

## 位置情報に基づく車いす利用者向け 屋内ナビゲーションサービスの開発

内林 俊洋<sup>1</sup> アブドゥハン・ベーナディ<sup>2</sup> 有田 五次郎<sup>3</sup>

九州産業大学情報科学研究科<sup>1</sup> 九州産業大学情報科学部<sup>2</sup>

株式会社ユニバーシティ サポート&サービス<sup>3</sup>

日本では 56 万以上の車いす利用者がいるが、街で彼らを見かけることが多くはない。その原因のひとつに外出先の情報が不足しているということが挙げられる。そのことから、外出先の施設においてバリアフリー設備やその他の情報があれば彼らの意欲を向上させ、外出する機会が増えるのではないかと思われる。そこで本研究では、位置情報を基にした車いす利用者向けのナビゲーションサービスの試作と実装を行う。モバイル端末を用いて周辺情報の中に案内図、障害、危険地帯や車いす利用者のために提案された目的地への経路を表示する。予備の実験を行い、実装した際の有用性と問題点の検証を行った。

## Development of an Indoor Location-Based Mobile Navigation Service for Wheelchair Users

Toshihiro Uchibayashi<sup>1</sup> Bernady O. Apduhan<sup>2</sup> Itsujiro Arita<sup>3</sup>

Graduate School of Information Science, Kyushu Sangyo University, Fukuoka<sup>1</sup>

Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University, Fukuoka<sup>2</sup>

University Support and Services, Ltd., Fukuoka<sup>3</sup>

In Japan, about 560,000 people are in wheelchairs, but they are rarely seen in public. One of the reasons is that they lack the information on the available facilities that cater to their needs once they go out to their destination. Providing these people with information on barrier-free facilities and other related information along the way will help boost their morale, build self-confidence, and self-reliance. In this paper, we describe the development and preliminary implementation of a location-based navigation service for wheelchair users. We utilized readily available hand-held mobile device to display the location map, obstacles and danger zones within the periphery, and the suggested route to their destinations for wheelchair users. We conducted preliminary experiments and discussed its results.

### 1. はじめに

現在 56 万人以上もの車いすを利用しているハンディキャップ者がいる [1]。しかし、国を挙げてユニバーサルデザインに基づくスロープやエレベーターなどの社会基盤の整備が行われ

ているにもかかわらず、彼らを街で見かける光景はあまりない。その最大の理由として、外出先での情報があまりにも不足していることが原因と考えられる。外出先での情報といっても、一概に言えるものではなく、車いす利用者の特性は千差万別であり、特に外出先の施設におい

てはドアの開閉方法やスロープの有無など、普段は気にしないであろう詳細な情報が必要となる。それに伴い、従来の携帯キャリアなどが提供する万人向けのシステムでは情報量が少なく、詳細な情報を表示するナビゲーションが必要となると思われる。

このような観点から研究・開発が進められているシステムに「3D ナビ・ハイパケン」[2]がある。これは駅・空港などの公共施設、ショッピングモールなどの商業施設、レジャーランドなどにおいてバリア情報を考慮したナビゲーションと3D ウォークシミュレーションを行うもので、仮想複合施設ハイパビルをモデルにしたものが評価版として公開されている。

また、携帯電話・PHSの所有者は年々増加[3]しており、ほぼ1人に1台所有している計算になる。所有者が増えると共に年々機能も充実してきており、キャリアが審査したアプリケーションだけでなく自作のアプリケーションを動作できるような環境も整ってきている。

そこで本研究では、ハイパビルのデータを利用し、車いす利用者が外出した際に周辺の店舗や施設の情報、ドアの開閉方法やスロープなどの障害物情報、そして現在地点から目的の店舗や施設までの経路を取得した位置情報を基に、彼らが所持している携帯電話・PHSなどのモバイル端末に表示するナビゲーションシステムの構築と評価を行う。

