

ウォークスルーに基づく VRML 空間データベース の問い合わせ処理

小磯 健吾* 川勝 健司† 田島 敬史‡ 田中 克己*

*神戸大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻

†神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻

‡神戸大学工学部情報知能工学科

{koiso,kawakatu}@in4wolf.in.kobe-u.ac.jp

{tajima,tanaka}@in.kobe-u.ac.jp

本稿では、文献等のコンテンツ情報を対象とした検索を行うために、仮想3次元空間に於ける質問形成をウォークスルーとベクトル空間モデルを組み合わせた形で行う方式を提案する。検索対象に関する理解度が低い場合、属性情報による検索は困難な作業となる。その場合コンテンツ情報に対する検索が考えられるが、そのためには検索者自身が検索する目標を把握する必要がある。ここではウォークスルーという形で、徐々に検索対象に対する理解度を深めつつ、必要な情報を得るために検索の精度を特徴ベクトルを用いながら高めることのできる段階的な検索機構を考案した。

Query Formulation for VRML Spatial Database based on Walk Through

Kengo Koiso* Kenji Kawakatsu† Keishi Tajima‡ Katsumi Tanaka*

*Division of Media and Computer Sciences,
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

†Division of Computer and Systems Engineering,
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

‡Dept. of Computer and Systems Engineering,
Faculty of Engineering, Kobe University

On this paper, we propose a method of making a query on text data by their contents by introducing a query formulation system in virtual three-dimensional space by combining walk-through and vector space model. Query by attributes becomes a difficult task when the querist has little knowledge of the data. Query by contents becomes an alternative, but it demands deeper understanding of the information in question. We propose an algorithm of incremental query formulation by which the querist can formulate and improve his query incrementally using feature vector as he searches through the data.

1 はじめに

現在、インターネット上で仮想3次元空間を構築・活用するための言語としてVRML(Virtual Reality Modeling Language)[1]が知られている。これにより、3次元空間をウォークスルーしつつ、3次元オブジェクトからのリンクによる情報参照ができたり、また、従来のHTML文書からも3次元情報の参照が可能となる。この3次元グラフィックスは、建築分野をはじめ、電子ショッピングモール、都市景観、そしてゲームなどさまざまな分野で利用されている[1]。我々は、これまで都市情報提供、都市景観シミュレーションなどの多目的利用を可能にすることを目的として、VRML空間データベースの研究を行っている[2]。特に、目的に応じた「空間ビュー」の生成方式や、空間オブジェクトのアクセス権管理方式について研究を行ってきた。

本稿では、仮想3次元空間に於ける質問形成をウォークスルーとベクトル空間モデルを組み合わせた形で行う方法を提案する。

SQL(Structured Query Language)を用いた検索は、検索対象が明確である場合有効な方法であるが、検索を行う者が、検索する明確な目標を持たない場合には、その有効性が十分に発揮されない。大量の情報が日々新たに生成される実世界では、全体像を知り、探すべきものを明確に把握しているケースはむしろ少なく、自分自身学習しながら徐々に必要としている情報にたどりつくケースの方が多い。本研究ではその点に着目し、VRMLのウォークスルーを用いて問い合わせをインクルメンタルに行なうことのできるような機構を提案する。

2 ウォークスルーを用いた質問形成

様々な対象へ検索を行うことを考えた場合、検索対象への理解度がポイントになってくる。ユーザの問い合わせというものは、その目的と対象により異なるが、大きく次のように分けられると考えられる。

1. 必要とする情報の内容が明確に特定できる
2. 必要性は認識しているが、欲しい情報の内容が明確に特定できない

前者の場合は、目的オブジェクトがもつなんらかの属性情報を検索入力として処理することで、結果を得ることが可能である。しかし後者に於いては、目的オブジェクトがはっきりしていないため、属性入力によって問い合わせを行うこと自体が困難である。

検索を行う対象への知識が少なく、探す具体的な目標が分からない場合、検索対象のもつ属性情報への理解も低いと思われる。その場合、検索を行う者からの視点で、直接検索対象のコンテンツになんらかの形でアクセスする方法を考える必要がある。

