

目の錯覚を使ったトリック

65期生

I テーマの設定理由

図書室で先輩たちの研究テーマを調べているとき、「錯覚」というテーマに目が留まった。以前から僕も目の錯覚に興味があったためだが、読んでいるうちに更に興味が深まり、そこに載っていないことをもっと調べてみたくなった。

II 研究方法

- (1) 図書館やインターネットを利用して、目の錯覚にはどんな種類のものがあるか調べる。また、目の錯覚が起こる理由を調べる。(文献調査)
- (2) 目の錯覚を使ったトリックの自作。(実践)

III 研究内容

- (1) 目の錯覚のことを「錯視」という。錯視は大きく分けると5種類ある。

- ① 静止画が動いて見える錯視
- ② 幾何学的錯視 (形の錯視)
- ③ 色の錯視
- ④ 明るさの錯視
- ⑤ 視覚的補完の錯視

- (2) 静止画が動いて見える錯視

図1を「蛇の回転」と言い、円盤が動いているように見える。この錯視が起こる理由は、私達の視覚システムが関係している。私達の目は、常に動いている。何かを探すときのような大きな目の動きだけではなく、じっと何かを見つめている時でも、実は止まらないで細かく動いている。目が動けば、例えば見ているものが止まっても、その網膜像は動くことになる。通常は、目と脳の巧妙な仕組みにより、このような網膜像の動きは、実際の動きとは解釈されない。つまり脳は、目の動きがもたらすブレを補正しているのだ。しかし、この錯視ではこのブレ補正がうまく働いていない為に、脳の運動検出メカニズムが、この網膜像の動きを実際の動きとして検出するため動いて見えてしまう。

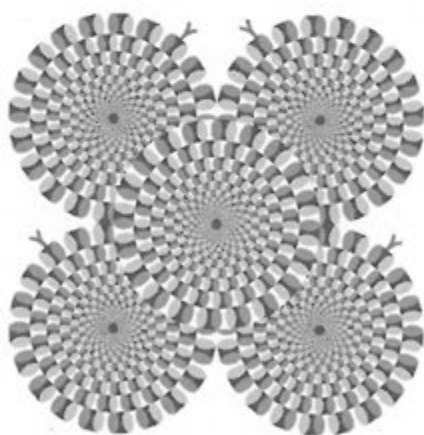


図1 蛇の回転

(3) 幾何学的錯視 (形の錯視)

幾何学的錯視は他の錯視より種類が多いので2種類紹介する。

図2をミュラーリヤー錯視という。上下の横線の長さは同じだが、下の線の方が長く見える。この錯視が起こる原理は、「三次元の認識」が関わっている。

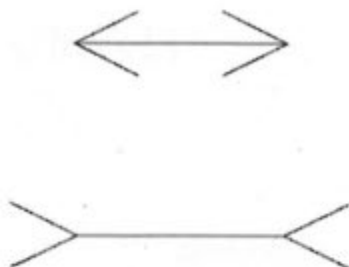


図2 ミュラーリヤー錯視

図3はミュラーリヤー錯視を縦にしたものである。短く見える方は、壁のコーナーがこちらに向かって出っ張っている様子を簡略化した絵に見える。また、長く見える方は、壁のコーナーが奥に引っ込んだ様子を簡略化した絵に見える。視覚システムにとって、二つのコーナーにおける垂直線の物理的な長さは同じだ。しかし、上に書いたように、脳は、2つの線が存在する奥行きが違うと解釈している。つまり、右側のコーナーが奥に引っ込んでいる垂直線の方が、左側のコーナーが出っ張っている垂直線より、遠くにあると判断しているのだ。視覚システムは極めて賢いことに、「それぞれの奥行きは違うはずなのに、網膜に写っている2本の垂直線の長さは同じだ。ということは、右側の垂直線は、左側の垂直線よりもずっと長いのだな。」と判断し、それがミュラーリヤー錯視を生み出していると考えられる。

