

周回道路に基づく街区拡大描画システムの実現と評価

伊藤 広記[†] 山本 大介[†] 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
E-mail: †hito@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke.yamamoto,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 本稿では、Focus+Glue+Context 型マップにおいて以下の特徴を有する街区拡大システムの実現と評価について述べる。(1) 道路データベースを用いてすべての周回道路とその周回道路が取り囲む領域 (LR ブロック) を求めて DB 化する機能を実現する。これにより、LR ブロックを高速に導出することが可能となる。(2) 公園、神社などの敷地が明確な街区に対して、その代表点を取り囲む LR ブロックを Focus として大縮尺で描画する機能。これにより、敷地の大きさにかかわらず Focus に収めたマップを作成可能となる。(3) 商店街、繁華街などの広範で領域が明確に定められない街区に対して、隣接 LR ブロックを結合してできる領域を段階的に拡大して Focus として大縮尺で描画する機能。これにより、対話的に利用者の視認したい領域を含む Focus を作成可能となる。
キーワード 周回道路, ディストリクト, 道路データベース, focus+glue+context 型マップ

Implementation and Evaluation of a Map System with a Function of Expanding Town Districts based on Loop Roads.

Hiroki ITO[†], Daisuke YAMAMOTO[†], and Naohisa TAKAHASHI[†]

[†] Dept. of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology
Gokiso, Showa, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan
E-mail: †hito@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke.yamamoto,naohisa}@nitech.ac.jp

Key words Loop Road, District, road database, focus+glue+context map

1. はじめに

我々が研究、開発を行っている Focus+Glue+Context 型マップシステム Emma では、頭の中の地理的イメージ (認知地図) に基づいて地図を部分的に拡大、縮小、抽象化して表現することにより、従来のデジタルマップに比べて一覧性と視認性の高い地図の実現を目指している [1], [2]. Emma は、リンチの「都市のイメージ」[3]における5つの要素 (パス, ノード, エッジ, ランドマーク, ディストリクト) の視認性を考慮して地図を描画する。利用者が注目する要素を指定すると、その要素を含むディストリクトを均一で大きな縮尺の領域 (Focus), 周辺を均一で小さな縮尺の領域 (Context), 縮尺の差により生じる歪みを吸収するように両者を結ぶ道路等を抽象化して描画する領域 (Glue) からなるマップ (図1) を提供する。

Emma にて施設を注目する要素として Focus に収めようとした場合、以下のような操作が必要となる。

操作1 施設の代表点を選択し、Focus を作る操作を行う。これにより、代表点を中心とした一定範囲の Focus が作成される。
操作2 作成された Focus を利用者が見たい領域となるよう縮



図1 鶴舞公園を Focus に収めた Emma

尺の拡大や縮小, Focus 領域の拡大や縮小や移動などを行わなければならない。

操作2 はユーザにとって大きな手間がかかり、携帯端末においてこのような煩雑な操作をすることは難しいという問題がある。

この問題に対し、施設を取り囲む道路 (周回道路) を用いる

ことにより、解決を図る。周回道路が取り囲む領域（LR ブロック）を施設領域とみなし、その領域を Focus として利用者に提供することにより、Focus 領域の調節の手間をなくす。これにより、少ない簡単な操作で利用者に領域を提示することが可能となる。また、ディストリクトは明確に定められていない場合、ディストリクトを決定することはできない。そのため、利用者と対話的に LR ブロックを用いて拡大した領域を段階的に提示する。

本稿では、Focus+Glue+Context 型マップにおいて以下の特徴を有する街区拡大システムを提案し、従来システムと比較し提案システムの有効性を示す。

特徴 1 道路データベースを用いてすべての周回道路とその周回道路が取り囲む領域（LR ブロック）を求めて DB 化する機能を実現する。これにより、LR ブロックを高速に導出することが可能となる。

特徴 2 公園、神社などの敷地が明確な街区に対して、その代表点を取り囲む LR ブロックを Focus として大縮尺で描画する機能。これにより、敷地の大きさにかかわらず Focus に収めたマップを作成可能となる。

