

実世界におけるポンゾ錯視の実験心理学的測定

Psychological measurements of the Ponzo illusion in the real world

橋本 悠那

Yuna HASHIMOTO

(日本女子大学人間社会研究科心理学専攻博士課程後期)

要約

幾何学的錯視の一つであるポンゾ錯視は一般に、大きさの恒常性機能の誤適用によって説明される。この仮説によれば、錯視量は、ポンゾ図形上に知覚される奥行き量に依存する形で変化する。この点を検証するために、現実世界において変形ポンゾ図形に似た壁にテープを貼り、その長さを判断する課題を行ったところ、遠くにあると感じられる線分が短く見えるという逆ポンゾ錯視が生じた。一方で、その壁の写真に描いた線分の長さ判断を行ったところ、通常のポンゾ錯視が生じた。以上の結果から次の3点が示唆される。(1) ポンゾ錯視は2次元画像上(あるいは奥行き情報が不完全な場合)でのみ生じる。(2) 現実世界における長さ判断においては、網膜像の情報がそのまま反映されることがあり、結果として逆ポンゾ錯視が現れる。(3) 現実世界における大きさ(長さ)の恒常性の機能は不完全である。

[Abstract]

The mechanism of the Ponzo illusion, a geometric illusion, is generally explained by the misapplication of the size constancy function. According to this hypothesis, the amount of illusion changes in accordance with the amount of depth perceived on the Ponzo figure. We examined this by measuring the strength of Ponzo illusion on the real wall of the real world. The participants compared the apparent length of two line segments of acrylic tape attached on the corners of the two walls. The near line segment was found to be judged to be longer than the far line segment, which indicates the emergence of reverse Ponzo illusion. However, when the photograph of the wall was used as the background, the standard Ponzo illusion was observed. These results suggest the following three points. First, the Ponzo illusion appears only on the two-dimensional images having incomplete depth information. Second, the retinal image directly reflects the perceived length of line segment in the real world. Third, the size (and length) constancy would not function well in the real world.

はじめに

幾何学的錯視の一つであるポンゾ錯視(図1)は100年以上前に報告され、知覚心理学の教科書でも必ず紹介されているにもかかわらず、未だ定まった理論はない(Yildiz, et al., 2022)。ポンゾ錯視を説明する最も一般的な理論は、Gregory(1968)による「大きさの恒常性の誤適用」である。大きさの恒常性とは、網膜像や2次元画像における線遠近法やテクスチャー勾配といった奥行き手がかりに基づいて、視対象が存在する奥行きが知覚され、その見かけの奥行きに基づいて、視対象の実際の大きさや長さが推定されるという機能である。ポンゾ錯視に特徴的な2本の

斜め線分（誘導刺激）が線路や道路などを正面から見た状況を喚起させ、奥行き感が得られる。そこで大きさの恒常性が誤って適用され、異なる位置にあり、物理的には同じ長さである2本の線分（あるいは図形）が、異なった長さに見えるという理論である。遠くにあると知覚される線分の方が、近くにあると判断される線分よりも長く見える。図2は変形ポンゾ錯視（Ganel, et al., 2008）であるが、物理的には短い方の線分2が知覚的には線分1よりも長く見えることから、より強力な錯視効果が生じているといえる。これも、背景にある壁のような図形（誘導刺激）における強い3次元的印象により、大きさの恒常性が誤適用されていると説明される。

