

3Dと錯視について

立命館大学
北岡 明佳

3Dと錯視、いわば似て非なるものである。視覚研究者なら混同することはないが、専門が違えば結構わからない。本稿ではその違いと類似点を明らかにするとともに、3D&錯視の面白さをアピールしたい。

●はじめに

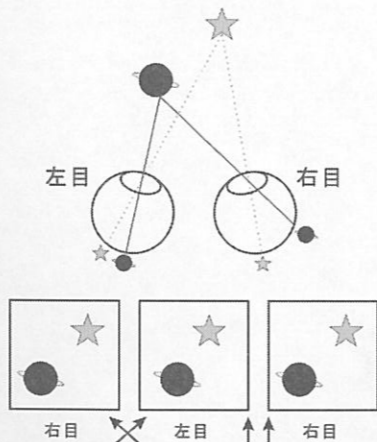
本号が出版された頃にどうなっているかわからないが、本稿の締め切り直前の2011年2月26日に発売されたニンテンドーの3DSは大変な人気である。発売2日間で37万台が売れたとのことである¹⁾。ゲーム機初の3D、3Dテレビより身軽な3D、専用のメガネはいらない3Dといったあたりが魅力なのか、あるいは3Dなら何でも売れる時代だから当たったのかは、後世明らかとなるだろう。

それはともかく、「3Dとは何か」ということを最初に説明しよう。ここでいう3Dは「三次元画像」(three-dimensional images)のことである。「両眼立体視(stereopsis)による奥行き知覚をことさら強調した画像」と言ってもよい。両眼の瞳孔の位置は水平方向に6センチメートルほど離れているため、奥行き方向に離れて位置する2つの対象は、両眼には異なった位置関係に映る(第1図)。この両眼間の水平方向のズレを両眼視差

(binocular disparity)あるいは両眼網膜像差という。第1図の上の図は、「土星」が相対的に近くに「星」が遠くにある場合、それらを両眼で見た時にそれぞれの目にはどのように投射されるかを、上から見た図として示したものである。第1図の下図はそれぞれの目における見えを示しており、右目の見えにおける「土星」と「星」の水平方向の間隔は左目の見えよりも大きい。このような両眼視差を手がかりとして奥行き情報を復元する視覚の機能が、両眼立体視である。

第1図の下図はそのままステレオグラム(stereogram)となっている。ステレオグラムとは、絵の中に描き込まれた両眼視差情報から奥行き知覚を生成するための画像である。本図では、ステレオグラムを寄り目で見る人は、左端の図を右目で見て中央の図を左目で見る(交差法という)。寄り目が得意でない人は右端の図を右目で見て中央の図を左目で見る(平行法という)。これらのやり方は裸眼立体視と呼ばれるが、裸眼立

体視はうまくできるようになるのに練習が必要である。輻輳(寄り目すなわち内転することや開散すなわち外転すること)を変えると調節(水晶体のピント合わせ)も生理的に連動して変わってしまうからである。このため、裸眼立体視によるステレオグラム鑑賞は苦行である人が少なくない。ところが、3Dテレビや3DSは光学的な工夫によって誰でも楽にステレオグラムを楽しめる。



