

衣服設計用着衣モデル生成のための基礎研究

—身頃部分の検討—

Basic research for modeling the shape of clothes worn for apparel design:
Study of the bodice

土肥 麻佐子¹

¹大妻女子大学 短期大学部 家政科

Masako Dohi¹

¹Department of Domestic Science, Junior College Division, Otsuma Women's University
12 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 102-8357

キーワード：人体の3次元形状，デジタルヒューマンモデル，衣服原型，既製服，カスタマイズ

Key word: Three-dimensional shape of human body, Digital human model, Basic clothing pattern,
Ready-made clothes, Customize

抄録

既製服を簡便にカスタマイズするシステムの開発を目指して，人が着装した衣服をモデル化することを目標とする．第一段階として，人が着装した衣服の身頃部分をモデル化するための方法を検討した．20～35歳の成人女性55名の人体3次元形状データの体幹部上半身を切り出し，身頃部分の凸閉包形状を生成した．次いでランドマークに基づいて相同モデルを生成し，左右対称の身頃モデルに変換した．55体の身頃モデルを主成分分析した結果，「肥り－痩せ」，「身体の厚い－薄い」，「いかり肩で反身傾向－なで肩で屈身傾向」，「乳房の大きさとバストラインからウエストラインにかけての身体の傾斜」，「前肩－後肩」の5つの主成分軸で衣服の身頃部分の形態特徴を説明することができた．いずれも衣服パターン補正のポイントとなる要因である．さらに身頃モデルのメッシュを布目にあわせて修正することにより，人が着装した密着型の衣服の身頃部分をモデル化できることがわかった．

1. 緒言

自分を美しく表現するためのツールとして，店頭で様々なデザインの衣服を見比べて，似合うものを容易に購入しやすい価格で入手できる既製衣料品の役割が重要である．しかし，衣服の着用基体である人の体型には個人差がある．同じサイズの人でも，それぞれに体型の特徴が異なるため，購入したい衣服が必ずしも体型にフィットしないという問題点がある．著者による女子大生30人を対象にした予備調査より，「服のサイズはMだが，いかり肩である．普段はゆとりが多く緩やかな衣服を着用している．リクルートスーツなどゆとり量が少ない衣服は皺がでてみっともないので購買意欲を失う．」など，ゆとりの少ないデザインの既製服を美しく着ることができないことへの不満が4割程度みられた．

一方，個人対応の衣服であるオーダーメイドでは，個人差に応じて衣服のラインやプロポーショ

ンを美しく修正する仮縫いがある．個人の体型にフィットさせることができるが，高価で時間がかかることが問題点である．

これを補完する方法として，既製衣料の形状を安価に早く，オーダーメイドによるほどではなくても，かなりフィットしているという状態に補正することができれば，消費者の満足度も向上するであろう．このための方法の一つとして，デジタルな手法を用いたカスタマイズが考えられる．

デジタルな手法による衣服のカスタマイズについて，高寺ら^[1]は対話型アパレル生産システムの開発を，Masuda^[2]は衣服設計を目的とした3次元着装シミュレーションを行っている．また，人体の3次元形状モデルに衣服をバーチャルフィッティングする技術が企業により開発され^[3]，ソフトウェアが市販されている．しかし，これらは個人の体型を計測し，その3次元形状データからフィット性の高い衣服を製作する個人対応型のものが

多く、店頭にある市販の衣服を、着用者の体型特徴にあわせてカスタマイズするものではない。

また、適合性の高い着用品を設計するために人体の3次元形状をモデル化して統計的に解析する研究が、黒川^[4]、持丸ら^{[5] [6]}により行われている。これらは人体の3次元体型の特徴を抽出して類型化したものであり、解析結果を衣服製品に結びつけるためには、型紙設計を熟練者に委ねることが前提である。

