

EmmaにおけるFocus+Glue+Context型地図の実現法

小関章太郎[†] 山本 大介[†] 北神 慎司^{††} 高橋 直久[†]

[†] 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

^{††} 名古屋大学大学院環境学研究科社会環境学専攻 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: †ozeki@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp, †††kitagami@cc.nagoya-u.ac.jp

あらまし 本稿では, Emma(Elastic Mobile Map)におけるFocus+Glue+Context型地図生成システムを提案する. Focus+Glue+Context型地図は, 従来のFocus+Context型地図に, 歪みを全て吸収するGlueをFocusとContextの間に新たに設けることで, FocusとContextを歪みの無い均一なスケールで表示する. 提案システムは以下の特徴を持つ. (1) 注目する街区や道路の形に合わせたFocusを生成するため, 再配置関数の動的生成機能によって任意の形状のFocusの作成を可能にする. (2) 道なりアルゴリズム道路選択機能によってGlueの視認性を維持するとともに, ルート探索などで効果的な曲がる回数の少ないルートを表示する. (3) 事前計算機能により, 道なりアルゴリズムで使用するデータと, ユーザが指定した地図に共通して使われる画像を事前に作成する. そして動的な地図合成機能により, これらの結果と動的に決まる部分を合成して高速描画を実現する. 提案システムのプロトタイプを作成し, 検証実験により事前計算機能と動的な地図合成機能の有効性を確認した.

キーワード モバイルマップ, 認知地図, Focus+Context

An Implementation Method of a Focus+Glue+Context Map in Emma

Shoutarou OZEKI[†], Daisuke YAMAMOTO[†], Shinji KITAGAMI^{††}, and Naohisa TAKAHASHI[†]

[†] Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Gokiso, Showa, Nagoya, 466-8555 Japan

^{††} Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Frou, Chikusa, Nagoya, 464-8601 Japan

E-mail: †ozeki@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp, †††kitagami@cc.nagoya-u.ac.jp

Abstract In this paper, we present an implementation method of a Focus+Glue+Context Map in Emma(Elastic Mobile Map). The Focus+Glue+Context Map can provide non-distorted Focus and Context areas by placing a Glue area between Focus and Context areas, which absorbs all the distortion. The proposed method has the following three features. (1) It dynamically generates displacement functions according to the shape of a Focus area so that users can make a focus area of any shape corresponding to a region of user interest, e.g. a user-specified district or both sides of a user-specified road. (2) It implements a road selection algorithm which generates roads suitable to a Glue area with a heavily distorted image. The algorithm selects following paths from the roads in the Focus area, which facilitates the route searching and improves the visibility of the Glue area. (3) It achieves a quick response for a request of drawing a Focus+Glue+Context map by the two functions, pre-computation and on-demand composition functions. The pre-computation function makes intermediate results of the road selection algorithm as well as map images which are commonly used for drawing user specified maps in advance. The on-demand composition function composes a Focus+Glue+Context map by combining the above images with the images which are determined by the user request and drawn with the intermediate results and other map data. We have developed a prototype of the proposed system and clarify effectiveness of the above features by experiments with the prototype.

Key words Mobile Map, Cognitive Map, Focus+Context

1. はじめに

近年, Google Map, Yahoo!地図などインターネットを利用

したオンデマンドなデジタルマップサービスが広く普及している. さらにネットワークの高速化や携帯端末の高機能化, GPS付き携帯電話の普及などに伴って, 携帯端末で利用可能な

マップサービスが普及し始めている。

従来から、これらのデジタルマップでは、利用者は zoom-in・zoom-out 操作と scroll 操作を併用して地図を閲覧している。しかしルート確認のような、大まかな位置関係とその中にある複数の注目地点を同時に確認したい場合、上記の操作を繰り返す必要があり、操作が煩雑である。また複数の地図を切り替えながら閲覧し、それらを頭の中で組み合わせる必要があるため、ユーザに認知的な負担がかかる。そして、この問題は地図表示領域の小さい、携帯端末上のデジタルマップ（モバイルマップ）で顕著に現れる。この問題に対し、ある範囲全体（Context）と拡大表示される注目地域（Focus）とを一枚のマップに表示する、Focus+Context 型地図が提案されている。この方式では、地図を歪ませて縮尺を連続的に変化させ、小さな表示画面で詳細な注目地域（Focus）と全体地図（Context）とを同時に表示可能である（図 1）。操作が煩雑になることを防ぐことができるが、Focus と Context との縮尺の差が大きくなるなどの理由で歪みの程度が増すと、人が頭の中に持つ地理イメージ（認知地図）[1]～[3] との対応付けが難しくなる問題がある。例えば知っている地域を探したり、ある地域の特色や位置関係を記憶したりする場合は歪みを頭の中で補正する必要があり、直感性が低くユーザの認知的な負担が増す問題が存在する。

