

道なり優先経路を用いた 階層化ストロークネットワークに基づく道路総描手法の提案

榎本 圭佑[†] 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〒466-8555名古屋市昭和区御器所町

E-mail: [†]tenomoto@moss.elcom.nitech.ac.jp, ^{††}{kim,yamamoto.daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 観光案内図のように、目的のために一部の情報を省略したりデフォルメしたりした地図をイラストマップという。一般に、地理的に正確な地図よりデフォルメ化された地図の方が地図利用者にとって分かりやすい場合が多い。一方で、近年 Google Maps [1] 等の Web マップサービスが普及している。Web マップは、容易に施設を検索したり、任意の場所を動的に表示したりすることができる。そこで、我々はユーザの要求に応じたイラストマップを動的に生成する Web マップを開発することで、イラストマップと Web マップの強みを併せ持ったシステムの実現を目指した。目標実現のための手順の一つに、描画する道路を間引く「道路総描」という手法がある。我々はこの手法に注目し、地図利用者が注目する施設に応じて動的に重要度の高いストローク（道なり道路）を選択する手法を提案した。しかし、従来の手法では、施設の周辺に道路が集中し、地域の特徴を表す基幹道路を選択できない場合があった。また、施設までの経路を生成できない場合や、経路を生成できたとしても出発地によっては大きく迂回が必要となる場合があり、地図利用者が経路、順路を決める際に適切な判断を妨げてしまうことがあった。そこで、本研究では、以下の特徴を持った道路総描手法を提案する。(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 (SN) を用いることで、基幹道路と施設までの経路を共に描画する。(2) 基幹道路と施設を最少のストロークで結ぶことで経路を生成する。(3) 生成した経路を迂回距離が小さい経路に変更する。これにより、出発地によらず迂回距離が小さい経路を有する道路総描が可能となる。

キーワード 略地図、イラストマップ、Web マップ、地理情報システム、自動生成

るなど、必ずしも分かりやすい地図であるとはいえない。

そこで我々は、場所、縮尺、検索結果などユーザの要求に応じたわかりやすいイラストマップを動的に生成する Web マップを開発することで、イラストマップの強みと Web マップの強みを併せ持ったシステムの実現を目指した。上記の研究目的を達成するためには、図 1 の手順を踏む必要がある。

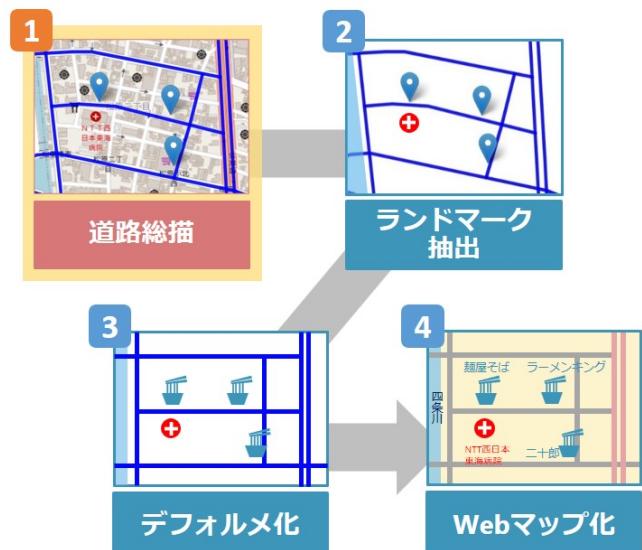


図 1: 研究目的達成の手順

1 はじめに

観光案内図やグルメマップなど、特定の用途のために図案化された地図をイラストマップという。イラストマップは、作り手が伝えたい情報が地図利用者に伝わりやすくなるよう、道路や施設など一部の情報を省略、デフォルメして表示している。そのため、作り手の意図した用途で使用すれば、地理的に正確な地図よりもイラストマップの方が地図利用者にとって分かりやすい場合が多い。しかしながら、イラストマップは手作業で作られるため、生成には時間と手間がかかる。また、静的な地図であるため Web マップのように任意の場所を動的に表示させることができない。これらの理由から、地図利用者は用途に合ったイラストマップが見つからない場合、イラストマップを利用することができない。

一方で近年、Google Maps [1] などの Web マップサービスが普及している。これらの Web マップは任意の場所の地図を動的に表示することができるうえ、施設や経路を容易に検索することができる。Web マップでは、あらかじめ複数の縮尺の地図画像を用意し、描画時に指定された縮尺に応じて地図画像を選択し提示している。施設情報や GPS トレイスなどの位置コンテンツは、選択された既成の地図上にアイコンを用いて表示される。したがって、位置コンテンツに応じて地図画像を生成しているわけではないため、道案内に不必要的道路が表示され

描画する道路を間引く「道路総描」、目印となるような地物を選択する「ランドマーク抽出」、選択した道路や地物を分かりやすくなるように移動、簡略化する「デフォルメ化」、作成したイラストマップに Web マップの機能を持たせる「Web マップ化」。我々はこの中で道路総描に着目し、ユーザが注目した施設に応じて動的に道路総描を行う手法を提案してきた。

