

5 錯視とその情報処理モデル

池田 文人 北海道大学大学院理学院

錯視とは現実世界と主観的な視覚世界とのずれであり、錯視の原因の究明はまだ謎の多い脳の視覚情報処理の解明につながる。錯視には、知覚・認知・行動のそれぞれに影響を与えるものがある。知覚レベルの錯視は意識によって変えることは困難だが、認知レベルの錯視はそれが可能である。行動レベルの錯視は誤った行動を誘発する可能性があるため安全な社会の実現にはその回避が求められる。近年コンピュータシミュレーションを用いた錯視研究が進んできている。錯視を引き起こす刺激情報を入力することにより実際に錯視が起こるかどうかを実験できるのが強みである。こうしたアプローチで利用される視覚情報処理モデルの中から、生理学や神経科学などの知見に基づくモデルを紹介する。

■ 錯視とは何か

我々の脳は、我々がいつも見ているシームレスにつながった実体感を伴う世界をどのように生み出しているのでしょうか？ これまでの脳に関する研究は、脳のどの部分がどのような視覚情報処理に、たとえば色の処理に関係しているかを明らかにしてきた。そして視覚にかかわる脳の部分は30以上もあることも分かっている。しかし、そうした部分的な情報がどのように組み合わせられて我々が見ている世界全体を作り出しているのかはよく分かっていない。

ここで、実際に存在している客観的・物理的な環境と、それを人間が見たときの主観的な見え方との間に相違があれば、その相違は我々の脳が視覚世界を生み出しているプロセスに強くかかわっているはずだ。この客観的環境と主観的視覚の相違が「錯視」だ。錯視のメカニズムが解明されれば、我々の脳の謎を解く重大な手がかりに

なる。

錯視とは、客観的環境と主観的視覚のずれ(錯視現象)とそれを引き起こす視覚刺激(錯視刺激)の組合せだ。これまでに多種多様な錯視現象が発見され、それらを生み出すさらに多彩な錯視刺激が創作されてきた。これらの膨大な組合せの間には個別のメカニズムが働いていると言われ、すべての錯視を統一的に説明する理論はもとより、体系的に分類することも困難だ。

このような多種多様な不思議な錯視に、人類は古来より興味を持ち、その原因の解明を試みてきた。しかしいまだに科学的に証明されたと言える理論はなく、これまでの錯視に関するさまざまな仮説のほとんどが、いまだに数々の反証に晒されている。錯視は、近寄りやすいが解き難い謎であり、我々の脳の複雑な機能を解き明かす鍵を握っている。

錯視研究、特にそのメカニズムの解明に関する研究が、混沌を極める中、コンピュータによる錯視のシミュレーションが試みられてきた。このアプローチは、シミュレーションプログラムに錯視刺激を入力し、実際に錯視現象が生じるかどうかを可視化して観察できる点が強みだ。

本稿では多種多様な錯視を我々の生活とのかかわりにおいて整理し、コンピュータを使って簡単に作成できる錯視刺激を紹介する。また、生理学や神経科学などの具体的な知見に基づいた、錯視についての現実的なシミュレーションモデルを取り上げる。身近に体験できる錯視とその現実的なモデルとを紹介することにより、錯視に関する実証的な研究の発展に寄与できれば幸いである。

■ 日常生活から見た錯視

我々は、我々を取り巻いている外界とのインタラクシ

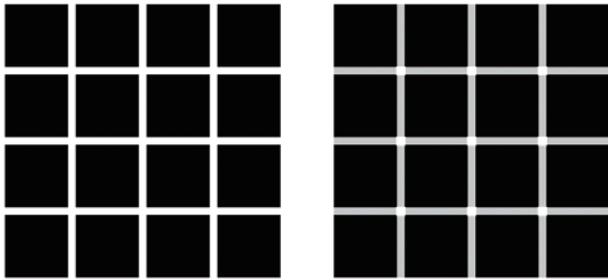


図-1 ヘルマン格子(左)ときらめき格子(右)

