

解説



コンピュータマッピング

山 川 修 三 竹

1. はじめに

コンピュータマッピングという用語は学術的に確立された用語ではない。しかしながら、コンピュータで地図を扱うシステムを総称してコンピュータマッピングシステムと呼んでいる。技術的にはコンピュータグラフィックスの技術をベースに CAD 技術、データベース管理技術、認識技術などを応用したコンピュータシステムであり、学術的には計算幾何学や図学と関係が深い。

システムのみにみると、マッピングシステムは次の三つのタイプのシステムが開発されてきた。

- (1) 地図作成をコンピュータ化したシステム
- (2) 地図の図形情報をベースとしたシステム
- (3) 地図の図形位置をベースとしたシステム

(1) のカテゴリは地図の作成作業そのものをコンピュータによりアシストしようとするもので AM (Automated Mapping) と呼ばれている。(2) のカテゴリは地理情報をベースに情報の加工を行おうとするもので GIS (Geographical Information System) または地理情報システムと呼ばれている。コンピュータマッピングと GIS とを同義語として扱う場合もあり、重要なカテゴリである。(3) のカテゴリは地図の位置情報と他の情報をリンクしてデータベース化し、検索や処理を行うもので FM (Facility Management) システムが典型的な例である。このほかにも地図を用いたナビゲーションシステムがこのカテゴリに属する。

これらのシステムを構成する主要な技術について概説を行う。

2. 地図や図面の入力

一般に CG (コンピュータグラフィックス) のシステムにおいては図形の入力が大きな課題であるが、こ

ンピュータマッピングシステムの場合は特にその比重が高い。これはマッピングシステムが他のシステムに比してデータ量の多いデータベース中心形のシステムであるためと考えられる。地図や施設図は通常図形データと文字・数値とにより構成されているが、ここでは図形データの入力に重点を置いて述べる。

図形データは実在する世界では画像 (Image) データとして存在する。これをスキャナなどのハードウェアにより画像データとして読み取り、図形 (グラフ) に変換せずに画像データのままデータベース化し、処理を行うことも考えられるが、多くのマッピングシステムの場合は画像データから図形データに変換する。これは図形データが、画像データに比べて、その構造や意味を隔に表現する能力が高いためである¹⁾。ただし、衛星画像や航空写真のような自然画像については画像データのままデータベース化し、コンピュータ処理するほうが実際的な場合もある。

ここで重要なことは、入力とは画像データを図形データに変換するだけでは不十分であるという点である。すなわち、地図や図面を入力するということは、画像データを図形データに変換するのみならず、その意味を隔に表現できるようにデータを創成してやる必要がある。たとえば、図-1 に示す国土基本図の例では単に地図をベクトル化するのみならず、建物や等高線を抽出して、意味別に分類したデータ構造とすることが必要である²⁾。このように地図や図面の入力は、単にコンピュータへのデータ投入を行うものではなく、その後の検索や処理が可能なデータベースを創成することにある。このため、地図や図面の入力は、学術的に言えば「入力」と言うより、「初期データベースの創成」と言ったほうが適切である。

現在の技術レベルでは、地図や図面の入力を、汎用的な手法で「初期データベースの創成」のレベルで実現するまでには達せず、個別の問題として解を求めるか、あるいは人間の意味理解能力の助けを借りて、対話形システムとして実用化しているに過ぎない³⁾。

† Computer Mapping Applications by Shuzo YAMAKAWA (Communications and Information Processing Laboratories, NTT).

