

推薦論文

## Web ページ評価のための視線測定と 文書構造解析を組み合わせた注視情報視覚化

中村 亮太<sup>†1</sup> 赤坂 将<sup>†1</sup>  
柳沢 達也<sup>†1</sup> 市村 哲<sup>†1</sup>

視線測定器の性能および操作性が向上したこととともない、Web ユーザビリティ評価に視線情報が用いられるようになってきた。Web ページ上のユーザが注視した箇所や軌跡を分析することで、Web ページの視認性や利便性を評価できるようになった。しかしながら従来の視線分析作業では、注視箇所を手作業でコード化ならびにタグ付けする必要があるために多くの労力と時間を必要としている。そこで本研究では、視線検出と Web ページの構造解析を組み合わせた手法を考案し、視線の軌跡上にあるテキストや画像などのオブジェクトを自動的に取得する機能と、注視されたオブジェクトを自動的に強調表示するツールを開発した。評価実験の結果、提案手法は従来手法よりも効率的に注視箇所を特定することが可能であることを確認した。

### Gaze Visualizations for Evaluating Web Pages Based on Eye-tracking and HTML Document Structure Analysis

RYOTA NAKAMURA,<sup>†1</sup> MASARU AKASAKA,<sup>†1</sup>  
TATSUYA YANAGISAWA<sup>†1</sup> and SATOSHI ICHIMURA<sup>†1</sup>

Gaze data is now used for the Web usability evaluation thanks to the improvement of gazes measurement devices. A major problem when using eye movements to evaluate Web usability issues is that eye movement data is too large to analyze, and potentially difficult to interpret meaningfully. This paper presents a novel Web usability evaluation tool which makes it possible to get a gazed object such as a text or image. The tool includes a visualization function that marks up gazed objects. The paper presents the results of user experiments which compare our visualization technique with traditional methods and show our tool is better than existing Web evaluation tools.

### 1. はじめに

近年、インターネット利用者の増大とサービスの多様化によって、Web ユーザビリティ評価の重要性が高まっている<sup>9),17),18)</sup>。ユーザビリティ評価の1つであるユーザビリティテストでは、ユーザに Web ページの印象を回答させる発話分析法が主に行われており、多くのユーザが不満をいさぐ重大な問題を早急に発見できることに優れている。しかし、発話分析法ではユーザ自身が気づいていない、または忘れていたなどの無意識的な要素までを取り出せるわけではなく、また、ユーザとシステムとのインタラクションを記録したデータ (VTR など) を分析するためには多大な労力とコストがかかるなどの問題がある。これらの問題を解決するためにマウスやキーボードなどの操作履歴に基づいたユーザビリティ評価手法が提案されている<sup>5),8),15),16)</sup>。さらに近年では視線測定器の性能および操作性が向上したことにより、視線情報が Web ユーザビリティ評価に利用されるようになってきた。視線情報はユーザ自身も認識していない詳細な行動までを指し示すことがあり、Web ページに対するユーザの印象をより詳細に把握するための定量的データとして有用であると考えられている<sup>18)</sup>。

視線を用いた Web ユーザビリティ評価では、視線軌跡データ (Gazeplot) と注視停留データ (Heatmap)、視線軌跡動画 (Gaze Replays) が主に用いられている<sup>18)</sup>。Web ページ上にユーザの注視点を示す画像を重ね合わせ、静止画または動画として記録することで、客観的かつ定量的な分析を実現している。しかしながら、分析者が目視によって注視されたテキストや画像を調査しなければならないために多くの労力と時間を必要としている。そこで本研究では、Web ユーザビリティ評価における視線情報の集計と分析作業を効率化するために、ユーザが注視したオブジェクトの取得と各オブジェクトに対する注視度合いの測定を自動化するツールを開発した。本ツールでは、ディスプレイ上の注視位置と Web ページの構造解析結果を組み合わせることでユーザが注視した単語や文章、画像を詳細に判別・記録することを実現している。評価実験の結果、従来手法よりも提案手法の方が分析作業において効率的に注視箇所を特定することが可能であることを確認した。

<sup>†1</sup> 東京工科大学

Tokyo University of Technology

本論文の内容は 2010 年 3 月のグループウェアとネットワークサービス研究会にて報告され、同研究会主催により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である。