黒川ら^[7]により、3次元の人体形状モデルから、ブラジャーのカップ形状の型紙を設計する研究が行われているが、ブラジャーは密着性が高いため、ブラウスやスラックスなど身体の凸面を緩やかに覆う形状の一般的な衣服とは形状が異なる。一般的な衣服を安価に早くカスタマイズするためには、まず、着用者の体型から、その人に適した衣服原型の形状を推定することが必要である。

そこで人体そのものではなく、人が着用した衣服をモデル化したいと考えた。その展開図から着用者の身体的特徴に適した衣服原型を推定できれば、市販の衣服の型紙をデジタルに補正することも可能となるであろう。

本研究では、婦人用衣服の身頃部分を対象に、日本人成人女性の体幹部上半身の凸閉包形状相同モデルを試作し、主成分分析して身体的特徴を抽出した。その結果をもとに、左右対称相同モデルを試作して再度主成分分析し、相同モデルのメッシュを衣服用に調整することにより、衣服の身頃部分をモデル化するための手法を検討した。

2. 体幹部上半身の凸閉包モデルの形状特性

2.1. 解析対象

ボディラインスキャナ（浜松ホトニクス社製）で計測した20～35歳の日本人成人女性55名の人体の3次元形状データを解析対象とした。いずれのデータも計測用のブラジャーとショーツを着用し、手を回内した静立位姿勢を計測したものである。55名のうち48名は2003年に計測された産業技術総合研究所RIOデータベースによる公開データ^[8]であり、55名のうち7名は2011年に筆者が計測したデータである。

データの一例を図1に示す。いずれにもバックネックポイント（B.N.P.）、サイドネックポイント（S.N.P.）、フロントネックポイント（F.N.P.）、ショルダポイント（S.P.）、バストポイント（B.P.）、前

表1. 解析対象者の身体寸法 (mm)

	mean	s.d.	min.	max.
身長	1577.0	42.5	1470.0	1648.5
バスト	858.9	69.6	750.0	1115.0
ウエスト	668.3	67.2	593.0	891.0
ヒップ	910.6	49.6	827.0	1043.0

（対象者は20～35歳の日本人女性55名）

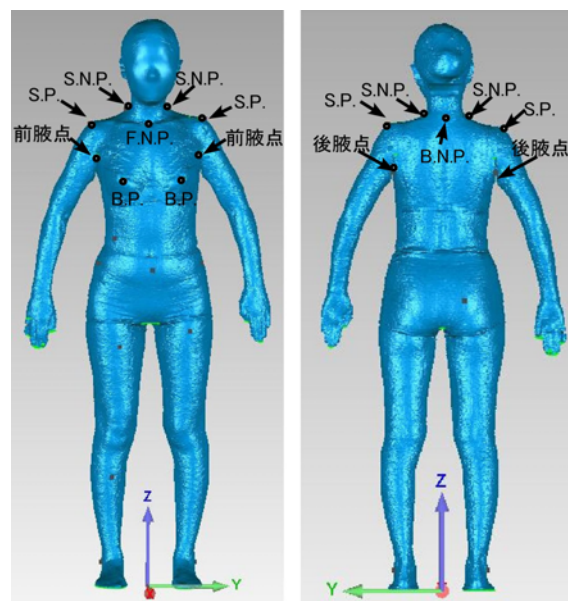


図1. 3次元形状データの一例

腋点、後腋点のランドマークがある。RIOデータベースではフロントネックポイント（F.N.P.）がなかったため、目視で設定した。手計測による対象者の身長、バスト（計測用ブラジャー着用）、ウエスト、ヒップ寸法の基礎統計量は表1の通りである。

2.2. 体幹部上半身の凸閉包形状の生成と相同モデル化

体幹部上半身をネックライン（B.N.P.、S.N.P.、F.N.P.を結ぶ線）、ウエストライン（前方からみてウエストの一番細い位置を通る水平線）、アームサイライン（S.P.と前後腋点を通る線）で囲まれた部分と定義し、3次元形状点群データよりこの部分を切り出して用いた（Geo Magic2014使用）。切り出した形状を体幹部形状と呼ぶ（図2参照）。

