

## 大量の結果を生成する地理データベース質問 に対するブラウジング機能

河北 秀世 有川 正俊 上林 彌彦  
京大工学部

本稿では、地理データベースから検索した大量のデータをブラウジングするための一般的なモデルを提案する。特に、利用者要求と表示装置の限界に従って、地図を構成する構成要素の量を調整する機能に焦点を当てる。利用者要求は、オブジェクトの集合であるクラスに対する重要度の割り当てとして定義する。表示装置の限界により、利用者要求を妥協させて1枚の地図を生成する方法についても言及する。このブラウジングモデルでは、表示内容の状態を表現するために、表示内容の飽和、表示内容の矛盾、オブジェクトの表示メソッドのランクなどの新しい概念を導入した。これらの新しい概念により、利用者は、ブラウジングの表示内容を利用目的に適合することが容易となる。

## Browsing Functions for a Large Amount of Data Retrieved from Geographic Databases

Hideyo KAWAKITA, Masatoshi ARIKAWA, and Yahiko KAMBAYASHI  
Faculty of Engineering, Kyoto University

This paper presents a general model for users to browse a large amount of data retrieved from geographic databases. Particularly, we focus on functions of adjusting the amount of data as components of a map according to users' requirements and limitations of display devices. The users' requirements are defined as importance levels of classes which are collections of objects. Due to the limitations of display devices, users must often compromise their requirements for creating maps of their interest. The model provides users with some new concepts of measuring states of a display content, such as the saturation of a display content, the inconsistency of a display content, and ranks of visualization methods for objects. The new concepts help users to decide to control characteristic parameters of a display content on a display device.

## 1 まえがき

データベースから質問により複数個のインスタンスを選択し、それらの複数個のインスタンスを視覚的に表示し、利用者が表示された情報を目で見て必要なインスタンスを選択する方法がブラウジングである。データベースの質問結果が非常に大きい場合は、ブラウジングは利用者にとって負担となる。例えば、大きな質問結果を表の形式で表示した場合、図1のようになる。

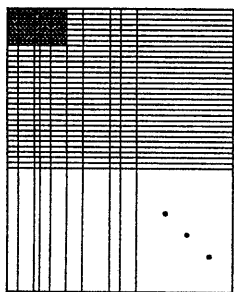


図1: 大きな表と表示画面

図1において、白の大きな長方形が質問結果全体を表現している。ただし、横の一行はインスタンスを、縦の一行は属性を表す。白い長方形の中の黒い長方形がディスプレイ上に表示されている部分を表している。利用者は黒い長方形を移動させて（画面を縦横にスクロールさせて）インスタンスを一つ一つ見ながら、必要なインスタンスを選択する。一般に大きな表に対するブラウジングの負担を軽減するために、重要なインスタンスほど上に置き、重要な属性ほど左に置くという配置方法をとる。こうすることにより、黒い長方形は、少ない移動で目的とするインスタンスを選択できると考えられる。このようにデータベース質問により選択されたデータを重要度に応じて視覚化する必要性がある。

従来のデータベースのブラウジングでは、重要度に応じて表示を決定する方法は明示的には取り入れられていない。地理データベースでは、質問結果が地図となる<sup>[3]</sup>。この地図の上には、たくさんの図形を配置するが、必ずしも、質問結果とし

て選択されたデータ全てが図形化され配置されるとは限らない。これは、表示面積の制限によるものである。本稿では、地理データベースの質問結果のデータに割り当てた重要度と、表示上の制約を考慮に入れた視覚的インタフェースの構成法について述べる。

## 2 地図学における総描技法のブラウジングへの応用

地図学 (Cartography)<sup>[4]</sup>では、地球上の膨大な情報から利用者要求に適合する1枚の地図を製作するために、データを選択、加工し、視覚化する処理を総描 (Generalization) と呼ぶ。

総描は、大きく4つに分類される。

### i) 単純化技法 (Simplification)

重要でないものは表示せず重要なものほど強調して表示する。

### ii) 分類技法 (Classification)

順序付け、抽象化、階層化。

### iii) 記号化技法 (Symbolization)

縮尺、種類、重要度による視覚化。

### iv) 帰納推論技法 (Induction)

表示内容からの法則の読み取り。

上記4つの総描技法は、データベースの質問結果を視覚化するための基本ともなる。

コンピュータのディスプレイ上に表示する地図（以下、対話地図という）では、利用者が対話的に地図の表示を変更することができる。つまり、従来、地図職人が行っていた地図の総描を一般利用者が行える環境になったのである。

