

# 相同モデルを用いた体形分析方法に関する検討

— 座標系の相違による統計解析へ影響 —

Examination of Methods of Analyzing Body Shapes Using Homologous Body Models:  
Effects of Differences in Standardization of the Coordinate System on Statistical Analysis

武 本 歩 未\* 大 塚 美智子\*  
Ayumi TAKEMOTO Michiko OHTSUKA

**要 約** 体形分析に適した相同モデルの分析方法を捉えることを目的に、相同モデルの座標系に着目し、座標系の基準化の相違による統計処理への影響を検討した。使用したデータは、20歳～70歳代女性123名の相同モデルである。以下に示す3条件で基準化した。1) 体幹部形状の頸椎点のX座標、臍子点のY座標、頸側点のZ座標を0へ移動、2) 体幹部形状の慣性主軸をY軸に変換後、形状がもつY座標の最小値が0となるように移動、3) 体幹部形状の慣性主軸をY軸に変換後、後ろウエスト点のY座標を0へ移動。条件別に主成分分析を施した結果、以下の結果が示された。1) は、体幹部の傾き、姿勢に関わる主成分が抽出された。2), 3) の慣性主軸を用いて基準化した場合、体幹部の傾きの因子は除外された。3) は、高さ(Y方向)の因子が抑制され、第1主成分に肥瘦度(X, Z方向)の主成分が抽出され、人体の外形そのものの特徴を捉えるには有効な手法であることが示された。

**キーワード**：三次人体形状データ、相同モデル、主成分分析、座標系、形態特徴

**Abstract** The aim of the current study was to examine the effects of differences in the standardization of the coordinate system on results of statistical analysis. The data used were a homologous model of 123 women in their 20s to 70s. Modeling was standardized using 3 conditions. A principal component analysis of each condition yielded the following results: 1) When measurement sites on the body were standardized, the principal components related to the inclination and posture of the trunk were identified. 2) When measurement sites were standardized using the inertial spindle, tilting of the trunk was excluded as a factor. 3) When the Y origin was at the waist position, the height (Y direction) was suppressed as a factor, and obesity (X and Y directions) was identified as the first principal component. 3) has been found to be an effective method of determining the morphological characteristics of the human body.

**Key words** : 3-dimensional body shape data, Homologous model, Principal component analysis, Coordinate system, Morphological features

## 1. 緒言

衣服をはじめとする人に関連する生活用品の設計においては、人体の寸法のみならず、形状の情報が

必要不可欠である。被服構成学分野では体形適合性の高い衣服設計を実現するために、人体の三次元形状データを用いた体形分析<sup>1) 2) 3)</sup>、体形分類、平均化に関する研究<sup>4) 5)</sup>などが行われているが、一連の研究の基礎となるのが人体相同モデリングソフトウェアと人体形状統計処理ソフトウェアを用いた三次元人体形状データの統計解析である。

\* 家政学部被服学科  
Faculty of Human Science and Department of Clothing

三次元人体形状を人体形状として分析するためには相同モデル化を行う必要があるが、相同モデル化した三次元形状を用いれば、主成分分析やクラスター分析等を施すことができ、体形の特徴を抽出し、体形の類型化を行うことができる。主成分分析においては、相同モデル形状を構成する各頂点が持つ座標値(XYZ)を変数とするため、相同モデルの生成精度や相同モデルの三次元座標系における原点の位置等は、直接的に統計解析結果に影響を及ぼすため、極めて重要な点であるにもかかわらず、体形分析の分野においては、相同モデル生成方法の相違による統計解析や結果の解釈への影響を検討したものはほとんどない。

そこで、本研究は、目的に応じた最適な相同モデル化と体形分析方法を捉えることを目的とし検討を行った。前報<sup>6)</sup>では、相同モデル生成時のテンプレートモデルと相同モデルの形状の相違による統計処理への影響を検討し、正確に、より詳細に体形特徴を抽出する方法を明らかにしたが、本報では、相同モデルの座標系に着目し、座標系の基準化の相違が統計処理に与える影響を捉えることを目的とした。

相同モデルを用いた統計解析に影響を及ぼす因子を把握することにより、新たな体形特徴の抽出を目指している。

## 2. 方法

### 2-1 資料

分析に使用したデータは、人体寸法・形状データベース 2014-2016<sup>7)</sup>より、関東地区で計測した20～70歳代女性123名の三次元形状データである。相同モデル化支援ソフト(HBM-Rugle, ㈱メディックエンジニアリング)を使用し、相同モデル化した。分析対象部位は、全身形状相同モデルから三次元計測時に体形以外の要素を含みやすい頭部、腕、下腿を削除した体幹部形状とした。相同モデル化に必要なテンプレートデータ、ランドマークは初期設定(2019年1月時点)を使用した。

