土木学会第45回年次学術講演会（平成２年９月）

Ⅳ-98　建物の３次元データの構造化

日本大学理工学部　正員　鈴木芳朗
筑波大学電子情報工学系　正員　星　仰

１．まえがき

現在の地図情報としてファイルされている地図データについては、平面図への表現が基本になっているためデータ構造も平面的な扱いとなっている。航空写真を用いたディジタルマッピングの過程から抽出される３次元座標データは、地形データ以外には立体的表現が可能な扱いとなっていない。近年、地図情報の開発が盛んになるに伴い、その利用も多方面に及び、土木計画や都市計画の基礎調査資料として、また、地域再開発などに多目的な利用が行われるようになっている。地図情報の１部である建物情報についても様々な形でデータが構築され実用に供されているのであるが、いずれも平面的表現にとどまっており、高さを含めたデータ利用としては、階層別に色彩表示程度にとどまっている。しかし、地図情報として総合的な利用を考えるならば、建物についても地形表現に用いている平面図への標高データを表示する方法や、鳥瞰図的に表現する方法などの処理を取り入れることが必要と考える。

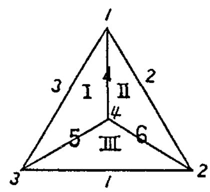
本研究では建物について航空写真から抽出される３次元座標データによる立体的表現の処理を可能にするためのデータ構造について、大縮尺地図における表現という視点から、トポロジーの概念を用いた構造化の一般的理論の考え方を述べ、その概念に基づいた建物についてのデータ構造化の一手法について提案する。

２．多面体についてのトポロジーの概念

諸物についてトポロジー的な観察をするならば、多面体や円板面、球面の表面などは、形状は異なっていたり位相が違っているものであるが、それらは面という意味では一致している。このように共通していると考える面形状を有するものを２次元多様体と称している。この２次元多様体は、いかなる点に注目しても、その点の付近、すなわち近傍が平面または半平面と同相であるような面のことである。したがって、多面体も球も同相となり共に２次元多様体といえる。１次元多様体は幾分のことであり、また３次元多様体は空間そのものであり、境界のある閉曲面で囲まれた有限空間も３次元多様体となる。

多面体には多くの複体が存在しており、それら複体チェーンにも境界がない場合、トポロジーではこのような性質を輪体と称し、環体と同意的に用いられている。境界を持たない複体、あるいは多様体は、輪体か輪体集合のいずれかであるとされている。一般にｎ次元複体 X^n が境界であり、その境界が $X^n = 0$ であるならば、X^n は輪体であると定義されている。この定義はトポロジーの輪体の定理として用いられており、セル構造におけるセル連結においても境界を持たないチェーンは輪体か、もしくは輪体集合のいずれかである。例えば、正則な２次元セルの境界は１次元チェーン（１－輪体）であるという。すなわち、境界によって１つの内側と外側に分割することを意味するものである。また、双体輪体も同意的に用いられており、輪体と同様の定義とみなされる。したがって輪体についても双対性の原理が適用され、多様体を表す点，線，面の置き換えによって双体輪体がつくれる。この概念を説明するために、図－１の正四面体の例を示す。この例は、方向づけられていないセルについて考えたもので、方向づけられていない場合は、セル集合に関する特性関数は、結合するペアーは１に等しく、それ以外は０である。また、方向づけられたセルでは、特性関数は３つの値となり、結合しないペアーは０，同方向のペアーは１，逆方向のペアーは－１となる。一般に結合関係がどのような形で表現されていても、その関係は、記述形式の４つの演算子（E^1_0，E^0_1，E^1_2，E^2_1）の組み合せにより表せる。この演算子によって図－１の四面体は、つぎのように表せる。

