

力学モデルに基づく地理情報の動的表示手法

佐藤 聡† 有川正俊††

現在、空間情報を取り扱う環境が整備され、今後は、空間情報を提供するデータベースサーバ群の相互利用が活発に行われることが考えられる。複数の地理データベース群への検索結果を1つの地図に統合して、表示することは最も重要な研究課題である。地理情報の表示は、本来の情報をもつ位置情報に基づいて表示されなければならないという制約が存在する。我々は、これらの制約を動的に解消しながら表示する方法として、力学モデルに基づく動的レイアウト手法を提案している。本研究では、表示の際の画面の大きさから受ける表示情報量に関する制約を解消する手法を提案する。そして、提案する手法を実装したシステムを用いた実験結果を示し、提案手法の有効性を明らかにする。

Layout Method for Graphic Symbols of Geospatial Information based on Dynamics

AKIRA SATO† and MASATOSHI ARIKAWA††

Spatial Data Infrastructure is being promoted so as to allow any to use easily a wide variety of geospatial data from distributed multiple geospatial database server on Internet. In this new environment, one problem is how preserve legibility of maps as unexpected combinations of various kinds of geospatial data as query result of databases. We have proposed the layout method of graphic symbol using some rules of dynamics. In this paper, we proposed the selection method of graphic symbols that extends the proposed layout method. Furthermore, this paper shows several experimental results of selection and clarifies the effectiveness of the proposed method.

1. はじめに

近年、様々なコンピュータ機器の発展により、様々な情報がデータベース化され情報サービスとして提供されるようになってきた。地理・地形等の空間データに関しても、データベース化は盛んに行われており、わが国では「国土空間データ基盤」¹⁾の整備が進められている。これらの分野においても、ネットワーク化が進んでいる。ネットワークを介しての空間データの流通をより活発にするために、空間データの記述フォーマットとして、G-XMLが作成されている²⁾。また、利用者が欲しい空間データを提供しているデータベースサーバを探すためのクリアリングハウスの構築も盛んに行われている。現在は、ネットワークを介して、必要な空間データを提供するデータベースサーバの所在を検索し、そのデータベースサーバへ問い合わせを行い、必要な空間情報を収集することが可能と

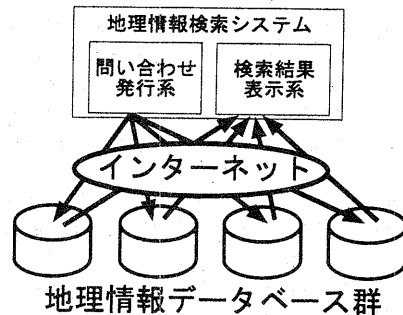


図1 ネットワーク対応型地理情報検索システム

なっている。今後は、それぞれ独立に運営されている空間データを提供するデータベースサーバの相互利用がより活発に行われることが考えられる。すなわち、図1のように、ネットワークを介して、空間データを提供する複数のデータベースサーバへ問い合わせを行い、それら複数の問い合わせ結果を1つの地図に統合して表示することは重要な研究課題となる^{3)~8)}。

空間データベースへの問い合わせ結果の表示に関しては、空間データ自身の位置情報に基づいて表示されなければならない。このとき、図2に示した地図のよ

† 広島市立大学 情報科学部
Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

†† 東京大学空間情報科学研究センター
Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

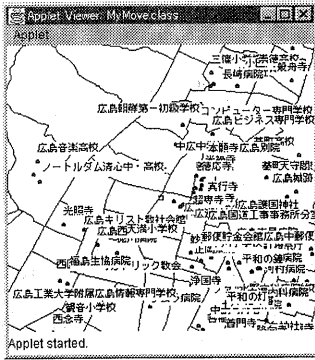


図2 表示上の限界を超えた地図

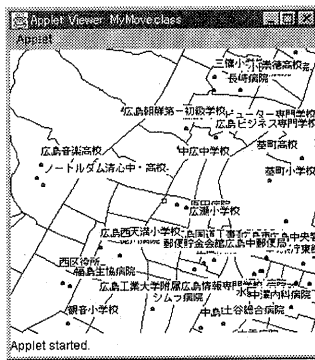


図3 制御後の地図

うに、表示上の限界を考慮せず情報の表示を試みると可読性が著しく悪くなる。本研究では、表示上の限界を考慮し、なおかつ利用者の要求に応じて情報量を自動的に制御して表示する方式として、地理データ表示のための力学モデル^{5),6)}に基づく動的表示方式を提案する。図3に提案する方式により作成された地図のスナップショットを示す。

