

錯視図形のオーバービュー

北岡明佳

(財) 東京都神経科学総合研究所 医学心理学研究部門

〒183 東京都府中市武蔵台2-6

1. 錯視研究と神経生理学

ここで言う錯視とは、幾何学的錯視と明るさの錯視のこととする。運動の錯視は含まない。この場合、これまで調べられてきた錯視の神経生理学的証拠はわずかに2つしかないようである。ひとつは、実線に应答するV1のニューロンにおいて、同時方位対比の方位選択性のシフトを観測したものであり、もう一つは主観的輪郭線に应答するV2のニューロンにおいて、ツェルナー錯視の方位選択性のシフトを観測したものである²⁾。

なぜ、このように錯視は神経生理学的研究の対象とされることが少なかったか。それは、錯視研究の重要性が低かったからではない。錯視は明らかに視知覚研究の重要な鍵である。推定するに、神経生理学者が錯視研究自体をあまり知らないことが大きい要因である。何と云っても神経生理学の出自は生理学であり、心理学ではないからである。言うまでもないことだが、錯視はここ1世紀半に渡り心理学者が研究してきた分野である。研究成果も膨大である。しかし、最近では他分野からのアプローチ、特に工学的見地からのアプローチの数が増加している。そう考えれば、迫り来る21世紀の初頭には、錯視の神経生理学的アプローチも本格化することになるかもしれない。

本稿の目的は、錯視の神経生理学的アプローチが本格化するきっかけを提供することである。そこで、本稿ではまず、これまで知られている膨大な錯視図形を簡単にまとめて紹介す

る。次に、筆者が現在行なっている隅効果 (corner effect) に関係した錯視群の研究とその神経生理学的仮説を紹介する。最後に、筆者が発見し、これから研究する予定である新型錯視を紹介する。

2. これまでに知られている錯視図形のオーバービュー

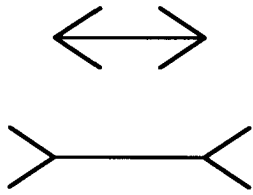
ここでは、これまでに報告され研究されてきた錯視図形を簡単に紹介する。図1から図4までは幾何学的錯視図形、図5には明るさの錯視図形を集めた。図形の選択と配置は、筆者が恣意的に行なったものである。また、これは錯視の分類を行なったものではないので、読者はそれが角度の錯視なのか位置の錯視なのか大きさの錯視なのかといった「錯視のディメンジョン」に注意されたい。

参考にした文献は、「新編-感覚・知覚心理学ハンドブック」(大山 正・今井省吾・和気典二編, 誠信書房, 1994), 特にその第12章「幾何学的錯視と残効」(田中平八執筆), および今井省吾の著書「錯視図形-見え方の心理学」(サイエンス社, 1984) などである。

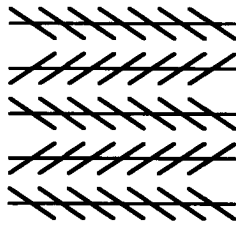
以下に、各錯視図形の説明を簡単に行なった。本稿では図を効率よく載せるため、図の説明はほとんど本文中で行なった。

2.1 図1の説明

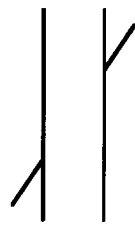
●ミュラー・リヤー錯視 (the Müller-Lyer illusion) …同じ長さの線分の両端に矢羽を付けた場合、内向きに付けると線分は短く見え (上



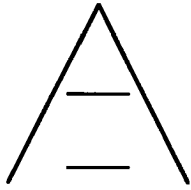
ミュラー・リヤー錯視



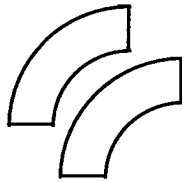
ツェルナー錯視



ポグゲンドルフ錯視



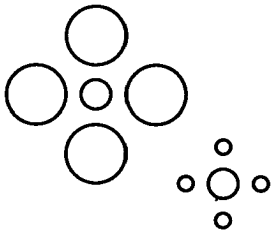
ポンゾ錯視



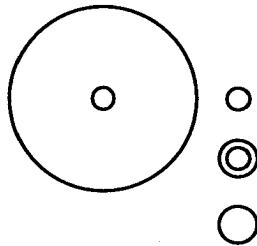
ジャストロー錯視



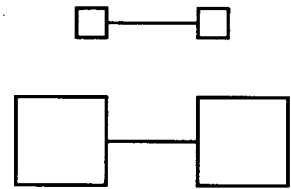
オッペル・クント錯視



エビングハウスの
大きさの錯視



デルブーフの
大きさの錯視



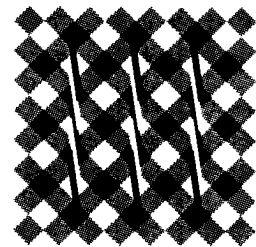
ボールドウィン錯視



ミュンスターベルク錯視



カフェウォール錯視



フレージャー錯視

図1 これまでに知られている幾何学的錯視の例(1)

図), 外向きに付けると線分は長く見える(下図)。

●ツェルナー錯視 (the Zöllner illusion) …平行な線分に斜線を交差させると, それらの交差角を過大視する方位に線分が傾いて見える。

●ポグゲンドルフ錯視 (the Poggendorff illusion) …平行線分に遮断された斜めの線分は実際には一直線上にあるのに, 右側の斜線がより上にシフトしているように見える。

●ポンゾ錯視 (the Ponzo illusion) …同じ長さの2つの平行線分を逆V字形の中に入れて, 逆V字形の頂点に近い線分が遠い線分より長く見える。

●ジャストロー錯視 (the Jastrow illusion) …同じ大きさの扇子形を図のように並べると, 扇の中心の側に置いた図形がより大きく見える。

●オッペル・クント錯視 (the Oppel-Kundt illusion) …右から2番目の線分は両端の線分のちょうど中間にあるのだが, 右に寄っているように見える。

●エビングハウスの大きさ(円対比)錯視 (the Ebbinghaus areal illusion) …中くらいの円が複数の大きい円に囲まれるとより小さく見え, 複数の小さい円に囲まれるとより大きく見える。ティチェナーの円環錯視とも呼ばれる。

●デルブーフの大きさ錯視 (the Delboeuf areal illusion) …ある円がそれよりもずっと大きい円に囲まれると小さく見え, 適度に大きい円に囲まれると大きく見える。また, ある円にそれより少し小さい円が中に入ると小さく見える。

●ボールドウィン錯視 (the Baldwin illusion) …線分の両端に小さい正方形が接続されると長く見え, 大きい正方形が接続されると短く見える。

●ミュンスターベルク錯視 (the Münsterberg illusion) …上下2列の正方形の列が水平に時計周りにずれると, その間に引かれた線分が時計周りに傾いて見える。

●カフェウォール錯視 (the Café Wall illusion) …ミュンスターベルク錯視の被誘導線

分が灰色の場合, 錯視量はミュンスターベルク錯視よりも大きい。ミュンスターベルク錯視はカフェウォール錯視の特別な例でもある。

●フレイザー錯視 (the Fraser illusion) …垂直に近い斜線を垂直に並べると, その斜線と同じ方位の大きい斜線が知覚される。この図形は, 「ねじれ紐 (twisted cords)」とも呼ばれる。環状に配置しているのに渦巻き状に見えるバージョンが有名。

2.2 図2の説明

●ヘリングの彎曲錯視 (the Hering illusion of curvature) …平行な2本の水平線分が中心近くで膨らんでいるように見える。

●ブントの彎曲錯視 (the Wundt illusion of curvature) …平行な2本の水平線分が中心近くで引き合っているように見える。

●視野の上半の過大視…上に置かれた図形が大きく見える。

●ブント・フィック錯視 (the Wundt-Fick illusion) …長さが同じでも, 垂直に置かれた線分は水平に置かれた線分よりも長く見える。

●ヘルムホルツの正方形 (the Helmholtz square) …横縞模様の正方形では, 縦が横より長く見える。

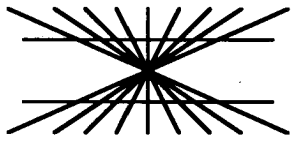
●ティチェナーの平行線の錯視 (the Titchener illusion of parallels) …長い平行線の幅は短い平行線の幅より狭く見える。

●エビングハウスの角度錯視 (the Ebbinghaus angular illusion) …長い線分に交差している短い線分の延長上にもう一つの短い線分が描かれているのだが, その離れた線分は内側にずれて見える。

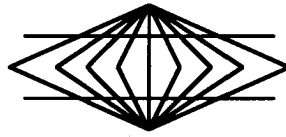
●小保内の角度錯視…斜線の延長線上に垂直線の先端があるのだが, 斜線が内側にずれて見える。

●デルブーフの角度錯視 (the Delboeuf angular illusion) …左の斜線の延長上に右の斜線と垂直線との交点があるのだが, 左の斜線が下にずれて見える。

●ザンダー錯視 (the Sander illusion) …左の対角線が同じ長さの右の対角線よりも長く見え



ヘリングの彎曲錯視



ブントの彎曲錯視



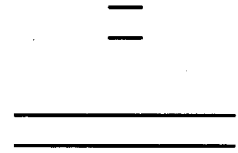
視野の上半の過大視



ブント・フィック錯視



ヘルムホルツの正方形



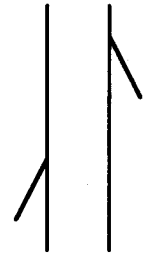
ティチェナーの
平行線の錯視



エビングハウスの
角度錯視



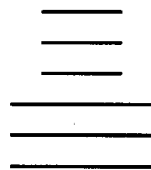
小保内の角度錯視



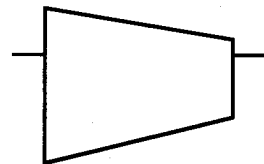
デルブーフの角度錯視



ザンダー錯視

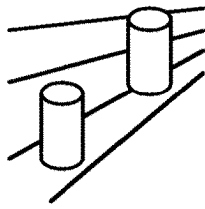


線分の長さの対比

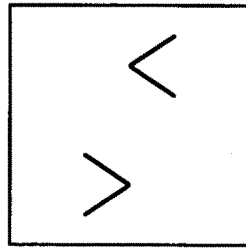


ギラム錯視

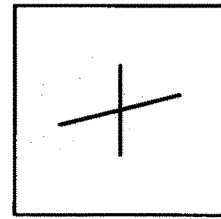
図2 これまでに知られている幾何学的錯視の例(2)



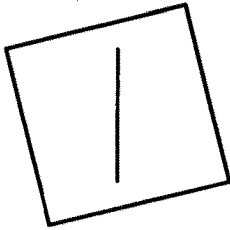
ポンゾの円筒



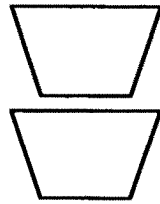
盛永のズレ錯視



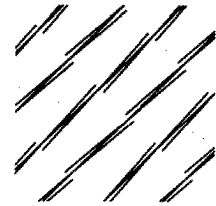
傾き錯視の間接効果



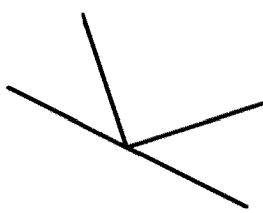
ロッド・フレーム錯視



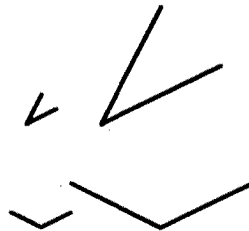
ジャストロー・今井の
大きさ錯視



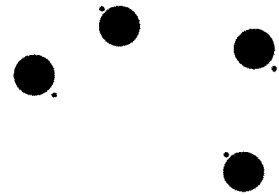
ツェルナー逆錯視



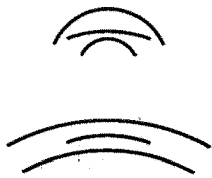
レニー錯視



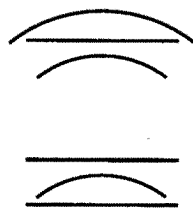
和田・田中の角度錯視



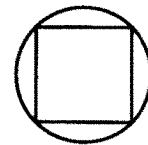
内藤の重力レンズ錯視



ヘフラーの彎曲錯視



ギブソンの彎曲錯視



今井の彎曲錯視

図3 これまでに知られている幾何学的錯視の例(3)



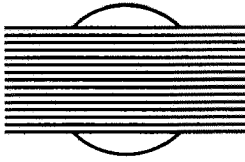
イラディエーション



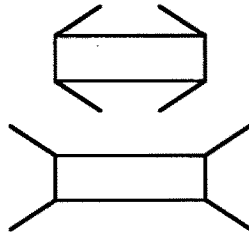
ブントの角度錯視



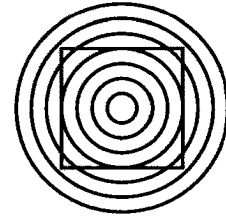
同時方位対比



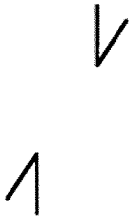
メツガーの図形



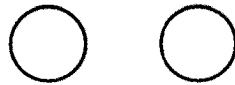
ウェイト・マッサロ錯視



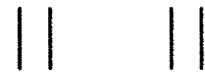
オービソン錯視



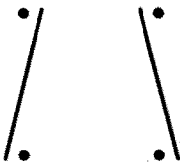
ポグゲンドルフ逆錯視



ザンフォリン錯視



相称三分割距離錯視



盛永の矛盾錯視の1つ



リップスの方向錯視



リップスの彎曲錯視

図4 これまでに知られている幾何学的錯視の例(4)

