

## 歩行履歴情報を基にした歩行者ナビゲーションシステムの構築

生田目 宏昭<sup>†</sup> 神戸 英利<sup>††</sup> 三井 浩康<sup>†</sup> 小泉 寿男<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東京電機大学 情報システム工学科 <sup>††</sup>三菱電機 (株)

nabatame@itlab.k.dendai.ac.jp Kambe.Hidetoshi@zh.MitsubishiElectric.co.jp

mitsui@k.dendai.ac.jp koizumi@k.dendai.ac.jp

**あらまし** 近年, GPS 受信機を搭載した移動体通信携帯端末の普及に伴い, 携帯電話や PDA をデバイスとした歩行者向けのナビゲーションサービスに注目が集まっている. カーナビゲーションの経路選定手法ではマップ・マッチング (車両は道路上を走行するという前提) に基づき地図上に描かれた道路に沿って経路情報を付加する事で経路の選定が可能となる. しかし, 対象が「歩行者」である場合には歩行者の行動パターンが複雑であるため, マップ・マッチングを適応するのが困難であり, 歩行者専用の経路選定手法や施設内におけるナビゲーションシステムは確立されていないのが現状である. 本稿ではマップ・マッチングに対し, マン・マッチング・マップ (歩行者が歩行するエリアこそが経路である) という概念を掲げ, 施設内を対象とした歩行者ナビゲーションシステムの構築を行う.

**キーワード** 歩行者ナビゲーション, 歩行履歴情報, GPS

### Construction of the pedestrian navigation system based on walk history information

Hiroaki Nabatame<sup>†</sup> Hidetoshi Kambe<sup>††</sup> Hiroyasu Mitsui<sup>†</sup> Hisao Koizumi<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Department of Computers and Systems Engineering, Tokyo Denki University

<sup>††</sup>Mitsubishi Electric corporation

nabatame@itlab.k.dendai.ac.jp Kambe.Hidetoshi@zh.MitsubishiElectric.co.jp

mitsui@k.dendai.ac.jp koizumi@k.dendai.ac.jp

**Abstract** Recently, attention has been paid to the navigation service for pedestrians who have cellular phone and PDA device as the mobile telecommunication portable terminals equipped with the GPS receiver. In the course selection of car navigation, selection of course is attained by adding channel information along the road drawn on the map based on map matching where it is premised that vehicles run on a road. However, in the case of pedestrian navigation the map-matching is difficult to adapt to pedestrian navigation, because the behavior pattern is complicated. And so, pedestrian routing methods and facilities in the navigation system are not established yet. This paper proposes a concept of "Man matching map" that only the area where the pedestrian walks is a route. A prototype system of pedestrian navigation system intended for in facilities was implemented.

**Keyword** Pedestrian navigation, Walking history information, GPS

### 1. はじめに

総務省は 2007 年 4 月から携帯電話への GPS 受信機の搭載を義務化し, 2011 年 4 月までに GPS 受信機を搭載した携帯電話の普及率の目標を 90 [%] としている. GPS 受信機の搭載率向上に伴い, EZ ナビウォークや NAVITIME, ゼンリンいつでもナビなどの歩行者ナビの利用者が増加しており, 位置情報に対するユーザの関心が高まっている. そのため, GPS と自蔵航法を組み合わせた組み込み型歩行者ナビシステムにおける測位精度の向上についての研究<sup>[1]</sup>が行われている. また, 本研究の基となった, 歩行者向けナビゲーションサービスの提供されていない屋外施設を対象として, 歩行者の歩行履歴情報から経路の構築手法を提案する研究

<sup>[2]</sup>が行われている.