総描の4つの技法がブラウジング機能においてどのように利用されるかを次に説明する。

### i) 単純化技法

視覚的インタフェースとして、大量の情報を一度に見せるのはあまり効果的ではない。簡潔な表示でなおかつ利用者の意図する表示を実現すべきである。ディスプレイの表示面積に限りがあるので、簡潔な表示を実現するためには、できるだけ重要な情報だけを表示する方法を取らなくてはならない。また、重要度を低くしたオブジェクトに対しても、現

在それらが表示されていないことを示して、後から利用者がそれらの情報をたぐる手段を提供する必要がある。

### ii) 分類技法

分類技法における順序付けは、地図の拡大・縮小操作による段階的細部表示に利用される。また、地図の動画化を考えた場合、この順序付けで、地図を動かすことができる。

分類技法における抽象化では、複数個のインスタンスを1つのインスタンスで代表する。つまり、代表インスタンスが1つの記号で表現されている場合、その記号をマウスでクリックするなどして、詳細を表す複数個のインスタンスを表示させることができる。

分類技法における階層化は、順序付けおよび抽象化の両方とも関係してくる。階層化の1つの応用は、データベースの質問結果をハイパーメディアのようにリンクで迎れる階層構造にすることである。

### iii) 記号化技法

表示対象オブジェクトは、縮尺、種類、重要度に応じて、効果的に記号化しなければならない。縮尺は、全体のインスタンス数の規模を規定しており、重要度は利用者要求を反映している。

### iv) 帰納推論技法

ブラウジングでは、個々のインスタンスの意味だけでなく、インスタンス間の相互関係、およびインスタンス集合の全体的法則を視覚的に認識できるように、表示を構成する必要がある。

次節からは、総描をインスタンスの重要度と表示の限界の概念を基本としてモデル化を試みる。

## 3 対話地図の特徴

コンピュータ上で実現される対話地図は、従来の紙上の静的な地図とは全く異なった高度な利用形態を実現する。一方、従来の紙の地図では考える必要がなかった新たな問題が生じる<sup>[4]</sup>。以下に、この対話地図の特徴を示す。

- 利用者の要求に応じて動的に表示を変更できる。つまり、自由な縮尺で、利用者の望む情報のみを利用者の望む形態で可視化できる。
- 表示方法として時間的な変化を付けられる(時分割的な切替え表示、プリンキングなど)。
- 現在表示されている地図を元に関連する情報および関連する地図をたぐることができる。
- 地図自身の特徴量を利用者に提示することにより、利用者は、地図の表現形式を操作することができる。
- 実時間応答が重要である。
- 表示すべき情報が動的に変わるので、表示上の限界を考慮して、表示するデータと表示しないデータを選択しなければならない(図2参照)<sup>[5][6]</sup>。

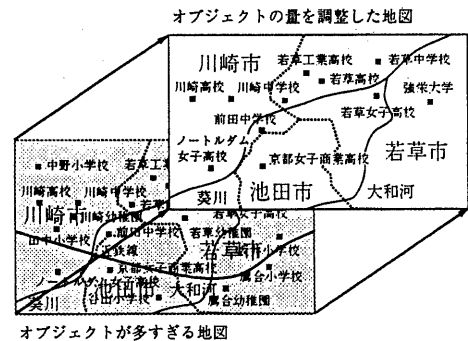


図 2: 表示の限界

利用者の要求が曖昧であったり、利用者が自分の要求を地理データベースへの問い合わせ(Query)に正確に反映できない場合があるため、利用者はシステムと対話しながら、目的の情報を得る。以下は、利用者が対話地図に施す対話操作である。