る。

●線分の長さの対比…上3本と下3本はそれぞれ同じ長さだが、上から3本目はより短く、下から3本目はより長く見える。

●ギラム錯視 (the Gillam illusion) …一直線上にある左の線分よりも右の線分が上に見える。

2.3 図3の説明

●ポンゾの円筒…右上の円筒が左下の円筒よりも大きく見える。

●盛永のずれ錯視 (the Morinaga misalignment illusion) …矢羽の先端は丁度垂直線上にあるのだが、お互い食い込むようにずれて見える。このずれの方向がミュラー・リヤー錯視と反対なので、盛永のパラドックスの1つに数えられる。

●傾き錯視の間接効果 (the indirect effect of the tilt illusion) …傾き錯視では、交差角50~90度で逆錯視すなわち交差角の過少視が見られ、これを間接効果と言う。図では、垂直線が右に傾いて見える。ツェルナー錯視では見られない。

●ロッド・フレーム錯視 (the rod-frame illusion) …フレームの傾きに応じて線分が傾いて見える。単純な交差角過大視では説明できない。

●ジャストロー・今井の大きさ錯視…下の台形が上の台形よりも大きく見える。今井の研究が有名だが、ジャストローが先行している。後にポップカップ錯視 (the pop-cup illusion) と名づけた研究者もいた。

●ツェルナー逆錯視…交差角3度程度で特別な配置の時に、ツェルナー錯視の逆錯視すなわち交差角の過少視が見られる。

●レニー錯視 (the Lennie illusion) …左上の45度の角は右下の45度の角よりも角度が小さく見える。

●和田・田中の角度錯視…鋭角ではそれを構成する線分が短い方が角度が小さく見え、鈍角では線分が短い方が角度が大きくなる。

●内藤の重力レンズ錯視 (the Naito gravity-lens illusion) …4つのドットは平行四辺形の頂点に

位置するのだが、近接する円に引っ張られて位置を変えたように見える。

●ヘフラーの彎曲対比錯視 (the Höfler illusion of curvature-contrast) …きつい曲がりの円弧で囲まれた円弧は曲がりが緩く見え、緩やかな曲がりの円弧で囲まれた円弧は曲がりがきつく見える。

●ギブソンの彎曲錯視 (the Gibson illusion of curvature) …直線と円弧が近接すると、直線は円弧とは反対方向に曲がって見え、円弧は曲がりが大きく見える。

●今井の彎曲錯視…4つの円弧の曲がりが大きく見える。

2.4 図4の説明

●イラディエーション (irradiation) …黒地に白の正方形は、白地に黒の正方形よりも大きく見える。一般的に、白の領域は隣接する黒の領域を「侵して」広く見える。

●ブントの角度錯視 (the Wundt angular illusion) …小さい角度の扇形に挟まれた扇形は、大きい角度の扇形に挟まれた扇形よりも中心角が大きくなる。

●同時方位錯視 (the simultaneous orientation contrast) …線分同士が交差しない方位錯視。図では、真ん中の垂直線が左に傾いて見える。

●メツガーの図形 (one of the Metzger figures) …円が縦長に見える。

●ウェイト・マッサロ錯視 (the Waite-Massaró illusion) …ミュラー・リヤー図形の内向図形 (上図) は、外向図形 (下図) よりも (縦の) 幅が広く見える。

●オーピソン錯視 (the Orbison illusion) …同心円上に配置された正方形の辺が内側に曲がって見える。

●ポッケンドルフ逆錯視…ポッケンドルフ不完全図形のうち鋭角側を残した図形では、ポッケンドルフ錯視のずれとは逆に見える。すなわち、左下の斜線の延長より下に右上の斜線が位置しているように見える。

●ザンフォリン錯視 (the Zanfollin illusion) …円の直径と円間の距離は等しいが、距離の方が

大きく見える。

●相称三分割距離錯視・・・外側の距離と内側の距離を3対2の比になるよう対称的に三分割すると、内側の距離・外側の距離ともに長く見える。

●盛永の矛盾錯視の1つ・・・線分だと交差角過大視になる配置でも、ドットに置き換えると交差角過少視に見える場合のあること。

●リップスの方向錯視 (the Lipps illusion of direction)・・・中の3本線は平行だが、両端に付けられた線分の方位に同化したように傾きが変わって見える。

●リップスの彎曲錯視 (the Lipps illusion of curvature)・・・円の最下部は一直線上にあるが、大きい円は上にシフトしているように見える。

2.5 図5の説明

●明るさの対比 (contrast of lightness)・・・2つの小さい正方形の輝度は同じだが、より暗い領域に囲まれると明るく (白く) 見え (左)、より明るい領域に囲まれると暗く (黒く) 見える (右)。

●明るさの同化 (assimilation of lightness)・・・灰色の領域に黒い格子を載せるとその灰色はより暗く、白い格子を載せるとより明るく見える。

●ホワイト効果 (the White's effect)・・・黒と白の等周期の格子に灰色の同じ周期の格子を載せた場合、黒の領域に載せるとより明るく、白の領域に載せるとより暗く見える。

●エーレンシュタイン錯視 (the Ehrenstein illusion)・・・白い背景上の黒い線分の交差部を取り除くと、そこに背景より明るい錯視的な円板が見える。白黒反転の場合は暗い円板が見える。

●ネオン拡散錯視 (1) (the neon spreading illusion)・・・エーレンシュタイン図形で交差部に灰色の十字形を載せると、そこに背景より明るいベール状の円板が見える。十字形が色付きの場合には色付きの円板が見え、これはネオン色拡散 (neon color spreading) と呼ばれる。

●ネオン拡散錯視 (2)・・・白い背景上の黒い線

分の上に灰色の短い線分を載せて平行に並べると、灰色の線分を繋いでベールがかかったような背景よりも明るい面が見える。

●針差し格子錯視 (the pincushion grid illusion)・・・菱形の格子では、その頂点を結ぶ錯視線が見える。白い背景に黒い格子なら、背景よりも明るい錯視線が見える。

●ヘルマン格子錯視 (the Hermann grid illusion)・・・黒地に白の縦横格子の場合、格子の交点に暗い錯視的なスポットが見える。それらの強度は視野の中心で減弱する。

●マッカーートの明るさ誘導 (the McCourt's brightness induction)・・・黒白の格子に垂直に灰色の領域を載せると、その領域は格子の黒に相当するところにより明るく、白に相当するところにより暗く見える。格子はサイン波で与えられることが多い。

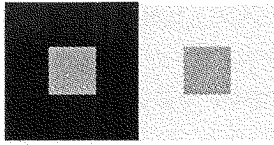
●クレイク・オブライエン・コーンスウィート錯視 (the Craik-O'Brien-Cornsweet illusion)・・・等輝度の領域が接する部分で、一方の領域の輝度を少し下げ (左の領域)、もう一方の領域の輝度を少し上げると (右の領域)、前者は暗く後者は明るく見える。厳密には、クレイク・オブライエン錯視とコーンスウィート錯視は異なる。

●マッハの帯 (the Mach band)・・・勾配一定の明るさのグラデーションの両端にそれと等輝度の領域を接続すると、その領域のグラデーションに接した部分が、暗い側はより暗く (左の矢印)、明るい側はより明るく (右の矢印) 見える。

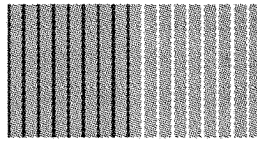
●シュブルーール錯視 (the Chevreul illusion)・・・階段状のグラデーションの場合、より暗い領域に接した側は明るく、より明るい領域に接した側はより暗く見える。

3. 現在筆者が研究している錯視図形のオーバービュー

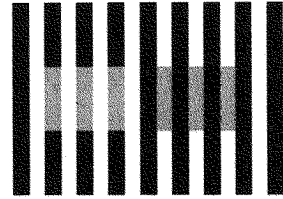
19世紀後半より次々に発見され、研究されてきた錯視図形の多くは線画 (ドロー図形) である。唯一と言ってよい例外はMünsterberg錯視を



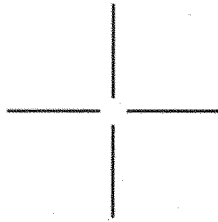
明るさの対比



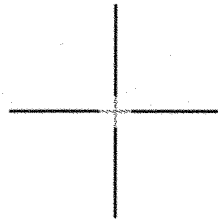
明るさの同化



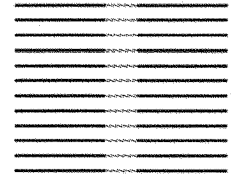
ホワイト効果



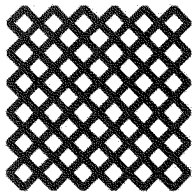
エーレンシュタイン錯視



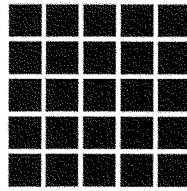
ネオン拡散錯視(1)



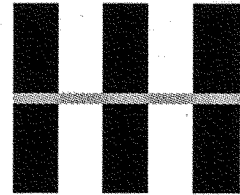
ネオン拡散錯視(2)



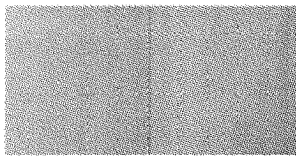
針差し格子錯視



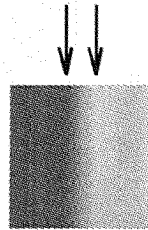
ヘルマン格子錯視



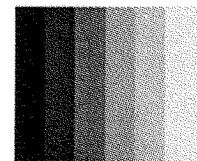
マッカートの明るさ誘導



クレイク・オブライエン・
コーンスウィート錯視



マッハの帯



シュブルール錯視

図5 これまでに知られている明るさの錯視の例

構成するペイント図形である。自然な視知覚においては知覚される輪郭は線ではなくエッジであるから、Münsterberg図形のようなペイント図形の心理物理学的特性を知ることは、視覚研究をする上で大変重要なことと思われる。本稿では、神経生理学的な新しい観点からMünsterberg錯視の説明を試みるとともに、その中から得られた仮説をもとに筆者が創作した種々のペイント図形の新型錯視を紹介する。

なお、本稿は、1996年の日本心理学会第60回大会のワークショップ「錯視研究への多様なアプローチ」で筆者が話題提供した内容がベースとなっている。また、この研究内容は学術雑誌 Perception に投稿し、1997年5月現在審査中である。

3.1 隅効果 (corner effect)

ペイント図形の角は過少視される。直角も例外ではなく、やや鋭角に見える。それは黒地に白の角でも白地に黒の角でも同じである。例えば、図6Aの階段の角は直角なのに鋭角に見える。図6Bのヒストグラムも同様で、コンピュータが描いた正確な図とは思えない。

この現象は1898年にPierceによって発見され³⁾、1979年にMouldenとRenshawによって「隅効果 (corner effect)」と名付けられた⁴⁾。Pierceはこの現象の原因としてイラディエーション (irradiation) を主張した。Irradiationと

は、黒地の上の白いものは白地の上の同じ大きさの黒い物よりも大きく見えるというHelmholtzの発見した現象 (図4) である⁵⁾。MouldenとRenshawによれば、白のcornerはcornerでない白の領域に比べて明るく見える (明るさのcorner effect) ので、その分irradiationの効果が大いのであるという。しかし、その説明では黒のcornerのcorner effectについては何も説明できない。

本研究はcorner effectを説明する神経生理学的仮説を提唱する。それは、「ペイント図形のcornerをコードするV1の2つのエッジ型 (またはodd-symmetric) の単純細胞 (simple cell) ⁶⁾ が角度縮小方向に選好方位 (preferred orientation) を変化させる」というものである (図7)。この仮説は黒のcorner effectを説明することができる上に、これから述べるいろいろな錯視をうまく説明できる。

3.2 Münsterberg 錯視の説明

図8AがMünsterberg錯視である。物理的には水平の中線が、交互に反対に傾いて知覚される。図8BにMünsterberg錯視におけるcorner effectの作用部位 (矢印) を示した。これらが各エッジと隣接する実線を誘導し、みかけの傾きを生じさせるものと、筆者の仮説では考える。

