

CAD 技術を用いた水環境流れ解析のための 有限要素分割作成システムの構築

中央大学	学員 ○河上 英人
中央大学大学院	学員 清水 仁
中央大学	正員 檜山 和男

1. はじめに

近年の計算機性能の飛躍的な向上に伴い、水環境流れの数値シミュレーションにおいて大規模かつ複雑な領域に対する解析が可能となっている。しかしながら、このような解析を行う際、いかに簡便にかつ迅速に有限要素分割データを作成するかが問題となる。従来、地形形状を獲得する手段として用いられているデジタイザー入力、多大な労力と時間を要するために、それに変わる手法等の構築が急務となっている。

そこで本報告は、上記の問題を解決する有限要素分割作成システムを提案するものである。本システムは、地図を大型スキャナーにより読み込みラスターデータを得るところを出発点とする。次に CAD 技術を用いてベクトル化し、Delaunay 三角形分割法^{1),2)}によってメッシュ生成を行うものである。本システムにより大規模かつ複雑な領域に対する流れ解析のための有限要素分割を迅速かつ正確に作成することが可能となる。例題として、境界形状や水深形状が複雑な瀬戸内海全域に対する有限要素分割を行った。

2. メッシュ生成から解析までの流れ

有限要素分割システムの概要を図-1 に示す。まず大型スキャナー「context ScanPlus III 800T」(A0 用紙サイズまでスキャニング可能)を用いて地図を読み込みラスターデータを得る。次に、CAD ソフト(ここでは新日鐵社の「NSXPRES」上で稼働する「D-CAD for Windows」を使用)を用いてベクトル化を行う。ベクトル化したデータを DXF(Drawing Interchange Format) ファイル³⁾に変換し、Delaunay 三角形分割法の入力データを作り有限要素分割を行う。CAD を用いて作成したメッシュでは、CAD 上の操作で境界節点を追加、消去する事が随時可能なので、節点データを簡単に変換することができメッシュ改善の幅が広がる。

2.1. スキャニング

スキャニングでは、数値解析の対象となる地域の地図(地形図、海図等)を大型スキャナーを用いて読み込み、ラスターデータを得る。事例として今回用いた地図は、瀬戸内海に対する 1/250,000 の海図である。この際、適切な濃度でスキャニングをすることが重要である。スキャン濃度が濃すぎると線同士がつながり、薄すぎると線が途切れ

てしまうため、確実なベクトル化が困難となってしまう。

図-2 は、大型スキャナーで読み込んだラスターデータで、2 枚の海図を CAD 上でつなぎ合わせたものである。

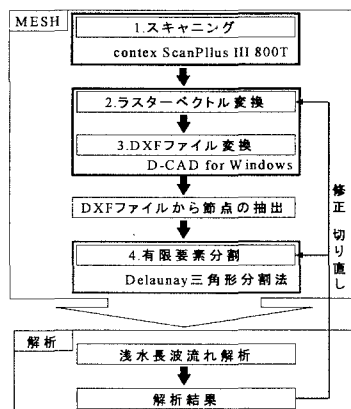


図-1 メッシュ生成システムの概要

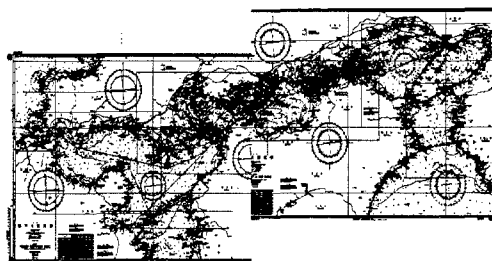


図-2 瀬戸内海-海図

2.2. ラスターベクトル変換

ラスターベクトル変換では、大型スキャナーによって取り込まれた地図を CAD ソフトを使い、ラスターデータをベクトルデータに変換する。まずベクトル化を行う前に四点補正を行い、紙のゆがみや傾きを補正する。

次にベクトル化を行うが、その方法には2種類ある。線で表された大陸や島の海岸線には、等高線追跡機能により、コンピュータと対話しながら半自動的にベクトル化を行う。点で表された海域の内部に関しては、標高(水深)点入力により、水深が既知の点をディスプレイ上でプロットしながら水深値を入力しベクトル化を行う。

