

絵画画像の類似検索方法の実験的研究

Experimental Study of Similarity Retrieval Method for Painting Images

桑原 貴昭† 桂川 陽‡ 宮本 康正‡ 田方 一樹‡ 周東 晃‡ 嶋 好博‡
Takaaki Kuwahara You Katsuragawa Yasumasa Miyamoto Kazuki Takata
Akira Shutou Yoshihiro Shima

1. はじめに

近年のデジタルカメラやデジタルビデオカメラ、インターネットの普及により静止画や動画などのさまざまな画像の利用が増えてきた。特に静止画像データの検索の重要性が高まっている。現在、画像検索として一番普及しているのはキーワード検索である[1]。これはネット上やデータベース上でキーワードに類似したテキスト(文字列)などを検索する手法であるが、この手法はテキストに依存するので、満足する結果が得られない場合がある。

画像を用いた検索手法としては印象語と画像を関連づけた絵画画像検索法[2][7]、画像の特徴をグラフ表現しマッチングを行う図面画像検索法[3][6]、カラーヒストグラムに基づく画像検索法[5]、領域の形状や配置を基にした衛星画像検索法がある[4]。

本研究で検索対象とする後述のような連作の絵画画像に対してこれらの検索法は考慮されていない。

ある作家が同じモチーフで制作している連作の絵画がある。例えばクロード・モネの「睡蓮」やゴッホの「ヒマワリ」などである。本研究の目的はある作家の一連の絵画を多数の絵画の中から求める連作の絵画画像検索手法を提案することである。ここで類似画像とは、同じ作家が同じモチーフで製作された一連の絵画画像である。本実験では従来知られている特徴量やマッチング方法を組み合わせて類似画像検索法の比較実験を行う。

2. 検索の原理

2.1 従来技術の紹介

従来技術を次の3つの観点から分類する。すなわち、(a)検索対象サンプル、(b)類似検索の特徴量、(c)マッチング方法から分類する。

- (a)検索対象のサンプルとして衛星画像、写真、絵画、ロゴマーク、伝票などがある。
- (b)類似検索の特徴量として主に濃度値、カラーヒストグラム、テクスチャ(周波数)、微分(エッジ)、配置、形状がある。
- (c)マッチング方法としては累積二乗誤差、相関係数、グラフマッチング、多変量解析などがある。

2.2 類似画像検索の基本原則

本研究の基本原則を上記に述べた特徴量とマッチング方法の2つの観点から説明する。すなわち、(a)検索に用いる特徴量、(b)検索に用いるマッチング方法から説明する。まず、2枚の画像 P, Q からそれぞれ特徴量を求める。一方の画像 P は検索のためのキー画像である。もう一方の画像 Q は検索対象の一枚の画像である。

†明星大学大学院電気理工学研究科工学専攻

‡明星大学理工学科電気電子システム工学科

(1) 検索用の特徴量

検索用の特徴量は、(a.1)濃度値、(a.2)カラーヒストグラム、(a.3)微分(エッジ)の3種類を採用する。

(a.1)濃度値による特徴量

画像の各画素において三原色成分の濃度値を直接特徴量とする。

(a.2)カラーヒストグラムによる特徴量

画像の一次元の濃度分布を特徴量とする。三原色成分の濃度分布を求め一次元のデータ特徴量とする。

(a.3)微分(エッジ)による特徴量

画像の階調値の差分を求め特徴量とする。三原色成分のそれぞれの微分画像をラプラシアンフィルタで求める。

(2) 検索のためのマッチング方法

検索のためのマッチング方法は、(b.1)累積二乗誤差、(b.2)相関係数の2種類を採用する。

(b.1)累積二乗誤差によるマッチング方法

累積二乗誤差(残差)Eとは(1)式のようにになっており、二枚の画像がある場合にその画像を P, Q とした時に、P の画像の三原色の赤を r, 緑を g, 青を b とおき、Q の画像の三原色を赤, 緑, 青の順に r', g', b' とした時に P の画像に対して Q の画像の三原色を引き、二乗したのが(1)の式である。この時に画像 P, Q がまったく同じものであれば誤差は 0 となる。誤差が大きいくほど画像 P, Q は異なる。

$$E = \sum_{x,y} (r - r')^2 + (g - g')^2 + (b - b')^2 \dots (1)$$

(b.2)相関係数によるマッチング方法

相関係数とは2つの変数の関係を記述する統計量である。マッチング方法としては、(2)式で示す相関係数 r を使用してマッチングを行う。なお、MN は画素総数である。Pa は原画像の平均値、Qa は復元画像の平均値である。相関係数 r は、|1.0|に近いほど相関が強いといえる。相関係数には、正の相関と負の相関がある。例えば画像 P, Q が同一の物だと相関係数は 1.0 になる。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P(i,j) - P_a)(Q(i,j) - Q_a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P(i,j) - P_a)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (Q(i,j) - Q_a)^2}} \dots (2)$$

(3) 実験で用いる画像検索手法

特徴量として、(a.1)濃度値、(a.2)カラーヒストグラム、(a.3)微分(エッジ)の3種類、検索のためのマッチング方法として、(b.1)累積二乗誤差、(b.2)相関係数の2種類をそれぞれ組み合わせ計6種類の画像検索手法を採用する。特徴量として濃度値、マッチング方法として累積二乗誤差を用

