

# 状況依存型実時間地図合成システムの設計と実現

猿渡 孝志<sup>†</sup> 細川 宜秀<sup>†</sup> 高橋 直久<sup>†</sup>

<sup>†</sup>名古屋工業大学工学部電気情報工学科高橋研究室 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

E-mail: <sup>†</sup> saru@moss.elcom.nitech.ac.jp, {hosokawa, naohisa}@elcom.nitech.ac.jp

**あらまし** 本稿では、数値地図を建物や道路などの基本的なオブジェクトに分解し、ユーザの利用目的や興味対象に応じてそれらを再合成するシステムを提案する。提案システムの主要な特徴として、空間の連続性を保った任意のゆがみを統一的に記述可能な空間フィルタを実現していること、空間の変形に応じたオブジェクトの合成制御機構を実現していることが挙げられる。それらによって虫眼鏡や手繰り寄せなどによる、ユーザの状況に対応したゆがみのある地図の再合成が可能になる。

提案システムの実現を行い、その有効性を確認した。

**キーワード** GIS, 空間情報処理

## A Context-aware Map Synthesizer: design and implementation

Takashi SARUWATARI<sup>†</sup> Yoshihide HOSOKAWA<sup>†</sup> and Naohisa TAKAHASHI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Department of Electrical and Computer Engineering, Nagoya Institute of Technology

Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 466-8555 Japan

E-mail: <sup>†</sup> saru@moss.elcom.nitech.ac.jp, {hosokawa, naohisa}@elcom.nitech.ac.jp

**Abstract** In this paper, we present an implementation method of a context-aware map synthesizer. The main features are as follows. (Feature-1) Our system realizes a visual programming language (space filter) for transforming a map according to a user's context. (Feature-2) Our system also realizes a mechanism for locating objects in the transformed map. Our system makes it possible to construct various context-aware maps by applying several metaphors like fish-eye views and rakes.

We clarify feasibility of our system by some experiments.

**Keyword** GIS, Spatial Information

### 1. はじめに

近年のモバイル・コンピューティング技術の発展・普及に伴い、地図を対象とした情報処理技術の確立が重要となっている[1].

本稿では、数値地図を建物や道路などの基本的なオブジェクトに分解し、ユーザの利用目的や興味対象に応じてそれらを再合成するシステムを提案する。提案システムは、そのような情報処理技術の確立に貢献するものである。

提案システムの主要な特徴として、空間の連続性を保った任意のゆがみを統一的に記述可能な空間フィルタを実現していること、空間の変形に応じたオブジェクトの合成制御機構を実現していることが挙げられる。

これにより提案システムではユーザの状況に応じて表示するオブジェクトの選択・強調を行うことが可能になる。例えば地名のみを強調表示し、それ以外のものを隠した地図を合成することが可能になる。さらに空間フィルタを用いて、虫眼鏡や手繰り寄せなどに

よる、ユーザの状況に応じたゆがみのある地図の再合成が可能になる。例えば、現在地から目的地への経路と目的地周辺の詳細を同時に確認できる地図を合成することが可能になる。

### 2. 関連研究

近年、地図を対象とした情報処理技術の研究が広く行われている。本節では、関連研究と本研究との比較を行うことにより、提案システムの実現価値を明らかにする。

地図の変形機能の実現方式に関しては、文献[2,3]は、魚眼レンズ状の空間変形機能を示している。文献[3]では地図への適用も議論している。ここでは焦点を指定し、焦点からの距離に応じて遠ざける距離を計算して空間の変形を行うことで、焦点の周りを魚眼レンズを通して見たように空間を拡大することを可能にしている。それに対して提案システムでは、描画範囲に配置したメッシュの各格子点という、多地点に対する空