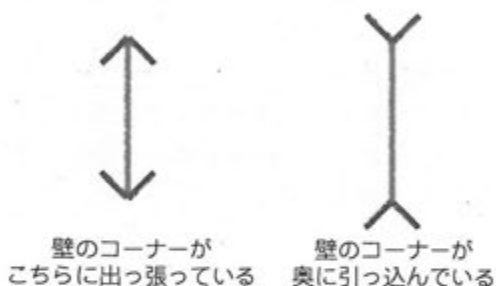


図3 ミュラーリヤー錯視を縦にした図

図4をシェパード錯視という。二つの黒い平行四辺形はそれぞれ違う形に見えるが、実はこの二つの平行四辺形は合同である。絵に描かれている、立体の物体に見えるところに錯視の原因がある。黒いところに平行四辺形が描かれているが、この平行四辺形こそ奥行き感を与える最も有効な描画法である。絵の中で平行四辺形は、長方形であると脳が認識しているので知覚的には垂直方向に伸びて見えることになる。絵の2次元図形を、3次元世界へ復元しようとする力が目(脳)に働きかけているのだ。これによりシェパード錯視が起こる。

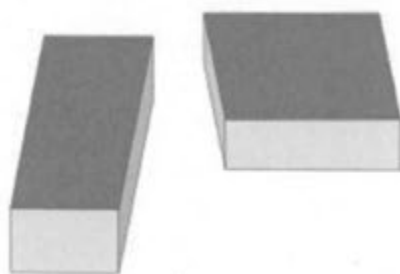


図4 シェパード錯視

絵の2次元図形を、3次元世界へ復元しようとする力が目(脳)に働きかけているのだ。これによりシェパード錯視が起こる。

(4) 色の錯視

図5はデヴァロイス・デヴァロイスの市松模様図形という。上の段の薄い灰色と下の段の濃い灰色は、左右で違って見える。しかし、実際は両方とも左右で同じ色である。この錯視が起こる原因は「色の同化」にある。「色の同化」は、色の空間解像度があまり高くないところから生じていると考えられる。色を捕らえるために、まず網膜にある3つの錐体細胞が必要になる。明るさを捕らえるためには、原理的には1つあればよいので、明るさと比べると、色の分解能はどうしても悪くなってしまふ。

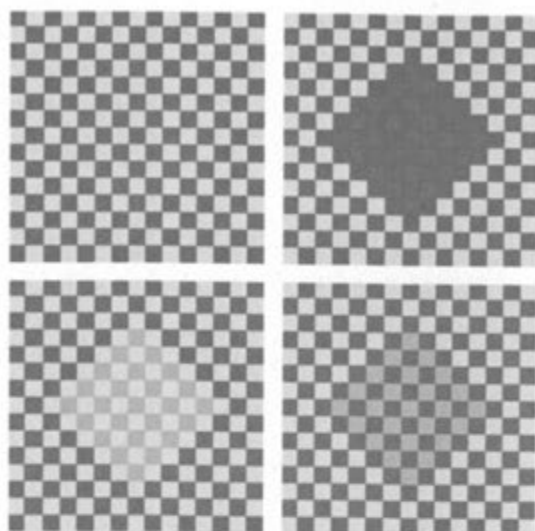


図5 デヴァロイス・デヴァロイスの市松模様図形

図6は網膜に敷き詰められている三種類の錐体細胞の様子を、色分けして模式的に描いたものである。実際にはこのような色はついていない。図6で見られるように、光センサーとして働く各錐体は分散して配置されている。そのために生じる分解能の悪さから、色の情報しかないときには、滲んで見える可能性がある。しかし、際限なく滲むことはない。その1つの理由は、明るさの変化があるところでは、色も変化するに違いないと、脳が判断しているからである。

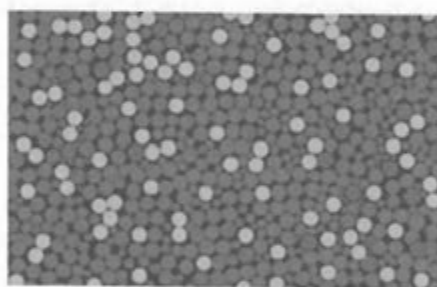


図6 錐体細胞の模式図

(5) 明るさの錯視

図7はヘルマン格子錯視である。細い白い格子の十字路のところが錯視になっている。図の中央付近を眺めて、目を動かさず周辺の交差点に注意すると、交差点の中央に黒い影がちらちらする。しかし、黒い影を目の中心で捕らえようとすると、消えてしまう。このように、目を向けているところでは、黒い影が見えないのもヘルマン格子の重要な特徴である。ヘルマン格子の一般的な説明は、「中心一周辺型」の神経細胞が関与しているというものである。ものを見る時は、目と脳と一緒に働いている。目や脳

