

状況依存型実時間地図合成システムの設計と実現

A Context-aware Map Synthesizer: design and implementation

猿渡 孝志[▼] 細川 宜秀[◆]
高橋 直久

Takashi SARUWATARI Yoshihide HOSOKAWA
Naohisa TAKAHASHI

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。

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.

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、レンズ状の拡大だけではなく、元の描画範囲の外にあった空間を手繰り寄せす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。

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。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貫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。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。

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

[▼]学生会員 名古屋工業大学大学院工学研究科博士前期課程
saru@moss.elcom.nitech.ac.jp

[◆]正会員 名古屋工業大学工学部電気情報工学科
[hosokawa, naohisa}@elcom.nitech.ac.jp](mailto:{hosokawa, naohisa}@elcom.nitech.ac.jp)

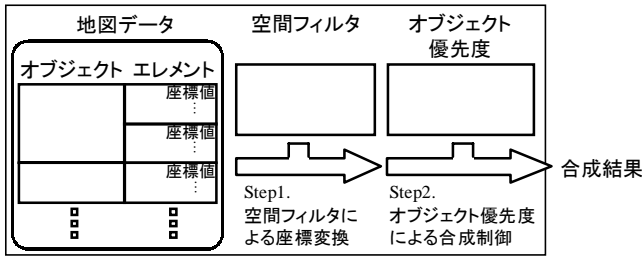


図1 提案システムの全体構成

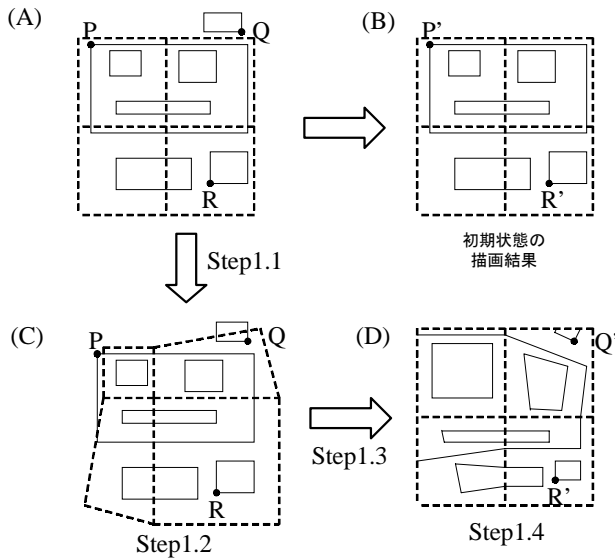


図2 空間フィルタによる地図の変形

プロ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点はそのまゝ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

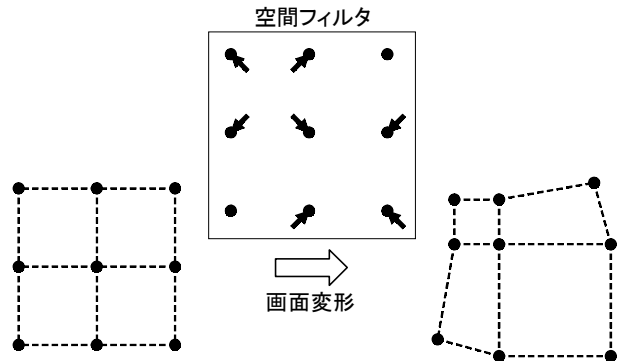


図3 空間フィルタによる画面の変形例

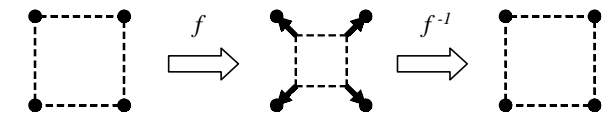


図4 表示画面変形関数

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。

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Step1.1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。地図中の全ての点に対して同様の移動を行う。

Step-1.4 地図の合成：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。

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。

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5 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

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5に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5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。

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5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。

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。

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。

提案システムによって、ユーザの状況に応じた地図を合成し、提案システムの有効性の確認を行う。ここでは、ユーザが現在位置から目的地まで行くという状況において、ユーザの現在位置、目的地、ならびにその経路網を一覧できる地図の合成が可能になることを示すことによって、提案システムの有効性を明らかにするものとする。

4.2 地図合成結果と考察

ユーザが金山駅付近にいて平和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という状況を考える。ここでユーザは、図6の地図において、金山駅付近を画面内に収めたまま、目的地のある右上方向を手繰り寄せて拡大したいという要求を、図7のように空間フィルタを設定して提案システムに伝える。

