

Action as a Window to Perception:

Measuring Attention with Mouse Movements.

Applied Cognitive Psychology 26, 5 (2012), 802–809.

1. アブストラクト

- 視線計測は、人々がどのように広告を見て何に注意を払っているかという情報を提供する。
 - 応用には実用上の問題があり、利用の限界があった。
- 本論では、マウストラッキングを利用して視聴行動を評価することを検討。
 - 視覚的な空間的注意を追いかけるようにマウスを動かす訓練ができるか
 - マウストラッキングにより、視覚処理を推定できるか調べた。
- 結果、視線とマウスのスキャンパスの間に高い相関がみられた。
- マウスと視線がある領域に費やした時間の割合にも高い相関がみられた。

2. イントロダクション

- 注意は、記憶と世界の出来事との間のインターフェースであるといわれている
 - 情報をエンコードするためには、その情報に注意を払わなければならない。
 - ☆ 「買い物」などで商品をみたりするような視覚的処理では、関連する情報を見つけ行動するために注意を必要とする。
 - ☆ 「広告」で大事なものは、消費者の注意を引き付けつけること。
 - 記憶の探索にも、環境中の適切な手がかりに注意を払う必要がある。
- 注意の焦点と視線の焦点は必ずしも一致しているとは限らないが、ほとんどの場合、見ているところに注意を払う。(Johnson & Proctor, 2004)
 - 情報に注意を向けたか知りたい場合、情報を「見た」かどうかを知る必要がある。
- 視線計測は、「ある場所への注意」を測定する手段の一つ。
 - マーケティング研究において、人が何に興味を持ち、どのような選択をする可能性があるかを推論するために使用されている
- 「見る」時には、サッケードと呼ばれる視線の移動と注視(固視)という見る対象への固定の2つが行われる。(注視の間、情報を認識できる)
 - 人が何に注目したか判断するためには注視の位置と時間が最も大事な指標となる。

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

- スキャンパス(「見る」時に目がたどる経路)は最初、2番目、3番目…に何が注目されたか明らかにする上で興味深い指標となる。
 - ◇ Pieters and Wedel (2004)は、紙媒体の広告の要素(ブランド、絵柄、テキスト)のサイズの効果をアイトラッキングで評価した。
 - ◇ Rayner, Rotello, Stewart, Keir, and Duffy (2001)は、絵文字とテキストに対する注意を比較した。

- ✓ 眼球運動のデータ収集と分析には、コストがかかり、また不便でもあるため、実用には限界がある。
 - 視線計測装置は高価。
 - データ分析に時間がかかる。
 - 被験者は、実験室で実験する必要がある。

- ✓ そこで、最近では、PCのマウスの動きからディスプレイ上で何に注目が置かれているかを示す研究が行われている。
 - 視聴者は、ディスプレイの注意を惹く部分にマウスを移動。
 - 関心のある領域への移動の経路(スキャンパス)や滞在時間を分析可能。
 - 眼球運動の計測と違い、自然な環境で実験を行うことができ、また、特別な設備を必要としない。

- 先行研究では、ユーザの行動を推測するために、マウスの位置やクリックの情報を利用して、ウェブページやウェブサイトの評価に焦点が当てられてきた。
 - Chen, Anderson, Sohn (2001)は、ウェブブラウジング中の視線とマウスの動きの相関性を調査し、ウェブページの異なる領域で視線とマウスが費やした時間に中程度(0.58)の相関性があることを発見した。
 - Mueller and Lockerd (2001)は、「Cheese」と呼ばれるプログラムを使用してウェブサイトを開覧している間のマウスの動きとクリックを計測。情報探索などのタスクを行ったところ、典型的と考えられるマウスの使用パターンを発見した。

- ✓ これまでの先行研究で検討されてきたのは、ウェブページに対する視線とマウスの動きの比較であり、印刷物は対象とされてきていない。

- ✓ そこで、本研究では、広告を見ているときの視線とマウスの動きの相関を検討した。
 - マウスの動作を計測することによって、注意の処理が測定できるか検討。
 - 遠隔地からデータを収集するために、研究者が介入しなくても、指示によって視聴