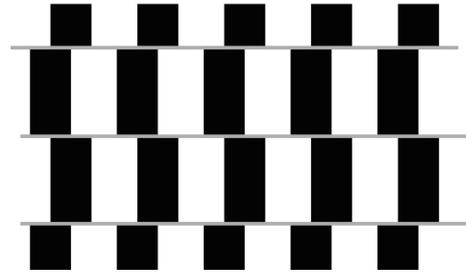


図-2 カフェ・ウォール効果

ョンを通じて生活している。すなわち、(1) 外界の情報を感覚器官を通じて「知覚」し、(2) その情報が何であるかを「認知」し、(3) 認知したものをどのように扱うべきかを「判断」し、(4) 判断に従って「行動」する、という一連の情報処理を日々行っている。これらのプロセスを通じて知識が獲得され、獲得された知識はこれら一連の流れを効率化させ、我々は円滑な日常生活を送ることができる。

これら4つのプロセスのいずれにおいても錯覚が生じる。(3)の判断の錯覚は認知バイアスと呼ばれており、我々の限定的な経験や知識による偏った認知(バイアス)が判断や意思決定を誤らせる。いわば認知の錯覚であり、視覚とは関係しない。しかし、残りの3つのプロセスでは、視覚に関係した錯覚、すなわち錯視が生じる可能性がある。そこで、錯視を知覚・認知・行動の3つに分けて紹介する。

■ 知覚レベルの錯視

実のところ知覚と認知の境界はそれほど明確ではない。ここでは、我々の経験や知識といった記憶の関与が低い脳機能を知覚レベルとし、記憶の関与が高い脳機能を認知レベルとしたい。この知覚レベルで生じる錯視には、(1)明暗、(2)傾き、(3)大きさ、(4)色、(5)動き、といった比較的低次の物理情報に関係したものが多い。

❖ 明暗の錯視

図-1の左の図形はヘルマン格子と呼ばれる。この図形のどこか1点を注視すると、注視した周辺の白い目地の交差部分にぼんやりと灰色のシミが見える。このシミを注視するとシミは消えることから、シミは錯視であったことが分かる。ヘルマン格子錯視は、白と黒を反転させても、タイルや目地の色を変えても、生じる。さらに黒いタイルを白抜きにし、黒い枠だけを残した四角形でも、シミがぼんやりと見える。このようにヘルマン格子錯視はきわめて強固な錯視である。ところが、タイルを少し左右にずらしてしまうと錯視は生じなくなる。

ヘルマン格子錯視は1870年に発表されて以来、さまざまな説明が試みられてきた。これまでのところ、網膜における側抑制(総論参照)によって説明されるのが一般的である。すなわち白い目地の交差部分はその上下左右の白い部分から抑制を受けて暗くなるという説明である。

しかし、この説には、現在に至るまで、さまざまな反証が挙げられてきた。神経節細胞の受容野の大きさは、眼と対象との距離に応じて大きくなる。このため、側抑制を受ける領域も、その距離によって変わるはずだ。しかし、実際には、ヘルマン格子のシミの分布は、眼との距離にほとんど依存しない。また、側抑制のような局所的な影響だけではなく、図形全体の大局的な影響を受けている、すなわち図形全体のゲシュタルトに起因しているという報告もある。ゲシュタルトとは、部分を超えた全体性、あるいは部分に分割できない全体性のことである。いずれにしても、ヘルマン格子錯視は単純だが謎の多い錯視の1つである。

ところで、図-1の右のように、ヘルマン格子の目地を灰色、目地の交差部分を白色にすると、視線を動かすたびに、目地の交差部分が明滅して見える。この図形はきらめき格子と呼ばれており、ヘルマン格子とは異なるメカニズムが働いていると考えられている。

❖ 傾きの錯視

図-2は黒いタイルの上下に灰色の線(モルタル線)が引かれたもので、これらのモルタル線はちぐはぐに傾いているように見えるが、実は互いに平行である。この現象はカフェウォール効果と呼ばれ、モルタル線が灰色の場合に傾斜が最も強く感じられる。モルタル線が黒い場合はミュンスターベルク錯視と呼ばれる。モルタル線がない、すなわち白い場合には錯視は起こらないとされる。

傾きの錯視を引き起こす、最も単純な錯視刺激は、図-3に示すものであろう。これらの図形では、傾いた線(誘導線)により、平行な線(主線)が歪んで見える。左側のツェルナー錯視については誘導線と主線の関係について詳しく研究されている。主線が垂直もしくは水平の場合、錯視量(主線が傾いて見える度合い)が最大に見え

