

# 主観的輪郭の微小生成過程

高 橋 晋 也

## 1. 主観的輪郭

適当な刺激布置条件下（たとえば Fig. 1）では、物理的には等質な領域中に明瞭な面が知覚される。Fig. 1 を例にとると、物理的には、ここには3個の黒色扇形のみが描かれており、それらの背景は等輝度の白色領域であるが、現象的には、3個の扇形の中心を頂点とする三角形が3個の黒色円の一部を覆い隠すように知覚される。しかも、この面は周囲の背景領域よりも明るく、3次元的な奥行き感を伴って手前に位置して見える。このような知覚現象は“主観的輪郭 (subjective contour)” または“錯視的輪郭 (illusory contour)” と呼ばれ、図一地分凝・明るさ知覚・奥行き知覚など、ヒトの視知覚における多くの基礎的問題に関係する有効な研究対象として、多数の知覚研究者からの関心を集めてきた。なかでも Fig. 1 は、作図者の名を冠し 'Kanizsa triangle' と呼ばれ、現象を明瞭に示す代表的な刺激布置として研究されてきている。

主観的輪郭の研究は1970年代以降とくに盛んになり、現在までに、その現象・機能・機序などに関する膨大な研究報告がなされている。とくに現象生起の機序については多数の理論が提

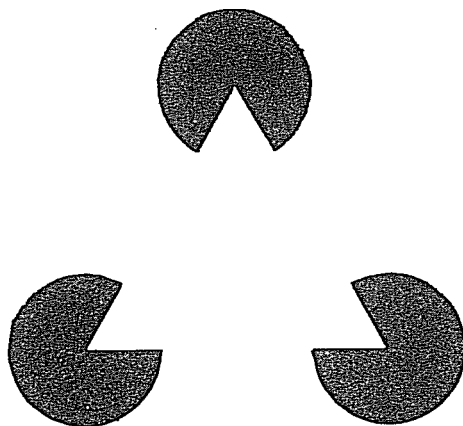


Fig. 1 'Kanizsa triangle': A white and bright triangle is perceived as covering the portions of three black disks.

出されてきている(詳細は Parks, 1984; Pritchard & Warm, 1983; 渡辺・永瀬, 1989 などを参照)が、一般にこれらは Gregory (1972) による2分法に従い、“生理説”と“認知説”とに大別されてきた。前者に属する代表的理論は“明るさの同時対比説”(Brigner & Gallagher, 1974 など)であり、後者のそれは“認知的仮説構成説”(Rock & Anson, 1979 など)であろう。これらの理論は、これまで相対立するものとして議論されてきたが、現在では、主観的輪郭の成立過程には複数の要因が関与していると考えられている(渡辺・永瀬, 1989)ため、いずれの理論も、主観的輪郭知覚を網羅的に説明することは困難であるという見解が主流となっている。したがって今後は、それぞれの理論が有効に説明し得る現象側面を明確にし、説明のレベルを異にするものとして複数の理論の統合をはかることが重要な研究課題となるであろう(高橋, 1991; Takahashi, 1993)。

上述の立場に立った場合に問題とされるのは、諸現象側面間の因果関係であるが、この点に関しては、すでに「明るさの変容や奥行き感などの現象特性は、主観的な面形成の原因ではなく結果である」ことが指摘されている(Kanizsa, 1979; Watanabe & Oyama, 1988)。そこで、主観的輪郭知覚の本質的問題として主観的な面形成(図一地反転)過程を考える必要があるが、現在までに、面形成過程は注意・期待・過去経験などの認知的作用に大きく影響されることが、多数のデモンストレーションや実験結果により裏付けられている。例えば、Bradley & Dumais (1975), Bradley & Petry (1977), Scrivener (1983) らによる“多義的”主観的輪郭パターンは、観察者の心的構えや注意の過程が主観的輪郭知覚を強く規定することを示している。また、Gellatly (1982) は特定の実験的操作により主観的輪郭知覚が学習され得ること、Pritchard & Warm (1983) は主観的輪郭知覚が実在輪郭の知覚よりも大きな認知的負荷を必要とすること、Rock & Anson (1979) は図一地反転を連想させる刺激系列の先行呈示が主観的輪郭知覚を促進することを、それぞれ実験的に明らかにしている。さらに、Brandeis & Lehmann (1989) は、視覚誘発電位を指標とした実験により、主観的輪郭知覚と注意の過程とが共通の生理的基盤を有することを示唆している。これらの事実は、認知的作用が関与しない“自動的処理過程”を仮定する“明るさの同時対比説”では説明困難であるため、面形成過程に関しては、“認知的仮説構成説”をより妥当な理論と見なすべきである(高橋, 1990)。

