

階層的局所平均の符号化による画像の類似判定

北海道大学大学院情報科学研究科 ○栗田 涼平, 渋川 勝久, 金井 理, 岸浪 建史

要 旨

近年, デジタルカメラなどの普及により大量の画像が流通するようになった. それに伴い, 短時間で効率よく画像を検索したいというニーズが高まっている. そこで, 画像を階層的に分割し, 分割した各領域で局所的に画素の平均値を求め, 階層的に符号化した4分木符号群を特徴量とし, その特徴量を比較する画像の類似判定法を提案する.

1. はじめに

従来, 画像の検索手法の主流はキーワードによる検索であった. しかし, 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といった点や, 画像に表れる内容を全ての確か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, 人手を必要とせずに画像や映像の内容(content:一枚の画像のどの辺りが明るいかなどということ)に基づいて抽出された特徴量による類似検索(Content-based Image Retrieval:CBIR)が必要とされている.

今回は, 本手法の有効性と特徴を確認するため, 明度(濃淡)に焦点をしばった報告を行う.

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, 明度(濃淡画素値)に変換し, その各画素値に対し, [1]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, 分割領域ごとに画素値の局所平均をIntegral Imageを用いて計算する. 分割領域ごとに, 分割前と分割後とで局所平均の変化を符号化し, 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算出

3.1 明度に対する検討

明度(lightness)とは, 相対的な明暗に関する視覚の属性であり, 主として関連色(related color)に用いる. 例えば, 白色と灰色を並べて同じ照明の下で見れば, その相対関係から白色を必ず明るいと感ずる. この知覚が明度であり, 明度には反射率が対応している.

XYZ表色系でのYの値は, 反射物体の視感反射率(luminous reflectance)と呼ばれ, 明度と相関し, RGB信号値から(1)式により変換される.

$$\begin{aligned} \bar{R} &= R/255, \bar{G} = G/255, \bar{B} = B/255 \\ Y &= 0.2123\bar{R}^{2.2} + 0.7011\bar{G}^{2.2} + 0.0864\bar{B}^{2.2} \end{aligned} \quad (1)$$

しかし, Yの値は明度に対して均等間隔となっていない. すなわち, Yが10, 20, 30, ...と変化しても, 明度は均等に増加して見えない. 明度が均等となるようにYを修正した尺度を, 等明度尺度(uniform lightness scale)と呼び, (2)式で等明度尺度L*に変換する.

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (2)$$

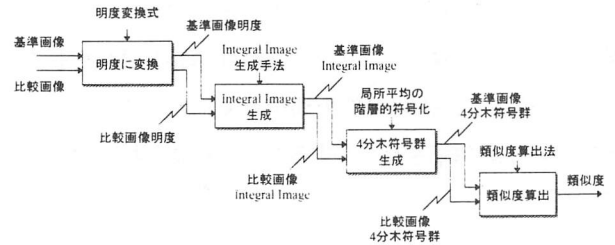


図1 本研究の概要

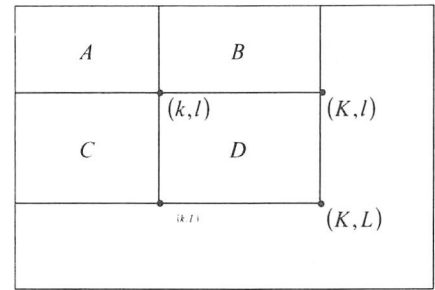


図2 Integral Image

3.2 Integral Image 生成

矩形領域の画素の総和を求める処理には, [1]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(3)式で定義される.

$$II(k, l) = \sum_{k' \leq k, l' \leq l} i(k', l') \quad (3)$$

$II(k, l)$ は(4)(5)式から, 画像を一回走査するだけで求めることができる.

$$s(k, l) = s(k, l-1) + i(k, l) \quad (4)$$

$$II(k, l) = II(k-1, l) + s(k, l) \quad (5)$$

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(6)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.

$$sum = II(K, L) - II(K, l) - II(k, L) + II(k, l) \quad (6)$$

3.3 4分木符号群の生成

まず, 画像を4'分割した段階を階層iとし, 分割領域ごとに1~4'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を図3のようにとると, nは(7)式のようになる.

