

CAD/GIS を用いた高精度三次元都市・地域モデリングシステムの構築

中央大学大学院 学生員 高田 知学
 (株) エイトコンサルタント 正会員 大川 博史
 中央大学 正会員 榎山 和男

1. はじめに

大気環境を定量的に把握することは、都市・地域計画を行う際に重要である。近年、計算機性能の飛躍的向上により、これらを数値シミュレーションにより把握することが可能となっている。これらの数値シミュレーションにおいて、現象を定量的に把握するためには、解析対象を正確に再現する必要があり、著者らは、これらを行うために、CAD/GIS データを用いた都市・地域モデリング手法¹⁾を提案している。しかしながら、従来の手法では、曲面の取り扱いが困難であることや数値シミュレーションを可視化した際の構造物の仮想現実感という点に関して課題があった。また、構造物の境界形状のみを考慮し地形モデリングを行っていたが、実際の構造物は任意地形上に建設されているため、地形も考慮する必要がある。

そこで、本研究では、任意地形形状および構造物形状を表現可能な高精度都市・地域モデリングシステムの構築を目的とし、本論文では、三次元 Delaunay 法²⁾による三次元メッシュ生成に必要な構造物、地形モデルの表面メッシュ生成を行った。地形モデリングに際しては GIS ソフトとして ArcView9.1 を、構造物のモデリングに際しては、三次元 CAD ソフトとして任意形状の表現に優れ、かつ、高品質なレンダリングが可能な form・Z(auto・des・sys 社)³⁾⁴⁾を使用した。モデリング例として、仮想の起伏が大きい地形、及び、球体形状を有した建築構造物を取り上げた。

2. 都市・地域モデリング

本都市・地域モデリングシステムは図-1のようになっており、GIS、及び、三次元 CAD ソフトを用いて、地形、構造物の有限要素モデルを別々に作成し、それぞれ、DXF ファイルで出力する。そして、各々の DXF ファイルを CAD 上で結合させることにより、都市・地域モデルの地上部分が完成する。以下、各工程の詳細を順に説明する。

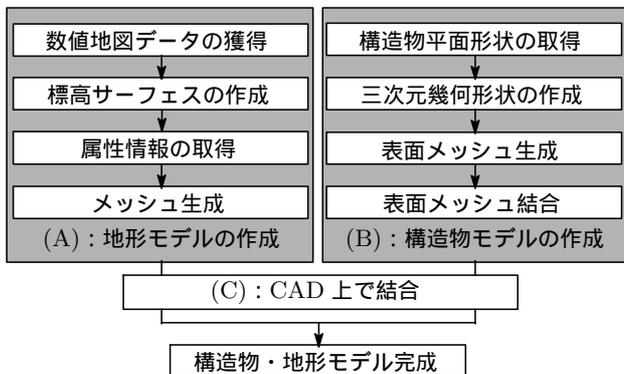


図-1 都市・地域モデリングの工程

(1) 地形モデリング (フロー A)

GIS データを用いて、仮想の起伏が大きい地形を対象にモデリングを行う。以下、地形モデリングの工程を説明する。

a) 数値地図データの獲得、標高サーフェスの作成

地表面幾何形状をモデリングする際に、入力データとして、標高値に数値地図 5 m メッシュを使用した。そして、そのデータをもとにスプライン補間することにより標高サーフェスを作成する。

b) 属性情報の取得

構造物は一般的に平らな場所に立地されているため、構造物が存在する場所付近は、造成する必要がある。そこで、構造物が存在する場所付近は平らになるような領域 (造成領域) を設けた。

シミュレーション領域 (外部境界) や造成領域 (内部境界) は、GIS 上では二次元座標データしかもっていないため、高さ情報を与えなければならない。本論文では、標高サーフェスと重ねあわせることにより、高さ情報の取得を行った。図-2、図-3 に土地造成前後の地形を示す。図-3 の白い部分が造成領域を指している。

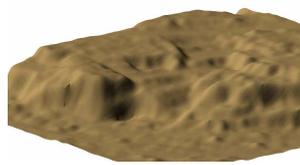


図-2 造成前

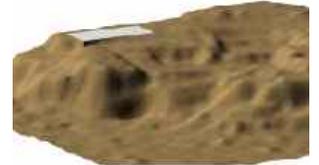


図-3 造成後

c) メッシュ生成

得られたポイントデータをもとに、修正 Delaunay 法により地形のメッシュ生成を行う。修正 Delaunay 法は、本論文では考慮していないが、等高線、地性線などをブレイクラインとするようなメッシュ生成、また、内部領域を考慮できるという特徴がある。図-4 に地形メッシュを示す。

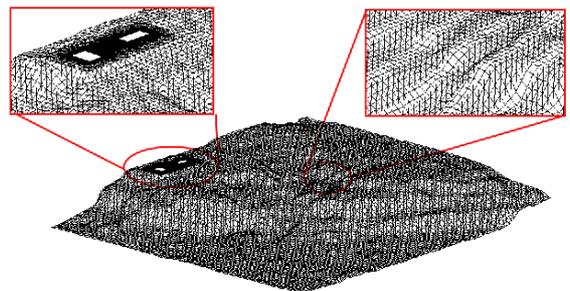


図-4 地形メッシュ

KeyWords: CAD, GIS, 都市モデリング, メッシュ生成

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

(2) 構造物モデリング(フロー B)

