

# 日本語の難読文字検出を目的とした アイトラッキングデータの位置補正に関する検討

伊藤 悠大 石沢 千佳子 景山 陽一

秋田大学

## 1. 背景・目的

リモートワークやオンライン授業をはじめとしたオンライン化に伴い、PC を利活用する機会が増加した。PC を用いた基本的な作業の1つは黙読であり、画面に表示された文章を黙読することで、資料の作成や添削、調べものといった作業が行われている。ここで、黙読時における視線の動きに着目すると、1か所を長く見つめる注視は読み難い単語や文字(難読文字)に対して発生することが知られている[1,2]。したがって、注視を用いることで、難読文字を自動的に検出できる可能性がある。難読文字の検出が可能になると、例えば、文章校閲作業において難読箇所を自動的に提案する支援システムや、外国語等の言語学習時において学習者が苦手とする単語を自動的に列挙する支援システムなどの作成が可能になると考える[3,4]。そこで本研究では、視線情報を用いて難読文字を自動的に検出するシステムの開発を目的とする。

視線情報はアイトラッカーを用いて取得される。取得された視線情報には誤差が含まれるため、実際にPC作業者が見つめていた座標点と取得された視線情報の座標点は異なるという課題が存在する[5]。

そこで本稿では、文章黙読時にアイトラッカーから取得された視線情報を補正する手法を提案し、その精度に関して検討を加えた。

## 2. 使用データ

アイトラッカー(Tobii Eye Tracker 4C[6])を用いて、PC画面上の文章を黙読している間の視線情報を取得した。アイトラッカーから取得される視線情報は、被験者が見つめていたPC画面上の座標点を90Hzの頻度で定期的に取り得たデータである。また、被験者が読み難いと感じた単語や文字をアンケート用紙に記入し、これらを難読文字とした。

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代の大学院生3名である(a~c)。なお、データ取得は「秋田大学手形地区における人を対象とした研究に関する倫理規程第6条第2項」に基づき、被験者の同意のもとで行った。

提示文章は、平均110字の文章5種類であり、3行、または4行で画面に表示された。いずれの文章も日本漢字能力検定試験[7]の読み問題から

作成した。フォントは、モニタ上における文字の位置を算出しやすくするため、等幅フォントであるMS明朝を用いた。1文字の大きさは14pixel四方(実測3.9mm四方)であり、視野角は約0.29°である。被験者とアイトラッカーの距離は、推奨距離に従い、平均78cmとした。使用したモニタの解像度は1920×1080pixelであり、ドットピッチは0.277mm、大きさは24インチである。

## 3. 提案手法

### 3.1. 視線情報の解析手法

視線情報は視線ヒートマップを用いて解析する。具体的には、PC画面を等間隔で分割した小領域(ROI: Region of Interest)ごとに視線が存在した累積時間を算出する。ROIはアイトラッカーの取得精度に基づいて4pixel四方とした。各ROIの累積時間は、視線の座標点を中心とする円形の領域にそのROIが含まれた回数である。

なお、被験者の瞬き等に伴い、視線座標が画面下方向に突出する外れ値を認めた。これらの座標値は被験者が意図して見つめた位置を表さないノイズであるため、事前に除去処理を行った。具体的には、視線情報の停留点を検出し、停留点に含まれない視線情報を除去した。

