

地理教育用インターネットGISの開発

村山 祐 司

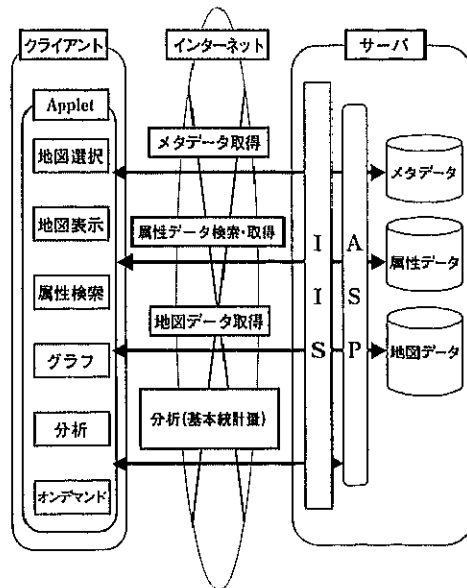
- I はじめに
- II インターネットGIS (Web GIS) の構成
- III システムの概要
 - III-1 主題図の作成
 - III-2 属性検索
 - III-3 情報表示とラベル表示
 - III-4 地図の拡大・縮小・移動
 - III-5 散布図の作成と相関分析
 - III-6 探索的空間分析
 - III-7 統計計算(解析)
 - III-8 オンデマンド機能
- IV 今後の課題

キーワード：地理(学)教育, インターネット, Web GIS, 情報

I はじめに

本研究は、地理(学)教育に役立つ教材用インターネットGISを開発し、その有効性を検討することを目的としている。

インターネットGISとは、ネットワークを通じてインタラクティブに地図の作成や地域分析が行えるシステムである。Web GISとも呼ばれるこのシステムは、1990年代の後半から、OSを問わず動作するJava言語の普及とともに欧米を中心に急速に広まった。パソコンがインターネットに接続されていれば、ブラウザを用いて直ちにアクセスできる(第1図)。



第1図 インターネットGIS (Web GIS) のしくみ

インターネットGISは、1) 処理をサーバ側中心で行うもの、2) 処理を利用者側中心で行うものに大別できる。本研究では、プログラムやデータをサーバにおき、実際の処理を利用者側が担当する2)の方式を採用する。この方式は1)と比べて、より敏速かつ機動的に処理を行えるメリットがある。ソフトウェアやデータのアップデートは、サーバ側だけで行うことができ、クライアント側で設定する必要はない。

II インターネットGIS (Web GIS) の構成

本システムで使用するメタデータは、MSアクセスで作成されたデータベースに格納される。地図データは、ESRI社の公開フォーマットであるシェープファイル形式で格納され、さらに転送時間を高速にするために、ZIP形式で圧縮されている。このため、ファイルサイズは、従来の旧システム(村山, 1999)と比べ平均して半分になり、転送速度は約2倍に向上している。属性データは、MSアクセスのデータベースファイルにすべて納められている。

本システムの構成は以下の通りである。

1) サーバ側

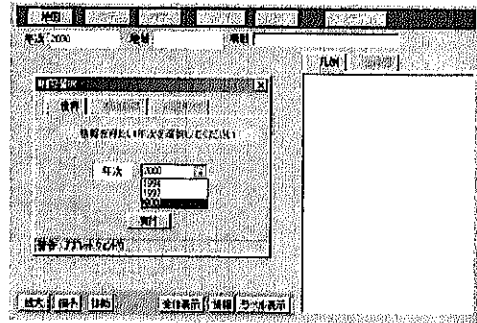
- ① メタデータ取得 (ASP (VBScript))
- ② 属性データ取得 (ASP (VBScript))
- ③ 地図データ取得 (ASP (VBScript))
- ④ 分析
 - ・基本統計量 (ASP (VBScript))

2) クライアント側

クライアント側のプログラムは、イギリスLeeds大学地理学科のCentre for Computational GeographyがJavaで開発したフリーウェアのGISエンジンGeoTools (<http://www.ccg.leeds.ac.uk/geotools/>)をベースにし、これに機能を追加したJavaアプレットである。

III システムの概要

本研究で開発したインターネットGIS (以後地理教育用Web GISと呼称)は、主題図の作成、情報表示、地図の拡大・縮小、条件検索、グラフ表示、探索的空間分析、多変量解析、オンデマンドなどの機能を備えている。利用者(ユーザ)は、インターネットを通して多様な属性データおよび行政界地図データにアクセスし、それらをネットワーク上で結びつけて、各種の主題図を作成するとともに、多様な統計処理を行うことができる(第2図)。本システムは、複数の年次および地域に対応するため、RDBMS (リレーショナル・データベース・システム)を活用している。



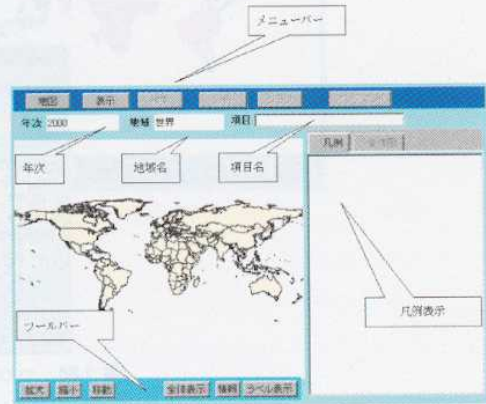
第2図 地理教育用Web GISの起動画面

高等学校の新課程では地域スケール概念の理解がキーワードの1つになっている。たとえば、高校地理Bの大項目「現代世界の地誌的考察」では、市町村規模、国家規模、州・大陸規模の地域を取り上げ、考察する視点や方法が地域の規模に応じて異なることの理解を目標としている。このような地理教育の動向を踏まえ、本システムでは、1) 国を単位とする世界地図、2) 都道府県を単位とする日本地図、3) 市区町村を単位とする都道府県地図、それぞれをデジタル化し、利用者が各スケールで、各種の主題図の作成や地域間比較、時系列分析ができるよう設計した。データは行に地域、列に属性を配置する地理行列の形で構築し、3スケールとも、人口、産業、生活、文化などに関する多種多様な地理情報を取り込んでいる。

