

特定形状を考慮した視認性の良いエリア略地図生成手法

折原 照崇^{1,3} 柳澤 政生² 戸川 望^{1,4}

概要：よく利用される携帯電話機能の1つとして地図サービスがある。携帯電話はパソコンに比べると表示画面が狭いため、表示する地図内に表示要素が多く存在すると視認性の悪い地図が表示される。この問題を解決する方法の1つに略地図生成がある。近年、位置情報や地理情報を計算機上で扱う技術の発達に伴い、略地図生成自動化の手法が注目されてきた。略地図はエリア略地図と2地点間略地図の2種類に分類でき、本稿ではエリア略地図に着目する。本稿では道路ネットワーク内から基盤目、楕円形、半円形の3つの特定形状を探索し、それぞれ整形した形に置き換えることで視認性を向上するエリア略地図の生成手法を提案する。提案手法の有効性を示すためにデータ量と見やすさ、2つの観点で評価実験を実施した。

A Good-visibility Deformed Area Map Generation Algorithm Considering Specific Shapes

TERUTAKA ORIHARA^{1,3} MASAO YANAGISAWA² NOZOMU TOGAWA^{1,4}

1. はじめに

近年、携帯電話は小型化・高性能化が進み、音楽や動画の視聴、パソコン向けウェブサイトの閲覧等の機能が搭載され、様々な利用形態が生まれている。よく利用される携帯電話機能の1つとして地図サービスがある。地図サービスを利用する上で、携帯電話はパソコンに比べると、表示画面が狭い。表示する地図内に表示要素が多く存在すると、狭い表示画面に視認性の悪い地図が表示される。この問題を解決する方法の1つに略地図生成がある。略地図とは、地理情報の中から余分な情報を取り除き、ユーザに対して必要な情報を分かりやすく提示するよう簡略化した地図である。略地図の多くはデザイナーにより手作業で作成されているが、GPSやGISといった位置情報や地理情報を計算機上で扱うための技術の発達に伴い、略地図生成自動化の手法が注目されてきた [1-5]。

略地図は2種類に分類できる。エリア全体の道路ネット

ワークの略地図と、2地点間の経路を中心とした略地図である。前者をエリア略地図、後者を2地点間略地図と言う。エリア略地図は広告、パンフレット、雑誌等に使われ、1つの目的地の周辺エリア、またはエリア内の複数の目的地を表示したり、エリア内の道路の位置関係を把握したりする目的がある。2地点間略地図は、道案内のために使われ、経路に関係する移動に必要な情報のみを表示する。本稿ではエリア略地図に着目する。

エリア略地図には以下の3点が求められている。

- (1) 視認性
- (2) 高速な略地図生成
- (3) データ量削減

略地図はユーザに対し必要な情報を分かりやすく提示する必要がある。略地図の視認性の良さはユーザに情報を分かりやすく提示するのに必須である。また、エリア略地図が使用されるのは、ユーザがどこか目的地に向かおうとしている状況である。ユーザが今すぐ目的地に向かいたい状況で、略地図を生成し表示するのに多く時間を要することはできない。そのため、高速な略地図生成が求められる。さらにエリア略地図に求められることに拡大縮小機能がある。エリア略地図はエリア全体の道路ネットワークを表示するが、全ての道路を表示すると視認性が低くなる。そのため、拡大縮小機能による表示道路の選別が必須である。

¹ 早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 情報理工学専攻
Department of Computer Science and Engineering, Waseda University

² 早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 電子光システム学専攻
Department of Electronic and Photonic System, Waseda University

³ terutaka.oriyara@togawa.cs.waseda.ac.jp

⁴ togawa@togawa.cs.waseda.ac.jp

拡大縮小機能を持つ略地図は複数枚の略地図を重ねて層とし、縮尺によって表示する略地図を切り替え、道路の選別を実現する必要がある。拡大縮小機能を持つ略地図は道路の選別で視認性を高くできる一方、データ量が増加する。データ量の削減が必要である。

既存のエリア略地図生成手法には、道路形状正規化モデルによる簡略化 [2,3]、量子化による簡略化 [1]、道路ネットワーク分割による簡略化 [4,5] がある。道路形状正規化モデルによる簡略化は、正規化により視認性の向上を図った手法である。量子化による簡略化は、量子化により視認性の向上を図った手法である。道路ネットワーク分割による簡略化は、高速生成が可能であるが、視認性、データ量削減の有効性は低い。結果として、(1)~(3) すべてを満足する手法はない。

本稿では道路ネットワーク内から特定形状を探索し、整形した形に置き換えるエリア略地図生成手法を提案する。道路ネットワーク内の複数の道路を 1 つの特定形状に置き換えることでデータ量の削減を図る。また、特定形状への整形で視認性の向上を図る。整形による略地図の視認性の変化を、提案手法による略地図と既存手法による略地図を比較し、アンケート調査する。データ量と視認性、2 つの観点で提案手法の有効性を評価する。

2. 関連研究

エリア略地図生成手法の関連研究を視認性、高速生成、データ量の削減の観点からまとめる。関連研究には道路形状正規化モデルによる簡略化 [2,3]、量子化による簡略化 [1]、道路ネットワーク分割による簡略化 [4,5] がある。

