

CAD/GIS を用いた自動要素生成法による三次元都市モデリング

中央大学 学生員 ○ 大川 博史
中央大学 学生員 浜村 友子
中央大学大学院 学生員 浜田 秀敬
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

都市域における大気環境シミュレーションを高精度に行うためには、地形や構造物を正確に考慮したモデル化を行う必要がある。これまで著者らは、地形情報として数値地図 50m メッシュ及び 10m メッシュ (北海道地図)、建物情報として二次元の住宅地図情報を用いて地形と構造物を考慮した都市モデリングを行ってきた^{1) 2)}。しかし、数値地図 50m メッシュ又は 10m メッシュでは微地形を正確に表現することが困難であった。

近年、新たにレーザー測量を基に作成された数値地図 5m メッシュ (国土地理院発行) が利用可能となり、これを用いることにより、地形の再現性の向上が期待できる。そこで、本報告では地形情報として数値地図 5m メッシュを用いた高精度な都市モデリング手法を提案するとともに、これまでの数値地図 50m メッシュを用いた場合との形状モデルの比較を行った。

2. システム概要

本報告では、GIS ソフトとして ArcView(ESRI) を、CAD ソフトとして AutoCAD(AutoDesk) を用いた。GIS データより等高線及び地性線の地形情報を取得し、CAD を用いて構造物の三次元化を行うことで、都市の形状モデリングを行っている。また解析可能な四面体要素を作成するため、作成した形状モデルより四面体要素分割を行った。三次元都市モデリングの手順を図-1 に示す。

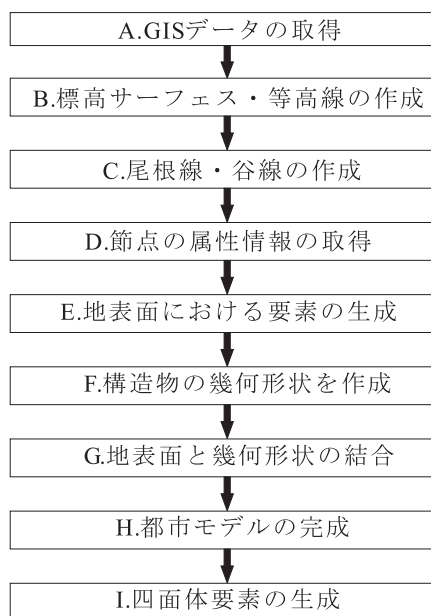


図-1 三次元都市モデリングの手順

a) GIS データの獲得 (フロー A)

本報告では GIS データにより地形を正確に表現するため、地形データとして国土地理院発行の数値地図 5m メッシュを用いた。尚、比較のため従来の数値地図 50m メッシュを使用した。また、二次元平面における構造物幾何形状として、昭文社発行の住宅地図情報 MAPPLE2500 を用いている。しかし、上記のデータは GIS に直接読み込むことができないため、GIS に読み込み可能な SHAPE ファイル形式に変換する必要がある。本報告では、数値地図データ変換ツール (ESRI) 及び 5m メッシュ変換ツール (Exceed) を用いて、数値地図 5m メッシュ、50m メッシュを SHAPE ファイルに変換した。

b) 標高サーフェス・等高線の作成 (フロー B)

数値地図 5m メッシュ及び 50m メッシュの標高データを基に、モデリング領域を設定し、ArcView の補間機能を用いてラスターデータである標高サーフェスを作成する。この時、セル間隔は任意に設定することができる。図-2 は標高サーフェスを示しており、セル間隔は 5m とした。また、作成した標高サーフェスを基に等高線を作成する。

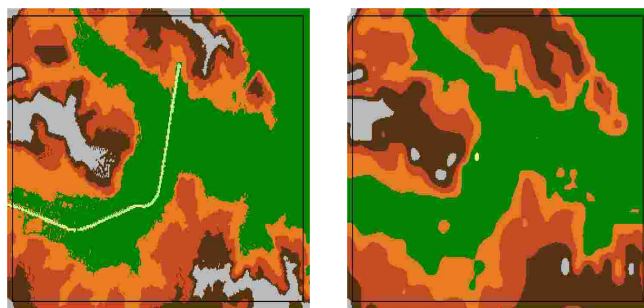


図-2 標高サーフェス (神奈川県川崎市高津区周辺)

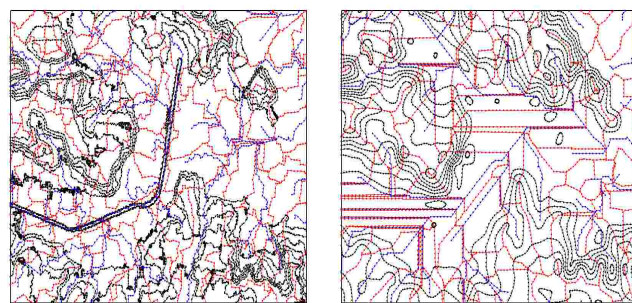


図-3 等高線と地性線 (神奈川県川崎市高津区周辺)

KeyWords: CAD/GIS, 都市モデル, 三次元 Delaunay 分割法

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: d31116@educ.kc.chuo-u.ac.jp

c) 谷線・尾根線の作成 (フロー C)