第3図は国を単位とする世界地図を選択した画面（この例では2000年）を示したものである。その画面項目を第4図に示す。都道府県を選択すると第5図（この例では1990年）、そして市区町村を選択すると第6図（この例では北海道、1995年）の画面になる。



第3図 「世界」(2000年) を選択した画面



第4図 「世界」(2000年) の画面項目



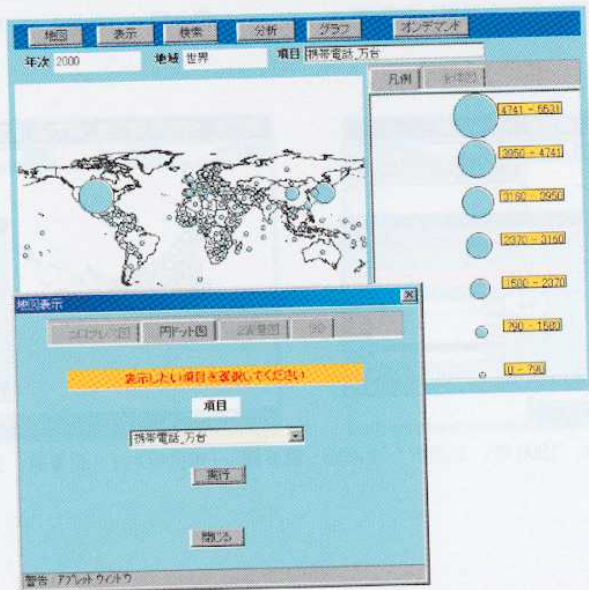
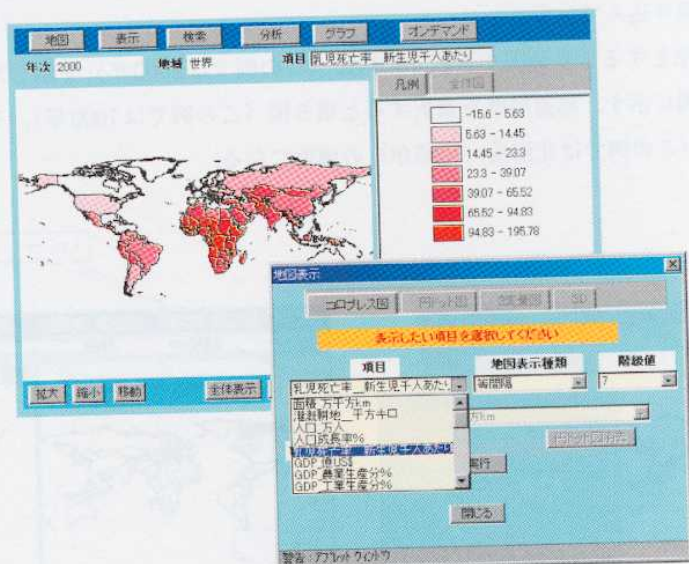
第5図 「都道府県」(日本, 1990年) を選択した画面

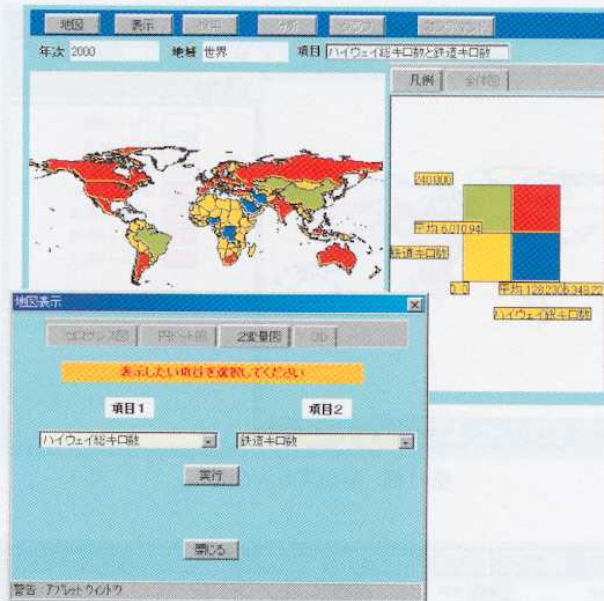


第6図 「市区町村」(北海道, 1995年) を選択した画面

III-1 主題図の作成

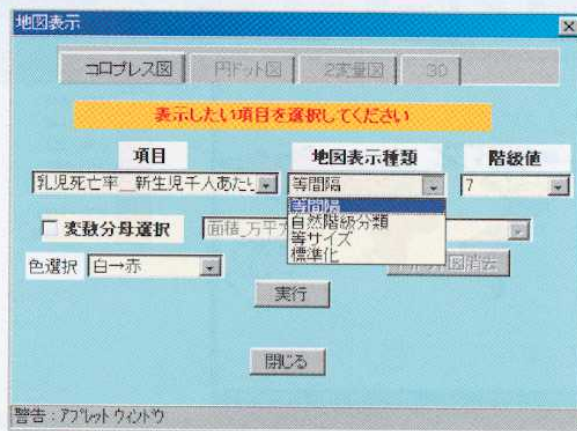
利用者は、「地図表示」、「項目名(属性)」、「地図表示種類」(階級区分方法)、「階級値」を選択して、主題図を作成する。「地図表示」については、コロプレスマップ、円ドット図、2変量図、3Dの作成が可能である。第7図は2000年の乳児死亡率(新生児千人あたり)を指標としてコロプレス図を作成した例、そして第8図は、2000年の携帯電話数(万台)を指標として円ドット図を作成した例である。第9図は、項目1にハイウェイ総キロ数、項目2に鉄道キロ数を選択して、描画させたものである。



