

確率推論による立ち読み支援システム

Book Browsing in the Real World using Probabilistic Inference

中田 豊久*¹ 金井 秀明*² 國藤 進*¹
 Toyohisa Nakada Hideaki Kanai Susumu Kunifuji

*¹北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
 School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

*²北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育研究センター
 Center of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

In web browsing through a computer screen, when users find any interesting document, users often print out the document and read the information through paper media. Reading behavior where user have to traverse between computer screen to printed paper is not efficient for reading. We propose a system for supporting physical book browsing by visualizing relations of different books. The system detects the position of books and illuminates the book to recommend with the spot of light. The software of the system operates based on two probabilistic models for recommendation; the model of detection of opportunity and of finding appropriate book.

1. はじめに

Web ブラウジングを行っている時に興味ある文書を見つけると、深く読むためにプリントアウトして紙のメディアで読むことがある。紙に印刷するという手間やコストを認識していても、文字数の多い文書を深く読みたいときには、よくプリントアウトしてしまう。このようなデジタル環境と紙メディアでの文書の読み方は、Liu ら [Liu05] によっても報告されている。この報告によるとコンピュータディスプレイのようなデジタル環境における文書の読み方は、ブラウジングやスキミングといったいわゆる拾い読みといった読み方に主に利用されている。一方、深く理解したい文書については、相変わらず紙に出力して読むということを多くの人は行っていると報告している。我々は、この理由をデジタル空間において提供されている様々なブラウジング支援と、紙の人の親和性の高さにあると考えている。それぞれの読み方に適したメディアを人は選択していると見ることができる。しかし、ブラウジングやスキミングのような拾い読みと深い読みは、先のプリントアウトの例のように、あるときにそのモードが変わるようなものであり、互いが独立しているわけではない。そのモードが変わる時に、メディアを横断しなければいけないことは、不効率である。以上のことをまとめると、図 1 のようになる。

デジタル環境と紙メディアによるメディア間の横断を除去しようとする従来の試みには、電子ペーパー*¹がある。これは、デジタル環境を紙に近づけようとする試みである。しかし我々は逆の、紙をデジタル環境に近づけようとするアプローチを提案する。具体的には、紙メディアにデジタル環境にあるブラウジング支援を付加するシステムを提案する。紙が本来持っている人の親和性に、デジタル空間にあるようなブラウジング支援が付加されることにより、深い文書の理解とブラウジングの楽しさをシームレスに提供することが可能となる。

2. 本のブラウジング

デジタル環境では、検索とブラウジングの 2 つについて支援する機能が豊富である。この検索とブラウジングは、そ

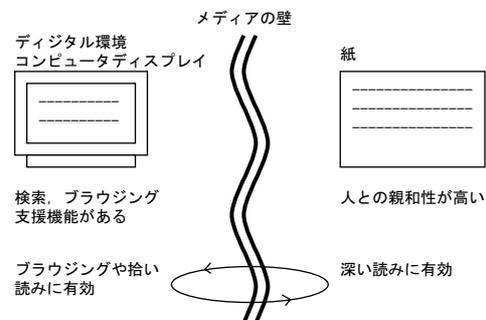


図 1: 文書を読むという行為に対するメディアの横断 (デジタル環境と紙メディアを行き来して文書を読んでいる)。

れぞれが独立しているわけではなく、ブラウジングをしていてもある時に検索の状態となったり、また逆に、検索をしていてもある時からブラウジングの状態になったりするものである。実空間に対してのこの 2 つのモードの支援が必要なのだが、検索のモードについては、既に Butz [Butz04] や Reitmayr [Reitmayr03] によって提案がされている。一方、ブラウジングについては、例えば Amazon.com から提供されている Amazon スキャンサーチ*²がある。このサービスでは、専用の携帯電話用アプリケーションによって本のバーコードを読み取り、Amazon.com のその本の Web ページへのリンクを提示してくれる。このアプリケーションを使うことによって書店や図書館などで、書評や売り上げランキングなどの関連情報を得ることができ、実空間でのブラウジングを支援してくれる。しかし、ブラウジングの最も本質的な機能である、本との関連を提示し、情報から情報へ渡りあることはできない。Amazon.com の Web ページでは、関連する本も紹介しているが、その本が書棚にない場合や、あってもその本の場所が分からなければ、本の間を行き来することはサポートされない。

