

京都大学総合情報メディアセンター 美濃導彦

京都大学工学部 ※亀田能成

Human Shape Measurement Based on A 3D Model

Michihiko MINOH

CIMS, Kyoto University

※Yoshinari KAMEDA Faculty of Engineering, Kyoto University

Abstract: One application of image processing is to measure objects with images. We think it is important to handle not a 2D image but a 3D shape model on measuring a 3D object. From this point of view, this article explains new measurement methods for its shape and motion which are developed on image processing, computer vision, and computer graphics technology.

1 はじめに

計算機による画像処理・コンピュータビジョンの分野で重点的に取り上げられてきた研究として、画像を手がかりにした対象物体の3次元形状の計測や復元がある。一般にこの問題は不良設定問題であり、そのままでは数学的に解けないので、何らかの制約条件を導入する必要がある。これまでの研究の多くは、一般的な解決手法を目指して、対象物体に関する普遍的制約条件（対象物体の表面が滑らかである、画像のコントラストが一定であるという仮定など）と画像を取得するときの空間における幾何学的制約条件を導入してきた。これらの研究において、基本的な枠組みは、画像が計算機処理の対象であり、対象物体の3次元形状や3次元運動が処理結果であった。これに対して、対象物体に関する知識を積極的に利用しようとする研究が考えられる。特に、対象物体を人間に特定した研究においては、顔の表情や人間の動作を認識しようという研究が主流となりつつある。さまざまな人間の顔を画像を参照して作り出そうという研究もはじめられてきた。

本稿では、計算機による画像処理技術、計算機を利用した計測技術を組み合わせた新しい概念の計測について議論する。その中心は、計算機が3次元モデルを処理するために画像を参照する、と言う点である。概念的には、処理対象を画像から3次元形状モデルへと変化させる。この枠組みにおける「計測」とは、画像を利用した3次元形状モデルの変形である。初期的には、計算機内にモデルがないので、従来の計測が必要である。

以下では我々の研究室で行なっている研究を中心に[1]、まずモデルがない状態で人体の形状計測を行う方法について述べ、次いで計測データの3次元人体形状モデルへの変換方法について説明し、その3次元形状モデルを用いた人体の姿勢・動作計測方法について言及する。

2 人体の3次元形状計測手法

汎用性を目指す3次元計測技術は、対象物体の形状に関わらずその表面を正確に計測することに重点を置いている。実際には、計測のために計測環境を制御し、レーザ光を利用した計測（図1）やスリット光を用いた計測がよく用いられている。光学式三次元形状計測手法では、モアレを利用したものが主流であったが、計算機による画像を利用した3次元計測技術に置き換わりつつある。

人体は、ほとんど窪みのない胴体から、手、足、頭が出ているので、この種の装置で正確に計測できるようにするために、特に両手と胴体との重なりや、二本の足の重なりが生じる状態を排除することが必要である。現実的には、これらの状態を排除することは不可能であるので、それらの部位が胴体や一方の足を隠している状態で計測しなければならない。人体のようにセルフオクルージョンのある物体をどのようにして正確に計測するかについては、現在のところ、明確な解決策はない。現状では、計測できるところだけを計測して、隠れている部分を対象に関する知識を利用して推測する。多くの研究では、セルフオクルージョンが出来るだけ発生しないよう、かつ人体モデルの知識による推測が明白に行えるように測定環境を設定している。

