

## 2P-1

スポーツ・インストラクションにおける  
人体実動作の3D入力支援システム

王 康達 國井 利泰 孫 立寧

東京大学理学部情報科学科

日本シリコングラフィックス株式会社

## 1. はじめに

ビジュアル・コンピュータによりスポーツ動作を解析するため多くの人体動きの入力が必要である。これらの動きを正確に入力すると、より高い精度の解析を得られる。また、よりリアルな動きを表現するため、入力した実動作はキーフレームとして、動力学(dynamics)や逆動力学(inverse dynamics)などロボット工学の手法を導入した人体アニメーションも考えられる。しかし、人間には50以上の関節があり、すべての自由度を合わせると200以上となる。実動作と完全に合う入力作業が困難であった。本稿では、オブジェクト指向人体モデルに基づき人体の三次元入力を支援するシステム構築の諸方法について論じる。

## 2. 人体モデルの構成

人体モデルは応用に十分な正確さで人体形態を表示しなければならない。本稿での人体モデルは50個の接続しているセグメントにより構成し、各セグメントの形状データは対象となる人の実測量により得られた。オブジェクト指向概念により各セグメントをオブジェクトクラス SEGMENT のインスタンスとして定義する:

```
def SEGMENT (
  superclass;
  static attribute (shape, mass,
                    volume, etc.);
  dynamic attribute(position, orientation,
                    velocity, acceleration,
                    etc.);
  operation(translation, rotation);
```

これらのオブジェクトが人体の階層構造を構成する。例えば、ルートクラス胴体が肩、腰、ヒップなどサブクラスを持っている。各サブクラスが上位クラスと下位クラスの動態属性を受継ぐ。三次元の人体実動作を入力するのは各セグメントの空間位置を決めることになる。

## 3. 対話式により入力

少林寺拳法、空手のような二人対戦するスポーツに対し、動きの入力、運動要素の計測、アニメーションするのはかなり困難である。本稿では、ビデオカメラを使って、いくつか方向により撮られた画像に基づいて人体実動作の三次元入力することを行った。その上、逆動力学により各セグメントに与える力や重心の移動など運動要素を計算し、この力を用いる動力学により入力した実動作(キーフレーム)間の動きをアニメーションすることも実験した。

対話式により入力というのは人体モデルの各セグメントをインタラクティブ操作し、ビデオカメラ画像上の実動作に当てはめることである。一般に、物体の空間座標は二つ直交視点により撮られた画像から得られるが、オクルージョンの問題や誤差などがあり、特にサブジェクトが二人の場合に対して完全ではない。これを解消するため、サブジェクトが原点にあるとして、ビデオカメラが5方向(z, x, -z, -x, y)から撮った画像を利用した。システムはマルチウィンドウにより三次元のインタラクティブ環境を提供する。まず各方向のビデオカメラ画像をサンプリングし、それぞれをウィンドウ上に表示する。それから2で構成した人体モデルがディスプレイ上に現れ、ポップアップメニューにより操作対象(モデルのセグメント)を指定し、それを移動したり、回転したり、画像上の動作と完全に合うまで繰り返す。ここで、モデルの各セグメントが接続しているので、一つに操作を加えると他にも影響を出ることを注意しなければならない。一つ方向(ウィンドウ)の操作結果はビューポイントの違う他方向に移す。最後に、人体モデルの姿勢が各方向から見た画像と一致し、実動作として三次元位置をセーブする。

## 4. 画像認識により入力

3で述べた対話式により入力方法は簡単で、実用的ではあるが、人間の操作や当てはめ判断に依存度が高いので、比較的自動化の入力方法を考える必要がある。しかし、人体構造を全体見ればかなり複雑で、完全自動的に認識するのは極めて困難である。距離情報が得られるステレオ方

法は可能であるが、同じ物体の対応部分を求めるため点から領域までの計算時間が少なくない。また、オクルージョンの問題も存在している。スリット光投影レンジファインダは対応問題を避けられるが、専門的な計測装置が必要である。更に、人体関節に角度の計測装置あるいは発光ダイオードを取り付ける計測方法もあるが、装着できない場面が存在する。ここでは、画像認識方式のうち、意味情報を利用するモデルに基づく視覚により入力方法を考える。

