

M-013

## 3 軸加速度センサを用いた隠れマルコフモデルによる人間の行動識別 Behavioral Distinction Based On Hidden Markov Model Using Triaxial Acceleration Sensor

浅野 翔<sup>†</sup>伊藤 真也<sup>†</sup>竹内 伸一<sup>‡</sup>田村 哲嗣<sup>¶</sup>速水 悟<sup>¶</sup>

Sho Asano Shinya Ito Shinichi Takeuchi Satoshi Tamura Satoru Hayamizu

### 1. はじめに

近年、人間の行動推定に関する研究が数多く行われており、現在、ウェアラブルセンサを用いた行動計測手法の1つとして、比較的小型である加速度センサが広く用いられている[1-4]。加速度センサを用いた研究の中でも、複数の加速度センサを用いた研究[1-3]や単一の加速度センサを用いた研究[4]があり、複数の加速度センサを用いた研究では、細かい動作分類を目指し、高精度な認識が行われている。単一の加速度センサを用いた研究では、装着性を考慮した高精度な研究が行われている。

本研究では、部屋の中にいる人間の生活を遠隔で見守るリアルタイム支援システムを目指す。リアルタイムで見守るためには、常に装着している必要があり、小型軽量化および装着性が重要なポイントとなる。そこで、一つの加速度センサを腰に装着し行動推定を行う。また、部屋の中の生活より、人間の基本的な行動をいくつかしぼり認識を行った。認識には音声認識でよく使われる隠れマルコフモデル(HMM)による行動推定を行った。そして、実験を通じてより良いHMMの状態数や加速度特徴量について検討した。

### 2. HMMによる行動認識

本研究では、隠れマルコフモデル(HMM)を用いて認識を行った。HMMは、統計的モデル化手法として音声・画像認識分野でその有効性が示されている。HMMを用いた動作認識の研究事例として、三次元位置センサを用いた指先の動作の認識を行う研究がある[5]。本研究では、連続型HMMでleft-to-right型のモデルを利用した。学習、認識にはHMMを利用するツールであるHTKを利用した[6]。

### 3. 加速度センサ

本研究では、ワイヤレステクノロジー社製の小型無線加速度センサを使用した。3軸(x, y, z軸)方向への加速度を計測できる。最大で±3Gの加速度を約8.8mGの精度で計測可能である。Bluetoothを用いた無線接続によって、内蔵されている3軸加速度センサで計測された加速度をホスト計算機に送信できる。計測された結果には重力加速度の影響を含んでいる。

<sup>†</sup> 岐阜大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Gifu University

<sup>‡</sup> 岐阜大学 VSL

Virtual System Laboratory, Gifu University

<sup>¶</sup> 岐阜大学工学部

Faculty of Engineering, Gifu University

### 4. 行動データの取得とラベル付け

本研究では、測定した行動データとして、以下に示す計6種類を用いた。

- ・歩く
- ・ベッドに寝る
- ・椅子に座る
- ・停止
- ・ベッドから起きる
- ・椅子から立つ

加速度センサは腰(ベルト正面部分)に取り付け、加速度を10msごとに測定した。学習用データに被験者1人の15分のデータを3セット、評価用データに被験者2人の10分程度のデータ1セットずつを収集した。データ1セットに各行動7~10程度収録している。

図1に学習用データの一部を縦軸加速度、横軸時間のグラフにして示す。

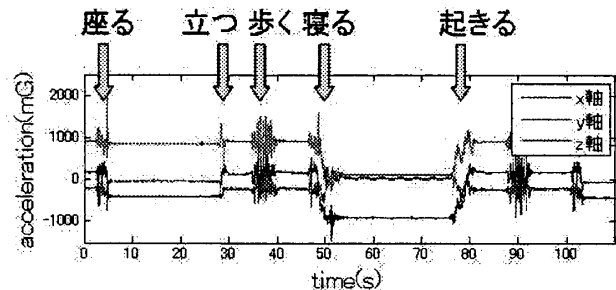


図1 加速度データ

測定した行動データをHTK形式でラベル付けを行う。

データ測定による加速度の値をみると、「停止(立つ)」「停止(座る)」「停止(寝る)」によって各軸の加速度が違っていたため、「停止」を上記の3つのラベルに分けた。ラベルには、各行動の開始時間、終了時間、行動の内容のラベルが含まれている。

### 5. 実験

本実験では、データのダウンサンプリング条件、HMMの状態数、使用する特徴量の次元数に対し、様々な値を用意し、全ての組み合わせにおいて認識率を出し、HMMで行動を認識するにあたり、どのパターンが最も良い結果が得られるのかを検討する。この結果を得ることにより、人間の行動に対してHMMを用いる場合、最良のサンプリング周期、状態数、必要な特徴量がわかる。

#### 5.1 条件

実験では、4節で収録した加速度データを、30ms, 50ms, 80ms, 100msごとにダウンサンプリングし、元のデータの10msのデータも含む5パターンの加速度データを用いた。本実験でのダウンサンプリングは、一定時間窓で加速度データの平均を用いることとする。また、

HMM の状態数に関しては、状態数 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20, 23, 25 の 10 パターンにて実験を行った。

## 5.2 特徴量

本研究では、x 軸、y 軸、z 軸の各軸の加速度 (3 次元)、一次動的特徴量  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  (3 次元)、二次動的特徴量  $\Delta\Delta x$ ,  $\Delta\Delta y$ ,  $\Delta\Delta z$  (3 次元) の合計 9 次元を求めた。各動的特徴量は窓幅を前後 50 点の線形回帰係数として求めた。実験では、求めた特徴量 9 次元と二次動的特徴量を除く 6 次元を特徴量として 2 パターンの特徴量を用いて実験を行った。

