

シーンの意味と構造が眼球運動に与える効果 -写真画像とノイズ画像の比較研究-

鎌倉 裕介
上田 祥行
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

京都大学こころの未来研究センター

京都大学大学院人間・環境学研究科

Scenes have meaning and structure. Although these properties influence on eye movements, it has not been entirely clear yet. In this study, we investigated eye movements for photographic images and meaningless 1/f noise images during visual search and free viewing. The search task was to find a Gabor patch embedded in the image and the free viewing task was to view the image freely, during which we measured saccade orientations and fixation locations. The results indicate no significant differences in saccade orientation between the two images. On the other hand, fixations were frequently located around the vanishing point for photographic images.

Keywords: eye movement, visual search, free viewing, attention, natural scene.

問題・目的

私たちは身の回りを取り巻くあらゆる日常的風景をどのように認識しているのでしょうか。外界には莫大な情報が存在し、私たちはこれらを全て同時に処理することは出来なため、特定の部分に視覚的注意を向けて処理しなくてはならない。私たちはどこに注意を向けて、どのように情報を処理しているのだろうか。この情報処理のメカニズムを明らかにする上で眼球運動を測定することは有益な手がかりとなる。

シーンが様々な形で眼球運動に寄与することはこれまでの研究で知られてきたが、シーンが持つ「意味」がどのように眼球運動に影響を与えているのか未だに解明できていない。ここでいう「意味」とは、実環境として認識することができ、シーンの情報(例えば、机の上に本が置いてある、車が道路の上を走っている、などの情報)を取得できることを「意味」と定義する。

本研究では、意味のある自然画像と無意味なノイズ画像における眼球運動の比較分析を行うことで、シーン中の意味が眼球運動に及ぼす効果を検討した。サッカーの方位を眼球運動の比較の指標として用いた。サッカーの方位を分析することで、画像から受ける複雑な影響も読み取ることができ、高度な視線の予測が可能になる。比較する無意味なノイズ画像として、フェイズランダムノイズによって、写真画像から画像全体の方位情報を維持しつつ作成したピンクノイズ画像を使用した。

また、サッカーの方位に加えて、写真画像においてどの部分を注視する傾向があるのかも併せて検討した。

実験では、画像に埋め込まれたターゲットの傾きを答えるサーチ課題(実験1)、呈示された画像を自由に眺めるというフリービューイング課題(実験2)の2つの課題を行い、能動的に行う課題と受動的な課題それぞれで写真画像とノイズ画像の眼球運動を比較した。

方法

実験参加者 大学生・大学院生24名が実験に参加した(実験1:14名、実験2:10名)。

刺激および装置 背景として白黒写真画像または写真画像から作成されたノイズ画像がディスプレイ上で $27.8^\circ \times 39.6^\circ$ の視角で呈示された。実験1のターゲットとしてガボールパッチが用いられ、 $2.9^\circ \times 3.1^\circ$ の視角で呈示された。ガボールパッチの向きは右に45度傾いたものと、左に45度傾いたものの2パターン用意され、ランダムに呈示された。刺激はMATLAB および Psychophysics Toolboxによって呈示された。

手続き(実験1) 実験開始時に参加者は、画像の中に埋め込まれたターゲットを探し出し、ターゲットが傾いている方向をキー押しで弁別するように教示された。初めに画面中央に注視点が1秒間呈示され、その後探索画面が呈示された。解答のキー押しがされると、ターゲットが呈示された場所を赤い四角の枠で囲ったフィードバックが呈示された。参加者はフィードバックを確認したのち、Enterキーを押して次の試行に進んだ。課題は30秒の制限時間が設けられており、制限時間内に解答できなかった試行は、不正解とした。試行間には1秒間のブランク画面が呈示された。

手続き(実験2) 実験開始時に参加者は、呈示された画像を自由に眺めるように教示された。画像は30秒間呈示された。その他の手続きに関しては、実験1と同じであった。

解析 参加者全員分のサッカーの方位ごと、方位ごとの頻度を算出した。どの部分を注視する傾向があるかを分析するために、呈示した画像ごとに、参加者全員の注視をプロットしたヒートマップを作成した。

結果

実験1において、写真条件の正答率は54.7%、ノイズ条件の正答率は71.5%であり、両条件間に有意な差が見られた($t(13) = 4.01, p < .005$)。正答試行の反応時

間は写真条件で 6.93 秒、ノイズ条件で 5.24 秒であり、有意な差があった($t(13) = -6.67, p < .001$)。以上から、写真条件に比べてノイズ条件のほうが、課題が容易であったといえる。

サッカードの方位分布と水平方向のサッカードの割合を鉛直方向のサッカードの割合割った値を Figure1 に示す。全体的に水平方向のサッカードの割合が多い傾向にあった。水平方向のサッカードの割合を鉛直方向のサッカードの割合を割った値を指標として、課題(サーチ、フリービューイング)を被験者間要因、条件(写真、ノイズ)を被験者内要因として混合計画 2 要因の分散分析を行ったところ、課題と条件の主効果および要因間の交互作用は見られなかった。

