

歩行者ナビゲーションにおける GPS 誤差補正のための 道路標識による現在位置測位手法

大平 英貴[†] 戸川 望[†] 柳澤 政生[†] 大附 辰夫[†]

[†] 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 東京都新宿区大久保 3-4-1 Tel: 03-5286-3396, Fax: 03-3203-9184

E-mail: ohira@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp

あらまし 現在の GPS は建物等による GPS 信号の遮蔽やマルチパス、利用可能な衛星の制限等によって位置測位の精度が著しく低下する。そこで、我々は GPS 誤差の補正を目的とした位置測位システムを提案している。本システムは既存のインフラ・デバイスであるカメラ機能付き携帯電話、GPS、地図サーバによって構成される。地図サーバは携帯電話で撮影された道路標識画像を識別し、その道路標識が目視できる位置に利用者が存在しているという観点から GPS 誤差範囲を絞り込み、位置を測位する。本システムの最も重要な処理の1つが道路標識の識別である。道路標識の識別はシステムのレスポンスと正しい位置測位の観点から、高速化・高精度化が必要となる。高速化・高精度化を実現するにあたり、“利用者が位置測位に積極的である”という観点から道路標識は画像の中央付近に撮影されるという考えを利用した道路標識識別手法を提案する。地図サーバは、携帯電話で撮像された道路標識画像を受信し、道路標識の色の特定、ハフ変換による形状の特定、プレートマッチングによるシンボルの特定によって標識を識別する。撮影画像の送受信ではレスポンスタイムが3秒以内に収まるように画像を低解像度化することで通信データを削減し、通信時間を抑制する。道路標識の色の特定は中心に近い画素に重みをつけることで高精度化する。道路標識の形状の特定はエッジの方向を利用し、ハフ変換を高速化する。ハフ変換の中で円形の道路標識では標識が中央付近に存在していることを利用し、高速化する。プレートマッチングでは道路標識の色と形状によって候補を絞り込むことで高速化する。

キーワード 歩行者ナビゲーション, GPS, 位置測位, 画像認識, ハフ変換

Positioning Method Using Road Traffic Sign to Correct GPS Error for Pedestrian Navigation

Hidetaka OHIRA[†], Nozomu TOGAWA[†], Masao YANAGISAWA[†], and Tatsuo OHTSUKI[†]

[†] 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: ohira@ohtsuki.comm.waseda.ac.jp

Abstract GPS has a significant error caused by multipath, poor satellite reception and so on. We propose a positioning method that can correct GPS error for pedestrian navigation. Our system is composed of a cellular phone with camera, GPS and the map server that are all existing infrastructures and devices. A user takes a picture including a traffic sign by using his cellular phone camera and send it to the map server. The map server identifies the road traffic sign from the picture taken by the cellular phone. Because the user is in which he can see the sign, the map server corrects GPS error using position of the sign and identifies his position. One of the most important processes of this system is identification of the road traffic sign. Speed-up and high accuracy are needed for this process. We propose speed-up and high accuracy technique for identification of the road traffic sign. This technique is based on the feature that the user takes a picture of the sign to the center of the image. When the map server receives a sign picture, the map server identifies the sign by color recognition, shape recognition using Hough transform and symbol recognition using template matching. Proposed system reduces communication data by changing the resolution of the image to low so that the time from the sending the image to receiving result is kept within 3 seconds. In recognition of the color of the sign, the high accuracy is achieved by putting high weight on a pixel near the center of image. In recognition of the shape of sign, the hough transform is sped up by using direction of edges and the feature that a rounded sign is at the center of image. In template matching, speed-up is achieved by narrowing the candidate according to the color and the shape of the sign.

