

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

中道 上^{*1} 阪井 誠^{*2} 島 和之^{*3} 松本 健一^{*1}

Detecting Low Usability Web Pages using Data of User's Behavior

Noboru Nakamichi^{*1}, Makoto Sakai^{*2}, Kazuyuki Shima^{*3} and Ken-ichi Matsumoto^{*1}

Abstract - The purpose of this research is to detect the low usability web pages using the behavior of users, such as browsing time, mouse movement and eye movement. We experimented to investigate the relation between quantitative data viewing behavior of users and subjective web usability evaluation results for each page views by ten subjects. As a result of analyzing statistically the quantitative data collected in the experiment, on the low usability page views which subjects evaluated, we found that the moving speed of the gazing point was high. Moreover, we analyzed the data to detect low usability web page views (18page views / 192page views = low usability page views / all page views) using discriminant analysis. Low usability web page views, 94.4% (17page views / 18page views = detectable page views / low usability page views) were detectable with the moving speed of gazing points and the amount of wheel rolling of a mouse. Moreover, this detection reduced the number of web page views which should be evaluated to half (46% = 89 page views / 192 page views = detected page views / all page views). We confirmed that there was relationship between quantitative data viewing behavior of users and the users' subjective web usability evaluation results.

Keywords: gazing point, eye information, web usability, evaluation and performance

1. はじめに

近年、Web サイトの普及とともにユーザビリティに対する関心が高まってきている[15]。企業の Web サイトは、企業イメージや売り上げの向上をはかるため、企業の商品情報や採用情報などを提供している。しかしユーザビリティの低い Web サイトでは、それらの情報をユーザは容易に見つけることができない。そのため、Web のユーザビリティは売上に影響するなど企業にとって重要性が高いと言われている[3]。このように使いやすい Web サイトを構築することは企業には必須であるが、そのためにはユーザビリティ評価を行う必要がある[8]。

代表的なユーザビリティ評価の手法の一つとしてユーザビリティテストが挙げられる[2]。ユーザビリティテストは、評価対象をユーザに実際に操作してもらうことで評価する方法であり、ユーザトラブルを引き起こす重大な問題点や評価者には思いもよらない問題点を発見しやすい[11]。しかし、ユーザの発話データや VTR などの記録データを分析するのに時間がかかるため、評価作業の効率化、客観的な評価の実現を目的として、Web ページ閲覧時のユーザの振る舞いに関する様々な定量データを記録し、それらを利用した評価支援手法が提案されている。このような評価支援手法に利用されるユ

ーザの振る舞いの定量データには操作に要する時間、マウスの動き、視線の動きなどが挙げられる。操作に要する時間としては、ページ参照時間、タスクの作業時間、操作間の時間間隔が挙げられる。マウスの動きとしては、マウスカーソルの移動距離やクリック位置が挙げられる。視線の動きとして、視線の軌跡、視線の移動距離、視線の移動速度が研究されてきた。

ユーザの振る舞いの定量データを利用した評価支援手法は、それぞれユーザにとって使いにくいタイミングや問題となっている箇所を指摘する方法である。従来の定量データを利用した評価支援手法では、定量データからユーザの振る舞いを把握し、専門家が経験やドメイン知識に基づいて分析している。例えば[7]では、視線の軌跡を利用し、交差や逆戻りしている部分を見つけ出し、そこでのユーザの振る舞いを分析することで、ソフトウェア画面上のユーザビリティに関する問題と考えられる箇所を特定している。このように、従来はユーザの振る舞いに関する定量データを利用して、専門家によってユーザビリティに関する問題のタイミングや箇所を特定していた。しかし、定量データにより評価作業は効率化されたものの、専門家による分析を支援するものであり、Web サイトの変更を頻繁に行わなければならない企業で利用するには更なる効率化が必要である。このため、多くの Web ページからユーザビリティの低いと思われるページを検出し、ユーザビリティ評価の対象を絞り込むことによって工数を削減できる可能性がある。

ユーザの振る舞いに関する定量データには、専門的な知識を必要とせずにユーザビリティの低い Web ページを

*1: 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

*2: 株式会社 SRA 先端技術研究所

*3: 広島市立大学 情報科学部

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

*2: SRA Key Technology Laboratory, Inc.

*3: Hiroshima City University

検出できる可能性がある。Web ユーザビリティの評価に用いられてきた滞在時間、マウスや視線の動きといった定量データは何らかのユーザビリティの特性と関係していると考えられる。これらを用いてユーザビリティの低い Web ページを検出できれば、新たな作業の負担なしに、より効率的にユーザビリティ評価が行える。しかし、これらの定量データのうち、どの定量データが Web ページのユーザビリティの検出に有効で、どの程度の検出力があるかは明らかになっていなかった。

本論文では、使いにくい Web ページの検出へ向けて、10名の被験者の Web ページ閲覧時の振る舞いに関する定量データと被験者自身による主観的な Web ユーザビリティ評価の関連について実験を行い、定量的に分析したことについて述べる。その結果、視線の移動速度が被験者自身が主観的に使いにくいと評価した Web ページビュー（ある被験者がある Web ページを 1 回閲覧する行為。以下、ページビューと呼ぶ）を検出するのに有効であることがわかった。さらにマウスのホイール回転量を利用することにより、被験者が使いにくいと評価した 18 ページビューのうち、17 ページビューを検出することが可能となった。この検出されたページビューでは、被験者は目的の情報につながるリンクが見つからず、迷っている状況にあるため、使いにくいと評価したことがわかった。また、この判別の結果、被験者が使いにくいと評価する可能性があるページビューを全 192 ページビューのうち 89 ページビューの約 1/2 に絞り込むことが可能となった。我々はこれらの結果から視線やマウスの動きの特徴量とユーザの主観の間に関連性があることを確認した。

