

推薦論文

Webjig: ユーザ行動とユーザ画面の関連付けによる動的 Web サイト利用者の行動可視化システムの開発および評価

木 浦 幹 雄^{†1} 大 平 雅 雄^{†1}
上 野 秀 剛^{†2} 松 本 健 一^{†1}

本論文は、動的なインタフェースを持つ Web サイトにおけるユーザ行動の把握を支援するシステム Webjig を提案するものである。従来システムは、Web ブラウザに表示される内容に着目しないため、動的に変化する Web サイトにおけるユーザ行動の把握が難しいという問題があった。本論文で提案する Webjig は、Web サイトの DOM (Document Object Model) を解析することで、Web ブラウザに表示されている内容の動的な変化を記録・可視化することができる。実務経験者を被験者とした実験の結果、従来システムでは発見できなかった Web サイトの問題点を発見することができた。

Webjig: A Visualization System for Analyzing User Behaviors in Dynamic Web Sites

MIKIO KIURA,^{†1} MASAO OHIRA,^{†1} HIDETAKE UWANO^{†2}
and KEN-ICHI MATSUMOTO^{†1}

In this paper, we propose a recording/visualization system of user behaviors on a dynamic Web site for usability evaluation. Several existing systems only record histories of user's operations without output displayed on a Web browser. Hence, understanding of user's behavior in a dynamic Web site is quite difficult. Our system called Webjig records sequential changes of browser output by analyzing DOM (Document Object Model) used in a Web site. Using three subjects with over 5 years industrial experience of Web site development, we experimentally evaluated the effectiveness of the Webjig. As a result, we have observed that developers could found usability issues from user behaviors recorded by Webjig.

1. はじめに

Ajax (Asynchronous JavaScript + XML) など、対話型インタフェースを備えた Web アプリケーションを構築するための技術に高い注目が集まっている。このような Web アプリケーションは、Web ブラウザ内での画面遷移を必要とせず、Web ブラウザ内に表示されるページ内容の一部を動的に書き換えることができるため、軽快に動作しかつ一貫した操作性を有するインタフェースを提供することができる。Web アプリケーション構築技術の高度化にともなって、デスクトップアプリケーションと同等の高度な機能を持つ Web アプリケーションも登場しており、今後ますます多くの Web サイトで普及が進むものと予想される。

動的なインタフェースを用いた複雑な Web サイトが年々増加する一方で、ユーザビリティ上の問題も顕著に見られるようになってきている。Web サイトのユーザビリティは、ユーザの Web 利用体験に大きな影響を与えるため、特に商用 Web サイトでは重要な課題である^{1),2)}。

Web サイトユーザビリティの改善には、Web サイトのユーザビリティを評価し問題点を発見することが必要となる³⁾⁻⁵⁾。Web サイトユーザビリティを評価するための手法として、インタビューや質問表を用いたユーザビリティテストが広く用いられている⁶⁾⁻⁹⁾。また、Web サイト利用時のユーザの操作の履歴や行動を分析することで問題点を抽出するための手法やシステムが複数提案されている¹⁰⁾⁻¹⁶⁾。これらの手法を用いることで Web サイトのユーザビリティ評価を行うことができるが、以下のような問題がある。

- インタビューや質問表を用いた手法では、Web サイトの評価結果の収集および、分析に多くのコストがかかる¹⁷⁾。
- 従来の操作履歴を用いた手法・システムは、動的なインタフェースを持つ Web サイトに対応しておらず、評価が困難である。
- 文字情報である操作履歴からはユーザの操作の様子が把握しにくく、問題点の抽出が難しい。

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

^{†2} 奈良工業高等専門学校情報工学科
Department of Information Engineering, Nara National College of Technology
本論文の内容は 2008 年 11 月のグループウェアとネットワークサービスワークショップにて報告され、GN 研究会主査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。

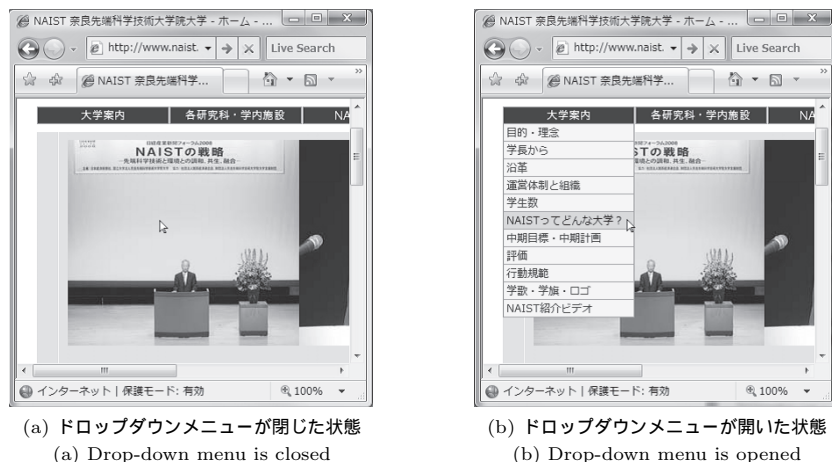


図 1 JavaScript によるドロップダウンメニューを採用した Web サイトの例

Fig. 1 An example of a drop-down menu using JavaScript.