竹 NTT 情報通信処理研究所

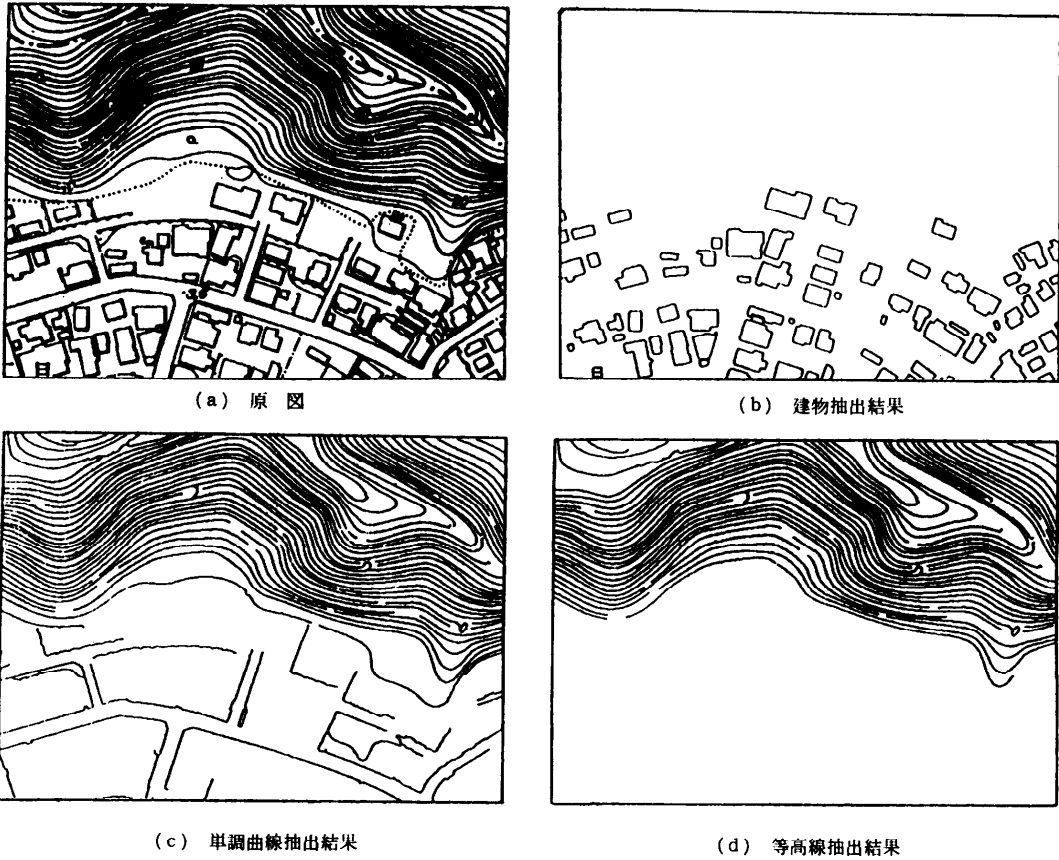


図-1 地図の認識・入力例

3. マッピングシステムのためのデータ構造

地図上に“表現されている”情報は単にピクセルの集合体としての情報にとどまらない⁴⁾。人間が地図情報を利用するときには、どの地域には家屋が密集しているとか、ある地点からある地点へ行くためにはどの経路を通って行くのが効率的であるかなど、かなり高度な認識や処理を行っている。マッピングシステムでは初期データベースの創成時に、このような情報処理が効率的かつ自由に行えるようなデータ構造を具備しておかねばならない。

一般に地図情報は、図-2に示すように点情報、線情報、面情報が相互に関係をもっており、これらの情報はそれぞれの属性情報とリンクしている⁵⁾。また線情報と線情報の間には接続関係があり、面情報と面情報の間には従属、包含関係がある。マッピングシステムは地図のもつ“地理”的な性質と属性情報とを統合し

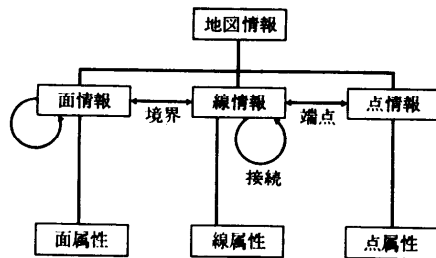


図-2 地図情報の要素と相互関係

たシステムであり、総合的、多面的な性格をもっている。最初に述べた AM や GIS は地理的な情報がベースとなったシステムであり、FM は属性情報がベースとなったシステムであるとの見方もできる。

マッピングシステムの構築に際しては、地図情報のもつ基本的な性格と属性情報を含めた総合的なデータベースシステムとしての性格に適したデータ構造を準備しておく必要があり、このデータ構造がマッピングシステムのシステムの性格を表現するものと言っても

