

LK\_020

スピニメージを用いた3次元スキャンデータからの人体の特徴点抽出

Extracting Feature Points of the Human Body from 3D Scan Data Using the Spin-Image

辛 貞殷<sup>†</sup> 小沢 慎治<sup>‡</sup>

Jeongeun Shin Shinji Ozawa

1 はじめに

最近普及しているレンジファインダ等の3次元形状計測装置により、人体などの物体の形状を3次元スキャンデータとしてコンピュータに容易に取り込むことができるようになった。また人体のような曲面の形状を短時間に高精度で測定することが可能になったため、計測した形状の分析に関する研究が盛んに行われている[1-7]。主にアパレル関連の分野において、これまでマルチン計測法等を用いてマニュアルにより行われていた人体計測を、人体の3次元座標データを用いて自動化する研究が行われている。しかしこれらの研究は様々な個人の体型に対しては精度良く検出することが困難であり[1-2]、また仮想着装シミュレーションには有効であるが、衣服製作には不十分である[3-5]。自動化での抽出精度が低いため、被験者の既知の寸法を利用したり[5]、計測前にアパレル関連の専門家がマーカを利用してマニュアルで指定し、計測後そのマーカを特徴点として認識しているのが現状である。ところがこの方法には計測時間や計測者と被験者に負担をかけるという欠点がある。そこで本研究では3次元レーザスキャナを用いて人体のスキャンデータを取得し、衣服製作のために必要な特徴点を自動抽出することを目的とする。

そこで著者らはすでに距離画像を用いた手法[6]を提案している。しかし、その手法では仮特徴点の法線ベクトルに基づいていることに問題がある。そこで本論文ではユークリッド変換に不変であるスピニメージ[7]を用いた手法を提案し、距離画像を用いた手法と抽出精度を比較検討することによって本研究の有効性を確認する。

自動抽出された特徴点は衣服製作での自動寸法を可能とし、また人体アニメーションの表現ができるなど有効に活用できると期待される。

2 本研究の概要

2.1 人体のスキャンデータ

測定対象は様々な体型の13人の日本の女性とする。

測定の姿勢は顔が正面を向き、人体の一部が隠れないように腕を伸ばして手のひらが内面を向くようにし、両足を広げる。上記の姿勢により計測された3次元点群の例を図1に示す。

本研究では、13人の中で、基準となる一人の人体データを標準人体(Standard model)と呼び、あらかじめ正確な23個の特徴点が得られている。また、特徴点を抽出する12人の人体データを対象人体(Object model)と呼ぶ。

2.2 ランドマークと特徴点

衣服製作や人体アニメーションにあたって関節の運動軸と人体の骨格の主要な位置の点が必要である。

それらを考慮して図1(表1)のように23個の特徴点の位置を決定した。この特徴点の位置に測定専門者が手動で付

<sup>†</sup>, <sup>‡</sup>: 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
横浜市港北区日吉 3-14-1

けたマークのことをランドマークと呼ぶ。

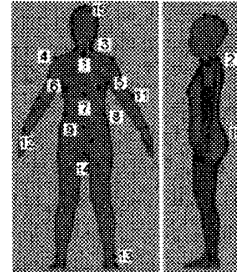


図1 人体の3次元点群および特徴点の設定位置

表1 特徴点の項目

Feature points	Num	Feature points	Num
1 Front Neck	1	9 Abdomen	1
2 Back Neck	1	10 Back Hip	1
3 Side Neck	2	11 Wrist	2
4 Shoulder	2	12 Hand	2
5 Armpit	2	13 Ankle	2
6 Bust (up)	2	14 Crotch	1
7 Bust(center)	1	15 Top of head	1
8 Waist	2	total	23

