

地理情報を基にした地形表面の三角形分割

岡山大学大学院	学生会員	○佐野敏之
岡山大学環境理工学部	正会員	谷口健男
東急建設(株)	正会員	横山信之

第一節 はじめに 津波解析というような数値解析を行うとき、その解析領域を航空写真や、デジタイザー等の地理情報より得られた等深度線上の有限個数の節点座標に対して、Delaunay三角分割法⁽¹⁾を用いて地形表面を表現することはできるが、このまま利用するには解の精度上、及び数値安定性上問題がある。そこで本研究では、このような数値解析に用いるための地形表面の三角形分割の手法を提案する。

第二節 地形表面の生成 本研究では数値解析に用いるための地形表面を作成するので解の精度や、数値安定性を良くするため分割された要素は形状が良く(正三角形に近い)、均一化されてなければならないということを考慮に入れて地形表面を作成していく。入力データとしては等深度線上の節点座標と等深度線の高さの間隔のみを用いる。

(a)与えられた地理情報より修正二次元Delaunay三角分割法⁽²⁾を用いて領域を三角分割し、地形表面を生成する

(b)ユーザーが解析に用いる範囲、等深度線等を生成した地形表面より指定する(図1)

(c)指定された範囲の同一等深度線上の点は最初から与えられた点を用いているので、それぞれの点の間隔は一定でないため要素の形が均一ではなくかつ、形が悪い(正三角形に近くない)ので下式を用いて点の間隔が一定間隔になるように等深度線を直線近似させ、要素の形状が良くなり、均一になるようにする。なお、メッシュ間隔と水深との関係は次式で表せる

$$dl = \alpha \sqrt{h} \quad (\text{但し, } \alpha \geq 1.56)$$

(d)直線近似させた等深度線上の点について修正二次元Delaunay三角分割法を用いて再び要素分割を行い新たに地形表面を生成する(図2)

(e)(d)の操作によって生成された地形表面の要素の中で形状の悪い部分やの大きさが不均一である部分ではさらに点を追加することで要素の良化かつ、均一化を図る

(f)事後操作として同一追加点列を調べ点間隔が密な部分は点を削除し、粗な部分は点を追加することで解析範囲全体の要素の均一化を図る

(g)最後に新しく追加した点を対象として修正二次元Delaunay三角分割法を用いて三角分割をし直し、解析に用いることのできる地形表面を生成する(図3)

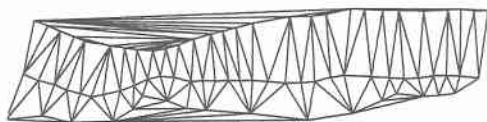


図1(等深度線は下から50m、30m、10m)

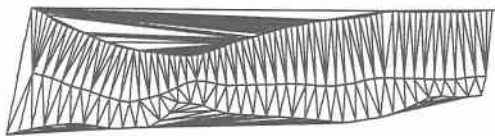


図2(同範囲、 $\alpha=33$)

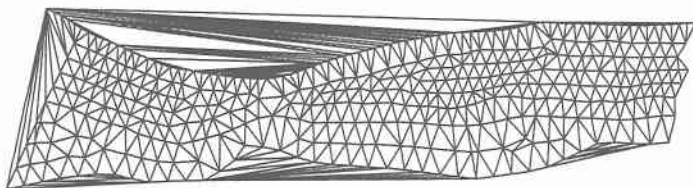


図3(同範囲、 $\beta=1.3$ 、 $\gamma=0.7$)

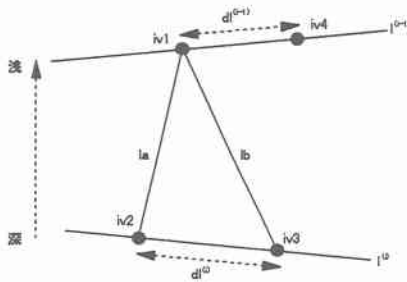


図4

$$l' = \frac{la+lb}{2}$$

$$\Delta l = \frac{dl^{(i)} + dl^{(i+1)}}{2}$$

$$n = \left\lfloor \frac{l'}{\Delta l} \right\rfloor$$

(e)での操作を詳しく説明すると、(d)において作成した要素で新たに l' 、 Δl 、 n を上のように定義する。ここで n が1、または0の場合は点を追加せず、 n が2以上のとき la 、 lb のうち長い辺を採用してその辺上に $(n-1)$ 個の等分割点を追加する。(図4)

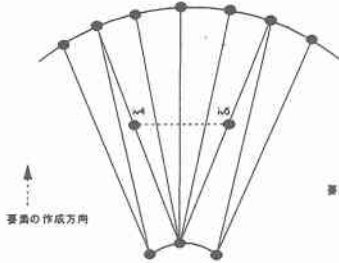


図5 点の追加の場合



点の削除の場合

(f)での操作を詳しく説明すると、同一追加点列の隣り合う点の間隔を調べる

同一追加点列：{iv4, iv5, iv6, ..., ivn}

今、点iv4、iv5の間隔を調べ、もし $|liv4-liv5| \geq \beta * l'$ の場合、次の計算を行う。

$$m = \left\lfloor \frac{|liv4-liv5|}{\beta l'} \right\rfloor$$

さらに上の計算の解 m を用いて、点iv4、iv5間を m 等分するように $(m-1)$ 点を等間隔に追加する。

また、 $|liv4-liv5| < \gamma * l'$ の場合、点iv5を削除する。以上の操作を同一追加点列の総ての隣り合う点において行う。

(図5)(但し、 α 、 β 、 γ はユーザーが入力し、 m 、 n は小数点以下を切り捨てた整数値である。)

第三節 あとがき 本研究ではDelaunay三角分割法を改良することによって形状の良い三角形要素の高速生成を目的とし、単純地形での要素生成はできた。しかし、

(a)複雑な地形に対しても同じ操作が行えるか

(b)点の追加に伴う過度の節点増加をどのように抑えるか

(c)点を追加したときにできる若干の形の悪い要素に対する修正法はどのようにするか

という問題点が残った。これらの解決策としては、(a)については様々な地形に対してプログラムを実行させ、その都度問題点を解決していく。(b)についてはこの手法を適用後、ある規則に基づいた点の間引きを行う。(c)については等高線を生成する点は固定しておき、その他の追加点に関してラプラシアン法を用いて節点の移動による要素の均一化を行う。今後の展開として、これらの解決法の検討が必要である。

参考文献 (1)SLOAN.S.W : A fast algorithm for computing in the plane. Advances in Engineering Software, Vol.9, 1, pp.34-pp.55, 1987

(2)谷口健男 : FEMのための要素自動分割、森北出版、1992、9