

図形の類似判定

—図形の空間的な位置を考慮するための手法の考察—

北海道大学工学部 ○糸川英賞 渋川勝久 岸浪建史

要旨

図形間の類似性を判断する際に、インデックスを用いる手法を提案する。そのインデックスは画像(図形)の部分的な対称性や空間的配置を比較するために、対象図形の各部分領域の DCT 係数を用いて生成する。提案した方法を実際の紋章を使って検証する。

1. はじめに

現在、デジタルカメラやスキャナーなどの画像入力装置の増加やインターネットの普及などによって、様々な画像が氾濫し、画像データベースの画像の量が膨大になっている。その画像データベースから類似した画像を検索したいというユーザーの要求が最近になって高まってきている。そこで本研究では、類似した画像を画像データベースから検索する事を大きな目的としてとらえ、本報告では画像データベースを作成するときそのインデックスを生成しておくことにより、画像そのものを比較するよりインデックスを比較する方法では処理が幾段も容易になると考え、そのためのインデックスの導入を提案する。

人間が図形を類似判定する際に、図形そのものをいろいろ側面からとらえ類似性の判断を行っているが、本報告では、DCT 係数を特徴量として使う。図形の各部分の周波数成分を比べてそれぞれの部分がどの程度類似しているかを見る。周波数成分は図形全体を $N \times N$ 画素で見たとき、各部分がその画素を単位としてどのような空間周期を持っているかを表現している。

1.1 図形の類似性

現在図形を表現する際に様々な特徴量(空間周波数や濃度分布やパターンスペクトル等)で表現し、図形の幾何的特徴の類似判定を行う際に得られた特徴量を用いて、どのように行えばよいかを考えなければならない。

従来の手法においては、商標画像を用いて画像の重心や縦横比等の特徴量を 100 種類以上とり、ニューラルネットワークを用いた手法や人間に心理実験を行い、その結果をもとに重み関数を定義し類似度を算出する手法、特徴量にパターンスペクトルを採用した手法等があった。しかし、従来の手法においては人間の“似ている”感覚を意識した特徴量を考えるような手法はない。そこで人間の“似ている”という感覚を意識した特徴量を確立する事ができれば、従来より人間の類似という感覚に近づける結果を導けるのではないかと考えた。

2. DCT 係数の概要

JPEG は JPEG(Joint Photographic Experts Group)によって作られた画像を圧縮する手法であり ISO や CCITT 等で標準である。JPEG 処理はとても複雑であるが、画像検索をする範囲においては簡単な概略を知っていればよい。

JPEG は空間領域と周波数領域の符号化の組み合わせで構成されている。画像は 8×8 画素ブロック内で決

定され、それぞれは DCT(Discrete Cosine Transform)を用いて周波数領域で変換される。画像内のそれぞれのブロックは 64 個の周波数構成要素によって表現される。その信号のほとんどは低域周波数領域に集中しており、高域周波数領域はほとんどが 0 に近い値になり、その部分を削る事により画像の圧縮を可能にしている。

2. 本手法の概要

2.1 画像入力と対称図形の決定

画像と一概にいても膨大な種類があるが、本報告では処理が容易でかつ基本的な 2 値画像を対象とし、対象画像として家紋を採用する。入力方法は、スキャナーやデジタルカメラなどを用いて手で入力したものや、インターネット等から入手してきたものと様々であるため、画像ごとに大きさが違い、家紋画像の“形”のしめている領域がまちまちである。そのため効率よく“形”のみを比較するために、対象図形を決定する事が必要である。対象図形は対象画像の上下左右端を検出し、対象画像の外接矩形とする。(画像のサイズは平均 250×250 画素)

入力された画像ごとの大きさが違うため、単純な比較ができにくい。そこで画像の大きさを同じにする必要がある。対象図形を同じ分割数でモザイク化し、全て同じ画素数にする。(図 1 では 64×64 画素を採用している。)

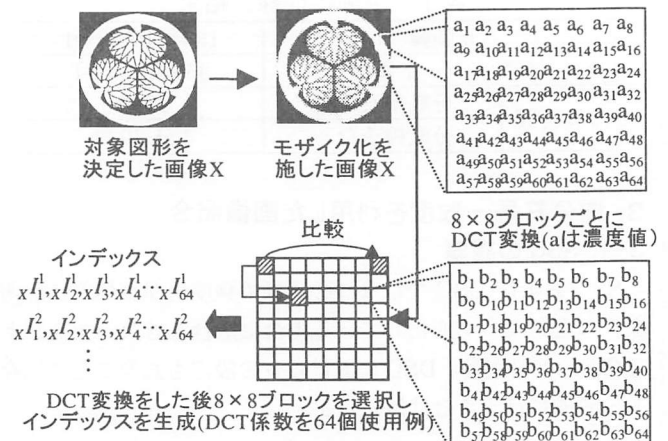


図 1 画像 X の図形決定～インデックス生成までの流れ

分割数を大きくすると、原図形そのものに近い形になり細かい変化に影響され易くなり、逆に分割数を小さくすると、細かい変化に左右されず、“形”の大まかな特徴を得ることができるという考えから、分割数を変化させてインデックスを生成する事で、どの程度の

