

大学における GIS 教育

— 地理学専攻学生を対象とする実習 —

村山 祐司・横山 智

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| I はじめに | Ⅲ-2-2 マッピングツールとしての GIS 利用 |
| II GIS 入門実習 | Ⅲ-3 TNTLite を用いた GIS の応用解析実習 |
| II-1 GIS Tutor の利用 | Ⅲ-3-1 オーバーレイ分析 |
| II-2 インターネット GIS の活用 | Ⅲ-3-2 ネットワーク分析 |
| III GIS 解析実習 | IV 学生用 GIS 解析アプリケーション |
| III-1 解析実習用 GIS アプリケーション | IV-1 ILWIS |
| III-1-1 アプリケーションの条件 | IV-2 WinASEAN |
| III-1-2 TNTLite の機能 | IV-3 IDRISI |
| III-2 TNTLite を用いた GIS の基礎解析実習 | V おわりに |
| III-2-1 GIS のデータ構造 | |

キーワード：GIS 教育，GIS Tutor，歴史統計インターネット GIS，TNTLite

I はじめに

GIS（地理情報システム）は、地図や属性データをコンピュータに取り込み、それを効率的に蓄積・検索・変換・解析して、地図出力、レポート作成、さらには意思決定の支援が可能なよう設計されたシステムである。1990年代に入り、情報技術の進展、コンピュータのダウンサイジング、GIS アプリケーションの低価格化、空間データベースの整備などが相まって、GIS はめざましい成長を遂げた。

とくに最近、地方自治体や民間企業で GIS は爆発的な広がりを見せ、日常業務に積極的に導入されている。この社会的ニーズの高まりを背景に、大学でも、空間情報科学センター（東京大学）の設立をはじめ、GIS 関連施設や講座の創設が相次いでいる。地理学教室においては、空間分析のツールとして GIS の有効性が高く評価され、大学院を有する主要大学がとくに積極的に GIS をカリキュラムに組み込むようになってきた。しかし、残念ながら一部の大学を除いて GIS 教育は教室での「講義」にとどまっているのが現状である。現実に GIS 実習をカリキュラムに導入しようとすると、さまざまな問題に直面する。20~30人の受講学生を想定したパソコンルームは近年どの大学にも設置されるようになったが、GIS に不可欠なデジタイザーやプロッターなどの周辺機器は整備が進んでいない。GIS アプリケーションやデジタル地図を受講者数分そろえることは予算的に困難であるし、GIS に精通した実習補助員の確保もままならない。GIS アプリケーションやマニュアルなど実習用の教材もきわめて乏しい。

GIS教育において、講義より実習のほうが教育効果が高いことは明白であり、これからは学生がコンピュータを操作してGISを主体的に学ぶ「実習」授業を増やしていく必要がある。GIS実習の必要性が認識されるにともない、予算上の手当がなされ、教育関連設備も徐々に充実していくであろう。そういった意味で、現在におけるGIS教育の状況は講義から実習への移行期に当たると言ってもいいかもしれない。

筆者らは、ここ数年試行錯誤を繰り返しながら、地理学専攻の学部学生（筑波大学自然学類）を対象にGISの実習を行ってきた。その実践で、GIS設備が貧弱であっても、工夫を凝らせば、少ない予算でGIS実習が十分機能することを確認した。その際、鍵となるのは、GIS教育用のアプリケーション、フリーのGISアプリケーション、インターネット上の地理情報などの活用であった。

以上を踏まえ、本稿では、実習に有効なGIS教材を紹介するとともに、その有用性や活用方法について具体的な事例を交えながら検討する。

II GIS入門実習

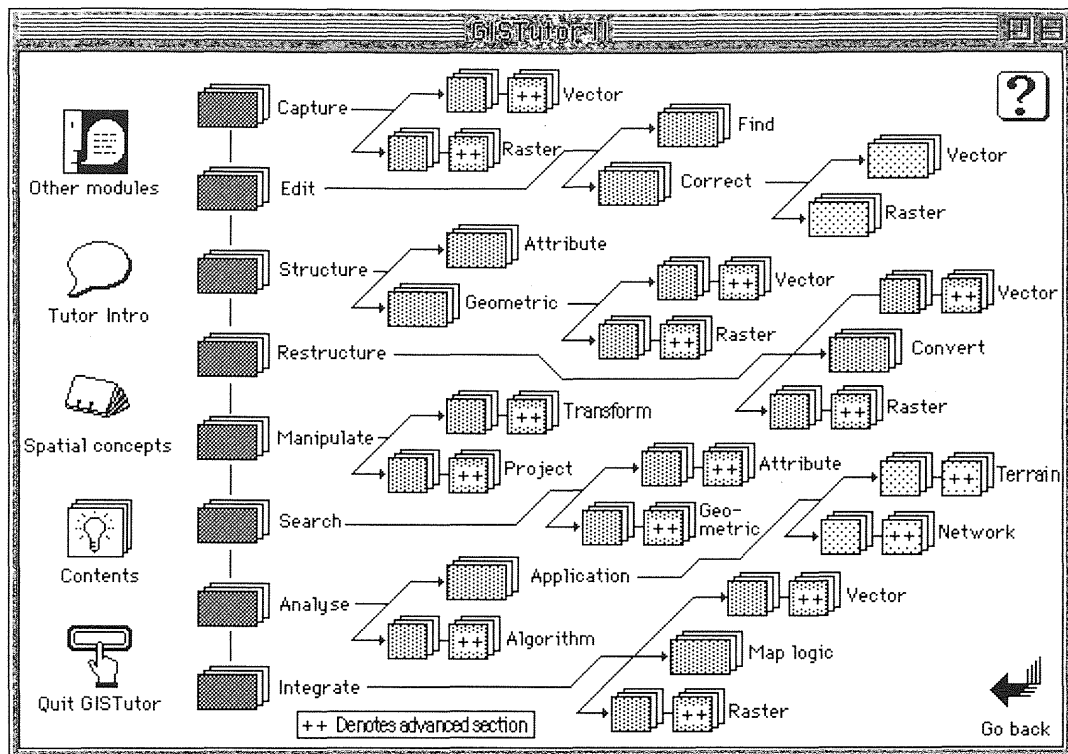
II-1 GIS Tutorの利用

GISはどんなシステムで、なにができるのか。GISについてほとんど知識のない学生には、まずその概念や構成を包括的に理解させることが肝要である。GIS初心者に対しては、NCGIAのコアカリキュラム（グッドチャイルド、M.F.、ケンブ、K.K.編、文部省科学研究費重点領域研究「近代化による環境変化の地理情報システム」訳、1993）など、優れたGIS入門書を一読させることも一案であるが、コンピュータ画面上でGISのしくみや理論を学ぶ方が、学生にとってははるかに臨場感があり、理解度も高いであろう。GIS教育用アプリケーションはいくつかでているが、ここでは欧米のGIS実習によく使われている“GIS Tutor”に注目する¹⁾。地理情報の取得や空間解析機能について詳細な説明がされ、地理学専攻学生に最適なアプリケーションの一つである。

“GIS Tutor”はロンドン大学で開発が進められた初心者向けのGIS教材である。Macintosh版とWindows版があり、ともに3.5インチ2HDフロッピー1枚とマニュアルからなる。“GIS Tutor”は操作性に優れており、コンピュータに精通していない学生でも、すぐ使いこなすことができる。筑波大学における人文地理学専攻の学部生にこのアプリケーションを配布して実習授業を行ったが、ほとんどの学生は10分以内に使い方を会得することができた。

“GIS Tutor”はハイパーテキストによって構築されている。学生は1枚1枚カードをめくる感覚で、GISのしくみを初歩から段階的に学習していくことができる。GISの流れを視覚的に把握できるよう、カードにはアニメーション処理が施されている。カードは全部で400枚近くに達する。基礎カードと応用カードに分かれているため、各自のレベルに応じて選択的な学習が可能になっている。

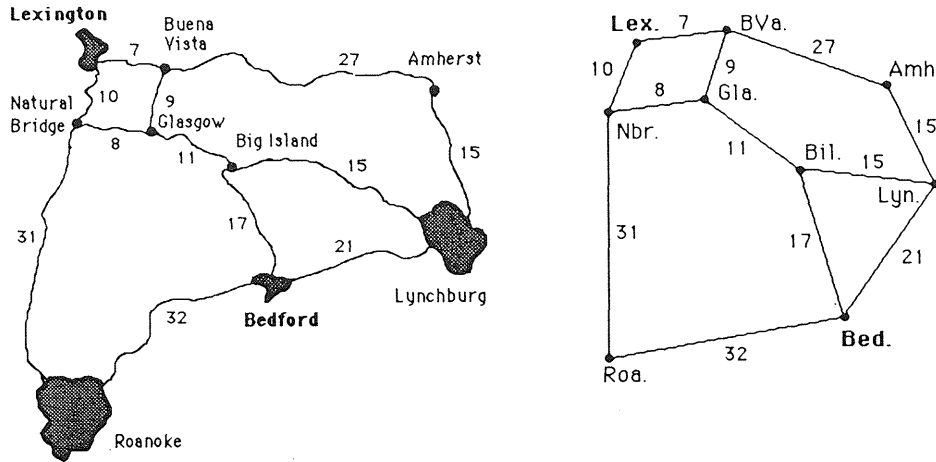
第1図は“GIS Tutor”の全体像を示した図である。データの取得（Capture）、編集（Edit）、構築（Structure）、再構築（Restructure）、操作（Manipulate）、探索（Search）、解析（Analyse）、統合（Integrate）の8つのセクションからなる。これはさらに合計39のサブセクションに分かれる（村山・尾野、1994）。



