

## 歩行者ナビゲーションにおける 携帯電話カメラ機能とランドマークを利用した位置補正手法

本多 聖人<sup>†</sup> 戸川 望<sup>†</sup> 柳澤 政生<sup>†</sup> 大附 辰夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院 理工学研究科 情報・ネットワーク専攻 〒169-8555 東京新宿区大久保 3-4-1

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

E-mail: †honda@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp

あらまし 近年、携帯電話による歩行者ナビゲーションサービスの利用が拡大している。このサービスにおける利用者の測位方式では、GPS および携帯電話の基地局情報を用いた方式が一般的である。しかし、都市部においては、マルチパス・捕捉可能衛星の減少等の原因により、大きな誤差が生じる。本手法では、利用者がカメラ付き携帯電話を用いて、道路交通標識を撮影し、サーバへ送信、組み合わせの判別結果から位置候補を絞り込み位置を利用者へ返す。候補が複数存在する場合は、視認性を考慮した利用者の周囲のランドマーク情報を提供・確認することで、正しい位置を特定する。本手法は、GPS や基地局情報のみを用いる手法ではなく、都市部における測位誤差要因の影響を除去する。実環境におけるモデル実験を通じて、提案手法の有効性を確認した。

キーワード 歩行者ナビゲーション、位置特定、GPS、道路交通標識、ランドマーク

## A Positioning Method Using Camera Phone and Landmarks for Pedestrian Navigation

Masahito HONDA<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 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555 Japan Tel:03-5286-3396, Fax:03-3203-9184

E-mail: †honda@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp

**Abstract** A navigation service on a mobile phone for pedestrians has been increasing in recent years. The method using GPS or base-station information on a mobile phone is generally used for pedestrian positioning. However, in urban areas, significant signal errors may be caused by several factors, such as multipath and reduction of available satellites. In this paper, we propose a new positioning method to achieve highly accurate positioning with low-cost. By our method, all the users need to do is taking pictures of road signs and sending pictures to a map server using his mobile phone. The server sends back the user's position using the positioning data of road signs. If there are several candidates for the present data, the server asks a question concerning landmarks that the user can see. By answering this question, the server can give the user an accurate user's position. Since our positioning method does not use only GPS or base-station information, we remove the factors of errors in urban areas. We confirm the effectiveness of the proposed method through the experiments in a real environment.

**Key words** pedestrian navigation, positioning, GPS, road sign, landmark

### 1. ま え が き

現在、歩行者ナビゲーションでは、GPS 測位、または GPS と携帯電話の基地局情報を用いたハイブリット測位が一般的である。しかし、都市部ではマルチパス・補足衛星の減少により、大きな測位誤差を生む可能性があり [1]、近年の首都圏の再開

発・建物の高層化からも、これら誤差要因の増大が懸念される。GPS を用いて現在位置が利用者に提供されたとき、利用者は周囲の環境と地図上の情報を結びつけ、表示位置が正しいかどうか確認するが、未知の場所で測位誤差が生じた場合、利用者自身にその誤差を知る方法がない。そこで、周囲の環境を確認する作業を位置特定のステップに組み込むことにより、高精度、

かつ、親和性の高い位置特定が必要だと考える。

GPSを補完する、またはそれに代わる位置特定として、様々な手法が提案されている。まず、ICタグ<sup>(注1)</sup>を用いた位置特定手法であるが、文献[2]では、アクティブタグを屋外道路上に一定間隔で設置し、受信機を携帯する手法であり、文献[3]では、パッシブタグを設置し、先端にタグリーダの付いた白杖をユーザ(視覚障害者を想定)が携帯する手法である。これら手法はタグが設置されている地点に限り、高精度の位置特定が可能だが、タグの設置/維持費や高価なリーダ<sup>(注2)</sup>により、屋内での位置特定を想定したものが多い。

利用者の携帯端末から撮影画像をサーバに送り、サーバ側で画像処理した結果を位置情報と関連付けられた画像データベースから検索する手法がある。ビル、風景を撮影し、色・輪郭を抽出する手法[4]、店舗の壁に記載された「記号や数字、文字」を判別する手法[5]が存在する。文献[6]では、端末自体に撮影条件記録デバイスを付加し、建物の撮影画像と共に撮影方位をサーバに送り、画像内の特徴点と撮影方位から検索することで、検索精度の向上を図っているが、撮影方位を記録するための新たなデバイスの組込が必要となり、コストが課題である。これらの手法は、位置を特定したい地点全ての風景画像データベースが必要であり、画像のない地点での位置特定が出来ない。

