

# 地理情報システムの現状と課題

兼堀 文博

## 1. はじめに

最近、地理情報システム(Geographical Information System) がにわかに脚光を浴び出してきており、システムとしても、いくつか提供されはじめています。ひと口に地理情報システムといっても、地図(一般図)の作成、道路・施設等の管理、商圈・立地条件等の分析etc.と、その目的・用途は多種多様にわたる。現時点では残念ながら、道路・都市・施設等の管理を目的とするシステムがほとんどで、それ以外の用途に耐え得るものは、まず見あたらない。

このように、地理情報として扱われる範囲があまりにも広いため、多目的・汎用のシステムを作ることには困難である。しかしながら、地図を作り、利用するという共通点が存在することも事実である。そこで本文では、この共通点に立ちもどり、情報の共有化はどの程度のかを整理して、将来のデジタルマップ(計算機可読の地図)による情報交換に向けた技術開発の課題について探ってみたい。

## 2. 地図の分類

地図は、いろいろな観点から分類することができる [1]。

かねほり ふみひろ (株)日本総合技術研究所 情報システム部

まず、縮尺という観点からは、大縮尺図・中縮尺図・小縮尺図に分けることができる。これらの境界は、およそ 1/5万、1/50万あたりであるが、明確に定まっているわけではない。実際に使用される縮尺は、大は 1/500(道路台帳等)から、小は 1/100万以下(航空図等)まで、用途により千差万別である。

次に、伝達目的という観点からは、一般図と主題図に分けられる。一般図とは、地球上の自然・社会状況の空間的位置関係を、平面上にできるかぎり忠実に描写したものである。地形図・地勢図・国土基本図等は、この分類に入る。いっぽう、主題図とは、地理にまつわる各種情報の、相互関係・地理的条件との関係等から成り立つ、分布の構造の表現を目的としたものである。この分類に入るものは、各種分布図・交通図・イラストマップ等、枚挙にいとまがない。(図1～図2)

最後に、主題と機能という観点からは、地籍図・市街図・地質図・気候図・人口図etc.といった分類がなされる。

## 3. 地図の精度

一般図と主題図とについて、地図の精度とは何かを考えてみよう。

一般図の場合には、忠実な描写ということが最大の目標であるから、その精度は分解能と歪みとにより特徴づけられる。分解能とは、地図上で弁別可能な2点間の最小距離が、実際の地球上では



図 1 一般図の例 国土地理院発行1:25,000地形図  
N J-53-12-12-4 永楽寺 (一部)

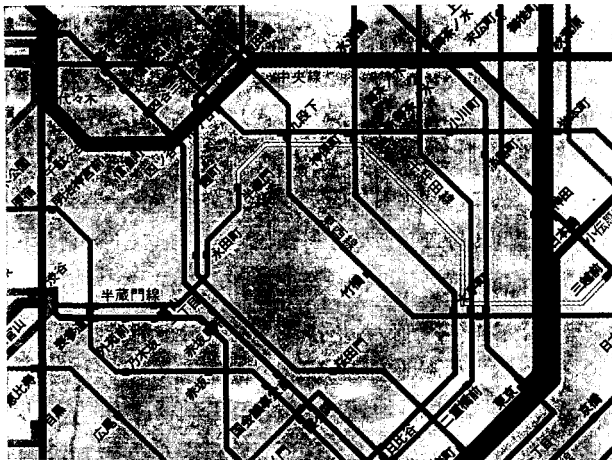


図 2 主題図の例 びあMap '84より ROUTE MAP (一部)

どのくらいの距離かを表すもので、縮尺が大きいほど良くなる。また、地図とは地球面という曲面を平面に投影したものであるから、距離・面積・角のすべてを同時に正確に表現することは不可能である。地図の歪みは、これらのうちのどれがどの程度不正確であるかを示すことにより表現される。デジタルマップの場合、地理座標系を採用することにより、歪みの発生を地図出力時まで遅らせることができることを指摘しておく。

いっぽう、主題図に対して精度を一般的に定義するのは困難である。それは、各主題図の利用目的により異なってしまうからである。たとえば、分布の面積比を表現するには、等積図法の一般図

