

文書読解時視線移動パターンからの興味に関する感性情報の抽出の試み

梅村 祥之 辻 貞治 増山 繁

豊橋技術科学大学 知識情報工学系

1 はじめに

情報化社会の進展により、コンピュータ上で閲覧可能な大量の文書データが提供されるようになり、それらにアクセスできる環境が、家庭や職場で整いつつある。しかし、その一方で、有効に情報アクセスするためには高度な知識と複雑な操作が必要であり、利用者層の拡大に伴いデジタルデバイスといった問題が生じている。そのような背景から、ユーザの情報アクセスを便利にするためのコンピュータ支援の研究が行われている。

ユーザ支援のフレームワークの研究として、Attentive Agents[5]や Attentive User Interfaces[6]が提唱されている。Attentive Agentsはユーザの情報をキー入力、マウス操作、Web ブラウジング、Web サーチ、視線などから得て、ユーザモデルを構成、更新し、それに応じて、情報の提示や、情報のフィルタリングを行う。ユーザモデリングに使う情報として、特に視線情報が有望であると述べている。Attentive User Interfacesの構想において、従来の GUI に代わるコンピュータのインターフェースとしての将来方向が提唱されている。

視線情報を用いた支援のうち、文書情報を対象とし、それぞれのタスクに応じた支援の研究が行われている。文献[8]は、情報検索において、どの検索結果が適合しているかを、視線から推定するものである。文献[1]は、和英翻訳作業において、多数の候補の中からどれを選択すれば良いか迷っている状態を視線情報を用いて検出し、適切な作業支援を行うものである。文献[2]は、電子辞書を使って外国語の電子文書を読解する際に、ユーザの理解度を視線情報から推定し、辞書引きが必要かどうかを自動判定して、辞書引きを自動化するものである。

文書読解時のユーザの状態の中には、上記の「迷い」や「理解度」といったユーザの読解力と文書との相互関係から決まる難易度の他に、興味深さ、おかしさ、悲しみ、怒りなど様々な情動の状態がある。視線情報から、ユーザの興味を推定できれば、情報提示やフィルタリングを代行する Attentive Agents の要素技術として活用が期待できる。文書の興味に

関し、興味と難易度や、興味と読解方略との関係などが心理学的、教育学的な対象として研究されており[7]、心理構造に関する知見が得られている。一方、文書読解時の視線移動に関する認知科学的な研究として、視線移動パターンに影響を与える文書要因に関して、語の出現頻度、語の多義性、構文的な多義性、音韻的な曖昧性など様々な要因が研究され[9]、視線移動のモデルが開発されているが[9-10]、ユーザの興味の度合いが視線移動パターンに与える影響の分析は不十分であり、また、興味の要因を含んだ視線移動モデルは開発されていない。そこで、本研究では、文書読解時のユーザの視線情報から、興味の度合いの推定を試みる。

2 手法

2.1 概略

図1に、興味の度合いの推定手法の流れを、理解度[2]や迷い[1]の推定の流れと対比して示す。興味の推定においては、文書の言語情報から標準的な視線移動パターンを推定するパスが加わっており、それと、個々のユーザの視線移動パターンとを比較する点が特徴である。両者を単純に比較すると、個々のユーザの得手不得手に応じた成分が抽出されてしまい、興味に関する成分の抽出にはならないであろう。そこで、標準的な被験者に対して視線の停留を生じさせないと予想される親密度の高い語のみを比較対象とすれば、この文書にユーザが精通しているか否かという難易度の成分を除去した成分が抽出できると予想される。この成分が、興味の度合いに関する成分であるとの仮説を設けて、興味指標を定義する。

2.2 視線分析の粒度

視線移動パターンの分析の粒度としては、文節単位とする。具体的には、視線計測装置から得られた視線座標の時系列データから、各文節の領域に存在する時間を集計する。以下、これを文節内視線存在

