

歩行者ナビゲーションのための歩行履歴情報の分析手法

白川 洋¹, 歌川 由香², 福井 良太郎^{1,3}, 重野 寛¹, 岡田 謙一¹

歩行者ナビゲーションにおいて歩行者を的確に目的地まで誘導するためには、膨大な量に及ぶ粒度の細かい情報を作成・管理する必要がある。そこで本研究では、これらの歩行者をナビゲーションするために必要な情報を、歩行者から自動的に収集し作成することを試みる。近い将来に GPS 内蔵の携帯電話が普及していくであろうことを考え、GPS から得られる歩行履歴情報からナビゲーション情報を生成することを考える。GPS から得られた位置情報は約 10m の誤差を含む。そこで複数の GPS データを蓄積して統計的な分析を行うことにより、坂の斜度や歩行者用信号機の位置情報などの、歩行者ナビゲーションに必要な情報を抽出する。

An Analysis Method of Walk-Tracing Data for Pedestrian Navigation

Hiroshi SHIRAKAWA¹, Yuka UTAGAWA², Ryoutarou, FUKUI^{1,3}, Hiroshi SHIGENO¹, Keniti OKADA¹

In order to navigate pedestrians accurately, we need to prepare and control much detail information. In this paper, we have put our attention in collecting the demanded information from the data automatically taken from pedestrians. Since an increase in the use of mobile phone with GPS function is expected, we decided to accumulate and statistically analyze the GPS data to gain information that are useful for the pedestrians. However, GPS has horizontal error of approximately 10m. Therefore, it is necessary to accumulate certain amount of data before analyzing it. By analyzing these data, we make useful information such as slope information and location information of signal.

1 背景

近年移動体通信技術の発展に伴い、携帯電話を用いて歩行者を目的地まで誘導する、歩行者ナビゲーションへの期待が高まっている。歩行者ナビゲーションにおけるニーズとして、道路や建物の特徴などの、歩行者の視点に立った情報を歩行者に提供することがあげられる。歩行者に提供するナビゲーション情報（以下データと略す）の作成方法に関する研究として、地図情報を利用してデータを作成する研究と、企業や店舗等の目的地関係者がデータを作成する研究がある。

しかし、地図情報を利用したデータ作成の研究 [1][2][3][4] の問題点として、地図に記述されていない細かい情報を歩行者に提供することが困難であること、また地図情報は更新頻度が少ないため、歩行者に陳腐な情報を提供してしまう危険が高いことがあげられる。

また、目的地関係者がデータを作成する研究として、我々の研究 [5][6] に着目する。我々の研究では、まず歩行者の視点に立った指示案内文と風景画像をデータとして提案している。またインターネット上にホームページを持つ個人や組織の誰でもが、データ提供者になることができる。我々の研究の問題点としては第一にデータを作成するにおいて手間がかかることがあげられる。第二に「緩やかな坂」といった細かい情報を歩行者に提供が可能となるが、あくまでも目的地関係者が判断した主観的な情報を歩行者に提供してしまうことがあげられる。

そこで本研究では、歩行者から自動的に得られる歩行履歴情報を利用してデータを作成することを試みる。近い将来に GPS 内蔵の携帯電話が一般化されると考え、GPS を利用して歩行者の歩行履歴情報を取得する。そしてこの歩行履歴情報を複数蓄積し、統計的に分析を行うことで歩行者にとって有効な情報を抽出する。そこで、本論文では歩行者にとって有効な情報を抽出するための歩行履歴情報の分析手法を提案する。

本研究では、2 章において歩行者ナビゲーションの

* 慶應義塾大学理工学研究所
Faculty of Science and Technology, Keio University
† キヤノン株式会社
Canon Inc.
‡ 沖電気工業株式会社
Oki Electric Industry Co., Ltd

