

1. 緒言

ロコモティブシンドロームとは加齢及び運動不足によって骨・関節・筋肉・神経といった運動器の障害により移動機能の低下をきたした状態であり、進行すると要支援・要介護のリスクが高まるとされ、2007年に日本整形外科学会により提唱された。厚生労働者の国民健康運動「健康日本21(第二次)」では「2022年までにロコモの認知率を80%まで向上する」という目標を掲げており、これに伴い2013年に日本整形外科学会は、幅広い年齢層に対して現在または将来のロコモの危険性を判定するための指針として「ロコモ度テスト」を策定した。本研究はこの「ロコモ度テスト」の計測項目の一つである「2ステップテスト」(歩幅、下半身のバランス状態の計測)において個人で手軽に定量評価ができるシステムの開発を目的とする。そこで腰中央に慣性センサを1つ取り付け、そこから3軸の加速度を測り、得られた情報を基に歩幅および下半身のバランスの算出を行う方法を提案する。

2. 提案する歩幅およびバランスの算出

2-1. 歩幅の算出

歩幅を求める際は、理想的には慣性センサから得られた進行方向の加速度を2度積分することで、位置を求めることが考えられるが、実際には積分誤差の影響を排除しなくてはならない。そこで歩行停止時の速度が0になることに着目し、歩行開始以前と終了後以降の間の速度は0、歩行時は歩行終了時まで一定の誤差が蓄積されると仮定し、速度を求めるときの積分誤差の補正を行った。

2-2. 下半身のバランスの算出

2ステップのバランス機能の評価に関しては明確な基準は存在していない。そこで本研究ではバランス機能の有無が横方向の位置に関連していると仮定し、横方向位置を下半身のバランスの基準とする。横方向の加速度に関しては進行方向の加速度より必ず小さくなるため、進行方向と同じサンプリング周波数で数値積分を行うと、加速度の誤差や積分誤差の影響が大きくなるため十分な精度が得られない。そこで歩行は周期的な運動であることに着目し、加速度に関してフーリエ変換を行い、歩行に関係ないパワースペクトルを除去することを考えた。フーリエ変換した加速度はすべて三角関数になるので、加速度を2度積分することは $\frac{1}{\omega_i^2} (\omega_i \neq 0)$ を加速度に

乗じることで表すことができる。ここで ω_i は周波数ごとの角速度を示す。その後処理した加速度を逆フーリエ変換すれば、数値積分を行わずに積分したことになるため、その積分誤差を抑えた横方向の位置を算出することができると考えられる。なおフーリエ変換、フーリエ逆変換にはそれぞれFFT(高速フーリエ変換)、IFFT(高速逆フーリエ変換)を用いた。

3. 提案法検証のための歩行実験

3-1. 実験内容

慣性センサを腰に一つ装着し、大腿2歩で歩行を行い、進行方向および横方向位置の算出を行う。このとき歩行開始前に2秒、歩行終了後2秒停止する。この条件は速度補正法での停止時の状態を得るためのものである。また同時に検証用に、

3次元動作解析装置の歩行時のデータを取得し比較する。

3-2. 実験結果

図1には慣性センサによって得られた歩行時の進行方向の加速度を0秒から8秒の部分で抜粋し、3次元動作解析装置、速度補正前および速度補正後で得られた進行方向位置を示す。図2には慣性センサによって得られた歩行時の横方向の加速度を0秒から8秒まで抜粋し、3次元動作解析装置、フーリエ積分および数値積分の手法で得られた横方向位置を示す。図1に示すように正解値と考える3次元動作解析装置の位置と速度補正で求めた位置はほぼ一致していることがわかる。横方向位置については図2に示すように、数値積分での算出では歩行開始直後から3次元動作解析装置の示す位置と明らかに違う位置を示し、歩行終了後では3次元動作解析装置と大きくずれが生じた。フーリエ積分で得られた位置は3次元動作解析装置の位置とほぼ一致した。

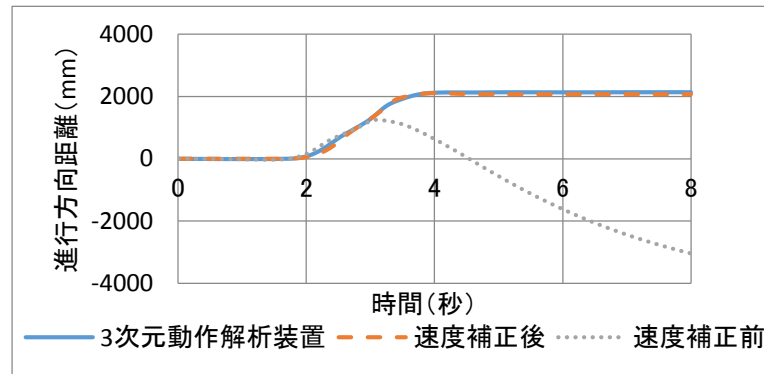


図1 進行方向位置

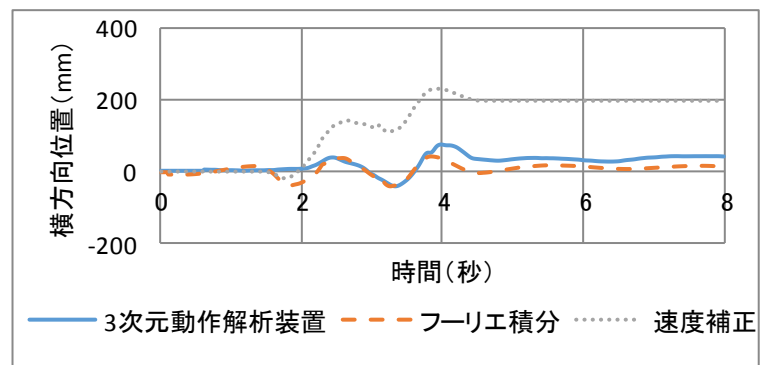


図2 横方向位置

4. 結言

以上より、同じサンプリング周波数で慣性センサの情報から進行方向距離および横方向位置の算出を行う場合、進行方向では速度補正を用いた数値積分で十分な精度を得ることができ、横方向位置の算出に関しては進行方向同様の手法を用いることは難しいが、フーリエ積分を用いて積分することで精度を向上させることができる。このことから腰部に取り付けた慣性センサ1つで進行方向距離および横方向位置両方で3次元動作解析装置と近い精度で位置算出が可能だといえる。