

## ジオデータベースにおけるデータモデルについて<sup>1</sup>

### An Introduction to data model of geodatabase

蒋 湧

愛知大学 経済学部

#### 1. はじめに

人ははるか昔から自分の住む世界を知りたいと思いつけてきた。紀元前 2000 年ころ、バビロニアや中国で全ての知識を一望に表わそうとして世界図が作られるようになった[1]。関心のある事物だけを記号に抽象化して描き、古人が発明した地図の基本作法は今でも受け継がれている。

一方、近年 IT 技術が飛躍的に発展することに伴い、伝統的な紙地図はデジタル化に進化しつつある。その進化は決して媒体だけの進化ではない。デジタル化された地図は情報システムと融合され、「位置を示す」という伝統的な地図の役割を超え、位置を通して「情報」を視覚的に、総合的に表示する段階まで進化した。Geographic Information System (略 GIS)、日本語で「地理情報システム」はデジタル地図と情報システムの統合であり、文字通り、GIS は単なるデジタル化された地図ではなく、GIS は地図と連動した総合情報システムである。

伝統的な紙地図と比べ、GIS はどのような魅力を持っているか? 筆者は、情報の表現力、総合力と分析力の 3 つの側面から GIS の特徴をまとめてみる。

#### GIS の情報表現力

地図は何らかの形で地球上の物事を表示している。印刷物としての紙地図は静的な表現力を持っているに対し、GIS はダイナミックな表現力を有する。通常一枚の紙地図に、固定された縮尺により地物を表現するが、GIS には地図の縮尺を自由に変更できる。また縮尺に合わせた地物の標記も可能である。例えば、小さい縮尺で全国範囲の地図を表示する場合、各々の市町村道路の表示は省略されるが、一旦縮尺が拡大され、市町村範囲の地図に変わったとき、道路が自動的に標示されることになる。

紙地図は当然単一の媒体(紙)で情報を表現するが、GIS はマルチメディア技術を駆使した情報表現力を持っている。写真や動画などを使った災害時状況マップは GIS の応用例の一つである。

通常、1 つの地物を紙地図に標記するために、測定から標記まで複数の作業が欠かせない。Remote Sensing 技術を駆使した次世代の GIS は空間対象を自動的に感知し、即時に地図上表現することができる[2]。

<sup>1</sup> 本研究の活動において、2004 年度から 2005 年度まで愛知大学の研究助成を受けている。

## GISの情報総合力

日常生活で我々はいろいろな地図と触れ合っている。通常一枚の紙地図には一つのテーマがある。旅に観光マップ、運転に道路地図、避難に防災マップ、人々は状況によって適切に地図を使い分けしている。GISは情報データベースと連携し、地図上の「位置」に様々な情報を付随させている。そのためGISの地図に複数のテーマを持つことができ、情報を総合的に表現することで新しい可能性が現れてくる。例えば、地域マップに人口の構成、所得の分布と商店の配置などの情報を加え、GISは商圈分析や新規顧客開拓などのエリアマーケティングに応用され、大きなビジネスチャンスをつかむことができる。

## GISの情報分析力

伝統的な紙地図と違い、GISには高度な数理計算機能が組み込まれていて、強力な情報分析の能力を持っている。通常、標準ツールとして、GISには統計分析やジオメトリックネットワーク分析などの機能が搭載されている。GISをカスタマイズすれば<sup>2</sup>、在庫管理モデルや流通管理モデルなど、様々な数理解析モデルと連携し、特別な用途に合わせたシステム開発が行える。その意味で、GISはすでに伝統的な紙地図の範囲をはるかに超え、情報の「表現」、「統合」と「分析」を一体化にした意思決定システムになりつつある。例えば流通業界では、GISとGPS(全地球測位システム)を組み合わせた物流管理システムを開発することにより、物流が最適なタイミングで、最適な運送量を最適な経路で行われ、大きな経済効果をもたらしている。

本文では、GISの基本を解説し、ESRI社のArc製品を用いたジオデータベースのシステムアーキテクチャとジオデータベースにおけるデータモデルを紹介する。本文は次のように構成される。第2章では、GISの基本知識として、GISの表現方法およびGISシステムにおける設計、実装と運営の概要を紹介する。第3章には、ジオデータベースにおけるデータモデルの詳細を解説する。最後の第4章では、Geodatabaseの未来像を展望しながら、愛知大学としての取り組みを紹介する。

## 2. GISの基本

我々は実に多彩な世界に生きている。この多彩な世界は、自然景観から、地域歴史から、民俗文化から、人々の生活から、様々な側面から表現できる。また、我々は万物な世界に生きていることも確かである。地物の一つとされる「川」だけでも、その形や長さや流域など、数え切れないほど存在している。GISはどのように実世界の「多彩さ」と「博大さ」を表現するか?これらの問題を触れながら、本章ではGISの基本を紹介していく。

---

<sup>2</sup> ESRI社のArc製品の場合、ArcInfoのフィーチャオブジェクトにおけるカスタマイズのことである。

## 2.1 主題レイヤ

GISは主題により様々な情報を分類し、通常一つの主題を一枚の主題レイヤ (Thematic Layer) で表示している (図1)。GISの地図は複数の主題レイヤにより構成されている。つまり、Photoshopなどの画像処理ソフトウェアと同様に、一枚一枚独立な主題レイヤを、上から下へ重ね合わせて、「合成写真」のような地図を構成している。

例えば、図1に示された行政地図[3]には6つの主題レイヤが使われている。底のレイヤは地形を表す地形写真 (Orthophoto) レイヤがあり、その上には土地区画 (Parcel Framework) レイヤを覆っている。さらに上には、土地所有・税制区画 (Ownership and Tax Parcels) レイヤや住所や土地利用 (Site address and land usage) などのレイヤがあり、最上層では行政区 (Administrative area) レイヤをカーブしている。このように、複数の主題レイヤを重ねあわせることで、より幅広い情報を総合的に表現できるようになった。

