

# 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

村松 茂樹 † 渡邊 孝文 † 上坂 大輔 † 小林 亜令 † 岩本 健嗣 ‡ 横山 浩之 †  
 † 株式会社 KDDI 研究所 ‡ 富山県立大学

## 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、筆者らは、ナビゲーション機能を利用する場合を想定し、手に持ったセンサ搭載携帯電話にも適用可能な手法を提案、評価した [1]。一方、Cui らの調査によれば、携帯電話が収納されていることの多い場所として、男性の約 60% が、ズボンのポケットだと回答している [2]。したがって、携帯電話を収納した場合にも継続して測位を続けるためには、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が必要となる。Steinhoff らは、ポケットに収納した IMU (Inertial Measurement Unit) を用いて、センサを人体に固定することを前提とした方位推定法の精度を比較評価している [3]。この評価では、グローバルな座標系で各種センサの計測結果が得られることを前提としているが、本稿では、ローカルな座標系で得られたデータから進行方向推定を行う手法を提案し、実測によって推定精度を検証する。

## 2 ズボンポケットに入れたセンサを用いた進行方向推定

携帯端末が人体に対して決められた姿勢で固定されている場合、人体が静止しているならば、携帯端末が観測した磁気の向きと、重力加速度の向きから、携帯端末の姿勢と、その人が向いている方角を求めることができる。

しかし、ズボンのポケットに収納した場合には、常に同じ向きで収納したとしても、脚の動きの影響を受け、歩行中の端末の姿勢は一定とはならない。また、加速度センサの検出する加速度は、重力加速度

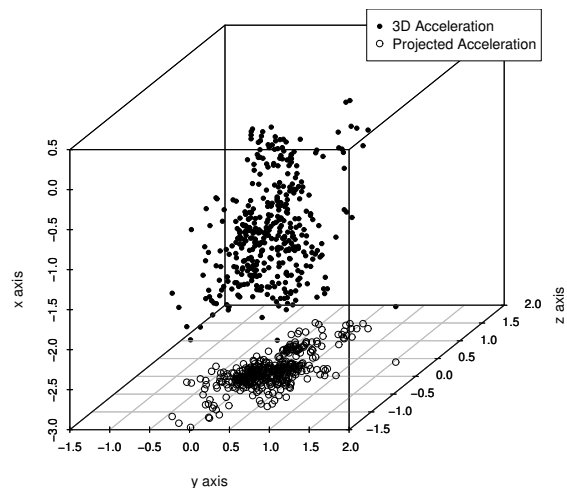


図 1: 加速度データの例

だけでなく運動の加速度も合成されたものであるため、重力の向きを示しているとは限らない。

そこで本稿は、歩行中、体幹が周期的に上下動と進行方向の加速、減速を繰り返していること [4]、および進行方向に脚が動くことを用いて進行方向を算出する。すなわち、観測される加速度は、進行方向と鉛直方向を含む平面上に分布すると仮定し、この平面と磁北との角度を求めることで進行方向を求める。

図 1 に加速度センサをズボンポケットに入れて歩行した際に観測された加速度データの例を示す。センサの向きは、おおよそ  $x$  軸が鉛直方向、 $y$  軸が左右方向、 $z$  軸が前後方向である。鉛直方向、前後方向への広がりが確認できる。

加速度の分布に基づく進行方向の推定手順は次の通りである。

1. 加速度の時系列データから加速度の分布する平面を最小二乗法を用いて推定する。
2. 加速度の分布する平面の北に対する角度を求める。加速度の分布する平面の法線方向が左右であること、また、右手系において重力ベクトルを  $G$ 、地磁気ベクトルを  $M$  としたとき、

A Study on Pedestrian Dead Reckoning using Sensors in Pockets  
 †Shigeki Muramatsu, †Takafumi Watanabe, †Daisuke Kamisaka, †Arei Kobayashi, †Takeshi Iwamoto and †Hiroyuki Yokoyama  
 †KDDI R&D Laboratories Inc.  
 ‡Toyama Prefectural University



