

G-01

付加情報を利用した 3D オブジェクト検索システム

Using Additional Data for 3D Object Search System

三宅 香菜子† 宮崎 純† 藤澤 誠† 加藤 博一†
 Kanako Miyake Jun Miyazaki Makoto Fujisawa Hirokazu Kato

1. はじめに

本論文では 3D オブジェクトの検索において、形状情報だけでなく画像やキーワードといった付加情報も検索尺度として利用可能なシステムの提案を行う。

近年、計算機の処理能力向上に伴い計算機における物体の表現も多様になってきている。その中でも、空間の座標情報を持つ物体、すなわち 3D オブジェクトの生成は様々な分野、例えばタンパク質や化学物質を扱う学術的な分野や、CAD のように工業用部品の設計分野などで用いられている。更に、将来は商品の付加情報としてネット上での商用分野への発展が見込まれている。

3D オブジェクトを対象とする検索システムは存在するが、いくつか問題点がある。一点目として、システムに汎用性がないことである。例えば、タンパク質の立体構造の類似検索を行う PDB (Protein Database) [1] はタンパク質の検索のためだけに専用設計されており、他の 3D オブジェクトを扱うことはできない。同様に、それぞれの検索システムが扱うオブジェクトの分野や形式によってカスタマイズされている。二点目の問題として、これらのシステムは形状情報だけを検索尺度として用いており、一般のユーザが望む検索が困難である。例えば、サッカーボールを検索したい場合、球という形状情報しか問合せることができず、類似した他の球技のボールも示されることになる。また、タンパク質や化学物質においては、作用部分の形状にあまり影響を及ぼさないが、作用そのものに影響を及ぼす基が存在し、形状情報だけでは検索尺度として不十分な例がある。加えて、物体の一部に必須の模様がなければならぬ場合、現在の 3D オブジェクト検索システムで検索することは困難である。

そこで本研究では、オブジェクトの形状情報だけでなく、オブジェクト上に貼られている画像情報や付与されているキーワード情報を利用し、各情報から特徴量を抽出、比較することで 3D オブジェクトの類似検索を行うシステムを提案する。更に提案システムでは、形状、画像、キーワード、と複数の検索尺度を用いるため、それぞれにどれだけ重点を置くかを調節するパラメータを調節することにより、ユーザの嗜好に沿った 3D オブジェクト検索を可能とする。

2. 関連研究

3D オブジェクトの形状の類似検索に関する研究は活発に行われており、様々な手法が提案されている。

Depth buffer 手法を基とした PTK[2]では、オブジェクトを立方体で囲い、オブジェクトの表面から立方体までの

距離を 6 枚の距離画像として持つ。そして、その距離画像のフーリエ解析を行い、フーリエ係数を特徴ベクトルとして抽出し、検索を行っている。一方、球面調和法[3]は、形状の表面の曲率を基に特徴ベクトルを抽出し、検索を行っている。

PTK はどのような形状でも高い精度を提供するという利点があるが、表面の形状のみを扱うためオブジェクト内部が空か密か解らないという問題点がある。球面調和法を用いる手法では内部が空か密かが判別でき、曲線を多用する形状を持つオブジェクトの類似検索に適しているが、逆に直線的なオブジェクトの類似検索には適さないという問題点がある[4]。

画像の類似検索においても、様々な手法が提案されている。特徴点を抽出し比較するものや、各ピクセルの RGB 値に対してフーリエ解析を行い、それぞれの色の出現頻度を分析する手法が提案されている。また、重心位置を移動させることによって、画像を特徴的な複数の範囲に分ける mean-shift 法を用いる手法[5]が提案されている。

空間におけるキーワード検索は、地理情報システム等で多次元索引を用いて、近隣施設の近傍検索や範囲検索が可能である。また、効率の良い top-k 空間キーワード検索手法[6]も提案されている。

3. 提案する 3D オブジェクト検索システムの構成

本論文では、3 次元物体上の任意の位置にテキストチャやキーワードが付与されているものを、3D オブジェクトと定義する。例えば、図 1 で示されるものが 3D オブジェクトである。

