

# 大規模情報発信サイトのウェブ認知ウォークスルーによるユーザビリティ評価

北島宗雄・狩谷典之（産業技術総合研究所）

## Usability Evaluation of Large-Scale Informational Web Sites with Cognitive Walkthrough for the Web

Muneo Kitajima and Noriyuki Kariya (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

### Abstract

Cognitive Walkthrough for the Web (CWW) has been proved to be a reliable usability inspection method for identifying and repairing navigational problems in informational web sites. This paper describes a case study that shows the CWW procedure is effective for existing realistic informational web site with more than 10,000 content pages. A method for quick and easy repair for the usability problems CWW has identified is proposed. The degree of improvement by this repair is measured by applying Markov modeling technique.

キーワード：ウェブ認知ウォークスルー，ユーザビリティ評価，情報発信ウェブサイト，Markov 連鎖  
(Cognitive Walkthrough for the Web, usability inspection method, informational web site, Markov chains)

### 1. はじめに

ウェブサイトのユーザビリティを評価する方法には、(1)ガイドラインに遵守しているかどうかをチェックする方法、(2)ユーザのアクセスログを分析する方法、(3)認知モデルに基づいてユーザ行動をシミュレートして問題を発見する方法がある。これらのうちで、ユーザが目的としている情報にたどりつく確率を高めるためには3番目の手法がもっとも直接的で有効である。

さて、筆者は、ユーザがタスクを実行する場合の認知プロセスのモデル化に関する研究 (Kitajima and Polson, 1995; Kitajima and Polson, 1997) を行ってきたが、それらのモデルを拡張することにより、ウェブサイトの訪問者がウェブページ中のリンクを選択してウェブサイト内をナビゲートし情報を探し出す認知プロセスのモデルを開発した (Kitajima, Blackmon, and Polson, 2000)。そして、それに基づいたウェブサイトユーザビリティ評価法「ウェブ認知ウォークスルー (Cognitive Walkthrough for the Web, CWW)」を提案した (Blackmon, Polson, Kitajima, and Lewis, 2002)。この評価法では、ナビゲーションに問題のあるページが発見されるばかりでなく、問題の解決法も示唆される。すでに完成したウェブサイトに適用して再デザインする場合ばかりでなく、デザイン中のサイトに適用することも可能である。解決法を示唆できる点と、ウェブサイト構築時に利用できる点は他のモデルに基づくウェブサイトユーザビリティ評価法にはない本手法の特徴である。

CWW では、評価対象のウェブサイトに訪問者が持ち込む可能性のあるすべての目的について訪問者のナビゲーション行動を1ステップ毎にシミュレートしてナビゲーションページのユーザビリティ評価を行う。これまでに、CWW

を利用してデザイン中のウェブサイトの評価する方法 (Blackmon et al, 2002)、CWW が示唆するユーザビリティ問題の解決法が有効であることを示す被験者実験の結果 (Blackmon et al, 2003) を報告してきた。

本報告では、CWW のもうひとつの利用法である既存のウェブサイトに適用する方法について述べる。ここでは、大量のコンテンツページを持ち、個々のページへのアクセスが階層的に構成された見出しを介して行えるような大規模情報発信ウェブサイトを対象とし、実在のウェブサイトを例に用いて、CWW を行った結果を示す。さらに、見出されたユーザビリティ問題の解決策の有効性を評価する方法について述べる。以下では、まず、CWW の概略を説明する。そして、例に用いる情報発信ウェブサイトについて説明し、CWW を実施して評価した結果を示す。

### 2. ウェブ認知ウォークスルー (CWW) の概要

#### 2.1 ウェブナビゲーションの認知モデル：CoLiDeS

CWW では訪問者がウェブをナビゲーションするプロセスをシミュレートして、ウェブページのデザイン上の問題点を発見する。ここで、認知シミュレーションは、理解に基づく意図的探索過程の認知モデル CoLiDeS モデル (Comprehension-based Linked model of Deliberate Search; Kitajima et al, 2000) に基づいて行われる。CoLiDeS モデルは、ユーザがインタフェースを探りながら機器操作を行う過程の認知モデル LICA1 モデル (Linked model of Comprehension-based Action planning and Instruction taking; Kitajima and Polson, 1997) を拡張したモデルである。

