

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

戸田 航史¹, 中道 上¹, 島 和之², 大平 雅雄¹, 阪井 誠³, 松本 健一¹
e-mail: { koji-to, noboru-n, masao, matumoto}@is.naist.jp, shima@computer.org, sakai@sra.co.jp

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

² 広島市立大学 情報科学部

³ (株)SRA 先端技術研究所

概要: これまでに Web ユーザビリティ評価に使用されるデータとして Web ページにおける滞在時間やマウスの動きが挙げられる。しかし、これらのデータでは Web ページ内における Web ユーザビリティに関する問題の位置を特定することは難しい。本研究では、閲覧者が Web ページから目的の情報を探索する際の情報探索行動を、注視点の動きを用いて調べる実験を行った。実験の結果、Web ページ閲覧者は注視点の停留時間が短い場合には目的の情報の位置を探索し、長い場合には探索した情報が目的の情報(またはそれに近い情報)であるか判断していることが分かった。本実験結果より注視点の動きに基づく情報探索モデルを提案する。このモデルを利用することにより、Web ユーザビリティ問題が含まれている位置を特定することが可能になると期待される。

An Information Exploration Model based on Eye Movements during Browsing Web Pages

Koji Toda¹, Noboru Nakamichi¹, Kazuyuki Shima², Masao Ohira¹, Makoto Sakai³, Ken-ichi Matsumoto¹

¹Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

²Faculty of Information Science, Hiroshima City University

³SRA Key Technology Laboratory, Inc.

Abstract: Although the data such as visit time and mouse movements has been used for evaluating web usability, these data is difficult to be used for detecting a specific location where usability problems exist. In this paper, we have conducted an experiment to study users' information exploration activities during browsing web pages by measuring eye movements. From the results of data analysis, we have found that if users' eye fixation time was short, users were exploring a location of information. And we have found that if users' eye fixation time was long, users were judging whether the information users found was the information they wanted. Using such the results, we propose an information exploration model based on eye movements during browsing web pages. We expect that the proposed model enables to detect a specific location including web usability problems.

1 背景

今日、多くの個人や企業が、情報発信や業務遂行の手段として Web ページを利用しており、その開発には多く

の時間と労力が費やされている。一方、Spoolらが行った Web ユーザビリティの調査によると、Web サイト内に探している情報が存在する事を知っているにも関わらず、それを探し出すのに失敗する例が 50%を超えていると報告されている[11]。Web ページのユーザビリティは企業

の売上に影響するため[7], 使いやすい Web ページを作る上で Web ユーザビリティの評価は非常に重要である。

Web ページに限らず, ユーザビリティを評価するための一般的な手法としては, ユーザビリティテストを挙げることができる[4]. ユーザビリティテストは, 実際にユーザにシステムを操作してもらうことでシステムの評価をおこなうため, ユーザトラブルを引き起こす重大な問題点を発見しやすいという利点がある[3].

その具体的な方法としては, ユーザにシステムを操作してもらいながら, 評価対象の印象について話してもらう発話分析法が多く行われてきた[1]. しかしながら, 聞き手の尋ね方によっては必ずしも本当のことを聞き出せない場合があることや, 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) を分析するのに時間がかかるなどの問題がある。

このような問題を解決するため, ユーザがシステムを操作した際にどのような操作を行ったか, また, その操作に対してシステムがどのような応答を行ったかをバックグラウンドで自動的に記録し, その操作履歴に基づいてそのシステムのユーザビリティを評価するための手法やツールが数多く提案されている[8][12]. 操作履歴を評価データとして利用することで, データ分析の自動化によるデータ分析コストの削減や客観的・定量的な評価が可能となる。

これまで提案されてきたインタラクション履歴記録・分析のための手法やツールは, ユーザの操作時間やマウスの動きに関するものが多い。例えば, GUI のユーザビリティ評価の場合, ユーザがマウスを用いてメニューなどを選択する際のマウス操作の時間間隔を利用したものがある[8]. マウスの操作時間間隔が長ければ, ユーザが次の操作を考えたり, 情報を探している可能性があると考えことができ, GUI デザインのための一助として収集データを利用することができる。