そこで我々は認知地図に基づく伸縮自在な Web マップ Emma（Elastic Mobile Map）[4] を提案し、研究を進めている。Emma は、人が頭の中で行う地理イメージ操作（認知地図操作）を現実世界の端末で行えるようにすることで、直感的なモバイルマップ操作の実現と認知地図探索、及びユーザの認知地図の強化・形成を助ける Web マップシステムを実現することを目的とする。具体的には、“商店街、学校、神社、公園”など認知地図では一つの塊として捉えられる注目する街区の全域を拡大して詳細に調べることと共に、注目する複数の街区の位置的关系を一覧して把握することが容易なデジタルマップの実現を目指している。

本稿では Emma における Focus+Glue+Context 型地図の実現法を提案する。従来の Focus+Context 型地図に、歪みを全て吸収する Glue を Focus と Context の間に新たに設けることで、Focus と Context を歪みの無い均一なスケールで表示し、ユーザの認知的な負担が増すのを防ぐようにしている。また、複数の Focus を一つの Context 上に配置することが容易になり、注目地域同士の位置関係の情報などが得やすい地図の生成が可能である。この Focus+Glue+Context 型地図の実現には次のような課題がある。

- 注目する街区全体を Focus に描画できるようにするために、道路に沿った形など任意の形状の Focus を実現する必要がある
- Glue は相対的に縮尺が小さくなるため、Glue 内に表示される道路が重なり、視認性が低下する場合がある
- 滑らかなオブジェクトの変形を実現するため、ベクトル地図データを用いて動的に描画すると時間が掛かりシステムの応答性が悪くなる

本稿ではこれらの課題を解決するため、(1) 再配置関数の動的生成機能、(2) 道なりアルゴリズム道路選択機能、(3) 事前計算機能と動的な地図合成機能を持つ Focus+Glue+context 型地図生成システムを提案する。

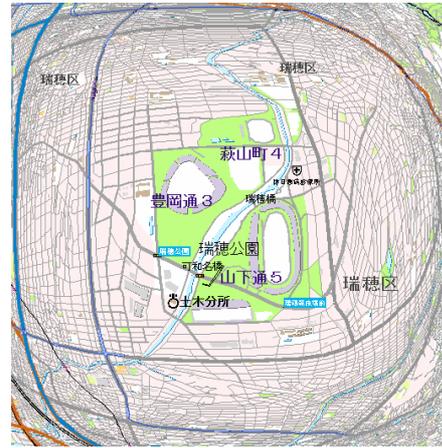


図 1 Focus+Context Map の例

2. Focus+Glue+Context 型地図

本章では、Emma における Focus+Glue+Context 型地図とその実現上の問題、その問題を解決するための提案方式について詳しく述べる。

2.1 Focus+Glue+Context 型地図とは

Focus+Glue+Context 型地図とは、従来の Focus+Context 型地図の問題点を解決するため、その考え方を発展させた歪みを含む可変スケールの地図を指す。概要を図 2 に示す。(a) は一つの注目地域に対して Focus を当てた状態で、マップ領域が外側から順に Context, Glue, Focus の三領域に分かれている。この中で Focus と Context は均一なスケールで表示されており、注目地域を映す Focus は Context に対して拡大されている。Glue は Focus-Context 間に位置し、両領域を滑らかに接続する役割を持つ。Glue には、Focus-Context 間を繋ぐ道路や鉄道、間に位置する地図オブジェクト等を表示し、Focus-Context 間を通したルート確認や、Glue 内に位置する重要なオブジェクトの把握を可能にする。また従来の Focus+Context 型地図のように、Focus と Context の縮尺の差をどちらかの領域に分散させて接続した場合、その領域の道路などが大きく歪んでしまうが、それらの歪みを全て狭い Glue 部分に持たせることで広い領域を歪み無く表示し、ユーザの認知的な負担が増すのを防ぐ。

図 2 の (b) は複数の注目地域をそれぞれ Focus 領域に描画し、それらを含む広い範囲を Context に表示している。全ての Focus を含む Context の縮尺が、注目地域間の道路等を確認できる程度であれば、ルート全体と注目地域の詳細を視認可能な一枚のマップを作成することができ、それらを確認する場合に zoom-in・zoom-out 操作や scroll 操作を行う回数を減らすことができる。さらに、それぞれの注目地域同士の位置関係や、Focus に表示されている細かい地図オブジェクトと Context 上にある遠方のオブジェクトとの位置関係などを提供することにより、新たな認知地図の形成に寄与すると期待される。