## 2. 関連研究

### 2.1 従来の Web ユーザビリティ評価方法と問題点

Web を含めたユーザビリティ評価の代表的な方法としてインスペクション法とユーザビリティテストがある。インスペクション法はユーザビリティの専門家が経験や知見に基づき、起こりうるユーザビリティ上の問題点を抽出する手法である。実際に動作する試作機がなくても仕様書などを確認することで一般的な問題を指摘することができる反面、アプリケーション固有の詳細な問題を発見することが困難であるといわれている<sup>1),4)</sup>。一方、ユーザビリティテストは実験参加者に Web アプリケーションを操作させ、問題点を発見する方法である。対象とするユーザが実際に利用しながら評価するため、実用上の重要な問題点を発見することが可能である。発話分析法はユーザビリティテストで主に用いられている評価手法であるが、ユーザの操作を中断しつつコメントを得る方法であるため、無意識的な部分がすべて発話されるわけではない、分析者に専門的な知識が求められる、分析作業に多くの時間を要する、などの問題が指摘されている<sup>10),12)</sup>。

これらの問題を解決するために、マウス操作イベントなどの定量的データに基づいた Web ユーザビリティ評価手法やツールが提案されてきた<sup>6),8),16)</sup>。たとえば、GUI のユーザビリティ評価においてユーザがマウスを用いてメニューなどを選択する際の時間間隔に着目した研究がある<sup>8)</sup>。実験の結果、マウス操作中の時間間隔が長ければ、ユーザが次の操作について思考し、情報を探索している可能性が高いと推測できることが報告されている。これらの定量的データを利用することで、データ分析に対するコストの削減や客観的評価が可能になるが、Web ページ閲覧において、マウスポインタを移動せずに目的の情報を探索する行動が報告されている<sup>3),5)</sup> ことから、マウスの動きのみからユーザの Web 閲覧行動を分析することには限界があるともいわれている<sup>14)</sup>。以上の背景から Web 閲覧行動をより詳細に取得できる可能性の高い視線情報への注目が集まっている。

### 2.2 視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価と問題点

従来の視線測定器は測定精度が低く、ユーザは機器を装着する必要があったが、近年では操作性の優れた非接触型や高精度に測定可能な機器が登場したことにより、Web ユーザビリティ評価に視線情報が用いられるようになってきた<sup>18)</sup>。Web ページ閲覧時のユーザの視線を記録することで細部にわたるユーザの閲覧行動分析が可能になる。たとえば、注視座標を測定することで、Web ページ上で注目されたテキストや画像を特定する手がかりとなる。また注視箇所の変移を分析することで Web ページをどのような順序で閲覧したかを調べる

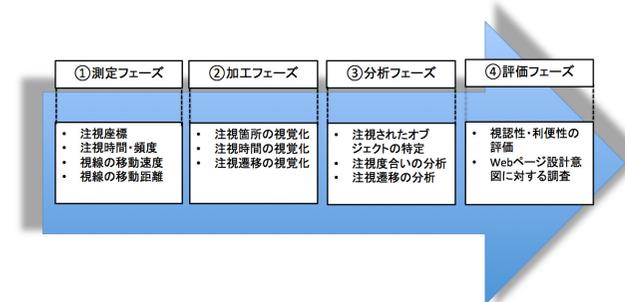


図 1 視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価の作業工程  
Fig. 1 Process of eye-tracking Web usability.

ことができる。それらは本人が説明できるだけでなく他人からも推測することが可能であるため、インターネット検索におけるユーザの行動分析などでは視線情報が効果的に用いられている<sup>22)</sup>。また、視線から人間の情緒や意図、心理状態を推測することで、Web ページに対する印象を定量的にとらえる研究もある<sup>13),14)</sup>。Web ページ上に視線を巡らしていれば、何かを探しているという探索的行動であることが分かり、1 点を注視していれば、注視先の情報に対して興味を示している可能性があるとして予測できる。しかしながら視線情報のみからユーザが注視した理由や注視時の心理状態を正確に知ることは困難であり、一般に事後インタビューとしてユーザに視線情報を確認させながら、それらの情報を調査することが分析作業において実施されている。

視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価における作業工程を図 1 に示す。①測定フェーズでは Web ページ閲覧時におけるユーザの注視座標や注視時間・頻度、視線の移動速度・距離などの各種データを測定している。②加工フェーズでは測定した視線情報を分析しやすくするために各種視覚化した情報を静止画または動画として作成している。③分析フェーズでは視覚化された注視箇所を目視によって確認し、ユーザが注視したオブジェクトを特定する作業と注視時間・頻度から注視されたオブジェクトごとに注視の度合いを分析する作業が行われている。また、視線の軌跡についても分析しており、単一 Web ページまたは複数の Web ページ間における注視遷移について調査している。④評価フェーズでは分析結果を用いて Web ページの視認性と利便性についての評価や Web ページ設計者が意図したと通りにユーザの視線が移動し、クリック・ページ遷移が起きたかなどの調査が実施されている<sup>13),18),21)</sup>。

