

利用者要求と表示上の限界を考慮に入れた

2C-7

動的地図の基本モデル

河北秀世 有川正俊 上林彌彦

京都大学工学部

1 まえがき

地理データベースは、現実世界の地理情報、及びそれに関連する統計情報などを管理するためのマルチメディア・データベースである。利用者は自分の求める地理データを質問により選択し、表やグラフを含む地図として可視化する。利用者は可視化された地図が自分の目的にそぐわなければ、その地図を適宜改良し、最終的には要求にあった地図を生成する。

地図の生成について、従来の紙上に表現されていた地図では、その利用目的が決められているため必要な地理データは静的であり、それに見合った十分な表示条件(紙の大きさ、印刷精度など)を選択できた。しかし、地理データベースでは利用者がシステムに要求する地理データが動的に変化する上、一枚の画面上に表示できる図形や文字の量に限界があり、全てのデータを理想的な状態で表示できるとは限らない(図1参照)^[1]。

そこで本稿では、利用者が最終的な目的の地図を生成するため、中間段階として必要な地図についてモデル化を行ない、動的な地図の表示のための基礎を与える。

2 動的地図

地理データベースにおける地図出力は、利用者の求める情報のみを可視化した地図であり、そのため、利用者はシステムとの対話により、目的とする地図を段階的に変更して求めてゆく。変更には、選択する地理データの追加・削除、あるいは地図の縮尺の拡大・縮小、表示画面の拡大・縮小などがある。

ここで、変更の中間段階で必要とされる地図は、変更を進めるために十分な情報を提供する必要があるのである。そのため、変更の中間段階では、例えば表示装置の限界から十分に可視化できなかった地理データに関しても、表示されていないという情報を可視化するなどの必要がある。

また、画面上の地図であるということから、地図上の対象物をマウスでクリックすることにより、それについての更に詳細な情報を表示させるという図形の機能化など、ハイパーメディアとしての、従来の紙上の地図にはない特徴を持つ。

従来の静的な地図にない特徴を持つこのような地図を、本稿では動的地図と称する。

3 動的地図の基本モデル

最初に、地理データ(図形化対象オブジェクト; G_OBJ)に対する利用者の図形化要求の強さを表す重要度を定義す

A Basic Model for Interactive Maps Considering Users' Requirements and Limitations of a Display screen
Hideyo KAWAKITA Masatoshi ARIKAWA Yahiko KAMBAYASHI
Faculty of Engineering, Kyoto University

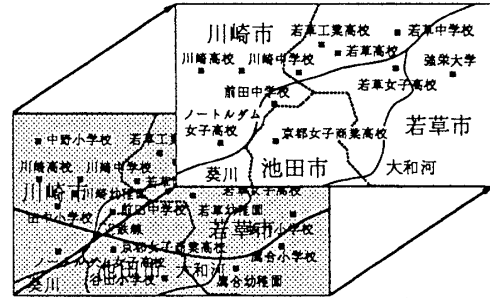


図1: 表示の限界

る。

[重要度の定義]: 重要度 (IMP) は $0.0 \sim 1.0$ の実数値である。重要度は数値が大きいほど図形化の要求が強い。

ここで、各図形化対象オブジェクトには重要度が付加されているとし、同じ重要度を持つ図形化対象オブジェクトの集合を同一重要度クラスと呼ぶ。

また、図形化対象オブジェクトを図形化するときの指標について考える。図形化の状況は、地理的形状については色、プリンキング、記号の形状・大きさなど、属性については文字のサイズ・フォント・色、省略(例. 京都大学→京大→1 / 欄外に「1. 京大」と表示)の度合などがある。ここでは、これら図形化の因子を数値化し、図形化の状況を $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ と表す。 $\alpha_i (i = 1, 2, \dots, l)$ 、 $\beta_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 、 $\gamma_k (k = 1, 2, \dots, n)$ は図形化の因子を数値化したもので、 α_i は重要度の値に対応する因子(例. 文字サイズ)、 γ_k は同一重要度クラス内で一定でなくてもよい因子(例. 名前の省略度)である。同一重要度クラス内で一定であるべき因子は α_i と β_j である。特に集合 $\{(\alpha_1, \dots, \alpha_l)\}$ の各要素に対して、重要度に対応する順位が付けられる(例. 重要度が高いほど文字サイズが大きいような順序)。そこで、図形化のための指標(図形化形式)を定義する。

[図形化形式の定義]: 図形化形式 (G_FORM) を、 $G_FORM = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ と定義する。 G_FORM は、 $(\alpha_1, \dots, \alpha_l)$ に与えられた順位に対応して図形化ランク (G_RANK) を持つ。 G_RANK は非負の整数値(最大値は G_RANK_MAX) である。また、 G_RANK の値はレベル 0(図形化せず、 $G_RANK = 0$)、レベル 1(地理的形状のみ図形化)、レベル 2(地理的形状、名前の図形化)に分類される。

今、利用者の要求する地理データの集合 (S_{req}) は $S_{req} = \{(G_OBJ, IMP)^*\}$ と表せる。一方、表示された地図 (S_{map}) は、 $S_{map} = \{(G_OBJ, G_FORM)^*\}$