道路形状正規化モデルによる簡略化は、ノード間やリンク間に埋め込んだばねの作用により、道路形状を正規化する手法である。全体のばねエネルギーが収束条件を満足するまで処理を繰り返す。道路形状を正規化し、基盤目のようなデザイン性の高い略地図を生成できるため、視認性は良い。しかし、繰り返し処理によるエネルギーの収束に時間がかかる。ノード数 100 程度のエリアの略地図生成にかかる時間は約 25 秒である [3]。データ量に関しては、データ量削減のための考慮はなされていない。

量子化による簡略化は、リンク同士の接続角を量子化し、直線化、直角化する手法である。直線化、直角化により視認性の向上を図っている。略地図生成にかかる時間についての言及はないが、道路形状正規化モデルによる簡略化と同様に繰り返し処理が必要なため、略地図生成には時間がかかると思われる。データ量に関する考慮もなされていない。

道路ネットワーク分割による簡略化は、ノードを分割条件に基づき分割する。分割条件に当てはまらないノードを間引くことで、ノードを削除して直線化されるリンクを増やし視認性の向上を図っている。略地図生成に何か収束を

待つ繰り返し処理がなく、高速な略地図生成が可能である。ノード数 100 程度のエリア略地図生成にかかる時間は約 60 ミリ秒である [4]。また、分割条件に当てはまらないノードを間引きデータ量を削減する。しかし削減できるノードは限られており、削減率は高くない。

結果として関連研究で 1 章で挙げたエリア略地図に求められる (1)~(3) すべてを満足する手法はない。

提案手法は、道路ネットワークを特定形状へ置き換えて整形することで、視認性の向上を図る手法である。さらに、複数の道路を 1 つの特定形状に置き換えることでデータ量を削減する。また既存手法で時間のかかる原因であった収束を待つ繰り返し処理を無くすことで、高速な略地図生成を考慮してエリア略地図に求められる (1)~(3) すべてを満足する。

3. 特定形状を考慮した略地図生成

道路ネットワーク分割による簡略化 [4,5] はエリア略地図に求められる (1)~(3) すべてを満足する手法でないが、関連研究の中で高速な略地図生成という点において最も優れた手法であると言える。(1)~(3) の条件を満足する手法を構築する上で有力な候補となりうる。

道路ネットワーク分割による簡略化の最大の欠点は、道路ネットワークをまとまりのある形状としてとらえていない点にある。広範囲で地図を眺めると、地図中には 1 つのまとまりとして見なせる形状が存在しているのが分かる。中でも基盤目、楕円形、半円形の 3 つの形状が特に地図中に頻繁に出現している形状であり、これら特定の形状が道路ネットワークにまとまりを与えている。道路ネットワークをまとまった形状としてとらえられると視認性が高まり、かつ、データ量削減に繋がることが期待できる。すなわち、道路ネットワーク分割による簡略化手法に対し、特定形状を考慮するよう拡張すれば (1)~(3) のすべてを同時に満足するような略地図生成が可能となる。

3.1 特定形状を考慮した略地図生成アルゴリズム

本章では、特定形状を考慮した略地図生成手法を提案する。特定形状は地図中に頻繁に出現する基盤目、楕円形、半円形の 3 つとする。

提案する各特定形状の探索は以下のような仮定の下で実行する。

- 基盤目探索で基盤目を構成するノード間に余分なノードは存在しない。
- 楕円形、半円形を構成するノードを繋ぐリンクの回転方向は全て等しい。

しかし、実際の地図にはノード間に余分なノードのある箇所や、全体としては曲線だが途中で回転方向が変わる箇所は存在する。このような箇所では、特定形状を抽出することができない。

表 1 ノード用 CSV ファイル.

ノード ID	x 座標	y 座標
1	50.0	47.0
2	99.0	9.0

表 2 リンク用 CSV ファイル.

ID1	ID2	道路幅
1	2	2
2	3	2

ここで道路ネットワーク分割による簡略化手法のうち、道路ネットワーク分割 [4,5] に着目する. 道路ネットワーク分割により曲がり角や交差点間にある余分なノードが減る. また, 小さな曲がり角を直線にできる. 小さな曲がり角が減ると, 回転方向をチェックするリンク間が長くなり, より大きな楕円形, 半円形を発見する可能性が増える. つまり道路ネットワーク分割による簡略化手法の道路ネットワーク分割処理を特定形状の探索に先立って実行することにより, この問題を解決できる. そこで, 以下のフェーズからなる特定形状を考慮した略地図生成を提案する.

フェーズ 1. 道路ネットワーク分割による簡略化

フェーズ 2. 基盤目の探索と置き換え

フェーズ 3. 楕円形の探索と置き換え

フェーズ 4. 半円形の探索と置き換え

フェーズ 5. 道路幅補正処理

入力データとして地図データを表す 2 つの CSV *¹ファイルを使用する. ノード用とリンク用があり, ノード用ファイルには, 表 1 のようにノード ID, ノード座標が入る. リンク用ファイルには表 2 のように繋がる 2 つのノード ID とその間の道路幅が入る. 次に道路ネットワーク分割による簡略化, 特定形状の探索と置き換えを基盤目, 楕円形, 半円形の順で実行する. 基盤目は本手法で扱う 3 つの特定形状の中で, 最も道路ネットワーク内で見られる形状であるため始めに探索と置き換えを実行する. 特定形状同士が重なることはないものと仮定する. その為, 先に特定形状として置き換えた箇所は, 他の特定形状の置き換えによって変形させない. 各特定形状は置き換え後, 特定形状内のリンクを切ることで後の別の特定形状の探索で探索の対象としない.

