

画像内容検索における利用者の関連性フィードバックを利用した適応的大分類手法

小林 正季[†]

[†]筑波大学第三学群情報学類

亀山 啓輔[‡]

[‡]筑波大学システム情報工学研究科

1 はじめに

現在実用化されている画像検索システムの多くは、メタ情報を基にしたキーワード検索・カテゴリ検索であるが、メタ情報の付加には多大な労力を要するほか、それが画像の内容を十分に表している保証は無い。また、メタ情報の付加には作業者の主観が関わるため、利用者に合わせた検索の実現が難しい。

近年、画像の内容に基づいた画像検索の手法が提案されている。この手法では、画像情報から、色、テクスチャ、形状、位置構成などの特徴を抽出し、それらを画像間で比較することで類似度をはじめとする関連性を評価し、検索を行う。そのため、特徴量の選択や距離評価の手法により検索結果が大きく異なるため、人の知覚・類似評価に合致した検索結果を得るために多くの研究が行われている。

画像内容検索においては、利用者の「類似」に対する基準は様々であるため、特定の特徴空間における距離評価が利用者の主観や要求に合致するとは限らない。すなわち、何らかの形で利用者の主観や要求をシステム側に取り入れる必要がある。

2 提案手法

2.1 目的

本研究では画像内容検索を特徴抽出、大分類、詳細マッチングの3段階に分けて考え、大分類までを対象とする。大分類とは大量の画像集合をある基準に従ってクラスタリングすることであり、詳細マッチングを行う画像数を絞り、検索の効率化を図る目的で行う。

また、大分類に利用者の主観を反映させる方法として、最適線形連想写像 [4] を用いた関連性フィードバックを用いる。本研究は関連性フィードバックを用いて利用者の主観や要求に合わせた大分類を実現することを目的とする。

2.2 アルゴリズム

2.2.1 特徴抽出

データベース及び問い合わせ画像からは同一の処理により色情報とテクスチャ情報を抽出する。その際、画像を矩形小領域に分割し、領域ごとに特徴抽出を行う。

- 色情報：画像に含まれる色を量子化し、各々の領域において面積最大の色 (R, G, B) とその占有率を特徴量とする。また、より大まかな矩形分割や画像全体に対しても同様の特徴抽出を行う。
- テクスチャ情報：高次局所自己相関関数を用いたベクトル [1] を各領域に対して生成し、解像度を落とした画像に対しても同様の特徴抽出を行う。

2.2.2 クラスタリング

抽出した特徴ベクトルは一般に非常に高次元となるため、色情報、テクスチャ情報それぞれについて分散最大化基準で主成分分析を行い次元を削減する。

クラスタリングには階層的クラスタリングを用い、類似度更新にはクラスタ内のデータと重心との平方距離和が最小となるようにクラスタ同士を結合していくことで高い分類感度を実現するウォード法 [2] を用いる。

また、クラスタ数の自動推定のために Xie-Beni による指標 XB [3] を用いている。この指標は本来ファジィクラスタリングの妥当性を測る基準として用いられるが、クリスプクラスタリングはファジィクラスタリングの特殊な場合であるため、そのまま適用している。

2.2.3 関連性フィードバック

本研究では、利用者による関連性フィードバック情報を用いて特徴空間に線形変換を施し、変換後の空間でクラスタリングを行うことで大分類に利用者の主観や要求を反映させる。

最適線形連想写像 [4] とは p 組の学習特徴量 ($x_1 x_2 \dots x_p$) を利用者のフィードバックに対応する単位ベクトル ($u_1 u_2 \dots u_p$) に写す線形写像の表現行列を M とおき、

$$MX = M[x_1 x_2 \dots x_p] = [u_1 u_2 \dots u_p] = U \quad (1)$$

となるような M の最適近似 $\hat{M} = UX^\dagger$ を求め、これを用いて特徴ベクトルの変換を行う手法である。

ここでは、大分類へのフィードバックであるため、最適線形連想写像 [4] により所望のクラスタ数に対応する次元まで特徴ベクトルの次元が削減される。これにより特徴ベクトルの中から利用者の要求に関連の高い特徴を選択していることになる。

3 実験

3.1 実験条件

提案手法の有用性を確認するために、テクスチャ情報・色情報の両視点から分類可能な画像セットを人工的に生成し、初期大分類と特定の視点 (検索要求) に対応するフィードバックを用いた場合の再大分類の実験を行った。

実験に用いたデータセットはテクスチャ 6 種類、色 6 種類を組み合わせた 4 つの領域を持ち、テクスチャ、色いずれの基準でも分類できる。但し、輝度、色相、彩度などに多少ランダムに変化を付け、同じテクスチャや色に分類されるものでも特徴ベクトルが一定の広がりを持つように設定した。データセット総枚数は 120 枚であり、各画像サイズは 256×256 (pixel) である。

また、特徴抽出は次の条件で行った。

- 矩形分割領域数：縦 4 × 横 4 の 16 領域
- 色情報：K-means 法により 5 色に量子化し、より大まかな 2×2 矩形領域からも特徴抽出を行い、計 80 次元の特徴ベクトル生成する。

Adaptive Coarse Classification using Relevance Feedback in Content-Based Image Retrieval

