

視線情報を用いた Web ユーザビリティ評価の実験的検討

中道 上[†], 阪井 誠[‡], 島 和之[†], 松本 健一[†]

本論文では, ユーザの視線 (注視点) 移動速度, 移動距離という視線情報に Web ページにおけるユーザビリティに関する問題点が反映されていることを実験により明らかにした. 実験では, まずユーザのブラウジング時の視線を記録した. 記録した視線情報をもとに, チェックリストとインタビューを行い, Web ページにおけるユーザビリティに関する問題点を収集した. そして, 視線の移動速度と移動距離の組み合わせにユーザがブラウズした Web ページとユーザビリティに関する問題点を分類し, 分析を行った. 実験結果から, 視線の移動速度に Web ページに含まれているユーザビリティに関する問題の傾向が反映されていること, 視線の移動距離に Web ページに関する問題数, 大きさが反映されていることがわかった.

Empirical Study on Evaluating Web Usability with Eye Information

Noboru Nakamichi^{*}, Makoto Sakai^{*}, Kazuyuki Shima^{*}, Ken-ichi Matsumoto^{*}

In this paper, we showed clearly that web usability problems are reflected in gazing point data by an experiment. In the experiment, firstly, gazing points data of a subject's browsing are recorded. Secondly, we collected usability problems in web pages. Subjects checked web pages based on recorded data using a checklist and evaluators interviewed subjects about usability problems in web pages. We classified the browsed pages and usability problems based on gazing point movement speed and length. An experimental result showed that the tendency of usability problems appears gazing point movement speed. Moreover, the size of usability problems appears gazing point movement length. The possibility of the usability evaluation using quantitative eyes data was shown from the experimental result. Therefore, the quantitative and objective usability evaluation, which does not need the special knowledge about usability, is possible.

1. はじめに

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労力と時間を費やしている. 特に, 従来のソフトウェアに比べて, Web ページは利用者にとってより分かりやすく, 魅力あるものでなければならないと言われている [1]. また Web アプリケーションのユーザビリティは企業の売上に影響するなど重要性が高いと言われている [2]. 魅力ある Web ページを作るため, ユーザビリティ評価を行う必要がある. ユーザビリティを評価する手法として実際にユーザ

に操作してもらうことで評価するユーザビリティテストが実際にユーザトラブルを引き起こす重大な使いにくさの問題点を発見しやすいという利点から広く行われている [9].

しかし, 定量的なデータによるユーザビリティ評価はアクセスログに基づく Web ページ遷移評価などが行われているだけで, 個々の Web ページ上での利用者の行動に基づく評価はあまり行われていない. その理由として定性的なデータの分析にはユーザビリティに関する知識を持つ専門家による経験が必要となるからである. このままでは, Web ページ開発者の設計意図が利用者に正しく伝わらず, Web

[†] 奈良先端科学技術大学院大学

[‡] (株)SRA 先端技術研究所

アプリケーションが提供する情報や機能が十分活用されないことにもなる。

また私達はユーザビリティ評価を行うための新たな定量的なデータとして視線情報に着目した。森らによって、ユーザの眼球運動の分析に基づくプロトタイプ画面の修正により、画面処理の操作スピードと使いやすさ満足度が向上することが明らかにされているからである[13]。

本研究の目的は、Web ページ利用者の視線の移動速度、移動距離といった視線情報を利用し、Web ページ利用者の行動を定量的に把握、分析することでユーザビリティに関する問題点を含む Web ページの特徴を明らかにすることである。これにより、定量的な Web ページの評価が可能となり、評価コストを低減することにつながる。以降では、Web ページ利用者の視線情報の記録をはじめ、チェックリスト、インタビューによる実験の概要、また実験により明らかとなった視線情報に現れるユーザビリティに関する問題点の特徴、視線情報によるユーザビリティ評価について述べる。

