

人の動作の計測に基づくロボットの動きの生成
Generation of Robot Motion Based on Measurement of Human Movement

○鰐澤 裕三, 坂野 進
○Hiromi Ebisawa, Susumu Sakano

日本大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nihon University

キーワード: ヒューマノイドロボット (Humanoid Robot),
モーションキャプチャ (Motion Capture), 角度変位 (angle displacement)

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地
日本大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 メカトロニクス研究室,
Tel: (024) 9568774 Fax: (024) 9568860, E-mail: sakano@mech. ce. nihon-u. ac. jp

1. 緒言

二足歩行が可能なヒューマノイドロボットが半導体技術や電子部品技術の向上, 各研究機関での研究成果により, 低価格で販売されるようになった。

しかし, これらのロボットにはいくつかの問題点がある。その問題の一つが動作生成である。

動作生成には数値入力のプログラムと教示機能を利用することができる。数値入力のプログラムは各関節の制御量が未知数であることと複雑であることから生成が困難である。教示機能によって生成した動作は, 人間の動作と大きく異なる場合があり, 違和感がある。また, これらのロボットは二足で歩行する「歩行移動」が特徴である。これらのロボットに人間と同じ歩行をさせるには, センサを利用し歩行状態をフィードバックさせる必要がある。しかし, 市販のヒューマノイドロボットには標準装備ではなく, フィードバック機能を持たせようとする専門的な知識が必要となる。

これらのことから, フィードバック機能を持たないヒューマノイドロボットが数値入力プログラムにおいて, 動作生成することが困難であるといえる。

本研究では, これらの二足歩行が可能なヒューマノイドロボットに数値入力制御で歩行を実行できる動作の生成を目的とする。歩行動作の各関節の制御量はヒューマノイドロボ

ットが人間を模して造られているという点, より人間らしい動作をさせるという観点から, モーションキャプチャシステムを用いて, 人間の歩行動作を解析し, データを取得する。

このデータを基にしてロボットの歩行動作を生成する。

2. 理論

人間の歩行は, 一定の周期で支持脚と自由脚を交互に動かし移動する運動である。ヒューマノイドロボットに二足歩行を実現させる場合, 歩行パターンを決める必要がある。方法として, 一定時間毎における各関節の角度の補間を行い生成する。各関節の角度は人間の歩行時の関節角度を基にする

3. 実験装置および実験方法

3.1 モーションキャプチャシステム

モーションキャプチャシステムとは, 分析空間を構築した後, マーカーを装着した被験者の動作を複数のカメラで撮影し, 解析ソフトを使って動作を数値化する方法である。人間の歩行時の各関節の関節角度を得るためにモーションキャプチャシステムを用いる。

被験者には, 身長170cm, 体重62kgの成人男性を選出した。被験者に図1に示すような分析空間内で6歩の歩行を行わせ, その動作を撮影する。撮影した動画を, 株式会社DKH製の解析ソフト (Frame-DIAS II) を用いて解析する。解析データから, マーカーとマーカー

を結線してセグメントを定義し、スティックピクチャを作成する。解析のため作成したスティックピクチャとマーカーの装着ポイントの関係を図2に示す。セグメントを定義することで、XZ平面とYZ平面における人間の歩行時における各関節角度の絶対角と相対角を知ることができる。絶対角はセグメントと基準とする各座標軸とが成す角度で、相対角は隣り合うセグメントとが成す角度である。図3に相対角と絶対角の関係について示す。

