

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330238

研究課題名(和文)手の動きに着目した客観的・定量的なユーザビリティ評価手法の研究

研究課題名(英文)A Study on Objective Evaluation Method of Usability Using User's Fingertip Movement

## 研究代表者

西内 信之(Nishiuchi, Nobuyuki)

首都大学東京・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：70301588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：従来のユーザビリティ評価には、評価が主観的・定性的になってしまう、評価者のスキルに依存してしまうなどの様々な問題点があった。そこで本研究では、評価対象となるインタフェースを使用しているときのユーザの手の動きに着目し、客観的・定量的な観点からのユーザビリティ評価を行う新たな手法を提案した。具体的には、機器を使用している際のユーザの手の動きをCCDカメラで撮影し、画像処理により手の動きを抽出し、手の停留時間、軌跡、移動速度などの手の動きのパラメータと、インタフェースのユーザビリティの関係を明らかにした。更に、注視点解析、脳波解析と組み合わせた評価手法についても提案した。

研究成果の概要(英文)：Current techniques for usability evaluation are subjective, and depending on the skill of an evaluator. To overcome these limitations, we developed an objective usability evaluation method based on the video-recorded fingertip movements of a user during the operation of an interface. Specifically, users' fingertip movements are first video recorded during the operation of either an actual product or a reproduced interface on a touch screen, and then operation time, the distance and velocity of the moving locus, and stationary time are then extracted using image processing and evaluated from the view point of usability. Moreover, the combined method between the gazing point data analysis and EEG analysis are also proposed.

研究分野：人間工学

キーワード：ユーザビリティ 画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

ユーザにとって、様々な電化製品、例えばテレビ、DVD プレイヤー、電子レンジや、情報端末であるパソコン、携帯電話などの多機能化・多様化が進み、操作がより複雑になっている。一方で、メーカー側にとっては、他の競争業者との製品の機能による差別化は常に重要な課題となっている。これらの点から、競争製品と区別できるような製品の“使いやすさ”、すなわちユーザビリティが近年注目されている。

従来のユーザビリティ評価には、アンケート調査、操作ログの記録などが挙げられるが、アンケート調査では、評価が主観的・定性的になってしまう、また操作ログを記録する方法では、評価者のスキルに依存してしまう、ログ記録が困難な機器への対応などの問題点があった。

このような背景のもと、申請者は機器に依存しない客観的・定量的なユーザビリティ評価手法を研究してきた。研究計画を進めていくうえで、申請者はこれまでに次の予備的な研究結果を得ている。

- ・対象インタフェースを操作する際の、ユーザの手の動きの特徴の一つである“停留時間”に着目し、「思考(考える)」と「探索(さがす)」の2つの要素を抽出した。
- ・対象インタフェースを操作する際の、ユーザの手の動きの特徴の一つである“指先の軌跡長”に着目し、従来手法と「使いやすさ」の評価結果の比較を行った。本研究では実機を用いて評価を行った。

これまで、ユーザビリティを定量的な観点から評価する手法については、鱗原らが、初心者と熟練者の各操作ステップの操作時間の比 (NE 比) をユーザビリティ評価に用いる手法 (NEM : Novice Expert ratio Method) を提案しており、2009 年に発行された電子政府ユーザビリティガイドラインにおいて、Web サイトの利用品質の定量的な目標値の一つとして取り上げられている。この手法は、定量的な観点からのユーザビリティ評価として有効な手法であるが、初心者と熟練者の操作で違いのある部分のみの抽出に留まっており、なぜそこにユーザビリティの問題が潜んでいるかという具体的な特定ができない、という問題がある。

人間の興味や注意などの状態は“視線の動き”と関連性があり、現在様々な研究分野で注視点解析が行われている。一方で、ユーザビリティ評価においては、インタフェース操作に直結する“手の動き”には、これまで全く注目されていなかった。申請者のこれまでの予備実験の結果を通して、本提案手法により、ユーザビリティ評価の従来手法であるアンケート、操作ログ、NEM などでは分らなかったこと、更には、注視点解析のみでは明らかになっていなかったユーザビリティの問題点が抽出できると考えている。

## <引用文献>

Nobuyuki Nishiuchi, et al., Usability Evaluation Method Employing Elements of “Thinking” and “Seeking”, Human Computer Interaction International Conference, 2011

高橋雄大河, 西内信之, 指の移動軌跡の特徴を用いたユーザビリティ評価手法の提案, 日本人間工学会コンセプト事例発表会, 2011, pp.49-50

鱗原晴彦 他, 設計者と初心者ユーザの操作時間比較によるユーザビリティ評価手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, 1999, pp. 537- 542