この考え方は白のcorner effectだけを考えた

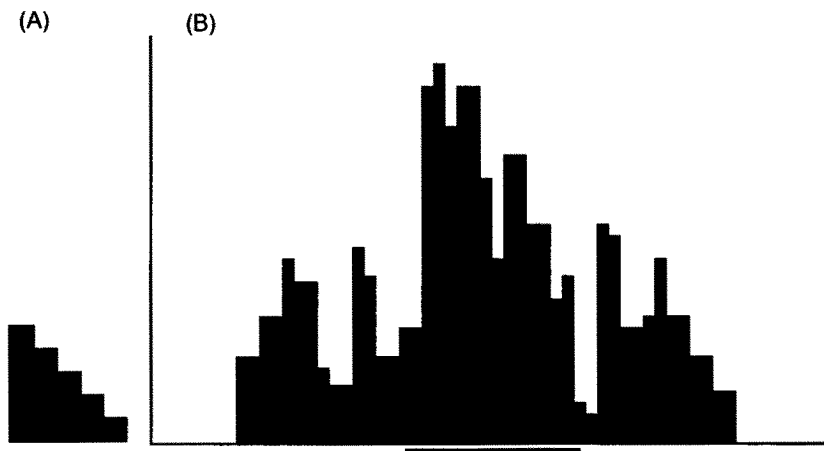


図6 隅効果 (corner effect) の例。「階段の錯視」(A)、「PSTHの錯視」(B)。

Pierce の説明と部分的に同じである。しかし、白の corner はなくても Münsterberg 錯視は生じるので、Pierce の説明は妥当ではない (図 9 A)。そのほか、白い領域が corner だけでなく、エッジ部位全体にも進出することも要因の 1 つと考える Moulden と Renshaw の symmetrical effect 説も妥当ではない。白黒反転図形でも錯視は生じるからである (図 9 B)。

Münsterberg 錯視は中線が太くなると消失する。この現象は、中線が太くなったことで生じ

る別の corner effect が元の corner effect と相殺し合うと考えれば簡単に理解できる (図 10A の + と -)。

その反対に中線を取った場合も錯視量が激減する (図 10B)。この説明には Morinaga misalignment 錯視の関与を考えなければならない。Morinaga misalignment 錯視とは 1941 年に盛永によって発見され⁹⁾、後に盛永と池田によって詳述された Müller-Lyer 錯視に絡んだパラドックスで⁹⁾、矢羽の片側だけを比較すると Müller-

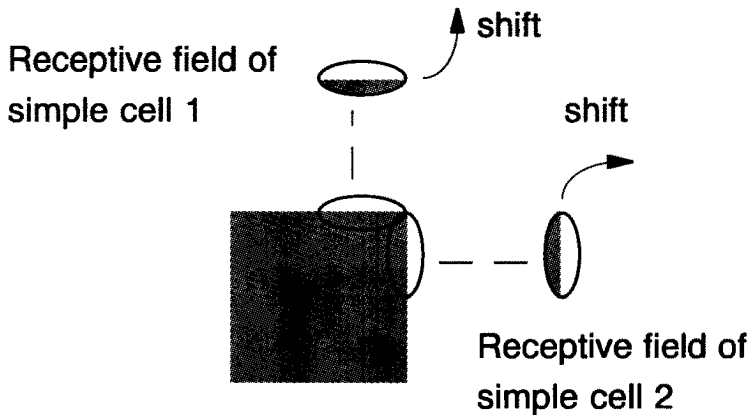
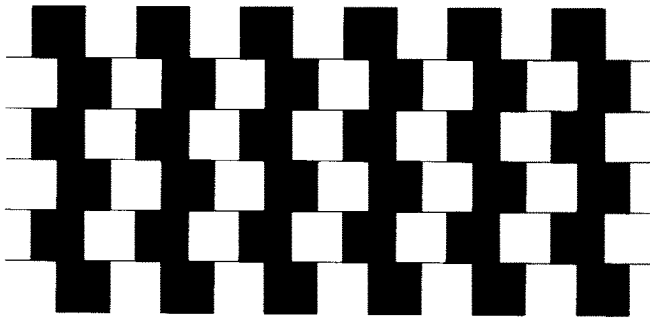


図 7 隅効果の神経生理学的説明。V1 の 2 つのエッジ応答性単純細胞の方位選択性のシフトで説明。シフトの方向は、角の過少視方向。

(A)



(B)



図 8 Münsterberg 錯視の例 (A)、Münsterberg 図形における隅効果の作用点 (B)。

Lyer 錯視とは反対方向に端点がシフトして見える錯視である。この錯視は矢羽に限らずいろいろな図形で起こる¹⁰⁾。中線のない Münsterberg 図形においては、向かい合う黒い正方形同士および白い正方形同士で Morinaga misalignment 錯視が生じている (図10C)。対峙する正方形の角を結ぶ仮想線は Münsterberg 錯視の傾きとは逆の傾きを生じるため、その分、錯視量が減少するものと考えられる。

このように Münsterberg 錯視を分析することによって簡単に導かれるのが新型錯視「煉瓦の壁の錯視」である (図11A, B)。長方形の部分が上下に膨らんで見える。この錯視も Münsterberg 錯視と同様、実線を取ると Morinaga misalignment 錯視が生じる (図11C, D)。前者では正方形の辺の長さより上下の正方形間の幅が長く見えるが、後者ではその反対に見える。



図9 Münsterberg錯視のirradiation説への反証図形 (A, B)。

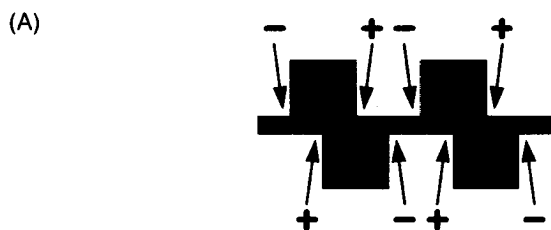


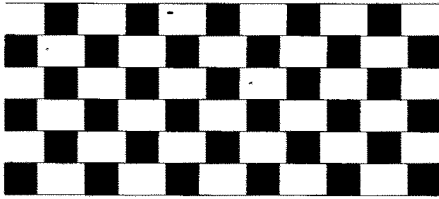
図10 中線の太いMünsterberg図形 (A)、中線を除いたMünsterberg図形 (B)、Morinaga misalignment錯視の一種 (C)。

3.3 Café Wall 錯視の説明

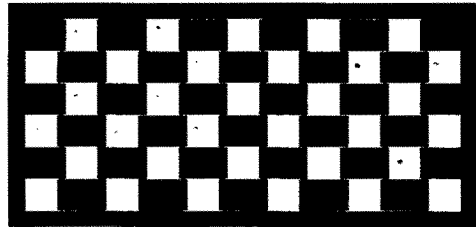
Münsterberg 図形の中線 (Gregory の用語では「モルタル線」) を灰色にすると Café Wall 錯視が得られる (図12) . これは1908年にFraser

が発見し¹⁾, 1979年に発表された Gregory と Heard の論文によって再び脚光を浴びるに至った錯視である²⁾. Münsterberg 錯視のより一般的・上位の錯視と考えられ, 中線が明・暗の正

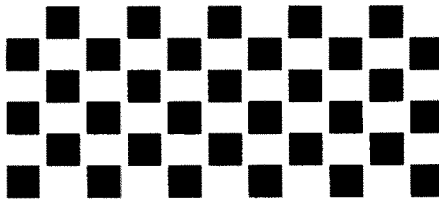
(A)



(B)



(C)



(D)

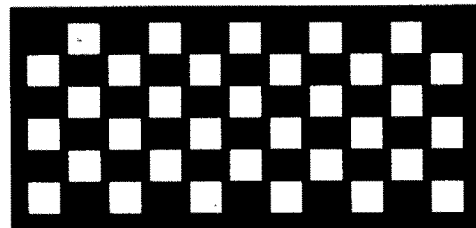


図11 新型錯視「煉瓦の壁 (illusion of a brick wall)」 (A, B) . これらから中線を取ると逆錯視が生じる (C, D) .

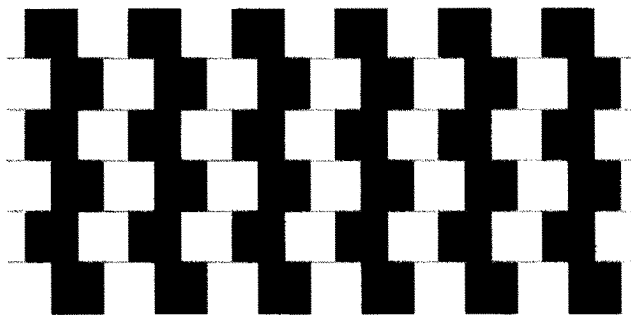


図12 Café Wall錯視の例

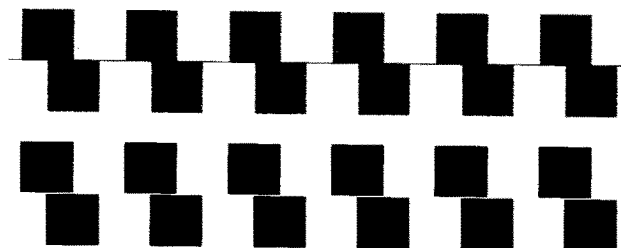


図13 中線が2種類の正方形より輝度が低いあるいは高い場合のCafé Wall錯視

方形の輝度の中間にある時最大の錯視量を示す。Münsterberg 錯視は中線が明・暗のどちらかの正方形の輝度に等しい場合と考えられる。

Café Wall 錯視を説明するために、Gregory と Heard は「border-locking 説」を提唱した。それは、①輝度の違う領域に応答する網膜の潜時は異なると考える、②領域のエッジを決定する border-locking 信号を仮定する、③潜時の差が大きいと border-locking の機構がダウンする、④ Café Wall 錯視では中間の輝度である中線を介して補償機構が作動し、エッジ同士が引き合う、というものである。この理論は恣意的な仮定が多すぎるし、①の仮定ですら神経生理学的証拠は存在しない。また、Münsterberg 錯視を説明する時は別の仮定を加えており、Münsterberg 錯視は Café Wall 錯視のメンバーであるとした彼ら自身の考えに抵触している。従って、本研究は border-locking 説を支持しない。

一方、McCourt (1983) の「brightness induction 説」¹³⁾は現象をよく説明する。この説は彼の brightness induction¹⁴⁾ (McCourt, 1982) を応用したもので、①黒い正方形に挟まれた中線の領域は白く見え、白い正方形に挟まれた中線の領域は黒く誘導される、②誘導された黒(白)い領域と黒(白)い正方形を結んだ線がみかけの傾きの原因となる、というものである。この説は単純にしてよく諸現象を説明できる。

1986年に発表された Morgan と Moulden の「band-pass filtering 説」¹⁵⁾は画像にフィルターをかけると傾いた線が現れるという計算論的モデルである。しかし、もともと致命的欠陥がある。この説では、中線の輝度は明と暗の正方形の中間あるいは一致しなければならないが、実際の Café Wall 錯視では、中線は明るい正方形よりも少しならば明るくてもよいし、暗い正方形よりも少しならば暗くてもよいのである(図13)。それは既に Gregory と Heard が明らかにしている。図14A, B はどうか。この図形は図13の意味するところをより明らかにするため筆者が創作した錯視図形である。ここでは、

2種類の中線(濃い灰色と薄い灰色)は2種類の正方形(白と黒)よりも共に明るいか暗いかである。しかし、Café Wall 錯視同様の傾きの錯視が生じている。この錯視は「band-pass filtering 説」では説明できない。

本研究においては、Café Wall 錯視を説明するにあたり、「中線の輝度が corner の輝度と近いほど誘導効果大きい」と仮定する。この仮定に従えば、黒の corner による灰色の中線の誘導は黒の中線の Münsterberg 錯視の場合よりも小さくなる。しかし、新たに白の corner が灰色の中線を誘導する。そして、最も重要なことは、灰色の中線が貫通することによって Morinaga misalignment 錯視が失われ、その負の効果が解除されることである。こうして、Café Wall 錯視は Münsterberg 錯視よりも錯視量が大きくなると考えられる。

図14A, B の新型錯視(Aでは中線は右下がりに、Bでは右上がりに見える)もこの仮定で同様に説明できる。すなわち、濃い灰色の正方形の corner effect は黒の中線に対して強く作用し、薄い灰色の正方形の corner effect は白の中線に対して強く作用すると考えれば、この錯視のみかけの傾きはうまく説明できる(図14Cでは、強い作用の生じる位置を矢印で示した)。

同様の考え方で、もう一つの新型錯視が導かれる(図14D, E) (Dでは中線は右下がりに、Eでは右上がりに見える)。この錯視の corner effect の作用の強い場所は図14Fの矢印で示した。ただし、この錯視は「band-pass filtering 説」の反証にはならない。それは、中線の輝度(濃い灰色と薄い灰色)が正方形の輝度(白と黒)の中間であるからである。

これら2種類の錯視には連続性があり、前者の濃い灰色と薄い灰色の正方形を黒と白にする、あるいは後者の濃い灰色と薄い灰色の中線を黒と白にすれば、ともに図14G, Hとなる(Gでは中線は右下がりに、Hでは右上がりに見える)。