これらのモデルの核となっている心的プロセスは、領域の選択、操作対象の選択、操作の選択という3つの選択のプロセスである。それぞれの選択は2段階で行われる。ま

ず、インタフェースディスプレイに表示されている情報を操作の目的に照らして理解する。次に、その理解に基づいて目的との適合性を評価し、もっとも目的に近いものを選択する。前者は理解過程、後者は手段 目標分析 (means-ends analysis) とよばれる問題解決過程である。CoLiDeS モデルおよび LICAI モデルでは、理解過程を人間がどのように文章を理解するかということに関する認知理論、Construction-Integration 理論 (Kintsch, 1998)、によってモデル化している。

CoLiDeS モデルでは、ウェブページ上のオブジェクトであるテキストやグラフィックスを理解し評価するプロセスが重要である。ここでは、ウェブページ上のオブジェクトの心的表象を作り出し、関連する既有知識を用いて精緻化し、目的との適合性を評価する。そして最も目的との適合性の高いオブジェクトが操作対象として選択される。

CoLiDeS モデルは、上述の 3 つの選択プロセスを、注意段階、操作選択段階の 2 段階に分けて、訪問者のウェブナビゲーション行動をモデル化している。まず、注意段階では、訪問者はウェブページを部分領域に分割し、その各々に対して適当な記述を与える。それには、たとえば、見出しやページレイアウトを表現することばが利用される。次に、訪問者は、現在の目的との適合度がもっとも大きい部分領域を選択する (領域選択プロセス)。

次に、操作選択段階では、訪問者は選択された部分領域内のすべてのウィジェットの心的な記述を生成し、現在の目的との適合度がもっとも大きい操作対象を選択する (操作対象選択プロセス)。そして、そのウィジェット (ハイパーリンクなど) に対する操作 (通常はクリック) を選択する (操作選択プロセス)。

本論文で評価の対象とする情報発信サイトでは、目的とする情報へは、最初にカテゴリーの選択を行い、続いてトピックを選択することによってたどり着ける。したがって、上記の領域選択プロセスはカテゴリー選択に、操作対象選択プロセスはトピック選択に対応する。これらが正しく行われるかどうか情報が情報探索の成否を決定する。

## 2.2 LSA による意味的類似度の評価

CoLiDeS モデルでは、初めて遭遇したウェブページに表示されているウィジェットを選択するとき、おのおのに対して与えられる記述と目的との意味レベルでの適合度と文字レベルでの適合度を総合的に評価し、もっとも適合度の高いものを選択する。これは、モデルの基礎となっている Construction-Integration 理論 (Kintsch, 1998) に基づいている。ここで、総合評価は、インタフェース上のオブジェクトや活性化された知識をノードとするネットワークに活性を伝播させることによって行われる。CWW では、この手続きを簡略化して、意味的類似度のみを用いて適合度の評価を行う。

意味的類似度の定量化には潜意味解析 LSA (Latent Semantic Analysis; Landauer and Dumais, 1997) と

して知られている手法を用いる。LSA は語とそれが現れる文脈 (ドキュメント) の関係を統計的に評価する手法であり、各語および各文脈はそれぞれに対して定義される約 300 次元の意味空間内のベクトルとして表現される。複数の語で形成される合成語の意味は、個々の語のベクトルを合成することによって表現される。

2 つの合成語間の意味的類似度は、対応する 2 つのベクトルのなす角の余弦として定義される。たとえば、human computer interaction と software engineering の意味的類似度は 0.64 である。これは、これらのことばが同時に現れる文脈が多い、つまり類似したことばであることを反映している。一方、parenting という human computer interaction と同時に現れる文脈がないと思われることばについては、類似度は 0 となっている。このように、LSA を用いることにより意味的類似度を客観的に定量化できる。なお、<http://lsa.colorado.edu> には、いくつかの学年の語彙レベルに基づいて構成した意味空間をもとに、インタラクティブに、語や合成語間の類似度を得ることができるウェブページが提供されている。

