

Refereed Conference paper

ロジスティック回帰による Web ユーザビリティの低いページの検出

山田俊哉[†] 中道上^{††} 松井知子^{†††}

Web ページ閲覧中のユーザのインタラクションデータから、ロジスティック回帰モデルを用いて、ユーザにとって使いにくい Web ページを検出する。ロジスティック回帰モデルによる変数選択の結果、インタラクションデータの組み合わせとして「滞在時間」「注視点移動距離」「ホイール回転量」の3変数を組み合わせたモデルが有効である事を明らかにする。また、ロジスティック回帰モデルの判別関数のしきい値を変化させ、ユーザにとって使いにくいページを網羅的に検出する方法を考案する。また、そのしきい値の決定に有効な Mathematical-Line を用いる事により抽出するページ数とユーザにとって使いにくいページの検出率の関係を見ながらしきい値を設定できることを示す。

Detection of Low Usability Web Pages with Logistic Regression

Toshiya Yamada[†], Noboru Nakamichi^{††}
and Tomoko Matsui^{†††}

The purpose of this work is to reduce the cost of the web usability evaluation by usability testing. The cost will reduce by detecting low usability web pages. We analyzed empirically to find detectable metrics from user interaction behaviors in viewing of web pages. The logistic regression analysis (LRA) is used to detect the low usability web pages. The metric is defined using the browsing time, the amount of wheel rolling and the moving distance of gazing points which are selected by the stepwise selection method based on the area under the ROC curve (AUC). By changing the threshold of the discrimination function of the logistic regression, we got the model that the Low usability page was fairly detected. if we use effective Mathematical-Line for the decision of the threshold, it was able to set the threshold by seeing the relation of the detection rate on the page with low usability and the number of pages that predicted low usability.

1. はじめに

ユーザビリティに配慮して Web サイトを構築することが必須となりつつあり、Web ユーザビリティに対する関心が高まっている[6]。しかし、Web サイトに対するユーザビリティ評価は十分ではなく、ユーザが Web サイト内に探している情報が存在する事を知っていたとしても、それを探し出すのに失敗する例が 50%を超えるとされている[12]。このような、Web サイト内において情報を探し出す事を困難にしている Web ページを網羅的に検出し、問題となる箇所を修正する必要がある[11]。検出では Web ユーザビリティ評価[9]が実施されており、特に実際のユーザがどのようにインタラクションを行うかを調べるユーザビリティテスト[4][7]が実施されている。

本研究では、Web ページ閲覧中のユーザのインタラクションを定量的に記録したデータ (インタラクションデータ) を用いて、ユーザにとって使いにくい Web ページの検出を支援する。インタラクションデータとしてはユーザが滞在した Web ページの情報、各 Web ページにおけるユーザのマウスの動き、注視点の動きなどが挙げられる。

本論文では、どのようなインタラクションデータの組み合わせが有効であるか変数選択を行い、ユーザにとって使いにくい Web ページを検出するためのロジスティック回帰モデルについて述べる。さらに、ユーザにとって使いにくい Web ページをできる限り網羅して検出するようにロジスティック回帰における判別関数のしきい値(判別境界)を調整した場合のユーザにとって使いにくいページの検出モデルについて述べる。

2. 関連研究

ユーザビリティテストでは、一般的にユーザのインタラクションの様子を記録するためのカメラが設置されており、観察者はその映像を観察・記録する。ユーザのインタラクションをより詳細に調べるため、近年様々なツールが提案されており、様々なインタラクションデータを定量的に記録することが可能となりつつある。特に分析に利用されるインタラクションデータとしてマウスや視線の動きが挙げられる。

定量的なインタラクションデータを分析することにより、Web サイトおよび Web ページに存在するユーザビリティに関する問題点をより客観的に発見することができるようになる。Arroyo ら[2]は、マウスの動きをスクロール、読み、停止、メニュー、ランドムに分類し、これらの分類に基づいた分析を行うことで問題の箇所を指摘できる

