

# CAD/GIS による幾何データを用いた三次元都市モデリングシステムの構築

中央大学大学院 学生員 大川 博史  
中央大学 正会員 櫻山 和男

## 1. はじめに

土木工学の分野において、大気汚染、地震、電波障害など都市域を取り巻く諸問題を数値シミュレーションにより高精度に評価するには、数値解析手法の改良は勿論のこと、シミュレーション領域である地形および構造物を正確かつ迅速にモデル化することが要求される。これらの要求を満たすために、著者らは CAD および GIS ソフトを使用し都市を正確に表現するモデリング手法<sup>1)</sup>の提案を行ってきた。しかし従来手法では、表面三角形レベルでの結合を行っていたためモデル作成に多大な時間と労力を要していた。

そこで、従来手法における都市モデリングの作業効率の向上と高精度化を目的とし、CAD/GIS による幾何データを用いた三次元都市モデリングシステムの構築を行った。従来のシステム（図 - 1 参照）で煩雑であった作業工程を解消すべく、本システム（図 - 2 参照）では幾何形状レベルで結合するように改良を加えることにより作業効率の向上をはかった。

## 2. システム概要

都市モデリングでは地形および構造物の形状を正確に表現する必要がある。本研究では、CAD ソフトとして AutoCAD2004 (Autodesk), GIS ソフトとして ArcView3.2 および 9.1 (ESRI) を用いて幾何形状を作成後、三次元有限要素分割を行う。三次元有限要素分割には三次元 Delaunay 法を用い、領域表面を三角形要素で分割した表面三角形を必要とするため、CAD/GIS によって得られた幾何形状から表面三角形を作成している。

本報告では、実際の手順（図 - 2）に沿ってサンプルモデルを作成する方法について説明する。

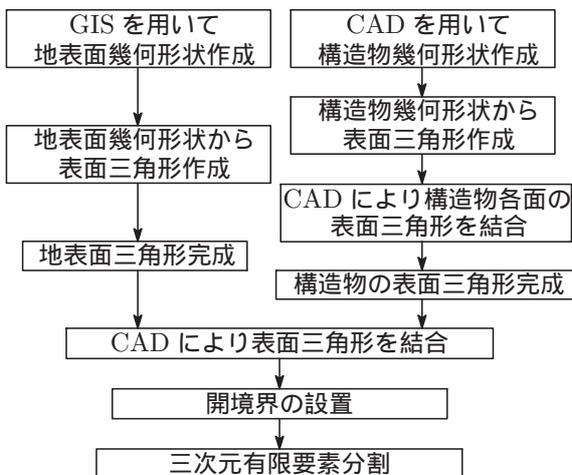


図 - 1 従来のシステム概要

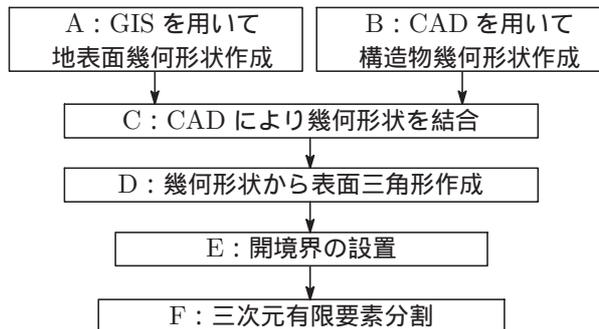


図 - 2 本システム概要

### (1) GIS を用いた地表面幾何形状の作成 (フロー A)

GIS ソフトを用いて地形的な特徴を把握することにより、地表面幾何形状を獲得する。入力データとして、標高値については数値地図 5m・50m メッシュ (国土地理院)、二次元平面における構造物情報については mapple2500(昭文社)などを使用し、GIS の機能により標高サーフェスを作成する。次いで、標高サーフェスから地性線 (等高線・谷線・尾根線) を作成し、地表面の幾何形状を獲得する。都市域では標高の差異があまり顕著でない場合が多いため、サンプルモデルでは構造物の平面形状と適当な地性線を作成することにより、地表面幾何形状を獲得している

### (2) CAD を用いた構造物幾何形状作成 (フロー B)

CAD ソフトを用いることにより、二次元住宅地図情報をもとに構造物の幾何形状を作成する。この際、二次元住宅地図情報は CAD での読み込みが不可能であるため、DXF ファイルへ変換を行う必要がある。二次元住宅地図情報から得た構造物の平面形状をもとに実際の構造物幾何形状を作成する。しかし、二次元平面形状だけでは構造物を正確に表現することは困難であるため、一般に公開されている写真、三次元 GIS データ、デジタルカメラによる画像からの形状取得<sup>2)</sup>を利用し、より正確な構造物の幾何形状を作成する。本報告では、構造物面の幾何形状は閉じた POLYLINE または 3DFACE によって作成している。

### (3) 幾何形状から表面三角形作成 (フロー C, D)

フロー A,B により作成された幾何形状を CAD 上で結合させ、表面三角形を作成する。従来手法では表面三角形レベルでの結合を行っていたため、幾何形状をもとに表面三角形を作成し、一面ごとに CAD 上で組み立てていく必要があった。しかし、本手法ではこのような作業を簡略化するため、幾何形状レベルで結合を行った上で表面三角形を作成できるよう改良を行った。表面三角形を結合する作