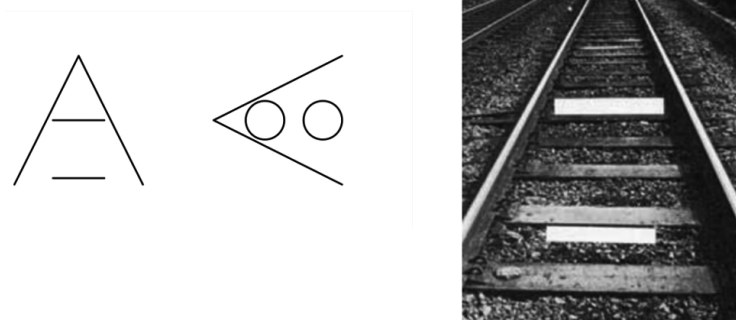


図1 ポンゾ錯視図形の例

左と右の図形では上の横線が、中央の図形では左の円がそれぞれ長く（大きく）見える。

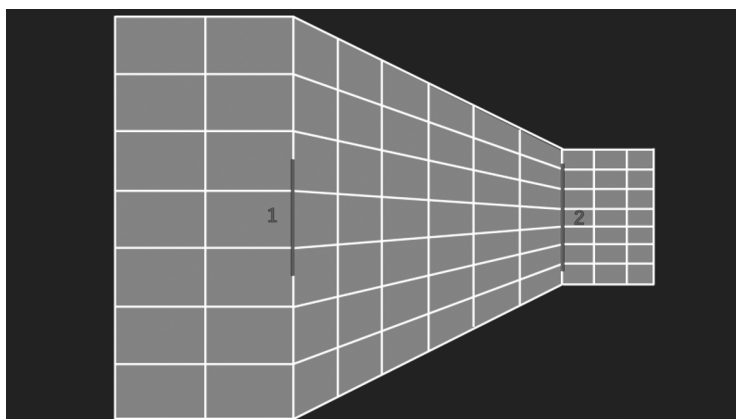


図2 変形ポンゾ錯視図形

線分1より線分2の方が長く見えるが、実際は線分1の方が長い。

「大きさの恒常性の誤適用」理論によれば、錯視量は誘導刺激において知覚される奥行き量に依存する。したがって、より立体感をもたらす誘導刺激を用いれば、ポンゾ錯視量は増加すると予測される。実際に誘導刺激を実世界の写真にしたり、テクスチャーを貼ったりした場合には、ポンゾ錯視量が強まる（Yildiz, et al., 2022）。

それでは、誘導刺激として現実世界そのものを用いた場合は、2本の線分間の錯視量は増加するであろうか？現実世界がもたらす立体感は強く（通常は外界が平面に見えることはない）、またその立体感は当然のことながら、実験的にもたらされた立体感（例えばランダムドットステレオグラムがもたらす立体感）よりも自然である。こうした場合により強いポンゾ錯視が観察されるであろうか？もう一つの予測は、現実世界ではポンゾ錯視は出現せず、2本の線分の長さ関係が正しく判断されるということである。この場合には大きさ（長さ）の恒常性が機能しているといえる。本研究はこの点を明らかにすることを目的とした。

実験 1

方法

実験参加者

矯正視力を含む視力が正常範囲にある 9 名が実験に参加した。

視覚刺激

変形ポンゾ錯視刺激（図 2）では、実際は左の方の縦線（線分 1）の方が長いにも関わらず、右側の縦線（線分 2）の方が長く見える。線分 2 の方が線分 1 より遠くにあるように見えるため、これはポンゾ錯視（図 1）のバリエーションであるといえる。そこで、図 2 の構造とよく似た、実世界に存在する壁を誘導刺激とし、そこにアクリルテープを線分刺激として貼り付け、その見かけの長さを計測する実験を行った。誘導刺激となる実世界の壁としては、日本女子大学百二十年館・心理学科実験室内の壁（図 3）を利用した。



図 3 実験 1 において誘導刺激として使用した壁

日本女子大学百二十年館・心理学科実験室内

標準刺激およびテスト刺激となる線分刺激は、市販されている、黒色で幅 2.5cm のアクリルテープを使用した。これを古典的なポンゾ錯視図形と同じように、壁のコーナーの中心にファスナーテープを使って縦方向に貼り付けた。実験参加者から見て標準刺激は右側（奥）に配置し、長さは 40cm の 1 種類とした。テスト刺激を左側（手前）に配置し、長さは 34, 36, 38, 40,