視線を用いた Web ユーザビリティ評価における代表的な手法として Gazeplot と Heatmap がある (図 2 参照)。Gazeplot では、実験参加者の視線の動きや注視時間を確認することが可能であり、表示される円の中にユーザが注視した順番の数字が表示され、注視の停留時間が円の大きさで表されている。Gazeplot の視線分析によって、ユーザの視線行動を 1 つずつ詳細に確認することができるため、たとえば、ユーザが迷っている箇所を探し出すことでレイアウトの問題箇所を発見することが可能である。Heatmap では、複数のユーザの視線情報を重ね合わせることで、注視停留時間をサーモグラフィのように色分けしたものを分析者に提示している。これらの手法における注視先のオブジェクトの特定には、画面キャプチャした静止画から分析者が目視で確認することが前提となっている。

先進的な Web ユーザビリティ評価システムとして WebTracer<sup>13)</sup> がある。WebTracer では視線情報に加えて Web ページ上でのユーザの操作履歴を記録することが可能で、キーストローク、マウス操作、Web アプリケーションの情報、表示画面イメージ、Web ページ間移動のタイミングなどが時間情報とともに記録される仕組みになっている。WebTracer では動画を用いた視線情報の分析作業に対して効率の良い記録方式を実現することに主眼が置かれており、注視先のオブジェクトを自動的に抽出することは実現されていない。したがって注視箇所を特定するためには従来方法と同様に分析者が目視によって作業を行う必要がある。

以上のように、視線情報を用いて Web ページを評価する手法やツールが存在し、マウスやキーボードよりも無意識下の行動を詳細に把握できるようになっているが、視線情報の分析作業では注視されたオブジェクトの特定や注視度合い・注視遷移の分析が人手を介して行われているために多大なコストと時間を必要としている。本研究では分析作業における上記の問題点を解決するために、注視オブジェクトの特定と注視度合いを自動的に取得可能な



図 2 視線軌跡と注視停留時間の視覚化 (例)  
Fig. 2 Gazeplot (L) and heatmap (R).

ツールを開発した。3 章で提案手法ならびに開発したツールについて述べる。

### 3. 視線測定と文書構造解析を組み合わせた注視情報視覚化

本研究では従来の視線を用いた Web ユーザビリティ評価ツールにおいて手作業で行っていた注視箇所の集計作業を効率化するツールを開発した。本ツールを利用することで、ユーザが目にしたテキストや画像などのオブジェクトを自動的に特定することが可能であり、取得したオブジェクトごとに注視の度合いを記録することが可能である。具体的には本ツールでは以下の 2 つの機能が実装されている。

- (i) 注視オブジェクト取得機能：注視箇所のテキストや画像を取得し、保存する。
- (ii) 注視情報視覚化機能：注視結果を Web ページに反映させ、注視箇所を視覚化する。

#### 3.1 実装環境

視線測定に使用した装置は EyeTech Digital System 社製のアイトラッキングシステム “QuickGlance3” である (図 3 参照)。QuickGlance3 は視線マウスとも呼ばれ、視線先にマウスポインタを移動する入力装置である。QuickGlance3 では角膜反射法により 30 サンプル/秒で視線を測定し、測定精度は約 1 度である。非接触で視線を測定することが可能であるが、頭の動作可能範囲は約  $6 \times 6$  cm であるため、ユーザの目がつねにカメラの視野内に入るように動作を限定して測定しなければならない。Web 閲覧時にはユーザの目から約 40 ~ 50 cm 離れた位置に 17 インチ液晶モニタを設置し、解像度を  $1280 \times 1024$  に設定した状態で Web ページを閲覧させるようにした。予備実験において、Web ページ上のテキストのフォントサイズが 16 pt (約 4 mm) 以上であれば、精度良く注視テキスト上にカーソルを合わせることが可能であったが、クリックやスクロールなどのカーソル移動以外のマウス操作には視線の使用が困難であることから、それらの操作は通常のマウスによって行うことにした。以下、本ツールの実装環境を示す。



図 3 視線測定器：QuickGlance3  
Fig. 3 EyeTracker.

