

Focus+Glue+Context マップのための ストロークに基づく道路ネットワーク総描システム

村瀬 正樹[†] 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: [†]murase@moss.elcom.nitech.ac.jp, ^{††}{yamamoto.daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし Focus+Glue+Context マップは、注目領域を拡大して表示する Focus 領域、広範囲の場所を閲覧できる Context 領域、Focus と Context の歪みを吸収する Glue 領域の 3 つの領域で構成された地図である。提案システムでは、ストロークに施設データを紐付けをした Fat-stroke と呼ぶデータ構造を提案した。道路総描の接続性に関する評価から、ユーザが選択した施設カテゴリに応じて、動的に道路を選択できていたことがわかった。また、従来の Glue 領域は、従来手法では、縮尺が小さくなった時に、道路の選択結果に偏りが生じていた。このため、ストロークを用いて密度を考慮した道路選択法を実現した。Glue 領域の道路密度を測定した結果から、提案手法は道路が偏る問題を解決できたことがわかった。本稿では、Focus+Glue+Context マップのためのストロークに基づく道路総描システムを提案し、その実現について述べる。

キーワード 道路総描, 空間データベース, Web マップ, GIS

1. はじめに

1.1 研究の背景

近年、Google Maps や Yahoo!地図などの Web マップが広く使われている。これらの Web マップは、拡大、縮小、地図位置の移動などの操作で、見たい範囲の地図をインタラクティブに閲覧できる。一方で、複数の地点の場所やその経路を表示しようとする、拡大、縮小、移動などの操作を繰り返す必要がある。

このため、我々は図 1 に示す Focus+Glue+Context マップを提案し、導入することでこの問題を解決した [1] [2] [3]。このマップは、注目域を拡大して表示する Focus 域、広範囲の場所を閲覧できる Context 域、Focus と Context の歪みを吸収する Glue 域の 3 つの域で構成される。この地図では、複数の地点に Focus を置くことで、少ない操作で広い範囲を見ながら、注目したい領域を見ることができる。

Focus+Glue+Context マップでは、Focus と Context は一般的な地図で使われるような事前に用意された地図画像を用いており、Glue 領域は動的に生成された地図画像を用いている。このため、この地図は、高い応答性を実現できた。しかし、特定施設の所在地を一覧するマップを要求すると、Web マップは、既存の地図画像上に施設の所在地を表示するだけである。利用者が見たい地図は、レストランなど目的施設の位置と、その地点に関係のある道路である。施設の少ない場所が必要以上に多くの道路が表示されると地図の視認性が低下し、施設への経路を探す上で支障となる。一方、我々は、ストロークを用いて施設検索の結果や画面の大きさなどに応じて道路ネットワークをオンデマンドで動的に変化させる総描方式を開発した [4] [5]。ストロークは、認知心理学に基づいて道ネットワークをグルーピングしたデータであり、道なりに続く道を 1 つのまとまりとして

表す [6]。本稿では、Focus+Glue+Context マップにストロークを適用することで地図の利便性の向上を図る。



図 1 Focus+Glue+Context 地図の生成例

2. 関連研究

重要な道路を選択することは、道路ネットワークの総描において重要な操作である。

Thomson と Richardson は道路ネットワークに対して、道路総描 (road generalization) のためのストロークという概念を提案した [7] [6]。ストロークは、地図の総描における機能的な重要性和知覚的な重要性を組み合わせたネットワークを構成する要素であり、知覚群化の法則 (principle of perceptual grouping) における 'よい連続の要因' (good continuation) を導入することでストロークを導き出すことができる。ストロークは、事前に決められたルールに基づいて構築され、順序付けされる。そして、順位の高いストロークを選択することで、道路が間引かれる。従来手法が提案する総描ストロークの長さや道路の種類によって順序付ける。

Zhang は connection analysis に基づいた特徴的な道路選択

の手法を提案した [8]. この手法では、各交差点で道路の接続する数を求めることで、特徴のある道路を選択する. このように、道路の総描において、道路の相対的な重要度を計算し、順序付けができるように道路の属性や長さや接続関係を組み合わせた手法がいくつか提案されている.

Bjrke は情報理論に基づいて地図上の道路を削除するためのアルゴリズムを提案した [10]. この手法では、information point と呼ばれる道路ネットワーク上の任意の点から similarity function を計算する. similarity function は任意の 2 点間の長さに基づいて計算される. そして、Similarity function と conditional probability の関係を導き出すことで、相互情報量を用いた最適な道路総描を可能にする.

Yungang らは 'mesh density' と呼ばれるある地点の区画とそれを囲む道路の長さの割合に基づいて道路の選択的な削除手法を提案した [11]. mesh density が高い場所は道路の間隔が狭くなるため、mesh density が高い区画の道路を削除する. これにより、小さなスケールの道路ネットワークを作成することを可能にする.