力学モデルとは、地図を構成する表示図形の現在の配置を基に発生する影響力に力学における運動方程式を適用し、新しい配置を決定するモデルである。ここで、影響力とは地図を構成する表示図形の中で表示位置に自由度のある図形全てを対象として発生するものである。この影響力は、自由度のある図形が他の図形の表示に重なったり、誤読する可能性がある位置に表示された場合、その不適切な度合いに応じて発生するように定義される。地図中において、ある図形に生じる影響力が大きいほどより不適切な位置に表示がされていると言え、また影響力が生じている図形が多いほど不適切な表示となっている図形が数多く存在すると言える。

本研究では、地図上で生じる影響力の単位面積当たりの大きさを圧力と定義する。この圧力を、地図の読

みやすさ (legibility) を示す指標として用いる。地図中の圧力の値が0に近いほど、その地図中の図形配置がより適正である、すなわち、その地図はより読みやすいことを表わしている。逆に圧力が大きいほど、図形の配置がより不適切である、すなわち、その地図はより読みにくいことを表わしている。本提案方式では、圧力がしきい値より大きければ表示情報量を減らし、逆に圧力がしきい値より小さければ表示情報量を増やすことにより表示情報量を制御する方式である。また、しきい値は利用者が設定する。しきい値を大きく設定することは、利用者が設定した値に準じた読みにくい地図の生成を受け入れることを意味する。

本研究では、利用者が要求する圧力の地図を生成・表示するシステムを提案する。提案システムは、図1における検索結果系と見なすことができる。また提案システムは、参考文献^{5),6)}にて提案したシステムの拡張システムである。このシステムの特徴は、次のように挙げられる。

特徴1:即答性 各データベースからの問い合わせ結果が得られた時点において、すぐに表示することが可能である。

特徴2:段階的品質の向上 表示を開始してからの経過時間とともに、表示の品質を上げることが可能である。また、途中で止めることもできる。

特徴3:統一モデル 表示すべき図形の種類の増加に対応して容易に拡張可能である。

特徴4:インクリメンタルな対応 地図の表示において情報の追加・削除、ウィンドウサイズの変更、表示領域の変更(スクロール)、縮尺の変更(ズーム)などの利用者要求が発行された時点ですぐに対応可能となる。

1.1 図形の定義

地理情報のデータは、地図上において記号化され表示される。地図上で記号化されたものを地理図形(geo_obj)と呼ぶ。さらに、地図上に表示される地理情報データは点データ、線データ、面データに分類される。本研究では、点データのみを対象とする。地理図形には、それぞれがもつ情報の属性や注記などの文字情報が存在するものがある。これら文字情報を表示する図形を名前図形(name_obj)と呼ぶ。ここで、この地理図形のことを、名前図形の親図形と呼ぶ。地図(map)は、地理図形と名前図形の集合と定義できる。以下、単に図形(obj)と言う場合は、地理図形または名前図形のいずれかを示す。

$$map ::= obj^*$$

$$obj ::= (name_obj|geo_obj)$$

1.2 様々な制約

参考文献¹²⁾では、紙を媒体とした地図を作成する上で名前図形の配置位置について様々な事例、および、原則についてまとめられている。また、参考文献^{13),14)}には、名前図形の表示方法(表示形態)の原

則が述べられている。本研究と参考文献^{12)~14)}とでは、地図を作成する環境が異なる。したがって、本研究では、参考文献^{12)~14)}の原則を元にして、新たな原則をまとめた。その原則を以下に示す。

原則1 名前図形は、それが示す地理図形を容易に認識される位置に配置する。点データを表す地理図形においては、名前図形はその親図形の周りに配置されなければならない。

原則2 名前図形同士が重なる配置をしてはいけない。

原則3 名前図形は、他の図形に重ねて配置をいけない。

原則4 名前図形の表示法は、横書きとする。

原則5 略称は表示しない。

原則6 同じ属性を持つ地理図形に対する名前図形の表示属性(フォント、色など)は同じにする(同一クラスでは、同じ表示属性を統一する)。

原則7 名前図形の表示に用いる文字の大きさは、利用者が読むのに適当な大きさにする。

2. 力学モデル

本研究では、力学モデルに基づいて表示情報量の制御を行う。力学モデルとは、地図を構成する図形中の配置位置に自由度のある名前図形に対して、現在の配置位置が適切配置領域外であれば、適切配置領域内への配置が行われるように影響力を発生させ、その影響力に力学の運動方程式を適用し、新しい配置位置を決定するモデルである。この力学モデルに基づいた名前配置手法は、「名前配置問題」についての1つの解法となる。名前配置問題とは、名前図形の配置位置を、地図上における様々な制約を満たしながら決定する問題である^{9)~11)}。この名前配置問題は、あらかじめ数種類の配置候補を与えるといった非常に制限された形に置き換えた問題においてもNP完全であり、本質的に難しい問題に属している³⁾。