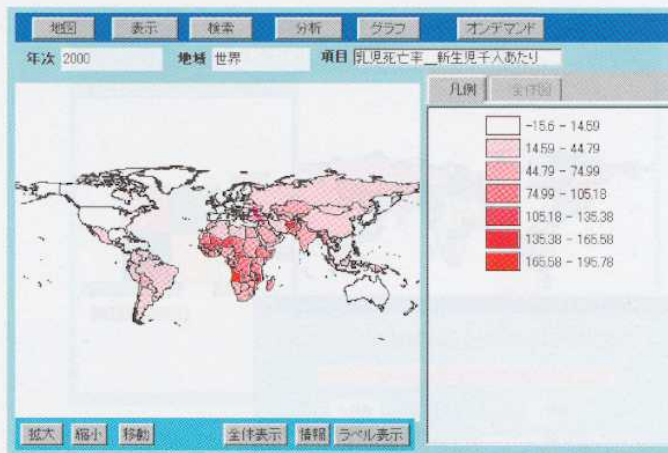


第9図 2変量図の作成

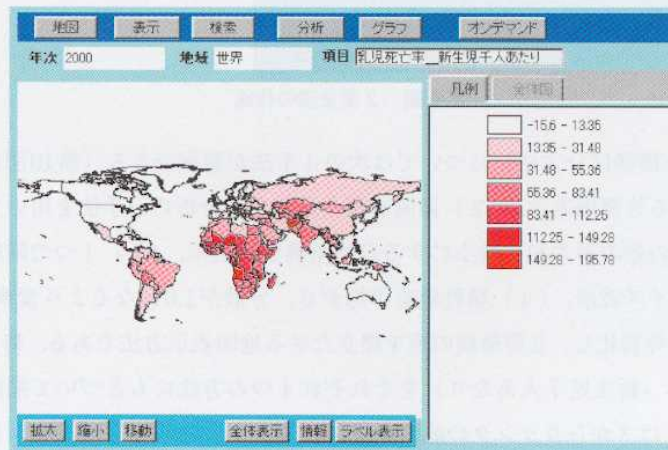
「地図表示種類」(階級区分方法)については次の4手法が選択できる(第10図)。(1)各階級値の幅を同一に設定する等間隔表示。(2)非階層型クラスター分析の一手法を用いて、各階級内の値と各階級の平均値との差の平方和を最小にする自然階級分類表示。(3)1つの階級に収まる個数を同数に設定する等サイズ表示。(4)属性値を平均が0、分散が1.0になるよう変換する標準化表示。(2)は、各階級内を等質化し、各階級間の差を際立たせる地図表示方法である。第11図～第14図は、2000年の乳児死亡率(新生児千人あたり)をそれぞれ4つの方法にもとづいて描画させたものである。また、「階級値」は3から9ランクの範囲で設定できる。なお、第11図～第14図はいずれも7階級に区分した地図表示である。