特徴 3 商店街、繁華街などの広範で領域が明確に定められない街区に対して、隣接 LR ブロックを結合してできる領域を段階的に拡大して Focus として大縮尺で描画する機能。これにより、対話的に利用者の視認したい領域を含む Focus を作成可能となる。

2. Emma

Emma は図 2 のように Emma システム部と地図画像サーバと Glue 画像サーバの三つからなる。地図画像サーバは Focus 領域と Context 領域に使用する地図画像データを提供する。また、Glue 画像サーバは Focus 領域と Glue 幅と Focus 領域と Context 領域の縮尺を与えることにより Focus 領域と Context 領域の 2 つの領域がつながるように抽象化した画像を提供する。Emma システム部はユーザインターフェースを提供し、Web マップシステムの機能を有する。ユーザがある地点を Focus 領域に収めたいという場合、ユーザインターフェースが Focus 領域決定機能に Focus 形状（円形、矩形）と画面の座標と Context 領域の縮尺を送信する。Focus 領域決定機能は画面座標と Focus 形状から Focus 領域及び Glue 幅を決定し、Context 領域の縮尺から Focus 領域の縮尺を決定する。地図画像描画機能では、Focus 領域、Glue 幅、Focus 領域及び Context 領域の縮尺を入力とし、地図画像サーバ、Glue 画像サーバから画像を取得し、地図画像を Layer 結合しユーザインターフェースに送る。ユーザインターフェースがユーザに地図画像を提示することにより、Focus+Glue+Context 型マップを提供する。

3. 道路データと周回道路データ

3.1 道路データの構造

道路データは図 3 のようにリンク、セグメント、ノードからなる。それぞれ、表 1、表 3、表 4 のような形式で道路データベースに格納されている。

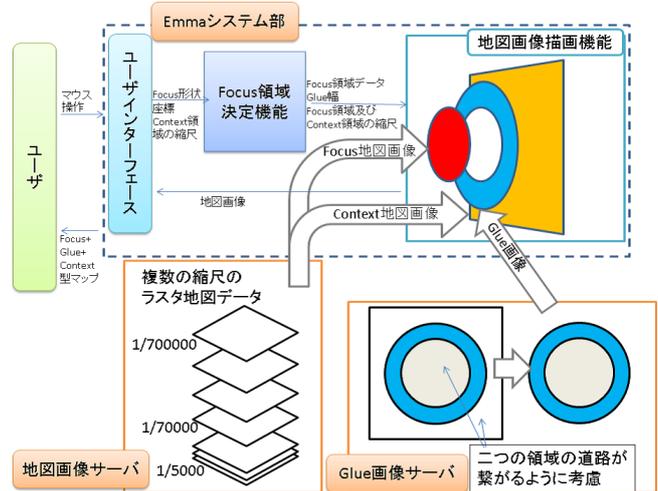


図 2 Emma の構成図

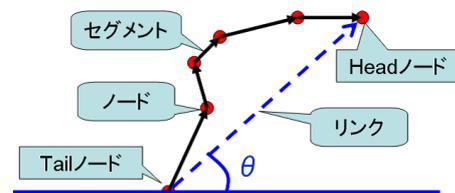


図 3 道路データの構造

リンクは、隣接する二つの交差点の Head ノードと Tail ノードを Tail ノードから Head ノードに向かう有向枝であり、セグメントは道路形状に沿った有向枝である。これらは、表 2 の形式のデータによって対応付けられる。

3.2 周回道路と拡大周回道路

周回道路とは、図 4 のように施設を取り囲む道路のことである。LR ブロックは周回道路により囲まれた領域のことである。また、周回道路はリンクのリストにより構成される。拡大周回道路とは図 4 のように周回道路により構成される隣接するリンクを組み合わせたものである。

