

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 4 日現在

機関番号：14701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23650061

研究課題名（和文） 視対象の情報構造に基づく眼球運動分析方法の開発

研究課題名（英文） Development of eye movement analysis method based on the information structure of the gazing target

研究代表者

松延 拓生（MATSUNOBE TAKUO）

和歌山大学・システム工学部・助教

研究者番号：70322211

研究成果の概要（和文）：

視線情報を使用してウェブユーザビリティ評価を行う場合、従来ウェブページをキャプチャした画像に視線軌跡をプロットしたり注視時間を表示したものを使用した。この方法では視線位置に何があるのかは評価者が特定する必要があった。提案手法は自動的に被験者が見たものを識別するために HTML の情報を用いている。開発ツールでは時系列順に注視した領域を示す HTML 情報を注視時間を出力可能とした。従来定性的分析となっていた視線を用いたウェブユーザビリティ評価を定量的に行うことができるようになった。

研究成果の概要（英文）：

Evaluation of Web usability with the help of gaze information involves plotting the gaze locus and estimating the gaze duration for an image on a Web page. In this method, input is required from the observer (at the position of the gaze) and the evaluator. Therefore, considerable time is required for analysis. The proposed method uses HTML features to automatically identify the objects viewed by an observer. The output of the tool is the gaze area and gaze time in a time series. Thus, by using the proposed tool to evaluate Web page and Web site usability, gaze information, which was analyzed qualitatively earlier, can be analyzed quantitatively.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ユーザビリティ、眼球運動、人間工学、ユーザインタフェース、解析・評価、情報構造、コンテンツ領域、コンテンツ対応

## 1. 研究開始当初の背景

アイトラッキング技術は利用者の視線が把握できることから大変有効な指標であり多くの活用がされているが、その大半は画面単位での分析となっている。これは視野映像の座標系で、視線の座標が計測・分析される

ためである。何を見ていたかを検討するには、視線上に何があったかを特定する必要があり現在これは人手で行う必要がある。視野と画面が一致した計測では、最初に画面の分割領域を定義して解析する方法が提案されているが、この方法には以下の3つの課題があ

る。

- (1) 画面遷移による表示内容の変化への対応
- (2) 画面のスクロールによる表示内容の変化への対応
- (3) 画面内の構成要素の特定

また、最初の画面領域の定義は人手で行う必要があり画面数が多い場合問題となる。

この問題に対し、応募者は頭部非拘束型の計測において、画面領域を自動検出する技術開発を行い分析の効率化を行ってきた。次の課題として画面内の注視対象を自動的に特定することに取り組んでおり、課題1、2については操作ログを利用することで自動検出に成功している。しかし最後の課題3は、課題1、2と異なりコンテンツの意味が関係するため自動化は困難であった。

## 2. 研究の目的

### [研究の全体構想]

本研究の目的は、現在画面単位での分析となっている視線の分析を、コンテンツ領域単位で視対象の情報構造に対応した分析を可能にすることである。

### [本研究の具体的な目標]

以下の4項目を具体的な目標とする。

- (1) ウェブ技術を利用し視線位置のコンテンツをHTMLおよびCSSを解析することで領域単位で特定する技術の開発
- (2) 画面の遷移状態を特定する技術の開発
- (3) 領域単位の視線情報を用いた分析結果の可視化方法の提案
- (4) 開発技術のユーザビリティ評価への利用を行い効果を検証する

## 3. 研究の方法

具体的目標の内(1)ウェブ技術を利用し視線位置のコンテンツをHTMLおよびCSSを解析することで領域単位で特定する技術の開発、(2)画面の遷移状態を特定する技術の開発を行った。

図1に示すように通常HTMLとレンダリング領域はブロックタグで対応しており、これを利用してCSSでスタイルの制御が行われている。スタイル制御のために各領域にid、classといった属性値を設定することが多い。開発ツールはアイトラッカから取得した視線座標位置にあるHTMLの情報、視線位置のHTMLタグ及びタグ付けされた情報(テキスト、画像など)として取得している。この情報を元に親要素のタグ、タグにつけられたid属性やclass属性を取得することで、CSSとの対応づけを行いレイアウト上の意味づけを把握できるようにした。

