

慣性センサーを用いた歩行者の進行方向推定に関する一検討

松本 拓真† 藤井 雅弘†

宇都宮大学大学院地域創生科学研究科†

1. まえがき

近年，スマートフォンやスマートウォッチ等の移動体端末の普及にともない，屋内における歩行者の位置推定需要が高まっている．歩行者の位置を推定する方法として GPS (Global Positioning System) や Wi-Fi などによる絶対位置推定が用いられてきたが，これらの手法は屋内での利用に限定され，測位のためのアクセスポイントなどの装置の設置コストが大きくなってしまふ可能性がある．一方，屋内外で利用可能な位置推定手法として，移動距離と進行方向によって構成される相対的な移動量を推定することで，逐次的に歩行者の位置を推定する PDR (Pedestrian Dead Reckoning) と呼ばれる手法がある．この手法では端末に搭載されたセンサーのみを使用して位置捕捉を行う．この PDR は，絶対位置推定を補完する形で利用される．本稿では，スマートウォッチのようにデバイスを腕に装着する場合を想定し，手振り歩行を主な歩行動作とした際の進行方向推定について検討する．

2. 座標系

本節では進行方向推定のための3つの座標系を定義する．まず，端末上での座標系をD座標系（デバイス座標系）とし，図1(a)に示すように画面右方向を D_x ，画面上方向を D_y とし，画面鉛直上方向を D_z とする．また，図1(b)に示すように地球の方位にあたる座標系をW座標系（ワールド座標系）とし，地球上での東方向を W_x ，北方向を W_y とし，重力加速度と逆方向，すなわち地球上空方向を W_z とする．さらに，図1(c)に示すように歩行者の進行方向に関連付けられる座標系をP座標系（歩行者座標系）とし，歩行者から見て右手方向を P_x ，進行方向を P_y ，上方向を P_z とする．これらの座標系は全て右手座標系で定義される．

3. 進行方向推定手法

進行方向を推定することはW座標系に対するP座標系の回転を定めることと等価である．しか

A study on estimation of traveling direction for pedestrian dead reckoning by using inertial sensors†

† Takumi Matsumoto, Masahiro Fujii, Graduate School of Regional Development and Creativity, Utsunomiya University

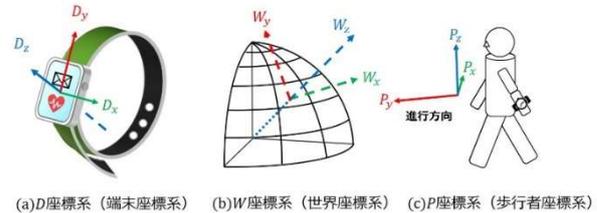


図1 座標系の定義

しながら，センサー情報はD座標系で計測され，D座標系は歩行者の歩行動作によりW座標系に対して回転してしまうため，単純な方法で直接P座標系を定めることは不可能である．そのため，D座標系のセンサー情報を歩行動作により回転しないW座標系に一旦変換し，W座標系でのセンサー情報からP座標系を定める．次節でその具体的手法について説明する．

3.1. D座標系からW座標系への変換

まず，D座標系からW座標系への変換に相当する端末の姿勢推定について考える．D座標系で得られた3軸角速度，3軸加速度の値をIMU (Inertial Measurement Unit) フィルタを用いることで端末の姿勢推定が可能である[1]．ただし，初期姿勢は地磁気を用いずに加速度のみを用いて計算しているため，初期姿勢が既知である必要がある．

3.2. W座標系からP座標系への変換

次に，W座標系からP座標系への変換に相当する歩行者の進行方向推定について考える．歩行動作にともなう前後運動と進行方向の関係を利用し，W座標系に変換した過去T秒間の加速度値についてPCA (Principal Component Analysis) 法を用いて第一主成分を求めることで進行方向推定を行う[1]．ただし，PCA法における第一主成分は向きが不定であり，進行方向を判定できない．従来のPCA法では，初期進行方向が既知の条件の下で，一時刻前の進行方向に近い方向を現在の進行方向としていた．しかしながら，この方法では現時刻の推定方向が一時刻前の推定方向に依存するので，一度誤った方向に進行方向推定をしてしまうと，その後も継続して誤った方向を推定し続けてしまう．

