

# 透明な表面に覆われた図形の知覚<sup>1</sup>

## — 非感性的補間との比較 —

立教大学文学研究科・日本学術振興会 長坂泰勇<sup>2</sup>

The perception of transparency: Compared to amodal completion

Yasuo Nagasaka (Rikkyo University)

This study examined the perception of transparency and amodal completion from the viewpoint of 'perceptual organization.' The stimuli were composed of crosshatch lines and four geometric forms. The perceptions of each phenomenon were defined by the luminance of the areas where the crosshatch lines overlapped with forms. The visibility of forms was systematically varied with the width and the spacing of crosshatch lines. The task was simultaneous matching-to-sample task and six students participated as subjects. Performance was measured in terms of correct responses and latencies. The latencies varied with the changing of crosshatch width under both phenomena. Between the two phenomena, there were differences in the percentage of correct responses but little difference in the latency. These results suggest that there are parallel processes for the perceptual organization in two phenomena.

**Key words:** transparency, amodal completion, perceptual organization.

我々の視覚空間にあるほとんどの対象は、その一部を何かに覆われて存在している。対象を覆っているものは大抵不透明であり、我々はその覆われている領域を直接に知覚することはできない。しかし物理的に透明な対象に覆われている場合には、その物体表面と透明な物体を通して見える領域との間に輝度の不連続性が生じているにもかかわらず、我々はある対象が透明な対象の一部を覆われていると知覚する。

このような透明性の知覚は我々の物理的環境世界においてのみ成立するばかりではなく、二次元平面上に配置された刺激断片の適切な輝度条件に

よっても成立する。図1にあるように2次元平面上に描かれた刺激から我々は透明性およびそれぞれの表面間の奥行きを知覚する。このような錯視的な透明性の知覚を透明視と呼ぶ。Metelli (1974)が行った透明視についての詳細な研究からすでに20年が過ぎようとしているが、今日でも透明視は知覚心理学や計算機理論の中で盛んに議論される現象の一つである。これまでの透明視の研

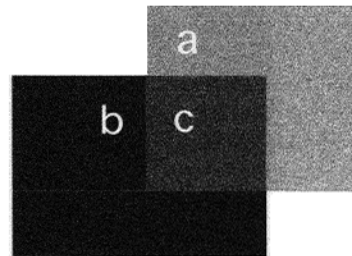


図1. 透明の例。a, b, 及びcの領域はそれぞれ輝度が異なっているが、b-cを含む領域の上に、a-cを含む透明な領域が覆っているように知覚される。

<sup>1</sup> 本研究は日本学術振興会特別研究員に交付する科学研究費補助金(特別研究員奨励費;平成9年度,受付番号8544)の助成をうけた。

<sup>2</sup> 本研究の実施および本論分の執筆に際しご指導を賜りました立教大学文学部長田佳久先生にお礼申し上げます。また匿名の審査者には有益なコメントを頂き感謝いたします。

究では、透明視によって引き起こされる表面、すなわち“不透明な表面を覆っている透明な表面”を扱ってきた。しかし透明視の成立条件には、“覆っている”透明な表面の下に“覆われている”物体が存在していることが重要であると指摘されている(Nakayama et al., 1990)。ところで覆う表面が不透明である場合、覆われた物体の知覚には非感性的補間 (amodal completion) といわれる現象が生じ、我々は図2に示すように不連続な断片を一つの表面として知覚する(Kanizsa, 1979)。すなわち図2において灰色の矩形と黒色のL字型の対象が隙間なく並んでいるという知覚は生じず、黒色の矩形の上に灰色の矩形が重なっているという知覚が起きる。このように非感性的補間は、刺激断片の体制化によって物理的には知覚しない領域を補間する知覚現象であり、不可視領域の補間および対象間の重なり(奥行き)が知覚される。