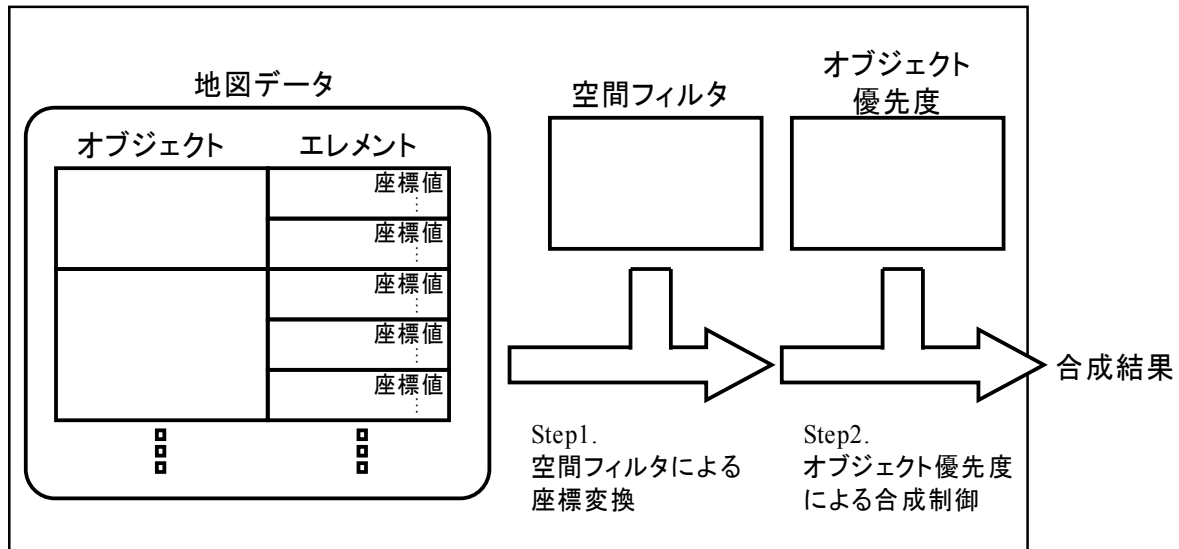


図1 提案システムの全体構成

間の変形量を指定することを可能にしている。これによってユーザの状況に応じた任意の変形が可能になる。具体的には、レンズ状の拡大だけでなく、元の描画範囲の外にあった空間を手繰り寄せるような操作を空間の変形として指定することが可能になる。また、多地点に対する変形量の指定を行うために、変形の効果を確認しながら行えるインタラクティブな空間変形操作を可能にしている。

地図中のオブジェクトの選択機能の実現方式に関して、文献[4]はオブジェクト間の共起関係に基づいて、選択されたオブジェクトだけでなく関連性の高いオブジェクトの選択を行うシステムを示している。それに対して提案システムでは空間変形とオブジェクトの選択を連動させ、空間変形に応じてオブジェクトの選択を行い、その変形を行う。

また、略地図生成の分野では、略地図生成のためのオブジェクトの絞込み機能[5]-[8]や道路の整列・近似手法[9]が示されている。ここでは最適経路の探索を行い、その経路に隣接した道路や案内の目標物の選択・強調が行われている。また略地図の視認性を高めるために、道路の水平垂直方向への整列、道路形状の折線による近似が行われている。それにより目的地までの経路とその目標物を強調した地図の生成が行われている。それに対し提案システムでは、経路選択は行わず、ユーザの要求に応じて経路およびその周辺を空間変形によって強調するための機能を実現している。ここでは経路から外れた情報も省略せずに小さく表示するので、経路から外れた場合などにも経路との位置関係の把握が容易な一覧性の高い地図の生成が可能になる。

オブジェクトの再配置機能の実現方式に関しては、文献[10]はオブジェクト間に圧力の概念を導入してオブジェクトの衝突をさける再配置の手法を示している。

また、文献[11]はオブジェクトの衝突数が最小になる位置を探して再配置する手法を示している。提案システムではオブジェクトの配置は、空間変形によって定まる位置に機械的に配置しており、衝突の検出は行っていない。しかし、本研究で行う空間変形やオブジェクトの選択によるオブジェクトの配置と、文献[10]、[11]のオブジェクトの再配置の機能は直行した概念である。従ってそれらを組み合わせ、提案システムによる空間変形の処理結果にそれらの再配置技術を適用することによって、さらに効果的な地図の表示が可能になる。

地図描画以外の機能を実現するシステムとして、文献[12]は地名から緯度経度への変換を行うためのアルゴリズムを示している。文献[13]では生成した略地図のデータをもとに案内文を生成する方式を示している。また、文献[14]は、逆に日常で扱われている略地図を計算機上で表現し、正確な地図データとの対応づけを行う方式を示している。

### 3. 提案システムの実現方式

提案システムはユーザの状況に応じた地図を合成するために次の3つのデータを扱う。

#### 地図データ

オブジェクトとそれを構成するエレメントからなる。エレメントは線や記号などの地図画像の構成要素である。オブジェクトは人が地図上で認識する要素を表す。オブジェクトの例として道や建物などがある。