3. Focus+Glue+Context マップにおける総描問題

まず、縮尺が一定である Focus, Context 領域と縮尺が一定でない Glue 領域それぞれについて考える.

3.1 Focus と Context の総描

従来の Focus+Glue+Context マップにおける Focus, Context は一般的な Web マップで使う地図と同じで、地図サーバを用意して、地図サーバから必要な範囲の地図を受け取り、表示している.

Web マップは、目的の位置を確認したり、目的地への経路を調べたりするためなどにも用いられる. 利用者は、レストランなど目的施設を含むカテゴリを指定すると、Web マップがそのカテゴリのオブジェクトを地図上に提示する. 利用者は、目的のオブジェクトを見つけて、地図に描画された道を通ることにより、目的地への経路を調べることができる. しかし、特定施設の所在地を一覧するマップを要求すると、Web マップは、既存の地図画像上に施設の所在地を表示するだけである. 利用者が見たい地図は、それらの位置と、その地点に関係のある道路である. 施設の少ない場所で必要以上に多くの道路が表示されると地図の視認性が低下し、施設への経路を探す上で支障となる. このため、地図のスケールやオブジェクトの位置に応じて、道路を間引く必要がある. これに応える手法に、ストロークを用いた道路の総描がある [7] [6] [8]. この手法は、河川や道路などのネットワークデータを、認知心理学的特徴に基づいて連続性が認められる場合に、ストロークとしてグループ化する. ストロークは、直観的には、道なりに続く道路に対応する. 長いストロークを選択することにより、支線を取り除いて幹線となる河川や道路を残すことができる. 道路ネットワークとストロークの関係を図 2 に示す. 道路ネットワークは、道路の交差点を表す「ノード」と隣接するノード同士を接続した「リンク」で構成される. 図 1(b) は、図 1(a) においてノードとリンクで

構成された道路ネットワークに対して知覚群化の考えを適用してストロークを構成したときの道路ネットワークである. ストロークは、リンクの系列で表すことができる. 例えば、図 1(b) において、ストローク S3 は図 1(a) の L5, L10, L17 のリンクで構成されており、 $S3=(L5,L10,L17)$ と表す.

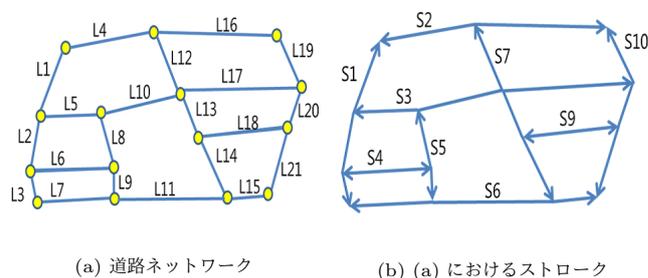


図 2 道路ネットワークとストロークの例

しかし、従来のストロークを地図の総描に適用すると以下のような問題が発生する.

- 問題 1 従来のストローク生成は、施設位置データとは独立に道路ネットワークを解析する. このため、多くの施設が隣接する道路を選択できるように、ストロークと施設位置の関係を解析する必要がある. しかしながら、このような解析には、多大な時間を要し、Web サービスとして実現することが難しい.
- 問題 2 ストロークを用いた従来の総描手法では、長いストロークを残し、短いストロークを取り除く. このため、案内地図に適用した時、目的地への経路がなくなることがある.
- 問題 3 地図上に描画する道路の数を決定する手法がない. 適切な量の道路を描画しなければ、地図の視認性が低下する. このため、案内地図のための道路総描時に、描画する道路の数を決める必要がある.

3.2 Glue の総描

次に、Glue 領域について述べる.

Glue 領域の生成には大きく分けて 2 つの手順がある. 1 つは道路の変形である. Focus と Context の縮尺差により、整合性が合わなくなるため、Glue で道路を変形させることで歪みを吸収する. 道路の変形には再配置関数によって行われる. 再配置関数は、変形前の中心から任意の地点への距離を入力として、変形後の距離を出力する関数である. 既存手法では、3 次ベジェ曲線を用いることで、滑らかに道路を変形させることを可能としている.

もう 1 つは、道路の選択である. 既存手法の道路選択は道なり道路選択手法と呼ばれる方法を用いている. これは、Focus-Glue 境界の道路から Context 方向に向けて「道なり道路」と呼ばれるまっすぐ続く道路を選択する. 再配置関数による道路変形手法は、Focus の中心から同心円方向にある道路の密度が

密になる。このため、この手法により、同心円方向の道路を削減することができる。

再配置関数による道路変形手法は、Focus の中心から同心円方向にある道路の密度が密になる。このため、Focus-Glue 境界の道路から Context 方向に向けて「道なり道路」と呼ばれるまっすぐ続く道路を選択することでこの問題を解決している。

