

ウェアラブルセンサによる歩行時のスティックピクチャの推定

知能機械力学研究室

柿森亮昌

1. 緒言

人間の歩行時の関節モーメントの推定方法としては、設置式の床反力計や3次元動作解析システムを用いて歩行スティックピクチャを作成し、逆力学により推定する方法が用いられている。関節モーメントの推定は医療やスポーツの観点から重要な情報とされているが、この方法では限られた場所でのみ歩行できず、測定環境が制限されてしまう問題がある。

そこで、環境に制限されないウェアラブルなセンサによる測定が求められている。しかしながら、現在のウェアラブルセンサを用いる方法では、メジャーで測った下肢長さやウェアラブルな姿勢センサから得られる姿勢角を基にスティックピクチャを作成し関節モーメントを推定しているの、床反力計と3次元動作解析システムを用いた従来法と同等の精度を得るには至っていない。これらを改善するには、

- (1) 下肢の長さや股関節間の長さの同定
- (2) 初期位置での関節中心位置の同定
- (3) 関節角度の推定精度向上

などが重要である。これらが実現できていないと、関節モーメントの推定精度に影響を与える事が報告されている⁽¹⁾。

よって、本研究では精度の向上を大目的として、先に示した(1)(2)に対し関節中心を従来の統計データを用いずカメラシステムを用いる推定法を提案する。第一段階として、肘の関節中心の推定を行う。また、(3)に対しては関節角度を補正する為、加速度センサを用いた歩幅の推定法を検討する。

2. 推定法の概要

2-1. 関節中心の推定

3次元動作解析システムを用いて、腕や脚の回転時の座標を測定する。その結果から、円状及び球状に見立て、最小二乗法を用いる。

球の最小二乗法は球の一般式に誤差 ε_i を加えた式(1)を使用し、 x, y, z に測定したマーカーの座標を、 n にデータ数を代入して a, b, c, d を求める。

$$\varepsilon_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 + ax_i + by_i + cz_i + d \quad (1)$$

誤差 ε_i^2 を合計し、その和が最小になるように a, b, c, d を決める。

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (2)$$

誤差を a, b, c, d について偏微分し、 a, b, c, d から中心座標 x_D, y_D, z_D 及び半径 r を求め、この値を関節中心と腕の長さとする。

2-2. 歩幅の推定

加速度センサを用いて歩行時の加速度を積分し距離を推

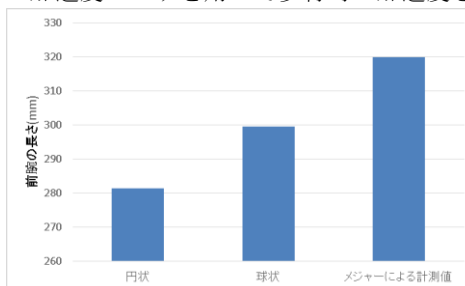


図1 前腕の長さ

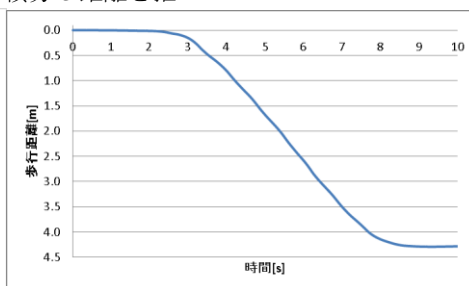


図2 歩行距離

定する。その場合、加速度に少しの誤差があれば、積分する際に誤差が増幅され正しい値を得ることができない。そこで、LPFを用いて出来るだけノイズを除去した上で、歩行において停止状態は必ず速度がゼロになるという前提を用いて補正を行い、歩幅の推定を行う。

3. 実験

3-1. 実験内容

提案する関節中心の推定方法の妥当性を検討するため、まずは、安定な姿勢の取りやすい上半身で測定を行う。肘、手の甲及び体側の固定点として肩の3つにマーカーを取り付け、肘の位置を出来るだけ固定し、肘関節を中心に前腕を円を描くように回す。その時の手の甲の位置情報を計測し、肘の関節中心を推定する。関節中心から手の甲のマーカーまでの推定距離と前腕をメジャーで測った距離を比較検討する。

次に、歩幅の推定では、加速度センサを足元に取り付けると大きく姿勢が動いてしまう為、腰に取り付けて歩行を行う。床に600mm間隔を7箇所作り、計4200mm区間、サンプリング周波数を120Hzとして3回測定を行った。約2秒間静止した後、1歩600mmを1秒間隔で歩行し、比較検討する。

3-2. 実験結果

まず、関節中心から手の甲のマーカーまでの推定距離を参考値としてメジャーで計測した距離の比較を行った結果、図1に示すように球状にカーブフィットした場合は20mmの差、円状にカーブフィットした場合は40mmの差という結果になり、この手法が有用である可能性が確認できた。

次に、加速度センサによる歩幅推定は、図2に示すように距離がおおよそ4200mmから4300mmの間となり、この測定値から一次近似直線として歩幅の平均値を推定すると、表1に示すように590mmから610mmの間とよく一致しており、この測定法は高い精度を得ることが確認できた。

4. 結言

ウェアラブルセンサの出力から作成するスティックピクチャの精度向上をねらって、カメラシステムによる関節中心の推定法と加速度センサによる歩幅推定法を提案し、実験によりその妥当性の検討を行った。その結果、提案する手法が十分な精度を有していることを確認した。今後は、それにより、どの程度スティックピクチャや関節モーメントの精度が改善されるかを検討する予定である。

5. 文献

- (1) 山田耕史, 丸山剛生, 機講論, No08-23(2008), pp52-56

回数	平均値(mm)	誤差(mm)
1	610	10
2	590	-10
3	610	10