2. 関連研究

2.1. ユーザビリティ評価

これまでに様々なユーザビリティ評価手法が開発されてきた[5,12]が、代表的な手法のカテゴリとしてユーザビリティテストが挙げられる[1]。ユーザビリティテストは、機器・システムやそのプロトタイプをユーザに操作してもらうことで評価する手法の総称である。ユーザビリティテストには、ユーザの作業時間や操作回数などの定量的なデータを測定するパフォーマンス測定や、ユーザの発言内容を分析して使いにくさの原因を特定する発言分析法が含まれる。

ユーザビリティテストは実際にユーザトラブルを引き起こす重大な使いにくさの問題点を発見しやすい、また評価者には思いもよらない問題点が見つかりうるという利点から広く行われている。しかし、テストユーザの準備、記録データの分析といった費用、時間のコスト面や、ユーザが操作可能な機器、システムもしくはそのプロトタイプが完成するまで実施できないといった製品開発工程面での問題がある。そのためこれらの問題を解決すること、つまり評価作業の効率化やコスト削減、客観的な評価の実現を目的として、自動評価手法や評価支援手法、およびそのコンピュータツールが研究開発されている。

Guzdia の手法ではマルコフ連鎖分析を用い、ある操作 X の後に続いて操作 Y が行われる確率を操作履歴から計算し、連続して行われる頻度が多い 2 操作を検出する[3]。このような 2 操作を検出できれば、その 2 操作をより近いマウス移動量で行えるよう

に GUI 操作部品の位置をより近くするといった UI 変更が考えられる。

来住の手法は、ユーザ操作履歴と基準操作履歴を比較して両者の差異を検出し、多段階に分けて比較を行う[11]。GUI アプリケーションソフトウェアの操作においては、同じ機能を実行する操作部品が複数種類ある場合や、同じ操作部品をマウスでもキーボードでも操作できる場合がある。このような比較の観点の違いを考慮し、操作部品の種類の違いは見ず実行された機能(コマンド)の違いで比較するレベル、入力デバイスの違いは見ず操作された部品の違いで比較するレベル、入力デバイスの違いまで比較に含めるレベルに分けて基準/ユーザ操作履歴を比較する。このように多段階に分けて比較することで両者がどのレベルで食い違っているのかわかり、その差異が使いにくさの問題を示唆しているかどうかを判断しやすくなる。

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比較することで、予測値より長く時間がかかっていた操作を検出する[8]。この時間差分の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、などの問題の可能性があるとわかる。

岡田らが開発したツール「UI テスタ」および「GUI テスタ」は、それぞれ FAX 装置および GUI アプリケーションソフトウェアを評価対象とするツールである[6,10]。これら 2 ツールに共通する特徴は、複数ユーザ分の操作履歴に共通して出現する操作ボタンを抽出することで、誰でも操作を間違えてしまう箇所などを発見可能な点である。ユーザの個人差が評価結果に与える影響なるべく小さくするためには、より多くのユーザの操作履歴を収集し、ユーザ間に共通する操作パターンを分析することが有効である。

これらの手法はいずれも対象をいくつかの画面に限定した上で評価を行うことを想定している。そのため Web ページの評価は可能であるが、Web サイトのような Web ページの集まりから使いにくい問題が含まれている Web ページを検出し、評価することは難しいという問題点がある。

2.2. 視線情報の利用例

森らは情報システム開発における画面設計によるプロトタイピングの有用性をさらに向上させる方法として、ヒューマンインターフェイスに注目し、眼球運動を分析して、プロトタイプ画面を修正する試みを行った。そして実験の結果、画面処理の操作スピードと使いやすさ満足度が向上することを明らかにした。

