

非固定視野映像による注視点分析法

Gaze Point Analysis Method in Nonbinding Visual Field

佐藤 康仁* ・ 松延 拓生**

Yasuhito Sato

Takuo Matsunobe

GUI のユーザビリティ評価において、分析対象領域となる画面の特定を画面周囲部分との輝度差を利用するとともに、視野映像中のアイマーク座標を分析対象領域における座標系に変換することにより、被験者の頭部固定が不要で効率的かつ定量的な評価が可能なマーカレス注視点分析法を開発した。

本分析法は、被験者の頭部固定で懸念される肉体的、精神的な負担による評価精度への影響が少なく、定量的な注視点分析を効率的に実現するものであり、GUI を有する製品に対する実用的なユーザビリティ評価法として期待できる。

In the usability evaluation of GUI product screens, our newly developed marker-free gaze point analysis method identifies the target analysis domain by brightness difference from the surrounding area, and converts the eye mark coordinates in the field of vision into a coordinate system in the target analysis domain for enabling efficient and quantitative evaluation without limiting the head movement of the subject.

This analysis method is expected to reduce the negative effect on evaluation accuracy caused by the physical and mental burden on the subject when their head movement is restricted. Efficient and quantitative gaze point analysis has potential as a practical usability evaluation method for GUI built-in products.

1. ま え が き

製品のユーザインタフェースのわかりやすさ、使いやすさなどのユーザビリティ評価は、主観的な評価であるため、被験者の行動と申告が合致しないといった問題が生じやすい。その対策として、評価中の被験者の思っていることを把握するため、その内容を発話してもらう発話プロトコルなどの方法が用いられることも多いが、評価中に逐一発話することが被験者の精神的負担となるといった問題がある。

このような背景から、近年では視線の動きを捉えるアイトラッキング技術を適用し、評価時の視線の動きを行動指標として利用する定量的な評価方法が試みられている。この方法は、主観評価に頼ることがなく、かつ発話などの精神的負担を強いることもなく被験者の行動を定量化できる。また、被験者の行動から思っていることを推測できるといったメリットがある。

筆者らは、このアイトラッキング技術を応用した計測器であるアイマークレコーダを利用し、携帯電話などの小型 GUI 製品群の表示コンテンツに対する実用的なユーザビリ

ティ評価法を開発したので以下に報告する。

2. アイマークレコーダを用いた評価法

2.1 アイマークレコーダ

アイマークレコーダは、視線移動を分析するための眼球の状態を撮影するアイカメラと、被験者が見ている範囲を撮影する視野カメラから構成されている。これらの2台のカメラを用いて、視野カメラで撮影している視野映像の上にアイカメラから解析した視線の位置（アイマーク）を重ねて記録する。その原理は瞳孔角膜反射法と呼ばれる方法であり、近赤外線照明の角膜反射像（プルキニエ像）の位置と瞳孔中心位置の相対的な距離から視野映像に対するアイマークを検出するものである（図1）。

* パナソニック電工解析センター（株） Panasonic Electric Works Analysis Center Co., Ltd.

** 和歌山大学 システム工学部 デザイン情報学科 Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

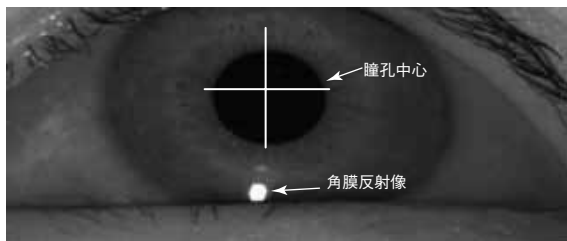


図1 アイカメラ映像の例とアイマーク検出

2.2 アイマークレコーダによる評価指標

視線の動きを的確に表し、評価対象サンプル間の比較、検討を行うための指標として以下が用いられる。

(1) 視線の移動に関する指標

- ①移動距離 (mm)
- ②移動速度 (mm/s)

(2) 視線の停留に関する指標

- ①停留時間 (s)
- ②停留回数 (回)

2.3 アイマークレコーダを用いた評価法の問題

製品のユーザインタフェースに関するユーザビリティ評価にアイマークレコーダを適用する際には、幾つかの問題がある。一般的に視野を撮影するための視野カメラは被験者の頭部に装着されることから、頭部のゆれにより撮影される視野範囲が変動し、注視物や注視点の分析が困難になる。

