

PROBER

—歩行者版プローブ情報システムの提案—

菊池 聡敏[†] 八木 啓介[†] 屋代 智之[†]

[†] 千葉工業大学

あらまし：現在，日本は高齢化社会となり，バリアフリーに対する関心が深まってきている．この流れを受け，国や各自治体などが交通バリアフリー法 [1] を基にバリアフリー化を行っている．しかし，歩行箇所をくまなくバリアフリー化することは困難な問題であり，高齢者や障害者へのナビゲーションによる移動支援として，歩行者 ITS への要望は依然高い．また，歩行者 ITS を行う際のインタフェースとして利用するモバイル端末も近年急激な普及をとげ，今後更なる高性能化が予想される．

本研究では，車を「プローブ（調査機）」に見立て，車の持つセンサを利用して情報を収集・蓄積・加工・提供する「プローブ情報システム」[2] に着目し，このシステムを歩行者に適用することを検討する．プローブ情報システムとは，車載されたセンサが収集した情報をネットワークを通じて情報センターに蓄積し，加工を行い，交通情報や気象情報などといった新たな価値を有する情報として提供するシステムである．このシステムを歩行者に適用する際，モバイル端末と GPS を用いて各歩行者の情報を収集し，エージェントソフトウェアにより情報の蓄積・加工・提供を行う．このように，モバイル端末とソフトウェアのみを用いることにより，情報のリアルタイム性の向上とコスト低減を可能とした歩行者版プローブ情報システム「PROBER」を提案する．

PROBER

—A Probe Information System for Pedestrians—

Satoshi Kikuchi[†], Keisuke Yagi[†], Tomoyuki Yashiro[†]

[†] Chiba Institute of Technology

Abstract : The interest for accessibility improvement for aged/disabled is increasing. On this situation, Transportation Accessibility Improvement Law was enacted and the government has been adopted the policy to improve accessibilities. But it is very difficult to remove all barriers for aged/disabled on all pavements. Therefore, Pedestrian ITS is expected to solve such problems. Furthermore, a mobile terminal which is the interface for pedestrians on ITS services makes rapid growth and is spread widely.

In this paper, we apply "Probe Information System" to pedestrians as information system named "PROBER". On Probe Information System, information collected by sensors mounted on each vehicle is transmitted to Information Center and stored there, processed to traffic information, weather information and so on, and provided to users as new valued information through Internet. To apply this system to pedestrians, we use mobile terminals and GPS held by each pedestrian to collect information, particular agent software (Nomadic Agent) on mobile terminals to store, process and provide information. We propose this Probe Information System for Pedestrians named PROBER. PROBER is low-cost infrastructure-independent system with real-time information processing ability using only mobile terminals and software.

1 はじめに

近年、モバイル端末の普及が進んでおり、その機能も大きく進歩してきている。携帯電話は加入者数が7000万人を超え、携帯IP接続サービス利用者数も6000万人弱となった[3]。普及に伴い端末の機能も進歩し、GPSの搭載、Javaプログラムの実行が可能な端末も増えてきた。これらの機能を利用した様々なサービスも提供されている。携帯電話の現在位置情報を利用した周辺情報サービスの提供などもそのひとつである。しかし、これらのサービスは場所に密着したものとはいえず、リアルタイム性にも欠けている。

PDAや無線通信技術も機能の進化と低価格化により、普及が進んできた。一般に無線LANと呼ばれるIEEE802.11b規格は、企業をはじめ一般家庭にまで普及してきており、手軽に利用可能となっている。モバイル通信を前提に考えられたBluetoothもノートパソコンや携帯電話に搭載されはじめ、今後モバイル端末の利便性はさらに向上すると予想される。

また、バリアフリーに対する関心も深まってきており、2000年11月15日に施行された交通バリアフリー法を基に、各自治体の基本構想に従って公共交通事業者、道路管理者らが、それぞれ具体的な事業計画を作成し、バリアフリー化を実施している。しかし、歩行箇所をくまなくバリアフリー化することは到底困難であり、障害者や高齢者へのナビゲーションによる移動支援の要望は依然高い。歩行者、特に車椅子利用者にとっては、その道が通行可能か、楽に通行可能か、もしくはその道を安全に通ることが可能かということが重要であり、工事箇所や歩道上の駐輪状況など、リアルタイムに変わる情報を障害者に伝えることは大きな役割をもつこととなる。

