

# 1 地理情報システムとは

これまで、画像や測量機器からデータを取得し、三次元座標を計算する手法や物体判読の手法について解説してきた。いわゆる地図を作るための技術である。国土を測る技術は、地図を作る技術と言い換えても問題ない。ではまず、**地図** (map) とは何かを考えてみる。すると次の二つの表現を思いつく。

- 地図とは、地物の位置を正確に表現した図である。
- 地図とは、地物の位置を解りやすく表現した図である。

「正確に表現する」と「解りやすく表現する」ことは、互いに相反する意味を持っている。しかし、地図は、その両方を兼ね備える必要がある。電車等の路線図は、解りやすい表現に特化した地図と言える。一方で、施設等の設計のために作成された地図は、正確さが要求されている。しかし正確な地図といえども解りやすさもかなり重視している。地物を地図記号で表すことは、その典型である。すなわち、地図は現実世界を抽象化して表現した図というのが適当かもしれない。

本章では、得られたデータを用いて地図を作成し、解析する手法について解説する。測量データや三次元データ等、空間情報を取り扱うシステムとしては、**地理情報システム** (Geographic Information System) が一般的である。略して GIS と呼ばれていることも多い。この地理情報システムは、様々な地理データを集積し、解析するツールである。地理情報システムの主な機能は、データの作成・編集・保存、柔軟な表示・印刷、空間検索・空間解析である。

地図が紙地図でしか整備できなかった時代には、手書きの地図をそれと同じ大きさのフィルムに焼き付け保存していた。事務機器として利用されているコピー機は、レンズ通して画像として紙に印刷するために、コピーされた地図は歪みが発生する。これを防ぐため、地図と同じ大きさのフィルムを密着させてコピーを取り、保存していたのである。一方、地図もデジタル化の時代となり、地図の情報は、点・線・面の座標情報の集まりとして保存が可能となっている。座標情報がデジタルで保存されれば、コピーによる劣化がないために極めて保存性に優れている。また、保管場所にしてもコンピュータの記憶媒体の大きさでまかなえるため、広い保管スペースを必要としない。さらに、点・線・面の地図の情報に加えて、それに付随する属性情報も関連させて保存させることができる。例えば、市町村の区域を表す面のデータに、人口や産業統計の情報をリンクさせたり、道路を表す線のデータに、道路種別や幅員と行った情報もリンクできる。これが紙地図と異なる大きな利点と言える。必要に応じて、必要な範囲の地図を印刷するだけでなく、属性情報に従って色を変えたり、様々なデータを重ね合わせて、目的にあった地図を簡単に作製することができるのである。地理情報システムの欠点と言えば、電源の利用できる状況でなければならないことと、最近では大容量の記憶媒体が利用できるが、それが支障を来した場合には影響度合いが非常に大きいことが挙げられる。

もともと地理情報システムは、古くより自治体においては様々な施設の管理や防災システムに活用されており、民間企業においては、マーケティングや顧客サービスにも活用されてきた。近年では、この地理情報システムは、一般にも非常に身近な存在になってきた。カーナビも一種の地理情報シス

テムであろう。位置情報を取得し、目的地までのルートを検索する機能を有している。インターネットサービスの一つである Google Earth も地理情報システムの一つと言える。世界各地の地図と様々な情報をストレスなく閲覧することができる。位置に関する情報は非常に重要な項目なので、今後、地理情報システムは、様々な分野に取り入れられてくることと思われる。そこで、本章では地理情報システムを通して、データの解析手法について解説する。なお、地理情報システムは、様々なソフトウェアが存在する。Grass はフリーウェアとして有名であり、Arc GIS は商業ソフトとして有名である。これらのソフトウェアの使い方は、各マニュアルに譲るとして、ソフトウェア内部でのデータモデルや解析手法について解説する。