本研究に用いたデータは「日本女子大学ヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会」の承認を得たものである(課題番号169, 2014年4月18日承認)。

### 2-2 相同モデルの座標系の基準化

三次元計測された形状データの座標系は、三次元計測装置に依存するため、相同モデルを用いて統計

解析する場合、座標系の基準化が必要となる。本研究では、以下に示す3つの条件で基準化し、各条件の主成分分析結果を比較した。

条件1): 体幹部形状の頸椎点のX座標、転子点のY座標、頸側点のZ座標が0となるように移動(Fig.1)

条件2): 体幹部形状の慣性主軸をY軸に変換した後に、体幹部形状のY座標の最小値が0となるように移動(Fig.2)

条件3): 体幹部形状の慣性主軸をY軸に変換した後に、体幹部形状の後ろウエスト点のY座標が0となるように移動(Fig.3)

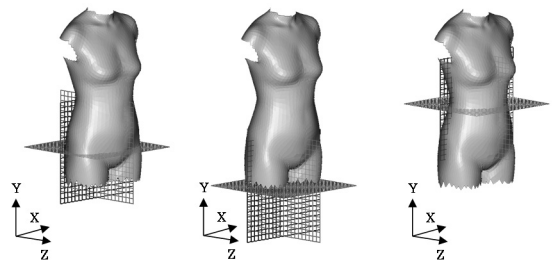


Fig. 1 Condition 1

Fig. 2 Condition 2

Fig. 3 Condition 3

条件1)は、人体の骨格に基づき指定した点を用いて座標系を基準化する方法である。これに対し、条件2), 3)は、体幹部形状を物体と捉え、計算により物体の重心を求め、その重心から求めた座標軸(慣性主軸)を用いて、基準化する方法である。また、条件2)は、Y座標の原点が体幹部形状の下方にあり、条件3)は、Y座標の原点が体幹部形状の中間部にある点が異なっている。人体の寸法や形状に関わる主成分分析では、サイズに関わる因子が非常に大きな割合を占める。これにより、姿勢など、衣服の補正に関わる詳細な体形特徴の寄与率が低くなり、姿勢や体形因子が抽出され難い。そのため、条件3)は、Yの高さ方向の分散を抑えることを目的に設定した。

いずれの条件においても、X軸は人体の前頭方向、Y軸は垂直方向、Z軸は矢状方向を示している。

### 2-2 主成分分析結果の解釈方法

主成分得点の $\pm 3$ 標準偏差(SD)に位置する仮想形状を生成し、それらの形状差をアニメーション等により視覚的に比較した。また、 $\pm 3SD$ 形状間で変化量が大である頂点(上位25%)を可視化することにより、解釈を行った。なお、条件1)について

は、既報<sup>8)</sup>にて主成分負荷量マップを用いた主成分の解釈を行っているが、本研究では、上述の方法により解釈した結果のみを示すこととした。

### 3. 結果及び考察

Table1, 2, 3 に、基準化条件 1)~3)の主成分分析の第 5 主成分までの固有値、寄与率を示す。条件 1)の第 1, 第 2 主成分の寄与率は、26.8%, 16.1%であり、第 5 主成分までで全体の 71.9%を説明した。条件 2)の第 1, 第 2 主成分の寄与率はそれぞれ 29.6%, 18.6%であり、第 5 主成分までで全体の約 65.5%を説明した。条件 3)の第 1, 第 2 主成分の寄与率はそれぞれ 23.3%, 20.9%であり、第 5 主成分までで全体の 63.4%を説明した。

以上の結果より、条件 1)は、同一主成分数においては、変数の変動を最もよく説明していることが分かる。また、条件 2)は、3 つの条件のうち、最も第 1 主成分の寄与率が高く、第 1 主成分で多くの変動を説明しているのに対し、条件 3)は、3 つの条件のうち、最も第 1 主成分の寄与率が低く、かつ第 2 主成分の寄与率は最も高いことから、条件 2)に対し、条件 3)は変数をもつサイズの因子を抑制したと考えられる。

Fig.4, 5, 6 に、条件 1)~3)における、第 1, 第 2 主成分得点の各主成分得点上の $\pm 3$ 標準偏差 (SD)の位置の仮想形状、および、 $\pm 3SD$ 形状間で変化量が多い箇所をマッピングした形状を示す。