[†] 総合研究大学院大学 複合科学研究科 統計科学専攻
Department of Statistical Science The Graduate University for Advanced Studies

^{††} 南山大学 情報理工学部
Faculty of Information Sciences and Engineering Nanzan University

^{†††} 統計数理研究所
The Institute of Statistical Mathematics

可能性があることを示唆している。また、Josephson ら[5]は、視線の軌跡を利用し、その軌跡のパターンから Web ページのデザインの問題点を指摘できる可能性があることを示している。このように Arroyo らや Josephson らは、ユーザビリティの評価者がユーザのインタラクションをより詳細に分析することを可能にした。

しかしながら、ユーザビリティの評価者は、ユーザが閲覧した全ての Web ページにおいてユーザのインタラクションを分析する必要があるため、インタラクションを分析するための作業の効率については十分に支援されているとはいえない。そこで、本研究では複数のインタラクションデータを利用して、ユーザビリティの評価者が詳細に分析しなければいけない Web ページを効率的に検出することを目的として、ユーザにとって使いにくい Web ページの検出のためのロジスティック回帰分析を行った。

3. ユーザビリティテスト

本章では、本研究に用いたインタラクションデータの記録についてと、ユーザによる主観的な Web ユーザビリティの評価結果を調べるために行った、ユーザビリティテストの実験について述べる。

3.1 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[10]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。

3.2 インタラクションデータおよびユーザ評価の収集

実験では、WebTracer[10]を用いて被験者にタスクを課した際のインタラクションデータを記録した。タスクの内容はある Web サイト内から情報を探索することであり、1つの Web サイトから1つの情報を探索することを1タスクとする。本実験では Web ページ単位の「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」、「注視点移動距離」、「注視点移動速度」の6つのインタラクションデータを記録した。1タスク終了直後に操作履歴を再生しながら、アンケートを実施した。アンケートでは、各 Web ページの使いやすさについて被験者に質問した。

また本論文では、Web ページのカウント方法として PageView (PV) を採用する。PV とは Web ページのアクセスカウントの1つであり、ブラウザによって1回リクエストされサーバから読み出される Web ページを 1PV とカウントする。

3.3 被験者とタスク

被験者は、日常的に Web を利用している理工系の大学院生 15 名である。15 名の被験者に、実在する 5 つ企業の Web サイトから大学院修士課程修了者の初任給を探すというタスクを行うよう依頼した。タスクの数は 5 つの企業の Web サイトから探す 5 タスクである。その際、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。

3.4 実験手順

前節の 5 つのタスク毎に、それぞれのタスクに対して以下の手順でユーザビリティテストを行い、Web ページ毎にインタラクションデータを計測した。また、被験者の主観的な評価結果を調べた。実験手順を以下に示す。

- 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. WebTracer を用いて、被験者のタスク実行中のブラウザ操作の様子を記録する。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記録を終了する。
- 手順 3. タスク終了後、被験者が訪れた Web ページを閲覧しながら、Web ページごとの使いやすさを下記の 5 つから選択するよう依頼する。
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

3.5 実験結果

実験の結果、被験者が閲覧した Web ページのうち 263 PV において被験者のインタラクションデータを計測することができた。

アンケートの結果から、被験者が「使いにくい」と回答した Web ページを「使いにくいグループ」とし、「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 Web ページを「その他のグループ」とし、2 グループに分類して集計した。ユーザビリティテストの特長であるユーザビリティの専門家でもわからないようなユーザトラブルを引き起こす Web ページは、被験者にとって「使いにくい」と回答される可能性が高いためである。集計の結果、「使いにくいグループ」は 20 PV、「その他のグループ」は 243 PV であった。インタラクションデータごとの「使いにくいグループ」と「その他のグループ」の平均値と標準偏差を表 1 に

