

日本人若年女子背面形状の3次元計測と解析

—衣服適合の要因として—

松山容子, 山崎生美*, 渡邊敬子,
片瀬真由美**, 高部啓子***

(大妻女子大学家政学部, *元 大妻女子大学家政学部,
** 金城学園短期大学部, *** 大妻女子大学短期大学部)
原稿受付平成9年7月4日; 原稿受理平成9年10月16日

Individual Characteristics of Dorsal Curves as a Factor of Apparel Fit

—Three-Dimensional Measurement of Human Body Surface and
Analysis in Japanese Women —

Yoko MATSUYAMA, Ikumi YAMAZAKI,* Keiko WATANABE,
Mayumi KATASE** and Hiroko TAKABU***

Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102

** Former Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102*

*** Junior College Division, Kinjo Gakuen University, Moriyama-ku, Nagoya 463*

**** Junior College Division, Otsuma Women's University, Tama 206*

Individual characteristics of dorsal median curve and silhouette curve of 120 young Japanese women were investigated for the purpose of obtaining basic information for improving the fit of ready-to-wear clothes. Each of the curves was constructed with 10 mm pitched three-dimensional data measured by grating system for profiling (GRASP). It was confirmed that the shape of two curves could be effectively approximated by a set of three arcs and three straight lines for 114 of the 120 women and expressed by 27 parameters for numerical analysis. The median curve and silhouette curve correlated at the parameters for the shape of the upper back area, the concavity of lumbar area and the protrusion of the gluteal area, and the inclination of the upper torso. A principal component analysis done using 12 out of 27 parameters extracted five components for the silhouette curve. The first three principal components were interpreted as the concavity of the lumbar part with the protrusion of the gluteal area, the inclination of the upper torso and the shape of the upper back area, respectively. The dorsal characteristics described by these components will be contrasted with the characteristics of surface developments and apparel pattern in the authors' succeeding study.

(Received July 4, 1997; Accepted in revised form October 16, 1997)

Keywords: GRASP method GRASP法, kyphosis 脊髄後湾, lordosis 脊柱前湾, stooped figure 姿勢.

1. 緒言

洋服ではサイズだけでなく「からだつき」つまり体の形の特徴と合っていることが、着心地の面だけでなく、美的な面からも重視される。現代の主な洋服生産方法である量産方式やオーダー方式では、想定した消費者の体型に対して合理的に設計されないかぎり製品の形態適合性は保証されない。そこに型紙設

計法の理論的根拠となる人体形状データの収集と解析の必要性がある。

洋服の具体的な不適合の原因として、つねに大きな問題となってきたのは猫背、平背、尻尾などの言葉で表される体幹背面のS字型湾曲形状である。これは被服以外の領域でもヒトの立位を特徴づけるものとして研究者の関心を集めている (Walanski 1964)。それ

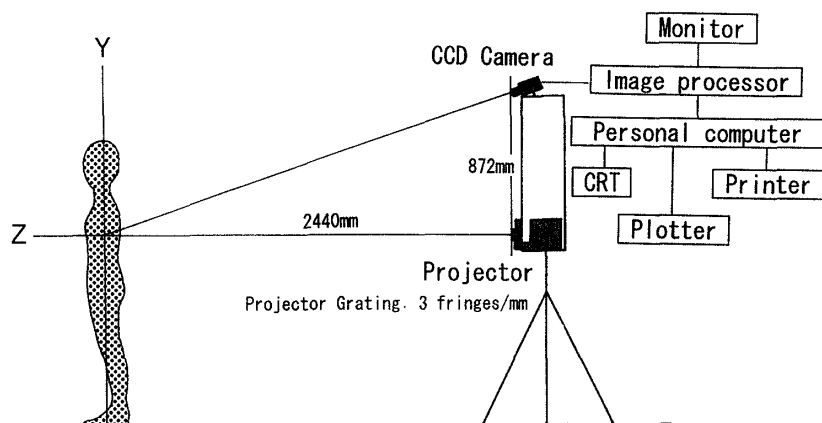


Fig. 1. The GRASP scheme for 3-D measurement and Y-Z axes of the human body

ゆえ立位姿勢での背面形状については、写真撮影（坂倉等 1976；白石と土井 1982；高部等 1987）や、コンフォーマータ法により研究が行われている（Milne and Lauder 1974；末澤 1975；山口等 1977；山下と鈴木 1981；Willner 1981, 1983；Reynolds *et al.* 1986）。しかしそれらの研究にもかかわらず、衣服裁断用ダミーや型紙設計にとって必要な数量表現された形状データとなると、あまり見当たらないようである。