そこで、利用者にリアルタイムな情報を伝えるためのシステムとして「プローブ情報システム」及び「Agentを用いてその場にコミュニティを存在させるシステム」[4]に着目した。プローブ[probe]とは調査する、突き止める、探り当てるという意味であり、プローブ情報システムは、車を「プローブ(調査機)」に見立て、車の持つセンサを利用して種々の情報を収集するシステム、または集めた情報を蓄積、加工して利用、提供するシステムを指す。車に搭載されているセンサは約120種あり、これらのセンサのデータを自らの走行に使うだけでなく、車の状態、挙動(動作)や走行している道路、周辺の自然環境を示す情報として発信させ外部で利用するというアイデアに基づき、プローブ情報システムのコンセプトが構築されている。一方、Agent

を用いてその場にコミュニティを存在させるシステムとは、端末間を自律的に移動することで特定の場所に残る機能を持つAgentを利用し、一定範囲内にコミュニティを形成するシステムである。

本研究では、このシステムを歩行者に適用することを検討する。その際、モバイル端末とソフトウェアのみを用いてリアルタイムに歩行者の情報を収集し、収集した情報を一定エリアに残すためNA(Nomadic Agent)を利用する。NAとは、インフラの有無にかかわらずある特定の「場所」で発生した情報をその「場所」に存在させ続けるという機能を持つAgentのことである。これらを用いて、リアルタイム性の向上とコスト低減を実現した歩行者版プローブ情報システム「PROBER」を提案する。システムの提案にあたり、本論文ではシステムの中核であるNAの設計・実装、及び歩行者から収集する情報の検討・実証を行ったのでこれらを中心に説明を行う。

2 PROBER

2.1 システムの概要

プローブ情報システムが車の持つセンサを利用して情報を収集するのに対し、歩行者版プローブ情報システムであるPROBERは、多くの人が持ち歩いているモバイル端末をセンサに見立て情報を収集することを検討している。モバイル端末に搭載するGPSを利用し、各歩行者の位置情報や歩行速度、経路情報などの情報収集を行う。各端末が収集した情報は、場所に情報を残す機能を持つ、NA(Nomadic Agent)(3章参照)を利用して蓄積・解析を行い、解析した情報を道路状況や経路情報として歩行者に提供する(図1)。

NAを利用することにより、場所に密着した最新の情報を統計的に処理することが可能となり、より正確な情報を歩行者に提供することができる。また、NAを用いることにより、アドホック接続型の無線通信のみでネットワーク構成が可能となるので、無線LANを利用したスポット型のサービスのようなインフラ設置が不要なこと、携帯通信網のように通信料金が発生しないことから低コストで情報共有・提供を行うことが可能となる。