第1図 “GIS Tutor” の全体図

取得 (Capture) のセクションでは、ベクター型とラスター型についてのデータ入力の違いが説明される。ユーザ (学生) は、デジタイザを用いた地図データの入力方法をマウスを動かして疑似体験できる。編集 (Edit) のセクションは、データのエラーの発生とその修正方法をベクトル型とラスター型に分けて学ぶ。構築 (Structure) のセクションではデータベース設計が、そして再構築 (Restructure) のセクションでは地図の絵描、空間フィルタリング、ラスター・ベクトル変換などが解説される。操作 (Manipulate) のセクションでは地図変換や地図投影などを学ぶ。探索 (Search) のセクションでは情報検索の方法が扱われるが、属性データについてはSQLが、幾何データについては空間的探索法が取り上げられる。解析 (Analyse) のセクションは、地形分析やネットワーク分析を解説する。アルゴリズムについても言及される。ポイント・イン・ポリゴンやポリゴンの重心の計算 (計算幾何学) などが示される。第2図に、ネットワーク分析の一例を示す。ここでは、アメリカ合衆国バージニア州を事例に、Lexington から Bedford への最短ルートを導く方法が図解される。現実の交通網をトポロジカル・ネットワークに変換したのち、アニメーションを用いてダイクストラ法にもとづく最短経路演算のプロセスを視覚的に示している。このように、ユーザは最短経路演算のしくみを一目瞭然に理解できる。統合 (Integrate) のセクションは、具体的事例を用いてオーバーレイ概念を説明する。

“GIS Tutor” には、本体の他に DIRECTORY と IMPLEMENTATION の2つのモジュールが付随し



第2図 “GIS Tutor” によるネットワーク分析

ている。DIRECTORYには、GISの関連用語集、文献目録、研究機関・企業の住所目録などが納められている。IMPLEMENTATIONには、GISアプリケーションの情報が入っており、ユーザのニーズに合致した最適なGISシステムを機種を含めて教えてくれる。

II-2 インターネットGISの活用

筆者らが行っているGIS実習では、受講者は“GIS Tutor”によって地理情報システムの内容を把握したのち、GISアプリケーションの操作へと進む。まず最初の課題は、コロプレスマップ作成機能を習得することである。多様な主題図に接し空間分布やパターンを考察する機会の多い人文地理学専攻の学生にとって、属性データと地図データがどのように結びついてコロプレスマップが描かれるのか、まず理解させたいと考えたからである。実際の作業は、筆者らが開発しweb上で公開している「歴史統計インターネットGIS²⁾」を用いている(第3図)。

インターネットGISとは、地域統計や地図データをネットワーク上で結合させ、ユーザがインターネット上で主題図を作成したり、空間解析が行えるように設計したものである。web型GISとも呼ばれる³⁾。パソコンがインターネットに接続されていれば、ブラウザを用いてただちにアクセスできるので、多人数の実習に適している(Murayama, 2000)。

「歴史統計インターネットGIS」では、多様な空間条件のもと、明治中期から昭和初期にかけての人口、産業、文化、教育に関する市区町村別コロプレスマップを描くことができ、近代日本における地域構造を視覚的に把握可能である(村山・尾野, 1998; 村山, 1999)。

このシステムは以下の6つの機能を有している。

(1) コロプレスマップの描画

ユーザは、属性と地図をプルダウンメニューから選択する。凡例は2段階から7段階まで可変的に定められる。階級区分は次の3種類の方法が可能である。①各階級値の幅が同一の「等階級」区分、②1つの階級に収まる個数が同数の「等サイズ」区分、③属性値の平均が0、分散が1になる「標準



第3図 「歴史統計インターネットGIS」のホームページ

化」区分。

(2) 情報（ラベル）表示

地図が表示された画面において、ユーザはポリゴン（地域）をマウスでクリックし、地域属性（コードナンバー、属性値、地域名など）の情報を入手する。

(3) 地図の拡大・縮小

地図の拡大・縮小を行う。

(4) 条件検索

論理式にもとづいて属性値を検索し、該当する地域を地図上に表示する。

(5) グラフ表示

折れ線グラフ・散布図・ヒストグラムなどを作成する。

(6) 探索的空間分析

グラフと地図を組み合わせてパターンや関係を見つけ出す。たとえば、散布図上のポイントをマウスでクリックすると、地図上に該当する地域が示され、逆に地図上で地域をマウスでクリックすると、散布図上で該当するポイントがマークされる。

インターネットを通じて、学生は研究室、図書館あるいは自宅でこのシステムを自由に操作できる。筑波大学の実習では、第1表のような課題を出し、1週間後に提出を求めている。この作業を通

第1表 GIS実習におけるインターネットGISの課題

A) http://gaia.sk.tsukuba.ac.jp/~mura/taisho/ (大正・昭和歴史統計) のホームページに入り、以下の問いに答えなさい。
1. 北海道夕張市における、大正9年、大正14年、昭和5年の人口を示しなさい。
2. 北海道において、大正9年に人口5万以上の市区町村はいくつありますか。
3. 北海道において、昭和5年に最大の人口をもつ地域はどこですか。その人口は何人ですか。
4. グラフ機能を用いて京都府(昭和5年)における男の人口(x軸)と女の人口(y軸)との関係を考察しなさい。相関は高いですか。
B) http://gaia.sk.tsukuba.ac.jp/~mura/meiji/ (明治歴史統計) のホームページに入り、以下の問いに答えなさい。
1. 明治33年における牛車の分布を説明しなさい。馬車の分布とどのような違いがありますか。
2. 明治39年において、人口千人あたり牛車の数が5台以上ある市郡はいくつありますか。また人口千人あたり牛車の数が日本で最大の市郡はどこですか。
3. 2の問いに関して、明治23年ではどうですか。
4. 明治33年における牛車(y軸)と馬車(x軸)の散布図を描き、分布状況を説明しなさい。
5. 地図表示タイプにおける「等サイズ」と「等間隔」の違いについて説明しなさい。

(筑波大学自然学類, 1999年度).

じて、学生はGISのイメージをつかむことができる。

群馬大学 青木氏が開発した“Map of Japan”も優れたインターネットGIS教材になり得る⁴⁾。ユーザが属性データをインプットすると、“Map of Japan”はそのコロプレスマップを自動的に作成してくれる。ユーザは凡例の数を変えたり、階級区分の方法を自由に指定できる。青木氏はこのシステムに加え、多変量解析用インターネットアプリケーション“Black-Box”を公開している⁵⁾。重回帰分析にもとづく残差や因子分析にもとづく因子得点を“Map of Japan”で地図化することが可能になっている。

ESRI社(アメリカ合衆国)が開発し、パソコ社が日本語化したフリーのGISアプリケーションに、“ArcExplorer”があるが、これも操作性に富み、汎用性が高く上述のGIS実習に有効である。このアプリケーションはインターネットを通じてパソコ社のホームページからダウンロード可能である⁶⁾。日本全国の行政界(市区町村)地図が同じホームページからダウンロードできるので、ユーザはこの地図を“ArcExplorer”に取り込んで、さまざまな主題図を簡単に作成することができる。

Ⅲ GIS解析実習

Ⅲ-1 解析実習用GISアプリケーション

Ⅲ-1-1 アプリケーションの条件

GISの仕組みと基本的な操作を学んだ学生は、GISアプリケーションを実際に使用する実習へと進む。ここで用いるGISに要求される条件として、①価格が安価ないしはフリーであること、②パーソナルコンピュータ上で動作し、初心者でも抵抗がないGUI(Graphical User Interface)を有すること、③多種類のデータのインポートが可能なが挙げられる。

数年前まで GIS アプリケーションは、ネットワーク・サーバや科学技術計算用途の UNIX-OS のワークステーションで動作するのが一般的であった。しかし、1990年代後半から、UNIX-OS 用に開発された GIS アプリケーションの多くがパーソナルコンピュータでも動作するようになった。したがって GIS 実習では、パーソナルコンピュータ上で動く GIS アプリケーションが実習には望ましい。また、実際の操作においては、コマンドラインによる入力よりも、ツール・ボタン、プルダウン・メニュー、入力ボックスなどを有する GUI 環境が望まれる。

