

細線化骨格の追跡評価による歪み補正手法について

1 P-3

中村 剛士 江野 脇 宏 真野 淳治 世木 博久 伊藤 英則
名古屋工業大学

1 はじめに

画像の細線化またはベクトル化は、画像認識などのために重要な技術の1つである。これまでも、数多くの細線化手法 [5] が提案されているが、それらはほぼ共通して次の2つの問題のうちいずれかを有する場合が多い。その1つは獲得した骨格線の連続性についての問題であり、もう1つは骨格の歪みについての問題である。

細線化手法として最も一般的な Hilditch 手法 [3] は図形の交差点や端点における歪みが生じるものの、連続性については保証される。この性質を利用し、一旦、Hilditch 手法によって骨格線を獲得した後、交差点や端点付近の骨格構成要素を除去して骨格線の補正を行なう手法もいくつか提案されている。[1, 2, 4]

本稿において提案する手法 SRAMCs (Skeleton Revision Algorithm using Maximal Circles) も、同様の処理過程を得て補正骨格線を獲得する。本提案手法の特徴は、MC (Maximal circle) を用いて Hilditch 手法によって得られた骨格線を追跡評価し、適切な骨格構成要素を抽出することにある。

2 SRAMCs

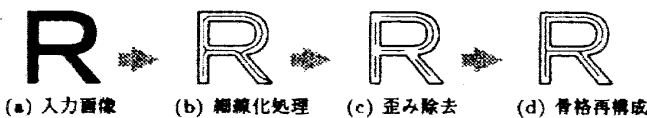


図 1: SRAMCs の処理過程

SRAMCs の処理のながれを図 1 に示す。SRAMCs の処理は (i) 細線化処理, (ii) 歪み除去, (iii) 骨格再構成の3段階からなる。以降、各処理についてその詳細を述べるが、細線化処理については Hilditch 手法を用いて骨格線を獲得するのみであるため、ここでは省略する。

Skeleton Revision Algorithm using Maximal Circles
Tsuyoshi Nakamura, Hiroshi Enowaki, Junji Mano, Hirohisa Seki and Hidenori Itoh.
Nagoya Institute of Technology.
Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan

2.1 歪み除去

細線化処理によって得た骨格線には歪みが含まれる。ここでは、式 (1) の適正条件に合致しない画素 (骨格構成画素) を消去することにより歪みの除去を行なう。各画素を中心として MC を配置し、MC と入力画像の輪郭線との交点数が 0 かつ接点数が 2 となるように MC の半径 r_{max} を設定する。このとき、以下の式 (1) を満たさない画素を歪みとして判定し消去する。図 2 において、太破線は骨格線を示し、太線は入力画像の輪郭を示す。また、MC と輪郭との 2 接点を b_1, b_2 とし、 $\phi(b_{12})$ を b_1, b_2 間のなす角とする。

MC が 2 つの接点を有するとは、両接点 (両輪郭線分) が MC の中心に位置する画素から最短距離にあることを示し、式 (1) の条件はそれを満たす画素が両接点のほぼ中点に位置することを意味する。したがって、歪みを生じやすい交差点や端点付近の画素が消去されるのはもちろん、折点付近の歪みについても歪み除去処理が実行され、画素が消去される。また、MC が交点数 1, 接点数 2 の条件を満たさない場合も、その画素は消去される。

$$\cos(\phi(b_{12})) < k_1 (= -0.970) \quad (1)$$

ここで、入力画像がデジタル画像であることを考慮した場合、MC と入力画像輪郭が交点数 0 かつ 2 点のみで接する条件は厳密すぎ扱いづらい。そのため、1 接点 2 交点の場合も上式 (1) と以下の式 (2) の双方を満足する画素については消去せず、適正画素として保持することとした。ただし、式 (2) では、接点 b_1 と交点 b_2 のなす角を $\phi(b_{12})$ 、2 交点 b_2, b_3 間のなす角を $\phi(b_{23})$ とする。(図 2(b) 参照)

$$\cos(\phi(b_{23})) > k_0 (= 0.990) \quad (2)$$

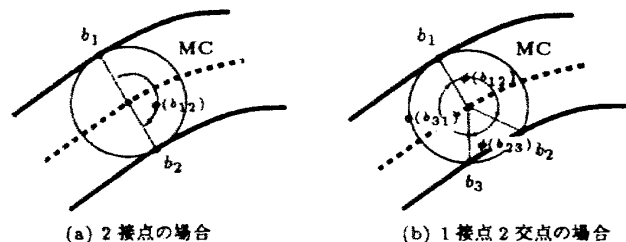


図 2: MC による骨格点評価

2.2 骨格再構成

歪み除去処理後、適正画素として保持された画素同士は、一般には連結していないため、歪み除去処理前

の連結情報をもとに骨格を再構成する必要がある。ここで、すでに連結している適正画素の連なりを骨格線分とし、骨格線分同士の連結を試みる。図3(a)に、骨格線分の4端点($e_1 \sim e_4$)を例示する。太線は骨格線分を表し、破線は歪み除去処理によって除去した画素を表す。歪み除去前には、 $e_1 \sim e_4$ の4端点は相互に除去部分を通して連結していたことから、この連結情報をもとに端点間を連結する。

