

令和元年6月18日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K15972

研究課題名（和文）手動評価と自動評価を統合したモデルベース操作性評価手法の研究

研究課題名（英文）Research on model-based operability evaluation integrating manual evaluation with automatic evaluation

研究代表者

小形 真平 (Ogata, Shinpei)

信州大学・学術研究院工学系・助教

研究者番号：10589279

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：Webアプリケーションの操作性を開発の上流工程から効率的に評価するために、ソフトウェア設計モデルを中心として手動評価と自動評価の各種方法を連係する方法論の研究を実施した。より具体的には、(1)操作性の高い設計モデルを作成する支援、(2)設計モデルを手動評価するためのプロトタイプ自動生成、(3)生成プロトタイプと操作ログ記録機能の連係、(4)操作ログ解析による操作性評価支援、(5)モデルシミュレーションによる自動評価の各種方法を連係できる具体的な方法を示し、方法ごとにそれらが有効であることをケース・スタディや実験などを通して示したものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Society 5.0の社会に向けて、Webアプリケーションを中心に数多のソフトウェアが開発され、社会インフラとして様々なエンドユーザに提供されている。そこでは、操作性は必ず高めるべき品質の一つである。しかしながら、操作性の有効な評価手段は手動で実施する内容を多分に含み、大規模化・複雑化するシステムに対し、高い評価コストが生じる問題がある。本研究の成果は、操作性評価を効率化する支援として、手動評価用作成物の自動生成支援や、自動評価を両立できる一貫した一つの方法を示したことにある。これにより、従来の評価コストの問題を低減できる見込みを示した。

研究成果の概要（英文）：In order to evaluate operability of Web applications efficiently at early steps of the development, we conducted research on a methodology integrating operability evaluation methods of manual evaluation with automatic evaluation based on software design models. More specifically, we showed each concrete method of (1) support to create design models with high operability, (2) automatic generation of prototypes for manual evaluation of design models, (3) integration of generated prototypes and functions to record user operation logs, (4) support to evaluate operability by analyzing user operation logs, and (5) automatic operability evaluation using model simulation, and then the possibility of an integration of them. In addition to the proposal, we also showed that each method is effective through case studies or experiments.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ユーザビリティ 分析・設計 操作ログ シミュレーション 画面遷移モデル パターン プロトタイプ
ピング 評価支援

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

操作性とは、エンドユーザがミスをしてでも速く正確に操作できるかどうかの質である。操作性の向上には、画面（遷移、配色や装飾、入出力項目の構造や配置）と操作補助機能（例：入力補完等の入力補助機能や、システムの状態等の可視化機能）の設計の適切さが重要である。

一般にエンドユーザが目的を達成するために必要な機能の設計失敗は大きな手戻りを生じさせるが、機能は画面や操作補助機能と密接に関係する。従って、操作性の低さによる下流工程での大きな手戻りを抑えるために、操作性の高いソフトウェアの仕様書を獲得するための、仕様に基づく効率的かつ十分な操作性評価は不可欠である。

操作性評価プロセスでは、仕様書作成、プロトタイプ開発、操作性の手動評価、仕様書改善のためのフィードバックのサイクルが反復的に行われる。そして、これらは開発者や UI(User Interface)デザイナー、ユーザビリティ専門家、エンドユーザ間が相互に協力し合う中で実施され、その生成物・成果物の管理は容易ではない。そこには多数の課題が存在するが、各種プロセスの連係等から操作性評価を効率化するためには、以下の課題を解決する必要がある。

- (1) 操作性の評価に重要な仕様項目は不明であり、機能開発者と UI デザイナーがそれぞれ作成した仕様書間の整合性を検証する方法やツールは十分でない。
- (2) 仕様書とプロトタイプの整合性保証のため、機能仕様書や多様なプラットフォームを考慮した操作性評価用プロトタイプ生成手法はない。
- (3) 専門家不在に対応できない評価手法は少なくない。

2. 研究の目的

本研究では、手動評価と自動評価を統合したモデルベース操作性評価手法を確立することを目的とした。手動と自動を統合した評価のキーアイデアは、モデルから自動算出した評価値と、プロトタイプの実操作を通して算出した評価値の差分により、良し悪しを自動判定することにある。より具体的な目標として以下を掲げた。

(1) 1. (1) の課題の解決・改善を図るため、機能と画面のモデル（以降、画面遷移モデル）を連係して記述でき、整合性を検証できるエディタを開発する。当該エディタで UI/UX (User eXperience) 等のガイドラインに沿った画面を作成し、操作性評価に重要な仕様項目を探る。エディタの表現力や整合性検証機能が十分かどうかを評価する。

(2) 1. (2) に課題の解決・改善を図るため、機能と画面遷移モデルから多様なプラットフォームの操作性評価用プロトタイプを自動生成するツールを実現する。本研究で整理される評価項目を実操作からも計測できるように、操作性評価用プロトタイプに実装する計測機能を検討する。

