

I-A235 地形に土木構造物を含めた領域に対するモデリング手法の構築

中央大学大学院 学員 ○清水 仁
中央大学 正員 樫山 和男

1. はじめに

地形風や土木構造物周りの気流に関する研究については、主に風洞実験に依存しているのが現状である。しかし、風洞実験は相似則や境界条件の妥当性等の解決すべき問題点がある。一方、近年、計算機性能の飛躍的な向上も相まって、上記の問題のない数値実験の有効性が認められつつあり、数多くの数値計算手法が提案されている¹⁾。

地形に土木構造物を含めた領域をモデリングする際、(a)土木構造物と同等なスケールで地表面形状を表現する、(b)実際の構造物を忠実に再現する、(c)地形と構造物を同一座標系上に配置する、ということが重要となる。上記(a)に関しては既に提案済みであるが²⁾、(b),(c)に対しては、未だ手法は確立されていない。

そこで本論文では、大型スキャナ、及びCADソフト等を用い上記項目を考慮した、地形に土木構造物を含めた領域に対するモデリングシステムを提案する。

2. システムの概要

本システムの処理フローを図-1に示す。本システムは(1)形状データ作成部、(2)有限要素分割部の2つのサブシステムに大別される。なお、有限要素分割には三次元化されたDelaunay分割法³⁾⁴⁾を用いる。

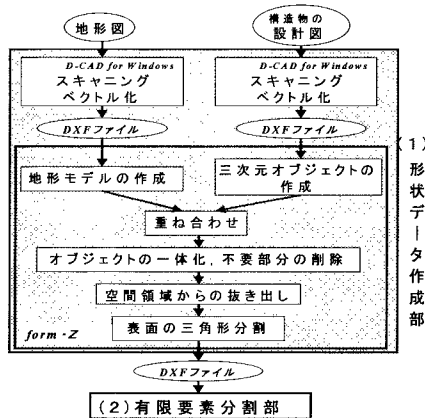


図-1: 処理フロー

3. 形状データの作成

地形に構造物を含めた領域に対して有限要素分割を行うにあたり、形状データを作成しておく必要がある。その形状データに対して、1)地形と構造物のスケールを合わせる、2)重複する部分のない境界のみデータであること、

3)開境界を定義すること、4)領域の内部・外部の区別ができること、という条件が必要となる。本システムの「形状データ作成部」では、この4つの条件をすべて満たすことができる。

3.1. スキャンング 及びベクトル化

まず、対象となる地域及び構造物の地形図、設計図をスキャナで読みとり、ラスター・データ(画像データ)を獲得する。得られたラスター・データに対して四点補正(紙のゆがみや傾きを補正)や不要部分の削除等、各種ラスター編集を行い精度良く、かつベクトル化しやすいデータに修正する。今回は、地形には1/25,000地形図「余部」を、構造物には簡単な橋梁モデルを用いた。

そして得られたラスター・データに対し、地形図に対しては等高線を、設計図に対しては構造物の形状を、それぞれベクトル化(数値化)する。本システムではベクトル化ソフトとして、新日鐵社製の「D-CAD for Windows」を使用している。文字や地図記号等を多く含み、主に曲線からなる等高線に対しては、D-CAD上の等高線追跡機能を利用し、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ので、作業を高速かつ正確に行うことができる。

ベクトル化されたデータを、CADの中間ファイルとして広く用いられているDXF(Drawing Interchange Format)形式ファイルを介して、三次元ソリッドモデラーであるform-Z(米国auto-des-sys社が開発、(株)イメージズアンドメジャーメント社が販売)に取り込む。

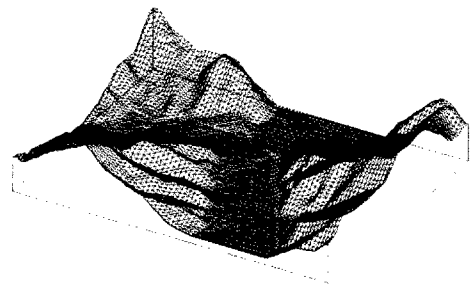


図-2: 地形モデル

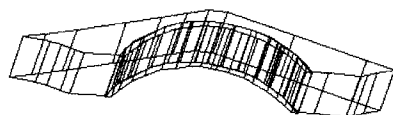


図-3: 橋梁モデル

KeyWords: CAD, GIS, FEM

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

Tel: 03(3817)1815, Fax: 03(3817)1803

3.2. 地形モデル・構造物モデルの三次元化

*form・Z*に取り込まれたデータは、二次元ワイヤーフレームモデルであり、これを *form・Z* の機能を用いて三次元に立ち上げる。地形(図-2)は「地形図作成機能」、構造物(図-3)は「柱体の生成」等を用いて三次元化する。

