

携帯端末のセンサ値を用いた多変量解析による歩幅推定

根岸 拓郎[†]藤田 悟[†]法政大学 情報科学部[†]

1. まえがき

近年、携帯端末内蔵センサを用いて屋内歩行者の位置推定を行うデッドレコニングの研究が盛んに進められている。その結果、端末の所持状態（手振りや手持ち等）に応じた進行方向推定や、歩行判定手法の高精度化について成果が上がってきている。しかし、歩幅の推定は未だに決め手となる手法が見つかっていない。

本研究では歩行時の加速度センサやジャイロセンサの値を詳細に分析し、歩幅と関連の高いパラメータを探索する。それらのパラメータを重回帰分析する事で精度の高い歩幅の推定を目指す。

2. 関連研究

歩行時の携帯端末のセンサ値を用いた回帰分析により歩幅を推定する手法として、上坂らは携帯端末を手持ち・手振り状態に分類し、各状態において、k近傍法(kNN)・重回帰分析等、様々な手法で歩幅の分析を行った[1]。手持ちの場合には特に重回帰分析による歩幅推定が高精度である事を示した。その際使用されたパラメータは鉛直成分加速度の最大最小差と、身長とケーデンスであった。

ITOHらは加速度センサや床に敷いた圧力センサ等を用いて、人の歩行動作時に発生する加速度等の分析や、加速度・体重と筋力との関係等を分析している[2]。腰に加速度センサと装着し、一定区間を歩き、その際に発生した鉛直・前後方向の加速度波形と、映像を記録している。そしてHS（ヒールストライク：踵接地時）やTO（トゥオフ：つま先蹴り上げ時）時等のタイミングで加速度がどのように掛かるか分析している。彼らの分析から、踵接地時に鉛直上向きにプラスの加速度が掛かり、同時に前方向にマイナスの加速度が掛かる事が分かった。

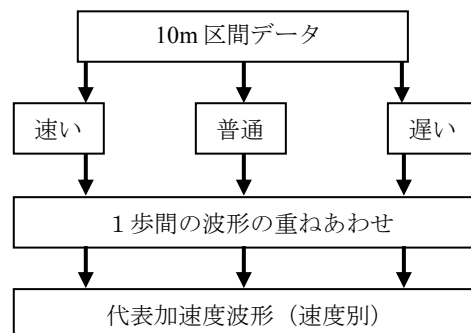


図1 速度別の代表的な加速度波形の抽出。

3. 歩幅推定法

従来の歩幅推定法では重回帰分析に用いるパラメータに全体的な加速度の最大・最小値、分散等のマクロデータ、または身長等の端末外パラメータだけを利用して来た。これに対し、本論文では歩行時のセンサの波形を詳細に分析し、踵接地時周辺の進行方向の加速度に限定する等、マイクロデータをパラメータに用いる事で、より正確な歩幅推定を目指す。なお、本研究では、歩幅 S (m/step) を、歩行速度を W (m/sec) と、1歩の時間幅を C (step/sec) から、(1)式を用いて計算している。

$$S = \frac{W}{C} \quad (1)$$

3.1. 加速度波形の分析

男性2人(M1, M2)、女性2人(W1, W2)合計4人の被験者を対象に、歩行時の端末加速度センサ値の収集を行う。歩行者には携帯端末を画面が床と平行になるように手で保持した状態で10m区間の歩行を30回程繰り返してもらった。一回の歩行中は一定の歩行速度が望ましいため、歩き始めと歩き終わりには、1, 2歩余分に歩行し、10m区間のスタート・ゴール通過時に、携帯端末の画面をタップしてもらう事で、スタート・ゴール間の時間とセンサ値を得た。

Stride estimation with multivariate analysis on the sensor values of mobile terminals

[†]Takuro Negishi, Satoru Fujita

[†]Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

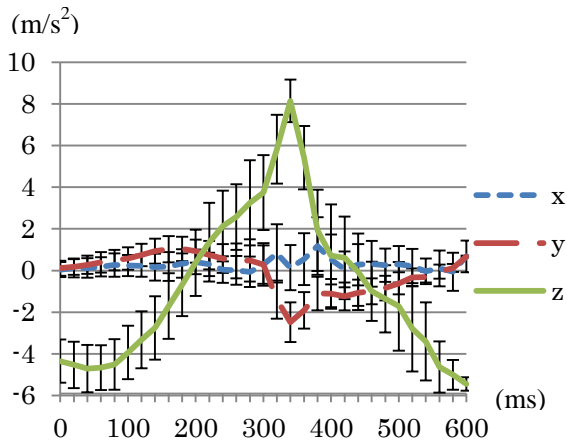


図2 歩行時の平均加速度波形 (速い) .

