



ヘルマン格子錯視の新仮説

西山 豊

1 ヘルマン格子錯視と側抑制

私がヘルマン格子錯視を知ったのは、1979年のことである。これは、ドイツの生理学者ルディマール・ヘルマンが1870年に発見した錯視のことをいう¹⁾。黒地に白色の道路が縦横に走っている。道路の交差点ではときどき薄暗く見えることがある。それを確認しようと交差点を注視すると白色に戻る（図1）。この理由は当時はわからなかった。この現象を再考察するのは2024年のことである。再考察した結果、この理由をついに解

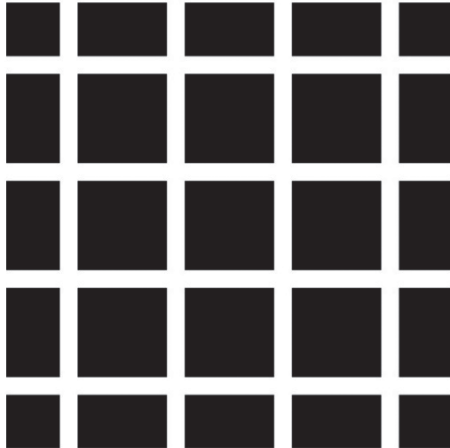


図1 ヘルマン格子錯視 (1870)¹⁾

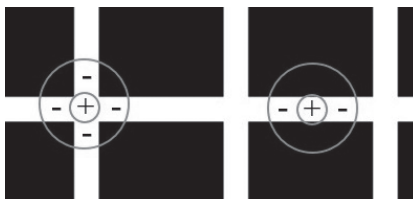


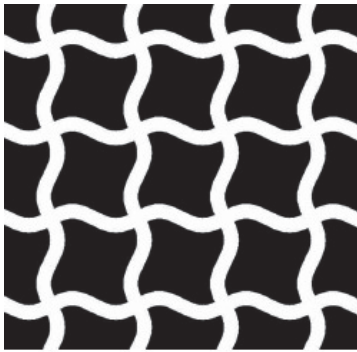
図2 側抑制 (1960)²⁾

明できたのは予想だにしなかった。以下その概略を説明しよう。

ヘルマン格子錯視の理由は、主に側抑制（^{そくよくせい}Lateral inhibition）で説明されている。これは、隣接する神経細胞が中心部の神経細胞の活動を抑制する機能で、1960年にバウムガルトナーによって唱えられた²⁾。交差点の白（左）と道路の白（右）を比較している。交差点の白の中心（+）は周囲の4カ所の白（-）によって抑制されるが、道路の白は周囲の2カ所の白によって抑制される。この抑制の違いが交差点の白が薄暗く見える理由だという（図2）。側抑制という耳慣れない概念、専門書に書いてあるのだからそうなのかと思ったが、当時この説明に私は合点がいかなかった。錯視の謎をめぐって多くの研究者が考察してきたが、この説明には不備があることが判明している。2009年にミヒヤエル・バツハはそれを論考にまとめている³⁾。

2 側抑制に対する反例

ドイツの生理学者ルディマール・ヘルマン（1838-1914）は、格子錯視を発見した（1870）。彼は物理学者ジョン・ティンダル（1820-1893）の講義録（ドイツ語訳）を読んでいるときに、音に関する図を見て気づいた。その図は、黒い正方形が縦8行横5列の40個が整然と並び、それぞれの黒い正方形の上には音の振動を表す「クラドニ図形」が描かれていた。ヘルマンは、その黒い正方形の配列の間に生まれる白い格子の交差点に、薄暗い影が見えることに気づいた。しかし、そのような影は実際には印刷されていなかった。

