

## 計測不能な歩行に対応する歩数計測法の考案

大谷 紀子 研究室

1772075 松阪 僚子

### 1. 背景と目的

主要な日常生活動作のひとつとして歩行は重要である。高齢者や片麻痺患者にとってスムーズな歩行は QOL の向上へと繋がるので、歩行の訓練は大切である。また、訓練のモチベーション維持や介護者の負担軽減など、効果的な訓練を実施するために、正確な歩数を簡便に取得できることが望ましい。

一般に歩数の測定には歩数計が用いられている。近年では、スマートフォンに加速度センサが内蔵されており、従来の歩数計の機能がアプリケーションとして実現されている。一般的に、従来の歩数計では、加速度センサを通して 3 軸加速度信号を取得し、地磁気センサにより検知したデバイスの傾きを補正して歩数計測に利用する。歩行と環境ノイズを区別するための閾値を設定し、設定した閾値を超えた加速度信号の回数を歩数とする。しかし、高齢者や片麻痺患者、杖歩行者など歩行速度が遅い場合や歩行リズムが不規則である場合には、歩行時の加速度が環境ノイズと区別するための閾値を超えない、もしくは歩き始めの検出が不能なため正しい歩数を取得できない。

本研究では主に前者の問題に着目し、従来の歩数計では正確な測定が不能であったケースも含めて、多くの人が精度良く測定できるようにすることを目的とし、新たな歩数計測法を提案する。

### 2. 歩数計測法概要

本研究においては、粒子群最適化を用いた歩数計測法、自己相関を用いた歩数計測法、動的閾値を用いた歩数計測法の 3 つの手法を提案する。ま

た、iPhone から取得した 3 軸加速度信号内で周期性が確認される箇所を抜き出し、ローパスフィルタとして RC フィルタを適用して下処理したデータを用いる。さらに、右足・左足・杖による 1 歩ずつの歩行を合わせて「1 回の歩行」と定義する。従来の歩数計として、iPhone のライブウォーキングデータを取得できる Apple 提供の API、CMPedometer を用いる。

粒子群最適化を用いた歩数計測法では、「歩行は周期的な信号であるので、個人に合わせた閾値をはじめに設定することで正確に歩数を測定できるようになる」という仮説に基づき歩数を求める。本計測法は 2 つのフェーズからなり、まず閾値算出フェーズで粒子群最適化により環境ノイズと歩行の信号を識別するための閾値を求め、次に歩数計測フェーズで各 3 軸加速度信号が閾値を上回った回数を歩数とする。

自己相関を用いた歩数計測法では、自己相関を用いて歩数を検出および計測する。3 軸それぞれの加速度信号に対し、長さが 128 サンプルの窓を 64 サンプルずつ時間軸方向へシフトして自己相関を求めることで、繰り返しの信号か否かを判別する。相関関係が確認される回数を歩数とする。

動的閾値を用いた歩数計測法では、Neil の歩数計測アルゴリズム[1]を基に、3 軸それぞれの加速度信号に対し、窓長 90 サンプルごとの最大値と最小値の平均を動的閾値として継続的に更新する。各サンプルにおいて、信号が各窓で設定した動的閾値を上回るか否かを記録し、最後に信号が動的閾値を連続して上回る回数を歩数とする。

表 1 実験結果 (抜粋)

	目測に対する誤差率平均	従来の歩数計に対する誤差率平均
粒子群最適化による歩数計測法	71%	100%
自己相関による歩数計測法	29%	
動的閾値による歩数計測法	14%	

### 3. 評価実験

従来の歩数計で正確に歩数を測定できない片麻痺患者を被験者として実験する。被験者から事前に収集した一定歩数の iPhone 加速度センサーのデータに対し、考案する歩数計測法を用いて歩数を数える。データを収集する際には、従来の歩数計を用いた歩数と実験者が目測で測定した歩数も同時に取得する。

考案した歩数計測法を用いて得られた値のうち、最も目測の歩数に近い値を基に、目測で得られた歩数に対する誤差率を算出する。同様に、目測で得られた歩数に対する従来の歩数計による値の誤差率も算出し、両者の誤差率を比較して本歩数計測法の有用性を示す。ただし、粒子群最適化を用いた歩数計測法については、あるデータを基に算出した閾値を用いて他データの歩数を測定することとする。

実験結果の一部を表 1 に表す。実行時間は自己相関を用いた歩数計測法、動的閾値を用いた歩数計測法それぞれについて平均 1.15 秒、1.69 秒であり、粒子群最適化による閾値算出フェーズでは約 19 時間、歩数計測フェーズでは 0.87 秒であった。

### 4. 考察

「歩行は周期的な信号であるので、個人に合わせた閾値をはじめに設定することで正確に歩数を測定できるようになる」という仮説を立てたが、被験者の体調によって歩幅や歩行速度が異なるために歩行を一定の閾値によって測定することは困難であると考えられる。粒子群最適化による歩数計測法については前述の理由に加えて、閾値算出の実行時間が平均約 16 時間かかるため、実用性

に乏しいと考えられる。

自己相関による歩数計測法についても、歩数計としては高精度とならなかった。自己相関は感度が高く、ポケットに iPhone を入れる際の振動など、ノイズの波形が歩行中の信号と偶然類似している場合にも歩数と数えていることが原因であると考えられる。

動的閾値による歩数計測法は本研究において最も良い結果を記録した。従来の歩数計においても使用されることのある計測法であるが、動的閾値の算出窓長を変更することで精度が変わる。本研究では評価実験に用いたデータとは別のデータにおいて窓長 90 サンプルが最も良い結果が出たため 90 サンプルを窓長として使用しているが、個々人に対応するために例えば「自己相関を算出する過程で得られる信号の周期を動的閾値の窓長とする」など工夫する必要があると考えられる。

今後の課題として、歩き始めの検出についての検討を重ねる必要があることが挙げられる。しかしながら、被験者のデータにおいて、従来の歩数計では計測が不能であったが、本研究で提案した 3 つの歩数計測法すべてで歩行を確認することができた。本手法を用いることで、従来の歩数計で測定不能であった対象者の正確な歩数計測が可能となり、より効果的な歩行訓練の提供、モチベーションの向上、および健康増進へ繋がると期待される。

### 参考文献

- [1] Neil Zhao, “Full-Featured Pedometer Design Realized with 3-Axis Digital Accelerometer”, Analog Dialogue, Vol.44, No.2, pp.17-21, 2010.