

# ヒューマンフィギュアによる様々な着座・起立動作の生成

竹村 浩志 陶山 恒 南城 康之 水野 一徳 西原 清一 福井 幸男  
筑波大学 電子・情報工学系

## 1. はじめに

座る、歩く、掴むといった動作は日常生活において基本的な動作であり、よりよい工業製品や活動空間を設計する上ではこのような動作を考慮する必要がある。そのような設計を行う上で動作の試行錯誤が必要であり、そのため仮想空間においての人体モデルによる対話的なシミュレーションが求められている。しかし、これまでの人体モデルに関する研究はアニメーション用の自然な動作生成が中心であり、対話的な動作生成を目的とした研究はあまり行われていない。

そこで本研究では、設計に応用可能な対話型動作生成するシステムの構築を目指す。本稿では特に自動車やトイレといった限られた空間内の設計において考慮される必要がある着座、起立動作に注目し、容易かつ対話的に様々な着座、起立動作を生成する手法を提案する。従来の動作生成の手法として測定データを用いたモーションキャプチャシステムが挙げられるが、この手法では柔軟に多様な動作を生成することができない。それに対し本手法ではロボット工学において多く用いられる Inverse Kinematics (IK) を用いて自然な動作を得る。また着座、起立動作の自動生成に必要な腰の軌道を NURBS 曲線で指定することで、対話的に様々な動作の生成を行うことを可能とする。

## 2. 基礎事項

### 2.1. 基本モデル

本研究で用いるヒューマンフィギュアは腰を root (原点) とした階層構造をしており、21 ノード、16 可動関節、合計 44 の自由度を持つ。

### 2.2. Inverse Kinematics

親オブジェクトの関節角から子オブジェクトの位置を決定する Forward Kinematics に対して、Inverse Kinematics (IK) ではそれとは逆に子オブジェクトの位置から親オブジェクトの関節角を得ることができる<sup>[1]</sup>。

本手法では足の裏を地面に接した状態で腰を子オブジェクトとし、IK によって足首、膝、股関節の関節角度を求めている。

Generation of various taking-a-seat and standing-up motions for virtual humans  
Koushi TAKEMURA, Hisashi SUYAMA, Yasuyuki NANJOH, Kazunori MIZUNO, Seiichi NISHIHARA, Yukio FUKUI  
Institute of Information Sciences and Electronics,  
University of Tsukuba

## 3. システム構成

本手法の流れを図 1 に示す。身体的特徴<sup>[2]</sup>、椅子の位置等の入力パラメータから腰の軌道を計算し、その軌道上の腰の位置から自動的に動作生成を行う。現在の腰の位置から下半身、上半身の姿勢を求めるまでを 1 ステップとし、腰が着座地点に到着するまで続ける。最後に、胴部が背もたれと接触するか正面を向くまで上半身を立て直す。

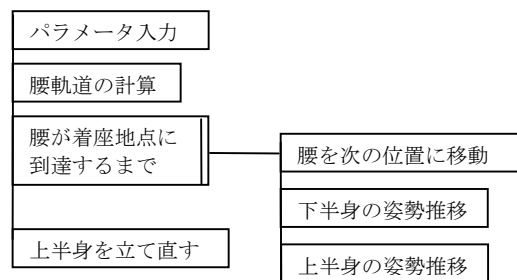


図 1 着座動作におけるシステムの流れ

### 3.1. 着座軌道の計算

起立時の腰の位置と椅子の着座位置とを結んだ腰の通過する軌道を、NURBS 曲線を用いて求める。NURBS の制御点を移動させることで任意の軌道を生成することができる。また軌道の計算の際に、人体モデルの構造上地面に足が接地した状態で腰がその軌道を通れるか判定する。

### 3.2. 着座動作の生成

#### 1) 動作の特徴

着座動作において、腰は動作開始からしばらくは等速運動を行うが、ある程度の高さに到達するとそこからは等加速運動を行う。また上半身の動作においては、その高さまで上半身の屈曲を行うが、それ以降は屈曲を行わないという動作の特徴がみられる。

