

# スマートフォンを用いた生活活動時の 消費カロリー計測手法の提案

松林 静輝<sup>†</sup> 中村嘉隆<sup>†</sup> 白石 陽<sup>†</sup> 高橋 修<sup>†</sup>

公立はこだて未来大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

現在、日本人の死因のうち最も大きなものは生活習慣病である。生活習慣病の予防にとって重要なことは、摂取カロリーと消費カロリーのバランスを取ることである。しかし、摂取カロリーについては多くの食べ物に記載されているが、消費カロリーは簡単に知ることができない。そのため、簡単に消費カロリーを計算するための手法が求められている。

消費カロリーの中でも、生活活動時の消費カロリーは一日の消費カロリーを大きく左右すると考えられている[1]。生活活動時の消費カロリーを高精度に計測するためには、日常的に計測し続けなければならない。

一方、携帯電話やスマートフォンは、多くの人々が常時携帯していることや、高精度の様々なセンサが搭載されているため、近年日常計測器としての利用が期待されている。搭載されているセンサのうち、加速度センサは人の動作を加速度系列として記録することができ、動作の強弱を検出することが可能である。現在ほとんどのスマートフォンには、加速度センサが搭載されているため日常計測器として有力なデバイスとして注目されている。

そこで本研究では、日常計測器として注目を集めているスマートフォンを用いて生活活動時の消費カロリーを高精度に計測することを目的とする。

## 2. 関連研究

カロリー計測の研究として、センサから人の状態を推定し、そこから METs エネルギー換算法[3]によってカロリーを計測するという手法がいくつか考案されている。各研究の状態の推定項目に焦点を当てて述べる。

### 2.1. METs エネルギー換算法

METs エネルギー換算法とは以下の式で表される。

$$EE = 1.05 \times M \times W \times T \quad (1)$$

$EE$ とは消費カロリー (kcal) ,  $M$ は運動強度 (METs)

$W$ は体重 (kg) ,  $T$ は運動時間 (時間) である。また、METs とは運動の強度を示す指標であり、エネルギーを消費するすべての動きに METs 値が規定されている[3]。

### 2.2. センサを用いた消費カロリーの計測

笠ら[1]は非運動性活動に着目し、市販の加速度センサを使い「座位」「立位」「歩行」「走行」の4つの状態を推定し、その状態に対応した METs 値から消費カロリーを計測している。「歩行」「走行」

南川[2]らは、移動状態に着目し、携帯端末を使って、「停止」「歩行」「走行」「自転車」「電車、自動車、バス」の状態推定を行っている。さらに「歩行」においては、「通常」「階段上り」「階段下り」の識別を行っている。

### 2.3. 関連研究の問題点

表1に示すように、同じ「歩行」でも、そのスピードや、階段歩行などで METs 値は大きく異なる。「走行」時も同様である。

高精度に消費カロリーを推定しようと考えれば、スピードや階段であるかどうかなどの推定は不可欠で、この点を考えると[1]の研究では、状態推定の階段の推定、歩行・走行時のスピードの推定が不足しており、[2]の研究でも歩行・走行時のスピードの推定が不足していると考えられる。

表1 METs 値の例

METs	活動内容
2.5	歩行 (54m/分)
3.0	歩行 (67m/分)
3.3	歩行 (81m/分)
3.8	歩行 (94m/分)
4.0	歩行 (100m/分)
5.0	歩行 (107m/分)
8.0	歩行 (階段昇り)

## 3. 提案手法

本研究では前提条件として、端末の装着場所はズボンの横ポケットに限定する。

提案手法の全体の流れについて以下に示す。

- [1] 加速度センサ値の重力成分を除去し合成加速度を算出
- [2] 合成加速度の鉛直方向成分の分散を計算

“An energy expenditure estimation method of life activities using smartphone”

Yoshiki Matsubayashi<sup>†</sup>, Osamu Takahashi<sup>†</sup>, Yoh Shiraishi<sup>†</sup>, Yoshitaka Nakamura<sup>††</sup>School of Systems Information Science, Future University Hakodate

- [3] ユーザの状態推定
  - [3-1] 分散値からユーザの生活活動状態を推定
  - [3-2] 歩行/走行時の速度を計算
- [4] 推定状態および速度から METs 値を計算
- [5] METs エネルギー換算法により消費カロリーを計測

