

## 立体感の増加にともなう分割錯視図形の幅の減少

田谷 修一郎・三浦 佳世

九州大学大学院 人間環境学

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-19-1

### 1. はじめに

Oppel-Kundt 錯視や Helmholtz 錯視などのいわゆる分割錯視は「平面図形は線分で分割されると分割された方向に過大視される」という特徴を持つ。この錯視では、分割線分が不均等に配置されると、均等に配置されたときよりも錯視量が減少することが確認されている (Noguchi et al., 1990)<sup>1)</sup>。ところで、Noguchi et al. の研究では、分割線分を図形中央から両側に向かって密になるように配置した図形でも錯視量が減少することが示されている。このようにして描かれた分割錯視図形は、線分の配置が不均等であるというだけでなく、きめの勾配によって視覚的な立体感が感じられるとも解釈できる。また、我々は観察から、分割錯視図形にきめの勾配で奥行き手掛かりを与えると、主観的な立体感の増加にともなう錯視量が減少することを見出している (図 1)。これらのことから、「分割錯視図形では立体感が知覚されると錯視量が減少する」という仮説が導かれた。この仮説を検討するために一連の実験が行われた。

### 2. 実験 1

太さの異なる線分によってきめの勾配を付けた縦縞図形を刺激とし、調整法を用いて図形の主観的な横幅と奥行き距離を測定した。

#### 2.1 刺激

白い背景 ( $107 \text{ cd/m}^2$ ) に 9 本の黒い垂直線分 ( $0.35 \text{ cd/m}^2$ ) を持つ縦縞図形を実験刺激とした。これらの刺激には、図形の中央から両側

に向かって、隣り合う垂直線分の太さと間隔が等比級数的に細くなるように描くことのできる勾配が付けられている。この際、垂直線分の太さの変化率を 0.68, 0.76, 0.84, 0.92, 1.00 の 5 水準に設定し、5 種類のきめの勾配を持つ刺激を作成した (図 1)。刺激のサイズは視角にして約  $3.0 \times 3.0 \text{ deg}$  である。

#### 2.2 装置と手続き

刺激図形は CRT ディスプレイ (EIZO FlexScan T761) 上に呈示され、実験はパーソナルコンピュータ (Power Macintosh 7300/180) によって統制された。均一な灰色 ( $38.0 \text{ cd/m}^2$ ) を背景として、画面の左側に実験刺激 (縦縞図形)、右側に比較刺激 (水平線分または円弧) が呈示された。刺激図形は被験者が測定を終えるまで画面に呈示した。被験者は頭部をあげ乗せ台で固定し、視距離 100 cm から観察を行った。実験刺激と比較刺激の配置を図 2 に示す。

被験者は初めに実験刺激の横幅の測定を行い、次に奥行き距離の測定を行った。

横幅の測定は幅 6 pixels の黒い水平線分を比較刺激として行った。被験者の課題は、実験刺激の見かけの横幅と等しくなるように、水平線分の長さを調節することであった。水平線分の長さは、被験者がキーボード上の矢印キー ( $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$ ) を押すことで、右方向に約



図 1 実験 1 で用いられた図形 ( $r =$  線分の太さと間隔の変化比)。

1.4~4.7 deg に増減した。上昇系列の場合、被験者は水平線分を 1.4~2.1 deg から長くし、下降系列の場合、被験者は水平線分を 4.0~4.7 deg から短くした。

奥行き距離の測定は、幅 6 pixels の黒い線で描かれた円弧（横幅を固定した楕円形の上側半分）を比較刺激として行った。被験者の課題は、実験刺激の見かけの奥行き距離と等しくなるように、円弧の高さを調節することであった。円弧の高さは、被験者がキーボード上の矢印キー（←, →）を押すことで、上下両方向に約 -1.1~3.3 deg に増減した（マイナスの値は下方向への膨らみである。ただし被験者は必ず上方向への膨らみで奥行き距離を表現した）。上昇系列の場合、被験者は円弧の高さを -1.1~-0.7 deg から高くし、下降系列の場合、被験者は円弧の膨らみを 2.7~3.3 deg から低くした。被験者は、先に上昇系列で測定を行う群と、先に下降系列で測定を行う群の 2 群に分けられた。1 セットの試行において、5 種類の実験刺激がランダムな順序で呈示され、1 種類の実験刺激に対して上昇系列と下降系列の 2 回の測定が行われた。各被験者は 4 セットの試行を行った。

### 2.3 被験者

正常な視力または矯正視力を有する成人男女 10 名（上昇系列先行群 5 名、下降系列先行群 5 名）が実験に参加した。

### 2.4 結果と考察

各実験刺激についての 8 回（（上昇系列+下降系列）×4 セット）の測定結果の平均値を、被験者の主観的な横幅および主観的な奥行き距離とした（図 3）。一要因の分散分析