なお、これらの新型錯視は前述の McCourt 風に「黒(白)い領域と黒(白)い正方形を結ん

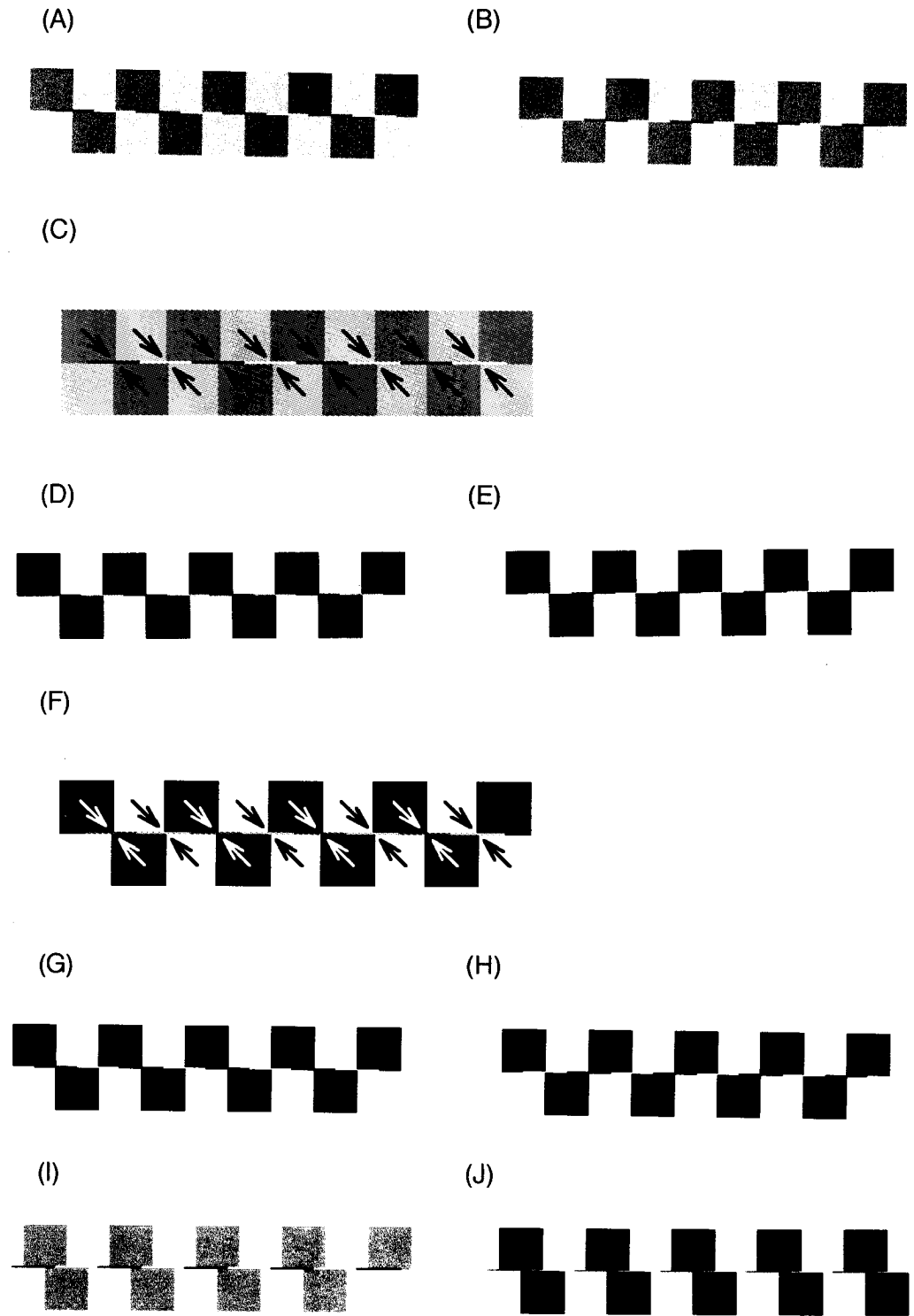


図14 新型錯視「illusion of striped cords」. 正方形濃淡灰色, 中線白黒バージョン (A, B). 正方形白黒, 中線濃淡灰色バージョン (D, E). 正方形白黒, 中線白黒バージョン (G, H). 前2つのバージョンの隅効果の主な作用位置 (C, F). Café Wall型の背景のバージョン (I, J).

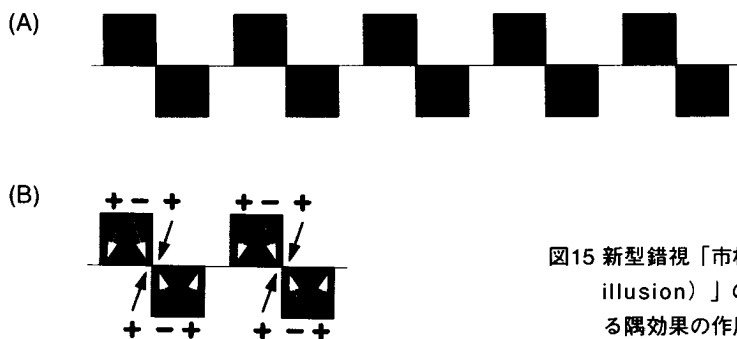


図15 新型錯視「市松模様錯視 (checked illusion)」の基本型 (A) . この図形における隅効果の作用位置 (B) .

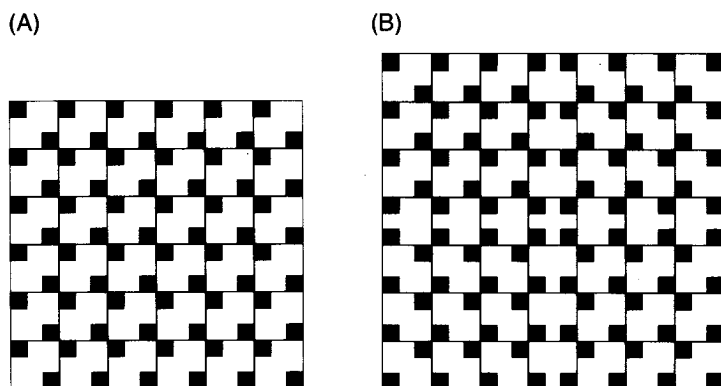


図16 市松模様錯視の二次展開の基本例 (A, B) .

だ線がみかけの傾きの原因となる」と考えれば一見うまく説明できそうであるが、図14I, Jはその反証となろう。これらの図形ではそのような線を結ぶことができないにもかかわらず、中線は右上がりに見えるからである。

3.4 「市松模様錯視 (英語名称は checked illusion とする) 」

Corner effect の性質を考察した結果、さらに新型錯視「市松模様錯視」を考案した (図15A) . 水平な中線が右上がりに見える。Münsterberg 図形に似ているが、黒い正方形は2つずつ対になりその corner で接している点が異なる。この接点では、黒の corner effect と白の corner effect がその効果をキャンセルしあう (図15B) . そのため、残りの黒の corner effect が全体のみかけの傾きに貢献する。

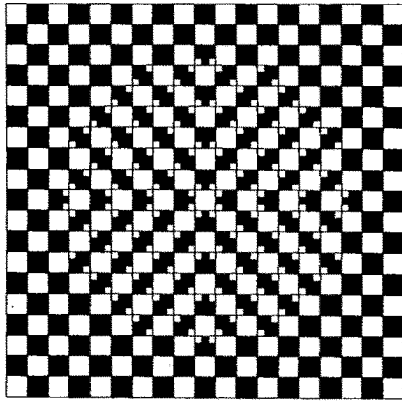
この錯視は簡単に2次元展開できることが特徴である (図16A) . その配置を少し変えてやると立体的な印象を持つ図形を作り出すことができる (図16B) . 図17には、この方法を応用

した立体的図形をいろいろと示した。図17Aでは、白黒のチェック模様の床が盛り上がっているように見える。図17Bでは、反対に吸い込まれているように見える。図17Cでは、旗が風になびいているようにみえる。図17Dでは、円柱状の柱が立っているように見える。図17Eでは、立体的なクッションが感じられる。図17Fでは、白い正方形が黒い小さい正方形を背景にして浮かんでいるように見える。いずれの図形も、垂直成分と水平成分だけでできており、知覚される曲線と立体感はすべて錯視である。

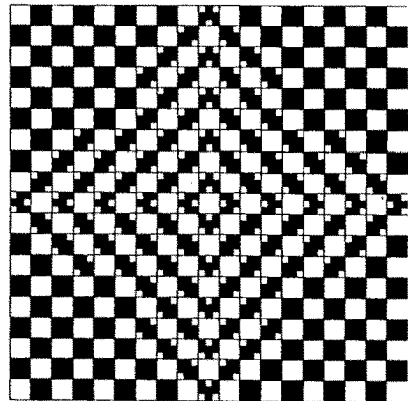
図18は図14の錯視の同様の応用版である。図17と図18の平面図形の滑らかにかつ立体的な印象は、視覚の高次の統合を考える上での重要な手掛かりを含んでいるのに違いない。

これまで見てきた通り、corner effect は直角で生じる。それでは、他の角度で生じるのであろうか。生じるとすれば、範囲はどのくらいであろうか。いろいろな角度の corner を用いた市松模様錯視から考えて (図19A...いずれも同じ

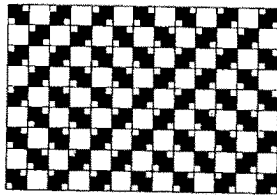
(A)



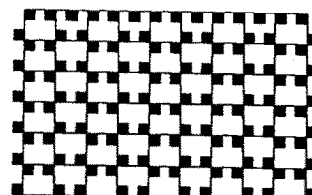
(B)



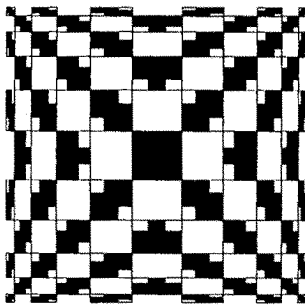
(C)



(D)



(E)



(F)

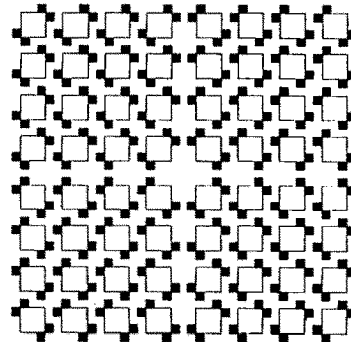
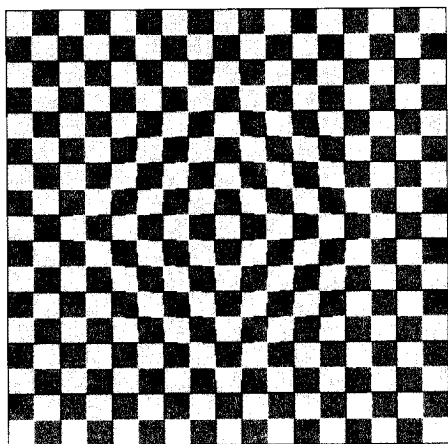


図17 市松模様錯視の二次元展開による三次元的印象を持つ図形。「膨らみの錯視」(A)。「吸い込みの錯視」(B)。「旗の錯視」(C)。「城壁」(D)。「クッション」(E)。「Flying squares」(F)。

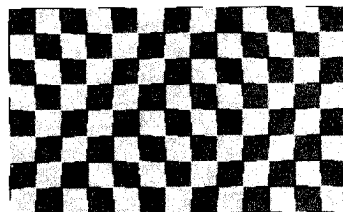
程度に右上がりに見える), どうやら 45 度から 135 度の範囲では同程度の錯視量で存在するようである。また, 通常の方角錯視が関係してくる残りの角度にも存在するようである (図 19B)。このことは, このような角度に依存しないという性質を利用すれば, いろいろな美術的表現も可能となる (例えば, 図 19C)。歴史

的に見ても, 錯視と美術は関係の深い間柄であったから, この性質の発見は将来的に見て重要である。本稿でご覧頂いている筆者の新型錯視図形は十分に驚きに足るものと確信しているが, 将来はそれらをはるかに上回る美術的錯視図形がどんどん創作されるようになるのに違いない。

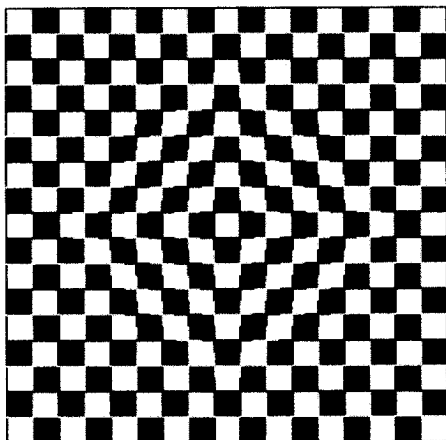
(A)



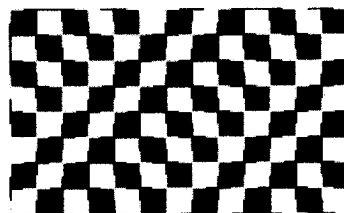
(B)



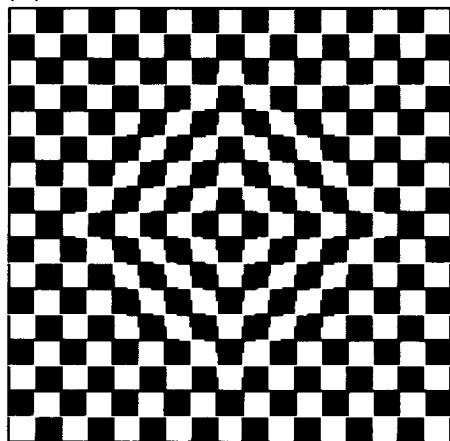
(C)



