

分布論を考慮した地理教育における GIS の活用

—自作地図のベクター化による分析を事例として—

坪井 塑太郎

1. はじめに

地理的諸事象の地域差や等質性、あるいはその時系列変化を把握する能力を身につけることは、地理学習・研究において基礎的かつ重要な目的の一つである。すなわち、地理教育においては地域的なまとまりや広がり、隣接地域との関連性を視覚的、空間的に把握する能力を体得させることが求められているといえる。

1989年版の高等学校学習指導要領「地理B」においては、その指導目的に「地域に関する情報を適切に選択、処理し、地図化するなどの活動を通して、地域の特色を資料に基づいて把握する方法を考察させること」が取り上げられ（文部省：1989）、また、1998年度版の新学習指導要領「地理A」においては、上記に加え「地図の読図・描図や地域調査など、作業的、体験的な学習の一層の充実を図る」ことが改善点として追加されている。さらに、2002年度版の中学校学習指導要領「社会科地理的分野」（文部省：2002）では、国家レベル、都道府県レベル、市町村レベルの身近な地域の「三つの地域」の規模に応じて調べ、学ぶことが強調されている。このように、近年では地理情報の地図化やそれに伴う地域理解のための学習は学校教育現場において、ますます重要度を増している。

以上のような状況から、近年の学校教育においては GIS 活用が積極的に進められており、これまでも様々な取り組みが、中・高・大学に亘って実践事例とともにその内容や課題が報告されている（谷ほか：2002、秋本：1999、大場：2002）。また、2002年春季日本地理学会においても教育 GIS に関するシンポジウムが開催されるなど、教育現場への GIS 導入の方法論的課題の検討が継続して行われている。

こうした教育現場の希求に呼応し、近年急速に進んだ GIS の広範な導入・普及を可能にした背景には、汎用 GIS ソフトウェアの低価格化が進んでいることや、統計データや地図化をする際の行政区界等の多くが、国土交通省をはじめ地方自治体のホームページから無料で提供され、情報アクセス効率が格段に向上したことが挙げられる。しかし一方で、地理教育における全般的な課題として、教員側の基礎的能力の欠如や、GIS ソフトのもつ機能の豊富さゆえに、どの機能を取り上げてどのように講義構成をすべきかが不明瞭であることから、生徒・学生への地理的理解を必ずしも深化させることが容易ではないことが指摘されている（高橋・岡部：2003）。その要因は、GIS を扱う際の地図の座標系、測地系、投影法等の理解は決して無視し得ないものの、カーナビゲーションや携帯電話による地図・GPS サービスなど

の「見やすい」Map Contentsを利用している多くの人々にとっては、理解のための隔たりが大きいことや、操作技法の習得にやや偏重した講義内容により、受講者の地図への興味・関心から乖離を招き、理解への障害と格差を生んでいるものと考えられる。

地理学に限らず、これまでも学習内容に応じた多様なコンピュータメディア教材が開発、利用されてきており、同時に、そうした教材の活用と比較優位性が確認されている（佐賀：1989；仮屋園ほか：1998）。

一般に空間の情報（物の動きや空間内の位置関係）の理解を含む学習内容は、コンピュータ教材の方が紙媒体の教材よりも理解の効果が高いとされている。また、コンピュータの利用段階では操作・変形などを伴う多くの情報を扱う場合の試行錯誤的学習において、その学習効果や利便性の優位性が認められている。一方、課題としては分析段階の不明瞭さや、講義受講者の発達段階や技能を充分考慮した内容への配慮、明確な学習項目の設定、内容への効果的かつ発展的寄与を含んだ解釈能力の育成が挙げられている。

すなわち、コンピュータ教材の導入のみでは学習効果の向上に至らない場合もあり、佐々木（1993）は、図的理解のための問題解決手段において、まず、解決方法などの計画を熟考すること、次いで、図に書き込みをしながら検討すること、さらに、学習目標を充分意識しながら解決を進めることの段階的理解が重要であるとしており、このことは、GISを用いた地理教育においても大きな示唆を与えるものといえる。

近年、直感的に理解しやすいインターフェイスの改良と低価格化が進んだGISソフトウェアに

より、多くの研究機関や教育現場においてその導入が進んでいる。しかし、地理教育におけるGIS利用の意義は、コンピュータの技能習熟にあるのではなく（秋本：2003）、「地理的見方・考え方」を習得させるための効果的な教材と手法を提供することにある。