既存の Glue 領域の道路選択手法では、同心円方向のみの削減しか考えていなかった。このため、既存の Glue 領域の道路選択方式では以下の問題がある。

問題 4 Focus から放射線上に延びる道路を優先的に描画すると、Context 付近に比べて Focus 付近の道路の密度が高くなる。Focus と Context の縮尺比が大きくなると、両者の密度の違いは大きくなり、Focus 付近の密度が著しく高くなり、Context 付近の密度は著しく低くなるため、Glue の視認性が低下する。

これを解決するため、Glue 領域の道路を削減にストロークを用いてこの問題を解決する。Glue 領域の生成には、この2つの手順が必要であるが、本稿では、道路の変形手法を既存手法と変えず、道路の選択方式を新たに提案する。

4. 提案システムの概要

4.1 提案システムの特徴

提案システムは以下の特徴を持つ。

特徴 1: ストロークと施設データを結びつけた **Fat-Stroke**

提案システムは施設検索結果とストロークを紐付けた Fat-Stroke を提案する。Fat-stroke はユーザの要求を受け取る前に事前に計算することができる。このため、Fat-Stroke を構築すると、多くの施設に面したストロークをオンデマンドで優先的に選択して描画することが可能になる（問題 1, 2 への対応）。

特徴 2: 重要度に基づくストロークの順序付け

ストロークの長さと同様に、ある種別の施設位置や目的地などの重要な地点を考慮して案内地図に必要な道路を選択する機能を実現する。長いストロークは、主要な道路となりやすいので、従来の手法 [6] と同様に、ストロークの長さを重要度の評価尺度として用いる。さらに、施設が多い通りは、人通りや交通量が多くなり、目的地への経路上の道路となりやすいので、重要な道路とみなす。このような重要度に従ってストロークを選択的に描画することにより、目的地へ至る経路のような重要な道路を間引かないで残すようにすることが可能になる（問題 2 への対応）。

特徴 3: 道路の密度に基づくストローク数の決定

描画する画面の大きさに対して、道路の全長が基準値以下になるように、ストロークの数を定める手法を実現する。これにより、描画する地図の範囲と縮尺を変えずに画面の大きさを小さくしたり、画面の大きさを変えずに描画する地図の範囲を広くしたりして、縮尺が小さくなった場合でも、重要でない道路を間引いて道路の密度を高くならないようにすることが可能になる（問題 3 への対応）。

特徴 4: Glue 領域のストローク選択法

Glue の面積に比例するようにストローク数 n を定める。Glue 領域の Focus, Context 境界をまたぐストロークを取り出し、これらのストロークの重要度を計算して、重要度の高い上位 n 本のストロークを描画する。上位 n 本のストローク及び、これらのストロークと接続するストロークを描画する。これにより、問題 4 を解決する。

4.2 システム構成図

提案システムは、図 3 のように大きく分けて地図 DB、道路総描サーバ、Glue サーバの要素で構成されている。地図 DB では、道路データから周回道路、ストロークという中間データを作成し、これらと施設データを組み合わせて Fat-stroke を作成する。周回道路は、1 つの区画を囲む道路であり、リンクの系列で表される [13]。道路総描サーバはストロークの順序付けと選択の 2 つの機能がある。Glue サーバは、Glue 領域のためのストロークの順序付けと選択をし、Focus, Context の縮尺差を吸収するための道路変形の機能がある。

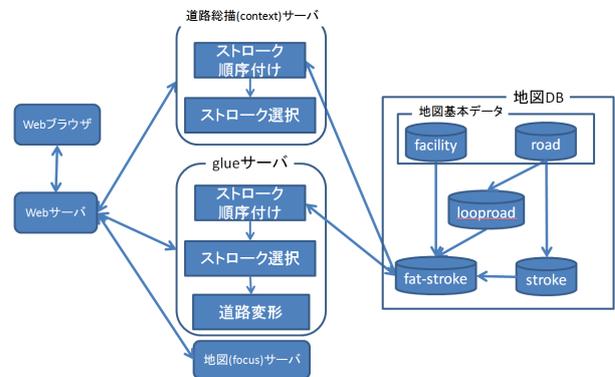


図 3 提案システムの構成図

5. 提案システムの実現法

本章では、提案システムの実現方式について述べる。

5.1 Fat-Stroke の生成

図 4 に示す手順に基づいて、Fat-stroke はストローク、周回道路、施設データから作られる。図 4 に示すように、fat-stroke を生成する以下の 3 つの中間テーブルを用いる。1 つ目は、LF テーブルで、周回道路と施設データの関係を表すテーブルである。LF テーブルは、周回道路とその周回道路の中に位置する施設データの組を保持している。2 つ目は、SL テーブルで、ストロークと周回道路の関係を表すテーブルである。SL テーブルは、ストロークとそのストロークに隣接する周回道路の組を保持している。3 つ目は、SF テーブルで、それは、ストロークとそのストロークと紐付ける施設を保持するテーブルである。

