

高精度 GPS を用いたバリアフリーマップ構造データの獲得

Acquisition of Barrier-Free Street Map Structural Data by Using Highly-Accurate GPS

佐藤 慶憲
Yoshinori Sato

吉川 毅
Takeshi Yoshikawa

野中 秀俊
Hidetoshi Nonaka

栗原 正仁
Masahito Kurihara

北海道大学
Hokkaido University

This paper presents data structure for supporting the creation of barrier-free street maps by using the Internet and the highly accurate global positioning systems (GPS). The purpose of the system is to provide an effective tool for supporting the creation and the use of network-based barrier-free street maps for physically handicapped people in wheelchairs. We develop geographical structure graph (GSG) to describe a structure of barrier-free street maps. A GSG consists of lines, nodes, and points. A line is an object that represents a segment of a street where the associated properties are kept unchanged. A node represents a small area that connects the end points of lines. Points represent shops, landmarks, etc. associated with the lines. Our main purpose is to compose GSGs from the knowledge obtained by reasoning about the street conditions from the highly-accurate GPS data.

1. はじめに

GPSおよび情報通信ネットワークを利用して、システム利用者の高精度の位置情報を安価に、かつ、リアルタイムで取得できるようになってきた。その応用の一つとして、著者らは、情報通信、地理情報システム、福祉工学、および知能情報学の技術を総合して、高精度GPSデータから車椅子利用者のためのバリアフリー地理情報を獲得する情報システムの開発を計画し遂行中である。[栗原 04]

関連研究として、独立行政法人情報通信研究機構を中心とした歩行者支援GISプロジェクト[矢入 03]などがある。本研究はそのようなシステムへのインプットとなる情報を人やお金をかけるのではなく、車椅子利用者自身の普段の移動から草の根ネットワーク的に作成することを意図している。これによってコストの低下のみならず、利用者に即した情報に満ちた地図の作成が可能となることや身体障害者の積極的な社会参加ということまで期待される。

本稿では、バリアフリーマップを作成するための情報を、GPSから得られたデータを利用してどのように作成するかを詳述する。以下に、まず、2.においてバリアフリー情報を保持するためのデータ構造について述べる。次に、3.でGPSによる移動軌跡情報からこのデータを作成する方法、4.で仮想環境・実環境における地図情報の抽出実験について説明する。

2. データ構造

車椅子利用者を対象としたバリアフリーマップの作成を支援するために、矢入らによる歩道ネットワークデータ[矢入 03]の構造を利用し、その実装として属性情報を数点に絞込んだGeographical Structure Graph(GSG)を開発し地図情報を表現した。GSGは、その属性情報が一定である一続きの道路を表すライン、ラインとラインのつなぎ目となるノード、バス停等のような特定の施設情報を表すポイントの三種類の要素で構成されるグラフ構造である(図1)。本研究の内容は、GPSによる車椅子の移動軌跡情報からGSGの作成支援をすることにある。



図 1: Geographical Structure Graph(GSG)

属性情報とはその性質を表すもので、バリアフリー情報や、地図を作成するために必要となる情報である。GSGにおいて、ライン・ノードが保持する属性情報としては表1の情報を現在想定している。

一続きの道路であっても属性情報が異なるならば、異なるラインが連結しているグラフとして表現することにより、バリアフリーマップの構造の表現を可能としている。

ライン	ID	ラインの識別ID
	種類	平坦・坂道・通行困難 等
	道路幅	ライン上の道路の道幅
	通行速度	ライン上の利用者の移動速度
ノード	ID	ノードの識別ID
	位置情報	X,Y,Z 座標
	種類	曲がり角・速度変化 等
	作成日時	ノードが作成された日時
	半径	ノードの存在範囲
	信憑性	ノード自体の存在の信憑性

表 1: 属性情報

作成に当たり、軌跡データから得られる情報には、一度の軌跡データから得られる情報と、複数の軌跡データを総合して得られる情報の二通りがある。前者の情報からは、ノード・ラインの位置や属性情報の一部、後者からはデータの蓄積による情報の信憑性や、一度の情報からだけでは推測できない属性情報を得ることができる。そこで、一度の軌跡データからGSG候補を作成し、この候補を統合することでGSGを完成させるという方法をとることとした(図2)。

連絡先: 佐藤慶憲, 北海道大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻, 札幌市北区北14条西9丁目, (011)706-6861, yosinori@main.ist.hokudai.ac.jp

また、情報をデータベースに保存する際には候補以降の情報のみを保存しておき、軌跡データ自体は保存しないことでデータ量を減らすことが可能となる。GSGの更新は、一定期間ごとに一度GSGを破棄し、蓄積されたGSG候補から再度GSGの構築を行うという方法をとる。