2. 分布の理解とGIS

地理的見方・考え方を習得するための概念として、その基本となるもののひとつに、「分布論」が挙げられる。分布（distribution）とは、各種の事象が地表上に場所を占めている状態を指し、このパターンがどのような理由によって形成されているかという命題を追求することが地理学の本質として重要視されてきた（中村・高橋：1988）。また、Hartshorne（1939）は、地球表面上における諸事象の分布現象を探究することにより、空間的関係を研究することは、地理学において最も重要な課題であるとして研究の根幹に位置づけている。

現在でも、大学における地理学教室の多くは、研究法等の基礎講義において、受講生に地図のトレースによる主題図作成を課すことにより、作図技能を向上させるとともに、体感的に地域理解を深めさせる講義が組まれていることが多い。しかし、手書きで主題図を作成する場合、道路や鉄道、等高線などに使用する線描画や、スクリーントーンのパターン（ハッチ）の選択、切り貼りなどにやや熟練を要することが課題として挙げられる。しかし、こうした経験は受講者自身にとって、地図を分析の対象として認識し、また空間スケールを体感的に習得できるという点においては大きな

利点があるものと考えられる。

一方、GISの効用は、時間による地図の劣化を防ぐことができ、経過や目的に応じて随時修正が可能である点にある。しかし、これまでGISを含むコンピュータによるマッピング講義においては、やや操作の煩雑性を伴うため、操作方法の説明に偏重が見られた結果、出来上がった主題図の解釈に至っていないことが課題として挙げられる。

GISの操作方法に関しては、近年優れた導入書（高橋ほか：2005，佐土原ほか：2005，後藤ほか：2005）が相次いで刊行されてきているが、上記の課題を鑑み、地理教育におけるGIS導入には、地図を体感しながらも、より平易にハンドリングできることを目的としたBreakdownが必要であるとの観点に立ち、先述した「分布」を表現し理解するための方法を検討する。本稿では、フリーで公開されている地理情報分析支援ソフトMANDARAを用いて、これまで行われてきた手書きによる地図作成を基本としながらも、これをGISで取り扱う方法を紹介し、操作方法のみに依拠しない主題図の解釈の必要性を提議する。

3. 自作地図のGIS化操作の手順

3.1 地図データの入手と作成

GISは背景となる地図データと、属性データから構成される。現在では基図となる地図データは国土地理院のホームページから数値地図2500・25000（空間データ基盤）などがメッシュ単位で無償ダウンロードが可能となっており、また、属性データも自治体等のホームページからインターネットを介して無償入手が可能である。

しかし、ここでは先述したように、手書きによる地図の体感という点を重視し、具体事例として中国上海市をとりあげ、これをGISで利用できるようラスターデータからベクターデータへ加工する方法を述べる。また、属性データは、上海市統計年鑑（上海統計局：紙媒体）から取得を行う。このことは、分析や図化を行いたい地域についてベクター型の地図データが提供されていない場合においても有効な方法であり、以下では、紙地図からスキャナー経由でベクター型データ（地図データ）を作成し、属性データを結びつけることにより分布図を作成し、読図と解釈を行う手順を述べる。

本稿では例として、上海の区ごとの分析を想定し、作図（白地図の作成）を行う。これには、トレーシングペーパーを利用して一旦紙地図にした後、スキャナーでこれを読み取り、ラスターデータを作成する方法と、市販地図を直接スキャナーで読み取った後に、Windowsに付属しているペ



