

## 歩行者ナビゲーションにおける微小画面での視認性とユーザの 迷いにくさを考慮した略地図生成手法

二宮 直也<sup>†</sup> 戸川 望<sup>†</sup> 柳澤 政生<sup>†</sup> 大附 辰夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学理工学部コンピュータ・ネットワーク工学科

〒 169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

Tel:03-5286-3396, Fax:03-3203-9184

E-mail: [†ninomiya@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp](mailto:†ninomiya@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp)

あらまし 携帯電話による位置情報サービスとインターネットサービスの普及により、歩行者を対象とした地図サービスの利用が拡大している。これに伴い、表示面積の狭いモバイル端末に有効な略地図を自動生成するための各種技術の研究が盛んに行われている。道路形状の水平・垂直化、交差点角度の量子化を基本とする従来手法では基盤の目のようなデザイン性の高い略地図の生成が可能であるが、それらがユーザにとって迷いにくい地図であるとは限らない。本稿では、人間の方向判断基準や交差点形状が歩行者に与える影響を反映させた略地図を生成するための簡略化処理アルゴリズムを提案し、携帯電話のような微小画面においても視認性が良く、かつ迷いにくい略地図の生成を目指す。ノード数 400 程度の道路ネットワークデータに対して本手法を適用し略地図が生成されることを確認した。

キーワード 歩行者ナビゲーション, 携帯電話, 略地図, 認知科学

## A Deformed Map Generation Algorithm Considering Visibility in a Small Display and Easiness of Route Understanding for Pedestrian Navigation

Naoya NINOMIYA<sup>†</sup>, Nozomu TOGAWA<sup>†</sup>, Masao YANAGISAWA<sup>†</sup>, and Tatsuo OHTSUKI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Department of Computer Science, Waseda University

3-4-1 Okubo, shinjuku, Tokyo 169-8555, Japan

Tel: +81-3-5286-3396, Fax: +81-3-3203-9184

E-mail: [†ninomiya@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp](mailto:†ninomiya@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp)

**Abstract** The use of map service for pedestrians has expanded by the spread of the location information service and Internet services by the cellular phone. There have been various researches to generate effective deformed maps to mobile devices with a small display automatically. The existing techniques are based on making road shape horizontal and vertical, and quantizing of intersection angle. Deformed maps generated by them have a high level of visibility, but they are not easy to understand for users. In this paper, we propose a road shape transformation algorithm based on cognitive science. It can generate deformed maps that can be understandable in a small display and has easiness of route understanding. By applying our proposed algorithm to about 400 node road-network data, we confirmed that our proposed algorithm work efficiently.

**Key words** Pedestrian Navigation, Cellular Phone, Deformed Map, Cognitive Science

### 1. ま え が き

近年、携帯電話によるインターネットサービスと GPS に代表される位置取得技術の高精度化により、歩行者を対象とした地図サービスの利用が拡大している。例えば、GPS で取得した現在地から入力した目的地までの略地図を自動生成し、携

電話の画面で目的地までの経路を確認することのできる道案内サービスがある。携帯電話向け道案内サービスでは表示画面が狭いために、「表示要素が多すぎて表示がつかぬ」あるいはその逆に「表示要素が少なすぎて有効な情報が把握できない」といった問題が発生することが多くなっている。このため、必要な情報を得るために拡大・縮小・スクロールといった煩雑な

操作を必要とし、実際に役立つサービスとはいえない状況にある。そこで必要最小限の空間情報で構成された地図表示が求められている [1]。一方、最近のカーナビゲーションシステムでは、デジタル地図コンテンツの充実と相まって 3 次元化や立体鳥瞰表示に代表される緻密な表示を求める傾向にある。ところが、このような緻密な表示を行えば行くほど視点位置や拡大率の設定が煩雑になるため携帯端末には向いておらず一目で把握可能な地図の表示が求められている [2]。

