

顕著性とアンサンブル情報の眼球運動への影響

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

人の眼球運動のメカニズムに関して、顕著性が視覚的注意を誘引するという顕著性マップに基づいた説明が実験心理学においては多く試みられてきた。しかし、顕著性マップにより得られる情報は局所的であり視野全体に分布した大局的な情報が考慮されていないという問題がある。本研究では、視野全体に分布された情報をアンサンブル情報とし、眼球運動への影響や、顕著性との関係性を検討した。ノイズを背景として、複数のガボール刺激を左右に分かれた画面に配置し、そのうち一つの刺激に色を付け、画面上最も顕著な箇所とした。参加者は指定された換算方法で左右の刺激の持つ点数を数え、キー押しで回答を行う。このときの眼球運動を測定した結果、第一サッケードは顕著性に誘引される一方で、それ以降のサッケードは点数の多い画面に向かった。このことから、アンサンブル情報は顕著性よりも時間を経て行動に影響を及ぼすことが示唆された。

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

問題・目的

実験心理学において、人の注意や眼球運動を表す指標として顕著性マップ (Itti & Koch, 2000) を用いた多くの研究が行われてきた。しかし、顕著性の処理は場面の局所的な情報のみに基づいており、場面全体の持つ情報が考慮されていないという問題点が存在した。

Chong & Treisman (2005)らによれば人は場面全体の持つ統計量をアンサンブル情報として瞬時に、正確に判断可能である。本研究の目的は、場面全体の持つ大局的な情報、即ちアンサンブル情報を取り入れ、その効果の影響が存在するの否か、また存在するならば顕著性情報との関係性はどのようなものであるかを検討することである。

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、ガウスウィンドウの標準偏差 $\sigma=5$ 、波長 $\lambda=9$ 、直径 20px 、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、赤、緑、青の4種類を用意し、モニター画面の左領域及び右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 100px 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、更にそのセル中にジッターをかけた。)で呈示した。点数の設定は、無色: 1点、赤: 5点、緑: 3点、青: 2点として固定した。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 参加者の課題は左右の画面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20点ある方の画面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、20点を超える画面の条件は存在しなかったが、両画面とも20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。

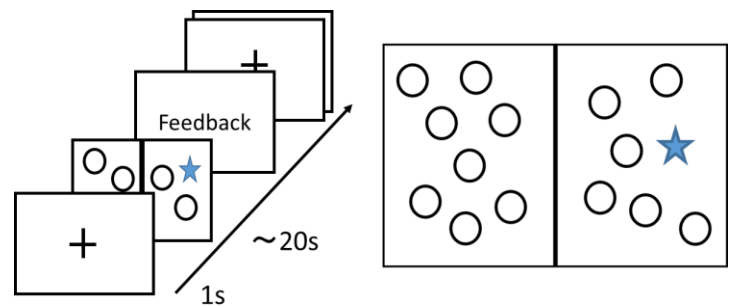


Figure 1. The timeline and conceptual diagram of experiment. ○ is the target Gabor patch and ★ is the salient target.

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。

条件は大きく分けて2種類あった。「正解の実験画面と顕著性が高い刺激が存在する画面との対応」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。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20点に満たないもの」をフィルターとして用いた。これは、例えば機械的に常に片方の画面だけしか見ずに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。

結果

参加者のサッカ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回目のサッカードにおいて、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点差の条件では、サッカード回数増加による視線の正答率の上昇は殆どみられなかった。5点差以上の条件ではサッカード回数増加に伴う正答率の上昇がみられた。

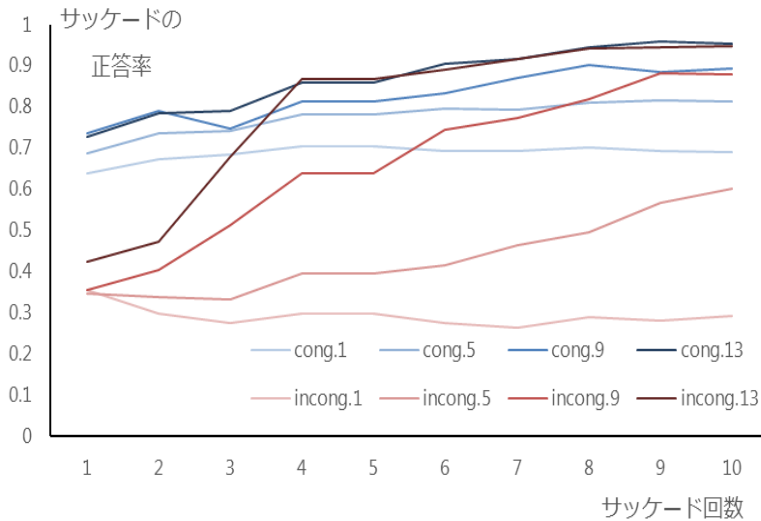


Figure 2. The results of experiment.

