

携帯電話の連続的な格納場所判定のための 格納動作時および歩行中の判定処理併用手法

河内智志 † 藤波香織 †

東京農工大学 工学府 情報工学専攻 †

1 はじめに

モバイルセンシングにとって重要な要素の一つはセンサコンテキストであるといわれている [1]. 特に端末の装着場所はセンサ値に大きく影響する. これまで我々は端末内蔵の加速度センサを利用し, 歩行動作中に身体上5か所(ズボン前後, ジャケット, 胸の各ポケットおよび首から提げる)から端末の格納場所判定を行う機能の提案と実装を行ってきた [3]. しかし, 歩行中のみを対象としたその手法は, 静止中や端末の利用中など判定結果を保証できない範囲が存在していた.

これに対して本稿では端末の格納動作に着目した判定手法を提案し, 歩行動作による場所判定との併用によって連続的な格納場所判定を実現する.

2 手法概要

提案する格納場所判定アルゴリズムを図1に示す. 3軸加速度センサから25Hzのサンプリング周波数で得られるストリームデータから, 256サンプルのウィンドウを生成する. 次に端末の取り出しや格納のように端末の場所が変わる際に発生する単発性の動作をジェスチャ動作とみなし, ウィンドウ中でその存在を検出し, 存在する場合は当該区間を切り出す. その後, 異なる場所判定手法を含む処理に分岐する. “歩行動作に着目した場所判定”(以下“歩行時判定”)とは歩行時に端末が受ける加速度パターンから端末の格納場所を判定することである. “格納動作に着目した場所判定”(以下“格納時判定”)とは, 端末の格納時に生じるジェスチャ動作の加速度パターンからその動作による格納先を判定することである. なお, 図1のA~Cの分岐で直前のループ処理の内容を考慮した判断により, 当該ループでの判定の実施要否を決定する.

実装したシステムでは図1の1回の判定処理を300ミリ秒ごと(およそ8サンプル毎)にループ処理している. ただしジェスチャ動作が含まれた場合は次のループ処理までの時間を動的に変更し, ジェスチャ動作が次のウィンドウに含まれなくなる時間まで待機する.

以下の節では“ジェスチャ判定”, “歩行時判定”および“格納時判定”に焦点を当てる. なお“動作判定”ではMuraoらが提案した動作認識手法[2]を応用した.

3 ジェスチャ判定

ジェスチャ判定によって検知されるべき動作は上述の格納・取り出し動作の他に, 端末を手元から机上などに置く動作とその逆の取り上げ動作である. ジェスチャ判定は1. 波形平滑化, 2. 局所標準偏差の計算, 3. 閾値による区間切り出し, の手順から成る. 波形平滑化は式(1)により加速度系列のある値 $A[i]$ とその前後

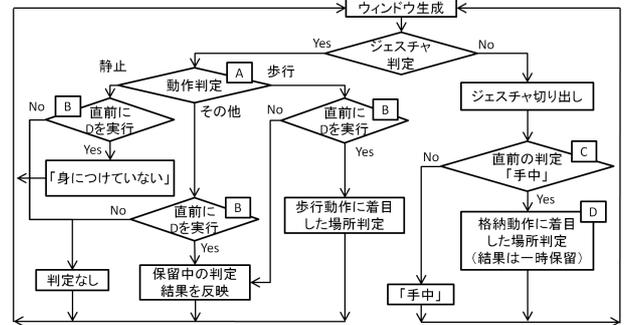


図1: 格納場所判定アルゴリズム

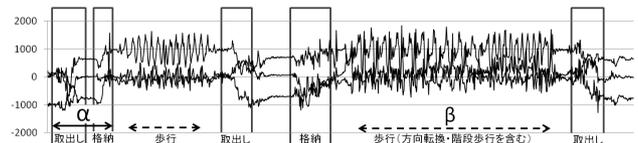


図2: ある行動におけるジェスチャ動作切り出しの例(枠の部分は提案方式により切り出された区間を表す)