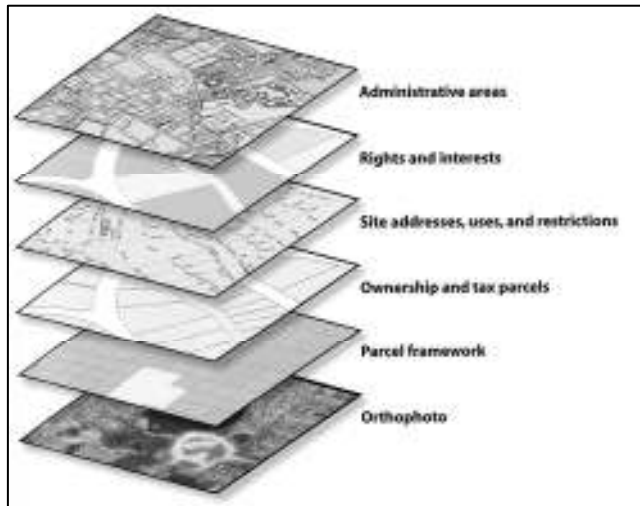


図1 GISの地図は複数の主題レイヤにより構成される

## 2.2 構成レイヤ

次に、各々の主題レイヤの内部構成を確認してみよう。通常、主題レイヤは複数の構成レイヤで構成されている。例えば、図2の航空経路の主題レイヤは、都市 (Cities)、航空経路 (Flight Paths) と国 (Counties)、三つの構成レイヤで構成されている。それぞれの構成レイヤは同じ地理範囲に位置し、類似の地物 (Geographic Object) を同じ手法で表現している。例えば、都市構成レイヤでは、「都市」のみを対象にし、各々の都市を点 (Point) の手法で抽象表現している。また、「航空経路」と「国」レイヤは経路と国を対象に、それぞれ線 (Line) と面 (Polygon) で抽象表現している。三つの構成レ

レイヤは同じ範囲に位置しているのに、構成レイヤ同士が重なるときの、経路都市（点）が航空経路（線）から外れるような現象を防げる。

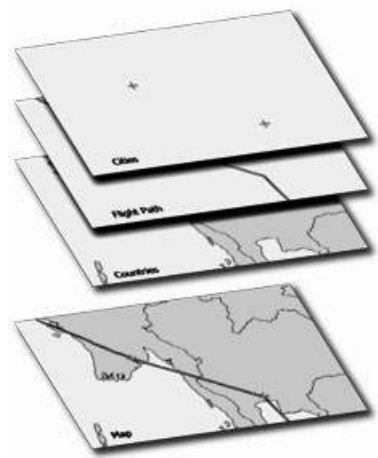


図2 一つの主題レイヤは複数の構成レイヤにより構成される

対象地物の種類により、構成レイヤはいくつかのタイプに分けることができる。そのうちもっともよく使われているのはベクトルモデルを用いて離散的な地物を表現するための構成レイヤ、とラスターモデルを用いて連続諧調画像（背景図など）を表現する構成レイヤである。構成レイヤの設計、とそれに関わるデータモデルの詳細について、第3章で述べる。

### 2.3 GIS システムの設計、実装と運営

今まで説明した主題レイヤと構成レイヤを含むGISの仕組みは、設計、実装と運営の段階を踏まえ、コンピュータに実現することができる。設計、実装と運営に関わるデータモデルのパターン、実装ファイルの形式とシステムのアーキテクチャなどはGISシステムの利用形態に依存している（図3）。

個人ベースで利用するGISの構築に、File-based データモデルを設ける必要がある。空間データはファイル形式で実装し、GISシステムは一台のパソコンの上で動かすことができる。その場合、不特定多数のユーザーが同時にGISを利用することはできない。一方、グループユーザーが利用できるGISのデータ構造は、Geodatabase データモデルにより設計されている。空間データはデータベース形式で実装し、システムアーキテクチャとして Server-Client のシステム構造が採用される。その場合、不特定多数のユーザーはネットワークを経由し同時にGISを利用することができる（図3）。

インターネットやデータベース技術が飛躍的発展している今日、WebGIS と呼ばれるインターネットを経由したGISシステムは急速に普及しつつある。ウェブブラウザを利用し、ホームページ上でGISを操作できるのは最大のメリットである。WebGISはWeb Application の一例であり、通常Web Server、Application Server と Database Server により三階層のシステムアーキテクチャを採用している。図4は

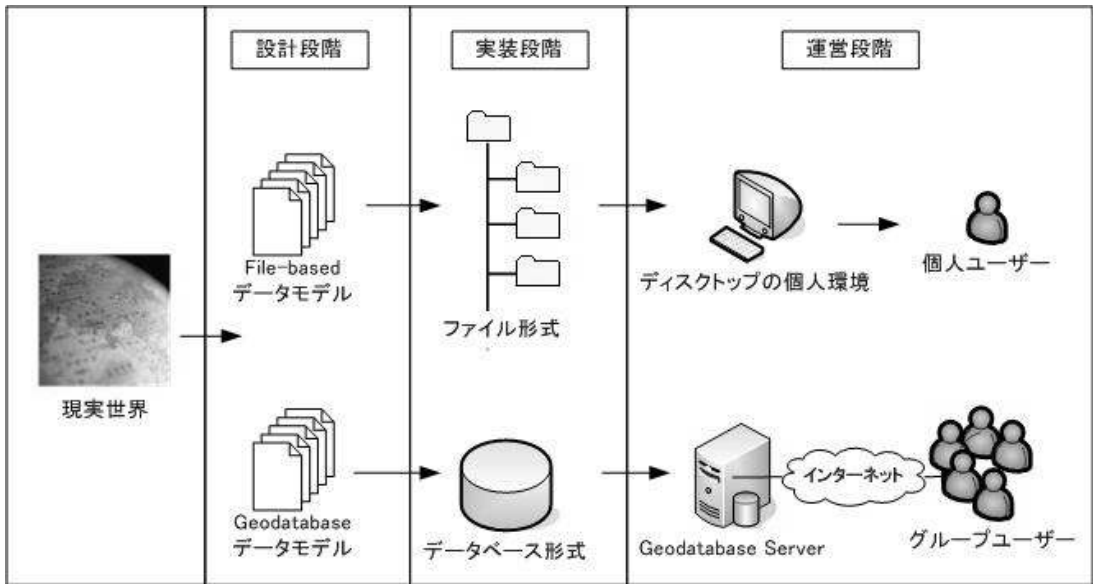


図3 GISシステムの設計、実装と運営過程

ESRI社のArc製品で構成したWebGISシステム構造を示したものである。

インターネットを経由し、ユーザーはWeb Serverから空間情報を受け取っている。Web Serverはマップを含めた空間情報を発信している。中間層のApplication Serverには、ArcIMS (Arc Internet Map

