

## 腰部の加速度を用いた歩行距離推定に関する一検討

深川 麻里 松田 浩一

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

近年、センサ技術・記憶デバイスの発展に伴い、位置や時間などの情報を活用する試みが活発化している。GPS (Global Positioning System) 衛星の電波が届かない屋内において、位置情報や移動距離を推定するために様々な研究が行われている。例えば、無線 LAN 等の環境に設置された機器を用いて位置を推定手法などが挙げられる[1]。一方、場所や環境に依存せず、小型センサ等を用いて位置情報や移動距離を推定する手法がある。しかし、得られたデータには一般に誤差が含まれるため、移動距離の推定において誤差が累積することが問題であり、誤差を補正する手法が提案されている。

先行研究においては、移動距離推定の計算を 1 サンプル点ごとに行うため、誤差の累積が多くなることは原理上避けられない。そこで本研究では、移動距離推定において、計算回数を減らすことで誤差の累積を抑制する手法を提案する。提案手法では、歩行における腰部の加速度の特徴を用いることで、大幅に計算回数を減らすことを可能にしつつ、精度を確保することを目指す。

## 2. 歩行特徴と加速度センサ

本稿では、歩行距離推定において腰部の挙動に着目する。腰部は人が運動をする際の重心移動の要であり、手足に比べ挙動がきわめて単純で再現性が高い。

腰部に MEMS 型 3 軸加速度センサを装着したときの、歩行における加速度の推移を図 1 に示す。図 1 における加速度は合成加速度によって表している。ここで、1000mG は重力加速度 (1G) であり、静止状態のときに取りうる値である。

本研究において、歩行中の加速度変化で着目したのは、図 1 の着目区間の部分である。歩行周期において、着目区間の開始は遊脚初期であり、着目区間の終了は、遊脚中期である。この遊脚初期～遊脚中期は、歩行において前方向へ足を振り出す期であり、歩幅に影響を及ぼしていると考えられる。また、図 1 の着目区間 (滞空期) において、腰部は宙に若干浮いた状態になっており、歩行に関係無い衝撃等の余計な要素が入りにくい区間と考えられるため、距離推定に適すると考

えた。

本稿では、1000mG 以下区間時間 (図 1 ①) と区間最大振幅値 (図 1 ②) に着目し、①と②の量が歩行距離に関係があると仮定し、距離推定を行う。

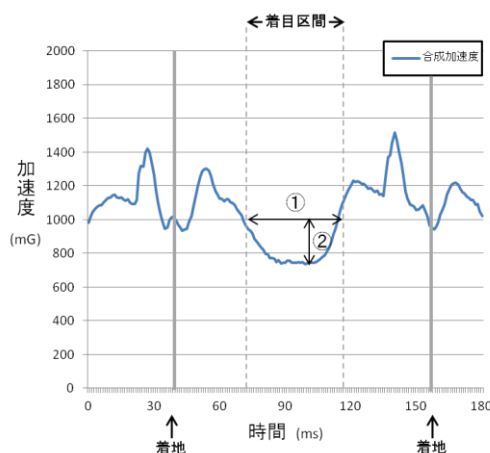
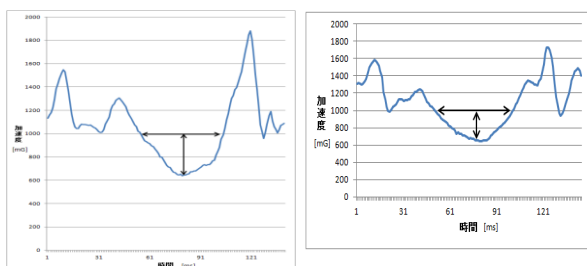


図 1: 歩行中の一步間の加速度

1000mG 以下区間の情報は、前に進む力を表していると考えており、その面積が推進力に相当し、歩行距離に関係があるとする。ただし、1000mG 以下区間時間と区間最大振幅値の関係は、歩き方によって、その比率が変わることが予備実験から分かっている。歩行の際の飛びが上歩行に向いている場合 (図 2(a)) と前方向に向いている場合 (図 2(b)) がある。ここで、1000mG 以下区間時間 ( $t$ ) と区間最大振幅値 ( $w$ ) の比率を  $\beta$  と置くと、 $\beta = t/w$  であり、飛びが上方向のときの  $\beta$  を  $\beta_a$ 、飛びが前方向に向いている場合の  $\beta$  を  $\beta_b$  と置くと、 $\beta_a < \beta_b$  となる。このときの歩行距離は、図 2(b)の方が長くなると考えられる。以下では、歩行距離推定を、 $\beta$  と面積の関係を用いて行う。



(a)上方向への飛びのとき (b)前方向への飛びのとき

図 2: 着目区間の波形の縦横比

A study on walking distance estimation using the acceleration of the waist

Mari Fukagawa, Koichi Matsuda†

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University ‡

### 3. 歩行距離の推定式の検討

本稿では、滞空期における 1000mG 以下区間時間と、区間最大振幅値の比率 ( $\beta$ )、及び同区間の面積の二つの特徴情報を用いて歩行距離の推定を行う。

