

主観的類似度をモデル化した3次元多面体の検索*

4 B-2

鈴木一史†

加藤俊一‡

築根秀男§

筑波大学大学院工学研究科

中央大学+電子技術総合研究所

電子技術総合研究所

1 はじめに

CG、VR分野で3次元空間を構成するため、3次元多面体を対象にしたデータベースが必要になってきている。利用者が想定するイメージに合うように仮想空間を構成するには個々の部品である物体を、データベースから適切に検索する必要がある。これまでの検索では利用者の主観が反映されなかったため、検索結果が利用者の感性に一致しないという問題があった。本研究では、3次元物体を対象に利用者の主観を考慮した検索の手法を提案する。

2 研究の背景

図形の濃度分布など物理的に取得された特徴のみでは必ずしも利用者の感性と一致した検索結果が得られないという問題があった。そこで我々は感性を考慮した検索として商標意匠図形を対象とした研究[1][2]を行なった。これは用意した学習画像を主観的に分類し学習データを作り判別分析、主成分分析を用いて、画像の物理特徴で構成される物理空間から主観空間への写像を求め、利用者の主観を反映した検索を行なっている。従来の主観が考慮された検索では、主に検索対象が図形や画像であった。3次元物体の検索には超二次関数で物体の索引を記述する方法や物体をOctreeで表現し検索する手法などがあるが、これらの方法だけでは主観的類似度が検索に反映されない。

3 提案する手法

以下に本研究のアルゴリズムを示す。(1)物理空間の構成、(2)主観空間の構成、(3)主観空間と物理空間の対応づけ。

3.1 物理空間の構成

物理特徴として何を採用するかは類似検索の結果に大きく影響する。2次元画像の場合、濃度分布、周波数分布、局所相関、局所コントラスト、輪郭図形など

が用いられる。3次元物体の物理特徴としては多面体の曲率、スケルトン等を採用することが考えられるが検索の対象となる物体の種類により最適な物理特徴は異なる。本研究では3次元の物理特徴として多面体を構成している頂点を採用した。まず多面体を等間隔のセルに分割し、頂点密度分布を物理特徴ベクトルとして使用した。

3.2 主観空間の構成

データベースのすべての物体に対して、各利用者の主観に関する情報を得るのは実用的でない。したがって主観情報を得るため被験者から物体間の類似度を与えてもらい、その情報から利用者の主観を反映した主観空間を構成する。主観的な類似度を反映させた検索をするためには、利用者が類似していると感じる物体は近くに、そうでない物体は遠くに配置できるような空間を構成する必要がある。本研究ではこのような空間を構成するため、多次元尺度法(multidimensional scaling; MDS)を用いた。この手法は式1、式2の様に定式化できる。まず、対象jと対象kの類似度を δ_{jk} 、対象jを表現する点と対象kを表現する点の多次元空間での距離を d_{jk} とする。類似度の高い対象ほど距離が小さくなるように多次元空間内の点の位置を決定する。

$$\delta_{jk} > \delta_{lm} \text{ならば } d_{jk} \leq d_{lm} \quad (1)$$

$$d_{jk} = \sqrt{\sum_{t=1}^p (X_{jt} - X_{kt})^2} \quad (2)$$

点間の距離は式2であり、 X_{jt} は対象jの次元tの座標であり、pは多次元空間の次元数である。類似度の大きさの順序が変わらない限り単調な変換であればどのように変換しても影響はないが、点間距離が類似度と単調減少でないならば、単調関係の程度を示すストレスと呼ばれる値を計算する必要がある。ストレスは式3、式4で定義される

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=2}^n (d_{jk} - \bar{d}_{jk})^2}{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=2}^n (d_{jk} - \bar{d})^2}} \quad (3)$$

ただし、 \bar{d} は点間距離の平均値、 \bar{d}_{jk} は単調回帰法[4]で定められる値である。

$$\bar{d} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=2}^n d_{jk}}{nC_2} \quad (4)$$

*A statistical method for subjective retrieval of 3D objects

†Motofumi T. Suzuki (IISSE, University of Tsukuba)

‡Toshikazu Kato (Chuo Univ.+Electrotechnical Lab.)

