

画像クラスタリングによる画像検索高速化手法

2S-5

平田 恭二

原 良憲

NEC C&C 情報研究所

1. はじめに

視覚的な手がかりを用いた検索を実現するために、筆者らは概略画像を利用する画像検索手法について研究を進めている[1]-[4]。提案方式では、利用者の描く簡単なラフスケッチを手がかりとした検索を実現しており、画像中の構成要素の構造・位置・形状・色といった視覚的な手がかりを基に必要な画像を選び出すことができる。視覚的な手がかりに基づいて画像をあらかじめ分類・関係付けしておくことは、実際に類似画像に基づくナビゲーションを行ううえで有用である。また、大規模データベースに対して検索を行う際、探索範囲を狭めて検索の処理の高速化を行うことが可能になる。

本稿では、画像検索高速化のため、画像の形状・類似度に基づいて画像を自動分類する手法について述べる。画像間に新たな類似度を定義し、各画像間の類似関係に基づいて画像全体をクラスタリングする。また、この類似尺度を用いて得られるクラスタリング結果から、画像検索の高速化実験を行い結果を検討する。

2. 概略画像を用いた画像検索[4]

筆者らが提案する概略画像を用いた画像検索について簡単に述べる。

システムは画像入力時にその画像に描かれているものの形状、位置、色合い、構造といった特徴を自動的に抽出し、ピクチャインデックス(概略画像)として蓄える(インデクシング)。利用者は、簡単なラフスケッチを作成しシステムに提示する(問い合わせ)。システムはラフスケッチとデータベース中の概略画像との整合を行い、候補画像を利用者に(複数)提示する(マッチング)。利用者は提示された画像からばらばらめくりなどしながら必要な画像を選び出す(ブラウジング)。

本手法を用いることにより利用者は、形状・構造・色などの画像に対する断片的な記憶から簡単に必要な画像を検索することができ、これによりより親しみ易い柔軟なインタフェースの構築が可能になる。

現在、整合時に全ての概略画像に対して整合度評価を行っている。この方式はデータベース中の画像枚数に比例した検索時間を要し、大規模な画像データベースに対して検索時間がかかりすぎるという問題がある。この問題に対して、マッチングの際定義した画像間の類似度を用いて、画像をあらかじめ分類・関係付けして蓄積しておくことにより、検索時の探索範囲を狭めて、処理を高速化することが可能である。またこのような分類・関係付けは類似画像に基づくナビゲーションにも有効である。

3. 構造情報に基づく画像の類似度

構造情報に基づく画像の類似度として、マッチングの際に定義した画像の類似度を用いる[4]。

現在、概略画像は、 24×24 のサイズでおよそ5~8領域に、色やテクスチャ、エッジ情報などを基に領域分割されていて、各々の領域に色情報等の付加情報がついている形態となっている。

マッチングの際の類似度は、利用者の描くラフスケッチ(問い合わせ画像)の曖昧性を考慮するために

①概略画像と問い合わせ画像の領域が一对一に対応するように概略画像と問い合わせ画像の各領域の統合処理を行う。

②対応領域毎に形状や位置情報、色情報をもとに類似度を計算する。

の2段階のステップに分けて処理を行う。

概略画像の要素と問い合わせ画像の要素を対応づけた後に整合評価を行うことにより、利用者の記憶が部分的であったり、概略画像が完全に領域を分割しきれていなかったり、あるいは利用者と視点が異なっているために生じる構成要素の不整合の問題を解決する。全ての画像に対して得点を計算し偏差値で類似度を導出する。

4. 構造情報に基づく画像クラスタリング

3章で述べた、画像の類似度より類似関係に基づいて全体の画像をクラスタリングする手法を提案する。

4.1 類似性伝搬に基づくクラスタリング

①全ての画像間の類似度を導出する。

②マトリックスMの作成

画像毎にある類似度値以上の画像に対して有向グラフを描き、二値のマトリックスMで表現する。各々の画像からのグラフの到達先の集合をその画像を中心とするクラスタとみなすことができる。画像の総数がn枚の時、重複を許すn個のクラスタが生成される。

③マトリックス M_1 , M_2 の作成

Mの(i, j)成分と(j, i)成分のAND, ORをとることにより M_1 , M_2 を作成する。これにより画像間の類似関係は双方向(無向グラフ)となる。 M_2 の類似関係に M_1 の類似関係は含まれることになり、 M_1 の方が厳しい類似基準となっている。

④ M_1 及び M_2 の複合によるクラスタリング

M_1^k , M_2^k ($k=1, \dots, n$)によりクラスタを作成することができる。 k 次のクラスタはもとの画像から k 回リンクをたどって到達できる画像の集合である。 k 次のクラスタは $k-1$ 次のクラスタと比較して、重複の度合いが大きく、ひとつのクラスタの構成要素の数も多い。

(M_1 と M_2 の積を用いてもクラスタ作成は可能である。)

