

GPS, 歩数計及び方位計を用いた歩行者移動経路追跡法

李 欣洙^{†a)} 間瀬 憲一^{††} 阿達 透^{††} 大沢 達哉^{††}
 中野 敬介^{††} 仙石 正和^{††} 日高 裕敏^{†††} 品川 準輝^{†††}
 小林 岳彦^{†††}

Pedestrian Tracking Using GPS, Pedometer and Magnetic Compass

HeunSoo LEE^{†a)}, Kenichi MASE^{††}, Tooru ADACHI^{††}, Tatsuya OOSAWA^{††},
 Keisuke NAKANO^{††}, Masakazu SENGOKU^{††}, Hirotoishi HIDAKA^{†††},
 Noriteru SHINAGAWA^{†††}, and Takehiko KOBAYASHI^{†††}

あらまし 携帯電話や PHS などモバイル通信の発展に伴い、歩行者の移動経路の把握や移動特性の調査が必要になっている。本研究では、GPS の利用を前提とし、建物の中等 GPS が利用できない場所では歩数計と方位計による歩行データ取得を行う。これらのデータを用いて歩行者の位置・歩行経路を推定する手法を提案する。まず、歩行速度と歩幅の間に一次式の関係が成立することを示す。次に 1 歩ごとの所要時間と 1 歩ごとの歩幅の関係を定式化し、方位計から得られる進行方向と組み合わせて、歩行者の位置・歩行経路を算出する。GPS で確定した位置の情報を用いて、経路を補正することにより、位置・経路の推定精度をより高めることができた。

キーワード GPS, 歩数計, 方位計, 歩行者, 歩行経路

1. ま え が き

近年の携帯電話や PHS の普及に見られるように [1], 移動通信サービスが大きく発展してきた。これらは単なる電話として用いられるのみならず、インターネットアクセスの占める割合が増大している。これに伴い、利用者の位置を利用したサービスが展開している。例えば、PHS などを用いた歩行者ナビゲーションサービスなどがあげられる [2], [3]。このようなナビゲーションを行うために、利用者の位置を求めることが必要となる。更に、移動通信ネットワークの設計の観点からも利用者の移動特性を把握することが必要になっている [5]~[8]。

利用者の位置を求めるには現在いくつかの方法があ

る。GPS (Global Positioning System) を用いた方法が広く知られており、用いられている [3], [4]。

GPS で位置を測定する場合、経度・緯度・高度と未知数が 3 個であるから、観測する衛星も 3 個必要である。更に、観測者の受信機の時計は GPS 衛星がもっている時計に比べ不正確なため、この時計 (時刻) の誤差を消去するために、時計の誤差補正量を未知数として 1 個加えた 4 個の未知数からなる方程式を解く必要がある。このため、同時に観測する衛星も 4 個必要となり、受信できる衛星の数が多く、信号強度が高いほど精度は向上する。このように GPS 測定に必要な条件が満たされる場合、GPS による位置推定の精度は高く、誤差は 30 m 程度である。しかし、GPS の電波は直進性が強いので、トンネルの中、建物の中、高速道路などの立体道路の高架下、ビルの谷間、街路樹などの並木道や山間部の林の間などでは精度が不十分になるという欠点がある。

GPS の精度を向上させる手法として DGPS がある。DGPS では GPS 信号をあらかじめ位置が正確にわかっている場所で受信し、GPS で得られた位置と真の位置からその誤差を計算する。この結果を利用して、GPS の測定結果を補正する [9]。この方式により、

[†] 新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市
 Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

^{††} 新潟大学工学部, 新潟市
 Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

^{†††} YRP 移動通信基盤技術研究所, 横須賀市
 YRP Mobile Telecommunications Key Technology Research Laboratories Co., Ltd., Yokosuka-shi, 239-0847 Japan

a) E-mail: leehs@net.ie.niigata-u.ac.jp

GPSの精度を数mまで高めることができる。ただし、前述のようにGPS測定に必要な条件が成立することが要求される。これによりほぼ正確に位置を特定できるが、衛星の信号が受信できない建物の中などで使用できないことが大きな欠点である。

利用者の位置を求める方法として、ほかにPHSを用いた方法[2]や、加速度センサを用いた位置測定[3],[4]などがあげられる。PHSを用いた方法はPHSの受信エリアが限定され、精度がPHS受信エリアの半径に比例するため十分ではない。加速度センサを用いた方法は、移動速度が遅い歩行者には適さない。本研究では歩行者の移動経路推定のために、GPS/DGPSを用いることを基本として、GPSが利用できないところでは、歩数計と方位計を利用して、歩行者の移動経路を求める手法を提案する。本手法では歩数計により得られる1歩ごとの所要時間と歩幅の関係を定式化し、これを用いて歩行距離を算出する。実験システムを構築し、提案システムの有効性を検証する。

2. 基本方式と実験システムの概要

提案する経路追跡法におけるデータ処理の流れを図1に示す。GPS、歩数計・方位計の二つの手段を用いて、データを継続的に測定、記録する。上段がGPSによる歩行経路推定処理、下段が歩数計・方位計による歩行経路推定処理を示す。上段において、GPSからのデータはNMEA (National Marine Electronics Association; 米国の船用電子機器連合会) 形式でシリアルポートを経由してパソコンに取り込まれる。1.に述べたように、GPS測定により得られるデータの精度を保証する必要がある、本実験では以下の条件を用いた。

- (1) 信号のSNRが36dB-Hzに満たさない衛星を排除する。
- (2) 排除後の衛星が4個以上。

本条件を満足する区間では、そのデータに基づいて歩行者の位置・経路を推定する。その他の区間では、この区間の始点・終点の位置と時刻を下段の歩数計・方位計による歩行経路推定処理に送る。下段では、歩数計と方位計からのデータに基づいて始点以後の歩行者の位置・経路を推定する。その経路を終点の位置を用いて補正する。そして、GPSからのデータに基づいて推定した経路と、歩数計や方位計からのデータに基づいて推定した経路を合成する。GPS測定データが信頼できない区間が複数ある場合には、それぞれの区

