

フィルタ列自動構築型の画像分類学習法の研究 A Learnable Image Classifying System using Automatically Constructed Filter Arrays

森 喬顯† 安藤 宏† 長尾 智晴†
Takaaki Mori Hiroshi Ando Tomoharu Nagao

1. はじめに

近年、工業製品製造ラインにおいて、機械によるオートメーション化が急速に進んでいる。検品ラインにおいても不良品の抽出を、画像を用いてコンピュータで処理することによって自動化する取り組みが行われている。しかし現状では欠陥を認識する際の条件を画像処理の熟練者が手動でプログラムを組むなど、多大なコストと時間が必要とされている。また最近パターン認識の分野で高い汎化能力を示す学習方法が考案されているが、それらを適用してもなお人間の識別能力に及ばない。

そこで筆者らは、このような問題を解く方法として、進化計算法を用いた手法を提案してきた。進化計算法とは生物の進化における遺伝の考え方を模倣し、工学に応用した解空間探索・最適化アルゴリズムの総称である。このうち遺伝的アルゴリズムは現在最も活発に研究が進められている進化計算法の一つである。

そこで本研究では、進化計算法と、これらのパターン認識の手法を組み合わせることによって、高い認識結果を得られる分類器の獲得を目指すことを目的に、パターン認識の手法としてサポートベクタマシン(Support Vector Machine; SVM)を用い、その前処理として画像フィルタを適用し、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm; GA)を用いて、フィルタ列を対象物体の特徴量を的確に抽出できるように構成することで、より高い正答率を実現した。

2. 従来手法の問題点と提案手法

2.1 サポートベクタマシン

SVMは1995年にAT&TのV.Vapnikによって提案された学習機械である。SVMはパターン認識能力においてもっとも優れた学習モデルのひとつであることが知られている。SVMは線形しきい素子を用いて2パターン識別器を構成する手法で、与えられた学習サンプルの中でサポートベクトルと呼ばれるクラス境界近傍に位置する学習サンプルと識別面との距離であるマージンを、最大化するように分離超平面を構築することによってクラス分類を行う。これによって、未知画像に対しても高い性能を発揮する。

また、カーネルトリックを用いて非線形に拡張したSVMでは、マージン最大化という基準から自動的に識別平面付近の少数の学習サンプルに対応するカーネルだけが選択され、最適な識別関数が構成される。これは、汎化能力の高い識別器を構成するために、カーネル特徴を選択することで、より安定なモデルを構成したとみなすことができる。

しかしSVM単体で画像分類を行う場合、入力となる画像特徴量が、画像に含まれるノイズやコントラスト不足の問題でうまく抽出できない場合などがある。

2.2 GAによるフィルタ列選択

このような問題を解決するためには、画像にあらかじめ画像フィルタを適用し、対象物体の特徴量を的確に抽出できるようにすることが考えられるが、現在画像処理の分野で用いられているフィルタの数は膨大であり、どのフィルタをどのような順序で適用すればよいかを人手で判断することは非常に困難である。

本研究では画像分類において正答率を向上させることを目標に、画像からの確な特徴量を抽出することに重きを置いて、図1、図2に示す2通りの方法を提案した(特願2006-35085)。いずれも原画像をSVMでの分類器に入力する前に画像フィルタを複数回適用する構造とし、その構造をGAによって学習するものである。

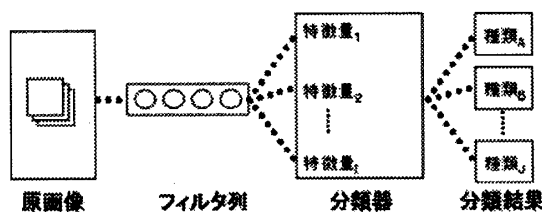


図1. 提案手法1 ([1:全]構造)

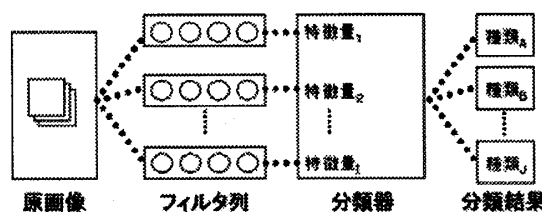


図2. 提案手法2 ([1:1]構造)

図1は1つの直列フィルタ列を用意し、それをSVMの前段に置くものである([1:全]構造)。この構造は、例えば画像が撮影された環境やカメラの性能が原因で全体的に暗くなってしまった画像やノイズののってしまった画像に対し、それぞれ適切なフィルタ列による前処理を行う構造が学習されること等を期待している。

一方で図2はSVMの1つ1つの特徴量ごとに直列フィルタ列を用意したものである([1:1]構造)。SVMに入力するある特徴量に対し、その特徴量ごとに有効となるようなフィルタ列が得られることを期待したものである。たとえば希望する画像の分類が、ある特徴に特化した画像であった場合に、各々の特徴量につき、その特徴量がより強調、あるいは分類されやすいような構造を学習してくれることを期待している。このような場合、全特徴量に対し、ある特徴量に偏ったフィルタ列を適用することは良い結果を得

