

# 地理情報を計算機で扱う技術の 現状と問題点

中 森 眞理雄

## 1. はじめに

地理情報とは(一般の、あるいは特定の)地理的対象の分布を何らかの意味で集計、記述したものと考えられる(ここでは“地理的対象”, “分布”等の定義には触れない)。地理情報のもっとも素朴な形態は地図であろう。近代国家の成立に伴い国家事業としての整備が開始された近代的な地図は、軍事目的から出発した地形図と個人の土地所有権を保証する目的から発達した地籍図とに大別される。

地籍図の作製は土地境界の確認という困難な作業を伴うため、わが国では地形図に比べて整備が遅れており、全国土面積の約10%を覆うにすぎない。

行政機関は多種多様な形態の膨大な地理情報を保有している。たとえば、各省庁・各機関・各自治体・各部署は土地、道路、公共施設などについて台帳と称する膨大な地理情報を保有している。また、現在、国土庁等では国土情報整備事業の一環として、“カラー空中写真の撮影”, “土地利用図の作成”, “国土情報(標高・起伏量・平坦度, 地形分類・表層地質・土壌, 土地利用現況, 法的規制, 公示価格, 等)の数値化”など、地理情報の収集・加工・蓄積の作業を進めている[7]。

このように、行政機関の各部門が現在では独立に収集し保有している多種多様な形態の地理情報を相互に有機的に関連づけ(同時に誤りをも訂正し)、全体として体系化するならば、有効な活用が可能となり、土地に関する行政(日常業務や地域計画など)は一層効果的に推進されよう。また、地域活動を中心とする民間企業が保有する独自の地理情報も行政機関の地理情報と合せて用いることにより一層の効果を発揮するであろう。

このような期待から、地理情報を計算機で扱おうとする動きが起こっており、今後この傾向は一層強まると思われるので、いまのうちに、計算機を用いてどのような地理情報をどのように扱うことができ、どのような効果

がもたらされるのかを検討しておく必要があると思われる。

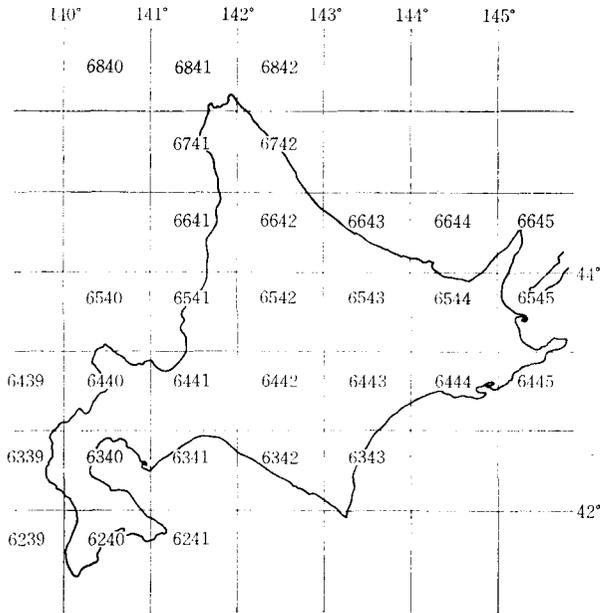
すでに、わが国や諸外国の一部の機関では日常業務や各種計画のために地理情報を計算機で解析したり小規模なデータベースを試作したりしたという報告があり、それらの経験を交流するための国際会議も開催されているようであるが、地理情報相互の関係(どのデータが他のどのデータからどのような手順で導かれるのか、あるいは導かれないのか)、地理情報の量と国土・地域・都市計画の質との関係(情報量が多いほど計画内容はよくなるのか)、などの本質的な問題が十分に解明されているとはいえ、地理情報の計算機による処理技術(記憶場所の中にどのように格納しどのように検索するのか)もその場しのぎの便宜的なものが用いられているようである。

本報告では、大規模な地理情報を扱う場合を意識しつつ、もっとも基本的な問題である地理的対象の分布(より一般的には位相構造)の計算機処理に適した記述のしかたにメッシュ方式と複体方式があることを述べ、主として後者について、コード体系、データ構造、検索手順などの問題を、既存の手法の紹介と批判を交えながら論ずる。

## 2. メッシュ方式

地理的対象の分布を記述するには土地を何らかの意味で区切らなければならない。メッシュ方式は土地を経線、緯線等にもとづいた規則正しい網目状の境界によって区切る方式である。元来、地理学において用いられていた手法である。“メッシュ”の代わりに“グリッド”などともよばれている。素朴な方式であるため、各種調査や政策決定等に広く用いられている。日本工業規格 JIS-C-6304ではメッシュをつぎのように定めている[12]：