まず、2で定義した人体モデルに基づいて、次の条件が考案される:

- (1) あまり複雑な形状を持たない各セグメントの空間位置を認識すればモデルの動作を決めるので、これに着目する。
- (2) 各セグメントが関節により接続しているため、一つの位置とその他の方向が分かれば十分である。
- (3) あるセグメントが別のセグメントにより求められるので、認識する必要がない。例え、肩とヒップにより腰を生成できる。

これらの条件に従って、3のような普通の設備ビデオカメラを利用し、画像の局所の特徴を取り出し、ボトムアップ処理により自動入力方法がすぐれている。その概要は次の通りである:

方法1 ビデオカメラやグラフィックス設備により扱うカラー画像は一般に(R,G,B)3つのスペクトル値によって色情報を表現する。人体の各セグメントの意味と複数画像間の対応関係を簡単に分かるため、色分類と分割により識別することが考えられる。まずセグメントと色の間に一対一の関係を指定し、これに従って撮影し、得られた各方向のビデオ画像に対して、領域分割(再帰的分割)を行う。各領域は色情報により人体の各セグメントと該当し、それぞれ境界線を強調して直線当てはめ処理を行う。それから一つセグメントの参照位置とその他のセグメントの方向を求める。各セグメントの空間位置が投影原理により二つの直交方向の画像から求められるが、オクルージョンの解消と誤差を減らすためこれ以上の方向の画像を処理する必要がある。

方法2 各方向のビデオ画像に対して、次の処理を行う:

- (1) エッジ検出
- (2) しきい値処理
- (3) 連結処理
- (4) 細線化
- (5) 直線当てはめ

それからセグメントをインタラクティブに指定し、モデルの形状データを用いて、局所的な特徴が一致するように

各セグメントの位置と方向を求める。ここで、モデルの各セグメントの接続は固定なので、インタラクティブの操作を減らすことが可能である。これは現在行っているものであり、少し人の介入が必要であるが、3の方法よりある程度の自動化が得られる。

## 5. おわりに

本稿ではビジュアル・コンピュータによるスポーツ・インタラクティブにおける人体実動作の三次元入力について、対話式と画像認識方法を紹介した。その応用として少林寺拳法の解析を行って来た。また、自動画像認識による入力方法はまだ研究中であるが、より効率的な結果が予測される。

## 参考文献

1. 國井利泰, "ビジュアル・コンピュータによる実用スポーツ・インタラクティブ・エキスパート・システムのアーキテクチャ", 情報処理学会第36回(昭和63年前期)全国大会論文集7Z-6, 1988年3月
2. Tosiya L. Kunii and Lining Sun, "Dynamic Analysis-Based Human Animation", CG International '90, Eds. T.S.Chua and T.L.Kunii, Springer-Verlag, pp. 3-15
3. Nierstrasz, O., "A Survey of Object-Oriented Concepts", Object-Oriented Concepts, Database, and Applications, Addison-Wesley Publishing Company, 1989, pp. 3-21
4. R. Nevatia, "Machine Perception", Prentice-Hall, Inc. 1982, pp. 104-211
5. M. D. Levine, "A Knowledge-Based Computer Vision System, R-77-3, Dept of Electr. Eng. McGill Univ. 1977.
6. David Lee, "Coping with Discontinuities in Computer Vision: Their Detection, Classification, and Measurement", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, V12, No4, 4.1990
7. 富田文明, 白井良明, "3次元視覚情報処理の動向", テレビジョン学会誌, Vol.38, No.9, 1984, pp. 816-822
8. 長谷川純一, 他3名, "画像処理の基本技法", 技術評論社 1986, pp. 25-99
9. 八村広三朗, "身体運動情報の処理", 人文科学とコンピュータ, 6-3, 1990.9.14
10. 富田文明, 金出武雄, "三次元物体のエッジに基づいた記述の生成と認識", コンピュータビジョン, 35-3, 1985.3.12