## 2. 主観的輪郭知覚の“2段階説”

面形成過程を説明する“認知的仮説構成説”のうち、最も詳細で整理された記述がなされており、後の研究者によって支持されている(Halpern, 1981; Reynolds, 1981; Pritchard & Warm, 1983)ものとして Rock & Anson (1979) による“2段階説”を挙げることができる。この理論は、2つの処理段階(ステージ)による一連の“問題解決過程”として主観的な

面形成過程を説明するものであるが、以下にその概略を示す。

まず、Fig. 1 に示されるようなパターンを観察した際、我々の知覚システムはその刺激布置を「普通でない」と見なし、解決すべき“問題”を提起されることになる。具体的に言えば、「なぜ、それぞれの図形は（見慣れた“円”ではなく）“扇形”なのか」、「なぜ、扇形のV字エッジは相互に連続的な位置関係にあるのか」などである。これらの“問題”に対して、知覚システムは、「本来“地（ground）”であるはずの領域を“図（figure）”として知覚する（“図-地反転”を行う）」という“解決”を構成する。すなわち、Fig. 1 において、3個の扇形の中心を頂点とする三角形を、他の白色領域とは分離した面と見なすことにより、先に述べた“問題”は解決されるのである。この解決構成過程は、刺激パターン中の“図形手がかり（figural cue）”を発見・利用することによって達成されるが、具体的には、(1) 主観的輪郭の一部を構成する実在輪郭（Fig. 1 では3個のV字エッジ）の配列の“連続性（alignment）”、(2) 各誘導図形要素（Fig. 1 では3個の扇形）の形態の“不完全性（incompletion）”の2つが挙げられている。また、観察者が特定の“心的構え（mental set）”を持つことによって手がかりの発見は促進される。この第1の処理段階は“解決-発見ステージ（solution-finding stage）”と呼ばれる。

つぎに、第1段階で構成された認知的解決は、“解決-検査ステージ（solution-testing stage）”と呼ばれる第2の処理段階において、パターン中の全刺激要素との間の整合性について検査される。そして、この検査過程で“適合”と見なされた解決はそのまま知覚対象として意識化されるが、何らかのノイズ刺激の介入によって“不適合”と見なされた解決は棄却されるのである。例えば、Fig. 2 を観察した際明瞭な主観的輪郭は知覚されにくいのが、これは、第1ステージで一旦構成された解決が、第2ステージで、背景として知覚されるブロック様の

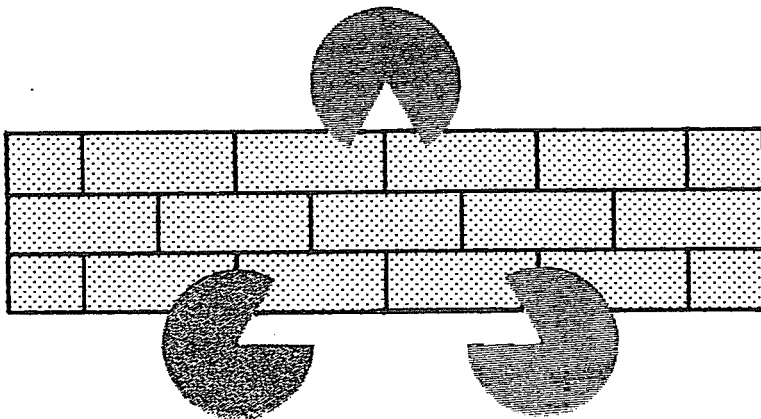


Fig. 2 Inducing pattern with 'noise' figure : Clarity of subjective contour in this pattern is lower than that in Fig. 1.

