

## 歩行者ナビゲーションシステムの提案と評価

久保田 浩司<sup>†</sup> 前田 典彦<sup>†</sup> 菊池 保文<sup>†</sup>

歩行者ナビゲーションは、ITSの1つの柱として、現在様々な取組みがなされ、実用化開始の段階に入りつつある。筆者らは、歩行者ナビゲーションにおいて、利用者の位置、利用者の向いている方位、利用者と目的地の位置関係、目的地へ行くまでの経路、方向等を詳細地図等を用いてより正確にわかりやすく利用者に伝えることが必要であると考え、歩行者ナビゲーションシステムの研究開発を行ってきた。本論文では、① PHSを用いたセル方式による位置計算方式の改良による精度向上、② 利用者方位を利用した詳細地図による経路案内の実現、③ 複数基地局の電界強度取得機能、小型方位センサによる端末方位取得機能、1/4 VGA 画像表示可能な小型画像拡大表示機能を一体化した PHS 端末の開発、以上3点を特徴とする歩行者ナビゲーションシステムを提案する。さらに、開発した歩行者ナビゲーションシステムを用いた実験評価を行い、位置取得精度の向上、1/16 方位の精度での方位取得および方位利用の有効性、さらに、小型画像拡大表示機能における画像サイズの有効性を確認した。

### Proposal and Evaluation of Pedestrian Navigation System

KOJI KUBOTA,<sup>†</sup> FUMIHIKO MAEDA<sup>†</sup> and YASUFUMI KIKUCHI<sup>†</sup>

Some pedestrian navigation systems have been developed as ITS applications. In the pedestrian navigation, users need the user's location, the user's direction, relation with the users and the destination, and course and direction to the destination, precisely and user-friendly. Then, we have researched and developed a pedestrian navigation system. This paper presents the pedestrian navigation system that have following functions, the improvement of the location calculation method by Cell method using PHS, the user direction detection, the courses guidance using user direction, and the indication of a details map by the compact image magnification display function. Furthermore, we examined and evaluated the developed pedestrian navigation system.

#### 1. はじめに

「ITS 推進に関する全体構想」<sup>1)</sup>の中で、歩行者支援として歩行者に対する経路案内サービス、危険防止サービスが考えられ、歩行者空間等における歩行者、車椅子利用者、自転車等の安全性、快適性、利便性の向上を目指した共同研究、社会実験への取組み等が開始されている<sup>2)</sup>。

一方、携帯端末の小型化、高機能化、携帯型電話ネットワークの整備、位置取得技術の発展等にもない、カーナビゲーションシステムと同様に、道案内や現在地周辺情報等を歩行者に提供する歩行者ナビゲーションシステムが実現されつつある<sup>3)~5)</sup>。

既存の歩行者ナビゲーションシステムには、いくつ

かの課題がある。第1は、利用者位置の取得である。屋内外を頻繁に出入りし、細い道も自由に通行する歩行者に対しナビゲーションを実現するためには、GPS 電波が届かないような環境でも、カーナビゲーションシステム以上の正確さで利用者の位置を取得する必要がある。第2は、利用者方位の取得である。利用者の向いている方位をリアルタイムで取得し、ナビゲーションに利用することで、利便性が向上すると考えられる。第3は、端末と地図表示の問題である。快適なモバイル環境を実現するためには、端末は小型軽量であることが望まれる。しかしながら、端末の小型化は、インタフェース、特に出力画面に影響を及ぼしている。小さな出力画面への対応から、簡略地図や音声による道案内等が検討されている<sup>6),7)</sup>。一方、出力画面を大きくし、詳細地図による道案内を行う場合は、現在の技術では PDA 端末をベースとした端末となり<sup>3),4)</sup>、大きさや重量に課題が残る。

筆者らは、これらの課題の解決を目的とした新しい

<sup>†</sup> 日本電信電話株式会社 NTT サービスインテグレーション基盤研究所  
NTT Service Integration Laboratories, NTT Corporation