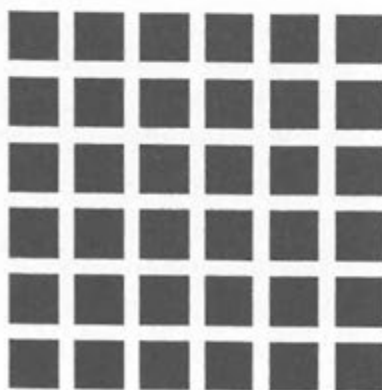


図7 ヘルマン格子錯視

には、神経細胞（ニューロン）と呼ばれる細胞がある。それらの働きのおかげで、私たちはものを見ることが出来る。ある神経細胞が、視覚情報をどのようにして処理しているかを知るために、その神経細胞の受容野を知ることが大事である。受容野とは、神経の反応を引き起こすことが出来る視野内の領域のことで、一般にその神経細胞が、一番よく反応するパターンにより表す。

図8は網膜や脳にある、最も基本的な視覚神経細胞の受容野である。プラスは明るい光、マイナスは暗い光を表している。つまり、この神経細胞は、中心部分が明るく、周辺部分が暗いパターンがその受容野内に出ていると、とても活発に反応する。さて、ヘルマン格子錯視にはこのような「中心-周辺型」の神経細胞の働きが重要だ、という仮説に戻る。まずは、ヘルマン格子錯視における交差点の中心と、道の中心を比較してみる。

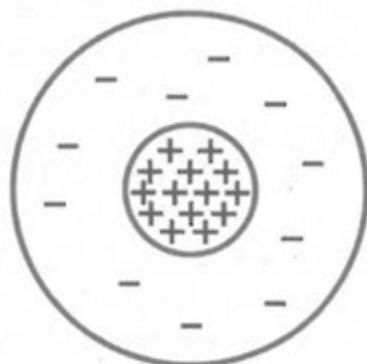


図8 基本的な視覚神経細胞の受容野

図9はヘルマン格子錯視で、交差点の中心では黒い影が見えるが、道の中心では、黒い陰は見えない。この2つの中心点の周りの明るさを確認してみる。交差点の中心点の周囲には垂直、水平方向に白い領域（道）がある。しかし、道の中心の周囲にある白い領域は、垂直か水平のどちらかだけだ。つまり、交差点の周囲の方が、道の周囲よりも明るい。

図8では「中心が白色、周辺が黒色」というパターンによく応答する「中心-周辺型」の受容野を、交差点の中心と道の中心に重ねてかいている。周りの明るさが違う訳であるから、この2つの「中心-周辺型」の神経細胞からの応答は、異なっていることが予測される。つまり、交差点の中心への応答が、道の中心への応答よりも弱まると考えられる。交差点の中心では、周辺がさほど暗くないことにより、神経細胞の出力が抑えられるからだ。そのため、交差点の中心はほかの道の部分より、暗く見えるという訳である。と

ころで、見つめている交差点では、黒い影は現れない。それは見つめている点、すなわち視野の中心では、神経細胞の受容野がとても小さいため、交差点の中心と道の中心では神経細胞の応答に差がないからだと考えられている。

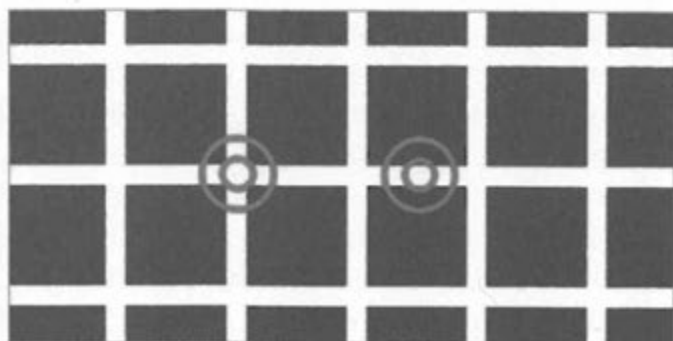


図9 ヘルマン格子錯視の2カ所の比較

(6) 視覚的補完の錯視

図10はカニツアの三角形である。この絵に描かれているのは、一部かけた円と、くさび形になった線があるだけである。しかし、図の中央に白い三角形があるように見える。本当は存在しない、この三角形の輪郭は「主観的輪郭」と呼ばれている。研究の結果から、脳の後頭葉にある神経細胞の中に主観的輪郭の、認識に関わっているものがあることが分かった。つまり主観的輪郭とは、私たちの脳が作り出した輪郭である。さて、この主観的な輪郭では、輪郭により作られた三角形は、少し手前に浮き出て見える。

