

# 1 歩毎の測位誤差を考慮した PDR の定量的精度評価手法の検討

小西 啓佑<sup>†</sup> 五十嵐 規和<sup>†</sup> 松下 裕介<sup>†</sup> 吉澤 史男<sup>†</sup>

<sup>†</sup>株式会社 リコー リコー技術研究所

## 1 はじめに

近年、屋内における人の測位に関する研究がさかんに行われており、携帯端末に搭載された加速度センサや角速度センサといった慣性センサを用いて歩行者の移動量を算出し、現在位置を推定する歩行者自律航法(以下 PDR)という手法が注目されている[1].

PDR による測位は、周囲の環境に依存しないという利点がある一方、1 歩毎の移動量を積算するため、歩行距離に伴い測位誤差が累積するという問題がある。しかしながらこれまでの PDR 測位精度[2]は、歩行距離に対する相対誤差の評価にとどまっておらず、測位中に発生する測位アルゴリズム内の誤差要因を特定するまでには至っていない。

そこで本稿では、1 歩毎の測位誤差を定量的に評価することにより、測位アルゴリズムの誤差要因を特定する精度評価手法を提案する。また評価実験により、提案手法の妥当性を検証する。

## 2 提案手法

### 2.1 誤差要因の洗い出し

提案手法では、村田らの研究[2]をモデルにした簡易アルゴリズムを想定しており、簡易アルゴリズムの処理フローにおいて発生する誤差を評価対象としている。

なお、提案手法による精度評価を行う際は、端末内の慣性センサの校正及び重力座標系への座標変換は予めなされてあるものとする。図 1 に簡易アルゴリズムの処理フローと考えられる誤差を示す。

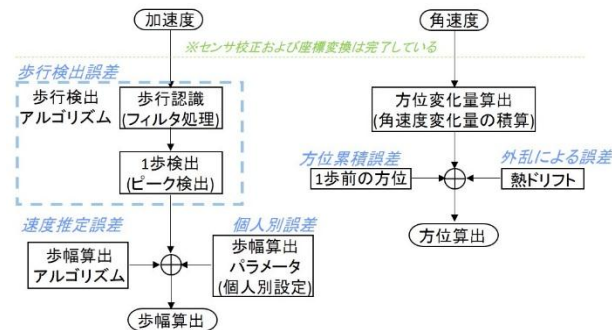


図 1 PDR 簡易アルゴリズムの処理フロー

### A study of evaluation method for PDR accuracy in consideration of position error in each step

Keisuke Konishi, Norikazu Igarashi, Yuusuke Matsushita, & Fumio Yoshizawa<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Ricoh Company, LTD. Ricoh Institute of Technology

### 2.2 1 歩毎の測位誤差の算出

方位算出中の誤差か歩幅算出中の誤差かに分類するため、測位誤差を歩行者の左右及び進行方向へ成分分解する。図 2 に成分分解図を示す。時刻  $t$  における、歩行者の真の移動量を  $\vec{a}_t = [X_t \ Y_t]^T$  とし、PDR で推定される移動量を  $\vec{u}_t = [P_t \ Q_t]^T$  とすると、測位エリアを基準とした測位誤差  $\vec{\Delta d}_t$  は以下の式で与えられる。

$$\vec{\Delta d}_t = \vec{u}_t - \vec{a}_t = [P_t - X_t \ Q_t - Y_t]^T \quad (1)$$

続いて、歩行者の移動量  $\vec{a}_t$  と Y 軸とのなす角を  $\theta_t$ 、右方向成分を  $R_t$ 、進行方向成分を  $F_t$  とすると、図 2 より成分分解結果  $\vec{\Delta K}_t$  は以下の式で与えられる。

$$\vec{\Delta K}_t = \begin{bmatrix} R_t \\ F_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_t & \sin \theta_t \\ -\sin \theta_t & \cos \theta_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_t - X_t \\ Q_t - Y_t \end{bmatrix} \quad (2)$$

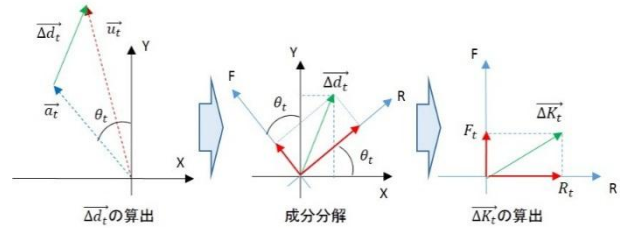


図 2 成分分解図

### 2.3 誤差要因の分類

全歩数分の成分分解結果を  $R - F$  座標系にプロットし、測位中の誤差要因を分類する。図 3 に誤差要因の分類手順を示す。

#### Step 1 プロット数の比較

歩行未検出の場合、プロット数が異なるため、対策項目を『歩行検出アルゴリズム』とする。

#### Step 2 突出誤差の確認

歩行認識モデルが単一の場合、歩き出し等では認識が不十分となり、連続した歩行に比べ突出して誤差が大きく(又は小さく)なる。このため対策項目を『歩行検出アルゴリズム』とする。

#### Step 3 成分毎の定量評価

次に、歩行検出されている測位誤差に対し、成分毎の平均誤差と標準偏差を算出し、定量評価を行う。ここで、評価基準は表 1 に従う。

定量評価結果により、以下の Case 1~4 に分類できる。分類された誤差要因から対策項目を特定する。

#### Case 1 左右方向の標準偏差が大きい場合

歩行中の角速度の変化量により方位が算出される。

角速度は時間経過に伴い熱によるオフセットを発生し、左右の誤差量が1歩毎に変化する。このため対策項目を『角速度センサの再校正』とする。

**Case 2 左右方向の平均誤差が大きい場合**

方位は1歩前を基準として算出される。全歩数で誤差が一律に偏っている場合、初期方位設定を誤差要因及び対策項目とする。

**Case 3 進行方向の標準偏差が大きい場合**

歩行時の加速度振幅により歩幅が算出される。速度変化に伴い加速度も変化するため、単一な歩幅算出方式では歩行速度によって誤差が発生する。このため対策項目を『歩幅推定アルゴリズム』とする。

