

## デッドレコニング開始前のセンサデータを自動学習に用いた 屋内歩幅推定手法の検討

三宅 孝幸† 新井 イスマイル†

† 明石工業高等専門学校

### 1 はじめに

歩行者向けのデッドレコニングには、歩幅の正確な推定が不可欠である。歩幅推定では、教師あり学習を用いた手法 [1]、身長とセンサ値の相関から導いた計算式を用いた手法 [1, 2] などが考案され、一定の精度を得ているが、これらはあらかじめ定められた距離を歩行し、前者は自身の正解歩幅を、後者は歩行者に合わせた定数を求めておく必要がある。さらに歩幅は歩行者の体調や同行者等の影響で日々変化すると考えられるが、それらについては考慮されていない。そこで本研究では、事前の手作業によるパラメータ調整を不要とし、また歩行者の体調や天気、同行者の有無といった様々な要因で変動する歩幅に追従した、高精度な歩幅推定を実現することを目的とする。本研究では、歩幅は歩行者の状態や周囲の環境に影響し、デッドレコニングが不要な屋外から、必要な屋内に移動した時に大きく歩幅は変化しないという仮定のもと、自動学習によって歩行者の歩幅を推定する手法を提案する。歩行者は GPS と歩行者に取り付けたセンサデータから、屋外での歩行時に歩幅を自動学習しておき、デッドレコニングが開始されると、その学習データから機械学習を用いて歩幅の推定を行うことで、歩行者周囲の環境に適応した歩幅推定を行うことができる。本稿では、歩行者の周囲の状態のうち、同行者の人数が増えることによって変化する歩幅を推定し、基礎評価を行った結果について述べる。

### 2 提案手法による歩幅推定

本研究では、下に示した手順のように、デッドレコニング開始前のセンサデータとして、スマートフォンの GPS と加速度センサを用いた歩幅の推定を行う。

1. 屋外での歩行時に GPS による測位結果から得た 2 点間の距離を、加速度センサ値の解析結果から得た 2 点間の歩数で割り、正解歩幅を推定する。

表 1 GPS による平均歩幅推定

| ウィンドウ幅 [m] | GPS 精度 [m] | 推定歩幅 [m] | 正解歩幅 [m] | 誤差 [m] |
|------------|------------|----------|----------|--------|
| 5          | 8.25       | 0.830    | 0.785    | 0.045  |
| 10         | 7.82       | 0.750    |          | 0.035  |
| 15         | 6.04       | 0.773    |          | 0.012  |
| 20         | 6.55       | 0.730    |          | 0.055  |
| 可変         | 7.82       | 0.787    |          | 0.002  |

2. 正解歩幅算出時のセンサデータをパラメータとして、機械学習を行う。
3. デッドレコニング開始後、センサデータと学習データを用いて歩幅の推定を行う。

歩数計は [2] に基づいて作成した。歩数計の精度は、予備実験から手持ち時は約 99.5%、ポケットに入れた場合は約 97.3% と十分な精度が得られた。

また、GPS の精度は粗く、ゆらぎが生じやすいため、測位結果に基づいて正確な歩幅を推定できるか予め検証する必要がある。検証は、デバイスが申告する精度が 10m 以下の測位結果を基に、GPS から求めた 2 点間の距離（ウィンドウ幅）を固定した場合、または可変（直線歩行時はできるだけ長いウィンドウ幅に変化させる）にした場合それぞれについて、100m の直線を数回歩行した。検証の結果を表 1 に示す。GPS デバイスが申告した精度は平均 7.3m 程度と高くはないものの、ウィンドウ幅を可変にすれば、ほぼ正確な歩幅が得られる事がわかった。

### 3 実験・評価

実験は、まず被験者が、学校の外周(概ね 120m×180m の長方形で全周約 600m)を自然な速度で 1 周歩行する。その後、別途直線 100m の歩行データを収集し、以下の 2 つの方式で歩幅の推定を行った。

- 600m の歩行データのうち、一部分を推定データとして歩幅を推定する (Part of Data)。
- 正確に距離を測定した直線 100m を歩行し、600m 歩行時の学習データを用いて歩幅を推定する (ALL)。

前者は基礎評価でよく行われる実験で、後者はより実利用に近い状態を再現した実験である。また実験には、機械学習として頻度学習 (ZeroR)、k 近傍法 (kNN)、

A Stride Length Reasoning for Dead Reckoning Which is Automatically Learning Smartphone's Sensors.