資料1 上海市地图册（2000年）

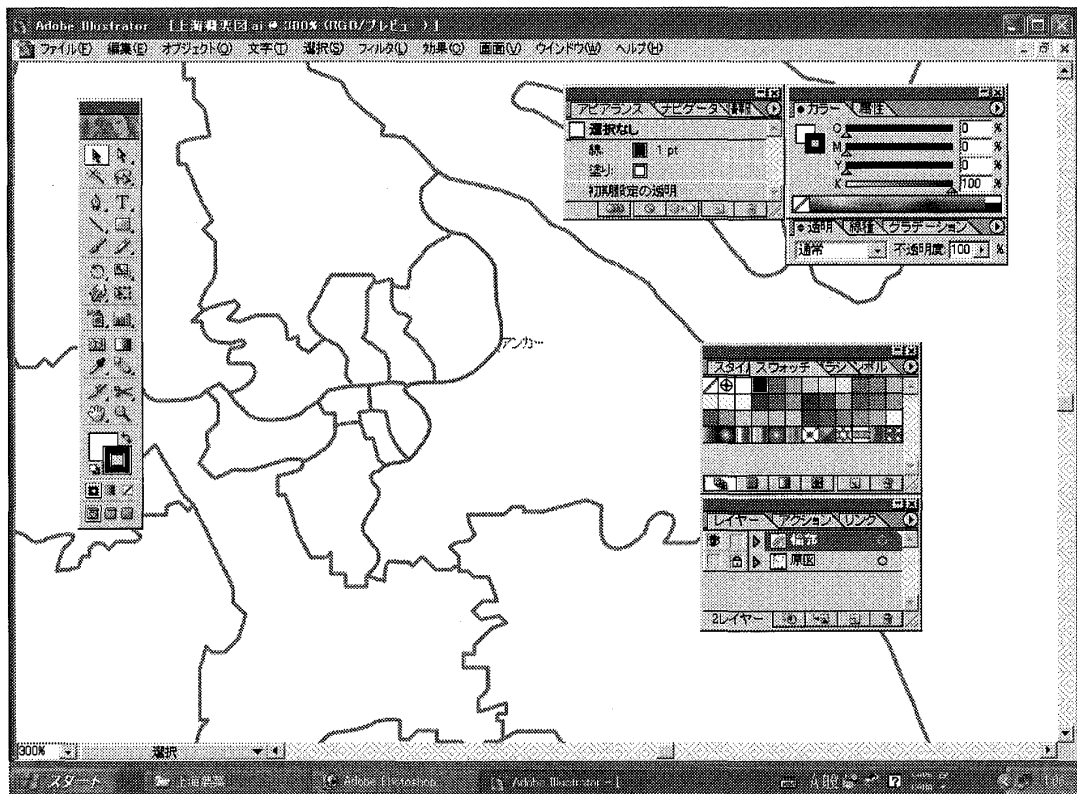


図1 Adobe社 Illustratorを用いたトレース画面

イントツールや、Adobe社のIllustratorソフト等を用いて区界を描画し、ラスターデータを作成する2種類の方法がある。ここでは、中華地図学社・中国地図出版社より2000年に発行された「上海市地図冊（中国語版）」（資料1）を用い、後者の方法によりラスター基図の作成を行った（図1）。作成した白地図は、画像ファイル形式・ビットマップ（BMP）等で保存を行う。

次に、作成されたラスターデータをベクターデータに変換（ベクタライズ）を行う。まず、MANDARAを起動した後、「地図データ作成・編集」タブから「白地図像から地図データ作成（白地図処理）」をチェックし「OK」を選択する。これにより、自動的に「白地図処理」ウィンドウに移行し、この画面でベクタライズのための処理を行う。先に作成したラスターデータをこの画面に表示するために、メニュー項目から「ファイル」

→「画像ファイルの読み込み」を選択し、作成したラスターデータのファイルを選択して開く。

続いて画面に表示される、ベクタライズのための「確認」を選択すると自動的にベクタライズが行われる。ここでは、手書きされたラスターデータが、点オブジェクトやライン、線分の端点となる点座標のポイントなどが取得されベクターデータに変換されたことになる。続いて、GISとして利用可能なデータの作成のための処理を行う。

MANDARAでは、白地図処理が完成すると、マップエディタとよばれる地図データ編集機能画面へ移行される。このマップエディタ画面では、縮尺スケールを設定をメニュー項目の「設定」→「スケール設定」において行うほか、同様に方位の設定や線種の設定を行う。また、画像ファイル作成の際の解像度は、読み込みの負荷を考慮し、MANDARAマニュアルには200dpi以下の精度

分布論を考慮した地理教育におけるGISの活用

が推奨されているが、手書き地図における線分の接続部分（端点）をスキャナーで読み取ることができない状態が生じた場合には、ポリゴンとして認識が不能となるため、必要に応じて「ライン編集」「オブジェクト編集」を用いての修正が必要である。

しかし、ベクター化されただけでは、区界がどの区に対応しているのかが不明であるため、最後に、各々の区界領域の対応付けを行う。その方法は、「新規オブジェクト」→「オブジェクト編集」により表れる赤いポイントを対象の領域の代表点（区役所の位置や、重心等）にマウスで移動させ、「オブジェクト名」に名称を記入（この場合は区の名称）し、「境界線自動設定」をクリックすると、その領域名称が後述する属性データと連動する位相関係をもつことになる（図2）。

これにより作成された「地図データ」と「属性データ」を図3に示す。図左側が領域を示す地図であり、図右側がこれに対応するスプレッドシートとなっている。

しかし、紙地図からの手書きによる作成の多くの場合は、投影法や座標系を必ずしも正確に定義することは困難であり、面積や距離などの詳細な計測を伴う分析には適していないものの、先述した「分布」を読み解くための空間的な位置関係が明瞭であれば、この限りではない。