また、幅が広い道路は、狭い道路に比べ歩行者の横断を妨げるため、ディストリクトの境界になりやすい傾向がある。これらの点を考慮した、道路幅を考慮した拡大周回道路 [7] を提案してきた。これは、図 5 に示すような、道路幅の広いものを超えないように拡大した周回道路である。本稿において拡大周回道路という場合にはこれを扱う。

4. 提案システム

4.1 提案システムの概要

Focus+Glue+Context 型マップにおいて LR ブロック及び LR ブロックを段階的に拡大して Focus に収めて描画するシステムを提案する。図 6 に提案システムの構成図を示す。提案システムは Emma システム部と Glue サーバと地図画像サーバと周回道路サーバからなる。図にある形状種別とは Focus に収める形状であり、今回は凸多角形と円形の二種類である。

形状種別ボタンを押してから緯度経度座標を入力したとき、

表 1 リンクデータ

項目名	型	説明
リンク ID	int	リンクを一意に識別する ID
角度	double (-180 ~ 180)	西から東を 0 度とした Tail ノードから Head ノードを結ぶ角度
Tail ノード ID	int	リンクの始点となるノードを一意に識別する ID
Head ノード ID	int	リンクの終点となるノードを一意に識別する ID
道路幅 ID	int	1~4 からなる道路幅の広さを識別する ID . 数字が小さいものほど道路幅が大きい

表 2 リンクとセグメントの関係データ

項目名	型	説明
リンク ID	int	リンクを一意に識別する ID
セグメント ID	int	セグメントを一意に識別する ID

表 3 セグメントデータ

項目名	型	説明
セグメント ID	int	セグメントを一意に識別する ID
角度	double (-180 ~ 180)	西から東を 0 度とした Tail ノードから Head ノードを結ぶ角度
Tail ノード ID	int	セグメントの始点となるノードを一意に識別する ID
Head ノード ID	int	セグメントの終点となるノードを一意に識別する ID

表 4 ノードデータ

項目名	型	説明
ノード ID	int	ノードを一意に識別する ID
緯度	double	ノードの緯度
経度	double	ノードの経度



図 4 徳川園の周回道路とその拡大周回道路



図 5 周回道路と道路幅を考慮した拡大周回道路

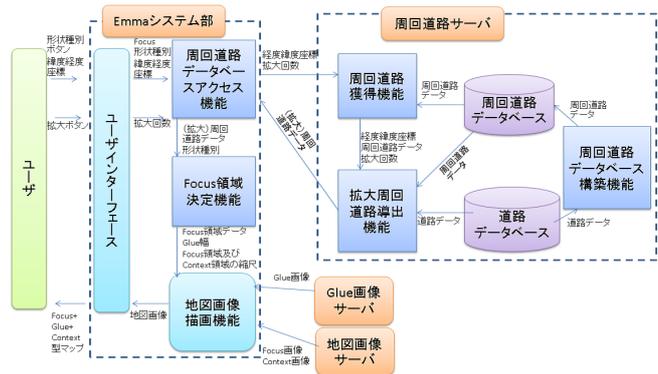


図 6 提案システムの構成図

周回道路データベースアクセス機能には形状種別と緯度経度座標データが送信される。周回道路データベースアクセス機能により、緯度経度座標から、それを内包する周回道路データを取得する。次に、Focus 領域決定機能により、形状種別と周回道路データから Focus 領域と Focus の縮尺、Glue の幅を決定する。これを地図画像描画機能に入力すると、周回道路を Focus とした Focus+Glue+Context 型マップを出力し、ユーザに提供する。

次に、Focus が作成されている場合、ユーザからさらに街区を拡大したいという場合はユーザは拡大ボタンを押すことにより、周回道路データベースアクセス機能に形状データと緯度経度座標と拡大回数 N が入力となり、拡大回数に応じた緯度経度座標を内包する N 回拡大した拡大周回道路データを出力とする。Focus 領域決定機能により、拡大周回道路データと形状

データから Focus 領域、Focus の縮尺、Glue の幅を決定する。これを地図画像描画機能に入力すると、 N 回拡大した LR ブロックを Focus に収めた Focus+Glue+Context 型マップを出力し、ユーザに提供する。