各特定形状の探索と置き換え後, 道路幅補正処理 [4,5] し, 生成した略地図を SVG*²ファイルに出力する. ここで道路幅補正処理とは, リンク用入力データでノード間の道路幅を与え, 生成する略地図に道路幅を付ける処理である. 以降, 3.2 節~3.5 節でフェーズ 1~4 まで説明する.

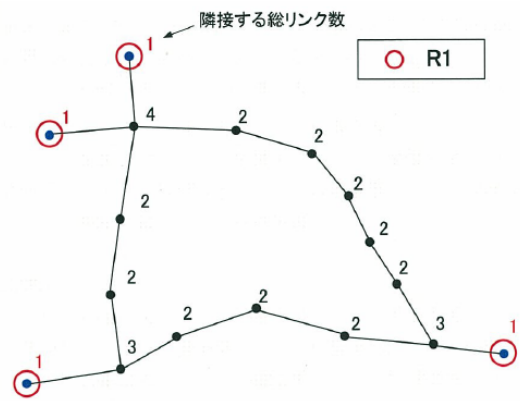
3.2 道路ネットワーク分割による簡略化

入力データに対し, 道路ネットワーク分割による簡略化 [4,5] を実行する. 道路ネットワーク上のノードを分割条件に基づきグループに分割し, 各グループごとに簡略化する. 分割条件は以下の 4 つである.

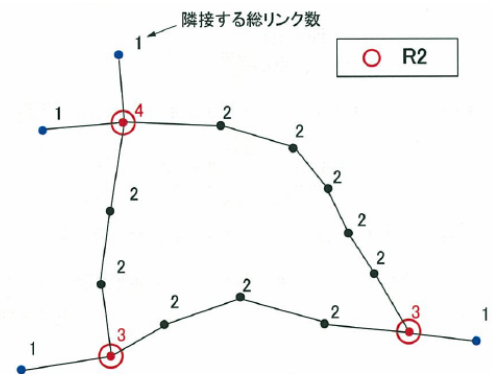
条件 1. 端点となる箇所 (R1)

*¹ Comma Separated Values の略で, データをカンマで区切って並べたファイル形式である.

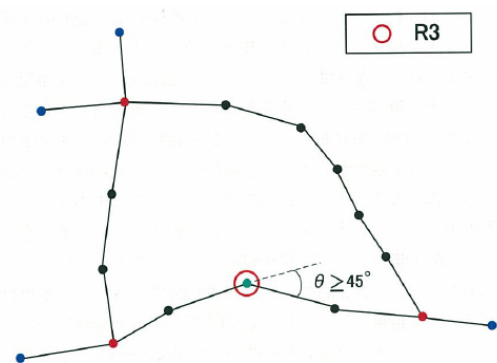
*² Scalable Vector Graphics の略で, テキスト形式のファイルでベクター画像を表現する.



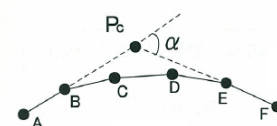
(a) 端点となる箇所.



(b) 交差点や丁字路等枝分かれのある箇所.



(c) 交差角度 45 度以上となる箇所.



(d) 曲線化判定となる箇所.

図 1 道路ネットワーク分割.

条件 2. 交差点や丁字路等枝分かれのある箇所 (R2)

条件 3. 交差角度が 45 度以上となる箇所 (R3)

条件 4. 曲線化判定となる箇所 (R4)

図 1(a) に条件 1, 図 1(b) に条件 2, 図 1(c) に条件 3, 図 1(d) に条件 4 となる箇所を示す. 条件 1 は隣接するリンク数が 1 の端点. 条件 2 は枝分かれのあり, 隣接するリンク数が 3 以上の箇所である. 条件 3 は図 1(c) のように隣接す

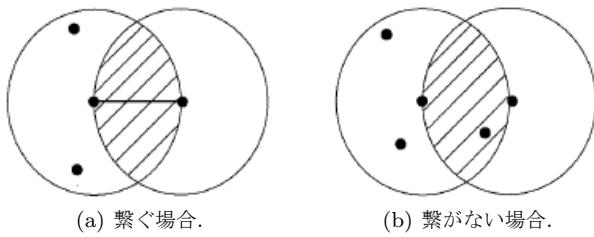


図 2 相対近傍グラフの繋ぎ方.

