

エビングハウス錯視を回す:知覚対運動仮説を検証するための新しい実験系の提案

Turning the Ebbinghaus illusion: A novel experimental framework for testing the perception-versus-action hypothesis

水野 貴行[†], 都丸 武宜[†], 西山 雄大[‡], 村上 久[†]

Takayuki Mizuno, Takenori Tomaru, Yuta Nishiyama, Hisashi Murakami

[†]京都工芸繊維大学, [‡]長岡科学技術大学

Kyoto Institute of Technology, Nagaoka University of Technology

m3622037@edu.kit.ac.jp

概要

錯視を用いた実験から、知覚のための視覚と運動のための視覚は異なるメカニズムによる「知覚対運動仮説」が提唱されているが、依然として反論も多い。本研究では、運動への錯視の影響を従来より明確に検証可能と考えられる、「まわし」動作における指の使用本数に着目した実験を行った。結果として、錯視による指の使用本数への影響が観察され、運動のための視覚も錯視の影響を受けている可能性が示唆された。

キーワード：知覚対運動仮説(perception-versus-action hypothesis), 知覚のための視覚 (vision for perception), 運動のための視覚 (vision for action), 衝突回避システム (obstacle avoidance)

1. はじめに

視覚世界に対する私たちの認識は、その性質上相対的なものである。つまり、同じ大きさの物体でも、その周りにある物体の視覚刺激によって、違う大きさに知覚されてしまう（知覚のための視覚）。しかし、物体を正確に掴むためには周りとの相対的な判断では不十分であり、物体までの距離や物体そのものの大きさに関する絶対的な情報が必要である（運動のための視覚）。では、これら「知覚のための視覚」と「運動のための視覚」の間にはいかなる関係があるのか。Goodale らは、エビングハウス錯視を用いた実験でこの点を検証した[1]。エビングハウス錯視とは、円形のオブジェクトが、その周りを囲む円のサイズに依存して、実物と異なるサイズで知覚される現象である（図1）。この実験において、物体の大きさの知覚的判断（知覚のための視覚）に大きな影響を与える錯視は、その物体（錯視図形中央にある円形オブジェクト）を二本指でつかむ際の指の開き幅（運動のための視覚）に、ほとんど影響を与えないという結果を得た。ここから、知覚のための視覚と運動のための視覚はそれぞれ異なるメカニズムによるものだ、という「知覚対運動仮説」を唱えた。その一方で、Franz らを中心に複数の反論も寄せられており、

今でも議論は続いている[2]。

この議論の一因として、従来研究ではオブジェクトを掴むときの二本の指の幅への錯視の影響をみてきたが、その影響が二つの視覚システムのどちらに依存するのか曖昧だった点が挙げられる。例えば指の幅に着目するとき、その変化の要因として、衝突回避システムを代表とする知覚レベルの錯視とは関係のない機構からの影響を捨象することが難しい。

そこで、本研究では、衝突回避システムを無効化するために、指の幅ではなく、オブジェクトを回転させるときに使われる指の本数に着目した実験を行った。円柱形つまみの回転操作に関する松崎らの先行研究[3]から、円柱の直径が大きくなると、その円柱を回転させるために使用する指の本数が増えることが知られている。特に、円柱の直径が10mm~11mmの時に回転操作に使用する指の本数が2本から3本へと変化することがわかっている。本研究では、錯視がこの指の本数に与える影響に着目した実験パラダイムを提案する。本実験では、指の開き幅ではなく指の使用本数に注目するため、知覚のための視覚と運動のための視覚は分離したものなのか、それとも、相互作用をしているのかをより明らかにできると考えられる。

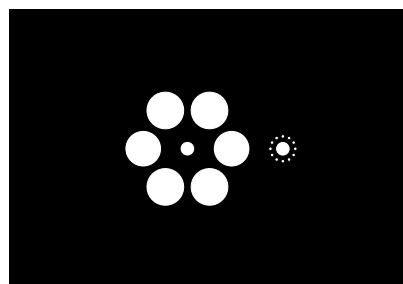


図1 エビングハウス錯視

2. 方法

実験は、右利きの18歳から23歳の、男性16名、女性5名を対象として行った。衝突回避システムの影響を無効化するために、松崎元らの実験[3]を参考にし、木のつまみの回転操作開始時の指の本数に注目した。