しかし, Web ページの閲覧において, ユーザによってはページ内の空白部分にマウスカーソルを置いたまま目的の情報を探索する行動が報告されている[2]ことから, マウスの動きのみから Web ページ内の問題の箇所を特定することは難しい。そのため, 心理状態が表れることが経験的に知られており, ユーザがどの位置の情報を対象としているのかが客観的に明らかとなる視線情報を利用したユーザビリティ評価が行われるようになった。

視線情報を利用したユーザビリティ評価では, 注視点の軌跡が利用される。ここでいう注視点とは, ユーザが見ている対象の画面と, ユーザの視線との交点である。注視点を含む様々なユーザの操作履歴を記録し, 再生することでユーザビリティテストを支援するツールの研

究[10]が行われ様々な知見が得られているものの, ユーザが Web サイト内で情報を探索しているときの思考過程と, 定量的な視線情報との関連についてはこれまでほとんど調査されていない。

そこで本研究では, まず, Web サイト内での情報探索時に, 閲覧者が得たい情報かどうか(または得たい情報に到達できる可能性のあるリンクであるかどうか)を判断している時間と, その時点での注視点の動きとの関係を調べる実験を行った。実験の結果, Web ページ閲覧者の注視点停留時間(Web ページ内のある特定の箇所に注視点が残る時間)が短い場合には目的の情報の位置を探索しており, 長い場合には探索した情報が目的の情報(またはそれに近い情報)であるかを判断している, ということが分かった。

本稿の構成は以下のとおりである。続く2章では, 先行研究について述べ, 本研究の立場を明らかにする。3章では, 情報探索時の注視点停留時間と注視点の動きとの関係を調べるための実験について述べる。4章では, 実験の分析結果を示し, 5章では, 判断中とその他を停留時間で区別することが可能であるかについて考察を行う。6章では, 分析結果から得られた「注視点の動きに基づく情報探索モデル」を提案する。本モデルは, Web ページ内での情報判断の困難な箇所を特定するために利用することができ, Web ユーザビリティの向上に寄与するものと期待できる。最後にまとめと今後の課題を述べて本稿を結ぶ。

2 先行研究

本章では, 客観的に Web ユーザビリティを評価するための従来手法と, ユーザビリティ向上を目的として注視点の軌跡を分析した実験を先行研究として述べる。

2.1. 定量的Webユーザビリティ評価手法

池本の手法では, ユーザがマウスを用いてメニューやボタンなどを選択する操作の時間間隔を予測値と実測値とで比較し, 予測値よりも長く時間がかかっていた操作を検出する[6]. この時間の差分が大きい操作があった場合, その操作がユーザにとってわかりにくく, 悩んでいた, もしくは画面レイアウトが複雑なため次の操作部品を探すのに時間がかかったなど, ユーザビリティ上の問題が存在することを検出することができる。

また, Florian らは Web ブラウザ上でのマウスの動きを記録するスクリプトを作成し, ユーザの実際の Web ブラウズ中のマウスの動きを記録する試みを行った。分析の結果, ユーザは Web ページ上の空白にマウスを移動させ, ペ



図1 情報探索のための実験環境

ージを読む人が多かった事を報告している[2].

これらは、GUIに関しては、マウスの動きを測定し定量的な分析を行うことで GUI の問題のある箇所を特定することはできるものの、Web ページ内のユーザビリティに関しては、マウス操作と情報探索行動とが必ずしも連動しないため、Web ページ内の問題のある箇所を特定することが困難なことを示唆するものである。

2.2. 注視点軌跡を用いた画面設計の有効性

森らは、情報システム開発における画面設計のプロトタイプングの有用性をさらに向上させる方法として、眼球運動を分析して、プロトタイプ画面を修正する実験を行った[8]。実験の結果、修正後のプロトタイプ画面では、操作スピード、使いやすさ、満足度が向上することを明らかにした。

森らが行った眼球運動の分析は、まず被験者の注視点の動きを記録し、プロトタイプ画面における被験者の注視点の軌跡を記録する。スムーズな注視点の動きは上から下、左から右への動きであると仮定を規定し、この逆になる注視点の軌跡をチェックし、画面上の項目の位置を修正する。そして修正前と修正後の操作スピードと使いやすさ満足度を比較して注視点軌跡を用いた画面設計の有効性を検証している。