42, 44, 46cm の7種類を用意した。壁の構造や大きさ, 線分刺激の位置, および実験参加者の位置を図4に示す。

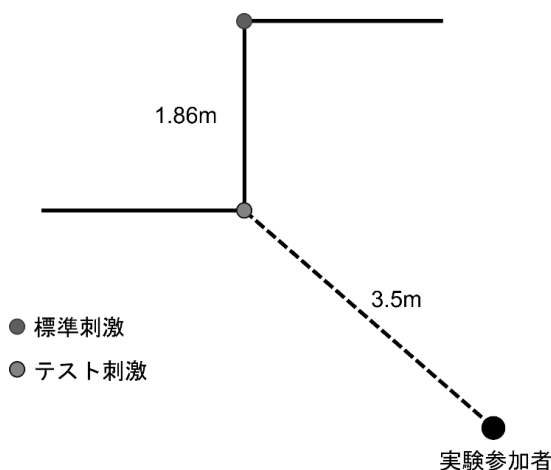


図4 上部から見た壁の構造, 線分の位置, および実験参加者の位置

手続き

実験参加者の課題は, 目の前に見える2本のテープのうち, 左右のどちらが長いと感じるかを答えるというものであった。実験参加者は左手前のコーナーから直角に3.5m離れた場所に立ち刺激を観察した(図5)。



図5 実験1を遂行している様子。

実験の前には, テスト刺激の提示順序が実験参加者毎にランダムになるように, あらかじめテスト刺激を振り分ける作業を行った。実験の流れは, まず実験参加者が壁に背を向けた状態で指定の場所に立ち, その間に実験者がテスト刺激を壁に貼り付けた。その後, 「前を向いてください」という指示で実験参加者は壁の方を向き, 左右どちらのテープが長いかを答え, 回答後すぐに後ろを向いた。実験者は回答を記録し, 次のテスト刺激に貼り換えた。これを1試行として,

14 試行（テスト刺激 7 種類を 2 回ずつ）行った。実験終了後、データの集計を行った。「左の方が長い」と答えた回数を数え、そこから標準刺激より長いと判断した割合を求めた（テスト刺激の方が標準刺激より長いと判断した割合 = 左と答えた合計数 ÷ 18 × 100）。

結果と考察

結果を図 6 に示す。横軸はテスト刺激（手前）と標準刺激（奥）の比、縦軸は標準刺激よりもテスト刺激の方が長いと判断した割合（%）である。左右のテープが同じ長さの時（グラフの横軸が 1 の時）に判断の比率が 50% より小さくなった場合は、標準刺激（右側のテープ）がテスト刺激（左側のテープ）より長く感じられたことになる。遠くにある方の刺激が長く感じられたことから、ポンゾ錯視が生じたことを意味する。一方で、もし大きさ（長さ）の恒常性が機能するのであれば、常に正しい長さ判断ができるはずであり、その場合は図 6 のグラフは横軸 1.0 を中心としたステップ関数となる。

実験の結果はこのどちらでもなかった。テスト刺激と標準刺激の比が 1 のときに、判断の比率が 90% を超えていた。つまり奥にある線分（標準刺激）が短く見えるという、ポンゾ錯視とは逆方向の錯視（逆ポンゾ錯視）が生じていた。筆者の知る限りでは、現実場面を誘導刺激とした場合には、正しい長さ判断がなされず、判断のずれがポンゾ錯視とは逆になるという知見はこれまでに報告されていない。

