

## 足圧センサーから得られる時系列データを用いたカロリー消費量の算出

## Analysis of Time Series Data From Foot Pressure - Application to Calculate Calorie Consumption

田頭 哲大<sup>†</sup> Goutam Chakraborty<sup>‡</sup> 馬淵 浩司<sup>‡</sup> 松原 雅文<sup>‡</sup>  
Tetsuhiro Dendo Goutam Chakraborty Hiroshi Mabuchi Masafumi Matsuhara

## 1. はじめに

生物の活動において身体からは様々な情報が無意識に発信されている。人間の身体においては、脳波、心電図、足圧など様々な生体情報を取得することができる。これらの生体情報は個人により異なるため、生体情報を利用して認証や身体の状態の判断などを行うことが可能である [1]。

本研究では、生体情報の一つである足圧を利用する。人間は常時活動しているため足圧データは時系列データになる。センサーから得られた時系列データからの特徴抽出によって様々な応用が考えられる。例えば、個人認証や消費カロリーの算出、歩行状態の分類などが挙げられる。本研究ではカロリー消費量の算出に有効な特徴の抽出および足圧データの解析を行う。足圧データの解析にはニューラルネットワーク (Neural Network: NN) を使用する。

先行研究では、足圧情報による歩行状態の推定法 [2] が提案されている。この研究においては足全体から取得したデータを解析して歩行状態の推定を行っているが、本研究では対象によって異なる有効なセンサーの位置を特定し、解析に有効なセンサーのみで足圧データの解析を行うことで、解析の効率化とコストの削減を図る。

## 2. 提案システム

## 2.1 概要

本研究では、センサーから得られた足圧データを解析することで歩行状態を分類する。分類された結果から係数を選択し、消費カロリーを算出する。カロリー消費量を算出する機器として万歩計などが挙げられるが、本研究では歩行状態を考慮してカロリーを算出することで、万歩計よりも正確なカロリー消費量を算出することを目標とする。

## 2.2 手順

提案システムの流れを図 1 に示す。まず、足圧センサーで足圧データを取得し、その足圧データにノイズ処理などの前処理を施す。前処理の施された足圧データから歩行状態の分類に有効であると考えられる特徴を抽出し、NN に入力することで歩行状態を分類する。その分類結果を元に消費カロリーの算出に必要な係数を選択し、選択された係数からカロリー消費量を算出する。

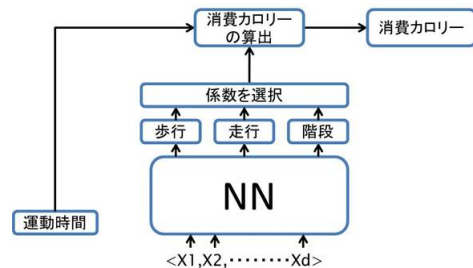


図 1: システムの流れ

## 2.3 ノイズ除去

本研究においては、運動時に靴と足がずれることによって混入するノイズが考えられる。このノイズを除去するためにバンドパスフィルターなどを用いる。

## 2.4 歩行状態の分類

歩行状態の分類には NN を用いる。NN を用いることで、日々変わるコンディションへの対応や測定位置のずれの影響を削減することが可能である。本研究で使用する NN では誤差逆伝播法 (Back propagation: BP) [3] と RBF (Radial Basis Function: RBF) ネットワーク [4] を用いる。

## 2.5 カロリー消費量の算出

カロリー消費量の算出には式 (1) を用いる [5]。運動時間 hour (T)、体重 kg (W)、運動項目ごとの運動係数 (C1)、年齢や性別によって異なる補正係数 (C2) によってカロリー消費量を算出する。NN での分類結果から運動係数を選択する。運動項目係数 (C1) 以上の係数は最小二乗法 [6] によって求める。

$$Calorie = T \times 60 \times C1 \times W \times C2 \quad (1)$$

表 1: 運動項目係数 (C1)

歩行速度 (km/h)	5	7	9	11
係数	0.0824	0.1284	0.1744	0.2204

表 2: 補正係数 (C2)

年齢	18	19	20 ~ 29	30 ~ 39	30 ~ 39
男性	1.06	1.04	1.00	0.96	0.94
女性	0.95	0.93	0.93	0.87	0.85

## 3. 実験

## 3.1 概要

被験者は 1 名で、靴の中に足圧センサーを取り付けランニングマシン (RM) で速度を設定して足圧データとカ

<sup>†</sup>岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科  
<sup>‡</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学部

ロリー消費量を取得した。足圧の測定には Elf-System [7] を使用した。図 2 にセンサーの取り付け位置を示す。図 2 のようにセンサーを取り付け、速度を 5km/h, 7km/h, 9km/h, 11km/h に設定して、2 分間ずつ足圧データの測定を行った。