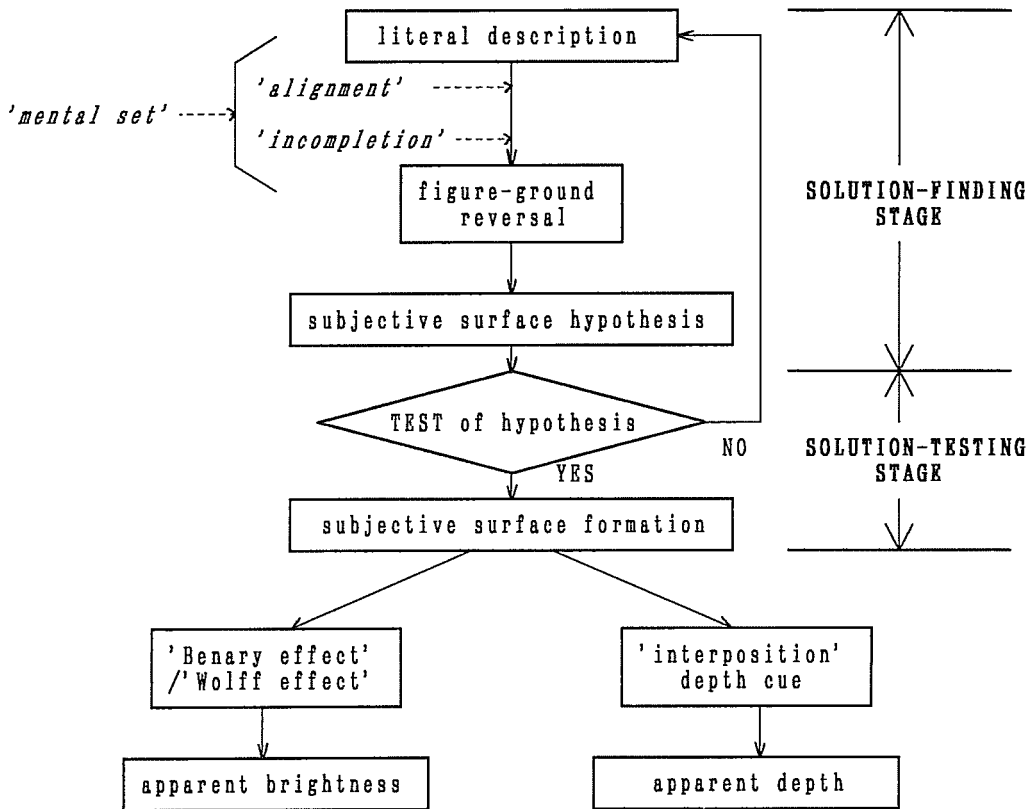


Fig. 3 A series of processing in the perception of subjective contour.  
 [Drawn by the author referring to Parks et al. (1983), Rock (1987), and Rock & Anson (1979)]

ノイズ刺激の介入によって棄却されるためであると説明される。つまり、「本来不透明であるはずの主観的輪郭面を透かして背景のブロックが見える」という論理的な矛盾により、この場合の解決は“不適合”と見なされるのである。

Rock & Anson (1979) は、以上に述べたような2段階の処理によって主観的な面形成過程を論じているが、明るさの変容および奥行き感については、面形成の後に生じる2次的な現象として、各々独立した説明を行っている。まず、明るさの変容は、「背景領域に属する領域は、単にそれに隣接する領域に比べ、背景からの対比をより強く受ける」という 'Benary effect' (Benary, 1924) や「図形領域は、背景領域に比べ、隣接領域からの対比をより強く受ける」という 'Wolff effect' (Wolff, 1935) によって説明されるとしている。このように、視野の体制化が対比効果のあらわれ方に影響を及ぼすという現象は、同時色対比の対比量が検査領域の形態の効果を受ける (Ito, et al., 1993) という事実とも関連性があると考えられる。一方、奥行き感については、主観的な面形成の後に“重なり (interposition)” の奥行き手が

かりが生じるためであると説明している。Fig. 3 は、主観的輪郭知覚についての Parks, et al. (1983), Rock (1987), Rock & Anson (1979) などの一連の理論を、総合的に図式化して示したものである。この図式の中で、面形成過程に関する記述が Rock & Anson (1979) の“2段階説”に相当する。

