

骨格系のフィッティングによる人体構造のモデリング

3S-6

幸村 琢† 品川 嘉久†

東京大学†

1 導入

スポーツ科学においては人体をモデル化し、動きを数値的に解析することが必要である。そうすることによって、熟練者のどのような動きが優れているかがわかり、そのような動きを習得するためにどのような鍛錬が必要かわかるからである。しかし、これまでのモデルは人間の各部分を1つのセグメントとして考えており、それでは、人体の複雑な3次元形状や物理構造に依存する、機械とは違った、人間特有の動きを表現することができず、微妙に異なる運動を同一視してしまったり、人間が現実的にはできない動きまでもしてしまうものであった。このようなモデルをスポーツインストラクションに利用しようとしても、競技者は微妙な力の入れ具合について知ることができず、トレーニング方法についても確信を持つことができない。この点を解決するためには骨格などの内部構造までを考慮した人体モデルが必要である。本研究では下半身の骨格系のモデルを構築し、これを画像上の人物像とフィッティングさせるためのアルゴリズムを提案する。

2 骨格の個人差

人間の骨格の個人差は大きく、人種によっても大きく異なる。さまざまな人間の骨格構造を画像上の肉体より正確に推定するのは非常に困難である。人類学および法医学の分野では古くから単一の骨からその人間の生存時の身長を推定する研究、あるいは骨の一部と全体の長さの関係に関する研究が行なわれている。SteeleとMcKern [1]はアメリカインディアンの大腿骨・脛骨・肩骨の1部分から骨全体の長さを求める回帰式を作った。本研究では女性の骨格の3次元データにこれらの回帰式を施して大腿骨・脛骨の長さを変えるようにしてある。

3 関節の運動

下半身の関節は股関節、膝関節、足関節をインプリメントしている。股関節はほぼ球関節、足関節は2つの蝶

番関節の組合わさった関節であるため、関節運動は3軸、あるいは1軸の回転運動によって表すことができる。これに対して膝関節は屈曲・伸展が主な運動であるが、これにわずかの回内・回外運動や内転・外転運動をともなう。更に屈曲、伸展の際には脛骨の回転・平行移動が行なわれるが、その値は関節にかかるモーメントと関係があるので力学的な観点から解析しない限り、正確に膝の情報を知ることは不可能である。本研究では画像情報のみを入力源としており、Kurosawa [2]による平均的な膝運動の際の回内・回外角、内転・外転角、および平行移動を求める式を用いた。

$$VARUS = 0.0791F - 5.759F^2 \times 10^{-4}$$

$$- 7.682F^3 \times 10^{-6} - 5.759F^4 \times 10^{-8}$$

$$INTROT = 0.3695F - 2.958F^2 \times 10^{-3}$$

$$+ 7.666F^3 \times 10^{-6}$$

$$xDis = 0.0$$

$$yDis = -0.0683F + 8.804F^2 \times 10^{-4} - 3.75F^3 \times 10^{-6}$$

$$zDis = -0.1283F + 4.796F^2 \times 10^{-4}$$

(F は大腿骨の脛骨に対する x 軸まわりの回転角、 $VARUS$ は回内、 $INTROT$ は内転、 $xDis$ 、 $yDis$ 、 $zDis$ は x 、 y 、 z 方向への平行移動。角度は度単位、長さは mm 単位。)

4 フィッティングのアルゴリズム

2台、あるいはそれ以上のビデオカメラで異なる方向からモデルとなる人体を撮影し、ステレオ法により下半身の計15点の3次元座標を求める。(股下、両腰脇、膝、膝の内側、膝の外側、足の内果、外果、足の爪先)これらの点は解剖学的に皮膚と骨が他の場所と比べて距離的に近い点である。これらの点を用いてまず骨の長さ、下半身の中心座標の位置、各関節の角度を求め、骨格モデルが画像中の人物と同じ格好をするようにする。次に最初にステレオ法により求めた点と対応する骨格モデル上の点の3次元座標を求める。これまで求めてきた各骨の長さ、下半身の中心座標の位置、各関節の角度が全く正確であれば、この2点の座標は全く同じとなるはずであるが、実際にはステレオ法の誤差、骨の長さの誤差などがあり、正確には対応しない。そこで、上で得られた解を初期値にし、下半身全体の位置を変化させ、次に各関節を回転させて、上の15点の距離の二乗和が最小になるようにする。この最小二乗和の解を全数探索によつ

