

歩行における下肢三関節の運動によって生じる加速度の解析

Analysis of the acceleration generated by the movement of the three joints in the lower limbs during walking

渡辺洋士¹⁾, 横川智映¹⁾, 佐藤悠樹¹⁾

指導教員 齊藤亜由子¹⁾, 研究協力者 木澤悟²⁾

- 1) 工学院大学 先進工学部 機械理工学科 システム設計研究室
2) 秋田工業高等専門学校 創造システム工学科 機械系

本研究では、9軸モーションセンサを用いて歩行時の下肢における3軸加速度を取得・解析した。その結果、加速度に基づく歩行評価は、重力加速度成分を除去したうえでセンサ座標系にて評価することが有用である可能性が示された。

キーワード：関節間協調，絶対座標系，センサ座標系，加速度，重力加速度

1. 緒言

ヒトの運動では冗長性による筋骨格系の複雑化を緩和するため、中枢神経系は複数の筋や関節をひとまとまりのモジュールとして扱い、それらに対して統合的な制御指令を出していると考えられている。筋活動の協調パターンは筋シナジー、関節間協調の協調活動は関節間シナジーと呼ばれている。ヒトの歩行運動では筋シナジーと関節間シナジーが一对一で対応しており関節間協調のパターンの組み合わせによって制御されている。そのため歩容における関節間協調のパターンを解明することができれば歩行評価に有用であると考えられる。これまでの筋シナジーや関節間協調の解析では動作中の関節角度、床反力の計測データが利用されてきた。しかし身体部位の動きが筋活動による関節の動きの結果として生じることから慣性センサを用いた加速度や角速度による関節間協調の解析が可能であると考えられる。加速度センサの各軸出力の変化には運動によって生じる加速度の変化に加えて、姿勢変化によって生じる重力加速度の変化が含まれる。この点に関して運動によって生じる加速度のみ、または重力加速度を含む加速度のどちらで協調評価をすることが有用であるか検討された例はほとんどない。そこで本研究で

は重力加速度の有無、および加速度センサ出力の座標系について絶対座標系・センサ座標系のうちどちらが歩行評価に有用であるか検討することを研究目的とする。

2. 歩行計測

被験者は健常成人男性 2 名である。歩行計測においては3軸加速度センサ、3軸ジャイロセンサ、3軸地磁気センサを搭載した9軸モーションセンサを被験者の両脚の大腿部、下腿部、足部の前面に装着し(図1)、90、110bpmの2種類の速さで3回ずつ計測した。装着した9軸モーションセンサの絶対座標系はx軸正方向を身体左側方、z軸を鉛直下向きとした右手座標系、センサ座標系はx軸正方向を身体左側方、z軸を身体部位長さ方向の下向きとした右手座標系としている。サンプリング周波数は100Hzである。



Fig.1 センサ取付位置

3. 解析方法

重力加速度を含む加速度は、加速度センサの出力に座標変換のみを施し、絶対座標系およびセンサ座標系で表現した。一方、重力加速度を除いた加速度は、ジャイロ・加速度・地磁気を用いたセンサフュージョンによりセンサ姿勢を推定し、推定姿勢から各軸の重力成分を算出して当該成分を加速度出力から除去したのち、同様に両座標系へ変換して表現した。次に歩行中の一歩行周期を片脚の踵が接地してから次に接地するまでの区間と定義し右脚、左脚の連続した一歩行周期を含む区間として区切り、線形補間を行ってデータ数をそろえた。被験者 2 名の各試行から切り出した 1 区間のデータについて軸ごとに区間内の平均値と標準偏差を算出した。同一データに対し、重力加速度成分の有無と二種類の座標系を組み合わせた計 4 条件を基に考察し、平均値の変動が歩行動作のどのような特徴を捉えているのか検討するとともに、標準偏差の変化に基づいて重量加速度の有無、および両座標系のどちらが歩行評価に適しているか検討した。

4. 結果

結果の一例として、右脚下腿部に装着したセンサの y 軸の結果に着目する。センサ座標系における重力加速度を含まない加速度を図 2 に、センサ座標系における重力加速度を含む加速度を図 3 に、絶対座標系における重力加速度を含まない加速度を図 4 に、絶対座標系における重力加速度を含む加速度を図 5 に示す。

座標系の比較においては、絶対座標系よりもセンサ座標系におけるピークの数が多く、各ピークの大きさは随意運動によって生じると考えられる程度の大きさであることから、歩行における下腿部の運動の特徴を読み取ることに望ましいと考えられる。また絶対座標系はセンサ座標系に比べて細かいピークが確認でき、不随意運動を評価することには適すると考えられる。

重力加速度の有無に関する評価においては、絶対座標系で表現した加速度では平均値や標準偏差の値が等しくなり重力加速度の有無によるばらつきの違

いが明瞭に現れなかった。一方で、4 条件の加速度を比較した結果、センサ座標系における重力加速度を含まない加速度のばらつきが最も小さい傾向にあることを確認した。センサ座標系における重力加速度を含む加速度は、試行毎で重力加速度のばらつきが大きく、重力加速度の変動が姿勢変化を反映することから、姿勢変化によるばらつきが身体部位の運動によるばらつきを上回ることが示唆された。そのため、身体部位間の協調を解析する際には、センサ座標系を用いて身体部位によって生じる加速度のみを用いることが望ましいと考えられる。

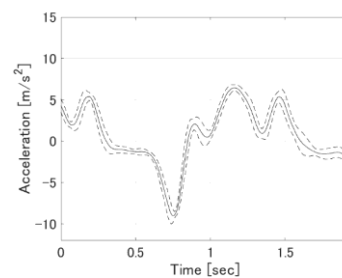


Fig.2 センサ座標系における重力加速度を含まない加速度

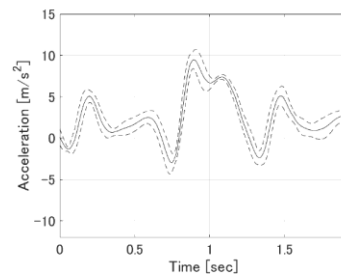


Fig.3 センサ座標系における重力加速度を含む加速度

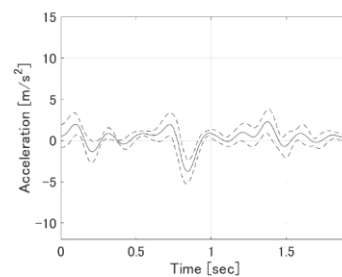


Fig.4 絶対座標系における重力加速度を含まない加速度

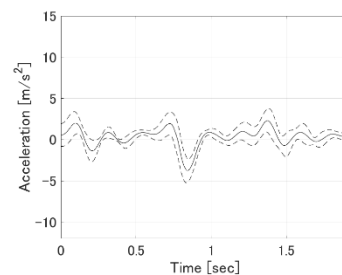


Fig.5 絶対座標系における重力加速度を含む加速度