無線LAN等の短距離無線では、無線基地局の発する電波強度、受信状況、到達時間差から、位置を特定する。Bluetooth[7][8]は、位置情報を発信したいポイントに発信機を設置し、その場所へ利用者が到達するとその位置がマッピングされる。赤外線を用いた方法[9]では可視範囲でなければ認識ができない。これらの手法は発信機(アクセスポイント)の設置費から主に屋内環境に用いられているが、中には無線LANを用い、屋外環境を対象とした手法[10]がある。しかし、80%の地点で30~50m以内の誤差精度で位置推定可能との結果から、歩行者ナビゲーションとしては特定精度が悪い。

そこで、GPS誤差が生じる地域においても、利用者の「自己の位置を正確に知る」という、位置特定要求に対し、街中に点在する道路交通標識の位置を利用者の現在位置とし、その位置座標を特定する手法を提案する。既存インフラである道路交通標識を携帯電話に標準搭載されたカメラ機能で撮影し、その画像内の標識の組み合わせを判別、位置情報と結び付けた標識組データベースを検索し、標識を絞り込む。候補が複数の場合、利用者に周囲のランドマークに関して質問をする対話型特定ステップから成る。我々は以前より、標識の設置位置を用いて、歩行者の位置を特定する手法の研究[11]を進めているが、本稿はランドマークの視認性を用いた対話型特定に焦点を当てたものである。道路交通標識の組み合わせから現在位置候補を

絞り込むため、新たな受信機は設置不要であり、対話型特定では建物を構成するノード・リンク情報から事前に現在位置となり得る各標識の位置からのランドマーク視認状況を保持したデータベースを用いるが、特定する地点全ての撮影画像を必要とするものではない。以上より、既存インフラを活用し、低コストかつ、GPS測位誤差が生じるような地域においても、歩行者ナビゲーションに耐えうる、高確率で高い測位精度を実現すると共に対話型特定を経ることにより従来にはない親和性の高い位置特定手法を提案する。

## 2. 既存手法における位置測位精度

位置特定における既存のサービス、既存研究を調査する。

### 2.1 GPS携帯電話の位置測位精度調査

2007年時点での最新機種<sup>(注3)</sup>の携帯電話を用いて、新宿西口のオフィス街の任意の地点でGPS測位精度を調査した。結果として、90%の地点で50m以上、最大では200mもの誤差が生じた(平均誤差115m)。以上から、新宿のような都心部において、携帯電話に搭載されたGPS機能単独では、歩行時に必要だと考えられる位置精度を満足していない。

### 2.2 既存の位置特定手法

表1は既存手法の測位精度である。GPS測位誤差の生じる地域において高精度かつ低コストな位置特定手法は存在しない。

## 3. 提案手法

現在GPS誤差が生じる都市部においても、利用者の「自己の位置を正確に知る」という、位置特定要求に対して、道路交通標識とランドマークを用いた位置特定システムを提案する。道路交通標識の位置を利用者の位置と等価とみなし、利用者がいる道路交通標識の地点を特定する。本手法で用いる道路交通標識は街中に相当数設置され<sup>(注4)</sup>、歩行中頻繁に目にする、固定座標として扱える既存インフラである。標識1枚ごとを「標識」、1つの軸を中心として同一方向に表示面を向け団子状に並んだ複数の標識を「標識組」と定義する<sup>(注5)</sup>。道路標識は建物や景色と異なり時間的な変化が少ない利点があり、形状や設置基準が規格化され、設置状況に関して詳細に記録することが省令で定められ、データベース化する手法が推進されている。既存のデータベースを活用することで、将来的に新たな標識の設置にも対応可能だと考える。

位置補正が必要な都市部に多く存在し、歩行者の視界にあり、歩行時目印として目にする銀行やコンビニ、ガソリンスタンド等の低層ランドマークを用い、認知度の高いものを対話型特定時に優先的に用いる。誤差を含む、含まないに関わらず既存手法では一方的に座標が返されるだけであったが、周囲の環境であるランドマークを確認するステップを経ることによって、より親和性の高い位置特定が可能だと考える。