サッカード回数と設置条件、点数差の3要因の分散分析を実施した結果、設置条件の主効果 ($F(1,1296)=116.949, p<.001$)、点数差の主効果 ($F(3,1296)=47.641, p<.001$)、サッカード回数の主効果 ($F(9,1296)=112.148, p<.001$) 全てが有意であった。また2次の交互作用がみられた ($F(27,1296)=7.843, p<.001$)。

点数差ごとに分けて設置条件とサッカード回数の単純交互作用を調べたところ、1点差では有意差はなく ($F(9,171)=1.514, p>.10$)、それ以上では有意差が確認された ($F(9,171)=5.992, p<.001, F(9,171)=19.930, p<.001, F(9,171)=17.078, p<.001$)。

また、ライアン法による多重比較によると、Congruent条件で、サッカード回数が5回目のとき、点数差が1と13の間に差が見られた ($t(1440)=3.225, p<.01$)。サッカード回数が6回目のとき、点数差1と9の間に差が生じ ($t(1440)=2.880, p<.01$)、8回目において点数差5と13の間に ($t(1440)=2.646, p<.01$)、10回目において点数差1と5の間にも有意差が生じた ($t(1440)=2.646, p<.01$)。

Incongruent条件で、サッカード回数が2回目のとき、点数差が1と13の間に差が見られた ($t(1440)=3.259, p<.01$)。加えて、サッカード回数が3回目のとき、点数差1と9の間に加えて ($t(1440)=4.561, p<.01$)、5-13間 ($t(1440)=2.460, p<.01$)、5-9間 ($t(1440)=3.225, p<.01$)、9-13間 ($t(1440)=3.052, p<.01$) に有意差、6回目において点

数差1と5の間にも有意差が生じた ($t(1440)=2.921, p<.01$)。

考察

第一サッカードに関して、Congruent条件では正解の画面、Incongruent条件では不正解の画面にサッカードが向かっていた。これは左右の画面間に大きな点数差があっても、第一サッカードは顕著性の高い色付きの刺激がある画面に向かうことが示唆される。また、サッカード回数を重ねるごとに視線が正解の画面に移動する確率は上昇した。このことから、刺激が呈示され一定回数のサッカードを行う(もしくは時間が経過する)とアンサンプル情報を適用することができることが示唆される。

今回の結果からアンサンプル情報を利用するには顕著性よりも時間が必要であることがわかった。しかし、Chong & Treisman (2005)によれば、アンサンプル情報の取得は200msという短時間で行うことが可能である。なぜアンサンプル情報の影響は遅れて生じるのか。今回の実験において、顕著性を用いた判断は右か左かというシンプルな2択で尚且つ目を向ける座標は一点に確定可能であったが、一方で、アンサンプル情報を用いた判断は、左右間の差が大きい場合には左右の判断は即可能であった可能性があるが、その後どこへ目を向けるかの判断に時間が掛かることが予想される。左右どちらに目を向けるかよりも、画面のどこに目を向けるかの処理に時間を要するため、より簡単な判断が可能な顕著性情報が優先して利用されることが考えられる。加えて、一度顕著性に誘引された視線を外す処理にも時間がかかり、その後目を向ける座標を計算する必要もあるため、アンサンプル情報の反映は遅れたと予想される。

結論

本研究では複数の刺激を設定した探索課題における眼球運動に関して、場面全体の大局的な情報であるアンサンプル情報を利用している可能性、局所的な顕著性情報との関係について検討した。実験では、ターゲットとなる複数の刺激と、顕著性の高い刺激を同一の画面に表示し、課題遂行に伴う眼球運動を測定した。その結果、第一サッカードは顕著性に依存して行われる一方で、一定時間経過した後のサッカードでは、アンサンプル情報を利用した探索を行うことが可能であることが示された。

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.