

## 形状情報を用いた画像の類似検索

著者	黒川 雅人
雑誌名	国立民族学博物館研究報告別冊
巻	017
ページ	245-254
発行年	1992-12-25
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10502/3636">http://hdl.handle.net/10502/3636</a>

## 形状情報を用いた画像の類似検索

黒 川 雅 人\*

### 要旨

対象画像の構成要素を用いた構造記述と、形状の特徴記述の両者を用いた画像の内容検索の方法（類似検索）を実現する上での問題点を考察する。特に、民族学研究用資料の画像を対象に、その輪郭線にもとづいた形状情報による画像の内容検索について試験的に実施したアプローチを示す。

### 1 はじめに

近年の光ディスクや通信技術の発展やコンピュータの計算能力の増大に伴い、画像等のパターン情報を含んだ統合情報システムへの要求が高まってきている。特に、それらのパターン情報を効率的に蓄積・検索する画像データベースの実用化は、急務となりつつある。

画像という従来の文字・数値情報と異なる情報を蓄積・検索する際の画像データベース特有の課題として、画像の内容を用いた検索法（類似検索）の必要性が指摘されている [岡崎 他 1987; 林 他 1986; 加藤 他 1988]。これは、従来型の検索に見られるように、予め付与された2次情報（文字・数値情報）にもとづく画像検索のみではなく、1次情報としての画像から索引となる情報を抽出し、それを利用して検索を行なうという試みである。このような試みは未だ緒についた段階にあり、問題点の掘り起こしや、実現の可能性試験等、事例研究の積み重ねが必要とされているのが現状である。

本稿では、対象画像の構成要素を用いた構造記述と、形状の特徴記述を用いた画像の類似検索の方法を実現する上での問題点を考察し、その実現の可能性を試験した我々のアプローチを説明する。

---

\* 日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所

## 2 画像の類似検索に必要な要件

一般に、画像の内容を記述する方法としては次の2つが考えられる。

1. 対象画像を構成要素（シンボル）の集合とみなし、個々のシンボルの認識とその相互関係を記述する（構造記述）。
2. 形状のようなアナログ的な情報を特徴量で記述する（特徴記述）。

これら2つの記述方法は相補的な性質を持つと考えられる。画像の内容を記述するためにはこの両者を用いることが不可欠であるが、実現するためには次のようないくつかの問題点がある。

### 1. 画像認識の問題

構造記述を用いる場合、画像認識処理に伴う不確定性を回避するために、認識時の複数解釈や人間によるポストエディット等の方法を考慮する必要がある。

また、何をシンボルに選ぶかということには一般的な方法はない。これは、目的及び対象によって個別に対応して決定するのが妥当と思われる。

### 2. 計算機内部での記述形式

認識したシンボルの2次元的配置や相互関係を記述する手法、及び形状や色合いの持つ特徴等を一般的に記述できる方法が確立されていない。

### 3. マンマシンインタラクション

計算機内部での対象データの記述と、人間の持つ検索条件に関する表象の間には大きなギャップがあり、検索条件の表現方法は重要な問題である。特に上記の特徴記述による表現方式については、自然言語や形式言語で表現することは困難であり適当ではない。

## 3 サンプル画像提示と編集による検索

本稿では、上記の問題点の中で、特にマンマシンインタラクションに主眼を置いた検索法を示す。この場合、検索に用いる情報は対象画像の輪郭線から抽出した形状情報である。形状情報は画像パターンとして人間には容易に認識・記憶されるものであるが、言葉等の2次情報で表現することは難しい。このような情報を検索条件とする場合は、本来画像として表現すべきである。そのため、従来はスケッチ画像を用いた

検索法が報告されているが [岡崎 他 1987; 林 他 1986], 全く白紙の状態からスケッチを描かせることは人間側の負荷が大きく, スケッチ自身にも誤りが大きいことが予想される。また, 計算機側から見るとラフに描かれたスケッチ画像は特徴抽出時に必要な情報の欠落が多く, 不正確な特徴記述の要因となる。