**オブジェクト優先度**：ユーザがその状況に応じて与える各オブジェクトの描画条件

**空間フィルタ**：ユーザがその状況に応じた空間の優先度を記述するフィルタ

提案システムは、地図データに対して空間フィルタ

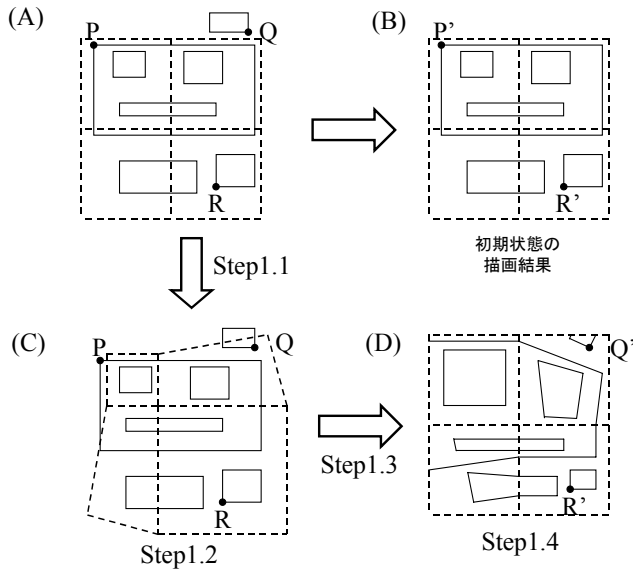


図 2 空間フィルタによる地図の変形

による変形と、オブジェクト優先度による合成制御を施して地図の再合成を行う。その手順は次のようになる。

### Step-1 地図データに対する空間フィルタの適用

空間優先度を記述した空間フィルタによる座標の変換を、地図データ中の全ての座標値に対して適用することで地図中のオブジェクトの変形を行う。

### Step-2 オブジェクト優先度による合成制御

オブジェクト優先度を判定して地図データ中のオブジェクトの選択や強調を行う。

提案システムの全体構成を図 1 に示す。

## 3.1. 空間フィルタによる空間の優先度制御方式

地図合成 Step-1 の空間フィルタによる優先度制御の方式について述べる。

### 3.1.1. 基本概念

提案システムでは、ユーザの状況に応じた空間の優先度を記述するために空間フィルタを導入する。

空間フィルタによる地図の変形手順を図 2 に示す。図中の実線で書かれた図形が地図のデータ、点線で書かれた図形が地図を描画する表示画面を表している。

初期状態における地図の投影について述べる（図 2-(A)→(B)）。この場合には地図データ中の座標がそのまま表示画面内の座標に投影される。表示画面の範囲内にあった地図上の P 点と R 点はそのまま P' 点と R' 点に投影される。一方、範囲外にあった Q 点は表示画面外に投影され、結果として表示画面内に現れない。地図データ中の全ての点に対して同様の投影を行うことで図 2-(B)に示すように描画される。

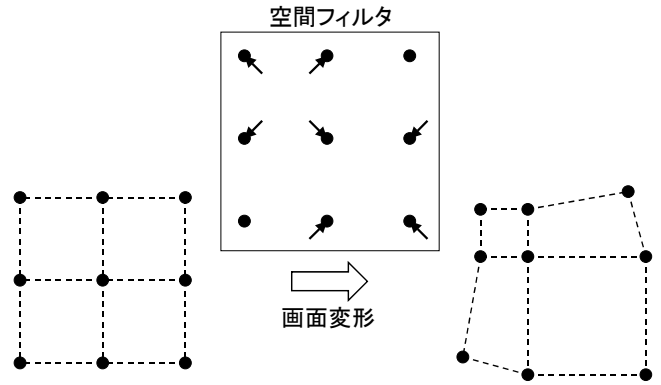


図 3 空間フィルタによる画面の変形例

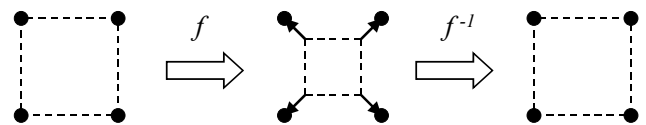


図 4 表示画面変形関数

提案システムにおける空間フィルタによる変形手順は次のとおりである（図 2-(A)→(C)→(D)）。

**Step-1.1** 表示画面の変形：このとき地図データの変形は行わない。図 2-(C)の点線は変形した表示画面を表す。

**Step-1.2** 地図上の頂点座標の表示画面への投影：Step-1.1 で変形した画面にオブジェクトの頂点座標を投影する。図 2-(C)では Q 点・R 点が表示画面内に投影される。

**Step-1.3** 地図データが投影された表示画面を元の形状に戻す：図 2-(C)において、P 点は Step 1.1 の変形によって表示画面外に移動する。表示画面内にあった R 点と、Step-1.1 の変形によって表示画面内に入った Q 点は表示画面を元の形状に戻すことによってそれぞれ図 2-(D)の R' 点・Q' 点に移動させる。地図データ中の全ての点に対して同様の移動を行う。

**Step-1.4** 地図の再合成：Step-1.3 で移動された座標を結び、オブジェクトを再構成する。例えば、表示画面右下のメッシュにおいて、図 2-(C)で表示画面を拡大し、それを元に戻すことによって R を頂点に持つ長方形が図 2-(D)で縮小される。さらに座標を結んでオブジェクトを再構成することによって、メッシュにまたがるようなオブジェクトの連続性も保存される。