(注1): ICタグにはアクティブタグ(電池を内蔵して数十m程度の長距離での通信が可能)とパッシブタグ(電池を内蔵せず1m以下の近距離での通信が可能。自らは電源を持たず、リーダ/ライタのアンテナが放つ電波で電磁誘導を起こすなどの手段で駆動し、電波を受発信するため、電池を交換する手間がかからないメリットがある。)の2種類がある。

(注2): パッシブタグは数十円~百円程度であるが、タグリーダはハンディタイプで25万円~50万円と高価である。

(注3): KDDI社auのW51S:sgpsOneによる測位が可能。

(注4): 都道府県公安委員会が設置、管理する規制標識、指示標識は約1,009万枚、道路管理者が設置、管理する案内標識、警戒標識、規制標識及び指示標識は221万4,680本である[12]。

(注5): 図1の地域には「標識組」258組、「標識」326枚が存在する

表 1 既存手法の測位精度

既存手法	新規に設置/携帯が必要な設備	測位精度
GPS 携帯電話	不要	都市部では 90 % で 50m 以上の誤差が生じる
IC タグ [2]	IC タグ/受信機	86.1 % で誤差 20m 以下 (タグの交信距離) で特定可能
撮影画像 [4]	不要	88 % (半径 100m 以内の範囲を検索), 78 % (半径 250m 以内の範囲を検索) で特定可能 その場合の誤差 0m
bluetooth [8]	発信機/bluetooth 受信端末	誤差 10m 以下で特定可能 (端末が 1 台の場合の受信率は 100 %, 2 台では 10 %)
無線 LAN [10]	発信機/無線 LAN 受信端末	80 % の地点で誤差 30~50m 以下で特定可能

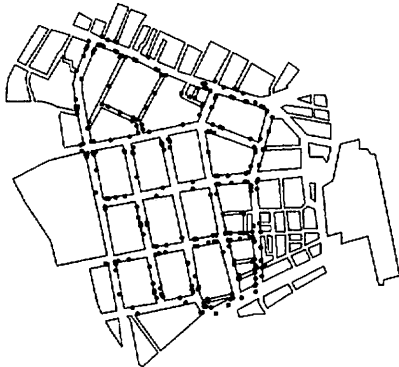


図 1 道路交通標識設置状況

3.1 提案手法の流れ

処理内容の違いから、本手法を以下 3 ステップで大別する。

● 画像処理ステップ

カメラ付き携帯電話を持つ利用者が屋外で位置特定したい場所の周囲で標識を含めた風景画像を撮影、携帯電話網でサーバに送信する。その画像を入力とし、その画像内に含まれる標識の枚数、各標識の形状、色を判定する。

● DB 検索ステップ

画像処理ステップで得た結果を用い、GPS から得た大局的な位置情報を基にした地域内の標識組データベース内を検索する。本システムでは最大 2 枚まで画像の取得を想定しており、その場合は検索結果をグループ化し、グループを絞り込む。

● 対話型位置特定ステップ

解候補が複数の場合、利用者に視認性を考慮した周囲のランドマークに関する質問をし、その回答から唯一の解を特定する。図 2 は処理全体の流れである。

利用者が最大 2 枚まで撮影する画像と、GPS から得る大局的な位置情報、対話型特定時での利用者の選択したランドマークを入力とし、上記ステップを経て、唯一の標識を特定、その標識の座標を出力とし、その座標が利用者の現在位置であると特定する。座標を出力とするため、正しい解が導かれた場合は、測位誤差は 0m となり、現在 GPS 測位誤差の生じる都市部においても 100 % の確率で正しい解を出力することを目的とする。