示す。

表 1 「使いにくいグループ」と「その他のグループ」の t 検定

	Evaluation result by subjects				t 検定 (P 値)
	「使いにくい」		「その他」		
	average	S. D.*1	average	S. D.	
滞在時間 (sec)	16.9	12.4	11.4	10.2	0.0658
マウス移動距離(pixel)	1197.0	712.8	1027.7	1052.9	0.3370
マウス移動速度 (pixel/sec)	91.9	67.6	105.1	73.0	0.4128
ホイール回転量 (Delta)	570.0	949.6	229.1	529.8	0.1286
注視点移動距離(pixel)	8723.5	5574.7	4608.8	3841.7	0.0040
注視点移動即度 (pixel/sec)	546.2	140.1	419.6	155.9	0.0008

*1: S.D 標準偏差

表 2 被験者による評価と識別結果との正誤関係

		被験者による評価結果	
		使いにくいグループ	その他のグループ
識別 結果	使いにくいグループ (Positive)	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	その他のグループ (Negative)	False Negative (FN)	True Negative (TN)

実験の結果、被験者のインタラクションデータに「使いにくいグループ」と「その他のグループ」における差があらわれることを確認できた。t 検定の結果から、「注視点移動距離」が長い、「注視点移動速度」が高いといったインタラクションデータがそれぞれ得られた場合、その Web ページは被験者にとって使いにくい Web ページである可能性が高いことがわかった。

4. ユーザビリティの低い Web ページの検出

本研究ではユーザビリティの低い Web ページの検出のため、ロジスティック回帰分析を用いた。被験者が実際に評価した「使いにくいグループ」「その他のグループ」の結果と、ロジスティック回帰分析により識別した結果の「使いにくいグループ」「その

他のグループ」の正誤に関しては、表 2 に示す関係がある。

ロジスティック回帰によるユーザビリティの低い Web ページを検出するために最適なモデルを作るため、ステップワイズ方式による変数選択を行った。

本章では、ロジスティック回帰モデルの概要と変数選択方法の説明、変数選択とそれぞれの性能比較について述べる。

4.1 ロジスティック回帰モデル

ユーザビリティの低い Web ページの検出のため、統計的判別手法の一つであるロジスティック回帰を用いる。2 値の判別を行うため、クラスラベルを「使いにくいグループ」=1, 「その他のグループ」=0 とし、Web ページの特徴量である「閲覧時間」「注視点移動距離」「注視点移動速度」「マウス移動距離」「マウス移動速度」「ホイール回転量」といった変数を $X_i=(x_1, \dots, x_n)$ とおいた場合、ロジスティック回帰モデルは以下の様になる。

$$\text{Logit}(p_i) = \log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \alpha + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in}$$

$$p_i = \text{Pr}(Y_i = 1)$$

ロジスティック回帰は、対象ページが「使いにくいグループ」とされる確率のロジット(オッズ比の対数)を出力とするため、「使いにくいグループ」とされる確率を出力から求める事が可能となる。この確率の予測値を、しきい値を用いて「使いにくいグループ」か「その他のグループ」の判別ができる。

本研究で用いたデータでは「その他のグループ」の比率が高い。Web ユーザビリティ問題は、ユーザが「使いにくい」と感じたページを「その他のグループ」と識別すること、つまり表 2 の FN を少なくする必要があり、一方で FP がある程度ならば増やしても良い。そのため、しきい値を問題に合わせて変化させる必要がある。

4.2 変数選択

ロジスティック回帰モデルにおいて、変数選択を行う。変数選択は ROC 曲線(Receiver Operating Characteristic Curve)の下側面積である AUC(Area Under the ROC Curve)を基準に、フルモデルからの変数減少法により行った。ここで、ROC 曲線は、それぞれのモデルによる識別器のパラメータである閾値を 1/263 から 263/263 まで変化させた時、縦軸に検出率=感度(Sensitivity)=TP/(TP+FN)、横軸に特異度(Specificity)=1 - TN/(FP+TN)を取った曲線である。AUC は ROC 曲線の下側面積である。

