計測自動制御学会　東北支部　第 232 回研究集会(2006.11.24)
資料番号　232-21

モーションキャプチャーを用いた計測とシミュレーションによる人の動作の解析

Measurement of man operation using motion capture and Analysis on the man operation by simulation

○ 庄司　聡，藤島 祥太，坂野　進

○Satoru Shoji, Shota Fujishima, Susumu Sakano

日本大学大学院工学研究科

Graduate School, Nihon University

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

連絡先：　〒963-8642　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

ヒューマノイド型である二足歩行ロボットは，電子部品の技術の進歩や価格が低下したことにより，エンターテイメント，ホビー分野で販売され，多くの人々に普及してきている。これらのロボットは，ユーザーが，独自にロボットのモーション作成することが可能で，その動きも様々である。人間を模して誕生したヒューマノイド型ロボットだが，二足歩行であるためバランスが悪く転倒しやすいという問題が発生する。この対策として，歩行状態から転倒した時【起き上がり動作】を作成することが必要になってくる。しかしながら，我々がよく目にするヒューマノイド型ロボットの起き上がりの動作は，人間の起き上がりの動作とは大きく異なっている。これは，ヒューマノイドロボットと人間の関節の自由度に相違があるなどの理由が挙げられるが，その動きには違和感がある。

そこで本研究では，市販されているヒューマノイドロボットを用いて，より人間らしい【起き上がり動作】の生成を試みる。動作のデータを獲得するために，モーションキャプチャーを用いて，人間の動作を計測・解析する。また,【起き上がり動作】を生成する前に，コンピュータ上でシミュレーションを行う。

2.実験装置及び実験方法

2.1 モーションキャプチャー

モーションキャプチャーとは，現実の人物や物体の動きを数値化し，記録する技術である。

本研究では，【起き上がり動作】時の，左右の肩部，大転子部，膝，足首の角度変位を計測するために，モーションキャプチャーを用いる。

計測・解析に使用したソフトは，以下のものである。

・2 次元・3 次元ビデオ動作解析システム【Frame-DIASⅡ】

計測手順として，まず，被写体の各要素にマーカーを取り付ける。その後，被写体に【起き上がり動作】をビデオカメラで撮影する。

fig.1 に被写体に装着させたマーカーの位置を示す。

fig.2 に実験・撮影の概略図について示す。

撮影した動画を，解析ソフトに取り込み，起き上がり時の左右の肩部，大転子部，膝，足首の角度変位を算出する。

2.2 シミュレーション

モーションキャプチャーより獲得した各関節の角度変位データから，【起き上がり動作】のシミュレーションを行う。

シミュレーションを行う際，以下のソフトを用いた。

・サイバネットシステム社機構解析プログラム **DADS 9.0**

作成したシミュレーションモデルとその概要を **fig.3** に示す。

シミュレーションを行うことにより，起き上がりが成功した場合は，そのデータをヒューマノイドロボットの動作に適応させる。また，問題があった場合，その原因を考察する。

2.3 ヒューマノイドロボット

ヒューマノイドロボットに【起き上がり動作】を実行させるために，株式会社 Hitec Multiplex Japan,Inc 製，【ROBONOVA-I】を使用した。

ROBONOVA-I の概要を **fig.4** に示す。

このロボットの関節部に使用されているサーボーモータの角度を変化させ，【起き上がり動作】のプログラムを生成する。

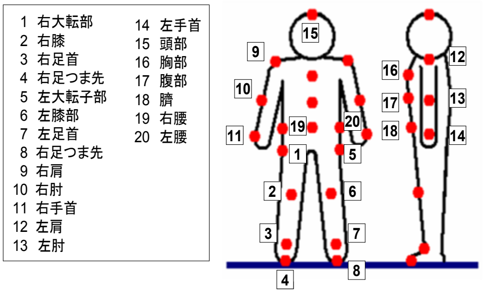


fig.1 マーカーの取り付け位置と取り付け位置の名称

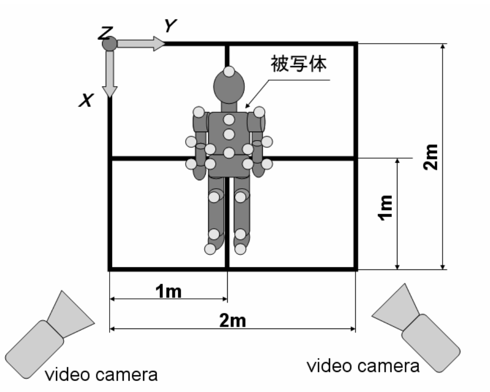


fig.2 実験・撮影の概略図(XY 平面)