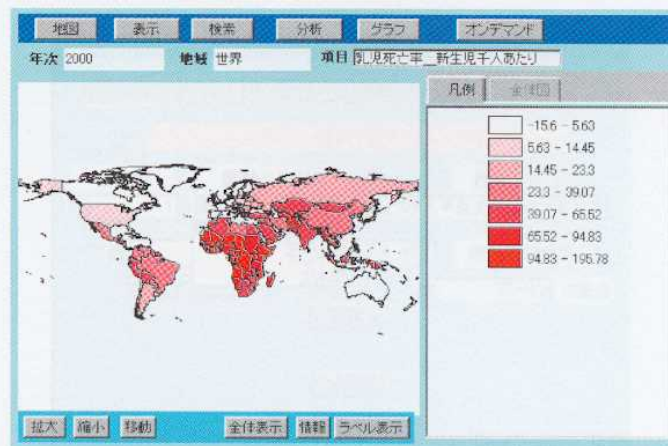
第10図 地図表示種類の選択



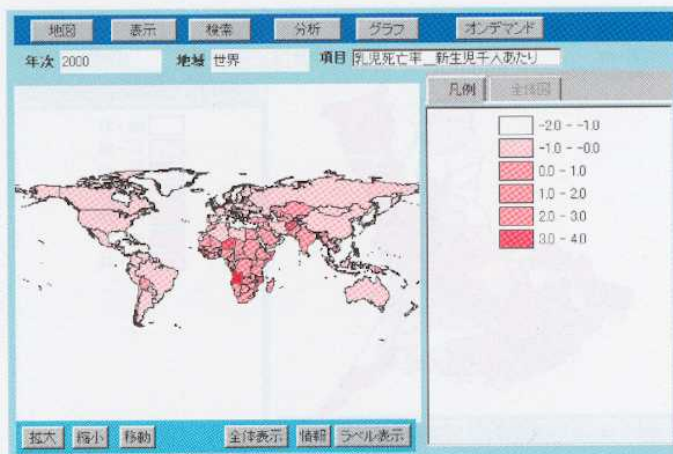
第11図 等間隔表示の例



第12図 自然階級分類表示の例

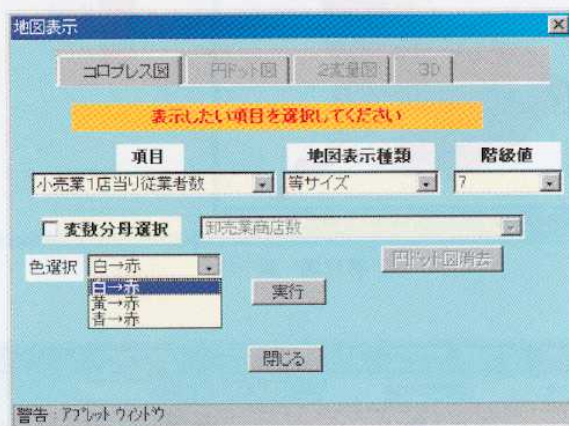


第13図 等サイズ表示の例

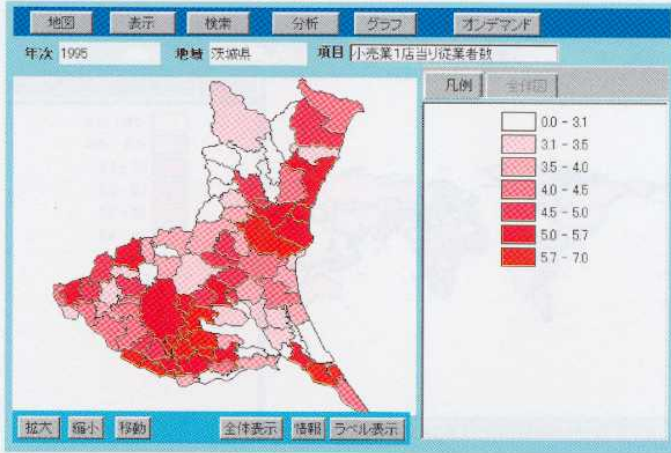


第14図 標準化表示の例

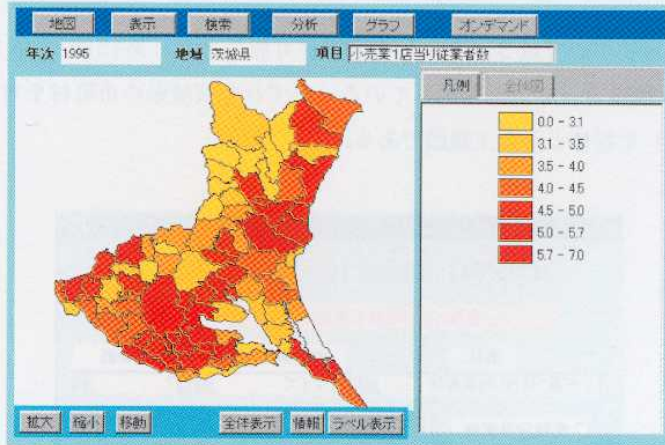
主題図の凡例の色彩については3パターンの選択が可能である(第15図)。第16図は白→赤、第17図は黄→赤、第18図は青→赤の例を示している。いずれも茨城県の市町村を対象に小売業1店当り従業員数(1995年)を指標とした主題図である。



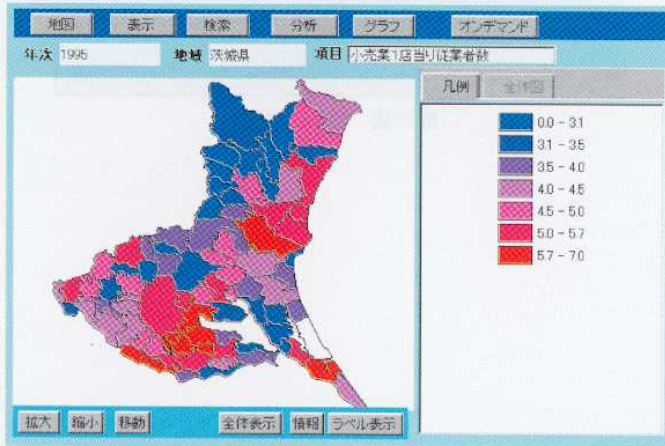
第15図 色彩の選択



第16図 白→赤



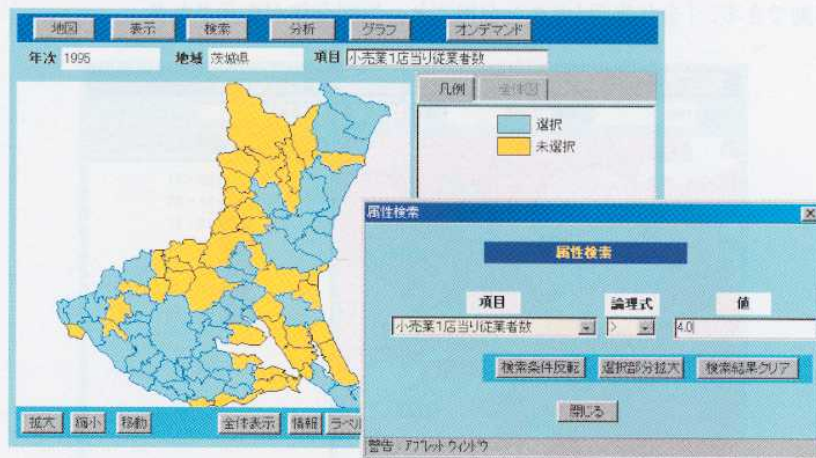
第17図 黄→赤



第18図 青→赤

Ⅲ-2 属性検索

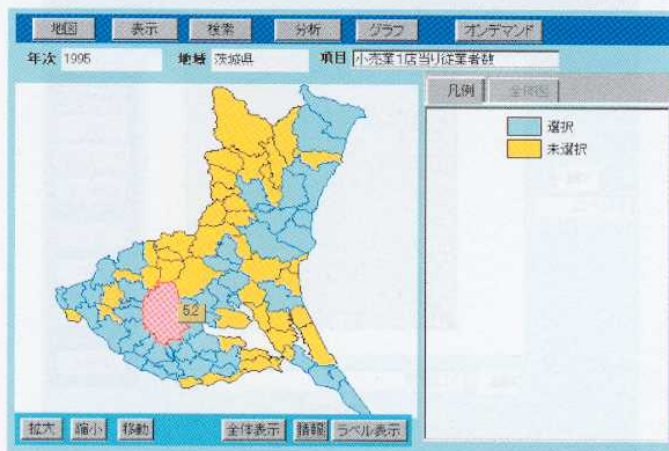
これは、論理式にもとづく属性値の検索を行い、該当する地域を地図上に表示する機能である。例えば、人口に関して10,000以上の指令を与えれば、10,000以上の地域とそれ以下の地域が色分けされて区分される。第19図は、茨城県を対象に、小売業1店当り従業者数（1995年）が4.0以上の市町村を導出して地図化した結果である。当該市町村は青色で色づけされる。「検索条件反転」ボタンを押すと、条件式が現在選択されているものと逆になり、この条件が実行される。



