

視覚化情報へのインタラクションによるデータベース検索

中西泰人

naka@is.uec.ac.jp

電気通信大学大学院情報システム学研究科

WWWの普及や記憶装置容量の増加などに伴い、情報検索や情報視覚化に関する研究が盛んに行われてきた。情報検索と情報視覚化を統合する研究も様々に行われているが、視覚化情報へのインタラクションはナビゲーションや詳細情報の提示などが一般的であり、視覚化情報へのインタラクションの結果が情報検索に直接反映されることが少ない。本研究では、視覚化情報へのインタラクションの結果として変更された情報ノードの距離関係を用いて、情報検索の文脈を推定し、情報ノードの再配置および情報の提示を行うシステムを提案する。

Searching Multimedia Database with Estimating a Viewpoint from Data Node Positions

Yasuto NAKANISHI

naka@is.uec.ac.jp

Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications

With the growth of information technology and the increasing capacity of storage devices, various information visualization techniques and information retrieval techniques have been proposed. In most of such systems integrating these techniques, retrieved information is visualized and users browse it. The interaction to visualized information is, in general, browsing or exploring, and it does not reflect to next information retrieval directly. In this paper, we propose a system that estimates the user's searching viewpoint from distances' relation between information nodes in the browser. With the estimated viewpoint, distances between information nodes are calculated and each information nodes are placed into the browser again.

1. はじめに

近年のWWWの普及や記憶装置の容量の増加とともに、マルチメディアデータベースが日常的に用いられるようになりつつある。また、一種のデータベースであるWWWの検索においては、類似検索や自然言語検索などの様々な検索手法が実際に運用されている。その一方で、マルチメディアデータベースは検索対象が画像や映像を含んでいるため、キーワードやSQLだけを用いた検索は直観的ではないと思われ、また、適切な属性やキーワードを付与することやユーザが事前にどのようなキーワードや属性が含まれているのかを知識として保持しておくことは難しい。特に、ユーザと情報提供者の背景知識や知識量が解離している時

には、同じ対象が想起するキーワードや属性が一致するとは限らず、言語的な検索だけを用いてユーザの要求を満たすことは困難であると考えられる。

こうした問題点を解決するために、これまで様々な手法が提案されてきた。検索要求を容易に作成するものや[Kliger93][Sugimoto97]、画像による画像の類似検索[Nishiyama94]、感性語による画像検索、などがある。また、大規模な情報を効果的に提示して直観的な探索をもたらすことを目的に、情報視覚化の研究も盛んに行われてきた[Furnas86][Robertson91][小池93]。効果的な情報検索の実現のために情報視覚化との統合の行った研究には、種々の検索手法と情報視覚化との統合[Ahlberg94][Fishkin95][Masui95]、ユーザモデルの

学習による検索と視覚化の統合[Rennison95][Sakagami97], 自己組織化マップを用いてキーワードを視覚化した情報検索システム[寺岡98], など様々な研究がある。しかしながら, 従来の研究においては一度得られた情報を視覚化することが多く, 視覚化された情報への直接的なインタラクションが動的に新たな情報検索へ反映されることが少ない。また, 動的な検索と情報視覚化が統合されたシステムにおいてもキーワードや属性を指定する検索システムとの統合が多かった。

そこで本研究では, マルチメディアデータベース検索に情報視覚化技術を用いる中で, 検索においてキーワードおよび属性の指定が困難であることを解決することを目的に, ユーザの視覚化情報へのインタラクションから検索の文脈を推定し, 得られた文脈を用いてユーザに新たなデータ配置を適応的に提示するシステムを作成した。従来は情報のアウトプットとして用いられていた情報の位置関係を, 入力としても用いることにより, より直観的なデータベース検索の実現を目指した。一般的なエンドユーザがマルチメディアデータベースを検索する場合には, どのようなキーワードが自らの要求を満たすを画像を表現しているか, 自らの要求をどのように表現すべきか, データベースの中にどのようなキーワードが存在しているのか, といった事柄を必ずしも明確に保持しているとは限らないと思われる。ユーザの検索意図を推定した上で情報提示を行い, さらに推定した意図を再構築可能な形でユーザに提示することで, 想起を下にした検索ではなく認識を下にした適応的な検索が可能になるとと思われる。

