

局所平均の階層的符号化による類似判定 Image Retrieval based on hierarchical coding of partial mean

栗田 涼平† 渋川 勝久† 金井 理† 岸浪 建史†
Ryohei Kurita Katsuhisa Shibukawa Satoshi Kanai Takeshi Kishinami

1. はじめに

近年、デジタルビデオカメラなどの普及により、画像をダイレクトに検索するニーズが高まっている。従来主流であった検索手法はキーワードによる検索であったが、キーワードを手で付与しなければならないため大量の画像や映像データに対しては手間がかかり過ぎる。さらに、画像に表れる内容を全体的確な言葉で表現できるとは考えにくい、利用者の要求するものがデータベース中のものと完全に一致しているとも考えにくいという弱点がある。そのため、画像や映像の内容(content:一枚の画像のどの辺りが「明るい」とか「赤っぽい」などということ)に基づく類似検索(Content-based Image Retrieval:CBIR)が必要とされている。

2. 本研究の概要

本研究の概要を図1に示す。まず、各画像の表色をモニターのRGB信号値から人間の感覚にマッチしていると考えられている $L^*a^*b^*$ 色空間(CIELAB色空間)に変換し、その各画素の L^*, a^*, b^* 値に対し、[2]で提案されている Integral Image を生成する。次に、画像を4, 16, 64, ... (全体を4分割、さらに各分割領域を4分割、...)と階層的に分割し、分割領域ごとに L^*, a^*, b^* の局所平均を Integral Image を用いて計算する。その局所平均を円筒座標系 (L^*, C^*, h) に変換し、離散化された L^* (明度), C^* (彩度), h (色相角)のレベルを求める。分割領域ごとに、分割前と分割後とで L^*, C^*, h それぞれのレベルの変化を符号化し、4分木を作成する。この4分木の符号を比較して類似判定を行う。

3. 階層的符号化による特徴量と類似度計算

3.1 $L^*a^*b^*$ 色空間への変換

$L^*a^*b^*$ 色空間(CIELAB色空間)とは、この座標上で示される2色の色の一定距離が、どの色領域においても、一定の知覚的な色差に対応するように定められた均等色空間で、人間の感覚にマッチしていると考えられている。変換は、モニターの信号値 R, G, B から(1)~(3)式による。

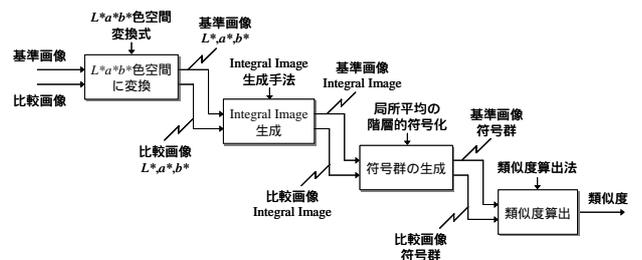


図1 本研究の概要

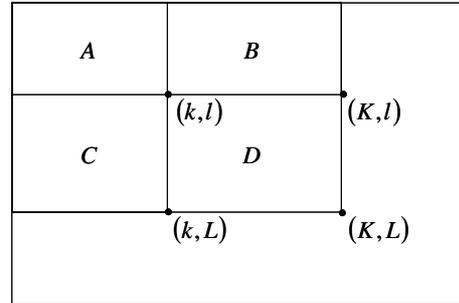


図2 Integral Image

$$\begin{aligned} R' &= (R/255)^{2.2} \\ G' &= (G/255)^{2.2} \\ B' &= (B/255)^{2.2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3933 & 0.3651 & 0.1903 \\ 0.2123 & 0.7010 & 0.0858 \\ 0.0182 & 0.1117 & 0.9570 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} L^* &= 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500 \left\{ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right\} \\ b^* &= 200 \left\{ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 $X_n = 95.04, Y_n = 100.00, Z_n = 108.89$ である。さらに、求めた L^*, a^*, b^* から(4)式において円筒座標系 L^* (明度), C^* (彩度), h (色相角)に変換できる。 L^* (明度)は $L^*a^*b^*$ 色空間の L^* の値をそのまま用いる。

$$\begin{aligned} C^* &= \left\{ (a^*)^2 + (b^*)^2 \right\}^{1/2} \\ h &= \tan^{-1}(b^*/a^*) \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 Integral Image 生成

