

ドロネ網による三角形パッチ生成のための
等高線上の特徴点決定方法

亀井克之 中村泰明 阿部茂

三菱電機株式会社 中央研究所

1. はじめに

地理情報システム、景観解析などが盛んになるに伴い、実際の地形を3次元的に表現することが重要になっている。等高線や高度データから3次元形状を再現するため、領域を三角形のパッチに分割するアルゴリズムがいろいろ提案されている¹⁾²⁾³⁾。ドロネ網⁴⁾による分割は、三角形が正三角形に近くなるというよい性質がある。

しかし、等高線のデータが曲線で与えられたとき、三角形分割のための特徴点の決定(折れ線近似)方法は必ずしも3次元形状の復元を前提としたものではなかった。

本稿では、3次元形状の復元を考慮し、誤差の尺度として等高線上の点と三角形パッチとの高度差を考え³⁾、特にドロネ網を用いたときに3次元誤差を小さくする等高線上の特徴点の決定方法を提案する。

2. 三角形分割での問題点

三角形パッチを得るには、まず、等高線のある誤差で折れ線近似する。しかし、等高線を2次元の曲線として、ある誤差以内で折れ線近似すると、

①地形の傾斜が大きいとき、折れ線近似での誤差が、三角形パッチとの高度差(3次元誤差)に大きく影響する。

また、ドロネ網による三角形分割では、図1に示すように、

②等高線をまたいで三角形パッチのエッジができ、またがれた等高線上で高度誤差が生じる、

③水平なエッジが現れ、実際は斜面であっても水平な三角形のパッチとなる、

といったことが起きる。このような個所では、実際の地形との高度の差が大きくなってしまふ。

そこで、地形との高度の差を小さくするために、等高線上の点と三角形パッチとの高度差を誤差の尺度とする。これが小さくなる三角形パッチが構成されるように特徴点を決定する。

3. 特徴点の決定方法

上記①に関して、図2に示すように折れ線近似の誤差が ϵ であったとする。このとき、等高線 H_0 上の点Rと三角形パッチPABとの高度差 δ は、

$$\delta = (h/w)\epsilon \quad (1)$$

となる。ここで h は等高線の高度間隔、 w は特徴点Pと折れ線ABとの距離である。したがって、 w の小さい(急傾

斜)個所で、 δ は大きくなってしまふ。高度誤差 δ を δ_0 に抑えるには、各場所での w に応じて折れ線近似の誤差 ϵ の値を次式のように変化させればよい。

$$\epsilon = (\delta_0/h)w \quad (2)$$

具体的には、 ϵ を w に比例させることになる。 w は、折れ線と、その近傍の隣接等高線との最短距離として計算する。

次に、上記②について、ドロネ網による分割でこれを防ぐには、ドロネ網の生成時にエッジに制限を与える手法³⁾も提案されているが、ここでは次のように折れ線の長さを制限する。等高線 H_0 上の線分AB(長さ l)の両端点A、Bと、隣接する等高線 H_1 上の特徴点Pとて決まる円C内に、反対側の等高線 H_2 上の特徴点Qが入らなければよい(図3)。P、QとABとの距離をそれぞれ w_p 、 w_q とする。 H_2 の側でのC上の点とABとの距離の最大値 d は、

$$d = l^2 / 4w_p \quad (3)$$

となる。QがC内にはいらない($w_q > d$)ように、

$$l < 2\sqrt{w_p w_q} \quad (4)$$

として l を制限すれば、等高線をまたぐエッジは現われない。 w_p 、 w_q をそれぞれ、線分ABと等高線 H_1 、 H_2 上のABの近傍の点との最短距離 w_1 、 w_2 として、

