

Web 閲覧中のユーザの視線に基づく関連情報提示システムの開発及び評価

Development and Evaluation of a System for Presenting Related Information Based on the User's Gaze during Browsing the Web page

森 大河[†] 山田 光穂[†] 石井 英里子[‡] 星野 祐子[†]

Taiga Mori Mitsuhito Yamada Eriko Ishii Yuko Hoshino

1. 研究背景

「目は口ほどに物を言う」という言葉があるように、視線情報は対象の興味や注意を反映することができると言われている。そのため昨今ではアイトラッキング技術を用いた視線情報の解析は様々な分野で活用されており、the International Market Analysis Research and Consulting Group(IMARC)の市場調査[1]によると世界のアイトラッキング市場は、今後 2026 年までの間に約 26%の年平均成長率(CAGR)で成長すると予想されている。このことから視線を活用した一般消費者向けのサービスの需要は今後より一層高まると思われる。

また、以前であれば情報収集手段としてテレビや書籍、雑誌が一般的であったが、10 代から 60 代までのインターネット利用状況を調査した総務省の報告[2]では、2020 年度時点においてインターネットが「趣味・娯楽に関する情報を得る」ために最も利用するメディアとして、全年代で書籍、雑誌、テレビによる情報収集を上回っており、情報収集の多くが Web 閲覧によるものへと変化している。それにより、インターネットを使いこなして情報収集ができる人と、うまく扱えない人の間で生じる情報格差、所謂デジタルディバイドが生じてしまうことが社会問題の一つとなっている。

このような背景を踏まえ、今回我々は Web 閲覧中のユーザの視線を活用した関連情報提示インタラクションシステムの開発を試みた。ユーザの注視点に基づき閲覧した Web ページ中の文章を取得したのち文章解析や単語解析を行うことでユーザの検索意図を推定し、更なる関連情報の取得が期待できるキーワードを推薦することで、Web ブラウジングを支援する。これにより、Web 閲覧による観光、旅行に関する情報収集の支援や、これまでの Web 閲覧ではユーザが得られなかったであろう意外な情報の提示が可能となり、様々な関連情報を容易に取得することが可能となる。また、閲覧するだけで更なる追加情報の取得が可能になることから、インターネットからの情報収集が難しい一部の高齢者や身体障害者等に対しても検索支援を行うことが可能になると考える。

2. 視線入力装置

本章では本研究で使用した非接触型視線入力装置である Tobii Pro Nano[3]について述べる。当機材は赤外 LED を用いて角膜上に光の反射点を生じさせ、その画像をカメラで

[†] 東海大学 大学院 情報通信学研究科 Graduate School of Information and Telecommunication Engineering, Tokai University

[‡] 鹿児島県立短期大学 文学部 Literature Department, Kagoshima Prefectural College

撮影することで瞳孔の位置を識別する角膜反射法(PCCR)を用いて眼球運動計測している[4]。光の反射点やその他の幾何学的特徴を基に眼球の方向が算出される。表 1 に当機材の仕様の詳細を示す。サンプリングレートは 60Hz であり、約 17msec ごとに視線の抽出が可能となっている。

表 1. Tobii Pro Nano の仕様

項目	仕様
サンプリングレート	60Hz
精密度	最適条件下において 0.10°RMS
正確度	最適条件下において 0.30°
遅延	1 フレーム(17msec)
視線回復時間	250msec

3. システムの概要

図 1 に本システムのフローチャートを示す。本システムでは文章取得プロセス、嗜好抽出プロセス、関連情報提示プロセスの 3 つのプロセスから成り立つ。次項より各プロセスの詳細を記す。

