

Active Net : 動的な網のモデルの提案

2E-4

積山 洋子* 坂上 勝彦** 山本 和彦**

*三菱化成(株) **電子技術総合研究所

1. はじめに

最近、エネルギー関数を利用し、エネルギー最小化原理を画像処理に応用する手法が注目を浴びている^[1]。その一つとして濃淡画像から輪郭線を抽出する手法(SNAKES^[2])がある。これは従来の輪郭線抽出法と違い、Activeに輪郭線が変化し、目的とする図形へ向かって変形していくという点で実に興味深い。我々は、輪郭ばかりでなく領域抽出にも利用するために、Active Contour ModelからActive Net Modelへの拡張を試みたので報告する。

2. 原理

SNAKESで示されているエネルギー関数を曲線から平面へ(1)式のように拡張する。

$$E_{net}^* = \int_0^1 \int_0^1 E_{int}(v(p, q)) + E_{image}(v(p, q)) dpdq \quad (1)$$

$v(p, q) = (x(p, q), y(p, q))$: メッシュ上の点
 $E_{int}(v(p, q))$: メッシュの内部歪みエネルギー
 $E_{image}(v(p, q))$: 画像の適合性エネルギー

我々は、平面を表現するために網のモデルを考え領域をメッシュ(四角形要素)に分けた。注目している領域に網をフィッティングさせるために、エネルギー関数 E_{net}^* を最小化させる。

2.1 メッシュの内部歪みエネルギー

メッシュを均一かつ滑らかに保とうとするエネルギーを(2)式のように定義する。

$$E_{int} = (\alpha(|v_p|^2 + |v_q|^2) + \beta(|v_{pp}|^2 + 2|v_{pq}|^2 + |v_{qq}|^2))/2 \quad (2)$$

(α, β : 定数)

一次偏微分の項(v_p, v_q)はメッシュの大きさを小さくするエネルギー、二次偏微分の項(v_{pp}, v_{pq}

, v_{qq})はメッシュを平行に保つエネルギーを示している。

2.2 画像の適合性エネルギー

画像自身のもつ濃淡情報から網に受けるエネルギーを定義する。

今回は画像の濃淡レベル(Intensity)のみに注目し(3)式とした。

$$E_{image} = wI(x, y) \quad (3)$$

$I(x, y)$: (x, y) の位置の濃淡レベル

これは、 $w > 0$ の時濃淡レベルの低い(暗い)方へ動くエネルギーを示している。

3. インプリメンテーション

(1)式の最小値を求めるために、オイラーの方程式を導入する。

$$-\alpha(x_{pp} + x_{qq}) + \beta(x_{pppp} + 2x_{ppqq} + x_{qqqq}) + \partial E_{image} / \partial x = 0 \quad (4)$$

$$-\alpha(y_{pp} + y_{qq}) + \beta(y_{pppp} + 2y_{ppqq} + y_{qqqq}) + \partial E_{image} / \partial y = 0 \quad (5)$$

(4)(5)式を差分近似式に置き換え、反復法により解く。

E_{int} に関する境界条件は、網外の点は網の端点を外挿することにより定める。

また網の端点では濃淡レベルの高い(明るい)方へ動くエネルギーを与え、端点が領域の境界に合った時エネルギーが最小となるように(6)式を定義する。

$$E_{image} = -wI(x, y) \quad (x, y) \in \text{網の端} \quad (6)$$

Active Net: Active Net Model for Region Extraction

Yoko TSUMIYAMA*, Katsuhiko SAKAUE**, Kazuhiko YAMAMOTO**

*Mitsubishi Kasei Co. **Electrotechnical Lab.

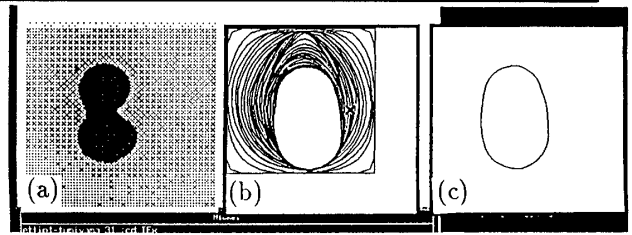
4. 実験

画像上の暗い（濃淡レベルの低い）対象物に網がフィッティングするようにエネルギー関数を定義し、初期値のメッシュを正方格子とした場合（図1）と放射状に置いた場合（図2）について実験した。