以上のことより、本稿では実空間のブラウジング支援について注目し、その中でも本との関係を提示するシステムについて提

連絡先: 中田豊久, 0761-51-1814, t-nakada@jaist.ac.jp

*¹ <http://www2.parc.com/hsl/projects/gyricon/>

*² http://www.amazon.co.jp/exec/obidos/tg/feature/-/546374/ref=gw_Jp_ct_4_1/250-7663706-2706614

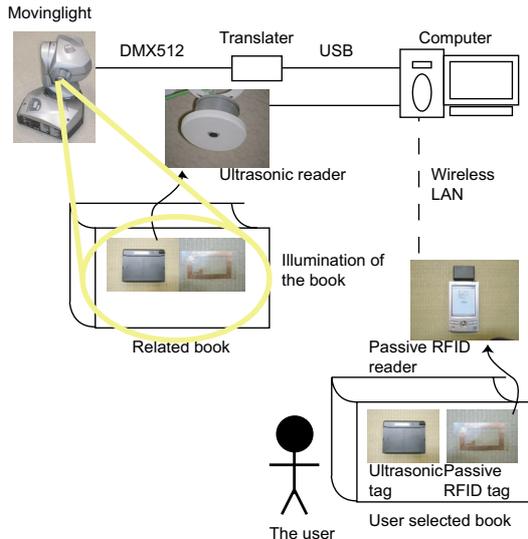


図 2: ハードウェア構成

案する。システムのユーザは、例えば1つの本を手にとってその本に関連する本がないかをシステムに問い合わせる。システムは、自動的に関連する本を見つけ出し、その関連本の場所をユーザに知らせる。Webのハイパーリンクのように、本から本に移動することができるようになり、実空間でのブラウジングを支援できる。

実空間でのブラウジング支援には、(1)本を用いた関連本の推薦要求の送信、(2)関連本を見つける、(3)本の位置の把握、(4)本の位置のユーザへの提示、の4つの機能を有していなければならない。また、ユーザはふらっと立ち寄った書店であってもシステムが利用できるように、何も特別な機器を身につけている必要がないことが望まれる。

理想的なシステムの動作イメージは、書店などで優秀な店員がブラウジングをサポートしてくれるようである。優秀な店員ならば、ユーザが声を掛ければ直ぐに反応し、短い会話のあとで直ぐにユーザの要求を理解し、適切な本を紹介してくれるだろう。さらに、たとえユーザが声を掛けなくても、必要な時には「何かお探しでしょうか?」と声を掛けてくれるだろう。手助けの必要ないユーザであれば控えめに支援し、ユーザから声がかからなければ支援を行わない。逆に、支援を必要とするユーザには、積極的にいろいろな本を推薦してくれることが望まれる。このような優秀な店員のようなシステムを構築することが、提案するシステムの目標である。

3. システム概要

2.において述べた4つの機能のうち、ハードウェアに関連する(1),(3),(4)を実現するためのハードウェア構成を示す。ソフトウェアについては、(2)の機能と、優秀な店員のような振る舞いをするための機能について述べる。

3.1 ハードウェア構成

図2に本システムのハードウェア構成を示す。本を用いた関連本の推薦要求の送信には、passive型のRFIDを使用する。本の位置の把握については、超音波式の位置計測器を使用する。本の位置のユーザへの提示については、舞台などで光の演出をするための機器として用いられているムービングライトを使

用する。全ての機器は、1つの計算機(WindowsXP)に接続され制御される。

3.11 ユーザからの推薦要求の発行

ユーザからの関連本の推薦要求の送信には、passive型のRFID(オムロン社)を使用する。ユーザは、本につけられたタグをリーダにかざすことで、システムに推薦を要求することができる。Passive型のRFIDは、リーダとタグとの通信距離が短い。我々が使用した機器も、タグとリーダをほぼ接触させなければ、タグを読み取ることはできないものであった。しかしこの特性が、不要なタグの読み取りを回避し、ユーザが明示的にタグの付いた本をリーダの上にかざした時だけタグを読み取ることを可能とした。

RFIDリーダは、PDA(Windows Mobile 2003)に装着されてユーザの近くに配置される。読み取られたタグ情報はPDAの無線LAN機能によって計算機に送られる。計算機では、予め作成されたタグのIDと本のISBNを関連付けるデータベースにより、どの本がリーダにかざされたかを判別する。

