

# グラデーションによる明るさ錯視と図形の三次元的曲面性

小林 勇輝  
松下 戦具  
森川 和則

大阪大学大学院人間科学研究科  
大阪大学大学院人間科学研究科  
大阪大学大学院人間科学研究科

白い誘導領域に囲まれたグレーの検査領域は、黒い誘導領域に囲まれたグレーの検査領域よりも暗く見える。この「明るさの対比効果」は、誘導領域のさらに外側に、グラデーションを付与することによって強化される (Agostini & Galmonte, 2002)。この現象が起こるメカニズムはいまだ明らかではないが、グラデーションによって生まれる、刺激への凹面・凸面としての知覚 (Ramachandran, 1988) がこの現象と関連している可能性があった。そこで本研究では、ステレオスコープを用いて、刺激に三次元的な曲面性を与えたときの検査領域に対する明るさ知覚を測定した。結果として、図形が凹面として知覚される際には、対比効果が相対的に弱まることとなった。凹面の刺激に対しては、「光が当たっている」という見え方がなされにくかったことから、照明の解釈が本研究の結果と関連していると考えられる。

Keywords: Optical illusion, lightness perception, Binocular stereopsis

## 問題・目的

ある表面に対する明るさの知覚は、その表面に隣接する領域の輝度に影響を受ける。たとえば、白い領域に囲まれた灰色の表面は、黒い領域に囲まれた灰色の表面よりも暗く感じられる。これは明るさの対比効果としてよく知られた現象である。

Agostini & Galmonte (2002) は、図形の周囲にグラデーションを付与することによって、対比効果が強まるという現象を発見した。図 1 において、2つの十字型図形の中心に位置するグレーのパッチ (検査領域) と、その周囲の白い領域 (誘導領域) はいずれも同じ輝度であるが、左図の検査領域にはより強い対比効果が働き、右図の検査領域よりも暗く知覚される。

この現象の原因はいまだ明らかではない。グラデーションに対してわれわれが三次元的な曲面性を知覚する (Ramachandran, 1988) という知見をもとに、本研究では知覚上の三次元的な曲面性が対比効果の強化と関連する可能性を検証した。

## 方法

**実験参加者** 18名 (うち女性7名) が参加したが、ステレオスコープによる立体視ができなかった2名 (ともに男性) を分析から除外した。

**装置** CRTディスプレイに提示された刺激を、ステレオスコープを用いて観察した。実験中、部屋を照らすものはディスプレイのみだった。

**刺激** 実験では、図 2(a) のような図形に奥行きを加えたものが刺激として用いられた。正方形のランダムドット枠は両眼像の融合を促進するためのもので、両眼視差はなかった。中央のパッチを囲む X 字型のグラデーション図形には視差によって三次元的な曲面性が与えられ、深い凹面、浅い凹面、平面、浅い凸面、深い凸面の 5 条件が用意された (図 2b; 図形の中央部と二つのパッチは参照枠と同じ奥行きで、周辺アーム部分の奥行きが操作された)。

**手続き** 実験参加者に与えられた課題は、右上に提示されるグレーのパッチの輝度をマウスホイールで調整し、刺激中央のパッチと同じ輝度にするのであった。調整が完了次第、左クリックで次の試行に移ることができた (試行間ブランクは 0.5 秒)。中央のパッチの輝度はいずれの試行においても  $52.0 \text{ cd/m}^2$  であった。実験全体は 40 試行 (曲面性 5 条件 × 上昇・下降系列 2 通り × 繰り返し 4 回) で構成されていた。また、実験参加者には、実験が終わったのちに、提示された凹面、凸面の刺激それぞれにおいて、中央の白い部分が「光を発している」ように感じたか、「光を受けている」ように感じたかを尋ねた。なお、実験参加