## 5.3 予備実験

ダウンサンプリングの有効性を調べるため、被験者 1 名のデータで予備実験を行った。条件は、特徴量 9 次元・10ms の加速度データ、特徴量 9 次元・50ms の加速度データの 2 パターンにて実験を行った。

データ 3 セットで学習し評価を行った CLOSE 条件の場合、いずれのパターンでも認識率約 98% の結果が得られた。さらに、学習用データ 3 セットのうち 2 セットで学習させ、残りの 1 セットで評価した LEAVE-ONE-OUT 条件における認識率は 50ms でダウンサンプリングされた加速度データ、特徴量 9 次元、状態数 13 の場合が最もよく、認識率 93.02% という結果が得られた。以上の結果から、ダウンサンプリングの有効性が確認できた。

## 5.4 結果と考察

学習用データに被験者 1 人のデータを 3 セット、評価用データに被験者 2 人のデータ 1 セットずつを用いた OPEN 条件で実験を行った認識結果を図 2 に示す。

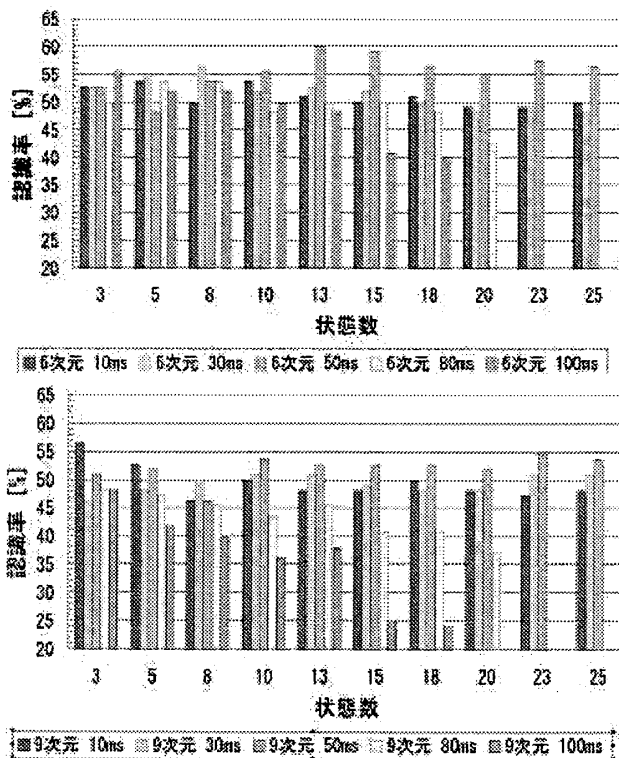


図 2 OPEN 条件における認識結果

結果より、状態数 10 以上において 50ms のデータが良い結果が得られることがわかった。最も良い結果が得られたのは、50ms でダウンサンプリングされた加速度データ、特徴量 6 次元、状態数 13 の場合で、認識率 60.19% であった。80ms 以上でダウンサンプリングした場合、状態数が多い条件では学習データが不足しモデルを構築できなかった。また、1 つのモデルがカバーする時間幅が長くなり、短い行動がうまく認識できなかったと考えられる。

特徴量に関しては、9 次元よりも 6 次元の特徴量を用いた場合の方が良い結果が得られた。加速度を直接パラメータとして利用する場合では、 $\Delta\Delta$  の特徴はあまり有効ではないものと考えられる。

本実験では、認識率が最大でも 60% と十分とはいえない。その原因としては、第一に学習用データが少ないことと、第二に被験者によって測定された加速度の値の差が大きいことが考えられる。よって、より認識率を上げるためには、加速度の値の差に影響されない特徴を考える必要がある。

## 6. まとめ

本研究では、単一の 3 軸加速度センサを腰に装着し、基本行動 6 種類に関する認識を行った。学習、認識には HTK を利用し、最適なサンプリング周期や加速度特徴量、HMM の状態数などを検討した。結果、50ms でダウンサンプリングされた加速度データ、特徴量 6 次元、状態数 13 の場合に 60.19% という認識率が得られた。

今後の課題として、学習用のデータが少なかつたため、被験者とともに、学習用データをもっと増やす。また、加速度とその  $\Delta$  だけでなく、また新たな特徴量についても考えていく。

## 謝辞

本研究の一部は、文部科学省岐阜・大垣地域知的クラスター創成事業の一環として行われた。

## 参考文献

- [1] 田淵 勝広, 納谷 太, 大村 廉, 野間 春生, 小暮 潔, 岸野 文郎, "加速度センサを用いた日常行動識別におけるデータ収集条件の識別性能への影響評価", 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.106, No.75, pp.43-48, 2008.
- [2] 石山 慎, 高橋 修, 宮本 衛市, "加速度センサを用いたオフィスでの行動推定", 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集 (4), 5ZA-4 2008.
- [3] 橋田 尚幸, 大村 廉, 今井 論太, "加速度センサを用いた日常行動識別における個人適応のための検討", 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集(4), 5ZA-5 2008.
- [4] 倉沢 央, 川原 圭博, 森川 博之, 青山 友紀, "センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法", 情報処理学会研究報告, 2006-UBI-11-(3), Vol.2006, No.54, pp.15-24, 2006.
- [5] 森本 一広, 宮島 千代美, 北岡 教英, 伊藤 克直, 武田 一哉, "ジェスチャインタフェースのための指先動作軌跡の統計的分割と正規化", 電子情報通信学会, SP2007-45, 2007.
- [6] The HTK BOOK, <http://htk.eng.cam.ac.uk/>.