- (1) 周回道路テーブルの各周回道路データ $LR_i (i = 1, \dots, N_{LR}, N_{LR}$ は周回道路の数) に対して、周回道路内にある施設データを求めて、表 1 に示す周回道路と施設の関係を表す LF table を作る (図 4(i)) `select looproad_id, facility_id from looproad_table, facility_table where st_contains(LRi, facility_location);`

- (2) ストロークテーブルにある各ストローク S_j ($j = 1, \dots, N_{ss}$, N_{ss} は分割操作を行った後のストロークテーブルにあるストローク数) に対して, その構成要素 (リンク) を含む周回道路を求めて, 表 2 に示すストロークと周回道路の関係を表す SL table を作る (図 4(ii)) `select stroke_id, looproad_id from stroke_table, looproad_table where st_intersects(S_j , looproad_poly)`;
- (3) (i), (ii) で生成した関係テーブルから表 3 に示すストロークと沿線施設の関係テーブル (SF table) を求める (図 4(iii))
- (4) 最後に, ストロークと, SF table から表 4 に示す Fat-Stroke が生成される (図 4(iv))

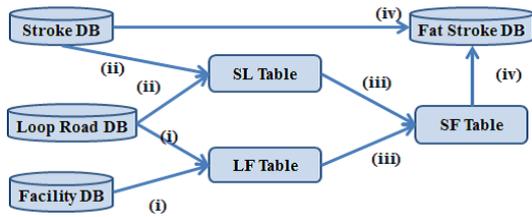


図 4 Fat-stroke 生成の手順

表 1 LF table

column	type	description
looproad_id	int	周回道路 ID
facility_id	int	施設 ID
facility_category	int	施設カテゴリ

表 2 SL table

column	type	description
stroke_id	int	ストローク ID
looproad_id	int	周回道路 ID

表 3 SF table

column	type	description
stroke_id	int	ストローク ID
facility_id	int	施設 ID
facility_category	int	施設カテゴリ

表 4 Fat-stroke データ構造

column	type	description
stroke_id	int	ストロークの ID
stroke_length	double	ストロークの長さ
facility_num	int	このストロークと紐づく施設数
facility_category	int	施設のカテゴリ

5.2 ストロークの順序付け

案内地図の作成のために次のような観点から重要な道路を選択する。

目的地への経路上にある道路

目的地への経路は必要不可欠であり, それらの道路は, 必ず選択されるべきである。

道沿いに目的の施設種別の建物が多い

目的施設が複数ある場合や, 目的施設に関連する施設が多い通りは, 目的施設への経路上になるため, 重要である。

道なりに長く続く

道なりに長く続く道路は, 国道や, 県道など主要な道路であることが多い。主要な道路は, 人通りや交通量が多く, 目的施設への通り道になる可能性が高いため, 重要である。

このため, ストローク長とストロークの沿線施設数を考慮してストロークの重要度を定める。ここで, 以下の記号を定義する。

- N_f : ストロークの沿線にある施設数
- L_s : ストロークの長さ
- $w_{facility}, w_{stroke}$: N_f と L_s に対する重み。

($w_{facility} + w_{stroke} = 1$)

- $NearestStroke(l)$: l に最も近いストローク
- MSL : ユーザによって指定される目的地点などの重要な場所

ストローク s の重要 S_s は, 上記の記号を用い表す。

$$S_s = \begin{cases} 1 & (\text{if } s = NearestStroke(l) \text{ where } l \in MSL) \\ \frac{N_f}{\sum N_f} w_{facility} + \frac{L_s}{\sum L_s} w_{stroke} & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

ストロークの重要度は $w_{facility}, w_{stroke}$ の比率を変えることによって, お店の数, ストロークの長さのどちらかを優先するか調整することができる。 w_{shop}, w_{length} はシステムパラメータである。ユーザにより地図上の重要な場所 (MSL) を指定されると, Fat-Stroke データを用いて上式により, ストロークの重要度を計算できる。

5.3 ストローク数の決定

ストロークの描画数は, 地図の大きさに対して, どれだけのストロークが描画されるかの割合によって決める。この割合が高いと路の間隔が狭くなり, 地図が見づらくなる。逆に, 小さすぎると, 地図上の情報量が少なくなりわかりづらい。ストロークの描画数を適切に設定することで, 地図の大きさに対する道路描画される割合が一定になり, 地図が見やすくなる。次式により地図全体に対して, 描画される道路が占める割合を表す $\alpha(n)$ を求める。基準値 α_0 に対して, $\alpha(n) \leq \alpha_0$ になる n を描画ストローク数とする。これにより, 地図上で道路が占める割合が一定以下になる。

$$\alpha(n) = \frac{\sum_{i=0}^n (s_i \cdot length \cdot s \cdot width)}{S_{map}} \leq \alpha_0 \quad (2)$$

