

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

永田 剛彦*¹ 前田 義信*²

Agent-based Geographic Information Selection in the Deformed Map

Takehiko Nagata*¹ Yoshinobu Maeda*²

Abstract – In order to generate a deformed map, it is necessary that geographical information such as landmarks, nodes, paths, edges and districts should be selected and composed to provide the route guide for any travelers. In this report we proposed a method to provide the deformed map by means of an agent-based selection of plausible landmarks and a composition of several route-type maps. As a result, the route-type and the survey-type maps composed of landmarks, nodes and paths were automatically obtained. Open questions are to verify availability of the deformed map obtained in terms of field trials.

Keywords : Agent Model, Feature Selection, Geographic Information System, Deformed Map

1. はじめに

道案内や店舗案内に使用される地図はデフォルメを施した略地図であることが多い。略地図とは空間に存在する多彩な地理情報の中から位置情報や経路情報を最適となるように取捨選択し、道路形状を水平垂直化するなどして単純化を施したものである。略地図製作者は、地図読者に認知・理解しやすい案内を提供するために、目印となるランドマークや経路となるパスの配置において工夫を凝らしている。それゆえ略地図上で表現された空間は、実空間に比べ、地図製作者や地図読者の認知空間により近いものを表現しているといえる。ゆえに略地図は、一般的な地図に比べ視認性・判読性に富む。昨今では、案内用略地図の多くはデザイナーなどにより手作業で作成されているが、近年、GPSやGIS(地理情報システム)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、案内用略地図作成自動化の手法が注目されてきた^{[1]~[6]}。梶田^[1]は、モーフィング技法を用いて道路変形に伴うランドマークの移動・変形ルールを提案した。馬場口^[2]は現在地から目的地までの経路を理解するための支援システムとして“SKETIST”を提案している。“SKETIST”ではランドマークの選択手法として、出発地から目的地までの1次元的な経路を考慮した手法を用いている。藤井と杉山^{[3],[4]}は携帯端末向け案内地図生成システムを開発し、ランドマークの形状と種別からなる認知度を用いてランドマークを選択している。一方で、道路形状の単純化に関して、丸山^[6]は

ばね埋め込みモデルを用いて道路ネットワークの形状の正規化を試みた。

本研究では、エージェントを用いることで案内に必要なランドマークを選択する方法を提案する。エージェントのパラメータを変化させることで地図作成者の嗜好に近い地図を作成することが可能になると考えられる。道路形状の単純化については、道路ネットワーク全体の形状を考慮せず、ルートマップ型の略地図を構成し、その後、ルートマップを重ねあわせることでサーベイマップ型略地図を合成する。

2. 提案システム概要

本システムの特徴は以下の2点である。

1) 認知地図の構成要素^[8]にはランドマーク(目印となる点要素)、パス(経路)、ノード(交差点)、エッジ(横断できない線要素)、ディストリクト(地区、地域等)がある。本稿ではランドマーク、パス、ノードのみで構成される地図データを用いる。地図データには国土地理院発行の数値地図2500を使用する。本システムでは任意の出発地と目的地を入力することで、その周辺または駅等の主要交通機関を含む範囲の地図データを取得し、地図画像を出力する。ここでパスはノードとノードを直線で結ぶことで簡略化したものとする。

2) 本稿ではエージェントを用いたランドマーク選択手法を提案する。エージェントは指定した経路を移動し、案内に最適となるようランドマークフィルタリングを実行する。始めにエージェントが移動する幾つかの経路を選択する方法を示し、その後、エージェントの行動パターン、ランドマークの取捨選択方法について述べる。

*1: 新潟大学大学院 自然科学研究科

*2: 新潟大学工学部 福祉人間工学科

*1: Graduate School of Science and Technology, Niigata University

*2: Department of Biocybernetics, Niigata University

2.1 経路選択アルゴリズム

Dijkstra アルゴリズムを用いて経路選択を行う。このアルゴリズムはパスにコストを設定し、コストが最小となる経路を順次選択するアルゴリズムである。コストがノード間距離に設定されるとき、得られる経路は最短経路となる：

$$cost = l \quad (1)$$

ここで l はパスの距離を表す。

しかし、略地図では必ずしも最短経路が選択されるわけではない。曲がり道を多く含む経路は略地図には適さず、逆に直進性の高い経路が略地図に利用される傾向にある。そこで始点ノードから終点ノードまでの曲がる回数を最小にするコストを

$$cost = \begin{cases} 0 & (|\theta| > \Theta) \\ 1 & (|\theta| \leq \Theta) \end{cases} \quad (2)$$