るリンク数が 2 で、リンク同士の成す角 θ が 45 度以上となる箇所である。条件 4 は図 1(d) のようなノードの位置関係で、ノード A, P_c, F のなす外角 α が 45 度以上となる箇所である。この場合、ノード A, F が分割条件 4 になる。簡略化時にどの分割条件にも属さないノードを間引き処理する。

3.3 基盤目

道路ネットワーク内から基盤目を探す探索手法と、探索した道路を基盤目に整形する置き換え手法を提案する。

3.3.1 相対近傍グラフ

基盤目の道路を探索するために元のノードとリンクから相対近傍グラフを求める。相対近傍グラフとは、ある 2 つのノード間の距離を半径としてそれぞれのノードを中心とした 2 つの円を求め、円の重なった領域内に他のノードが存在しない場合にノード間を繋いで描くグラフである。図 2(a) のように 2 つの円の重なる斜線内に他のノードが存在しない場合はノードを繋ぐ。図 2(b) のように斜線内に他のノードが存在する場合はノードを繋がない。

入力データのリンクがノードを介さず交わることがなく、ノード配置が規則的なら、相対近傍グラフは基盤目の形状となる特徴がある。この特徴を利用して基盤目を探索する。

3.3.2 基盤目探索手法

基盤目の道路の探索手法を提案する。4 つのリンクと隣接するノードを隣接するリンク数 4 のノード、基盤の辺に位置するノードを盤端のノード、基盤の隅に位置するノードを隅のノードとする。基盤目の探索手法は以下のようになる。

手順 1. 相対近傍グラフを求める。

手順 2. 相対近傍グラフから隣接するリンク数 4 のノードを抽出。

手順 3. 盤端のノードを相対近傍グラフから探索し抽出。

手順 4. 隅のノードを相対近傍グラフから探索し抽出。

探索過程を図 3 に示す。手順 1 では、図 3(a) の入力データから図 3(b) の相対近傍グラフを求める。手順 2 では、図 3(b) の相対近傍グラフから隣接するリンク数 4 のノードを抽出する。隣接するリンク数 4 のノードは基盤目の中に位置するノードのため、置き換えの際に削除される。手順 3 では、手順 2 で抽出したノードに隣接するノードを抽出し、

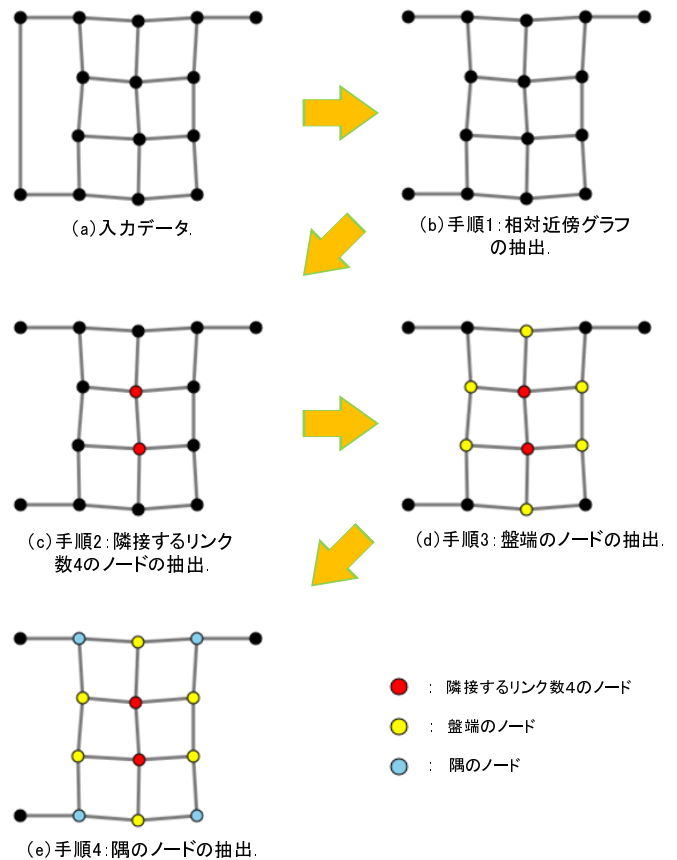


図 3 基盤目探索過程.

盤端のノードとする。既に手順 2 で抽出した隣接するリンク数 4 のノードは盤端のノードにならない。手順 2,3 実行後、図 3(d) のようになる。手順 4 では、手順 3 で抽出した盤端のノードが 2 つ隣接するノードを抽出し、隅のノードとする。手順 4 の後、図 3(e) のようになる。既に手順 2 で抽出したノード、または盤端のノードは隅のノードにならない。

3.3.3 基盤目置き換え手法

基盤目探索手法で探索し抽出した道路を基盤目に整形する置き換え手法を提案する。基盤目の置き換え手法は以下のようになる。

手順 1. 基盤目の隅のノードを直線で繋ぐ。

手順 2. 隅のノード間のノードを手順 1 の直線上へ移動する。

手順 3. 基盤目の盤端のノードを直線で繋ぐ。

手順 4. 基盤目の内側に存在するノードを削除する。

置き換え過程を図 4 に示す。手順 1,2 で隅のノードを先に繋いで直線にし、図 4(c) のように基盤の盤端を形成する。手順 3 で盤端のノード同士を繋いで図 4(d) のように直線にした後、手順 4 で基盤目の内側に存在するノードを削除する。基盤目の内側のノードは、手順 3 で基盤目の両端を直線で繋いだため、不要となり削除が可能である。以上の基盤目への置き換えにより入力データは図 4(e) のように整形し置き換えられる。

