低コントラストで錯視的輪郭は減弱するが 明るさの錯視は増強する¹

広島修道大学 吉本美穂²

Low contrast weakens illusory contours but enhances the lightness filling-in of the Kanizsa square

Miho Yoshimoto (Department of Psychology, Graduate School of Humanities and Human Sciences, Hiroshima Shudo University, Ozukahigashi, Asaminami-ku, Hiroshima 731-3195)

This study systematically investigated the relationship between the lightness filling-in of the test field and the clarity of illusory contours. The Munsell values of pacmen were N2.5, N3.5, N4.5, N5.5, N6.5 and N7.5, and those of the test field were N3.0, N4.0, N5.0, N6.0 and N7.0, respectively. Seventeen subjects (age: 20-28 yr.) observed 35 stimuli including five control stimuli. The lightness filling-in of the test field increased as the difference in brightness between the test field and pacmen decreased. On the contrary, the clarity of illusory contours decreased as the difference decreased. These results suggest that the lightness filling-in and the clarity of illusory contours have different roots.

Key words: Kanizsa, illusory contours, lightness filling-in, clarity.

近年、視覚情報処理過程解明の重要な糸口として錯視的輪郭 (illusory contours), もしくは主観的輪郭 (subjective contours) を含む図形を使用した研究が注目されている。錯視的輪郭あるいは主観的輪郭と称されるこの輪郭は、物理的には存在しないが刺激配列の中に知覚される輪郭のことである。この輪郭はこれまでいくつかの用語で表現されてきた。Kanizsa (1976) は subjective contours, Gregory (1972) は cognitive contours, そして Petry & Meyer (1987) は illusory contours を使用している。本論文では以後、錯視的輪郭という用語を使用することとする。

一般に、錯視的輪郭の知覚は基本的には刺激依存的なものであると考えられ、三つの現象として輪郭、見かけのコントラスト、奥行き知覚が挙げられる (Brigner & Gallagher, 1974; Coren, 1972; Frisby & Clatworthy, 1975; Grossberg, 1997; Jory & Day, 1979; Kanizsa, 1975, 1976; 野澤, 1977; 高木, 1988)。野澤 (1977) は Kanizsa 図形において、錯視的輪郭線と一致する位置に線状の幅の狭い高光覚閾帯が存在すること、さらに四つの誘導野の存在する場合と単独誘導野の場合とではその場の構造が異なることを示し、側抑

制説よりもむしろ Gestalt 過程を支持した。また、Takahashi (1993) は“連続性”手がかりのみを持つ図形では、まず“連続性”手がかりによって錯視的輪郭が形成され始めるが個々の誘導図形が自己完結して“不完結性”手がかりがない場合、形成されかけた錯視的輪郭が消失すると報告している。すなわち、まずボトム・アップによって錯視的輪郭が形成され始めるが、トップ・ダウンとの相互作用によって消失すると推測される。Grossberg (1994, 1997) は2次元図形がいかにして遮蔽物と被遮蔽物の3次元知覚を成立させるのかという説明を独自の FACADE 理論 (Form-And-Color-And-DEpth theory) を用いて試みている。この理論は、境界輪郭系 (boundary contour system: BCS) と特徴輪郭系 (feature contour system: FCS) が実行することによって錯視的輪郭が知覚されると説明するモジュール論である (Grossberg & Merrill, 1996; Grossberg & Mingolla, 1985a; Grossberg & Mingolla, 1985b)。

脳研究の領域においても錯視的輪郭を道具とした研究が行われている。Grosz, Shapley, & Hawken (1993) はマカクザルの V1 領域に錯視的輪郭に反応するニューロンがあることから、錯視的輪郭を検出するような計算的能力を持つニューロンが V1 領域にも存在すると述べている。Sugita (1999) も V1 と同じくらい初期の細胞が、遮蔽されて見ることで見えない

¹ 本研究の一部は日本心理学会第63回大会で報告された。本研究は中国四国心理学会第55回大会で報告された。

² 本研究の実施にあたり、御指導いただきました高木敬雄先生に深く感謝いたします。

部分の形態特徴を推論する計算的能力を持つことを報告し、境界完結が視覚情報処理過程の初期段階で実行され、初期段階の情報が表面関係の判断・解釈を完成させるものと推測している。Tomita, Ohbayashi, Nakahara, Hasegawa, & Miyashita (1999) は下側頭葉皮質からボトム・アップ信号を除去し、トップ・ダウン信号のみをとらえた。これまでトップ・ダウン信号の存在はあくまで仮説モデルの範囲にとどまっていたことから、重要な発見と考えられている。

