

スケルトン生成のための高速アルゴリズム*

2N-05

市川 ルミ†

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 はじめに

2 値輪郭図形に対する画像処理 (形状の記述, 認識, 分割, 検索など) に対して, スケルトンが広く用いられている. 画像データは一般に情報量が多いが, スケルトンを用いることで少ない情報量での画像処理が可能になる.

従来のスケルトン生成法では, 計算量が多く, 余分な枝 (ひげ, 偽枝) が発生したり, スケルトンの欠損が起こるといった欠点があった. また, 点の集合でスケルトンを生成するため, 画像処理への直接の応用が難しいという問題があった.

本報告では, 2 値輪郭図形に対するスケルトン生成の新しい高速アルゴリズムについて述べる. 本アルゴリズムでは, 輪郭の曲率情報よりスケルトンの端点と分岐点を求め, そこからスケルトンの枝を線ベクトルの情報として生成する. この方式により, スケルトンを画像処理に適した形で生成すること, スケルトン生成に要する計算時間を減少させることが可能となる. ここでは, 簡単のため閉じた (穴のない) 輪郭図形のみを扱う.

2 スケルトンと従来の生成方式

輪郭図形のスケルトンとは, その図形の極大円の中心点の集合と定義される. 極大円とは, 輪郭図形内部に含まれる円でありかつその図形内部に含まれるほかの円には含まれないものである.

これまで, スケルトンを生成するためにさまざまな方法が考えられてきた. 代表的な手法として, 次のようなものがある.

- 2 値輪郭画像内の各点と輪郭との最小距離 (距離関数) を算出し, その点における距離の値と近傍点の距離の値との関係によりスケルトン点かどうかを決定する方法 [1,2].

A High-Speed Algorithm for Skeleton Generation *

Rumi Ichikawa †

Katsuhiko Nakamura ‡

Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University §

Faculty of Science and Engineering, Tokyo Denki University ¶

- 輪郭図形をあるルールに従って外側から削り, 細線化を行いながらスケルトンを生成する方法 [4]. これらの方法には次のような問題点がある.

- ① 距離関数を用いる方法では, 輪郭図形の内部の点すべてに対して近傍点との距離を計算し, その関係を調べてスケルトンを生成するため, 計算時間がかかる.
- ② 本来, 線情報であるスケルトンが点の集合として求められてしまう.
- ③ 画像をビットデータとして扱うため輪郭にエアリングがおり, 本来存在するべきスケルトンが欠損したり, 途中で途切れるということがある. また, 余分なスケルトンが発生することもある.

特に上記②の問題は重要である. この欠点によって, スケルトンの本数や端点, 分岐点, スケルトンを構成する枝の特徴や, 全体に対してどれくらいの重みを持つかといった情報を抽出することは難しい.

3 スケルトン高速生成方式

本方式では, スケルトンの各枝を線ベクトルの系列によって表現する.

3.1 生成アルゴリズム

1. 2 値輪郭図形の輪郭をたどり, その曲率から, スケルトンの枝の端点を決定する. 端点は, 曲率が極大である点における輪郭図形の内接円の中心, すなわち曲率極大値をもつ点から曲率半径分離れた位置にある点である (図 1(a)).
2. 決定した端点から一定間隔ごとにスケルトンの枝の点を順次求め, 端点もしくは直前のスケルトン点と, 求められたスケルトン点を線ベクトルを用いて直線近似する. スケルトン点の決定方法については後に述べる.
3. 以上の処理を繰り返し, スケルトンを示す線ベクトルが, 出発点と別の端点にまたはスケルトンの分岐点に到達したところで処理を終了する. ここで, 分岐点とは複数のスケルトンの枝が収束する場所をさす (図 1(b)). 分岐点の決定法も, 後に述べる.

