

重み付有向グラフを用いた Web インタフェース設計のための操作ログ解析

Operation Log Analysis for Web Interface Design using Weighted Directed Graph

辻本 陽平†

Yohei TSUJIMOTO

鈴木 育男†

Ikuo SUZUKI

山本 雅人†

Masahito YAMAMOTO

古川 正志†

Masashi FURUKAWA

1 緒言

近年のインターネットの急速な発展、及び Web アプリケーションの需要の増加により、様々なシステムが Web アプリケーションを用いて整備、運用されている。オンラインショッピングや、携帯電話サイト、ネットバンキング、さらには企業の業務管理アプリケーションに至るまで、Web アプリケーションを用いて作成される Web ページの使い勝手の良さは、Web インタフェースの良し悪しで影響されともいえる。そのため、システムを利用するユーザが使いやすいインタフェースを構築することが重要な課題となっている。近年、システムやアプリケーションから、さらに視野の範囲を広げた「サービスサイエンス」なる分野も重要性が高まっている [1]。

本研究では、A 社の Web システムの操作ログを解析し、システムのボトルネックとなりうる改善が必要なインタフェース箇所を発見することを目的とする。この目的のために、ユーザ間における作業の流れについて比較を行い、使い勝手の悪い Web インタフェース部分を特定する指標を提案し、その有効性を検証する。

2 Web インタフェース

Web は、現在のインターネット社会において欠かすことのできない情報交換の場である。Web 上では新たな情報が提供、または交換され、その範囲は時間的、空間的な隔たりを越えて世界中にまで及び。これを、利用者はマウスのクリックなどにより他の画面に移動することが可能である。

Web インタフェースの重要性は高まっており、例えば 1 つの Web ページをとっても、閲覧したユーザが見やすくページ間を移動しやすい工夫がいたるところに存在する [2]。

2.1 解析データ

本研究で扱うデータは、各々のユーザが操作を行った時刻とその操作種類により構成されている。ただし、解析に必要な情報は前もって除外する。

本研究ではシステムで作業する人を「ユーザ」と呼び、作業内容を「操作」と呼ぶ。

ここで、取り扱うデータはログと作業の数が 1 対 1 で対応していない特徴を持つ。従って、作業単位での操作ログが収集されていれば、その情報を元に解析が行えるが、本研究で用いるデータはシステムが出力した時刻とその操作種類のみであるため解析ができない。そこで、本研究ではユーザの操作の流れから解析を行い、操作の流れを重み付有向グラフとして表す。

ここで、本研究で解析する Web アプリケーションを利用するユーザは、初心者から熟練者まで存在する。また、頻繁にシステムを操作するユーザもいれば、滅多に業務をしない

ユーザも存在する。予備実験としてユーザが業務を行った回数（操作数）とその人数分布を調査すると、べき乗則に従うことがわかっている。

3 操作遷移によるユーザ分析

同じ Web システムを利用しているユーザでも、初心者と熟練者では作業時間や作業の流れ（遷移）が異なる可能性がある。そこで、操作に慣れたベテランの熟練者と、利用頻度の少ない不慣れた初心者の比較を行うことで、不慣れたユーザにとって使いにくい箇所の発見に繋がると考える。しかし、A 社のシステムは多種類のサービスを提供しており、同じ操作の流れでないこの比較ができない。そのため、同様の操作を行っているユーザを抽出するための測度が必要となる。本研究では同様の操作を行っているかの測度として「類似度」を定義する。さらに、熟練者と初心者を判断するための測度に「熟練度」を定義する。最終的に、類似度と熟練度を用いて、熟練者と初心者の操作遷移を比較し、時間のかかるインタフェースに相当する作業を見いだすことを試みる。

3.1 類似度

類似性の高い業務傾向があるユーザを抽出するために、2 ユーザ間の類似度を定義する。本研究では、集合で用いられるダイス係数を遷移行列 A に適用したものを基盤とする。ここで、遷移行列 A は、現在の操作 i から次の操作 j に遷移があるとき、 $a_{ij} = 1$ となる。ユーザ X とユーザ Y の遷移行列要素 a_{ij} をそれぞれ a_{ij}^X, a_{ij}^Y とした類似度 $F(X, Y)$ は、

$$F(X, Y) = \frac{2 \sum_i \sum_j a_{ij}^X a_{ij}^Y}{\sum_i \sum_j (a_{ij}^X + a_{ij}^Y)} \quad (1)$$

と表現できる。

しかし、式 (1) では遷移回数の要素が考慮されない。操作回数、もしくは遷移回数は、より具体的な類似性を測る測度となりうるため、遷移回数の要素を式 (1) に追加する必要がある。そのため、遷移回数の要素を考慮した拡張類似度 $F'(X, Y)$ を新しく定義する。

ここで、遷移回数行列 C を導入する。遷移回数行列 C は、現在の状態 i から次の状態 j への遷移を行った回数が、 c_{ij} をとる行列である。遷移回数行列 C の要素 c_{ij} とすると、類似度 $F'(X, Y)$ を、式 (2) と拡張し定義する。

$$F'(X, Y) = \frac{2 \sum_i \sum_j a_{ij}^X a_{ij}^Y \frac{c_{ij}^X + c_{ij}^Y}{2}}{\sum_i \sum_j (c_{ij}^X + c_{ij}^Y)} \quad (2)$$

