

令和 6 年 5 月 14 日現在

機関番号：12605
研究種目：若手研究
研究期間：2021～2023
課題番号：21K17787
研究課題名（和文）視線情報を用いたかな漢字変換時の認知行動モデル構築と作業集中度推定への応用
研究課題名（英文）Construction of Cognitive-Behavioral Model for Kana-Kanji Conversion Using Eye Gaze Information and Estimation of Concentrating on Tasks
研究代表者
辻 愛里（Tsuji, Airi）
東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・助教
研究者番号：10774284
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：PC作業者の作業に対する集中度を低負荷かつ定量的に推定する上で、定型性の高い認知判断タスクに着目し、作業者の視線運動と認知資源配分すなわち集中度との関係性を明らかにすることで集中度の推定を目指した。黙読タスクおよび校正タスク中の視線運動について1)集中条件 2)主作業への阻害タスクあり条件 3)作業継続による疲労条件の3条件下における計測実験データから識別モデルを構築した。黙読タスクについて個人内層化10分割交差検証では0.723のF値が得られた。また個人差標準化処理及び視線行動の類似度を用いた訓練データ選抜を適用することで識別モデルの個人化を試み精度向上を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
知的生産性の向上は労働人口減少が進む日本社会全体の喫緊の課題であり、様々な社会的取り組みが行われている。作業者の集中度の維持が生産性向上させる上での大きな課題となっており、その支援のためには集中度の定量的な推定が必要不可欠である。本研究では日常的な作業中に偏在し定型性の高い認知判断タスクである「黙読」と「文章入力」に着目し、作業者の視線運動と認知資源配分すなわち集中度との関係性を実験結果に基づきモデル化することで、集中度を推定する。また、個人データのみならず個人差標準化処理および類似度を用いたデータ選抜による汎化性能向上についても検討し、実装する。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to estimate the concentration of PC workers on their tasks in a low-impact and quantitative manner. Focusing on a highly routine cognitive judgment task, we estimated the concentration by clarifying the relationship between the worker's eye movements and cognitive resource allocation. Discriminant models of eye movements were constructed during reading task and proofreading task based on experimental data of three conditions: 1) concentration condition, 2) a condition with a task that interferes with the main task, and 3) a condition of fatigue due to continuous work. An F value of 0.723 was obtained for the reading task in the individual stratified 10-segment cross-validation. In addition, we attempted to personalize the discrimination model by applying individual difference standardization processing and training data selection using similarity of eye gaze behavior, and confirmed the improvement of accuracy.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：視線分析 機械学習 認知負荷 集中

1. 研究開始当初の背景

知的生産性の向上は労働人口減少が進む日本社会全体の喫緊の課題であり、様々な社会的取り組みが行われている。作業者の集中度の維持が生産性向上させる上での大きな課題となっており、その支援のためには集中度の定量的な推定が必要不可欠である。

ここで、個人が持つ認知資源は一定[1]との考えに立てば、集中度は、主作業とそれ以外のうち主作業に配分された認知資源の割合と考えることができる。また、認知心理学の分野では、二重課題条件においては認知資源が主課題と副課題に配分されるため[2]、副課題の干渉を受けて主課題の実行時間が増加することが広く知られている[3]。したがって、判断時間の増加から、主課題に対する認知資源の配分すなわち集中度の低下が推定可能と考えられる。

そこで、現有する据置型の視線計測装置を用いて書き写し課題中の視線行動を計測した結果、入力部から原文への視線移動時刻よりも確定打鍵時刻(Enter)が大きく先行する例が多数観察された。ここで反応時間に関する先行研究に照らすと、打鍵時刻より視線移動時刻の方がかな漢字変換結果確認終了時刻として妥当である可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、変換キー打鍵から視線移動までの時間をかな漢字変換結果確認のための認知処理時間とみなし、視線情報を用いた集中度の推定を考えた。

2. 研究の目的

計画の時点では、視線のみによる集中度推定は困難であると仮定していたが、アイトラッカーを導入し異なる認知資源割り当て状態を設定したうえで黙読作業を対象とした実験について分析を実施したところ、個人内であれば視線データのみを用いる場合でも構築するモデルによっては非常に高い精度で識別可能であることが明らかになった。

そこで認知判断時間の増減を集中度の指標とするため、日常的な作業中に偏在し定型性の高い認知判断タスクのなかでも視線のみで分析が可能である「黙読」と、かな漢字変換を含んだ「文章校正」に着目し、作業者の視線運動と認知資源配分すなわち集中度との関係性を実験結果に基づきモデル化することとした。

3. 研究の方法

本研究では13名の20代男女を対象とし、黙読タスクおよび文章校正タスク中の視線運動について1)集中条件 2)主作業への音刺激による障害タスクあり条件(障害条件) 3)作業継続による疲労条件の3条件下における計測実験を実施し、データを収集した。図1に実験時の作業環境を示す。モニターはDell社製P2419HC、アイトラッカーとしてTobii社のTobii Pro ナノを、障害条件の音刺激提示および雑音による影響の軽減としてbose社のノイズキャンセリングヘッドフォンであるQUIETCOMFORT 35を使用した。



図1 実験作業環境

4. 研究成果

4.1 得られた視線データの分析

実験で得られた視線データをアイトラッカー付属のソフトウェアにて可視化し、動画像として出力した。図2にデータの一例を示す。図中の赤丸が固視点を、線がサッカードを表す。また、濃度は時間的な距離を示しており、濃いほど直近の視線動作であることを表す。集中状態の(a)と比較して(b)の障害状態では固視が滞留し、(c)の疲労状態では下から上への視線移動、すなわち読み返しが発生していることが検出され、内在状態が視線運動に影響を及ぼしている可能