2.2 実現上の問題

Focus+Glue+Context 型地図の実現のためには、次の様な問題がある。

問題 1. 注目領域の形状にあわせた Focus の生成
ある道路沿いにどのような店があるか拡大して確認する場合や、

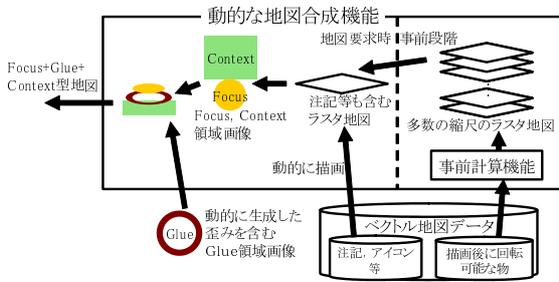


図5 特徴3. 事前計算機能と動的な地図合成機能

表1 Focus 定義データ

L_F	FocusとGlueの境界を決める閉じたポリライン
L_G	GlueとContextの境界を決める閉じたポリライン
P_F	そのFocusによる拡大の中心点 (=不動点)
M	Contextに対するFocusの拡大率

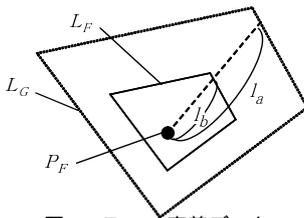


図6 Focus 定義データ

3. 提案システムの実現法

前章では、EmmaにおけるFocus+Glue+Context型地図を実現する上での問題点を示し、それを解決するための機能を提案した。本章では、先ず提案システムに必要なデータ構造とシステムの機能構成について述べ、次にそれらの機能のうち、再配置関数の動的生成機能と道なりアルゴリズム道路選択機能について詳しく述べる。

3.1 データ構造

提案システムで使用するデータはFocus定義データ、ベクトル地図データの二つから成る。それぞれについて下記に述べる。Focus定義データ 表1に示すように、一組のFocusとGlueの位置・形状を表すデータからなる。 L_F は L_G に、 P_F は L_F に完全に内包される。また図6の距離 l_a, l_b と拡大率 M について、 P_F からの放射線方向全てに対し以下の式を満たす必要がある。

$$l_a > l_b M$$

Context上にある全てのFocusのFocus定義データの集合をFocus定義データ集合と呼ぶ。

ベクトル地図データ 地図オブジェクトがポリラインやポリゴンなどで表された数値地図データ。道路については、交差点ごとに区切られたポリライン状のリンクに分けて保持する。

3.2 提案システムの構成

提案システムの構成図を図7に示す。事前準備として、「事前計算機能と動的な地図合成機能」の事前描画機能によりベクトル地図データからFocusとContextに使用する多数の縮尺のラスタ地図を作成する。システム使用の際は、先ず「道なりアルゴリズム道路選択機能」により、ユーザが指定したFocus定義データ集合とベクトル地図データを用いてGlueに描画する道路の集合を選択する。次に「再配置関数の動的生成機能」

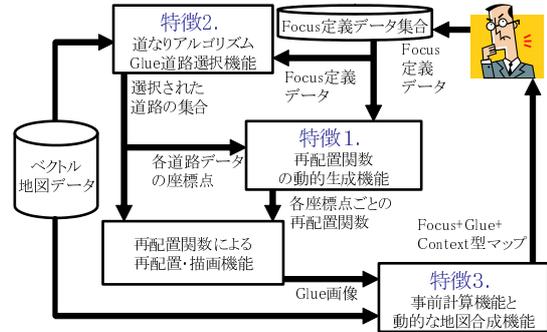


図7 提案システムの構成

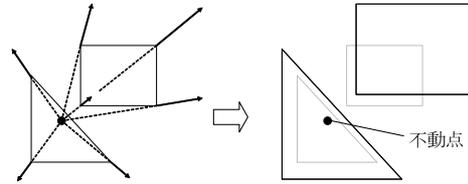


図8 ベクトルデータの拡大

により、選択された道路集合のデータ座標点の位置とFocus定義データ集合を元に、各座標点ごとに固有の再配置関数を動的に生成する。その後、道路集合の全ての道路の構成点を、それぞれの座標点に対応する再配置関数を用いて変換した位置に描画して任意の形状のGlue画像を生成する。最後に「事前計算機能と動的な地図合成機能」によりGlue画像と事前に描画したFocusとContextのラスタ地図、注記やアイコンを合成し、Focus+Glue+Context型地図を得る。