そこでわれわれは、後ろ正中線のカーブを背面の形を基本的に規定する脊柱のカーブとみなし（Willner 1981, 1983）、また背面シルエットのカーブを衣服により深く関連する形状特性ととらえ、この2種のカーブについて検討しようとした。すなわち、若い女性の体幹背面を GRASP 法（Grating Projection System for Profiling；吉澤と鈴木 1987）により非接触3次元計測し、その計測データに基づいて、①個人の特徴を近似的に再構成する方法を提案するとともに、②2種類の背面カーブの平均像と相互の関連、③個人のシルエットカーブを特徴づける要因を明らかにした。

2. 研究方法

(1) 計測

本研究は人体体幹計測のための GRASP 法（松山等 1990）によった。その撮影系および座標系は Fig. 1 に示すとおりである。プロジェクタに取り付けた格子は 1 mm あたり 3 本ピッチであり、基準面に投影された水平格子パターンの間隔は 8.9 mm となる。撮影範囲には、被検者の頸部から臀溝までの体幹全体が入る。本研究の3次元座標系では左右方向を X 座標、上下方向を Y 座標、奥行き（前後）方向を Z 座標とする。Fig. 2 に研究対象である後ろ正中線カーブと背面シル

エットカーブ（例）を示す。後ろ正中線カーブは、頸椎点を通る矢状断面と体表面の交わる線とし、背面シルエットカーブは、体表面に投影された各水平格子パターンにおける最後方突出点を検索してつないだ線である。いずれも、Y・Z 座標値の列として表される。本研究では対象部位は、頸椎点から仙尾椎部最凸点または臀部最凸点までの部分とした。

(2) 被検者

被検者は健康な日本人女子 120 名で、その年齢構成は 20 歳から 29 歳まで、平均年齢は 21.8 歳である。計測は 1990 年と 1991 年に行われた。被検者の体格を厚生省の全国資料（厚生省 1993）と比べた結果、身長・体重のいずれにおいても両者間に有意差は認められず、したがって本研究の被検者の体格には特に偏りはないものと考えられた。

撮影時の被検者の姿勢は、両足を 20 cm ほど開き、両腕は約 20 度外転させた立位である。

被検者の着衣は肌色、無地のナイロン性ニットのブラジャー型、ショート型のものである。計測の基準点には直径 12 mm の円形シールを添付した。

3. 結果および考察

(1) 背面の二つのカーブの近似法

後ろ正中線カーブと背面シルエットカーブの具体例を観察すると Fig. 2 のように、いずれもおおむね S 字型で、本研究のデータとしては連続する 60~70 個の点の 3 次元座標値で表現されている。この図を見ても明らかなように、本研究の目的である衣服裁断用人体ダミーや衣服スローパー等の設計に向けて背面形状の個性差の把握に 60~70 の点データは必要ではない。多すぎるデータは解析を煩雑にするだけである。必要

日本人若年女子背面形状の3次元計測と解析

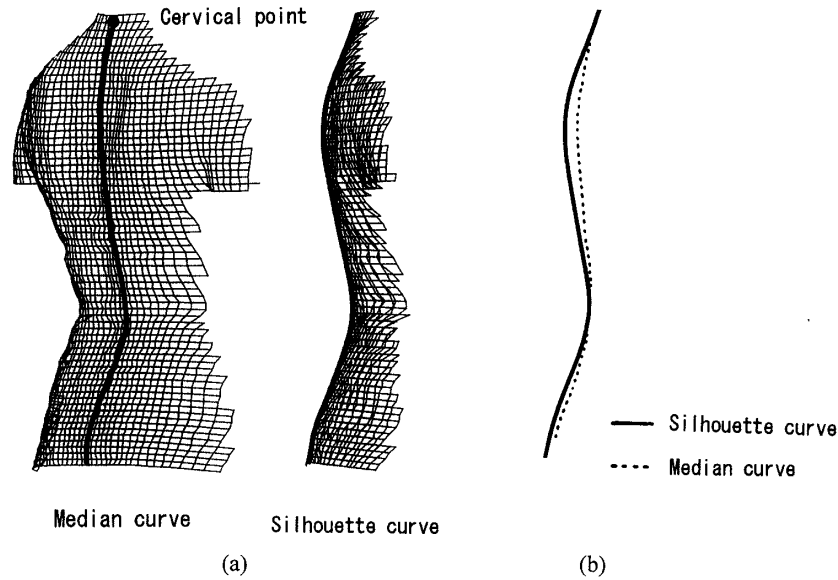


Fig. 2. Two kinds of dorsal curves shown on wire frame models (a), and the curves on the Y-Z plane (b)

