

ひび割れ自動抽出のための最適化手法に関する基礎的研究

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○河村 宜明, (有)ミツワ電器 正会員 江本 久雄  
 山口大学大学院理工学研究科 フェロー会員 宮本 文穂, 正会員 中村 秀明, 正会員 河村 圭

1. はじめに

デジタル画像からひび割れを抽出するには①前処理, ②2値化処理, ③2値画像処理の順に従い, 経験と勘に基づき数種類の画像処理手法を組み合わせる目的の画像を抽出する<sup>1)</sup>. 具体的には, すべての画像に対し, 多種多様な画像処理手法を適切に組み合わせ, かつ各画像処理に付随するパラメータを設定することになる. しかし, 画像によって用いる処理手法, 最適なパラメータは異なり, その最適な処理手法の選択やパラメータの設定には膨大な時間と経験を要する.

本研究では, 「適切な画像処理手法の選択」という問題を「最適な組み合わせを求める最適化問題」として捉え, 進化的アルゴリズム(Evolutionary Algorithm: EA)を用いて最適化を行ったものである. また, EAの中でも生物の進化過程を工学的にモデル化した遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)を適用する. さらに, 精度の向上のため, 遺伝的パラメータに関して既往の免疫アルゴリズム(Immune Algorithm: IA)による画像抽出システムとの比較・検討を行う.

2. GA および IA の適用

GA および IA により画像処理手法の最適化を行う.

GA は, 生物の進化を模擬した最適化手法であり, 図-1 にその処理手順を示す. IA は, 人体の免疫機構を模擬した最適化手法で, GA と比較して, 複数の準最適解を得ることができるという特徴を持つ. また, 局所解に陥っても抑制機構により, 多様性を維持しつつ多点探索を行うことができる. IA の処理手順を図-2 に示す.

ここで, 本研究で用いる画像処理手法<sup>2)</sup>としては, 前処理が3種類, 2値化処理が2種類, 2値化画像処理に関するパラメータが2種類ある. また, GA および IA へ適用するために2進数にコーディングを行っている. その一例を図-3 に示す. このときに得られた処理画像から適応度を次式により求める.

$$fitness = 1.0 - \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{Noise}{Back} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{Lost}{Crack} \right)^2} \quad (1)$$

ここで, *Noise* は出力画像における黒画素(雑音)の画素数, *Back* は目標画像における白画素(背景部分)の画素数, *Lost* は出力画像における抽出できてない画素(欠損部分)の画素数, *Crack* は目標画像における黒画素(ひび割れ部分)の画素数である.

