

# 表計算ソフトによる地理情報システム

小林 岳人

## 1. はじめに

地理情報システムという言葉が高等学校の教科書等の教育現場に出てくるようになって久しい。一般社会でこの技術はすでに、公共施設の最適立地等の地域計画や市場調査、防災計画、ライフラインの管理等で活発に利用されている。しかし、教育現場では単に地理情報システムという言葉とコンピュータで作られた地図を見ることで終始しているのが現状である。そこで、より身近に、そして現実的に地理情報システムの原理を理解するための方法を考察してみたい。

## 2. GIS (地理情報システム) とは何か

地球上のいろいろな事象について考察するとき空間的な見方・考え方は必要である。さらに、昨今の情報化時代、その事象に関するデータをいかにしてコンピュータで扱うか、つまり空間データのデジタル化の方法を理解する必要がある。ジェフリー・スター/ジョン・エステス (1992) によると、「GIS (地理情報システム) とは、空間的あるいは地理的な座標軸によって参照されるデータを扱うように設計された情報システムである。地理情報システムには、手作業によるもの (アナログとも呼ばれる) と自動のもの (すなわち、デジタルのコンピュータを用いるもの) の両方がある。」とされている。決してGIS=コンピュータということではないのである。生徒の白地図作業もGIS (地理情報システム) といえる。しかし、GISというとコンピュータと密接に結びつくイメージが強いので、ここではコンピュータで扱うことを前提にして論をすすめる。次にGISはいったいどのような事柄から成り立つのであろうか。コンピュータ利用を前提として、ジェフリー・スター/ジョン・エステス (1992) によるその構成要素をあげてみよう。

### ①データ入手

普通は手作業で行われるが、リモートセンシングにより自動化される場合もある。

### ②前処理情報をコンピュータのデータベースに記録する、このデータベースには位置情報が必ず含まれている。緯度経度を利用することが多い。

### ③データ管理

データの入力・更新・削除・読み出しをコンピュータ上にて行う。一般のコンピュータ利用と同じである。ファイルという単位でデータを管理し、時間の経過とともに必要になるデータの更新は反映される。

### ④操作と分析

計算、処理、分析などの処理で、人口と面積から人口密度を求める、等高線から平均傾斜を求めるといったいわゆる地理学的な分析がその中心になる。地図上での処理というより、データ上での処理といったイメージである。

### ⑤出力作成

地図、グラフ、表またはそれに類するものであり、コンピュータ・ディスプレイ上の表示

はソフトコピーと呼ばれ、紙やフィルム上への表示はハードコピーと呼ばれている。

### 3. データ構造と表計算ソフト

コンピュータ利用を念頭においてGISの中でまず重要になってくるのはデータがどのようにしてコンピュータにとりこまれるかということである。地表面にあるデータはその形態によって、井戸、油井のような点データ、鉄道や道路、河川のような線データ、区画の境界・貯水池などの閉領域を持つ面データ（ポリゴン）と大きく三種類に分類できる。地図上のデータはこれらの形態の組み合わせでほとんどすべての表現が可能である。こうした、データの使い方について、矢野桂司（1995）による説明と若干の補足を加えて示してみよう。GISにおいて、地理情報は地図データと属性データに分けられる。地図データは（ $x$ ,  $y$ ）の2次元座標系上の位置として表される。この地図データはその位置の与え方によってラスタ型とベクタ型に大別される。

#### ①ラスタ型データ構造

ラスタ型データは（ $X$ ,  $Y$ ）が規則正しく格子状に配列しているもので、格子、グリッド、メッシュデータとも呼ばれる。

表 1 ラスタ型データの構造

	1列	2列	3列	...	$i$ 列	...
:	...	...	...	...	...	...
:	...	...	...	...	...	...
$j$ 行	(1, $j$ )	...	...	...	( $i$ , $j$ )	...
:	...	...	...	...	...	...
3行	(1,3)	...	...	...	...	...
2行	(1,2)	(2,2)	(3,2)	...	...	...
1行	(1,1)	(2,1)	(3,1)	...	( $i$ ,1)	...