また、周回道路サーバは周回道路データベース構築機能、周回道路獲得機能、拡大周回道路導出機能の 3 つの機能と道路データベース、周回道路データベースの 2 つのデータベースからなる。あらかじめ周回道路データベース構築機能により道路データベースから周回道路データベースを作成しておくことにより、周回道路獲得機能、拡大周回道路導出機能により周回道路、拡大周回道路を高速に導出することが可能である。

周回道路サーバは緯度経度座標と拡大回数を入力とし、まず周回道路獲得機能により緯度経度座標を内包する周回道路データを獲得する。次に、拡大周回道路導出機能に経度緯度座標と拡

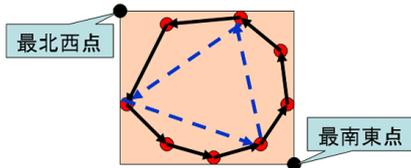


図 7 周回道路を内包する最小の矩形領域

大回数 N と周回道路データを入力として与え、 $N=0$ のとき、周回道路を出力とし、 $N \geq 1$ のとき、 N 回拡大した拡大周回道路を導出し出力とする。

4.2 データベース説明

4.2.1 道路データベース

道路データベースは 3.1 節にて説明したデータ構造ごとにテーブルに格納されている。また、道路データは全国のデータをすべて 1 つのテーブルに格納するには膨大すぎる。このため、第 2 次地域区画（二次メッシュ）[6] と呼ばれるメッシュ構造に分割した領域ごとにテーブルを構成し、二次メッシュにそれぞれ割り当てられた番号（以下、メッシュ ID）をテーブル名としてある。

4.2.2 周回道路データベース

周回道路データベースは、表 5、表 6 に示す項目からなる周回道路テーブル、隣接周回道路テーブルからなる。

周回道路テーブルのスキーマは表 5 に示すように、周回道路 ID、矩形領域の各頂点、リンク ID リスト、緯度経度座標リストからなる。ただし、周回道路 ID は主キーとしユニークである。リンク ID リスト及び緯度経度座標リストは、周回道路の探索時に順番に出現したリンクとその端の点の緯度経度座標を格納したリストである。これらは、データベースから獲得する際に再構成しやすくしている。矩形領域とは、図 7 のように周回道路を内包する最小の矩形であり、矩形の緯度経度の最大値と最小値からなる計 4 点を周回道路テーブルに格納する。これにより、周回道路をデータベースから効率的に検索しやすくなった。

隣接周回道路テーブルのスキーマは表 6 に示すように、リンク ID、左隣接周回道路 ID、右隣接周回道路 ID) の項目から成る。ただし、リンク ID は、主キーとし、ユニークである。左隣接周回道路 ID は、数値が入っていた場合、そのリンク ID の左周りに探索した周回道路の ID であり、もし数値が入っておらず、null となっていた場合は、左回りには周回道路が探索されていないことを表す。右隣接周回道路 ID も、数値が入っていた場合と入っていない場合は同様の状態を表す。これにより、周回道路の重複探索を防止することができる。また、周回道路の隣接関係をも示すため、拡大周回道路を効率的に導出しやすくなった。また、周回道路テーブル、隣接周回道路テーブルは道路幅ごとに作成し、テーブル名の末尾に道路幅 ID を付与した。周回道路テーブル、隣接周回道路テーブルともに、初期状態は null である。

次章より、機能毎の実装手順について述べる。

表 5 周回道路テーブルのデータ構造

項目名	型	説明
周回道路 ID	int	周回道路を一意に識別する ID
最東点	double	周回道路を内包する矩形領域の緯度の最高値
最西点	double	周回道路を内包する矩形領域の緯度の最低値
最北点	double	周回道路を内包する矩形領域の経度の最高値
最南点	double	周回道路を内包する矩形領域の経度の最低値
リンク ID リスト	text	周回道路を構成するリンクをカンマにて区切って格納
緯度経度座標リスト	text	周回道路を構成する多角形の緯度経度座標の組毎にカンマにて区切って格納