を基図にしなければ誤った情報を伝えることにもなりかねない。しかし、ネットワークを表現するのなら、位相構造をくずさない範囲内で自由なデフォルメをほどこしても、情報の質の低下はおこらない。

このように、基図の精度とそれに重ね合わされた情報の精度とを、別々に考えられる場合（前者）もあれば、そもそもそのような区別すら行なえない場合（後者）もある。したがって、主題図の精度に関しては個々のケースごとに議論しなければ意味をなさない。

#### 4. 一般図と主題図をむすぶ

地理情報システムにおいては、一般図は、測量・図化・情報蓄積(地理情報DB)・情報抽出・総描・版下作成・印刷という工程を経て作成される。ここで、情報蓄積と情報抽出は、従来にはない工程である。地理情報DBを介すことにより、任意の領域・情報量で切り図を作成することができると同時に、それらをデジタルマップとして提供することが可能となる。

主題図の作成工程は、一般に、伝達目的検討・基図選択・表現方法選択・情報付加となるであろう。ここでは、従来の方法にしたがうとすると、基図の選択には暗黙の制約があるということを指摘しておく。すなわち、基図を用いないか自作しないかぎり、市販の地図を利用せざるをえないということである。これは、注目領域が複数図葉にまたがる場合には、地図集成という余分な作業を発生させる。また、必要な情報量選択に関する自由度、および縮尺に関する自由度が小さいため、適切な表現形態が実現できなかつたり、作成すべき地図の大きさに制約がある場合に支障をきたしたりすることも考えられる。

ここで、デジタルマップを介して両者を結びとすると、基図選択に関する上記の制約はほぼ解

消し、主題図作りは、情報構造の伝達という本来の目的に集中できることになる。この機能純化は、単に地図をデジタル化することの産物ではなく、一般図と主題図とを明確に区別して扱うことに起因している。ということは注目に値する。

## 5. 情報の標準化

一般図を(デジタルマップとして)作るには、前節で述べた以外にもう1つの方法がある。既製の一般図をディタイザでトレースする方法である。一定の品質が確保されるかぎり、この方法は有効である。デジタルマップのサービスが行なわれていない現在、一般の利用者はこの方法でしか一般図を得ることができない。

いずれの方法を採用するにせよ、一般図を地理情報DB化するのには、膨大な時間と費用とが必要である。よって、地理情報の蓄積および交換を促進するため(もちろん、デジタルマップの品質を確保するため)には、地理情報の標準化をはかる必要があると思われる。情報交換の対象範囲、情報の論理構造、情報交換方式等々、検討すべき事項は多い。また、標準化の対象となる範囲を定めるのも難問である。これら諸問題の解決には、国土院を中心とする然るべき機関があたるのが妥当であろう。今後、多くの機関により地理情報の蓄積が行なわれることは確実である。早急に標準化にとり組み、社会的に無駄な投資を避けなければならない。

筆者の考えでは、標準化がどのような形で行なわれるにせよ、以下の諸点はその本質になるとと思われる(システム間情報交換の要件という意味である)。

(1) 座標系は地理座標系、もしくはこれと相互変換可能なもの(U T M座標系、17座標系 etc.)とする。局所座標系の場合は、地理座標系との変換式が公開されること。

(2) 処理効率に重大な影響のない範囲で、最高の座標分解能を有すること。また、座標分解能と

データ精度が公開されること。

(3) データ構造が十分抽象化されていること。また、その論理構造が公開されること。データ抽象の程度・上位構造等については、標準化規準待ちとなる。

(4) 地理的情報(図形情報)と属性情報(非図形情報)とが、論理的に分離されていること。

これらのうち、(1)、(2)は特に重要であろう。

## 6. 地理情報システム事例

地理情報システムに関する一般論はこれくらいにして、本節以降では具体的事例に即した思考実験を試み、さらに問題点を探ってみる。ここでとりあげるのは、開発適地選定のための援助システムである。

