

画像再構成のための新しい突然変異手法

3M-5

- Affine Mutation -

坂野 鋭

株式会社 NTT データ

1. はじめに

遺伝的アルゴリズム（以下 GA）は解の評価が可能であり、解候補をビット列で表現できればあらゆる問題に適用可能であるという高い応用可能性により、各分野で注目を集めている解探索手法である。

画像再構成もしくは画像復元問題に対しては、劣化画像からの復元問題、陰影からの形状復元問題、X線 CT からの画像再構成問題、文字認識用特徴からの文字画像再構成問題など多くの対象に応用されてきた。

しかしながら、筆者らが指摘したように [1]、GA を画像処理に用いた場合に、どのような突然変異手法が有効かという問題は検討されていない。本報告においては、画像再構成問題に対して一般的に有効と考えられる突然変異手法、Affine Mutation を提案する。

以下、2. では GA を画像再構成問題に適用する際の一般的なスキームについて述べる。3. では提案手法を解説する。4. では特徴ベクトルからの文字画像再構成実験の結果を示し、提案手法の有効性と性質を調べる。

2. GA による画像再構成と突然変異手法

2.1 GA による画像再構成

まず、一般の画像再構成問題を考える。雑音がない場合の画像空間 x, y における原画像 $f(x, y)$ に対する観測過程を

$$v(z) = \int \int A(z; x, y) f(x, y) dx dy \quad (1)$$

とする。ここで、 $A(z; x, y)$ は観測過程を表わすオペレーターである。このときの画像再構成問題は、任意のデータ空間 z 上の観測データ $v(z)$ から得られる推定画像 $f_0(x, y)$ と原画像 $f(x, y)$ の誤差、

$$J = \int \int |f(x, y) - f_0(x, y)|^2 dx dy \quad (2)$$

を最小化することが目的となる。観測オペレーター $A(z; x, y)$ についての解析的な表現が得られる場合に

*Novel Mutation Method for Image Reconstruction - Affine Mutation -, Hitoshi Sakano, NTT DATA CORPORATION, E-mail:sakano@rd.nttdata.co.jp

は、射影フィルタなどの解析的手法が用いられ、多くの成果をあげている [2]。しかしながら、多くの問題においては $A(z; x, y)$ の解析的な表現を得ることが困難もしくは不可能であり、 $A(z; x, y)$ の近似表現を求めるか、推定画像を探索的に求める方法が用いられている。

GA を用いた画像再構成手法は探索的手法の一つと位置づけられる。GA を画像再構成に適用する場合には、画像のビットマップそのものを遺伝子とみなし、 N 個の個体 $f(x, y)_n, (n = 1, \dots, N)$ から得られた観測データ $v_n(z) = \int \int A(z; x, y) f_n(x, y) dx dy$ と、再構成対象の観測データ $V(z)$ の二乗誤差

$$J_a = |V(z) - v_n(z)|^2 \quad (3)$$

を最小化する個体を探索する手法として定式化される。

2.2 画像再構成問題における突然変異手法

画像再構成問題に GA を適用する際には、画像の基本的な性質に立脚した遺伝的オペレーターを用いることが重要となる。交叉については、高津ら [3] が 2 次元交叉と呼ばれる手法を提案し、画像復元実験を通して有効性を確認している。

一方、突然変異手法としては、通常、画素に対する点突然変異が用いられている。一般に点突然変異は有効であるが、この場合には遺伝子そのものが画像としての意味を持つために、必ずしも妥当とは考えられない。簡単な例として、2 値の文字画像を扱う場合を考えると、点突然変異は多くの場合無意味に黒点もしくは白点を発生させることになり、2 値画像の再構成に大きな影響を及ぼすとは考えづらい。次節ではこの問題を考慮した突然変異手法を提案する。

3. Affine Mutation

突然変異の目的は、初期個体群の組み合わせで用意できなかった部品を調達することと位置づけることが出来る。一方で自然画像の最も基本的な特徴は局所性、すなわち、一つの画素の近傍画素は類似した値を取るといった性質である。この性質は物体の凝集性に起因し、エッジなど特殊な領域を除く画像の大部分で成立する。

故に、突然変異によって新たに個体群に組み込まれる部品も局所性を持っていないてはならない、そして、個

体群と類似し、かつ局所性を維持した部品を導入する最も簡単な手段は任意の個体から連続的な変換によって新たな個体を生成することである。こうした考察から我々は遺伝子(画像)にアフィン変換を施すことで新たな個体を生成する手法、Affine Mutation を提案する。次節ではOCR(光学的文字認識装置)で用いられる特徴ベクトルから文字画像を再構成する問題を例にして提案手法の有効性を実験的に示す。

4. 文字画像再構成実験

OCRで用いられる特徴抽出系は強い非線型性を持つために特徴からの文字画像再構成問題は長く未解決であったが、GAを用いた探索的解法によって近年部分的に解決された[4]。本節ではこの問題に提案手法を適用し、その有効性を確認する。

