

内容に基づく画像検索における再利用分類器の統合

Integration of reusing classifiers for CBIR

手川 真彰*

Masaaki Tekawa

服部 元信†

Motonobu Hattori

1 はじめに

従来、デジタル画像の検索は人間の手によって作成された索引を利用して行われてきた。しかし、近年の技術革新による画像データの増加に伴い、人手による索引付けは困難になった。また、索引付けを行う人間の主観が検索結果に影響を及ぼしてしまう恐れがある。

このような問題をコンピュータに解決させることを目的とした画像検索システムの1つとして、内容に基づく画像検索 (CBIR: Content-Based Image Retrieval) がある。このシステムは、画像の情報を特徴ベクトルで表現し、画像間の類似度を比較することにより、類似した画像を検索するシステムである。

一般に、検索システムが高い検索精度を示すためには、ユーザの要求を正確に理解しなければならない。そのため、近年のCBIR研究では適合性フィードバックが着目されてきている。ユーザからのフィードバックを効率的に学習させる方法として、能動学習によって分類器を生成し、保存された分類器の中から検索要求に対応する分類器を再利用する手法が提案されている [2][3]。本研究では、従来の分類器の再利用システムを改良することを目的とし、検索要求に対応する複数の分類器を統合する手法を提案する。また、実験により従来の選択基準に対する提案法の有用性について確かめる。

2 内容に基づく画像検索

CBIRは、ユーザから入力された画像から「色」「形」「テクスチャ」などの視覚的特徴を抽出し、画像データベース内から類似した画像を検索結果としてユーザに提示するシステムである。このように、視覚的特徴が類似した画像を検索することは比較的容易に実現できる。

一方で、ユーザが画像に含まれる意味的概念による検索を行う場合、画像の視覚的特徴から高次元の意味的概念を導く必要がある。しかしながら、通常1枚の画像には様々な意味的概念が存在しており、ユーザの要求する具体的な内容を判断するのは困難である。そこで、多くのCBIRシステムでは、ユーザの意図を理解するために、適合性フィードバック (RF: Relevance Feedback) が用いられることが多い。

3 Relevance Feedback

一般に、検索システムが高い検索性能を示すためには、システムがユーザの要求を正確に理解しなければならない。そのため、システムとユーザの間で情報のやりとりが必要となる。この方法の一つとして、短期型適合性フィードバック (SRF: Short-term Relevance Feedback) が多くの

CBIRシステムで導入されている。SRFは、システムが提示する検索結果に対しユーザが評価を行うもので、システムはフィードバックを得ることによって検索要求に対する学習を行うことができる。しかしながら、この手法はユーザに多くの負担を与えてしまうため、なるべく少ない回数で行う必要がある。これに対する有効な手法として、SRFによる情報を蓄積する長期型適合性フィードバック (LRF: Long-term Relevance Feedback) が着目されてきている。この手法は、SRFの情報を蓄積して得られる知識を基に検索を行っていく手法であり、様々な検索要求を学習してゆくことができる。

能動学習型SVMを用いたCBIRシステムによる分類器の再利用 [2][3] は、LRFを用いたCBIRシステムである。この手法は、SRFに能動学習型SVM [1] を利用し、各々の検索プロセスで生成された分類器を蓄積してゆく。そしてLRFによる検索を行う際は、検索要求に対応する既存の分類器を1つだけ選択し、再利用を行う。このように、過去に学習された分類器を再利用することにより、ユーザは少ない労力で高い精度の検索結果を得ることができる。しかしながら、この方法では任意の概念に対する知識を持つ分類器が複数存在する場合、それらが十分に活用されていない。そこで、検索要求に対応する分類器を統合することによって検索精度を向上させる方法を提案する。

4 再利用分類器の統合

本研究では、検索要求に対応する分類器を統合することによって検索精度を向上させることを目的とする。そこで再利用分類器の選択基準、および再利用分類器の統合方法を提案する。

4.1 分類器の再利用基準

以下に、提案法による分類器の再利用基準を示す。

Step.1 ユーザから与えられた正事例データを元に、各分類器に以下の評価値を与え、上位 m 個の分類器を再利用の候補とする。

$$f(x_R) \quad (1)$$

このとき、 $f(x)$ は SVM の出力であり、 x_R はユーザの検索画像に対する特徴ベクトルを表す。

Step.2 候補となった分類器における正事例側のサポートベクトルを、分類器当たり l/m 個ずつランダムに獲得し、これらのデータを、それぞれの分類器の特徴を表す代表データとしてユーザに評価してもらう。

*山梨大学大学院医学工学総合教育部，甲府市

†山梨大学大学院医学工学総合研究部，甲府市

Step.3 ユーザが正事例と評価したデータに対する識別率が閾値 h 以上の分類器を再利用する。このとき、識別率が最も高い分類器を「主再利用分類器」とする。また、該当する分類器が存在しない場合、すなわち再利用に値する分類器が存在しない場合は、新たな分類器を作成する。