歩行者ナビゲーションシステムを検討してきた<sup>8)~11)</sup>。本論文では、その結果として、次の特徴を有する歩行者ナビゲーションシステムを提案し、その有効性を実験評価する。

- 屋内、地下街等でも利用可能な PHS 電波を利用した位置算出の改良による精度向上
- 利用者方位を利用した詳細地図による経路案内の実現
- 複数基地局の電界強度取得機能、小型方位センサによる端末方位取得機能、1/4 VGA 画像表示可能な小型画像拡大表示機能を一体化した PHS 端末の開発

以下、2章で歩行者ナビゲーションシステムにおける課題に対する分析を行い、その分析をもとに3章で歩行者ナビゲーションシステムを提案する。さらに、4章では開発した歩行者ナビゲーションシステムを用いた実験、評価を行い、5章でまとめる。

## 2. 歩行者ナビゲーションシステムの課題と分析

### 2.1 利用者位置の取得

利用者の位置を取得する技術として、GPS 方式とセル方式が現在主流となっている。

GPS 方式は、10~100m と位置取得の精度が高く、機器の低価格化等の理由によってカーナビゲーションシステム等に広く普及している。また、機器の小型化も進んでおり、GPS 受信機を組み込んだ PDA 端末もいくつか製品化されている<sup>3),4)</sup>。しかしながら、GPS は衛星からの電波を利用することから、地下街や屋内等、衛星の電波を完全に受信できない地点では、位置取得は不可能である。また、ビル街等上空の見通しが悪い地点では位置の測定が困難であるうえ、高層ビル等の多重反射による精度劣化がある<sup>12)</sup>。誤差補正を何も行わない GPS である A-GPS と、感度の向上と誤差補正を行う B-GPS の2種類を用いて実験を行った。実験は、2000年10月25日、13:00~16:00に新宿駅周辺でそれぞれ100地点、各地点1回の測定を行い(株)アルプス社製地図 ProAtlas98における座標と測定座標との差を誤差とした。結果を表1に示す。この測定から、位置取得不可または100m超の誤差といった位置取得に困難な場所が、A-GPSは26地点、B-GPSでも8地点あり、都市部での利用に制約が生じることが確認された。

一方、セル方式は、移動端末が通信する基地局の座標を利用するもので、主にマイクロセル方式である PHS でサービスが提供されている<sup>13),14)</sup>。セル方式は、

表1 GPSを用いた位置取得実験の結果

Table 1 The result of the location detection experiment using two GPS systems.

	測定不可率 [%]	誤差100m超率 [%]
A-GPS	10	16
B-GPS	5	3

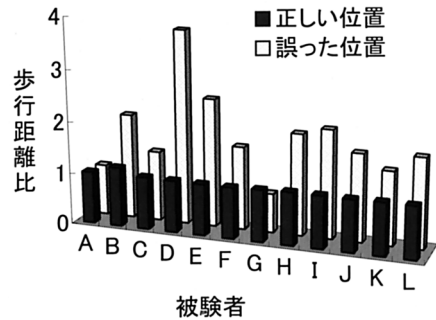


図1 誤った位置情報による歩行実験の結果

Fig. 1 The result of the walk experiment using the wrong position information.

基地局電波の届くサービスエリア内であれば屋内外を問わず位置を取得できる。位置計算の方式として、端末が最も近いと予想される基地局の座標を端末の座標とする単一局方式と、複数の基地局情報を用いて端末の位置を特定する複数局方式がある。一般に、複数局方式は単一局方式に比べ誤差精度が良いとされ、平均誤差40~70mといわれている<sup>15)</sup>。

さらに、30m程度誤った位置情報を記載した地図を持って目的地まで歩いてもらう実験を行った結果を図1に示す。実験は、2000年11月10、14、15日、東京の人形町周辺にて実施した。12人の被験者に対し、各人1カ所で実験を行った。図1は、目的地までの最短経路距離に対する歩行距離の比を示す。結果、10人の被験者が、正しい位置情報を記した場合と比べより長い距離を歩いた。この要因は、利用者は歩きながら自分の位置を把握し、目的地まで行く過程で、最短経路より遠回りをしていることにある。以上より、歩行者に対する経路案内において、位置精度の重要性を確認することができた。