2.2 システムの運用例

図2は歩道においてPROBERを用いた例である。歩道上に路上駐車車両や工事箇所が存在し、歩行者が通

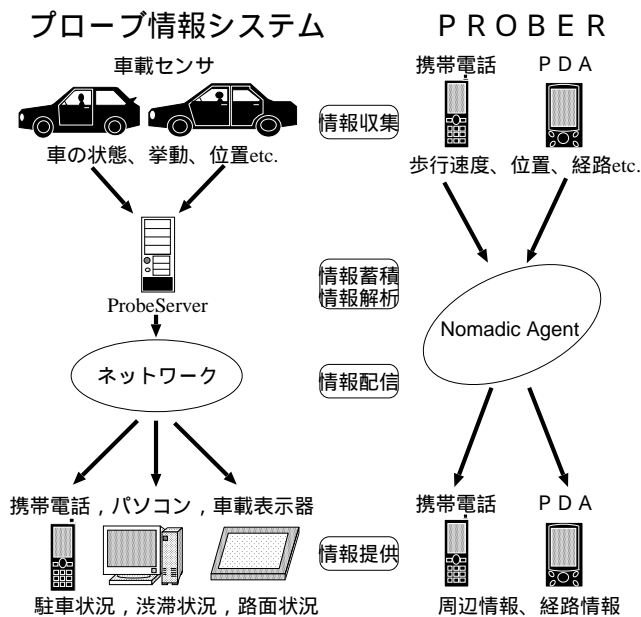


図 1: プローブ情報システム, PROBER の概要図

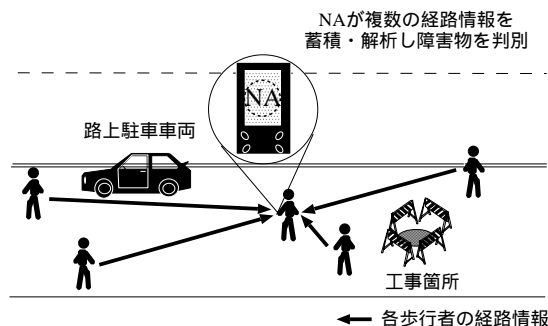


図 2: 歩道での使用例

ることができない箇所がある場合を想定する。歩行者は障害物が歩道に存在するとそれを避けて歩行するので、経路が乱れたり、誰も通らない場所（障害物のある地点）が生じる。そこで、各端末が収集した歩行者の経路情報を NA を用いて蓄積し、蓄積した複数の経路情報を統計処理することにより、歩道上の路上駐車車両や工事箇所といった障害物を認識する。この情報を高齢者、障害者に提供することにより、障害物を回避した経路案内や事前に障害物の存在を知らせることが可能となる。

3 NA(Nomadic Agent)

3.1 NA の概要

Nomadic とは「遊牧」という意味を持つ、NA (Nomadic Agent) とは名前の示すように、端末間を移動する Mobile Agent である。NA は無線通信ネットワーク環境において、特定の場所で発生した情報を持ち続ける機能を持ち、歩行者などの持つ端末間を移動し続ける事により、その場所に情報を残すことができる。

NA はミドルウェアであり、NA の上位層に実装するアプリケーションにより様々なサービスを展開することが可能である。本研究では NA のアプリケーションとして PROBER を用いることにより、各端末が集めた歩行者の情報を NA に蓄積し、蓄積した情報を解析することで歩行者にとって有用な情報へと加工する。

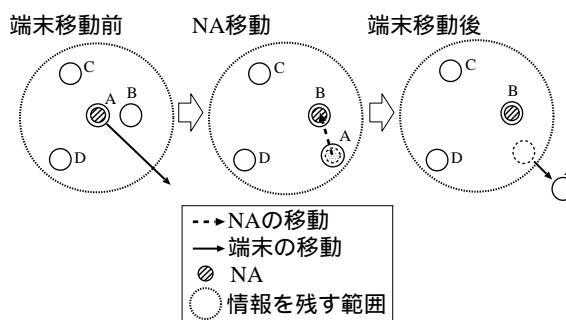


図 3: NA 移動の概要

図 3において、外円は情報を残したい範囲、A ~ D は歩行者の持つ端末を表し、端末 A が NA を持つ端末である。端末 A が範囲外へ移動しようとする時 NA は情報を保持したまま、範囲内の他の端末である端末 B に移動する。このようにして移動を繰り返すことにより NA は常に特定範囲に存在し、情報を場所に存在させ続けることができる。

3.2 NA を利用する環境

NA を利用するには以下の機能を搭載したモバイル端末（携帯電話、PDA、ノートパソコンなど）が必要である。

- Java プログラムの実行環境
- アドホック接続が可能な無線通信機器 (Bluetooth, UWB など)

- 位置検出機能 (GPS など)

3.3 NA の設計と実装

NA の作成にはエージェントフレームワークである DASH (Distributed Agent System based on Hybrid architecture)[5] を用いている。

NA の開発環境は, DASH-1.9.7g を用い, プログラム言語として Java version 1.4.1 Java(TM) Runtime Environment, Standard Edition を用いた。また, 位置情報を取得するための GPS に I-O DATA 社の CFGPS[6] を用いた。

