

# 自律型測位を用いた歩行者経路案内システムの構築

大竹久美子・蒔苗耕司

## Development of a Pedestrian Navigation System Using Autonomous Positioning

Kumiko OTAKE, Koji MAKANAE

**Abstract:** In this study, a pedestrian navigation system by an autonomous positioning system using gyro and acceleration sensors was developed. Although the method by the integration of acceleration was applied as the method of move distance measurement, sufficient accuracy was not able to be acquired. Instead, the number of walking steps using the acceleration sensor is used as the method of measurement. High accuracy for positioning was realized by matching with spatial data.

**Keywords:** 測位システム(positioning system), 空間データモデル(spatial data model), 3D GIS, 歩行者経路案内(pedestrian navigation)

### 1. はじめに

現在, ITS (高度交通情報システム) の一分野として歩行者経路案内システムの開発が進められている。しかし, 歩行者のためのシステムでは, 駅舎内や地下街等の屋内での移動を考慮する必要があり, そのような場所では GPS (Global Positioning System) による測位が難しいという問題がある。このような問題に対して, GPS に依存しない自律的な測位システムの構築が求められ, 研究が進められている。

そこで本研究では, 屋内でも利用可能な自律型測位システムとして, ジャイロセンサと加速度センサを用いたシステムを構築するとともに, それを3次

元都市空間経路案内システム (蒔苗・高木, 2003) に実装し, 測位方式及びシステムの有用性を検証する。

### 2. 測位及び経路案内技術の現状

#### 2-1 測位技術

屋内・屋外を問わないシームレスポジショニングを実現するために Pseudolite (擬似衛星) が研究されているが, その利用にあたってはインフラ整備が不可欠である。一方, インフラを要しない自律型の測位方法として, 地磁気センサと歩数計による測位方法 (廣瀬ほか, 2001; 小西・柴崎, 2001) や赤外線ビーコンと歩数計, ジャイロセンサを利用した方法 (天目ほか, 2002), 加速度センサによる方法 (佐川ほか, 2002) などの研究が進められているが, 実際に経路案内システムと連動した実用段階には達していないのが現状である。

---

大竹: SBS 株式会社 仙台ラボラトリ

E-Mail: k-ohatake@sendai-lab.sbsnt.ne.jp

蒔苗: 〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑1

宮城大学事業構想学部デザイン情報学科

Phone: 022-377-8368 E-mail: koji@makalab.org

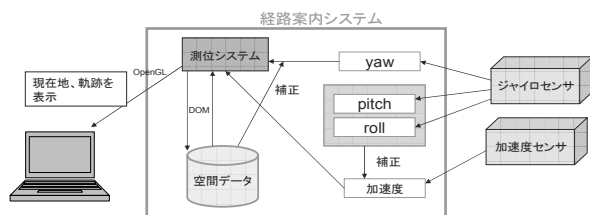


図1 システム構成図

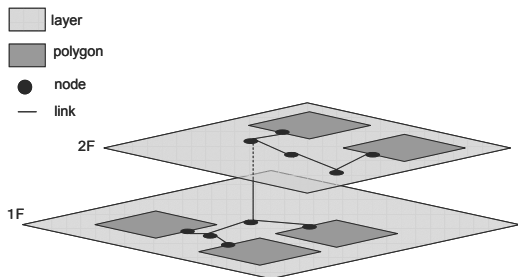


図2 都市空間データモデルの基本構造

## 2-2 歩行者向け経路案内システム

GPSを用いた経路案内システムは、携帯電話にも搭載され、既に生活に身近なものとなってきている(例えば、KDDI「EZナビウォーク」)。半自律GPSの導入は短時間での測位を実現しているが、屋内での測位は困難である。また、PDAとGPSを用いた歩行者向けの経路案内システムの社会実験(横浜市道路局, 2003)等も行われており、実験結果では、屋内やビルが乱立した市街地などではGPSによる位置情報が取得しづらいという状況が明らかになっている。

