

# 三次元人体形状データを用いた三次元立位姿勢からの 自然立位姿勢二次元パターンの推定

Estimating 2D Patterns of Natural Standing Posture from 3D Standing Posture  
using 3D Human Body Shape Data

横尾 優美\* 武本 歩未\*\* 大塚 美智子\*\*  
Yumi YOKOO Ayumi TAKEMOTO Michiko OTSUKA

**要約** 非接触の三次元人体計測では、撮影時における欠損部の発生を防ぐため、上肢と下肢を外転させた三次元立位姿勢で計測を行う。しかし衣服設計では上肢と下肢を外転させない自然立位姿勢を基本としてパターンメイキングが行われるため、自然立位と異なる姿勢で計測した値を用いれば不具合が発生する。そこで本研究では自然立位姿勢と三次元立位姿勢の差を寸法及び形状から明らかにし、三次元立位姿勢における体表面展開パターンから自然立位姿勢における体表面展開パターンの推定を行った。自然立位姿勢と三次元立位姿勢を比較すると、寸法では肩峰点やAHに関する項目において姿勢差による影響が大きく、断面形状では鎖骨や肩甲骨の動きに伴う形状変化やAH形状の差が見られた。自然立位姿勢パターン寸法の推定では、単回帰式及び重回帰式を用いることで前身頃脇、前身頃肩、前身頃裾、後身頃脇、後身頃裾を目的変数とする推定式を精度高く導出することができた。

**キーワード**：三次元人体形状データ、推定式、自然立位姿勢、三次元立位姿勢、体表面展開

**Abstract** In non-contact 3D body measurement, measurement is performed with arms out and legs open (3D standing posture) in order to prevent defects during imaging. In clothing design, however, patterns are created based on natural standing postures in which arms are not out and legs are not open, so problems occur if measurements obtained in other postures are used. In this study, the difference between natural standing postures and 3D standing postures were ascertain based on dimensions and body shape, and 2D patterns of those body surface obtained in natural standing postures were estimated from 2D patterns obtained in 3D standing postures. The dimensions of 2D patterns obtained in natural standing postures were estimated using regression analysis. As a result, estimation formulas consisting of the “front sidepanel,” “front shoulder,” “front hem,” “back sidepanel,” and “back hem” as objective variables were derived with a high level of accuracy.

**Key words** : 3D body shape data, Estimation formula, Natural standing posture, 3D standing posture, Body surface development

## 1. 緒言

近年、Eコマースの市場規模は年々拡大しているが、中でもアパレル分野はEC化の進展が著しい。ECでは身長やバスト、ヒップなどの主要身体項目を用いたサイズ表に基づき既製服が販売されるだけでなく、非接触の身体計測技術を用いて、カスタム

---

\* 人間生活学研究科 生活環境学専攻  
Graduate School of Human Life Science, Division of Living Environment  
\*\* 被服学科  
Department of Clothing

EC オーダーや消費者個人のサイズに合った商品の提案が行われている。非接触の三次元身体計測は、腋窩や股などのカメラやセンサに映りにくい部位に欠損部が生じないように、ISO 20685<sup>1)</sup>により推奨されている上肢と下肢を共に外転させた姿勢（以降三次元立位姿勢とする）で行わなければならない。しかし上肢と下肢を外転させれば、外転させない自然立位姿勢と比べて寸法や人体形状に変化が生じる。そして自然立位姿勢を基本に設計されるパターンメイキングにおいて、自然立位と異なる姿勢で計測した値を用いれば、不具合が発生する。そこで本研究ではまず自然立位姿勢と三次元立位姿勢の差を寸法及び形状から明らかにし、三次元立位姿勢における三次元人体形状データから作成した体表面展開パターンを用いて、自然立位姿勢における体表面展開二次元パターンの推定を行った。対象は上半身とし、姿勢差による影響が大きいと想定される肩部及びアームホール（AH）周辺部に焦点をあてて検討した。

## 2. 方法

### 2-1. 資料

「日本人成人の人体寸法データベース 2014-2016」<sup>2)</sup>の所属研究室で採取した三次元形状計測データより、21歳から59歳までの成人女性72名分を使用した。自然立位姿勢及び三次元立位姿勢で採取した計測データを用いたが、Fig.1に示すように、自然立位姿勢は頭部を耳眼水平に保ち、上肢は自然に下垂させ下肢は自然に足を揃えた姿勢で計測した。また三次元立位姿勢は、ISO20685に基づいて頭部は正面