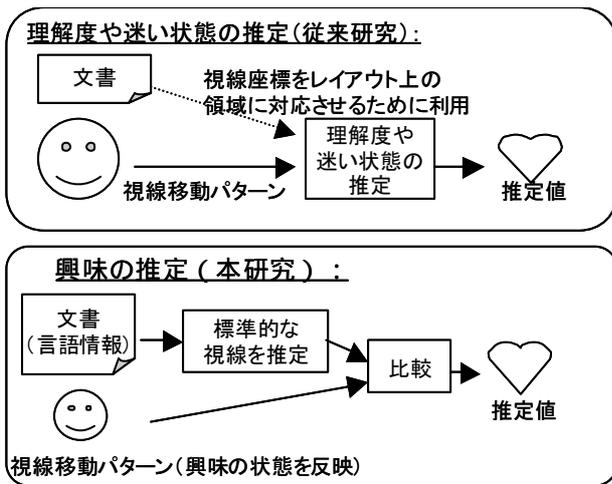


図 1 推定法の概略

時間と称する。停留時間と異なる理由は、停留時間という用語は、跳躍運動の時間を含んでいないが、本計測法では、停留と跳躍を分離しておらず、両成分が混在するためである。また、文節を単位とした理由は、文書読解時の視線の特性に関する従来の知見から[4]、視線移動のパターンが、停留と跳躍を繰り返す特性があること、一度の停留で、4～6文字程度の文字情報を取得すること、付属語で停留する可能性が少ないことから、文節単位の集計でも十分な情報が得られると考えたためである。

なお、文節の分割は、形態素解析ソフト juman[†]および係り受け解析ソフト knp[‡]を用いて機械処理で行い、人手修正は行わない。そのため、分割誤りが多少含まれている。

2.3 標準的な視線移動パターンの推定

標準的な視線移動パターンの推定に関しては、従来の視線移動モデル[10-11]で用いられている考え方に準じた。英語文を対象とした視線移動モデル E-Z Reader[10]において、単語あたりの停留時間が、定数項と単語の出現頻度の対数（単語の親密度と考えられる）に比例した項の和で与えられる。

本法では、文節を単位として、文節の出現頻度を新聞コーパスから文字 n -gram を用いて計算する。具体的には、毎日新聞コーパス 2000 年 1 年分から、頻度の高い 2500 文字に制限して文字 7-gram を作成する。文節内の文字数が 8 文字以上の場合には、先頭からの 7 文字を使用して計算する。文節は様々な品詞

の形態素が複合して構成されているが、形態素に関する処理は特に行わず、単純に文字 7-gram を計算する。以上から、文節内視線存在時間 \hat{T} を次の式で計算する。

$$\hat{T} = \log(1 / \Pr(C_1, C_2, \dots, C_7)) \quad (1)$$

ここで、 $C_i, i=1, \dots, 7$ は i 番目の文字、Pr は文字連鎖の確率を意味する。なお、EZ-Reader における 2 つのパラメータのうち、切片に相当する定数項を省略する。また、比例係数項は、後述の指標化の過程で正規化により除去されるため省略する。

2.4 興味指標

2-1 節概略で述べた方針に沿って、興味の度合いに関する指標を次のように定義する。

$$I = \left| \hat{T} / \mu_{\hat{T}} < \theta_1 \wedge T / \mu_T \geq \theta_2 \right| / n \quad (2)$$

ただし、

$|\cdot|$: 集合の要素数

\hat{T} : 上述

$\mu_{\hat{T}}$: 読解する文書内の \hat{T} の平均値

θ_1 : \hat{T} に対する閾値

T : 文節内視線存在時間

μ_T : 読解する文書内の T の平均値

θ_2 : T に対する閾値

n : 読解する文書内の文節数

この指標の意味するところを示すために、後述の実験結果のデータから借用して、図 2 に例示する。同図の 2 つの文節内視線存在時間のカーブは、同じ文書を別の被験者が読んだときのもので、両者で興味の主観値が異なっている。それに対応して、文書情報からの標準的な文節内視線存在時間の推定値と各被験者の文節内視線存在時間の乖離の程度が異なっていることが観察される。

3 実験方法

文書の種類として、小説、科学の説明記事、スポーツに関する説明記事、歴史に関する説明記事、法律の条文の 5 種類を含む 10 文書を用意する。文節数は、10 文書の合計が 4121 文節、平均 412 文節、文節数最小の文書は 166 文節からなる文書で、文節数最大の文書は 617 文節からなる文書である。10 文書中の 3 文書は 1 つの小説を 3 文書に分割したものであり、2 文書は連続した説明記事を 2 文書に分割したものである。分割の目的は、1 記事の長さが長いと被験者の負担が増えるため、負担軽減の目的である。

