

## 歩行者デッドレコニングに基づく軌跡推定の評価法の提案

安部 真晃\*

梶 克彦†

廣井 慧‡

河口 信夫‡

名古屋大学工学部\*

名古屋大学未来社会創造機構†

名古屋大学大学院工学研究科‡

## 1 はじめに

加速度、角速度等のセンサ値から相対的な位置変化量を求める歩行者デッドレコニング (PDR) に関する研究には、一定時間ごとの誤差を用い、それらの誤差の平均、分散、二乗平均平方根を評価値としているものが存在する [3]。しかし、PDR は誤差が累積するため、評価に利用した経路長に依存して評価値が変化してしまうという問題がある。また、曲がり角の数や曲線の道の存在など、評価対象となる経路自体の複雑さが PDR の精度に影響を与える場合がある。興梠らは PDR の構成要素に着目した評価手法を提案しているが [1]、評価項目が網羅されておらず不十分と考える。一般的に PDR は、距離推定、角度推定、高度推定の3つの要素を合成して実現する。水平移動量推定では、歩数を検出し、歩幅をかけあわせ移動距離を推定する。方向推定には角速度や加速度などが用いられる。高さ方向の推定には、加速度センサなどを用いた機械学習や気圧センサが用いられる。よって、総合的な位置推定精度の評価に加え、各要素ごとの評価を可能にすれば、PDR 手法のボトルネックの発見や手法の構成要素ごとの比較検討が可能になると考えられる。

本研究では、推定された軌跡の点と正解軌跡の点の誤差を PDR の総合的な精度評価とする。また、距離推定、角度推定、高度推定の誤差を評価する手法を提案する。

## 2 PDR に基づく軌跡推定の評価手法

PDR の評価において、PDR の総合的な精度を示す位置推定精度に加え、PDR を実現するための各構成要素である距離推定、角度推定、高度推定についても精度評価を行う。また、PDR は相対的な位置を推定する手法であり、推定位置、推定距離、推定角度、推定高度の誤差が累積するという特徴を持つ。そこで、評価に利用した経路長に依存して評価値が変化しないようにするため、各誤差の累積度合いを算出し、評価値とする。

位置推定精度については単位秒あたりの誤差累積度合いを求めるが、距離推定、角度推定、高度推定の誤差累積度合いを算出する際には、必ずしも単位秒あたりの誤差累積度合いを求めるのはふさわしくない。なぜなら、曲がり角の数や曲線の道の存在など、評価対象となる経路自体の複雑さが PDR の精度に影響を与える場合があるからである。そこで、距離推定については、正解経路長に対する推定経路誤差を求め、単位距

離あたりの誤差累積度合いを算出する。角度誤差については、正解経路の角度変化量に対する角度誤差を求め、単位角度あたりの誤差累積度合いを算出する。高度推定については、正解経路の高さ方向の総移動量に対する高度推定誤差を求め、単位高度あたりの誤差累積度合いを算出する。各評価項目の誤差は1秒毎に算出する。

誤差の累積度合いの算出には、回帰直線を用いる。回帰直線の算出方法を、位置推定精度の累積誤差の算出を例にして説明する。位置推定精度の累積誤差は1秒毎に算出されているため、図1のように散布図が得られる。横軸は時間、縦軸は座標推定誤差を表している。回帰直線は、グラフにプロットされた各点から直線までの距離の総計が最小となるように推定して得る。回帰直線は  $y = ax + b$  の1次関数として表現され、誤差の累積度合いは傾き  $a$  となる。

## 3 評価手法の検証

評価対象となる PDR に基づく軌跡推定手法として推定手法1[2]推定手法2[3]を用意した。推定手法1は加速度、角速度から歩行者の歩幅・歩数・進行方向を推定し、軌跡推定を行う手法であり、推定手法2はそれらに加えて歩行者に関する情報、移動環境に関する情報、歩行者がとっている行動に関する情報を軌跡推定に利用する手法である。本研究ではこの2つの手法を用いて平面の移動軌跡を推定する。よって今回は高さの変化量を評価値として利用しない。

提案手法を、我々が構築した屋内歩行センシングコーパスである HASC-IPSC[4] と推定手法1と推定手法2を用いて検証した。

## 3.1 時間-座標誤差

時間と座標誤差の関係を図1に示す。推定手法1の回帰直線の傾きは推定手法2と比べおよそ1.67倍である。この傾きは一定時間あたりの座標誤差の蓄積量を表しているため、推定手法1に比べ推定手法2は長時間の経路推定に適していると考えられる。

## 3.2 角度変化-角度誤差

角度変化と角度誤差の関係を図2に示す。推定手法1の回帰直線の傾きは推定手法2に比べおよそ1.25倍である。よって、経路の角度変化の大きさが誤差に与える影響は推定手法1の方がわずかに大きい。

## 3.3 経路長-経路誤差

経路長と経路誤差の関係を図3に示す。推定手法1の回帰直線の傾きは推定手法2と比べおよそ3.88倍であり、経路長による推定結果への影響は推定手法1の

An Evaluation Method of Trajectory Estimation based on Pedestrian Dead-Reckoning.

