

超 2 次関数パラメータによる土器画像検索

茂呂 優太[†] 安達 文夫[‡] 鈴木 卓治[‡] 徳永 幸生[†]
 Yuta Moro[†] Fumio Adachi[‡] Suzuki Takuji[‡] Yukio Tokunaga[†]
 芝浦工業大学工学部[†] 国立歴史民俗博物館[‡]

1. はじめに

近年，博物館収蔵品のデジタル画像化が進み，収蔵品の画像データベースが構築されている．その画像データベースの検索法はキーワードを用いるものがほとんどである．しかし，収蔵品について詳しい知識が無い人にとってキーワードで検索することは非常に難しい．

一般に画像検索では，画像の持つ特徴（意味，関係，領域，画素）に特徴量を付与し検索を行う．^[1]筆者らはその中でも画像の領域特徴を利用し，詳しい知識が無くとも“こんな形”といったイメージで画像を検索することのできるシステムの構築を目指し検討を進めている．

検索対象は国立歴史民俗博物館（歴博）の土器とし，その土器の形状特性を生かすため特徴形状の表現には超 2 次関数のパラメータを用いた．^[2]

2. 超 2 次関数

① 超 2 次関数の特徴

超 2 次関数は式(1)のように示される．

$$S(x, y, z) = \left\{ \left(\frac{x}{f(z)_1} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_2}} + \left(\frac{y}{f(z)_2} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_2}} \right\}^{\frac{\varepsilon_1}{2}} + \left(\frac{z}{a_3} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_1}} = 1 \quad (1)$$

$$f(z)_i = \left(1 - k_i \frac{z}{a_3} \right) a_i, \quad i=1,2$$

$a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$ は xyz 各軸における長さ， $\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$ は xz・xy 各平面における角張り具合を表し， $k_1 \cdot k_2$ は z 軸方向の先細りパラメータである．これらのパラメータを変化させることで，球や直方体などといった多様な立体形状を表すことができる．

この表現方法は他の方法と比べて，少数のパラメータで表現することができる．また，形状認識が容易で“丸く”や“長く”などの言葉と結び付けやすい．その一方で，左右対称な形状に制限されるなどといった特徴がある．^[3]

② 輪郭画像からのパラメータ抽出

使用する土器画像の多くは横から見た平面画像のため，超 2 次関数の xz 平面部分のみを適用する．したがって式(1)で $y = 0$ とおき，式(2)が得られる．

この式に土器の輪郭画像を近似し，各点の誤差を求めてパラメータを取得する．画像各点の誤差は $S(x, z) - 1$ で求められ，2 乗誤差の和 γ^2 は式(3)より求められる．

$$S(x, z) = \left(\frac{x}{1 - k(z/a_3)a_1} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_1}} + \left(\frac{z}{a_3} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_1}} = 1 \quad (2)$$

$$\gamma^2 = \sum (S(x, z) - 1)^2 \quad (3)$$

この γ^2 が最小になるパラメータの組み合わせを探索し，その中からスケール(a_1/a_3)・形状(ε_1)・変形(k)の 3 つのパラメータを形状の特徴量として抽出する．

これだけでは表現しきれない形状特徴として，多くの土器に見られる上部の凹凸に着目した．

画像上部の画素列毎の深さを求め，標準偏差を上部パラメータとして抽出する．このパラメータを加えることでより細かい分類が可能となった．

以上の 4 つのパラメータを土器画像の形状特徴量として画像検索に用いる．パラメータ毎に正規化して得られた検索式が式(4)である．

$$V = \left[\frac{s - s_{db}}{s_i} \right]^2 + \left[\frac{e - e_{db}}{e_i} \right]^2 + \left[\frac{k - k_{db}}{k_i} \right]^2 + \left[\frac{j - j_{db}}{j_i} \right]^2 \quad (4)$$

s, e, k, j : 検索キーのパラメータ
 x_{db} : データベースにおけるパラメータ
 x_i : データベースを母集団とした標準偏差

3. 検索精度の向上

精度の高い検索結果を得るには，各パラメータ間のマッチングに加えそれぞれの重要度や関連度も考慮する必要がある．そこで“似ている”と感じるときの各パラメータの重要度を実験で調べ，重みパラメータとして付加することとした．

$$V = [\text{重み}_s \left(\frac{s - s_{db}}{s_i} \right)^2] + [\text{重み}_e \left(\frac{e - e_{db}}{e_i} \right)^2] + [\text{重み}_k \left(\frac{k - k_{db}}{k_i} \right)^2] + [\text{重み}_j \left(\frac{j - j_{db}}{j_i} \right)^2] \quad (5)$$

実験では検索キーごとに表示された 10 枚の画像を，被験者が似ていると思う順に並べ替えて貰う．その被験者が付けた順位と，事前に用意した 11 個の重みの組み合わせを式(5)に当てはめて付けたそれぞれの順位を比較する．そして，重みの