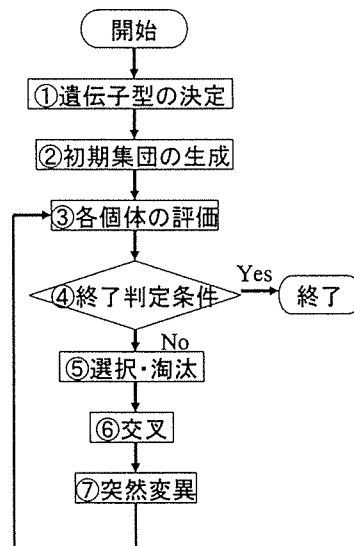


図-1 GA の処理手順

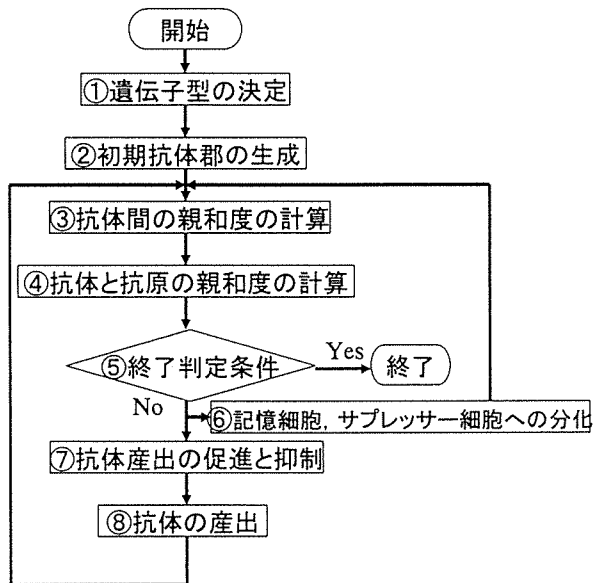


図-2 IA の処理手順

画像処理手法	パラメータ	遺伝子型
何しない	--	0000
コントラスト調整	+30	0001
コントラスト調整	-20	0011
ラプラシアンフィルタ	ON	0010
Prewittフィルタ	ON	0110
Sobelフィルタ	ON	0111
鮮鋭化フィルタ	ON	0101
拡張鮮鋭化フィルタ	ON	0100
移動差分フィルタ	ON	1100
加重平均フィルタ	ON	1101
エッジ検出フィルタ	ON	1111
メディアンフィルタ	3×3	1110
メディアンフィルタ	7×7	1010
階調反転	ON	1011
シェーディング補正(補正値)	ON	1001
シェーディング補正(特異抽出)	ON	1000

前処理  
 ・エッジ保存フィルタ  
 ・Prewittフィルタ  
 ・シェーディング補正  
 2値化処理  
 ・移動平均法  
 2値化画像処理  
 ・彩度の閾値『12』  
 ・ラベリングの閾値『100』