## 3. 歩行者経路案内システムの概要

### 3-1 システム構成

本研究で開発する歩行者経路案内システムは、ジャイロセンサと加速度センサに用いて、歩行者の移動方向と移動距離を求め、それを空間データとリンクさせ、現在位置、軌跡を表示するシステムである。システム構成図を図1に示す。

ジャイロセンサには、InterSense社のInterTrax2(USB接続;地磁気センサを含む)を、加速度センサには、IPI社のPIC-ADXL2軸加速度センサキット(RS-232C接続)2個を使用した。2軸の加速度セン

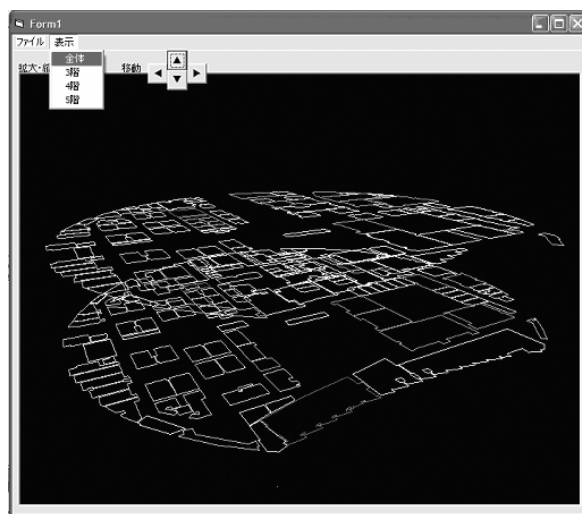


図3 空間データの透視表現例

サを2個用いることで3軸の加速度の計測を可能にした。進行方向は、ジャイロセンサからyaw, pitch, rollとして得ることができ、移動距離は、加速度センサからの加速度データを利用して算出する。

### 3-2 空間データの構築

システムを構築するにあたり、検証に用いる屋内の空間データとして宮城大学本部棟3階、4階部分を用いた。空間データは、蒔苗・高木(2003)による都市空間データモデルを基に構築し、XMLで実装した。本モデルの基本的なデータ構造は図2のように示され、経路はリンクとして表現される。構築したデータの透視表現を図3に示す。また平面図から容易に空間データの構築を行うための簡易エディタを作成し、汎用的な空間データ構築を可能としている。

## 4. 自律型測位手法の検討

### 4-1 移動距離の算出

#### (1) 加速度の二階積分による算出

加速度を二階積分することで移動距離を求めることができる。加速度の積分には、離散的数値データを積分するために、数値積分を用いる。代表的な数値積分方法としては、台形公式とシンプソン公式がある。本研究では、それぞれを適用した場合の精度について検証を行ったが、顕著な差はみられなかった。また、80mの歩行実験を行なったが、距離の標

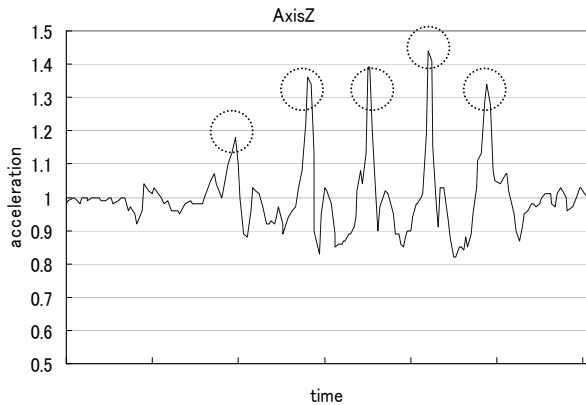


図4 歩行時のZ軸加速度の変化

標準偏差が 25.2 となり、他の研究 (佐川ほか 2002) でも指摘されているように、蓄積誤差が大きいという結果を得た。加速度センサの傾斜による誤差の除去やジャイロを使用した停止判断による加速度の補正など、いくつかの誤差の除去や補正を試みたが、実際に経路案内に利用できるほどの精度を得ることはできなかった。

