

ボロノイ線図抽出アルゴリズムと

6C-6

その等高線図処理への応用

水谷宣夫 岡部直木 吉田雄二
名古屋大学

1. はじめに

近年、設備の管理やマーケティング等への地図情報の利用を目的として、地図の自動入力・自動認識の需要が増大してきている。地図の認識問題の中でも特に等高線の読み取り問題は、切断した等高線を接続して読み取らなければならないという難しさがあつた。従来は、切断箇所における等高線の方向と、接続すべき相手の等高線との位置関係等の局所的な特徴量を用いて、切断された等高線を接続する方法が多かつた。

本稿では、従来からテクスチャ画像の処理などに利用されているボロノイ線図が図形全体の大局的情報をよく抽出することに着目し、ボロノイ線図を応用した等高線図の処理方法の概略を報告する。

2. 基本的諸定義

本章では、本稿に必要ないくつかの概念を定義する。

[定義1] (デジタル画像)

正方形格子上で標本化された画像をデジタル画像といい、第 i 行 j 列での標本点 (画素 $x = (i, j)$ と呼ぶ) の濃度値が f_x である画像を $F = \{f_x\}$ で表わす。

[定義2] (距離)

2個の画素 $x = (i, j)$, $y = (p, q)$ の間の t 近傍距離 ($t = 4, 8$) を次式で定義する。

$$d_{t(=4)}(x, y) = \{(p, q); |p-i| + |q-j|\}$$

$$d_{t(=8)}(x, y) = \{(p, q); \max(|p-i|, |q-j|)\}$$

以下、特に断わらない限り、画像間距離は上記のいずれかを用いる。

[定義3] (近傍)

注目画素 x に対して、式 $d_t(x, y) = 1$ を満たす画素 y の集合を画素 x の t 近傍と呼び、 $N_t(x)$ で表わす。

[定義4] (ラベル画像)

入力2値画像 $F = \{f_x\}$ 上の任意の画素 x に対して、 $f_x = 0$ のとき $L_x = 0$ に、 $f_x = 1$ のとき画素 x におけるラベル値 L_x が画素 x を含む連結成分の番号となるような

画像 $L = \{L_x\}$ をラベル画像という。

[定義5] (背景距離画像)

近傍 t が与えられたとき、ラベル画像 $L = \{L_x\}$ の背景距離画像 $H_t = \{h_x\}$ を次式で定義する。

$$h_x = \min_{y \in R} \{d_t(x, y)\}$$

ここで R は、 $L_y \neq 0$ を満たす画素 y の集合である。

[定義6] (ボロノイ線図)

近傍 t が与えられたとき、ラベル画像 $L = \{L_x\}$ のボロノイ線図 $V = \{v_x\}$ を次式で定義する。

$$v_x = \begin{cases} 1 & | \min \{d_t(x, y)\} \\ & - \min \{d_t(x, z)\} | \leq 1, \\ & L_y = 0 \text{ を満たす画素対 } y, z \text{ が存在} \\ & \text{するとき。} \\ 0 & \text{上記以外のとき。} \end{cases}$$

ここで上式は、 $L_y \neq 0$, $L_z \neq 0$, $L_y \neq L_z$ を同時に満たす全ての画素の対 y, z について計算する。

3. アルゴリズム

本章では、ラベル画像のボロノイ線図を求めるアルゴリズムを示す。

[アルゴリズム]

入力: ラベル画像 $L = \{L_x\}$, 近傍 t

出力: ボロノイ線図 $V = \{v_x\}$, 背景距離画像 $H = \{h_x\}$, 隣接関係

このアルゴリズムでは、作業用領域 (配列) として、画素の座標値を格納するための配列 α, β を使用する。以下の手続きでは第 m 段目の処理の出力配列が $m+1$ 段目処理の入力配列になるが、簡単のため、 m 段目の処理の入力配列を α 、出力配列を β と書くことにする。

(i) 初期化

全ての画素 x に対して以下の処理を行なう。

$$v_x = 0$$

$$\alpha \leftarrow x \quad L_x \neq 0 \text{ のとき}$$

$$h_t = \begin{cases} M & L_x = 0 \text{ のとき} \\ 0 & L_x \neq 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

(但し、Mは十分大きい正整数値である)

- (ii) $m = 1, 2, 3, \dots$ に対して (iii) を繰り返す。
- (iii) 入力配列 α が空のとき反復を終了。その他のときは α の中の全ての画素 x について以下の処理を行ない、かつ、 α から消去する。