動的なインタフェースを持つ Web サイトでは、リンクにマウスカーソルを合わせることで動的に項目が展開されるメニューや、入力された郵便番号やメールアドレスの正当性を確認する機能などが実装されている。図 1 に JavaScript を用いた動的なメニューの例を示す。このようなメニューの多くは、各項目にマウスカーソルを合わせることで展開されるため、マウスクリックやページの遷移をともしない。したがって、メニューに対する操作履歴がサーバのアクセスログには記録されず、従来の手法では検出することができない。加えて、動的に表示内容が変化する Web サイトにおいては、操作履歴だけではユーザがどのような状況で特定の操作を行ったのか理解することができない。動的 Web サイトにおいては、同じ座標に対するマウスの移動やクリックであってもユーザが実際に行っている操作が異なることがある。したがって、動的 Web サイトの評価においては操作履歴と同時にユーザに表示された内容についても記録する必要がある。

本論文では、ユーザの操作履歴と動的に変化する表示内容を同時に記録することで、動的なインタフェースを持つ Web サイトのユーザビリティ評価を支援するシステム Webjig について述べる。Webjig はブラウザ上に表示された Web ページの DOM (Document Object Model) をクライアント側でリアルタイムに取得することで、ページ遷移や明示的な操作をともしない表示状態の変化を記録することができる。本論文では、Webjig を利用した

Web サイトユーザビリティ評価実験を行い、Webjig が効果的に Web ページの問題点を指摘できるか確認する。

以降、2 章では関連研究について述べ、3 章で提案システムについて述べる。4 章では提案システムの有効性を机上評価した結果について述べる。5 章と 6 章で Webjig の評価実験と実験結果について説明し、7 章で結果について考察する。8 章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

ユーザビリティの評価を行う方法として、ユーザに対象システムを実際に使用してもらい評価するユーザビリティテストがある⁶⁾⁻⁹⁾。長橋は大学図書館の Web サイトのユーザを対象として行われた、think-aloud 法¹⁸⁾ を用いたユーザビリティテストについて報告しており、評価結果に基づいた改善案の提案を行っている⁹⁾。

また、システム利用時のユーザの視線や脳波といった生理指標の変化を分析することで、ユーザビリティを定量的に評価する方法が提案されている。佃らは、製品のユーザビリティの違いが人の脳波と主観評価に及ぼす影響について評価し、製品利用時におけるユーザの感情の違いを定量的に評価できる可能性を示唆している¹⁶⁾。

インタビューや生理指標を用いた評価方法は、ユーザの行動や状態について詳細な情報を得ることができ、仮説検証型の効果的な分析を行うことが可能である。しかし、詳細な情報を収集・分析するために多大な時間がかかってしまうという問題がある。

本論文で提案する Webjig は、Web サイトにシステムを埋め込むことで動的 Web サイトにおけるユーザの行動を自動的に取得することができる。そのため、ユーザの詳細な行動履歴を安価に取得することができる。

Web サイトのユーザビリティを評価することを目的に、Web サーバに記録されるアクセスログを分析する手法や、ユーザのマウス・キーボード操作を Web サーバで取得するシステムが提案されている¹¹⁾⁻¹⁵⁾。Hong らは Web サーバに記録されるアクセスログから、ユーザの IP アドレスやアクセスした時間、リクエスト内容などを分析し、ユーザビリティ上の問題点を発見する手法を提案している¹⁴⁾。

これらのシステムを用いることで、ユーザの操作履歴やアクセス時間に基づいた行動分析を比較的安価に行うことができる。一方で、これらのシステムで取得できる情報はマウスカーソルの軌跡やクリックされた座標、キーボード操作などに限られるため、表示内容が動的に変化する Web サイトではユーザの行動を正確に分析することが困難である。本論文で提案す

る Webjig は、ユーザの操作履歴と同時に Web ページの DOM (Document Object Model) をリアルタイムに取得することで動的 Web サイトに対する行動を記録することができる。

3. 提案システム : Webjig

我々は動的 Web サイトのユーザビリティ評価を支援するために、ユーザの操作履歴と動的に変化する表示内容を同時に記録するシステム Webjig を開発した。Webjig はマウスカーソルの軌跡やクリック、キーボードの操作を記録すると同時に、Web ページの表示が変化するとともに DOM を解析することでユーザの操作と動的な表示内容とを同期して記録する。また、分析作業を支援するために記録した操作・表示内容を可視化、再生する機能を持つ。

図 2 に Webjig のシステム概要を示す。Webjig は、1) ユーザの情報を収集する Webjig::Fetch、2) 収集した情報を格納する Webjig::DB、および、3) 評価者に収集した情報を表示する Webjig::Analysis の 3 つのサブシステムから構成される。以降の節で各サブシステムについて説明する。

3.1 Webjig::Fetch

Webjig::Fetch は、Web サイトにアクセスしたユーザがブラウザ上で行った操作を収集するためのサブシステムである。Webjig::Fetch は、Web ブラウザ上での操作を収集するクラ

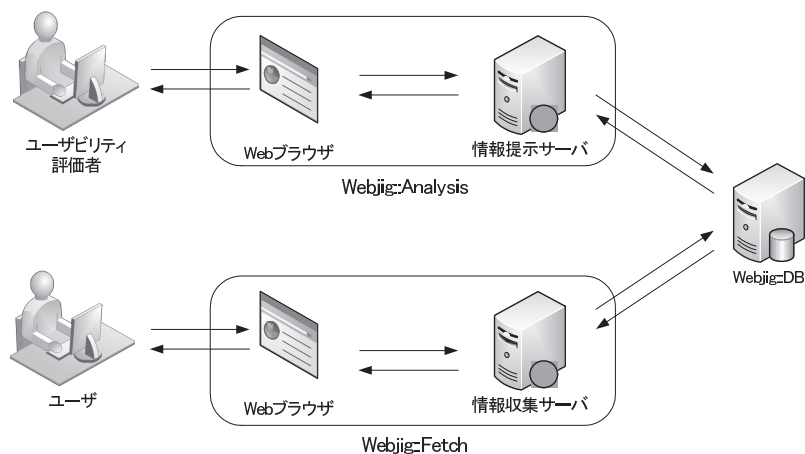


図 2 Webjig のシステム概要

Fig. 2 The system architecture of Webjig.