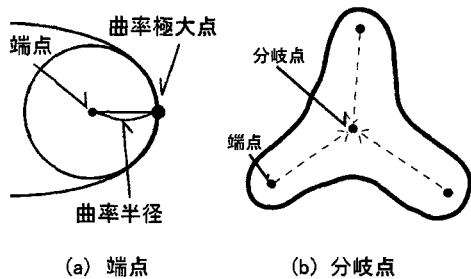


図 1: 端点と分岐点

3.2 スケルトン点の決定

1. 端点に対して曲率極大点と逆の方向に一定間隔をおいてスケルトン候補点を決定する。
2. スケルトン候補点からの距離が極小であるような輪郭上の点を p_1 , p_2 とする。

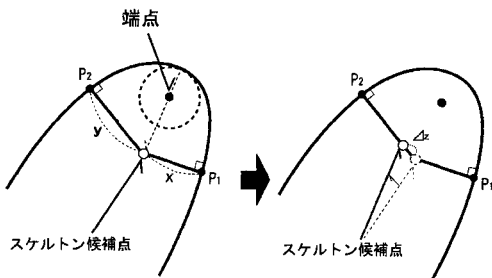


図 2: スケルトン候補点の決定

候補点とそれぞれの点までの距離を x , y とするとき、 $x = y$ ならばその点はスケルトン点である。 $x = y$ でない場合は、次の値を用いて正しいスケルトン点の位置を求める。

$$\Delta z(\text{移動量}) = \frac{|x - y|}{2}$$

図 2 のように $x < y$ 場合、 Δz だけ p_2 の方向にスケルトン候補点を移動させる。

3. 新しいスケルトン候補点に対して、距離が $x = y$ となるまでこの操作を繰り返す。

3.3 分岐点の決定

1. スケルトン点を決定する際に、スケルトン候補点からの極小距離が 3 点以上存在する場合、その点を分岐点候補とする。

2. 分岐点候補から、距離が極小であるような輪郭上の 3 点を p_a , p_b , p_c とする。

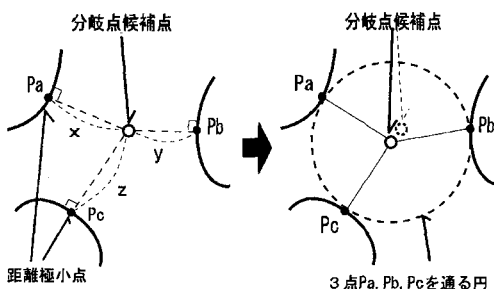


図 3: 分岐点候補の決定

- 候補点とそれぞれの点までの距離を x , y , z とするとき、 $x = y = z$ ならばその点はスケルトンの分岐点である。 $x = y = z$ でない場合は、 p_a , p_b , p_c を通る円の中心を次の分岐点候補とする。
3. 新しい分岐点候補に対して、距離が $x = y = z$ となるまでこの操作を繰り返す。

4 むすび

本報告では、新しいスケルトン生成のための高速化アルゴリズムを提案した。本アルゴリズムでは、直接スケルトン点に近い点から計算を行い、精度の高いスケルトン点を求めることができる。また、スケルトンを直接線ベクトルの情報として生成しているため、従来の方式に比べ、計算時間が少ない。現在はアルゴリズムを実装し、他方式との比較を行っている。今後はアルゴリズムの改良と、本方式により生成されたスケルトンを用い、形状の記述、認識、分割といった画像処理への応用をはかりたい。

参考文献

- [1] Ron Kimmel, Doron Shaked and Nahum Kiryati, Skeletonization via Distance Maps and Level Sets, *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.62, No.3, 1995, pp.382-391.
- [2] 森, 坂倉, 画像認識の基礎 I - 前処理と形の特徴抽出-, オーム社, pp.49-65.
- [3] 本谷, 中尾, 出口, 多重解像度スケルトンを用いた輪郭線図形の分割手法, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.7, 1999, pp.2967-2977.
- [4] Christopher M. Holt, Alan Stewart, Maurice Clint and Ronald H. Perrott, An Improved Parallel Thinning Algorithm, *Communications of the ACM*, Vol.30, No.2, 1987.