(1,1)や(2,1)といったところに標高ならば例えば30mとか543mといった値がはいつてくる。国勢調査や国土数値情報などのメッシュデータや人工衛星の画像データなどが、このラスタ型データである。ラスタ型のデータは、格子（グリッド）データとメッシュデータに区別される。格子データは基盤目の矩形の面に対するデータであり、メッシュデータは基盤目の矩形に対するデータである。前者は、表の最初の列項目がグリッドの位置を表しており、次の列項目からそのグリッドにそれぞれ対応する標高値や土地利用形態、土地価格といったデータ数値がはいるといった構造である。「国土数値情報」はこの例である。後者は、表の列方向（横方向）を $X$ 座標、行方向（縦方向）を $Y$ 座標とされた2次元配列の表を想定すればよく、その交わった部分に標高値や土地利用形態、土地価格といったデータ数値がはいるという構造である。国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ〈標高〉」はこの例である。

②ベクタ型データ構造

ベクタ型データは、点の座標値 (x, y) が不規則に配置しているものであり、その点の集合として、点・線・面といった形をとる。市町村役場や商業施設などの点、鉄道・道路などの線、市町村境界などの多角形がベクタ型データの代表である。図1のようにベクタ型の地図データのうち点データはX座標値とY座標値の組の形で表現される。線データはこの点データ同士を結んだ形として表現される。さらに面データは最後の点と最初の点とが結ばれて多角形の形態をとる。

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
線 1	X11	Y11	線 2	X21	Y21	面 3	X31	Y31	点 1	X1	Y1
	X12	Y12		X22	Y22		X32	Y32	点 2	X2	Y2
	X13	Y13		X23	Y23		X33	Y33	点 3	X3	Y3
		X24		Y24	X34		Y34				

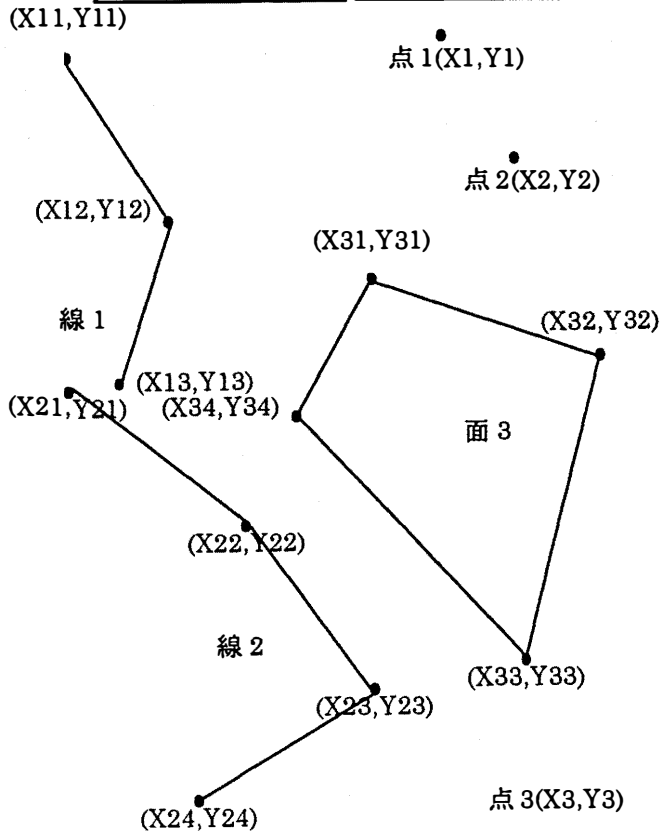


図 1 ベクタ型データの構造

このような点や線、面の図形それぞれについて名称がつけられる。線データや面データはより細かく点をとればより詳細な形態として表現することが出来る。ベクタ型データの座標系は、一般に緯度・経度で保持される。これによって、あらゆる地図投影法に対応させて地図データを描く

ことが出来る。そして、これらの地図データにそれぞれ属性データが付加されることになる。鉄道線（線データ）に対する単線、複線、複々線の別や市町村（面データ）に対する人口などがそれにあたる。また、データをより少なくするために、共通の線データについては統合していることもある。たとえばある市町村の面データは隣接しているいくつかの市町村との境界線の集合体としてみなすことができるので複数の線データの集まりとして格納されている。