- 選択する地理情報の追加・削除
- 地図の縮尺の拡大・縮小
- 表示範囲の移動・回転
- 表示画面の拡大・縮小

上記の対話操作に伴い、地図として表示できるデータ量は動的に変化する。表示するデータ量の制御は、各データに付加された重要度に基づいて

行なわれ、重要度の高いデータほど優先的に表示される(図3参照)。重要度に関しては次節で定義する。

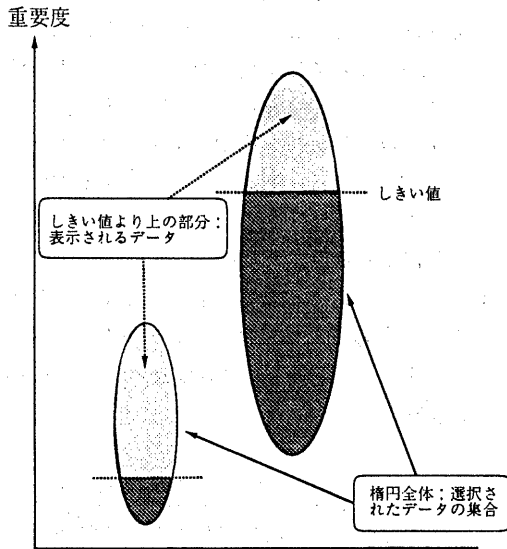


図3: 重要度によるデータ量の制御

利用者の要求にあった地図の表示を行なうためには、データ量の制御を全て自動化するのではなく、利用者が自由にデータ量の制御のための因子を操作できることが望ましい。そこで、対話地図では、現在表示されている地図が持つ様々な特徴量を利用者に提示し、次の操作の決定を支援すべきである。

#### 4 地理オブジェクトの重要度と地図の飽和

利用者の選択したデータを地図として可視化する時、表示上の限界から全てのデータを可視化できない場合がある。本節では、表示するデータ量を制御するための基本的な枠組を与える。本稿では、データ量の制御の単位は、データベース中の地理オブジェクト(*geo\_obj*)である。

[地理オブジェクト(*geo\_obj*)の定義]

$geo\_obj = (geo\_feature, attr^*; method^*)$

*geo\_feature* は地理的形状, *attr* はそれに関連する属性情報であり, \*(アスタリスク)は集合を表す。 *method* は手続きで

あり、地理的形状や属性などのデータの書き込みと読み出しなどが存在する。地理オブジェクトの集合は、汎化概念であるクラスにまとめられる。

利用者は「どの地理オブジェクトから優先的に可視化するか」に関する要求を持っている。データ量の制御は、この要求に基づいて行うべきである。そこで、この要求を重要度(*imp*)として定義する。

[重要度(*imp*)の定義]

重要度(*imp*)は0.0～1.0の値をとる。

重要度は、地理オブジェクト毎に付加される。重要度の値が大きいほど、可視化に対する要求が強い。

例えば、ある表示画面の条件(画面サイズ、解像度など)において、地図の読みやすさを考慮に入れた場合、「文字が他の文字や図形と重なってはいけない」という制約を守って、地理オブジェクトの表示を行なわなければならない。この場合、画面に表示できる文字の量は、各文字列が占有する領域の面積の総和が画面の面積を越えることはないという条件でおさえられる。これは、地理オブジェクトを表示する数には限界があることを示している。図4は、表示対象の地理オブジェクトの数と、実際に文字を表示できた地理オブジェクトの数との関係を表す飽和曲線である。表示におけるこのような飽和を地図の飽和と言う[7]。ここで、地図の飽和は、表示できる地理オブジェクトとそうでないものとの間の重要度のしきい値として理解される(図3参照)。

#### 5 重要度に従った図形化

地図の表示は、地理オブジェクトを重要度にしたがって図形化することに対応するが、図形化には図形や文字の形状、大きさ、色などの違いにより、非常に多くのバリエーションがある。ここでは、地理オブジェクトの図形化の状態を表す指標を定義する。

図形化の状態を表す指標には、地理的形状に関するものと属性に関するものがある。地理的形状の図形化については、たとえば(1)色、ハッチングパターン、(2)プリンキング、(3)記号の形状、大きさ、などの因子により指定できる。また、属性の図形化

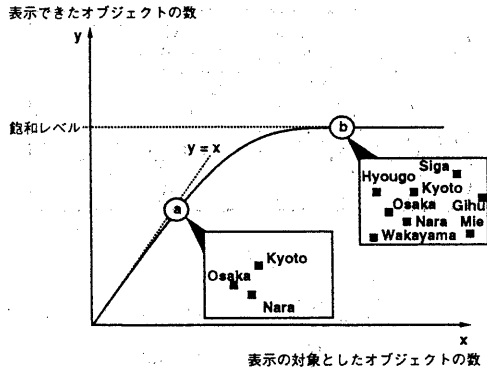


図 4: 地図の飽和

については、たとえば(1)文字のサイズ、(2)文字のフォントの種類、(3)文字の色、(4)省略(例. 京都大学→京大→1 / 欄外に「1. 京大」と表示)の度合、などの因子がある。