体幹部形状を、xyzの3方向に凸閉包処理するプログラムを試作し、図3のような体幹部上半身の凸閉包形状を生成した。この形状を体幹部凸閉包形状と呼ぶ。

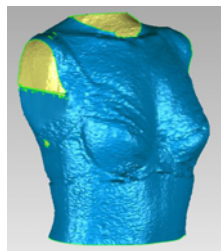


図2. 体幹部形状

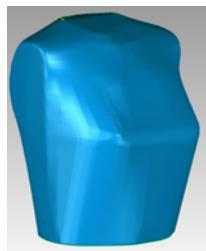
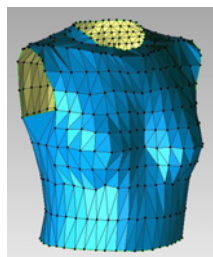
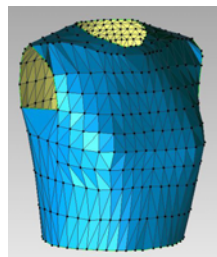


図3. 体幹部凸閉包形状

図4. 体幹部相同
モデル図5. 体幹部凸閉包
相同モデル

両形状にランドマークを基準に作成したテンプレートモデルをフィッティングして図4と5のように相同モデル化した(デジタルヒューマンテック社製HBM使用)。それぞれ、体幹部相同モデル、体幹部凸閉包相同モデルと呼ぶこととする。

2.3. 体幹部凸閉包相同モデルの形状特性の解析

55名の体幹部相同モデルと体幹部凸閉包相同モデルの形状特性を調べるために、それぞれの相同モデルの頂点の座標値を主成分分析し、主成分軸上での主成分値の分布を調べた。さらに軸上の原点より $\pm 3SD$ 離れた位置の形状をシュミレーションすることにより個人差を表す主成分の特徴を調べた(デジタルヒューマンテック社製HBS使用)。

2.4. 体幹部凸閉包相同モデルの主成分分析結果

体幹部凸閉包相同モデルを主成分分析した結果、個人差を表す形状特性の93.8%を10の主成分で説明することができた。このうち第5主成分までの累計寄与率が85.7%あり、第6主成分以下の寄与率は3%以下と低いため、第5主成分までの特性を調べた。

第1主成分と第2主成分の主成分得点の散布図を図6に示す。第1主成分(33.6%)はバスト寸法に伴う「太り痩せ」を表す軸であり、第2主成分(26.6%)は「背丈と体幹部の厚径のプロポーショ