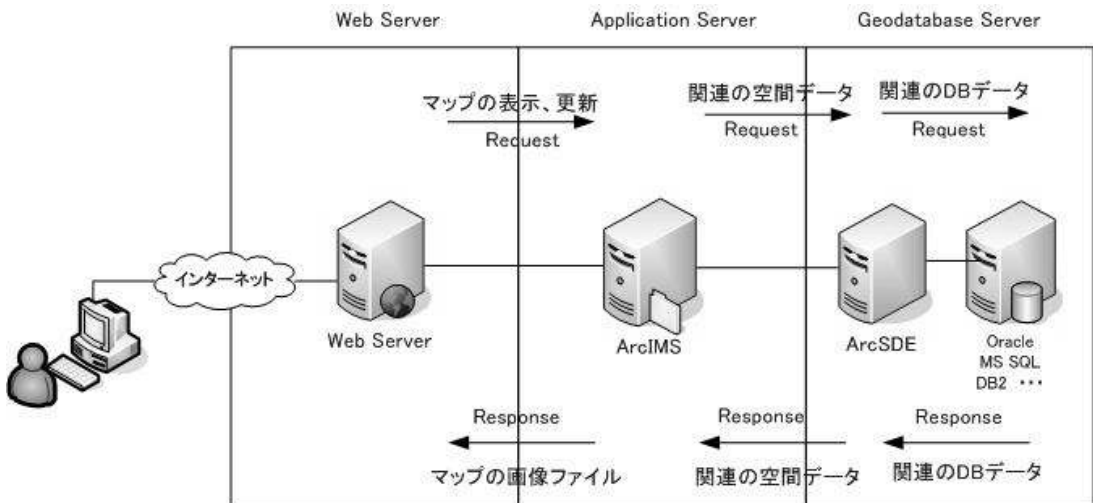


図4 ESRI社のArc製品で構成したWebGISシステムの構造

Server) サーバーが置かれ、必要に応じてマップを作成し続けている。裏には Geodatabase Server 階層があり、マップ作成に必要な空間データを提供している。Geodatabase Server 階層は、ArcSDE (Arc Spatial Database Engine) サーバーと汎用のデータベースサーバーで構成されている。

WebGIS のマップは次のような過程で作り出している。ユーザーはマウスで Web 上のマップを動かすとき、操作によって生じる Request、例えばマップの拡大表示や更新などの Request が第2層の ArcIMS に送られる。ArcIMS はマップサーバーの役割を果たしている。Web Server から受け取った Request に応じて、ArcIMS は第3層の Geodatabase Server から必要なデータを取得し、マップを作成する。完成したマップはイメージファイルの形で、第1層の Web Server に送る。

一方、ArcIMS と Geodatabase Server 間の問い合わせは、空間データモデルを基準に行われる。例えば、マップに川を描くときに、川を表現するフィーチャのデータが必要になる。フィーチャは多辺形 (Polygon) で川を抽象する場合、ArcIMS は「川の多辺形 (Polygon) データを参照したい」と、Geodatabase Server に問い掛ける。通常、汎用データベースの DBMS には空間データの解析機能は搭載していないため、Polygon 型のデータ処理はできない。そのため、ArcIMS の問い合わせは、まず ArcSDE を経由し、Polygon 型のデータを汎用データベースのデータ型に書き換え、必要な元データ (座標データ) の読み取りや書き換えを行う。ArcSDE は空間データベースの「インターフェース」として、多種類の汎用型データベースとの接続は可能である。その結果、様々な汎用データベースの相違は ArcSDE の使用により吸収されることになる。

第1層の Web Server と第2層の ArcIMS の間には、HTML や JavaScript などのレベルで交信している。それに対し第2層の ArcIMS と第3層の ArcSDE の間は、ジオデータベースのデータモデルのレベルでやり取りをしている。WebGIS コンテンツの開発は、ジオデータベースにおけるデータモデルの設計から始まる。データモデルの実装は ArcSDE を経由して行われ、空間データは自動的に汎用データベースに格納される。最後には、ArcIMS からマップサービスを作成し、Web Server に向けサービスを提供する。

次の章では、WebGIS の設計に欠かせないジオデータベースにおけるデータモデルの構造について解説する。

### 3. ジオデータベースのデータモデル

第2章では GIS のマップはレイヤにより構成されていることを説明した。主題レイヤには複数の構成レイヤがある。構成レイヤごとに、マップを構成する空間データやドキュメントなどを持たせ、データベースに格納している。ジオデータベースのデータモデルは、構成レイヤの構造や各構成レイヤ間の関連などを詳細に定めるモデルである。

まず、データモデルの基本要素である地物フィーチャ (Geographic Feature) を紹介する。

### 3.1 地物フィーチャ

構成レイヤは地理的に同じ範囲に位置した類似の地物を同じ手法で表現している。例えば、図2の Countries 構成レイヤでは、各々の国（地物）を多辺形（表現手法）で表現している。ここに、各々の地物（国）は、一つ一つの地物フィーチャ（簡単にフィーチャと呼ぶ）として抽象化し、地物を持つすべての情報をフィーチャデータとして保持している。その意味で、構成レイヤはフィーチャで構成されている。