コントラストと錯視的輪郭に関する研究では、Brigner & Gallagher (1974) が等明度の色紙で作られた誘導図形からは錯視的輪郭が形成されにくいこと、明るさのコントラストが大きい条件の方が錯視的輪郭が明確であることを報告している。Brussell, Stober, & Bodinger (1977) は、錯視的輪郭が知覚されなくなる点と見かけのコントラストが生じなくなる誘導図形の輝度はほぼ一致すると主張した。Jory & Day (1979) は Munsell 色紙を用いて誘導野と検査野を色相、彩度、または明度の違いで定義した場合の錯視的輪郭の明確度と検査野の明るさを測定した結果、誘導野の明度の効果が色相あるいは彩度の効果よりも高いことを示した。また、明度が同じ場合は錯視的輪郭の明確度と見かけのコントラストが減少することを報告している。Livingstone & Hubel (1987) も等輝度刺激において錯視的輪郭が消失することを指摘し、輪郭の知覚には輝度対比が重要であることを示した。一方、Coren & Theodor (1975) は錯視的輪郭に実輪郭を描くと見かけのコントラストが失われると述べて明るさ説へ反論している。しかしながら一般には、錯視的輪郭の強度と輪郭が囲む領域の明度のコントラストの強さには正の連関があると考えられている (Coren, 1991; Dresch, 1992; 竹市, 1994)。Dresch (1992) は、検査野の輝度を一定に保ち、誘導野の輝度を変化させて検討し、誘導野のコントラストをあげると錯視的輪郭図形の見かけのコントラストも増大すると述べている。Coren (1991) は側抑制を促進する実験を行い、錯視的輪郭の明確度と見かけの明るさの違いが増加したと報告し、網膜水準での側抑制の寄与と明るさの充填への寄与を示唆している。しかし吉本・高木 (1999) は、Munsell 色紙を用いて Kanizsa 図形における検査野への明るさ充填に及ぼす効果を検討した結果、誘導野の明度と検査野の明度の差が小さいほど明るさ充填がより多く生じる可能性を示唆している。この現象についてはなお吟味の余地を残しており、またこれまでの Kanizsa 図形における錯視的輪郭の明確度と検査野への明るさ充填に関する組織的な研究は十分とはいえない。

本研究では、Kanizsa 図形における検査野と誘導野の明度を組織的に変化させ、検査野への明るさ充填の状態、およびその明るさ充填と錯視的輪郭の明確度と

の関係について検討することを目的とする。

方 法

被験者 被験者は大学生および大学院生の 17 名 (20—28 歳) であった。

実験装置 本実験では暗箱 (縦 50 cm×横 60 cm×長さ 114 cm) を用いて刺激を呈示した。暗箱の内部は刺激呈示側から 60 cm の位置に仕切りをした。仕切りには縦 20 cm×横 30 cm の長方形を中央にくり抜き、その両側に 20 W の電球を各々 1 個ずつつけた。暗箱内の照度は約 300 lx であった。

被験者はのぞき窓側に設置してある顎のせ台に顎をのせて頭を固定して刺激図形を観察した。観察距離は 120 cm であった。

刺激図形 標準刺激として Kanizsa 型の四角形を用いた。一辺 60 mm の正方形の色紙の中心に一辺 30 mm の正方形の錯視的輪郭が知覚されるように、直径 20 mm のパックマンを四つ配置した。この刺激図形を白色ケント紙 (縦 260 mm×横 130 mm) に貼付した (Figure 1)。検査野の明度 (条件 A) として、N3.0 (約 17 cd/m², A1), N4.0 (約 34 cd/m², A2), N5.0 (約 52 cd/m², A3), N6.0 (約 75 cd/m², A4), N7.0 (約 112 cd/m², A5) の 5 種類を設定した。また、パックマンの明度 (条件 B) として、N2.5 (約 11 cd/m², B1), N3.5 (約 25 cd/m², B2), N4.5 (約 42 cd/m², B3), N5.5 (約 64 cd/m², B4), N6.5 (約 94 cd/m², B5), N7.5 (約 128 cd/m², B6) の 6 種類を設定した。統制図形として、検査野の明度 (N3.0, N4.0, N5.0, N6.0, N7.0) とそれぞれ同じ明度の一辺 60 mm の正方形、計 5 枚を作成した。したがって標準刺激は統制図形を含めて、合計 35 枚となった。

