

形状に依存しないパラメータを用いた snake

瀬川 英吾 徐 剛 辻 三郎

大阪大学基礎工学部システム工学科

画像から対象物の輪郭線を抽出することは、非常に重要である。Kassらによって提案された snake は、輪郭線を抽出する問題を、エネルギー関数の最小化問題に変換する。しかし、snake を望ましい輪郭に収束させるためには、適切な初期位置を設定する必要があり、また、パラメータも適切な値に設定しなければならない。従来、これらのパラメータは、試行錯誤によって決められていた。本報告では、snake を円で近似することによって、パラメータの設定を簡単化する方法について述べる。

A Snake Using Parameters Independent of Its Shape

Eigo Segawa, Gang Xu and Saburo Tsuji

Department of System Engineering, Osaka University

1-1 Machikaneyama-chou, Toyonaka, Osaka 560, Japan

It is very important to extract contours of an object. Snakes proposed by Kass et al. are a method to transform contour extraction into energy minimization. In order to make snakes converge on desirable contours, not only initial positions but also parameters must be set appropriately. In this paper, we propose a method to make it easy to set parameters by approximating a part of a snake to a circle.

1. はじめに

コンピュータビジョンにおいて、画像から対象物の輪郭線を抽出することは、非常に重要であると考えられ、昔からよく研究されている。代表的な方法は、まず、エッジ検出オペレータによってエッジを抽出し、次に、求められたエッジを追跡する方法である。

このような二段階の処理を必要とする方法に対して、Kassら[1]によってsnakeと呼ばれる動的な輪郭モデルが提案された。これは、輪郭線を抽出する問題を、エネルギー関数の最小化問題に変換するものである。曲線snakeは、定義したエネルギー関数を最小にするように変形し、最小値(極小値)に収束する。この方法は、途切れの無い輪郭線が求められるという利点がある。しかし、snakeを望ましい輪郭に収束させるためには、適切な初期位置を設定する必要があり、また、通常、エネルギー関数は、複数の関数の重み付けされた線形結合から成るので、これらの重みも適切な値に設定しなければならない。対象物の位置や大きさあるいは形状に関する知識が無い場合、これらの設定は非常に困難である。従来snakeを用いる場合には、オペレータが、試行錯誤によってこれらのパラメータを設定していた。

本報告では、snakeのパラメータの設定を簡単化する方法について述べる。

2. snake モデル

snakeは、(1)で表される直線の形状によって決まる内部エネルギー E_{int} と、画像の特徴などによって決まる外部エネルギー E_{ext} を最小化するように変形する。

$$E_{snake} = \int E_{int}(v(s)) + E_{ext}(v(s)) ds \quad \dots (1)$$

$$v(s) = (x(s), y(s))$$

$$E_{int} = \frac{1}{2} (\alpha |v_s(s)|^2 + \beta |v_{ss}(s)|^2) \quad \dots (2)$$

$$E_{ext} = w_{edge} E_{edge}$$

$$E_{edge} = -|\nabla I(v)|^2 \quad \dots (3)$$

内部エネルギーを最小化することは、曲線を短く、滑らかにする作用がある。したがって、外部エネルギーの影響がない場合、snakeは収縮する。また、通常外部エネルギーは、(3)が用いられる。これ

を最小化することによって、曲線はエッジに引きつけられる。しかし、(3)によるエネルギーの勾配は、エッジの近くにしか生じないため、エッジから離れた点では、snakeを引きつけることができない。

そこで、snakeがより広範囲に動くことができるように、 E_{ext} に(4)で表される圧力の項[2][3]を加える。

$$\frac{\partial E_{press}}{\partial v} = n_{\perp} \quad \dots (4)$$

(4)は、snakeの各点を接線の法線方向に一定の大きさで押す力である。この力を加えることによって、snakeは膨張することも可能になる。

3. 円弧による近似

snakeのパラメータを設定する際に問題となるのは、形状によって内部エネルギーの影響が異なることである。例えば、角にはsnakeは引きつけられにくいことなどである。そこで、形状による内部エネルギーの影響を調べるために、snakeの各部分を(5)のように半径が r_i 、中心が (x_i, y_i) の円で近似する(図1)。また、ここでは形状だけの影響を調べるために画像のエネルギーは考えない。

$$x(s) = r_i \cos\left(\frac{s-s_i}{r_i} + \phi(s_i)\right) + x_i$$

$$y(s) = r_i \sin\left(\frac{s-s_i}{r_i} + \phi(s_i)\right) + y_i \quad \dots (5)$$