## 2 データモデル

地図をデジタル化する際は、様々なことを考慮しなければならない。デジタル化のメリットは、コンピュータを用いて解析が出来ることである。例えば、ある地点の周りに店舗が何件あるか検索したり、敷地面積や延長距離を算出したりできれば、デジタル化によって役立つデータとなる。しかし、デジタル化と言っても単に地図をイメージスキャナで取り込むだけでは、それは地図画像でしかないためにコンピュータを用いた地理空間の解析ができない。航空写真や衛星画像にしても、そのままでは背景の画像としては活用できるものの、地図画像と同様に解析には向かない。少なくとも前章で解説した画像処理や分類を施して、解析に利用できるデータであることが望ましい。

デジタル化においては、対象物を抽象化することが重要である。たとえば、施設等は点として、道路等は線として、土地利用は面として、自然環境は格子状に位置データを座標で表現できる。なお、デジタル化の前には、目的に応じてどのデータモデルにすべきかを検討しておく必要がある。例えば縮尺が小さい場合、施設に関する情報は点で表現することが可能だが、縮尺が大きくなってくると、施設も面として扱う方が良い場合が出てくる。道路等にしても小縮尺の場合は線で表現できるが、大縮尺となると道路も幅を持ち、歩道や中央分離帯等、細かなものも表現する必要が出てくる。もともと、現実世界を地図に表現する際、点・線・面のみで表現すること自体無理があるが、目的に応じて対象物を抽象化することで、役に立つデータとなるのである。本節では、様々なデータモデルについて、その表現法の基礎を解説する。

### 2.1 点

点 (point) で表すことのできるデータは、単純に座標を用いてその位置を示すことが出来る。複数の点の場合には、座標に ID 番号を付与して区別すれば良い。したがって、点データのデータ構造は、下表で表すことが出来る。

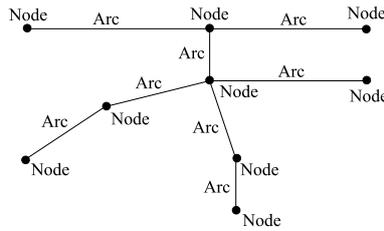
### 2.2 線

線 (line) で表すことのできるデータは、点を線で繋ぐことによって表現することが出来る。この時の点は特にノード (node) と呼ばれ、単なる点と区別している。点と点とを結ぶ線分は、**チェーン**

表1 点のデータ構造

Point ID	x 座標	y 座標
Point 1	$x_1$	$y_1$
Point 2	$x_2$	$y_2$
⋮	⋮	⋮
Point n	$x_n$	$y_n$

(chain) と呼ばれたり、**アーク** (arc) と呼ばれたりしている。



このノードとアークを一度に表現する方法と、別々に表現する方法とがある。一度に表現する場合は、下表のように、ラインに ID 番号を付与し、始点の座標から終点の座標までの座標情報を羅列すれば良い。

表2 線のデータ構造 1

Line ID	x 座標	y 座標
Line 1	$x_{11}$	$y_{11}$
	$x_{12}$	$y_{12}$
	⋮	⋮
	$x_{1n}$	$y_{1n}$
Line 2	$x_{21}$	$y_{21}$
	$x_{22}$	$y_{22}$
	⋮	⋮
	$x_{2n}$	$y_{2n}$

このデータ構造は、等高線等の線同士が交差しない場合には有効である。道路や鉄道・河川等、線同士が交差するようなネットワーク構造となっている場合は、交差点を一つのノードとして利用することが求められる。このような場合には、ノードとアークを別々に表現する方法が適している。下表はその一例である。アークの始点と終点をノード ID で表現している。この表においては、Node 3 は、Line 1 と Line 2 の両方に存在することから、交差点となっていることが解る。

表3 線のデータ構造2

Node ID	x 座標	y 座標
Node 1	$x_1$	$y_1$
Node 2	$x_2$	$y_2$
⋮	⋮	⋮
Node n	$x_n$	$y_n$

Line ID	Node 始点	Node 終点
Line 1	Node 1	Node 2
	Node 2	Node 3
	Node 3	Node 4
Line 2	Node 5	Node 6
	Node 6	Node 3
	Node 3	Node 7
	Node 7	Node 8