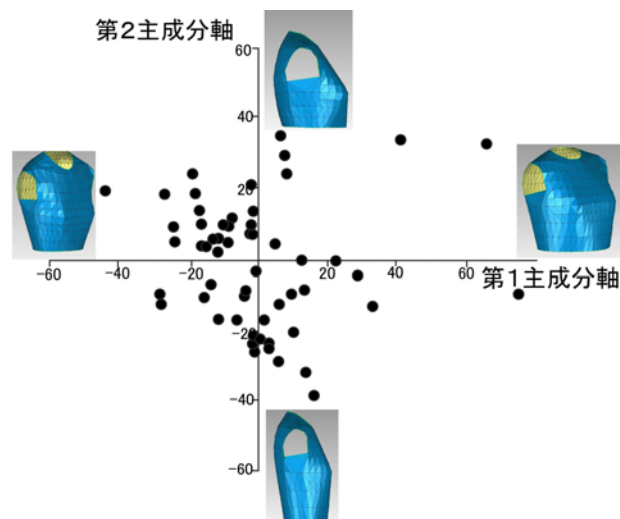


図6. 体幹部凸閉包相同モデルの第1と第2主成分での主成分得点の散布図

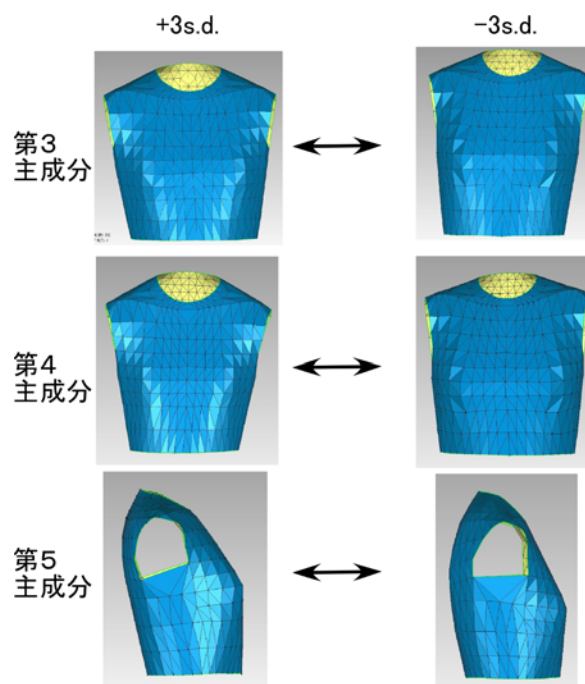


図7. 体幹部凸閉包相同モデルの第3～第5主成分軸の特徴

ンを表す軸(背丈に対して厚径が薄い形状と背丈に対して厚径に厚みがある形状)」であると解釈できた。

第3主成分軸～第5主成分軸の $\pm 3SD$ の形状を図7に示す。第3主成分軸(16.1%)は「身体の左右方向への傾きとねじれ」、第4主成分軸(5.5%)は「肩傾斜角度(なで肩、いかり肩、肩の左右差)

とウエストの幅」, 第5主成分軸 (4.2%) は「姿勢 (反身体と屈身体)」と解釈できた。

体幹部相同モデルについても同様の解析を行なった結果, 両者の特性に差はなかった。

2.5. 体幹部凸閉包相同モデルについての考察

体幹部相同モデルと体幹部凸閉包相同モデルの形状特性に差がなかったことから, 体幹部の凸閉包形状は着衣基体である人体の形状特性を反映していると考えられる。人体を単純化した形状であるが, 人体の形状特性をもつことから, 人が着装した衣服とみなすことができる可能性がある。しかし, 予想以上に身体の左右差やねじれが形態特性に影響していた。衣服は人体の左右差やねじれをカバーして美しくみせることが特徴である。このため左右差やねじれがあるモデルは, 衣服モデルとしては不相当と考えられる。人が着用した衣服とみなすためには, 体幹部の凸閉包モデルを左右対称の形状に変換して用いることが適切と考えた。

また, 相同モデルのテンプレートを体表面のランドマークに基づいてフィッティングした結果, 人体の凹凸や左右差, ねじれを反映して, 正中線が傾く, バストラインが床面に水平ではないなど, 相同モデルのメッシュにゆがみや傾きが生じた。美しい衣服を構成するためには, 衣服の中心線に経糸を通し, バストラインに緯糸を通すなど, 身体の基本となる位置に布の地の目をあわせることが重要である⁹⁾。衣服をモデル化する場合, 衣服の中心線やバストラインに相当する部分, すなわち衣服では布に地の目を通す部分の, 相同モデルのメッシュのゆがみや傾きを水平または垂直方向に修正する必要がある。衣服を立体裁断するとき重視される脇の面も設定したい。ショルダラインおよび脇線も直線に設定することが適当であろう。

以上の考察より, 人が着衣した衣服の身頃部分をモデル化するためには, 体幹部凸閉包相同モデルを左右対称の形状にし, 相同モデルのメッシュを衣服用に修正することが必要である。