しかし、注視点の軌跡を用いてユーザビリティの評価を行う場合においても、問題点となる部分を見つけるためのユーザビリティに関する知識と経験がある程度必要となるため、より定量的な評価を行うためのユーザビリティ手法の開発が望まれている。

3 情報探索時の注視点と停留時間の計測実験

本章では、Web サイト内での情報探索時における閲覧者の注視点移動モデルを作成することを目的として、閲覧者の注視点移動行動と情報判断時間(注視している情報が得たい情報かどうかを判断している時間)との関係を調べるための実験について述べる。

3.1. 実験概要

本実験では、ユーザ操作履歴記録・分析ツール WebTracer [9]を用いて実験タスク(あるサイト内での情報探索)を課した被験者の注視点移動の様子を記録し、タスク終了直後に被験者自身の操作履歴を再生しながら情報判断を行った時点を口頭で申告してもらうという方法で情報判断時間を測定した。

3.2. 実験環境

本研究で用いた実験環境(図1)は以下のとおりである。

- ディスプレイ:液晶 21 インチ(有効表示領域:縦 30cm, 横 40cm, 解像度:1024×768 ピクセル)
- 顔とディスプレイの距離:約 50cm
- 視線計測装置:NAC 社製EMR-NC(サンプリングレート:毎秒 30 回視野角:0.28 度, 画面上の分解能:約 2.4mm)
- 視線情報の記録・再生:WebTracer

注視点移動の様子は WebTracer を用いて記録した。WebTracer は、Web ページ閲覧中のユーザのブラウザ操

表 1 停留時間毎の停留回数

停留時間 (s)	判断中の停留回数(回)	その他の停留回数(回)
0.1-0.3	11	70
0.3-0.5	54	623
0.5-0.7	21	121
0.7-0.9	8	33
0.9-1.1	2	6
1.1-	3	6

表 2 停留時間の平均値と標準誤差

	平均値 (s)	標準誤差
判断中の停留時間	0.301	0.252
その他の停留時間	0.251	0.177

作履歴を記録・再生するためのツールである。記録可能なデータは、利用者の視線情報(視線計測装置によって計測されたディスプレイ上での注視点座標)、キーストローク・マウス操作履歴、ウェブアプリケーションの状態、表示画面イメージ、Web ページ間の遷移履歴などがあり、それぞれ時間情報が付加されている。

また WebTracer は記録したデータを用いて、ユーザのブラウザ操作履歴を注視点およびマウスカーソルの位置を重ね合わせて再生することが可能である。ブラウザ操作履歴の再生では、一時停止、早送り、巻き戻し、スライダーによる再生位置の指定など、デジタルビデオ映像に対して行われる一般的な操作を行うことが可能となっている。

3.3. 被験者とタスク

被験者は、業務の一環として日常的に Web ブラウザを利用している 6 名である。実験対象に設定した Web サイトは初めて閲覧するものである。

被験者に課したタスクは以下のものである。

タスク 1: あるエレクトロニクスメーカーの Web サイトの中から大学院修士課程卒業生の初任給を調べる

タスク 2: ある鉄鋼メーカーの Web サイトの中から大学院修士課程卒業生の初任給を調べる

まず、実験環境に慣れてもらうことを目的として、被験者にあるポータルサイトからニュースを 2 つ読んでもらった。次に、本実験として、実在する企業のサイトから大学院修士課程卒業生の初任給を探すという上記 2 つのタスクを実行するよう依頼した。

3.4. 実験データ収集手順

前述の 2 つのタスクに対してそれぞれ以下の手順でデータを収集した。

手順 1: 初期設定として、被験者のディスプレイには各企業のトップページへのリンクを張った実験用 Web ページが表示されており、タスクを実行するために被験者がそのリンクをクリックした時点から実験を開始する。

手順 2: 被験者のタスク実行中のブラウザ操作の様子を WebTracer を用いて記録する。注視点の移動データは視線追跡装置を用いて測定し記録する。タスクは被験者が初任給を見つけることができたときと申告した時点で終了する。

手順 3: タスク終了後すぐさま、WebTracer で記録した被験者の操作履歴を再生し、被験者に訪れた全ての Web ページを閲覧してもらう。

手順 4: 再び同じ操作履歴をスロー再生で閲覧してもらいながら、得たい情報(大学院修士課程卒業生の初任給)かどうかを判断していた場面を可能な限りすべて申告してもらい、その時刻と時間を記録する。同時に、判断していた時点でどのようなことを考えていたのかをインタビューコメントを得る。

