

任意 3 次元体形状の電算機への入力法

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. はじめに

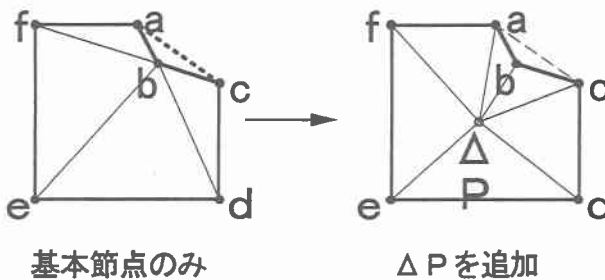
有限要素解析では要素自動分割法が不可欠である。しかしながら、対象領域が複雑な表面形状を持つ 3 次元体の場合、その形状を電算機へ入力することは大変困難である。そこで本研究では、デローニー四面体分割法によって作られた四面体の面を用いて任意の 3 次元体形状を電算機へ入力する手法を提案する。

2. 基本的手法

デローニー四面体分割法とは「対象とする節点群のすべてを用いて四面体を生成し、分割された四面体の外接球の内部には他の節点を含まず、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、電子計算機が領域の内外を判断する基準になる情報として新しく領域内部に点の追加を要求し、追加点に関係する四面体のみを拾い出すことによって領域の表面形状を探索する手法を提案する。

(アルゴリズム)

- 1) . 幾何学的条件に従って内部に新点 $\{\Delta P\}$ を追加する。(詳細は次節にて述べる)
- 2) . 対象領域の表面上節点 $\{P\}$ と追加した内点 $\{\Delta P\}$ を対象にしてデローニー四面体分割を行う $\{P + \Delta P\}$ をすべて用いた四面体に分割され、この四面体群は対象領域を完全に埋め尽くしているが、領域内部に存在するのは $\{\Delta P\}$ に関係している四面体のみである。
- 3) . 生成された四面体の頂点に 1 つ以上新点 $\{\Delta P\}$ 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。
 - ・ $\{\Delta P\}$ 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。



左図は 2 次元モデルであるが、凹部を持つ六角形にデローニー分割を行った場合、三角形 abc が生成され本来境界である辺 ab と bc を取り出すことはできない。しかし条件に従って ΔP を追加し、デローニー分割を行った場合 ΔP に関係する三角形を取り出すことで領域内部の要素のみを残すことができる。次にこの三角形の辺が 2 回使われていなければ内部の辺、1 回しか使われていなければ表面形状を表す辺となり表面形状 abcdef が得られる。

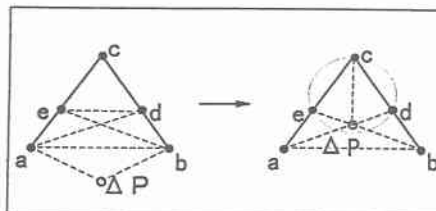
3. 内点の追加法

内点 $\{\Delta P\}$ は” $\{\Delta P\}$ 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る、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しなくてはならない。

対象領域が形状を把握しやすく幾何学的性質も明確な人工的な3次元領域の場合、次のような位置に点を追加することで上記の幾何学的条件を満たすことができる。

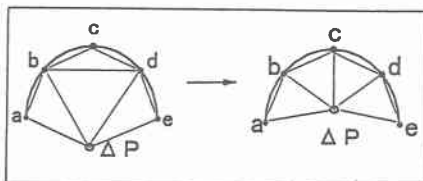
a) 鋭角

表面形状に鋭角を持つとき
 ΔP はその先端を構成する
三角形 cde の外接球の内部
に設置する。



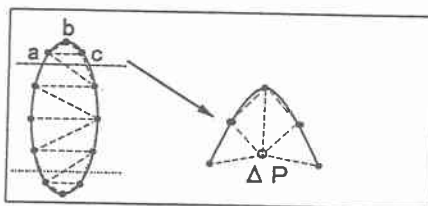
b) 円弧

表面形状が局所的に円弧の
場合も a) と同様に外接円
の内部に ΔP を設置する必
要があるが、真円上に節点
が存在しているとき、その
真円の中心点に ΔP を追加
する。



c) 楕円体

表面形状が楕円体の場合、
その焦点位置に ΔP を設置
する事によって頂点部分の
分割が可能になる。



d) トーラス

表面形状がトーラスの時、
その新点 ΔP はトーラスの
形成する肉厚をもった小円
の中心点に設置することに
よって、表面形状の探索が
可能になる。

以上のように新点 ΔP を設置する事で、効果的に表面三角形を探すことが可能になり、人工的な3次元領域の表面形状を電子計算機に入力することができる。

4. 一般的な領域への内点の追加

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、幾何学的性質も不明瞭になるため人為的に効果的な新点を内部に追加することは難しい。このため、ある程度の判断はユーザーにゆだねながらも新点の追加を自動的に行うことを考える。そこで、与えられている節点座標のデータのみを基本にして、表面形状探索の判断基準となる領域内部の新点 $\{\Delta P\}$ を自動的に作成することを考える。最もよく表面形状を表すことのできる内点とは新しく追加した内点 $\{\Delta P\}$ がその表面形状と完全に一致しているときであり、このような内点作成法として次の2つを提案する。

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 $\{\Delta P\}$ 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大幅に増加する。

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ユーザーが拾い上げ、その点を元に近似関数を用いて作った面上に新点 $\{\Delta P\}$ を設置する。これ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が、近似関数の性質上完全な面を作ることは困難なため、その抽出点の数や場所の設定に留意が必要である。

5 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入力できる方法を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。