### 3. 瞬間呈示法による錯視図形へのアプローチ

ヒトの視知覚の研究史において、幾何学的錯視をはじめとする各種の錯視現象に関する研究が果たしてきた役割は大きい。これらのうち、運動錯視や順応性の錯視等を除いた、いわゆる“錯視図形”に関して言えば、文字通り錯視現象生起の第1要因と考えられる“図形布置”に関する研究が主流を占めてきた。そして、この種の研究の成果として、それぞれの錯視図形における複数の図形要因の重みづけがなされ、さらに、その知見を土台として、いわゆる“よい錯視図形”が考案されてきた。主観的輪郭研究についても同様の傾向がみられ、とくに研究が盛んになった1970年代当初の中心的研究方法の1つは、新しいパターンのデモンストレーションおよびその詳細な観察であった。研究者達は、目的に応じた、より直観性が高く説得力の強いデモンストレーションを考案することにより、他の理論を反駁し自らの主張を補強してきたのである。

しかし、ある錯視現象の成立機序を解明しようとする上で、その図形布置の操作だけにとどまっては不十分である (Goto, et al., 1990)。たとえば、主観的輪郭を誘導する／誘導しないパターンを整理し、主観的輪郭知覚のために必要／十分な図形要因を明らかにしたとしても、それをもって現象の解明とは言えない。すなわち、「Fig. 1 のような“よい主観的輪郭誘導パターン”において、なぜ主観的輪郭が知覚されるのか」という根本的な問いに答えることはできないのである。“よい錯視図形”の開発は、研究素材の提供として最も評価されるべきであり、錯視成立の機序という点に関しては、間接的な知見を与えるに過ぎないように思われる。図形布置の操作という研究方法の限界は、主観的輪郭に限らず、錯視図形研究全般に共通した問題であると言えよう。

図形布置の研究成果をふまえた上で、錯視図形を別の側面から研究するための方法としては、(1) 多人数の観察者を用いての個人差研究、(2) 繰り返し観察による影響の検討、(3) 様々な刺激呈示条件の操作による効果の検討、などが考えられる (Goto, et al., 1990)。Goto, et al. (1990) は、上記(3)の有効性を強調し、「刺激布置そのものは変化させず、呈示条件を様々な操作した場合の観察条件」を“特殊環境 (special environment)”と呼んでいる。特殊環境下での錯視図形の研究方法としては、図形輝度の操作・図形の奥行き感の操作・背景要因の操作などが考えられるが、その中でも、錯視現象の生成過程を直接的に検討し得る有効な方法として“瞬間呈示法 (tachistoscopic presentation technique)”が挙げられる。これは、錯視図

形を数 10～数100 ms という単位で短時間呈示し、時間的縮減条件下での錯視効果のあらわれ方を検討する方法である。

これまでに、錯視図形を実験的に検討したほとんどの研究においては、被験者に刺激図形を十分な時間観察させている。この方法は、刺激入力から錯視効果の生起へと至る一連の処理過程の“最終結果”を扱っていることになる。これに対し、“瞬間呈示法”では、“最終結果”へ至るまでの“時間的経過”をも検討対象とすることができる。ある知覚現象を解明するためには“最終結果”だけを扱っては不十分であり (Reynolds, 1978)、とくに主観的輪郭のように、高次の認知的要因が複雑に関係していると考えられる現象の成立機序に接近するためには、“時間的経過”を明らかにすることにより得られる知見が重要な示唆を含んでいると考えられる。このような“最終結果”に至るまでの過程は、しばしば知覚現象の“微小生成過程 (microgenetic process)”と呼ばれ、主観的輪郭の他、幾何学的錯視などについても研究が進められている (Oyama & Morikawa, 1985; Reynolds, 1978; Schulz, 1991)。

#### 4. 主観的輪郭の微小生成過程の研究

瞬間呈示法による主観的輪郭の微小生成過程の研究は、図形布置に関する研究成果が蓄積され、新たな研究方法の導入が望まれるようになった 1980年代以降に開始された。

まず、Gellatly (1980) は、主観的輪郭誘導図形 (Fig. 1 と同型) とマスク刺激 (扇形の円周部と一致する線画円図形) を繰り返し呈示した際の主観的輪郭の見え方を検討した。その結果、10 ms という極めて短い誘導図形呈示時間 (マスク刺激の呈示時間は 1 s) で主観的輪郭が観察されたが、この時誘導図形の形態や色は知覚されなかった。しかし、マスク刺激が扇形の輪郭全体と一致する線画扇形図形に代えられた条件では、主観的輪郭の知覚は誘導図形の形態や色の知覚より遅れ、1 s の呈示時間が必要とされた。これらの結果は、主観的輪郭知覚過程の初期段階においては、扇形の切れ込み部分 (V字エッジ) の見え方が重要な役割を担っていることを示唆している。