(1) 全国の地域を1度ごとの経線、偶数緯度およびその間隔を3等分した緯度における緯線によって分割して第1次地域区画(20万分の1地勢図の区画に



(a) 第1次地域区画

図1 メッシュ方式

相当)をつくる。各区画を、南端緯度の1.5倍の数、西端経度から100を減じた数(いずれも2桁の数)をこの順に並べた4桁の数字から成るコードで識別する。

(2) 第1次地域区画を経線方向と緯線方向にそれぞれ8等分して第2次地域区画(2万5千分の1地形図の区画に相当)をつくる。第1次地域区画  $pqrs$  内で南端から  $i$  番目、西端から  $j$  番目 ( $i, j=0, 1, \dots, 7$ ) の区画をコード  $pqr sij$  で識別する。

(3) 第2次地域区画を経線方向と緯線方向にそれぞれ10等分して第3次地域区画(面積が約  $1 \text{ km}^2$  のほぼ矩形)をつくり、これを基準地域メッシュとする。第2次地域区画  $pqr sij$  内で南端から  $k$  番目、西端から  $l$  番目 ( $k, l=0, 1, \dots, 9$ ) の区画をコード  $pqr si jkl$  で識別する。

さらに細かい分割地域メッシュや粗い統合地域メッシュについても、区切り方やコードの与え方が定められている。メッシュのコードは必ずしも記憶装置内でのデータの配置のしかたを定めたものではない。

同規格が制定される前にはさまざまなメッシュが用いられていた。一部の大都市では正方形メッシュを用いて地理情報を収集して行政に役立てており、同規格が非正方形メッシュを採用することについては強い抵抗が予想されたともいう。

70	71	72	73	74	75	76	77
60	61	62	63	64	65	66	67
50	51	52	53	54	55	56	57
40	41	42	43	44	45	46	47
30	31	32	33	34	35	36	37
20	21	22	23	24	25	26	27
10	11	12	13	14	15	16	17
00	01	02	03	04	05	06	07

(b) 第1次地域区画の第2次地域区画への分割

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09

(c) 第2次地域区画の基準メッシュへの分割

メッシュ方式は、区画の大きさがほぼ一定であること(非メッシュ方式にしばしば見られるような、一部の地域を極端に粗く、一部の地域を極端に細かく区切るなどの恣意性がない)、区画相互の位置関係がわかりやすいこと、メッシュ・マップが描きやすいこと、など計算機処理に適した利点がある。行政区界やメッシュ区界等に関係なく浸透、拡散する現象(大気汚染等)の記述や解析に適用した例も報告されている[8](この事情は偏微分方程式の数値解法と似ている)。メッシュ区画が将来も不変であることは時系列解析に好都合であろう。

メッシュ方式が機械処理に適しているとはいってもそれはデータが収集された後のことであって、メッシュ・データを手軽に収集する便利な装置が普及しているという意味ではない。メッシュ・データの収集は、空中写真や実地調査の結果をもとにして手作業や光学的読取装置を用いて、地形図や土地利用現況図の作成にも似た手順と手間をかけて行なわれるのが普通であろう。

表 1 各国における非メッシュ方式を用いた地理情報システムの開発状況

国	開発主体	プロジェクト名	地理情報システム名
米 国	都市住宅省	USAC	
カナダ	環境省		CGIS
北欧三国		NORDPLAN	NIMS
西ドイツ	DATUM バイエルン州政府		
フランス	経済計画統計研究所		RGU, RGP
英 国	Greater London Council および IBM		UMS
日 本	建設省, 名古屋市, 西宮市		

空欄は筆者が入手した資料では不明な箇所である。

メッシュ方式は、道路や河川等の1次元的な流れの記述に適していないこと、行政区界との対応づけが困難であるため既存の台帳類をそのまま入力データとして用いることができないこと(多少の誤差を許容するならば、台帳類のデータをメッシュ・データに変換するプログラムをつくることは不可能ではないが、それはつぎに述べる複体方式と同等のデータをつくることに等しい)、などが欠点である。

### 3. 複体方式

メッシュ方式の欠点を補う方式として、土地を道路、河川、土地利用状況、所有などに応じて多角形に区切る方式が、地理情報システムとも関連して、1960年代後半頃から諸外国の研究機関等で検討されはじめた[1]。それらの多くは多角形の頂点、辺、面分の各々に地理的対象を関連づけること、とくに辺と道路ネットワークとを関連づけることを重視しており表1のプロジェクト等で検討されている方式が代表的なものである(表1中で、カナダ環境省の試みは土地利用区分にもとづく多角形分割を行なっているが多角形の面分のみが意味をもっており、メッシュ方式の変形と考えるべきであろう)。

これらの諸方式の違いは土地の区切り方にあるのではなく、区切りの記述方式にあると考えられるので、相互に比較したり共通の問題点を述べたりすることが容易である。

筆者はこれらの諸方式を理論的に整理したものを考案し“複体方式”とよんでいる。以下では、これらの諸方式の共通の問題点をいくつかとり上げ複体方式の立場から論ずることとする。

