慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	透明視再考：明るさ変化の問題として見た透明視現象
Sub Title	Reconsideration of phenomenal transparency : phenomenal transparency as a problem of brightness/lightness change
Author	新井, 哲也(Arai, Tetsuya)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2004
Jtitle	慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学： 人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.59 (2004.) ,p.47- 54
JaLC DOI	
Abstract	Phenomenal transparency is the phenomenon of perceiving one surface behind another. Numerous studies on this phenomenon have been conducted following the systematic description by Fuchs(1923) : these have focused on the conditions for its occurrence or its properties. Several recent studies have emphasized that phenomenal transparency is a clue to understanding the manner in which the visual system converts a two-dimensional retinal image into three dimensional structures. However, it was originally investigated within the framework of perceptual organization and was shown to have certain phenomenal properties in addition to "seeing through surfaces". In this paper, then, phenomenal transparency is reconsidered from the view point of the theory of perceptual organization. By particularly focusing on the brightness/lightness change that is perceived with phenomenal transparency, it will be suggested that it can be discussed with relation to certain other phenomena (e.g.. brightness/lightnessinduction). This is examined by reviewing previous studies, as well as the study conducted by the author.
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000059-0047

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

透明視再考

——明るさ変化の問題として見た透明視現象——

Reconsideration of Phenomenal Transparency

—Phenomenal Transparency as a Problem of Brightness/Lightness Change—

新　井　哲　也*
Tetsuya Arai

Phenomenal transparency is the phenomenon of perceiving one surface behind another. Numerous studies on this phenomenon have been conducted following the systematic description by Fuchs (1923): these have focused on the conditions for its occurrence or its properties. Several recent studies have emphasized that phenomenal transparency is a clue to understanding the manner in which the visual system converts a two-dimensional retinal image into three dimensional structures. However, it was originally investigated within the framework of perceptual organization and was shown to have certain phenomenal properties in addition to "seeing through surfaces." In this paper, then, phenomenal transparency is reconsidered from the viewpoint of the theory of perceptual organization. By particularly focusing on the brightness/lightness change that is perceived with phenomenal transparency, it will be suggested that it can be discussed with relation to certain other phenomena (e.g., brightness/lightness induction). This is examined by reviewing previous studies, as well as the study conducted by the author.

1. はじめに

透過率によって定義される物理的透明と，見かけの，あるいは現象的な透明は必ずしも一致せず，このことは心理学において古くから知られている。現象的透明は「透明視 (apparent/perceptual/phenomenal transparency)」と呼ばれ，図 1a に示したように，物理的には不透明な表面に，透明な面とその背後の面が同時に知覚される現象を指す。

透明視については Fuchs (1923a) の体系的な記述以来，様々な観点から研究が行われてきたが，主要なテーマは透明視生起条件の記述とモデル化 (Anderson, 1997; Beck, 1978; Kanizsa, 1979; Metelli, 1970; Tommasi, 1999)，および現象的特性の記述であった（Metzger, 1953; 盛永，1969; 大山・中原，1960)。特に，無彩色の透明視に関する Metelli (1970) の代数モデルの貢献は大きく，これを基礎とした改良モデルや新たなモデルが数多く提案されている。近年ではモデルの精緻化が進む一方で，視覚系解明の手がかりとしての透明視が重要視されるようになった（例えば光藤，2004; Singh & Anderson,

* 慶應義塾大学大学院社会学研究科後期博士課程（心理学）

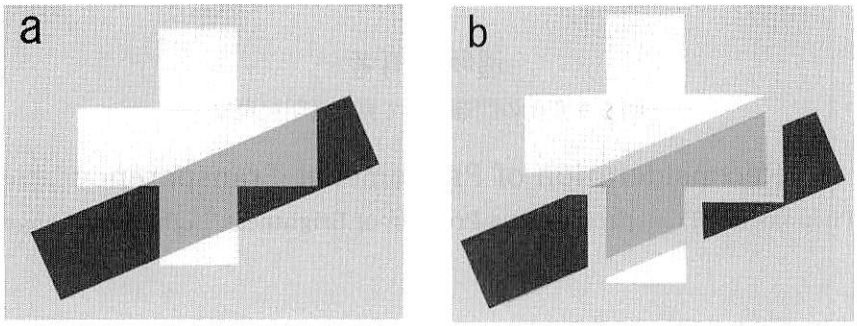

図 1　透明視の例．a の図では b のような要素の集合が知覚されるのではなく，十字と長方形の重なりが知覚される．

2002)。そのような研究では，二次元的な網膜像から視覚系が三次元的構造を復元する過程に注目しており，したがって同一平面に異なる二面が奥行きをもって知覚される透明視は興味深い現象として扱われている。