これらの課題を解決するために、以下の特徴を持った道路総描手法を提案する。(1) 地図全体に地域を特徴づける基幹道路を選択する。(2) 基幹道路と施設の間に経路を生成する。(3) 生成した経路を迂回が小さい経路に変更する。

これにより、地図利用者が注目している施設の位置とそこまでの経路がわかりやすい道路を動的に選択することを可能にする。

2 関連研究

道路ネットワークから重要な道路を選択することは、地図製作において重要な操作の一つである。そのため、道路総描の研究はこれまで広く行われてきた。

例えば、Bjoerke ら [2] は情報理論に基づいて地図上の道路を削除するアルゴリズムを提案した。本手法では、道路ネットワーク上に配置した情報点と呼ばれる点から類似関数を計算し、類似度の高い道路を削除することで道路総描を行っている。

また、Zhang ら [3] は接続分析に基づいた道路選択の手法を提案した。本手法では各交差点で道路の接続する数を求め、道路選択のパラメータとして使用することで特徴的な道路を選択している。

Yungang ら [4] はメッシュ密度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を削除する手法を提案した。メッシュ密度が高い場所は道路の間隔が狭いことから、メッシュ密度が高い区画の道路を削除することで視認性を向上させている。

山本ら [5] は Focus+Glue+Context 型 Fisheye View マップにおける Glue 領域に対する道路総描手法を提案している。Glue 領域とは地図のひずみを全て吸収する領域で、同心円方向の道路密度が極端に大きくなる。そこで、放射方向の道路を優先的に描画することで Glue 領域の視認性を向上させている。

Thomson ら [6] は、道路総描のために道路ネットワークに対して“ストローク”という概念を提案した。ストロークとは、認知心理学に基づき連続した道路をグルーピングした道なり道路を指す。これにより、道路をストローク単位で選択することが可能となる。本手法では、ストロークを長さと道路種別に基づいて順位付けし、順位の高いストロークのみを選択することで道路を間引いている。

以上の関連研究は道路に関する情報のみを扱っているため、地図利用者の目的に応じた動的な道路総描とは異なる。以下に、地図利用者の目的に即した動的道路総描の研究を挙げる。

村瀬ら [7] [8] は、地図利用者が注目している施設の情報を考慮したストロークの順位付けを提案した。あらかじめ施設とストロークを関連付けたデータベースを作成し、そこからスト

ロークの近くに位置する施設数を取得する。そして、ストロークの長さが長く、注目施設に近いストロークほど重要度を高く設定して順位付けを行うことで、地図利用者の目的に即した道路総描を行っている。しかし、本手法は注目施設の周辺にストロークが集中し、注目施設から離れた位置にある基幹道路が選択されないという課題がある。

福安ら [9] [10] は、ストロークネットワーク (SN) を機能別に階層化することで段階的に道路を選択する手法を提案している。まず、ストロークの長さに基づいて道路総描を行う。ここで選択したストロークによって構成される SN をグローバル SN と定義する。その後、グローバル SN で区切られた領域の内側に対して、グローバル SN から注目施設までの経路となるストロークを選択する。注目施設を囲むストロークの中から十字になるように 2 本を選択することで、どの方角から出発しても大きく迂回する必要がない経路を生成している。ここで選択したストロークによって構成される SN をローカル SN と定義する。このように、地域の特徴を表す基幹道路と注目施設までの経路をそれぞれ選択することで、注目施設の位置とそこまでの経路がわかりやすい道路総描を行っている。しかし、本手法のローカル SN は必ずしもグローバル SN と接続されるわけではなく、接続されたとしても出発地によっては注目施設まで到達するために大きく迂回をする必要がある場合があるという課題がある。

3 提案システム

3.1 使用するデータベース

提案システムを実現するために以下の 2 つのデータベースを使用した。

3.1.1 ストロークデータベース

Thomson ら [6] が提案したストロークを用いる。図 2 にストロークの例を示す。(a) は道路リンクと交差点ノードによって構成された道路ネットワークの例である。(b) は (a) の道路ネットワークから生成されたストロークネットワークである。例えば、(a) におけるリンク (L1, L2, L3, L4, L5) が (b) におけるストローク S1 を構成している。

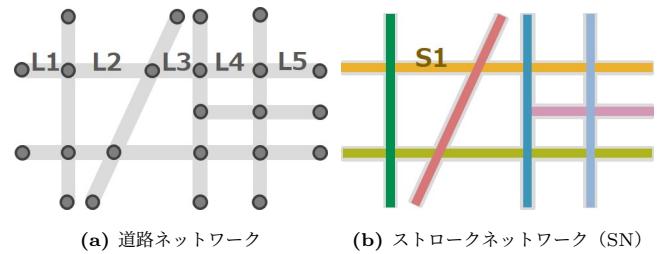


図 2: ストロークの例

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するストロークのデータ構造を表 1 に示す。

3.1.2 施設データベース

施設データベースは施設の集合で構成されている。提案システムで使用する施設のデータ構造を表 2 に示す。

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
strokeLink	ArrayList	ストロークを構成するリンクの集合

