

Markov モデルを用いた e-コマースサイトの web デザイン評価

狩谷 典之[†]

北島 宗雄^{††}

高木 英明^{†††} (正員)

張 勇兵^{†††}

Web Design Evaluation of E-commerce Sites by Markov Models

Noniyuki KARIYA[†], Muneco KITAJIMA^{††}, *Nonmembers*,

Hideaki TAKAGI^{†††}, *Member*, and

Yongbing ZHANG^{†††}, *Nonmember*

[†] 筑波大学社会工学類, つくば市

College of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, 305-8573 Japan

^{††} 産業技術総合研究所人間福祉工学研究部門, つくば市

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba-shi, 305-8566 Japan

^{†††} 筑波大学社会工学系, つくば市

Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, 305-8573 Japan

あらまし E-コマースサイトには, その web デザインによって, ユーザが簡単に目的達成できるものとそうでないものがある. 本研究では, 利用しやすい web サイトを設計するための一助として, ユーザが目的を達成するまでの過程を Markov 連鎖でモデル化する方法を提案し, 実際の 3 つの航空会社の航空券予約サイトに適用して評価・比較した結果を示す.

キーワード E-コマース, web デザイン, Markov モデル, キーストロークレベル分析

1. ま え が き

昨今におけるインターネットの急速な普及に伴い, e-コマースが普及し, 発展してきた. E-コマースサイトのデザイナーは, ユーザが簡単でかつ効率的に利用できるように設計する必要がある. Menascé らは, CBMG (Customer Behavior Model Graph) と呼ばれるモデルを用いて, プロセッサやディスク, ネットワーク帯域といったサイトの資源の最適な設計を求める解析を行っている [1]. これは web ページの解析には触れられておらず, web デザインの評価に重点が置かれていないうえに, web サイトを利用するユーザの行動についての詳細な解析を示したものではない. しかしユーザにとっては, web ページそのものの構成が扱いやすいかどうか重要であり, 簡単な操作で短時間のうちに目的が達成できるように構成されているのが望ましい. 本研究では, 実際の e-コマースサイトについて, ユーザが目的達成に至るまでの過程を Markov 連鎖によりモデル化し, web ページを主とする, サイトの web デザインの妥当性を評価することを試みた.

2. Web サイトとユーザの行動

本研究では, 携帯電話用の i-mode サイトを評価の対象とする. 携帯電話の急速な普及とモバイル用のブラウジング機能やコンテンツの出現に伴い, m-コマースと呼ばれるモバイル e-コマースが出現し普及してきたので, そのサイトについて web デザインの評価を行うことは, 意義がある.

Thimbleby らは, 電子レンジや携帯電話などのボタン操作機器に対し, Markov モデルを用いてユーザのタスク目的達成の解析を行った [2]. 彼らは, それらの機器の操作をユーザが知っている程度を知識度としてパラメータ化し, タスク目的達成に必要なとされる平均操作数を算出してインタフェースデザインの評価をしている. 以下では, この研究の方法を web デザインに応用して, 実際の航空会社 3 社 (A, B, C 社と呼ぶ) の航空券予約サイトを評価する.

2.1 サイト概要

航空会社の web サイトを利用するユーザの目的の一つは, 航空券の予約である. このとき, サイトのホームページから, リンクを次々と選択し, 予約メニューに入りそこから目的とする便を予約する. そのためには, 目的とする便の運賃や空席状況を知らなければならない. これらの情報を得た後, 予約メニューから予約完了に至ることができる. サイトによってはそれらの情報のいくつかは必要がなかったり, 予約メニューの中で情報を表示してくれるものもある. モバイルサイトは, 端末のディスプレイや入力装置の制限を考えると, たどるページができるだけ少なく, 短時間で, かつ簡単な入力で済むように簡略化されていることが望ましい.

2.2 ユーザの行動仮定

本研究では, 次のような行動仮定をもったユーザについて, サイトのリンク構造をモデル化したものを解析し, 予約完了に至るまでに要するクリック数と時間が, サイトに対する知識度に応じてどのように異なるのかを調べ, サイトのデザインを評価する.

ユーザの行動仮定: 1. 端末の Back 機能で直前のページに戻る. 2. 予約と関係のないメニューには行かない. 3. 関係ないページに入ったらすぐ戻る. 4. 途中でタスクを中止しない. 5. 目的とする飛行機情報を事前に知らない. 6. 非会員, 同行者なし, 往路便のみを予約. 7. 入力ミスをしない.

これらの仮定は, サイトのデザイン評価を行うのに, モデルを単純化するために設けた.