ための歩行履歴情報の分析手法を提案し、3章で理論値の測定方法を述べる。4章で提案した分析手法の精度を評価し、5章で本研究の結論を述べる。

2 歩行履歴情報の分析手法

本研究において、歩行者からの歩行履歴情報を取得するためのセンサとして用いたGPSは、GARMIN社のeTrex Summitである(図1)。



図 1: 使用した GPS

図1のGPSの位置情報の精度は水平方向が約10m、垂直方向が約15mである。歩行者ナビゲーションにおいて重要な働きをされるとされる情報として、本研究では坂の「斜度」の情報、建物の入口や歩行者用信号機等の「位置情報」、歩行者の「移動手段の変化」の情報を取得することを試みる。特に「斜度」に関しては、地図の等高線のような大まかな情報では、歩行者にとって必要となる粒度の細かい情報を取得することが非常に困難であり、且つ歩行者にとっては目印や経路選択の材料となる重要な情報であると考えられる。各項目の分析手法について以下で詳しく説明する。

2.1 「斜度」の分析手法

斜度とは坂の傾き具合、つまり勾配を表すものであるとする。斜度情報を取得するために用いる歩行履歴情報は、標高・標高差・移動距離の3つの情報であるとする。GPSから取得した歩行履歴情報の先頭の標高値を基準として比較を行う。表1に歩行者1人分の歩行履歴情報(標高・標高差・移動距離)の例を表示する。

表1の各値はGPSを利用して取得した歩行履歴情報であるため、当然「誤差」を含んでいる。まず、この「誤差」の影響を最小限に抑える手法を説明する。

- 移動距離の値として10m以上の値がある場合、その1つ前までの情報を歩行履歴情報とする
- 標高差が一時的に5m以上変動した場合、その一時的に変動した際に取得した位置情報を除去する
- 標高差の符号が $\pm 2m$ 以内の範囲で頻繁に変化する場合は、平坦な道であると判断する

表 1: 歩行履歴情報の例

	標高 (m)	標高差 (m)	移動距離 (m)
1	20	0	1
2	22	2	1
3	23	1	3
4	24	3	2
5	24	0	5
6	29	5	1
7	24	-5	2
8	25	1	4
9	23	-2	3
10	23	0	2
11	22	-1	2
12	22	0	1
13	21	-1	20
14	22	1	2

上記の手法を用いた理由を説明する。

第1の項目については、GPS衛星の電波受信状況が悪い場合、歩行者の位置情報を取得する時間間隔が長くなり、その結果移動距離が急に10mを越える場合がある。歩行者が10m以上歩くと、道路の形状が変化する可能性は非常に高い。よって移動距離の値が10mを越える場合、その1つ前までの情報を、歩行履歴情報とする。表1では、13番目の位置情報における移動距離の値が10mを越えているため、1番目から12番目までの位置情報を歩行履歴情報とする。

第2の項目については、GPS衛星の電波受信状況が一時的に悪化した場合、急激に標高値が変化する場合がある。この現象の要因として、周囲の建造物や自動車による遮蔽や反射が考えられる。この現象により急激に変動した値は除去されるべきである。そこで急激に標高値が5m以上変動し、すぐ元の標高値に近い値に戻った場合、電波受信状況が一時的に悪化したと考え、その急激に変動した値を無視する。表1では6番目の位置情報における標高差の値が+5mで7番目の位置情報における標高差の値が-5mなので、6番目の位置情報を取得する際の電波受信状況が一時的に悪かったと判断し、6番目の位置情報を除去する。

第3の項目については、GPSから取得した位置情報は精度が十分であるとは言えず、平坦な道を歩いている場合や同じ場所に停止している場合であっても、標高差の値は $\pm 2m$ 以内の範囲内で前後する。そこで標

高差の値が± 2m の範囲内で、標高差の符号が頻繁に変化する場合は、平坦な道と判断することとする。表 1 では、1～8 番目（6 番目の情報は既に除去されているものとする）の位置情報における標高差の値は常に 0 以上であったのに対し、8～12 番目の位置情報における標高差の値は± 2m の範囲内で頻繁に符号が変化しているため、8～12 番目の位置情報は平坦な道における情報であると判断する。