Key words pedestrian navigation, GPS, positioning, image recognition, hough transform

1. はじめに

近年、歩行者ナビゲーションを対象とした位置測位技術の開発は“携帯電話からの緊急通報における発信者位置情報通知機能に係る技術的条件の策定” [1] 等によって加速してきている。現在の歩行者ナビゲーションにおける測位方式はGPS(Global Positioning System)を使った手法が一般的であるが、建物等によるGPS信号の遮蔽やマルチパス、利用可能な衛星の制限等によって位置測位の精度は著しく低下する [2]。このため、利用者はGPSの示す位置が正しい場所であるのか判断することができず、利用者に混乱を与える結果となってしまっている。

GPSでは測位できない場所での位置測位の研究としてICタグを読み取る位置測位手法や利用者が撮影した画像を用いた位置測位手法等が提案されている。ICタグを読み取る手法は [3] 等で提案されている。この手法ではICタグを新たなインフラとして設置するコストが必要であり、読み取り側にも専用のデバイスを備える必要がある。利用者が撮影した画像を用いた手法は、[4] 等で提案されている。[4]では位置を測位したい場所に点字ブロックを設置し、その並び方を識別することによって位置を測位する。この手法では位置を測位したい場所に点字ブロックを設置するコストが必要となる。

そこで我々はGPS誤差を補正することで利用者に正しい位置を示すシステムを提案している [5], [6]。本システムは既存のインフラ・デバイスであるカメラ機能付き携帯電話、GPS、地図サーバによって構成されている。本システムでは、まず、携帯電話によって撮影された道路標識画像とGPSによる位置情報を地図サーバへ送る。地図サーバは、受信した画像から道路標識を識別する。利用者が撮影された道路標識が目視できる位置に存在するという観点から、受信したGPS誤差範囲を道路標識が目視できる範囲によって絞り込むことで利用者の位置を測位する。これにより低コストの位置測位が可能となる。

本システムの処理のうち最も重要な処理の1つが道路標識の識別である。道路標識の識別は高速化・高精度化が必要となる。高速化は一般的に“3秒ルール [8]”といわれているように、3秒程度が望ましい。高精度化は晴天や夕焼けのような環境であっても正しい識別が可能となることが望まれる。

[9], [10], [11] 等では学習アルゴリズムを用いた道路標識識別手法が提案されている。これらは学習アルゴリズムを利用することで高精度の道路標識認識を実現している。しかし、学習アルゴリズムを用いる手法は識別できる画像の種類が増えると低速化する欠点を持つ。[12], [13] 等では高速化を目的とした手法が提案されている。[12]では、まず、HSI空間から輝度、彩度を使い輝彩度を求め、これにより標識の候補を抽出する。標識の形状の識別には、道路標識が左右対称形であることを利用して、シンメトリフレームワークによって識別を行う。標識の種類識別では、標識中のシンボル領域と非シンボル領域とを分け、候補を絞り込んでからシンボル領域のみで比較を行い判断する。[13]は、RGB減算法、ノイズ除去を行った後、画素出現頻度により標識の候補を抽出した後に、円形判別、面積比率判別を行い形状を認識する手法を提案している。これらの手法は高速化が可能であるが、高精度化を実現することは困難である。

一方、提案する位置測位システムでは“利用者が位置測位に積極的である”という観点から道路標識が画像の中心に撮影されているという考えを利用する。そこで、本稿ではこのような考えを積極的に利用することで道路標識の高速化・

