

視点情報に基づくリーディングライフログの取得とその視覚化

星加 健介[†] 藤好 宏樹^{††} OlivierAugereau^{††} 黄瀬 浩一^{††}

[†] 大阪府立大学工学部

^{††} 大阪府立大学大学院工学研究科

〒 599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

E-mail: †{hoshika,fujiyoshi}@m.cs.osakafu-u.ac.jp, ††augereau.o@gmail.com, †††kise@cs.osakafu-u.ac.jp

あらまし 本稿では、視点情報に基づくユーザ特性を付与したリーディングライフログの視覚化を提案する。リーディングライフログとは、人の読む行動を記録することであり、様々な研究が行われている。本稿では、リーディングライフログの中でも、ユーザがいつ、どの単語を読んだかという詳細なログの取得を目指す。このようなログを取得できれば、ユーザの読んだ単語を検索しやすくなる。ユーザの読んだ単語を特定するためには、アイトラッカを用いて、視点の位置を推定する。推定した視点の位置とユーザが本当に見ている視点の位置には誤差を含むので、重み付けによって、誤差を考慮した推定の精度を取得する。時刻毎に記録した膨大なログを見ただけで、内容を理解することは難しい。そこで、Wordleを用いて視覚化し、ユーザ自身の単語のログを一目で理解できるように工夫する。文書の単語出現回数に基づくWordleと作成した視点情報に基づくWordleを比較した。比較した結果、表示される単語の大きさの違いを確認できた。また、被験者間のWordleは異なることを確認し、視点の動きを観察した。

キーワード 視覚化、リーディングライフログ、Wordle、重み付け

1. はじめに

近年、リーディングライフログが注目を集めている。リーディングライフログとは、人が何を読んだか、どのように読んだかといった読む行動に関する記録のことで、様々な研究が行われている。中でも、文書を読む際の眼球運動の記録を用いた研究が盛んに行われている。これは、眼球運動を分析することで、文書のどこを読んだかという視点情報を取得し、読んだ文書に対する理解度や単語数を推定する研究である。

これらの研究では、視点情報から特徴的な視点の動きを抽出して結果を推定するが、ユーザがいつ、どの単語を読んだかという詳細なログはあまり利用されていない。理由として、眼球運動から視点の位置を推定するアイトラッカという機器が完全でなく、推定される視点の位置と、本来見ている視点の位置が完全に一致していないことが挙げられる。詳細なログを取得することができれば、ユーザが読んだ単語や単語を読んだ時刻を検索できる。また、ユーザが単語を読んだ回数分かると、どの単語に興味を持っているかが推測でき、ユーザの興味を考慮したサービスの提供が可能になる。

このようなリーディングライフログを実現するために、アイトラッカから推定した視点情報が含む誤差を考慮して、時刻毎に読んでいる単語を特定する必要がある。そこで、重み付けを行うことでアイトラッカの誤差を考慮した推定精度を考える。これによって、ユーザがいつ、どの単語を読んでいるかを推定できる。また、時刻毎にユーザが読んだ単語を記録したログは、膨大なデータ量なので、一見で理解することは困難である。そ

こで、Wordleを用いて視覚化し、取得した詳細なログの表現方法を工夫する。Wordleとは、文や文書に含まれる単語をグラフィカルに並べて視覚化したものである。従来のWordleは文書中の単語の出現回数に基づいて作成される。本手法では、視点情報に基づく重み付けを行ったWordleを作成する。

本稿では、視点情報に基づくリーディングライフログの取得とその視覚化を提案する。本手法の特徴は、時刻毎にユーザが読んだ単語を記録することである。さらに、Wordleを用いて取得したログを視覚化する。従来のWordleと作成したWordleを比較し、同じ単語であっても、大きさが異なることを確認した。また、被験者毎に作成したWordleを比較することで、被験者間の視点情報の関連性を発見できた。

2. 関連研究

本節では、リーディングライフログに関する研究と視点情報に関する研究、視覚化に関する研究について述べる。

高品質なリーディングライフログを実現する研究として、読書中の視点情報を用いて、文の改行を判定することを川市らが提案している [2]。また、川市らは一行の平均単語数と改行判定から読んだ単語数を推定することを提案している。

読書中の視点情報を用いて、英語習熟度を推定することを吉村らが提案している [3]。吉村らは、アイトラッカを用いて眼球運動を取得し、眼球運動の特徴量である fixation の持続時間と saccade の移動速度を利用して、英語習熟度に関して高い識別率を得ることができている。