のように設定する。ここで θ はパスとパスの接続角であり、 Θ は経路を曲がり道と判断するための閾値で、単位はラジアンである（本稿では $\Theta = 7\pi/8$ に設定）。

また国道はそれ自体が目印となるため略地図で利用される傾向が高い。このような道路の特性を考慮したコストは次のように設定する：

$$cost = \begin{cases} l & (\text{一般道}) \\ al & (\text{主要道路}) \end{cases} \quad (3)$$

ここで $0 \leq a \leq 1$ である。 a は主要道路優先係数であり、 $a = 1$ で主要道路は一般道と同じ扱いになる。本稿では $a = 0.5$ とした。

2.2 ランドマークの選択

2.1 節で示した方法を用いて選択した経路上をエージェントに移動させ、案内に最適となるランドマークフィルタリングを実行する。エージェントはパラメータとして視野 v 、移動確認距離 s 、不満度 d をもつ。ここで $v \geq 0$ と $s \geq 0$ の単位はメートルであり、 $d \geq 0$ の初期値は 0 である。エージェントは次に示す行動パターンでランドマークの取舍選択を行う。

Step.1 初期状態では地図上の全てのランドマークは非表示状態となっている。

Step.2 地図上で始点ノードと終点ノードの位置を指定する。

Step.3 エージェントは 2.1 節で選択した経路を始点ノードから終点ノードまで移動する。

Step.4 エージェントは s だけ移動すると、その位置から視野 v を半径とする円内に含まれるランドマークを検索する。

Step.5 円内に表示状態のランドマークが 1 つも確認できなかった場合、エージェントの不満度 d を Δd だけ増加させる。

Step.6 エージェントがノードに達した際、移動距離が s に達していなくても、ノードを中心とした視野 v を半径とする円内のランドマークを検索する。

Step.7 終点ノードに到着し、エージェントの不満度が閾値 d_{max} に達していた場合、エージェントは経路移動中に検索したランドマークの中で、非表示状態のものを 1 つ選択し、表示状態にする。

Step.8 経路移動後のエージェント不満度 d が閾値 d_{max} 未満になるまで Step.1 ~ Step.7 を繰り返す。エージェント不満度 d が閾値 d_{max} を下回った時点で終了とする。

Step.7 においてエージェントがランドマークを表示状態にする際、ランドマークに有用度を属性として定義する。ヒトが地図を確認しながら経路を移動する際、移動の向きが大きく変化すると、その近辺にあるランドマークを確認しようとする。つまり移動方向に大きな変更を要求するノード近辺のランドマークは案内に利用されやすい傾向にある。同様に、面積の大きなランドマークは存在感があり、位置確認を容易にするため案内に利用されやすい。そこでランドマーク i の有用度 U_i を以下のように定義する。

$$U_i = \begin{cases} A_i & (\text{直進}) \\ \alpha A_i & (\text{方向転換}) \end{cases} \quad (4)$$

ここで $\alpha \geq 1$ である。 α は方向転換重要度であり、エージェントの移動方向ベクトルの向きが大きく変わる地点付近で確認されるランドマークの重要度を表す。本稿ではエージェントの進行方向に対して移動方向ベクトルの向きが $3\pi/8$ 以上変化するとき方向転換であるとみなし、 $\alpha = 2$ に設定する。 A_i はランドマーク i の面積を、エージェントが確認した全てのランドマーク中、最大面積の面積によって正規化したものである。よって $U_i > 0$ である。

以上を考慮し、エージェント移動後に、ランドマークの状態を非表示状態から表示状態にフリップさせる方法として、以下の 3 つの方法の適用し、ランドマークフィルタリングを実行する。