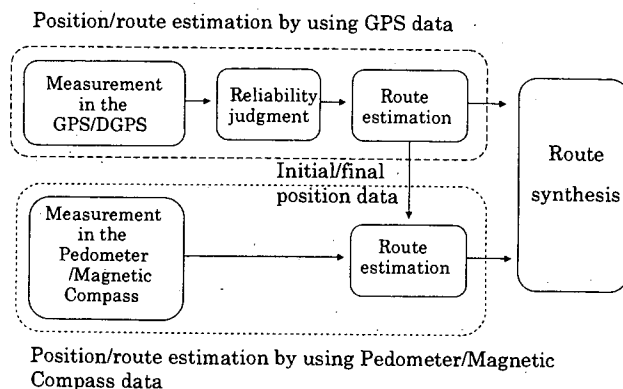


図1 提案システムにおけるデータ処理の流れ
Fig. 1 The flow of the data processing in the proposal system.

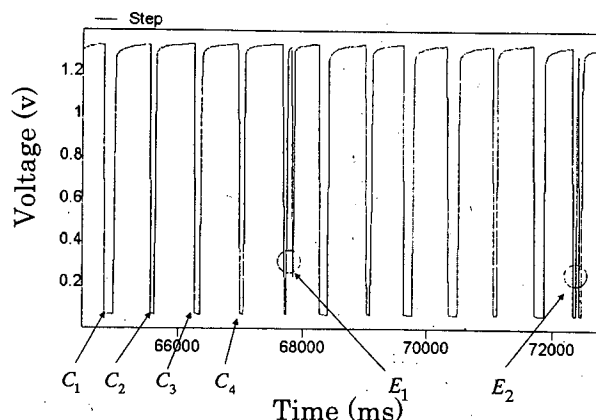


図2 歩数計を用いた測定例
Fig. 2 Measurement examples using the pedometer.

間ごとに始点・終点を求めて同様の処理を行う。

歩数計による測定は、市販の歩数計とADコンバータで構成される。歩数計の中では、振子に付いている磁石が歩行者の歩行に合わせて上下に動く。そのとき、磁石は中のスイッチをon/offするので歩数がカウントされる。一般的に歩数計からの出力はアナログ信号であり、このアナログ信号をADコンバータでデジタル信号に変化させる。市販の歩数計を用いた測定例を図2に示す。

図2で縦軸は電圧、横軸は時間を表しており、1歩ごとに、図2で表されるように電圧が下がる。そこで、サンプリング間隔を適切に設定することにより、電圧の低下を検出可能である。本実験システムではサンプリング間隔を0.01秒としている。電圧が不規則に下がっている部分(E₁, E₂の部分)は、歩行時の振動によって起こるエラーなので、1歩の所要時間が一定値(例えば0.3秒)を満たさないときには無視す

る。このようにして、図2の E_1 , E_2 のような測定エラーを除去することが可能である。このような仕組みにより n 歩目 ($n=1, 2, 3, \dots$) の終了時刻 c_n を求めることができる。この結果、歩数と n 歩目の所要時間 ($c_n - c_{n-1}$) も求まる。しかし、1歩目の開始時刻に相当する c_0 の値が得られず、最初の1歩の所要時間を求めることができないので、本手法では2, 3, 4歩目の所要時間の平均を最初の1歩の所要時間として用いる。

次に、方位計による測定には市販の3軸方位計を用いる。その原理は以下のとおりである。地磁気は、地球が磁石と同じ性質をもっており、水平方向成分 (x , y) と鉛直方向成分 (z) のベクトル量で表される。方位計は、地磁気の水平方向成分を X , Y 軸でそれぞれ検出するように高感度可飽和コアを X , Y 軸上に配置させており、地磁気の磁束密度をベクトル量として、 x 成分と y 成分を検出する。方位計を水平に1回転させると、方位角度に対応した、磁北を最大値とする正弦波状の電気的出力がそれぞれ得られる。この二値信号を内挿し直線的な方位角度信号へ変換し出力する。今回の実験システムでは方位計からの出力はシリアルポートを経由して0.1秒ごとに得られる。したがって、方位計から得られる $n-1$ 歩目と n 歩目の終了時刻の間に、方位計から複数の測定結果が得られるので、それらを平均して、 n 歩目の進行方向が求められる。詳しくは4.1に述べる。なお、方位計は固有の時定数をもっているため、進行方向が急激に例えば、ステップ関数的に変化すると、正しい方向を示すまで時間遅れが生ずる。この過程で、進行方向の測定値が振動する現象が生ずる。

3. 歩幅の推定法

歩数と1歩ごとの歩幅がわかれば歩行距離を算出できる。歩幅が一定であればその値を求めておけばよいが、実際には歩幅は歩く速度やコースにより変化する。以下では、1歩の所要時間と歩幅の関係を求める実験とその結果を用いた歩幅の算出手法を示す。

3.1 実験方法

筆者の1人が被験者となり、歩数を50歩に固定して、できるだけ速度を一定に直進の経路で歩いた。50歩、歩いた時点での歩行距離 L を測定しておく。歩く速度は、低速、中速、高速の3段階で測定を行った。歩行時間を T とする。

3.2 測定のための関係式

歩行速度をできるだけ等速にしたので、1回の歩行実験ごとに歩行速度 v と歩幅 y が次式で得られる。

$$v = \frac{L}{T} \quad (1)$$

$$y = \frac{L}{50} \quad (2)$$

実験結果から y と v の関係をグラフに表すと図3のように一次式で近似できることがわかる。

式で表すと

$$y = av + b \quad (3)$$

である。パラメータ a , b は最小2乗誤差法を用いて求める。図3の場合、以下の式が成立する。

$$y = 0.218v + 0.45 \quad (4)$$

図4は坂道で行った同様の実験結果を示している。坂道と平地で求めたパラメータ a の平均値は0.235、分

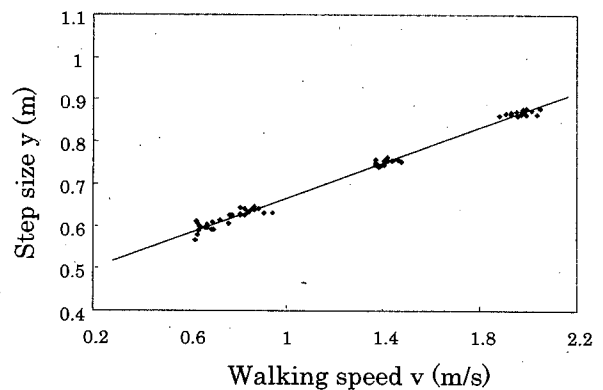


図3 歩幅と速度の関係 (平地)

Fig. 3 The relationship between walking speed and step size in flatlands.