まず、このシステムに要求される機能を並べてみよう。

(1) 選定は何段階かに分けて行なわれる——小縮尺から大縮尺までの地図が、統一的にとり扱えなければならない。

(2) 開発規制地区・不能地区等は除外する——面要素の幾何学的演算が行なえなければならない

(3) 時間距離圏等に制約がある——線要素のネットワーク構造がとり扱えなければならない。

(4) 開発土工量等に制約がある——外部から与えられるモデルが組み込めなければならない。

(5) 土地取得費用が最小となる地域を選定したい——上記諸条件のもとで、各種パラメータが最適値をとる領域を抽出できなければならない。

その他の機能については、ここでは省略する。

## 7. システムの構成と入出力

システム全体を、地理情報をDB中心に、入力・検索・分析・出力に分けて考える(図3)。本節では、入力と出力について検討する。

まず入力であるが、本事例の場合は一般図を作るのが目的ではないので、既製の地図を用いてディタイジングするものとする(デジタルマッ

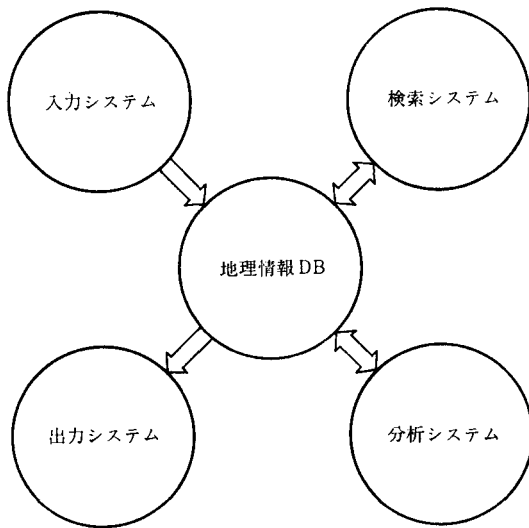


図 3 本事例のシステム構成

ブは現在入手不能であるし、基図以外の情報も入力しなければならない)。ここでの問題点は、各種情報の入力源となる地図の縮尺や図郭が統一されていないことである。そこで、以下のようなとり扱いを考える。

(1) 地理情報DB上には図郭の概念はとり入れない——地理情報DBは切り図の集合ではなく、全体で1枚の図であると考え(情報には意味にしたがったカテゴリー分割をほどこす)。情報は全体で一様である必要はない。また、入力単位と出力単位とは独立であるとする。

(2) 地理座標系を採用する——国土院発行の地図に共通に示されているのは地理座標のみである(国土基本図の一部では、17座標系からの変換が必要である)。座標をラジアンで表わすとすると、 $10^{-8} \text{ rad} \approx 2 \times 10^{-3} \text{ 秒} \approx 5 \times 10^{-2} \text{ m}$  程度の分解能(4バイト整数形式)が得られる。

(3) 入力原図上に必要な数の座標既知点があること——これらは経緯度メッシュ上で矩形を成している必要がある。これらにより位置の較正・縮尺の吸収・座標正規化[4]を行なう。地形図の場合には図郭が利用できる。

平面直交座標系の場合、投影法上の制約により国内をいくつかの座標帯に分けなければならない

ことを考えると、地理座標系の一様さはメリットとなる。ただし、距離・面積計算に負担がかかることは避けられない。ここでは、座標系間の相互変換が可能であることを考慮し、データ空間の一様さを採用した。

地図出力に関しては、主題図を作るという目的をフルに活用する。すなわち、出力基図の歪みが許容範囲内にあるかぎり、地理座標系を平面直交座標系のごとく扱う。それよりも、付加情報の表現方法[1]に努力を集中すべきである。もちろん、目的の図法への変換も可能である[4][5]。

## 8. 地理的情報の表現[2][3]

地理的情報の表現構造は、情報検索・分析の能力・効率に重大な影響を与える。ここでの問題点は、データの抽象度をいかに高めるかということである。本事例では「地理的概念」を導入する。

まず、とり扱うべき幾何学的対象について述べる。幾何学的実体(点・線・面の集合)を地理的複体(Geographical Complex)ととらえることにより、次元の概念を導入する。これに、異次元間の接続情報とそのうえでの擬順序を与えれば一応ネットワーク表現ができるが、これだけでは地理的情報をとり扱うには不十分である。さらに、同次元間の階層接続情報、同階層間の同種接続情報と、それらのうえでの擬順序も与えることとする。以上をまとめると