上記の手法により誤差を最小限にした歩行履歴情報を、表 2 に示す。

表 2: 誤差を最小限にした歩行履歴情報の例

	標高 (m)	標高差 (m)	移動距離 (m)
1	20	0	1
2	22	2	1
3	23	1	3
4	24	3	2
5	24	0	5
6	24	0	2
7	25	1	4
8	23	-2	3
9	23	0	2
10	22	-1	2
11	22	0	1

次に、坂の傾き具合を示す「勾配」の値を算出する手法を下に示す。

< 勾配の算出手順 >

- 1 番目の標高値を基準点として、2 番目の標高値と比較する
- 2 番目の標高値と 3 番目の標高値を比較する
- (1) と (2) の標高差の符号を比較する
- 符号が同一の場合、比較を続ける
- 2 つ以上、異符号が続いた場合、そこで比較をやめる
- 始めの標高値 (A) と最後の標高値 (B) の差を計算し、その計算した値を坂の標高差とする
- A から B までの移動距離を計算し、その計算した値を坂の長さとする
- 坂の標高差の値と坂の長さの値を利用して、勾配の値を算出する

この手法に基づき勾配の検出を行う。表 2 の歩行履歴情報では、1 番目の標高値の値が A、7 番目の標高値の値が B となる。

勾配の値を求める式を下に示す。

$$\text{勾配} = \frac{\text{標高差} (|A-B|)}{A \text{ から } B \text{ までの移動距離}} \quad (2.1)$$

これは、1 人分の歩行履歴情報から得られる勾配の値である。ここで複数の歩行者に対して算出した勾配の値を利用して、勾配の平均値を算出する。勾配の平均値を求める式を下に示す。

$$\text{勾配の平均値} = \frac{\text{勾配の和}}{\text{歩行者数}} \quad (2.2)$$

次に坂の形状検出手法を説明する。坂の形状検出とは、ある区間に含まれる坂の形状を検出することとする。歩行者にとって坂において重要な情報とは、坂の始点と終点における高低差ではなく、ある区間においてどのような勾配の坂が含まれるのかという粒度の極めて細かい情報であると考えられる。例えば「勾配 4% の 30m の長さの坂」があった場合、その坂は「勾配 4% の坂が続いている」場合と「勾配 15% の急な坂があり、その後は勾配 2% の緩やかな坂が続いている」場合において、その坂を歩行する場合における歩行者が感じる肉体的・精神的影響は全く異なるものであると考えられる。実際に坂の形状を検出する手順を以下に示す。

< 坂の形状の検出手順 >

1. 坂を検出した区間に関する、全ての歩行履歴情報を収集する。
2. 一定区間ごとの標高値を取り出し、その区間における標高値の平均値を算出する。本研究では 1m ごとに標高値を算出する。
3. 全区間で算出した標高値をグラフ化する。

2.2 「位置情報」の分析手法

位置情報とは、建物の入口や歩行者用信号機や横断歩道の位置情報を表すものとする。位置情報を取得するために用いる歩行履歴情報は、緯度・経度・時刻・移動距離とする。歩行者が歩行者用信号機や横断歩道で停止した場合、移動距離の値は 0 となる。また歩行者が建物に入った場合も、GPS 衛星から電波を受信することが不可能となるため、移動距離の値は 0 となる。信号待ちのために歩行者が停止した際の歩行履歴情報の例を表 3 に示す。表 3 のように歩行者が停止すると、緯度・経度の変化がなくなり、移動距離の値が 0 となる。

表 3: 信号待ちにおける歩行履歴情報の例

	緯度	経度	時刻	移動距離 (m)
1	133.2123	20.3111	8:12:01	2
2	133.2125	20.3112	8:12:05	0
3	133.2125	20.3112	8:12:10	0
4	133.2125	20.3112	8:12:13	0
5	133.2125	20.3112	8:12:17	0
6	133.2125	20.3112	8:12:20	0
7	133.2125	20.3112	8:12:25	0
8	133.2131	20.3120	8:12:30	3

