

クエリー画像描画による画像検索の構図テンプレートを用いた高速化

Speed-up of Query-Sketched Image Retrieval using Composition Template

望月 貴裕† 住吉 英樹† 藤井 真人†
Takahiro MOCHIZUKI Hideki SUMIYOSHI Mahito FUJII

1. まえがき

ソフトウェア、ハードウェアの高度化や、通信環境の整備により、通信網上の広い範囲に蓄積された様々な画像、映像データにユーザが容易にアクセス可能となった。デジタルカメラなどで撮影した静止画をネット上で共有するサイト Flickr[1]、動画を視聴および共有するサイト Youtube[2]などは、世界中のユーザから日々大量のアクセスがある。また、NHKも、風景や動物などを撮影した素材映像を無償提供する Web サイトの運用を開始しており[3]、今後のユーザの増加が期待されている。

そのような流れの中で、蓄積された画像、映像データを効率的に検索する技術が有用となっている。これまでの検索手法としてはキーワード検索が一般的であるが、データに付与されたキーワードが的確でない場合には、検索意図に合致したデータに辿り着けないケースもある。このような場合などでは、キーワード以外での検索意図表現による“ラフな”データ検索も十分有用と考えられる。

我々は、問合わせ画像（クエリー画像）の簡易描画による画像検索手法を提案した[4]。この手法は、[3]で扱われる風景などのサムネイル画像検索に適した手法である。しかし、今後、検索対象となる画像数の増加が見込まれるため、検索コストの増大が懸念される。

そこで、[4]の改良案として、構図テンプレートを用いた画像分類による画像検索手法の高速化を提案する。検索対象の画像集合を、ブロック単位での構図情報に基づき有限個の構図テンプレートのグループへ分類しておく。そして、描画したクエリー画像の構図情報に対応したテンプレートのグループのみを検索対象とすることで、検索コストが削減される。

以下、2章にて[4]の手法の概要、3章にて構図テンプレートを用いた高速化手法について述べ、4章で検索実験結果と本提案手法の有効性を示す。

2. クエリー画像描画による画像検索

本章では、本稿の提案のベースとなる、クエリー画像の描画による画像検索手法[4]の概要について述べる。この手法は、検索対象画像集合を予め解析して抽出した、出現頻度の高い代表的な色およびテキストチャ（ブロック画像）のリストをアイテムとしてクエリーを描画することで、検索意図と検索対象の画像特徴が合致した画像検索を実現するものである。

2.1. 特徴ベクトルと描画アイテム生成

特徴ベクトルは、画像を分割したブロック領域単位での色特徴およびテキストチャ特徴により構成される。色特徴ベクトルは、心理的印象を反映した色表現の一つである HSV 色空間における平均値ベクトルとし、テキストチャ特徴ベクトルは、画像のテキストチャ情報を多面的に捉えていると考

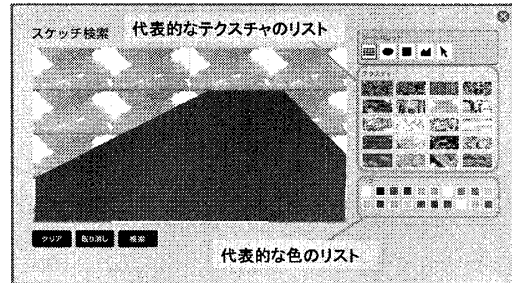


図1 クエリー画像描画 GUI 例

えられるフラクタルシーケンス[5]を採用した。

描画アイテムとしての色リストは、検索対象画像集合のヒストグラム解析により生成し、ヒストグラム度数の高い順に提示する。また、テキストチャリストは、検索対象画像集合の全ブロック領域画像の、画像特徴ベクトルの類似性に基づいて生成されたクラスター群のクラスター代表画像として抽出し、クラスター要素数の大きい順に提示する。

2.2. 検索処理

2.1 節で生成した描画アイテムを用いて、ブロック単位あるいは簡単な図形の塗りつぶし描画によりクエリー画像を生成する。図1に GUI の一例とそれを用いたクエリー画像の生成例を示す。