2.1 実験環境

回転操作の対象物として、直径が7mm, 8mm, 9mm, 10mm, 12mm, 15mm, 18mm, 20mmで高さ30mmの、8種類の木製の円柱(図2)を用意した。操作対象物の背景の紙として、8種類の木製の円柱の直径と同じ直径の円が中心に配置されているエビングハウス錯視を large-far と small-near の2条件用意した。紙のサイズは全てA4(210mm×297mm)である。



図2 操作対象の木製円柱つまみ

2.2 実験手順

最初に、被験者は円柱の回転操作を理解するための練習を行った。練習では、エビングハウス錯視を用いた実験を行うという先入観を与えないために、黒色の紙を背景として使用した。まず、黒色の紙を机の上にセットし、黒い紙の中心に針金が軸となり、回すことのできるようにした円柱を準備しておき、全体を段ボールで覆い被験者からは見えないようにしておく。円柱の大きさは上述の中からランダムに選ばれた。以上の準備段階では、被験者は、つま先を所定の位置に置き、実験装置がある机とは逆の方向を向いておく。準備が出来次第、実験者が「振り返ってください」と言ったら、実験装置がある机の方向に振り返り、青色のテープの先端につま先を合わせ(図3)、実験装置を隠している段ボールを上から覗き込むような姿勢をとる。この時、より自然な状態で回転操作できるよう、被験者の手の位置については特に指示していない[3]。被験者がこの姿勢になったことを確認したら、実験者が段ボールを取り除き、被験者には3秒以内に右手で時計回りに円柱を回転してもらった。ただし、ストップウォッチ等を使用して回転操作を行った場合、被験者が緊迫感を感じる可能性があるため、3秒を正確に測るわけではな

く、指示のみを行った。円柱を回転させた後、被験者には、後ろを向いていた状態に戻ってもらい、次の試行の準備ができるまで、後ろを向いた状態で待機してもらった。本実験でも同様の回転操作を繰り返し行うので、回転操作の流れがしっかりと理解できるまで、繰り返し練習を行った。

次に、本実験として、エビングハウス錯視を large-far 条件と small-near 条件それぞれの背景紙(図4)を用いて、回転操作を32試行繰り返し行った。32回の回転操作の内訳は、2条件×16種類の円柱サイズで、順番は事前にランダムに決定した。被験者が後ろを向いている間に、エビングハウス錯視の背景の紙を交換し、それに対応した円柱を中心の針金に差し込んだ状態にした。被験者の回転操作の流れは練習と同様である。



図3 実験装置全体の様子



図4 エビングハウス錯視の背景紙
(左:large-far 条件, 右:small-near 条件)

2.3 ビデオ解析

被験者が円柱を回す際に使用した指の本数を記録するにあたって、本研究ではエビングハウス錯視の紙を操作対象物の背景として使用するため、松崎らの実験[3]のように、実験の様子を真下からビデオカメラで撮影することができない。そのため本研究では、GoPro(HD, 30fps)を被験者の前方に1台、被験者の右方向に3台設置し、回転の様子を撮影した。撮影されたビデオ映像から、被験者が円柱の回転を開始する瞬間の指の接触本数と回転終了時の指の接触本数記録した。

本実験では、指2本で掴んでいる場合は0、指3本以上で掴んでいる場合は1とした。その上で、被験者全体での円柱の各直径において指を3本以上使う確率を各条件で求めた。

円柱の直径ごとの small-near 条件と large-far 条件での被験者全体の回転操作に指を3本以上使用する確率をグラフ化し、円柱の各直径で large-far 条件と small-near 条件でカイ二乗検定を行い、small-near 条件と large-far 条件での全体的な差や、ある特定の円柱の直径における差について調べた。被験者21名のうち、5名はいずれかの条件で全て円柱サイズに対して同じ指の本数を使用した。これらの被験者のデータは除いた。結果残りの16名についてのデータを用いた。

