

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月18日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500067

研究課題名（和文） 加速度センサによる歩行者の行動推定を用いた位置補正手法の提案

研究課題名（英文） A proposal of pedestrian position correction method by human behavior estimation using accelerometer

研究代表者

屋代 智之（YASHIRO TOMOYUKI）

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60306397

研究成果の概要（和文）：スマートフォンに搭載された加速度センサを用いて、歩行者の行動状態を推定し、それをもとに階段を上っている等の情報を取得して屋内にいる歩行者の位置を補正する手法について検討を行った。

研究成果の概要（英文）：We estimate the pedestrian's behavior by using accelerometer mounted on the smartphone and apply these information, such as going upstairs to correct the pedestrian's position in the indoor environment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900000	270000	1170000
2011年度	1000000	300000	1300000
2012年度	700000	210000	910000
年度			
年度			
総計	2600000	780000	3380000

研究分野：高度交通システム（ITS）

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング，ヒューマンプロープ

1. 研究開始当初の背景

GPS に代表されるような位置取得デバイスの普及により、ナビゲーションなどさまざまなサービスが利用されるようになってきた。しかし、GPS は複数の衛星からの電波を受信することによって位置を計算している。このため、複数の衛星からの電波を受信出来ないような建物内やビル街、地下街などでは、正しい位置を取得することが困難である。これに対して、準天頂衛星などを利用する手法が考えられているが、屋内での位置推定が困難であるという状況は変わらず、このような環境下でこれらのサービスを楽しむことが困難であった。

一方、屋内では RF-ID 等を用いて、なん

らかのインフラを設置して位置を取得する手法や端末を設置する手法、無線 LAN 基地局の電波から位置を算出する手法等が検討されて来た。しかし、インフラの設置はコストが掛かること、基地局の電波を利用する場合には場所によって精度が大幅に異なることが問題となる。

これに対して、スマートフォンなどの機能向上に伴い、さまざまなセンサデバイスが容易に利用可能となった。このため、これらのセンサデバイスを利用し、位置情報を取得する研究が盛んになっている。例えば加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサなどを利用して、自律航法と呼ばれる方法で位置を検出する方法などが研究されている。

しかし、自律航法を用いた場合、センサで得られた値を積算して位置を求めるため、時間が経過すると誤差も積算されてしまうという問題点があった。そこで、本研究では、加速度センサの特性に着目し、屋内で（自律航法などにより）推定した位置を補正する目的で状態推定を行う手法について検討を行った。

2. 研究の目的

スマートフォンに搭載されている加速度センサを用い、屋内やビル街など、GPSの受信が困難な場所にいる歩行者の行動（静止、歩行、走行、階段上り、階段下りなど）を推定する。加速度センサおよび地磁気センサ、ジャイロセンサなどを利用すれば、同時に移動方向、移動量（歩数など）も推定可能である。これらの情報に加えて、例えば歩行者が階段を移動中であることが推定出来れば、建物内の地図とマッチングを取ることで、屋内での位置を補正し、誤差を小さくすることが可能である。多くの建物では、上下方向の移動は限られた場所（階段、エレベータ、エスカレータなど）で行われるため、推定によって上下方向の移動を検出出来れば、位置情報を用いたサービスで出来るアプリケーションの幅が大幅に広がることが考えられる。

また、屋外についても、例えば静止していれば信号待ちなどで交差点付近において停止している可能性が高いと考えられるなど、さまざまな応用が考えられる。

これらの検討を通じて、現在位置を取得する際の精度を高めることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 加速度センサを搭載したスマートフォンを用い、さまざまな被験者の静止、歩行、走行、スキップ、階段上り、階段下りなどの情報を大規模に収集した。なお、歩行者が位置を知りたいときに、スマートフォンなどのデバイスをどのように保持しているかはわからないため、スマートフォンの保持方法についても、例えば手に持って画面を見ている状態、ポケットに入れている状態、手に持って腕を振って歩いている状態等、さまざまなケースについてデータを取得した。これらのデータを以降、「教師データ」と呼ぶ。

(2) 教師データからフーリエ変換によりパワースペクトルを作成した。このパワースペクトルを被験者がそのときに行っていた行動ごとに分類し、k-means法を用いてクラスタリングを行った。出来たクラスタの重心を求め、それぞれの状態に対するモデルデータとした。

(3) 教師データとは別に収集したデータ（以降、評価用データと呼ぶ）を入力とし、フー

リエ変換して得たパワースペクトルとモデルデータとの相関を取ることによって、そのデータを収集した被験者の状態を推定し、推定精度を評価した。

(4) 教師データを使って、機械学習(SVM, 決定木などを利用)を行い、評価用データを入力として状態推定を行い、その推定精度を評価した。

(5) 上記(1)～(4)について、フーリエ変換を行うタイミングなどを検討し、推定精度が高くなる手法および処理が軽量化できる手法を検討した。

(5) 加速度センサの情報だけでは、歩行と階段での歩行の区別が難しいことがわかったので、環境音（店舗等のBGMなど）を利用して移動方向、移動速度などを検出出来るかについても検討を行った。

(6) 多人数のデータからの状態推定が困難なことから、教師データとして歩行者自身のデータのみを用いて機械学習を行った場合の状態推定についても検討を行った。

表 1 k-means 法の状態推定精度

%	Stay	Walk	Jog	Skip	StUp	StDown
Stay	87.3	1.9	1.1	0.9	5.5	3.4
Walk	6.6	54.3	0.6	1.2	31.5	5.7
Jog	3.5	1.2	83.1	4.3	2.1	5.7
Skip	2.1	5.1	2.2	68.9	4.1	17.6
StUp	7.9	14.4	0.4	0.3	64.3	12.8
StDown	4.8	18.5	0.1	1.2	28.9	46.5
OverAll	67.3					