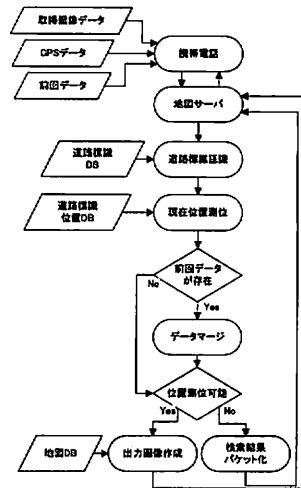


図1 システムの流れ

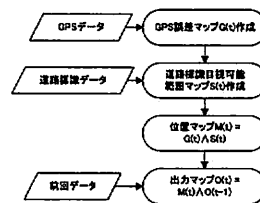


図2 現在位置の測位手法

高精度化をする手法を提案する。本手法では、まず、携帯電話で撮影された道路標識画像を地図サーバが受信する。地図サーバは受信した画像に撮影されている道路標識の色の特定、ハフ変換による道路標識の形状の特定、テンプレートマッチングによるシンボルの特定を実行することで道路標識を識別する。撮影画像の送信ではシステムの実行時間が3秒以内に収まるように利用者が撮影画像を送る時に画像を低解像度化することによって通信データを削減し、通信時間を抑制する。道路標識の色の特定ではガウシアン関数を用い、中心に近い画素に重みを付けることで晴天や夕焼け等の背景であっても高精度の識別を可能にする。道路標識の形状の特定ではエッジの方向を用いることでハフ変換の高速化を可能にする。このうち円形の道路標識では、標識が画像の中心に撮影されていることから画像の中央を中心とする極座標上において、一定の半径に値が集中することを利用する高速化手法を提案する。テンプレートマッチングでは道路標識の色と形状によって候補を絞り込むことで高速化する。

2. 撮影した道路標識画像を用いた現在位置の測位システム

現在のGPSはマルチパス等の影響によって都市部等での位置測位精度が低下する。本システムは、道路標識の撮影画像とGPSの位置情報から、ユーザの位置範囲を得る [5], [6]。システムの全体のフローは図1となる。本システムは携帯電話、GPS、地図サーバによって構成される。地図サーバは道路標識の識別機能、現在位置の測位機能を備えている。

道路標識の位置から現在位置を測位するフローは図2となる。本稿では利用者が撮影された道路標識が目視できる

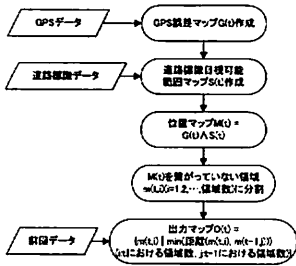


図3 論理積が空集合となってしまった場合の測位手法

位置に存在しているという観点から GPS 誤差範囲をその道路標識が目視できる範囲によって絞り込むことで位置を測位する。ユーザは携帯電話で取得した道路標識の撮影画像と GPS 情報を地図サーバへ送る。地図サーバは撮影された道路標識を識別し、GPS の誤差範囲をその道路標識が存在する場所によって絞り込み、測位した位置をユーザへ返す。

1 回の撮影で位置を絞り込めない場合、測位した位置を前回データとし、サーバは前回データと新たな道路標識の撮影要求をユーザに送る。前回データはユーザが存在する可能性のある位置を 1、存在する可能性の無い位置を 0 とするマップで構成される。測位した位置は閉じた領域で表現されることが多く、前回データは連続性の高い 0 と 1 のマップであり、容量を小さくすることができるので、通信量に及ぼす影響は少ない。ユーザは前回データと新たな道路標識の撮影要求を受信すると、新たに道路標識を撮影し、撮影画像と前回データを地図サーバへ送る。地図サーバは新たに受信した道路標識の撮影画像に対しても、GPS の誤差範囲をその目視可能位置によって絞り込み、新たに測位した位置情報と前回データの位置情報との論理積をとり、ユーザの位置を絞り込む(図5)。

ユーザが撮影のために移動したため、新たに測位した位置情報と前回データの位置情報との論理積が空集合となる場合がある。この場合、図3のフローによって位置を測位する。新たな道路標識画像で絞込んだ位置に複数の閉じた領域が存在する場合、その位置を閉じた領域ごとに分割する。前回データの位置に対しても閉じた領域ごとに分割する。ユーザは新たな領域と前回の領域との中、領域間の距離が最も近い領域間を移動したという観点から、新たな領域と前回の領域との領域間の距離が最も近い領域を検出し、その領域で、ユーザの移動後の領域である新たな領域の方をユーザの現在位置とする(図4)。

3. 利用者が位置特定に対して積極的であることを考慮した道路標識認識手法

本システムの最も重要な処理の1つが道路標識の識別である。道路方式の識別によって撮影された道路標識の画像から道路標識の種類を特定する。道路標識の識別には高速化・高精度化が要求される。提案する位置測位システムでは“利用者が位置測位に積極的である”という観点から道路標識が画像の中心に撮影されているという考えを利用する。本稿ではこのような考えを利用して道路標識の識別を高速化・高精度化する手法を提案する。道路標識識別のフローは図6となる。