歩行者の行動形態を考えたとき、屋内や地下街等へ頻繁に出入りしたり、道に迷いやすい街路に入ったりすることがあると考えられる。このような場所ではGPS電波が届きにくい場合、セル方式を利用する方がよいが、その他の場所では精度の高いGPS方式を利用するというGPS方式とセル方式の併用が望ましいと考える。GPS方式は、SA(Selective Availability);



図2 地図による歩行実験の結果

Fig. 2 The result of the walk experiment using a paper map.

安全保障上の理由から意図的に精度を下げる処理)解除等により位置取得精度が向上することが予想されることから,セル方式でのさらなる精度向上の検討が必要と考える。

## 2.2 利用者方位の取得

利用者を目的地へナビゲーションする際に,方位情報は,重要な要素と考えられる。しかし,多くの利用者は,街中での東西南北が不明であることから,利用者が現在どちらの方向を向いているか,目的地が利用者から見てどちらの方向にあるかの情報が重要と考える。紙の地図を持って目的地まで歩いてもらい,途中で地図を回転させるか否かの実験を行った結果を図2に示す。実験日時,場所,方法は図1の実験と同様である。ただし,各人4カ所で実験を行った。48回中36回の実験で被験者が歩行途中に利用者が向いている方向を上とするように地図を回転しており,利用者の向いている方位を基準とした地図情報を必要としていることが確認できた。

次に,誤った方位情報を記載した地図を持って目的地まで歩いてもらう実験を行った結果を図3に示す。実験方法等は図1の実験と同様である。12人中7人の被験者が,正しい方位情報を記した場合と比べより長い距離を歩いた。図1の実験と同様に,利用者は歩きながら自分の位置,方位を把握し,目的地まで行く過程で,最短経路より遠回りをしている。このことから,歩行者に対する経路案内において,方位精度の重要性を確認することができた。

以上より,歩行者ナビゲーションシステムにおいても,方位情報は重要であり,その精度も重要である。

## 2.3 端末と地図表示

これまで述べてきたように,歩行者ナビゲーション向けの端末の主流はPDAである。PDAにGPSと携帯型通信機器を接続し,利用する形である。PDAの場合,サイズが大きいととも,通信機器を加えると2つの機器を持つこととなり,利用者の両手がふさがれる可能性がある。また,通信機能をカード型等で組

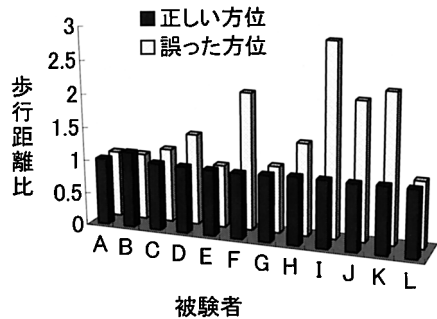


図3 誤った方位情報による歩行実験の結果

Fig. 3 The result of the walk experiment using the wrong direction information.

み込むタイプの製品も出始めているが,この場合,通信機器による通常の会話ができず,会話用の携帯通信機器を別途持ち歩く必要がある。したがって,通常持ち歩く会話用の携帯型電話機器の拡張で実現することが利用者の利便性向上,さらには歩行者ナビゲーション市場の拡大につながると考える。

一方,ナビゲーションで表示する地図情報にも課題がある。PDAを用いた場合,1/2500といった縮尺の詳細地図でのナビゲーションが可能である。これに対し,携帯型電話機器でのナビゲーションを可能とするため,簡略地図や音声,文章等でのナビゲーション方式の検討も進められている<sup>6),7)</sup>。一方で,障害者,高齢者等を考慮し,横断歩道,歩道橋等歩行者特有の情報を利用したナビゲーションも検討されている<sup>16)</sup>。後者を含め今後の利用形態を考慮すると詳細地図によるナビゲーションが必要であると考えられる。