表 2: 施設のデータ

変数名	クラス	説明
facilityId	Long	施設 ID
facilityType	String	施設種別
facilityLocation	Point2D	施設位置
geojson	String	施設位置 (GeoJSON 形式)

3.2 階層化ストロークネットワーク

福安ら [9] [10] が提案した階層化ストロークネットワークを踏襲する。図 3 に階層化ストロークネットワークを示す。階層化ストロークネットワークは、地域の特徴を表す基幹道路から成るグローバル SN と、グローバル SN から注目施設までの経路から成るローカル SN の、2 種類のストロークネットワークによって構成される。



図 3: 階層化ストロークネットワーク

また、提案システムの流れを図 4 に示す。

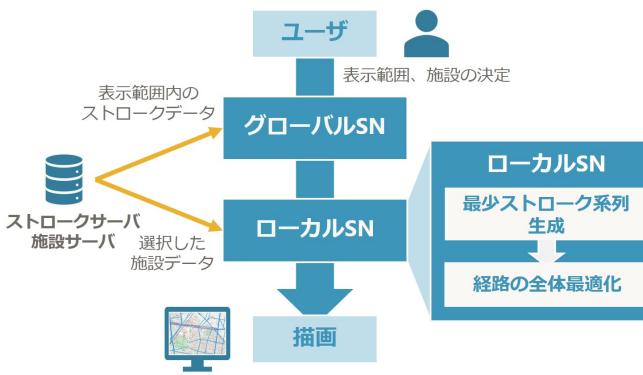


図 4: 提案システムの流れ

ユーザが地図の表示範囲と注目する施設を指定すると、提案システムは表示範囲内のストロークデータを基にグローバル SN を生成する。次に、生成されたグローバル SN と注目する施設

の情報を基にローカル SN を生成する。ローカル SN は、取得した領域全てに対して最少ストローク系列を生成し、その後経路の全体最適を行うことで生成する。最後に、生成したグローバル SN とローカル SN を GeoJSON 形式で記述し、Leaflet を用いて描画する。

3.3 グローバル SN

グローバル SN とは、地図上で相対的に長くて大きいストロークから構成されたストロークネットワークを指す。グローバル SN によって地域の特徴を表す基幹道路が描画されるため、地図利用者は注目施設の位置を把握しやすくなる。提案システムでは、以下の手順でグローバル SN を生成する。

手順 1 地図表示範囲内のストロークデータを取得

手順 2 ストローク長が長い順にストロークをソート

手順 3 まだグローバル SN として選択していないストロークの中で最長のストロークを取得

手順 4 取得したストロークに中央分離帯があれば反対車線のストロークも併せて取得

手順 5 道路占有率を計算

手順 6 道路占有率が閾値を超えていれば終了、超えていなければ取得したストロークをグローバル SN として選択し手順 3 に戻る

3.3.1 長さに基づくストロークの順位付け

ストロークを順位付けし、順位の高い順にストロークを選択する。提案システムのグローバル SN は、ストローク長に基づきストローク長が長い順にストロークを順位付けする。ストローク長はストロークデータの要素 `strokeLength` によって取得する。

3.3.2 ストローク数の決定

順位付けしたストロークから何本選択するかを決める必要がある。そこで、以下の式 1 で計算される道路占有率 R が閾値 R_{th} を超える前までストロークを選択する。

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

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

ただし、中央分離帯のある道路を構成する 2 本のストロークのうち、短い方のストロークはストロークの全長から除く。

道路占有率は、地図全体に対して描画される道路が占める面積の割合を表す。道路占有率の値が大きすぎると、描画される道路が多くて道路間隔が狭くなり、地図が見にくくなる。逆に、道路占有率の値が小さすぎると、地図上の道路が少なすぎてわかりづらくなる。道路占有率の値を適切に設定することで、地図上に描画される道路の量が適切になり、わかりやすい地図を生成できる。提案システムにおいて、閾値 R_{th} は定数とする。

3.3.3 中央分離帯探索

ストロークデータベースでは中央分離帯によって遮られて横断できない交差点を表現するため、中央分離帯のある道路は 2 本のストロークによって構成される。図 5 において、青い線で

表した2本のストロークが中央分離帯のある道路を表している。しかし、一般に地図や道路の利用者は、中央分離帯のある道路を1本の道路として認識することが多い。そのため、中央分離帯のある道路は片側のストロークのみではなく、両方とも選択する必要がある。そこで、グローバルSNとして選択したストロークに対して中央分離帯を挟んだ反対車線となるストロークを探索し、併せて選択する機能を提案する。



図5: 中央分離帯を構成するストローク

2本のストロークが中央分離帯を挟んだ道路であるか否かは以下のように判定する。まず、片方のストロークの6等分点からもう片方のストロークまでの距離をそれぞれ計算する。外れ値を一つ除いた残りの距離の平均と分散がともに閾値を下回った場合、その2本のストロークが中央分離帯を構成する2本のストロークであると判定する。このような中央分離帯判定を、グローバルSNとして選択したストロークと、まだグローバルSNとして選択していない全ストロークに対して行うことで、グローバルSNの中央分離帯を探索する。

