

階層化ストロークネットワークを用いた道路総描システム

福安 浩明[†] 金 鎔煥[†] 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: †fukuyasu@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{kim,yamamoto,daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 近年、商業施設の広告、観光地の案内図などで略地図を見る機会が多い。しかしながら、略地図は自動生成が難しく、略地図生成には時間と労力がかかる。略地図の生成には重要度の低い道路を間引いて、必要な道路だけを描写する道路総描と地図オブジェクトの簡略化が必要である。そこで、本研究は、ストローク（道なりに続く道路）に着目し、重要度の高いストロークを選択的に描写する道路総描システムの実現を目的とする。この方式では、密度を抑えて視認性が高い道路ネットワークをリアルタイムで描写する機能を実現する。道路総描とは道路クラスや道路の長さ、周囲の施設などに基づいて重要度の低い道路を間引いて、必要な道路だけを描写することである。しかし、道路総描システムの実現にはいくつかの問題点がある。そこで、次の特徴を持つシステムを提案する。(1) グローバル SN とローカル SN に階層化したストロークネットワークを用いて道路総描を行う。グローバル SN はストロークの長さや画面の大きさに応じて道路を間引いて表示する。ローカル SN は施設に応じて道路選択を行う。このように道路を間引くことによって、小さな画面でも視認性の低下を抑制する。また、グローバル SN により、地域を特徴づける基幹道路が描写されるため、施設カテゴリや地図領域の変化による描写道路の変化が少ない。(2) ローカル SN では到達経路のない施設に対して、施設からグローバル SN を結ぶ経路を生成する。これによって、全ての施設に対して到達経路が描写される。(3) 全ての施設に対して、経路同士のなす角を用いて、東西南北に伸びる複数の施設からグローバル SN を結ぶ経路を生成する。これによって、どの方向から出発しても大きな迂回が発生しづらくなる。ローカル SN の生成手法に関する評価実験では、ただ 1 本の経路を描写するときの迂回距離約 165m に比べ、提案手法では約 62m となり、迂回距離を 100m 以上減らすことができた。また、到達率に関する評価実験では、ローカル SN を生成することによって、到達率は約 88.8% から約 97.9%~100% に向上した。

キーワード 略地図, 道路総描, 階層化, 道路ネットワーク

1 はじめに

近年、GoogleMaps [1] をはじめとする多くの Web マップサービスが普及している。これらの Web マップは地図を手軽に見ることができ、多くの人が利用している。GoogleMaps など多くの Web マップでは、紙の地図と同様な複数の縮尺の地図画像を事前に準備し、描写時に、指定された縮尺の地図画像を選択して提示している。さらにその上に、店舗情報や、GPS トレースなどの位置コンテンツを重ねて表示する。この結果、携帯端末のような小さな画面に表示する場合や、位置コンテンツが大量にある場合などに、視認性が著しく低下することがある。

一方で、商業施設の広告、観光地の案内図などは Web マップではなく略地図を見る機会が多い。略地図は道路や施設などの地図オブジェクトの選択、配置、形状などを変えて地図を簡略化、抽象化して描写する地図である。これにより、携帯端末などの小さな画面でも見やすい地図になる。しかしながら、略地図は自動生成が難しく、略地図生成には時間と労力がかかる。また、略地図は静的な地図であるため、Web マップのように任意の場所の地図を見ることができない。

そこで、本研究は、ストローク（道なりに続く道路）に着目し、注目したい施設カテゴリが指定されたとき、重要度の高い

ストロークを選択的に描写する道路総描システムを提案する。この方式では、密度を抑えて視認性が高い道路ネットワークをリアルタイムで描写する機能を実現する。道路総描とは道路クラスや道路の長さ、周囲の施設などに基づいて重要度の低い道路を間引いて、必要な道路だけを描写することである。

道路総描システムの実現には次のような問題点がある。

問題点 1 施設カテゴリとストロークの長さに応じて道路総描を行うと地域を特徴づける基幹道路が描写されるとは限らない。そのため、施設カテゴリや地図領域の変化によって描写される道路が大きく変わってしまうことがある。

問題点 2 縮尺の小さなマップや道路を間引いて描写したマップではユーザが注目する施設への経路（到達経路）が描写されるとは限らない。多くの Web マップでは短い細かい道路は描写されにくいことが多いため、大通りに面していない施設への経路が描写されないことがある。

問題点 3 全ての施設に対して到達経路が 1 本描写される場合でも出発地によっては大きな迂回が発生することがある。

到達経路の迂回の発生例を図 6 に示す。図の青線は描写される道路、点線は描写されない道路を表す。本論文では、上記の問題を解決するため以下の特徴を持つ道路総描システムを提案する。