2. 関連研究

本章では、客観的にユーザビリティを評価するために定量データ（操作に要する時間、マウスの動き、視線の動き）を利用している評価支援手法について述べる。

Paganelli[13]は Java スクリプトによりユーザの操作イベントからタスクの実行状況を分析した。Paganelli は Java スクリプトにより得たユーザの操作イベントを元に、ページ参照時間、タスクの作業時間などの定量的なデータに基づく分析を支援している。Web ページ毎に作業時間を集計することで Web ページのユーザビリティを分析している。また、池本[5]の手法では、操作に要する時間はユーザが次の操作を考えたり、画面上で操作対象部品を探したりしていた時間と考えられ、時間が長い場合には、操作がユーザにとって分かりにくく悩んでいた、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がある可能性があるとして報告されている。このように操作時間間隔では、使いにくい箇所を検出できる可能性が示されているが、マウスの動きや視線の動きといった定量データとの比較が行われていない。

岡田らが開発した GUI テスタ[12]では、複数ユーザ分

の操作履歴に共通して出現する操作パター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である。そして、抽出された操作パターンに含まれる個々の操作について、マウス距離や操作時間間隔の値の大きい操作は、画面レイアウトの不適切さの可能性を示唆している。また、Mon-Chu Chen[1]らは、Web 閲覧時のマウスカーソルの位置と視線の関連について調べ、強い相関があり、マウスカーソルを利用することにより、ユーザの興味がある箇所を予測、ユーザの意図を推論できる可能性があるとして報告されている。しかし、マウスの動きを計測することで、使いにくい箇所を検出できるかどうかは確かめられていない。

森ら[7]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、ヒューマンインタフェースに注目し、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、注視点の軌跡の動きが交差や逆戻りする部分を修正することによって、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。また、阪井ら[14]は、Web ユーザビリティ評価の支援ツールとして WebTracer を開発し、視線の移動距離や視線の移動速度を記録し、分析した。その結果として注視点の移動距離が長い Web ページや注視点の移動速度が高いページでは、レイアウトに関する問題があるなど、視線が Web ユーザビリティ評価に有効である可能性が示されている。しかし、視線の動きを計測することで、使いにくい箇所を検出できるかどうかは確かめられていない。

このように従来の研究においては、ある特定の定量データのみを用いて専門家が判断し、より問題のあると思われる部分を見つけ出す方法であった。そのため、定量データの有効性の比較や、ユーザビリティの低い対象を単純な基準で判別するものではなかった。

3. ユーザビリティテストの実験

本章では、ユーザにとって使いにくいページビューの検出力が高い定量データを明らかにするため、ページビューごとに定量データを計測するとともにユーザ自身の主観的な評価結果を調べる実験について述べる。ここで、ページビューとはある被験者がある Web ページを 1 回閲覧する行為である。なお、被験者がある Web ページを 1 回閲覧する行為を 1 ページビューとし、複数の被験者が、同じ Web ページを閲覧する場合、別のページビューとして扱う。また、ある被験者がタスク実行中に、複数回同じ Web ページを閲覧する場合も別のページビューとして扱う。そして、Web サイトに属する一画面分のコンテンツを Web ページとする。

3.1 実験概要

実験では、ユーザ操作履歴記録・分析ツール WebTracer を用いてタスク（ある Web サイト内での情報探索）を課

した被験者の定量データを記録した。タスク終了直後に操作履歴を再生しながら、アンケートを実施するとともにインタビューを行った。アンケートでは、各ページビューの使いやすさについて被験者に質問し、インタビューでは各ページビューにおける閲覧時の状況について質問した。

3.2 定量データ

おもにユーザビリティ評価に利用される定量データとして操作に要する時間、マウスの動き、視線の動きが考えられる。そのため、本実験ではページビュー単位の下記の6つの定量データを記録した。

- 滞在時間 (sec) :
ある Web ページを見始めてから別の Web ページに遷移するまでの時間
- マウス移動距離 (pixel) :
画面上のマウスカーソルの移動距離
- マウス移動速度 (pixel / sec) :
= マウス移動距離 / 滞在時間
- ホイール回転量 (Delta) :
マウスホイールの回転量
1 移動量 (notch) =120 (Delta)
- 注視点移動距離 (pixel) :
画面上の注視点の移動距離
- 注視点移動速度 (pixel / sec)
= 注視点移動距離 / 滞在時間

注視点とは、ユーザの視線とユーザが見ている対象の画面との交点である。

ユーザが使いにくいと評価する原因の一つとして目的の情報が見つからないことが考えられる。被験者が目的の情報を見つけられない場合、滞在時間は長くなると考えられる。そのように情報を探索する場合、視線は1箇所に停留しないため、サッカードが多くなり、注視点移動距離が長くなり、注視点移動速度が高くなると考えられる。サッカードとは、高速な眼球運動と停留が繰り返される状態であり、サッカードの間は他の情報の入力が抑制され情報がほとんど知覚されないことがわかっている[10]。マウスは注視点の位置と強い相関があると報告されている[1]ので、マウス移動距離も長くなり、マウス移動速度も高くなると考えられる。Web ページがブラウザのウィンドウに収まらず、ユーザがウィンドウ内で目的の情報を見つけられない場合、ホイールを利用し、ホイール回転量が大きくなると考えられる。

