

## Inverse Kinematics を用いた動態人体モデルの生成

5N-01

南城 康之 日隈 直紀 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

近年、計算機性能の向上によるコンピュータグラフィックス (CG) 技術の発達に伴い、計算機で、仮想現実 (VR) 世界を構築することが容易になってきた。これにより、実世界の物体、特に人体モデルを計算機で表現する必要性が高まっている。ところが、人体は多くの関節を持つ物体であり、様々な形状をとるため、自然な動作生成を計算機上で行うには困難である。そこで、モーションキャプチャー・システムを使つての動作生成が多く使われている。しかし、この手法はデータより動作を生成するため、データの量が膨大になる、動作の種類が限定される等の問題がある。そのため、より簡単な操作で様々な動きを生成できるツールが望まれている。

そこで本研究では、手の動きを対象とした動作生成法を考える。その手法として、ロボット工学において多く使われる Inverse Kinematics (IK) を利用し、手先の初期値、目標値を与え、その値に応じた手先の軌道を用意し、物を取る動作を自動的に生成する方法を提案する。

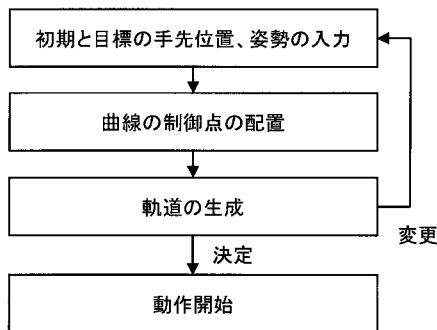


図1. システム構成

## 2 システム構成

本研究で提案するシステムは、図1のようになる。最初に、ユーザが手先の初期座標、初期姿勢と、手先の目標座標、目標姿勢を与える。その間の手先軌道として B-spline 曲線を用いる。B-spline の制御点は、初期座標、目標座標に応じて配置し、軌道を生成する。軌道が決まったら、時間ごとに各関節の角度を IK によって求め、軌道に沿って手先座標を変更することで動作の生成を行う。その際、肩関節の動きを自然にするために肩の自由度を 3 自由度にして、より人の動きに近いものを生成する。

## 3 3次元空間における IK の利用法

図2のように、肩を原点、体の正面方向を X 軸、鉛直上方向を Y 軸とし、右手座標系になるように Z 軸をとった座標系を考える。

## 3.1 手首の座標の導出

手首と手先をつなぐリンクの姿勢について、図2に示すように、手首を球の中心としたとき、手先座標について絶対座標系での緯度  $\alpha$ 、経度  $\beta$ 、また、手首と手先を結ぶ直線軸回りの回転角度  $\gamma$  の 3 変数による姿勢を与える。この姿勢と手先座

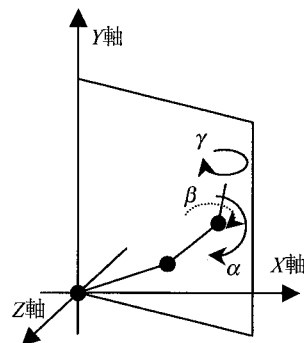
 $\alpha$ : Z軸回り $\beta$ : Y軸回り $\gamma$ : 手首と手先を結ぶ直線軸回り

図2. 座標系と与える姿勢

標により手首の座標が一意に決まる。

### 3.2 2次元 IK の3次元化

2次元平面における IK を X、Y 軸平面上にとり、この平面を Y 軸回りに回転させることで肩の自由度を2自由度にする。さらに、肩と手首を結ぶ直線を回転軸として回転させることで、3自由度化する。

### 3.3 3次元化における回転角度の決定

Y 軸回りの回転については、手先座標より求めた手首座標の x、z 成分より逆正接関数を用いて求めた角度が回転角度となる。肩と手首を結ぶ直線を軸とした回転の角度は次の方法により求めた。まず、手首の座標が  $x=30,60, y=40,0, z=40,0,40$  (単位は cm) の 18 通りの場合における肘の座標を実際に計測する。そして、肩、肘、手首を含む平面の法線ベクトルと、肩から手首へ向かうベクトルと水平方向に直交するベクトルとの角度を求め角度データを得る。このデータより手首の x、y、z の座標値を3変数とした重回帰分析を行い、

$$\theta = 27.467 + 0.297y + (-0.282)z \quad (1)$$

のような2変数の式で近似でき、手首の座標より肩と手首を結ぶ直線を軸とした回転の角度が求まる。

## 4 軌道の生成

軌道について、制御点を6個、3次の B-spline 曲線を使用した。

各制御点の座標のとり方は、最初と最後の制御点を手先の初期座標、目標座標とする。その他の制御点は、初期座標、目標座標に対する簡単な比で与えた。配置の手法は以下のようにした。

#### ● (初期 Y 座標 < 目標 Y 座標) のとき

始点と終点付近で、接線が水平方向となる3次曲線に近い曲線

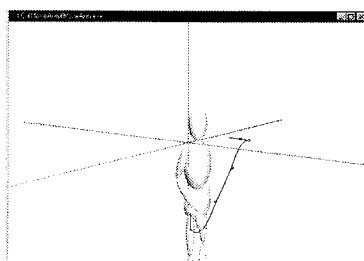
#### ● (初期 Y 座標 > 目標 Y 座標) のとき

始点付近では接線が鉛直方向、終点付近では水平方向となる双曲線に近い曲線

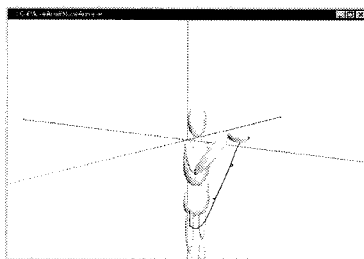
また、手先が目標物に近いとき、速度は小さくなると思われるため、X、Z 平面に投影したときの制御点の間隔を、目標物に近い範囲は狭めるようにした。

## 5 結果

以上に述べた手法で実装した結果、図3のような結果が得られた。手の先を通る滑らかな曲線が手先の軌道を表し、初期値と目標値から伸びる直



(a) 始点付近



(b) 終点付近

図3. 実行結果

線が、初期の姿勢、目標の姿勢を表す。初期値と目標値をうまく指定することで、自然な動作が得られることが確認できた。

## 6 おわりに

本稿により、初期値と目標値を与えるだけで、動作を生成する方法を提案した。この手法を用いることにより、動作生成のユーザ負担を軽減できると確認した。今後は生成した動作に対する評価をしていく予定である。また、現段階では、右腕のみの実装であったが、これを左腕、胴、両足についても同様に利用できるため、全身における動作生成も可能になる。その際、3.3における  $\theta$  の与え方が重要になってくる。さらに、このシステムに速度を考慮したモデルや、Inverse Dynamics を用いることで、力学についても考慮に入れたモデルの作成も考えていきたい。

## 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] 藤沢偉作：“多変量解析法”，現代数学社，1985
- [3] 社団法人 人間生活工学研究センター：“高齢者製品設計支援システム等開発（高齢者適合製品の設計技術開発）”，2001