入力フォーマットに関しては、ベクター型データ解析の標準アプリケーションともいえる ESRI 社の“ARC/INFO”，ラスター解析の標準的アプリケーションである ERDAS 社の“IMAGINE”などのフォーマットをサポートしていることが、データの交換において重要である。特に、属性データが付加されているベクター型データに関しては、“ARC/INFO”で用いられる ARC-Coverage, ARC-Export (E00), ARC-Shape の形式がサポートされていると、データの配布を受ける際に好都合である。また、ラスター型の GIS データは、ERDAS Imagine で用いられているデータ形式が標準的である。しかし、BMP, TIFF, JPEG, GIF など通常の画像フォーマットからの読込をサポートしていれば、GIS 上で画像の確認だけは可能である。ただし、BMP, TIFF, JPEG, GIF などのフォーマットには、位置情報が含まれていないため、地図情報とオーバーレイするときには、GCP (地上基準点: Ground Control Point) を GIS アプリケーション上で付与しなければならない。

以上を踏まえ、筑波大学の实習では、上記の条件をすべて満たす解析実習用 GIS アプリケーションとして“TNTLite”を用いている。

III-1-2 TNTLite の機能

“TNTLite”は、アメリカ合衆国の MicroImages 社が販売する“TNTmips”の機能制限版である⁷⁾。“TNTLite”がもつ機能には、

- (1) バッファリングを含む各種ベクターの加工
- (2) ネットワーク分析 (最短経路, 巡回サラリーマン問題, 立地配分)
- (3) オーバーレイ分析 (ラスター型データとベクター型データの両方可能)
- (4) クラスタおよびポリゴン・フィッティング (複数の点データの属性から等質地域の確定などに応用可能)
- (5) 可視領域の発生 (指定した地点から望むことができる領域を抽出する。景観シミュレーション, 建物の立地条件分析と眺めのよさからとらえた住宅の居住性の評価などに応用可能)

などがあり、人文地理学にとっても有用なものが多い。

“TNTLite”の機能に関して、ベクター型データには、ポリゴン数500、そしてラスター型データには614×512画素という制限が設けられている (第2表)。ポリゴン数500というベクター型データは、全国都道府県レベル、もしくは1つの都道府県における市区町村レベルの解析には支障のない数である。また、ラスター型データの614×512画素という範囲は、LANDSAT TM 画像 (解像度30m) で換算すると、リサンプリング⁸⁾をしなければ18.42km×15.36km 四方の面積を解析することができる。衛星データの画像分類、位置座標の付与などを実習するには十分な範囲である。

データの入力については、デジタイザーおよびスキャナーに関しても、上記と同様のポリゴン数と画素数の制限が設けられている。また、“TNTLite”では、ベクター・ラスター変換機能が備わっており、下図をトレーシングして、スキャナーによりラスターデータとして取り込んだのち、ベクターデータへの変換が可能である。そして、ベクター、ラスターともに、取り込んだデータの加工は容易である⁹⁾。なお、“TNTLite”では、他のGISアプリケーションのデータ形式にエクスポートができない。以上の制約以外は、正規版の“TNTmips”の機能をすべて含んでいる。

実習で“TNTLite”を利用する一番の利点は、インターネット web サイトから無料でダウンロードできることにある。その際、“TNTLite”で使用できるサンプルデータとサンプルデータを用いた解析手法も PDF ファイル形式¹⁰⁾で手に入る。

基本的に、“TNTLite”は英語メニューによる操作が前提となっている。しかし、日本の代理店である「オープンGIS社」が、メニューの日本語化ファイルを無料で提供しており、そのweb上では、日本語化ファイルのインストール方法が解説されている。また、日本語フォントをインストールすることでファイル名に日本語を使用できる。

“TNTLite”の特徴の一つは、UNIX-OS で用いられている X-Windows で動作するアプリケーションであることである。したがって、X-Windows を動かせれば、OS を選ばずに使用できるというメリットがある。バージョン6.2において使用可能なOSは、Windows (95以降)、WindowsNT (4.0以降)、Mac-OS、UNIX系 (SUN-Soralis, SGI-IRIX, HP, DEC、パーソナルコンピュータベースのLINUX) であり、“TNTLite”は、ほぼすべてのプラットフォームに対応している。

第2表 “TNTLite” の機能制限一覧

データ	制限事項	制限値
Raster	Pixel	614×512画素まで
	Line (Column)	1024ラインまで
Vector	Point	1500点まで
	Line	500ラインまで
	Polygon	500ポリゴンまで
	Label	500ラベルまで
CAD	Element	500要素まで
	Block	5ブロック
TIN	Node	1500点まで
Database	Table	10テーブル (1500data/table)
Print	Size	11"×17"まで
	Print Screen	解像度1280×1024まで
Input	X-Y Digitizer	Vector オブジェクトのサイズに依存
	Scanner	Raster オブジェクトのサイズに依存
Output	Output 不可能	データの外部エクスポートは、いかなる形式も不可能

