

2013 年度 博士学位論文

高齢女性の QOL 向上をサポートする
衣服設計システム開発のための基礎研究

**Fundamental Research for the Development of Clothing Design
Systems for Supporting QOL Improvements for Elderly Women**

日本女子大学大学院 人間生活学研究科 生活環境学専攻

全 昭琬

外 国 語 要 旨

学位論文題名： Fundamental Research for the Development of Clothing Design Systems for Supporting
QOL Improvements for Elderly Women

氏 名：JUN Soyoona

Aging societies are no longer limited to developed nations, as this trend is proceeding at a rapid pace worldwide. Japan already has an “ultra-aged society,” and ensuring that elderly people live healthy, high quality lives is an urgent issue. Beneficial information regarding product designs for elderly people is required in every field. Nevertheless, almost no reports exist regarding the body-shape characteristics of elderly people as they perform their activities of daily life. As for clothing, there is little clothing available that takes into consideration the body changes and physical functions of elderly people - even basic information is lacking that can be used to support such physical functions and respond to such body-shape changes. The purpose of our present research is to clarify standards for elderly women clothing design, via a multi-faceted analysis of the body-shape characteristics of elderly women using extracted three-dimensional (3D) scan data.

This paper is comprised as follows: an introduction in Chapter 1, the main arguments in Chapters 2 through 5, and a conclusion in Chapter 6. A summary of the contents follows below.

In Chapter 1, "Introduction," overview introduction is made of previous research, facts are presented regarding the purpose of the present research, including the aging of national populations, and the current state of such things as body shapes and clothing for elderly people are taken up. Thus, the themes of the present research are made clear, and statements are made regarding its component parts of the present research.

In Chapter 2, "Consideration about reliability of 3D scan data," to ensure the validity of non-contact 3D scan data in the present research, with dress forms and elderly women as subjects, analysis was made of differences between 3D scan data and direct-measurement values. First, when a comparison was made of data for both methods and those for dress forms used as a static body, almost no errors or significant differences were observed in high items. On the other hand, width, length and girth items showed significant differences. These differences are especially remarkable for partially shadowed items. In body measurements, comparison of 3D measurements and direct measurements showed 3D measurements were larger than most direct measurements for height and girth items. This was thought to be due to fluctuations of measurement values due to posture, breath and vibrations, meaning that special care would be required in the treatment of 3D data.

In Chapter 3, "Comparisons of body characteristics in elderly women and younger women," 3D data of standing posture of elderly women was extracted, and investigation was made of body characteristics of elderly women in standing position via comparison with data for the younger women. Further, whole-body average shapes of elderly women and younger women in standing position were derived from the principal component analysis (PCA) of homologous models, and, via comparisons with the young women, detailed

analyses were made of the body shapes of the elderly women. From the 3D data, it was clarified that, compared with the younger women, the elderly women had larger the back protrusion point-cervicale horizontal distance and the back side angle of inclination, while the elderly women had smaller the back protrusion point-back waist point horizontal distance and the nipple to anterior waist length. It was thus made clear that elderly women body-shape characteristics, such as that the neck is in a forward position, with inclination and bending forward of the upper body, pendulous breasts, etc. From the PCA of the shapes of elderly women, the high-low of height items, the extent of spinal curvature, the forward-backward inclination of the spine, the left-right differences of the spinal inclination, the rate of fatness-thinness, and the extent of protrusion of the trunk anterior surface were extracted, and the special characteristics of body shape accompanying advancing age were visually demonstrated.