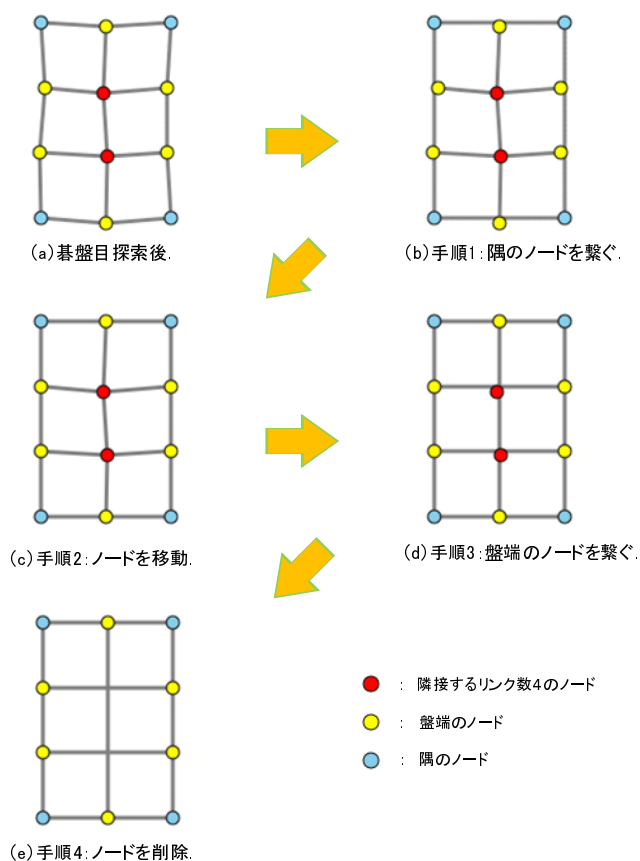


図 4 基盤目置き換え過程.

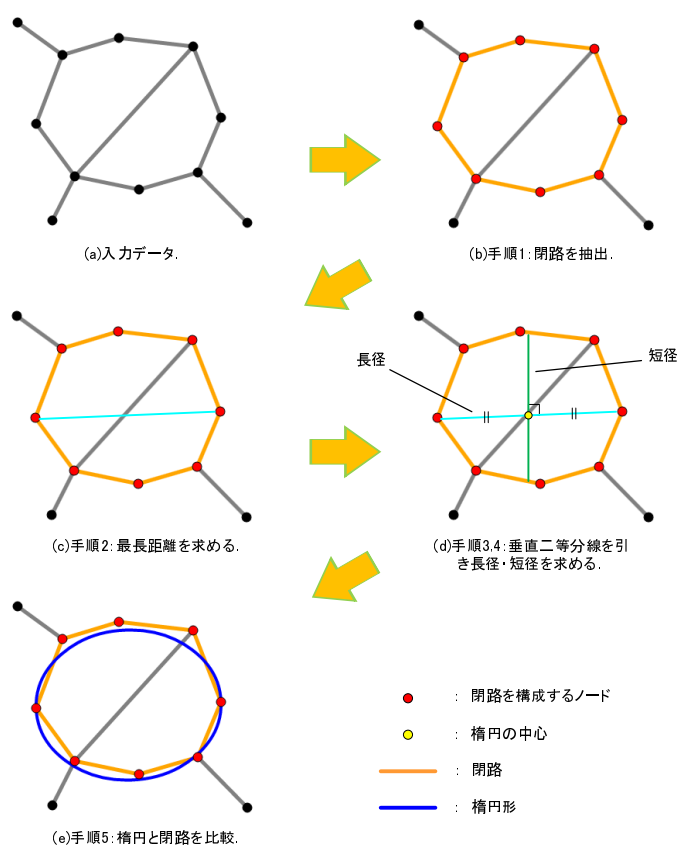


図 5 楕円形探索過程.

3.4 楕円形

道路ネットワーク内から楕円形を探す探索手法と、探索した道路を楕円形に整形する置き換え手法を提案する。

3.4.1 楕円形探索手法

楕円形の道路の探索手法を提案する。楕円形の探索手法は以下のようになる。

手順 1. 深さ優先探索で閉路を求める。

手順 2. 閉路を構成するノード間で最も距離が長い箇所を求める。

手順 3. 手順 2 で求めた直線の垂直二等分線を閉路と交わるまで引く。

手順 4. 手順 2,3 で求めた直線をそれぞれ楕円の長径と短径とする。

手順 5. 楕円と閉路のそれぞれの面積と周囲長を求め比較する。

探索過程を図 5 に示す。手順 1 では 1 つのノードを始点として深さ優先探索で閉路を求める。閉路はリンクの回転方向が常に等しくなるよう探索する。交差点のような複数の方向へ分岐のあるノードでは、リンクのなす角度がより小さい方へ優先して探索する。なす角度がより小さい方を優先することで、大きな楕円形を優先して探索可能である。再び始点に到達した場合、探索を行った経路を閉路として抽出する。手順 2,3,4 では閉路を楕円形に置き換えるために必要な楕円形の長径と短径を求める。手順 2 で求め

た閉路を構成するノード間で最も距離が長い箇所の半分の長さが、楕円形の長径の長さとなる。手順 3 の垂直二等分線は閉路との交点が 2 つ存在するため、2 つの平均を短径とする。求めた長径と短径から置き換える可能性のある楕円形を作成する。手順 5 では探索された経路がどの程度楕円形に近いかがマッチングする。マッチングは楕円形の面積と閉路の面積、楕円形の周囲長と閉路の周囲長をそれぞれ求め比較する。面積と周囲長それぞれを比較し、値が 90% 以上一致していた場合、探索された閉路を楕円形であると判定し、置き換えを実行する。90% 以上一致しない場合、ノードを 1 つ戻り他にリンクがあるならば閉路探索を続ける。他にリンクがないならば半円が判定する。