イアントと、クライアントから操作情報を受け取る情報収集サーバから構成される。Fetch クライアントは JavaScript で記述されており、図 3 に示すような 1 行を Web ページに挿入することで利用できる。情報収集サーバは Fetch クライアントから送信された操作情報のフォーマットを変換し、Webjig::DB に送信する。

Webjig::Fetch が収集する情報の一覧を表 1 に示す。Fetch クライアントはブラウザの種類とバージョンを Web サイトへのアクセス時に取得するほか、ブラウザの描画領域やスクロール、マウス・キーボード操作について取得することができる。また、ブラウザ上に表示されている Web ページの DOM を解析し、内容が変化するとともに最新の状態を取得することで Web ページの動的な変化に対応している。

ユーザの操作履歴や変更された表示内容は一時的にクライアントに保存され、10 秒間隔

```
<html>
<head>
<title>Sample Page</title>
</head>
<body>
<p>Sample Content</p>
</body>
<script src= "Webjig::Fetch の URL " ></script>
</html>
```

図 3 Webjig::Fetch 導入後の HTML ソース

Fig. 3 An example of a Webjig::Fetch script inserted in a HTML source code.

表 1 Webjig が取得する操作履歴の種類と取得・送信タイミング

Table 1 Types of data collected by Webjig and timings of data collection and transmission.

ユーザ行動の種類	取得タイミング	送信タイミング
ブラウザの種類とバージョン	読み込み時	読み込み時
Web ブラウザの描画領域のサイズ	変化時	一定周期および離脱時
スクロールバーの位置	変化時	一定周期および離脱時
マウスカーソルの位置	変化時	一定周期および離脱時
マウスクリックのタイミングと種類	押下時	一定周期および離脱時
キーボード押下のタイミングと種類	押下時	一定周期および離脱時
Web ブラウザに表示されている内容	変化時	一定周期および離脱時



図 4 Webjig::Analysis の動作画面
Fig. 4 Screenshot of Webjig::Analysis.

で Fetch サーバに送信される。サーバへの送信処理は非同期通信で行われ、1 回に送信される操作履歴は 100 バイト前後の文字列で表現されるため、通信速度の低い環境においても負荷をかけることなく利用できる。

3.2 Webjig::DB

Webjig::DB は、Webjig::Fetch が収集したユーザの操作情報を記録するためのサブシステムである。Webjig::DB は、Webjig::Fetch から送信された操作情報を受け取り、特定の種類の操作を取り出して分析できるよう正規化してデータベースに格納する。このサブシステムは MySQL を用いて実装されており、大規模なデータの格納および処理に適しているため、アクセス数が多い Web サイトにも適用することができる。Webjig::DB に収集された操作情報は分析を支援するためのサブシステムである Webjig::Analysis によって可視化

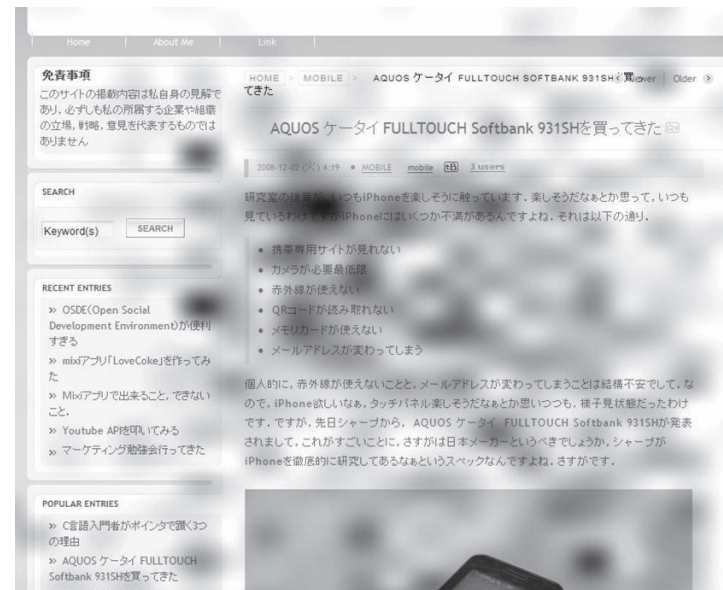


図 5 マウスカーソルの軌跡から生成したヒートマップ
Fig. 5 A heat map generated by trajectories of a mouse cursor.

され、分析者に提示される。

3.3 Webjig::Analysis

Webjig::Analysis は、Webjig::Fetch が収集した操作情報を可視化することで Web サイトのユーザビリティ評価を支援するためのサブシステムである。Webjig::Analysis は、Web サイト評価者が指定したデータを Webjig::DB から取得する情報提示サーバと、サーバが取得したデータを可視化するクライアントで構成される。クライアントは JavaScript で実装され、Web ブラウザ上で動作する。

図 4 に Webjig::Analysis による操作情報の可視化の例を示す。Webjig::Analysis は Fetch クライアントから送信されたブラウザ情報と DOM からユーザのブラウザ上に表示されていた画面を生成し、画像として表示する。評価者が可視化する操作情報を選択すると、ユーザに表示されていた画面と、マウス・キーボード操作を表示するためのアイコンおよびフローティングウィンドウが表示される。操作情報の可視化は、生成された画像の上に、操作履歴に基づいたマウスカーソルの動作を描画することで行う。また、図 5 に示すように、

表 2 Webjig を用いて検討可能な項目
Table 2 Inspectionable items using Webjig.

種類	検討項目	A	B	C	D	E	F
有効さ	目的を達成するまでに間違えて行った行動は何か						
	離脱する直前に行った操作は何か						
	離脱する直前に見ていた箇所はどこか				-	-	
効率	Web サイト滞在中にどこを見ているか、見ていないか				-	-	
	動的なインタフェースをどのように利用しているか						
	アクセス直後に行った操作は何か						
	アクセス直後に見ていた箇所はどこか				-	-	
	フォームに入力する際、どこでつまるか						

A : Web ブラウザの描画領域のサイズ B : スクロールバーの位置
C : マウスカーソルの位置 D : マウスクリックのタイミングと種類
E : キーボード押下のタイミングと種類 F : Web ブラウザに表示されている内容

マウスカーソルの軌跡や、クリックの履歴からヒートマップを生成することができる。

3.4 Webjig によるユーザビリティの評価

ユーザビリティは ISO 9241-11 によって、「特定の利用状況において、特定のユーザによって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率、ユーザの満足度の度合い」と、定義されている¹⁹⁾。Webjig は、特に有効さおよび効率に着目し、動的 Web サイトにおけるユーザビリティ上の問題抽出の支援を目的とする。

