1L-4

2次元輪郭図形に対する逐次型演算スケルトン生成法 *

小田原 哲大 [†]　　**中村 克彦** [‡]

東京電機大学大学院理工学研究科 [§]　　**東京電機大学理工学部** [¶]

1　まえがき

2次元輪郭図形・図形の記述，認識，検索などの画像処理においてスケルトンが用いられている．スケルトンの生成法として輪郭図形内部のすべての点に対し輪郭までの最小距離を求める距離関数にもとづく方式と細線化にもとづく方式の2つがよく知られている．その他に，ボロノイ図を用いた方式などがある．しかし，これらの生成方式には計算量，正確さ，ヒゲと呼ばれる枝の制御などの問題があり，これらをすべて満足する方式または知られていない．

本報告では，逐次型演算によるスケルトン生成方式について述べる．この方式では，スケルトンを構成する点を，輪郭までの極小距離から決定する．このとき，極小距離を，その前に求めたスケルトン点を利用することで高速に計算することができる．また，この方式ではスケルトンを短い線分の集まりとして求める．これらの手法により，この方式は，従来の生成方式よりも少ない計算量でスケルトンの生成が可能である．

2　スケルトンの基本概念

2次元輪郭図形のスケルトンとは，図形内部の極大円の中心点の集合と定義される．ただし，極大円とは輪郭図形内部に存在し，ほかの極大円に含まれない円である．

スケルトンの構成要素　スケルトンの構成要素として，端点，分岐点，スケルトンの枝, 円中心の4つがある．すべてスケルトン上の点である．例を図2に示す．

端点 輪郭線と一致するすべての点が連結しているような極大円の中心（図2のT）．

分岐点 3つ以上の分離した連結部分が輪郭線と接するような極大円の中心（図2のB）．

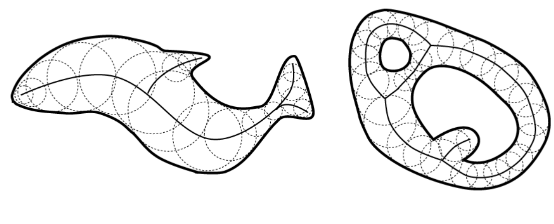

図 1: スケルトンの例

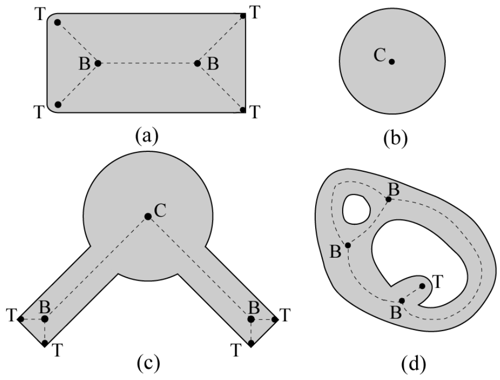

図 2: スケルトン構成要素の例 (T：端点 B：分岐点 C：円中心)

枝 両端が端点または分岐点であり，スケルトン上の点（スケルトン点）の集合で構成される線分．

円中心 輪郭線の一部と一致するような極大円の中心．

3　スケルトン点の決定

提案するスケルトン生成アルゴリズムでは，まず一つのスケルトン点を決定する．次にこの点から始めて逐次的にスケルトンの点を求める．本方式は，スケルトン点決定アルゴリズム，分岐点決定アルゴリズムの二つのアルゴリズムで構成されている．

3.1　スケルトン点決定アルゴリズム

このアルゴリズムでは，あるスケルトン点 s が求まっているとき，この点から一定のきざみ d だけ離れたスケルトン点を求める (図3).

1. s を中心とする極大円の半径を r とし，n_1, n_2 を極大円と輪郭との接点とする．線分 sn_1, sn_2 のなす角の2等分線上で，スケルトン点 s からの距離が d の点をスケルトン候補点 p とする（図3(a)）．

A Sequential Skeleton Generation Method for 2-Dimensional Outline Figures *

Tetsuhiro Odawara [†]
Katsuhiko Nakamura [‡]
Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University [§]
Faculty of Science and Engineering, Tokyo Denki University [¶]

