

# 面の分離処理と境界割り当て

河邊隆寛<sup>1,2</sup>

1. 九州大学大学院 人間環境学府

2. 日本学術振興会特別研究員

E-mail: kawabe@psycho.hes.kyushu-u.ac.jp

三浦佳世<sup>3</sup>

3. 九州大学大学院 人間環境学研究院

E-mail: miura@lit.kyushu-u.ac.jp

This study reports the involvement of second-order processing with perceptual transparency from texture. Stimuli were plaid patterns where two diagonal gratings defined by contrast modulation were superimposed. We investigated likelihood for reporting transparency as functions of envelope frequency and carrier frequency (Experiment 1) or carrier orientation (Experiment 2). The results showed that the larger difference in terms of carrier information between two gratings resulted in the higher likelihood. Moreover, the lower envelope frequency was required generating transparent impression. The results indicate a possibility that second-order structure may be labeled in terms of first-order signals and that transparency from texture may be raised when the labels between superimposed structures are different.

Keywords: transparency from texture, second-order mechanism, texture.

## 問題・目的

視覚系は明るさの変化だけではなく、さらに高次な特徴によって定義された物体を検出することができる。テクスチャ分離を調べた最近の研究においては、空間周波数や方向、コントラストなどの差で定義された隣接する領域間の境界は2段階の処理過程を経て検出に至ることが示されている (Malik & Perona, 1990)。まずは、輝度で定義された方向成分・空間周波数に選択的に反応する線形フィルターによって視覚像が分析される。さらにこれらのフィルターの反応を整流することでエネルギーを抽出し、フィルター出力のエネルギー差を検出する2番目の線形フィルターによって領域の検出に至るのである。これらのメカニズムを2次処理機構と呼ぶ。

視覚系の課題としては一方で、隣接する領域の識別に加えて、重なった領域の識別も想定される。Watanabe & Cavanagh (1996) は、一部が重なった2つの正方形領域内に含まれるテクスチャを変化させることにより、片方がもう片方の上に透明に重なって見える「texture laciness」という現象を報告した。彼らは、テクスチャの方向成分や太さ、形を操作し、2領域に含まれるテクスチャの低類似度が texture laciness を引き起こす要因であることを示した。また、Kingdom & Keeble (2000) は、重なった方向定義縞に含まれる1次空間周波数を操作し、2つの方向定義縞を分離するために必要な方向モジュレーション閾は、2つの方向定義縞に含まれる1次空間周波数差が大きくなるにつれて低下することを報告している。また、Kawabe & Miura (in press) は、領域に含まれる空間周波数差が

大きい場合においても、領域を定義する輪郭線が不明瞭な場合には面の分離は生起しないことを示している。しかしながら、これまでの研究においては、重なった面の分離を引き起こすメカニズムについての検討はなされていない。

本研究は、先行研究を踏まえたうえで、重なった面の分離と、隣接する境界線の検出には同じ2次処理機構が機能するのではないかという仮説を検証した。具体的には、コントラスト変調した方向の異なる2次定義縞を2つ重ねたプラッド刺激を用い、それぞれに含まれる1次空間周波数 (Carrier Frequency, CF)、1次方向 (Carrier Orientation, CO) および2次空間周波数 (Envelope Frequency, EF) を操作した。2次処理機構は、1次周波数と2次空間周波数の比が大きくなるにつれて感度が高くなることが知られている (Dakin & Mareschal, 1999)。そのため、もし2次処理機構が働くのであれば、2次空間周波数が低くなるにつれて面分離が促進されると考えられる。

## 方法

**実験参加者** 実験1, 2ともに大学院生5名。

**器具** パーソナルコンピュータ (SONY VAIO) が刺激提示およびデータ収集をコントロールした。刺激は19インチCRTモニター (Nanao, FlexScan T761) に提示された。

**刺激** ガボアパッチを空間的に円形状 (視角 32°) に配置し、コントラスト変調した方向の異なる縞 (0.06, 0.125, 0.25, 0.33, or 0.5 cpd (cycle per degree)) を2つ重ね合わせたプラッド刺激を作成した。コントラスト変調の方向は 45° もしくは -45° であった。重ねあわせ

た部分のコントラスト変調は足しあわされた。ガウシアン変調前のパッチは視角  $1^\circ$  であった。ガボアパッチの輝度分布  $L_G(x, y)$  は以下の式で定義された。

$$L_G(x, y) = L_m + L_m C \sin 2\pi f(x \cos \theta - y \sin \theta) \times \exp(-(x^2 + y^2)/2\sigma^2)$$

$L_m$  は平均輝度 ( $38 \text{ cd/m}^2$ ) であり、 $C$  はコントラスト (0.2),  $\sigma$  はガウシアン変調の標準偏差 (視角  $0.25^\circ$ ) であった。