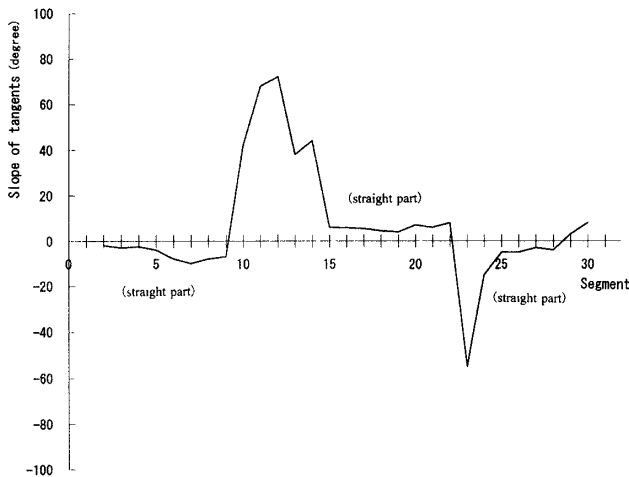


Fig. 3. An example of changing tangent slope with 30 segments of a curve

Three curved parts and three straight parts of curves were identified based on this chart.

なのは個々のカーブの特徴を簡潔に表す近似的表現法である。

曲線の近似法には、カーブを一連のものとして諸種の関数を当てはめる場合があるが、これらの方法では人体局部に注目して形状特性をとらえるのには適さない。われわれは今後カーブの各部分の形を体表展開図と結びつけて考察する予定なので、カーブをいくつか区切り、しかも直感的にも分かりやすい近似方法を探りたいと考えている。Fig. 3はカーブを区切るために、その直線部分と曲線部分の境界をみようとしたも

のである。カーブを便宜的に30等分する31点を求め、隣り合う3点を通る放物線の接線勾配の変化として示したものである。各被験者ごと2種類のカーブすべてについてこの図を作成し観察すると、若干の個人差はあるものの、いずれについても折線の勾配のあまり変わらないところ3カ所と勾配が急激に変化するところ3カ所が示されている。勾配変化の少ない3カ所は直線的部分とみられ、それは頸椎点に接続する部分、胸椎から腰椎に移る辺り、仙椎部である。勾配が急に变化する3カ所は曲線的部分とみられ、その第1の部分は正中線カーブでは胸椎の後湾部、シルエットカーブでは肩甲骨の隆起部に相当し、第2は腰椎の前湾部、第3は正中線カーブでは仙椎の後湾、シルエットカーブでは臀部の膨隆部に相当する。各個のカーブについて直線的部分は直線で、曲線的部分は円弧で近似することとし、適合度を観察した。適合度の観察に当たっては、本研究の計測装置であるGRASP法の測定精度と衣服としての要求精度から、オリジナルと近似との距離が5mm以内は適合と判定し、それ以上離れているものを不適合とした。

Table 1は、近似の適合度を判定した結果である。正中線カーブの不適合は120人中5人で、このうち4名はFig. 4に示すような極端な平背または凹背である。シルエットカーブでの不適合は120人中の3人で、この3人に共通な形状特徴ははなかった。120人中の114例については両方のカーブが3円弧3直線で近似できると見られたので、この114人によって一応の形

Table 1. Shape approximation of dorsal curves by a set of 3 arcs and 3 straight lines—120 young Japanese women—

Silhouette curve	Median curve	
	Good approximation	Poor approximation
Good approximation	114	3
Poor approximation	1	2

Good approximation: $|(Z\text{-approximated}) - (Z\text{-original})| < 5 \text{ mm}$, poor approximation: $|(Z\text{-approximated}) - (Z\text{-original})| \geq 5 \text{ mm}$.