図 2: 実験に用いた携帯電話端末

表 1: 進行方向の誤差

被験者	誤差 (rad)	被験者	誤差 (rad)
M1	0.571	W1	0.791
M2	0.515	W2	0.597
M3	0.683	W3	1.051
M4	0.747	W4	0.630
M5	0.676	W5	0.288
M6	0.535	W6	0.706
M7	0.578	W7	0.554
M8	0.795	W8	0.318

$E = G \times M$  が東向きになることに基づいて算出する。

### 3 評価実験

ズボンポケットに入れたセンサを用いた進行方向推定を評価するための実験を行った。

実験には、加速度および地磁気センサ (AK8976A, 旭化成製) を搭載したセンサアタッチメントを接続した携帯電話端末 (W62CA) を用いた。図 2 にセンサアタッチメントと携帯電話端末の接続の様子を示す。センサアタッチメントで計測されたデータは、携帯電話端末に送られ、携帯電話端末上で動作する記録用のアプリケーションによって保存される。

被験者は、利き腕の側のズボンのポケットに入れた状態で端末を所持し、屋外に設定した 1 周約 1,500m の周回コースを 1 回ずつ、自然な速度 (customary walking speed, [4]) で歩行する。被験者は男性 8 名 (M1-M8)、女性 8 名 (W1-W8) である。なお、端末を入れたポケットは、W5 のみ左、残りは右である。

歩行実験によって取得された加速度センサと地磁気センサの値から 2 節の手順によって進行方向を算出し、歩幅を乗じて歩行軌跡を推定する。なお、歩数は加速度のピーク検出後目視で補正し、歩幅は [1] に基づいて与えた。

図 3 は、推定された歩行軌跡である。灰色の線は歩行コースで観測された GPS による測位結果を結ん

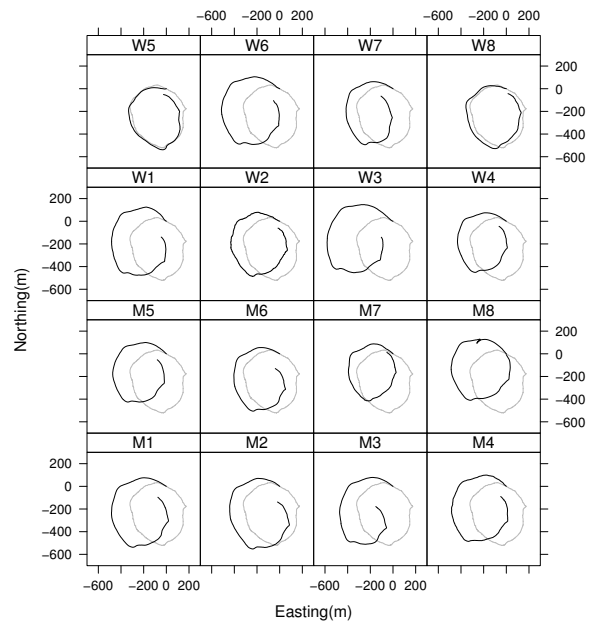


図 3: 推定歩行軌跡

だものである。おおむね周回できているものの停止位置が南西にずれる傾向が全体的にみられる。この傾向は手に持った場合にもみられたものであり [1]、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。表 1 は、GPS による測位結果と比較した進行方向の誤差である。数値は、歩行コース上の 20 箇所求めた誤差の平均である。

### 4 おわりに

本稿では、携帯電話をズボンポケットに入れて歩行した場合の進行方向の推定について報告した。16 人の被験者による評価実験によれば、周回している様子は確認できるが、14 人の被験者で平均 0.5(rad) を超える進行方向の誤差がみられた。また、重力ベクトルの推定誤りに起因すると推測される傾向が確認された。今後は、さらに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提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2 (2011).
- [2] Cui, Y., Chipchase, J. and Ichikawa, F.: A Cross Culture Study on Phone Carrying and Physical Personalization, *Proceedings of the 2nd international conference on Usability and internationalization*, pp. 483-492 (2007).
- [3] 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).
- [4] Perry, J.: *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*, SLACK Incorporated, Thorofare (1992).