

加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法

千葉雄樹 小西勇介 中尾敏康

NEC サービスプラットフォーム研究所

1.はじめに

近年、人物が身につけたセンサの出力から、その人物の行動や周辺状況を把握し、それに応じて適切なサービスを提供する試みが多くなされている。^[1]

センサ出力の時系列データから人物行動を判定する方法としては、一定の時間幅（以下、時間窓）に含まれたデータから平均値や分散値などの特徴量を算出し、それらの特徴量を基に決定木などの識別器を用いて行動を判定する方法が一般的である。しかしながら、ある一定時間 w の時間窓で得た時刻 $t-w$ から時刻 t までの過去のデータから、ある時刻 t における行動を判定しようとする、時間窓内で行動が変化した場合に行動を正しく判定できないことがある。その理由は、時間窓から算出した特徴量が行動変化前のデータに影響を受けてしまうためである。そこで本稿では、時間窓内で行動が変化したときでも、精度良く、かつ時間遅れなく現在の行動を判定できる提案手法について説明する。

2.加速度を用いた人物行動判定

我々は、小売店舗などにおける、顧客行動に応じた情報配信サービスの実現に向けて、研究開発を進めている。このようなサービスにおいて、顧客の行動に合わせてタイミング良く情報を配信するためには、顧客の行動を精度良く、かつ時間遅れなく判定する必要がある。そこで我々は、近年携帯電話などに搭載される例が増えている加速度センサを用いて、特に顧客の「歩行」と「停止」を精度良く、かつ時間遅れなく判定する手法について検討した。

2.1 加速度を用いた歩行/停止判定手法

実験に用いた加速度センサデバイスを図 1 に示す。本デバイスには 3 軸加速度センサが内蔵されており、サンプリング周波数は 10Hz である。

本デバイスを首から掲げた被験者の「歩行」と「停止」を、加速度センサの時系列データから判定することとする。

内蔵された加速度センサで実際に取得したデータの例を図 2 に示す。図 2 は、時間窓を 1 秒



図 1 : 加速度センサデバイス

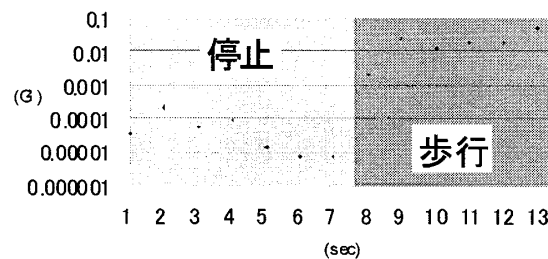


図 2 : 予備実験結果

とし、1 秒毎の各時点で時間窓に含まれる鉛直方向加速度データ (10Hz×1 秒=10 件) から算出した分散値を対数軸でプロットした結果である。この結果から、分散値の閾値を $0.001[G^2]$ として、分散値がこれより大きければ「歩行」、そうでないならば「停止」とすることで、「歩行」と「停止」の 2 つの行動をほぼ正しく判定できることが分かる。この方法を用いて予備実験を行った結果、1 秒間の分散値から 1 秒毎に「歩行」と「停止」を判定すると、行動が変化しない場合には、平均で約 95% の正答率が得られた。

2.2 分散値を用いた行動判定の課題

しかしながら、一定時間窓で取得した時系列データの分散値に基づく上に述べた行動判定手法では、以下の問題が生じることが分かった。

時間窓の中で行動が「歩行」から「停止」に変化したとき、現在の行動が「歩行」と誤って判定されてしまうことが多い。その理由は、分散値はデータの散らばりを表す統計量であるため、時間窓中に加速度変化の大きい区間が含まれていると、その影響により分散値が大きくなってしまふからであると考えられる。その結果、行動が「歩行」から「停止」に変化した直後は、「歩行」と誤って判定されてしまい、正しく「停止」と判定されるのは、その次の判定時となる。「停止」のタイミングを正確に捉える必