## 2. 関連研究

ここでは関連する研究の紹介と本研究との相違点の説明を行う。

### 2.1 歩行者の嗜好を反映させる経路探索手法

屋内用歩行者ナビゲーションにおける歩行者の嗜好を反映させる経路探索手法では、経路案内サービスの対象を屋内空間とし、地下街や百貨店等の屋内空間に特化したネットワークデータを構築。さらに、携帯端末を用いて屋内用歩行者ナビゲーションサービスを利用することを想定し、歩行者の嗜好性を反映した最適経路を提供することを目的として、屋内に特化した経路探索手法を提案したものである[4]。

この歩行者の嗜好の中に車いす利用者がある。階をまたいで移動する際に、車いすを利用した場合は階段ではなくエレベータへの経路を提供するといった仕組みが挙げられている。

しかし、経路を表示するだけでなく経路を移動している状態での周辺の障害物情報なども本

研究で考慮に入れる。

### 2.2 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

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である。人に装着された自蔵式センサ(加速度・ジャイロ・磁気方位センサ)を用いて歩行動作を計測し、人の相対的な歩行移動ベクトルを推定する。推定結果とGPSによる測位結果を相補的に組み合わせることで測位精度を向上させ、GPSによる測位ができない屋内環境においては、事前に環境中に埋め込まれたRFIDタグによる測位を行ない、デッドレコニングの結果と統合することで、GPSの場合と同様に相補的に測位精度を向上させる[5]。

本研究と非常によく似ているが、本研究では車いすを利用しているハンディキャップ者が対象であるので、新たに人に機器を装着または所持せずにナビゲーションを行わなければならない。また、本研究はできるだけ現在ある環境においてナビゲーションを行うということを前提としている。

## 3. 情報の表示

表示される内容は大きく「周辺情報」、「障害物情報」、「目的地への経路」の3種類(図1)に分けられる。それぞれサーバへ現在の位置座標とユーザ情報を送ることにより、周辺ノードを検索し該当するノードからユーザ情報に沿った情報を受け取る。

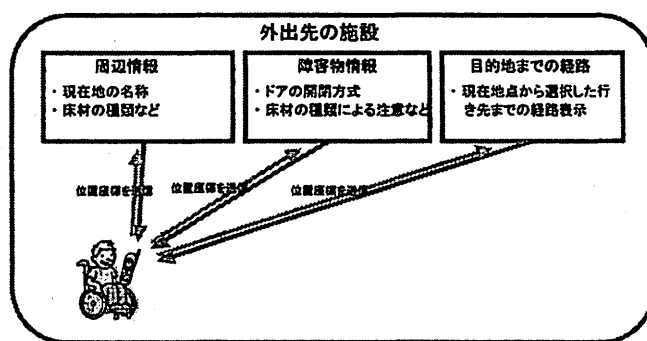


図1 情報の表示

### 3.1 周辺情報

周辺情報には現在地の名称や床材情報などが含まれる。床材情報は一般的なナビゲーションではあまり重要視されていないが、周辺の床材を知ることができ、通行が困難である場合には別の通路へ迂回するといったことも可能になり、車いすを利用しているハンディキャップ者にとっては非常に重要な周辺情報である。

### 3.2 障害物情報

障害物情報にはドアの開閉方式や床材の種類による注意などが含まれる。ドアの開閉方式は普段気にしないが、自動か手動かという点や、車いす利用者によっては押し戸・引き戸かという違いも重要な障害物情報となる。床材の種類は周辺情報にも表示するが、それに加えて凹凸が激しい素材など際には注意を促す。さらに、看板などで通路が狭くなっていたりするような場合にも障害物情報として表示を行う。

### 3.3 目的までの経路

あらかじめ設定された一覧の中から行き先を選択し、現在地から行き先までの経路を表示する。ユーザ情報によって表示される経路が異なり(手動ドアではなく自動ドア経由での経路など)、画面に経路が表示される。

## 4. 位置情報の取得

ナビゲーションでの位置情報の取得として現在主流なのが GPS を使った位置測定である。しかし、屋内になると GPS の電波は届きにくくなり別の位置測定方法が必要となる。別の位置測定方式は以下の3つを紹介する。