3.3. 地形と構造物の重ね合わせ

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。基本的にはウィンドウズ上の「コピー・貼り付け」で行うことができるが、その際、地形と構造物のスケール及び位置関係を合わせなければならない。

3.4. オブジェクトの一体化

構造物をモデリングする際、通常は部品の種類毎にレイヤーを割り当てて作成するため、構造物モデルは多くのオブジェクトから成り立っており、重なっている部分が存在する。そこで、空間上に存在する全てのオブジェクトをブーリアン演算「結合(union)」により1つにまとめる。すると、重なっている部分は「ゴースト」として現れるので、このゴーストを削除することで、境界のみのデータが得られる。

3.5. 空間領域からの抜き出し

開境界を定義するために、任意の高さを持つ六面体をあらかじめ作成しておき、その六面体から一体化されたオブジェクトをブーリアン演算「引き算」により抜き出す。これにより残った部分が気流解析を行う領域となる。

3.6. オブジェクト表面の三角形分割

作成されたオブジェクトは、データ自体は点の羅列であるため境界面を定義することができない。そこで、表面を三角形分割することで面を定義するのだが、*form・Z* 自体には面を三角形分割する機能が存在しない。そこで、*form・Z* がサポートするファイル形式である 3DGF や 3DGM ファイルをインターフェイスとして用いる。これらの形式で保存する際のオプションとして「すべての面を三角形分割する」というものがあるので、これを選択して画面上のデータを保存する。そして、その保存されたファイルを読み込み直すと、意図に合ったデータに変換される(図-4)。なお、この三角形は領域内部から見て時計回りに結合されているため、領域の内部・外部の判別が可能である。

そしてこのデータを DXF 形式のファイルに変換する。DXF 形式のファイルは Ascii タイプのデータであるため、任意に読み書きが行える。そこで、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(Delaunay 分割法)の入力データを作成する。

4. Delaunay 分割法の適用

4.1. Delaunay 分割法の基礎定義

Delaunay 分割法は、そのボロノイ領域が共有の境界を持つ2つの点を結ぶことにより要素を作成する。Delaunay 分割法により作成された四面体の外接球の内部には、他のい

ずれの節点も含まないという幾何学的性質があるため、三次元空間上に任意に配置された節点群に対し、正四面体に近くなるように分割するものである。これより、Delaunay 分割法は、有限要素解析で用いる要素の幾何学的条件に対し、より適切なメッシュ生成手法であるといえる。

4.2. アルゴリズム設計

以上の理由により、本システムでは有限要素分割手法として三次元化された Delaunay 分割法を適用する。三次元化のアルゴリズムは、谷口らにより提案されたもの³⁾を用いる。しかし Delaunay 分割法は、節点位置をあらかじめ与えてやる必要があり、また、そのままでは凸領域にしか適用できないため、手法を工夫・変更する必要がある。

5. おわりに

本報告では、大型スキャナ、CAD ソフト等を用いた地形に土木構造物を含めた領域に対するモデリング手法を提案した。本手法により、微地形、及び複雑な構造物を正確に表現した形状データを得ることが可能となり、また、本手法を地形風数値解析手法、及び可視化手法と結合させることにより、有効な地形風数値解析システムの構築が可能となる。

今後は、地形風数値解析において精度、及び効率の良い有限要素の作成を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 内田孝紀, 大屋裕二, "Dynamic SGS Model を用いた複雑地形を過ぎる安定成層流の LES", 第 11 回数値流体力学シンポジウム講演論文集, pp173-174, 1997
- 2) 清水仁, 山口敏, 樫山和男, "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とその利用", 第 22 回土木情報システム講演集, pp13-16, 1997
- 3) 谷口健男, 太田親, "三次元凸体の四面体有限要素自動分割", 土木学会論文集 No.432 / I-16, pp137-144, 1991
- 4) D.F.Watson, "Computing the n -dimensional Delaunay tessellation with application to Voronoi polytopes", THE COMPUTER JOURNAL, VOL.24, NO.2, pp167-172, 1981

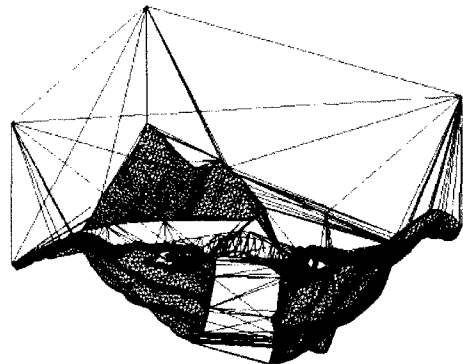


図-4: 表面を三角形分割されたオブジェクト