となる。ただし、図形化ランクが0の G_FORM は実際には可視化されないため、利用者が認識できる地図 ($S_{visible_map}$) はこれの部分集合である

$$S_{visible_map} = \{(G_OBJ, G_FORM)^* \mid G_RANK[G_FORM] > 0\}$$

となる。ここで、 $G_RANK[G_FORM]$ は G_FORM の図形化ランクを表す。

このとき、利用者の求める地理データの画面上への表示は、各図形化対象オブジェクトに対する、重要度から図形化形式への変換操作である。結局、この変換操作を図形化関数 (g_fn) とすると、

$$S_{req} \xrightarrow{g_fn} S_{map}$$

と書ける。 g_fn の定義は後述する。

重要度から図形化形式への変換において、重要度と直接対応するのは図形化ランクである。そこで、利用者の図形化についての要求は、重要度と図形化ランクとの対応関係 (図形化ランク関数) で表現する。

[図形化ランク関数の定義]: 図形化ランク関数 (g_rank_fn) は、次のように定義する。

$$g_rank_fn : IMP \mapsto G_RANK$$

次に、変換に際して各図形化オブジェクトにどの図形化形式を割り付けるかという制約を示す。これは分かりやすい地図の表示のために必要な制約であり、これらの制約を強い / 弱い図形化制約とする。

[強い図形化制約の定義]: 強い図形化制約を満たす \Leftrightarrow 重要度に対して、 α_i, β_j が一定の図形化形式が決まる (γ_k には自由度がある)。かつ、重要度に対して図形化ランクは単調非減少である。

[弱い図形化制約の定義]: 弱い図形化制約を満たす \Leftrightarrow 重要度に対して、 α_i, β_j が一定の図形化形式が決まる (γ_k には自由度がある)。ただし、例外的にある重要度に対してのみ、かつそれのみにおいて、図形化形式は F_1 (レベル1) と F_2 (レベル2) の2通りの値をとってよい。かつ、重要度に対して図形化ランクは単調非減少である。

以上の定義の下に、重要度に対して図形化形式を対応付ける関数 (図形化関数) を定義する。図形化関数は重要度、図形化制約、図形化に対する要求 (図形化ランク関数)、表示装置の能力 (画面サイズ、解像度、表現可能色数) を引数にとる。

[図形化関数の定義]: 図形化関数 (g_fn) を

$$g_fn : (IMP, G_CONST, g_rank_fn, DISP_SPEC) \mapsto G_FORM$$

と定義する。ただし、 G_CONST は図形化制約、 $DISP_SPEC$ は表示装置の能力を表す。

動的地図は、地理データを可視化した時に表示できなかったデータに対しても何らかの情報を可視化する。これらから欠落したデータ (S_{loss}) は、

$$S_{loss} = \{S_{map} - S_{visible_map}\} = \{(G_OBJ, G_FORM)^* \mid G_RANK[G_FORM] = 0\}$$

と表せる。欠落情報の可視化は、この S_{loss} に対する何らかの図形化操作である。欠落情報の可視化には、

- (1) 欠落情報を含む領域を特別な色で表示する。
- (2) 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)。
- (3) 地理的形状をボタンの形で無理矢理に表示する (マウスのクリックなどにより名前を表示)。

(4) 地理的形状と名前を無理矢理に表示する (可能ならば半透明にして重ねる)。

などが考えられる。このような欠落情報の可視化操作を $visualize(S_{loss})$ と表すと、これは、例えば (1) や (2) では S_{loss} 全体をまとめて扱った図形化であり、(3) や (4) では個々の図形化対象オブジェクトに対して美的品質を下げても図形化形式を0以外の値に変更するという図形化である。

また、欠落情報の可視化のため、直接 S_{loss} を可視化する以外に、図形化の様子 (図形化関数) を可視化することも有用である。ただし、図形化関数はその図形化ランク値のみ ($G_RANK[g_fn]$) を可視化し、利用者の要求する図形化ランク関数との比較に用いる。これらの比較により、利用者は欠落に関する情報を得ることができる。

なお、利用者は以上のような欠落情報の可視化操作を、目的に応じて選択できるものとする。欠落情報の可視化の例を図2に示した。

最後に、前出の諸概念により動的地図を定義する。

[動的地図の定義]: 動的地図 ($S_{interactive_map}$) を

$$S_{interactive_map} = \{S_{visible_map}, visualize(S_{loss}), g_rank_fn, g_fn\}$$

と定義する。

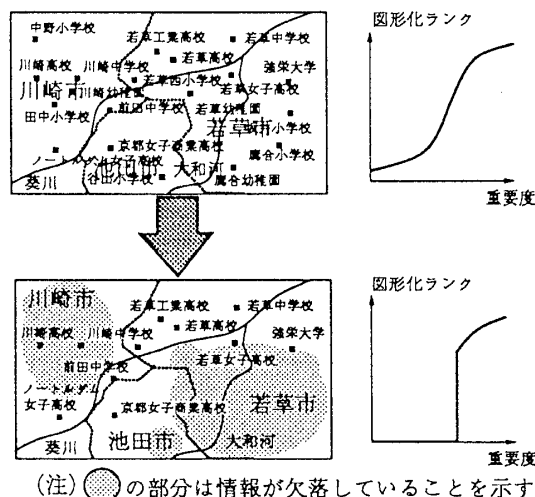


図2: 欠落情報の可視化

4 あとがき

本稿では、動的地図を図形化対象オブジェクト、重要度、図形化形式、図形化制約、図形化関数などにより定式化し、動的地図の基礎を与えると共に、画面上に十分に表示されない地理データに関する情報の可視化について述べた。

参考文献

[1] Y. Kambayashi, M. Arikawa: Semantic Overview Functions for Geographic Databases, Proc. of the Far-East Workshop on Future Database Systems (April 1990), pp.192-220.