本ツールの実装環境

- OS : Windows XP SP3
- 視線測定器 : QuickGlance3
- Web ブラウザ : Firefox ( version 3.5.7 )
- Web サーバ : AnHTTPD ( version 1.42p )
- HTML 構造解析用スクリプト : JavaScript ( version 1.5 )
- スクリプト埋め込み・実行環境 : Greasemonkey ( version 0.8.20091209.4 )
- 形態素解析 : 茶笥 ( version 2.4.1 )

3.2 注視オブジェクト取得機能

本機能ではユーザに注視された Web ページ上のオブジェクトを特定し、注視されたオブジェクトごとに注視開始時刻や注視停留時間などの情報を自動的に記録することが可能である。これらの処理を実現するために、Web ブラウザ “Firefox” の拡張機能 ( Add-on ) である Greasemonkey<sup>20)</sup> を用いている。Greasemonkey はユーザスクリプトを実現するための機能であり、Web ページ上のデザインや機能をブラウザ側でカスタマイズすることができる。Firefox に Web ページが読み込まれると作成したプログラムが起動し、HTML の各要素に対してスクリプトを埋め込むように設計されている。視線の座標はマウスポインタと一致しているため、ブラウザスクリプトに用意されているマウスイベントの onmousedown, onmousemove, onmouseover, onmouseout を利用できる。したがって、マウスイベントが発生するたびに HTML の各要素に設定したスクリプトが呼び出され、注視情報が記録される。

テキストに対しては Web ブラウザで利用可能な event.rangeParent メソッドで段落を取得し、document.elementFromPoint メソッドでマウスポインタ下の文字を取得している。本ツールでは、文中からカーソル位置にある単語を取得するために形態素解析システム茶笥<sup>11)</sup> を利用している。注視先の単語の取得方法を以下に示す。

- (1) マウスポインタ下にある HTML 要素内の段落 ( 文章 ) とマウスポインタ下の 1 文字を取得する。
- (2) マウスポインタ下にある 1 文字が段落内で先頭から何文字目であるかを取得する。
- (3) 取得した段落を形態素解析し、単語リストを作成する。
- (4) 単語リストの中から、マウスポインタ下の 1 文字が含まれる単語を抽出する。

図 4 は、文中にある “意” の箇所にもマウスポインタがあった場合、どのように “意味” という単語を取得するかという例を示している。単語取得作業では、初めに該当する文章全体に対して形態素解析が行われる。次に解析結果から作成された単語リストを用いてマウスポ

Web ページ内の 1 つのテキストデータ

形態素解析とは、自然言語で記述された文章に対して、辞書や文章を情報源として、言語で「意」味を持つ最小単位である形態素に分割し、それぞれの品詞を判別する作業のことを指す。

上記の文章を形態素解析した結果

基本形	読み	品詞・活用
形態素	ケイタイソ	名詞-一般
解析	カイセキ	名詞-サ変接続
...	...	...
意味	イミ	名詞-一般
を	ヲ	助詞-格助詞-一般
...	...	...

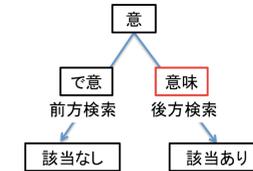


図 4 形態素解析による単語取得手順

Fig. 4 Word acquisition step with morphological analysis.

研究テーマ PDF(2009年度) PDF(2008年度) PDF(2007年度) PDF(2006年度) PDF(2005年度) PDF(2003年度)

1. マルチメディアを用いたディスタンスラーニング環境構築 (IPA 未踏ソフトウェア) ハイビジョンカメラ映像から自動的に講師の動画映像と板書の静止画を作成し、ポッドキャストシステムを開発する。
2. 工科大Linuxオープンソース市村研はLinuxオープンソースである。市村研が開発した「DJのWordArray: ハイビジョンカメラ映像から自動的に講師の動画映像と板書の静止画を作成し、ポッドキャストでP.S.P.やi.P.o.d等に配信する。」EOS OnMouseWord: 自動的に写真撮る時に人はどこが一番 OnMouseWord: 自動的に写真撮る時に人はどこが一番
3. パイオ生体情報を用いた映像の研究 (文科省 Linux オープンソース) 写真撮る時に人はどこが一番 OnMouseWord: 自動的に写真撮る時に人はどこが一番
4. 個人情報漏洩を防ぐコンピュータセキュリティの研究 (企業受託研究) RFIDタグや二次元バーコードと情報セキュリティ技術を組み合わせた新しいコンピュータセキュリティ

図 5 単語取得結果の例

Fig. 5 An example of result of word acquisition.