特徴 1 グローバル SN とローカル SN に階層化したストローク

クネットワークを用いて道路総描を行う。グローバル SN はストロークの長さや画面の大きさに応じて道路を間引いて表示する。ローカル SN は施設に応じて道路選択を行う。このように道路を間引くことによって、小さな画面でも視認性の低下を抑制する。また、グローバル SN により、地域を特徴づける基幹道路が描画されるため、施設カテゴリや地図領域の変化による描画道路の変化が少ない(問題点 1 を解決)。

特徴 2 ローカル SN では到達経路のない施設に対して、施設からグローバル SN を結ぶ経路を生成する。これによって、全ての施設に対して到達経路が描画される(問題点 2 を解決)。

特徴 3 全ての施設に対して、経路同士のなす角を用いて、東西南北に伸びる複数の施設からグローバル SN を結ぶ経路を生成する。これによって、どの方向から出発しても大きな迂回が発生しづらくなる(問題点 3 を解決)。

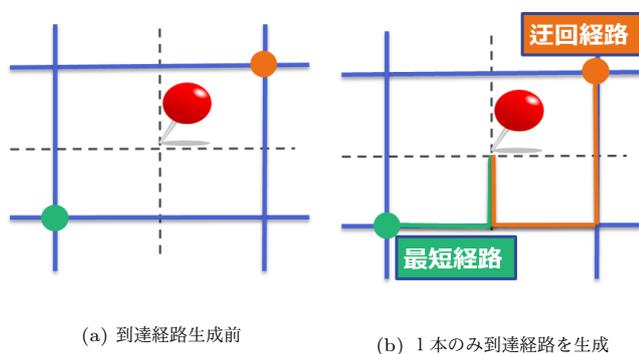


図 1 到達経路の迂回の発生例

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。

文献[2][3]で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ている。ストロークは、地図の総描における機能的な重要性と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。

文献[4]では connection analysis に基づいた特徴的な道路選択の手法を提案している。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、特徴的な道路を選択している。

文献[5]で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ている。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 の関係性を導き出すことで、相互情報量

を用いた最適な道路総描を可能にする。

文献[6]では'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削除手法を提案している。

文献[7]では認知地図の分野における「交差点の直交化」という心理モデルに基づいてデフォルメ地図を自動生成するシステムを提案している。道路変形にともなうランドマークの移動・変形には field morphing の手法を利用している。文献[8]では、携帯端末向けの案内地図を詳細な地図から動的に生成するシステムを提案している。道路や目標物となる空間オブジェクトを再配置する手法により生成している。これらの研究[7][8]は小さな画面では視認性が低下するという問題に対して、道路や施設などの地図オブジェクトをデフォルメし、再配置することで視認性の低下を抑制している。本研究では上記の問題に対して、重要度の低い道路の間引きによって視認性の低下を抑制している。今後、上記研究を参考に道路の変形や再配置などの機能拡張を図り、視認性の高いデフォルメマップの実現を目指す予定である。

文献[9]ではストロークに着目し、ストロークの長さやストロークに接している施設の数に基づいてストロークの重要度を計算し、重要度の高いストロークを描画している。本研究ではストロークネットワークを階層化し、重要度の高いストロークに加えて描画されるストロークから施設を結ぶ道路を描画しているということが異なる。

文献[10]では道路網を道路の役割を基準に階層化して表現し、階層化により生成されたブロック単位で最短経路を探索する手法を提案している。上位層が幹線道路などの広く長い道路で長距離の移動に適した道路、下位層は上位層が表現する領域を上位層の道路で区切り、それから得られる多角形領域内の道路網としている。また、文献[11]では上位層にあるような道路からなるストロークネットワークと、下位層にある道路からなるストロークネットワークを重ね合わせ 1 つのストロークネットワークにし、ストロークに基づいて道なり優先である経路を求めている。これらの研究[10][11]は長距離間の経路探索を行うときに探索するノードを減らし、計算時間を削減することを目的としているため、下位層の道路の間引きなどが考慮されていない。本研究では視認性の高い道路総描を目的としているため、これらとは大きく異なる。

3 提案システムの概要

略地図の生成には道路総描用データベースの作成と道路選択を行う道路総描、空間オブジェクトの再配置、イラスト化の手順が必要である。その中で本研究では道路選択手法について提案する。ユーザが地図の表示領域を指定すると提案システムは入力情報とサーバ内のストロークデータベースを元に重要度を計算し、グローバル SN を生成する。生成されたグローバル SN と領域情報、施設情報を元に、ローカル SN を生成する。そして、グローバル SN とローカル SN を GeoJSON 形式[12]で記述し、Leaflet[13]を用いて描画する。