これらのニーズに対応するためには、表示画面の狭い携帯端末において有効な略地図を提供することが効果的であり、この略地図を自動生成するための各種技術の研究が盛んに行われている [3]~[8]。略地図生成に関する従来研究は生成する略地図の種類により 2 つに分類できる。経路に加えて経路周辺の道路も含めた略地図の生成を目的としたもの [3], [4]、2 地点間の経路を中心とした略地図の生成を目的としたもの [5]~[8] である。前者は広告、パンフレット、雑誌等に使われるような略地図の生成に有効である。雑誌の案内地図は不特定多数の人を対象とするため出発地の特定が難しく、なるべく多くの周辺情報を盛り込むことが求められているからである。一方、道案内のための略地図としては後者が有効である。この種のサービスでは出発地をある程度特定できるため、ルートに関係した移動に必要な情報のみを提供することができる。また、表示面積の狭い画面において経路以外の多くの情報が重畳する地図を提供することはかえって経路理解を困難にする恐れがある。

本研究は後者に着目する。後者の手法として交差点角度を特定角度で量子化する手法 [5], [6] が提案されている。これらの手法では基盤の目のようなデザイン性の高い略地図を生成することができるため、視認性に優れている。しかしながら、ユーザにとって迷いにくい地図であるかどうかを判断する基準を持たないため迷いにくい地図であるという説得力に欠けるものとなってしまっている。また、実環境の状況とは大きく異なるため移動の支援に有効であるとは言えない。また、道路の取捨選択を中心とする手法 [7], [8] も提案されているが、領域を切り出した地図上に経路等の情報を表示し種別に応じた優先順位でランドマークを表示しているにすぎないため、実用性が高い略地図とは言えない。歩行者をナビゲートする目的において、簡略化により得られる地図はユーザにとって迷いにくいものであることを保証し、なおかつ視認性が良いものでなければならない。

以上の背景をもとに、本稿では歩行者が持つ方向判断基準や交差点形状が歩行者に与える心理的影響を反映させた略地図を生成するための簡略化アルゴリズムを提案する。歩行者が道路形状や交差点形状をどのように認識しているかという認知科学的観点を反映させた略地図はユーザにとって迷いにくいものであると考えられる。

以下、2. では本研究で扱う略地図生成問題について定義し、問題を解決するための簡略化処理アルゴリズムを提案する。3. では実際の道路ネットワークデータに対して提案手法を適用した結果を示す。4. では本稿の内容を統括し今後の指針を検討する。

## 2. 簡略化処理アルゴリズム

本研究で扱う略地図生成問題について定義する。略地図生成問題では、現在地から目的地までの経路と道路ネットワークデータを入力として、経路を中心に描画された略地図を出力とする。このとき視認性と迷いにくさの最大化を目指す。

本稿では生成された略地図に歩行者が持つ方向判断基準や交差点形状が歩行者に与える心理的影響を反映させることでこの問題を解決できるアルゴリズムを提案する。一般的に認知科学的観点を反映させた略地図はユーザにとって迷いにくいものであると言える。

文献 [9], [10] によると歩行者の方向判断基準は以下の 3 点に要約される。

要点 1 歩行者は曲がり角を参照軸と呼ばれる方向判断基準を用いて方向認識している。

要点 2 参照軸にはレベルがあり、最も強い参照軸が前後、次に強い参照軸が左右、最後の参照軸が斜めである。

要点 3 右曲がり、左曲がりによる違いは微々たるもので無視しても差し支えない。

つまり、 $45^\circ$  未満の曲がり角は歩行者にとって進行方向として認識される傾向にあり、 $45^\circ$  以上の曲がり角は曲がっていると認識される傾向にあるということである。以上のことを踏まえ、提案手法では道路形状を以下のように変形する。

(1) 隣接する線分の交差角度が  $45^\circ$  未満の場合は直線として扱う。

(2) 隣接する線分の交差角度が  $45^\circ$  以上の場合は曲がり角として扱う。

また、文献 [11] では交差点形状が歩行者に与える心理的影響について報告されている。文献 [11] によると側道の交差角度が小さくなるほど、また進路変更角度が大きくなるほど歩行者は進路判断に不安を感じるということが報告されている。また、進路変更を行わない交差点でも太い道路を渡る場合には進路判断に不安を感じるということや、狭い道路から広い幹線道路に合流したときには歩行者は角度などよりも幹線道路に出たという情報に注意を引かれるということが報告されている。以上のことを踏まえ、提案手法では以下のような側道は削除しない。