描画したクエリー画像から、2.1 節と同様の特徴ベクトル v_Q を計算し、 v_Q と予め計算しておいた検索対象画像集合の各特徴ベクトル v_I との類似度 $S(v_Q, v_I)$ を式(1)のように計算する。

$$S(v_Q, v_I) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \lambda_{ij} S_C(v_Q, v_I, i, j) + (1 - \lambda_{ij}) S_T(v_Q, v_I, i, j) \quad (1)$$

ここで、 M, N はそれぞれ、横、縦方向の画像分割数である。また、 $S_C(v_Q, v_I, i, j)$ 、 $S_T(v_Q, v_I, i, j)$ はそれぞれ、 v_Q と v_I のブロック領域 (i, j) における色特徴ベクトル、テキストチャ特徴ベクトルに関するユークリッド距離に基づいた類似度である ($i=1, \dots, M, j=1, \dots, N$)。 λ_{ij} は色およびテキストチャの類似度への反映度を定める重み係数 (0~1) であるが、ブロック領域 (i, j) が単色で塗りつぶされた場合は $\lambda_{ij}=1.0$ とする。

全ての検索対象画像について $S(v_Q, v_I)$ を計算した後、その値の高い上位 N_{Hit} 枚の画像を検索結果とする。

3. 構図テンプレートによる検索の高速化

3.1. 構図テンプレート

一般的な画像は、一面の桜、空と山、ビルに囲まれた道路など、ある典型的な構図で構成されている。そこで、本手法では、画像を $M \times N$ に分割したブロック領域単位で構成された有限個の「構図テンプレート」を準備し、それを用いて画像集合を予め分類しておくこととする。本稿では、複雑かつ厳密な構図情報による分類は不要と考え、「一面

† NHK 放送技術研究所

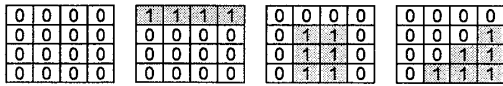


図2 構図テンプレート例

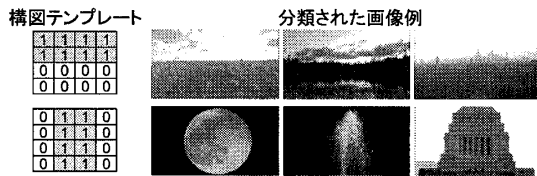


図3 構図グループへの分類例

の桜」のように全ての領域の画像特徴(色特徴)が類似しているケースと、「物体と背景」「空と山」などのように異なる画像特徴を持つ2つの領域に分ける場合のみで構図テンプレートを準備することとした。図2に $M=N=4$ とした場合の構図テンプレート例を示す。同じフラグを持つ(0 or 1)の領域が同じ画像特徴の領域を表す。

3.2. 構図テンプレートによる検索対象画像の分類

検索対象画像集合を構図テンプレートに対応した「構図グループ」に分類する。処理の流れを以下に述べる。

1. 全ブロック領域 ($M \times N$ 分割) を、色特徴ベクトルの類似度に基づいて1つないし2つにクラスタリングし、同クラスに属するブロック領域に同じフラグ(0 or 1)を付与する。
2. 1で付与した画像 I のブロック領域単位のフラグ系列 B_I と、各構図テンプレート T のフラグ系列 B_T との類似度 $S_S(B_I, B_T)$ を式(2)のように計算する。

$$S_S(B_I, B_T) = \max \{ S'_S(B_I, B_T), S'_S(B_I, \tilde{B}_T) \} \quad (2)$$

ここで $S'_S(B_1, B_2)$ は、引数である2つのフラグ系列 $B_1=(b_1(1,1), \dots, b_1(M,N))$ と $B_2=(b_2(1,1), \dots, b_2(M,N))$ の類似度であり、式(3)のように求める。また \tilde{B}_T は、 B_T の0と1を反転したフラグ系列である。

$$S'_S(B_1, B_2) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (1 - |b_1(i, j) - b_2(i, j)|)}{MN} \quad (3)$$

