

遺伝的アルゴリズムを用いた表面探索によるステレオ視

5 G-3

片山 保宏 奥富 正敏

東京工業大学 大学院情報理工学研究科 情報環境学専攻

1 はじめに

ステレオ視は3次元構造の再構成のための有効な手法である。ステレオペアである左右の画像から対応点が特定できれば、その幾何学的性質から3次元位置を算出できる。従来多くの手法が、この対応点を見い出すことを目的としていた。本研究手法では、基線長と焦点距離が既知であるステレオ画像より、新たに対応度 (DOC: Degree of Correspondence) 画像を作成し、対応点のマッチングを行なうことなく、被観測物体の3次元構造の抽出を試みる。具体的には、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) を用いて、対応度画像から物体表面に相当する形状を抽出する。本報告では、1次元信号を用いて対応度画像の基本的性質と、形状抽出に用いるGA探索手法について述べ、計算機シミュレーションの実験を通し、本手法の有効性を示す。

2 対応度画像によるステレオ視

左右の1次元ステレオ信号より、一方の信号を基準とした場合、この基準の信号の位置を横軸に、対する他方の信号との視差を縦軸に、そして、この2点の対応度を画素値とすることで、2次元対応度画像を生成できる。ここで対応度としては、左右の信号値の差の絶対値をとるものとする。

図1に左信号を基準とした場合の対応度画像の概念図を示す。図1(a)の対応度画像上A点(2,3)の画素値は、左信号2の位置の信号値 al と、右信号5の位置の信号値 ar より求まる対応度 ($|al - ar|$) になる。ここで、右信号5は、左信号2に対し、視差3 ($= 5 - 2$) である。実際には、視差のとり得る範囲を考慮し、図1(a)の網掛部で示す様な矩形領域の対応度画像を考える。

ノイズのない理想的なステレオ信号が得られたとすれば、左右の対応点の信号値は完全に一致するので対応度が0になる。また、実空間内の直線は、対応度画像中でも直線となる。これらのことから、対応度が0に

近い値で構成される直線成分と、その組合せからなる形状を抽出できれば、直線成分による表面形状の復元が可能になる。

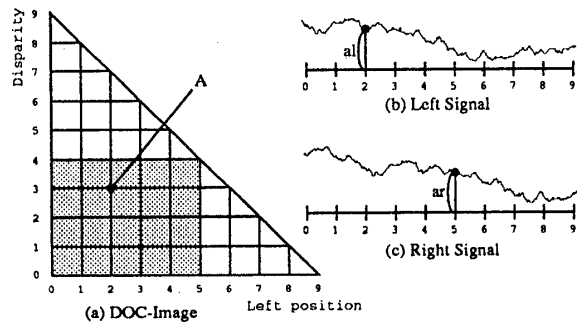


図1. 対応度画像の概念図: (a) 対応度画像の概念図, (b) 左ステレオ信号, (c) 右ステレオ信号.

3 GAによる探索

比較的高速に実用解を求めることのできる探索手法であるGAは、近年様々な応用例が発表されており、その中に画像中の楕円等の抽出に関する報告もある [1]。本研究においても、対応度画像中に隠れる真の形状に近似する、直線成分の組合せからなる形状の抽出方法にGAを用いる。以下に本GA探索手法の詳細を示す。コード化 平面内の複数の直線成分からなる形状を、横軸に対し垂直に投影する。1直線成分の投影をここでは投影直線成分と呼ぶこととする。さらに、複数の投影直線成分の組合せを1個体 (染色体) とする (図2)。ここで、直線成分は横軸に対し連続であり、かつ重複しないものとし、投影直線成分の連続性を確保する。一つの直線成分は、横座標位置は投影直線成分の節の位置で、縦座標位置はその節に付随するものとして実数で個体中に記録される。1個体に含まれる投影直線成分の数は不定であるが、投影直線成分の全長は一定で探索空間の横軸の長さに等しい。

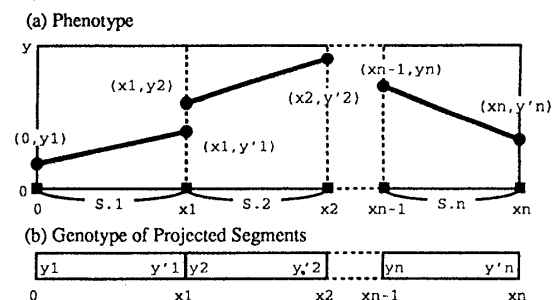


図2. コード化: (a) 表現型, (b) 遺伝子型.

Stereo Vision by Surface Fitting Using Genetic Algorithm

Yasuhiro KATAYAMA and Masatoshi OKUTOMI

Department of Mechanical and Environmental Informatics,
Graduate School of Information Science and Engineering,
Tokyo Institute of Technology

2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

個体の評価 個体を真の形状への一致の度合とその直線成分数から評価する。複数の直線成分からなる形状が、より真の形状に一致するよう、形状上の平均対応度が小さいほど高い評価を得るとする。また、構成する直線成分数が少ないほど高い評価を得るようにする。以上の2つの要素より、個体の評価を以下の式で求める。

$$f_i = \alpha \log(N_i + 1) \cdot \overline{DOC}_i$$

ここで、 f_i は個体 i の評価であり、小さい値である程よい。 $\overline{DOC}_i$ は個体 i の形状上の平均対応度、 N_i は個体 i の直線成分数、そして、 α は正の定数である。係数 α により、形状の一致に重みをおくか、あるいは少ない直線成分数に重みをおくかを調節できる。形状の一致を優先する場合は係数 α を小さく、直線成分数の少なさを優先する場合には大きくする。