2.1 適切配置領域

名前図形の配置位置は、他の図形の配置と関連して、適しているか否かが決まる。ここでは、ある図形に対して、名前図形が配置されてもよい図形領域を適切配置領域と呼ぶ。この適切配置領域は、1.2節において示した原則1, 2, 3を満たすように定義される。この図形の適切配置領域は、その図形が対象となる名前図形の親図形であるか否かによって異なる。

親図形である場合 地理図形から一定距離だけ離れた配置

親図形ではない場合 地理図形から一定距離以上離れた配置

2.2 影響力

影響力は、地図を構成する図形のうち配置位置に自由度がある名前図形に発生するものとする。名前図形

i に発生する影響力とは、その名前図形 i が他の図形 j の適切配置領域外に配置されている場合、その名前図形 i が図形 j から受ける力と定義する。すなわち、名前図形 i は現在の位置 P_i から図形 j の適切配置領域 Ro_j の中で最も近い位置 $P_{o_i}(j)$ まで移動させるような力を受けることになる(式1)。

$$P_{o_i}(j) = \min_{p \in Ro_j} \|P_i - p\|. \quad (1)$$

したがって、図形 j から名前図形 i が受ける影響力 $f_i(j)$ は、適切配置領域内の最も近い配置までの方向 $P_{o_i}(j) - P_j$ と距離 $\|P_{o_i}(j) - P_j\|$ に基づいて定義される(式2)。

$$f_i(j) = (P_{o_i}(j) - P_i) \cdot f_{len}(\|P_{o_i}(j) - P_j\|). \quad (2)$$

ここで、 f_{len} は、影響力の大きさを定める関数である。

現在の配置における名前図形 i が受ける影響力 F_i とは、地図におけるすべての図形から受ける影響力の合力として定義する(式3)。

$$F_i = \sum_{k \in \text{map}} f_i(k). \quad (3)$$

2.3 名前配置手法

地図中の各名前図形が、他のすべての図形各々から受ける影響力は、配置関係に基づいて、2.2節に示した定義により計算することができる。すべての図形から受ける影響力の合力を力学の運動方程式に適用し、微小時間後の名前図形の配置を決定することで名前配置問題を解くことができる。その手続きを以下に示す。
Step-0 地図上に表示すべき名前図形をあらかじめ定めておいた初期位置に配置する。名前図形の速度の初期値は0とする。

Step-1 各々の名前図形が表示図形すべてから受ける影響力の合力を求める。

Step-2 各々の名前図形に生じる影響力の合力、および、速度を運動方程式に適用し、新しい位置、新しい速度を計算し、その名前図形の配置を計算する。

Step-3 Step-1に戻る。

上記のStep2の終了後に名前図形の配置に基づいて地図を生成する。これにより時間経過とともに影響力の発生量が少ない地図、すなわち適正なレイアウトの地図が生成される。また、この手続きは、新たに表示する図形を追加することが可能である。このため、表示すべき情報がすべて揃わない状況においても、利用可能となっている。

3. 表示情報量の制御

地理情報を地図として表現する場合、地図の大きさには有限であるため、その地図に表示可能な対象の個数にも限りがある。したがって、従来の地図作成においては、作成する地図の大きさ、縮尺などを決定した後

に、表示すべき対象の取捨選択が行われる。また、紙媒体の地図のように、同じ利用目的を持った利用者を対象として作成される場合には、あらかじめ定められた統一的な選択基準にしたがって表示対象の取捨選択が行われている。

一方、本研究が対象としている地図作成の環境、すなわち、計算機を用いて地理情報を表示する環境においても、従来の上媒体の地図と同様に、地理情報を表現する領域の大きさ(ウィンドウの大きさなど)は有限であるため、表示すべき対象の取捨選択が必要である。ただし、本研究では、利用者が各々の目的に応じて、複数の地理データベースへ問い合わせを行い、地図の大きさ、縮尺などを動的に変更しながら、問い合わせ結果を多角的に見ることを想定しているため、従来の方法のように表示対象がすべて揃った後に、縮尺、地図の大きさに基づいて表示対象の取捨選択を行うことは困難である。