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

者がタスクを適切にできるか検討する。

- また、広告を見るときに、マウスを使用しているとき場合の眼球運動と、マウスを使用していない場合の眼球運動を比較して、マウスの使用によって眼球運動(のスキャンパス)のパターンの変化も検討した。

3. 実験

- 21 個の雑誌広告をそれぞれ 5 秒間見る実験を実施。
- 参加者には、広告を見ながら視線と同じようにマウスを動かすように指示した。
- 上記参加者は 2 つの条件に分けられた。
 - 口頭指導条件：短い口頭での指示とマウスの動かし方のデモンストレーションを受けた条件
 - FocusTracker(フォーカストラッカー)条件：アニメーションによる指導プログラム (FocusTracker™; MetrixLab, 2006) に従った条件。
- 視線の動きは、アイトラッカーで記録。
- マウスの動きは、そのマウスが位置を記録。
- また、3 つ目の条件としてマウスを使用せず視線の動きを記録する条件で実験を実施。
 - 統制条件：マウスの動きによって、広告の見方が変わるかどうかを評価するための条件。

4. 方法

1.1 参加者

- ◆ 大学生と地域の労働者が参加。
 - 口頭指導条件：男性 3 名、女性 12 名、平均年齢 25 歳 (SD=9.58)
 - FocusTracker 条件：男性 5 名、女性 10 名、平均年齢 25 歳 (SD = 7.15)
 - 統制条件：男性 5 名、女性 12 名、平均年齢は 25 歳 (SD=7.97)
 - トラブルにより、12 名を分析から除外。

1.2 刺激

- ◆ 比較的知られていない広告を刺激とした。
 - 被験者 15 人に広告を見たことがあるか聞き、3 人以下の認識のものを使用
 - 刺激は、モニターに表示された。
 - 広告は、4 つの関心領域(ROI: Regions Of Interest)で構成されていた(図 1)。
 - ◇ 見出し

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

- ◇ イラスト
- ◇ テキスト
- ◇ ブランド

1.3 実験装置

- ◆ アイトラッカーを使用して、眼球運動を計測。
 - 1秒間に50回、眼球の位置を決定。
- ◆ マウスは、赤外線マウスを使用
 - 1秒間に50回サンプリングされた。

1.4 手続き

- ◆ 参加者は、「口頭指導条件」「FocusTracker 条件」「統制条件」の3条件に無作為に割り当てられた。
 - ◇ 2つの実験群は、目の動きに合わせてマウスを動かすよう指示された。
 - ◇ 口頭指導条件では、目の動きに合わせてマウスをどのように動かすかデモンストレーションが行われた。
 - ◇ FocusTracker 条件では、マウスを動かすトレーニング課題を実施。研究者は介入しなかった。
- ◆ セッションは、アイトラッカーのキャリブレーションから開始された。
- ◆ その後、条件に応じてトレーニングを行い、実験を開始した。
- ◆ 21個の広告は、すべて同じ順序で5秒間提示された。
- ◆ すべての広告を見終わった後、あらかじめ伝えていなかった記憶テストを実施。
 - ◇ テスト1：見出し・イラスト・ブランドのうち一つを呈示し、それ以外の2つの属性を思い出す課題。
 - ◇ テスト2：実験で使用した広告21個、関連商品から21個の計42個のブランドが提示され、それが実験で使用されていたかどうかの再認課題。
- ◆ 最後に、個人データを収集し、課題を終了した。

1.5 データ分析

- ◆ 欠損データを排除して分析を行った。
 - ◇ 0.5秒以上のデータの計測がない場合、除去対象。
 - ◇ 極端な外れ値を除去し、外れ値の前後2つの値の平均値に置き換えた
 - ◇ 瞬きについても、外れ値と同じ処理。
- ◆ 各試行で、視線運動がマウスの動きよりも早く動き出していたため、マウスの動