第1図 両眼立体視の手がかりとなる両眼視差が起こる仕組みを図示したもの

● 3Dと錯視の違い

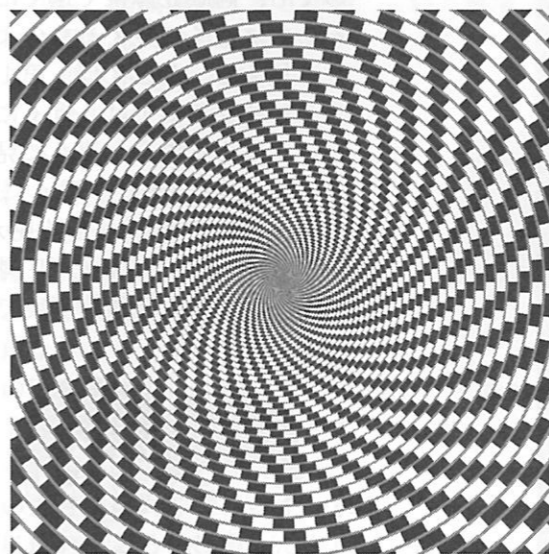
3Dは両眼の情報が必要なので、それを必要としない錯視とはもともと「次元」が異なる。錯視は基本的に2Dなのだ。錯視の種類は多い。第2図～第4図には、形の錯視(幾何学的錯視)、明るさの錯視、動きの錯視の例を示した。第2図(a)は、「カフェウォール錯視による渦巻き錯視」である。灰色の同心円(中心が同じ複数の円)

が反時計回りに回転して中央に向かう渦巻きに見えるという錯視である。第2図(b)はカフェウォール錯視(Café Wall illusion)である。水平に描かれた灰色の線分が5本とも左に傾いて見える。カフェウォール錯視がなぜ起こるかという議論は別の機会に譲るとして²⁾、傾き錯視によって傾いて見える線分を同心円状に配置すれば渦巻き錯視となる³⁾。

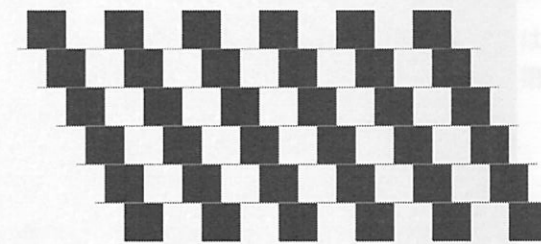
第3図(a)は「グラデーションによる明るさ対比」である⁴⁾。4

つの正方形は左の方ほど暗く右の方ほど明るく見えるが、同じ輝度グラデーションで描かれている。明るさの対比(simultaneous brightness contrast)は背景とターゲットに同方向に輝度勾配があると効果が高まり、本図の正方形同士は同じ明るさには見えにくい。第3図(b)は、視覚的ファントムの一種で、縞模様のギャップの部分が光っているように見えるか、白い霧がかかっているように見える⁵⁾。その光あるいは霧が横方向に拡大して見える動きの錯視も観察できるかもしれない。

