

スマートフォンを用いた移動状態推定手法に関する一検討

篠崎 優介† 羽多野 裕之† 藤井 雅弘† 渡辺 裕†

† 宇都宮大学

1 はじめに

近年、携帯端末を保持するユーザの行動やその周辺の環境を携帯端末上のセンサの情報から推定するコンテキストウェア技術が盛んに研究・開発されている。この技術により、ユーザの行動に適応して端末の動作を切り替えることが可能となる。

本稿ではユーザの行動推定を行うための手がかりとしてユーザの移動状態に着目し、「静止」「乗車」「歩行」「走行」の4つの移動状況を対象とした移動状態推定を行う。その際に用いる判別器の様々な組み合わせ方について検討し、適切な判別器の構成を明らかにする。

2 関連研究

携帯端末を使用してユーザの移動状態を推定する研究はこれまでも様々行われている。[1]ではGPSによって得られるユーザの移動速度を利用して「徒歩」、「自動車」、「電車」の移動状態を推定している。しかしながら、GPSを利用する手法ではトンネルなどにより長時間GPSが測位不能となる場合に正しく推定が行えないという問題が存在する。

[2]では加速度センサによって得られた加速度から推定した線形加速度及び重力加速度を用いて特徴量を算出し、ニューラルネットワークにより移動状態の推定を行っている。しかしながら、加速度の時間変化が小さい「静止」と「乗車」の間の推定精度が低下することが問題となっている。

そこで本稿では「静止」と「乗車」の間の推定精度向上のため[2]の手法を発展させ、新たな特徴量を導入し、その際の判別器の最適な構成に関して検討を行う。

3 提案方式

3.1 特徴量抽出

提案する移動状態判別手法では端末に内蔵されている3軸加速度センサ及び3軸地磁気センサを使用する。[2]では、加速度センサ情報として端末から得られる加速度から推定した、時刻 t での3軸重力加速度 $\mathbf{a}_G(t)$ 及び3軸線形加速度 $\mathbf{a}_L(t)$ を使用して、線形加速度のノルム $F_1(t) = \|\mathbf{a}_L(t)\|$ 、線形加速度と重力加速度の内積 $F_2(t) =$

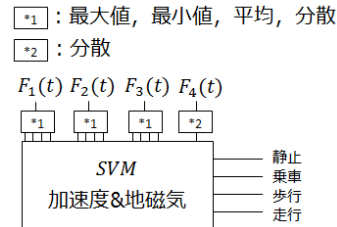


図1: 提案構成1

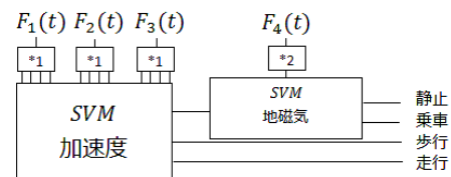


図2: 提案構成2

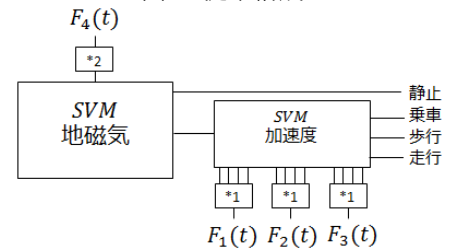


図3: 提案構成3

$\mathbf{a}_G(t) \cdot \mathbf{a}_L(t)$ 及び外積のノルム $F_3(t) = \|\mathbf{a}_G(t) \times \mathbf{a}_L(t)\|$ を算出し、 $F_1(t)$, $F_2(t)$, $F_3(t)$ の区間 W_s 内での4種基本統計量（最大値、最小値、平均、分散）をそれぞれ求め、合計12次元特徴量に基づき行動推定を行っている。本検討では更に、地磁気センサ情報として得られる時刻 t での3軸地磁気 $\mathbf{m}(t)$ を用いて、そのノルム $F_4(t) = \|\mathbf{m}(t)\|$ を算出し、 $F_4(t)$ に対して分散を計算し、これを加速度系の12次元特徴量に加えて、合計13次元の特徴量として移動状態推定を行う。本提案方式で、[2]で指摘されている「静止」と「乗車」間の判定精度劣化に対応するために、携帯端末の移動によって変化が生じる可能性の高い地磁気センサ情報を導入する。

3.2 判別器の構成

特徴量抽出で得られた13次元特徴量を用いて、移動状態の推定を行う。本手法では推定を行うための判別器として、未学習のデータに対して高い汎化性能を持つサポートベクタマシン (SVM) を使用し、その際の SVM の構成に関して精度の検証を行う。本稿で検証を行った SVM の構成を図1から図3に示す。図1の構成では、全ての特徴量を用いて4移動状態を判別する。

A Study on moving state estimation method using smartphone
 †Yusuke SHINOZAKI †Hiroyuki HATANO †Masahiro FUJII
 †Yu WATANABE
 †Utsunomiya University

表 1: 学習データ収集状況

	静止	乗車	歩行	走行
胸ポケット	20%	53%	19%	8%
ズボンポケット	18%	49%	24%	9%

図 2 の構成では, [2] の欠点を補うために, 加速度センサによる特徴量を用いて「歩行」と「走行」のみを判別し, 「静止」と「乗車」の判別は地磁気センサによる特徴量を用いて行う. 図 3 の構成では, まず, 地磁気センサによる特徴量により「静止」のみを判別し, その他の状態の判別は加速度センサによる特徴量を用いて行う.