3 提案手法

提案手法の流れを図3に示す。

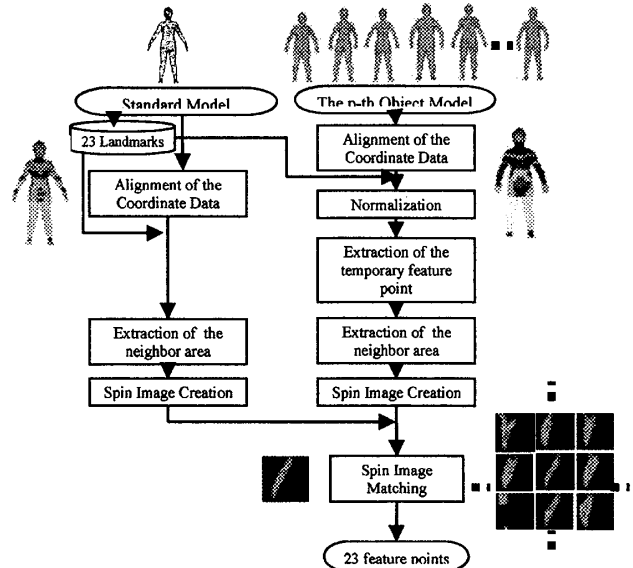


図2 提案手法の流れ

本研究では様々な体型の人体から衣服製作のために必要な23個の特徴点を自動抽出する手法を提案する。

まず、人体のスキャンデータはランダムに並んでいるため前処理として、人体の各断面の座標データを反時計回りで整列し、人体を頭部、胴体、右と左腕、右と左脚の6つに分割する。このように人体のデータを整列し、6つに分割することにより人体の特徴点をより効率的に抽出することができる。

次に、標準人体と入力データである対象人体の高さ、幅、奥行のサイズを算出し、対象人体のサイズに基づいて標準人体のデータとその特徴点を正規化する。この正規化された標準人体の特徴点を仮特徴点とし、抽出した各仮特徴点の一定範囲を周辺領域として抽出する。同様に標準人体の特徴点に対する周辺領域も抽出しておく。

抽出した標準人体の周辺領域と対象人体の周辺領域からそれぞれスピンイメージを作成し、マッチングを行うことにより対象人体の23個の特徴点の位置を抽出する。

#### 4 スピンイメージマッチング手法

抽出した仮特徴点は正確な特徴点の位置ではないため、人体の形状の特徴を利用して、正確な特徴点の位置を抽出する必要がある。従来手法の距離画像を用いたテンプレートマッチング手法では仮特徴点での法線ベクトルに基づいて距離画像を作成した。しかし部位によっては仮特徴点が真の特徴点とずれると法線ベクトルの向きが大幅に変わり、抽出精度が低くなった。スピンイメージはこのようなユークリッド変換に不変であるため、スピンイメージを利用することにより抽出精度の向上が見込まれる。

##### 4.1 スピンイメージ作成

スピンイメージとは、注目点とその周囲の点をもつ法線方向を基準として3次元上の頂点を二次元パラメータ $(\alpha, \beta)$ で表し(図3)、 $(\alpha, \beta)$ を添字とする二次元配列に射影される点の数を投票して得られた画像である。2次元座標系へ変換する式は次のようになる。

$$S_0: R^3 \rightarrow R^2 \quad (式1)$$

$$S_0(x) \alpha(\alpha, \beta) = (\sqrt{\|x-p\|^2 - (n \cdot (x-p))^2}, n \cdot (x-p))$$

ここで、 $p$ は基準となる頂点 $O$ の位置、 $n$ は頂点 $O$ における法線ベクトルである。

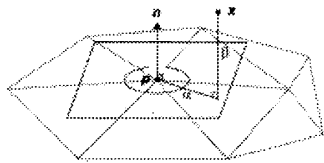


図3 スピンイメージ:注目点を中心とした座標系

##### 4.2 スピンイメージマッチング

正規化処理によって得られた対象人体の仮特徴点は正確な特徴点ではないため、標準人体とのマッチングにより、正確な位置を抽出する必要がある。

そこで標準人体の周辺領域においてスピンイメージを作成し、対象人体の周辺領域の全頂点から得られるスピンイメージと比較する。スピンイメージの相関が高ければ標準人体と対象人体の特徴量が類似していると判断できる。相関を計算する式は次のようになる。

$$R(P, Q) = \frac{N \sum p_i q_i - \sum p_i \sum q_i}{\sqrt{(N \sum p_i^2 - (\sum p_i)^2)(N \sum q_i^2 - (\sum q_i)^2)}} \quad (式2)$$