提案システムによって地図を合成した結果を図8に示す。これにより、現在地から目的地への経路網と、目的地周辺の詳細を一覧可能な地図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と虫眼鏡効果を持つ空間フィルタを実現して、ユーザの要求に応えることが可能であることを明らかにした。

これに対し既存の地図描画システムでは、経路を確認するための広域の地図と、建物の詳細を確認できる拡大した地図を切り替える必要がある。そのためユーザは、経路全体を含む地図と目的地付近の詳細な地図を切り替えながら、目的地の経路を確認しなければならない。そのオーバ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

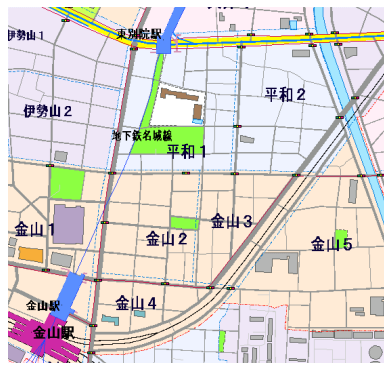


図6 変形前の地図

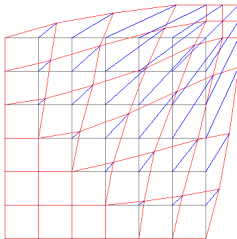


図7 右上方向を手繰り寄せて拡大する空間フィルタ

の有効性が確認できたといえる。

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。

[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, 1986.
- [3] M. Sarkar, M. H. Brown, "Graphical fisheye views of graphs", CHI'92, pp.83-91, 1992.
- [4] K. Horikawa, M. Arikawa, H. Takakura, Y. Kambayashi, "Dynamic Map Synthesis Utilizing Extended Thesauruses 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, 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, 2000.
- [7] 岡本辰夫, 劉渤江, 國島丈生, 横田一正, "マップ生成機

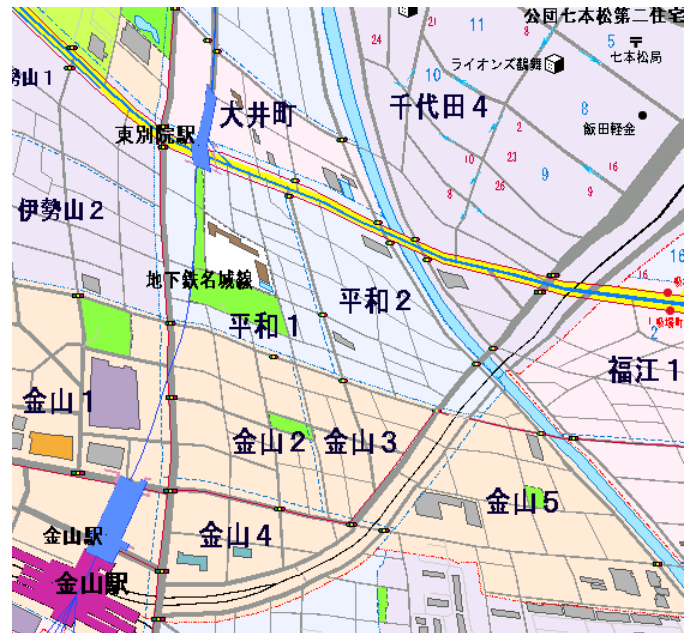


図8 図7の空間フィルタによって図6の地図を変形した結果

能を持つデジタルテーマパークの実現", 情報処理学会データベースシステム研究会研究報告 DBS-125-85, pp.153-160, 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, 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, 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, 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.

猿渡 孝志 Takashi SARUWATARI

名古屋工業大学大学院工学研究科博士前期課程在学中。2001年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業。地理情報システムの研究に従事。

細川 宜秀 Yoshihide HOSOKAWA

名古屋工業大学工学部電気情報工学科助手。1999年筑波大学大学院博士課程工学研究科電子・情報工学専攻中退, 工学博士。マルチデータベースシステム, ドキュメント・データ検索システム, 地理情報システムの研究に従事。情報処理学会会員。

高橋 直久 Naohisa TAKAHASHI

名古屋工業大学工学部電気情報工学科教授。1976年電気通信大学大学院修士課程修了。同年, 日本電信電話公社(現NTT) 武蔵野電気通信研究所入所。2001年より現職。ネットワークコンピューティング, 時空間情報処理の研究に従事。工学博士(東工大)。ACM, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本ソフトウェア科学会各会員。