3.2 画像処理ステップ

利用者が標識を含む画像を撮影し、サーバへ送信する。その画像を入力とし、画像内部の標識の色・形状を判定することを目的とする。

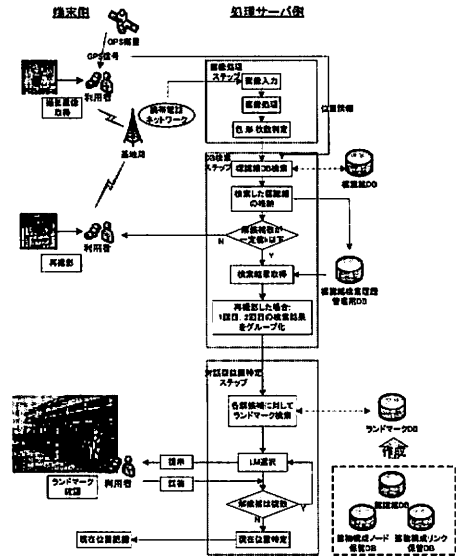


図 2 処理全体のフロー

3.2.1 画像処理の認識精度

本手法における、標識画像の処理の目的は、シンボル部まで明確に判別することではなく、ある一定範囲内に存在する標識の中から、利用者が撮影したであろう標識をある一定数  $k$  以下に絞り込むことである。対話型ステップで、利用者が選択するのにストレスを感じないであろう数として、 $k = 5$  とした。そこで、どの程度の画像処理精度が絞り込みに充分か調べる。

まず、池袋東口を例に、規制・指示・警戒標識の分布状況を調査した。利用者が標識を含む画像を 1 回撮影する場合と、1 回では十分に絞り込めず 2 回撮影する場合とに分ける。3 回以上の撮影は利用者への負担が大きいと考える。2 回撮影する場合は、1 回目に撮影した標識と 2 回目に撮影した標識の直線距離が 50m 以下であるとすると、また、それぞれシンボル部までの画像処理精度がある場合と、色・形状・枚数までの画像処理精度がある場合に分類する。以上の場合において最も設置数の多い“車両進入禁止 (赤/円形/1 枚)”を撮影したとき、(2 回撮影した場合は 2 回とも同じ種類の標識を撮影する。) 絞り込まれる標識組の数の対応が表 2 である。絞り込む標識数は 5 程度が望ましく、シンボル部分までの認識を要せず、色・形状・枚数<sup>(注6)</sup>までの判別で十分であると考え。1 回だけの撮影で標

(注6) : 色・形状は赤/円, 赤/逆三角, 赤/四角, 青/円, 青/三角, 青/四角, 黄

表 2 絞り込まれる標識組数

撮影回数	シンボル内部まで判別	色・形状・枚数まで判別
1回	18	36
2回	4	6

識数が 5 以下に絞り込まれる場合、その数を解候補数とし、対話型特定ステップへ移るが、5 を上回る場合は 2 回目の撮影を行う。2 回撮影した場合は、グループ化した上で、絞り込まれたグループの数を解候補数とする。

### 3.2.2 画像処理フロー

取得画像に対し、以下の処理を行い、色・形状を判定することが目的であり、その情報から、位置情報と関連付けられた標識組データベースを検索、標識数を絞り込む。

- (1) 拡大画像処理。
- (2) RGB 画像から Y, Cr, Cb 画像への変換。
- (3) 色差情報から色の強さを算出し、色差から画像をフィルタリング。
- (4) Canny edge detection によるエッジ抽出。
- (5) ハフ変換。
- (6)  $\theta$  方向における画素値合計の最大値を取る位置の検出。
- (7)  $\rho$  方向における画素値の合計の分布を算出。
- (8) 道路標識の形状の特定。

### 3.3 DB 検索ステップ

画像処理によって得られた標識の色・形状から、標識組データベースを検索する。

#### 3.3.1 標識組データベース

検索する標識組 DB は各標識組毎に、ID、位置座標、設置方向、設置枚数、標識コード、色・形状コードを保持する。1 回目の撮影画像から得られた、標識設置枚数、各標識の色・形状コードから、DB 内を検索する。携帯電話の GPS 測位機能単独では誤差が生じる地域においても、利用者の位置を特定することを目的としており、検索する対象標識データは利用者の大域的な位置情報<sup>(注7)</sup>の範囲内とする。この時点で絞り込んだ標識数が  $k$  を超える場合には利用者に 2 回目の撮影を要求し、1 回目の検索結果を格納する。2 回目の撮影画像から得られた、標識設置枚数、各標識の色・形状コードからも、同様に検索する。そして、1 回目の検索結果との位置関係からグループ化処理する。

#### 3.3.2 グループ化処理

標識組を 1 回撮影しただけでは、標識数が  $k$  以下に絞り込まれるケースは稀であり、多くの場合、2 回目の撮影を利用者に要求する。その際、1 回目と 2 回目に撮影した画像内の標識組からそれぞれ絞り込んだ各標識を位置関係からグループ化し、更に絞り込む。このとき、グループ化するの、1 回目に撮影した標識と 2 回目に撮影した標識の位置関係が 50m 以内の場合<sup>(注8)</sup>とする。