1. 無線 LAN のアクセスポイントを設置し、通信を行うアクセスポイントによる位置の割り出し [6, 7]
2. RFID による位置の検出 [8]
3. その他の測定方法 (Bluetooth など) [9]

まず1についてだが、近年無線 LAN アクセスポイントの設置が急速に進められており、駅などの様々な施設で無線 LAN を使用することができる。しかし、まだ主要な施設や店舗だけに限られ、位置を細かく測定できるほどのアクセスポイントが設置されていないことから、新たにアクセスポイントを設置する必要があり、金銭的に非常に大きな負担がかかる。2も1と同様に新たに施設に設置する必要があり、金銭的に大きな負担がかかってしまう。

そこで3. その他測定方法による位置の測定を検討してみることにした。最近よく使用される Bluetooth 機能を用いた位置認識システムがあるが、モバイル端末が Bluetooth に対応していない場合が多く、さらに追加の設備が必要なため金銭的な負担が大きい。そこで現在、九州産業大学情報科学部で研究されており、車いすに測定装置を載せ移動距離や速度などから自身の位置を取得するという方式がある。この方式ならば新たに施設側に装置を設置する必要がなく金

銭的にも1.や2.比べ負担が軽いと思われる。

よって本研究において位置情報は、上記の方法で車いすが独自に位置座標を取得するものと仮定し、車いすからクライアント端末に送られた位置座標を基にナビゲーションを行う。

## 5. システムの構成と予備実験環境

ナビゲーションシステムを構築するにあたり、実験で使用する環境と仕様の説明を行う。

### 5.1 開発環境

ナビゲーションシステムは図2のようにサーバ・クライアント方式でデータのやり取りを行い、サーバ側に障害物情報などを保持したデータベースを備える。クライアントには自動的に車いすから現在の位置情報が送られてくるものとする。

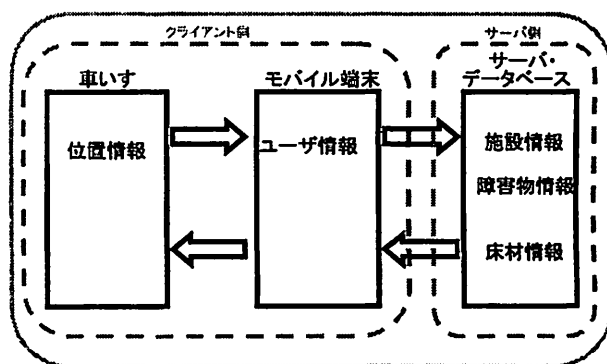


図2 通信の流れ

### 5.2 通信の概要

サーバとの通信は無線 LAN などの新たに設置しなければいけないようなものは使わずに、既存の携帯電話・PHS 網を使用し通信を行うものとする。

クライアント側から現在の位置情報とユーザ情報をサーバへ送信し、周辺情報や障害物情報や目的地までの経路を受信する。

通信の頻度としては次のような方式が考えられる。

- ・ 適応的同期
- ・ 定期的同期

適応的同期は何かのアクションがあると通信を行うという方式であり、定期的同期は、一定時間ごとにサーバへアクセスし、そのつど情報を受信する方式である。本研究のナビゲーションシステムにおいては携帯電話・PHS 網を用いて通信を行うことから、車いすが移動するごとに現在の座標を送るといったような適応的同期は不要な通信を多く生み出すことから、一定時

間ごとに通信を行う定期的同期を用いてサーバと通信を行うことにした。

### 5.3 シミュレーション環境

シミュレーションは、商業複合施設や公共交通施設等の調査（採寸）や施設運営の担当者とのヒアリングを実施して得た設備と数値データを基に構築された 3 次元の仮想ハイパビル施設内 [9] にて行う。