3.4 ローカルSN

ローカルSNとは、グローバルSNと注目施設を結ぶ経路となるストロークで構成されたストロークネットワークを指す。ローカルSNは、注目施設を囲むグローバルSNによって区切られた領域それぞれに対して生成される。ローカルSNによって注目施設までの経路が描画されるため、地図利用者の目的に即した道路総描が可能となる。提案システムでは、以下の手順でローカルSNを生成する。

手順1 注目施設を囲む周回道路を全て取得

手順2 取得した周回道路内のストロークデータを取得

手順3 取得した周回道路それぞれそれぞれに対して、内側に含まれる全注目施設に到達可能な経路となるストローク系列を生成

手順4 経路の全体最適化の終了判定を行い、終了判定を満たせば終了

手順5 地図上の全ローカルSNの中から、経路を変更した際に最も迂回距離が小さくなるものを1つ選択

手順6 選択したローカルSNの経路を変更し、手順4に戻る

3.4.1 ローカルSN生成範囲の取得

ローカルSNは、注目施設を囲む周回道路の内側に生成される。周回道路とは、グローバルSNで区切られた領域を囲む道路を指す。注目施設を囲む周回道路は、グローバルSNと地図の端に対応する境界線から取得する。注目施設に最も近いノードを始点に右回りに探索し、周回道路ノードとして保存していく。再び、周回道路ノードに保存済みのノードに到達すれば終了とする。

これを地図上の全注目施設に対して行うことで、注目施設を囲む周回道路を全て取得することができる。図6にグローバルSNと地図の端の境界線、図7に図6から取得したローカルSNの生成領域を示す。図6における赤い線がグローバルSN、青い線が地図の端の境界線、ピンが注目施設の位置を表す。また、図7におけるピンが注目施設の位置、緑の多角形領域が周回道路で囲まれたローカルSNの生成範囲を表す。

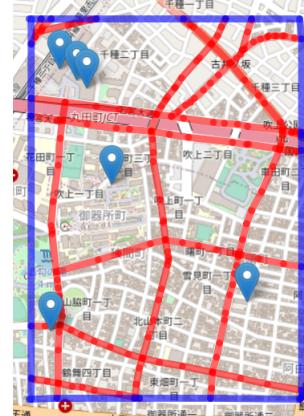


図6: グローバルSNと境界線

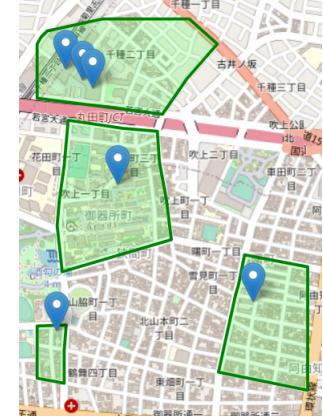


図7: ローカルSNの生成範囲

行き止まり防止機能

あるノードから探索を進める場合、そのノードに接続されているノードを探索候補として、探索候補から最も右に位置するノードを選択する。ただし、探索候補から探索済みノードは除く。このように探索を進めると、行き止まりに達して探索候補がなくなる場合がある。このとき、探索候補があるノードまで戻り、行き止まりのノードから戻ったノードまでを周回道路ノードから削除する。これによって行き止まりがあっても周回道路を取得することができる。

3.4.2 最少ストローク系列生成

最少ストローク系列とは、最少のストローク数でグローバルSNと注目施設を繋いだストロークの系列を指す。ストローク数を抑えることで、シンプルで分かりやすい経路を生成することができる。提案システムでは、取得した注目施設を囲む周回道路それぞれに対して、最少ストローク系列を生成する。最少ストローク系列が複数ある場合には、ストローク長の和が最短となるストローク系列を選択する。

最少ストローク系列は以下の手順で生成する。

手順1 周回道路内のストロークからグローバルSNと注目施設に最も近いストロークを選択

手順2 手順1で選択したストローク以外のストロークから追加で選択する本数を0本に決定

手順3 追加で選択するストロークの組み合わせを全て取得

手順4 取得したストロークの組み合わせそれぞれに対して、追加で選択した際に全注目施設に到達可能か判定

手順5 到達可能なストロークの組み合わせが一つも見つからなかった場合、追加で選択する本数を1本増やし手順3に戻る

到達判定

選択したストロークのみを使用した際に、グローバルSNから周回道路内の全注目施設に到達可能かを判定する。判定は、ストローク同士の交差情報を格納した交差ストロークテーブルを用いて行う。周回道路を構成するグローバルSNのうち1本を始点とし、交差しているストロークを幅優先で辿っていく。全ての注目施設に最も近いストロークまで到達することができれば到達成功とする。

