

Haar ウェーブレットを用いた画像の分類

新潟大学自然科学研究科 堀川 英昭

新潟大学総合情報処理センター 長谷川 誠

新潟大学総合情報処理センター 滝沢 寛之

山崎 一生

新潟大学工学部情報工学科 山本 正信

1. はじめに

近年、ハードウェア性能の向上、記憶媒体の大容量化、WWW の普及とともに、大規模な画像データベースの構築が可能となっている。また、インターネットや多様なメディアを介して、様々な画像データベースにアクセスし、検索や、ブラウジングを行うことも可能となった。これらのことから、画像固有の情報に基づいた実用的で効果的な検索手法の重要性が増している。

ここでは、ウェーブレット変換によって得られた特徴ベクトルを用いて類似度を定義する。この類似度により、標準画像群から最も類似する画像を選択して入力画像を分類する方法について検討する。

2. ウェーブレット展開

画像は、ある基底関数の伸縮と平行移動によって生成されるウェーブレットを用いて表現することができる。ここで使用するマザーウェーブレット $\psi_i(x, y)$ を図 1 に示す。白い領域で 1、黒い領域で -1、その他の領域で 0 の値をとる。

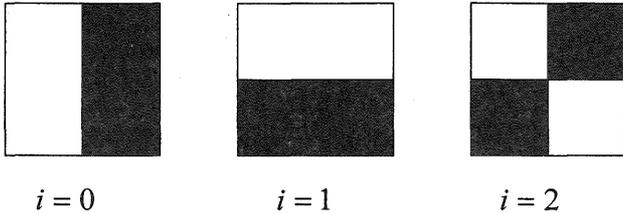


図 1: マザーウェーブレット $\psi_i(x, y)$

$i=0, 1, 2$ をマザーウェーブレットの種類、 j を解像度、 k, l を画像内での位置を表すものとする。画像 $f(x, y)$ のサイズが $2^\mu \times 2^\mu$ であるとき、マザーウェーブレットに伸縮と平行移動を施して生成される基底関数を

$$\psi_{i,j,k,l}(x, y) = 2^{j-\mu} \psi_i(2^j x - k, 2^j y - l)$$

と定義する。このとき画像 f の基底関数 $\psi_{i,j,k,l}(x, y)$ における係数 c_q は

$$c_q = 2^{j-\mu} \langle f(x, y), \psi_{i,j,k,l}(x, y) \rangle$$

で与えられる。ここで $\langle \cdot, \cdot \rangle$ は内積を表す。また q は i, j, k, l によって決まる通し番号である。また、解像度によって係数値の最大値が異なるため、最大値が一定になるように正規化してある。

3. 画像の分類方法

標準画像を N 枚用意し、それぞれをウェーブレット展開する。各標準画像の基底関数番号 q における係数 c_q を用いて、標準画像 $f_n (n=1, 2, \dots, N)$ に対して

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N (c_q^{(m)} - c_q^{(n)})^2$$

を求める。標準画像ごとに σ_q^2 を降順に並べ替え、それぞれに対応する基底関数番号も並べ替える。 σ_q^2 が大きな値をとる基底関数から順番に Q 個選択して、標準画像 f_n の部分空間

$$\text{sp}(\{\psi_q^{(n)}(x, y)\}^Q)$$

を構成する。

このようにして構成された f_n の部分空間に、 f_n と入力画像 g を射影して生成されるベクトル

$$\mathbf{A} = \{2^{j-\mu} \langle f_n(x, y), \psi_q^{(n)}(x, y) \rangle\}^Q$$

$$\mathbf{B} = \{2^{j-\mu} \langle g(x, y), \psi_q^{(n)}(x, y) \rangle\}^Q$$

をそれぞれの画像の特徴ベクトルとし、類似度 α を

$$\alpha = \frac{\langle \mathbf{A}, \mathbf{B} \rangle}{\|\mathbf{A}\| \|\mathbf{B}\|}$$

で定義する。 α が 1 に近いほど画像 f_n と画像 g は類似していることになる。入力画像と各標準画像との類似度を求め、最も大きい類似度 α_{\max} が閾値 θ 以上のときは、その標準画像に入力画像を分類する。 α_{\max} が θ 未満のときは、類似画像なしとする。

4. 実験

前節の方法を用いて、入力画像を標準画像に分類する実験を行う。使用する画像は全て 256 階調の白黒濃淡画像であり、サイズは 256×256 画素である。

ウェーブレット係数の高解像度成分は、画像の類似性を調べるには細かすぎることや、その成分がほとんど 0 に近い値をとるため、ここでは $0 \leq j \leq 5$ の係数のみを用いる。

標準画像 8 枚、入力画像 6 枚を用意する。入力画像に対してあらかじめ、人間の判断により望ましい分類を設定しておく。また、部分空間を構成する次元数 Q を 50, 100, 200, 400 とし、閾値 θ を 0.10, 0.15, 0.20 に設定する。実験の結果、次元数 200, 閾値 0.15, 0.20 のときに最も多い 5 枚が望ましい分類に一致した。

5. まとめ

本研究では、画像に対しウェーブレット変換の多重解像度解析を行い、標準画像ごとにその特徴を表す部分空間を構成した。その部分空間に画像を射影することにより、画像の特徴ベクトルを抽出し、類似度を定義して画像の分類を行った。

画像を増やして実験を行い、分類方法についてさらに検討していく。また、検索結果を客観的に評価する方法についても検討を行う予定である。