3.3 実験環境

本研究で用いた実験環境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 : 1024×768pixel)
- 顔とディスプレイの距離 : 約 50cm
- 視線計測装置 : NAC 社製 EMR-NC (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 (サンプリングレート : 毎秒 10 回)

注視点移動の様子は WebTracer[14]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、スライダーバ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。

3.4 被験者とタスク

被験者は、日常的に Web ブラウザを利用している理工系の大学院生 10 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。

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 5 つの各企業の Web サイトから大学院修士課程終了者の初任給を探するという下記 5 つのタスクを実行するよう依頼した。また実行するタスクの順番は被験者ごとにランダムに行った。

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

タスク 2 : あるコンピュータメーカー B の Web サイトの中から大学院修士課程卒業者の初任給を調べる

タスク 3 : ある OA 機器メーカー C の Web サイトの中から大学院修士課程卒業者の初任給を調べる

タスク 4 : あるエレクトロニクスメーカー D の Web サイトの中から大学院修士課程卒業者の初任給を調べる

タスク 5 : ある鉄鋼メーカー E の Web サイトの中から大学院修士課程卒業者の初任給を調べる

3.5 実験手順

前節の 5 つのタスクに対してそれぞれ以下の手順でユーザビリティ評価の実験を行い、ページビューごとに定量データを計測するとともにユーザの主観的な評価結果を調べた。

表 1 定量データごとの使いにくいページビューとその他のページビューの平均値の差の検定結果
Table 1 t-test of low usability page views and other page views every kind of quantitative data.

定量データ	被験者による評価				平均の差の検定 (有意確率 P)
	使いにくいページビュー (18 ページビュー)		その他のページビュー (174 ページビュー)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
滞在時間 (sec)	17.7	12.8	12.5	11.5	0.06882
マウス移動距離 (pixel)	1267.9	717.4	1170.3	1186.0	0.61434
マウス移動速度 (pixel/sec)	95.6	70.3	111.7	79.3	0.40922
ホイール回転量 (Delta)	606.7	995.9	246.2	592.4	0.14885
注視点移動距離 (pixel)	8743.3	5808.3	4445.8	3815.9	0.00628
注視点移動速度 (pixel/sec)	515.6	102.5	374.4	126.9	0.00001

手順1. 初期設定として、被験者のディスプレイに各企業のトップページへのリンクを張った実験用 Web ページを表示しておき、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。その際、評価者が被験者に対して質問するといったタスクの中断につながることは行わなかった。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、被験者が訪れたページビューを閲覧しながら、ページビューごとの使いやすさを下記の 5 段階から選択するよう依頼した。

1. 使いにくい
2. どちらかといえば使いにくい
3. どちらかといえば使いやすい
4. 使いやすい
5. わからない

これは、被験者が感じる使いやすさがどのような操作データに反映されるか調べるためである。

手順4. 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ページビューを閲覧してもらう。その際、被験者が目的の情報を探索するにあたってどのような状況にあるのかについてインタビューした。

3.6 実験結果

被験者が閲覧した 275 ページビュー中、頻繁な瞬きや頭位置の移動などによって注視点を正確に計測できなかったページビューが 75 ページビューであった。また、アンケート中のページビューごとの使いやすさについて「わからない」と回答したページビューが 8 ページビューであった。これらを除いた 192 ページビューにおける各定量データを計測できた。各定量データの平均値は下

記のとおりである。

- 滞在時間：12.9 (sec)
- マウス移動距離：1179.4 (pixel)
- マウス移動速度：110.2 (pixel/sec)
- ホイール回転量：277.5 (Delta)
- 注視点移動距離：4848.7 (pixel)
- 注視点移動速度：387.7 (pixel/sec)

4. 分析と考察

以降、被験者がアンケートに「使いにくい」と回答したページビューを「使いにくいページビュー」、「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」と回答したページビューを「その他のページビュー」と呼ぶ。

4.1 「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における定量データの平均値の差の検定

「使いにくいページビュー」を検出できるためには、「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における定量データの間に差がある必要がある。そこで、定量データごとに「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における平均値の差の検定[4]を行った。表 1 より、「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における平均値に有意な差があらわれる定量データは注視点移動距離（有意確率 0.00628%）、注視点移動速度（有意確率 0.00001%）の 2 つであった。他の定量データ（滞在時間、マウス移動距離、マウス移動速度、ホイール回転量）においても「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」の平均値の間には差は見られたが、有意な差ではなかった。

この結果から、Web ユーザビリティ評価に有効な定量データは注視点移動距離、注視点移動速度であることがわかった。そして、使いにくいページビューでは被験者は注視点移動距離が長く、また注視点移動速度が高くなることがわかった。

表 2 定量データごとの判別式
Table 2 Discriminant function for every kind of quantitative data.