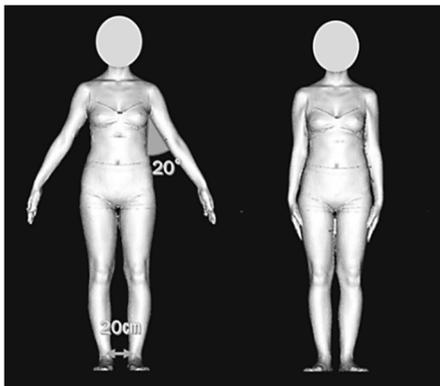


Fig.1 Measurement postures

(Left: 3D standing posture, Right: Natural standing posture)

前方に向けて耳眼水平を保ち、上肢は下垂し 20°開き、下肢は左右の足軸を平行に足軸間の距離が 20 cmとなるよう開いた立位姿勢で計測した。

### 2-2. 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の差の検討

自然立位姿勢の推定を行うことの必要性を明らかにするため、寸法と断面形状により自然立位姿勢と三次元立位姿勢の寸法と形状差を捉えた。解析には、(株)メディックエンジニアリング社製 HBM-Rugle を用いた。

#### 1) 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の寸法差の検討

まず 72 名分のデータを、各データ点が解剖学的に同じ意味を持つ人体計測データとして比較できるように再構築する相同モデル化を行い、計測精度の向上のため体幹部と上腕部のみを残して不要部を削除した。左右の肩先点を結ぶ線とそれに垂直に交わる線の交点を基準に、各形状データの位置を固定し、上半身及び AH 周辺項目について一括計測処理を用いて寸法計測した。両姿勢の寸法計測値の平均を比較するにあたり t 検定を行った。

#### 2) 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の断面形状差の検討

次に相同モデル化したデータに主成分分析を施し、自然立位姿勢と三次元立位姿勢でそれぞれ主成分得点 0 の平均形状を作成した。両姿勢の平均形状から、Fig.2 に示す水平断面項目（①右乳頭位②胴位③右肩先点位④右肩峰点位⑤右背幅点位）と、矢状断面項目（⑥AH）で断面図を作成し比較した。矢状断面⑥AH の項目では、右胸幅点から体幹部の方向へ 1mm 間隔で 20 本の断面図を作成し、全て重ねた重合図を作成することで AH の複雑な形状を示した。

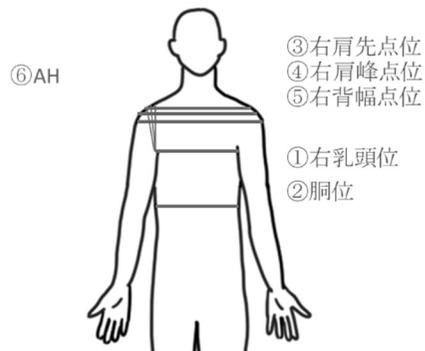


Fig.2 Aspects of cross-sectionals view

### 2-3. 三次元立位姿勢における体表面展開パターンから自然立位姿勢における体表面展開二次元パターンの推定

(株)ユカアンドアルファ社製 CLO Enterprise を用いて、自然立位姿勢と三次元立位姿勢の両姿勢各 72 名分の三次元人体形状データにカッティング線を入れ体表面展開し二次元パターンを作成した。この体表面展開パターンの形状差を両姿勢で比較し、Table 1 及び Fig.3 に示す項目について寸法計測を行った。そして両姿勢のパターン寸法値を用いて、

Table 1 Pattern measurement items

|   |        |
|---|--------|
| e | 前身頃脇丈  |
| f | 前身頃AH  |
| g | 前身頃肩幅  |
| h | 前身頃襟ぐり |
| i | 前中心丈   |
| j | 前身頃裾幅  |
| k | 後中心丈   |
| l | 後身頃襟ぐり |
| m | 後身頃肩幅  |
| n | 後身頃AH  |
| o | 後身頃脇丈  |
| p | 後身頃裾幅  |