## 2. 研究の目的

本研究は、評価対象となるインタフェースを使用しているときのユーザの手の動きに着目して、これを解析することで客観的・定量的な観点からのユーザビリティ評価を行う新たな手法を提案するものである。具体的には、機器を使用している際のユーザの手の動きを CCD カメラで撮影し、画像処理により手の動きを抽出し、手の停留時間、軌跡、移動速度、左右の動きの切り返しなどの手の動きのパラメータと、インタフェースのユーザビリティの関係を明らかにする。

## 3. 研究の方法

手の動きに着目した定量的な観点からのユーザビリティ評価手法の確立のために、本研究計画では、以下の研究ステップのもと、研究を遂行した。

(1) 対象のインタフェース操作時のユーザの手の動きを計測する実験システムの構築：初年度の初めに実験システムの構築を行う。適切な撮影範囲、撮影角度、撮影カメラの台数を検討し、ユーザビリティ評価との関係を探る。

(2) 人間工学分野で用いられている動作分析の適用の検討：手の動きの特徴から動作分析に用いられる動素との関係を画像処理により確認し、ユーザビリティとの関係を統計的手法や判別分析などを用いて明らかにしていく。

(3) 手の動きパラメータとユーザビリティの関係を分析：インタフェース操作時の手の動きから様々なパラメータを画像処理による抽出する。

(4) 注視点解析と組み合わせた手法の提案：本研究で開発した手法と、従来の注視点解析を組み合わせたユーザビリティ評価手法の検討を行う。人間の生理的データである脳波についても測定を行い、本提案手法との組み合わせを検討する。

(5) 提案手法の従来手法との比較評価およびシステムの構築：最終年度は、これまでの各提案手法と従来手法との比較・評価を行い、本研究をとりまとめる。さらに、本研究で得られた成果を統合したユーザビリティ評価システムを提案する。

#### 4. 研究成果

これまでの予備実験での経験を基にして、本研究の実験環境を構築した。手の動きを計測するカメラの設置位置、設置角度、設置台数について検討を行い、実験システムを構築した。実験環境を図1に、実験用インタフェースを図2に示す。

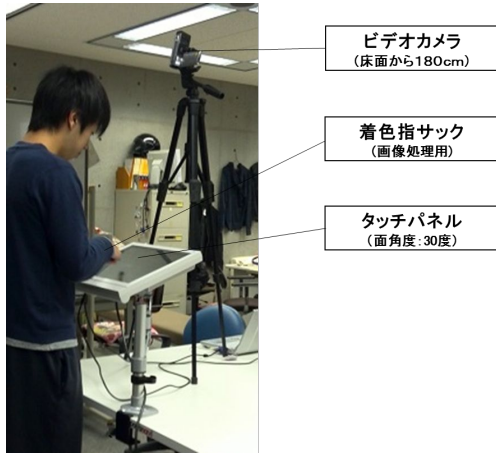


図1 実験環境



(a) 思考インタフェース (b) 探索インタフェース  
図2 実験用インタフェース

以上を基本条件とし、更に、インタフェース操作時のユーザの「思考」「探索」状態において操作の難易度を設定した際に手の動きにどのような特徴があらわれるのかを解析した。なお、難易度については、思考タスクでは計算課題の計算する項数、探索タスクでは探索するボタンの数をそれぞれ5段階変化させることで設定した。実験結果を図3、4に示す。図3、4は横軸に指先の停留時間、縦軸にその出現割合を取ったものである。全難易度に共通して1秒以内の停留割合は大きく、2秒を超えると難易度が高いほど長い停留時間の割合が増加する傾向であることがわかる。以上の結果から、実際のインタフェースでは、細かい難易度の推定は難しいものの、難易度の高いインタフェース操作時の指の動きの特徴を捉えることができた。

続いて、被験者の手の動きを更に細かく分類するために、人間工学分野の動作分析の適用を検討した。これまではユーザインタフェース操作時のユーザの手の動きを、サブリンク分析の動素である「思考」と「探索」に着目して分類を行ってきた。

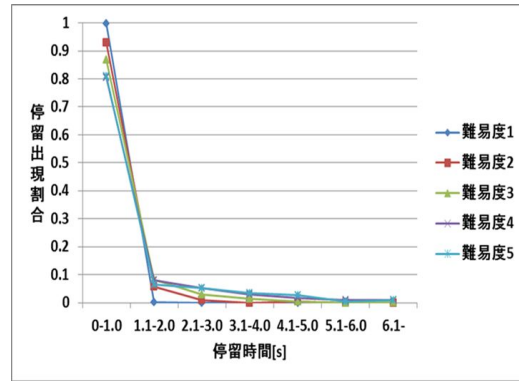


図3 思考状態における指の停留時間(横軸)とその出現割合(縦軸)