4 評価と考察

4.1 センサデータの収集

SVM の学習データ及び推定対象データ収集のため 4 つの移動状態での加速度及び地磁気データを収集した. 収集の際に使用した端末は Sony Mobile Communications 社の IS11S で, データ取得のサンプリング周期は 20Hz とした.

4.2 SVM の学習

端末の保持状態によって得られるセンサ情報の傾向が大きく異なることが報告されている [3]. そこで本検討では, 保持状態として「胸ポケット」と「ズボンポケット」に限定し, 保持状態毎の評価を行う. 2 つの保持状態それぞれでの 4 つの移動状態での学習データの収集状況を 1 に示す. 学習データは, それぞれの保持状態において, 5 名の被験者により計 2 時間かけて収集された. この学習データを用いて図 1 から図 3 の各判別器構成に対して学習を行う.

4.3 推定精度評価

表 2 から表 4 に収集された合計 2 時間 30 分のデータを提案構成 1 から 3 までを使用して推定を行った際の結果を示す. 真に「移動状態 A」であった標本数を N_A , 「移動状態 A」と推定された標本数を $N_{\hat{A}}$, 真に「移動状態 A」でありかつ, 「移動状態 A」と推定された標本数を $N_{A\hat{A}}$ とする時, 表中の適合率は $N_{A\hat{A}}/N_{\hat{A}}$ を, 再現率は $N_{A\hat{A}}/N_A$ を, F 値は適合率と再現率の調和平均を意味する. 基本統計量を算出する際の区間 W_5 は 10 秒とした [2].

端末の装着位置を胸ポケットとした際は, 提案構成 1 で最も高い推定精度を得ることができた. 提案構成 2 及び提案構成 3 では提案構成 1 と比較すると推定精度が低下した. これらの構成では「静止」における適合率の低下が見られた. これは移動の際に周囲に建物などが少なく地磁気の変化が小さくなった時, 提案構

表 2: 推定結果 (提案構成 1)

	胸ポケット			ズボンポケット		
	適合率	再現率	F 値	適合率	再現率	F 値
静止	0.945	0.945	0.945	0.987	0.781	0.872
乗車	0.96	0.949	0.954	0.921	0.955	0.938
歩行	0.988	0.977	0.983	0.894	0.951	0.922
走行	0.961	0.999	0.98	0.917	0.953	0.934

表 3: 推定結果 (提案構成 2)

	胸ポケット			ズボンポケット		
	適合率	再現率	F 値	適合率	再現率	F 値
静止	0.902	0.948	0.924	0.848	0.782	0.814
乗車	0.96	0.924	0.942	0.917	0.932	0.924
歩行	0.99	0.977	0.983	0.906	0.962	0.933
走行	0.974	0.999	0.986	0.974	0.952	0.963

表 4: 推定結果 (提案構成 3)

	胸ポケット			ズボンポケット		
	適合率	再現率	F 値	適合率	再現率	F 値
静止	0.744	0.947	0.834	0.843	0.82	0.831
乗車	0.958	0.925	0.941	0.93	0.931	0.93
歩行	0.988	0.833	0.904	0.914	0.963	0.938
走行	0.987	0.82	0.896	0.974	0.952	0.963

成 1 では加速度系の判別器により推定を行えるが, 提案構成 2 及び 3 では, 地磁気系の判別器によって過剰に「静止」であると推定されているものと思われる.

端末の装着位置をズボンポケットとした際は, 「静止」及び「乗車」では提案構成 1, 「歩行」及び「走行」では提案構成 3 で最も高い推定精度を得ることが出来た. これは提案構成 1 では装着位置を胸ポケットとした場合とは逆に地磁気系の特徴量により「静止」が過度に抑制された結果, 他の状態の適合率が低下した事によるものと思われる.

5 まとめ

本稿では既存研究で多く用いられてきた加速度系の特徴量に加え, 地磁気系の特徴量を使用して移動状態推定を行う際の判別器の構成に関して検討を行った. 推定の際に最も高い精度が得られる判別器の組み合わせは端末の装着位置により異なる可能性が存在することを示した. 今後は各状態間の遷移確率に基づく推定の補正手法の検討を行う予定である.

参考文献

- [1] 前司敏昭, 堀口良太, 赤羽弘和, 小宮粹史. GPS 携帯端末による交通モード自動判定法の開発. 第 4 回 ITS シンポジウム, 2005.
- [2] 池谷 直紀, 菊池 匡晃, 長 健太, 服部 正典. 3 軸加速度センサを用いた移動状況推定方式. 電子情報通信学会技術研究報告. USN, ユビキタス・センサネットワーク: IEICE technical report, pp. 75–80, jul 2008.
- [3] Ling Bao, Stephen S. Intille. Activity recognition from user-annotated acceleration data. pp. 1–17. Springer, 2004.