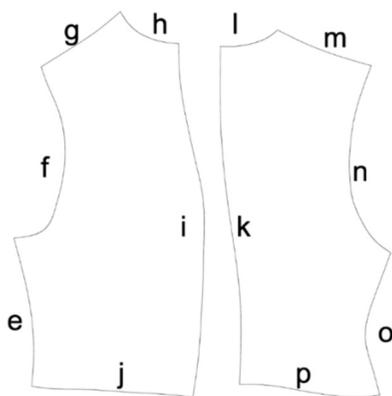


Fig.3 Pattern measurement items

三次元立位姿勢における体表面展開パターンから自然立位姿勢における体表面展開パターンの推定寸法値を算出する式を導出した。推定式導出には Excel 統計 3.21 を用いた。全被験者数の約 70% のデータを推定式導出の為のデータ、残りの約 30% を精度検証用データとして、単回帰分析を行った。推定式導出用データの抽出にはクラスター分析を行い、周径項目及び体格の大小で分けられた 4 グループより均等にデータを抽出した。精度の検証には、決定係数  $R^2$  による評価と推定値と実測値の比較をした。単回帰式で高い精度が得られなかった項目については重回帰分析を行い、推定式の精度向上を目指した。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1. 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の差の検討

##### 1) 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の寸法差の検討

72 名のデータの内 1 名分の自然立位姿勢形状データにおいて、欠損部により寸法計測不可能な部分が生じたため、それを除いた 71 名分のデータで寸法差の比較を行った。t 検定の結果、33 項目の内 6 背丈、9 下部胸部横径、16 下部胸囲、21 背幅体表長、25 肩甲骨位幅体表長を除く 28 項目で有意差が認められた。

Fig.4 は、各計測項目において、自然立位形状寸法の平均から三次元立位形状寸法の平均を引いた値を示したグラフである。これより、肩峰高、後胴高、肩峰幅、乳頭間幅、乳頭位胸囲、胴囲、肩幅、背肩幅、肘丈、右 AH 前部長、右 AH 腋窩直線距離、右 AH 後部長の項目において、2 姿勢で 5mm 以上の差が見られる。特に肩峰高や肩峰幅、肩幅、背肩幅、肘丈といった肩峰点に関与する項目において影響が大きい。AH に関する計測項目では、全て自然立位姿勢時の方が大きくなり、特に右 AH 前部長では約 16.5mm、右 AH 腋窩直線距離で差が顕著であった。河内<sup>3)</sup>らは、上肢の外転により肩峰点を定義に含む全ての項目で姿勢差により大きな影響を受けると結論づけているが、本研究においても同様の結果となった。

##### 2) 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の断面形状差の検討

Fig.5 は両姿勢の平均形状を、左右の肩先点を結ぶ線とそれに垂直に交わる線との交点を基準に重合させた図を表す。濃色が自然立位姿勢の平均形状、淡色が三次元立位姿勢の平均形状を示すが、前面部

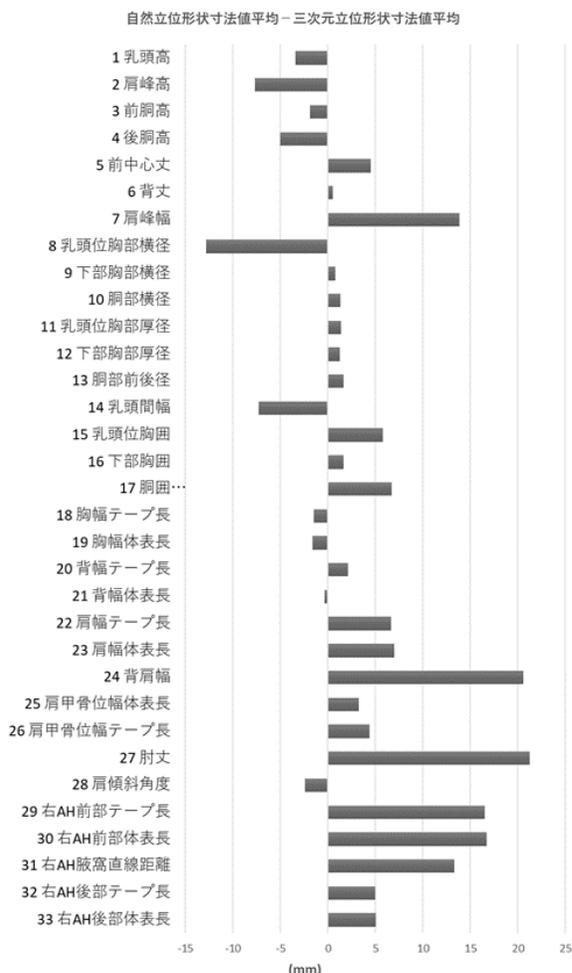


Fig.4 Difference between the average dimensions of natural standing shape and 3D standing shapes

