

2次元領域の要素自動分割法に関する研究

岡山大学工学部	正会員	○谷口 健男
岡山大学大学院	学生員	太田 親
兵 庫 県		山内 斉

1. まえがき 有限要素法による解析の成果は、その前処理として行われる要素分割の良好さに左右されると言っても過言ではない。有限要素法の利用分野拡大に伴い、解析の対称系は複雑な形状となり、要素分割の自動化が望まれる。例えば、浅水長波流れ解析において、その対称系は自然河口や港湾などであり非常に複雑な幾何学的性質を持つ。そこで本研究では、浅水長波流れ解析を目的とした要素自動分割法の提案を行う。なお、次の条件を満足させることにする。

- ・水深データの作成を可能にする
- ・Courant Numberを一定にする要素サイズで要素分割を行う

ここで Courant Number は次式で与えられる。

$$C = (\Delta t / \Delta x) \sqrt{gh}$$

ここに、 c : Courant Number Δt : 時間増分 Δx : 要素サイズ h : 水深

また、要素発生法として、デラウニーの三角分割法を極力導入する。

2. 解析領域の認識 デラウニーの三角分割法では境界線という概念は存在しない。したがって、境界節点入力の際、境界線の認識のために外部境界は時計方向に、内部境界は反時計方向に節点番号を連続してつけることにする。境界節点及び、水深既知点の座標と水深値を入力データとし、まず対称系の粗い要素分割を行う。この手順は次のとおりである。

- (1) 与えられた節点集合を包含する三角計を設定する。
- (2) 境界節点について、節点番号順に節点を発生させ、連続した番号の節点を必ず要素の一辺として結ぶように要素分割を行う。
- (3) デラウニーの三角分割法を用いて要素の切り直しを行う。ただし、境界線と認識される辺については何等手を加えないこととする。
- (4) (2),(3)の作業を全ての境界節点が発生し終えるまで行う。
- (5) 水深既知点を発生させ、(3)と同様にデラウニーの三角分割化を行う。
- (6) 領域外の要素を消去する。

3. FEM解析用要素分割法 上述した粗い要素分割の後、1 節において述べた条件を満たすように領域を細分割し、浅水長波流れ解析のための要素分割を完成させる。

- (1) Courant Numberを一定にする要素サイズの間隔を取りながら領域内部に新しく節点を配置する。この新節点をPとし、2節(3)で述べたときと同様にデラウニーの三角分割を行う。
- (2) 新節点Pの水深を計算する。この計算は、まずPが粗い要素分割のどの位置にあるかを判定し、位置する要素の各頂点の水深より線形補間によって求める。ここまでの作業を全ての内部新節点について行う。
- (3) ラブラシアン法によるスムージングを行い節点の偏りを解消する。これにより全体的にバランスのとれた要素分割に変換され、同時にCourant Numberを平滑化することができる。このラブラシアン法とは、各々の節点を、その節点を含む全周辺要素の重心位置に移動させるものである。この作業を内部新節点に対して繰り返し行い、移動量がある値以下に収束した段階で止める。

4. 適用例及び考察 前節までに述べた手法を、清水港の要素分割に適用した例を示す。Courant Numberは1.0、 Δt も1.0に設定した。得られた要素分割結果を用いて有限要素解析を行うわけであるが、精度良く解析を行うため、解析の前に、要素分割を行った段階で解析に適した結果が得られているかどうか判断することが望ましい。そこで、各々の節点におけるCourant Numberの値の分布と、各々の三角形要素の偏平率の分布を求めて判断の指標とする。ここで三角形の偏平率は、内角の60度からの差の絶対値を平均して求めることにする。このCourant Numberの値と三角形の偏平率はデータ入力時における節点配置