### 3.1. 3軸加速度センサを用いた状態推定手法

提案方式は閾値を使った状態推定手法を提案する。まず、鉛直方向の加速度の分散値の違いから「歩行」「走行」「歩行：階段上り」「歩行：階段下り」「走行：階段上り」「停止」の推定を行う。また、「停止」時は端末の角度から「座位」「立位」の推定を行う。

図 1 のようにそれぞれの状態で分散値の大きさは異なる値を示す。その値から、閾値設定を行い、状態推定を行う。また、端末の角度も同様に、「座位」「立位」時の値の大きさの違いから閾値を設定し状態推定を行う。また「歩行」「走行」時の速度は、FFT から「歩行」「走行」時のピッチを求め、以下の式で計算する。

$$\text{速度}(m/分) = \text{歩幅}(m/歩) \times \text{ピッチ}(歩/分) \quad (2)$$

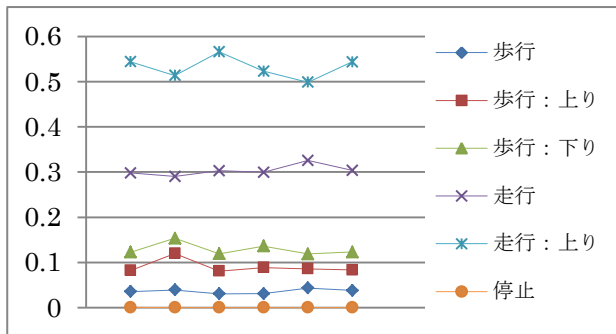


図 1 鉛直方向の加速度の分散値

### 3.2. METs エネルギー換算法を用いた消費カロリー計測手法

提案方式では、METs エネルギー換算法を用いる。推定した状態に対応する METs 値を METs エネルギー換算法に代入し消費カロリーの計算を行う。

また、「歩行」「走行」時の速度の違いによる METs は、METs は速さの関数となる[3]ことから、以下の式で表す。

$$\text{歩行} : M = 0.0272 \times V + 1.2 \quad (3)$$

$$\text{走行} : M = 0.0930 \times V - 4.7 \quad (4)$$

$V$  は「歩行」「走行」時の速さ (m/分)、 $M$  は、METs を表す。

## 4. 実装および基礎実験

### 4.1. 実装

提案手法はすべて iPhone4 上に実装を行った。サンプリングレートは 20Hz で最新 64 個の値で FFT を行った。分散値も同様に最新 64 個の値から計算している。

### 4.2. 基礎実験

基礎実験として閾値の設定を行った。閾値の設定には決定木を利用し、アルゴリズムには Weka の J-48 を使用した。

分散値に関しては、ある被験者に「歩行」「走行」「歩行：階段上り」「歩行：階段下り」「走行：階段上り」「停止」のそれぞれの状態を約 300 秒続けてもらい、その時のデータを決定木にかけ閾値の設定を行った。端末の角度に関しては、「座位」「立位」のそれぞれの状態を約 5 秒間隔で交互に 10 回ずつ行ってもらいその時のデータを決定木にかけ閾値の設定を行った。

その結果から閾値を表 2 のように設定した。

表 2 閾値

閾値の種類	閾値
停止	分散 < 0.01
歩行	$0.01 \leq \text{分散} < 0.07912$
歩行上り	$0.07912 \leq \text{分散} < 0.090153$
歩行下り	$0.090153 \leq \text{分散} < 0.197664$
走行	$0.197664 \leq \text{分散} < 0.355132$
走行上り	$0.355132 \leq \text{分散}$
座位	$1.11343 \leq \text{角度} < 2.062613$
立位	座位以外の時

## 5. おわりに

本研究では、生活活動に着目し、高精度に消費カロリーを計測するために、より細かい状態に対し推定を行った。これにより、生活活動時の消費カロリーを高精度に計測できると推察できる。

今後、評価実験を通じて、提案システムの有効性を検証する。また、評価実験の結果から提案手法の改善点の検証を行う。

## 6. 参考文献

- [1]笠七菜実, 川原 圭博, 小林 亜令, 浅見 徹: 非運動性活動を考慮した加速度センサによる消費エネルギー推定手法, 情報処理学会研究報告. UBI, 2008(40),67-74, 2008-05-08
- [2]南川 敦宣, 小林 亜令, 横山 浩之: 情報利得を基にした移動状態推定による携帯電話搭載型消費カロリー計測システム, 情報処理学会論文誌 52(2), 866-876, 2011-02-15
- [3]厚生労働省: 健康づくりのための運動指針 2006, エクササイズガイド 2006