§Hideo Tsukune (Electrotechnical Laboratories)

d_{jk} は $\delta_{jk} > \delta_{lm}$ ならば $d_{jk} \leq d_{lm}$ である。

3.3 主観空間と物理空間の対応づけ

主観空間と物理空間の関係がわかれば、データベースの全ての物体を主観空間に配置することができる。学習物体が n 個あるものとし、構成された主観空間の次元数が m の時、各学習物体 obj_i の座標値は、 $obj_i^{coord}(z_{i0}, z_{i1}, \dots, z_{im})$ 、各物体の物理特徴ベクトル数が k の時、学習物体 obj の物理特徴ベクトルは $obj^{vect}(x_{i0}, x_{i1}, \dots, x_{ik})$ と表せる。主観空間の座標 z_j を求めるには、 obj_i^{coord} を目的変数、 obj_i^{vect} を説明変数として n 個のサンプルをつくり重回帰式を求める。

$$z_{ij} = b_{i0} + \sum_{a=1}^{k+1} b_{ia} x_{i(a-1)} \quad (5)$$

式5からデータベース中の各物体の物理特徴ベクトルを用いて、物体の主観空間上の座標値が求まる。

4 実験結果とその評価

実験では被験者3名から得られた学習物体の類似度から主観空間を構成した。そして物理空間と主観空間の関係を求める際、重回帰分析で有意検定を行ない、物理空間と主観空間での対応づけが適切に行なわれるようにした。全データベース物体は500個で、その中

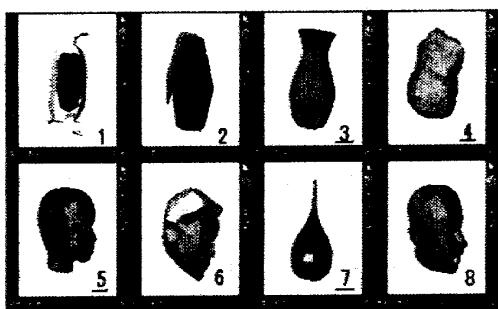


図1: 主観検索 ペンギン1をキーとして検索

で学習物体は68個とした。主観空間の次元数はストレスが収束し小さな値となる6次元を採用した。システムはIndigo2でC++、Inventor、Motifを用いて構築し類似検索を行なった。表1は各被験者の空間に対して検索手法を比較した結果である。比較は学習および非学習のキー検索物体15個を選び2番目、3番目までに全データベース中で被験者が見て最も類似度の高い物体を検索する割合を計算した。

物理特徴に物体の頂点分布を用いた検索では、本手法である主観検索の方が良い結果を得られた。図1は

表1: 被験者平均モデルの検索結果

被験者3人	2番目までに に検索	3番目までに に検索
頂点分布(物理)	83.7%	84.9%
頂点分布(主観)	90.1%	92.6%

主観検索の例で、番号は検索順番、下線は学習物体を示す。検索の結果は図2のように主観空間の軸を3次元まで使い3次元的に提示してもよい。(他の検索結果は <http://www.etl.go.jp/~motofumi/z56.html> を参照)



図2: 主観空間のウォークスルー

5 まとめ

本研究では、3次元多面体を対象に利用者の主観を考慮した類似検索の手法を提案した。検索では利用者の主観的な解釈と物体の物理特徴との相関関係を分析し、物理特徴を基に利用者の主観を反映させる変換式を求め感性を考慮した類似検索を可能にした。

謝辞 本研究に御助力頂いた電子技術総合研究所知能システム部の皆様に感謝いたします。本研究は通産省工業技術院産業科学技術研究開発制度ヒューマンメディアプロジェクトの一環として行った。

参考文献

- [1] 加藤俊一 下垣弘行 藤村是明: 画像対話型商標意匠データベース Trademark, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J72-D-II No.4 pp535-544 1989.
- [2] 加藤俊一: 主観的類似度に対応した画像検索, 情報処理学会論文誌 Vol.31, NO.2, 1990.
- [3] 鈴木一史 加藤俊一 築根秀男: 主観的類似度を反映した3次元多面体の検索, 第3回知能情報メディアシンポジウム pp9-16 1997.
- [4] Young, F.W.: Multidimensional scaling: History, theory, and applications Lawrence Erlbaum Associates 1987.