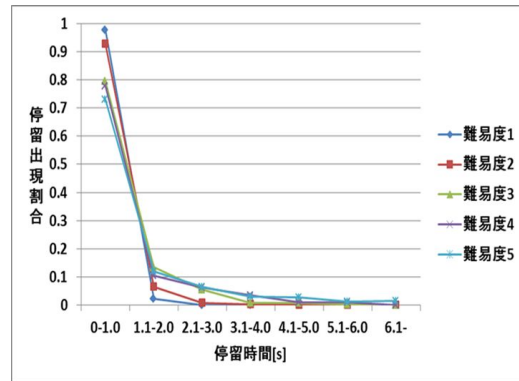


図4 探索状態における指の停留時間(横軸)とその出現割合(縦軸)

研究を進めていく過程において、動作分析の観点ではなく、認知工学的な観点から「思考」要素における「概念」「判断」「推理」による意思決定が考えられたため、「思考」の要素を「概念」「判断」「推理」の要素に分解した。なお、「概念」とは事物の本質的な特徴とそれらの関連性をとらえること、「判断」とはいくつかの概念間の真偽を見きわめること、「推理」とはいくつかの判断から別の判断を導くことであり、それぞれ、概念インタフェースとして計算課題を、判断インタフェースとして規則性の理解を求める課題を、推理インタフェースとしてある規則性から推理を求められる課題を設定した。実験結果を図5、6に示す。

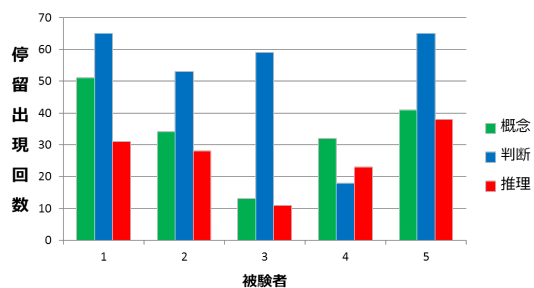


図5 概念・判断・推理状態における各被験者(横軸)の指先停留出現回数(縦軸)

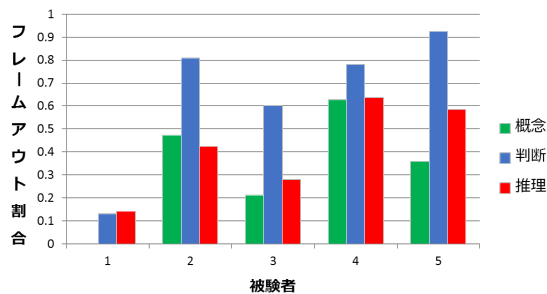


図6 概念・判断・推理状態における各被験者（横軸）のフレームアウト割合（縦軸）

「概念」「推理」状態における指の動きの特徴からは、今回の実験では判別が難しいことがわかり、一方で、「判断」状態については、被験者の指の動きが明らかに「概念」「推理」のものとは異なることが明らかとなり、「判断」状態の判別が可能であることが示唆された。

人間の生理的データである眼球運動データおよび脳波データについても測定を行い、本提案手法との組み合わせを検討した。まず、注視点解析においては、同様の実験用インタフェースを利用しているときの、視線の様々な動きの特徴とその出現割合から、図7のように、「探索」「閲読」の状態を推定できることを示した。

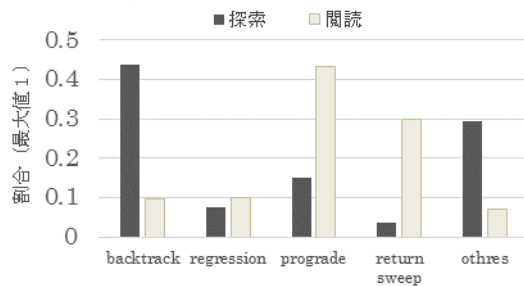


図7 探索・閲読状態における視線の動きの特徴（横軸）とその出現割合（縦軸）

脳波解析についても同様の実験用インタフェースを用いた実験を行い、図8に示すように、「思考」状態においては後頭部(O2, T6)において負荷量が大きくなり、「探索」状態においては前頭から頭頂(Cz)において負荷量が大きくなったことから、「思考」および「探索」状態の判別の可能性を示すことができた。