提案システムの構成図を図2に示す。

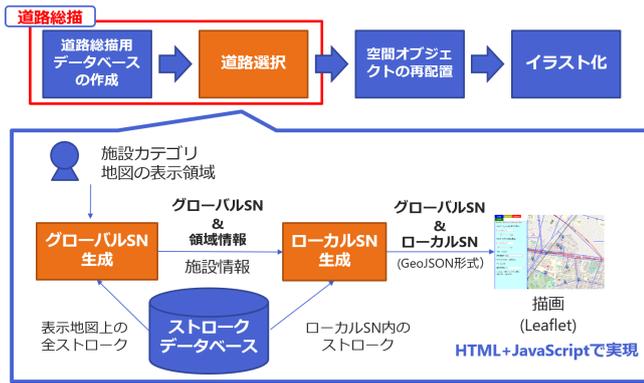


図2 提案システムの構成図

3.1 提案システムで使用するデータ

3.1.1 道路ネットワーク

道路ネットワークには、ポイント、ノード、アークの3つのデータがある。ポイントは、道路上の点を表し、位置座標(緯度、経度)からなり、道路の形状を表すためのデータである。ノードは、道路ネットワークの交差点であり、アークは始点ノードから終点ノードに至る道路で、道路上のポイントの系列で表す。リンクはアークとノードをまとめたものである。道路のデータ構造を図3に示す。

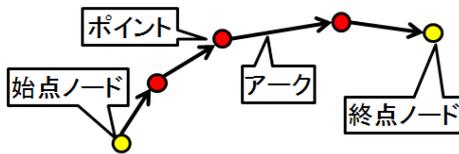


図3 道路データ構造

3.1.2 ストローク

ストロークは認知心理学に基づいて道路ネットワークをグルーピングしたものであり、直観的には道なりに続く道路に対応する。道路ネットワークの例を図4(a)に示す。黄色い丸で示されているのがノードであり、青い線で示されているのがリンクである。また、(a)におけるストロークを図4(b)に示す。黒丸で示されているのがSNノードであり、青色の線と矢印で示されているのがストロークである。例えば、(a)における(L5, L10, L17)が(b)のストロークS3を構成している。

ストローク長はそのストロークを構成しているリンクの長さの和で表される。

3.1.3 ストロークネットワーク(SN)

ストロークネットワークのデータ構造を図5に示す。ストロークネットワークは複数のストロークから構成され、SNノードとSNリンクの2つのデータを持つ。SNノードは、ストロークの交点または端点である。SNリンクは、SNノード間を結ぶリンクの系列である。

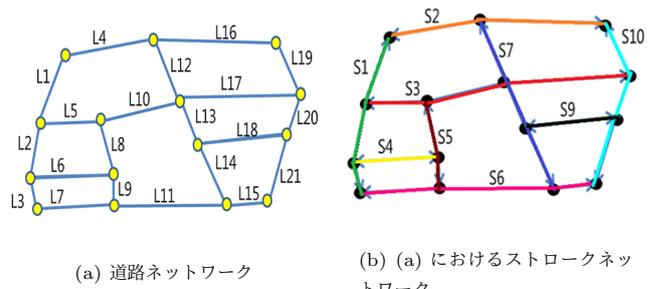


図4 道路ネットワークとストロークの例

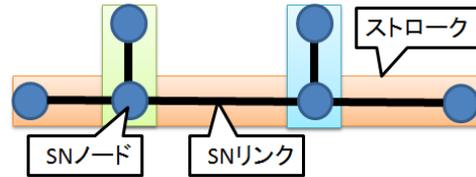


図5 SNノードとSNリンク

3.2 階層化ストロークネットワークを用いた道路総描

すべての道路を描画するとスマートフォンやタブレットなどの小さな画面で見るときに視認性が低下するという問題と施設カテゴリやストロークの長さに応じて道路総描を行うため、地域を特徴づける基幹道路が描画されるとは限らないという問題に対して、グローバルSNとローカルSNに階層化したストロークネットワークを用いて道路総描を行う。グローバルSNはストロークの長さや画面の大きさに応じて道路を間引いて表示する。ローカルSNは施設に応じて道路選択を行う。これによって、道路を間引くことによって小さな画面でも視認性の低下を抑制することができる。また、地域を特徴づける基幹道路が描画されるため、施設カテゴリや地図領域の変化による描画道路の変化が少ない。

3.3 施設への経路の生成

道路を間引いて描画するため、ユーザが注目する施設への経路(到達経路)が描画されるとは限らないという問題に対して、グローバルSNから施設を結ぶ経路を生成する。選択されたすべての施設に対して到達経路の有無を判定し、到達経路を持たない施設の到達経路を生成する。

