

形状の良好な四面体要素の生成に関する基礎的研究

岡山大学院

(株)大林組

岡山大学環境理工学部

学生会員 ○ 大森唯資

藤後尚史

正会員

谷口健男

1. はじめに

3次元的に複雑な形状をした領域の有限要素解析を行う場合には、通常四面体を用いた解析モデルが多用されるが、そのモデル作りを自動的に行う方法が不可欠である。しかし、3次元領域を対象として分割を行う場合、その領域の形状を計算機に認識させることが難しく、その形状が複雑になればなるほど要素の自動分割は困難となる。また、複合領域を対象とした場合、その境界面を破壊することなく完全に分割することが必要とされる。そこで、本研究では対象領域が複雑な複合形状であっても、メッシュモデルを作成することが可能な要素自動分割法を提案する。

2. 複合領域の要素分割の考え方

複合領域の要素分割を行う場合、隣り合う2つの部分領域間に位置する表面のメッシュ分割を一致させ、領域内の四面体への分割時にその表面を破壊させないといった条件が必要である。その方法として、複合領域を部分領域の集合としてとらえ、隣り合う部分間の共有表面を三角分割し、その三角分割を用いて各部分領域内を四面体要素に分割することが考えられる。これを達成するために、ここでは部分領域の表面上に位置する点を利用して、デローニー四面体分割¹⁾によって領域を四面体に分割すると同時に、生成された四面体の表面三角形で各部分領域の表面を生成することを考える。その後、各部分領域内に表面上の三角形を基準にして新たな頂点の位置に点を順次生成し、駒かい四面体分割を繰り返す方法を考える。表面生成と要素分割でデローニー四面体分割法、点の配置はアドバンシングフロント法の考えの両者の併用法である。これらの方法の特徴は次の通りである。

a) デローニー四面体分割法

- ・領域全体が常に四面体に分割されている。
- ・四面体要素形状が個々の状態で最適。
- ・高速処理が可能である。
- ・凸領域のみの分割である。

b) アドバンシングフロント法

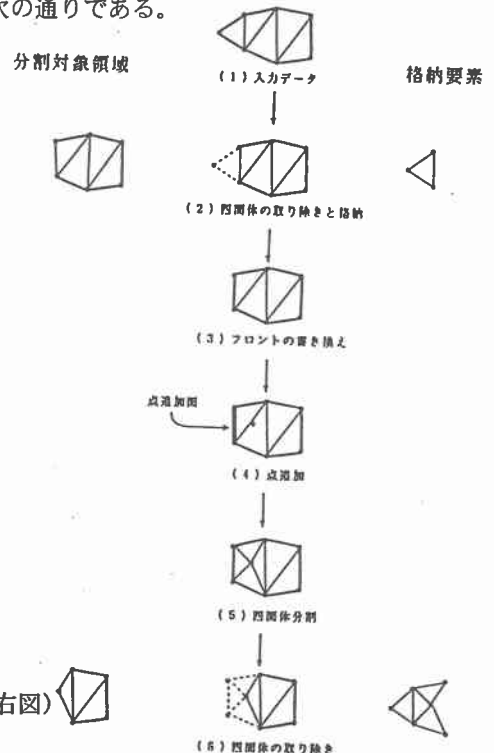
- ・表面から内側に向かって要素が生成されるため、表面の要素分割を生かすことができる。
- ・新点を配置する際、近傍の幾何学情報しか存在しない。

なお、ここでは領域表面は四面体の三角形表面によって表現できていると仮定しているが、その手法については参考文献2)を参照されたい。

以上より、対象領域が複合系であってもここに提案する方法を繰り返すことで完全に要素に分割できることとなる。

3. 要素分割のアルゴリズム

この併用法による分割の全体の流れを2次元的に示す。(右図)



1) 入力データの作成

対象領域の表面上にある節点の座標値と、その節点のみで作られる表面三角形要素データ、節点を対象にデローニー四面体分割を行って得られる四面体分割データを入力データとして作成する。

(2) 四面体要素の取り除きと格納

デローニー四面体分割によって得られた入力データの四面体群の内、形状の良い四面体および、点追加を行っても、形状の改良を図れない四面体要素を格納要素として取り除く。

(3) フロントの書き換え

格納要素として取り除きが行われた部分において、フロントの書き換えを行う。これによって、今後点の追加を行う場合に対象となるフロントのない空白部分を作らないためである。

(4) 点追加

アドバンシングフロント法的な考えを用い、フロント上で最小面積を持つ表面三角形から領域の内部に点を追加する。追加位置は、表面三角形の重心位置から、垂直で高さ h のところとする。高さ h は、表面三角形の各辺の平均長を持つ正四面体の高さにパラメーターを乗じて決定する。この点の追加は、フロント上で面積最小の表面三角形から行うため、点追加によって生成される新しい四面体は他の四面体よりも小さくなり、新たにできるフロントの表面三角形も小さくなる。これにより、次の点追加は、その小さくなった表面三角形から行うことになり、その近傍のみの点追加を繰り返す恐れがある。そこで、点追加によって作成される四面体が、少し大きくなるようにパラメーターを経験的に1.3と設定した。このようにして作られた点と表面をつないで四面体を作成した場合、正四面体に近い形状の良い四面体を作ることが可能となる。

(5) 四面体分割

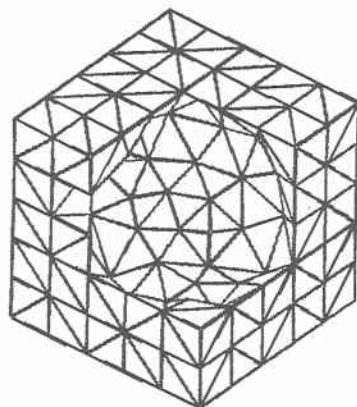
新たに追加された点と既存の四面体群を対象にしてデローニー四面体分割を行い、要素分割する。

(6) 四面体要素の取り除きと格納

新たに生成された四面体で、点追加を行った表面三角形を領域から取り除き、格納する。また、他の四面体内、他の表面三角形と結ばれて作成された四面体で、形状の良い物や、点追加を行っても修正できないような四面体も取り除き、格納する。

以上のアルゴリズムを繰り返すことによって、対象となる3次元領域の表面三角形を壊すことなく四面体要素に分割することができる。

ここで提案した要素自動分割法により四面体分割した例を右図に示す。入力データは、節点数152節点、表面を形成する三角形要素の数300個、その四面体要素数364個である。これを併用法によって分割した結果、節点数217点、四面体要素数771個となった。



併用法による分割図（一部内部透過）

4. おわりに

デローニー四面体分割法とアドバンシングフロント法の併用によって、対象領域の表面メッシュを変えることなく分割でき、複合領域の要素自動分割も可能となる。今後は、この手法を用いて点追加をした場合に作られるメッシュを、より好ましい形状にするための改良法などの開発が必要と思われる。

参考文献 1) 谷口健男, 太田親: 3次元凸体の四面体有限要素自動分割, 土木学会論文集, Vol. 432, pp, 137-144, 1991 2) 谷口健男, 郷田智章, 大森唯資: CADデータを用いた3次元複合領域の四面体分割, 平成9年度年次学術講演会