粗さで“形”を見ているかをインデックスに反映できると考える。

2.2 領域組み合わせパターン

インデックスを生成する際に DCT 係数を計算するために用いた 8×8 画素ブロックをいくつかひとまとまりにして領域とする。その領域から幾つの特徴量を選択し領域間で比較する事によってインデックスを生成する。

領域の作り方と領域組み合わせを変えることによって、図形の種々の空間的關係をインデックスに持たせる事ができる。

図形の空間的關係として、例えば図形の縦横の中心線に対しての線対称、あるいは図形の中心における回転(120,90,72,60,etc)対称等がある。そこで、領域組み合わせパターンを選択する際に、図形のどのような空間的關係を重視して類似性を判断するかをきめる必要がある。例えば図 2 のような組み合わせパターンを使えば 4 隅、4 辺の中心付近、図形をその中心点回りに 90 度回転したときの中心付近等がそれぞれどの程度似ているかを注目した類似判断ができる。

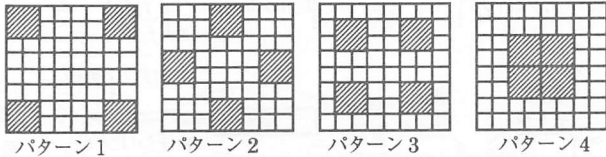


図2 領域組み合わせパターンの例1

このようにさまざまな領域組み合わせパターンでインデックスを生成すれば、インデックスによってさまざまな“形”の特徴を簡潔に表現できる。

2.3 インデックスの生成法

本報では各領域内の特徴量として画像フォーマットの標準である JPEG と同様な 8×8 画素を一つのブロックとした DCT 係数を採用した。ある画像Xに対して 2.2 で示したような領域組み合わせパターンを何種か作り、その領域内の平均の DCT 係数を比較し、インデックスとして表現する。

ある領域組み合わせパターンの各領域内の平均化された 64 個の DCT 係数 ($x d_n^m$) から以下の式を用いて、64 個のインデックスを生成する。ここである領域 m' , m'' を選択した時の式(1)を以下に示す。この操作を M 種類分行う。

$${}_X I_n^m = \left| {}_X d_n^{m'} - {}_X d_n^{m''} \right| \quad (1)$$

$(m=1 \dots M)$

本報では便宜的に次のようなしきい値を用いて、特徴量の値が“近い”、“近くない”の 2 段階評価を採用した。DCT 係数の左上(最低周波成分=濃度平均値)は以下のようにしきい値を用いてインデックスを生成する。

$${}_X I_m^1 = \begin{cases} 0 & A \geq 30 \\ 1 & 0 \leq A < 30 \end{cases} \quad (2)$$

その他の DCT 成分は以下の式で同様な評価で行う。

$${}_X I_m^n = \begin{cases} 0 & A \geq 1.0 \\ 1 & 0 \leq A < 1.0 \end{cases} \quad (3)$$

$$(n=2, \dots, 64)$$

3. 類似度(相違度)算出

比較したい画像 X, Y から生成された $M \times 64$ 個のインデックスから以下の式を用いて類似度の計算を行う。

$$R = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{64} ({}_X I_m^n \otimes_Y I_m^n)}{64 M} \times 100 \quad (4)$$

4. 実験

数種類の家紋を用いた実験画像を図 3 に示す。実際に画像を圧縮するとき扱う DCT 係数を少なくすることから、実験においてインデックスの生成で 8×8 画素ブロック内の DCT 係数を 64, 10, 3, 1 個とった実験をそれぞれ行った。領域パターンは図 2 に示したものと他に幾つかを使用した。実験結果を表 1 に示した。

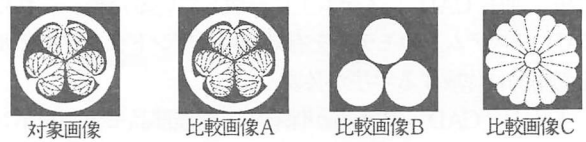


図3 実験に用いた画像

表1 実験結果
対象画像

	A	B	C
64	96	94	96
10	81	76	86
3	73	52	65
1	100	47	63

DCT 係数の数

この場合のインデックスの数は 64 個の DCT 係数で 2304 であり、10 個で 360、3 個で 108、1 個で 36 である。

5. おわりに

本報では、図形の類似判定にインデックスを導入する事を考え、そのためのインデックス

生成法を提案した。この手法は画像の“形”の様々な空間的配置関係を簡単なインデックスとして表現することができた。そのため画像そのものを扱うよりも処理が容易になり、今後膨大な量の画像データベースに対して処理を行っても類似画像検索にかかる時間が削除できると考えられる。しかし、インデックスの生成法において、モザイクの大きさや領域分割とその時の領域組み合わせの取り方についてはいまだ定式化ができておらず、更に考察をする余地は多分にある。実験結果から DCT 成分の高周波成分は類似度に差がないため必要とは言い難いと思われる。

しかし、特徴量に DCT 係数を用いることによって、現在の画像データベースの最も標準的な JPEG 圧縮されたデータが多いことから、この手法の応用が広がると考えられる。

6. 参考文献

- [1] Michael Shneier 他: Exploiting the JPEG Compression Scheme for Image Retrieval, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v18 n8 p849-853 (1996)
- [2] 糸川英賞他: パターンスペクトルを用いた図形の類似判定, 1998 年度精密工学会春季大会講演会講演論文集 p3