そこで、ある局所的な範囲内で移動距離が0となる歩行履歴情報を複数の歩行者から取得した場合、歩行者は「建物内に入った」、あるいは「歩行者用信号機や横断歩道で停止した」と判断する。「建物」と「歩行者用信号機・横断歩道」とを区別する方法として、歩行者の停止時間を用いる。歩行者用信号機における平均待ち時間の調査により、歩行者用信号機において歩行者にとって赤信号の状態が130秒以上続くことはほとんどないことが分かっている。そこで歩行者の停止時間が130秒未満の場合は「歩行者用信号機または横断歩道」とみなし、歩行者の停止時間が130秒以上のときは「建物」と判断する。

さらに補助的な判断基準として、歩行者が再び動き出した位置の情報を利用する。通常歩行者用信号機や横断歩道では、歩行者の停止位置と動き出しの位置はほぼ同じである。しかし、歩行者が建物に入った場合は、入口と出口が異なる場合がある。そこで、ある歩行者が停止した時と動き出した時の緯度・経度が大きく異なる場合は、歩行者の停止時間に関わらず「歩行者は建物に入った」と判断する。

2.3 移動手段の変化

移動手段の変化とは、ある歩行者が歩いている状態から電車やバスなどに移動手段を変えたことを示すものとする。移動手段の変化を検出するために用いる歩行履歴情報は、緯度・経度・速度の3つの情報であるとする。

3 理論値の測定方法

各分析手法で得られた項目を評価するに先立って、実測値の測定方法を述べる。

3.1 斜度

斜度の実測値を測定するため、図2の市販のダイヤル式勾配・角度測定器を用いる。50cm毎に、図2の測定器を用いて得られた値の平均を勾配の実測値と定める。



図 2: 勾配・角度測定器

3.2 位置情報

被験者は18歳から24歳までの男女述べ320人とする。被験者は図1のGPSを携帯して、あるルートを歩く。測定時刻は道が混雑していると予想される休日の12時から14時、平日の19時から21時、また道が比較的混雑していないと予想される平日の9時から11時を中心に行う。測定場所は、比較的電波を受信しやすい環境である日吉、建物数が多く電波が受信しづらいと予想される渋谷・横浜を中心として行う。日吉で138人分、渋谷で112人分、横浜で70人分の歩行履歴情報を収集する。被験者はGPSを携帯して歩くと同時に、測定を行った場所の地図を携帯する。日吉・渋谷・横浜でそれぞれ複数のコースを用意し、被験者はいずれかのコースを歩く。測定終了後、実際に建物に入った場所や歩行者用信号機、横断歩道で停止した場所を被験者は地図上にマークする。分析者は歩行者が携帯したGPSに蓄積された歩行履歴情報を利用し、分析手法に基づいて建物の入口、歩行者用信号機、横断歩道等がある場所を予想する。分析者と被験者がマークしたポイントの一致率を評価する。被験者が携帯したGPSから得られる歩行履歴情報には誤差がある。そこで、信号機が実際にあるポイントから半径約10mの範囲内を許容範囲とし、その範囲内に分析者がマークすれば、そのポイントを「一致したポイント」とする。

3.3 移動手段の変化

移動手段の変化とは、それまで歩いていた歩行者が電車やバスなどに移動手段を変えたことを表す。歩行者がバスや電車を利用することで、緯度・経度の値が大きく変化することが考えられる。さらに歩行時の移動速度に比べ、速度が非常に速くなる。歩行者の歩行速度の平均値とバスや電車を利用した際の速度の平均について表4に示す。バス・電車の情報は、歩行者が乗物内部にいる状態において取得した情報であるため、GPS電波の受信状況が悪く、その結果として常に精度の高い情報を取得できる可能性は極めて低い。このため、乗物に乗った際は、被験者は電波を受信しやすい窓際に移動してもらうこととした。乗物利用者全員から歩行履歴情報が取得できなくても、窓際など比較的電波を受信しやすい状況にいる歩行者からだけでも歩行履歴情報を取得できればよいと考え、このような条件を設けた。