(D)



(E)



(F)

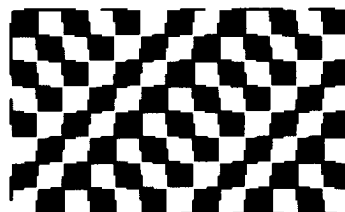


図18 Illusion of striped cords (図14) の3バージョンによる「膨らみの錯視」(A, C, E)と「旗の錯視」(B, D, F)

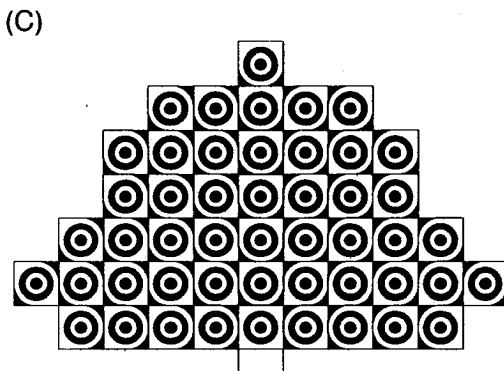
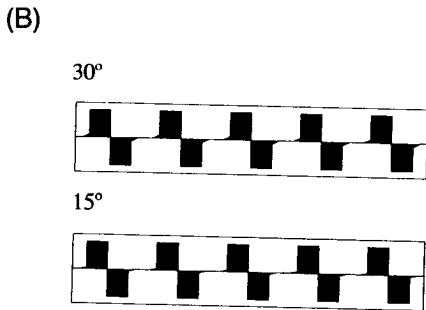
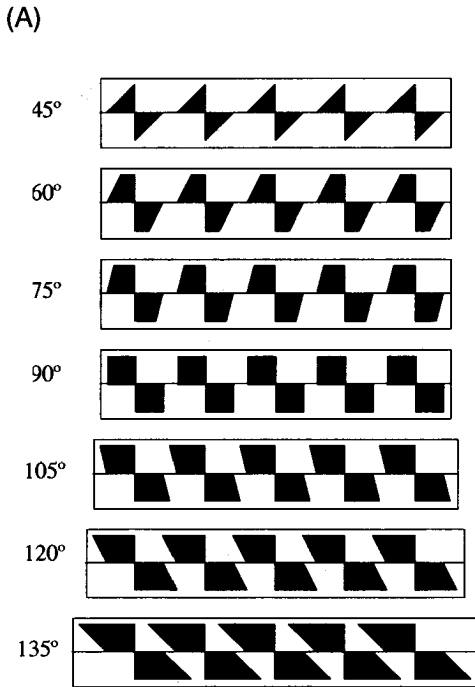


図19 直角以外の隅効果による市松模様錯視 (A, B), 美術的図形「孔雀」(C)。

ところで、市松模様錯視は今回初めて世に出たのではない。実は Wade がその 1982 年の著書¹⁹⁾の中にこの錯視で作られた図形を載せている(彼の図3.2.33)。もっとも、Wade はこの錯視は Münsterberg 錯視と同じようなものと考えたようである。その図形が Wade らしくない美しくない図であったことも、彼が市松模様錯視の重要性に気づかなかつた原因の1つかもしれない。

3.5 「ずれたグラデーションの方位錯視」

本稿が提出するさらなる新型錯視が「ずれたグラデーションの境界に生じる方位錯視」である(図20)。グラデーションは sinusoidal でも三角波状(図20A)でも鋸波状(図20B)でもよい。さらに、この錯視はランダムな配置(図20C)でも生じるし、連続変化のグラデーションでも見られる(図20D)。

この錯視の原因となる corner effect の作用部位は図20Eの矢印の corner である。これらでは corner を形成するエッジのコントラストが同じなのに対し、残りの corner は異なるものとなるため、矢印の corner の corner effect が全体の傾きに貢献すると考えられる。

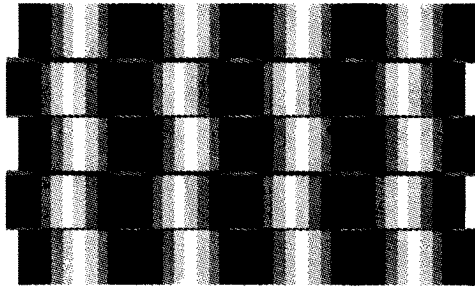
この錯視の錯視量は線が灰色の時最大で、黒と白の時最小である(図20F, G)。この性質は、Café Wall 錯視を説明した時の仮定「中線の輝度が corner の輝度と近いほど誘導効果が大い」と一致する。灰色の線は灰色の領域で最大の corner effect を受け、黒と白の領域でやや弱い corner effect を受ける。ところが、黒(白)の線は黒(白)の領域では最大の corner effect を受けるが、灰色の領域でやや弱い corner effect を、白(黒)の領域ではさらに弱い corner effect を受けることになる。この差が灰色の線で錯視量最大となる理由であると考えられる。

そのほか、この錯視は市松模様錯視等と同様 2次元展開が可能である(図21)。

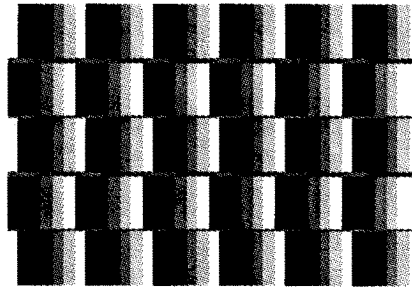
3.6 考察

以上述べてきたとおり、本研究の神経生理学的モデル「V1のエッジ型単純細胞(simple cell)の角度縮小方向への方位選択性シフト」は

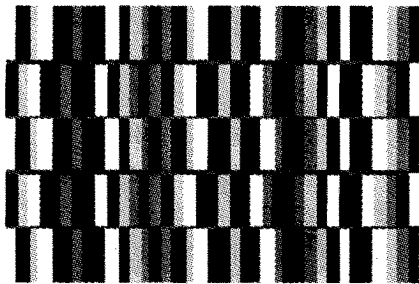
(A)



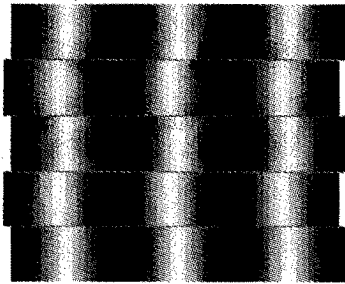
(B)



(C)



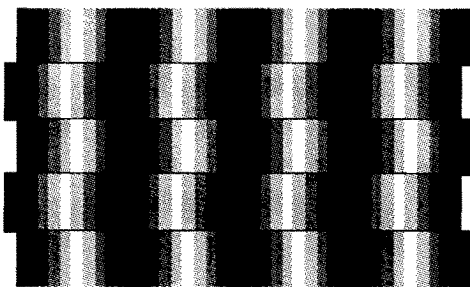
(D)



(E)



(F)



(G)

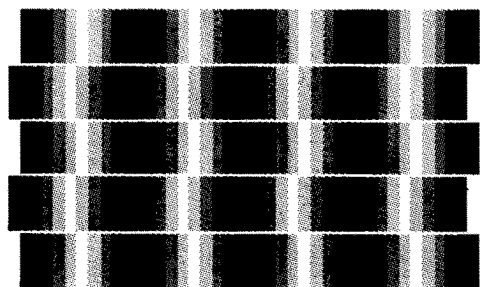


図20 新型錯視「ずれたグラデーションの方位錯視」(A-D, F, G)。これらの図形における隅効果の作用位置 (E)。

Münsterberg 錯視と Café Wall 錯視をよく説明するとともに、いろいろな新型錯視を演繹的に導いた。従って、このモデルの科学的妥当性は高いと考えられる。

一方、McCourt の brightness induction 説はどうであろうか。この説は Münsterberg 錯視と Café Wall 錯視をよく説明できる。実は、その説明原理をそのまま適用することで、「市松模様錯視」や「ずれたグラデーションの方位錯視」を説明できるようである。従って、この説も妥当性が高い。しかし、もともと corner effect は説明の対象外であるし、図14I, Jの錯視も説明は困難であろう。

Irradiation は Münsterberg 錯視の説明には妥当でないことを本研究は示した。しかし、irradiation はここに示した多くの図形の中に見て取ることができる。例えば、Münsterberg 図形では、中線が白の方が黒の場合に比べて錯視量が明らかに小さくなる（図9B）。これは、irradiation の効果と考えられる。「煉瓦の壁の錯視」（図11B）でも同様の現象が観察できる。このように、irradiation はクリティカルな効果を与えるわけではないが、いろいろな錯視図形の中に大きく存在している。

4. これから発展が期待される新型錯視図形のオーバービュー

ここでは、筆者が発見あるいは著しく改良した錯視図形で、これから研究してすぐにも成果の得られそうなものについて、簡単に記述する。

4.1 「Münsterberg 逆錯視」（図22）

Münsterberg 錯視では、正方形の列が時計周りに水平にずれると中線も時計周りに傾く。これは、corner effect を考慮した筆者の神経生理学的仮説で説明できることがわかった。

それでは、corner effect が有効でない場合はどうであろうか。図形の列を少し離してやれば corner effect は失われる。そうすると現れるのは、Münsterberg 錯視とは逆の傾きをもつ錯視である（図22A）。とりあえず、Münsterberg 逆錯視と呼ぼう。参考のために図22Bに Münsterberg 錯視を示した。

この錯視に本質的なことは、同じタイプの図形がずれることであり、図形が明確に知覚されれば線画でも良いし、ずれは小さくても良い（図22C）。ここでは示していないが、この錯視には可算性があり、要素の図形は多く、同方向にずれているのが良い。この点、Münsterberg 錯視が corner effect というローカルな性質を原

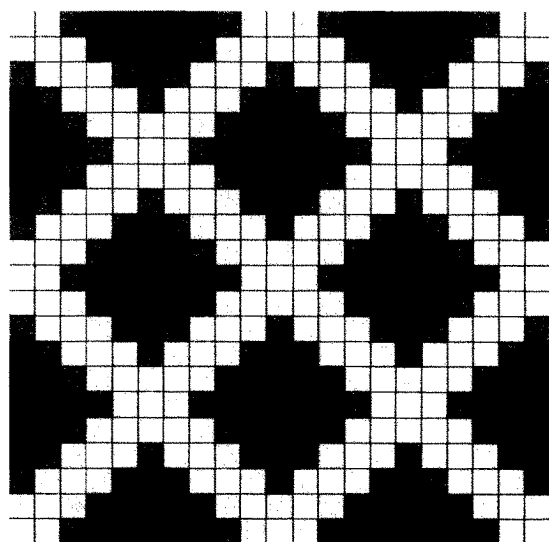


図21 ずれたグラデーションの方位錯視の二次元展開による三次元的印象を持つ図形

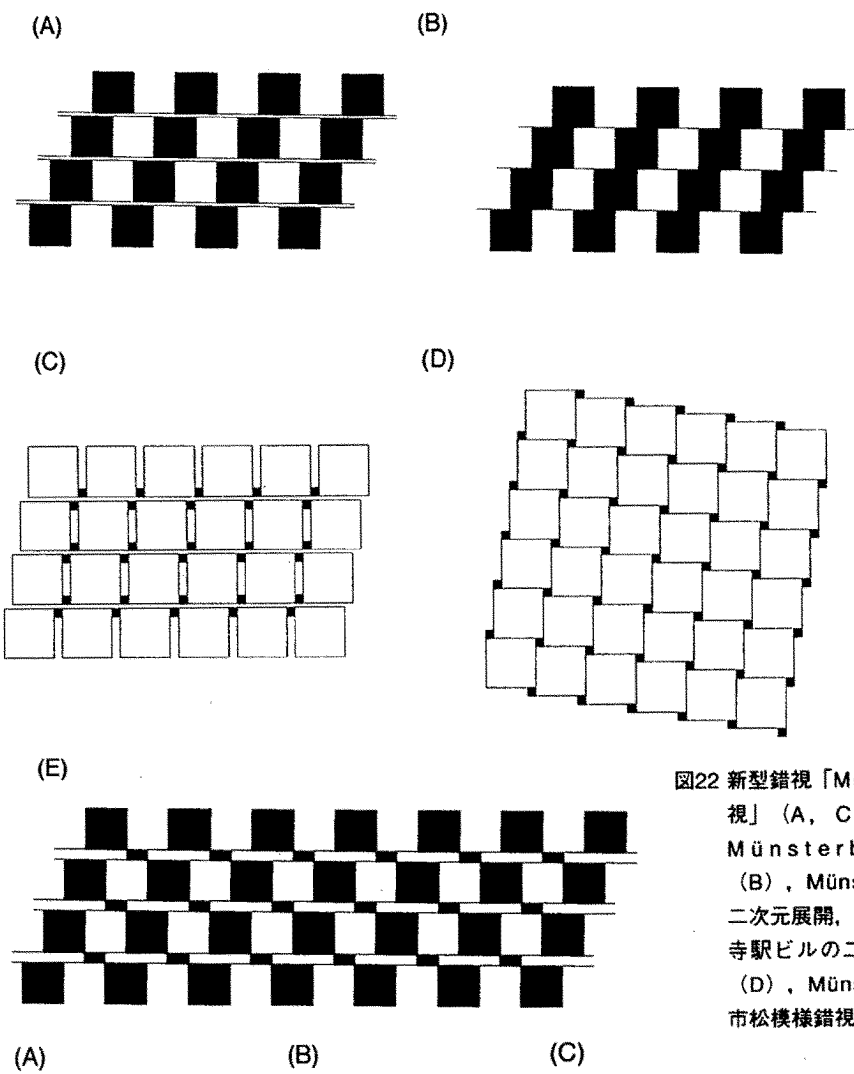


図22 新型錯視「Münsterberg逆錯視」(A, C), 比較として、Münsterberg (正) 錯視 (B), Münsterberg逆錯視の二次元展開, または「JR 国分寺駅ビルの二階の床の錯視」(D), Münsterberg逆錯視+市松模様錯視 (E)。

