

投票による部分単位でのマッチングを用いた画像検索手法*

竹田 信洋

東北大学大学院
情報科学研究科[†]

阿部 亨

東北大学
情報シナジー機構[‡]

木下 哲男

東北大学
情報シナジー機構[‡]

1 はじめに

近年、記憶装置の大容量化により膨大な数の画像の蓄積が可能となっており、また、画像処理技術の発展により、蓄積された大量の画像を用いる種々の応用分野が広がってきている。これに伴い、大量の画像を検索する手法の必要性も増大してきている。

本稿では、ユーザの様々な要求に対応できる画像検索を実現するために、画像検索の各ステップにおいて要求される特徴・機能について検討を行う。さらに、これらの特徴・機能を備えた画像検索を実現するために、画像中の部分単位でのマッチングを投票により行う手法を提案する。

2 画像をクエリとする検索

画像検索は、目的により大きく二つに分けられる。一つは画像の全体的特徴を指定し、それに適合するものを蓄積された画像から検索するものであり、もう一つは画像中の対象領域（物体領域など）を指定し、それを含む画像を検索するものである。ここでは、より詳細な画像検索が可能である後者を対象とする。

画像検索を行う際のクエリには、キーワードと画像（ユーザが描いた概略図、例とする実画像など）とが考えられる。キーワードをクエリとして用いる検索を行う場合は、蓄積されている画像に対し事前にキーワードを付加する必要がある。これを行うためには膨大な作業量が必要とする。また、ユーザが適切なキーワードを知らない場合や、キーワードでは検索対象を表現できない場合など、キーワードによる検索が困難な状況も存在する。本稿では、より直観的な検索が可能であり、今後ますます重要性が高まると考えられる、画像をクエリとして用いる画像検索を対象とする。

3 画像中の対象の記述

画像をクエリとする画像検索では、画像として入力・指定された検索対象、および、蓄積されている画像中の対象をどのように記述するかが問題となる。画像中の対象を記述する代表的な手法として、対象の特徴を領域で記述する手法と、特徴点で記述する手法がある [1]。

3.1 領域による対象の記述

この手法では、各画像を領域分割し、複数の領域の集合として対象を記述する。この手法を用いる場合、入力した画像中の領域を選択することで検索対象が指定され、選択された領域と蓄積された画像中の領域とのマッチングを行うことで画像検索が行われる。

領域により対象を記述すると、領域の面積、形状等の特徴が検索に利用でき、また、一般に、少数の領域で対象を記述することができる。しかし、領域分割により得られる領域は、画像を撮影したときの状況（光の状況、遮蔽の有無など）や、対象の向き・形状など、画像の状態により様々に変化する。従って、同じ対象でも、入力画像と蓄積された画像とで領域が1対多に対応するなど、対象を記述する領域が大きく異なる場合があり、単純な画像以外では、安定した検索を行うことが難しい。

3.2 特徴点による対象の記述

この手法では、画像中で特徴的な点を抽出し [2]、特徴点の集合として対象を記述する。この手法を用いる場合、入力した画像中の特徴点を選択することで検索対象が指定され、選択された特徴点と蓄積された画像中の特徴点とのマッチングを行うことで画像検索が行われる。

特徴点自体は、面積・形状などの特徴を表現できないため、領域により対象を記述する場合に比べ、検索に利用できる特徴が少なくなると考えられる。さらに、一つの対象を記述するためには、一般に、多数の特徴点が必要となる。

しかし、特徴点を抽出する場合には、画像の状態が異なっても、一つの特徴点が複数の特徴点として抽出されることはない。従って、領域により対象を記述した場合とは異なり、入力画像と蓄積された画像とで特徴点が1対多に対応することはなく、画像検索のためのマッチングが比較的容易になると考えられる。

* An Image Retrieval with Feature Point Voting; Nobuhiro Takeda, Toru Abe, Tetsuo Kinoshita