簡易非接触型アイマークレコーダ(ナック製EMR-NL8B)を用いて基本的HTML解析方法

を検討するとともに分析ツールの開発を行った。開発にはマイクロソフト社のVisual Basicを用いた。ツールはウェブブラウザの

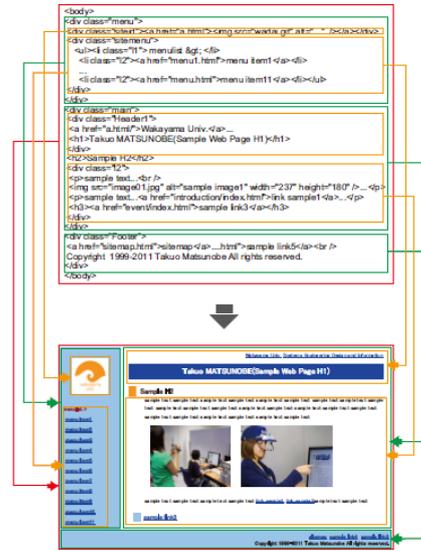


図1 HTMLとレンダリング領域の対応関係

機能を含み、インターネットエクスプローラのコンポーネントを利用した実装を行った。これにより画面の遷移状態を取得可能とした。簡易非接触型アイマークレコーダは視線座標がコントローラからRS-232Cで出力されておりこれを開発ツールを実行する計測用パソコンで入力リアルタイムに座標変換した。

ここまでの成果を元に2年目に実施するウェブユーザビリティの評価に適した非接触アイトラッカ(Tobii製X120)用の計測ツールを開発した。Tobiiが提供しているSDK(Tobii SDK)を使用して開発を行ったが、処理速度の早いプロセッサ及び大容量メモリに加え高速なビデオカードが必要なため専用視線データ処理サーバを利用した。非接触アイトラッカについてはLAN経由で視線位置の座標値を入力し簡易非接触タイプと同様にリアルタイムにブラウザ上の座標系に変換可能とした。後の基本的な処理(注視点処理、注視位置のHTMLタグ情報取得)はナック製EMR-NL8B用に開発したものと共通とした。

次に(1)(2)の成果を基にして、具体的目標の内(3)領域単位の視線情報を用いた分析結果の可視化方法を検討するために、実際のウェブサイトを対象にコンテンツに対応した評価テストを行った。

開発したツールを用いてタグレベルの利用方法を構造の異なるウェブサイトを対象にした実験で検討した。なお取得するタグのレベルは当初対象サイトの構造に合わせて設定を行って評価した。評価結果をもとに検討したところ、自動的にルートレベル(具体

的には body タグ) まで取得可能なようにツールを改善した。これはサイトに応じて各ページの階層構造は異なるため多様なサイトおよびページ構造に柔軟に対応できるようにするためである。

ウェブサイトの領域単位の分析の可視化方法を検討するために、複数のページで構成される CSS を用いて構成されたサイトのうち、利用が増えている CMS (コンテンツマネジメントシステム) を用いたサイトを分類し 30 サイトの HTML 及び CSS サンプルを解析した。対象は複数ページから共通 CSS ファイルを参照しているサイトとした。

目標 (4) のユーザビリティ評価を検討するため評価実験を行った。開発した評価ツールを用いて対象サイトを利用させ閲覧情報を記録すると共に、アイマークを含んだ画面 (視野カメラ映像) をビデオ記録した。タスク終了後に被験者が何を考えながら閲覧していたかを確認するため、記録したビデオで視線の動きを見ながら解説を行ってもらう形でインタビューを行った。複数ページを持つウェブサイトでは、通常目的別メニューの領域がある。多くの HTML では、div、table を領域分割に使用しており、id 属性、class 属性値により個別の領域が区別されている。こういった領域属性を反映した分析結果の可視化方法を検討した。