本来, カーナビゲーションや歩行者向けナビゲーションに用いる電子地図には経路等の情報は付加されておらず, 静止画像である地図に対し道路や駅, 商店, 公共施設等の情報を付加する事で電子地図となる. カーナビゲーションに用いられている電子地図の経路選定は対象が「車両」に限定されている. そのため, マップ・マッチング (車両は道路上を走行するという前提) に基づいて地図上に描かれた道路に沿って経路情報を付加する事で経路の選定が可能となる. しかし, 対象が「歩行者」である場合には歩行者の行動パターンが複雑であり, また, 大学などの施設内に「道路」はないため, マップ・マッチングを適応するのは困難

である。

本研究は、屋外・屋内施設を対象として歩行者の歩行履歴情報から信頼性のあるノードの抽出と経路ネットワークの構築を行い、施設内における歩行者向けのナビゲーションを行うシステムの構築を行う。信頼性のあるノードの抽出と経路ネットワークの構築を行うにあたり、マン・マッチング・マップ(Man-Matching-Map / 歩行者が歩行するエリアこそが経路である)と呼ばれる概念を掲げる。本概念は、車両の経路選構築手法であるマップ・マッチングに対して歩行者の複雑な行動パターンに対応する事を目的とし、GPS 受信機を装着・内蔵したデバイスをもつユーザの歩行履歴情報を収集し、信頼性のあるノードの抽出を行い経路ネットワークの構築を行なう手法である。

GPS 受信機を装着・内蔵した端末を所有するユーザの歩行履歴情報を収集し、歩行履歴情報の補正、取得データから信頼性のあるノードの抽出を行い、経路ネットワークを構築する。本手法において歩行履歴情報から経路ネットワークの構築を行なう際に、GPS の電波が届く屋外施設ではGPS測位により歩行履歴を収集し、GPS 電波が届かない屋内施設においては無線 LAN 測位を用いて歩行履歴の収集を行う。

## 2. 歩行者ナビゲーションシステムの方式

本研究では電ナビウォークと呼ばれるナビゲーションソフトを開発する。本ソフトウェアは Windows Mobile を内蔵する PDA などのモバイル端末で使用できるよう作成し、実際に歩行しながら本システムを利用してもらう。大学や遊園地、大型のショッピングセンターなどの施設等ではパンフレットなどを見ても、どのような経路で目的地に歩いて行けばいいのかわかりにくく、初めてその施設を訪れた人は迷ってしまうなど、目的地に着くまでに時間がかかってしまう。そこで、本システムを使用することにより、よりスムーズに現在地から目的地までの移動が可能になる。屋内施設では無線 LAN 測位を利用することにより、大型のショッピングセンターや駅構内などのナビゲーションが可能になる。なお、本研究において歩行者の歩行履歴情報から個人のプライバシーを侵害する目的は含まない。

### 2.1 マン・マッチング・マップ

マン・マッチング・マップは、車両の経路選構築手法であるマップ・マッチングに対し、歩行者の複雑な行動パターンに対応する事を目的として、歩行者が歩行するエリアこそが経路であるという概念を掲げ、GPS 受信機を装着・内蔵した携帯端末を所有するユーザの歩行履歴情報を収集する。複数のクライアントから収集した歩行履歴情報を用いて、任意の座標に対して幾つのクライアントがその座標データを保持しているかをカウントし、カウント数が多い程その座標データは信頼性の高い座標データであると定義する。座標データをノードとし、信頼性の指標となるカウント数が総クライアント数に対し一定値以上の値であるノードを信頼性のあるノードとし、隣接する信頼性のあるノード同士を結ぶ事で経路ネットワークの構築を行なう。

本方式ではクライアント数の増加に伴い指標となる座標データが増加する事で、正確な経路の選定が可能となる。

## 2.2 歩行履歴情報の収集

### (1) 現在地の測位法

本研究では屋外を GPS 測位によって現在地の測位とナビゲーションを行い、GPS の電波が届かない屋内施設においては無線 LAN 測位を用いて現在地の測位とナビゲーションを行う。無線 LAN 測位については、TDOA 方式(電波の到達時間差に基づく三点測量)、又は RSSI 方式(電波受信強度に基づく三点測量)を用いて位置情報が求められているアクセスポイントから端末までの距離を求める。アクセスポイントの位置が屋内施設のどの位置にあるかわかっていれば、そのアクセスポイントの位置とアクセスポイントから端末までの距離を利用して屋内施設内のどこに端末があるのか測位することができる。