3. Markov モデル

各ページを1つの状態とし、リンク選択決定のクリックを時刻パラメタと考える。1つのページに至るには直前のページが分かれば十分であるので、サイトのページをたどる過程は、離散時刻パラメタと離散的状态空間をもつ有限 Markov 連鎖とみなせる。この Markov 連鎖は、ユーザの行動仮定 4. により、予約完了という状態が唯一の吸収状態で、その他のすべての状態は非再帰的状态である。

3.1 ページの状態分け

2.1 節やユーザの行動仮定 5. により、予約完了に至るためには、目的とする便に空席があるか、便名は何か、運賃はいくらか、といった情報を知る必要がある。しかし、Markov モデルは、ユーザが各ページにいるときに空席確認をしてきたかどうかといった履歴を記憶することができないので、1つのページをそのまま1つの状態として考えることはできない。従って、各ページを「空席確認をしたかどうか」、「便名確認をしたかどうか」、「運賃を確認したかどうか」といった条件により場合分けし、状態を考える必要がある。

実際に各ページを状態分けして Markov モデルを作成する方法を A 社の例を用いて示す。表 1 は A 社の実際の i-mode サイトの、ユーザの行動仮定に基づくリンク構造表である。番号は便宜的にページ番号として割り振った。状態分けを考えた Markov 連鎖の状態推移図を図 1 に示す。太線の四角が状態を表し、その中の数字が表 1 のページ番号に対応する。実線の矢印は到達可能を示し、点線の矢印は Back 不可能を示す。A~D で区分された各区間は、A: 空席状況 (×), 便名 (×), 運賃 (×), B: 空席状況 (), 便名 (), 運賃 (×), C: 空席状況 (), 便名 (), 運賃 (), D: 予約完了, の場合分けを表す。ここで、は当該情報を知っている場合、×は知らない場合を表す。なお「空席状況と便名は知らないが、運賃は知っている」という場合は存在しない。なぜならば、運賃は運賃選択のページで表示・確認される(状態番号 11)が、その状態に到達するためには、事前に空席状況と便名を確認し(同 6), 便名入力(同 10)をしなければならないからである。

3.2 状態推移確率行列

サイトに関する知識が異なるユーザについての評価を行うために、Thimbleby らが用いた状態推移確率行列の作り方を適用する[2]。ユーザのサイトに対する知識度 (knowledge factor) として、パラメー

番号	ページ区分	ページ名	リンク先	備考
1	ホーム	ホーム	2,9	
2	空席案内	搭乗日入力	2,3	
3		出発地選択	3,4	
4		到着地選択	4,5	
5		確認	6	
6		空席照会 a	1,2,7,8,9	空席状況, 便名表示
7		空席照会 b	1,2,9	
8		音声応答予約		要 Back
9	予約サービス	搭乗日入力	9,10	
10		便名/座席数入力	10,11	便名入力
11		運賃選択	11,12	運賃表示, 運賃選択
12		復路便選択	9,13	
13		搭乗者情報入力	13,14	
14		内容確認	15	
15		予約完了		目的ページ

表 1 A 社サイトのページリンク構造表

Table 1 Page link structure of the company A's site.

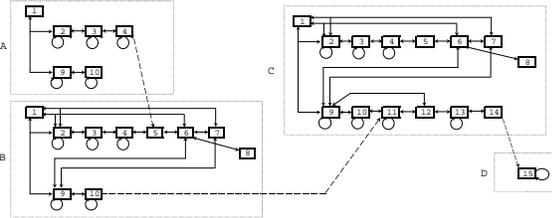


図 1 A 社サイトの状態推移図

Fig. 1 State transition diagram for the company A's site.

タ $k (0 \leq k \leq 1)$ を用いる。このパラメータは、 $k=1$ のとき、ユーザはそのサイトのデザイナーと同等の完全な知識をもっているということであり、ユーザは目的達成のページまで最短経路をたどってリンクを選択する。 $k=0$ のとき、ユーザはサイトに対する知識がなく、ランダムにリンクを選択することを表す。ただし、知識度というのは、空席状況や運賃を知っている度合ではなく、サイトのデザイン及び目的に達するためにたどるリンクの経路を知っている度合である。パラメータ k を用いて、Markov 連鎖の状態推移確率行列 $P = (P_{ij})$ を

$$P = kD + (1 - k)R \quad (1)$$

と表す。ここで、 D は完全な知識をもったユーザの推移確率行列であり、 D の (i, j) 成分は、 i から j に推移するのが予約完了に至る最短経路であれば 1 であり、そうでなければ 0 である。 R は知識度が 0 であるユーザの推移確率行列であり、各成分は推移可能なすべての状態に等確率で推移するような値から成る。

