

# 視覚探索課題における課題エンゲージメントの 視線指標による予測

大江 龍太郎

大阪大学大学院人間科学研究科

木村 司

大阪大学大学院人間科学研究科

篠原 一光

大阪大学大学院人間科学研究科

Changes in task engagement, which reflects the participant's attitude toward task execution, are considered a cause of vigilance decrement in sustained attention tasks. Aiming to develop a measurement method for task engagement that does not interfere with task performance, this study investigated whether gaze metrics during a visual search task could predict questionnaire scores for task engagement. Thirty individuals participated in the experiment. Since the relationship between gaze metrics and task engagement was expected to vary depending on search strategies, participants were post-hoc classified into a global scanning group ( $n=9$ ) and a central fixation group ( $n=8$ ) for Lasso regression analysis. The results showed high model fit ( $R^2 = .557 \sim .739$ ) for the global scanning group. Specifically, the frequencies of blinks and fixations, along with total fixation time, showed a positive relationship with task engagement, while total blink and saccade durations exhibited a negative relationship. This study suggests that objective and continuous engagement prediction using gaze metrics is possible by taking search strategies into account.

Keywords: task engagement, visual search, vigilance, eye-tracking, lasso regression.

## 問題・目的

持続的注意を必要とするビジランス状況では、時間が経過するに従って課題の成績が悪くなるビジランス低下が生じる。ビジランス低下が生じる原因として、課題に向けられる注意資源が減少していくことが考えられる (Thomson et al., 2015)。

課題に向けられる注意資源の主観的な指標として、課題エンゲージメントがある。課題エンゲージメントは課題に向けられる積極的でポジティブな態度として定義され、感情的(課題に対するポジティブな感情の程度)、行動的(課題に対して積極的に取り組もうとする意図の程度)、状态的(課題に対してどれだけ没頭して取り組んでいたかの程度)、認知的エンゲージメント(課題に対して工夫して取り組もうとしていたかの程度)の4つの下位概念から構成されている (外山, 2018)。

課題エンゲージメントの測定においては質問紙が用いられてきたが、質問紙に回答するためには課題を中断する必要がある。課題エンゲージメントの時間的変化の検証には、中断を伴わずリアルタイムに測定可能な指標である視線指標が有用であると考えられる。

本研究の目的は、視線追従により得られる固視、サッケード、瞬目、および固視位置のばらつき(エントロピー)によって、課題エンゲージメントを予測するモデルを作成することであった。

## 方法

30名(女: 20名, 男: 10名; 平均22.0歳 ( $SD = 3.36$ ))の大学生・大学院生が実験に参加した。

視線追従にはGazepoint 3 (GP3HD V2)を使用し、60 Hzの時間解像度で注視位置を取得した。実験課題は

モニター(視距離45 cm)に提示され、参加者の頭の位置はあご乗せ台に固定された。

視線から計測する課題エンゲージメントとして、感情的、行動的、状态的、認知的エンゲージメントを測定できる17項目のエンゲージメント尺度(外山, 2018)を使用した。また尺度の4つの下位尺度から1つずつ項目を抜き出してプローブを作成した。いずれも、Visual Analogue Scale (VAS) による回答を求めた。

実験課題は5x9のグリッド上に表示された45個の色付きの円から、予め指定されたターゲット色を発見し、スペースキーを押すことであった。円の色は滑らかな変化と2秒間の固定を繰り返し、ターゲット色はランダムな位置に1分間に4回の頻度で提示された。

課題エンゲージメントを操作するために、フィードバック音とスコア表示を行った。フィードバック音は参加者のキー押しに対して提示され、正解音と誤答音の2種類を提示した。ターゲットが表示されてから反応までの速度に応じてスコアが加算され、スコア表示はプローブ回答の直後に行われた。課題エンゲージメントの操作を行う条件を介入条件、行わない条件を統制条件とした。

課題は5分間を1ブロックとして各条件で4ブロック(20分間)、合計8ブロック行われた。ブロック終了毎にプローブ回答を求め、4ブロック終了後には尺度回答を求めた。条件の実施順序は参加者間でカウンタバランスをとり、条件間には5分間の休憩を設けた。本番試行の前に2ブロックの練習課題を実施し、課題および尺度回答の手順に慣れさせた。

## 測定指標

**成績指標** ターゲットが提示されてからキー押し反応までの時間を反応時間、全ターゲットのうち反応が

あった割合を正答率、ターゲットが提示されていない時のキー押しの回数を誤反応数とした。

**質問紙指標** 4種類の各エンゲージメント項目の平均を得点とした。プローブについては、回答をそのまま得点とした。いずれも得点は0から1の範囲であった。

**視線指標** 40度/秒を超える視線移動をサッケード区間の移動であるとし、そうでない区間の視線移動を固視区間とした。その後、距離1度未満のサッケード区間を固視の一部とし、また、60 ms未満の固視をサッケードの一部とすることで視線移動を固視とサッケードに分類した。ブロック内の固視の回数(固視回数)、固視1回あたりの持続時間(固視平均時間)、ブロック内の固視時間の合計(固視総時間)を求めた。同様にサッケード平均時間、サッケード総時間、サッケード平均速度、サッケード平均振幅、瞬目回数、瞬目平均時間、瞬目総時間を求めた。固視位置のばらつきを指標を得るために、刺激提示範囲を24個に分割し、刺激提示範囲外と合わせた25エリアを定義した。各エリアに含まれる固視の数を $n_i$ 、全ての固視の個数を $N$ とし、以下の式によってエントロピー $H$ を計算した。

$$H = \log N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{25} n_i \log n_i \quad (1)$$