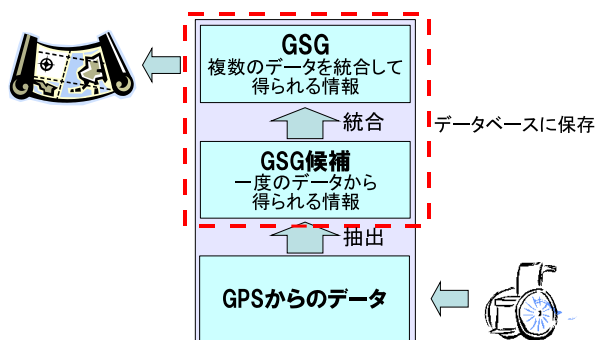


図2: 軌跡データからGSGの作成

3. GSGの獲得

軌跡データからノードを抽出し、GSGを構成する手法について説明する。

3.1 軌跡データの利用

移動軌跡データは毎秒観測され、その中身の情報は観測時刻、座標、高度で構成されている。

この軌跡データはFKP-DGPS方式による取得により、理論上は数センチメートル程度の誤差で得ることができる。しかし、実測してみた結果数十センチメートル程度の誤差が観測されていた。また、高度成分についてはさらに精度が低くなるという結果が得られた。

GSGの構成に際して、軌跡データは時系列順の二点を始点・終点とするベクトルの列として扱う。

3.2 軌跡データのノイズ処理

本研究ではGPSの受信機を車椅子に搭載して観測を行うため、その移動によって観測にノイズが乗ることを考え周波数解析を行った[日野80]。平坦な道を一定速度で進行し、その間の周波数成分を解析してみたところノイズが認められたため、平均化による手法と、FIRフィルタによる手法をそれぞれ実装しノイズ除去を行った。平均化では前後3つずつの7つのベクトルの平均を用いることとし、FIRフィルタではパスバンド周波数を0.25Hz、ストップバンド周波数を0.3Hz、サイドローブ減衰率を40dBとして実装した[小川03]。その結果、FIRフィルタを用いたノイズ処理の方が平均化よりもノードの抽出が正しくなされた。

3.3 ノードの抽出

地図情報の構造データを表すための基本となる曲がり角であるノード、及びバリアフリー情報の足がかりとして速度が変化する地点のノードの2つのノードについて抽出を行う方法を説明する。

3.1,3.2で述べたように、まず軌跡データからベクトル列を作成し、それに対してノイズ処理を行う。このベクトル列に対して以下の操作を行うことでノードを抽出した。

曲がり角ノード

曲がり角抽出アルゴリズムを以下に示す。
準備として、閾値 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ を用意しておく。

1. ベクトル列の最初のベクトルを基準ベクトルとし、 $i = 2$ とする。
2. 基準ベクトルから $i - 1$ 番目のベクトルまでの角度の平均 θ を求める。
3. θ と i 番目のベクトルの角度差 ψ_1 を求める。
4. 角度差 ψ_1 が θ_1 以上ならば i 番目のベクトルの始点を p_1 とし、 $j = i, i = i + 1$ とする。
 θ_1 以下ならば、 $i = i + 1$ として2から繰り返す。
5. θ と i 番目のベクトルの角度差 ψ_2 を求める。
6. 角度差 ψ_2 が θ_2 以上ならば $i = i + 1$ とする。
 θ_2 以下ならば、 i 番目のベクトルを基準ベクトル、 $i = i + 1$ として2から繰り返す。
 θ_2 未満ならば、 $i = i + 1$ として5から繰り返す。
7. $i - 1$ 番目と i 番目のベクトルの角度差が θ_3 以下となるまで $i = i + 1$ とし、 i 番目のベクトルの始点を p_2 とし、 $k = i$ とする。
8. p_1 と p_2 の中間の座標点、つまり $(j + k)/2$ 番目のベクトルの始点を曲がり角ノードの座標とする。
また、ノードを中心とする円が p_1 から p_2 までの全ての座標点を含む最短半径を、ノードの半径として設定する。
9. i 番目のベクトルを基準ベクトル、 $i = i + 1$ とし、2から繰り返す。

以上を i がベクトル列の最後の要素にたどり着くまで繰り返す。

閾値 θ_1, θ_3 によって、曲がり始め・終わりの位置を探し、半径によって曲がり角の大きさを表そうとしている

また閾値 θ_2 を用いるのは、誤差により曲がり角が抽出されることを防ぐためである。

スピード変化ノード

スピード変化点のノードは、閾値 $\theta_1, \theta_2 (\theta_1 > \theta_2)$ を用いる。

ベクトル列を順に見ていき、ベクトルの長さが θ_2 以下となったときをスピードが遅くなったノード。ベクトルの長さが θ_1 以上となったときをスピードが速くなったノードとしている。

値の異なる閾値を2種類用いることで、閾値付近で値が揺らいている際にノードが多数生成されることを防いでいる。

3.4 ノードの統合

2.で述べたように、3.3で得られた一度の軌跡データから抽出されたノードは、GSG候補のノード候補である。多数の軌跡データから得られた複数のノード候補を統合することでGSGのノードを得る。ノードの統合には、ノード候補の半径と中心座標を用いる。

ノードの半径内に存在する同種のノード全てを平均し座標・半径を設定する。ノードの統合には、半径を用いずにクラスタリングすることによって同一ノードをまとめるという手法も考えられるが、現在のところその実装は想定していない。

3.5 データベース

得られた GSG 候補, GSG をそれぞれデータベースに保存する.

