GIS と GIS ソフトウェアの機能紹介*

— 汎用 GIS システム ArcGIS を例として —

名和 裕司**

GIS and Functional Introduction to ArcGIS

Yuji NAWA

1. GIS とは

GIS (Geographic Information Systems: 地理情報システム) は、紙地図に印刷された絵をコンピュータで再現するためのシステムではなく、道路、標高、河川といった実世界に存在する地物に関する情報を位置情報と関連させてデータベース化し、地物間の空間的な関係の解析や集計等の定量的な処理と、結果の地図等による表現を目的とするシステムである。GIS が登場するまでは地物の表現には印刷された地図が利用され、地理情報は紙等にインクで記録されてきた。GIS の登場により、地理情報はコンピュータの記憶装置に磁気等で記録されるようになった。これにより、紙の地図が備える空間的傾向・空間的な分布パターンの把握、情報伝達等の能力に加え、データの表現、解析、集計等の定量的な分析や計算も可能になった。

GIS の対象は実世界の地物である。実世界の地物をどう認識し、表現するかは人によりさまざまであるが、日常生活においては一般的に言葉で表現される。例えば「道路」という言葉で、車や人等が通行する灰色の領域等のことを表現したり、「歩道」という言葉でもう少し狭い意味の道路を表現する。人の言葉による認識には個人差があり厳密に一致しないが、日常生活における人間の情報交換では十分であることが多い。コンピュータで地物に関する情報を系統的に格納、管理するためには、より厳密な定義が必要になる。GIS では地物を、意味を与えた複数のデータで抽象化して表現する。地物の空間的な位置や形状を記述する「空間属性」とカテゴリ、状態、測定値などの文字や数値で記述される「主題属性」をセットにして記録、格納する (Fig. 1)。

特に空間属性は GIS においては不可欠の情報である。道路の例では、空間属性は道路中心線や道路の領域の境界線等の場所を表す座標情報である。また、主題属性は道路種別、工事状況、制限速度等の文字、数値等の情報である。

Fig. 1 Relation between features in the real world and GIS data.

2. データモデル

GIS では地物の空間属性を基本的にベクトル、ラスタ、TIN (Triangulated Irregular Network) の3種類の方法でモデリングする。ベクトルはポイント、ライン、ポリゴンといった図形で、ラスタは縦横に格子状に配列されたセルとよばれる矩形の集合で、TIN は大きさや配列が不規則な三角形網でそれぞれ地物を表現する。ベクトル・モデルは、人工構造物等の形状、境界、位置が明確な地物に適し、建物、電線、標識などの表現に利用される。ラスタ・モデルは、自然現象などの空間的に連続的な地物に適し、標高、汚染濃度、気温などの表現に利用される。TIN は地表面の表現に適するモデルである (Fig. 2)。

地物の特性や処理目的に応じて適切なモデルを選択して地物を表現し、データ化して格納する。一方、主題属性の格納形式は空間属性を表現するモデルの種類に依存する。

ベクトルデータの場合、個別の地物はテーブルデータの行として格納され、主題属性はテーブルデータの列として格納される (Fig. 3)。

ラスタデータの場合、空間属性はセルで表現され、主題属性はセル値として格納される。主題データの場合、セル値にはカテゴリを識別するためのデータが格納される (Fig. 4)。連続データの場合、標高、傾斜角、気温、

* 原稿受付 2002年10月2日

** ESRI ジャパン(株) ESRI 技術部

Fig. 2 Typical GIS data models; Vector, Raster, TIN.

Fig. 3 Data structure of vector data model.

Fig. 4 Data structure of raster data model.

Fig. 5 Form of TIN data.

反射輝度などの物理的なデータが格納される。

TIN データの場合、ポイント (X, Y 座標値) と標高等の観測値をセットで格納し、それらを三角形網で結ぶことでサーフェスを表現する (Fig. 5)。

3. データの構築

GIS のプロジェクトにおいては、業務や研究等の目的によってデータの要件が決まる。例えば、道路ネットワーク上での経路解析を行う場合、道路の接続関係、各リンクの移動時間、移動距離等の情報が必要となる。従って、データ構築では、空間属性をベクトル (ライン) で表現

Fig. 6 Spatial reference for GIS data.