3.4 NA の構造

NA の構造は図 4 のように, NA・Adapter・Application から構成されている。各部分の機能は以下の通りである。

- NA
情報の蓄積・接続端末の把握・位置情報を元に移動を行う Mobile Agent。
- Adapter
各端末からの情報の収集・位置情報の取得・NA の位置把握などを行う。また, NA の起動, Multi Hop 通信時の情報制御など NA の制御を行う。
- Application
NA を利用し情報提供などを行う際, NA に様々な機能を付加する部分。本研究においては, PROBER をアプリケーションとすることにより, 蓄積した情報から歩行者にとって有用な情報へと加工を行う。

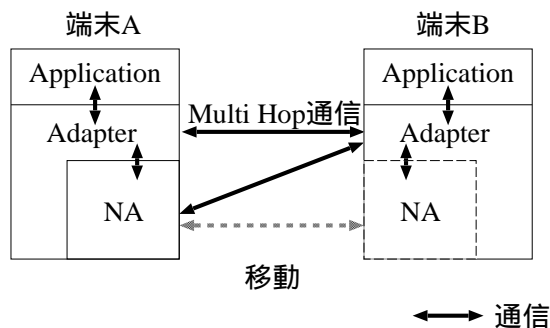


図 4: NA のレイヤー構造

3.5 NA の機能

- NA は通信範囲内に, 他の端末の情報や NA 自身の情報を提供するため一定間隔でブロードキャストを行う。
- 位置情報を元に自律的な行動ができる。
- 同じ場所に複数の NA が存在した場合, 統合処理を行うことができる。
- 情報の収集・蓄積・提供を行うことができる。
- 様々なアプリケーションを実装可能。

3.6 NA の移動

NA は Adapter から起動され, 起動直後に現在の位置を記憶する。その時, 記憶した位置情報から一定範囲が情報提供範囲となる。NA は起動すると自身の ID, 位置情報, 現在存在している端末の IPaddress などの情報を含んだパケットを通信範囲上の端末にブロードキャストする。NA のブロードキャストに対して, 他の端末の Adapter は, その情報を保存し自身の位置情報, IPaddress などの情報を NA に返信する。NA は, 他の端末からの返信パケットにより周辺の端末の位置情報を知り, 自身との距離などを把握する。NA の存在する端末が一定距離以上その場所から離れると, NA は自律的に, 現在保持している周辺の端末情報から, 自身が発生した初期位置に近い端末へ移動を行う。

また, NA は位置情報を元に行動するという特徴を活かし, 特定の場所から別の特定の場所へ移動させることも可能である。

3.7 NA の現状

現在, NA は Bluetooth で接続されたノート PC 上で擬似的な位置情報を元に動作することが確認済である。擬似的な位置情報は, I-O DATA 社の CFGPS で取得できるデータと同じ形式である。また, NA を使用する通信環境として UWB を想定し検討を行っている [7]。今後以下にあげる未実装の機能の実装と拡張を行っていく予定である。実際に NA にアプリケーションを実装し評価を行っていく予定である。

- 同一場所に複数の NA が存在した場合の統合処理
NA の通信範囲に他の NA が存在する場合, NA 同士の統合処理を行い, その場所に存在する NA の数を一つにする。その場合の, NA に実装され

るアプリケーションが別の場合は統合を行わないなどの処理。

- NA の移動先に端末が無い場合の処理

NA が存在する端末が一定以上移動すると、NA は自律的に位置情報を元に特定の場所に戻ろうとする。その際に、特定の場所に移動可能端末が存在しない場合、特定の場所以外に存在する端末に移動することで戻ろうとする知識処理を加える必要がある。

4 PROBER で収集するデータの検討

PROBER を構築するにあたり、歩行者からどのような情報を収集可能か、収集した情報を加工することにより有用な情報を得ることが可能か検討を行った。表 1 は検討した内容の一覧である。