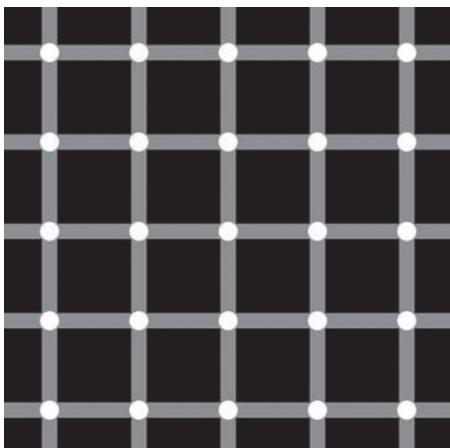
図3 ガイエルの反例 (2008)⁴⁾

ヘルマンは物理学の「音」ではなく「錯視」に興味を持ったところが面白い。

ヘルマン格子錯視はどうして起こるのか。ミヒャエル・バウハはバウムガルトナーの側抑制 (1960) に対して「古典的な教科書の解釈は時代遅れ」としている (2009)³⁾。彼はガイエル (2008) の論文を引用している⁴⁾。道路を直線 (図1) ではなく曲線、たとえば正弦波にすると、交差点で薄暗くなる効果は表れない (図3)。道は曲がっているが、交差点での中心と周囲の関係は変わらず、側抑制が期待できるが、薄暗くなることはない。これはバウムガルトナー説に対する重要な反例だ。錯視の理由が側抑制でないとなると、何が原因なのだろうか。

3 きらめき格子錯視と最小モデル

シュラウフラ (1995) は「ヘルマン格子錯視」

図4 きらめき格子錯視 (1995)⁵⁾

を改良し、より鮮明な錯視が見えるようにした⁵⁾。図4のように、道路を灰色にし、交差点を白丸にすると、錯視の効果が顕著であり「きらめき格子錯視」と呼んでいる。

交差点の白丸は横に5個、縦に5個の合計25個が等間隔に並んでいる。図の中央に視線を向け、周りの白丸をぼんやりと眺めると黒丸になっている。黒丸の方に視点を移動すると白丸に変化し、まるで黒丸が点滅しているようである。黒丸ではなく、白丸の中に直径が小さい黒い点のようにも感じる。透明感のある黒ともいえる。錯視は片目でも確認できるが、両目の方がより鮮明である。

私はきらめき格子錯視を1日中眺めていた。交差点の白丸が黒点に変わり、白丸に変わる様は、星がキラキラと輝くようである。黒点を確認しようと追いかけても、黒点に逃げられてしまう。交差点の全体25個を見ていると理由がわからず疲れるだけだ。そこで横1行または縦1列に注目することにした (図5)^{6,7)}。視点を左右に移動すると、白丸が黒点に変わり点滅するが、上下に移動すると、白丸が黒点に変わることが少ない。左右両眼がゆれないように視点を慎重に上から下に移動すると、交差点の白丸はすべて白丸のままだ。

視点を左右 (水平方向) に移動すると錯視が起こり、上下 (垂直方向) に移動すると錯視が起こらない。この違いは何なのだろうか。

視点の移動を水平方向に限るとして、交差点の数を何個まで減らすことができるだろうか。パターンをいくつか作成し、試行錯誤の末、3個まで減らすことができた (図6)^{6,7)}。これは格子錯視が起こる最小モデルである。きらめき格子錯視の

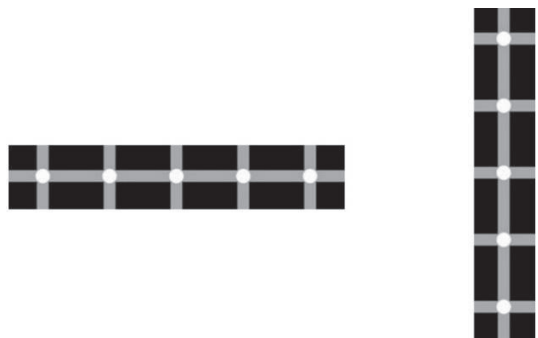
図5 横1行と縦1列^{6,7)}

図6 格子錯視の最小モデル (3個)^{6,7)}

交差点は25個も必要なく、水平方向の3個だけで十分である。ヘルマン格子錯視 (1870) も同じで、水平方向の3個で十分だ。

4 盲点による仮説

格子錯視の最小モデル (図6) を1日中眺めていたら、心理学の講義で学んだ「盲点の実験」のことを思い出した。十字と黒丸の間隔が10 cm くらいに印刷しておく (図7)。パソコン画面にこの画像を表示してもよい。