し、主題属性には移動距離、移動時間等を格納する。また、道路の表面温度と道路舗装の種別との関係調査の例では、空間的に連続な領域を表現する必要がある。従って、データ構築では、空間属性をラスタあるいはベクトル (ポリゴン) で表現し、主題属性には温度や舗装種別を格納する。温度は空間上で連続的に値が変わるためラスタが適し、舗装種別は、一定の領域が同じ舗装種別になることが多いのでポリゴンが適する。このように、同じ地物をデータ化する場合でもプロジェクトの目的によって、適するデータモデルの種類は異なる。

4. 空間参照

空間参照とはデータから地球上の位置を参照することである。データの空間属性を経度・緯度による座標値や数学的にそれらと相互変換可能な任意の地図座標系の座標値で表現、記録することで、地球上の位置との対応を取ることができる。これにより、地球上の位置との対応がとれるだけでなく、異なる複数のデータ同士を位置的に対応させることが可能になる (Fig. 6)。

例えば、犯罪発生個所のデータと街路灯のデータを重ね合わせて表示し、その間の関連性を視覚的に確認したり、夜間の犯罪発生件数について単位面積あたりの発生件数である密度を空間的な解析で求め、街路灯から一定距離圏内と圏外の密度を比較するといった数値的な解析ができる。この犯罪発生個所と街路灯の例のように、主題が全く異なり位置以外には相互に関連させる方法が無いようなケースにおいてもデータを相互に関連させて、分析までも行うことができるのが GIS の長所であり、GIS が様々な分野あるいは分野を跨いで利用される理由の 1 つである。

5. データの流通

空間参照により GIS では任意の種類のデータを組み合わせた統合利用が可能である。つまり、GIS データは汎用的であり、特定のプロジェクトや研究のために整備したデータでも、空間参照による関連付けにより、他の目的にも利用できる可能性がある。

一方、今やインターネット技術の普及により、ネットワークを介したデータ交換も可能となっており、ローカルのハードディスクに保存されているデータにアクセス

するのと同じように、サーバが提供するマップやデータにアクセスしレイヤとして利用することも可能になっている。

インターネット上でのデータ交換の環境が整った現在、利用可能な既成のデータの有無や入手先を確認するための仕組みが重要になっている。この仕組みはデータ整備の多重投資を防ぎ、社会的コストの削減を可能にする。こうした目的でクリアリングハウスと呼ばれる検索サイトの整備が進められ、すでに運用されているサイトも数多い。クリアリングハウスのキーはメタデータである。メタデータとは、データを説明するデータのことであり、データの概要、作成目的、作成者、情報の更新頻度、データ入手先等を記述するデータである。これにより、データ入手前にそのデータが自分のプロジェクトに利用可能かどうかを判断することができる。

インターネットには国境がなく、国際的なデータの流通は今後ますます拡大するものと予測される。地理情報のメタデータに関する標準については、ISO (International Organization for Standardization; 国際標準化機構) の第 211 技術委員会 (TC 211) で ISO 19115 Geographic information-Metadata として検討されている。GIS は環境問題等をはじめ地球規模の諸問題の現状把握や問題解決に有効な技術として認識されており、様々な分野での利用が拡大している。特に地球規模の問題解決には国際的なデータの流通が不可欠であり、国際標準に準拠するメタデータの重要性が大きくなっている。

6. ArcGIS

ArcGIS は米国 ESRI 社 (Environmental Systems Research Institute, Inc.) 開発の GIS 製品群の総称である (Fig. 7)。

各製品は IT の標準技術をベースに構築されており、利用形態、データの規模、利用者の人数等に合わせて、役割が異なる製品から必要な製品を選択して全体のシステムを組上げることができる特徴を持つ。

Fig. 7 Components of ArcGIS system.