表 2 に、Webjig によって評価が可能な項目の例と、各項目の評価に用いる操作履歴を示す。たとえば、項目「目的を達成するまでに、間違えて行った行動は何か」を検討するためには、(1) ユーザがどのように行動したか、(2) Web サイトがどのように表示されていたか、について把握する必要がある。これは、それぞれマウス・キーボードの操作履歴(表 2 の C, D, E)および、ブラウザの表示内容・表示状態(表 2 の A, B, F)から把握することができる。Webjig を用いたユーザビリティの評価においては、表に示した項目について Web サイト開発者や評価者が検討することで問題の抽出を行う。

4. 机上評価

以降では、Web サイトユーザビリティ評価における静的操作履歴と動的操作履歴の有効範囲を比較検討するとともに、インタビューやアンケートなどの類似手法と Webjig を用いたユーザビリティ評価方法を比較検討し、既存手法に対する Webjig の優位性を机上評価する。

4.1 静的操作履歴と動的操作履歴の有効範囲

近年の Web サイトでは、Web サイトのナビゲーションのためのメニューや商品購入時の

表 3 トラフィック量上位 20 サイトにおける動的インタフェース使用状況
Table 3 Usage of dynamic interfaces on the top 20 sites in Japan.

動的インタフェース利用	動的インタフェース未使用
yahoo.co.jp, fc2.com, google.co.jp, youtube.com livedoor.com, mixi.jp, goo.ne.jp, google.com, nicovideo.jp* msn.com, amazon.co.jp, nifty.com, biglobe.ne.jp, yourfilehost.com*, geocities.jp, infoseek.co.jp	rakuten.co.jp, ameblo.jp wikipedia.org, 2ch.net

(*) Flash で構成されているため Webjig が取得する操作履歴が有効ではない Web サイト。

入力フォームなど、多岐にわたる部分に JavaScript などの動的インタフェースが使用されている。表 3 に日本国内のトラフィック量上位 20 位の Web サイト^{*1}のトップページにおける動的インタフェース使用状況^{*2}を示す。従来システムが取得する静的操作履歴が動的インタフェース未使用の 4 サイトにおいて有効であるのに対し、静的操作履歴も取得できる Webjig の動的操作履歴は Flash で構成されている nicovideo.jp および yourfilehost.com を除く 18 サイトにおいて有効であることが分かる。

Web サイトの動的インタフェースは一般的に Ajax 用ライブラリを利用して実装される。jQuery^{*3}および Yahoo! User Interface Library (YUI)^{*4}は、それぞれ 261 個と 38 個の API 部品からなる代表的な Ajax 用ライブラリである。これらの API 部品は Web サイトの動的メニューなどを構成するために利用されるため、従来システムは jQuery の 261 個中 47 個、YUI の 38 個中 21 個の API 部品に対応することができない^{*5}。一方、Webjig はこれらすべての API 部品使用中の操作履歴の取得に対応しているため、前述したように Ajax 用ライブラリを利用している数多くの Web サイトから操作履歴を取得することができる。

4.2 ユーザビリティ評価における Webjig と類似手法との比較

Webjig を用いたユーザビリティ評価の特徴について、類似する手法(アンケートおよびインタビュー)や従来システムとの比較(表 4)を通じて議論する。評価対象となる Web サイトを被験者に使用してもらいその際の使い勝手や問題点を調査するにはアンケートやインタビューが有効である³⁾。

アンケートによる調査は、質問項目(評価項目)を事前に吟味し、質問の意味が被験者に

*1 Web サイトのトラフィック量などの統計データを収集している Alexa Internet 社 (<http://www.alexa.com/>) 調べ。2009 年 8 月 17 日現在。

*2 著者らが確認。2009 年 8 月 17 日現在。

*3 jQuery。 <http://jquery.com/>

*4 The Yahoo! User Interface Library。 <http://developer.yahoo.com/yui/>

*5 著者らが確認。2009 年 8 月 17 日現在。

表 4 ユーザビリティ評価における Webjig と類似手法との比較

Table 4 Comparison between Webjig and similar methods in usability evaluation.

	動的 Web サイト対応	静的 Web サイト対応	必要な被 験者の数	データ収集 のコスト	データ分析 のコスト
アンケート インタビュー			30 人以上 5 人	中 中	小 中
MouseTrack ¹¹⁾	×		20 人以上	中	小 (自動化可能)
UsaProxy ¹²⁾	×		20 人以上	中	小 (自動化可能)
Webjig			20 人以上	小	小 (自動化可能)

理解可能なものかどうかをチェックするためのパイロットテストが必要になるなど、データ収集までの準備に比較的多くのコストが必要となる。データ分析そのものは比較的容易であるが、表 4 にあげた手法の中では一般に多くの被験者を必要とするため、データの集計が煩雑になる場合が多い³⁾。

インタビューによる調査は、インタビューアが被験者に直接質問する形式のため大規模な調査は通常コストの面から行うことができない。評価対象 Web サイトの代表となるユーザを数人程度選んで行うのが一般的な手法である。質問項目を被験者に応じて変更したり、質問項目を被験者が理解できるまで詳細に説明できたりするなど、柔軟性に富んだ方法であるため、被験者から生き生きとした意見を得やすいという特徴がある。一方で、数多くの被験者が利用できないこともあるため、インタビュー結果を分析したり比較したりすることは困難である場合が多い³⁾。

アンケートやインタビューによるユーザビリティ評価と比較して、MouseTrack や UsaProxy などの従来システムはページ滞在時間やマウス移動量・軌跡などの操作履歴データから Web サイトのユーザビリティ上の問題をある程度自動的に分析することが可能なため、データ分析にかかるコストを抑えることができるという利点がある。一方、従来システムは被験者各人がシステムをインストールしたり Web ブラウザの設定を変更する必要があるため、データを収集するためには被験者に負担をかけるという欠点がある¹²⁾。また、静的 Web サイトのユーザビリティ評価を指向しているため、動的 Web サイトには対応できない。