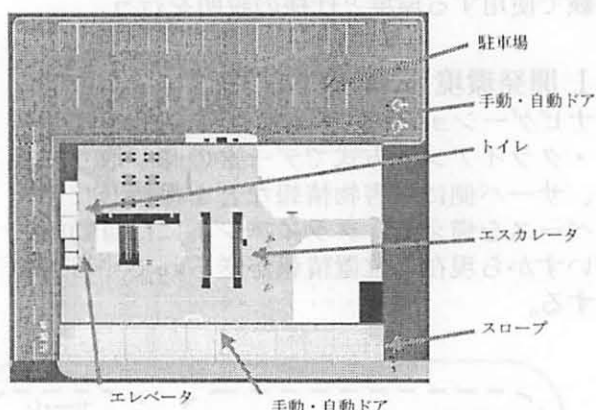


図3 ハイパビル1F全体図

ハイパビル 1F の全体図は図 3 のようになっており、ビル内にはエスカレータやエレベーターのような複合施設でよく目にする設備や、様々な商業施設、看板などの障害物が入り入れられている。このハイパビルには、入り口には自動ドアのほかにも手動のドアや車いす利用者向けのトイレなど、経路や行き先を決める際にユーザによって複数分岐するような設備も取り入れられている。このような詳細に設計された仮想空間でシミュレーションを行うことで、実際の施設においてナビゲーションを実行する際にもスムーズに移行できる。また、すでに障害物などの情報を表示するためのメッセージなどのデータベースが作成されているため、それを利用してシミュレーションを行うことで円滑に作業が行える。

### 5.4 ユーザ情報

今回の実験では車いすを次の 3 段階に分類してある。

- ・ 手動車いす
- ・ 介助者つき車いす
- ・ 電動車いす

ユーザがナビゲーション実行時にこれらの車いすの種類の中から 1 つを選択することで、車いすに沿った情報がナビゲーションで表示される。

## 6. 実機への実装

クライアントに Willcom の W-ZERO3 [es]、W-ZERO3、WX310k の 3 機種を実機として用いる。これらの機種には Opera for SmartPhone が標準で搭載しており、javascript などに対応しているので、web ベースのシステムを検証するのに適したモバイル端末となる。

### 6.1 実装環境

ハイパビルでの実装の際のクライアント・サーバの全体図を図 4 に示す。

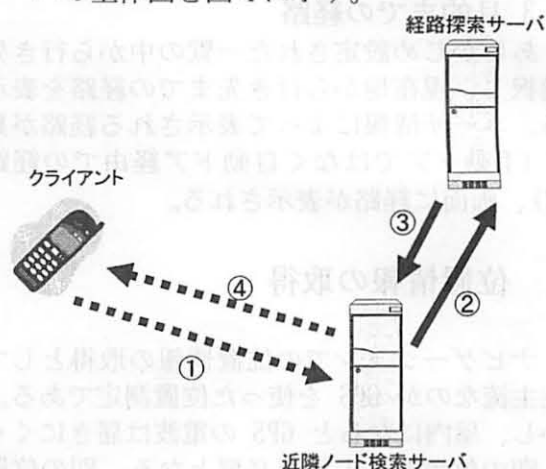


図4 クライアント・サーバの全体図

サーバは既存の「経路探索サーバ」と新規に近隣ノードの検索を行う「近隣ノード検索サーバ」の 2 つを用意する。現在、ハイパビルにおける 3D モデルでのシミュレーションの際にルート検索に使用されている経路探索サーバを近隣のノードから行き先までの経路を探索するのに利用する。また、新規に経路探索を行う場合の詳細は以下に記す。

- ① 現在位置の座標と行き先を近隣ノード検索サーバへ送信
- ② 検索した近隣ノードの ID と行き先を経路探索サーバに送信
- ③ 経路のノードと座標行き先と近隣ノードの ID を近隣ノード検索サーバへ送信
- ④ 経路のノードと座標を送信