ただし,

- s_i : i 番目に重要度が高いストローク
- $s_i \cdot length$: ストローク s の長さ

- s_width : ストローク s の幅 (システムパラメータ)
- S_{map} : 地図表示範囲の面積
- α_0 : システムパラメータ

5.4 Glue 道路総描手法

Glue 領域は、Focus と Context の歪みを吸収しているため、同心円方向の道路の密度が高くなってしまふ。このため、道路を間引くことで、道路の密度が高くなる問題を解決する。従来の道なり道路選別手法では、Focus-Context 境界の道路からまっすぐ続く道路 (道なり道路) を選択することで、同心円方向の道路を間引くことを行っている。この従来手法は、同心円方向の道路を削減することを目的としており、放射方向の道路を削減は考慮していない。

このため、Focus の縮尺が小さくなると Focus の道路が多くなってしまい、従来手法を用いると放射方向の道路も多くなる。特に、Focus-Glue 境界の道路はすべて選択するので、Focus-Glue 境界付近の道路は多く選択されてしまう問題がある。また、Focus から Context の距離が伸びると、Focus から Context へ到達する道路が少なくなる。このため、Glue-Focus 境界付近の道路が少なくなり、Focus から Context へ至る経路が減少する。

提案システムでは、この問題を解決するために、描画領域の密度を考慮してストロークを選択的に描画する。ストロークは、道路をストロークという単位で、扱うことができるので、この問題に対して、ストロークを使うことの利点は Focus-Glue,Glue-Context 付近の道路を選択的に選ぶことができる点にある。

5.4.1 Glue 内の道路選択

Focus-Glue 境界は縮尺を小さくすると道路の間隔が狭くなるので、この境界を横切る道路の数を指定するようにする。また、Glue-Context 境界は道路を間引くことで、この境界の道路の数が少なくなるため、同様に、この境界を横切る道路の数を指定する。上記の選択結果だけでは、Glue の中で途切れてしまう道路があるため、途中で途切れる道路が少なくなるように、途切れた道路はその場所と接する道路も選択するようにする。Glue の内の道路の選択アルゴリズムを以下に示す。

- (1) ストロークに重要度を付与したストロークの集合を作成 $S_{orderedStroke}$
- (2) $S_{orderedStroke}$ から Focus-Glue 境界にあるストロークのみを取り出した集合を求める $S_{fgStroke}$
- (3) $S_{orderedStroke}$ から Glue-Context 境界にあるストロークのみを取り出した集合を求める $S_{gcStroke}$
- (4) $S_{fgStroke}, S_{gcStroke}$ それぞれから指定の数 (n) だけ取り出したストローク集合を求める $S_sStroke$
- (5) $S_sStroke$ の各ストロークの端点が Glue 内部に存在した時、そのストロークと接するストロークをすべて求める $S_{touchedStroke}$
- (6) $S_sStroke$ と $S_{touchedStroke}$ を合わせて重複を取り除いたス

トロークが最終的に選択される。

ストロークの重要度は、ストロークの長さや fat-stroke などを使って定義することができるが、ここでは、単純にストロークの長さを用いる。

5.4.2 Focus-Glue 境界, Glue-Context 境界の描画数の決定

Focus-Glue 境界, Glue-Context 境界の描画数ストロークの数 (n) は任意の値を指定することができる。ここでは、Glue の大きさによって大きさが変化するように、以下の式で表す $\beta(n) \leq \beta_0$ となる最大の n を求める。

$$\beta(n) = \frac{n \cdot r_{inner} \cdot S_{width}}{\pi r_{outer}^2 - \pi r_{inner}^2} \leq \beta_0 \quad (3)$$

- r_{outer} : Glue 外側の半径
- r_{inner} : Glue 内側の半径
- S_{width} : ストロークは幅
- β_0 : 調整パラメータ

$r_{inner}S_{width}$ はストローク 1 本あたりの面積を想定しており、 $\pi r_{outer}^2 - \pi r_{inner}^2$ は Glue の面積である。このため、選択するストロークの数は、Glue 内のストロークの密度が一定になるように選択されるようにしている。

6. プロトタイプシステム

我々は、提案システムのプロトタイプシステムを実装した。サーバサイドに Java , クライアントサイドに Javascript を用いた。また、基本的な Web マップインターフェースを実現するために Javascript ライブラリの Leaflet (<http://leafletjs.com/>) を用いた。地図データは、OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org/>) から取得し、PostgreSQL と PostGIS (<http://postgis.refrains.net/>) を用いてデータベースを構築した。

6.1 道路総描システムの実装

Fat-stroke を用いてオンデマンドに道路を総描するシステムを作成した。プロトタイプシステムは、インタラクティブな Web マップアプリケーションである。

カテゴリを左のメニューから選択することで、右の地図にそのカテゴリの施設とそれに基づいた重要度の高い道路が表示される。道路の総描結果は、カテゴリの選択結果によって変化する。さらに、"generalization" ボタンを押すことで、新しいウインドウが表示され、表示したウインドウの大きさによって表示結果が変化する。

