

## 複雑度に基づいた線図形のセグメンテーション

## - 複雑領域の抽出と解釈 -

青山宏, 河越正弘

電子技術総合研究所

〒305 茨城県 つくば市 梅園 1-1-4

線図形の特徴には、①線自身が折れ曲がったために生ずるものと、②線が接近したために生ずるもの(くびれ)の2つがあるが、後者は、従来のデータ順列の近傍で定義された距離や曲率などによる手法では抽出が困難であった。本手法では、複雑度を、視野に含まれる線分の長さで定義し、これに基づいて線図形の複雑部を抽出し、これを基に図形の解釈を行う。くびれ等の「接近」が、「コーナー」と同時かつ統一的に抽出される。

## Segmentation of Planar Curves Based on Complexity

## - Extraction of Complex Area and Its Interpretation -

Hiroshi AOYAMA, Masahiro KAWAGOE

Electrotechnical Laboratory

1-1-4, Umezono, Tsukuba City, Ibaraki 305, JAPAN

There are two kinds of feature parts of planar curves: 1) corner part, 2) close part. However it is difficult to extract last one by the methods which use local distance or curvature. Our method is able to extract both features at once by the complexity which is defined by the ratio of the line length in a circular viewfinder to the diameter of that.

## 1. はじめに

我々は以前より、印象を保存する線分近似法の研究を行っている[1]が、図形を構成する要素のうち、「コーナー」や「くびれ」は、人間にとって複雑と感じて、印象に残る部分なので、それなりに精度を上げて近似を行う必要がある[2]。つまり、印象を保存する線分近似においては、複雑さに応じて近似を行う必要がある。

「複雑」となる要因には、図1に示すように、大きく分けて2つある。1つは、連続した線分が折れ曲がったために生ずるもので、もう1つは、複数の線分が接近したために生ずるものである。

具体的に、複雑さを定義するものとして、

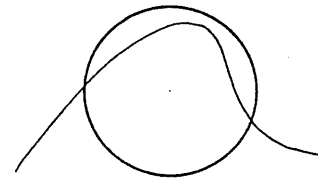
- ・ 曲率、
- ・ 2点を結ぶ直線からの最大距離、
- ・ 2点を結ぶ直線をその間の道が横切る回数、
- ・ フラクタル次元、

など [[3]を始めとして文献多数] が、これまでに考えられているが、これらの方法は、何れも、データ列上のある点に着目した時に、その点に対するデータ列上の近傍点のみを見て評価するものであり、データ点列としては、遠くはなれている複数の線分が接近しているために「複雑」を呈しているような場合には無力である[4]。

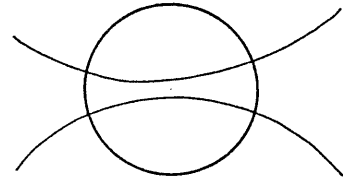
## 2. アプローチ

そこで、われわれは、図2に示すように、円形視野を用い、視野サイズと、これに含まれる図形データの点の数（道のり）との比で複雑度を定義した。これによれば、上の2種類の「複雑」が、同時にかつ統一的に評価できる。