図5にはフィーチャの構図を示している。フィーチャは空間オブジェクト (Spatial Object) であり、内部構造として ObjectID、形状 (Shape)、属性 (Attribute) と振る舞い (Behavior)、4つの要素を持っている。

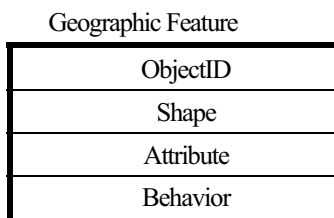


図5 フィーチャの構図

次には、上述の4つの要素を含め、フィーチャの特性を解説する。

#### 3.1.1 フィーチャにはIDがある

ジオデータベースにおいて、フィーチャを一意的に識別する必要がある。そのため、各々のフィーチャに独自のIDを持たせている。通常 ObjectID の番号はGISシステムから自動的に振りつけられている。

#### 3.1.2 フィーチャには形状がある

空間オブジェクトとして、フィーチャは実世界の様々な地物を簡素な手法で抽象表現する必要がある。そのため、フィーチャは「形状」と「位置」で地物の空間特性を定める。地物の空間特性は空間データの形で記述され、フィーチャの形状 (Shape) としてジオデータベースに格納される。

また、地物の存在形態により、GISにはベクトル(Vector)モデルまたはラスタ(Raster)モデルを使って、実世界の地物を簡素化し、表現する。例えば、国、都市、河川、道路、建造物などの離散的に存在する地物はベクトルモデルを使って抽象表現し、一方標高、水深、気温など連続的に変化する地物（或いは諧調画像）はラスタモデルを利用して表現している。

ベクトルモデルでは、点 (point)、線 (Line)、面(Polygon)、3つの基本形状で地物を表現する。形状の位置を定めるには座標値 (x,y) が欠かせない。単独の Point 或いは複数 Multi-points で地物を表現する場合、それぞれ座標値 (x,y)、或いは複数の座標値で位置を決める。線は開始点と終止点、2つの

点で表すことができる。さらに面は複数の線の組み合わせで表現される（図6）。

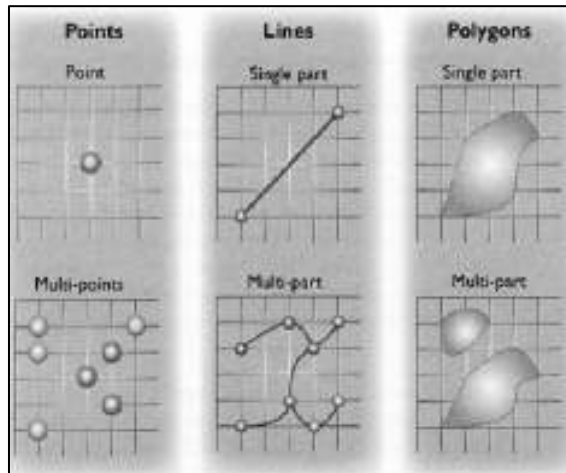


図6 フィーチャの形状表現:ベクトルモデル

地図の縮尺に合わせ、地物の表現手法を替えることはできる。例えば、広範囲マップにある建造物は Point で表現するが、縮尺の拡大に連れ、ローカル範囲のマップで建造物を拡大表示する場合、表現手法は自動的に Point から Polygon へ切り替えることができる。

一方、ラスタモデルでは、諧調画像を無数のセルで表現している。すべて同サイズ、正方形のセルに座標値 (x,y) と対応する属性値（例えば、標高値や水深値や気温など）が与えている。画像処理の解像度と同じように、セルのサイズをより細かくすればするほど、ラスタモデルの表示精度が上がる（図7）。

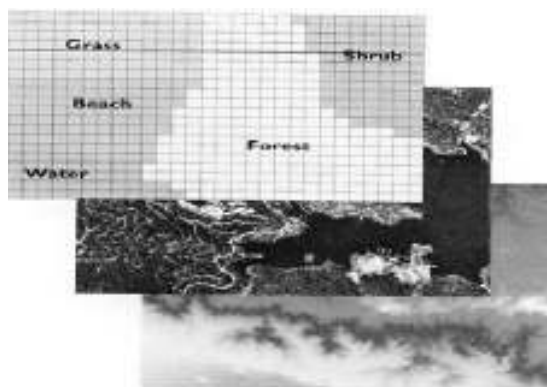


図7 フィーチャの形状表現:ラスタモデル



### 3.1.3 フィーチャには地理参照がある

フィーチャの形状は経度緯度座標系における座標  $x$  と  $y$  により定める。座標値  $(x,y)$  はフィーチャの空間データとして格納している。しかし、地球の表面はほぼ球状であり、マップ平面上の  $(x,y)$  座標値と球面上の経度緯度座標系を対応させるために、以下の地理参照の設定が必要である[4]。

- (1) マップの投影法とそのパラメータ定義に関わる座標系の設定
- (2) マップ全体における座標値範囲に関わる空間ドメインの設定
- (3) マップ単位に対応する整数単位の数と座標の精度に関わるスケールの設定

### 3.1.4 フィーチャには属性がある

フィーチャの属性 (Attribute) には、地物の特性を記述することができる。地物の特性は広範囲にわたって存在するが、主に地理系、非地理系に分けられる。例えば、国を表すフィーチャの場合、国の位置、国土面積、国境線長などは地理系上の属性であり、一方、人口、人種、言語などは非地理系の属性に当たる。

通常、一つのフィーチャに対し、地理系の属性は一意的に保持しているが、非地理系の属性は複数もつ可能性がある。前例の国の場合、位置や国土面積や国境線などの属性値は一意的に持っているに対し、人種や言語や文化などに複数の属性値 (内容) を保持していることはあり得る。このようなフィーチャオブジェクトとその属性値の間に生じる一対一 (唯一)、或いは一対多 (複数) の関係は、ジオデータベースにおけるリレーションシップの設計で解決することができる。