### (2) 歩行履歴情報の収集

本研究では、屋外における歩行履歴情報の収集には GPS データ取得ソフトを使用する。GPS データ取得ソフトについては 3.1 節(1)で説明する。

GPS 受信機で現在位置を取得すると、GPS の生データを受信する。そこで、本研究では NMEA-0183 (National Marine Electronics Association) フォーマットにある GGA (Global Positioning System Fix Data) センテンスを用いる。NMEA とは米国海洋電子機器協会が定めた規格でナビゲーション機器と受信機の間で利用される通信プロトコルである。NMEA-0183 は GPS 受信機とナビゲーション機器との間をシリアルポートにて通信するための規格であり、NMEA-0183 では全ての文字が ASCII テキストの“センテンス”で送られてくる。GPS の生データは記号、数字、文字から成る記号文字列である。このままでは人間にとって視認しにくい形式であるので NMEA-0183 フォーマットにある GGA センテンスに従って経度、緯度、高度、GPS のクオリティ(0=受信不能、1=単独測位、2=DGPS)、GPS 衛星の受信数のデータを抽出する。歩行履歴情報の収集には GPS 受信機を接続した PC や PDA 上で GPS データ取得ソフトを起動して行う。PC や PDA を持ちながら施設内を自由に歩行し、1 秒毎に現在地を取得する。

### (3) GPS 測位における誤差の補整手法

GPS 電波による測位には単独測位で 10[m]程度の誤差を含むと同時に、建物や樹木や地表からの反射波によるマルチパス誤差を多く含んでいる。そのため、誤差を含む歩行履歴情報から精度の高い経路ネットワークの構築やナビゲーションを行なう事は困難である。そこで、取得した歩行履歴情報から誤差データを除去するために補正フィルタを開発する。補正フィルタの機能には、

- ① N/A データを除去
- ② GPS 受信衛星数
- ③ 2 点間の移動距離
- ④ 誤差の修正

以上の4つを検討中である。①はGPS受信機がGPS電波を受信できていない状態(N/A: Non Fix Available/利用不可)のデータを除去するフィルタである。このフィルタは測位開始直後にGPS受信機がGPS電波の受信を確立できていない時に有効であると考えられる。②はGPS測位には3点測位を用いて測位点の座標を求めている事から、GPS受信機が受信しているGPS衛星数が多ければ信頼性の高い測位点の座標を求める事が可能になると考える。③は時刻(t-1)と時刻(t)との2点間の移動距離を計測する。この時、本研究において時刻tを1秒間隔とする事から人間の1秒間に移動可能な距離を求める事で閾値の設定が可能となる。人間の歩く速度は一般的に4[km/h]と言われている事から1秒あたり1.11[m]移動すると計算できる。上記の数値を参考にすることで閾値の設定を行なう。④は誤差を含むデータ(t)と判断されたデータの直前(t-1)と直後(t+1)を調べ、直前と直後の進行方向などを基に誤差を含むデータを正しい位置と思われるデータに修正する。直前や直後のデータも誤差を含むデータであった場合は、そのデータのさらに直前(t-2)・直後(t+2)を使用する。歩行履歴情報に補正フィルタを適用すると、誤差を含むデータを判別し、そのデータに対して上記の修正を行い、その結果に対してフィルタを適用すれば誤差を含むデータが今まで以上に少なくなるのではないかと考えている。

### 2.3 信頼性のあるノードの抽出

本研究では歩行履歴情報から信頼性のあるノードの抽出を行う。抽出を行う前に、複数ある歩行履歴情報を一つの歩行履歴情報としてまとめる作業を行う。マン・マッチング・マップの定義の一部に、“任意のノードに対して幾つのクライアントが同一のノードを保持しているかをカウント”とあるためである。一つの歩行履歴情報としてまとめた歩行履歴情報を、統合履歴と呼ぶことにする。

2.2節(2)で説明した通り、緯度、経度、高度、GPSクオリティ、GPS衛星の受信数を歩行履歴情報としている。今回、これらのデータに加えて“同一ノードカウント数”と呼ぶデータをGPS衛星受信数の後に追加する。基の歩行履歴情報と同一ノードカウント数を追加した歩行履歴情報を図1に示す。図1の上側にある歩行履歴情報が基の歩行履歴情報であり、下側にあるのが同一ノードカウント数を追加した歩行履歴情報になる。追加した理由として、マン・マッチング・マップの定義の一部として“カウント数が総クライアント数に対し一定値以上の値であるノードを信頼性のあるノード”と定義されていることから、統合履歴を作成する際に、歩行履歴情報内のノード数が多ければ多いほどデータ量が肥大化してしまう。そのため、同一ノードカウント数を追加し、同じ緯度と経度を持つノードを同一ノードと判断し、判断基のノードの同一ノードカウント数に1プラスすることにより、同じ緯度と経度を持つノードの重複を避け、歩行履歴情報のデータ量の肥大化を防ぐ。



