

II-266

有限要素法による浅水長波流れ解析のための自動要素分割法

広島工業大学 学生員

○ 岡 田 毅

中央大学 正会員

檜 山 和 男

1. はじめに

近年、水面波動や浅水長波流れ解析に複雑な地形形状への適合性に優れている有限要素法が多く用いられるようになってきている。しかし、地形形状を厳密に考慮すればする程、要素分割の作成に費やされる労力は多大なものとなる。著者らは既に、これらの解析を迅速にかつ精度良く行うための自動要素分割法を提案した¹⁾²⁾。この方法は解析領域全体でクーラン数を一定とするように要素分割を行うものであった。しかし、この方法では、境界は最初のデータ入力で設定した節点のみで構成されていたため、クーラン数を一定にすることに限界があった。

本報告は、より完全にクーラン数一定を実現するために、境界上の節点をも自動発生させると共に内部節点の発生方法に改良を加えた方法を提案するものである。

2. 自動要素分割法

本手法のフローチャートを図-1に示す。ここでは、本手法を広島港に適用した例を用いて、フローチャートの各項目の説明を行う。

まず、デジタイザーを用いて海図より解析領域の境界上と水深の既知点の節点(x, y座標)を設定する。また、水深はパーソナルコンピュータのキーボードより入力する。このとき、外部境界は反時計周りに、内部境界は時計回りに連続して節点を設定する。その他の入力するデータは、クーラン数の計算に必要な微小時間増分 Δt と境界上及び内部の節点発生間隔 δ のみである。

仮要素分割は、データ入力で設定した節点を用いて行う(図-2)。要素は、任意形状への適合性の良い3角形要素を用いている。この仮要素は、解析に用いる本要素(後述)の水深データの補間に用いるものであり、要素分割の方法は、従来と同様の外接円による判定法により行っている。

次に、境界上及び領域内部に新節点の発生を行う。クーラン数一定の要素分割を実現するために、次式で与えられる要素サイズ関数 f を導入する。

$$f = \Delta t \sqrt{gh} \quad (1)$$

ここに、 g は重力加速度、 h は水深である。

いま、図-3のような節点 i と $i+1$ を持つ長さ L の境界辺を考える。そして、その境界辺の要素サイズ関数 f_1 を次のように定義する。

$$f_1 = \Delta t \sqrt{gh_0} \quad (2)$$

ここに、 h_0 は境界辺の平均水深である。この要素サイズ関数 f_1 で L を除すことにより、境界辺の分割数 N (小数点以下切り捨て)を求める。ここでは、簡単のため分割間隔は等間隔 d としている。すなわち、

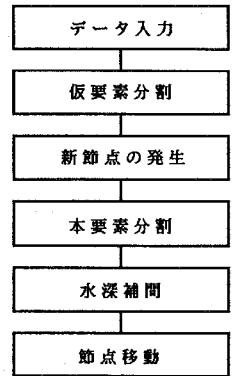


図-1 フローチャート

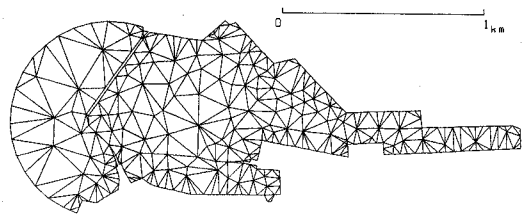


図-2 仮要素分割図

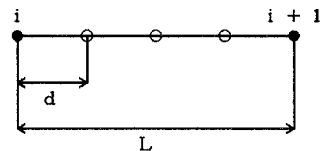


図-3 境界上の新節点の発生

$$d = L / N \quad (3)$$

である。

領域内部の節点の発生方法は、従来と異なりネット法の考え方を導入している。すなわち、解析境界の x , y 座標値の最小値と最大値を求め、それらの節点により構成される矩形領域内を下方から δ 間隔で節点の発生を行う。いま、図-4を参照して、 δ 間隔で発生された節点 P について考える。そして、以下の条件を満足する場合に節点 P を新たな内部節点として認める。

$$f_p < 1 \quad (4)$$

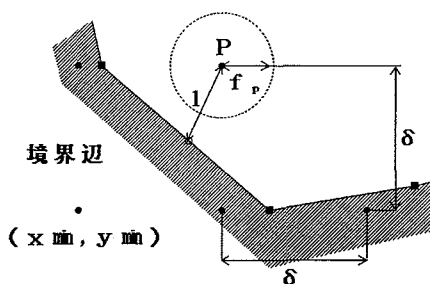


図-4 領域内の新節点の発生

ここに、 f_p は P 点の要素サイズ関数であり、 l は P から最も近い既存節点までの距離である。

上記の方法によって発生した節点も用いて、本要素の分割を行う。要素分割の方法は、仮要素の場合と同様である。そして、最後に各要素のクーラン数を計算し、そのばらつきが所定の範囲内に収まるまで、節点の移動を行う。節点移動の方法は、従来と同じく要素の平滑化手法を用いている。なお、このとき、データ入力で設定した節点と境界上の新節点は不動点とする。

また、本要素の節点の水深は、その節点がどの仮要素内にあるかを判定し、その要素の節点における水深値を用いて線形補間により求める。

図-5と6に、以上の手順によって作成された要素分割図と水深図を示す。節点総数及び要素総数は、それぞれ3196と5825である。入力データとして、 $\Delta t = 3$ 秒、 $\delta = 3$ mを用いている。図より、水深変化に応じた要素分割が実現されたことがわかる。

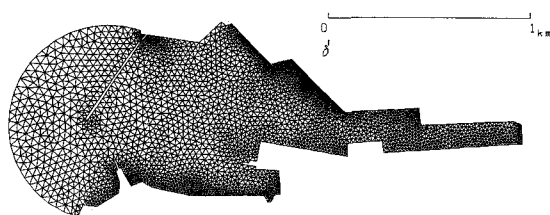


図-5 節点移動後の要素分割図

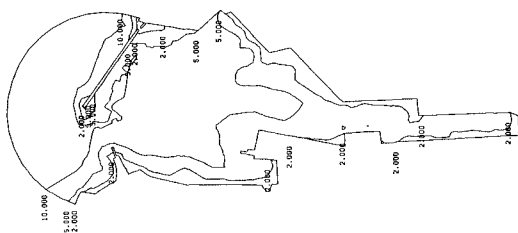


図-6 水深線図

なお、本例題においては、データ入力をデジタイザーとパーソナルコンピュータを用いて行い、それ以外の処理は大型計算機(広島工業大学 HITAC 280D)を用いて行ったことを付記する。

3. おわりに

本手法により、領域全体でクーラン数が一定となるように、境界上及び領域内の節点の発生が可能となった。本手法を用いることにより、水深変化に応じた要素分割が実現されるばかりでなく、計算の安定性及び精度の向上も期待できる。

今後の課題としては、曲線境界の簡便で合理的な近似法の構築があげられる。

参考文献

- 1) 岡田、榎山：浅水長波流れ解析における自動要素生成法について、第44回年講, pp. 745-755, 1989.
- 2) 榎山、岡田：有限要素法による浅水長波流れ解析のための自動要素分割法, 数値流体力学シンポジウム, pp. 555-558, 1989.