以上より,携帯型電話機器の拡張で検討することが望ましいが,今後1/2500以下の縮尺率を持ち,歩行者のためのナビ情報を有する詳細地図がますます必要となってくると考える。

## 3. 歩行者ナビゲーションシステムの提案

2章の分析に基づき,次の特徴をもつ歩行者ナビゲーションシステムを提案する。

- 屋内,地下街等でも利用可能なPHS電波を利用した位置算出の改良による精度向上
- 利用者方位を利用した詳細地図による経路案内の実現
- 複数基地局の電界強度取得機能,小型方位センサによる端末方位取得機能,1/4VGA画像表示可能な小型画像拡大表示機能を一体化したPHS端末の開発

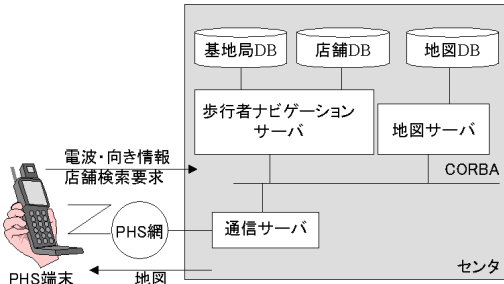


図 4 システム構成

Fig. 4 System configuration.



図 5 試作 PHS 端末

Fig. 5 Prototype PHS terminal.

3.1 システム構成

提案する歩行者ナビゲーションシステムのシステム構成, PHS 端末をそれぞれ図 4, 図 5 に示す.

端末は, 市販の PHS 端末に小型方位センサによる方位取得部と 1/4 VGA 画像を表示可能な小型画像拡大表示部を付加した一体型 PHS 端末を開発した. また, 電波情報の取得機能として, 最大 8 個の基地局 ID と電界強度を測定できる機能を搭載させている.

センタは, 端末特性を吸収する通信サーバ, 地図情報の管理, 加工を行う地図サーバ, 利用者の位置計算, 利用者要求に応じた目的地検索, 目的地までの経路探索, 地図加工指示を行う歩行者支援サーバより構成し, 各サーバ間は CORBA を介して接続する. 端末は, 複数の基地局の電波情報である, 基地局 ID と電界強度検出機能と, 利用者の絶対方位検出機能と, 高精細画像表示機能を有する.

まず, 端末で複数基地局の基地局 ID と電界強度 (以降, 電波情報) および絶対方位 (以降, 方位情報) を取得する. 端末は, 利用者の目的地検索条件とともに, 電波情報と方位情報とをセンタ側に送信する. センタ側では, 歩行者支援サーバが受信した電波情報より利用者の位置を計算し, その位置を中心としたある距離の円内より, 目的地検索条件にあった目的地を検索す

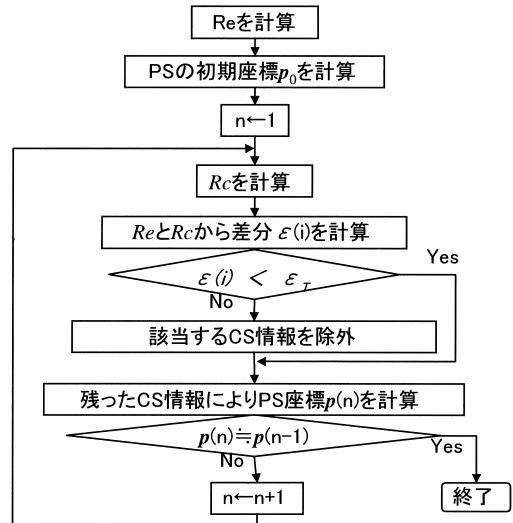


図 6 位置計算アルゴリズム

Fig. 6 Location calculation algorithm.

る. さらに, 利用者から目的地までの経路案内図を地図加工サーバに依頼し, 作成し, 端末へ返送する. 端末では, その地図画像を表示する.