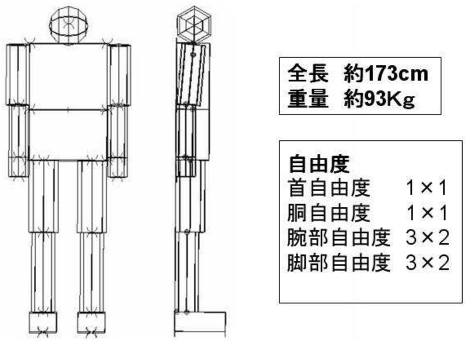


fig.3 シミュレーションモデルとその概要

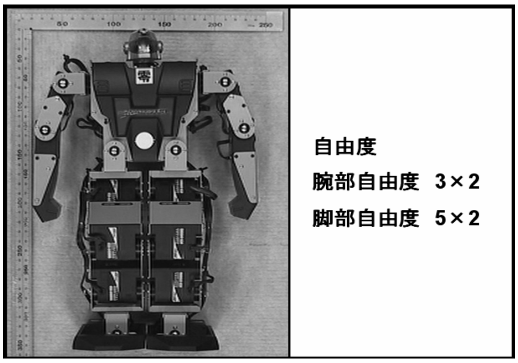


fig.4 ROBONOVA-I とその概要

3.実験結果

3.1　モーションキャプチャーによる動作解析

撮影した動画から解析ソフトにて，デジタイズ(マーカーの座標指定入力作業)を行った。次に，左右の肩部，大転子部，膝，足首にポイントとして取り付けたマーカーとマーカーを結線し，スティックピクチャーモデルを作成した。