(1) 経路との交差角度が小さい側道。

(2) 経路より道路幅が広い側道。

図 1 に提案する略地図生成手法を示す。Step 1 でデータベースより経路に沿った情報を抽出し、その情報に簡略化処理 (Step 2~Step 7) を施し、ベクターグラフィックスにより略地図を描画する。簡略化処理は第一に経路を複数のグループに分類し直線・曲線で近似する。その際、分割したノード (以下、分割点と呼ぶ) は移動させない。これにより実環境の状況に近い略地図を生成できる。第二に分割点のみに側道を再配置する。このとき、隣接する線分の交差角度が  $45^\circ$  以上の箇所や削除してはいけぬ側道がある箇所では分割することで、ユーザに影響が少ない箇所のみを簡略化した道路形状に変形できる。その後、経路・側道の道路幅を補正する。最後に変形した道路形状にあわせて歩行者にとって有効なランドマークを再配置する。提案す

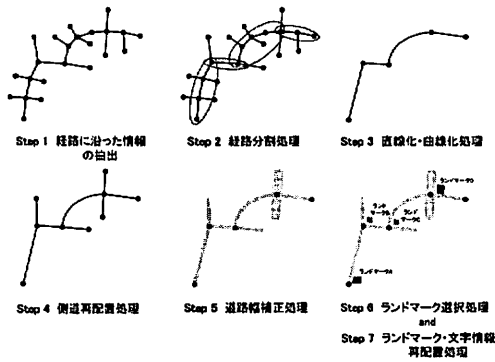


図1 提案する略地図生成手法

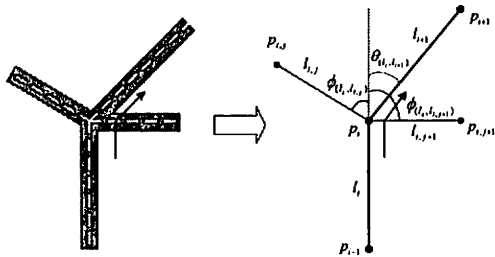


図2 道路ネットワークデータ

る簡略化処理は経路分割処理、直線化・曲線化処理、側道再配置処理、道路幅補正処理、ランドマーク選択処理、ランドマーク・文字情報再配置処理から構成される。

### 2.1 道路ネットワークデータの抽出 (Step 1)

略地図生成の前処理として、現在地から目的地への経路探索処理が行なわれる。そのため、Step1では経路探索処理の結果を利用し経路周辺の道路ネットワークデータを抽出する。図2に道路ネットワークデータを示す。 $l_i$ の終点が $l_{i+1}$ の始点となる線分を経路リンクと呼び経路リンクの集合を $L = \{l_1, l_2 \dots l_n\}$ とする。 $l_i$ の始点となる点 $p_{i-1}$ 、終点となる点 $p_i$ を経路ノードと呼び経路ノードの集合を $P = \{p_0, p_1 \dots p_n\}$ とする。 $p_i$ の座標を $p_i = (x_i, y_i)$ とする。また、始点が $p_i$ で経路リンク以外の線分を側道リンク $l_{i,j} (j = 1, 2, \dots)$ と呼び側道リンクの集合を $L'$ とする。 $l_{i,j}$ の終点となる点 $p_{i,j}$ を側道ノードと呼び側道ノードの集合を $P'$ とする。 $p_{i,j}$ の座標を $p_{i,j} = (x_{i,j}, y_{i,j})$ とする。また、2つのリンク $l_i, l_{i+1}$ が成す角度の外角を進路変更角度 $\theta_{(l_i, l_{i+1})}$ 、 $l_i, l_{i,j}$ が成す角度の外角を交差角度 $\phi_{(l_i, l_{i,j})}$ とする。ここでリンクは道路の中心線を構成する線分であり、経路リンク $l_i$ 、側道リンク $l_{i,j}$ に対して道路幅を表す値 $w_i, w_{i,j}$  (以下、道路幅レベルと呼ぶ)を持つ。各々の集合を $W, W'$ とする。Step1で抽出される道路ネットワークデータは以下の4点である。

#### 抽出される道路ネットワークデータ

- (1) 経路リンクの集合 $L$ と経路ノードの集合 $P$ 。
- (2) 側道リンクの集合 $L'$ と側道ノードの集合 $P'$ 。
- (3) (1),(2)で挙げられたリンクに隣接するランドマークの集合。