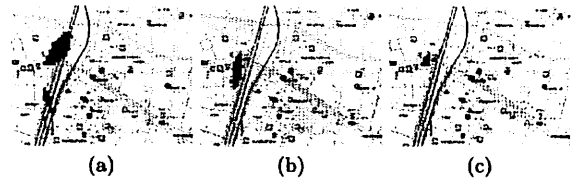


図4 複数枚の撮影画像を用いた場合の測位手法 ((a)1 回目の入力, (b)2 回目の入力, (c) 出力)

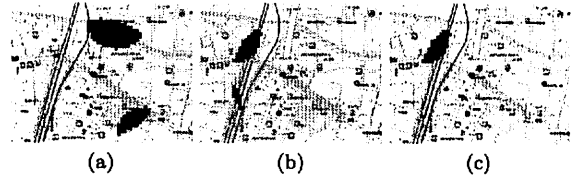


図5 ユーザが撮影のために移動することで論理積が空集合となってしまった場合の測位手法 ((a)1 回目の入力, (b)2 回目の入力, (c) 出力)

3.1 サーバが受信した画像の拡大処理

通信量の削減から、携帯端末は地図サーバへ撮影画像を送信する際、画像を 32×32 に低解像度化させてから送信する。 32×32 の jpeg 画像の通信時間は FOMA の通信速度が $384[\text{kbps}]$ [7] であることを考えると、通信時間は高々 $32 \times 32 \times 16[\text{bit}] / 384[\text{kbps}] = 42.7[\text{ms}]$ 程度となる。地図サーバが受信した画像は低解像度であり、その状態でエッジ抽出すると誤差が大きくなる。そこで、受信した画像に対して Bi-Cubic アルゴリズムを使い拡大処理し、エッジ抽出の誤差を減らす。

3.2 RGB 画像から Y, Cr, Cb 画像への変換処理

道路標識は主に白、赤、青の色から構成される。道路標識の識別には白、赤、青の画素に対して高い値をとる Y, Cr, Cb 画像を用いる。RGB 画像から Y, Cr, Cb 画像への変換式は以下で表される。

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \\
 Cr &= 0.713 \times (R - Y) \\
 Cb &= 0.564 \times (B - Y)
 \end{aligned} \quad (1)$$

3.3 色の強さの算出

Cr, Cb 画像から撮影画像の色の強さを算出する。道路標識が画像の中心付近にあることを利用し、中心に近い画素に重みをつけることで道路標識の色特定を高精度化する。道路標識の赤、青の色の強さ $P_i (i = Cr, Cb)$ は色差画像の画素値 $f_i(x, y)$ とガウシアン関数 $G(x, y)$ (図8) とを掛け合わせたものを合計することで算出する。 P_i を以下の式で導出する。

$$\begin{aligned}
 G(x, y) &= \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2.0 \times \sigma^2}\right) \\
 P_i &= \sum_y \sum_x f_i(x, y) \times G\left(x - \frac{\text{width}}{2}, y - \frac{\text{height}}{2}\right) \\
 & \quad i = Cr, Cb
 \end{aligned} \quad (2)$$

道路標識の色は P_{Cr} , P_{Cb} の値の大きさを比較することで

特定する。

3.4 エッジ抽出

低解像度でのY画像はノイズが多く正確にエッジ抽出できない。Cr, Cb画像は、Y画像と比較してデータ量が少ないがノイズも少ないので低解像度の画像ではY画像よりも、正確にエッジを抽出できる。本手法ではCr, Cbの2つの画像に対してCanny edge detection [15]によってエッジ抽出する(図7)。