ウェブの評価に加えてウェブ以外の組込み GUI のユーザビリティ評価への利用も検討した。支援ツールを用いた評価ではウェブと同様の効果を得るために、GUI プロトタイプ (具体的には複合機) を HTML で作成することで、ウェブコンテンツ以外にも本技術を利用する可能性を検討した。

#### 4. 研究成果

具体的目標 (1) (2) の成果として分析ツールの開発を行った。ブラウザの表示は普及しているインターネットエクスプローラと同等としたため、プラグインを導入すれば Flash などの表示も可能である。ただし本研究では HTML 解析を目的にしているため Flash のコンテンツ領域解析は含んでいない。今後 HTML5 や JavaScript を利用したコンテンツが増加することが予想されるためこの点は問題にならないと考えている。

内蔵ブラウザから視線座標位置の HTML 情報を取得することで、具体的目標 (1) のための HTML 要素、CSS に対応した class、id 属性を解析すると共に、(2) のための遷移状態を特定する画面遷移のログ (表示ページのタイトルと URI) 取得を可能とした (図 2)。そのため背景で挙げた課題 (1) の画面遷移 (ウェブにおいてはページ遷移)、課題 (2) のスクロール状態を把握できる。なお本研究の提案方法では画面遷移やスクロールによ

って表示内容が変化しても、課題 (3) の解決案として画面内の構成要素を HTML 情報と共に取得しているため注視物体の特定には影響しないが、ユーザビリティ評価での利用を想定しているため、操作ログとして取得す

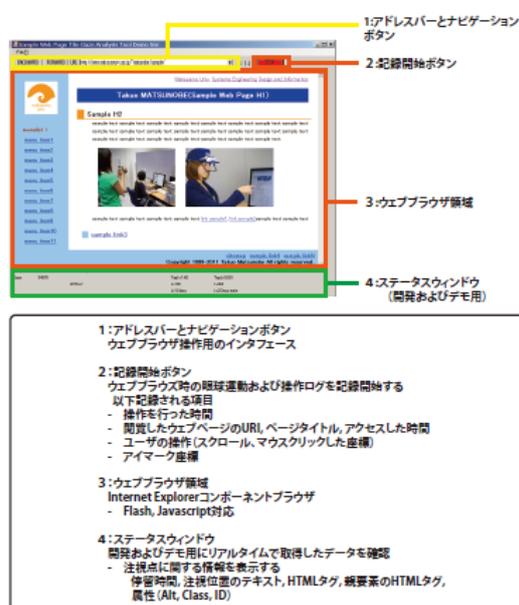


図 2 開発したツール

る意義があると考えて実装を行った。

成果の意義としてウェブコンテンツの領域とは HTML で定義される文書構造と CSS で定義されるレイアウトによるため、文書構造とレイアウトを特定するための情報取得が可能となったことにある。これによりレイアウト上の意味づけを把握可能となった。

実際に簡易非接触アイカメラを用いてタグレベルの利用方法を構造の異なるウェブサイトを対象に検討を行った。その結果多様な評価を行うには、目的に応じてタグのレベルを相対的に扱うこと必要性がわかった。計測段階ではルートレベルである body タグまで取得することが有効と考えられた。

以上の成果を元にしてウェブのユーザビリティ評価に適している非接触アイカメラ (Tobii 製 X120) 用に同様のツールを開発した。

具体的目標 (3) の成果として CMS を用いた 30 サイトの HTML と CSS を解析した。内訳としては汎用 CMS である Wordpress 使用 5 サイト、E コマース用 CMS である EC-CUBE 使用 5 サイト、教育用 CMS である Moodle 使用 5 サイト、ブログ用 CMS である MovableType 使用 5 サイト、ウィキ用 CMS である PukiWiki 使用 5 サイト、SNS 用 CMS である OpenPNE 使用 5 サイトを対象とした。この結果ナビゲーションメニューの役割に対応したタグと属性値の使われ方が確認された。特に属性値に使用されている言葉に特徴的なものがあり、本ツールで検出可能な属性値によるコンテ

