

1. 研究の背景と目的

加齢などによって筋力が低下すると、躓きなどにより歩行に支障がでる。歩行状態を知る、つまり歩行中の足部位置がわかれば、これを予防することができると考えた。歩行状態を知るための手段として三次元動作解析装置があるが、設置式のため計測範囲に制限がある。本研究グループではこれまでに、つま先に慣性センサを取り付けて歩行中の進行方向位置を推定する方法を提案してきた<sup>(1)</sup>。この方法であれば、歩行状態を計測範囲に制限を受けることなく、手軽に計測することが可能となる。本研究では、この方法を応用し、慣性センサをつま先に取り付け、進行方向だけでなく3次元の足部位置を推定することを目的とする。本報では、既報の補正法を用いて進行方向に加え鉛直方向の位置の推定を検討する。

2. 提案する推定方法

加速度に対して、理論的には数値積分を2回行うことで歩行距離が求まるが、積分誤差等により単純に積分を2回行うだけでは正しく距離を推定できない。そのため、歩行運動の特徴を考え、加速度を1階積分して得られた速度 $V(t)$ に対して補正を行い、補正速度 $V'(t)$ を求める。

図1は、右足部に慣性センサを取り付け、左足から2歩の歩行を行った際の進行方向速度を示している。破線が、進行方向加速度を単に1階積分した場合の速度を表す。今回センサはつま先足の甲に取り付けており、人間の歩行時の足の動きは接地時には静止していることから、接地時の速度は0である。しかしながら、補正前の破線では、停止時に速度が0になっていない。そこで、誤差の要因は不明確であるが、誤差は時間経過とともに累積しているものとして、平均的にずれた分だけ取り除くことを考える。離地の瞬間を $t_s$ 、着地の瞬間を $t_f$ とすると、速度補正の式は以下ようになる。

$$V'(t) = V(t) - V(t_s) - (t - t_s) \frac{V(t_f) - V(t_s)}{t_f - t_s} \quad (1)$$

なお、離地、接地のタイミングは、各軸の加速度とジャイロから判別する。補正後の速度を図1の実線に示す。停止時の速度が0になっていることがわかる。このようにして、積分誤差の累積を防ぐ。

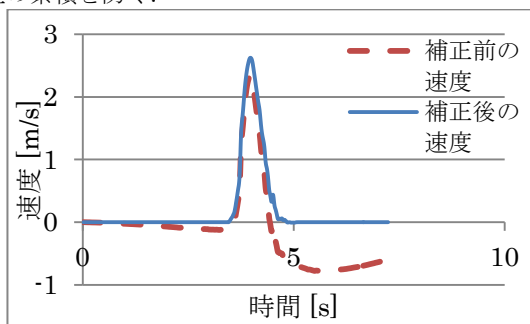


図1 進行方向速度

センサはつま先に取り付けているため、1歩ごとに速度が0になることを利用し、その度に式(1)の速度補正を行う。そして、補正速度に対し積分を行うことで歩行距離を推定する。

次に鉛直方向位置の推定について述べる。進行方向と同様の速度補正を用いて位置を推定するが、立脚期において鉛直方向位置は接地しているため0であるはずだが、補正速度を単に1階積分することで推定した鉛直方向位置は0にならな

い。そこで、立脚期の鉛直方向位置の値が0になるように、位置補正を行う。補正前の距離と補正後の距離をそれぞれ $X(t), X'(t)$ とおくと、位置補正に用いる式は以下ようになる。

$$X'(t) = X(t) - X(t_s) - (t - t_s) \frac{X(t_f) - X(t_s)}{t_f - t_s} \quad (2)$$

つまり、進行方向は速度のみ補正を行い、鉛直方向は速度の補正に加えて位置も補正する。

3. 実験方法

本来は両足に慣性センサを取り付けるが、今回は提案法の検証のため片足のみ慣性センサを取り付け、実験を行う。

慣性センサを右足の靴のつま先部分に固定し、4歩の歩行実験を行う。歩行時は左足から歩き始める。また、停止時の情報を得るために計測開始から約2秒間停止した状態から歩行を開始し、歩行終了後に再び約2秒間停止してから計測を終了し、進行方向と鉛直方向の位置をそれぞれ推定する。歩行実験を行う際には、三次元動作解析装置を用いて右足部の位置を計測し、推定結果と比較する。

4. 実験結果

推定した進行方向距離を図2に、推定した鉛直方向距離を図3に、それぞれ三次元動作解析装置により計測した距離とともに示す。

進行方向と鉛直方向のどちらも誤差が小さく、高い精度が得られることを確認した。このことから、本研究の提案法を用いることで、足部に取り付けた慣性センサから歩行中の足部位置を推定することが十分に可能だと考える。

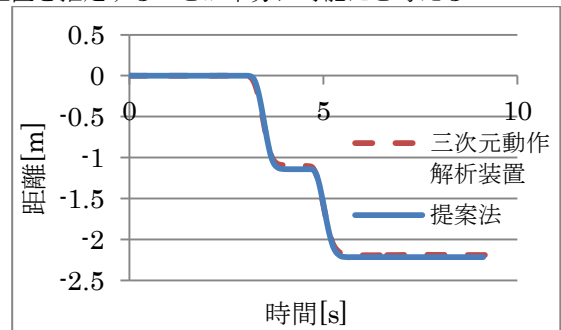


図2 進行方向距離

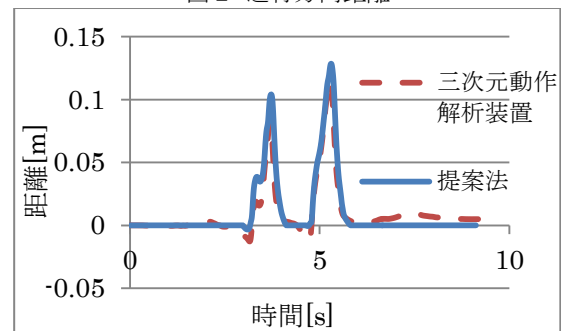


図3 鉛直方向距離

文献

(1) 田村光, 井上喜雄, 芝田京子, 慣性センサを用いた移動物体の位置推定技術の開発, 日本機械学会中国四国支部第53回総会・講演会, 講演番号 613, 2015.