定量データ	判別係数	標準化判別係数	定数項	判別境界
滞在時間 (sec)	0.03913	0.45468	-0.58982	15.1
マウス移動距離 (pixel)	0.00007	0.08431	-0.08967	1219.1
マウス移動速度 (pixel/sec)	-0.00261	-0.20408	0.27032	103.7
ホイール回転量 (Delta)	0.00089	0.57322	-0.37809	425.1
注視点移動距離 (pixel)	0.00026	1.11004	-1.74111	6594.6
注視点移動速度 (pixel/sec)	0.00904	1.18337	-4.02173	445.0

表 3 定量データごとの判別分析結果
Table 3 The result of discriminant analysis for every kind of quantitative data.

定量データ	検出力 (1-β)		第2種の誤り β		第1種の誤り α		正しい決定 (1-α)		正判別率 %
	ページビュー	%	ページビュー	%	ページビュー	%	ページビュー	%	
滞在時間 (sec)	9	50.0	9	50.0	37	21.3	137	78.7	76.0
マウス移動距離 (pixel)	8	44.4	10	55.6	57	32.8	117	67.2	65.1
マウス移動速度 (pixel/sec)	11	61.1	7	38.9	99	56.9	75	43.1	44.8
ホイール回転量 (Delta)	7	38.9	11	61.1	29	16.7	145	83.3	79.2
注視点移動距離 (pixel)	8	44.4	10	55.6	31	17.8	143	82.2	78.6
注視点移動速度 (pixel/sec)	14	77.8	4	22.2	45	25.9	129	74.1	74.5

- 検出力 (1-β) : 実際は使いにくいページビューであり, 判別後も使いにくいページビューに判定された場合
- 第2種の誤り β : 実際は使いにくいページビューであるにもかかわらず, 判別後, その他のページに判定された場合
- 第1種の誤り α : 実際はその他のページビューであるにもかかわらず, 判別後, 使いにくいページビューに判定された場合
- 正しい決定 (1-α) : 実際はその他のページビューであり, 判別後もその他のページビューに判定された場合
- 正判別率 = (検出力 (1-β) + 正しい決定 (1-α)) / 全体

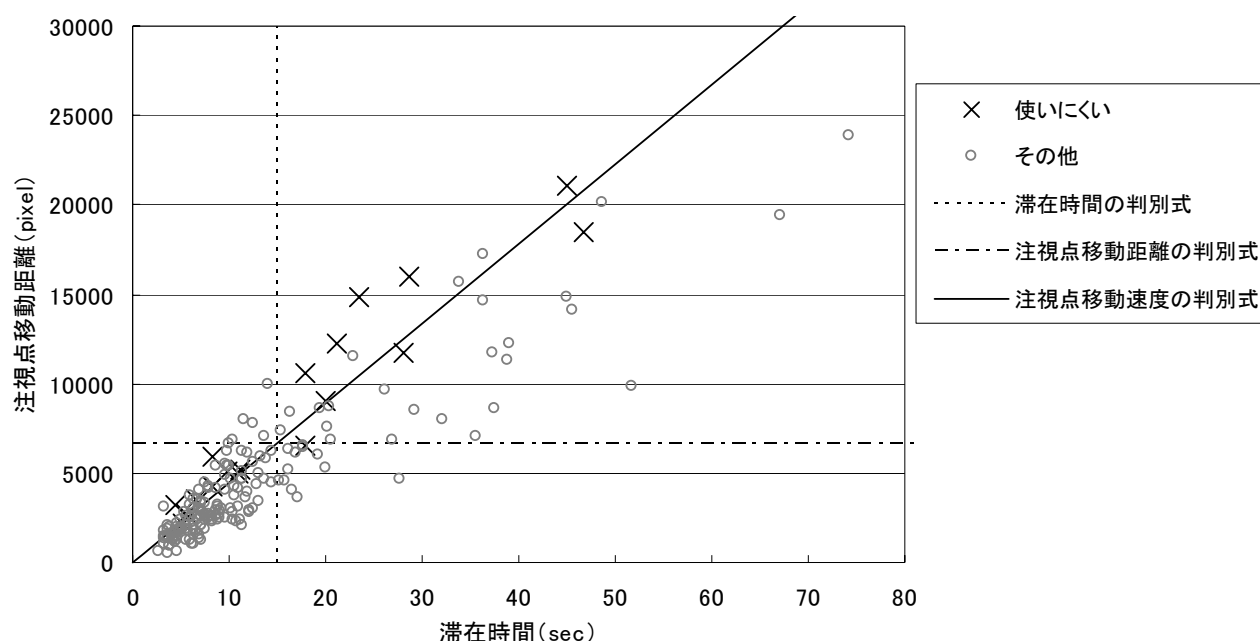


図 1 被験者にとって使いにくいページビューとその他のページビューの散布図
Fig. 1 Scatter plot of low usability page views and other page views

4.2 「使いにくいページビュー」の判別分析

「使いにくいページビュー」を検出可能な定量データを明らかにするため、定量データごとに「使いにくいページビュー」の判別分析[16]を行った。判別分析によって得られた定量データごとの判別式の判別係数、標準化判別係数、定数項、判別境界を表 2 に示す。また、この定量データごとの判別式による「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」の判別結果を表 3 に示す。表 3 より、実際は「使いにくいページビュー」であり、判別後も「使いにくいページビュー」に判定される検出力が最も高い定量データは注視点移動速度であった。また、その検出力は 77.8%で「使いにくいページビュー」18 ページビューのうち、14 ページビューが検出可能であった。この結果から、「使いにくいページビュー」を最も検出できる定量データは注視点移動速度であることがわかった。X 軸に滞在時、Y 軸に注視点移動距離に被験者にとって「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」をプロットした散布図を図 1 に示す。この図から「使いにくいページビュー」が判別境界である 445.0(pixel/sec)を超える範囲にプロットされていることが確認できる。以上のことから、「使いにくいページビュー」検出のための閾値として注視点移動速度 445.0(pixel/sec)を用いると、ユーザの主観評価と 77.8%一致することがわかった。