3.3 再配置関数の動的生成機能

本機能は、移動の対象となる地理データ座標点の位置とFocusの形状の二つから、その座標点の位置変換に必要な再配置関数を動的に生成する。この機能により各座標点でそれぞれ異なる再配置関数を生成し、それを用いて座標の再配置を行うことで、任意の形のFocus、Glueを描画することが可能となる。先ず再配置関数とそれによる座標変換手法について説明し、次にFocus+Context+Glue型地図における最適な再配置関数形状を提案する。そして最後に、地理データ座標点の位置とFocusの形状(Focus定義データ)から、提案した形状の再配置関数を動的に作成する手法について述べる。

3.3.1 再配置関数とは

ベクトルデータで構成された図形の一部を拡大する場合、拡大したい中心の点(不動点)から、その周りの図形を構成する座標点を不動点とは逆方向に適切な距離それぞれ遠ざける方法が考えられる(図8)。不動点から遠い座標点ほどより遠くに移動させれば、各座標点同士の間隔が空いて図形が拡大されて見える。

しかし、望み通りの変形をさせるためにはどの座標点をどれだけ遠ざければ良いのかを考える必要があり、またソフトウェアで処理するためにはそれらを機械的・統一的に制御する事も重要になる。

そこで、再配置関数による図形の変形手法が種々のFocus+Context型地図の生成で用いられている。再配置関数 T とは、図形の構成点の変形前の不動点からの距離 r と、変形後の距離 r' の関係を定める関数で、これに従って各座標点を不動点から遠ざける。関係は次のようになる。

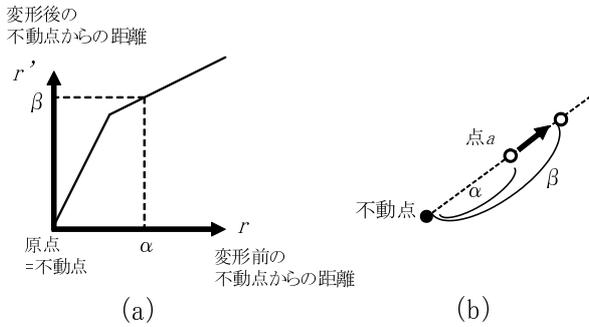


図9 配置関数と点の移動

$$r' = T(r)$$

この考えを使うと拡大，縮小を含めた図形の変形制御を統一的に実現できる。

3.3.2 再配置関数による座標変換

再配置関数 T の例を図 9(a) に示す。ベクトルデータのある座標点 a について， T による移動は次のようになる（図 9(b)）。

- Step.1 a と不動点との直線距離 α を求める
- Step.2 α を T に代入し， β を得る ($\beta = T(\alpha)$)
- Step.3 a を不動点とは真逆の方向で距離 $\beta - \alpha$ 離れた位置に移動させる

不動点を中心とした円状の変形制御については，一つの再配置関数のみを用い，全ての座標点に対してこれらの手順を行うことで実現が可能である。

3.3.3 Focus+Context+Glue 型地図に適した再配置関数形状

本節では再配置関数 T の制約と性質を述べ，それを元に Focus+Context+Glue 型地図に適した再配置関数 T の形状を提案する。まず，地図変形に適用する場合，再配置関数 T は次のような制約に従う。

- T は不動点（原点）を通る
 - T は連続である
 - dT/dr は正の値をとる
- T は次の性質を持つ。
- T の範囲の中で，その形状が原点を通る直線と一致する部分は歪み無く変形される
 - $r' = T(r)$ のとき T の範囲の中で，その形状が $r = r'$ の式で表される直線と一致する部分は変形されない
 - 歪み無く変形される場合， dT/dr は変形による地図の拡大率に相当する
 - T の傾きが滑らかに変化する場合，それを用いた図形の変形結果も滑らかになる

Focus+Context+Glue 型地図では，認知的な負担を軽減するため Focus と Context を歪み無く表示する。また一つの Context に複数の Focus を表示するため，Context は変化させずに Focus と Glue を作成する必要がある。そして Glue については，地図に存在しない曲がり角を生じさせないように，Focus-Glue 間と Glue-Context 間は図形的に滑らかに接続することが求められる。よって提案される再配置関数 T の形状は次のようになる。

- Focus に当たる部分は原点を通り，傾きが Focus の拡大率の直線にする

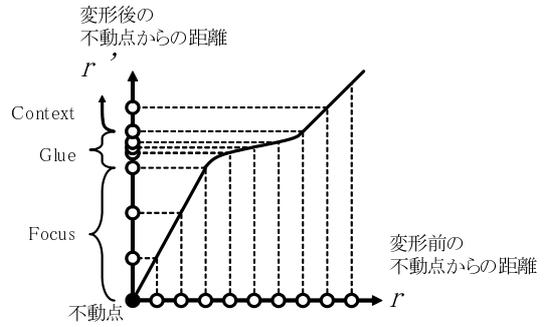


図10 Focus+Context+Glue Map の再配置関数形状

- Glue に当たる部分は Focus と Context の直線を滑らかに繋ぐ
- Context に当たる部分は $r' = r$ の式で与えられる直線にする