Masaaki Abe\* Katsuhiko Kaji† Kei Hiroi‡ Nobuo Kawaguchi‡  
School of Engineering, Nagoya University \* Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University † Graduate School of Engineering, Nagoya University ‡

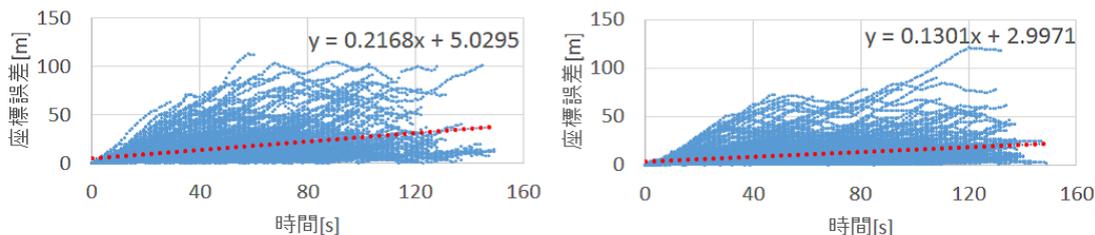


図 1: 時間-座標誤差 (左:推定手法 1 右:推定手法 2)

方が大きいとわかる。

図 1 の回帰直線の傾きの大きさを比較すると推定手法 1 より推定手法 2 が優れていると考えられる。図 2 での回帰直線の傾きに大きな違いはなく、図 3 では推定手法 1 の傾きは推定手法 2 の傾きに比べ非常に大きな値となっている。これから図 1 において推定手法 1 の傾きが大きい原因は経路長による経路誤差と考えられ、移動距離の推定精度の向上によりこれを解決できると考えられる。

#### 4 まとめ

提案手法は、総合的な位置推定精度の評価に加え、PDR の構成要素である移動距離推定、方向推定、高度推定を個別に評価可能である。提案手法を用いて異なる 2 つの PDR を評価し、各手法の精度を PDR の構成要素ごとに検証可能であることを確認した。

#### 参考文献

- [1] 興梠 正克, 蔵田武志. 歩行者自律航法 (歩行者自律航法 (PDR) ベンチマークの一手法とその評価 HHCJ シンポジウム 2014-A-1-4
- [2] 坂 涼司, 梶 克彦, 河口信夫. 磁気と WiFi 電波強度を含んだマップ情報に歩行者デッドレコニングを併用した屋内位置推定手法. 電子情報通信学会技術研究報告 ASN2013-122, pp.23-28, 2014-jun.
- [3] 村田 雄哉, 梶 克彦, 廣井 慧, 河口 信夫. 歩行者自律測位における行動センシング知識の利用. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム 2014
- [4] Kaji K, Watanabe H, Ban R, Kawaguchi N. HASC-IPSC: Indoor Pedestrian Sensing Corpus with a Balance of Gender and Age for Indoor Positioning and Floor-plan Generation Researches. International Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Its Application (HASCA2013), 2013.

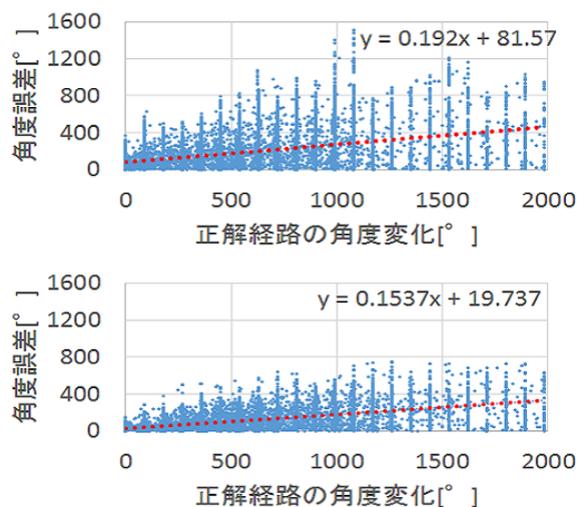


図 2: 角度変化-角度誤差 (上:推定手法 1 下:推定手法 2)

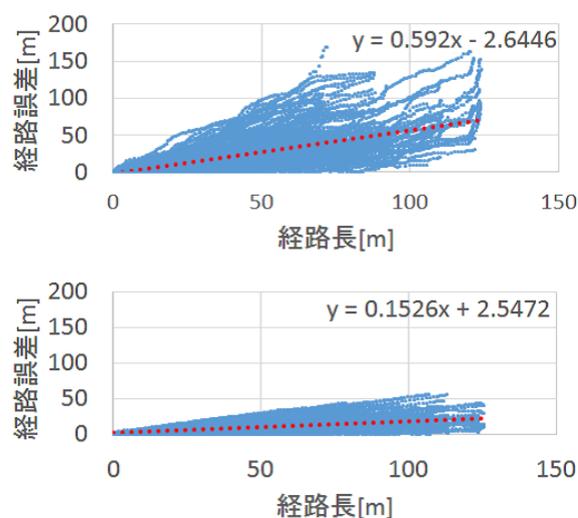


図 3: 経路長-経路誤差 (上:推定手法 1 下:推定手法 2)