本研究では、動的に表示情報量を制御する方式を提案する。動的に表示情報量を制御するためには、現在表示されている地図の読みやすさという制御のための基準値となる指標が必要となる。我々は、2章において示した力学モデルを拡張し、圧力の概念を定義する。この圧力の値は、地図の読みやすさを表す指標として適している。本章では、この圧力の値と利用者により設定されたしきい値とを用いて、表示情報量を制御し、読みやすい地図を動的に作成する方式を提案する。

本研究では、表示情報量を増減させる方法として、次の2方法を検討した。

表示すべき情報の表示形態を変更する方法 本研究では、圧力がしきい値を上回った場合には優先順位の低い情報を非表示にすることにより表示情報量を減少させ、圧力がしきい値を下回った場合には優先順位の低い情報も表示させることにより表示情報量を増加させることにより、表示情報量を制御する。本来は、表示形態とは、表示する・しないの選択だけではなく、表示する文字列(正式名称を用いるのか、略称を用いるのか)の選択をも含むものである。しかし、表示する文字列の選択を行うためには、地理データベースにおいて1つの情報に対する複数の文字列群が定義されている必要があるが、すべての地理データベースにおいて、そのような定義がされているとは限らない。本研究では、様々な地理データベースに対する問い合わせ結果の統合を目的にしているため、文字列選択は対象としない。

表示する地図の縮尺を変更する方法 地図の閲覧目的の1つとして、ある地点を中心としてその周辺の情報収集することが考えられる。このような閲覧においては、利用者は、欲しい情報の種類に対する要求は高いが、表示に用いる縮尺に対する要求は低いと考えられる。縮尺は、表示される空間

上の領域の大きさを決定する。縮尺を小さくすれば、表示される空間は小さくなり、縮尺を大きくすれば、表示される空間は大きくなる。一般に、空間が小さくなればその空間に含まれる空間情報の量は少なくなり、空間が大きくなればその空間に含まれる空間情報の量は多くなる。本研究では、本研究では、圧力がしきい値を下回った場合には、縮尺を大きくし、逆に、圧力がしきい値を上回った場合には縮尺を小さくすることにより、表示情報量を制御する。

3.1 地図の読みやすさの指標

動的に表示情報量を制御するための基準値となる地図の読みやすさの指標の選択に考慮すべき点を以下にまとめる。

正確性 選択された指標に基づいて表示対象の取捨選択が行われるため、地図の読みやすさをなるべく正確に反映している指標が選択されるべきである。
計算の容易性 表示対象の取捨選択は表示処理と同じに行われるが、その表示情報の取捨選択に用いられる指標の計算は表示処理のオーバーヘッドとなる。したがって、少ない計算量にて求めることが可能な指標が選択されるべきである。

本研究において、作成する地図の表示領域の単位面積あたりの地図上で生じる影響力の絶対値の総和を圧力(*pressure*)と定義し(式(4))、この圧力を地図の読みやすさの指標として用いる。

$$pressure = \frac{\sum_{i \in v_objs} \sum_{j \in v_objs} \|f_i(j)\|}{S_{varea}} \quad (4)$$

v_objs : 表示される図形の集合
 $(v_objs \subseteq map)$

S_{varea} : 表示領域の面積。

ここで、 $f_i(j)$ は式(2)にて定義した式を用いる。 $f_i(j)$ の絶対値は、図形*i*の配置の不適切さ応じた値となるように定義されている。すなわち、図形*i*の配置が悪く、読みにくくなればなるほど、圧力の値は大きくなる。また、配置が悪い図形が多くなればなるほど、圧力の値は大きくなる。逆に、地図中のすべての図形の配置が適切であれば、圧力は0に近い値となる。したがって、圧力は地図の読みやすさを正確に表す指標であるといえる。また、圧力の計算には、名前配置手法において用いる $f_i(j)$ の絶対値を用いているため、新たに指標を計算するためのオーバーヘッドは少ないといえる。

地図の読みやすさを表す指標として、図形の個数、図形占有率、重なり率が考えられる。

図形の個数 表示領域中にある名前図形の個数。

図形占有率 表示領域の面積に対する、表示領域中の名前図形群の面積の総和の割合。

重なり率 表示領域の面積に対する、図形が重なり部分の面積の総和の割合。

ここで、重なり部分とは、名前図形が他の名前図

表 1 地図の読みやすさの指標の候補指標

指標	正確性	計算量
図形の個数	低い	$O(1)$
図形占有率	低い	$O(n)$
重なり率	高い	$O(n^2)$
圧力	高い	$O(n^2)$

n: 地理図形の個数

表 2 サンプル地図における指標の値

	図 1	図 2	図 3	図 4
図形の個数	81	45	50	50
図形占有率 (%)	63	42	28	28
重なり率 (%)	165	55	18	48
圧力 ($\times 10^{-3}$)	592	196	47	208

