

カラー簡易画像のジオメトリック描画コマンド化 (2)

4P-12

直線・円弧近似処理

加藤 玲子 西野 悦二

(松下電器産業 (株) システム研究所)

1. はじめに

カラー簡易画像のジオメトリック描画コマンド化<sup>[1]</sup>における、直線・円弧近似処理について報告する。領域分割によって得られた境界点列上のエッジセグメントを入力とし、これを屈曲点や変曲点で分割し、おのおのについて直線や円弧で近似を行なう。

2. 直線・円弧近似処理

2.1 処理概要

境界点列をエッジセグメントごとに、直線及び円弧で近似する。本処理手法は、全曲率関数を用いた従来手法<sup>[2]</sup>を改善した手法である。(図1参照)

1) 全曲率関数の生成・平滑化

境界点列  $(x_i, y_i)$  から、始点からの距離  $s$  における接線方向の関数である全曲率関数  $\theta(s)$  を求める。

2) エッジセグメントの分割

$s-\theta$  平面上で  $\theta(s)$  の折れ線近似を行なう。このとき、 $s-\theta$  平面上の屈曲点、不連続点が、 $x-y$  平面上の変曲点、屈曲点に相当する。

3) 直線・円弧の近似あてはめ

エッジセグメントを、変曲点もしくは屈曲点で分割し、直線もしくは円弧で近似する。これを直線プリミティブ、円弧プリミティブと呼ぶ。

本処理部は、次の特長を有している。

- (1) 屈曲点が複数近在するエッジセグメントに対して、高性能な屈曲点抽出が行なえる。
- (2) 緩やかな曲率のエッジセグメントに対して、必要以上に分割することがないので、統合処理を行わずに精度の良い近似ができる。

2.2 全曲率関数の生成・平滑化

エッジセグメントごとに境界点列の全曲率関数を生成し、同時に、標本化による歪を軽減するために平滑化を行なう。

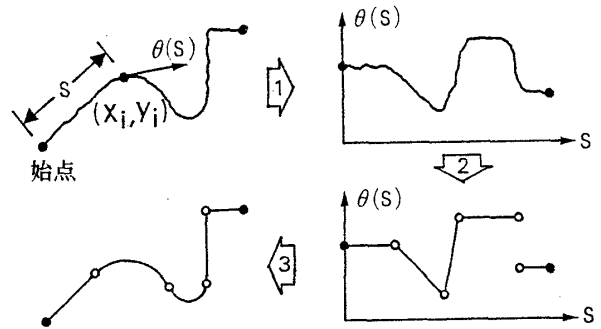
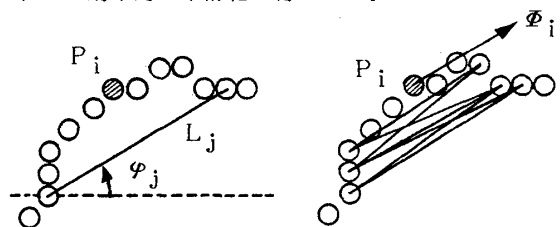


図1 処理概要

手順を(1)~(3)に示す。(図2参照)

- (1) エッジセグメント上の注目点  $P_i$ 、付近の前後の点を結ぶ線分  $L_j$  と、基準直線とのなす角度  $\varphi_j$  を求める。
- (2) 線分  $L_j$  を複数選び、それぞれについて  $\varphi_j$  を求め、その平均を  $\varphi_i$  とする。このとき、 $\varphi_i$  は近似的に、 $P_i$  における接線と基準直線のなす角度に相当する。(図2(b))
- (3) (2) で求めた  $P_i$  と  $P_{i-1}$  の角度  $\varphi_i, \varphi_{i-1}$  の差分  $\Delta\theta_i$  を、始点から終点まで加算して、全曲率  $\theta_i$  を求める。

$\varphi_j$  の算出は、 $L_j$  の  $x, y$  方向変化量を入力とするテーブル参照によって行ない、処理時間の短縮を図っている。また、注目点に非常に近い点に対応する  $L_j$  は、標本化の影響が大きいと考えられるので、複数の線分の中には含めない。このことにより、標本化の影響を除去し、かつ効果的な平滑化が行なえる。



(a)  $\varphi_j$  の求め方 (b) 複数の  $L_j$

図2 全曲率関数の求め方

比較のために、本方式と移動平均による方式<sup>[2]</sup>のそれぞれで全曲率関数の平滑化を行なった結果を、図3に挙げる。ともに、平滑化幅を13画素とした結果である。本方式による全曲率関数の平滑化結果は、屈曲点付近の立ち上がりが鋭く、かつ、十分に平滑化されている。

