土木学会第51回年次学術講演会（平成８年９月）

I-A 131　幾何学的に複雑な３次元形状の自動生成に関する一考察

岡山大学大学院　学生会員　○大森 唯資
岡山大学環境理工学部　正会員　谷口 健男

１．まえがき

有限要素法を用いた解析において、対象とする３次元体領域を、微少要素に簡単、かつ経済的に分割するため要素自動分割の必要性が近年では高まっているが、対象領域が複雑な表面形状を持つ場合、その形状を電算機へ入力することは大変困難である。そこで本研究では、デローニー四面体分割法によって作られた四面体の面を用いて任意の３次元体形状を自動的に生成する手法を提案する。

２．３次元形状入力の考え方

本研究では対象領域の表面形状を表すために、デローニー四面体分割によって作成された四面体の面を構成する三角形を用いて、その対象領域の表面を覆い尽くすという手法を用いる。ここでデローニー四面体分割法とは「対象とする節点群をのすべてを用いて四面体を生成し、その分割は節点配置に対して一義的に決定される」というものであるが、この方法では対象物体の内外を判断することができないため、対象とする３次元体が凹多面体であっても凸多面体に包括されており、その表面形状を正確に表現することは困難である。しかし、この凸多面体の表面またはその内部には必ず対象領域の表面を形成する三角形が存在しているため、領域の外側の四面体を取り除き領域内部の四面体だけを取り出すことによって，対象とする３次元領域の表面形状を得ることが可能になる。そこで、電算機が領域の内外を判断する情報として新しく領域内部に点の追加を要求し、追加点の関係する四面体のみを拾い出すことによって領域を決定その表面形状を生成する手法を提案する。このアルゴリズムは次の通りである。

（アルゴリズム）

１）判断基準として内部に新点｛ΔＰ｝を追加する。

注）内点｛ΔＰ｝は”ΔＰ｝を頂点にもつ四面体群によって対象領域は埋め尽くされ、その四面体集合の表面は領域の表面形状を完全に表す”ように追加する必要があり、領域内部にも関わらず基本節点のみで四面体を作っている場合、その四面体の内部に更に点を追加する。

２）対象領域の表面上節点｛Ｐ｝と追加した点｛ΔＰ｝を用いてデローニー四面体分割を行う。

３）生成された四面体の頂点に１つ以上追加点｛ΔＰ｝を持つ四面体を取り出す。

４）取り出した四面体を構成する三角形の中で、領域表面にあたるものを次の判断基準で決定する。

｛ΔＰ｝を頂点にもつ四面体を構成する三角形が、

ａ）２回使われている　　　：他の四面体の面と面接合しており、領域内部の面である。

ｂ）１回しか使われていない：対象領域の表面を構成する三角形群の一つである。

５）４）で取り出した三角形群によって任意の３次元体領域の表面形状を完全に得ることができる。

３．手法

前節で｛ΔＰ｝を追加することによって対象領域の表面形状を決定する方法を述べたが、対象物が自然物などの一般的な領域になると、その表面形状は複雑な凹凸を持つことがあり、その幾何学的性質も不明瞭になるため人為的に効果的な内点を追加することは難しい。そこで、ある程度の判断はユーザーに委ねながらも節点座標のデータのみを基本にして、自動的に新点｛ΔＰ｝を領域内部に作成する必要がある。

ここで自動的に点の追加を行う場合、新しく追加した点｛ΔＰ｝がその基本節点と完全に対応しているとき、微少な凹凸部分においても最もよく表面形状を表すことが可能である。この内点作成法として次の２種類を提案する。

１）節点データを複写する方法

基本の節点データを領域内部に複写することによって内点とする。地形表面のような場合、全ての節点｛Ｐ｝をそのままＺ軸方向に下げることによって追加点｛ΔＰ｝とすることができる。これによりユーザーは節点のｚ座標を指定するという簡単な作業のみで、表面の複雑な凹凸も完全に拾いあげることのできるができる。ただし、節点数が２倍になるため計算時間は増加する。