この問題を解決するため、従来はアイマークレコーダで記録した視野映像に対して1フレームずつアイマークの位置を確認し、評価対象物のどこを見ているかを算出、記録していく方法が採られている。

しかし、この方法では注視点の特定に長時間要するため、評価対象物を複数のエリアに分けて、エリアごとの注視回数を分析する程度にしか活用できない。

つまり、視線の移動に関する詳細な定量分析に適していない。

2.3.1 頭部固定法注視点分析

視野変動が分析を困難にするという問題に対し、被験者の頭部を固定することにより、視野を一定にして視線計測を行い、注視点を分析する方法が採られている。この方法は視野を一定とすることで、注視点分析の際に視野映像の加工が不要となるため、分析作業の手間を大幅に低減できる点で非常に有効である。

しかしこの方法は、評価中の被験者が頭部を固定されるため、まったく体動や姿勢変更に関する自由度がない(図2)。また、長時間同じ姿勢でいることによる負担が大きく、評価結果に影響するおそれがある。



図2 頭部固定法注視点分析

2.3.2 マーカ法注視点分析

前述の方法に対する解決策の一つとして、松延らは図3に示すように、評価対象物の注視点分析を行う領域の四隅にマークを取り付ける方法を提案している¹⁾。この方法を用いて、視野映像内のアイマーク座標を四隅のマークに対する座標系(以下、マーク座標と記す)に変換することで、頭部のゆれで視野が変動しても注視点の特定が可能となる。

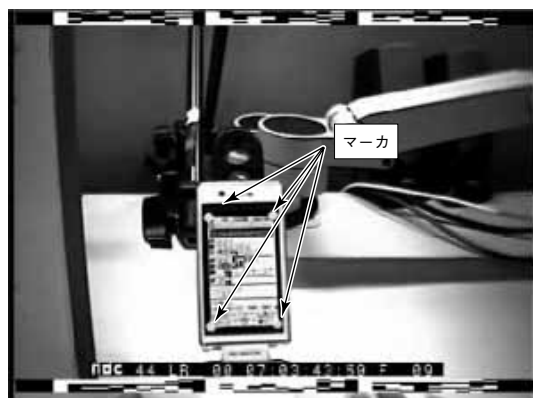


図3 マーカ法注視点分析

そのステップは、以下のとおりである。

(1) 視野映像の解析

- ①アイマーク座標を取得する。
- ②マーク座標を取得する。

(2) 座標系の変換

アイマーク座標のマーク座標系への変換と描画を行う。

アイマーク座標の取得は、計測器付属のソフトウェアで行う。なお、本稿で用いるアイマークレコーダEMR-8^{*1)}の場合は、EMR-dFactory^{*2)}などで可能である。またマーク座標の取得は、視野映像内のマーク色を抽出することで可能である。

ただし、この方法にも幾つかの問題がある。

マーカ法注視点分析におけるマーク座標の特定は映像中

のマーカ色を抽出することによって行う。しかし、近年の高性能化が進んだ GUI 製品では画面にさまざまな色が使われているため、マーカの識別が困難な場合がある。また、マーカの色によってはそれに注意が向いてしまうことで、評価上のノイズになるおそれがある。

そのほかにもマーカサイズの問題がある。たとえば、画面が小さい携帯電話のような小型ハンディ機器ではマーカを画面コンテンツに対して小さくする必要があるが、小さくし過ぎるとマーカの特定ができない可能性もある。このため、マーカの色やサイズの選定には細心の注意が必要となる。

3. マーカレス注視点分析法

そこで筆者らは前述の問題を解決する方法として、分析対象領域の特定方法と座標取得方法に特徴を有するマーカレス注視点分析法を開発した。

これらの詳細について、以下に述べる。

3.1 分析対象領域の特定

使用時の画面部分は常時発光しているため、視野映像内では枠などの画面周囲部分や背景よりも輝度が高くなる。この特性を利用し、視野映像の2値化処理を行うことで、その明暗部分を識別する(図4)。

開発した分析法では、分析する映像の最初のフレームにおいて分析対象領域である画面部分を指定することにより、以降のフレームに対しては自動でその部分を認識していくソフトウェアを搭載している。