性が示唆された。

a 立天文台などの国際研究チームは、131億年前の宇宙で、観測史上最古となる塵（ちり）に深くもれた銀河を観測したと発表。チームの研究者によると、従来の研究では想定していなかった種類の銀河であることに加え、「見つかった銀河は氷山の一角」と考えられるといい、これまでの

b 負担が増え続ける看護職だが、その負担を減らすための方策の一つとして、医療ロボットやAIの活用が検討され始めている。米テキサス州では病院で医療品をピックアップして運ぶロボットの試験運用が3つの病院で始まり、患者と対面しない業務を肩代わりし、看護師を助ける役割を果たす。国内の大学病院でも自律走行型ロボットが検体や薬剤を運ぶ実証実験が実施されるなど、新たな技術が開発されている。

c 常に換気されているのだろうか...そんな疑問から、堺大暲君（N高校2年）は自ら実験装置を作り研究。室内の換気に必要な時間を計測しました。研究成果は中高生を対象にした科学のコンクール「第64回日本学生科学賞」（読売新聞社主催）で1等入選。彼の姿から、疑問を自ら解決しようとする力の大切さが見えてきました。研究のきっかけは、中2から通っているプログラミング教室です。プログラミングの先生からの勧めもあり、昨年7月ごろから「換気」をテーマにした研究に取り掛かりました。

図 2 データ収集結果例（a:集中条件 b:阻害条件 c:疲労条件）

4.2 識別モデルの構築

実験によって得られた視線データから 69 個の特徴量を算出し、参加者の集中状態、阻害状態および疲労状態を識別するモデルを構築した。分類器、ウィンドウサイズ、外れ値処理の有無、データ均衡化処理の種類を変えて、合計 90 通りの識別モデルを構築した。このうち黙読タスクにおいて層化 10 分割交差検証における最も精度の高かった設定値を表 1 に示す。また、表 1 の設定値を用いた 3 種の交差検証結果を表 2 に示す。表 3 は校正タスクの最適設定値を示したものであり、表 4 は校正タスクの交差検証結果である。検証結果から個人内層化 10 分割交差検証すなわち個人データを用いた推定については比較的高い精度が得られたが、一人抜き交差検証すなわち他者のデータを用いた場合の推定精度が低水準に留まった。これは集中状態の影響よりも個人差の影響が大きいことを示唆するものであり、視線運動による個人識別が可能であるという報告[4]と同様の傾向を報告するものである。一方で、異なるタスクへのドメイン適用についても検証を実施したが、ランダムな分類精度である 0.3 を下回る結果となった。

表 1 黙読タスクの最適設定値

項目	内容
分類器	RandomForest
ウィンドウサイズ	12 秒
外れ値処理	あり
データ均衡化処理	オーバーサンプリング

表 2 黙読タスクの交差検証結果

	正解率	適合率	再現率	F 値
全体層化 10 分割交差検証	0.634	0.632	0.633	0.632
個人内層化 10 分割交差検証	0.726	0.725	0.723	0.723
一人抜き交差検証	0.459	0.455	0.454	0.454

表 3 校正タスクの最適設定値

項目	内容
分類器	RandomForest
ウィンドウサイズ	12 秒
外れ値処理	なし
データ均衡化処理	オーバーサンプリング

表 4 校正タスクの交差検証結果

	正解率	適合率	再現率	F 値
全体層化 10 分割交差検証	0.617	0.618	0.622	0.618
個人内層化 10 分割交差検証	0.709	0.708	0.709	0.708
一人抜き交差検証	0.393	0.393	0.400	0.392

<引用文献>

- [1] Salvucci, Dario D., and Niels A. Taatgen. "Threaded cognition: an integrated theory of concurrent multitasking." *Psychological review* 115.1 (2008): 101.
- [2] Pashler, Harold. "Dual-task interference in simple tasks: data and theory." *Psychological bulletin* 116.2 (1994): 220.
- [3] Schmitter-Edgecombe, Maureen. "The effects of divided attention on implicit and explicit memory performance." *Journal of the International Neuropsychological Society* 2.2 (1996): 111-125.
- [4] 藤本巧海, 渡辺泰伎, and 白石陽. "視線軌跡描画における注視とサックードの特徴を用いた個人認証手法の検討." *研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS)* 2020.44 (2020): 1-8.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Saki Tanaka, Airi Tsuji, Kaori Fujinami	4. 巻 Volume 2024
2. 論文標題 Eye-Tracking for Estimation of Concentrating on Reading Texts	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Activity and Behavior Computing	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.60401/ijabc.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Saki Tanaka, Airi Tsuji, and Kaori Fujinami
2. 発表標題 Eye-Tracking for Estimation of Concentrating on Reading Texts
3. 学会等名 International Conference on Activity and Behavior Computing（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中咲希, 辻愛里, Pekka Siirtola, Jaakko Suutala, Juha Rinöning, 藤波香織
2. 発表標題 インク リメンタル学習の導入による黙読時の集中・非集中状態判別モデルの個人特化
3. 学会等名 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会第81 回研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 田中咲希, 辻愛里, 藤波香織
2. 発表標題 テキスト黙読時の視線解析による集中・非集中状態識別モデルの個人化のための基礎調査
3. 学会等名 情報処理学会第85 回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中咲希, 辻愛里, 藤波香織
2. 発表標題 テキスト黙読時における視線情報を用いた集中状態・非集中状態の識別に関する調査
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Saki Tanaka, Airi Tsuji, and Kaori Fujinami
2. 発表標題 Poster: A Preliminary Investigation on Eye Gaze-based Concentration Recognition during Silent Reading of Text
3. 学会等名 the 2022 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '22) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 田中咲希, 辻愛里, 藤波香織
2. 発表標題 テキスト黙読時の非集中状態検出のための視線行動解析
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------