まず、各骨格線分を最小2乗法によって直線近似し、 e_i を端点とした骨格線分を骨格線ベクトル V_i によって表現する。なお、最小2乗法によって直線近似した際の V_i の持つ誤差を σ_i と表す。また、接続点 P_c を設定し、端点 e_i と接続点 P_c を連結する連結ベクトルを v_i とすると、次式(3)を満たし、かつ式(4)が最大となる接続点 P_c を決定する。ただし、式(3)において、 r_{min} は、各端点 e_i から入力画像輪郭までの距離 r_{e_i} のうちの最小値を示し、 $r(v_i)$ は v_i から入力画像輪郭までの距離を示す。また、式(4)の n は端点数を示し、図3の場合、 $n=4$ である。両式によって、入力画像の線幅と骨格線分方向双方を満たした接続点 P_c を決定する。(図3(b)参照)なお、ここでは4端点の連結例を示したが、端点数が任意であっても再構成処理は同一である。

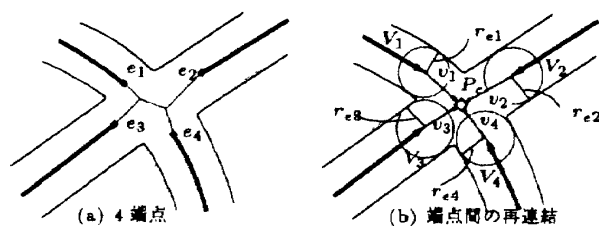


図3: 骨格再構成

$$r(v_i) \leq r_{min} \quad (3)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \frac{V_i \cdot v_i}{|V_i| |v_i|} \quad (4)$$

ただし、

$$w_i = 1 - \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}$$

3 実験

図4に Hilditch 手法によって獲得した骨格線を示す。また、図5に SRAMCs によって補正した骨格線を示す。なお、太線は入力画像輪郭を示し、実線は骨格線を示す。

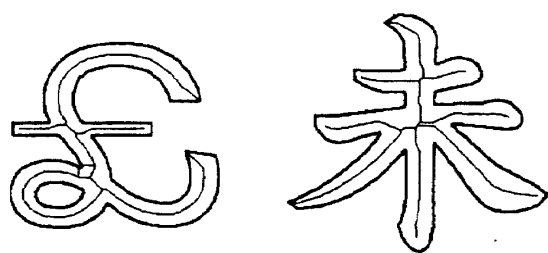


図4: 骨格線1(Hilditch 手法)

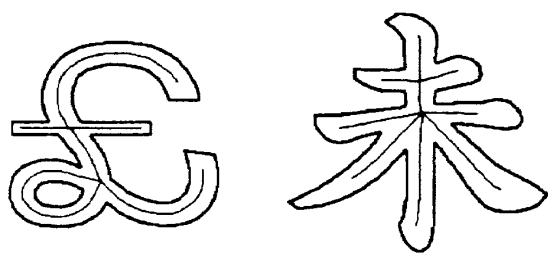


図5: 骨格線2(SRAMCs)

4 おわりに

図5に例示したように、補正前の骨格線(図4)に存在した歪みが改善され、SRAMCsの有効性のある程度示すことができた。しかし、歪み除去処理において、端点付近の画素が削除されすぎてしまうことや、現在の骨格再構成処理において、設定する接続点 P_c が1点のみであること、さらに端点と接続点を単純に直線によって補間することなど問題は多々あり、これらは、今後の性能改善のために考慮すべき課題である。

参考文献

- [1] I.S.I. Abuhaiba, M.J.J. Holt, and S. Datta. Processing of binary images of handwritten text documents. *Pattern Recognition*, 29(7):1161-1177, 1996.
- [2] R.M. Brown, T.H. Fay, and C.L. Walker. Handprinted symbol recognition system. *Pattern Recognition*, 21(2):91-118, 1988.
- [3] C.J. Hilditch. Linear skeleton from square cupboards. *Machine Intelligence*, 6:403-420, 1969.
- [4] C. Liao and Jun S. Huang. Stroke segmentation by bernstein-bezier curve fitting. *Pattern Recognition*, 23(5):475-484, 1990.
- [5] R.W. Smith. Computer processing of line images: A survey. *Pattern Recognition*, 20(1):7-15, 1987.