この他にも様々なデータ構造があるが、ソフトウェアごとに異なるので注意しなければならない。

## 2.3 面

**面 (ポリゴン)** (polygon) で表すことのできるデータは、線のとくと同様にノードとアークで表現できる。このとき、面であるがゆえに面を表すときの最初のノードと最後のノードが同一のノードでなければならない。下表はその一例である。

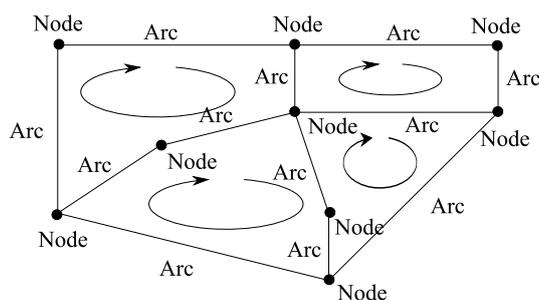
表4 面のデータ構造

Node ID	x 座標	y 座標
Node 1	$x_1$	$y_1$
Node 2	$x_2$	$y_2$
⋮	⋮	⋮
Node n	$x_n$	$y_n$

Polygon ID	Node 始点	Node 終点
Polygon 1	Node 1	Node 2
	Node 2	Node 3
	Node 3	Node 1
Polygon 2	Node 4	Node 5
	Node 6	Node 7
	Node 7	Node 4

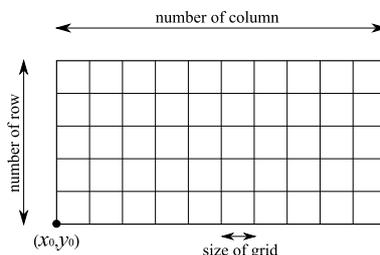
なお、ただ単に点を線でつなげただけの情報は、内側と外側の区別がない。このように区別のない面の情報は、Polyline と呼ばれている。したがって、面において重要なのは、面の内側を表す仕組みを持つておくことである。例えば下図のように、面を描くときは必ず右回りでノードを繋いでいき、ノードの進む進行方向に対して右側が内側であると規定することができる。



または、Polyline のデータにおいて、面の内側となるどこかに点の情報を付与し、点のある側が内側であると規定することもできる。この点はラベル点とも呼ばれ、面の代表点としても活用できる。

## 2.4 グリッド

面情報は、グリッド (grid) 形式でも表現できる。対象範囲を格子点で覆い、その格子点ごとにデータが入力されている形式である。下図は、その概念を示したものである。



地図上にこれを表現する場合、グリッドデータと地図の座標とが対応できる仕組みが必要である。例えば、グリッドデータの原点に当たる左下隅の格子点の地上座標  $(x_0, y_0)$  と格子間隔 (size of grid)、そして格子点の列数 (column) と行数 (row) に関する情報が必要である。

グリッド型のデータは、数値化された自然環境の情報を表現するのに適している。標高情報や土地被覆情報、気象情報等、データで対象地域が覆い尽くされるようなものがそれにあたる。

## 2.5 属性情報

属性情報 (attribute data) は、図形情報と共に、その図形に関する様々な情報を指す。例えば、道路情報の場合、図形情報はライン形式で記され、それぞれのライン情報に国道や県道等の種別、幅員や車線数、歩道の有無等の情報は、別途データベースに記録されるべきものである。そのような情報が属性情報である。ソフトウェアによっては、図形情報と属性情報が、別々のファイルになっている場合がある。このときは、図形情報における個々のデータの ID と属性情報の ID が 1 対 1 対応している必要がある。

別々のファイルになっている理由は、属性情報はデータベースエンジンで管理し、図形情報は別途地理情報システムで管理するという形式がとられていたためである。ラインやポリゴン等の図形情報