スティックピクチャーモデルを **fig.5** に示す。

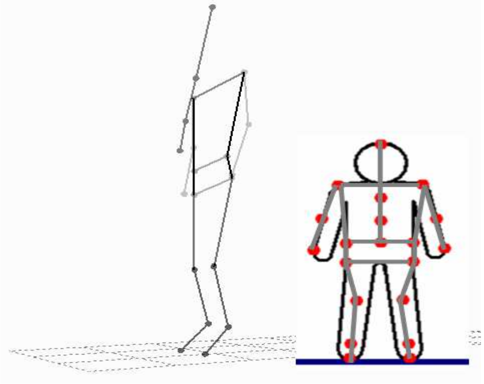


fig.5　スティックピクチャーモデル

このスティックピクチャーモデルより各要素の角度変位を獲得した。角度はＸＺ平面で算出している。

各要素の時間と角度変位の関係を **fig.6** に示す。

fig. 6 より，人間の【起き上がり動作】は以下のような順序となった。

(1)仰向け状態。

(2)両腕で上半身を起こしながら，左足を引く。

(3)右足を引き，両足を地面に固定する。

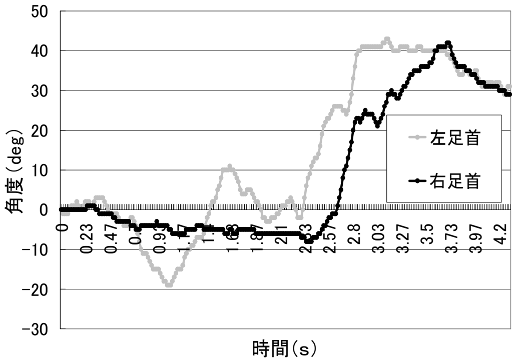
(4) “(３)” の状態から立ち上がる。

起き上がるまでかかった時間は 4.3(ｓ)である。

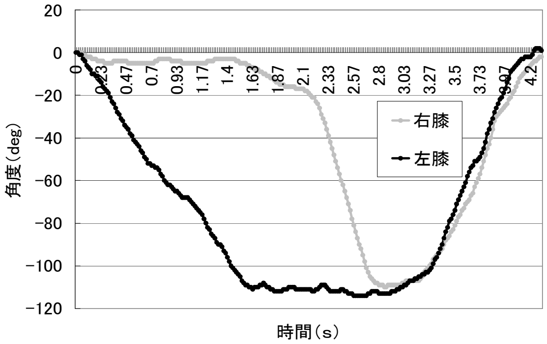
3.2　シミュレーションの結果

DADS 9.0 にて作成したモデルで，**fig.6** で得られた角度変位を基に，【起き上がり動作】のシミュレーションを行った。

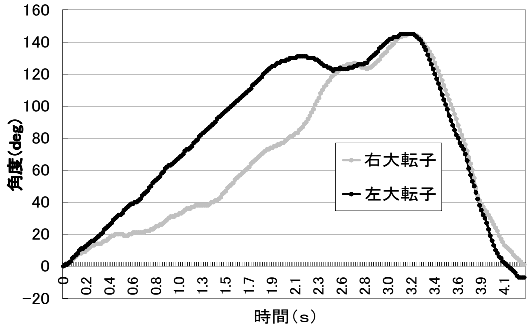
仰向け状態から立ち上がることに成功したが，動作は不安定なものであった。



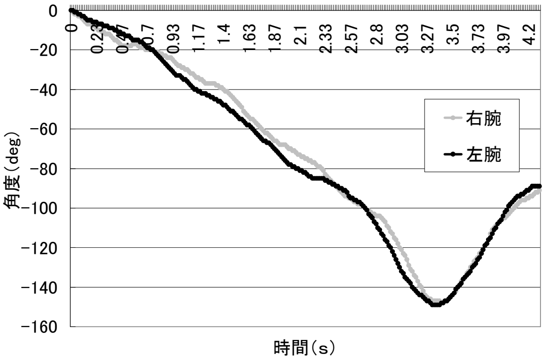
(a)左足首と右足首の時間による角度変位



(b)右膝と左膝の時間による角度変位



(c)右大転子と左大転子の時間による角度変位



(c)右腕と左腕の時間による角度変位

fig.6　各要素の時間による角度変位

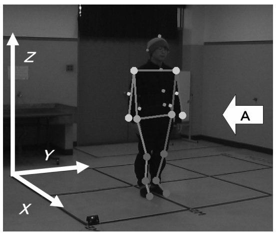
3.3　モーションキャプチャーによる人間の状態解析

シミュレーションの結果から，【起き上がり動作】の被写体の各関節の角度変位ではなく，状態について考察を行った。

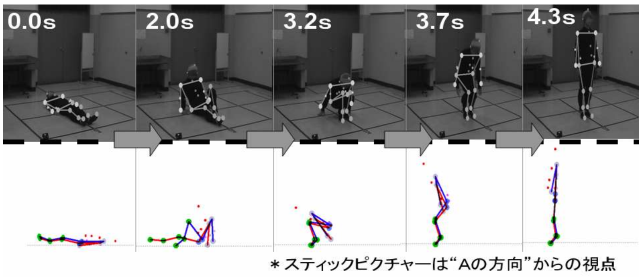
3.1 で述べた(3)の状態のとき，肩部と左足首のポイントを結線し，水平座標における角度の変化を解析したところ，水平軸に対し 90°～110° 近くの角度になっている。その状態から立ち上がる際にも，動作終了時に左肩—左足首とＸ軸の成す角度が 90° になるように，立ち上がっている。

