

(I-16) 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

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

一般地形による地形風の局所的な把握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⁾。

地形風の数値解析の実用化を進めていく上で、地形をいかに正確かつ迅速にモデル化するかということが問題となる。従来、地形情報を獲得する手段として幾つかの方法が用いられてきた。しかしながら、その1つである建設省国土地理院が刊行している数値地図は、メッシュ幅が最小のものでも 50m × 50m と微地形を表現するにはいたらず、またデジタイザによる入力、手作業に依存してしまうことから、情報の処理に多くの時間が必要となってしまう。

本論文では、上記の問題点を解決した、大型スキャナ、及びCADを用いた地形風数値解析のための三次元地形モデリングシステムを提案する。

2. 三次元地形モデリングシステムの概要

地形データの入手には、既成の地形図を用いる。今回は兵庫県香住町余部を対象地域としており、1986年(昭和61年)12月28日、余部鉄橋から回送中の列車が折からの突風(風速25m)にあおられ、鉄橋より転落するという実際に風が原因となる事故が起きた場所である。

本システムの大きな流れは図-1に示す通りである。

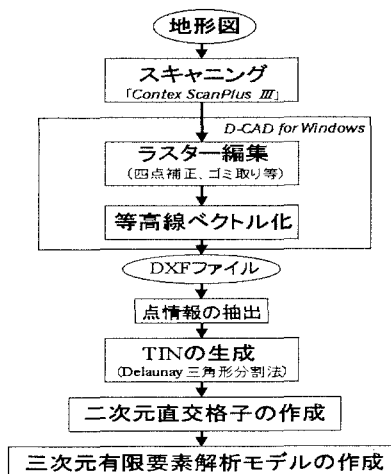


図-1：処理フロー

2.1. スキャンニング

対象となる地域の地形図を大型スキャナで読みとり、ラスタ・イメージを獲得する。本システムで使用するスキャナは「context ScanPlus III 800T」で、A0用紙サイズまでのスキャンニングが可能である。事例として今回用いた地形図は1/25,000地形図「余部」である。

そして、得られたラスタ・イメージに対し四点補正（紙のゆがみや傾きを補正）やゴミ取り（文字や地図記号、埃等の消去）、不要な領域の削除等、各種ラスタ編集を施し、精度良く、かつベクトル化しやすいラスタ・データに修正する。

2.2. 等高線ベクトル化

本システムではベクトル化ソフトとして、新日鐵社の「NSXPRES」上で稼働する「D-CAD for Windows」を使用している。得られたラスタ・データの等高線を、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。また、等高線追跡のパラメータを変えることで、デジタイザによる入力と同様に精度、解析領域の大きさ等、必要に応じて獲得するデータ量を自由に調節できるのも、本システムの大きな特徴である。さらに、CADデータ特有のレイヤー構造により属性情報の入力が可能のため等高線、道路、建物データ等の種類別に、解析に必要なものののみを取り出すことも容易である。

そして、ベクトル化されたデータをDXF(Drawing Interchange Format)形式に書き出す。DXFは異なるCAD間でのデータ交換用の中間ファイルとして広く用いられているファイル形式であり、またAsciiタイプのデータなので、任意に読み書きを行うことができる。

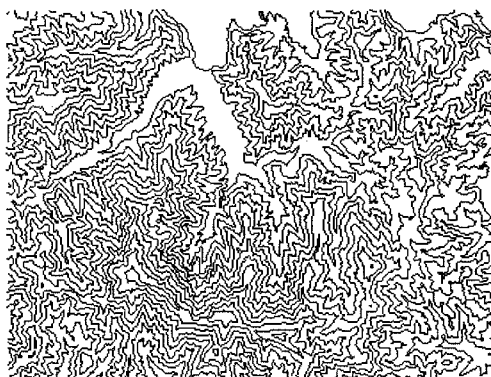


図-2：ベクトル化後の等高線

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

2.3. TIN の生成

ベクトル化された等高線（図-2）は曲線を多数の点同士をつなぐ微小な直線で近似して表現している。そこで、DXFから点情報のみを抽出し、その全ての点同士を Delaunay 三角形分割法²⁾³⁾により不等辺三角形網（Triangulaed Irregular Network; TIN）を生成し、三角形パッチを貼りつめることで、地表面形状を表現する（図-3）。