3.2 属性データの入手と作成

属性データは、地理行列における列項目にあたる情報である。こうした属性データには国勢調査などの統計情報をはじめ多くのものが近年では電子ファイル（主としてExcel形式）でインターネット上から入手が可能である。しかし、デジタルデー

タで得られない場合においても、統計書として出版されているデータを基に、これをデジタル化することにより利用可能となる。最近では、OCR（Optical Character Reader）ソフトの進歩・普及により、手書き文字や印字された文字を光学的に読み取り、前もって記憶されたパターンとの照合により形状を特定し数字として変換することも可能になっており、効率的な属性データ作成のためには、必要に応じてこれを援用することも考慮に入れる必要がある。本稿では、2001年度版の統計書「上海統計年鑑」をもとに、ベクター化の際に作成した「オブジェクト名」（区名称）に従い、Excelにデータ入力を行い、属性データを作成した。

3.3 分析・操作・図化

ここでは、前節で作成した属性データをMANDARA上で地図データと結合させるための方法について述べる。MANDARAの特徴のひとつに、Microsoft Excelとの親和性が極めて高いことが挙げられ、これに独自のタグをつけることにより、属性データを地図に読み込むことができる。代表的なものを以下に挙げる。

- 1) MAP：地図ファイルを指定・特定するタグ。
本節の場合は「上海」。
- 2) TITLE：データ項目のタイトル指定（本節の場合は、「2000年商品化率」、「穀物生産高」、「蔬菜生産高」。
- 3) UNIT：TITLEで指定した項目の単位を示し本節では「%」「万トン」「万トン」。

