

境界線のセグメンテーション

3L-5

杉本和英[†]

富田文明[‡]

新情報処理開発機構[†]

電子技術総合研究所[‡]

1. まえがき

形状の認識や記述において、分割点の決定は重要な役割を持つといえる。従来手法の多くは、 k -曲率を用いた低域フィルタによるぼかし処理を施した曲率の微分のゼロ交差点から屈曲点を検出するもので[2]、凹凸の反転する変曲点や、直線から滑らかな曲線に移行する遷移点の検出について明確に言及しているものは少なく、計算量や解析のためのパラメータの複雑さ等についても問題がある。また、曲率の変化の小さい部分についてはゼロ交差点を用いた手法は使えない。本報告では、これらの特徴点の種類やパラメータに関する問題を克服した境界線の分割手法を提案する。特徴点のうち、端点や分岐点は、その連結数から容易に識別できるので、屈曲点、変曲点、遷移点を検出する方法について考える。

2. 曲率と法線方向の算出

画像中の各領域を囲む境界線には、外周と穴の2種類があり、それぞれ領域を右手に見る方向をもつ。以降、境界線上の画素の追跡やその順序関係は、この境界線の向きによる。

まず、同一境界線上の画素について、注目する画素からの距離が k 以下のすべての近傍画素に対して、最小二乗近似により円および直線をあてはめる。次に、あてはめに用いたすべての画素に対する誤差の総和の小さい方を選び、注目画素の仮の曲率と仮の法線方向を求める。円の半径を r とした場合、 $\frac{1}{r}$ を仮の曲率とする。ただし、円の中心が境界線向きに対して左右どちら側にあるかにより符号付けをする。そして、円の中心から注目画素へ向かう単位ベクトルを、

仮の法線ベクトルとする。直線の場合は仮の曲率を0とし、直線に直交する単位ベクトルを仮の法線ベクトルとする。境界線上のすべての画素に対してこの処理を行ない、あてはめられた各画素に曲率と法線ベクトルを加算する。しかし、屈曲点近傍ではあてはめ誤差が大きく、正しい曲率を求めることができない(図1(a)の l, c は、それぞれ注目画素 P_c の近傍であてはめられる直線と円の例)。そこで、注目画素より後に k 離れた2点(同図(a)の P_b, P_f)において同様に求めた誤差と比較し、誤差が最小の点における仮の曲率と注目画素の曲率として採用する。注目画素以外の点のものを採用した場合には前後のラベルを付ける(同図(b)B,F)。同様に法線ベクトルも更新する。直線の場合は、採用した点の仮の法線方向となり、円の場合は、採用した点にあてはめた円の中心から注目している画素へ向かう単位ベクトルとする。

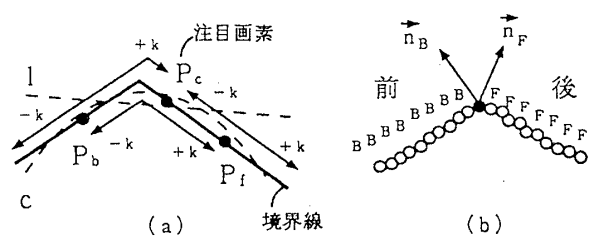


図1: 直線、円のあてはめとラベル

3. 分割点の決定

3.1 屈曲点の検出

屈曲点近傍では、あてはめ誤差が大きくなり、屈曲点を境にラベルがBからFもしくはFからBに変わると考えられる。そこで、このような点を屈曲点の候補とする。雑音の影響によりこのようなラベルの変化点が現れる場合と区別するため、候補点を、前後の直線もしくは円にそれぞれあてはめた場合

Segmentation of Boundaries
[†]Kazuhide SUGIMOTO
[†]Real World Computing Partnership
[‡]Fumiaki TOMITA
[‡]Electrotechnical Laboratory