4 分析結果

本章では、実験から得られたデータを分析した結果について述べる。なお、被験者が判断を開始したときと申告した時間の前後 0.5 秒の計 1.0 秒間を「判断中」、それ以外の時間帯を「その他」として分析を行った。判断中とした時間については、それが被験者本人の口頭による申告であるため、実験者に伝わるまでにタイムラグが発生すると考えた。

4.1. 判断中の停留時間と停留回数との関係

本節では、被験者が判断中であると申告した場合とその他の場合において被験者の注視点の停留時間にどのような傾向の差が見られたかについて述べる。以降、ある時点の注視点を基準として、半径 60pixel の円の範囲内に 0.1 秒以上留まっている場合を同一の停留点とする。この範囲から外れた時点で次の新しい停留点とする。

まず、被験者が判断中である停留点の停留回数と、その他の停留点の停留回数を 0.2 秒毎に集計した。その集計した結果を表 1 に示す。また、その結果から判断中とその他の比率について全体に対する百分率で表示したものを図 2 に示す。その際、停留時間が 1.1 秒を超える

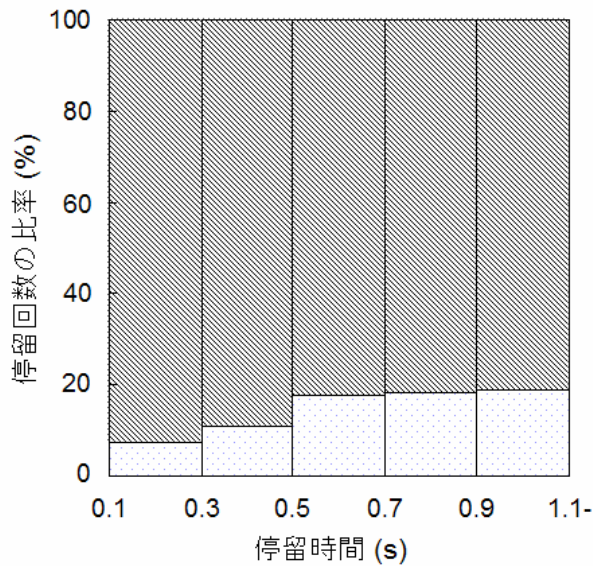


図2 時間ごとの全停留回数に占める判断中とその他の停留回数の割合

部分については、停留点の数が少なく、判断中とその他の一般的な比率とは言えないので除外した。これらの結果から停留時間が長くなるに従って、判断中の停留回数が全停留回数に対して占める割合が増加する傾向があることがわかった。

また、判断中とその他の停留時間の平均値・標準誤差を表2に示す。表2から、被験者が判断中の場合とその他の場合に平均停留時間に差があり、判断中の平均停留時間はその他における平均停留時間よりも長くなることが分かった。

4.2. 停留点発生時の状況分析

本節では、被験者の注視点が停留している際、被験者は判断中であるのか、またその他の場合にどのような状況で注視点が停留しているのかについて述べる。特に様々な状況が見られた、ある被験者のタスクを行っているときの注視点の停留時間の推移を図3に示す。注視点が0.4秒停留している時刻におけるこの被験者の操作状況についてインタビューによる被験者のコメントなどを利用して分析した。

まず、被験者が判断中であると申告した時刻 A, B における注視点の停留時間について分析した。被験者が判断中である図3中の時刻Aにおいて0.8秒の停留点を確認された。また、時刻Bにおいては0.4秒程度の停留点が短時間の停留をはさんで2度現れている。このときのWebTracerで記録した被験者が閲覧していたWebページと注視点の位置、マウスカーソルの位置を図4に示す。被験者は図4のように採用情報と書かれた画像の一