3.4.3 経路の全体最適化

最少ストローク系列は視認性が高いことが多い。しかし一方で、選択したストロークを辿って注目施設まで行く場合、出発地によっては大きく迂回しなければならないことがあるという課題がある。迂回距離が大きいと、地図利用者が経路や順路を決める際や移動する際に支障をきたす場合がある。そこで、出発地によらず迂回距離が小さい経路に修正する機能を提案する。地図全体のローカルSNを比較し、変更した際に最も迂回距離が小さくなるローカルSNのみを変更することで、視認性と迂回距離のバランスが取れた最適な経路を生成する。

全ての注目施設を囲む周回道路で最少ストローク系列を生成した後、以下の手順で経路の修正を行う。

手順1 経路を修正する必要があるか終了判定を行い、終了判定を満たせば終了する

手順2 地図上のローカルSNそれぞれにおいて、次の経路候補となるストローク系列を取得

手順3 地図上の全ローカルSNの中で、経路を変更した際に最も迂回距離が小さくなるローカルSNを1つ選択

手順4 選択したローカルSNの経路を経路候補に変更し、手順1に戻る

終了判定

経路の全体最適化は、以下の2つの式(1)(2)のいずれかを満たせば終了とする。

$$\sum D_{gen}(i) \leq \sum D_{all}(i) \times c \quad (2)$$

- $D_{gen}(i)$: 周回道路*i*において選択した道路のみを使用した際の平均最短距離

- $D_{all}(i)$: 周回道路*i*においてすべての道路を使用した際の平均最短距離

- c : 定数

$$R \leq T_{th} \quad (3)$$

- R : 道路占有率

- T_{th} : ユーザが指定した閾値

式2を満たすことは、迂回距離が十分に小さくなつたことを表す。平均最短距離とは、注目施設を囲む周回道路の8等分点を始点、周回道路内の注目施設に最も近い道路上の点を終点として求めた最短距離の平均を指す。したがって式2では、8方向から注目施設まで向かう際、選択した道路のみを使用する場合と全道路を使用する場合の距離を計算している。そして、選択した道路のみを使用した場合の距離が、全道路を使用した場合の距離のc倍を下回れば、迂回距離が十分小さくなつたと判

定し、経路の全体最適化を終了する。

式3を満たすことは、道路が増え過ぎたことを表す。道路占有率は式1で計算される。道路占有率がユーザが指定した閾値を超えた場合、道路が増え過ぎて見にくくなつたと判断し、ユーザが指定した閾値を超える直前の状態で経路の全体最適化を終了する。

以上のような終了判定を設けることで、ユーザが許容する道路占有率の範囲内で迂回距離を小さくすることができる。

経路候補

経路候補とは、提案システムにおいて次にローカルSNとなりうる経路を指す。図8に経路を変更する順番を示す。1の経路から徐々に下の経路に変更していく。例えば、あるローカルSNがストローク長最短の最少ストローク数系列である場合、経路候補は迂回距離最小の最少ストローク系列となる。経路を変更するほどストロークの長さや数が増加するため道路占有率が大きくなるが、迂回距離が小さい経路となる。

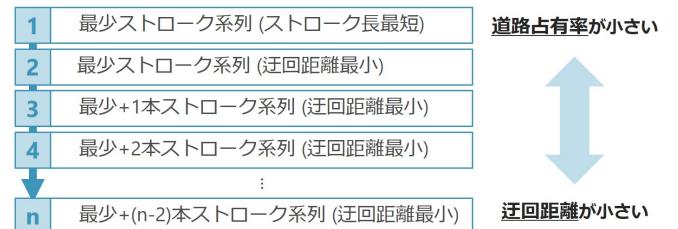


図8: 経路を変更する順番

4 プロトタイプシステム

4.1 システムの概要

4章で述べた提案システムを実現するため、Java, JavaScript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, データベースを扱うRDBMS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、研究室サーバ内にある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。

4.2 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[35.15779, 136.93096]、縮尺をOpenStreetMap [11]におけるスケール16、施設カテゴリをcafeとしている。OpenStreetMap [11]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、道路総描画パネル、デフォルトで設定された位置、縮尺の地図画像と施設の位置情報が表示される。図9のように、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。

5 評価実験

5.1 実験概要

従来手法2種類と提案手法3種類の計5種類の道路総描手法

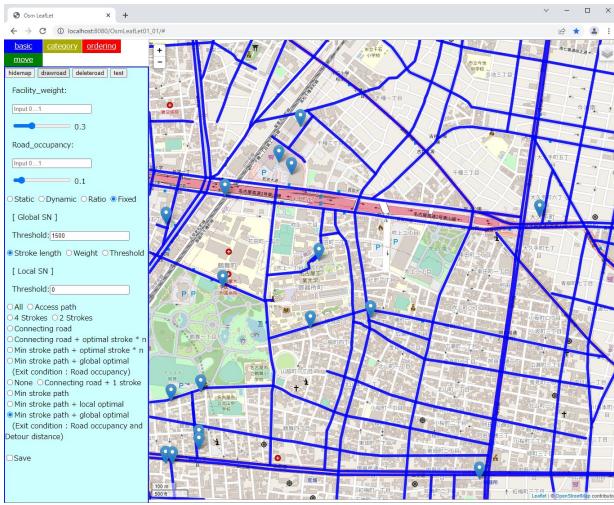


図 9: プロトタイプシステムの実行画面

において、実行速度、視認性、到達経路の観点から比較評価を行い、道路総描手法の特徴を明らかにする。プロトタイプシステムを用いて、5種類それぞれの道路総描手法に対して、計33通りの略地図を生成する。場所は都心(名古屋市)と郊外(愛知県内の市町村)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5種類の道路総描手法を以下に示す。