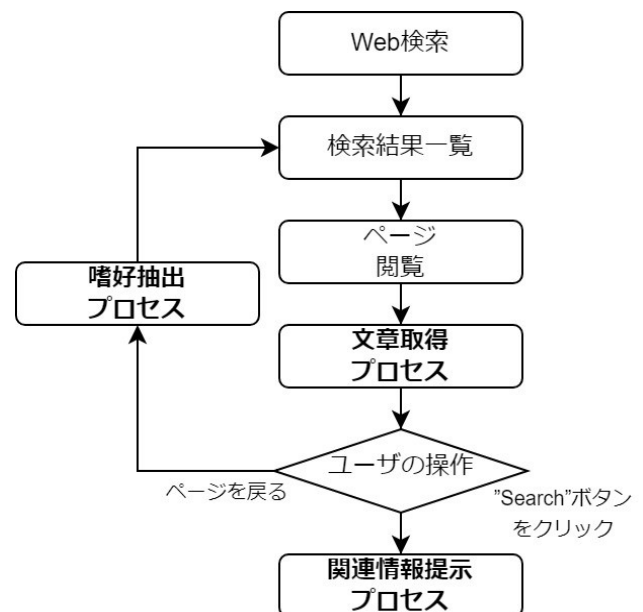


図 1. システム概要

3.1 文章取得プロセス

当プロセスでは視線入力装置 Tobii Pro Nano によってユーザの注視位置を取得し、注視点座標に存在する Web ページのテキスト要素を自動で取得する処理を行っている。図 2 に C#及び Windows Presentation Foundation(WPF)を用いて作成した GUI アプリケーションを示す。ユーザはこの GUI アプリケーションから、Web ブラウザの操作を自動化するためのフレームワークの一つである Selenium[5] を経由して開かれた Google Chrome を用いて Web ブラウジングを行う。その最中、システムは Tobii Pro Nano から抽出した座標値(X, Y)を基に JavaScript の Document インターフェースの caretRangeFromPoint メソッドを動作させることで、Web ページの本文が格納されている p タグ内のテキストを取得する。

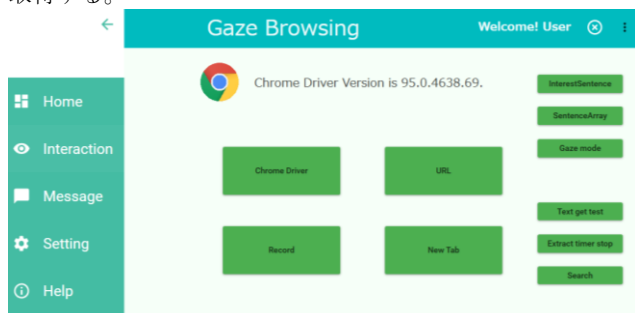


図 2. 作成した GUI アプリケーション

ただし次の特徴を持つ文章については抽出しない、または抽出後保存せず破棄する。

(1) 流し読みと判定された文章

Web ページの閲覧において、ユーザが興味関心を示す箇所では視線停留時間が長くなることが報告されていることから、熟読せず流し読みされた文章はユーザの関心が薄い可能性がある[6]。そこで本研究では熟読中に急激な注視点の変化は生じないという仮定のもと水平方向、垂直方向それぞれに対して時間閾値を設定し、流し読みと判定された文章の抽出は行わない。閾値の算出は日本語文章の平均の読み速度[7][8]と Web ページの推奨文字サイズ[9]を参考に水平方向に 160pixel/秒、垂直方向に 40pixel/秒という閾値を設定し、それ以上の注視点移動が見られた場合は閲覧していない、または流し読みを行ったと判定し文章抽出を行わないように設定した。ただし当閾値は横書きで記述されている文章に対してのみ有効であり、縦書きで記述されている web ページには対応していない。また当閾値は平均値を参考にしたものでありユーザの読み速度の個人差を考慮していない。そのため将来的にはユーザの読み速度やページごとのフォントサイズに合わせて動的に設定していく必要がある。

(2) 本文の主旨とは異なる文章

また、web ページには広告やおすすめ記事へのリンクなど、ページの主旨とは異なった文章が存在しているページがあり、これらの関係のない文が抽出されることで適切な推薦が行えない場合がある。そこでこれらの無関係な文章の多くは句点が含まれていないという傾向を利用し、抽出文に句点が存在しない文章は抽出後保存せず破棄する。