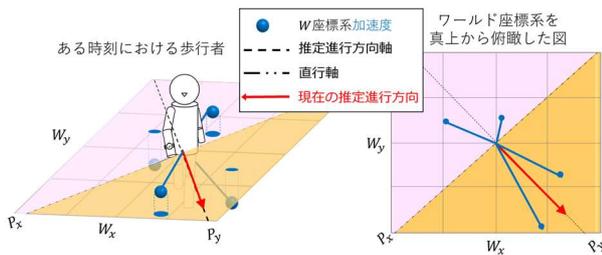


図2 提案手法

3.3. 提案手法

そこで本稿では、PCA法における初期進行方向不定、及び過去の進行方向に対する依存性の問題を同時に解決する手法を提案する。4人の歩行者が手振りで20回直進歩行したところ、手振り歩行では平均的に P_y 軸正方向（歩行者前方向）に1.2倍程度強い加速度が発生することが観測された。本稿ではこの特徴に着目し、図2に示すように W 座標系における $W_x - W_y$ 平面に写像した加速度値の大きさの和が大きい第一主成分の方向を進行方向として定める手法を提案する。この手法では各時刻での W 座標系での3軸加速度値のみで進行方向が決定できるので、一時刻前の推定値に依存することなく、また初期進行方向を知る必要もない。

4. 実験結果

本章では、第3.2節で説明した従来手法と第3.3節で説明した提案手法の進行方向推定の性能比較を行う。歩行者は図3に示す凸字ルートにおいて手振り歩行をしながら自然に歩行するものとする。被験者数は3名で試行回数は各人3回の計9回である。ここでは、真の進行方向と推定した進行方向の角度差の絶対値の時間率を9回の歩行実験での累積分布で評価し、結果を図4に示す。従来手法は一時刻前の進行方向の推定値に現在の推定進行方向が依存するため、一旦大きな推定誤差が発生すると、それが継続して発生するため大きな誤差の発生頻度が高くなってしまう。一方、提案手法では過去の進行方向情報に依存せずに逐次進行方向推定を行うため、瞬間的に大きな推定誤差が発生したとしても次の時刻で進行方向を修正可能であり、従来手法より優れた進行方向推定が可能になると考えられる。

5. まとめ

本稿では、手振り歩行における慣性センサーを用いたPDRのための進行方向推定手法について検討した。従来の進行方向推定手法では初期進行方向を定めなければ実行不可であるという問題、及び一旦進行方向を誤推定してしまうと誤った進行方向情報を基に進行方向推定をして

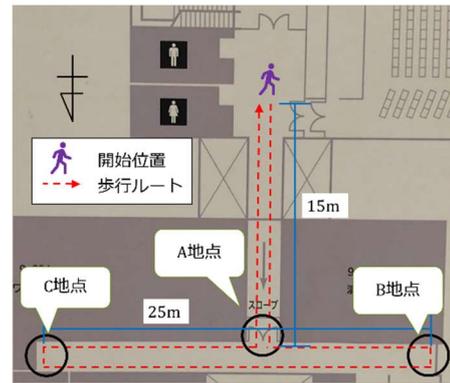


図3 歩行ルート

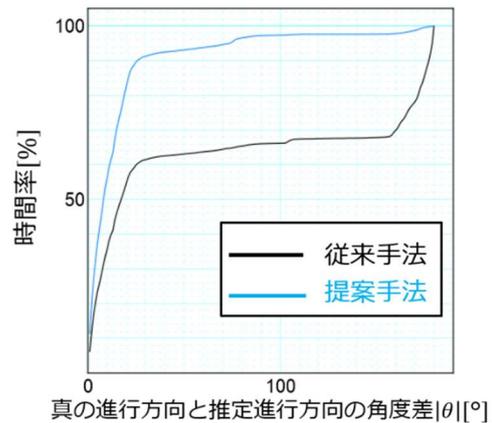


図4 両手法における角度誤差の時間率

しまい、継続して誤り続けるといった問題があった。そこで、本稿では歩行者の前後に発生する加速度ベクトルの大きさの総和に差が生じるという現象に着目し、その大きい方を現在の進行方向とすることで、この2つの問題を同時に解決する手法を提案し、検証実験を行った。結果として従来手法より小さい角度誤差で進行方向推定が可能となった。今後の課題として手振り歩行以外の様々なデバイスの保持姿勢での歩行実験を実施する予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費19K12037の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] S. Madgwick, "An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays", Technical report, Department of Mechanical Engineering, University of Bristol, (2010).
- [2] M. Fujii, and Y. Sakuma, "Suppression of performance degradation in traveling direction estimation by using IMU and PCA for PDR," International Journal of Networking and Computing, Vol. 8, No. 2, (2018).