	グローバル SN	ローカル SN
従来 1 [7] [8]	ストローク長と施設	なし
従来 2 [9] [10]	ストローク長	十字ストローク
提案 1	ストローク長	最少ストローク系列 (MSP)
提案 2	ストローク長	MSP+個別最適
提案 3	ストローク長	MSP+全体最適

表 3: 比較手法

5.2 評価尺度

また、5つの評価尺度を以下に示す。

- 実行時間 : T

入力情報を取得してから、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

3.3.2 で説明した道路占有率を使用する。道路占有率 R は式 1 で計算する。

- 道路占有率分散 : V

地図を等分割して各々の領域で求めた道路占有率 $R(i)$ の分散を表す。ここでは地図全体を 18 等分に分割し、それぞれの領域で道路占有率 $R(i)$ を計算する。そして、 $R(i)$ の平均が 1 になるようにデータを正規化してから分散を計算する。道路占有率分散が大きいほど描画されている道路の位置に偏りがあり、地図の一部に道路が密集しているため、視認性が悪いといえる。道路占有率分散 V を次の式 4 で定義する。

$$V = \frac{\sum(R(i)/\bar{R} - 1)^2}{a} \quad (4)$$

- $R(i)$: 領域 i における道路占有率

- \bar{R} : 全領域の道路占有率の平均

- a : 分割した領域の数

• 到達率 : C

すべての比較する略地図において共通する道路上のランダムな点から、道路総描によって選択した道路のみを用いて到達することができる注目施設の割合を表す。到達率 C を次の式 5 で定義する。

$$C = \frac{\text{到達できる注目施設数}}{\text{全注目施設数}} \quad (5)$$

- 到達距離 : D

すべての比較する略地図において共通する道路上のランダムな点を始点、すべての手法において到達可能な注目施設すべてを終点として、地図上のすべての道路を用いて求めた最短経路と道路総描によって選択した道路のみ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。

$$D = \frac{\sum(d(s_i, g_j) - d'(s_i, g_j))}{s \times g} \quad (6)$$

- $d(s_i, g_j)$: 描画される SN のみを用いた始点 s_i から終点 g_j までの最短距離

- $d'(s_i, g_j)$: 地図上の全道路を用いた始点 s_i から終点 g_j までの最短距離

- s: 始点の数
- g: 終点の数

5.3 結果と考察

実行時間の実験結果を図 10 と図 11 に示す。従来手法 1 の実行時間が短いのは、データベースによる事前処理を行ったためである。また、従来手法 2 は施設を囲むストロークから 2 本選択するだけであるのに対し、提案手法 1, 2, 3 では周回道路内の全ストロークから経路となるストローク系列を求めている。そのため、従来手法 2 が提案手法 1, 2, 3 と比べて実行時間が短い傾向になったと考えられる。提案手法 1 と提案手法 2, 3 の違いは経路の最適化を行っているか否かである。経路の最適化は何度も経路を生成する必要があり、また、選択するストローク数の増加に伴い総当たり回数も増加するため実行時間が長くなる。そのため、提案手法 2, 3 は実行時間が長くなってしまったと考えられる。