比較刺激として、一辺 20 mm の正方形の色紙を N1.8—N8.8 まで 0.2 ステップで変化させたもの、計

Figure 1. The Kanizsa square, in which an illusory square appears to be in front of four disks. This illusory square is accompanied by clear illusory contours and lightness changes. Variations of this figure were examined in this study.

36 枚を作成した。この正方形を 3 枚ずつ白色ケント紙（縦 260 mm×横 80 mm）に貼付した。なお、色紙は Munsell 色紙（日本色彩研究所製）を使用した。

手続き 標準刺激と比較刺激は同時に呈示された。被験者は標準刺激の中心に知覚される四角形の領域の明度を比較刺激とのマッチングによって判断するよう求められた。すなわち、呈示された標準刺激の検査野の明るさと同じ明るさが比較刺激の中に“ない”，あるいはある場合はその位置を“上”，“真ん中”，“下”と答えるように教示された。標準刺激は，同一の検査野の明度を 1 セットとし，合計 5 セットとなった。1 セット内の刺激図形は 6 種類（パックマンの明度の種類）となった。各セット内での呈示順序はランダムに，また各セットはランダムに呈示された。被験者は 1 枚の刺激図形につき上昇系列 2 回，下降系列 2 回の計 4 回の判断を求められた。4 回のマッチングによる判断の後，呈示された図形の錯視的輪郭の明確度（Clarity）を 5 段階尺度（1. とてもぼやけて見える，2. ややぼやけて見える，3. どちらでもない，4. ややはっきり見える，5. とてもはっきり見える）を用いて判断することを求められた。なお，明確度の判断に際しては，輪郭全体を見て判断するように教示された。統制図形は対応するセットの最初に呈示された。

データの処理 本実験では，被験者が各標準刺激の検査野の明るさと“同じ”と判断した比較刺激の明るさを測定し，被験者別に 4 回の判断の明度の平均値を算出して主観的等価点（PSE）とした。同様にして，統制図形についても被験者別の PSE を算出した。そこで，刺激図形ごとに検査野の明度の PSE から統制

図形の PSE を引いたものを錯視量とした。

$$\begin{aligned} (\text{錯視量}) &= (\text{同じと判断された検査野の明度}) \\ &\quad - (\text{同じと判断された統制図形の明度}) \end{aligned} \quad (1)$$

錯視量と輪郭の明確度についてそれぞれ 3 要因の分散分析を行い，さらに Ryan 法による多重比較を行った。

結 果

明るさの錯視量 条件別の平均錯視量を Figure 2 に示す。検査野の明度が N4.0 (A2)，N5.0 (A3)，N6.0 (A4) である中間灰色の場合，錯視量に対するパックマンの明度の効果に大きく差が生じた。検査野が N7.0 (A5) の場合，誘導野の明度に関係なく，ほぼ一定の錯視量を示した。一方，検査野が N3.0 (A1) では，誘導野が N2.5 (B1) 以外では錯視量がゼロに向かって減少した。分散分析の結果，検査野の明度（条件 A）の主効果（ $F(4, 64) = 9.081, p < .001$ ）とパックマンの明度（条件 B）の主効果（ $F(5, 80) = 17.42, p < .001$ ）は有意であった。また，検査野の明度（条件 A）とパックマンの明度（条件 B）の交互作用は有意であった（ $F(20, 320) = 9.898, p < .001$ ）。ここで，パックマンの明度から検査野の明度を引いた差を明度差とし，明度差別の錯視量を Figure 3 に示す。

$$(\text{明度差}) = (\text{パックマンの明度}) - (\text{検査野の明度}) \quad (2)$$

Figure 3 に示すように，パックマンの明度に関わらず，ほぼ全体的に明度差が -0.5 で錯視量が最大と

Figure 2. Lightness changes as a function of brightness (A1—A5) of the test field. B1—B6 show the brightnesses of pacmen. The lightness changes were calculated by subtracting the perceived lightness of the control stimuli from that of the test field of Kanizsa square. “N” as the unit means the achromatic series of the Munsell color notation.