LSA を利用することにより、ユーザの目的の記述をより現実的に行うことができる。従来、ユーザインタフェースのなかから目的を達成するために必要なオブジェクトを選択する過程のモデル化の研究では、たとえば「心臓病に関する情報を探す」のような簡潔かつ特定の意味を持つ目的記述が用いられていた。しかし、ユーザがウェブなどで探索を行うときに、必ずしもこのように明確に記述された目的を心に抱いているわけではない。LSA を用いることにより、探索したい直接的な目標ばかりでなく、一般的な関心や動機、また背景を目的の記述に含めることができる。

## 2.3 CWW によるユーザビリティ問題の発見と解決

CWW は、訪問者が求めている情報にたどり着けるかどうかという観点からウェブサイトを構成するページを評価しユーザビリティの問題がないかどうかをチェックする。ウェブページには、訪問者に提供すべき情報であるコンテンツと、他のページやウェブサイトへのリンクが含まれている。CWW ではナビゲーションに用いられるリンクのみが評価される。さらに、問題が発見された際には、問題の原因に応じた解決法が提供される。

以下に、ウェブサイトをデザインしている場合にどのように CWW を実行するかについて簡単に説明する。ユーザビリティ問題の発見の詳細については、Kitajima (2002) を参照してほしい。また、解決策の効果を被験者実験によって評価した結果については、Blackmon et al (2003) を参照してほしい。

まず、ウェブサイトが提供すべき情報はすべて揃っているものとし、コンテンツページとして整備されているものとする。そして、以下を実行する。

1) **目的の設定**: 評価対象のウェブサイトを訪れる利用者が持ち込む可能性のある情報探索目的を書き出す。また、

その利用者の背景知識を設定する。そして、それぞれの目的に対し提供すべきコンテンツページを対応付ける。

2) ナビゲーションページの作成: ナビゲーションページはいくつかのリンクがまとまった部分領域から構成される。コンテンツページへのリンクが存在する部分領域に「見出し(非リンク)」「あるいは見出しに相当するもの」をつける。個々のリンクにそれを選択することによって最終的に到達することができるコンテンツページを結びつける。

3) 分かりにくい見出し・リンクのチェック: 見出しおよびリンクに対し、このサイトを訪問すると想定される利用者にとって理解できる用語が用いられているかをチェックする。LSA では、単語は多次元空間内のベクトルとして表されているが、そのベクトル長が単語の熟知度に関連している。そこで、ベクトル長がある値(たとえば、1.0)よりも小さいリンクは「分かりにくい」と判定する。

解決法: LSA を利用して分かりにくいと判定された単語についてそれに類似した単語を探し、そのなかから分かりやすい(つまりベクトル長が長い)ものを選択する。

3) 混同しやすい見出し・リンクのチェック: 見出しおよびリンクに対し、意味的に混同しやすいかどうかをチェックする。LSA では、単語間の意味的類似度はそれらを表す単語ベクトル間の余弦として表される。そこで、余弦がある値(たとえば、0.6)よりも大きいとき、それらは意味的に類似しており、訪問者が正しく選択できない可能性があるかと判定する。

解決法: 混同しやすいと判定された見出しやリンクを統合する。あるいは、LSA を利用して、混同しやすいと判定された見出し対、リンク対について、代替語を選定する。

4) 個々の目的が正しくコンテンツページに導かれるかどうかをチェックする。

4-1) 手がかりの十分性のチェック: 個々の目的について、各見出し・リンクとの意味的類似度を求める。すべてがある値(たとえば、0.1)よりも小さいとき、手がかりが不十分であると判定する。

解決法: LSA を利用して、代替表現を選定する。

4-2) 目的に依存した問題のチェック(見出し): 手がかりの十分性に問題のない場合について、個々の目的と見出しとの意味的類似度を求める。正しい見出しと目的の類似度よりも大きな類似度を持つ見出しがあるとき、見出しに目的に依存した問題があると判定する。

解決法: 意味的類似度が最大となる見出しを介して目的とするページにたどり着けるようにリンクの張替えを行う。

4-3) 目的に依存した問題のチェック(リンク): 手がかりの十分性に問題のない場合について、個々の目的とリンクとの意味的類似度を求める。正しいリンクと目的の類似度の80%よりも大きな類似度を持つリンクがあるとき、リンクに目的に依存した問題があると判定する。