図1 歩行履歴情報

### 2.4 経路ネットワークの構築

抽出した信頼性のあるノードを使用し、経路ネットワークを構築する。歩行履歴情報の増加に伴い指標となる座標データが増加する事で、正確な経路ネットワークの構築が可能となる。構築する経路ネットワークからユーザの現在地と目的地を基に経路を求め、ナビゲーションを行う。

経路ネットワークを構築するにあたって問題点がある。一つの歩行履歴情報から経路ネットワークを構築するのであれば、歩行履歴情報内のIDの順にデータをソートすれば時系列順にソートされ、あるノードに対する前後のノード同士の関連性がある。しかし、本研究では複数の歩行履歴情報から信頼性のあるノードのみを集め、経路ネットワークを構築する。そのため、ID順にソートを行っても時系列順にはソートがなされないため、あるノードに対して前後のノードがどのノードになるのか判断することができない。

そこで、2.3節で歩行履歴情報に追加した同一ノードカウント数の後に、新たに16個のデータを追加する。データは0と1からなり、8方位2種類を示す。最初の8個はノードの進行方向を示し、残りの8個は一つ前のノードから進行してきた方向を示す。新たに追加したデータが追加されている統合履歴を図2に示す。図2のIDが5のノード(1行目)を例に説明する。ID=5のノードは、前半8個の内の3個目が1であるため、このノードは東に向かっているということになる。また、後半8個の内の3個目が1であるため西の方向の一つ前のノードがあり、その位置から東に向かって行くとID=5のノードがあるということになる。

実際に関連づけを行う方法を、図2のID=5のノードの次のノードを探して関連づけを行う例を用いて説明する。図2ではID=5の次にID=6のノードがあるが、これら二つのノードは別々の歩行履歴情報から統合されたノードである可能性があるため、上記に示した通り二つのノードに関連性があるとは言えない。まずはID=5のノードの進行方向を見る。この場合は東になる。そこで、ID=5の緯度・経度の位置から東側にある一番近いノードを探し出す。見つかった場合、そのノードの進行してきた方向を参照し、東から進行してきたことになっていれば、それら二つのノードを関連づけする。東から進行していない、ID=5の東にはノードが見つからない場合は関連づけを行わない。すべてのノードに対して上記の作業を繰り返し、関連づけを行う。関連づけを行うことができなかったノードが出てくる

が、さらに多くの歩行履歴情報を収集し、信頼性のあるノード数が増えることによって解決されると考える。以上の作業を抽出した信頼性のあるノードすべてに行うことによってノード同士の関連づけを行い、関連づけが行われたノード同士を結ぶことによって経路ネットワークが構築される。

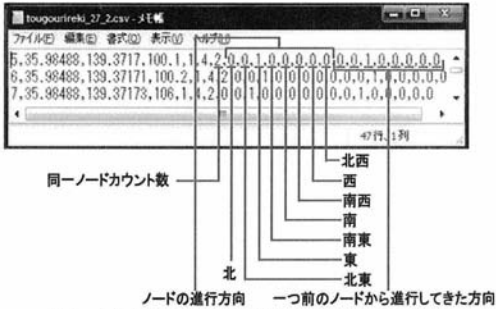


図2 新たにデータを追加した歩行履歴情報

### 2.5 歩行者ナビゲーションシステムの構築

歩行者ナビゲーションシステムの構成図を図3に示す。ナビゲーション中のGPSデータの取得には、GPSデータ取得ソフトの一部を使用する。目的地の設定はキーワード検索と地図から直接指定する方法を考えている。キーワード検索では東京電機大学鳩山キャンパスの各施設（図書館、厚生課、食堂等）と緯度・経度を関連づけたデータベースを予め用意しておき、そのデータベースから入力されたキーワードを基に検索を行い目的地の指定を行う。また、これまでの実験で取得した歩行履歴情報は東京電機大学鳩山キャンパスの外形を歩行するだけであった。そのため、今後は実験で歩行する際に各施設内に入りし、経路ネットワークに各施設の出入り口を経路ネットワークの一部として追加する予定である。ナビゲーション中も歩行履歴情報を取得する。取得した歩行履歴情報はGPSデータ取得ソフトと同様に csv ファイルとして出力し、マン・マッチング・マップを適用して経路ネットワークを更新する。