要のあるサービスのためには、このような「停止」直後の誤判定は避ける必要がある。

3. 時間応答性改善手法

3.1 時間窓の長さで判定正答率の関係

まず、分散値算出に用いる時間窓を短縮し、短い間隔で判定を行うことで、行動が変化したときの判定の時間遅れを改善しようと試みた。

時間窓を 0.5 秒とし、2.1 で述べたのと同様の方法で行動判定を行った結果、正答率が平均約 88%程度に低下した。特に、「停止」を「歩行」と誤判定する例が多くなっていることが分かった。これは、時間窓を短縮することで、加速度データに含まれるノイズによる分散値への影響が大きくなってしまふことが原因であると考えられる。このようなノイズは、センサの特性として生じるだけでなく、体を傾けたり揺らしたりしたときのような「歩行」と「停止」以外の行動によっても発生する。

このように、時間窓を長くすると時間遅れによる誤判定が増加する一方、時間窓を短くするとノイズによる誤判定が増加する。すなわち、一定の時間窓を用いた行動判定には、時間窓の長さに応じたトレードオフが存在する。

3.2 時間窓制御手法

そこで我々は、時間窓の長さに応じたトレードオフを解決するため、分散値算出に用いる時間窓の長さを、得られた分散値の値に応じて制御する手法を提案する。

まず 1 秒間の時間窓を用いて算出した分散値で閾値判定を行い、「歩行」か「停止」かを判定する。ここで分散値が「停止」判定の範囲であった場合、この時点で「停止」という判定結果を出力するが、分散値が「歩行」判定の範囲にあった場合、用いた 1 秒間の時間窓から後半 0.5 秒分のデータを用いて再度分散値を算出し、これを用いて「歩行」「停止」の判定を行う。こうして得られた判定結果を、1 秒間の時間窓から得られた行動として出力する。

このように、長い時間窓で算出した分散値が小さい値だった場合、「停止」判定を優先し、ノイズによる誤判定が発生することを防止する。しかし、長い時間窓で算出した分散値が大きい値だった場合は、短い時間窓で算出した分散値を用いて「歩行」と「停止」を判定し直し、長い時間窓の中で「歩行」から「停止」に変化したときの時間応答性を改善する。

その結果、ノイズによる誤判定と時間遅れによる誤判定という、時間窓長さに応じて生じるトレードオフを解決できる。

表 1 : 各時間窓の正答率

		時間窓中の行動変化			
		歩行→停止	停止→歩行	歩行→歩行	停止→停止
時間窓長さ	1秒	31%	100%	100%	98%
	0.5秒	93%	96%	98%	89%
	時間窓制御	93%	96%	98%	98%

4. 評価

「歩行」と「停止」を交互に繰り返し行った時に得られた加速度データを用いて、「1 秒間の時間窓で判定」(A)、「0.5 秒間の時間窓で判定」(B)、「時間窓制御を用いて判定 (提案手法)」(C) の 3 つの方法で、それぞれ「歩行」と「停止」の判定を行った。得られた判定結果を、各時間窓中での行動変化に応じて、「歩行から歩行」、「歩行から停止」、「停止から歩行」、「停止から停止」の 4 種類に分け、それぞれにおける(A), (B), (C)の判定正答率を比較・評価した。その結果を表 1 に示す。

「歩行から歩行」と「停止から歩行」については、用いた時間窓によらず判定正答率に有意な差は出ず、いずれも約 95%以上の正答率であった。「歩行から停止」に関しては (A)の場合、正答率が約 31%であったのに対し、(B)と(C)の場合は約 93%であった。しかし、「停止から停止」の場合、(B)が 89%程度の正答率であったのに対し、(A)と(C)は 98%程度となった。以上より、(C)の時間窓制御手法は、他の 2 つの手法と比較して、時間窓中の行動変化によらず高い正答率を保てることが分かった。

5. まとめ

本稿では、顧客の立ち止まりを検出してタイミング良く情報配信を行うサービスを想定し、加速度データから算出した分散値に基づいて「歩行」と「停止」を判定する手法について検討した。用いる時間窓の長さを制御することにより、ノイズによる誤判定の防止と時間応答性を両立することができる行動判定手法を提案し、その有効性を確認した。

今後、他の特徴量および判定手法への適用や、時間窓制御の処理手順の改良を行い、より多くの行動を高精度に判定できる手法の開発を目指すとともに、実サービスにおける有用性の実証を進めていく。

参考文献

- [1] N.Kern et al, "A Model for Human Interruptability: Experimental Evaluation and Automatic Estimation from Wearable Sensors", *Wearable Computers*, 2004, Vol.1, 158-165, ISWC 2004.