図4 画面領域の特定

3.2 分析対象領域の座標取得

画面部分の四隅の座標認識は、視野映像内における画面領域と判定された部分のxおよびy座標の最大、最小となる4点を抽出することで行う(図5)。



図5 画面部分特定結果

4. 分析事例

ユーザビリティ評価試験におけるアイマーク計測データに対し、マーカレス注視点分析を適用した事例について述べる。

4.1 試験概要

評価は画面が小さく、かつ発色数の多い機器である携帯電話におけるWebサイト閲覧時の画面コンテンツに対して実施する。

4.1.1 計測装置

開発した分析法で使用するシステムを図6に示す。

アイマークレコーダにはEMR-8Bを用い、評価時に録画したデジタルビデオ映像はEMR-dFactoryに付属のビデオキャプチャソフトウェアを利用してアイマーク分析データ用のビデオ動画としてPCに取り込む。

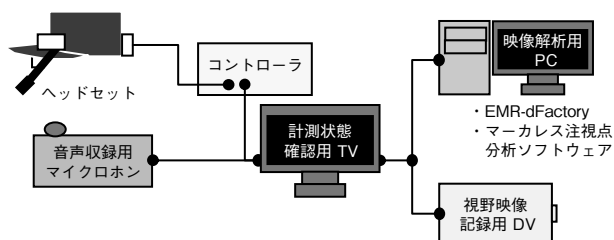


図6 計測・解析システムの概要

4.1.2 評価サンプル

評価サンプルは、当社で提供している携帯電話用Webサイトサービスコンテンツを用いる。

これは、携帯電話で自宅の機器の監視や制御ができるものであり、たとえば玄関の施開錠の把握や操作が可能である。

ただし、実際に携帯電話を用いて評価を行う場合、評価中の通信負荷状態を一定にすることが困難であるため、携帯電話で動作するWebサイト構造を再現するシミュレータを用いる。

シミュレータの作成においては、実通信状態による遅延時間を再現するため、評価に用いる携帯電話で Web サイトサービスを利用する。このときの画面書換えなどを含む画面遷移時の遅延時間を計測し、そこから算出した平均遅延時間をシミュレータ上の画面遷移時の遅延時間として設定する。

4.1.3 被験者

被験者は、普段から携帯電話で Web 閲覧を行っている 30～50 歳代 (42.0 ± 8.4 歳)の主婦 6 名を選び、裸眼視力 1.0 以上を条件とする。この視力条件の設定は、視力の悪い人は評価時に目を細めて注視することがあり、これがアイマーク検出に必要な角膜反射像検出の妨げになるためである。

4.1.4 計測環境

携帯電話の持替えによる不要な視野変動を排除するとともに、被験者の行動の自由を確保して身体的負担を低減するため、図 7 に示すように被験者が操作しやすい位置（小指が机に着いた状態）に携帯電話をフレキシブルアームで軽く固定する。



図 7 携帯端末の固定要領

4.1.5 評価タスク

Web サイトサービスの利用を想定し、以下のタスクを使用する。

(1) タスク 1：セキュリティー状態の確認

玄関錠の状態確認

(2) タスク 2：来客の確認

来客画像の確認

(3) タスク 3：情報の確認

お知らせメールの確認と通知内容の確認

(4) タスク 4：登録内容の変更

Web サービスサイトから Web 登録サイトへの移動

例として、図 8 にタスク 1 の操作フローを示す。

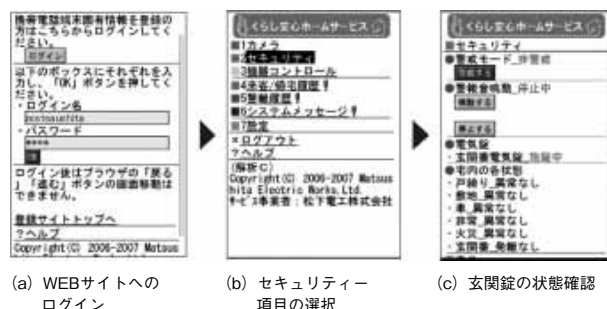


図 8 タスク 1 の操作フロー例

4.1.6 実施要領

被験者には評価内容および Web サイトサービスに関する概要についてカタログで説明し、前述のシミュレータを使用して Web サイトサービスの内容を一通り確認させる。その後、被験者はアイマークレコーダを装着し、キャリブレーションを行ったうえで、実際の評価タスクを実行する。