2. システム構成

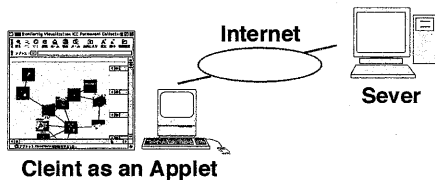


図1 システム構成

本研究では, Java 言語を用いてクライアントサーバシステムを構築し(図1), クライアントとしてJava アプレットを作成した。提示する情報としては, デジタルミュージアムNTT Inter Communica-

tion Center : ICC (<http://www.ntticc.or.jp>) における常設展および企画展に関するものを用いた。

2.1 クライアント

クライアントでは, 各作品に対応した情報ノードがユーザに示され, 各ノードのより詳細な情報はICCにおける各サイトのHTMLファイルがブラウザ上で提示される(図2)。

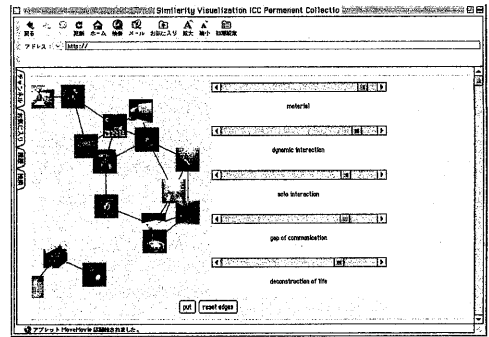


図2 クライアント

ユーザは各作品の情報をブラウジングするだけでなく, それぞれのノードをドラッグして, 自らの観点に応じてノードの位置を変更する。位置の変更が行われる毎に, ある一定の距離の範囲にあるノード同士はエッジで結ばれる(図3)。

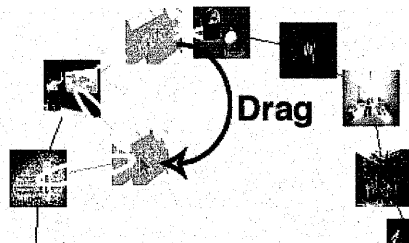


図3 エッジの結合

ユーザはサーバに対して, ノード同士の距離関係を用いて, 検索の文脈を推定するようメッセージを送信する。まず, クライアントはユーザが最後に操作したノードに接続しているエッジを選択する。次に, その中で長さが最短のものを用いて, 各エッジの長さを標準化し, その距離の比率がサーバへ送られる。その一例は以下のような

る :{0.9/1.0,1.9/2.1084268572649822,6.9/2.191285678679559,9.10/1.3227793308039095}。この例では、ユーザが最後に操作したノードはノード#9であり、#0と#9、#1と#9、#6と#9、#9と#10の各々の距離が#0と#9の距離を用いて標準化され、それらの比率がサーバへと送信されており、"/"の後の実数が各々の比率を示している。

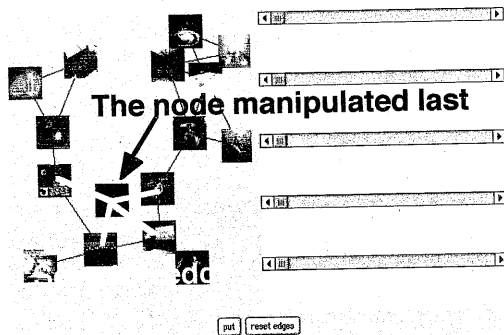


図4 サーバへのメッセージ

2.2 サーバ

[Kasahara95]は概念として表現された文脈を用いて様々な推論を行うシステムを構築している。本研究では、クライアントから送られた作品同士の距離の関係を満たすような文脈を表現するベクトルの探索を行うシステムを構築する。

2.2.1 文脈に基づく類似性

[Kasahara95]は、ベクトルデータを用いて、文脈に基づいた概念の類似性の計算を行うシステムの構築を行った。概念を表現するベクトルデータの値が、文脈に基づいて変調され、各概念間の類似性が計算される。例としては、情報空間が {動物, 家畜, 移動} として表現されている場合、{馬} という概念は {0.5, 0.2, 0.1} , {車} という概念は {0.0, 0.0, 0.8} などと表現される。また、文脈も情報空間におけるベクトルデータとして表現され、例えば {乗り物} という文脈は {0.1, 0.25, 0.4} などと表現される。そして、文脈の中で閾値を越えている値に対応した各概念の中の値に対して、変調が行われる。閾値を0.2として変調倍率を2.0とした場合、{乗り物} の中で閾値を越えている {家畜,

移動} に対応した値が変調され、{馬} は {0.5, 0.4, 0.2} へ、{車} は {0.0, 0.0, 1.6} へと変調される。[Kasahara95]においては概念の類似性はベクトルデータ間の余弦として計算される。