に大きく影響される。Courant Numberの値が一定になることを重視して節点を配置すると偏平率が大きくなりがちで(図 1)、偏平率を重視して節点を配置するとCourant Numberが散らばりがちになる。(図 2) したがってCourant Numberが一定の条件を重視するか、偏平率を重視するか勘案する必要があるが、解析においては解の精度を良くすることのほうが重要であろうと考えられる。ゆえに解の精度に影響を与える要素の形状、すなわち偏平率を考慮しながら節点を配置することを基本とし、Courant Numberの値に悪い影響を及ぼしている節点について出来る限り、移動、排除といった変更を行うことが最適であると考え。この考えのもとで節点配置を設定し、要素分割を行った結果を図 3、図 4、図 5に示す。そして、図 5の状態でのCourant Numberの分布と 偏平率の分布を図 6 に示す。これより、大体において、Courant Number は設定値 1.0 を中心に分布が集中していることが確認され、偏平率も値が是正されていることがわかる。

5. あとがき 本研究によって、複雑な形状をした領域の要素分割法と、その応用である浅水長波流れ解析のための要素分割法を提案した。また、これに限らず解析目的に合わせ幅広く応用できる可能性も確認できる。

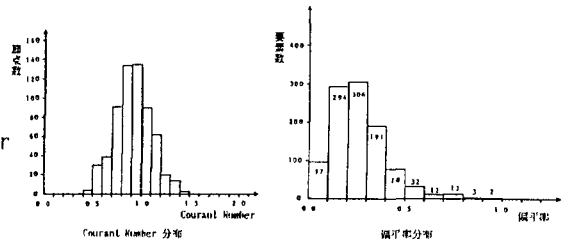


図1 Courant Number を重視した結果

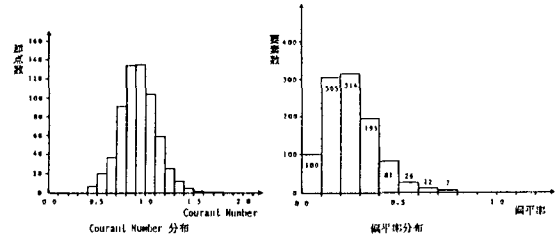


図2 偏平率を重視した結果

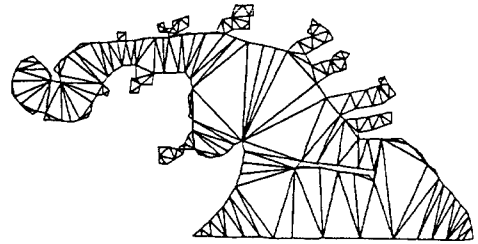


図3 粗い要素分割生成図

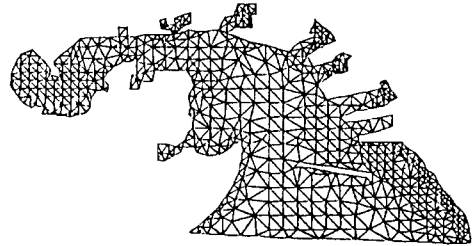


図4 要素分割生成図 (スムージング前)

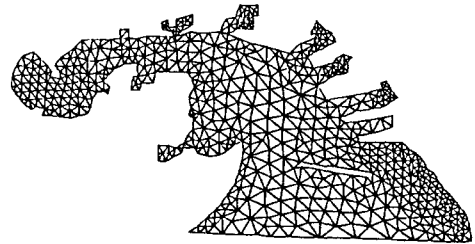


図5 要素分割生成図 (スムージング後)

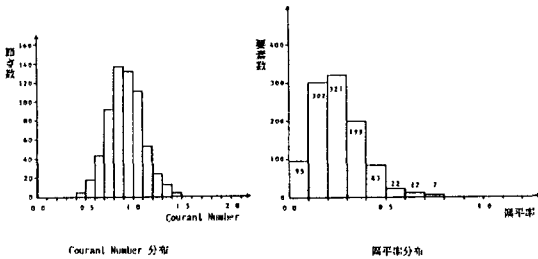


図6 最適結果

<参考文献> Kazuo Kasiyama and Tsuyoshi Okada
"AUTOMATIC MESH GENERATION FOR
SHALLOW WATER FLOW", submitted to
ISCFD-NAGOYA 1989