の法線ベクトル (図1(b)の例では、前にあてはめた場合のベクトル \vec{n}_B と、後の \vec{n}_F) のなす角が大きい場合のみ屈曲点とする。

3.2 遷移点の検出

直線は、同じ法線方向を持つ点の連続する部分と考えられる。そこで、屈曲点には含まれる区間に対して、以下に示す手順により直線部分を検出する。検出された直線部分の端点のうち、屈曲点以外のものを遷移点とする。

- 注目している区間内のすべての画素の法線に対し、同じ方向をもつものの度数を求める。
- k (抽出する直線部分の長さに依存) 以上の度数の法線方向をもつ画素を選び出し、直線のラベルをつける。
- 直線のラベルのついた画素の区間を求め、 k を越える長さの区間の両端点で、屈曲点以外のものを遷移点とみなす。

3.3 変曲点の検出

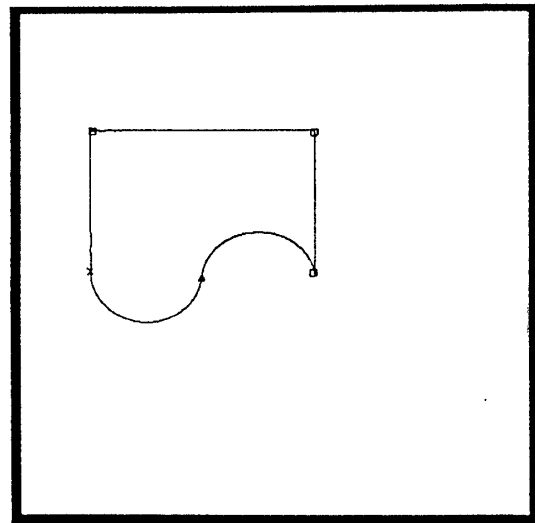
直線のラベルのついていない画素は、曲線部分とみなす。変曲点は、曲率の符号が異なる二曲線の接続点であるから、連続する曲線部分の画素の曲率の符号が反転する部分を検出するだけでよい。

4. 実験結果

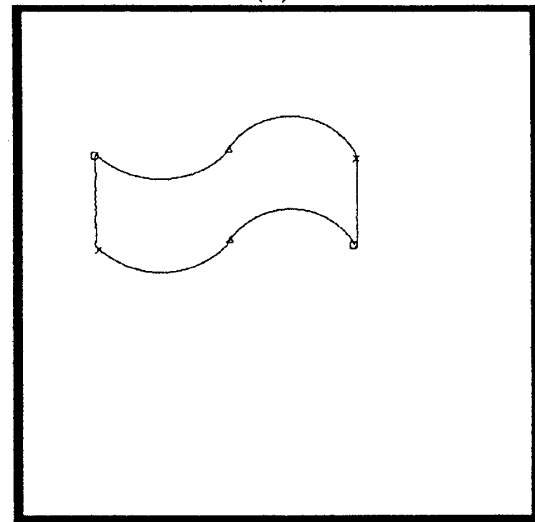
図2に、分割点の検出結果を示す。本手法は、屈曲点は勿論、変曲点、遷移点をも正確に抽出することができる。また、分割のための複雑なパラメータを必要としない。境界線に対して k が大きい場合には、誤差が大きくなり、特徴点の検出の精度が下がる。しかし、これは誤差に応じて k を変えることで解決できる。今後は、動的に k を変え、検出に関するパラメータを必要としないセグメンテーションへの改良を行なう予定である。

謝辞

日頃、有益な助言をくださる新情報処理開発機構能動知能研究室の末広尚士室長はじめ、熱心な御討論を頂く、電総研視覚情報研究室ならびに SIR WG 諸氏に感謝致します。



(a)



(b)

□: 屈曲点、 △: 変曲点、 ×: 遷移点

図2: 分割点の検出結果

参考文献

- [1] Rosenfeld, A. and A.C.KAK: "Digital Picture Processing.", New York: Academic Press, 1976.
- [2] H.Asada, M.Brady: "The Curvature Primal Sketch", PAMI-8, NO.1 pp.2-14(1986)