3.3 平均吸収ステップ数と平均吸収時間

非再帰的状态 i から始まる Markov 連鎖が吸収状態に達するまでの平均ステップ数を $\mu^{(i)}$ とし、その平均時間を $\tau^{(i)}$ とする。 τ_i を状態 i に滞在する平均時間とし、非再帰的状态の集合を T とすれば、 $\mu^{(i)}$ と $\tau^{(i)}$ はそれぞれ次の連立方程式を満たす[3]。

$$\mu^{(i)} = 1 + \sum_{j \in T} P_{ij} \mu^{(j)} \quad i \in T \quad (2)$$

$$\tau^{(i)} = \tau_i + \sum_{j \in T} P_{ij} \tau^{(j)} \quad i \in T \quad (3)$$

これらを解いて、ユーザがホームページから予約完了に到達するまでの平均クリック数と平均時間を求めることができる。

3.4 平均状態滞在時間の算定

ユーザが状態 i に滞在する平均時間 τ_i を、認知工学におけるキーストロークレベル分析により求める [4]。キーストロークレベル分析の目的は、ユーザのタスク実行速度を予測することである。この手法の基礎となる考え方は、タスク実行のためのメソッドを要素別に分解して、各要素に時間を割り当てることである。オペレータ K をキーやボタンを押すのに要する時間、オペレータ H を他のデバイス上に手を移動するのに要する時間、オペレータ M を心的準備のための時間とする。これらの時間は、各要素の繰り返し実験によって得られている [4]。

ユーザの行動として、必要なリンク選択や入力などのキー操作に K を適用する。リンク選択に要するキー操作回数は、推移可能な状態数を考慮してその平均をとる（後出の操作手順 4,5,10,14,16 を参照）。 H は、携帯端末上のカーソルキーと入力キーとの間でユーザが指を移行する過程に適用する（同 3,7）。 M は、予約便の内容など画面上の情報確認に適用する。この時間は、主として表示文字数に比例させ、次に内容の重要度を主観的に考慮して評価する（同 1）。このようにして、あるページから別のページに移るまでの平均時間、すなわちそのページの平均滞在時間を決める。

本研究の分析では、オペレータ時間として、 $K=0.3$ 秒、 $H=0.4$ 秒、 $M=1.35$ 秒を用いる。これらの時間は、通常のキーボード、マウス、ディスプレイを備えたコンピュータ環境でユーザがタスクを遂行する場合を想定して繰り返し実験によって得られた数値であるが、携帯端末を対象としたデータがないので、これらをもって代用する。

3.5 キーストロークレベル分析の適用例

例として、図 2 に示されたページの平均滞在時間を計算する。ユーザは次のような手順でページ内のタスクを行う。1. 予約便の内容を確認 (25M; 25 文字相当)。2. 姓・名入力ウィンドウを選ぶ (K)。3. 入力のため指をカーソルキーから入力キーに移す (H)。

図 2 i-mode サイトのページ例。

Fig. 2 A sample page from an i-mode site.

4. 姓入力 ($6K$)。5. 名入力 ($8K$)。6. 決定 (K)。7. 指を入力キーからカーソルキーに移す (H)。8. カーソルを月入力のプルダウンメニューに移す (K)。9. 決定 (K)。10. 12 個のメニューから目的の数字を選ぶ ($\frac{11}{2}K$)。11. 決定 (K)。12. カーソルを日入力に移す (K)。13. 決定 (K)。14. 31 個のメニューから目的の数字を選ぶ ($15K$)。15. 決定 (K)。16. リンク「決定」か「クリア」にカーソルを移す ($\frac{3}{2}K$)。17. リンク選択決定、もしくは Back する (K)。以上の項目の時間を合計して各パラメータの値を代入すると、このページに滞在する時間は、 $25M + 2H + 45K = 48.05$ 秒となる。このようにして、各状態の滞在時間を算定し、式 (2) と (3) における τ_i として用いる。

4. Web デザインの評価

以上をもとに、各社のサイトに対し、異なる知識度をもつユーザが予約完了に至るまでの平均クリック数と平均時間を計算した。その結果を表 2 と図 3 および図 4 に示す。表 2 は、ユーザの知識度が完全なとき ($k=1$) と、全くないとき ($k=0$) の値である。3 社の比較のグラフ (図 3, 4) では、実線が A 社、破線が B 社、点線が C 社を表す。両図では、横軸にパラメータ k (知識度) をとり、縦軸にクリック数、もしくは時間をとっている。ただし、前述のように、オペレータ時間は携帯端末の操作時間を適切に表していない可能性があるため、時間については相対的な比較のみが意味を持つ。

これらの表と図より、どの社も、ユーザの知識度が高くなるにつれ、目的に至るまでの労力 (クリック数と時間) が減少していることが確認される。また、どの社も、知識がまったくないときは多大な労力を要するが、少しの知識を得るだけで、完全な知識のときに

	A 社		B 社		C 社	
	$k=1$	$k=0$	$k=1$	$k=0$	$k=1$	$k=0$
クリック数	12	308.9	13	494.6	14	329
時間 (秒)	192.5	3693.0	110.8	9811.1	238.9	3602.5

表 2 $k=1$ と $k=0$ のときのクリック数と時間。

Table 2 Number of clicks and time for $k=1$ and $k=0$.