3.2 改良位置計算方式

センタでは, 端末 (以降, PS) が受信した複数の基地局 (以降, CS) 信号の受信電界強度とその送信元である CS の位置座標を用いて PS の位置を計算する. PS は CS 信号の受信電界強度と信号に含まれる CS 識別子 (CS-ID) のペアをセンタに複数 CS 分を送信する. センタは, CS-ID から CS 位置座標をデータベースから取得し, 位置計算を行う.

PS と CS との間に障害物が存在しない場合, PS が検出する CS 電波の電界強度は, PS-CS 間の距離に応じて定まる. したがって, PS が 3 つの CS からの電波を同時に受信できれば, 電界強度から距離を求め, 三角測量の原理によって PS の位置を正確に計算することができる. しかし, 実際の移動体通信システムにおいては, PS と CS との間に存在する建物等によって電波が反射, 遮蔽され (シャドウイング), 電界強度から正確な PS の位置を計算することは非常に困難となる.

PS 座標を  $p$ , CS 座標を  $q$  とすると, PS-CS 間の距離は 2 種類存在する. すなわち, 電界強度  $E$  から算出される距離  $Re = f(E)$  と, 幾何的な距離  $Rc = \|p - q\|$  である. 理想的な状態では,  $Re$  と  $Rc$  は等しいが, シャドウイングのため多くの場合等しくならない. 筆者らはこの点に着目し,  $Re$  と  $Rc$  との差  $\epsilon$  が大きい信号はシャドウイングの影響も大きいと考え, このような信号を計算から除外する方式を提案する.



図7 サンプル地図

Fig. 7 The sample of the map which a developed system presents.

図6に提案方式のフローチャートを示す。PS座標  $p$  は未知であるため、まず暫定的な座標  $p_0$  を従来方式で求める。この暫定的な座標  $p_0$  をもとに差分  $\varepsilon$  を求め、 $\varepsilon$  がある閾値  $\varepsilon T$  以上の電波を計算から除外し、残る電波を用いてPS座標  $p$  を更新する。ここで、閾値  $\varepsilon T$  は、測定した電波のうち過半数（最低2波）が残るように値を自動的に調節する。更新された  $p$  を用いて再び  $R_c$  を計算し、差分  $\varepsilon$  を再計算する。これを繰り返すことによって、受信された電波のうち、シャドウイングの影響が大きい電波を除外し、より理想に近い状態でPS位置座標を計算する。また、電波が1波ないし2波しか取得できない場合は、既存の方式と同様の結果となる。

以上のように本方式は、測定した電波のうち比較的誤差の少ない電波を取捨選択する方式であり、GPS電波の取得が困難であり、複数基地局の情報を取得できる都市部での利用に適していると考えられる。

### 3.3 方位取得と方位利用方式

方位取得機能は、電波の影響をできるかぎり回避するため、図5に示すように端末の下部に設置している。方位取得は、磁気センサによって検出する絶対方位に対し、傾斜センサや小型ジャイロによって、端末の傾きや手ぶれ等の補正を行う仕組みとしている。本方位取得機能により、16分割の絶対方位の取得が可能である。さらに、この方位情報を用い、利用者の向いている方位を上とするよう、センタ側で地図を回転し、端末へ送信し、表示する。

### 3.4 小型画像拡大表示と地図表示

小型画像拡大表示機能は、端末自身の表示部とは別とし、図5に示すように端末の上部に取り付け覗き込み型とした。ナビゲーションにおいて、利用者が直感

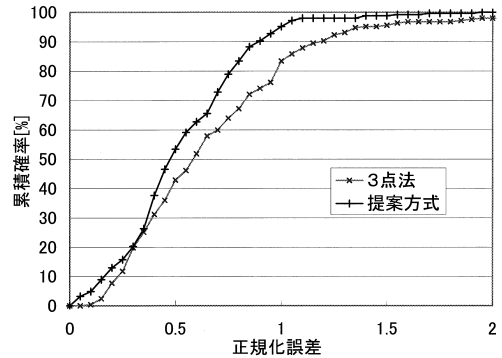


図8 位置取得実験結果

Fig. 8 The result of the location detection experiment by our method.