標準人体、対象人体のそれぞれのスピンイメージは $P, Q$ 、それぞれの画素値を $p_i, q_i$ とし、画素数を $N$ とする。

#### 5 実験と結果

ここでは、特徴点を抽出する従来手法と提案手法により実験を行い、それぞれの抽出精度を比較する。

##### 5.1 距離画像を用いるテンプレートマッチング手法の実験結果

ここでは、従来手法である距離画像を用いたテンプレートマッチング手法を用いて実験を行った。そこで胸の特徴点に対して距離画像を生成した例を図4に示す。図4の(a)が標準人体で、胸の特徴点の周辺領域(図4の(b))から作成した距離画像が図4の(c)である。図4の(c)で白の領域が接平面と近いことを示す。

標準人体から作成した距離画像をテンプレート画像とし、対象人体から作成した距離画像とテンプレートマッチングする。そのマッチングした結果の例を図5に示す。マッチングにより抽出した特徴点の位置図5(b)は、仮特徴点(図5の(a))と比べると、胸の特徴点として正確な位置が求められているのがわかる。

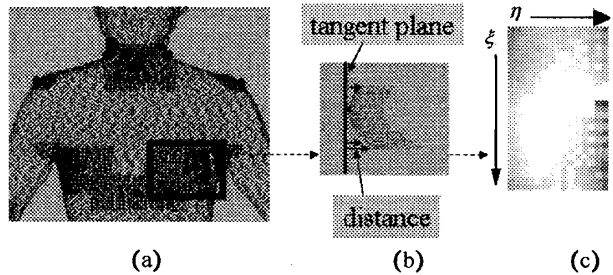


図4 距離画像生成



(a)仮特徴点の位置 (b)特徴点の位置  
図5 テンプレートマッチングによる結果例

##### 5.2 スピンイメージを用いるスピンイメージマッチング手法の実験結果

5.1と同様に、胸の特徴点に対して処理を行い、その結果を図7に示す。図6の(a)が対象人体で、周辺領域で頂点ごとに作成した複数のスピンイメージが図6の(d)である。図6の(b)は標準人体で、ランドマークを中心とした周辺領域からスピンイメージ図6の(c)を作成し、複数の対象人体のスピンイメージ図6の(d)とマッチングすることによって特徴点の正確な位置を抽出した。図6の(d)の中央にあるスピンイメージが相関が一番高いものとして得られた。実際にマッチング結果による特徴点の位置を図7の(b)に示す。仮特徴点(図7の(a))と比べると手法を適用して正確な位置が抽出されているのが分かる。そこで対象人体12人にスピンイメージマッチング手法を適用した結果を図8に示す。図8では自動抽出した特徴点とその特徴点の関係を連結した結果を示す。この結果から今後自動寸法や人体アニメーションに有効に活用できるなど本研究の有効性が確認できた。

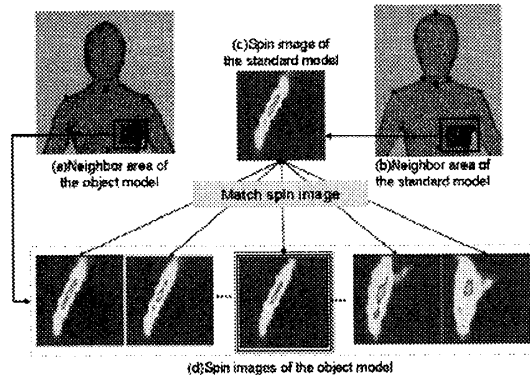


図6 スピンイメージ生成およびマッチングの例



図7 スピンイメージマッチングによる結果例

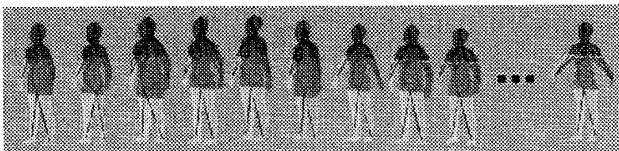


図8 スピンイメージマッチング手法を適用した結果

## 6 従来手法との精度比較

ここでは従来手法と本手法により13人の対象人体から抽出した特徴点の誤差評価実験を行い、部位ごとに人それぞれの誤差と誤差の分散を図9と図10に示す。太い黒い線が誤差の分散であり、従来手法は対象人体により誤差のばらつきが大きいのに対して提案手法は対象人体により誤差のばらつきが小さく安定して特徴点が求められたと言える。ここで誤差は抽出した対象人体の特徴点とあらかじめ計測した対象人体のランドマークとの誤差をユークリッド距離(cm)にて算出した。