保存するデータは, GSG・GSG 候補のそれぞれにおいて, ノード, ライン, 各ノードとラインの接続関係の 3 種類ずつである. また, そのほかに割り振り済みの ID の管理を行うためのデータを保存する.

4. 開発

研究を進める上で開発したアプリケーションについて説明する.

ノードの抽出の実装における各閾値の設定は, データの解析結果を元に設定した. 曲がり角ノードの閾値 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ はそれぞれ, フィルタ処理をしないときには $\theta_1 = 5^\circ, \theta_2 = 30^\circ, \theta_3 = 10^\circ$ フィルタ処理を行うときには $\theta_1 = 0.5, \theta_2 = 0.5, \theta_3 = 0.5$ とし, スピード変化のノードの閾値は, 電動車椅子の速度設定にあわせて低速・中高速を判別できるようにした.

4.1 手書き入力による仮想データのノード抽出

まず, 仮想的な軌跡データを PC 上で作成しそれに対してノードを抽出する実験を行った.

マウスを左クリックしている間 200m 秒ごとに座標点を作成していく. ノードの抽出に際しては, FIR フィルタの実装を行っていない. 曲がり角ノードを赤い円, スピード変化のノードを青い円で表し, 速い速度で移動しているラインを青, 遅いラインを緑の線で表す(図 3).

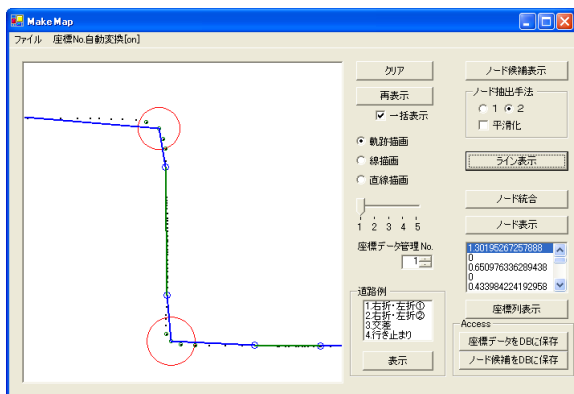


図 3: マウス入力による仮想データ作成

4.2 移動軌跡データからのノード抽出

実際の車椅子の移動軌跡データを読み込んで, ノードの抽出・統合を行う. マウスにより軌跡を書き込むのではなく, 直接ノードの位置を指定して書き込むことが可能. また, データをデータベースへ書き込み読み込みも行う(図 4).

実データからの曲がり角, スピード変化点の抽出は, 実際の地図と比べてみたところほぼできているといえる.

5. 今後の課題

今後の課題として以下のようなものが考えられる.

- ノードの統合方法の再検討
- ラインのバリアフリー情報の取得

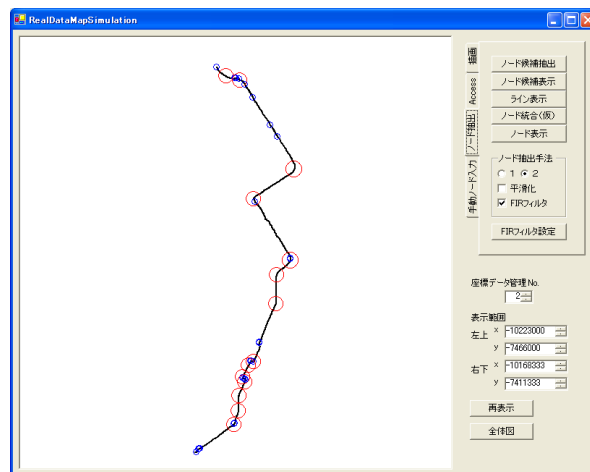


図 4: 移動軌跡データからのノード抽出

一点目については, 単純に近傍にあるノードを統合するだけでなく, グラフ構造に応じた統合方法についてさらに研究することができるだろう.

二点目については, 現在地図を表す上で重要となる構造データを作成したに過ぎず, バリアフリーマップとして重要となるバリアフリー情報については, 速度が遅いかどうかという情報しか得ることができていない. バリアフリーマップの作成支援のためには, データからのいろいろなバリアフリー情報の推測方法を考える必要がある.

参考文献

- [栗原 04] 栗原正仁, 野中秀俊, 吉川毅:高精度 GPS を用いたバリアフリータウンマップ生成支援システムとプラットフォーム, 人工知能学会全国大会, 2A1-04, 2004.
- [矢入 03] 矢入(江口)郁子, 小松正典, 吉岡裕, 猪木誠二:歩行者支援GISのための歩行空間アクセシビリティ情報の蓄積と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol5, No.4, pp.413-420, 2003.
- [日野 80] 日野幹雄:スペクトル解析, 朝倉書店, 1980.
- [小川 03] 小川要:数式からプログラムへ 初めてのデータ処理, C MAGAZINE 2003 2.