

横歩きや後退を含む歩行のための 加速度と角速度の平面成分を併用した進行方向推定に関する研究

金子 雅亮* 伊藤 信行† 内藤 克浩* 中條 直也* 水野 忠則* 梶 克彦*
*愛知工業大学 †三菱電機エンジニアリング株式会社

1 はじめに

近年、スマートフォンなどの普及により、端末に内蔵されているセンサを用いた位置情報を利用するナビゲーションサービスやアプリケーションが提供されている。これらのアプリケーションではスマートフォンに搭載されている GPS を用いており、屋外環境で位置推定が可能である。しかし、地下街やショッピングモールなどの屋内環境では電波が遮断されてしまうため高精度の位置推定は困難である。また GPS を使用するためスマートフォンの消費電力が高くなるという問題点が挙げられる。

屋内環境で位置推定を行う手法として、屋内に設置されている無線 LAN アクセスポイントを利用した手法やスマートフォンなどの端末に内蔵されている加速度や角速度センサを利用した歩行者自律航法 (PDR: Pedestrian Dead Reckoning) がある [1]。屋内位置推定手法は様々な研究が行われているが、中でも有力な屋内位置推定手法として PDR が挙げられる。PDR は、スマートフォンに搭載されている加速度や角速度、気圧センサを用いて移動距離や進行方向、階層などを推定する。また省電力性に優れており、近年ではスマートフォンなどのセンサが内蔵されているモバイル端末が普及しているため研究が進められている。しかし、一般的な PDR では進行方向を角速度センサの値から求めているため横歩きや後退などの角速度の値が変化しない行動の推定が困難であるという問題点が挙げられる。

横歩きや後退などの角速度の値が変化しない行動を推定する既存研究として、加速度平面成分データから 1 歩ごとに進行方向を推定する研究がある [2]。この研究では、角速度の値の変化しない行動も推定できるようになっているが、直進時に推定軌跡がジグザグになってしまうという問題点が挙げられる。

本研究では加速度と角速度の平面成分のデータを併用した 1 歩ごとの進行方向推定の手法を提案する。1 歩ごとの進行方向の推定精度が向上すれば PDR の精度向上へとつながり、より正確な歩行軌跡の推定が可能になる。また、地下街やショッピングモールのような人通りの多い場所でのナビゲーションサービスへの応用が期待できる。横歩きや後退などの動作は障害物を避ける時や混雑している時に頻繁に発生する。そのため混雑状況を推定するサービス、雑踏事故を防ぐためのサービスへの応用が期待できる。

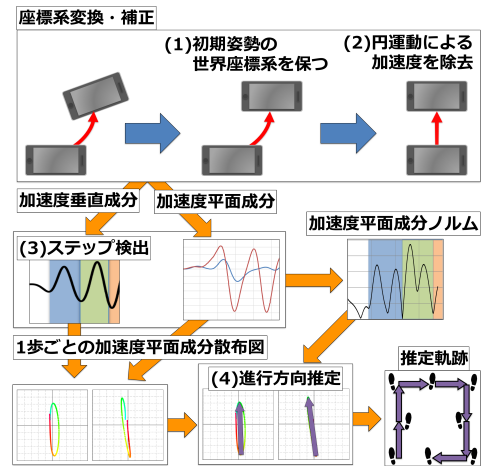


図1 概要図

2 加速度と角速度の平面成分を併用した 1 歩ごとの進行方向推定

提案手法では、歩行時の加速度と角速度の平面成分のデータを併用して 1 歩ごとの進行方向推定を行う (図 1)。人は歩行時に進行方向に対して加速と減速を繰り返す特徴がある。この特徴を利用して進行方向推定を行う。

2.1 端末姿勢推定

はじめに加速度や角速度のデータを利用するに当たり、端末の初期姿勢が問題となる。加速度センサの軸が重力方向ベクトルと直交していない場合、重力加速度が加速度平面成分に分散し正確な歩行データの収集が困難であるため端末の姿勢推定が必要となる。端末姿勢推定には重力方向ベクトルと静止時の加速度センサの x , y , z 値を用いて推定する。加速度センサの各軸と重力方向ベクトルとのなす角 α , β , γ を求め、各軸中心とした回転角 α , β , γ を端末の初期姿勢とする。加速度センサの値は端末の軸を基準とした座標系で取得されるため、端末の垂直成分とする軸を重力方向ベクトルと一致するように 3×3 の回転行列を用いて座標系変換を行う。

また歩行時の端末姿勢の変化が問題となる。人は歩行時常に同じ姿勢ではなく、前傾姿勢や後傾姿勢等になるため端末の姿勢も変化し重力加速度の値が加速度平面成分に分散してしまう。そのため、動的に姿勢を推定し加速度センサの z 軸が重力方向ベクトルと一致するように座標系変換を行う。姿勢推定には加速度と角速度を用いて相補フィルタを適用した。