はデータ料が膨大になるため、専用のソフトウェアが必要であった。最近では、コンピュータの能力が飛躍的に良くなってきたため、データベースエンジンのみで図形情報も扱えるようになってきている。尚、データベースエンジンには、図形を描くという能力は備えないものが多いため、図形情報の表示は今なお専用のソフトウェアが必要とされている。

## 2.6 メタデータ

**メタデータ** (meta data) は、データのデータと言え、データの仕様やデータに付随するデータのことである。例えば音楽等の楽曲データは、それ自身は音の情報でしかない。しかしその音の情報に付随する情報、タイトルやアルバム名、アーティストや作曲者に関する情報も極めて重要である。そのような情報をメタデータという。

地理情報システムのデータにおいて、メタデータで重要となるのは、作成日、更新履歴、作成目的、精度に加えて、座標に関する情報も重要である。どの測地系、座標系で表された座標情報なのかを判らなければ、地理情報を重ね合わせる際に問題が発生してしまう。地球楕円隊で述べたように、日本においては、2000年以前の測地系はベッセルの楕円体を用いており、2000年以降はGRS80を用いている。それらの差は400m程度あるので、新旧の地図を重ね合わせる際には、注意が必要である。座標系においても、緯度経度座標なのか、平面直角座標なのかによって異なる。したがって、メタデータを参照することで、適宜座標変換を行わなければならない。

## 2.7 GIS データフォーマット

### 2.7.1 DXF

GIS データは、点・線・面等の図形データとその図形に関する属性データとで構成される。したがって、図形データは、設計等で用いられる CAD データと互換性を保つことができる。そこで図形データをやり取りする際に、CAD 用のファイル形式を通してやり取りされる場合がある。DXF は、AutoDesk 社の AutoCAD 用のフォーマットであり、CAD においては実質的な標準フォーマットとなっている。フォーマットも公開されており、自作ソフトによって読み書きすることができる。

### 2.7.2 shape

shape は、ESRI 社において開発された GIS ソフトである Arc View や Arc GIS 用のフォーマットである。このソフトウェアのユーザは非常に多く、shape ファイルは仕様が公開されていることから、他の様々な GIS ソフトにおいても shape ファイルを読み込む機能を有している。図形情報と属性情報が別々のファイルに記述されている。属性情報はデータベースファイルそのものの形式となっており、dBaseIV というデータベース用ファイルと共通である。

### 2.7.3 SIMA

測量成果のデータは、GIS データとして利用したいものである。デジタルでの測量成果の保存においては、SIMA と呼ばれるフォーマットが一般的である。日本測量機器工業会が制定しており、そこ

から仕様書を入手できるほか、多くのホームページサイトで SIMA フォーマットの解説がなされているので、それを参考にプログラムを書くことができる。

#### 2.7.4 DM

国土地理院が制定したフォーマットである。SIMA と同様にデータのレコード長が規定されている等、仕様が古い。そこで現在では、次に解説する JPGIS へと順次移行しているようである。

#### 2.7.5 JPGIS

2007 年に国土地理院が制定した GIS データのフォーマットである。〇〇年に制定された地理情報標準のバージョンアップ版と言える。XML と呼ばれるデータベース言語をベースに記述されているため、柔軟な記述が可能である。XML はインターネットを介してデータをやり取りするための言語である。ISO や JIS の規格に従ったものとなっている。

#### 2.7.6 G-XML, GML

2000 年にデータベース振興センターが制定した GIS データのフォーマットである。JPGIS と同様に XML 言語をベースに記述されており、JPGIS と同様に ISO や JIS 規格に基づいている。主に携帯電話や PDA を通してのデータのやり取りに活用されているようである。GML はアメリカの団体である Open GIS Consortium が制定したもので、G-XML は GML と統合されているとのことである。

#### 2.7.7 kml

kml は、インターネットを介した地球儀ソフトである Google Earth で採用されているフォーマットである。これも XML 言語をベースに記述されている。地球儀という性格上、位置を表現するのに緯度経度が利用されている。