

スマートフォンにおける2次元加速度を用いた 歩数推定法に関する一検討

星 尚志[†] 藤井 雅弘[†] 渡辺 裕[†]
宇都宮大学 工学部 情報工学科[†]

1 はじめに

近年、スマートフォンの普及に伴い、ナビゲーションシステムなどの位置情報を用いた様々なサービスが提供されている。現在、多様なセンサが搭載されたスマートフォンが普及しているが、位置情報サービスにこれらのセンサを利用可能であると考えられる。位置情報サービスの提供のためには、歩行者の相対的な移動を正確に測定することが重要である。このためには、基準位置からの移動距離と移動方向を測定する必要がある。移動方向は方位センサを用いることによって測定可能である。また、センサによる移動距離の測定方法は様々存在するが、本検討では加速度センサによって計測された歩数とあらかじめ設定した歩幅の乗算によって移動距離を測定する手法に着目する。既存の歩数計測方法は、1次元、もしくは多次元の合成加速度と閾値を比較し歩数を計測するものが主である[1]。しかしながら、このような手法では適切な閾値の設定が必要であり、汎用でより精度の高い歩数計測は困難であると考えられる。そこで本稿では、歩行面に平行な方向と歩行面に垂直な方向の2次元の加速度センサ情報を用いて、それぞれの加速度値の最小・最大値の出現する順番に着目した閾値に依存しない歩数計測手法を提案し、歩数測定精度をフィールド実験により評価し、提案手法の有効性を示す。

2 歩数推定

2.1 歩行動作と加速度の関係

本稿では、図1に示すように、端末の画面から垂直上向きをz軸、画面上方向をy軸、画面に向かって右手方向をx軸とし、歩行面に平行な進行方向をh軸、歩行面に垂直上向きをv軸と定義する。また、それぞれの軸での加速度を a_x, a_y, a_z, a_h, a_v とする。端末画面が上、端末上部が進行方向を向くように水平に手で保持した場合、 $a_v = a_z, a_h = a_y$ となるが、図1に示すように端末を傾けて保持した場合はその限りではない。端末を水平に保持し0.7[s/歩]で歩行した時、横軸を時間、縦軸をh軸(y軸), v軸(z軸)の加速度とした例を図2に示す。両軸の加速度もおよそ0.7[s]

Study on estimation method of the number of steps using two-dimensional acceleration on smartphone

Hisashi Hoshi[†], Masahiro Fujii[†], Yu Watanabe[†]

[†]Department of Information Engineering, Utsunomiya University



図1: センサの座標系

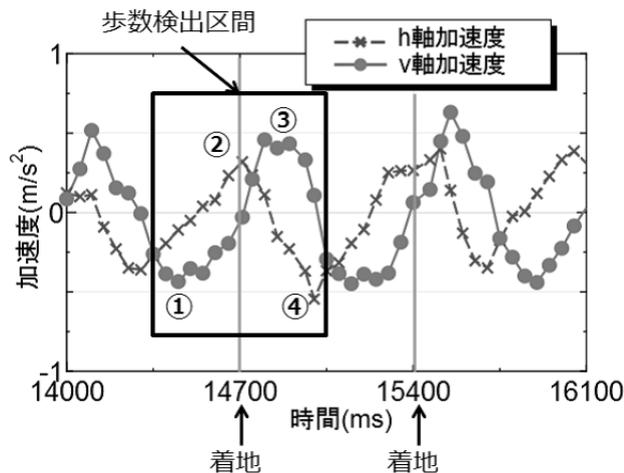


図2: 歩行中の加速度

を周期とする正弦波に近い波形であり、位相がおおよそ90°ずれている事が観測できる。一步の間に、v軸加速度は踏み出しに伴う上体の上昇により正となり、その後、踏み込みに伴う上体の下降により負となる。一方で、h軸加速度は、踏み出しに伴い上体に制動がかかるため負に転じ、その後、踏み込みに伴う上体の加速のために正となる。本検討では、v軸加速度の値が正から負になった時刻から次に正から負になる時刻までの1周期を歩数検出区間(図2中の矩形区間)と定義する。この歩数検出区間長は必ずしも一步の区間長に一致しないことに注意する。歩数検出区間内でh軸とv軸加速度の最小・最大値が時間軸に関してずれて現れていることがわかる。図2中に示す番号のように、歩数検出区間内で最小・最大値のとり時刻が、v軸加速度最小値① h軸加速度最大値② v軸加速度最大