実験 1 では 2 つの変調縞に含まれる CF を操作した。片方の縞を 1 cpd に固定し、もう片方の縞を 1, 1.5, 2, 2.5 cpd のいずれかで構成した。実験 2 では 2 つの変調縞に含まれる CO を操作した。両者に含まれる CO の差が 0, 30, 60, もしくは  $90^\circ$  になるように操作した (Figure 1 に例を示す)。

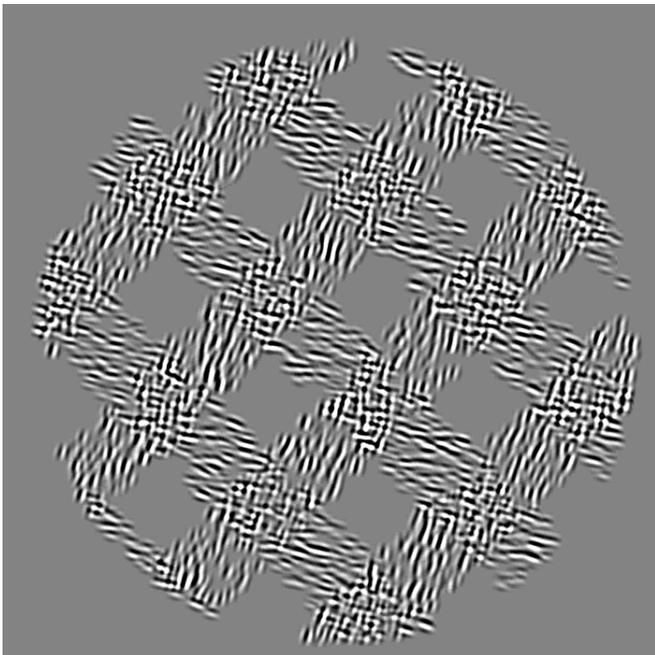


Figure 1. The stimuli used in the second experiment. This example shows a plaid pattern where the COs between two modulation gratings are different by  $90^\circ$ .

## 手続き

観察者は凝視十字点 (1000 ms) に引き続き提示された刺激に対して、2 つの縞同士が透明に分離して見えるか否かについてキーを押すことにより報告した。ここでは「透明」を、ある縞の後ろにもうひとつの縞があり、手前の縞を通して奥の縞がある状態を指す。観察者はこの定義に従い報告を行った。反応は第一印象で行うよう教示された。ひとつの実験条件につき 20 回の報告を行った。

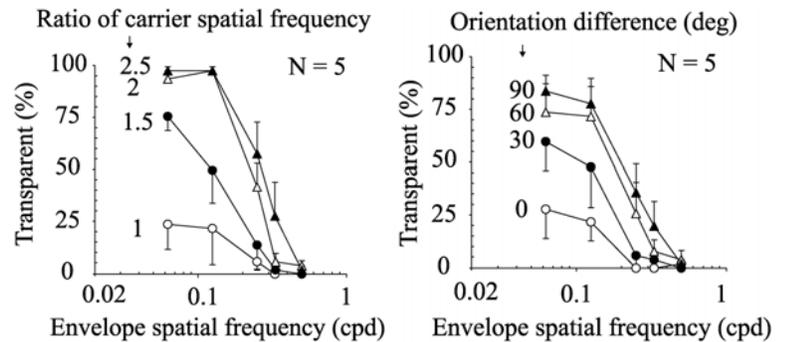


Figure 2. The results in the first (left graph) and second (right graph) experiments.

## 結果と考察

結果を Figure 2 にしめす。グラフより、EF が低くなるにつれて透明印象生起率が上昇していることがわかる。この結果はテクスチャによる透明印象には 2 次処理機構が関与している可能性を示唆する。また、EF が 0.1cpd あたりで反応が飽和していることから、ある程度低い 2 次空間周波数があれば重なった面を分離するのに十分であることが示された。

また、変調縞間の CF 差 (実験 1) および CO 差 (実験 2) が大きくなるにつれて透明印象生起率が上昇した。この結果は、透明印象が生起するためには、十分に低い 2 次空間周波数に加え、2 つの変調縞を構成する 1 次情報間の差異の検出が重要であることを示唆している。これらの結果から、視覚系は 1 次情報を用いて 2 次検出機構を識別している可能性が示された。

## 引用文献

- Dakin, S. C., & Mareschal, I. 2000 Sensitivity to contrast modulation depends on carrier spatial frequency and orientation. *Vision Research*, 40, 311-329.
- Kawabe, T., & Miura, K. in press Configuration effects on texture transparency. *Spatial Vision*.
- Kingdom, F. A. A. & Keeble, D. R. T. 2000 Luminance spatial frequency differences facilitate the segmentation of superimposed textures. *Vision Research*, 40, 1077-1087.
- Malik, J., & Perona, P. 1990 Preattentive texture discrimination with early vision mechanisms. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 923-932.
- Watanabe, T., & Cavanagh, P. 1996 Texture laciness: the texture equivalent of transparency? *Perception*, 25, 293-303.