#### 3.1 原 理

複体方式では、土地を道路や河川等の自然な境界で区

切り、これらの境界を1次元要素、境界の交点を0次元要素、各区画を2次元要素とする2次元複体をつくる。曲線状の境界は折れ線で近似することにし、中間に0次元要素を設けて複数個の1次元要素で表現する。近接する交差点は1個の0次元要素であらわす。取扱いの都合によっては、一つの区画を分割して複数個の2次元要素で表現する。この複体を“土地複体”とよぶ。

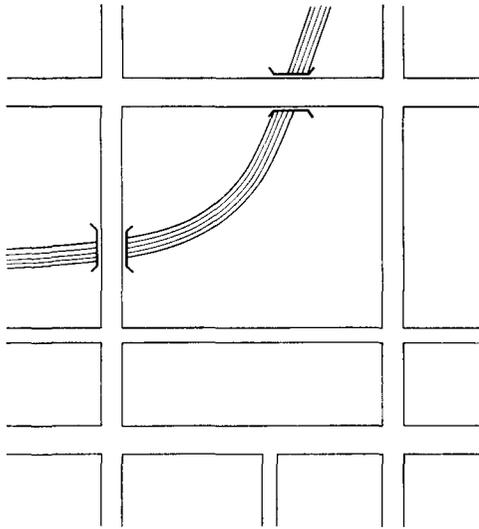
この定義によれば、土地複体は2次元平面に含まれることになる(表1の諸方式もそのように扱っている)が、土地複体は立体交差を含む道路ネットワークとの関連が重要であり、地下街等と関連づけられることも望ましいので、定義を拡張して、一般の(1次元 Betti 数が1以上の)2次元閉曲面内の複体と解釈するのも便利であろう。

#### 3.2 コード体系

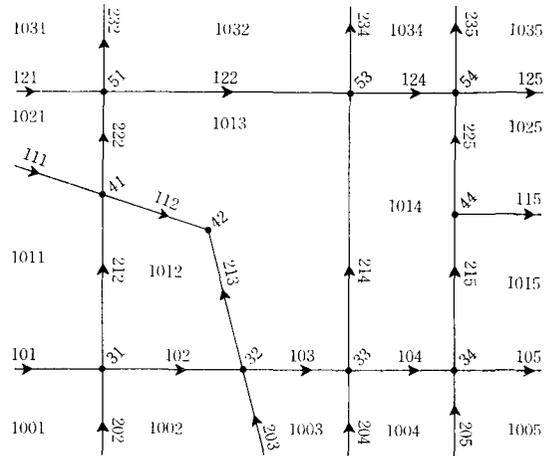
土地複体の各要素を識別するにはコードを割当てる必要がある。一般に、コード体系には、人手による取扱いを前提とした外部コードと、計算機内での処理を前提とした内部コードとがある。内部コードの定め方は使用する計算機や情報システムに依存することが多い。

外部コードはしばしば内部コードと混同され、一連の通し番号など融通性のない外部コードが設定されることがある。通し番号が使いにくいのは、複体の変更や拡張に伴い不規則性がいちじるしくなること、要素の位置とコードとの対応づけがわかりにくいこと、などが原因である。

外部コードを使いやすいものとするには、日常のよび名を何らかの意味でとり入れる必要がある。たとえば、西宮市で試作された複体(表1)では、「○○町△△丁目××番」に相当する2次元要素に「□□-△△-××」(□□は○○町に与えられた2桁の数)というコードを割当てている(ただし、0次元要素、1次元要素には通し番



(a) 地図



(b) 土地復体

図 2

号を用いている). 米国の USAC プロジェクト(表 1)で用いられているコード体系 DIME (Dual Independent Map Encoding) は街路をもとにしているが, 番地の体系が米国と異なるわが国に適用することの効果は疑問であろう.

このほかにも, 外部コードの体系に, 要素の分割に備えた余地を設けておくこと, コード設定の日付の欄を合

めておくこと, 二つの要素の間の距離が両者のコードを比較するだけで容易にわかるような設定のしかたをすること, などの工夫が望まれる.

### 3.3 データ構造

土地復体の位相構造を計算機の記憶場所の中どのよう

に格納するかというデータ構造の問題は, 以後の処理効率を左右する重要な問題である. 大規模な地理情報を扱う場合のデータ構造は, 極端に大きな記憶場所を要するもの(たとえば, 復体の要素対のおのおのについて 1 個以上の記憶場所を要するようなもの)でないことが望ましい. 実用的なデータ構造は, 復体の要素の総数の数倍程度の記憶場所を用いて各要素に近隣の要素の集団を対応づけるようなものであろう. この場合, 少なくとも,

(a) 各 0 次元要素に 出入する 1 次元要素の集団の表;

(b) 各 1 次元要素の左, 右の 2 次元要素の表,

あるいは,

(a') 各 1 次元要素の両端の 0 次元要素の表;

(b') 各 2 次元要素を左, 右に見る 1 次元要素の集団の表,

などが必要であろう.