ロジスティック回帰モデルには 10 組の学習データ/テストデータの組であるデータセットを用いる。データセットは「使いにくいグループ」20PV よりランダムに 10PV を、「その他のグループ」243PV より 122PV をランダムに非復元抽出し学習データとした。また、残りの 121PV をテストデータとし、この組をデータセットとしこれを 10 組作成した。変数選択の基準となる AUC はこの 10 組の学習データ/テストデータによるそれぞれのモデルで ROC 曲線を描き、AUC の値を平均したものである。

変数選択では全ての変数を使用したモデルからはじめ、AUC を基準にした変数減少
表 3 AUC による変数選択のステップ

除去する変数	平均正判別率	平均検出率	平均 AUC
変数を除去しない (フルモデル)	0.719	0.530	0.716
マウス移動速度	0.734	0.570	0.766
マウス移動速度, マウス移動距離	0.733	0.620	0.808
マウス移動速度, マウス移動距離 注視点移動速度	0.763	0.650	0.828

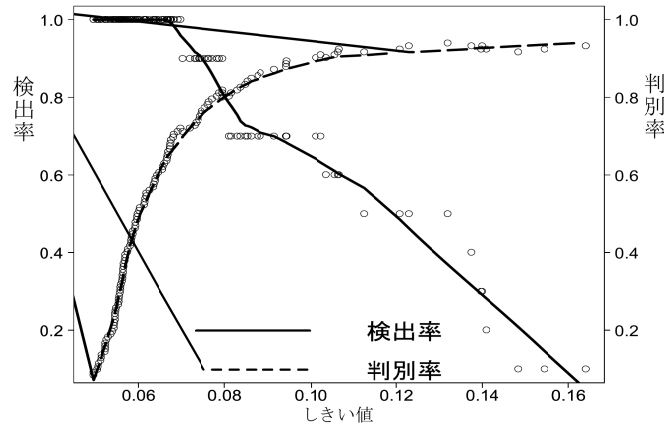


図1 しきい値と正判別率・検出率

法により、AUC が最大になるモデルまでステップワイズに変数選択を行う。変数選択の各ステップによる平均 AUC, 平均正判別率, 平均検出率は表 3 に示す。ここで正判別率 = $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$ である。

変数選択の結果、フルモデルより除去される変数は「マウス移動速度」、「マウス移動距離」「注視点移動速度」の 3 変数となり、以下のようなモデルを得る。

$$\text{Logit}(p) = \alpha + \beta_1(\text{滞在時間}) + \beta_2(\text{注視点移動距離}) + \beta_3(\text{ホイール回転量})$$

4.3 識別のしきい値と検出モデル

本節ではロジスティック回帰において、しきい値と検出率の関係を述べる。

4.2 節で述べた方法と同様にデータセットを一組作り、そのデータセットに変数選択を行ったロジスティック回帰モデルを適用した時の、テストデータにおけるしきい

表 4 ロジスティック回帰(LR)によるユーザビリティの低い Web ページの検出結果

		被験者による評価結果	
		使いにくいグループ	その他のグループ
LR による 検出	使いにくいグループ	9	23
	その他のグループ	1	99

値と正判別率、検出率の関係を図 1 に示す。

この結果より、ロジスティック回帰において、しきい値を変化させると正判別率と検出率はトレードオフの関係を持つ事が確認された。図 1 より正判別率と検出率の好交点である (しきい値) = 0.0796 において適している事がわかる。また、実際に推定された係数は以下の式の様になる。

$$\text{Logit}(p) = -2.568 - 0.1268(\text{滞在時間}) + 0.468(\text{注視点移動距離}) + 0.1765(\text{ホイール回転量})$$

