

## 再利用率分類器のアンサンブルを用いた内容に基づく画像検索

手川 真彰<sup>†</sup> 服部 元信<sup>††</sup><sup>†</sup> 山梨大学大学院医学工学総合教育部 <sup>††</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部

## 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。近年のCBIR研究では, ユーザの要求を理解するため, 適合性フィードバックが盛んに取り入れられている。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, 過去に生成された分類器の中から, 現在の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]。

しかしながら, これらの研究では, 実験データとして商用の画像データを用いており, これらの画像は非常に統制されているため, 現実のデータほど複雑ではない。そこで本研究では, Flickr から収集した画像を用いて実験を行うことにより, 実際の検索シーンに近い画像データによるシステムの評価を行うことを目的とする。また, 実験により再利用分類器の統合を行う手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, 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, 適合性フィードバックが多くのCBIRシステムで導入されている。しかしながら, RFはユーザの検索要求を理解するための強力なツールである一方, ユーザに大きな負担を与えてしまうため, 少ない回数で高い検索性能を示すことが望まれる。そのため, 各検索セッションにおけるフィードバック情報を蓄積し, それらの情報を効果的に利用する長期型適合性フィードバック (LRF: Long-term RF) が着目されている。

能動学習型SVMを用いたCBIRシステムによる再利用分類器の統合 [3] は, LRFを用いたCBIRシステムである。この手法は, 短期型適合性フィードバック (SRF: Short-term RF) 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いき, LRFによる検索を行う際に, 検索要求に対応する複数の分類器のアンサンブルによって検索結果を出力する手法である。このように, 過去に学習された複数の分類器を再利用することにより, 少ない労力で高い精度の検索結果を得られることを示した [3]。

## 4 再利用分類器の統合

ここでは, 再利用分類器の統合手法 [3] について説明する。

## 4.1 分類器の再利用基準

過去に生成された分類器の中から, 以下の再利用基準を満たす分類器を再利用する。

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。

Ensembles of reusing classifiers for CBIR

<sup>†</sup> Masaaki TEKAWA<sup>††</sup> Motonobu HATTORIInterdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi (<sup>†</sup>)Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi (<sup>††</sup>)

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。

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

$Order_i(\mathbf{x})$  は、画像  $\mathbf{x}$  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

本研究では、Flickr の画像を用いて実験を行った。dog, sea, night, building, man 等の10個のキーワードで検索を行い、合計で1,838枚の画像を収集した。また、各画像に対し、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。

検索要求は、収集時に用いたキーワードの中から1つを選択し、そのキーワードをタグ情報として持つ画像をランダム選択した。また、各画像に付加されているタグ情報を基に、計算機によるRFを行なった。

従来法、提案法とも、1回のRFで評価する画像数  $l$  は20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。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。実行環境として、CPU Intel Core2Quad Q9650、メモリ 3GBのPCを用いた。

##### 5.1 実験結果

実験では、1回の検索セッションにつき10回のRFを行った。これを10,000セッション行い、各ラウンドにおける検索結果上位100枚の適合率の推移を調べた。9,001回目から10,000回目のセッションにおける適合率の平均を図1に示す。

分類器の統合を行う手法は、従来法 [2] に比べ、初期ラウンドにおける適合率の向上がみられた。これは、

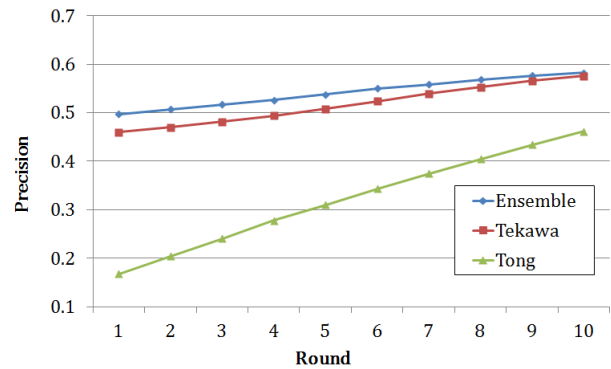


図1: 各ラウンドにおける適合率の推移

1つの概念に対応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、従来法との検索時間の平均を調べた。その結果、従来法が0.66[s]、アンサンブルを行う手法では0.79[s]であった。分類器のアンサンブルを行うことによる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、Flickrの画像を用いて、より現実の検索シーンに近い画像データでの性能評価を行った。計算機実験において、複数の分類器のアンサンブルを行う手法は、アンサンブルを行わない手法に比べ、少ないRFで高い検索精度を実現することができた。このことから、各分類器に蓄積された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いえる。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、分類器のアンサンブルを行う手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] 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.
- [3] 手川 真彰, 服部 元信, "内容に基づく画像検索における再利用分類器の統合," 第10回情報科学技術フォーラム講演論文集, I-072, 3, pp.455-456, 2011.