

色特徴空間における色・位置情報によるカラー画像検索

Image Retrieval using Color-Position Features in Color Space

芝井 貴生†
Takao Shibai上野 義人†
Yoshito Ueno

1. まえがき

過去画像検索では IBM の QBIC やコロンビア大学の VisualSEEK などが開発、実用化されている。1) 2)

QBIC は、画像中のピクセル値の平均値や、色の割合、レイアウト、テキストチャを特徴量として画像検索を行っている。

VisualSEEK は画像中の領域の切り出しを自動で行うという点で特徴的で、画像中のオブジェクトの位置情報や、オブジェクトの領域矩形による問い合わせを明確に意識したシステムである。

今回は色特徴量の比率、位置情報、標準偏差を用いた類似画像検索手法について述べる。

2. 色特徴量を用いた画像検索手法

カラー画像を特徴付ける情報は、色、構図、形状、テキストチャなど各種あるが、ここでは色の比率、特定の色が画像内のおよそどの位置に存在するか、また画像内にどの程度分布しているかという点を特徴量として類似画像検索を行う。

画像検索において減色操作を行うのは一般的であるが、ここでは画像内の色を 15 色まで極端に減色を行い画像検索に用いる。

その減色された画像から比率、位置情報、標準偏差の特徴量を抽出し、類似度関数を求めて画像検索を行う。

また、減色により位置情報の特徴量の精度が低下する。画像分割を行い位置情報の特徴量の精度を向上させる。

3. 色空間パレットの量子化

画像の特徴量として color histogram を用いる場合、画像中に使用されている色を量子化する必要がある。今、カラー画像を色空間 c で量子化する。色空間パレット P を n 色に区分したとすると、

$$P = \{c_0 \cdots c_{n-1} \mid c_i \in c\} \quad (1)$$

となる。

このとき、色空間パレットを何色に減色するかは、画像内容によって最適値が存在する。色区分数が多いと、色要素のない区分が大量に発生し非効率的である。しかし、余り少ない色区分数だと色空間の特徴量でカラー画像を特徴付けすることが出来ない。一般には 64 減色や 256 減色を用いているが、64 減色を用いても色要素のない区分が多く発生する。また、RGB 値は人間の視覚的特性にマッチしていない。したがって、RGB 値を HSI 値に変換し、色相を 12 等分し量子化した。

また明度が極端に小さい場合は色相、彩度に関係なく黒く見え、彩度が極端に小さくかつ明度が極端に大きい場合は色相に関係なく白く見え、彩度が極端に小さく、中間明度なら色相に関係なく灰色に見える。

このため、下表の値のときを黒、白、灰色とヒューリスティックに定め合計 15 色に量子化した。尚、S, I の値は 0~1 の範囲とした。

色	彩度(S)	明度(I)
黒		$0.0 \leq I \leq 0.15$
白	$0.0 \leq S \leq 0.1$	$0.8 \leq I \leq 1.0$
灰	$0.0 \leq S \leq 0.1$	$0.15 < I < 0.8$

表 1 色空間パレットの量子化(白,黒,灰色のみ)

4. 色空間特徴量による類似度検索 3)

いま、 $n \times m$ ピクセルを持つ画像 I とすると、同じ色 k を持つピクセルの集合 Λ_k^I は、

$$\Lambda_k^I := \{(x, y) \in I \mid I[x, y] = k\} \quad (2)$$

と定義する。

いま、画像 I 中で同じ色 k を持つピクセルの画像全体に対する占有率 $h_I(k)$ は、

$$h_I(k) = \frac{|\Lambda_k^I|}{n \times m} \quad (3)$$

となる。

次に、この同じ色 k を持つクラスターの空間位置を b_k とし、これを同じ色 k をもつ平均空間位置座標で表し、

$$b_k := (\bar{x}_k, \bar{y}_k) \quad (4)$$

とする。

したがって、同じ色 k を持つピクセルの x 軸方向の平均 $\bar{x}_k$ 、および y 軸方向の平均 $\bar{y}_k$ は、次式で与えられる。

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \frac{1}{|\Lambda_k|} \sum_{(x,y) \in \Lambda_k} x \quad (5)$$

$$\bar{y}_k = \frac{1}{m} \frac{1}{|\Lambda_k|} \sum_{(x,y) \in \Lambda_k} y$$

このとき、同じ色 k を持つ位置座標は、空間的に分布しているため、この分布内のピクセルの各色位置を p とすると、空間的に分布した色分布の標準偏差 σ_I は次式で与えられる。

$$\sigma_I(k) = \sqrt{\frac{1}{|\Lambda_k|} \sum_{p \in \Lambda_k} d(p, b_I(k))^2} \quad (6)$$

ここで、 $d(p, b_I(k))$: 同じ色 k を持つピクセル間のユークリッド距離とする。

したがって、色空間パレット c ($c=15$) における色特徴量 $S_I(k)$ は

$$S_I(k) = (h_I(k), b_I(k), \sigma_I(k)) \quad 1 \leq k \leq c \quad (7)$$

となる。

次に、検索したい画像を Q 、検索されるデータベース内の画像を I とすると、 $S_Q = (h_Q, b_Q, \sigma_Q)$ 、 $S_I = (h_I, b_I, \sigma_I)$ となり、類似度関数 $f_s(Q, I)$ は、

$$f_s(Q, I) = \sum_{i=1}^c \min(h_Q(i), h_I(i)) \times \left(\frac{\sqrt{2} - d(b_Q(i), b_I(i))}{\sqrt{2}} + \frac{\min(\sigma_Q(i), \sigma_I(i))}{\max(\sigma_Q(i), \sigma_I(i))} \right) \quad (8)$$