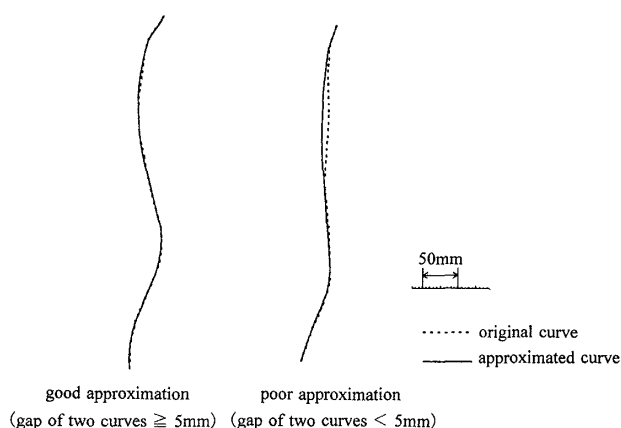


Fig. 4. Examples of original and approximated median curves

The major reason for poor approximation was a too flat thoracic area.

状解析は可能と判断し、以下の解析を進めた。

(2) 正中線カーブとシルエットカーブの平均的形状と相互の関連性

解析の基準点として、Fig. 5に示すような点を設けた。すなわち各直線部分の始点・終点を頸椎点(CE)・P1, P2・P3, P4・P5と名付け、上背部最後突点(KY), 腰部最前湾点(LO), 仙尾椎部または臀部最後突点(BU), P6で、これはP5とBU間でY値が中間になる点である。またカーブ形状の解析を下記項目について行った。

- Y1: KYのCEとのY値(高さ)の差
- Y2: LOのCEとのY値(高さ)の差
- Y3: BUのCEとのY値(高さ)の差
- Z1: KYのCEを原点とするZ値(奥行き)
- Z2: LOのCEを原点とするZ値(奥行き)
- Z3: BUのCEを原点とするZ値(奥行き)
- L1, L2, L3: 三つの各直線部分の名称と長さ
- A1, A2, A3: 残りの各円弧部分の名称と長さ

- R1, R2: 上位二つの各円弧部分の半径
- $\theta 1, \theta 2, \theta 3$: 三つの各円弧部分の円周角
- $\alpha 1$: CEとKY, KYとLOをむすぶ2直線のなす角, $\alpha 2$: KYとLO, LOとBUをむすぶ2直線のなす角
- $\beta 1$: CEとLOをむすぶ直線と鉛直線のなす角, $\beta 2$: LOとBUをむすぶ直線と鉛直線のなす角
- $\gamma 1$: 直線L1と鉛直線のなす角, $\gamma 2$: 直線L2と鉛直線のなす角, $\gamma 3$: 直線L3と鉛直線のなす角
- PA1: KYエリアでのA1の割合= $A1/(L1/2 + A1 + L2/2)$, PA2: LOエリアでのA2の割合= $A2/(L2/2 + A2 + L3/2)$, PA3: BUエリアでのA3の割合= $A3/(L3/2 + A3)$

Table 2は両カーブに関する計測項目24項目と比の3項目(PA1~PA3)の平均値と標準偏差および相対対応する値の差の検定結果である。

まず、カーブの部分に関する項目に着目し両カーブを比較すると、 $\alpha 1, \beta 1, \gamma 1, L1, A1, R1$ と、上背部の項目に有意差が見られ、一方、胸腰部から臀部へかけての項目では有意差の項目が少ない。これらのことは両カーブにおいては肩甲骨の形状が両カーブの差を生じさせ、肩甲骨よりも下では両カーブは類似の形状であることを示すといえる。

次に背面形状を特徴づける重要部位, KY, LO, BUの立体的位置関係を、Y1~Y3とZ1~Z3の値で見ると、両カーブは元々類似の形状を示しているが、後ろ正中線の“くぼみ”は背面後突出部、腰前湾部、仙椎・臀部の各部分の有意なZ値の差となっている。また高さ関係では腰前湾点はシルエットの方が正中線よりも下方に位置することが分かった。衣服にとってより切実な意味を持つのはシルエットカーブである。このシルエットカーブの主要な点の位置関係を見ると、肩甲骨と周辺の軟部によって形成される上背最後突点(KY)は頸椎点(CE)の約14cm下方で頸椎点よりも