ただし、本手法では、通常の曲率などの計算と異なり、線上以外の点からも図形を見る必要がある。それは、図3に示すように、複雑度の最大値を示す視野の中心点が、図形の



a) 曲がり部分



b) 接近部分

図1 2種類の複雑な部分

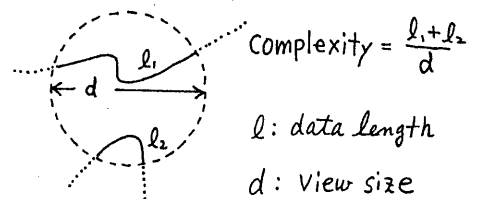


図2 円形視野による複雑度

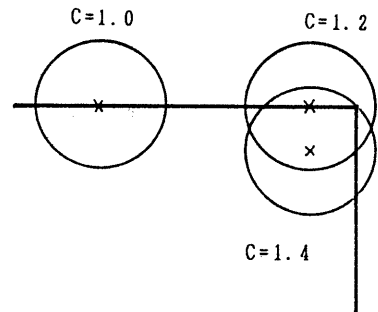


図3 複雑度の最大値

輪郭から少し離れた点で生じる場合があるからである。

### 3. アルゴリズム

#### 3. 1 概略手順

以下にフローチャートを示す。

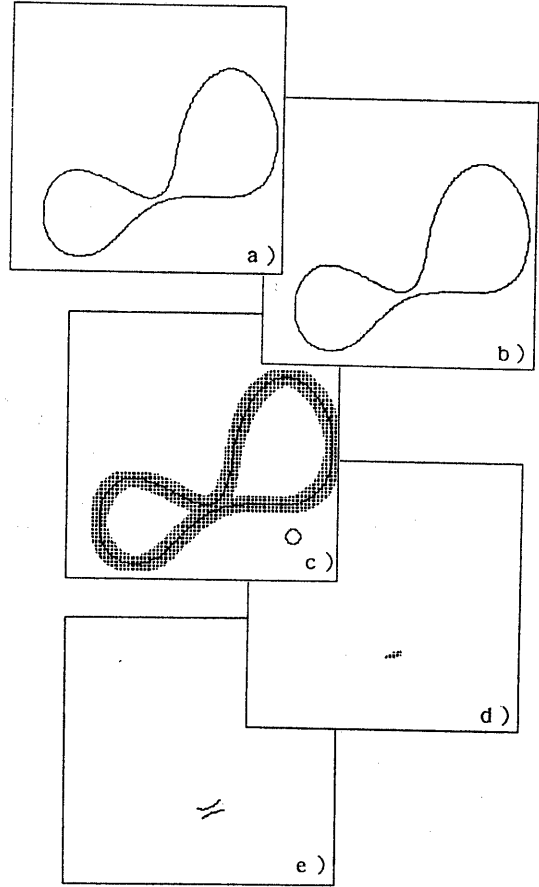
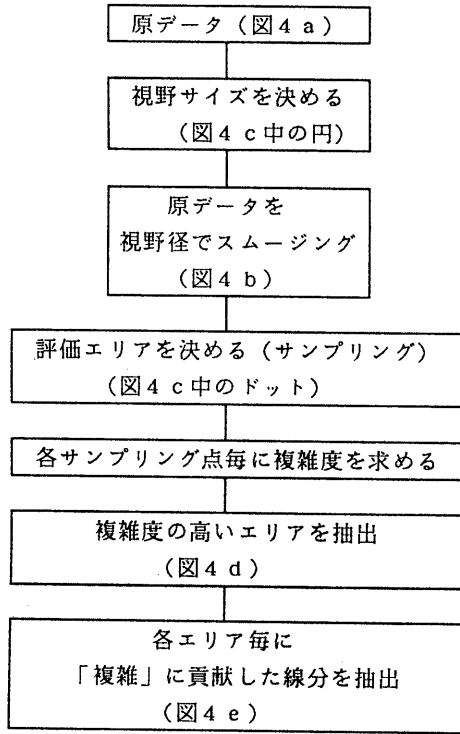


図4 複雑領域検出手順例図

#### 3. 2 Thesholdの決め方

視野内に、1つの連続部分が入っている場合に、図5に示すように、直径を $d$ 、角度を $\theta$ 、複雑度を $C$  (Complexity) とすると、

