

# CAD・GIS 形状モデルからの都市モデリング手法

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解析により高精度に評価するには、数値解析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・GIS ソフトを用いることにより、都市を正確に表現するといったモデリング手法<sup>1)</sup>の提案を行ってきた。従来の手法では、CAD・GIS ソフトによって都市の概形を表現した幾何形状を作成後、三角分割を行い、CAD 上で組み合わせるといった作業を有する。このような作業には多大な時間と労力を要するため、迅速に数値解析を進める上で障害となっていた。

そこで、本研究では従来の手法における作業効率の向上を目的とし、CAD・GIS により作成された幾何形状を入力データとした表面三角形を作成後、解析可能な四面体要素モデルを迅速かつ容易に作成可能なシステムの構築を行った。

## 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 9.0 (ESRI) を用いて幾何形状を作成し、三次元 Delaunay 分割法の入力データとなる表面三角形を作成する。表面三角形を作成した後、三次元 Delaunay 分割法を用いることにより解析可能な三次元有限要素を作成する。本報告では、実際の手順 (図-1) 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。

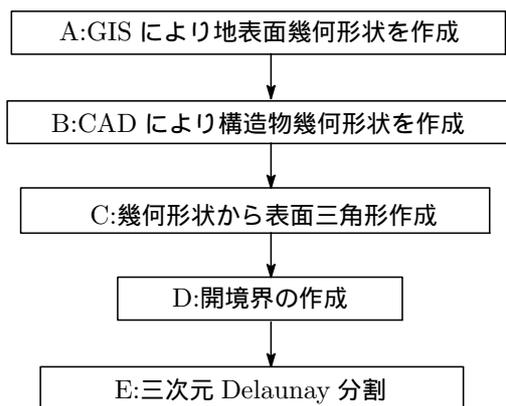


図-1 システム概要

### (1) GIS ソフト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適当な構造物の平面形状のみを考慮することにより、地表面幾何形状を獲得している。図-4 には地表面幾何形状から表面三角形作成までを示している。

### (2) CAD ソフト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、GIS によって獲得した地表面幾何形状から構造物の幾何形状を作成する。この際、GIS で出力される SHP ファイルは読み込みが不可であるため、DXF ファイルへ変換を行う。サンプルモデルは適当な構造物を作成するものとし、構造物幾何形状の作成を示す (図-5)。まず、前項で獲得した幾何形状を CAD に読み込む。構造物の平面構造を基に実際の構造物を作成する。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 によって作成する。

### (3) 幾何形状から表面三角形作成 (フロー C)

CAD により獲得した幾何形状を入力データとして表面三角形作成を行う。従来の手法では幾何形状を基に表面三角形を作成しながら CAD 上で組み立てていく必要があった<sup>1)</sup>。しかし、本手法では、構造物の各辺上には予め四面体要素の最小要素幅になるように節点を発生させ、三次元空間 (ワールド座標系) 上に存在する幾何形状の各面を二次元平面 (ローカル座標系) 上に座標変換し、表面三角形を作成するようなアルゴリズムを導入した。(図-2) この操作により、CAD 上での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、Delaunay 分割法<sup>3)</sup>を用い、図-6 には表面三角形作成図を示す。

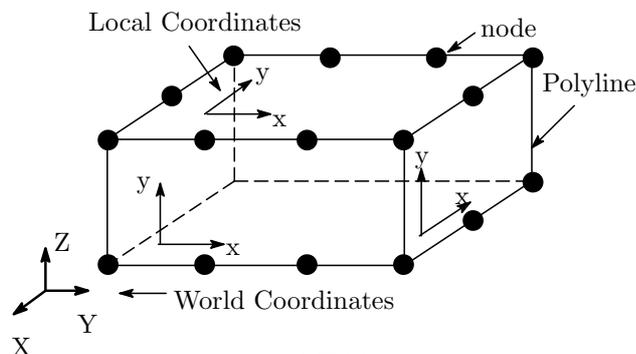


図-2 座標変換

**KeyWords:** CAD, GIS, 都市モデリング, 有限要素

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

(4) 開境界の設置 (フロー D)