3.4 なす角度を考慮した経路の生成

全ての施設に対して到達経路が1本描画される場合でも出発地によっては大きな迂回が発生することがあるという問題に対して、東西南北に伸びる複数の施設からグローバルSNを結ぶ経路を生成する。施設に接するストロークに対して、ストロークの長さ、接する施設の数、その他の経路とのなす角を用いて、重要度を計算する。重要度の高いストロークから追加判定を行い、これを施設に接するストロークが2本になるまで行う。

4 提案システムの実現法

本章では、提案システムの実現法について述べる。4.1 節では使用しているデータベースの構造について述べる。4.2 節では道路総描について、4.3 節では階層化ストロークネットワークモデルについて、また 4.4 節ではグローバル SN の生成について述べ、4.5 節ではローカル SN の生成について述べる。

4.1 使用したデータベース

提案システムを実現するために 2 つのデータベースを使用した。

4.1.1 ストロークデータベース

ストロークデータベースはストロークの集合で構成されている。提案システムで使用しているストロークデータは表 1 のようになる。

表 1 ストロークのデータ

変数名	クラス	説明
strokeId	Integer	ストローク ID
strokeLength	Double	ストローク長
strokeFacility	Integer	隣接している施設データ数
strokeLink	ArrayList	ストロークを構成するリンクの集合

4.2 階層化ストロークネットワークを用いた道路総描

この節では階層化ストロークネットワークを用いた道路総描の実現方法について述べる。提案する階層化ストロークネットワークモデルはストロークの長さや画面の大きさに応じて道路を間引いて表示するグローバル SN と到達経路のない施設に対して、施設からグローバル SN を結ぶ経路を生成するローカル SN に階層化するモデルである。階層化ストロークネットワークモデルの例を図 6 に示す。

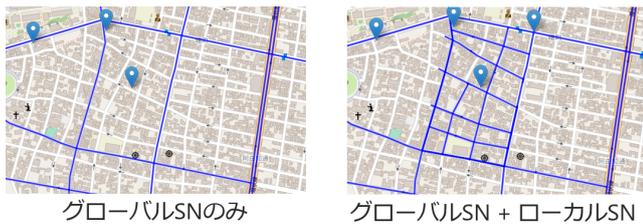


図 6 階層化ストロークネットワークモデルの例

4.3 道路総描

道路総描とは道路クラスや道路の長さ、周囲の施設などに基づいて重要度の低い道路を間引いて、必要な道路だけを描画することである。道路の間引くことによって、描画道路の密度を減らし、視認性の向上を実現する。道路総描の例を図 7 に示す。図 7 の青い線は描画される道路、ピンは施設の位置情報を表す。



図 7 道路総描の例

4.3.1 ローカル SN の範囲の取得

グローバル SN によって区切られた領域をローカル SN の範囲とする。ローカル SN の範囲は次の手順で取得する。ただし、グローバル SN の各ストロークの SN ノードの集合を N_g 、ローカル SN の範囲の外枠を構成する SN ノードの集合を C とする。またローカル SN の範囲の例を図 8 に示す。図 8 のピンは施設の位置情報、青い線は描画ストローク、オレンジ色の線は仮想ストローク、赤い線がローカル SN の範囲を表す。

手順 1 グローバル SN のグラフを生成する。

1-1 画面の端に仮想ストローク 4 本を追加する。このことによって、画面の際の領域を取得することが可能になる。

1-2 グローバル SN の各ストロークの端点、ストローク同士との交点を N_g に追加する。

1-3 任意の 2 点の接続関係を取得する。

手順 2 グローバル SN のグラフを用いて施設を囲む道路 (周回道路) を取得する。

2-1 周回道路を取得するアルゴリズムを Algorithm 1 に示す。

2-2 この周回道路 C がローカル SN の範囲となる。

Algorithm 1 周回道路の取得

```

 $n''$  = 施設の緯度経度座標
 $n'$  = 施設に最も近い SN ノード ( $\in N_g$ )
while check(connection( $n'$ ),  $C$ )) do
  for  $n_k \in \text{connection}(n')$  do
    if connection( $n_k$ ) then
      if cross( $n''$ ,  $n'$ ,  $n_k$ ) > 0 then
         $d = \sin(\text{angle}(n'', n', n_k))$ 
      else
         $d = -\sin(\text{angle}(n'', n', n_k))$ 
      end if
    end if
  end for
   $d$  が最大となる  $n_k$  を  $C$  に追加する;
   $n'' = n'$ ;
   $n' = n_k$ ;
end while