4.2 分類結果

マニュアルで作成した概略画像115枚に対し、 M_1 の可

到達行列 ($M_1^{k+1} = M_1^k$) によるブロック分割の結果を図1に示す。形状・構造情報を反映した分類結果となっている。

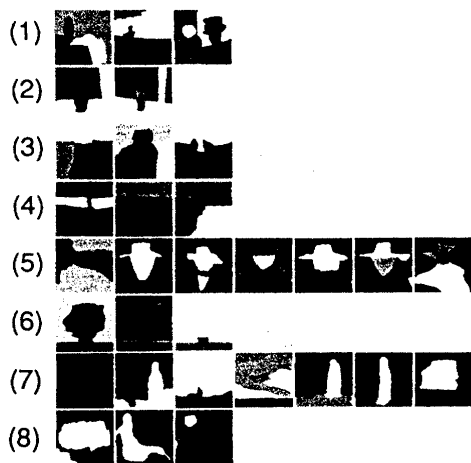


図1 分類結果 (一部)

5. クラスタリング結果に基づく検索高速化実験

4章で求めたクラスタリングの結果をもとに2章で述べた画像検索の高速化手法を検討する。

現在様々な視点から類似度が定義されているので、柔軟性のある検索を実現するためには各クラス毎の要素が重複している方がよい。重複を含むクラスタリングとして4.1で述べた手法を利用する。高速化として、明らかに似ていないものは検索しないというリジェクト型の手法で実現する。

5.1 高速化手順

- ①各画像毎に類似度を評価し、類似度が T_1 (類似の基準となる偏差値。例えば65) 以上の画像に対して類似のリンクをはる (この値によりリンクの数を調節する)。
- ②行列 M_1 を求める。これにより、各画像を中心とした重複を許すクラスタを作成したことになる。
- ③画像のマッチングを順に行う。
- ④画像の整合度が T_2 (リジェクトする基準の値) 以下の (整合度が低い) とき、その画像と同じクラスタに属する画像は整合評価を行わず、画像に対して印をつける。この値を調節することにより検索の効率と信頼性を変化させることができる。
- ⑤全ての画像に印がつくか整合評価が終わるまで続ける。
- ⑥上記処理で上位に検索された画像と同一のクラスタに属し、整合評価が行われなかった画像について整合評価を行い結果を更新する。

5.2 実験方法

5.1で述べた手法に基づき検索高速化のためのシミュレーションを行った。画像データとして、191枚の画像データ (マニュアルで作成) の上下反転、左右反転の3通りの画像を作り、その各々について全体を一割上方にずらした画像と全体を一割右方にずらした画像計1719枚を対象に検索を行った。もとの画像191枚を問い合わせ画像として、全探索によって検索された上位の画像とクラ

スタリングにより高速化して検索された上位の画像を比較する。5.1の⑥のステップは2位以降の画像にのみ適用する。(問い合わせ画像としてデータベース中の画像を用いているため。)

T_1	T_2	P_1 (%)	P_3 (%)	P_5 (%)	P_{10} (%)	S (%)	D (%)
65	540	100	90	82	61	39.6	91.1
65	570	100	88	78	55	32.6	89.2
70	570	100	84	73	52	51.0	88.4
70	600	100	84	68	48	44.0	87.4
75	570	100	94	83	67	69.4	93.5
75	600	100	94	80	63	63.3	92.5
80	570	100	97	91	78	81.0	96.8
80	600	100	97	89	76	76.6	96.0

図2 高速化実験結果

5.3 実験結果並びに考察

T_1 , T_2 の値を変化させた結果を図2に示す。評価の基準として

- ① P_n : n 位までが完全に一致する確率
- ② D : 上位10位までに出てくる画像の復元率
- ③ S : 処理時間 (整合処理数/画像枚数) を用いた。

T_2 を大きくするとリジェクトされる枚数が増えるため S を小さくすることができるが D も下がる。 T_1 を大きくすると D は上がるが S も上がる。 T_1 , T_2 の最適値を求めることは今後の課題である。実験結果によると $T_1=65$, $T_2=540$ または 570 のとき S , D とも比較的良好な値となる。おおむね $1/3$ 程度にまで処理時間を短縮することができ、また、上位の適合率も高い値である。

図2に見られるように復元率は必ずしも100%になっていない。結果を分析したところ以下の原因であった。

- ①部分的に偶然あっていた画像が大きな視点からはねられた。
- ② D 内に類似の画像が少なく、9位、10位付近で違いがでた。
- ③その他
- ④のケースが検討が必要であるがこのようなケースは数ケースに過ぎなかった。

6. おわりに

画像情報をその形状・構造の類似度に基づいて自動的に分類する手法について述べた。また、本クラスタリング結果を用いて視覚的な手がかりに基づく画像検索の高速化実験を行い、精度をほぼ落とさずに処理時間を約30%にすることができた。

[参考文献]

- [1] 平田, 原, 笠原: 「画像検索における画像概略化手法の提案」, 第41回情報処理全国大会, 1990
- [2] 平田, 島津, 高島: 「画像検索における画像整合手法の提案」, 電子情報通信学会1991春期全国大会
- [3] K. Hirata, T. Kato: "Query by Visual Example", Extending Database Technology '92, pp56-71, Mar. 1992
- [4] 平田, 原: 「概略画像を用いた画像検索」, 電子情報通信学会データ工学研究会DE92, pp9-16, 1992