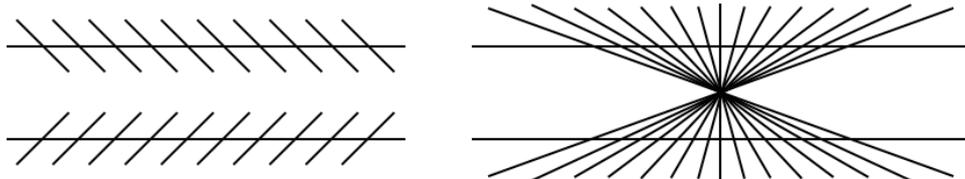


図-3 ツェルナー錯視(左)とヘリング錯視(右)

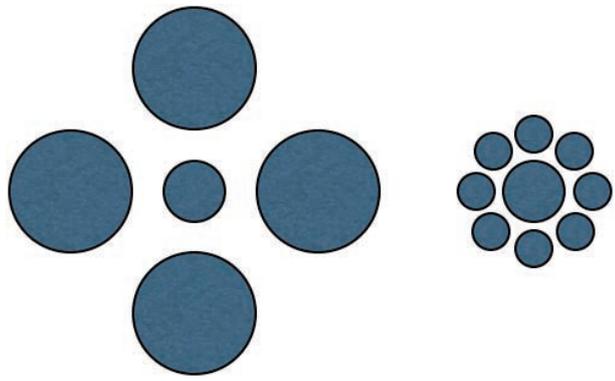


図-4 エビングハウス錯視あるいはティチェナー錯視



図-5 色の側抑制

るのは、誘導線が主線に対して 10～20 度傾いているときである。また主線が水平から 45 度傾いている場合、誘導線の主線に対する角度が 20～30 度、すなわち水平から 65～75 度傾いているときに、錯視量が最大になる。ただし例外も多いようだ。

❖ 大きさの錯視

図-4 はエビングハウス錯視、もしくはティチェナー錯視と呼ばれる。図-4 の左側、大きな 4 つの円に囲まれた小さな円と、その右側、小さな 8 つの円に囲まれた一回り大きな円とを比べると、右側の中央の円の方が大きく見える。しかし、定規等で計測してみれば分かる通り、実際には同じ大きさだ。

デルブーフの円と呼ばれる錯視刺激も大きさの錯視だ。これは、同じ大きさの 2 つの円に、片方はその中により小さい同心円を、もう片方にはその外により大きな同心円を描いたものだ。小さい同心円を持った方は、大きい同心円を持った方よりも小さく感じられる。内円と外円の半径の比率やそれらの差の大きさを変化させると、錯視量も変化することが知られているが、そのメカニズムははっきりしない。

❖ 色の錯視

一般に色の錯視と呼ばれているものは、色の明暗に関する錯視のことが多い。本稿では、純粋に色だけの錯視として、色の側抑制を紹介する。

図-5 の左側の赤い四角形の中心部分を 1 分間ほど注視した後、視線をすばやく右側の白い四角形に移してみ

て欲しい。白ではなく薄緑色の四角形が見えるだろう。この現象は、網膜の神経節細胞における色の側抑制と関係している。明暗に関する側抑制については総論で解説したが、色についても同様の機能が働いている。つまり、神経節細胞には、緑色の光に反応する受容野中心 (G+) と赤色の光によって抑制される受容野周辺 (R-) とを持つもの (G+R- と表現される) や、それとは逆の反応を示すものなどがあるのだ。

ただし、色に関する受容野の反応は、明暗の場合とは若干異なる。明暗の側抑制では、受容野全体が明るい(あるいは暗い)場合には反応が抑制される。しかし、色の側抑制では、G+R- 型の受容野全体に緑色の光が当たっても反応はさほど抑制されない。G+R- 型の受容野の反応が抑制されるのは、受容野周辺にだけ赤色の光が当たっている場合と、受容野全体に白色の光が当たっている場合なのだ。

白色は赤、緑、青の光をすべて均等に含んだ色であり、人間の眼が持っている 3 種類の錐体 (赤色に反応する錐体、緑色に反応する錐体、青色に反応する錐体) をほぼ均等に活性化させる。したがって G+R- の神経節細胞の受容全体に白色の光が当たると、その中心は白色が含む緑色に反応するが、その周辺では白色が含む赤色に同じ程度に反応するため、側抑制が起こり、神経節細胞の反応は抑制されるのだ。