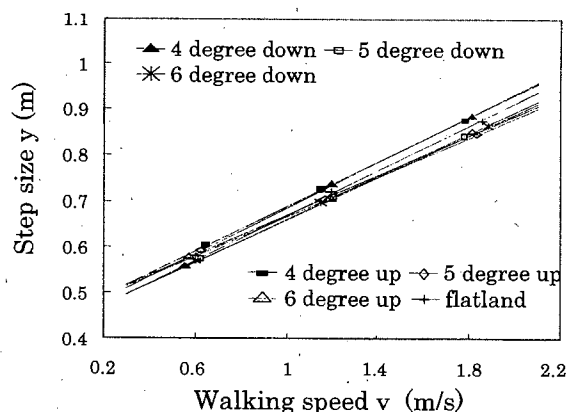


図4 歩幅と速度の関係 (坂道)

Fig. 4 The relationship between walking speed and step size in uphill and downhill roads.

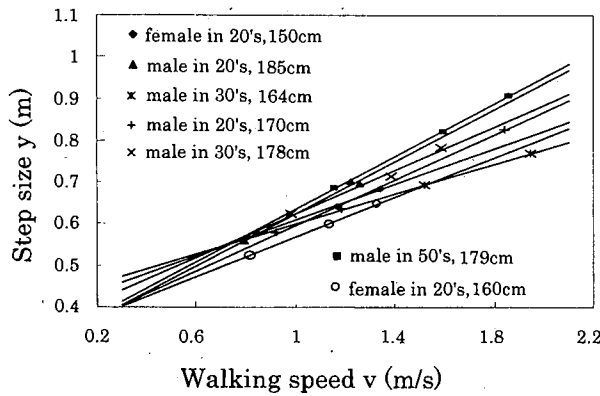


図5 歩行特性の個人差
Fig. 5 Individual differences in the walking characteristics.

散は 1.608 であった。実験の結果から勾配が変わると、歩行特性 (a , b の値) に若干の影響があることがわかる。

次に、平地において複数の被験者により同様の実験を行った。その実験結果が図 5 である。パラメータ a の平均値は 0.257, 分散は 2.141 であった。このように、パラメータ a には坂の影響や個人差が見られるが、いずれも直線的グラフになり、歩幅と速度との関係は式 (3) で表せることがわかる。この式のパラメータ, a と b を歩行者ごとにあらかじめ求めておくか、あるいは a , b の平均的な値を用いることによって、人間の歩行距離を求めることが可能になる。歩幅 y , 速度 v , 1 歩の所要時間 t の関係を式で表すと次のようになる。

$$v = \frac{y}{t} \quad (5)$$

これを式 (4) に代入すると次式となる。

$$y = \frac{bt}{t-a} \quad (6)$$

この式が 1 歩の所要時間 t と歩幅 y の関係を表している。 t は前述のように歩数計により計測可能であり、その値を代入することで、歩幅を求めることが可能となる。以下の検討では、平地における歩行を条件とする。なお、坂の勾配が大きく、歩行特性に影響が大きい場合には高度計等を用いて、 a , b の値を調整することも可能と考えられる。

4. 歩数計・方位計を用いた歩行経路推定方法と評価

4.1 アルゴリズム

- 初期の位置は与えられるとする。

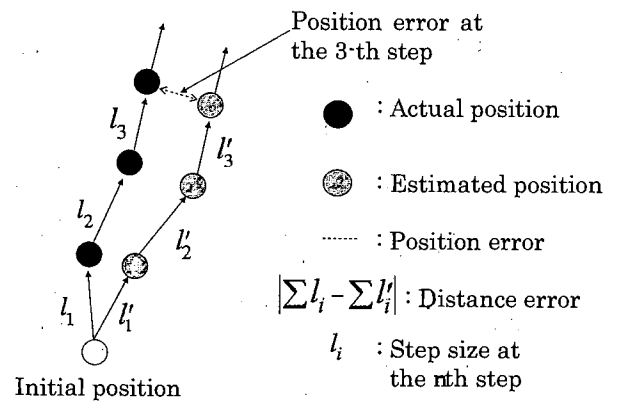


図6 二つの誤差の定義
Fig. 6 Definition of two types of errors.

- 2. に述べたように、 n 歩目の終了時刻を c_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) とする。歩数計のデータから c_n を求め、 $t_n = c_n - c_{n-1}$ ($n = 2, 3, \dots$) より n 歩目の所要時間を求める。また、 $t_1 = (t_2 + t_3 + t_4) / 3$ とする。

- 1 歩の所要時間を式 (6) に代入し、歩幅を求める。
- n 歩目の進行方向を、 $[c_{n-1}, c_n]$ に求められる方位計の測定値の平均として求める。
- 求めた n 歩目の歩幅と n 歩目の進行方向から $n+1$ 歩後の位置を推定。
- 上記のステップを繰り返し、 n 歩目の位置をもとに $n+1$ 歩目の位置を求める。

4.2 推定誤差の評価尺度

推定した歩行経路の誤差を評価するために、2 種類の誤差 (位置誤差と距離誤差) を用いる。それらの定義を図 6 に示す。 n ($n = 1, 2, \dots$) 歩目の位置誤差は n 歩目における実際の位置と推定位置のずれ (直線距離) を意味し、距離誤差は n 歩目までに実際に歩いた距離と推定経路の距離との差を意味する。