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

きの遅れに補正を行った。

- ◇ 試行開始時のマウスデータの 0.6 秒を破棄
- ◇ 同様に試行終了時の眼球運動のデータも破棄。

- ◆ 視線とマウスの動きは、2つの実験条件にて、以下の2パターンで検討。
 - ◇ ユークリッド回帰を用いてスキャンパスを比較
 - ◇ 4つの ROI のそれぞれに視線とマウスが固定されてた時間の割合を比較

5. 結果

1.1 視線とマウスのスキャンパス

- ◆ 視線とマウスのスキャンパスの例(図2)
- ◆ マウスが視線の位置を追跡している度合いをユークリッド回帰*で評価した。
(最小自乗法によって2枚の布置のズレを最小化する(Tobler, 1965, 1977)*岩田捕捉)
- ◆ スキャンパスの全体的な相関関係 (r) と、視線のスキャンパスに対するマウスのスキャンパスの回転 (θ)、拡大 (f)、平行移動 (右, 左, 上, 下, a) を、各参加者、各広告について個別に求めた (表1)。
- ◆ 相関関係はフィッシャー変換*して解析した。
(非対称の分布を正規分布に変換*岩田補足)
- ◆ マウスと視線のスキャンパス間に大きな相関関係が見られた。(広告全体で .83~.92 の範囲の相関)
 - ◇ この相関関係には、グループによる違いに有意差はなかった。 ($F < 1$)
 - ◇ 広告による違いにもわずかな差しか見られなかった。 ($F < 1$)
- ◆ 回転パラメータ θ を分析
 - ◇ マウスのスキャンパスは、視線のスキャンパスに対してわずかに右に回転していた。 ($m = 11.5^\circ$)
 - ◇ FocusTracker 条件でのみ、この回転は有意であった。 $t(14) = 2.15, p = 0.049$
 - ◇ 口頭指導条件では、有意ではなかった。 $t(14) = 1.80, p = 0.094$
- ◆ 拡張パラメータ f (平均値 0.8)
 - ◇ マウスのスキャンパスは、目で見ている範囲よりも狭い範囲をカバー。
 - ◇ 実験条件の両群においても、1 (拡大も拡張もなし)より有意に異なっていた。

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

- ◆ マウスのスキャンパスは、視線のそれよりも、平均して、約 4cm 上、右にずれていた。
- ◇ こちらも、両実験条件において見られた。

1.2 視線とマウスが ROI に入っていた時間(滞在時間)

- ◆ 表 2 は、視線とマウスが ROI に入っていた時間の、全体的な割合を表す。
- ◆ これらのデータに対して 2 つの分析を行った。
 - ◇ 各参加者の全広告において、視線とマウスが ROI に入っていた時間の相関を計算する相関分析(フィッシャー変換して分析した)
 - ◇ ROI(イラスト、見出し、テキスト、ブランド), エフェクター(視線 or マウス), グループ(2 つの実験条件)を因子とする分散分析。

- ◆ 視線が ROI を見ていた時間に応じたマウスが ROI にあった時間を表した。(図 3)
 - ◇ 全体的に視線とマウスが各 ROI に使った時間の相関は高かった。 ($r=.88$)
 - ◇ グループによる違いは見られなかった。
 - 口頭指導条件: $r = .87$
 - FocusTracker: $r = .88$ ($F < 1$)

- ◆ ROI とエフェクターを被験者内要因、グループを被験者間要因として、各 ROI に使った時間の割合について混合分散分析を行った。
 - ◇ ROI の主効果が見られた: $F(3, 84) = 102.81, p < .001, \eta_p^2 = 0.79$
 - ◇ エフェクターの主効果が見られた: $F(1, 28) = 35.26, p < .001, \eta_p^2 = 0.56$
 - ◇ グループの主効果は見られなかった: $F(1, 28) = 3.40, p = .076$.
 - ◇ エフェクターと ROI の交互作用が見られた: $F(3, 84) = 14.14, p < .001, \eta_p^2 = 0.34$
 - ◇ グループを含む交互作用は有意ではなかった。