Webjig は、従来システムの欠点を補うことを目的として設計されている。動的 Web サイトに対応している点が従来システムと大きく異なる。また、3.1 節で述べたように、Webjig は評価対象となる Web ページに Web 開発者が Webjig::Fetch のアドレスを指定する 1 行を挿入することでインストールできる。被験者が自宅などの普段の環境から評価対象 Web ページにアクセスすればデータが収集できるためデータ収集コストは低く抑えることがで

きる。また、実験者の存在や実験の設定を意識させにくい被験者の実験に対する心理的負担を軽減でき、被験者の普段どおりの Web 閲覧方法が反映された操作履歴データを収集できる利点がある。

5. 評価実験

本章では動的 Web サイトのユーザビリティ評価における、Webjig の有効性を検証するために行った実験について述べる。

5.1 実験概要

本論文では Webjig の有効性を 2 つの観点から確認するための実験を行う。まず、Webjig を用いることで Web サイト開発者がどれだけユーザビリティ上の問題点を検出できるかを確認するために、静的な操作履歴を用いた場合と動的な操作履歴を用いた場合でどれだけ問題点を検出できるかを比較する。動的 Web サイトを用いるタスク (5.4 節で詳述) を被験者に実施してもらい、その際の操作履歴を Web サイト開発者に提示し、問題点を検出してもらう。Web サイト開発者には次の 2 種類の操作履歴を提示する。

- 静的な操作履歴

Webjig が記録した操作履歴から表示内容の動的な変化を削除した、マウス・キーボード操作のみの履歴。すなわち、動的履歴に対応していない従来システム^{2)-4),9),10)} と同様の出力を用いる。

- 動的な操作履歴

Webjig が記録した操作履歴すべて。

次に、Webjig によって検出できた問題点がどれだけ重要であるか、すなわち、Webjig が検出した問題点を改善することでどれだけ Web サイトのユーザビリティが向上するか確認する。本実験では、問題点を検出する前の Web サイトを対象としたタスクの完了時間と、問題点を検出・修正した後の Web サイトを対象としたタスクの完了時間を比較することで評価を行う。

5.2 被験者

実験に参加した被験者は、企業での Web サイト制作・開発に 5 年以上の従事経験を持つ 3 名と、日常的にパソコンを利用して Web サイトを閲覧している学生 51 名である。

本実験では、改善前の Web サイトを利用した際の被験者の操作履歴に基づいて Web サイトの改善を行い、改善後の Web サイトとの比較を行う。このとき、改善前の Web サイトによる学習効果を防ぐため、被験者を 2 つのグループに分け、それぞれに改善前、改善後の Web



図 6 実験で利用する Web サイト

Fig. 6 A screenshot of the website used in the experiment.

サイトを対象とした実験を行ってもらう。以下に、本実験の被験者グループの一覧を示す。

- 改善前ユーザ：日常的にパソコンで Web サイトを閲覧している学生 24 名
- サイト開発者：Web サイト制作・開発の経験者 3 名
- 改善後ユーザ：日常的にパソコンで Web サイトを閲覧している学生 27 名

5.3 評価対象 Web サイト

実験において評価の対象とした Web サイトは、実験のために著者らが作成した仮想の E コマースサイトである。実験で利用した Web サイトを図 6 に示す。

対象の Web サイトは実在する大手家電量販店の Web サイトを参考に作成されており、Top ページの上部に動的なメニューが配置されている。この動的なメニューは JavaScript で実装されており、マウスカーソルをメニュー項目に重ねることでメニュー項目が展開される。なお、各メニュー項目内における商品の配置についても、実在する大手家電量販店の

表 5 商品探索タスクで使用した商品名と商品カテゴリ

Table 5 Item names and categories used in Item searching tasks.

タスク名	商品名	商品カテゴリ
タスク 1	電池	AV 機器
タスク 2	SD メモリーカード	カメラ
タスク 3	マッサージチェア	健康
タスク 4	電子辞書	オフィス機器
タスク 5	ファックス	生活家電

Web サイトを参考に配置した。

5.4 タスク

各被験者に対して、以下のタスクを実行してもらった。

● 商品探索

改善前ユーザと改善後ユーザに、Web サイトのメニューから表 5 に示す商品を探してもらおう。被験者には商品名のみを伝え、商品カテゴリなどは伝えず、目的の商品を見つけたらタスク完了とする。商品探索中の操作履歴は、Webjig で記録される。改善前ユーザには改善前の Web サイトを利用してもらい、改善後ユーザには改善後の Web サイトを利用してもらう。

● 改善案の提案

Web サイト開発者は、改善前ユーザの操作履歴を閲覧し、ユーザビリティ上の問題があると考えられる箇所を指摘し、改善案を提案する。問題点の指摘と改善案の提案は、静的な操作履歴と動的な操作履歴をそれぞれ用いて 2 度行う。

5.5 実験手順

実験の手順を以下に示す。

- (1) 改善前ユーザにタスクを与え、ユーザ行動を Webjig を用いて記録する。
- (2) Webjig が記録した履歴のうち、マウス・キーボード操作のみを Web サイト開発者に与え、Web サイトの改善案の立案を行ってもらい、インタビューを行う。
- (3) Web サイト開発者に Webjig で記録したすべての操作履歴を与え、Web サイトの改善案の立案を行ってもらい、インタビューを行う。
- (4) 改善後ユーザにタスクを与え、Webjig を用いてユーザ行動を記録する。

6. 実験結果

すべての改善前ユーザが、与えられたタスクを完了することができた。以降の節では、変

更前の Web サイトを使用した改善前ユーザにインタビューした結果に基づく改善案の立案の可能性について述べるとともに、Web サイト開発者が異なる操作履歴を用いて行った改善案の立案結果について述べる。

