

慣性センサにおける加速度計測の周波数特性の評価

システム工学群

知能メカトロダイナミクス研究室 1180112 中西 正哉

1. 緒言

慣性センサを用いて位置、速度など正確に測定を行いたい。慣性センサは一般的な歩行解析、義足を装着した歩行解析などに用いられている。しかし、3軸の慣性センサデータを用いた歩幅がやや少し短く見積もられる現象が起こっている。前文では、測定方法原因にあるか慣性センサ自体に原因があるかは不明である。前提として慣性センサは加速度計、地磁気センサ、ジャイロセンサ、モータなど多くの部品が複合されている。更に、慣性センサには測定データを補正するフィルタが内蔵されており、フィルタ設定値は各メーカーが独自に設定されている。そのため内部に含まれている加速度計自体の計測データがわからない、メーカーが仕様、詳細などが公開されていないことから既存値を信頼するほかない。そのため慣性センサデータを単一周波数振動実験にて周波数特性評価を行う。実際に得られたデータを元に3-2-1オイラー角を用いて絶対座標系変換し、積分することで変位を出す。慣性センサは内部で姿勢推定を行っているモノが望ましい。また、カメラなしで行い手軽に計測できるようにしたい。そのため、無線式慣性センサの前文で述べた条件を含んでいるのは国内で5つ程度しか入手することができない、使用する慣性センサによっては変位のばらつきが生じる可能性がある。これらのことからXsens社製、ATR-Promotions社製、Sports Sensing社製の3つを用いて慣性センサの周波数応答解析並びに慣性センサ別比較を行うことで傾向を確認する。

2. 慣性センサ

2.1 Xsens Technologies 社製 MTw2-3A7G6

完全ワイヤレスな慣性センサである。ドリフトフリーで方位、加速度、角速度、地磁気、静圧の3次元データを取得可能である。EMGやEEG、心拍、フォースプレートなど外部機器との同期計測も可能となっている。また、人間工学やスポーツサイエンス、リハビリテーションなどにも用いられている。図2.1にXsensの本体仕様を示す。



Fig. 2.1 Xsens of appearance

2.1.1 特徴

高精度、小型、軽量となっており、マジックテープで簡単に装着可能である。高性能な無線プロトコルステーション Awinda による 10 μ s 以内の時間同期精度となっている⁽¹⁾。また、ボディエリアネットワークで使用されるポータブルで目立たない。

2.2 ATR-Promotions 社製 AP03160708

小型無線多機能センサ(TSND151)は、人体測定するために開発された、Bluetooth で通信可能な小型ワイヤレスセンサである。加速度、角速度センサ、地磁気センサ、気圧・温度センサ、ADコンバータ搭載されている。データは Bluetooth または USB 接

続で受信可能なほか、オフラインで計測結果を記録することが可能である。1台のパーソナルコンピュータで最大7個のセンサを同時接続可能となっている。人や物の動作解析、日常動作解析、リハビリ効果測定、スポーツ動作分析等に利用されている⁽²⁾。図2.2にATR-Promotionsの外観を示す。



Fig.2.2 ATR-Promotion of appearance

2.2.2 特徴

小型で薄いため身体に装着しやすく、動作を阻害しない。外部端子に他のセンサ等を接続可能。外部端子として、GPID、ADコンバータ、(16bit 作動 \times 4, 12bit \times 2)、DA 出力、12Cbus(ソフトとして4デバイスまで)、外部同時期入力等の端子を用意されている。多機能で加速度・角速度、姿勢角を表すウォータニオン値、地磁気、気圧・温度の測定可能でそれぞれ必要なあものだけを測定可能。サンプリングレートも個別に設定可能。また、センサ内部の時計により、計測データはタイムスタンプ付きで送信可能。センサ時刻を合わせることにより、センサ間で同期したデータの取得可能である。

2.3 Sports Sensing 社製 DSP ワイヤレス 9 軸センサ

身体から道具まで、運動を非拘束かつ確実に計測する。無線通信機能、慣性センサ(各祖度、角速度、地磁気)、ロガーをコンパクトに一体化し、ゼロから設計を見直したワイヤレスロ計測ロガーである。図2.3にSports Sensingの外観を示す。



Fig.2.3 Sports Sensing of appearance

2.3.3 特徴

水泳以外にも雪上競技、洋上競技でも活用可能なように完全防水機能完備しており、端子部分まで水につけても問題なく、特別な保護を行うことなく水中使用可能である。9軸のセンサを搭載しており角速度のセンサには、温度ドリフトの非常に少ないEPSON社の水晶式ジャイロセンサを搭載している。姿勢推定を行う際の精度に大きなアドバンテージを持っている。また、薄型化による軽量のセンサとなっている。

3 平行振動実験

Xsens社、ATR-Promotions社、SportsSensing社の3つの無線式慣性センサを用いて、前章で紹介した実験機にX軸方向、Y軸方向、Z軸方向に平行移動するように固定した。サンプリング周波数を全て100Hzに統一し、各慣性センサで周波数を0.5Hz時サンプリング時間65sで3回ずつX軸、Y軸、Z軸で計測した。次に周波数1.0Hz、2.0Hzでサンプリング時間を35sに変え

て行った.最後に周波数 3.0Hz,4.0Hz,5.0Hz でサンプリング時間を 15s として計測を行った.

3.1 実験結果

Xsens では,X 軸方向では周波数が小さいときには変位が大きくなっているが x 軸では 3.0Hz あたりから大きくなり,4.0Hz を過ぎたあたりから小さくなっている.

Y 軸方向では X 軸方向と同様に変位が大きくなっている.また,3.0Hz あたりから変位が大きくなっている.X 軸より急激に変位が上昇している.3.5Hz から変位が小さくなっていく.