3. 左右対称相同モデルの検討

3.1. 左右対称相同モデルの生成

以下のようなアルゴリズムにより, 左右対称相同モデルを生成するプログラムを試作した。

1) 左右対称形状の作成

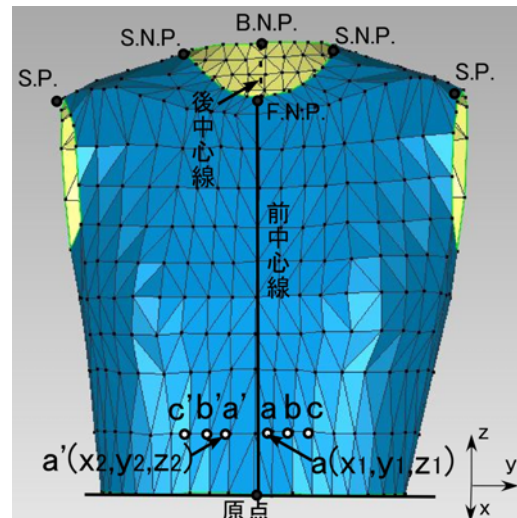


図 8. 左右対称形状作成のための座標設定

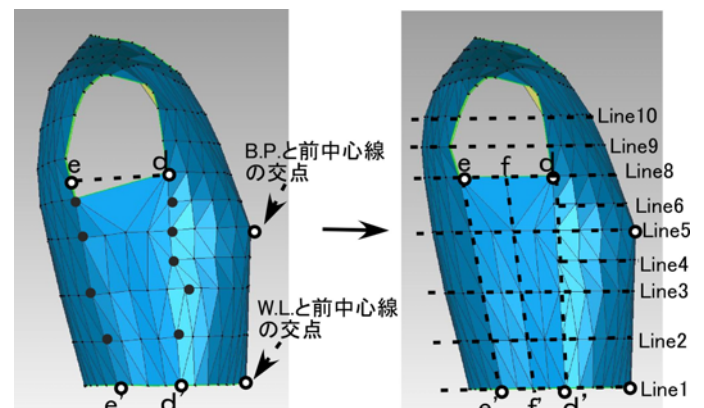


図 9. 相同モデルのメッシュ

衣服の身頃が前身頃と後身頃に分かれるため, 凸閉包形状を前面と後面にわけて考える。凸閉包形状のフロントネックポイント (F.N.P) より垂直に下ろした線を前中心線, バックネックポイント (B.N.P) より垂直に下ろした線を後ろ中心線と仮定する (図 8 参照)。前中心線とウエスト断面の交点を前方の原点, 後中心線とウエスト断面の交点を後方の原点とする。前後の中心線に対して対称位置にある相同モデルの頂点 (例えば図 8 の a と a') の x, y, z 座標の座標値をそれぞれ平均化して, 右半身を再構成する。左半身は再構成した右半身を前後中心線を軸として反転した形状とする。

2) 相同モデルのメッシュの調整

バストライン, ウエストライン, その他の水平方向のライン (図 9 の Line1~10) については, 各々のラインと前中心線の交点の z 座標を基準に, 床