部を注視し、注視点が停留していたが、その後、同一の画像内で、わずかに視線が移動した、これによって短時間の停留を挟み、0.4秒程度の停留時間が2度現れている。

さらに、被験者が判断中でないその他の時間であるにも関わらず、注視点が停留している時刻 C, D, E, F について分析した。時刻Cにおける0.4秒の停留点では、Web閲覧者がマウスのホイール機能を利用してWebページをスクロールしていた。時刻Dにおける0.4秒の停留点では、得たい情報へのリンクを発見後、そのリンクをクリックするために画面上のマウスカーソルを探し、発見したマウスカーソルを注視し、停留していた。また、ページ遷移直前の時刻Eにおける0.4秒の停留点では、正確にリンクをクリックできるように、マウスカーソルとリンクの双方を確認できる点を注視し、停留していた。ページ移動直後の時刻Fにおける0.4秒の停留時間は、被験者ではなくWebTracerによるものである。WebTracerが収集するデータでは新しいWebページを要求した時刻をページ遷移の時刻として処理しており、遷移後のWebページが表示された時刻ではない。つまり、コンピュータの処理が遅れる、具体的な状況としては、リンクをクリックしたが、それが表示されるまでに時間を要し、その間、被験者はクリックしたリンクの部分や画面の中央、インターネットエクスプローラの読み込み量を示すバー等を注視し、停留していた。

これらの結果から、Webページ閲覧者が得たい情報を判断する際、注視点が停留することが分かった。しかし、長い注視点の停留は、情報の判断時だけでなく、Web閲覧時の様々な状況で起きることも確認された。

