

## 背景を分節することにより生じる明るさ知覚の変化： 透明視効果を用いた明るさ処理メカニズムの検討

澤山 正貴\*・木村 英司\*\*

\* 千葉大学大学院人文社会科学部研究科, \*\* 千葉大学文学部

〒 263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

### 1. はじめに

ある領域の明るさが、周囲の領域によって大きく影響を受けることはよく知られている。例えば図 1a において、明・暗背景の中央に配置された検査領域は等輝度であるが、暗背景に囲まれた方が明るく見える。こうした明るさの違いは、背景を図 1b のように分節することにより大きくなることが報告されている<sup>1)</sup>。ここで背景の分節とは、平均輝度を一定にしたまま、輝度の異なる小領域に区分することを指す。

この背景の分節による明るさ知覚の変化に関しては、2つの仮説が提案されている。最初の仮説では、照明強度を補正する働きを寄与を仮定する<sup>3)</sup>。この仮説によれば、分節背景図形では、空間的な変動があるにもかかわらず、低輝度（もしくは高輝度）領域が一方に集まっており、こうした刺激配置は、自然状況下では照明が異なる場合に生じやすい。このため、明背景と暗背景には異なる照明が当たっているという解釈がなされ、照明の成分が差し引かれる。この照明強度の補正処理の結果として、検査領域の明るさの違いがより大きくなる。

2番目の仮説では、明るさ処理の局所化を仮定する<sup>2)</sup>。この仮説によれば、輝度情報に応じて明るさを決定する際には、輝度情報をサンプリングする領域が定められる。そして、照明強度の違いなどに応じた処理を可能とするために、この領域の大きさが状況に合わせて調整される。特にこのサンプリング領域の大きさは、輝度変化の空間分布の疎密によって変化し、輝度変化

が密な場合には領域が狭まり、疎らな場合には広がると考えられている。この仮説を図 1 の刺激に適用すると、単純背景図形では、輝度の異なる領域が少ないためにサンプリング領域が広がる。このため、異なる背景上の検査領域の明るさは、どちらも明・暗背景の輝度を含んだ同様の輝度分布内で処理される。一方、分節背景図形では、輝度変化が密に生じることからサンプリング領域が狭まる。このため、暗背景上の検査領域の明るさは、低い輝度分布内で処理され、結果としてより明るく知覚される。

本研究では、この照明強度の補正と明るさ処理の局所化という観点から、図 1b のような分節背景図形における明るさ知覚を検討した。実験では、背景内の局所的な刺激配置は一定に保ったまま、背景の周辺領域の刺激配置を操作することによって透明視成立条件と不成立条件を設け、その影響を検討した。ここで仮に、背

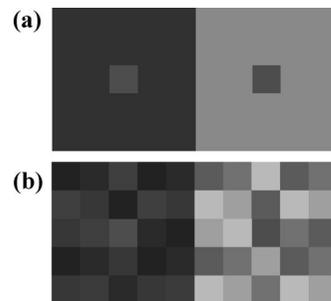


図 1. (a) 単純背景図形と (b) 分節背景図形. 各背景の中心にある検査領域は同じ輝度を持つ。印刷物のため、分節背景の平均輝度は厳密には単純背景と異なる。

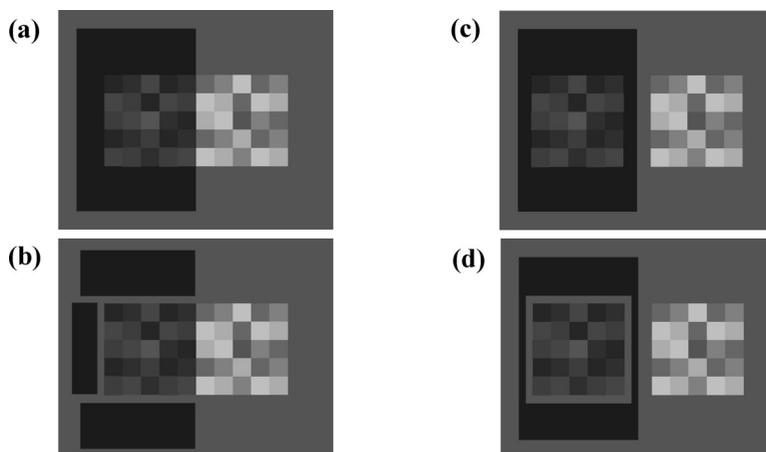


図2. 実験で用いた分節背景図形の刺激例. (a) は実験1・2で用いた透明視成立条件の刺激であり, (b) は実験1で用いた透明視不成立条件の刺激である. (c) は実験2で用いた透明視不成立・輪郭なし条件の刺激であり, (d) は実験2で用いた透明視不成立・輪郭あり条件の刺激である.

