

シングルTON処理領域の活動は注意の構えの影響を受けるか

伊丸岡 俊秀

大阪大学大学院医学系研究科
通信総合研究所関西先端研究センター脳機能グループ
日本学術振興会特別研究員

The salient object such as a feature singleton in the visual scene captures visual attention only when it matches the observer's attentional set. Here we study whether the neural basis for processing of feature singletons also contingent on the observers' attentional set or not. We conducted an event-related MRI study in which observers were required to perform two types of detection task (singleton detection and luminance-change detection task) using the same stimulus set. Although the activated brain areas were variable across the feature dimensions and the subjects, fixed effect analysis from six subjects revealed the following results. In the singleton detection condition, the "color singleton - control" subtraction revealed an activity in the left anterior fusiform gyrus, which is known as one of the center for the color processing. This result suggests that the anterior fusiform gyrus participate in the processing of the color singletons. In contrast, in the luminance-change detection condition, both the color singleton stimuli and the control stimuli did not activate the anterior fusiform gyrus. These results suggest that the activity of the anterior fusiform gyrus, which is induced by the color singletons, is contingent on the observers' attentional set.

Keywords: saliency, visual attention, attentional set, feature singleton.

問題・目的

ある特徴次元におけるシングルTONのような視空間内で顕著性の高い物体は、視覚的注意を自動的に捕捉すると言われてきた (Theeuwes, 1992)。しかし、最近の研究では、顕著性の高い物体が注意を捕捉するのは、被験者の注意の構えやその時の課題状況と一致するときのみであることが示されている (例えば Yantis and Egeth, 1999) が、注意の捕捉に関するこのような性質の背景にある神経機構は未だ明らかになっていない部分が多い。

我々は以前の研究で、シングルTON項目の探索課題に関わる脳領域の一部の活動水準が注意の構えによる影響を受けて変化することを示した (Imaruoka, Yanagida, and Miyauchi, in press)。しかし、ここでは脳活動は一定期間内の平均として計測されたため、シングルTON探索に関わる認知活動のうちどの部分が構えの影響を受けていたかを明らかにすることができなかった。

そこで本研究は、注意の捕捉に関わる神経活動解明の端緒として、特徴シングルTONの検出に関わる脳活動が注意の構えの影響を受けるか否かを、事象関連 functional MRI 法を用いて明らかにすることを目的とした。

方法

被験者 13名の被験者が実験に参加した (うち男性4名)。全員が正常、あるいは正常に矯正した視力を有していた。

刺激 刺激の作成にはPC/AT 互換機および VSG2/3 (Cambridge Research Systems Ltd.) を用いた。

刺激は灰色 (18 cd/m²) 背景上の画面中央の白色の固視点と固視点を中心とする直径 4° の仮想円上に配置された四つの円刺激からなっていた。それぞれの円刺激の大きさは直径 1°、円の内部は赤あるいは緑 (それぞれ平均輝度約 18 cd/m²) の一様の方向にドリフトする正弦波格子 (空間周波数 3 cycle/degree; 格子角度 45°, ドリフト速度 1 cycle/sec. あるいは 5 cycle/sec.) であった。また各円刺激は幅 0.3°, 輝度 10 cd/m² あるいは 15 cd/m² の灰色の輪で取り囲まれていた。

固視点のみが提示された画面上に4つの円刺激を提示することで試行を開始した。円刺激の提示時間は被験者の反応の有無に関わらず 700 ms で、全体の 1/10 の試行では 700 ms のうちの 16.7 ms の間だけ灰色の輪の輝度を下げ、輝度変化課題における目標試行とした。また、全体のそれぞれ 1/4 の試行では、4つのうち1つの円刺激の色、形あるいは正弦波格子の運動速度を他の三つとは異なるものとし、シングルTON検出課題における目標項目とした。円刺激が提示されて 700 ms 後に円刺激を消し、1850 ms の試行間隔の後、次の試行の円刺激を提示した。ただし 20% の確率で円刺激を提示しない試行を挿入した。

課題 被験者は教示にしたがって2種類の課題を行った。一方の課題は刺激画面内の4つの円刺激のうち1つが、色・形・運動速度のいずれかの特徴次元において残りの円刺激と異なっているかどうかをボタン押しによって報告することであり (シングルTON検出課題)、もう一方の課題は刺激提示中に円刺激の周りの灰色部分の輝度に変化するか否かを報告することであった (輝度変化検出課題)。各課題は別々のブロックで行い、一方の課題を行っているときには、他方の課題の目標事象を無視するよう、被験者に教示した。