表 6 隣接周回道路テーブルのデータ構造

項目名	型	説明
メッシュ ID	int	リンクを一意に識別する二次メッシュ番号
リンク ID	int	リンクを一意に識別する ID
左隣接周回道路 ID	int	リンク方向に対して左に隣接する周回道路 ID
右隣接周回道路 ID	int	リンク方向に対して右に隣接する周回道路 ID

5. 提案システムの実現法

5.1 周回道路獲得手順

周回道路獲得機能の入出力は以下の通りである。

入力 経度緯度座標 P 、道路幅 $IDRW$

出力 周回道路を一意に識別する ID、周回道路を構成するリンク ID のリスト、周回道路を構成する緯度経度座標のリスト

また、以下のステップを実行することにより、道路幅 $IDRW$ に応じた入力座標 P を内包するの周回道路を獲得することができる。

STEP1 座標 P を用いて、図 8 で示す SQL 文を用いて、道路幅 $IDRW$ に応じた周回道路テーブルにアクセスし、座標 P が矩形の範囲内に存在する周回道路候補集合 A_s を獲得する。 A_s は、それぞれ構成するリンク ID のリスト LL と経度緯度座標のリスト PL を持つ。 LL は周回道路の探索順になっており、 LL のリンクを順に構成していくと、リンクの多角形を構成することができる。

STEP2 経度緯度座標リスト PL に対して、多角形を構成し、多角形内に座標 P が含まれるかどうか判定する手法を用いる。

STEP3 全ての候補集合 A_s に対し、STEP2 を実行し、多角形内に P を含む周回道路 PN が、求めるべき周回道路である。

5.2 拡大周回道路導出手順

拡大周回道路導出の入出力は以下の通りである。

入力 緯度経度座標 P 、道路幅 $IDRW$ 、拡大レベル $Level$

```

select 経度緯度座標リスト from 周回道路テーブル
where 最西点 ≤ 経度 AND 最東点 ≥ 経度
AND 最南点 ≤ 緯度 AND 最北点 ≥ 緯度 ;

```

図 8 周回道路を取得する SQL 文

Fig.8 SQL statement to get a LoopRoad

出力 道路幅 ID を用いた拡大レベルの拡大周回道路を構成する経度緯度座標のリスト

また、以下のステップを実行することにより道路幅 $IDRW$ に応じた入力 P を内包する周回道路を $Level$ 回拡大した、道路幅を考慮した拡大周回道路を導出することができる。

STEP1 周回道路導出手法により対応する道路幅 $IDRW$ の周回道路の周回道路 ID_{Aid} と周回道路を構成する LinkID 群 AL を取得する。

STEP2 取得した道路幅 $IDRW$ が 1 の場合、STEP4 を実行する。道路幅 $IDRW$ が 1 でない場合、対応する周回道路 ID-1 の周回道路 U_{Aid} とその周回道路を構成する LinkID 群 U_{AL} を取得する。

STEP3 取得した周回道路 ID-1 の周回道路を構成する LinkID 群 U_{AL} と周回道路を構成する LinkID 群 AL と重複している LinkID を重複 LinkID 集合 DL とする。重複 LinkID 集合 DL がすべての周回道路 ID-1 の周回道路を構成する LinkID 群 U_{AL} と一致した場合、STEP2 の RW に $RW-1$ 、 Aid に周回道路 ID-1 の周回道路 IDU_{Aid} 、 AL に周回道路を構成する LinkID 群と周回道路 ID-1 U_{AL} を入力として STEP2 を実行する。

STEP4 周回道路 ID を構成する LinkID 群 AL を Area.Links テーブルに対し検索し、LinkID 群 AL を含む周回道路 ID 集合 N_{Aid} を取得する。

STEP5 LinkID 群を含む周回道路 ID 集合 N_{Aid} から現在の周回道路 ID_{Aid} を取り除き新たな N_{Aid} とする。そして周回道路 ID 集合 N_{Aid} を構成する LinkID 群 N_{AL} を取得する。