三次元 CAD ソフトを用いて、球体形状を有した建築構造物のモデリングを行う。以下、構造物モデリングの工程を説明する。

a) 構造物平面形状の取得の作成

構造物の平面形状の取得には、二次元住宅地図データからの取得、航空写真などの画像データからその形状をクリッピングし、CAD データに変換して取得などが考えられる。本論文では、後者を用いて構造物平面形状を取得した。航空写真 (GoogleEarth) を図 - 5 に、クリッピングにより得られた平面形状を図 - 6 に示す。



図 - 5 航空写真の画像

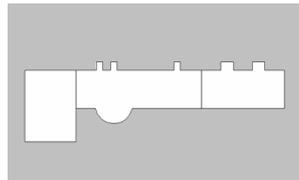


図 - 6 クリッピングで得られた平面形状

b) 三次元幾何形状の作成

構造物の平面形状をもとに、三次元 CAD ソフトのモデリング機能を用いて、詳細な三次元形状を表現していく。このようにして得られた形状モデルに対して、物体の質感、視点、ライトの設定を行い、高品質なレンダリングを行うことにより、仮想現実感のある構造物形状モデルが作成される。本論文では、レンダリング手法として、レイトレーシング法を用いた。図 - 7 に三次元幾何形状を、図 - 8 にレンダリング後のモデルを示す。

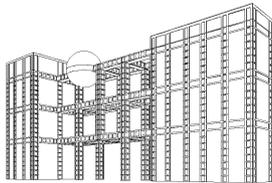


図 - 7 三次元幾何形状



図 - 8 レンダリング後のモデル

c) 表面メッシュ生成、結合

形状モデルの各面に表面メッシュを生成する。構造物の大部分、及び、球体部分は form・Z のモデリング機能の中のメッシュ生成機能を用いて作成した。中央部の柱に接合しているビルの側面に関しては、Delaunay 法⁵⁾によりメッシュ生成を行った。そして、別々に作成した表面メッシュを CAD 上で結合させることにより図 - 9 に示す構造物表面メッシュが作成される。

(3) CAD 上で結合(フロー C)

フロー A, B で作成した、地形モデル、構造物モデルをそれぞれ DXF ファイルに変換し、CAD 上に取り込み、結合させることで、地上部分の表面メッシュが完成する。図 - 10 に都市・地域形状モデルを、図 - 11 に構造物付近拡大図を示す。また、図 - 12 に都市・地域モデルの有限要素分割図を、図 - 13 に構造物付近拡大図を示す。

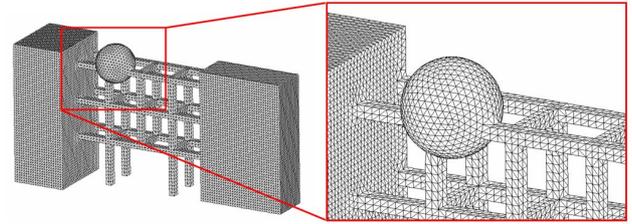


図 - 9 構造物表面メッシュ



図 - 10 都市・地域形状モデル



図 - 11 構造物付近拡大図

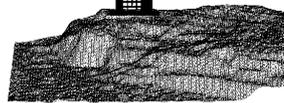


図 - 12 有限要素分割図

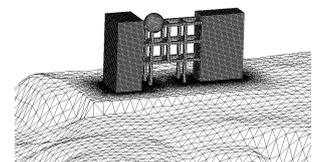


図 - 13 構造物付近拡大図

3. おわりに

本論文では、任意地形形状、構造物形状を表現可能な高精度都市・地域モデリングシステムの構築を行い、以下の結論を得た。

- 任意形状地形、及び、構造物形状に対して、表面メッシュを生成することができた。
- GIS を使用し、数値地図 5m メッシュを用いることにより、詳細な地形形状を、三次元 CAD を用いることにより、三次元幾何形状を高精度に表現することができた。
- 修正 Delaunay 法を用いることにより、内部境界を考慮したメッシュ生成を行うことができ、造成領域を作成することができた。

今後の課題として、本論文で作成した都市・地域モデルの表面メッシュを入力データとし、三次元 Delaunay 法により三次元メッシュの生成を行い、数値解析を通して、本モデルの有効性、妥当性の検証を考えている。

参考文献

- 1) 浜田秀敬, 大川博史, 櫻山和男, 谷口健男: 三次元 Delaunay 分割法における形状生成と要素の細分割, 日本計算工学会論文集, Vol.10, pp821-824, 2005.
- 2) 浜田秀敬, 桜井紘己, 高瀬慎介, 櫻山和男, 谷口健男: 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, 日本計算工学会論文集, Vol.8, pp845-848, 2003.
- 3) 鳥谷部真: 徹底解説 form・Z 4 (第二版), エクスナレッジ出版, 2004.
- 4) 鳥谷部真: form・Z「新」学習帳, エクスナレッジ出版, 2006.
- 5) 谷口健男: FEM のための要素自動分割, 森北出版株式会社, 1992.