4.3 注視点移動速度とホイール回転量による検出

「使いにくいページビュー」の検出力を高めるため、注視点移動速度で検出できなかった使いにくいページビューを分析した。注視点移動速度で検出できなかった第 2 種の誤り β の 4 ページビューにおける被験者の振る舞いを分析した結果、3 ページビューでホイール回転量が多いことがわかった。

この結果から、注視点移動速度が 445.0 (pixel/sec) よりも高い、または、ホイール回転量が 425.1 (Delta) より

も多いページビューを「使いにくいページビュー」と判別した場合、「使いにくいページビュー」の検出力を 94.4% (18 ページビュー中 17 ページビューが検出可能) まで向上することができた。注視点移動速度による判別結果とホイール回転量による判別結果の関係を図 2 に示す。

図 2 より、注視点移動速度とホイール回転量によって「使いにくいページビュー」を検出した場合、Web ユーザビリティ評価の対象となるページビューを約 1/2 の 46% (89 ページビュー / 192 ページビュー) まで、専門家による評価を行うことなく絞り込むことができる。

4.4 検出力の向上

注視点移動速度とホイール回転量によって「使いにくいページビュー」を検出した場合、検出力が向上することについて考察する。ホイールを利用して Web ページをスクロールしているとき、被験者の注視点はほとんど動かないことが実験の様子から確認することができた。Web ページをスクロールしない場合には、ユーザは目的の情報を探すために Web ページの様々な箇所注視点が表れる。しかし、ホイールを利用して Web ページをスクロールしている場合には、注視点が画面上の 1 箇所にあつたとしても、Web ページの内容はスクロールによって変化し、上下に注視点が移動し目的の情報を探すことと同様の行動を行うことができる。このように、ホイール使用時は注視点をあまり動かさなくても Web ページ内から目的の情報を探すことが可能となる。使いにくいページビューの中でホイールを多用しているページビューでは、注視点移動が短くなるため、広い範囲で情報の探索が必要な場合においても注視点移動速度が低くなり、注視点移動速度のみでは検出できなかったと考えられる。そのため、注視点移動速度による判別結果にさらにホイール回転量による判別結果を適用することにより検出力が高くなったと考えられる。

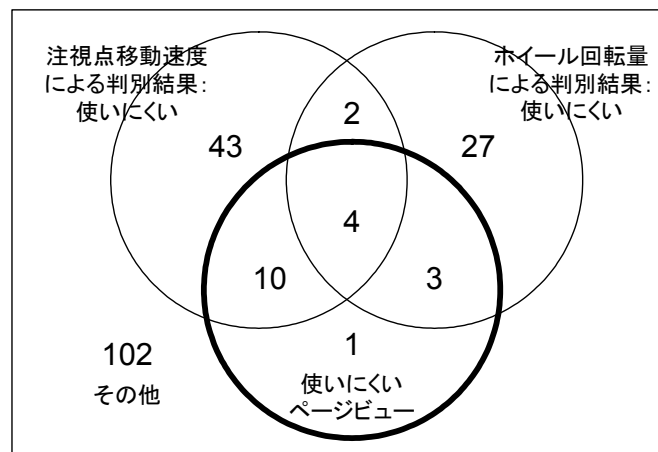


図 2 注視点移動速度による判別結果とホイール回転量による判別結果の関係

Fig. 2 Venn diagram of the result of discriminant analysis for moving speed of the gazing point and wheel running

表 4 被験者ごとの注視点移動速度による判別結果とホイール回転量による判別結果の関係
 Table 4 The relation of the result of discriminant analysis for moving speed of the gazing point and wheel running for each subject.

アンケート結果	注視点移動速度による判別結果	ホイール回転量による判別結果	合計	被験者ごとのページビュー									
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
使いにくい	使いにくい	使いにくい	4	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0
使いにくい	使いにくい	その他	10	0	0	0	0	7	0	0	0	0	3
使いにくい	その他	使いにくい	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
使いにくい	その他	その他	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
その他	使いにくい	使いにくい	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
その他	使いにくい	その他	43	3	7	5	0	8	2	2	2	2	12
その他	その他	使いにくい	27	4	0	2	13	0	4	0	1	3	0
その他	その他	その他	102	10	15	8	27	9	7	8	12	6	0
	合計		192	18	22	17	40	25	16	10	16	13	15

4.5 注視点移動速度とホイール回転量による誤検出の原因

注視点移動速度とホイール回転量によって検出可能なページビューにおける情報探索時の被験者の状況を明らかにするため、インタビュー時の被験者のコメントを分析した。注視点移動速度とホイール回転量によって使いにくいと検出された 17 ページビューにおいては、「目的の情報につながるリンクがなかなか見つからない」、「メニューの配置が悪く迷ってしまった」などのコメントが得られた。これらのコメントから被験者が目的の情報につながるリンクが見つからず、迷っている状況にあることがわかった。