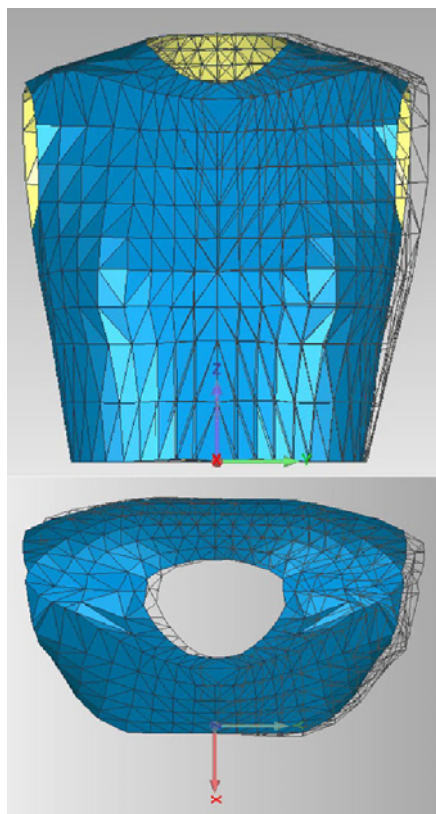


図 10. 左右対称相同モデルと
体幹部凸閉包相同モデルの重合図

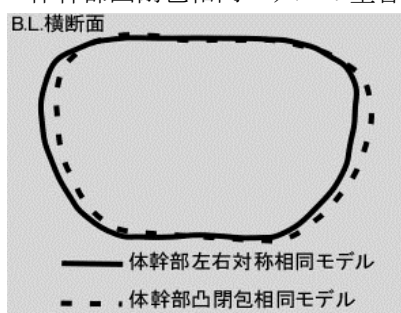


図 11. 左右対称相同モデルと体幹部凸閉包
相同モデルのバストラインの重合図

面に水平なラインに修正する。脇の面については、前腋点（図 8 の d）とウエストライン上の対応点（図 9 の d'），後腋点（図 9 の e）とウエストライン上の対応点（図 9 の e'）を直線で結ぶことにより、脇の面を設定する。図 9 の d-e, d'-e' の各々の距離の 2 分の 1 の位置を直線で結び脇線（f-f'）とする。S.N.P と S.P を結ぶ線を直線にして肩線とする。

このようにして作成した左右対称相同モデルと左右対称形状にする前の体幹部凸閉包相同モデルを重ね合わせたものを図 10 に、バストライン（B.L.）の断面図を図 11 に示す。

左右差やねじれが大きい場合も、バスト位置でみると左右方向に 2cm 程度、前後方向に 1cm 程度のずれであった。衣服のゆとり量と布の柔軟性を考慮にいとひきつれなどをおこさずに身体をカバーできる範囲と考えられる。このため、衣服モデルとして妥当な形状と判断した。

3.2. 左右対称相同モデルの形状特性の解析

55 名の左右対称相同モデルを主成分分析し、主成分軸上での主成分値の分布を調べた。さらに軸上の原点より $\pm 3SD$ 離れた形状をシュミレーションして個人差を表す主成分の特性を調べた（デジタルヒューマンテック社製 HBS 使用）。

3.3. 左右対称相同モデルの主成分分析結果

主成分分析結果より、個人差を表す形状特性の 95.8% を 8 つの主成分軸で説明できた。第 5 主成分までの累計寄与率が 89.9% であり、第 6 主成分以下の寄与率は 3% 以下と小さいため、第 1 主成分軸～第 5 主成分軸の特徴を解釈することとする。

第 1 主成分軸～第 5 主成分軸の $\pm 3SD$ にあたる形状をシュミレーションした結果を図 12 に示す。

第 1 主成分と第 2 主成分は、体幹部凸閉包相同モデルでの解析結果と同様であり、第 1 主成分（44.3%）はバスト寸法に伴う「太り痩せ」を表す軸と解釈することができた。太った体型ではウエストの幅が広い。このため太った体型と痩せた体型では、背肩幅とウエストの幅のプロポーシオンに差がある。

第 2 主成分（25.1%）は「背丈と身体の厚径のプロポーシオン（背丈が短く身体に厚みがある体型と、背丈が長く身体が薄い体型）」を表す軸と解釈することができた。背丈の差は身長の高低の影響が大きい。背丈が長い体型では相対的にウエストラインからバストラインまでの長さの割合が長い傾向である。

第 3 主成分軸（10.3%）は「いかり肩で反り身傾向の姿勢となで肩で屈身傾向の姿勢」、すなわち肩の傾斜と姿勢を表す主成分と解釈できる。側面形状より、反身体ではバストラインの位置が高く、屈身体ではバストラインの位置が低いことがわかる。屈身体では乳房の膨らみが実際よりも小さくみえる。