In Chapter 4, “Comparisons of measurements and body trunk shapes in sitting posture of elderly women,” 3D data of sitting posture were extracted for the main postures of daily life, something regarding which almost no research has been performed hitherto. After investigation of the certainty (i.e., accuracy) of these measurements, analysis was made of body-trunk shape characteristics in sitting posture of elderly women from the comparison with standing posture. From the dimensional changes of the body trunk according to posture, it was shown that, compared to standing posture, elderly women in sitting posture have a tendency to be more inclined and bent forward, and have a larger abdominal region. From the results of principal component analysis of the shapes, more than 80% of the body shape characteristics of elderly women in sitting posture could be explained by a forward bending of the back, abdominal protuberance, a balance between height dimensions and circumference/width dimensions, and fatness. It was clarified that there are major differences in abdominal shapes between standing posture and sitting posture.

In Chapter 5 “Clothing design by the virtual draping that considered the body-shapes of elderly women,” extraction was made of average shapes of elderly women and younger women obtained from the PCA of 3D body shapes of Chapter 3, and of subjects having the unique shape characteristics of elderly women, and tight-fitting clothing patterns were developed from 3D shapes. Investigation was then made of the relationships between these clothing patterns and the body shapes of elderly women. The results showed the following characteristics: compared with younger women, elderly women had a larger body width had more numbers of shoulder darts, with fewer forward-backward waist dart numbers, etc. It was thus made clear that size-grading concepts used hitherto could not be applied to clothing for elderly people.

In Chapter 6 “Conclusion,” summary is made of the findings obtained in the present research, and statement is made regarding future issues.

In the present paper, by using one-dimensional (1D) data, two-dimensional (2D) data and 3D data, clarification was made of body-trunk portion shape characteristics of elderly women in both standing posture and sitting posture. Into the future, we seek to further construct this data in the form of a data base, and use and apply such in clothing design that can be linked with QOL (quality of life) improvements for elderly people. At the same time, we would like to extend and develop our research further into various product designs for use in aging societies.

論文要旨

学位論文題名 : 高齢女性の QOL 向上をサポートする衣服設計システム開発のための基礎研究
氏 名 : 全 昭琬

高齢社会はもはや先進諸国だけでなく、全世界で急速に進んでいる。すでに日本は超高齢社会を形成しており、高齢者が健康で質の高い生活を送ることは重要な課題となっており、高齢者のための製品設計に有益な情報が各分野で求められている。しかし、高齢者の日常動作を配慮して身体形状を捉えた報告はほとんどない。衣服においても体型変化や身体機能を考慮した衣服は少なく、体型変化に対応でき、身体機能をサポートするための基本情報さえ、十分には提供されていない。そこで本研究では、高齢女性用衣服設計のための指標を明確化することを目的とし、高齢女性の体型特徴を三次元スキャンデータより採取して多角的に分析した。

本論文は、第1章の序論、第2章から第5章の本論、第6章の結論から構成されており、概要は以下の通りである。

第1章「序論」では、先行研究を概説し、本研究の目的として人口の高齢化、高齢者の体型や衣服に関する現状を挙げ、本研究の課題を明らかにし、本研究の構成について記述した。

第2章「三次元スキャンデータの信頼性の検討」では、本研究で使用する非接触三次元スキャンデータの信頼性を確認するため、人台と高齢女性を対象に、三次元スキャンデータと直接計測データの差を分析した。まず、静的物体として人台で二者のデータ比較を行ったところ、高径項目ではほとんど誤差がなく有意な差も見られなかった。一方、幅径・長径項目と周径項目では有意差が認められ、特に影になる部分を含む部位において顕著であった。人体計測における三次元計測と直接計測との比較では、身長と周径項目が直接計測データより三次元計測データが大であった。これは、三次元スキャンデータが姿勢、呼吸、振動により計測データが変動することによると考えられ、データの扱いには注意を払う必要があることを論じた。

