

手で操作可能な物体の記憶に対する利き手拘束の影響

Does restraint of the dominant hand affect memory for lateralized hand-manipulable objects?

丹羽 晴香[†], 月元 敬[‡]
Haruka Niwa, Takashi Tsukimoto

[†]大阪公立大学大学院, [‡]岐阜大学
Osaka Metropolitan University, Gifu University
sa24236e@st.omu.ac.jp

概要

本研究は、利き手の拘束が、利き手側に持ち手のある物体の長期記憶に与える影響を検証した。実験の結果、右利きの参加者では、利き手拘束条件において、利き手側に持ち手のある物体が、非利き手側に持ち手のある物体よりも多く想起できることが示された。これは不十分な手の拘束によるものだと考えられ、運動による記憶干渉効果を検証する実験において、適切な運動妨害や認知負荷を与えることの重要性について考察した。

キーワード: 運動シミュレーション (motor simulation), 利き手 (dominant hand), 長期記憶 (long-term memory)

1. はじめに

Gibson (1979) の提唱した「アフォーダンス」という概念は「環境が動物に提供している意味や価値」のことである。これに基づけば、我々が知覚するのは対象の性質ではなく、対象のアフォーダンスである[1]。

Tucker & Ellis (1998) はこのアフォーダンス概念を、物体への行為の意図が形成される前に対象物やその特性の表象が引き起こす運動パターンに拡張し、実験を行った[2]。参加者に、提示される物体が直立しているか倒立しているかを両手のキー押しで反応させた結果、持ち手が右側にある物体には右手の反応が、持ち手が左側にある物体には左手の反応が速いことが示された。これにより、物体の表象には動作要素が含まれており、その物体のアフォーダンスと適合する運動パターンが活性化することが論じられた。

「対象がアフォーダンスする行為」が知覚される際、実際に行動する時と同様に運動皮質が活性化することは「運動シミュレーション」と呼ばれている[3]。例えば、腹側運動前野 (F5 野) は、サルが物体を把持する時だけでなく、物体を視覚的に提示された時も活性化することが示されている[4]。また、ヒトが道具の絵を見たり命名したりする際に左腹側運動前野 (BA6) が活性化することも明らかになっている[5]。

運動シミュレーションを妨害すると、行動概念の認知や記憶が干渉されることが確認されている。例えば、

下頭頂小葉 (IPL) に経頭蓋磁気刺激 (TMS) を行うと、操作可能な物体の命名が遅れるが、操作不可能な物体の命名は遅れない[6]。また、物体がアフォーダンスする行動と適合しない動作を課すことにより運動シミュレーションを妨害すると、日常的に頻繁に触れる物体の命名のパフォーマンスが低下すること[7]や運動が妨害された手の方向に持ち手が向いた道具の命名が遅くなること[8]が示されている。これらは運動シミュレーションの因果性を支持する証拠である。

他方、Matheson et al. (2014) は運動干渉の効果を追認できず[9]、Saccone et al. (2021) は、手の位置や利き手の考慮などの要因を変更し、操作可能な物体のみを対象とした実験を行ったが、処理パフォーマンスに差は認められなかった[10]。このように、運動シミュレーションの因果性を支持しない報告もある。

運動シミュレーションの解釈は一貫していないが、操作可能な物体の長期記憶と運動システムが処理資源を共有しているかという観点で、近年は意味記憶課題からエピソード記憶課題へと展開している。Dutriaux & Gyselinck (2016) は、両手を後ろで組むことが操作可能な物体の記憶成績に干渉効果を与えることを示した[3]。また、大西・牧岡 (2020) は、手の可視性や位置に関わらず、手の拘束が操作可能な物体の長期記憶に干渉効果を与えることを示している[11]。これらの実験の違いは提示される物体の向きであった。前者は利き手側に配置し、後者ではランダムであり、利き手と物体の持ち手の向きの潜在的な適合性の影響が存在する可能性がある。そのため、物体の持ち手の向き及び利き手という要因を考慮する必要がある。

Casasanto (2009) が提唱した「身体特異性仮説」によると[12]、利き手で行う動作は右利きと左利きで異なる神経認知表象を形成しており、これに基づけば、右利きは持ち手が右側の物体に、左利きは持ち手が左側の物体に対して運動シミュレーションが容易になると推測される。持ち手の向きと利き手の適合性効果は、持ち手

のあるコップに対する移動指示の記憶実験において右利きのみ確認されている[13].