表 1: PROBER で収集するデータ

歩行者から収集するデータ	得られる道路状況
歩行速度	天候, 坂
位置座標 (緯度・経度・高度)	歩道橋, 坂
経路情報	路上の障害物
人口密度	路上の混雑状況

本研究では表 1 の中から、歩行者の移動速度から得られる情報、位置座標 (高度) から得られる情報について測定、評価を行った。

4.1 歩行者の移動速度から得られる情報

4.1.1 晴の日と雨の日における歩行者の速度

様々な場所や状況の変化における歩行者の移動速度の差を収集し、統計処理することで気象情報や道路状況などの情報が得られるのではないかと想定した。

これを実証するために同じ計測地点での晴の日と雨の日における歩行速度の違いを測定した。雨の日は、水溜まりや滑りやすくなることを意識しゆっくり歩く人、傘を持っていない人ならば走って通行する人もいることなどから歩行速度に影響するのではないかと想定した。測定を行うにあたり、1 箇所では結果として不十分であるので、図 5 の地点 A、地点 B それぞれの場所

で晴の日と雨の日それぞれ両日の歩行速度の測定、評価を行った。実験環境は以下の通りである。

測定場所 A: 千葉工業大学正門を出た付近、駅とダイエーを結ぶ歩道橋

測定場所 B: 千葉工業大学通用門を出た付近から反対側の道

測定日 : 上記 2 箇所晴 (2002 年 7 月 18 日)、雨 (2002 年 11 月 1 日) 両日

測定人数 : それぞれ約 260 人

測定方法 : それぞれの測定区間をビデオで数時間撮影し、その画像を分析することにより、各歩行者の歩行速度を割り出す。



図 5: 測定地点

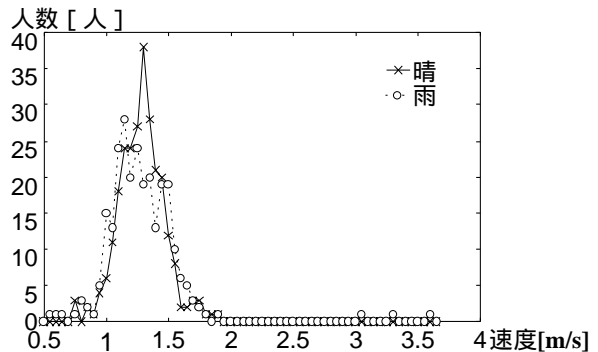


図 6: 地点 A での晴の日と雨の日の歩行速度の違い

地点 A においての晴、雨両日の測定結果及び平均値、分散値を図 6 と表 2 に示す。地点 A において雨の日を撮影した際、撮影した時間帯は非常に雨が強く路面も歩きにくい状態であった。図 6 から、晴の日に関してはほぼ左右対称な結果となっている。雨の日に関して

表 2: 晴の日, 雨の日の平均値, 分散値

	地点 A		地点 B	
	晴	雨	晴	雨
平均 [m/s]	1.31	1.31	1.42	1.45
分散	0.0340	0.0958	0.0566	0.0722

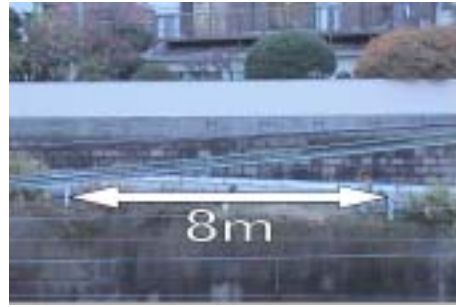


図 8: 測定場所 (坂道)

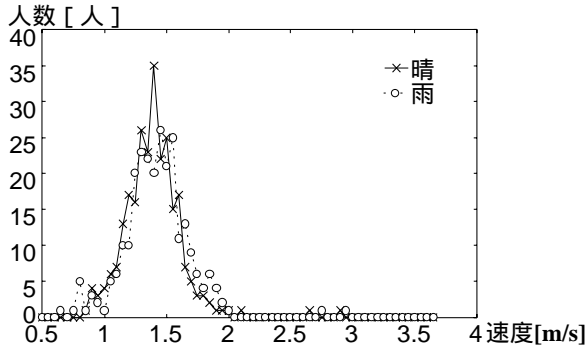


図 7: 地点 B での晴の日と雨の日の歩行速度の違い

平均は晴の日と同じであるが, 分散は 3 倍もの違いが生じたという結果 (表 2) となっている. この結果のみからであれば大きな違いが生じているため晴の日と雨の日の区別はできるといえる. しかし, 降雨量が少ない場合にもこのような違いが得られるとは限らないため, この結果だけでは人の歩行速度から状況を判断できるとまではいえない.