つぎに、Reynolds (1981) は、Fig. 1 と同型の主観的輪郭誘導図形、または、これにノイズ刺激を付加したパターン (Fig. 2 と同型) を瞬間 (50ms) 呈示し、その後数種類の SOA (stimulus onset asynchrony) をおいてマスク刺激 (各誘導扇形を覆う円形ランダムドット・パターン) を呈示する方法によって、主観的輪郭の微小生成過程を検討した。その結果、主観的輪郭の知覚は誘導図形の形態の知覚の後に生じ、約 100 ms の SOA を必要とした。また、ノイズ刺激を付加したパターンにおいては、SOA が 100 ms を超えて長くなるにしたがい主観的輪郭が再度見えなくなることが明らかにされた。この結果は、前述した Rock & Anson (1979) の“2段階説”中の第2段階 (解決-検査ステージ) における処理過程を明らかにしたものであるが、その実験計画および理論展開には問題点が残されており、十分な信頼性がある

るとは言えない。

前述した2件の研究において、主観的輪郭知覚に要する誘導図形の呈示時間と、その時点での誘導図形の見え方に関する結果は、一見矛盾しているように思われる (Parks, 1984)。すなわち、Gellatly (1980) においては、主観的輪郭の知覚は 10 ms の刺激呈示で、誘導図形の形態の知覚に先行して生じたのに対し、Reynolds (1981) では、主観的輪郭知覚には 100 ms の刺激呈示 (SOA) を必要とし、個々の誘導扇形の知覚がこれに先行したのである。この問題に関して、高橋 (1990) は、両研究の実験計画の差異を指摘した上で、それぞれの知見を統合的に解釈することを目的として実験を行った。

高橋 (1990) は、マスク刺激 (誘導図形全体を覆うランダムドット・パターン) 呈示の直前に誘導図形 (Fig. 1) を瞬間呈示した際の、主観的輪郭および誘導図形の見え方を検討した。実験要因は誘導図形の呈示時間 (10–300 ms) であり、瞬間視課題に習熟した5名の被験者が、各呈示時間条件において40試行の繰り返し観察を行った。その結果、主観的輪郭の知覚率は呈示時間の増大にともなって増大し、150 ms 条件で約80% に達した。この点は、Reynolds (1981) が得た結果とほぼ符合する。一方、これより短い呈示時間で主観的輪郭が知覚された場合には、「主観的輪郭は知覚されたが誘導図形の形態は明瞭に知覚されなかった」という反応が多数生じたが、この結果は、Gellatly (1980) が報告した現象を再現したものである。

高橋 (1990) の結果より、Gellatly (1980) と Reynolds (1981) の結果は矛盾するものではなく、主観的輪郭の知覚処理過程の異なる段階を明らかにしたものであることが示された。つまり、Gellatly (1980) で観察された現象を、主観的輪郭知覚の一連の処理過程のうちの初期段階に特有の現象と位置づけることにより、これと Reynolds (1981) の結果とを統合的に理解することが可能になるのである。Reynolds (1981) が検討した最短の SOA 条件は 50 ms であるが、Gellatly (1980) は、これより更に短い呈示時間条件に特有の現象を報告したことになるだろう。

さて、高橋 (1990) は、主観的輪郭の知覚処理過程の初期段階について更に検討するため、前述の「主観的輪郭は知覚されたが誘導図形の形態は明瞭に知覚されなかった」試行における誘導図形の見え方をより詳細に分析した。その結果、誘導扇形の切れ込み部分 (V字エッジ) は明瞭に知覚されるが、とくに円周部がぼやけることが明らかにされた。これは、主観的輪郭の知覚処理過程の初期段階においては、誘導扇形の切れ込み部分が明瞭に知覚されることが、現象生起のための必要条件であることを示しており、前述した Gellatly (1980) の結果と一致するものである。高橋 (1990) は、この知見を、Rock & Anson (1979) が指摘した2種類の図形手がかりという観点から議論し、「不完全な円」としての各誘導図形 (扇形) の形態の知覚が不十分な条件下で、「不完全性」手がかりが有効に作用するとは考えられないことより、主観的輪郭知覚の微小生成過程の初期段階においては、「連続性」手がかりの作用がより重要である可能性を指摘した。この仮説は、主観的な面形成を説明する Rock & Anson (1979)