## (2) 加速度センサによる歩数計測

積分による距離の算出では誤差が大きいことから、加速度センサによる歩数計測を基に移動距離を求める手法を適用する。この手法では、誤差の蓄積を避けることが可能であり、比較的安定したデータを取得することができ、小西・柴崎 (2002) の研究においてもその有効性が示されている。

図4は5歩歩いたときの鉛直方向 (Z軸) の加速度の変化を示したグラフである。加速度のピーク数をカウントすることで歩数を推定できると考える。予め5歩歩行することで、ピークの判定基準値を算出する。基準値は、ピーク数が4となるよう調整を行う。これは、1歩目は2歩目以降より加速度が小さく、それを基準値とすれば誤判定が生じる場合が多くなるためである。また歩幅は、個人の標準歩幅をあらかじめ計測により求める。

## (3) 歩数計測による移動距離測定実験

歩数計測の有効性を確認するために移動距離測定実験を行なった。80 mの距離を歩行し (被験者の歩幅 66 cm) で歩行し、10回試行した。その結果を表1に示す。歩数の誤差平均は1.4、距離の平均誤差 1.86 m、標準偏差 2.14 という結果であり、本実験

表1 歩数計測の実験結果

	歩数(歩)			距離(m)		
	実際	計測	誤差	実際	計測	誤差
1	126	124	2	80.06	81.84	1.78
2	121	118	3	80.06	77.88	2.18
3	120	120	0	80.06	79.2	0.86
4	126	126	0	80.06	83.16	3.1
5	122	121	1	80.06	80.52	0.46
6	121	121	0	80.06	79.86	0.2
7	118	121	3	80.06	77.88	2.18
8	115	118	3	80.06	75.9	4.16
9	118	119	1	80.06	77.88	2.18
10	119	120	1	80.06	78.54	1.52
平均	120.6	120.8	1.4	80.06	79.27	1.86
標準偏差	3.47	2.53	1.26	0.00	2.14	1.20

からは、加速度センサによる歩数計測が、歩行移動距離の取得には有効であることが明らかといえる。

## 4-2 進行方向の推定方法

本システムでは、歩行者の進行方向を知るためにジャイロセンサの yaw 角を利用しているが、yaw 角には原点ドリフトと呼ばれる現象が存在し、この現象によってジャイロの基準軸が初期設定した方向からの誤差が生じる。yaw 角のドリフトによる誤差は、地磁気センサ等により補正されるが、地磁気は鉄筋コンクリートや車などの鉄塊の近くでは、磁場の乱れにより正確に補正が行われないという問題がある。よって、屋内で利用可能な測位システムを構築するには、yaw 角を地磁気以外から補正することが必要不可欠である。本システムではこの誤差に対して、空間データと現在地のマッチングを行うことで、進行方向の大きなずれを防ぐこととする。

node は互いにリンクしており、歩行者はこのリンクをたどって歩いているとする。3つの node を接続してつくられる角を用いて yaw 角を補正することが可能となる。補正方法を図5に示す。

## 5. システム検証実験

宮城大学本部棟4階、図6(a)のAからBまで (距離: 約 163 m)、本システムを身につけて歩行し、その歩行軌跡の精度を検証する。被験者の歩行速度は約 1.5m/s 及び歩幅は約 55cm である。