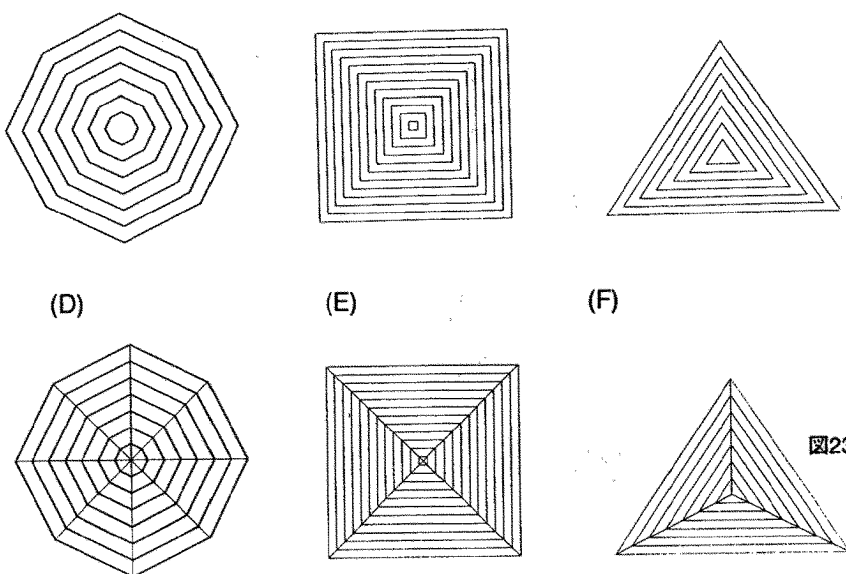


図23 新型錯視「同心多角形の角の過少視」(A-F)

因としているのに対し、この Münsterberg 逆錯視はグローバルな、あるいは受容野の大きい皮質領域の関与が疑われる。

この錯視は二次元展開できる(図22D)。また、「市松模様錯視」(図15)と容易に協調して、錯視量の極めて大きい図形を作ることができる(図22E)。この図の中線が左に傾いていないという事実は、定規を当ててみて確かめるよりほかはあるまい。

この仮称 Münsterberg 逆錯視は、本稿において初めてクリアに示されたものと考えるが、現象自体は Taylor と Woodhouse によって1980年に報告されている¹⁷⁾。最近では、1993年に Earle と Maskell が同様の錯視を報告している¹⁸⁾。しかし、いずれもこの錯視の可算性を考慮していなかったため、錯視量はかなり小さいものであった。とは言え、この錯視を Taylor-Woodhouse 錯視と呼ぶのが良いかもしれない。

4.2 「同心多角形の角の過少視」(図23)

同心多角形の角は過少視される。すなわち、角が尖って見える、あるいは辺が中心に向かって曲がって見える。図23には、八角形(A)、正方形(B)、三角形(C)を示した。中心から対角線を実線で引いても結果は同じである(図23D-F)。このことは、正方形と三角形では、

辺と対角線がそれぞれ45度・30度の角度で交差するから角度過大視が予想されるのに、実際は逆であるという点が興味を引く。

クモの巣を直線だけで描くと内側に糸が曲がって見える。実は本物のクモの巣でもそう見える。それらは、この錯視の1つである。この錯視は次に述べる「ずれた線端の角度錯視」と関係が深いと、筆者は考えている。

4.3 「ずれた線端の角度錯視」(図24)

平行線分の先端が線分と垂直に並んでいない場合は、先端が曲がって見える。曲がる方向は、先端の並びと線分と成す角が過少視される方向である。そのため、図24Aのような線分の配置(先端の並びと線分と成す角は約60度)では、線分の真ん中が外側に膨らんでいるように見える。その反対に、図24Cのような線分の配置では、線分の真ん中が内側に吸い寄せられているように見える。先端の並びを実線に変えても同様である(図24B, D)。図24Eのように、同じ長さの平行線分がずれて配置されている場合は、線分全体が傾いて見える。図24Eでは、先端の並びと線分と成す角は45度であるから角の過大視が起こりそうであるが、実際には過少視側にシフトし、垂直線分は左に傾いて見える。

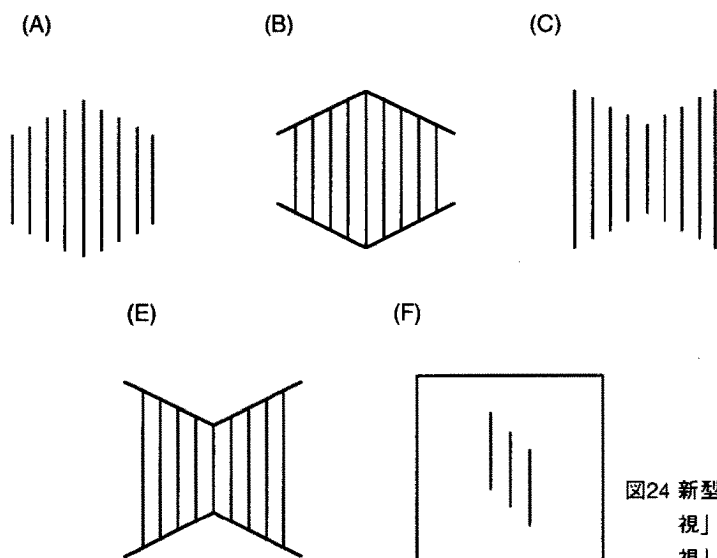


図24 新型錯視「ずれた線端の角度錯視」(A-D)、「rods-frame錯視」(E)・・・実際にはフレームは不要。

4.4 「大きい交差角における Zöllner 逆錯視」
(図25)

Zöllner 図形において、被誘導線分を1本だけにして、誘導線分の長さを十分長くした場合、

大きい交差角で角の過少視、すなわち Zöllner 逆錯視が見られる。例えば、図25A (交差角 76度) や図25B (交差角45度) では、垂直の被誘導線が右に傾いて見える。筆者らの研究による

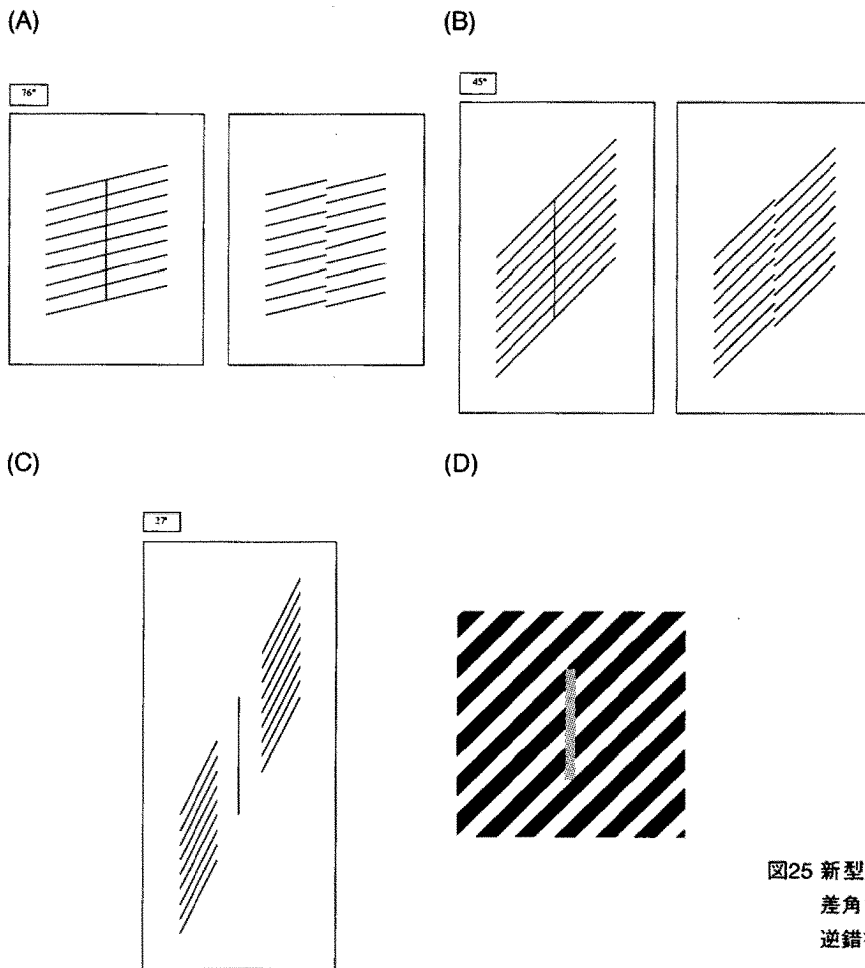


図25 新型錯視「大きい交差角におけるZöllner逆錯視」(A-D)

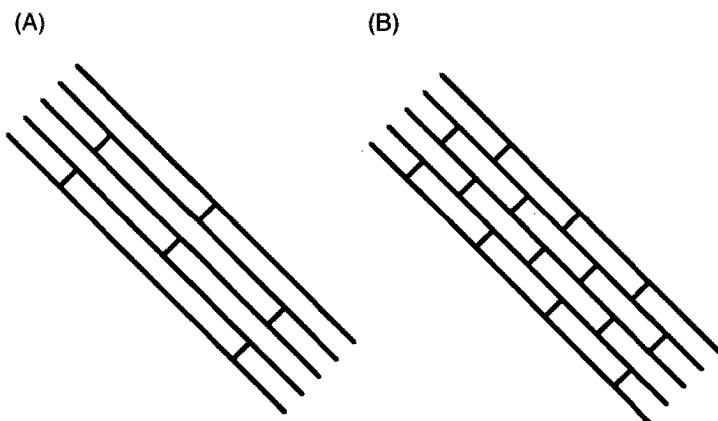


図26 新型錯視「遅延錯視」(A, B)

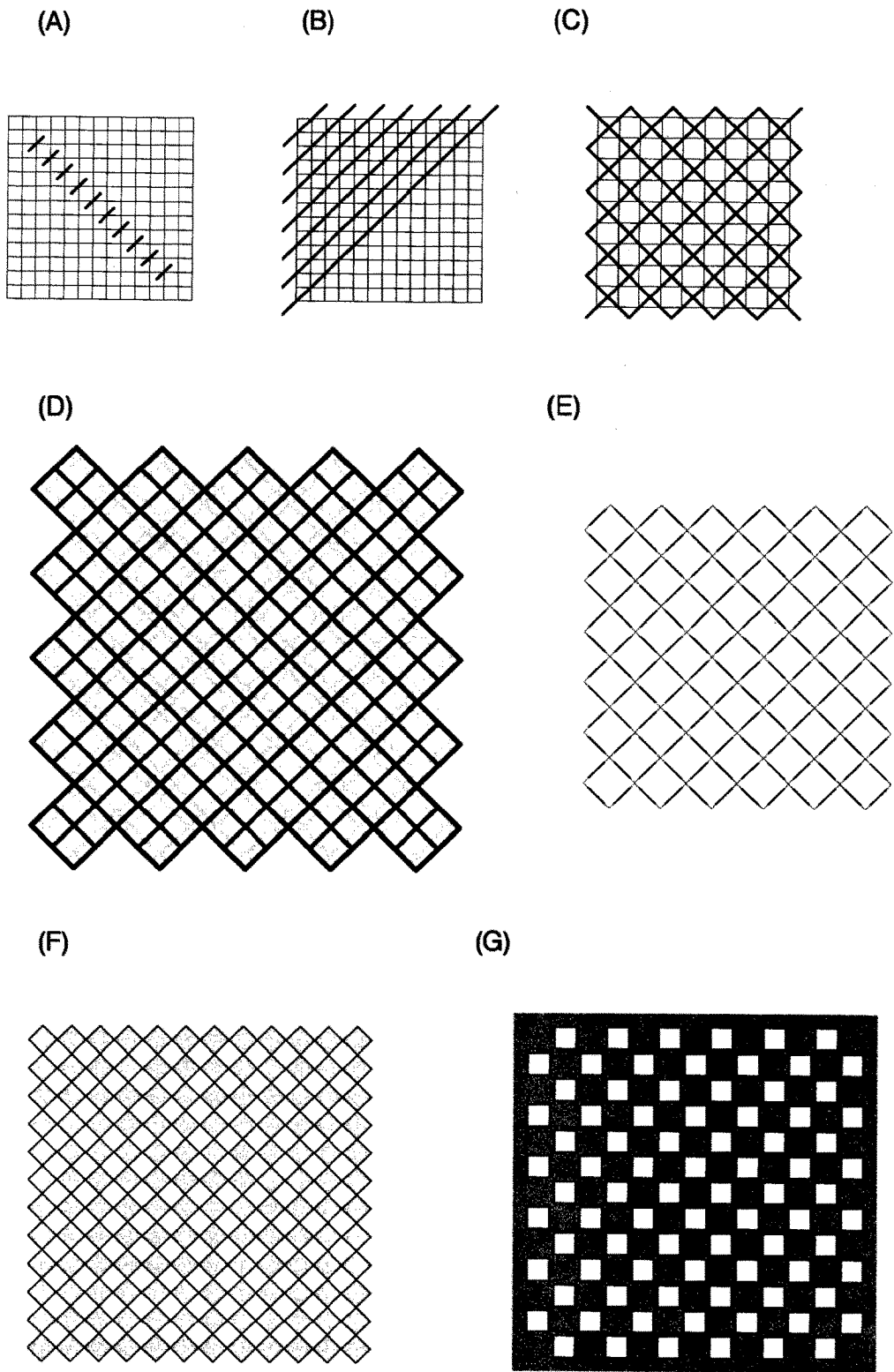


図27 針差し格子錯視の新バージョン (A-G)