近い労力で目的達成が可能となっている。

図3では、知識度が高めのユーザにとっては3社のクリック数にほとんど差が見られないが、知識があまりないユーザにとっては、B社は他の2社と比べてかなり多くのクリック数がかかることが分かり、良くないデザインとなっている。これは、A社とC社は、空席状況と運賃のどちらかの情報を確認すれば、もう一方は予約の流れで確認できるなどの構成になっているのに対して、B社は、各情報をそれぞれの照会メニューで確認する必要があり、他の2社と比べると、推移可能なページが多いためと、そのリンク構成から、ランダムに近い選択でリンクを推移していくと考えた場合に、サイト内をループしてしまうような構成になっているためであると考えられる。

図4を見ると、知識度が低いユーザにとっては、3社ともあまり時間の差は見られないが、知識が少しでもあるユーザに対しては、ある程度の差が見られる。すなわち、B社は他の2社と比べて短時間で済み、C社は多くの時間がかかることが分かる。これは、B社は各ページが簡略化されており、何らかの入力を行うページにおいても入力項目や操作が少なく済み。逆にC社はページ数が多く、ページ自体もそれほど簡略化されていないためであると考えられる。

これらの結果から、A社は知識度に見合った労力で目的達成に至れる比較的標準的な設計であり、B社は知識度が低いユーザにとっては労力がかかるが、知識度が高いユーザにはあまり労力がかからない、予約に慣れた人に都合がよい設計、そしてC社は、知識度と労力の関係がB社とは正反対の傾向からなる、予約に慣れてない人に都合がよい設計になっているといえる。換言すれば、知識度が高いユーザにとってはB社は楽に目的を達成することができるが、知識度が低いユー

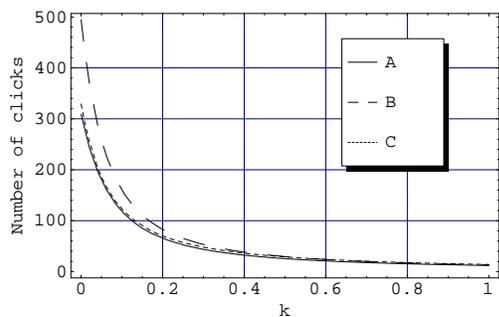


図3 航空券予約の平均クリック数。

Fig. 3 Mean number of clicks for airline ticket reservation.

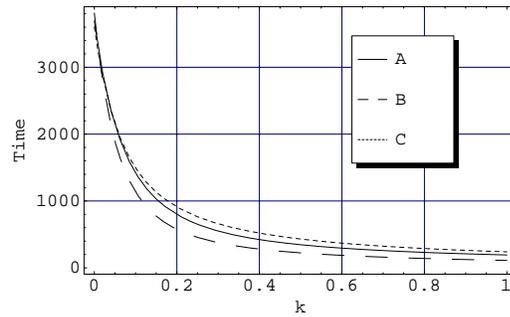


図4 航空券予約に要する平均時間。

Fig. 4 Mean time for airline ticket reservation.

ザにとってはB社は困難でC社は比較的楽に目的達成ができるようになっている。

5. むすび

本研究では、モバイル e-コマースサイトに Markov モデルを適用し、知識度の異なるユーザが目的を達成するまでに要するクリック数と時間を計算して、web デザインを比較、評価できることを示した。

本稿で示した方法は、ユーザの行動仮定等、様々な制約に基づくものである。今後の研究では、より一般的な設定に対処できるようにし、そして、携帯端末用のサイトだけでなく、パソコン用のサイトについても評価を行う予定である。

文 献

- [1] D. A. Menascé, V. A. F. Almeida, R. Fonseca, and M. A. Mendes, "Business-oriented resource management policies for e-commerce servers," *Performance Evaluation*, Vol.42, nos.2-3, pp.223-239, October 2000.
- [2] H. Thimbleby, P. Cairns, and M. Jones, "Usability analysis with Markov models," *ACM Transactions on Computer-Human Interactions*, Vol.8, No.2, pp.99-132, June 2001.
- [3] 伏見正則, 確率と確率過程, 講談社, 東京, 1987.
- [4] S. K. Card, T. P. Moran, and A. Newell, *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1983.

(平成 x 年 xx 月 xx 日受付)