形や表示枠と重なって表示されていない部分のこととする。

これらの指標の特徴を表 1 にまとめる。また、図 2 から図 5 の地図に対する各指標の値を表 2 にまとめる。

図形の個数や図形占有率は、表示する図形の個数や表示する内容に変化がない場合には変化しないため、計算量を少く押さえることが可能である。重なり率や圧力は、表示する図形の個数や内容に変化がない場合においても計算を必要とする。しかし、図形の個数や図形占有率は、都市部のようにある領域に表示すべき図形が集中して読みにくい場合(図 4)と、均一的に分散して読みやすい場合(図 5)とで同一の値を取る可能性がある。一方、重なり率は個々の図形同士の重なりを調べているため、図形の個数や図形占有率と比較して、読みやすさをより正確に反映することが可能である。しかし、重なり率を求める場合には、重なり部分の判定処理、および重なり部分の面積の計算処理等が必要となり、そのオーバーヘッドはかなり大きいものとなる。圧力は、重なり率とほぼ同様の正確さを有すると考えられ、かつ、名前配置手法と併用することにより圧力を求めるオーバーヘッドは重なり率を求めるオーバーヘッドより少なくすることが可能である。したがって、圧力は、地図の読みやすさを表す指標として適している。

3.2 表示優先順位と表示レベル

表示情報として取捨選択される図形群には、あらかじめ表示優先順位を設定する。ここで、クラスとは、地理情報のある属性に着目して地理情報群を分類したときのそれぞれの部分集合と定義する。各クラスの地理図形群、名前図形群の各々に対して、表示優先順位を割り振る。最も優先して表示する図形群の順位を 1 とする。表 3 に、その 1 例を示す。ある優先順位が表示される場合には、その優先順位が割り振られたすべての地理図形群、名前図形群は同時に表示される。表示優先順位の割り振りは自由に行える。

どの図形を表示するかを定めるために、表示レベル(v_level)を定義する。表示レベルは、表示優先順位と同じ範囲の値を取る。表示レベルが示す値以下の表

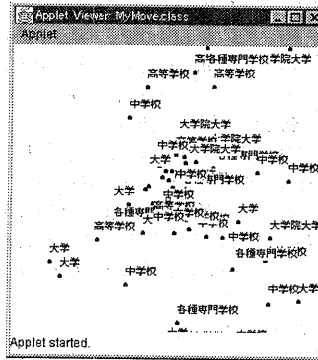


図 4 局所的に集中した地図の例

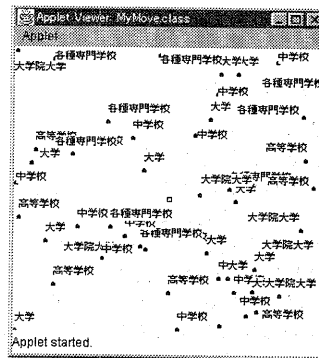


図 5 均一的に分散した地図の例

表 3 表示優先順位の設定例

表示優先順位	図形
1	クラス A; 地理図形
2	クラス B; 地理図形
3	クラス A; 名前図形
4	クラス B; 名前図形
5	クラス C; 名前図形 地理図形
6	クラス D; 名前図形 地理図形

示優先順位が割り振られた図形群のみが表示される。たとえば、表示優先順位が表 3 のように設定されていた場合において、表示レベルが 3 であれば優先順位 1, 2, 3 が示す図形群、すなわちクラス A の地理図形と名前図形、クラス B の地理図形が表示される。

3.3 表示情報量の制御方式

3.3.1 表示形態を変更する方法

表示形態を変更することによる表示情報量の制御は、表示レベルを変更することにより、地図中の図形の表示形態を変更する。利用者が圧力のしきい値(threshold)として設定した値と現在の圧力とを比較し、現在の表示レベル(v_level_t)を次の表示レベル(v_level_{t+1})に変更することにより行う(式(5))。

$$v_level_{t+1} = control_v(pressure) + v_level_t \quad (5)$$

ただし、

$$\text{control}_v(\text{pressure}) = \begin{cases} +1 & \text{if}(\text{pressure} > \text{threshold}) \\ -1 & \text{if}(\text{pressure} < \text{threshold}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