[実験条件]: 画像: 256×256 画素, 256 階調
 メッシュ点数: 400 点
 パラメータ: $\alpha=1, \beta=1, w=5$
 コンピュータ: SUN3/260
 ターンアラウンド時間: 7分
 (1000 回の反復演算)

5. おわりに

Active Net は領域内の画像情報を E_{image} として定義することができる。これは輪郭線モデル (SNAKES) にはない大きな特徴である。図3に同じ画像に対して輪郭線モデルでフィッティングさせた例を示すが、網のモデルの方が領域内の画像のエネルギーが有効に働くため図形へのフィッティング度が向上している。また、網



[図3] 輪郭線のモデル:
 (a): 原画像
 (b): 輪郭線の軌跡
 (c): 500 回目の輪郭線

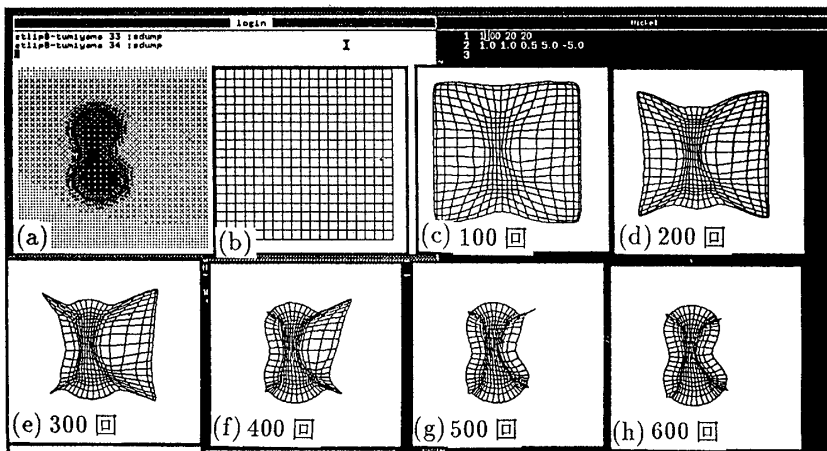
のモデルはテクスチャーの違いに注目して領域を抽出することも可能である。

謝辞

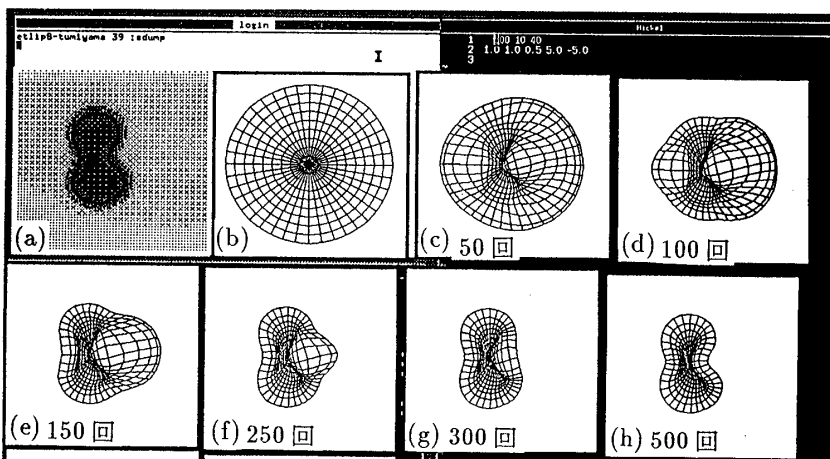
本手法を開発するに当たり、適切な助言を頂いた横矢直和博士を始め、熱心に御討論頂いた電総研画像研究室の皆様へ深く感謝します。

参考文献

- [1] 坂上, 横矢: "弛緩法と正則化", 情報処理, Vol.30, No.9, 1989.
- [2] M.Kass, A.Witkin, and D.Terzopoulos: "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, Vol.1, No.4 1988 (p321-331).



[図1]
 網のモデル1:
 初期値を正方格子に与えた場合
 (a): 原画像
 (b): 初期メッシュ
 (c)-(h): メッシュの収束過程



[図2]
 網のモデル2:
 初期値を放射状に与えた場合
 (a): 原画像
 (b): 初期メッシュ
 (c)-(h): メッシュの収束過程