Retrieval System of Earthenware by Superquadrics Parameters
[†]Shibaura Institute of Technology Department of Engineering
[‡]National Museum of Japanese History

組み合わせ毎に式(6)を用いて T の値を計算し、実験結果としてどの重みの組み合わせが最も利用者の感覚に近いかを調べた。

$$T = \sum |n - m| \quad (6)$$

n: 被験者が付けた順位

m: 式(5)から付けた順位

その結果、表 1 に示すようにスケールパラメータに重みを付けた順位が被験者の感覚で付けた順位に最も近く、“似ている”と感じるのに重要視されていることがわかった。

しかし検索キーの形状やパラメータ特徴別に結果をとると、別の重みパラメータの組み合わせが 1 位になるものもあり、“検索キーによって表示するときの重みパラメータを変える”などといった仕組みを取り入れることも今後考慮する。

付加した重みパラメータ				結果(T)
スケール(s)	形状(ε _i)	変形(k)	上部(j)	全体平均
5	5	5	5	26.20
14	2	2	2	22.67
2	14	2	2	27.25
2	2	14	2	27.65
2	2	2	14	26.49
8	8	2	2	24.98
8	2	8	2	25.49
8	2	2	8	25.68
2	8	8	2	27.08
2	8	2	8	27.04
2	2	8	8	27.85

表 1. 重みパラメータ実験結果 (被験者 20 人)

4. 入力方法の検討

この検索システムは、どこからでも土器画像データベースを利用できるようオンライン化し、歴博のホームページに置くことを目指している。

この場合、利用者が使う PC や入力環境はまちまちである。なので、どんな入力方法ならばその環境に依らずに“こんな土器”というイメージをシステムに伝えることができるのかを考えて製作しなければならない。これまでにいくつかの方法を試作・比較検討をしたので以下に記した。

① 手書きスケッチ

システムにキャンパスを用意し、そこに輪郭イメージを描くことで入力とする方法である。

このスケッチからデータベースと同じ方法で抽出した超 2 次関数パラメータを式(5)に当てはめて検索する。

この方法は利用者のイメージを細かい部分含めてそのまま入力できるというメリットがある。しかし、タブレットなどのペン型デバイスを前提とした入力方法なので、マウスなどからでは思った通りのスケッチがしにくいことが問題である。

また、描いたスケッチのピクセル毎に関数の近似を行うため、パラメータ抽出に時間を要することも欠点である。

② 言葉での調整

この方法は超 2 次関数の持つ“形状認識が容易であり言葉と結び付けやすい”という特徴を生かし、“もっと丸く”“もっと横長に”などの言葉から形状を変化させ入力キーとするものである。

システムに図 1 の右側のような“横長に”“丸く”などの言葉のボタンを用意し、利用者はそれを押すことで左側の画像を変化させ、検索キーを決定する。



図 1 言葉によるパラメータ調整

この方法は入力環境の差による使いやすさの差はほとんど出ない。また、パラメータ抽出する必要がないので、時間も短縮することができる。

しかし、手書きスケッチのように細かいニュアンスを表現することは困難であり、検索キーを決める出発点となる初期値が利用者の求める形状から離れていた場合、求める形状にたどり着くまでに時間を要するのにも不利な点である。

③ その他

この他にも基本画像を用意してそれをポイントで掴んで伸ばすことで検索キーを変化させる方法や、利用者が用意した画像ファイルを検索キーとする方法なども今後の検討課題である。

これらの方法を試作・試用をして組み合わせることによって最良の入力方法を実現する。

5. オンライン化への課題

ホームページ上で利用する場合、PC の性能、入力環境や通信環境は利用者によって異なる。この点を念頭において、入力や結果表示の方法を検討する必要がある。

6. おわりに

超 2 次関数パラメータを用いた土器画像検索システムでは、土器の縦横比が重要視されることがわかった。これをシステムに取り入れることによって検索精度が高まると考えられる。

最良の入力方法の実現とシステムのオンライン化が今後の課題であり、精度の向上のために新たな補助パラメータの追加なども検討する。

参考文献

- [1] 北本朝展, 高木幹雄, “類似画像検索システム構築のフレームワークとしての階層モデル”, 信学技報, IE97-27(PRMU97-58, MVE97-43), pp.25-32, (1997).
- [2] 堀越力, 笠原久嗣, “超 2 次関数による 3 次元形状インデクシング”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J73-D-II, No.10, pp.1716-1724, (1990).
- [3] 山口宗彦, 安達文夫, 徳永幸生, “超 2 次関数による土器形状の記述と検索”, 画像電子学会年次大会予稿集, Vol.30, pp.41-44, (2002).