インタ下の “意” を含む単語を検索する。検索において “意” の前後の 1 文字も同時に調べており、前後の文字を含めた文字列で単語リストとの照合作業が行われる。本ツールによって実際に単語が取得されている様子を図 5 に示す。

画像を取得する場合、画像の URL を記録している。画像データを直接記録することはデータ取得に時間がかかることや PC の記憶容量に対して負荷が大きいため、注視画像を特定できる符合として画像の URL のみを記録する仕組みとなっている。画像 ( HTML の < img > 要素 ) の取得では、注視開始時刻 hh:mm:ss, 注視停留時間 ms, 画像 URL, XPath 形式による要素位置を 1 つの注視情報として記録している。そのほか、マウスのクリック操作も自動的に記録するように設計されており、リンク ( HTML の < a > 要素 ) に対して

onmouseclick が発生した場合、クリックしたときの時刻、リンク先 URL、リンク文字列、XPath 形式による要素位置を 1 つのデータとして記録している。

### 3.3 注視情報視覚化機能

本機能では、Web ページに注視情報を反映することで、ユーザの注目箇所を視覚的に分かりやすく提示することが可能である。閲覧された Web ページの HTML ファイルと注視情報を照合し、注視箇所にスタイルシート (CSS) で参照するためのタグ (HTML の `<span>` 要素など) またはクラス名を埋め込み、該当箇所を枠線で囲んで表示するように設計されている。図 6 は本ツールによって視覚化される前の Web ページ (図の左) と視覚化処理後のもの (図の右) の一例である。実線は注視テキスト、破線は注視画像を示しており、枠線



図 6 注視情報視覚化の例

Fig. 6 An example of our visual processing (plain (L) and visualization (R)).

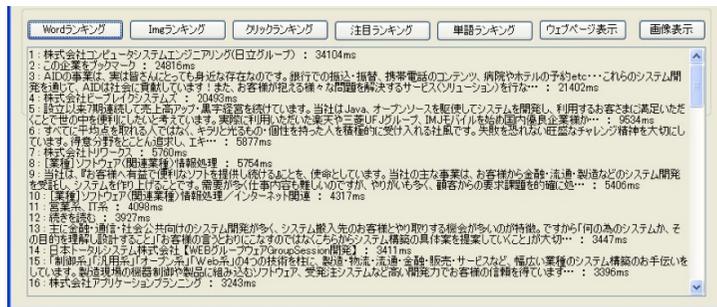


図 7 注視オブジェクトリスト

Fig. 7 List of gazed objects.

の太さは注視時間が長いほど太くなるようにに設計されている。これらの視覚化処理には、注視オブジェクト取得機能で集計した結果が用いられている。なお、集計結果は図 7 に示すように注視時間に基づいたランキングやクリックの回数に基づいたランキングなどを表示することができ、注視情報視覚化機能と併用してユーザの注視箇所やクリック箇所を確認することが可能である。

## 4. 評価実験

視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価では、図 1 に示すように視線情報の分析作業において、分析者はユーザによって注視されたオブジェクトの特定と注視度合いの分析を行っている。そこで視線分析作業における提案手法 (図 6 参照) の有用性を評価するために、従来手法として Gazeplot (図 2 左参照) のような注視点と視線の軌跡が視覚化された対象を分析する場合との作業時間を比較した。

### 4.1 実験方法

大学 4 年生 20 名を実験参加者として、Web ページ閲覧者 2 名と注視箇所を特定する Web ページ分析者 18 名に分け、事前に Web ページ閲覧者には視線測定器で視線情報を測定しながら就職情報サイトから企業情報を検索するタスクを与え、2 名の閲覧者からそれぞれ取得した注視情報を v1, v2 として記録した。分析者には提示方法  $\alpha$  として提案手法によって注視情報を視覚化した Web ページと、提示方法  $\beta$  として Gazeplot を用いて視覚化した Web ページから Web ページ閲覧者の注視箇所を特定する作業を与えた。

表 1 に示すように、分析者を A 群と B 群の 2 つグループに均等に分け、各グループには 2 つの注視情報と 2 つの提示手法を交互に組み合わせた対象 type1 から type4 を分析させた。たとえば A 群には 1 回目の分析作業において注視情報 v1 を提示方法  $\alpha$  で分析させ、2

表 1 評価実験方法

Table 1 Evaluation experiment condition.

分析作業	分析回数	実験参加者	分析データ
type1	1 回目	A 群	D (v1, $\alpha$ )
type2	1 回目	B 群	D (v1, $\beta$ )
type3	2 回目	A 群	D (v2, $\beta$ )
type4	2 回目	B 群	D (v2, $\alpha$ )

注視情報 v1 (注視箇所: 50, 総単語数: 1,285)

注視情報 v2 (注視箇所: 78, 総単語数: 1,593)

提示方法  $\alpha$ : 提案手法,  $\beta$ : Gazeplot

実験参加者: Web ページ閲覧者 (n=2), 分析者 (n=18)

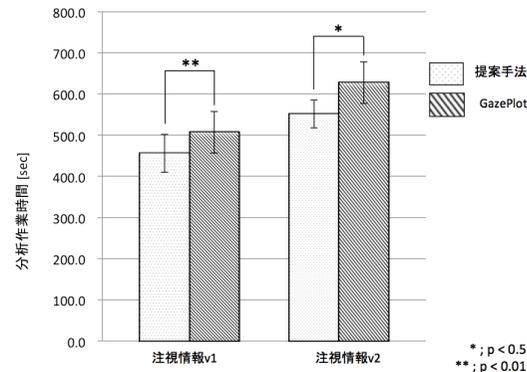


図 8 評価実験結果

Fig. 8 Result of evaluation experiment.