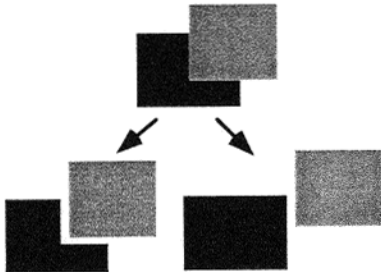


図2. 非感性的補間の例。上の図から下の2つの構成が考えられるが、通常、右下に示すように2つの矩形が重なっているように知覚される。

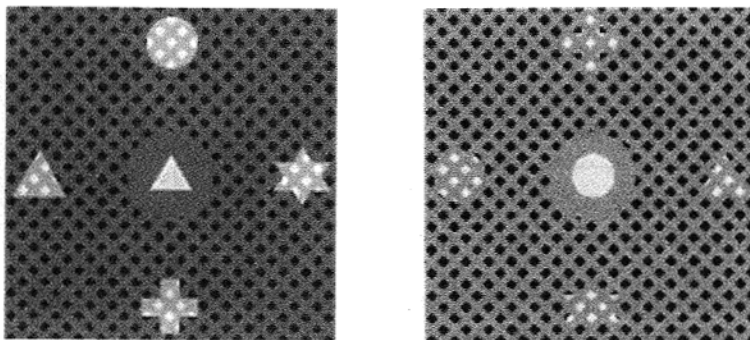


図3. 本研究で使用した透明視(左)および非感性的補間(右)の刺激例。

この非感性的補間も知覚心理学において表面と奥行きを知覚について活発な議論が行われている現象の一つである。そこで本研究では、これら二つの現象を直接比較可能な刺激を用いることによって、覆っている表面が透明または不透明な場合の覆われている対象の知覚について検討し、二つの現象の関係を考察する。

## 方 法

**被験者** 裸眼または矯正視力が正常な大学生6名を被験者とし、それぞれ3名について透明視実験および被遮蔽表面実験を行った。

**装置** 実験を正確かつ簡便に行うため、刺激呈示、反応時間の計測等をコンピュータによって制御した(Apple Macintosh II fx)。実験を制御するプログラムはハーバード大学で作られたVision Shellライブラリーを用い、C言語によって記述された。刺激の呈示には13インチカラーディスプレイ(Apple 13 inch Color Display)を使用し、被験者から57cmの距離に設置した。なお解像度は640×480 pixels、ピッチ0.36mmであった。被験者の反応はコンピュータに接続したテンキーにより取得し、被験者の頭部を固定するために顎のせ台を使用した。

**刺激** 刺激図形は円、三角、十字、星を使用した。図3に示すように、傾き45度と135度の格子線分を重ね合わせたクロスハッチと刺激図形を組み合わせた。そしてクロスハッチの線分間隔

(crosshatch spacing, 以下CHS: 0.84, 1.12, 2.24 degree of arc), およびクロスハッチ線分の幅 (crosshatch width, 以下CHW: 0.07, 0.14, 0.28, 0.42 degree of arc) を各条件によって変化させることで刺激図形の見えを規定した。線分、図形および線分と図形の重なる領域の輝度を変化させることによって透明視および被遮蔽表面を生じさせた。すなわち透明視条件では、線分の輝度を  $16.32 \text{ cd/m}^2$ , 図形の輝度を  $49.05 \text{ cd/m}^2$ , 線分と図形が重なっている領域を  $32.38 \text{ cd/m}^2$  にし, 被遮蔽表面条件では, 線分の輝度を  $16.32 \text{ cd/m}^2$ , 図形の輝度を  $49.05 \text{ cd/m}^2$ , 線分と図形が重なっている領域を  $16.32 \text{ cd/m}^2$  にした。また透明視条件での輝度はMetelli (1974) に従い, 透明なクロスハッチが刺激図形の上を覆っているように知覚される条件とした。なお背景の輝度は各実験とも  $0.67 \text{ cd/m}^2$  で一定とした。

**手続き** 実験は同時見本合わせ課題を用いた。まず試行の初めにディスプレイ中央に実際の輪郭線を持つサンプル刺激を呈示した。被験者がテンキーの“5”キーによって反応すると, サンプル刺激と同一図形を含む4つの幾何学図形をターゲット刺激として呈示した。なお呈示時間は透明視実験で50ミリ秒, 被遮蔽表面実験で34ミリ秒であった。被験者はターゲット刺激呈示から2秒以内にサンプル刺激と同様な形のターゲット刺激の位置を反応キーによって答えることを求められた。異なる形への反応および2秒以内に反応でき

ない場合は誤反応とし, 正誤反応についてのフィードバックは行わなかった。各実験ともCHSの条件によってセッションを分け, CHWの4条件について1セッション内で64試行をランダムに繰り返した。4種の幾何学図形はセッション内において, ランダムな順序で同試行数サンプルとなるように設定した。

## 結果

透明視実験および被遮蔽輪郭実験について直接的な比較を行なうために, CHWが0.84, 1.12, 2.24 degree of arc, CHSが0.84 degree of arcの条件における正答率および正反応時間について検討した。