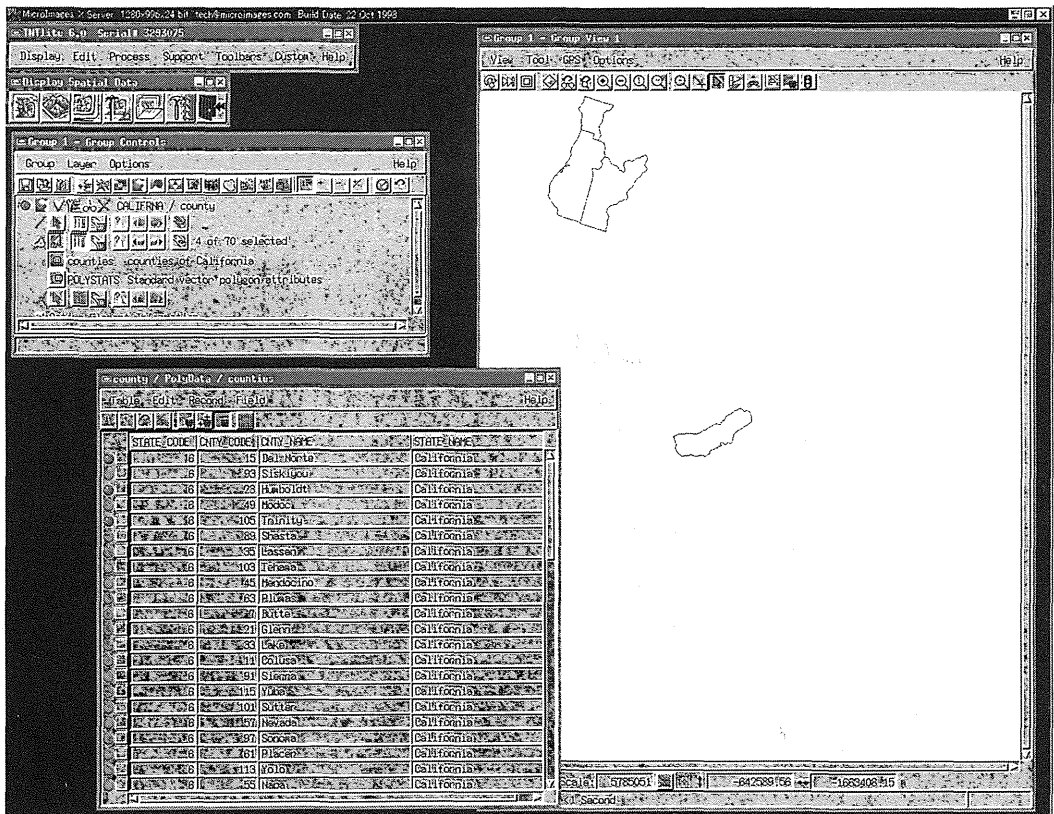
Ⅲ-2 TNTLite を用いた GIS の基礎解析実習

Ⅲ-2-1 GIS のデータ構造

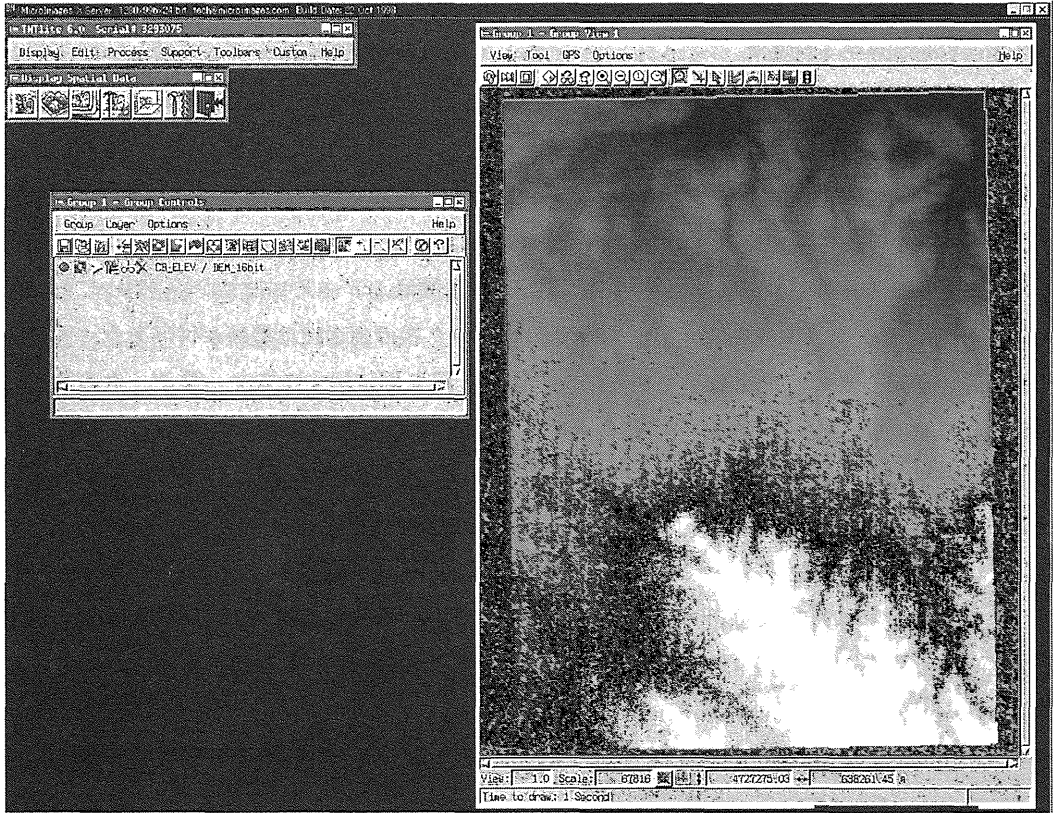
GISの初心者に対しては、まずGISデータの構造を実際にアプリケーションを動作させて確認させることが大切である。

ベクター型データの場合は、ひとつのライン、もしくは多角形で囲まれたポリゴン領域に、属性と呼ばれるデータが付加されている。例えば、ポリゴンには地域名、人口、面積、人口密度、その他分析に必要な様々なデータが含まれている。そして、地図画像は、データテーブルと一対一に対応している(第4図)。また、ラスター型データの場合、モザイク状の画素には数値が付与され、画像の濃淡や色の違いが何らかの意味を持っている。たとえば、第5図に示すラスター型データの数値は、DEM (Digital Elevation Model) と呼ばれるデジタル標高モデルのデータであり、高低がグレースケールで設定されている。ユーザーはGISアプリケーションを援用して簡単な処理を施すだけで、斜面傾斜図、斜面方位図、陰影図などの加工図を得られる〔第6図 (a)~(c)〕。

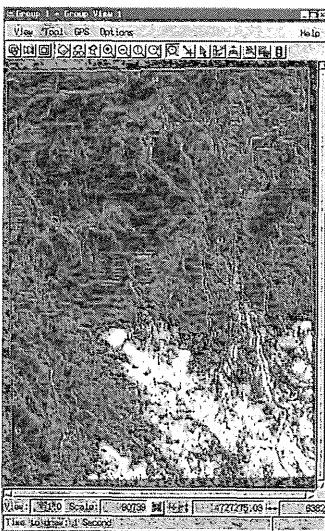
ベクター型データおよびラスター型データのいずれも、地図座標が付加されているため、それぞれのデータの重ね合わせは容易である(第7図)。重ね合わせの機能は、CADアプリケーションやドロー系のアプリケーション(たとえば、Adobe社「Illustrator」およびDeneba Systems社の



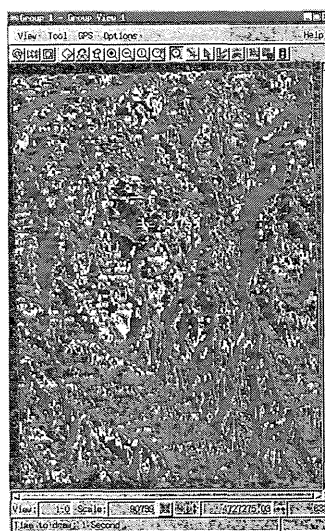
第4図 ベクター型地図データとその属性



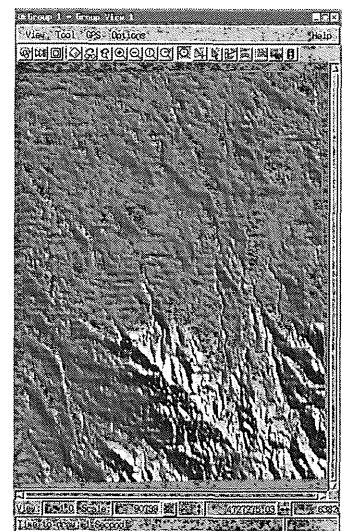
第5図 ラスター型データのDEM (デジタル標高モデル)



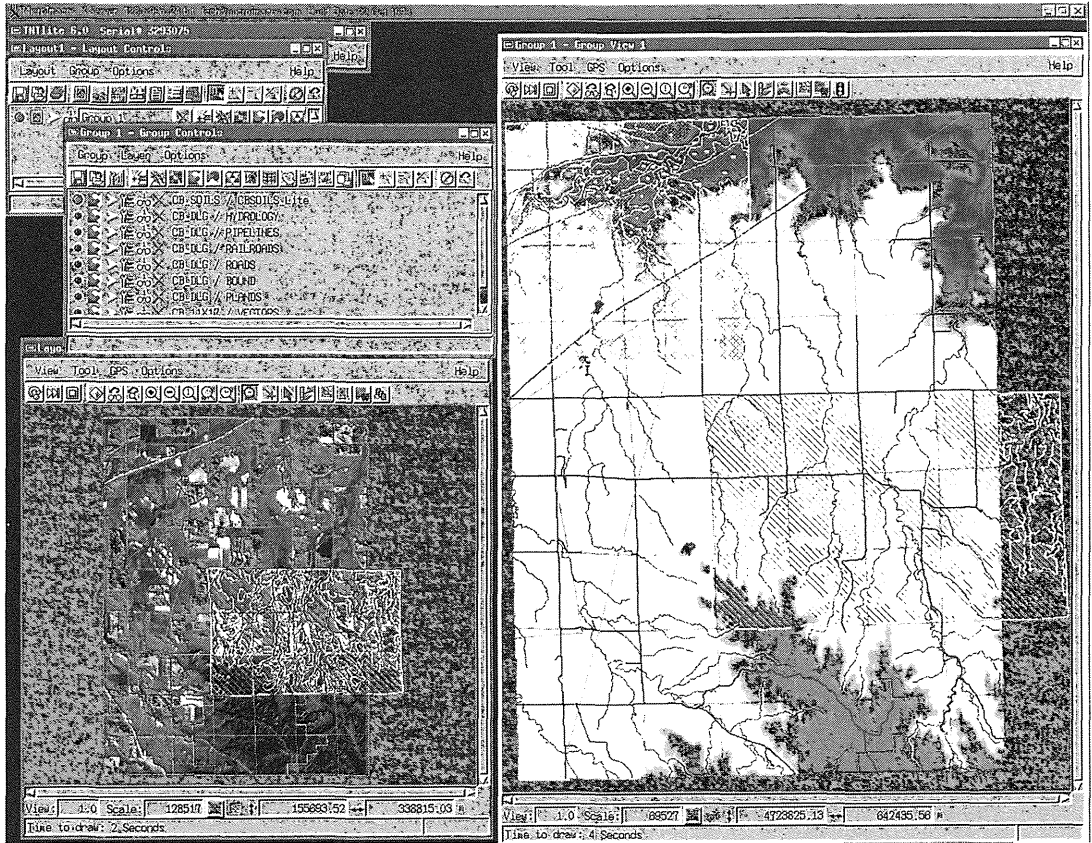
第6図 (a) DEMを加工して作成した斜面傾斜図



第6図 (b) DEMを加工して作成した斜面方位図



第6図 (c) DEMを加工して作成した陰影図



第7図 ベクター型データとラスター型データのオーバーレイ

“Canvas”など)にも付与されている。コンピュータ画面上で見るとは、それらはGISと同様に見えるが、トポロジー構造をもつかもたないかが決定的な違いである。さらに、ライン一本、画素一つに、地理的に意味のあるデータが付与されていることも、一般のアプリケーションとは大きな違いである。このデータ構造を理解することが、GIS実習の第一段階となる。