赤色のものを見続けて赤色に反応する錐体の感度が鈍くなっているときに、白色のものを見た場合の G+R- 型の神経節細胞の反応を考える。G+ の受容野中心は、白色が含む緑色の光によって活性化する。しかし、R-

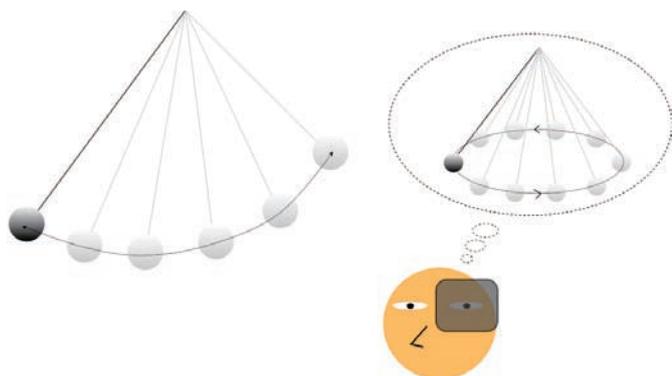


図-6 プルフリッヒ効果

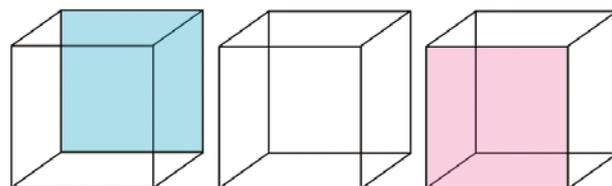


図-7 ネッカーキューブ

の受容野周辺は、赤色に対する感度が落ちているため、白色の光を受けても受容野中心の反応を抑制しない。したがって緑色が知覚されてしまうのだ。同様の現象は青色と黄色の組合せでも生じる。

❖ 動きの錯視

片眼にだけ、サングラスのような光を遮るフィルタを装着し、鉛直平面上を左右に動く振り子を観察する。すると図-6のように、振り子が奥行きを伴う回転運動をしているように錯覚してしまう。この錯視現象は、プルフリッヒ効果によって説明されるのが一般的だ。すなわち、フィルタを装着した方の眼は、感度が鈍いため、図-6の場合、左眼からの情報は右眼からの情報よりも脳に伝達されるのが遅くなる。この情報伝達の遅延は、脳に視差（同じ物体を左右の眼で見たときにその物体の少しだけずれたイメージを左右の眼が見ること）を知覚させるため、奥行きを伴う運動が見えてしまう。

光を遮られた眼の網膜では、明るい場所で働く錐体の機能が低下し、逆に桿体の働きが活発になる。桿体は、錐体に比べて、すばやく動くものを追視する能力が低い。このため、プルフリッヒ効果が生じると考えられる。

■ 認知レベルの錯視

認知とは、知覚したものが何であるかを認識する脳の働きだ。何であるかを認識するためには、それが何であるかを知っている必要がある。つまり認知は、経験や知識といった「記憶」と深く関係している。したがって認知レベルでの錯視とは、脳が、知覚したものを記憶と結びつける際に、エラーを起こす現象だ。

このような錯視刺激として古くから知られているものに、ネッカーキューブ(図-7の中央)がある。この図形は、左側のように、水色の面が紙面の奥に知覚される場合と、

右側のように、ピンク色の面が紙面の奥に知覚される場合とがある。この現象は、1832年にスイスの地質学者であったネッカーによって報告された。ネッカーが平行六面体の結晶を顕微鏡で観察していたところ、結晶の奥行きが変わることを発見したのだ。

ネッカーキューブのような図形は、多義図形、曖昧図形、反転図形などと呼ばれる。ネッカーキューブの奥行きをどちらに知覚しやすいかは見る人の経験に依存する。我々が日常接している物体の多くは、何らかの物体の上に置かれている場合が多いことから、多くの人は図-7の左のように認知しやすいだろう。しかし、図-7の右のように、壁のようなものから突き出している物体も、我々の身の回りには多数存在する。このようなものを見慣れている人には、図-7の右のように認知されやすいだろう。