図 10 は，以上の制約と性質を満たすように作成した再配置関数の例である。

3.3.4 再配置関数の動的な生成手法

ここでは再配置関数の動的な生成手法について述べる。不動点を中心とした円状の変形制御については，一つの再配置関数で実現可能なことは述べた。円状ではない任意の形の Focus や Glue の変形制御では，移動対象の地理データ座標点ごとに，その位置と Focus 形状に合わせて再配置関数をそれぞれ作成する必要がある。

ある座標点 P について，Glue に描画するものの滑らかさを決めるパラメータ k ， P の位置， L_G の中に P を含む Focus 定義データ (L_F, L_G, P_F, M : 表 1 を参照) から P の再配置に使用する再配置関数 $T = t_i(r)$ ($i = 1 \dots k + 2$) を決定する手順を以下に示す。

- Step.1 P_F から P の方向へ線分を引く（図 11(a)）。線分上の各距離を l_a, l_b とする。
- Step.2 $0 \leq r \leq l_b, l_b < r \leq l_a, r > l_a$ の条件で関数を三つの範囲に分ける（図 11(b)）。それぞれ Focus, Glue, Context に当たる。
- Step.3 Focus の範囲は $t_1(r)$ で構成し， $t_1(r) = Mr$ ($0 \leq r \leq l_b$) とする。Context の範囲は $t_{k+2}(r)$ で構成し， $t_{k+2}(r) = r$ ($r > l_a$) とする。この時 r' 軸側の点 l'_a, l'_b は，これらの直線の式から $l'_a = l_a M, l'_b = l_b$ となる。
- Step.4 Glue の範囲 ($l_b < r \leq l_a$) に 3 次ベジェ曲線を引く。ベジェ曲線の形状を決定する四つの制御点の始点と終点をそれぞれ $(l_b, l'_b), (l_a, l'_a)$ とする。残りの中間の制御点は，まず Focus と Context 部分の直線を Glue の範囲まで延ばし，それらの直線上で $r' = (l'_a + l'_b)/2$ の位置にそれぞれ配置する（図 12）。
- Step.5 Step.4 で決定したベジェ曲線を k 分割し直線で近似する。各区間を表す直線の式を $t_j(r)$ ($j = 2 \dots k + 1$) とする。

以上により，地理データの座標点ごとに異なる再配置関数 $T = t_i(r)$ ($i = 1 \dots k + 2$) を作成し，それを用いて座標の再配置を行うことで任意の形の Focus と Glue を作成することが可能となる。

3.4 道なりアルゴリズム道路選択機能

本機能は Focus 定義データとベクトル地図データ内の道路

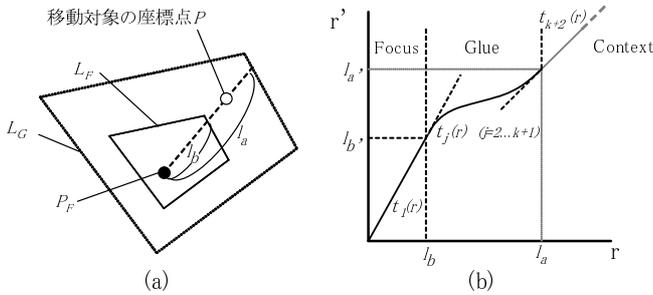


図 11 配置関数形状の決定

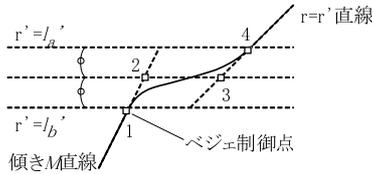


図 12 ベジエ曲線制御点の配置

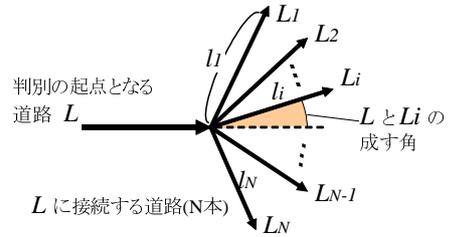


図 13 交差点の一般化

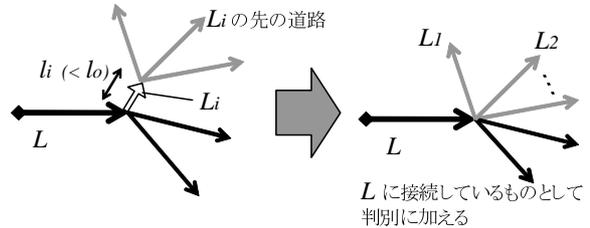


図 14 ルール 3

データから、Glue 部分にある道路ネットワークの中で Focus の端から道なりに続く道路を求める。

3.4.1 判別基準 R

最初に、ある起点となる道路とそれに接続する道路とが道なりに続くものであるかを判別する基準 R を設定する。R によって道なりと判別された道路を起点として新たな判別を行い、またこれを繰り返すことで、ある場所から道なりに続いている一連の道路を選択することができる。