III-2-2 マッピングツールとしてのGIS利用

インターネットGISの項でも述べたように、GISは主題図を容易に作成できるという利点がある。学生は、図の表示方法を実際にGISを操作して学ぶことになる。前述したインターネットGISとは異なり、GISアプリケーションでの主題図作成は、分析とは別のモジュールで用意されるレイアウト機能を用いて行うのが一般的である。すなわち、ハッチやカラーの作成から、タイトル・凡例・スケール・方位の挿入位置などの作業を自ら行わなければならない。

実習に用いたデータは、“TNT Lite”のサンプルとして含まれるアメリカ合衆国のカウンティ(郡)単位のデータである。カウンティのデータベースには、アメリカ合衆国内で統一されているカウンティ・コード番号の属性テーブルが付加されている。実習で用いたのは、カウンティ別の人口と民族別人口のMicrosoft Excel形式のデータであり、カリフォルニア州が運営するwebサイトからイン

ターネットを経由して入手した。

“TNTLite”で利用できるデータベースのフォーマットは、dBase および ASCII Text 形式である。そのため、ダウンロードした Microsoft Excel データは、dBase 形式に変換して“TNTLite”にインポートする。インポートの際は、人口データに関連付けられているカウンティ・コード番号を、GIS 属性テーブルのカウンティ・コード番号に関連付けることを指示する（第8図）。この作業によって、インポートした人口データがGISのカウンティ・データと一対一に対応するようになる。このようなデータの構造は、「リレーショナル・データベース」構造¹¹⁾と呼ばれる。ほぼ全てのベクター型GISアプリケーションは、この方法によって属性データが管理されている。カウンティ・コード番号のようなキーとなる属性に、解析データを追加する作業によって、「リレーショナル・データベース」構造のしくみを理解させることができる。

第9図は、属性が付加されたポリゴンを階級区分したコロプレスマップにより、スペイン系民族の比率を表した画面である。ユーザーは画面上で確認しながら階級数・色・ハッチを変更する。この実習により、GISがマッピング・ツールとして優れていることが体験できる。棒グラフの重ね合わせ、点データを用いたピン・マップなども“TNTLite”で可能である。

本実習では、第3表で示される課題を出し、2週間後に提出を求めている。人文地理学におけるツールとしてのGISの有効性を実習を通して学生は習得する。

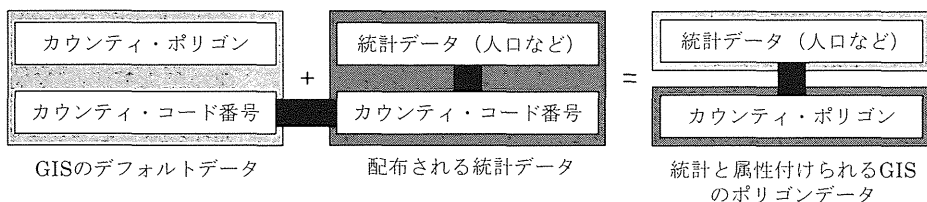
Ⅲ-3 TNTLite を用いた GIS の応用解析実習

Ⅲ-3-1 オーバーレイ分析

オーバーレイはGISの基本機能であり、人文地理学分野の研究にも広く応用されている（例えば、横山，1999）。きわめて役に立つ手法で、実習においてぜひ取り上げたい。

たとえば、次のような実習が想定できる。衛星データを用いて画像分類を行い、土地利用図を作成する。このラスター型データの土地利用図を、ベクター型データの土壤分布図にオーバーレイさせ、画像分類した土地利用図を土壤の種類ごとに切り抜き（Extract）処理を行う。そして、土地利用ラスター型データのヒストグラムから、どの土壤でどのような土地利用がなされているのかを考察する。この作業を通じて次の技術を取得できる。①リモートセンシングデータの画像処理、②ベクター型データをマスクとしたラスター画像の切り取り、③ラスター型データのヒストグラム解析。

さらに、衛星データから作成した土地利用図を用いて、高度な解析へ進むことも可能である。例え



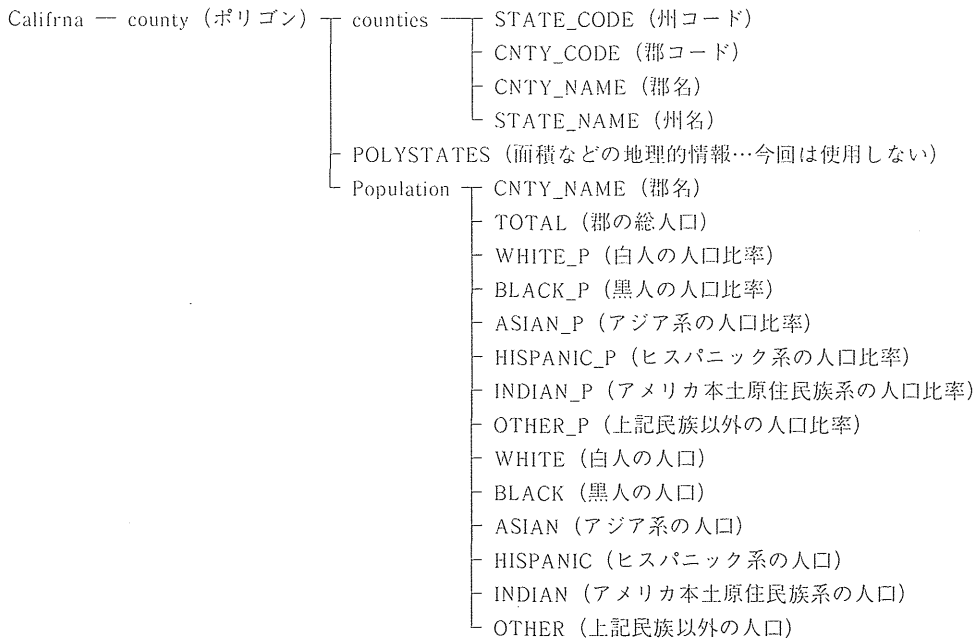
第8図 リレーショナル・データベースの構造

第3表 GIS 解析実習における課題

【レポート】カリフォルニア州の民族分布に関する考察

実習 DATA の中に Califrna.rvc というデータがある。このデータには、合衆国カリフォルニア州の郡 (County) 別の境界地図が入っており、それぞれの郡には民族 (Race) の人口と郡の総人口に対する各民族の人口比率 (%) が属性付けられている。このデータを用いて、以下の作業を行う。

- (作業1) 本日の実習では、合衆国の地図オブジェクトを用いた Layout ファイルを作成したが、そのファイルの Group 1 のオブジェクト (Vector 実習 .rvc) を、実習で使用するオブジェクト (Califrna.rvc) に取り替える。その時、合衆国の縮尺のままカリフォルニア部分だけを表示させると、非常に小さく表示されるので、各自で用紙に合うように縮尺を再設定すること。
- (作業2) カリフォルニアの地図に示されている郡界は、一つのポリゴンになっており、下に示すような構造の属性が付けられている。前回の実習で行った、コロプレスマッピングによって、郡別に民族の人口分布の傾向を明らかにできるように各自で考えよ (取り上げる民族の数は、特に問わない。全てを比較しても良いし、1つの民族だけを取り上げて可)。
- ・人口データを使用した方がいいのか? それとも人口比率を用いた方がいいのか?
 - ・適当な階級数は? (印刷は白黒であることを考慮せよ)



実習用データ (Califrna.rvc) における属性データの構造

レポート必須事項!!

- 作成したコロプレス・マップから、『多民族国家・アメリカ合衆国のカリフォルニア州における民族別人口分布』についてその特徴を考察せよ。単なる分布の説明にとどまらず、なぜそうなるのかを考えること。
- 今回の GIS 実習の感想を最後にまとめよ。また、GIS を用いて取り組んでみたい研究があったら、それも簡単に記述すること。

ば、土壌分布ではなく、道路網のライン型データを使用することにしよう。道路網のライン型データの両側には50m ずつバッファ領域を設定し、幅約100mの道路バッファ・データ（ポリゴン）を発生させる。そして、その道路バッファ・データをマスクとし、土地利用図を切り抜くと、道路の両側50m 内のみの土地利用を得ることができる（第10図）。GISは、ラスタ型データのヒストグラムを出力する機能を有しているので、データ値（たとえば、1が住宅地、2が農地、3が裸地など）の頻度から、道路沿いではどのような土地利用がどの程度の比率で存在しているのかを把握できる。このような解析は、都市計画関係の実習においても有効であろう。

