

ヒューマンモーションセンサシステムを用いた二足ロボットの追従制御

1. 緒言

ロボットの動かし方には、いろいろな方法があるが、その一つに、まず人間が動きの手本を示し、ロボットがそれを真似するという方法が考えられる。そのためには、人間の動きをリアルタイムで計測する必要がある。人間の運動の計測には、3次元動作解析カメラがよく用いられるが、機材が高価で広いスペースが必要であること、計測範囲が限定されること、実時間制御が難しいこと等の問題がある。

そこで、本研究では、人間の動きを小型のウェアラブルな姿勢センサを用いてリアルタイムで計測し、その動きをロボットに実時間で追従させることを目的とする。今回の実験では、人間の腰部分のみの追従を行い、追従性の検討を行う。

2. 実験装置および方法

本研究では、サーボモータは片足6自由度、計12自由度を持つ、人間の下半身を模擬した二足ロボットを用いる(図1)。人間に取り付けるセンサは、2軸加速度センサと1軸ジャイロセンサで構成したものを試作して使用する(図2)。

実験方法は、人間の腰、腿、脛に図2のセンサを取り付け、腰の位置計測を行う。腰の位置計測の条件として、人間は一定の足幅間隔を保持し、足を浮かさない状態とする。二足ロボットの各関節の角度導出は、計測した腰の位置を足首座標から股関節を見た位置ベクトルとして、逆運動学より下半身全ての関節角を導いている。よって、センサの計測角度を基に式(1)~(3)から二足ロボットのX、Y、Zの3方向の移動量を求め、全関節の角度を決定する。

$$r_z = A \cdot \sin \left\{ \frac{p}{2} + a \tan \left(\frac{V_{x1} - V_0}{V_{z1} - V_0} \right) \right\} + B \cdot \sin \left\{ \frac{p}{2} - a \tan \left(\frac{V_{x2} - V_0}{V_{z2} - V_0} \right) \right\} \quad (1)$$

$$r_y = -r_z \cdot \tan \left\{ \sin^{-1} \left((V_y - V_0) \cdot \frac{V_{DD}}{K} \cdot D \right) \right\} \quad (2)$$

$$r_x = A \cdot \cos \left\{ \frac{p}{2} + a \tan \left(\frac{V_{x1} - V_0}{V_{z1} - V_0} \right) \right\} + B \cdot \cos \left\{ \frac{p}{2} - a \tan \left(\frac{V_{x2} - V_0}{V_{z2} - V_0} \right) \right\} \quad (3)$$

r_x, r_y, r_z : 股関節の座標 (X:前後, Y:左右, Z:上下)
 A: ロボットの腿の長さ, B: ロボットの脛の長さ
 K: 分解能(8bit)

V_{DD} : 電源電圧(5V), V_0 : 0G時の加速度電圧
 D: 加速度センサの1Gにおける電圧の割合(1/1.8[g/V])
 V_{x1}, V_{z1} : 腿に取り付けた加速度センサの加速度電圧
 V_{x2}, V_{z2} : 脛に取り付けた加速度センサの加速度電圧
 V_y : 腰に取り付けた加速度センサの加速度電圧

追従性の検討は、3次元動作解析カメラを用いて人間と二足ロボット、それぞれの各関節の角度と座標を比較する事によって行った。

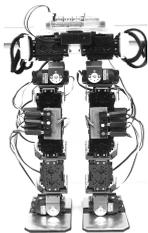


図1 二足ロボット

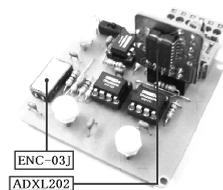


図2 ヒューマンモーションセンサシステム

3. 結果及び考察

図3, 4, 5は、人間と二足ロボットの股関節の位置を初期位置で割った移動量の比率を示している。人間と二足ロボットの股関節のX, Y, Z方向をそれぞれ比較すると、腰の移動する方向に追従している事は確認できるが、それぞれの方向には誤差がある。今回、加速度センサの傾き時に発生する加速度と、地面に垂直な重力とのベクトルにより傾き角度を計測する方法を用いている。そのため、移動時に発生する加速度と静止時の傾きが合計され、静的時の角度より大きくなってしまふ事が原因である。X方向に関しては、誤差の割合が大きいため、センサの取り付け位置に問題があると考えられる。今後、ジャイロセンサを動的な動きの計測とし、加速度センサを静的な姿勢状態の計測と役割を分け、センサの取り付け位置を検討することで改善できると考えられる。

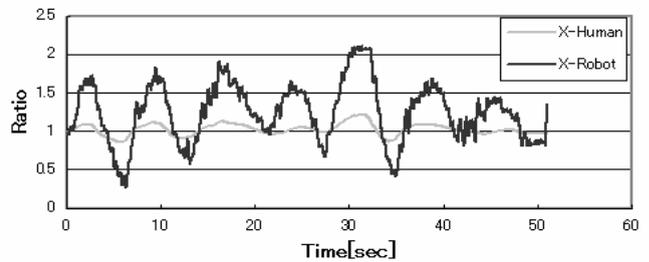


図3 X方向の比率

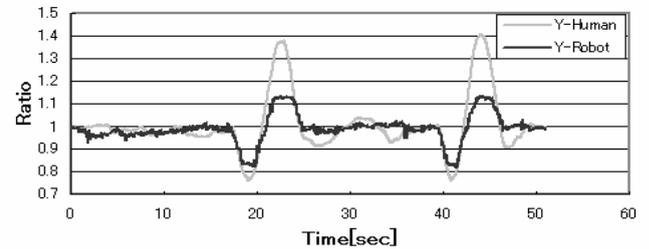


図4 Y方向の比率

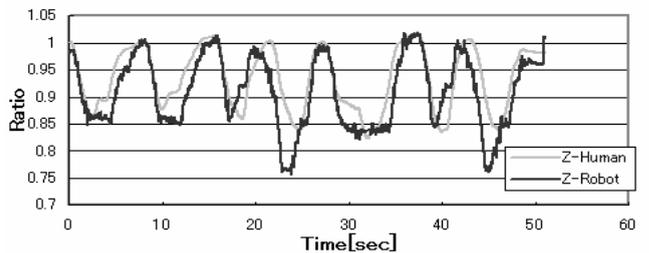


図5 Z方向の比率

4. 結言

今回の研究では、人間にセンサを取り付け、下半身の関節角度を計測し、人間と二足ロボットの腰の追従性を検討した。X, Y, Z方向でのそれぞれの腰追従は、追従誤差やいくつか問題はありますが追従可能であるという結果を得た。今後は、誤差などの問題を解決し、片足立ちや歩行などの動きの追従を検討する予定である。