視覚化に関する研究の一つに Keim の研究がある [1]。Keim

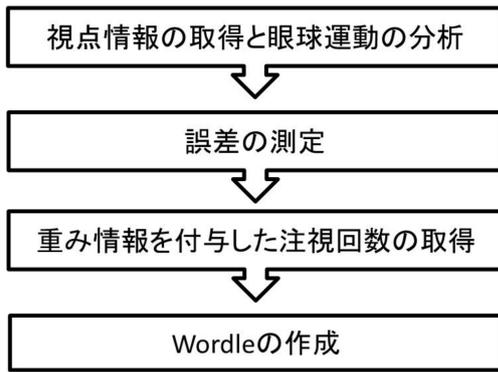


図1 視覚化の手順

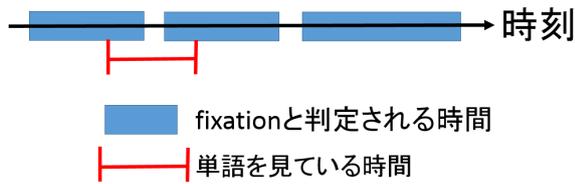


図2 fixation 時間と発話の関係

は、視覚化の手法として、幾何学的な技法、アイコン基準の技法、ピクセル型の技法、階層的な技法などがあると述べている。さらに、Keim によると、データの視覚化の目的は予備解析、確証的解析、提示解析の3つである。本手法での Wordle を用いた視覚化は提示解析であり、事実を効率的に、また明確に表現することを目標とする。

現在、視点情報を分析する研究は行われているが、ユーザが読んだ単語を時刻毎に記録した詳細なログに関する研究は行われていない。本稿では、重み付けによって、詳細なログの取得を目指す。また、一目でログの内容を理解できるように、膨大に存在しているログを視覚化する。

3. 提案手法

3.1 提案手法の手順

本節では、提案手法の手順について説明する。提案手法の流れを図1に示す。はじめに、アイトラッカを用いて視点情報を取得する。アイトラッカから取得できる視点の位置とユーザが見ている本来の視点の位置の間には誤差を含むので、誤差を測定し、アイトラッカの誤差を考慮した推定の精度を得る。次に、重み付けを行った注視回数を取得し、得られた注視回数に基づいて Wordle を作成する。以下に詳細を述べる。

3.2 視点情報の取得と眼球運動の分析

アイトラッカを使用し、眼球運動を測定して、視点の位置を取得する。眼球運動は、fixation, saccade, blink という3種類に分類される。fixation は視点がある範囲内に一定時間とどまることで、saccade は fixation 間の素早い視点の移動で、blink は瞬きである。得られた視点情報を Buscher らの手法 [6] を用いて、fixation-saccade 判定することで、fixation 時の視点の

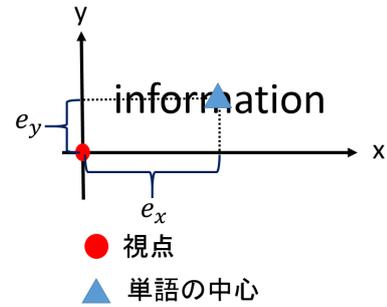


図3 誤差の測定方法

位置と時刻を得る。

3.3 誤差の測定

アイトラッカを用いて取得した視点情報と本来ユーザが見ている視点情報の誤差を測定する。アイトラッカは眼球運動を測定して、視点の位置を推定するが、本来ユーザが見ている視点の位置との間には誤差が存在する。そこで、誤差を測定し、重み付けを行うことで、ユーザが読んでいる単語を測定する。本稿において、測定する誤差は fixation 判定後の視点の座標と単語の中心座標の距離である。ユーザがどの時刻にどの単語を見ているか特定する必要があるため、誤差の測定用の文書を読ませる。文書は普段通りに読むのではなく、単語の中心を一つ一つ注視させ、注視した時点で毎回発声させ、いつどの単語を読んでいるかという情報を取得する。取得した時刻から、単語を見ているときの fixation の中心座標を求め、単語の中心との距離を測定する。ここでは、fixation と単語を関連付けるため、音声を利用する。ある単語 w_i を見ているときの音声の時間と fixation の時間の関係を図2に示す。発声される際に、fixation が複数個確認される場合、全ての fixation の座標を視点とし、図3のように誤差を測定する。図3において、視点を原点とする。具体的には、視点の座標 (x_{gi}, y_{gi}) と単語の中心座標 (x_{wi}, y_{wi}) から、 e_x と e_y を次のように求める。

$$e_x = |x_{gi} - x_{wi}| \quad (1)$$

$$e_y = |y_{gi} - y_{wi}| \quad (2)$$

そして、距離に応じた重みを以下のように定める。

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left\{\frac{(x-\mu_x)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y-\mu_y)^2}{\sigma_y^2}\right\}\right\} \quad (3)$$