1111000...1110001  
 32bit

図-3 画像処理手順のコーディング例

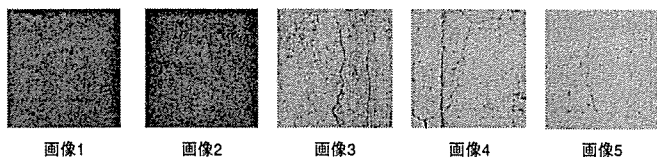


図-4 サンプル画像

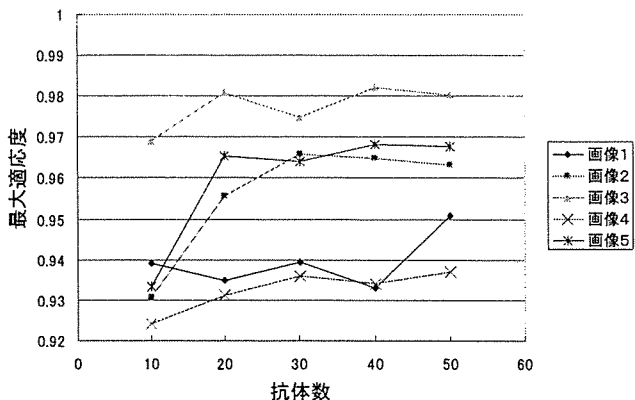


図-5 IAにおける抗体数と最大適応度の関係

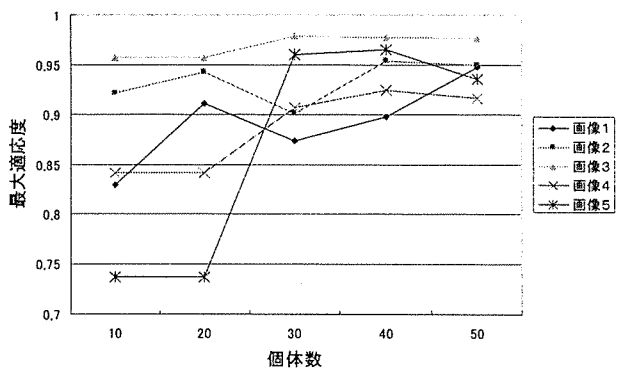


図-6 GAにおける個体数と最大適応度の関係

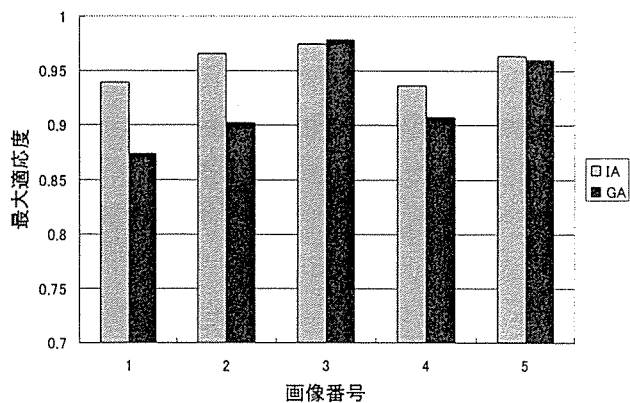


図-7 GAとIAの最大適応度の比較

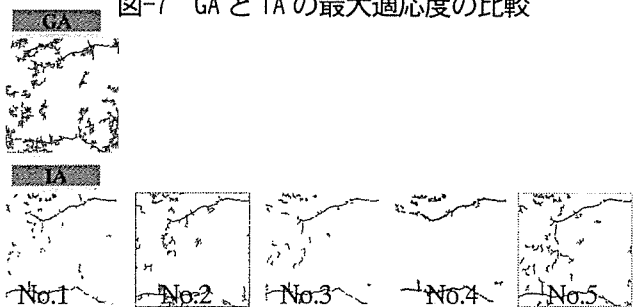


図-8 画像処理結果の一例(30世代 40抗体(個体))

### 3. シミュレーションおよびその考察

#### 3.1 シミュレーション条件

図-4に示される5枚のサンプル画像に対し、世代数を300で固定し、抗体(個体)数を10から50まで、10刻みで増加させ、その適応度を比較する。そのほかのパラメータは、交叉率が1.0、突然変異率が0.002、選択手法はルーレット選択とエリート保存戦略と設定した。

#### 3.2 シミュレーション結果とその考察

IAおよびGAによる抗体数(個体数)と適応度の関係をそれぞれ図-5と図-6に示す。これらから、IAもGAも基本的には抗体数や個体数に比例することが分かる。ただし、IAは30抗体である程度の適応度が得られるのに対して、GAは40個体ほどで適応度が得られることが分かる。また、抗体数(個体数)が30、世代数が300のときのIAとGAの適応度を図-7に示す。これから、IAとGAにより得られた適応度は、ほぼ同等もしくはIAの方が若干であるが高いことが分かる。これは、IAの特徴である複数の準最適解を求めることによって得られたと考えられる。また、サンプル画像1により得られた画像処理結果の一例を図-8に示す。この結果、IAによる4番目の画像は比較的ひび割れを抽出している。このときの画像処理手法は、前処理が移動差分フィルタ、加重平均フィルタ、コントラスト調整(-20)、2値化処理は移動差分法(領域のサイズ:15×15,閾値:4,調整値:-1)、2値化画像処理は彩度の閾値が12、ラベリングの閾値が100であった。これより、IAでは複数の画像処理結果を得ることができるためユーザが適した画像を選択できる。

### 4.まとめ

本研究では、ひび割れの画像抽出に有効な最適化手法の検討を行うとともにGAとIAのパラメータと得られた画像処理結果に関して検討を行った。以下に得られた結果をまとめる。

- ①IAの抗体数は30抗体まで比例して増加し、30抗体から増加させても大きな変化がないことが分かった。
- ②IAとGAでの適応度に関しては、ほぼ同等もしくはシミュレーション条件によってIAの方が高いことが分かった。
- ③IAでは、複数の画像処理結果(準最適解)が得られるため、その結果からユーザが適した画像を選択することができる。

#### 参考文献

- 1) 高室祐也：デジタル画像からのひび割れ自動抽出における画像処理手順の最適化，山口大学大学院修士論文，2005.2.
- 2) 酒井幸市：デジタル画像処理入門，コロナ社，1997.12.