図形化を表す因子の集合  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$  を図形化パラメータと呼ぶ。地理的形状の図形化パラメータと属性の図形化パラメータをそれぞれ  $v\_parameter_{geo\_feature}$ ,  $v\_parameter_{attr}$  と称する。ここで、 $\alpha_i (i = 1, 2, \dots, l)$ ,  $\beta_j (j = 1, 2, \dots, m)$ ,  $\gamma_k (k = 1, 2, \dots, n)$  は図形化の因子を数値化したものであり、 $\alpha_i$  は重要度の値に対応する因子(例. 文字サイズ),  $\beta_j$  は同じクラスのインスタンスで共通となるべき因子(例. 色, 文字フォント),  $\gamma_k$  はそれ以外の因子である。

各地理オブジェクトを図形化するための指標として、図形化形式 ( $v\_form$ ) を定義する。

[図形化形式 ( $v\_form$ ) の定義]

$$v\_form = \{v\_parameter_{geo\_feature}, v\_parameter_{attr}^*\}$$

図形化形式は、図形化ランク ( $v\_rank$ ) を持つ。  $v\_rank$  は非負の整数値である。  $v\_rank$  が大きい図形化形式ほど、高い重要度に対応していることを示し、同じ  $v\_rank$  の図形化形式は、同じ重要度に対

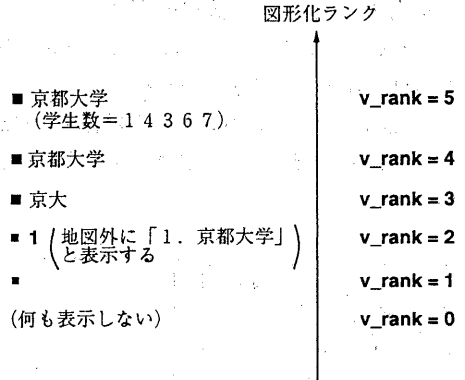


図 5: 図形化ランクの例

応する。また、何も表示しないことを表す図形化形式を  $v\_rank = 0$  とする。

図形化形式と図形化ランクの対応は、各クラス毎に設定される。図5は、大学クラスに対する図形化ランクの例である。図形化ランクが0から上がるに従い、「何も表示しない」表示形式から、より多くの情報をより分りやすく表示する表示形式に変化する。

次に、地理オブジェクトを図形化して画面上に表示されたものを表示オブジェクト ( $disp\_obj$ ) として定義する。

[表示オブジェクトの定義]

$$disp\_obj = (geo\_feature, attr^*, v\_form; method^*)$$

$v\_form$  の図形化ランクが0でない限り、 $method$  には、可視化および対話操作の手続きが含まれる。

重要度と図形化ランクの関係は図形化ランク関数 ( $v\_rank\_fun$ ) により定式化する。

[図形化ランク関数 ( $v\_rank\_fun$ ) の定義]

$$v\_rank\_fun(retrieval\_obj, device, saturation) : imp \mapsto v\_rank$$

ここで、 $retrieval\_obj$  は表示しようとしている地理オブジェクトの集合、 $device$  は画面の条件(画面サイズ, 解像度など)、 $saturation$  は地図の飽和の条件である。

図形化ランク関数は、地図の表示にコントラストをつけることができる。図6は、地図にコントラストをつけた場合とつけない場合を示している。利用者は、図形化ランク関数の形状を対話的に調整することにより、表示のコントラストを変化させることができる。