[†]Masaki Kobayashi, Collage of Information Science, Univ. Tsukuba

[‡]Keisuke Kameyama, Grad. Sch. SIE, Univ. Tsukuba

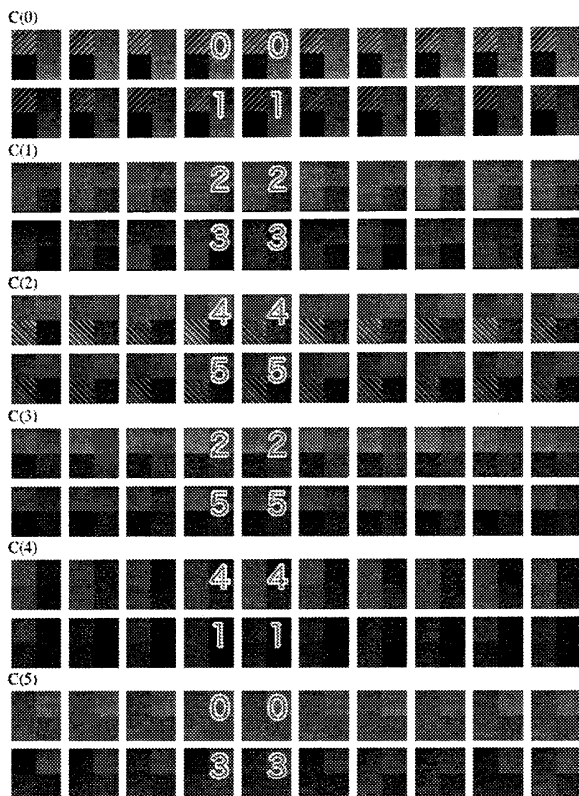


図 1: 初期大分類結果 (フィードバック前)

- テクスチャ情報: 3×3 の領域で抽出される 3 次までの高次局所自己相関関数から得られる 25 次元のベクトルを各領域に対して生成する. 解像度を 50% に落とした画像に対しても同様の特徴抽出を行い, 計 800 次元の特徴ベクトルを生成する.
- 正規化: 特徴ベクトルの要素は $[0, 1]$ に正規化する.

3.2 実験結果

以上の画像セットを初期大分類した結果を図 1 に示す. この段階では一見テクスチャの類似性に基づいてクラスタリングがされている. そこで, 利用者のフィードバックとして色情報に注目した分類のための要求を与える. 具体的には, 図 1 の画像から一部を選択し, 分類するクラス番号をフィードバックとして与え, 最適線形連想写像 [4] により学習させ特徴空間に線形変換を施す. ここでは, 図 1 の画像のうち番号の付いているもののみを線形写像の決定に用いた.

特徴空間を写像して再びクラスタリングを行った結果が図 2 である. 図 1 に示す一部の画像のみをフィードバックとして与えたのにも関わらず, 画像セット全体に対して色情報に注目するという要求が反映されていることが分かる.

また, 特徴空間自体が色情報に注目して再構成されているため, 簡単な類似画像検索システムが実現できる. その例を図 3 に示している. 図 2 のようなフィードバックを施した画像集合に青緑の画像を問い合わせるとテクスチャ情報ではなく, 色情報に注目した類似画像を含むクラスタを検索できることが確認できる.

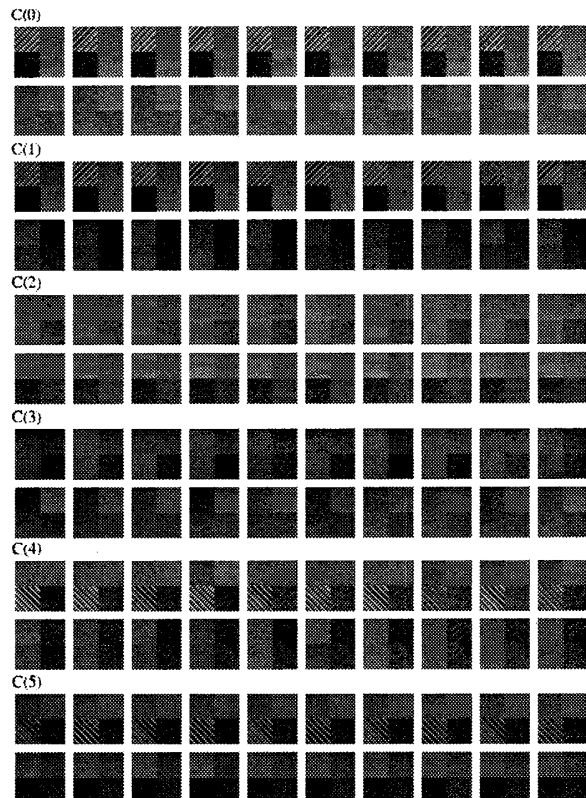


図 2: 再大分類結果 (フィードバック後)

問い合わせ画像:



検索結果:



図 3: 類似画像問い合わせ結果

参考文献

- [1] T.Kurita, N.Otsu, and T.Sato. A face recognition method using higher order local autocorrelation and multivariate analysis. *Proc. of Int. Conf. on Pattern Rec.*, Vol.II, pp.213-216, 1992.
- [2] 春山. 高次元特徴空間への写像を用いた階層的クラスタリングとその応用に関する研究. 筑波大学大学院システム情報工学研究科 リスク工学専攻 博士論文, March 2007.
- [3] X.L. Xie and G. Beni. A Validity Measure for Fuzzy Clustering. *IEEE Trans. PAMI*, vol. 13, no. 8, pp.841-847, 1991.
- [4] T.Kohonen. *Self-Organizing Maps*, 3rd edition. Springer, 2006.