3.3.2 縮尺を変更する方法

縮尺を変更することによる表示情報量の制御は、利用者が圧力のしきい値 (*threshold*) として設定した値と現在の圧力とを比較し、現在の縮尺 (*scale_t*) を次の縮尺 (*scale_{t+1}*) に変更することにより行う (式 (6)).

$$\text{scale}_{t+1} = \text{control}_s(\text{threshold}) \times \text{scale}_t. \quad (6)$$

ただし、

$$\text{control}_s(\text{pressure}) = \begin{cases} r & \text{if}(\text{pressure} > \text{threshold}) \\ r^{-1} & \text{if}(\text{pressure} < \text{threshold}) \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad 0 < r < 1.$$

4. 試作システム

4.1 実装

本提案方式は、遠隔地にあるデータベースを対象への検索結果を動的に表示することを想定している。したがって、本方式の実装では、システムは様々な環境において利用を可能とするためにプラットフォームに依存しない JAVA を用いた。実装には、バージョン 1.1.8 の JDK を用いアプレットとして実現した。

また、今回実装したシステムでは、検索結果および表示優先順位は与えられているものとしている。

4.2 表示情報量制御の実現方式

試作システムの実現は、2.3 節において示した名前配置手法に 3.3 節において提案した方式を組み込むことにより行った。

すなわち、2.3 節の手続き中の **Step-1** の後に以下に示す処理を行うことにより表示情報量の制御を行う。

Control-1 合力を算出する過程において、影響力の絶対値を取得し、圧力を算出する。

Control-2 現在の圧力としきい値の関係から表示レベルの変更、または、縮尺の変更を行う (3.3 節参照)。

また、試作システムでは、表示レベルを変更する方法および、縮尺を変更する方法の両方を実装した。すなわち、表示レベルを変更する方式を実装したシステムではしきい値と縮尺が自由に指定でき、縮尺を変更する方式を実装したシステムでは、しきい値と表示レベルを自由に指定できる。

5. 実験

提案した力学モデルに基づいた表示情報量制御方式が有用なものか否かについて試作システムを用いて検証実験を行った。

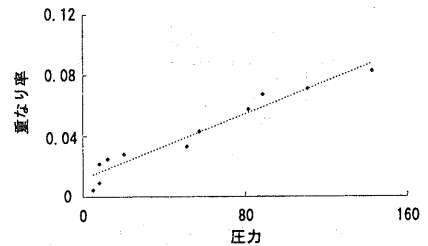


図 6 圧力と重なり率との関係

5.1 圧力

圧力が地図の読みやすさを表す指標として適切であるかを検証するために、圧力と重なり率との関係を調べた。本実験では、様々な問い合わせ結果に対して、表示情報量の制御を行わずに地図の生成を行った。様々な問い合わせ結果に対して、配置処理を 50 回以上行っても、重なり率に変化がなかった。そこで、様々な問い合わせ結果の地図生成において、配置処理を 100 回行った時の圧力と重なり率を測定した。その結果を図 6 に示す。

図 6 が示すグラフの縦軸は重なり率を示し、横軸は圧力を示し、点線は直線回帰を示す。図 6 より、圧力が低いときには重なり率も低く、圧力が高い時には重なり率も高い値を示していることがわかる。すなわち、圧力が地図の読みやすさを表す指標として適切であることを示している。

5.2 利用者要求の実現

試作システムが利用者の要求を実現しているかについて検証を行うため、しきい値、表示レベル、縮尺の関連を調べた。すなわち、1) しきい値と表示レベルを指定した場合、試作システムが縮尺をどう設定するか、2) しきい値と縮尺を指定した場合、提案システムが表示レベルをどう設定するか、の 2 項目を調べた。

本実験では、名前図形の配置処理 1 回毎に表示情報量制御を行うように設定した。本実験では、配置処理を数十回以上行っても、表示レベル、縮尺には大きな変動はなかったため、配置処理を 200 回行った時点における表示レベル、縮尺を測定した。すべての測定においては、同じ問い合わせ結果を用いた。表示レベルは、1 から 32 までとした。縮尺は、基準とした地図の縮尺を 100 とし、その縮尺値との相対値を用いて表現した。

試作システムにおいて、しきい値とは利用者が要望する読みにくさを表している。すなわち、より大きいしきい値が指定されている場合、読みにくい地図 (表示情報量が多すぎる地図) が生成されることが認められているといえる。また、より小さいしきい値が指定されている場合は、読みやすい地図 (表示情報量が少ない地図) の生成しか認めていないといえる。したがって、縮尺が一定の場合、より小さいしきい値が指定されると、表示情報量を減らすために、より小さな