### 3.1.2. 空間フィルタによる座標変換法

提案システムでは空間フィルタを、表示画面の各格子点に対する変形ベクトルの集合で記述する(図 3)。

図中の空間フィルタの点が元の表示画面位置、ベクトルが変形量を表している。ベクトルの向きは地図データとともに元の形に戻す時の向きを示している。表示画面の縦横の分割数はユーザが任意に指定できる。

この空間フィルタによる座標の変換方法は次の通り

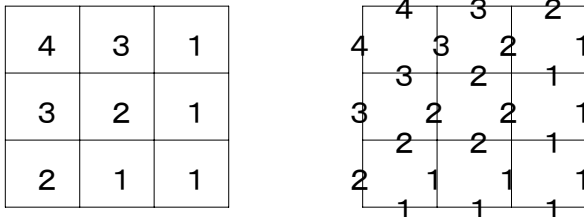


図 5 別種の空間フィルタの例

である。Step1.1 による画面変形による座標の変換関数を  $f$  とおくと、Step1.3 による元の形状への変換関数は  $f^{-1}$  となる(図 4)。つまり空間フィルタによる地図の変形は地図データ中の座標値に関数  $f^{-1}$  を適用することによって実現する。

図 5 のように、メッシュ中の一つ一つの面や線に対して優先度の設定を行う方法が考えられる。しかしこの方法では、地図に対する最終的な変形量は優先度の値から間接的に求める必要がある。このような方法では、地図の連続性を保ったまま変形するための値を求めるのが難しい。このため提案システムではこれらの方法を用いなくて図 3 に示す方法を採用した。

### 3.2. オブジェクト優先度の制御方式

地図合成機能 Step-2 のオブジェクト優先度の制御方式について述べる。

#### 3.2.1. データ構造

提案システムは、“地図データ”と“オブジェクト優先度”の 2 つのデータ構造を持つ。

地図データは、線や注記などの地図画像の構成要素を扱うエレメントと、それを複数まとめて道や建物などの意味を持たせたオブジェクトから構成される。エレメントは、線の各点や注記位置などの座標と、標準の大きさやアイコン画像などの属性データからなる。オブジェクトは、自身を構成するエレメントへのリンクと、分類コードおよび ID を持っている。オブジェクトの分類コードは大分類・中分類・小分類といった階層を持った数値列で表される。地図データの製作者は例えば、大分類として 01 は道路、02 は建物といった分類コードを与える。そしてその下に中分類として 01-01 は有料道路、01-02 は一般道路といった分類を任意に定める。図 6 に標準地図データの例を示す。

オブジェクト優先度は地図上のオブジェクト群から、ユーザの描画要求を満たすオブジェクト群を選択するための条件を表し、次の地図の描画制御における基本的な 3 項目の値によって与える。この 3 項目は、ユーザによって与えられるものである。

**項目-1** 表示 ON / OFF

#### オブジェクト

オブジェクトID	分類コード			名称
	大分類	中分類	小分類	
1	01	01	—	東名高速
2	01	02	—	国道1号線

#### エレメント

エレメントID	種別	位置座標	大きさ(ドット)	アイコン画像
1	線	(x,y)-(x,y)	太さ 5	—
2	注記	(x,y)	20×20	高速道路
3	線	(x,y)-(x,y)	太さ 4	—
4	注記	(x,y)	15×15	国道

#### オブジェクト-エレメント

オブジェクトID	エレメントID
1	1
1	2
2	3
2	4

図 6 標準地図データの例

表 1 オブジェクト優先度の設定例

分類コード	表示	閾値	倍率
01-01	ON	0.1	2.0
01-02	ON	0.5	1.0

オブジェクトの表示 / 非表示を設定

#### 項目-2 選択基準

オブジェクトを表示する拡大率の閾値を設定

#### 項目-3 倍率

エレメントの大きさ(図 6 に示したエレメント表の大きさの値)に対する倍率を設定

さらに提案システムでは、3 項目への値の設定を容易にするために、前述した分類コードに対する 3 項目の設定機能を実現する。これにより、あるオブジェクトの集合に対する優先度の設定を 1 操作によって行うことが可能になる。表 1 にオブジェクト優先度の設定例を示す。

### 3.2.2. オブジェクトの優先度制御手順

前節で述べたデータを用いたオブジェクトの優先度制御手順を以下に示す。

**Step2.1** 項目-1 の値を調べる。表示 OFF と設定されていた場合はそのオブジェクトを表示しない。表示 ON と設定されていた場合は次へ進む。

**Step2.2** 空間フィルタによる変形量からオブジェクトの拡大率を決定し、その拡大率と項目-2 の閾値を比較する。オブジェクトの拡大率が閾値以下であればそのオブジェクトを表示しない。閾値以上であれば次へ進む。

表 2 ユーザ状況とその状況において望ましいと考える地図の条件

	状況	条件
状況-1	現在鶴舞駅付近にいて富士見町への経路を確認したい	目的の地名と現在地からの経路を確認できる地名や経路を確認する妨げになるものは隠す
状況-2	地図上で目的地(鶴舞駅付近の病院)を探し、現在地(上前津駅付近)から目的地までの経路を確認したい	目的地付近の詳細と経路を確認できる目的地付近を探索中にも現在地が地図からはみ出さない
状況-3	現在地(金山駅付近)から平和2丁目の先の千代田4丁目にあるライオンズ鶴舞までの経路を確認したい	目的地方向の詳細と経路を確認できる目的地付近を探索中にも現在地が地図からはみ出さない