回目の作業では注視情報 v2 を提示方法  $\beta$  で分析させた。なお、分析者には提示方法  $\alpha$  と  $\beta$  のどちらが提案手法であるかは伝えずに実験を行った。

分析作業では分析者に Web ページ閲覧者が注目した文章または単語を特定させ、注目度の高い順に 10 個列挙させるタスクを課した。実験において、分析者には正確にタスクを遂行することを最優先させつつ同時にできるだけ素早く作業を完了するように指示した。以上の作業時間を分析者ごと計測し、提示方法  $\alpha$  と提示方法  $\beta$  を用いた注視箇所の特定作業時間を比較した。

#### 4.2 実験結果

提案手法と Gazeplot のそれぞれ Web ページから視線分析に要した平均時間と分析者が列挙した注視オブジェクトを比較した。まず、分析時間については図 8 に示すように、注視情報 v1, v2 とともに提案手法で分析したときの作業時間の方が Gazeplot よりも短いことを確認した。t 検定により 2 群の母平均値の差について有効水準 5% で両側検定した結果、v1 における有意確率は  $P < 0.01$  ( $P=0.00943$ )、v2 では有意確率  $P < 0.05$  ( $P=0.01342$ ) となり、2 群の母平均値に差があることを確認した。type1~4 の分析作業において分析者の作業時間にどの程度のばらつきが生じたかについて調べた結果、type2 と type3 の Gazeplot を用いた分析の方がややばらつきが大きいことが分かった ( $D(v1, \alpha) : \delta = 46.2$ ,  $D(v1, \beta) : \delta = 50.3$ ,  $D(v2, \alpha) : \delta = 34.1$ ,  $D(v2, \beta) : \delta = 50.5$ )。v1 と v2 における分析作業時間を比較すると、v1 を分析するために費やした時間よりも v2 の方が長くなっていることが分かる。これは v2 の方が v1 よりも Web ページ上の注視箇所および総単語数が多かつ

たため、注視の度合いを比較するために多くの時間を必要としたことが予想される。

分析作業に対する印象を分析を担当した実験参加者にヒアリング調査した結果、提案手法に対する肯定的な意見として、“ $\alpha$  の方が注視箇所が分かりやすかった・直感的に作業することができた”、“ $\beta$  では注視点どうしの大きさを比較しにくい・注視箇所が単語単位と文章のどちらであるかを判断するのに時間がかかった”、などの回答を得た。一方、“ $\alpha$  ではユーザが注目した文章は容易に特定することができたが、文章中で特に注目した箇所を単語単位まで読み取れないことがあった”、という回答を得た。

Web ページ閲覧を担当した実験参加者に視線マウスの使用感についてヒアリングしたところ、“視線が停止中でもマウスポインタが微動することがあり気になった”、“稀にマウスポインタが意図したとおりに動作しなかった”、“見ている箇所にマウスポインタが移動して使いやすかった”、“目を向けた箇所にマウスポインタが遅れず追従してくるので興味深かった”、などの意見を得た。

評価実験では実験条件として分析者に対して正確に注視箇所を特定することを課していたため、両手法において注視箇所を特定する精度は同等であった。しかしながら Gazeplot では注視対象が具体的にどのテキストを指しているのかについて一見して分かりにくい箇所が一部でみられた(全回答の中で約 2 割)。それに対して提案手法では Gazeplot のような曖昧な注視箇所は現れなかった。

#### 5. 議 論

本ツールを利用することで、視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価において課題となっていた分析作業を効率化できることを評価実験から確認した。従来まで注視オブジェクトの特定と注視の度合いの分析は、専門の分析者によって目視で作業が行われていたが、本ツールを利用することで、分析者はユーザが実際に閲覧した Web ページを確認しながら従来手法よりも効率的に注視オブジェクトを特定することが可能になり、分析者への負担を軽減できると考える。しかしながら、図 1 に示したように分析フェーズでは視線情報に関する他の分析も行われており、本ツールですべての作業を行えるわけではない。たとえば、Gazeplot で実現されているような視線の軌跡を本ツールでは視覚化していない。注視遷移の分析に対しては、本ツールにおいても注視されたオブジェクトごとに注視開始時刻を記録しているため、Gazeplot と同様に注視箇所の遷移を視覚化することは可能である。