実行時間 (T) の中央値

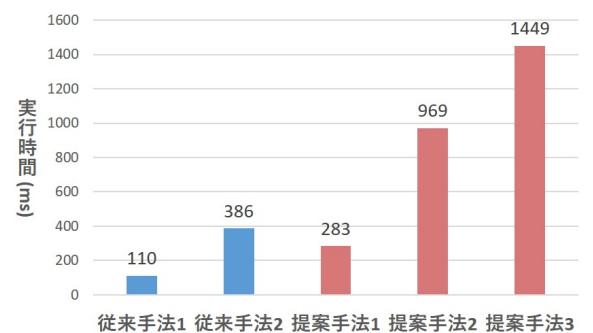


図 10: 実行時間の中央値

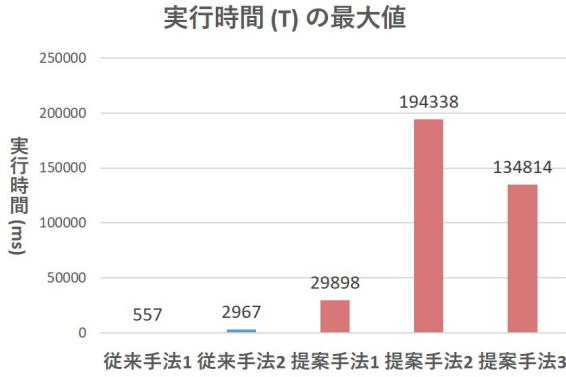


図 11: 実行時間の最大値

道路占有率の実験結果を図 12 に示す。図 12 における横軸は注目施設数、縦軸は道路占有率、直線は線形近似直線を表す。従来手法 1 の道路占有率の閾値 T_{th} は 0.10、他の手法はグローバル SN の道路占有率の閾値 R_{th} は 0.09、グローバル SN とローカル SN の合計道路占有率の閾値 T_{th} は 0.10 とした。従来手法 1 は注目施設の数によらず 0.10 に近い値になった。これは T_{th} の値を超える直前までストロークを選択するためである。一方で、他の手法は注目施設の数が多いほど道路占有率が大きくなかった。これは、施設数が多いほどローカル SN が増加するためであると考えられる。また、提案手法 1, 2, 3 に顕著な差がないことがわかった。このことから、経路の全体最適化によるストロークの増加は軽微であると考えられる。

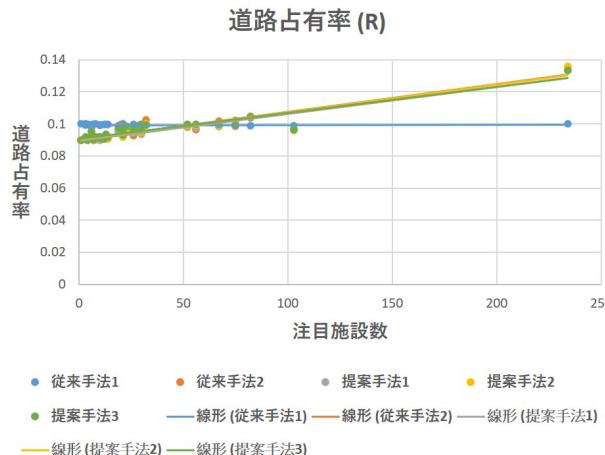


図 12: 道路占有率の散布図

道路占有率分散の実験結果を図 13 に示す。従来手法 1 は他の手法と比べて大きい値となった。これは、すべてのストロークを注目施設の位置を考慮して選択した結果、注目施設が多い場所に集中して道路が選択されたためである。一方で、従来手法 1 以外の手法はいずれも同程度の値となった。これは、グローバル SN によって注目施設の位置を考慮しないストロークを選択した結果、地図全体に基幹道路が描画されたためであると考えられる。以上の実験結果から、階層化ストロークネットワークに基づいて道路総描を行うことで、道路を地図全体にまんべ

んなく選択することができる事が示された。

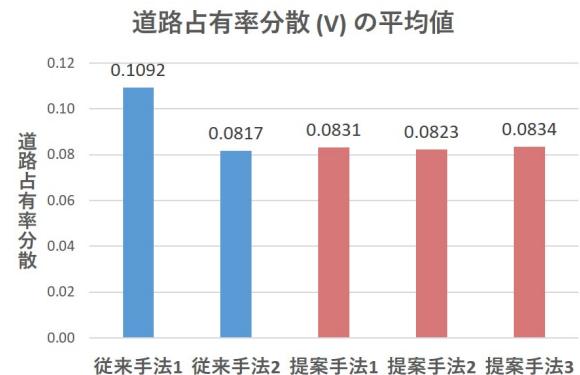
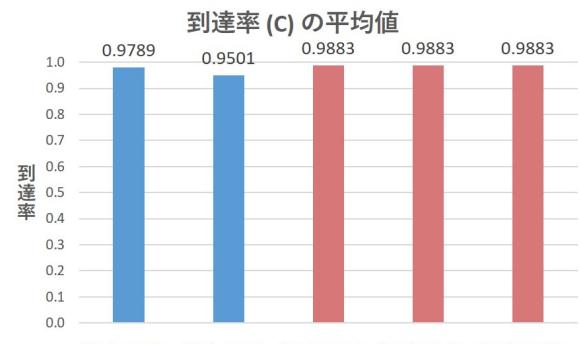


図 13: 道路占有率分散の平均値

到達率の実験結果を図 14 に示す。従来手法 1 は、提案手法 1, 2, 3 と比べて到達率が若干低い値となった。従来手法 1 は施設に最も近いストロークを選択しているが、それが他のストロークと接続されない場合があるため、到達経路が生成されない注目施設が発生すると考えられる。従来手法 2 は比較手法の中で最も低い値となった。これは、ローカル SN がグローバル SN に接続されない場合があるためであると考えられる。提案手法 1, 2, 3 は比較手法の中で最も高い値となり、最少ストローク系列生成機能によって到達率が向上したことが示された。一方で、一部到達経路が生成されない注目施設が存在した。原因としては、周回道路を構成するグローバル SN が地図の端にあり他のグローバル SN と接続されていない場合があること、ストロークデータのノード座標が微妙にずれていることで接続関係が正しく取得できない場合があることなどが考えられる。