(a) と (a') は相互に導かれるので, 理論的には一方があれば充分であるが, 相互の変換には要素の総数に比例する程度の手間(計算時間)を要し, しかもその変換は頻繁に要求されるの

1次元要素	0次元要素		2次元要素	
	出	入	左	右
...	...	...	...	...
102	31	32	1012	1002
103	32	33	1013	1003
104	33	34	1014	1004
...	...	...	...	...
112	41	42	1013	1012
...	...	...	...	...
122	51	53	1032	1013
...	...	...	...	...
124	53	54	1034	1014
...	...	...	...	...
212	31	41	1011	1012
213	32	42	1012	1013
214	33	53	1013	1014
215	34	44	1014	1015
...	...	...	...	...
222	41	51	1021	1013
...	...	...	...	...
225	44	54	1014	1025
...	...	...	...	...

0次元要素 $\alpha$	0次元要素 $\alpha$ から出る 1次元要素	0次元要素 $\alpha$ に入る 1次元要素
...	...	...
31	102, 212	101, 202
32	103, 213	102, 203
33	104, 214	103, 204
34	105, 215	104, 205
...	...	...
41	112, 222	111, 212
42	...	112, 213
...	...	...
44	115, 225	215
...	...	...
51	122, 232	121, 222
...	...	...
53	124, 234	122, 214
54	125, 235	124, 225
...	...	...

2次元要素 $\mu$	2次元要素 $\mu$ を左に見る 1次元要素	2次元要素 $\mu$ を右に見る 1次元要素
...	...	...
1012	102, 213	112, 212
1013	103, 214, 112	122, 222, 213
1014	104, 215, 225	124, 214
...	...	...

(c) 各次元要素間の接続関係

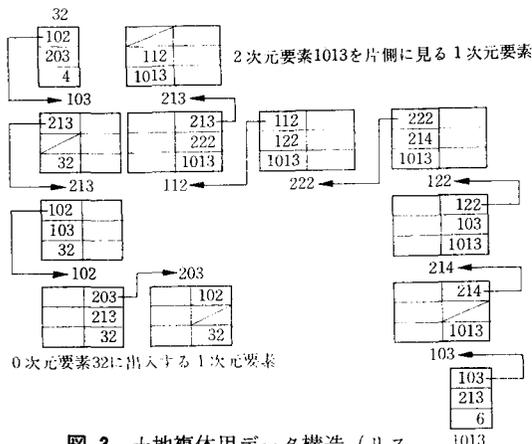


図3 土地複体用データ構造（リスト構造を用いた例）

で、両者を併用するのが便利であろう。また、(a)から(a')の形のデータをつくり出し、別に入力された(a')と比較することによって、入力データに含まれる誤りを検出することもできる。同様に(b)と(b')も併用するのが便利であろう。

検索の一層の便宜を考えて、

- ・各1次元要素に隣接する(同じ0次元要素に接続する)1次元要素の集団の表；
- ・各2次元要素に隣接する(同じ1次元要素に接続する)2次元要素の集団の表；
- ・各0次元要素に接続する2次元要素の集団の表、

などを設けることもあるが、これらは上記の(a)、(a')、(b)、(b')から容易に導かれるものである。このことは、(a)と(a')[あるいは(b)と(b)']の相互の変換の手間を節約するために両者を併用することは事情が異なる。一般に大量のデータを扱う場合に加工データを用いるべきであるか否かは、それを用いることにより節約できる時間の量を考慮して決定すべきことである。

上記(a')と(b)は単なる“表”で記述できる。(a)と(b')についてはさまざまな方法が考えられる。たとえば、同じ集団に属する要素の間に適当な順位をつけておき、この順位にしたがって要素が芽づる式に得られるリスト構造を用いることも考えられよう(図3)。この順位を各0、2次元要素に関する反時計回りの順位と一致させておくことは、後の処理に好都合であろう(図4)。

図3からもわかるように、各1次元要素の両端の0次元要素を表に記すと、必然的に1次元要素に向きがついてしまう。後の処理に便利のように1次元要素の向きを積極的に定めることも行なわれている。たとえば、両端の0次元要素のコードの小さいほうから大きいほうへ、あるいは西・南側から東・北側へ、などの向きの定め方

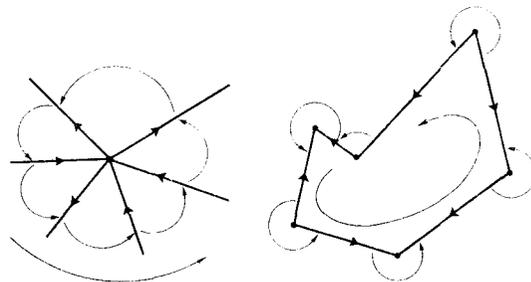


図4 0次元要素、2次元要素に接続する1次元要素の間の反時計回りの順位

が考えられよう。

### 3.4 土地複体に対する検索・変形の手順

前記の(とくに図3の)データ構造を用いて行なうことができる基本的な算法につき述べる。

(1) 0次元要素に接続する2次元要素を列挙すること。

0次元要素に接続する1次元要素をつぎつぎと求め、そのおののちに接続する2次元要素を求めれば、該当する2次元要素がすべて得られるはずであるが、これでは各2次元要素が2回ずつ出力されてしまう。重複なく求めるには当該0次元要素から出る1次元要素については右側の2次元要素を、入る1次元要素については左側の2次元要素を求めることにすればよい。各1次元要素について得られる2次元要素は、この0次元要素に関する時計回りの側のものである。