現在作成しているナビゲーションシステムはユーザの端末上ですべての処理を行うようになっていた。そのため、ユーザの端末に負荷がかかり、処理が遅くなるなどの障害が発生する可能性がある。地図や歩行履歴なども保存されていることになるため、ハードディスク等の補助記憶装置の容量の問題もあげられる。そのため、アプリケーションサーバとデータベースサーバを構築する必要がある。アプリケーションサーバはナビゲーションに関する動作を行い、ユーザの端末ではアプリケーションサーバから送られてくる情報の表示や現在地の取得のみを行う。データベースサーバはユーザの端末が取得した歩行履歴情報や、これまで取得した歩行履歴情報、経路ネットワーク、地図などの各データを保存する。

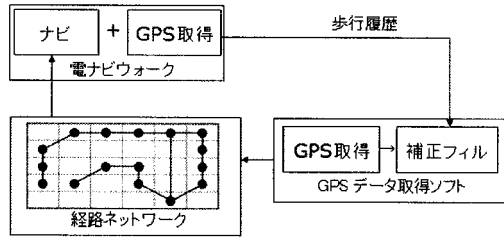


図3 歩行者ナビゲーションシステム構成図

## 3 実装・評価

### 3.1 実装

本研究で作成したソフトウェアはすべて Visual Studio 2005 を用いて C# で作成した。実行環境は Windows 上である。

#### (1) GPS データ取得ソフト

作成したGPSデータ取得ソフトを図4に示す。本ソフトウェアはPCにUSB接続されたGPS受信機から送られてくるGPS電波を取得するために、通信ポートの設定や通信速度の設定、ナビゲーションソフトとGPS受信機の接続・切断等の機能がある。また、1秒間隔でGPSデータの取得、取得した歩行履歴情報を csv ファイルとして任意に出力する機能がある。尚、これらの機能は電ナビワークでも使用する。



図4 GPSデータ取得ソフト

#### (2) マッチングソフト

マン・マッチング・マップの概念を基に歩行履歴情報から信頼性のあるノードの抽出と、経路ネットワークの構築を行うソフトウェアであるマッチングソフトを図5に示す。

歩行履歴情報とこれまでの歩行履歴情報をまとめた統合履歴を開き、それら2つの履歴を新たな統合履歴として一つのファイルにし、信頼性の指標を任意(2以上)に指定してマッチングを行い、指定した指標に該当するノードを信頼性のあるノードとして抽出する。歩行履歴情報を本ソフトウェアで読み込んだ際に、2.4節で説明した同一ノードカウント数を追加(初期値として1)している。

また、同一ノードカウント数の追加後、2.4節で説明した進行方位と進行してきた方位を示すデータの追加を行っている。任意のノードの緯度・経度と、前後のノードの緯度・経度を基に任意のノードから前後のノードの位置を示す角度を求め、角度を方位と照らし合わせて求めている。読み込んだ歩行履歴情報と、同じく読み込んだ統合履歴を一つのファイルとして新

たな統合履歴とするが、その際には歩行履歴情報を1行ずつ(ノード一つずつ)統合履歴に追加していく。追加する際には追加するノードの緯度・経度と統合履歴内にあるすべてのノードの緯度・経度と照らし合わせる。同じ緯度・経度を持つノードが発見されると、歩行履歴情報のそのノードの追加を中止し、統合履歴で同一ノードと判断されたノードの同一ノードカウント数に+1する。その際、方位データも照らし合わせ、違う値であった場合には論理和(方位データは0と1)をとって両方の値を保持する。これは、十字路口などに対応するためである。例えば、歩行履歴情報内にある、ある十字路(ノード)に対して南から北に進んで行ったとする。統合履歴にはその十字路に対して西から東に進んで行ったデータ(ノード)であった場合、歩行履歴情報と統合履歴の方位データを組み合わせ、その十字路(ノード)は北と東に進行することができ、南と西から進行してきたということになる。以上の作業を繰り返し、歩行履歴情報と統合履歴を一つのファイルとして作成し、新しい統合履歴とする。