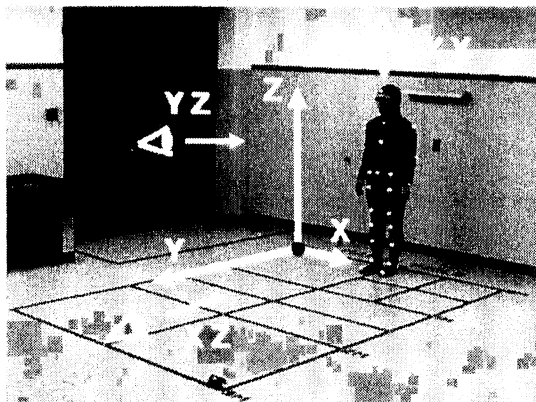


図1 分析空間と被験者

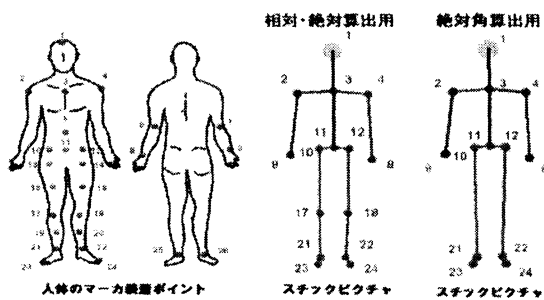


図2 マーカーの位置とスティックピクチャ

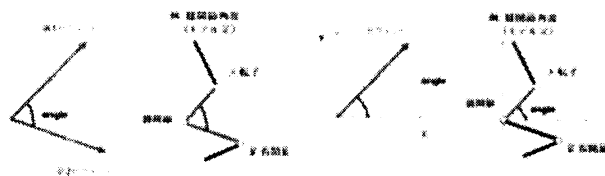


図3 相対角と絶対角

3.2 ROBONOVA-Iの動作生成

解析で得られたデータを基にして歩行用のプログラムを作成する。歩行させる二足歩行ロボットとしてHitec Multiplex Japan, Inc.製のROBONOVA-Iを用いる。表1と図4に仕様と全体図を示す。プログラムにはROBO-BASICを使用する。

表1 ROBONOVA-Iの仕様

サイズ	310×180×90mm
重量	1.3kg(バッテリー搭載時)
稼働時間	平均1時間以上 (フル充電時)
アクチュエータ	サーボモータ (HSR-8498HB)×16個
制御ボード	MR-C3024 マイコンボード
電源	ニッケル水素バッテリー (1000mAh)×1個

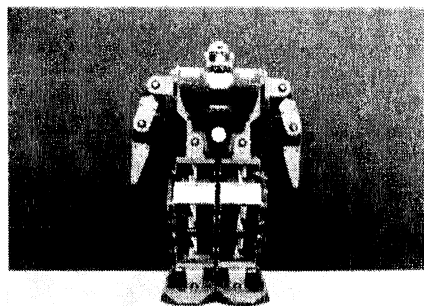


図4 ROBONOVA-I

4. 実験結果及び考察

4.1 歩行動作解析結果

作成したスティックピクチャからYZ平面における膝と足首の相対角とZ軸を基準座標としたYZ平面における腕振り・腿・膝・脚の絶対角、XZ平面における脚の絶対角を算出した。

各関節や各セグメントは、足首の相対角以外、人間の歩行が一定周期で支持脚と自由脚を交差に移動する運動であることから、周期的な角度変化を示した。しかし、足首の相対角は、周期的な変化は見られなかった。これは、足指関節を動かして地面との接地を調整しているためだと考えられる。

図5にYZ平面とXZ平面における脚の絶対角の関係について示す。

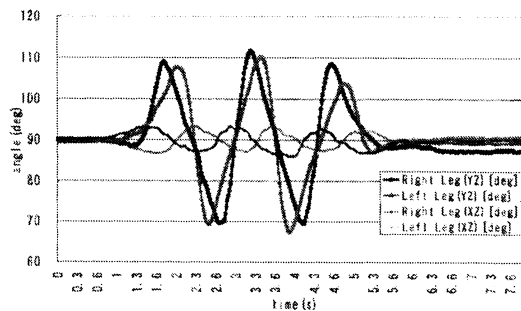


図5 YZ平面とXZ平面における脚の絶対角の関係

XZ 平面における変位は X 方向への重心移動である。重心移動は歩行回数と同じ 6 回起きている。また、重心移動の変化時に、自由脚と支持脚の角度が変化していることから、重心移動を基準に、腿の成す角と膝の関係を算出した。