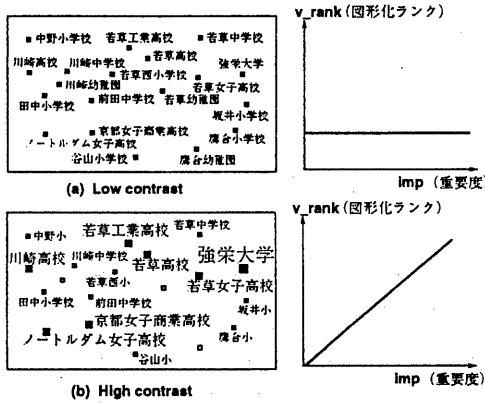


図6: 表示のコントラスト

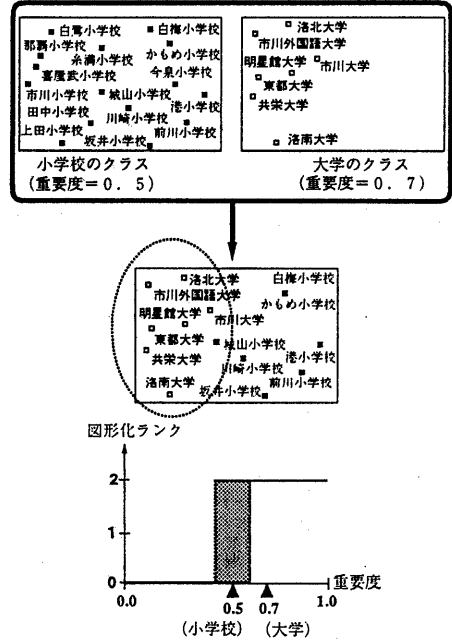


図7: 誤読の例

## 6 地図の誤読を避けるための図形化制約

地理オブジェクトを図形化する時、利用者が表示結果から誤った情報を読みとらないように配慮する必要がある。図7は、地図の誤読の例を示している。これは大学と小学校を同一画面上に表示する例で、重要度は大学の方が小学校よりも高いとする。中段の地図では、同じ小学校の中で名前付表示のものと、何も表示しないものとが混在している。表示された結果だけを見た利用者は、地図中の円内には小学校がないのだと考えてしまう。これは、より重要度の高い大学を優先的に表示したため、中段の地図中の円内では小学校が表示できなかったためである。

この誤読は、重要度に応じて図形化ランクが一意に決まらなかったり、重要度が図形化ランクに正しく反映されていないことにより生じる。図中の下段の図形化ランク関数のグラフの灰色の部分、同じ重要度の地理オブジェクトが2つの異なった図形化ランク(図形化ランクが1と2)に割り当てられていることを表している。

誤読を生じさせない図形化のための制約を次に示す。

### [強い図形化制約の定義]

重要度に対して図形化ランクは単調非減少である。ただし、同じ重要度の地理オブジェクトに、異なる図形化ランクを割り当てることはできない。

### [弱い図形化制約の定義]

重要度に対して図形化ランクは単調非減少である。ただし、同じ重要度の地理オブジェクトに対し、図形化ランク0(表示しない)と他の図形化ランクとを割り当てることはできない。

## 7 地図の特徴量の操作環境

地図の特徴量の操作環境の例を図8に示した。図中(a)は、主となる地図である。この地図の特徴量の操作は、その他のウィンドウにより行なわれる。

(b)は、各クラスについて重要度を設定するためのウィンドウである。また、(c)は重要度設定の結

果、各重要度のインスタンスがどれくらい存在するかを示すウィンドウである。ここでは画面に表示した時の図形化ランクによってバーが色分けされており、表示できなかった地理オブジェクトが多いほどより濃く表示されている。また、棒グラフ中の破線は表示されるか否かを表すしきい値である。

(d)には、実線で地図(a)の図形化ランク関数のグラフが示されている。破線は重要度と図形化ランクの関係に対する利用者の要求であり、画面や地図の飽和の条件を無視して設定している。これらの2つのグラフから、利用者は自分の要求と実際の表示結果との差を理解できる。

(e)は地図の飽和を制御するウィンドウである。ここでは、読みやすさの評価因子として地理的形状や文字列などの図形の密度、文字列の欠損の割合(欠損の禁止領域の大きさ)を設定し、地図の飽和を制御している。