4.3 経路推定実験

提案した手法の有効性を示すため、図 7 の簡単なコースで実験を行った。図 3 の場合と同一の被験者による実験のため、歩行特性として式 (4) を用いている。図 7 の地点 A が歩行者の初期位置であり、ここからコースに沿って時計回りに歩行を開始する。

図 8 に歩行経路の推定結果を示す。ほぼ正確に推定できていることがわかるが、1 周後地点 A に戻ったときの推定位置は A_1 であり、位置誤差 71.4 cm が生じている。総移動距離 40 m に対して、推定歩行距離は 41.52 m であり、距離誤差は約 1.5 m (約 3.3%) であった。

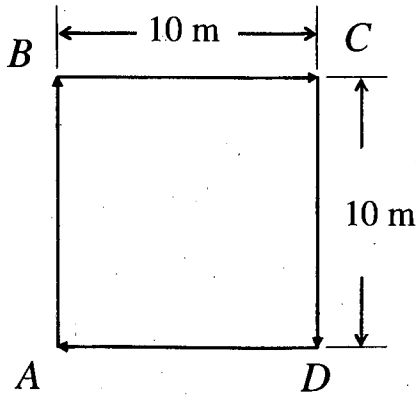


図7 実験のため用いた経路 (1)
Fig. 7 The route used for the experiment (1).

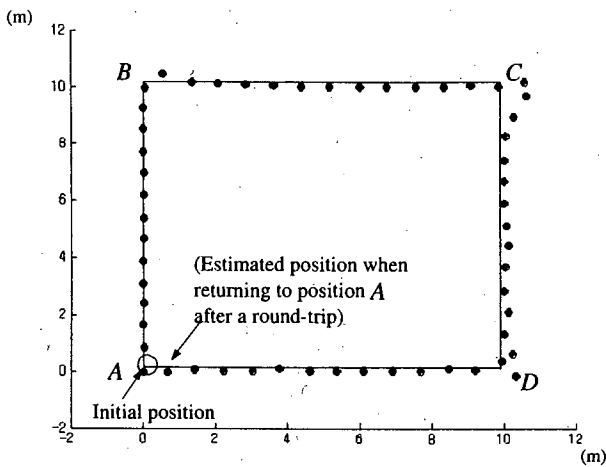
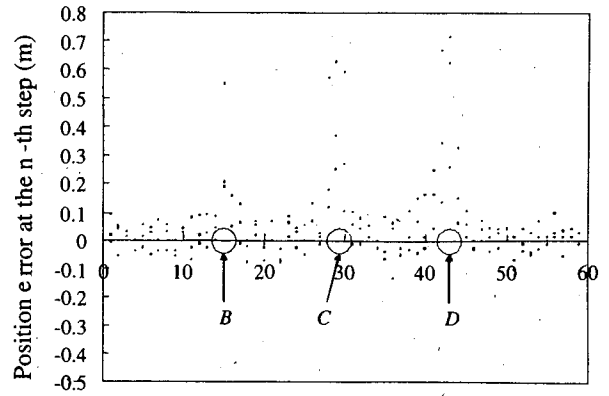


図8 位置推定結果
Fig. 8 The results of position estimation.

図9で横軸は歩数 n を縦軸は n 歩目の位置誤差を表す。歩行のとき、歩行経路が地面に残るようにして、1歩1歩の実測値を記録しておき、 n 歩目の位置誤差を求めた。実際の進行方向から見て左側に外れた場合を +、右側に外れた場合を - で示している。図9から、直線部分 (B, C, D 以外の部分) での誤差は 5 cm 前後であることがわかるが、左右のずれがほとんどであり前後の誤差はあまりなかった。また、誤差が 90° のコーナの所 (B, C, D) で大きくなっていることがわかる。これは歩行者の進行方向がコーナで 90° 変化するとき、2. に述べたように方位計の反応が遅れるため 100 ms ごとの測定値に振動が生じ、すぐに 90° 変化の測定値が得られないためである。この結果、位置誤差の平均は 5.8 cm、最大は 71.4 cm (1 周後の位置誤差に一致) となる。

次に、図10のような8の字の場合についても実験



Number of steps from the initial position
Average position error 5.8 cm
Maximum position error 71.4 cm

図9 n 歩目における位置推定誤差
Fig. 9 Error in position estimation at the n -th step.

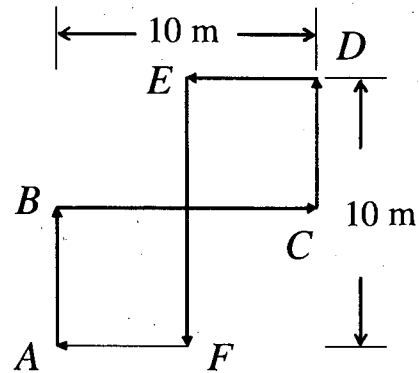


図10 実験のため用いた経路 (2)
Fig. 10 The route used for the experiment (2).

を行った。図11に歩行経路の推定経路を示す。ほぼ正確に推定できていることがわかる。1 周後の位置誤差 (A と A_1 の直線距離) は 64.3 cm、総移動距離 40 m に対して、推定歩行距離は 41.62 m となり、距離誤差は約 1.6 m (約 4%) であった。図12から、直線部分での誤差は 5 cm 前後であることがわかるが、左右のずれがほとんどであり前後の誤差はあまりなかった。また、誤差が 90° のコーナの所で大きくなっていることがわかる。これは前述のようにコーナでは方位計の反応が遅いため、すぐに 90° 変化の測定値が得られないためである。この結果、位置誤差の平均は 10.8 cm、最大は 64.3 cm (1 周後の位置誤差に一致) となる。

更に、構内でより複雑で長い歩行経路の追跡を行った。総移動距離約 330 m に対して、推定歩行距離は 320 m となり、距離誤差は約 10 m (約 3%) となる。図7のような単純なコースでもコーナでは歩行速度