このような、地理情報システムを身近に実現するにはどうしたらいいだろうか。たとえばごく一般の人々がGISに挑戦したり、高等学校等の教育の場でGISについて適切に理解するためにはどのようにすればよいのであろうか。GIS専門のソフトを利用した専門的な教育は、高校程度の地理学習では必要ないだろう。個人のレベルのパソコンではGISソフトを動かすには性能が不足する場合も多い。単にコンピュータで地図を描くことであればCADソフトで地図の塗り分け作業が出来るし、レイヤー構造もあれば、複雑な作業が可能だ。また、地図の塗り分け作業だけなら、これに特化したソフトはフリーウェアソフトの中にもいくつかある。

前述のようにGISのデータはラスタ型にせよベクタ型にしても表の形式で格納されている。この表の形式によって各データが空間的な位置データと属性データとが関連して保持されている。その表の形式をグラフィカルに表現する機能があれば、とりあえずコンピュータによるGISが可能になろう。表を扱う表計算ソフトと呼ばれているソフトでGISではどうだろうか。前述のGISの構成要素と表計算ソフトの機能を関連させてみてみよう。まず①のデータ入手についてであるが、最近では、理科年表や日本国勢図会などがデジタル化されCD-ROMで頒布されているので簡単に表計算ソフトに取り込めるような形でデータを入手することも出来る。前述の数値地図も同様である。国勢調査などのデータの一部はインターネット上で表計算ソフトのファイル形式で得られるようになっている。次に②の前処理であるがこれはそのまま表の形式で格納が出来る。最近の表計算ソフトは一つのファイルに多数のシートが作成出来るので、さらに都合が良い。③のデータ管理であるが、これはまったく問題はないだろう。普通のファイルをディスクへ記録・読み出しを行えばよい。④の操作と分析は表計算ソフトの得意とするところでもあろう。計算式のほか非常に多くの関数が備えられている。⑤の出力作成はコンピュータ・ディスプレイ上やプリンタを利用した紙やフィルム上へのグラフィカルな表現である。このように考えていくと、表計算ソフトでもGISは実現できそうである。

#### 4. 表計算ソフトで行うGIS

表計算ソフトはいろいろなメーカーのものが出回っている。それらは表作成機能、計算機能、グラフ表示機能等の性能的にはさほど大差はない。Microsoft社のExcelを利用してその中でGISを実現することを試みた。

##### ①ラスタ型データの扱い

ワークシートにメッシュ形式のデータとしてセルに属性を入力する。例としてノルウェーのソグネフィヨルドの支谷のアルランダフィヨルドとナロイフィヨルドの付近の地形の起伏の様子を取り扱ってみよう。まず、地形図上で適当な間隔（ここでは250m）のメッシュをつくってその中

心部分の標高100m単位で読み取る。このデータを各セルに入力し、グラフ機能のうち等高線グラフを利用して立体的な表現を行う。ここで、さらに、平面的な表現にすると等高線が再現できる。

アルランダフィヨルドとナロイフィヨルド

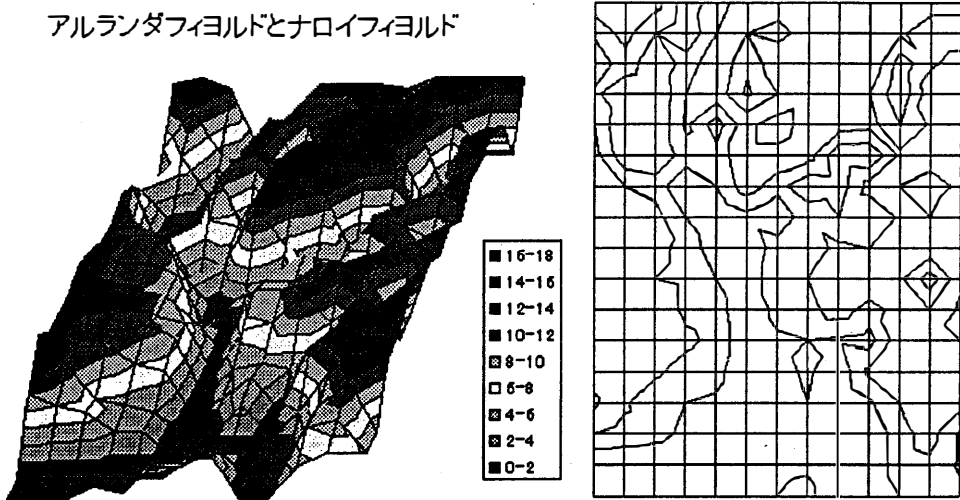


図 2 アルランダフィヨルドとナロイフィヨルドの鳥瞰図 (単位 100m) と等高線図 (単位 1000m)

