

1. はじめに

近年、人間の生活空間において活動し人間とのインタラクティブな関係を求められるヒューマノイドロボットの実現のための研究がさかんに行われている。

人間と共生するヒューマノイドロボットには人間が与えた環境に関する知識の利用や、あらかじめ与えた動作を繰り返すのみではなく、ロボットが周囲の環境や人間の行動を能動的に認識学習し自らの行動を決定してゆく能力が必要不可欠である。また、動作の模倣は能動的に新たな行動を取得してゆく方法の一つであり、人間は物体を視覚で捕らえその形状と動きを認識し自分の身体で可能なように表現する能力を持っている。ヒューマノイド型ロボットにとって動作の模倣は能動的に新たな行動を取得してゆく方法であり、人間の生活空間において活動するために必要不可欠な能力のうちのひとつである。そこで本研究では観察する対象（たとえば人間）を視覚で捉え、その動きの追従を行うことによって模倣を実現することを目的としたシステムの構築を行ったので、その概要と実験結果を報告する。

2. 手法

モーションキャプチャで取得した実際の人間の動作からコンピュータグラフィックス上のモデルの動作を生成する研究がいくつか行われている。たとえば、戸川ら[1]は人間の動きをコンピュータグラフィックス上で自動生成する方法としてモーションキャプチャから得られたデータを用いて人に似た構造の多リンク系からなる仮想のロボットの動きを生成する手法について報告をしている。これに対し本研究では、人間の動作の情報の取得には CCD カメラを利用し制御対象には実ロボットを用いリアルタイムに追従を行うことを目的とする。ただし、カメラは固定することとする。

模倣の対象となる人間（以下、観察多関節系と表記）を CCD カメラによって撮影し、それから得られた画像情報を元に制御対象となるロボット（以下、制御多関節系と表記）で形状の追従することにより動作の模倣を行う。

模倣において、一般にロボットと人間とでは関節の位置やその可動範囲などの点で構造が異なる。筆者らはこの

点について構造の異なる多関節系同士での模倣の手法についての研究[4][5]を行ってきた。この手法は多関節系同士の関節の位置とアームの物理的な距離の二乗和を逐次近似的に最小にする手法であるが、距離を最小にする際の結果の初期値依存性が問題となる。

ここでは、初期形状の決定のため、画像データベースから初期形状の選択を行い、観察多関節系と制御多関節系の画像の相関を利用してポテンシャル場を作成して形状の追跡を行う手法を検討する。(Fig.1)

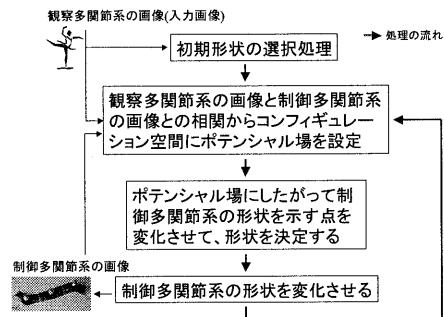


Fig.1 処理の流れ

ロボットの形状の指定には、コンフィギュレーション空間を利用する。コンフィギュレーション空間とは、その空間中の一点を指定すれば多関節系の形状が一意に決まる空間のことであり通常多関節系がn自由度であれば、n次元の空間となる。ここでは、多関節系の各関節の回転角度を軸とするコンフィギュレーション空間を用いる。

2.1 初期形状の選択処理

はじめに初期形状の選択処理を行う。多関節系の構造があらかじめ既知であるとし、固定された視点から見た多関節系の画像をあらかじめ取得しておく。この多関節系の形状画像をキーとし、そのコンフィギュレーション空間の座標を値としたデータベースをオフラインで作成しておき、動作時には、CCDカメラから取得した画像から多関節系のコンフィギュレーション空間の座標を検索することを考える。(Fig.2)

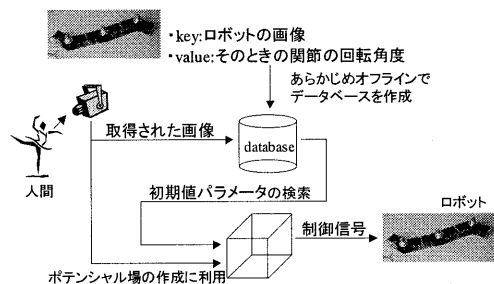


Fig.2 形状選択処理

Aquirement of imitative movement for multi joint system
from moving image

TOGURO, Mikito TOKUYAMA, Haruto AOKI, Yoshimitu HASHIMOTO, Shuji
{mit, haruto, aoki, shuji}@shalab.phys.waseda.ac.jp
Hashimoto Lab. Dept. of Applied Physics, Waseda university.
55N-4F-10A, 3-4-1 Okubo, Shinjyuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

まず、オフライン処理として、画像データベースを作成する。ロボットの形状画像を二値化したものを、そのときの関節の回転角度とともに画像データベースに格納する。実行時には、画像データベースから画像の検索を行う。検索の手法は、パラメトリック固有空間法[2]を利用する。パラメトリック固有空間法とは、画像集合から固有空間を計算し、その上で多様体を構成する。検索時には入力画像を固有空間上の点に投影しその点にもっとも近い多様体での位置を検出する。