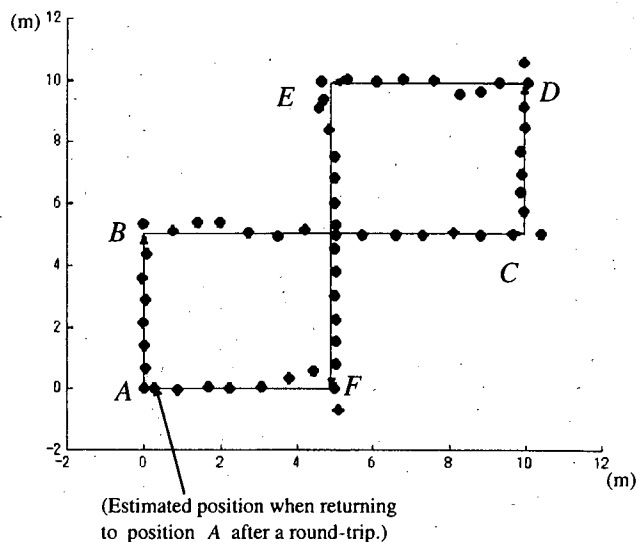


図 11 位置推定結果

Fig. 11 The results of position estimation.

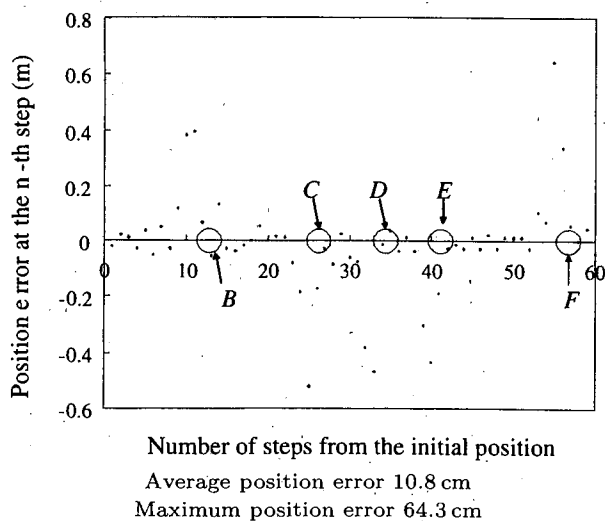


図 12 n 歩目における位置推定誤差

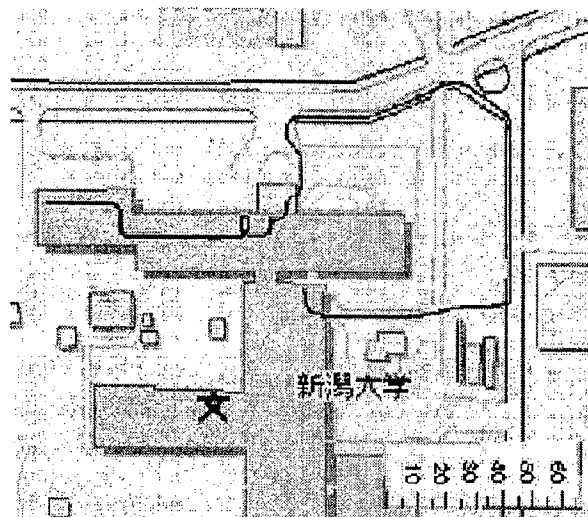
Fig. 12 Position estimated error in the n walk.

が変化する。図 10 のようにコーナが多くなったり、図 13 のようにより複雑な経路では歩行速度の変化もより多様になる。このような多様な条件のもとで距離誤差は数%程度であることが確認された。

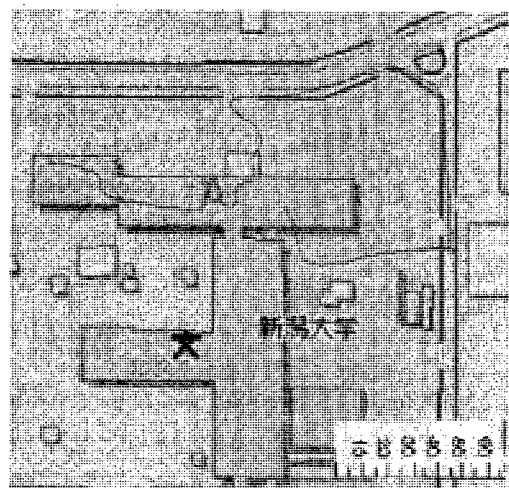
5. 誤差の補正方法

5.1 1 歩の進行方向の補正

現時点では方位計を手にもって実験を行っているため、方位計の測定にブレが生じてしまう。また、体のどこかに付けるとしても振動などでブレが生じてしまう。その誤差の補正方法として次のような手法を用いる。



(a) Actual walking route



(b) Estimated route in pedometer/magnetic compass

図 13 実際の歩行経路と推定経路

Fig. 13 Actual walking route and estimated route.

(1) まず初めに、連続する 2 歩のそれぞれの進行方向の平均をとる。これは右足、左足ごとの進行方向のずれを平均化するという考えからである。2 歩分の移動距離は 1 歩目と 2 歩目の歩幅を足したものとする。

(2) このように 2 歩分を合成して 1 歩と考えて進行方向を求めてから、その進行方向を前後の 1 歩の進行方向を含めて平均化する。すなわち、三つの進行方向を合成する。もともとの歩数で考えると進行方向に関しては、6 歩分の平均をとることになる。合成された 1 歩の移動距離は (1) と同様である。

この方法を用いてカーブやコーナにおける方位計の測定値の不安定性を取り除き、進行方向をより正しく推定できると考えられる。

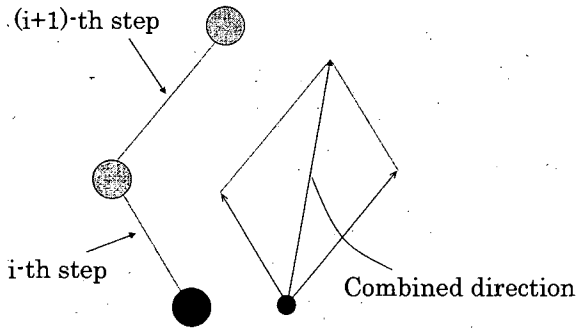


図 14 2 歩合成方向の定義

Fig. 14 Definition of the two-step combined direction next two step direction.