また、このとき

$$\theta_i = \frac{s-s_i}{r_i} + \phi(s_i)$$

とすると、圧力は(6)で表せる。

$$\frac{\partial E_{press}}{\partial x} = \cos \theta_i$$

$$\frac{\partial E_{press}}{\partial y} = \sin \theta_i \quad \dots (6)$$

snakeは、(1)を極小化する曲線であるから、(7)で表されるオイラーの方程式を満たさなければならない。

$$-\alpha x_{ss} + \beta x_{ssss} + w_{press} \frac{\partial E_{press}}{\partial x} = 0$$

$$-\alpha y_{ss} + \beta y_{ssss} + w_{press} \frac{\partial E_{press}}{\partial y} = 0 \quad \dots (7)$$

また、(5)から求めた導関数と(6)を(7)に代入しまとめると

$$\left(\frac{\alpha}{r_i} + \frac{\beta}{r_i^3} + w_{press}\right) \cos \theta_i = 0 \quad \dots (8)$$

任意の s に対して (8) が成り立つためには

$$\frac{\alpha}{r_i} + \frac{\beta}{r_i^3} + w_{press} = 0 \quad \dots (9)$$

(9) が成り立つようにパラメータの値を設定すると、snake は平衡状態になる。従って、内部エネルギーと圧力エネルギーだけからなる snake の場合、平衡状態になるためには、 r_i の小さな部分すなわち曲率の小さい、直線状の部分では小さな圧力、曲率の大きな部分では大きな圧力が必要であることがわかる。この結果は、snake を角に収束させにくいという事実に一致する。

ここで、snake がエッジに引きつけられるように画像のエネルギーを考慮にいれ、エネルギー関数を(10)のように変える。

$$E_{ext} = w_{edge} E_{edge} + (w_{press} + w'_{press}) E_{press} \quad \dots (10)$$

この場合は、(9)によって w_{press} を決定すれば、内部エネルギーに起因する収縮力を排除することができる。従って、圧力の大きさとエッジ強度だけを考慮して w'_{press}, w_{edge} を決めればよい。

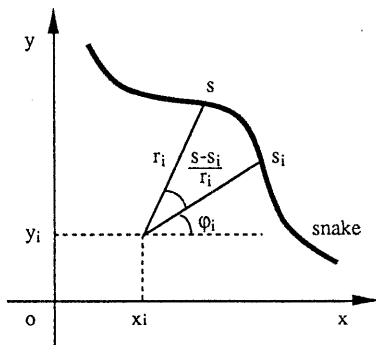


図1：円弧による近似

実際に、(9)によって w_{press} を求めるには、snake の各点において、近似する円の半径 r_i を求めなければならない。本報告では、各点における半径 r_i を、その点と近傍4点の5点を用い、最小二乗法により求めた。

4. 実験結果

256 × 256 ピクセルの濃淡画像に対して snake による輪郭抽出を行った。

図2に3つの初期位置を示す。それぞれに対して、 $\alpha=1, \beta=1, w_{press}=1, w_{edge}=0.2$ と(9)から求めた w_{press} を用いて抽出された輪郭を図3に示す。異なる対象に対して、同一のパラメータを用いたにもかかわらず、球、三角柱ともに正しく抽出できている。図4に図2と異なる3つの初期位置を示す。それぞれに対して、図2と同じパラメータを用いて、抽出された輪郭を、図5に示す。これらの結果から、本手法は、異なる初期位置に対しても、適切となるようなパラメータの値を設定できることがわかる。