本研究においては、まず情報空間を規定するキーワードを事前に決定し、現段階では、各作品がそれぞれのキーワードを含むか否かを筆者が判定することによって、1.0もしくは0.0の値を決定して各作品を表現するベクトルデータを設定した。41個のキーワードを用いたため、各データは0.0もしくは1.0の値をもつ41個の実数配列として表現される。文脈も同様に41個の実数によるベクトルデータとして表現される。作品を表現するデータの値は0.0もしくは1.0であるが、文脈ベクトルでは0.0から4.0までの実数を取り、変調のための閾値は2.0とした。本研究においては、文脈における各値が閾値を上回る場合にはその値を変調の倍率とし、下回る場合には変調倍率を0とした。例としては、{3.0, 1.0, 2.5} という文脈においては、{馬} という概念 {0.5, 0.2, 0.1} は {1.5, 0.0, 0.25} へ、{車} という概念 {0.0, 0.0, 0.8} は {0.0, 0.0, 2.0} へと変調される。また、概念間の距離にはベクトル同士のユークリッド距離を用いた。

2.2.2 文脈の推定

文脈ベクトルの探索手法としては、実数表現による遺伝的アルゴリズム (GA) を用い、固体数は100、世代数を40とした。次世代個体の生成には実数表現のための単純交叉と非一様突然変異を用い、個体の選択には適合度に応じたルーレット戦略を用いた。交叉確率は0.7、突然変異確率を0.25とし、0.05の確率で乱数によって新規に固体が生成される。

各個体は、それぞれが文脈ベクトルとして、クライアントから送られた作品同士の距離を計算する。次に、クライアントからの要求の中で比率の基準となった作品間の各文脈での下での距離を用いて、距離同士の比率を計算する。そして、得られた距離の比率とクライアントから送られた距離の割合それぞれをベクトルデータとみなし、それらのユークリッド距離によって各個体の評価を行う。割合同士の距離に1を加算したものの逆数を評価値とした。以上のプロセスをくり返し、クライアントにおけるノードの距離関係を満たすよう

な文脈ベクトルを探索する。

2.3 クライアントへの返信

2.3.1 距離の比率

探索されたものの中で最も要求を満たした文脈ベクトルを用いて、すべての作品同士の距離を計算する。次に、クライアントからの要求の中で比率を求める基準となった作品同士の、探索された文脈の下での距離を用いて、すべての距離の比率を求め、得られた比率をクライアントへ返信する。クライアントにおける2次元平面上の単位距離とサーバの情報空間における単位距離が異なるため、距離の比率をやりとりすることとした。

クライアントは、送信した比率の基準となったエッジの距離を用いて、サーバから送られた各作品同士の距離の比率を、2次元平面上の作品同士の距離へと変換する。推定された文脈の下での新たな作品同士の距離が、送信前の距離の70%から130%のものが新たなエッジとして更新される。新たに設定されたエッジを用いたばねモデルによって、各作品のノードの位置が再配置される。

現段階のシステムでは、ノードの位置が再配置されるだけであるが、より多くの情報を表現するベクトルデータを用意することで、推定された文脈に見合う新たなデータをユーザに新しく提示することが可能になると考えられる。

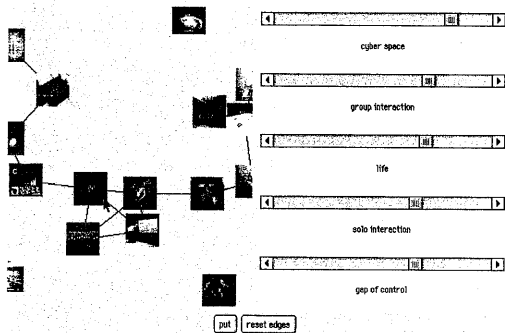


図5 図4におけるメッセージへの返信を受信した配置

2.3.2 キーワード

また、距離の比率だけでなく、探索された最良の文脈ベクトルもクライアントへ返信される。現段

階のシステムでは、変調比率としての値が最も高い5つのキーワードが、クライアントにおけるスクロールバーの値とそのラベルとして、ユーザに提示される(図5)。ユーザはスクロールバーを操作することで新たな文脈ベクトルを再構成することができ、サーバにそのベクトルを用いて作品同士の距離関係を再計算することを要求することができる。