III-3-2 ネットワーク分析

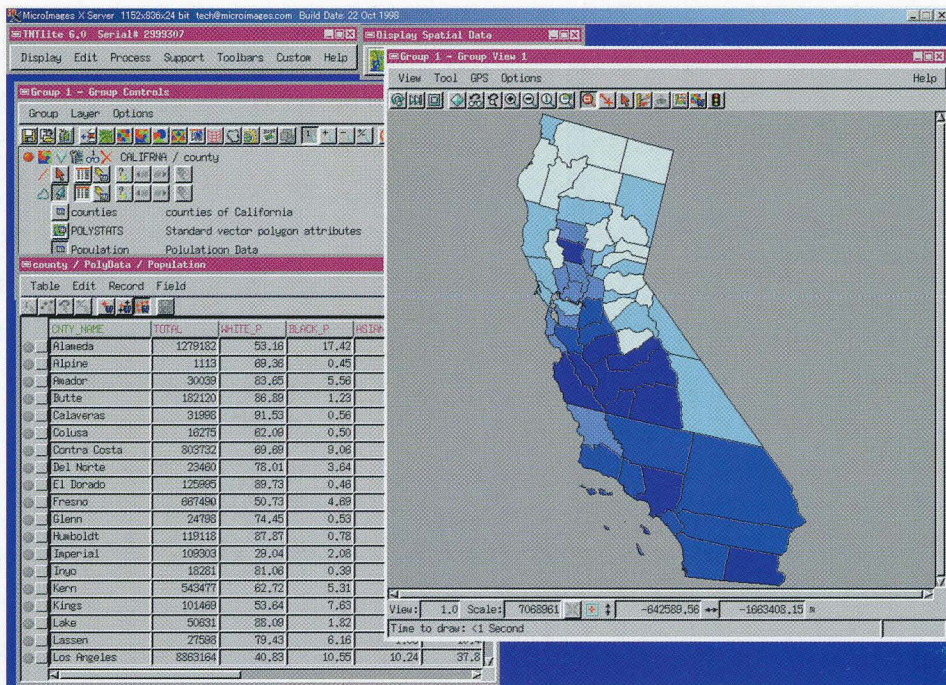
人文地理学専攻の学生にとって押さえておきたいGIS実習としてネットワーク分析があげられる。人文地理学の専攻では、都市、交通、流通などの分野で卒業論文を作成する学生が多い。筑波大学では、ネットワーク分析の基礎、および解析アルゴリズムに関しては、講義と“GIS Tutor”を用いた入門実習を併用している。

ネットワーク分析においては、主に線フィーチャーからなるネットワークの連結に関する問題、および連結された線分を通したシステム内流動に関する問題が扱われる（Yue-Hong Chou, 1997）。代表的な解析に「巡回セールスマン問題」と「立地配分分析」がある。ここでは、これら2つの分析を事例に取りあげよう。

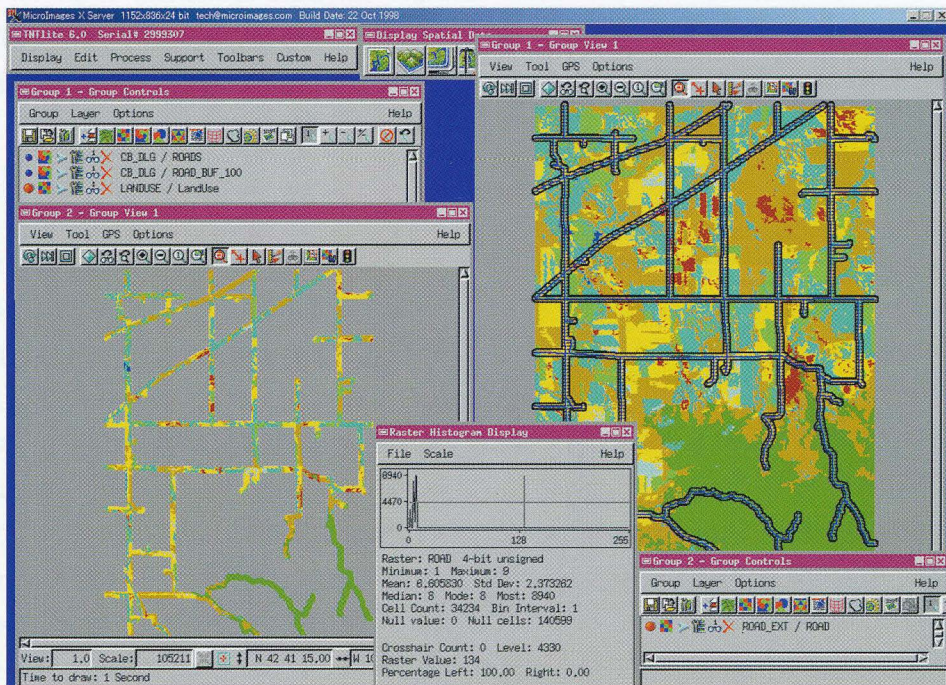
実習にあたり、学生がまず理解しておかなければならないのは「定量化」の概念である。「巡回サラリーマン問題」で重要なのは道路網のインピーダンス（障壁）値の設定である。一方通行や高架道などの設定に加えて、道路幅、路面状況、渋滞などの心理的な影響も設定する必要がある。また、より正確な分析を行うためには、左通行である日本の道路は、右折より左折の方が心理的な負担が少ないといったことに関しても定量化を行う必要がある。ここでは、進行方向の角度を 0° とした場合、直角に右折する方向を最大値に設定し、 0° から 180° の間でインピーダンスの値が均等に広がるように道路に重み付けをする。また一方通行や高架の設定も行う。

上記のインピーダンス設定を行ったのち、「巡回セールスマン問題」の分析に入る。スタート地点のノードからゴール地点のノードまで、必ず経由しなければならないノードを数点選択してGISを動かすと、第11図の結果が得られる。インピーダンス値を入力していない状態、すなわち単なる「最短経路探索」と比較することによって、より現実に近い経路が導かれているかどうか把握することも、専攻が人文地理学である学生にとっては有意義である。

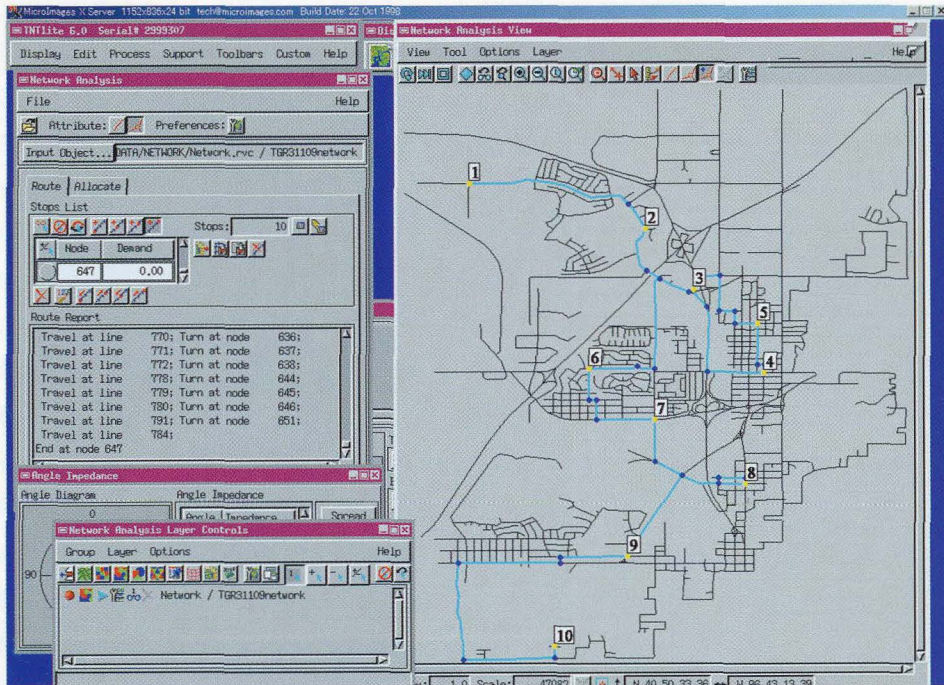
“TNTLite”では、「巡回サラリーマン問題」と同様の操作で、「立地分析」も解析可能である。第12図で示す事例は、小学生以下の児童が通学可能な距離を2kmと設定した場合、現在の2箇所の小学校所在地はどの程度の範囲をカバーできるのかを解析した結果である。このような分析を繰り返し、事例地域の範囲を全てカバーするには、小学校をどのように配置すれば良いのかの考察は、学生の興味をひきつけるだろう。



