

GA を用いた濃淡画像からの3次元形状復元

2M-3

北原 大輔 桂井 浩

千葉工業大学 情報工学科

1. はじめに

shape-from-shading(SFS)は1枚の濃淡画像を用いて、画像中の明るさ情報から物体の形状を推定しようとする試みである。しかし、1枚の濃淡画像から明るさ情報のみで3次元形状を復元することは不可能である。このような推定を行う場合には光源方向や境界条件などの様々な拘束を導入しなければならない。従来の方法として大域法や局所法[1]などの解法が知られている。しかし、従来の方法にも欠点がある。例えば、大域法の一つである弛緩法は境界条件を使用するため、対象となる物体が境界部分において滑らかであるという拘束が必要であるので、角錐などの復元が困難となる。

一方、近年遺伝的アルゴリズム(GA)は様々な分野に適用されてその有効性が報告されている。そこで本研究では SFS 問題を最適化問題として考え、GA を適用し3次元形状の復元を試みる。GA を適用することによって、従来の方法に必要であった境界条件のような拘束を必要としないので、対象物体の範囲は広がっている。また、現在までに GA を用いた SFS 問題に対する解法がいくつか提案されているが[2]、GA の遺伝子として用いているものは適応度に関して間接的である。その結果、遺伝子の変化が適応度に反映されにくくなる。そこで、本報告では

Reconstruction of 3D Shape from Gray-Scale Image Using Genetic Algorithm

Daisuke Kitahara, Hiroshi Katsurai

Dept.of Computer Science Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

遺伝子の変化をより直接的に適応度に反映させるために、対象面の勾配全体を GA における個体として定義している。また、個体の適応度として、与えられた濃淡画像と個体の勾配から求まる明るさ画像との一致度などを用いている。このような GA 処理により適合度の高い個体を探索し、3次元形状を復元する。以下に GA を用いた濃淡画像からの形状復元法について述べ、本手法について実験を行い、結果について検討を行ったので報告する。

2. 遺伝的アルゴリズムを用いた濃淡画像からの形状復元法

2. 1. 遺伝子のコード化

物体 $z=f(x,y)$ の各点 (x,y) における面勾配は $p=\partial x/\partial z$, $q=\partial y/\partial z$ で表される。この (p,q) を極投影平面の座標値 (f,g) に置き換えたものを全体を遺伝子とする。

2. 2. 初期集団の生成

各個体に設定された基準点 (f_s, g_s) から与えられた画像の明るさの変化と勾配の変化の関係をj用いて、各個体を必要な個数生成し、初期集団を形成している。

2. 3. 適応度

本手法での適応度は、以下の式で表される。

$$fitness(c) = 1 / (\sum_i \omega_i E_i + 1)$$

ここで、 ω は重み付け係数である。

$$\text{ただし、} E_i = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i,j} (I_{ij} - O_{ij})^2}$$

は与えられた濃淡画像 I と個体の勾配から求まる明るさ画像 O との一致度であり、 N は物体面の明るさがある画素数の合計である。

$$E_2 = \sum_{i,j} \tilde{F}_{ij}^2 + \sum_{i,j} \tilde{G}_{ij}^2$$

は面勾配の滑らかさ度である。また、

$$\tilde{F}_{ij} = \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^2 f_R(k,l) f(i-1+k, j-1+l)$$

$$\tilde{G}_{ij} = \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^2 f_R(k,l) g(i-1+k, j-1+l)$$

ここで、 f_R はラプラシアンフィルタのマスクである。

$$E_3 = \sum_{i,j} P f_{ij} + \sum_{i,j} P g_{ij}$$

は近傍画素における f, g それぞれの面勾配のパターンに関するペナルティである。なお、 Pf は f 、 Pg は g に関するペナルティである。

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。その後増殖されなかった遺伝子に対して、交叉, 突然変異を行なう。このことは、準最適解候補が今後の遺伝操作によって破壊されないことを示している。

2. 5. 交叉

交叉は、交叉率によって選択された2つの親に対して、あるランダムな大きさの四角形を作り、その部分を入れ替えて子を生じ、現在の個体と置き換える方法を使う。

2. 6. 突然変異

突然変異では、 f, g をそれぞれ独立に、一様乱数を用いて置き換える。

3. 実験と結果

本手法の有効性を確認するために、濃淡画像から3次元形状の復元を試みた。光源の位置は既知として、いくつかの形状について明るさ濃淡画像を作成し実験を行ったところ、良好な結果が得られた。また、自然画像についても同様な実験を行ったところ比較的良好な結果が得られた。光源方向(0,0)での球の合成画像(図1-a)についての実験結果が図2である。パラメ

ータ値は、個体数=100, 淘汰率=0.2, 交叉率=0.5, 突然変異率=0.001とした。また、図3は与えられた濃淡画像と各世代の最大適応度の個体によって求められる明るさ画像との誤差の推移である。

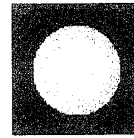


図 1-a 入力画像

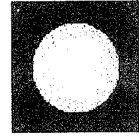


図 2-a 出力画像

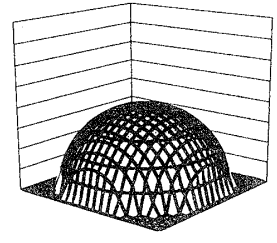
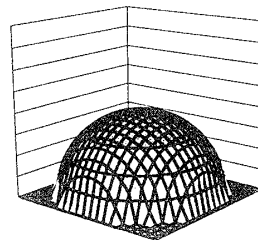


図 1-b 実物の3次元画像 図 2-b 形状復元画像

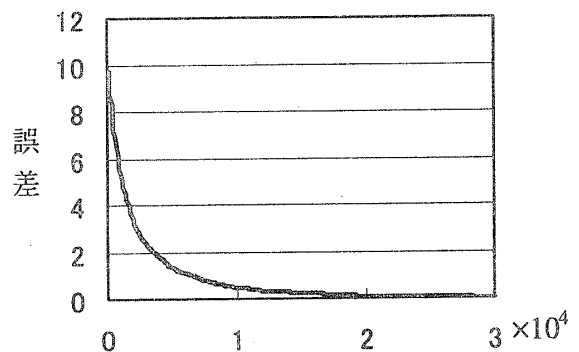


図 3 誤差の推移

4. おわりに

本研究では GA を用いて一枚の濃淡画像から3次元形状の復元を試みた。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] B.K.P.Horn: "Height and Gradient from shading", Int.J. of Comp.Vision, vol.5, No.1, pp37-75 (1990).

[2] 齊藤秀雄 宇佐美潔忠 "遺伝的アルゴリズムによる2次元濃淡画像からの3次元形状推定", 計測自動制御学会論文集, Vol.30, No 11, pp.1378-1384 (1994).