

身体運動及び体性感覚の要因が音源定位に与える影響

1265110 細田 昂希 【知覚認知脳情報研究室】

Effects of Body Motion and Somatosensory Factors on Sound Localization

1265110 Koki HOSODA 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

1 はじめに

VRにおいて臨場感を高めるために、音は不可欠な要素の1つである。また、VRでは多感覚の刺激が呈示され、自身の腕や頭を自由に動かすことが可能である。そのため、VR内で音源となるオブジェクトに触れて音が鳴るとき、身体運動や体性感覚のどの要素が音源定位に関係しているかが明らかになれば、臨場感のある体験に関わる音源定位を適切に演出することが可能になると考えられる。先行研究では触覚刺激が音源定位に影響を与えることが報告されている[1]。しかし、これらの先行研究では受動的に聴覚刺激が呈示されており、能動的に音源に対して働きかけるときの音源定位については明らかにされていない。本研究では、能動的に音源に働きかけ、聴覚刺激を呈示するときの音源定位について検討した。実験1では、ベルを鳴らすという能動的な運動について到達運動、体性感覚、注意の3つの要素に分け、どの要素が音源定位に影響を与えるかを検討した。実験2では、身体以外の一般的な音源のオブジェクトではなく、身体を軽く叩くことで発する音のように、身体上に音源がある場合について、音源位置に呈示される受動的な触覚刺激が音源定位に与える影響について検討した。

2 参加者及び装置

正常な視力(矯正を含む)を有する成人男女が実験1は16名(平均年齢20.90, SD=1.57, 男性12名, 女性4名)、実験2は14名(平均年齢22.14, SD=2.28, 男性12名, 女性2名)が実験に参加した。視覚刺激の呈示にはヘッドマウントディスプレイ(HMD)のOculus Rift(Meta社)を使用し、聴覚刺激の呈示には、実験1ではポータブルスピーカ(JVC社)、実験2では腕の上で細かく音源位置を設定するため、小型スピーカ(uxcell社)を使用した。

3 刺激及び実験条件

3.1 実験1

聴覚刺激はベルの音を録音した音源を呈示した。音圧レベルは受聴位置で約60 dBであった。視覚刺激は右手のモデルとUnityで作成したベルのモデルを呈示した。受聴位置から50 cmの位置にスピーカを配置し、

その手前にベルを配置した。このベルからは音が出ず、実験参加者が現実のベルを押すとスピーカから聴覚刺激が呈示された。スピーカの中心はベルの中心から水平方向に $\pm 1^\circ$, $\pm 2^\circ$, $\pm 3^\circ$, $\pm 4^\circ$ ずらした。聴覚刺激を呈示する条件は以下の4条件であった。1つ目は、手を膝の上からベルの位置に動かしてベルを鳴らす到達運動条件、2つ目は、あらかじめベルの位置に手をおき、ベルを鳴らす体性感覚条件、3つ目は、ベルに向けた矢印を表示しその後ベルが鳴る注意条件、4つ目は、静止した状態でベルが鳴る統制条件であった。到達運動条件では、到達運動だけでなく、体性感覚と注意の要素が、体性感覚条件では、体性感覚だけでなく、注意の要素が含まれると考えられる。そのため、各条件間の弁別閾を比較することで、各条件の効果を検討した。

3.2 実験2

聴覚刺激は肌を叩いたと知覚される効果音を用い、小型スピーカで呈示した。音圧レベルは受聴位置で約45 dBであった。視覚刺激は左腕のモデルと右手のモデルをHMDで呈示した。聴覚刺激を呈示する条件は以下の2条件であった。1つ目の条件は、左腕を前方に置き右手の人差し指で左腕を軽く叩くことで音を鳴らす条件であり、音源を示す視覚刺激の位置に受動的な触覚刺激がある条件(受動的な触覚刺激あり条件)であった。2つ目の条件は、叩いた時の感覚が肌に似ている保冷剤を人の体温程度に温め前方に置き、右手の人差し指で軽く叩くことで音を鳴らす条件であり、音源を示す視覚刺激の位置に受動的な触覚刺激がない条件(受動的な触覚刺激なし条件)であった。実験参加者は、受聴位置を中心として、左右に3.5, 7, 10.5, 14 cmの位置にスピーカを設置したアームカバーを腕または保冷剤に装着した。腕または保冷剤は受聴位置から20 cm離れた位置に置いた。どちらの条件においてもVR上にはスピーカは呈示せず、現実の腕の位置または保冷剤の位置に腕のモデルを呈示した。手の位置の固有感覚の影響を統制するため、受動的な触覚刺激なし条件においても保冷剤の奥に腕を置いた。現実の叩いた音を軽減するため、実験参加者には腕を軽く叩くように指示した。

