

地理情報システム ATLAS における

地図情報モデルについて

宮本建之, 笠原裕, 宮下敏昭

(日本電気(株) C&Cシステム研究所)

1. はじめに

種々の地図で表現されている地理情報をコンピュータが扱える形式に変換し、コンピュータのもつ大量・高速データ処理機能、フォット・グラフィックディスプレイのもつ表示機能を活用することによって、地図の作成、情報検索、分析・予測と支援することが出来る。地理情報システム "ATLAS" はこれを実現することと目的として開発された。[図4] にこのようなシステムの設計にあたって、重要な問題は、"情報のモデル化" である。即ち、地図が内蔵している地理情報をコンピュータ・リーダブルな情報に変換するための方式・考え方の問題である。ATLAS においては、地図の利用法と分析し、地理情報と扱うための情報の単位を設定し、それらの間の相互関係をつくり出すことにより、地理情報の構造化・モデル化を行った。本論文では、ATLAS の地図モデルとその適用について述べる。

2. 地図情報モデル

地図が内蔵し、人間が読みとっている情報と地理情報と呼ぶことにし、本章では、地理情報のモデル化について述べる。基本的な方法は、情報処理のための基本単位を設定し、それらの間の関係と明確に定義することにより、基本単位の集合に構造をもちこむことである。そして、その構造を用いて可能となる情報検索が、人間の地図の読みとり方の重要な部分をカバーすることを目指す。

2.1 地理要素とその表現

地理要素

地図に記載されている事物、目標物等、地図上に表現されている実体と地理要素と呼ぶことにする。東京駅、東京都庁、国道1号線、東京都等がその例である。地図の利用の一番簡単な基本として、「地図で探す」という動作があるが、この際の目標物のことである。但し、「東京駅付近」とか、「国道1号線沿線一帯」といった、より具体的な、他と区別できないものは、地理要素とは考えない。

地理要素は以下のような性質をもつ。

- (i) 地理情報の処理の基本単位である。
- (ii) 固有の名称をもつ
- (iii) 地図上では、記号等により、表記法が定められている。
- (iv) 固有の意味あるいは属性値をもつ。例えば、東京都の人口、東京駅の乗降客数、道路の車線数等である。

地理要素の導入により、地理情報とは、地理要素の集合のことであるとみなすことになる。

地理要素クラス

次に、地理要素の類別を行う。例えは、地理要素「横波市」「川崎市」と同一グループとみなし、「政令都市」という集まりを考える。このグループのことを、地理要素クラスと呼ぶ。

地理要素クラスの性質は以下の通り。

- (i) 地理要素クラスとは、地図の利用者からみて同一の意味をもつ地理要素の集まりのことであり、固有の名称(普通名詞)を持つ。
- (ii) (i)でいう同一の意味とは、111がよければ、地理要素が同一の属性項目(属性値でなく)を持つということである。

表1. に地理要素(クラス)の例を示す。

地図グラフ

図面としての地図をコンピュータ処理するために、地図を所記線で表現することと考える。まず、全ての地理要素と点、線又は面の11ずれかとみなし、地図に付与するグラフを以下のように作る。

- (i) 1つの実地理要素に1つのノードと対応させる。
- (ii) 1つの線地理要素に1つのアークと対応させる。アークの両端点はノードである。

- (iii) 1つの面地理要素クラスのつくる境界線(例えは市町村境界)と考へ。

ノード: 3つ以上の図の交点又は、島(境界が閉ループ)のときには、境界上の任意の1点

アーク: ノードを結んで11る境界線分

によりノード、アークを作る。

以上の操作により、1つの地理要素クラスに対し、1つのグラフと作る事ができる。これを地図グラフと呼ぶ。自然な形で地図グラフを重ね合せと考へることができ、重ね合わされたものを、地図グラフと呼ぶことにする。