森らが実験で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

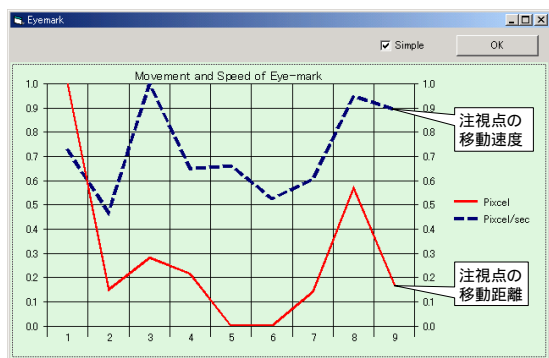


図 1. 注視点の移動速度と移動距離

における被験者の注視点の軌跡を作成する。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は、注視点の軌跡から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必要となる。そのため、ユーザビリティテストで問題とされている評価作業の効率化やコスト削減ができないという問題がある。

3. 実験

私達は、ユーザ操作履歴記録・分析ツール WebTracer を用いて被験者から得られた Web ページごとの視線情報とチェックリストの結果、評価者が被験者にインタビューして得られた Web サイトに関するインタビュー結果を分析した。実験の目的は、視線情報とチェックリスト、また評価者が被験者に対して行ったインタビューを合わせて分析することにより、Web ページに含まれるユーザビリティに関する問題点の特徴が視線情報に反映されるかを検証することである。

3.1. 実験概要

Web ページ上での利用者の操作履歴を収集することができる WebTracer[4]を用いて、あらかじめ課したタスクを遂行する 5 名の被験者のブラウジング操作を記録する。タスクが遂行されるたび、記録された被験者の操作履歴をもとに、被験者がブラウズした Web ページを被験者自身がチェックし、その後、評価者が被験者に対してインタビューを行う。被験者の視線情報を含む操作の記録 WebTracer

WebTracer は、Web ページ上での利用者の操作履歴を収集することができる。収集可能なデータは、利用者の視線情報 (アイカメラによって計測された、コンピュータ画面上での注視点座標)、キーストローク、マウス操作、ウェブアプリケーションの状態、表



図 2. 注視点、マウスを重ねた再生画面

示画面イメージ、Web ページ間での移動のタイミングなどで、それらには時間情報が付加される。

WebTracer は、収集データに基づいて、利用者の操作の様子を概観するための情報 (統計量) を示すことができる。例えば、図 1 の例では、Web ページ閲覧時の注視点の移動速度と移動距離を Web ページごとに表示している。また、操作時のコンピュータ画面に利用者の注視点を重ね合わせて再生することも可能である (図 2 参照)。再生においては、静止、早送り、巻き戻し、スライダーによる再生位置の指定など、デジタル化されたビデオ映像に対して行われる一般的な操作は同様に行うことができる。

被験者

今回の実験は、タスクを遂行する被験者 5 名、被験者に対してインタビューを行う評価者 5 名の 5 組のペア (A, B, C, D, E) の計 10 名で行った。また被験者 5 名、評価者 5 名は日常からインターネットを利用している。

各ペアは実験対象に設定したサイトを日常から利用している被験者、Web ユーザビリティ評価の初心者である評価者とのペアが 4 組 (A, B, C, D)、実験対象に設定したサイトを初めて利用する被験者、Web ユーザビリティ評価の経験者のペアが 1 組 (E) である。

タスク

被験者に対してある学校のサイトから下記の 2 つの情報を見つけるタスクを課すとともに、ペアの評価者に対して被験者がタスクを実行する前に、タスクの内容を説明し、タスクを実行する被験者のブラウジングの様子を観察するように依頼した。

タスク 1: ある授業の前提知識を調べる。

タスク 2: 事務室の電話番号、FAX 番号を調べる。

手順

1. 被験者がタスクを遂行する。

被験者がタスクを遂行し、視線情報を含む被験者のブラウジング操作のデータをWebTracerで記録する。このとき、より普段の状態での被験者のブラウジング操作を記録するため、ユーザビリティラボにおけるユーザビリティテストや発話分析法のように、タスク実行中に被験者が感じたことを話す、また評価者が被験者に対して質問することを行わない。