### 3.1.5 フィーチャの属性に制約を課すことができる

収集したデータの精確性を向上するために、フィーチャの各属性に属性ドメインを割り当てることができる。属性ドメインとは、数値の範囲または有効な値のリストであり、フィーチャごとに設定するか、或いはデフォルト値ですべてのフィーチャに指定するか、いくつかの設定方法がある。例えば、高速道路の車線数について、デフォルトでは 10 車線数を限界として設定し、必要な場合個別に変更することも可能である

### 3.1.6 フィーチャはフィーチャクラスでまとめる

構成レイヤはフィーチャの集まりで構成されているが、これらのフィーチャの集合はフィーチャクラス (Feature Class) と呼ぶ。表 1 には、GIS 論理設計上のエレメントとジオデータベース実装上エレメントをリストされ、その関連性を示している。一つのフィーチャクラスは一つの属性テーブルに対応し、フィーチャクラスに保持しているデータは、物理的に属性テーブルに格納している。そのとき、一つのフィーチャは、属性テーブルの 1 行 (或いはレコード) に対応し、フィーチャに保持しているデータは、物理的に属性テーブルの 1 行に格納している。フィーチャの各属性は、属性テーブルの列 (或いはフィールド) と対応している。

表1 論理エレメントとデータベースエレメントの対応

論理エレメント	データベースエレメント
オブジェクト	行、レコード
属性	列、フィールド
クラス	表

属性テーブルには、あらかじめ2つのフィールド、OBJECTID と Shape フィールドが定義されている。これら2つのフィールドは、フィーチャに保持している空間データを格納するために欠かせないものである。テーブルの前半に地理系の属性が置かれ、対応するフィーチャの空間データを格納している。後半には非地理系の属性があり、関連するフィーチャの非空間データを格納している。非地理系の属性はユーザー自ら定義することができる。

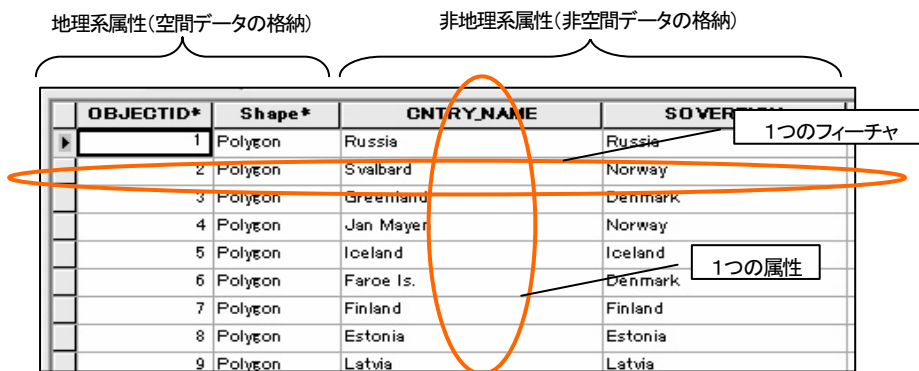


図8 フィーチャクラスの属性テーブル

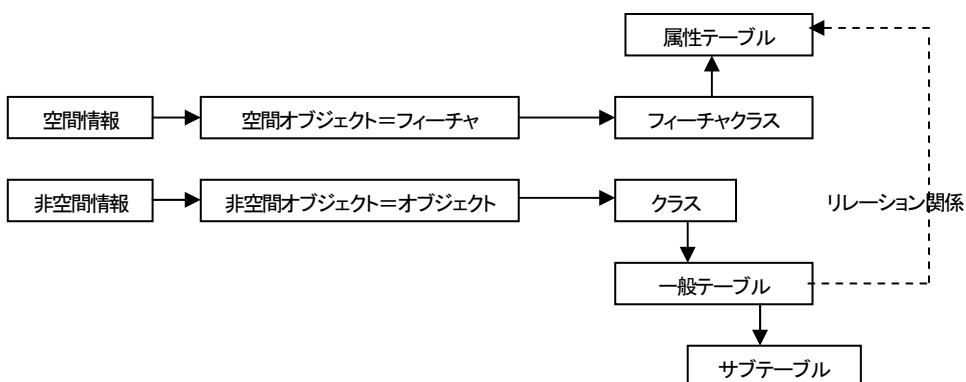


図9 空間情報と非空間情報におけるデータ格納先

一方、非地理系属性について、フィーチャにとって一意的な属性と非一意的な属性がある。通常、一意的な非地理系の属性は、図8のように属性テーブルの後半に付随するが、非一意的な非地理系の属性は、一般テーブルに格納し、リレーションシップにより属性テーブルと関連を付ける（図9）。

### 3.1.7 フィーチャはサブタイプに分けられる

フィーチャクラスとは同質なフィーチャの集合体であるが、現実にはフィーチャ間に大きな差がある。例えば、道路のフィーチャクラスを考える場合、高速道路、国道、県道、市町村道などはすべて含まれているが、実際に道路の形態や運営体制など大きな差がある。

この問題を解決するに当たって、フィーチャクラス自体を細分することも考えられるが、膨大なフィーチャクラスの数、データベースやシステムに過剰な負荷をかけることになりかねない。そのため、導入したのはサブタイプという考え方である。図10のように、フィーチャクラスのタイプフィールドと外部に置かれるサブタイプテーブルの構造で、システムの負荷を配慮しつつ、フィーチャの特質に生かした制御も簡単に実現される。

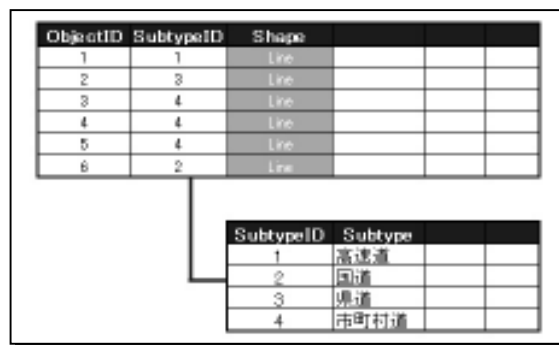


図10 フィーチャクラスのサブタイプ

### 3.1.8 フィーチャにはリレーションシップがある

地理上の各々の地物は孤立に存在しているわけではない、何らかの形で周りの地物や、その他の物事に関連を持っているはずである。例えば、土地の上に建造物があり、その建造物に住んでいる人がいると考えているとき、「所有権」をめぐって「土地」、「建造物」と「人」の間に何らかの関係がある。