A Study of the Precise Skeleton Model to be Fitted into a Human Image

Taku Kohmura† and Yoshihisa Shinagawa†

The University of Tokyo†

て得る。

しかし、各関節に3軸の自由度を持たせ、片足の関節の数を n 、各関節の x 、 y 、 z 軸を中心とする回転の探索範囲/刻幅を m 、下半身全体の x 、 y 、 z 方向の平行移動の探索範囲/刻幅をそれぞれ m_x 、 m_y 、 m_z とすると、計算量は $m_x m_y m_z m^n$ となってしまう、フィッティングを動画などに適用しようとした場合、実用的でなくなってしまう。そこで、幾何学的情報や人体の物理学的情報を用いて探索空間を狭める必要が出てくる。ここでは各骨の長さが一定であるという幾何的拘束条件や靭帯の長さ、張力などの情報を用いて関節の可動区域を制限することにより、探索空間を狭める。

5 結果

2枚の画像からステレオ法を用いて下半身の15点の3次元座標を抽出し、以上に述べたアルゴリズムを2組の画像に適用したところ、図1、図2の出力画像が得られた。図1の場合、最初に入力する15点の座標と、フィッティングを行なった後の骨格上のそれら15点に対応する位置の距離の二乗和は 104.2cm^2 であった。図2の場合と同様に 64.88cm^2 であった。

6 将来課題

今回は下半身のモデルのみであったので、同様に上半身に骨格系をフィッティングをできるようにしたい。骨格の状態がわかることによってそれに付着する骨格筋の始点もわかる。したがって、筋肉の休息長があらかじめわかっているならば、筋肉がどれだけ収縮・伸展しているかがわかる。筋肉の収縮度・伸展度がわかれば、その状態でその筋肉がどれだけの力を発揮できるかがきまってくるので、その状態から次にどのような運動が可能かある程度わかるはずである。更に、動画を用いることによって各画像で、どの骨格筋がどれだけの力を発揮しているか解析できる。以上のようにして、より詳しい人体のモデルを構築し、それを用いたスポーツインストラクションシステムを作ることが今後の課題である。

7 謝辞

下半身骨格の3次元データを提供していただいた(株)メタ・コーポレーション・ジャパンに感謝する。



図1: ポーズ1

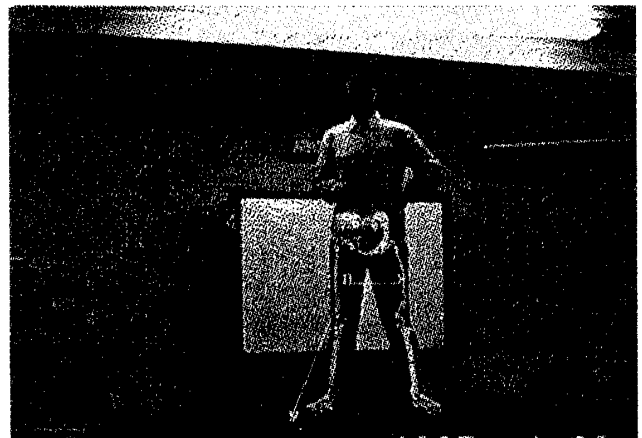


図2: ポーズ2

参考文献

- [1] Wilton Marion Krogman and Mehmet Yasar Iscan. "The Human Skeleton in Forensic Medicine". Springfield, 1986.
- [2] P.S.Walker. "the effects of knee brace hinge design and placement on joint mechanics". *Journal of Biomechanics*, 21(11):965-774, 1988.
- [3] Rolf Wirhed. "Anatomi och rörelselära inom idrotten". AB, Örebro Sweden, 1984.