解決法: 問題のあるリンクを介して目的とするページにたどり着けるようにリンクの張替えをする。

### 3. 大規模情報発信サイトの CWW による評価

本章では、前節で説明した CWW によるユーザビリティ問題の発見と解決法を現在の大規模ウェブサイトに応用する方法と実際に適用した結果について述べる。ここでは、Microsoft が提供しているオンライン百科事典 Encarta (<http://encarta.msn.com>) を評価対象とした。Encarta には約 40,000 件のアークティクルが掲載されている。

さて、大規模なウェブサイトの場合、ユーザビリティ問題の修復にはコストがかかる。したがって、修復の効果を事前に見積もることは極めて重要である。ユーザテストによってそれを行うことは不可能なので、ここでは、Markov 連鎖を利用してユーザの操作過程をモデル化してユーザインタフェースデザインを評価する方法(Thimbleby, Cairns & Jones, 2001; Kitajima et al, 2002; Kariya et al, 2002)を用いる。この方法によって、目的にいたるまでの平均リンク選択数を見積もれる。ただし、実際のユーザのリンク選択過程を詳細にモデル化しているわけではないので、修復前と修復後の平均リンク選択数の相対的な比較のみが意味を持つ。

#### 3.1 オンライン百科事典 Encarta

評価時の Encarta の構成について説明する。Encarta には、総数 42,403 のアークティクルが掲載されている。アークティクルは 9 個のカテゴリーとそれに属する 94 個のトピックを用いて階層的に分類されている。アークティクルを表示させるために、利用者は、まず、カテゴリーを選択し、続いて、トピックを選択する。すると、アークティクルの表題がアルファベット順に表示されるので、そのなかから、探しているアークティクルの表題を見つけてクリックする。するとアークティクルの本体が表示される。図 1 はタイトル Ballistics に関するアークティクルにアクセスする場合を示している。まず、カテゴリー Physical Science & Technology を選択し、それに属するトピックを表示させる。そして、トピック Military Technology を選択すると、そのトピックに属するアークティクルのタイトルがアルファベット順に表示される。Ballistics を選択するとアークティクルの本文が表示される。

Encarta に掲載されているアークティクルのおよそ 9 割は唯一のアクセスルートを持つが、残りの約 1 割は複数の仕方アクセスできる。たとえば、アークティクル Leonardo da Vinci へは、カテゴリー Art, Language, & Literature に属するトピック Artist もしくは Painting, Drawing, & Graphic Arts を選択することにより、あるいは、カテゴリー History に属するリンク People in European History を選択することによりアクセスすることができる。トピックを選択して表示されるアークティクルの総数は 46,716 である。したがって、延べ 4,312 のアークティクルは複数のアクセスルートを持っていることになる。以下に、9 個のカテゴリー名と個々のカテゴリーに属するトピック



図 1. 評価対象のウェブサイト

Fig 1. msn.Encarta.com

数（計 94）とア－ティクル数を示す。

カテゴリー名	トピック数	ア－ティクル数
1 Art, Language, & Literature	13	5,294
2 Geography	13	8,973
3 History	9	6,543
4 Life Science	14	5,163
5 Performing Arts	6	4,760
6 Physical Science & Technology	16	4,949
7 Religion & Philosophy	7	2,867
8 Social Science	12	6,550
9 Sports, Hobbies, & Pets	4	1,616

### 3.2 Encarta の CWW による評価

CWW では、訪問者がウェブサイトを持ち込む可能性のある目的をあらかじめ 100~200 語で表現しておくことが必要である。しかしながら、既に構築されている大規模ウェブサイトに対してそれを行うことは難しい。そこで、各ア－ティクルの最初のパラグラフによって、各ア－ティクルを探している訪問者の目的の表現を代用することにした。すべてのア－ティクルの最初のパラグラフの平均長は 93 語だったので、語数に関する条件は概ね満足されている。最初のパラグラフにア－ティクルの要旨が記述されることが多いので、このように目的を設定することは、探し

ているア－ティクルについてわずかではあるが知識を持っていて、その知識を利用して Encarta からより詳しい情報を得ようとする訪問者をシミュレートしていることに相当する。