なった。明度差が負の方向に大きくなるにしたがって錯視量は緩やかに減少し、明度差が正の方向に大きくなるにしたがって錯視量は急激に減少した。パックマンの明度が N2.5 (B1) における検査野の明度の単純主効果に有意な傾向が認められた ($F(4, 384) = 2.352, p < .10$)。パックマンの明度が N3.5 (B2) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 7.653, p < .001$)。明度差 -0.5, -1.5 および -2.5 では明度差 0.5 よりも有意に大きな錯視量を示し ($p < .01$)。明度差 -3.5 では明度差 -0.5 および -1.5 よりも有意に小さい錯視量を示した ($p < .05$)。パックマンの明度が N4.5 (B3) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 10.885, p < .001$)。明度差 -0.5 では、明度差 1.5, 0.5, -2.5 ($p < .01$)、および -1.5 ($p < .05$) よりも有意に大きい錯視量を示した。パックマンの明度が N5.5 (B4) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 15.471, p < .001$)。明度差 -0.5 では明度差 2.5 ($p < .01$)、0.5 および -1.5 ($p < .05$) よりも有意に大きな錯視量を示した。パックマンの明度が N6.5 (B5) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 12.131, p < .001$)。明度差 -0.5 では明度差 3.5, 1.5 ($p < .01$) および 1.5 ($p < .05$) よりも有意に大きな錯視量を示した。パックマンの明度が N7.5 (B6) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 8.336, p < .001$)。明度差 0.5 では明度差 4.5 ($p < .01$)、3.5 および 2.5 ($p < .05$) よりも有意に大きな錯視量を示した。

錯視的輪郭の明確度 誘導野と検査野の明度差別の錯視的輪郭の明確度を Figure 4 に示す。パックマンの明度に関わらず、明度差が小さくなるにしたがって錯視的輪郭の明確度は低くなる傾向がみられた。分散分析の結果、パックマンの明度 (条件 B) の主効果は有意であった ($F(5, 80) = 37.762, p < .001$)。また、検査野の明度 (条件 A) とパックマンの明度 (条件 B) の交互作用は有意であった ($F(20, 320) = 38.333, p < .001$)。パックマンの明度が N2.5 (B1) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 22.712, p < .001$)。明度差 -0.5 では他のいずれの明度差よりも有意に明確度が低かった ($p < .01$)。パックマンの明度が N3.5 (B2) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 30.910, p < .001$)。明度差 0.5 では、明度差 -2.5 および -3.5 よりも有意に低い明確度を示し ($p < .01$)。明度差 -0.5 では明度差 -2.5 および -3.5 よりも有意に低い明確度を示した ($p < .01$)。パックマンの明度が N4.5 (B3) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 15.343, p < .001$)。明度差 0.5 で最も低い明確度を示し、他の明度差における明確度との差はいずれも有意であった ($p < .01$)。パックマンの明度が N5.5 (B4) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 40.143, p < .001$)。明度差 0.5, -0.5 および -1.5 での明確度は、明度差 1.5 および 2.5 よりも有意に低い明確度を示した ($p < .01$)。パックマンの明度が N6.5 (B5) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) =$

Figure 3. Lightness changes as a function of brightness difference between the test field and pacmen. B1–B6 show the brightnesses of pacmen. The lightness changes were calculated by subtracting the perceived lightness of the control stimuli from that of the test field of Kanizsa square. “N” as the unit means the achromatic series of the Munsell color notation.

25.649, $p < .001$). 明度差 0.5 で最も低い明確度を示し、他の場合との差は有意であった ($p < .01$). パックマンの明度が N7.5 (B6) における検査野の明度の単純主効果は有意であった ($F(4, 384) = 34.717, p < .001$). 明度差 0.5 で最も低い明確度を示し、他の場合との差は有意であった ($p < .01$). また、明度差 1.5 では明度差 4.5 よりも有意に低い明確度を示した ($p < .05$).