また、分析内容に応じて、欠損値を指定するための「MISSING」や、属性データがカテゴリデータ（名義尺度）であることを示す「CAT」など

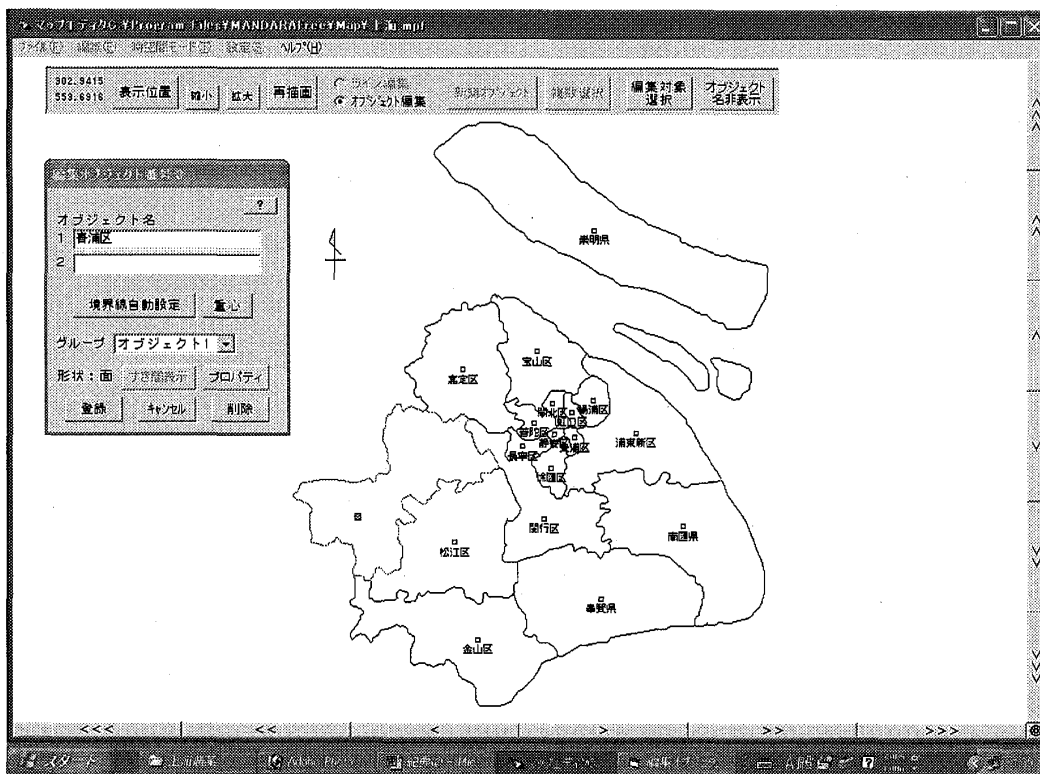


図2 MANDARA マップエディタ操作画面

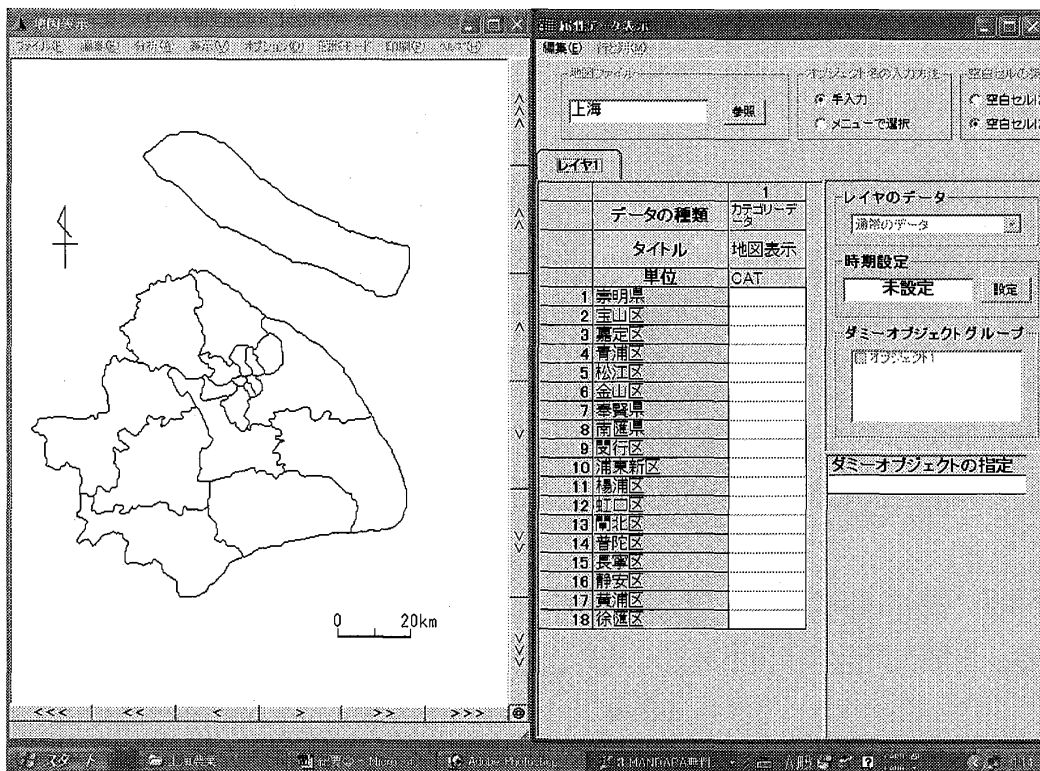


図3 MANDARA の地図データと属性データ

分布論を考慮した地理教育におけるGISの活用

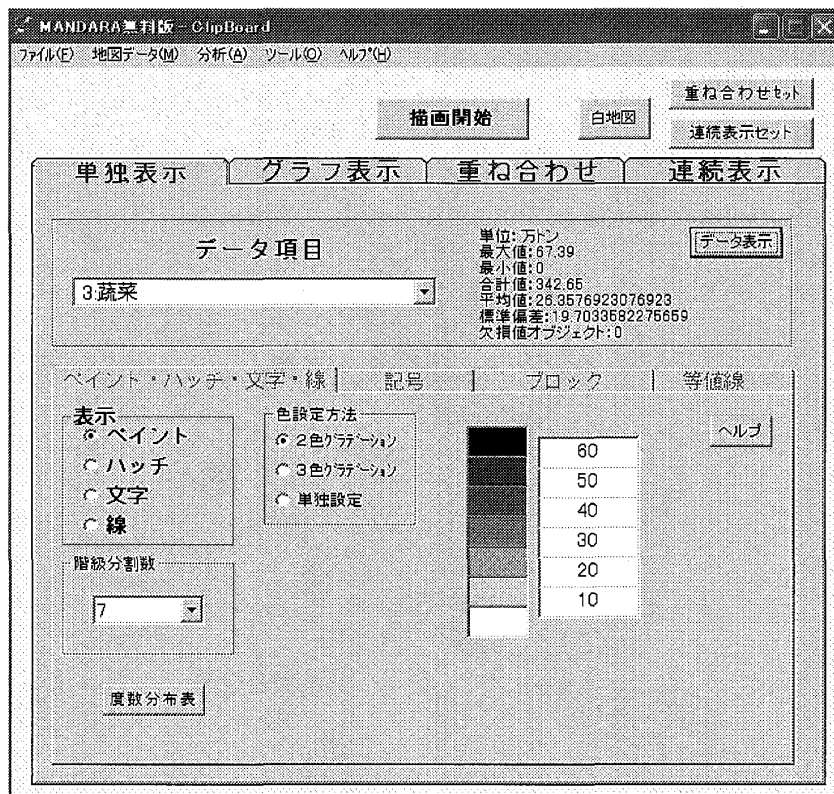


図4 作図のための作業画面

の指定も可能で、この詳細については、MANDARAのホームページおよび操作マニュアルを参照するとよい。

作図のための操作は、上述のタグをつけた属性データをコピーし、MANDARA起動画面の「クリップボードからデータを読み込む」を選択すると、データが読み込まれ、作図のための作業画面（図4）が現れる。ここでは、領域の塗り分けのためのツール（「ペイント・ハッチ・文字・線」「記号」「ブロック」「等値線」）が各々選択でき、表示方法として「単独表示」「グラフ表示」「重ね合わせ」「連続表示」を選択することができる。また、適宜階層の分割数を変更することが可能で、これにより、分布を明瞭に示す階層を試行錯誤することも可能である。

3.4 分布の解釈事例

図5は、2000年における上海農業の種別（穀物・蔬菜）生産高の割合と、商品化率を「重ね合わせ」により表示したものである。

本図より、上海市中心区から約30km圏域の中部地域および北部地域において高い商品化率を持つ地域がみられる。また、その種別を見ると、「蔬菜」の割合が卓越している地域が多く、都市近郊農業の特徴を示しているものと解釈できる。