この原理を応用して、0次元要素に入入りする1次元要素を反時計回りの順(図4)に列挙することができる。それには、まず、0次元要素に入入りする1次元要素のおののちにその時計回りの側の2次元要素を対応づける(対応づけるには、たとえば、この2次元要素を左右に見る1次元要素の集団の先頭をこの1次元要素とすればよい)。この対応づけが終了したら、当該0次元要素に接続する一つの1次元要素から出発して、“現在得られている1次元要素の反時計回りの側の2次元要素に対応づけられた1次元要素を求める”という手順を繰返す。この手順により、0次元要素に接続する1次元要素が反時計回りの順に列挙される。もし、この手順で列挙される1次元要素の中にこの0次元要素に接続しないものがあるならば、データに誤りがあると考えられる。このことを利用して誤り検査を行なうことができる。これは位相幾何学における基本的な公式  $\partial^2=0$  が満たされているか否かを判定することによる誤り検査である。

2次元要素の周上の1次元要素を反時計回りの順に列挙したり、公式  $\partial^2=0$  にもとづく誤り検査を行なったり

することも同様の方法でできる。

(2)閉路で囲まれた2次元要素を求めること

図3のデータ構造では閉路の“内側”，“外側”の区別がつかないので，2次元要素を一つ指定することによって求める側をあらわすことにする。この2次元要素から出発して，互いに隣接する2次元要素の間を行きつ戻りつする，という操作を，閉路を越えないように，またすでに到達した2次元要素から同じ操作を繰返すということがないように，可能な限り続ける。この手順が終了するまでに到達した2次元要素が求めるものである。

具体的には，2次元要素のうち“既探索・既走査”なものとは“既探索・未走査”なもの(それ以外のは“未探索”であるという)をあらわすデータ，1次元要素のうち“既走査”なもの(それ以外のは“未走査”であるという)をあらわすデータを用意し，以下の算法をステップ0から開始する：

ステップ0 指定された2次元要素を既探索・未走査，閉路上の各1次元要素を既走査とする。ステップ1へ。

ステップ1 既探索・未走査な2次元要素を一つ求め，その番号を $\alpha$ としてステップ2へ。そのような2次元要素が存在しないならば終了(既探索な2次元要素が求めるものである)。

ステップ2 2次元要素 $\alpha$ に接続する1次元要素で未走査なもの一つ求め，その番号を $\kappa$ としてステップ3へ。そのような1次元要素が存在しないならば2次元要素 $\alpha$ を既探索・既走査としてステップ1へ。

ステップ3 1次元要素 $\kappa$ を既走査とする。1次元要素 $\kappa$ をはさんで2次元要素 $\alpha$ に隣接する2次元要素が未探索ならばその2次元要素を既探索・未走査とする。ステップ1へ。

本算法において，もし(別の判定基準から)この閉路に含まれないことがわかっている2次元要素が既探索となったならば，閉路や複体の位相構造等を表現するデータに誤りがあると考えられる。

本算法を，閉路に囲まれた0次元要素や1次元要素を求めたり，いくつかの道路区間が閉鎖された時に孤立する地域を求めたりすることなどに応用することもできる。本算法の本質は，一般の(向きづけ不能の場合や1次元 Betti 数が1以上の場合を含む)2次元閉曲面の位相的性質を調べること(向きづけ可能性の判定，1次元サイクルが0にホモロジであるか否かの判定，1次元ホモロジー群の基底を求めること，など)を調べることにある[10]。本算法は，グラフ理論で周知のサーチの手

法と似ている。

(3)0次元要素の座標を用いる算法

0次元要素 P, P<sub>i</sub> 等の座標を(x(P), y(P)), (x(P<sub>i</sub>), y(P<sub>i</sub>))等と記すことにする。

0次元要素 P, Q 間の直線距離 PQ は次式で与えられる：

$$PQ = \sqrt{(x(P) - x(Q))^2 + (y(P) - y(Q))^2}.$$

0次元要素 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>l</sub>, P<sub>1</sub> をこの順にたどる閉じた折れ線で囲まれる領域(ただし，この折れ線は自分自身とは交わらないものとする)の面積は次式で与えられる：

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^l x(P_{i-1}) y(P_i) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l x(P_i) y(P_{i-1}) \quad (\text{ただし } P_0 = P_l).$$

地理情報を扱う場合は，各1次元要素に長さ，各2次元要素に面積を対応づけることが多い。もし，それらの長さや面積が上式から得られる値といちじるしく異なるならば，長さ，面積，複体の位相構造や座標等をあらわすデータに誤りがあると考えられる。(1次元要素は実際には曲っていることが多いので，実際の測定値と上式から得られる値が厳密に一致するとは限らない)。