$E^1_0(1,1,1,1)=(0,1,1,1,0,0)+(1,1,0,0,0,1)+\cdots\cdots$
$\cdots\cdots+(1,0,1,0,1,0)+(0,0,0,1,1,1)=(0,0,0,0,0,0)$
$E^0_1(1,0,0,0,1,1)=(0,1,1,0)+\cdots\cdots$
$\cdots\cdots+(0,0,1,1)+(0,1,0,1)=(0,0,0,0)$
$E^1_2(1,1,1,1)=(0,0,1,1,1,0,0)+(0,1,0,1,0,1)+\cdots\cdots$
$\cdots\cdots+(1,1,1,0,0,0)=(0,0,0,0,0,0)$

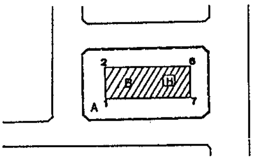


図－１　四面体の表現

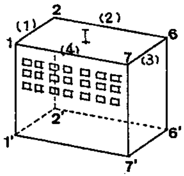
３．建物の３次元データの構造化

地図データについては、地表面形状、地物や構造物などを３次元座標データとして記録することができる。それに対応するデータ構造も３次元的な取り扱いが必要となる。特に大縮尺地図を対象とする場合、都市域では、道路、街区、建物の表現が中心となる。街区についてもポリゴン形式で囲まれた孤立面として表現され、その面間の空間が路面として表される。その道路について、路線や交差点の認識が必要な場合には、道路中心線を交差点間で結んだ路線チェーン形状によって表現ができる。

街区内にある建物は、その形状を示すように表現されなければならないので、外周形を示す線は必ず閉合する。この建物のデータは３次元となるので、平面，立面，投影などの表現が可能な構造化が必要となる。図－２，３は、街区と建物を示した例で、図－２は、街区内の建物の位置を示す平面図であり、図－３は、建物の立体表示したもので、建物内のホールは無視した表現である。建物は、外周形をポリゴンにより閉塞する形状で表現される。建物の各面を境界づけるチェーンにより構造の異なる面が分割される。その分割線のチェーンは、建物の両面に共通するチェーンであるから、トポロジーの原理により線近傍となる。また、チェーンのノードは、両面に近傍な点となる。


図－２　街区と建物

建物について、立体モデルとして表現するためのデータ構造化は、トポロジーの概念より、多様体として取り扱うことが出来る。図－３の建物を２次元多様体として表現すれば、建物のＡ面部分について独立した建物と考え、つぎのようになる。点を表す０－セルは、１，２，６，７，１′，２′，６′，７′の８個，線分は$\overline{12}$＝（１），$\overline{26}$＝（２），$\overline{67}$＝（３）$\cdots\cdots\overline{77}$＝（１２）組の１－セル，面構成は、（1,2,6,7）＝Ⅰ，（１，２，２′，１′）＝Ⅱ，$\cdots\cdots$，（１′，２′，６′，７′）＝Ⅵの６組の２－セルとなる。これらの各対組のセル構造から、多様体の点，線，面の置き換えによる双体輪体の概念から結合関係は、つぎのように表せる。



図－３　建物の立体図

$E^1_0(1,1,1,1,1,1,1,1)=(1,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0)+(1,1,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0)+$
$(0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,1,0)+\cdots\cdots(0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,1)$
$E^0_1(1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,0)=(1,1,0,0,0,0,0,0)+(0,1,1,0,0,0,0,0)+\cdots\cdots+(0,0,0,1,0,0,0,1)$
$E^1_2(1,1,1,1,1,1)=(1,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0,0)+(0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,1,0)+\cdots\cdots$
$\cdots\cdots+(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0)$

以上のように建物を六面体とした場合に建物の外側面形状を示す各点，線，面の関係をトポロジーの双対輪体の原理を用いれば、方向づけにより容易に転換することができる。

４．あとがき

地図で扱う諸情報について、立体的な表現ができるデータ構造化を目標とした研究であり、建物の例について多様体の原理による方法を論じた。この手法は、地形や諸物の表現にも適用できる構造化の手法と思われるので、この手法の適用性については今後研究する予定である。