- (1) 幾何学的実体——点(V), 線(E), 面(F)
  - (2) 接続関係——異次元接続(B), 階層接続(H), 同種接続(S)
  - (3) 接続関係集合上の擬順序——異次元接続関係擬順序(P<sub>B</sub>), 階層接続関係擬順序(P<sub>H</sub>)
- が、とり扱うべき幾何学的対象である(図4)。

以上で準備ができたので、抽象度をもう一段高めるために、地理的概念の導入を行なう。

## 9. 地理的概念

「0~2次元の広がりをもった、意味のあるひ

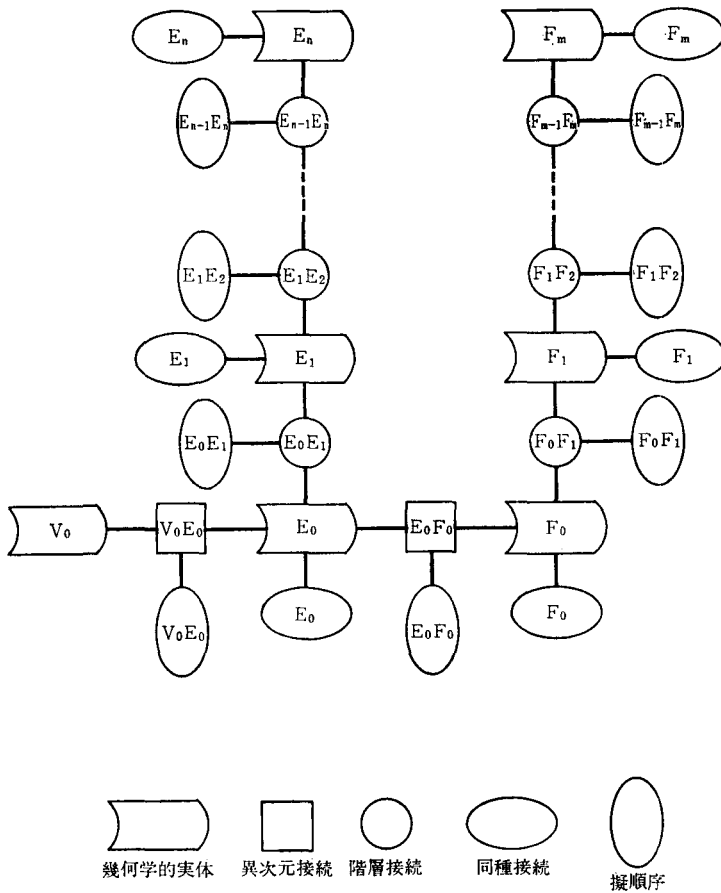


図 4 実体/接続ダイアグラム

とまとまりの地理的情報」のことを、地理的概念 (Geographical Concept) と呼ぶことにする。たとえば、1等三角点・道路網・行政区分等がそれに当たる。これに対し、地理的複体の要素のことは、地理的実体 (Geographical Substance) と呼ぶことにする。地理的概念 (正確には後で述べる地理的基本概念) は、地理的実体の集合を指定することにより表現される。

ここで、たとえば都道府県を表わす地理的概念は、市区町村を表わす地理的概念の集合として記述することができる。つまり、前者は後者の上位集合 (Superpart) である。このような上下関係を一般化することにより、地理的概念の集合に階層構造が導入される。ここで、上位階層集合は下位階層集合の集合として定義される。これに対し、地理的実体の集合として定義される地理的概

念は、この階層構造の最下位に位置することになる。これらを特に地理的基本概念と呼ぶ(図5)。ここで述べた階層構造は、地理的実体の階層接続関係により表現される。

情報検索・分析のすべてを地理的概念にもとづいて行なうことで、地理的実体の表現法を見えなくすることができる。これにより他システムとの情報交換に関する要件も満たされる。

すべての地理的概念は、参照名 (Reference Name) により外部識別される。参照名には通常の名称が与えられるべきであろう。これに対しシステム内部では参照名に1対1に対応した内部名 (Geo-code) により識別を行なう。