青梅周辺と狭山丘陵

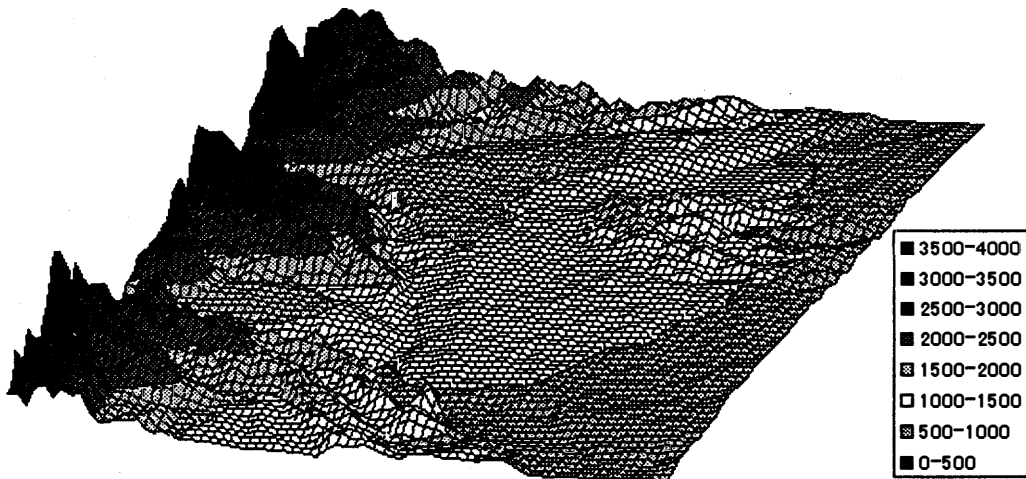


図 3 青梅周辺と狭山丘陵の鳥瞰図 (単位 10 cm)

国土地理院の「数値地図〈標高〉」シリーズなども利用できる。図3は「数値地図250mメッシュ〈標高〉」の1:200000地勢図の東京の範囲に該当するファイルから青梅市周辺と狭山丘陵付近の部分のデータを元にした鳥瞰図である。標高以外には土地利用データなどについてがこのような処理が可能である。

## ②ベクタ型データの扱い

位置データは基本的には緯度経度で入力する。点データはワークシートに一覧表の形式で位置データと属性データを入力する。線データや面データはワークシートに属性ごとに表を一つずつつくり、その属性がもつ位置データを並べる。適宜シートを分けたりしながら、ブックの形でまとめて一つのファイルとして保存する。緯度経度を得るには汎用の地図ソフトを利用する。多くの場合、地点をマウスでクリックすることによって自動的に緯度経度値が記録される。これをCSV形式などのような形式で保存してExcelで読みこむ。そして、Excel上で加工する。このとき、緯度経度値はたいがい〇度〇分〇秒のような形で表現されているので、〇度単位の10進法データに変換する必要がある。