第19図 属性検索の例

Ⅲ-3 情報表示とラベル表示

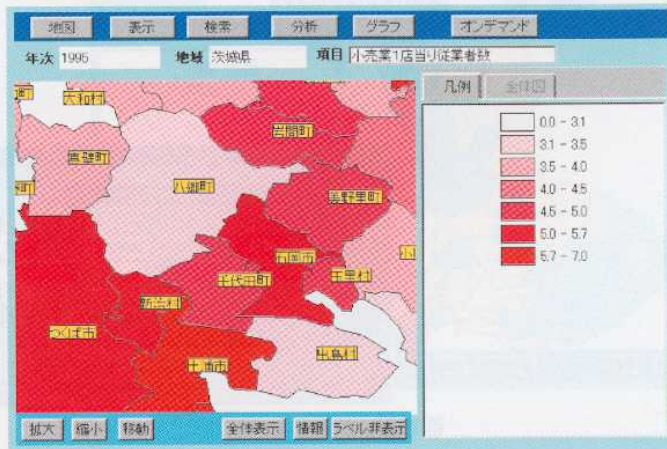
情報表示の機能を用いると、主題図が表示されている画面において、情報を入手したい地域をマウスでクリックし、当該地域の統計値を得ることができる。第20図は、前述した属性検索画面（第19図）において、つくば市の値（5.2）を表示した例である。またラベル表示は、画面上に市町村名を表示する機能である。ラベルを消去するには、「ラベル非表示」を押す。



第20図 情報表示

Ⅲ-4 地図の拡大・縮小・移動

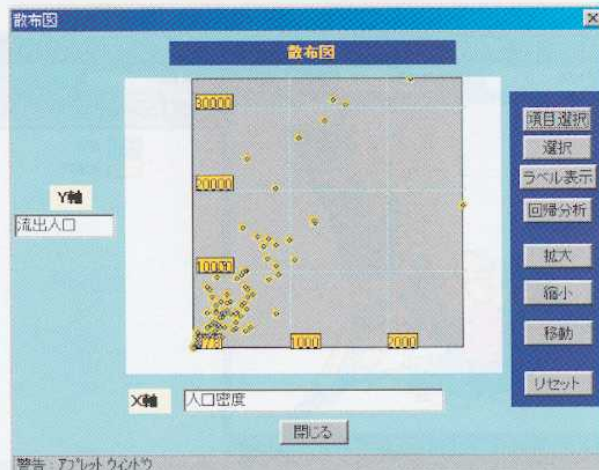
この機能を用いると、地図の縮尺を可変的に変更できる(第21図)。「拡大」ボタンを押すと、地図が拡大表示され、ボタンを押した後は、マウスカーソルが十字に変わる。マウスによるボックス指定でも拡大表示ができる。「縮小」ボタンを押すと、地図が縮小表示され、その後は、マウスカーソルが十字に変わる。シフトキーを押しながら、マウスキーをクリックしても縮小表示ができる。地図の移動も可能である。「移動」ボタンを押すと、手のアイコンが表示されるので、マウスでドラッグして、表示位置を移動できる。「全体表示」ボタンを押すと、地図全体が表示される。



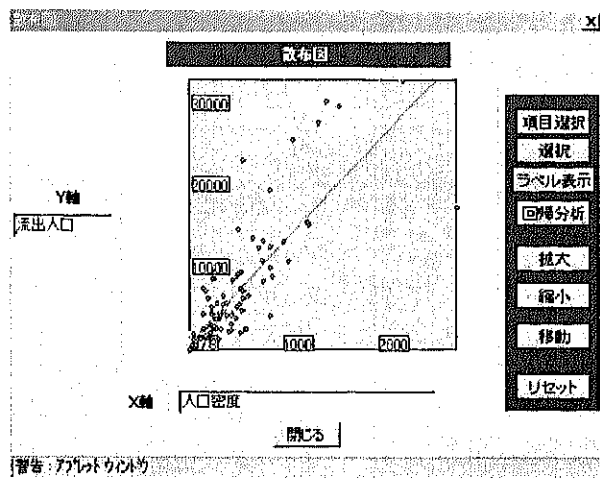
第21図 地図の拡大とラベル表示の例

Ⅲ-5 散布図の作成と相関分析

これは、2つの変数を選んで、散布図を作成し、相関分析を行う機能である。第22図は茨城県の市町村を対象に1996年の人口密度(X軸)と流出人口(Y軸)の2変数を指標とした散布図の例である。相関分析ののち、最小2乗法に基づく回帰直線が散布図に描かれる(第23図)。