自らの検索要求を明示的に表現できていないユーザや背景知識の少ないユーザに対して、ノードの位置情報の更新を行うだけではなく、文脈を明示的に提示することによって、ユーザの新たなインタラクションのきっかけを与えることができると考えられる。

[Sakagami97]は情報検索システムにおいてユーザモデルを学習するにあたって、ユーザの明示的なフィードバックと非明示的なフィードバックを用いた評価を行い、両者を併せて用いることが有効であることを示した。本システムにおいても、サーバによる文脈の推定が必ずしも正しいとは限らないため、ユーザが再構成できる形で、距離を計算する下となった文脈を提示することは、明示的なフィードバックを実現し、よりユーザの自己効力感を増加させユーザインターフェースを改善することができると思われる。

現段階のシステムでは、ユーザが文脈ベクトルを再構成する際には、値の高い5つのキーワードに対応した値を修正可能としており、残りの値はサーバが探索した値を用いて新たな距離の比率が計算される。より詳細な検索を実現するためには、文脈ベクトルすべてをユーザに効果的に提示することが必要であると思われる、今後の課題の一つである。

3. 考察

情報視覚化の研究においては、平面上や立体上に情報を効果的に表示するために様々な手法が提案されてきた。本研究は、キーワードや属性指定によらない情報検索のアプローチの一つを示すことを目指し、情報の位置関係に計算結果の出力として意味を与えるだけではなく、ユーザのインタラクションによって変更された位置情報を検索の入力として用いることを提案した。

本研究で提案した手法は、情報どうしの関連性

をユーザがある程度保持しなければならないという短所を持っているが、美術館や博物館を観覧した後の詳細情報の検索や、映画など一般的な知識として広まっている情報などを検索対象とする場合には、有効であると考えられる。

マルチメディアデータベースにおいては、各データに対して適切なキーワードを与えることが困難だけでなく、映像や画像をキーワードのみを用いて検索することは直感的ではないと思われる。また、一般的に、背景知識の少ないエンドユーザは、自らの要求が曖昧である、どのようなキーワードがデータベースに含まれているのかを知らない、要求する対象がどのような属性やキーワードを含んでいるのか分からない、といった特徴を持つと思われる。ユーザが持つ情報の曖昧な関係を、位置関係や距離関係として表現することによって、他人との知識共有が促進されると考えられるが、システムがその意図を推定することで、ユーザ自身の発想を支援することが可能になると思われる[三末91][Shipman95]。断片的な知識から得られる情報の関係性を視覚的に表現し、システムが提示したノードの再配置と推定したキーワードの配列を確認する、ということユーザが繰り返すことで、自らの曖昧な要求とそれに対応したキーワードをユーザ自身が明確にすることを支援できると思われる。

種々の検索手法と情報視覚化の統合によって、効果的な情報検索システムを構築することが可能になると考えられるが、情報の視覚化を出力として用いるだけではなく、視覚化された情報へのインタラクションを情報検索の入力として用いることは、より直観的でエンドユーザに適した適応的な検索システムの一つをもたらすと思われる[角99]。本研究で用いた手法は、テキストの比重が高い内容の検索や対象に関する知識が全く無い状態のユーザに対しては効果的ではないと考えられるが、ある程度知識を持つ対象の関連情報や詳細情報を検索する場合や、言語的に検索することが困難な対象の場合には、非明示的で直観的な検索が可能になると思われる。

4. 今後の課題

情報空間を規定するキーワードが多ければ多いほど文脈ベクトルが長くなるため、クライアントか

らの要求を満たすベクトルを探索することが困難になると思われる。現段階ではキーワード間の関連を用いず単に数値的な探索を行っているが、キーワード間の相関や得られた文脈からの相関の学習を用いることなどにより、この点に対処することができると思われる。

本研究は情報同士の関連性をユーザがある程度持っていることを前提としており、現段階ではすべてのノードの位置をユーザが指定しなければならないが、Recommender Systemsや情報提供者による初期配置を用いることなどにより、検索開始段階での支援を行うことができると考えられる。

また、クライアントから情報間の距離の関係をj得るにあたって、現段階では最後に操作されたノードに関連しているエッジのみを用いているが、他にも様々なエッジの選択があり得ると思われる。例としては、最後に操作されたノードに関連するエッジに加えてそのエッジで繋がっているノード達同士の距離関係を得る、ノードの位置情報を用いてクラスター分析を行って各クラスター内でのエッジの長さの距離の割合を得る、などが考えられる。本論文では手法を提案したに過ぎないため、文脈ベクトル獲得の再現性を高めるような、クライアントにおける距離関係の取得、文脈ベクトルの探索手法、などの評価を行う必要があると考える。また、探索された文脈ベクトルを用いた新たな距離関係からクライアントにどのような情報を新たに提供すべきか、j現存している情報をどのように再配置すべきか、などについても、ユーザによる評価実験などが必要であると考えられる。