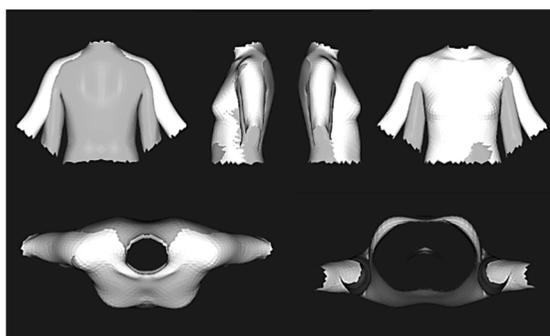


Fig.5 Average shape polymerization diagram (Dark: natural standing, light: 3D standing)

では淡色の三次元立位姿勢の方が、背側部では濃色の自然立位姿勢の方が大きい形状を表している。このことから、三次元立位姿勢時は自然立位姿勢時よりも上半身が前にせり出す傾向が見られる。

Fig.6 に水平断面項目の断面図作成結果を示す。乳頭位において三次元立位姿勢の方が自然立位姿勢よりも、全体的にやや前に出た形状を示し、三次元立位姿勢時に上半身が前にせり出す傾向を表す。肩先点位、肩峰位、背幅点位では、三次元立位姿勢において前面の突出や背面のへこみが見られ、前面は鎖骨、背面は肩甲骨の動きに伴う形状変化が現れている。

Fig.7 はAH重合図を示す。重合図は最も上に胸幅点位の断面1枚目がくるよう、体幹部方向に向かって作成した全20枚のAH断面図が重なっている。これより、自然立位姿勢では肩の傾斜が現れている一方で三次元立位姿勢では肩の頂点位置が大きく変化しないことが示された。この重合図をつくる断面図の断面1枚目、5枚目、10枚目、15枚目で両姿勢を比較した図をFig.8に示す。

断面1枚目、5枚目の上肢側AH形状では両姿勢のAH幅(座標のy軸方向の幅)を比較すると、腋窩周辺で自然立位姿勢の方が前後ともに幅が広くなった。自然立位姿勢は上肢を外転せず自然に下垂させた姿勢であるため、腋窩周辺で上肢と体幹部が接触し、上肢の肉が押しつぶされたことでAH幅の差が生じたと考える。断面図10枚目、15枚目の体幹部AH形状においても、自然立位姿勢は三次元立位姿勢と比較して腋窩後部のAH幅が大きくなっている。寸法計測値の比較では、AH後部よりもAH前部で2姿勢の差が大きい結果となったが、上肢側となる胸幅点の位置で計測を行ったため、AHの前後ともにAH幅の差が生じる箇所であり、特に腹側部での差が大きかったと考えられる。また断面1枚目、5枚目、10枚目、15枚目のすべてにおいて、AHの頂点位置が自然立位姿勢の方がやや低くなっている。