2. 被験者が Web ページをチェックする

タスクが1つ終わるたびに、被験者が訪れた Web ページの使いやすさに関する印象と具体的なユーザビリティに関する問題点を被験者自身がチェックリストを用いてチェックする。手順 1. で記録された被験者の操作履歴から被験者がブラウズした Web ページのレイアウトを表示する。その Web ページのレイアウトを被験者自身が確認しながらチェックリストを用いて Web ページの印象や使いにくかった点についてチェックする。

今回の実験で使用したチェックリストの一部を付録 1 に示す。チェックリストは、被験者がブラウズした Web ページの使いやすさに関する印象と具体的な使いにくかった点で構成されている。使いやすさに関する印象は、使いにくい、どちらかといえば使いにくい、どちらかといえば使いやすい、使いやすい、わからないといった 5 項目の中から 1 項目を選択する。具体的な使いにくかった点の項目は Jakob Nielsen がウェブ・ユーザビリティの中で指摘している Web ページにおけるユーザビリティに関する問題点をもとに構成した。

3. 評価者が被験者に対してインタビューする

被験者による Web ページのチェック後、Web サイト、Web ページのユーザビリティを調査するために評価者がインタビューシートをもとに被験者にインタビューを行う。

本実験は Web ユーザビリティ評価の初心者である評価者が多いため、インタビューを容易に行えるように、WebTracer から提供される操作履歴をもとにインタビューが行えるように付録 2 のようなインタビューシートを準備した。このインタビューシートは WebTracer が集計した操作履歴をもとに表示する視線の移動速度と移動距離のグラフから対象とする Web サイト、Web ページの特徴を評価者が読み取り、被験者に対してインタビューできるように構成されている。

例えば、図 2 の視線の移動速度と移動距離に関するグラフの場合、視線の移動距離が長い Web ページ (図 2 グラフにおけるページ No 1) を評価者が選び出す。そしてその Web ページのレイアウトを表示し、WebTracer が持つ視線やマウスの動きも同時に再生する機能を評価者が利用して、「なぜ、この Web ページでは視線の移動距離が長かったと思いますか?」といったインタビューを被験者に対して行

表 1. 平均実験所要時間

(分:秒)	タスク 1	タスク 2
タスク遂行時間	1:08	2:43
チェック所要時間	10:24	15:12
インタビュー所要時間	28:24	31:12

う。そしてその Web ページにおける具体的なユーザ

表 2. チェックリストに基づく
視線情報によるページ分類

(ページ)		移動速度		
		遅い	普通	速い
移動距離	短い	A: 8/18	B: 3/8	C: 5/11
	普通	D: 2/3	E: 0/2	F: 1/6
	長い	G: 0/1	H: 6/10	I: 0/3

分類した Web ページのうち被験者が使いにくいと答えた Web ページ / 分類した Web ページ

ビリティに関する問題点についてのコメントを被験者から得る。

3.2. 実験結果

今回の実験に要した被験者 5 名のタスク遂行時間、Web ページのチェック所要時間、評価者による被験者に対するインタビュー所要時間をまとめた平均実験所要時間を表 1 に示す。

実験で得られた被験者がブラウズした Web ページ (合計 62 ページ) ごとの視線の移動速度と移動距離から Web ページを表 2 に示すように分類して、分析を行った。視線の移動速度による分類は、被験者とタスクごとの視線移動速度の最大値と最小値を基準に図 3 に示すように 3 分割し、Web ページを分類した。視線の移動距離による分類も視線の移動速度による分類と同様に、被験者とタスクごとの視線移動距離の最大値と最小値を基準に 3 分割して分類した。また分類した Web ページのうち、Web ページの使いやすさに関する印象として被験者が「使いにくい」または「どちらかといえば使いにくい」にチェックした Web ページ数 (合計 25 ページ) を合わせて表 2 に示す。表 2 中の灰色のセルは、被験者がブラウズした Web ページのうち、Web ページの使いやすさ