3.2 嗜好抽出プロセス

当プロセスは関連情報提示プロセスでユーザの興味を反映した推薦キーワードを提示するために使用するユーザプロフィールとして、閲覧したホームページの要約文を BERTSUM[10]を使用して作成し、保存する処理を行う。当処理はユーザが閲覧ページから離れた際に、文章取得プロセスで取得した文章に対して行われ、各ページ 3 文に要約し保存する。なお閲覧ページから離れたことは 1 秒ごとに取得している URL が変化しているか否かで判定している。文章取得プロセス及び当プロセスはユーザが GUI アプリケーション上の suggest ボタンをクリックするまで継続し、その間閲覧したページの要約文をユーザの興味として保存し続ける。また、閲覧した Web ページ全てがユーザ興味に適した内容であるとは限らないことから、閲覧ページから離れた際にユーザプロフィールとして保存するかを問う通知を表示し、「はい」が押された場合のみ当該処理を施す。

3.3 関連情報提示プロセス

当プロセスは GUI アプリケーションの画面の suggest ボタンを押した際に実行され、嗜好把握処理、重要語抽出処理、推薦語決定処理の 3 つの処理を経て検索キーワードの推薦を行う。

3.3.1 嗜好把握処理

当処理ではユーザの興味関心に沿った推薦を行うための前処理として、ユーザが閲覧した文章の中で特に興味に適したトピックの文章を推定し抽出する。suggest ボタンが押された際に実行され、その瞬間閲覧していた本文（以下、閲覧中文章）と、嗜好抽出プロセスで保存されていた要約文（以下、閲覧済文章）に対して Sentence-BERT[11]を用いた文書間類似度比較を行うことでユーザの興味に適したトピックの文章を推定する。Sentence-BERT は BERT[12]のファインチューニングにより文ベクトルを生成する手法であり、文ベクトルのコサイン距離によって文書間類似度の計算を行う。コサイン距離は 0 に近いほど文書同士が類似していることを表す。モデルは Sentence-BERT の考案者である Nils Reimers によって作成された事前学習多言語モデル(paraphrase-xml-r-multilingual-v1)を使用した。今回は閲覧済文章と閲覧中文章の文書間距離を総当たりで求め、文書間距離 0.33 以下の文章をユーザの嗜好に適した文章（以下、適合文章）として一時保存する。

3.3.2 重要語抽出処理

当処理では重要語の評価指標である tf-idf による重要語解析により、閲覧ページ内でユーザの興味がありかつ重要な単語を取得している。まず嗜好把握処理で保存した適合文章に対し、MeCab を用いた形態素解析を行い、固有名詞である単語を分かち書きで取得する。なお、MeCab の辞書には新語や固有表現に強いとされる mecab-ipadic-neologd を使用している。その後形態素解析結果の単語に対して重要語の評価指標である tf-idf を用いた重要語解析を行う。tf-idf とは単語の出現頻度及び逆文書頻度から文章中の単語の重要度を測る手法である。今回は tf-idf によって重要度が高いと判断された単語の内、上位 10 語を一時保存し、以降の処理へと移る。ただし「する、ある、できる」など

「開拓使」と同一であるため目新しい情報の推薦には至らなかった。また全体的な傾向として地名単体で推薦キーワードとなっている場合が多いが、観光、歴史どちらの情報探索行動においても地名単体で検索を行うことは考えにくく、推薦キーワードとしては適していない。そのため推定した興味トピックから「地名+観光」や「地名+歴史」のような検索クエリとして推薦していくなどの改善が必要である。またこれらの検索キーワードが利用者の検索意図に適合しているかについて、定量的な評価を行うためユーザアンケート等を用いた適合率評価も実施していく必要がある。

表 2. 推薦キーワード一覧 (観光)