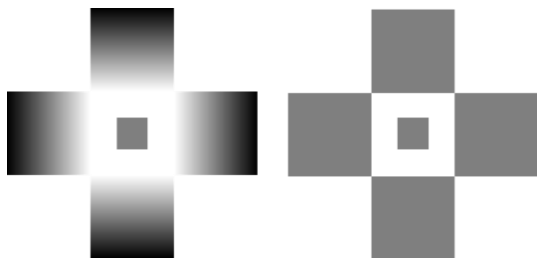


図 1 対比効果強化の例。

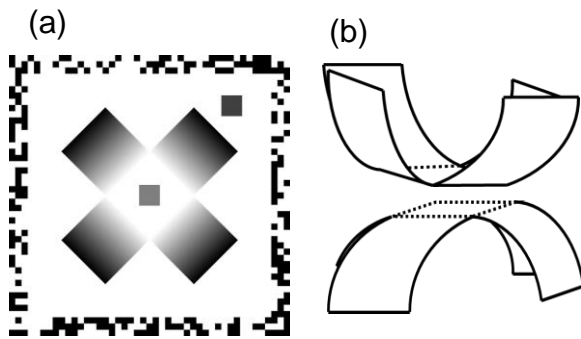


図 2(a)刺激例。いずれの条件でも刺激の二次元像は同じであった。(b)凹面, 凸面の十字型図形のイメージ。上が凹面, 下が凸面を示す(上から観察したとき)。

者の半数は, 同様の刺激に対してまぶしさを評定するセッションを先に行っていたが, 本稿では言及しない。

## 結果

中央のパッチに対して知覚された輝度 (i.e., 右上のパッチの調整結果) の平均値を条件ごとに算出した (図 3)。いずれの条件においても物理的な輝度である  $52.0 \text{ cd/m}^2$  よりも暗い輝度が知覚され, グラデーションによる対比効果の強化自体は一貫して確認することができた。これらのデータに対して 1 要因分散分析を行ったところ, 図形の曲面性による有意な主効果が見られた ( $F(4, 60) = 4.42, p = .003$ )。この主効果についてライアン法に基づく多重比較を行ったところ, 深い凹面条件においては, 平面条件・浅い凸面条件よりも中央パッチが明るく知覚されていた (それぞれ,  $t(60) = 3.76, p < .01$ ;  $t(60) = 3.46, p < .01$ )。つまり, 深い凹面条件のとき, 対比効果は弱かった。

また, 実験後に尋ねた「刺激が光を受けているように見えるか, 光を発しているように見えるか」という質問では, 凸面においてはそれぞれの回答が同数だったのに対し (発:5名, 受:5名, わからない6名), 凹面

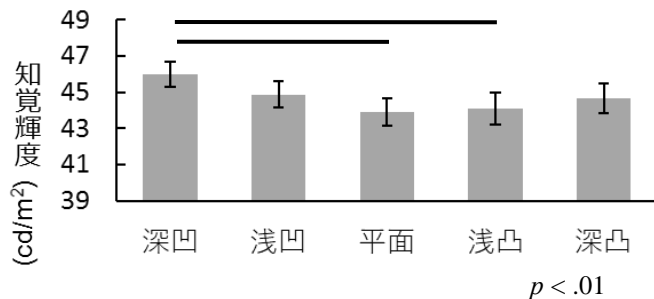


図 3 中央のパッチに対する知覚輝度。エラーバーは標準誤差, 横線は始点と終点のデータ間の有意差を示す。

においては光を受けているという回答が少なかった (発: 10名, 受: 1名, わからない5名)。

## 考察

本研究では, 図形の二次元像が同じであっても, その図形に対して感じられる三次元上の曲面性によって, 中央のパッチに対する明るさ知覚が変わることが示された。パッチを囲む図形が凹面として提示されたときには, 平面や凸面として提示されるときに比べて中央のパッチに働く対比効果が相対的に弱まった (i.e., 明るく知覚された)。この結果は, Agostini & Galmonte (2002) が示した対比効果の強化が, グラデーションによる三次元的曲面性の知覚と関連している可能性を示している。

ではなぜ図形が凹面として知覚される時, 対比効果は弱まったのだろうか。これには図形に当たる照明への知覚が関与している可能性がある。チェッカーシャドウ錯視 (Adelson, 1995) が示すように, われわれは光が当たっていないと感じられる表面を明るく知覚する。実験後に行った質問の結果から考えると, 凹面の刺激は, 光が当たっていると見られにくい刺激であった。このような照明の解釈が, 今回の結果の原因として考えられる。

しかしながら, 今回の実験からは, この効果が, 図形の曲面性とグラデーションの相互作用によって生まれたものであるのか, 曲面性単体によって生まれたものであるのかは明らかではない。また, アームを曲面にせず, 奥行きのみを操作した条件も試みる必要があるだろう。本研究で確かめられた凹面性による明るさ知覚への効果は, 従来の知見からは説明できない現象であるがゆえに, 今後も研究が必要となる。

## 引用文献

- Adelson, E. H. (1995). Checkershadow illusion, Retrieved from [http://web.mit.edu/persci/people/adelson/checkershadow\\_illusion.html](http://web.mit.edu/persci/people/adelson/checkershadow_illusion.html) (February 13, 2017).
- Agostini, T., & Galmonte, A. (2002). A new effect of luminance gradient on achromatic simultaneous contrast. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 264-269.
- Ramachandran, V. S. (1988). Perceiving shape from shading. *Scientific American*, 259(2), 76-83.