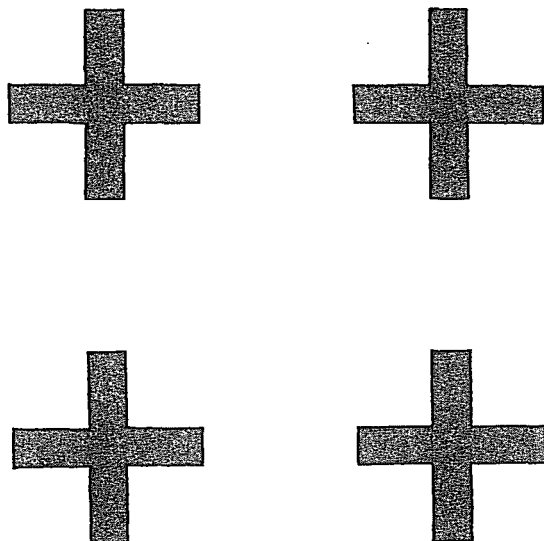


Fig. 4 'Self-sufficient'-inducing pattern : No subjective contour is perceived in this pattern under usual observation.

の“2段階説”を，“時間的経過”という新しい視点を導入して一步前進させたものである。

つぎに、高橋（1991）は、上述の仮説を検証するために、2種類の図形手がかりの強度を操作した誘導図形を用いて実験を行った。その結果、“不完全性”が主要な手がかりであるパターンにおいて主観的輪郭が知覚されるためには、“連続性”が主要な手がかりであるパターンに比べ、より長い刺激呈示時間が必要とされた。この結果は、“連続性”手がかりの作用が“不完全性”手がかりの作用に先行して生じることを示しており、「2つの図形手がかりの作用に時間的順序性がある」とする高橋（1990）の仮説を支持するものであった。

さらに、Takahashi（1993）は、“連続性”手がかりは有するが“不完全性”手がかりが全く存在しないために通常観察では主観的輪郭が知覚されない刺激パターン（“自己充足パターン” Fig. 4）における主観的輪郭の微小生成過程を検討した。その結果、“自己充足パターン”においても、処理過程の初期段階においては、“連続性”の作用によって主観的輪郭知覚の処理が進行していることが明らかにされた。この実験結果も「“連続性”手がかりが“不完全性”手がかりに先行して作用する」という高橋（1990, 1991）の仮説と一致するものである。

## 5. 結論

前節で述べてきた通り、主観的輪郭の微小生成過程の分析は、現象の成立機序にアプローチする上できわめて有効な方法である。例えば、Takahashi（1993）で示された事実は、微小生成過程の分析を通じてはじめて明らかにされ得たものであると言える。なぜならば、通常の観



察事態では、どれだけの時間をかけて刺激図形 (Fig. 4) を観察しても、「自己充足パターン」では主観的輪郭は知覚されない」という以上の事実は見い出せないからである。このように、瞬間呈示法によらなければ決して明らかにされ得ない知見は、主観的輪郭に限らず、幾何学的錯視をはじめとするその他の錯視図形についても多数存在すると思われる。したがって、今後、瞬間呈示法を利用した錯視図形研究が進められるにつれ、数々の新しい発見が報告されるであろう。そして、そのような発見と、伝統的な図形布置の研究から明らかにされている重要な事実とを統合することによって、錯視図形の研究は飛躍的な前進を遂げるものと期待される。