fig.7 に 再考察したスティックピクチャーモデルと起き上がりの一連動作写真を示す。

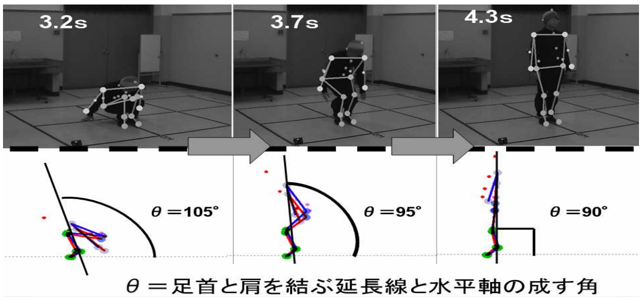
fig.8 に左肩—左足首とＸ軸の時間と角度変位を示す。



(a)再考察したスティックピクチャーモデル



(ｂ)起き上がり時の一連動作



(c)足首と肩を結ぶ延長線と水平軸の成す角

fig.7 再考察したスティックピクチャーモデルと起き上がり一連動作写真

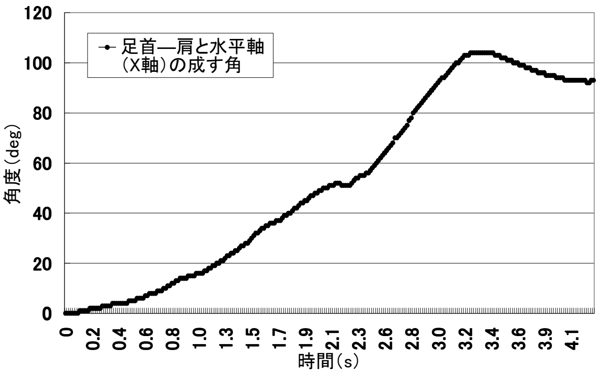


fig.8　左肩—左足首とＸ軸の時間と角度変位

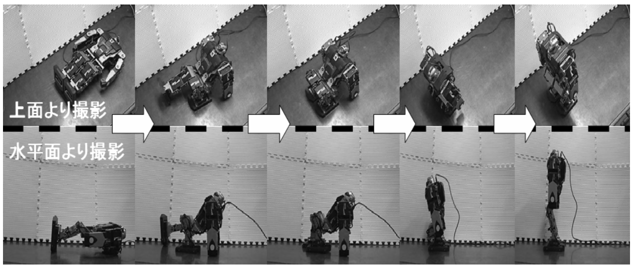
3.4　ヒューマノイドロボットの起き上がり動作生成

モーションキャプチャーも用いて計測・解析し，シミレーションを行った結果を基に，以下の点に考慮し，ヒューマノイドロボットの【起き上がり動作】を生成した。

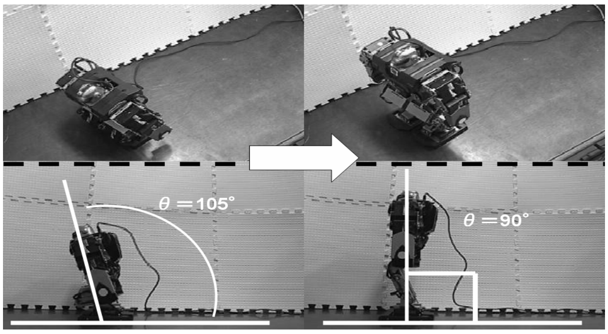
・起き上がりの状態を考慮すること。

・起き上がりの順序を満たすこと。

fig.9 にヒューマノイドロボットの【起き上がり動作】の連続写真を示す。



(a)起き上がり時の一連動作



(ｂ) ヒューマノイドロボットの足首と肩を結ぶ延長線と水平軸の成す角

fig.9 ヒューマノイドロボットの【起き上がり動作】の連続写真

生成した動作により，ヒューマノイドロボットは起き上がった。
しかし，関節角度を安定させるために，速度を一定にさせた結果，人間の起き上がり動作より時間がかかる動作となってしまった。

4.結言

モーションキャプチャーとシミュレーションを用いて人間の起き上がり動作を計測・解析し，ヒューマノイドロボットの【起き上がり動作】を生成した結果，以下の結論を得た。

(1) モーションキャプチャーを用いて人間の動作を計測・解析し，時間と各関節の角度変化の情報を得ることが出来た。
(2) シミュレーションを行い，不安定ではあるが，コンピュータ上での【起き上がり動作】を行うことが出来た。
(3) モーションキャプチャーによる再解析を行った結果，人間の起き上がり時の，状態の情報を得ることが出来た。
(4) (1),(2),(3)で得られた結果から，実際のヒューマノイドロボットの起き上がり動作の生成に成功した。

5.今後の課題

ヒューマノイドロボットの動作を生成することが出来たが，生成した動作には，以下の問題点が残った。

(1) 各関節の移動速度が一定であるため，角速度の情報を算出する必要がある。
(2) 【起き上がり動作】の各角度の変化をモーションポイントとして動作を作成したため，実際の起き上がり動作にかかる時間と異なった。これに対し，動作時間を一致させる。

今後は，これらの問題を考慮したヒューマノイドロボットの動作を生成していく予定である。

6.参考文献

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 Simulation of Rising operation of a Humanoid robot，平成 17 年度修士論文要旨集，P.79-80