式(3)において、 σ_x は e_x に関する標準偏差、 μ_x は e_x に関する平均であり、 σ_y は e_y に関する標準偏差、 μ_y は e_y に関する平均である。また、変数 x と y は独立であると仮定している。

次に、アイトラッカの誤差を考慮したユーザ特有の視点範囲を求める。ここでは、 σ_x と σ_y によって定まる楕円を考え、ユーザが見ている視点の範囲を図4のように作成する。

3.4 重み情報を付与した注視回数の取得

取得したガウス関数を利用して、注視回数に重み付けを行う。視点の位置を中心とした楕円形と単語の中心位置との関係の一例を図5に示す。楕円の範囲内に単語の中心位置が存在すれば、

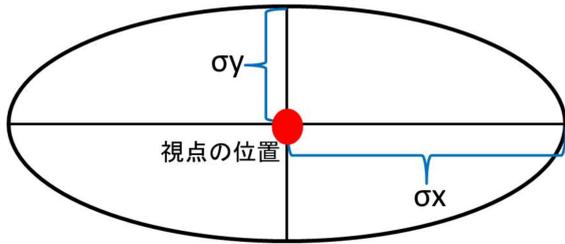


図4 ガウス関数から求めた視点範囲

uni●erse ● wh●ch ● li●ving, ● ma●king ● h●n ●
 t●e ● sa●me ● t●e ● tea●ches ● h●n ● h●w ● th●nk ● lo●g●ca
 ai●n ● li●mi●te●d ● suc●cess ● h●s ● b●e●n ● rea●che●d ● t●e ● fir
 l. ● Th●se ● pri●vi●leg●e●d ● me●m●be●rs ● o●f ● t●e ● co●m●m●uni
 e●du●ca●ti●on ● m●a●y ● b●e ● ex●p●e●ct●e●d ● t●o ● k●no●w ● so●m●e●th●i●n
 g ● h●a●p●p●e●n●e●d ● y●e●a●rs ● a●g●o, ● b●u●t ● t●h●e●y ● p●ro●b●a●b●ly ● k●no●w ● h●a●r●d●l●y ●

- 視点の位置
- 単語の中心位置

図5 作成した視点範囲と単語の中心位置の一例

式(4)に基づいて値を算出する。式(4)において、単語の中心位置を (x_{wi}, y_{wi}) 、視点の位置を (x_{gj}, y_{gj}) とし、単語 w_i に関して、重み付けを行った注視回数を p_{wi} とする。

$$p_{wi}(x_{wi}, x_{gj}, y_{wi}, y_{gj}) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left\{\frac{(x_{wi} - x_{gj})^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y_{wi} - y_{gj})^2}{\sigma_y^2}\right\}\right\} \quad (4)$$

全ての視点の位置に対して、この処理を行い、式(5)で表すように注視回数を加算する。ここで、 s_{wi} は単語 w_i の重み付けした注視回数の合計であり、 n は現在注目している単語に関連付けられた注視回数である。

$$s_{wi} = \sum_{j=1}^n p_{wi}(x_{wi}, x_{gj}, y_{wi}, y_{gj}) \quad (5)$$

3.5 Wordle の作成

重みを付与した注視回数に基づいて Wordle を作成する。具体的には、Wordle - Beautiful Word Clouds [5] を利用する。

4. 実験

本節では、視覚化の実験について述べる。アイトラッカを用いて、被験者から視点情報を取得し、Wordle を用いて視覚化する。その後、作成した Wordle を比較する。

4.1 実験条件・実験手順

実験の様子を図6に示す。被験者は日本人大学生男性が5人である。アイトラッカはSMI社の装着型アイトラッカ Eye Tracking Glasses 2.0 (ETG2.0) を使用した。

次に実験手順について述べる。被験者にアイトラッカを装着させて、2つの英語の文書を読むように指示を与えた。1つは誤差の測定用であり、もう1つは視覚化用である。



図6 実験風景

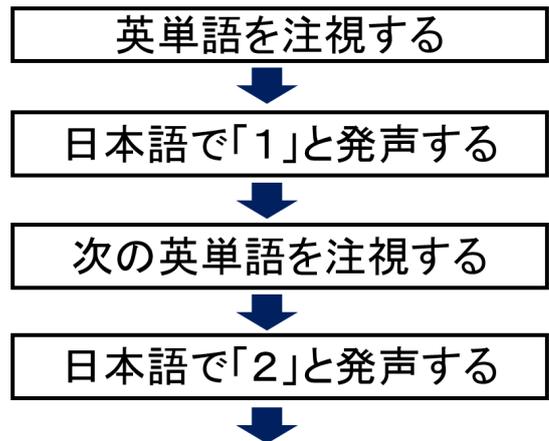


図7 誤差測定のための実験手順

誤差の測定のための実験手順について説明する。まず、アイトラッカのキャリブレーションを行う。次に、誤差の測定のために図7のような手順を繰り返す。図7の手順は、文書の一行ずつに対して行い、次の行では、また一つ目の単語を「1」と発声する。発声中の時間を可能な限り短くするために日本語で数字を発声させた。この手順を文書の全ての英単語に対して行う。