3. $S_S(B_I, B_T)$ が最も高い構図テンプレート T に対応した構図グループへ画像 I を分類する。

全ての検索対象画像に対して上記の処理を施すことにより、構図テンプレートに対応した有限個の構図グループが生成される。図3に構図テンプレート例とそれに対応した構図グループへ分類された画像例を示す ($M=N=4$)。

3.3. 構図グループでの絞り込みによる検索処理

クエリー画像を描画し、2.3節で述べた検索処理を行う。その際、前節で生成した構図グループにより検索対象を絞り込む。以下に処理の流れを述べる。

1. クエリー画像に対して、3.2節1-3と同様の処理を行い、構図に関するフラグ系列 B_Q を生成する。
2. 各構図テンプレート T について $S_S(B_Q, B_T)$ を求める。
3. $S_S(B_Q, B_T)$ が閾値 S_{STH} 以上となる T に対応した構図グループに属する画像のみを検索対象とする。

本処理により、画像の構図情報を保持しながら、検索対象を絞り込み、計算コストを削減することができる。

表1 比較実験結果

クエリー	検索結果	一致率	時間比
1		15/15	0.5
2		14/15	0.33
3		15/15	0.5
4		14/15	0.83
5		13/15	0.29
計		95%	0.48



図4 提案手法によって取り除かれた画像

4. 実験結果

[3]で提供されているものと同等の各素材映像から人手で切り出した3603枚の代表画像(320x180 pixel)を対象に、 $M=N=4$ 、結果出力画像数 $N_{HT}=15$ 、構図テンプレートの数を94、構図テンプレートによる絞り込みを行わない場合を比較手法として、クエリー描画による比較実験を行った。

表1に5種類のクエリー画像による比較実験結果を示す。

- クエリー: 描画したクエリー画像
- 検索結果: 提案手法による検索結果の類似度上位3枚
- 一致率: 比較手法の上位 N_{HT} 枚の中の、提案手法の上位 N_{HT} 枚にも含まれる画像数の比率
- 時間比: 比較手法での計算時間を1とした場合の提案手法による計算時間の比率(1より小さい値ならば、比較手法よりも提案手法の計算時間が短い)

ここでの計算時間とは、比較手法が「全画像との類似度計算時間」、提案手法が「3.3節1-3の処理時間+絞り込まれた画像集合との類似度計算時間」である。本表が示すように、提案手法は計算時間が短い(平均52%削減)も関わらず、比較手法と同等の検索結果(平均一致率95%)を得ていることがわかる。また、提案手法により取り除かれた画像については、図4に示した通り、クエリー画像と構図の差異が大きいものが多く、提案手法が構図の類似性を検索結果により強く反映させる長所も持つことがわかる。

5. あとがき

本稿では、クエリー画像描画による画像検索における、構図テンプレートを用いた画像分類による検索処理の高速化手法を提案し、比較実験によりその有効性を示した。

今後の課題としては、まず、テンプレートの自動リストアップが挙げられる。また、さらなる検索対象データ量の膨張を視野に入れ、構図だけでなく、その他の画像特徴、領域毎のユーザの注目度などを利用した分類手法およびデータ構造を確立する必要がある。

参考文献

[1] Flickr <http://www.flickr.com/>
 [2] Youtube <http://www.youtube.com/>
 [3] NHK クリエイティブライブラリ <http://cgi4.nhk.or.jp/creative/cgi/page/Top.cgi>
 [4] 望月, 蓼沼, 藤井, 伊藤: "データベース中の代表的なテキストと色を用いて作成した問合せ画像による画像検索," 信学論, Vol. J88-D-II No.8, pp.1729-1739 (2005)
 [5] 望月, 藤井, 伊藤: "新しいフラクタル特徴とロバストな構図情報を用いた画像検索," 映情誌, Vol.57 No.6, pp.719-728 (2003).