景の分節による明るさ知覚の変化が明るさ処理の局所化のみにより説明できるとすると、背景内の局所的な輝度分布が一定であれば、透明視成立の有無により明るさ知覚は変化しないと予測できる。また仮に、照明強度の補正のみによって説明できるのであれば、暗背景を覆う影が落ちているような透明視の見えが成立し、明・暗背景間で照明強度が異なることが明確になった条件と、透明視が生じない条件とでは、前者の条件で暗背景上の検査領域がより明るく知覚されると予測できる。本研究ではさらに、実験2で検査領域の輝度を操作することで、分節背景における明るさ処理の詳細についても検討を加えた。

## 2. 実験 1

実験1では、暗背景の周辺領域に対する透明性を操作し、分節背景における明るさ知覚を検討した。

### 2.1 方法

**被験者** 正常な視力を持つ成人4名(著者1名を含む)が実験に参加した。

**装置** 刺激は Matlab 7.1 及び Power Mac G4 によって作成・制御し、CRT モニタ (TOTOKU CV 921X, 1280×1024 pixel, 85Hz) に呈示し

た。また、観察距離が 57 cm となる位置にあご台を設置した。

**刺激** 単純背景図形と分節背景図形のそれぞれに対して、透明視成立条件と不成立条件を設けた。このうち、分節背景における刺激例を図2a, bに示す。透明視成立条件では(図2a)、背景に隣接するように暗領域を配置し、暗背景上に透明視を生じさせた。透明視不成立条件では(図2b)、暗領域を背景から離し、透明視の生じにくい刺激を用いた。

単純背景図形と分節背景図形の明・暗背景は、それぞれ一辺  $5^\circ$  の正方形からなり、分節背景は、一辺  $1^\circ$  の正方形の小領域から構成されていた。単純背景図形における背景輝度は、暗背景が  $0.38 \log \text{cd/m}^2$ 、明背景が  $1.16 \log \text{cd/m}^2$  であった。分節背景図形における各背景の平均輝度は、単純背景の輝度と等しかった。分節背景を構成する小領域の輝度は、暗背景については  $0.05 \log \text{cd/m}^2$  から  $0.58 \log \text{cd/m}^2$  の4段階の輝度値から、明背景については  $0.83 \log \text{cd/m}^2$  から  $1.36 \log \text{cd/m}^2$  の4段階の輝度値から選択した。暗背景の周辺に配置した暗領域の輝度は  $-0.16 \log \text{cd/m}^2$  であった。

明・暗背景の中心に、一辺  $1^\circ$  の検査刺激を配置し、輝度を  $0.60 \log \text{cd/m}^2$  とした。検査刺

激の明るさを測定するために調整刺激（1°の正方形）を設け、これを2つの輝度領域（ $0.38 \log \text{cd/m}^2$ と $1.16 \log \text{cd/m}^2$ ）からなる、細かいチェックパターン刺激上に配置した。

手続き 明・暗背景上の検査刺激それぞれに対する明るさの主観的等価点（PSE）を調整法により求めた。各被験者は、各刺激について10回の調整を行った。

## 2.2 結果と考察

図3に、被験者間で平均した各刺激条件に対するPSEの値を示す。まず、分節背景において、明・暗背景上の検査刺激の明るさの違いが大きくなる効果が確認された。これは、分節背景において、暗背景上の検査刺激のPSEが単純背景の場合よりも高く、明背景上の検査刺激のPSEが単純背景の場合よりも低いことから見る事ができる。

そして、透明視条件による明るさ知覚の変化を見ると、単純背景の暗背景上の検査刺激に対するPSEは、透明視成立条件の方が、不成立条件よりも高くなっている。一方、分節背景の場合には、透明視成立条件と不成立条件の間に有意な差は見られなかった。以上の結果は、分節背景では明るさの処理が局所的になされていると考えれば説明できる。

しかしながら、実験1の透明視不成立条件で

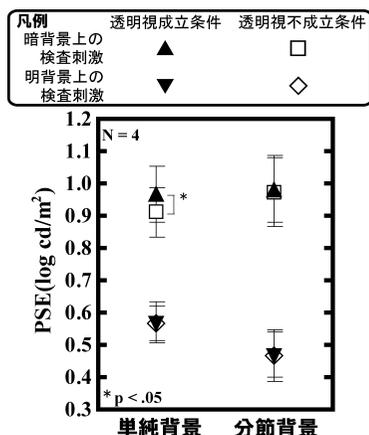


図3. 実験1の結果：被験者間で平均した検査刺激の明るさのPSE。実験1では明・暗背景上の検査刺激それぞれについて測定を行った。

は、透明視が完全には崩されていなかった可能性がある。実験1の透明視成立・不成立条件間での見えの透明性の相違は、評定実験によって確認された。しかし、ここで操作したのは暗背景と周辺領域の間の透明性であり、明・暗背景間では、両者が隣接していたため透明性が維持されていた可能性がある。このため、実験1の透明視不成立条件においては、照明強度の補正処理がなされていた可能性が残る。実験2では、この問題を検討する。

## 3. 実験 2

明・暗背景間の透明性を操作した透明視不成立条件を設定し、再度検討を行った。また、検査刺激輝度を複数段階設け、分節背景における明るさ処理がどのようになされているかを検討した。

