

視覚性課題遂行時における上下視野の機能特性

—陰影からの形状復元における上下視野非対称性—

Visual Field Asymmetry for the Perception of Shape from Shading

○西條将樹, 和田裕一, 加藤孝義

○Masaki Saijou, Yuichi Wada, Takayoshi Kato

東北大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

キーワード: 人間の視覚 (human vision), 上半視野 (upper visual field), 下半視野 (lower visual field),
陰影からの形状復元 (shape from shading)

連絡先: 〒980 仙台市青葉区片平2-1-1 東北大学大学院 情報科学研究科 人間社会情報科学専攻 認知心理
情報学講座 西條将樹, Tel.: (022)217-5080, Fax.: (022)217-5068, E-mail: msaijou@cpsy.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

我々の視空間は上下左右および奥行き方向に広がりをもっている。しかし地上性動物である我々は左右方向の空間移動に比べ上下方向の空間移動に比較的慣れであり、垂直軸方向に空間の異方性を生じやすい。このため、垂直方向に展開する上下視野間の視覚情報処理に異なる特性がみられるであろうと考えられる。この点に関して、視野領域の上半視野 (upper visual field: UVF) は身体外空間 (extrapersonal space: ES) に関する視覚処理系 (遠視覚 far vision: FV) を、下半視野 (lower visual field: LVF) は身体近傍空間 (peripersonal space: PS) に関する視覚処理系 (近視覚 near vision: NV) を優位に行っているとする作業仮説 (Table 1) が提案されている¹⁾。ここで、ES/FV系とは対象の空間座標をその他の対象との相対的な空間位置関係

で認識する視覚系であり、主に形態情報の処理に関与する視覚系であるとされる。一方PS/NV系とは、対象の空間座標を自己身体を中心とする座標系で把握する視覚系であり、リーチングやグラスピングなどの視覚運動協応に密接に関係する視覚系と考えられている。

最近の研究で、観察者の視点のちがいによって定義された立体線画図形の視覚探索において、ターゲットがLVFに提示される場合に探索非対称性がみられることが報告されている²⁾。この結果は、観察者と視覚対象の距離・配置関係に依存する視覚属性 (三次元的な見え、見かけの大きさ、遮蔽や重なり関係など) の変化に対して、LVFの応答性がUVFに比べて高いことを示唆していると考えられる³⁾。

ところで、陰影情報も、観察者と視覚対象と (光源と) の関係によって変化する視覚情報の一つで

Table 1 Functional specialization of the LVF and UVF (Previc, 1990)

Function	LVF	UVF
Depth perception	crossed-disparities (appears closer)	uncrossed-disparities (appears further away)
Motor output	oculomotor (pursuit, vergence, OKN); RTs	saccadic eye movements
Attention	peripersonal (body centered)	extrapersonal (visual search)
Spatial vision	more sensitive in low frequency range	
Temporal vision	more sensitive in high frequency range	
Perception	more global (e.g., stereo motion)	more local (e.g., object perception)

あると考えられる。ここで、もしLVFが上述のような特性を持つのであれば、陰影情報を用いた視覚処理である陰影からの形状復元^{3,8)}はLVFで優位に行われることが予想される。しかしながら、陰影からの形状復元の上下半視野間での差異を検討した報告はほとんどみられない。そこで本研究では、陰影からの形状復元において上下半視野の非対称性がみられるかどうかについて検討する。もしLVFで観察者と視覚対象の距離・配置関係に依存した視覚属性が優位に処理されるのであれば、LVFに提示される陰影パタンの処理はUVFに比べて速くなることが予想される。

2. 実験 1

2.1 実験方法

実験装置および刺激 実験の制御および反応の記録には、パーソナルコンピュータ (Macintosh Centris 650) に接続した AV タキストスコープ (IS-701D; 岩通アイセル社製) を用いた。刺激の作成には 3D ソフト (INFINI-D; Specular International,