### 3-2. 自然立位姿勢二次元パターンの推定

#### 1) 自然立位姿勢と三次元立位姿勢の体表面展開パターンの差の検討

自然立位姿勢及び三次元立位姿勢の体表面展開した二次元パターンの重合図を例として1名分、Fig.9に示す。また、両姿勢の体表面展開パターンにおい

三次元人体形状データを用いた三次元立位姿勢からの自然立位姿勢二次元パターンの推定

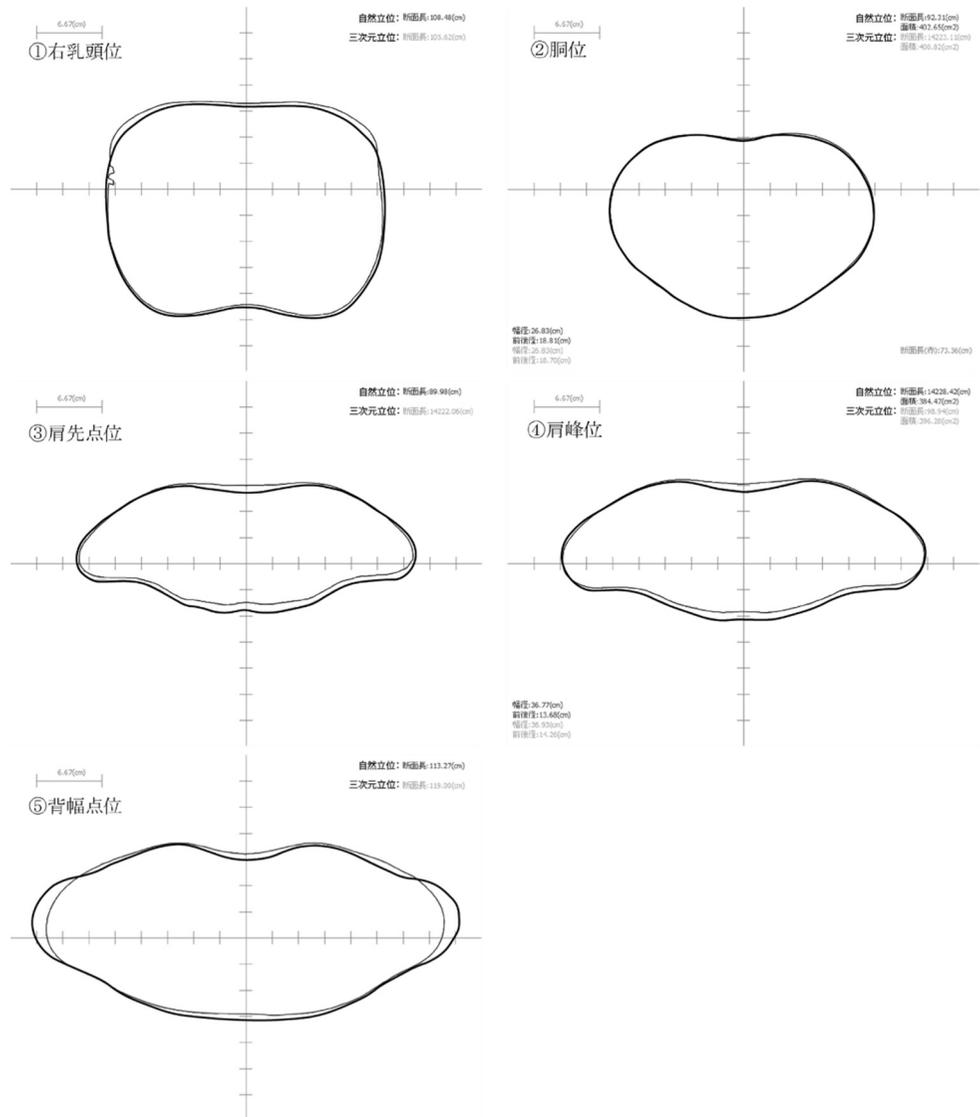


Fig.6 Cross-sectional view of horizontal sections (Thin line: natural standing, Thick line: 3D standing)

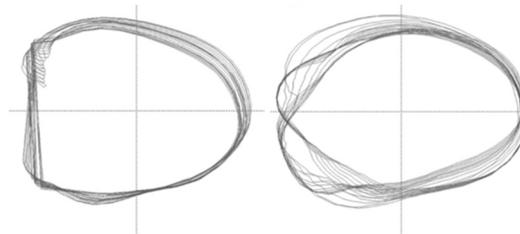


Fig.7 Overlapping diagram of the average shape AH (Left: natural standing, Right: 3D standing)