これらの問題を解決するため, 本稿では計算機側から蓄積された画像の代表的なパターンをユーザーに提示し, それらの選択及び編集によってユーザーの持つ検索条件を画像化する方法を用いることとした。その概略は次の通りである。

1. 計算機側で蓄積された画像の特徴記述を予めいくつかのクラスに分類し, 検索時にそれらの代表パターン(「サンプル画像」と呼ぶ)をユーザーに提示する。
2. ユーザーは, 検索条件と類似したパターンをサンプル画像中より選択することによって候補画像の集合を限定する。またサンプル画像が求めるものと異なる場合は, 最も類似したサンプル画像を「ひながた」とし, それを編集することによって自分の望む形状を表現する。
3. システム側は, 編集された図形をスケッチ画像として使い, 検索の対象となる蓄積画像との類似度を特徴記述上で評価する。

この手法は画像の全体だけを対象とするのではなく, 各構成要素毎にサンプル画像を用意する事により, 構成要素という限定された範囲ではあるが, 画像の部分的な形状を用いた検索も可能となる。

## 4 形状情報の記述方式

蓄積・検索に利用するという立場から, 形状情報の記述手法について検討し, 次に我々が用いるフーリエ記述子について説明する。

### 4.1 記述に必要な条件

蓄積・検索という立場から形状の記述を考える時, 以下の条件を満たすことが必要である。

#### 1. 位置・角度・スケールに関する不変性 (*Invariance*)

検索条件を画像で与える場合, なんらかの方法で画像入力を行なうことになり, その結果, 入力時の位置ずれや角度のずれが生じる。特に入力画像がスケッチ

等のように、より抽象化されたデータの場合、角度や位置ずれ、拡大・縮小等は確実に起こりうる。このため入力条件に安定な形状の記述方式が望ましい。

## 2. 記述の階層性

検索のコストから考えると、まず粗くマッチングをとり、徐々に詳細なマッチングがとれるような *Coarse-to-Fine* な構造を持ったものが望ましい。また、実際に多数のデータを検索するような場合、すべての蓄積データに対し一様なマッチング処理を行なうのは適当ではなく、予めなんらかの方法で分類しておくのが効率的である。*Coarse-to-Fine* な記述はその際に良い分類の指標を与える。

## 3. 再現性

本稿で提案する検索手法では、蓄積された輪郭線画像をユーザーに提示しながら検索が進んでいく。このような場合、記述された特徴量から元の輪郭線が再現されれば蓄積の点から望ましい。

## 4. 一致度

形状の変化と記述された特徴量の変化が一致していなければならない。

### 4.2 フーリエ記述子

本節では、閉曲線の形状を記述するフーリエ記述子について述べる。フーリエ記述子は、フーリエ展開を行なう対象である被展開関数によっていくつかの種類があり、特に閉曲線の全曲率関数を用いたもの [ZHAN and ROSKIES 1972]、閉曲線をその一点からの距離に関する関数とみたもの [GLANLUND 1972]、及び P 表現を用いたもの [上坂 1984] が知られている。ここでは、応用範囲の広さを考え、開曲線をも扱える上坂の記述子を用いることとし、以下では上坂の P 表現について説明する。

曲線が  $x$ - $y$  平面上にあると仮定する。 $x$  座標を実数軸、 $y$  座標を虚数軸と考えると、曲線上の各点は複素数の形で表現される。計算機上で曲線を実際に扱う場合は、有限個に離散化する必要があり、曲線  $C$  を長さ  $\delta$  の  $n$  個の点で離散化された多角形で近