表-1 地理要素と地理要素クラス

地理要素クラス	地理要素	属性項目
市	横波市、川崎市	人口、市議、学校数
国道	1号線、246号線	延長距離、交通量

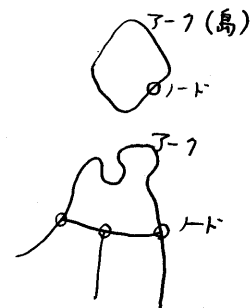


図-1 面と地図グラフ

地図グラフの重ね合せ

地図グラフの重ね合せには、以下の基本的な操作がある。

- (i) 重複ノードの除去

異なる地理要素から導出されたノードが、地図上同じ位置にあるとき、1つのノードと見なす。例えは、道路区画と交差点がこれにあたる。

(ii) 重複アーフの除去

2つのアーフが位置的に同じ場合、1つのアーフとみなす。例えば、川が面の境界となまっている場合。

(iii) アーフの分割

アーフ上の某と新たにノードとみなし、1本のアーフを2本のアーフに分割する。とくに、2本のアーフの交点と新たにノードとすることが出来る。

(iv) 面の分割

2つの面が交わると、上記(iii)の操作により、1つの面と2つ以上の面に分割することが出来る。

以上の操作を適切に行うことにより、地図に存在する地図グラフが作成できる。しかし、上記の操作をどのように行うかは、地図グラフの利用目的に応じて与える必要がある。この問題については、後にふれる。

また、上記の操作により、次のような結果が生じることがある。

- 複数の地理要素が、ノードやアーフと変換する。とくに、矢、線、面が共通のノードやアーフを持つことがある。
- 地理要素に重複には対応を保持しない、即ち、何々の地理要素からは作成されないノードやアーフができる。
- 又、地理要素ではない面(アーフの集り)もできる。

2.2 地理構造

前節までで、地理情報と地理要素の集合としてとらえること、また、地理要素あるいは地図の表現としての地図グラフを導入した。本節では、地理要素間の関係性に注目し、地理要素の集合に構造をもちこむ。この構造のことを地理構造と呼ぶ。表-2に ATLAS の構造をあげる。

位相構造

地図グラフから直ちに導かれる地理要素間の位相的な関係(面の隣接、線の接続、面と線又は線と矢との境界関係)によるものである。(図2-1参照)

位置構造

位相構造と同様に、幾何的な関係であるが、とくにメトリックな関係(距離、方角、包含関係)による構造である。

表2 地理構造

構造名	地理関係名
要素名構造	従属関係
位相構造	隣接, 接続, 境界
位置構造	距離, 方角, 包含

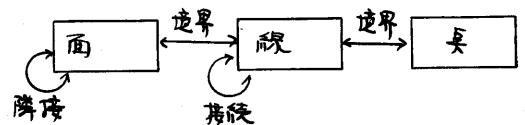


図2-1 位相構造

要素名構造

神奈川県と川崎市 あいには、相模水系と相模川のような関係と従属関係と呼ぶ。この関係は、位置構造の包含関係に似てはいるが、幾何的な性質に重きが置かれてはいない。何故なら、例えば、地図を使わずともこの関係を使うことが多いからである。人口等の統計は、市町村、県、国の順に集計され、また、河川管理は、水系、河川、河川区間という単位で行われる。このように、単に幾何的な意味だけでなく、現実の情報処理の中で大きな意味をもっており、あえて従属関係としてとりあげている。

図 2-2 で示すように従属関係は、地理要素間のネットワークとして表現できる。

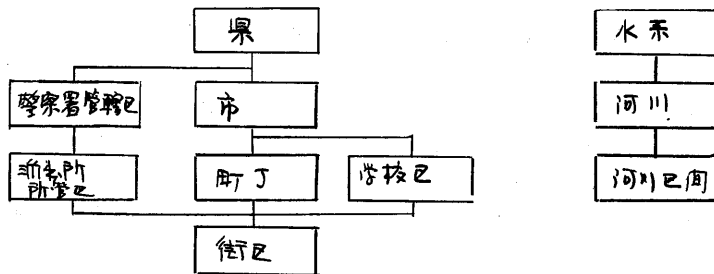


図 2-2 要素名構造

幾何的な構造に於ては、地図グラフあるいは座標系の導入により、地理要素間の関係が計算できるのに対し、本構造においては、関係は人間が決めるべきものである。例えば、市の学区の設定等である。

但し、この構造と地図グラフとの関係で考えてみれば、下位の地理要素に対するノードやエッジを決定されていけば、上位の地理要素のノードやエッジは構成できる。この意味で、従属関係の上位の地理要素を集合地理要素ということがある。

地理構造の用途

地理要素の集合に構造をもつことにより、種々の情報検索への利用が考えられる。特定の地理要素を主眼点として、これまでに与えた関係と対応することにより、目的の地理要素と決定できるからである。例えば、位相構造を用いた道路網の探索や統計処理における集計処理である。従って、地理要素の地理要素クラス及び地理関係により、人間が地図を用いる方法を記述できることになる。地理構造を用いた検索の条件を、地理条件と呼ぶ。