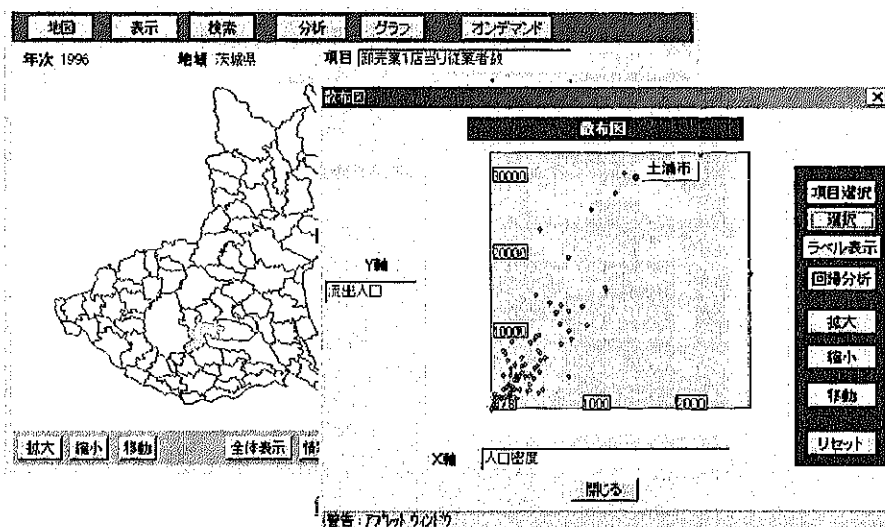
第22図 散布図



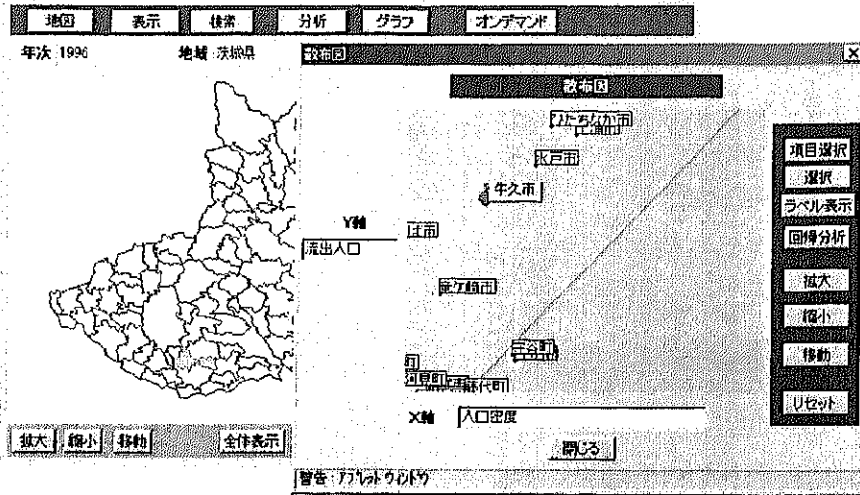
第23図 相関分析

Ⅲ-6 探索的空間分析

この機能を使えば、グラフと地図を組み合わせてパターンや関係を見つけだすことができる。たとえば、散布図の点（地域）をマウスでクリックすると、該当する地域が地図上に示され、逆に地図上で地域をマウスでクリックすると、該当する点（地域）が散布図上にマークされる。第24図を例に説明しよう。地図画面で土浦市が位置する部分をクリックすると散布図上にその位置を表示できる。また、散布図上で特定の地域（この場合牛久市）をクリックすると、地図上に当該地域（牛久市）を表示できる（第25図）。なお、拡大機能により、第25図のように散布図自体も拡大表示できる。「リセット」ボタンを押すと、散布図の表示を元のサイズに戻すことができる。



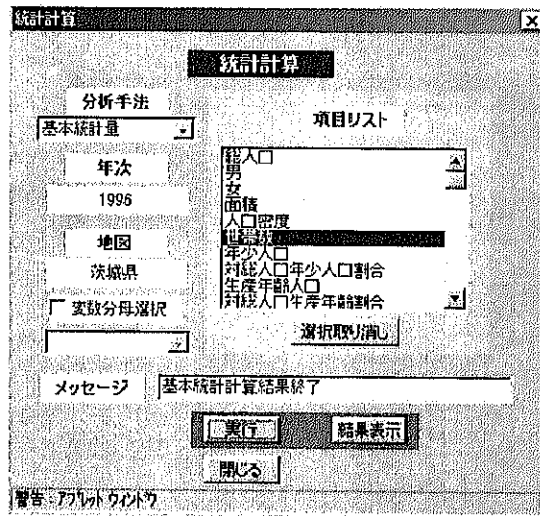
第24図 探索的空間分析の例（地図画面→散布図）



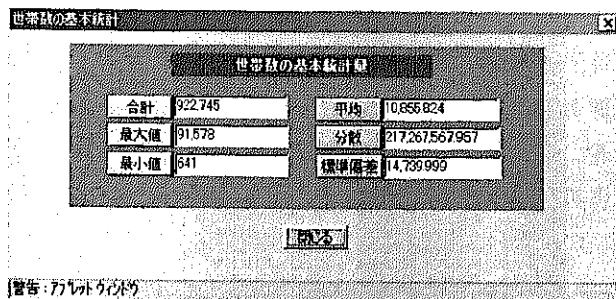
第25図 探索的空間分析の例（散布図→地図画面）

III-7 統計計算（解析）

この機能は、合計値、最大値、最小値、平均、分散、標準偏差といった基本統計量を導出する。第26図と第27図は茨城県の市町村を対象に世帯数（1996年）に関して基本統計量を求めた結果である。なお、画面上に印されている「変数分母選択」をチェックし、項目名（変数）を入力すると、その項目（たとえば面積）を分母とし、世帯数を分子とする値、すなわち世帯密度を原データとする基本統計量が導出できる。

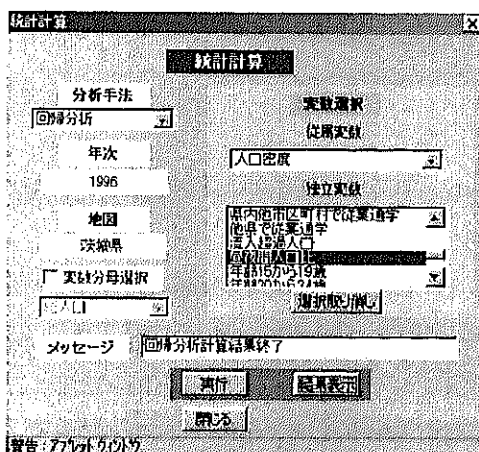


第26図 基本統計量の計算（世帯数、茨城県、1996年）

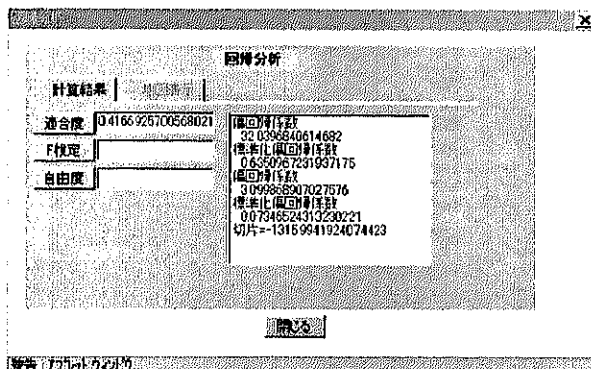


第27図 導出された基本統計量 (世帯数, 茨城県, 1996年)

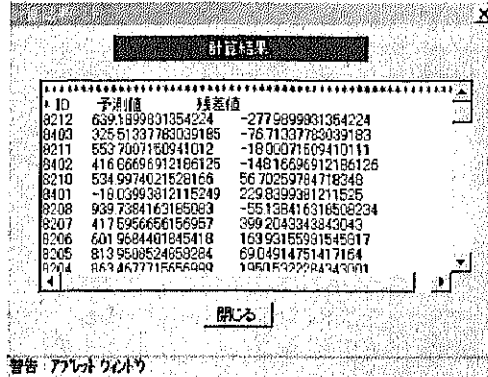
さらに, 統計計算の機能を用いると, 重回帰分析, 因子分析, クラスター分析などの多変量解析が可能である. 重回帰分析の例を第28図と第29図に示す. これは, 茨城県を対象に, 従属変数に人口密度をとり, 独立変数に昼夜間人口比と第3次産業の占める割合をとって重回帰分析を行ったものである. 予測値と残差値の導出も可能である (第30図). この図において, IDは市町村番号を示している. さらに, 予測値や残差を指標として, その分布図を描くことができる (第31図).



