

実空間情報の利用を考慮に入れた 三次元歩行者ナビゲーションシステムに関する検討

小出 祥平 加藤 誠巳
(上智大学理工学部)

1. まえがき

昨今、GPS が携帯電話に搭載されつつあり、それを用いてさまざまな歩行者向けナビゲーションシステムが提案されている。しかしながら、その多くは屋外の GPS が受信できる場合のアプリケーションであり、屋内は位置検出の難しさからあまり対象とされていない。またそれらのシステムの中でも屋外と屋内をシームレスに行き来でき、かつ障害物などのリアルタイムで変化する状況に適応できるシステムは未だ実現されていないのが現状である。

筆者らは、人間のもっとも基本的な移動手段は歩行であり、その移動は平面的ではなく立体的であるという点を考慮し、高さを含めた三次元の歩行者向けの Point to Point のナビゲーションシステムを検討してきた。また人の移動特性に合わせたさまざまな経路案内の提案も行ってきた^[1]。

本稿ではこれまでの筆者らのナビゲーションシステムを拡張し、実空間情報の利用を考慮に入れた「いつでも・どこでも・だれでも」利用できる、単なるナビゲーションにとどまらない、歩行支援も可能なシステムについて検討を行った。

2. 本システムの概要

2.1. 屋内外における位置検出

カーナビゲーションではなく歩行者向けのナビゲーションシステムの開発を行う場合、屋外のような GPS 電波が十分受信できるような環境だけでなく、ビルの谷間や建物内においての位置検出が不可欠であり、また人の移動形態として高さ情報の取得が求められる。しかしながら、このような環境下で GPS に代わるような普遍的かつ包括的な位置検出手段はないのが現状である。そのため、無線を使った三角測量など外部からの情報を基に他律的に検出する方法や、加速度センサなどを搭載することにより自律的に位置を更新して現在地を推定するといった方法が研究されてきた。

筆者らは、屋内においては推測航法を基本とし、RFID 技術を併用した、屋内外双方で利用可能な位置検出を提案してきた。GPS 以外の無線を利用した位置検出と違い、壁や床などの透過・反射の問題なども防げるだけでなく、パッシブ型 RFID タグを用いるため電源も不要であり、使用可能エリアの制限も少ないなどの特長がある。

さらに推測航法を採用しているため、どのような場所においても、ある程度の精度で常に位置の算出が可能で、またデータとして蓄積できることも有利な点である。タグを、位置の取得のための主たる手段として利用するのではなく、推測航法の位置修正のために副次的に利用しているのが提案したシステムの特長である。そのため、RFID タグのみで位置を推定しているのではなく、推測航法を補正しながら位置を更新できるので、タグを至る所に貼り付けすることなく、案内を必要とする場所に重点的に設置するだけで済むようになる。屋外の GPS が受信できる場所においては GPS のデータも考慮することで、屋内外シームレスな位置検出を実現している。

推測航法の本システムへの組み込みに際しては、Honeywell 社(旧 Point Research 社)の推測航法ユニットを利用
A 3-D Human Navigation System with Neighboring Space Information Considered
Shohei KOIDE, Masami KATO
Sophia University

用^[2]した。この出力情報に、タグによる位置修正や、フィルタリングを施すことにより、高さ情報を含めた精度の高い位置検出が可能となっている。水平方向の移動距離における推定誤差が10%以下であるため、タグを100m程度の移動ごとに読み取れば十分な精度が得られる。また、マップマッチングの技術も併用すると屋内における位置の取得精度は屋外と同等の許容できるレベルとなる。

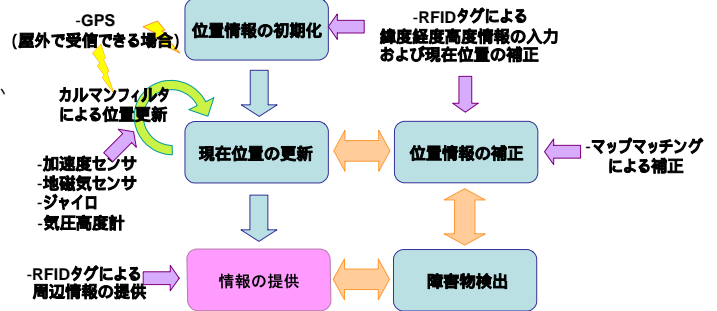


図1 システムの概要

2.2. リアルタイム通行環境変化への対応

目の不自由な人は、移動を行う場合に目の見える健常者では生じ得ない問題、すなわち現在地の情報、向いている方向や対処すべき障害物など通行に関する状況の取得に際し不利益をこうむる。従来の視覚障害者はそれに対処するため盲導犬や杖を用いてきた。しかしこれらは障害物を避けるという点には効力を発揮するが、それがどのような障害物であるかということを知ることは困難である。