検索者の視点でコンテンツに対して検索を行おうとする場合、検索対象のもつ属性情報とは異なる視点を導入する必要がある。しかし、検索者自身の検索対象への理解度は低いため、理解度を徐々に深めながら、対話形式で検索の質を上げていけるような機構が1つの解決策になるのではないかと考えた。

以前我々が提案した方法は、ユーザが選択したサンプルの属性情報の共通する部分を抜き出し、その情報を持つ他のオブジェクトを検索するという簡単なものであった[3]。またこの方法では、問い合わせの結果が一つ一つサンプルを選択する度にインクルメンタルに検索式にフィード・バックがあるというものではなかった。これを以下に要約する。

ウォークスルーによる質問形成

(Query Formulation by Walk-through)[3]

1. 3次元空間をウォークスルーして興味ある3次元オブジェクトのサンプルを指定する。
2. サンプルオブジェクトの属性情報をもとに、このオブジェクトと関連する(または類似する)オブジェクトとその場所を検索する。
3. 指定したサンプルオブジェクト群の属性情報を集約することで、問い合わせを形成し、全仮想空間内でこの問い合わせを実行する。

我々が本稿で提案するものは、インクルメンタルに検索式にフィード・バックを行えるような機構で、このような方法を取り入れることによって、仮想空間を歩きまわりながらサンプルを選択し、徐々

に欲しいものを絞り込んでいくような検索手段を考案したものである。

方法としては、ベクトル空間モデルを用いて、Incremental Query Formulation(インクリメンタルな質問形成)を行う。このような方法をとることにより、検索対象の属性情報にのみ頼るのではなく、検索者の視点からコンテンツに対して質問形成を行うしくみを考えることが可能になる。

3 ベクトル空間モデルを用いた問い合わせの段階的形成

3.1 ベクトル空間モデル [7]

検索対象が持つその内容(コンテンツ)を特徴づけるためにベクトル空間モデルを用いる。各オブジェクトにはその特徴を表す特徴ベクトルがあらかじめ用意されているものとする。

特徴ベクトルは生データの各特徴属性をそれぞれ1つの実数で表現したもので、画像や全文などのデータベースにおける類似検索に対して非常に有効な手法である。

例えば、ベクトル空間モデルによる文献検索においては、文献と検索式は両方とも、個々の次元が索引語に対応する n 次元空間ベクトルとして表される。この次元は検索式中の語の数で決定される。語の重みは $tf \times idf$ で決定される。ここで、 tf : 語 T が出現するテキストにおけるその語の相対出現頻度、 idf : 文献集合における語 T の逆文献頻度を表す。 idf には相対頻度比 $\log N/n$ がよく用いられる。そして識別値が求められ、検索式と文献との類似性の尺度としては、次式で表されるコサイン相関値 $\cos v$ が使用される。

$$\cos v = \frac{\sum d_i q_i}{\sqrt{\sum d_i^2} \sqrt{\sum q_i^2}}, \quad 0 \leq \cos v \leq 1(1)$$

d_i : テキスト中の語 i の重み $tf \times idf$

q_i : 検索式中の語 i の重み

3.2 問い合わせの段階的形成

前節で述べられたような方法により各オブジェクトにそれぞれ特徴ベクトルが作られているものとし、これらの各オブジェクトが仮想空間上に配置されているものとする。ここではユーザがこの

仮想空間上をウォークスルーしながら選択してサンプルとなったオブジェクトの特徴ベクトルを用いて、全オブジェクトへの問い合わせとなるような検索式を求める一手法を提案する。またその検索式を用いた問い合わせの提案も行う。例として図書館の文献検索をあげ、考えてみることにする。

基本的には仮想空間を歩き回りながら、サンプルを選択して徐々に欲しいものを絞り込むという考えで行う。対象となるオブジェクトは電子図書館などに存在するオブジェクトと限定して考えると、検索手段として次のものが考えられる。

