

錯視

日本女子大学人間社会学部心理学科 竹内 龍人

1. 錯視とは何か？

錯視(Visual illusion)とは、目にしているものがその物理的な実体、例えば色や形、長さ、動き方などが実際とは異なって見える現象を意味します。錯視図形とは、錯視を引き起こす図形です。図1を見てください。赤い線分1と線分2ではどちらが長いでしょうか？まずは定規を使わずに直観で答えてください。線分2の方が長く感じられるのではないのでしょうか。続いて、定規を使って両線分の実際の長さを測ってください。いかがでしたか？驚いたことに、線分2よりも線分1の方が長いのです。このように、物理的な値(定規で測った値)とは異なって見える時、錯視が起きていると言えます。

さて、皆さんは定規により、線分1の方が線分2より長いことを確認しました。ここで再度図1を見てください。線分1の方が長く見えるようになりましたか？おそらくそうではないでしょう。正解を知ったとしても、線分

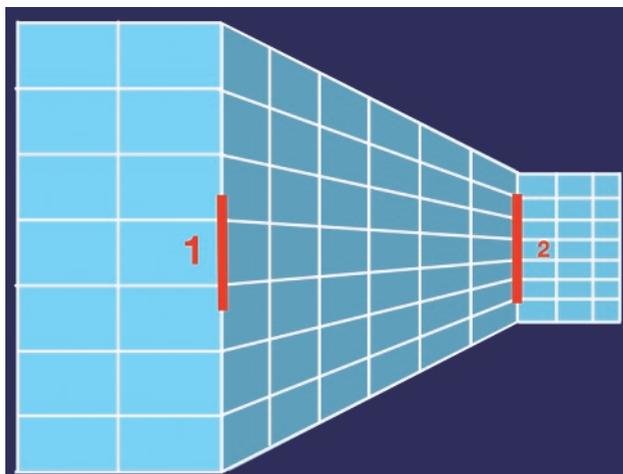


図1. ポンゾ錯視のバリエーション

2の方が長く見えているはずですが、正解(物理的な実体)がわかったとしても見え方が変わることはないのが、錯視の重要な特徴の一つです。図1の錯視図形は、「ポンゾ錯視」と呼ばれる長さに関する錯視を生じさせる図形を改変し、効果がより強まるようにしたものです。

2. 錯視を研究する意味とは

なぜ正解を知ったとしても錯視は見え続けるのでしょうか？私たちがものを見て認識することを、視知覚(Visual perception)といいます。私たちは、目から入ってくる光の情報をあるがままに認識しているわけではありません。光の情報が目や脳に存

在する多数の神経細胞(ニューロン)が構成する神経回路網(ニューラルネットワーク)によりさまざまに処理された結果、視知覚が作り出されます。錯視はそうした処理の過程で生じます。神経回路網による処理は知識に影響を受けることなく自動的に行われますから、たとえ正解を知ったとしても、それにより錯視が覆されることはありません。

人工知能(AI)研究の進展により、コンピュータは将棋や囲碁のプロに勝つことができるようになりました。視知覚をコンピュータで実現する人工知能の研究も進んではいますが、人間と同じ精度でものを見て認識できるまでには到達していません。視知覚を可能にしている神経回路網の働きはとても複雑であり、未解明の点が多いからです。錯視はどのように生み出されているのか、その理由を追求すれば、目や脳における神経回路網の働き的一端が解明できると期待されます。