方法 1 有用度の大きいランドマークを優先的に選択する。

方法 2 不満度の減少量が最大となるようなランドマークを選択する。もし不満度の減少量が等しいものが 2 つ以上存在する場合、有用度の大きいものを選択する。

方法 3 有用度が大きく、かつエージェントの不満度が減少するランドマークを選択する。

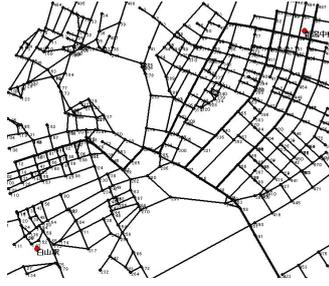


図1 元地図データ
Fig.1 Source map

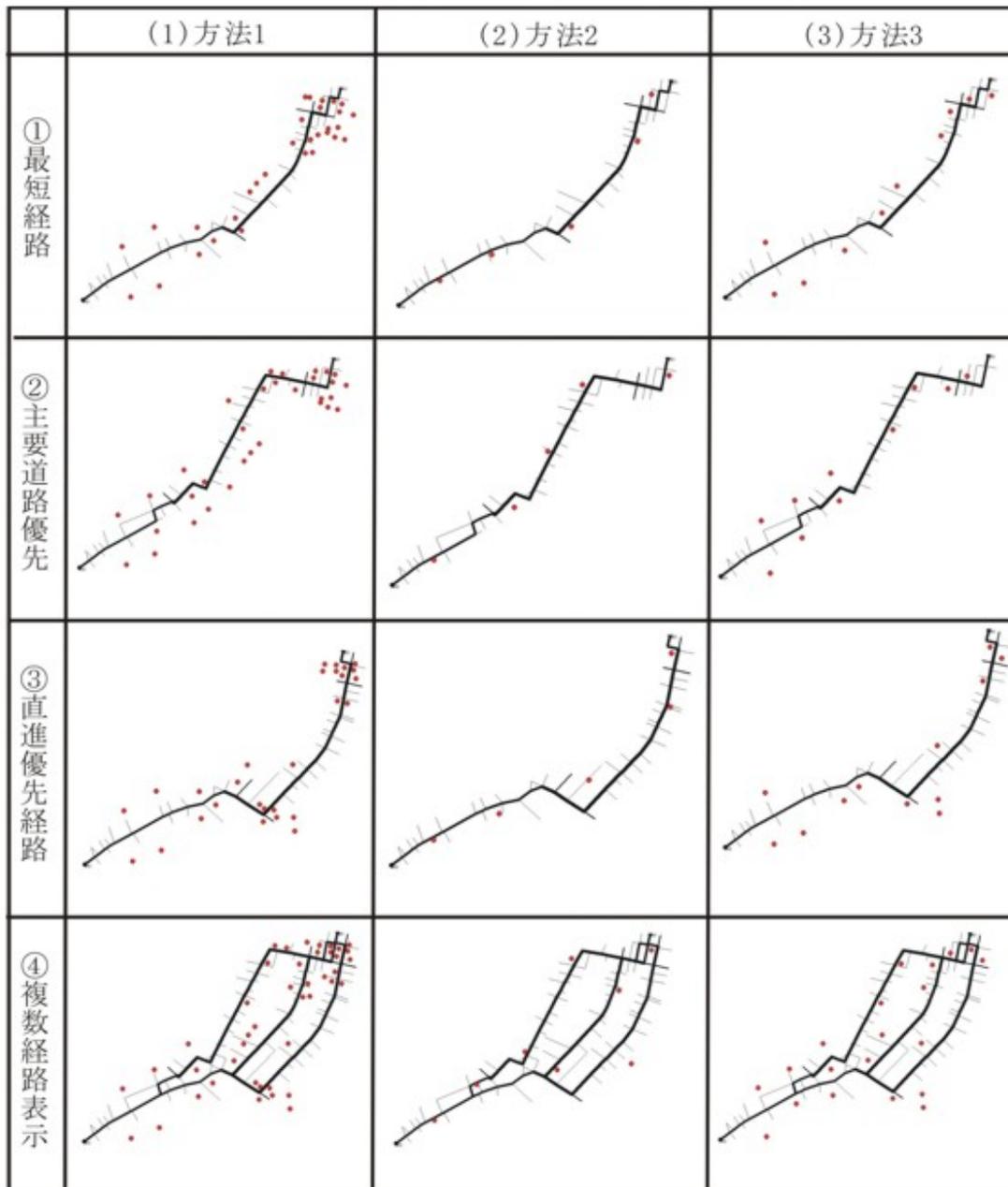


図2 シミュレーション結果
($s = 100, v = 80, d_{max} = 5, \Delta d = 1$)
Fig.2 Simulation results

