

多重ボクセル要素に基づく地形と構造物周りの自動要素生成法

中央大学 学生員 ○ 高森 賢
中央大学 正会員 榎山 和男

1. はじめに

近年、計算機のハードウェア及び数値解析技術に代表されるソフトウェアの進歩に伴い、現実問題の解析を行う要求が強まり、モデリングの重要性が増している。土木工学における数値解析を考えた場合、地形と構造物の両方を考慮したモデリングが必要となる場合が多い。

本研究は、CADシステムを用いて地形と構造物の両方を考慮した自動四面体要素生成法を開発するものである。地形と構造物データの獲得手法としてはCADシステムを利用した地形データ・スキャニングシステム¹⁾を用い、要素分割手法としては、多重ボクセルに基づく四面体要素分割法²⁾を用いた。本システムの有効性を検討するために、複雑対象領域に対して本システムを適用し、その結果作成された解析モデルを非圧縮性粘性流体解析に適用した。

2. システムの概要

本システムは図-1に示すように、形状データ作成部と有限要素分割部から成る。本研究では、形状データ作成部において、CADソフトであるD-CAD for Windowsと3D-CAD form・Zを用い、有限要素分割部では、Fortran言語を用いて、自動要素生成システムの構築を行った。本システムの概要について、静岡県熱海市丹那付近に設置された架空の高架橋周りの要素分割を例に述べる。

(1) 地形データと構造物のCADデータの獲得、スキャニング・ベクトル化(フローA,B,Cの部分)

地形データとしては、地形図(国土地理院発行または工事毎に作成される大縮尺の地形図)または数値地図50m(国土地理院発行)を用いる。地形図を用いる場合には、地形図を大型スキャナで読みとり、地形図のラスター・イメージを獲得する。次にD-CAD for Windowsを使用し、ラスター・イメージから等高線情報のみベクトル化を行う。そして、異なるCAD間でのデータ交換のため、ベクトル化されたデータをDXF(Drawing Interchange Format)形式に書き出す¹⁾。

(2) 地形と構造物両方を考慮した3次元モデルの作成(フローD,E,F,G,Hの部分)

(1)で得られたDXFファイルをform・Zに取り込み、地形図作成機能を用いて三次元に立ち上げる。構造物モデルは架空の高架橋を直接作成した。また、作成された地形モデルと構造物モデルを同一の座標空間上に配置する。構造物周りの三次元メッシュを作成するのに必要となるのは、オブジェクトの外側のデータであり、内部のデータ(重なっている部分)は不要であるので、ブーリアン演算(合体)により全てを1つにまとめ

る。そして、重複する部分を削除し、対象領域全体の境界形状のみのデータを得る(図-2参照)。次に、解析領域を作成するため、開境界を設定し、その開境界から対象領域全体の境界形状のみをブーリアン演算(引き算)で抜き出し、残った部分の内部である解析領域(図-2中の領域)を作成する(図-3参照)。

