

デッドレコニングにおける鉛直方向推定に関する一検討

村松 茂樹 渡邊 孝文 上坂 大輔 横山 浩之
株式会社 KDDI 研究所

1 はじめに

近年，屋内等の GPS の利用が困難なエリアにおける測位のニーズが高まっている．屋内での測位手法についてはこれまでに様々な研究が行われており，インフラが不要な測位手法として，歩行者向けデッドレコニングが研究されている．従来の歩行者向けデッドレコニング手法の多くは，センサを人体の安定した部位（腰など）や，歩行の特徴が得られやすい部位（足の甲など）に固定する必要があったが，近年では，センサの搭載された携帯電話の利用を想定した研究も進められている [1, 2]．筆者等も，携帯電話をズボンのポケットに入れて歩行した場合に適用可能な手法を検討したが，重力の向きが正しく推定できていないことに起因すると考えられる誤差が確認された [3]．この誤差は，周回した場合に歩行開始位置と歩行終了位置のずれとしてあらわれる．

本稿では，重力推定の進行方向推定への影響をデータを用いて検証する．

2 推定された重力の誤差

歩行者向けデッドレコニングの主な構成要素の一つは，歩行者の水平面上での進行方向を求めることであり，端末の姿勢があらかじめわからない場合には，観測されたデータから水平面（法線方向である鉛直方向）を推定する．端末が静止状態にあれば，観測される加速度は鉛直下向きの重力加速度のみであることから，十分な時間にわたる加速度の平均が重力として利用される．歩行時においては，人間が1歩に要する時間はおよそ0.5秒であることから，2秒分のサンプル数があれば十分とされている [1]．

一方で，鉛直方向推定の誤差に起因すると思われる進行方向誤差の報告もあり，また，脚の動きの影響を受けるズボンのポケットのように，収納場所によっては端末姿勢は一定とはならない．図1は，端末をズボンのポケットに収納して歩行した際の，加速度のデータと2秒分の加速度のデータから推定した重力方向とジャイロを用いて算出した鉛直方向の誤差の例である．

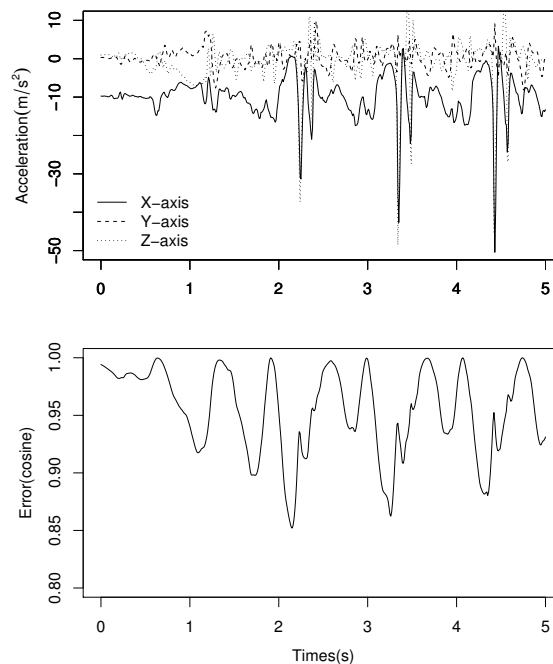


図1: 加速度データ（上）、推定された重力方向と鉛直方向の誤差（下）の例

歩行周期と同じ周期で変動する誤差が確認でき，進行方向の推定に影響を与えていると考えられる．

3 評価

重力の推定方法を変えた場合の進行方向の推定精度への影響を，公開されているデータを用いて評価した．評価に用いたデータは [2] で用いられたもの*のうち，garden の歩行の際に左右のポケットに収納されたセンサのデータである．進行方向の推定には，加速度の水平方向成分に対して2次元のPCAを適用した．また，背部に固定したセンサのデータから求めた進行方向を正解とし，1歩ごとに誤差を求めた．

評価した重力の推定方法は次のとおりである．

方法1 $2f_s + 1$ サンプルの移動平均を重力とする (f_s はサンプリング周波数) ．

方法2 1回の進行方向推定に用いる区間において方

*online available on <http://www.mis.tu-darmstadt.de/datasets>

A Study on Gravity Estimation of Pedestrian Dead Reckoning
Shigeki Muramatsu, Takafumi Watanabe, Daisuke Kamisaka
and Hiroyuki Yokoyama

†KDDI R&D Laboratories Inc.