3.5 ハフ変換

ハフ変換[16]は円形の形状と直線の形状に対して別空間で認識する必要があり低速である。本稿ではエッジの方向を利用することで、円形の形状と直線の形状を同一極座標空間上で認識し、ハフ変換を高速化する。

xy空間での直線は極座標で形式では次式で表現される。

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

ハフ変換は1画素に対して、この θ を動かす必要がある。本稿ではマスクを用いることで画素の角度 θ を求め、1画素から1つの角度を求めることで高速化する。マスク $maskx(x, y)$, $masky(x, y)$ は以下の式となる。

$$e(x, y) = \frac{1}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2.0 \times \sigma^2}\right)$$

$$maskx(x, y) = -x \times e(x, y)$$

$$masky(x, y) = -y \times e(x, y) \quad (4)$$

$f(x, y)$ でのエッジの強さ G_x, G_y , 角度 θ は以下の式となる。

$$G_x = \sum \sum f(x, y) \times maskx(x, y)$$

$$G_y = \sum \sum f(x, y) \times masky(x, y)$$

$$c = \tan^{-1}(G_y/G_x) \quad (0 \leq c < \pi)$$

$$\theta_{x,y} = \begin{cases} c + \pi & (x \cos c + y \sin c < 0) \\ c & (otherwise) \end{cases} \quad (5)$$

xy座標の原点は画像の中心にする。

円形の道路標識を認識する場合、道路標識が画像の中心付近に存在することを利用する。画像の中心に存在する円形は $f(\rho = const, \theta)$ に画素値が集中するので、極座標平面状では θ 軸に平行な直線として現れる。これを利用し、円形の形状を抽出する(図9)。三角形等、直線で構成される道路標識は特定の $f(\rho, \theta)$ に画素値が集中する。このことを利用し、極座標から道路標識の形状を抽出する(図10)。

3.6 θ 方向における画素値合計の最大位置を検出

円形の道路標識の場合、高い画素値が θ 軸に平行な直線として現れるので θ 方向における画素値合計の最大位置を検出し、形状、位置を特定する。円形のエッジは $f(\rho = const, \theta)$ に画素値が集中するので、 $A(\rho) = \sum_{\theta} f(\rho, \theta)$ の値が高くなる ρ が存在する。形状が円形であり、内側に円形の模様が存在する道路標識の場合、標識の内側の ρ でも $A(\rho)$ の値が高くなる(図7)。本手法では模様のエッジに反応しないために、 $B(\rho) = \rho \times A(\rho)$ とすることで模様によって得られるエッジよりも道路標識の淵によって得られるエッジに重みを置く。標識は人が撮影するため正確に中心に位置されているとは限らないので、周りの画素も考慮し、以下の式から θ 方向における画素値合計 $S(\rho)$ の最大値 S_{max} をとる ρ を検出する。

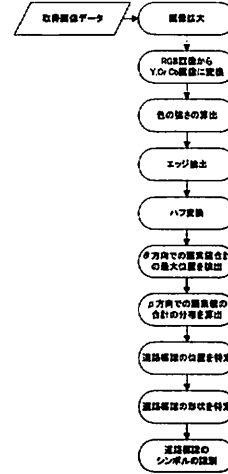


図6 道路標識認識手法



図7 Canny edge detectionによる円形道路標識画像のエッジ抽出



図8 ガウシアンフィルタの例 [14]

$$S(\rho) = \sum_k^{mr} B(\rho + k)$$

$$= \sum_k^{mr} (\rho + k) \times \sum_{\theta} f(\rho + k, \theta) \quad (6)$$

$$S_{max} = \max_{\rho} S(\rho) \quad (7)$$

mr は考慮する周りの画素の範囲とする。

3.7 ρ 方向における画素値の合計の分布を算出

三角形等、直線で構成される道路標識は特定の ρ, θ での画素値の強さを表す以下の式によって形状を特定する。

$$T(\rho, \theta) = \sum_k^{mr} f(\rho + k, \theta) \quad (8)$$

$T(\rho, \theta)$ の分布を解析することで直線で構成される道路標識の形状を求める。

3.8 特定の形状の認識

円形の道路標識の場合、 S_{max} をとる ρ 付近に画素値が一定密度で分布する。直線で構成される道路標識の場合、特定の $f(\rho, \theta)$ に画素値が集中する。