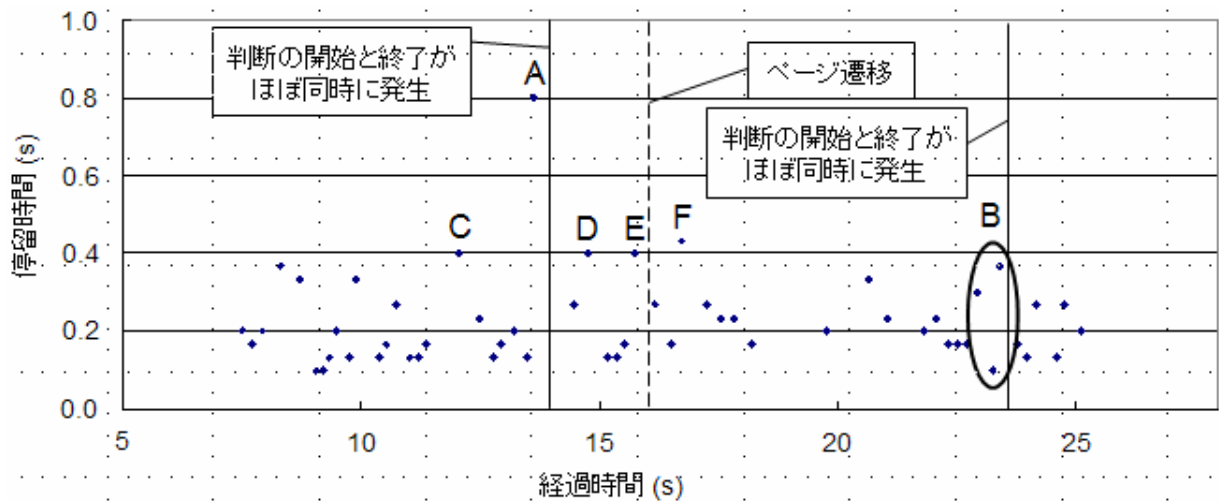


図3 ある被験者の経過時間ごとの停留時間

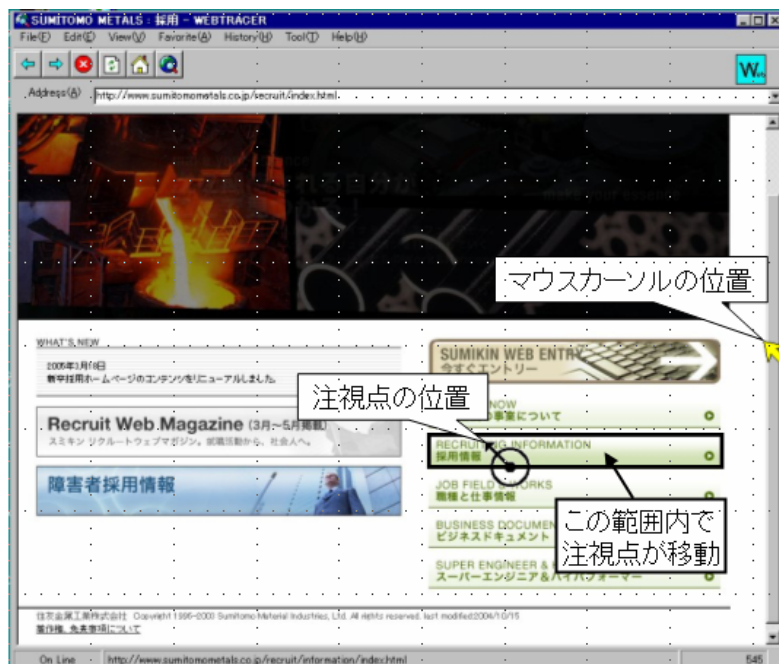


図4 時刻Bにおける注視点とマウスカーソルの位置

5 考察

実験の結果から、Web ページ閲覧者が得たい情報を判断する際、注視点が停留することが分かった。しかし、注視点の停留は、情報の判断時だけでなく、Web 閲覧時の様々な状況で起きることも確認された。情報の判断時を除くどのような Web 利用状況において注視点の停留が見られるのか、またそのような状況を情報判断時と区別することが可能であるのかについて考察する。

まず、注視点の停留が見られた状況としてリンクからのページ遷移直後に Web ページの表示を待っている場合がある。この状況は、遷移後の Web ページのダウンロードに要した時間を利用することにより情報判断時の注視点の停留と区別できると考えられる。

次に Web ページのスライドバーをマウスでスクロールする場合がある。この状況ではスライドバー上で注視点とマウスカーソルの位置が一致するという特徴が見られる。そのため、注視点とマウスの位置情報を利用し、このような場合を除くことにより、情報判断時の注視点の停留と区

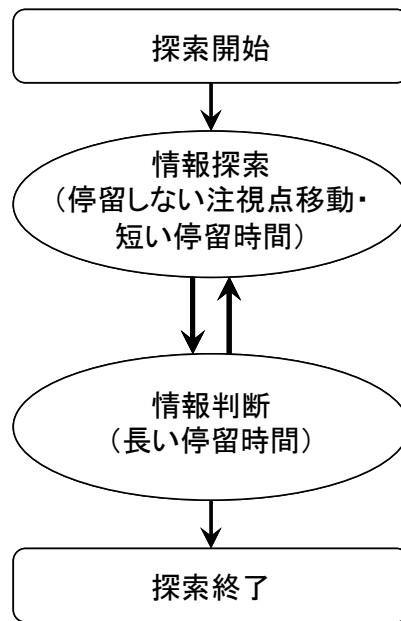


図 5 Web ページ閲覧中のユーザの視線に基づく情報探索モデル

別できると考えられる。

また、Web 閲覧者がマウスのホイール機能を利用して Web ページをスクロールした場合も挙げられる。しかし、ホイール機能が使用された前後の停留点を除外することで情報判断時の注視点の停留と区別できると考えられる。

しかしながら、情報判断時にも関わらず、注視点の長い停留が見られない場合があった。注視の対象となっているテキストや画像は同じであるにも関わらず、対象上でわずかに注視点の位置が移動したために二つ以上の短時間の停留に分割される場合である。そのため、停留点を判別する際に、停留時間が短いために判断を行っていないと判定されてしまう可能性がある。この問題に対しては、停留中に注視している位置を、その前後の停留時間での位置と比較し、それが同じコンテンツ(テキストや画像)を注視し続けているのであれば、停留点を統合する等の処理を行うことで解決できると考えられる。

6 情報探索モデルの提案

実験の結果、Web サイトから情報を探索しているユーザは得たい情報のある箇所を探索し、その箇所が目的の情報である、もしくは目的の情報に近づけるかどうかの判断を繰り返していることが分かった。また、情報探索時はユーザの視線に停留しない注視点移動や停留時間の短い停留点が多く、情報判断時には停留時間の長い停留

点が見ることが分かった。また、考察から判断中とその他の停留点をマウス・ホイールの操作やページ遷移の履歴を用いることにより区別することができる可能性があることが分かった。