**Case 4 進行方向の平均誤差が大きい場合**

人により歩行時の慣性情報が異なり、同じ加速度でも一律に誤差が発生する。このため対策項目を『歩幅算出パラメータ』とする。

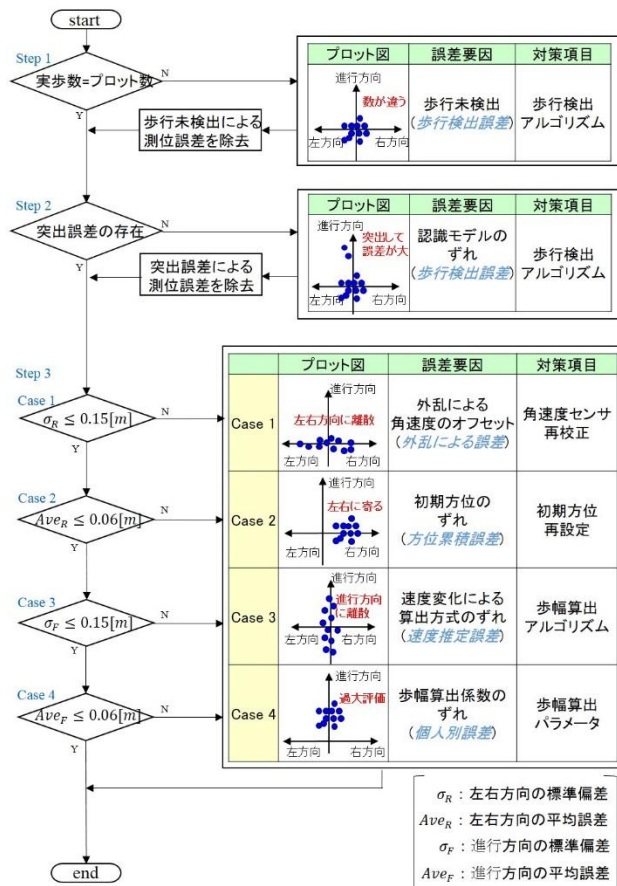


図3 誤差要因の分類手順

表1 定量評価の評価基準

評価基準	理由
平均誤差 ±0.06[m]	1歩(約0.6[m])あたりの誤差を10%以内に収めるため
標準偏差 0.15[m]	±2σ (約95%)を1歩以内に収めるため

**3 妥当性検証**

本稿では、提案手法の妥当性を検証するため、既知の誤差要因を加えて評価実験を行い、提案手法により分類される誤差要因との比較を行っている。

**3.1 評価条件**

全長 20[m]の長方形の評価コースにおいて、左右1回転ずつ歩行したときの測位結果を評価する。

PDRの測位アルゴリズムには以下の誤差要因を加えて評価実験を行う。

- ・ Case A 角速度にオフセットを与える場合
- ・ Case B 初期方位にオフセットを与える場合
- ・ Case C 速度を変化させながら歩行する場合
- ・ Case D 歩幅パラメータを大きく設定する場合

なお評価実験では、歩行者の真の移動量の測位手段として、PDRよりも精度及び分解能の高いステレオカメラによる測位システムを使用する。

**3.2 評価結果**

Case A~Dの評価結果を表2に示す。表2より、提案手法による誤差要因の分類結果と既知の誤差要因とが一致していることを確認した。

なお筆者らは、Case Dの対策項目である『歩幅算出パラメータ』の調整により、進行方向の平均誤差を0.0272[m]まで低減できることを確認している。

表2 妥当性検証結果

定量評価結果	Case A		Case B	
	左右方向	進行方向	左右方向	進行方向
平均誤差	-	-	平均誤差 0.5043	-
標準偏差	0.1985	-	標準偏差 0.1423	-
分類結果	外乱による角速度のオフセット		初期方位のずれ	
既知の誤差要因	角速度のオフセット		初期方位のずれ	
対策項目	角速度センサ再校正		初期方位設定	
定量評価結果	Case C		Case D	
	左右方向	進行方向	左右方向	進行方向
平均誤差	0.0405	-	平均誤差 -0.0557	0.2217
標準偏差	0.1456	0.2501	標準偏差 0.1383	0.1474
分類結果	速度変化による算出方式のずれ		歩幅算出係数のずれ	
既知の誤差要因	歩行速度の変化		歩幅算出パラメータの過大設定	
対策項目	歩幅算出アルゴリズム		歩幅算出アルゴリズム	

**4 まとめ**

本稿では、PDRの1歩毎の測位誤差を基に、左右及び進行方向成分において定量評価を実施することで、測位アルゴリズムの誤差要因を特定する精度評価手法を提案した。また二次元空間における評価実験により、提案手法の妥当性を確認した。これにより成分毎の評価結果と誤差要因との相関があることを確認できたため、PDR測位アルゴリズムの精度改善に貢献できると考えられる。

**参考文献**

[1] 興梠正克, 大隈隆史, 蔵田武志: 歩行者ナビのための自蔵センサモジュールを用いた屋内測位システムとその評価, シンポジウムモバイル研究論文集, Vol. 2008, pp. 151-156, 2008.  
 [2] 村田雄也, 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, 強調とモバイル(DICOMO2014)シンポジウム, pp. 1614-1619, 2014.