1. 印刷した紙を手に持ち、紙の中央を眉間あたりに持ってくる。
2. 左眼を閉じて、右眼で十字を見る。
3. 右眼で十字を見たまま、紙の位置を固定し、頭を前後に動かし、黒丸が消える位置を探す。

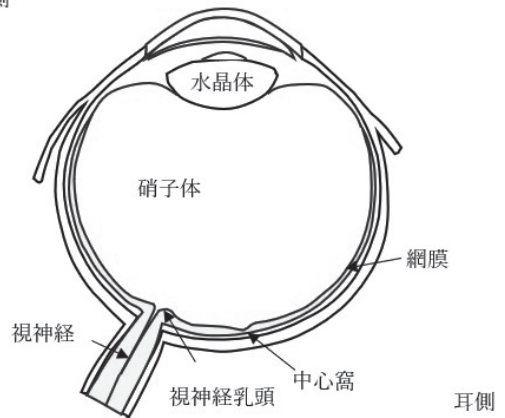
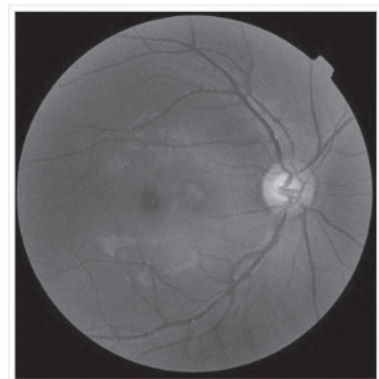


図7 盲点の実験

ちょうど黒丸が消えたとき、黒丸が右眼の盲点の位置に投影された状態になる。個人差もあるが、目と紙の距離が25～30 cm のとき盲点が確認できる。盲点の実験を十字と黒丸の2点で行ったが、「ヘルマン格子錯視」や「きらめき格子錯視」の最小モデルは、極論すれば水平方向の2個ということになる。

ヒトは目に入った光を網膜にある視細胞で電気信号に変換し、視神経を通して脳に伝えられ知覚を得る。視神経の出口である視神経乳頭には視細胞がなく、光を感じることができない。この視神経乳頭を「盲点」と呼び、発見者の物理学者マリオット (1620-1684) にちなんでマリオット暗点と呼ぶ。人間の眼の模式図を図8に示す⁸⁾。これは右眼を上から見た水平断面図である。左が鼻側

鼻側

図8 右眼 (横断面図)⁸⁾図9 視神経乳頭 (盲点)⁸⁾

で、右が耳側である。光は水晶体、硝子体を通して網膜に映される。水晶体が凸レンズであるので網膜では風景が反転している。中心窩は下部にある。視神経乳頭 (盲点) は中心窩の左側、鼻側にある。

図9はヒトの眼底写真である (Wikipedia「目」より)⁸⁾。白い円形の部分が視神経乳頭 (盲点) である。直径は約0.7 mm。中央に黒っぽく映っている部分は中心窩である。盲点は中心窩から鼻側に約15度 (5 mm) ずれている。盲点は左右両眼に1個ずつある。外界のある1点からの光が同時に両方の眼の盲点に入ることはないの、私たちは盲点に気づくことはない。

格子錯視の最小モデル (図6) に左右両眼の盲点を重ねて、錯視が起こる理由を考えてみよう (図10)。盲点 (視神経乳頭) は左右両眼にある。右眼の盲点は中心窩より左側に、左眼の盲点は中心