- 本の中身(コンテンツ・テキスト)
- 本オブジェクトの属性情報
(書名・著者名・出版社名・価格など)

そこで本稿では前者のテキストについての問い合わせを考える。

一般に現実の図書館や電子図書館においては、そのそれぞれの本オブジェクトはある基準に基づいて(カテゴリー・五十音順などで)分類されていると考えられる。すなわち同じカテゴリの本であれば、空間的にも近くに存在すると言える。

よって、図書館側であらかじめ何らかの分類規則(属性情報など)により分類され空間配置されたオブジェクト群に対して、それを考慮に入れながら、ユーザ自身の興味に基づく質問形成・検索を行うことを目的とする。

次に実際どのようにその検索が行われるのか、その流れについて述べる。

3.2.1 インクリメンタルな質問形成

ユーザがサンプルを選択することでそれらのもつ特徴ベクトルにより検索式を生成し、その検索式に類似した特徴ベクトルをもつオブジェクトを結果として返すようにする。また対象オブジェクトは電子図書館の本オブジェクトと限定して考え、検索のおおまかな流れは次のようになる。

検索の流れ

1. ユーザは何も意識せず、気に入ったものを選択。
2. その選択したサンプルオブジェクトの特徴ベクトルにより検索式を形成する。
3. 検索式に類似したオブジェクトを探す。

4. 3次元空間上で結果オブジェクトは強調されている。
5. ユーザが結果オブジェクトを参照し、それが要求にそわないものならそのオブジェクトを強調をなくす。
6. オブジェクトの強調をなくすことで検索式が変化し、再度検索が行われる。

上の3~6はユーザの要求が満たされるまで繰り返される。すなわち、ユーザはサンプルを選択することにより得られた結果オブジェクトに対して取捨選択をし再び検索をかける、という操作を何度か繰り返すことにより本当に自分の要求にあったオブジェクトのみを得ることができるのである。すなわち、ウォークスルーしてサンプルを段階的に選択することによって、動的に検索式(質問ベクトル)を算出することで、徐々に理想の結果を得ることを目的にしている。

3.2.2 検索式の計算

サンプルとなるオブジェクトを S_1, S_2, \dots, S_n とし、それぞれの特徴ベクトルを d_1, d_2, \dots, d_n とすると、それら特徴ベクトルをまとめて生成される検索式(質問ベクトル) q を、