まず交差点の形状を一般化して図 13 のように表す。起点となる道路を L とし、それに接続している道路群を $L_1 \sim L_N$ とする。また、長さ l_0 と角度 α をユーザが設定するパラメータとする。 $L_i (i = 1 \sim N)$ それぞれに対し、次の 3 つのルールを上から順に適用する。

ルール 1 $N = 1$ のとき、 L_1 を道なりと判定する

ルール 2 $N \geq 2$ で、L と L_i の成す角度が α より小さい場合は L_i を道なりと判定する

ルール 3 L_i が短く $l_i \leq l_0$ となる場合は、 L_i の先に接続されている道路は直接 L と接続しているとみなし、 L_i の先に接続している道路群も L を起点とした判定の対象に追加する。 L_i の先の道路が一つでも道なりと判定されれば L_i も道なりと判定する (図 14)

このような判別ルールにより、多くの人々に共通的に認識されている”道なり”の概念にそった判定が可能になる。さらに、 α や l_0 を変えることで描画される道路数の調整がある程度可能になる。ルール 3 は、ベクトルデータ上で僅かに道路がずれている交差点 (図 15) でも人の感覚と同様に判定がなされるようにするためのものである。

3.4.2 Focus 端から道なりに続く道路の取得

次に、判別基準 R を用いて、Glue 部分にある道路ネットワークの中で Focus の端から道なりに続く道路を求める手順を示す。

Step.1 ベクトル地図データ内の道路の中から、Focus 定義データの L_F を跨ぐものを全て選択し、道路集合 A とする。また、 L_G 内に含まれる全ての道路を道路集合 B とする。

Step.2 A に含まれる道路全てに対して以下を行う。 $L_i (i =$



図 15 地図データ上で道路がずれている場合

$1 \sim n$) を起点とした基準 R による判定を繰り返し行い、B に含まれる道路の中から L_i から道なりに続く道路の集合を求める。Step.3 Step.2 で求めた全ての集合の和を取り、その Focus に対する Focus の端から道なりに続く道路とする。

4. プロトタイプシステム

本章ではプロトタイプシステムについて述べる。提案方式の特徴 2 と特徴 3 を取り入れたプロトタイプ A、特徴 1 と特徴 2 を取り入れたプロトタイプ B の二つを作成した。またプロトタイプ A の一部の機能を取り出した一般公開実験用サーバをアルプス社 (現ヤフー株式会社) と共同で開発し、デジタルマップ技術実験サイト ALPSLAB で公開している。[13] 以下にプロトタイプ A, B について述べる。

4.1 プロトタイプ A

プロトタイプ A では、道なりアルゴリズム道路選択機能と事前計算機能と動的な地図合成機能を実装した。動的な地図合成機能で使用した複数のラスタ地図は、ベクトル地図データからは作成せず、既存のラスタ地図を組み合わせて使用した。具体的には、ベクトル地図データにはヤフー株式会社の”スタンダード道路地図 2007”・”ナビゲーション道路地図 2007”(mid/mif 形式)、ラスタ地図データには同社”ProAtlas Enterprise Server Development Kit”(PES) を使用している。これらは作成元の地理データが同一であり、地図合成した時の地物の位置のずれや矛盾は無い。プロトタイプによる Focus+Glue+Context 型地図の例を図 17 に示す。縮尺 1/25 万の Context 上に、縮尺 1/7 万の Focus を作成し、また各領域を分かりやすくするため領域の分割線を表示している。各領域は、中心から Focus, Glue, Context で、Focus と Context が歪みがなく均一な



図 16 プロトタイプ A が生成したデジタルマップの例 (2)

縮尺になっている。このプロトタイプの Glue には、道なりアルゴリズムによって選択された、Focus から道なりに続く道路の他に、高速や国道などの主要道路、鉄道も合わせて表示している。そのため、この例では Focus から Context に道なりに至るルート他に、Focus から主要な道路に道なりに至るルートも表示できている。

次に、複数の Focus を作成した例を図 16 に示す。縮尺 1/7 万で名古屋市内の広範な地域を Context に収め、その上に縮尺 1/2.5 万の Focus を複数配置している。この例を見ると、名古屋市内を広く見ながら、Focus を当てられた注目地域の詳細や、それぞれの位置関係、また名古屋駅等の Context 上の主要なオブジェクトとの位置関係も把握できるマップになっている。またそのような特徴から、Focus+Glue+Context 型地図は観光スポットの詳細やそのアクセス方法を示す、スタティックな観光マップなどにも有用であると考えられる。