また海域境界のベクトル化を行う際、数多くの島一つ一つをどのようにに区別して認識させるかという問題がある。

KeyWords: メッシュ, CAD, FEM
〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27,
Tel: 03-3817-1815, Fax: 03-3817-1803

そこで本システムでは、CAD データ特有のレイヤー機能(層, レベル, クラスなどと呼ばれることもある)を用い、各島にレイヤーを一つずつ割り当てることで島を区別する。レイヤーとは、図面を層分けして扱う機能で、レイヤー単位での作業を行うことができる。また有限要素分割の際、対象領域の内部領域と外部領域を区別するために、各要素における三角形の面積の正、負により判別を行う。このため、内部境界は時計回り、外部境界は反時計回りに入力を行う必要がある。

図-3 は、外部境界と内部境界をベクトル化したもので、外部境界はレイヤー番号 0、内部境界はレイヤー番号 1,2,3, ..., N(N は内部境界の総数) で入力した。図-4 は、図-3 に水深が既知の点を表示したものである。



図-3 瀬戸内海-境界のベクトル化



図-4 瀬戸内海-水深入力点

2.3. DXF ファイル変換と座標値の抽出

ベクトル化されたデータを DXF 形式に書き出す。DXF ファイルは、異なった CAD 間の図面データ交換に使われている中間ファイルであり、ASCII データタイプなので任意に読み書きが行える。そこで、DXF ファイルから節点と水深をプロットした点の x, y, z 座標値を抽出する。この際、内部境界や外部境界を閉ループにする事によって、二重節点が存在してしまうことがある。この場合、有限要素分割が正しく行えなくなってしまうため、節点データを作成する時点でそのような点を取り除いている。

2.4. 有限要素分割

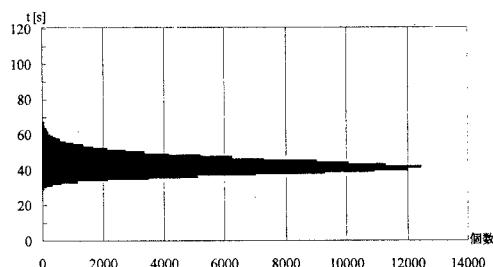
Delaunay 三角形分割法により新しい節点を発生させながら有限要素分割を行う。有限要素分割図は、図-5 に示す。本システムでは、微小時間増分を大きく、また計算が安定にかつ精度よく行えるように要素幅波長比が一定になるように節点発生を行っている⁴⁾。節点発生のパラメータとしては、節点発生検討間隔 d と微小時間増分 dt である。

ここでは、パラメータ値として $d = 25.0[m]$, $dt = 50.0[s]$ を用いた。これらのパラメータを変えることで節点数を任意に調節することができる。表-1 に、図-5 の要素分割より得られた各要素の微小時間増分量 Δt の分布を示す。表より、微小時間増分量 $\Delta t = 25.0[s]$ を用いれば、安定な解析が行えることがわかる。



節点数 76,397 要素数 145,587
図-5 瀬戸内海-有限要素分割図

表-1 瀬戸内海メッシュにおける Δt の分布



3. おわりに

本報告では、大型スキャナーと CAD 技術を用いてメッシュを作成する有限要素分割作成システムの構築を行い、次のような結果を得た。

- (1) 本システムを用いることにより、数々の島を有する複雑な地形に対するモデリングを迅速かつ正確に行うことが可能となった。
- (2) パラメータを変えることで、自在にメッシュ数を調整することができる。
- (3) メッシュ生成の時点で、数値解析で使用する安定な微小時間増分量 Δt の目安が得られる。

今後は、三次元解析に対する自動要素分割システムを構築する予定である。

参考文献

- 1) 谷口健男, "FEM のための要素自動分割", 森北出版, 1992
- 2) 谷口健男, 太田親, "直線辺で構成される任意二次元領域へのデラウニー三角分割の適用", 土木学会論文集, No.432/I-16, pp69-77, 1991.7
- 3) 落合重紀, "新・DXF リファレンスガイド", 日経 BP 社, 1997
- 4) 樫山和男, "複雑平面領域内の水環境流れ解析のための自動要素分割法の提案", 水工学論文集, 第 37 巻, pp781-786, 1993.2