色/幾何形、の 7 種類に分類される。

(注7) : GPS、基地局情報から得られた、利用者の大まかな現在地のこと、数 100m 四方の範囲で DB を検索する。

(注8) : 自由探索課題においてユーザは 25m 離れた地点の目印を撮影する傾向が強く [13]、提案手法では、道路交通標識を発見し、正面から撮影することを踏

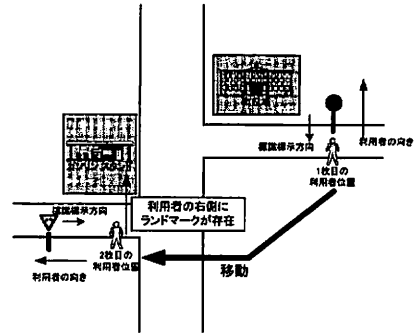


図 3 利用者撮影位置と標識・ランドマークの位置関係

### 3.4 対話型特定ステップ

グループ化処理後、解候補が複数ある場合、利用者の周囲のランドマークを用いて、位置を特定する。グループ化処理後の解候補を入力とし、ランドマーク DB から各解候補に対してそれぞれ 1 つのランドマークを検索し、利用者に返す。その中から利用者が視認可能なランドマークを回答することで、唯一の位置を特定することが対話型特定ステップの目的である。既存の位置特定システムでは、位置情報が一方的に利用者に返され、GPS 測位誤差により、誤った位置情報が返されたとしても、利用者には確認をする方法がない。図 3 に示す、標識、利用者とランドマークの位置関係から、2 回目に撮影した標識の地点が利用者の位置であり、対話型特定ではそれを利用する。

#### 3.4.1 ランドマークの視認範囲

利用者に周囲のランドマークを提示し、その視認確認を対話方法とする。池袋東口を対象にランドマークが視認可能な地点を実地検証した。その例が図 4 である。図 4 の薄い影の付いた範囲の地点 1, 3, 4, 6 は遮蔽物に隠れている。濃い影の付いた範囲では、周囲の建物と見間違え多くが確認不可であり、ランドマークの前面の点 A, B から前面 AB に対し  $120^\circ$  の直線を引き分類することが妥当だと考える。

そこで、以下の 3 条件を満たす場合、標識  $h$  がランドマーク  $a$  を視認可能とする。

条件 1) ランドマークの前面の中点 O からの距離が  $r$  以内、 $r$  を直線的な視認限界距離とする。

条件 2) 標識  $h$  とランドマーク  $a$  の前面の両端 A, B 間に遮蔽物がない。

条件 3) 標識  $h$  とランドマーク  $a$  の前面の両端 A または B のより近い点を結んだ直線と直線 AB の成す角が  $120^\circ$  以下。

図 5 の影の付いた範囲は条件 1) を満たし、条件 2), 3) を満たしていない。3 条件を満たす標識は  $h_3, h_4$  であり、3 条件のうち全て、もしくは少なくともどれか 1 つを満たさない標識は、 $h_0, h_1, h_2, h_5, h_6, h_7$  である。

#### 3.4.2 ランドマークデータベース

GPS により得られる大域的な位置情報の範囲内に位置する全標識の集合  $H = \{h_j | 0 \leq j \leq r\}$  の中から、あるランドマー

まえると利用者の移動距離は 30~50m 程度であると考えられる。

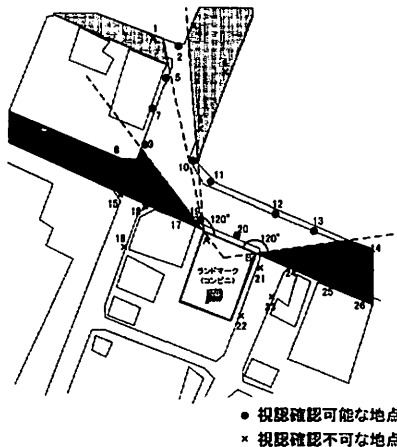


図4 ランドマーク(コンビニ)の視認状況

ク $\alpha$ に対し視認可能な標識を選択し、対応付ける。 $H$ の中で条件1), 2), 3)を満足する標識を選択し、 $H' \subseteq H$ とする。全ランドマークにおいて、全標識を対象に条件1), 2), 3)を満足するか判定するが、1つの標識に対し複数のランドマークが対応付けされる場合がある。その際、表3の有効度に従い1つを選ぶ。最も高い有効度のランドマークが複数対応付けされている場合は、任意に1つを選択する。ここでの解候補数は5以下であるため、選択されるランドマーク数も5以下となり、利用者はこの中から実環境で視認可能なものを1つ選択する。