また、注視点移動速度による判別結果とホイール回転量による判別結果を利用しても使いにくいと判別できなかった 1 ページビューにおいては、「目的の情報につながるリンクと思い込みクリックしたが、後でそのリンクが間違いだったと気づいたため使いにくいとした」というコメントが得られた。この Web ページでは「募集要項」のリンクの先に目的の情報である修士課程修了者の初任給が掲載されているのだが、被験者は目的の情報は「福利厚生」のリンクの先にあると思い込み、クリックしている。被験者にとってリンクのタイトルがリンク先の内容を示していないという Web ユーザビリティ問題はこのページにあるが、被験者自身には迷いは見られず、スムーズに操作していることがわかった。そのため、このページビューは誤検出になったと考えられる。

これらの結果から、被験者が目的の情報につながるリンクが見つからず、迷っている状況にあるページビューは、検出可能であることがわかった。しかし、Web ユーザビリティ問題が含まれているにもかかわらず、被験者に迷いがあらわれない場合には、検出できないことがわかった。

4.6 注視点移動速度とホイール回転量の個人差

被験者ごとの注視点移動速度による判別結果とホイール回転量による判別結果の関係を表 4 に示す。注視点移

動速度の個人差については、「使いにくいページビュー」とまったく評価しなかった被験者 B, D, G のうち、被験者 B, G の 2 名では「その他のページビュー」であるにもかかわらず、「使いにくいページビュー」と誤って判別していることから個人差が表れる定量データであることがわかった。これは、個人の能力差ではなく、過去に似たような Web サイトを訪れたことがあるかという経験の差が表れたと考えられる。次にホイール回転量の個人差については、まったくホイールを使用しない被験者 B, J の 2 名がいることから個人差が大きい定量データであることがわかった。しかし、このような被験者の場合には、注視点移動速度のみで使いにくいページビューを検出できていることがわかる。ホイールを使用しない被験者の場合には、注視点移動速度を利用して使いにくいページビューの検出を行い、ホイールを使用する被験者の場合にはさらにホイールによる判別結果を適用する必要があると考えられる。

また、どのようなページビューが複数の被験者に使いにくいと評価されたのか分析を行った。被験者が主観的に使いにくいと評価した 18 ページビューのうち、複数の被験者から使いにくいと評価されたページビューは 7 ページビューであり、残りのページビューでは被験者、Web ページの訪問回数、Web サイトにおける階層の深さが異なっていた。複数の被験者に使いにくいと評価された 7 ページビューのうち、5 ページビューはタスク 1 におけるあるエレクトロニクスメーカー A の Web サイトのトップページを 5 名の被験者 (C, E, H, I, J) が最初に関連した際のページビューである。このページビューでは A 社のイメージ画像がブラウザのウィンドウの大部分を占め、被験者は目的の情報につながるリンクは Web ページをスクロールしなければ閲覧できなかった。また、残りの 2 ページビューは、タスク 2 におけるあるコンピュータメーカー B の Web サイトの 2 階層目の採用情報の Web ページを 2 名の被験者 (A, I) が 2 度目に閲覧した際のページビューである。このページビューは、3 階層

目のページビューとデザインが変わらないためもう1度訪れ、目的の情報を探していた。これらの評価結果には被験者ごとの主観の個人差が表れており、「ユーザビリティテストを行う際には複数の被験者で行い、様々な洞察を得る必要がある」[8]と考えられる。

4.7 判別境界

一般に適用可能な判別境界を得るためには、全ユーザの集合からランダムに多数の被験者を選び、全 Web サイトの集合からランダムに多数の実験対象の Web サイトを選ぶ必要がある。しかし、そのような被験者を集めるためには膨大な予算が必要であり、限られた被験者で行わなければならない。また、実験結果を公開する可能性があることから、Web サイトを実験対象として利用する際に Web 管理者の許可を得る必要があるため、多数の Web サイトについて実験を行うことはできなかった。しかし、今後さらに、被験者の数、Web サイトの数を増やすことができれば、一般に適用可能な判別境界の値に近づいていくと期待できる。そのような判別境界の値が求まれば、ユーザビリティテストを行うたびに判別分析を行う必要はなくなると考えられる。

4.8 「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における訪問回数と階層の深さの平均値の差の検定

今回の実験では、被験者の主観的なユーザビリティ評価に基づいて分析を行っているため、同じ Web ページを何度も閲覧するうちに主観的な評価が変化することが考えられる。例えば、「最初は使いにくかったが、何度も訪れるうちに慣れてしまった」、あるいは「最初は問題点に気付かなかったが、何度も訪れるうちに使いづらい点が見えてきた」というような変化である。今回の分析結果が、このような訪問回数による被験者の主観の変化と関連性があるか分析を行った。訪問回数は各被験者が行ったタスクごとに、同じ URL の Web ページを閲覧した回数とする。

使いにくいページビューとその他のページビューの訪問回数の分布とその平均値、また平均値の差の検定結果を表5に示す。表5より、使いにくいページビューの訪問回数とその他のページビューの訪問回数の平均値の間に差があるとは言えないことがわかった。この結果から、今回の実験では訪問回数という要因だけからでは、被験者によるページビューごとの主観的な評価を予測できないと考えられる。

また、今回の実験では、被験者の主観的なユーザビリティ評価に基づいて分析を行っているため、Web サイトの階層をいくつも降りていくうちにストレスが蓄積され主観的な評価が変化することが考えられる。あるいは Web サイトのトップページのデザインの印象から目的の情報まで何回もクリックしなければいけない思い、最初は使いにくいと感じたが、階層を降りていくうちに目的

表5 使いにくいページビューとその他のページビューの訪問回数の平均値の差の検定結果
Table 5 t-test of the number of visiting times in the low usability page views and other page views.