図6(b)は目的地に到着した時のシステムの実行画面を示しているが、図6(a)の歩行ルートと比べると、ほぼ正確に軌跡を描いていることがわかる。特

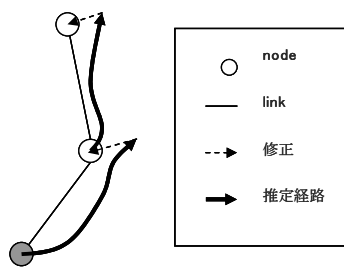
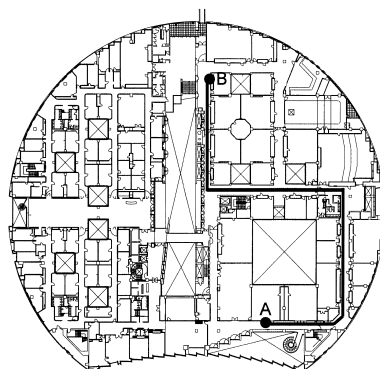
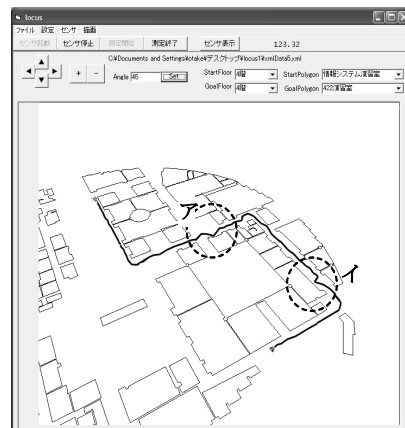


図5 方向の補正方法



(a)歩行経路



(b)システムによる歩行軌跡

図6 実験での歩行経路と歩行軌跡

に、曲がり角は、yaw 角の乱れが大きく影響するにもかかわらず、軌跡は概ね正しく表現されている。また、図のア、イの部分では、yaw 角の乱れを補正していることが顕著に現れており、空間データからの補正が有効であることも示されている。

## 6. おわりに

本研究では、屋内でも利用可能な自律型測位として、ジャイロセンサと加速度センサを用いた測位システムを構築するとともに、その経路案内システムへの実装を行なった。移動距離算出に関しては、加速度を二階積分することで求める方法と比べて、より精度の高い結果を得ることのできた歩数計測を用いた。また、進行方向の推定に関しては、yaw 角の原点ドリフトを空間データから補正するという手法を用いた。それにより本システムが、インフラに依存することなく、自律的に歩行者の位置を推定する測位システムとして、十分に機能することを示した。さらに、空間データとの間での補正を行うことで、水平移動に対して有効な精度が得られることを示した。

今後の課題として、動的な歩幅推定による測位精度の向上が挙げられる。本システムでは歩幅は固定値として扱っているが、Z 軸加速度の変化や速度等により動的に歩幅を推定する手法の確立が必要である。また複数の歩行者が利用する場合においても、容易に初期設定が可能となるような工夫が必要であ

る。本研究での移動計測実験は水平移動に限定したが、垂直移動に関する検証も必要である。また経路案内システムの実用化を目指し、より使い易いインターフェースの構築も必要不可欠であり、これらは今後の課題である。

## 参考文献

- 天目隆平・神原誠之・横矢直和 (2003) 赤外線ビーコンと歩数計測を利用したウェアブル型拡張現実感のための幾何学的位置合わせ, 電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G14-10.
- KDDI 株式会社 <http://www.au.kddi.com/>
- 佐川貢一・小岩 研・煤孫光俊・猪岡 光 (2002) 加速度積分による屋内での3次元歩行経路の推定, 医療情報学 22, 242-243.
- 小西勇介・柴崎亮介 (2001) 自律方式による歩行者ポジショニングシステムの開発, 地理情報システム学会講演論文集, 10, 389-392.
- 廣瀬通孝・廣戸健一郎・宮崎恒太 (2001) ウェアラブルコンピュータを用いた都市空間ナビゲーションシステム, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 2-2, 105-108.
- 時苗耕司, 高木美紀 (2003) 歩行者経路案内のための3次元都市空間データモデルの構築, 地理情報システム学会講演論文集, 12, 55-58.
- 横浜市道路局 (2003) 都市情報提供システム, [http://www.city.yokohama.jp/me/douro/plan/urban\\_it/](http://www.city.yokohama.jp/me/douro/plan/urban_it/).