日本人若年女子背面形状の3次元計測と解析

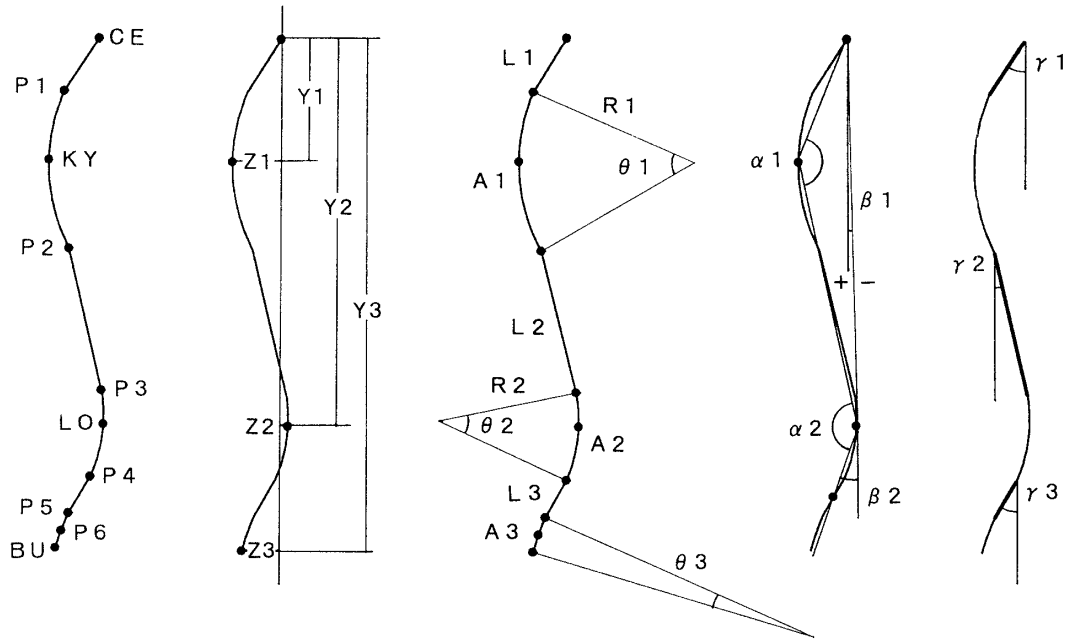


Fig. 5. Twenty-four parameters approximating a curve

約5 cm 後方, 腰前湾点 (LO) は頸椎点の37 cm 下方, 頸椎点のはほぼ真下に当たり, 臀部の最も突出している点 (BU) は頸椎点の54 cm 下方, 腰前湾点の約18 cm 下方で約6 cm 後方であることが明らかとなった。

これらの平均値によって若い日本人女性の背面カーブ形状を正しく再構成することができる。

Table 3 はシルエットカーブと正中線カーブの相対応する項目の相関係数である。上背部の突出に関わる $\alpha 1 \cdot Z1$, 腰部の前湾に関わる $\alpha 2 \cdot Z2$, 臀部の突出に関わる $\gamma 3 \cdot Z3$, さらに体幹上部の前傾に関わる $\beta 1$ などの相関係数が大きい。それに比べてカーブを構成する直線長やカーブ長など部分的な項目での相関係数は小さい。これらのことからシルエットと正中線は全体的な形状では密接に関連するが, 部分的には関連性は小さいと考えられる。

(3) 個人のシルエットカーブを特徴づける要因

着用した衣服が人体と合わず具合が悪いというとき, 背面カーブの個人差もその原因に深く関わると考えられる。そこでシルエットカーブ形状の個人差を効果的に説明する要因を明らかにするために, 主成分分析を行った。分析に投入する項目の選定では, すべての組み合わせの相関係数を観察し, 情報の偏りや重複がないように配慮し, 結果として12項目 (Table 2 ○印) とした。固有値1以上の主成分5個を抽出し, バリマックス回転後の各主成分の因子負荷量から各成分の意味を考察した。この主成分分析の結果は Table 4 のと

おりである。

第1主成分については $\beta 2$, $\gamma 3$ が正に, $\alpha 2$ が負に大きく負荷し, この主成分は臀部が後方へ張り出しウエストの辺りの屈曲がつよいかどうかに関わるものと解釈される。

