

慣性センサを用いた積分による距離推定

知能機械力学研究室

橋口秋彦

1. 研究の背景と目的

現在、物体の移動距離の推定には、GPS や三次元動作解析装置が使われる。しかし、GPS は屋内で使用できない、三次元動作解析装置は設置式であるため測定範囲が限られるなど、これらは環境的な制限を受けてしまう問題がある。

そこで、人に装着して使用できる慣性センサを用いて、この問題を解決する新しい距離推定法を提案する。慣性センサは、加速度、ジャイロ、地磁気の情報を得ることができる。従って、得られた加速度の情報を2階積分することで距離を推定することが理論上出来るが、加速度の誤差や積分による誤差により、従来法での精度を得ることができない。よって、加速度、ジャイロ、地磁気の情報を用いて補正を行うことで精度向上を図る。

本研究では人の歩行を対象とし、被験者への負担が少なく、容易に歩行距離を推定することを目的としている。よって、体幹部1ヶ所のみで慣性センサを装着し、力学的知見を加えることで距離推定するための信号処理法を検討する。

2. 提案する距離推定方法

2.1 座標変換

慣性センサを体幹部に装着して歩行を行う際、慣性センサが傾き、誤った方向に加速度が出るため、座標変換を行う必要がある。本研究の座標変換は、クォータニオンによる方法を用いる。クォータニオンは、各軸のベクトルにより任意の軸を作成し直接変換させるため、1回の変換で済み、計算処理が早い、計算による誤差が小さいというメリットがある。

クォータニオンを用いて座標変換をする場合、次に述べる2つのクォータニオンの値を算出する必要がある。これらの値は、本研究で用いる慣性センサが出力する加速度、ジャイロ、地磁気の情報を用いて算出する。

1つ目は、歩行時の傾いた座標系を初期姿勢の座標系に戻すためのクォータニオンの値を算出する。センサが加速度、ジャイロ、地磁気の情報より算出した現在のクォータニオンの値と初期のクォータニオンの値の行列の積により、初期との差が算出される。

2つ目は、計測開始時の停止中の傾きから、座標を地面と鉛直にするためのクォータニオンの値を算出する。クォータニオンは各軸のベクトルの内積から回転量、外積から回転軸を作成する。停止中のベクトルには初期の加速度の情報を用いる。式(1)(2)は慣性センサから得られた各軸の初期加速度 $\{X, Y, Z\}$ を地面と鉛直な加速度 $\{0, 0, G\}$ に座標変換するために回転量 θ と回転軸 $\{n_x, n_y, n_z\}$ を求める式である。

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}}\right) \quad \dots(1)$$

$$\{n_x, n_y, n_z\} = \frac{1}{\sqrt{Y^2+X^2}} \{-Y, X, 0\} \quad \dots(2)$$

これらの値から、加速度や角速度の座標変換を行う。

2.2 速度補正法

歩行時に停止していることがわかれば、その時の速度は0になることを用いて補正する。加速度の誤差や積分したときの誤差により、図1の較正前のように停止時の速度が0にならない場合がある。そこで、速度に対する誤差は時間に対して一定に増加すると仮定して、図1の較正後のように停止時の速度が0になるように補正を行った結果を用いて積分すれば、距離の精度も向上すると考えた。

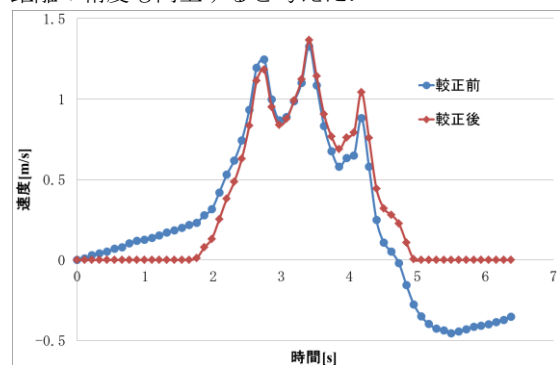


図1.速度補正法

3. 実験

3.1 実験方法

慣性センサを体幹部に取り付け、歩幅を0.7[m]として、歩数を1歩から3歩の場合で歩行を行う。実験時は、サンプリング周波数100[Hz]で計測を行い、地面に0.7[m]間隔で目印を付ける。計測開始時と終了時に速度を0にするため、約2秒停止してから歩行を開始し、歩行終了後も約2秒間停止してから計測を終了する。

3.2 実験結果

それぞれの歩行距離の正解値は、0.7[m], 1.4[m], 2.1[m]となる。停止区間を除いた実験結果を図2に示す。誤差が計測距離に対して十分に小さいため、提案法は、停止した状態がある歩行であれば高い精度を得ることが確認できたと考えられる。よって、提案法により、体幹部の慣性センサ1つのみで歩行距離の推定が可能である見通しが得られた。

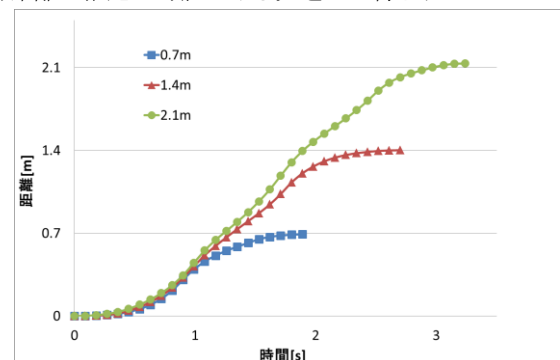


図2.推定距離