†横浜国立大学 大学院環境情報学府
Graduate School of Environment and Information
Sciences, Yokohama National University

られるとは考えにくく、特徴量ごとにフィルタを用意することは有用であると考えた。

画像フィルタには、反転フィルタやガンマ補正フィルタなど計 22 種を用意し、それらを組み合わせたフィルタ列を、GA によって適切に自動構築する構造とした。

3. 実験

3.1 実験条件

本実験では、ある製品の欠陥を含むグレースケール画像 (128x128) を 150 枚用意し、50 枚を学習用データ、100 枚を検証用データとして用いた。これらを指定の 5 種類に分類する。また、提案手法である [1:全] 構造と [1:1] 構造、および比較対象としてフィルタを用いない構造、同じくフィルタを用いずに特徴量を GA で選択する構造の実験を行った。

GA の条件は個体数 50、世代交代モデルは SimpleGA、適応度の評価は個体ごとに SVM の分類器を構成し、未学習の検証用画像に対する正答率で行った。学習終了条件はエリート数が 100 世代不変となった時点で終了とした。また、SVM の学習回数は 3000 回とした。使用した画像フィルタは、計 22 種を用意し、フィルタ直列数を、[1:全] 構造では 1, 5, 9, 13 の 4 条件、[1:1] 構造では 1, 5, 9 の 3 条件とした。

また、使用した特徴量は平均階調値など階調値を用いたものや、画像を 2 値化しラベリング処理をしたあとの面積や周囲長などのものなど、計 28 種を用意した。

3.2 実験結果

各条件で 5 回の実験を行い、そのうちもっとも正答率の高かったものを表 1 にまとめる。

表 1. 実験結果

フィルタ数	正答率	
0	0.82	
[1:全] 構造	1	0.84
	5	0.95
	9	0.96
	13	0.97
[1:1] 構造	1	0.99
	5	0.97
	9	0.96

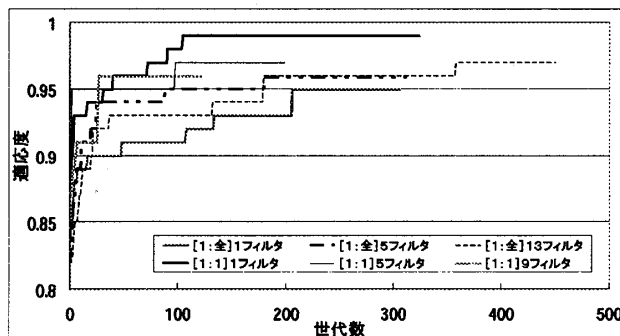


図 3. 適応度の推移

さらに提案手法における各条件で最も高い正答率が得たものについて、そのエリート個体の適応度の推移を図 3 に示す。

いずれの条件も、従来の SVM だけによる構造、すなわち、フィルタ数 0 の構造より正答率が向上していることがわかる。また、[1:全] 構造ではフィルタ数が増えると正答率は上昇している。これはフィルタ数が多いほど表現力が増え、より良い構造が得られるからであると考えられる。一方、[1:1] 構造ではその逆である。今回の実験では NOP (Non Operator) フィルタも導入しているの、フィルタ数が多い条件のものでも NOP フィルタを用いれば少ない条件と同等のものを表現できる。したがって学習が成功していればフィルタ数が多くなるほど正答率は変わらないか上がるか、下がることはないはずである。したがって [1:1] 構造では探索空間が大き過ぎ、GA での探索が十分にできていないことが考えられる。図 3 をみると、[1:1] 構造は [1:全] 構造と比べて早い段階で収束していることがわかる。このことから [1:1] 構造では初期値に早期収束してしまい、十分な探索が行われなかったことが考えられる。

4. おわりに

本研究では、画像分類において、画像フィルタ列を GA で学習して構築し、画像に適用する 2 種類の構造を提案した。これらの構造を、欠陥を撮影した画像を用いて学習する実験を行った。

実験の結果、2 種類の提案手法ともにフィルタなしの構造と比べて正答率が向上することを確認した。また未知画像にも適用し、本手法の汎化性能についても実証した。

しかし、この手法ではフィルタの構築と特徴量の選択を別々に行っており学習効率が悪い。同時に学習できる手法があればさらに効率のよい学習ができると考えられる。また、フィルタ数を自動獲得できるように変更することで、フィルタ数の条件を分けて実験する必要がなくなり、より人手をかけずにすむことになる。このような改善を行うことで、より有効な画像分類の実現を目指したい。

参考文献

- [1] V.N.Vapnik: "Statistical Learning Theory", John Wiley & Sons (1998)
- [2] 栗田多喜夫, 西田健次: "カーネル学習法とその画像認識への応用", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.104, No291, pp17-24 (2004)
- [3] 松井和宏, 菅波雄介, 小杉幸夫, "MRI 組織分類における遺伝的アルゴリズムによる特徴量の選択", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J-80-D-2, No.7, pp1712-1721 (1997)
- [4] 盧炳沃, 尹哲皓, 柳英基, 吳春錫: "ニューラルネットワークを用いた PCB の欠陥検出および分類に関する研究", 精密工学会誌, Vol.67, No.10, pp1621-1626 (2001)