[†]<http://www.kc.t.u-tokyo.ac.jp/nl-resource/juman.html>

[‡]<http://www.kc.t.u-tokyo.ac.jp/nl-resource/knp.html>

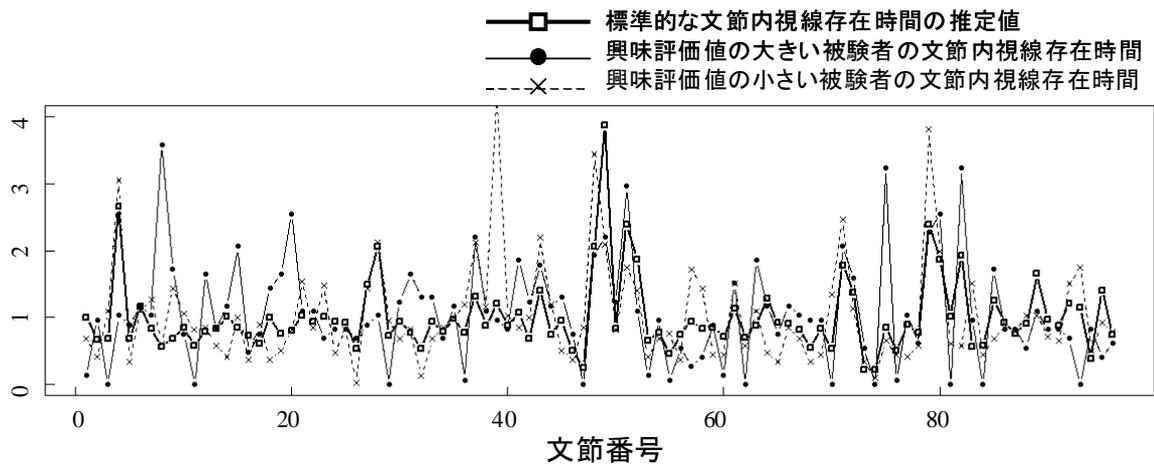


図2 興味指標の導出過程の例

被験者は、裸眼あるいは矯正で正常視力を有する9名で、そのうちの7名が大学生の男性、2名が40代の社会人男女である。

視線計測は、装着型のものを使用し、文書の表示は、19インチ液晶ディスプレイに、縦横20.8cm×20.8cmのウィンドウを作成し、そのウィンドウに1ページあたり18文字×7行で文書を表示して、約50cm離れて観察する。以上の仕様は、視線計測精度と被験者の負担とのバランスから決定したもので、前述のように、文節単位の分解能を確保しつつ、1ページ内にできるだけ多くの文字が入るように決定した。

被験者への教示としては、自由な速度で読んでもらい、読んだ後に、興味に関する主観評価値を次の5段階「かなり興味深かった、興味深かった、どちらともいえない、興味がわかなかった、ほとんど興味がわかなかった」で評価してもらう。視線計測例を図3に示す。

4 結果

被験者9名×文書10文書=90セットに対し、計測システムの不具合や被験者の都合による欠落が14セットあり、有効なものが76セットであった。

(1) 単回帰モデル

実験データ76セットに関し、式(2)の興味指標を説明変数、興味に関する主観評価値を目的変数とした線形単回帰モデルにおける相関係数を計算すると、 $R=0.34$ であった。ここで、式(2)は2つの閾値をパラメータに持つため、 R が最大となるようにパラメータを選択した。

(2) 重回帰モデル

興味の主観評価値に影響を与える可能性のある特徴量として、文書の難易度と被験者の読む速度を検討する。ここで、文書の難易度は式(1)で得られる文節毎の \hat{T} を文書全体で平均して得る。線形単回帰モデルで用いた興味指標に、これら2つの特徴量を加えて、3つの説明変数による線形重回帰分析を行う。3つの説明変数からの興味の程度に関する予測値と目的変数である興味の主観評価値との重相関係数は、 $R=0.36$ となった。なお、式(2)の2つの閾値としては、単回帰における最適値をそのまま用いた。図4に、興味に関する予測値と主観評価値との関係を散布図で表示する。

文書情報から、文字 n -gram に基づいて標準的な被験者の視線移動パターンを推定し、視線の停留が少ないと予想される箇所に関して、各被験者の視線移動パターンと比較することによって、興味の程度に関する指標を得ることを試み、妥当性を検討した。被験者9名×10文書=90セットのうち有効データ76セットに関して、本指標と主観評価値との相関を求めたところ、単回帰で $R=0.34$ 、重回帰で $R=0.36$ となり、本指標が有望である可能性が示唆された。