過言ではない。

まず、マッピングシステムの中で扱う地理情報については、その幾何学的性質と計量的情報を表す手段として、メッシュ方式とポリゴン方式とが用いられてきた。図-3に示すようにメッシュ方式は、対象とする地域を等辺の長方形に分割し、各長方形（メッシュ）に対して各種の情報をリンクさせる方法である。この方法は地理情報のもつ幾何学的な性質（たとえば、隣接するメッシュはどれかなど）がメッシュ番号からただちに分かることや地理情報のもつ計画的な性質もメッシュ番号から緯度、経度から分かるので簡明なデータ構造が実現できる。このため地理情報システムでは古くからメッシュ方式が採用されてきた。一方、ポリゴン方式は、図-4に示すように、対象とする地域を必要な最小単位の自由な形状の面分（行政区、街区）などに分割し、各ポリゴンに対して情報をリンクさせる方法である。この方法はメッシュ方式に比して幾何学的な構造を直接的に表現しているため、地理情報を面として扱う場合に有効な方法である。最近のマッピングシ

ステムではポリゴン方式のデータ構造をもつものも多い。なお、メッシュ方式とポリゴン方式は対立する方式ではなく、両方式を融合して扱えるマッピングシステムも多い。

次に、マッピングシステムが扱うデータの多様性を効果的に表現するための階層的なデータ構造について述べる。マッピングシステムにおいては、地図情報についても、行政区や等高線など個別のカテゴリごとに分離しておく必要性があり、属性情報についても、建物や施設など分離して扱うことが適当な情報群である。このように、マッピングシステムは本来的に多次元性を有していると言える。階層的なデータ構造は、図-5に示すように、各情報のカテゴリをレイヤとして分類し、レイヤごとに2次元のデータとして管理を行う手法である。この方法はコンピュータ処理のオーバーヘッドも少ないため、ほとんどのマッピングシステムで用いられている。

最後に、より高度なレベルでの処理やデータ検索に適したデータ構造について述べる。高度なレベルでのデータアクセスとしては二つのタイプがある。一つは地理的な条件や属性条件を与えてデータにアクセスするタイプであり、もう一つは点、線、面などの図形情報と修飾条件を与えてデータにアクセスするタイプである。前者の例としては、

- × × 電話局から半径 7 km 以内の家屋を求めたいなどの例があり、後者の例としては、
- ○ ○ 管に付属する △ △ バルブを表示したいなどの例がある。

このようなデータアクセスを行うデータ構造やアルゴリズムは計算幾何学の問題として研究が行われ、多くの提案がなされている。「ある点に最も近い～」という形のデータアクセスを高速に実行するためにはポ