従来手法1 従来手法2 提案手法1 提案手法2 提案手法3

図 14: 到達率の平均値

迂回距離の実験結果を図 15 に示す。従来手法 1 は従来手法 2, 提案手法 1 と比べて迂回距離が小さくなった。これは、図 12 から、道路占有率が他の手法と比べて大きくなることが多いためであると考えられる。従来手法 2 は迂回距離を抑えるために十字のストロークを選択しているものの、提案手法 2, 3 に比べると迂回距離が大きく、提案手法 1 と比べて 4m ほど小さくなっただけであった。ここから、十字のストロークだけでは、経路の最適化に比べて迂回距離を小さくする効果が小さいこと

が示された。提案手法2, 3は提案手法1に比べ、一経路当たり平均20m以上迂回距離が小さくなかった。提案手法1と2, 1と3でそれぞれT検定を行った結果、それぞれP値が1.0958%と0.3426%となり、共に有意水準5%を下回った。したがって、経路の最適化は迂回距離を小さくすることができると示された。

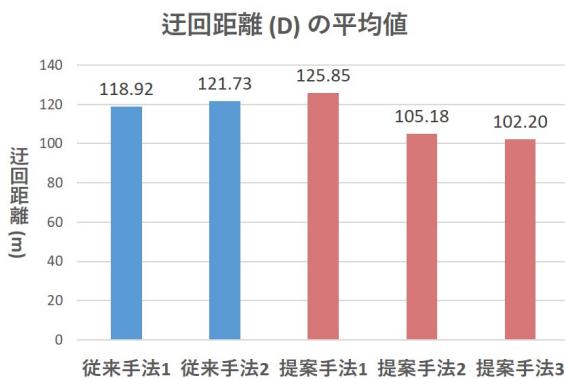


図15: 迂回距離の平均値

6 おわりに

本稿では、道なり優先経路を用いた階層化ストロークネットワークに基づく道路総描手法を提案し、その実現法について述べた。グローバルSNでは、長さに基づいてストロークを選択した。ローカルSNでは、最少ストローク系列生成機能によって全施設に対して経路を生成し、経路の全体最適化機能によって迂回が小さい経路に修正した。プロトタイプシステムを用いた評価実験の結果、提案手法は従来手法と比べて実行時間が最大134秒ほど長くなった。一方で、道路占有率分散は0.1092から0.0834へと0.02ポイント以上小さくなり、提案手法は道路を分散して総描できることが示された。また、到達率は95.01%から98.83%へと3ポイント以上向上し、迂回距離は121.73mから102.20mへと20m以上減少した。ここから、提案手法は迂回距離が小さい経路を生成できることが示された。今後の課題としては、アルゴリズム改良やデータベース作成による高速化、現在地や駅、バス停等の位置を考慮したローカルSNの生成、接続数や道路種別を考慮したグローバルSNの生成などが挙げられる。また、状況や目的に応じたパラメータの調整、道路総描手法の変更について検討の必要があると考える。

文 献

- [1] Google Maps, <https://www.google.co.jp/maps>, 2022-01-05.
- [2] J.T.Bjoerke, "Generalization of Road Networks for Mobile Map Services: an Information Theoretic Approach", Proceedings of the 21st International Cartographic Conference(ICC), pp.127-135, 2003.
- [3] Qingnian Zhang, "Road Network Generalization Based on Connection Analysis", Development in Spatial Data Handling 2005, pp. 343-353, 2005.
- [4] Yungang Hu, Zhilin Li, Renliang Zhao and Liqiu Meng, "Selective Omission of Road Features based on Mesh Density for Automatic Map Generalization", International Journal of Geographical Information Science, Volume23, 2009-Issue8, 2009.
- [5] 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, システム開発論文特集号, Vol.J93-D, No.10, pp.1914-1925, Oct.2010.
- [6] Robert C.Thomson, Dianne E.Richardson, "The 'Good Continuation' Principle of Perceptual Organization applied to the Generalization of Road Networks", Proceedings of the ICA 19th International Cartographic Conference, 1998.
- [7] M.Murase, D.Yamamoto, and N.Takahashi, "On-Demand Generalization of Guide Maps with Road Networks and Category-Based Web Search Results", Proc. W2GIS 2015, pp.53-70, April 2015.
- [8] Daisuke Yamamoto, Masaki Murase and Naohisa Takahashi, "On-Demand Generalization of Road Networks based on Facility Search Results", IEICE Transactions on Information and Systems, Volume E102.D, Issue 1, pp.93-103, 2019.
- [9] 福安浩明, 山本大介, 高橋直久, "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" 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2019), H5-1, 2019.
- [10] Yonghwan Kim, Hiroaki Fukuyasu, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, "A Road Generalization Method using Layered Stroke Networks", Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL Workshop on Location-based Recommendations, Geosocial Networks and Geoadvertising, 2019.11.5.
- [11] OpenStreetMap Japan | 自由な地図をみんなの手に/The Free Wiki World Map, <https://openstreetmap.jp/> 2022-01-16.