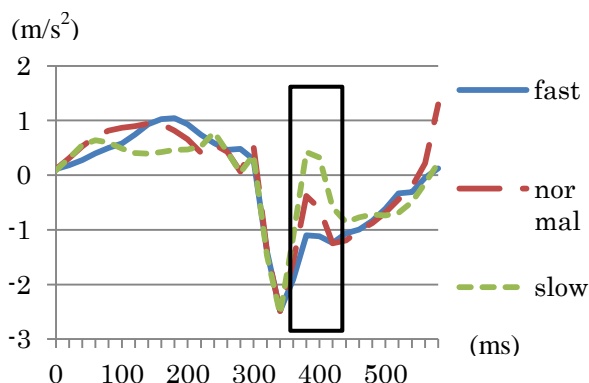


図3 速度別の Y 軸 (前後方向) 加速度波形.

このセンサデータから、歩行速度毎の代表的な加速度波形を抽出する。10m 区間の歩行データをかかった時間毎に、速い・普通・遅い、の3グループに分類する (図1)。1つのデータに対して、加速度波形を1歩毎のデータに区切り、鉛直加速度のピーク (踵接地時) を基準にして3グループ別々に重ねる。図2は、被験者 M1 が速い速度で歩行した時の加速度の平均的な波形である。普通・遅い歩行の場合の加速度波形にも同様の処理を行い比較した。

我々は速度毎の前後方向の加速度に着目した。図3は被験者 M1 の速い・普通・遅い、の3グループの代表的な加速度波形を重ねたものである。負のピークに大きな違いは無いが、負のピーク直後の波形に違いがある。負のピーク直後に正に推移する動きが3グループどの場合でも見られるが、速度が遅い時により大きく値が正に推移する。この区間は、踵の接地とつま先の接地の間の時間であると考えている。速度が遅い方が前方向の加速度が大きいということで、逆説的ではある。しかし、速度が遅い時には、踵で蹴り、再びつま先の接地で減速するという仮説をしている。この点に関しは今後も深く分析を進めていく。

3.2. 有効パラメータの重回帰分析結果

3.1 節の分析から、前後加速度の負のピークより後の 10% を飛ばした 20% の区間内 (図3 枠内) での平均値を重回帰分析のパラメータ (「前後 20%」と呼ぶ) として用いる。更に前後 20% に加え、前後・鉛直・左右向きそれぞれの加速度・ジャイロセンサ値の分散、波形の面積 (積分値) の平均、波形に FFT をかけた際の最大周波数成分 (Hz) の合計 19 パラメータを設定した。

被験者データ毎に 19 パラメータから歩行速度を推定する重回帰分析を行った。重回帰分析では、パラメータの選択に前進選択法を適用した。

19 パラメータを用いて重回帰分析を行った結果を表2に示す。被験者は男性2人 (M1, M2)、女性2人 (W1, W2) を対象とした。被験者毎に採用されたパラメータが異なるが、M1 を除き最も相関の高い係数として前後 20% が採用された。相関係数は全て 0.7 を越え、全被験者の平均 0.77884 と高い相関がある事が分かった。

表1 各被験者の分析結果.

	第一係数	第二係数	相関係数
M1	鉛直分散	前後 20%	0.84677
M2	前後 20%	-	0.78584
W1	前後 20%	鉛直面積	0.73339
W2	前後 20%	前後分散	0.778193

4.まとめ

本研究では、端末センサ値を詳細に分析し有効なパラメータを設定し、重回帰分析を用いてデッドレコニングにおける歩幅推定の精度向上を試みた。今後は更に歩行動作と端末センサ値の関係を分析する。例えば、被験者 M1 のように鉛直分散が第一に採用されるのはどのような歩行者・歩行パターンの時なのか、等を研究する。

更に他の歩幅推定手法を用いた場合との比較や、実際のデッドレコニングへの組み込み、総合的な評価実験などを行う予定である。

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, Feb.2011.
- [2] Yuzuru ITOH, Manabu MIYAMOTO, Tatsuya HOJO, Yasusuke HIRASAWA and Takahiro KUBOTA, “Convenient Use of Accelerometer for Gait Analysis”, Bulletin of the Osaka Medical College, 54, (1), pp.21-31, 2008.