被験者には、頭部のゆれを抑えるため、タスク開始後はタスク用紙を極力見ないように指示するとともに、タスクを音読して内容を理解させたうえで開始する。被験者がタスクを遂行できたと認識した時点で申告させ、完了とする。各タスクの所要時間は最長でも 5 分間とする。

4.2 結果

タスク 1～4 のうち、主観評価でもっともわかりやすいタスクと、もっともわかりにくいタスクの二つを特定し、それぞれの注視点分析を行う。

4.2.1 主観評価の結果

各タスクのわかりやすさについての主観評価結果を図 9 に示す。

この結果から、もっともわかりやすいのはタスク 4 の登録内容の変更であり、関連するコンテンツは作業内容に対してわかりやすく適切にデザインされているといえる。

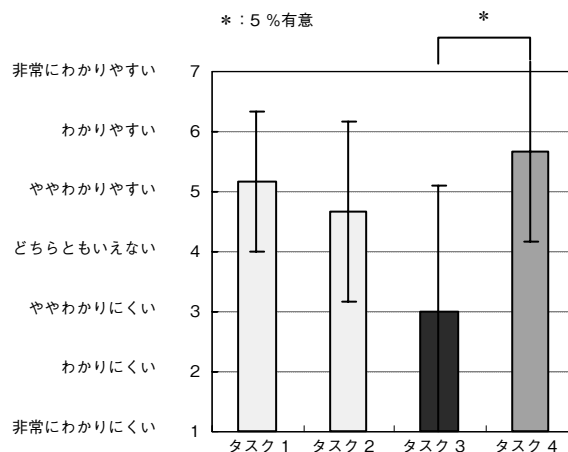


図 9 各タスクのわかりやすさ評価結果

一方、もっともわかりにくいのはタスク3の情報の確認であり、「ややわかりにくい」レベルとはいえ、関連するコンテンツは判断がしにくく、改善の余地がある。

また、タスク3とタスク4のわかりやすさレベルには、統計的に有意な差 ($p < 0.05$) が認められる。

4.2.2 タスク4の注視点分析

もっともわかりやすいと評価されたタスク4の注視点分析結果を図10に示す。

このタスクでは、図10の画面内の「登録サイトトップへ」のリンク先表示を選択することが正解であるが、視線の移動はその箇所と付近の文章あたりに集中しており、登録サイトへの移動に対して迷いが少ないことがわかる。