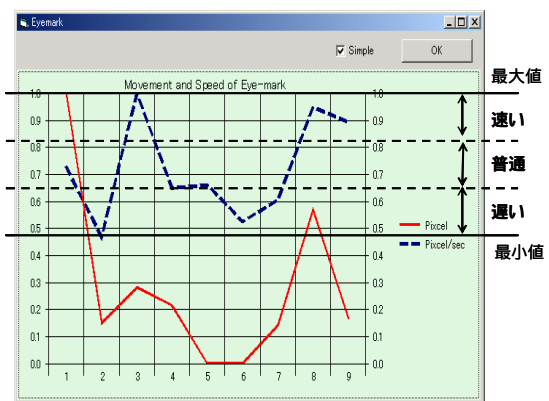


図 3. 視線移動速度の分類方法

に関する印象として被験者が「使いにくい」または「どちらかといえば使いにくい」にチェックした Web ページ数の割合が平均 $(25 / 62 = 0.40)$ を超える分類を示している。

表 2 の視線情報によるページ分類に基づいて、被験者によるチェックリストの内容を分類した。チェックリストの分類はチェックリストのチェック項目に該当する Web ページが 2 ページ以上あるチェック項目を抽出することである。視線情報によるページ分類に基づくチェックリストによる Web ページの使いにくい点を下記に示す。

A: 視線の移動速度 :遅い, 視線の移動距離 :短い

- ページタイトルのネーミングが悪い
- 前のページとの違いがわからない
- 内容のレイアウトが悪い
- リンクが多い
- リンクテキストからリンク先の内容が予想できない
- 文字が多い
- 文字が見にくい (原因 :配色)
- 文字が見にくい (原因 :フォントの種類)

B: 視線の移動速度 :普通, 視線の移動距離 :短い

- ページの縦幅が小さい
- 画像が大きすぎる

C: 視線の移動速度 :速い, 視線の移動距離 :短い

- 1つ前の Web ページとレイアウトが異なる
- リンクされているテキストがわからない

F: 視線の移動速度 :速い, 視線の移動距離 :普通

- リンクテキストからリンク先の内容が予想できない

H: 視線の移動速度 :普通, 視線の移動距離 :長い

- メニューのレイアウトが悪い
- 余白が大きい
- リンクテキストからリンク先の内容が予想できない

表 2 の視線情報によるページ分類に基づいて、評価者による被験者に対するインタビューにより被

表 3 . 分類ページ別コメント数

(コメント数)		移動速度		
		遅い	普通	速い
移動距離	短い	A: 5/18	B: 2/6	C: 0/8
	普通	D: 1/1	E: 0/0	F: 3/7
	長い	G: 2/2	H: 5/5	I: 1/3

分類した Web ページのコメント数のうち被験者が使いにくいと答えたコメント数 / 分類した Web ページのコメント数

験者から得られたコメント(コメント数 :49)を分類した。また得られたコメントの中から使いにくいと被験者が指摘したコメント(コメント数 :19)を合わせて分類した。分類ページ別コメント数を表 3 に示す。表 3 中の灰色のセルは、被験者から得られたコメントのうち、被験者が使いにくいと指摘したコメント数の割合が平均 $(19 / 49 = 0.39)$ を超える分類を示している。

視線情報によるページ分類に基づく分類した Web ページのコメントのうち被験者が使いにくいと答えた 19 のコメントを下記に示す。

A: 視線の移動速度 :遅い, 視線の移動距離 :短い

- 似た用語が多数ある
- あいさお順でない
- リンクが多い
- 1つところを怪しいと思ってじっくりみていたから
- 違うと思ってリンクを一生懸命見ていた

B: 視線の移動速度 :普通, 視線の移動距離 :短い

- 項目が 1 ページに入っていない
- 科目名をカテゴリーに分けていない

D: 視線の移動速度 :遅い, 視線の移動距離 :普通

- ページが長くてじっくり読んでいた

F: 視線の移動速度 :速い, 視線の移動距離 :普通

- ページ下部のほうに目的の情報があった
- 画面中央から探したが、リンクが横に位置していた
- 1つの情報のサイズが大きく、他の情報との距離が遠かった

G: 視線の移動速度 :遅い, 視線の移動距離 :長い

- 文字数が多くさがすのに時間がかかる
- タイトルが見にくい (配色)