2.3 地理要素の持つ属性

個々の地理要素が持つ情報を以下のように分類する。

- (i) 名称
- (ii) 表示情報
- (iii) 詳細地理情報
- (iv) 幾何属性情報
- (v) 統計/数値情報

名称

地理要素のもつ名前のことである。

表示情報

地図上に地理要素を描くときに用いる情報である。地理要素を描くときに、地図グラフのノード、アークだけでなく、記号表示や詳細な図形表示するときに用いる。例えば、小学校を表示するときに記号「文」あるいは、校舎の形状と示す図形データを用いる場合である。

詳細地理情報

地理要素のより詳細な地理情報であり、単に表示の考ではないことで、表示情報と区別される。例えば、地理要素「道路区間」に対し、道路区間上にある「道路交通標識」、「街区」に対する街区内の「空地」等を考えられる。勿論、「道路交通標識」や「空地」自体も地理要素として扱ってもよい訳であるが、利用形態からいって、独立の地理要素とせず、従属関係で上位の地理要素の付随情報として扱う方が便利るときに用いる。

幾何属性情報

面の外周長、面積、線の長さ等のように、地図グラフから計算可能な数値データのことである。

統計/数値情報

市の人口等の統計情報や、地理要素の固有の属性を示す数値/コード化データなどである。

以上の種々の情報と地理要素と関連づけておくことで、更に情報検索のゆとりがくることが出来る。例えば、統計条件と地理条件と並用することにより、以下の様な情報検索が可能になる。

- (i) 神奈川県で、男人口 > 女人口である市町村は？
- (ii) 国道1号線を通る（包含関係）市町村で、人口 > 10万人であるものは？

2.4 メッシュの導入

メッシュ方式は、国勢調査や車庫前統計にも既に用いられ、地理情報の1つの処理方式として定着している。この為に、メッシュの長所を生かし、メッシュデータを有効利用するため、地理構造中にとり込むことは重要である。以下の方法による。

- (i) メッシュと地理要素とをみなす :

1つのメッシュ(グリッド)と1つの地理要素とをみなす。但し、メッシュ境界は、アークとして扱わない。従って、メッシュ自体は、面であるが、其地理要素のごとく扱う。

- (ii) メッシュと座標系のリンク

地図グラフのメトリックな性質には、座標系の導入が必要である。メッシュは、本来座標系の導入と同じと考えてよく、ノードやアークの位置と各座

標系とメッシュのそれと一致させる（又は、変換アルゴリズムと決定する）ことが出来る。これにより、地理要素間の位置関係とメッシュと媒介とすることが出来る。勿論この場合には、メッシュの大きさによる誤差を認めなければならぬ。例えば、同一のメッシュを包含する地理要素は、其面部分を共有とみなすことによる（図3）。

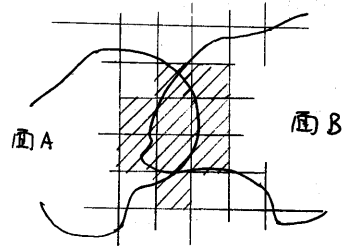


図3. 面を包含関係のメッシュ近似

3. モデルの適用

これまで述べてきたモデルの適用についての問題点を注意点について述べる。

3.1 地理要素の定義について

「他に区別できる地図上の目標」と地理要素の条件としたが、実は十分ではない。建物や等地も地理要素とみなすか否かは、ユーザの利用目的によりケース・バイ・ケースと言わねばならない。特定の目標を地理要素と考えるか否かは、同時に、如何なる地理関係を持つ地理要素であるかを考慮しなければならない。他の地理要素との関係が比較的に少ないときには、2.3で述べたように、詳細地理要素として扱った方がよい場合もある。このように、実際のアプリケーションに即して考えることが大切である。

しかし、汎用性のある国土地本図（1/50万、1/2.5万地形図）のように、地図の縮尺を一定にした場合、それに対応する地理要素クラスは設定することが出来る。この場合は、地図の凡例に従って、設定することが出来る。更にこの議論を押し進めれば、現在の地図体系毎に、地図情報モデルを設定し、各の地図に代替するコンピュータ・リーダブルな地図と想定できる。例えば、米国のGBF/DIMEがそれに当る。