Delaunay 三角形分割法を適用する際、等高線が閉じている部分では二重節点が存在し、正確な TIN を作成することができないので、これを取り除く必要がある。

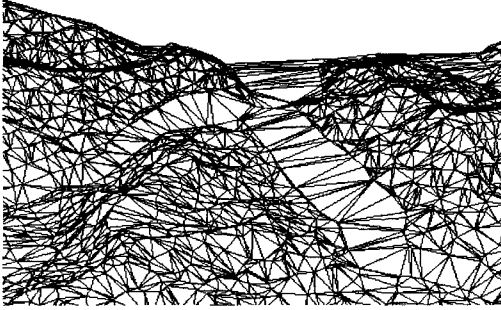


図-3 : TIN

2.4. 二次元直交格子の作成

三次元解析領域作成の前処理として、二次元直交格子を作成する。生成された三角形網上に、x座標、y座標を任意の数で分割して新しく格子点を発生させる。そして各格子点がどの TIN に含まれるかを判断した後、該当する TIN を構成する三点を用いて、次の補間式⁴⁾より各格子点の標高値 h を求める。

$$h = \Phi_1 h_1 + \Phi_2 h_2 + \Phi_3 h_3$$

h_1, h_2, h_3 は TIN を形成する三節点の標高値を表し、補間関数 Φ_1, Φ_2, Φ_3 は次のように定義される。

$$\Phi_\alpha = a_\alpha + b_\alpha x + c_\alpha y \quad (\alpha = 1, 2, 3)$$

ここで、

$$a_\alpha = \frac{1}{2\Delta}(x_\beta y_\gamma - x_\gamma y_\beta)$$

$$b_\alpha = \frac{1}{2\Delta}(y_\beta - y_\gamma)$$

$$c_\alpha = \frac{1}{2\Delta}(x_\gamma - x_\beta)$$

(x_α, y_β) は TIN を形成する三節点の座標値、 Δ は TIN の面積を表す。以上の過程により TIN から二次元直交格子状に変換したものを図-4 に示す。これは、数値地図の標高データと同義のものであり、かつ任意の格子数に分割できるので、微地形を正確に表現し得る数値標高モデル（Digital Elevation Model; DEM）が獲得できる。

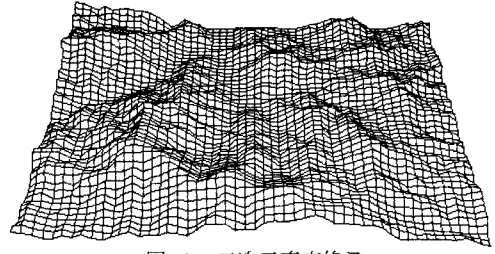


図-4 : 二次元直交格子

2.5. 三次元有限要素解析モデルの作成

二次元直交格子を鉛直方向に任意の層数積み上げ、三次元有限要素解析モデルを作成する（図-5）。この方法で作成された三次元メッシュは高さ方向の層数が一定であり、また、大気境界層を考慮し、地表付近で細かく、上層ほどサイズの大きいメッシュにしているため、地形風数値解析において精度、及び効率の良い計算が期待される。

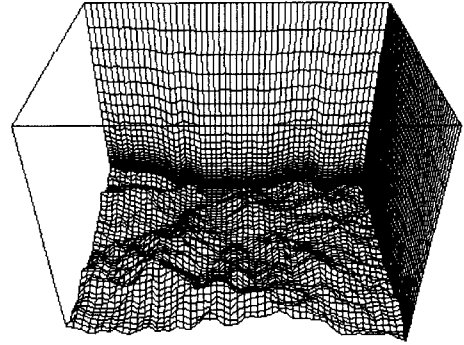


図-5 : 三次元有限要素解析モデル

3. おわりに

本報告では、大型スキャナと CAD を用いた地形モデリング手法を提案した。本手法により、複雑な微地形を正確に表現した微細メッシュの迅速な作成が可能となった。また、本手法を地形風解析手法、及び可視化手法と結合させることにより、有効な地形風解析システムの構築が可能となる。

今後は、地形に加え土木構造物を含めた領域に対するモデリングや、水域を含めた地形モデリング等、利用目的に応じたシステムの改良を進め、汎用性のある地形モデリングシステムの開発を行う予定である。

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) 樫山和男, 岡田毅, "水面波動解析のための最適自動要素分割システムの開発", 土木情報システム論文集 1992 年度, pp57-64, 1992
- 3) 谷口健男, "FEM のための要素自動分割", 森北出版, 1992
- 4) K. Kashiwayama, M. Kawahara, "Input data of water depth in FE analysis of shallow water flow", Eng. Comput., Vol. 2, pp266-270, 1985