第2主成分については $\gamma 1$ は正に, $\alpha 1$ は負に大きく負荷し, 上背部が突出しているかどうかに関わるものと思われる。

第3主成分では $\beta 1$ が正に $\gamma 2$ が負に大きく負荷し, 上体が前傾し胸椎の下半の直線的な部分の傾斜が少ない形状かどうかに関わる主成分と解釈される。

第4主成分では PA 2, R 2 に対する因子負荷量が大きく, また第5主成分は PA 1, R 1 に対する因子負荷量が大きいことから, 第4主成分は腰前湾部の形, 第5主成分は背面上部の形が, いずれもなだらかに曲線的か曲直のはっきりした形かを表す主成分であると解釈される。ここまでの累積寄与率は79.4%であるが, その中でも第1から第3までの主成分で60%近くを占める。

Fig. 6, 7 は, 第1主成分, 第2主成分, 第3主成分のそれぞれについてスコアの最大と最小の個人の形状を対比したものである。これらの図によっても各主成分の内容が視覚的に確認できる。

従来, 衣服製作者が経験に基づいて重要なからだの癖と指摘してきたのは「出尻・平尻」「猫背・平背」「屈身・反身」であった。今回の解析で, これらはい

Table 2. Statistics of the silhouette and median curves

	Silhouette curve		t-test	Median curve	
	Mean	S. D.		Mean	S. D.
	mm	mm		mm	mm
Z 1	46.5	11.1	***	28.5	12.0
Z 2	-2.7	17.1	*	-8.6	18.7
Z 3	60.8	17.6	**	54.9	18.1
Y 1	137.0	21.7		141.1	39.2
Y 2	369.5	22.2	*	360.3	29.0
Y 3	543.6	28.0		536.0	21.2
L 1	68.1	17.1	***	41.0	15.3
L 2	124.4	33.5	***	94.0	30.6
L 3	71.9	22.2		74.2	18.2
A 1	156.1	37.7	***	199.6	38.1
A 2	83.1	21.6		87.4	29.8
A 3	68.3	19.7		64.1	20.2
R 1○	221.1	73.7	**	1,037.2	3,174.8
R 2○	111.1	48.6	**	152.7	158.1
	%	%		%	%
PA 1○	54.1	10.5	***	69.0	9.0
PA 2○	45.6	8.8	***	50.2	10.0
PA 3○	64.9	11.1		62.3	10.8
	deg	deg		deg	deg
θ 1	42.8	11.5	***	23.4	9.7
θ 2	47.3	14.0	***	41.4	15.1
θ 3	21.9	12.3		19.5	10.6
α 1○	149.2	4.6	***	159.1	5.3
α 2○	148.0	5.7		149.5	6.0
β 1○	-0.4	2.7	**	-1.3	2.8
β 2○	20.2	4.3		19.8	4.5
γ 1○	27.7	6.0	***	14.0	5.4
γ 2○	13.5	4.4		76.0	5.4
γ 3○	26.7	5.4		26.5	5.0

* : significant at 0.05 level, ** : significant at 0.01 level, *** : significant at 0.001 level. ○: items used for principal component analysis.

ずれも第1主成分“腰部の前湾と臀部周辺の張り出しの強弱”であり、第2主成分“上背部の突出の強弱”、第3主成分“上体の前傾の程度”として抽出され、従来、経験によって指摘されたものが実際に個人の背面の特徴を端的に表現するものであることが数量的に裏付けられた。

今後は、これらの体型特徴と体表展開図との関連性を解き明かすことが形態適合性の高い衣服設計のためのステップとして必要であると考えられる。

Table 3. Correlation coefficients between median curve and silhouette curve

Parameter	Correlation coefficients
L 1	0.242 **
L 2	0.174
L 3	0.321 **
A 1	0.185 *
A 2	0.271 **
A 3	0.130
R 1	-0.036
R 2	0.205 *
R 3	0.279 **
PA 1	0.184
PA 2	0.153
PA 3	0.131
θ 1	0.373 **
θ 2	0.371
θ 3	0.240 **
α 1	0.677 **
α 2	0.662 **
β 1	0.868 **
β 2	0.426 **
γ 1	0.533 **
γ 2	0.524 **
γ 3	0.697 **
Z 1	0.822 **
Z 2	0.903 **
Z 3	0.875 **
Y 1	0.509 **
Y 2	0.459 *
Y 3	0.390 **

* Significant at 0.05 level, ** significant at 0.01 level.