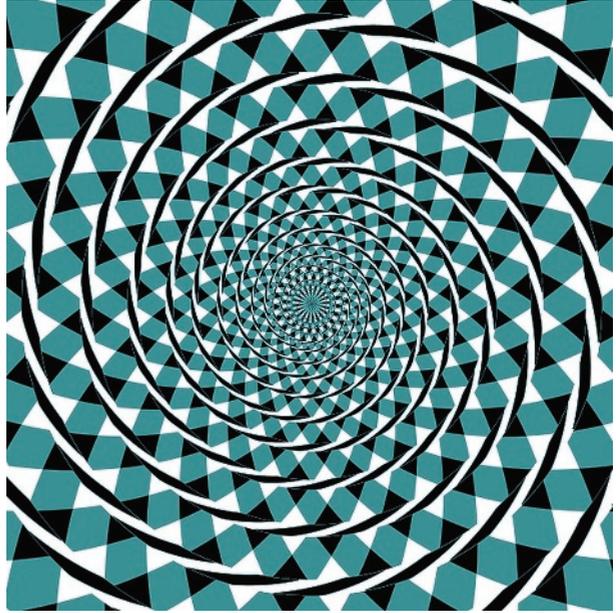


図2. フレイザー錯視

現在知られているだけでも、100種類以上の

錯視があります。錯視研究の主な目的は目や脳の神経回路網を理解することにありますから、多くの錯視図形は、実験心理学や神経科学の学術誌を通して人々に知られるようになりました。図2の図形では渦巻模様が描かれているように見えますが、実はそうではありません。指でたどってみるとわかるように、同心円の集まりなのです。たどっている自分の指もだまされて渦巻のように動いてしまうという強い効果を持つこの錯視は、フレイザー錯視として知られています。心理学者ジェームス・フレイザーが1908年、学術誌「英国心理学ジャーナル(British Journal of Psychology)」上でこの美しい図形を発表しました。

3. カプトガニと錯視とノーベル賞

神経回路網におけるどのような処理が錯視を生み出しているのでしょうか？その答えは一つではありません。目や脳の神経回路網は実に様々な処理を行っており、

各錯視は処理のいろいろな側面を反映しているからです。1950年代、アメリカの神経生理学者ケファー・ハートラインはカブトガニの目にある光受容細胞（入射した光の情報を最初に受け取り処理する細胞）の反応を記録する実験を行いました。カブトガニの光受容細胞は、人間など他の動物の目の網膜（眼球の一番奥にあり、ぎっしりと細胞が並んだシート状の構造体）にある光受容細胞（錐体や桿体）に比べると大きいので、反応が記録しやすかったのです。実験により、光受容細胞群は互いに連結して神経回路網を作っており、そのネットワークを通して互いの反応を弱めるように（つまり抑制するように）働くことを発見しました。この働きは側抑制（そくよくせい）と呼ばれています。これだけでも大発見なのですが、ハートラインはさらに、側抑制が明るさの錯視を生み出していることまで解明しました。



図3. シェブルール錯視

図3をみてください。この図形では、5つの縦長の長方形が描かれています。それぞれの長方形は、灰色でベタ塗りがされていますが、そうは見えないでしょう。どの長方形でも、左側が暗く右側が明るく見えています。この幻のグラデーションはシェブルール錯視と呼ばれています。さらによく見ると、それぞれの長方形の暗い部分（長方形左側）に隣接する別の長方形の部分は錯視により明るくなっています。その逆に、それぞれの長方形の明るい部分（長方形右側）に隣接する別の長方形の部分は暗くなっています。つまり、長方形の境目において明るさの違いが強調され、結果として境界がわかりやすくなっています。ハートラインは、この効果は側抑制により生み出されていると指摘しました。現在では、人間の網膜や脳における神経回路網でも側抑制が生じていることがわかっています。つまり、日常で私たちが見ている物の境目（輪郭やエッジ）はすべて側抑制により強調されていたのです！こうした一連の研究により、ハートラインはノーベル生理学・医学賞を1967年に受賞しました。

図3をみてください。この図形では、5つの縦長の長方形が描かれています。それぞれの長方形は、灰色でベタ塗りがされていますが、そうは見えないでしょう。どの長方形でも、左側が暗く右側が明るく見えています。この幻のグラデーションはシェブルール錯視と呼ばれています。さらによく見ると、それぞれの長方形の暗い部分（長方形左側）に隣接する別の長方形の部分は錯視により明るくなっています。その逆に、それぞれの長方形の明るい部分（長方形右側）に隣接する別の長方形の部分は暗くなっています。つまり、長方形の境目において明るさの違いが強調され、結果として境界がわかりやすくなっています。ハートラインは、この効果は側抑制により生み出されていると指摘しました。現在では、人間の網膜や脳における神経回路網でも側抑制が生じていることがわかっています。つまり、日常で私たちが見ている物の境目（輪郭やエッジ）はすべて側抑制により強調されていたのです！こうした一連の研究により、ハートラインはノーベル生理学・医学賞を1967年に受賞しました。