その後のSRFによる学習では、主再利用分類器に対して能動学習を行ってゆく [1]。

4.2 分類器の統合

各画像データに対し、再利用された分類器による検索結果を基に、ユーザの検索要求への適合度を調べる。

$$Fitness(x) = \sum_{i \in reuse} W_i \times \exp\left(-\frac{(Order_i(x))^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

$Order_i(x)$ は、画像 x に対する i 番目の再利用分類器による検索順位を指す。分類器による検索順位は、SVMの出力によって決定される。このとき、ユーザからのフィードバックによって得られた正事例データに対する識別率によって、分類器の重要度 W_i を設定する。最終的には、式 (2) によって得られた適合度の高いデータから検索順位が決定する。

5 計算機実験

実験データとして、データクラフト社の著作権フリー画像集「フォトバイブル20000」より、2000枚 (20クラス × 100枚) の画像データを用いた。それぞれの画像に対し、Color Moment (9次元)、Color Coherence Vector (120次元)、Haar Wavelet 変換 (18次元) の特徴抽出を行った。SVMには非線形カーネルであるガウスカーネルを適用し、学習はソフトマージンを用いて行った。

検索は、あらかじめ画像データに付加されたクラス情報を利用したRFを行った。一回の入力に対し5回のRFを行い、その適合率を調べた。従来法、提案法とも、1回のRFで評価する画像数 l は10枚とした。なお提案法では、再利用する分類器の候補数 m は5つ、再利用のための閾値 h は0.1とした。実行環境は、CPU Intel Core2Quad Q9650、メモリ3GBのPCである。

5.1 実験結果

2000枚の画像に対し、それぞれ1回ずつ検索を行い、合計2000回の検索を行った。提案法では、まずはじめに従来法 [3] の手法によるLRFを1000回行った。その後、生成された分類器を用いて、分類器の統合による検索を行った。1001回目から2000回目までの適合率の平均を図1,2に示す。

分類器の統合を行った提案法では、従来法に比べて全体的な適合率が向上していることが分かる。また、再現率についても良い性能を示していると言える。これは、1つの概念に対する分類器を複数利用することにより、アンサンブル学習のような効果が生まれたためだと考えられる。また、フィードバックを行い、新たな検索結果が得られるまでの時間を検索時間とし、従来法 [3] と提案法における検索時間の平均を調べた。その結果、提案法 [3] で

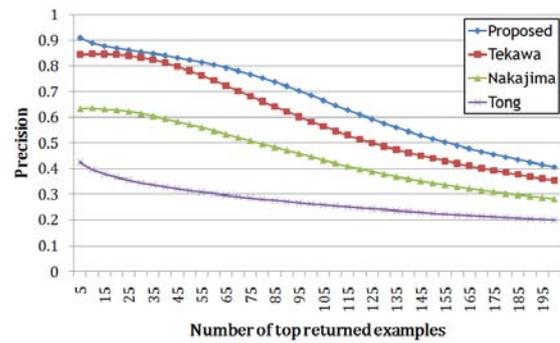


図1: 1回目のRFに対する検索性能

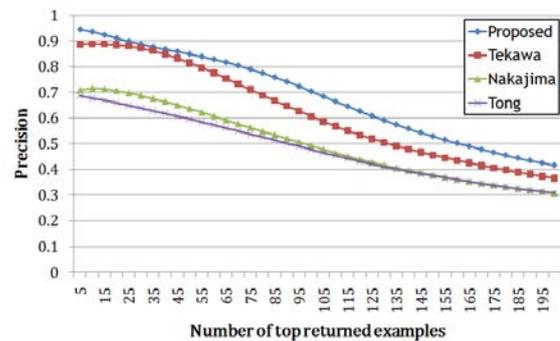


図2: 5回目のRFに対する検索性能

が0.30[s]、提案法では0.38[s]であった。提案法において検索時間の増加が見られたが、どちらの手法も実用上問題にならない程度の十分に速い検索時間であった。

7. 結論

本研究では、ユーザからのフィードバックの効果的な活用を目的とし、能動学習型SVMを用いたCBIRにおける再利用分類器の統合を提案した。また、分類器の再利用基準と統合方法を提案した。計算機実験において、提案法と従来法との検索精度の比較を行った結果、検索精度の向上がみられた。このことから、提案法では各分類器に蓄積されたユーザからのフィードバック情報が、分類器の統合によって活用できたとと言える。また、検索時間の増加も問題のない範囲であることが分かった。以上のことから、提案法の有用性が確認できた。

参考文献

- [1] S. Tong, E. Chang, "Support vector machine active learning for image retrieval," Proceedings of ACM International Multimedia Conference, pp.107-118, 2001.
- [2] 中島 聖志, 服部 元信, "能動学習型サポートベクターマシンを用いた内容に基づく画像検索における分類器の再利用," 情報処理学会第70回全国大会講演論文集, 1R-5, 1, pp.477-478, 2008.
- [3] M. Tekawa, M. Hattori, "Improvement of reuse of classifiers in CBIR using SVM active learning," Lecture Notes in Computer Science, Vol.6444, pp.598-605, 2010.