STEP6 周回道路 $ID_{N_{Aid}}$ を構成する LinkID 群 N_{AL} から現在の周回道路 ID を構成する LinkID 群 AL を取り除き新たな N_{AL} とする。

STEP7 STEP3 の入力 AL に周回道路 ID を構成する LinkID 群 N_{AL} に重複 LinkID DL を追加したもの、STEP3 の入力 Aid に周回道路 ID 集合 N_{Aid} として拡大レベル L 回繰り返す。

STEP8 LinkID 群を含む周回道路 ID 集合 N_{Aid} を構成する LinkID 群 N_{AL} を用いて周回道路探索を行い、周回道路を構成する。これが $Level$ 回拡大した拡大周回道路である。

6. プロトタイプシステム

今回、提案システムのプロトタイプを実装するために、以下のリソースを用いた。

- Java 言語 [8]
- MySQL [9]



図 9 鶴舞公園をクリックして得られた LR ブロックを凸多角形にて Focus 領域に描画したプロトタイプシステムの例



図 10 鶴舞公園の LR ブロックを一段階拡大した LR ブロックを凸多角形にて Focus 領域に描画したプロトタイプシステムの例

- Apache Tomcat [10]
- Flex(ActionScript, MXML) [11]

Emma システム部は Flex を用いて実装した。周回道路及び拡大周回道路データを提供する周回道路サーバは Apache Tomcat を用いた。周回道路獲得、拡大周回道路導出機能は、Java 言語を用いて実装した。道路データベース、周回道路データベースは、MySQL を用いて実現した。

プロトタイプシステムでは、二種類の操作が可能である。1 つは形状種別を選択し、利用者が拡大したい領域をクリックする。これより、拡大したい領域の LR ブロックを Focus 領域に描画する。描画した画面を図 9 に示す。

また、作成された Focus 領域に対し、ExtendLoopRoad ボタンを押す。これにより、図 10 のように隣接する LR ブロックを一段階拡大した LR ブロックを Focus 領域に収めて提示する。ExtendLoopRoad ボタンを押すごとにさらに段階的に拡大した LR ブロックを提示することが可能である。

7. 評価実験

7.1 評価尺度

今回、評価尺度として再現率 R 、適合率 P 、 f 値を用いる。

図 11 に用いる領域の例を示す。A を求めたい領域、B を推定領域とした場合、再現率とは、 $R = \frac{A \cap B}{A}$ にて求められ、求めたい領域に対し、推定領域がどれだけの割合満たしているかを表す。適合率とは、 $P = \frac{A \cap B}{B}$ にて求められ、推定領域に対し、求めたい領域がどれだけの割合含まれているかを表す。また、 f 値とは $P = \frac{2 * P * R}{P + R}$ にて求められ、適合率と再現率の調和

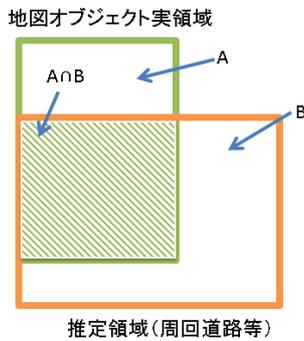


図 11 評価尺度として用いる値の例

平均を取った値である。また、 R 、 P 、 f 値は大きいほうがよい値である。

7.2 評価実験の目的

周回道路を Focus 領域に収めることができるが、ある施設の代表地点を内包する周回道路が施設領域と異なる場合、ユーザが Focus に収めたい領域ではなくなってしまう。そのため、周回道路の有効性を示すために領域が定義される地図オブジェクトに対して面積を求め、比較を行う必要がある。

また、明確に定められていないディストリクトを提示する場合、ディストリクトは決定できないため、提示する領域がユーザのディストリクトと一致するか評価する必要がある。そのため、以下の二つの評価実験を行った。