第3章「高齢女性と若年女性における体型特徴の比較」では、高齢女性の立位姿勢での三次元スキャンデータを採取し、高齢女性の立位姿勢における体型特徴について若年女性との比較から検討した。さらに、人体と解剖学的対応のある相同モデルを作成し、主成分分析により高齢女性と若年女性の立位姿勢の全身平均形状を導出し、若年女性との比較から高齢女性の体形を詳細に分析した。結果、高齢女性は背面突出点・頸椎点水平距離、背部傾斜角度が若年女性より大きく、背面突出点・ウエスト水平距離、乳頭・前水平ウエスト線長さが短く、首が前に出て上半身の前傾、前彎し、乳房が下垂するなどの体型特徴を示すことが明らかになった。高齢女性の形状の主成分分析からは、高径項目の高低、脊椎の湾曲度、脊椎の前後の傾斜、脊椎の傾斜の左右差、肥瘦度、胴部前面の突出度の因子が抽出され、加齢に伴い特有の体型となっていくことが視覚的に示された。

第4章「高齢女性の座位姿勢における寸法と体幹体形の比較」では、これまでほとんど研究されていない日常生活の主な姿勢である座位姿勢の三次元スキャンデータを採取し、その計測の是非を検討後、立位姿勢との比較から高齢女性の座位姿勢における体幹の体形特徴を分析した。立位姿勢と座位姿勢の体幹の三次元スキャンデータから、高齢女性は立位姿勢時より座位姿勢時に、より前

傾・前湾し、腹部が大きくなる傾向が示された。立位姿勢と座位姿勢の形状の主成分分析の結果から、高齢女性の座位姿勢における体形の特徴は、背面の前湾、腹部の前突、脊椎の湾曲と前幅の関係、肥瘦度によって 80%以上説明できた。また、座位形状では第 2 主成分に腹部の形状が抽出され、腹部の突出が衣服設計上、特に配慮すべき重要な因子であることが明らかになった。

第 5 章「高齢女性の人体形状を配慮したバーチャル立体裁断による衣服設計」では、第 3 章の三次元形状の主成分分析から得られた高齢女性と若年女性の平均形状、および高齢者特有の特徴をもった被験者を抽出し、三次元形状からタイトフィッティングの衣服パターンに展開し、高齢女性の体型と衣服パターンとの関係を検討した。結果、高齢女性は若年女性より、身頃の幅が大きく、肩ダーツ量が多く、前後のウエストダーツ量が少ないなどの高齢者特有の特徴が示され、これまでのサイズグレーディングの考え方では高齢者の衣服には対応できないことが明らかになった。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた知見を総括し、今後の課題を述べた。

本論文では、一次元、二次元、三次元データを用いることで、高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の体幹部形状の特徴を明らかにしたが、今後はこれらのデータをさらに構築してデータベース化し、高齢者の QOL 向上につながる衣服設計への応用をめざしたい。同時に高齢社会における様々な製品設計のための研究へと発展させていきたい。

目次

第1章 序論

1.1 背景および目的.....	1
1.2 高齢者の定義および現状.....	5
1.3 論文の構成.....	7
文献	

第2章 三次元スキャンデータの信頼性の検討

2.1 目的.....	10
2.2 方法	
2.2.1 研究対象.....	11
2.2.2 計測機器および方法.....	15
2.2.3 人体に対する計測における姿勢.....	16
2.2.4 計測項目.....	16
2.2.5 分析方法.....	18
2.3 結果および考察	
2.3.1 人台に対する三次元スキャンデータと直接計測データの比較.....	18
2.3.2 人体に対する三次元スキャンデータと直接計測データの比較.....	20
2.4 まとめ.....	22
文献	

第3章 高齢女性と若年女性における体型特徴の比較

3.1 目的.....	24
3.2 方法	
3.2.1 被験者.....	24
3.2.2 計測機器.....	25
3.2.3 実験着.....	27
3.2.4 計測姿勢.....	27
3.2.5 計測点.....	28

