

I - A44

CADデータを用いた3次元複合領域の四面体分割

岡山大学大学院

学生会員 ○大森唯資

(株)長大

郷田智章

岡山大学環境理工学部 正会員

谷口健男

1. はじめに

地下の地層構造や鉄筋コンクリートといった3次元複合系を対象として四面体要素分割を行う際、対象領域の体積を余すことなく四面体要素に分割すると同時に、境界面の三角分割も行う必要がある。その中でも、特に部分領域間の共有面は同じ要素分割でなければならない。本研究ではこの問題を解決できる要素分割法を提案する。これは、点の追加を行うなどの方法で必要とする辺や面を作り、それによって既存の四面体要素を修正することで欠落した境界面を構築するものである。なお、四面体要素分割はデローニー三角分割法に基づいている¹⁾。

2. 複合領域の要素分割

複合領域の要素分割の困難さの最大の原因は部分領域間の共有面の分割形状が一致しなければならないという点である。(図1: {1, 2, 3, 4, 5}の頂点で作られる面)
この解決策として、デローニー三角分割を行う前に節点の並び替えを行い、その後部分領域を独立に四面体分割する^{1) 2)}。その結果、デローニー三角分割の特徴より2つの部分領域間の共有面上の要素分割は一致させることができる。ただし、この方法は凸な部分領域より構成される凸空間に対して利用できるが、対象領域が非凸の場合には対象領域の境界形状を壊すような四面体を生成する場合がある。ここでは、対象領域の表面を壊すような四面体分割が生成された時、必要な欠落した表面を四面体の表面三角形で修復する方法を提案する。

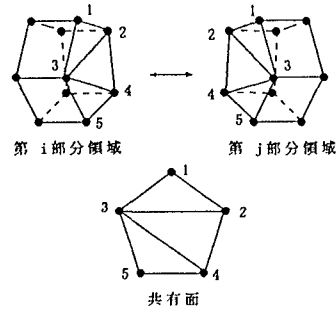


図1 共有面の三角形分割

3. 複合領域の入力

デローニー三角分割法は、節点情報のみを入力データとして領域全体を四面体分割する。そこで、CAD等で得られた表面上の節点情報だけを用い、デローニー三角分割法の意味において、

- (1) 複合系を構成する各部分領域の表面の三角形分割
- (2) 各部分領域の体積の四面体分割

の2つを同時に行うことをここでは目的とする。条件としてユーザーは3次元形状の表面をCADデータとして入手しているものとする。より厳密な境界面を得たい時は、その付近の節点情報をできるだけ多く与えることが必要である。

まず、領域表面上の全節点を用いてデローニー三角分割を行い、全ての境界面を取り出してその面に欠損部がないかどうか調べる。欠損部の出現する原因として、その表面部分を構成する節点間の距離よりも、その付近に存在する他の節点群との距離の方が近いことがあげられる。(図2: アイウの3頂点間距離より12間の距離が近い場合)

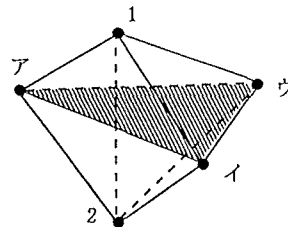


図2 欠損部分

キーワード: 要素自動分割、デローニー三角分割法

連絡先 : 〒700 岡山市津島中2-1-1 TEL 086-251-8232 FAX 086-253-2993

もしも欠損部が存在するならば、欠損している表面(CADデータより認識できる)の上に点を追加して、再びデローニー三角分割を行う。これにより欠損部を複数の新たに作成した四面体の表面三角形で覆い尽くし、結果として対象領域の表面の構築が完了する。

以上の操作により表面が作られると同時に、領域は粗い四面体で分割されることになる。図3は2つの部分より成る複合系の表面のCADデータ、図4はここで提案した手法によって得られた粗い分割結果を示す。両者を比較すると一部において表面のメッシュ分割の違いが見受けられる。なお、図4では領域内部も四面体で分割されている。図5は2つの部分系を切り離したときの表面分割を示す。

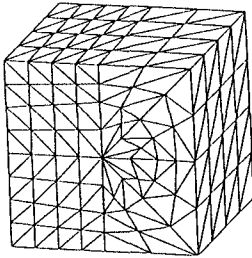


図3 CADデータ

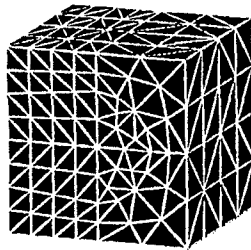


図4 デローニーデータ(全体系)

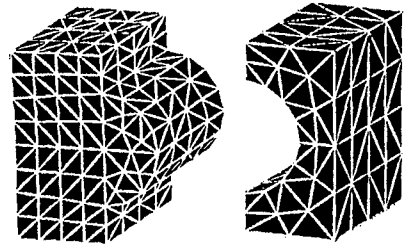


図5 デローニーデータ(部分系)

4. 領域の細分割

前節の方法により、複合系の各部分系はその表面上の点を用いて四面体で分割される。しかし、その分割は一般に粗く、数値解析には直接利用できず、細分割が要求される。この細分割では表面上の三角形を変更せず、内部だけを細かく分割することになる。この目的のため、内部に点を追加し表面三角形を変更しない分割法が必要となる。この分割はデローニー三角分割を次のように修正することにより可能となる。

デローニー分割は1つの点を追加したとき、その点を外接球内部に含む四面体を拾い出して多面体を作り、新しい点を用いて新しい四面体を作成する。このとき拾い出す四面体の表面三角形が部分領域の表面上の三角形であれば、その三角形を共有する外部に位置する四面体は、たとえその外接球が新点を内部に含んでも拾わない。なお、この手法による細分割は内部のみに限られ、表面上の分割には変化が現れない。

5. おわりに

複合領域を対象とした有限要素解析のための四面体要素法を提案した。ここに示した方法を用いること、領域内部の要素分割だけでなく、同時に領域を構成する表面の構築も可能となる。しかしながら、ここに提案した方法で得られる四面体は、領域に設定した節点座標だけで一義的に決まるため、場合によっては一つの点にあまりに多くの(少ない)要素が集まる恐れがある。これを排除するために要素生成後、次数調整(1つの点に集まる要素数の制御)を行い、その後点を移動させて良好な要素を作る操作が必要と考えられる。

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, 片桐弘樹, 郷田智章: 凸な複合領域の六面体要素分割とより複雑な領域へのその展開, 構造工学論文集, Vol. 42A, pp. 219-227, 1996