主観的輪郭は、「立体感」つまり奥行き印象をもたらすことがある。また、主観的な輪郭により作られた中央の白い三角形は、背景よりも少しだけ明るく見える。当然のことだが、あるディスプレイ画面に出ている白色より明るい色を、同じディスプレイ内に提示することはできない。白色は1番明るい色だからだ。しかしながら、この錯視はそのような物理的な限界をも超えてしまう力を持っている。このように、主観的輪郭から作られる図形は、奥行き感や明るさの印象をかえてしまうため、線分などの実際の輪郭で囲んで作った図形よりも、図形として強い印象を与える。言い換えると、脳が積極的に作り出したからこそ、主観的輪郭による図形は、図形としての見かけが強まっている、ということである。

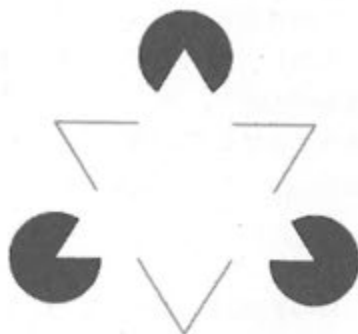


図10 カニツアの三角形

(7) 目の錯覚を使ったトリックの自作

図11は、自作したカニツアの三角形の五角形バージョンである。

五角形の場合でも三角形の時と同じで、五角形は書かれていないが五角形があるように見える。

この図を作ろうと思った理由は、本当はないものがあるように見える、ということに魅かれたから。

また、三角形以外でもこの錯視が起こるかどうかを調べてみたかったらである。

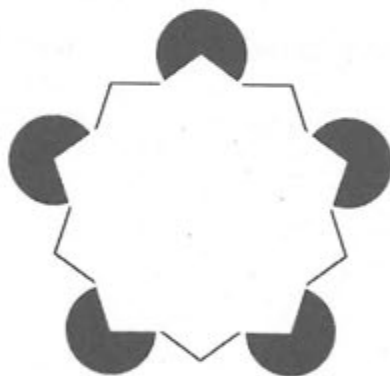


図11 自作カニツアの五角形

IV まとめ

錯視は大きく分けると5種類のものがある。

- ①静止画が動いて見える錯視
- ②幾何学的錯視（形の錯視）
- ③色の錯視
- ④明るさの錯視

⑤視覚的補完の錯視

この五種類をさらに分けていくと、とても沢山の種類の錯視がある。

しかし、原因が判っているものはまだほんの一部だけで、まだ原因が判っていない錯視も沢山ある。判っている錯視の原因は、殆どが脳と目の仕組みが関わっている。また、脳が今までの経験などから、勝手に長さや形を決めつけていることにより起こる錯視もある。

V 感想

目の錯覚は、目が騙され易いから起こるのだという印象が強かったが、この研究を進めていくうちに、目の錯覚は目や脳の仕組みがしっかりとしているからこそ起こるのだと思うようになった。なぜなら、脳が2次元の絵を3次元の世界へ復元したり、今までの経験から長さや形を予測することによって、錯視が起こっているからである。錯覚には目の錯覚以外にも、耳の錯覚（錯聴ともいう）というものがある。この耳の錯覚も、目の錯覚と同じように耳の仕組みがしっかりとしているからこそ起こるのではないかと思う。2年生では、耳の錯覚については是非調べてみたいと思う。

VI 参考文献

<http://www.brl.ntt.co.jp/I-illusionForum/index.html> イリュージョンフォーラム

<http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-j.html> 北岡明佳の錯視のページ

<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/catalog.html> 錯視のカタログ

<http://ja.wikipedia.org/wiki/錯視> 錯視-wikipedia

だまされる錯視 錯視の楽しみ方

北岡明佳 著 2008年4月11日