考 察

検査野への明るさ充填 検査野の明度が低くなる(黒に近づく)にしたがって検査野への明るさ充填はゼロに近づき、パックマンの明度が明るさ充填に及ぼす効果の差は減少した。また、検査野の明度が高くなる(白に近づく)にしたがってパックマンの明度の及ぼす効果の差は減少し、検査野への明るさ充填はほぼ一定の水準を保った。一方、検査野が中間灰色の場合、パックマンの明度が明るさ充填に及ぼす効果の差は大きく生じた。すなわち、検査野が中間灰色の場合に明るさ充填へのパックマンの明度の効果に差が生じ、検査野が黒、あるいは白に近づくにしたがってその効果の差は収束に向かうことが示された。検査野がある水準の明度になると、パックマンの明度に大きく影響されることなくほぼ一定量の補完が行われ、検査野の明度がある水準に達しないと補完は行われにくくなるという特性を持っていることを示唆している。しかしパックマンの明度変化の影響を受けにくくなる検査野の明度の水準については、さらに慎重に検出していく必要がある。

パックマンの明度が検査野の明度よりも低い(暗

い) 場合および高い(明るい) 場合のいずれにおいても、検査野の明度よりも明るい方向に明るさ充填が生じた。すなわち、パックマンの明度が検査野の明度よりも明るい場合において逆錯視が生じた。同様の結果を吉本・高木(1999)も報告している。ある面の明るさは、その面の明度が背景あるいは隣接領域の明度よりも高い場合はより明るく知覚され、逆に背景あるいは隣接領域の明度よりも低い場合はより暗く知覚されるという明度対比とは異なる現象である。パックマンと検査野の明度の関係によって、明るさ充填の際に対比と同化が使い分けられているのか、あるいはパックマンと検査野の明度の関係に関わらず、明るさ充填が明るさを増す方向に作用する現象であることを示しているのか、今後さらに検討していく必要がある。

パックマンと検査野の明度差と明るさ充填の関係に着目すると、パックマンの明度が検査野の明度よりもマンセル値にして 0.5 低い(明度差が -0.5 を示す)あたりで明るさ充填はほぼ最大となり、吉本・高木(1999)の報告を支持するものであった。パックマンの明度が検査野の明度よりも低い場合(明度差が負の値を示す場合)は明度差が増大するにしたがって緩やかな明るさ充填の減少を示し、逆にパックマンの明度が検査野の明度よりも高くなるにしたがって明るさ充填は急激に減少した。Figure 2 を部分的に見ると、パックマンと検査野の明度の設定いかんによってはパックマンの明度を上げると検査野の明るさ充填も増加する(Coren, 1991; Dresch, 1992) ように見受けられる。しかしながら組織的実験の結果、パックマンと検査野の明度差が大きい場合よりも小さい場合において、より多くの明るさ充填が行われるという現象が明

Figure 4. Clarity of illusory contours as a function of brightness difference between the test field and pacmen. B1—B6 show the brightnesses of pacmen. Observers estimated the clarity using a rating scale where “1” represents “very unclear” and “5” represents “very clear”.

らかとなった。検査野とバックマンの明度差と検査野への明るさ充填が必ずしも正の連関にはないという本研究の結果は、コントラストと明るさ充填を区別して考える必要を示唆している。

錯視的輪郭の明確度 検査野とバックマンの明度差が小さくなるにしたがって錯視的輪郭の明確度は低下した。また、バックマンの明度が検査野の明度よりも0.5 高い場合（明度差が+0.5 の場合）に最も錯視的輪郭の明確度は低くなる傾向を示した。Brigner & Gallagher (1974) は強い明度のコントラストが得られる条件の方が錯視的輪郭が明確であったと報告している。本研究の結果は彼らの報告と一致するものである。ただしバックマンの明度が検査野の明度よりも0.5 低い場合（明度差が-0.5）については、バックマンの明度によっては明確度が高い場合もあることから、今後さらに詳細な現象記述が必要と考えられる。

検査野への明るさ充填と錯視的輪郭の明確度 バックマンと検査野の明度差が小さくなるにしたがって、検査野への明るさ充填は増加した。一方、錯視的輪郭の明確度は、バックマンと検査野の明度差が小さくなるにしたがって低下した。すなわち、バックマンと検査野の明度差における明るさ充填の推移と、錯視的輪郭の明確度の推移は拮抗する関係となることが明らかとなった。