このモデルを用いてテストデータを (しきい値) = 0.0796 で識別した結果を表 4 に示す。このテストデータでは検出率が 0.8, 正判別率が 0.81 となる結果が得られた。これは中道ら [8] が同様のデータ 192PV に対して、「注視点移動速度」を用いて単変量の判別分析を行った結果の検出率 0.44, 正判別率 0.79 に比べて優れた結果となった。

5. 考察

5.1 検出に有効ではない変数

4 節の結果において有効な変数にならなかった変数について考察する。

マウスに関わる変数は「マウス移動距離」「マウス移動速度」「ホイール回転量」の 3 変数である。この中で「マウス移動距離」、「マウス移動速度」が変数選択の結果からユーザビリティの低い Web ページの検出には有効でない結果が得られた。これは、マウスの動かし方に関しては個人差が大きい点が考えられる。マウスホイールを使うユーザとホイールを使用しないユーザのそれぞれ 2 ずつの 5 タスク分のマウスカーソルの移動の軌跡を図 2 に表す。

図 2 右のホイールを使わないユーザのマウス軌跡の中で画面右端付近に上下に垂直に動くマウスの軌跡が確認できる。これはホイールを使用するユーザにはあまり見られない軌跡であり、画面右端のスクロールバーの操作だと考えられる。この操作によ

り画面注視の位置を動かすことなく Web サイト内の情報を探ることができるため、注視点移動距離に近い動きをする。ホイール回転も同様であるが、ホイール回転は純粋に画面におけるスクロールについての情報をもつ変数であるのに対し、マウス移動に関しては、このスクロール以外にもリンクの選択や、中にはページの閲覧中に視線と

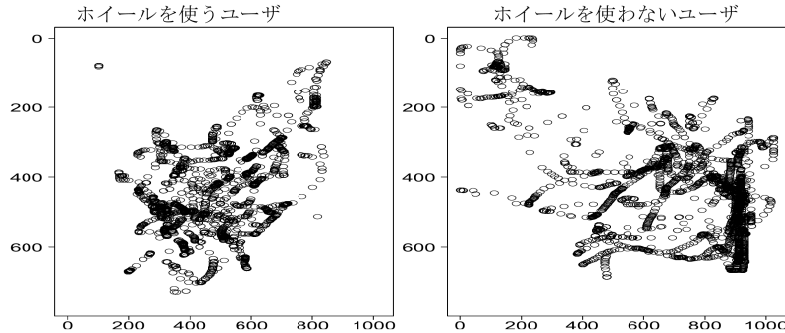


図2 ホイールを使うユーザとホイールを使わないユーザのマウス移動の軌跡
左：ホイールを使うユーザ，右：ホイールを使わないユーザ
縦軸，横軸は Web 閲覧中の画面の縦横の座標と同じ

表5 「注視点移動速度」と各変数との相関・偏相関係数

		滞在 時間	マウス 距離	マウス 速度	注視点 距離	注視点 速度	ホイール 回転量
注視点 移動 速度	相関係数	-0.10	0.01	0.09	0.32	1	-0.10
	偏相関係数	-0.64	-0.10	0.14	0.80	-	0.00

同調させるようにマウスカーソルを動かすユーザもいるため、ページ内から情報を探すことに関係する動きと、そうではない動きとの区別が難しい動きも合計されている変量となっていると考えられる。

また、「マウス移動速度」に関しては、本論文では(マウス移動速度)=(マウス移動距離)/(滞在時間)として算出した。これは、1 ページの閲覧を通しての平均速度としての変量である。しかし、図2のそれぞれのユーザの打点の間隔を見ると、間隔が疎になっている軌跡と、密になっている軌跡が存在する。このことから、マウス移動速度に