d_a サンプルの平均値計算による移動平均を行う. 次に, 得られた平滑化ウィンドウ $A'[i]$ に式(2)を適用し, 前後 d_v サンプルの範囲で標準偏差を計算する. \bar{A}' は A' の区間 $[i - d_v, i + d_v]$ の局所的な平均値である. なおパラメータは実測の上で $d_a = 20, d_v = 25$ とした. 以上を3軸それぞれについて計算することで3つの $V[i]$ が得られる. 次に得られた3つの $V[i]$ を平均した $V'[i]$ を得る. 最後に $V'[i]$ に閾値を超えた値が含まれる場合をジェスチャ動作を含んでいるものとし, 閾値を超えた区間を切り出す. 本稿では閾値を90とした. 図2はある行動における3軸加速度データからジェスチャ動作を切り出した様子である. 図2には520ミリ秒しか間のない連続したジェスチャ動作(区間 α)や, 平坦な地形ではない階段での歩行や折り返しによる方向転換(区間 β)を含んでいる. しかしこのような動作間隔の短さや歩調の乱れの影響を受けず, 先述した端末の移動動作のみを1つずつ切り出せていることが分かる.

$$A'[i] = \frac{1}{2d_a + 1} \sum_{k=i-d_a}^{i+d_a} A[k] \quad (1)$$

$$V[i] = \sqrt{\frac{1}{2d_v + 1} \sum_{k=i-d_v}^{i+d_v} (A'[k] - \bar{A}')^2} \quad (2)$$

4 歩行時判定

生成したウィンドウが歩行行動のデータである場合には分類器による“歩行時判定”を行う. ここではニューラルネットワークの一種である多層パーセプトロンによる分類器を用いた. 分類器にウィンドウから抽出した29種類の特徴量を与えることで5か所の格納場所から判定結果を1つ得る. なお特徴量は文献[3]で用いたものと同じである.

A Recognition System for Stored Positions of a Pedestrian's Smart Phone Including Stationary States

†Satoshi KOUCHI †Kaori FUJINAMI

†Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

表 1: 歩行時判定の評価 (10 分割交差検定法)

判定	ズボン前	ズボン後	胸	首	ジャケット	再現率
ズボン前	3451	55	7	7	25	97.4%
ズボン後	48	3594	16	3	30	97.4%
胸	14	28	3476	12	64	96.7%
首	6	8	10	3631	13	99.0%
ジャケット	32	50	82	33	3295	94.4%
適合率	97.2%	96.2%	96.8%	98.5%	96.2%	97.0%

表 2: 格納時判定の評価 (10 分割交差検定法)

判定	ズボン前	ズボン後	胸	首	ジャケット	再現率
ズボン前	401	24	18	3	38	82.9%
ズボン後	16	440	5	9	11	91.5%
胸	23	2	442	4	3	93.2%
首	2	10	0	460	2	97.0%
ジャケット	48	16	5	8	369	82.7%
適合率	81.8%	89.4%	94.0%	95.0%	87.2%	89.5%

5 格納時判定

ジェスチャ動作が切り出され、かつ直前の判定が「手中」である場合は端末が格納された可能性があるとしてサポートベクターマシンによる「格納時判定」を行う。特徴量として標準偏差、最小値および最大値の絶対値、第3四分位数、四分位範囲、二乗平均平方根の6種類を3軸それぞれについて求めたもの、さらに3軸総当たりの相関係数を加えた計21種類を利用する。

6 判定の精度評価

6.1 利用端末

精度評価はあらかじめ収集したデータを用いてオフラインで行った。全てのデータ収集には HTC 社 Nexus One (Android2.3.6) を用いた。なお、評価を行った分類器を含む提案手法は全て同端末に実装を完了している。実装においては Android の「サービス」を利用したため、本手法のバックグラウンド動作および任意のアプリケーションからの利用が可能である。実装の構造および利用例は文献 [3] にて述べている。