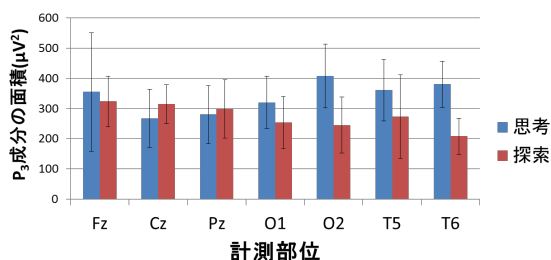


図8 思考・探索状態における脳波計測部位（横軸）とP3成分（縦軸）

以上のような結果から、新たな客観的・定量的な観点からのユーザビリティ評価法として、インタフェース使用時の手の動きの解析が有効であることを示すことができ、更に、注視点解析、脳波解析を組み合わせた、より高い信頼性を有するユーザビリティ評価法を提案することができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Nobuyuki Nishiuchi, Yutaka Takahashi, Objective Evaluation Method of Usability Using Parameters of User's Fingertip Movement, Transactions on Computational Science XXV, Lecture Notes in Computer Science, 査読有り, Vol. 9030, 2015, pp.77-89, DOI: 10.1007/978-3-662-47074-9

〔学会発表〕(計 15 件)

池本佳史、西内信之、視線データ解析によるUI操作時の探索・情報取得状態の判別、日本人間工学会関東支部大会第45回大会発表、2015年12月12日、東京電機大学（埼玉県比企郡鳩山町）

片岡裕映、北川智大、池本佳史、山中仁寛、西内信之、指の動きを利用したインタフェース評価手法の研究—思考要素の検討—、日本経営工学会2015年秋季大会、2015年11月29日、金沢工業大学（石川県野々市）

北川智大、池本佳史、片岡裕映、西内信之、山中仁寛、眼球関連脳電位を用いた客観的ユーザビリティ評価の可能性、日本経営工学会2015年春季大会、2015年5月16日、首都大学東京（東京都八王子市）

池本佳史、北川智大、片岡裕映、山中仁寛、西内信之、視線情報を用いた客観的ユーザビリティ評価の提案、日本経営工学会2015年春季大会、2015年5月17日、首都大学東京（東京都八王子市）

片岡裕映、北川智大、池本佳史、山中仁寛、西内信之、インタフェースの思考・探索要素の難易度に着目した指の動きによるユーザビリティ評価、日本経営工学会2015年春季大会、2015年5月17日、首都大学東京（東京都八王子市）

西内信之、小泉実沙子、リズム認証時の連続エラーに対するユーザビリティ評価、電子情報通信学会2015年総合大会、2015年3月11日、立命館大学（滋賀県草津市）

片岡裕映、西内信之、インタフェース操作時の指の動作特徴を利用した思考・探

素要素のユーザビリティ評価、日本人間工学会関東支部第 20 回卒業研究発表会、2014 年 12 月 7 日、早稲田大学（東京都新宿区）

小泉 実沙子、西内信之、行動的特徴を用いた生体認証の連続エラーに対するユーザビリティ評価の提案、日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト事例発表会、2014 年 9 月 16 日、首都大学東京（東京都千代田区）

片岡裕映、西内信之、インタフェース操作時の手の動きを利用した思考・探索要素の評価、日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト事例発表会、2014 年 9 月 16 日、首都大学東京（東京都千代田区）

Takuro Hanawa, Nobuyuki Nishiuchi, Development of real-time acquisition system of UX curve, 10th Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, August 27, 2014, Tokyo Metropolitan University（東京都八王子市）

豊丹生 祐輝、西内 信之、バイオメトリック認証における連続する認証エラーに対するストレスの評価、電子情報通信学会第 3 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム、2013 年 11 月 26 日、日本科学未来館（東京都江東区）

福田佳奈子、西内信之、ユーザエクスペリエンスの客観的評価法の提案、日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト事例発表会、2013 年 9 月 2 日、首都大学東京（東京都千代田区）

豊丹生祐輝、西内信之、バイオメトリック認証における連続する認証エラーに対するユーザ行動、日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト事例発表会、2013 年 9 月 2 日、首都大学東京（東京都千代田区）

Kanako Fukuda, Nobuyuki Nishiuchi, Proposal for Objective Evaluation of User Experiences, 2013 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering, CD-ROM, July 7, 2013, Tokyo Metropolitan University（東京都千代田区）

Nobuyuki Nishiuchi, Yutaka Takahashi, Ayako Hashizume, Development of a Usability Evaluation Method Based on Finger Movement, HCI International 2013, Vol. 373, pp.144-148, July 24, 2013, Mirage Hotel, Las Vegas (USA)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

西内 信之（NISHIUCHI, Nobuyuki）  
首都大学東京・システムデザイン研究科・  
准教授

研究者番号：70301588