属性情報に関しては省略するが、これらはすべて地理的概念に属するものとする。

## 10. 地理情報の検索・分析

情報の表現構造を与えたので、次に、この構造に付随する基本操作を考える。これらは、各種演算・データクラス判定・階層間移行操作等より成るが、地理的概念間の集合演算の結果は必ずしも地理的概念になるとは限らないので、矛盾をおこさないように注意しなければならない。

ここで、本事例で求められる機能は何か、という原点に今いちど立ちもどってみよう。情報の表現と基本操作は用意されたのだから、機能を順次、部分問題に分解していくことにより、おのずと分析システムが形づくられるはずである。ここでは、高度に知的な問題解決が要求されるため、計算機による自動処理が不能な部分も出てくるであろう。その場合には、適切なマン・マシン・イ

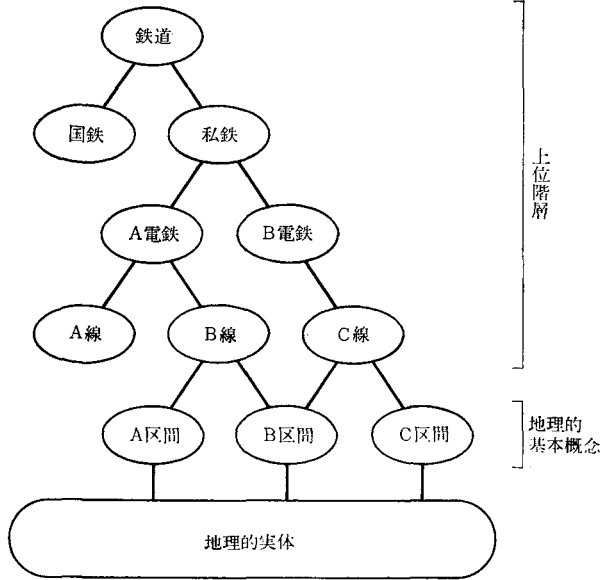


図 5 地理的概念の階層構造例

インターフェイスを与えることにより、人間が介して問題解決をはかることとすればよい。ポイントはあくまでも、適切な部分問題への分割という点であり、各部分問題解決のための道具作りの積み重ねに徹することである、と筆者は考える。

ところで、肝心の結論に至らないうちに、与えられた紙数が残り少なくなってしまった。本文の目的は現状における課題の点検ということで、ご容赦願うことにする。6節で提示した機能については、感覚的ではあるが、(3)までは何とかクリア、(4)は少々怪しく、(5)は未解決、といったところが現状であろう(筆者浅学のせいかも知れない)。

本文では触れなかったが、実際のシステムへのインプリメンテーションに関しても多くの課題を抱えている。地理情報はその情報量が非常に多いので、空間的・時間的計算量をいかにして減らすかについては、大規模データベース技術ともからめ、今後多くの研究が必要であろう。

## 11. おわりに

地理情報システムの課題について、一般論・事例の両面から、非常に駆け足で考えてみた。ハードウェア機器の発達により、地理情報処理の環境は整ってきていることは事実であるが、「特定の分野においては」という修飾語なしでは、実用化の域に達したとはいえないのではないかと、というのが筆者の感想である。今後なおいっそうの研究が待たれる。

いささか焦点の定まらない文章になってしまったことを深くお詫びするとともに、編集者の意図に添わなかったのではないかと怖れる次第である。拙文に対するご批判は甘受するつもりである。忌憚のないご意見をいただければ幸いである。

## 参考文献

- [1] Arthur H. Robinson, Randall D. Sale and Joel L. Morrison: *Elements of Cartography*. John Wiley & Sons, Inc., 1978. (邦訳: 永井信夫: 地図学の基礎. 地図情報センター, 1984)
- [2] 原野秀永, 他: 地理的情報の処理に関する基本アルゴリズム. 日本OR学会報文シリーズ(伊理正夫編), T-83-1, (1983)
- [3] 伊理正夫, 他: 地域情報システムに関する調査研究. 地方自治情報センター, 1980
- [4] 国土地理院地図情報室編: 数値情報の基礎知識, 1983
- [5] 野村正七: 地図投影法. 日本地図センター, 1983