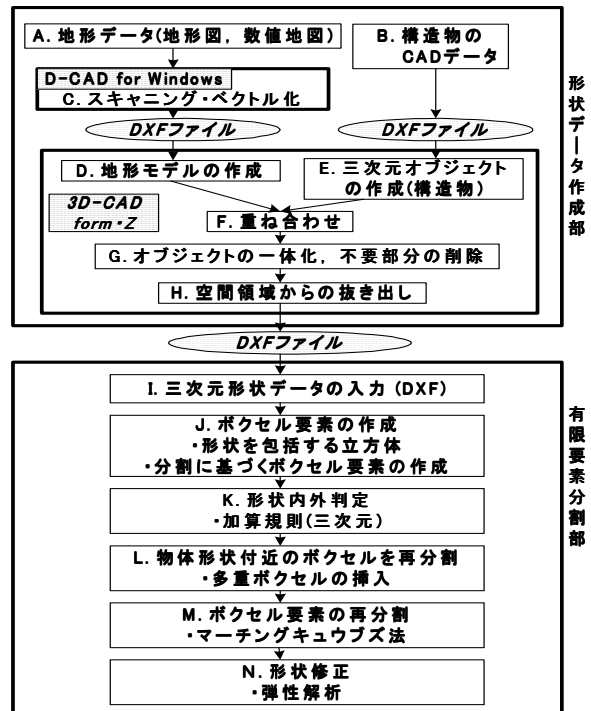


図-1 本システムの流れ

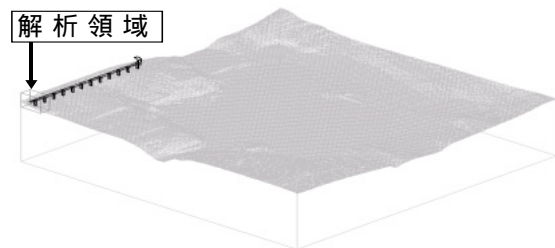


図-2 対象領域全体の境界形状

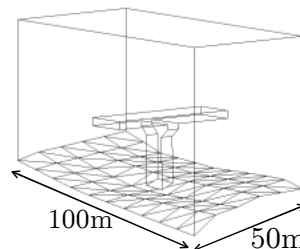


図-3 解析領域

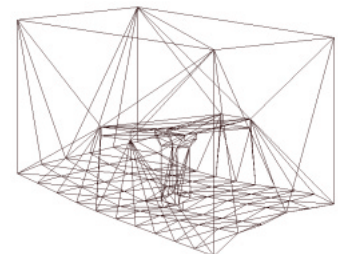


図-4 オブジェクト表面の三角形分割

(3) 三次元形状の入力データ (フロー I の部分)

図-3に示す作成された解析領域から、1)有限要素分割のための節点情報、2)三次元形状モデルを構成する線分情報、3)三次元形状の内外を認識するための表面三角形情報(図-4)をDXF形式で獲得する。

(4) ボクセル要素の生成 (フロー J の部分)

DXF ファイルより得られた節点情報を用いて、解析領域を全て包括する1つの立方体を生成する。そして、立方体を任意の大きさのボクセルで細分割し、ボクセル群を生成する。

(5) 形状内外の判定 (フロー K 部分)

DXF ファイルより得られた表面三角形情報を用いて、生成されたボクセル要素から得られる各節点の内外判定を、加算規則に基づくアルゴリズム²⁾を用いて判断する。内外判定後の地形と構造物表面のボクセルを図-5に示す。図より、この処理段階では解析域形状は正確に表現されていないことがわかる。

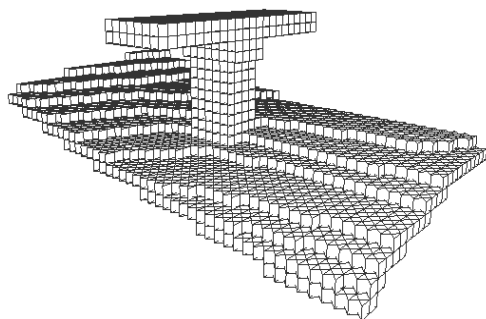


図-5 地形と構造物表面のボクセル図

(6) 物体形状付近のボクセルを細分割 (フロー L 部分)

物体(地表面と構造物)形状をより正確に表現するために、図-7に示すように物体形状付近のボクセルのみを抽出しさらに細分割する。図中、グレーの領域が解析領域である。本手法では、サイズの異なるボクセルを用いることにより要素の粗密付けを可能にする多重ボクセル手法²⁾を用いた。

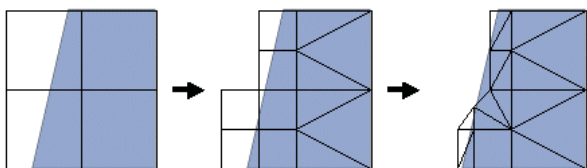


図-6 (6) 以前のボクセル境界付近
図-7 サイズが異なるボクセル境界付近の細分割
図-8 (7) の後の結合状態

(7) ボクセル要素の細分割 (フロー M 部分)