算出結果から歩行時の一定時間毎における各関節の角度変位の状態は次のように定義した。

- ① 重心移動開始した後、右脚の腿を上げ、膝を曲げ、左脚の腿を下げ、膝を曲げる。
【重心移動を行い、右腿、膝を曲げる。その後、右腿を上げながら、地面に設置するよう右足首と右膝を調整し、左腿、膝、足首を後方へ動かし機体を前方へ持っていく。この時に、重心移動量を基の位置に戻す。】
- ② 反対方向への重心移動が起こり、腿を下げ、膝を伸ばした右脚を支持脚にする。
【①で述べた動作の左右が入れ替わった動作である。】

以下、この運動を繰り返す。

4.2 ROBONOVA-I の歩行結果

歩行動作の生成は、以下に示す点について考慮し、撮影動画と同じ歩数である 6 歩の歩行移動の数値入力プログラムを作成した。

- (1) 4.1 に述べた歩行時の一定時間毎における各関節の角度変位の状態に人間の歩行時の角度変位を入力し補間する。
- (2) 足首の関節の制御量は、歩行時に地面と平行になるような制御量を与える。
- (3) ヒューマノイドロボットと人間では、腿の成す角と膝関節の初期位置角度が異なるので、相対角を使用すると、最終目標位置が異なるので、絶対角を参照する。

生成した歩行動作によりヒューマノイドロボットは転倒することなく 6 歩の歩行動作を行った。図 6 に実行結果を示す。

しかし、作成した歩行動作は、重心移動量が少なく、外見上の動作が、重心移動の方向とは逆の方向にヒューマノイドロボットが傾いているように見えてしまった。

これに対し脚の移動の速度を調整したが、現在作成したプログラムの脚の速度が遅ければロボットは転倒し、また早ければ、けり力が大きく発生してしまったため、細かい調整が必要である。

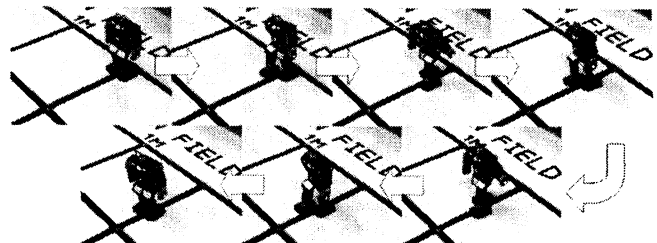


図 6 生成した歩行動作の実行結果

5. 結言

モーションキャプチャシステムを用いて人の歩行動作を解析し、ヒューマノイドロボットの動作生成を行った。

これにより、以下のような結論を得た。

- モーションキャプチャから得られた人間の歩行動作の膝関節角や腿の成す角の変位を基に入力した数値入力プログラムは、フィードバック機能を持たないヒューマノイドロボットに歩行動作を実行させることができた。
- ヒューマノイドロボットと人間の各セグメントの初期角度位置が異なる場合、絶対角を用いて関節の制御量を決めることができる。
- よりよい動作を実行させるには、速度や加速度のデータが必要であり、それを考慮する必要がある。

6. 今後の課題

モーションキャプチャを用いて動作を解析し、ヒューマノイドロボットの歩行動作を生成したが、安定性の問題などがでた。さらに細かい数値入力と速度の関係を調査し、生成することが必要である。

生成した動作は ROBONOVA-I を用いて実行した。そのため、他のヒューマノイドロボットに使用する場合は、実行結果を確認しデータの誤差やヒューマノイドロボットの状態を確認する必要がある。

また、ヒューマノイドロボットは、歩行動作のほかに様々な動作を作ることができる。本研究では、モーションキャプチャを用いて歩行動作のみの解析と、生成・実行であったが、ほかの動作を行わせる場合の生成における要素を確認することが必要である。

7. 参考文献

- 1) 石塚章司: 人型ロボットの起き上がり動作のシミュレーション, 平成 17 年度機械工学専攻修士論文