H: 視線の移動速度 :普通, 視線の移動距離 :長い

- リンクが縦横にならなくて、いろいろな所を探さなくてはならない
- リンク先の解析がしにくかった
- どのリンクをたどったらいいのか考えた
- リンクがどの項目に属するかわからない
- リンクを探していた、見つけにくい、リンクが多い

I: 視線の移動速度 :速い, 視線の移動距離 :長い

- 項目名が見にくい

表 2 . チェックリストに基づく視線情報によるページ分類、表 3 . 分類ページ別コメント数から、視線の移動速度 :普通, 移動距離 :普通の場合には使い

にくいということはないということを確認した。またそれ以外に分類されている視線の移動速度、移動距離の分類部分では、使いにくい点やコメントが得られていることから視線の移動速度、移動距離により使いにくい点が含まれている可能性があるか判断することが可能である。

表 2 の特に使いにくい Web ページである確率が高い A、C、H に着目すると、A: 視線の移動速度: 遅い、視線の移動距離: 短い ではリンクの名前の付け方、見にくさといったリンクの部分に関するチェック項目が多い。C: 視線の移動速度: 速い、視線の移動距離: 短い では、Web ページのレイアウトに関するチェック項目が多い。H: 視線の移動速度: 普通、視線の移動距離: 長い では、A、C のチェック項目を合わせて含んでいるということがわかる。

表 3 の使いにくいコメントが得られる確率は視線の移動距離が「長い」、普通、「低い」の順で高い。この結果から視線の移動距離が長い Web ページほど、より致命的な問題点を含んでいることがわかった。また視線の移動速度による分類に着目して被験者が使いにくいと答えたコメントを見ると、視線の移動速度が遅い A、D、G ではリンク、タイトルを含む文字自体の見易さや適切な文章であるかということが主な原因であることがわかる。視線の移動速度が速い F、I では Web ページにおける情報のレイアウトに問題があることがわかる。視線の移動速度が普通 B、H では視線の移動速度が遅い、速い Web ページにおける問題が合わせて含まれていることがわかる。

4. 考察

実験結果において、明らかとなった視線情報とユーザビリティに関する問題点がユーザの視線情報に反映される原因となるユーザの視線行動を考察する。

視線の移動距離が長いほどユーザビリティに関する問題点が多く含まれている確率が高い。これは、Web ページにおける情報のレイアウトが悪いため、Web ページの様々な部分を見るというユーザの行動が反映されたためであると考えられる。また、リンクやタイトルが適切であるかという文字に関する問題点の場合、内容を理解するため熟読する必要があるため、視線はその文字の部分に集中する。人間の眼球運動は、一点を見つめている場合にも、停止することはなく常に細かく動きつづけている。そのため、文字に関する問題点において文章を熟読している場合にも、視線の移動距離にユーザの熟読という行動が反映されていると考えられる。

視線の移動速度が遅い場合にはリンク、タイトルを含む文字自体の見易さや適切な文章であるかという文字に関する問題点が Web ページに含まれて

いる確率が高い。これは、文章に問題がある場合には、視線が文章の部分に集中するため、単位時間あたりの視線の移動距離も短くなり、その結果が視線の移動速度が遅いということにつながると考えられる。

視線の移動距離が速い場合には Web ページにおける情報のレイアウトの問題が Web ページに含まれている確率が高い。また情報のレイアウトが悪い主な原因として、ユーザが探している Web ページにおける情報同士の距離が離れていることが考えられる。その問題が視線の移動速度が速いという結果に反映されているためと考えられる。