### 3.3 評価結果

1) 分かりにくいカテゴリー：9 個のカテゴリーのなかで Geography(ベクトル長 0.55)のみが分かりにくいカテゴリーと判定された。

2) 混同しやすいカテゴリー：該当なし。

3) 分かりにくいトピック：図 2 に結果を示した。94 のトピックのうち 14 のトピックが分かりにくいと判定された。ベクトル長が非常に小さく、非常に分かりにくいと判定されたトピックは以下の通り：Paleontology(ベクトル長 0.07),The Occult(0.10) Archaeology(0.12), Scripture(0.13)。

4) 混同しやすいトピック：図 2 に結果を示した。互いに類似したトピックがかたまりとなって現れている。たとえば、カテゴリー Art, Language, & Literature に属する 3 つのトピック Architecture Artists, Sculpture は、互いに意味的に類似して混同しやすい。カテゴリー History では、People in United States History と United States History を除くすべてのトピックは History of Americas との類似度が高い。Performing Arts では、Music, Musical Instruments, Musicians &

Composers は互いに類似している。

5) 十分な手がかりのないア－ティクル：各ア－ティクルについて、どのカテゴリーも十分な意味的類似度を持っていなかったア－ティクル数は 6,079 (全体の約 14%), 正しいカテゴリーのなかのどのトピックも十分な意味的類似度を持っていなかったア－ティクル数は 3,753 (全体の約 9%) であった。

6) 目的に依存した問題：各ア－ティクルについて、正しいカテゴリーと目的の意味的類似度がカテゴリーのなかで最大になっていなかったア－ティクル数は 11,327 (全体の約 26%), 正しいトピックと目的の意味的類似度が十分に大きくはなかったア－ティクル数は 27,602 (全体の約 65%) であった。

#### 4. 修復の効果の見積もり

リンクに目的に依存した問題があり目的と正しいカテゴリーとの意味的類似度、目的と正しいトピックとの意味的類似度のいずれもがせいである場合 (ア－ティクル数 5,809) について、修復の効果を見積もった。この場合には、目的との類似度が最大となるトピックを介して目的とするア－ティクルにたどり着けるようにリンクを付加することにより解決が図られる。目的と各カテゴリー、各リンクとの意味的類似度を利用して Markov 連鎖の推移マトリックスを作成し、目的とするア－ティクルに到達するまでの平均リンク選択数を求めた結果、約 10% の改善が得られることがわかった。この改善率は非常に小さい。その原因は、混同しやすいトピックの問題を解決していないことにあると考えられる。

#### 5. おわりに

大規模情報発信サイトに CWW を適用する方法について説明した。ア－ティクル数 40,000 あまりを含むオンライン百科事典を対象として CWW を実施した結果、混同しやすいトピックが多数あることがわかった。また、リンクに目的に依存した問題がある場合について修復の効果を見積もり、約 10% 改善されることがわかった。

ここでとりあげたような大規模情報発信サイトでは、常に新しいア－ティクルが追加されている。サイトのユーザビリティを高めるためには訪問者の持っている知識を考慮してそれらを適切な場所に配置することが重要である。CWW では、そのための支援も行える。

コンテンツが与えられ、カテゴリー数、トピック数が与えられたとき、CWW によって見出されるユーザビリティ問題が最小になるように、カテゴリー名、トピック名、トピックのカテゴリーへの割り付けを行うことは原理的に可能である。そのような階層構造を構築した上で、あらたなコンテンツを最適なカテゴリー・トピックに割り付けることにより、ユーザビリティ問題の少ない大規模情報発信ウ

ェブサイトを構築できる。これは今後の課題としたい。

#### 6. 参考文献

M.H. Blackmon, M. Kitajima, and P.G. Polson: "Repairing Usability Problems Identified by the Cognitive Walkthrough for the Web", Proc. ACM Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI'2003), pp. 497-504, Fort Lauderdale, Florida, USA (2003-4)

M.H. Blackmon, P.G. Polson, M. Kitajima, and C. Lewis: "Cognitive Walkthrough for the Web", Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'2002), pp. 463-470, Minneapolis, Minnesota, USA (2002-4)

N. Kariya, M. Kitajima, H. Takagi, and Y. Zhang: "Web Design Evaluation of e-commerce Sites by Markov Models", The Communications Society, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol.J85-B, No.10, pp.1809-1812 (2002-10) (in Japanese)  
狩谷典之・北島宗雄・高木英明・張勇兵:「Markov モデルを用いた e-コマースサイトの web デザイン評価」, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J85-B, No.10, pp.1809-1812 (2002-10)