また図9と図10で従来手法と提案手法から抽出した特徴点の誤差を分析し評価したものを表2に示す。精度評価は従来手法と提案手法とで精度変化がほとんどない場合は同等、提案手法により精度が向上した場合は改善、また精度が低くなった場合は悪化という3つの場合に分けた。本研究の提案手法により曲率の大きい特徴点など抽出精度が従来手法より高くなったのがわかる。

## 7 むすび

本研究では様々な体型の人体から衣服製作のため必要な23個の特徴点を自動的に抽出する手法を提案した。

人体の特徴点の法線ベクトルは人体の形状により異なるため、ユークリッド変換に不変なスピンイメージを作成し、マッチングを行った。様々な体型の対象人体に対して実験したところ、スピンイメージを作成して抽出する手法が従来手法より良好な結果が得られた。今後はお腹のように曲率の変化が小さい部位に対して精度をより高めたい。応用としては、本研究で自動抽出した人体の特徴点を用いて衣服製作での自動寸法や人体のアニメーションへの応用を考えられる。

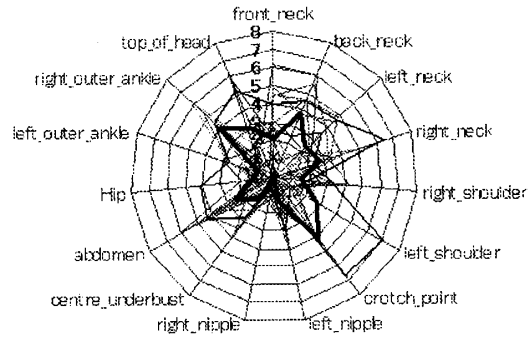


図9 抽出された特徴点の位置とランドマークとの誤差 (距離画像を用いたテンプレートマッチング手法)

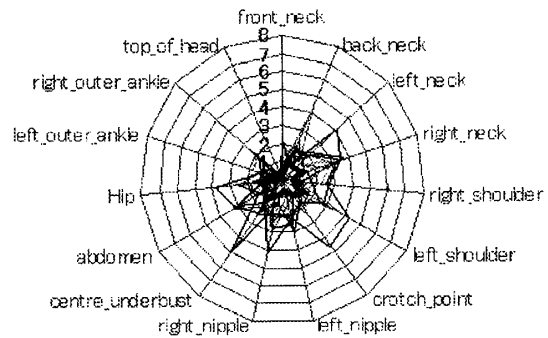


図10 抽出された特徴点の位置とランドマークとの誤差 (スピンイメージを用いたマッチング手法)

表2 精度評価

精度評価	特徴点の数	
	同等	○(良い)
	X(良くない)	お腹や首の特徴点
改善	肩や胸の特徴点など曲率の大きい 13個の特徴点	
悪化	ない	

## 文献

- [1]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体形を反映する3次元形状モデルの変形法—仮想試着室の実現に向けて」, 電子情報通信学会, Vol. J82-D-II, No. 10, pp.1684-1692 (1999)
- [2]Y. Nam, H. Han: "Automatic Human Measurement Extraction Algorithms for the Apparel Industry", Journal of the Korean Fiber Society, Vol. 38, No. 9 (2001)
- [3]N. Magnenat-Thalmann, H. Seo, and F. Cordier: "Automatic Modeling of Virtual Humans and Body Clothing", IEEE Computer Society Press, pp. 2-10 (2003)
- [4]星野准一, 齊藤啓史:「ビデオ映像とCGの合成によるヴァーチャルファッションの実現」, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 5, pp.1182-1193 (2001)
- [5]渡辺弥寿夫 美濃導彦 坂口嘉之:「自分に合った衣服をオーダーする—仮想服飾オーダーメイドシステム—」, 電子情報通信学会, Vol. 82, No. 4, pp.404-411 (1999)
- [6]辛 貞殷, 小沢 慎治:「人体の3次元座標データを用いた人体の特徴点抽出」電気学会論文誌C, 2005年9月 Vol. 125-C
- [7]A.E. Johnson, M. Hebert: "Efficient multiple model recognition in cluttered 3-d scenes," Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.671-677 (1998)