選択・交叉・突然変異 選択方法としてエリート保存戦略と適応度比例戦略を組み合わせた方法を用いる。交叉は、投影直線成分に関しストリングと見なして行う。二つの親をある1点で切断し、その前後で交換し、図3に示す5種類の方法で接合し子を形成する。図中P[A]、P[B]は親、以下C[.]はその子でP[A]左部とP[B]右部からなり、a、(b)は切断されたA(B)の直線成分を示す。C[A=B]はa,bが個々に直線成分に、C[A+B]はa,bが同一直線成分に、C[A>B]はbが消滅、C[A<B]はaが消滅、C[A-B]はa,bが共に消滅した子の表現型を示す。

突然変異は、個体中の1直線成分が2直線成分に分裂する場合、2直線成分が1直線成分に融合する場合、そして、直線成分の端点が縦方向もしくは横方向に微小変化する場合の4種類からなる。

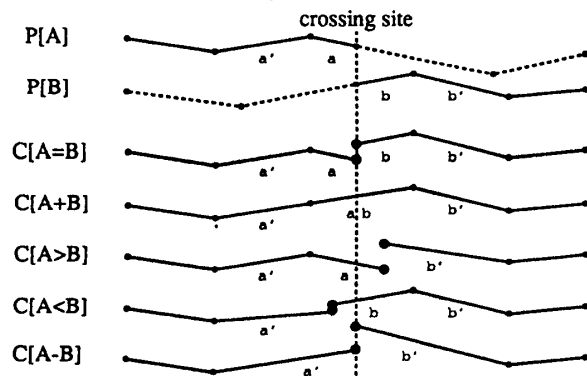


図3. 個体の交叉：親(P[.])とその子(C[.])の表現型。

4 実験と考察

計算機シミュレーションにより、仮想の被観測物体を観測し、得られた左右の1次元ステレオ信号(図4(a),(b))より、左信号を基準に作成した対応度画像(図4(c))に対しGA探索を行なう。

GA探索を行なった結果を図5に示す。図5(a)は適応度の直線成分数と一致度を調整する係数 α を0.2に設

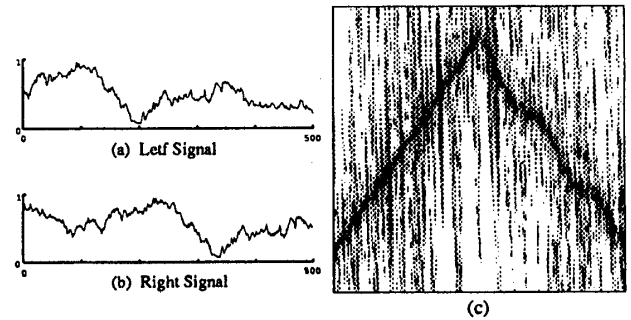


図4. ステレオ信号とGA探索空間画像：(a) 左ステレオ信号, (b) 右ステレオ信号, (c) GA探索空間画像(対応度画像)。

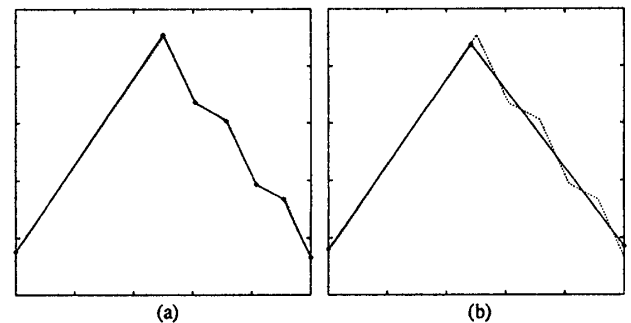


図5. GA探索による最良個体の表現型：(a) $\alpha = 0.2$, 直線成分数6, (b) $\alpha = 0.5$ 直線成分数2, 共に破線は真の形状。

定した第100世代の最良個体の表現型を示す。同図中の破線で示す真の形状に非常に良く一致し、直線成分の数も真の形状のものと等しくなっている。図5(b)は係数 α を0.5に設定した場合である。図中右側の複雑な形状に対し、1直線成分で粗いフィッティングを行なっている。

係数 α を適切に選ぶことで、適当な直線成分数で、真の形状によく一致する個体を見出すことができる。また、係数 α を大きくすることで、少ない直線成分数で復元することができ、かつ探索時間も短縮される。図5(b)は第20世代のもので、既に解の収束が見られる。この様に係数 α を調節することで、形状をどの程度細かく復元するかということと、探索時間をコントロールすることが可能である。

5 おわりに

本論文では、多くの従来手法の様に画像間のマッチングを行なわない、対応度画像によるステレオ視と、形状の抽出方法としてのGA探索手法を提案した。今後は、GA探索時間の縮小、実画像を用いた実験や、3次元対応度画像による表面探索への拡張等を予定している。

参考文献

- [1] Gerhard Roth and Martin D. Levine. *Geometric Primitive Extraction Using a Genetic Algorithm*. IEEE PAMI Vol. 16. No.9, Sep. 1994.