の結果、横幅と奥行き距離ともに主効果が得られた（横幅： $F(4, 36) = 20.27, p < .001$ 、奥行き距離： $F(4, 36) = 58.62, p < .001$ ）。Ryan 法による下位検定を行ったところ、横幅では線分の変化率 0.84 と 0.92、0.92 と 1.00、1.00 と 0.84 の図形の間以外で有意差が認められた ( $p < .005$ )。また、奥行き距離では 0.68 と 0.76 の図形の間以外で有意差が認められた ( $p < .005$ )。

この結果から、分割錯視図形にきめの勾配を付けると、主観的な奥行き距離の増加にともない錯視量が減少することが示された。しかし、この錯視量の減少が、太さの異なる垂直線分の配置に起因するものなのか、仮説通りに立体感（主観的な奥行き距離）の増加に起因するものなのかは、この実験からは明らかにされない。そこで実験 2 では、線分によるきめの勾配に替えて、ドットによるきめの勾配を持つ図形を実験刺激として、主観的な奥行き距離と横幅の関係を検討した。もし実験 1 で示された錯視量の減少が、立体感の増加によるものならば、ドットによるきめの勾配を持つ図形でも、やはり主観的な奥行き距離と横幅の間には負の相関関係が見られるはずである。

## 3. 実験 2

ドットできめの勾配を付けた図形を刺激とし、一対比較法を用いて図形の主観的な横幅と奥行き距離についての間隔尺度を構成した。

### 3.1 刺激

白い紙に黒いドットを印刷した図形を実験刺激とした（図 4）。この刺激は以下の手順

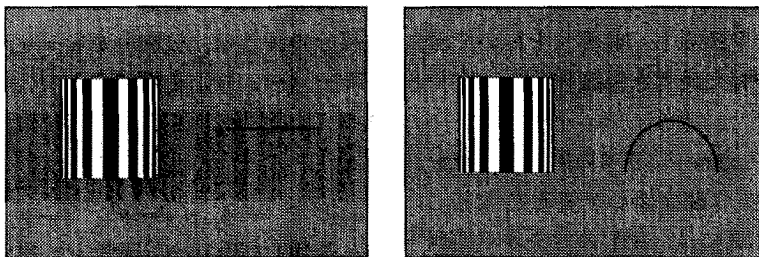


図 2 実験 1 における実験刺激と比較刺激の配置。

で作成される。(1) 縦線 21 本と間隔の均等な横線 21 本の格子を仮定する。(2) 縦線と横線の交点にドットを配置する。(3) 配置されたドットを左右にランダムにずらす。

(1) の作業の際に、仮定された縦線を図形中央から両側に向かって等比級数的に密になるように間隔を変えて配置することできめの勾配が生み出された。この際、仮定された縦線の配置間隔の変化率を 0.85, 0.90, 0.95, 1.00 の 4 水準に設定し、4 種類のきめの勾配を持つ図形を作成した。

実験 2 で用いる実験刺激はドットの密度変化できめの勾配をつけるために、変化率が 1.00 に近づくほど図形両端のドット密度が低下する。両端のドット密度が低い図形は、図形と背景の境界が曖昧となる。したがって、この境界の曖昧さが図形の横幅の知覚に影響することが考えられる。この点を考慮するため、変化率 0.85 の図形の仮定された縦線と横線の数を 2 倍に増やした図形 (0.85 密) および、半分に減らした図形 (0.85 粗) も実験刺激に加えられた。0.85 (標準), 0.85 (密), 0.85 (粗) の図形は、縦線の配置の変化率は一定であるが図形中の総ドット数が異なるために、図形両端のドットの密度が異なる。したがって、これら 3 つの図形を比較することで境界の曖昧さの影響が考察される。図形の大きさは全て 50×50 mm であった。

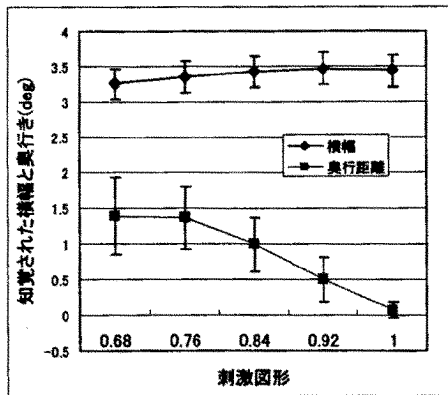


図 3 縦線図形について知覚された横幅と奥行き距離。

### 3.2 装置と手続き

作成された刺激は、順列組み合わせによって 15 組の対に分けられた。これらの刺激対を紙のカード (210×99 mm) に印刷したものを実験に用いた。これらのカードはランダムな順序で被験者に提示された。被験者の最初の課題は横幅の判断であった。ここでは被験者は、カード上に左右に並んだ図形のうち、どちらの図形がより横幅が大きく見えるかを判断した。横幅の判断が全て終わった後に奥行き距離の判断を行った。ここでは被験者は、カード上に左右に並んだ図形のうち、どちらの図形がより奥行き距離が大きく見えるかを判断した。カードは被験者が反応を終えるまで呈示され続けた。