しかしながら，透明視は本来，知覚体制化の枠組みの中で研究されてきた現象であった(Fuchs, 1923a; Koffka, 1935; Metzger, 1953; Kanizsa, 1979)。例えば，我々は図 1a のパターンを十字形と長方形の二つのまとまりとして知覚するのであって，図 1b のような要素の集合として知覚するわけではない。また，透明視を体制化の問題として再考すると，興味深い新たな現象を発見することができる。図 1a をしばらく観察していると，白い十字形が透明となって上層に現れる場合と，黒い長方形が透明となって上層に現れる場合があることに気づくだろう。このときに，より慎重に観察すれば，十字形が透明のときは交差領域がより白く，長方形が透明のときは同領域がより黒く見える。詳細は次節で述べるが，このような現象は視野がどのようにまとまるか，あるいは明るさがどのように一様化するかといった知覚体制化の問題であるに違いない。同時に，透明視の生起条件をモデルによって記述するだけでは本質的な理解に至らないことも示唆している。

本稿の目的は知覚体制化の観点から透明視について再考することである。特に，透明の知覚に伴う明るさの変化に着目し，透明視に含まれる多様な現象的特性の例を挙げ，他の現象と同一の枠組みの中で記述できることを示していく。まずは 2 節において，透明視における明るさ変化の問題を扱った先行研究をまとめ，その意義について考察する。またその流れの中で，3 節において著者の行った実験的研究[1]を紹介する。

2.　透明視における明るさ変化

はじめに，透明視における明るさ変化とはどのような現象を意味し，知覚体制化の観点からどのように記述されてきたのかを述べる。明るさの変化は，同時に知覚された二面が交差する領域において生じる。図 1a で見たように，より白い（あるいは明るい）面が透明に見えるときには交差領域はより白く(明るく)，反対により黒い（暗い）面が透明に見えるときにはより黒く（暗く）知覚される。したがって明るさの問題は，いずれの面が透明に見えるかという層化のあり方と切り離すことはできない。交差領域の明るさは，それが所属しているように見える領域，すなわち透明となって上層に現れる面の明るさと同化している (Morinaga, Noguchi, & Ohishi, 1962)。盛永 (1969) が述べたように，そのときの交

差領域の明るさは，下層に見える領域よりも上層に見える領域に類似して一様化されやすい。この記述は，透明視に関する新たな群化の法則（特に類同の法則）を提起するものとして重要である。

さて，前節で述べたように，透明視を初めて体系的に記述したのは Fuchs (1923a) であったが，彼が同年の論文 (Fuchs, 1923b) の中で，明るさの同化現象に及ぼす体制化の影響について論じていることは大変興味深い。Fuchs の例示した現象は次の通りである。図 2 の 9 つの小円群は，正立した十字形と四隅の円として見ることもできるし，斜めの十字形と上下左右の円として見ることもできる。正立した十字形の一部と見るときには，中央の円の白さが上下左右の円の白さに近づいて白く見え，斜めの十字形の一部として見るときには四隅の円の白さに近づいて黒く見える。つまり，中央の円の白さが所属する十字形の白さに同化して，十字形全体の白さが一様化する。これは透明視に関する Morinaga, et al. (1962) や盛永 (1969) と同一の視点からの記述といってよい。したがって，透明視を明るさ変化の問題として捉えることで，異なる二つの現象を一定の視点から考察することができる。この事実が知覚理論の発展に貢献することは間違いないだろう。Fuchs の記した二つの論文の中で，既にその重要性は示唆されていたと言える。