4. 残像の大きさを決める脳

よく晴れた日に、地面にくっきり写った自分の影を見つめます。目を動かさずに集中してください。影を見つめたまま20秒程度たったら、さっと空を見上げましょう（図4左）。自分が見つめていた影の形が空に浮かんで見えれば、つまり残像が見えれば成功です。この残像はもちろん錯視です。残像を生じさせるためには、必ずしも空を

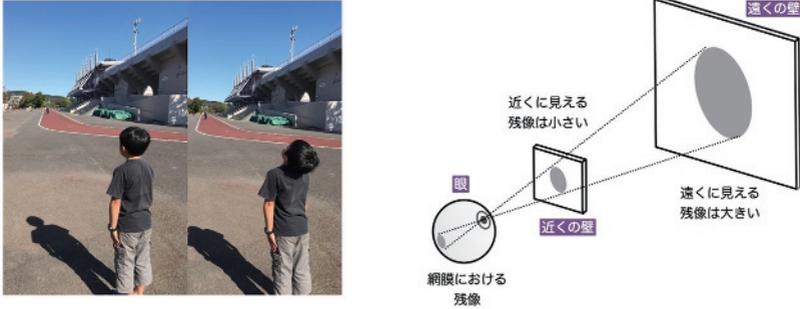


図4 左:影の残像の見かた、右:エンメルトの法則

見上げる必要はありません。近くでも遠くてもいいのですが、壁に目をやればそこに残像を見ることもできます。ですが、その時には残像の大きさが違ってきます。壁までの距離が近ければ残像は小さく、壁までの距離が遠ければ残像は大きくなります。こうした関係はエンメルトの法則と呼ばれています(図4右)。この法則は何を意味しているのでしょうか？

ストロボ光を見た後に目の前に見える影も残像です。強い光により残像が起きたとき、目の網膜上に”焼き付いた”像の大きさは、目に写ったストロボの大きさに固定されているはず(図4右)。したがって、残像の見かけの大きさが状況により変わるのだとしたら、目(網膜)

ではなく脳における作用が原因に違いありません。最近の研究から、視覚に関わる神経回路網が多数存在する後頭葉の視覚野(図5)では、残像の見かけの大きさと後頭葉の活動量が相関していることが分かりました。つまり、網膜における残像の面積が同じであっても、活動している後



図5 左脳の後頭葉と視覚野。左:後ろから、右:横から

頭葉の面積が大きい時は残像が大きく見え、活動面積が小さい時は残像も小さく見えていたのです。こうした実験から、残像の見かけの大きさは、脳の働きにより決まることがわかります。

日常生活で考えると、距離が変われば、網膜に映る物の大きさは違ってきます。ところが私たちはふつう、距離が違って物に関する判断を間違えることはありません。その理由は、脳により補正された大きさが私たちの認識の元となるからです。例えば、遠ざかる人の像は網膜上でどんどん小さくなりますが、脳は遠い距離のものを大きく補正します。そのために、距離に関わらずその人の背の高さは一定に見えるのです。こうした脳の補正があるからこそ、残像が生じた目を遠い空に向けてと残像は大きく見えるのです。

5. ペンローズの三角形

2020年10月、科学界の巨星ロジャー・ペンローズがついにノーベル物理学賞を受賞しました。ブラ

ックホールの存在証明が受賞理由ですが、ここではペンローズによる錯視研究を紹介しましょう。図6左は『ペンローズの三角形』と呼ばれる図形で、心理学の分野では「不可能図形」と呼ばれています。通