7.2.1 評価実験 1

地図オブジェクトに対し、推定領域を求め、それらの再現率、適合率、 f 値を比較し、評価を行った。地図オブジェクトは東海三県の公園、緑地データ 383 個を用いた。推定領域として、道路幅 ID2, 3, 4 の周回道路データと町丁目の行政区画データを用いた。道路幅 ID2 の周回道路データは 2 番目に広い道路幅のデータと 1 番広いデータを用いて構築された周回道路データであり、道路幅 ID3 は同様に 1~3 番目に広い道路幅のデータを用いて、道路幅 ID4 はすべての道路データを用いて構築された周回道路データである。

実験の結果、全地図オブジェクトに対する再現率の平均は図 12 のように道路幅 ID2 が 97.25 % となり一番よく、適合率の平均は図 13 のように道路幅 ID3 が 63.71 % となり一番よく、 f 値の平均は図 14 のように道路幅 ID3 が 70.6 %、道路幅 ID4 が 70.2 % となった。道路幅 ID3, 4 を用いた際、 f 値が高く、かつ再現率が高いため、道路幅 ID3, 4 の周回道路を用いた区画を提供することが有効であるといえる。

7.2.2 評価実験 2

繁華街、商店街のディストリクトを定義し、様々な提示手法を用いて、それぞれ再現率=1 となるまで領域を拡大し求めた。その際の領域に要した拡大回数と再現率を比較し、評価を行った。

ディストリクトとして、名古屋市市内における商店街、繁華街を 3 つ定義し使用した。提示手法として、道路幅を考慮した場合の拡大周回道路、道路幅を考慮しない場合の拡大周回道路の凸多角形及び最小包含円の形状、中心からの距離を半径 10m 毎に拡大した円形領域、100m 毎に拡大した円形領域を用いた。