表4: バス、電車利用時と歩行時の速度の比較

バス・電車利用時	40.111(km/h)
歩行時	4.821(km/h)

4 分析手法の評価

提案した歩行履歴情報の分析手法の評価を行う。まず、各分析結果を示すグラフで用いるラベルを説明する。

- データ数 (Number of Data)

GPSを携帯した歩行者がその区間を何回通過したか、つまりある区間を通過した総人数を表す。

- 誤差 (Average Error)

図2の測定器を利用して算出した勾配の理論値と、分析手法の結果として算出した勾配の値(以下勾配の分析値と略す)との、差の絶対値を示す。

$$\text{誤差} = \frac{|\text{勾配の分析値} - \text{勾配の理論値}|}{100} \quad (4.1)$$

- 標高 (Height)

坂が始まる地点の標高値を0とした、ある場所における標高値の平均値を示す。

また歩行履歴情報を蓄積することの有効性を示すために、「理論値に近い値が得られた」と判断するための

基準とする許容誤差を設ける。許容誤差は理論値との誤差が0.028以内に連続して10個以上収まることとする。

許容誤差を0.028とした理由を説明する。被験者50人を対象に「坂があると認識できる」坂の勾配について、複数の緩やかな勾配の坂に関してアンケートを行った。その際、被験者には坂を意識させる状況で行った。この結果、角度1.6度、つまり勾配2.8%以上であると「坂がある」と認識可能であるという結果が得られた。また、年金福祉事業団年金バリアフリー住宅設定基準より、車椅子利用者にとって「緩やかな坂」であると感じる角度が3度、つまり勾配5%であることから、この許容誤差を0.028と設定することは適切であると考えられる。

4.1 斜度

斜度に関して「勾配と誤差」「電波受信状況と誤差」、「坂の形状の検出」について評価を行う。

まず「坂の勾配と誤差」についての分析結果を図3に示す。測定を行った坂の特徴を以下に示す。

- 受信衛星状況が良好(受信衛星が主に3個~4個)
- 坂の長さは30m以上
- 勾配が2.6%、3%、14%、16%、21%の坂

図3より、任意の勾配の坂においてデータ数が増加するにつれて、許容誤差範囲内に誤差の値が収束したことがわかる。誤差を0.028以内に収束させるために必要なデータ数は、勾配21%の坂は40個、16%の坂は42個、14%の坂は16個、3%の坂は12個、2.6%の坂は23個であった。勾配が大きい坂ほど、誤差が許容範囲内に収まるために必要なデータ数が多くなった。この理由として標高の変化が大きいほど歩行履歴情報の誤差の値が大きくなるために、勾配が大きくなるほどより多くのデータ数が必要になると考える。

またこの結果より、個々のデータを単体で利用するには、実際の勾配に近い値を得ることは困難であるが、複数のデータの平均値をとることで理論値に近い値を得ることができたことから、複数の歩行履歴情報を蓄積することの有効性を示すことができる。