第4図(a)は「蛇の回転」という作品である⁶⁾。本来はその基本錯視である「フレーザー・ウィルコックス錯視を最適化した錯視」⁷⁾を示すべきであるが、「蛇の回転」

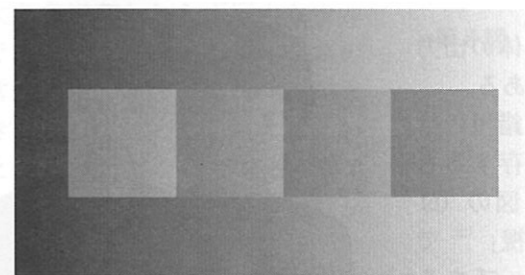


(a) カフェウォール錯視の渦巻き錯視

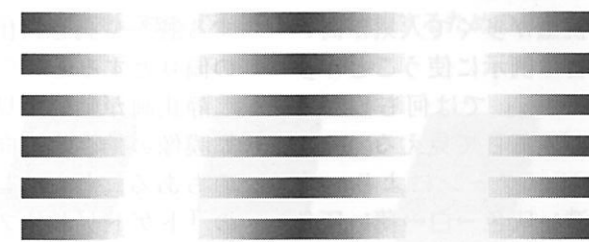


(b) カフェウォール錯視

第2図 形の錯視の例

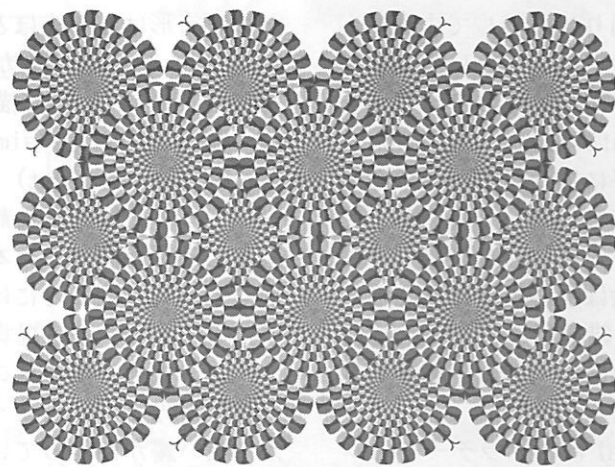


(a) グラデーションによる明るさ対比

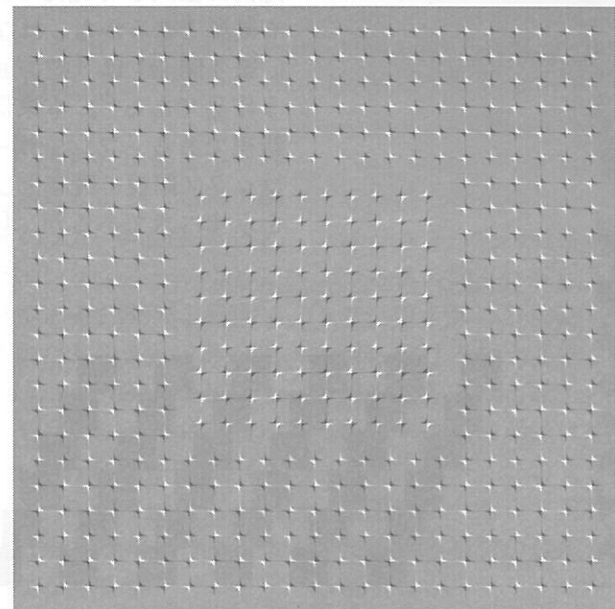


(b) 視覚的ファントム

第3図 明るさの錯視の例



(a) 蛇の回転



(b) トゲトゲドリフト錯視
第4図 動きの錯視の例

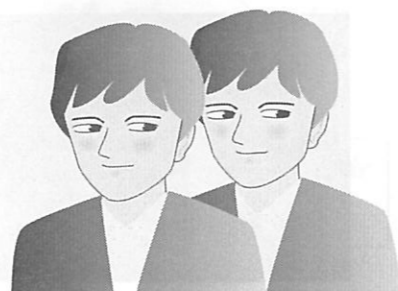
の方が錯視量が多くて人気が高いので、筆者は例示に使うことが多い。「蛇の回転」では何もしなくても円盤が回転して見える。その回転方向はパターンにより一定で、黒→濃い灰色→白→薄い灰色→黒の方向に動いて見える。その説明としては、パターンの要素の知覚に時間差があることが原因と

する説⁸⁾や動き検出器自体の出力の偏りとするモデル⁹⁾がある。静止画が動いて見える錯視には網膜像の動きの方向に依存するものもある。たとえば第4図の(b)の「トゲトゲドリフト錯視」¹⁰⁾では網膜像が上下にスリップすると内側の領域は左右に動いて見え、左右にスリップすると上下

に動いて見える。この錯視がなぜ起こるのかについては筆者の仮説がある¹¹⁾のだが、紙面の関係で省略する。

● 3Dと錯視のクロスオーバー

このように見てくると、やはり3Dと錯視は別の現象あるいはメカニズムであることが確認できる。とは言え、3Dと錯視に共通して現れる現象もある。例えば、ステレオグラムで同じ大きさに描いたものでも、両眼立体視で遠くに見えるものは近くに見えるものより大きく見える。たとえば、第1図のステレオグラムでは、近くに「土星」が見える場合と遠くに見える場合を比較すると、遠くに見える「土星」の方が大きく見える。この現象はたいていの3D関係者なら知っている経験的事実である