的に理解できる地図情報と、目的地を補足するためのテキスト情報を出す必要があると考えたためである。本機能に用いた液晶は、市販製品であり、1/4 VGA の JPEG 画像を表示できる性能を持つ<sup>17)</sup>。

図7に表示するサンプル地図を示す。

## 4. 歩行者ナビゲーションシステムの評価

### 4.1 位置取得に関する評価

新宿駅周辺において、複数基地局の電界強度を測定し、改良位置計算方式による位置計算を行った。測定は、2001年10月19日～2001年10月30日のうちの10日間、1日1回、1回100ポイントで行った。なお、測定対象である新宿駅周辺では、CSは100m<sup>2</sup>に1つ以上敷設されており、平均基地局間隔は約67mであった。センタへ通知するCSの最大数は6とし、電界強度と距離との関係は奥村・秦式<sup>18)</sup>を用いた。

図8に位置計算誤差の累積精度率を示す。誤差は、表1の実験と同様に(株)アルプス社製地図ProAtlas98における座標と測定座標との差を誤差とし、これを前述の平均基地局間隔で正規化した。図8は、従来方式(PSが受信した電界強度の強い3局を用いた複数局方式)の結果と提案方式の結果を比較している。図8より、提案方式によって累積精度率90%で位置計算誤差が1以内になり、従来方式と比べて15%程度、精度が良くなっていることが分かる。

次に、本システムを14人の被験者に利用してもらい、利用者の現在位置を提示した地図による経路案内地図の有効性を調査した。2000年11月10、14、15日に新宿駅周辺で実施した。そのときの位置精度を図9に、利用者のアンケート結果を図10に示す。

図9からも、従来方式と比べ精度が改善されていることがうかがえるが、図10より、14人中10人の利用

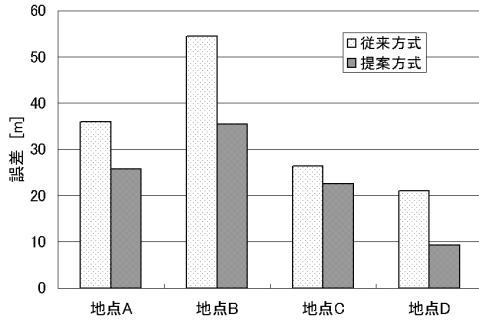


Fig. 9 Location accuracy in the actual proof experiment.

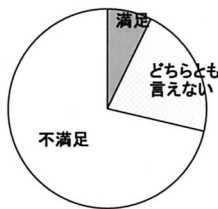


Fig. 10 The result of the validity evaluation of the location accuracy.

者が「不満足」と回答している。提案方式でも、位置の誤差が20~30mの場合が多く、新宿のような都市部においては、その誤差が大通り1本分、あるいは1街区分のずれとなって現れる場合があることから、利用者の満足を得られなかったと考えられる。

以上より、提案する改良位置計算方式は、セル方式の精度向上に有効である見通しを得ることができた。一方、利用者の満足が得られる歩行者ナビゲーションとするために、さらなる位置精度の改善、GPSとの併用が必要であることを確認することができた。

4.2 方位取得に関する評価

屋外、屋内、地下の各2地点で方位取得機能の測定を実施した。測定は、方位計に合わせ端末を22.5度ずつ回転させ、各方位10回実施した。方位計との平均誤差を図11に示す。一般に磁気センサによる方位測定は、磁界の影響を極端に受け、測定結果の誤差が非常に大きくなる傾向があるが、ジャイロとの併用による効果もあり、おおむね1/16(±22.5度)の誤差範囲におさまっている。

次に、方位を考慮した地図の有効性についての調査も行った。4.1節同様2000年11月10,14,15日に新宿駅周辺で実施した。実験では、北を上とした地図と、利用者向きを上とした地図の双方を提示し、方位情報の有効性に関する意識調査を行った。結果を図12に示す。その結果、14人中12人の被験者から利用者の

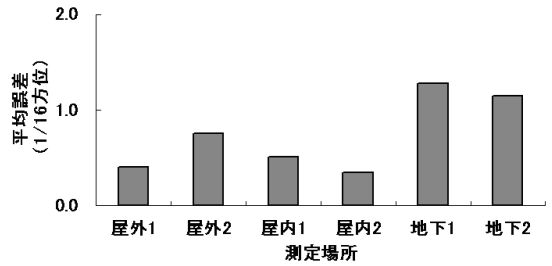


Fig. 11 The result of the direction detection experiment.