3.2 熟練度

システムを利用するユーザは大きく「熟練者」と「初心者」に分けられる。そこで操作時間に基づいて、熟練者と初心者を判断するための測度に熟練度を定義する。

† 北海道大学 大学院情報科学研究科 複合情報学専攻

ユーザ X の遷移行列 A^X の要素を a_{ij}^X とし、状態 i から j へ遷移にかかる平均時間を t_{ij}^X とする。また、ユーザ全体の i から j への遷移にかかる平均時間を \bar{t}_{ij} とすると、熟練度で用いる遷移平均時間差項 ΔT_a は、式(3)と書くことができる。

しかし、操作種類の少ないユーザは比較実験を行うとき、問題箇所が見えにくくなる。本研究では、システム全体から問題箇所を発見することから、操作種類の多いユーザを取り出すための遷移種類項 ΔT_b を、式(4)と定義する。

ここで、熟練度 $S(X)$ を、 ΔT_a と ΔT_b の積をとり、式(5)と定義する。

$$\Delta T_a = \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}^X (\bar{t}_{ij} - t_{ij}^X)}{\sum_i \sum_j a_{ij}^X} \quad (3)$$

$$\Delta T_b = \log \sum_i \sum_j a_{ij}^X \quad (4)$$

$$S(X) = \Delta T_a \cdot \Delta T_b \quad (5)$$

熟練度 $S(X)$ は画面遷移にかかる平均時間からどの程度早く操作を行ったかという測度である。したがって、この測度は操作時間が短く、かつ一定数種類以上の操作を行うユーザのとき、熟練度が高くなる。

4 比較実験

類似性の高い操作を示す測度「類似度 F' 」、平均遷移時間よりどれだけ早く操作を行うかの測度「熟練度 S 」を前節で定義した。この2つの測度を重み付有向グラフを用いて初心者が時間のかかる作業を推定する。

本稿で用いた A 社のデータは、連続した10日間のシステムログであり、ユーザ数4104、操作コード数511である。このユーザ間における作業の流れの比較を行う。

4.1 熟練者 (E) - 初心者 (N) 比較

本稿で例として示す2ユーザの類似度は $F'(E, N) = 0.929$ 、それぞれの熟練度は $S(E) = 16.47$ 、 $S(N) = -39.79$ である。

図1~2は熟練者 E と初心者 N のグラフである。図中のノードが業務コード、リンクが画面遷移を表している。ここで、リンクの太さは遷移にかかった時間を示す。また、同様に熟練者 E と初心者 N が共通する業務遷移を抽出した図を図3に示す。このときのノードの太さは両ユーザの遷移時間差を表し、太ければ太いほど遷移時間に差がある。

図3から全体的に太いリンクが多く、業務時間の差が大きいことがわかる。図中の囲い A 及び、囲い B にあるノードはリンクが密集し、ハブとなっている。さらに、このノードを中心とすると出入りするリンクが太いことから、このノードの作業は熟練者と初心者で作業時間の差が如実にでていることがわかる。このようなノード周辺のインタフェースが問題箇所であると推測できる。

以上のことから類似度、熟練度を用いて業務の類似性が高い熟練者と初心者を取り出し、重み付有向グラフによる比較により、業務時間の異なる箇所を発見できる。更に問題箇所の推定を行うことが可能となる。

4.2 提案手法の有効性

本研究で推定した問題のある箇所と、A 社が利用者にユーザアンケートをとった結果と照らし合わせたところ、我々が指摘したインタフェースの問題点と多くが合致した。よって、本研究の提案手法による有効性を示すことができた。

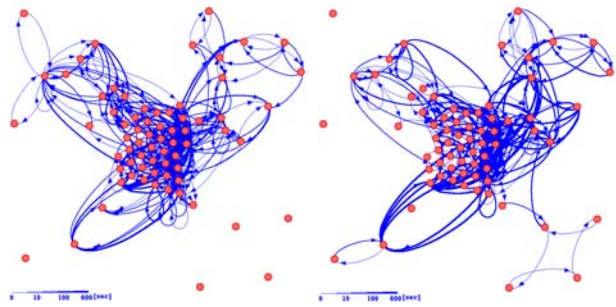


図 1: Expert(E)

図 2: Novice(N)

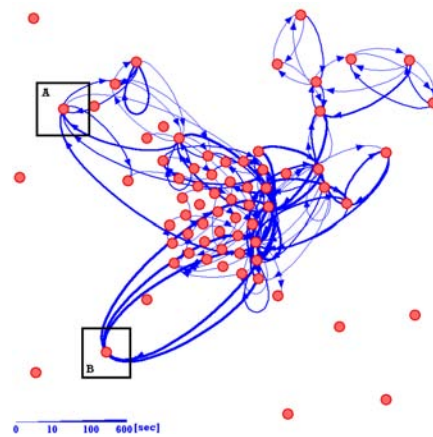


図 3: Comparison of the expert(E) with the novice(N)

5 結言

インターネットの更なる発展により、Web インタフェース設計はますます重要な要素となる。

本稿では A 社 Web システムのログデータを用い、インタフェースの改善点を発見するため、ユーザ個人の作業の流れに注目した比較手法を提案した。作業遷移の類似度を定義し、初心者は熟練者に比べ作業時間が異なることから、作業の慣れを測る熟練度を定義した。さらに類似度、熟練度を用いて作業の類似性が高い熟練者と初心者を取り出し、重み付有向グラフによる比較により、操作時間の異なる箇所の発見から問題箇所の推定を行った。

最終的に本研究による評価と、ユーザアンケートによる評価とを照らし合わせ、合致したことから、本提案手法の有効性が示せた。

参考文献

- [1] 日高一義. サービス・サイエンスについての動向. 情報処理. Vol. 47, No. 5, pp. 467-472, 2006.
- [2] J. Tidwell. デザイニング・インタフェース: パターンによる実践的インタラクションデザイン. O'Reilly Japan, 2007.