[†] Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

[‡] Information Synergy Center, Tohoku University

4 類似度の許容範囲

クエリとどの程度類似した画像を検索結果として提示すべきかは、ユーザがどのレベルでの検索を想定しているかによって大きく異なる。

画像検索では、図1のような階層を考えることができる。抽象的なレベルでの検索ならば、例えば、“車”が写っている画像を検索する場合、車種や向きなどに拘らず、“車”が写っている画像を検索結果として提示する必要がある。また、具体的なレベルでの検索ならば、クエリとして入力された“車”と同じ車種・同じ向きのものを含む画像を検索結果として提示する必要がある。これら両者の中間段階も種々のレベルが考えられ、ユーザがどのレベルの検索を想定しているかは場合により異なるため、クエリに対し許容する類似度の範囲は、簡単に指定でき柔軟に調節できる方が望ましい。

クエリに対し許容する類似度の範囲を、ユーザが容易に指定するための手法として、適合性フィードバックを用いるアプローチが考えられる[3]。例えば、初期クエリに対する検索結果として提示された画像から、ユーザにいくつかを選択してもらい、選択された画像を比較する。比較結果に基づき、クエリ（検索対象）自体を修正するだけでなく、ユーザが許容する類似度の範囲を推定することで、画像検索システムに対し、許容する類似度の範囲を指示することが可能になると考えられる。

5 投票による特徴点のマッチング

入力した画像と蓄積された画像とで特徴点のマッチングを行う場合、投票に基づく手法を用いることで柔軟なマッチングが可能になると考えられる[4]。

入力画像中でユーザが選択した特徴点を P_i 、蓄積された画像中の特徴点を p_j とし、各々の座標を (x_i, y_i) 、 (u_j, v_j) とする。例えば、特徴点の平行移動・回転に対応したマッチングを投票により行う場合、式(1)で表さ

れるヘルムート変換の式へ (x_i, y_i) 、 (u_j, v_j) を代入し、 θ を変換させながら、各 θ_k に対する B_k, C_k を求め、投票空間 $B-C-\theta$ 中の (B_k, C_k, θ_k) へ値を投票する。投票値には、 P_i と p_j の特徴量（輝度値など）から求めた両者の類似度 S_{ij} を用いる。

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_k & \sin \theta_k \\ -\sin \theta_k & \cos \theta_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_k \\ C_k \end{bmatrix} \quad (1)$$

入力画像中でユーザが指定した全特徴点と、蓄積された画像中の全特徴点とで以上の投票を繰り返す。投票処理終了後、投票空間内で投票値が最大となる箇所を決定すれば、画像中で検索対象が存在する位置・向きとクエリに対する類似度を求めることができる。

投票のより特徴点のマッチングを行う際に

- 推定された許容範囲に基づき、 $B-C-\theta$ 空間中で投票を行う範囲を制限
- 推定された許容範囲に基づき、類似度 S_{ij} を求める基準を変更し投票値を調整

すれば、クエリに対し許容する類似度の範囲を投票処理に導入することができ、ユーザの様々な要求に対応できる画像検索が可能になると考えられる。

6 おわりに

本稿では、ユーザの様々な要求に対応できる画像検索を実現するために、画像検索の各ステップにおいて要求される特徴・機能について検討を行い、これらを実現するために、画像中の部分単位でのマッチングを投票により行う手法を提案した。

今後、各ステップでのアルゴリズムについて具体的な検討を進め、試作システムの実装を行う予定である。

参考文献

- [1] 柳井 啓司, “一般物体認識の現状と今後,” 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2006-76, pp.121-134 (2006).
- [2] N.Sebe, et al., “Evaluation of salient point techniques,” Image & Visual Computing, Vol.21, pp.1087-1095 (2003).
- [3] X.S. Zhou, et al., “Relevance feedback in image retrieval: A comprehensive review,” Multimedia Systems, Vol.8, pp.536-544 (2003).
- [4] 佐治 斉 他, “可変サイズブロック分割を用いたテンプレートマッチング,” 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J88-D-II, No.2, pp.450-455 (2005).

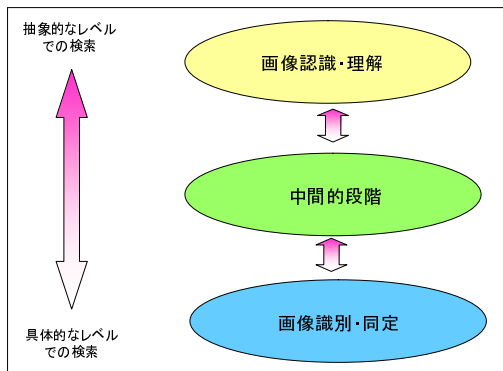


図1 画像検索の階層