†Takayuki MIYAKE, Ismail ARAI

†Akashi National College of Technology

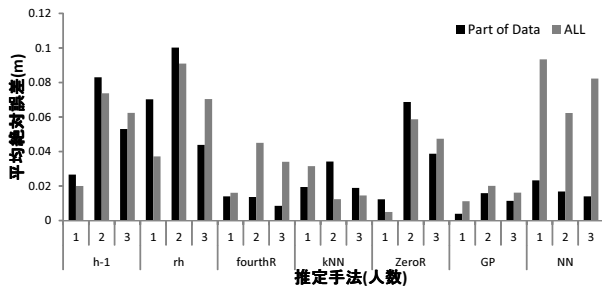


図1 歩幅推定の平均絶対誤差（手持ち）

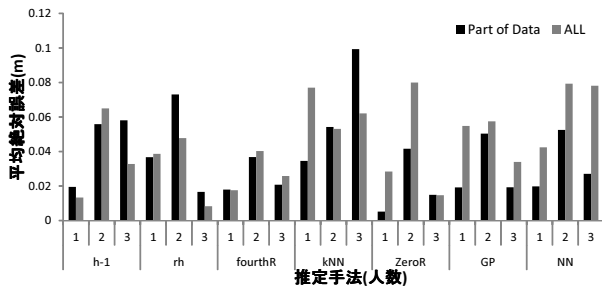


図2 歩幅推定の平均絶対誤差（ポケット）

ガウシアンプロセス (GP), ニューラルネットワーク (NN) を用いて比較, 評価を行った. 機械学習に使用するパラメータは, 歩行者の周囲の状態を含めた, 歩行の時間帯, 天気, 歩調, 鉛直方向加速度の最大最小差, 鉛直方向加速度の分散を用いた. これらはすべて自動取得できるため, ユーザに情報を入力させる必要がなく, 現実的なパラメータだといえる.

また, 従来手法との比較のため, 歩幅  $l$  と身長  $h$  の関係を利用した (1) 式 ( $h-1$ ), (2) 式 ( $rh$ ), 鉛直方向加速度  $a_v$  を用いた (3) 式 (FourthR) を用いた. なお,  $r_h, r_f$  は, 予備実験からそれぞれ 0.46, 0.40 とした.

$$l = h - 1 \quad (1)$$

$$l = r_h \cdot h \quad (2)$$

$$l = r_f \cdot \sqrt[4]{\max(a_v) - \min(a_v)} \quad (3)$$

図1, 図2に, 手持ちの場合とポケットに入れた場合の推定結果を示す. 実験結果から, 100mの歩幅推定 (ALL) よりも, 600mのうち一部分を歩幅推定した結果 (Part of Data) のほうが全体として精度が高かった. よって, GPSの精度が高い時はデッドレコニング開始前の学習データのみを利用した方がよいと言えるが, 本研究では, 実際の利用を見据えた提案を考えているため, 以降 ALL について考察する. 手持ちの場合において, 最も精度が高かったのは, 従来手法では fourthR, 提案手法ではガウシアンプロセスであり, 人数が増えた場合でも, 平均絶対誤差は 1cm 台となった. ポケットの場合では, fourthR, ZeroR が比較的精度が高く, 複数人での歩行時でも誤差は 4cm 台であった.

全手法において, 手持ち, ポケットともに精度が高かったのは fourthR であり, 600mのうち一部分の歩幅推定では, 平均絶対誤差は 2cm 未満, 100mの歩幅推定でも 4cm 台となった. なお, 人数をパラメータとして含まない手法である  $h-1$  と  $rh$  は, 人数の増加で誤差が大きくなったが, fourthR, ZeroR, GP はその誤差よりも削減できており, 人数の変化という状況の変化に対応できているといえる. 今回の実験では, 手持ち, ポケットともに fourthR が最も精度が高いという結果になった. とはいえ, ZeroR, GP の精度が著しく悪かったわけではないため, 自動学習によってユーザの手入力が必要ない点を考慮すると, 実用性のある手法であったことが確認できた. 今回 fourthR における定数  $r_f$  の値を 0.4 としたが, 天候や時間帯といった状況の変化によっては, 設定した定数ではより大きな誤差が生じてしまう可能性がある. 今後, 天気と時間帯などの状況の変化を含めた検証によって本提案の有効性を確認したい.

#### 4 おわりに

本論文では, 事前のパラメータ入力を必要としない, GPS と加速度センサから得た歩幅の自動学習による歩幅推定手法を提案した. 基礎評価の結果, 従来手法である fourthR (パラメータを適切に設定) より精度は劣るものの, 提案手法の ZeroR, GP については著しく悪い結果とはならなかった. 今回の実験では, 被験者数が少なく, パラメータとして用意した時間帯・天気が変化しなかったため, それらの有効性が評価できなかった. 今後, 様々な状況 (時間帯や天気) の変化を考慮した実験により, 本研究の更なる有効性を確認できると考えている. 例えば天気が悪く, GPS 精度が悪い時でも, GPS 精度が高い時のサンプルのみで学習したデータを用いて, 正確な歩幅推定ができるようになると思われる. また, fourthR の精度が良かったため, 本提案を基とした自動学習により, 定数を自動調整することも検討したい.

#### 参考文献

- [1] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之: 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 558-570 (2011).
- [2] 安齋恵一, 岡島匠吾, 坪川宏: スマートフォンを用いた屋内位置の推定と歩行ナビゲーションシステム, DICOMO2011, pp. 921-927 (2011).