また、視線移動の特徴を表す視線移動距離も129 mm程度と少ない。

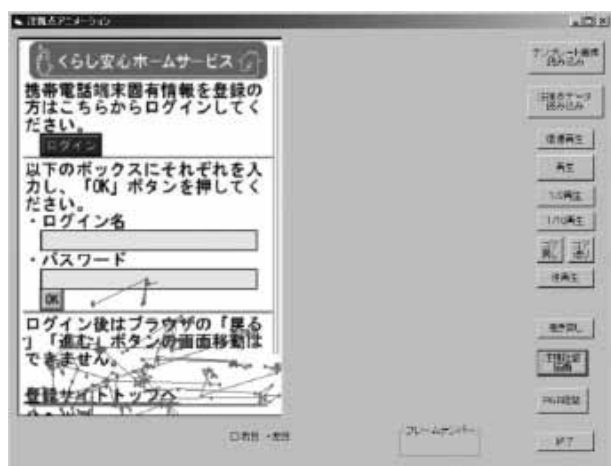


図10 タスク4の注視点分析結果

4.2.3 タスク3の注視点分析

これに対し、もっともわかりにくいと評価されたタスク3についての注視点分析結果を図11に示す。

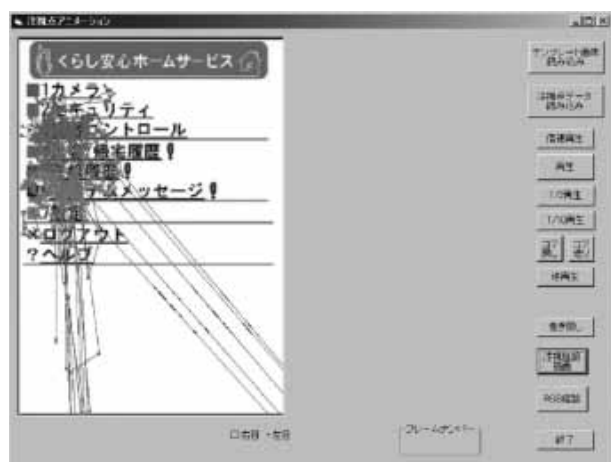


図11 タスク3の注視点分析結果

このタスクでは図11の画面内の「セキュリティ」のリ

ンク先表示を選択することが正解であるが、視線は複数のリンク先表示を移動しており、「選択すべきリンクがわかりにくい」、「どのリンク項目にどのようなコンテンツが含まれるかがわかりにくい」といった自由意見を裏づける結果となっている。

また、視線移動距離も575 mmとなり、タスク4に比べ4倍以上長いことから、被験者の迷いの状態が定量的に示されている。

タスク3とタスク4の視線移動距離には、統計的に有意な差 ($p < 0.05$) が確認できる(図12)。

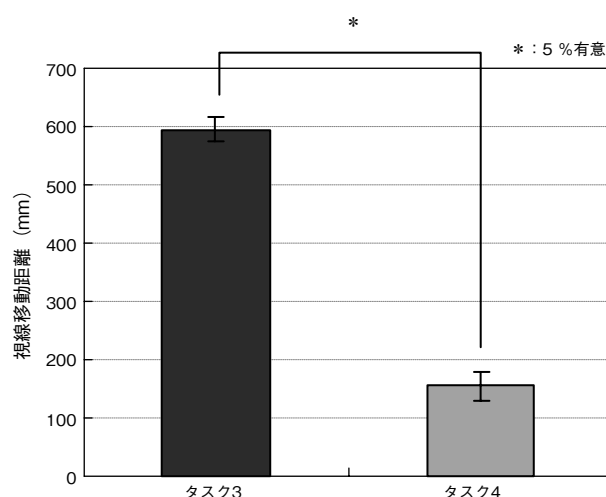


図12 視線移動距離の比較

このように、開発した方法を用いることで、被験者の頭部を固定することなく、従来困難だった「わかりやすさの違い」を詳細な定量分析で効果的に示せることが検証できた。

5. あとがき

GUIのユーザビリティ評価において、分析対象領域となる画面の特定を画面周囲部分との輝度差を利用するとともに、視野映像中のアイマーク座標を分析対象領域における座標系に変換することにより、被験者の頭部固定が不要で効率的かつ定量的な評価が可能なマークレス注視点分析法を開発した。

本分析法は、被験者の頭部固定で懸念される肉体的、精神的な負担による評価精度への影響が少なく、定量的な注視点分析を効率的に実現するものであり、今後ますます機器の高機能化が進み、GUI製品群に対してわかりやすさや使いやすさがさらに求められるようになるなかで、被験者への肉体的、精神的な負担を強いることなく、これら製品の改善を図るための実用的なツールとなることが期待される。

●注

- * 1) EMR-8B：(株) ナックイメージテクノロジー製視線計測システム
- * 2) EMR-dFactory：(株) ナックイメージテクノロジー製視線計測データ解析システム

*参考文献

- 1) 松延 拓生, 下野 史弘, 山岡 俊樹: 注視物分析を用いたユーザビリティ評価法の検討, 平成 16 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, p. 40-42 (2004)
- 2) 下野 史弘, 松延 拓生, 山岡 俊樹: アイマークレコーダ視野画像処理によるユーザビリティ評価システムの構築, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, Vol. 2004, p. 393-398 (2004)
- 3) 松延 拓生: ユーザビリティ評価のための注視物分析に関する研究, 日本生理人類学会誌, Vol. 11, p. 128-129 (2006)
- 4) 齋藤 大輔, 斎藤 恵一, 斎藤 正男: 注視点計測による読み易さ評価の試み, 電気学会論文誌 C, Vol. 126, No. 10, p. 1229-1234 (2006)

◆執筆者紹介



佐藤 康仁

パナソニック電工解析センター(株)



松延 拓生

和歌山大学