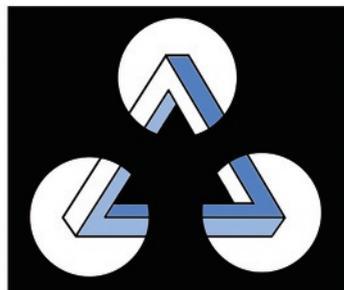
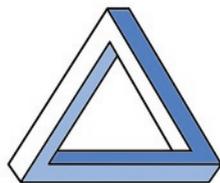


図6 左:ペンローズの三角形、右:三角形における個々の領域

常の三次元空間では実現不可能な図形なのですが、すぐにそうだとわかるわけではありません。この図形の意義は、不可能図形であることがすぐにはわからない点にあります。なぜ見極めが難しいのかといえば、それは図形の各部分は正しい立体だからです(図6右)。三つの円の中で示した部分は全て三次元的にありうる形をしています。こうした個々の情報を脳はどのように統合して図形全体を知覚しているのか、ペンローズの三角形はそうした視覚による統合の仕組みに関する示唆を与えてくれます。ペンローズは、フレイザー錯視(図2)と同じ「英国心理学ジャーナル」に、「錯視の新形態としての不可能立体」というタイトルでこの図形を発表しています。1958年のことでした。

6. 日常生活と錯覚

身近な現象にも錯視がおおいに関係しています。図7上のデルブーフ錯視では、黒円の大きさはその回りを取り囲む円の大きさに依存します。右の黒円の方が小さく見えます。ここからから予測されるように、お皿を大きくすると食べ物の量が少なく見

えるでしょう。白い服を着ると色黒に見えがちであることは、図7下の「明るさの同時対比効果」からも納得できます。回りが白いと中央の灰色はより暗く見えるからです。錯視の数は100個以上だと書きましたが、その一方で私たちの視知覚はそもそも全て錯視であるとも言えます。例えば、室内なのか屋外なのか、朝方なのか夕方なのかといった条件に応じて照明環境は大きく異なるために、その照明光を受けた物体から反射される光の波長成分も大きく異なります。しかし通常、各環境下で色が異なって見えることはありません。赤色の物体はいつでも赤色に見えます。波長成分という点から考えると、これは物理的実体と心理現象との明確な乖離であり、すなわち錯視であるといえます。「色の恒常性」と呼ばれています。

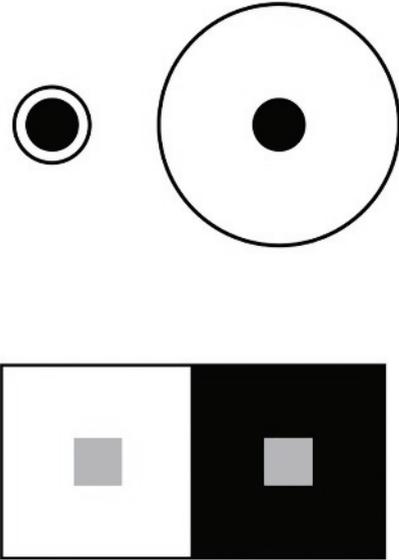


図7. 上:デルブーフ錯視 下:明るさの同時対比効果

光の情報の取得が、網膜に二次元的に配置された光受容細胞(錐体と桿体)に依存している以上、そもそも日常で物が立体的(三次元的)に見えることもまた錯視だといえます。私たちの視知覚は外界をあるがままに捉えているわけではない、という見過ごされがちな事実を錯視は教えてくれるのです。

(作画協力:広島大学大学院人間社会科学研究所 吉本早苗)

著者紹介 竹内 龍人(たけうち たつと)



京都大学文学部卒業。日本女子大学人間社会学部心理学科教授。「だまし絵でわかる脳のしくみ」(誠文堂新光社)、「頭がよくなる!だまし絵1年生」(学研プラス)、「だまし絵~心理の迷宮を楽しむ本」(河出書房新社)など錯視に関する著書多数。