２）近似関数を用いる方法

そのまま節点を使うのではなく、その節点の中からいくつかを人為的に抽出し、その抽出点を元に近似関数を用いて追加点｛ΔＰ｝を作成することによって、複雑な凹凸をもつ３次元体でも計算時間を短縮することが可能になる。この近似関数として、ラグランジュ関数やベジエ関

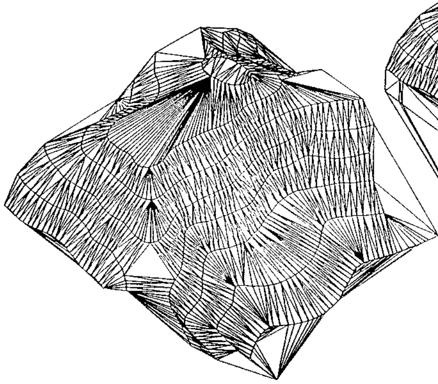
数、スプライン関数などがあるが、それぞれに特徴があり対象とする形状によって使い分けしなくてはならない。この方法ではわずかな点数を抽出し、それを基本に近似曲面を　自動的に作ることができるためたいへん容易に用いることができるが、局所的に、かつ極端に凹凸が激しいときには曲面を作れない恐れがあるため、十分に面を表現できるように抽出点数を増やすか、元の表面形状の幾何学的特性を表す適切な抽出地点を人為的に指定する必要がある。

・近似関数の特徴（無作為抽出された４ｘ４の格子状に並んだ節点で近似する場合）

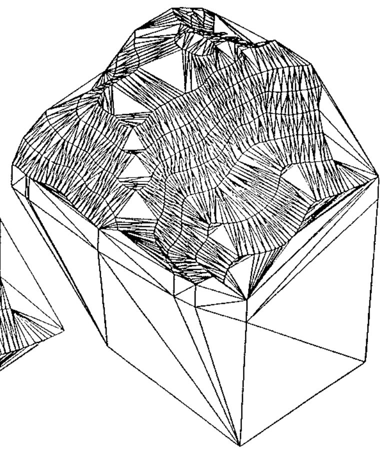
ラグランジュ関数：曲面は１６個の節点全てを通る形で近似される。
領域全てを近似することができる。

ベジエ関数　　　：曲面は格子節点の４隅を通り、残りの１２点は通過しない。
領域全てを近似することができる。

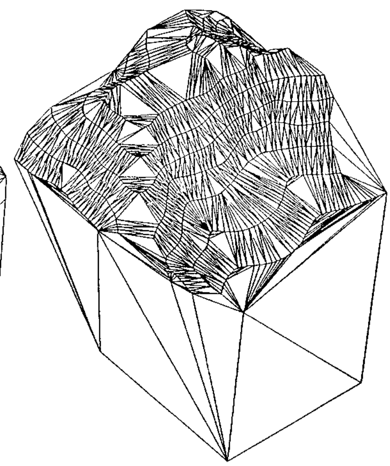
スプライン関数　：４ｘ４の格子点によって作られる９個の四角形のうち中央の４個の節点付近のみを通る。
中央の一部しか近似することができない。



図－１
実際の地形表面



図－２
Ｚ座標を下げたもの



図－３
ラグランジュ関数を用いたもの

以上提案した方法を実際の地形表面データ（３００ｍｘ３００ｍｘ４０ｍ　６８１点）に対して適用した。まず、基本データ（図－１）の全ての節点をｚ軸下向きに下げることによって内点とし、表面三角形を作成したものが図－２である。ここで、地形表面の凹凸はほぼ完全に拾い上げることができた。次に近似間数を用いて内点を生成したものが図－３である。ここでは、４ｘ４の格子状に１６点抽出し、全体的に凹凸があるのでラグランジュ関数を用いて８ｘ８の６４点に拡張した。このとき、生成にかかった時間はごくわずかなものであったが、生成されたデータは本来の地形を完全に拾いきっていない。しかし、抽出点数を８ｘ８の６４点として、１６ｘ１６の２５６点に拡張した場合はほぼ完全に拾い上げることができた。

４　あとがき

本研究では複雑な３次元領域の形状を自動的に生成する方法を２種類提案したが、これらの方法をうまく組み合わせることによって、３次元形状を電算機に容易に入力可能になることが期待できる。