4. 総 括

衣服不適合の原因として背面のS字型湾曲形状が問題であると経験的に指摘されてきた。これらの問題を理論的に解明することを目的とし、本研究では若い女性の体幹背面をGRASP法により非接触3次元計測を行った。そして背面の形を基本的に規定するものとして後ろ正中線カーブを、また衣服により深く関連する形状特性として背面シルエットのカーブをとりあげ、検討した。その結果、①個人のカーブ形状を近似的に再構成し表現するには、3直線と3円弧の組み合わせにより、120人中114名(95%)において計測精度

日本人若年女子背面形状の3次元計測と解析

Table 4. The principal component of the silhouette curve (Varimax rotated)

Variable	Fac. 1	Fac. 2	Fac. 3	Fac. 4	Fac. 5
α 1 Convexity at thoracic area (deg)	-0.1157	-0.7740	0.4416	-0.0006	0.3372
α 2 Concavity at lumbar area (deg)	-0.8013	-0.1172	0.4277	0.3309	-0.0125
β 1 Inclination of torso (deg)	-0.2460	0.4925	0.6706	-0.0291	0.1815
β 2 Protrusion of buttocks (deg)	0.8821	-0.0353	-0.0353	-0.1982	0.0954
γ 1 Inclination of L1 (deg)	0.0333	0.9323	0.0096	0.0265	0.0691
γ 2 Inclination of L2 (deg)	0.2665	0.1935	-0.7835	-0.0731	-0.1709
γ 3 Inclination of L3 (deg)	0.8818	0.0703	0.0106	0.2269	-0.0260
PA 1 Ratio of arc at scapula area	0.2316	0.4139	0.0840	0.1738	0.6569
PA 2 Ratio of arc at lumbar area	0.1460	0.0813	0.1352	0.8417	0.2108
PA 3 Ratio of arc at gluteal area	0.1154	-0.0801	0.6449	0.0655	-0.1712
R 1 Radius of arc at scapula area (mm)	-0.0478	-0.2063	-0.3327	-0.0246	0.8647
R 2 Radius of arc at lumbar area (mm)	-0.3780	-0.0423	-0.0190	0.8054	-0.1494
Eigen values	3.24	2.00	1.84	1.34	1.11
Accumulated contribution (%)	27.00	43.60	59.00	70.10	79.40

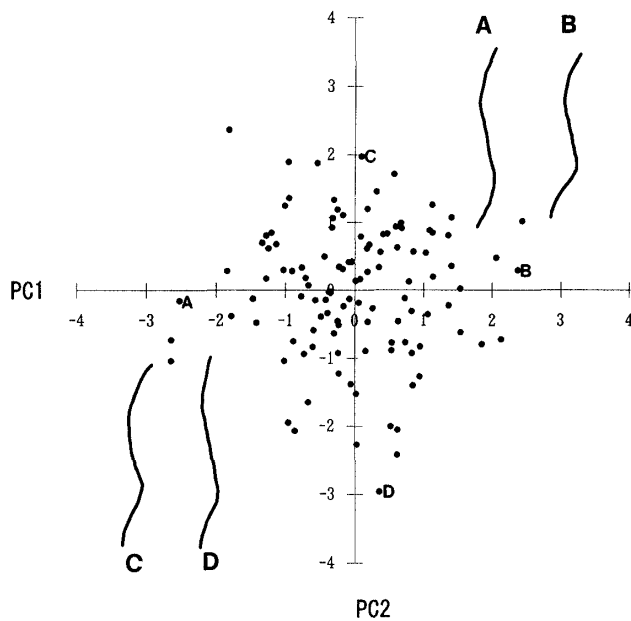


Fig. 6. Distribution of principal component scores
The first and the second principal components.