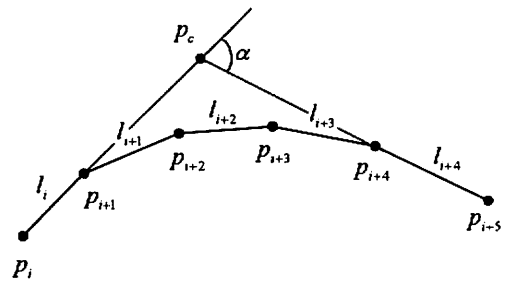


図3 曲線化判定モデル

(4) 各リンクが構成する道路の道路幅レベルの集合 $W, W'$ 。

### 2.2 経路分割処理 (Step 2)

経路分割処理では入力された連続する直線線分を特定の条件を満たす点で分割し複数のグループに分類する。特定の条件を満たす点がない場合は全体を1つのグループとしてみなす。提案手法は経路ノードの集合 $P = \{p_0, p_1 \dots p_n\}$ に対して、(1) 曲線化判定、(2) 経路角度判定、(3) 側道角度判定、(4) 経路道路幅判定、(5) 側道道路幅判定判定を行い分割点とするか否かを判定する。ここで $p_0$ は始点であるため必ず分割点となる。その後 $p_1, p_2 \dots p_{n-1}$ まで順次判定処理を行い、最後に終点となる $p_n$ を分割点とし終了する。判定処理の閾値は「人間が本来持つ方向判断基準 [9], [10]」「交差点形状が与える心理的影響 [11]」、高田馬場近辺での実地調査に基づき決定する。以下の5条件に一つでも該当した場合、分割点とする。

#### 分割条件

- (1) 曲線化判定： $\alpha$ が $45^\circ$ 以上となる箇所 ( $\alpha > 45^\circ$ )。
- (2) 経路角度判定：経路が曲がっている箇所 ( $\theta_{(l_i, l_{i+1})} > 45^\circ$ )。
- (3) 側道角度判定：直線でも交差角度が小さい側道がある箇所 ( $\phi_{(l_i, l_{i,j})} < 60^\circ$ )。
- (4) 経路道路幅判定：経路の道路幅が変化する箇所 ( $w_i \neq w_{i+1}$ )。
- (5) 側道道路幅判定：側道の道路幅が経路の道路幅より広がっている箇所 ( $w_{i,j} > w_i$ )。

図3に(1)における $\alpha$ が指す角度を示す。図3中の点 $p_c$ は $p_i, p_{i+1}$ を通る直線と $p_{i+4}, p_{i+5}$ を通る直線の交点であり、 $\alpha$ は $p_i, p_c, p_{i+5}$ の3点が成す角度の外角である。つまり、 $\alpha$ は $l_i$ と $l_{i+4}$ がどの程度傾いているかを表している。図2に(2),(3)における $\theta_{(l_i, l_{i+1})}, \phi_{(l_i, l_{i,j})}$ が指す角度を示す。 $w_i, w_{i,j}$ は $l_i, l_{i,j}$ が持つ道路幅レベルを示す。

図4に経路分割アルゴリズムを示す。ここで $count$ は、現在、経路分割処理の対象となっている経路ノードが直前の分割点から何番目の経路ノードかを表す変数であり、 $count \geq 3$ のとき曲線化判定の対象とする。これは直前の分割点から1番目と2番目の経路ノードは制御点 $p_c$ が算出できないためである。

### 2.3 直線化・曲線化処理 (Step 3)

直線化・曲線化処理では分類したグループごとに直線または曲線で近似する。ここで経路分割処理により算出された分割点

表 1 ランドマークの有効度

有効度レベル	ランドマークの種類
レベル 5	省庁、官公庁、警察署、消防署、駅など
レベル 4	学校、銀行、郵便局、デパートなど
レベル 3	交差点、病院、コンビニエンスストア、ファーストフード幼稚園、保育園、ガソリンスタンドなど
レベル 2	寺、教会、公園など
レベル 1	バス停、ビル名、建物名、団地名など

Step 2.1  $i \leftarrow 0, \text{count} \leftarrow 0$

Step 2.2  $p_i$  を分割点とする。  $r \leftarrow i, i \leftarrow i + 1, \text{count} \leftarrow \text{count} + 1$

