

北原 大輔 桂井 浩
千葉工業大学 情報工学科

1. はじめに

濃淡画像における劣化画像の修復は画像処理の重要なテーマである。劣化の点拡がり関数（PSF）が既知の場合ウィナーフィルタ法が有名でよく知られているが、PSFが未知の場合にはゼロシート法やフーリエ反復法やニューラルネットワークを使った方法などがあり、さまざまな観点からアプローチが行われている。そのため、体系的な理論がまだ確立されていない。

ところで、近年遺伝的アルゴリズム（GA）を用いた画像処理の研究が盛んに行われていて、画像修復についても多くの研究が報告されている。しかし、PSFが未知の場合にはその数も少ない。その中で、遺伝的反復フーリエアルゴリズムなどが提案されているが、この方法では周波数領域で処理している。周波数領域で局所処理を行っても、画像領域に変換したときには画像全体に影響が出るため、画像の局所修正が難しい。

そこで本研究では、PSFが未知でシフトインバリエントの時の劣化した濃淡画像の修復に対する新しいGAを用いた手法を提案している。数学的に一意性を持つ解が得られないこの場合にも、GAを用いることで解に到達する可能性を持つが、本手法ではその可能性を上げるために画像の滑らかさについての拘束を用いている。また、以前の方法では画像部分のみを修復していたが、本手法ではPSF部分も修復することを考えて、遺伝子

を画像とPSFの2つの部分から構成している。

2. GAを用いた濃淡画像とPSFの修復法

2.1. 遺伝子のコード化

本手法ではGAの遺伝子は画像とPSFの2つの部分からなり、PSFは扱いやすさを考慮して2変数のガウス型であると仮定している。よって、GAの遺伝子は次のように定義する。

$$(f, \sigma_1, \sigma_2, \theta)$$

ただし、 $f = (f_{ij})$ は画像であり $(\sigma_1, \sigma_2, \theta)$ はPSF部分である。ここで、 σ_1, σ_2 はガウス型関数の標準偏差を示す。また、 θ はガウス型関数の回転角である。PSFをパラメータ $(\sigma_1, \sigma_2, \theta)$ を用いて次の関数 h で定義する。

$$h(x, y) = \frac{1}{k} \exp \left(-\frac{z_1^2}{2\sigma_1^2} - \frac{z_2^2}{2\sigma_2^2} \right) \quad \text{ここで,}$$

$$-3\sigma_1 \leq z_1 \leq 3\sigma_1 \quad (\text{ただし, } z_1 = x \cos \theta + y \sin \theta)$$

$$-3\sigma_2 \leq z_2 \leq 3\sigma_2 \quad (\text{ただし, } z_2 = -x \sin \theta + y \cos \theta)$$

これ以外の場合は $h(x, y) = 0$ である。また、

$$k = \int_{-3\sigma_2}^{3\sigma_2} \int_{-3\sigma_1}^{3\sigma_1} \exp \left(-\frac{z_1^2}{2\sigma_1^2} - \frac{z_2^2}{2\sigma_2^2} \right) dz_1 dz_2$$

である。

2.2. 初期集団の生成

画像部分については劣化画像に 3×3 のラプラシアンフィルタをかけたものに劣化画像を加えたものに対して適当な個数の乱数をランダムに画素を選んで乗せて初期集団を生成する。また、PSF部分については前処理として、劣化画像からある程度 $(\sigma_1, \sigma_2, \theta)$ の取り得る範囲を限定し、その範囲内で一様乱数を用いて初期集団を生成する。

2.3. 適応度

各遺伝子の適応度は、入力された劣化画像と遺伝子から生成される劣化画像との一致度、画像の

滑らかさによって与える。いま，原画像 $f=(f_{ij})$ に対する劣化画像を $g=(g_{ij})$ とし，修復画像を $\hat{f}=(\hat{f}_{ij})$ とする。また，修復する P S F を $\hat{h}=(\hat{h}_{ij})$ とする。修復画像と $\hat{h}$ とのたたみ込みにより得られる画像と劣化画像は画素毎に一致することが望ましい。画素毎の画像の一致度 E_1 は

$$E_1 = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{ij} (g_{ij} - \hat{h}_{ij} * \hat{f}_{ij})^2}$$

で表すことができる。ここで， M は画像の総画素数ある。また，画像修復などにおいてよく使われる仮定である画像の滑らかさを示すパラメータも加えることにする。画像の粗さ E_2 は画像とラプリアンフィルタ m を畳み込んだ後に各画素値の 2 乗の和をとることで求められる。したがって，

$$E_2 = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i,j} \left(\sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^2 m_{k,l} \hat{f}_{i-1+k, j-1+l} \right)^2}$$

である。これらのパラメータを用いて，遺伝子の適応度 E は

$$E = 1 / \left(\sum_{i=0}^2 \omega_i E_i + 1 \right)$$

で定義する。ここで， ω_i は荷重であり非負とする。

2. 4. 淘汰，増殖

求められた適応度に対してエリート戦略を用いて，淘汰，増殖する。

2. 5. 交叉

交叉は画像部分に関しては縦または横に画像を一樣乱数値によって定めた幅に画像を切り，繋ぎ合わせる操作を行う。P S F 部分に関しては通常の一点交叉を行う。

2. 6. 突然変異

突然変異は画像部分に関しては 3 つの方法を用意し，各世代ごとに 1 ～ 3 の一樣整数乱数を発生させ，3 つのうち一つの方法を選んで適用する。どの方法も一樣ランダムに選んだ画像の画素に対して変異を行う。

方法 1：変異する画素の近傍画素の平均値を期待値とするガウス乱数値で置き換える方法である。

方法 2：変異する画素の近傍画素の中央値として置き換える方法である。

方法 3：変異する画素にある閉区間に含まれる濃淡値を一樣ランダムに選んで加える方法である。

なお，P S F 部分に関してはビット反転による通常の突然変異を行う。

3. 実験と結果

本手法の有効性を確認するために，劣化した合成画像を用いて実験を行った。画像サイズは 64×64 であり，P S F の台が取り得る最大のサイズを 11×11 とした。ここでは一例として，図 1 の原画像に $(\sigma_1, \sigma_2, \theta) = (0.96, 0.96, 0)$ で作成した P S F を用いて劣化した画像（図 2）を用いて実験した結果を示す。図 3 が修復画像であり，その過程で得た適応度の推移を図 4 に示す。



図 1 原画像 図 2 劣化画像 図 3 修復画像

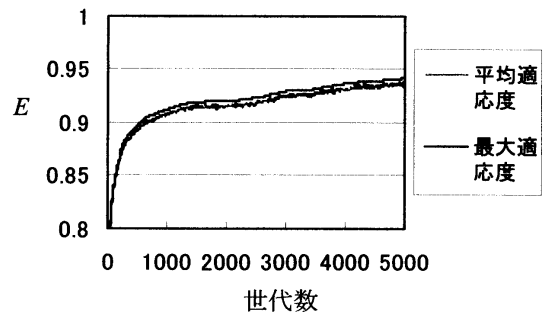


図 4 適応度 E の推移

4. おわりに

本研究では G A を用いて劣化した濃淡画像と P S F の修復を試みた。実験結果から本手法の有効性を確認することができた。

5. 参考文献

- [1] 北野宏明他：遺伝的アルゴリズム，産業図書（1993）。
- [2] 金偉其 桂井浩“画素相関性を考慮した遺伝的アルゴリズムによる白黒濃淡画像の復元”，情報処理学会論文誌，vol.39，No.4，pp.1155-1164（1998）。