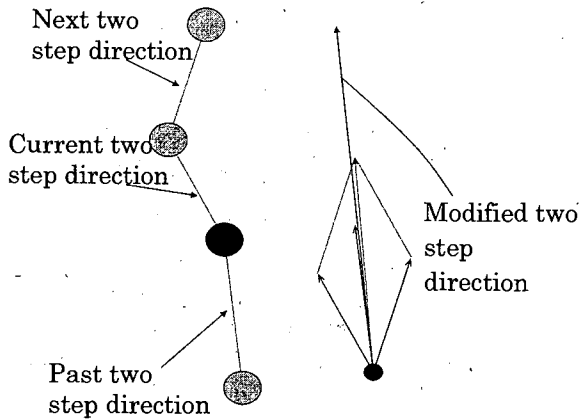


図 15 2 歩合成方向の修正

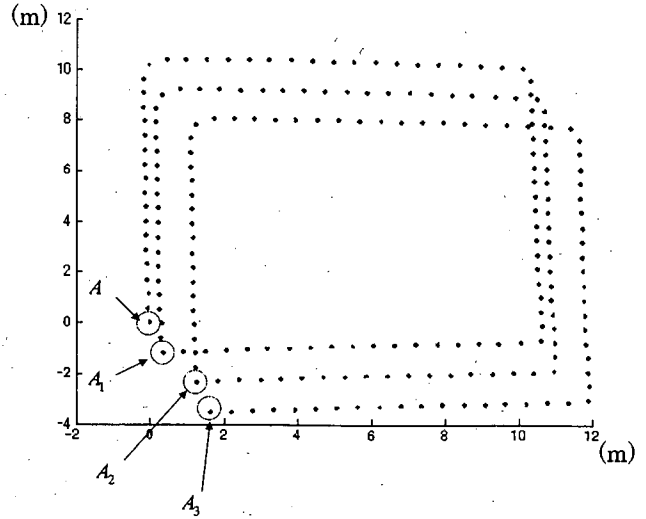
Fig. 15 Definition of modified two-step compound direction.

5.2 終点を用いた補正

歩行距離が増加するにつれて、だんだんと誤差が積み重なってしまう。このため、実際の歩行経路と推定歩行経路のずれが大きくなる。これを補正するために、GPSで確定した終点の位置を用いる。位置を座標で表し、終点での推定位置とGPSから得られた位置に関して、 x 軸方向のずれを a , y 軸方向のずれを b とする。始点を (x_0, y_0) , 終点を (x_N, y_N) , i 歩目の推定位置を (x_i, y_i) とし、補正後の座標を $(x_i + ia/N, y_i + ib/N)$ とする。ここで、 N は始点から終点までの歩数を示す。

5.3 補正効果の検証

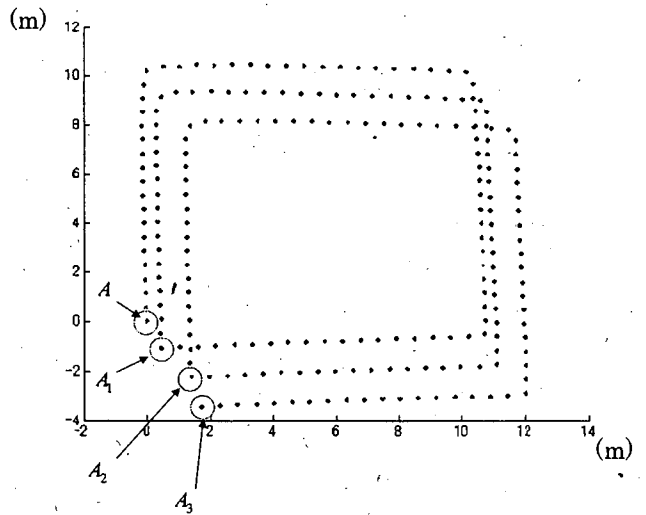
この補正法を用いて図 7 の経路を用いて経路推定の補正効果を検証する実験を行った。図 7 の経路を 3 周する。A の地点では GPS が利用可能とすれば 1 周ごとに終点の補正が可能であるが、ここでは歩行距離の増加による誤差の累積特性を把握する目的で 1 周ごとには終点を用いた補正を行わず、3 周後に終点の補正を行うものとする。図 16~図 18 に推定経路を示す。



A : Initial position
 A_i : Estimated position when returning to the initial position after i round-trips ($i = 1, 2, 3$)

図 16 補正前の推定位置

Fig. 16 Estimated positions without adjustment.



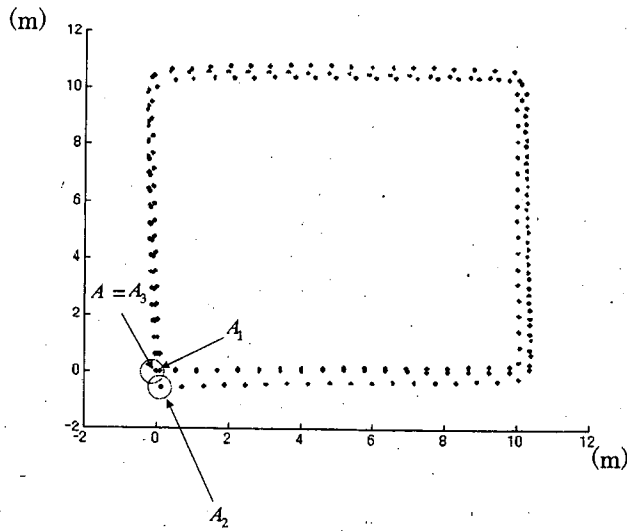
A : Initial position
 A_i : Estimated position when returning to the initial position after i round-trips ($i = 1, 2, 3$)

図 17 進行方向の補正を用いた結果

Fig. 17 Estimated positions with adjustment in directions.