円形の道路標識の場合、 S_{max} をとる ρ を半径 r とすることで標識の半径を得る。撮影画像は道路標識が正確に中央に存在しているとは限らないので、中央からのズレを x_{gap}, y_{gap} とし、以下の式で補正する。

$$\rho_c = r - x_{gap} \cos(\theta) - y_{gap} \sin(\theta) \quad (9)$$



図 9 円形の道路標識のハフ変換結果



図 10 逆三角形の道路標識のハフ変換結果

円形の形状は中心 (x_{gap}, y_{gap}) , 半径 r の円であり, $0 \leq \theta < 2\pi$ に対して均一な $f(\rho_c, \theta)$ の値をとる. $f(\rho_c, \theta)$ の値が均一に分布していない画像の場合, 画像中に円形が存在しないとみなすことができる. 円形度は以下の式で表す.

$$C(\rho_c) = \frac{\sum_{\theta} f(\rho_c, \theta)}{\max_{\theta} (f(\rho_c, \theta))} \quad (10)$$

$\sum_{\theta} f(\rho_c, \theta)$ から, 円形の形状を構成する画素の合計値を求め, $\max_{\theta} (f(\rho_c, \theta))$ から, 値の分布の均一性を求める. これらの割合から画像中に円形が存在しているかを判断する.

直線で構成される道路標識のひとつである逆三角形の道路標識は画素の値が, $\theta = \frac{1}{2}\pi, \frac{7}{6}\pi, \frac{11}{6}\pi$ に集中するので, 逆三角形度は以下の式となる.

$$L = \frac{\sum_{n=0}^2 T(\rho_t, \frac{1}{2}\pi + \frac{2}{3}\pi \times n)}{\sum_{\theta} \sum_{\rho} f(\rho, \theta)} \quad (11)$$

ρ_t は $T(\rho, \theta = const)$ が最大となる ρ の値を表す. 全画素値の合計に対する特定位置での画素値の合計の割合を求めることで, 特定の直線を構成する画素の割合を求め, 画像中に逆三角形が存在しているかを判断する.

3.9 標識のシンボルの特定

標識の手順でシンボルを識別する.

- (1) 標識の位置の特定
- (2) 画像の3値化
- (3) テンプレートマッチング

テンプレートには [17] の道路標識画像を利用した.

3.9.1 標識の位置の特定

撮影画像には, 標識ではない部分も含まれているので標識の位置を特定し, 標識以外の部分をフィルタリング対象とすることで, テンプレートマッチングの高精度化を実現する. 道路標識の左端, 上端, 右端, 下端を求め, 道路標識をこの枠内に収める.

円形の道路標識は中心 (x_{gap}, y_{gap}) , 半径 r の円となるので, 以下の式で枠の位置を特定する.

$$\begin{aligned} left &= x_{gap} - r \\ top &= y_{gap} - r \\ right &= x_{gap} + r \\ bottom &= y_{gap} + r \end{aligned} \quad (12)$$

直線で構成される道路標識のひとつである逆三角形の道路標識は, 形状を以下の式で表すことができる.

$$\begin{aligned} \rho_0 &= y \\ \rho_1 &= x \cos\left(\frac{7}{6}\pi\right) + y \sin\left(\frac{7}{6}\pi\right) \\ \rho_2 &= x \cos\left(\frac{11}{6}\pi\right) + y \sin\left(\frac{11}{6}\pi\right) \end{aligned} \quad (13)$$



図 11 晴天の環境においても道路標識の識別に成功している例 (左から入力画像, 画像処理結果, 識別したテンプレート)



図 12 暗闇の環境においても赤色の道路標識の識別に成功している例 (左から入力画像, 画像処理結果, 識別したテンプレート)



図 13 道路標識の中心と撮影画像の中央との誤差が大きい画像において道路標識の識別に成功している例 (左から入力画像, 画像処理結果, 識別したテンプレート)

それぞれの直線の交点から, 枠の位置を特定する.

$$\begin{aligned} left &= -\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{-1} \left(\rho_1 + \frac{\rho_0}{2}\right) \\ top &= \rho_0 \\ right &= \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{-1} \left(\rho_2 + \frac{\rho_0}{2}\right) \\ bottom &= -(\rho_1 + \rho_2) \end{aligned} \quad (14)$$

3.9.2 画像の3値化

道路標識は主に赤, 青, 白の色で構成されているため, 撮影画像をこの3色に減色させる. 撮影画像の周囲の環境の影響を小さくするために, 道路標識の位置と形状でフィルタリングする.