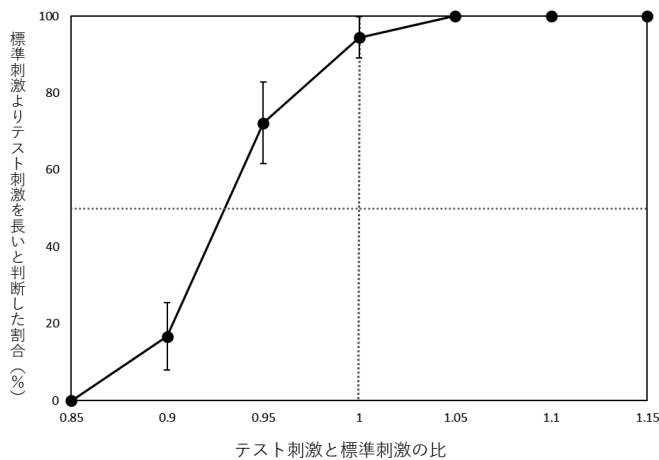


図 6 実験 1 の結果

横軸はテスト刺激と標準刺激の長さの比（テスト刺激 / 標準刺激）、縦軸はテスト刺激の方が長いと判断した割合。誤差棒は標準誤差。

実験 2 では、この逆ポンゾ錯視が生じた理由を探求することを目的とした。そのために、実験 1 で使用した壁の写真を取り、それをコンピュータディスプレイ上に提示した上で、ポンゾ錯視量を測定した。先行研究からはこうした状況では、通常のポンゾ錯視が観察されることが報告されている（Yildiz, et al., 2022）。誘導刺激としては同じ壁（ただし片方は実物、片方は写真）を用いているにも関わらず、実験 2 で実験 1 と異なる結果が得られるとしたら、実験 1 において逆ポンゾ錯視が観察された理由は、実世界を観察したという状況にあるといえる。

実験2

方法

実験参加者

矯正視力を含む視力正常な20名が実験に参加した。

視覚刺激

実験1で使用した実験室の壁の写真を背景画像（誘導刺激）としてノート型コンピュータのディスプレイ上に提示した（図7）。壁のコーナーの位置に標準刺激，テスト刺激となる白い縦線を2本描いた。標準刺激となる線分を右側に配置し，長さは3.05 deg（観察距離60cm）の1種類とした。テスト刺激は左側に配置し，長さは2.48，2.67，2.86，3.05，3.34，3.62，3.9degの7種類であった。

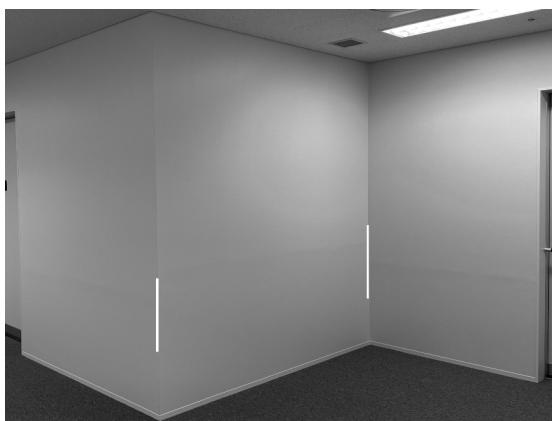


図7 実験2で使用した画像の例

この場合は，2本の白い線分の長さを同じとしている。

手続き

実験参加者の課題は，2本の白い垂直線分のうち，左右のどちらが長いと感じるかを答えるというものであった。画像提示，実験制御，データ取得は心理実験用ソフトウェア PsychoPy (Pierce, et al., 2019) により行った。実験参加者がスペースキーを押すと試行が開始され，視覚刺激が提示された。このとき，視覚刺激の提示順は実験参加者毎にランダムに割り振った。右（標準刺激）の垂直線分の方が長いと感じたときは右矢印キーを，左（テスト刺激）の方が長いと感じたときは左矢印キーを押した。回答後，すぐに次の試行が開始された。これを7試行行った。実験後，左と答えた数を集計し，テスト刺激の方が標準刺激より長いと判断した割合を求めた（テスト刺激が標準刺激より長いと判断した割合 = 左と答えた数 ÷ 20）。観察距離は約60cmであった。

結果と考察

図8に得られた結果を示す。テスト刺激と標準刺激の比が1の時に，テスト刺激が長いと判断

された割合が50%を下回っている。つまり、奥に見える標準刺激の長さが長いと判断されていることから、通常のポンゾ錯視が生じていたといえる。図8には実験1の結果も合わせて再掲している。2本の心理測定関数を比較すると、横軸の1.0（テスト刺激と標準刺激の長さが等しい時）から左右に顕著にずれている。この結果から、現実の壁を背景とした場合には逆ポンゾ錯視が、その壁の写真为背景とした場合はポンゾ錯視が生じると結論づけられる。