$$q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2)$$

とする(図1左上)。図1では特徴ベクトルの次数を2であると仮定したときの質問ベクトルの生成手法である。

また、ユーザは次々にサンプルの取捨選択を行うので、そのサンプルの追加や削除により質問ベクトルが変化していくことを考慮する。

- サンプルが新たに追加された場合
追加されたサンプルを S_{n+1} 、その特徴ベクトルを d_{n+1} として、

$$q' = \frac{nq + d_{n+1}}{n+1} \quad (3)$$

と表される(図1右)。

- サンプルが削除された場合
削除されるサンプルを S_i 、その特徴ベクトルを d_i として、

$$q'' = \frac{nq - d_i}{n-1} \quad (4)$$

と表される(図1下)。

こういったサンプルの取捨選択により質問ベクトルを自分の要求に見合ったものに近づけていくのである。

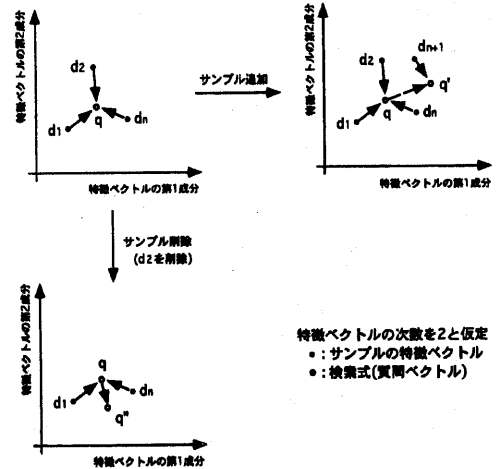


図1: 質問ベクトル

3.2.3 質問ベクトルとの類似性

ここで問題となるのは、前節により生成された質問ベクトルに対して問い合わせを作るための類似性の幅をどう決定するか、ということである。

求められた質問ベクトルに対して、それをそのまま特徴ベクトルにもつオブジェクトのみを返すような問い合わせでは、結果も非常に制限されるであろうし、そういったオブジェクトを返すことが本来の目的ではない。質問ベクトルを中心としたそれに類似するオブジェクトを返すことが目的なのである。そこで、類似性の幅を次のように決める。ただし、式中の q : 検索式(質問ベクトル)、 d_i : 各サンプルの特徴ベクトル、 $\cos v_{qd_i}$: 質問ベクトルとサンプル d_i の特徴ベクトルとのコサイン相関値である。

- 最も制限を強くした幅

$$\cos v \leq \min_{1 \leq i \leq n} \cos v_{qd_i} \quad (5)$$

- 最も制限を弱くした幅

$$\cos v \leq \max_{1 \leq i \leq n} \cos v_{qd_i} \quad (6)$$

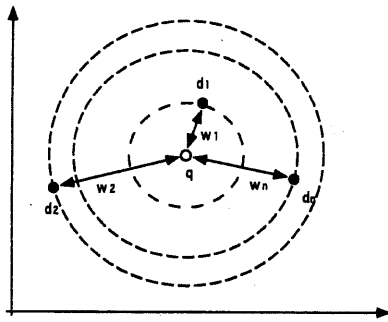


図 2: 検索における類似性の幅

サンプルの重心をとることにより得られる質問ベクトルに対して、それに最も類似性の近いサンプルまでの距離(コサイン相関値) w_1 (図 2)と、最も類似性の遠いサンプルまでの距離 w_2 を定義した。

実際のところどちらの幅を検索に使用するのか、あるいはそれらに演算を施しそれによって得られる全く別の幅を使用するのかなど考慮すべき点が多いが、何度もサンプルを取捨選択していくことにより、最大幅と最小幅の差も縮まってくるのではないかと考えている。

3.3 AND/OR 検索の判断

ここで考慮すべき点は、ユーザが図書館をウォークスルーしながら本を選んでいる際に、自分の中でひとつのテーマに基づいて行動しているのかという問題である。つまり、ユーザの頭の中に、「あれも欲しい、これも欲しい」といった様々なカテゴリの本を欲しいという要求があるのではないかとということである。実際、そういった要求に基づいてサンプルを選択していく可能性は十分考えられ、それらサンプルの特徴ベクトルを全てまとめてしまえば、大きな誤差が生じ、検索式も意味を成さないものになると考えられる。そこで、検索は次の2つに分けることができると考えている。

- すべてのサンプルの特徴ベクトルをまとめてひとつの検索式を形成
- 明らかにカテゴリが違うと判断されたものに対しては、全ての特徴ベクトルをまとめずいくつかのグループに分け検索式を複数形成

解決法

上で述べた AND/OR 検索の判断とは下図 3 のようなことである。あまりにも特徴ベクトルが離れすぎたサンプルが選択された場合、それらを AND 問い合わせとみなさず、OR 問い合わせと見るわけである。その判断の基準としては、特徴ベクトルによる位置関係に図書館自体の持つ空間的なカテゴリを併せて OR と見なすか否かを決定するという考え方がある。図 3 では、特徴ベクトルの距離においてもカテゴリにおいてもサンプルははっきりと 2 つのグループに分けられており、こういう場合に限り質問ベクトルを複数用意するというようにする。

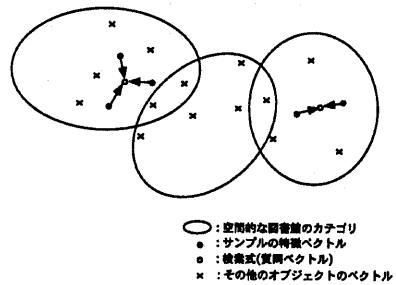


図 3: OR 検索

3.4 結果表示

問い合わせはリアルタイムに、また連続して行われることを考慮して、ユーザがサンプルを選択するとその直後にサンプルと類似性の大きいオブジェクトが、3次元空間内に何らかの形で強調されていることが望ましいと考えられる。また、その結果画面は次の問い合わせを行うためのサンプル選択画面でもあり、そこで検索に使用するサンプルを追加・削除可能であることが必要である。