3. 結果

図5より、全体的に、同じ直径の操作対象物に対して、small-near 条件の時の方が、large-far 条件の時よりも円柱の回転操作開始時に指を3本以上使う確率が高いことがわかる。また、2本、3本指のそれぞれで回した頻度について small-near 条件と large-far 条件の間でカイ二乗検定を実施した。その結果、直径9mmの場合に有意な差があった ($N = 32$, $\chi^2 = 4.27$, $p < 0.05$)。また、10mmの場合においても、有意差はないが、他の直径の場合に比べて small-near 条件と large-far 条件間での指の使用本数の確率に大きな差があることがわかった。

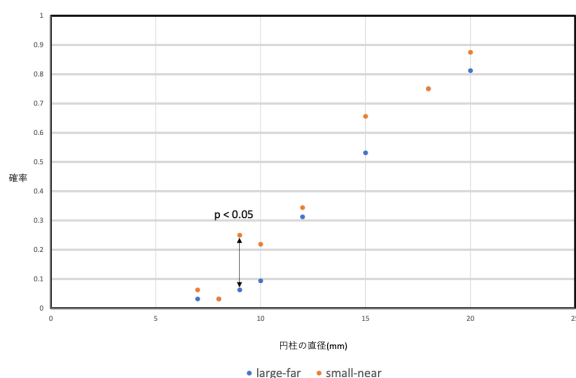


図5 円柱の直径における各条件での指の使用本数の確率

4. 議論

図5より、円柱の直径が9mmの場合に有意な差が見られ、円柱の直径が10mmの場合にも、ある程度の差が見られた。これは、エビングハウス錯視が知覚のための視覚だけではなく、運動のための視覚にも影響を与えていることを示唆している。しかし、回転操作対象物の直径が8mmや18mmの時には指の使用本数に差がなく、他の直径の場合でも差が少ない部分があった。なぜ9mmや10mm以外の部分で large-far 条件と small-near 条件で差があまりみられなかったのかを調べることを今後の課題とする。

また、映像の解析をしている際に、被験者の中には大きく分けて2つのパターンの被験者がいることが確認できた。1つ目のパターンとして、実験者がダンボールの覆いを完全に除去するまで全く腕を動かさず、ダンボールの覆いが除去されてから回転動作を行う被験者が21名のうち18名、2つ目のパターンとして、実験者がダンボールの覆いに手を触れた時点で腕が動き始めている被験者が21名のうち3名見られた。1つ目のパターンの被験者は、明らかに3秒以内の運動中に回転操作に使用する指の本数を決定しているため、その被験者の実験結果にエビングハウス錯視が運動のための視覚に与えている影響が反映されていると考えられる。しかし、2つ目のパターンの被験者は、エビングハウス錯視と木のつまみを見る前から回転操作に使用する指の本数を決定している可能性があるため、実験結果にエビングハウス錯視が運動のための視覚に与えている影響が反映されていない可能性があると考えられる。したがって、被験者が回転操作に使用する指の先端にセンサーをつけることにより、掴み動作中にどのタイミングで指の使用本数が決定されているのかを測定し、それが実験結果にどのような影響を与えているのかを調べることも今後の課題とする。

文献

- [1] S. Aglioti, J.-F.-X. DeSouza, M.-A. Goodale, (1995) "Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand", *Current Biology*, Vol. 5, No. 6, pp. 679-685.
- [2] V.-H. Franz, K.-R. Gegenfurtner, (2008) "Grasping visual illusions: Consistent data and no dissociation", *Cognitive Neuropsychology*, Vol. 25, No. 7-8, pp. 920-950.
- [3] 松崎元, 大内一雄, 上原勝, 上野義雪, 井村五郎 (1999) "円柱形つまみの回転操作における指の使用状況について", *デザイン学研究*, Vol. 45, No. 5, pp. 69-76.