6.2 歩行時判定の精度

「歩行時判定」に用いた分類器の学習および精度評価を行うため大学生24人(うち女性3人)の歩行動作データを収集した。1か所あたり5分間、合計600分間のデータを10分割交差検定法による評価に用いた。

判定結果を表1に示す。正解率は97.0%であった。かつて5人分のデータを利用した場合に得た正解率91.0% [3] と比較して精度向上が確認できた。学習に用いる行動データの増加が認識率の向上に一定の効果があると言われており [5]、精度向上はこれが理由であると考えられる。最も低い精度を与えたのはジャケットの再現率94.4%であった。ジャケットのポケットは形状が服によって異なりやすいこと、服の前の開閉によって状態が変わることなどの条件により端末の動きが変化しやすいことが他と比べて低い理由であると考えられる。しかし全ての場所で90%を超える精度を示したことから構築した分類器は良好な精度を持ったと考えられる。

6.3 格納時判定の精度

「格納時判定」に用いた分類器の学習および精度評価を行うため大学生16人(うち女性4人)の格納動作データを収集した。1か所あたり30回、合計2400回分のデータを10分割交差検定法による評価に用いた。

判定結果を表2に示す。正解率は89.5%となり、「歩行時判定」の精度より7.5ポイント下がった。誤りが多いのはジャケットポケットとズボン前ポケットであり、相互の誤判定がみられる。考えられる要因は両者の位置が近いことである。ジャケットの丈が長い場合、そのポケットの位置は太ももに近い位置となる。そのため格納動作時に得られる加速度データが両者間で類似し、判定結果を誤りやすくなったものと考えられる。しか

し、全体の正解率は90%近くに達しているため、「歩行時判定」と同様に良好な結果であると考えられる。

7 今後の課題

提案手法では「格納時判定」において鞆に入れる事例を考慮していない。これは鞆に端末を入れる動作を特定の格納動作として定義できないことが最大の理由である。このため、動きの違い以外の情報を取り入れた手法の開発が必要となる。なお、「歩行時判定」においてはすでに [4] で報告した。

また、ジェスチャ判定による端末の移動検知がアルゴリズムの最初の分岐点であるため、この誤りは判定全体に大きな影響を与える。例として、1. 端末が手元で急回転すると格納動作の発生と誤検知し、格納されたとして判定する、2. ズボン前ポケットに入れたまま椅子に座ると、座る動作をジェスチャ動作と誤検知し取り出されたと判定する、ということが考えられる。格納状態の正確な判断のためには切り出されたジェスチャ動作をさらに格納と取出しとそのどちらでもない動作に区別することで、「格納時判定」の実施要否や「手中」「身につけていない」状態を適切に判断する必要がある。

8 まとめ

本稿では、格納動作や歩行動作などの加速度パターンを区別することにより、2つの判定手法を併用した格納場所判定アルゴリズムを提案した。これにより格納場所判定が静止や端末の取出しにも対応した。またその主要要素である「歩行時判定」および「格納時判定」についての評価を行った。結果として「歩行時判定」では97.0%、「格納時判定」では89.5%という高い正解率を確認できた。また、今後の課題として鞆への対処、格納状態のより高精度な識別などが挙げられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(A):23240014)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] E.Miluzzo, et al. "Pocket, Bag, Hand, etc. - Automatically Detecting Phone Context through Discovery", In PhoneSense 2010, pp.21-25, 2010.
- [2] K.Murao, et al. "A Motion Recognition Method by Constancy-Decision", In Proc. of ISWC2010, pp.1-4, 2010.
- [3] 河内, 他 "携帯端末の身体上格納場所判定機能のスマートフォンへの実装", インタラクシオン 2011, pp.531-534, 2011.
- [4] 河内, 他 "携帯電話の格納場所の判定 ~鞆への格納状態の認識~", 情処学会第74回全国大会, 2012.
- [5] 小川, 他 "HASC2010corpus を用いた被験者数と人間行動認識率の相関分析", DICOMO シンポジウム論文集 2011, pp.76-82.