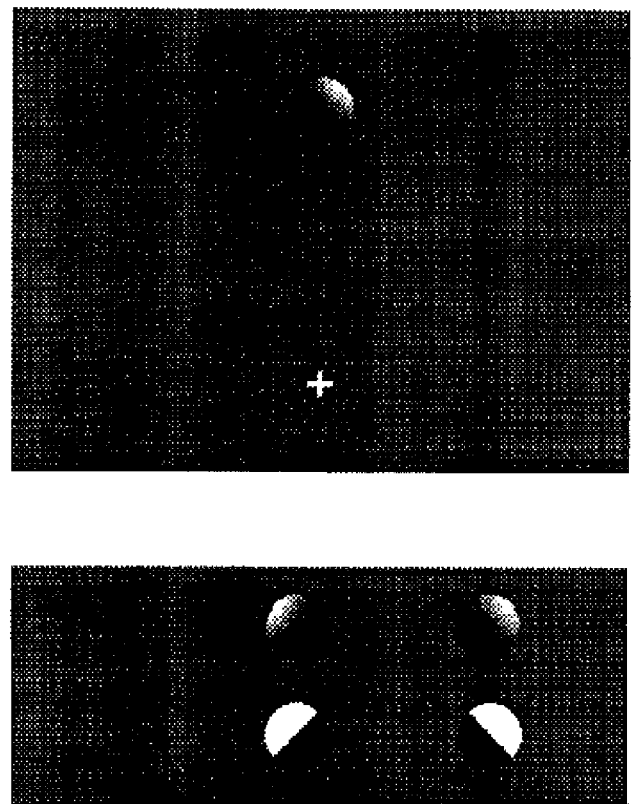


Fig. 1 One of the stimulus displays (A) and examples of the target sets (B) used in Experiment 1.

Amherst, MA) を使用した。

ターゲットとして、凝視点から視角 5.9° 上方もしくは下方の位置に、円形の陰影パターン (直径が視角 1.0° 、左上方もしくは右上方に二種類の光源を設定し、最小輝度 0.79 cd/m^2 から最高輝度 36.0 cd/m^2 に至る 16 段階のグレースケールで構成) を灰色の背景上 (視角 $18.2^\circ \times 18.2^\circ$) に提示した (Fig. 1)。また統制刺激として、エッジパターン (白色領域を左上もしくは右上に配置した、半円状の白・黒領域から成るステップ状の輝度勾配で構成) を同様の方法で提示した。一試行を通して、CRT 画面中央に白色の凝視点 (“+”, 視角で 0.5°) を提示した。

手続き 被験者は、頭部をあご台によって固定された状態で約 57 cm 離れた CRT 画面を両眼視した。各試行は被験者のボタン押しによって開始し

た。まず凝視点を1000 ms 提示し、ついでターゲットを被験者の反応までの間提示した。被験者には、陰影パタンの光源方向 (エッジボタンでは白色領域の位置) を、左上方と右上方とに割り当てられた2つのボタンのどちらかを押すことによって反応するように求めた。ターゲットの提示から被験者の反応までの時間を計測した。また、ターゲット提示の直前80 ms 間、凝視点が“O” (視角5°) もしくは“Q”に変化するキャッチ試行を組み込んだ。キャッチ試行では、被験者にターゲットに対する反応に加えて“O”と“Q”のどちらが提示されたかを回答するように求めた。被験者には一試行を通して凝視点から視線をそらさないように求めた。なお、被験者は成人7名であった。

実験計画 2 (ターゲットタイプ:陰影 vs. エッジ) × 2 (提示視野:UVF vs. LVF) の2要因の被験者内計画。ターゲットタイプはブロック化し、3名の被験者は陰影ボタンを、残りの被験者はエッジボタンのブロックを先に行った。実験は、陰影、エッジブロックともに、2 (UVF vs. LVF) × 72 (繰り返し) + 40 (キャッチ試行) の計184 試行を2セッションに分割して実施した。

2.2 実験結果および考察

各条件ごとの正答反応時間の中央値ならびに誤答率を算出した (Fig. 2)。2 (ターゲットタイプ:陰影 vs. エッジ) × 2 (提示視野:UVF vs. LVF) の2要因分散分析を行った結果、ターゲットタイプ×提示視野の交互作用に有意差がみられた [$F(1,6) = 19.20, p < .005$]。単純主効果検定の結果、陰影ボタンに対する反応はUVFに比べてLVFで速いが ($p < .005$)、エッジボタンではUVF, LVF間に違いはみられないことが明らかになった。なお、誤答率の分析に関してはいかなる条件間にも有意差はみられなかった。

実験1の結果から、陰影からの形状復元がUVF

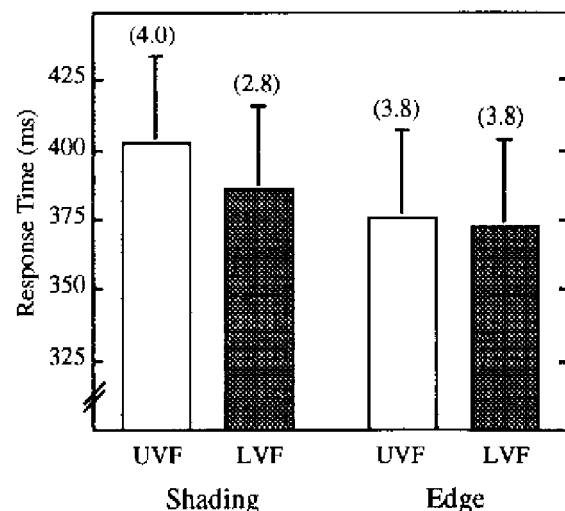


Fig. 2 Means of median correct reaction times (in milliseconds) and percentage of errors (in parentheses) for the four conditions in Experiment 1. The error bars indicate the positive standard error of the mean.