```

- n' : 1 つ前に追加した SN ノードの緯度経度座標
- n'' : 2 つ前に追加した SN ノードの緯度経度座標
- $\text{connection}(\alpha)$: α と接続関係がある SN ノードの集合
- $\text{cross}(\alpha, \beta, \gamma)$: $\vec{\alpha}\vec{\beta}$ と $\vec{\beta}\vec{\gamma}$ の外積を求める関数

- $\text{angle}(\alpha, \beta, \gamma) : \beta\vec{\alpha}$ と $\beta\vec{\gamma}$ のなす角を求める関数
- $\text{check}(A, B) : \text{集合 } A \text{ と集合 } B \text{ の要素がすべて異なるとき正を返す関数}$

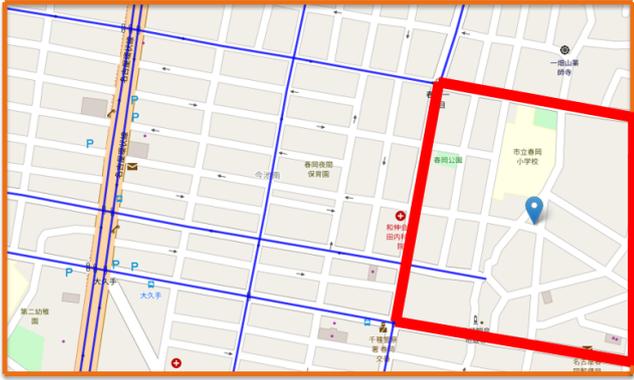


図 8 ローカル SN の範囲の例

4.4 グローバル SN の生成

グローバル SN は地図上の全てのストロークの中で重要度の高いストロークの集合で、ストロークの長さや画面の大きさに応じて決定される。表示地図上にある全てのストロークの重要度を計算し、重要度順にストロークを追加する。描画する道路の数は地図全体に占める道路の割合（道路占有率）に基づいて決定する。

4.4.1 グローバル SN の生成アルゴリズム

表示地図上にあるストロークの集合を M 、道路占有率を R 、道路占有率の閾値（本研究では 0.1）を R_{th} としてアルゴリズムを Algorithm2 に示す。

Algorithm 2 グローバル SN 生成手順

```

for  $s \in M$  do
   $s_i$  の重要度  $W_i$  を計算
end for
降順ソート ( $M$ )
while  $R > R_{th}$  do
  重要度順に描画ストロークの追加;
   $R$  を計算;
end while

```

4.4.2 道路占有率

道路占有率は地図全体に対して描画する道路が占める面積の割合を表し、次の式 1 で定義する。道路占有率が高くなるほど視認性の悪化につながる。

$$R = \frac{\sum(\text{Length}(s_i) \times \text{Width}(s_i))}{S_{map}} \quad (1)$$

- $\text{Length}(s_i) : s_i$ のストローク長
- $\text{Width}(s_i) : s_i$ の線の幅
- $S_{map} : \text{地図の面積}$

4.4.3 重要度の計算

本研究では重要度を式 2 のように定義する。

$$W_i = l_{s_i} \quad (2)$$

- $W_i : \text{ストローク } s_i \text{ の重要度}$
- $l_{s_i} : s_i \text{ のストローク長}$

この式 2 から分かるように、ストロークの重要度はストローク長が長いほど高くなる。このことから、国道や県道などの道なりに続くストロークほど重要度が高くなるという特徴を持つ。また、ストローク長のみで重要度を計算するため、施設カテゴリの変化や地図のスクロールによる描画道路の大きな変化がなく、地域を特徴づける基幹道路が描画されるという特徴がある。

4.5 ローカル SN の生成

全ての施設に対して到達経路が 1 本描画される場合でも出発地によっては大きな迂回が発生することがあるという問題に対して、次の特徴を持つ経路を生成する。

- 施設までの経路の迂回をできるだけ少なくする。
- 視認性を損なわないように追加する道路は少なくする。

上記の特徴を満たすため、経路同士のなす角を考慮して重要度の決定し、東西南北に伸びる施設に接した 2 本のストロークを経路として選択する。

4.5.1 候補ストロークの取得

候補ストロークとはローカル SN のを生成する際、探索を行うストロークであり、施設に接するストロークが候補ストロークとなる。候補ストロークの取得を次の手順で行う。