Z 軸方向では,X,Y 同様に小さい値では変位が大きくなっている.しかし,1.0Hz で少し大きくなり 1.5Hz を過ぎると小さくなっていく.そして Y 軸と同様に 3.0Hz を過ぎると大きくなり 3.5Hz を過ぎると小さくなっている.結果を図 3 として X,Y,Z 軸での 0.5Hz,1.0Hz,2.0Hz,3.0Hz,4.0Hz,5.0Hz,5.5Hz 時の変位を図 3.1 として示す.

SportsSensing,X 軸では Xsens 同様に値が小さいと変位が大きくなっている.しかし一定に小さくなっている.最後は大きくなってしまっている.

Y 軸では Xsens 同様な結果になった.しかし傾きが大きくなっている.

Z 軸では,逆に値が小さいところから急激に大きくなり 1.0Hz あたりでどんどん小さくなっている.

Xsens と全体的に比較をすると Z 軸は全く違う傾向となり,X,Y では傾向は似ているが値に統一性が現れなかった.

SportsSensing の結果を図 3.2 として示す.

4 結言

単一周波数で加速度を確認してみると数値にばらつきがあり,評価し得る段階ではなかった.特に変化が大きかったのは SportsSensing では Xsens と並行が違ってきた.それは,センサ独自の結果なのかわからない部分もある.それは,センサが持つ特有の設定値であったりする可能性が大きい.また,周波数に変化が大きく一定の周期で大きな加速度が出ており,一貫性が感じられなかった.今回の研究では慣性センサの加速度周波数特性評価が確認できなかった.実験機に至ってもノイズが発生してしまいきれいな決壊はいかなかった.実験機を作成する上での sin 波をもたらす周期的な結果を起こせなく,設計自体に問題があった可能性やほかの機構や構造のより良い実験機作成のための設計が今後は必要となる.設計などの問題は自身の研究不足によるものであると考える.今後は無線式の慣性センサの性能が明らかになることや歩幅や歩調の計測が正確に又簡易に行えるように考えていく必要がある.

文献

(1)ゼロシーブン株式会社ホームページ

<http://0c7.co.jp/products/xsens/products/mtw/>

(2)株式会社スポーツセンシングホームページ

<https://www.sports-sensing.com/products/sensor/dspwpsensor.html>

(3)株式会社 ATR-Promotions 製品・サービスホームページ

<https://www.ATR-p.com/products/pdf/TSND151-leaflet.pdf>

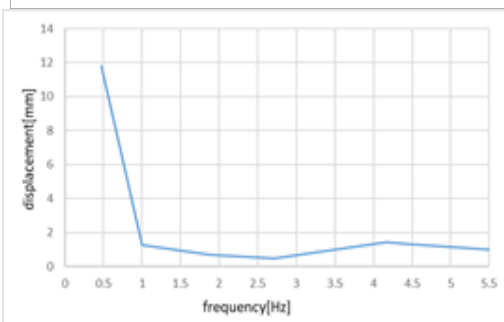
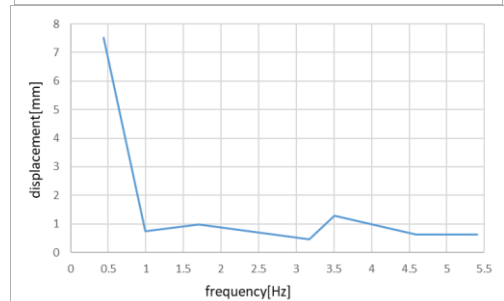
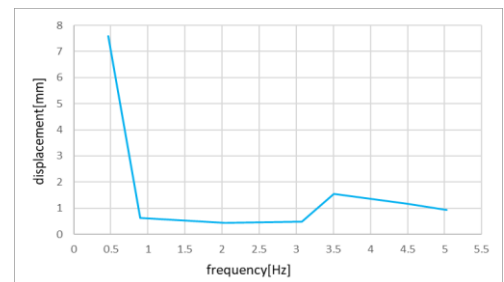


Fig3.1 Xsens

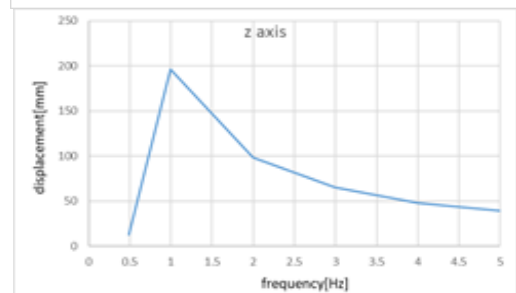
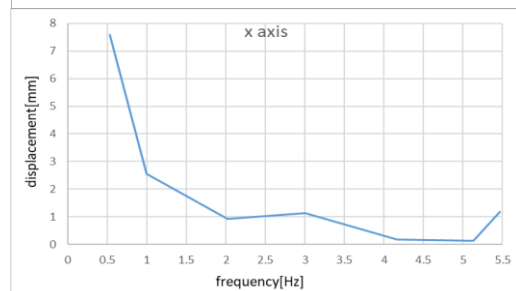
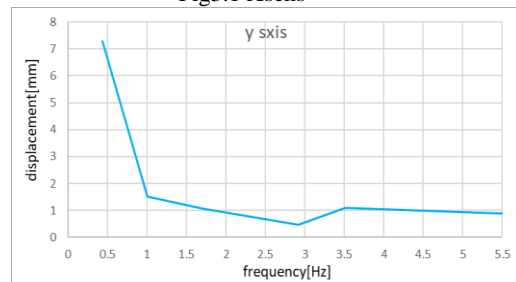


Fig3.2 Sports Sensing