に比べLVFにおいて速くなされること、この上下半視野の非対称性はエッジ情報による形状知覚ではみられないことが明らかになった。これは、観察者の視点に依存した視覚属性の知覚にLVFが大きく関与するという先述の予測を支持するものである。後頭野腹外側部 (ventrolateral occipital region) に損傷のある患者はエッジボタンの視覚探索は困難であるが陰影ボタンの探索は比較的容易に遂行できることから、陰影からの形状復元はエッジ検出による形状知覚とは異なる神経機構によって実現されているとする報告²⁾があるが、本実験の結果はこのような知見とも符合するといえる。

次にエッジボタンに関してであるが、エッジボタンの処理は形態情報に関するものであり、Table 1に示すようなモデルに従えばUVFで優位になると思われるが、実験1の結果からはUVFとLVFの間に反応時間の差は見られなかった。これは、課題が簡単すぎたためにUVF, LVFにおける処理速度の違いが現れなかったものと思われる。

3. 実験 2

視覚系は陰影からの形状復元を行う際に、単一光源を仮定して陰影情報の検出を行っていると考えられている⁸⁾。そこで実験 2 では、単一光源の仮定が成立しない状況において、実験 1 でみられた陰影からの形状復元における LVF の優位性が生ずるか否かを検討する。

ターゲットの周囲にノイズ (フランカー) 刺激を配置する¹⁾ ことで 2 種類の光源方向を設定した。この状況では観察者は光源方向を特定できないため、陰影パタンの知覚が困難になると考えられることから、LVF の優位性がみられなくなることが予想される。

3.1 実験方法

実験 1 で用いたターゲットの左右に 2 つずつノイズ刺激を配置して被験者に提示した (中心間の距離は視角 1.6°)。提示刺激の一例を Fig. 3 に示す。ターゲットは 5 つの刺激配列中の中央のパターンとし、周囲のノイズ刺激の半数はターゲットと同一の光源方向とした。刺激配列は同一方向の刺激パターンが 3 つ連続して並ばないようにした。その他の条件は実験 1 と同様とした。なお、被験者数は成人 7 名であった。

3.2 実験結果および考察

実験 1 と同様の解析を行った結果 (Fig. 4), ターゲットタイプ × 提示視野の交互作用に有意差がみられた [$F(1,6) = 59.20, p < .0005$]. 単純主効果検定の結果、陰影パターンに対する反応は LVF に比べて UVF で速いことが明らかになった ($p < .005$). エッジパターンでは UVF, LVF 間に違いはみられなかった。なお、誤答率の分析に関してはいかなる条件間にも有意差はみられなかった。

実験 1 とは対照的に UVF においてターゲットの知覚が促進されたことは、ノイズ刺激により陰

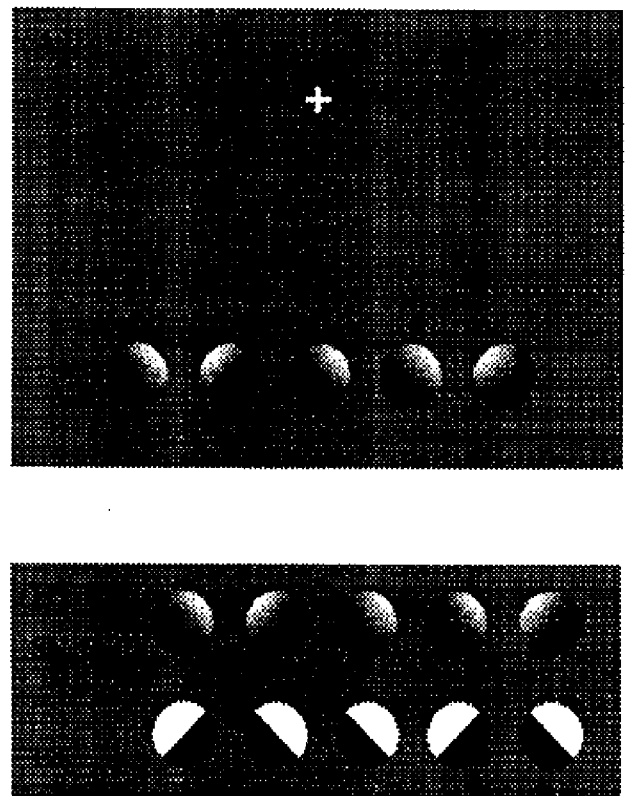


Fig. 3 One of the stimulus displays (A) and examples of the target sets (B) used in Experiment 2.