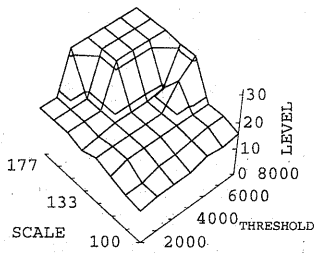


図7 表示レベル

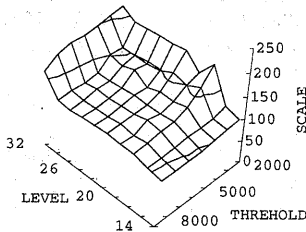


図8 縮尺

表示レベルが設定される。また、表示レベルが一定の場合、より小さいしきい値が指定されると、表示情報量を減らすためにより大きい縮尺が設定される。

図7のグラフのX軸、Y軸は縮尺、しきい値を表し、Z軸(高さ方向)は試作システムが設定した表示レベルを表す。しきい値を増加させるにつれ、表示レベルが高くなっていることがわかる。また、縮尺を大きくするにつれて、表示レベルが高くなっていることもわかる。これより、表示レベルを変更する表示情報量制御方式が有効であることがわかる。

また、図8のグラフのX軸、Y軸は表示レベル、しきい値を表し、Z軸(高さ方向)は試作システムが設定した縮尺を表す。しきい値を増加させるにつれ、縮尺が小さくなっていることがわかる。また、表示レベルを高くするにつれて、縮尺が大きくなっていることがわかる。これより、縮尺を変更する表示情報量制御方式が有効であることがわかる。

5.3 表示情報量制御の振る舞いについての考察

表示レベルを変更する表示情報量制御方式において、名前図形の配置処理回数に対して、どれだけの割合で表示情報量を制御するかについて考察を行う。

表示情報量の制御を行う間隔を長くすると、地図が安定するまでに多くの時間を費やさなければならない。一方、制御を行う間隔を短くすると、短い時間の間に表示情報量が激しく変化し、その結果、利用者の目には発振として写る。ここでは、表示情報量の変化に伴う圧力の差分を用いて、表示情報量の激しい変化を抑制する方法を考える。現在の圧力がしきい値を上回っている場合を考える。表示レベルと同じ優先順位をも

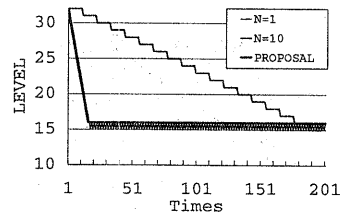


図9 表示レベルの変動

つ図形は、表示情報量制御によって、非表示となり、次回の表示情報量制御においては、圧力計算の対象外となる。すなわち、それらの図形群が与える影響力の合計値と、それらの図形群が受ける影響力の合計値とが、現在の圧力値よりも減ることになる。その結果、圧力がしきい値を下回ると、それらの図形群は再び表示されることとなる。ここで、それらの図形群を非表示にする時点におけるそれらの図形群が受ける影響力の合計値は容易に計算可能である。もし、現在の圧力からこの合計値を引いた値が、しきい値以下ならば、次回の表示情報量制御において、再び表示となることがあらかじめ予測できる。このような場合には、表示情報量制御を行わない、すなわち、表示レベルを変更しないことにより、激しい表示情報量の変化を抑制することが可能となる。この方法を試作システムに組み込み、前節と同じ環境にて実験を行った。

図9に、表示情報量制御を配置処理1回毎に行った場合(N=1)、配置処理10回毎に行った場合(N=10)、および、表示情報量の激しい変動を抑制する方法を行った場合(PROPOSAL)を示す。

配置処理1回毎に行った場合、ほぼ適切な表示レベルになるまでの時間は短い、その後、表示レベルが激しく変動している。10回毎に行った場合、表示レベルの激しい変動はないが、適切な表示レベルになるまでの時間が長い。提案する方式では、適切な表示レベルになるまでの時間も短く、またその後に表示レベルに変化がない。したがって、提案する方法は有効であると考えられる。

縮尺を用いた表示情報量制御方式においても、同様に、縮尺の変動が激しくなると、画面がゆれて見えるといった問題がある。これには、縮尺変化率(式(6)中の r)の設定が大きく影響すると考えられる。そこで、縮尺変化率の違いによる表示情報量制御の結果の違いを調べる実験を行った。実験環境は、前節と同じにした。図10に、3種の縮尺変化率(0.95, 0.99, 0.995)のそれぞれについて、表示情報量制御の回数とそのときの縮尺率との測定結果を示す。縮尺変化率を小さくした場合、適切な縮尺になるまでの時間を短くすることができたが、縮尺が大きく変動してしまう。逆に、縮