しかし、一方で、穀物生産に代表される「米」の生産も多く、東京における都市近郊農業の生産種がほぼ蔬菜であるのに比べると、非常に高い比率を示しており、このことは、太湖に水源を持つ黄浦江をはじめとする農業用の水資源が比較的豊富に存在することがその背景にあるものと想定される。また近年でも上海郊外部における稲作の営農基盤が強く維持されていることを示していると考えられる。

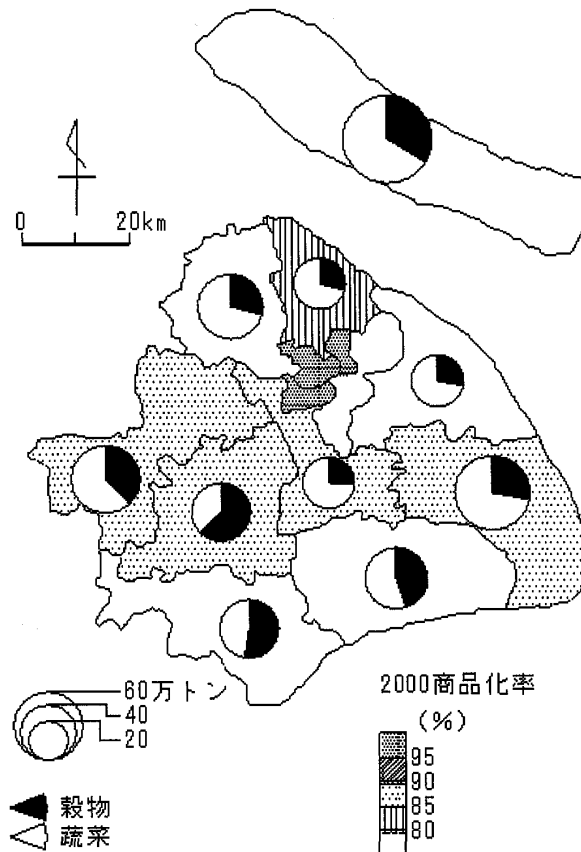


図5 上海農業の種別生産高割合と商品化率

4. 分布図作成の留意点

GISの利点は、様々な記号やパターンを利用して主題図を作成する機能に優れていることにある。本稿で取り上げたMANDARAは、描画コマンドをクリックするだけで地図を作成することが可能である。しかし、データの性質に応じた正しい表現方法がとられなかった場合においては、出来上がった主題図からは全く別の解釈が成立してしまう危険がある。以下に上海の人口を事例として、同じデータと凡例スケールを用いて、ペイントモードにより作図した人口分布図（図6）と記号モードにより作図した人口分布図（図7）を示す。

前者で作成した地図を見ると、上海北東部の沿岸区に人口集中していると解釈できる。一方、後者で作成した地図では、やや内陸の地域に人口が

集中している様子を看取することができる。これは、前者のペイントモードで描いた地図表現では、人口密度が低くても面積が広い場合には相応の人口になることから、「面積が大きい区ほど人口が多い」ことが強調されている。しかし、後者では、領域（区）の面積に関わらず、円の大きさ自体が人口数に比例して表現されるため、上海の人口分布を正しく表現しているといえる。

したがって、このように人口数など地域内部の絶対量を示すデータを作成する場合においては、記号モードによる作図をする必要がある。逆に、ペイントモードを使用したほうが良いデータとしては、領域内においてどこでも等しい値を持つと見なし得る人口密度や、高齢者割合、産業別人口割合などが挙げられる。