M. Kitajima: "Cognitive Walkthrough for the Web", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.14, No.5, pp.446-460 (2002-10) (in Japanese)

北島宗雄:「ウェブ認知ウォークスルーによるウェブサイトユーザビリティの評価」, 日本ファジィ学会誌, Vol.14, No.5, pp.446-460 (2002-10)

M. Kitajima, H. Takagi, T. Yamamoto, and Y. Zhang: "Search Process Evaluation for a Hierarchical Menu System with Markov Chains Constructed by Using Latent Semantic Analysis", Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.43, No.12, pp.3722-3732 (2002-12) (in Japanese)  
北島宗雄・高木英明・山本哲生・張勇兵:「潜在意味解析 (LSA) を利用した Markov 連鎖モデルによる階層メニュー探索過程の評価」, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3722-3732 (2002-12)

M. Kitajima, M.H. Blackmon, and P.G. Polson: "A Comprehension-based model of Web navigation and its application to Web usability analysis", In People

Category	<i>Unfamiliar Links</i> Vector length < 0.8	<i>Confusable Links</i> (Cosine value ≥ 0.6)
Art, Language, & Literature	Architecture (.61) Legends & Folklore (.44) Photography (.65) Sculpture (.66)	Architecture ⇔ Artists (.61) Architecture ⇔ Sculpture (.66) Artists ⇔ Decorative Arts (.63) Artists ⇔ National and Regional Art (.64) Artists ⇔ Sculpture (.74) National and Regional Art ⇔ National and Regional Literature (.66)
Geography	None	Canadian Provinces & Cities ⇔ U.S. Cities, Towns, & Villages (.74) Canadian Provinces & Cities ⇔ World Cities, Towns, & Villages (.71) U.S. Cities, Towns, & Villages ⇔ World Cities, Towns, & Villages (.90)
History	None	African History ⇔ European History (.63) African History ⇔ History of the Americas (.63) Ancient History ⇔ European History (.64) Ancient History ⇔ History of the Americas (.79) Ancient History ⇔ People in European History (.60) European History ⇔ History of the Americas (.79) European History ⇔ People in European History (.90) History of Asia and Australasia ⇔ History of the Americas (.61) History of the Americas ⇔ People in European History (.74) History of the Americas ⇔ World History and Concepts (.61) People in United States History ⇔ United States History (.97)
Life Science	None	None
Performing Arts	None	Music ⇔ Musical Instruments (.71) Music ⇔ Musicians & Composers (.89) Musical Instruments ⇔ Musicians & Composers (.71)
Physical Science & Technology	Communications (0.60) Mathematics (.74) Paleontology (.07)	Military ⇔ Military Technology (.78)
Religion & Philosophy	Mythology (.20) Scripture (.13) The Occult (.10)	Religious Figures ⇔ Religions & Religious Groups (.61)
Social Science	Anthropology (.55) Archaeology (.12) Calendar, Holidays, & Festivals (.73) (for the selected two words)	None
Sports, Hobbies, & Pets	Pets (.58)	Games, Hobbies, & Recreation ⇔ Sports (.68) Games, Hobbies, & Recreation ⇔ Sports Figures (.60) Sports ⇔ Sports Figures (.87)

図 2. 見出されたユーザビリティ問題

Fig 2. Detected usability problems: *Unfamiliar* and *Confusable* Links.

and Computers XIV, Springer, pp.357-373 (2000)

M. Kitajima and P.G. Polson: "A comprehension-based model of exploration", Human-Computer Interaction, Vol.12, pp.345-389 (1997)

M. Kitajima and P.G. Polson: "A comprehension-based model of correct performance and errors in skilled display-based, human-computer interaction", International Journal of Human-Computer Studies, Vol.43, pp.65-99 (1995)

T.K. Landauer and S.T. Dumais: A solution to Platos' problem: The Latent semantic analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge. Psych. Review, 104, 211-240(1997).

H. Thimbleby, P. Cairns, and M. Jones: "Usability Analysis with Markov Models", ACM Trans. Computer-Human Interactions, Vol.8, No.2, pp.99-132 (2001-6)