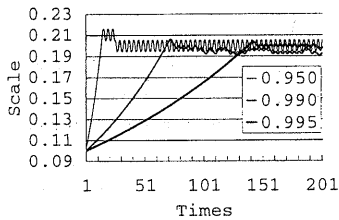


図 10 縮尺の変動

尺の変化率を大きくすると、適切な縮尺になるまでの時間は長くなるが、縮尺の振幅幅は小さい。今後の課題として、この縮尺変化率の適切な値を求めることが挙げられる。

6. おわりに

本研究では、地理データベースへの問い合わせ結果の表示に関して、力学モデルにおける影響力を用いて計算される圧力を指標として表示すべき情報の取捨選択を自動的に行う方式について提案した。また、提案した方式の有効性を検証するために、試作システムを作成し、実験を行った。実験では、提案した圧力が地図の複雑度を示す指標となることが確認できた。また、その圧力を用いて提案したシステムが利用者要求を満たすものであることを示した。

また、提案方式では表示優先順位に対して設定がされていることを前提としている。しかし、大量のデータに対して利用者がこれらの作業を行うことは非常に労力を要する。利用者がすべてのクラス1つ1つに設定を行くため、利用者の目的に沿った優先順位を利用者に負荷を与えることなく設定を行うシステムの実現は重要であると思われる。このシステムの実現方式については、今後の課題とする。

謝 辞

広島市立大学情報科学部知能情報システム工学科データベースシステム講座の北上始 教授、森 康真 助手およびその他の研究室の皆様にも多方面でご協力頂き感謝いたします。本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究 (JSPS-RFTF97P00501)」、文部省科学研究費奨励研究 (A)「地理情報メディアの個人化のための図形合成制約解消系の研究」(課題番号 0978 0355)、文部省科学研究費特定領域研究 (B)「人文社会科学のための空間データ管理・共用・伝達システムの開発」(課題番号 10202201)の支援を受けています。試作システムの試験地図データとして、建設省国土地理院の国土

数値情報およびゼンリン株式会社の住宅地図情報を利用していただきました。

参 考 文 献

- 1) 国土庁ホームページ, <http://www.nla.go.jp>
- 2) 有川正俊:G-XML プロトコルとプロトタイプについて, Proc. of Advanced Database Symposium '99, pp. 191-200(1999).
- 3) 有川正俊, 河北秀世, 上林彌彦: 利用者要求と表示限界を考慮した対話地図生成環境, 地理情報システム学会論文誌, Vol. 2, pp. 21-32(1994).
- 4) 有川正俊, 上林彌彦, 甲斐宏: 表示エージェントを名前配置に利用した適応型地理情報メディア, 地理情報システム学会論文誌, Vol. 5, No. 2, pp. 29-36(1997).
- 5) 有川正俊, 田中清高, 佐藤聡: 地理データ表示のための力学モデルに基づいたレイアウト手法, 電子情報通信学会データ工学研究会第9回データ工学ワークショップ (DEWS'98) 講演論文集, DEWS98-31(1998).
- 6) 佐藤聡, 有川正俊: 力学モデルに基づく地理データの動的表示システム, 地理情報システム学会第3回オブジェクト指向 GIS ワークショップ予稿集, pp. 31-36(1999).
- 7) 高木悟: インターネット対応分散型地図表示システム, 第8回機能図形情報システムシンポジウム論文集, pp. 45-49(1997).
- 8) 貞広幸雄: 点オブジェクト分散における集散パターン認知に関する分析, 地理情報システム学会論文誌, Vol. 6, No. 1, pp. 1-9(1998).
- 9) Hirsch, S. A.: An Algorithm for Automatic Name Placement Around Point Data, The American Cartographer, Vol. 9, No. 1, pp. 5-17(1982).
- 10) Christensen, J., Marks, J. and Shieber, S.: An Empirical Study of Algorithms for Point-Feature Label Placement, ACM Transactions on Graphics, Vol. 14, No. 3, pp. 203-232(1995).
- 11) Imai, K., Imai, H. and Tokuyama, T.: Maximin Location of Convex Objects in a Polygon and Related Dynamic Voronoi Diagrams, Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 42, No. 1(1999).
- 12) Imhof, E.: Positioning Names on Maps, The American Cartographer, Vol. 2, No. 2, pp. 128-144(1975).
- 13) Robinson, A. H. et al.: Elements of Cartography, John Wiley & Sons(1995)
- 14) 高崎正義: 地図学, 朝倉書店 (1994).