そこで本稿では腰の移動速度、並びに上半身の屈曲動作が変化する高さを Border と定義し、様々な着座動作に対応させる。

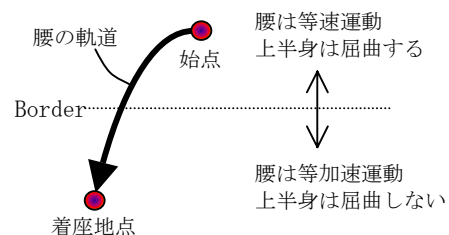


図 2 腰の位置による動作変化

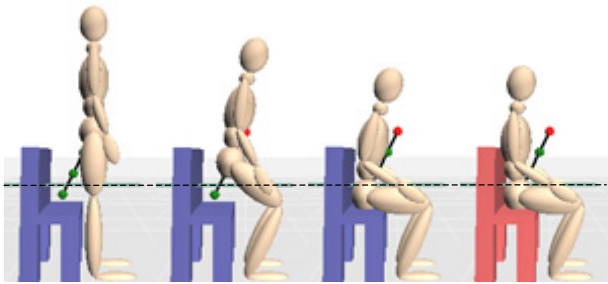


図3 Border を低く設定

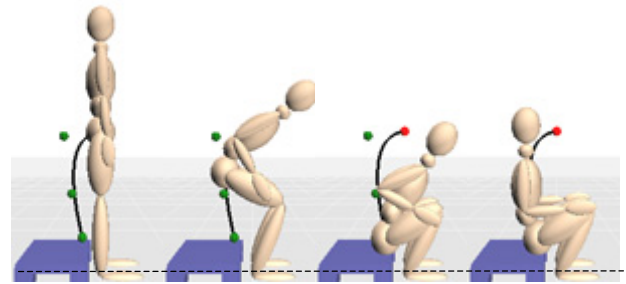


図5 しゃがむ動作

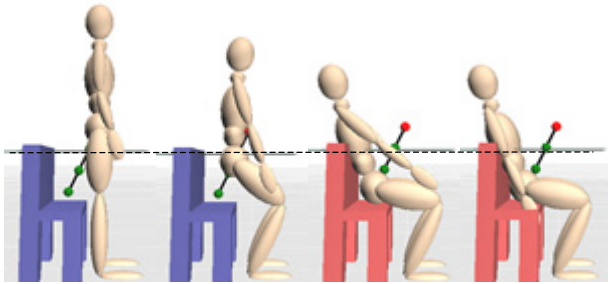


図4 Border を高く設定

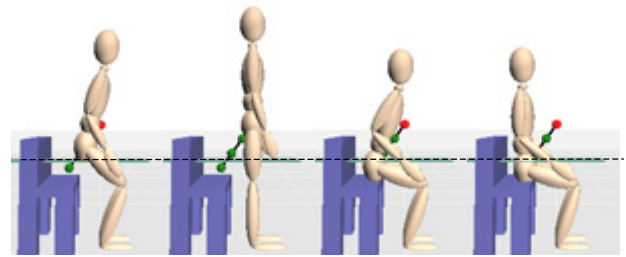


図6 姿勢良い着座動作

## 2) 腰の移動

着座地点に到着するまで腰は 3.1 節で示した軌道を進む。その際、1) で述べた動作特性から、腰は Border に達するまで等速運動、その後は等加速運動を行う。また動作開始直後の慣性を考慮し、腰が目標の速度に達するまで徐々に加速させて動作全体に緩急を与えることで自然な動作生成を行う。

## 3) 下半身の姿勢推移

現ステップにおける腰の位置をもとに IK を用いて足首、膝、股関節の関節角度を求め、下半身の姿勢を決定する。ただし両足は地面に固定されており、地面からの浮上や滑走はしないものとする。

## 4) 上半身の姿勢推移

上半身におけるノード(頭、首、各胴パーツ)の関節角度を、それぞれに対応した屈曲パラメータと現ステップにおける腰の位置から求め、上半身の姿勢を決定する。ただし Border 通過後は 1) で述べた運動特性から上半身の屈曲は行わない。

### 3.3. 上半身の立て直し

着座動作においてモデルは上半身を屈曲しながら椅子に座るため、腰が着座地点に到達した時点で体は前傾姿勢になっている。そこで着座後、上半身が垂直になる、もしくは体が背もたれに接するまで上半身を立て直す。

## 4. 結果

本システムによる実行結果を図 3, 4, 5, 6 に示す。太線は腰の軌道、水平の破線は Border の高さを表す。図 3, 4 からは Border の設定から異なる動作が生成可能であることが確認できる。図 5 では腰の軌道を任意に変化させ、しゃがむ動作を生成した。また図 6 では、背を伸ばし顔は常に正面を向く屈曲パラメータの設定を行うことで、姿勢良い着座動作を生成した。

## 5. おわりに

本稿により、容易かつ対話的に様々な着座、起立動作を自動生成することができた。この手法を用いることにより、様々な着座、起立動作を考慮に入れた空間設計のシミュレーションが可能となる。

実際に人が着座、起立動作をする際は、体全体の重心を足の鉛直線上に維持することでバランスを保っている。よって今後は、上半身の姿勢制御に重心計算を用い、適切な姿勢の自動生成を行う予定である。また、足を任意の位置に移動しての着座動作や、手摺りがある椅子に対する動作も考えていきたい。

## 参考文献

- [1] 計測自動制御学会編：“生体とロボットにおける運動制御”，コロナ社，1991
- [2] 高石昌弘：“からだの発達 身体発達学へのアプローチ”，大修館書店，1981