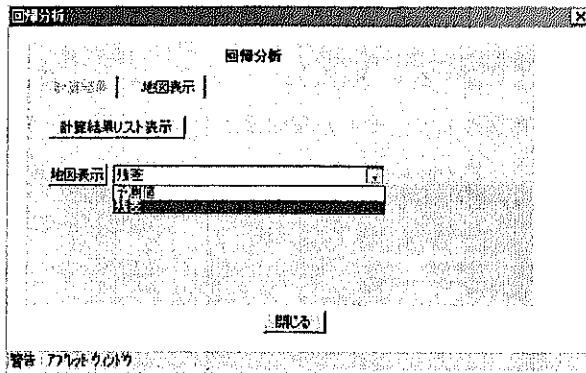
第28図 重回帰分析の設定画面



第29図 重回帰分析の計算結果

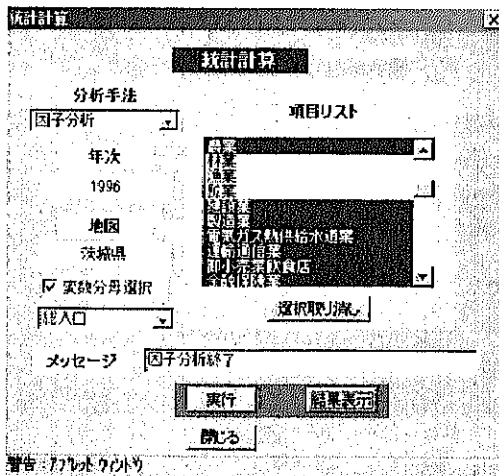


第30図 予測値と残差値の表示



第31図 残差の地図表示

因子分析の例を第32図に示す。これは、茨城県を対象に、項目リストに示される7つの変数を選び因子分析を施した結果である。なお、各変数は、総人口で除した値（変数分母選択をチェックし総人口を選択）を採用している。



第32図 因子分析の設定画面

因子負荷量は第33図に示される。固有値1.0以上を有する因子は3つ導かれ、この3因子で累積寄与率は62.27%に達する(第34図)。第35図は、地域区分を行うため、因子得点行列をもとにクラスター分析を施した結果である。第35図は、グループ数を4にし、地域を4類型に区分したデンドログラムであり、第36図はグループ数を3にした結果を示したものである。各グループの平均因子得点に基づいて、適当な名称を入力する(第37図)、その3グループのケースを地図表示すると、第38図を得る。

因子負荷量	累積寄与率			
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
農業	-0.58103321553588	0.10402332249448	0.55629210698173	0.375214460692051
建設業	-0.26259665250098	-0.94716405511728	0.168173122166221	0.012045456296371
製造業	-0.12498086534196	0.066729670624448	-0.85435072799621	0.128086252084441
電気ガス熱供給水道	0.311183411540048	-0.60740284423261	0.069738549632771	-0.78937127219689
運輸通信業	0.362435042487108	-0.53597656620698	-0.12488852167571	-0.01348254168368
卸小売業飲食店	0.057881431334388	-0.07168276369788	0.04600395767408	-0.21509553140271

クラスター分析 閉じる

警告: ファイルの閉鎖

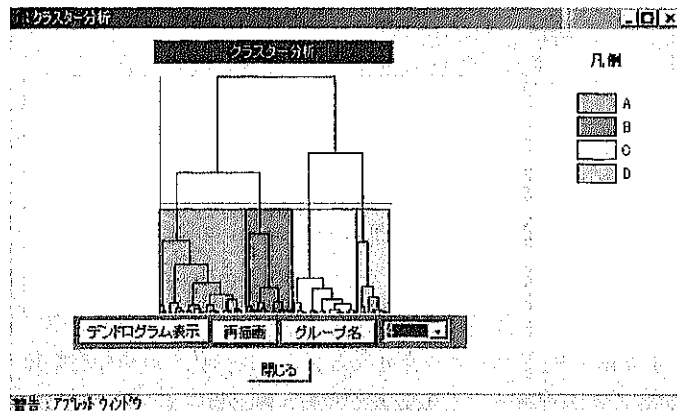
第33図 因子負荷量の表示

因子負荷量	累積寄与率		
	第1因子	第2因子	第3因子
累積寄与率	28.6493786923031	46.43134512221608	62.2686647044937

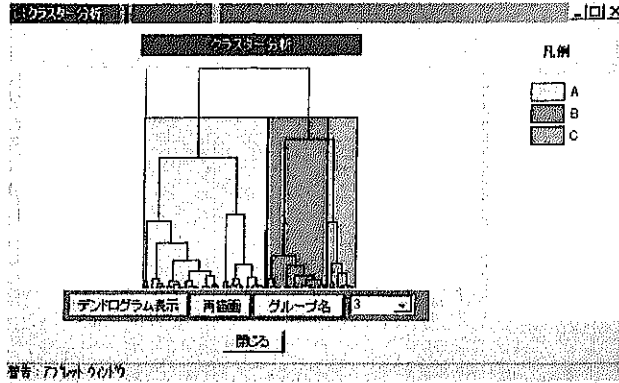
クラスター分析 閉じる

警告: ファイルの閉鎖

第34図 累積寄与率の表示



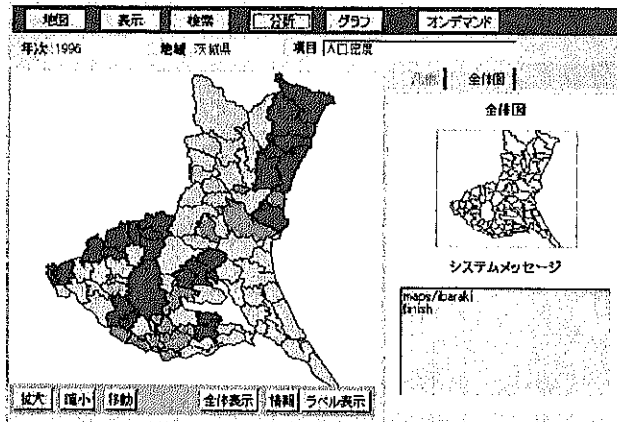
第35図 クラスター分析によるデンドログラム表示(4グループ)