ここでいうノードとは、障害物情報や現在の名称などが登録されている場所で、このノードを線で結ぶことで経路を表現している。

## 6.2 動作画面

実際の動作画面を図5に示す。

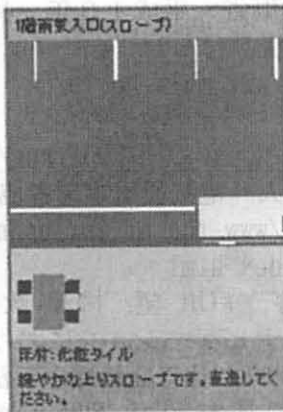


図5 動作画面

画面上部に現在場所「1階南東入り口(スロープ)」が表示されており、画面下部には「床材:化粧タイル」と「緩やかな上りスロープです。直進してください」というメッセージが表示されている。

場所によっては現在場所だけの場合や床材だけを表示する場合もある。メッセージはユーザ情報に沿ったものとなっており、図5の場合は電動車いすを使用した際のメッセージとなる。

## 7. システムの検証

作成したナビゲーションシステムを実装した際の有用性や問題点を調査するために、「7.1 MAP画像の検証」と「7.2 経路探索の検証」の2つの検証を行う。

### 7.1 MAP画像の検証

3種類のMAP画像パターン(表1)を用意し、クライアントへ表示されるまでの時間と、画面上での見易さの観点から検証を行う。

表1 検証用画像

フルカラー	Map_1F.png	244KB
グレースケール	Map_1F_mono.png	168KB
グレースケール (低解像度)	Map_1F_mono_30.png	115KB

表2 画像の転送時間

	W-ZERO3 [es]	W-ZERO3	WX310K
フルカラー	21161 msec	23245 msec	22403 msec
グレースケール	16062 msec	24762 msec	19920 msec
グレースケール (低解像度)	13394 msec	24710 msec	16347 msec

クライアントへナビゲーションの表示をそれぞれ10回行い、表示されるまでの平均時間を表2に示す。

これらの地図画像はナビゲーションの開始時にサーバからダウンロードされる。グレースケール(低解像度)はサイズが一番小さいことからダウンロードに掛かる時間も短い。しかし、実際に画面に表示してみると粗が目立ち、正確さに欠ける。フルカラーは色が見た目で判断でき、ナビゲーションの地図画像に最適ではあるが、起動の際に約2100 msecもかかることが問題となる。グレースケールは低解像度版に比べダウンロードする時間は長く掛かるものの、フルカラーにそんな色なく状況を把握できる。ナビゲーション画面に表示されるのは自分のいる周囲で目視できる範囲であることから、グレースケールでも問題ないと思われる。今後、画像のサイズを軽減する形式などについても検討していきたい。

### 7.2 経路探索の検証

経路の探索には下記の2通りの方法を行った。

- (a) 図4の①から④までを一定時間ごとに行う
- (b) 初回のみ図4の①から④を行い一定時間ごとに①と④を行う

(a)の方法ではユーザが示された経路を外れて移動しても毎回経路を検索するため柔軟性があるが、2つのサーバで処理を行うので、処理の返答までが長くなる可能性がある。

表3 通信の実行時間

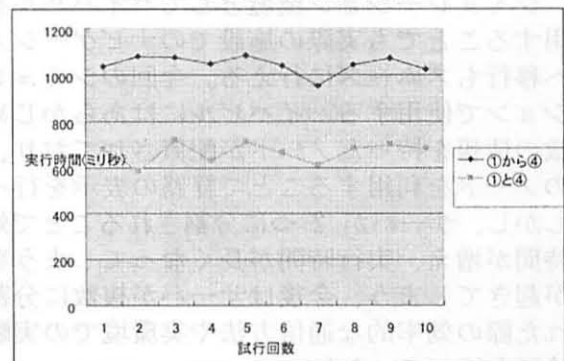


表3に(a)と(b)の通信を10回行った場合の実行時間を示す。この際の探索された結果の経路上のノード数は9個の場合とする。

①から④までの処理に平均で1045ミリ秒かかり、①と④の処理は平均で666ミリ秒かかる。(a)のように一定時間ごとに毎回1000ミリ秒ほどかかり通信するのはナビゲーションシステムとしてのユーザビリティ環境としては少々厳しいと思われる。しかし、(b)の場合はユーザの行動しだいでは有効だが経路を外れた際にはど