値③ h 軸加速度最小値④の順番を満足した時に、1歩歩行したとする。

2.2 加速度補正

実際に歩行者が歩行するとき、その挙動の自由度から、端末は任意の角度に傾いている事が想定される。端末で取得できる加速度は (a_x, a_y, a_z) であるので、端末の傾きを考慮して (a_v, a_h) を算出する必要がある。端末の x 軸周りの傾きを θ_p [°], y 軸周りの傾きを θ_r [°] とする。 θ_p と θ_r は (a_x, a_y, a_z) から算出可能である。端末を水平に保持しているとき $\theta_p = 0, \theta_r = 0$ であり、各軸において反時計回りを正とする。この時、 (a_v, a_h) は

$$\begin{aligned} a_v &= (a_z \cos \theta_p - a_y \sin \theta_p) \cos \theta_r - a_x \sin \theta_r \\ a_h &= a_z \sin \theta_p + a_y \cos \theta_p \end{aligned}$$

で与えられる。ただし、ここでは z 軸周りの傾きを考慮していないため、x 軸は常に右手方向とする。

2.3 誤検出・未検出対策

提案手法では歩数検出区間における v 軸と h 軸の加速度の最小・最大値の出現順によって歩数を計測するが、手振れや加速度計の誤差等により、歩行者が歩行していない時に偶発的にこの出現順が発生し歩行と判断してしまう誤検出や、歩行時に出現順序の入れ替わりにより未歩行と判断する未検出が発生する可能性がある。 T_n を第 n 歩数検出区間とする。誤検出対策として、 $m = n - N, \dots, n$ において $|T_m - T_{m-1}| \leq \Delta T$ [s] が満足された時の第 n 歩数検出区間を有効歩数検出区間として採用し、v 軸、h 軸加速度の最小・最大値の出現順に基づき、歩行を判定する。通常、歩行は一定のリズムで継続されると考えられるため、連続する歩数検出区間差の絶対値が誤差マージン ΔT 以内に収まって $N + 1$ 回連続した場合、定常的な歩行とみなす。歩行していない場合に、ある歩数検出区間で突発的にその出現順が生起しても、その歩数検出区間は採用されないため、誤検出を軽減することができる。

上記の誤検出対策後の有効歩数検出区間において、第 n 歩数検出区間までの平均歩数検出区間を $\bar{T}_n = (\sum_{i=1}^n T_i) / n$ とする。未検出対策として、 $(2 - \eta)\bar{T}_{n-1} \leq T_n \leq (2 + \eta)\bar{T}_{n-1}$ が満足された時、第 n 歩数検出区間において歩行が検出された場合、歩数を +2 とする。この処理により、突発的に歩数検出区間の未検出が発生した場合であっても、その影響を軽減できる。

3 歩数計測実験

本節では、提案する歩数計測手法を歩行実験によって評価する。使用端末は ISW13F (Android バージョン 4.0.3)、センサのサンプリングレートは 20 [Hz] とした。表 1 に歩行条件を、表 2 に歩数計測を行った結果を示す。実際の歩数を S_a 、計測歩数を S_e とするとき、歩数計測精度 $1 - |S_e - S_a| / S_a$ により評価する [2]。各条件において、1 人の歩行者が数回の同一条件で歩行を行い、その平均の歩数計測精度によって評価する。但

表 1: 歩行条件

index	条件
A	端末水平直線歩行
B	端末水平円周歩行 (半径 6.5[m])
C	端末水平歩行と停止の繰り返し
D	直線歩行 (傾き $\theta_p = -45$)
E	直線歩行 (傾き $\theta_p = -90$)
F	直線歩行 (傾き $\theta_r = 180$)
G	直線歩行 (傾き $\theta_r = -90$)

表 2: 実験結果

index	誤検出・未検出 対策前	誤検出・未検出 対策後	既存手法 [1]
A	97.43	98.10	92.12
B	93.85	98.46	96.92
C	97.78	98.89	88.06
D	92.50	97.50	97.50
E	92.00	95.50	92.00
F	94.00	100	90.00
G	86.00	93.00	97.00

し、誤検出・未検出対策において、 $\Delta T = 1$ [s], $N = 4$, $\eta = 0.3$ とした。提案手法において、いずれの条件においても、誤検出・未検出対策を施すことで、その歩数計測精度を改善できている。 [1] で示されている従来手法と比較すると、提案手法では特に、歩行と停止が繰り返される条件 C において、大きな精度改善が可能である。また、歩数計測において提案手法での閾値設定が不要という利点も実際の利用場面では重要であると考えられる。

4 おわりに

本稿では、歩行者の移動方向と歩行面に垂直な方向の 2 次元加速度を用いた歩数計測法を提案し、既存の手法との比較を行うことで、提案手法の有効性を示した。歩数計測実験の結果、提案手法は様々な歩行場面において、高精度に歩数計測が可能であることを示した。今後、更に様々な歩行場面での実験を行い、提案手法の頑強性を評価する予定である。

参考文献

- [1] 大竹久美子, 蒔苗耕司: 自律型測位を用いた歩行者経路案内システムの構築, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.13, pp.419-422, (2004).
- [2] 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ーディング手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp.558-570, (2011).