ンツ領域の特定が有効であることが確認された。



図3 サイト内でのページ閲覧ルート

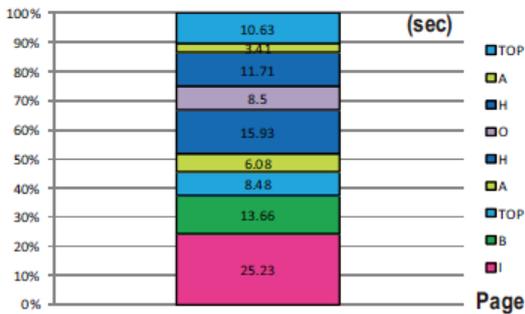


図4 ページ閲覧順序と閲覧時間

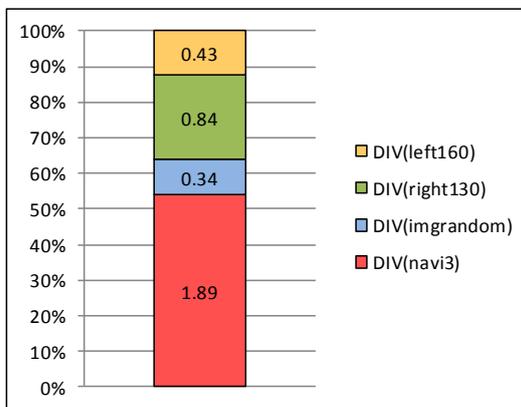


図5 コンテンツ領域注視順序と時間

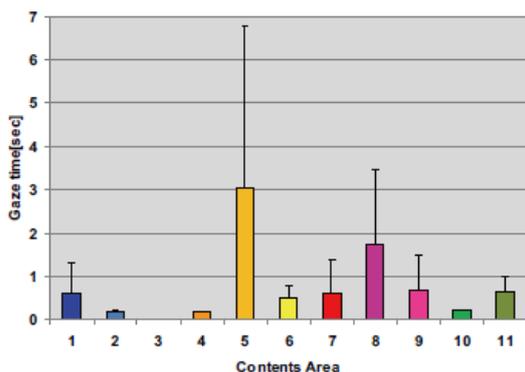


図6 平均コンテンツ領域注視時間

具体的目標 (3) (4) の成果として、ウェブサイトのユーザテストにおいてはナビゲーションの役割が重要であるが、特にメニュー領域およびページ遷移を元にユーザテスト時の特徴を実験者が把握することに視線分析結果を利用することが有効であると考えられた。被験者のタスクの達成の仕方の特徴に応じたインタビューの実施、コンテンツ構成をどう捉えているかを聞き取ることへの利用が望ましいと考えられた。

以上を元にウェブユーザビリティの評価を目的としたユーザテストにおいて以下の方法を提案する。開発されたツールを用いてユーザテスト時の視線情報を記録しタスク終了後に被験者の特徴的な閲覧を把握する。具体的には図3に示すタスク実施に伴うサイト内でのページ閲覧ルートを把握し繰り返し閲覧されたページを特定する。また、図4に示すページ閲覧順序と閲覧時間からのページをどの段階でどの程度閲覧していたかを把握する。特徴として繰り返し閲覧されたページ、長時間閲覧されたページについてその理由をインタビューで確認する。次に特定されたページにおいてどの部分をどういう順番で注視していたのかを図5の各コンテンツ領域の注視順序と時間から把握する。繰り返し閲覧している部分、長い間閲覧していた部分の理由をインタビューで確認するのが効果的であった。また、ユーザテスト全体を通しては図3に示したページ閲覧ルートのように全被験者の比較を行い、ユーザ属性によって分類するのも効果的と考えられる。もっとも本研究成果の特徴を表しているのが図6に示すようなコンテンツ領域毎の平均注視時間の把握などである。これは定量的にコンテンツ毎の注視時間を把握できるようになったため可能となった検討方法であり、従来の画像ベースの評価では不可能なものである。