手順 1 ローカル SN のグラフを生成する。

1-1 ストロークデータベースからローカル SN の範囲となるポリゴン内のストロークを取得する。

1-2 取得した各ストロークの端点、ストローク同士の交点を取得する。

1-3 任意の 2 点がつながっているかを取得する。

手順 2 ローカル SN のグラフを用いて施設を囲む道路（周回道路）を取得する。

2-1 4.3.1 と同様に周回道路を取得する。

2-2 周回道路のいずれかの道路を含むストロークを取得する。

2-3 取得したストロークが施設に接するストロークであり、提案システムでは候補ストロークとなる。

4.5.2 描画ストロークの選択

候補ストロークをストローク長、隣接している施設数、角度を用いて重要度を計算し、各施設に対して、接するストロークが 2 本になるまで描画ストロークを追加する。描画ストロークを選択するアルゴリズムを Algorithm3 に示す。ただし、候補ストロークの中で未探索ストロークの集合を N 、描画ストロークの集合を D とする。

Algorithm 3 描画ストロークの選択手順

```
N = 候補ストローク;  
D = ;  
while check(F, D) do  
  for s ∈ N do  
    siの重要度 Wiを計算  
  end for  
  降順ソート (N)  
  for s ∈ N do  
    if judge(si, D) then  
      siを D に追加;  
      break;  
    end if  
  end for  
end while
```

- judge(α, D) : α に接する施設に対して, 接する描画ストローク D が 2 本より少ないとき正を返す関数
- check(F, D) : 全ての施設 F に対して, 描画ストローク D が 2 本接していないとき正を返す関数

4.5.3 重要度の計算

候補ストローク s_i の重要度 W_i を次の式で定義する.

$$W_i = (L_i)^\alpha \times (F_i)^\beta \times \left(\frac{\sum_{s_k \in D} x_i \sin \theta_k}{D_{num}} \right)^\gamma \quad (3)$$

- W_i : 候補ストローク s_i の重要度
- L_i : s_i のストローク長
- F_i : s_i に接している施設数
- θ_k : 既に追加された描画ストローク s_k と s_i のなす角
- D_{num} : 描画ストローク数

※描画ストロークの数が 0 のとき, $\frac{\sum_{s_k \in D} x_i \sin \theta_k}{D_{num}} = 1$ とする.

上の式 3 では, ストロークが長く, 接している施設数が多いほど重要度が高くなる. このことから, 基幹道路や大通りが選択されやすくなる. また, 既に追加された描画ストロークとのなす角が大きいくほど重要度が高くなる. このことから, 既に追加された描画ストロークと別の方向に伸びるストロークが選択されやすくなり, ストロークが縦横に伸びる.

5 プロトタイプシステム

5.1 システムの概要

提案システムを実現するため, Java 言語, Javascript 言語を用いてプロトタイプシステムを実装した. 開発環境として Eclipse, windows10, データベースとして PostgreSQL を利用している. また, tomcat を利用し, web ブラウザ上で動作させる. プロトタイプシステムで使用しているデータベースは, ストロークデータベース, 施設データベースの 2 つである.

5.2 システムの動作

プロトタイプシステムはデフォルトで地図の中心座標を [35.157789, 136.93096], 縮尺を OpenStreetMap におけるスケール 16, 施設カテゴリを cafe としている. OpenStreetMap

におけるスケール 16 とは, 1/8000 の縮尺である. プロトタイプシステムを起動すると図 9 のように道路総描の実行と SN の生成手法を選択する道路総描パネル, 施設カテゴリを選択する施設カテゴリパネル, デフォルトで設定された, 地図の表示領域, 縮尺の地図画像と施設の位置情報が表示される. 地図上の表示は, 描画道路は青い線, 施設の位置情報はピンで表す.



図 9 プロトタイプシステム起動画面

6 評価対象の方式

プロトタイプシステムでは, 評価対象として次のような方式を実装した.

6.1 施設検索結果とストローク長に基づく道路総描方式 (グローバル SN の生成)

施設検索結果とストローク長に基づく道路総描方式 [9] は提案手法とグローバル SN の重要度の計算が異なる. この方式では重要度はストロークの長さとその沿道にある施設の数に基づいて計算を行う. 重要度を式 4 のように定義する.

$$W_i = \alpha \times \frac{f_{s_i}}{f_{map}} + \beta \times \frac{l_{s_i}}{l_{sum}} \quad (4)$$

- W_i : ストローク s_i の重要度
- f_{s_i} : s_i に接する施設の数
- f_{map} : 地図上に表示されている施設の数
- l_{s_i} : s_i のストローク長
- l_{sum} : 地図上にあるストロークの長さの合計値
- α : ストロークに接する施設の数を与える影響の係数
- β : ストロークの長さを与える影響の係数

式 4 では, ストロークに接する施設の数を与える重要度への影響とストロークの長さを与える重要度への影響を計算し, それぞれを足し合わせることでストロークの重要度を計算している. この式から分かるように, ストロークの重要度はストロークに接する施設の数が多いほど, ストローク長が長いほど高くなる. このことから, 国道や県道などの道なりに続くストロークや大通りなど多くの施設が並んでいるストロークほど重要度が高くなるという特徴を持つ. また, プロトタイプシステムでは式 4 の α, β を Web 上で変更できる機能を実装した.