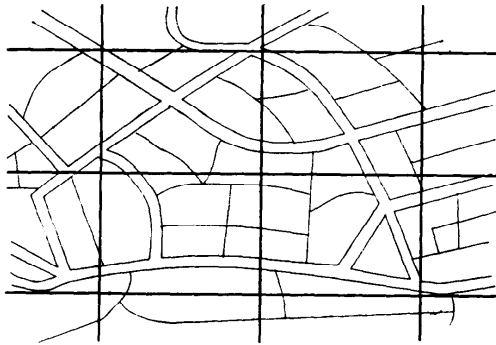


図-3 メッシュ方式

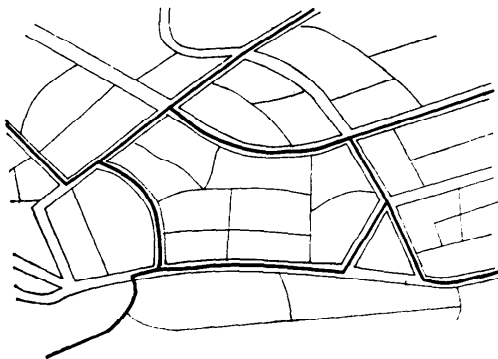


図-4 ポリゴン方式

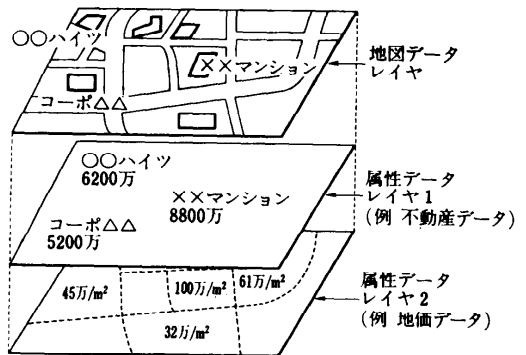


図-5 階層データ構造の例

ロノイ図 (Voronoi Diagram) がよく知られている⁶⁾。また、「～の範囲内の」という形のデータアクセスを高速に行うためのデータ構造としてはk-d木や多次元データ構造⁷⁾などがある。

以上、種々の観点からマッピングシステムに特徴的なデータ構造について述べた。マッピングシステムの構築においては、これらのデータ構造を組み合わせる用いることが多く、それぞれのデータ構造が他のデータ構造に対して必ずしも排他的ではない。

4. 地理情報処理

マッピングシステムが行う情報処理の多くは CAD システムなどのグラフィックシステムや通常のコンピュータシステムと同種の処理である。しかしながら、マッピングシステムに特有の処理があり、この分野をここでは地理情報処理と呼ぶ。この地理情報処理は前章のデータ構造と密接に関係がある。むしろ、データ構造が地理情報処理の可能範囲を規定していると言ったほうが適切かも知れない。このデータ構造をベース