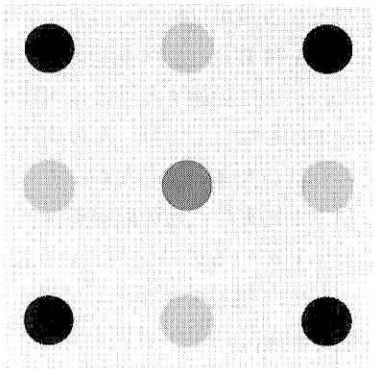

図 2　Fuchs (1923b) の明るさ同化図形．中央の円の白さは，どのような図形の一部としてまとまるかによって異なって見える．

ここで，透明の知覚と明るさ変化との関係が問題視されるものとして，近年盛んに議論されている現象を紹介する。Adelson (1993) は図 3 に示した図形を例に挙げて，明るさ知覚[2] における知覚体制化の影響について論じた。図 3a と 3b は同じ要素で構成されているが，3a では各部分がまとまりをなし，透明が知覚される。また，領域 A と B の反射率は等しいが，3a では B よりも A の方が白く見える[3]。Adelson によれば，3a の A は黒いフィルター越しの白い灰色として推論 (inference) されるため，B よりも白く知覚される。先ほどの議論と比較すれば明らかなように，厳密に言えば，この現象を透明視における明るさ変化として扱うことは難しい。というのは，明るさの問題として扱ってきたのは，図 1a の

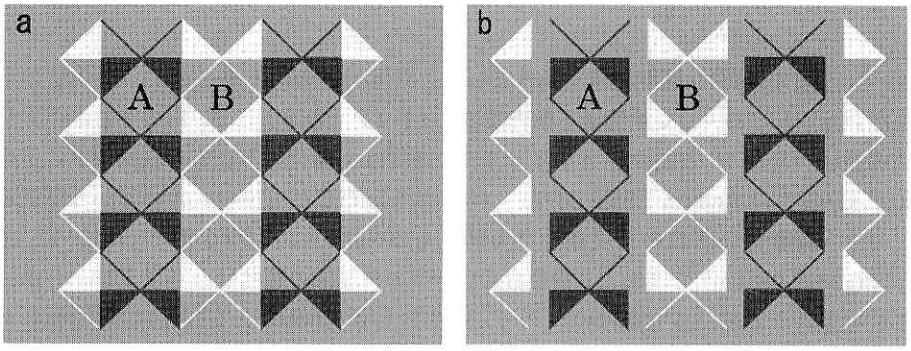

図 3　a, b ともに領域 A と B の反射率は等しいが，透明が知覚される a の場合には B よりも A の方が白い (Adelson, 1993).

ように透明となる面が反転するパターンであるという図形の相違と，黒い透明面が知覚されているにもかかわらず，A は B に比べて白いという現象的な相違があるからである。しかしながら，知覚体制化の観点から次のように記述することは可能である。3a において黒い透明面が知覚されるとき，A の列はひとつのまとまりをなしており，A の周辺領域は 3b のそれと比較すると A と一体化されやすく，誘導領域としての役割が大きい。したがって 3a では，大きな対比効果として A は白く知覚される。ここでの主張は，明るさ知覚のための前提条件として透明視を見なすのではなく，どのようなまとまりが知覚され，そこで生じているのは何かという視点から現象を記述すべきであるという点にある。同様のアプローチによって，推論の結果として考えられてきた現象（例えば Kingdom, Blakeslee, & McCourt, 1997; Logvinenko, 1999）のいくつかを，知覚体制化の観点から改めて捉え直すことができるかもしれない。

本節では，透明視における明るさ変化に注目することで，他の現象と共通の視点から記述できることを示した。次節ではこの点を重視し，透明視と明るさ誘導との関係を実験的に検討した研究を紹介する。

3. 実験的考察：明るさ誘導と透明視の関係について

目的

透明視が知覚体制化の観点から捉えられているように，明るさ誘導（明るさの同化・対比現象）も同じ観点から論じられることがある (Benary, 1924; Agostini & Profitt, 1993; Fuchs, 1923b)。すなわち，明るさ誘導に影響を及よぼす要因として輝度や面積などの物理的・心理物理的変数が知られている一方で，量的な変数からは容易に予測することのできない現象も数多く報告されており，これらの多くは知覚体制化の観点から記述されている。

本研究では，知覚体制化の例として透明視を取り上げ，明るさ誘導に伴う明るさ変化との関係を検討する。具体的には，いずれの面が透明に知覚されるかという層化のあり方と，そのときの検査領域の明るさとの対応関係を実験的に検討する。

方法

①装置：VSG2/5 (Cambridge Research Systems) を内蔵した PC で実験を制御し，21 インチの CRT ディスプレイ (GDM-F500R, SONY) 上にパターンを提示した。実験開始前には専用のキャリブレーター (Color CAL, Cambridge Research Systems) でガンマ補正を行った。観察距離は 228 cm であった。