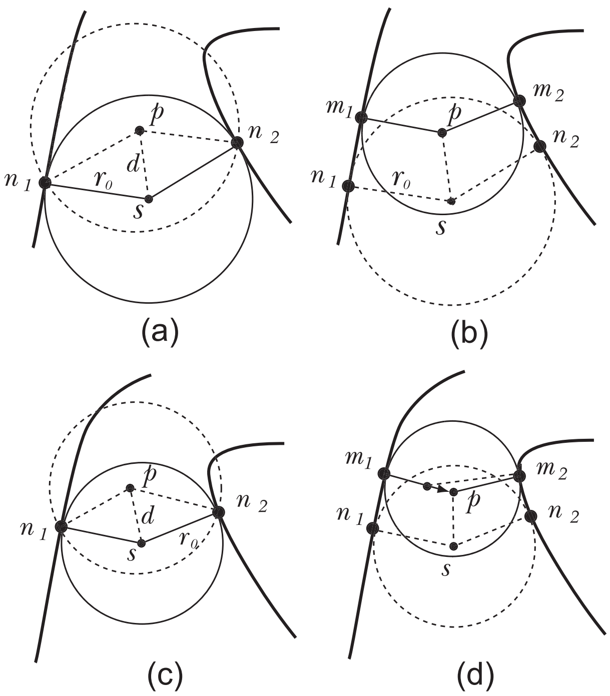

図 3: スケルトン点決定アルゴリズム

2. スケルトン候補点 p を中心とし点 $p-n_1$ 間の距離を半径 r とする円に含まれる輪郭上を走査し，候補点 p から輪郭までの距離が極小の点を検出する（図 3(b)）．極小値の個数により次のいずれかの操作を選択する．
   (a) 極小点が一つしか求まらない場合，p はスケルトン点（端点）である．計算は終了．
   (b) 連続した極小点が一つ求まる場合，p はスケルトン点（円中心）である．計算は終了．
   (c) p からの距離が等しい二つの極小点 m_1, m_2 が存在するとき，p はスケルトン点である．この場合，スケルトン点が求まり計算は終了．
   (d) p からの距離がほぼ等しい三つの極小点 m_1, m_2, m_3 が存在するとき，分岐点決定アルゴリズム (3.2) によって分岐点を決定する．

   その他の場合，線分 pm_1 と pm_2 のうち短い線分の延長線上かつ，m_1, m_2 から等距離の点を新たに p とし，この操作を繰り返す（図 3(c)，(d)）．

近似点なしに最初のスケルトン点を求めるには，輪郭上のある点で接する接線に垂直な線分と輪郭との二つの交点を n_1, n_2 とし，その中点をスケルトン候補点 p として，上のアルゴリズムを実行する．

3.2 分岐点決定アルゴリズム

1. 分岐点候補 p から距離が極小である輪郭上の 3 点を m_1, m_2, m_3 とする．p とそれぞれの点までの距離を d_1, d_2, d_3 とするとき，$d_1 = d_2 = d_3$ ならばその点は分岐点であり，計算終了する．その他の場合，m_1, m_2, m_3 を通る円の中心を新しい p とする．
2. p に対して，操作 1 を繰り返す．

4 スケルトン生成アルゴリズム

与えられた輪郭図形に対してスケルトン点の集合を求める手順は次の通りである．

1. 輪郭図形の輪郭上のある点から，その点に対応するスケルトン点をスケルトン点決定アルゴリズムを用いて求める．
2. スケルトン点決定アルゴリズムを用い，決定したスケルトン点から一定間隔ごとにスケルトンの点を逐次的に求める．この処理を繰り返し，端点またはスケルトンの分岐点に到達したところで 1 つの枝の処理を終了する．
3. 分岐点から始まる残った枝について，操作 2 を繰り返し，残った枝がなければスケルトン生成の処理を終了する．

5 むすび

本報告では，新しいスケルトン生成アルゴリズムについて述べた．この方式は [2] にもとづいているが，スケルトン点の決定において，それまでに決定されたスケルトン点とそれに対応する輪郭上の距離が極小の点を用いることによって大幅な計算時間の短縮がなされている．

今後の課題として，本方式の評価，および生成されたスケルトンの分岐点，枝の評価値などの特徴による図形の認識，検索などがある．

参考文献

[1] 森, 坂倉, 画像認識の基礎　-前処理と形の特徴抽出-, オーム社, pp.49-65.

[2] 市川ルミ, 中村克彦, ”スケルトン生成のための高速アルゴリズム”, 情報処理学会第 64 回全国大会論文集, 2N-05(2002).

[3] Holt, C. M., Stewart, A., Clint, M. and Perrott, R.H., ”An Improved Parallel Thinning Algorithm”, *Comm. of the ACM*, Vol.30, No.2 pp.156-160 (1987).