2.3 サーベイマップ型地図

情報誌やインターネットで見ることのできる略地図には、ルートマップ型よりもサーベイマップ型の地図であることが多い。しかしそのような地図は、駅やバス停といった主要交通機関を出発地点とし、案内したい地点を終着地点としている複数のルートマップ型地図によって構成されていると解釈することができる。そこでルートマップ型地図を複数選択することによってサーベイマップ型地図を作成する。

まず、始点ノード（出発地）と終点ノード（目的地）を同一のものとする複数の経路を選ぶ。本稿では、2.1節で得た最短経路、主要道路優先経路、直進優先経路の3つの経路を用いる。ランドマーク情報の選択は、2.2節と同様にエージェントを用いることで行う。エージェントは経路を交互に移動し、2.2節で示した行動ルールに従いランドマークフィルタリングを実行する。各経路移動後のエージェント不満足度が、全経路において閾値 d_{max} 未満となった時点で終了とする。

2.4 シミュレーション

新潟市古町の電子地図を用いて、最短経路、主要道路優先経路、直進優先経路、サーベイマップ型地図でのランドマークフィルタリングを方法1、方法2、方法3にて実行した結果を図2に示す。各パラメータは移動確認距離 $s = 100$ ，視野 $v = 80$ ，閾値 $d_{max} = 5$ ，不満足増加量 $\Delta d = 1$ とした。

方法1による選択方法では有用度の大きいランドマークを優先的に選択するため、多くのランドマークを略地図に提示することができる。しかしランドマークの位置情報が考慮されていないため、エージェントの不満度を下げる効率が悪く、ランドマーク数が必要以上に選択されてしまっている。

一方、方法2ではランドマークの位置情報を考慮しているため、数少ないランドマークで不満度を下げることができた。しかし有用度は殆ど考慮されないため、有用度の高いランドマークが選択されない傾向にある。

方法3では、有用度と位置情報の両方が考慮されているため、有用度が大きいランドマークを選択しつつ、不満度を効率よく下げることが可能となった。

3. 道路形状の単純化

手書き地図による分析^[7]からは、次のような経験則が得られている。

- 交差点は（実際には斜交していても）直角に描かれる傾向にある。
- 曲がりくねった道路は直進化される。

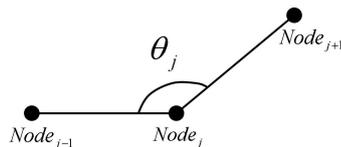


図3 接続角の定義

Fig. 3 Definition of the connection angle

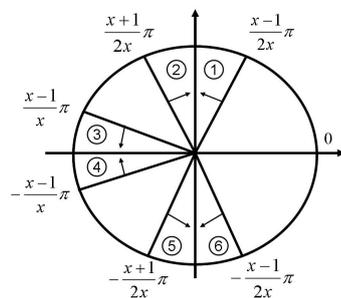


図4 方向量子化

Fig. 4 Direction quantization

3.1 ルートマップ形状単純化

始点ノードから終点ノードまでのパス間の接続角を順次求めていき、接続角の大きさが π または $\pi/2$ に値が近い場合、補正值 $\Delta\theta$ によって経路を直進化または直角化する。 $\Delta\theta$ は次のように求める。

経路上の各ノードに対して始点ノードから終点ノードまで順にラベル $j (j = 1, 2, \dots, n)$ (n : 経路上ノード数) を付与する (図3)。 θ_j の値によって補正する角度の大きさ $\Delta\theta_j$ を求める。 θ_j の範囲を図4の領域で量子化する (図4の x の値を本稿では $x = 4$ に設定) 。各領域における補正ベクトルは図4のようになる。接続角 θ_j を求めるために $\cos \theta_j$ の値を計算する。ここで \mathbf{a}_j を j 番目のノードから $j-1$ 番目のノードへのベクトル、 \mathbf{b}_j を j 番目のノードから $j+1$ 番目のノードへのベクトルとすると $\cos \theta_j$ の値は、

$$\cos \theta_j = \frac{(\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_j)}{\|\mathbf{a}_j\| \cdot \|\mathbf{b}_j\|} \quad (-1 \leq \cos \theta_j \leq 1) \quad (5)$$

となる。 $\mathbf{a}_j = (a_1, a_2)$ ， $\mathbf{b}_j = (b_1, b_2)$ とし、 sign を

$$\text{sign} = \begin{cases} 1 & (a_1 b_2 - a_2 b_1 \geq 0) \\ -1 & (a_1 b_2 - a_2 b_1 < 0) \end{cases} \quad (6)$$