続いて「電波受信状況と誤差」についての分析結果を図4に示す。測定を行った坂の特徴を以下にまとめる。

- 坂の長さは30m以上
- 勾配が3%~4%

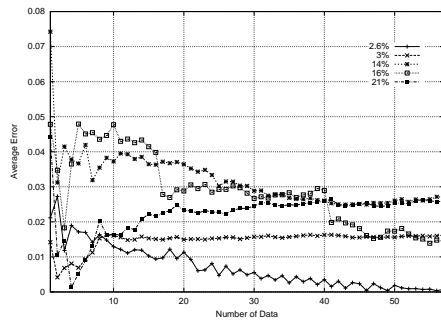


図 3: 勾配と誤差

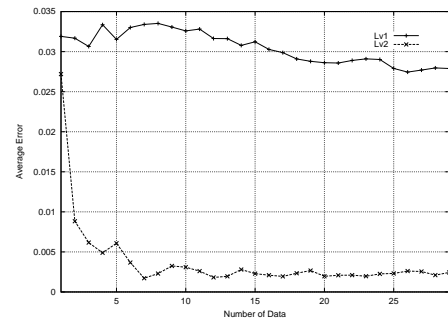


図 4: 電波受信状況と誤差

● 電波受信状況の異なる 3 種類の坂

さらに電波受信状況を 3 種類に分類した．それを表 5 にまとめる．

表 5: 電波受信状況による分類

受信レベル	平均補足衛星数	位置情報の取得間隔
Lv1	3～4 個	4.2 秒
Lv2	2～4 個	6.1 秒
Lv3	1～3 個	11.4 秒

Lv3 に関しては，標高データを取得するために必要な受信衛星 4 個を捕捉できない結果，誤差がグラフ内に収束しなかった．図 4 より，電波受信状況が良いほうが，少ないデータ数で許容誤差内に収まっていることがわかる．この理由を考えるうえで，位置情報の取得間隔に着目した．これは，ある場所で位置情報を取得してから，次に位置情報を取得するまでの時間的な間隔を示す．表 5 より，電波受信状況が良好なほうが位置情報の取得間隔が短くなっている．つまり同じ長さの坂について測定を行った場合，位置情報の取得間隔が短いほうがより多くの位置情報を取得することができるため，より理論値に近い値が得られたと考えられる．

続いて，「坂の形状の検出」についての分析結果を図 5 に示す．図 5 は，坂と平坦な道が交互に続いている場所に関して，複数の歩行履歴情報を取得し，1m ごとに平均値をとり，グラフにしたものである．縦軸は標高，横軸は距離を表す．図 5 より，「坂・平坦な道・坂」という実際の坂の形状を検出することができた．つまり地図上では高低差が同じ場合でも，その区間に含まれる坂の形状の違いを検出することができた．

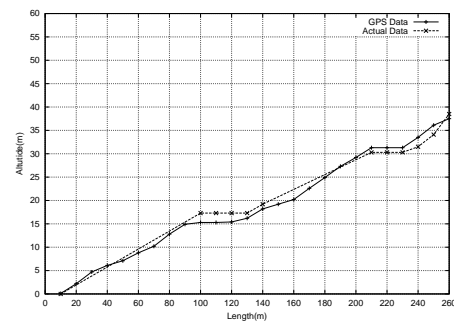


図 5: 坂の形状検出

4.2 位置情報

「位置情報」の結果を表 6 に示す．提案した分析手法を用いて予想したポイント（以下予想ポイントと略す）と，実際に被験者が地図上に示したポイントとの一致率は 81% であった．この結果，位置情報を高い精度で検出することが可能であることがわかった．

表 6: 位置情報分析結果

予想ポイント数	138
一致したポイント数	112
一致率	81%

さらに位置情報の検出が可能であった 112 箇所のポイントにおいて，建物の入口と歩行者用信号機との区別を分析手法に基づき行った結果を表 7 にまとめる．

建物の入口に関しては 80%，歩行者用信号機に関しては 89% と非常に高い確率で両者を区別することができた．一部で区別できなかった原因として，判断基準として停止時間が 130 秒未満の場合を信号機または横断歩道と判断したが，建物に入った人が 130 秒未満で建物から出てしまったことがまず考えられる．さらに

表 7: 入口と信号機の区別

	建物入口	信号機
予想ポイント数	41	71
一致したポイント数	33	63
一致率	80%	89%

何らかの理由で、信号が青に変わったにもかかわらず、歩行者がその場所から移動しなかったこと、さらに信号機のない横断歩道では、車が停止しなかったため、歩行者が 130 秒以上停止してしまっただけが考えられる。