訪問回数	使いにくいページビュー	その他のページビュー
1	11	153
2	6	16
3	1	4
4	0	1
平均訪問回数	1.44	1.16
標準偏差	0.62	0.46
平均の差の検定 (有意確率 P)	0.068	

表6 使いにくいページビューとその他のページビューの階層の平均値の差の検定結果
Table 6 t-test of low usability page views level and other page views level.

階層の深さ	使いにくいページビュー	その他のページビュー
1	7	37
2	2	40
3	5	41
4	2	30
5	1	11
6	0	5
7	1	2
8	0	1
9	0	2
10	0	1
11	0	1
12	0	2
13	0	0
14	0	0
15	0	1
平均階層	2.56	3.13
標準偏差	1.69	2.22
平均の差の検定 (有意確率 P)	0.286	

の情報に近づいていると感じ、ストレスが緩和されていくことも考えられる。今回の分析結果が、このような Web サイトの階層の深さによる被験者の主観の変化と関連性があるか分析を行った。階層の深さは各被験者が行ったタスクごとに、タスクで訪れた Web サイトのトップページを階層の深さ1として、被験者がリンクをクリックしてページビューを閲覧するたびに階層の深さを+1した。また、被験者がブラウザの「戻る」ボタンをクリックして1つ前のページビューに戻った場合は階層の深さを-1した。

使いにくいページビューとその他のページビューの階層の深さの分布とその平均値、また平均値の差の検定結果を表6に示す。表6より、使いにくいページビューの階層の深さとその他のページビューの階層の深さの平均値の間に差があるとは言えないことがわかった。この結果から、今回の実験では階層の深さという要因だけか

らでは、被験者によるページビューごとの主観的な評価を予測できないと考えられる。

「使いにくいページビュー」の主観的な評価に影響する要因は数多く考えられるが、影響の可能性が高いと考えられる訪問回数や階層の深さと被験者による主観的な評価の関連性について分析した。これらの分析の結果、各々単独で分析しても、被験者によるページビューごとの主観的な評価との関連性については確認することができなかった。しかし、本実験では訪問回数と階層の深さの2つの要因、および影響の可能性が高いと考えられるその他の要因について統制されていないため、各要因が相互に影響しあって、各要因単独では被験者によるページビューごとの主観的な評価との関連性が確認できなかった可能性も考えられる。今後さらに実験を行うことによって、「使いにくいページビュー」の主観的な評価に影響する要因を明らかにするとともに、それらの要因の相互影響についても分析していく必要があると考えられる。

5. まとめ

本論文では、ユーザの振る舞いに関する定量データと10名の被験者による主観的なWebユーザビリティ評価の関連を調べる実験について述べた。実験により定量データが計測できた192ページビューを被験者による主観的なWebユーザビリティ評価をもとに「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」に分類し、定量的に分析した。定量データごとに「使いにくいページビュー」と「その他のページビュー」における平均値の差を検定した結果、注視点移動距離の差と注視点移動速度の差が有意であった。また、定量データごとに「使いにくいページビュー」の判別分析を行った結果、注視点移動速度の検出力が最も高く、77.8% (14ページビュー / 18ページビュー) であった。さらに、注視点移動速度とマウスのホイール回転量による検出を行うことにより、検出力が94.4% (17ページビュー / 18ページビュー) となった。この検出されたページビューでは、被験者は目的の情報につながるリンクが見つからず、迷っている状況にあるため、使いにくいと評価したことがわかった。また、このような被験者にとって使いにくいページビューを検出する場合、Webユーザビリティ評価の対象となるページビューを約1/2の46% (89ページビュー / 192ページビュー) まで絞り込むことができた。つまり、評価の効率を約2倍にできる可能性がある。現時点では、視線計測そのものは手間のかかる作業であり、計測には物理的制約もあるので、Webデザインの現場で効率的な支援が可能とまではいえないかもしれない。しかし、この点が計測器の発達により改善されれば本手法の実用的価値が上がると考えられる。

今回の実験では、被験者の主観的なユーザビリティ評

価に基づいて分析を行っているため、同じWebページを何度も閲覧したり、Webサイトの階層をいくつも降りたりするうちに主観的な評価が変化することが考えられる。しかし、使いにくいページビューとその他のページビューにおける訪問回数や階層の深さの平均値の差の検定の結果、各々単独で分析しても、被験者によるページビューごとの主観的な評価との関連性については確認することができなかった。今回の実験ではこれらのストレスも要因ではあると考えられるが、被験者にとって目的の情報につながるリンクが見つからず、迷っている状況のほうがより主観的に使いにくいと感じたと考えられる。そして、被験者がこのような状況にあるページビューを我々の分析結果を利用することによって検出できる可能性が高いと考えられる。我々はこれらの結果から視線やマウスの動きの特徴量とユーザの主観の間に関連性があることを確認した。

