

顕著性とアンサンブルは眼球運動に同時に機能する

熊切 俊祐
上田 祥之
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究所

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・環境学研究所

視覚探索において、顕著性のような局所的な情報を頼りに探索を行うのは視覚的構造の制限を鑑みれば極めて合理的である。一方で、ヒトはシーン全体に分布する情報をアンサンブル情報として瞬時に計算でき、このような大局的情報が視覚探索に用いられているのかは自明ではない。本研究では顕著性とアンサンブルが何時如何にしてヒトの探索行動に影響するのかを検討した。先の研究結果では、画面の左右に配置された複数の刺激の得点を数える課題において、眼球運動はまず顕著性に誘引された後に徐々にアンサンブルの影響を受けることが示唆された。この時1つの刺激には色と他より大きな得点が付与されており、色付き刺激が物理的、価値的観点から過剰に顕著になってしまった可能性があった。今回の実験では全ての刺激を等価値にした結果、第一サッケードが顕著性に誘引されることはなく、視覚的顕著性とアンサンブルが同時に機能していることが示唆された。

Keywords: eye movement, visual search, saliency, saccade, ensemble.

問題・目的

ヒトの眼球の視神経の分布には偏りがあり、網膜の分解能は一樣ではない。中心窩と呼ばれる網膜の中でも視神経の集中した分解能の高い箇所では結ばれた像のみがその詳細な情報を知覚することができる。この視覚系の制限のために、我々は対象の詳細な情報を得る際には眼球を動かし、対象を中心視で捉える必要が生じる。このような視覚的制約を踏まえると、視野中における顕著性の高い箇所に視線を向け、詳細情報を獲得する選択を行うのは合理的である(Itti & Koch,2000)。

一方、Chong & Treisman(2005)らによれば、人間は視野中に存在する複数のものの大きさ、色相、方位、表情といった情報の平均や分散を瞬時に、正確に計算することが可能であり、このような画面全体に分布する情報をアンサンブル情報という。このような機能が人間の視覚システムに備わっているにも関わらず、探索において用いられているのかは自明ではない。視野全体に分布する情報は、そもそもどこに注視するかに関係なく抽出できる情報であるから、眼球運動を制御するシステムはそれを使うことはないという仮説も十分に成り立ちえる。しかし仮にアンサンブル情報が探索における眼球運動に影響しているとすれば、それはどのような機能的な意味を持っているのだろうか。本研究に先行する研究では、視覚探索における眼球運動はまず顕著性に誘引され、数回のサッケードの後にアンサンブルが影響することが示唆された。しかし、その際の顕著性刺激には視覚的顕著性の他に、実験課題における価値が付与されていたため視覚的・価値的に過剰に顕著になっていた可能性がある。そこで本研究においては純粋な視覚的顕著性の影響を検討する。

方法

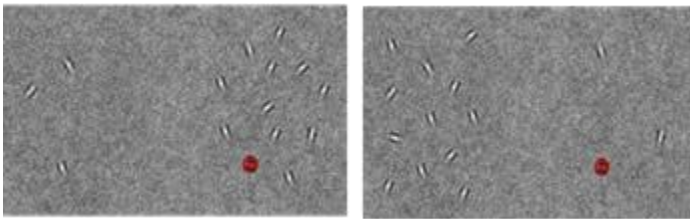
参加者 20名の大学生、大学院生が実験に参加した。全員が裸眼、ないし矯正した正常な視力を有していた。その内、1名はデータ書き出し不良のため解析から除外した。

刺激 視覚刺激には、視角約0.5度、ランダムな方位のガボールパッチを用いた。視覚刺激は無色(白黒)、赤、緑、青の4種類を用意し、モニター画面の端から左右視角約16度までの領域にそれぞれ条件毎に複数個ランダムな配置(左右それぞれの領域を7×5の視覚約3度四方のセルで区切り、表示する個数分のセルをランダムに選出、更にそのセル中にてジッターをかけた。)で呈示した。点数は全て1点として教示した。この時、有色(赤、緑、青)の刺激は3種類のうち1種類が画面に1つのみ、画面上で最も顕著性が高い箇所として呈示された。背景にはピンクノイズを用いた。