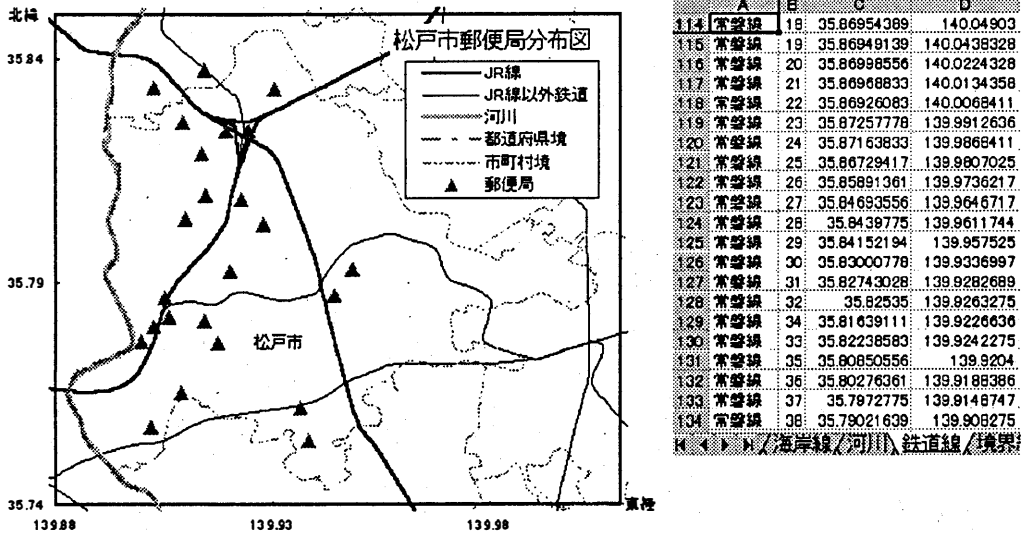


図4 鉄道線のベクタ形式データの一部と松戸市郵便局分布図

これらの点、線、面のグラフィカル表現にはグラフ機能のなかの散布図グラフを利用する。点は点として、線や面は点をつなげた形で連続した状態を作り出すことになる。点データについては同じ系列のものをいっぺんに扱って同じ点の色や形を設定する。線データについては一つの連続体ごとに一つの系列として扱うことになる。あとで、同じ種類の系列は同じ線の色や形にそれぞれを設定する。例えば河川は青、鉄道線のうちJR線は黒のやや太い線といったように設定する。ただし、散布図グラフの機能で閉じた多角形についての塗りつぶし機能がないので、厳密にいえ

ば、面的表現は出来ない。

狭い範囲、例えばいわゆる大縮尺・中縮尺地図程度であれば、緯度・経度のデータを扱って等間隔になるようにしても表現上問題はない。しかし、地球規模の小縮尺地図になるとより一層厳

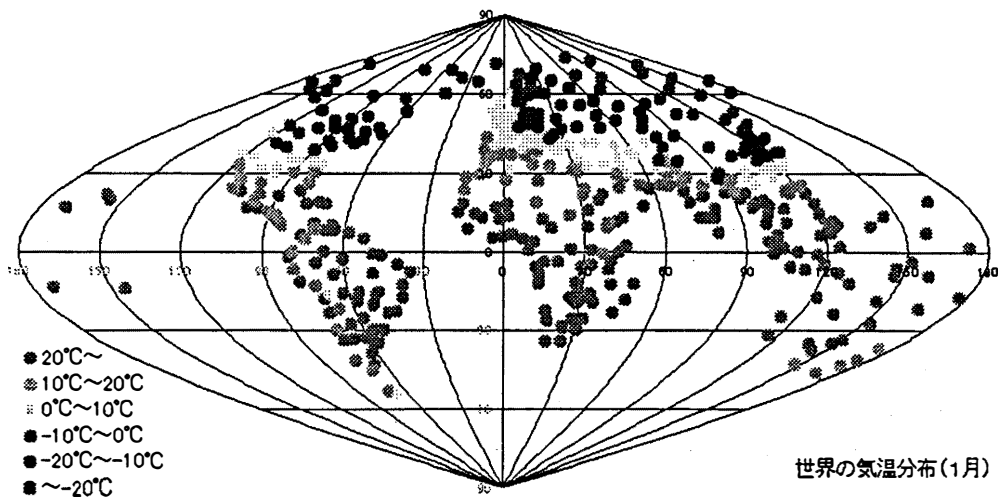


図 5 世界の気温分布 (1月)