第 4 主成分（6.6%）は「乳房が大きく、側面よりみた時のバストラインからウエストラインにか

けての前面での傾きが大きい体型と、上半身が後傾していて背面の傾斜角度が大きく、乳房が小さい体型」を表す軸と解釈できる。

第5主成分(3.5%)は「前肩の屈身体と後肩の反身体と解釈できた。

3.4. 左右対称相同モデルについての考察

主成分分析の結果より、第1軸と2軸については、身体のサイズに関連する要因であるが、第3軸～5軸については、サイズにかかわらない形状特性といえることができる。第4主成分(乳房の大きさとバストラインからウエストラインにかけての傾斜角度)、第5主成分の要因(前肩、後肩)は2で行った凸閉包相同モデルを解析した結果からは得られなかった特徴である。

これらの特性はいずれも経験的におこなわれている、個別対応の衣服での仮縫い時の補正要因と一致する結果であった。

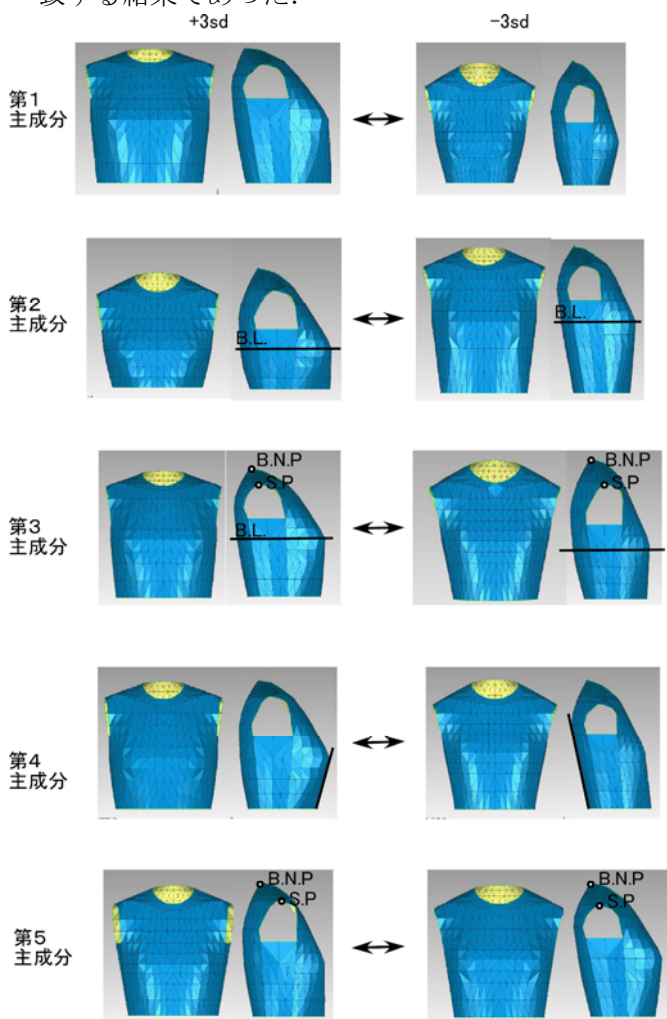


図 12. 左右対称相同モデルの第1～第5主成分軸の特徴

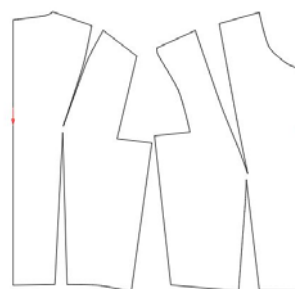


図 13. 左右相同モデルの展開図例

また、このボディを修正したメッシュを基準にして試験的に平面展開した結果(デジタルファッション社製 DressinnngSim EX 使用)、図13に示すような衣服原型に近い形状を得ることができた。

以上より、衣服の身頃部分をモデル化できたと考えられる。

4. 結論

成人女性の体幹部上半身を対象にした試験的な検討からの結果であるが、人体の凸閉包形状を生成して着衣形状をシュミレーションして左右対称形状に変換すること、相同モデルのメッシュを衣服用に調整することで、人が着装した衣服の身頃部分をモデル化することができた。

