

異なる身体部位の表象基盤の共有性に関する検討

光松秀倫

名古屋大学大学院情報科学研究科

大脳の運動前野は、身体運動に関する視覚表象と運動の準備の両方に関わる領域であり、各身体部位はそれぞれ異なる領域で表象されている。この表象領域の分離性は完全ではなく、手と口の表象領域は運動前野の腹側部でオーバーラップしていることが報告されている。これは、食べ物を手で掴んで口に運ぶ霊長類の行動特徴が反映されたものと考えられる。視覚運動系の脳領域のこうした構造が、心理学的にどのように影響するのかは分かっていない。本研究では、手と口の機能的な協調関係が互いの視覚処理を促進すると予測して、身体部位間の視覚的プライミング実験を行った。その結果、開いた口のプライム刺激は、手の甲の知覚を促進したが、手のひらの知覚は促進しなかった。さらに、足の甲にも促進効果が見られたが、足の裏には見られなかった。この口と手の視点の組合せは、他人の摂食を観察する時の視点と一致する。したがって、このプライミング効果は、他人の行為を理解するミラーニューロンシステムの働きが関与したことが示唆された。促進効果が、手の甲だけでなく足の甲にも見られたことは、この効果が意味的処理ではなく、視覚的な促進効果であったことが示唆された。すなわち、手のひらと甲を区別する視覚特徴（爪、表面の凹凸）と足の甲と裏を区別する視覚特徴が類似していたことに起因すると考えられた。

Keywords: somatotopy, mouth, hand, mirror neuron, visual priming, view dependence

問題・目的

大脳の運動前野は、身体運動に関する視覚表象と運動の準備の両方に関わる領域であり、各身体部位はそれぞれ異なる領域で表象されている。この表象領域の分離性は完全ではなく、手と口の表象領域は運動前野の腹側部でオーバーラップしていることが報告されている(Wolfensteller, Schubotz, & von Cramon, 2007)。これは、食べ物を手で掴んで口に運ぶ霊長類の行動特徴が反映されたものと考えられる。サルの運動前野腹側部 (F5) の単一ニューロンの応答特性を調べた研究によると、サル自身が目前の物を掴む時と他人が掴むのを観察した時の両方に応答するミラーニューロンが存在する(Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996)。F5には、こうした把持動作の他に、食べ物を口に入れる動作に応答するミラーニューロンも存在する(Ferrari, Gallese, Rizzolatti, & Fogassi, 2003)。また、把持動作のミラーニューロンの応答特性には、観察視点の依存性がある(Caggiano et al., 2011)。視覚運動系の脳領域のこうした構造が、心理学的にどのように影響するのかは分かっていない。

本研究では、手と口の機能的な協調関係が互いの視覚処理を促進すると予測して、身体部位間の視覚的プライミング実験を行った。具体的には、開いた口の正面の画像は、他人が食べ物を口に運ぶのを観察する時の視点と一致する手の甲の知覚を促進すると予測した。また、この促進効果において、手のアイデンティティが重要なのか、手の視覚情報に存在する解剖学的・視覚的特徴が重要であるかを区別するため、比較刺激として、足の画像を用いた。手のひらと甲を区別

する視覚特徴(爪の有無、凹凸面など)は、足を区別する場合にも、ある程度共通であると考えられる。

実験

方法

刺激 刺激には先行刺激と後続刺激の2つがあった。先行刺激を1秒提示し、直後に後続刺激を提示した。後続刺激は参加者が反応するまで提示された。先行刺激には3種類あり、1つ目は、プラス記号(+)、2つ目は、開いた口の画像、3つ目は閉じた口と開いた口の連続提示(各刺激0.5秒間提示)であった(図1a)。後続刺激として、手、或いは足が提示された(図1b)。手と足の刺激は、それぞれ4種類、合計8種類であった。手については、右手か左手か、甲か手のひらかの組み合わせで4種類あった。足についても、右か左か、甲か裏かの組み合わせで4種類であった。各身体部位画像の大きさは、12cm × 12cmの正方形に収まる大きさであった。



図1a. 第1刺激の例（閉じてから開く口）



図1b. 第2刺激の例（手のひら、手の甲、足の裏、足の甲）

課題 被験者は、後続刺激の身体部位がどちらの面(手の甲・掌、或いは足の甲・裏)であったかに応じてキーボード上の2つのキーを選択して押した。2つのキーは、参加者の右手と左手の人差し指で押した。計8種類の後続刺激は、2つのグループ(4種類ずつ)に分けられ、それぞれ異なるキーが割り当てられた。すなわち、手の甲と足の甲を1つのキーに割り当て、掌と足の裏をもう1つのキーに割り当てた。各被験者がどちらの刺激反応マッピングに割り当てられるかはランダムに決められた。11名の学生が実験に参加した。