表 2 SVM の状態推定精度

%	Stay	Walk	Jog	Skip	StUp	StDown
Stay	87.8	4.4	1.1	1.1	4.0	2.0
Walk	2.5	72.7	1.0	1.2	13.5	9.1
Jog	2.2	3.0	89.3	1.2	0.9	3.4
Skip	2.0	2.6	2.4	82.0	1.3	9.8
StUp	2.6	26.8	0.2	0.5	56.2	13.8
StDown	2.3	21.0	2.3	3.8	13.3	57.3
OverAll	74.5					

表 3 決定木の状態推定精度

%	Stay	Walk	Jog	Skip	StUp	StDown
Stay	80.2	8.4	3.8	1.4	4.3	4.1
Walk	2.0	56.5	2.0	1.7	23.2	14.8
Jog	1.9	1.8	86.9	2.6	1.5	5.3
Skip	1.8	1.8	3.0	83.6	2.0	7.8
StUp	2.2	16.0	1.0	1.0	60.9	18.9
StDown	1.8	13.1	2.3	4.1	18.9	60.0
OverAll	71.3					

4. 研究成果

多くの被験者の加速度データを教師データとして用いるために、HASC Challenge (<http://hasc.jp/>)に参加し、同Challengeで作られた大規模データベース(HASC Corpus)を併用した。これにより、100名以上の被験者の加速度データを利用することが可能となった。

加速度センサを用いた歩行者の状態推定の結果を、Confusion Matrixとして表1～3に示す。

なお、ここで「Stay」は静止、「Walk」は歩行、「Jog」は走行、「Skip」はスキップ、「StUp」は階段上り、「StDown」は階段下りを表し、「OverAll」は全体の平均を表す。また、左列が正しい状態を表し、その状態の時に推定した結果(上行)をその右にそれぞれ%で表している。左上から右下に掛けての対角線上の数値が、それぞれの状態における推定結果の正解率である。推定精度が比較的高いところ(80%以上)は赤く、推定精度が低いところ(60%未満)は青く表示している。

この結果より、多くの状態でSVMが最も推定精度が高いことがわかった。一方で、どの手法を用いても、階段上り(StUp)および階段下り(StDown)の推定精度が60%程度しかなく、いずれも歩行(Walk)あるいは別の階段での行動と誤判定される確率が高いことがわかる。

表1～3の正解率だけをまとめたものを図1に示す。

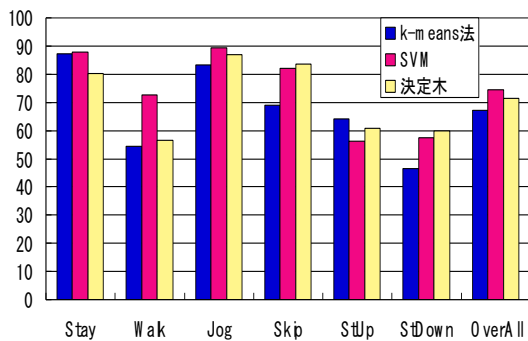


図1 状態推定結果

図1に示されるように、それぞれの推定方式において、若干の差があるものの、いずれも歩行と階段上り、階段下りの正解率が低いことがわかる。また、k-means法は機械学習に比して、全般的に推定精度が低いことがわかる。

以上の結果より、現状では加速度センサのみを用いた状態推定では、位置補正に用いるには十分な精度が得られないということがわかった。

この点については、今後の課題であるが、スマートフォンに搭載されている他のセン

サとの併用により、さらなる精度向上を目指す必要がある。特に階段上り、階段下りの判別は重要であり、これらの推定精度向上のために適したデバイスの選択をする必要がある。

また、3章(5)に記載したBGMなどの環境音を用いて移動方向、移動速度を検出する手法については、いくつかの基礎実験を行ったが、位置推定の精度を高めるための十分なデータは得られていない。

同様に3章(6)に記載した、事前に集めた本人のデータからモデルデータの作成あるいは学習を行い、推定精度を高める手法についても、基礎的なデータを収集したが、現状では状態推定の精度を大幅に高めることは出来ていない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

① 沼 杏子, 屋代 智之, 「歩行者の状態推定の軽量化に関する一検討」, 情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム (CDS), 査読有, Vol. 2(1), pp.67-73 (2012-03-21)

<http://id.nii.ac.jp/1001/00081457/>

[学会発表](計5件)

① 沼 杏子, 屋代 智之, 「加速度センサを用いて歩行者ナビゲーションの位置を補正する手法の提案」, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2010)シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2010, pp.961-967 (2010/7/8) (岐阜県・下呂温泉)

② 沼 杏子, 屋代 智之, 「歩行者の状態推定を用いた歩行者ナビゲーション手法の提案」, 情報処理学会第43回高度交通システム研究会 (2010-ITS-43(20)) Vol.2010, No.20 pp.1-6(2010/11/12) (兵庫県・神戸大学)

③ 沼 杏子, 屋代 智之, 「歩行者の状態推定の軽量化に関する一検討」, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2011, pp.308-314 (2011/7/6) (京都府・宮津)

④ 沼 杏子, 屋代 智之, 「SVMを用いた歩行者の状態推定手法の提案」, 情報処理学会第47回高度交通システム研究会(2011-ITS-47(3)) Vol.2011, No.3, pp.1-6(2011/11/10) (鹿児島県・鹿児島市)

⑤ Kyoko Numa, Tomoyuki Yashiro, "A Study of Lightweight Pedestrian State Estimation", International Conference on

Human Probes and Smartphone Sensing(ICH PSS 2011), pp.24-28 (2011/12/16) (タイ・チェンマイ)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

屋代 智之 (YASHIRO TOMOYUKI)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60306397

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者