ネッカーキューブは、線と線の関係による奥行き認知の曖昧性だ。しかしこうした奥行き曖昧さによっても生じる。

図-8左に4つの円がある。上段の右側と下段の左側の図形は手前にふくらんでいる、あるいは球体だと認知されるだろう。そして上段の左側と下段の右側のものはくぼんでいると認知されるだろう。しかし、実は、いずれの円も白黒のグラデーションをつけただけであり、グラデーションの向きが上下逆さまになっているだけだ。その証拠に、この図を上下逆さまにすると、くぼんでいたものはふくらみ、ふくらんでいたものはくぼむ。

太陽の下で進化してきた我々は、上から光がくることに慣れている。このため、白っぽく見える部分は上から光が当たっていると認識してしまう。また我々は3次元空間で生活し、3次元の物体を認識することに慣れている。このため、平面的な円よりも、3次元的な凹凸を持った円形状のものを認識する方が容易い。したがって、上が白っぽい円は球に上から光が当たっていると認知さ

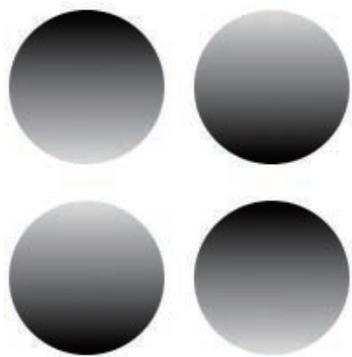


図-8 グラデーションによる凹凸(左)とルビンの杯(右)

れ、下が白っぽい円は上から円形の凹みに光が当たっていると認知されるのだ。

では、図-8左を、右もしくは左に90度、回転させてみる。4つの円すべてが球体として認知されるだろう。これは、我々の日常生活において、光が物体の左右どちら側からも当たる場合があることを、我々が知っているからだ。さらに、我々は人工的な環境において、下から光がくる場合もあることを経験している、あるいは知識として持っている。そこで、先ほど、凹みに見えた左上と右下の円を、光が下から当たっているのだと想像してみたい。球体であるように見えてこないだろうか。このように、経験や知識、あるいはそれらに基づく想像によって、錯視を変化させることができるのが、認知レベルの錯視の特徴である。

さらに我々の経験や知識によって錯視を変化させやすい多義図形がある。それが図-8右に示すルビンの杯だ(ルビンの壺とも呼ばれる)。図-8右の、色のついた部分を「図 (figure)」と見れば、グレーの杯が認知される。このとき、白い部分は背景、すなわち「地 (ground)」と見なされている。逆に、色のついた部分を地と見なし、白い部分を図と見なすと、向かい合った人の顔が認知される。

杯あるいは人の顔を認知するためには、それらの形状についての記憶を持ち、そして多くの場合、それらを表す言葉も知っている。言葉は我々の記憶が不可欠であることから、認知研究の重要な研究対象の1つだ。ルビンの杯は、図として認識したものを我々の記憶と結びつけ、さらには言語とも結びつけるという認知活動に深くかかわっている。このため、ネッカーキューブと同様に、見る人の経験や知識の違いにより、杯を見やすい人と人の顔を見やすい人とがいるであろう。しかし、両者の認知の行き来は、先ほどのグラデーションによる凹凸の認知

よりも容易だ。このことは、図と地の認知が、我々の経験や知識といった記憶に、より強く依存しているためだと思われる。

ところで、これまで紹介してきた多義図形は、いずれも、同時に両方の認知を行うことは不可能だ。両者の認知は排他的なのだ。我々は常に膨大な情報をさまざまな感覚器官から受け取っているが、意識あるいは注意を向けることができるのは、そのうちのごくわずかな情報だけだ。こうした意識あるいは注意の特性が、認知の排他性に関係していると思われる。実際、我々は、意識あるいは注意によって、ネッカーキューブやルビンの杯の見方を変えることができる。これは、先に紹介した知覚レベルの錯視では困難だ。

最後に、我々の経験や知識までも欺く錯視刺激を紹介する。図-9はペンローズの三角形と呼ばれている。三角形の上の角に注目すると、紙面左奥から右手前に立ち上がっている立体的な三角形が見える。しかし、下の角に注目すると、紙面右奥から左手前に立ち上がる三角形が認知される。さらに、右の角に着目すると、紙面上奥から手前下にぶら下がる三角形がある。

注目する部分によって認知が異なり、それぞれの認知が排他的であることは、これまで解説した認知レベルの錯視と同じである。しかし、ペンローズの三角形では、互いの認知に論理的矛盾が生じている。つまり図形全体を見たときには、認知が排他的ではないのだ。このような図形は不可能図形と呼ばれており、この現象を応用して有名になった絵に、エッシャーの不思議な絵がある。