うしても (a) のように 2 つのサーバで処理を行うが必要になる。また、車いすの種類によっては同じ行き先と目的地でもノード数が増減することから、(a) や (b) の方法だけでは対応できないことが分かる。

そこで、(a) と (b) を交互に 10 回行った場合を考えてみる。この場合実行時間は平均で 855 ミリ秒となり、実行時間を削減できユーザの行動にもある程度は対応できるようになると思われる。よって、このように (a) と (b) を混ぜて実行する場合の割合や新たな通信方法を今後検討していく必要がある。

## 8. まとめと今後の課題

本研究では車いす利用者をターゲットにしたナビゲーションシステムのプロトタイプの作成と PHS 端末での検証を行った。

その結果、より効率的な画像の表示を行うにはグレースケールを使用すればいいことが分かった。しかし、ユーザビリティという観点からはフルカラーを使用することが望ましい。また使用するモバイル端末によっては一度に扱える画像のサイズや通信容量が決まっているものもある。そこで、モバイル端末によって使用する画像を調整できるようなシステムの設計が必要となると思われる。

また、フルブラウザを搭載した 3 種類の PHS 端末を使用することで、機種に依存しないユビキタスな環境でのシステムの設計を行える。

シミュレーション環境としてハイパビルを使用することでも実際の施設でのナビゲーションへ移行もスムーズに行える。今回のシミュレーションで使用するハイパビルにはあらかじめ多数の情報を持ったノードが配置されており、このノードを利用することで経路の表示を行った。しかし、サーバが 2 つに分割されることで処理時間が増え、実行時間が長くなってしまいう事態が起きてしまう、今後はサーバが複数に分割された際の効率的な通信方法や実環境での実験と検証を行っていきたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたりデータを提供していただいた有限会社足立の藤井豊美社長をはじめ、「ハイパクン」開発関係者に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 厚生労働省 平成 13 年 身体障害児・者実態調査,  
<http://www.mhlw.go.jp/>
- [2] 3D ナビ・ハイパクン,  
<http://3dnavi.jp/hyperkun/index.html>
- [3] 社団法人 電気通信事業者協会,  
<http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/index.html>
- [4] 荒井 亨, 戸川 望, 柳澤 政生, 大附 辰夫, 「屋内ナビゲーションにおける歩行者の嗜好を反映させる経路探索手法」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2006, No. 103, pp. 105-110, 2006.
- [5] 興梠 正克, 蔵田 武志, 「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」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 106, No. 73, pp. 75-80, 2006.
- [6] 伊藤 誠悟, 河口 信夫, 「アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線 LAN ハイブリッド位置推定手法とその応用」, 電気学会論文誌, Vol. 126, No. 10, pp. 1212-1220, 2006.
- [7] 伊沢 亮一, 毛利 公美, 森井 昌克, 「無線 LAN を用いたモバイル端末の位置検出法について」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2004, No. 79, pp. 25-30, 2004.
- [8] 浅川 貴史, 西原 主計, 吉留 忠史, 「回転式アンテナを用いた RF タグ読取装置による位置・方位検出システム」, 日本機械学会論文集. C 編, Vol. 73, No. 729, pp. 1494-1500, 2007.
- [9] 高階 孝敏, 藤井 雅弘, 渡辺 裕, 「携帯電話の Bluetooth 機能を用いた位置認識システムの開発」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 107, No. 53, pp. 61-66, 2007.
- [10] 二宮 直也, 戸川 望, 柳澤 政生, 大府 辰夫, 「歩行者ナビゲーションにおける微小画面での視認性とユーザの迷いにくさを考慮した略地図生成手法」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2006, No. 103, pp. 111-116, 2006.