ここでの問題は、条件1), 2), 3)の判定方法である。標識組DB(標識組ID, 標識設置枚数, 標識の色・形状コード, 座標, 設置方位コードを保持。), 建物構成ノード保管DB(ノードID, 座標, 接続するノードID(2つ)を保持。), 建物構成リンク保管DB(リンクID, 両端のノードIDを保持。)を用いる。

図6は、GPSの大局的な位置情報の範囲内の全標識の集合 $H$ の中から、あるランドマーク $\alpha$ に対して対応付ける標識を判定するアルゴリズムである。図5を例にとり、ランドマーク $\alpha$ と対応付けする標識を選択する。ここでGPSの大局的な位置情報の範囲内の全標識の集合を $H = \{h_j | 0 \leq j \leq r\}$ とし、図5の例では、 $H = \{h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7\}$ である。点 $O$ を中心とした半径 $r$ の円を円 $O$ とし、条件1)を満たす集合を $H'' = \{h''_m | 0 \leq m \leq s\}$ とする。step3~4を処理し、 $H'' = \{h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\} \subseteq H$ となる。

円 $O$ 内の建物構成ノードをリンクの端とする建物構成リンクの集合を $L = \{L_k | 0 \leq k \leq f\}$ とする。ただし、ランドマークの前面の直線 $AB$ に対し $120^\circ$ を成す直線を点 $A, B$ から伸ばし、円 $O$ との交点を $A', B'$ とする。ここで、直線 $AA', BB'$ を建物構成リンク $L_0, L_1$ として集合 $L$ に含む。条件2), 3)は集合 $H''$ に含まれる標識と点 $A, B$ 及び $B$ を結んだ直線とリンク $L_k$ が交点を持つか否かにより、を判定する(step5~12)。どれか1つのリンクとでも交点を持つ場合は条件2)ないし3)を満たさない。集合 $L$ に含まれる全リンクと交点を持たない

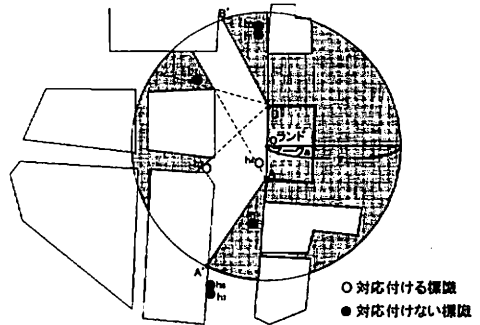


図5 ランドマーク $\alpha$ の対応付け対象範囲

- Step1  $j=0, m=0$ . GPSの大局的な位置情報の範囲内の全標識の集合を $H=\{h_j | 0 \leq j \leq r\}$ とする。
- Step2 ランドマーク $\alpha$ の前面である直線 $AB$ の中点を点 $O$ とする。
- Step3 標識 $h_j$ が点 $O$ を中心とした半径 $r$ とする円 $O$ 内である場合、集合 $H''=\{h''_m | 0 \leq m \leq s\}$ に加える。 $(H'' \subseteq H)$
- Step4  $j=j+1, m=m+1$ になるまでStep3を繰り返す。
- Step5 円 $O$ 内の建物構成ノードをリンクの端とする建物構成リンクの集合を $L=\{L_k | 0 \leq k \leq f\}$ とする。ただし、ランドマークの前面の直線 $AB$ に対し $120^\circ$ を成す直線を点 $A, B$ から伸ばし、円 $O$ との交点を $A', B'$ とし、直線 $AA', BB'$ を建物構成リンク $L_0, L_1$ として集合 $L$ に含む。
- Step6  $k=0, l=0, n=0$ 。
- Step7  $H''$ の標識全てにおいて対応付け処理をした( $m>n$ )場合、Step12へ、それ以外の場合はStep8へ。
- Step8  $Ah''_m$ と $L_l$ が交点を持つか判別済み、かつ、 $Bh''_m$ と $L_l$ が交点を持つか判別済み(0/1)の場合、 $m=m+1$ としStep6へ、それ以外の場合はStep8へ。
- Step9  $Ah''_m$ 、又は、 $Bh''_m$ が $L_l$ の全リンクと交点を持たない( $n>0$ )場合、 $l=l+1$ としStep8へ、それ以外の場合はStep10へ。
- Step10  $l=0$ : 建物の構成リンク $L_l$ と直線 $Ah''_m$ に交点がある場合、標識 $h''_m$ を対応付けする標識の集合 $H'$ に加えず、 $m=m+1$ とし、Step8へ、交点がない場合、 $n=n+1$ としStep11へ。  
 $l=1$ : 建物の構成リンク $L_l$ と直線 $Bh''_m$ に交点がある場合、標識 $h''_m$ を対応付けする標識の集合 $H'$ に加えず、 $m=m+1$ とし、Step8へ、交点がない場合、 $n=n+1$ としStep11へ。
- Step11  $Ah''_m, Bh''_m$ どちらも $L_l$ の全リンクと交点を持たない( $n>2f+1$ )場合、集合 $H' (H' \subseteq H'' \subseteq H)$ に加え、Step6へ、そうでない場合、 $k=k+1$ とし、Step8へ。
- Step12 処理終了。