本研究は、Javaによるクライアントサーバシステムとしてだけではなく、没入型ディスプレイシステムの一つであるCAVEシステムのアプリケーションとしても開発の予定である。没入型ディスプレイにおいては、ユーザはマウスやキーボードだけを用いて情報検索するとは限らないと考えられるため、視覚化情報へのインタラクションを用いた情報検索システムを構築することにより、実世界での身体を用いた情報検索と情報空間における情報検索を融合することが可能になると思われる。

5. おわりに

視覚化情報へのインタラクションから、文脈を推

定して情報検索を行うための一手法を提案した。文脈は情報ノードの位置関係から推定され、得られた文脈の下で計算された情報間の距離を用いて、情報ノードがばねモデルにより再配置される。これまで情報の出力として用いられてきた視覚化情報へのインタラクションを入力情報とすることで、キーボードを用いない情報検索システムの可能性を示した。ユーザの検索意図を推定することで、想起を下にした検索ではなく認識を下にした検索を実現できると思われる。

謝辞

快く画像および情報提供を頂きましたNTT Inter Communication Centerに感謝いたします。

参考文献

- [Ahlberg94] Ahlberg, C. and Shneiderman, B.: Visual information seeking: Tight Coupling of Dynamic Query Filters with Starfield Displays, Proceeding of the ACM Conference on Human Factors in Computer Systems (CHI'94), pp.313-317 (1994).
- [Fishkin95] Fishkin, K. and Stone M. C.: Enhanced Dynamic Queries via Movable Filters, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95), pp.415-420 (1995).
- [Furnas86] Furnas, G. W. Generalized fisheye views, Proceeding of the ACM Conference on Human Factors in Computer Systems (CHI'86), pp.16-23 (1986).
- [Kasahara95] Kasahara, K., Ishikawa, T., Matsuzawa, K. and Kawaoka, T.: Viewpoint-based measurement of semantic similarity between words, Proceedings of the Fifth International Workshop on Artificial Intelligence and Statistics, pp.292-302 (1995).
- [Kliger93] Kliger, J., Swanberg, D. and Jain, R.: CONCEPT CLUSTERING IN A QUERY INTERFACE TO AN IMAGE DATABASE, Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'93), pp.11-21 (1993).
- [小池96] 小池英樹: ビジュアライゼーション, ビジュアルインタフェース - ポストGUIを目指して, bit 別冊, pp.24-44, 共立出版 (1996).
- [三末91] 三末和男, 杉山公造: 図的思考支援を目的とした図の多視点遠近画法について, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 8, pp. 997-1005(1991).
- [Masui95] Masui, T., Minakuchi, M., Borden G. R. and Kashiwagi, K.: Multiple-view approach for smooth information retrieval, In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'95), pp. 199-206 (1995).
- [Nishiyama94] Nishiyama, H., Kin, S., Yokoyama, T. and Matsushita: An Image Retrieval System Considering Subjective Perception, Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'94), pp.30-36 (1994).
- [Robertson91] Robertson, G., Mackinlay, J. D., and Card, S. K. Cone Trees: Animated 3D visualizations of hierarchical information, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91), pp.189-194 (1991).
- [Rennison95] Rennison, E.: Personalized Galaxies of Information, Companion of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95), pp.31-32 (1995).
- [Sakagami97] Sakagami, H. and Kamba, T.: Learning Personal Preference On Online Newspaper Articles From User Behaviors, Proc. of Sixth International World Wide Web Conference (1997).
- [Sugimoto97] Sugimoto, M., Katayama, N., Takasu, A.: A System for Exploring Information Spaces, Design of Computing Systems: Social and Ergonomic Considerations, pp. 759 - 762, Elsevier (1997).
- [角99] 角康之: 情報可視化システムにおける適応的インタラクション, 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, (1999).
- [寺岡98] 寺岡照彦, 丸山稔: ユーザの「視点」に基づく適応的な情報視覚化, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.2866-2878 (1998).
- [Shipman95] Shipman, F. M., Marshall, C., C and Moran, T., P.: Finding and Using Implicit Structure in Human-Organized Spatial Layouts of Information, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95), pp.346-353 (1995).