**Step2.3** 項目-3 の倍率の値とエレメント表の大きさの値を掛けてオブジェクトの描画サイズを決定する。

以上の手順によって、地図合成におけるそのオブジェクトの表示／非表示が決定され、さらに表示されるオブジェクトの大きさが定められる。これにより表示すべきオブジェクトの数を制限したり、特定のオブジェクトを強調させて表示したりすることが可能になる。言い換えると、どのオブジェクトをどのような形で優先的に表示させるか指定することが可能になる。

図 6 のオブジェクトに対して、表 1 のようにオブジェクト優先度を設定した場合について述べる。この設定で全てのオブジェクトを 0.3 倍の拡大率で合成すると次のようになる。東名高速は分類コードが 01-01 なので、表示 ON で閾値が 0.1 であるから表示する。線の太さ 5 に倍率 2.0 を掛け、10 ドットの太さで表示する。国道 1 号線は分類コードが 01-02 なので、表示 ON であるが、閾値が 0.5 で現在の拡大率は 0.3 であるから表示しない。次に全てのオブジェクトを 0.6 倍の拡大率で合成した場合を述べる。2 つのオブジェクトはそれぞれ表示 ON でかつ、閾値より拡大率が大きいので表示する。東名高速は先ほど同様 10 ドットの太さで表示する。国道 1 号線は線の太さ 4 に倍率 1.0 を掛け、4 ドットの太さで表示する。

オブジェクトの拡大率は空間フィルタによって影響を受ける。そのため空間フィルタと連携した合成の制御が可能になる。これによって空間フィルタによって縮小された範囲では合成されるオブジェクトの数を減らしてオブジェクト同士の重なりを防ぐといった制御が可能になる。

### 3.3. 提案システムにおける既存地図の標準地図への変換手順

既存の地図データから標準地図データ形式へのコンバータを用意して、既存の地図データを提案システムで利用する。地図データに応じたオブジェクト分類コードを決定し、地図中のオブジェクトを再構成することで、提案システムによるオブジェクト優先度制御

が可能になる。

変換手順は次のようになる。

#### Step 1. エレメントの読み込み

既存の地図データを読み込んで地図の描画単位に分解し、標準地図データのエレメント（線・ポリゴン・画像・注記）に再構成する。

#### Step 2. オブジェクトの構成

元データの持つ情報や、手入力した情報をもとにエレメントをオブジェクト単位にまとめる。

#### Step 3. データの書き出し

構成したオブジェクトとエレメントを標準地図データ形式でファイルに出力する。

## 4. 提案システムの評価実験

### 4.1. 評価の目的と方法

提案システムの評価を行うためにプロトタイプソフトウェアを実装した。既存地図データとして昭文社 MAPPLE 地図データを使用した。

ここでは表 2 に示した 3 つの状況を考える。表 2 では各状況において望ましいと考える地図が満たすべき条件を示している。

提案システムによって、表 2 に挙げたユーザの状況に応じた地図の合成を行い、提案システムの有効性の確認を行う。

### 4.2. 状況に応じた地図再合成結果と考察

表 2 に挙げた状況に対する合成結果と考察を述べる。

#### 4.2.1. 状況-1 に応じた地図再合成結果と考察

提案システムは、オブジェクト優先度の設定機能を実現している。その機能によって、オブジェクト毎に拡大率に対する閾値を設定し、表示すべきオブジェクトを選択する。図 7 は状況-1 に応じて閾値を設定し地図を再合成した結果である。鶴舞駅から富士見町への経路の確認を行いやすくするために、駅名と地名以外の注記を隠すようにオブジェクトの優先度制御を行った。