4.2 プロトタイプ B

プロトタイプ B では、再配置関数の動的生成機能と道なりアルゴリズム道路選択機能を実装した。描画は全てベクトルデータから行い、使用するデータには昭文社の”MAPPLE デジタル地図データ MDX Rel.4”を使用している。プロトタイプ B で生成した Focus+Glue+Context 型マップの例を図 18(b) に示す。この例ではある道路沿いの領域 (図 18(a)) に Focus を当てており、道路に沿った楕円形の Focus が作成されている。プロトタイプ B では、縮尺に合わせた表示オブジェクトの動的な選択も行っており、注目している道路に沿ってその両側にあるランドマークが詳しく表示されているのが分かる。

5. 検証実験

ここでは、事前計算機能と動的な地図合成機能の有効性を検証実験により明らかにする。Focus, Glue, Context の各領域を全てベクトルデータから動的に描画する従来方式のプロトタイプと、Context と Focus を事前に描画可能な部分までベクトル地図データから描画しておく提案方式のプロトタイプをそれぞれ作成した。それらが Focus が一つ中央に配置された Focus+Glue+Context 型マップを描画する時間を比較する。描画する地図オブジェクトの量による影響を見るため、対象地域として地域 A(都市部:名古屋市中心部)と地域 B(郊外:掛川

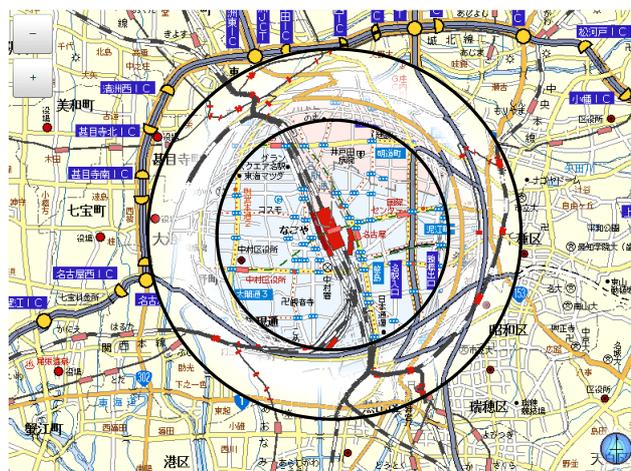


図 17 プロトタイプ A が生成したデジタルマップの例 (1)



図 18 プロトタイプ B が生成したデジタルマップの例

駅周辺)の二つ、また Context の縮尺として 1/2.5 万, 1/7 万, 1/25 万の三つについて比較を行った。結果は全て 10 回計測した平均を使用した。結果を表 19 に示す。

全てのパターンにおいて提案方式の方が 2 倍以上早く描画できており、事前計算機能と動的な地図合成機能が高速化に有効であることが確認できた。また、地域 B よりも地域 A、大縮尺よりも小縮尺の方が従来方式の描画時間に対する提案方式の描画時間の比が小さくなっていることから、描画される地図オブジェクトが多いほど高速化の効果が大きいことが分かった。Focus+Glue+Context 型マップでは性質上 Context に小さい縮尺の地図を表示する機会が多いため、事前計算機能と動的な地図合成機能による高速化は非常に重要であると考えられる。

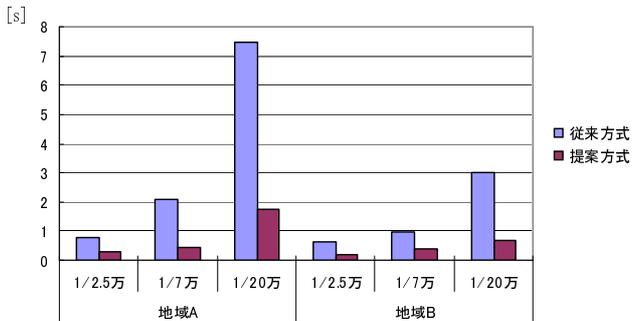


図 19 従来方式と提案方式との描画時間の比較

次に実用可能性に関しては、1/2.5万、1/7万の地図において、Glue領域の描画は0.5秒以内に実現できており、これらの縮尺範囲内において、オンデマンドなWebサービスとして十分提供可能である。また、試作したWebアプリケーションにおいても、ストレス無く利用可能であることが確認されている。

