

# 運動計測のための自動手指モデリング

Automatic finger modeling for finger movement measurement

大嶋悠之<sup>1)</sup>, 川崎晴久<sup>2)</sup>, 後藤多朗<sup>3)</sup>, 毛利哲也<sup>2)</sup>

Hiroyuki OHSHIMA, Haruhisa KAWASAKI, Taro GOTO, and Tetsuya MOURI

1) 岐阜大学工学研究科, 2) 岐阜大学工学部 3) 岐阜大学バーチャルシステムラボ  
(〒501-1193 岐阜市柳戸1番1, h\_kawasa@cc.gifu-u.ac.jp)

**Abstract:** Many methods were developed for tracking the 3D motion of human hand. One of the methods fits the 3D model to the captured image in order to estimate the posture. However, the individual shape differences prevent the 3D model from accurate fitting and measuring, and since the model generation with the measured length and thickness of the fingers is complicated, it is necessary to model the accurate individual hand shape. In this paper, a new method for an automatic 3D model generation using parameter acquisition from the image is proposed. This method gives a robust fitting result for the 3D measurement.

**Key Words:** Modeling, Measurement, Hand, Skeleton.

## 1. はじめに

非接触で人体の三次元運動計測を行う手法として、3Dモデルのフィッティングによって位置姿勢を推定する手法がある。この手法では、あらかじめ対象物体の3Dモデルを作成しておく必要があるが、人間の手には個人差があり、また、形状が複雑であるために被計測者ごとのモデル作成は大変な手間となる。近年になって、手指のモデリングに関する研究が行われるようになった[1][2]が、モデル作成が容易になったとは言いがたい。本稿では、手指の長さや太さなどのパラメータを画像から自動取得し、三次元計測のための3Dモデルの自動生成を行う手法を提案する。

## 2. 提案手法

### 2.1 人間の手指を模擬したモデル

人間の手指は握る・開く・物を掴むなど多彩な運動が可能である。この手指の動作を三次元で計測可能にするためには、できる限り人間を模擬したモデルを作成する必要がある。図1に人間の左手のレントゲン写真を示す。

人間の手指の骨格は手部と指で構成される。親指以外の指には基節骨、中節骨、末節骨が存在し、親指には中節骨が存在しない。また、手部の骨格は8つの手根骨と5つの中手骨で構成されているが、手根骨についてはほとんど動かないと考えることができる。そこで本研究では手根骨の関節を簡略化し、図2に示すような多リンクモデルとして人間の手指を表現する。図中の丸印は関節位置を示し、それをつなぐ直線が骨格である。なお、各関節の自由度は、親指のCMで2自由度、MPで2自由度、DIPで1自由度、その他の指ではCMで1自由度、MPで2自由度、PIPで1

自由度、DIPで1自由度である。

### 2.2 手指のパラメータ

個人差のある手指の長さや太さなどの形状のパラメータを得るために視覚情報を利用する。本稿では、手指の長さは各指ごとにその長さ比がほぼ一定である[3]ことに着目し、指の先端部から根元部分までの長さから他の部位の長さを推定する。指先から指根元までの長さと同関節までの長さの比は、スケールを一致させたレントゲン写真とデジタル画像の合成図を実測したものを、比に変換して利用する。また、指の太さは推定された関節位置における太さを画像より求める。

### 2.3 特徴点の抽出

各指の関節位置を推定するために、被計測者の指先端部から指根元部分までの長さを計測する必要がある。基準となる指先端と根元を特徴点として、画像から特徴点の間の距離を計測することで手指内部の骨格を推定し、関節位置を決定する。次に、この特徴点を抽出する手法を示す。

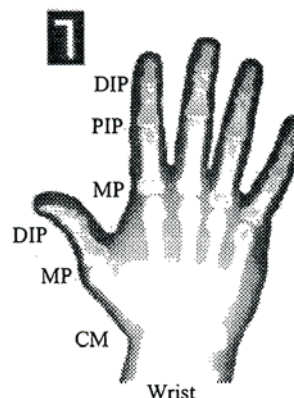


図1 レントゲン写真

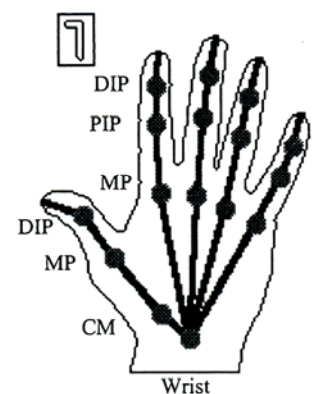


図2 骨格モデル

### 2.3.1 チェインコードの利用

入力画像として手のひら正面方向から撮像した VRML 形式の手指の 3D 計測結果を用いる。VRML 形式は各画素に (x,y,z) の三次元位置座標が割り当てられている。この画像を二次元平面に投影し、二値化した後、その境界画素を抽出し、チェインコード化する。このチェインコードの変化を読み取ることで特徴点である指先、指根元の位置をおおよそで推定する。