Step 2.3  $i = n$  ならば Step 2.7 へ。 そうでなければ Step 2.4 へ。

Step 2.4  $\text{count} \geq 3$  のとき、 Step 2.5 へ。 そうでなければ Step 2.6 へ。

Step 2.5  $p_r$  と  $p_{r+1}$  を通る直線の式、  $p_i$  と  $p_{i-1}$  を通る直線の式を求め、交点の座標を算出。  $\alpha > 45^\circ$  のとき  $\text{count} \leftarrow 0$  として Step 2.2 へ。 そうでなければ Step 2.6 へ。

Step 2.6  $(\theta_{(i_i, i_{i+1})} > 45^\circ)$  または  $(\phi_{(i_i, i_{i+1})} < 60^\circ)$  または  $(w_i \neq w_{i+1})$  または  $(w_{i,j} > w_i)$  のとき  $\text{count} \leftarrow 0$  として Step 2.2 へ。 そうでなければ、  $i \leftarrow i + 1, \text{count} \leftarrow \text{count} + 1$  として Step 2.3 へ。

Step 2.7  $p_i$  を分割点として、経路分割処理終了

図 4 経路分割アルゴリズム

で区切られた区間の経路ノードの集合を一つのグループと定義する。 曲線化判定で分割した場合のみ  $p_c$  を一つの制御点とする 2 次ベジェ曲線で近似する。 曲線化判定で分割されたグループは直線で近似してしまうと元の地図と方位が大きく異なってしまうからである。 それ以外の判定で分割した場合は直線で近似しても問題ないため 1 次の直線で近似する。

#### 2.4 側道再配置処理 (Step 4)

側道再配置処理では直線化・曲線化した経路に対して側道を再配置する。 このとき分割点にのみ側道を再配置する。 提案手法では側道を削除してしまうとユーザが道に迷う原因となりうる箇所は分割点となる。 そのため、分割点のみに配置するだけで必要十分と言える。 その際、簡略化前後で側道の交差角度が変わらぬよう座標変換を行い再配置する。

#### 2.5 道路幅補正処理 (Step 5)

道路幅補正処理では、直線化・曲線化した経路、再配置した側道に対して道路幅を補正する。 提案手法では 3 種類の道路幅で補正する。 屋外の道路は道路幅により大きく「片側 2 車線以上の道路」、「片側 1 車線の道路」、「一方通行の道路」に分類できるため、3 種類程度の道路幅を用意するだけで十分であると考えられる。

#### 2.6 ランドマーク選択処理 (Step 6)

ランドマーク選択処理では道路形状変形 (直線化・曲線化や側道削除、道路幅補正等) 後に経路周辺にあるランドマークから地図上に表示するランドマークを取捨選択する。 微小画面での視認性確保の観点から、ユーザが現在地から目的地まで移動する際に有効なもののみ限定する。 ここで言う有効なランドマークとは以下の 2 点である。

- (1) 経路の曲がり角付近のランドマーク
- (2) 曲がり角付近以外でも目印として認識しやすいランドマーク

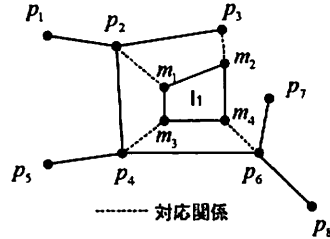


図 5 ランドマークと最近接ノード

最近接ノードの情報とランドマークの有効度レベルを用いて該当ランドマークを選択する。 最近接ノードとは、あるランドマークから最も近い位置に存在するノードを指す。 ランドマークを構成する点一つに対して一つの最近接ノードが存在する。 図 5 にその例を示す。 図中の  $m_1, m_2, m_3, m_4$  はランドマークを構成する点であり、各点から伸びる破線の先にあるノードが最近接ノードである。 つまり、あるランドマークは構成される点の個数分、最近接ノードも持っていることとなる。 ランドマークの有効度レベルとは歩行者がそのランドマークを目印としてどの程度認識しやすいかを表す値である。 表 1 のようにランドマークの有効度レベルを設定する。 これらの情報はデータベース中のランドマークにあらかじめ付加されているものとする。 提案手法では以下の 2 条件に該当するランドマークを選択する。