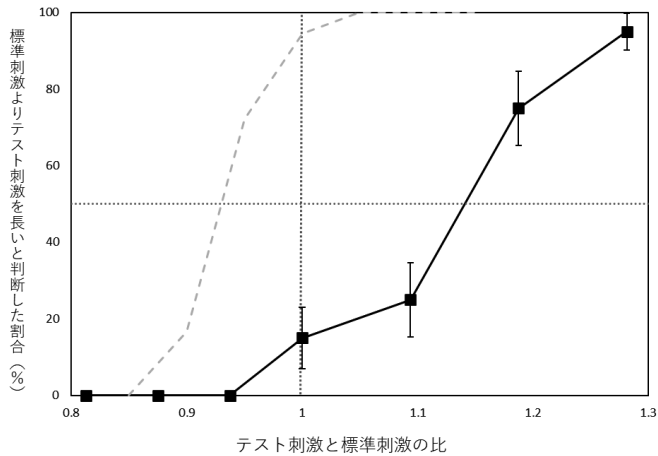


図8 実験2の結果

横軸はテスト刺激と標準刺激の長さの比（テスト刺激／標準刺激）、縦軸はテスト刺激の方が長いと判断した割合を示す。比較のために実験1の結果（図6）を灰色の点線で示している。誤差棒は標準誤差。

総合考察

実験の結果、実世界でポンゾ錯視図形のように線分を配置した場合、より奥に配置した線分の方を過少視するといった、ポンゾ錯視とは逆の現象、逆ポンゾ錯視が生じた。ここで、実世界においてポンゾ錯視が消失した要因について考察する。実験1と実験2を比較すると、長さ判断される線分（標準刺激、テスト刺激）の空間的位置を実験参加者がどのように解釈するかという点に違いがあると考えられる。ポンゾ錯視が生じる刺激布置（2次元平面）では、標準刺激やテスト刺激の奥行きは明示的ではなく曖昧である。対して実世界では、実際に線分刺激としてのテープを壁に貼り付けたため、正しくその奥行きにあるように見えていたはずである。この状況では、線分刺激（標準刺激・テスト刺激）の空間的位置に関して曖昧さはない。つまり、ポンゾ錯視とは、2次元画像上のように、長さや大きさを判断しようとするターゲットに関する視覚情報が曖昧な時に、Gregory (1968) が指摘したように、大きさの恒常性を達成しようとする視覚情報処理過程が生み出したものだと考えられる。

実世界ではポンゾ錯視が消失したのみならず、逆ポンゾ錯視が出現した。実世界において大きさ（長さ）の恒常性が正確に働くならば、同じ長さの刺激はどこにあらうと同じ長さに見えるべきである。しかし実験1の結果は、2本の線分の距離がそれほど離れておらず、しかもそれらを近くから観察した場合（図4）であっても、長さ判断が不正確になることを示している。その誤判断の傾向は一貫しており、遠くにある線分の方が近くの線分よりも短く見えた（図6）。この結果は、網膜に投影された線分の長さが、その判断に反映されていた可能性を示している。つま

り、実世界で対象の長さを見積もる時には、大きさの恒常性の働きは不十分であるのかもしれない。対象が1.86m 離れているだけでその長さが過小評価されるという実環境での実験結果から、網膜像における大きさの影響は、この程度の短い距離で現れることがわかる。

以上の結果から示唆される点をまとめる。(1) ポンゾ錯視は2次元画像上（あるいは奥行き情報が不完全な場合）でのみ生じる。(2) 現実世界では網膜像の情報がそのまま反映されることがあり、結果として逆ポンゾ錯視が現れる。(3) 現実世界における大きさ（長さ）の恒常性の機能は不完全である。

文献

- Ganel, T., Tanzer, M., & Goodale, M. A. (2008). A double dissociation between action and perception in the context of visual illusions: opposite effects of real and illusory size. *Psychological Science*, 19, 3, 221-225.
- Gregory, R. L. (1968). Perceptual illusions and brain models. *Proceedings of the Royal Society London B: Biological Science*, 171, 1024, 279-296.
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S. et al. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51, 195-203.
- Yildiz, G. Y., Sperandio, I., Kettle, C., & Chouinard, P. A. (2022). A review on various explanations of Ponzo-like illusions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29, 2, 293-32