条件 1)の第 1 主成分は、胸部前面から胴部背面にかけて、左下半身の変化量が大きく、3SD 形状は高径が大きく、胴部・胸部が前方へはり出した体形であり、-3SD 形状は、高径が小さく、背面が丸い体形であることから、「体幹部の高さと反身・屈身」の成分と解釈した。第 2 主成分は、肩部の変化量が大きく、3SD 形状は高径が小さく、体幹が後方に傾いており、-3SD 形状は高径が大きく、体幹が前方に傾いていることから、「体幹部の高さと前傾・後傾」の成分と解釈した。

条件 2)の第 1 主成分は、肩部・胸部の変化量が大きく、3SD 形状は高径、周径が大きく、-3SD 形状は高径、周径ともに小さいことから、「体幹部全体の大小」を表す主成分であると解釈した。第 2 主成分では、胸部の全体の変化量が大きく、 $\pm 3SD$ 形状間の高径項目の差はあるものの、3SD 形状では周径、特に胸部、胴囲が大きく、-3SD 形状では胸部、胴囲が小さいことから、「体幹部の肥瘦度」を表す成分であると解釈した。

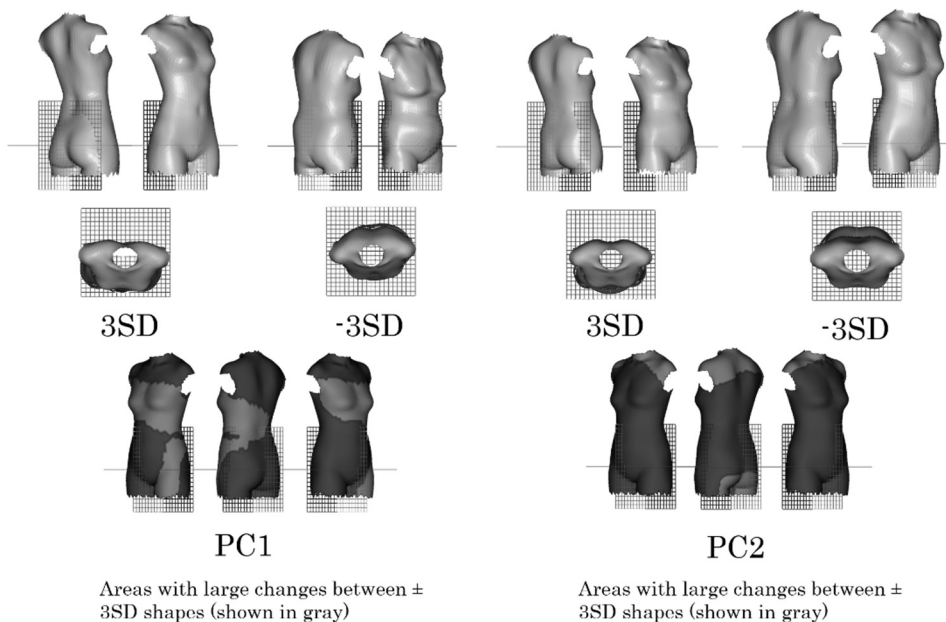


Fig. 4 Scatter plot of the 1st and 2nd principal component scores and the virtual shape at positions  $\pm 3$  standard deviations (SDs) in each principal component score (Condition 1)