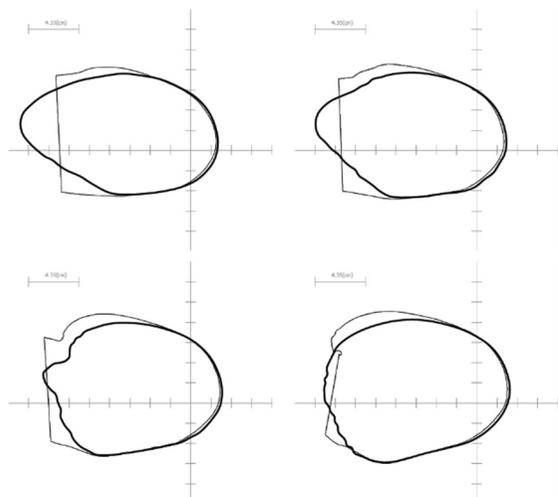


Fig.8 Cross-sectional view of AH

Upper left: 1st cross-section, upper right: 5th cross-section,  
lower left: 10th cross-section, lower right: 15th cross-section  
(Thin line: natural standing, thick line: 3D standing)

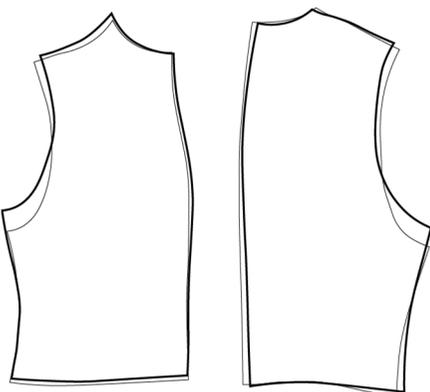


Fig.9 Example of polymerization diagram of body surface development 2D pattern (Thin line: natural standing, Thick line: 3D standing)

て寸法差があることを明らかにするため、平均の差の t 検定を行った。結果を Table 2 にまとめる。その結果 p を除くすべての項目において 1%水準で有意な結果となった。三次元立位姿勢と比べて自然立位姿勢の图案の方が肩幅の寸法が約 8mm 大きい。これは上腕の外転により頸側点から肩峰点までの距離が縮むことが要因であると考えられる。また AH においても前身頃で約 26mm、後身頃で約 15mm 自然立位姿勢图案の方が大きい。一方で、AH 形状の変化に伴い自然立位姿勢图案の方が脇丈の

寸法において前身頃で約 15mm、後身頃で約 16mm 小さくなっている。腋窩点が下がり AH が大きくなったことで、裾から腋窩点までの距離が短くなった。前後襟ぐり、前中心丈、後中心丈、前後裾幅の寸法は大きな差がなく、姿勢差による影響は見られなかった。

AH は、寸法に加えて形状においても姿勢差による変化が顕著である。前身頃において、三次元立位图案では AH の曲線のおよそ中間点がそれよりも上の位置で曲線のカーブが強くなっていることに対し、自然立位图案では腋窩近くでカーブが強くなっている。これは自然立位姿勢時の方が上腕が押しつぶされる形状となり、腋窩近くで最も腕幅が大きくなる変化が要因であると考えられる。

## 2) 三次元立位姿勢における体表面展開图案から自然立位姿勢における体表面展開二次元图案の推定

推定する自然立位姿勢体表面展開图案の辺 a を目的変数 Y としたとき、計測した三次元立位姿勢体表面展開图案の辺 a' を説明変数 X とする単回帰分析を行った。その結果、前中心丈(i)、前身頃裾幅(j)、後身頃裾幅(p)の項目において決定係数  $R^2$  が 0.8 を超える値となった。一般的に、自由度調整済み決定係数  $R^2$  の値は 0.8 を超えれば実用上妥当であるといわれている。3 項目以外の項目についても推定式の精度を上げるため、自然立位姿勢体表面展開图案の辺 a を目的変数 Y としたとき、計測した三次元立位姿勢体表面展開图案の全ての辺を説明変数 X とする増減法を用いて重回帰分析を行った。重回帰分析の場合説明変数が増えると決定係数  $R^2$  も自動的に増えていくという性質があるため、自由度調整済み決定係数  $R^2$  の値を確認した。

Table 3 に導出された推定式、及び決定係数  $R^2$  と検証データを代入した検証結果を示す。検証データによる検証は、推定式に実測値の値を代入して予測値との残差を求め、その絶対値の平均から実測値との差を表した。決定係数  $R^2$  の評価において、複雑な人体形状の推定となるため、本研究では 0.7 を超えれば実用妥当な分析であると定義して評価をする。前身頃脇丈(e)、前身頃 AH(f)、前身頃肩幅(g)、前中心丈(i)、前身頃裾幅(j)、後中心丈(k)、後身頃脇丈(o)、後身頃裾幅(p)を目的変数とする推定式では、決定係数  $R^2$  が 0.7 を超える値となり精度が高く導出された。検証データによる検証では、前身頃脇丈