視覚化のために読む文書は、被験者に内容を理解するように伝えた。被験者は普段通りに読むので、読み返しも可能である。

4.2 文書に基づく Wordle

視点の分布を用いて作成した Wordle と比較するため、ここでは文書の単語頻度に基づいた Wordle を作成する。これは、通常の Wordle である。各単語の重みを求めるために、式(6)を利用する。ここで、単語 t の重み付けを $tf(t)$ とし、文書中の単語 t の出現回数は n_t 、全単語数を n とする。

$$tf(t) = \frac{n_t}{n} \quad (6)$$

作成した Wordle を図8(a)に示す。図8(a)の Wordle は文書の特性のみを反映している。

4.3 視点情報に基づく Wordle

fixation の位置とガウス関数を使用し、注視回数に重み付けを行い、Wordle を作成する。図9に1人の被験者の fixation を文書画像上にプロットしたものを示す。図9の視点情報を用

デンドログラムに沿って、被験者間の類似度の差が大きくなるにつれて、視点の動きはどのように変化するのが観察する。類似度が最も高い2人の被験者は、あまり読み返しをせず、スムーズに文書を読む傾向があった。次に類似度が高い S_4 は、単語、または段落ごと読み返すような視点の動きがあった。 S_3 については、複数の単語に対して、小刻みに読み返すような視点の動きがあると分かった。人が文書を読んでいるといっても、行動や視点の動きはさまざまである。読書中の人の視点の特性が強くと表現されると、類似度が低くなる傾向があると考えられる。実際に最も類似度が離れている S_1 は、一つの単語に対して、複数回の読み返しをしていた。視点の動きから他の被験者は読み返していたが、 S_1 ほど一つの単語を読み返す傾向は見られなかった人がすべての単語を同じ時間で見ていれば、文書に基づく場合と同じ Wordle が作成できると考えられる。

5. ま と め

本稿では、視点情報に基づくリーディングライフログの実現のために、ユーザが読んだ単語を時刻毎に記録したログを作成する手法について述べた。また、視覚化の手法として Wordle を導入し、文書の単語頻度に基づく Wordle と視点情報に基づく Wordle を比較し、異なることを確認できた。単に単語の頻度ではなく、読む人の視点情報を含むことがわかった。

今後の課題として、被験者と文書の数を増やすことが挙げられる。データ数が増えることで、被験者間の視点の動きの関連性を見つけていくことが期待できる。また、文書を読むときの、被験者間の視点の動きは異なることが分かったが、何を意味するのか考察するためにも多くのデータが必要である。文書を読み終わった後に、重要だと思う単語を質問し、被験者の文書に対する印象と重み付けを行った Wordle が一致するかどうか確認できる。視点情報に基づく Wordle が一般的な Wordle よりも、個人の印象を反映しているのか確認することも今後の課題である。

文 献

- [1] Keim, Daniel A. “Databases and visualization”, SIGMOD RECORD 25 (1996): pp543–543.
- [2] 川市 仁史, Kai Kunze, 黄瀬 浩一, “文書画像検索を用いたリーディングライフログの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.112, no.495, PRMU2012-223, pp.255–260, Mar. 2013
- [3] 吉村 和代, Kai Kunze, 黄瀬 浩一, “読書時の眼球運動を利用した英語習熟度推定法”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.114, no.454, PRMU2014-123, pp.63–68, Feb. 2015
- [4] 吉村 和代, 川市 仁史, Kai Kunze, 黄瀬 浩一 “アイトラッカで取得した視点情報と文書理解度の関係”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.112, no.495, PRMU2012-224, pp.261–266, Mar. 2013
- [5] <http://www.wordle.net/>
- [6] G. Buscher, A. Dengel, and L. vanElst, “Eye movements as implicit relevance feedback”, CHI’08 extended abstracts on Human factors in computing systemsACM, pp.2991–2996, 2008.
- [7] 北研二, 津田和彦, 獅々堀正幹. 情報検索アルゴリズム. 共立出版, 2002.