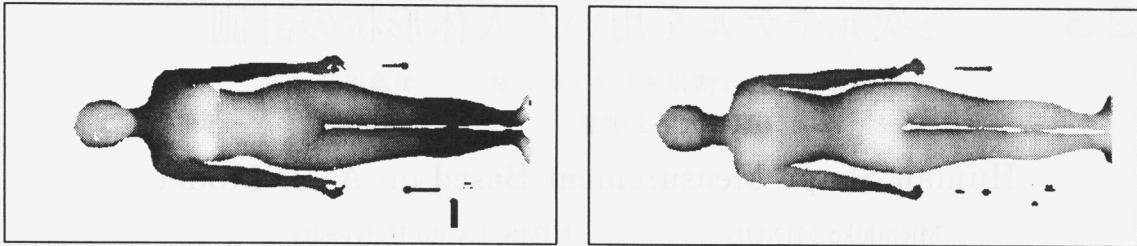


図 1: レーザ計測による距離画像

これらの光学計測法では光を利用しているので、対象物体の色や反射特性により測定ができない場合がある。例えば、色の黒い部分では反射光が検出されにくく、ノイズのもととなる。これを避けるため、図 1では、頭髪の部分は白い布を巻いて計測している。そのほかにも、瞳や面の法線方向が光にほぼ垂直な部分では反射光が検出しにくいので、計測できないことが多い。

したがって、得られた距離画像には、多くのノイズが含まれている。特に、反射光が検出されないところ、レーザが物体に当たらなかったところなどで、大きな誤差が出る。しかし、これは計測原理から考えて仕方がないことであり、ノイズを含む距離画像を処理することを考えなければならない。

3 計測データからの3次元モデルの作成

計測により得られたデータは、対象物体のある視点から観測した距離画像である。このデータを、物体中心座標系における3Dモデルに変換する。このためには、対象物体の面情報を全て得るために多方向からの距離情報が必要である。これらをうまく統合するためには、物体から見たカメラの位置が既知である必要がある。人体計測装置の場合は、人体やセンサーを計算機の制御のもとで動かしているので、カメラと物体の位置関係は既知である。

この問題に加えて、対象物である人体は、本質的にセルフオクルージョンが起こる物体であり、人体の外側で多方向から得たデータを幾何学的に統合しても、厳密には計測できていない箇所がある。このような部分はなんらかの形で補完しなければならない。同時に、作成した人体モデルに姿勢や動作を付与できるように、人体を剛体部品が関節でつながった関節物体としてモデル化し、部品毎に3Dモデルを作成しなければならない。

ここでは、人体を、図2に示すように、頭、首、胸、腹、腰（臀部）、両上腕、両下腕、両手、両腿、両脛、両足の17個の部品に分割する。利用する距離画像は人体の前面と背面から計測した2枚の画像（図1）で、それぞれを対話的に人間が分割する。これにより、全体で34の部品に対応する距離画像が得られる。各距離画像から対応する部品の表面を記述する格子面を、人体の特徴である滑らかな接合が可能なように生成する[2]。この時、各部品は、対応する反対側の部分と接合され、それが関節で他の部品と接続する。図1の距離画像データに対して本手法を適用した結果が図2である。

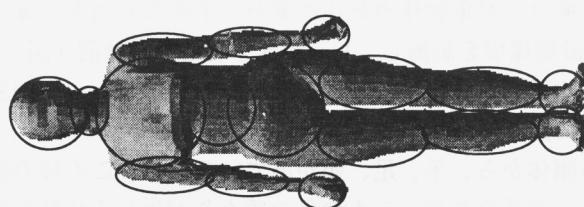


図 2: 人体の部品分割と三次元モデル

4 变形による3次元人体形状モデルの作成

人間を人体計測装置で計測するのは、時間もコストもかかり、計測される人間を拘束するので、望ましい方法ではない。ところがいろいろな応用において、例えば、個人にあった洋服を設計する時や、仮想空間で人間社会を作る時などには、特定個人の人体形状モデルが必要となる。このような状況を考えると、もっと手軽に3次元人体形状モデルを作成する方法が必要となる。我々は、この観点から、画像を参照して、予め作成した人体形状モデルを変形させることにより、画像に写っている人物の3次元形状モデルを作成する方法を研究している[3, 4, 5]。