分布論を考慮した地理教育におけるGISの活用

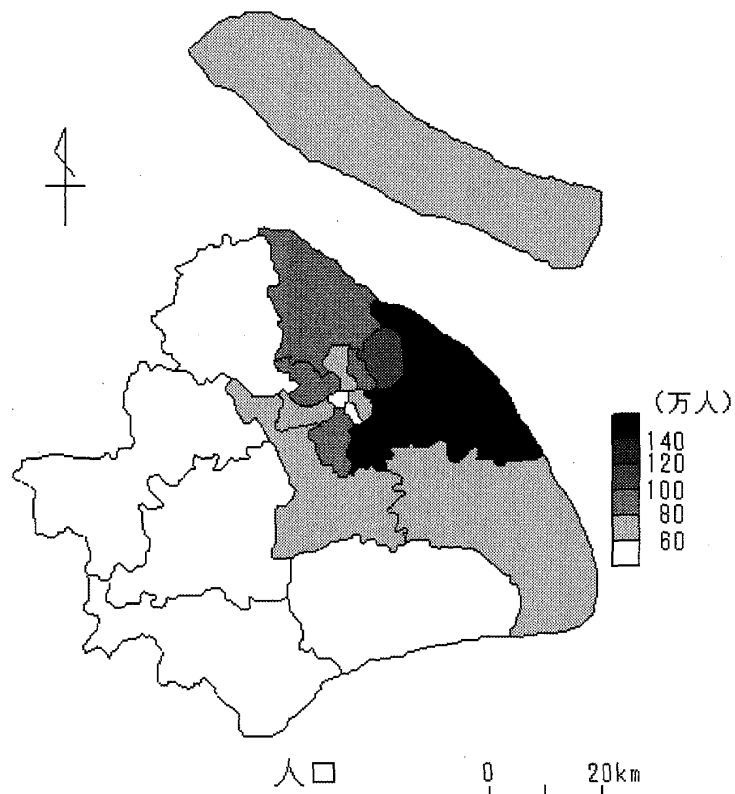


図6 ペイントモードによる人口分布図

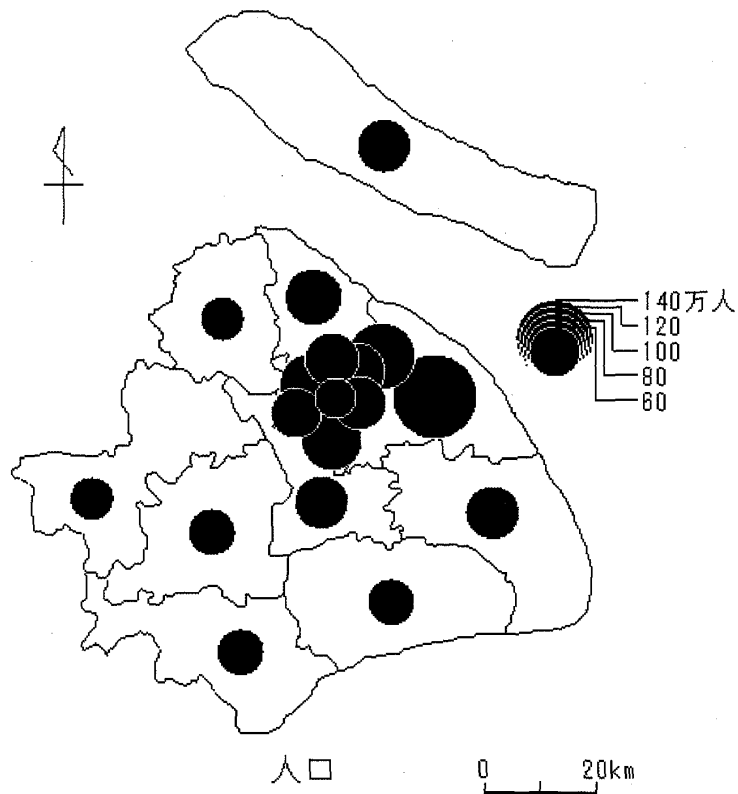


図7 記号モードによる人口分布図

5. 結論と課題

本稿では、「MANDARA（地理情報解析支援ソフト）」を用いて、自作地図をGIS化することにより視覚的に地理的な事象（分布）をとらえる方法を示した。また、これまで「操作技法」の習得にやや偏重していたと思われるGISによる地理教育を、地理的事象の把握における基礎的な分布の理解を重視するBreakdownを行い、描画された主題図の「解釈」の習得にまで拡張させることの重要性を指摘した。