### 2.3.2 最小二乗法による近似曲線

チェインコードを用いて推定した特徴点は必ずしも正確とは言えない。図 3 は親指のレントゲン写真拡大図である。図中の丸印が指先として検出されるのが望ましいが、チェインコードのみによる処理のみでは誤検出が生じやすい(図 4(a))。これは手のひらを正面から撮影した画像の場合、親指が正面を向いていないことによる。そこで抽出された指先、指根元近傍の境界画素を用いて近似曲線を描き、その頂点を入力画像の特徴点とする(図 4(b))。

### 2.4 モデル作成

3D モデル作成は、あらかじめ作成しておいたデフォルトの 3D ハンドモデル(図 5)を変形することで行う。このモデルの各部位を、推定された長さや関節位置に合わせて平行移動・回転および拡大・縮小することで、被計測者の 3D ハンドモデルを作成する。作成されたモデルは関節位置を軸として部位を回転させることで手指のさまざまな姿勢を再現できる。

## 3. 実験

### 3.1 システム構成

提案した手法の有効性を示すために、図 6 のシステムに

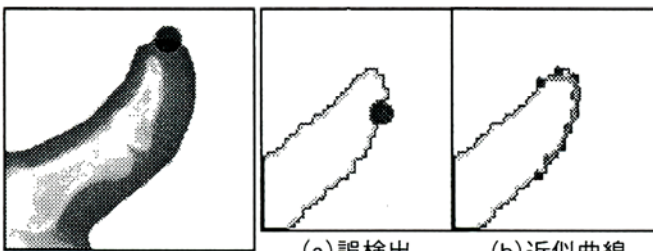


図 3 親指拡大図

(a) 誤検出 (b) 近似曲線

図 4 特徴点検出

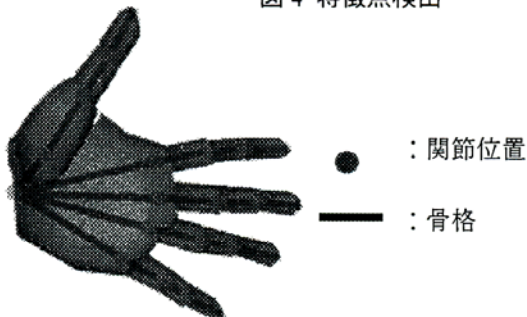


図 5 デフォルトハンドモデル

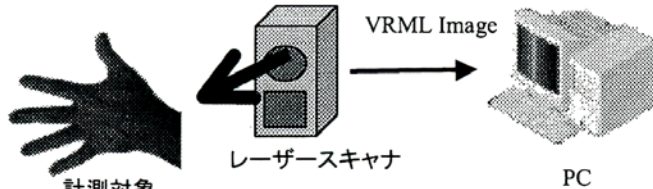


図 6 システム構成

よる 3D モデルの作成実験を行った。入力画像はレーザースキャナ(MINOLTA VIVID900)によって得られる 640×480 画素の VRML 形式画像である。使用した PC は CPU Pentium4 1.7GHz, メモリ 512MB, OS Windows XP Pro である。

### 3.2 モデル検証

図 7 の入力画像から関節位置を推定した結果が図 8 である。推定されたパラメータを用いてデフォルトモデルを変形させた結果、図 9 に示す 3D モデルが作成された。指を曲げた状態の被計測者の手指を撮影し(図 10)、関節を曲げたモデル(図 11)のシルエットと比較すると図 12 のようになり、作成したモデルが適当な変形を行っているといえる。

## 4. おわりに

本稿では、人体の手指運動計測に用いる 3D モデルの作成法を提案した。今後は作成された 3D モデルを用いて手指の三次元運動計測を実際に行い、その評価を行う。

謝辞 本研究は岐阜大学 MEDC センター長 高橋優三教授の御協力を得て行われました。深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 上田悦子 他 3 名：多視点シルエット画像を用いた手の形状推定，コンピュータビジョンとイメージメディア，pp.25-31, 2001.
- [2] 宮田なつき 他 4 名：手指運動モデル化のための姿勢計測法，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'03 講演論文集，1P1-3F-E3, 2003.
- [3] 生命工学工業研究所編：設計のための人体寸法データ集，日本出版サービス，pp. 191-198, 1996.



図 7 入力画像

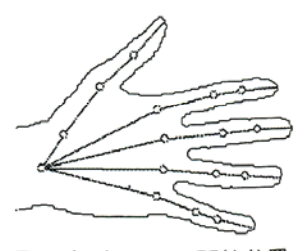


図 8 推定された関節位置



図 9 作成された 3D モデル

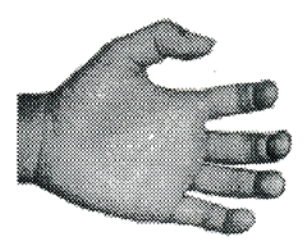


図 10 比較対象



図 11 変形モデル



図 12 差分シルエット