- ◆ ボンフェローニ補正の結果、
 - ◇ ROI の主効果
 - 見出しよりイラスト、テキスト・ブランドより前者 2 つの ROI に多くの時間が使われていた。
 - ◇ エフェクターの主効果
 - 各 ROI に使う時間がマウスの方が多かった。ただし、差はわずかである。(視線: 24.25%、マウス: 24.78%)

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

- ◇ エフェクターと ROI の交互作用
 - イラストに時間をかける傾向は、視線よりもマウスの方が顕著であった。
(表 2)
- ◆ 視線とマウスで、ROI に使った時間の割合の違いをより詳しく調べる。
- ◆ マウスが ROI にある時に視線がそこにはない場合と、その逆の場合を割合(%)で表 3 に表す。(ROI とエフェクターとグループで混合分散分析)
 - ◇ 視線が ROI に入っているときにマウスが ROI に入っていない割合がその逆と比べ高かった： $F(1, 28) = 31.98, p < .001, \eta_p^2 = 0.53$
 - ◇ ROI とエフェクターの有意な交互作用： $F(3, 84) = 7.25, p < .001, \eta_p^2 = 0.21$
 - 特に、ブランドにおいて、上記割合の差が顕著であった。
 - ◇ ROI の主効果が有意： $F(3, 84) = 25.62, p < .001, \eta_p^2 = 0.48$
 - ◇ グループの主効果は見られなかった： $F < 1$
 - ◇ グループと ROI の交互作用が見られた： $F(3, 84) = 3.34, p = .023, \eta_p^2 = .11$.
 - FocusTracker 条件において、マウスと視線の動きの間に大きな違いがあったことを示す。
 - ◇ ROI、エフェクター、グループ、3つの交互作用は有意ではない。： $F < 1$

6. マウスの使用が視聴行動に及ぼす影響

- ◆ 本実験は、マウストラッキングがアイトラッキングの優れた代替手段となりうることを示唆。
 - ◇ マウスと視線のスキャンパスに高い相関関係
 - ◇ マウスと視線の ROI に使った時間に高い相関関係
- ✓ マウスの使用が刺激の見方に影響を与えるかどうかを知ることが重要
 - ◇ マウスを使わずに実験を行った統制条件のパフォーマンスと比較する。
(各 ROI での注視回数と長さ)
- ◆ マウスを使ったか使っていないかに応じて、各 ROI 内の平均中止回数と注視時間を示す。(表 4)
- ◆ ROI(イラスト、見出し、テキスト、ブランド)を被験者内要因、グループ(2つの事件条件と統制条件)を被験者間要因として混合分散分析を以下に関して実施
 - ◇ ROI に使った時間の割合
 - ROI の主効果のみが有意： $F(3, 132) = 135.38, p < .001, \eta_p^2 = 0.76$

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

- グループと ROI の交互作用、グループ間の有意差は見られなかった。
- ◇ ROI 内の注視数
 - 平均して、1つの広告につき 21 回の注視。
 - ROI の主効果があり、イラスト、見出し、テキスト、ブランドの順で中止が多く見られた。: $F(3, 132) = 108.32, p < .001, \eta_p^2 = 0.71$
 - グループ間の有意差はなかった
 - グループと ROI の交互作用も見られなかった。
- ◇ 注視の平均持続時間
 - 注視の持続時間は平均 0.185 秒
 - ROI の主効果が見られた
 - グループの主効果は見られなかった
 - グループと ROI の交互作用も見られなかった。