評価フェーズにおいて、本ツールでは Web ページの視認性や利便性を直接的に評価することもできない。従来研究<sup>15)</sup>では視線の移動速度や移動距離などからそれらを評価するこ

とも試みられているが、正確に評価するためにはユーザへのインタビューで視線行動を確認する必要であり、視線情報のみからすべてを評価することは困難である。その一方で、Web ページ設計者の意図がどの程度ユーザに伝わっているかなどの評価に本ツールは有用であると考えられる。本ツールの注視オブジェクト取得機能を用いることで、Web ページ設計者が意図したとおりにユーザの視線が移動し、クリックやページ遷移が起きたことを確認する作業を効率的に行えると考える。また、本ツールの注視情報視覚化機能を応用することで分析結果を反映させた Web ページを自動的に作成することが可能であると考えられる。たとえば、Web ページ設計者がユーザに見てもらいたい対象を実際にはあまり注目されなかった場合、それがテキストであればフォントサイズやカラーを変更し、強調表示するなどの視覚的効果を加えることによって注目度を向上させることができる。以上のように本ツールでは Web ページの視認性や利便性を直接的に評価することはできないが、分析フェーズにおける作業の効率化と評価フェーズにおける Web ページ設計者の意図とユーザの視線との対応関係の評価することができるなど、Web ページの評価・改善に一定の効果があると考えられる。

本ツールに利用する上で考慮すべき点として、まず、Flash などのアニメーションを注視オブジェクトとして抽出することは実現できていないことがあげられる。動きのあるオブジェクトに対しては、Gaze Probing<sup>19)</sup> のように眼球運動がいつ発生したかという時間情報を抽出し、オブジェクトの動きと眼球運動との同期の程度を分析することで、ユーザの注視オブジェクトを高精度に推定する方法が考えられる。また、本ツールでは既存の Web ブラウザに標準的に備わっているマウスイベントを利用して注視オブジェクトを取得するために視線でカーソル移動を行ったが、一般的に行われている Web ブラウジングの行動を分析するためには視線とカーソル移動を分離することが望ましい。この課題に対してはマウスイベントを利用せず、視線座標のみから注視オブジェクトを取得できる機能を備えた Web ブラウザを独自に開発することで解決することが可能であると考えられる。本ツールにおける視線の測定環境については、測定誤差を抑えるために頭部の動作を一定範囲に制限したが、実用性を考慮するとより操作性に優れ、より自然な状態で精度の高い視線測定が行える環境を整備する必要があると考えられる。

## 6. おわりに

本論文では、従来の視線分析において人手でコード化ならびにタグ付けを行っていた分析作業を自動化する手法ならびに開発したツールの機能と評価について述べた。従来の視線情報分析では多くの労力と時間を必要としたが、視線情報と文書構造解析を組み合わせた本手

法によって Web ページ閲覧者が注視した文章や単語などのオブジェクトを自動的に取得することが可能になった。また、本ツールの注視情報視覚化機能によって Gazeplot に代表される視線の軌跡データを用いた注視箇所の特定制業よりも作業時間を短縮することが可能であることを確認した。今後、視線測定器の精度や操作性が向上することと、視線情報を効果的に利用する手法が確立されれば、視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価がさらに普及することが期待される。

