に示すように手首に近い第1刺激の黒い棒の位置に呈示し、その800 ms後に第2触覚刺激を同じ位置に、さらに100 ms後に第3触覚刺激を肘側の別の位置に呈示した。視覚刺激としてアバタの腕と、触覚刺激に対応する黒い棒を設定し、棒を呈示する視覚あり条件と棒を呈示しない視覚なし条件を設けた。視覚あり条件では第2視覚刺激の方位は第1視覚刺激と第3視覚刺激の中間の方位を呈示し、触覚刺激と同期して100 ms間呈示した。触覚刺激と視覚刺激の方位条件は、1回目の刺激の方位(図2の第1刺激の黒い棒の方位を0 degとして反時計回りに0 deg, 30 deg, 60 deg, 90 deg回転した方位)から時計回りまたは反時計回りに30 deg, 60 deg, 90 deg回転した方位を第3刺激として呈示した。視覚刺激の棒の呈示の有無(視覚あり/視覚なし)2水準と第2触覚刺激の方位の変化の有無(変化あり/変化なし)2水準の計4条件で実験を行った。

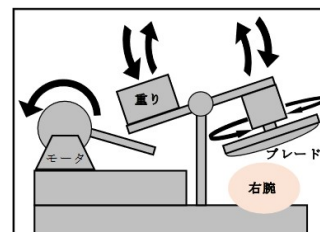


図1 実験装置の模式図

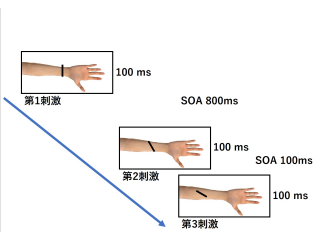


図2 刺激の呈示

2.4 実験手続き

参加者はHMDを装着し、外部が見えない状態で触覚のみから水平、垂直の方位判断課題が正確に判断できるまで練習試行を行った。その際方位判断がしやすくなるように触覚刺激の腕に接する位置の調整を行った。方位判断は触覚のみで判断するように指示し、刺激の回答の手続きについても練習試行を行った。本試行では、第1, 2, 3触覚刺激が呈示された方位をそれぞれ判断し、アバタの腕の上に表示される棒を回転させること

で回答した。3つの知覚された方位の回答を1試行として、1条件につき24試行を行った。条件終了ごとに第2触覚刺激が知覚された位置について、第1触覚刺激位置を0、第3触覚刺激位置を100とした場合の知覚位置を数値で回答した。各条件の順序は参加者間でカウンターバランスを取った。また実験中に参加者がHMDを外す際は、触覚刺激の呈示位置が見えないようにするために、触覚刺激装置に布をかぶせた。

3 結果

各条件における第2触覚刺激の位置を0-100の数値で回答した結果を図3に示す。皮膚兎錯覚現象が生じているかを検討するために条件ごとに1標本のt検定を行った結果、いずれも0よりも有意に大きかった (Bonferroni補正, $p < 0.01$)。また各条件間で皮膚兎錯覚現象が生じている位置が異なるかを検討するため、視覚刺激の呈示の有無×第2触覚刺激の方位の変化の有無による対応あり2要因分散分析を行った結果、各要因の主効果及び交互作用は有意ではなかった ($p > 0.05$)。

第1と第2触覚刺激の知覚方位の差分を知覚された方位差として算出した。第1と第3触覚刺激の方位差 (30, 60, 90 deg) 条件のうち60 deg条件の結果を図4に示す。図中の点線は、変化あり条件の第1と第2触覚刺激の方位差であり、変化なし条件においてこの値は第1, 2刺激と第3刺激の中間の方位である。知覚された方位差は変化あり条件でも実際に呈示した方位差よりも小さい結果となった。方位の差が0以上に知覚されているかを検討するために、各条件における知覚された方位差について1標本のt検定を行った結果、いずれも0よりも有意に大きく (Bonferroni補正, $p < 0.01$)、変化なし条件でも第2触覚刺激の方位が異なって知覚された。次に方位差条件ごとに、方位変化の有無及び視覚刺激の有無によって方位差の知覚が変化するかを検討するため、第1と第3触覚刺激の方位差×視覚刺激の呈示の有無×第2触覚刺激の方位の変化の有無による、対応あり3要因分散分析を行った。その結果、各要因の主効果が有意であり ($F(1.29, 14.19) = 8.25, p = .009, \eta_G^2 = .076$; $F(1, 11) = 25.76, p < .001, \eta_G^2 = .118$; $F(1, 11) = 8.35, p = .015, \eta_G^2 = .051$)、方位差と視覚刺激の呈示の有無の要因に交互作用が認められた ($F(2, 22) = 3.97, p = .034, \eta_G^2 = .025$)。単純主効果検定の結果、視覚あり条件で第1と第3触覚刺激の方位差条件に有意差が認められたが ($F(2, 22) = 8.3, p = .002, \eta_G^2 = .121$)、視覚なし条件では有意差が認められなかった ($F(2, 22) = 3.15, p = .063, \eta_G^2 = .049$)。



図3 条件ごとの2回目の刺激位置 (誤差線は標準誤差)

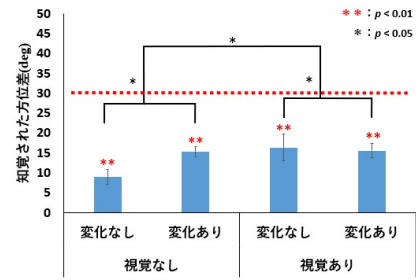


図4 60 deg 条件の知覚された方位差 (誤差線は標準誤差)

4 考察

第2触覚刺激の知覚位置は常に第1と第3の触覚刺激の2点間に知覚され、皮膚兎錯覚は刺激の方位に関わらず生じたといえる。視覚刺激の有無による皮膚兎錯覚の強さには有意差が認められず、先行研究で報告された視覚刺激との同期で皮膚兎錯覚が促進される結果は生じなかった。方位については、知覚された方位差がいずれも0よりも有意に大きく方位の錯覚が生じた可能性が示唆された。また視覚の有無による効果が見られ、触覚刺激と同期させることで強い錯覚が生じる可能性が示唆された。ただし、呈示した方位差が大きく異なっているにも関わらず、知覚された方位差に差が認められなかった。60, 90 deg条件において変化あり条件の知覚された方位差が実際に呈示した方位差よりも大きく下まわる小さな値であったことを合わせて考えると、方位の知覚は不確かで、方位の錯覚も明確に知覚されたのではないと考えられる。したがって、実際の触覚刺激の方位が正確に知覚される場合でも、皮膚兎錯覚生起時に方位の錯覚が生じるかどうかを検討する必要がある。

5 まとめ

VR上に実際に呈示していない触覚の情報を知覚させる試みとして、皮膚兎錯覚現象を応用して検討を行い、位置や方位が実際と異なる知覚が生じたことを示唆する結果が得られた。ただし、本実験では方位の知覚が不正確であったため、方位を示す刺激や刺激の呈示時間をより最適化し明確な方位知覚のもとで本研究で見られた現象が生じるかを検討する必要がある。

参考文献

- [1] F. A. Geldard and C. E. Sherrick: "The cutaneous "rabbit": a perceptual illusion", Science, 178, pp.178-179, (1972)
- [2] C. C. Berger and M. Gonzalez-Franco: "Expanding the Sense of Touch Outside the Body", Proceedings of the 15th ACM Symposium on Applied Perception, 11, pp.1-9, (2018)