3.2.6 計測項目	30
3.2.7 分析方法.....	32
3.2.8 相同モデルの作成および主成分分析.....	33
3.3 結果および考察	
3.3.1 三次元スキャンデータによる体形特徴.....	38
3.3.1.1 高齢女性と若年女性の上半身の比較.....	38
3.3.1.2 高齢女性と若年女性の腹部の比較.....	40
3.3.2 形状データによる体型特徴.....	42
3.3.2.1 高齢女性の体型特徴.....	42
3.3.2.2 若年女性の体型特徴.....	48
3.3.2.3 高齢女性と若年女性の立位姿勢における形状因子の比較.....	54
3.3.2.4 高齢女性と若年女性の立位姿勢における平均形状の比較.....	56
3.4 まとめ.....	59
文献	

第4章 高齢女性の座位姿勢における寸法と体幹形状の変化

4.1 目的.....	60
4.2 方法	
4.2.1 被験者.....	61
4.2.2 計測装置および実験着.....	61
4.2.3 計測姿勢.....	62
4.2.4 座位姿勢における三次元スキャンデータの精度検証.....	62
4.2.5 立位姿勢と座位姿勢の計測点および計測項目	64
4.2.6 立位姿勢と座位姿勢の分析方法.....	65
4.2.7 座位三次元スキャンデータによる相同モデルの作成.....	66
4.3 結果および考察	
4.3.1 三次元スキャンデータによる体形特徴.....	68
4.3.1.1 立位姿勢と座位姿勢における体幹の寸法変化.....	68
4.3.1.2 立位姿勢と座位姿勢における体幹上部の比較.....	69
4.3.1.3 立位姿勢と座位姿勢における腹部の詳細比較.....	71

4.3.2 形状データによる体型特徴.....	74
4.3.2.1 座位姿勢の相同モデルの主成分分析による体幹形状の分析.....	74
4.3.2.2 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における形状因子の比較.....	80
4.3.2.3 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における平均形状の比較.....	82
4.4 まとめ	85
文献	

第5章 高齢女性の人体形状を配慮したバーチャル立体裁断による衣服設計

5.1 目的.....	87
5.2 方法	
5.2.1 被験者.....	87
5.2.2 計測装置および計測姿勢.....	88
5.2.3 相同モデルの主成分分析および被験者の選別.....	88
5.2.4 パターンの展開および分析.....	89
5.3 結果および考察	
5.3.1 高齢女性の形状の特徴.....	92
5.3.2 被験者の基本寸法および画像.....	92
5.3.3 高齢女性の主成分別の形状とパターンの分析.....	94
5.3.4 高齢女性および若年女性の平均形状とパターンの分析.....	101
5.3.5 平均形状から作成したパターンの適合性に関する評価.....	104
5.3.6 高齢女性の座位パターンの検討.....	110
5.4 まとめ.....	113

第6章 結論

6.1 各章のまとめ.....	114
6.2 今後の課題.....	117

謝辞

図目次

第 1 章

図 1.1 世界の高齢化率の推移	6
------------------	---

第 2 章

図 2.1 浜松ホトニクス製ボディラインスキャナの精密検討結果	10
図 2.2 皮膚表面の反射図	11
図 2.3 実験に使用した人台の三次元スキャン画像	11
図 2.4 被験者の寸法と HQL データとの比較	14
図 2.5 直接計測および三次元計測に用いた計測機器	15
図 2.6 計測姿勢	16
図 2.7 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目	17
図 2.8 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目	17
図 2.9 人台の三次元スキャンデータと直接計測データの比較	20
図 2.10 人体に対する三次元スキャンデータと直接計測データの比較	22

第 3 章

図 3.1 浜松ホトニクス（株）製ボディラインスキャナ	25
図 3.2 実験に使用した衣服	27
図 3.3 計測姿勢	27
図 3.4 計測の基準点	28
図 3.5 計測項目	30
図 3.6 上半身の分析項目	32
図 3.7 下半身の分析項目	32
図 3.8 立位姿勢の相同モデルの作成時に用いた人体の解剖学的特徴点	34、35
図 3.9 高齢女性と若年女性の立位姿勢における上半身部位の計測値	39
図 3.10 後ウエスト点で重ねた若年女性 A と高齢女性 B の垂直断面図	39
図 3.11 高齢女性と若年女性の立位姿勢における腹部の計測値	40
図 3.12 後ウエスト点で重ねた若年女性 A と高齢女性 B の水平断面図	41