7. マウスの使用が認識と記憶に及ぼす影響

- ◆ マウスの使用が見た刺激の記憶に影響を与えるかどうか検証するために、再認・想起課題を実施。
 - ◇ 想起課題では、マウスを使ったグループは使わなかったグループより早期数が少なかった。
 - ◇ 再認課題では、グループ間で有意な差は見られなかった。

8. 総論

- ◆ 本実験は、マウストラッキングがアイトラッキングの優れた代替手段となりうることを示唆。
 - ◇ マウスと視線のスキャンパスに高い相関関係
 - ◇ マウスと視線が ROI に使った時間に高い相関関係
- ◆ 視線の動きの変動の 75%以上をマウスの動きでとらえられていた。
 - ◇ 自らの視線の位置を意識し、見ている場所をなぞってマウスを動かすことができることを示す。
- ◆ また、マウスの使用は、広告の見方にほとんど影響を与えなかった。
 - ◇ マウスを動かすことによって、想起課題の成績が下がった。
 - マウスを動かすことにリソースを使ったため、記憶へのリソースが減ってしまった可能性が考えられる。

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

9. レコメンデーション

- ◆ 実験課題の両条件とも最初の広告において、視線とマウスとの相関が低かった。
 - ◇ 1回以上の練習試行の必要性を示唆する。

- ◆ マウスのスキャンパスは、視線のそれよりも狭い範囲をカバーしている。
 - ◇ 上や右にずれていたことがあったことから。
 - ◇ 視線の動きがマウスの動きについて行っていなかったことが原因であると考えられる。

- ◆ 本研究は、特定のタスクを課さない「自然な状態」で行った。
 - ◇ ユーザが目標に向かって行動しているときのマウスの動きより、高い相関関係が見られた。
 - ◇ マウストラッキングは、静止画の閲覧に適しているかもしれない。

10. 結論

- ◆ マウストラッキングは、(広告の)要素にどのように注意が向けられているかを調べる、アイトラッキングに変わる有効な手段であると考えられる。

- ◆ マウスの使用によって、視聴のパターンに変化をもたらさないという本研究の結果は、この技術が様々な王強化で使用できる可能性を示唆する。

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

—補足資料—

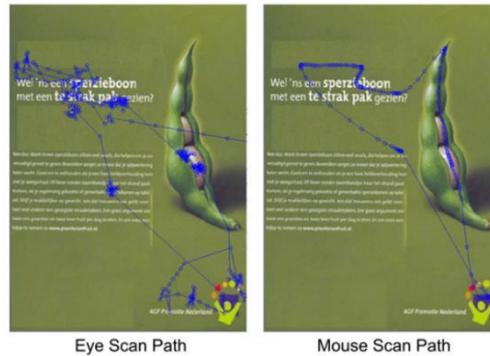


Figure 1. A sample advertisement showing the four regions of interest (ROIs): the headline (a), illustration (b), text (c), and brand (d). ROIs were defined for analysis by enclosing them in rectangles. In some cases [ROI (d)], two rectangles were used to define the region. In case of overlap, the smaller ROI segment was subtracted from the larger ROI

Figure 2. Eye and mouse scan paths from a single participant

Table 1. Average values from the bidimensional regression as a function of group (standard error in parentheses)

Value	Group	
	FocusTracker training	Verbal instruction
Correlation (r)	0.87 (0.04)	0.89 (0.04)
Rotation (θ)	0.14 (0.06)	0.09 (0.05)
Expansion (ϕ)	0.80 (0.02)	0.79 (0.02)
Left-right translation (α_1)	90.2 (13.3)	87.0 (12.0)
Up-down translation (α_2)	79.8 (9.2)	70.9 (6.1)