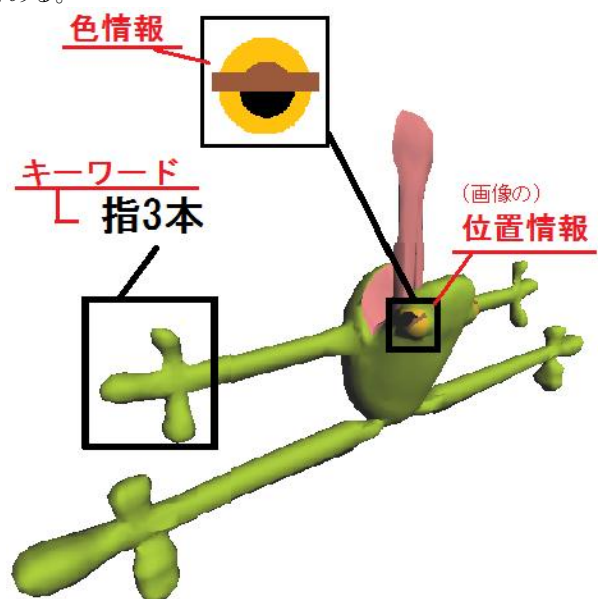


図 1: 3D オブジェクト

† 奈良先端科学技術大学院大学, NARA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

検索対象となる 3D オブジェクトはデータベースに格納されており、ユーザがクエリとなる 3D オブジェクトを作成し、本システムに入力すれば、データベース中に格納されている 3D オブジェクトを、類似する順に並び替えて出力する。

3D オブジェクトの形状、画像、キーワード情報のデータベースへの格納の流れを図 2 に示す。形状情報は立体の表面が特徴量抽出において重要となるため、フーリエ解析を行う手法が主であり、特徴量は周波数領域で表すことができる。キーワードは、3D オブジェクト上のある特定の空間領域に存在していることが重要であることから、特徴量を周波数領域で表現し、オブジェクト中でのキーワードの出現頻度を考えるよりも、空間領域中の座標で表現する方が適切である。画像情報は、二つの異なる特徴量が必要であると考えられる。一つは画像そのものの特徴量であり、フーリエ係数を利用して周波数領域で表す。もう一つは画像の位置情報であり、キーワードと同様空間領域で表す。表 1 は上記の特徴量の表現と各情報についてまとめたものである。このように一つの 3D オブジェクトにつき周波数領域で表す特徴量が 2 種、空間領域で表す特徴量が 2 種、計 4 種の特徴量がデータベース中に格納される (図 2)。

表 1: 各要素の特徴量の表現

	周波数領域	空間領域
形状	○	×
画像	○ (画像)	○ (位置)
キーワード	×	○

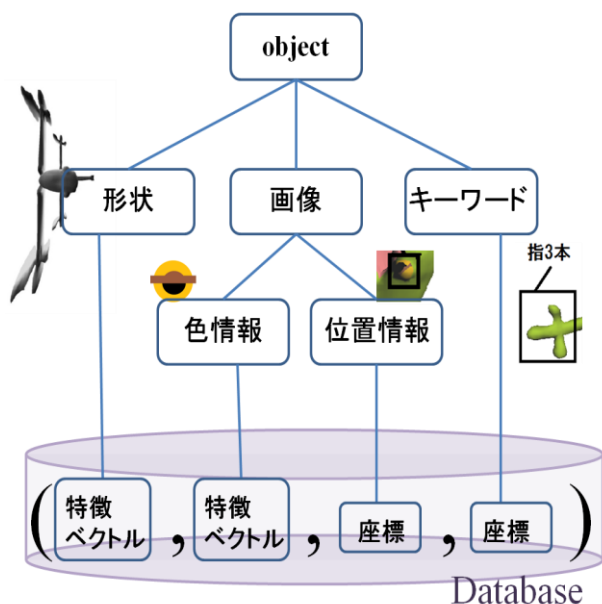


図 2: 3D オブジェクトの特徴量の抽出と格納

クエリについても同様に 4 種の特徴量に分解され、データベース中の 3D オブジェクトの対応する各特徴量と比較する。各特徴量について、類似度を示すスコアをそれぞれ計算し、形状、画像、キーワードについてユーザの嗜好を反映した重み付けを行い、各スコアを統合関数によって一つの値にまとめる。この統合したスコアに基づき、類似する 3D オブジェクトをランキングし検索結果としてユーザに返す (図 3)。

4. 実現方法

提案する 3D オブジェクト検索システムの実現には、既存の手法の組合せで可能である。形状情報は、前述の形状の検索精度の良い PTK[2] を利用して特徴ベクトルを抽出する。画像部分のクエリは、オブジェクト全体について画像や色合いを指定する場合と、一部分の画像を指定する場合が想定される。前者の場合、指定された色とオブジェクトに貼られているテクスチャの、フーリエ係数で表現される特徴ベクトルを利用すれば良い。後者の場合、R-Tree 等の多次元索引を利用してクエリで指定された位置の画像の特徴量を比較する。両者を統合して画像に関する類似度のスコアを算出する。キーワードの位置情報に関しては、R-Tree 等を利用し、オブジェクトに貼られているキーワードの位置について k-近傍検索を行えば良い。