### 3.3 被験者

正常な視力を有する成人男女 10 名が実験に参加した。

### 3.4 結果と考察

結果をもとに Thurstone の Case V の方法を用いて間隔尺度を構成した。得られた間隔尺度を図 5 a・b に示す。この結果、きめの勾配がドットで付けられた場合も、やはり主観的な横幅と奥行き距離の間には負の相関関係があることが示された (図 5 a)。したがって、実験 1 で示された立体的分割錯視図形の錯視量の減少は、図形が立体的に表現されたために生じたものと考えられる。しかし、図形 0.85 (粗) の横幅が図形 0.85 (標準) や 0.85 (密) の図形よりも大きく知覚されたことから (図 5 b), 図形と背景の境界の曖昧さが

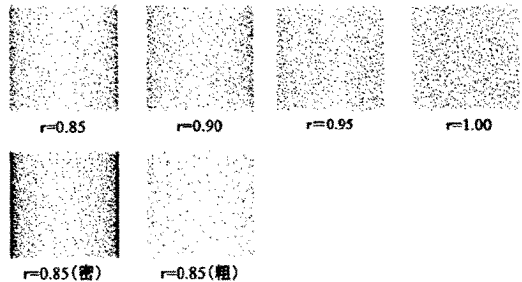


図 4 実験 2 で用いられた図形 (r= 仮想線分の間隔の変化比)。

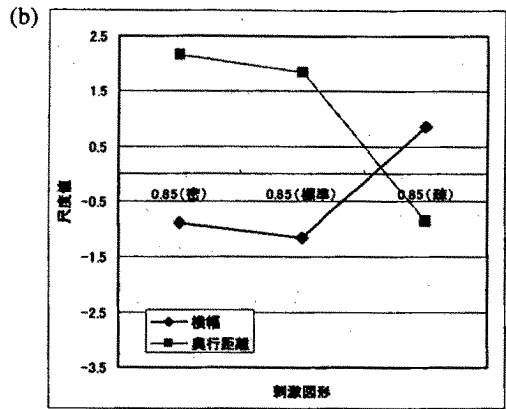
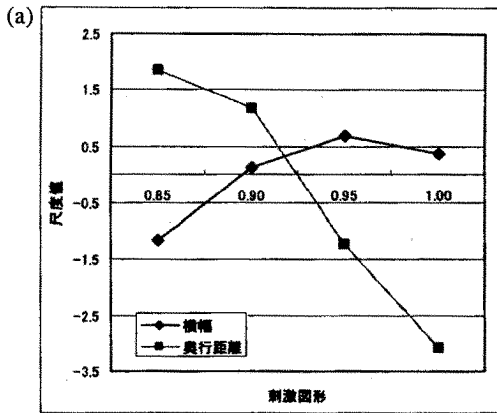


図5 (a)ドット図形について知覚された横幅と奥行き距離。(b)ドット図形について知覚された横幅と奥行き距離。

横幅を大きく見せたという可能性も完全には否定できない。

#### 4. 全体的考察

今回の実験は「分割錯視図形は立体感が知覚されると錯視量が減少する」という仮説を検討するために行われた。

実験1では、線分の太さを変化させることできめの勾配をつけた分割錯視図形を刺激とし、仮説を検討した。結果、知覚された横幅と奥行き距離の間に負の相関が見られた。実験2では、主観的な横幅と奥行き距離の間の負の相関関係が分割錯視図形以外でも成り立つのかを検討した。ここでは刺激としてドットによるきめの勾配を持つ図形を用いた。結果、ドットできめの勾配が付けられた図形でも、知覚された横幅と奥行き距離の間には負の相関が見られた。一連の実験の結果、きめの勾配によって3次元的に表現された2次元図形は過小視される可能性があることが示された。ただし、今回の実験からは見かけの幅と立体感の負の相関関係は明らかになったものの、図形の幅の過小視が立体感に起因するものであるとはまだ断言できない。この因果関

係を明らかにすることが今後の課題である。

また、なぜ立体感（主観的な奥行き距離）が図形の過小視を生むのかについても更なる研究が必要であろう。先行研究の多くで、人間は奥行き方向への距離を過小視することが示されている (Norman et al., 1996)<sup>2)</sup>。一方で Norman et al. (2000)<sup>3)</sup> は実物の円筒上では奥行き方向への距離が過大視されることを示している（ただしこの実験では円筒全体の幅についての測定は行われていない）。こうした奥行き方向への距離の知覚の不確かさが今回の実験の根底にあるという可能性についても今後考察していく。

#### 文 献

- 1) K. Noguchi, R. Hilz and I. Rentschler: The effect of grouping of adjacent contours on the Oppel-Kundt illusion. *The Japanese Journal of Psychonomic Science*, 8, 57-60, 1990.
- 2) J. F. Norman, J. T. Todd, V. J. Perotti and J. S. Tittle: The visual perception of three-dimensional length. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 173-186, 1996.
- 3) J. F. Norman, J. S. Lappin and H. F. Norman: The perception of length on curved and flat surfaces. *Perception and Psychophysics*, 62, 1133-1145, 2000.