図 7 オブジェクト優先度を設定した例

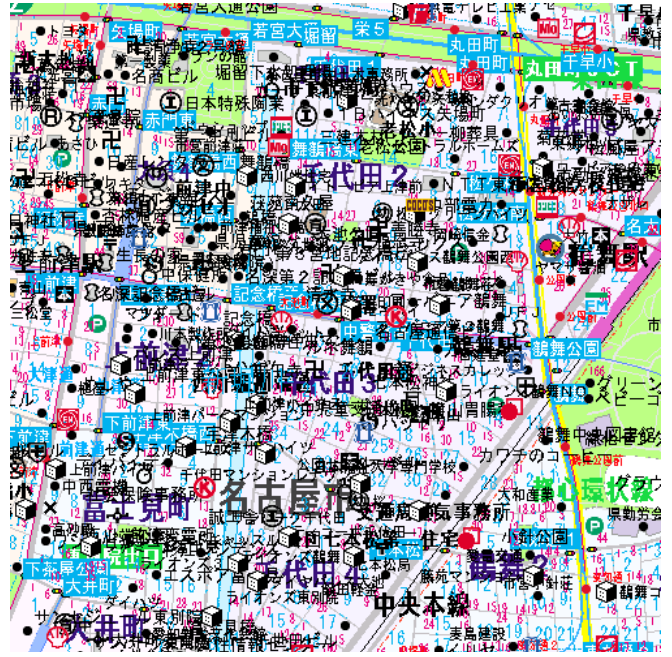


図 8 オブジェクト優先度を設定しない場合の例

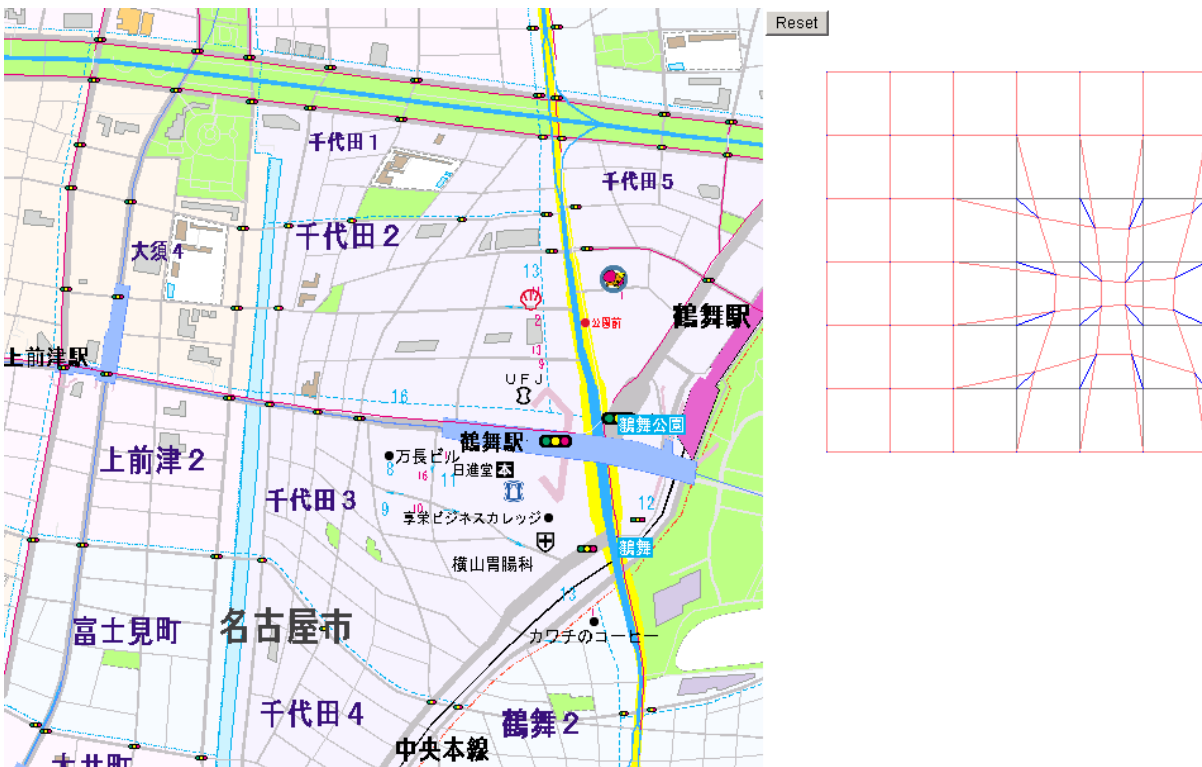


図 9 空間フィルタによって鶴舞駅周辺を虫眼鏡状に拡大した例

図 8 は、地図中の全てのオブジェクトを合成した結果を示す。鶴舞駅と富士見町が両方入る拡大率で地図を合成したため注記同士が重なり合い、地図の視認性が著しく下がっている。そのため地名と経路の確認ができない。この結果によって、提案システムの有効性が確認できたといえる。

#### 4.2.2. 状況-2 に応じた地図再合成結果と考察

図 9 は、ユーザが上前津駅付近にいて（状況-2）、鶴舞駅付近の病院までの経路を確認すること（要求-2）に応えるために、提案システムによって地図の再合成を行った結果を表す。