6.1 ArcGIS の構成

ArcGIS は基本的に 3 つのパートから構成される。

- (1) ArcGIS Desktop
- (2) ArcSDE (Spatial Database Engine)
- (3) ArcIMS (Internet Map Server)

ArcGIS Desktop は、パーソナル・コンピュータで利用可能な製品群であり、機能レベルが異なる 3 つの製品 (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) で構成される。利用者の目的、必要機能に応じて 3 つの製品から導入製品を選択できる。

ArcSDE は DBMS に GIS データを格納・利用するための製品であり、主に ArcGIS Desktop 製品と DBMS を結ぶインターフェースの役割を持つ製品である。ArcSDE を導入することで、(1)大容量データの取り扱い、(2)複数ユーザによるデータの同時編集、(3)実世界における地物が有する振舞いや地物間の関係のモデリングなどが可能になり、より高度な GIS システムを構築できる。

ArcIMS はインターネット上に GIS データを配信するための製品である。この製品を導入することで、(1)インターネット上での GIS データ/サービスの配信、(2)クリアリングハウスの構築などが可能になり、多数の利用者が参加する利用者コミュニティの形成が可能である。

6.2 ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop の 3 製品 (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) を導入すると、3 つのアプリケーションがインストールされる。

- (1) ArcCatalog
- (2) ArcMap
- (3) ArcToolbox

各アプリケーションには役割がある。ArcCatalog はデータ管理、ArcMap は GIS データの対話処理、ArcToolbox は GIS データの自動処理を担当する。これらのアプリケーションは、様々な GIS 業務を効率的に進められるように設計されており、複雑な実世界を対象とする GIS に必要な各種機能を提供する。

6.3 ArcCatalog

ArcCatalog はデータ管理ツールであり、ローカル、LAN、DBMS、インターネット上にある GIS データやそのメタデータの作成、管理、閲覧等が可能である。

GIS データ作成に関しては、地物の種類とプロジェクトの目的に合わせたデータ構築を可能にする、データモデルの選択、地図座標系等の空間参照の設定、属性フィールドの追加の各機能が提供される。さらに DBMS 内に格納される GIS データに関しては、属性フィールドに対する制限 (例えば、ガス管の径、材質等)、地物間のリレーション (例えば、電柱と電線の接続関係等) などの設定も可能である。メタデータの作成では、ISO の標準に準拠するメタデータを作成するための専用ウィザードが提供される。これらの機能を利用することで、様々な利用分野に適するモデルを用いて GIS データを構築

し、データ流通のためのメタデータを整備することができる。

データ管理に関しては、Windows エクスプローラと同様の操作で、GIS データのコピー、貼り付け、削除、検索が可能である。検索では、メタデータの利用も可能であり、データの概要、使用目的、作成業者、データの存在範囲などを指定した検索が可能である。これにより、業務や研究に適したデータを効率良く見つけ出すことが可能になる。

データの閲覧については、データの保存場所を意識することなくデータを閲覧する環境が提供される。Windows エクスプローラでファイルを閲覧するのと同様、さまざまな方法でデータの閲覧が可能である。一覧表示、詳細表示、サムネイル表示、実際のデータのプレビュー、メタデータの表示が可能である。この機能を利用することで効率的に個々のデータの内容を確認することができる (Fig. 8)。

6.4 ArcMap

ArcMap では、ArcCatalog で管理されるデータを利用して、6.4.1~6.4.5 に示す各種対話的处理を行うことができる。

Fig. 8 Graphical user interface of ArcCatalog.

Fig. 9 ArcMap visual representation function for GIS data.

6.4.1 データ可視化, 表示

ArcMap には、主題属性の可視化のためのツールが多数用意されている。主題属性の種類に応じて表現方法を柔軟に変更でき、読者が理解しやすい表現方法で地図を作成することができる (Fig. 9)。

主題属性が地物の名称、分類カテゴリ、状態等を記述するデータの場合、データ項目ごとにポイント、ポリライン、ポリゴンをも別シンボルで表示することができる。例えば、都道府県単位のポリゴンデータと人口の増減を識別するデータがある場合、この識別データを参照して、増加と減少でポリゴンをも別シンボルで描画する。これにより、人口増減の空間的なパターンを知ることができる (Fig. 10)。

また、主題属性の表現としてラベルを利用することもできる (Fig. 11)。

主題属性が個数、数量、計測値といった数値型のデータである場合、整数か実数のデータになるが、いくつかの表現方法で表現できる。基本的には、データを連続的に表現する方法とデータを分類して表現する方法の2つがある。前者の方法では、数量に比例させたシンボルにより直感的な数量の把握がしやすくなる (Fig. 12)。

Fig. 10 An example of visualization for category data.

