

岡山大学大学院 学生員 ○太田 親
岡山大学工学部 正会員 谷口 健男

1.はじめに

数値解析法の一つである有限要素法は、その適用範囲の広さから工学分野の発展に大きく貢献している。有限要素法が広く利用されているのは任意形状、あるいは不連続領域に対する適用性のよさだけでなく、解析手法(SOLVER)がある程度確立されていることにも大きく起因している。

一方、この手法を用いる際にネックとなるのは対象領域の要素分割である。これまで数々の方法が提案されたが、複雑な境界を持つ領域の要素分割法としてはどの手法を取ってみてもあまり有効であるとは言えない。そこで、1) 入力データが極力少ない 2) 要素形状が幾何学的にみて好ましい 3) 処理時間が速い などの諸要求に応える要素自動分割法を提案する。

2.要素分割法の考え方

2次元領域を表現するのに最低限必要な情報は境界を表現する節点集合である。その節点を境界に沿って連続的に入力するという条件を加えれば、対象領域は節点座標のみで一義的に定めることができる。境界形状が複雑な対象系を扱う1つの方法としてブロッキング法がある。この方法は1) ブロック分割 2) 各ブロック内の細分割 という2段階に分けられる。これを1) 粗い三角形分割 2) 各三角形の細分割 と置き換えれば、各段階を通じてデラウニー三角分割法の適用が基本的に可能となることが考えられる。デラウニー法は、空間内に順次節点を置き分割を繰り返すことで節点の置かれた空間を三角形要素に分割する方法である。この方法を用いると、与えられた節点を対象として最も正三角形に近い要素群を作成するという利点がある一方、対象領域を限定する境界という概念は存在しないことより、そのままでは凹形領域には適用できない。

従って、1) の粗い三角形分割については、ある制約条件のもとでデラウニー法を適用する必要がある。すなわち、分割の際に境界を残しながら、発生する要素はデラウニー三角形により近いものでなくてはならない(これを制約条件付きデラウニー法と呼ぶ)。その内容をまとめると次のようになる。①対象領域を包括する仮の3点を置き、三角形(スーパートライアングル)を作成する。②新たに点Pを発生させる。③前回の発生点Qと点Pとのあいだに存在する要素をピックアップする。④点Pと点Qを結ぶように③で得られた要素集合を細分割する。⑤境界線を損なわない範囲でデラウニー三角形に修正する。⑥以上の作業を繰り返す。⑦境界外部の要素を消去する。これにより、三角形のブロック分割が完了する。

2) の各三角形の細分割においては、前段階の粗い分割によって対象領域は既に三角形で覆われていることより、内部にさえ点を置けばデラウニーの方法で三角形の細分割が可能となる。すなわち、境界内部において細かな要素分割が必要な箇所には適当に節点を置きデラウニー法を適用すればよい。以上の粗いメッシュ分割、細かいメッシュ分割の各段階での

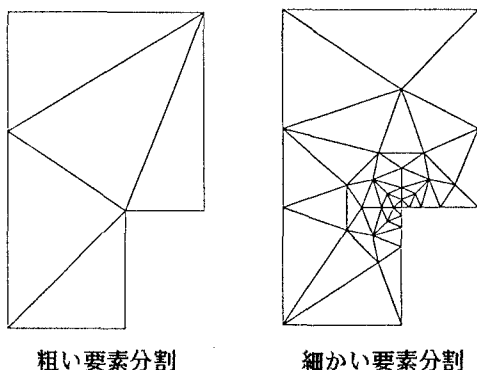


図1 要素分割図

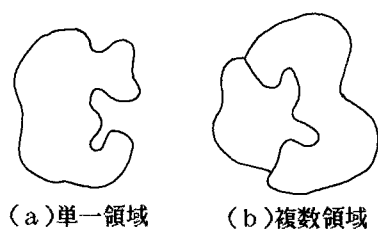


図2 領域

要素分割図を図1に示す。

上に述べた方法は、図2-aに示すような1つの閉じたループで囲まれた領域に対して適用可能であるが図2-bに示すような複数領域より系が成る場合適用できない。このような系に対して上述した方法を拡張したのが、図3のフローチャートである。内部点の配置にはいろいろな方法が考えられるが、例えば1) 格子状に点配置する 2) ある点を中心にして同心円状に点配置する などが挙げられる。また、要素分割のために配置された節点分布はユーザーが適当に設定したものでありラブラシアン法を用いて要素形状の修正を図る。ラブラシアン法とは節点を周辺要素の重心位置に置くものであり、これを修正したい節点に対して移動量がある値以下に収束するまで繰り返し行う。

3. 適用例

前節に示した方法を用いて有限要素解析のための要素分割を行う。図4はダムとその周辺を要素分割したものである。内部の点配置については3箇所で同心円状に点を配置し、他の部分よりも節点密度を上げている。図からもわかるように、幾何学的に好ましい要素分割法であるといえる。また、ラブラシアン法は点密度の分散を招くので、その適用には注意を要する。

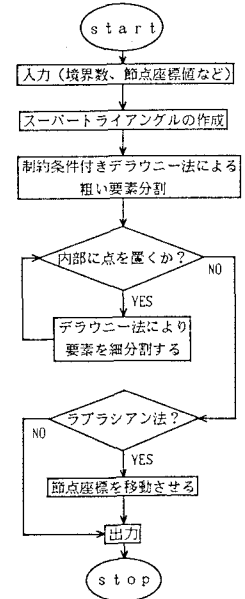


図3 要素分割の流れ図

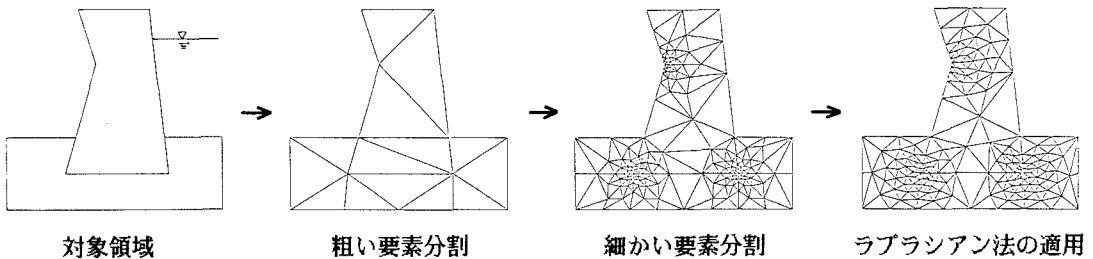


図4 要素分割手法の流れ

4. おわりに

本研究において複雑な境界を有する領域を自動的に要素分割する手法を提案した。ユーザーに求められるものは、境界に沿って連続的に得られた節点座標のみであるため入力データがかなり少なくすむ。また、デラウニー法の適用により当初の目的を満足する手法が提案できたと言える。今後は内部の点配置の自動化についての研究が求められる。

《参考文献》 S.W.Sloan, "A Fast Algorithm for Constructing Delaunay Triangulations in the Plane", Adv. Eng. Software, 1987, Vol.9, No.1

Robert HABER, etc. "A General Two-Dimensional, Graphical Finite Element Preprocessor Utilizing Discrete Transfinite Mappings", Int. J. Num. Meth. Engng, Vol.17, 1015-1044, 1981