4 実験手続き

4.1 実験1

実験参加者は椅子に座り、HMDを装着し、手の位置をトラッキングするためのコントローラを右手に固定した。試行開始後VR上にベルを表示し、各条件の手続きに従って聴覚刺激を呈示した。実験参加者は2肢強制選択法によって音源位置がVR上のベルよりも右か左か回答した。音源のずれ5水準を恒常法で各水準20試行を行い、参加者は4つの条件で課題を行った。課題の条件は参加者間でカウンターバランスを取った。

4.2 実験2

実験参加者は椅子に座り、HMDを装着し、手の位置をトラッキングするためのコントローラを右手に持った。そして左腕を前方に置き、条件1では腕にスピーカが付いたアームカバーを取り付け、条件2ではアームカバーを付けた保冷剤を置いた。本試行開始後、VR上の左腕のモデルの叩く位置に赤色の印が表示された。実験参加者がVR上に表示された右手の人差し指で赤色の印を軽く叩くと、それに同期してスピーカから音が鳴り、赤色の印が消えた。実験参加者はスピーカの音が叩いた位置よりも右から聞こえたか左から聞こえたかを2肢強制選択法によって回答した。音源のずれ4水準を恒常法で各水準18試行を行い、実験参加者は2つの条件で課題を行った。課題の条件は参加者間でカウンターバランスを取った。

5 結果及び考察

音源の左右のずれの方向に関わらず、ずれの絶対値でまとめて扱い、実験参加者ごとに各音源のずれの正答率を算出した。ずれごとの正答率に心理測定関数をフィッティングし、その関数の正答率75%となる点を参加者ごとの音源位置判断の弁別閾とした。

5.1 実験1

各課題の条件の弁別閾の平均値を図1に示す。課題の条件を要因とする対応あり1要因分散分析を行った結果、有意な差が認められた($F(3, 60) = 25.4, p < .001, \eta_G^2 = .29$)。Shafferの方法による多重比較の結果、到達運動条件より注意条件($p < .05$)、到達運動より統制条件($p < .01$)、体性感覚条件より注意条件($p < .05$)、体性感覚条件より統制条件($p < .01$)、注意条件より統制条件($p < .05$)、の弁別閾が有意に大きかった。体性感覚条件と注意条件間、注意条件と統制条件間に有意差が見られたことから、手の位置の固有感覚、力触覚フィードバックの効果、注意による視覚的な手がかりの効果が音源定位に影響を与えと考えられる。

5.2 実験2

各課題の条件の弁別閾の平均値を図2に示す。対応あり t 検定の結果、音源位置に触覚刺激がある条件の方が、音源位置に触覚刺激がない条件よりも閾値が有意に

大きかった($t(26) = 2.69, p < .05, d = .47$)。この結果から、視覚における音源位置に呈示された聴覚刺激と同期した触覚刺激は音源定位に影響を与えることが示された。先行研究では、身体近傍空間では多感覚統合処理が促進されることが報告されている[2]。さらに、視覚刺激が身体近傍空間に接近することで、その後与えられる触覚刺激の予測を促進させることが報告されている[3]。今回の実験では音源は身体上にあり、右手の人差し指を接近させて腕を軽く叩き、視覚や聴覚と同期した触覚刺激が右手と左腕に同時に生じることによって、多感覚統合処理がより強力に行われ、錯覚が大きくなったと考えられる。

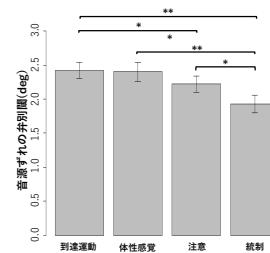


図1 実験1の結果

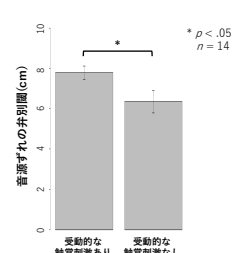


図2 実験1の結果

6 まとめ

本研究では、能動的に音源に対して働きかけるときの身体運動、体性感覚の情報が音源定位に与える影響について検討した。その結果、実験1では、能動的な運動の要素である体性感覚と注意が音源定位に影響を与えることが示された。実験2では、視覚による音源を示す位置にある受動的な触覚刺激が音源定位に影響を与えることが示された。

参考文献

- [1] A. Caclin, S. Soto-Faraco, A. Kingstone and C. Spence, "Tactile 'capture' of audition", *Perception and Psychophysics*, 64 (4), 616-630, 2002.
- [2] G. Rizzolatti, C. Scandolara, M. Matelli and M. Gentilucci, "Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses", *Behavioural Brain Research*, 2, 2, 147-63, 1981.
- [3] T. Kimu and J. Kataya, "Visual stimuli in the peripersonal space facilitate the spatial prediction of tactile events—A comparison between approach and nearness effects", *Sec. Cognitive Neuroscience*, *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 2023.