現在は、計測対象の人間のシルエットを撮した画像と人体モデルが与えられた時、人体モデルを画像を参照してどのように変形させるかを検討している[5]。図3に、原形人体モデルと参照した画像、変形させた人体モデルを示す。変形は、人体モデルと画像において、部品ごとの対応関係をとった後にまずシルエットの輪郭に合致するようにフリーフォームデフォーメーション(FFD)を行う。さらに、部品の形状の局所的な相似性に対する制約をエネルギーで表現し、エネルギー関数を最小化するように人体モデルを変形させる。図3に処理の様子を示す。体型の異なる3体の人体A,B,Cに対して我々の方法を適用した。表1のように互いに異なる体型A,B,Cに対し(誤差は人体の前後方向のずれの平均)、実験では変形結果と人体形状とのずれは表2に示すように平均で4mm前後となった。

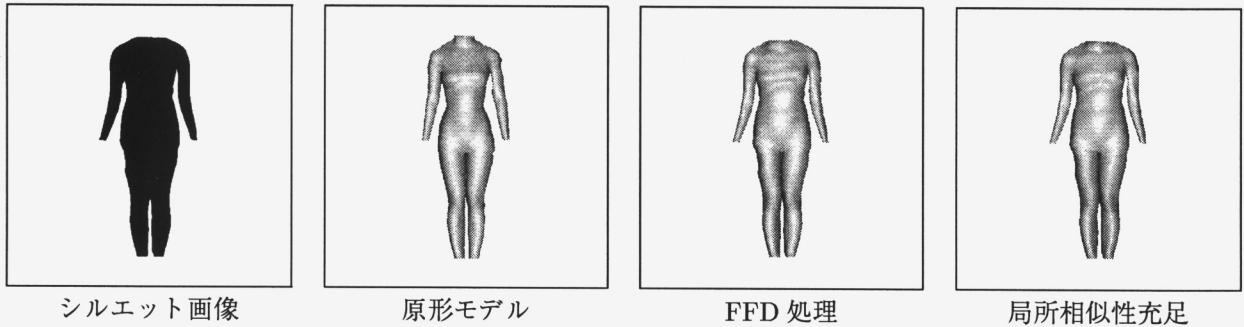


図3: 人体モデルの変形

表2: 生成した個人人体形モデルの誤差

表1: 各個人間の体形差

距離画像	原形モデル	平均誤差
A (瘦)	B (中)	17.063mm
A (瘦)	C (太)	14.408mm
B (中)	C (太)	13.990mm

原形モデル	シルエット画像	平均誤差
A (瘦)	B (中)	4.786mm
C (太)	B (中)	4.786mm
B (中)	A (瘦)	3.828mm
C (太)	A (瘦)	4.368mm
A (瘦)	C (太)	4.906mm
B (中)	C (太)	5.325mm

5 人体の姿勢や動作を計測する方法

作成した人体モデルに姿勢を与えるには、各関節における関節角度を指定すればよい。ただし、それぞれの関節がどの程度自由度をもつかは、対応する人間の関節の物理的限界を適用する。各関節に自由度と稼動範囲を指定したパラメータを与え、その範囲内で関節角度を指定すれば、人体形状モデルは自然な姿勢をとる。連続的に適当な姿勢を与えれば人体モデルは動作する[6, 7]。問題は、これらの関節角度パラメータをどのように推定するかである。

我々は、画像からのデータとしてシルエットの輪郭だけを用い、人体形状モデルが木構造で表現されていることから、木構造の根ノードに相当する部品の位置を別の画像処理方法で得た後、深さ優先方法で逐次的に関節角度を決定していく方法を研究している。セルフオクルージョンなどもあって、シルエットだけでは一般に姿勢を一意

に定めることは困難であるが、シミュレーション実験の結果、本方法はおよそ 1800 サンプルに対してほぼ 60% の正答率で関節角度を推定できた。図 5 に正答された姿勢の例を示す。

さらに、画像系列に対しても、各部品の慣性モーメントを考慮することで人間の動作を計測する方法についても研究している。図 5 に一例を示す。慣性モーメントにより、体の一部分が画像から隠蔽されても、その関節角度を決定することができる [3, 4]。

