

フーリエ変換を用いた歩行解析のための信号処理法

知能機械力学研究室

駒居 泰成

1. 緒言

子供から高齢者に至るまで多くの人間が行う身近な運動として、歩行が挙げられる。歩行解析を行う場合、ウェアラブルな3次元動作解析装置は小型の携帯型床反力計や、加速度センサ、ジャイロセンサ及び地磁気センサからなる複数のモーションセンサで構成されており、これを使用することで歩行解析を行う。ウェアラブルな3次元動作解析装置は、従来の設置式床反力計と3次元動作解析装置を使用する方法で問題となった、設置するためのスペースや歩行制限といった問題を改善でき、一部の限られた場所で研究目的として行われていた歩行解析が、医療の現場などで利用できるようになり、利用者の範囲を大きく広げることができた。

本研究では、さらに少ないセンサ数であっても、センサから得られる出力に対して、目的に応じた力学的な知見を加えることによって、多くの情報が得られる計測システムを構築することを目指す。そのためには、フィルタや積分で誤差が生じにくい信号処理法が必要となる。ここでは、そのための一手法としてフーリエ変換を用いた処理法について検討する。

2. フーリエ変換を用いた速度導出

歩行時の速度を求める際は、理論的には、得られた加速度を積分し、そのデータを速度として用いることが考えられるが、時間と共にドリフトしてしまい、誤差が大きくなってしまふ。また、高周波成分をローパスフィルタでカットすれば位相ずれが問題となる。

そこで歩行は周期的な運動であることに着目し、1周期分のデータを用いてフーリエ変換（フーリエ積分）を行えば、ウィンドウを用いることなく変換が可能となる。そのなかで直流成分を除去して周波数で除したものを逆フーリエ変換すれば、ドリフトを抑えての積分が可能となる。また周波数領域で高周波成分をカットして逆フーリエ変換を行えば、位相遅れなしに高周波のカットが可能となる。

一般的にFFTを用いれば、変換に用いるデータ数が2のn乗である必要があり、丁度1周期だけ取り出すことは困難である。そこで、本研究ではFFTを用いず、1周期分をフーリエ積分により求める。

3. 提案法検証のための歩行実験

3-1. 実験内容

トレッドミル（ランニングマシン）上で2.5m/sの速度で歩行を40秒行い、その際、提案法で用いる腰に装着した慣性センサと検証用に3次元動作解析装置でもデータを取得し、比較検討する。

3-2. 実験結果

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12秒の部分抜粋し、単純な積分（第一軸）、3次元動作解析装置（第一軸）、フーリエ変換（第二軸）、それぞれの方法で得られた速度を図1に示す。図1より、フーリエ変換を行った場合、導出される速度が小さくなること分かる。そこで、図1の1秒付近における積分値と3次元動作解析装置の速度に近い値を取っているため、フーリエ変換値の1秒付近におけるピークを積分値に一致させることで係数補正を行った。係数補正後の値、積分値、3次元動作解析装置の速度を図2に示す。正解値となる3次元動作解析装置の速度と係数補正後の値がほぼ一致することが図2より分かり、提案法であるフーリエ変換を用いて、3次元動作解析装置と近い精度の速度を導出することができた。

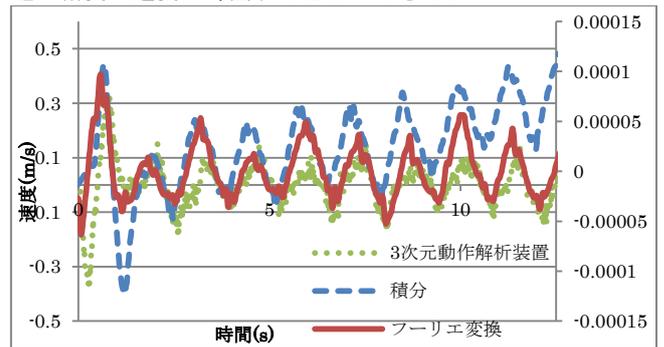


図1 3次元動作解析装置，積分，フーリエ変換の比較

4. 結言

慣性センサから得られる加速度から速度に導出する際に、積分するだけでは大きくドリフト誤差が生じるが、積分とフーリエ変換の情報を用いて信号処理することで、慣性センサ一つで、従来法である3次元動作解析装置と近い精度で速度を導出することが可能になった。

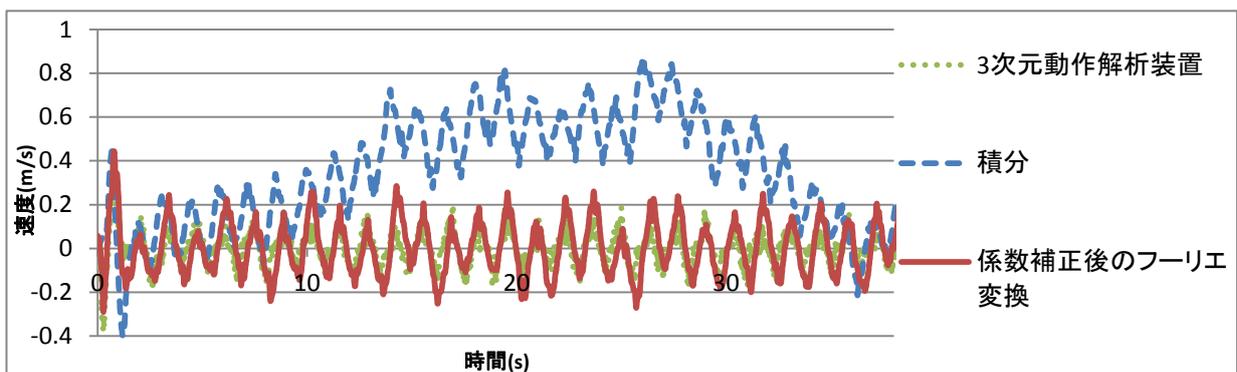


図2 3次元動作解析装置，積分，係数補正後のフーリエ変換の比較