第36図 クラスタ分析によるデンドログラム表示（3グループ）

グループ番号	グループ名
1	A
2	B
3	C

第37図 グループ名の入力



第38図 3グループに区分した場合の地図表示

Ⅲ-8 オンデマンド機能

利用者はオリジナルな地域統計データを自ら入力して、地図化や地域分析を行うことができる。第39図は日本全国を対象に、人口性比（女100人に対する男の数）を入力し主題図を試みた例である。都道府県名の隣にデータ値を入力し、地図表示ボタンをクリックすると主題図を描くことができる。

データ入力は、第39図の画面において、属性名フィールドに表示したい属性名を入力し、データ入力エリアで、コード番号や地域名にあわせて直接入力するか、エクセルなどでCSVファイルを作成し、データ消去ボタンを押して、表示されているコードと地域名を消してから、エディタなどデータ入力エリアにコピー&ペーストすればよい。

消去したコードと地域名を再度表示するには、リセットボタンを押す。



第39図 オンデマンドのウィンドウ

Ⅳ 今後の課題

本システムの汎用性をより向上させるためには、今後次のような改良が望まれる。

- 1) ニーズの高い属性項目や地図データを追加し、データベースとしての充実を図ること。
- 2) 解析を希望する地図データを利用者自身が取り込めるインターネットGISへとレベルアップを図ること。
- 3) 空間解析機能の拡充を図ること。当面、オーバーレイや最短経路探索、勢力圏設定などの機能の追加を試みたい。
- 4) データの転送速度を高め、レスポンスをより機敏にすること。

本システムは、現在下記のサイトで試験的に運用している。

<http://land.geo.tsukuba.ac.jp/teacher/murayama/edugis/index.html>

インターネットGISのプログラムの作成には、尾野久二氏（パスコ㈱）のご協力を賜りました。厚くお礼申し上げます。本研究の遂行に当たっては、平成13年度文部科学省・データバンク形成事業費「多目的統計データバンク」（研究代表者 黒田 誼）と平成13年度科研費・基盤研究(B)(1)「地理教育におけるGISの活用に関する研究」（研究代表者 村山祐司）と平成13年度科研費・特定領域研究(A)(2)「人文・社会科学系教育におけるインターネットGISの活用に関する研究」（研究代表者 村山祐司）の研究費の一部を使用しました。

参考文献

- 村山祐司・尾野久二（1996）：インターネットによる歴史統計GIS。地理情報システム学会講演論文集，5，143-146.
- 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.
- 村山祐司（2001）：歴史統計Web GISの構築。多目的統計データバンク年報，77，155-174.
- Murayama, Y. (2000): Internet GIS for Malaysian population analysis. *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec A*, 21, 131-146.

Availability of Internet GIS for Geography Education

Yuji MURAYAMA

In March 1999, the *Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan* reported on the need for new types of instructional methods in high schools. Based on this report, new textbooks are published and will be used in new education programs beginning in FY 2003.

The following "handling of content" was prescribed for Geography (A) in high school: "More hands-on and operational methods will be introduced into the classroom, including the collection, selection and processing of globes and maps, observations and surveys, statistics, references, etc., as well as the digitization and depiction of geographic information in graphic form. At the same time, an effort will be made to clearly spell out the interrelationship among these items and make students as proficient as possible in geographic techniques. Information such as theme maps, statistics, etc., that changes from year to year will be compared and relationships established, and students will be taught methods for making the most effective use of geographic information."

In the field of geography education, this new system will place special emphasis on geographical perspectives and concepts, and there is strong incentive to learn about geographical methods and techniques. In particular, students will learn to more effectively utilize maps for regional analyses, etc., and be required to obtain and use geographic information. With educational goals shifting from "acquisition of knowledge" to "learning how to learn", every effort should be made to use GIS as a tool for supporting practical and topical learning skills.

Given this background, this study attempted to develop and evaluate the effectiveness of educational Internet GIS that could be of use in new geography education programs.

Internet GIS refers to a network system in which maps are created interactively and regional information is analyzed. Also called Web GIS, this system, which can run on any platform that uses

the Java language, has been rapidly coming into widespread use since its appearance in the late 1990s, especially in Europe and North America. Internet GIS can be immediately accessed using a browser and a computer connected to the Internet.

The Internet GIS developed in the present study comes with functions that can create theme maps, display information, zoom in and zoom out of maps, search for various conditions, display graphs, conduct multivariate and investigational spatial analyses, and other tasks. Through the Internet, users can access a multitude of attribute and political map data and link it all on the network to create theme maps and conduct different types of statistical operations.

One of the most important aspects of new geography instruction in high schools will be the understanding of regional scale concepts. For example, in "Regional Geography Concepts in the Modern World", the main theme of high school Geography (B), regions will be examined at several different scales, including municipal, state/provincial, national, and even continental in order to have students understand the differences in perspectives and methods that arise from these differences of scale. Therefore, this Web GIS will prepare 1) maps of the world with nations as units, 2) maps of Japan with prefectures (provinces) as units, and 3) maps of Japanese prefectures with municipalities as units, in order to let users create and compare theme maps of different scales and regions, which they can then use for time analyses. Items (variables) include three scales, as well as numerous attributes relating to population, industry, daily life, and culture.

Key words: geography education, internet, Web GIS, information.