②観察パターン（図 4 参照）：透明視成立条件として，直径 1.4° の円と高さ 2.4°，幅 0.3° の十字を重ねた図形を用いた。十字と円の交差領域を検査領域（以下 TF と記す）とし，円のうち十字と交わらない部分を誘導領域（以下 IF と記す）とする。TF の輝度は，層化のあり方を制御することを目的として[4]，60.0 cd/m^2, 47.7 cd/m^2, 35.2 cd/m^2 の 3 条件を用意した（値の大きい方から輝度条件 1, 2, 3 とする）。IF の輝度はいずれの輝度条件でも同じものを用いた (2.5 cd/m^2)。IF と TF との輝度比 (IF/TF) は 0.04, 0.05, 0.07 であった。背景および十字の外側部の輝度はともに 92.4 cd/m^2 であった。透明視不成立条件として，成立条件のパターンのうち十字の外側部を右回りに 10 回転したパターンを使用した。なお，輝度関係や面積関係については両条件間に差はなく，両者の違いは透明視が成立するか否かという点のみであった。透明視条件が 2 通りと輝度条件が 3 通りで計 6 通りのパターンを

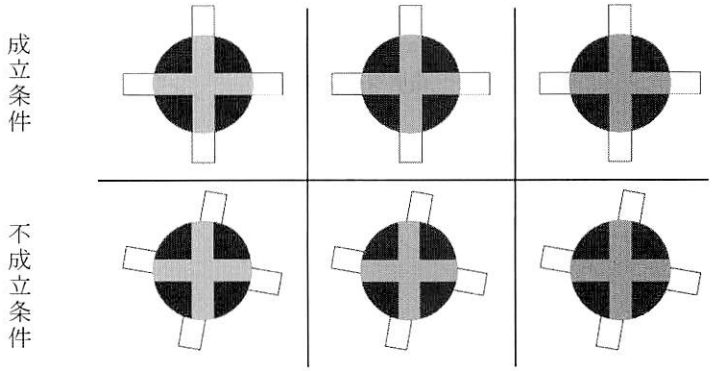

図4 観察パターン.

用意した。

③手続き：(1) 成立条件の観察と (2) 不成立条件の観察を分けて行った。(1) における観察者の課題は，図形全体を観察し，(a) 円と十字のどちらが透明（上層）に見えるかを判断することと，(b) TF と同じまたは最も近い明るさのものを観察パターン左のマッチング・スケールの中から選択し，口頭で回答することであった。このスケールは 0.4×0.4° のパッチを縦に 9 つ並べたもので，最も輝度の低いパッチ 1 (30.8 cd/m^2) から最も輝度の高いパッチ 9 (64.2 cd/m^2) まで 4.2 cd/m^2 ステップで輝度が順次変化した。観察中の層の反転を考慮して，観察時間を 3 秒間に制限した。観察者の回答時間を含めた試行間間隔は 10 秒間で，この間画面はブランクにした。用意した 3 種類のパターンの提示を 1 系列として，系列内でランダムな順序になるように提示し，これを 20 回繰り返した（計 60 試行）。(2) の手続きは，層の判断を行わなかったこと以外は (1) の手続きに準じた。

④観察者：正常な視力（矯正視力を含む）を有した 7 名が参加した。

結果と考察

成立条件について，円が透明に見えるという判断を「円」判断，十字が透明に見えるという判断を「十字」判断とし，観察者全体についての各判断の出現頻度および出現率を表 1 に示した。また，観察者の回答したパッチ番号を輝度値に変換したものから各 TF の輝度値を引いた値を「明るさ変化量」と定義

表 1 各判断の出現頻度および出現率

輝度条件	「十字」判断		「円」判断	
	出現頻度	出現率	出現頻度	出現率
1	133	0.685	7	0.050
2	105	0.761	33	0.239
3	80	0.576	59	0.424

注）各判断の出現頻度は計 140 になるはずであるが，輝度条件 2 と 3 では欠損値が出たためこれよりも少なくなっている。出現率は各判断の出現頻度の合計を分母として算出した。

