

類似画像検索のためのウェーブレット変換を用いた特徴抽出

1Q-8

村尾 晃平、煤生 逸雄

富士通（株）計算科学技術センター知的システム研究部

1. はじめに

内容に基づく類似画像検索は、デジタル画像の広まりと共に注目されるようになってきた。商用化されているソフトも存在するが、実際にはまだテキストに基づくキーワード検索が主流である。確かにキーワードによる検索は有効であるが、画像を登録する際に手動で入力するのはたいへん面倒な作業である。そこで、画像から自動で特徴量を抽出して検索の手段とするのも重要である。

画像の特徴量については、色、テクスチャ、形状などに注目数多くの研究が今までに取り組みられている。色特徴については、ヒストグラムが最も簡便な特徴量として使われている[1]。しかし、これだけでは画像内の空間的な情報が欠落しているため、画像をブロック化したレイアウトの特徴量も使われることが多い[2]。テクスチャに関しては無数の研究があり、自己回帰モデル[3]、周波数解析などに基づいた研究[4]がある。最近の研究によると、ウェーブレット変換を用いたものが良い性能を示すとの報告がある[5],[6],[7]。形状に関する特徴量については、エッジの検出が基本として広く使われている。しかし、そのままでは変位に対して敏感すぎるため、様々な工夫がされてきている[8][9]。

他方、ウェーブレット変換を用いた画像の特徴量抽出という観点では、文献[10]や[11]の研究がある。彼らの方式は高速な検索が実現できるが、人間の感覚の観点から分類した特徴量でないため、柔軟性のあるシステムを構築するのは難しい。

従来の研究で、異なったタイプの特徴量を抽出するに当たって、お互いの関係を指摘するものはなかった。ここでは、ウェーブレット変換を用いて、レイアウト、テクスチャ、形状の特徴量を統一的に抽出する方法を提案する。

2. 特徴抽出

ウェーブレット変換は、サブバンドフィルタリングの1種であり、変換方式にはいくつかのバリエーションがある。ここでは、変換後のデータ構造が図1に示すような Mallat 流の変換方式で、フィルタ係数として表1に示すような spline ウェーブレットを用いる。図1では、解像度の分解を2回行なった例になっているが、実際には画像サイズに

依存して分解の回数を決める。最低周波数成分 c^0 がレイアウトの特徴量としてふさわしくなるように回数を定める。ここでは一辺の長さがフィルタの長さより少し長くなるようにし、後の類似計算のために、短い方の辺が16になるように規格化する。レイアウト特徴量を可視化した図を図2に示す。なお、色表現としてHSVを採用した。

形状の特徴量は d_{HL}^0 、 d_{LH}^0 、 d_{HH}^0 の絶対値を平均したものをを用いる。各々は縦、横、斜めのエッジ成分を含んでいるが、低周波側のサブバンドに位置するため、位置ずれに対して寛容な特徴量となっている。形状の特徴量を可視化した図を図3に示す。

テクスチャの特徴量は、各サブバンドの絶対値の平均と分散をベクトル化したもので定義する。後の検索を柔軟に行なうために、HLのサブバンドから帯域ごとの平均値と分散値を並べたものをベクトルとした \vec{V} 、同様に LHのサブバンドから \vec{H} 、HHから \vec{D} を定義する。これによって、テクスチャの周期性及び方向性に着目した検索が可能となる。

以上のように、ウェーブレット変換以外には特別な画像処理なしに画像のスケールに不変なレイアウト、形状、テクスチャの特徴量を高速に抽出することが可能となる。

3. 類似度計算

類似度の計算に当たっては、レイアウト、形状、テクスチャの各々について、値が0から1の範囲内に収まるように定義する。

レイアウトではHSV空間でのユークリッド距離に基づき、縦横比の異なる画像どうしでは、中心を合わせて重なる領域のみで判定する。

形状では、キー画像に含まれるエッジを含む画像の類似度が高くなるように、非対称の距離計算を行なう。

テクスチャでは、3方向の特徴ベクトルのマンハッタン距離を平均して類似度を求める。

最後に、3つの特徴量に重みをつけて所要の検索を行なう。

4. 適用例

類似画像検索を、デジタルカメラで撮影した風景、人物、建物、車など2000枚の画像に対して行

なった。速度性能を表 2 に示す。検索時間は全部で 3 秒程度となった。また、検索実行例を図 4 に示す。最も左の画像はキー画像と同じ画像、2 番目は看板前に人がいない画像、5 番目は塔の部分だけ切り取った画像である。この塔を含む画像はこれら 3 枚のみなので、検索の目的は達したことになる。主観的な検索精度評価では、平均的には 6 割程度の正解率が得られた。

5. おわりに

類似画像検索を目的とした新しい特徴抽出の方式を提案した。従来は、レイアウト、テクスチャ、形状などの特徴は個別に抽出されてきた。本稿ではウェーブレット変換を利用してこれらの特徴量を統一的に抽出する方式を提案した。これによって、効率的かつ柔軟性のある画像検索が実現できることを示した。

参考文献

[1] M. Ortega, Y. Rui, K. Chakrabarti, K. Porkaew, S. Mehrotra and T. S. Huang, *IEEE Trans. Knowledge and Data*

Engineering, vol.10, no.6, pp905-925, 1998.