4.3 移動手段の変化

移動手段の変化に関する結果を表 8 に示す。

表 8: 移動手段の変化の結果

分析手法を用いて予想したポイント数	27
被験者がマークしたポイント数	39
一致率	69%

結果より、比較的高い確率で「移動手段の変化」を検出することが可能であった。一部で区別できなかった原因として、受信状態が悪化することが、環境要因によって様々であることが考えられる。つまり、ある歩行者は乗物に乗ると同時に受信不可能になり、またある歩行者は動き出して少したってから電波受信不可能になるといった差が原因の一つとして考えられる。また乗物に乗ってから、降りるまで全区間で電波が受信不可能であった場合、速度の変化が見られないため、歩行履歴情報を分析する際に、速度が 0 であること、さらに電波受信が可能になった状態で、緯度・経度の歩行履歴情報が大きく変化することから、「移動手段が変化した」のではなく、「建物に入った」と判断してしまっただけが考えられる。ただし、ある局所的な範囲内で、複数の歩行者の速度情報に大きな変化がある場合、これは移動手段が変化したと判断してよいと考え、全ての歩行者から正確な歩行履歴情報が得られなくても、ある局所的な範囲内に駅やバス停などの移動手段が変化する何らかのものがある、と予想することにより、より高い精度で「移動手段の変化」を検出できると考える。

4.4 分析結果のまとめ

「斜度」に関しては、勾配・電波受信状況・坂の長さをパラメータとし、それぞれのパラメータについて、データ数と、分析結果として算出した勾配の値と勾配の実測値との誤差を評価し、データ数が増加するにつれて実測値に近い勾配を得ることができた。具体的には坂の長さが 30m 以上あり、電波受信状況が良好であれば、勾配 2.6% の極めて緩やかな坂も検出可能であることがわかった。さらに電波受信状況が比較的よければ 3m ほどの極めて短い坂であっても、坂の存在を検出することが可能であることがわかった。つまり、地図上では同じ高低差を示している区間でも、その区間に含まれる坂の形状の違いを検出することが可能であることが証明された。

また建物の入口や歩行者用信号機の「位置情報」については、8 割以上の高い確率で検出することが可能であった。

「移動手段の変化」の検出は 7 割弱と、他の分析結果と比べて若干精度の低い結果となった。

5 結論

本論文では、歩行者にとって効果的なナビゲーションを実現するためのナビゲーションのために必要な情報の取得方法として歩行者から自動的に得られる歩行履歴情報に着目した。そこで、歩行者が携帯する GPS から得られる歩行履歴情報の分析手法を提案した。また分析手法によって抽出した情報を実世界で実測した情報とを比較することで、坂の形状検出や、建物の入口情報・歩行者用信号機の検出といった位置情報を高い精度で検出することが可能であることがわかった。この結果、複数の歩行者から得た歩行履歴情報を蓄積し、分析手法に基づき検出した情報は実世界の歩行者の視点に立った細かい情報であり、歩行者ナビゲーションにおいて有効な情報として働くものと考えられる。

参考文献

- [1] 垣花一成, 賢良則, 名嘉村盛和, 宮城隼人, 翁長健治: オブジェクト指向技術を用いた位置案内地図のための情報選択手法地理情報システム. 学会第 5 回オブジェクト指向 GIS ワークショップ, pp.15-20.2000.
- [2] 木村俊洋, 鈴木祥宏, 淡誠一郎, 馬場口登, 北橋忠宏: 地図道路構造のモデル化とそれに基づく略地

図と案内文の生成, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.PRMU96-156, pp.113-120, 1997.

- [3] 梶田健史, 山守一徳, 楊井誠一, 長谷川純一: デフォルメ地図自動生成システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.PRU95-40, pp.25-32, 1995.
- [4] 久保田光一: 略地図表現と表示について. 地図情報システム学会 第 5 回オブジェクト指向 GIS ワークショップ, pp4-51. 2000.
- [5] 茂呂麻衣子, 田中健一郎, 歌川由香, 重野寛, 松下温: 携帯電話向け歩行者ナビゲーションシステムとそのデータ定義, 情報処理学会研究会報告, 01-MBL-18, pp.61-67, 2001.
- [6] 白川洋, 歌川由香, 福井良太郎, 重野寛, 岡田謙一, 松下温: 無線情報端末を利用した歩行者ナビゲーションシステムの提案, 情報処理学会第 46 回グループウェアとネットワークサービス研究会 (GN), pp.71-76, 2003