Coren (1991) は側抑制が強く生じる条件において明るさ充填も増加したと報告し、錯視的輪郭図形における明るさ充填も側抑制が寄与している可能性を示唆している。Coren (1991) は、側抑制の強く生じる条件、すなわちバックマンと検査野の明度差が大きいほど明るさ充填も増加すると考えている。本研究において、側抑制の強く生じる条件である錯視的輪郭の明確度が高い条件下では明るさ充填は減少した。側抑制のメカニズムを考えるならば、錯視的輪郭が形成される部位のニューロンが強く興奮するほど、その周囲のニューロンを強く抑制するために錯視的輪郭内部の明るさ充填を抑制するのではないかと推測することも可能であろう。しかしそう仮定したとしても、前述したバックマンの明度が検査野の明度よりも高い（明るい）条件下での逆錯視現象をいかに説明するかという問題がある。Dresp (1992) も指摘するように、明るさ充填をこれまでの側抑制説のみで説明するのは困難であろう。

Grosz et al. (1993) はマカクザルの V1 領域にも、錯視的輪郭を検出するような計算的能力を持つニューロンが存在すると述べている。Sugita (1999) も V1 領域の細胞が、遮蔽された部分の形態特徴について推論する能力を持つとして、境界完結が視覚情報処理過程の非常に初期の段階で実行され、その初期段階の情報から表面関係の判断・解釈が完成されると推測している。また、Takahashi (1993) はいったん形成され

かけた錯視的輪郭が消失する現象を報告して、輪郭形成においてもトップ・ダウンの作用を受ける可能性を示唆しており、Grossberg (1994, 1997) は境界輪郭系 (BCS) と特徴輪郭系 (FCS) の相互作用による視覚認知システムの中でトップ・ダウンの作用を指摘している。さらに Tomita et al. (1999) はトップ・ダウン信号をとらえることに成功した。

そこで次のように推測される。視覚情報処理過程の初期の段階で補完によって形成されつつある錯視的輪郭の情報が当該図形を認知するうえで不十分であると、大脳はその図形をさらに別の方略によって補完することでその図形の安定性を高め、図形認知を遂行しようとする、その手段が明るさ充填ではないか。バックマンと検査野の明度差が大きく、明確度の高い錯視的輪郭が形成される図形においては、その図形を認知するための情報がすでに十分であるために明るさ充填という補完はあまり必要ではない。したがって、明るさ充填は最小限度に止められる。これとは逆に、バックマンと検査野の明度差が小さく、明確な錯視的輪郭が形成されない場合、その図形を認知するための情報が不十分であるため、より多くの明るさ充填を行うことによってその図形の安定性を高める。このように考えると、検査野への明るさ充填の推移と、錯視的輪郭の明確度の推移が拮抗するという本研究の結果を説明することが可能であろう。また、錯視的輪郭に実輪郭を描き入れると見かけのコントラストが失われる現象 (Coren & Theodor, 1975) については、そもそも錯視的輪郭の形成は補完によるものであるから、その錯視的輪郭上に実輪郭が描かれることでもっとも明確度の高い輪郭が形成されることになる。したがって、図形が完成されて安定するために、さらなる補完の必要がなくなる結果、明るさの充填が消失すると推測される。以上のことから、明るさ充填は錯視的輪郭の形成が図形を認知するうえで不十分な場合にトップ・ダウン的に行われる処理ではないかと推測する。

引用文献

- Brigner, W. L., & Gallagher, M. B. 1974 Subjective contour: Apparent depth or simultaneous brightness contrast? *Perception and Motor Skills*, **38**, 1047-1053.
- Brussell, E. M., Stober, S. R., & Bodinger, D. M. 1977 Sensory information and subjective contour. *American Journal of Psychology*, **90**, 145-156.
- Coren, S. 1972 Subjective contours and apparent depth. *Psychological Review*, **79**, 359-367.
- Coren, S. 1991 Retinal mechanisms in the perception of subjective contours: The contribution of lateral inhibition. *Perception*, **20**, 181-191.
- Coren, S., & Theodor, L. H. 1975 Subjective con-