#### ランドマーク選択条件

- (1) 経路の分割点を最近接ノードとして持っているランドマーク。
- (2) ランドマーク自身が持つ有効度レベルが 3 以上であるランドマーク。

ただし条件 1 に関しては一つの分割点で複数候補が列挙された場合、有効度レベルが最も高いランドマークを 1 つ (同レベルのランドマークが複数あった場合は 1 つ以上) 選択する。 条件 2 に関しては簡略化前の経路ノード (もしくは側道ノード) を最近接ノードとして持っているランドマークが対象となる。 条件 1, 2 に該当するランドマークを全探索で検索する。 これにより経路の分割点付近では 1 つ以上のランドマークが、分割点付近以外でも有効度レベルが 3 以上であるランドマークが表示される。 図 6 にランドマーク選択アルゴリズムを示す。 ここで、経路ノードの集合を  $P = \{p_i | 0 \leq i \leq n\}$  とし、分割点ノードの集合を  $P' = \{p'_i | 0 \leq r \leq m\}$ 、 $P' \subseteq P$  とする。 また、ランドマークの集合を  $L = \{l_k | 0 \leq k \leq s\}$  とし、そのランドマークの有効度レベルの集合を  $\alpha = \{\alpha_k | 0 \leq k \leq s\}$  とする。

**Step 6.1**  $r \leftarrow 0, k \leftarrow 0$ . ここで  $m+1$  を分割点ノードの数,  $s+1$  をランドマークの数である.

**Step 6.2** ランドマーク  $l_k$  の最近接ノードが  $p'_r$  であるか判定. 一致すれば選択ランドマーク候補とする.

**Step 6.3**  $k \leftarrow k+1, k > s$  になるまで Step6.2 を繰り返す.

**Step 6.4** 選択ランドマーク候補の中で最大となる有効レベル  $\alpha_{max}$  を算出. 選択ランドマーク候補の中で有効レベルが  $\alpha_{max}$  であるランドマークを選択ランドマークとする.

**Step 6.5**  $k \leftarrow 0, r \leftarrow r+1, r > m$  になるまで Step6.2~Step6.4 を繰り返す.

**Step 6.6** Step6.4 で選択されたランドマーク以外のランドマークに対して有効レベル判定を行う.  $\alpha_k > 3$  である  $l_k$  を選択ランドマークに追加する.

**Step 6.7** ランドマーク選択処理終了.

図 6 ランドマーク選択アルゴリズム

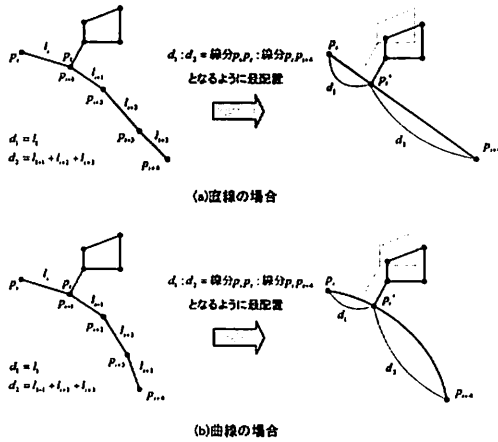


図 7 ランドマーク再配置

## 2.7 ランドマーク・文字情報再配置処理 (Step 7)

ランドマーク・文字情報再配置処理ではランドマーク選択処理で選択したランドマークとその文字情報を再配置する. 簡略化前後でリンクとの位置関係が変わらぬように座標変換を行い再配置する. 文字情報についても同様に行う. 提案手法ではランドマークを構成するある点に対して最近接な経路ノードが直線化される線分を2分する比率を用いる. ランドマークを構成するある点に対して最近接な経路ノードを  $p_i$  と定義する. 図7では  $p_{i+1}$  を  $p_i$  と仮定する.  $d_1$  は  $p_i$  から  $p_i$  までの距離であり,  $d_2$  は  $p_i$  から  $p_{i+4}$  までの距離である.  $p_i, p_{i+4}$  は分割点であり,  $p_i$  から  $p_{i+4}$  までが1本の直線で表現される. ここで, 線分  $p_i p_{i+4}$  上に  $d_1 : d_2 = \text{線分 } p_i p_{i+2} : \text{線分 } p_{i+2} p_{i+4}$  となるような点  $p'_i$  を算出することを考える. 比率を用いて座標値を算出するための式としてパラメトリックな形式で表現した直線と2次ベジェ曲線の式を用いる.

a) 直線の場合

直線は式(1)で表すことができる.

$$P(t) = (1-t)P_0 + tP_1 \quad (1)$$

$P_0, P_1$  は端点の座標値であり, それぞれ  $(x, y)$  を持つので式(1)は式(2)のようになる.