結果

手と足の刺激の反応時間のデータ(図2a, 図2b)について、それぞれ2要因(第1刺激3水準×第2刺激2水準)の分散分析を行った(第1刺激の3水準は、(1)プラス記号、(2)開いた口、(3)閉じてから開く口であり、第2刺激の2水準は(1)手のひら、(2)手の甲、或いは(1)足の裏、(2)足の甲であった。分析の結果、手と足の両方のデータとも、2要因の交互作用が有意であった、 $F(1,10) = 52.13, p < 0.01, F(1, 10) = 30.08, p < 0.01$ 。プラス記号条件、すなわち、先行する身体文脈がない条件に比べて、開いた口を先行提示した条件では、手と足の両方とも、甲側の知覚が促進された。

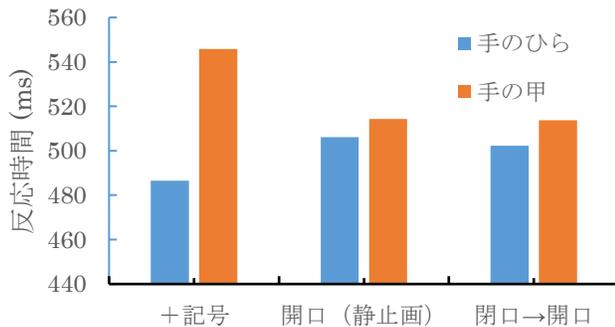


図2a. 第1刺激と手に対する反応時間の関係

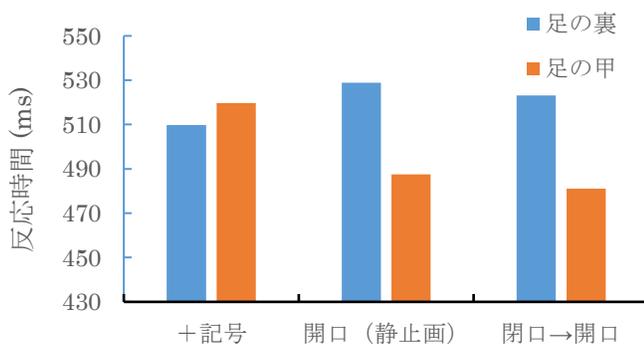


図2b. 第1刺激と足に対する反応時間の関係

考察

正面の視点からの開いた口の先行刺激は、後続する手の甲の知覚を促進したが、手のひらの知覚は促進しなかった。この口と手の視点の組合せは、他人の摂食を観察する時の視点と一致する。つまり、摂食する時には手のひらを自分の口に向けるのであり、手の甲を口には向けない。これを他人の視点からは、口と手の甲が観察される。

このプライミング効果は、他人の行為の観察・理解を担うミラーニューロンシステムが関与したことが考えられる。視点の依存性は、ミラーニューロンの応答特性として報告されており、刺激のアイデンティティよりも視覚特徴に対して応答したものである。

本実験の促進効果が視覚特徴処理を反映したという証拠は、視点依存性の存在だけではない。促進効果が手の甲だけでなく足の甲にも見られたことは、この効果が意味的処理ではなく、視覚的な促進効果であったことが示唆された。すなわち、手のひらと甲を区別する視覚特徴(爪、表面の凹凸)は、足の甲と裏を区別する場合にも共通である。

本研究において、口と手の表象は、運動前野腹側部で共有されており、その構造が視覚的プライミングを生起させたと考えられた。しかし、そのアイデンティティ情報は不完全で、身体部位をいくつかの視覚特徴として表象している可能性が示唆された。

参考文献

- Caggiano, V., Fogassi, L., Rizzolatti, G., Pomper, J. K., Thier, P., Giese, M. A., & Casile, A. (2011). View-Based Encoding of Actions in Mirror Neurons of Area F5 in Macaque Premotor Cortex. *Current Biology*, *21*(2), 144-148. doi: 10.1016/j.cub.2010.12.022
- Ferrari, P. F., Gallese, V., Rizzolatti, G., & Fogassi, L. (2003). Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex. *European Journal of Neuroscience*, *17*(8), 1703-1714.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain: a journal of neurology*, *119*, 593-609. doi: DOI 10.1093/brain/119.2.593
- Wolfensteller, U., Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2007). Understanding non-biological dynamics with your own premotor system. *Neuroimage*, *36*, T33-T43.