6. 関連研究

近年、地図のなかでもとりわけモバイルマップを対象とした情報処理技術の研究が多く行われている。本節ではEmmaにおけるFfocus+Glue+Context型地図の実現手法を関連研究と比較することにより、その位置付けを明確にする。Focus+Context型地図については、文献[6]ではFocus位置からの距離に応じてFocus周囲の情報の詳細度を変化させる、魚眼レンズ状の情報表示手法について述べられている。また、[7][8]では図形や地図への適用を議論している。この中では単一の再配置関数を使用し、地図全体やその一部分に円形の魚眼レンズを当てたような変形手法が述べられており、後者では縮尺に応じた動的なオブジェクト選択についても触れられている。再配置関数を基にしたFocus+Context型地図の生成手法の研究では他にも文献[9]がある。この中では、ユーザの現在地をFocusとして歪み無く詳細に表示し、Contextは歪みを持たせ遠くの領域まで引き込んで表示させる事で、限られた画面領域で現在地と周辺領域を表示する手法が示されている。Emmaでは[7]で提唱された再配置関数を基に、Glueを導入したFfocus+Glue+Context型地図を実現している。拡大で生じるマップの歪みをGlueに集中させることで、FocusとContextを歪みの無い均一なスケールで表示できる。また、各地図データ座標ごとに動的に再配置関数を作成することで、楕円などの様々なFocus形状を可能にしている点で異なる。再配置関数以外の地図のFocus+Contextの手法として文献[4]では、地図上に格子状のメッシュを配置し、ユーザがそれぞれの格子点に与えた変位に沿って地図を変形させる手法を示している。任意の歪みが表現でき、部分的な拡大のほかに、遠くの地理オブジェクトを引き込んでくる変形(Pull操作)等を統一的に実現している。EmmaではFocusとContextを常に歪み無く表示し、事前に描画しておくことで高速化を実現している。その他の再配置関数以外のFocus+Contextの手法としては文献[10]がある。その中では、双曲線空間を用いて大規模な階層グラフを魚眼レンズ状に表示する手法が提案されている。無限に大きいグラフをContextに表現できるが、複数のFocusを作成するのが難しいなど、柔軟性に問題がある。

7. おわりに

本稿では、再配置関数の動的生成機能と道なりアルゴリズム道路選択機能、事前計算機能と動的な地図合成機能によって、Glueの視認性の向上とシステムの高速化を実現し、任意の形状のFocusの作成が可能なEmmaにおけるFfocus+Glue+Context型地図生成システムを提案した。プロトタイプにより提案システムが正常に動作することを確認し、さらに検証実験により事前計算機能と動的な地図合成機能の有効性を示した。

今後の課題としては、EmmaにおけるFfocus+Glue+Context型地図が従来手法よりもユーザの認知的な負担が少ないことや、新たな認知地図の形成がしやすいことの検証、ユーザによる移動などでFocus同士が重なる場合の対処法の検討、携帯端末用の各種センサの効果的な適用法の検討などがある。

文献

- [1] Tolman. E. C, "Cognitive maps in rats and men", The Psychological Review, 55 (4), 189-208, 1948.
- [2] Lynch, K. (1960) The Image of the City, Cambridge, MIT Press, 1960.
- [3] Gould. P, White. R, "Mental Maps, Harmondsworth, Middlesex", England: Penguin Books Ltd, 1974.
- [4] N. Takahashi, "An Elastic Map System with Cognitive Map-Based Operations", International Perspectives on Maps and Internet Vol.1, M. P. Peterson and J. Liu (Eds), Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer-Verlag, Feb. 2008.
- [5] 谷口 和也, 山本 大介, 北神 慎司, 高橋 直久, "歩行者用モバイルマップにおけるランドマークの意味的包含関係に基づく複合アイコン生成方式", DEIM2009, C2-1, 2009.
- [6] George W. Furnas, "Generalized Fisheye Views", CHI'86, pp.16-23, 1986.
- [7] Manojit Sarkar, Marc H. Brown, "Graphical Fisheye views of graphs", CHI '92 Conference Proceedings, pp.83-91, 1992.
- [8] Manojit Sarkar, Scott S. Snibbe, Oren J. Tversky, Steven P. Reiss, "Stretching the Rubber Sheet: A Metaphor for Viewing Large Layouts on Small Screens", UIST'93, November 3-5, pp.81-91, 1993.
- [9] L. Harrie, L. T. Sarjakoski, L. Lehto, "A Mapping Function for Variable-Scale Maps in Small-Display Cartography", JGE, Vol.4, No.2, pp.111-123, 2002.
- [10] Lamping. J, Rao. R, Pirolli. P, "A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies", Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95) 401-408.
- [11] 猿渡孝志, 細川宜秀, 高橋直久, "状況依存型実時間地図合成システムの設計と実現", DEWS2003, 4-p-01, 2003.
- [12] 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, 1996.
- [13] <http://joint.alpslab.jp/fisheye/>