と、交差角 36 度～83 度で交差角の過少視が得られる（論文準備中）。また、被誘導線が主観的輪郭線の場合は実線の場合よりも錯視量が多い。角の過大視の優勢な交差角 30 度以下でも、誘導線分が被誘導線分と交差するあたりを取り除けば、この錯視が認められる（図25C・被誘導線分が右に傾いて見える）。

この錯視は傾き錯視の「間接効果」（図3）に相当するものと考えられる。傾き錯視でよく用いられるタイプの図25Dでは、垂直線は交差角45度で背景の斜線と交差するが、右に傾いて見える。

この錯視は、通常の方位錯視（角の過大視）とは異なり、グローバルな領域が強く関与しており、通常の方位錯視を生じさせる皮質領域よりも高次の皮質領域が関与しているのではないかと、筆者は考察している。また、この錯視も、「同心多角形の角の過少視」同様、前述の「ずれた線端の角度錯視」と関係が深いと思われる。

4.5 「遅延錯視」（図26）

図26は右下がりの長い斜線とそれらをつなぐ右上がりの短い斜線からなっている。いずれも直線である。図を見た瞬間は正しく見える。この時点では、この図形は錯視図形ではない。しかし、図26AとBを交互に見ていると（凝視の必要はないということ）、だんだん長い斜線が短い斜線との交点付近で曲がって見えてくる。短い斜線が長い斜線を引き付けるようにも見えるが、曲がり方は必ずしも一定しない。その錯視成立までの時間は最初は 10 秒程度である（筆者の場合）。目を離して数秒でリセットされるようである。テストを繰り返すと、だんだん遅延時間は短くなるようである。また、遅延時間の個人差は大きいようである。

この錯視の重要性は、成立までに時間がかかるという点にある。その点で残効との関係が示唆される。この錯視は、視知覚の時間的プロセスの研究に貢献できるかもしれない。

4.6 「いろいろな針差し格子錯視」（図27）

図27Aでは、白い背景に黒い線分という配置

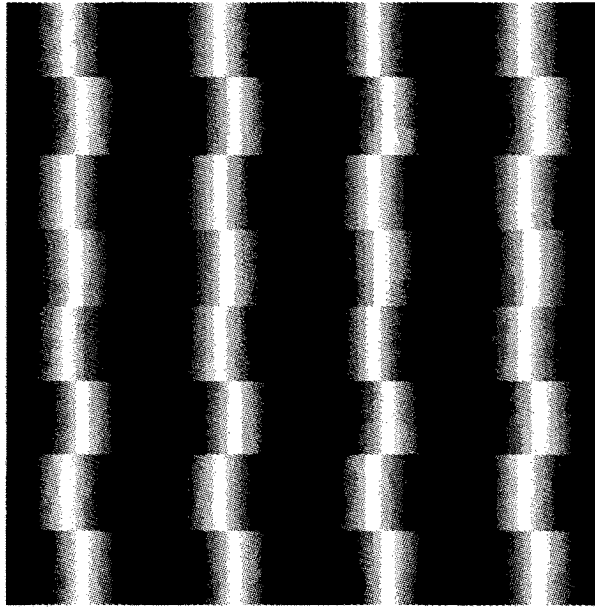
で、垂直・水平の細い線分のグリッドの交点に、短い右上がりの太い線分が交差している。その交点からは白い光のようなものが吹き出し、右下がりに配置したそれらの交点を結ぶ右下がりの白い筋が、はっきりと知覚される。この白い筋は錯視である。これは、明るさの corner effect を原因としたネオン拡散現象であると筆者は推定している。明るさの corner effect とは、黒（白）背景の白（黒）エッジの角はより明るく（暗く）知覚される現象である（本稿の3.1 隅効果を参照されたい）。図27BとCもこの錯視を示したもので、線分の交点がこの錯視の成立に重要であることがわかる。このタイプの針差し格子錯視は、1927年にPrandtlが報告した（元祖の）針差し格子錯視である「Spinnwebfäden（クモの巣の糸）」¹⁹に対応すると、筆者は考える。

図27Dでは、黒・濃い灰色・薄い灰色の太い線分で構成される斜めの格子上に、白い錯視的な垂直・水平の格子が知覚される。この錯視の原因は、ヘルマン格子のスポットと明るさの corner effect の両者の協調であると、筆者は推定している。このタイプの針差し格子錯視は、1976年にSchacharが報告した針差し格子錯視²⁰（図5）に対応すると、筆者は考える。

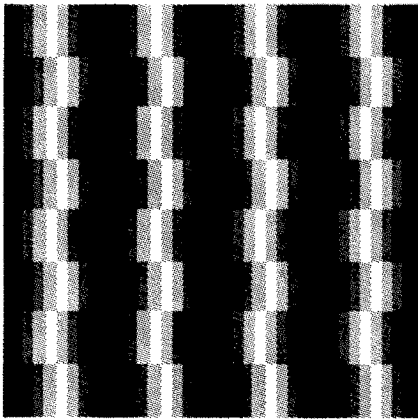
図27Eは、黒い線分で構成された斜めの格子の交点付近を灰色の斜めの十字に置き換えた図形で、この場合も交点を結ぶ垂直・水平の錯視的な白い格子が知覚される。この交点の部分は、図5のネオン拡散錯視（1）の配置そのものである。1981年にRediesとSpillmannが「ネオン街路（neon streets）」と呼んだ現象²¹に相当すると考えられる。

図27Fでは、格子の交点を結ぶ垂直・水平の錯視的な白い線が、白い菱形の中を通して知覚される。この錯視の重要なポイントは、白い菱形、灰色の菱形そして黒い格子線の組み合わせである。菱形が白だけ、あるいは灰色だけでは、錯視量は小さい。筆者は、現在、この錯視は明るさの corner effect の増強ではないかと考えている。

(A)



(B)



(C)

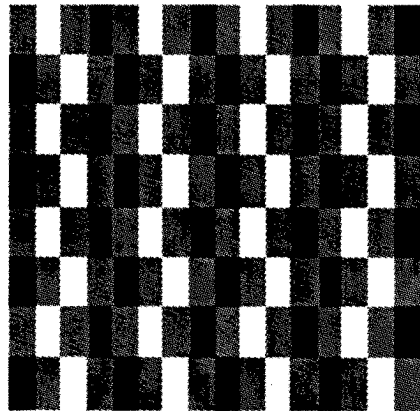


図28 新型錯視「Phantom checkerboard」(A-C)

図27Gは、灰色の背景に黒の線分で囲んだ白の正方形が、ヘルマン格子から正方形を斜めに1つずつ取り除いたように並んでいる。この場合、背景上に正方形の間を通る斜めの錯視的な白い線の格子が知覚される。時には、正方形を取り囲んで光背のように見えることもある。この錯視の原因は、ヘルマン格子のスポットの

spreadingではないかと筆者は暫定的に考えている。

いずれの図形も異方性を有している。図を45度傾けて観察されたい。錯視線の強さが弱くなり、錯視的な光点が格子の交点に限局するように見えるであろう(図27Gを除く)。この性質は、針差し格子錯視とネオン拡散錯視の両方に

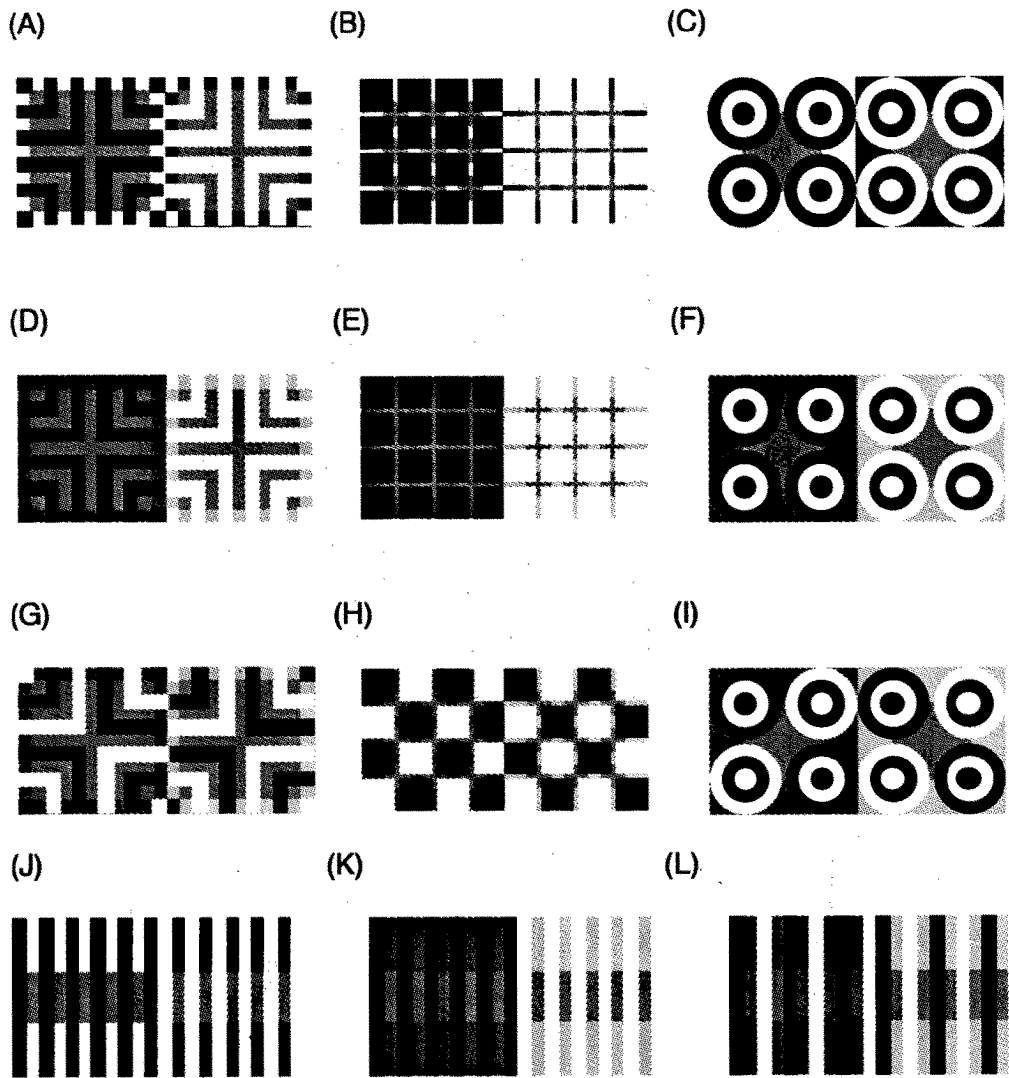


図29 ホワイト効果の図形 (J) の二次元展開 (A-I) とホワイト効果の図形の変化バージョン (K, L)

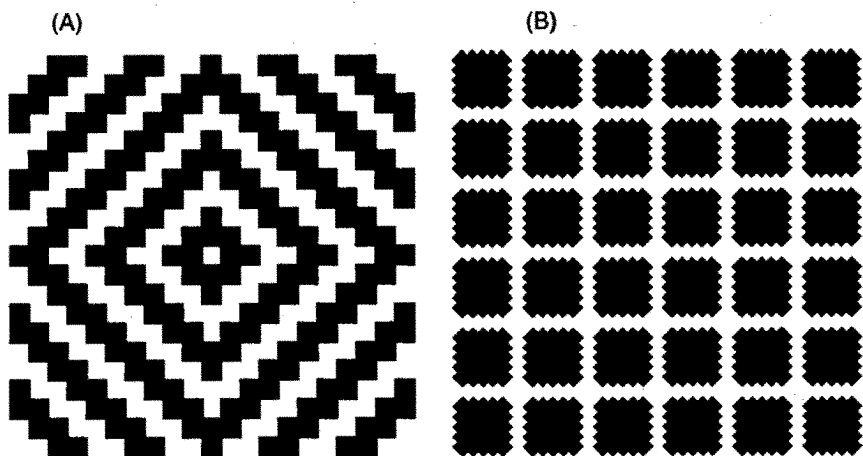


図30 counterphase inductionを可視化する図形 (A, B)