$$l < 2\sqrt{w_1 w_2} \quad (5)$$

により特徴点を決定していく。

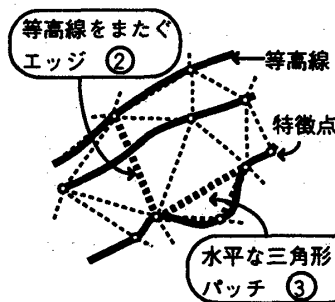


図1 ドロネ網による分割での問題点

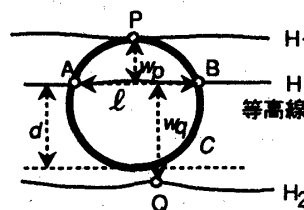


図3 エッジが等高線をまたがない条件

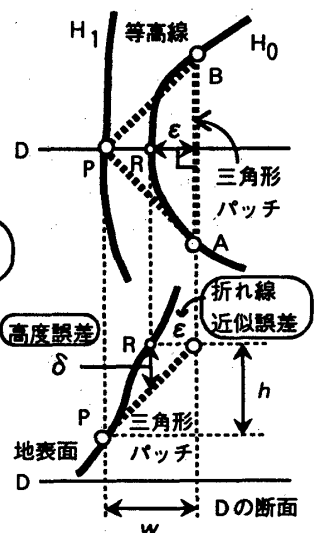


図2 折れ線近似誤差と高度誤差

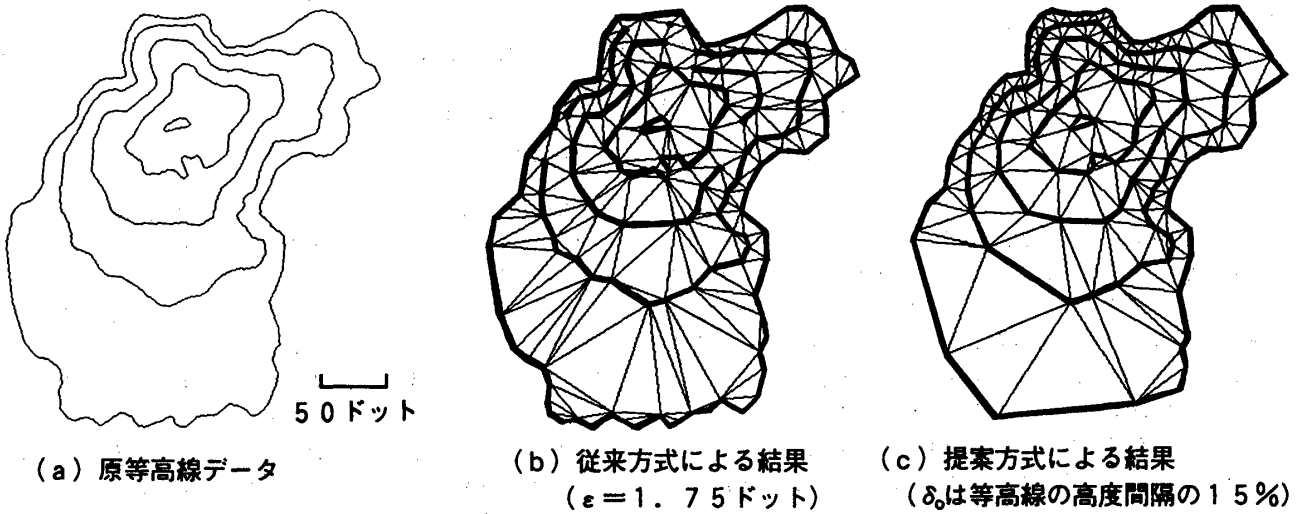


図4 三角形パッチの生成結果

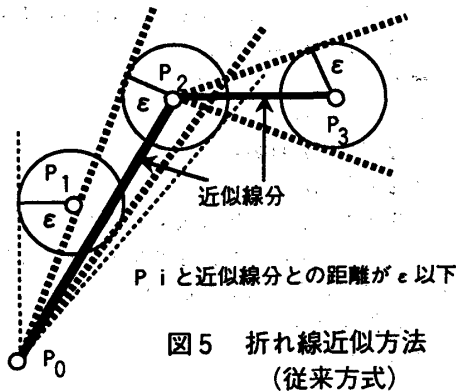


表1 三角形パッチの比較

δ 等高線上の点と三角形パッチとの高度差	従来方式	提案方式
特徴点数	152	147
パッチ数	240	237
① δ の最大値 (等高線の高度間隔に対する%)	42.3	14.6
② 等高線をまたぐエッジの数	7	0
③ 水平な三角形パッチの数	46	22

また、上記③は、等高線の間隔が大きくて線が入り組んでいる場合に起こりやすい。上に述べた二つの条件で折れ線近似すれば、等高線間隔が大きいときは近似線分も長くなり、入り組み具合が緩和されて③のケースも減少する。

しかし、それでも等高線の形状によっては、③のケースが起こり得る。これを除こうと思えば、例えば、その三角形のみを再分割するといった補正処理を行わなければならない。

4. 処理結果

図4に地形の等高線データからドローネ網により三角形パッチを生成した結果を示す。図4(a)は等高線の原データ、(b)は文献5)の折れ線近似手法(図5に簡単に示す)を用いた三角形パッチ生成結果、(c)は本手法による折れ線の長さの制限と近似誤差の変化を取り入れた結果である。表1に三角形パッチの生成結果の比較を示す。本手法では、高さの誤差が抑えられ、不適当な水平な三角形パッチの数も減少している。

5. おわりに

等高線から高度の誤差を考慮して、ドローネ網により三

角形パッチを生成する手法について述べた。折れ線近似の際の折れ線の長さや許容誤差を等高線の間隔により決定する。本手法を地理情報システム、設備管理システムなどに適用していく予定である。

本研究に対し貴重な御助言を頂いた東京大学生産技術研究所坂内正夫教授に謝意を表します。

参考文献

1)安居院, 他: 等高線から現実感のある山岳情景の生成法, 機能図形情報システムシンポジウム, 1990.
 2)三沢, 他: コンピュータグラフィックスにおける山の形状定義について, グラフィックスとCADシンポジウム, 1986.
 3)L.DeFloriani, et al: Delaunay-based Representation of Surfaces Defined over Arbitrarily Shaped Domains, CVGIP, 32, pp.127-140, 1985.
 4)伊理 監修: 計算幾何学と地理情報処理, bit別冊, 共立出版, 1986.
 5)C.M.Williams: An Efficient Algorithm for the Piecewise Linear Approximation of Planar Curves, CGIP, 8, 1978.