関しては、1 ページ閲覧中にも速度が大きく変わる事が確認されるため、今回のユーザビリティの低い Web ページの検出には有効な変数とならなかったものとする。

「注視点移動速度」に関しては表5に注視点移動速度とその他の変数との相関係数、

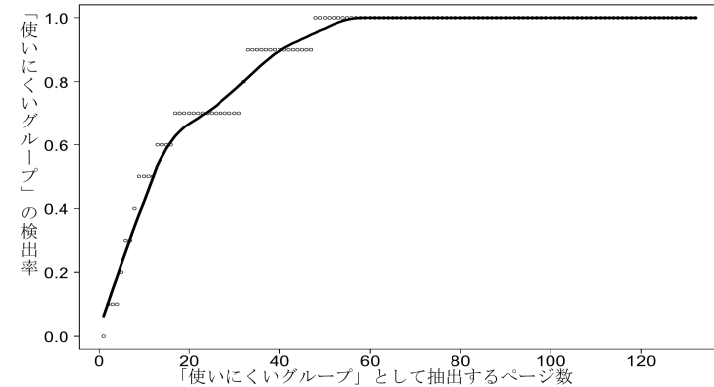


図3 「使いにくいグループ」の抽出に対する Mathematical-Line

偏相関係数を示す。

表5より、注視点移動速度は注視点移動距離以外の変数については相関がほとんど無い事がわかる。また、「滞在時間」、「注視点移動距離」に対して偏相関係数が高い。つまり「注視点移動速度」と「滞在時間」又は「注視点移動距離」との関係は、他の変数を全て固定しても、相関関係が残る。しかし、これは(注視点移動速度)=(注視点移動距離)/(滞在時間)として算出しているためと考えられるため、注視点移動距離と滞在時間がモデルに残っているならば、注視点移動速度は検出にそれほど必要ないと考えられる。以上より本研究において、Web ユーザビリティの低いページの検出のモデルには「マウス移動距離」、「マウス移動速度」、「注視点移動速度」が外れた。

「マウス移動距離」に関してはスクロールバーの上下に関わる移動やスクロールボタンのクリックなど、画面閲覧の移動に関わる移動と、そうではない移動との分離を行う。マウス移動速度、注視点移動速度に関しては1 ページ閲覧中の平均速度ではなく、移動の緩急を考慮した変数を考える事により、ユーザビリティの低いページの検出に有効になると考えられ、さらなる精度向上が図られると思われる。

5.2 「使いにくいグループ」として検出されるページ数としきい値

本論文において、しきい値を変更する事で検出率、正判別率がトレードオフの関係

を持って変化することを確認した。実際の Web ユーザビリティの低いページの検出する場面においては、しきい値を設定する事は「使いにくいグループ」として何ページを抽出し、Web 評価者がそのページのユーザビリティの問題点を確認するかというコストを設定する事と等価である。では、「使いにくいグループ」として抽出するページ数と、真に「使いにくい」ページが含まれる割合を表した図 3 に示す。

これは **Mathematical-Line** と呼ばれる曲線であり、横軸に「使いにくいグループ」として抽出するページ数、縦軸に「使いにくいグループ」の検出率を表したものである。「使いにくいグループ」として抽出するページ数が多ければ、Web 評価に対するコストが掛かる。この図ではそのコストに対して「使いにくいグループ」という費用対効果を見る事が可能であり、ロジスティック回帰モデルをこのデータセットに適用した結果、132PV 中 31PV を抽出する事で、全体の 80%の「使いにくいグループ」を検出する事が可能となる事を表す。また、このときの(しきい値) $=0.0796$ となる。

このように、**Mathematical-Line** を用いる事により抽出するページ数とユーザビリティの低い Web ページの検出率の関係を見ながらしきい値を設定することが可能となる。