10m 直線歩行 (裸足) を被験者 3 名に対し、1 名につき 3 回行った。このとき、加速・減速を除外するため、歩き始め 3m および歩き終わり 3m を予備区間とし、10m の両端に追加し計 16m で歩行を計測した。前後 3m を追加して計測する方法は、リハビリテーションにおける 10m 歩行テストで用いられている。

各被験者の 10m 区間における滞空期の二つの特徴情報をプロットしたところ、1000mG 以下区間時間と最大振幅値の比率 ( $\beta$ ) が大きい場合、面積は小さく、歩行時間と最大振幅値の比率が小さい場合、面積が大きくなるという反比例の傾向がみられた (図 3)。

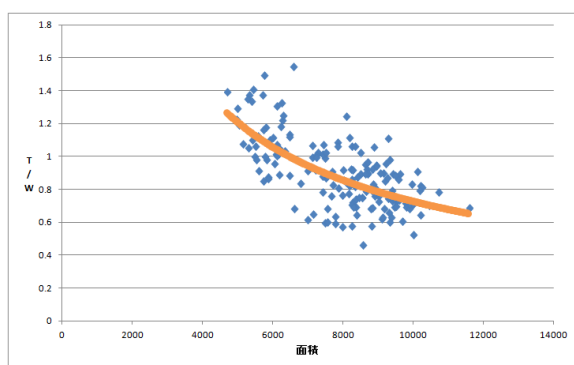


図 3: 着目区間の縦横比と面積の関係

このことから同じ歩幅の歩行における二つの特徴情報に反比例の関係があると仮定すると、式(1)が得られる。

$$\beta = \frac{\alpha}{S} (S \neq 0) \quad (1)$$

ここで  $\beta$  は、1G 以下区間時間と区間最大振幅値の比率、 $S$  は面積、 $\alpha$  は定数を表す。 $\alpha$  は歩幅が同じ場合一定の値をとると考えられる。この  $\alpha$  と歩幅の関係式を定義することにより、一步間における歩行距離の推定が可能となる。

ここで、歩幅と  $\alpha$  の関係式を作成する。歩幅は、10m を歩いた歩数で割った値を用い、 $\alpha$  は、 $\beta * S$  により求めた。図 4 にプロットした結果を示す。プロットした結果から、以下の近似式が得られた。

$$\alpha = 17106x^2 \quad (2)$$

ここで、 $x$  は一步の歩行距離を示し、 $\alpha$  は式 (1) の定数を表す。一步ごとの  $\alpha$  を用いて式(2)に代入することで一步の歩行距離  $x$  を求めることができ、全ての一步の歩行距離の合計値が求める歩行距離となる。

実験においては、200Hz で加速度データを取得したため、一步に含まれるサンプル数は、おおよそ 110 であったが、提案手法を用いると、一步の歩行距離を 1 回の計算で求められることになる。

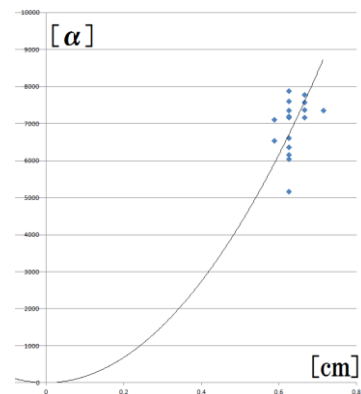


図 4: 歩幅と  $\alpha$  の関係

### 4. 実験・考察

表 1、表 2 に、距離推定を行った結果を示す。10m の自然歩行において平均 5.25% (最大 9.66%, 最小 1.52%) の誤差が確認された。しかし、歩き始め 3m と歩き終わり 3m では平均 19.92% (最大 31.65%, 最小 0.13%) の誤差が確認された。歩き始め 3m および歩き終わり 3m は、加速・減速がある区間であり、歩行速度の変化が提案手法の歩行距離推定に影響を与えることが分かった。

表 1: 10m 直線歩行における推定距離と実距離の比較 (被験者 A)

	1 回目	2 回目	3 回目
推定距離	10.894m	9.723m	10.498m
誤差	8.94%	2.76%	4.98%

表 2: 10m 直線歩行における推定距離と実距離の比較 (被験者 B)

	1 回目	2 回目	3 回目
推定距離	10.382m	9.757m	9.520m
誤差	3.82%	1.52%	4.80%

### 5. まとめ

本稿では、腰部の合成加速度の挙動において歩行距離に関係する歩行特徴を定義し、一步ごとの歩行特徴から一步の歩行距離を推定する手法の提案を行った。提案手法により、従来手法よりも計算回数を大幅に減らした距離推定が可能であることが示唆された。また、本検証に用いたデータは関係式を作るにあたって利用したデータであるため、多数の被験者のデータに適用した追加実験を行う必要がある。

### 参考文献

- [1] 岩本健嗣, 上坂大輔, 村松茂樹, 横山浩之, 手持ちセンサを利用した人物の歩幅推定手法の検討, マルチメディア通信と分散処理のワークショップ, pp.193-198(2008).