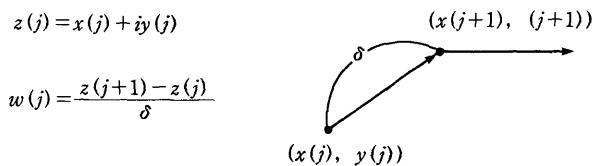


図1  $z(j)$  と  $w(j)$

似して考えると、その各点は

$$z(j) = x(j) + iy(j)$$

の形で表現され、 $C$ は複素数値関数  $z$  で表現される (図1)。

この  $z$  に対し  $P$  表現  $w$  を以下のように定める。

$$w(j) = \frac{z(j+1) - z(j)}{\delta}$$

また、 $P$  表現のフーリエ記述子  $c$  は、 $w(j)$  を離散的フーリエ変換して

$$c(k) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} w(j) \exp\left(-\frac{2\pi i}{n} jk\right) \quad \left(k = -\frac{n}{2} + 1, \dots, \frac{n}{2}\right)$$

として得られる。

被展開関数として  $P$  表現を用いた場合の記述方式としての妥当性を考察すると次のようである。条件1.の *Invariance* は、拡大・縮小に関しては多角形近似の際のリサンプリングのレートによって吸収できる。また、移動に関しては  $P$  表現の始点が閉曲線に対し相対的に一意に決定できれば吸収できる。次に条件2.の記述の階層性については、フーリエ記述子の性質から低次の記述子には大まかな波形の特徴が記述され、高次の記述子にはより詳細な特徴が記述されることが知られている [上坂1984]。条件3.の再現性については、 $P$  表現と閉曲線の対応は一意にとれ、かつフーリエ記述子から  $P$  表現への変換も逆フーリエ変換によって一意に定まる。条件4.の一致度に関しては、 $P$  表現が曲線の微視的な変化を表現しており、かつ人間の目は曲線の角度変化に敏感に反応することから、ある程度実現されていると考えられる。

## 5 対象画像とシステム構成

国立民族学博物館(民博)所有の標本画像データ<sup>1)</sup>より籠と入れ物の画像を用いて、上記のアプローチにもとづいて試作システムを構築した。これらの画像は民博の入力装置により CCD カメラで正面方向から撮影されたものをもとに、空間解像度を落として画素数は  $512 \times 512$ 、濃淡 8 ビットで表現されている。システム構成は、汎用の大型計算機の IBM3081 を中心に、利用者インターフェースとして IBM5080 グラフィッ

1) 本書資料編D「標本画像自動処理装置」参照。

クス表示装置及び付属のタブレットとロケーターを用いている。本試験システムは、次の蓄積処理と検索処理の2つの処理過程から構成されている。

## 5.1 蓄積時の処理

蓄積時の処理の流れを図2に示す。

### 1. 前処理

入力画像中より背景を除去し対象となる標本を抽出処理する。このためにまず、対象となる濃淡画像の平滑化（3×3メッシュ）を行ない、確実に背景である部分（各画像の上下20ライン）の濃度分布をとり、そのピークをしきい値として2値化する。2値化された画像に対し膨張・収縮処理を各1度行ない、次に黒画素の連結成分のラベリングを行なう。連結成分の面積及び外接矩形の辺の長さが、ある値（ヒューリスティックに決める）より小さいものを雑音成分とみなして除去する。

### 2. 構成要素分割

1.で抽出された画像から、白画素の8連結にもとづいて境界追跡を行なって輪郭線を抽出する。抽出された輪郭線はユーザーに表示され、不十分な部分に対話修正する。修正された輪郭線画像に対し、ユーザーが分離すべき点の位置をグラフィックスカーソルで指定し、「取っ手」と「本体」の2つの構成要素に分割する。

### 3. 特徴記述作成

フーリエ記述子を用いるため、輪郭線を256個の等長の線セグメントに分割し256次元の等辺多角形に近似する。この際に、回転及び移動に関する *Invariance*