フィーチャのリレーションシップは、

1. 空間オブジェクト間のリレーションシップ、
2. 非空間オブジェクト間のリレーションシップ、
3. 空間オブジェクトと非空間オブジェクト間のリレーションシップ、

の3つに分けることができる。例えば、一つのフィーチャが複数のフィーチャと隣接している場合、共通の境界線を共有するための空間リレーションシップが生じる。また、一つのフィーチャが他のフィーチャの中に含まれている場合、このフィーチャの境界線が含まれるフィーチャの境界線の外に踏

出さないようなリレーション関係が生じる。これらの空間オブジェクト間のリレーションシップは、トポロジカルリレーションシップ (Topological Relationship) と呼ぶ。ArcMap 利用する場合、Topological Relationship は自動的に管理されている。

一方、所有者と建造物のような関係は、空間オブジェクトと非空間オブジェクト間のリレーションシップになる。空間オブジェクトと非空間オブジェクトの間に一对一の関連を持つ場合、リレーションシップはフィーチャ属性テーブルに格納できるが、一对多の関連を持つ場合、リレーションシップはリレーションシップテーブルに格納される。

非空間オブジェクト間のリレーションシップは、すべてリレーションシップテーブルに格納される。例えば、所有者の職業や所有者の親族など、幅広い関連性が考えられる。フィーチャにリレーションシップを導入することで、マップ上の地物に地理系情報だけではなく、非地理系情報も付随することになる。

### 3.1.9 フィーチャは複雑な振る舞いを取りえる

フィーチャの単純な振る舞いを実装するには、フィーチャタイプとトポロジカル・アソシエーションを選択し、リレーションシップを設定し、属性ドメインを割り当て、整合性ルールを指定する。

フィーチャにさらに複雑な振る舞いを実装するには、標準フィーチャを拡張して、カスタムフィーチャ用のプログラムコードを記述することができる。例えば、川の流域をオブジェクトと考える場合、周辺の環境 (雨量、風力、標高など) の変化に連れ、川の振る舞い (水位、水流など) が変り、川氾濫の範囲を計算する数理モデルとリンクし、マップ上に反映することは可能である。このようにカスタムフィーチャを利用し、独自の編集操作や固有の解析機能などを載り込むことで、実世界に近い状態でモデリングすることができる。

## 3.2 ジオデータベースモデルの基本要素

前章で説明したように、地理フィーチャはトポロジ、地理参照、リレーションシップなどを伴う多様な状況の下で存在している。そのため、ジオデータベースを設計するとき、以下の基本要素を含め、様々な要因を総合的に配慮する必要がある[12]。

- フィーチャデータセット (Feature datasets)
- サブタイプ (Subtypes)
- リレーションシップ (Relationships)
- トポロジ Topology
- ネットワーク (Networks)
- サーベイデータ (Survey data)
- ラスタデータ (Raster data)
- 標記と注釈 (Labeling and annotation)
- 分類とドメイン Classifications and domains

図 11 には、複数の要素により構成されたジオデータベースモデルのイメージを表している[12]。まず、フィーチャデータセットはジオデータベースモデルに特別な役割を果たしている。複数のフィーチャクラス同士が、お互いに深い関連を持っているとき、同じ器に置くことは重要である。その器はフィーチャデータセットである。以下3つのケースにおいて、フィーチャデータセットを導入する必要がある[4]。

1. フィーチャクラス同士の間、平面トポロジによるトポロジカルリレーションシップまたはジオメトリックネットワークがある場合、それらのフィーチャクラスを共通のフィーチャデータセット内に置くことが必要である。
2. 一連のフィーチャクラスに関して共通の地理参照を適用したい場合、それらのフィーチャクラスを共通のフィーチャデータセット内に存在することが必要である。
3. 主題的に関連性のあるクラスをフィーチャデータセット内で自由にまとめることもできる。

フィーチャデータセットに含まれるすべてのフィーチャクラスは、統一した地理参照に設定することは絶対条件になる。

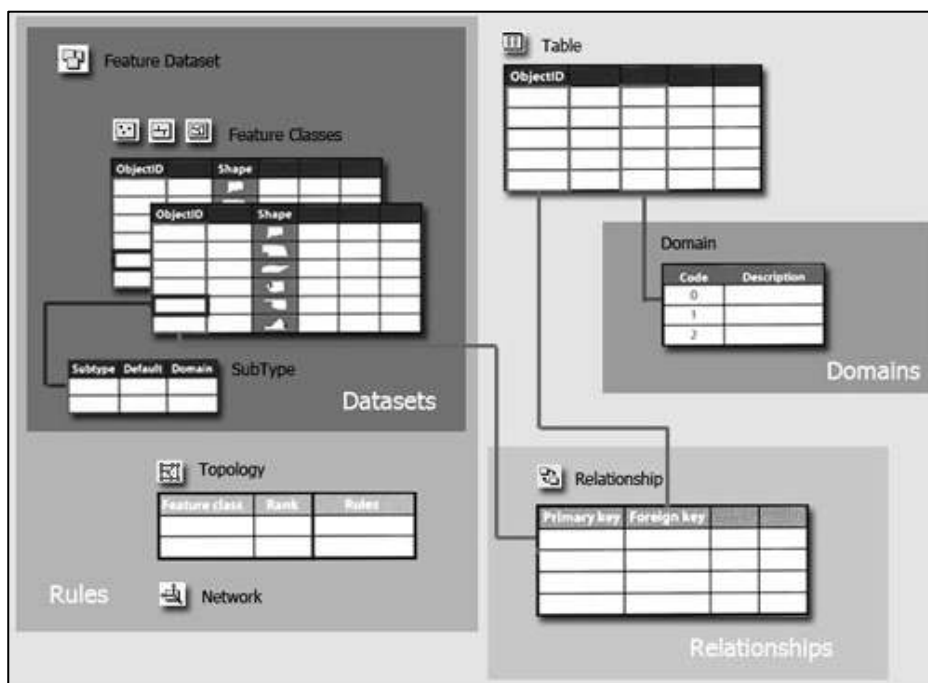


図 11 ジオデータベースモデルのイメージ

フィーチャクラスに多種類のフィーチャが存在する場合、サブタイプを導入することができる。その結果、フィーチャタイプによる様々な制御が可能になり、より豊かな表現力と操作性が生み出せる。