輝度の低い画素で, ヒストグラムの値が最も高い位置を, テンプレートの赤, 青の位置に合わせる. 輝度の高い白色の画素が多い道路標識に対して, その画素を赤, 青の位置に合わせてしまうことを避けるため, 輝度の高い画素は無視する.

暗い場所で撮影された画像等は, 画像の輝度が低く, 暗い色の標識と誤認識しやすい. ヒストグラムを一定割合高い値にシフトすることで, 白色など輝度の高いシンボルの認識を可能にする.

ヒストグラム変換を行った後, 画素値を赤, 青, 白の中で最も近い画素値にし, 3値に減色する.

3.9.3 テンプレートマッチング

特定した道路標識の位置に誤差が含まれている可能性があるため, 特定した道路標識位置とその位置を上下左右に一定量シフトした位置で, テンプレートマッチングする.

4. 実験結果

47枚の撮影画像に対して, 本手法の有効性を Pentium 4 2.66GHz の環境で検証した. 撮影画像は道路標識が画像の中央付近に存在する, 画素数 32×32 の jpeg 画像を使用した.

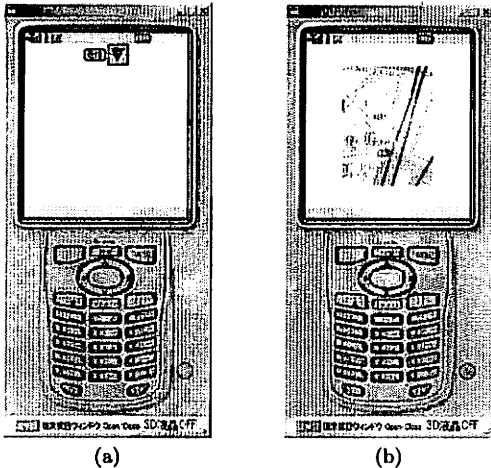


図 14 システムのシミュレーション例
((a) 入力, (b) 出力)

撮影された道路標識の形状を正しく識別できた割合は 100%、画像を受信してから標識の形状を識別するまでの実行時間は 47[ms]であった 38 種類のテンプレートを用了時のテンプレートマッチングの結果、撮影された道路標識のシンボルを正しく識別した割合は 95.7%であった。画像を受信してからテンプレートマッチングによって標識のシンボルを識別するまでの時間は 87[ms]であった。受信する画像は 32×32 画素の jpeg 画像であり、高々 $32 \times 32 \times 16[\text{bit}] = 16384[\text{bit}]$ 程度の通信量なので、FOMA の通信速度が 384[kbps] [7]であることを考えると通信時間は 42.7[ms]であり 3 秒以内に利用者結果を返すことは可能であると考えられる。これまでに提案されている手法と比較すると、[12](Pentium 4 2.2GHz)は処理時間が 100[ms]、識別精度 93.3%、[13](Mobile Pentium MMX 166MHz)は処理時間が 2.18[s]、識別精度 94.7%であり、同等以上の処理速度、識別精度を得ることができた。本手法を用いることで低解像度の道路標識の識別において 38 種類のテンプレートを用了場合でも高精度の認識率を得ることができた。道路標識識別の実行結果は図 11、図 12、図 13 となる。晴天の環境での道路標識であっても、正しく識別できる(図 11)。暗闇の環境においても正しく道路標識の識別できる(図 12)。道路標識の中心と撮影画像の中央との誤差が大きい画像においても正しく道路標識の識別できる(図 13)。Doja-3.5 によるシステム全体の動作結果は図 14 となる。