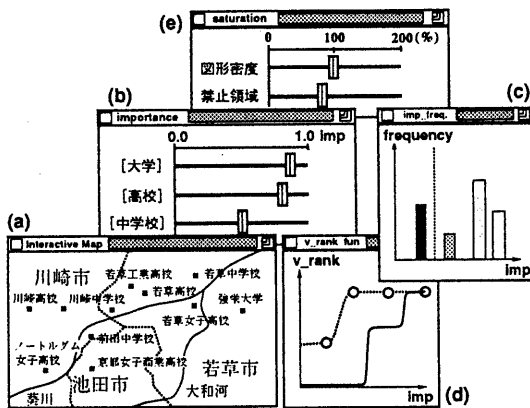


図 8: 特徴量の操作環境の例

## 8 新しい地図の形態と図形化手法

地理オブジェクトを表示オブジェクトとして可視化しようとした時、表示上の限界から全く可視化できないものが生じる。このような情報の欠落があると、利用者の意図とは異なった表示になる場合がある。十分な対話性を持つ対話地図の実現のためには、全ての情報を可視化できずとも、何らかの手段により欠落した情報をたぐれなければならない。

全く可視化されなかった地理オブジェクト(図形

化ランクが0)について、情報をたぐれるように可視化する手法として、以下が考えられる。

- i) 地理的形状をボタンとして、地図の飽和を無視して表示する(マウスのクリックなどにより属性を表示)。
- ii) 地理的形状と属性を地図の飽和を無視して表示する(可能ならば半透明にして重ねる)。
- iii) 欠落情報を含む領域を特別な色で表示する。
- iv) 欠落情報の多い領域をまとめてボタン化する(マウスのクリックなどにより表示)。

i, iiは、表示オブジェクトの図形化形式を、表示上の限界(地図の飽和)を無視して強制的に設定する方法である。また、iii, ivは、複数の地理オブジェクトを参照する代表の役割を演ずる表示オブジェクトを新たに生成することになる。

複数の地理オブジェクトを参照する代表表示オブジェクト(*rep\_disp\_obj*)を定義する。

[代表表示オブジェクトの定義]

$rep\_disp\_obj = (obj\_id^*; method^*)$

*obj\_id*は、*rep\_disp\_obj*が参照している地理オブジェクトのオブジェクト識別子であり、*method*は最低限、参照している地理オブジェクト集合の可視化手続きを含む。

図9には欠落情報の可視化を行なった対話地図の例を示した。図中のハッチングパターンで塗られた部分には、欠落した情報が存在することを示している。たとえば、マウスでクリックすることにより、欠落した情報を載せた地図が表示される。

## 9 あとがき

本稿では、重要度に基づいてデータ量の制御を行なう基本的なモデルを提案した。表示すべきデータが多い場合、地図に表示されない欠落情報が生じる。しかし、対話地図ではどのような情報でも対話操作によりたぐり出せることを保証すべきである。そこで対話地図の中に欠落情報の存在を視覚的に表現して欠落情報にアクセスできる枠組みが必要であることも示した。

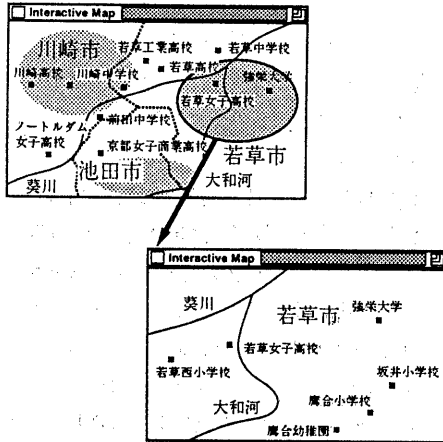


図 9: 対話地図による欠落情報の可視化

### 参考文献

- [1] Barr, R.: Automated Cartography and Geographical Information Systems, in *Advances in Computer Graphics II*, Springer-Verlag, 1986, pp. 29 - 53.
- [2] 坂内正夫, 角本 繁, 太田守重, 林 秀美: コンピュータマッピング, 昭晃堂, 1992.
- [3] Roussopoulos, N., Faloutsos, C., and Selis, T.: An Efficient Pictorial Database System for PSQL, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 14, No. 5, 1988, pp. 639 - 650.
- [4] Robinson, A.H., Sale, R., and Morrison, J.: *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, 1978.
- [5] Kambayashi, Y. and Arikawa, M.: Semantic Overview Functions for Geographic Databases, *Proc. of the Far-East Workshop on Future Database Systems*, 1990, pp. 192 - 220.
- [6] 腰塚武志: 地図情報処理に関して考えていること, *計測と制御*, Vol.30, No.9, 1991, pp. 755 - 757.
- [7] Arikawa, M.: *Studies on View Functions for Geographic Databases*, Ph.D. Dissertation, Department of Computer Science and