矩形領域の画素の総和を求める処理には、[2]で提案されている画像の中間表現 Integral Image を採用した。何度も矩形領域の画素の総和を求める場合に計算の高速化が可能とされている。画素値 $i(k,l)$ に対して Integral Image $II(k,l)$ は(5)式で定義される。

$$II(k,l) = \sum_{k' \leq k, l' \leq l} i(k',l') \quad (5)$$

$II(k,l)$ は(6)(7)式から、画像を一回走査するだけで求めることができる。

$$s(k,l) = s(k,l-1) + i(k,l) \quad (6)$$

$$II(k,l) = II(k-1,l) + s(k,l) \quad (7)$$

ただし、 $s(k,-1) = 0, II(-1,l) = 0$ とする。Integral Image を用いることにより、図2の矩形領域 D の画素和 sum は(8)式のように4点の値の和と差の計算で求めることができる。

$$sum = II(K,L) - II(K,L) - II(k,L) + II(k,l) \quad (8)$$

本研究では L^*, a^*, b^* の各画素値に対して Integral Image を生成している。

† 北海道大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

3.3 局所平均の階層的符号化による4分木符号群の生成

まず、画像を4, 16, 64, ...と分割し、 4^i 分割した段階を階層*i*とし、分割領域ごとに1~ 4^i までの*j*という番号を付ける。jの規則として、ある階層*i*の番号*j*=*m*の領域を4分割した際、各分割領域での順番*n*~*n*+3は図3のようになり、*n*は(9)式のようになる。

$$n = 4(m-1) + 1 \quad (9)$$

階層*i*, *j*番目の分割領域での画素値 L^* , a^* , b^* の局所平均から L^* (明度), C^* (彩度), h (色相角)を計算し、対応する離散化されたレベル $pm(i, j)$ を求める。それを階層*i*-1でその領域の親となる領域のレベルと比較、その変化を符号化する。符号 $c(i, j)$ は(10)式のようになる。

$$c(i, j) = \begin{cases} 1 & pm(i-1, \lceil j/4 \rceil) < pm(i, j) \\ 0 & pm(i-1, \lceil j/4 \rceil) = pm(i, j) \\ -1 & pm(i-1, \lceil j/4 \rceil) > pm(i, j) \end{cases} \quad (10)$$

全階層について符号を求め、階層的な4分木符号群 $T_f(i, j)$ を生成する ($f = \{L^*, C^*, h\}$)。

3.4 類似度算出

基準画像と比較画像の L^* (明度), C^* (彩度), h (色相角)の符号群を相関量ごとに比較する。基準画像と比較画像の符号群を $T_f(i, j)$, $\bar{T}_f(i, j)$ とすると、階層*i*, *j*番目の符号一致度 $a(i, j)$ は(11)式で定義される。

$$a(i, j) = \begin{cases} 1 & T_f(i, j) = \bar{T}_f(i, j) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

図4に類似度算出の概略を示す。はじめに、各階層での符号一致率から階層別の重み w_i を乗じた、重み付き符号一致率を計算する。次に、各階層での符号一致率の総和を、階層別の重みの和で割ったものを相関量間の類似度 S_f とする(12)。

$$S_f = \sum_i \left(w_i \sum_j a(i, j) / 4^i \right) / \sum_i w_i \quad (12)$$

S_f の平均を総合的な類似度 S とする。

4. 類似判定実験

類似判定手法はC++を用いて実装した。実験環境はpentium4,3.2GHzである。図5に重み $w_i = 4^i$, 総階層数を4で実験した結果を示す。画像の下に数字は類似度の高い順位を示している。Sは総合的な類似度, S_{L^*} は明度, S_{C^*} は彩度, S_h は色相角のみの類似度を表す。 $S_{h'}$ は(13)式で求められる改良された色相角のみの類似度である。

$$S_{h'} = S_h (1 - |hd/\pi|) \quad (13)$$

ただし、 hd は画像全体の色相角の差で、 $-\pi \leq hd \leq \pi$ である。

5. まとめと考察

類似判定実験結果より、今回の対象画像では S_{L^*} の影響が大きいことがわかる。これは、明度には画像の構図を反映する性質があるためと思われる。また、今回の実験では S_{C^*} の重要性が確認できなかったが、 S_{C^*} は画像全体で同じような色相角をもつ画像同士の比較に効果があると思わ

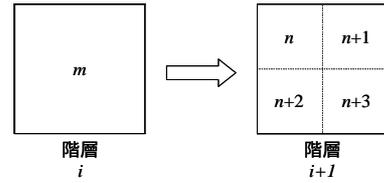


図3 分割領域の番号の規則

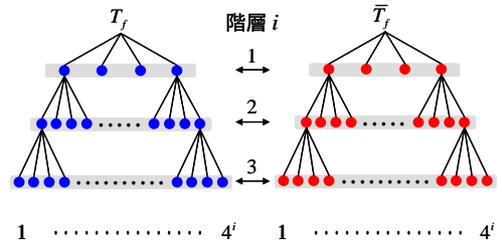


図4 類似度算出の概略



図5 類似判定実験結果

れ、色相角の類似度は同じような明度の類似度の類似性を論じるときに効果があると思われる。

参考文献

- [1] 日本色彩学会:「色彩科学ハンドブック」第2版,東京大学出版会
- [2] Paul Viola, Michael Jones: “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple” Proc.of IEEE Conf.CVPR, 1, pp.511-518 2001