

4U-3 遺伝的アルゴリズムとブラインド・デコンボリューションを用いた画像復元法

松尾 守之

国光 貴仁

東海大学工学部

1. はじめに

最適解探索の一手法として、遺伝的アルゴリズム (GA) がある。一方、ブラインド・デコンボリューションによる画像復元は、劣化画像が与えられたときに、これを唯一の情報として画像復元を行うものである。従来方法として、Ayers-Dainty 法がある [1]。この手法は、位相回復問題における反復フーリエアルゴリズム [2] を原理としているが、一様に収束しないという欠点を持つ [3]。

本研究では、この欠点を改良するために、[2] の手法に GA を用いる。従来の GA を用いた画像復元システムは、実空間領域において画像復元を行っているが、本研究では適応度の評価は実空間領域で行い、遺伝的操作をフーリエ変換領域で行う。これを用いてブラインド・デコンボリューションによる画像復元を行った結果、良好な復元画像と安定したシステムが得られたので報告する。

2. 遺伝的操作と反復フーリエ変換

劣化画像 $g(x,y)$ をフーリエ変換したものを $G(u,v)$ とする：

$$\begin{aligned} G(u,v) &= |G(u,v)| \exp[j\phi(u,v)] \\ &= \mathcal{F}\{g(x,y)\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

初期推定画像 $f^*(x,y)$ をフーリエ変換したものを $F^*(u,v)$ とする：

$$\begin{aligned} F^*(u,v) &= |F^*(u,v)| \exp[j\theta(u,v)] \\ &= \mathcal{F}\{f^*(x,y)\} \end{aligned} \quad (2.2)$$

但し、 θ は F^* の位相、 ϕ は G の位相である。次

に、上二式から、初期個体集団 $C(u,v)$ を N 体生成する。 N 体の初期集団の k 番目の C を、次式のよう

$$\begin{aligned} C_k(u,v) &= \{|G(u,v)| \text{ or } |F^*(u,v)|\} \exp[j\phi(u,v)] \\ &= \{|C(u,v)|\} \exp[j\phi(u,v)] \end{aligned} \quad (2.3)$$

また、式 (2.3) で表現される推定画像 $c_k(x,y)$ は、

$$c_k(x,y) = \mathcal{F}^{-1}\{C_k(u,v)\} \quad (2.4)$$

となる。この $|C(u,v)|$ を遺伝子としてコード化する。但し、 $|G(u,v)|$ と $|F^*(u,v)|$ のどちらを選択するかは、ランダムに決定するものとする。

次に、発生させた個体集団を評価する。評価は実空間領域において行うため、式 (2.4) によってフーリエ逆変換し、以下の拘束条件を付与する：

$$c_k(x,y) = \begin{cases} c_k(x,y) & \text{if } c_k(x,y) \geq 0 \\ 0 & \text{if } c_k(x,y) < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

N 体の個体の k 番目の適応度を $E(k)$ として、

$$E(k) = S(g, c_k * h) \quad (2.6)$$

と定義する [4]。但し、 S は類似度、 h は仮定して与える PSF である。

式 (2.6) で評価された個体を、適応度の低いものから一定割合淘汰し、高いものから増殖する（選択交配）。その後、 c_k を再度フーリエ変換し、フーリエ変換領域において、交叉、突然変異の遺伝的操作を行い、次世代の個体を作成する。これを、終了条件を満足するまで繰り返す（図 2. 参照）。

3. 実験方法

原画像を Photo.3.1 に示す。PSF として 7×7 の平滑化オペレータを用いた劣化画像を Photo.3.2 に示す。また、初期推定画像を Photo.3.3 に示す。

発生させた個体は 50 体とし、選択交配は適応度の低いものから 1 割をカットして、適応度の高いものを 1 割コピーした。GA 中で仮定した PSF には、 3×3 の平滑化オペレータを用いた。また、繰り返世代数は 500 世代で打ちきりとし、終了条件は類似度が 0.998 以上とした。

4. 結果と考察

得られた復元画像を、Photo.4.1 に示す。Photo.3.2 と比較すると、細部が復元できていることが視察により確認できる。また、50 世代毎の最大適応度 $E_m = \max\{E(k) | k=1, \dots, n\}$ を、表 4.2 に示す。世代交代を繰り返す毎に、適応度が増加してゆき、ほぼ一定の値に収束している。

最後に、アルゴリズムの有効性を確認するために、実際の原画像と、劣化画像、初期推定画像、そして復元画像との類似度を比較してみた。これを、表 4.3 に示す。劣化画像、初期推定画像に比べて、復元画像の類似度の値が改善されていることがわかる。



Photo.3.1 原画像 Photo.3.2 劣化画像
Photo.3.3 初期推定画像 Photo.4.1 復元画像

表 4.3 各画像間の類似度

	原画像との類似度
原画像	1.000000
劣化画像	0.965033
初期推定画像	0.945671
復元画像	0.978047

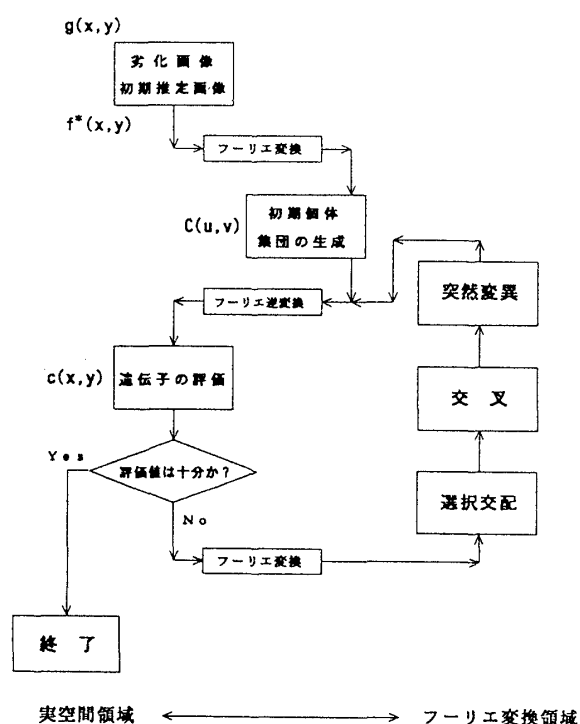


図 2. アルゴリズムの流れ

表 4.2 50 世代ごとの最大適応度

世代数	最大適応度	世代数	最大適応度
0	0.982970	300	0.983131
50	0.983117	350	0.983132
100	0.983118	400	0.983133
150	0.983123	450	0.983133
200	0.983129	500	0.983133
250	0.983131		

謝辞

本研究を進めるにあたり御協力いただいた、本学電子計算センターの皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] G.R.Ayers and J.C.Dainty: 'Iterative blind deconvolutions,' *Opt.Lett.*,13,7,pp547-549 (1988)
- [2] J.R.Fineup: 'Phase retrieval algorithms: a comparison,' *Appl.Opt.*,21,15,pp2758-2769 (1982)
- [3] 小松: 'ブラインドデコンボリューションによる像回復', 第 22 回画像工学コンファレンス論文集, pp179-184 (1991)
- [4] 北野他: '遺伝的アルゴリズム', 産業図書 (1993)