この結果より、提案システムは、ユーザのいる上前津駅付近と目的地である鶴舞駅付近の病院（横山胃腸



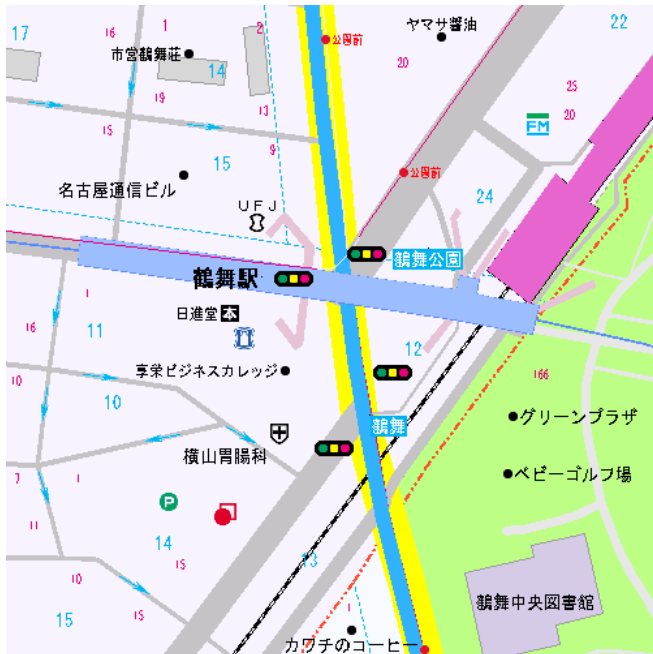


図 10 鶴舞駅周辺を拡大した例

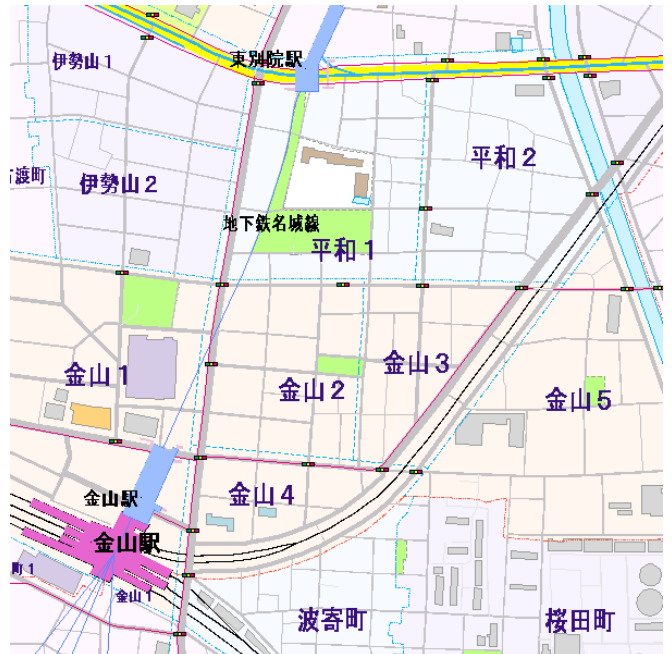
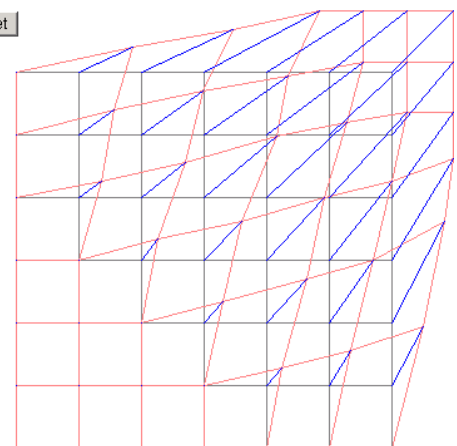


図 12 手繰り寄せる前の地図



図 11 空間フィルタによって右上方向を手繰り寄せた例



科) の位置を同時に表示し、その間の経路を含む道路網をユーザに提示した。ここでは目的地の探索に、虫眼鏡を再現する空間フィルタを実現した。これによって、提案システムは特定の位置のみを拡大したいという要求に応えることが可能であることを明らかにした。

一方、図 10 は、目的地である鶴舞駅付近を拡大した地図を表す。この結果は、市販されている地図や既存の地図描画システムの提示結果に対応する。すなわ

ち、既存の地図描画システムでは、表示されている地図の特定領域のみを拡大し、提示情報を詳細化する機能を実現していない。そのため、状況-2において既存システムを用いて要求-2を達成するために、ユーザは、自分のいる上前津駅付近を含む地図と鶴舞駅付近の詳細な地図を切り替えながら、目的の経路を確認しなければならない。そのオーバーヘッドは一般に大きいことを考慮すると、この結果によって、提案システムの有

効性が確認できたといえる。

また、提案システムでは、空間フィルタの更新が行われたときに、それを地図に適用して即座に再合成を行う。これによって、提案システムは、ユーザが地図の合成結果を確認しながらその要求に応えることを可能にした。