Fig. 11 An example of visualization with label for thematic data.

後者の方法では、連続データに対して閾値を設定して分類し、それぞれの分類カテゴリの空間的な分布パターンの把握が容易になる (Fig. 13)

6.4.2 データ編集

新規データ入力、既存データ変更、データの削除等が可能である。空間属性および主題属性のいずれも編集が可能であり、空間属性については図形データの形状をマウス操作で編集することができる。また主題属性についてもキーボード入力による編集が可能である。

6.4.3 データ検索

空間検索と属性検索の2種類の検索機能がある。空間検索は、空間属性をベースにした検索を行う。例えば、あるポイントから一定距離内に含まれるポリゴンの検索やあるラインが横切るポリゴンの検索等である。各種条件が用意されており、この機能を利用して駅から200m圏内の建物やある高速道路の路線が通っている市町村を検索できる。属性検索は主題属性に関する条件式をSQL文で定義し、検索するものである。例えば、人口が20万人以上の都市の検索、道路種別が国道である道路の検索等ができる。

Fig. 12 An example of visualization with proportional symbol for quantity data.

Fig. 13 An example of visualization with graduation color for quantity data.

6.4.4 データ解析

GIS データに関する空間的な解析処理を実行するための空間解析ウィザード機能が提供される。様々な空間解析の設定を対話的に設定して実行できる。空間解析を実行することで既存データから新しいデータを作成することができる。例えば、インターセクトという解析を行うことで2つのレイヤ間での領域分割を行うことができるが、土地利用データと行政区界データをインターセクトすることで、各行政区界ごとの土地利用領域を求めることができる。さらに、空間結合という解析処理で最寄り施設の検索ができるが、駅データと病院データを空間結合することで、各病院の最寄駅とその距離を計算することができる。このように既存のデータから新しい情報を抽出することができる。

異種の GIS データを組合せることで様々な情報を得ることができる。例えば、出店候補地を選定するために、駅からの距離、地価、年齢別人口等の複数のデータに対して条件を設定し、すべての条件を満たす場所を絞り込むことができる。

6.4.5 レイアウト、印刷、出力

印刷図面をレイアウトし、印刷あるいは外部フォーマットに出力することができる。地図の縮尺の設定、方位記号、縮尺記号等のエレメントの配置、図郭の設定、用紙サイズの設定等が可能である。

6.5 ArcToolbox

GIS データの自動処理に関して各種機能を提供する。空間データ処理、データ変換、地図図郭管理、オーバーレイ解析、投影法変換等の自動処理を行うための各種ツールが含まれる。ウィザードとダイアログ形式のツールが提供され対話的に処理内容の設定が可能である (Fig. 14)。設定した処理を複数の GIS データに対して一括で行うことも可能である。

7. スケーラブル GIS

ArcGIS は、豊富なデータモデルによって幅広い分野に対応し、豊富な製品群によって個人、組織、社会といった様々なスケールに対応できるスケーラブルなシステムであり、様々な分野の利用者の業務、研究における GIS 構築を実現するシステムである (Fig. 15)。

Fig. 14 ArcToolbox for GIS processing.

Fig. 15 Scalable GIS system ArcGIS.

8. まとめ

GIS は、地理情報の系統的な管理、解析、伝達、理解のための技術である。特に地理情報の理解における情報の可視化の意義は大きく、データの可視化機能は GIS の主要な機能の 1 つである。様々な分野の情報を横断的に統合、管理、可視化する GIS の役割は年々大きくなっている。

(a) 実世界の地物のモデリングのための GIS データモデル

(b) ArcCatalog による GIS データの管理

(c) ArcMap による属性データの可視化

図 3 GIS ソフトウェア

(ESRI ジャパン(株) 名和裕司)

(本文 11 頁参照)