### 3.2. 視線情報の補正手法

提案する補正手法の流れを図1に示す。補正手法は5種類の処理(処理①~処理⑤)から構成される。各処理の概要を以下にまとめる。

#### ① 行領域の検出

提示文章を行ごとに分割し、各行を矩形領域として検出する。

#### ② 視線情報の行分割

視線の座標点が生前の座標点の位置から文頭方向に向かって移動した場合、異なる行に視線が移動したと判断して、視線情報を分割する。

#### ③ 行領域と視線情報の対応付け

時系列順に行領域と視線情報を対応付けする。行領域の数よりも視線情報の行数が多い場合は、視線座標点の少ない視線情報から順に除去し、行数をそろえる。

#### ④ 視線移動領域の検出

各行において、視線情報に含まれる座標点すべてを含む矩形領域を検出する。

#### ⑤ 視線情報の補正

対応付けした各行領域に対して視線移動領域が重なるように、射影変換[8]を用いて視線座標点を補正する。

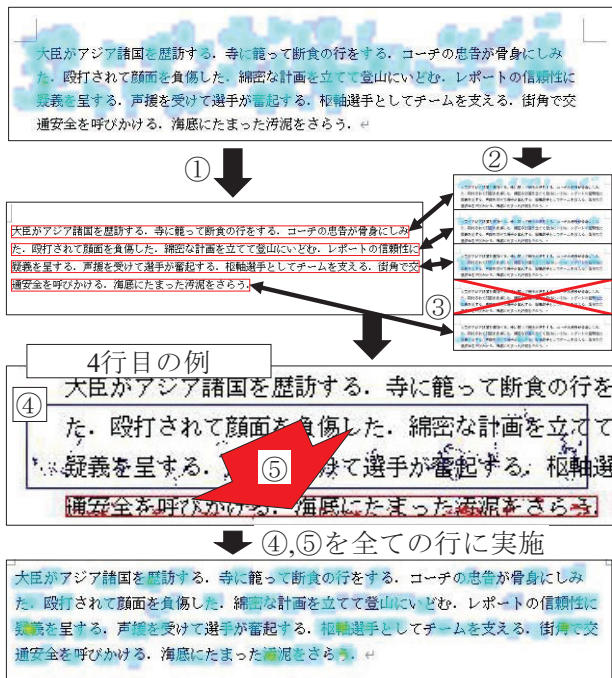


図 1. 提案する視線情報の補正手法

### 3.3. 難読文字検出手法

視線情報を用いた、難読文字検出処理の概要(①~②)を以下にまとめる。

#### ① 難読領域の検出

視線情報から視線ヒートマップを作成し、定めた閾値よりも累積時間の長いROIを難読領域として検出する。なお、閾値は、検出精度が最大となる値を用いる。

#### ② 難読文字の検出

難読領域の位置に表示されていた文字を難読文字として検出する。

### 4. 実験方法

提案する補正手法(提案手法)の有用性を検討するため、提案手法を用いた場合と異なる補正手法を用いた場合の難読文字検出精度を比較した。具体的には、提案手法と、DTW[9]に基づく先行研究の手法[5](比較手法)、および補正を行わない場合(無補正)を比較した。検出精度を表す評価指標にはF値を用いた[10]。F値は、PC画面のpixel数に基づいて算出され、1に近いほど検出精度が高いことを表す。なお、各補正手法の処理速度を比較するため、取得データを10倍に増やしたデータ(増量データ)を作成し、増量データと取得データにおける1文章あたりの処理時間の変化を比較した。

### 5. 実験結果および考察

各手法における難読文字の検出精度を図2に示す。提案手法の検出精度は0.39であり、比較手法および無補正と比較して、最も高い検出精度を示した。また、無補正は最も低い検出精度となった。この結果は、視線座標点の補正を行うことは、難読文字検出の精度向上に寄与する可能

性を示唆している。また、提案手法は、難読文字検出において比較手法よりも有用な補正手法である可能性がある。

各補正処理における処理時間の比較結果を表1に示す。提案手法は、比較手法と比較して、視線座標点数、および文字数が増加した場合においても、処理時間の増加が小さい。したがって、提案手法は、比較手法よりも処理時間が短時間であることに加えて、高精度に難読文字を検出可能であることを明らかにした。

今後は、被験者数を増加させることで、提案手法の有用性に関して詳細に検討を加える予定である。

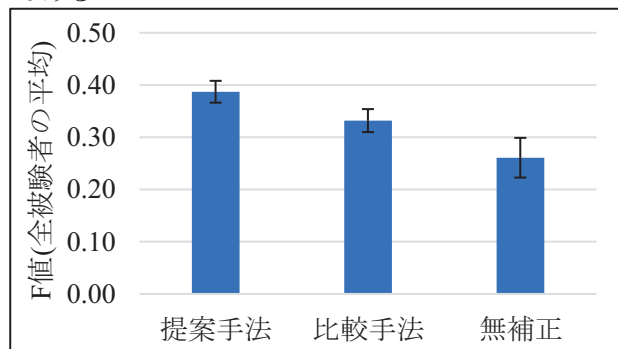


図 2. 各補正手法における難読文字検出精度

表 1. 各補正手法における平均補正処理時間(秒)

処理データ	平均視線座標点数	平均文字数	提案手法	比較手法
取得データ	1626.4	110	0.01	0.99
増量データ	16264.0	1100	0.12	98.49
処理時間の増加量(概算)			12倍	99倍

### 6. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP18K02852 および JP22H04165 の助成を受けて行われた。

### 参考文献

- [1] X. Ma, Y. Liu, R. Clariana, C. Gu, P. Li: "From eye movements to scanpath networks: A method for studying individual differences in expository text reading," Behav. Res. Methods, <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01842-3> (2022)
- [2] M.A. Just, P.A. Carpenter: "A theory of reading: From eye fixations to comprehension," Psychol. Rev., Vol.87, No.4, pp.329-354 (1980)
- [3] 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)
- [4] 東中竜一郎, 大野健彦: "視線に基づく文書理解度測定法とその応用", 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol.2002, No.9, pp.31-38 (2003)
- [5] J. W. Carr, V. N. Pescuma, M. Furlan, M. Ktori, D. Crepaldi: "Algorithms for the automated correction of vertical drift in eye-tracking data," Behavior Research Methods, Vol.54, pp.287-310, <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01554-0> (2022)
- [6] Tobii, Specifications for the Tobii Eye Tracker, <https://help.tobii.com/hc/en-us/articles/213414285-Specifications-for-the-Tobii-Eye-Tracker-4C> (Accessed: 2022/12/28)
- [7] 日本漢字能力検定協会, 日本漢字能力検定, <https://www.kanken.or.jp/kanken/> (Accessed: 2022/12/28)
- [8] 高木幹雄, 下田陽久: "新編 画像解析ハンドブック", 東京大学出版会 (2004)
- [9] H. Sakoe, S. Chiba: "Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.26, No.1, pp.43-49, <https://doi.org/10.1109/tassp.1978.1163055> (1978)
- [10] A.F. Peter: "Machine Learning: The Art and Science of Algorithms That Make Sense of Data," Cambridge University Press (2012)