Table 2 T-test results for pattern dimensions (mm)

|     |          | 自然立位姿勢 |       | 三次元計測姿勢 |       | t 値      |
|-----|----------|--------|-------|---------|-------|----------|
|     |          | 平均     | 標準偏差  | 平均      | 標準偏差  |          |
| 前身頃 | e 前身頃脇丈  | 209.22 | 16.83 | 226.03  | 16.51 | 9.38 **  |
|     | f 前身頃AH  | 224.91 | 17.79 | 198.23  | 19.44 | 20.07 ** |
|     | g 前身頃肩幅  | 112.69 | 5.97  | 104.43  | 5.97  | 16.29 ** |
|     | h 前身頃襟ぐり | 86.23  | 4.85  | 88.19   | 5.40  | 4.08 **  |
|     | i 前中心丈   | 421.04 | 18.71 | 418.06  | 21.08 | 2.98 **  |
|     | j 前身頃裾幅  | 199.02 | 18.79 | 197.59  | 18.43 | 2.19 **  |
| 後身頃 | k 後中心丈   | 425.48 | 17.80 | 426.89  | 16.96 | 1.34 **  |
|     | l 後身頃襟ぐり | 74.56  | 6.07  | 72.42   | 5.89  | 3.50 **  |
|     | m 後身頃肩幅  | 115.33 | 6.54  | 107.69  | 5.92  | 15.08 ** |
|     | n 後身頃AH  | 242.90 | 23.81 | 227.75  | 19.30 | 6.23 **  |
|     | o 後身頃脇丈  | 202.02 | 13.41 | 218.59  | 16.10 | 16.18 ** |
|     | p 後身頃裾幅  | 172.83 | 12.79 | 172.46  | 12.64 | 0.74     |

\*p<0.05 \*\*p<0.01

Table 3 Derived estimation formula and results of accuracy evaluation

| 目的変数                  | 推定式   | 決定係数<br>R2 | 検証データの<br>残差絶対値平均<br>(mm) |
|-----------------------|---|------------|---------------------------|
| 自然立位姿勢時の<br>前身頃脇丈(e)  | $Y=0.6262e+0.1544f+0.0957i-0.2534p$<br>$+39.5173$         | 0.7420     | 4.9                       |
| 自然立位姿勢時の<br>前身頃AH(f)  | $Y=0.6629f+0.1049k+0.3507p-12.2435$                       | 0.7508     | 8.0                       |
| 自然立位姿勢時の<br>前身頃肩幅(g)  | $Y=0.0738e-0.0824f+0.8252m+0.1734p$<br>$-6.3381$          | 0.7303     | 2.6                       |
| 自然立位姿勢時の<br>前身頃襟ぐり(h) | $Y=0.5504h-0.1233j+0.3211l+0.1330p$<br>$+15.9525$         | 0.5846     | 1.8                       |
| 自然立位姿勢時の<br>前中心丈(i)   | $Y = 0.8404 i + 70.0483$                                  | 0.8347     | 5.5                       |
| 自然立位姿勢時の<br>前身頃裾幅(j)  | $Y = 0.9609 j + 9.2647$                                   | 0.9185     | 3.6                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後中心丈(k)   | $Y=0.2313f+0.5917h-0.4059j+0.7967k$<br>$+0.2921p+17.4628$ | 0.8338     | 7.9                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後身頃襟ぐり(l) | $Y=0.3149h+0.3146l+0.1470p-2.0904$                        | 0.5196     | 2.9                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後身頃肩幅(m)  | $Y=-0.0985f-0.1554g+0.0453i+1.3064m$<br>$+0.1308p+0.4178$ | 0.6677     | 2.8                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後身頃AH(n)  | $Y=0.1638f+0.4652h-0.4635l+0.6844n$<br>$+47.7019$         | 0.6872     | 6.9                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後身頃脇丈(o)  | $Y=0.2045f+0.7289o-0.1748p+32.1846$                       | 0.7676     | 4.6                       |
| 自然立位姿勢時の<br>後身頃裾幅(p)  | $Y = 0.9628 p + 6.6563$                                   | 0.8966     | 2.9                       |