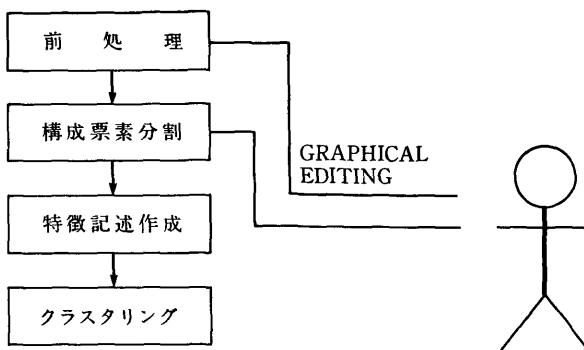


図2 形状情報を用いた類似画像検索のための蓄積過程

を保つため、線セグメントの開始点をどこにするかが問題となる。ここでは、輪郭線を構成する黒画素の分布を主成分分析することにより、回転及び移動に関しての正規化を行なっている。分割された各線セグメントのP表現を求め、高速フーリエ変換処理を施すことによってフーリエ記述子を得る。

#### 4. クラスタリング

3.の特徴量を用いて各構成要素毎に階層的クラスタリング（中心法）を行ない、クラスター中心に最も近いパターンをそのクラスの代表パターンとして決定する。距離尺度としては、フーリエ記述子（256次元）のユークリッド距離を用いる。

### 5.2 検索時の処理

検索処理の手順を図3に示し、以下に説明する。

#### 1. サンプル画像表示及び選択

ユーザーはメニューにより構成要素を選択する。その際にシステム側から各クラスターの代表パターンがサンプル画像として提示される。サンプル画像は2分木の形で表示され、ユーザーは表示するレベル数を変更したり、2分木上のあるノードからその下のレベルの画像のみを表示させたりすることができる。例として本体部分のサンプル画像を示す（写真1(a)）。この例では、上位4レベル分のサンプル画像が表示されている。ユーザーは、表示されたサンプル画

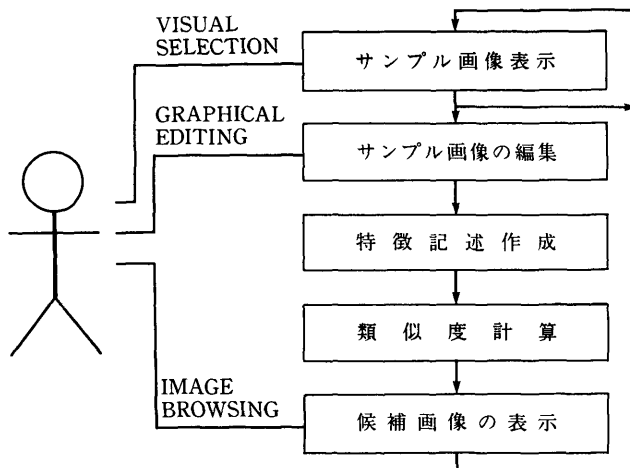


図3 形状情報を用いた類似画像検索のための検索過程



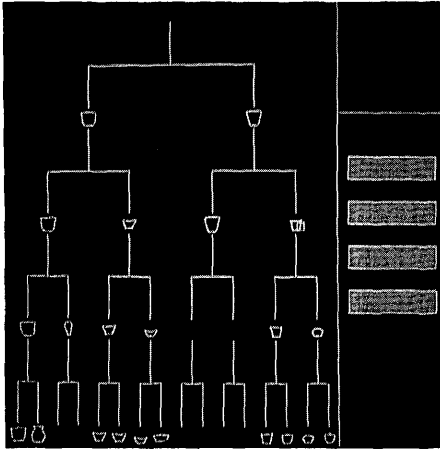


写真1  
試作システムにおける類似画像検索例  
(a) サンプル画像の提示と選択  
(籠一本体)

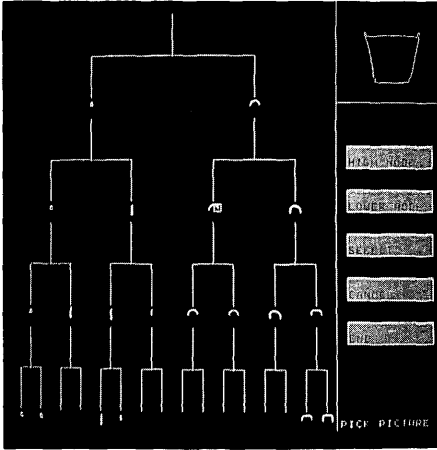


写真1  
(b) サンプル画像の提示と選択  
(籠一取っ手)