のように定義すると、補正值 $\Delta\theta_j$ は、

$$\Delta\theta_j = \begin{cases} \text{sign} \cdot (\frac{\pi}{2} - \theta_j) & \dots 1, 2, 5, 6 \\ \text{sign} \cdot (\pi - \theta_j) & \dots 3, 4 \\ 0 & \dots \text{上記以外} \end{cases} \quad (7)$$

となる。ここで、式(7)の後の数字は、図4に示す各領域の番号を表わしている。以上、 j の値を1から n

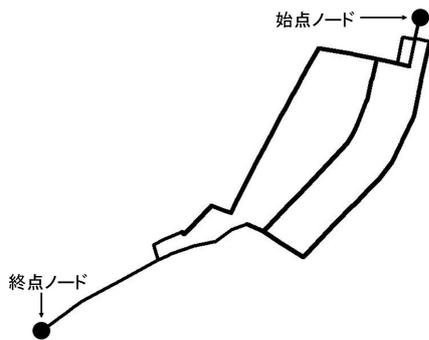


図5 3つのルートマップからなるサーベイマップ
Fig.5 Survey-type map composed of three route-type maps

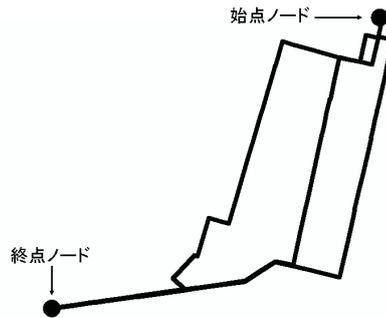


図7 サーベイマップの形状単純化の結果
Fig.7 Simplification result of survey-type map

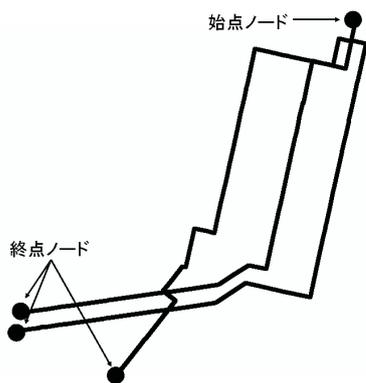


図6 始点ノードを基準とした重ね合わせ
Fig.6 The superimposed of every route-type map based on the starting node

まで変化させ、 j 番目ノードを中心に j 番目以降の経路上ノードを $\Delta\theta_j$ だけ回転させる。

図5は2.4節と同様、新潟市古町の電子地図を用いて、同じ始点ノード、終点ノードをもつ最短経路、直進優先経路、主要道路優先経路を同時に表示したものである。これらの経路を個々に単純化した結果が図6である。

3.2 ルートマップの合成

これまでサーベイマップ型地図の形状の単純化手法 [1], [4], [6] が種々提案されてきたが、サーベイマップ型地図は2次元的表现であり、その扱いが難しく、それら手法はどれも複雑な理論によって構成されている。一方でルートマップ型地図は1次元的表现であるため比較的容易に形状を単純化することが可能である。

このことから単純化を施した複数のルートマップ型地図を合成することによって、比較的容易に単純化されたサーベイマップ型地図の作成が可能である。3.1節にてルートマップ型地図の単純化手法について示した。しかし単純化を施すことで図6のように、本来交わるべきノードの位置や終点ノードの位置がずれて

しまうことが分かる。よって次の手順でこれらルートマップ型地図の合成を行う。

Step.1 始点ノード、終点ノードを同一のものとする複数の経路を求め(図5)、3.1節の手順に従いそれぞれ単純化する(図6)。

Step.2 単純化した経路のうち1つを基準経路とし、1つを基準経路に対して変形を行う変形経路とする。

Step.3 基準経路のノードのうち、変形経路と交差していたノードを $C_{b,k}$ ($k = 0, 1, \dots, p$) ($C_{b,0}$ は始点ノード、 $C_{b,p}$ は終点ノードである。 k の初期値は0とする) とし、変形経路のノードのうち、基準経路と交差していたノードを $C_{t,k}$ とする。

Step.4 $C_{b,k}$ から $C_{b,k+1}$ へのベクトルの向きと、 $C_{t,k}$ から $C_{t,k+1}$ へのベクトルの向きが等しくなるように $C_{t,k}$ 以降の経路を $C_{t,k}$ を中心に回転する。