表 1: 進行方向の誤差 (deg)

| 方法 | median | 75 % ^{ile} | 95 % ^{ile} |
|------|--------|---------------------|---------------------|
| 方法 1 | 18.1 | 36.1 | 56.2 |
| 方法 2 | 25.0 | 34.1 | 49.4 |
| 方法 3 | 25.6 | 36.4 | 51.1 |

表 2: 歩行停止位置の誤差

| 方法 | 平均 (m) | 標準偏差 |
|------|--------|------|
| 方法 1 | 114.5 | 35.7 |
| 方法 2 | 11.2 | 5.4 |
| 方法 3 | 30.0 | 25.0 |

法 1 により推定された重力のうち、誤差が最も小さくなる時点を探し、その時点の重力、地磁気を当該区間における重力、地磁気とする。

方法 3 全ての軸の加速度の分散がほぼ 0 になった時点の加速度を重力とする。地磁気は、歩行周期において端末姿勢が立っている状態における端末姿勢と近くなる立脚期の中間点 [4] の地磁気とする。

表 1 は、評価した方法の誤差の概要である。誤差の大きさについては大幅な改善は見られていないが、方法 2 および方法 3 は方法 1 と比較して誤差の分布する範囲が狭くなっている。一方、歩行停止位置の誤差 (表 2) については、方法 2 および方法 3 によって精度が改善していることが確認できる。

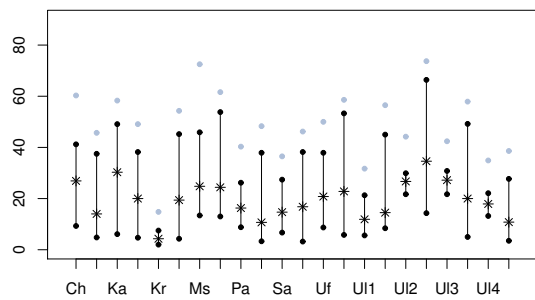
図 2 は、進行方向の推定誤差のメディアン、25%^{ile}、75%^{ile}、95%^{ile} を被験者ごとに示したものである。左右のポケットについても分けて示している。方法 2 および方法 3 の場合に、誤差の分布する範囲が狭くなっていることが確認できる。以上より、方法 2 および方法 3 の場合の主な誤差は重力推定の影響によるものではないと考えられる。

4 おわりに

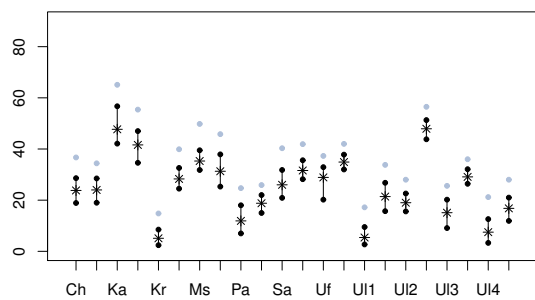
本稿では、重力推定の進行方向推定への影響について報告した。公開されているデータを用いた評価によれば、推定された重力のうち誤差の小さなものを利用することで歩行終了時の位置の誤差が小さくなったことから、従来の重力推定方法による誤差が進行方向推定に影響を与えていることが確認された。引き続き、評価を進める予定である。

参考文献

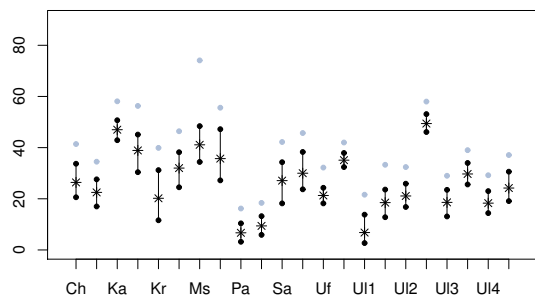
[1] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之: 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の



(a) 方法 1



(b) 方法 2



(c) 方法 3

図 2: 進行方向の誤差 (deg) . median (*), 25/75 percentile (・) および 95 percentile (grey・). 被験者ごとに左側が左ポケット, 右側が右ポケット.

提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 558-570 (2011).

[2] Steinhoff, U. and Schiele, B.: Dead Reckoning from the Pocket - An Experimental Study, *Proceedings of eighth annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 162-170 (2010).

[3] 村松茂樹, 渡邊孝文, 上坂大輔, 小林亜令, 岩本健嗣, 横山浩之: ポケットに入れたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニングに関する一検討, 情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集第 3 分冊, pp. 5-6 (2011).

[4] Hoseinitabatabaei, S. A., Gluhak, A. and Tafazolli, R.: uDirect: A Novel Approach for Pervasive Observation of User Direction with Mobile Phones, *Proceedings of ninth annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 74-83 (2011).