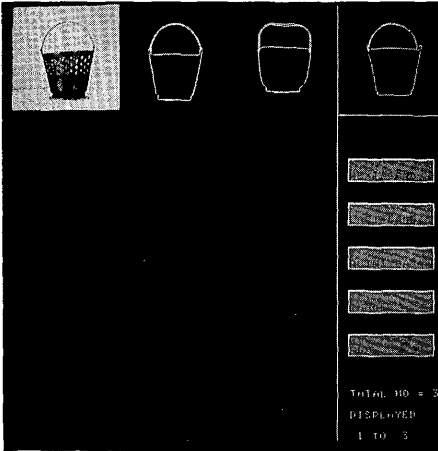


写真1  
(c) 検索結果

像をグラフィックマウスで選択する。選択したサンプル画像はスクリーン右上の部分に表示され、これが検索条件の画像となる。取っ手に関しても同様の操作を行なう（写真1 (b)）。この段階で検索条件として満足できる画像が得られた場合、以下の4.の類似度計算へ移行する。

## 2. サンプル画像の編集

最も近いと思われる代表パターンを編集することによって、検索条件の画像を作成する。現在のシステムでは、この部分は実現されていない。

## 3. 特徴記述作成

作成された検索条件の画像をもとに検索のための特徴量を算出する。

## 4. 類似度計算

検索条件画像より抽出された特徴量と蓄積された画像の特徴量との類似度を計算し、近いものから候補画像とする。現在のシステムでは、距離尺度として256次元のフーリエ記述子についてのユークリッド距離を用い、本体と取っ手両者の和を類似度としている。

## 5. 候補画像の表示

候補となる画像を表示し、目的の画像を選択する。候補画像の表示としては、輪郭線画像の表示と実際の濃淡原画像の表示の2種類が可能である。写真1 (c)は、写真1 (b) で与えた検索条件をもとに検索した結果を示している。

# 6 おわりに

本稿では画像の内容検索を実現するための方法として、計算機側からのサンプル画像の提示と、ユーザーの視認及び編集にもとづくスケッチ画像による類似度検索を行なう手法について述べた。本稿で提案した方法によると、サンプル画像を選択するという、人間にとっては容易な操作で検索条件を指定でき、また類似のパターンを編集することにより容易にスケッチ画像が作成できる。これは、曖昧な記憶によって検索しようというユーザーに負荷を軽減させ、かつ、より正確な検索条件をシステムに与える有効な方法と考えている。

現在のシステムはまだ初歩的な段階にあるが、類似検索の1つの可能性を示すことができたと思われる。今後の展開として、

1. 編集機能の付加及びデータ量の増加に対する検索能力の評価、

2. 主成分分析・因子分析等による特徴量としてのフーリエ記述子の評価,
3. 人間の主観的な分類と機械による分類の関係付け,

等を行ない、より高度な類似検索システムの実現をめざしたい。

## 文 献

GLANLUND, G.H.

1972 Fourier Preprocessing for Hand Print Character Recognition. *IEEE Transactions on Computer C-21*: 195-201.

林浩一・河合和久・上原邦昭

1986 「画像データベースの意味検索の試み——道路地図データベースの略地図による検索」『情報処理学会研究報告』86-人工-44, pp.1-8。

加藤俊一・下垣弘行・藤村是明

1988 「マルチメディア商標・意匠データベース TRADEMARK」『電子情報通信学会技術研究報告』PRU88-9, pp.31-38。

上坂吉則

1984 「開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子」『電子通信学会論文誌』J67-A: 166-173。

岡崎彰夫・下辻成佳・恒川尚

1987 「統合化地理情報システム(4) スケッチ画と日本語を用いた知的検索」『情報処理学会第34回全国大会講演要旨集』1E-4, pp.1793-1794。

ZAHN, C.T. and R.Z. ROSKIES

1972 Fourier Descriptors for Plane Closed Curves. *IEEE Transactions on Computer C-21*: 269-281.