不可能図形は、我々の意識や注意が向けられる範囲が限定的であることを利用し、局所的な認知は正しくても、全体的な認知は矛盾するように仕組みられた、巧妙な錯視だ。

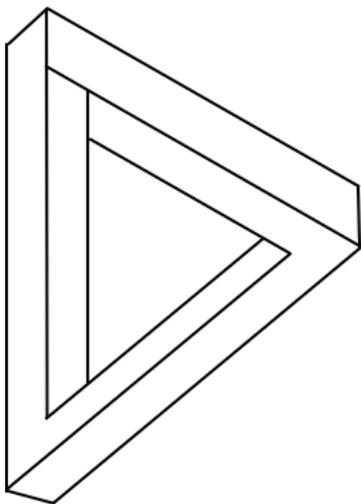


図-9 ペンローズの三角形

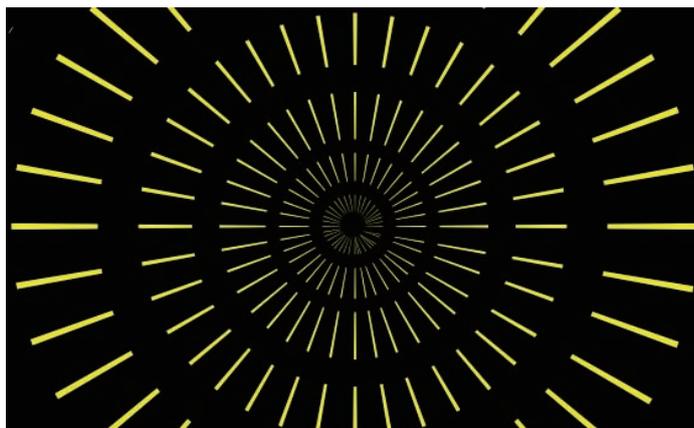


図-10 ヴェクション

■ 行動レベルの錯視

眼における知覚が、認知や判断を介さずに、すぐさま我々に特定の行動を誘発することが知られている。アフォーダンスだ。アフォーダンスの考えは、工業デザイン等に応用され、機器等の操作ミス防止に役立っている。アフォーダンスにおける錯視は、我々の眼による知覚が、即座に、実際の物理的環境にそぐわない行動を誘発するという意味で、非常に危険なものである。逆に、この種の錯視のメカニズムが明らかになれば、安全な社会の実現に寄与できる。

最初に、アフォーダンスの提唱者であるギブソンによる実験を紹介しよう。同じ大きさで、同じ位置に穴の空いた、黒と白のプラスチック板を10枚程度ずつ用意する。これらの板を、各穴が板に対して直角に、かつ一直線になるように、等間隔で並べる。そして照明を薄暗くし、並んだプラスチック板の一方から、一直線に並んだ穴を、少し離れたところから両眼で見る。すると、穴と穴の隙間は均質な物質で埋められ、あたかも物体が通り抜けられるトンネルが出現したかのように錯覚される。

実際に物理的に存在するトンネルの中を我々が歩いていて、その延長にこのような錯覚のトンネルがあったとしたら、我々は、それがトンネルだと認知することもなく、またそこを歩くかどうかを判断することもなく、幻のトンネルへと足を踏み出すだろう。したがって、このような錯覚は行動レベルの錯視だ。

この実験と同様に、実際には存在しないにもかかわらず、動ける空間を知覚してしまう現象として、ガンツフェルト（全体野、等質視野）がある。1930年にメッツガーは、薄暗い照明の中に巨大なモルタル壁を用意し、そこに観察者を対面させた。すると観察者は、壁を知覚で

きず、光のもやの中に立っているように知覚したのだ。実際には壁が立ちはだかっているにもかかわらず、動ける空間だと錯覚されたことから、これもまた行動レベルの錯視だ。

さらに、実際には動いていないのに、あたかも我々が動いているかのように錯覚させる錯視もある。図-10のような、視野の中心から放射状に模様が出されているような絵、もしくは映像を見ると、我々自身が視野の中心に向かって移動しているかのように錯覚する。このような現象は、視覚誘導性自己運動知覚（ヴェクション）と呼ばれる。ヴェクションはヴァーチャルリアリティや映画などで利用されており、我々に馴染み深い。