KeyWords : CAD/GIS, Delaunay 分割法, 要素生成法

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

業を省略するために、幾何形状を三次元（ワールド座標系）空間上から二次元（ローカル座標系）平面上に変換できるような座標変換を導入した（図-3参照）。この操作により、CAD上で表面三角形を結合するという作業を行うことなく幾何形状から直接表面三角形を作成することが可能となる。また、本手法には表面三角形作成にはDelaunay分割法<sup>4)</sup>を用いる。

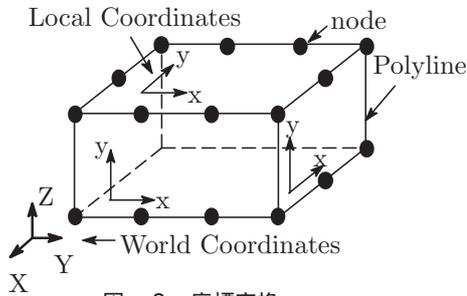


図-3 座標変換

#### (4) 開境界の設置（フロー D）

解析対象となる領域の境界上に開境界を設置する。この作業により、三次元 Delaunay 分割の入力データとなる領域表面の表面三角形が完成する。また以上の手順に沿って、地表面幾何形状から開境界の設置を行ったサンプルモデルを図-4に示す。

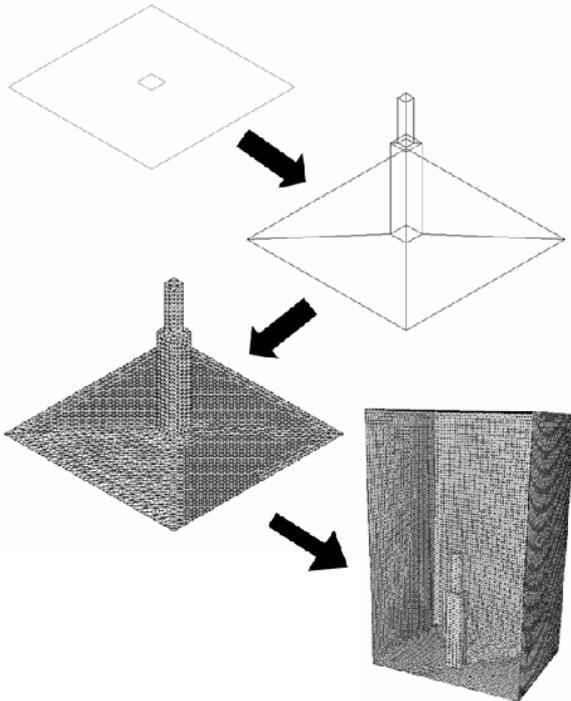


図-4 幾何形状 開境界の設置

#### (5) 三次元有限要素分割（フロー E）

解析可能な有限要素を生成するために三次元 Delaunay 分割法<sup>5)</sup>を用いて、有限要素分割を行う。三次元 Delaunay 分割法には領域表面を三角形要素で分割した表面三角形を必要とし、前章までで作成された表面三角形を用いて有限要素分割を行う。表面三角形は三次元領域の境界表面を予め定義するために用いられ、構造物および地形の表面三角形の間隔が有限要素の最小要素を構成し、三角形要素を構成する要素と節点の関係および要素の隣接関係が必要とな

る。三次元 Delaunay 分割では逐次節点を追加し、修正する必要のある要素を抽出することにより新たな三次元有限要素を生成する。以上の手順に従って、実存する都市のモデル作成を行った。図-5に三次元有限要素分割に要する入力データ、図-6に三次元 Delaunay 分割によって作成した三次元有限要素分割図をそれぞれ示す。

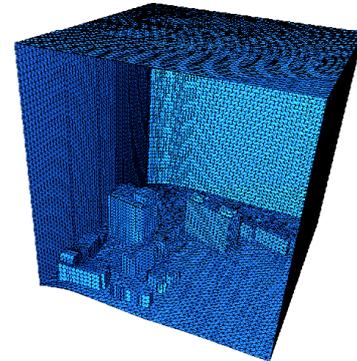


図-5 入力データ

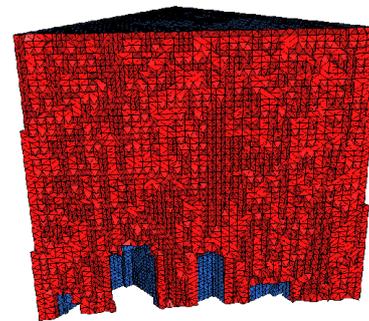


図-6 三次元有限要素分割図

### 3. おわりに

本報告では、著者らによって提案されてきた従来の手法における都市モデリングの作業効率の向上と高精度化を目的とし、CAD/GISによる幾何データを用いた三次元都市モデリングシステムの構築を行った。CAD/GISで作成した幾何形状を入力データとして直接表面三角形を生成することで、従来手法に見られるCAD上で幾何形状を作成しながら表面三角形を組み合わせていくといった手順を省略することにより、作業の効率の大幅な改善を図ることが可能となった。

今後の課題として、複雑な形状を考慮した表面三角形生成、実存する都市モデルへの本手法の適用などが挙げられる。また、CAD・GISモデルから三次元要素分割モデルへの一連の作業の更なる効率化を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 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, 日本計算力学工学会論文集, Vol. 8, 2003
- 2) 田中隆裕, 和田真禎, 櫻山和男: 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.
- 3) 落合重紀: DXFハンドブック, オーム社, 2003年
- 4) 谷口健男: FEMのための要素自動分割, 森北出版, 1992年
- 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.