正答率 図4-aに各実験におけるCHWの変化による正答率を示す。CHW(4)の一要因の分散分析を行った結果, 透明視実験においてはCHWの増加にかかわらず正答率は変化しなかった ( $F(3, 8) = 1.00, p = .441$ )。しかし被遮蔽表面実験においてはCHWの増加に伴って正答率が減少した ( $F(3, 8) = 15.969, p < .005$ )。そしてFisherのPLSD法による多重比較を行った結果, CHW0.07-0.28 ( $p < .005$ ), 0.07-0.42 ( $p < .001$ ), 0.14-0.28 ( $p < .005$ ), 0.14-0.42間 ( $p < .005$ ) で有意な差が見られた。図5はこれらの結果を平均化し, 比較したものである。この比較について, 実験条件(2)の一要因の分散分析を行った結果, 透明視実験において有意に正答率が高かったことが明

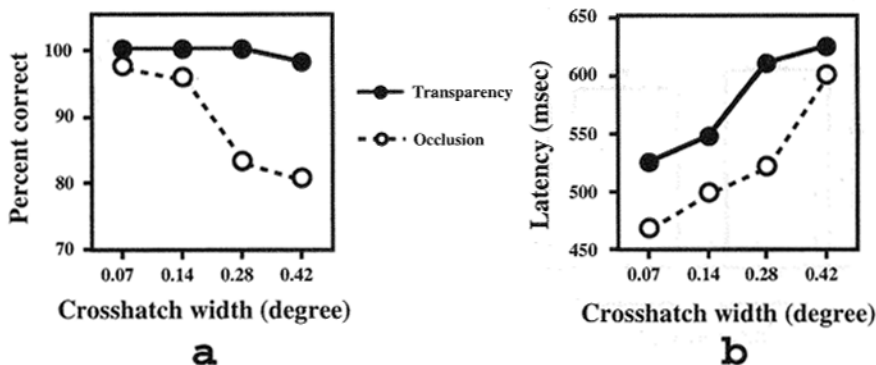


図4. 透明視実験および非感性的補間実験における正答率(a)および正反応時間(b)を示したものの。

らかになった( $F(1, 22) = 16.994, p < .001$ ).

**正反応時間** 図4-bに各実験におけるCHWの変化による正反応時間を示す。CHW(4)の一要因の分散分析を行った結果、透明視実験ではCHWの増加に伴って反応時間が変化しなかった( $F(3, 8) = .663, p = .598$ )。しかし被遮蔽表面実験ではCHWの増加に伴って反応時間が変化した( $F(3, 8) = 4.814, p < .05$ )。そしてFisherのPLSD法による多重比較を行った結果、CHW 0.07-0.42 ( $p < .01$ )と0.14-0.42間( $p < .05$ )で有意な差が見られた。すなわちCHWの増加に伴って反応時間が増加する傾向にあることが明らかになった。図6はこれらの結果を平均化し、比較したものである。この比較について、実験条件(2)の一要因の

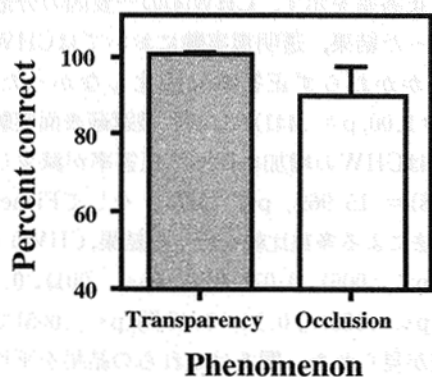


図5 透明視および非感性的補間実験における正答率の比較

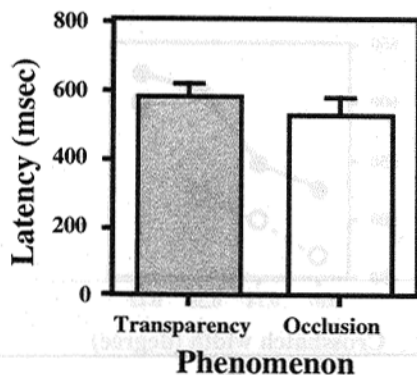


図6 透明視および非感性的補間実験における正反応時間の比較

分散分析を行った結果、実験条件における正反応時間の差は僅かであった( $F(1, 22) = 2.578, p = .1226$ ).