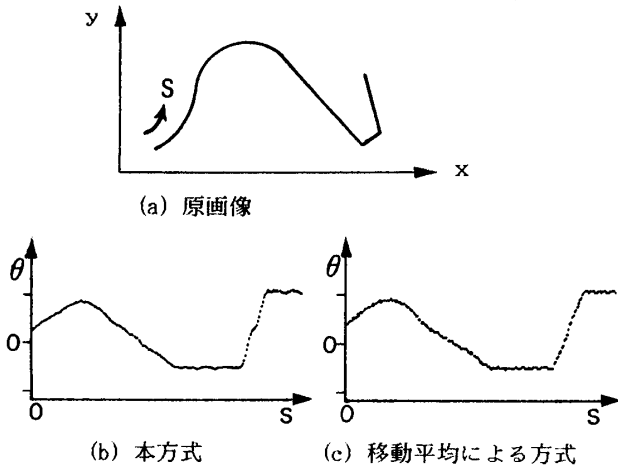


図3 全曲率関数の平滑化

2.3 エッジセグメントの分割

エッジセグメントを分割するために、全曲率関数を不連続点を含む折れ線で近似する。この処理を次の二段階に分けて行なう。(図4参照)

- (1) 全曲率関数の折れ線近似 (不連続点を含まない)
- (2) 全曲率関数の不連続点抽出

(1)の折れ線近似手法は、従来手法<sup>[2]</sup>と同様のものを用いているが、本方式では、 $s-\theta$ 平面上でこの操作を行なうため、折れ線近似の際に用いる距離として、 $\theta$ 方向距離を用いている。図3(b)に示した本方式の全曲率関数を折れ線近似した結果を図5に示す。カーブの緩急に依らず、必要十分な数にだけ分割できている。

(2)の不連続点の抽出は、 $x-y$ 平面上の屈曲点抽出と等価である。全曲率関数上に不連続点として現われるべき点が、平滑化の影響で二つ以上の屈曲点として抽出される。このような複数の屈曲点を統合して、一つの不連続点とする処理を行なう。

複数の屈曲点を統合する際に、屈曲点間の距離 $s$ の変化量だけでなく全曲率 $\theta$ の変化量も考慮し、屈曲点を結

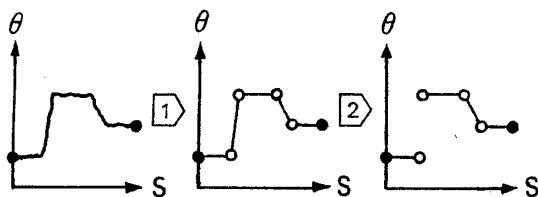


図4 エッジセグメントの分割

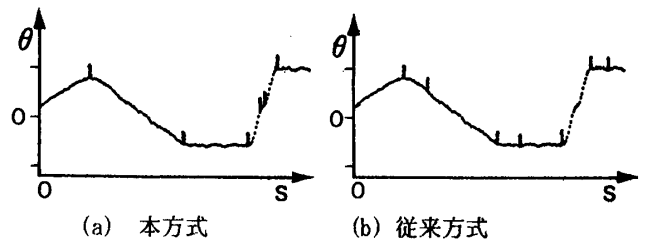


図5 全曲率関数の折れ線近似 (図中の|は、屈曲点を示す。)

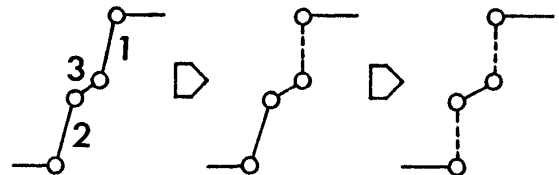


図6 優先順位を用いた不連続点抽出 (数字は、優先順位)

ぶ線分の傾きの大きい順に優先的に統合している。(図6参照) そのため、原画像上で複数の屈曲点が近距離に存在する場合にも、必要十分な数の屈曲点を抽出できる。

2.4 直線・円弧の近似あてはめ

分割されたエッジセグメント (プリミティブと呼ぶ) を、直線・円弧・円のいずれかで近似する。近似あてはめの可否判定は、原画像上で行なう。

プリミティブ上の各画素と近似図形 (直線・円弧・円) との距離の最大値を算出し、これがしきい値以内であれば、近似可能と判定し、それぞれ、直線プリミティブ、円弧プリミティブ、円プリミティブとする。近似不可であった場合は、プリミティブを二分割し、各々に近似あてはめを行なう。二分割は、近似可能になるまで繰り返す。このように、原画像上で近似誤差の検証を行なうことにより、たとえ、屈曲点抽出の際に屈曲点の位置が少しずれていたとしても、近似誤差をしきい値以内におさめることができる。

3. おわりに

本報告では、従来手法を改善した直線・円弧近似処理について述べた。本方式の全曲率関数の平滑化、折れ線近似の手法を用いることによって、カーブの緩急に依らず、高性能な近似が行なえ、特に、近接する屈曲点の高精度な抽出が実現できた。

[参考文献]

[1] 本講演論文集 4 P-11  
 [2] 国重他「2次元図形の直線と円弧による記述」  
 電子通信学会技術報告 PRL 84-2 (1984)