図 3.13 若年女性 A と高齢女性 B の立位姿勢における断面水平重合図	41
図 3.14 高齢女性の立位姿勢における人体形状の比較	44、45
図 3.15 若年女性の立位姿勢における人体形状の比較	50、51
図 3.16 高齢女性と若年女性の立位姿勢における相同モデルの主成分得点による 散布図と人体形状の比較	55
図 3.17 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢における水平断面重合図	57
図 3.18 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢における垂直断面重合図	57
図 3.19 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢での画像	58
図 3.20 立位姿勢での平均若年女性と平均高齢女性を後ウエスト点で重ね、各基準 点でカットした水平断面図	58
図 3.21 立位姿勢での平均若年女性と平均高齢女性を後ウエスト点で重ね、各基準 点でカットした垂直断面図	58

第 4 章

図 4.1 計測に用いた基準点	61
図 4.2 立位姿勢と座位姿勢の計測姿勢	62
図 4.3 三次元スキャンデータの精度検証に用いた高齢女性の標準人台および計測項目	63
図 4.4 立位姿勢と座位姿勢の三次元計測の比較項目	65
図 4.5 立位姿勢と座位姿勢の体幹上部の分析項目	65
図 4.6 立位姿勢と座位姿勢の腹部の分析項目	66
図 4.7 座位姿勢の相同モデルの作成時に用いた人体の解剖学的特徴点	67
図 4.8 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における平均値の比較	69
図 4.9 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における上半身部位の計測値	70
図 4.10 高齢女性 A の立位姿勢と座位姿勢における後ウエスト点で重ねた垂直断面図	71
図 4.11 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における胴位と腹位の計測値	72
図 4.12 高齢女性 A の立位姿勢と座位姿勢における後ウエスト点で重ねた水平断面図	73
図 4.13 高齢女性の座位姿勢における人体形状の比較	77
図 4.14 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における相同モデルの主成分得点による 散布図と人体形状の比較	81
図 4.15 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における水平断面重合図	83
図 4.16 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における垂直断面重合図	83

図 4.17 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の画像	84
図 4.18 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢を後ウエスト点で重ね、各基準点で カットした水平断面図	84
図 4.19 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢を後ウエスト点で重ね、各基準点で カットした垂直断面図	85

第 5 章

図 5.1 計測姿勢	88
図 5.2 LookStailor X の構成およびパターン展開画面	89
図 5.3 マネキンにガイドラインとダーツの入れ方およびパターンの展開	91
図 5.4 高齢女性の形状特徴を持った被験者 8 名の画像	93、94
図 5.5 第 2 主成分「脊椎の湾曲」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン	96
図 5.6 第 3 主成分「身体前後の傾斜」の体型特徴を持った被験者の側面とパターン	98
図 5.7 第 5 主成分「肥瘦」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン	99
図 5.8 第 6 主成分「胴部前面の突出」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン	101
図 5.9 LookStailorX から得られた高齢女性と若年女性の平均形状のマネキンの画像	102
図 5.10 高齢女性と若年女性の平均形状の側面図とパターン	103
図 5.11 平均高齢女性のパターンから制作したトワル	105
図 5.12 平均若年女性のトワルの着装評価のための着衣用ボディおよび着装の画像	105
図 5.13 平均若年女性のトワル着装における垂直断面重合図	106
図 5.14 平均若年女性のトワル着装における水平断面重合図	106
図 5.15 平均高齢女性のトワルの着装評価および着装画像（60 歳代人台）	107
図 5.16 平均高齢女性のトワル着装における垂直断面重合図（60 歳代人台）	107
図 5.17 平均高齢女性のトワル着装における水平断面重合図（60 歳代人台）	108
図 5.18 平均高齢女性のトワルの着装評価および着装画像（70 歳代人台）	108
図 5.19 平均高齢女性のトワル着装における垂直断面重合図（70 歳代人台）	109
図 5.20 平均高齢女性のトワル着装における水平断面重合図（70 歳代人台）	109
図 5.21 立位パターンから導出した座位パターンの展開	112