#### 4.2.3. 状況-3 に応じた地図再合成結果と考察

図 11 は、利用者が金山駅付近において(状況-3, 図 12), 平和 2 丁目の先の千代田 4 丁目にあるライオンズ鶴舞までの経路を確認すること(要求-3)に応えるために、提案システムによって地図の再合成を行った結果を表す。

この結果より、提案システムは、ユーザのいる金山駅付近と目的地のある地図右上方向の詳細を同時に表示し、その間の経路を含む道路網をユーザに提示した。ここでは、目的地の探索に手繰り寄せ効果を持つ空間フィルタを実現した。これによって、提案システムは、現在位置を表示しつつ特定の方向を引き寄せて、その部分を拡大したいという要求に応えることが可能であることを明らかにした。

状況-3 に関しても既存の描画システムによる問題点は状況-2 の場合と同様のことが言える。よって、この結果から提案システムの有効性が確認できたといえる。

空間フィルタによって虫眼鏡のメタファと手繰り寄せのメタファを記述して地図に適用できることを明らかにした。

## 5. おわりに

本稿では数値地図を建物や道路などの基本的なオブジェクトに分解しユーザの利用目的や興味対象等といった状況に応じてそれらを再合成するシステムを提案し、その実現法と構成例を示した。提案システムの主要な特徴として、空間の連続性を保った任意のゆがみを統一的に記述可能な空間フィルタを実現していること、空間の変形に応じたオブジェクトの合成制御機構を実現していることが挙げられる。これらの特徴より、空間フィルタを用いて虫眼鏡や手繰り寄せのメタファを実現して地図に適用することができる。そして、これらのメタファに対応する空間フィルタを実際に作成してユーザの状況に対応したゆがみのある地図の再合成が可能になっていることを確認した。

今後の課題としては、大きさの設定以外の効果的なオブジェクトの強調方法を実現すること、ユーザの状況を直感的に記述可能な空間フィルタを実現することが挙げられる。また、今回の実験で用いた地図データは、元データの持つ情報をそのまま機械的に変換する

ことで生成した。今後は地図データ変換の自動化や手動変換の支援、地図間のずれの補正などを考慮していく必要がある。

**謝辞** 本論文に関して有益なコメントを頂いた査読者の方々に感謝いたします。日頃熱心に御討論頂く片山喜章講師はじめ高橋研究室の皆様には感謝いたします。

## 文 献

- [1] 岡部篤行, 空間情報科学の挑戦, 岩波書店, 東京, 2001.
- [2] George W. Furnas, "Generalized Fisheye Views", CHI'86, pp.16-23, Apr.1986.
- [3] M. Sarkar, M. H. Brown, "Graphical fisheye views of graphs", CHI'92, pp.83-91, May.1992.
- [4] K. Horikawa, M. Arikawa, H. Takakura, Y. Kambayashi, "Dynamic Map Synthesis Utilizing Extended Thesaurus and Reuse of Query Generation Process", Proc. 5th Int. Workshop on Advances in Geographic Information Systems, ACM, pp.9-14, 1997.
- [5] 丹波寿男, 吉田雄二, 福村晃夫, "道路網の階層的表現にもとづく経路探索アルゴリズムと地図情報システムへの応用," 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.5, pp.659-666, May.1990.
- [6] 藤井憲作, 杉山和弘, "携帯端末向け案内地図生成システムの開発," 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.9, pp.2394-2403, Sep.2000.
- [7] 岡本辰夫, 劉渤江, 國島丈生, 横田一正, "マップ生成機能を持つデジタルテーマパークの実現," データベースシステム, 125-85, pp.153-160, Jul.2001.
- [8] 馬場口登, 堀江政彦, 上田俊弘, 淡誠一郎, 北橋忠宏, "経路理解支援のための略地図とその案内文の生成システム," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.3, pp.791-800, May.1997.
- [9] 梶田健史, 山守一徳, 長谷川純一, "デフォルメ地図自動生成システムの開発," 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.9, pp.1736-1744, Sep.1996.
- [10] 佐藤聡, 有川正俊, 伊藤智裕, "力学モデルに基づく空間データ表示の動的選択機能," 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.41, No.SIG 6(TOD 7), pp.58-67, Oct.2000.
- [11] J. Mark Ware, Ian D. Wilson, J. Andrew Ware, Christopher B. Jones, "A Tabu Search Approach to Automated Map Generalisation", Proc. 10th Int. Workshop on Advances in Geographic Information Systems, ACM, pp.101-106, 2002.
- [12] 相良毅, 有川正俊, 坂内正夫, "分散位置参照サービス", 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pp.2928-2940, Dec.2001.
- [13] 藤井憲作, 杉山和弘, "歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.11, pp.2026-2034, Nov.1999.
- [14] 倉田陽平, "道案内用略地図のモデル化と自動同定に関する研究"