5. むすび

本稿では歩行者ナビゲーションにおいて、ユーザが撮影した道路標識画像を用いて GPS の誤差を補正する位置測位システムを提案した。

ユーザの位置は撮影した道路標識が目視できる範囲であるという観点から、道路標識が目視できる範囲から GPS 誤差範囲を絞り込むことでユーザの位置を測位した。1 回の撮影画像で位置を測位できない場合、ユーザに新たな道路標識の撮影を要求し、新たに絞り込んだ位置と前回までに絞り込んだ位置の論理積をとることで位置を測位する手法を提案した。論理積が空集合となった場合、データを閉じた領域ごとに分割し、前回データの領域と新たに得た領域との中で最短距離の領域を求めることで位置を測位する手法を提案した。

本システムの最も重要な処理の 1 つである道路標識の識別では、“利用者が位置測位に積極的である”という観点から道路標識は画像の中央付近に撮影されるという考えを利用した高速化・高精度化を実現する道路標識の識別手法を提案した。道路標識の色の特定は中心に近い画素に重みをつけることで高精度化した。エッジの方向を利用したハフ変換での道路標識の形状特定、道路標識が中央付近に存在していることを利用した円形の標識認識、テンプレートマッチングでの道路標識の色と形状による候補を絞り込みによる高速化を実現した。

実験では、本システムのレスポンスタイムを 3 秒以内に収めるだけの高速性と、青空や暗闇等の環境、撮影された道路標識が画像の中心でない場合であっても高精度の認識率を得た。今後の課題としては実サービスを想定した空間での評価が挙げられる。

文 献

- [1] 総務省, <http://www.soumu.go.jp/>
- [2] 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書, 2003-ITS-13, 2003.5.
- [3] 岡本 篤樹, 内田 敬, 大藤 武彦, 川端 荘平 “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,” 第二回 ITS シンポジウム 2003, 2003.
- [4] 山下 清司, 長谷川 孝明 “視覚障害者誘導用ブロックを用了 M-CubITS 歩行者ナビゲーションシステムについて,” 電子情報通信学会論文誌 A, vol.J88-A, no.2, pp.269-276, Feb. 2005.
- [5] 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,” 信学技報 ITS2005-114, pp.25-30, 2006.3.
- [6] 本多 聖人, 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とランドマークを利用した位置補正手法,” 信学技報 ITS2007, 2007.
- [7] NTT ドコモ, <http://www.nttdocomo.co.jp/>
- [8] 日立システムアンドサービス, <http://www.hitachisystem.co.jp/>
- [9] A. de la Escalera, L. Moreno, E.A. Puente and M.A. Salichs “Neural traffic sign recognition for autonomous vehicles,” 20th International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation IECON '94, vol.2, pp.841-846, Sept. 1994.
- [10] Zhu Shuang-dong, Zhany Yi, Lu Xiao-feng “Detection for triangle traffic sign based on neural network,” IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp.25-28, Oct. 2005.
- [11] 石田皓之, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 榎本光宏 “道路標識認識のための学習データ生成手法の検討,” 画像の認識・理解シンポジウム 講演予稿集, IS3-97, pp.989-996, Jul. 2005.
- [12] 莫躬舸, 青木由直 “カラー画像における道路標識の認識,” 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J87-D2, no.12, pp.2124-2135, Dec. 2004.
- [13] 松浦大祐, 山内仁, 高橋浩光 “特定色判別と領域限定を用了円形道路標識の抽出,” 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J85-D2 no.6, pp.1075-1083, June. 2002.
- [14] 菅谷 保之, [TEO ライブラリによる画像処理プログラミングガイド](http://teo.sourceforge.jp/doc/TeoProgrammingGuide/), <http://teo.sourceforge.jp/doc/TeoProgrammingGuide/>
- [15] J. Canny “A computational approach to edge-detection,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.8, pp. 679-700, Nov. 1986.
- [16] P.V.C Hough, “Method and means for recognizing complex patterns,” U.S. Patent 3069654, Dec. 1962.
- [17] セイトー株式会社, <http://www.seito-g.co.jp/>