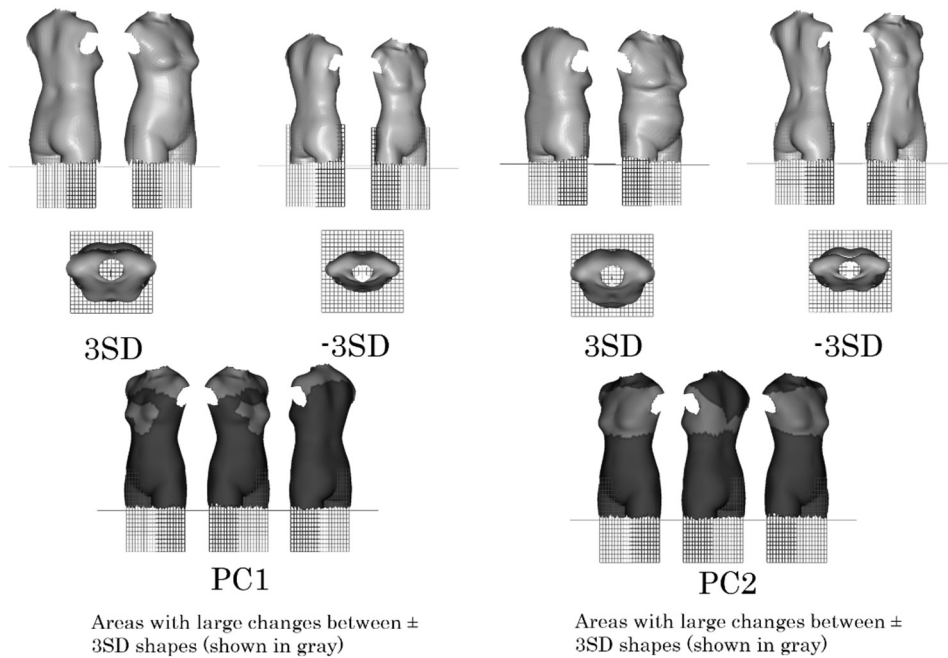


Fig. 5 Scatter plot of the 1st and 2nd principal component scores and the virtual shape at positions  $\pm 3$  standard deviations (SDs) in each principal component score (Condition 2)

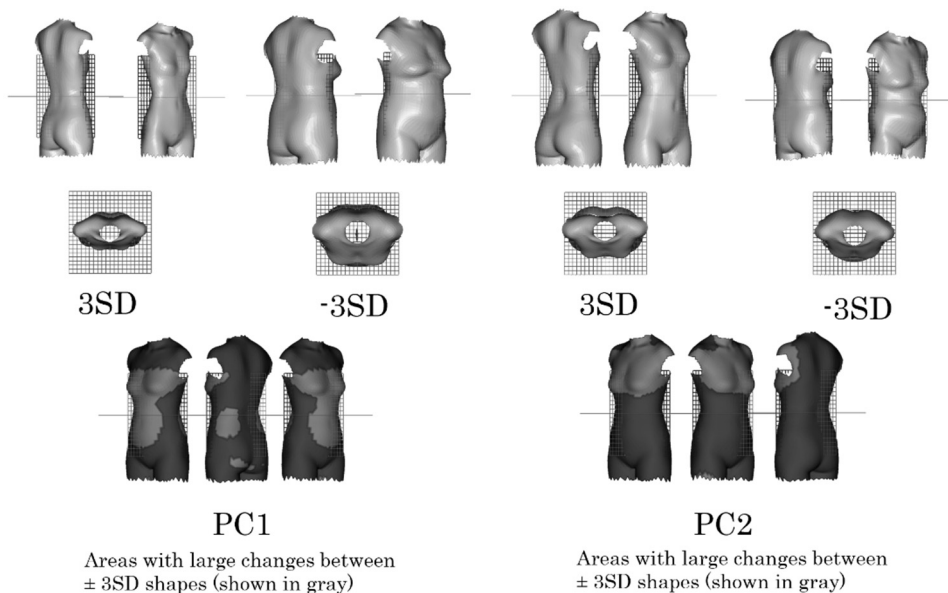


Fig. 6 Scatter plot of the 1st and 2nd principal component scores and the virtual shape at positions  $\pm 3$  standard deviations (SDs) in each principal component score (Condition 3)

条件 3) は、第 1 主成分は、胸部前面から下腹部にかけて、腰部背面の変化量が大きく、3SD 形状の周径が小であるのに対し、-3SD 形状は周径が大であり、かつ、ウエストラインから下の長さが長いことから、「体幹部の肥瘦度とウエストラインの高さ」の成分であると解釈した。第 2 主成分は、3SD 形状は、ウエストラインより上の胴が長く、ウエストラインより下の胴も長く、-3SD 形状は、ウエストラインより上の胴が短く、ウエストラインより下の胴も短いことから、「ウエストを基準とした上半身と下半身の長さ」の成分であると解釈した。

以上の結果より、相同モデルの座標系の基準化の相違により、主成分分析で抽出される成分およびその寄与率が異なることが明らかとなった。条件 1) は、人体の骨格に基づき指定した点を用いて基準化したことから、体幹部の傾きの成分が抽出された。姿勢を表す重要な要素であるものの、人体の外形そのものの特徴を捉えるためには、この要素を取り除き、統計的に分析することも重要である。条件 2)、3) では、体幹部の傾きの成分は抽出されず、これは慣性主軸を用いて基準化したためと考えられる。また、条件 2) は、Y 座標の原点が体幹部の下にあるため、主成分分析の際に、体幹部の高さ (Y 方向) の成分の寄与率が最も大きくなるが、条件 3) は、Y 軸の原点がウエスト位にあるため、抽出される成分は肥瘦度、体幹の高さと他と共通しているものの、ウエストを基準とした上半身、下半身の形態特徴も含めて捉えることができた。

したがって、人体の外形そのものの特徴を捉えるためには、条件 3) による基準化が望ましいと考えられる。

#### 4. 結言

目的に応じた最適な相同モデルの生成、分析方法を捉えることを目的に、相同モデルの座標系に着目し、座標系の基準化の相違による統計処理への影響を検討した。その結果、以下に示す結果が得られた。