3.4.2 楕円形置き換え手法

楕円形探索手法で探索し抽出した道路を楕円形に整形する置き換え手法を提案する。置き換える際、楕円形探索手法で求めた楕円の長径と短径を用いる。楕円形の置き換え手法は以下のようになる。

手順 1. 閉路を構成するノードの移動。

手順 2. 閉路を構成するノードの削除。

閉路を楕円形に置き換えた際、長径の両端のノード以外は楕円上に存在しない可能性がある。手順 1 では、図 6 のようにノードを楕円上に存在するよう移動する。ノードの移動は、楕円の中心と移動するノード間に直線を引き、直線と楕円の交点にノードを移動させる。手順 2 では、図 7 の

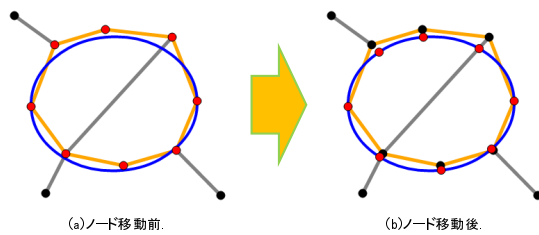


図 6 ノードの移動.

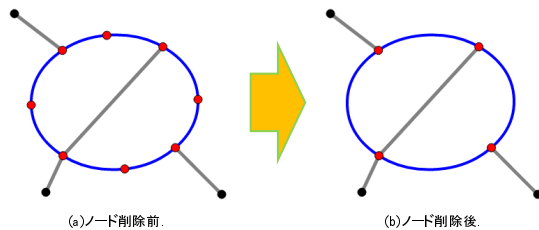


図 7 ノードの削除.

ように探索された閉路のノードを削除する．削除するノードは隣接するリンク数が 2 本のノードである．隣接するリンク数 2 本のノードは楕円上の他のノードとのみ繋がっているため，削除が可能である．隣接するリンク数が 3 本以上であるノードは楕円と楕円以外に存在するノードを繋ぐ役割があるため削除できない．

3.5 半円形

道路ネットワーク内から半円形を探す探索手法と，探索した道路を半円形に整形する置き換え手法を提案する．

3.5.1 半円形探索手法

半円形の探索手法を提案する．半円形の探索は楕円形の閉路探索の際に実行する．閉路探索において閉路が見つからない場合に半円形かどうか判定する．半円形の探索手法は以下になる．

- 手順 1. 閉路が見つからなかった際の始点と終点を直線で繋ぐ．
- 手順 2. 始点と終点の中点までの距離 d を求める．
- 手順 3. 繋いだ直線から半円を構成するノードまで最も長い箇所の距離 r' を求める．
- 手順 4. 手順 2,3 で求めた距離から半円の半径を求める．
- 手順 5. 手順 4 で求めた半径から半円の中心座標を求める．
- 手順 6. 半円と探索した形状それぞれの面積と周囲長を求め比較する．

探索過程を図 8 に示す．手順 1 では閉路が見つからなかった際の探索の始点と終点を図 8(b) のように直線で繋ぐ．手順 2 では始点と終点の中点までの距離 d を求める．手順 3 では図 8(d) のように手順 1 で繋いだ直線から最も長い箇所までの距離 r' を求める．手順 4,5 では r', d より半円形の半径と中心座標を求める．半径を r とすると， r', d を用いて図 8(g) のような直角三角形を形成するため， r の導出が可能である．手順 6 では探索された経路がどの程度半円形に近いかがマッチングする．手順 4 で求めた半径と手順

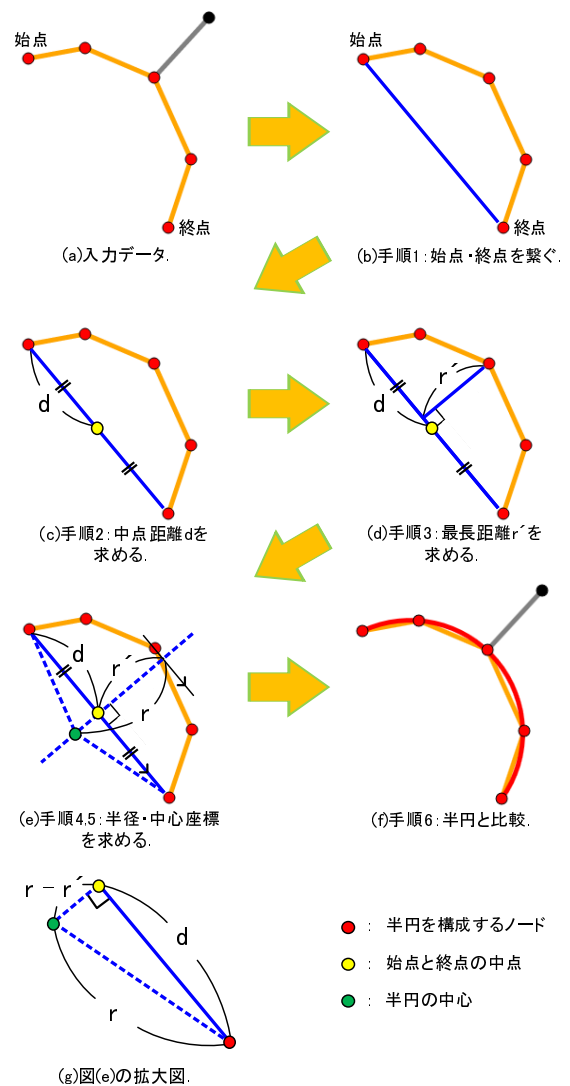


図 8 半円形探索過程.