今回作成したモデルはゆとりを含まない形状であるが、実際には、密着型の衣服であってもバストやウエスト部分にゆとりを加えることが必要である。現在、ゆとりを加えて凸閉包形状を作るための検討を行っている。

今後展開図の2次元形状を衣服原型とみなすことの妥当性や、展開図の分布と着衣モデルの分布の関連を検討することが必要である。

謝辞

本研究は、平成23～25年度日本学術振興会 科学研究費助成金(基盤研究(C) 23500923「量産衣料用デジタル仮縫い工房」開発のための人体の3次元形状推定システムの検討、研究代表者 土肥麻佐子)の一部、及び、平成26年度大妻女子大学 戦略的個人研究費(S2628「量産衣料用デジタル仮縫い工房」開発のためのデジタルボディ相同モデルの研究、研究代表者 土肥麻佐子)の助成によるものです。深く感謝致します。

引用文献

- [1] 高寺正行. 個人対応衣服の提案と設計システムに関する研究, 「先進ファイバー工学研究教育拠点」研究成果報告書, 2007, 13, p.275-276
- [2] Masuda Tomoe. Extraction of Ladies' Wear Selection Support Information Using a 3D-Body and Garment Simulations for Adult Women's Garments, Text. End-User. 2009, 50, p.154-164
- [3] 東レ ACS 「パターンマジック II 3D」
- [4] 黒川隆夫. アパレル分野における体形モデルとその応用, 繊維学会誌, 1998, 54(6), p.204-208
- [5] 持丸正明他. デジタル人体形状に基づく着用品のオンデマンド製造, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2003, 8(4), p.407-412
- [6] 持丸正明. Digital Human に基づくボディ開発, 繊維製品消費科学, 2001, 42, p.87-91
- [7] 黒川隆夫他. 3次元人体モデルを利用した型紙作成 I, 京都工芸繊維大学アパレル科学研究センター研究報告, 1991, 9, p.148-154
- [8] 産業技術総合研究所 Rio データベース, <http://riodb.go.jp/dhbody db/>
- [9] 近藤れんこ. “コルサージュ”. 立体裁断と基礎知識. モードエモード社, 1998, p.149-155

Abstract

The aim of this research is to model the three-dimensional shape of clothes worn for easy customization of ready-made clothes. We investigated the method for modeling bodice parts of clothes worn as a first step. The three-dimensional human body shape data of 55 Japanese adult women (22-55 years old) were analyzed. The data of the trunk from neckline to waistline was chosen from three-dimensional human body shape data, and convex hulls of these data were generated. A homology model of the convex hulls was generated based on landmarks. A bodice model was generated by the homology model of the convex hulls converted into bilaterally symmetrical shapes. As a result of analyzing 55 bodice models by principal component analysis, the characteristics of bodice shapes were explained using five factors: slender or stocky build; body thickness; shoulder slope and posture (sloping shoulders with stooped body vs. square shoulders with backward-inclined body); breast size and the inclination from a bust line to a waist line; and positional relationship between the humerus head to the trunk. These are important factors for fitting of clothes. The result shows that we can model the bodice part of clothes worn by adjusting the mesh of the bodice model to the grainline of fabric.

(受付日 : 2016 年 1 月 31 日, 受理日 : 2016 年 12 月 9 日)

土肥 麻佐子 (どひ まさこ)

現職 : 大妻女子大学短期大学部家政科准教授

椋山女学園大学大学院修士課程修了. 信州大学論博 博士 (学術)

専門は被服人間工学 感性工学. 人体の3次元形状と衣服パターンの関連に関する研究, 衣服や靴など着用品の快適性に関する研究を行っている.

主な著書 : 新版アパレル構成学 (共著, 朝倉書店), ファッションナブル衣生活 (共著, 三重大学出版)