現在でも、地理研究者（地理学系の学生）の多くが実践してきている「手書き」「自作」による地図作成は、浮田・森（1988）、宮坂（1983）、安仁屋（1987）などにおいても、その重要性が示されている。本稿では、これを地図利用や、空間解析の体感的作業であると位置づけて重視しつつも、さらに、GISというToolを援用することにより、より分析科学的な技法として教育の場に利用可能なものとする教育的導入案を示した。

フリーソフトであるMANDARA（一部機能を充実させた有償版もある）は、既述したように比較的操作が容易であり、既に多くのユーザーを持つ。しかし、一方で、容易に地図の塗り分けができてしまうことから、教育実践の場においては、分布の意味を正しく理解し解釈させるという一連の流れを伴ってこそはじめて、GISソフトとしての意義を持つ。

本稿では、あくまでGISの基礎的な使用方法を習得するということに主眼をおき、その基本となる「分布」理解のための方法論を示した。そのため、GIS特有の機能である演算機能など「高度」な分析や教育方法を示すものではない。しか

し、GIS教育による地理、空間的理解を進めるためには、ソフトの導入コストや分析の目的に応じたGIS教育のあり方を再考し、教育方法や利用方法を明確化することが重要である。

参考文献

- 文部省（1989）：「高等学校学習指導要領」，大蔵省印刷局。
- 文部省（1998）：「高等学校学習指導要領」，大蔵省印刷局。
- 文部省（2002）：「中等学校学習指導要領」，大蔵省印刷局。
- 谷 謙二・佐藤俊樹・大西宏治・岡本耕平・奥貫圭一（2002）：中学校における地理教育GIS開発と教育実践，GIS－理論と応用，10-2，pp.69-77。
- 秋本弘章（1999）：高等学校におけるGIS教育，地理情報システム学会講演論文集，8，pp.19-22。
- 大場 亨（2002）：大学における問題発見・発表型のGIS授業の実践，地理情報システム学会講演論文集，11，pp.243-246。
- 高橋昭子・岡部篤行（2003）：高等学校における空間情報科学の教育実践，地理情報システム学会講演論文集，12，pp.243-247。
- 佐賀啓男（1988）：多メディア利用事態における学習者のメディア知覚と教師の役割，放送教育開発センター研究紀要，1，pp.95-115。
- 仮屋園昭彦・廣瀬 等・唐川千秋（1998）：教材とテストにおける図提示・文提示の組み合わせと学習者の思索家型・芸術家型認知様式との関係，教育心理学研究46，pp.452-460。

分布論を考慮した地理教育におけるGISの活用

- 佐々木徹郎（1993）：情報处理的アプローチによる図形学習の分析と考察，愛知教育大学研究報告（教育科学編）42，pp.161-174.
- 秋本弘章（2003）：中等地理教育におけるGISの意義，GIS－理論と応用，11-1.
- 中村和郎・高橋伸夫編（1988）：『地理学への招待 2』，古今書院.
- Hartshorne, R.（1939）：『The nature of geography（野村正七・訳（1959）：ハーツホーン地理学方法論），朝倉書店』.
- 高橋重雄・井上 孝・三條和博・高橋朋一 編（2005）：『事例で学ぶGISと地域分析 - ArcGISを用いて』，古今書院.
- 佐土原 聡・吉田 聡・川崎昭如・古屋貴司（2005）：『図解 ArcGIS - 身近な事例で学ぼう』，古今書院.
- 後藤真太郎・谷 謙二・酒井聡一・加藤一郎（2004）：『市民のためのMANDARAとEXCELによるGIS講座』，古今書院.
- 浮田典良・森 三紀（1988）：『地図表現入門－主題図作成の原理と実際－』，大明堂.
- 宮坂和人（1983）：人文地理学における地図化の過程に関する一考察．人文地理学研究7，pp.13-26.
- 安仁屋政武（1987）：『主題図作成の基礎』，地人書房.

ABSTRACT

A Study on GIS Education in View of Theory of Distribution – A Case Study of Vector Processing for Self-made Map –

Sotaro TSUBOI

This study is to examine to point of consideration and leaving questions on the use of media-figures teaching materials, such as GIS. In social studies education and those studies, to get point of view supporting study activities.

Using GIS on personal computer will bring a significant contribution to the education of geography and to the analysis of areas by making GIS maps more available and simplifying their operation. The point of this study is 1) experience of making a self-made map and 2) understanding of distribution by using GIS.

It is be desired to create and operate curriculums and teaching materials taking care of the sight effects and the acknowledgment process. It is necessary to examine to the effect of teaching materials presented as well.