エントロピーはブロック内の固視全体から求められるブロック内エントロピーと、3秒間の固視から計算された値の平均3秒間エントロピーを指標とした。

## 結果

成績指標に対して、GLMMモデルのベイズ推定を行った結果、誤反応数がブロック進行に伴って増加する傾向( $\beta_{Block} = 0.025 [0.007, 0.044]$ )が見られた。質問紙指標においては、尺度とプローブともに全ての課題エンゲージメントの下位尺度において、介入による増加( $\beta > 0$ )が見られ、プローブではブロック進行に伴う低下( $\beta < 0$ )が見られた。

視線指標によって課題エンゲージメントの値を予測するモデルを構築するためにLasso回帰分析を行った。説明変数を全ての視線指標、予測変数を尺度とプローブの4種のエンゲージメントの各値として計算を行った。参加者全体で予測を行ったところ、尺度( $R^2 = .133 \sim .362$ )とプローブ( $R^2 = .109 \sim .357$ )の両方で適合度が低かった。探索方略によって視線指標と課題エンゲージメントの関係が異なると考えられるため、参加者を画面全体走査群(9名)と中央注視群(8名)に事後的に分類し、再度分析を行った。結果、画面全体走査群の尺度得点について高いモデル適合度( $R^2 = .557 \sim .739$ )が得られた。得られたモデルの係数パラメータをFigure 1に示す。4種の課題エンゲージメントは瞬目の回数および瞬目平均時間と正の、ブロック内エントロピーと負の関係を示した。

## 考察

ブロック進行による誤反応数の増加から、本実験で用いた20分間の視覚探索課題はビジランス低下をもた

らしたと考えられ、課題エンゲージメントの低下も同時に見られた。

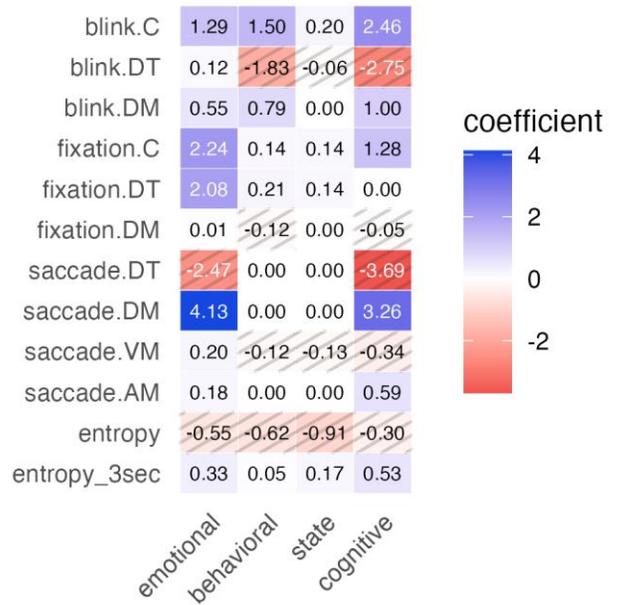
中央注視群で予測モデルの適合度が低くなった原因として、視線運動が少なく課題エンゲージメントの増減による影響が反映されなかったことが考えられる。

モデルの係数について、瞬目回数と瞬目平均時間の増加が得点の増加と関係しており、課題エンゲージメントが高くなると、自発的瞬目による視覚情報のリセットがより頻繁に行われるようになったことを示唆している。またブロック内エントロピーの低下が得点の増加と関係していたが、課題エンゲージメントが高い場合には、画面内の固定された複数の場所を順に見るような効率化された方略をとり、固視位置のばらつきが減少することで、エントロピーの値が小さくなったと考えられる。

総じて、広範囲を逐次的に探索する方略が取られる場合において、視線指標を用いたリアルタイムでの課題エンゲージメント計測の可能性が示された。

Figure 1

Gaze-based engagement prediction models for the global search strategy group. Heatmap displays standardized Lasso coefficients for four engagement dimensions. Cells with diagonal lines (hatching) denote coefficients that are less than zero. (C=count, DT=duration total, DM=duration mean)



## 引用文献

Thomson, D., R., Benser, D., & Smilek, D. (2015). A Resource-Control Account of sustained Attention: Evidence from Mind-Wandering and Vigilance Paradigms. *Perspectives on Psychological Science*, 10, 82-96. <https://doi.org/10.1177/1745691614556681>

外山 (2018). 課題遂行におけるエンゲージメントがパフォーマンスに及ぼす影響. *筑波大学心理学研究*, 56, 13-20.