5 今後の課題

今後の検討課題として、以下の点が挙げられる。

- 言語情報の利用：標準的な視線移動パターンの推定式(1)において、語の生起確率の要因の他に、構文的な複雑さの要因等を加味する

- 文書の種類：今回の実験において、予備的な検討という位置づけから、広いジャンルの文書を扱った。しかし、例えば、小説と法律文では、読解時のメンタルプロセスが異なり、それを反映して、視線移動パターンの特性も異なる可能性があるため、今後、ジャンル毎の分析を試みる

謝辞

本研究の一部は文部科学省 21 世紀 COE プログラム「インテリジェント ヒューマンセンシング」および文部科学省科学研究費特定領域研究 (B)(2)16092213 の援助により行われた。

参考文献

- [1] 高木啓伸：視線の移動パターンに基づくユーザの迷いの検出 効果的な作業支援を目指して、情報処理学会論文誌，Vol.41, No.5(2000)
- [2] 東中竜一郎，大野健彦：視線を用いた自動辞書引きシステム，言語処理学会第 9 回年次大会併設ワークショップ(2003)
- [3] 大野健彦：視線を用いたインタフェース，情報処理，Vol.44, No.7(2003)
- [4] 苧坂直行：移動窓による読みの実験的研究 周辺視と読みの関係，苧坂直行編「読み 脳と心の情報処理」，第 2 章，朝倉書店(1998)
- [5] Maglio and Campbell: Attentive Agents, Communications of the ACM, Vol.46, No.3(2003)
- [6] Vertegaal, R.: Attentive User Interfaces, Communications of the ACM, Vol.46,

- No.3(2003)
- [7] 秋田喜代美：読解過程における情動と動機，大村彰道監修，文書理解の心理学，北大路書房(2001)
- [8] Salojarvi, Puolamaki and Kaski: Relevance feedback from eye movemnets for proactive information retrieval, Workshop on Processing Sensory Information for Proactive Systems(PSIPS 2004)
- [9] Rayner: Eye Movements in Reading and Information Processing:20 Years of Research, Psychological Bulletin, Vol.124, No.3(1998)
- [10] Reichle, Pollatsek, Fisher and Rayner: Toward a Model of Eye Movement Control in Reading, Psychological Review, Vol.105, No.1(1998)
- [11] Legge, Klitz and Tjan: Mr.Chips:An Ideal-Observer Model of Reading, Psychological Review, Vol.104, No.3(1997)

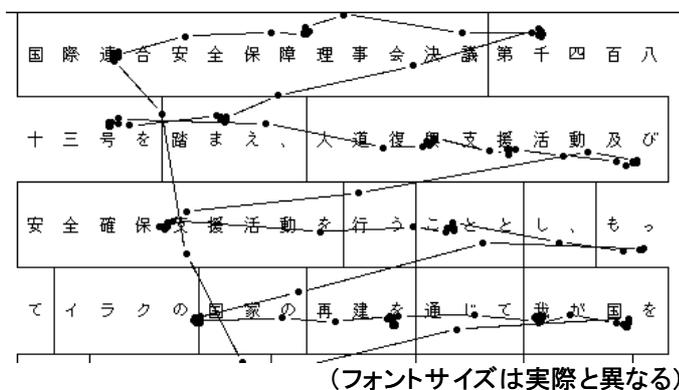


図 3 視線計測例

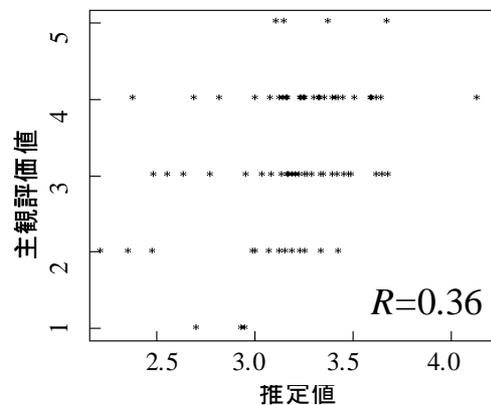


図 4 興味の推定値と主観評価値の関係を示す散布図