地点 B においての晴, 雨両日の測定結果及び平均値, 分散値を図 7 と表 2 に示す. 地点 B において雨の日を撮影した際, 撮影した時間帯は小雨であった. 図 7 から, 1.4[m/s] の速度で歩行していた人の人数に差があることだけはわかるが, それ以外平均にも分散にもほとんど差が無いという結果 (表 2) しか得ることができなかった.

以上の結果から歩行速度は降雨量や路面状態などよりも個人差の影響を受けやすい結果となり, 歩行速度から気象情報を得ることは困難であるといえる.

4.1.2 坂道における歩行者の速度

坂道の上りと下りでの歩行速度の違いから坂の情報を判別可能かを実証するために坂道における上りと下りの歩行速度の測定を行った. 実験環境は以下の通りである.

測定場所: 京成津田沼駅付近の坂道
 測定人数: 260 人
 測定日: 2002 年 11 月 25 日
 測定方法: 晴の日雨の日の撮影と同様に, 図 8 の測定区間をビデオで数時間撮影し, その画像を分析することにより, 各歩行者の歩行速度を割り出す

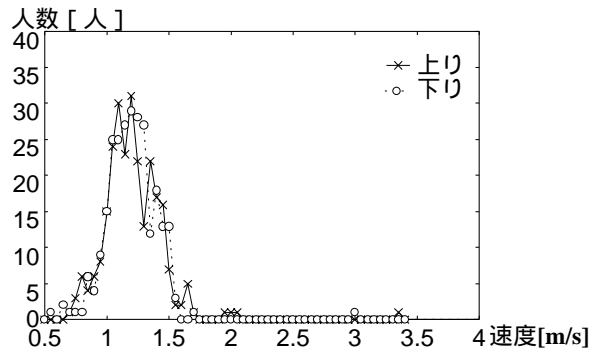


図 9: 坂道の移動速度

表 3: 坂道の平均値, 分散値

	坂道	
	上り	下り
平均 [m/s]	1.23	1.24
分散	0.0451	0.0632

坂道の測定結果及び平均値, 分散値を図 9 と表 3 に示す. 図 9 から, 上りと下りでの歩行速度にあまり差はなく, 表 3 の平均値, 分散値からもあまり差は得られなかった. 坂道の測定結果からも有効なデータは得られなかった.

以上2つの実験の結果から、場所や状況の変化による歩行速度の差はわずかであること、一般の人々の歩行速度はほとんどが1.0~1.5m/sであり、その差を計測するのは困難であることから、歩行速度を統計的に処理するだけでは有効な情報を得ることはできないという結果になった。

4.2 GPSの高度変化から得られる情報

次にハンディーGPS[8]を用いて、離れた2地点の緯度、経度、高度のずれを一定間隔で測定し、統計を取ることで、坂道や歩道橋などを判別可能であると想定し、実験を行った。

測定場所：新習志野駅付近の歩道橋

測定日：2003年1月8日

測定方法：2台のハンディGPSを用いて歩道橋の一定位置で高度を記録しながら往復し、高度のデータを取得する。



図10: 測定場所(歩道橋)

歩道橋における実測値の高度とGPSの高度変化を図11に示す。GPSの値は実際の高度に比べ若干低い値を示していることがわかる。GPSの高度情報は緯度・経度の値に比べ、周囲の状況変化によって、GPS衛星の電波受信状態が変化しやすく、やや安定しにくい状況であった。2台のGPSを並べた状態でも、緯度・経度はほぼ同じ値を示すが、高度は1~3mくらいの誤差が生じていた。また、高度の変化がハンディGPS上のモニタに反映されるまでにやや時間がかかり、上り始めと上り終わりの数秒間は安定した高度を取ることが困難であった。しかし、図11を見てわかるように正確な高度を計測することはできないまでも、歩道橋の勾配