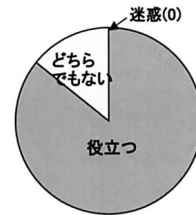


Fig. 12 The result of the validity evaluation of the direction use.

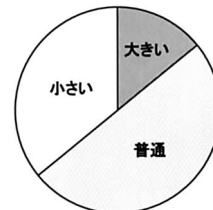


Fig. 13 The investigation result toward the display and the map size.

方位を上向きにした地図が役立つとの回答が得られた。また、北向きを上とした地図を表示した場合、端末を回転させる被験者が見受けられた。

以上より、比較的安定した方位精度が得られること、利用者にとって利用者の向いている方位を上とした地図表示が有効であることが確認できた。

4.3 端末、地図表示に関する評価

同じく本システムを14人に被験者に利用してもらい、地図、画面のサイズに対する調査を実施した。その結果を図13に示す。その結果、14人中9人の被験者が地図、画面サイズに満足していると思われる。

また、方位を反映した地図を生成する場合、地図が表示されるまで利用者は向きを変えることができないことに対する意識調査を行った。なお、地図要求から返信までの時間は、約10秒~30秒である。調査結果を図14に示す。結果から、14人中11人が苦になら

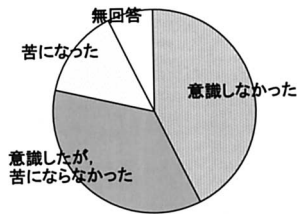


図 14 方位保持に対する調査結果

Fig. 14 The investigation result toward the direction preservation.

なかったと回答している。携帯型電話機を操作する場合にあまり動かないこと、約 10 秒から 30 秒の間でいつ地図が表示されるか不明であること、自らが経路情報を要求したという意識があることから、姿勢を保持することが苦でないと感じたと思われる。

以上より、本システムにおける地図提示方法の有効性が確認できた。しかし、その一方で、端末が大きい、通常液晶の方が見やすい等の意見も多く、表示部の一本化等の検討課題を確認することができた。

## 5. おわりに

歩行者ナビゲーションにおいて、利用者の位置、利用者の向いている方位、利用者と目的地の位置関係、目的地へ行くまでの経路、方向等を詳細地図等を用いて利用者に対しより正確に分かりやすく伝えることが重要である。本論文では、PHS を用いたセル方式による位置取得精度を向上する改良位置計算方式を提案した。また、利用者方位を利用した詳細地図による経路案内を実現した。さらに、複数基地局の電界強度測定機能、1/4 VGA 画像表示を可能とする小型画像拡大表示装置、そして端末方位を取得する小型方位センサを一体化した PHS 端末を開発し、これを用いた歩行者ナビゲーションシステムを提案、実現し、その有効性を実証実験により示した。

実証実験より、改良位置計算方式においては、従来方式（PS が受信した電界強度の強い 3 局を用いた複数局方式）より約 15% の位置計算精度が確認された。また、被験者による利用実験においても約 10 ~ 20 m 程度の改善が確認できた。しかし、位置精度に対する利用者満足度が低く、さらなる精度向上や GPS との併用の検討の必要性も確認できた。

方位取得に関しては、1/16 ( $\pm 22.5$  度) の精度が得られた。また、利用者の向いている方位を上とした地図表示に対して約 75% の被験者が役立つという回答を示し、方位精度、方位利用の有効性が確認できた。

さらに、地図表示のサイズ、応答時間に対する利用

者の意識調査の結果、それぞれ約 65%、約 80% の被験者が苦にならないと回答していることから、地図表示についての有効性も確認できた。しかし、端末サイズについては大きいという意見が多く、今後の改良の必要性を確認した。