③データマップ機能の利用

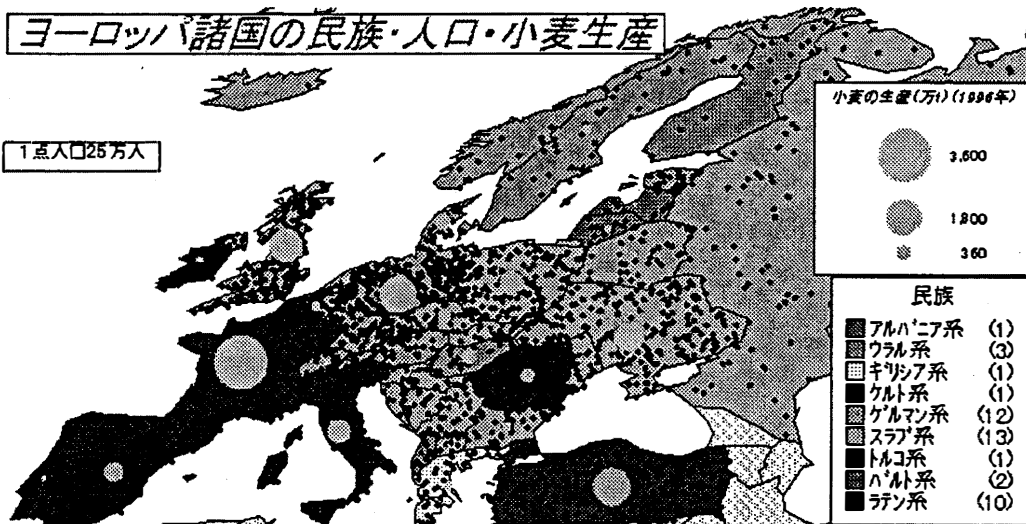


図 6 ヨーロッパ諸国の人口・民族・小麦生産

密さが要求される。適切な地図投影法とともに作成する必要がある。例えば、サンソン図法を利用するならば、緯度経度30° 間隔といった主な緯線や経線の経由する緯度経度点を表にし、それぞれの緯線や経線の一つ系列にして一つずつ散布図上に表現してゆく。そしてこれを、ベースにして、点データを載せていくイメージで作図する。緯度経度値付きの点データとしては理科年表などの気象関係データや地震関係データが利用しやすい。サンソン図法上で利用するならば、経度は緯度に応じた値とする必要がある。点データは属性によって並び替えを行い、適当な間隔で階級区分を行い、その階級ごとの系列として散布図上に表現してゆく。気温であれば、系列ごとに暖かいほうから寒いほうへ暖色系から寒色系の色を設定していけば良い。

### ③データマップ機能の利用

さて、ベクタ形式データを扱うことにおいて、Excelには便利な機能が組み込まれている。データマップと呼ばれる機能である。Microsoft Mapと呼ばれるオブジェクトがExcelのワークシート上に挿入される機能である。このデータマップ機能は、地域を表現している面（多角形）データを簡単に取り扱える機能である。地域を示す地名が地図上のポリゴンと呼ばれる面（多角形）の部分と関連しており、その地名についての属性データを入力することによってそのポリゴンの色や模様やグラフ形態が決まり、グラフィカル表現が可能になる。ポリゴンと関連する地名はあらかじめ決まっており、その地名を使わないとその地域については表現されない。地理行列をそのまま利用できる構造であるともいえる。

基本的には①色別地図（宗教分布図のような質的データ地図）、②模様別地図（人口密度図のようなコロプレスマップ）、③点地図（人口分布図のようなドットマップ的地図）、④図形図（小麦生産高のような円のような図形を用いた地図）、⑤棒グラフ図（小麦と米とトウモロコシといった複数の生産高を表現）、⑥円グラフ図（各国の産業別人口構成のような全体の中の割合を表現）といった6種類の地図とその一部同士の組み合わせが可能である。数的データもExcelのワークシート上で前もって階級区分しておけば①の機能を利用して色別地図として表現することも可能である。

Excelには、標準的には世界（国単位）とアメリカ合衆国（州単位）、日本（都道府県単位）、日本（地方単位）の地図が用意されているが、アドインソフトを組み込めば、より詳細な地域の表現も可能である。別売の日本全国（市町村単位）の地図を購入しを組み込めば図7のような表現も出来る。

このように、コンピュータ上でグラフィックな表現がある程度できれば表計算ソフトでのGISの実現は可能であると言って良いだろう。しかし、Excelは表計算ソフトであり、専門のGISソフトでないためおのずと限界がある。まず、完全なレイヤー構造もたないので、レイヤーの重ね合わせによって空間的な事象の分析がしにくい。これとも関係するがラスタ型データとベクタ型データの重ね合わせが出来ないため、標高値を元にした鳥瞰図上に緯度経度値から作成した道路や鉄道線、河川等の重ね合わせ表現が出来ない。そして、等高線グラフや散布図グラフといったグラフ機能で表現するため地図縮尺の表示が出来ない。また、縦横比の微妙な調整も出来ない。