**Step 7.1** あるランドマーク  $l_k$  に対して最近接な経路ノード  $p_i$  とする.

**Step 7.2**  $p_i$  がどの分割点の間に属するか探索し,  $p_i$  は分割点  $p'_r$  と  $p'_{r+1}$  の間にあるものとする.

**Step 7.3**  $p'_r$  から  $p_i$  までの連続する直線線分の長さの総和を  $d_1$ ,  $p_i$  から  $p'_{r+1}$  までの連続する直線線分の長さの総和を  $d_2$  として  $d_1/(d_1 + d_2)$  を求める.

**Step 7.4** 分割点  $p'_r$  から  $p'_{r+1}$  までを結ぶ線が直線の場合,  $P(t) = (1-t)P_0 + tP_1$  に  $t$  として Step7.3 で求めた値を, 分割点  $p'_r$  から  $p'_{r+1}$  までを結ぶ線が曲線の場合,  $P(t) = (1-t)^2 P_0 + 2(1-t)tP_1 + t^2 P_2$  に  $t$  として Step7.3 で求めた値を代入し,  $p_i$  の座標値を算出する.

**Step 7.5**  $p'_r - p_i$  だけランドマーク・文字情報の配置位置を変更する.

**Step 7.6** 全てのランドマークに対して Step7.1 から Step7.5 までを適用する.

図 8 ランドマーク再配置アルゴリズム

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0(1-t) + x_1 t \\ y_0(1-t) + y_1 t \end{pmatrix} \quad (2)$$

$P_0$  の  $x$  座標を  $x_0$ ,  $y$  座標を  $y_0$ ,  $P_1$  の  $x$  座標を  $x_1$ ,  $y$  座標を  $y_1$  とする.  $t$  は媒介変数であり, 定義域は  $[0, 1]$  である. つまり,  $t=0$  のとき  $P(t) = P_0$ ,  $t=1$  のとき  $P(t) = P_1$  となり, 端点の座標値を表す.  $t$  を決定すれば一意に座標値が求まる.

b) 曲線の場合

$n$  次のベジェ曲線は式(3)で表すことができる.

$$P(t) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(t)P_i \quad (3)$$

$B_{i,n}(t)$  は Bernstein 基底関数 (Bernstein basis function) であり,  $[(1-t) + t]^n$  を展開した場合の各項を表す. 2次ベジェ曲線の式は式(4)のようになる.

$$P(t) = (1-t)^2 P_0 + 2(1-t)tP_1 + t^2 P_2 \quad (4)$$

$P_0, P_2$  は端点の,  $P_1$  は制御点の座標値であり, 直線の場合と同様にそれぞれ  $(x, y)$  を持つので式(4)は式(5)のようになる.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0(1-t)^2 + 2x_1 t(1-t) + x_2 t^2 \\ y_0(1-t)^2 + 2y_1 t(1-t) + y_2 t^2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$P_0$  の  $x$  座標を  $x_0$ ,  $y$  座標を  $y_0$ ,  $P_1$  の  $x$  座標を  $x_1$ ,  $y$  座標を  $y_1$ ,  $P_2$  の  $x$  座標を  $x_2$ ,  $y$  座標を  $y_2$  とする.  $t$  は媒介変数であり, 直線の場合と同様に定義域は  $[0, 1]$  である. つまり,  $t=0$  のとき  $P(t) = P_0$ ,  $t=1$  のとき  $P(t) = P_2$  となり, 端点の座標値を表す. 式(2), 式(5)に  $t$  として  $d_1/(d_1 + d_2)$  を代入することで  $p'_i$  を求めることができる. そして  $p'_i - p_i$  だけランドマーク・文字情報の配置場所を移動させることにより, 簡略化前後でランドマークと対応ノードとの位置関係が変わらぬように再配置することができる.

図8にランドマーク再配置アルゴリズムを示す.