### 3.1 方法

実験1と同様に単純背景と分節背景それぞれに対して透明視成立条件と不成立条件を設けたが、透明視不成立条件が実験1とは異なっていた。1つは、明・暗背景を空間的に離れた条件（図2c：透明視不成立・輪郭なし条件）、もう1つは、暗背景の周辺にさらに明背景側とは輝度極性の異なる輪郭線を付けた条件（図2d：透明視不成立・輪郭あり条件）であった。また実験2では、実験1と同じ $0.60 \log \text{cd/m}^2$ に加え、 $0.45 \log \text{cd/m}^2$ の検査刺激輝度の条件を設定した。これらのどちらの輝度も、単純背景の暗背景輝度（ $0.38 \log \text{cd/m}^2$ 、分節背景の暗背景の平均輝度と等しい）より高い値であるが、前者は分節背景の暗背景内での最高輝度であったのに対して、後者は最高輝度ではなかった。その他の刺激条件や装置は、実験1と同様であった。

4名が実験に参加し、そのうち3名は実験1にも参加していた。実験2では、暗背景上の検査刺激に対してのみ調整を行った。

### 3.2 結果と考察

実験2においても、透明視条件による明るさ知覚の変化は、実験1と同様であった。図4

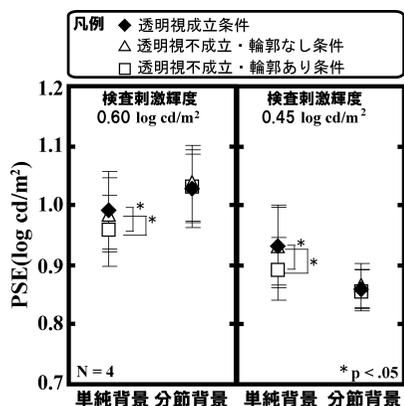


図 4. 実験 2 の結果：被験者間で平均した検査刺激の明るさの PSE. 実験 2 では暗背景上の検査刺激に対してのみ測定を行った.

に、被験者間で平均した各刺激条件に対する PSE の値を示す。単純背景における各透明視条件の PSE の値は、透明視成立条件、透明視不成立・輪郭なし条件、透明視不成立・輪郭あり条件の順で高かった。一方、分節背景においては、どの透明視条件の間にも有意差は見られなかった。これは、検査刺激輝度によらず同様であった。以上の結果は、明・暗背景間での透明性とその補正処理のみでは、背景の分節による明るさ知覚の変化を説明できないことを示している。そして、明るさ処理が局所的になされていることを、再度示唆する結果だと言える。

加えて、実験 2 の結果で特筆すべき点は、検査刺激の輝度に応じて、背景の分節による明るさ知覚の変化の生じ方が変わったことである。検査刺激が分節背景内で最大輝度を有する場合には（図 4 左）、検査刺激は、分節背景上でより明るく知覚されている。これに対して、検査刺激輝度が最大輝度ではない場合には（図 4 右）、分節背景上でより暗く知覚されている。ここで、照明強度の補正処理によって分節背景での明るさ知覚の変化が説明できるとすると、暗背景領域の暗い成分が差し引かれるので、分節背景図形の暗背景上の検査刺激は、単純背景の場合と比較して、常に明るく感じられるはずである。実験 2 の結果はこの予測に反しており、分節背景における明るさ処理が、照明強度の補

正処理だけでは説明できないことを示唆している。

#### 4. 総合考察

本研究では、たとえ背景の周辺領域の輝度分布を操作することによって透明視が成立するかどうかを変え、それにともなって刺激の見えが大きく変化したとしても、局所的な輝度分布を一定に保てば、背景領域内での明るさ知覚はほとんど影響を受けないことが、2つの実験で一貫して示された。周辺領域の操作自体が、明るさ知覚に影響を与え得るものであったことは、単純背景での明るさ知覚が操作に応じて変化したことから確認された。以上の結果は、背景を分節することによって明るさの処理が局所的になされるようになるという仮説のみで説明することが可能である。

また、分節背景における明るさ処理に関しても、照明成分を差し引くという照明強度の補正処理に基づく予測に反する結果が実験 2 で得られた。この結果に関しては、検査刺激輝度が背景内で相対的にどのような値を持っているかに依存して明るさの決定が行われている可能性が考えられる。照明強度の補正処理に関しては、本研究では反する結果が得られたものの、その寄与を示唆する研究もあり<sup>3)</sup>、今後さらに検討が必要とされる。

#### 文 献

- 1) A. L. Gilchrist, C. Kossyfidis, F. Bonato, T. Agostini, J. Cataliotti, X. Li, B. Spehar, V. Annan, & E. Economou: An Anchoring Theory of Lightness Perception. *Psychological Review*, **106**, 795–834, 1999.
- 2) E. H. Adelson: Lightness perception and lightness illusion. M. Gazzaniga (eds): *The New Cognitive Neurosciences*, 2nd ed., MIT Press., Cambridge, 339–351, 2000.
- 3) J. A. Schirillo: Surround articulation. I. brightness judgments. *Journal of Optical Society of America*, **16**, 793–803, 1999.