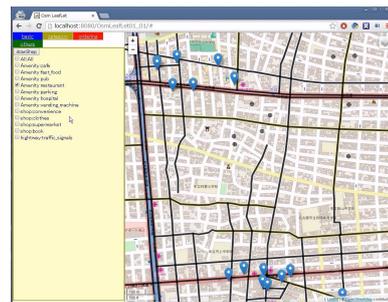


図 5 道路総描システム

6.2 Focus+Glue+Context マップの実装

ベースとなる Context 領域の上に、Glue サーバから受け取った Glue 用の画像、その上に、Focus 用の地図画像を重ねて表示することで、Focus+Glue+Context マップを実装した。今回は、Focus、Context には一般的な地図サーバから地図画像を取得し、表示したが、この領域を 6.1 節で実装した道路総描の画像に変更することで、Focus,Glue,Context すべての領域を道路総描した地図を表示することもできる。

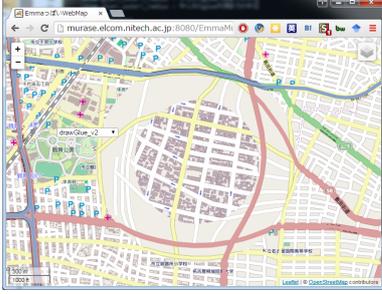


図 6 Focus+Glue+Context マップ

7. 提案システムの評価

7.1 道路総描システムの評価

Web マップは、限られた範囲に必要な情報を表示しなければならない。もし、すべての情報を地図上に表示すると、表示する情報が多くなるので、地図の視認性が悪くなる。この理由から、不要な情報は、取り除くべきであり、重要な情報だけを選択すべきである。Zhang は道路ネットワークの総描のための評価基準として、“connectivity(接続性)”を導入した [8]。一般的に、実世界の道路は、相互接続しているの、総描された道路は、互いに接続していなければならない。彼らは、評価基準として、交差するストロークの数を使用した。一方で、ストロークの重要度はその長さによって異なるので、我々は、交差するストロークの数の代わりに、その合計長を使用する。この評価尺度は、施設へ到達可能かどうかを計測するための評価尺度としても使用する。最後に、我々はこれらの評価尺度を用いて、fat-stroke と従来のストロークを比較する。

7.1.1 評価方法

中心の緯度経度 (35.157,136.930)、地図の大きさ (7.989km×7.989km) の場所で施設カテゴリ parking で以下の実験を行う。また、システムパラメータを以下のように設定する

- MSL(most significant point) は設定しない
- $s_width = 5$
- $S_{map} = 1024px \times 1024px$

我々は、ストロークの重要度 S_s を以下の 3 つの方式で計算して比較評価する。

- Method 1(M1): 提案手法 ($w_{facility} = 0.2, w_{stroke} = 0.8$)
- Method 2(M2): ストロークの長さのみを使用する (従来手法), ($w_{facility} = 0, w_{stroke} = 1$)

- Method 3(M3): 施設データのみを使用する ($w_{facility} = 1, w_{stroke} = 0$)

はじめに、いくつかのパラメータを定義する。

- TSS: 元の道路ネットワークにおけるすべてのストロークの集合
- TFS: 施設検索によって選択された施設の集合
- SSS: 総描された道路におけるすべてのストローク集合
- $|S|$: 集合 S における要素の数
- $TLS(S)$: ストローク集合 S におけるストロークの合計長
- $RSSS(s) = \{s' \mid s' \in SSS, s' \text{ は } s \text{ から到達可能}\}$
- $RSSF(f) = \{s' \mid s' \in SSS, s' \text{ は } f \text{ から到達可能}\}$
- $SRSLs = \sum_{SSS \in s} TLS(RSSS(s))$
- $SRSLF = \sum_{TFS \in f} TLS(RSSF(f))$

つぎに SSS におけるストローク間の接続性のための評価尺度 C_S 、そして、SSS における施設とストローク間の接続性のための評価尺度 C_F を以下のように定義する。

$$C_S = \frac{SRSLs / |SSS|}{TLS(TSS)}$$

$$C_F = \frac{SRSLF / |TFS|}{TLS(TSS)}$$

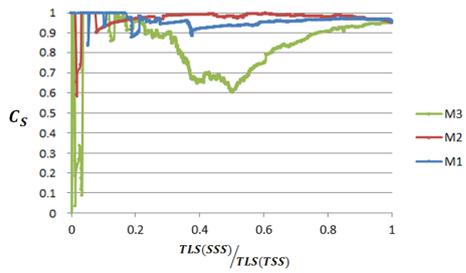
$SRSLs / |SSS|$ は総描した道路ネットワークにおける任意のストロークから到達可能なストロークの平均長を表す。 C_S は、これを $TLS(TSS)$ で除算することで得られる。 $SRSLF / |TFS|$ は総描した道路ネットワークにおける任意の施設から到達可能なストロークの平均の長さ。 C_F はこれに $TLS(SSS)$ で除算することで得られる。 C_S と C_F は総描しない道路を間引かないで元の道路データを用いた場合と比べてどれくらい接続性を維持しているかを表す。