具体的目標 (4) の成果として具体的目標 (3) でウェブについては検討したため、ウェブ以外の組込み GUI のユーザビリティ評価での利用を検討した。支援ツールを用いた評価ではウェブと同様の効果を得るために、GUI プロトタイプ(具体的には複合機)を HTML で作成 (図7) することで、ウェブコンテンツ以外にも本技術を利用する可能性を検討しプロトタイプ的设计ルールをまとめた。結果としてウェブ同様図8のような視線移動

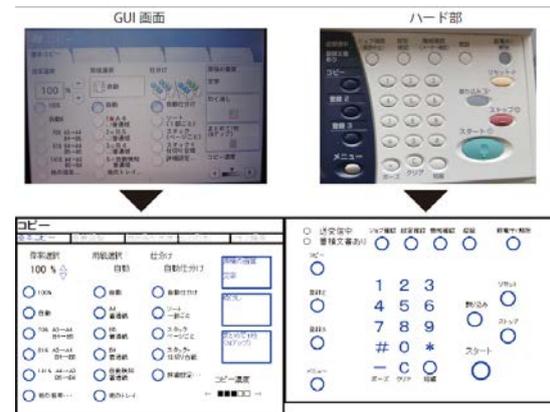


図7 HTML を用いて作成したプロトタイプ

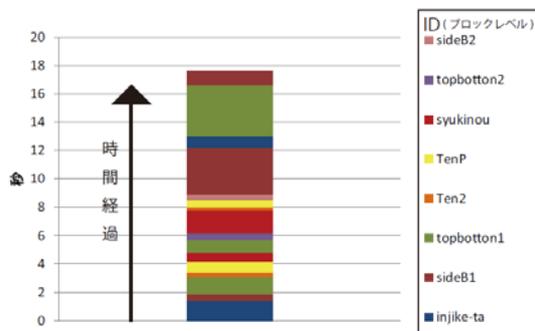


図8 ブロック間の視線移動 (ハード部)

を把握することで UI 部分の評価に有効であることがわかった。

結論として開発した支援ツールを用いて、ウェブサイト利用時のページ遷移、領域毎の注視順序、注視時間を簡便に分析することが可能となった。それにより従来ユーザビリティ評価後に膨大な時間を要していた視線の分析を迅速に行うことが可能となった。HTMLベースのウェブ技術を用いてプロトタイピングすることでその他のGUIについても応用の可能性があることも確認された。ユーザテスト直後に注視の特徴が把握できることは、視線を用いた評価の問題点でもある何を考えているかを操作の直後にインタビューなどで直接聞き取ることを可能にした。これはデザインの改善において大変重大な意義を持つものである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

(1) Takuo Matsunobe, Gaze Analysis Tool for Evaluation of Web Site Usability, Proceedings of The 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI2012), 査読有, Vol.2, 2012, 695-696

[学会発表] (計2件)

(1) 松延拓生, 情報構造対応視線分析ツールを利用したウェブサイトのユーザテスト方法, ヒューマンインタフェースシンポジウム2012, 2012年9月5日, 福岡

(2) 松延拓生, ウェブページの情報構造に対応したユーザビリティ評価用視線分析方法, ヒューマンインタフェースシンポジウム2011, 2011年9月15日, 仙台

[その他]

ホームページ等

アイトラッキング(eye tracking)を利用したWebユーザビリティに関する研究: 松延拓生  
<http://www.wakayama-u.ac.jp/~matunobe/introduction/eyecamera/web.html>

眼球運動に基づく認知的ユーザビリティの

#### 定量評価

<http://www.wakayama-u.ac.jp/kikaku/chiiki/seedsindex/si5000/si5006.pdf>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

松延 拓生 (MATSUNOBE TAKUO)

和歌山大学・システム工学部・助教

研究者番号: 70322211

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: