

PC 作業時の注視領域強調手法

伊藤 悠大 石沢 千佳子 景山 陽一

秋田大学

1. 背景・目的

リモートワークやリモート講義などのような PC 作業を行う機会の増加に伴い、作業者の精神的・身体的健康状態や、講義受講者の理解度を把握したいという需要が高まっている。これに対し、PC 操作ログや種々のセンサを用いて作業者の集中状態を推定する手法が研究されている[1]。PC 作業中の集中状態推定が可能になると、例えば、リモートワーク時の健康状態の悪化を検出することや、長期的な健康観察といった体調管理に寄与できると考える。

一方、心理状態と動作・生体情報は連動しており、視線の動きには集中状態の有無が反映される[2]。特に、PC 作業時に多く行われる文章を読む作業では、注視に着目することが集中状態の判別に有効であると考えられる。これは、作業者が読みづらいと感じる単語の箇所などにおいて注視が発生しやすいため、注視の多発は過度のストレス状態を招き、集中状態を妨げる要因になると考えるためである[1]。

しかしながら、既存の計測機器から取得される視線の動き情報には、様々な方向へのばらつきが含まれる。その要因として、眼球の固視微動[3]や、視線の停留[4]とサッケード[4]、瞬きなどが挙げられる。特に固視微動は、ある一点を見つめた時に視線が細かく震える眼球運動であり、注視を可視化するうえで考慮する必要がある。従来、視線の移動情報を用いて集中状態を推定する方法[2]や、注視された単語を抽出する方法[5]についての研究が行われている。しかしながら、いずれの先行研究においても固視微動の影響を考慮するまでには至っていない。

そこで本研究では、音読動作における視線のばらつきを低減しつつ、注視領域を強調可能な手法について検討を加える。具体的には、固視微動に基づく大きさの行列を用いたヒートマップ作成を提案し、その有用性について検討を加える。

2. 使用機器

本研究では、Tobii Eye Tracker 4C[6](以降、アイトラッカー)を PC モニタの下部に取り付けて視線の動きを取得する。作業者が見つめる視線の位置(以降、視線座標)は、モニタ上のピクセル単位の座標値として 90Hz の頻度で取得される。アイトラッカーを設置したモニタは、解像度 1920×1080pixel、画面サイズ 24 インチ、ドットピッチは 0.277mm/pixel である。

3. 使用データ

PC モニタ中央に横 1 行で表示された 80~100 文字の文章を被験者に 8 回連続で音読してもらい、その間の視線データを取得した。黙読ではなく音読と

したのは、文章が読み飛ばされていないことを確認するためであり、音読の際に視線が停滞した箇所を記録するためでもある。文章はニュースサイト[7]から引用した記号や半角英数を含む標準的な日本語の文章である。10 種類の異なる文章を用意し、5 日間に分けて 2 文章ずつデータ取得に用いた。いずれの文章も初見であることを確認しており、文字サイズが 14pixel(文章作成ソフトの既定文字サイズ 10.5pt と同等)の MS 明朝で表示した。アイトラッカーと被験者の距離は、適正距離の範囲内で被験者自身が文章の見やすい距離(53~73cm)とし、着座後はなるべく動かないように指示した。実験前には体調や心理状態のアンケートを行い、実験後には作業への集中状態や文章の感想と読みづらかった部分についてアンケートを行った。被験者は、日本語を母国語とし、日常的に PC を使用している 20 代の大学生および大学院生の 12 名である。なお、データ取得は被験者の同意の下で行った。

4. 提案手法

4.1 概要

注視領域の強調にはヒートマップを用いる。ヒートマップは、モニタに含まれる画素を 2 次元のマス目状(以降、セル)に分割し、セルごとの視線の累積滞在時間(以降、熱量)を算出した後、その熱量に応じて色付けしたものである。熱量の算出は、視線座標の含まれるセルを中心に行列の重みを加算する処理として行う。この加算処理を、取得した全ての視線座標に対して行うことでヒートマップを作成する。ヒートマップの作成には行列を用いるため、視線に含まれる固視微動などのばらつきを低減する平滑化効果が期待できる。また、累積滞在時間を求めるため、複数回の逆行を 1 回の注視として抽出することが可能であると考えられる。本手法で用いるヒートマップのセルの大きさは縦横 2pixel 四方である。また、行列の大きさは 21×21 セルであり、直径 21 セルの円形の範囲に 1 を、範囲外に 0 を配置している。この大きさは約 90%の固視微動が含まれる範囲に等しく、音読時に表示した文章における文字サイズの 3 倍である。この行列を以後、行列 A と呼称する。

4.2 注視領域抽出のための閾値設定

停留 1 回当たりの一般的な時間は 100~600ms 程度であるため[8]、作成したヒートマップの 600ms を超過する領域を注視領域と考えることができる。しかしながら、ヒートマップの熱量は行列が大きくなるのに従って増加するため、行列の大きさに応じて閾値を設定する必要がある。音読時の注視や停留の最小単位は 1 文字と考えられる。したがって、文字サイズに等しい大きさの行列(行列 B, 大きさ 7×7 セル)で作成したヒートマップに含まれる 600ms 以上の熱量は明らかに一般的な停留ではなく、読みづ

らいなどの理由で注視している状態と考えられる。そこで、行列 A 固有の熱量が行列 B と比較して何倍となるかを算出し、その倍数に 600ms を掛けた値を閾値として設定する。行列固有の熱量は、解析対象文章の音読 1 回ごとにヒートマップを作成し、y 軸方向の最大熱量を x 軸方向の中央値として集約した後の平均値を用いる。

5. 実験方法

行列 A を用いた提案手法の有用性を検討するため、行列 B および行列 C を用いた手法と比較した。行列 C は、5 文字分の大きさを持つ行列である(大きさ 35×35 セル)。注視領域抽出の閾値は、行列の大きさに基づき、行列 B は 600ms、行列 A は 1.6 倍の 960ms、行列 C は 2.6 倍の 1560ms とした。

解析対象の音読文章は、全被験者が同じ単語を読みづらさと感想に述べた文章 10 である。被験者 12 名中、取得不良データの存在しない 9 名分のデータのみを検討に用いた。また、読みづらさと申告された単語が存在する領域の左端 x 座標と右端 x 座標に着目し、その内側に注視領域が 1 点でも存在する場合を抽出成功とした。x 座標のみに着目して上下方向へのずれを許容した理由は、キャリブレーションの結果、取得される視線座標が上下方向にずれる被験者が多く認められたためである。また、読みづらさと申告された単語は文章 10 に 2 回出現するため、その両方を別々の対象として抽出率を算出した。

6. 実験結果および考察

各行列の音読回数別の抽出率を図 1 に、被験者別の抽出率を図 2 にそれぞれ示す。全ての音読回数と被験者において、単語が抽出されている。この結果は、読みづらさ単語に意識を向けた注視が発生していたことを示唆している。また、全ての音読回数と被験者において、行列 B や行列 C よりも行列 A の抽出率が高い結果を得た。この結果は、行列 A が被験者の注視領域を抽出しやすく、被験者の感覚に近い解析結果を得られることを意味している。したがって、固視微動を包含する大きさの行列を用いたヒートマップ作成は、文章中の読みづらさ単語に対する注視領域の抽出に有用であると考えられる。

行列の大きさに応じて検出率が変化した原因を考察する。行列 B は、行列 A と比較して行列の重なり合いが発生しづらいため、同じ注視に対する視線データのばらつきが注視の抽出を妨げたことが原因であると考えられる。また、行列 C は、行列 A と比較して平滑化の効果が大きすぎたため、ばらつきのみならず、注視の特徴さえも打ち消してしまったことが原因であると考えられる。

さらに、1 回目の音読と比較して 2 回目以降の音読では、いずれの行列も抽出率の低下が確認できる。これは、音読文章への慣れによって停留時間が次第に短くなり、閾値の 600ms を下回ったためと考える。また、被験者間の検出率の差も大きい。したがって、「初見で読みづらさ」といった明確な注視領域を抽出する場合には、600ms 以上の閾値を用いることが有用と考える。しかしながら、音読回数を重ねた後の注視領域抽出については、600ms 未満の閾値を被験者毎に設定する必要がある。