[2] M. Shneier and M.A. Mottaleb, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.18, no.8, pp.849-853, 1996.

[3] J. Mao and K. Jain, *Pattern Recognition*, vol.25, no.2, pp.173-188, 1992.

[4] F. Liu and R.W. Picard, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.18, no.7, pp.722-733, 1996.

[5] K.S. Thyagarajan, T. Nguyen and C.E. Persons, *Proc. IEEE Int'l Conf. Image Processing*, pp.640-644, 1994.

[6] J.R. Smith and S.F. Chang, *Proc. IEEE Int'l Conf. Image Processing*, pp.407-411, 1994.

[7] B.S. Manjunath and W.Y. Ma, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.18, no.8, pp.837-842, 1996.

[8] K. Hirata and T. Kato, *Advances in Database Technology*, A. Pirotte, C. Delobel and G. Gottlob ed., pp.56-71, Springer-Verlag, Berlin, 1992.

[9] A. D. Bimbo and P. Pala, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.19, no.2, pp.121-132, 1997.

[10] C. E. Jacobs, A. Finkelstein and D. H. Salesin, *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series*, pp.277-286, 1995.

[11] E. J. Stollnitz, T. D. DeRose and D. H. Salesin, *Morgan Kaufmann Publishers, Inc*, 1996.

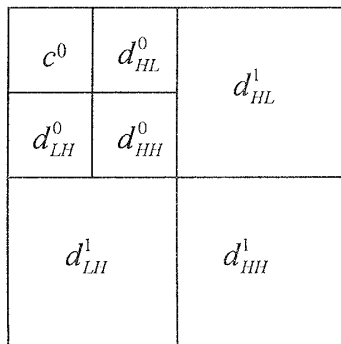


図 1. ウェーブレット変換後のデータ構造。

表 1. 用いたウェーブレットフィルタ

Low	3/128, 3/64, 1/8, 19/64, 45/64, 19/64, 1/8, 3/64, 3/128
High	-1/4, 1/2, -1/4

表 2. 実行時間(S-7/400U)

特徴抽出	0.9 s (フルカラー35万画素)
類似計算	0.8 s (千枚あたり)

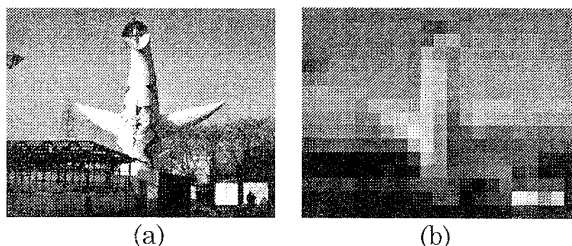


図 2. レイアウト特徴量 (a)元画像 (サイズ 1217x945)、(b)レイアウト (サイズ 21x16)。

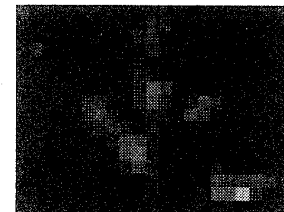


図 3. 形状特徴量 (サイズ 21x16)。元画像は図 2 (a)。

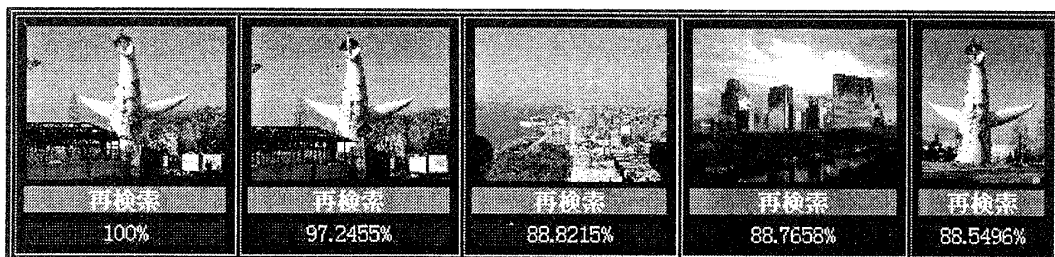


図 4. 類似画像検索の結果例。キー画像は図 2 (a)。