† 創価大学大学院 工学研究科

となる。

これより、検索したい画像 Q と検索される画像 I の類似度関数 $f_s(Q, I)$ が求まる。

5. 画像分割による色位置情報

画像全体の色位置情報を求めると、同じ色を持つ部分は、画像全体で 1 ヶ所以上存在する。本研究では、色空間を 15 色に減色しているのではそれは顕著に現れる。

同じ色を持つ領域の色位置情報は、それらの平均を示すためそのまま特徴量を抽出すると、特徴量としての精度が低下する。

これを防ぐため、画像を分割して色位置情報を求める。それにより、より精度の高い特徴量を求めることが出来る。あまり分割数を多くすると、同じ色を持ったオブジェクトの少しの位置ずれに対応することができなくなる。

したがって、ここでは画像を 2×2 の 4 分割、 3×3 の 9 分割にして各部分画像について、同じ色を持つ色占有率と色位置情報、標準偏差を求めて画像の特徴量とする。検索したい画像と、検索される画像のそれぞれに対応する分割画像同士の類似度関数を求め、その平均値を画像全体の類似度として画像検索を行う。

6. 実験結果

インターネット上より集めた約 500 枚のカラー画像から類似画像を検索する実験を行った。

画像を 64 減色した場合、15 減色した場合、15 減色で 4 分割にした場合、15 減色で 9 分割にした場合それぞれについて検索実験を行い比較した。

図 1 に 64 減色を用いた場合の検索結果、図 2 に 15 減色を用い分割を行わなかった場合の検索結果、図 3 に 15 減色を用い画像を 4 分割に分割した場合の検索結果、図 4 に 15 減色を用い画像を 9 分割に分割した場合の検索結果を示す。尚、検索結果は左から類似度関数が高い順に出力する。



入力画像



図 1 64 減色にした場合の検索結果



図 2 15 減色、分割なしの場合の検索結果



図 3 15 減色 4 分割の場合の検索結果



図 4 15 減色 9 分割の場合の検索結果

7. 結果と考察

検索したい画像を s とし、検索したい画像の集合を R_q^I 、検索された画像の集合を R_q^E とすると、検索効率 η_s は

$$\eta_s = \frac{|R_q^I \cap R_q^E|}{R_q^I} \quad (9)$$

となる。

ただし、 R_q^I は画像データベースに登録されている画像の中で検索者が質問画像と類似していると判断できる画像の集合である。したがって検索効率の値は概略結果を与えることになる。図 5 に 64 減色の場合、15 減色で分割なしの場合、15 減色で 4 分割の場合、15 減色で 9 分割の場合の検索効率の変化を示す。

図 1、図 2 より 15 減色のほうがより類似している画像を検索出来た。また、図 2、図 3、図 4 より画像を分割したほうがより類似している画像を検索出来た。

また、図 5 から減色数を 15 にし、画像を分割したほうが検索効率が向上している。分割数 4 の場合の検索効率と分割数 9 の場合の検索効率を比べると、分割数 4 のほうが良い検索効率を示しており、分割数を増やしても検索効率は向上しないことが分かる。

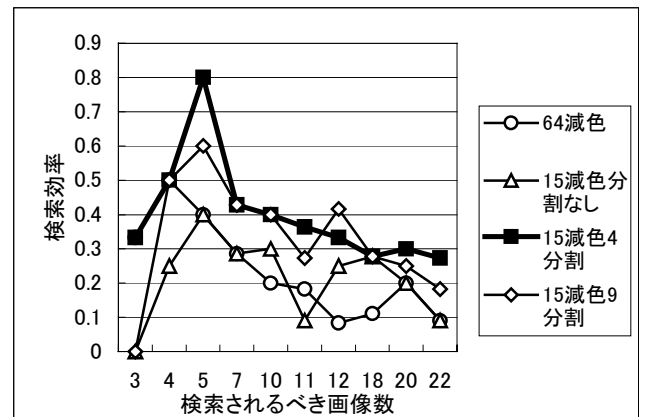


図 5 類似画像検索の検索効率

8. おわりに

H(色相)を 12 等分し、黒、白、灰色を加えて量子化したカラーパレットで、同一色の占有率と位置情報、標準偏差で色空間情報の特徴量を求めて、類似度計算するカラー画像検索を試みた。その結果分割した画像検索結果により類似している画像が得られた。

今回は画像を分割して色位置情報の特徴量を求めたが、分割した画像の特徴量をどのように重み付けして、画像全体の特性と見なすが大きな課題である。

今後、色位置情報の特徴量を用いた画像検索方法の改善について検討する。

参考文献

- 1) IBM: "QBIC", <http://www-6.ibm.com/jp/software/data/cm/qbic.html>
- 2) J.R.Smith and S.F.Chang. VisualSEEK: A Fully Automated Content-Based Image Query System. In Proc. of ACM Multimedia, pp.87-98, 1996
- 3) L.Cinque, G.Ciocca, S.Levialdi, A.pellicano, R.Schettini: "Color-based image retrieval using spatial-chromatic histograms", Image and Vision Computing 19 (2001) 979-986