電子技術を用いた障害物検知の手法には、大きく分けて二つの方法^[3]がある。第一の手法は、奥行き情報を障害物検出に用いる手法で、超音波センサ、レーザセンサ、ステレオビジョン、オプティカルフローなどが挙げられる。それぞれ価格や精度などさまざまな点であるが、通常、距離センサでは小さい物体や多種多様な地面前に対応することは難しく、また距離情報を得るための画像処理は多大な演算時間が必要とされる。第二の手法に色情報を用いるものがある。これは色の違いにより識別するため、距離センサで対応できない床面の上の平面物体も色が違っている限り、識別することが可能となる。この手法はそれほど演算を必要としないため、リアルタイム処理かつ高解像度が実現できる。しかしながら、色を基に判定しているため、暗闇などでは識別できない場合がある。

距離に基づいた手法と見え方に基づいた手法による障害物検出の一番の違いは、障害物の判定基準そのものである。すなわち地面より「はみ出た物体」か「見た目が違う物体」という違いである。

2.3. 障害物検出手法

本システムでは、超音波センサと単眼のカメラを用いた見え方に基づいた障害物検出手法を有機的に組み合わせた障害物検出手法を組み込んだ。具体的には、近距離においては超音波センサ、遠距離においてはカメラを利用した検出を行っている。この組み合わせによって、超音波センサでユーザ近傍の障害物を確実に把握すると同時に、画像処理のためのリファレンスエリアを確保している。

まず、複数の超音波センサをユーザの身体前面に配置する。

超音波センサによる検出範囲を、カメラ撮影距離範囲内の任意の距離、数m程度と設定する。このセンサによる障害物までの距離は、システムにRS-232C経由で入力され、センサ検出距離はユーザが任意に設定可能である。また、カメラはほぼ眼と同じ高さから、やや下を見下ろす角度に配置する。これは、ユーザと同じ視点を確保するためと、下り階段などを障害物と識別するためである。このカメラの動画入力より、超音波センサによる検出より広範囲のものについて障害物検出を行う。また、色情報を活用することにより、点字ブロックの認識も行う。

USBカメラからのリアルタイムの画像に対し、ノイズを除去した後、RGB空間からHSI空間(色相・彩度・明度)へ変換する。これは光による色の変化に柔軟に対応させるためである。同時に超音波センサにおいて、設定した検出距離内に障害物があるかどうかを判定する。超音波センサで障害物が検出されなければ、ユーザ近傍のリファレンスエリアに障害物がないことが保証され、それらの色情報を他の領域について適用し、障害物かどうかを判定する。これにより、近傍は超音波、遠方は画像処理の組み合わせでリアルタイムによる検出が可能となる。

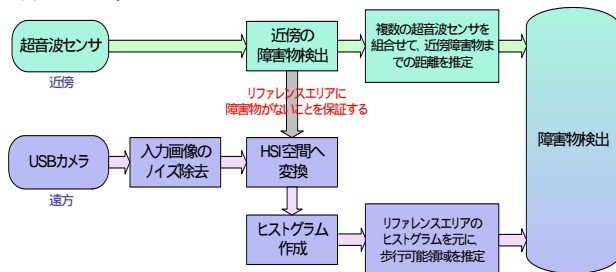


図2 障害物検出手法

2.4. 文字列・音声によるガイダンス

ユーザが利用するという立場で考えた場合、案内経路を単に地図上に提示するだけでなく、文章による説明があった方が好ましい。これは目の不自由な人への応用を考慮すると音声によるガイダンスは、簡単かつ効率的な伝達方法である。また、移動中に常に画面を注視することが不要となり、健常者でも実用的と考えられる。システムとしては、案内経路を文章としても生成し、それを音声で出力できるようにしてある。また、障害物を検出した場合、階段など危険な場所に近づいた場合、RFIDタグで有用な案内情報を読み込んだ場合は、別途音声で出力することで、ヒューマンフレンドリなインターフェースを実装した。今回、音声生成にはMicrosoftのText to Speechの技術を用いた。

