

中央大学 学生員 樋口 誠
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

水面波動解析において、高精度の計算結果を得るためには、波長の変化に応じた適切な要素分割データを作成し、用いることが要求される。これまでに、要素分割の妥当性を表す指標としては、“波長要素幅比”が用いられており、1波長を10分割以上にする事が望ましいとされている。しかし、複雑な境界及び水深形状を有する2次元領域に対して、波長の変化に応じて要素分割を行うことは難しい。そこで本論文では、要素分割のパラメーターとして波の周期を用い、その値と実現したい波長要素幅比を入力することによって、領域全体に対し波長要素幅比が一定になる自動要素分割法を提案する。

2. 最適自動要素分割法

本手法は、解析領域全体で波長要素幅比一定となるように要素分割を行う手法である。すなわち、

$$m = L / \Delta x = \text{constant} > 10 \quad (1)$$

ここに、 m は波長要素幅比、 L は波長、 Δx は代表的要素サイズである。

本手法のフローチャートは、図-1に示すとうりである。以下に、今回提案する内部節点の発生法及び要素分割法について述べる。その他の項目については、文献[1]、[2]に詳しいので省略する。

2.1 内部節点の発生法

内部節点の発生は、波長要素幅比 m が一定になるように発生を行う。そこでまず次のような要素サイズ関数 f を定義する。

$$f = L / m \quad (2)$$

ここに、 m は1波長に対する分割数であり、 L は波長である。波長 L は、入射波の周期と水深を用いて次の分散関係式より求められる。

$$\omega^2 = gk \cdot \tanh(kh) \quad (3)$$

ここに、 ω は角振動数、 k は波数である。

内部節点の発生は、下方から δ 間隔で発生させる(図-2参照)。

そして、発生された節点 p における要素サイズ関数 f_p が、点 p から最も近い既存節点との距離 l よりも小さい場合に、その節点を新たな内部節点として認める。すなわち、次の関係式が成立する場合に、その節点を新たな内部節点として認める。

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

ここで、点 p の要素サイズ関数 f_p は、点 p が仮要素のどの要素内に存在するかを判定し、その仮要素の節点における要素サイズ関数値を用いて線形補間された値を用いる。

2.2 要素分割法

要素としては、三節点三角形要素を用い、要素分割法としてはデラウニー法を用いることにする。しかし、従来のデラウニー法⁽¹⁾には、境界という概念がないため凹領域の場合には、解析領域の境界を壊してしまうという問題点がある。そこで、境界を壊さないようにする条件を付け加えて(改良デラウニー法)要素分割を行うことにする。このアルゴリズムは以下に示すとうりである。

ステップ1：与えられた節点を用いて、デラウニー法により要素分割を行う。

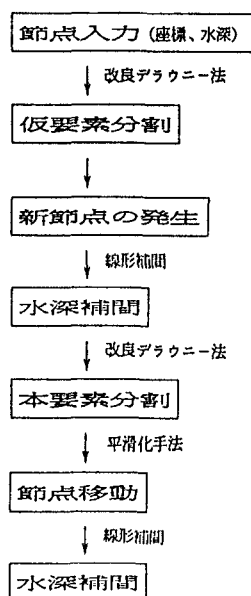


図-1 フローチャート

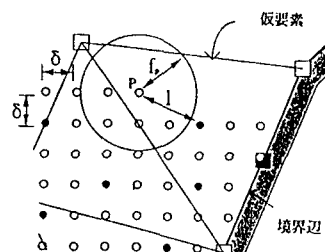


図-2 内部節点の発生

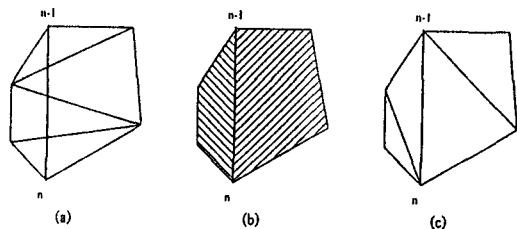


図-3 境界の再現法

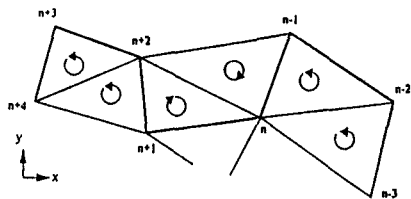


図-4 領域の判定

ステップ2：各境界辺について横切る要素を抽出し、境界辺を強制的に再現し要素の再分割を行う（図-3参照）。この操作は、以下の3つの手順により行う。

- ① 境界辺を横切る要素を選別し、すべての辺を消去する（図-3(a)参照）。
- ② 上で辺を消去した領域を、境界辺を境にして2つの小領域に分割する（図-3(b)参照）。
- ③ 各小領域に対して、再度デラウニー法を適用して要素分割を行う（図-3(c)参照）。

ステップ3：分割された要素が、領域外にあるものは取り除く。前処理として境界辺を持つ要素の節点の並び順を小さい順に並べ替える。すると領域外にある要素の場合には、節点の並び順が内部にある要素の並び順と逆になる。この事を利用して領域外にある要素を取り除く（図-4参照）。ステップ3は、谷口、太田^[4]の方法にならっている。以上に述べた方法により領域の境界辺を忠実に再現し要素分割を行うことができる。

3. 適用例

本手法を複雑な境界及び水深形状を有する有明海・八代海の要素分割に適用した。入力データとしては、波長要素幅比 m を20とし、節点発生間隔 δ を200m、波の周期 T を1200secとした。その要素分割例を図-5に示す。節点総数は5310、要素総数は9496である。また、図-6にこの例の波長要素幅比の分布図を示す。図より、65.3%の要素がほぼ波長要素幅比が16-21の範囲内にあることが解る。

4. おわりに

本論文において、著者らは水面波動解析のための最適自動要素分割法を提案した。この手法を用いることにより波長の変化に応じた要素分割が実現されるため、解の精度が保証された解析結果が得られる。

参考文献

- [1] 樫山和男、岡田毅、第3回数値流体力学シンポジウム講演論文集、pp.555-558 (1989)
- [2] 樫山和男、岡田毅、第4回数値流体力学シンポジウム講演論文集、pp.299-302 (1990)
- [3] Sloan, S.W., Advances in Eng., Vol.9, No.1, pp.34-55 (1987)
- [4] 谷口健男、太田親、土木学会論文集 No.432, pp.69-77 (1991)

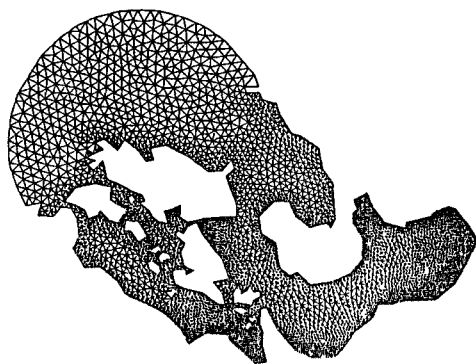


図-5 要素分割図

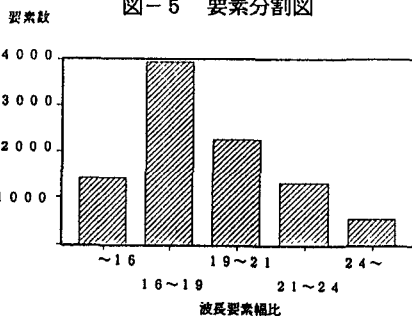


図-6 波長要素幅比分布図