6.2 アクセス経路生成手法 (ローカル SN の生成)

施設からグローバル SN への経路として, 1 つの経路 (アク

セス経路) を生成する手法である [14]。アクセス経路は施設に最も近いノードからグローバル SN までの経路で次の特徴を持つ経路を選択する。

- 曲がり角が少なく分かりやすい経路
- 経路長がなるべく短い経路

上記の特徴を満たすため、ストローク数が最小となる経路の中で最短になる経路をアクセス経路として選択する。

7 評価実験

7.1 実験概要

本実験の目的は、4種類のローカル SN 生成手法について、生成時間、略地図の視認性、駅や公園などのランドマークから施設への経路を比較、評価することである。プロトタイプシステムを用いて、4種類それぞれのローカル SN 生成手法に対して、計 36 通りの略地図を生成する。場所は都心 (名古屋市) と郊外 (名古屋市周辺の市町村) で様々な縮尺、施設カテゴリを使用した。生成した略地図について、実行速度、道路占有率、到達率、迂回距離を求める。4種類の生成手法の例を図 10 に示す。

手法 1 ただ 1 本の経路 (アクセス経路) を描画する手法

手法 2 全てのストロークを描画する手法

手法 3 候補ストロークを描画する手法

提案手法 角度を考慮した 2 本のストロークを描画する手法



(a) 手法 1: アクセス経路

(b) 手法 2: 全てのストローク



(c) 手法 3: 候補ストローク

(d) 提案手法: 角度を考慮したストローク

図 10 ローカル SN の生成例

7.2 評価尺度

本研究の評価尺度として以下の 4 つの尺度を用いる。

- 生成時間

入力情報を取得してから、階層化、グローバル SN とローカル SN を生成を行い、GeoJSON 形式に書き終わるまでの時間を計測する。

- 道路占有率: R

地図全体に対して描画する道路が占める面積の割合を表す。道路占有率が高くなるほど視認性の悪化につながる。道路占有率 R を式 1 で定義する。

- 到達率: C

略地図に描画される道路で到達できる施設の割合を表す。ローカル SN を生成しないときのグローバル SN の道路占有率を 0.2、ローカル SN を生成するとき、グローバル SN の道路占有率を 0.1 として実験を行った。到達率 C を次の式 5 で定義する。

$$C = \frac{\text{到達できる施設数}}{\text{全施設数}} \quad (5)$$

- 迂回距離: D

ローカル SN の範囲内の全ての道路を用いて求めた最短経路と描画されるローカル SN を用いて求めた最短経路の距離差を表す。迂回距離 D を次の式 6 で定義する。

$$D = \frac{\sum(d(p_i) - d'(p_i))}{p} \quad (6)$$

- $d(p_i)$: 描画される SN での最短経路
- $d'(p_i)$: ローカル SN の範囲内の全ての道路での最短経路
- p : スタート地点の数

7.3 結果と考察

道路占有率の実験結果を図 11、迂回距離の実験結果を図 12 に示す。図 11 の横軸は施設数、縦軸は道路占有率、曲線は指数近似曲線を表す。

生成速度について、手法 3、提案手法について、実行速度は平均 3.1 秒となった。このことからプロトタイプシステムによって、略地図生成には時間がかかるという問題を解決していることが示された。しかし、ローカル SN なしの場合に比べて、およそ 3 秒遅いため、アルゴリズムの改善が必要と考える。また、手法 2 は提案手法に比べて実行速度が遅くなっている。道路選択において、手法 2 は提案手法に比べて処理は少ない。そのため、描画道路数が多く、GeoJSON 形式に書き出すために時間がかかっているのだと考えられる。

道路占有率について、手法 2 はその他の手法に比べて道路占有率が高く、施設数が増えるにつれて差が顕著に表れている。また、その他の手法は手法 3、提案手法手法、手法 1 の順に道路占有率が高くなり、施設数が少ないときには大きな差はないが、施設数が多いときは大きな差が表れ、手法 3 は約 0.3、提案手法は約 0.2、手法 1 は約 1.2 となった。

到達率について、ローカル SN を生成しない場合、到達率が 88.8% と低くなり、階層化し、ローカル SN を生成する必要

があると考えられる。4つのローカルSN生成手法では到達経路を概ね生成できた。しかし、手法3、提案手法では到達率が100%とはならなかった。これは、施設に接しているストロークのみを描画しているため、入り組んだ場所にある施設では1本のストロークではグローバルSNに到達することができず、到達経路を持たない。そのため、到達経路が生成できない施設があったと考えられる。この問題に対して、描画するストロークの数をなるべく増やさず、グローバルSNに到達できるようなストロークの追加描画が必要である。

