

視覚探索課題間に生じる非目的指向的な眼球運動の特性

竹本 あゆみ¹

University of Latvia, OMRON

中澤 篤志

京都大学大学院情報学研究科

熊田 孝恒

京都大学大学院情報学研究科

When performing a task, the eye movements can provide much information such as the person's interests, cognition, perceptions, and mental states. This study investigated the functions and mechanisms of non-goal driven eye movements, defined as eye movements induced when looking at visual stimuli on a display without engaging in a specific task or looking at a display without any visual stimuli or tasks. The results indicated that significant difference between purposive and non-goal driven eye movements were observed. Searching and scanning saccade mainly dominate purposive eye movements.

Keywords: non-purposive eye movement, task difficulty, mind-wandering

序論

我々は、起きているほとんどの時間において目を動かしている。それは、知らない道でカフェを探すなど、何か目的をもち動かすことが多い（目的指向眼球運動）。しかし、いつも通る道をぼんやり歩くときのように特に目的がない場合でも、我々の目は運動を行っている（非目的指向眼球運動）。このような、非目的指向の眼球運動の特徴やメカニズムについては、目的指向眼球運動と比べ、あまり調べられていない。そこで、今回我々は、非目的指向眼球運動、特に探索タスクが終わった直後の非目的指向眼球運動について目的指向眼球運動と比較した。

実験と解析

被験者 実験に参加した13人中、解析に必要な眼球運動データが計測できなかった2人を除き、11名(男性:7人、平均年齢:22.4±1.37)のデータを解析に用いた。

刺激・手続き 探索画面の刺激は49個のディストラクター(L)とターゲット(T)1個から構成されていた(Fig. 1)。課題難易度について、ターゲットを±90度傾けたもの(Difficult)、±45または135度傾けたもの(Easy)の2種類を設けた。被験者は、ターゲットの向きをキー押しにより報告した。探索画面が提示されてから被験者がキーを押すまで、または提示後1分経過するまで探索画面が提示された(TP: task period)。その後、視覚刺激のない画面(B)または直前の視覚探索タスクと同じ画面(S)を10秒間提示した(A-TP: After-task period)。探索後画面においては、探索を行う必要はなく、そのことを被験者にも教示した。その後、被験者に課題への集中しているのかどう

かを2択で質問した(思考プローブ)。各被験者は199試行(ただし、1名のみ240試行)をおこなった。

データ解析 TP、A-TP-S、A-TP-Bにおいて、サッカードの頻度・振幅、眼球運動の遷移パターン、眼球停留位置の分布を各被験者で算出した。

眼球運動の遷移パターン 眼球運動の遷移パターンについて、まず連続した3つの停留位置(X_{k-1} , X_k , X_{k+1})を移動する2つのサッカード($X_{k-1} \rightarrow X_k$, $X_k \rightarrow X_{k+1}$)がなす角度(β_k)を算出し、その角度の大きさに応じて眼球運動の遷移を5つに分類した。パターン1 = { $\beta_k : 0 \leq \beta_k < 36$ }、パターン2 = { $\beta_k : 36 \leq \beta_k < 72$ }、パターン3 = { $\beta_k : 72 \leq \beta_k < 108$ }、パターン4 = { $\beta_k : 108 \leq \beta_k < 144$ }、パターン5 = { $\beta_k : 144 \leq \beta_k < 180$ }。さらに、 X_k における停留時間、サッカード($X_{k-1} \rightarrow X_k$)の振幅(α_{k-1})およびサッカード($X_k \rightarrow X_{k+1}$)の振幅(α_k)を算出し、2つのサッカードの振幅の比(α_{k-1}/α_k)を求めた。

眼球停留位置の分布 眼球停留位置の分布について、モニターの中心座標から各停留位置までの距離(d)を算出し、{ $d : (N-1) \times 3.43 \text{ (cm)} \leq d < N \times 3.43 \text{ (cm)}$, ($N=1,2,\dots,11$)}を満たすような固視点の個数をカウントし各Nの値において割合を求めた(Fig. 2参照)。