(3) 1. (3) に課題の解決・改善を図るため、機能と画面遷移モデルに基づくシミュレーションによる操作性の自動評価ツールを実現する。UI/UX ガイドラインに基づく、操作性の自動評価ツールを実現する。

3. 研究の方法

2で掲げた目標において、個々の要素技術を統合可能となるように実現し、その後、要素技術個別の評価・洗練を経て、一貫した一つの手法として統合するように研究を進めた。

(1) 2. (1) について、モデルエディタの開発では、機能のモデルから基本となる画面遷移モデルを自動生成する方法を実現し、複数のモデル例を通して有効であることを確認した。また、モデルシミュレーションに利用する画面遷移シナリオの作成支援機能をモデルエディタに組み込み、事例を通してシナリオ作成作業の効率化と正確化に有効であることを確認した。さらには、画面遷移モデルに基づき UI デザインが行えるデザイン支援ツールを開発し、開発事例を通して整合性保証に有効であることを確認した。なお、本 UI デザイン支援に関してはウィンドウアプリケーションと Web アプリケーションの両プラットフォームで実現できる方法であることを確認した。

(2) 2. (2) について、画面遷移モデルに対し、操作性ひいてはユーザビリティを高める機能のモデルパターンを提案・組み込み、分析・設計段階から容易に操作性向上を図れる方法を模索した。マルチプラットフォームで利用しやすい Web アプリケーションを対象に、当該モデルからユーザビリティを高める機能を組み込んだ状態で画面遷移モデルから Web プロトタイプを自動生成する方法を実現し、プロトタイプ作成コストや要求確認の面において操作性評価支援として有効であることを確認した。さらには、当該 Web プロトタイプに着脱可能な操作ログ記録機能をブラウザ拡張機能として実現し、操作ログからエンドユーザ操作の時間や正否に関する情報を可視化する方法とツールを実現し、評価実験を経て操作性評価支援として有効であることを確認した。また、操作ログに基づきエンドユーザのシステムに対する学習状態を評価する方法も提案し、評価実験を経て提案方法が妥当であることを確認した。

(3) 2. (3) について、モデルシミュレーションでは、シミュレーション可能な

モデリング方法とシミュレーション方法・ツールを実現し、画面構成やユーザビリティを高める機能の導入によってエンドユーザの操作負担が見積もれ、それらの比較評価の結果が良し悪しを客観的に判断できる情報となったことから提案方法が有効であることを確認した。また、(1)のUIデザイン支援ツールと関係できるようにUI設計ガイドラインに基づくチェック方法・ツールを実現し、実事例に対してUIデザイン上の問題を自動指摘できたことから提案方法が有効であることを確認した。

(4) 上記の要素技術を一貫した一つの手法で扱えるように統合を図った。より具体的には、たとえばモデリング方法では複数手法のメタモデルを統合し、これに基づいて方法・ツールを拡張することで統合を図った。結果として、より汎用的なメタモデルと方法論の確立に至った。

4. 研究成果

本研究において実施した要素技術の実現・改良とそれらの有効性評価は以下のように多岐にわたった。

- (1) 画面遷移モデル作成に関する研究 (学会発表⑦⑭)
- (2) 機能モデルからの画面遷移モデル生成に関する研究 (学会発表②)
- (3) 操作性を高めるモデルパターンに関する研究 (学会発表④⑤)
- (4) プロトタイプ自動生成に関する研究 (学会発表⑫⑮)
- (5) 操作ログの記録・分析・情報化に関する研究 (学会発表①⑥⑧⑩⑫)
- (6) モデルシミュレーションによる操作性自動評価に関する研究 (学会発表⑯)
- (7) 画面遷移モデルに基づくUIデザイン支援に関する研究 (学会発表③⑨⑪)
- (8) 統合的評価プロセスに関する研究 (学会発表⑧⑬)

これらの成果を通して得た知見としては、一般論として操作性はエンドユーザ個別の特性に依存するとしても、その評価プロセスにおいては系統化すべき箇所が多々存在するという点である。画面遷移モデルという仕様に対してプロトタイプ・シミュレーション・操作ログ解析といった多種の評価を経て、最終的には仕様にフィードバックする必要があるが、これを繰り返し実施するコストは極めて高くなる可能性が高いため、今後も継続的な支援技術の確立は必要であり、重要であろう。

また、自動評価と手動評価とを連係した操作性評価は一貫した一つの手法として実現可能である見込みが高いことが本研究を通して見えてきたが、今後としては個別の開発プロセスへ適合させる方法を検討する必要がある。