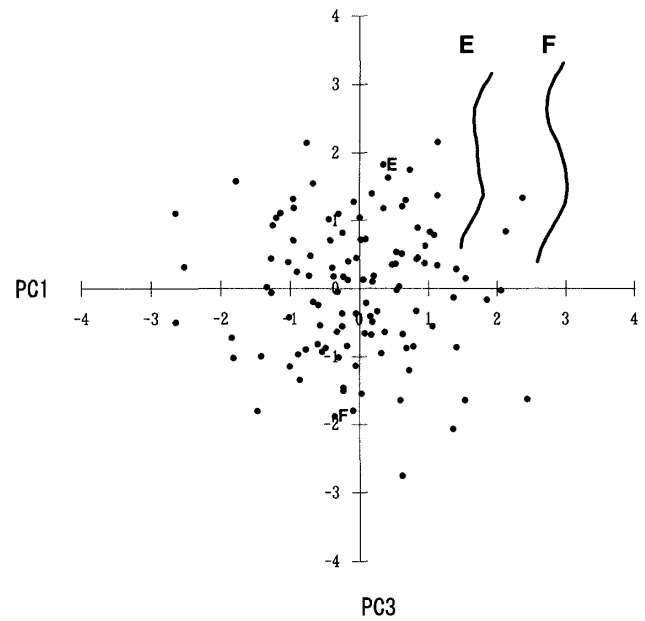


Fig. 7. Distribution of principal component scores
The first and the third principal components.

の範囲内で表現可能なことが分かった。②この近似のパラメータによってカーブ形状を数量的に表現し、その平均像を明らかにすることが出来た。また、後ろ正中線カーブと背面シルエットカーブの両者は、上背部の突出の強弱、腰部の前湾と臀部周辺の張り出しの強弱、上体の前傾の程度を表すパラメータで高い関連性を示した。③シルエットカーブの個人的な特徴を表す要因として、“腰部の前湾と臀部周辺の張り出し

の強弱”、“上背部の突出の強弱”、“上体の前傾の程度”として抽出された。これらは従来、経験によって指摘されたものであるが、本研究で数量的に裏付けられることとなった。これらの体型特徴と体表展開図との関連性を解き明かすことが今後の課題である。

引用文献

厚生省 (1993) 『国民栄養の現状—平成3年国民栄養調査

- 成績』, 第一出版, 東京, 162, 164
- 松山容子, 植竹種美, 吉村真由美, 小松原良平, 吉澤 徹, 柳澤澄子 (1990) 格子パターン投影法による人体形状の自動計測, 大妻女大家政学部紀要, **26**, 77-85
- Milne, J.S., and Lauder, I.J. (1974) Age Effects in Kyphosis and Lordosis in Adults, *Ann. Hum. Biol.*, **1**, 327-337
- Reynolds, M. H., Rechten, J. J., Marshall, G. W., and Marshall, S. (1986) Spinal Curvature of Young Adult Females, *Human Biol.*, **58**, 883-891
- 坂倉園恵, 柴村恵子, 小沢としみ, 新恵美子 (1976) 日本人女性の体幹側面形態 (シルエット) の分類, 人間工学, **12** (3), 93-106
- 白石孝子, 土井サチヨ (1982) 高齢者の体型特性の把握 (第1報) —写真資料による背面形状の類型化—, 織消誌, **23** (2), 74-78
- 末澤慶紀 (1975) 日本人における姿勢の測定と分類に関する研究, 日整会誌, **49** (1), 1-15
- 高部啓子, 松山容子, 秋月光子, 九鬼種美, 植竹桃子, 磯田 浩, 柳澤澄子 (1987) 写真資料による人体姿勢の解析, 家政誌, **38**, 999-1007
- 山口義臣, 大島正光, 鈴木信正, 末沢慶紀, 山下安雄 (1977) 日本人の姿勢, 第2回姿勢シンポジウム論文集, 15-33
- 山下安雄, 鈴木信正 (1981) 背面曲線の多変量解析による姿勢変化の特徴成分抽出, 姿勢研究, **1** (2), 85-93
- 吉澤 徹, 鈴木賢索 (1987) 格子パターン投影法による三次元形成の自動計測, 精密工学誌, **53** (3), 1-5
- Walanski, N. (1964) Topology and Formation of Body Posture in Town and Rural Children and Youth, *Acta Anat.*, **56**, 157-183
- Willner, S. (1981) Spinal Pantograph—A Non-Invasive Technique for Describing Kyphosis and Lordosis in Thoraco-Lumber Spine, *Acta Orthop. Scand.*, **52**, 525-529
- Willner, S. (1983) Spinal Pantograph—A Non-Invasive Anthropometric Device for Describing Posture and Asymmetries of the Trunk, *J. Ped. Orthop.*, **3**, 245-249