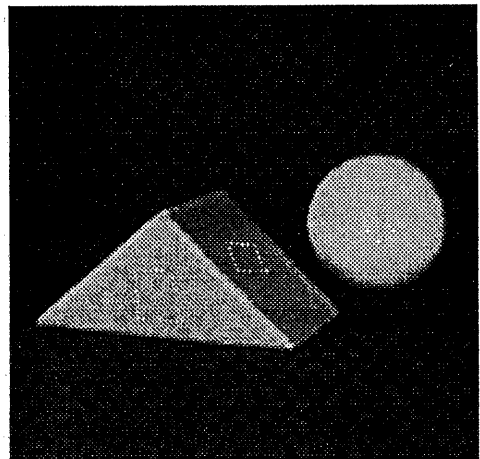


図2 初期位置

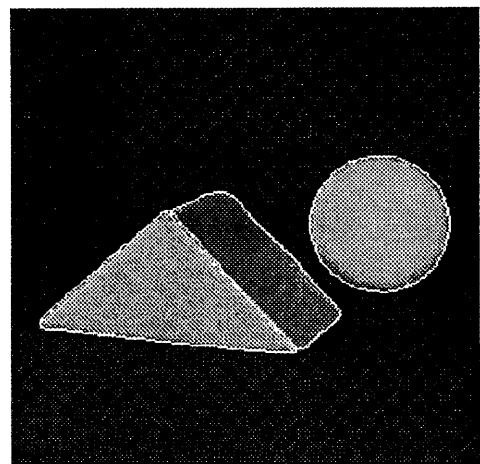


図3 図2の初期位置に対して抽出された輪郭

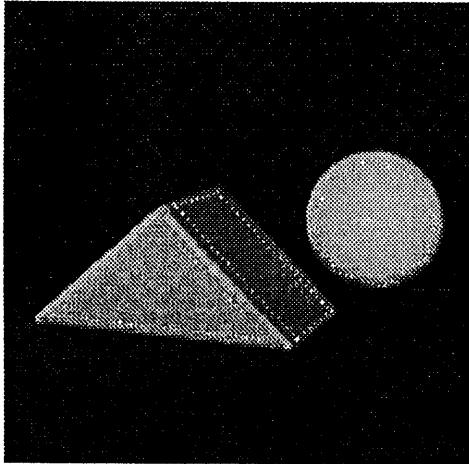


図4 初期位置

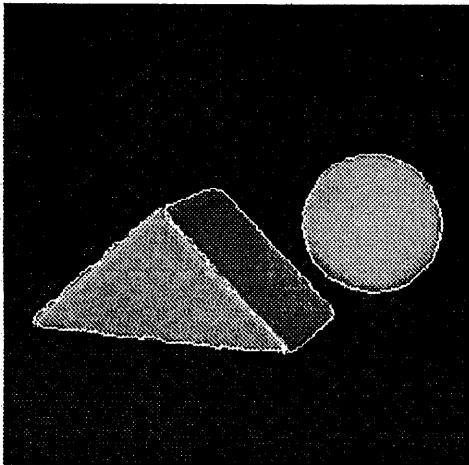


図5 図4の初期位置に対して抽出された輪郭

5. おわりに

従来は試行錯誤的に求めていたパラメータの設定を、snakeの各部分を円で近似することによって、簡単化する方法を提案し、その有効性を実験により確かめた。

また、本手法では、初期位置が変動した場合でも、正しく輪郭を抽出できるパラメータの設定ができる。

参考文献

- [1] Kass, Witkin, A. and Terzopoulos: "snakes :active contour models", Proc. of First International Conference on Computer Vision, pp.259-269, 1987.
- [2] Cohen, L. D. and Cohen, I.: "A finite element method applied to new active contour models and 3D

reconstruction from cross sections", Proc. of Third International Conference on Computer Vision, pp.587 - 591, 1990.

[3] 坂口嘉行, 美濃導彦, 池田克夫: snakeパラメータの設定についての検討, 信学技法, PRU90-21, pp.43 - 49, 1990.