6.1 インタビューによる改善案の立案

変更前の Web サイトを使用した被験者にインタビューをした。以下に改善前ユーザへのインタビューの主な結果を示す。

- 探すのに時間がかかったが、答えを知るとこの分類（カテゴリは現状のまま）が妥当だと思う。
- タスクで指定された商品が商品カテゴリを変更する必要があるかどうか判断できなかった。
- 探すのに時間がかかったのは自分の（スキルの）せいだと思った。
- 商品の名前から形状や使用用途は思いつくが変更すべき適切な商品カテゴリがあるのかわかからなかった。

これらの結果は、インタビューを実施した 24 名の被験者から複数得られたものである。被験者自身は曖昧な問題意識をいれているが問題点そのものを明確に指摘することができないというインタビューによるユーザビリティ評価の限界²⁰⁾が露呈する結果となった。文献 3) や 20) はインタビューによって得られる被験者の主張は必ずしも正しいとは限らないためシステム利用中の被験者の行動データ（ログデータ）を重視すべきであると主張しており、後述する実験結果もインタビューのみで効果的にユーザビリティ評価や改善案を立案できる可能性は低いことを裏付けている。

6.2 静的な操作履歴を用いた改善案の立案

Web サイト開発者は、静的な操作履歴から得られる、各タスクの完了時間に着目していた。図 7 に各タスクの完了時間の分布を箱髷図で示す。図から、タスク 4 以外では分散が大きく、タスクの完了に時間がかかっていることが分かる。したがって、タスク 4 以外の商品を探す際には、被験者がどのカテゴリを探したらよいか分からず迷っていることがうかがえる。

しかし、Web サイト開発者は具体的な問題点を指摘することができなかった。これは、静的な操作履歴から得られる情報のみでは、修正すべき点が判断できなかったためである。結果的に、静的な操作履歴を用いた場合では、Web サイト開発者は Web サイトの改善案を提案することができなかった。以下に、開発者へのインタビュー結果の一部を示す。

- カテゴリを変更することでユーザの迷いを軽減できそうな商品があるが、どこに変更すればよいか判断できない。

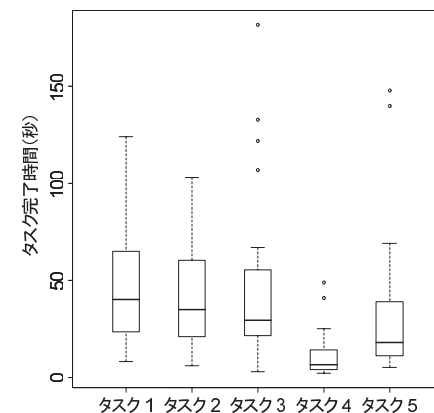


図 7 改善前ユーザのタスク完了時間

Fig. 7 Task execution time of users before website usability improvement.

- どのような画面のときに、どのような操作をしていたか分からず、問題が把握できない。
- AV 機器が電池のカテゴリに属していることに違和感を覚えるが、他に適切なカテゴリが分からない。
- メモリカードはカメラでよく使用されるものであり、分類でもカメラカテゴリに属しているにもかかわらず、タスク完了に時間がかかる理由が分からない。

6.3 動的な操作履歴を用いた改善案の立案

Web サイト開発者は動的な操作履歴をもとに、タスク完了時間の分析に加えて、個々の被験者が着目していた商品カテゴリについて分析を行っていた。実験対象とした Web サイトに配置されたメニューは、商用 Web サイトなどで広く見られるようにマウスカーソルをメニュー項目に重ねることでメニュー項目が展開される。そのため、多くの被験者はクリックすることなくメニューの展開を行っていた。

表 6 にタスク開始後、被験者が最初にマウスカーソルを重ねた商品カテゴリの分布を示す。アスタリスクは、各タスクにおける探索対象商品（正解）が含まれるカテゴリを示している。結果から、タスク 4 以外において、被験者は商品が実際に含まれている場所とは異なるカテゴリを最初に着目していることが分かる。たとえば、タスク 3 において、マッサージチェアは「健康」のカテゴリに分類されているが、70.8%の被験者は「生活家電」のカテゴリに最初に着目している。

表 6 ユーザが最初に注目したカテゴリ
Table 6 Results of first category selection.

カテゴリ名	タスク 1	タスク 2	タスク 3	タスク 4	タスク 5
カメラ	29.2%	*12.5%	0.0%	0.0%	0.0%
パソコン	0.0%	45.8%	0.0%	12.5%	4.2%
AV 機器	*4.2%	33.3%	0.0%	0.0%	20.8%
生活家電	54.2%	4.2%	70.8%	29.2%	*29.2%
ゲーム	4.2%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%
オフィス機器	8.3%	0.0%	4.2%	*58.3%	45.8%
健康	0.0%	0.0%	*25.0%	0.0%	0.0%

表 7 動的な履歴情報に基づいて作成された改善案
Table 7 Change plans of the menu categories.

タスク	商品名	変更前カテゴリ	変更後カテゴリ
タスク 1	電池	AV 機器	生活家電
タスク 2	SD メモリカード	カメラ	コンピュータ
タスク 3	マッサージチェア	健康	生活家電
タスク 4	電子辞書	オフィス機器	オフィス機器
タスク 5	ファックス	生活家電	オフィス機器

被験者が最初に注目したカテゴリの分類を参考に、Web サイト開発者らは商品のカテゴリを変更することで、Web サイトの利便性が向上すると考え、改善案を作成した。作成された改善案を表 7 に示す。改善案では、ユーザが最初に注目しているカテゴリに各商品を移動している。タスク 4 については、変更前に分類されていたカテゴリが最も注目されていたため、変更は行わなかった。

動的な操作履歴を利用した際のインタビューの結果を以下に示す。

- ユーザがどのカテゴリに着目したか分かるため、どのように変更すればよいかを検討することができる。
- 静的な操作履歴に比べてどこが悪いだけでなく、どう修正すればよいかまで考えやすい。
- SD メモリカードがカメラのカテゴリに属している方がよいと思うが、ユーザはパソコンのカテゴリを注目しているため、移動した方がよいと思う。
- Web サイト製作者とユーザでは、考え方が違うということが分かった。