4 おわりに

最後に本稿のまとめと今後の課題点について述べる。

本稿のまとめ

- サンプル選択による文献内容に基づくインクリメンタルな問い合わせ形成方式の提案

- 特徴ベクトルの統合 (追加・削除) による質問ベクトルの生成
- 質問ベクトルとの類似性を用いた問い合わせの形成

本稿では、3次元空間上のVRMLオブジェクトとして存在する文献オブジェクトに対してベクトル空間モデルを利用することによって、リアルタイムな問い合わせ生成機構の提案を行った。そのときにユーザにより選択されたサンプルの特徴ベクトルをそれぞれまとめ質問ベクトルとし、適当な幅を質問ベクトルに持たせることにより問い合わせを可能にすると考えた。

またかなり想像的なことではあるが、特徴ベクトルはすべて重心を求めることによりまとめるのではなく、OR検索を行う可能性があることを述べた。

今後の課題

● 結果表示の改善

本稿で提案した問い合わせは、ユーザの要求が満たされるまで続けられるのは前述の通りである。最終的な結果が出るまでのいくつかの問い合わせの段階では、結果として条件を満たすオブジェクトの部分が3次元空間上でとところどころ強調されて出てくるとしたが、ユーザの問い合わせが全て終了したときには、その最終的に残ったオブジェクトばかりをある順序 (質問ベクトルとのコサイン相関値順など) で並べるようなもの、すなわちそのユーザ専用の本棚といったものを用意すればなおいいと考えている。

● 問い合わせの改良

現在質問ベクトルは、ユーザの選択したサンプルにより生成され、新たなサンプルを追加するか、不要だと思われるサンプルを削除するかによってのみ変更可能となっている。しかし、ユーザは問い合わせによって返ってきた結果オブジェクトに対しても「必要・不要」の選択をするはずである。したがって、サンプルオブジェクトに対してだけではなく、結果オブジェクトに削除などの操作を加えることにより、質問ベクトルを変更できればと考えている。

● 図書館カテゴリとの関係

AND/OR検索の判断のところでは触れたが、文献がもつ特徴ベクトルだけでは正確に問い合

わせを形成することができるとは限らない。図書館がもつ本の種類や著者名などの空間的なカテゴリインデックスとの併用は重要な課題であると言える。

● 試作品の実装

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」および文部省科学研究費重点領域研究 (課題番号 08244103) による。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 山本精一 (著) 「VRML2.0 パーフェクトガイド」, 株式会社技術評論社
- [2] M.Kamiura, H.Oiso, K.Tajima, and K.Tanaka, Spatial Views and LOD-Based Access Control in VRML-object Databases, Proc. of the International Conference on Worldwide Computing & Its Applications'97(WWCA97), to appear from LNCS, Springer-Verlag, Tsukuba, Japan, March 1997.
- [3] 川勝健司, 吉岡慎二, 田島敬史, 田中克己 「ウォークスルーに基づくVRML空間ビューの動的生成と問い合わせ機構」, 電子情報通信学会 第8回データ工学ワークショップ pp.119-124, 1997年3月
- [4] 沼尾雅之 「IBMにおけるデータマイニング技術」, データベースシステム研究会電子情報通信学会技術研究報告, pp27-32, 1995年12月12日
- [5] 中山茂 (著) 「Netscape VRML入門」, 日刊工業新聞社
- [6] 藤原譲 (訳) 「データベースシステム概論」, 丸善株式会社
- [7] P. イングベルセン (著), 藤原鎮男 (監訳), 細野公男・後藤智範・岸田和明 (訳), 「情報検索研究 認知的アプローチ」, トップラン
- [8] <http://www.webcity.co.jp/>