図6 ランドマーク $\alpha$ に対する対応付けアルゴリズム

表3 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
5	省庁, 官公庁, 警察署, 消防署, 駅 etc
4	学校, 銀行, 郵便局, デパート etc
3	病院, コンビニ, 幼稚園, ガソリンスタンド, ファーストフード店, カフェ, ファミリーレストラン, ホテル etc
2	寺, 教会, 公園, 地下鉄の出口, 診療所, 店舗 etc
1	ビル名, 建物名, 団地名, その他 etc

き、条件2)と3)をどちらも満足する。

3条件を満たす標識の集合は $H' = \{h_3, h_4\}$ となる。以上の手順で、ランドマーク $\alpha$ に対して対応付けする標識の集合 $H' (H' \subseteq H'' \subseteq H)$ を求め、また、標識の設置方向を用いることで、ランドマークの見える方向を対話型特定に活用することも可能である。

#### 4. 評価

大きなGPS測位誤差の生じる新宿駅西口のオフィス街を対象とし、258組326枚からなる標識組データベースと、101個のランドマークと258組の標識組の対応付けを520組保持した

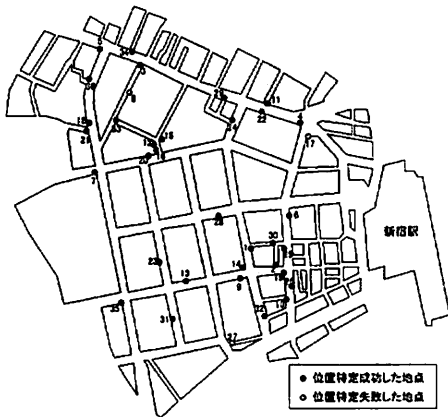


図7 提案手法の精度評価実験

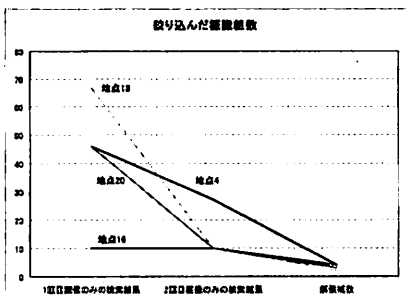


図8 絞り込んだ標識組数

ランドマークデータベースを作成した<sup>(注9)</sup>。この地域内において、特に意識せずに目に付いた標識と、その地点からなるべく近い位置に存在する標識組の合計2組を撮影する方法を取る。収集した標識とランドマークの情報を元に本稿での提案アルゴリズムを用い、表1の既存手法より高精度で唯一の正しい利用者の座標を導くことを目標とした。

#### 4.1 位置特定精度評価

36地点で検証した結果、33地点で正しい位置座標が得られた(位置特定率91.67%)。図7は位置特定成功地点と失敗地点の分布である。解候補数は平均3.03であり、提示ランドマーク数も平均して3程度であった。図8は、絞り込んだ標識数の例である。撮影画像のみでは、10~67までの絞り込みに留まるが、2回撮影し、グループ化処理することで解候補が絞り込まれていることが分かる。GPS携帯電話では、90%の地点で50m以上の誤差が生じるが、本手法では、ステップ増加による利用者への負担は増えるが、結果的に90%以上の精度で位置を特定できた。本手法は、新規設備を設置することなく、既存手法と同等または、それ以上の精度での位置特定が可能であった。