窩より右側にある。つまり耳側でなく鼻側ということだ。白丸が3個並んでいる。左、中央、右をL, C, Rとする。

1. 左右両眼で中央の白丸Cを注視しているときは、盲点に影響されず白丸として見える。

2. 右眼で左の白丸Lを注視したとき、左の白丸Lは白丸として見えるが、右の白丸Rは盲点になるため黒点となる。

3. 左眼で右の白丸Rを注視したとき、右の白丸Rは白丸として見えるが、左の白丸Lは盲点になるため黒点となる。

ヒトは左右両眼で上記3つの動作を同時に行っている。視点は刻々と動的に移動する。視点が移動するたびに、映像が盲点に入るかどうか動的に変化するので、それがヘルマン格子錯視につながっている。

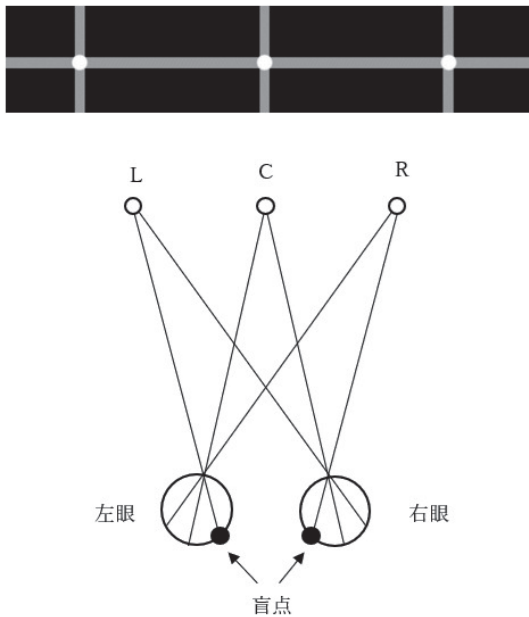


図10 左右両眼の盲点^{6,7)}

格子錯視は日常の様々なところで見かける。お風呂のタイルの目地やパソコンのキーボードの隙間など、格子点が薄っすら黒く見えることがあるが、汚れではなく錯視だ。ヘルマン格子錯視(1870)は、2024年に解明された^{6,7)}。私は知覚心理学を専門としないが、150余年の謎の解明に貢献できたことは嬉しい。

[付記]

図4のきらめき格子錯視は、横に8個、縦に8個の合計64個が並んでいるものを、誌面の都合上縮小したものです。黒点が見えにくいときは図に目を近づけるか、図を拡大してください。

注および引用文献

- 1) Hermann, L.: *Eine Erscheinung simultanen Contrastes*, Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere **3**, 13-15 (1870).
- 2) Baumgartner, G.: Indirekte Größenbestimmung der rezeptiven Felder der Retina beim Menschen mittels der Hermannschen Gittertäuschung. *Pflügers Arch ges Physiol.* **272**, 21-22 (1960).
- 3) Bach, M.: Die Hermann-Gitter-Täuschung: Lehrbucherklärung widerlegt. *Der Ophthalmologe* **106**, 913-917 (2009).
- 4) Geier, J., Bernath, L., Hudak, M., & Sera, L.: Straightness as the main factor of the Hermann grid illusion. *Perception* **37**, 651-665 (2008).
- 5) Schrauf, M., Lingelbach, B., Lingelbach, E., & Wist, E. R.: The Hermann Grid and the scintillation effect. *Perception* **24** Suppl. A: 88-89 (1995).
- 6) 西山 豊: 「ヘルマン格子錯視に関する盲点の動的移動」『大阪経大論集』**75** (3), 129-137 (2024).
- 7) Nishiyama, Y.: Dynamic transitions of blind spots in the Hermann grid illusion. *Journal of Osaka University of Economics*, **75** (4), 169-177 (2024).
- 8) Wikipedia 「目」より、図8は模写、図9は転写。

(にしやま・ゆたか：大阪支部，情報数学)

2025年7月31日受付，8月4日受理