以上を踏まえ、本研究では右利きの参加者を対象に、利き手の拘束が手で操作できる物体や操作できない物体の長期記憶に与える影響を検証する。操作できる物体として、持ち手が右側と左側にあるものを用いる。これにより、利き手と物体の相互作用が物体の長期記憶(エピソード記憶)に与える影響を検討する。

本研究の仮説は、以下の通りである。

1. 「完全な右利き」参加者は左手を拘束するよりも右手を拘束する方が、持ち手が右側にある物体の記憶成績が低くなるだろう。
2. 「完全な右利き」参加者は右手拘束により、持ち手が左側にある物体や操作不可能な物体よりも、持ち手が右側にある物体の記憶成績が低くなるだろう。

2. 方法

2.1. 実験参加者

岐阜大学学部生 45 名が実験に参加した。

2.2. 実験計画

拘束(参加者間計画:右手,左手)×物体(参加者内要因:持ち手右,持ち手左,操作不可能)の2要因混合計画だった。

2.3. 視覚刺激

手で操作できる物体 27 個(例:歯ブラシ,ラケット),手で操作できない物体の 13 個(例:踏切,ベッド)のイラスト画像を用いた。操作できる物体 3 個と操作できない物体 1 個はフィラーとして系列位置の初めと終わりに固定して置かれた。残りの操作できる物体は 12 個ずつ 2 つのリスト(AとB)に入れ、半数の参加者はリスト A の持ち手が右向き,リスト B の持ち手が左向きで提示され,半数の参加者はその逆で提示された。リスト A, B, 手で操作できない物体のリスト間で語彙使用頻度[14], 文字数, 心像性[15]の均等化を図った。練習試行, 本試行共に画像刺激は白い背景上に 300×300 ピクセルでランダムな順序で提示された。

2.4. 装置

実験の制御には lab.js (Henninger et al., 2020; <https://lab.js.org/>)

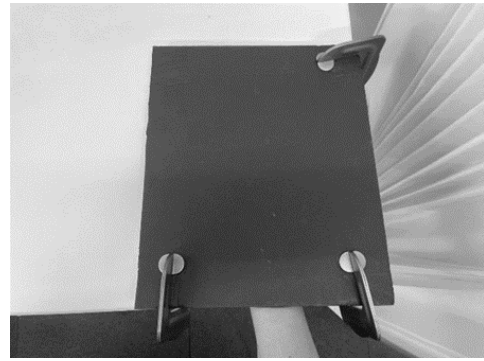


図1 手の拘束状況(右手の場合)

js.org)を用いた。手の拘束のために黒のボード, スポンジ, クランプを用いた。机の上に置いた両手のうち, 片方を黒のボードで押さえつけることによって手を拘束した(図1)。

2.5. 手続き

参加者にインフォームドコンセントを行い, 紙面で同意を得てから実験に移った。割り当てられた拘束条件で練習試行を開始した。実験の流れが理解できたことを確認した後, 本試行を行った。実験中は参加者の視界に手で操作できる物体(マウス, キーボード等)が映らないようにした。本試行は次の3段階で構成された。

1. 学習段階: 参加者は右手または左手が拘束された状態(図1)で提示される物体を記憶した。5秒のカウントダウンと0.5秒のブランク後, 物体の画像提示を開始した。物体は1つずつ3秒間提示され, 1.5秒のブランク後, 次の物体に切り替わった。
2. 妨害課題: 両手を無拘束状態で机の上に置き, 妨害課題を約90秒間行った。課題は, 提示されるアルファベットの大文字と小文字のペアが「同じ」文字か「違う」文字かを口頭で答えるものであった。5秒のカウントダウンと0.5秒のブランク後, アルファベットのペアが1.5秒間提示され, 0.75秒のブランク後, 次のペアが提示された。
3. 再生課題: 参加者は両手を無拘束状態で机の上に置き, 学習段階で覚えた物体の名前をできるだけ思い出し, 口頭で回答した。参加者がこれ以上思い出せないことを示したら終了した。