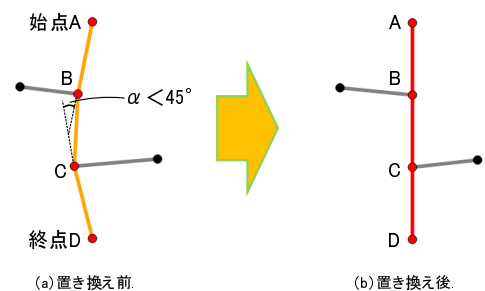


図 9 直線への置き換え.

5 で求めた中心座標と始点と終点のなす角度から，半円形と探索した形状の面積と周囲長をそれぞれ求め比較する．面積と周囲長それぞれを比較し，値が 90% 以上一致していた場合，探索された形状を半円形であると判定する．

図 9(a) のように探索した半円形の始点ノードを含む直線 AB と終点ノードを含む直線 CD の成す角度 α が 45 度未満の場合，半円形ではなく直線と判定し，図 9(b) のように直線に置き換える．これは 45 度未満の曲がり角は進行方向として認識される傾向にある [6] ためである．

表 3 見やすさアンケート調査結果.

	提案手法 [%]	既存手法 [%]	変わらない [%]
凱旋門	58.7	23.9	17.4
丸太町	73.9	6.5	19.6
田園調布	87.0	6.5	6.5
元住吉	37.0	28.2	34.8

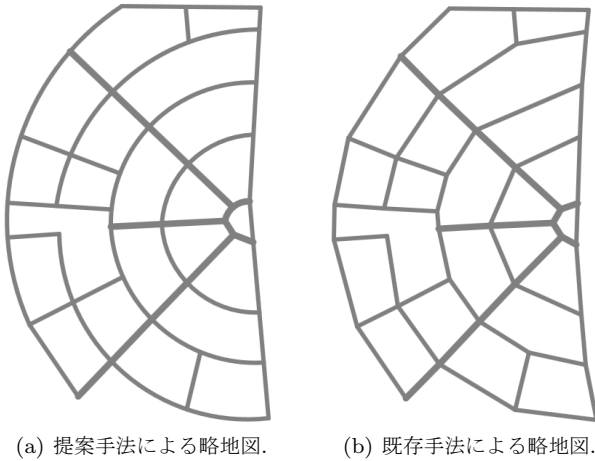


図 10 見やすさの比較 (田園調布).

3.5.2 半円形置き換え手法

半円探索手法で探索し抽出した道路を半円形に整形する置き換え手法を提案する. 半円形の置き換え手法では楕円形と同様に, ノードの移動と削除をする.

ノードの移動では, 半円形に置き換えた際に半円形から外れたノードを移動させる. 移動方法は半円形の中心と移動するノード間に直線を引き, 直線と半円形の交点にノードを移動させる. ノードの削除では, 始点終点以外で隣接するリンク数が 2 本のノードを削除する. 隣接するリンク数 2 本のノードは半円上の他のノードとのみ繋がっているため, 削除が可能である.

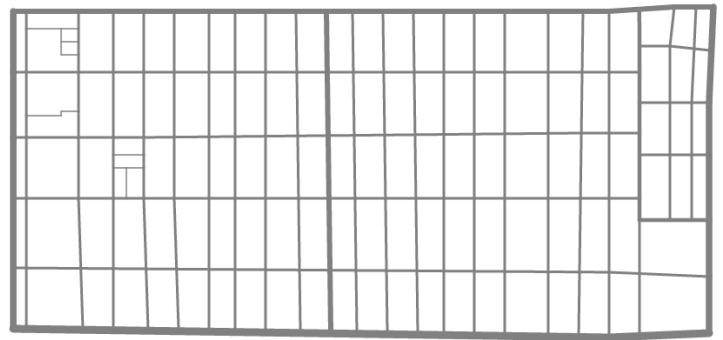
4. 評価実験

本章では実験の概要を説明し, その結果から提案手法の有効性を評価する. 特定形状を考慮することの有効性を確認するために, 実装した提案手法と既存手法 [4] をデータ量と視認性の観点で比較した. 提案手法の実行時間はすべての例において 0.1 秒以下である.