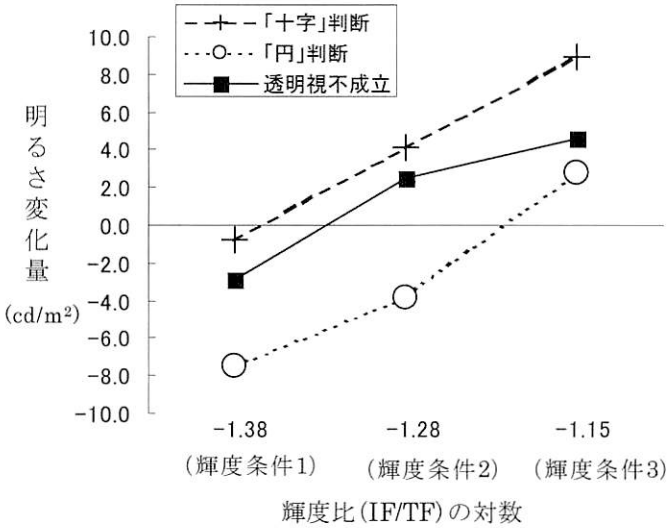

図5　観察者全体の明るさ変化量.

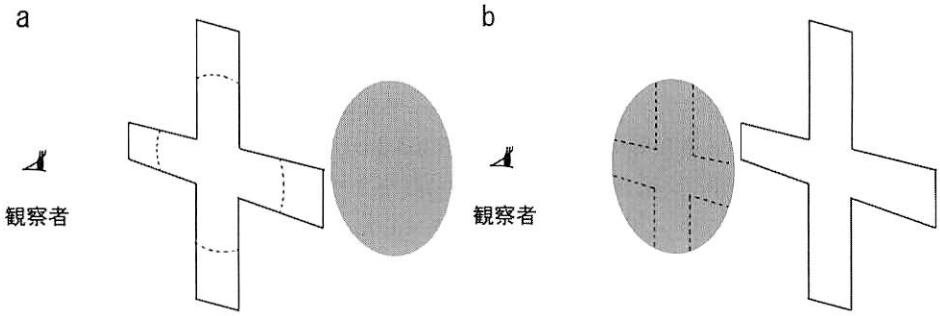

図6　aは十字形への明るさの同化を，bは円形への明るさの同化を表したものである.

する。これを観察者全体について平均した値を図5に表した。「十字」判断における変化量は，全体的に不成立条件のものよりも大きかった[5]。一方で「円」判断では，不成立条件よりも変化量は全体的に小さかった。ここで，不成立条件では単純な輝度関係に従った明るさ対比が観察されていたと考えられる。したがって成立条件では，これに加えて透明視成立に伴う明るさ変化が生じていたと考えられるので，考察すべき点は成立条件におけるパターンの知覚にあると考えられる。「十字」判断では，観察者は明るい十字形を透明に知覚しており，これに伴ってTFの明るさは十字形に同化した（図6a)。したがって，TFは透明視不成立の場合よりも明るく知覚されたと考えられる。一方，「円」判断では観察者は暗い円形を透明に知覚しており，これに伴ってTFの明るさは円形に同化した（図6b)。したがって，TFは透明視不成立の場合よりも暗く知覚されたと考えられる。

以上から，透明視における明るさ変化と明るさ誘導による変化は同時に生起し，透明視現象における層化のあり方に従って変化量の増減が規定されることが明らかになった。また明るさ誘導を中心に考察すれば，検査領域と誘導領域との輝度関係や面積関係が統一されているにもかかわらず，透明視という体制化の有無によって知覚された明るさは大きく異なった。本研究の結果は，異なる二つの現象を共通

の枠組みによって記述できるという点を直接的に反映したものである。

4. ま と め

透明視の現象的特性は，物理的には不透明な表面が透明に見える，または，ある面を通して他の面を見るといった同時的前後視にとどまらない。ある条件では透明となる層が反転し，これに伴い明るさが異なって知覚される。この事実を本稿で繰り返し強調し，透明視を多面的に研究することの重要性を述べた。このような厳密な現象観察およびその記述によって，透明視を他の現象と同じ枠組みの中で研究できる可能性も併せて示した。例えば，同じ明るさの問題として，2節においてFuchsの同化図形と透明視の関係を比較検討し，3節において著者の実験的研究を紹介した。いずれも知覚体制化の観点からの記述であり，透明視の生起条件の記述やモデル化だけでは不十分である。また，2節ではAdelson (1993) を例に，これまで別の視点から研究されてきた現象も知覚体制化の枠組みの中で記述しうることを示した。White図形 (White, 1979) やネオンカラー効果 (van Tuijl, 1975) においてこのような試みは既になされており，統一的な理論に向けてさらなる発展が期待される。

