

主観的類似度に基づく3次元仮想樹木の検索と生成*

1 P - 9

鈴木一史†

加藤俊一‡

築根秀男§

筑波大学連携大学院

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や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。データベースには種々の物体があるが、中でも樹木は頻繁に用いられる物体の一つであり、都市空間の印象にも大きな影響を与える事が知られている。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主観に一致しないという問題があった。本研究では、3次元仮想樹木を対象に利用者の主観を考慮した類似検索と樹木生成支援の手法を提案する。

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]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。また、感性情報処理分野においてアルゴリズムは検索や配置が中心で、3次元物体の検索、生成などへの応用はされていない。

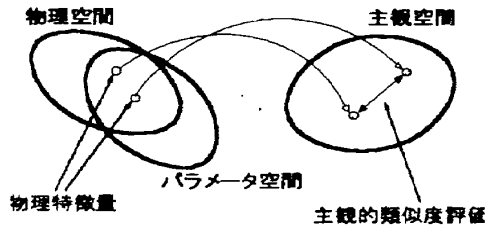


図 1: パラメータ空間、物理空間、主観空間

3 提案する手法

以下に3次元仮想樹木を対象に利用者の主観に基づく類似検索と樹木生成支援のアルゴリズムを示す。(1)パラメータ空間の構成(2)物理空間の構成、(3)主観空間の構成、(4)主観空間と物理空間の対応づけ(図1)。

3.1 パラメータ空間の構成

樹木のような自然物の生成には、人工生命を利用した研究[2]が数多くなされている。本研究ではこれらの、樹木生成モデルを基に作成された3次元樹木のデータベースを用いた。樹木生成のモデルでは樹木の生成規則と樹木の形を決定する多数(約40個)のパラメータがあり、このパラメータ値を変更することで、様々な樹木を生成する事が可能である。これらのパラメータから構成される空間をパラメータ空間とする。

3.2 物理空間の構成

物理空間は物理特徴ベクトルによって張られる空間であり、物理特徴ベクトルは物理特徴量を要素とする。物理特徴量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。3次元物体の場合は多面体の曲率、スケルトン等が用いられるが、類似検索の対象となる物体の種類により適切な物理特徴量は異なる。樹木の場合、パラメータが直接、物理特徴として使える。

3.3 主観空間の構成

データベースのすべての物体に対して、各利用者から主観的類似度評価を得るのは実用的でない。したがってデータベースから学習物体を幾つか選び、被験者から物体間の類似度評価を得ることにより主観的類似度評価に基づく主観空間を構成する。つまり利用者が類似していると感じる物体は相互に近接し、そうでない物体は相互に離れるように配置できる空間を構成する。

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)を用いた。この手法は式1の様に定式化できる。まず、物体jと物体kの類似度を δ_{jk} 、物体jを表現する点と物体kを表現する点の多次元空間での距離を d_{jk} とする。類似度の高い物体の間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(式1)。このとき、2点間距

*Virtual plant retrieval based on subjective measures

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

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

§Hideo Tsukune(Electrotechnical Laboratories)

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。

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

3.4 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、主観空間の次元数が m の時、学習物体 obj_i は $obj_i^{coord}(z_{i0}, z_{i1}, \dots, z_{im})$ 、物理空間の次元数が k の時、学習物体は $obj_i^{vect}(x_{i0}, x_{i1}, \dots, x_{ik})$ 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(式2)を求める。この式からデータベース中の各物体の物理空間座標を用いて、物体の主観空間の座標を求める。

$$z_{ij} = b_{i0} + \sum_{a=1}^{k+1} b_{ia} x_{ia(a-1)} \quad (2)$$

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(ステップワイズ)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。この時の各軸の調整済み寄与率 $Adj.R^2$ は 0.80 から 0.85 であった。全物体数は 300 で、その中で学習物体は 35 個とした。主観空間の次元数はストレスが収束する 4 次元を採用した。評価は類似検索を物理空間上(物理検索)と主観空間上(主観検索)で行った。表1は物体を10個ランダムに検索キーとして選択し、検索結果順に2個、3個まで表示してその適合率を利用者に評価してもらった結果である。検索では本手法である主観的類似検索の方が高い適合率を得られた。図2は主観的類似検索の例で、番号は検索順番、*は学習物体を示す。検索の結果は図3のように主観空間の軸を3次元まで使い表示すると物体間の関係がわかりやすい。(他の検索結果は <http://www.etl.go.jp/~motofumi/s57.html> を参照。)

表1: 検索結果(被験者3名の平均)

被験者3人	2個	3個
物理検索	91.1%	86.9%
主観検索	94.2%	91.5%

多数のパラメータを基に利用者のイメージに合った樹木を生成するのは困難である。だがステップワイズ法から3名の被験者は主に、主幹の長さ、大枝の角度、葉の密度等のパラメータを基に樹木の類似度を判別していることがわかった。図3のようなパラメータと樹木の類似度評価の関係が明らかになっている主観空間内で、樹木の位置関係を基にパラメータを変更すれば、主観に基づいた樹木をより簡単に生成することができる。

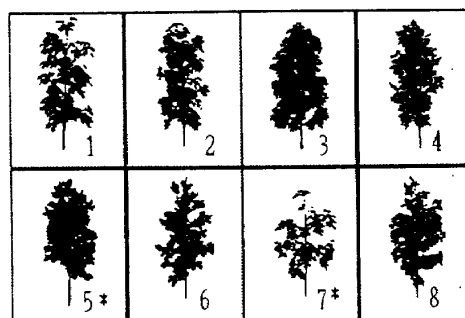


図2: 主観的類似検索(検索キーは1)

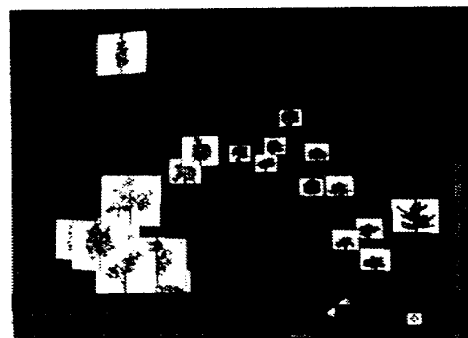


図3: 主観空間のウォークスルー

5 まとめ

本研究では利用者の主観的類似度と物体の物理特徴量との相関関係を分析し、物理空間と主観空間を対応づける変換式を求め、主観に基づいた類似検索と樹木生成の支援を可能にした。

謝辞: 本研究は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] P. Prusinkiewicz, A. Lindenmayer: The Algorithmic Beauty of Plants, Virtual Laboratory press, 1989.