3.12 本の位置の取得

超音波位置計測器(古河産機システムズ社)によって本の位置を取得する。使用した位置計測器は、タグと環境側の装置で構成される。環境側から微弱電波を発信し、それを受けたタグが超音波を発信する。その超音波を環境に複数配置された超音波リーダで検出する。最初の微弱電波の発信時間と、各リーダで超音波を受信した時間の差によってタグから各リーダまでの距離が算出され、3つ以上のリーダによって三次元上の1点としてタグの位置が計算される。測定誤差は、製品仕様により約5cmである。

超音波を利用しているため、タグとリーダの間に遮蔽物があると、タグの位置を計測することができない。位置計測としては不利益な特性であるが、本研究ではこの特性を、本の状態を推測するための情報として積極的に利用する。本棚に本が配架されていれば、背表紙が表紙が見えるように配置されていることが多い。例えば、タグから発信される超音波を背表紙の方向にして装着し、リーダを本棚に向かい合うように設置する。そのような配置をすれば、本が配架されているときには、その本の位置を高い確率で取得することができる。一方、ユーザが本を手にとって本を見ているときには、その本の位置は検出されない可能性が高い。このようにして、本の位置の計測状況によってその本が読まれているかどうかを推測する。

つまり、本システムでは本の位置情報を2つの目的で使用する。1つは、推薦する本の位置をユーザに知らせるために使用する。2つ目には、本の位置からユーザが本を読んでいるか、本を探しているかなどの状態を推測するために使用する。この後者の使用のために、システムでは位置情報から本の状態を次の4つに分類して管理する。(1)STAY:位置情報が大きく変化をしない状態、(2)MOVE:位置情報が変化している状態、(3)LOST:位置情報が計測できない状態、(4)FOUND:位置情報が計測できない状態から復帰した直後の状態、と分類する。

3.13 ムービングライトによるスポットライトの照射

推薦する本の位置をユーザに知らせるために、本にスポットライトをあてる。そのための機器として、舞台などで光の演出効果として利用されるムービングライト(マーチン社)という機器を使用する。使用したムービングライトはDMX512*3という標準のプロトコルをUSB経由で計算機から送信し、照射する場所や、光の円の大きさなどを制御できる。本にスポット

*3 <http://www.usitt.org/standards/DMX512.html>

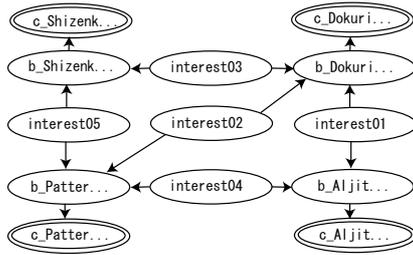


図 3: 推薦する本を決定するための確率モデルの一例

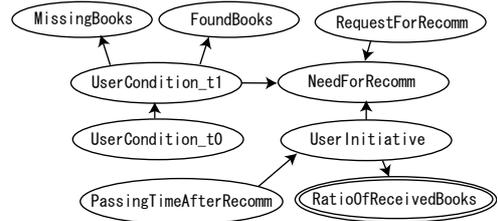


図 4: 推薦するタイミングを決定するための確率モデル

ライトをあてるために、本の位置情報からムービングライトのパンとチルトを算出する方法には、ロボット制御の分野における逆運動学問題を利用する [Nakada05_1] .

3.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアは、関連する本を見つける機能と、優秀な店員のように振舞うために、いつ推薦を実行するかを決定する機能を有している。この 2 つの機能を確率モデルであるベイジアンネットワークで実現している。前者の実現のために「推薦する本を決定するための確率モデル」を、後者のために「推薦するタイミングを決定するための確率モデル」を開発した。

3.2.1 推薦する本を決定するための確率モデル

このモデルは、ユーザの興味状態を反映することを目的として以下の方法によって作成される。作成はシステム運用前に一度だけ行われる。まず、書棚にある本から関連する本を Amazon.com の Web サービス*4 を使用して検索する。次に、その関連する本に関連する本を再度検索する。このようにして次々と関連本を取得して、本をノード、関連性をエッジとするネットワークを作成する。このネットワークでの任意の 2 つの本の興味の共起性を、その 2 つのノードの最短経路数と定義する。予備実験としてこの最短経路数と興味の共起性を調査した [Nakada05_2] . その結果から、最短経路数 4-6 が最も共起性が高く、次に最短経路 1-3 の共起性が高かった。この結果より最短経路数 4-6 の本は、モデル内で関連性を最も高くし、最短経路 1-3 は少し高くし、それ以外はモデル内では関連性はないとしてモデルを作成する。

このような方法で作成された確率モデルの例を図 3 に示す。図中の二重線の円は連続値ノード、単線の円は離散値ノードを示す。頭文字が b_ ではじまるノードが、本に対する興味を示す。各 b_ ノードにはそれぞれ、c_ を頭文字とするノードが関連付けられている。c_ ノードは、その本が推薦されて手にした割合を表している。これらの本が interest を頭文字とする本の関係性を示すノードによって関連付けられている。例えば、ある本の興味を表すノードの興味あり確率が増加すると、interest ノードを経由して関連する本の興味も増加すると見ることが出来る。

システムは、推薦を実行する時にこのモデルを参照し、最も興味確率の高い本でありかつ、本の状態が STAY 状態である本を推薦する。そして、ユーザがその推薦された本を手にするかどうかを測定し、その結果を対応する c_ ノードに設定する。この c_ ノードの働きにより、例えばユーザが推薦された本を手にしなかった時に、同じ条件で再度推薦を実行しようとしても、別の本を推薦することもあり得る。また、システムは、ユーザが推薦を要求する時に passive RFID の上にかざした本

*4 <http://www.amazon.com/gp/aws/sdk/>

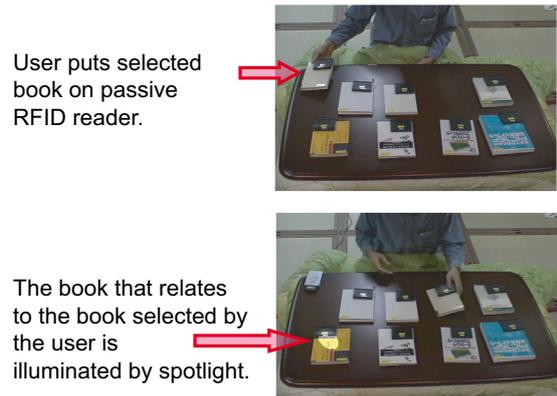


図 5: 選択した本を使って推薦要求を送信する場合

の興味確率をある一定の値に設定する。このことにより、ユーザは推薦要求を送信した本に関連する本を手にすることが可能となる。

3.2.2 推薦するタイミングを決定するための確率モデル

図 4 に示す確率モデルによって、いつ推薦を実行するのかを決定する。推薦を実行するタイミングは、推薦要求の必要性 (NeedForRecomm) の確率値がある一定の値を超えたときである。このノードには、ユーザからの推薦要求 (RequestForRecomm)、ユーザの状態 (UserCondition_t1)、システムの積極性 (UserInitiative) が影響を与えている。ユーザからの推薦要求は、passive RFID からの観測情報がセットされる。ユーザの状態は、本を読んでいるか探しているかの 2 つの状態を持ち、本の位置から分類された本の状態がセットされる 2 つのノード (MissingBooks, FoundBooks) に影響を与えている。また、同じような観測情報が得られている時に、次第にユーザの状態に対する推測の確度を高めていくように、1 つ前の時間のユーザの状態 (UserCondition_t0) からの影響を受ける。そして、システムの積極性は、ユーザが推薦を受けたか、拒否したかの割合 (RatioOfReceivedBooks) に影響を与え、推薦を実行してからの時間 (PassingTimeAfterRecomm) からの影響を受ける。これにより、推薦を拒否するユーザには控えめになり、また、連続して推薦を実行することを回避する。

4. システムの実行例

4.1 選択した本を使って推薦要求を送信する場合

概要を図 5 に示す。ユーザは関連する本を知りたい本を、passive RFID リーダの上にかざす (図 5 の上)。システムは、推薦する本を決定するための確率モデルの、かざされた本の興

User is searching some book that he is interested.



The book that is appropriate to the user is illuminated by spotlight.



図 6: 本を探していると推測して、自動的に推薦を実行する

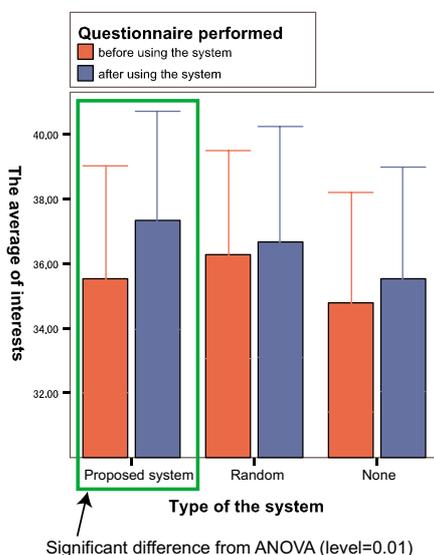


図 7: システム使用前後の本に対する興味の変化

味確率をあげる．同時に、推薦するタイミングを決定するための確率モデルの、ユーザからの推薦要求ノードの事後確率を100%とする．確率伝播により推薦要求の必要性ノードの確率が規定値を超えて、推薦が実行される（図5の下）．

4.2 本を探していると推測して自動的に推薦を実行する

図6に概要を示す．ユーザは手にとって読んでいた本を元の位置に戻して、しばらく本を眺めている（図6の上）．位置計測器からの観測情報によって、推薦するタイミングを決定するための確率モデルの確率が更新されていく．あるときに、推薦要求の必要性ノードの確率が規定値を超える．この時に、推薦する本を決定するための確率モデルを参照し、これまでのユーザの行動が保存された確率状態から、ユーザの興味ある可能性の最も高い本を選び推薦する（図6の下）．

5. 評価

ブラウジング支援システムが有益な情報を適切に提示していれば、ユーザは本に対する興味を増加させると考えられる．このことを調べるために、21人の被験者に8冊の本によるブ

ラウジングを3種類のシステムで行ってもらい、システム使用前後に7段階で各本に対する興味を調査した．その結果を図7に示す．縦軸は、8冊の本に対する興味値の総和を被験者数で割った平均を、エラーバーは平均値の95%信頼区間を示す．横軸は、3つの支援システムの使用前（左）と使用後（右）を示す．支援システムは、左から提案するシステム、提案するシステムの推薦する本を決定するための確率モデルをランダムに生成したもの、支援システムなしである．使用後に興味を増加させたシステムは、提案システムのみであった（分散分析、有意水準0.01）．このことから、提案システムによってブラウジングの支援が可能であることが示された．

6. 関連研究

実空間での本を探すことを支援するシステムには、Search-Light [Butz04]、[Reitmayr03]などがある．ブラウジングではなく検索を支援していること以外の相違点は、前者は、本の位置取得にリアルタイム性がなく、ユーザの状況を本から得ることができないことである．後者は、HMDを利用するため、ユーザに負担がかかる．また、ペイジアンネットワークを使用した研究には、Notification Platform [Horvitz03]などがある．我々のシステムでは、確率モデルの一部を自動で作成するところが異なる点である．

7. おわりに

本稿では、実世界の本を対象とするブラウジング支援システムを提案した．評価実験から、システムがブラウジングを支援できることが示された．

謝辞 本研究の一部は文部科学省知的クラスター創成事業石川ハイテク・センシング・クラスターにおける「アウェアホーム実現のためのアウェア技術の開発研究」プロジェクトの一環として行われたものである．

参考文献

[Butz04] A. Butz, M. Schneider and M. Spassova. Search-Light - A Lightweight Search Function for Pervasive Environments. Pervasive Computing Proc., 2004.

[Horvitz03] E. Horvitz, C. M. Kadie, T. Paek, D. Hovel. Models of Attention in Computing and Communications: From Principles to Applications. Communications of the ACM 46(3):52-59, 2003.

[Liu05] Ziming Liu, Reading Behavior in the Digital Environment: Changes in Reading Behavior Over the Past Ten Years, Journal of Documentation 61(6)(2005): 700-712, 2005.

[Nakada05_1] 中田豊久, 金井秀明, 國藤進. スポットライトによる物探し支援システム. 情報処理学会 第55回GN研究会 (No.2004-GN-055). 2005.

[Nakada05_2] 中田豊久, 金井秀明, 國藤進. 関連本推薦による立ち読み支援システム. 人工知能学会 全国大会 (第19回). 2005.

[Reitmayr03] G. Reitmayr and D. Schmalstieg, Location based applications for mobile augmented reality, 4th Australasian User Interface Conference, 2003.