※説明変数e、f、g、h、i、j、k、l、m、n、o、pは  
三次元立位姿勢体表面展開パターンの各辺実測値

(e), 前身頃肩幅(g), 前身頃襟ぐり(h), 前身頃裾幅(j), 後身頃襟ぐり(i), 前身頃裾(j), 後身頃襟ぐり(l), 後身頃肩幅(m), 後身頃脇丈(o), 後身頃裾幅(p)を目的変数とする推定式で, 残差の絶対値平均が5mm未滿となった。前身頃脇丈, 前身頃肩幅, 前身頃裾幅, 後身頃脇丈, 後身頃裾幅の推定式はどちらの評価も高いことから, 実用可能性が高いと考える。前身頃AHや, 前後中心丈の推定式は, 決定係数 $R^2$ の評価は高いものの検証データによる評価が低くなったのは, 検証データの少なさが要因の一つに考えられる。推定式の精度をより高めていくため, 男性被験者のデータも含めたデータ数の拡充が求められる。Fig.10は, 全被験者データの三次元立位姿勢平均形状を体表面展開し, パターン各辺の寸法を計測した値を用いて推定式に代入し, 算出した推定寸法値となるよう寸法修正により作成した推定パターン例である。精度を確認するため実測の自然立位姿勢平均形状の体表面展開パターンと重合した。寸法においてはおおよそ実測の自然立位パターンに近づけることはできたが, 形状では違いが見られる。したがって推定パターンの精度をさらに高めるためには, 各辺寸法の推定に加え, 各辺の頂点位置をx-y座標に置いたときの頂点座標の変化にも着目し推定することが必要であり, 今後の課題である。

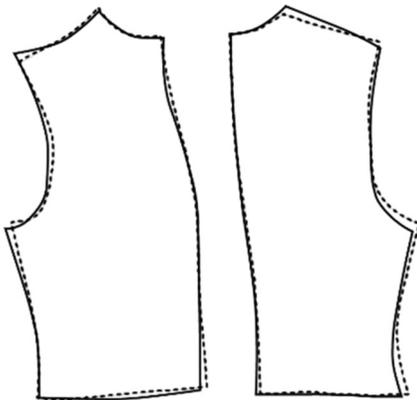


Fig.10 Sample pattern using estimation formulas  
(Solid line: estimate, dashed line: measurement)

#### 4. 結言

自然立位姿勢と三次元立位姿勢を比較すると, 両姿勢には寸法および形状に違いがあり, 三次元立位姿勢で計測した三次元人体形状データを用いる衣服設計を行うためには, 自然立位形状を推定することが必要である。本研究では, 自然立位形状の推定を目的に両姿勢の人体形状データを体表面展開し, 作成したパターン各辺の寸法をもとにして, パターン寸法を推定する回帰式を導出した。二次元パターンにおける姿勢差の修正方法は, 衣服設計・生産において実用的かつ簡易な方法であるため提案する意義がある。導出した推定式の精度検証の結果, 前身頃脇丈, 前身頃肩幅, 前身頃裾幅, 後身頃脇丈, 後身頃裾幅の推定式は, 決定係数 $R^2$ 及び検証データによる評価がどちらも高いことから, 実用可能性が高いと考える。その他項目の推定精度をさらに高めていくためには, 男性被験者のデータも含めたデータ数の拡充を行うとともに, 各辺寸法値の推定に加え, 各辺の頂点位置をx-y座標に置いたときの頂点座標の変化にも着目し推定することが必要である。

#### 文献

- 1) ISO 20685-1:2018  
3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans, 参照 2020-12-24
- 2) 日本人成人の人体寸法データブック 2014-2016, 一般社団法人日本家政学会被服構成学部会, 平成31年
- 3) 河内まき子, 持丸正明: 形状スキャナによる人体寸法計測の誤差要因の検討 計測時の姿勢による寸法の違い, *Anthropological Science*, 113, 63-75, 2005) 大本桃子: 規格外体型の人のための衣服設計-ラグビー選手の体型分析に基づく衣服パターン設計-, 日本女子大学修士論文, 2019

【謝辞】本研究はJSPS科研費JP25242010の助成を受けたものです。