本文関連情報	共起関連情報
五稜郭公園	函館公園
五稜郭タワー	函館山ロープウェイ
函館市	谷地頭
龍岡城	野塚
五稜郭	北海道庁旧本庁舎

表 3. 推薦キーワード一覧 (歴史)

本文関連情報	共起関連情報
開拓使	箱館
箱館戦争	箱館奉行所
武田斐三郎	北海道開拓使
龍岡城	明治新政府
西洋式	明治元年

5. おわりに

本研究では、Web 閲覧中のユーザの視線に基づき文章を抽出し、諸解析を経て、検索意図に適した追加情報を得るために必要なキーワードの推薦が可能な追加情報提示インタラクションシステムの開発を試みた。検証により本文関連情報、共起関連情報ともに検索意図を反映した推薦が可能であることが確認できたが、地名単体や元号など、一部推薦キーワードとしては適していない単語が推薦された。推薦されたキーワードの妥当性については、今後ユーザアンケートによる適合率評価により定量化していく予定である。今後の展望として、視線情報からの興味推定の強化が挙げられる。現状、ユーザが興味を示さなかった項目や未読の文は評価対象から除外することが可能である。そのため、Web ページの全文を解析してトピックを抽出する手法に比べ、不要な情報を削除することができるためユーザの関心を反映させることが可能であると考えている。しかし、視線情報からユーザの興味箇所を特定するまでには至っていない。深澤らによる研究[6]では注視の停留時間は関心の

ある箇所で長くなることが報告されているが、水口らは意味の理解に時間を要する文字や複雑な図柄などは自ずと視点の停留時間が長くなることから、長く閲覧しているものに必ずしも興味を持っているとは限らないことを指摘している[15]。そのため視線の停留時間をもとに興味箇所を特定するためには適切な時間閾値を検討していく必要がある。

謝辞

本研究の一部は科研費(20K12411)の助成を受けた。

参考文献

- [1] IMARC Services Private Limited: Eye Tracking Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026(2021)
- [2] 総務省:令和 3 年 情報通信白書 ICT サービスの利用動向
- [3] Tobii, “Pro Nano product Description”, <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-nano-product-description.pdf?v>
- [4] Tobii, “How do Tobii Eye Trackers work?”, <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work/>
- [5] <https://www.selenium.dev/>
- [6] 深澤綾、小俣昌樹、今宮淳美: Web ページにおける視線停留時間と脈波波高に基づく興味箇所と興味度合の特定、情報処理学会第 70 回全国大会、6ZB-3(2008)
- [7] 斎田真也、"速読と眼球運動"、日本基礎心理学会、 Vol.23、No.1、p64-69(2004)
- [8] 小林潤平、川嶋稔夫、"日本語文章の読み速度の個人差をもたらす眼球運動"、映像情報メディア学会、Vol 72、No.10、pp.J154~J159(2018).
- [9] 株式会社アイ・エム・ジェイ、"タブレット端末でのサイトユーザビリティ調査-画面サイズの違いによるタップのしやすさ、読みやすさを検証-"(2013)
- [10] Yang Liu: Fine-tune BERT for Extractive Summarization、arXiv:1903.10318(2019)
- [11] Nils Reimers, Iryna Gurevych: Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks", arXiv:1908.10084 (2019)
- [12] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv:1810.04805v2(2018)
- [13] T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. Corrad, J. Dean: "Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality", NIPS 2013: Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems, Vol.2, pp.3111-3119 (2013)
- [14] Taiga Mori, Takahide Otomo, Yusuke Nosaka, Eriko Ishii, Yuko Hoshino, Mitsuho Yamada, "Development of a Web Browsing Support System Using Eye Movements", 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics, pp.714-718(2020)
- [15] 水口充、浅野哲、佐竹純二、小林亮博、平山高嗣、川嶋宏彰、小嶋秀樹、松山隆司: Mind Probing: システムの積極的な働きかけによる視線ボタンからの興味推定、情報処理学会研究報告、Vol99、pp.1-8 (2007)