6.4 改善後の Web ページの評価

動的な操作履歴を用いて立案された改善案によって、どの程度 Web サイトの利便性が向

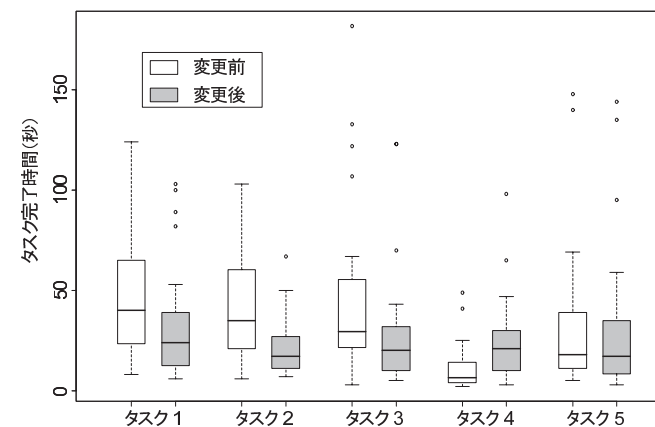


図 8 タスク完了時間の比較

Fig. 8 Comparison of task execution time.

表 8 Mann-Whitney の U 検定の結果

Table 8 Result of Mann-Whitney U test.

タスク	U 統計量	Z 値	p 値 (両側)
タスク 1	216	2.039	0.041
タスク 2	177	2.776	0.006
タスク 3	215	2.059	0.040
タスク 4	158	3.137	0.002
タスク 5	291	0.633	0.527

上するか確認を行った。図 8 に変更前と変更後における各タスクの完了時間を箱髷図で示す。カテゴリ変更前に比べ、タスク 1, 2, 3, 5 でタスク完了時間が短縮しており、特に、タスク 1, 2, 3 では分散が小さくなっている。

それぞれのタスクにおける変更前と変更後のタスク完了時間について、Mann-Whitney の U 検定を行った結果を表 8 に示す。検定の結果は、タスク 1, 2, 3, 4 において有意な差があることを示している。この結果は動的な操作履歴から立案された改善案によって、Web サイトの利便性が向上したことを示している。

7. 考 察

7.1 Webjig によるユーザビリティ評価の有効性

6.1 節の実験結果から、インタビューによる評価では被験者が Web サイトの問題だと表明できたものしか抽出できない可能性が示唆された。さらに、インタビューによる評価では被験者は必ずしも問題点を表明するとは限らないというインタビュー手法の欠点³⁾も確認できた。インタビュー手法はあらかじめ実験者が問題点を把握している場合は質問を効果的に行えるため有効な手法であるが、問題点を把握していない場合には被験者から問題点に関する意見を得ることが容易ではない。アンケートを用いた手法でも十分に問題点を洗い出したうえで評価を実施しなければ同様な結果になると考えられる。一方、Webjig は Web サイト利用時の被験者の操作履歴を統計的に処理することができるため、被験者が問題だと表明しない場合でも改善すべき点を見つけることができる。6.3 節での結果が示すように、Webjig はアンケートやインタビューなどユーザの主観的な評価に頼る方法と比べ比較的容易にユーザビリティ上の問題点を指摘することができるといえる。

また、6.2 節で示したように、Web サイト開発者は静的な操作履歴からは有効な改善案について提案することはできなかった。既存の Web ユーザビリティ評価システムは静的 Web サイトを対象としており、ユーザのクリックなどによって発生するページ遷移の履歴や、マウスカーソルの移動などを取得している。しかし、近年多くの Web サイトにおいて採用されている動的なコンテンツにおいては、クリックやページの遷移をともなうことなく表示内容が変化するものも多く、従来システムではユーザがどのような表示を見ながら操作を行ったか理解することが難しい。そのため、従来システムを用いて Web サイトの改善を行う際には、動的コンテンツに含まれる問題について検出できない可能性が高い。一方で、6.3 節で示したように、Web サイト開発者は動的な操作履歴を用いて被験者が迷っていた商品カテゴリをタスク完了時間から特定し、被験者が迷っている理由を操作履歴の再生により理解することで修正案を提案することができた。以上のことから、実験で得られた結果は 4 章で行った机上評価とも一致するものであり、Webjig の動的な操作履歴を用いたユーザビリティ評価の有効性を示すことができたといえる。

7.2 ユーザビリティ改善における Webjig の効用

6.4 節の結果は、Webjig を用いた評価により Web サイトのユーザビリティがどの程度改善できるか、すなわち Webjig によるユーザビリティの改善効果を示したものである。開発者の修正案に基づいて商品カテゴリを変更した結果、タスク 1, 2, 3 においてタスク完了

時間が有意に減少した。これは、動的な操作履歴を用いた分析によって、ユーザビリティの向上に有効な修正案を提案できることを示している。一方で、タスク 4 については変更後の Web サイトのほうがタスク完了時間が大きい傾向が見られた。タスク 4 においては、改善前利用者の 58.3% が正しい商品カテゴリを最初に注目していたのに対して、改善後利用者の 29.6% しか正しい商品カテゴリに着目していなかった。これは、改善後の Web サイトでは改善前と比べ、目的の商品を素早く発見できるため、他のタスクでメニュー構成を学習する時間が短くなったためだと考えられる。

操作履歴からは判断することのできないユーザビリティ上の問題点については、Webjig を用いた評価では指摘が難しい。たとえば、文字の大きさや配色などの問題で文章が読みにくい、といった問題については、操作履歴から指摘するのは困難と考えられる。また、Web サイトユーザの満足度のような心理的な要素については分析することができない。このような問題点については、アンケートやインタビューを用いることで指摘できるため、これらの手法と Webjig を用いた分析を組み合わせることで、効率的・効果的にユーザビリティを向上させることができる。

8. おわりに

本論文では、動的 Web サイトにおけるユーザの操作を記録・可視化することで、ユーザビリティ評価を支援するシステム Webjig を提案した。Webjig を用いた実験の結果、Web サイト開発者は従来システムが出力する情報ではユーザビリティ上の問題点を改善できなかったのに対し、Webjig を用いることで問題点を改善し、ユーザのタスク完了時間を有意に短くすることができた。