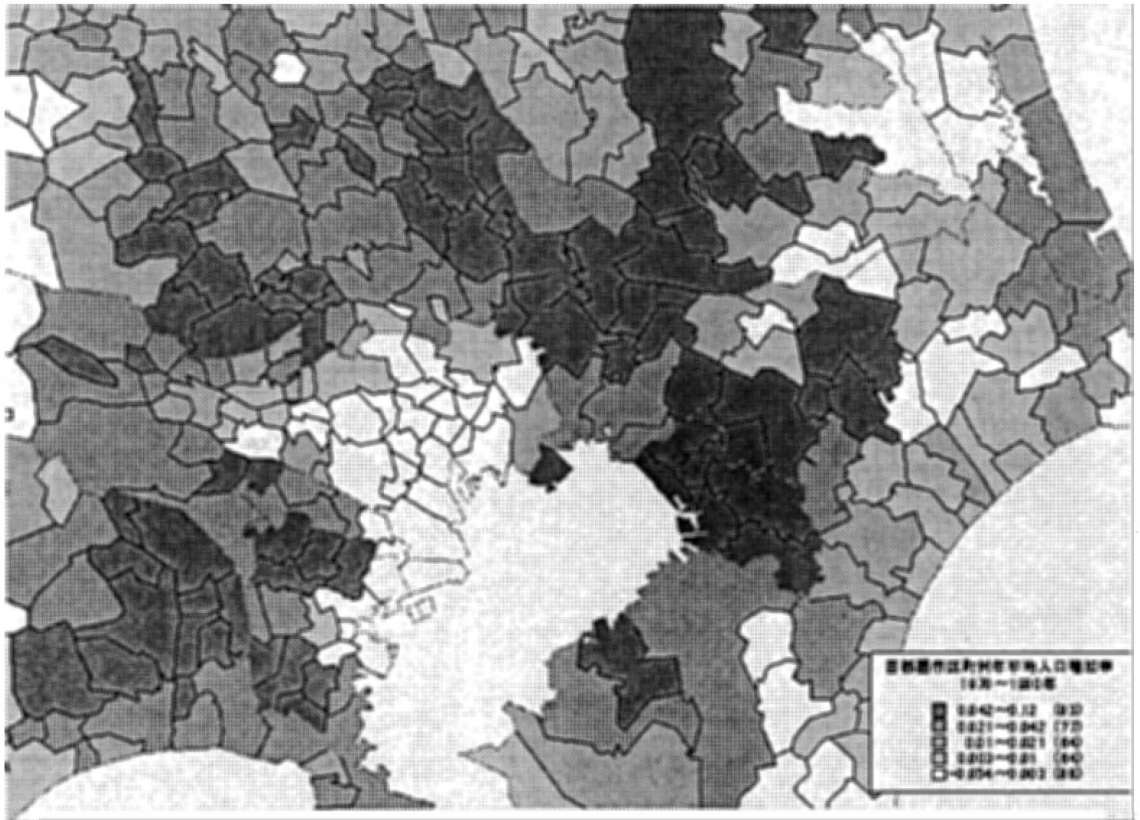


図 7 首都圏市町村年平均人口増加率 (1970年～1980年)

ただ、こうした問題以上に有効なことも多くある。Excelのような表計算ソフトなら、パーソナルコンピュータには多くの場合インストールができ、誰にでも利用可能な環境をつくることができる。また、やや手間がかかるが、いったん作成してしまえば鉄道線や行政界線、経緯線などをベースマップとして利用することができるので、載せたい事象のみを変えるだけで次々と関連した主題図を作成できる。勿論、表計算ソフトには文字通り多種類の関数を中心とした強力な計算機能や並び替え・抽出といったデータベース機能も備わっており、新たな指標の算出や条件によるデータの抽出からの地図表示なども十分に可能であろう。さらにたいいていの表計算ソフトにはマクロ言語もサポートされているのでプログラムを組めば複雑な作業の自動化といったカスタマイズも可能である。さらに、作成した地図は例えば、ドロー形の図形ソフトに貼り付けると点や線、塗りつぶし等の色や形やパターンの再編集が可能である。授業用の教材はもちろん地理の論文や報告にも耐えうるレベルの地図が作成できよう。これにより教材の準備や研究等の作業能率も高まるだろう。