図-5, 6, 7のようにボクセルを表示する際に生じてしまう単位格子の凹凸を滑らかな面で表現するため、さらにマーチングキューブズ法²⁾を用いてボクセル要素の細分割を行う(図-8)。図-9に、本手法により生成された有限要素分割図を示す。節点数は56621で要素数は300210である。図-10に地形及び構造物表面の形状を示す。図-5と比べ、地形と構造物形状がより正確に表現されていることがわかる。

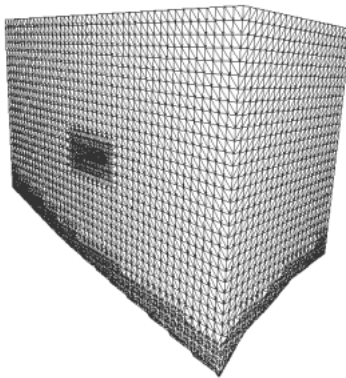


図-9 メッシュ図

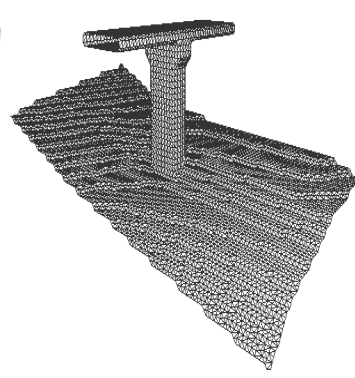


図-10 地形及び構造物表面の形状

3. 形状修正 (フロー N 部分)

形状修正では、2.7のボクセル要素の細分割で除去することができなかった形状表面上生じた凹凸の除去を行う。除去方法としては、弾性解析により要素を変形させることで形状を滑らかにする。図-11に、要素変形後の表面三角形図を示す。

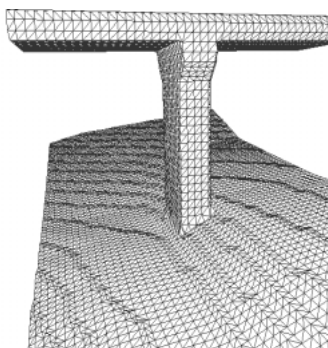


図-11 要素変形後

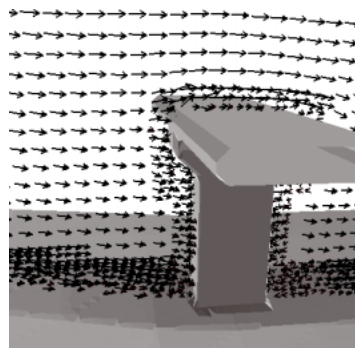


図-12 流速ベクトル図(拡大図)

4. 数値解析例

本手法の妥当性と有効性を検討するために生成したメッシュを、Navier-Stokes 方程式に基づく非圧縮性粘性流体解析(Re=100)に適用した。解析結果を図-12に示す。解析結果より、本手法により、複雑な構造物周りの流れ解析のための有効なメッシュ生成が行えることがわかる。

5. おわりに

本報告では、地形を考慮した構造物周りの自動要素生成法として多重ボクセルに基づく手法の提案を行った。そして、本手法により生成されたメッシュを用いて解析を行い本手法の有効性を示した。

本手法により生成された有限要素を用いて解析を行い、解の精度について検討する予定である。

参考文献

- 1) 清水 仁, 櫻山和男, "地形風数値解析のための三次元地形モデリング手法の構築", 計算工学講演論文集, no.2, vol.3, pp.419-422, 1998.
- 2) 須江克章, 桜庭雅明, 櫻山和男, "三次元任意形状に対する多重ボクセル法に基づく四面体要素の自動生成法", 計算工学講演会論文集, no.1, vol.6, pp.39-42, 2001.