7.1.2 結果

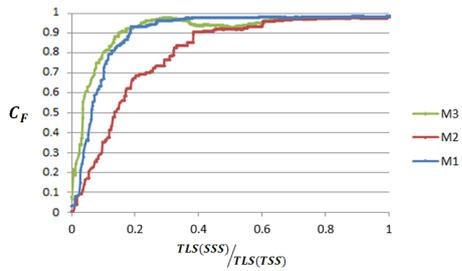
図 7 は評価 2 の結果を示す横軸 ($TLS(SSS) / TLS(TSS)$) は、元の道路ネットワークの道路の長さに対する総描した道路の長さの割合、縦軸はそれぞれ C_S と C_F を表す。図 7(a) から M1 と M2 は M3 より C_S が高くなっている。この結果から、道路総描において、M1 と M2 は M3 と比べて高い接続性を維持していることがわかる。M1 と M2 はストロークの重要度の計算に長いストロークを使うので、長いストロークが選択されやすい傾向がある。長いストロークは、互いに接続しやすい傾向にあるので、これらの方式を使うことで、 C_S の値が高くなる。一方で、手法 M3 は他の手法と比べて C_S が低くなっている。M3 はストロークが短くても隣接する施設数が多い場合、道路の重要度が高くなる。短い道路は他の道路と接続しにくくなるため、 C_S の値が低くなる。

図 7(b) では、M1 と M3 は M2 と比べて C_F が高いことがわかる。この結果は、M1 と M3 はストローク数が少なくても総描した道路ネットワークにおいて、より多くの施設に到達できることがわかる。一方で、M2 は道路選択に施設データを使っていないので、他の手法と比べて到達可能な施設が少なくなってしまう。

次に、総描結果の道路ネットワークの形状について考察する。



(a) ストローク間の接続性 (C_S)



(b) ストロークと施設間の接続性 (C_F)

図 7 接続性の評価結果

図 8(a), 8(b), 8(c) は $\frac{TLS(SSS)}{TLS(TSS)} = 0.3$ の時の 3 つの方式 (M1, M2, M3) を使って総描した結果を示す。図 9, 図 10 は図 8 の一部を拡大したときの図である。図 9 の (a) と (b) を比較して, M1 は長いストロークを選択し, 相互に道路が接続していることがわかる。しかしながら, M3 は短い道路を選択しているため, 道路ネットワークの接続性が低い。長いストロークを優先的に選択することは, C_S の値が高くなる原因の 1 つである。図 10 の (a) と (b) を比較すると, M1 では, 施設に面した道路が多く選択されている。一方で, M2 は, 選択されていない場合があることが分かる。この結果は, C_F が小さくなることの原因になる。

以上のことから, M1 は, C_S, C_F いずれの値も比較的良好であり, 3 つの手法の中で最も優れているといえる。

7.2 Glue 総描システムの評価

従来システムでは, Focus の縮尺を小さくすると, Focus 付近の道路が込み入ってしまい, Context 付近の道路が少なくなってしまう問題がある。

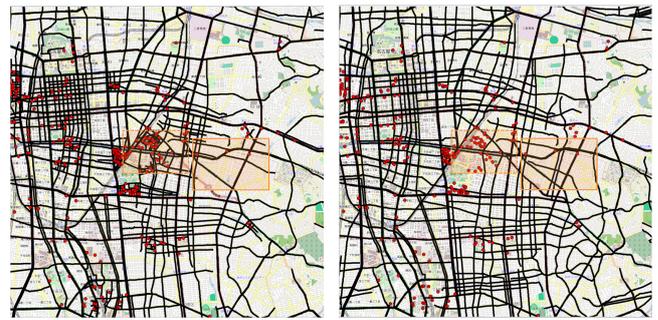
このため, 同心円方向, 放射方向それぞれの道路の密度を測定することで, 提案システムでは, この問題がどれだけ改善したかを示す。

7.2.1 評価方法

Glue の道路総描の評価では, 以下の 2 つを比較する。

- 提案システム: 提案システムの Glue 総描法を用いた Glue

- 従来システム: 道なり道路選別手法を用いた Glue
中心地点 (緯度, 経度) = (136.930, 35.157), 地図の大きさ (1024px × 1024px), Focus-Glue 境界の半径 200px, Glue-



(a) Method M1

(b) Method M2



(c) Method M3

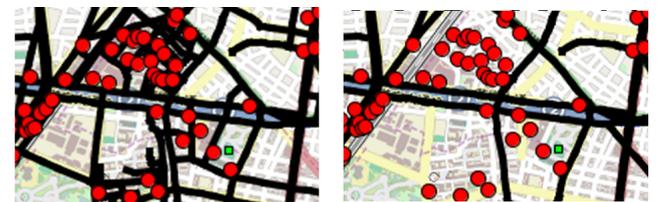
図 8 $\frac{TLS(SSS)}{TLS(TSS)} = 0.3$ の時の総描結果