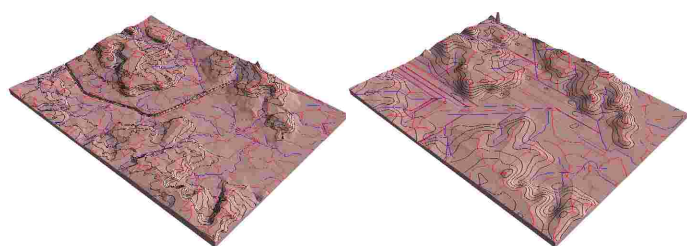
作成した標高サーフェスから地性線である谷線・尾根線を生成する。ここでは、ArcView の水理解析機能を用いて、水流方向及び集積値を求め、水系網と集水域を作成する。作成された水系網は谷線、集水域の輪郭は尾根線とほぼ一致する事から、これらの地性線を表現した。図-3 は等高線及び地性線を示しており、黒線が等高線、青線が谷線、赤線が尾根線である。図より、数値地図 5m メッシュを用いた場合の方が、複雑な地形を表現していることが確認できる。

d) 節点の属性情報の取得 (フロー D)

作成された等高線と地性線、モデル領域の境界線上から、節点情報を取得する。この際、各線の変曲点と、等高線と地性線との交点から節点を取得する。また、長い線分については設定した値を超えないように等間隔で線分から節点を取得した。尚、原点を平面直角座標系第 9 系とし、標高値は標高サーフェスから取得している。

e) 地表面における要素の生成 (フロー E)

取得した節点情報を基にモデル領域に対して微地形を考慮した三角形要素分割を行う。本報告では任意形状に対応可能であり、生成される要素形状の品質が良い、修正 Delaunay 法³⁾を用いた。この際、等高線、地性線が必ず三角形要素の辺で構成されるよう分割することで、GIS システムから得た地形情報をブレイクラインとして考慮している。図-4 は数値地図 5m メッシュと数値地図 50m メッシュを用いて作成した三角形要素分割図であり、数値地図 5m メッシュにおいては河道等、より複雑な形状が表現できていることがわかる。また、本報告においては、数値地図 5m メッシュが首都圏のみ整備されていることもあり、山岳部においてモデル化を行っていないが、より起伏の大きい地形においては、数値地図 5m メッシュの利用がより効果的であるといえる。



(数値地図 5m メッシュ) (数値地図 50m メッシュ)

図-4 三角形要素分割図 (神奈川県川崎市高津区周辺)

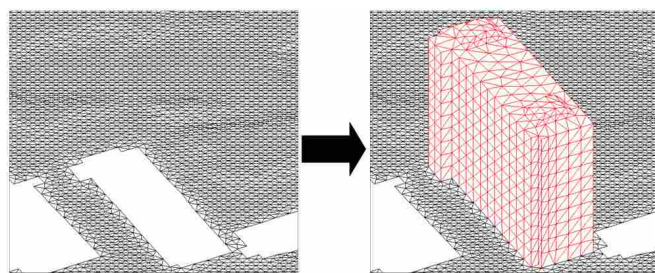


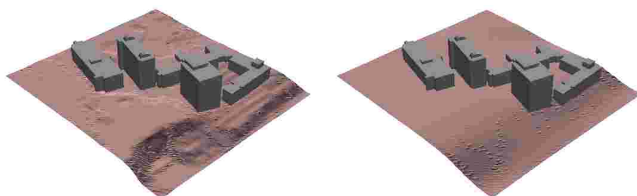
図-5 幾何形状の作成

f) 構造物の幾何形状を作成 (フロー F)

住宅地図情報 MAPPLE2500 により獲得した建物情報を CAD を用いて、構造物の三次元化を行う。その際、CAD では SHAPE ファイル形式で読み込むことが出来ないため、DXF ファイル形式に変換する。この作業を行うことにより、地形を考慮した構造物の形状モデリングが可能となる。また、三次元性を有する構造物の形状は地表面データから読み取することは困難であるため、そのような場合、三次元 GIS データの利用やデジタルカメラによる画像からの形状取得⁴⁾等が考えられる。

g) 地表面と幾何形状の結合、建物モデルの完成 (フロー G,H)

CAD を用いて三次元化した構造物と地表面の三角形要素を結合することにより、都市の形状モデルが完成する (図-6 参照)。さらに数値解析のための開境界を作成することで、四面体要素分割の入力データとなる領域境界の表面三角形が完成する。



(数値地図 5m メッシュ) (数値地図 50m メッシュ)

図-6 建物形状モデル (中央大学理工学部キャンパス)

h) 四面体要素の生成 (フロー I)

フロー G で作成された表面三角形データを用いて、解析領域内部に対して四面体要素分割を行う。本報告では三次元 Delaunay 分割法⁵⁾により四面体要素の生成を行った。

3. おわりに

本報告では、GIS データとして数値地図 5m メッシュを用いた都市モデリング手法を提案するとともに、従来の数値地図 50m メッシュを用いた場合との形状モデルの比較を行った。その結果、数値地図 5m メッシュを用いることにより、従来の数値地図 50m メッシュと比べ、微地形をかなり正確に表現できることが明らかとなった。

今後の課題として、本モデリング手法を用いてより大規模な三次元都市モデリングを行い、数値シミュレーションに適用し、その結果の差異について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 白石一馬, 檜山和男, 谷口健男: 3 次元地形形状の高精度化に関する研究, 日本計算力学工学会論文集, Vol.7, pp.407-410, 2002.
- 2) 浜田秀敬, 桜井紘己, 檜山和男, 谷口健男: CAD/GIS による都市環境シミュレーションのための形状モデリング手法の構築, 日本計算力学工学会論文集, Vol.9, pp.765-769, 2004.
- 3) 谷口健男: FEM のための要素自動分割, 森北出版株式会社, 1992.
- 4) 田中隆裕, 和田真禎, 檜山和男: デジタル画像を用いた三次元形状モデリング, 第 31 回土木学会関東支部, 56.2004.
- 5) 谷口健男, 太田親: 三次元凸体の四面体有限要素分割, 土木学会論文集, No.432/I-16, pp.137-144, 1991.