2.2 角速度平面成分を用いた加速度平面成分の補正

既存研究では推定軌跡がジグザグになってしまうことが問題となった。歩行時には足を一步前に踏み出す動きに伴い腰をひねる動作が発生する。加速度平面成分のベクトルの向きは端末の向きに依存している。例えば、右足を踏み出して前進した時の加速時の端末の向きは 0° 、減速時の端末の向きが反時計回りに約 20° 回転していた場合、図 2(b) のような加速度平面成分が得られる。前進しているにも関わらず進行方向は右斜め前方向と推定される。また左足を踏み出して前進した時は左斜め前方向と推定される。このような動きの繰り返しにより移動軌跡がジグザグになると考えられる。これは加速度平面成分が端末の向きに依存していることが問題であると考えられる。そのため、角速度の平面成分を用いて加速度平面成分を補正する。角速度を積分し、 z 軸まわりについて初期姿勢からの相対的な角度を推定する。加速度をその瞬間の角度を用いて回転させることによって図 1(1) に示すように初期姿勢の世界座標系を保ち端末の向きに依存しない加速度平面成分に変換する。補正結果を図 2(c) に示す。

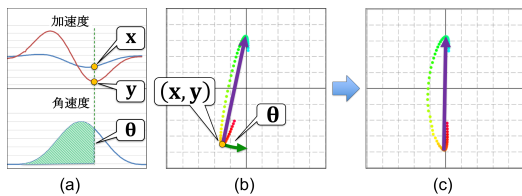


図 2 角速度を用いた進行方向の補正

次に角速度の平面成分を用いて回転運動による加速度平面成分への影響を除去する。歩行時に角速度平面成分の変化があるとき端末を軸に回転するわけではなく、主に端末は体幹を軸として回転運動する。このとき回転運動による接線加速度や向心加速度が加速度平面成分にも分散する。進行方向を推定するためには歩行による加速度のみを取得する必要がある。そのため、角速度の値を用いて回転運動による加速度を減算し図 1(2) に示すように加速度平面成分への影響の除去を行う。

2.3 ステップ検出

次にステップ検出で 1 歩ごとのデータの検出を行い、1 歩ごとの進行方向の角度を求める。ステップ検出には座標系変換を行い垂直成分とした z 軸の値を使用し判定を行う。 z 値に閾値を設定し、閾値を 2 回超えた時点で 1 歩の判定を行いラベル付けをする (図 1(3))。

2.4 進行方向推定

次に 1 歩ごとの加速度平面成分のノルムの極大値を求める。加速度平面成分のデータは進行方向へ加速し進行方向の逆方向へ減速しているため、ノルムの極大値は 2 つ存在する。そのため極大値の前半を進行方向ベクトルとする。次に進行方向ベクトルと直進方向ベクトルのなす角 θ を求め、その角度を進行方向とする (図 3)。

3 評価実験

評価実験では屋内で 20 歩程の直線経路を歩行した被験者 5 人の歩行データの収集を行った。また、端末姿勢推定を行うた

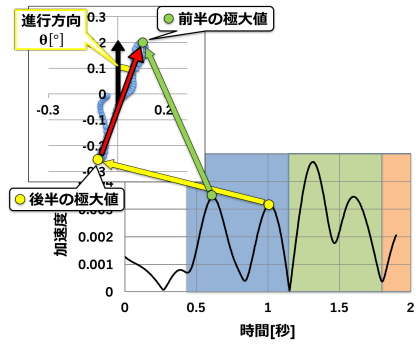


図 3 進行方向の推定

め歩行開始はセンシング開始 5 秒後とした。今回の評価実験では、データ収集する端末として Nexus 5X を使用し、スマートフォンホルダを用いて腰後ろの中央部に装着しデータ収集を行った。

収集した歩行データから 1 歩毎の進行方向推定の精度の評価を行った。既存研究の手法で推定した進行方向ベクトルと本研究の手法で推定した進行方向ベクトルを比較し角度の誤差を求め、精度を評価する。推定軌跡を図 4(a) に示す。結果、既存研究の手法は平均約 14.2° 、本研究の手法は平均約 9.1° の誤差となり、平均約 5.1° の精度向上となった。また図 4(b) のように体の向きに関係なく前進や横歩き、後退を含む歩行も推定可能である。

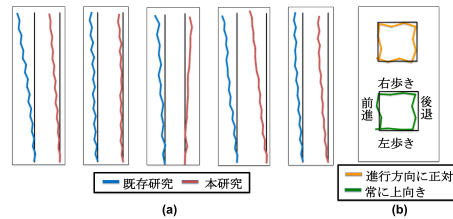


図 4 既存研究との推定軌跡の比較

4 おわりに

本研究では、加速度と角速度の平面成分を併用した 1 歩ごとの進行方向推定の高精度化に関する検討を行った。進行方向の補正や歩行による加速度のみを取得することにより高精度化を目指した。結果、進行方向推定の精度向上が見られた。

今後の課題として、歩幅を推定していないため、移動距離の推定が困難であるという問題点が挙げられる。個人差や状況により歩幅は変化するため、歩幅の推定が必要となる。

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トレコニング手法の提案”, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 558–570, 2011.
- [2] 清水祥吾, 伊藤信行, 内藤克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦 “加速度平面成分を用いた 1 歩ごとの進行方向推定”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集, pp. 38–43, 2017.