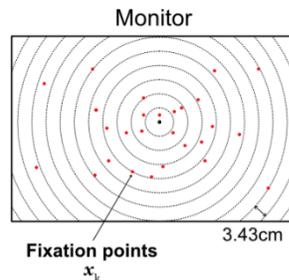


Fig. 2 Gaze distribution

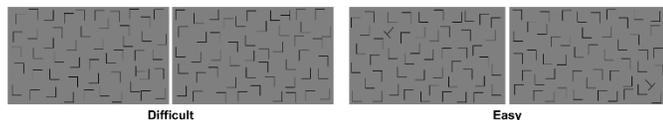


Fig. 1 Exaple of task displays

結果と考察

サッカー頻度と振幅 まず、サッカー頻度についてTPはA-TP-S/Bに比べてサッカー頻度が高く、さらにTPではDifficult条件で、より高頻度にサッカーが生じた。サッカーの振幅においてもTPはA-TP-S/Bよりも振幅が大きかった。さらにTPではDifficult条件で、より大きな振幅を導くことが確認できた。しかし、A-TP-S/Bではタスクの難易度に応じた影響はみられなかった。さらに、集中状態の影響を確認したところ、TPではサッカー頻度および振幅に対して集中状態の影響はみられなかった。しかし、A-TP-S/Bにおいて、集中を報告した試行に比べ非集中報告した試行ではサッカーの頻度が低下した。以上の結果より、目的による眼球運動の制御は集中状態の変化の影響に比べて強いと考えられ、目的による制御が存在するTPにおいては、眼球運動はタスク難易度に大きく影響を受けるが、目的による制御が存在しないA-TP-S/Bにおいては、集中状態の影響が眼球運動に大きく表れると考える

眼球運動の遷移パターンおよび眼球停留位置の分布

TPにおいては探索に必要と考えられるパターン2、3がA-TP-S/Bに比べて頻発していることが明らかになった。一方で、A-TP-S/Bにおいてはパターン5の180度後方に戻るサッカーがTPに比べて頻発していることが分かった。難易度が高い探索遂行時(TP)またはその直後のA-TP-Sではパターン1の出現する割合は低下し、代わりにパターン3及び4の出現する割合が増えることが分かった。しかし、それぞれのパターンの出現割合に対する集中度の影響は見られなかった。さらにTPにおいては $\alpha k-1/\alpha k$ で、パターン1では $\alpha k-1$ が αk に比べ顕著に大きいがパターン5においてはほぼ同じ大きさであることが分かった。しかし、A-TP-S/Bで顕著に傾向が異なり、A-TP-SではTPと同様にパターン5では $\alpha k-1/\alpha k$ の値が小さいが、A-TP-Bにおいては、そのような傾向は見られず、パタ

ーン2、3において $\alpha k-1/\alpha k$ の値が顕著に大きくなることが分かった。これらの値においてタスクの難易度や集中状態への影響は見られなかった。さらに、視線の分布においてはA-TP-S/BはTPに比べ画面中央部に眼球が停留しやすいことが明らかになった。以上の結果より、目的指向眼球運動において、眼球運動の遷移パターンはタスクの難易度に応じて顕著に異なることが分かった。従来の研究では、効率よくターゲットを探索するためにスキャンをするように眼球は遷移すると報告されており¹¹、高難易度のタスク中では同様のことが起きていると考える。さらに、低難易度のタスクにおいてはターゲットがポップアウトしていることから、ターゲットを発見した時に引き起こされると報告されている修正サッカー¹²が頻発すると考えられる。

まとめ

目的指向型と非目的指向型の眼球運動は顕著に異なることが分かった。目的指向型において視覚探索の難易度が高くなる画面を探索するための眼球運動が増加するが、難易度が低いと修正サッカー様の眼球運動が増えることが分かった。一方で、非目的指向型の眼球運動では、集中状態がサッカー頻度に顕著に反映されることが分かった。さらに、視線を画面の中心に保つため180度後方にもどるサッカーが頻発することがわかった。

引用文献

- Hooge, I. T. C., & Erkelens, C. J. (1996). Control of fixation duration in a simple search task. *Perception & Psychophysics*, 58(7), 969-976.
- Becker, W., & Fuchs, A. F. (1969). Further properties of the human saccadic system: eye movements and correction saccades with and without visual fixation points. *Vision research*, 9(10), 1247-1258.