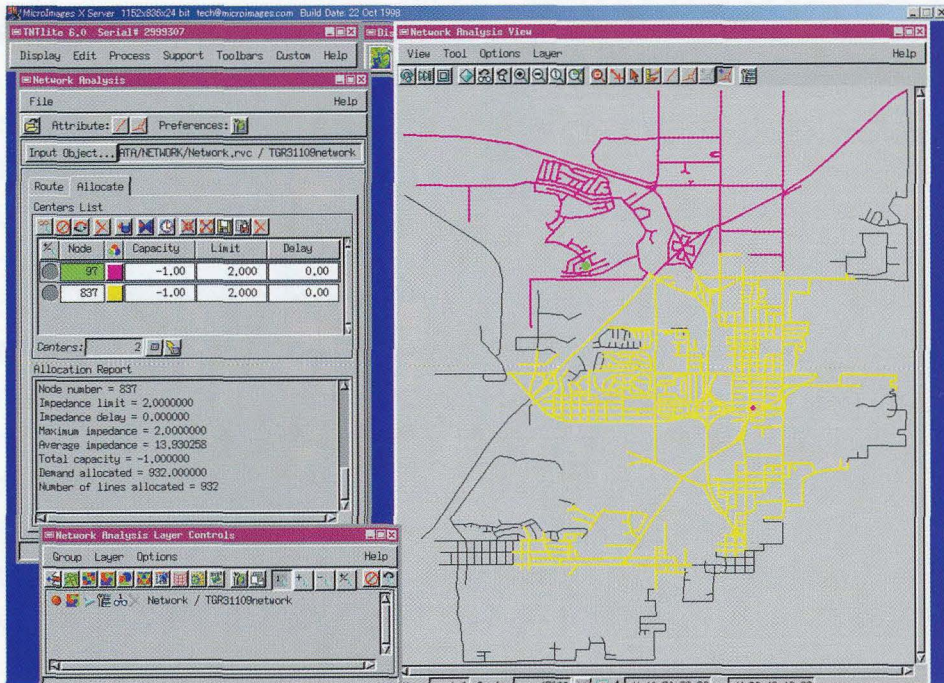
第9図 ポリゴンデータのコロプレス・マップ



第10図 バッファ解析を応用したオーバーレイ分析



第11図 巡回セールスマン問題の分析



第12図 道路網を考慮した立地分析

Ⅳ 学生用 GIS 解析アプリケーション

地理学教室を有する大学の多くは、少なくとも 1～2 種類の GIS アプリケーションのライセンスを有しているだろう。しかし、学生数に対して十分なライセンス数が確保されていないのが現実である。

このような背景の中、近年、安価で評価の高い GIS アプリケーションがいくつか出てきている。ここでは、大学での実習にも十分な条件を満たし、かつ人文地理学を専攻する学生が GIS 分析を卒業論文や修士論文を作成する過程で活用できそうなアプリケーションを 3 種類紹介する。いずれも、低価格で、学生が利用するには十分な機能をもつ。

Ⅳ-1 ILWIS

“ILWIS¹²⁾” は、ITC (The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Netherlands) で開発されたアプリケーションであり、“TNTLite”と同様に、ベクター型とラスター型データのいずれも解析できる。特徴として次の 3 点を指摘できる。①低価格であること、②パーソナルコンピュータ上で動作し GUI 環境で操作可能であること、③多種類のデータ形式の入出力が可能なこと¹³⁾。

“TNTLite”は X-Windows 上で動作するが、“ILWIS”は完全な Windows 仕様であるため、クリップボードからのカット・アンド・ペースト機能が使えるという利点がある。ラスター型データの解析では、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 値を用いた植生指数の導出あるいは最尤分類法、最短距離法、教師付分類などを使用した土地被覆の分類に加えて、相関および分散などの統計解析も可能である。ベクター型データでは、既存のベクターマップに属性付けることはもちろんのこと、ノードやアークの補間ができる作図機能、バッファリングなどの機能を有する。ラスターとのオーバーレイも可能である。

Ⅳ-2 WinASEAN

“WinASEAN”は、宇宙開発事業団 (NASDA) とベトナム国立自然科学・技術センター (NCST) の地理研究所で開発された画像処理アプリケーションである (竹内・グエン, 1998; 越智, 1999)。ただし“WinASEAN”では、ベクター型データは扱えないため、“TNTLite”や“ILWIS”のように、コロプレスマップの作図、ベクター型データのオーバーレイ分析 (ラスター型データのオーバーレイは可能)、ネットワーク分析などは処理できない。

このアプリケーションは、多機能な GIS ではない。むしろ衛星データや DEM などのラスター型データの画像処理トレーニングを目的として作成されたものと位置づけられる。しかし、地理座標の入力や補正機能を有し、ラスター型のリモートセンシングデータ解析用のアプリケーションとしては、十分な機能を備えていると評価できる¹⁴⁾。

IV-3 IDRISI

“IDRISI¹⁵⁾”は、米国クラーク大学の“The Clark Labs”が開発した世界でも評価の高いラスター型 GIS アプリケーションである。開発した“The Clark Labs”は、非営利機関であるため、“IDRISI”は多機能でありながらも低価格である(村山・尾野, 1996)。

“IDRISI”には、“IDRISI Ver.2”(Windows3.1用)と、1999年11月から販売開始した“IDRISI 32”(Windows95, 98, NT4.0, 2000用)の2種類が存在する。なお残念ながら Macintosh 版はまだ開発されていない。“IDRISI 32”においては、“IDRISI Ver.2”では含まれていなかった GPS データのリアルタイム取込みと TIN データの取り扱いが可能になった。“IDRISI”は基本的にはラスター型データの解析を目的とした GIS アプリケーションであるので、ベクター型データの解析機能は乏しいが、ラスター型データとベクター型データのオーバーレイ分析などは可能である。衛星画像の分析による、環境計画の立案、災害危機管理などに広く活用されている。

“The Clark Labs”は、“IDRISI”以外に、GIS のベクター型データ作成・編集用アプリケーション“CartaLinx¹⁶⁾”も開発している。“CartaLinx”は、“IDRISI”用のベクターデータはもちろんのこと、ArcView Shape, Arc/Info Generate, MapInfo MIF などの GIS における標準的なデータの編集作図と入出力が可能である。自動的にベクター型データ(ノード、アーク、ポリゴン)のトポロジーを構築し、簡単な操作で属性データベースとの関連付けができるよう工夫されているため、“IDRISI”のユーザー以外にも便利なアプリケーションである。デモンストレーション・バージョンが配布されており、ベクター型データの属性付けの実習用途として使用することが可能である。

V おわりに

本稿では、インターネット GIS, “GIS Tutor”, そして“TNTLite”を用いた GIS 教育の有効性について検討した。

GIS 解析実習で学生に提出させたレポートに、「GIS 実習の感想を最後にまとめよ。また、GIS を用いて取り組んでみたい研究などがあつたら、それも簡単に記述すること」という課題を提示した。その結果、ほとんどの学生から、「GIS がどのようなものか理解できた」との返答を得た。また、「卒業論文でも使用してみたい」と記述する学生もあり、実習が GIS の理解に大きく役立ったと考えている。一方、「図の出力が難しい」という実際の操作上の欠点を具体的に指摘した学生も存在した。確かに、実習では、画面上の色と実際のプリンター出力の色が違っていたり、作成したハッチがうまく出力されないなどのトラブルにみまわれた。これもまた完成の域に達していないという GIS の現実の姿であり、学生にとっては GIS 操作上の困難さを認識する機会となった。

本実習のデータと地図入力に関しては、あらかじめポリゴンに属性付けられたサンプルデータを使用した。実習では時間上の制約から、データと地図の入力を行うことは困難である。教師側には、入力・解析・出力の手順を手際よく指導できる GIS 実習が課題として残されていると言えよう。そのためには、学生に対する統計・地図データのインターネット上での配布など、総合的な GIS 環境が整備されることが期待される。