0次元要素 P, Q, R について線分 PQ と RQ のなす角∠PQR は(点 Q に関して線分 PQ から反時計回りの向きに)次式で与えられる：

$$\cos \angle PQR = (PQ^2 + RQ^2 - PR^2) / (2 \cdot PQ \cdot RQ),$$

$$\sin \angle PQR = \frac{x(P) - x(Q) \quad y(P) - y(Q)}{x(R) - x(Q) \quad y(R) - y(Q)} \Big/ PQ \cdot RQ.$$

この式を利用して，指定された座標の点 Q が閉路(周上の0次元要素を周に沿って P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, ..., P<sub>l-1</sub>, P<sub>l</sub> とする)の内側にあるか否かを判定することができる。すなわち，

$$\sum_{i=1}^l \angle P_{i-1} Q P_i \quad (P_0 = P_l)$$

の値が±2π ならば内側に，0 ならば外側にあると判定される。これ以外の値をとる場合は閉路の形状，複体の位相構造や座標等に誤りがある(たとえば閉路が自分自身と交わる，など)と考えられる。

閉路が自分自身と交わるか否かを判定するには，閉路上の2次元要素同士が互いに交わるか否かを調べればよい。一般に，2線分 PQ, RS が互いに交わるのは，

$$\frac{x(R) - x(P) \quad y(R) - y(P)}{x(S) - x(P) \quad y(S) - y(P)} \cdot \frac{x(R) - x(Q) \quad y(R) - y(Q)}{x(S) - x(Q) \quad y(S) - y(Q)} < 0$$

であり，しかも，

$$\frac{x(P) - x(R) \quad y(P) - y(R)}{x(Q) - x(R) \quad y(Q) - y(R)} \cdot \frac{x(P) - x(S) \quad y(P) - y(S)}{x(Q) - x(S) \quad y(Q) - y(S)} < 0$$

である場合に限られる。一つの2次元要素の周辺の1次

元要素は互いに交わらないはずであるので、上式を利用して複体の座標や位相構造をあらわすデータに含まれる誤りを検出することができる。

#### (4)土地複体の作成と変形

土地複体の位相構造を計算機の記憶場所の中に表現するのに、図3のようなリスト構造までも手作業でつくり出した上で入力するのは多大の労力を要し、誤りも多い。実用的な方法は、互いに接続する0次元要素(1次元要素)と1次元要素(2次元要素)の対が一つずつ記載された一連のレコードを読み込んだ上でプログラムによってリスト構造等をつくり出すことであろう。この場合、これらの一連のレコードを0次元要素(1次元要素)について分類したものと1次元要素(2次元要素)について分類したものとを独立につくっておき、プログラムによって両者を相互に変換して照合する、などの誤り検査が必要である。

土地複体の変形については、つぎの操作が基本となるう：

- ・0次元要素，1次元要素(両端の1次元要素は既存とする)，2次元要素(周辺の0，1次元要素は既存とする)を追加すること；
- ・2次元要素，1次元要素と両側の2次元要素，0次元要素とそれに接続する1，2次元要素を除去すること；
- ・1次元要素，2次元要素を内部にそれぞれ0次元要素，1次元要素を設けることにより二分すること；
- ・隣接する二つの2次元要素同士，二つの1次元要素同士を合併すること；
- ・1次元要素，2次元要素を縮約すること。

新しく設けられた要素に与えられるコードが既存の要素のコードと重複しないように、使用中のコードを管理する機能も必要である。

### 3.5 各種地理的複体について

地理情報を扱う場合は、土地以外にも多種多様な地理的対象(道路、河川、鉄道、上下水道、送電線、など)も扱う必要が生ずることが多い。複体方式では、それらの地理的対象も2次元複体あるいは1次元複体として扱うことにしており(すなわち、道路複体、河川複体、鉄道複体、上下水道複体、送電線複体、などをつくり)、また、土地の異なる区切り方に応じて複数種類の土地複体の存在も認めることにしており、これらの複体(土地複体も含めて)を地理的複体と総称している。さらに、これらの複体が“細分”、“胞体画像”、“重なり”のいずれかの関係にあるものと解釈することにしている。

### 3.6 地理的複体の属性について

地理情報を計算機で扱い何らかの成果を上げるには、地理的複体の各要素に各種の量を付随させなければならない。これらの情報を地理的複体の属性とよぶ。

属性が示すものは数値であることもあり、他の複体の要素のコード(の集団)であることもあろう。しばしば、コードを値とする属性を“構造属性”とよぶことがある。たとえば、表1のプロジェクトの中には、特定の道路路線やバス路線に含まれる1次元要素、特定の学区や統計区に含まれる2次元要素、などを特定のコードで識別し、このようなコードを“関係副構造属性”とよんでいるものもある。しかし、数値をいくつかの範囲に区分してコード化したり、文字列や“状態”等をコード化したりすることは広く行なわれており[実際、日本工業規格 JIS-C-6305では土地の地目(宅地、学校用地、公園、田、畑、等々)を示すコードを定めている[12]]、強い構造属性なる概念をつくる必然性はないように思われる。

属性は、人手等によって収集された原始属性(1次属性)と、他の目的に供するために前処理を施した加工属性(2次属性)とがある。典型的な加工属性は利用価値が大きいのでそれ自体も保存されることがある。“加工属性は多いほどよい”という考えにもとづき本質的に同内容の加工属性を多数保存することも行なわれているが、このような方針では膨大な記憶場所が必要となり、また、原始属性の軽微な修正・更新に即応できなくなることも予想される。(このことは、一般に、大量のデータを扱うあらゆる場合についていえることである[2].)