本論文で行った実験では、動的 Web サイトで用いられている各種インタフェースのうち、動的に変化するメニューのみを対象に実験を行った。今後、動的 Web サイトでよく用いられているテキストボックスへの入力支援や、ダイアログボックスなどを対象とした実験を行うことで、Webjig の有効性を確認することが課題となる。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の委託に基づいて行われた。また、本研究の一部は、文部科学省科学研究補助費（若手 B：課題番号 20700028）による助成を受けた。また、本研究の一部は、独立行政法人情報処理推進機構の 2008 年度上期未踏 IT 人材発掘・育成事業「Web サイト閲覧中のユーザ行動を可視化する」による支援を受けて行われた。

参 考 文 献

- 1) McCracken, D.D., Wolfe, R.J. and Spool, J.M.: *User-Centered Web Site Development: A Human-Computer Interaction Approach*, Prentice Hall, NJ (2003).
- 2) Pearrow, M.: *Web Site Usability Handbook (Internet Series), 2nd Edition*, Charles River Media, MA (2006).
- 3) Nielsen, J.: *Usability Engineering*, Academic Press, London, UK (1993).
- 4) Nielsen, J.: *Designing Web Usability*, Peachpit Press, CA (1999).
- 5) Nielsen, J. and Loranger, H.: *Prioritizing Web Usability*, New Riders Press, CA (2006).
- 6) Dumas, J.S. and Redish, J.C.: *A Practical Guide to Usability Testing*, Ablex Publishing Corporation, NJ (1993).
- 7) 山崎和彦, 松田美奈子, 吉武良治: 使いやすさのためのデザイン—ユーザーセンタード・デザイン, 丸善株式会社, 東京 (2004).
- 8) 岡田英彦: ユーザビリティとその評価手法, システム制御情報学会誌, Vol.45, No.5, pp.269-276 (2001).
- 9) 長橋グッド広行: ウェブのユーザビリティ調査事例: ピッツバーグ大学, 情報の科学と技術, Vol.58, No.6, pp.285-289 (2008).
- 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.2575-2586 (2003).
- 11) Arroyo, E., Selker, T. and Wei, W.: Usability Tool for Analysis of Web Designs Using Mouse Tracks, *Proc. CHI'06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.484-489 (2006).
- 12) Atterer, R. and Schmidt, A.: Tracking the Interaction of Users with AJAX Applications for Usability Testing, *Proc. 25th Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*, pp.1347-1350 (2007).
- 13) Etgan, M. and Cantoe, J.: What does getting WET (Web Event-Logging Tool) Mean for Web Usability?, *Proc. 5th Conference on Human Factors and the Web (HFWEB99)* (1999). available from <http://zing.ncsl.nist.gov/hfweb/proceedings/etgan-cantor/index.html> (accessed 2009-2-5)
- 14) Hong, J.I. and Landay, J.A.: WebQuilt: A framework for capturing and visualizing the web experience, *Proc. 10th International Conference on World Wide Web (WWW'01)*, pp.717-724 (2001).
- 15) Juliana, V.A., Anupam, V., Freire, J., Kumar, B. and Lieuwen, D.: Automating Web Navigation with the WebVCR, *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, Vol.33, No.1-6, pp.503-517 (2000).
- 16) 佃 五月, 山岡俊樹: 脳波を活用したユーザの製品使用時の感情評価方法, 日本生理人類学会誌, Vol.13, No.3, pp.161-171 (2008).
- 17) Barnum, C.M.: *Usability Testing and Research*, Longman, London, UK (2001).
- 18) Ericsson, K.A. and Simon, H.A.: *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, MIT Press, Cambridge, MA (1984).
- 19) ISO9241-11:1988: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)—Part 11: Guidance on usability (1998).
- 20) 樽本徹也: ユーザビリティエンジニアリング—ユーザ調査とユーザビリティ評価実践テクニック, 株式会社オーム社, 東京 (2005).

(平成 21 年 5 月 6 日受付)

(平成 21 年 10 月 2 日採録)

推 薦 文

本論文は、サーバサイドとクライアントサイドで動的に処理される Web サイトに対応したユーザの行動を把握するシステムを提案するものである。ユーザの Web ブラウザに表示されている内容とユーザ行動とを関連付けて記録するため、ユーザの行動を正確に把握することが可能となり、効率的に Web サイトのユーザビリティを改善できる可能性がある。これは有用性に優れた研究と考えられ、推薦論文に値すると判断した。

(グループウェアとネットワークサービス研究会主査 宗森 純)



木浦 幹雄 (正会員)

平成 19 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 21 年奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程修了。同年キヤノン株式会社入社、総合 R&D 本部勤務。修士 (工学)。2008 年度上期情報処理推進機構未踏 IT 人材発掘・育成事業スーパークリエイタ認定。Web ユーザビリティに興味を持つ。



大平 雅雄 (正会員)

平成 10 年京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科卒業。平成 15 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士課程修了。同年同大学産学官連携研究員。平成 16 年同大学情報科学研究科助手 (平成 19 年より助教)。博士 (工学)。ソフトウェア開発におけるヒューマン/ソーシャル・ファクタの研究に従事。電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学

会, ACM 各会員。



上野 秀剛

平成 16 年岩手県立大学ソフトウェア情報学部卒業。平成 21 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士課程修了。同年奈良工業高等専門学校情報工学科助教。博士 (工学)。ソフトウェア開発におけるヒューマンファクタ, ユーザビリティの研究に従事。電子情報通信学会, IEEE, ACM 各会員。



松本 健一 (正会員)

昭和 60 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。平成元年同大学大学院博士課程中退。同年同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情報科学研究科助教授。平成 13 年同大学教授。工学博士。エンピリカルソフトウェア工学, 特に, プロジェクトデータ収集/利用支援の研究に従事。電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会, ACM

各会員, IEEE Senior Member。