また、フィーチャクラスに多様な非地理系の情報を付随したい場合、リレーションシップを定義する必要がある。リレーションシップは架け橋のように、フィーチャデータセットの内部とその外部世界のデータベーステーブルを繋げることで、マップを経由した広範囲の情報検索は可能になる。

一方、フィーチャデータセット内部において、フィーチャクラス同士のトポロジカルリレーションシップ、つまり、空間オブジェクト間の整合性についてはトポロジクラスが制御している。

さらに、フィーチャクラスにルールなどを設定し、最短経路や周辺地域などの検証や解析を行う場合、フィーチャジオメトリックネットワークを格納することができる。

このように複数の要素を総合的に取り込み、現実世界により近い状態でモデリングすることは、フィーチャデータセットを利用したジオデータベースモデルの特徴である。

### 3.3 データモデルの図形表

設計者の意図を正確に伝えるために設計図は欠かせない。設計の段階、設計の対象により、適切な設計図を作成することは大切である。例えば、データベース論理設計の際に、エンティティの関連を示す ER 図がよく使われている。たま、オブジェクト指向のシステムを設計するにあたって、UML (Unified Modeling Language) が利用される。ジオデータベース図形表 (Geodatabase Diagram) とは、GIS システムの概念設計に適している設計図である。通常、GIS オブジェクトの論理設計には UML 図を、ジオデータベースの論理設計には ER 図を使用している。

他の設計図を違って、ジオデータベース図形表はアイコン、色、タイトルと枠などを使って、設計概念を記述している。視覚的に理解しやすい図形表は、GIS 開発の最初の書類として、設計者、開発者とユーザーの間に広く使われている。図 12 では、東京都目黒区の地区マップの例を通して、フィーチャデータセットの記述方法を説明する。

フィーチャデータセットは、器としてベースに置かれ、上部にはタイトルバーがある。タイトルバーには、フィーチャデータセットのアイコン、Feature Dataset と Feature Dataset 名が記述している。通常、フィーチャデータセットは赤色で表示する。



図 12 フィーチャデータセットの記述法

フィーチャデータセットに含まれているフィーチャクラスは、青色の長方形で表示し、中にはアイコン、Feature Class と Feature Class 名が記載されている。フィーチャクラスのアイコンは、それぞれ Point 系、Line 系と Polygon 系の 3 種類があり、フィーチャクラスの形状性質を表している。

空間オブジェクト間の整合性を調整するために Topology を使う場合、黄色い枠を追加する。その枠は効果を及ぼすすべてのフィーチャクラスにカバーする必要がある。Topology 枠の上部には、Topology アイコン、Topology と Topology 名が記述している (図 12)。

図 13 には、東京都目黒区の例を通して、ジオデータベースモデル図形表と、実装後 DB の構造を比較しながら、ジオデータベースモデル図形表の表現方法を説明する。

マップには、chiku、roads と meg\_data、3 つのフィーチャデータセットを定義している。chiku フィーチャデータセットには、字界 (Line Feature Class)、建物 (Polygon Feature Class) と街区 (Polygon Feature Class)、3 つのフィーチャクラスがあり、すべて chiku\_Topology の制御範囲に置かれている。建物フィーチャクラスと、非空間情報の「建物名管理」テーブルの間に、「Building has name」のリレーションが設けているので、建物の名前前で地図上のフィーチャを検索することができる。

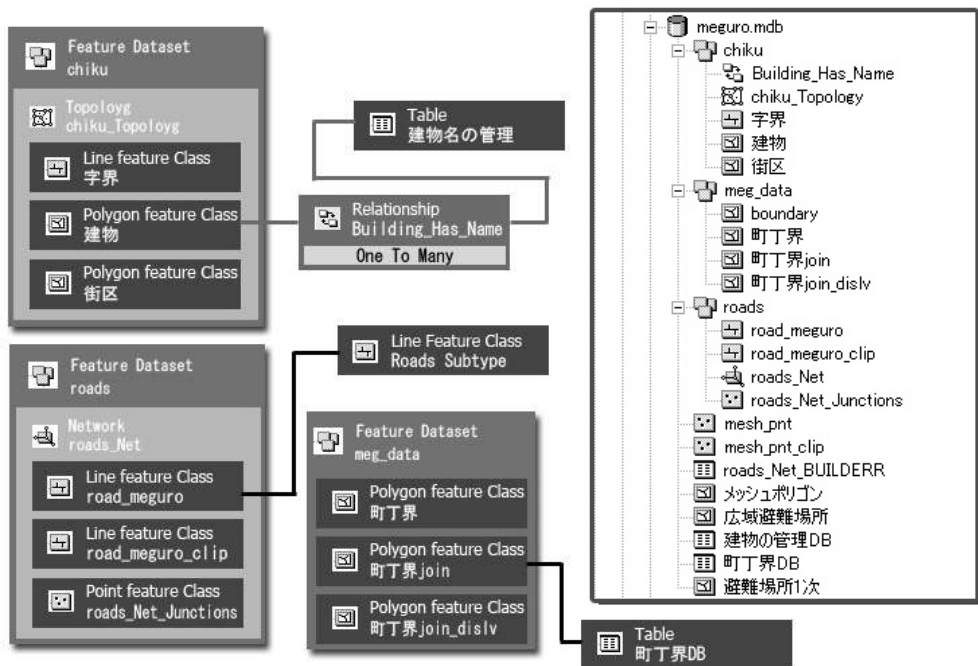


図 13 ジオデータベースモデルの図形表

リレーションシップは緑の枠で表示し、タイトルバーにはアイコン、Relationship とリレーションシップ名が記載している。標示の下部には、“One to Many”などのリレーションシップのタイプが明記している。