Step.5 $C_{t,k+1}$ から $C_{b,k+1}$ へのベクトルを T_{k+1} とする。

Step.6 $C_{t,k}$ から $C_{t,k}$ を除く $C_{t,k+1}$ までのノード数を M 、 $C_{t,k}$ 以降の変形経路上のノードを N_u ($u = 0, 1, \dots, q$) ($C_{t,k} = N_0, C_{t,p} = N_q$ となる) とし、 N_u を始点としたベクトル uT_{k+1}/M が示す位置に N_u ($u = 1 \sim q$) の位置を移動する(ただし uT_{k+1}/M は $u \geq M$ のとき $u = M$ とする)。

Step.7 $k = k + 1$ とし同様の処理を繰り返す。

Step.8 $C_{t,k}$ が終点ノードとなった時点でループ終了。

Step.9 上記手順で変形の済んだ経路は、以後基準経路として追加される。

Step.10 全ての経路が変形されるまでループする。基準経路を最短経路とし、上記手順で合成を行った結果を図7に示す。合成前の図6に比べ、交差ノードの位置が一致し、終点ノードの位置も一致していることが確認できる。

4. 考察

謝辞

4.1 ランドマークの選択

エージェントを用いたランドマークフィルタリングではエージェントのパラメータの値が重要な課題となる。略地図では地図スケールによって案内情報に求められる性質が変化するため、視野 v は地図スケールによって変化させる必要がある。また、不満度の閾値 d_{max} は、値が小さければそれだけ多くのランドマークが選択され、値が大きければ逆となる。よって d_{max} 値の設定については、今後、地図作成者の意思を反映させながら決定する手法（例えば階層分析法 AHP^[9]）を取り入れる必要がある。ランドマークの選択手法では、本稿で導入した有用度が有効であると考えられるが、これについてもアンケート調査によって統計的に示す必要がある。

4.2 道路形状の単純化

ルートマップの道路形状の単純化は、パス間の接続角を量子化することで実行した。しかし図4で指定した領域外の接続角は補正されず現状維持となる。補正の対象外とした領域についても補正するように定義すれば、より単純な道路形状の作成ができると予想される。しかし、過度に単純化された道路形状は、かえって案内に対する混乱を招く恐れがあるため、この点については今後の課題である。

また複数の単純化を施したルートマップを合成することによって、単純化されたサーベイマップを作成できることを示した。しかし基準経路以外の経路は、基準経路との接続関係に矛盾が生じないように補正されたため、単純化されていた変形経路が、さらなる補正によって厳密なパス間の水平垂直という関係が崩れてしまうという問題が生じる。複数のルートマップを合成した後も、厳密な水平垂直の関係を維持できる変形を行うことは今後の課題である。

5. まとめ

本稿ではエージェントによるランドマーク選択手法について検討した。経路特性やランドマーク特性を考慮に入れたランドマーク有用度を定義し、エージェントは1次元的な経路上でのランドマークの取捨選択を行うが、複数の経路について同時に実行することで、サーベイマップ型地図にも応用できることが確認できた。またパスとパスの間の接続角 θ の値を求め、 θ の値を $-\pi \leq \theta \leq \pi$ の範囲内で量子化し、変形を施すことでルートマップ形状の単純化を実行できることを示した。最後に単純化を施した複数のルートマップ型地図を合成することで、単純化されたサーベイマップ型地図を作成でき得ることを示唆した。

本研究の一部は科学研究費若手研究 (B) の補助による。

参考文献

- [1] 梶田, 山守, 長谷川: 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)
- [2] 馬場口, 堀江, 上田, 淡誠: 経路理解支援のための略地図とその案内文の生成システム; 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.3, pp.791-800 (1997)
- [3] 藤井, 杉山: 歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法; 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.11, pp.2026-2034 (1999)
- [4] 藤井, 杉山: 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)
- [5] 倉田, 岡部: 道案内要略地図の正確な地図への同定アルゴリズム; GIS-理論と応用, Vol.10, No.1, pp.9-17 (2002)
- [6] 丸山, 谷崎, 嶋田: 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.108-109 (2004)
- [7] 若林: 認知地図の空間分析; 地人書房 (1999)
- [8] K. Lynch: The image of the city; MIT Press, pp.46-90 (1960)
- [9] T. L. Saaty: The Analytic Network Process; 2nd Edition, RWS Publications, pp.23-82 (2001)