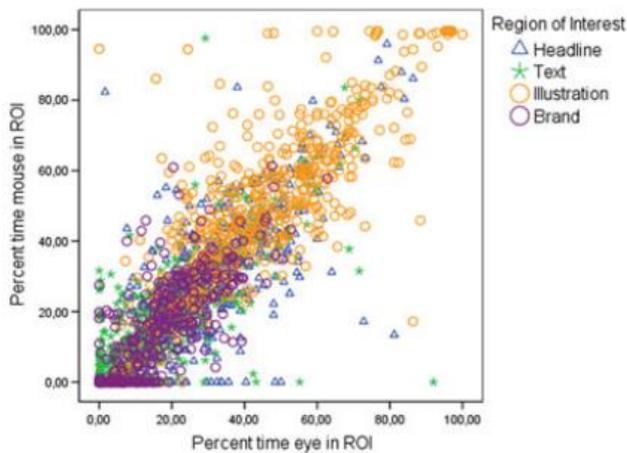


Figure 3. Per cent time spent in each region of interest (ROI) by the mouse as a function of per cent time spent in each region of interest by the eye

Johnson, Mulder & Hulsebos (2012)

Table 2. Per cent time spent in each region of interest by eye and mouse as a function of group (standard error in parentheses)

Region of interest	Group			
	FocusTracker training		Verbal Instruction	
	% time eye	% time mouse	% time eye	% time mouse
Illustration	41.2 (3.12)	47.1 (3.51)	46.3 (2.32)	50.1 (2.16)
Headline	30.1 (1.83)	28.0 (2.15)	27.7 (1.61)	26.9 (1.75)
Text	14.8 (1.89)	14.8 (2.10)	11.6 (1.76)	10.9 (1.69)
Brand	11.3 (1.27)	9.5 (1.27)	11.0 (1.22)	10.9 (1.44)

Table 3. Average percentage of trials in which either the eye visited a region of interest not visited by the mouse or the mouse visited a region of interest not visited by the eye (standard error in parentheses)

Region of interest	Group			
	FocusTracker training		Verbal instruction	
	Eye only	Mouse only	Eye only	Mouse only
Illustration	1.47 (0.65)	0.0 (0.0)	0.73 (0.50)	0.33 (0.33)
Headline	6.27 (1.78)	0.0 (0.0)	7.73 (1.73)	1.07 (0.57)
Text	9.47 (2.58)	5.53 (1.66)	10.40 (2.30)	8.27 (1.30)
Brand	13.00 (2.01)	1.73 (1.03)	7.53 (1.62)	0.33 (0.33)

Table 4. Average number and duration (in milliseconds) of fixations as a function of group and region of interest (standard error in parentheses)

Region of interest	Group					
	FocusTracker training		Verbal instruction		Eye tracker only	
	Number of fixations	Duration of fixations	Number of fixations	Duration of fixations	Number of fixations	Duration of fixations
Illustration	8.5 (0.57)	204 (9.50)	9.7 (0.65)	203 (11.15)	8.3 (0.43)	196 (11.33)
Headline	6.6 (0.38)	191 (9.25)	6.0 (0.40)	189 (3.41)	6.3 (0.43)	171 (8.27)
Text	3.7 (0.49)	168 (5.92)	2.9 (0.43)	181 (7.68)	3.7 (0.41)	163 (8.39)
Brand	2.6 (0.13)	168 (6.14)	2.3 (0.25)	184 (6.94)	2.8 (0.19)	157 (5.59)
Total	21.3 (0.41)	188 (8.15)	20.8 (0.57)	190 (8.17)	21.1 (0.41)	176 (7.90)

Table 5. Per cent correct recall as a function of group, region of interest, and cue (standard error in parentheses)

Region of interest	Group		
	FocusTracker training	Verbal instruction	Eye tracker only
Illustration			
Headline cue	43% (4.83)	23% (5.88)	47% (3.83)
Brand cue	41% (3.91)	38% (5.34)	61% (4.98)
Headline			
Illustration cue	14% (3.94)	9% (3.36)	42% (6.87)
Brand cue	14% (4.18)	14% (4.62)	29% (5.05)
Brand			
Illustration cue	21% (3.91)	24% (5.34)	36% (5.63)
Headline cue	18% (4.06)	17% (4.67)	18% (3.19)