第5図 奥に見える方が大きく見える錯視の例



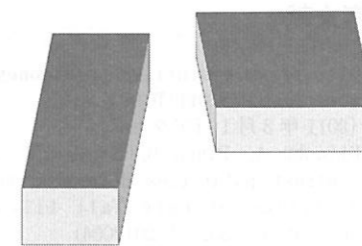
第6図 回廊錯視の例

が、あまり「錯視」とは呼ばれない。しかし、網膜像の大きさが同じなのに異なる大きさに見えるのだから、錯視研究の立場から考えるとこれは歴とした「大きさの錯視」である。

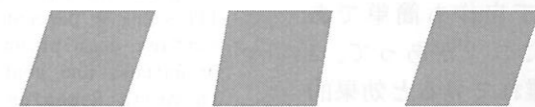
これと同様の効果は単眼視の奥行き手がかりでも得られる。第5図では、人物の大きさは同じに描いてあるが、奥に見える人物の方が手前より大きく見える。第5図の上の図では左の人物が大きく見え、下の図では右の人物が大きく見える。第6図では、画角上はクルマの大きさは同じであるが、水平線に近いところに複製したクルマは下方のオリジナルより大きく見える。もちろん実際にそういうクルマがあれば、観察者は網膜像の大きさにかかわらず巨大なクルマであると認識できる（大きさの恒常性）が、同時に像の見えの大きさも少しだけ大きく見えるというところが錯視なのである。第6図のように線遠近法の手掛かりが豊富な錯視は、回廊錯視と呼ばれる¹²⁾。

話変わって、シェパード錯視¹³⁾は、2D画像に描かれた立体物の奥

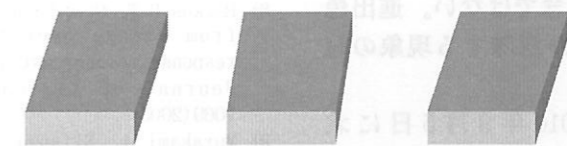
行き方向の長さが過大視されるとい現象である。テーブルトップ



第7図 シェパード錯視



第8図 シェパード錯視に対応する3D錯視を観察するためのステレオグラム



第9図 シェパード錯視とシェパード錯視に対応する3D錯視を合わせたステレオグラム

錯視ともいう。1981年発表の比較的新しい錯視である（錯視界においては30年前はそれほど昔ではない）。第7図では、左の箱の上の濃い灰色の平行四辺形は細長く見え、右の箱の上の平行四辺形はずんぐりして見えるが、物理的には両者は合同（同じ形で同じ大きさ）である。幾何学的錯視（形の錯視）としては錯視量が際立って多いので、デモをすると人気がある。

一方、シェパード錯視に対応する両眼立体視による空間知覚のひずみ（3D錯視）が存在する。第8図では、平行四辺形はほぼ等辺に描かれている（斜辺が若干短い）が、隣同士両眼融合して奥行き方向に傾いた四辺形として知覚すると、奥行き方向に傾いた斜辺の長さが水平の辺より長く見える。空間知覚の研究領域では1931年の文献に既に記述がある¹⁴⁾。第9図は、濃い灰色の四辺形は第8図のものと同じであるが、第8図と比

べて斜辺は若干長く見え（シェパード錯視）、両眼融合するとその錯視が増強される（シェパード錯視に対応する3D錯視）。

このような3Dと2Dで対応する知覚のひずみが見つかるケースは他にもいくつかある¹⁵⁾。これらのことから、3Dと錯視は全く無関係というわけではないということが示唆される。なお、この考え方は古い幾何学的錯視で以前から言われていたことではあるのだが¹⁶⁾、その妥当性については議論が続いていた¹⁷⁾。しかし、少なくともシェパード錯視は本物であろう。