注

- 1) “GIS Tutor” は以下で入手可能である。Longman GeoInformation, 307 Cambridge Science Park, Milton Road, Cambridge, UK, CB4 4ZD.
- 2) 「歴史統計インターネット GIS」は <http://gaia.sk.tsukuba.ac.jp/~mura/> で公開している。
- 3) 代表的なインターネット GIS にアメリカ合衆国センサス局の TIGER Mapping Service (<http://tiger.census.gov/>) がある。
- 4) “Map of Japan” は <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/map/map.html> で公開している。
- 5) “Black-Box” は <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BlackBox/BlackBox.html> で公開している。
- 6) “ArcExplorer” は <http://www.pasco.co.jp/gis/arcex/index.htm> のホームページでユーザー登録した後にダウンロード可能である。
- 7) “TNTmips” は、ラスター型とベクター型を統合させた多機能 GIS アプリケーションである。詳細は、開発元である MicroImages 社 (<http://www.microimages.com/>)、および日本代理店のオープン GIS (<http://www.opengis.co.jp/>) の web ページを参照のこと。また、“TNTLite” の配布についても web ページに説明がある。ダウンロードは <http://www.microimages.com/tntlite/> から可能である。CD-ROM での供給を希望する場合は、送料と CD-ROM のメディア料金として 40 ドル (2000 年 1 月時点) が必要である。
- 8) リサンプリング (再配列) とは、ラスター型データの画素サイズを歪みを極力少なく変更することであり、その内挿方法には、最近隣内挿法 (Nearest Neighbor)、共 1 次内挿法 (Bi-Linear)、3 次たたま込み内挿法 (Cubic Convolution) などがある。(日本リモートセンシング研究会編, 1996)
- 9) ベクター・データの解析範囲は、“TNTLite” で扱うことができるポリゴン数の制限内で自由に行うことができる。たとえば、ベクター・マージによって、地理座標を与えた複数のベクター・オブジェクトを 1 つのオブジェクトにし、それぞれのオブジェクトの境界に位置するラインやポリゴンを自動的に接続できる。またラスター・データに関しても、ラスター・モザイクで、地理座標を与えた複数のラスター・オブジェクトを 1 つのオブジェクトにし、画素の整合を取ることが可能である。ただし、モザイクするオブジェクト同士の画素サイズが違う場合は、あらかじめリサンプリングして、画素サイズの整合を取らなければならない。
- 10) 使用するためには、Adobe 社の “Acrobat reader” が必要。“Acrobat reader” は、Adobe 社の web ページ <http://www.adobe.co.jp/products/acrobat/readstep.html> から無料でダウンロード可能である。
- 11) リレーショナル・データベース構造とは、データの集合をテーブルと呼ばれる表で表し、ID 番号や都市名のようなキーとなるデータを利用して、データの結合や抽出を容易に行うことができるデータベースの構造のことを意味する。
- 12) “ILWIS” に関する詳細情報については、開発元の ITC と販売元の PCI Geomatics が運営する web ページ <http://www.itc.nl/ilwis/ilwis.html/> を参照のこと。マニュアル類は、全て PDF ファイル形式で配信 (<http://www.itc.nl/ilwis/dev/doc/index.htm>) されており、また、実際の解析応用例についての説明 (<http://www.itc.nl/ilwis/dev/applic/index.htm>) もなされている。価格は、2000 年 1 月時点で、大学などの教育機関は 3000 ギルダ (約 14.7 万円)、学生は 650 ギルダ (約 3.2 万円)。購入はオランダから直接購入する方法と、日本代理店 (〒765-0004 香川県善通寺市寺町 1820-1 (株) ニッチャー・ソフトウェア・インターナショナル 電話: Tel/Fax: 0877(63)4724 e-mail: JDM02337@nifty.ne.jp) から購入する 2 通りの方法がある。
- 13) ただし、“ILWIS” は、Windows 3.1 時代から引き継がれた 16-bit アプリケーションであり、プリントファイルの容量の上限が 16MB である。ベクター型データにおいては支障のない値と言えるが、衛星画像や空中写真などのラスター型データでは物足りない。この問題は、パーソナルコンピュータ上でのディスプレイ解像度と表示色数を減少させることによって一時的には回避することができるが、出力図の質が低下する。また、表示フォントに関しても、日本語のような 2 バイトコードには対応していないため、1 バイトコードであるアルファベットしか表示できない。“ILWIS” の日本代理店によれば、時期バージョン (ILWIS 3.0) では、2 バイトコードにも対応する予定であると言う。早期に完全な 32-bit アプリケーション化されることが期待される。
- 14) 入手先は、〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 5 部安岡研究室 越智士郎氏 (e-mail: winasean@rs.iis.u-tokyo.ac.jp)。
- 15) “IDRISI” に関する詳細情報は、開発元である米國クラーク大学の “The Clark Labs” が運営する web ページ <http://www.clarklabs.org/> を参照のこと。解析応用例や参考文献のリンク (<http://www.>

clarklabs.org/09resrch/09resrch.htm) もある。価格は、2000年1月時点で、学生が250ドル(2.6万円)、教育機関が600ドル(約6.3万円)である。

16) “CartaLinx”に関する詳細情報は、web ページ <http://www.clarklabs.org/03prod/cartlinx/CL.htm> を

参照のこと。価格は、2000年1月時点で、400ドル(4.2万円)、IDRISI ユーザー割引価格が200ドル(約2.1万円)である。また、デモ・バージョンも配布している (<http://www.clarklabs.org/05demo/05demo.htm>)。

参考文献

- グッドチャイルド, M. F., ケンプ, K. K. 編, 文部省科学研究費重点領域研究「近代化による環境変化の地理情報システム」訳 (1993): 『GIS入門 日本語版』慶応義塾大学, 382p. M.F. Goodchild and K.K. Kemp eds. (1990): *NCGIA Core Curriculum. Introduction to GIS*. NCGIA, Santa Barbara.
- グッドチャイルド, M. F., ケンプ, K. K. 編, 文部省科学研究費重点領域研究「近代化による環境変化の地理情報システム」訳 (1993): 『GIS技術論 日本語版』慶応義塾大学, 383p. M. F. Goodchild and K. K. Kemp eds. (1990): *NCGIA Core Curriculum. Technical Issues in GIS*. NCGIA, Santa Barbara.
- 越智士郎 (1999): リモートセンシング用ソフトウェア WIN/ASEAN の教育用配布について。写真測量とリモートセンシング, **38-4**, 71.
- 竹内章治・ゲエン デイン ズォング (1998): WinASEAN の開発とそのパソコン解析実習の利用。写真測量とリモートセンシング, **37-2**, 29-34.
- 日本リモートセンシング研究会編 (1996): 『図解リモートセンシング』(財)日本測量協会, 322p.
- 村山祐司・尾野久二 (1994): 地理情報システムの教育用ソフト「GIS チュータ」について。季刊地理学, **46-2**, 147-150.
- 村山祐司・尾野久二 (1996): ラスター型 GIS ソフトウェア IDRISI. 『GIS ソースブック』(高阪・岡部編) 古今書院, 193-201.
- 村山祐司・尾野久二 (1998) インターネット GIS の開発—明治期地域統計を事例に—。人文地理学研究, **22**, 99-128.
- 村山祐司 (1999) インターネット GIS—大正・昭和初期における国勢調査の地図表示システム—。人文地理学研究, **23**, 59-79.
- 横山 智 (1999): GIS を活用した台風による森林災害分析の試み。GIS 理論と応用, **7-2**, 11-18.
- Murayama, Y. (2000) Internet GIS for Malaysian population analysis. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section A: Geographical Science*, **21**.
- Chou, Y. H. (1997): *Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems*. OnWord Press, 474p.

GIS Instruction in Colleges and Universities: Hands-on Training for Geography Majors

Yuji MURAYAMA and Satoshi YOKOYAMA

GIS (Geographical Information System) efficiently stores, searches, changes and analyzes map and attribute data into a computer. It also outputs maps and creates reports, making it a potentially useful tool for decision-making. With the advancements made in information technology, the downsizing of computers, price reductions in GIS software and development of spatial databases in the 1990s, GIS began to experience explosive growth.

This growth has been especially noticeable in recent years in local governments, private companies, etc., which have fully implemented GIS to handle daily operations. Given such an

increase in GIS applications, many institutions of higher education are establishing special GIS courses and facilities, such as the Center for Spatial Information Science at the University of Tokyo. In geography classrooms, GIS is being acclaimed as an effective and efficient spatial analysis tool, and major universities with graduate departments have been especially keen to add GIS to the curriculum. Unfortunately, with the exception of just a few institutions, most classroom GIS instruction has been limited to non-interactive lectures.

In addition, there are many issues and problems confronting the addition of GIS courses to the curriculum. Although computer rooms designed for 20-30 students have been established in many universities, most of these facilities do not have important peripherals such as GIS digitizers and plotters. As well, it is difficult from a budgetary perspective to provide enough GIS software and digital maps for a given number of students, and it is hard to find teaching assistants who are knowledgeable about GIS applications. There is also a dearth of GIS study aides such as textbooks and manuals.

Clearly, it is much more efficient to teach GIS on a hands-on basis, rather than simply with lectures; thus, it is necessary to establish hands-on instruction using computers so that students can learn as much about GIS as possible. As the importance of hands-on instruction becomes apparent, more budget monies will likely be allotted for GIS, and more GIS-related equipment and materials may well become available. Thus, we might currently be in a transition period from lectures to hands-on instruction.

For the past several years, the authors have been teaching GIS by trial-and-error to geography majors at the University of Tsukuba. Through this process, they found that even on a limited budget with little equipment, they were able to give functionality to GIS instruction when a methodology could be established. The key to this was the liberal use of GIS educational software, free GIS applications, and geographical information on the Internet, among other resources.

Given this background, this paper will present an introduction to GIS materials that are effective in hands-on instruction and provide specific examples regarding effectiveness and methods for utilization. The second chapter, GIS Instruction for beginners, examines the highly acclaimed GIS Tutor as an application for GIS education, and explains how Internet GIS, developed by the authors, effectively helps students learn more about this system. The third chapter, GIS Analysis Instruction, takes a look at TNTLite, a versatile, free GIS software to explain important concepts such as overlay and network analyses, as well as how to run these applications. The fourth chapter, GIS Analysis Applications for Students, introduces the functions of ILWIS, WinASEAN and IDRISI, which are considered to be particularly effective in GIS instruction.

Key words: GIS instruction, GIS Tutor, Internet GIS, TNTLite