図 16 は補正なし、図 17 は進行方向の補正を行った結果であり、図 18 は更に終点の補正を行った結果である。すなわち、3 周後の実際の位置が A であることを用いた補正である。表 1 にそれぞれの経路推定における位置誤差と距離誤差の一覧を示す。

図 16 では、1 周後、地点 A に戻ったときの推定位置が少しずれて A_1 になっている。同様に 2 周後、3



A : Initial position
 A_i : Estimated position when returning to the initial position after i round-trips ($i = 1, 2, 3$)

図 18 進行方向の補正と終点を用いた補正を用いた結果
 Fig. 18 Estimated positions with adjustment in direction and in final position.

表 1 補正の効果
 Table 1 Effects of adjustment.

	Without adjustment	Adjustment in direction	Adjustments in direction and in final position
Average position error [m]	0.413	0.359	0.042
Maximum position error [m]	3.928	3.859	0.468
Position error at the final point [m]	3.928	3.859	0.000
Distance error [m]	3.900	3.794	2.583

周後の推定位置は A_2 , A_3 であり、誤差の累積により徐々に位置誤差が増えていることがわかる。図 16 と 17 では見た目は大差はなく、進行方向の補正の効果は明らかではないが、表 1 より最大位置誤差と距離誤差が補正前より減少していることがわかる。図 18 で終点の補正まで行くと、初期位置と 3 周後の位置は一致する。これにより、推定経路全体が補正され、結果として、 A_1 , A_2 も A に近づく。その結果、位置誤差の平均、最大も表 1 のように 1 けた程度小さくなる。距離誤差も 35% 程度削減される。このように 2 段階の補正により歩行経路の推定精度を向上させることがで

表 2 誤差と歩行距離の関係
 Table 2 Error with respect to walking distance.

	Average position error [m]	Maximum position error [m]	Distance error [m]
1 round-trip	0.086	0.408	1.351
2 round-trips	0.087	0.419	0.072
3 round-trips	0.098	0.394	0.186
4 round-trips	0.096	0.438	1.208
5 round-trips	0.096	0.464	0.539

きる。

次に、図 10 の経路を k ($k = 1, \dots, 5$) 周し、二つの補正法を適用して歩行距離を推定した。この場合も 1 周ごとに終点を用いた補正をしたのではなく、 k 周後に終点を用いた補正を行っている。このときの位置誤差の平均、最大値と距離誤差を表 2 に示す。表 2 により、 k が増加しても位置誤差の平均、最大値、距離誤差に顕著な増加は認められない。今回の実験結果では $k = 5$ (歩行距離 200 m) までの歩行において、誤差の累積がほとんどないことが示されており、より長い距離においても提案アルゴリズムと補正法が有効であることが示唆される。

6. 適用例

これまでに述べた歩数計と方位計データによる経路推定と GPS による経路推定を、図 1 に基づき、組み合わせ、新潟大学構内で経路推定実験を行った。その結果を図 19 に示す。本実験実施時には DGPS の利用環境が実現できていなかったため GPS を用いた。実線の部分は GPS、破線の部分は歩数計、方位計の測定データをもとに経路が求められている。後者の経路は始点、終点の部分が GPS で確定された位置に補正されている。

屋内から屋外に出てもすぐに GPS が利用可能になるわけではなく、それまでは本手法による経路推定が有効であることがわかる。本手法の推定精度に関する検討を 4., 5. で行った。ここでは実際の歩行経路は求めていないので、この結果から推定精度を厳密には検証することはできない。しかし、建物の中を歩いていたときの推定歩行経路は建物の外へはみ出すことなく、建物の出入口をほぼ正確に通過していることが確認できた。このように GPS と歩数計・方位計の二つの歩行経路推定手段を図 1 の形で組み合わせることにより、建物の内外で利用可能な歩行経路推定法が得られた。

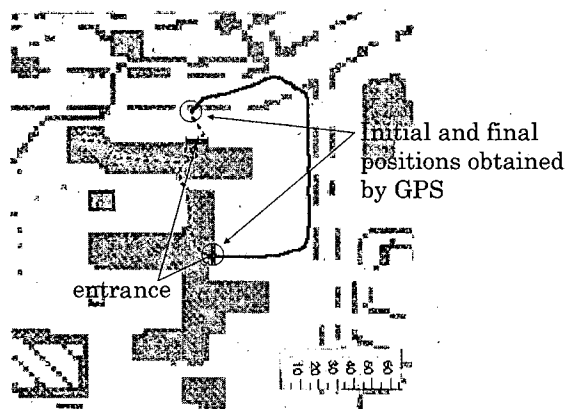


図 19 GPS と組み合わせた歩行経路推定例

Fig. 19 Example of walking route (position) estimation using GPS and proposed method.

7. むすび

GPS/DGPS を用いて歩行者の位置・歩行経路を推定し、衛星からの信号が信頼できない場所では、歩数計・方位計で歩行経路の推定を行う手法を確立した。本手法では歩数計データから得られる1歩の所要時間から歩幅を推定する。また、方位計データから得られる1歩の進行方向と歩幅のデータから歩行経路を推定する。本手法の推定誤差を削減するため1歩の進行方向の補正と、GPSで得られる歩行者位置を用いた補正の方法を示し、その効果を実験により検証した。その結果、GPSを利用できない区間でも、歩行経路の推定が可能であり、歩行距離が増加しても誤差の累積が少い歩行経路推定手法を確立できた。

本手法をもとに DGPS を用いることにより更に歩行経路の推定精度改善が可能であると考えられる。また、歩行特性を表すパラメータ a , b の効率的な求め方も今後の課題である。

文 献

- [1] 総務省関東総合通信局, 移動通信の加入数の動向, 2001.
- [2] 浦本祐次, 北村新三, “PHS 利用による簡易な位置情報取得の検討,” 1997 信学総大, B-5-138, 1997.
- [3] 廣瀬通孝, 廣戸健一郎, 宮崎恒太, “ウェアラブルコンピュータを用いた都市空間ナビゲーションシステム,” 信学技報, MVE2000-35, 2000.
- [4] 中村和弘, 青野嘉幸, 田所嘉昭, “視覚障害者誘導型歩行支援システム,” 信学論 (D-II), vol.J79-D-II, no.9, pp.1610-1618, Sept. 1996.
- [5] 長東澄也, 仙石正和, 山口芳雄, 阿部武雄, “移動通信系におけるチャネル割当法とトラフィック特性の評価,” 信学論 (B), vol.J71-B, no.10, pp.1167-1170, Oct. 1988.
- [6] K. Nakano, K. Saita, M. Sengoku, Y. Yamada, and

S. Shinoda, “Mobile Communication Traffic Analysis on a Road Systems Model,” Performance and Management of Complex Communication Networks, Published by International Federation for Information Processing (IFIP), pp.1-20, Chapman & Hall, May 1998.