## 文 献

- Benary, W. 1924 Beobachtung zu einem Experiment über Helligkeitskontrast. *Psychologische Forschung*, 4, 131-142.
- Bradley, D. R. & Dumais, S. T. 1975 Ambiguous cognitive contours. *Nature*, 257, 582-584.
- Bradley, D. R. & Petry, H. M. 1977 Organizational determinants of subjective contour: The subjective Necker cube. *American Journal of Psychology*, 90, 253-262.
- Brandeis, D. & Lehmann, D. 1989 Segments of event-related potential map series reveal landscape changes with visual attention and subjective contours. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 73, 507-519.
- Brigner, W. L. & Gallagher, M. B. 1974 Subjective contour: Apparent depth or simultaneous brightness contrast? *Perceptual and Motor Skills*, 38, 1047-1053.
- Gellatly, A. R. H. 1980 Perception of an illusory triangle with masked inducing figure. *Perception*, 9, 599-602.
- Gellatly, A. R. H. 1982 Perceptual learning of illusory contours and colour. *Perception*, 11, 655-661.
- Goto, T., Kohmura, K., Teramoto, K., Ohya, K., Maruyama, N., Kuze, J., & Takahashi, S. 1990 Experimental study on geometrical illusions presented under special environment (1): Effects of continuous and intermittent presentations of a homogeneously illuminated hemisphere background. *Psychologia*, 33, 171-178.
- Gregory, R. L. 1972 Cognitive contours. *Nature*, 238, 51-52.
- Halpern, D. F. 1981 The determinants of illusory-contour perception. *Perception*, 10, 199-213.
- Ito, M., Takahashi, S., Hanari, T., Tanaka, S., Nakamura, S., Nonami, H., Homma, H., Fukuuchi, Y., & Goto, T. 1993 Effects of separation and division of test figure on simultaneous hue contrast in Koffka-ring type patterns. *Psychologia*, 36, 103-108
- Kanizsa, G. 1979 *Organization in vision: Essays on Gestalt perception*. New York: Praeger.
- カニッツァ G. 野口 薫 (監訳) 1985 視覚の文法 ゲシュタルト知覚論 サイエンス社
- Oyama, T. & Morikawa, K. 1985 Temporal development of optical illusions. In J. L. McGaugh (Ed.), *Contemporary psychology: Biological processes and theoretical issues*. North-Holland: Elsevier Science Pub., 385-397.
- Parks, T. E. 1984 Illusory figures: A (mostly) atheoretical review. *Psychological Bulletin*, 95, 282-300.
- Parks, T. E., Rock, I., & Anson, R. 1983 Illusory contour lightness: A neglected possibility.

- Perception*, 12, 43-47.
- Pritchard, W. S. & Warm, J. S. 1983 Attentional processing and the subjective contour illusion. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 145-175.
- Reynolds, R. I. 1978 The microgenetic development of the Ponzo and Zöllner illusions. *Perception and Psychophysics*, 23, 231-236.
- Reynolds, R. I. 1981 Perception of an illusory contour as a function of processing time. *Perception*, 10, 107-115.
- Rock, I. 1987 A problem-solving approach to illusory contours. In S. Petry & G. E. Meyer (Eds.), *The perception of illusory contours*. New York : Springer-Verlag, 62-70.
- Rock, I. & Anson, R. 1979 Illusory contours as the solution to a problem. *Perception*, 8, 665-681.
- Schulz, T. 1991 A microgenetic study of the Müller-Lyer illusion. *Perception*, 20, 501-512.
- Scrivener, S. 1983 Two for the price of one. *Perception*, 12, 769.
- 高橋晋也 1990 瞬間呈示法による主観的輪郭の微小生成過程の検討 ——誘導図形の見えを手掛りとして—— 電子情報通信学会技術研究報告(画像工学), 89(363), 7-12.
- 高橋晋也 1991 主観的輪郭の微小生成過程における図形手がかりの作用の検討 心理学研究, 62, 212-215.
- Takahashi, S. 1993 Microgenetic process of perception of subjective contour using "self-sufficient"-inducing pattern. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 179-185.
- 渡辺武郎・永瀬英司 1989 主観的輪郭形成のメカニズム 基礎心理学研究, 8, 17-32.
- Watanabe, T. & Oyama, T. 1988 Are illusory contours a cause or a consequence of apparent differences in brightness and depth in the Kanizsa square? *Perception*, 17, 513-521.
- Wolff, W. 1935 Induzierte Helligkeitsveränderung. *Psychologische Forschung*, 20, 159-194.