$$C = 2d \cdot \cos(\theta/2)$$

となるので、直角を「複雑」と判定できるようにするには、Theshold ( $T$ ) を1.4とすれば良い。

視野内に2つの線部分があって、次頁の図6 a) のように並行に接近している場合は、ギャップを $\Delta$ とすれば、

$$C = 2d (1 - (\Delta/d)^2)^{1/2}$$

となるので、例えば $T = 1.4$ であれば、

$$\Delta = 0.7d \text{ よりも近い場合が、検出}$$

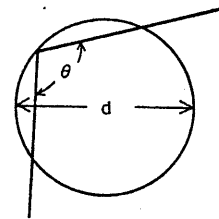


図5 コーナーの複雑度

されることになる。

図6のb) の場合も、同様に

$$C = 2d (1 - (\Delta/d))$$

となるので、 $T = 1.4$ であれば、

$\Delta = 0.3d$  よりも近い場合が、検出されることになる。

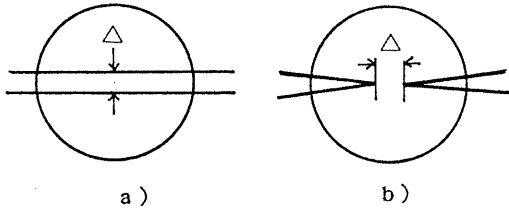


図6 2種類の接近  
a) 並行、b) くびれ

#### 4. 実験

[実験1：人工図形1]

図7 aは、接近部分を多く含む例である。図7 bは円形視野 ( $d=8$ ) でスキャンした範囲で、複雑部分と評価された ( $T=1.4$ ) 領域を図7 cに示す。

接近した部分と尖った部分が検出されているのが判る。

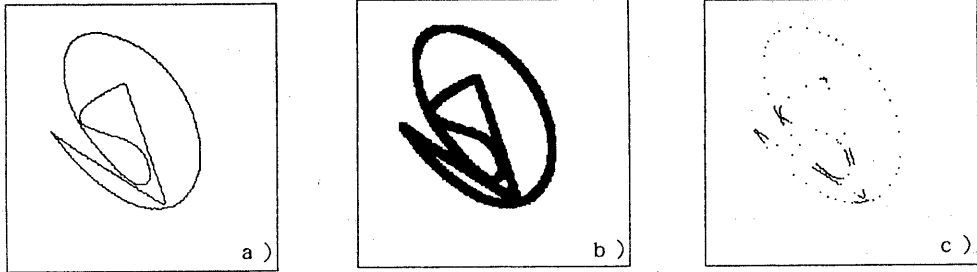


図7 人工図形1の実験例

[実験2：人工図形2]

図8 aは、形状は同じでサイズの異なる繰り返し図形（抵抗記号）を含む例である。視野が小さい場合は（図8 b）連続した複雑領域として小さな方の抵抗記号が図8 cのように抽出できる（大きな方はバラバラの複雑部分に分かれる）のに対して、視野を大きくすれば（図8 d）大きな方の抵抗記号が連続した複雑領域として、図8 eのように抽出される（小さな方はスムージングで消える）。

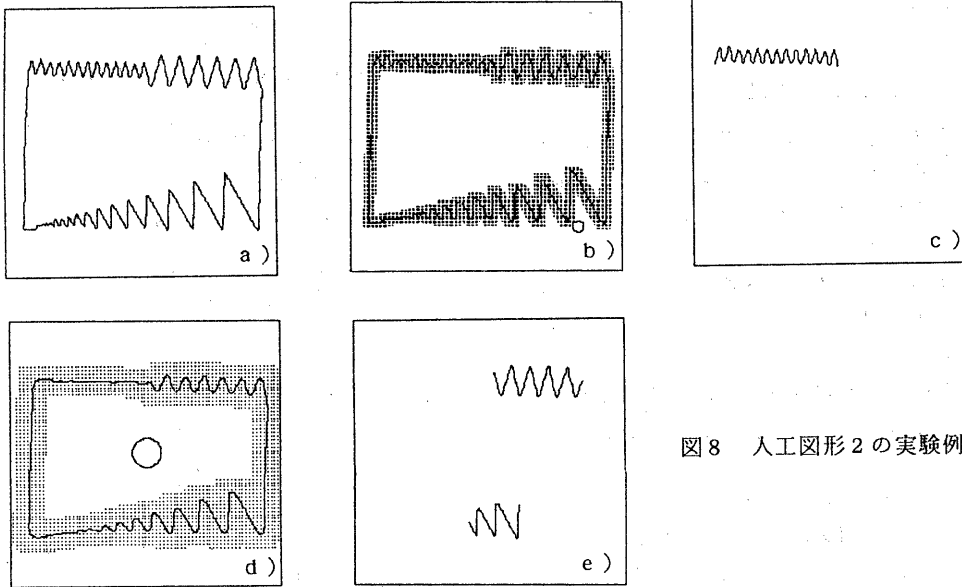


図8 人工図形2の実験例

[実験3：自然図形]