(a) Method M1

(b) Method M3

図 9 図 8 の点線で囲んだ部分を拡大



(a) Method M1

(b) Method M2

図 10 図 8 の実線で囲んだ部分を拡大

Context 境界の半径 400px, Focus のズームレベル 14, Context のズームレベル 13, $\alpha = 0.3$ の条件で測定する。同心円方向は 10 等分して測定し, 放射方向は 30 度ごと分割して測定する。

7.2.2 結 果

図 11 は同心円方向の円と交差するリンクの数を表す。この結果から、従来システムだと Focus 付近の道路が多くなっていることがわかる。一方、提案システムは、Focus 付近で、従来システムよりより多くの道路を間引くことができているこれは、提案システムでは、Focus 境界、Context 境界の描画する道路の量を調整できるからである。図 12 は測定した地点の各手法の Focus+Glue+context マップの一部を拡大して表示した結果である。この結果からも従来システムは、Focus 付近の道路が多く表示されているが提案システムではこの問題が解決できたことがわかる。

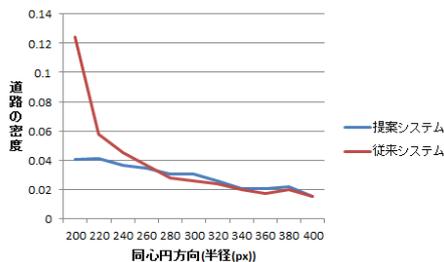


図 11 同心円方向の円上の道路の密度



(a) 提案システム

(b) 従来システム

図 12 Focus+Glue+Context マップの一部を拡大

8. おわりに

本稿では、Focus+Glue+Context マップのためのストロークに基づいた道路ネットワーク総描システムを提案し、その実現法について述べた。Focus、Context の道路総描については、ストロークに対して付加情報として施設情報を紐付けた”Fat-stroke”を用いて道路の総描システムを提案し、実装した。Glue の道路総描については、ストロークに基づいた道路総描手法を提案し、実装した。また、提案システムに基づいて、プロトタイプシステムを実装し、実験評価を行った。実験結果により、Fat-stroke を用いた道路総描手法は、地図利用者の要求に応じた総描システムを作成することができた。そして、ストロークに基づく Glue 領域の道路総描システムは、Focus 付近の道路が偏る問題を解決することができた。

本研究は JSPS 科研費 26330136, 25700009 の助成を受けた

ものです。

文 献

- [1] 山本大介, 小関章太郎, 高橋直久, 道なり道路選別手法に基づく Fisheye View マップ総描手法, 電子情報通信学会論文誌, pp. 1914-1925, 2010.
- [2] 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, 2008.
- [3] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Focus+Glue+Context: An Improved Fisheye Approach for Web Map Services, Proceedings of the ACM SIGSPATIAL GIS 2009, pp.101-110, 2009.
- [4] 村瀬正樹, 山本大介, 高橋直久, 施設検索結果に基づく道路ネットワークの高速総描システムの実現, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム, pp. 581-588, 2014.
- [5] M. Murase, D. Yamamoto, N. Takahashi, On-demand Generalization of Guide Maps with Road Networks and Category-based Web Search Results, Proceedings of the 14th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information System (W2GIS 2015), France, pp.53-70, 2015.
- [6] R.C. Thomson, D.E. Richardson, 'Good Continuation' Principle of Perceptual Organization Applied to the Generalization of Road Networks, In: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference (ICC), pp. 1215-1223, 1999.
- [7] R.C. Thomson, R. Brooks, "Efficient Generalisation and Avstraction of Network Data Using Perceptual Grouping", GeoComputation 2000.
- [8] Q. Zhang, Road Network Generalization Based on Connection Analysis, Development in Spatial Data Handling 2005, pp. 343-353, 2005.
- [9] B. Jiang, C. Claramunt, A Structural Approach to the Model Generalization of an Urban Street Network, GeoInformatica 8(2), pp. 157-171, 2004.
- [10] J.T. Bjrke, Generalization of Road Networks for Mobile Map Services: an Information Theoretic Approach, In: Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), pp. 127-135, 2003.
- [11] Yungang. Hu, Jun. Chen J., Zhilin Li, Renliang Zhao, Selection of Streets Based on Mesh Density for Digital Map Generalization, In: Proceedings of the International Conference on Image and Graphics 2007, pp. 903-908, 2007.
- [12] B. Jiang, C. Claramunt, 2004. A Structural Approach to the Model Generalization of an Urban Street Network, GeoInformatica 8(2), pp. 157-171.
- [13] D. Yamamoto, H. Itoh, N. 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, 2012.
- [14] Stephen Wise(2013), "GIS Fundamentals, Second Edition", CRC PRESS