おわりに

カラー印刷ではないのでここでは取り上げなかったが、実は色依存の3D錯視もいくつかある。そのうちの色立体視(chromostereopsis)は印刷物よりもディスプレイで観察した方が錯視量が多いから、「色立体視なんて初耳だ」という方は筆者のウェブ上のデモをご覧いただきたい¹⁸⁾。黒背景上に赤と青のパターンを描けばできるので自作も簡単である。ただ観察にコツがあって、1メートル以上離れて見ると効果的である。夜になって瞳孔が拡大している時も錯視量が多いようだ。色立体視は進出色・後退色と呼ばれることもあるが、両者は必ずしも一致した概念ではない。進出色・後退色の方が意味する現象の範囲が広い。

本稿は、2010年9月5日に北九州イノベーションギャラリーで行なわれた「三次元映像シンポジウム～3Dイノベーションの可能

性～」の講演「3Dと錯視」を元にするという趣旨で執筆を依頼されたものである。しかし、講演の内容は漫談的に多岐に内容が渡っていたため、ここではその内容の一部のみを示すに留まった。もしご興味のある方は、筆者が講演の時に使ったウェブページもご覧頂ければ幸いです¹⁹⁾。

謝辞

本研究の一部は、立命館グローバル・イノベーション機構の研究プログラム（人文社会科学系研究領域）「応用錯視学のフロンティア」の支援を受けた。

参考文献

- 1) YOMIURI ONLINE
<http://www.yomiuri.co.jp/atmoney/news/20110228-OYT1T01205.htm>
(2011年3月1日アクセス)
- 2) Kitaoka A, Pinna B, Brelstaff G: Contrast polarities determine the direction of Café Wall tilts, *Perception*, 33, 11-20(2004)
- 3) Kitaoka A, Pinna B, Brelstaff G: New variations of spiral illusions, *Perception*, 30, 637-646(2001)
- 4) 北岡明佳: だまされる視覚 錯視の楽しみ方, 京都: 化学同人(2007)
- 5) Kitaoka A, Gyoba J, Sakurai K: Chapter 13 The visual phantom illusion: a perceptual product of surface completion depending on brightness and contrast, *Progress in Brain Research*, 154 (Visual Perception Part 1), 247-262(2006)
- 6) 北岡明佳: トリック・アイズ グラフィックス, 東京: カンゼン, 2005.
- 7) 北岡明佳: 人はなぜ錯視にだまされるのか? トリック・アイズ メカニズム, 東京: カンゼン(2008)
- 8) Backus B T, Oruç İ: Illusory motion from change over time in the response to contrast and luminance, *Journal of Vision*, 5, 1055-1069(2005)
- 9) Murakami I, Kitaoka A, Ashida H: A positive correlation between fixation instability and the strength of illusory motion in a static display, *Vision Research*,

- 46, 2421-2431(2006)
- 10) Kitaoka A: The Fraser illusion family and the corresponding motion illusions, 33rd European Conference on Visual Perception (ECPV 2010), Lausanne, Switzerland(2010)
- 11) <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/ECPV2010poster.jpg>
- 12) Richards W, Miller J F Jr: The corridor illusion, *Perception & Psychophysics*, 9, 421-423(1971)
- 13) シェパード R N (著), 鈴木光太郎・芳賀康朗訳: 視覚のトリック だまし絵が語る「見る」しくみ, 東京: 新曜社(1993)
- 14) Thouless R H: Phenomenal regression to the real object. I., *British Journal of Psychology*, 21, 339-359(1931)
- 15) 北岡明佳: 3Dと錯視 その架け橋, 3D映像, 25(1), 2-3(2011)
- 16) グレゴリー R L (著), 大山正 (訳): 錯視のメカニズム, 別冊サイエンス 特集 視覚の心理学・イメージの世界 東京: 日経サイエンス社, pp. 47-59(1975)
- 17) 後藤倬男・田中平八 (編): 錯視の科学 ハンドブック, 東京: 東京大学出版会(2005)
- 18) <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/scolor3.html>
- 19) <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/3DForum2010.html>

【筆者紹介】

北岡明佳
立命館大学
文学部
教授
〒603-8577
京都市北区等持院北町 56-1
TEL: 075-466-3402
E-mail: akitaoka@lt.ritsumei.ac.jp