## 5. おわりに～地理教育の場での表計算ソフト利用GISの効果

前述のような有効性と問題点を踏まえたうえで表計算ソフト利用GISを地理教育の場へ導入した場合どのような効果が期待できるだろうか。

ここでGISの例としてあげた、鳥瞰図作成・地図投影法・主題図作成は内容的にいずれも授業等で扱うのに苦労するところである。等高線グラフの操作による鳥瞰図の作成は、地形図読図で最も困難とされている部分である等高線から起伏の様子を読み取る感覚を養うことが期待できる。授業を行っていて、必ずといって質問が出る尾根・谷といった地形の起伏の理解、等高線の理解について手助けになる。また、わかりにくい地図投影法も作図を通じて理解が促進されよう。緯度経度情報を利用したデータの表示は、データの集計、巨大データの利用・加工・保存、生徒といった多数数での調査の集計、大量データの図示といったことにおいて効率性が増すことであろう。データマップの利用は白地図作業をあらゆる面で効率化（時間の短縮、加工の可能性、手作業では難しいグラフィカルな表現）がもたらされる。そして、こうした、行為そのものが、地理情報のデジタル化のメリットとして認識され、かつ、地理情報のデジタル化の仕組みも当然理解されよう。

こうした地理の内容的なことがらとともに、教育の場での重要性は「それ」だけに終わらないこと、より汎用性・応用性に富む知識が求められる。最近では地形投影ソフトや、各種塗りわけ地図ソフトが比較的安価で購入が出来るようになってきている。さらに、教科書会社などの教育関係の出版社によって白地図作業などができる学習用のソフトも開発されている。しかし、このような特化したソフトには逆に汎用性が求められない。それ（塗り分け白地図作業や鳥瞰図作成作業など）しかできない。つまり、こうしたソフトは扱いやすくなっている反面、その構造、つまり、GISの基本的なデータ構造についてがブラックボックスとなっているため、どのような作業をしているかが見えないで終わってしまうおそれがある。

表計算ソフトによるGISは比較的目的で見えるレベルでデータ構造を扱うので、GISについての基本的データ構造が理解されやすい。また、汎用的な表計算ソフトを利用することによって、知識の汎用性が期待される。特に同じメーカーの製品ならワープロソフトやプレゼンテーションソフトやブラウザソフトと似たインターフェイスを持っているので、これらの習得がしやすくなる。また、データ互換の汎用性もあり、表計算ソフトの多くはデータをいろいろな形式での読みこみや保存が出来る。さらに、表計算ソフトは日常的一般的な場面でも有効利用が可能である。このように地理学習以外でも活用が期待できるし、逆に他の場面で表計算ソフトを習得していたら、速やかなGIS作業が期待できよう。汎用性のある表計算ソフト利用のGISはこうしたコンピュータ・リテラシーの向上に一役買うことに違いない。

最後に地理教育にとっては、GISのような論理的な考え方は直感的・感覚的なメンタルマップの概念（小林，1996）とは対をなす概念ともいえる。GISとメンタルマップの両方の部分のアプローチを知り、教育の場でそれぞれをバックボーンとして持つことは地理教育の大なる武器、そして、地理教育ならではのアイデンティティとなることが期待できよう。コンピュータでのGISは「〇〇についてそれ自体を知る」という宣言的知識ではなく、「〇〇の仕方を知る」という手続き的知識である。このような手続き的知識はより広範な応用性が期待できる知識なのである。

《参考文献》

- ジェフリー・スター/ジョン・エステス著, 岡部篤行他訳 (1992) : 「入門地理情報システム」,  
共立出版
- 岡村秀明・清水隆夫 (1996) : 「アトラスRD徹底ガイドブック」, ソフトバンク
- 古今書院 (1997) : 1997年No12.特集すすむ空間データ基盤, 古今書院
- 小林岳人 (1996) : 地理の学習目標としてのメンタルマップ, 筑波社会科学研究第15号pp.11-19
- 縄田和満 (1996) : 「Excelによる統計入門」, 朝倉書店
- 日本国際地図学会 (1997) : 1997年No1.GIS特集号, 日本国際地図学会
- 矢野桂司 (1995) : 地理情報とコンピュータグラフィック, 帝国書院地理地図資料1995.5

表計算ソフトによる地理情報システム

小林岳人

Geographical Information System by Spreadsheet

Taketo KOBAYASHI