手続き MRI スキャナ外での 100 試行の練習の後、被験者は横になった状態で MRI スキャナに入り、液晶プロジェクタによってスクリーン上に投影された刺激画面を見た。1 回の MRI セッションは 4 ブロックからなり、二種類の課題を交互に 2 ブロックずつ行った。一度のスキャンで 2 セッションを行い、すべての被験者が 2 回のスキャン、計 4 セッションの実験を行った。

MRI 撮像手続きおよび解析 1.5 テスラの Magnetom VISION スキャナ (Siemens) を用い、頭頂から腹側視野にかけて 26 枚の T2* 強調画像を撮像した。各ボクセルの大きさは 3 x 3 x 5 mm, TR は 3 s, TE は 55.24ms, Flip Angle は 90° とした。

解析には SPM99 ソフトウェアを用いた。動きの補正、標準化、平滑化の後、一般線形モデルを用いて、各被験者毎および 6 名の被験者のデータを用いた固定効果モデルによるグループ解析を行った。

結果

行動データ MRI スキャン中の行動データの解析において、13 名の被験者中 7 名の被験者のデータが基準を満たさなかったため (4 セッションのうちのいずれかのセッションでミス率が 10% を超える、あるいはシングルトン検出課題において、いずれかの特徴シングルトンの検出エラーが 30% を超える)、7 名の MRI データは結果に含めなかった。

MRI データ シングルトン検出条件における「各特徴シングルトンを含む刺激 - 特徴シングルトンを含まない刺激」の差が、シングルトンが注意の構えと一致するときのシングルトン処理領域を反映すると考えられたが、6 人のデータを用いた変動効果モデルによる解析は、色以外の次元でそのような領域を検出しなかった。図 1a は色次元において見られたシングルトン処理領域を示す (MNI coordinates: -40, -56, -22)。また図 1b に、その領域の信号変化を各検出条件、各刺激毎にプロットした。この領域の MR 信号は、探索目標である色シングルトンを含む刺激画面が提示されたときのみ上昇した。

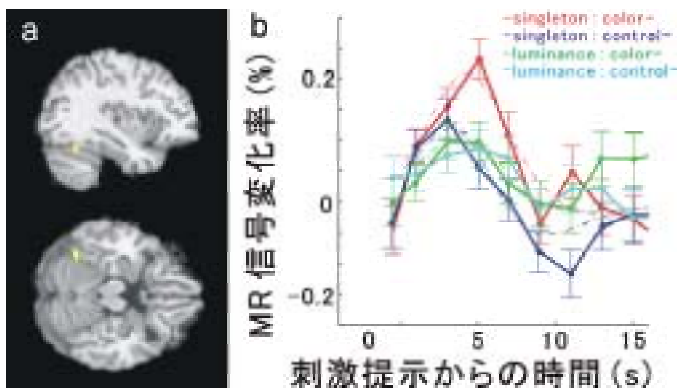


図 1. a: 色シングルトン処理領域; b: 各条件における色シングルトン処理領域の MR 信号変化率

考察

図 1a, b が示すように、色シングルトンに応答した領域は、シングルトンが被験者の構えと一致するときのみ活動した。本研究では視覚野を機能的に分離する手続きを行っていないため、図 1a で示した領域の機能名を特定することはできないが、この領域は先行研究で色処理の中核の一部とされた V4 と良く一致する (Zeki and Bartels, 1998)。本研究では被験者が特定の特徵次元 (例えば色) に対して選択的に構えを形成できたとは考えにくい。先行研究から知られているような特定の次元に対するトップダウン的な構え (Chawla, Rees, and Friston, 2001; Pollmann, Weidner, Müller, and von Cramon, 2000) だけでなく、本研究の実験事態のように“シングルトン”に対する構えが形成された状態 (例えば Bacon and Egeth, 1994 のシングルトン検出モード) にも、目標の定義次元に対応した視覚野の活動が増強され得るという可能性を示す。

引用文献

- Bacon, B. F., & Egeth, H. E. 1994 Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55, 485-496.
- Chawla, D., Rees, G., & Friston, K. J. 1999 The physiological basis of attentional modulation in extrastriate visual areas. *Nature neuroscience*, 2, 671-676.
- Imaruoka, T., Yanagida, T., & Miyauchi, S. 2003 Attentional set for external information activates the right intraparietal area. *Cognitive Brain Research*, in press.
- Pollmann, S., Weidner, R., Müller, H. J., & von Cramon, D. Y. 2000 A fronto-posterior network involved in visual dimension changes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12:3, 480-494.
- Theeuwes, J. 1992 Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599-606.
- Yantis, S., & Egeth, H. E. 1999 On the Distinction Between Visual Saliency and Stimulus-Driven Attentional Capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 661-676.
- Zeki, S., & Bartels, A. 1999 The clinical and functional measurement of cortical (in)activity in the visual brain, with special reference to the two subdivisions (V4 and V4 α) of the human colour center. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 354, 1371-1382.