## 考 察

本研究の結果から、被遮蔽表面の知覚に比べ透明な表面に覆われた対象の知覚がより正確に行われたことが明らかになった。透明視実験において、ターゲット刺激は透明なクロスハッチを透過して知覚されるよう構成されているため、CHWの大きさに関わらずターゲット刺激の知覚について十分な情報が呈示されている。これに対し被遮蔽条件では、CHWの大きさに依存して可視刺激断片の大きさも変化し、CHWの増加に伴い図形を知覚するための情報が減少するため、正答率が低下したと推測される。しかし図4に示したように、被遮蔽輪郭実験と同様に透明視実験においてもCHWの増加に伴って反応時間が増加する傾向にあった。これは上の推測とは必ずしも一致しない結果である。なぜなら上述のように透明視における形の情報はCHWの変化に関わらず呈示されており、被遮蔽実験のように可視刺激断片の大きさの変化は起こっていない。しかし反応時間がCHWの大きさに影響されており、”透明な対象で覆われている”という現象が、”他の対象にまったく覆われていない”という現象とは知覚的に明らかに異なるものであると考えられる。本研究で検討した二つの現象は、共に奥行きおよび重なりを知覚を生じさせる。すなわち透明視において知覚される奥行きや重なりが、非感性的補間に類似する知覚の体制化によって生じられることが推測される。そして透明視では体制化によってまず形の知覚が起き、その後透明性の知覚が生起すること、つまり透明視に段階的な知覚の体制化がなされている可能性のあることが示唆された。そしてこのことは二現象間で正反応時間にわずかな差が見られたこと(図4)によっても示された。

ところで本研究における透明視実験での呈示時間は50ミリ秒であった。透明視の生起時間について、Watanabe & Cavanagh (1990) は、呈示時

間が60 ミリ秒以上必要であるとしている。しかし本研究と同様な手続きおよび刺激を用いた長田(1996)の研究では呈示時間が33.5ミリ秒でも透明視の知覚が可能であった。この差はWatanabe & Cavanaghが用いた刺激(数字)に比べ、長田や本研究で用いられた刺激(幾何学図形)がより単純であったため体制化が容易に行われたためであると推測されるが、むしろこのように短時間で知覚が可能であることは、透明視が複雑な処理によってのみ知覚されているのではなく、高速かつ単純な経路によっても処理されていると考えることが可能である(Watanabe & Cavanagh)。そしてこれは非感性的補間についても同様に推測される。動物を被験体とした研究において、マウスやニワトリ、リスザル、アカゲザルも透明視(Nagasaka & Osada, 1998; Osada & Schiller, 1994, 1996)や被遮蔽表面(藤田, 1998; Kanizsa et al 1993; Nagasaka & Osada, 1997; Osada & Schiller, 1994, 1996; Regolin & Vallortigara, 1995)を知覚していることが明らかになっている。またアカゲザルでは一次視覚野において非感性的補間を処理していることが推測された(Sugita, 1999)。このことは視覚初期領域と高次認知処理領域との協調処理によってこれらが生起することを示唆する。今後この協調処理の時間的、空間(脳領域)的検討によって、透明視および非感性的補間現象の体制化における知覚の相違を明らかにすることが可能となるであろう。

## 引用文献

- 藤田和生 1998 アカゲザルとハトのアモード補間. 日本心理学会第 62 回大会発表論文集, 519.
- Kanizsa, G. 1979 *Organization in Vision: Essays on Gestalt perception*. Praeger Publishers (野口薫(監訳) 1985 視覚の文法, サイエンス社).
- Kanizsa, G., Renzi, P., Conte, S., Compostela, C., & Guerani, L. 1993 Amodal completion in mouse vision. *Perception*, **22**, 713-721.
- Metelli, F. 1974 The Perception of Transparency. *Scientific American*, **230**, 90-98.
- Nagasaka, Y., and Osada, Y. 1998 SQUIRREL MONKEYS CAN SEE OBJECTS UNDER CONDITIONS OF TRANSPARENCY. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **39**(4), S851.
- Nagasaka, Y., and Osada, Y. 1997 CAN SQUIRREL MONKEYS IDENTIFY PARTLY OCCLUDED OBJECTS? *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **38**(4), S1001.
- Nakayama, K., Shimojo, S., & V. S. Ramachandran. 1990 Transparency: relation to depth, subjective contours, luminance, and neon color spreading. *Perception*, **19**, 497-513.
- 長田佳久 1996 アカゲザルの透明視の知覚. 日本心理学会大会第 60 回大会論文集, 559.
- Osada, Y., & Schiller, P. H. 1996 Rhesus monkeys can see subjective contours. *Investigative Ophthalmology & Visual Sciences*, **37**(3), S174.
- Osada, Y., & Schiller, P. H. 1994 Can monkeys see objects under condition of transparency and occlusion? *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **35**(4), 1664.
- Regolin, L., & Vallortigara, G. 1995 Perception of partly occluded objects by young chicks. *Perception & Psychophysics*, **57**, 971-976.
- Sugita, Y. 1999 Grouping of image fragments in primary visual cortex. *Nature*, **401**, 269-272.
- Watanabe, T., & Cavanagh, P. 1992 The role of transparency in perceptual grouping and pattern recognition. *Perception*, **21**, 133-139.