3.2 地理情報の正当性/自動作成

2次元の情報である地図と、以上の情報モデルに従ったデータに作り変えることは、大変な作業量を要する。特に、地図グラフへの変換と誤りなく行うことは、重要であるが、膨大な作業となる。デジタル化、スキャナ等の図形入力装置を前提にしても、人手による以外のデータ正当性チェックの手段を用意することが望ましい。決して十分な方法でもないが、以下のようなチェック手法は、必要である。

(i) デジタル化の誤差の修正

座標系を転入し、地図グラフをデジタル情報化するとき、人手による誤差を修正する必要がある。とくに、異なる時点でデジタル化するとき、同一点と同一の座標値とすることの配慮が必要である。このことは、図面としての地図の継ぎ合わせのときにも必要となる。

(ii) データの抜け落ちのチェック

ディジタル化を用いるときには、特に重要である。人間の目視のみに頼らず、ある程度自動的にチェックする手段、例えば、面の面積の和とみて、面の抜き落としがないか否かと調べる等の手段が必要となる。

(iii) 位相構造によるチェック

(ii)に関連するが、位相的に不具合なデータがないかどうかのチェックである。例えば、面として、閉じているが、面+隣接定義中に孤立ノードがないか等である。位相構造のチェック、グラフの平面性のチェック等既にDLGリズムも提案されている。

3.3 インプリメンテーション

種々の情報検索を可能とするため、前節までのモデルと実現する場合に配慮すべき点について述べる。

(i) 利用性のあるシステム

既に述べたように、ユーザの利用目的によって、ユーザが利用する地理構造/システム内に実現すべき地理構造は、異なる。従って、ソフトウェアシステムとしては、ユーザ毎に、地理要素クラスや地理構造が定義でき、かつ、ソフトウェアとしては、同じであるという汎用性をもつことが重要となる。

(ii) 使い易いシステム

地理要素、地理要素クラス、地理関係、属性項目を用いて、人間が地図と幾何操作と情報検索条件として記述できることと述べたが(2.3)実際にこれを実現するための道具・マンマシンインタフェースが必要である。その為の言語系やグラフィックディスプレイ等を用いた操作方法と準備することが重要となる。

(iii) 地理構造の実現/属性との関係の実現

モデルでの地理関係と如何に実現するかということである。これには、データベース管理システムを用いることもできるが、検索効率をあげることは、実はデータの更新と大変にすることにもつながる。このことは、ソフトウェア作成上の問題だけでなく、システムの運用時の問題にもなる。即ち、地理要素等地図的な情報と、統計等の情報では、現実には、作成・維持する組織・部門が異なることが多く、必ずしも連携をとって行う訳ではない。従って、情報の種類により、独立に随時更新できるシステムが望ましい。

4. おわりに

本論では、地図の持つ地理情報とコンピュータシステム内に実現し、人間が地図と読みとるのと同程度のことを情報検索できるようにするための情報モデルについて述べた。それは、次のような特徴をもっている。

(i) 情報の基本単位として、地理要素の概念を導入し、検索と実現するために、地理構造を導入してゐる。

(ii) 地理要素とコンピュータ内にデジタルデータとして実現するために、地図グラフ概念ととり入れ、地理構造との関係について整理してゐる。

(iii) 地理要素のもつ属性データを分類してゐる。

更に、モデルの適用時の問題、インフォリメント時の問題について述べてゐる。最後に、このモデルと適用時の考えに沿って、地理情報システム ATLAS を開発し、現在、種々のアプリケーションに就いて実験中であることと報告する。

謝辞 本研究に関し、多くの援助とともに、有益な意見を致した日本電気の C&C システム研究所・応用システム研究部 三上徹部長、難波田豊博氏、及び ATLAS 開発チームのメンバーに深く感謝の意を表します。

文献

- [1] Brassel, K.E., Utano, J.J. and Harison, P.O. "The Crime Mapping System : A Design Strategy for the Display and Analysis of Spatially Referenced Crime Data" Proc. SIGGRAPH '77, 1977
- [2] 陸奥他 "地域情報の構造 - データベース化を前提に" 計測自動制御学会 第18回, SICE 学術講演会, 1979
- [3] Silver, J. "GBF/DIME SYSTEM --- An Overview" Harvard Papers on Geographic Information Systems Vol. II, 1978
- [4] Tsurutani et al. "ATLAS : Geographic Database System - Data Structures and Language Design for Geographic Information" Proc. SIGGRAPH '80, 1980
- [5] Tuerke, K. "A System for Interactive Acquisition and Administration of Geometric Data for Thematic Map Production" PROC. SIGGRAPH '76, 1976