いる検索手法 M1, 特徴量としてカラーヒストグラム, マッチング方法として累積二乗誤差を用いる検索手法 M2, 濃度微分, 累積二乗誤差を用いる検索手法 M3, 濃度値, 相関係数を用いる検索手法 M4, カラーヒストグラム, 相関係数を用いる検索手法 M5, 濃度微分, 相関係数を用いる検索手法 M6 の 6 種類である。これら, 6 種類の検索手法を用いて実験を行う。

3. 検索実験

3.1 サンプル画像

絵画画像のサンプル画像として似ている作風の多いモネの「睡蓮」を中心にルネサンス期, バロック期, ロココ期などから 119 枚を用いた。モネの「睡蓮」の絵画を 15 枚収集した。画像のサイズは 190×183~621×600 である。実験では比較的程序で操作しやすい PPM という画像ファイル形式を使用する。収集したモネの絵画画像は mone1 から mone15 までの名称を付けた。



(a)キー画像 mone14 (b)キー画像を微分した画像
図1 実験に使用したキー画像

3.2 検索実験の概要

実験で使用した検索プログラムは画像の入力, 正規化, 特徴量の検出, マッチング, 類似度によるソート(クイックソート), 出力画像の各モジュールからなり, C 言語で作成している。実験の手順は, まず図 1 で示すようなキー画像とデータベースに登録されている画像を入力し正規化する。画像のサイズは 64×64 画素とした。次に特徴量を求め, マッチングを行う。最後にマッチングの良好画像を検索結果画像として出力する。表 1 に示すように類似度の高いもの(誤差値が少ないもの)から並び替えて出力している。この手順を 6 種類の画像検索手法 M1 から M6 までで行い比較評価する。

表1 検索手法 M1 の実験結果(上位 4 位)

順位	累積誤差値	備考
—	0	キー画像 mone14
1	18167458	mone7
2	19116022	mone3
3	21525416	mone4 睡蓮 朝(部分)
4	27873260	mone5 睡蓮 朝(部分)

4. 実験結果と考察

検索の精度は次に述べる再現率, 適合率で評価する。

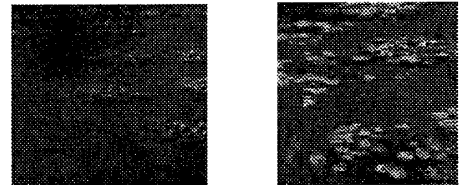
再現率 = 検索された正解画像数 ÷ 正解画像数 … (3)

適合率 = 検索された正解画像数 ÷ 検索された画像数 … (4)

ここで, (3)式の正解画像数とはモネの「睡蓮」の連作 14 枚である。検索された正解画像数とは類似度上位の中に検索されたモネの「睡蓮」画像の数である。(4)式の検索さ

れた画像数とは順位付けされた検索結果画像から選んだ任意の枚数である。ここでは類似度上位 8 枚と上位 16 枚をそれぞれ検出された画像数としている。図 2 に検索された結果画像を示す。

表 2 には 6 種類の画像検索手法 M1 から M6 までの再現率, 適合率を示す。特徴量は濃度, マッチング方法は累積二乗誤差を用いる画像検索手法が再現率, 適合率共に他の手法と比べて高い精度が得られた。



(a)順位 1 画像 mone7 (b)順位 2 画像 mone3
図2 検索された結果画像の例

表2 6種類の画像検索手法による検出精度

	特徴量 マッチング方法	再現率 (%)	適合率(%)	
			上位 8 位	上位 16 位
M1	濃度	28.57	50.00	25.00
	累積二乗誤差	(4/14)	(4/8)	(4/16)
M2	ヒストグラム	7.14	12.50	6.25
	累積二乗誤差	(1/14)	(1/8)	(1/16)
M3	濃度微分	14.29	25.00	12.50
	累積二乗誤差	(2/14)	(2/8)	(2/16)
M4	濃度	14.29	0.0	12.50
	相関係数	(2/14)	(0/8)	(2/16)
M5	ヒストグラム	28.57	12.50	25.00
	相関係数	(4/14)	(1/8)	(4/16)
M6	濃度微分	14.29	12.50	12.50
	相関係数	(2/14)	(1/8)	(2/16)

5. おわりに

絵画画像 119 枚の中からモネの「睡蓮」連作画像 15 枚を画像検索により求めた。6 種類の画像検索手法を用いて比較評価を行った。今後の課題としては, サンプル画像を増やすこと, 他の特徴量やマッチング方法も採用し比較実験を行う。

参考文献

- [1] Google イメージ検索 <http://images.google.co.jp/>
- [2] 加藤 俊一 “電子美術館における内容検索” 情報の科学と技術, Vol.43, No.7, pp.611-621, July 1993
- [3] 周 長明ほか, “領域の形状特性に基づく類似画像検索” 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.2, pp.327-328, February 1992
- [4] 脇本 浩二ほか, “グラフ表現を利用した図面の類似検索方式”, 信学論, Vol. J77-D-2, No.7, pp.1302-1310, July 1994
- [5] 井上 光平ほか, “低次元でのフィルタリングを利用した画像検索” 信学論, Vol. J84-D-II, No.1, pp.222-224, January 2001
- [6] 北本 朝展ほか, “最適化原理に基づいた衛星画像の類似検索” 信学技報, Vol.94, No.294, pp.15-22, October 1994
- [7] 栗田 多喜夫ほか “印象語による画像データベースの検索” 情報処理学会論文誌 Vol.33, No.11 1992