### 3.7 地理的複体間の関係について

#### (1) 細分

同一の地理的対象の異なる区切り方によって二つの地理的複体がつくられており、一方の複体の各要素が他方の複体のいずれかの要素に含まれる時、前者は後者の細分であるという。同一の地理的対象について異なる精度の複体を同時につくる場合は、一方が他方の細分となるようにしておくこと、記憶場所が節約できるなど効果がある[11]。

西宮市で試作された複体(表1)は街区(〇〇町△△丁目××番)を2次元要素としている。さらに、各2次元要素を筆単位に区切り、各筆を地片とよび地片コードを与えている。土地複体の各要素にはそれが含む地片の集団を、1次元要素と0次元要素にはそれに接する地片の集団を、相互に対応づけ、さらに互いに隣接する地片同士を対応づけている(西宮市以外の表1の多くのプロジェクトでも個人の所有する土地等を地片として同様に扱

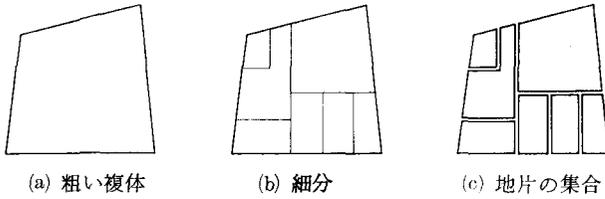


図 5 細分および地片

っている)。各地片の境界に0次元要素、1次元要素を設け2次元複体をつくと、土地複体に対する細分が得られる。地片は土地複体に対する細分の不完全な記述と解釈することができる[11]。

各筆を2次元要素とする2次元複体をつくらず、位相構造を完全に記述することのできない地片で代用しているのは、筆境界を詳細に記述することに意味がないためであると説明されているが、実際は、境界の確認作業が困難であるという事情も大きいと思われる。

土地の評価額など行政においてもっとも基本的なデータは地片の属性として扱われることが多い。

### (2) 胞体写像

土地複体の作成に際して、幅の広い道路区間や河川区間は2次元要素として扱うのが便利である。一方、道路や河川に沿う流れを考えると、それらの区間を1次元要素として扱うのが便利である[11]。そこで、同一の道路区間や河川区間を土地複体では2次元要素、道路複体や河川複体では1次元要素として扱うことが考えられる。この関係は、位相幾何学における胞体写像の概念に相当する。

### (3) 重なり

二つの地理的複体(の一部同士)が同一平面内に定義されている時、これらは重なりのある関係にあるという、送電線複体、地下埋設物複体と土地複体との関係は、両者が同一の平面内にあると見なして、重なりのある

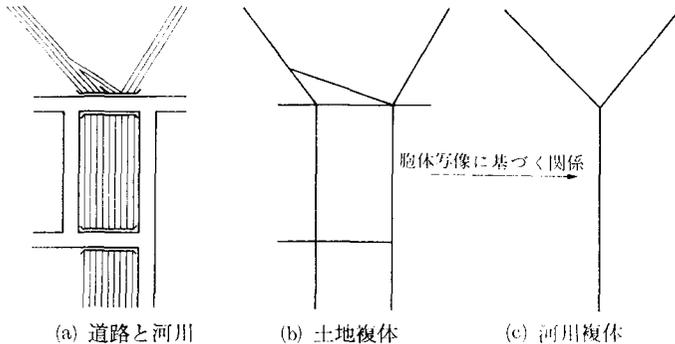


図 6 胞体写像にもとづく関係

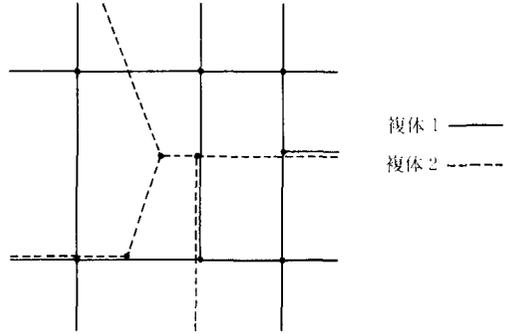


図 7 重なり関係

と解釈するのが便利である[11]。

土地複体を3.1で述べたように一般の2次元閉曲面内の複体と解釈する場合は、道路の立体交差は土地複体から自己への重なり関係となる。

重なり関係は、互いに重なる要素同士を対応づけることによって記述される。位置関係を詳細に記述するには、双方の複体の0次元要素の座標(および必要に応じて互いに交差する1次元要素の交点の座標)を用いればよい。