実験は特徴抽出系として拡張外郭方向寄与度特徴を用い、標的となる特徴ベクトルをある文字パターンから抽出し、この特徴ベクトルから文字画像を再構成する。使用した文字データは郵政研数字データベースIPTP1より選択した 64×64 の2値データである。初期集団としては1000パターンの文字データを用いた。なお、詳細な画像再構成アルゴリズムは[4]を参照されたい。

提案手法を適用するに当たり、今回はAffine Mutationに含まれるべきアフィン変換として並進のみを用いた。並進変換を適用するためには1)突然変異率、2)並進の大きさ、3)方向の三つのパラメータを指定する必要があるが、今回は並進の方向、大きさを決定するために、ガウス分布 $N(0, \sigma^2; x)$ を仮定し、乱数 x, y を選択する毎に乱数 ξ, η を生成し、 $\xi < N(0, \sigma^2; x)$ or $\eta < N(0, \sigma^2; y)$ を満たすときに x, y 画素だけの並進を行うこととして、変異率、並進のパラメータを σ にまとめた。

実験結果を図1.に比較のために行った点突然変異の実験結果を図2.に示す。グラフはそれぞれ横軸に突然変異率もしくはそれに対応する σ 、縦軸に最終的な個体集団の二乗誤差の標的特徴ベクトルに対する最小値の1000回の試行の平均値を示している。図1,2を比較すると、二乗誤差の最小値は明らかに提案手法の方が小さく、その有効性を示している。また、点突然変異では変異率0-0.0001の非常に狭い範囲でしか改善を示していない、一方、提案手法では $\sigma = 0 - 5$ (画素)の範囲で改善が見られる。変数のレンジで言えば、点突然変異では1/10000の範囲でしか改善されないのに対して、提案手法では5/32の範囲で改善されている。この結果は提案手法が安定的に改善効果を出すことを示している。

5. まとめと今後の課題

画像再構成問題にGAを適用する際に一般的に有効と考えられる新しい突然変異手法、Affine Mutationを提案し、文字画像再構成実験を通して有効性を確認した。今回は並進だけを用いたが他の変換を考慮した場合についても検討が必要である。また、他の画像再構

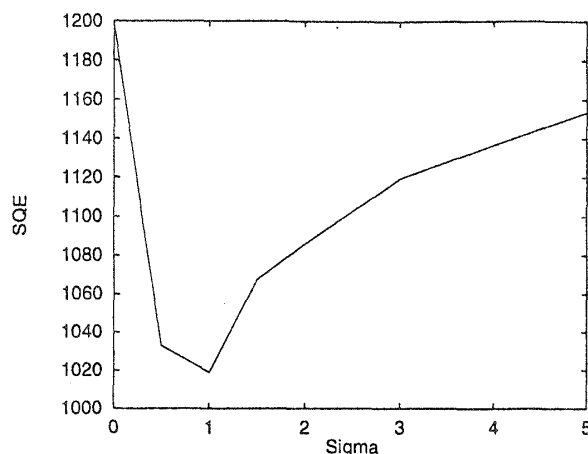


図1: 提案手法による到達二乗誤差

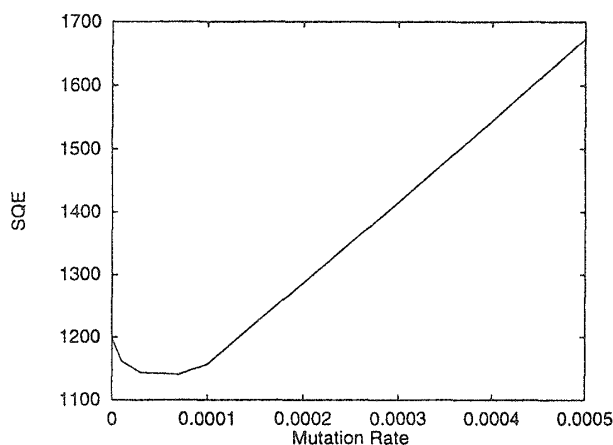


図2: 点突然変異による到達二乗誤差

成問題に関する検証も必要であろう。

参考文献

- [1] 坂野 鋭, 斎藤英雄, 「パターン認識における遺伝的アルゴリズム, その誘惑と悪夢」, 信学会誌, Vol.79, No. 10, pp.961-966, (1996)
- [2] 小川英光, 「信号と画像の復元」, 信学誌, Vol.71,5-8,p.491,p.593,p.739,p.828,(1988)
- [3] 高津, 澤井他, 「画像のベイズ復元への遺伝的アルゴリズムの適用」, 信学論 (D-II), J-77-D-II, p.1768, (1994)
- [4] 坂野 鋭, 木田 博巳, 武川直樹, 「遺伝的アルゴリズムによる文字識別系の解析」, 信学論 D-II, J80-D-II, pp. 1687-1694, (1997)