- 1) 人体の骨格に基づく点を使用し基準化した場合、体幹部の傾きなど、姿勢に関わる成分が抽出された。
- 2) 慣性主軸を用いて基準化した場合、体幹部の傾きの成分は除去された。
- 3) 座標の原点が、体幹部のウエスト位にある場合、高さ方向の成分が抑制され、第 1 主成分に肥瘦

度の成分が抽出された。また、ウエストを基準とした上半身、下半身の形態特徴を捉えることができた。

相同モデルを用いた体形分析において人体の外形を捉えることを主目的とした場合、慣性主軸等を用いて数理的に身体の傾き、回転の成分を除く手法が有効である。また、専門家が人体に触れ、精度高く人体の基準点の設定ができた場合には、骨格に基づく点を使用し基準化を行うことで、姿勢に関する重要な成分が得られるものの、その様な条件下で計測されていない三次元形状については、精度高い基準点の設定は困難であるため、同様に、慣性主軸を用いた基準化が望ましいと考える

また、人体においては、高さ方向の成分を抑えることにより、新たな形態特徴が捉えられる可能性が示唆されたため、サイズの成分を除去した解析結果を詳細に分析する必要がある。

本研究では、主成分の解釈を仮想形状の形状差をアニメーション、および変位量の大きい箇所を視覚的に比較した。視覚的に明瞭な体形特徴を捉えることも重要であるが、再現性がある主成分の解釈ができるよう、今後は、定量的な主成分の解釈方法についても、詳細な検討をする必要がある。

**Table 1** Eigenvalues and the cumulative contribution rate (Condition 1)

PC	Eigenvalue	Contribution ratio(%)	Cumulative contribution ratio(%)
No.1	3200.4	26.8	26.8
No.2	1922.0	16.1	42.9
No.3	1543.4	12.9	55.9
No.4	1327.4	11.1	67.0
No.5	577.5	4.8	71.9

**Table 2** Eigenvalues and the cumulative contribution rate (Condition 2)

PC	Eigenvalue	Contribution ratio(%)	Cumulative contribution ratio(%)
No.1	3529.1	29.6	29.6
No.2	2217.6	18.6	48.2
No.3	898.6	7.5	55.7
No.4	705.4	5.9	61.6
No.5	470.0	3.9	65.5

**Table 3** Eigenvalues and the cumulative contribution rate (Condition 3)

PC	Eigenvalue	Contribution ratio(%)	Cumulative contribution ratio(%)
No.1	2782.5	23.3	23.3
No.2	2492.7	20.9	44.2
No.3	972.9	8.2	52.4
No.4	692.8	5.8	58.2
No.5	626.3	5.3	63.4

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP25242010、および日本女子大学教員研究奨励金の助成によって行われたものであり、ここに謝意を表する。

### 引用文献

- 1) 全ソユン, 大塚美智子, 武本歩未: 高齢女性の座位姿勢の体幹形状の分析, 日本家政学会誌, 64(10), 655-661 (2013)
- 2) 張立娜, 武本歩未, 大塚美智子: 三次元計測データに基づく中国人中高年女性の体型特徴の分析, 日本家政学会誌, 66(11), 563-573 (2015)
- 3) 渡邊敬子, 木爪佳奈子, 田中千尋, 杉本由紀子: 衣服設計のための若年女性の肩部形状の3次元把握, 京都女子大学生生活造形学教室, 51, 53-58 (2006)
- 4) 伊藤由美子, 持丸正明, 河内まき子: 衣服用人体設計のための3次元体幹形態の分類と平均化, 33 (Supplement), 182-183 (1997)
- 5) Keiko, W.: Body Type Classification of the Three-dimensional Torso Shape of Japanese Men Aged 20 to 70 Years for Efficient Clothing Design, Proceedings of 3DBODY.TECH 2017, 8th: 347-355 (2017)
- 6) 武本歩未, 大塚美智子, 相同モデルを用いた体形分析方法に関する検討—生成方法および分析方法の相違による統計解析への影響—, 日本女子大学大学院紀要, 家政学研究科・人間生活学研究科, No.27, p.219-226, 2021
- 7) 一般社団法人日本家政学会被服構成学部会: 日本人成人の人体寸法データベース 2014-2016 (2019)
- 8) 武本歩未, 大塚美智子, 手計測データの重回帰分析による三次元人体形状の推定—アパレル3D-CADのためのバーチャルボディ生成方法の精度検証—, 繊維製品消費科学, Vol.62, No.5, p.303-316, 2021