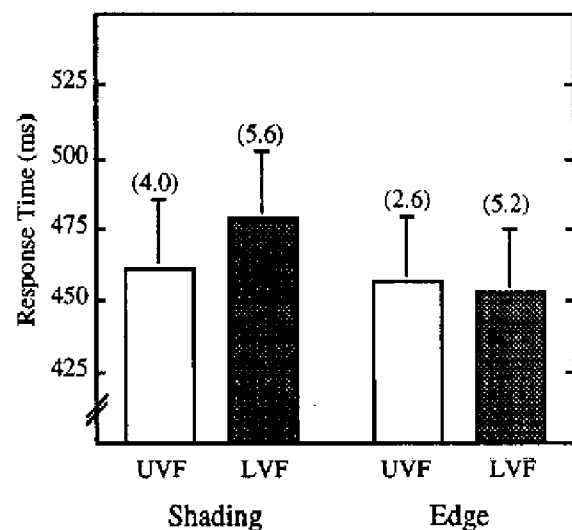


Fig. 4 Means of median correct reaction times (in milliseconds) and percentage of errors (in parentheses) for the four conditions in Experiment 2. The error bars indicate the positive standard error of the mean.

影からの形状復元における単一光源の仮定がくずれたために、被験者がターゲットを陰影情報に基

づいて知覚することが困難となり、右下がりや左下がりといった形態情報としてこれを知覚したことによるものと思われる。

一方、エッジパターンでは UVF と LVF の間に明確な反応の違いはみられなかった。これも実験 1 と同様に、課題の難易度が UVF と LVF での処理速度の違いが現れるほど高くはなかったことが原因であると推察される。

4. おわりに

本研究では、陰影からの形状復元における上下半視野間の非対称性について検討した。その結果、単一刺激では陰影からの形状復元は LVF において優位に処理されることが示された。これは、観察者と視覚対象の距離・配置関係に依存する視覚属性の変化に対して LVF の応答性が高いことを示唆している。また、複数刺激では逆に UVF で優位に処理されることが示された。この場合は、ノイズ刺激によって単一光源の仮定が不成立となるため、視覚処理の際にターゲットを陰影情報として処理することができず、形態情報として処理されているのではないかと考えられる。エッジ情報に関しては両者とも有意な差はみられなかった。

今回行った実験では、キャッチ試行におけるミスは非常に少なかったことから、眼球運動による影響は小さかったものと思われる。しかしながら、被験者はあご台によって頭部を固定されていたものの、額面は固定されていなかったため、画面を凝視する際の仰角の変動による影響を排除することは困難であった。そこで次の実験では、ターゲットパターンを瞬間提示することで眼球運動の影響をできるだけ抑制し、今回みられたような陰影からの形状復元における上下半視野の非対称性がみられるかどうかについて検討する。また、エッジ情報の処理に関しても、さらに難易度の高い課題を設定し UVF と LVF との間に非対称性が見ら

れるかどうかについて検討していく予定である。

参考文献

- 1) He, S., Cavanagh, P., & Interiligator, J: Attentional resolution and the locus of visual awareness, *Nature*, **383**, 334/337 (1996)
- 2) Humphrey, G. K., Symons, L. A., Herbert, A. M., & Goodale, M. A: A neurological dissociation between shape from shading and shape from edges, *Behavioural Brain Research*, **76**, 117/125 (1996)
- 3) Kleffner, D. A., & Ramachandran, V. S: On the perception of shape from shading, *Perception & Psychophysics*, **52**, 18/36 (1992)
- 4) Previc, F. H: Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications, *Behavioral and Brain Sciences*, **13**, 519/575 (1990)
- 5) Previc, F. H: Attentional and oculomotor influences on visual field anisotropies in visual search performance, *Visual Cognition*, **3**, 277/301 (1996)
- 6) Previc, F. H., & Blume, J. L: Visual search asymmetries in three-dimensional space, *Vision Research*, **33**, 2697/2704 (1993)
- 7) Previc, F. H., Breitmeyer, B. G., & Weinstein, L. F: Discriminability of random-dot stereograms in three-dimensional space, *International Journal of Neuroscience*, **80**, 247/253 (1995)
- 8) Ramachandran, V. S: Perception of shape from shading, *Nature*, **331**, 163/166 (1988)
- 9) von Grünau, M., & Dube, S: Visual search asymmetry for viewing direction, *Perception & Psychophysics*, **56**, 211/220 (1994)