幾何形状を作成した領域の境界上の節点を基に構造物と同様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。図-7 に三次元 Delaunay 分割の入力データとなる開境界を設置した表面三角形を示す。

(5) 三次元 Delaunay 分割 (フロー E)

解析可能な有限要素を生成するために、前章までで作成された表面三角形を入力データとして三次元 Delaunay 分割<sup>4)</sup>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 (mtj) および要素の隣接関係 (jac) が必要となる (図-3)。三次元 Delaunay 分割では逐次節点を追加し、修正する必要がある要素を抽出することにより新たな四面体要素を生成する。図-8 に三次元 Delaunay 分割によって作成した四面体要素を示す。

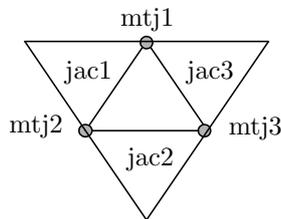


図-3 節点・要素関係

3. おわりに

本報告では、著者らによって提案されてきた手法に改良を加えることにより、幾何形状を入力データとした表面三角形作成に伴う作業効率の向上を目的とし、都市モデリングシステムの構築を行った。その結果、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、従来の手法に見られる、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、作業の効率化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、システムの構築を進めることにより、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) 谷口健男: FEM のための要素自動分割, 森北出版, 1992 年
- 4) 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.

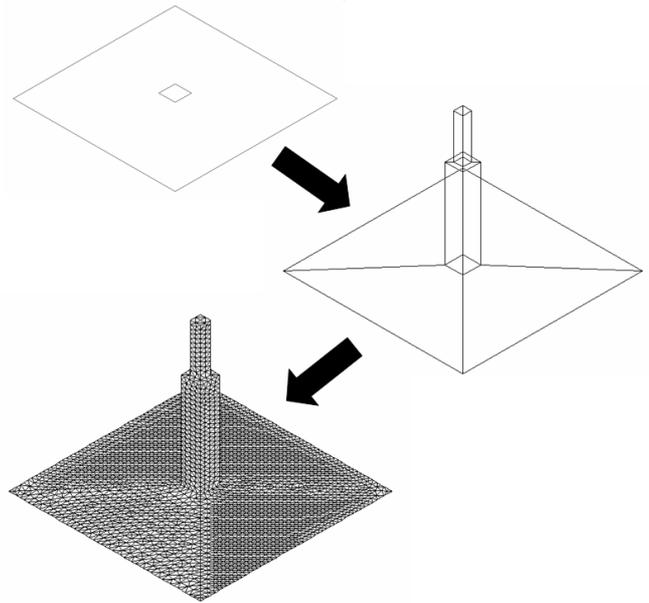


図-4 幾何形状 表面三角形

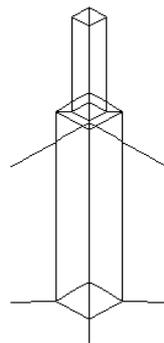


図-5 構造物幾何形状

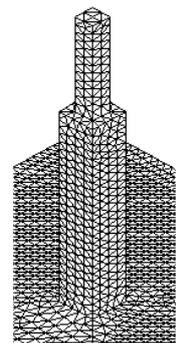


図-6 表面三角形



図-7 三次元 Delaunay 分割  
入力データ

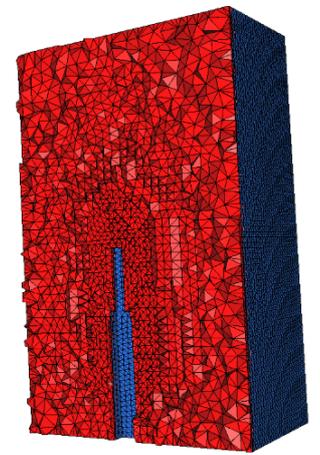


図-8 四面体要素