ヒートマップからは、消失点がある風景について、消失点に視線が集まる傾向が観察された(Figure2)。消失点とは遠近法において平行な直線群が集まる点である。

考察

実験 1 では、写真条件のほうがノイズ条件に比べてターゲットの探索が困難であったことが示された。これは、画像の局所的コントラストが両条件で異なっていたことが原因と考えられる。ノイズ画像や写真画像において、背景のコントラストが上がることで、ターゲットであるガボールパッチが検出しにくくなる(Najemnik & Geisler, 2005)。実際に使用した画像の RMS コントラストを比較したところ、写真画像のほうが、RMS コントラストが高かった。

全サッカードの分布を見ると、水平方向のサッカードが多かったが、これは、画像が横に長かったことが原因と考えられる(Foulsham, Kingstone, & Underwood, 2008; Foulsham & Kingstone, 2010)。

また、ヒートマップからは写真画像で消失点に視線が集まる傾向が観察された。Borji, Feng, & Lu (2015) は、従来の顕著性マップモデルに消失点を組み込んでフリービューイング課題を行ったところ、従来のモデルよりも高い精度で予測できることを示したが、本研究の結果は彼らのモデルを支持する形となった。さらに本研究では、サーチ課題においても消失点に視線が集まる傾向が見られた。消失点に視線を向ける行動はシーン全体の構図を捕らえる上で役立っているのではないかと考えられる。遠くから近くへの注意移動の方がその逆よりも速いということが Miura ら(1994)によって示されているが、このことからシーンを知覚する際にも、最も遠くに位置する消失点にまず注意を向けて、近くの方に注意を移動する方がシーンを早く知覚する上では適しているのではないかと考えられる。

今回の解析では、シーン中の意味の効果を明らかにできなかったが、今後は他の指標で違いを検討したり、指標が時間を追うごとにどのように変化していくのか検討したりしていく必要がある。一方で、写真画像において消失点がシーン知覚にとって重要である可能性が示唆された。今後は他の課題(記憶課題など)において消失点が視線にどのような影響を与えるのかも検討していく必要がある。

引用文献

- Borji, A., Feng, M., & Lu, H. (2015). Vanishing point attracts eye movements in scene free-viewing. *Scene Understanding Workshop*, arXiv:1505.03578v1.
- Foulsham, T., & Kingstone, A. (2010). Asymmetries in the direction of saccades during perception of scenes and fractals: Effects of image type and image features. *Vision Research*, **50**(8), 779-795.
- Foulsham, T., Kingstone, A., & Underwood, G. (2008). Turning the world around: Patterns in saccade direction vary with picture orientation. *Vision Research*, **48**(17), 1777-1790.
- Miura, T., Shinohara, K., & Kanda, K. (1994). Attentional shift in three-dimensional space for moving observers. *Perception*, **23**, 47(Supplements).
- Najemnik, J. & Geisler, W. S. (2005). Optimal eye movement strategies in visual search. *Nature*, **434**, 387-391.

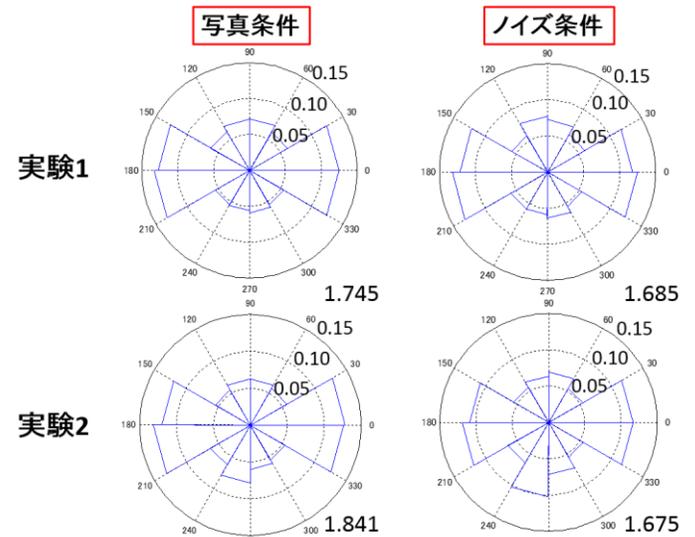


Figure 1. サッカードの方位分布。分布図中の数値は課題中に生じたサッカードの割合を示す。分布図右下の数字は水平方向のサッカードの割合を鉛直方向のサッカードの割合割った値で 1 より大きければ水平方向のサッカードが多く、1 より小さければ鉛直方向のサッカードが多いことを示す。

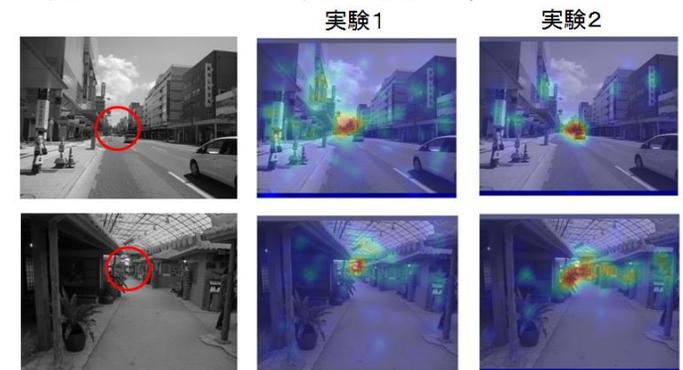


Figure 2. ヒートマップ。赤丸は消失点の位置を示す。