迂回距離について、手法1では迂回距離が約165mと大きな迂回が発生している。そのため、ローカルSNは施設からグローバルSNまでの経路1本のみを描画するのではなく、迂回を考慮した経路の生成が必要であると考えられる。手法3では迂回距離が約45mとなり、手法1に比べて100m以上減らすことができた。

以上の4つの実験結果から、提案手法はローカルSNの生成手法として有効であるということが分かった。しかし、全ての実験結果において最良であるということではないため、上で述べたように更なる改良が必要である。また、縮尺や施設数などによって最良な生成手法が異なった。そのため、縮尺や施設数、ユーザの目的に応じて生成手法を選択する必要があると考えられる。

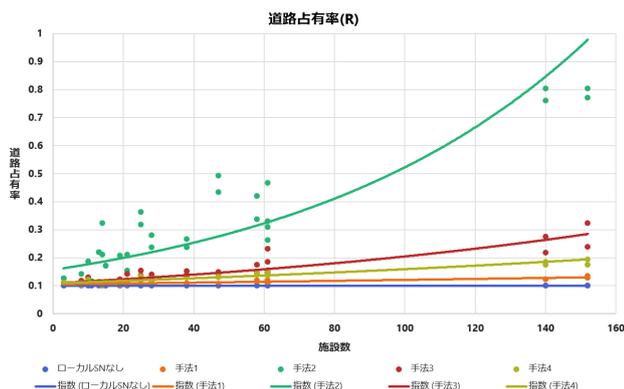


図 11 道路占有率

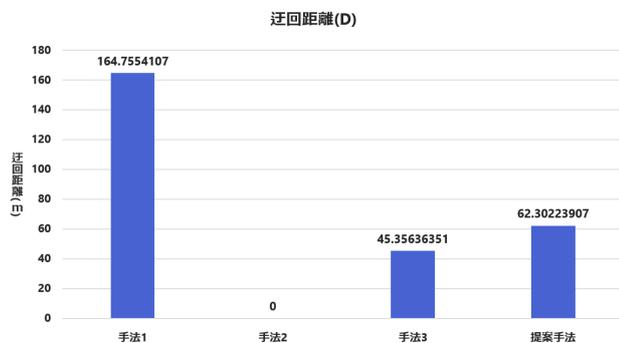


図 12 迂回距離

8 おわりに

本研究では、道路総描システムを実現するため、階層化ストロークネットワークを用いた道路総描、グローバルSNの生成、ローカルSNの生成の実現法を提案した。プロトタイプシステムを用いた評価実験を行い、提案手法では生成速度は平均3.1秒、道路占有率の増加が平均1.8%、到達率は97.9%、迂回距離は62.3mとなり、提案システムの有効性が分かった。今後の課題として、描画されるストロークを道路クラスや実際の道路の太さによる描き分けや空間オブジェクトの再配置、イラスト化など略地図の生成などが挙げられる。

謝 辞

本研究はJSPS 科研費 25700009, 科学技術振興機構CREST, および、総務省SCOPEの助成を受けたものです。

文 献

- [1] GoogleMaps, <https://www.google.co.jp/maps/> 2019-01-10 参照.
- [2] 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.
- [3] R.C. Thomson, R. Brooks, "Efficient Generalisation and Avstraction of Network Data Using Perceptual Grouping", GeoComputation 2000.
- [4] Q. Zhang, Road Network Generalization Based on Connection Analysis, Development in Spatial Data Handling 2005, pp. 343-353, 2005.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Daisuke Yamamoto, Masaki Murase and Naohisa Takahashi, On-Demand Generalization of Road Networks based on Facility Search Results, IEICE Transactions on Information and System, Vol.E102-D, No. 1, pp. 93-103, 2019.
- [10] 丹羽, 吉田, 福村, "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 31(5), 659-666, 1990
- [11] 新帯里奈, 山本大介, 高橋直久, 多層ストロークネットワークの構築と道なり優先経路探索への応用, 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2017), E4-4, 2017.
- [12] GeoJSON フォーマット仕様, <http://s.kitazaki.name/docs/geojson-spec-ja.html> 2019-01-10 参照.
- [13] Leaflet - a JavaScript library for interactive maps, <http://leafletjs.com/> 2019-01-10 参照.
- [14] 福安浩明, 山本大介, 高橋直久, アクセス経路生成機能を有する道路総描システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, pp. 1188-1196, 2017.