## 3. 実験結果

4つの入力データ(表2: No.1からNo.4)に対して提案手法を適用した. 入力データは先入観が入らないよう著者らにとって馴染みの少ない場所, 細い道路と太い道路が混じるような経

表 2 簡略化前後でのノード数の変化

入力データ No.	経路	簡略化前のノード数	簡略化後のノード数	削減率
No.1	代官山駅～渋谷東急ハンズ	422	92	78%減
No.2	東京メトロ銀座駅 C3 出口～日産本社	85	17	81%減
No.3	学芸大学駅～学芸大附高	141	31	79%減
No.4	高田馬場駅～下落合駅	113	19	83%減

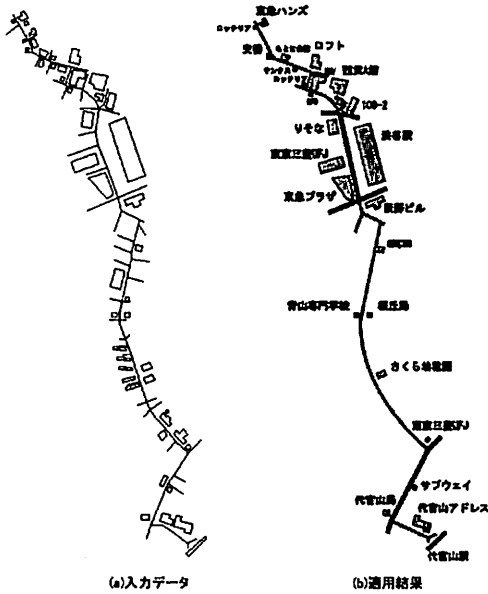


図 9 代官山駅～渋谷東急ハンズ (No.1)

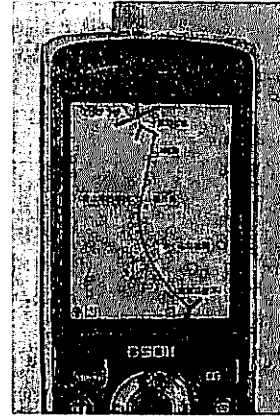


図 10 携帯電話による地図表示

路に限定した。図 9 に入力データ No.1 の出力結果を、表 2 に提案手法によるノード数削減効果を示す。提案手法ではノード数を簡略化前の 2 割程度に削減できる。また、ノード数 400 程度、経路長 3km 程度の入力データに対して略地図を生成できることを確認した。図 10 に図 9 の出力結果の一部分を携帯電話上で表示した例を示す。視認性の面で実用に耐えうるものだと考えられる。

#### 4. むすび

本稿では、歩行者が持つ方向判断基準や交差点形状が歩行者に与える心理的影響といった認知科学的観点から反映させた略地図を生成するための簡略化アルゴリズムを提案した。ノード数 400 程度の道路ネットワークデータに対して道路形状を変形し略地図を生成できることを確認した。今後の課題としては、実サービスを想定した簡易システムを構築し被験者を用いたフィールド実験による評価が挙げられる。

#### 文 献

[1] 嶋田 茂, 谷崎 正明, 丸山 貴志子, “空間要約による携帯ナビゲーションシステムの構成方式とその評価,” 情報処理学会論文誌, Vol.44 No.12, 2003.  
 [2] 辛島 光彦, 斎藤 むら子, “2 次元地図情報と 3 次元地図情報の有用性に関する比較研究,” 情報処理学会研究報告, ヒューマンインタフェース, 82-5, 1999.  
 [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] 山守 一徳, 本田 宏, 長谷川 純一, “ストリート単位の変形に基づく道路網の整形手法,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II No.9, pp.2058-2069, 2001.  
 [5] 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.  
 [6] 馬場口 登, 堀江 政彦, 上田 俊弘, 淡 誠一郎, 北橋 忠宏, “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.  
 [7] 谷川 智秀, 久保田 浩明, “道案内のための地図情報の簡略化方法,” 情報処理学会第 57 回 (平成 10 年後期) 全国大会論文集, pp.2-109-2-110, 1998.  
 [8] 神戸 信裕, 阿部 昭博, 島田 孝徳, 中野 剛, “携帯端末向け地図提供システムの開発,” 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティング, 4-2, pp.7-23, 1998.  
 [9] 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,” CSIS(Center for Spatial Information Science, University of Tokyo) Discussion Paper, No.41, 2001.  
 [10] 山本 直英, 岡部 篤行, “曲線通路における方向判断についての実験による分析,” CSIS(Center for Spatial Information Science, University of Tokyo) Discussion Paper, No.38, 2001.  
 [11] 杉山 博史, 土井 美和子, “交差点形状が与える心理的影響を考慮した道案内システム,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-A No.1, pp.59-67, 2004.