CCDカメラは固定するので前処理として背景画像の作成を行い、カメラから得られた画像との差分を利用して動領域の切り出しと大きさの正規化を行う。こうして得られた画像をキーとして画像データベースから検索を行いコンフィギュレーション空間中の点を取得して、次の局所的な部分の検索を行う際の初期値とする。

2.2 形状の追跡処理

動作を滑らかに行うために、コンフィギュレーション空間にポテンシャル場を用意して制御多関節系の形状の変化をポテンシャル場を移動する質点と見ることにする[3]。コンフィギュレーション空間に用意するポテンシャル場は以下のように定義する。

$$\phi_s = - \sum_{j=0}^{h-1} \sum_{i=0}^{w-1} (S_{ij} * T_{ij}) \quad * : \text{論理積}$$

$$S_{ij} : \text{入力画像の}(x=i, y=j)\text{の画素} \quad h : \text{画像の高さ}$$

$$T_{ij} : \text{制御多関節系の画像の}(x=i, y=j)\text{の画素} \quad w : \text{画像の幅}$$

$$-\nabla \phi_s = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$m : \text{コンフィギュレーション空間の点に与える質量}$$

$$x : \text{コンフィギュレーション空間の点の座標}$$

つまり、CCDカメラから取得した画像から背景除去、観察多関節系領域の切り出し、正規化および2値化処理まで行った画像を入力画像Sとし、制御多関節系の形状画像に対して正規化および2値化の処理を行ったものをTとするとき、この二つの画像の相関をポテンシャル場としている。

観察多関節系の画像をコンフィギュレーション空間のポテンシャル場の作成に利用することによって、制御多関節系の動作を入力画像上の観察多関節系の領域に拘束することができる。

また、制御多関節系の形状の変化をポテンシャル場を移動する質点としたことで制御多関節系の形状の変化を連続的に行うことができる。このときの初期値には検索した画像データベースの値を利用する。

3. 実験結果

三菱製ロボットアーム Move Master を用いて実験を行っ

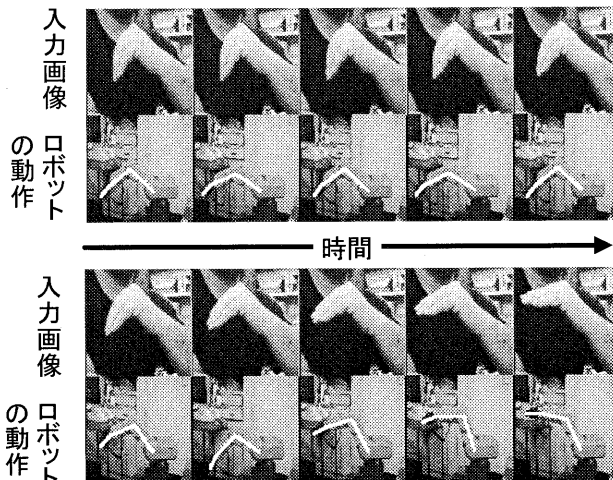


Fig. 3 MoveMasterによる手のひらの追跡結果

た。今回はこのロボットのうち、肩、肘、手首の合計3自由度を利用した。計算機にはLinux 2.2.16 Celeron 500 [MHz]を使用した。データベースには約1300枚の画像が存在し、データベースの総容量は73.6[MByte]である。

このシステムで腕の動きを模倣した結果をFig.3に示す。ここでは左上から右にそして左下から右下にかけて手首を開く動作を追跡している。画像の処理にかかる時間は100[ms/frame]程度である。

4. まとめ

動画像を用いた多関節ロボットによる動作の追跡システムについて述べた。実際のロボットに搭載しリアルタイムに動作させる場合には、計算量や記憶量の問題などが存在するが、あらかじめ制御多関節系ロボットの形状を画像として記憶しておき、動作の模倣の際にはこの画像を検索することによってロボットの動作パラメータの決定に利用する手法を提案した。

今後はヒューマノイド型ロボットに本方式を搭載し、人間の動作を獲得させる実験を行いたい。

参考文献

- [1] 戸川晋一, 岡本庄司, 中村仁彦, "ヒューマンフィギュアの力学的運動生成に関する研究", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1B12-4(1998)
- [2] 村瀬洋, シュリーナイヤー, "2次元照合による3次元物体認識 - パラメトリック固有空間法", 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J77-D-II No.11 pp2179-2187(1994)
- [3] 林, 下川, 尾崎: 到達条件を任意に指定するBスプラインを用いた軌道計画, 第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.289-290(1998)
- [4] 精廬幹人, 橋本周司, "多関節系による動作形状の近似", 第58回情報処理学会全国大会論文集, 2-115,(1999)
- [5] 精廬幹人, 橋本周司, "動画像を利用した実ロボットによる動作の模倣", 第5回パターン計測シンポジウム講演資料, 計測自動制御学会, pp21-26,(2000)