実際にマッチングソフトを用いてノードの関連づけを行うにあたって、上記で作成した統合履歴内の各ノードを二次元配列に格納する。二次元配列の横軸(x軸)は経度、縦軸(y軸)は緯度の値を用いる。格納後、すべてのノードに対して関連づけを行う。あるノードに対して北にあるノードを探す際には、あるノードが格納されている座標のyの値を-1していきノードを探す。同様に、東にあるノードを探す際には座標のxの値を+1していく。その他の方位に関してもxとyの値を調節して各方位にあるノードを探す。ノードを発見した場合にはそのノードの座標をパラメータ(緯度・経度などのデータ)に追加する。マッチングソフトには関連づけられたノードを基に、構築された経路ネットワークを表示する機能を現在作成中である。



図5 マッチングソフト

### 3. 2 評価

今回、歩行履歴情報の収集には GlobalSat 社製の BU-353 GPS SiRF-startIII という GPS 受信機を使用した。

図5のマッチングソフトを用い、取得した歩行履歴情報 27 種類から信頼性のあるノードの抽出と経路ネットワークの構築を行う。歩行履歴情報の収集は東京電機大学鳩山キャンパス(鳩山キャンパスの地図を図6に示す)にて行った。最初に、取得した歩行履歴情報の一つを統合履歴とする。取得した歩行履歴情報を本ソフトウェアで開き、その後統合履歴を開いて統合履歴を更新する。その後、マッチングレベル(信頼性のあるノード数)を指定(2以上の任意の値)して信

頼性のあるノードを抽出する。取得した歩行履歴情報を散布図にしたものを図7に4種類示し、残りの23種類は省略する。図8に統合履歴を示し、信頼性の指標となるカウント数を2と3としてノードを抽出し、散布図にしたものを図9に示す。同様に、カウント数が4と5を散布図にしたものを図10に示す。抽出した信頼性のあるノード数3と東京電機大学鳩山キャンパスの地図とを組み合わせた図を図11に示す。また、表1に抽出した信頼性のあるノード数をまとめた表を示す。今現在、プログラムが未完成であり正しく表示することができないが、カウント数が2と3を経路ネットワークとして表示させたものを図12, 13に示す。

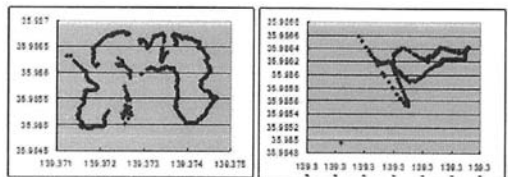
図9の信頼性のあるノード数2(カウント数2)は統合履歴と比較するとノード数が大きく減少し、歩行した東京電機大学鳩山キャンパスの外形に近づいていることがわかる。図9の信頼性のあるノード数3はノード数2と比較するとノード数が減少し、鳩山キャンパスの外形に近づいていることがわかる。図10の信頼性のあるノード数4は図9のノード数3と比較するとさらにノード数が減少し、より鳩山キャンパスの外形に近づいていることがわかる。

表1は信頼性のあるノードのカウント数とカウント数に対するノードの種類、ノード数をまとめた。ノードの種類とは、違う緯度・経度を持つノードの総数のことであり、ノード数とは同一ノードを含めたすべてのノード数の合計である。カウント数が増えるごとにノードの種類、ノード数共に減少していることから、信頼性が低い(カウント数が低い)ノードが除去されていることがわかる。言い換えると、信頼性のあるノードが抽出されているということになる。

図12, 13の経路ネットワークは、ノード同士の関連づけを行う際に、2点間の距離を任意に指定して関連づけを行えるようにしてある。図12, 13は距離を20mとして関連づけを行った。