視線の移動速度が普通の場合には、視線の移動速度が遅い場合、速い場合の問題が合わせて Web ページに含まれている。これは、視線の移動速度が遅い場合と速い場合の問題点が合わさることにより、平均として Web ページにおける視線の移動速度が普通と反映されるためであると考えられる。

次に視線情報を含むマウスやキーボード、Web ページにおける滞在時間といったさまざまな操作データを利用した定量的な Web ユーザビリティ評価について考察する。これまで視線以外のマウスやキーボード、Web ページにおける滞在時間といったユーザの操作データをもとに Web ユーザビリティの評価が行われている。今回の実験で行った視線情報を新たなユーザの操作データとして組み合わせることにより定量的な Web ユーザビリティ評価が可能になると考える。また Web ページの特徴を詳細に把握することも可能になると考えられる。

5. まとめと展望

本論文では、ユーザの視線（注視点、移動速度、移動距離）という視線情報に Web ページにおけるユーザビリティに関する問題点が反映されていることを実験により明らかにした。実験では、ユーザの視線情報を記録し、視線情報をもとに、チェックリストとインタビューを行い、Web ページにおけるユーザビリティに関する問題点を収集した。そしてユーザの視線の移動速度と移動距離の組み合わせにユーザがブラウズした Web ページとユーザビリティに関する問題点を分類し、分析を行った。

実験結果から、視線の移動速度に Web ページに含まれているユーザビリティに関する問題の傾向が反映されていること、視線の移動距離に Web ページに関する問題数、大きさが反映されていることがわかった。

これまで、ユーザビリティ評価はあらかじめ選ばれた Web ページを対象として評価を行っていた。しかし、Web ページの集まりである Web サイトを評価するためには、まずユーザビリティに関する問題点を多く含んでいる Web ページを検出することが必要

となる。その際、ユーザの視線の移動速度、移動距離という視線情報を利用すれば容易に検出、評価を行うことが可能になるであろう。

今後の課題は、これまでユーザビリティを評価するために利用されてきたマウスやキーボード、Web ページにおける滞在時間といったユーザの操作データと視線情報の関連性を調査することである。また、Web ページの特徴が、視線情報を含む操作データにどのように反映されているかを調査し、操作データを組み合わせ、より詳細な Web ユーザビリティの評価の可能性を検証することである。

参考文献

- [1] J. S. Dumas, J. C. Redish: "A Practical Guide to Usability Testing," Ablex Publishing, 1993.
- [2] Kelly Goto, Emily Cotler: "Web ReDesign," Pearson Education, 2002.
- [3] M. Guzdial: "Deriving software usage patterns from log files," TR93-41, GVU Center, Georgia Institute of Technology, <ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/1993/93-41.pdf>, 1993.
- [4] N. Nakamichi, M. Sakai, J. Hu, K. Shima, M. Nakamura, "Development and evaluation of a usability evaluation tool: WebTracer," In Proc. International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE2002), Vol.2, pp.27-28, Nara, Japan, Oct. 2002.
- [5] Jacob Nielsen: "Usability Engineering," Academic Press, 1993.
- [6] H. Okada, T. Asahi, "GUITESTER: a log-based usability testing tool for graphical user interfaces," IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E82-D, No.6, pp.1030-1041, 1999.
- [7] D. Siegel, "Secrets of Successful Web Sites," Hayden Books, 1997.
- [8] 池本: "操作履歴を用いたGUIの操作性評価," 第10回ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp.447--454, 1994.
- [9] 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, システム制御情報学会, Vol.45 No.5, pp.269--276, 2001.
- [10] 岡田, 松田, 旭, 井関, "シミュレータ対応UIテスト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.
- [11] 来住: "X Window におけるユーザ操作記録の比較ツールの開発," 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, No.53, pp.41--46, 1994.
- [12] 黒須 正明, 伊東 昌子, 時津 倫子, ユーザ工学入門, 共立出版, 1999.
- [13] 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.