Roads フィーチャデータセットには、road\_meguro (Line Feature Class)、road\_meguro\_clip (Line Feature Class) と road\_Net\_Junctions (Point Feature Class)、3つのフィーチャクラスがあり、3つとも road\_Net 用のジオメトリックネットワーク下に制御されている。その結果、経路距離の測りや最短経路の計算などは可能になる。

空間情報の分析に使われるジオメトリックネットワークは、トプロジと同様、黄色い枠で表示している。制御対象のフィーチャクラスはその枠内に置かれ、タイトルバーにはアイコン、Network とネットワーク名が記載されている。

フィーチャクラス road\_meguro にサブタイプが定義している。各種の道路の特徴は、サブタイプで振り分けられている。

meg\_data フィーチャデータセットには、3つのフィーチャクラスが含まれている。3つのフィーチャクラスにより、町丁界のレイヤが形成される。このフィーチャデータセットには、トプロジやネットワークなどの制御は設定していないことは確認できる。

## 4. 終わりに

GIS は、デジタル地図と時空データベースを融合した総合情報システムである。主題レイヤの重ね合わせとフィーチャオブジェクトの抽象表現能力で、GIS は実世界の「多彩さ」と「博大さ」をパソコンの上に見事に再現することができた。

フィーチャオブジェクトは、オブジェクト指向の設計法を時空情報空間への拡張として、GIS システムの構築においてもっとも重要な基本要素である。地物を持つ空間的な情報と非空間的な情報は、フィーチャオブジェクトの属性とフィーチャオブジェクト間のリレーションシップにより、関連を付けることができた。その結果、GIS は「位置を示す」という単純な地図の役割を超え、「位置を通して情報を示す」、いわば時空情報空間のナビゲーションまで進化してきた。

フィーチャオブジェクトは、ユーザーカスタマイズすることができる。カスタムフィーチャのプログラミングにより、フィーチャオブジェクトに独自の振る舞いを実装することができる。フィーチャオブジェクトの知能化 (Feature Intelligence) に向け、カスタムフィーチャの開発は、GIS 開発者にとって大きな課題と挑戦になる。

前世紀の九十年代、いわゆる PC と WS の時代から、第2世代の GIS は、自律分散型のシステム化、意思決定とコミュニケーション支援システムとの融合、文字・映像・音像などのマルチメディアの表現と三次元画像の地図などの分野に飛躍的に進歩してきた。本世紀の十年代以降、HPS や IC chip の時代の到来に連れ、第3世代の GIS は、ユビキタス情報環境との融合、環境知覚・認知支援システムへの導入、マルチモード・メディアの実現と多次元化時空情報空間の整備などの分野で進化し続けると予想されている[8]。世界的に著名な雑誌 Nature で言及された将来が期待される3大重要科学技術に



は、GIS を代表する Geotechnology も含まれている<sup>3</sup>。今後、GIS 技術は様々な形で我々の生活に大きな影響をもたらすに違いない。

近年、愛知大学も地域研究と地域づくりの活動に WebGIS システムを導入した。地域の資源、地域の歴史と地域の文化など様々の側面から過疎地域の「地域力」を掘り出し、再評価することにより、地域活性化の活動を支援するための GIS データベースシステムである。Web 上で地域のマップを操作し、身の回りの「資源」が住民の手で自ら標記できる、いわば住民参加型の WebGIS の構築を目指している。地理学、情報科学、地域学、統計学など多分野にわたる理論と経験を結集し、GIS を利用した地域研究と人材教育に大きな期待を寄せ始めている。

## 参考文献

- 【1】 地図の歴史 <http://homepage1.nifty.com/ptolemy/history/ancient.htm>
- 【2】 “Remote Sensing for GIS Managers” by Stan Aronoff, Esri Press, 2005.
- 【3】 “Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling”, by David Arctur and Michael Zeiler, ESRI PRESS 2004
- 【4】 “Modelling our world” by Michael Zeiler, Enviromental Research Institute, Inc., 1999.
- 【5】 “ArcGIS、 Desktop 入門 I と II”、ESRI ジャパン株式会社、研修教材、2006 年
- 【6】 “ArcGIS、 ArcSDE for Oracle 管理”、ESRI ジャパン株式会社、研修教材、2006 年
- 【7】 “ArcGIS、 ArcIMS 入門”、ESRI ジャパン株式会社、研修教材、2006 年
- 【8】 g-コンテンツ・ワールド 2005、予稿集、g-コンテンツ流通推進協議会、2005
- 【9】 “Getting to know ArcGIS desktop, basic of ArcView, ArcEditor and ArcInfor”, by Tim Ormsby, Eileen Napoleon, Robert Burke, Carolyn Groessl, Laura Feaster, ESRI PRESS, 2003
- 【10】 “ArcGIS 9, Understanding ArcSDE”, by ESRI, ESRI PRESS, 2004
- 【11】 “ArcGIS 9, Geodatabase Workbook”, by ESRI, ESRI PRESS, 2004
- 【12】 “ArcGIS 9, Building Geodatabase”, by ESRI, ESRI PRESS, 2004
- 【13】 “ArcGIS 9, Getting Started with ArcIMS”, by ESRI, ESRI PRESS, 2004
- 【14】 Geography Network Japan、 <http://www.geographynetwork.ne.jp/main/index.jsp>

---

<sup>3</sup> 世界的に著名な雑誌 Nature で言及された将来が期待される 3 大重要科学技術として、Nanotechnology、Biotechnology と Spatial Information System (Geotechnology) がある[14]。