行列 A を用いた抽出結果例を図 3 に示す。アイトラッカーのキャリブレーションの影響を受け、右側の読みづらさ単語においては、強調されている箇所が上方方向にずれていることがわかる。上下方向のずれは、複数行の文章を読む場合の注視を強調する場合には影響があるため、さらなる検討が必要である。

本研究は、科学研究費(C)(No.JP18K02852)の助成により行われたことを付記する。

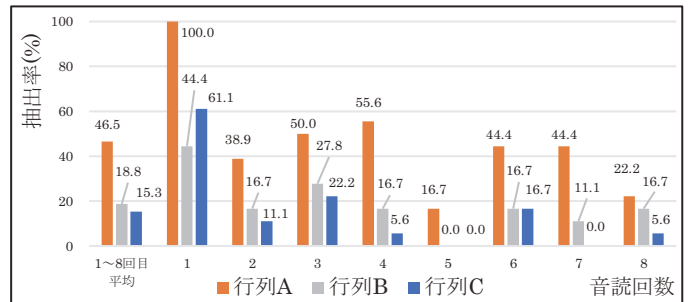


図 1 読みづらさ単語の抽出率(音読回数別)

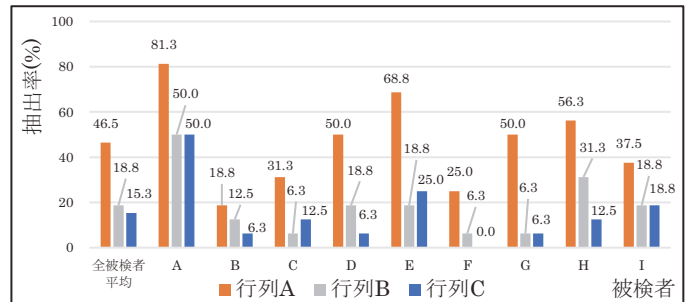


図 2 読みづらさ単語の抽出率(被検者別)

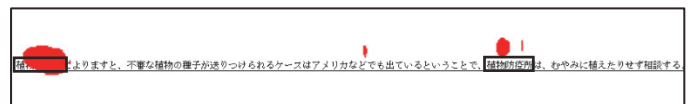


図 3 提案手法による抽出結果例

(行列 A, 文章 10, 1 回目, 被験者 A)
※黒枠が読みづらさと申告された単語の表示領域を表す

参考文献

- 鳥羽美奈子, 櫻居隆雄, 森靖英, 恵木正史: 「オフィスワークのストレス量と PC 操作ログ特徴量の重回帰分析 -PC 操作ログ分析サービスの応用に向けて-」, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.7, No.1 (2016)
- Stephen Hutt, Kristina Krasich, Caitlin Mills, Nigel Bosch, Shelby White, James R. Brockmole, Sidney K. D'Mello: 「Automated gaze-based mind wandering detection during computerized learning in classrooms」, User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol.29, pp.821-867 (2019)
- 金子寛彦: 「固視微動」, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.11, pp.1538-1539 (2009)
- 大野健彦: 「視線から何が分かるかー視線測定に基づく高次元認知処理の解明」, Cognitive Studies, Vol.9, No.4, pp.565-579 (2002)
- 大友隆秀, 望月信哉, 石井英里子, 星野祐子, 山田光穂: 「注視された Web ページのテキストをリアルタイムで取得するシステムの開発」, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌, Vol.14, No.1, pp.36-42 (2020)
- Specifications for the Tobii Eye Tracker 4C : <https://help.tobii.com/hc/en-us/articles/213414285-Specifications-for-the-Tobii-Eye-Tracker-4C> (Accessed:2020/12/24)
- NHK ニュースサイト 日本全国・世界の速報、最新情報 | NHK NEWS WEB : <https://www3.nhk.or.jp/news/> (Accessed:2020/12/24)
- Keith Rayner: 「Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research」, Psychological Bulletin, Vol.124, No.3, pp.372-422 (1998)