

# ( I - 38) 水環境流れ解析のためのハイブリッド有限要素分割システムの構築

中央大学 学生員 ○磯貝雅樹  
日本工営株式会社 正会員 桜庭雅明  
中央大学 正会員 樫山和男

## 1. はじめに

水環境流れ解析を行う場合、一般に対象とする領域は、自然地形のように水深形状や境界形状が複雑な領域と人工構造物のようにそれらの形状が簡単な領域が混在する場合が多い。このような領域に対して、簡便、迅速にかつできるだけ高精度な結果が期待できる有限要素分割を行う方法の開発が急務となっている。

本研究では、水深形状や境界形状が複雑な領域と簡単な領域が混在する場合の要素分割法として、各領域に対して異なる手法を用い、両者を合体させるハイブリッド有限要素分割システムを提案する。具体的には、前者に対しては非構造格子に基づく *Delaunay* 三角分割法<sup>1),2)</sup>、後者に対しては構造格子に基づくブロック分割法を用いた。なお、対象領域の形状取得については、*CAD* 技術を有効に用いている。また、作成されたメッシュの修正には偏平率法<sup>2)</sup>を用いた。

## 2. ハイブリッド有限要素分割

本システムのフローチャートを図-1 に示す。

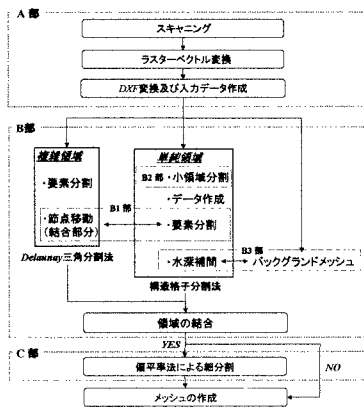


図-1: システムの流れ

### 2.1. 有限要素分割の入力データ作成 (図-1 A 部)

対象とする領域を含む図-2 に示すような海図を大型スキャナーを用いて読み込み海図情報のラスタータブルデータを取得する。ラスタータブル編集後、図-2 に示すように複雑領域と単純領域に対するそれぞれのベクトルデータを獲得する。なお、ベクトル変換後でも節点の移動、追加、削除などで修正することが可能である。

複雑領域（非構造格子に基づく *Delaunay* 領域）に対しては、ラスタータブル編集後、*CAD* システム（新日鐵: *NSXPRES*）により陸岸境界、水深点をそれぞれのレイヤーに割り当てる。また、単純領域（構造格子に基づくブロック分割領域）との結合部分に対しては、両領域間上の節点数を一致させるために、あらかじめ仮節点を与えておき、内部領域、内部節点を与えベクトルデータを獲得する。

単純領域に対しては、境界・水深形状をより正確に表現するために領域をいくつかの小領域に分割した上でベクトル化を行う。

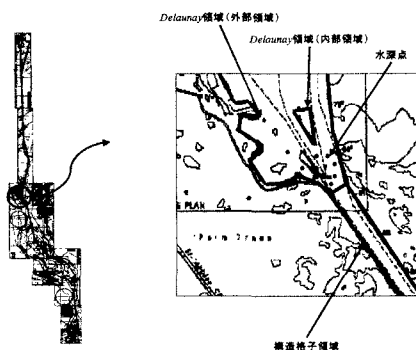


図-2: ベクトル化

各領域のベクトルデータ取得後、*CAD* システムの変換ツールにより *DXF* (*Drawing Interchange Format*) ファイルに変換する。次いで、この *DXF* ファイルから必要な情報を取り出し有限要素分割のための入力データを作成する。

### 2.2. 結合部分の節点移動 (図-1 B1 部)

複雑領域（非構造格子に基づく *Delaunay* 三角分割領域）と単純領域（構造格子に基づくブロック分割領域）の結合部分は、節点が一致しなければならない。そこで、図-3 に示すように、*Delaunay* 三角分割法で要素分割した領域の結合部分を取り出しその節点が等間隔となるように節点位置の移動（修正）を行う。

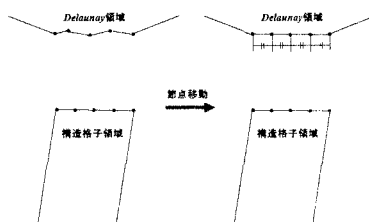


図-3: 節点移動

**Key Word:** ハイブリッド要素分割、*CAD*、水環境流れ解析  
〒 112-8551 東京都文京区春日 1-1-27  
TEL 03-3817-1815, FAX 03-3817-1803

### 2.3. 小領域分割 (図-1 B2 部)

構造格子領域の形状をより正確に表現するために、領域に対してまず図-4のように小領域に分割する。そして、既に得られた *Delaunay* 領域の結合部分の節点数をもとに構造格子で要素分割する領域のデータを作成し、その小領域ごとに要素分割を行う。なお、単純領域の境界近似は2次曲線までの近似が可能である。