- tour: The inadequacy of brightness contrast as an explanation. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **6**, 87-89.
- Dresp, B. 1992 Local brightness mechanisms sketch out surfaces but do not fill them in: Psychophysical evidence in the Kanizsa square. *Perception & Psychophysics*, **52**, 562-570.
- Frisby, J. P., & Clatworthy, J. L. 1975 Illusory contours: Curious cases of simultaneous brightness contrast? *Perception*, **4**, 349-357.
- Gregory, R. L. 1972 Cognitive contours. *Nature*, **238**, 51-52.
- Grosz, D. H., Shapley, R. M., & Hawken, M. J. 1993 Macaque V1 neurons can signal "illusory" contours. *Nature*, **365**, 550-552.
- Grossberg, S. 1994 3-D vision and figure-ground separation by visual cortex. *Perception & Psychophysics*, **55**, 48-120.
- Grossberg, S. 1997 Cortical dynamics of three-dimensional figure-ground perception of two-dimensional pictures. *Psychological Review*, **104**, 618-658.
- Grossberg, S., & Merrill, J. W. L. 1996 The hippocampus and cerebellum in adaptively timed learning, recognition, and movement. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **8**, 257-277.
- Grossberg, S., & Mingolla, E. 1985a Neural dynamics of form perception: Boundary completion, illusory figures, and neon color spreading. *Psychological Review*, **92**, 173-211.
- Grossberg, S., & Mingolla, E. 1985b Neural dynamics of perceptual grouping: Textures, boundaries, and emergent segmentations. *Perception & Psychophysics*, **38**, 141-171.
- Jory, M. K., & Day, R. H. 1979 The relationship between brightness contrast and illusory contours. *Perception*, **8**, 3-9.
- Kanizsa, G. 1975 Some new demonstrations of the role of structural factors in brightness contrast. In S. Ertel, L. Kemmler & M. Stadler (Eds.), *Gestalttheorie in der modernen Psychologie*. Darmstadt: Steinkopf. Pp. 216-226.
- Kanizsa, G. 1976 Subjective contours. *Scientific American*, **234**, 48-52.
- Livingstone, M. S., & Hubel, D. H. 1987 Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth. *Journal of Neuroscience*, **7**, 3416-3468.
- 野澤 晨 1977 図形の場の強さの測定による“主観的輪郭線”の実験的研究 聖心女子大学論叢, **50**, 141-180.
- (Nozawa, S. 1977 An experimental study of "Subjective Contour" by the measurement of field strength. *Seishin Studies*, **50**, 141-180.)
- Petry, S., & Meyer, G. E. 1987 *The perception of illusory contours*. New York: Springer-Verlag.
- Sugita, Y. 1999 Grouping of image fragments in primary visual cortex. *Nature*, **401**, 269-272.
- 高木敬雄 1988 主観的輪郭線の知覚 広島修道大学研究叢書 第45号 広島修道大学総合研究所 (Takagi, T. 1988 The perception of subjective contours. *Monographs of the Institute for Advanced Studies, Hiroshima Shudo University*, Vol. 45. Institute for Advanced Studies, Hiroshima Shudo University.)
- Takahashi, S. 1993 Microgenetic process of perception of subjective contour using "self-sufficient"-inducing pattern. *Perceptual and Motor Skills*, **77**, 179-185.
- 竹市博臣 1994 主観的輪郭——計算論的解釈試論——基礎心理学研究, **13**, 17-44.
- (Takeichi, H. 1994 Perception of illusory contours: A computational interpretation. *Japanese Journal of Psychonomic Science*, **13**, 17-44.)
- Tomita, H., Ohbayashi, M., Nakahara, K., Hasegawa, I., & Miyashita, Y. 1999 Top-down signal from prefrontal cortex in executive control of memory retrieval. *Nature*, **401**, 699-703.
- 吉本美穂・高木敬雄 1999 錯視的輪郭における明るさの知覚 広島修大論集 (人文編), **74**, 325-355.
- (Yoshimoto, M., & Takagi, T. 1999 Brightness perception of illusory contours. *Studies in The Humanities and Sciences, Hiroshima Shudo University*, **74**, 325-355.)

——2001. 7. 30 受稿, 2003. 5. 10 受理——