図 2: 測定位置

NN に入力する特徴を表 3 に示す。5 個のセンサーを使用しているため、と の特徴数は 5 個となっている。と に関しては踵を基準としているため 4 個となっている。NN のパラメータは、入力ノード数は全ての特徴を使用するため 18, 出力ノード数は 5km/h, 7km/h, 9km/h, 11km/h の分類を行うため 4 となっている。NN に入力するデータは、5km/h, 7km/h, 9km/h, 11km/h の歩行データをそれぞれ 250 件ずつ、計 1,000 件のデータを使用した。これら全ての特徴を使用して BP と RBF によって歩行速度を分類し、係数を選択することでカロリー消費量を算出する。また、式 (1) を用いて算出したカロリー消費量との比較も行う。

表 3: 使用する特徴

特徴名	特徴の定義	特徴数
	各センサーの 1 歩中の最大値から次の最大値に至るまでの時間	5
	各センサーの 1 歩中の最大値	5
	踵のセンサーの 1 歩中の最大値から各センサーの 1 歩中の最大値までの時間	4
	踵のセンサーの 1 歩中の最大値と各センサーの 1 歩中の最大値の圧力の差	4

### 3.2 実験結果・考察

分類精度を表 4, カロリー消費量を表 5 に示す。表 4 の精度は式 (2), 誤差は式 (3) によって求めた。BP と RBF との分類精度を比較すると RBF の方が BP より高かった。式 (1) により算出したカロリー消費量との誤差はどちらも非常に少なかったが、BP より RBF の方が分類精度が高いため、RBF で求めたカロリー消費量との誤差の方が BP より少なかった。RM により算出したカロリー消費量との誤差は、5km/h, 7km/h の場合 ± 4Kcal と大きく、9km/h, 11km/h の場合 ± 2Kcal と小さかった。この原因として、分類精度だけではなく、足りない運動項目係数を最小二乗法によって算出したためではないかと考えられる。このことから大きな分類の間違いは少なく比較的正確にカロリー消費量を算出できたと考えられる。

$$\text{精度} = \frac{\text{正解データ数}}{\text{全データ数}} \quad (2)$$

$$\text{誤差} = \frac{\sum |\text{正解データ} - \text{出力データ}|}{\text{正解データ}} \quad (3)$$

表 4: 分類精度

	BP	RBF
分類精度 (%)	86.7	89.2
誤差	0.033	0.023

表 5: カロリー消費量

歩行速度 (km/h)	BP	RBF	式 (1)	RM
5	20.71	20.89	20.55	16
7	32.02	32.57	32.02	36
9	42.61	42.88	43.49	40
11	53.88	54.15	54.97	52
合計	149.22	150.50	151.03	144

## 4. おわりに

本研究では足圧データから歩行速度を NN で分類し、カロリー消費量の算出に必要な係数を選択することで、運動時のカロリー消費量を算出した。式 (1) により算出したカロリー消費量と提案手法で算出したカロリー消費量を比較したところ、ほぼ正確にカロリー消費量を算出できていた。この結果から本研究の有効性を示すことができたと考えられる。

今回の実験では被験者が 1 名しかいなかったため、今後は被験者の数を増加させて実験を行う。また、今回使用した 4 つ以外にも有効な特徴がある可能性があるため、特徴の検討も引き続き行う。なお、今回は測定位置を 5 つで固定して行ったが、コストを削減するためにセンサー数を減らした実験を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 妹尾尚一郎, 厚井裕司, 貞包哲男, 中谷直司, 馬場義昌, 鹿間敏弘: 生体認証によるネットワーク個人認証システム. 情報処理学会論文誌. 44 No.4: 1111-1120, 2003.
- [2] 堀江 直正, 満田 隆, 川村 貞夫: 足圧情報による歩行状態の推定法. 生体医工学. 44 No. 4: 621-627, 2006.
- [3] 田中衛, 斉藤利通著, “現代非線形科学シリーズ 5 ニューラルネットワークと回路”, コロナ社
- [4] PHILIP D. WASSERMAN 著, 嘉数侑昇, 古川正志, 森川一訳 “ニューラルコンピューティング-上級編-”, 森北出版株式会社
- [5] 日本体育協会スポーツ科学委員会  
URL: <http://www.japan-sports.or.jp/>
- [6] 田島稔, 小牧和雄著, “最小二乗法の理論とその応用改訂版”, 東洋書店
- [7] ニッタ株式会社 ホームページ  
URL: <http://www.nitta.co.jp/index.html>