■ 多様な錯視の情報処理モデル

さてここまでは我々の日常生活とのかかわりから錯視を整理し、紹介してきた。ここからは、いまだに謎の多い錯視のメカニズムを説明するための、情報処理モデルについて見ていく。

錯視の情報処理モデルには、心理モデルや工学・物理モデル、生理・神経モデルなどさまざまなものがある。心理モデルでは、錯視を引き起こす視覚刺激と、それによって引き起こされる錯視の関係が、心理実験の結果に基づいて、言語による記述や図式によって表現される。工学・物理モデルには、電磁気学におけるビオ・サバールの法則を用いた説明や、錯視量と重力とを関連づける重力モデルなどがある。生理・神経モデルは、生理学や神経科学における知見に基づき、錯視の説明を試みるものである。先に紹介した、ヘルマン格子錯視の側抑制による説明がこれに該当する。

錯視は眼から脳へと視覚情報が伝達される中で生じる、

生体現象だ。心理モデルは実験結果に基づく現象の説明であり、工学・物理モデルはモデルとしている物理法則と生体との関係が不明であることから、錯視の根本的な説明には今のところなっていない。そこで本稿では、生体に関する知見に基づく生理・神経モデルを取り上げる。

■ 側抑制モデル

側抑制とは、すでに解説したとおり、明暗・赤緑・青黄のコントラストを際立たせて知覚しようとする、神経細胞あるいは脳の働きだ。神経細胞レベルでは、隣接する神経細胞が、互いに相手の反応を抑制し合う働きを指す。側抑制は、網膜における神経細胞レベルのみならず、あらゆる知覚のあらゆるレベルにおいて働いている。さらには、我々の認知や心理等にも働いていると思われる。側抑制は、我々生体にとって、基本的生理機能の1つなのだ。

この側抑制の数理モデルがDOG関数だ。DOGとはDifference of Gaussianの略であり、ガウス関数の差分として、側抑制がモデル化される。ガウス関数により示されるグラフは、正規分布関数のような釣り鐘型だ。これらの差分であるDOGは、神経節細胞におけるON(興奮)領域とOFF(抑制)領域とにおける、反応度合いの差をモデル化している。

DOGによってモデル化された各領域の特性は、パラメータによって決まる。シミュレーションにより、このパラメータについてさまざまな実験がなされ、その結果を受けてチューニングされる。また視野の特性など、より具体的な条件を満たすようにモデルが改良されてきた。こうしたモデルに錯視図形を入力し、実際の錯視現象をどれだけ忠実に再現できるかどうかにより、モデルが評価される。現在のところ、ミュラー・リヤー錯視(内向きと外向きの両矢印の長さが異なって見える)などの、ごく単純な図形について、その妥当性が検証されている。

■ 並列処理モデル

我々の脳機能にはもう1つ基本的生理機能がある。並列処理だ。大脳皮質における多くのニューロン(神経細胞)は、反応する視覚刺激が決まっている。たとえば、特定の線の傾きや光の波長、動きの早さなど、一定の幅(バンド)を持った特定の物理刺激に対して選択的に反応する。このことは、「ニューロンがバンドパスフィルタを構成している」と言われる。つまり、ある視覚刺激は、特定のバンドパスフィルタを持ったさまざまなニューロンに分解され、並列処理され、処理された結果が何らかの方法によって視野全体として再構築されている。

このとき、それぞれのニューロンが反応する視覚刺激の物理的特性の幅(バンド)、たとえば色であれば反応する波長の幅は、それほど狭いものではないことが知られている。つまり、あるバンドを持つ特定の物理的刺激に対して、複数のニューロンが重複して反応するのだ。つまり、個々のニューロンが、それぞれに対応した特定のバンドの刺激を、排他的に符号化しているのではない。

特定のバンドを持つ刺激がどのように符号化されているのかは定かではない。現在のところ、特定のバンドを持つ刺激に反応した、すべてのニューロンの反応パターンに基づいて、そのバンドの刺激を符号化し、脳で処理していると考えられている。この仮説は、網膜上で双極細胞や神経節細胞が受容野によって複数のニューロンを束ねていることや、ニューロン同士がニューラルネットワークを形成していることなどから、妥当な仮説だろう。このような仮説をポピュレーションコーディングと呼ぶ。