そして、操作性に限定した評価を行うとしても、様々な要因を考慮した評価が必要となる。たとえば、エンドユーザの特性(ドメイン知識や情報機器への慣れ、評価対象に対する学習の度合など)や、評価対象の特性(操作項目、操作の種類、入出力器械、ユーザビリティを高める機能の有無や導入箇所など)、評価する際の操作シナリオ/タスクなどが挙げられる。各種実験を通して、前述の要因と評価対象(システム全体かユーザビリティを高める機能かなど)の質の詳細(正確性や効率性など)との関連性を明らかにした上で、多量データを取得・解析する必要性が強く示唆された。このことから、現段階として評価すべき仕様項目を単純に整理することはできず、今後としてさらなる詳細な要因の調査を経て整理し、機械学習・深層学習によるアプローチも視野に含めて自動と手動の評価結果の比較方法を具体化する必要がある。このように、要因調査に繋がる結果を得られた本研究は、意義深いものであったと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計16件)

- ① 青木亮太, 小形真平, 岡野浩三, 学習済み Web サイトの操作ログに基づく有効性・効率性評価の実践, 信学技報, vol. 118, no. 463, KBSE2018-64, pp.63-68, 京都, Mar. 2019.
- ② Yukiya Yazawa, Shinpei Ogata, Kozo Okano, Haruhiko Kaiya, Hironori Washizaki, Tool to Automatically Generate a Screen Transition Model Based on a Conceptual Model, JCKBSE 2018, pp.158-167, Corfu, Greece, Aug. 2018. 査読有
- ③ 岩堀航平, 小形真平, 岡野浩三, 画面遷移モデリングと Web レイアウト設計の協業支援ツールの試作 ~ Front-End Framework を用いた Website Builder の併用 ~, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 117(465), pp.85-90, 沖縄, Mar. 2018.
- ④ 矢澤幸也, 小形真平, 岡野浩三, 海谷治彦, 鷲崎弘宜, 画面遷移モデルに着目し

- たユーザビリティパターン抽出手法の提案, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2017, pp.167-174, 東京, Aug. 30 - Sep. 1, 2017. 査読有
- ⑤ Y. Yazawa, S. Ogata, K. Okano, H. Kaiya, H. Washizaki, Traceability Link Mining - Focusing on Usability -, Proc. of the 41st IEEE Computer Society Signature Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2017), Fast Abstract, pp.286-287, Turin, Italy, Jul. 2017. 査読有
 - ⑥ 中島徳雅, 小形真平, 岡野浩三, ヘルプデスク補助に向けた Web UI 操作ログ収集ツールの試作, 情報処理学会第 79 回全国大会, 4J-03, 愛知, Mar. 2017.
 - ⑦ 矢澤幸也, 小形真平, 岡野浩三, ユーザビリティに着目した画面遷移モデルの分離の試み, 第 23 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE 2016, 香川, Dec. 2016.
 - ⑧ S. Ogata, Y. Goto, K. Okano, Framework for Relative Web Usability Evaluation on Usability Features in MDD, Human-Centered and Error-Resilient Systems Development, Vol. 9856, LNCS, Springer International Publishing, pp.73-85, Stockholm, Sweden, Aug. 2016. 査読有
 - ⑨ 片桐健吾, 小形真平, 岡野浩三, Human Interface Guideline に基づく GUI のユーザエラー防止性自動評価手法, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016(1), pp.383-384, 神奈川, Mar. 2016.
 - ⑩ 後藤祐吾, 小形真平, 岡野浩三, 要求分析におけるユーザ操作記録によるユーザビリティ評価支援手法, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 115(487), pp.63-68, 大分, Mar. 2016.
 - ⑪ 赤瀬智也, 小形真平, 岡野浩三, 画面遷移モデルと整合性を保つ GUI 設計支援手法, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 115(487), pp.131-136, 大分, Mar. 2016.
 - ⑫ 小形真平, 紙森翔平, 後藤祐吾, 岡野浩三, MDD における操作記録プロトタイプによるユーザビリティ評価支援, ウィンターワークショップ 2016・イン・逗子 論文集, pp.69-70, 神奈川, Jan. 2016.
 - ⑬ 小形真平, モデル駆動開発におけるユーザビリティ評価支援構想, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 115(421), pp.43-48, 東京, Jan. 2016. 査読無
 - ⑭ 小形真平, 紙森翔平, 海谷治彦, 岡野浩三, 画面遷移モデリングにおける関心事の分離法の検討 : 業務機能と使用性向上機能に着目して, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 115(231), pp.33-38, 大阪, Sep. 2015.
 - ⑮ S. Kamimori, S. Ogata, K. Kaijiri, Automatic Method of Generating a Web Prototype Employing Live Interactive Widget to Validate Functional Usability Requirements, Proc. of the 3rd International Conference on Applied Computing and Information Technology/2nd International Conference on Computational Science and Intelligence (ACIT-CSI), pp.8-13, Okayama, Japan, Jul. 2015. 査読有
 - ⑯ 小形真平, 中村哲真, 岡野浩三, 画面遷移モデルに基づくシナリオ作成支援手法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告 KBSE, 115(54), 東京, pp.7-12, May 2015.

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<https://selab-su.weebly.com/ogatas-information.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし