

関連発見型情報ブラウザ *AssociaView*

安部 伸治^(*1)、藤田 悦郎^(*1)、井上 聡^(*1)、外村 佳伸^(*1)、笠原 要^(*2)

(*1) NTTサイバーソリューション研究所

(*2) NTTコミュニケーション科学基礎研究所

あらまし インターネット上の大量の情報コンテンツに対して、利用者の興味の変化に追従しつつ関連発見的に情報ブラウジングを実現するブラウザ *AssociaView* を開発した。 *AssociaView* は、WWW ブラウザ上で動作する JavaApplet として実装され、仮想3D空間上でコンテンツ間の関連ならびに利用者の興味とコンテンツの間の関係を表現し、視覚的で且つ簡単な操作でブラウジングを実現するインタフェースを提供している。本稿では、映像ポータルシステムならびに地域観光情報提供システムに *AssociaView* を適用した例を紹介する。

Information Browser *AssociaView*

Shinji ABE^(*1), Etsuro FUJITA^(*1), Satoshi INOUE^(*1), Yoshinobu TONOMURA^(*1), Kaname KASAHARA^(*2)

(*1) NTT Cyber Solutions Laboratories

(*2) NTT Communication Science Laboratories

Abstract This paper introduces an information browser, which is named *AssociaView*. *AssociaView* client system is implemented as a Java Applet and provides visual browsing environment based on 3D VR search space. The search space of *AssociaView* shows relations between contents (contents thumbnails) and that between contents and user's interest. The contents thumbnails on the search space and the structure of the space are successively changed through the interaction between user and the system. This paper also introduces two demonstration systems, which are the application to the retrieval interface of the video portal system and to the local travel information and guide system.

1. はじめに

インターネット／イントラネットの普及やデータベース技術の進歩は、パーソナルコンピュータ上で大規模な情報の利用を可能にした。しかし、利用可能な情報が大規模化、多様化するにつれ、ユーザが必要とする情報を効率的に見つけ出すことは困難になりつつある。

たとえば WWW は、文書中に URL で示されるリンクを持たせることで、世界中の WWW サーバに分散する多種多様な情報を閲覧できる仕組みとなっている。しかし、ここで表現されるリンクは文書作成者の立場に基づいたコンテンツ依存性の強い静的なリンクであり、利用者の興味を反映させることができないため、リンクをたどる行為はユーザが必要な情報を得るための手段として必ずしも効率的ではない。

このため、情報の候補数を減少させ、情報を横断的に扱うための手段としてキーワード検索が広く使われている。しかしながら、キーワード検索で得られるすべての情報がユーザの興味に深く関連するとは限らない。また、ユーザが自分の興味をキーワードとしてうまく表現できない場合の利用が難しいという課題もある。

よく言われる「エレベータ的なターゲットサーチとエスカレー

タ的なブラウジング」という比喩は、上述の二つの情報探索形態、すなわち「検索」と「ブラウジング」の対比説明として用いられる。キーワード検索は、きわめて目的指向的な探索手法であり、ターゲットが定まっている場合は効率的な手段である。一方、ブラウジングは検索過程において周囲を把握することができるため、目的が漠然としている状態のユーザに対して情報発見の機会を与えることができるが、ハイパーリンクのような情報提供者側の視点に基づく構造はユーザの目的がやや発散しすぎる傾向がある。

我々の目的は、直感的でわかりやすいインタフェースを用い、簡単な操作でコンテンツ間をブラウズしつつ必要な情報を収集することができる手法の確立にある。本稿では、インターネット上に大量に存在する HTML ドキュメントをコンテンツとし、自動的にコンテンツプロフィールを生成した上で、ユーザの操作に基づきユーザプロフィールを更新するとともに、3次元空間上にインタラクティブアニメーションとして情報を提示し、情報獲得を支援する手法を提案する。また、この手法に基づいて実装した WWW ブラウザ上で動作するシステム *AssociaView* の機能を述べ、それをもとにした具体的な事例を紹介する。

2. 情報検索の新たな方向について

本章では、大量の情報の中から必要な情報を獲得するための代表的な手法である検索とブラウジングについて比較をおこなう。

2.1 言語的なキーを用いた検索について

検索は質問を記述することにより、大量の情報の中から該当する情報を抽出する手法である。一般の利用者を想定した場合、質問は自然言語表現を用いるのが自然であるが、現状ではシステム側の自然言語理解能力が実用レベルに至っていないため、質問には単数もしくは複数の検索キーワード(および and/or などそれらのキーワード間の結合形式を表す論理記号)を用いることが多い。大量の検索対象コンテンツに対して、利用者が明確な意図と、それをシステム側に理解させるだけの能力を持っている場合、言語的な検索キーは効率的であり、全文検索型できわめて強力な検索エンジンが多数存在している。たとえば Web 上の HTMLドキュメントの検索システムとしては goo や InfoSeek などが存在する。

しかしながら、特に明確な意図をもたずカタログやガイドブックなどを眺め見るような、ある種の情報ブラウジングの過程を支援するためのツールとして、このような検索手法を用いることは次のような理由から必ずしも効率的とはいえない。

- ① 漠然とした興味や意図をキーワードで表現することが難しい。
- ② ユーザがその分野に詳しくない場合には適切なキーワードを発想することが難しい。
- ③ ある概念を表現すると一般に信じられる単語が必ずしも検索に適した単語でない場合がある。
- ④ 興味の対象や視点が刻一刻と移り変わるような場合、これに追従するような検索を実現することが難しい。

2.2 情報空間のブラウジング

一方ブラウジングは、情報間の関連をたどりつつ次々と閲覧しながら必要な情報を探索する方法である。情報間の関連や依存関係などの構造を把握しながら探索できる点や、あらかじめ明確でない漠然とした要求を満たすような意外性のある情報が得られる点に特長がある(関連発見的な探索)。

HTML 文書の場合には、文書間に張られたハイパーリンクをたどる行為がある種のブラウジングである。このようなリンクは文書の著者によって明示的に張られたものであり、互いに関連する複数の文書同士でも、著者がその関連を意識しなければ互いに無関係の文書という扱いになる。したがって、興味や視点の変化は著者によって張られたリンクの範囲でのみ実現されることとなる。

また、ブラウジングにおいては情報の概観を示し、かつ、次に閲覧すべき情報(次のアクションの可能性)をわかりやすく

提示することが重要となる(ブラウジング過程におけるアフオーダンスの向上)。

これらのことから、先に述べた関連発見的な探索範囲の拡大や次のアクションの可能性を拡大するためにも、トップダウンに与えられたリンク以外の潜在的な関連を見出して、利用者にわかりやすく提示することを考慮する必要がある。そこで以下に述べるような情報空間の可視化手法を応用し、新たなブラウジングインタフェースを提案する。

多数の情報を2次元(あるいは3次元)上に視覚的に配置し、複数情報の一覧性の向上と情報間の関連を可視化する手法が存在する。“FisheyeView[12]”や“DocSpace[3]”などはよく知られている。

応用的な研究例としては、主に創造的な活動の場としてのブレンストーミングの支援ツール[1]、展示会場ガイド支援[C-MAP[2]]などが知られており、学術的な展示会場などにおいて効果が実証されている。これらは一般に、文献間の類似度やリンク構造などに基づき、内容的に近い情報を空間的に近く配置することが多い。配置アルゴリズムとしては、スプリングモデル[2,3,7,8]、自己組織化マップ[4]、N体問題シミュレーション[5]、多次元尺度構成法[6]、などの方法が提案されている。

利用者が必要とする情報を獲得するには、情報間の関連だけでなく個人の興味と情報との関連をも同時に提示することが効果的である。展示会場ガイドシステムC-MAPなどでもこのようなことが考慮され、個人の興味と展示項目との関連が常に利用者端末に提示される仕組みが実現されている。

上で紹介したいいくつかの手法は、主に対象コンテンツの母集団が限定された空間の構造を可視化することに重点がおかれており、ネットワーク上の大量コンテンツを対象とするブラウジングには必ずしも適用し難い点も存在する。たとえば、利用者の興味や指向がブラウジング過程を通じて刻一刻と推移するような状況において、利用者の興味の推移に応じて情報空

表1 データ構造可視化手法とブラウジングシステムの比較

	対象コンテンツの数	全体構造提示の必要性
母集団が限定されたコンテンツの構造可視化手法	比較的少ない (数百程度)	きわめて重要
ネットワーク上のコンテンツに対するブラウジングツール	膨大	重要性低い (実現は難しい)

間の構造全体を動的に変化させる必要が生じる場合などがそれにあたる。そこで、母集団が限定されたコンテンツの構造可視化手法と、大量の情報に対するブラウジング手法との違い

を表1のように整理し、システム実装上の工夫をおこなう必要が生じる。

データ構造可視化手法などのように、情報コンテンツ(展示項目)が比較的少数に限定されており、かつ、利用者の興味を含めて情報全体の構造をつぶさにとらえることに意義がある場合には、利用者の興味や指向の推移に伴って全体構造を随時計算しなおして提示させる必要がある。

一方、WWW ドキュメントや電子図書館などのような膨大な情報コンテンツに対するブラウジングに関しては、情報空間の全体構造を提示することは難しく、技術的克服を要求されるほどの重要性はない。すなわち、利用者にとっての現時点での興味の周辺を適切に提示できればよい。

そこで、以下で提案するブラウジングツール AssociaView では、利用者を除く大量の情報コンテンツ間の関連については予め構造を計算しておき、利用者で構造化された情報コンテンツとの関連のみを随時計算することによって計算コストを削減し、ネットワーク上でのサービス実現を目指している。

また、情報を多次元空間上に配置するだけでは、利用者が次に取るべきアクションを理解することが難しく、ブラウジング過程におけるアフォーダンスは期待出来ない。特に情報ブラウジングのような情報収集活動においては、情報間の関連を提示し、情報収集の指針として利用できるようにしなければならない。そこで、本手法では次章で述べる概念ベースを利用し、関連情報の検索と、検索された情報の分類の生成および分類名の付与を実現し、アフォーダンスの向上を図ることとした。

3. 概念ベースと情報ブラウジングへの適用

3.1 概念ベース

概念ベースは、単語が表す意味(概念)を表現した大規模な知識ベースである[9,10,11]。

近年の情報検索ではもっぱら、利用者の検索要求は文字列あるいは単語列として処理され、テキストデータ中の意味を考慮していないため、2.1節で述べたような幾つかの問題が生じている。これに対し、国語辞典や類語辞典等の辞典

表2 概念ベース

表記	属性ベクトル				
	生物	器官	機械	乗物	……
馬	0.4	0.2	0.1	0.1	……
飛行機	0.0	0.0	0.5	0.3	……
………	………				

や、コーパスから概念を獲得し、数万語規模の概念を含む概念ベースの構築を行っている。

概念ベースは、表2のように単語の特徴である属性の重みを要素とする属性ベクトル(キーワードベクトル)で単語の概念を表現する。

国語辞典を利用する場合には、見出し語とその説明文という構造を利用し、説明文中の語彙を属性として利用して見出し語に対する属性ベクトルを構築する[9]。一方、コーパスを利用する場合には、文を単位とする共起語彙を特徴として、単語の概念を表す属性ベクトルを構築している[10]。

3.2 発想誘導型情報検索システム

前節ような記述によって、単語あるいは文書は属性ベクトルによって張られる多次元空間(概念空間)上の点として表現することができ、このような空間を利用した情報検索やブラウジングを実現できる[11]。

発想誘導型情報検索システムは、文書をそこに含まれる単語の属性ベクトルの和で表現することにより、文書中には直接含まれない単語による検索を実現している。

また、本手法によれば、単語と文書を同じ多次元空間上で扱うことが可能であるため、検索された文書の空間上の近傍の文書を分類したり、各分類を代表する単語を検出するなど、従来の情報検索にはない様々な情報検索指針を得ることが可能となった。

次章以降で述べる AssociaView は、発想誘導型情報検索の機能を応用した情報ブラウザで、得られる情報検索指針を利用して情報ブラウジングにおけるアフォーダンスの向上を図ったものである。

4. 関連発見型ブラウザ AssociaView とその特徴

本章では、前章での議論を踏まえて我々が提案する手法と、WWW ブラウザ上で動作するように実装した関連発見型ブラウザ AssociaView とその特徴およびシステム構成について述べる。

4.1 特徴

関連発見型ブラウザ AssociaView の特徴を以下に示す。

- ブラウザ上のコンテンツはサムネイルで表す(通常 Web ページに含まれる代表的な画像を利用)。

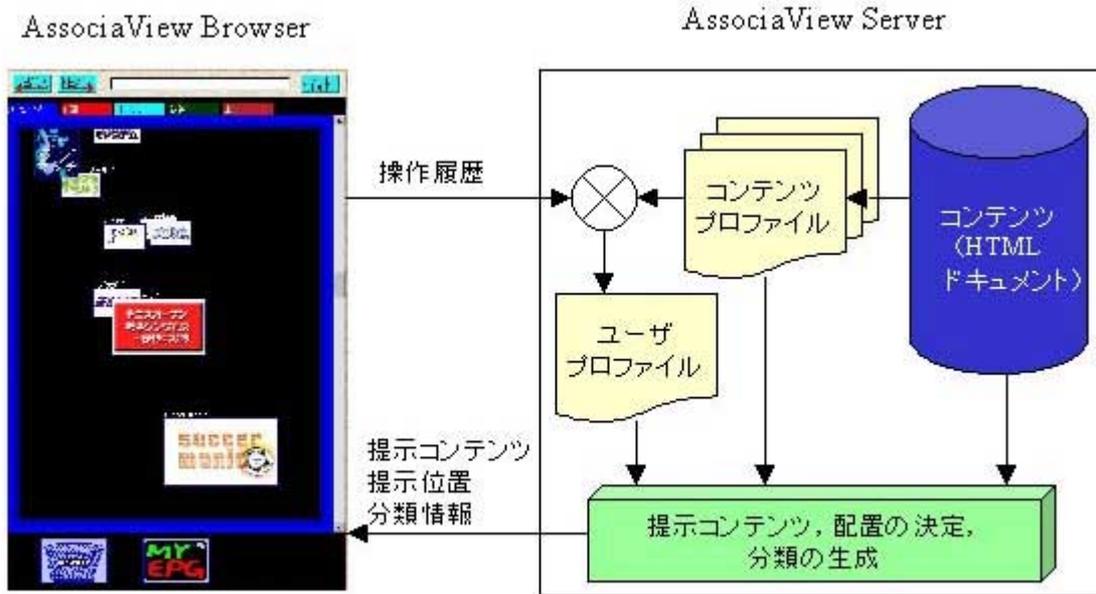


図1 システム構成図

- コンテンツ間の関連はディスプレイと平行な軸で表し、内容的に近いコンテンツのサムネイル同士は近く、内容的に遠いコンテンツは離して提示。
- ユーザの興味に近いものは手前に大きく、ユーザの興味と遠いコンテンツは奥に小さく提示。
- ユーザが興味のあるコンテンツサムネイルをクリックするという簡単なインタラクションだけでユーザの興味の移り変わりに追従して、常に適切な情報コンテンツを提示する。
 - クリックしたサムネイルが中心になるよう視点を移動。
 - 関連するコンテンツサムネイルが無限遠方から飛び出してくるように提示。
 - 一方、関連が薄くなり不要となったコンテンツは無限遠方に遠ざかってゆく。
 - 以上の繰り返しによって視点と3D 構造 (Z 軸) が、逐次的に更新されてゆく。
- 検索された情報コンテンツを逐次 (動的に) 分類したうえで、各分類の代表語を検出し、タブとして表現する。これにより、現在着目しているコンテンツに対してどのように関連する分類を選択するかという指針を与えることができる。

4.2 システム構成

本システムは、ユーザインタフェースを提供する3次元ブラウザと、ブラウザから送られる操作履歴からユーザプロフィール

を計算し、ブラウザに提示すべきコンテンツと提示すべき位置をブラウザに知らせるサーバからなる。

システム構成を図1に示す。

4.2.1 AssociaView Server の構成

サーバ側の処理を以下に示す。

- 1) コンテンツプロフィールの算出
ブラウザ対象となるコンテンツ各々に対して、3.1 節で述べた属性ベクトルを求め、コンテンツプロフィールとする。
- 2) コンテンツプロフィールに基づいた平面方向の位置の決定
コンテンツプロフィールに基づいて、コンテンツ間の関連を多次元尺度構成法によって2次元に縮退させ、平面方向の位置を決定する (図2)。
- 3) ユーザープロフィールの計算
ブラウザから送られてくるユーザが閲覧したコンテンツの履歴によってユーザープロフィールを決定する。具体的には、ユーザが現在を含め過去に閲覧したコンテンツ N 個 (現状3個) のコンテンツプロフィールベクトルを要素毎に平均化したベクトルをユーザープロフィールとする。
- 4) 提示するコンテンツの決定と奥行き方向の位置の決定
ユーザープロフィールとそれぞれのコンテンツプロフィールとの類似度を概念空間上で計算し (概念空間上のベクトルは長さ方向に規格化されており、余弦係数をもって類似度としている)、類似度の高いコンテンツを提示することとし、類似度によって奥行き方向の位置 (図2の Z 軸) を決定する。したがって、過去 N 個のコンテンツに含まれる属性のうち、

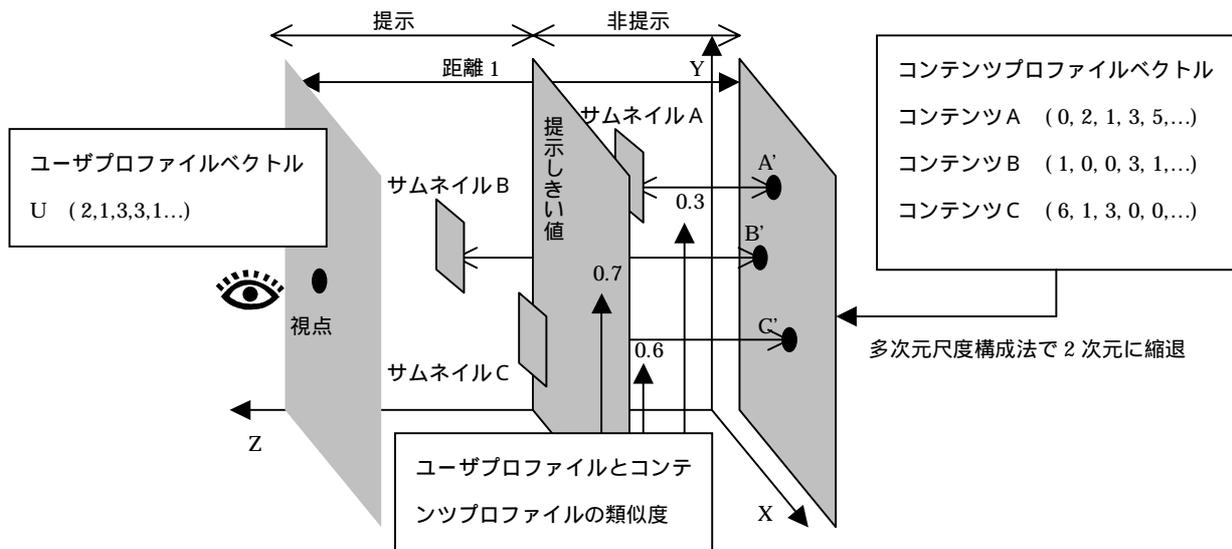


図2 提示コンテンツと配置の決定

共起度の高い属性の重みが増加し、その属性を含むコンテンツが優先的に(視点の近くに)提示されることになる。ユーザの興味の推移過程では、ユーザプロフィール中の重みの高い属性が徐々に変化し、これにしたがってブラウザエリアに提示される情報コンテンツも徐々に利用者の興味に追従して変化することになる。

5) 検索されたコンテンツに対する分類の生成

ユーザプロフィールを元に検索されたコンテンツ群を発想誘導型情報検索[11]の機能を用いて動的に分類し、各分類の概念空間上の重心付近に存在する単語を以って分類代表語として検出する。

空間中の限られた視野の中に沢山のコンテンツを同時に提示することはユーザビリティの低下を招く恐れがあるため、検索されたコンテンツ群に対して一旦分類を生成し、それらを自由に選択できるようにすることによってユーザビリティの低下を少しでも抑える効果が期待できる。

また、現在着目している視野の周囲にどのようなコンテンツ群が存在するかという指針として利用することも期待できる。

4.2.2 AssociaView Browser の構成

AssociaView ブラウザは Java アプレットの動作する WWW ブラウザ上で動作する。

以下にブラウザ側でおこなう処理を示す。

1) コンテンツの提示

サーバから送られる提示すべきコンテンツとその配置情報

にしたがって3次元空間上にコンテンツサムネイルを提示するとともに、詳細ドキュメントを提示する。

2) 分類の提示

4.2.1 節で述べた方法で生成された分類と代表語をタブで表現し、分類間の移動を容易にしている。このような分類は、現在着目しているコンテンツに対して、どのような視点で次のコンテンツを選択するかといった操作指針を与えるものとなっている。分類は、利用者の操作に応じて動的に変更される。

3) ユーザの操作履歴の管理とサーバへの送信

ユーザの操作履歴を管理し、履歴が変更になった場合にサーバに送信する。

4.2.3 AssociaView Browser の利用イメージ

1) 利用者ログインの後、デフォルトで提示される分類とコンテンツをクリックするか、検索キーワード入力エリアにブラウザの切っ掛けとなる単語を入力することによって、検索されたコンテンツに対応するサムネイルが飛び出してくる。

2) 自分の興味指向に合ったサムネイルをクリックすると、コンテンツの詳細を別ウィンドウに提示するとともに、サムネイルが利用者の視点(前方)に近づいてくる。同時に、関連度の高いコンテンツも前方に近づくように構造(ローカルな構造)が変化する。

3) その他のサムネイルをクリックすると、詳細提示とともにクリックされたサムネイルと関連コンテンツが視点に近づくよう構造が変化する。このとき、これまでの操作履歴から利用者プロフィールがサーバ側で計算され、利用者プロフィールに適したコンテンツのサムネイルが新たにブラウジング

領域に追加・削除される(後方からアニメーション的に現れる/後方に去っていく)。さらにこのとき、更新された利用者プロフィールにしたがって分類が再計算され、タブが更新される。

- 4) 上記の過程を繰り返すことにより、利用者の興味指向の変化に応じて常に適切なコンテンツがブラウザエリアに提示される。

5. 適用例

AssociaView は汎用的な関連発見型ブラウザであり、VOD などの映像検索インタフェース、旅行ガイドシステム、電子図書館・電子博物館における検索インタフェース、WWW 検索システムのフロントエンドインタフェース、オンライン音楽・映像・書籍販売など幅広い用途に使用することができる。

以下に、2つの適用例を紹介する。

5.1 映像ポータルシステム

ネットワークを介した映像情報の配信は、将来的な回線の広帯域化にともなって需要が増し、コンテンツの提供も格段に増大することが予想される。とりわけ、インターネット放送などでは、配信設備に対する投資が従来の放送に比べて小さいため、地方ローカル局よりさらに小規模な放送局が次々と登場し、

供給されるコンテンツの数や内容的バリエーションも現在とは格段に増加することが容易に予想される。また、マルチキャスト型の放送に限らず、蓄積コンテンツに対するオンデマンドな供給サービスも同様であろう。

そうすると、現在のような番組表形式のガイドはチャンネルや時間帯のような単一軸による分類が困難となり、現在のインターネット検索エンジンのような機能を果たす映像ポータルの存在が必須となるであろう。

このように、蓄積映像コンテンツや放送予定の番組に関するガイドの役割として、AssociaView を利用することが考えられる。このような映像コンテンツには、様々なドメインのコンテンツが含まれ、利用者の視点も様々である(報道番組を好んでみる人、ある俳優のみに興味がある人、など)。したがって、分類に関しても万人に共通する分類軸を設定するのが困難である。AssociaView を適用する対象として、あるいは試金石として、映像ポータルはまさに相応しい対象と思われる。

図3は、映像ポータルにおける検索インタフェースシステムに AssociaView を適用した例である。本システムは検索対象映像の各々について解説記事程度のアノテーションを加えることによって概念空間を構成した(番組関連ホームページが存在する場合にはそれを利用)。



図3 映像ポータルシステムへの適用例

利用者は、ブラウザエリアのサムネイルをクリックすることによって閲覧番組を選択することができる、検索目的が明確な場合には、キーワード入力を切っ掛けとしてブラウジングを開始することができる。ブラウジングは常に視覚的なインタフェースを以って行われ直感的なインタフェースとなっている。

本システムでは、蓄積された映像コンテンツはサムネイルをダブルクリックすることによってストリーミングが開始され、即対象番組を閲覧することができ、また放送予定の番組については、関連ホームページによって放送予定などの情報が提示される仕組みになっている。

また補足機能として、気に入った番組を保存したり放送予定の番組を予約したりといった機能を提供しており、ブラウザ下部のフォルダーに番組サムネイルをドラッグ&ドロップすることによって実現できるようになっている。

5.2 地域情報提供システム

「るるぶ」や「KansaiWalker」など観光・都市情報関連の雑誌、書籍は多く出版されており、発行部数も安定して高い。WWW上でも、旅行会社や地方自治体、個人などが多くの観光情報

のページを公開している。よく使われているWWWサイトには、ISIZE TRAVEL, JTB Homepage, 地球の歩き方ホームページなどがあり、それぞれ独自のツアー情報や記事、写真の投稿機能、記事のスクラップ機能など差別化を図っている。しかしながら、書籍、WWWを問わず、そこに使われるコンテンツおよびそのコンテキストは文書作成者の意向に依存している。そのため作成者の想定と一致している読者の場合はうまく編集されていることもあり比較的楽しみながら読まれていると思われるが、一般に、想定される読者は20代の女性など非常に狭い範囲に限られており、残念ながらその範囲に含まれない人にとっては「斜め読み」すらも苦痛と感じるのではないだろうか。

我々はこの問題に対処するために、旅行者が自分の興味やそのときの指向に従って、自分だけのカスタマイズされたガイドブックを作成できるシステムを構築中である。そのシステムのインタフェースの中核として AssociaView を採用した。

地域情報においては、コンテンツ間の関連や利用者とそれぞれのコンテンツとの関連以外に、実際の物理的な位置関係が重要になる。我々は AssociaView と地図アプリレットを連動させて、緯度経度情報を元に地図上に実際の位置を提示することで、旅行前に物理的な位置関係を把握しながら旅行計画が作成できる構成とした。

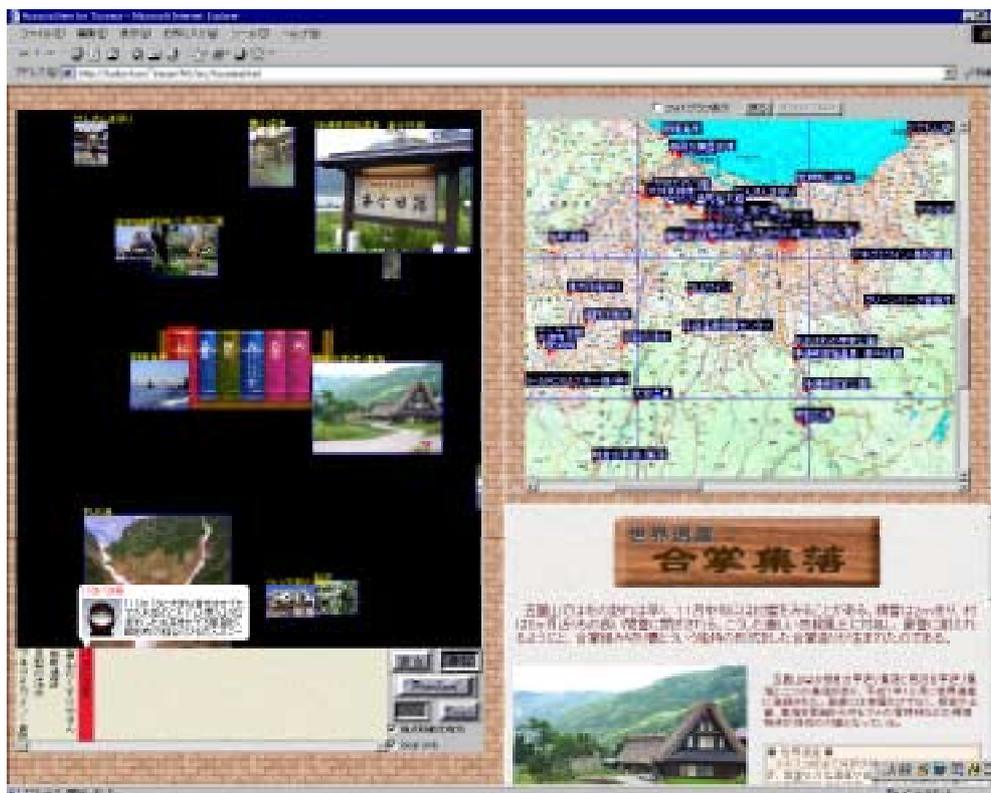


図4 AssociaView の地域情報提供システムへの適用例

※ このシステムでは、分類は固定的に与えてあり、動的な分類生成機能は用いていない。

図4は、地域情報提供システムに AssociaView を適用した例である(このシステムでは、分類は固定的に与えてあり、動的分類生成機能は用いていない)。画面左側がブラウザ、右は地図アプレットで、サムネイルをクリックすると詳細情報(ホームページ本体)が提示されるとともに、地図アプレットは対象コンテンツが中央にくるよう詳細地図を提示する仕組みとなっている。

また、地図アプレット中でエリア指定をしてそのエリアに含まれるコンテンツのみをブラウジング対象としたり、地図中のポイントをクリックすることによりブラウザ画面中央に対応するサムネイル(および周囲に関連コンテンツ)が提示される仕組みとなっている。

6. 技術的課題

6.1 サーバ側の課題

● ユーザプロファイルについて

利用者の興味には(1)大局的で普遍的な興味と、(2)比較的短時間の文脈的な興味とがある。現状のユーザプロファイルは3章で述べたように、過去 N 個のコンテンツベクトルの平均ベクトルによって表現しており、制御パラメータは N のみである。すなわち、 N を極めて大きく取れば(1)のような興味は反映されるが、(2)は無視される。また、(2)の文脈持続時間も個人や状況に応じて動的に変化するのが一般的であり、固定値 N では必ずしもこれに的確に追従しているとは言い難い。 N を動的に制御する手法については今後具体的な検討が必要である。

● 速度について

キーワードベクトルを用いたコンテンツプロファイルとユーザプロファイルの照合は、コンテンツ数に対して演算時間がリニアに増加する。現在サーバでは 300 MHz の UltraSPARC II を利用して 300 件のコンテンツに対して約 0.1 秒(0.3 μ 秒/1 コンテンツ)を要しており、数十万コンテンツを有するポータルサイトなどの場合、一分以上の演算時間を要することになる。並列処理技術やデータをメモリ上に展開しておくなど実装上の工夫が必要である。また、すでに実サービスとして実績が高い goo や TITAN などの検索エンジンとの連携も検討していきたい。

6.2 ブラウザ側の課題

● ブラウジングインタフェースの妥当性

大規模な情報空間のブラウジング手段として3D表現を用いたことは、必ずしも AssociaView における提示方法の最終的な解ではない。特に、複数サムネイル間のオクルージョン効果がブラウジング時の邪魔になるケースも発生しており、コンテンツ間の関連および利用者の興味の可視化に関して新たな表現が必要である。

参考文献

- [1]西本一志, 間瀬健二, 中津良平「グループによる発散的思考における自律的情報提供エージェントの影響」, 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, pp.58-70, 1998年1月.
- [2]角康之, 江谷為之, Sidney Fels, Nicolas Simonet, 小林薫, 間瀬健二「C-MAP: Context-aware な展示ガイドシステムの試作」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2866-2878, 1998年10月.
- [3] 館村純一「DocSpace: 文献空間のインタラクティブ視覚化」, 田中二郎(編)『インタラクティブシステムとソフトウェア IV』日本ソフトウェア科学会 WISS'96, pp. 11-20. 近代科学社, 1996年12月.
- [4] Xia Lin, et. al: "A Self-organizing Semantic Map for Information Retrieval." Proc. of ACM SIGIR'91, pp.262-269(1991).
- [5] Matthew Chalmers and Paul Chitson: "Bead: Explorations in Information Visualization." Proc of ACM SIGIR'92, pp.330-337(1992).
- [6] James A. Wise, et. al. "Visualizing the Non-Visual: Spatial analysis and interaction with information from text documents." Proc. of IEEE Information Visualization '95, pp.51-58,(1995).
- [7] T.M.J.Fruchterman and E.M.Reingold: "Graph Drawing by Force-directed Placement." Software-Practice and Experience, Vol.21, No.11, pp.1129-1164(1991).
- [8] 鈴木和彦, 鎌田富久, 榎本彦衛「単純無向グラフ自動描画アルゴリズム」, 『コンピュータソフトウェア』, Vol.12, No.4, pp45-55, 1995年.
- [9] 笠原要, 松澤和光, 石川勉, 「国語辞書を利用した日常語の類似性判別」, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.7, pp.1272-1284(1997).
- [10] 金杉友子, 笠原要, 「コーパスを用いた形容詞の類似性判別方式」, 2000年度人工知能学会全国大会(第14回)予稿集, pp.161-162(2000).
- [11] 熊本睦, 島田茂夫, 加藤恒昭, 「概念ベースの情報検索への適用」, 信学技報, AI87-63, pp.9-16(1999).
- [12] G.W.Furnas; "Generalized fisheye views", Proc. of the CHI'86 Conf. on Human Factors in Computing Systems and Graphic Interface, pp.16-23, Addison-Wesley. (1986).
- [13] 塩沢秀和 他, "納豆ビュー", 慶應義塾大学 <http://www.myo.inst.keio.ac.jp/groups/IPS/>