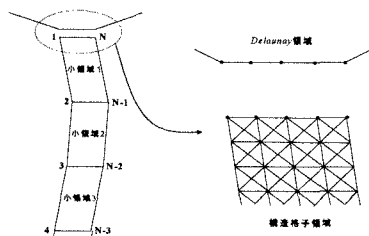


図-4: 小領域分割

### 2.4. 構造格子領域の水深値 (図-1 B3 部)

まず、領域全体を境界点および水深既知点のみを用いて *Delaunay* 三角分割 (バックグラウンドメッシュ) を行う。次に、発生した構造格子の節点がバックグラウンドメッシュのどの要素に含まれるかを判断し、その三点を用いて補間式<sup>4)</sup>により各格子点の水深値を求める。そして、構造格子部分と *Delaunay* 部分とを結合しリナンバーを行う。図-5は、ハイブリッド有限要素分割後のメッシュ図である。

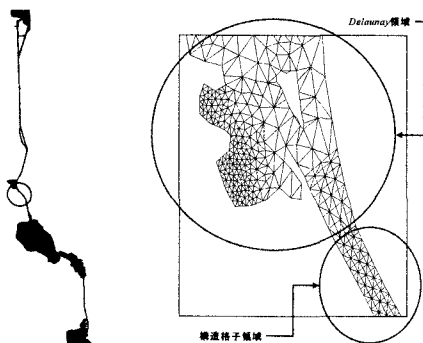


図-5: ハイブリッド有限要素分割 (スエズ運河)

### 2.5. 偏平率法による細分割 (図-1 C 部)

メッシュの細分割を行う場合には、CADシステムにより細分割を行う領域のベクトルデータを獲得する。その領域内部の各節点に対し、入力データをもとに可動点が固定点 (既知の水深点及び陸岸境界上の節点) かに分ける。また、発生させる要素数を指定することも可能である。その後、可動点のみラプシアン法<sup>2)</sup>によりその節点を共有する要素の集合体による多角形の重心位置に節点移動させる。その後、指定領域内部の各要素の偏平率 (三角形の各頂点から60度引いた値) を計算し、ある入力した偏平率以上の値を持つ要素を取り出す。細分割は、図-6.1のように各要素の最大辺の中点に節点を新たに追加し要素を4つ (境界上の場合は2つ) に分割する。

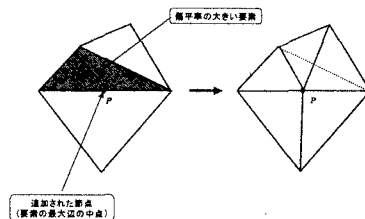


図-6.1: 細分割

次いで、ローソンのスワッピングアルゴリズム<sup>2)</sup>により、隣接要素で形成される四角形の対角線長を比較し、隣接辺の入れ替えを行う。新たに追加された節点は、ラプシアン法により節点移動させ、水深値は補間式<sup>4)</sup>により与えられる。図-6.2は、細分割後のメッシュ図である。

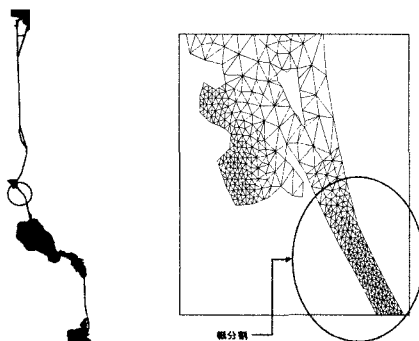


図-6.2: 細分割 (スエズ運河)

## 3. おわりに

本報告では、水深形状や境界形状が複雑な領域と簡単な領域が混在する場合の要素分割法として、各領域に対して異なる手法 (*Delaunay* 三角分割法とブロック分割法) を使い、両者を合体させるハイブリッド有限要素分割システムを提案した。これにより、以下の結論を得た。

- 本システムにより、単純、複雑な領域とが混在する領域に対しても、確実な有限要素分割が可能となった。
- 細分割を行う領域を指定することにより、再度要素分割することなくメッシュの修正が可能となった。
- CAD機能を用いることにより、領域形状のデータを正確、かつ迅速に獲得することが可能となった。

今後は、入力データ作成の省力化を行い、より使いやすしい実用的な要素分割システムに改良していく予定である。

## 参考文献

- 1) K.Kashiyama,T.Okada,"Automatic Mesh Generation Method for Shallow Water flow Analysis",International Journal for Numerical Method in Fluids,vol.15,1037-1057,1992
- 2) 谷口健男,"FEMのための要素自動分割",森北出版,1992
- 3) 河上英人,"CAD技術を用いた水流解析のための有限要素分割作成システムの構築",中央大学卒業論文 1997年度
- 4) K.Kashiyama,M.Kawahara,"Input data of water depth in FE analysis of shallow water flow",Eng.Comput., Vol.2,pp266-270,1985