これらの結果や考察を基に Web ページ閲覧者の情報探索モデルを提案する(図 5)。本モデルは、情報探索と情報判断から構成されている。

情報探索は Web ページ閲覧者の注視点停留することなく移動中、また短く停留している時間である。そして、Web ページ閲覧者はおもに下記のような情報探索行動を行われていると考えられる。

- メニューの位置などの大まかなレイアウトをつかむ
- ページ内にあるリンクを把握する
- リンクテキストや画像を流し読みする

情報判断は Web ページ閲覧者の注視点停留している時間である。そして、Web ページ閲覧者は情報判断の間、流し読んだテキストや画像のリンクが得たい情報へとつながるのか判断を行っている。その判断の結果、判断中のリンクが得たい情報へつながるものであると判断したならばそのリンクを経由して次の Web ページへ移動する。しかし、得たい情報へつながるものではない、もしくはつながるともつながらないとも判断できない時は、再び情報探索に戻り、得たい情報へつながると考えられるリンクを探す。

このモデルを用いることにより、Web ページ中の Web ユ

ユーザビリティに関する問題がある箇所を特定することが可能になると期待される。注視点が停留せず移動している時間が長い場合、Web ページ内に目的の情報、もしくは目的の情報に近づけるリンクテキストが見つからない可能性が高いと考えられる。また、Web ページ内のある一カ所、または複数箇所において注視点の停留時間が長い場合、その箇所が目的の情報である、もしくは目的の情報に近づけるのかという判断に時間がかかり迷っていることが分かる。そして判断の迷いや間違いがあれば、その箇所にはリンクテキストのネーミングが悪いという Web ユーザビリティの問題が含まれていると考えられる。

7 まとめおよび今後の課題

本研究では、人が Web ページ上での情報探索中に、得たい情報へつながるリンクを判断する際、注視点が判断の対象の上で長時間停留することを明らかにし、情報探索時の視線の移動モデルを構築した。実験では、情報探索というタスク実行時のユーザの視線情報を記録し、その視線情報と被験者からの申告で得た情報判断の時刻から、停留時間と情報判断の関係を調べた。実験の結果から、情報判断中には停留時間が長時間になる傾向が見られた。しかしながら実験結果の定性的な分析から、長時間の停留が必ずしも情報を判断しているわけではなく、情報判断とは全く関係のない要因が長時間の停留の原因となる事も分かった。

今後の課題は、情報探索とは無関係な要因を除くことで Web ページ内でのユーザビリティに問題のある箇所を特定し、停留点を利用して定量的な方法で行うことである。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省特別研究員奨励費(課題番号:16005035)に基づいて行われた。

参考文献

- [1] Ericsson, K. and Simon, H., Protocol analysis; Verbal reports as data, Bradford books/MIT Press, Cambridge, MA (1993)
- [2] Mueller, F. and Lockerd, A., Cheese: Tracking Mouse Movements on Websites, A Tool for User Modeling, CHI'01 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 279-280 (2001)
- [3] 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: システム制御情報学会誌, Vol.45, No.5, pp.269-276 (2001)
- [4] 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ーフェース研究会報告, No.54, pp.25-32 (1994)
- [5] 黒須昌明, 伊東昌子, 時津倫子, ユーザ工学入門, 共立出版 (1999)
- [6] 池本浩幸, 操作履歴を用いた GUI の操作性評価, ヒューマンインタフェース学会第 10 回ヒューマンインターフェースシンポジウム, pp.447-454 (1994)
- [7] ケリー・ゴトウ, エミリオ・コトラ, 斎藤栄一郎(訳), Web ReDesign, エムディエヌコーポレーション (2002)
- [8] Paganelli, L., Intelligent analysis of user interactions with web applications, Proceedings of International Conference on Interactive User Interface (IUI'02) (2002)
- [9] 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)
- [10] 森雅俊, 宇井徹雄, 画面設計における視点移動分析の有効性に関する研究, オフィス・オートメーション, Vol.16, No.3, pp.49-56 (1995)
- [11] Spool, J. M., Scanlon, T., Schroeder, W., Snyder, C., DeAngelo, T., Web Site Usability: A Designer's Guide, Morgan Kaufman, San Francisco, LA (1999)
- [12] Schroeder, W., Testing web sites with eye-tracking, http://www.uie.com/articles/eye_tracking/ (1998)