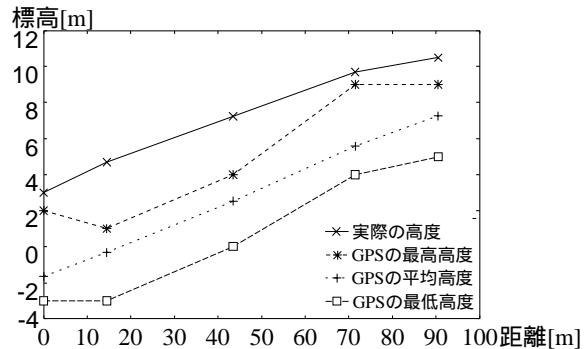


図11: 歩道橋におけるGPSの高度変化

変化とほぼ同等な比率の高度変化をとらえることが可能であった。また、2008年を目途に各国で次世代GPSの研究・開発が行われており[9]~[13]、今後GPSの位置精度は数cmの誤差にまで向上する予定であるため、将来的には、より正確に高度を認識可能と思われる。このことから、GPSを用いて高度変化を統計的に処理することにより、坂道や歩道橋を認識することが可能であると結論付ける。

5 まとめ

本研究では、プローブ情報システムを歩行者に適用させるシステム「PROBER」の提案を行い、PROBERによって歩行者から収集する情報についての検討、実験を行った。また、各端末が収集した歩行者の情報を蓄積・解析する手段としてリアルタイム性、低コストの実現を図るためNAの作成を行った。

収集する情報の検討として以下の2つの実験を行った。

1. 歩行者の移動速度から得られる情報についての実験、検討
2. GPSから得られる情報についての実験、検討

結果として実験1では状況を判断するだけの情報を得ることは出来なかった。一方、実験2から、モバイル端末とGPSを利用して歩行者から位置情報などさまざまな情報を収集し、ある程度の道路情報が得られることを実証できた。だが、GPSの精度の問題などにより詳細な情報を得るまでには至らなかった。今後GPSの精度向上により、この問題は軽減されると考えられる。しかし、本研究のみでは、歩行者をナビゲーションするには情報が不足しているため、4章、表1で挙げ

た内容を含め、今後より多くの情報を検討し、そこから得られる道路情報の研究も必要である。

以上の実験結果などから、本研究では、歩行者のリアルタイムな情報から道路情報を判別することができる可能性を見出した。今後さらに研究を進めていくことにより、インフラのない場所でも障害物を認識した安全な経路誘導を行うナビゲーションを提供することが可能となると考えられる。

参考文献

- [1] 国土交通省．バリアフリー
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrier/mokuji_.html
- [2] 和田光示．「プローブ情報システム (IPCar) プロジェクト」．情報処理学会誌．pp.363-368．2002年4月号．
- [3] TCA．<http://www.tca.or.jp/>
- [4] 八木啓介，屋代智之．「Agent を用いてその場にチャットコミュニティを存在させるシステムの構築」．情報処理学会第9回高度交通システム研究会 (2002-ITS-9)，Vol.2002，No.48．pp.93-100．2002年5月．
- [5] DASH．
<http://www.agent-town.com/dash/index.html>
- [6] I-O DATA．CFGPS．
<http://www.iodata.jp/products/peripheral/2001/cfgps.htm>
- [7] 井上真吾，八木啓介，屋代智之．「歩行者 ITS 版 Nomadic Agent への UWB の適用に関する評価」．情報処理学会第65回全国大会，Vol.3．pp.314-315．2003年3月．
- [8] eTrex Venture．
http://www.iayo.net/gps/j_model_Venture.htm
- [9] 海上保安庁．DGPS．
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/syoukai/soshiki/toudai/dgps/index.htm>
- [10] 柴崎亮介．「歩行者 ITS と Pseudolite」．高度交通システム 2002 シンポジウム論文集．pp.119-130．2002年1月18日．
- [11] 「高精度ナビ，秋にも実用化」．朝日新聞．2002年5月28日付朝刊．
- [12] 通信白書．準天頂衛星システム
<http://www.yusei.go.jp/policyreports/japanese/papers/h12/html/C34B0000.html>
- [13] GALILEO．
http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm
- [14] 菊池聡敏，八木啓介，清水雅代，屋代智之．「PROBER - 歩行者版プローブ情報システムの提案 - 」．情報処理学会第65回全国大会，Vol.3．pp.312-313．2003年3月．