図6 東京電機大学鳩山キャンパス



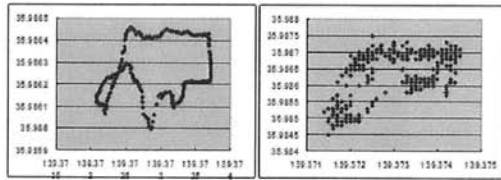


図7 取得した歩行履歴情報4種類

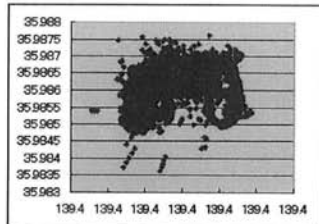


図8 統合履歴(散布図)

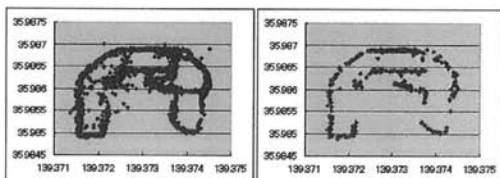


図9 信頼性のあるノードのカウント数2と3

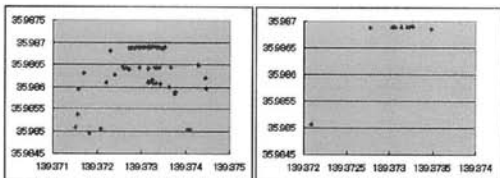


図10 信頼性のあるノードのカウント数4と5



図11 カウント数3と地図の照合

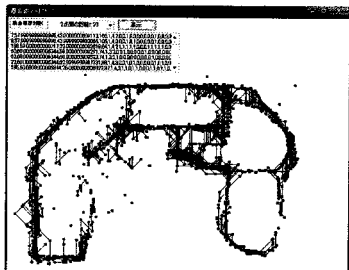


図12 カウント数2の経路ネットワーク

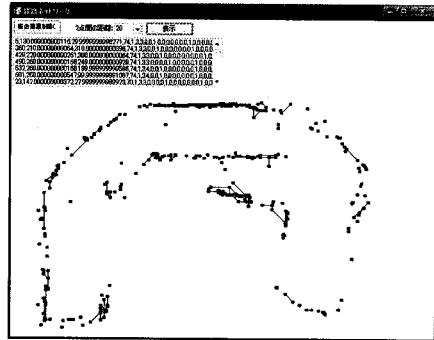


図13 カウント数3の経路ネットワーク

表1 カウント数とカウント数に対するノードの種類、ノード数

カウント数	ノードの種類	ノード数
0	9955	12271
2	1869	4181
3	359	1161
4	71	297
5	11	57
6	1	1
7	1	1
8	0	0

#### 4. まとめと今後の課題

本研究でGPS受信機を用いてユーザの歩行履歴情報から信頼性のあるノードの抽出と経路ネットワークを構築する手法を提案した。取得した歩行履歴情報から信頼性のあるノードを抽出することで、道路の存在しない屋外施設内において経路ネットワークの構築を行えることを確認した。実験では28個の歩行履歴情報を使用しているが、さらに多くの歩行履歴情報を使用することにより、より精度の高い信頼性のあるノードの抽出と経路ネットワークの構築が可能であると考えられる。GPS電波の受信が困難な屋内や地下街向けに無線LANを用いた位置測位の研究が行なわれている<sup>[3]</sup>事から、本研究に無線LANによる位置測位方式を取り入れる事で屋内外問わず経路ネットワークの構築と歩行者ナビゲーションが可能になると考える。また、今後、構築した経路ネットワークを用いた歩行者ナビゲーションシステムの構築を行っていきたいと考える。

#### 参考文献

- [1] 興梠, 蔵田: "組み込み型GPS・自蔵式センサシステムによる屋内外歩行者ナビ", 信学技報, PRMU2006-33, pp. 75-80, 2006年
- [2] 正能達也, 西村豪, 小泉寿男: GPSと無線LANを用いたナビゲーションシステムの経路選定手法, 情報処理学会第69回全国大会, 2007年3月
- [3] 伊沢, 毛利: "無線LANを用いたモバイル端末の位置検出法について", 情処研報 Vol. 2004 No. 79, pp. 25-30