しかし、我々の行った注視点移動速度とマウスのホイール回転量による検出では、「Webページのデザイン自体は悪いのだが、探している項目はたまたま見つけやすいところにある」という場合など、検出されない可能性が考えられる。今後、さらに他手法との組み合わせについて検討し、これらの問題にも対応できるように発展させていきたい。また、誤検出が生じているWebページにおける被験者の振る舞いの特徴を明らかにして除くなど、より誤りの少ない判別方法を開発する予定である。

今回の分析では、視線やマウスの動きの特徴量とユーザの主観の関連性を確認したが、主観的に使いにくいページビューと客観的なユーザビリティ問題が含まれるWebページとの関係まで明らかにすることができていない。今後、さらに評価対象とするWebページや被験者を増やし、実験を重ねることによって視線やマウスの動きの特徴量から、使いにくいページビューではなく使いにくいWebページを検出できるようにする予定である。

Webユーザビリティ評価に要するコストはますます増加の一途を辿っており、評価の効率化が求められている。専門家による定量データの分析作業の前に、使いにくいWebページを検出することにより、ユーザが訪れた全てのWebページに対して評価を行うのではなく、検出された使いにくいWebページのみを評価対象とすることで評価作業の軽減につながると期待される。また、今後、WebページにおいてWebユーザビリティ問題に直面したときの注視点移動速度をはじめとする定量的なデータの変化を調べることにより、Webページ内の具体的な問題点を定量的に指摘することも可能になると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「eSociety 基盤ソフトウェアの総合開発」の委託に基づいて行われた。また、特別研

究員奨励費（課題番号：16005035）の研究助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] Mon Chu Chen, John R. Anderson, Myeong Ho Sohn: What can a mouse cursor tell us more?: correlation of eye/mouse movements on web browsing; CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems table of contents, pp. 281-282 (2001).
- [2] J. S. Dumas, J. C. Redish: A Practical Guide to Usability Testing; Ablex Publishing (1993).
- [3] Kelly Goto, Emily Cotler: Web ReDesign; Pearson Education (2002).
- [4] 池田: 統計ガイドブック; 新曜社 (1989).
- [5] 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).
- [6] Melody Y. Ivory, Marti A. Hearst: The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces; ACM Computing Surveys, **Vol.33**, Issue 4, pp. 470-516 (2001).
- [7] 森, 宇井: 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).
- [8] Jacob Nielsen, Landauer, Thomas: A mathematical model of the finding of usability problems; Proceedings of ACM INTERCHI'93Conference, pp. 206-213 (1993).
- [9] Jacob Nielsen: ウェブ・ユーザビリティ; エムディエヌコーポレーション (2000).
- [10] 荻阪, 中溝, 古賀: 眼球運動の実験心理学; 名古屋大学出版会 (1993).
- [11] 岡田: ユーザビリティとその評価手法; システム制御情報学会誌, **Vol.45**, No.5, pp.269-276 (2001).
- [12] H. Okada, T. Asahi: GUITESTER: a log-based usability testing tool for graphical user interfaces; IEICETrans. on Information and systems, **Vol.E82-D** No.6, pp.1030-1041 (1999).
- [13] Laila Paganelli, Fabio Paterno: Intelligent analysis of user interactions with web applications; Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces table of contents, pp.111-118 (2002).
- [14] 阪井, 中道, 島, 中村, 松本: 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).
- [15] 篠原: ウェブ・ユーザビリティテストの実際; 情報の科学と技術 情報科学技術協会, **Vol.54**, No.8, pp. 398-406 (2004).
- [16] 塩谷: 多変量解析概論; 朝倉書店 (1990).

著者紹介

中道 上 (学生会員)



平成 9 年奈良工業高等専門学校情報科卒業。平成 11 年奈良工業高等専門学校専攻科電子情報工学専攻修了。平成 16 年奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程修了, 同年同大学院博士後期課程に入学, 平成 11 年住友金属システム開発株式会社 (現, アイエス情報システム株式会社) 入社。平成 16 年退職, 同年, 学術振興会特別研究員 (DC1) 採用, 現在に至る。Web ユーザビリティ, 視線情報, 色彩に興味を持つ。電子情報通信学会, IEEE, 各学生会員。

阪井 誠



昭和 59 年大阪電気通信大学工学部電子機械工学科卒業。同年, 株式会社ソフトウェア・リサーチ・アソシエイツ (現, 株式会社 SRA) に入社。以来, ソフトウェア開発・研究開発に従事。平成 13 年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。同年株式会社 SRA 先端技術研究所シニア研究員。博士 (工学)。開発支援環境, グループウェア, セキュリティに興味を持つ。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE, ソフトウェア技術者協会各会員。

島 和之



平成 3 年大阪大学卒業。平成 5 年同大学院博士前期課程修了, 同大学院博士後期課程入学。平成 6 年同大学院博士課程中退, 奈良先端科学技術大学院大学助手。平成 16 年広島市立大学助教授。博士 (工学)。ソフトウェア工学の研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE Computer Society 各会員。

松本 健一



昭和 60 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。平成元年同大学院博士課程中退。同年大阪大学基礎工学部情報工学科助手。平成 5 年奈良先端科学技術大学院大学助教授。平成 13 年同大学教授。工学博士。収集データに基づくソフトウェア開発/利用支援, Web ユーザビリティ, ソフトウェアプロセス等の研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE, ACM 各会員。