本試行終了後, 2つの項目に変更点を加えた FLANDARS 利き手テスト[16]に回答した。一人あたりの実験時間は約 20 分だった。

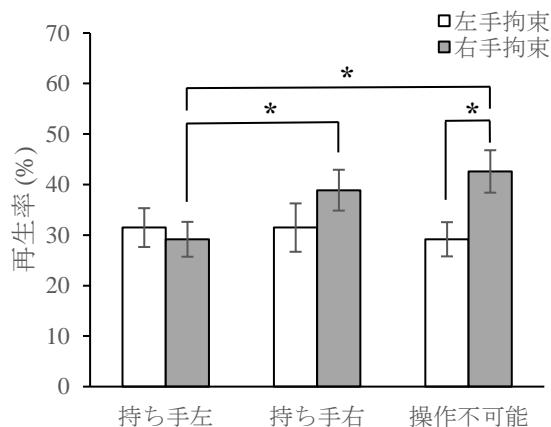


図2 各条件における物体の平均再生率

3. 結果

利き手テストの10項目すべてを右手で使用すると回答した36名を「完全な右利き」とし、分析対象とした。

分析には R 4.1.3 (R Core Team, 2022), RStudio 2022.02.3 (RStudio Team, 2022) を使用した。

参加者の物体の平均再生率について、拘束 (左手, 右手) × 物体 (持ち手左物体, 持ち手右物体, 操作不可能物体) の 2 要因分散分析を行った結果, 拘束と物体の主効果 (拘束: $F(1, 34) = 2.00, p = .17$; 物体: $F(2, 68) = 1.94, p = .15$) は有意ではなかったが, 拘束と物体の交互作用 ($F(2, 68) = 3.33, p = .04, \eta_p^2 = .09$) は有意であった (図2)。下位検定の結果, 操作不可能な物体における有意な拘束の単純主効果が認められ ($F(1, 34) = 6.19, p = .02, \eta_p^2 = .15$), 右手拘束の方が左手拘束よりも平均再生率が高いことが示された。さらに, 右手拘束における有意な物体の単純主効果が認められた ($F(2, 34) = 6.26, p < .01, \eta_p^2 = .27$) ため, Shaffer 法による多重比較を行ったところ, 操作不可能な物体は持ち手左物体よりも平均再生率が高く ($t(17) = 3.27, p = .01$), 持ち手右物体は持ち手左物体よりも平均再生率が高い ($t(17) = 2.43, p = .03$) ことが示された。これら以外の単純主効果は有意ではなかった ($F_s < 1.41, ns$)。

4. 考察

実験の結果, 右利きの人が右手を拘束することで, 持ち手右物体の記憶成績が低くなるという結果は得られず, 仮説は両方とも支持されなかった。これは先行研究の結果と異なっており, 運動シミュレーションが行動概念の想起に因果的な役割を持つという見方と一致し

ていない。しかし, 運動の妨害が操作できる物体の想起に無関係だということを示したわけではない。

まず, 持ち手右物体の記憶成績が右手拘束によって促進した。この原因として, 手の拘束が運動シミュレーションを妨害できていなかった可能性が考えられる。大西・牧岡 (2020) では手の拘束のために厚みや重みのあるアクリル板が用いられ, 拘束装置自体がボルトで机に取り付けられ, 固定されていたのに対し, 本実験では厚さ 5 ミリ程度の黒のカラーボードの 3 箇所をクランプで押さえた (図1)。それに加え, 本研究ではカラーボードと指の間に生じる余白を埋めるために, 指付近にはスポンジが取り付けられていた。このように, 手の拘束の仕方が先行研究よりもやや緩く, その結果, 本実験では運動妨害の感覚を十分に与えられなかった可能性がある。Apel et al. (2012) は, 右利きの人が右手で指示を実行する場合, 持ち手が左にあるコップに対する移動指示よりも持ち手が右にあるコップに対する指示をより多く想起する一方, 非利き手である左手で指示を実行する場合はコップの持ち手の違いによる違いは生じないことを示している。この結果は, 本実験において右手拘束条件が持ち手右物体の記憶成績が高かったが, 左手拘束条件では持ち手の向きによる記憶成績の有意な差がなかったことと一致している。つまり, 本実験における手の拘束の効果が, 移動指示の実行と同様の効果を持っていた可能性が考えられる。しかし, 先行研究では, 運動の妨害が逆に運動関連の概念を活性化させた事例はなく, この効果を検討するためには, 手の拘束の強さを要因とする更なる実験が必要である。

次に, 右手拘束において, 手で操作できない物体の記憶成績が高くなったことについては, その刺激の中に, 体全体で相互作用する物体が存在したことが起因している可能性がある (例: ベッド, 階段など)。運動シミュレーション仮説に基づけば, 全身で関わる物体を見ると, それに対応する運動野が活性化すると考えられる。また, 操作不可能物体の記憶成績が高くなったのは右手拘束のときのみであったことから, 操作不可能な物体も, 持ち手右物体と同様に, 不十分な右手の拘束によって引き起こされた運動野の活性化によって記憶成績が高くなった可能性がある。これは, 右利きの人にとって, 右手が全身運動と関連している可能性を示唆している。両手を拘束した実験[11]でも, 手の拘束が, 操作不可能物体の記憶に促進効果を与える傾向が見られており, 手の拘束がその他の身体の部位の運動シミュレーションに与える影響について更なる検討が必要だ。