検索システムへのクエリの与え方に関して、ユーザが手書きでクエリを指定したい場合、ユーザが描いた簡単なイラストを自動的に 3 次元に変換するソフトウェアが現在開発されている[7]。手書きが難しい場合は、単純な立体を数種類用意し積み木のように創作し、立体を表現することも可能である。よく検索されそうな立体の例を予め提示することも考えられる。クエリとなる立体を作成できれば、画像の指定やキーワードを位置や範囲を指定して付加すれば良い。画像の指定には、形状と同様に手書きで作成あるいは例示したものから選択することで対応可能である。このようにユーザが自由にクエリを表現することは困難ではない。

ユーザの嗜好、すなわちユーザが形状、画像、キーワードそれぞれをどの程度重要視するか、を反映させるためには、パラメータに重み付けを行うことによって指定することによりユーザの嗜好に沿った検索が可能となる。

5. まとめと今後の課題

本稿では立体形状の類似検索において、形状だけでなく、画像情報やキーワード情報という付加情報も含めた 3D オブジェクトの検索システムの提案を行った。提案手法により、形状は類似していてもユーザの意図に沿わない模様を持つオブジェクト等、ユーザの情報要求に適合しない検索結果を排除可能となる。さらに、形状、画像、キーワードに重み付けを行い、ユーザの嗜好に沿った検索も可能となると考える。

今後、システムの実装を行うとともに、それぞれの特徴量の類似度から計算されるスコアをいかに統合し、ユーザの指定する重みを反映させたスコア付けをするかについて明らかにする必要がある。この問題については、

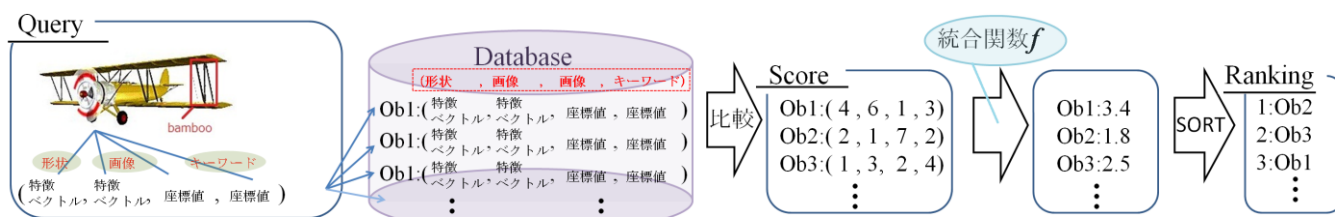


図 3：システム全体の流れ

異質な判断基準を持つスコアの統合手法に関する研究[8]を参考に検討する予定である。

システムの評価に用いる 3D オブジェクトについては、3D オブジェクト検索システムのベンチマークとして広く用いられている Princeton Shape Benchmark [9]中のオブジェクトにキーワード情報やテクスチャを貼りつけたものを利用し、これらを利用してシステムの性能評価を行う予定である。

参 考 文 献

- [1] RCSB Protein Data Bank,
<http://www.pdb.org/pdb/home/home.do>
(2010/ 7/29 アクセス)
- [2] Georgios Passalis, Theoharis Theoharis, Ioannis A. Kakadiaris, "PTK: A novel depth buffer-based shape descriptor for three-dimensional object retrieval", Visual comput (2007) 23, pp. 5-14, 2007
- [3] Dietmar Saupe, Dejan V. Vranic, "3D model retrieval with spherical harmonics and moments", LNCS 2191, pp.392-397, 2001
- [4] Benjamin Bustos, Danieel A. Keim, Dietmar Saupe, Tobias Schreck, Dejan V. Vranic, "Feature-Based Similarity Search in 3D Object Databases", ACM Computing Surveys, Vol.37, No.4, pp.345-387, 2005
- [5] 都筑勇司, 藤吉弘亘, 金出武雄, "SIFT 特徴量に基づく Mean-Shift 探索による特徴点追跡", 情報処理学会 研究報告 CVIM 157, pp. 101-108, 2007
- [6] Ariel Cary, Ouri Wolfson, Naphtali Rishe, "Efficient and scalable Method for processing top-k Spatial Boolean Queries", Proc. of SSDBM 2010, LNCS 6187, pp.87-95, 2010
- [7] Chateau : A Suggest Interface for 3D drawing
<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/chateau/chateau-j.htm> (2010/ 7/29 アクセス)
- [8] 鈴木優, 波多野賢治, 吉川正俊, 植村俊亮, "検索結果を統合するための情報量の概念を考慮したスコア正規化手法", 情報処理学会論文誌：データベース, vol.45, No.SIG04, pp37-49, 2004
- [9] Princeton Shape Benchmark,
<http://shape.cs.princeton.edu/benchmark/>
(2010/ 7/29 アクセス)