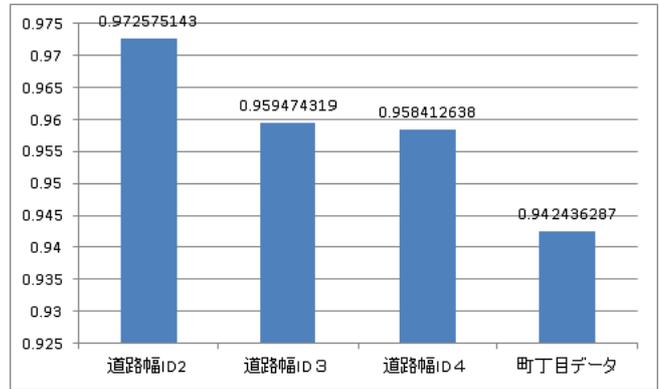


図 12 評価実験 1 において各推定領域に対する再現率の平均値

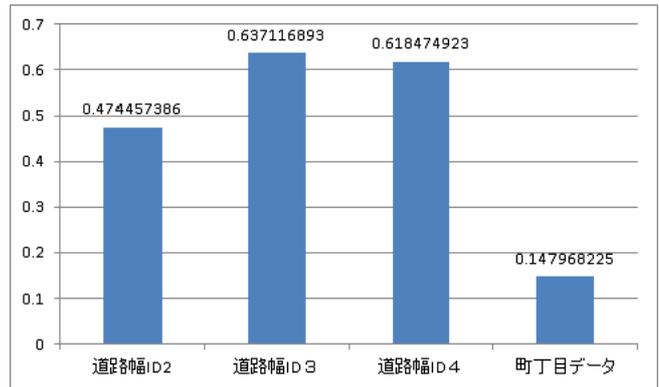


図 13 評価実験 1 において各推定領域に対する適合率の平均値

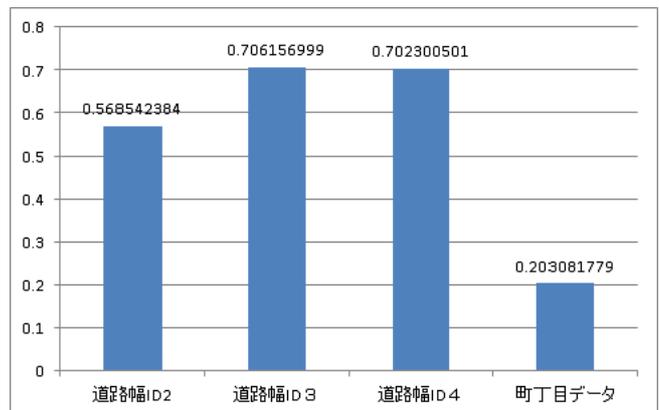


図 14 評価実験 1 において各推定領域に対する f 値の平均値

実験の結果、拡大回数において表 7 が得られ、すべての対象領域に対し、一定割合で拡大する場合と比較して拡大周回道路を用いた場合は拡大回数が大幅に少なくなった。また、再現率=1 になったときの適合率は図 15 のように、凸多角形にて構成される拡大周回道路の領域は一定割合にて拡大した領域と比べ、同程度の適合率となった。そのため、拡大周回道路はディストリクトの提示に有効であるといえる。

また、道路幅を考慮することの有効性は対象とする区域に依存するといえる。

8. 終わりに

今回は周回道路を用いた街区拡大システムを提案し、プロト

表 7 評価実験 2 においての再現率=1 になったときの拡大回数

使用形状/データ	データ 1	データ 2	データ 3
道路幅を考慮した凸多角形	6	2	6
道路幅を考慮した最小包含円	5	2	5
道路幅を考慮しない凸多角形	6	2	6
道路幅を考慮しない最小包含円	5	2	5
半径 10m 毎に拡大した円	67	80	94
半径 100m 毎に拡大した円	7	8	10

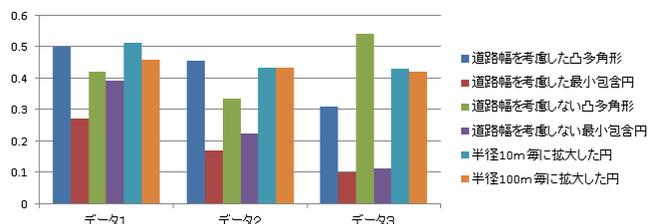


図 15 評価実験 2 においての再現率=1 になったときの適合率

タイプシステムを実装した。また、評価実験を行い、周回道路の有効性及び拡大周回道路の有効性について示した。今後の課題として、どのような場合に道路幅を考慮すべきかの実験を行うことがあげられる。

文 献

- [1] Naohisa Takahashi: An Elastic Map System with Cognitive Map-based Operations, International Perspectives on Maps and the Internet, Springer-Verlag, pp.73-87, Feb. 12, 2008 .
- [2] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Focus+Glue+Context: An Improved Fisheye Approach for Web Map Services, Proceedings of the ACM SIGSPATIAL GIS 2009, Seattle, Washington, pp.101-110, 2009.11
- [3] Lynch, K. , The Image of the City, Cambridge, MIT Press, 1960
- [4] 伊藤広記, 山本大介, 高橋直久, 周回道路データベースの構築とそれに基づく高速な周回道路導出手法, 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2011), B4-3(2011)
- [5] Daisuke Yamamoto, Hiroki Itoh, Naohisa Takahashi, "One Click Focusing: An SQL-based Fast Loop Road Extraction Method for Mobile Map Service", Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services (GEOProcessing 2012), pp.7-16, Valencia, Spain, 2012.1.30.
- [6] 日本統計協会: メッシュ統計 (online), <http://www.jstat.or.jp/mesh/index.html>
- [7] 伊藤広記, 山本大介, 高橋直久, 道路幅を考慮した拡大周回道路生成手法とモバイルマップへの応用, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2012-ITS-51(24)
- [8] Java テクノロジ サブシステムズ <http://jp.sun.com/java/>
- [9] MySQL 世界でもっとも普及している、オープンソースデータベース <http://www-jp.mysql.com/>
- [10] Apache Software Foundation - Apache Tomcat <http://tomcat.apache.org/index.html>
- [11] The Apache Software Foundation "Adobe Flex", <http://www.adobe.com/jp/products/ex/>