最後に、本研究の課題や今後の展望について述べる。本研究の課題は、参加者が一度に覚えなければならない物体が多かった可能性である。本研究は40個（フィラー4個含む）であり、先行研究よりも多いと言える。このため、記憶負荷が高く、カテゴリー化して覚えるなどの記憶方略が採られた可能性がある。身体性認知は潜在的に我々の認知活動を支えているものである[17]ことからすると、このような意図的な方略やその効果により、身体性認知は、覆い隠されてしまうのかもしれない。意図的な記憶方略の使用を抑制するためには、比較的認知負荷の低い手続きでの追試が必要であろう。

今後の展望としては、無拘束条件と比較することによって、本実験で得られた片手の拘束による影響が促進を表しているのか、それとも干渉を表しているのかを明確化することが求められる。

5. 参考文献

- [1] Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA; Houghton Mifflin.
(ギブソン, J. J. 古崎 敬・古崎 愛子・辻 敬一郎・村瀬 旻 (共訳) (1985). *生態学的視覚論——ヒトの知覚世界を探る——* サイエンス社)
- [2] Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24* (3), 830–846. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.830>
- [3] Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. *PLoS ONE*, *11* (7), e0159108. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159108>
- [4] Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage*, *12* (4), 478–484. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0635>
- [5] Murata, A., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Raos, V., & Rizzolatti, G. (1997). Object representation in the ventral premotor cortex (area F5) of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, *78* (4), 2226–2230. <https://doi.org/10.1152/jn.1997.78.4.2226>
- [6] Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010). Category-specific versus category-general semantic impairment induced by transcranial magnetic stimulation. *Current Biology*, *20* (10), 964–968. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.03.070>
- [7] Yee, E., Chrysikou, E. G., Hoffman, E., & Thompson-Schill, S. L. (2013). Manual experience shapes object representation. *Psychological Science*, *24* (6), 909–919. <https://doi.org/10.1177/0956797612464658>
- [8] Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A functional role for motor simulation in identifying tools. *Psychological Science*, *21* (9), 1215–1219. <https://doi.org/10.1177/0956797610378307>
- [9] Matheson, H. E., White, N., & McMullen, P. A. (2014). Testing the embodied account of object naming: A concurrent motor task affects naming artifacts and animals. *Acta Psychologica*, *145*, 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.10.012>
- [10] Saccone, E. J., Thomas, N. A., & Nicholls, M. E. R. (2021). One-handed motor activity does not interfere with naming lateralized pictures of tools. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *47* (4), 529–544. <https://doi.org/10.1037/xhp0000863>
- [11] 大西 紗英・牧岡 省吾 (2020). 手で操作できる物体の記憶に対する手の拘束の干渉効果: 手の位置と可視性に関する検討 *認知科学*, *27* (3), 250–261. <https://doi.org/10.11225/cs.2020.022>
- [12] Casasanto, D. (2009). Embodiment of abstract concepts: Good and bad in right- and left-handers. *Journal of Experimental Psychology: General*, *138* (3), 351–367. <https://doi.org/10.1037/a0015854>
- [13] Apel, J. K., Cangelosi, A., Ellis, R., Goslin, J., & Fischer, M. H. (2012). Object affordance influences instruction span. *Experimental Brain Research*, *223*, 199–206. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3251-0>
- [14] Tamaoka, K., Makioka, S., Sanders, S., & Verdonschot, R. G. (2017). www.kanjidatabase.com: A new interactive online database for psychological and linguistic research on Japanese kanji and their compound words. *Psychological Research*, *81* (3), 696–708. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0764-3>
- [15] 佐久間 尚子・伊集院 睦雄・伏見 貴夫・辰巳 格・田中正之・天野 成昭・近藤 公久 (2005). *日本語の語彙特性 (第8巻 単語心像性)* 三省堂
- [16] 大久保 街亜・鈴木 玄 (2014). 日本語版 FLANDERS 利き手テスト——信頼性と妥当性の検討—— *心理学研究*, *85* (5), 474–481. <https://doi.org/10.4992/jjpsy.85.13235>
- [17] Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9* (4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>