注目画素 x の全ての近傍画素 $y, y \in N_t$ (x) について、 $L_y = 0$ のとき $L_y \leftarrow L_x, h_y \leftarrow m, \beta \leftarrow y$ とする。また、 $L_y \neq 0, L_x \neq L_y$ のとき、 $v_y \leftarrow 1$ として、ラベルの対 (L_x, L_y) を出力する。

4. 実験結果

等高線図のポロノイ線図を求める実験を行なった。図1にこの処理全体のフローチャートを示す。今回の実験では、大きさ1,000×1,000画素の2次元画像において、4近傍で処理を行なった。その処理時間は、50.67 (s) であった。しかし、このアルゴリズムにおける処理時間は、 $L_x = 0$ の画素数によって異なるため、入力ラベル画像に大きく依存する。

図2にその結果の一部を示す。この図2は処理を行なった結果と入力画像とを合成した画像で、細い方の線は処理を行なう前のもの(入力ラベル画像)であり、太い方の線は処理を行なった後のものである(ポロノイ線図)

図2の下のリストは、この図2の画像に対して得られたラベルの対を表したものである。例えばラベル番号7は、これらのリストよりラベル番号5, 6, 8, 21, 22に隣接していることが分かる。従って、これらのリスト全体より入力画像の等高線全体の隣接関係が分かる。

5. おわりに

本システムは、国土地理院による地図(縮尺1/25,000)を入力し等高線を認識することを目的としたものであるが、本稿に示したアルゴリズムは等高線を接続するための情報(等高線の隣接関係、等高線の間隔)を得るためのものである。得られた情報を用いて等高線を接続する手法の開発は、今後の課題である。

[謝辞]

日頃御指導を頂く本学渡辺豊英助教授、及び、日頃から熱心な討論を頂く吉田研究室の方々に深謝します。本研究の一部は文部省科学研究費補助金(重点領域研究「知的情報通信」C-1班, 課題番号 63633009)による。また、本研究は、名古屋大学大型計算機センターのFACOM M-780と画像処理ライブラリーSLIP, SPIDERを利用した。

[参考文献]

- 1) 岡部直木 他: パス延長法による2次元及び3次元可変近傍距離変換 電子情報通信学会論文誌 '88/5 Vol. J71-D No. 5
- 2) 間瀬健二 他: 拡張されたデジタルポロノイ線図とその画像処理への応用 電子通信学会論文誌 '81/11 Vol. J64-D No. 11

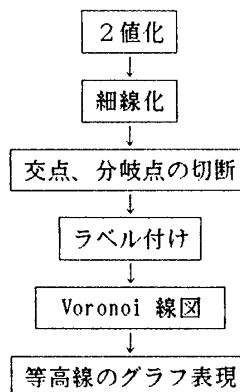
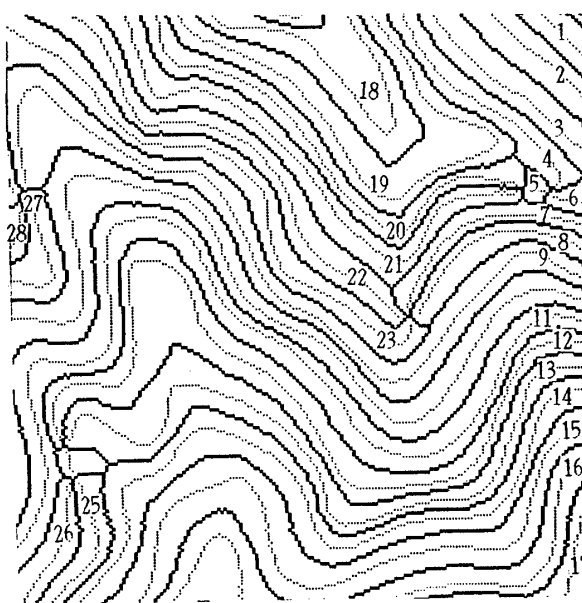


図1. 処理全体のフローチャート



- (1 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), (4, 6), (4, 19), (5, 6), (5, 7), (5, 20), (5, 21), (6, 7), (7, 8), (7, 21), (7, 22), (8, 9), (8, 23), (10, 11), (10, 23), (10, 27), (11, 12), (11, 24), (11, 26), (12, 13), (12, 24), (13, 14), (13, 24), (14, 15), (14, 24), (14, 25), (15, 16), (16, 17), (18, 19), (19, 20), (20, 21), (21, 22), (22, 23), (24, 25), (24, 26), (25, 26), (27, 28)

図2. 処理結果