共通した性質である。

4.7 「Phantom checkerboard」 (図28)

白と黒のグラデーションによる三角波格子の列を交互に少しずらすと、図28Aに見られるようなチェッカーボード状の様相が現れる。この現象は、階段状の三角波格子でも見ることができる(6階調、図28B)。図28Cは最も単純な図で、白・灰色・黒の3階調の長方形で構成されている。

この現象の驚くべき点は、各要素には存在しないチェッカーボード状の様相が現れることである。記述的には、上下の列の領域との明るさの対比がまず考えられ、続いて同じ方向に対比を受けた領域が一つにまとまり(同化?群化?)チェッカーボード状の様相を作り出す、ということになるのか。

この錯視の神経メカニズムとしては、視覚情報処理の初期レベルで行われていると考えられる明るさの対比だけでなく、形態知覚を扱う高次の皮質領域がチェッカーボード状の様相の知覚に関与しているようである。

心理物理学的には、この錯視は透明視や影の知覚の研究に貢献できると思われる。例えば、図28Cは、灰色と白のチェッカーボード状の様相を描いたOHPのシートと灰色と白の縦縞のOHPのシートを重ねたように見える。または、灰色と白のチェッカーボード状の様相の舗道に灰色と白の縦縞の影がかかっているようにも見える。

4.8 「2-D White's effect」 (図29)

ホワイト効果(White's effect)(図5、図29J)の錯視図形は容易に二次元展開ができる。図29A-Cがそれで、Aは単純に垂直と水平からの格子を組み合わせたもの、Bはヘルマン格子のスポットを囲むように被誘導領域を設けたもの、CはAの格子を弧に変えたものである。いずれも、左の図形に埋め込まれた灰色の被誘導領域は右の等輝度の被誘導領域よりも暗く見える。この見え方は、ホワイト効果と一致する。

ホワイト効果の説明に明るさの「同化」説が

ある。これは、被誘導領域に隣接する格子の領域の明るさに被誘導領域の明るさが同化するという考え方である。2-D ホワイト効果の場合、同化説は当てはまらないようである。被誘導領域が載っている領域(coaxial領域)の輝度を反転させてみるとよくわかる。その操作をする、被誘導領域の明るさの見え方が反転するのである(図D-F)。すなわち、各図形において、左の被誘導領域は右のそれよりも明るく見えるように変わった。これらのことから考えると、2-D ホワイト効果は、被誘導領域とそれが載っている領域の明るさとの「対比」とも考えられる。

もちろん、図A-Cは同化だが、図D-Fは被誘導領域全体をより明るいあるいはより暗い領域で囲まれているので対比であり、両者は異なるという反論もありうる。そこで、図G-Iのように、被誘導領域に隣接する格子の領域の明るさを交互に変えてみる。これなら「被誘導領域全体をより明るいあるいはより暗い領域で囲まれている」ということはなくなるし、同化説も及ばなくなると考えられる。結果は、図D-Fと同様、各図形において左の被誘導領域は右のそれよりも明るく見える。

以上のことから、2-D ホワイト効果は対比説でよく説明できそうである。実は、ホワイト効果でも同じことが言える。図Jは標準のホワイト図形で、左の被誘導領域は右のそれよりも暗く見える。図Kは被誘導領域の載っている領域の明るさを反転させた場合で、左の被誘導領域は右のそれよりも明るく見える。図Lは、隣接する格子の領域の明るさを交互に変えてみたもので、左の被誘導領域は右のそれよりも明るく見える。これらは、いずれも被誘導領域の載っている領域との明るさの対比で説明するのが妥当であろう。

以上の考察の神経生理学的意義は、「明るさの対比に方位選択性がある」という可能性が示唆されることである。それが事実ならば、これまで明るさの対比の原因として網膜のニューロンの側抑制が考えられてきたが、実は中枢性の

要因も密接に絡んでいることになり、V1 レベル以上の方位選択性ニューロンが関与がクローズアップされることになる。実は、ホワイト効果の対比説に関しては Moulden と Kingdom の 1989 年²²⁾と 1991 年の論文²³⁾が先に提唱しているが、本稿のような考察は行なっていない。

4.9 「counterphase induction の可視化」 (図 30)

図30A は白と黒の縞模様の境界をギザギザにしたものである。こうすると、白の領域の中央には黒い誘導領域が、黒の領域の中央には白い誘導領域があることが知覚できる。これは、一種の明るさの同化である。

ヘルマン格子のスポットは、これらの誘導領域の垂直成分と水平成分が交差したところであるという考察も可能である (図30B)。しかし、ヘルマン格子のスポットは視野の中心で弱くなるが、この誘導領域にはそのような性質はないようである。

4.10 「明るさの同化・強化版」 (図31)

正方形の中がやや灰色がかって見えるが、外側の輝度と同じである。明るさの同化 (図5 参照) の一種と考えられるが、前述の counterphase induction とは異なると思われる。なぜなら、前

述の同化では誘導の強いところと弱いところが分かれるのに対し、この同化は正方形内が一様に filling-in されるからである。

この錯視の意味するところは、このタイプの明るさの同化の成立のためには、同化させるべき線分を背景全体に等間隔で配置する必要はないということである。なお、正方形を囲む線の数 (ここでは 2, 3 本) と間隔が重要な要因のようである。

4.11 「暗順応不要の stationary phantoms」 (図32)

図31A では、一様に黒い遮蔽領域を背景の明るい灰色の領域の続きが渡っているように見える。渡っているように見える部分は他よりも暗く見える。図31B では、一様に白い遮蔽領域を背景の濃い灰色の領域の続きが渡っているように見える。渡っているように見える部分は他よりも明るく見える。

この現象は、1983 年に Gyoba が報告した stationary phantoms²⁴⁾であると考えられる。しかし、Gyoba の stationary phantoms は暗順応の手続きが必要であった。本稿の stationary phantoms が普通の照明下で見ても知覚できるという点は、この現象を研究しやすくなるというだけでな

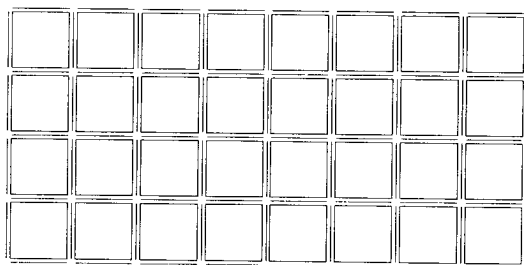


図31 明るさ同化の強化バージョン

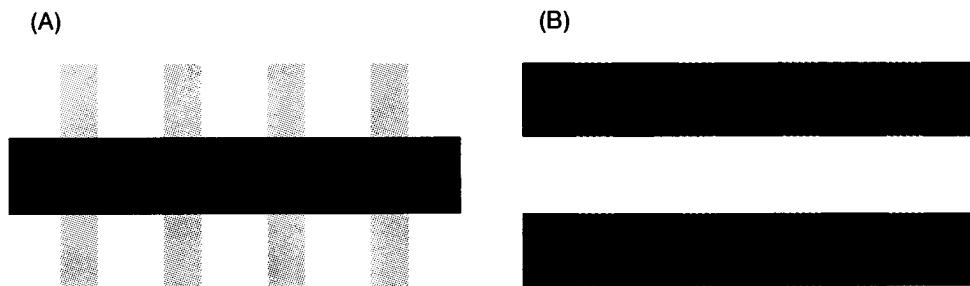


図32 暗順応不要の stationary phantoms (A, B)

く、いろいろ示唆することがある。もともと、この現象は moving visual phantoms として Tynan と Sekuler²⁵⁾ によって報告されて以来、脳内ではマグノ系で処理されているのではないかと考えられてきた。本稿の図形は、運動も暗順応も必要としないから、バルボ系が関与していることが示唆される。実際には、色付きでも可能で（色の phantoms が得られる）、単純なマグノ系・バルボ系という二分法では収まらないように思われる。

本稿の stationary phantoms が成立するための条件は、遮蔽領域の輝度と背景の輝度が遠いことと、背景中に輝度の近い2つの（あるいは2つ以上の）異なる領域があることの2点である。背景が連続変化のグラデーションでは成立しない。

5. 結語

今やコンピューター機器の発達で、複雑な運動視の研究が花盛りのようであるが、本稿をご覧になれば、まだまだ静止画像にも興味深い錯視現象が研究されずに残っていることにお気づきになられよう。脳を考えると、運動視のMT野やMST野などに比べて、静止図形を扱うと考えられるV4や下部側頭野の面積ははるかに大きい。そう考えると、21世紀が錯視研究に基づく静止画像処理の神経生理学的研究の世紀とならないと言えるであろうか。

本研究をこの高度な専門誌 VISION にお招き頂いた森 和彦先生と中溝幸夫先生に感謝いたします。また、本稿の一部は錯視研究の大御所・田中平八先生にチェックして頂きました。ここに感謝致します。

文 献

- 1) C. D. Gilbert and T. N. Wiesel: The influence of contextual stimuli on the orientation selectivity of cells in primary visual cortex of the cat. *Vision Research*, 30, 1689-1701, 1990.
- 2) R. von der Heydt and E. Peterhans: Mechanisms of contour perception in monkey visual cortex. I. Lines of pattern discontinuity. *Journal of Neuroscience*, 9, 1731-1748, 1989.
- 3) H. Pierce: The illusion of the kindergarten patterns. *Psychological Review*, 5, 233-253, 1898.
- 4) B. Moulden, J. Renshaw: The Münsterberg illusion and 'irradiation.' *Perception*, 8, 275-301, 1979.
- 5) H. von Helmholtz: Handbuch der Physiologischen Optik, volume II. Leipzig, Voss. J. P. C. Southall (ed and trans from the third German edition): *Helmholtz's treatise on physiological optics*. 1962, Dover, New York, 1856.
- 6) D. H. Hubel and T. N. Wiesel: Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology (London)*, 160, 106-154, 1962.
- 7) G. Syrkin, U. Yinon, and M. Gur: Simple cells may lie at the basis of mach bands: Evidence from physiological studies in the cat's visual cortex. *Experimental Brain Research*, 102, 319-326, 1994.
- 8) 盛永四郎: ミュラー・リエル錯視とその説明に関する考察二三. *心理学研究*, 16, 26-39, 1941.
- 9) 盛永四郎, 池田洋美: 錯視における変位の矛盾とディメンジョンの問題. *心理学研究*, 36, 231-238, 1965.
- 10) R. H. Day, S. Bellamy and A. Norman: On the Morinaga misalignment illusion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 113-125, 1983.
- 11) J. Fraser: A new visual illusion of direction. *British Journal of Psychology*, 2, 307-320, 1908.
- 12) R. L. Gregory and P. Heard: Border locking and the Café Wall illusion. *Perception*, 8, 365-380, 1979.
- 13) M. E. McCourt: Brightness induction and the Café Wall illusion. *Perception*, 12, 131-142, 1983.
- 14) M. E. McCourt: A spatial frequency dependent grating-induction effect. *Vision Research*, 22, 119-134, 1982.
- 15) M. J. Morgan and B. Moulden: The Münsterberg figure and twisted cords. *Vision Research*, 26, 1793-1800, 1986.
- 16) N. Wade: *The Art and Science of Visual Illusions*. London, Routledge & Kegan Paul, 1982.
- 17) S. P. Taylor and J. M. Woodhouse: A new illusion and possible links with the Münsterberg and Fraser illusions of direction. *Perception*, 9, 479-481, 1980.
- 18) D. C. Earle and S. J. Maskell: Fraser cords and reversal of the Café wall illusion. *Perception*, 22, 383-390, 1993.

- 19) A. Prandtl: Über gleichsinnige Induktion und die Lichtverteilung in gitterartigen Mustern. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 58, 263-307, 1927.
- 20) R. A. Schachar: The "pincushion grid" illusion. *Science*, 192, 389-390, 1976.
- 21) C. Redies and L. Spillmann: The neon color effect in the Ehrenstein illusion. *Perception*, 10, 667-681, 1981.
- 22) B. Moulden and F. Kingdom: White's effect: A dual mechanism. *Vision Research*, 29, 1245-1259, 1989.
- 23) F. Kingdom and B. Moulden: White's effect and assimilation. *Vision Research*, 31, 151-159, 1991.
- 24) J. Gyoba: Stationary phantoms: A completion effect without motion and flicker. *Vision Research*, 23, 205-211, 1983.
- 25) P. Tynan and R. Sekuler: Moving visual phantoms: A new contour completion effect. *Science*, 188, 951-952, 1975.