#### 4.2 視認関係を考慮したランドマークに対する評価

各解候補に対して、ただ単に最も近いランドマークを選択した場合、全36地点のうち13地点で特定ができず、位置特定

率は63.89%であった。これは、延べ109地点の解候補のうち25地点で、視認性のないランドマークが選択されたためである。しかし、提案手法では、事前にランドマークと標識の位置関係から、視認性を考慮した対応付けを保持することで、解候補に対して適切なランドマークを選択することで、位置特定率91.67%と高い結果が得られた。本手法の特徴である、ランドマークを用いた位置の特定に関して、今回協力してもらった4名にアンケートを聴取した。「位置特定の最終ステップとしてランドマークの視認確認を用いることをどう思うか」との質問に対して、4名全員が「わかりやすかった・まあまあわかりやすかった」との回答であった。しかし、周囲のランドマークを回答することに慣れるまでは戸惑いを感じるという意見があった。

## 5. むすび

新宿駅西口の地域を対象とした実環境モデルを用い、提案手法の精度を評価した。既存インフラである標識とカメラ付き携帯電話を用いることで新たな設備の設置費用がかからず、GPS測位誤差の生じる地域においても高精度の位置特定を実現した。今後は、夜間等悪条件での撮影や、その際のランドマークの有効度の変化について検討し改良を進めていく。

### 文献

- [1] 柳原 徳久, 渡邊 正彦, "都市部におけるGPSの実測評価及び測位の検討," 情報処理学会研究報告, 2003-ITS-13, 2003, 5.
- [2] 岡本 篤樹, 内田 敬, 大藤 武彦, 川端 莊平, "歩行者ナビゲーションにおける位置特定基盤としての電波タグシステムの提案," 第2回ITSシンポジウム, pp. 488-493, 2003.
- [3] Koichi Goto, Hiroshi Matsubara, and Shuichi Myojo, "A mobile guide system for visually disabled persons," The Fourth International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, pp. 12-17, 1999.
- [4] Yu Han, Haomin Jin, and Masao Sakauchi, "Construction of multimedia map database using urban city images," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'01), pp. 291-294, 2001.
- [5] 松下電器, 特許公開 2006-031529, 地図情報サービス方法, 地図情報提供装置, 及び地図情報提供プログラム.
- [6] シャープ, 特許公開 2004-191339, 位置情報検索方法, 位置情報検索装置, 位置情報検索端末, 及び, 位置情報検索システム.
- [7] 山中 康正, 佐藤 誠治, "Bluetoothを用いた歩行者支援システムの研究," 情報処理学会研究報告, 2002-ITS-10, 2002, 9.
- [8] 町田基宏, 片桐雅二, 杉村利明, "Bluetooth Beaconsによる歩行者ナビゲーションの一検討," 情報処理学会研究報告, 2001-MBL-18, 2001, 9.
- [9] 中村 嘉志, 並松 祐子, 宮崎 伸夫, 松尾 豊, 西村 拓一, "複数の赤外線タグを用いた相対位置関係からのトポロジカルな位置および方向の推定," 情報処理学会論文誌, vol. 48, No. 3, pp. 1349-1360, 2007.
- [10] 伊藤 誠悟, 吉田 廣志, 河口 信夫, "無線LANを用いた広域位置情報システム構築に関する検討," 情報処理学会論文誌, vol. 47, No. 12, pp. 3124-3136, 2006.
- [11] 中口 智史, 戸川 望, 柳澤 政生, 大附 辰夫, "歩行者ナビゲーションシステムにおける携帯電話カメラ機能を利用した位置補正手法," 情報処理学会研究報告, 2006-ITS-114, 2006, 3.
- [12] 内閣府"交通安全白書 平成19年交通安全白書", <http://www8.cao.go.jp/koutu/index.html>.
- [13] 北上 増大, 鈴木 大輔, 加藤 彰一, "都市案内システム構築に関する研究: 探索行動調査に基づく仮想都市形成と案内システムへの適用," 日本建築学会計画系論文誌, No.540(20010228), pp. 175-180, 1999.

(注9): 新宿西口の地域(南北約700m, 東西約500mの地域, 約3250m<sup>2</sup>)での標識組数は258箇所, 約13m<sup>2</sup>に1箇所の標識組が存在する。