6. まとめ

本研究においては、ロジスティック回帰モデルを用いてユーザにとって使いにくいページの検出を行った。研究においては 15 名の被験者から得られた 263PV のデータを使用した。被験者が「使いにくい」と評価した 20PV の「使いにくいグループ」と、それ以外の評価を得た 243PV の「その他のグループ」を、ロジスティック回帰分析により 2 値判別問題として扱うことにより、ユーザにとって使いにくいページの検出を行なった。ロジスティック回帰モデルでは「滞在時間」「注視点移動距離」「注視点移動速度」「マウス移動距離」「マウス移動速度」「ホイール回転量」の 6 変数より ROC 曲線の下側面積である AUC を基準とした変数選択を行い「滞在時間」「注視点移動距離」「ホイール回転量」の 6 変数から「滞在時間」「注視点移動距離」「ホイール回転量」の 3 変数を用いたモデルが選択された。モデルを用いて、一つのデータセットに適用させた結果、検出率が 0.8、正判率が 0.81 と従来研究を上回る結果となった。また、変数選択では選択されなかった 3 変数では、マウス移動距離は、スクロールバーの操作の有無などユーザが Web ページから情報を得るための行動に個人差やノイズがある点、マウス移動速度ではページ内のマウス移動に緩急がある点、また注視点移動速度に関しては変数選択モデルに既に関係の深い変数が 2 つ含まれていることを考察に挙げた。また、ロジスティック回帰モデルのしきい値に関しては、しきい値を変化させて描く **Mathematical-Line** によって抽出するページ数とユーザビリティの低い Web ページの検出率の関係を見ながらしきい値を設定することが可能であることを述べた。

現在、Web カメラを用いて視線を計測する[1]ことも可能であり、遠隔にいる被験者

に対してユーザビリティテストを実施するといったことも可能である。これにより被験者をユーザビリティラボに集める必要もなくなり、より多くの被験者に対して今回の提案手法を適用し、より一般的な判別関数を取得することが期待される。また新たなインタラクションデータとして瞳孔径が利用されはじめており[3]、判別関数の変数として利用することにより、より精度の高い判別関数の導出が期待される。

謝辞 本研究の一部は、南山大学 2010 年度パッパ研究奨励金 I-A-2 の助成を受けた。

参考文献

- 1) San Agustín, J., Skovsgaard, H., Mollenbach, E., Barret, M., Tall, M., Hansen, D. W., and Hansen, J. P.: Evaluation of a low-cost open-source gaze tracker. Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications, pp.77-80 (2010)
- 2) Ernesto Arroyo, Ted Selker, Willy Wei: Work-in-progress: Usability tool for analysis of web designs using mouse tracks, CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 484-489 (2006).
- 3) Oliveira, T. P. F., Aula, A., Russell, M. D.: Discriminating the relevance of web search results with measures of pupil size. Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems, ACM, pp.2209-2212 (2009).
- 4) Joseph S. Dumas, Janice C. Redish: A Practical Guide to Usability Testing, Ablex Publishing (1993).
- 5) Sheree Josephson, Michael E. Holmes: Visual attention to repeated internet images: testing the scanpath theory on the world wide web, An Eye Tracking Study. Proc. ETRA, pp. 43-49 (2002).
- 6) 河崎宣史: Web ユーザビリティへの取り組み, 情報処理学会誌, Vol.44 No.2, pp.163-168 (2003).
- 7) 北島宗雄: ユーザビリティテストについて, 情報の科学と技術 情報科学技術協会, Vol.54, No.8, pp. 391-397 (2004).
- 8) Noboru Nakamichi, Makoto Sakai, Kazuyuki Shima, and Ken-ichi Matsumoto : Detecting Low Usability Web Pages Using Quantitative Data of Users' Behavior, In In Proc. of the 28th International Conference on Software Engineering ICSE'06, pp.569-576,(2006).
- 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) 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.2575-258 (2003).
- 11) 篠原稔和: ウェブ・ユーザビリティテストの実践, 情報の科学と技術 情報科学技術協会, Vol.54, No.8, pp. 398-406 (2004).
- 12) Jared M. Spool, Tara Scanlon, Will Schroeder, Carolyn Snyder: Web Site Usability: A Designer's Guide, Morgan Kaufman, San Francisco, LA (1999).