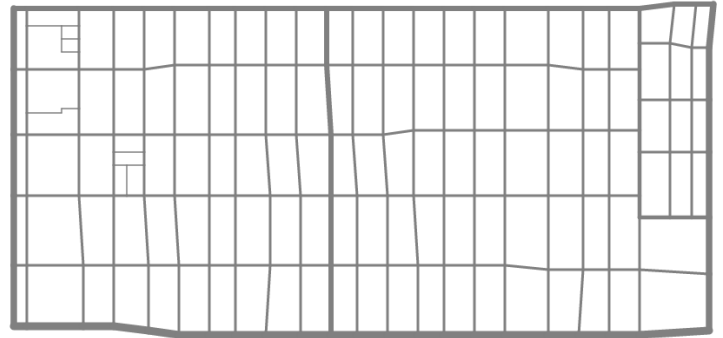
4.1 視認性の実験結果と評価

提案手法で生成した略地図と既存手法で生成した略地図を見比べるアンケート調査を実施した. アンケートは 4 か所に対して実施し, 「A のほうが見やすい」「B のほうが見やすい」「どちらも変わらない」の 3 択で 46 人の被験者から回答を得た.

提案手法で生成した略地図の例を図 10(a), 11(a), 既存手法で生成した略地図の例を図 10(b), 11(b) に示す. アンケート調査結果を表 3 に示す. どの略地図においても提案



(a) 提案手法による略地図.



(b) 既存手法による略地図.

図 11 見やすさの比較 (丸太町).

手法のほうが既存手法より見やすいと判断され, 田園調布では既存手法の 6.5% に対し, 提案手法は 87.0% の被験者がより見やすいと判断した. 提案手法による特定形状を考慮した変形が視認性の良い略地図生成に有効であることが分かった.

4.2 データ量の実験結果と評価

10 か所の入力データに対し既存手法と提案手法それぞれで略地図生成し簡略化した. 簡略化前後の各ノード数, リンク数から削減率を求めた. 表 4 に 10 か所の入力データの既存手法による略地図生成後と提案手法による略地図生成後のノード数, ノード削減率, リンク数, リンク削減率を示す.

提案手法は平均でノード数を 25% 以上, リンク数で 50% 以上削減した. 全ての入力データにおいて提案手法の削減率は既存手法の削減率を上回り, 提案手法のデータ量削減の観点での有効性を確認することができた.

5. おわりに

道路ネットワーク内の特定形状を考慮したエリア略地図生成手法を提案した. 提案手法の特定形状を考慮した略地図生成手法は略地図のデータ量の削減, 視認性の向上に有効であった. 今後の課題としては, 考慮する特定形状を増やす, または探索手法の改善によって, 抽出する特定形状を大きくすることである. 抽出する特定形状が大きいと, 道路ネットワークをまとまりある形状としてとらえられ視認性の向上に繋がる, またデータ量の削減に有効である.

表 4 データ量削減率.

		ノード [個]	ノード削減率 [%]	リンク [本]	リンク削減率 [%]
田園調布	簡略化前	48	—	69	—
	[4]	38	20.8	59	14.5
	提案手法	31	35.4	24	65.2
凱旋門	簡略化前	63	—	85	—
	[4]	51	19.0	73	14.1
	提案手法	39	38.1	28	67.1
成城学園前	簡略化前	69	—	116	—
	[4]	67	2.9	114	1.7
	提案手法	42	39.1	39	67.2
渋谷	簡略化前	80	—	124	—
	[4]	78	2.5	121	2.4
	提案手法	73	8.8	62	50.0
新橋	簡略化前	92	—	145	—
	[4]	90	2.2	143	1.4
	提案手法	72	21.7	79	45.5
元住吉	簡略化前	129	—	189	—
	[4]	114	11.6	174	7.9
	提案手法	105	18.6	100	47.1
丸太町	簡略化前	164	—	284	—
	[4]	164	0.0	284	0.0
	提案手法	105	36.0	119	58.1
バルセロナ	簡略化前	166	—	282	—
	[4]	160	3.6	276	2.1
	提案手法	104	37.3	117	58.5
赤羽	簡略化前	184	—	305	—
	[4]	183	0.5	304	0.3
	提案手法	144	21.7	148	51.5
港南台	簡略化前	193	—	274	—
	[4]	174	9.8	254	7.3
	提案手法	162	16.1	139	49.3

謝辞

本研究を進めるにあたり貴重な議論をいただいた株式会社ゼンリンデータコムの中中清貴氏ならびに進藤大介氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] 永田剛彦, 前田義信, “エージェントを用いた略地図における地理情報選択モデルの提案,” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, pp. 479–484, 2006.
- [2] 丸山貴志子, 谷崎正明, 嶋田茂, “デフォルメマップ生成のための道路変形モデルとそのシステム評価,” 情報研報, 2008-ITS-12, vol. 102, no. 695, pp. 77–84, 2003.
- [3] 丸山貴志子, 谷崎正明, 嶋田茂, “デフォルメマップ生成のための道路形状正規化モデルとそのシステム評価,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J87-A, no. 1, pp. 108–119, 2004.
- [4] 松本和也, “道路ネットワーク分割に基づく視認性を考慮した高速エリア略地図生成手法に関する研究,” 2009 年度修士論文, 2009.
- [5] 松本和也, 戸川望, 柳澤政生, 大附辰夫, “道路ネットワーク分割に基づく高速エリア略地図生成手法,” 信学技報, ITS2008-12, vol. 108, no. 171, pp. 25–30, 2008.

- [6] 山本直英, 岡部篤行, “曲がり角が一つある通路における定性的方向推論についての実験による分析,” CICS (Center for Spatial Information Science, University of Tokyo) Discussion Paper, no.38, 2001.