今後の課題は，知覚体制化の観点から，透明視と関連すると思われる現象を明らかにすること，その中で総合的な理論体系を構築していくことである。

注

1) 慶應義塾大学大学院社会学研究科2003年度修士論文「明るさ誘導と知覚の体制化—透明視成立との関係を中心に—」の一部である。
2) 原語 'brightness' に対応させて「明るさ」と訳したが，本稿の図形は紙面上で観察されるため，「白さ (lightness)」を用いるのが適切である。
3) これはAdelsonによる記述である。また，Adelsonは打ち消し法を用いて実験を行い，この記述に一致する結果を得ている。しかしながら，著者の観察では，Aの列が透明に見えているときにはAの方が白いが，そうでないときにはむしろBの方が白く見える。このときの現象はBezoldタイプの同化現象であると考えられる。
4) 一般に，交差領域の明度や輝度が高くなるほど白い（明るい）面が透明に見えやすくなる（例えば，大山・中原，1960）。予備実験において，本研究の観察パターンでも同様の結果を得ている。
5) 本実験では，同一被験者の反応を「円」判断と「十字」判断の二つに分類し，各判断における明るさ変化量を不成立条件のものと比較した。このような結果処理に対応した統計モデルはないので，ここでは統計的検定を行わずに全体の傾向を図で示すことにした。

引 用 文 献

Adelson, E. H. 1993 Perceptual organization and the judgement of brightness. *Science*, **262**, 2042–2044.

Agostini, T. & Proffit, D. R. 1993 Perceptual organization evokes simultaneous lightness contrast. *Perception*, **22**, 263–272.

Anderson, B. L. 1997 A theory of illusory lightness and transparency in monocular and binocular images: The role of contour junctions. *Perception*, **26**, 419–453.

Beck, J. 1978 Additive and subtractive color mixture in color transparency. *Perception & Psychophysics*, **23**, 265–267.

Benary, W. 1924 Beobachtungen zu einem Experiment über Helligkeitskontrast. *Psychologische Forschung*, **5**, 131–142.

Fuchs, W. 1923a Experimentelle Untersuchungen über das simultane Hintereinandersehen auf derselben Sehrichtung. *Zeitschrift für Psychologie*, **91**, 145–235.

Fuchs, W. 1923b Experimentelle Untersuchungen über die Änderung von Farben unter dem Einflufs von Gestalten. *Zeitschrift für Psychologie*, **92**, 249–325.

Kanizsa, G. 1979 *Organization in Vision: Essays on Gestalt Perception.* New York: Praeger Publishers.

Kingdom, F. A. A., Blakeslee, B., & McCourt, M. E. 1997 Brightness with and without perceived transparency: When does it make a difference? *Perception*, **26**, 493–506.

Koffka, K. 1935 *Principles of Gestalt psychology.* London: Kegan Paul.

Logvinenko, A. D. 1999 Lightness induction revisited. *Perception*, **28**, 803–816.

Metelli, F. 1970 An algebraic development of the theory of perceptual transparency. *Ergonomics*, **13**, 59–66.

Metzger, W. 盛永四郎（訳）1968 視覚の法則　岩波書店 (Metzger, W. 1953 *Gesetze des Sehens* (*2nd ed.*). Frankfurt: Verlag von Waldemar Kramer.)

光藤宏行 2004 透明視—X 型接点，両眼網膜像差，運動情報の役割—．心理学評論，**47**, 210–224.

盛永四郎 1969 知覚心理学　明玄書房

Morinaga, S., Noguchi, K., & Ohishi, A. 1962 Dominance of main direction in the apparent transparency. *Japanese Psychological Research*, **4**, 113–118.

大山正・中原淳一 1960 透明視に及ぼす明度，色相，面積の影響．心理学研究，**31**, 35–47.

Singh, M. & Anderson, B. L. 2002 Toward a perceptual theory of transparency. *Psychological Review*, **109**, 492–519.

Tommasi, M. 1999 A ratio model of perceptual transparency. *Perceptual and Motor Skills*, **89**, 891–897.

Van Tuijl, H. F. J. M. 1975 A new visual illusion: Neonlike color spreading and complementary color induction between subjective contours. *Acta Psychologica*, **39**, 441–445.

White, M. 1979 A new effect of pattern on perceived brightness. *Perception*, **8**, 413–416.