図9は、北海道の実験例  
 ( $d=64$ ,  $T=1.2$ ) である。  
 渡島半島の部分が、 $C=2.5$ と  
 なっており、もう少し細かな  
 解析の必要性が示唆される。

図10は、 $d=32$ ,  $T=1.4$ で  
 実験した例である。図9の渡  
 島半島が、内浦湾、亀田半島、  
 松前半島、長万部から狩場山  
 地にかけての地峡、積丹半島、  
 からなっていることがわかる。

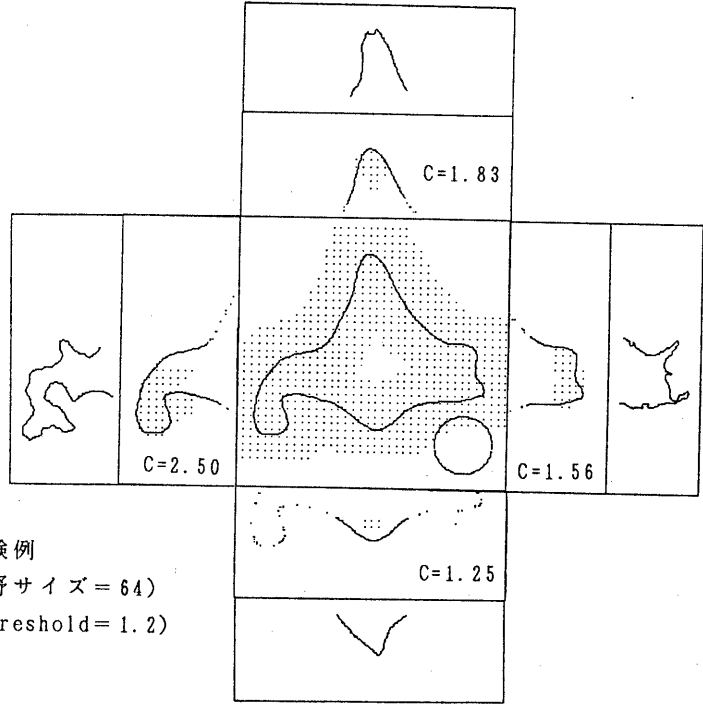


図9 実験例  
 (視野サイズ=64)  
 (Threshold=1.2)

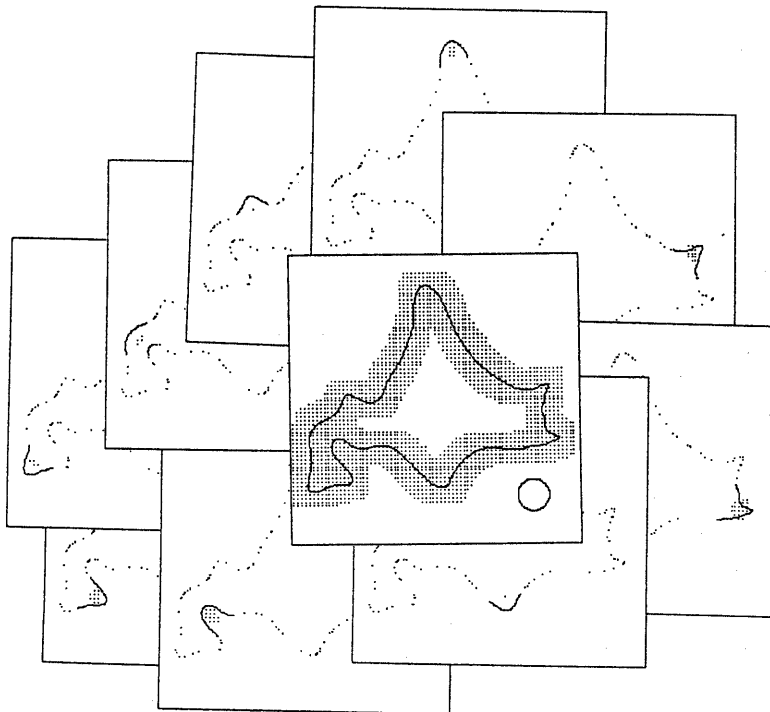
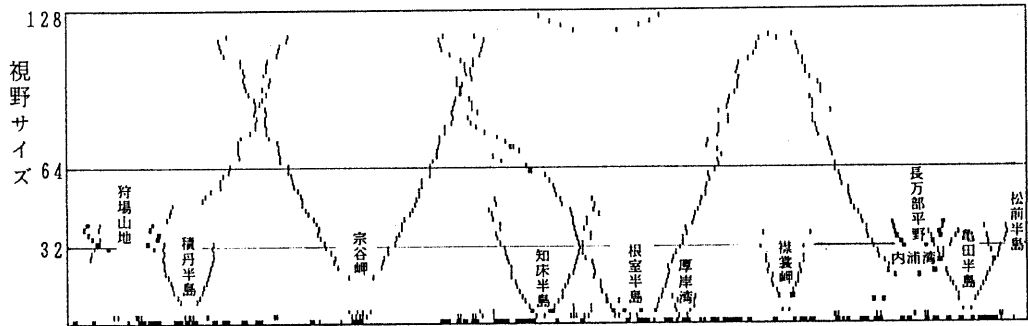