$$n = 4(m-1) + 1 \quad (7)$$

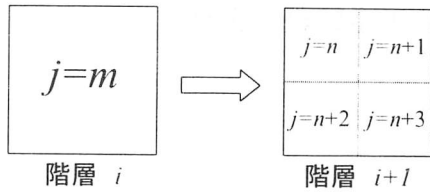


図3 分割領域の番号規則

階層 i , j 番目の分割領域での画素値の局所平均 $pml(i, j)$ と階層 $i-1$ でその領域の親となる領域の局所平均とを比較し, その変化を(8)式により $c(i, j)$ と符号化する.

$$c(i, j) = \begin{cases} 1 & pml(i-1, \lceil j/4 \rceil) < pml(i, j) \\ 0 & pml(i-1, \lceil j/4 \rceil) = pml(i, j) \\ -1 & pml(i-1, \lceil j/4 \rceil) > pml(i, j) \end{cases} \quad (8)$$

全階層について符号を求め, 図4に示すような階層的な4分木符号群 $T(i, j)$ を生成する.

3. 4 類似度算出

基準画像と比較画像の符号群を比較する. 基準画像と比較画像の符号群を $T(i, j)$, $\bar{T}(i, j)$ とすると, 階層 i , j 番目の符号一致度 $a(i, j)$ は(9)式で定義される.

$$a(i, j) = \begin{cases} 1 & T(i, j) = \bar{T}(i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

類似度算出は(10)式により求めた. 概念図を図4に示す. 各階層の重み付き符号一致率の総和を, 階層別の重みの総和で割り, 類似度 S とした.

$$S = \frac{\sum (w_i \sum a(i, j) / 4^i)}{\sum w_i} \quad (10)$$

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, 1GBRAM で行った. 実験は, アンケート調査結果を基準とし, 明度に Y 値を採用するか L^* を採用するかの違い, 総階層数による違い, 明度を連続階調とするか離散階調(Level数4~32)とするかの違いを調べた. 図5に, 基準画像に対して14枚の画像を似ている順に並べさせた14人のアンケート結果と, 代表的な実験結果を示す. 画像の下の数字はアンケートの平均順位と類似度を表している. 表1に $w_i = 2^{i-1}$ にて総階層数, 明度, Level を変化させて実験した結果を示す. 色のついた部分は正解率が不完全な結果となったことを示す. 正解率とは, アンケート結果による p 枚の上位画像群から, 実験による類似度の高い p 枚に選ばれている上位画像群の割合である.

5. まとめと考察

類似判定実験結果より, 総階層数は4よりも5のほうが良い結果となるのがわかる. また, Levelは8か10がアンケート結果に近い結果となった. これは, マンセル表色系で明度を10段階に分けていることから予想されたが, 今回の実験で確認された.

この手法は, 明度のほかに色情報を用いることにより, カラー画像への拡張が容易である.

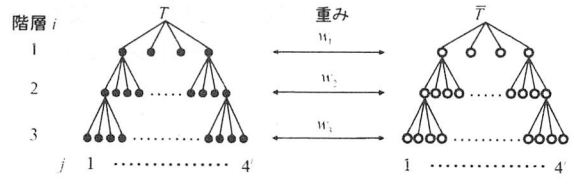


図4 階層的4分木符号群と類似度算出の概念図



図5 アンケート結果と類似判定実験結果

表1 実験結果

正解率(1): $p=3$, 正解率(2): $p=4$, 正解率(3): $p=7$

総階層数	明度	Level	正解率(1)	正解率(2)	正解率(3)
4	Y	4	2/3	4/4	5/7
		8	3/3	4/4	6/7
		10	3/3	4/4	6/7
		16	3/3	3/4	5/7
		32	3/3	3/4	6/7
		連続値	3/3	3/4	6/7
	L*	4	2/3	3/4	5/7
		8	3/3	4/4	5/7
		10	3/3	4/4	5/7
		16	3/3	4/4	6/7
		20	3/3	4/4	6/7
		連続値	3/3	4/4	6/7
5	Y	4	3/3	4/4	5/7
		8	3/3	4/4	6/7
		10	3/3	4/4	7/7
		16	3/3	4/4	6/7
		連続値	3/3	3/4	6/7
		L*	4	2/3	4/4
	8		3/3	3/4	7/7
	10		3/3	4/4	6/7
	16		3/3	4/4	6/7
	連続値		3/3	4/4	6/7

参考文献

- [1] Paul Viola, Michael Jones: "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple" Proc.of IEEE Conf.CVPR, 1, pp.511-518 2001
- [2] 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