## 参 考 文 献

- 1) 岡田英彦, 松田良一, 旭 敏之, 井関 治: シミュレーター対応 UI テスタによるユーザビリティ評価, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, No.54, pp.25-32 (1994).
- 2) Spool, J.M.: *Web Site Usability, A Designer's Guide* (1999).
- 3) Byrne, M.D., Anderson, J.R., Douglass, S., Matessa, M.: Eye Tracking the visual search of click-down menus, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.402-409 (1999).
- 4) 岡田英彦: ユーザビリティとその評価手法, システム制御情報会論文誌, Vol.45, No.5, pp.269-276 (2001).
- 5) Mueller, F., Lockerd, A.: Cheese: Tracking mouse movements on Websites, A tool for user modeling, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.279-280 (2001).
- 6) Card, S.K., Pirolli, P., Van Der Wege, M., Morrison, J.B., Reeder, R.W., Schraedley, P.K. and Boshart, J.: Information scent as a driver of Web behavior graphs: Results of a protocol analysis method for Web usability, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.498-505 (2001).
- 7) Ohno, T., Mukawa, N. and Yoshikawa, A.: FreeGaze: A gaze tracking system for everyday gaze interaction, *Proc. Symposium on ETRA 2002, Eye Tracking Research & Applications Symposium*, pp.125-132 (2002).
- 8) Paganelli, L. and Paterno, F.: Intelligent analysis of user interactions with web applications, *IUI'02: Proc. 7th International Conference on Interactive User Interface*, pp.111-118 (2002).
- 9) Goto, K. and Cotler, E.: *Web ReDesign 2.0: Workflow that Works*, Peachpit Press (2004).
- 10) 加藤 隆: 認知インタフェース, pp.195-199, オーム社 (2002).
- 11) 形態素解析システム茶筌, NAIST Computational Linguistics Lab (オンライン), 入手先(<http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/>) (参照 2011-02-23).
- 12) 河宜 史: Web ユーザビリティへの取り組み, 情報処理, Vol.44, No.2, pp.163-168

- (2003).
- 13) 阪井 誠, 中道 上, 島 和之, 中村匡秀, 松本健一: WebTracer: 視線を利用した Web ユーザビリティ評価環境, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2575-2586 (2003).
  - 14) 戸田航史, 中道 上, 島 和之, 大平雅雄, 阪井 誠, 松本健一: Web ページ閲覧者の視線に基づいた情報探索モデルの提案, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, pp.35-42 (2005).
  - 15) 中道 上, 阪井 誠, 島 和之, 松本健一: ユーザの振る舞いによる Web ユーザビリティの低いページの検出, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.31-40 (2006).
  - 16) Arroyo, E., Selder, T. and Wei, W.: Usability tool for analysis of Web designs using mouse tracks, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.484-489 (2006).
  - 17) 生田目美紀, 北島宗雄: 視線計測によるウェブデザインに関する研究 1 テキストとピクトグラムによる情報表現, 日本デザイン学会, デザイン学研究発表大会概要, pp.90-91 (2009).
  - 18) Nielsen, J. and Pernice, K.: *Eyetracking Web Usability*, New Riders Press (2009).
  - 19) 米谷 竜, 川嶋宏彰, 平山高嗣, 松山隆司: Gaze Probing: イベント提示に基づく注視オブジェクト推定, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.3, pp.323-333, ヒューマンインタフェース学会 (2010).
  - 20) Greasemonkey (online), available from (<https://addons.mozilla.org/ja/firefox/addon/greasemonkey/>) (accessed 2011-02-23).
  - 21) Web ユーザビリティ調査, 株式会社レアソン (オンライン), 入手先([http://www.re-a-son.com/service/usability\\_test.html](http://www.re-a-son.com/service/usability_test.html)) (参照 2011-06-30).
  - 22) Moore, R.J., Churchill, E.F. and Kantamneni, R.G.P.: Three Sequential Positions of Query Repair in Interactions with Internet Search Engines, *Proc. CSCW 2011*, pp.415-424 (2011).

(平成 23 年 2 月 28 日受付)

(平成 23 年 9 月 12 日採録)

## 推薦文

Web ユーザビリティ評価を半自動化するツールとして, ユーザの視線履歴およびクリック履歴に基づき, Web ページ改善についてのアドバイスを与えるシステムを提案し実現した. 従来は専門的な知識が必要であったユーザビリティ評価が, 一般の Web 開発者でも行える可能性が示されたことは高く評価できる.

(グループウェアとネットワークサービス研究会主査 小林 稔)



中村 亮太 (正会員)

2007 年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了. 博士 (工学). 同年東京工科大学助手. 2009 年同大学助教. 2011 年同大学片柳研究所研究員. ヒューマンコンピュータインタラクション, 生体情報活用, 教育工学等に関する研究に従事. DICOMO2005, 2006 優秀論文賞受賞, 2007 年山下記念研究賞受賞.



赤坂 将

2010 年東京工科大学卒業.



柳沢 達也

2010 年東京工科大学卒業.



市村 哲 (正会員)

1994 年慶應義塾大学大学院理工学研究科博士後期課程修了. 博士 (工学). 同年富士ゼロックス (株) 入社. 1997~1999 年富士ゼロックスパロアルト研究所 (FXPAL) 駐在. 2002 年より東京工科大学. 2011 年同大学教授. グループウェア, ネットワークサービス, 生体情報活用等の研究に従事. 「IT TEXT 基礎 Web 技術」, 「IT TEXT 応用 Web 技術」(オーム社). DICOMO 2011 最優秀論文賞受賞. ACM, 電子情報通信学会各会員.