図10 実験例  
 (視野サイズ=32)  
 (Threshold=1.4)



## 5. 考察

視野径  $d$  を変化させて、それに対する複雑部を、図11のように、(データ番号)  $\times$  (視野サイズ) 空間上にマップとして表せば、スケールスペースと似た図が得られる。図11は、北海道に対するマップで、 $d = 32$  で、全体が9つの複雑部に分かれることが判る。さらに  $d = 64$  では、全体が3つの複雑部分になる。

$d$  が大きくなるのに従って、1次の凹凸が現れて消え、さらに2次の凹凸が現れるというように、フラクタル的な階層構造が見えてくる。スケールスペースでも同様のことができる[5]。

「 $C = 2.0$ 以上は更に詳しく見る」という基準で、複合した「複雑部分」は、単一の「複雑部分」の集合で、記述できる。どのレベルで記述すれば良いか[5, 6]は、一概に決められない問題であるが、複雑度はこれに対して、目安を与える可能性を持っている。

接近部分の抽出は、縮小・膨張による方法によっても可能だが、縮小・膨張は等方性に問題があり、本手法はコーナー部分と同一の方法でよいという長所がある。

本手法の欠点は、手間が掛かる ( $O(n^2)$ 、 $n$ : 周囲の点数) ことであるが、縮小・膨張も単純な計算法ではオーダーは同じである。

[謝辞] 本研究推進にあたり、ご支援を頂いた高瀬知能システム部長、有益な御助言を頂いた藤村知能システム部主任研究官、平井対話システム研究室長の各氏に深謝致します。

図11 視野サイズと複雑部マップ

図中の太線部(長万部平野と狩場山地)は、接近による複雑領域を表している。

### [参考文献]

- 1) H. Aoyama, M. Kawagoe: "A Piecewise Linear Approximation Method Preserving Visual Feature Points of Original Figures", CVGIP: Graphical Models and Image Processing, Vol. 53, No. 5, pp. 435-446 (1991).
- 2) 青山宏, 河越正弘: "視覚的印象を保存する線分表現法", 情報処理学会グラフィックスとCAD研究会資料, GCAD 39-8 (1989).
- 3) M. A. Fischler, R. C. Bolles: "Perceptual Organization and The Curve Partitioning Problem", Proc. of 8th IJCAI, pp. 1014-1018 (1983).
- 4) C. M. Bjorklund, T. Pavlidis: "Global Shape Analysis by k-Syntactic Similarity", IEEE Trans., vol. PAMI-3, no. 2, pp. 144-155 (1981).
- 5) P. L. Rosin: "Representing Curves at Their Natural Scales", Pattern Recognition, vol. 25, no. 11, pp. 1315-1325 (1992).
- 6) P. Meer, E. S. Baugher, A. Rosenfeld: "Extraction of Trendlines and Extrema from Multiscale Curves", Pattern Recognition, vol. 21, no. 3, pp. 217-226 (1988).