以上より、本論文で提案した歩行者ナビゲーションシステムは有効であると考えられる。

謝辞 本研究を進めるにあたりご指導いただきました NTT サービスインテグレーション基盤研究所吉開範章プロジェクトマネージャ、NTT アドバンステクノロジ (株) 木村廣文担当部長、NTT コミュニケーションズ (株) 田中茂久担当課長に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：ITS 推進に関する全体構想。 <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/5Ministries/index.html>
- 2) 国土交通省：歩行者の ITS。 <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/index/indexPedestrian.html>
- 3) NTT ドコモ：Naviewn。 <http://www.nttdocomo.co.jp/products/service/keitai/guide/service/doconavi.html>
- 4) エプソン：Locatio。 <http://www.i-love-epson.co.jp/products/locatio/index.htm>
- 5) ソニー：VAIO PCG-C2GPS。 <http://www.sony.co.jp/sd/ProductsPark/Consumer/PCOM/PCG-C2GPS/>
- 6) 馬場口登、堀江正彦、上田俊弘、淡誠一郎、北橋忠広：経路理解支援のための略地図とその案内文生成システム，信学論 (D-II)，Vol.J80-D-II，No.3，pp.2802-2810 (1998)。
- 7) 藤井憲作、杉山和弘：歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法，信学論 (D-II)，Vol.J82-D-II，No.11，pp.2026-2034 (1999)。
- 8) 菊池保文、前田典彦、久保田浩司：歩行者ナビゲーションシステム，2000 年信ソ大，A-17-24 (2000)。
- 9) Kikuchi, Y., Kubota, K., Kimura, H. and Tanaka, S.: Pedestrian Navigation System, *3rd International Symposium on WPMC*, Vol.2, pp.859-864 (2000)。
- 10) 菊池保文、前田典彦、久保田浩司：PHS を用いた位置計算方式の提案と評価，2001 信学総大，A-17-4 (2001)。
- 11) 前田典彦、菊池保文、久保田浩司：歩行者ナビゲーションにおける方向情報の有効性の検討，2001 信学総大，A-17-5 (2001)。
- 12) 松田 醇：パーソナルナビゲーション，計測と制御，Vol.36，No.8，pp.555-558 (1997)。
- 13) NTT ドコモ：いまだこサービス。 <http://www.nttdocomo.co.jp/products/phs/service/ichi.html>



- 14) 東京通信ネットワーク：ここ Navi . <http://www.bemap.co.jp/astel.html>
- 15) 位置情報サービスの技術と市場展望，リックテレコムビジネスセミナー (1999).
- 16) 三菱総研：歩行者系 ITS の現状と将来展望，MRI ITS CLUB セミナー (2000).
- 17) KOPIN: CyberDisplay320color. [http://www.KOPIN.com/html/320\\_color.html](http://www.KOPIN.com/html/320_color.html)
- 18) 進士昌明：移動通信，pp.53-55, 丸善 (1989).

(平成 12 年 12 月 20 日受付)

(平成 13 年 5 月 10 日採録)



久保田浩司 (正会員)

昭和 36 年生。昭和 59 年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和 61 年同大学大学院工学研究科電気及び通信工学専攻博士課程前期修了。同年日本電信電話(株)入社。現在 NTT サービスインテグレーション基盤研究所主任研究員。OSI アプリケーション層プロトコル，オフィスシステム，企業網設計，および ITS 等の研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



前田 典彦 (正会員)

昭和 44 年生。平成 6 年慶應義塾大学大学院理工学研究科計測工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話(株)入社。現在 NTT サービスインテグレーション基盤研究所研究主任。グループウェア，ITS 等の研究開発に従事。



菊池 保文

昭和 49 年生。平成 9 年北海道大学工学部電気工学科卒業。平成 11 年同大学大学院工学研究科システム情報工学専攻博士課程前期修了。同年日本電信電話(株)入社。現在 NTT サービスインテグレーション基盤研究所所属。ITS における歩行者への情報提供の研究開発に従事。電子情報通信学会会員。