に各種の地理情報処理が行われるが、まず地理情報処理の基本オペレーションについて述べる。

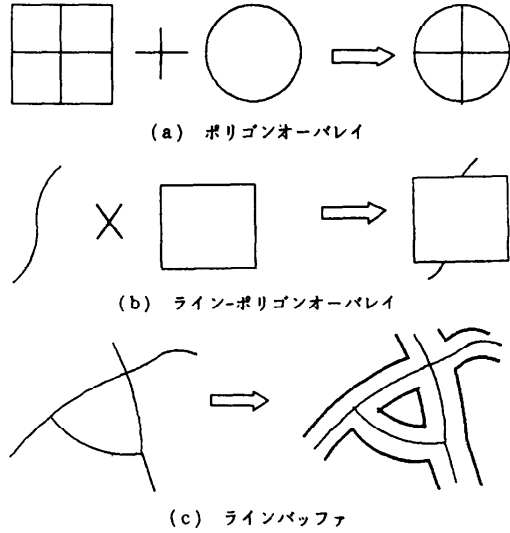


図-6 地理演算の基本オペレーション例

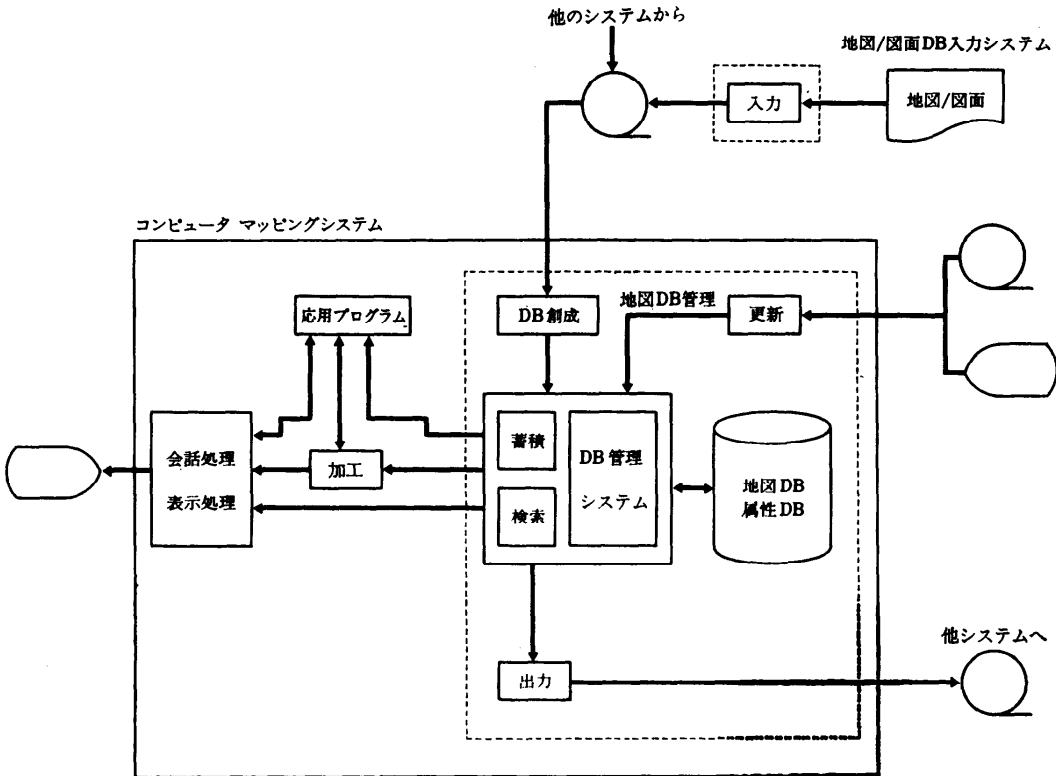


図-7 コンピュータマッピングシステムの構成

基本オペレーションは、地理情報の3要素、すなわち点、線、面の論理操作やバッファ機能などの地理的な演算に関するものと、属性情報に基づいた結合、分離および属性情報の加工演算など属性情報に関するものがある⁹⁾。地理演算の基本オペレーションは図-6に示すように面情報と面情報との間でも行われるが、線情報と面情報との間など、点、線、面、相互の間でも行われる。属性情報に関する基本オペレーションは通常のコンピュータ処理と同様な処理であるが、地理情報とリンクした処理が行われる点特徴的である。たとえば、公園という属性の集計を行うと同時に対象となった公園が地図上に強調表示を行うことができる。

基本オペレーションの他に地理情報処理に固有の利用問題がある。特に次の二つの処理に関する研究が多い。

- (1) ネットワーク解析 (最短経路, 最大流など)
- (2) 地理的最適化 (最適配置など)

5. マッピングシステムの実際

我が国におけるコンピュータマッピングは技術確立のための時期を脱し、徐々に普及段階に達しつつある。地図としては、1/25000, 1/2500, 1/500 のものがベース地図として利用されている。

利用分野でみると、GIS システムが地方自治体で利用され始めているほか、FM システムも国やユーティリティ業界で普及が進んでいる。また、AM システム

は測量会社などで利用方法が確立されつつある。これらのシステムは図-7に示すように、2~4. で述べた各種の技術がコンピュータの諸技術と複合してシステムを構成している。

GIS システムの出力例を図-8[1135頁掲載]に、FM システムの出力例を図-9 [1135頁掲載]に示す。

システム化の隘路は初期データベースの創成工数が非常に大きいことにあり、このためにも、地図や図面入力技術の発展と地図データ仕様の標準化によるデータの流通が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 棟上, 佐藤: 図面の自動認識と理解, 情報処理, Vol. 24, No. 9, pp. 1086-1094 (1983).
- 2) 山田: 地図認識入力技術の動向, 映像情報, Vol. 19, No. 11, pp. 19-24 (1987).
- 3) 山川, 小田: 会話型図面入力システム, 日経 CG, Vol. 4, No. 7, pp. 120-130 (1987).
- 4) 伊理他: 計算幾何学と地理情報処理, pp. 9, bit 別冊 (1986).
- 5) 笠原他: 地理情報システムとその応用, グラフィックスと CAD シンポジウム (1983).
- 6) 浅野: 計算幾何学とその応用, 情報処理, Vol. 25, No. 3, pp. 208-221 (1984).
- 7) 大沢, 坂内: 良好な動特性を持つ多次元データ管理構造, 電子通信学会論文誌, Vol. J66-D, No. 10, pp. 1193-1200 (1983).
- 8) 今井: 地理情報システム (ARC/INFO) と都市情報システム, PIXEL, No. 39, pp. 109-115.

(昭和63年8月15日受付)