ポピュレーションコーディングは次のように数式化される。ある視覚刺激が入力されたとき、視野のある位置(通常は中心からの角度で示される)とその位置におけるニューロンの反応の度合いを掛け合わせたものを、すべての位置について足し合わせる。すなわち面で積分する。次に、個々のニューロンの反応の度合いをニューロン全部について足し合わせる。先の値を後の値で割った値を、入力された視覚刺激の位置として符号化する。つまり、視野全体における反応の重心を求め、その重心を視覚刺激の位置として符号化しているのだ。

このモデルを用いると、たとえば前述したデルブーフの大きさの錯視のように異なる位置にある刺激同士が影響し合って生じると考えられる錯視現象を説明することができる。

■ 錯視の情報処理の未来

本稿で取り上げたシミュレーションモデルは、単純な錯視図形を入力として用いたとしても、結果はまだまだ不安定である。おそらく、錯視は、側抑制やポピュレーションコーディングといった単一の機能ではなく、より複合的な機能の発現により生じているものと思われる。このため、説明が進む脳の高次機能に関する知見を、貪欲に情報処理モデルとして取り込んでいくことが必要だ。

たとえば、非常に単純であるが強固な錯視として知られるヘルマン格子は、従来、側抑制によって説明されることが多かった。しかし、近年、側抑制説に対する反証事例が数多く挙げられており、新しいモデルが多数考案されている。これらの反証事例の多くは、側抑制という単一のモデルだけでは説明できない要因が、ヘルマン格子錯視において生じていることを示すものだ。特に、側

抑制という局所的な視覚機能ではなく、図形の全体的な要因(ゲシュタルト)が働いているという指摘は興味深い。

いずれにせよ、錯視は単純なメカニズムで生じているのではなさそうだ。140億あると言われる脳細胞の多くが視覚情報処理にかかわっているのだから、その処理メカニズムは複雑極まるものであることが予想できる。その複雑なメカニズムの結果として生じる錯視のメカニズムに関する研究は、謎だらけの大海原に漕ぎだしたばかりだ。

しかし、情報処理研究は、0と1だけの符号から、複雑な情報を伝達するシステムや精緻な動きを自律的にできるロボット、人間の知的活動を効果的に支援するソフトウェアなどを実現してきた。このような知見を活かすことにより、未解明な生命機能を予測し、シミュレートし、高度で複雑な脳機能の解明への道しるべを提供できるであろう。錯視は、手軽に体験でき、そして我々の好奇心を引きつけてやまない、高度な脳機能の働きである。本稿により、情報処理の観点からの錯視研究が一層の進展を遂げることに寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) ベアー・コノーズ・パラディーソ (著), 加藤宏司, 後藤 薫, 藤井 聡, 山崎良彦 (監訳) : カラー版 神経科学—脳の探究—, 西村書店 (2007).
- 2) 田中平八, 後藤伸男 (編) : 錯視の科学ハンドブック, 東京大学出版会 (2006).
- 3) 北岡明佳 (監修) : 錯視完全図解—脳はなぜだまされるのか?, Newton別冊, ニュートンプレス (2007).
- 4) W. ケーラー (著), 田中良久, 上村保子 (訳) : ゲシュタルト心理学入門, 東京大学出版会 (1998).
- 5) ダヴィッド・カツツ (著), 武政太郎, 浅見千鶴子 (訳) : ゲシュタルト心理学, 新書館 (1989).
- 6) J. J. ギブソン (著), 古崎 敬, 古崎愛子, 辻敬一郎, 村瀬 旻 (訳) : 生態学的視覚論—ヒトの知覚世界を探る—, サイエンス社 (2001).
- 7) 佐々木正人 : アフォーダンス—新しい認知の理論, 岩波科学ライブラリー 12, 岩波書店 (2002).
- 8) D. A. ノーマン (著), 野島久雄 (訳) : 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論, 新曜社認知科学選書, 新曜社 (1990).
(平成 20 年 11 月 13 日受付)

池田文人 (正会員) fumike@mail.sci.hokudai.ac.jp

NTT データ勤務を経て 2001 年より北海道大学准教授。1994 年京都大学理学部卒業。工学博士 (奈良先端大)。専門は認知科学。米国認知科学会会員。共著に「フィンランドの理科教育」(明石書店) など。