手続き 始めに画面中央に「+」という注視点が1000ms表示された後、刺激画面が呈示された。参加者の課題は左右の領域に存在する刺激に設定された点数を計上し、その合計が丁度18点ある方の領域をキーボードの左右の矢印キー(←、→)で回答することであった。また、18点を超える画面の条件は存在しなかったが、両領域とも18点未満の条件では参加者は下矢印キー(↓)で回答するように教示された。回答後には直ちに正誤のフィードバックを1000ms表示した。正解の場合は「Correct」、不正解の場合は「Incorrect」と表記した。参加者には、「正確さを最重要視し、その範疇で、できる限り早く回答を行うように」との教示がなされた。全180試行の実験は9試行20ブロックに区切られており、一つ前のブロックでの平均の回答時間に3sを加えた時間を次のブロックでの、刺激画面を呈示

してから回答までの制限時間として設定した。初期の制限時間は20秒に設定した。なお、参加者には制限時間の具体的な教示はしなかった。制限時間を超えた場合、直ちに画面に1000msの間「Time Up」と表示され、次の試行へと進んだ。試行条件は180試行がランダムな順番で設定された。また、9試行毎に視線のキャリブレーション、36試行毎に参加者の裁量で休憩時間を設けた。本実験開始前には練習を9試行分を行った。この際の条件選出はランダムであり、回答の制限時間は20秒であった。実験全体の所要時間は約60分であった。

条件 条件は大きく分けて2種類あった。「正解の領域と顕著性が高い(色付き)刺激が存在する箇所との対応」という要因に対して、「一致、対応ありの条件 (Congruent条件)」と「不一致、対応なしの条件 (Incongruent条件)」を用意した。また、ベースラインとして、「顕著性の高い刺激が左右どちらにも存在しない条件」を設定した。加えて、片方の画面のみを数えて画面間で視線が移動しない状況を考慮して「左右どちらも18点に満たないもの」をフィラーとして用いた。これは、例えば機械的に常に片方の画面だけを数え正誤の判断をするようなストラテジーを排する目的があった。



(a) Congruent 条件 (b) Incongruent 条件

Figure 1. The timeline and conceptual diagram of experiment.

結果

参加者のサックード回数と視線が正解の画面を見ていた割合をFigure 2.に示した。第1回目のサックードにおいて、Congruent条件の方がIncongruent条件よりも成績が上であった。また両条件において、1点差の

眼球運動の正答率

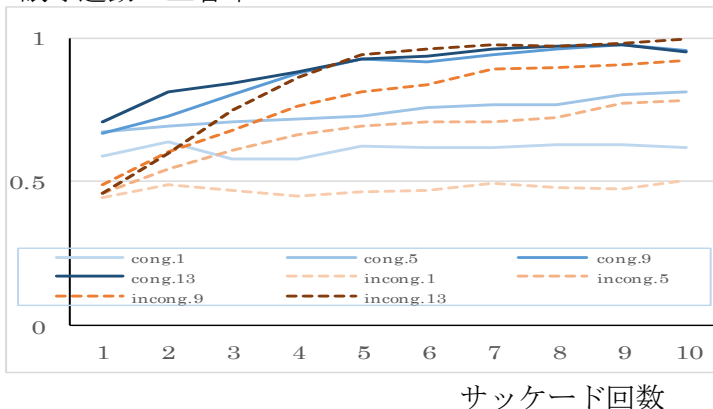


Figure 2. The results of experiment

条件では、サックード回数増加による視線の正答率の上昇はみられなかった。5点差以上の条件ではサックード回数増加に伴う正答率の上昇がみられた。第一サックードにおいて、Congruent条件での各点差における有意差は生じなかった。また、Incongruent条件において各条件と50%の指標間には有意差が生じなかった。

考察

第一サックードに関して、Congruent条件においては正解の画面へ眼球運動が向いているのに対し、Incongruent条件における眼球運動の向きはChance Levelと差が無かった。これは顕著性刺激と数の多い画面との間で眼球運動の決定において対立が生じていることが示唆される。

加えて、Congruent条件において点差が1点の条件は、5点差以上の条件と比較しても有意差がなく、参加者は、Congruent条件において第一サックードの時点で正解の画面を判断しているといえる。

またIncongruent条件において、十分に早く眼球運動の方向が変化し、正解の画面へと移動していることから、アンサンブル情報を利用した探索に関しては数回のサックードもしくは時間の経過を経て眼球運動に反映されることが考えられる。これは先行研究の結果をより補強するものである。

結論

アンサンブルを利用した視覚探索を利用することが可能な本研究において視覚的顕著性情報とアンサンブル情報が同時に利用されている可能性が示唆された。

引用文献

- Chong, S., and Treisman, A. (2005). Statistical processing: computing the average size in perceptual groups. *Vision Research*, 45, 891–900.
- Itti, L., and Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489–1506.