## 3.8 複体方式の問題点

複体方式によって地理情報を解析する場合等に問題となりそうな事項を思いつくままに二、三あげてみる(データベース作製に伴う法的問題等には触れない)。

地理情報データベースを用いて意味のある成果を収めるには、土地複体の2次元要素を街区や筆程度の大きさとする必要がある。一つの自治体全域についてこのような複体をつくることは現実的ではない。むしろ、対象地域をいくつかのブロックに分割し、ブロックごとの複体をつくるほうが現実的であろう。この場合、ブロック間の境界を越えて行なわれる検索等を考慮したシステム設計が望まれる。自治体ごとに独立につくられた地理的複体を結合して処理を行なう場合にも類似の問題があるが、複体のつくり方やコード体系が異なるなど困難が予想される。

また、国土情報整備事業等で収集されているメッシュ・データを利用したり、逆に複体方式によるデータをメッシュ・データに変換したりすることも問題である。一樣に分布する対象については、ある程度の誤差を承知の上で近似的な変換を行なうことは可能であるが[2]、“文化財が存在する”などのデータを変換することは不可能である。

表 2 西宮市の地理情報システムにあらわれうる複体の種類と規模

複 体	要素の個数			他の複体との関係
	0次元要素	1次元要素	2次元要素	
土地複体	900	1500	600	道路同士の立体交差を含む
道路複体	900	1500	0	土地複体からの胞体写像
河川複体	—	1000	0	土地複体からの胞体写像
上水道複体	—	1500	0	土地複体と重なり
上位面複体	—	—	600	土地複体に対する粗い複体
土地複体(地片)	—	—	4000	土地複体の細分(地片表現)

—は筆者が入手した資料では不明な箇所

複体方式は時系列解析に適していないといわれることがある。しかし、複体の変形の履歴を追跡するならば時系列解析は必ずしも不可能ではない。メッシュ・データにしても、メッシュの粗さが変更されることはありうることである。この種の議論で大切なことは、“時系列解析を要求されるのはどのようなデータであるのか”ということを充分に考えることである。

### 3.9 地理的複体作成の労力

西宮市(面積 97.52 km<sup>2</sup>, 人口約40万人)では一部の地域(面積約 4 km<sup>2</sup>, 人口約 5万人)について複体方式と類似の方式にもとづく地理情報システムを試作した[5], [6](表1)。表2は同システムを複体方式と解釈した場合にあらわれうる地理的複体の種類と各複体の要素の個数、およびそれらの複体間の関係である。

このシステムの試作に際し、各種地理的複体(に相当するもの)の作成(コードの割当てを含む)および0次元要素の座標や複体間の関係をあらわす属性等の記述(データシートに記入)の作業に約120人日、その他の属性の記述に約 200 人日を要したという。

## 4. おわりに

以上で、地理情報を計算機で扱う技法を主として複体方式について述べた。この分野の研究ははじまったばかりであり、現時点では“政策決定に必要な地理情報はどのようなものでどのように集めたらよいか”ということ論ずる以前に、膨大な地理情報の蓄積が急速に進行しているのが実情である。そこで、本稿では、“どのような地理情報が他のどのような地理情報から導かれうるのか”という観点から、地理情報に関する算法の理論の基本的な部分を展開することを試みた。本稿の主要な部分

は筆者の研究にもとづいている[9][10][11]。本稿の内容に関して御指導を賜った東京大学伊理正夫教授に深謝する。

## 参 考 文 献

- [1] 建設省大臣官房情報管理室：“地理的情報システムの方法——行政と国土情報”，日本地図センター(1975)。
- [2] —：“地理的情報システムにおけるグラフ構造とそれに関連した言語的諸問題について”(1976)。
- [3] —：“国土情報全体システムの研究”(1976)。
- [4] —：“都市情報システムにおけるデータベースの研究”(1977)。
- [5] —：“都市情報システム実用モデル開発調査報告書”(1977)。
- [6] —：同上(資料編)(1977)。
- [7] 国土地理院：“国土情報の整備”(1976)。
- [8] オペレーションズ・リサーチ, 22, 2 (1977) (メッシュ・データ特集)。
- [9] 中森：“位相幾何学的構造を有する大量情報を処理する算法およびデータ構造の研究”，東京大学大学院工学系研究科博士論文(1977)。
- [10] 中森：“閉曲面内の複体の位相的性質を調べる算法およびデータ構造について”，昭和52年度電子通信学会情報部門全国大会講演論文集, S2-5 (1977)。
- [11] 中森・韓：“地理情報を位相的に取扱う算法・データ構造”，OR学会1977年秋季研究発表会アブストラクト集, 1-C-5。
- [12] “JISハンドブック：情報処理1977”，日本規格協会。

(なかもり・まりお 東京農工大学 工学部)