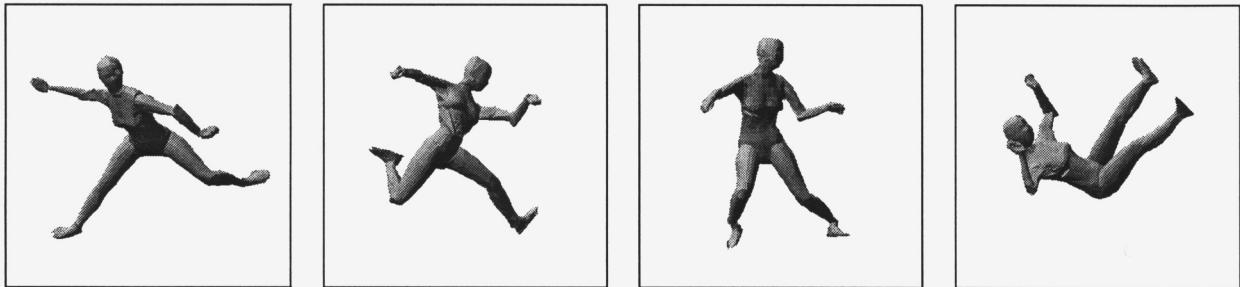


図 4: 人体姿勢計測

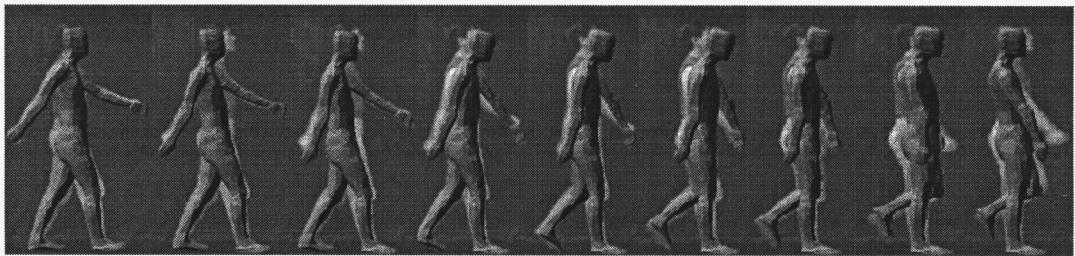


図 5: 人体動作計測

6 おわりに

本稿では、画像処理による形状計測ではなく、画像を参照することで対象物体の三次元モデルを処理し計測やその応用を行う研究について、特に人体を対象とする場合に関する我々の取り組みを中心に述べた。今後は、モデルの知識を利用したより簡易な人体計測法や、精密な動作モデルによる動作推定法の改良などが挙げられる。

参考文献

- [1] 美濃 導彦, “3 次元人体形状モデルの作成”, 計測と制御, Vol.36, no.2, pp.105-109 (1997).
- [2] 坂口 嘉之, 美濃 導彦, 池田 克夫 “仮想服飾環境 PARTY –人体と型紙のための幾何学的制約充足型格子形成法–”, 電子通信学会論文誌, J77-D-II, No.11, pp.2210-2219 (1994).
- [3] 今尾公二, 亀田能成, 美濃導彦, 池田克夫, “シルエット画像に基づく 3 次元人体モデルの変形法”, 画像電子学会 Visual Computing'94, pp.105-106 (1994).
- [4] 福嶋茂信, 美濃導彦, 池田克夫, “言語的指示を併用した 3 次元モデリングシステム”, 情報処理学会 GCAD 研究会, pp.97-107 (1995).
- [5] 今尾公二, 亀田能成, 美濃導彦, 池田克夫, “シルエット画像に基づいて個人を反映する三次元形状モデルの変形法”, 第二回知能情報メディアシンポジウム, pp.183-190, 1996.
- [6] KAMEDA Yoshinari and MINOH Michihiko, “A Human Motion Estimation Method using 3-successive video frames, ” Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia'96, pp.135-140 (1996).
- [7] 亀田能成, 美濃導彦, 池田克夫, “差分画像を利用した人体の動作認識”, 信学技報, vol.95, no.165, pp.115-120 (1995).

著者連絡先：〒 606-01 京都市左京区吉田本町 京都大学工学部情報工学教室
URL <http://www.imel1.kuis.kyoto-u.ac.jp>