3. 本システムの特徴

本システムでは、屋内外の位置検出を行い、それに対して様々な経路案内をはじめとしたアプリケーションを実装している。また、動画画像および超音波センサを利用して障害物検出を行っている。

色情報を活用する利点として、色で障害物を判別することができるため、容易に地面と違う点字ブロックも取得できる。また、色情報を用いた障害物検出が仮に誤検出を行ったとしても、超音波センサで障害物がユーザの近くに来た場合に注意を促すことが可能である。また、文章および音声によるガイダンスを提供することで、ヒューマンフレンドリなインターフェースとした。

- 屋内外シームレスな位置検出とRFIDタグによる情報提供
- ユーザにあわせた経路案内
- リアルタイム障害物検出
- 文章および音声によるガイダンス

図3 本システムの特徴

4. システム実行例

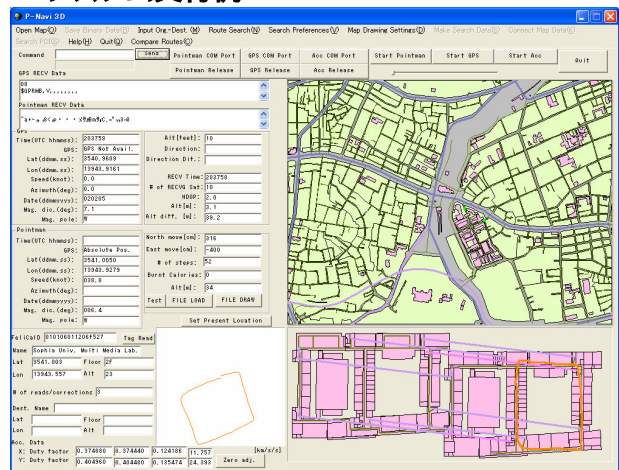
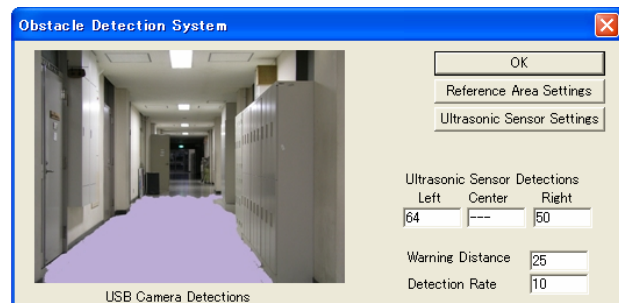


図4 ナビゲーションシステム画面



- “この先左手 m に障害物があります”
- “経路は突き当たりを左に曲がる階段を使うルートです”

図5 状況検出とナビゲーションへの反映の例

5. むすび

リアルタイムの画像情報を用いることにより、予め作成したデータベースでは対応不可能な、実空間の障害物の検出・回避が可能となり、単なる経路案内にとどまらない「いつでもどこでも、だれでも」利用可能な、ヒューマンフレンドリな移動支援システムとすることが可能となる。

現在、画像情報に対しモデルベースドマッチングを適用することによる位置補正も平行して検討を行っており、これと本障害物検出を含むナビゲーションシステムを統合すれば、二次元のマップマッチングに代わる屋内の三次元のマッチングを含む、より高精度のシステムが実現できるものと考えられる。音声入力に関しては、今後の検討課題であるが、本研究室では会話エージェントに関しても研究しており、これらの機能を組み込むことにより、インテリジェントなナビゲーションエージェントシステムを実現したいと考えている。

最後に、有益な御討論を戴いた本学 e-LAB/マルチメディアラボの諸氏に謝意を表する。

参考文献

- [1] S. Koide, M. Kato: “3-D Human Navigation System Considering Various Transition Preferences,” Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (2005).
- [2] Judd: “A Personal Dead Reckoning Module,” Institute of Navigation’s ION GPS Conference (1997).
- [3] T. Iwan Ulrich, I. Nourbakhsh: “Appearance-Based Obstacle Detection with Monocular Color Vision,” Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence and 12th Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence (2000).