- [7] T. Kobayashi, N. Shinagawa, and Y. Watanabe, “Vehicle Mobility Characterization Based on Measurements and Its Application to Cellular Communication Systems,” IEICE Trans. Commun., vol.B82-B, no.12, Dec. 1999.
- [8] 渡辺米雄, 品川準輝, 小林岳彦, “実測に基づく車両移動特性のモデル化とセルラ方式への応用,” 信学技報, SST98-110, A-P98-208, Feb. 1999.
- [9] @nifty パソコン GPS フォーラム編, パソコン GPS ガイドブック II, pp.166-183, CQ 出版社, 東京, 2000.
- [10] 李 欣洙, 阿達 透, 間瀬憲一, 中野敬介, 仙石正和, 品川準輝, 日高裕敏, 小林岳彦, “歩数計及び磁気コンパスを使った位置測定,” 2000 信学ソ大, B-5-52, p.340, Sept. 2000.
- [11] 李 欣洙, 阿達 透, 間瀬憲一, 中野敬介, 仙石正和, 品川準輝, 日高裕敏, 小林岳彦, “GPS, 歩数計および方位計を用いた歩行者移動経路追跡法,” 2001 信学総大, B-7-17, March 2001.
- [12] 大沢達哉, 李 欣洙, 阿達 透, 間瀬憲一, 中野敬介, 仙石正和, “人間の歩行特性に基づく歩行距離推定法の検討,” 2001 信学総大, B-7-19, March 2001.

(平成 13 年 3 月 30 日受付, 7 月 6 日再受付)



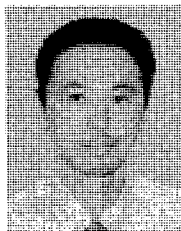
李 欣洙 (学生員)

平 2 韓国・亞洲大・工・電子計算卒。平 6 新潟大大学院修士課程了。現在、同博士課程在学中。主として、移動通信トラフィック解析と歩行者移動経路追跡に関する研究に従事。



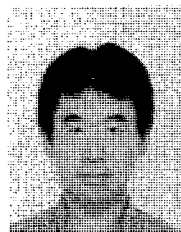
間瀬 憲一 (正員)

昭 45 早大・理工・電気通信卒。昭 47 同大大学院修士課程了。同年電電公社(現, NTT) 武蔵野電気通信研究所入所。以来、通信網構成法, ダイナミックルーティング, ネットワーク設計法, 通信品質, コンピュータネットワーク, 移動通信ネットワーク等の研究に従事。昭 53~54 米国コロムビア大客員研究員。平 11 より新潟大・工・情報・教授。工博。平 5 年度本会論文賞, 平 9 年度第 13 回電気通信普及財団テレコムシステム技術賞受賞。



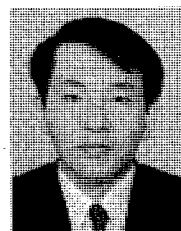
阿達 透 (正員)

昭55新潟工高・機械卒。現在、新潟大・工・情報工学科・技官。主として、情報通信に関する研究に従事。



大沢 達哉

平13新潟大・工・情報卒。



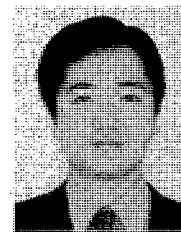
中野 敬介 (正員)

平1新潟大・工・情報卒。平6同大大学院博士課程了。現在、同大助教授。平11イリノイ大アーバナ・シャンペーン校客員研究員。移動通信ネットワーク、情報通信ネットワークに関する研究に従事。工博。平8年度IEEE ICNNSP論文賞、平9年度本会論文賞受賞。



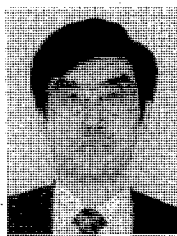
仙石 正和 (正員)

昭42新潟大・工・電気卒。昭47北大大大学院博士課程了。同年同大・工・電子助手。新潟大・工・情報助教授を経て、現在、同教授。回路網理論、グラフ・ネットワーク理論、情報伝送特に移動通信の研究に従事。工博。平3, 7, 8, 9年度本会論文賞、IEEE ICNNSP '95最優秀論文賞受賞。著書「練習グラフ理論」(共著)等。IEEE Fellow, 情報処理学会各会員。



日高 裕敏 (正員)

平8東大・工・精密機械卒。同年住友電気工業(株)入社。現在、(株)YRP移動通信基盤技術研究所に出向中。移動通信トラヒックの研究に従事。平12年度本会学術奨励賞受賞。



品川 準輝 (正員)

受賞。

昭53山形大・工・電気卒。同年日本電信電話公社(現、NTT)電気通信研究所入社。以来、移動通信交換システムの研究開発に従事。現在、(株)NTTドコモから(株)YRP移動通信基盤技術研究所へ出向中。博士(工学)。平13年度本会論文賞



小林 岳彦 (正員)

昭53東大・工・電子卒。昭58同大大学院了。同年NTT入社。昭61米国NBS客員研究員。平10NTTドコモより(株)YRP基盤研に出向。平13東京電機大・工・情報通信・教授。アンテナ・伝搬、EMC、移動通信システムの研究に従事。工博。平12年度本会論文賞受賞。IEEE会員。