表目次

第2章

表 2.1 被験者 30 人の基本寸法(直接計測)	13
表 2.2 被験者の寸法と HQL データとの比較	14
表 2.3 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目	17
表 2.4 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目	17
表 2.5 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの差の比較	19
表 2.6 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの差の比較	21

第3章

表 3.1 高齢女性と若年女性の立位姿勢における計測結果(平均値、標準偏差)および 両群での変化率	26
表 3.2 計測点と定義	29
表 3.3 三次元計測の項目	30
表 3.4 計測項目と定義	31
表 3.5 高齢女性と若年女性の立位姿勢における上半身部位の計測値および両群で の変化率	38
表 3.6 高齢女性と若年女性の腹部の横径と厚径	40
表 3.7 高齢女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表	42
表 3.8 高齢女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分得点	43
表 3.9 高齢女性の立位姿勢における相同モデルの第 1 主成分～第 6 主成分得点と 計測値との相関関係	47
表 3.10 若年女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表	48
表 3.11 若年女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分得点	49
表 3.12 若年女性の立位姿勢における相同モデルの第 1 主成分～第 6 主成分得点と 計測値との相関関係	53

第4章

表 4.1 座位姿勢における三次元スキャンデータと直接計測値の比較	64
-----------------------------------	----

表 4.2 立位姿勢と座位姿勢の三次元計測の比較項目	65
表 4.3 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における計測値および両姿勢での変化率	68
表 4.4 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における体幹上部の計測値および両姿勢での変化率	70
表 4.5 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における胴位と腹位の計測値および両姿勢での変化率	72
表 4.6 高齢女性の座位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表	74
表 4.7 高齢女性の座位における相同モデルを用いた主成分得点	76
表 4.8 高齢女性の座位姿勢における相同モデルの第 1 主成分～第 4 主成分得点と計測値との相関関係	79

第 5 章

表 5.1 高齢女性の形状特徴をもった被験者 8 名の計測値	93
表 5.2 被験者 8 名におけるトワルの着装時の主な部位の寸法	95
表 5.3 LookStailorX から得られた高齢女性と若年女性の平均形状のマネキンの寸法	103

第 1 章 序論

1.1 背景および目的

国連の 2006 年の統計によれば、高齢社会はもはや先進諸国だけでなく、全世界的傾向で急速に進んでいる。このうち半数以上はアジア地区で占められ、その中でも日本は世界一の長寿国であることは周知の事実である。

平成23年度高齢社会白書によると、日本の65歳以上の高齢者人口は総人口の23.3%を占め、高齢者の人口は急速に増え続けている。日本はすでに超高齢社会を形成しており、高齢者が健康で質の高い生活を送ることは、喫緊の課題となっており、高齢者のための製品設計に有益な情報が各分野で求められている。また、人口の急速な高齢化に伴い社会問題となっているのは、老人医療費の増大であり、70歳以上の老人医療費は2010年度の医療費総額の44.3%を占め、老人医療費の増加が問題になっている¹⁾。身体機能の低下した高齢者を取り巻く生活環境は予期せぬ多くの危険因子を含んでいるため、転倒や交通事故などが増加している。このような現状を改善し、医療費削減および高齢者の健康な生活を把握するために、衣服の果たす役割は大きい。日々の生活の中で、高齢者が快適で機能的な衣服を着用することは、高齢者の日常生活を豊かにし、身体的にも心理的にも健康維持、生活の質の向上につながるものである。

衣服がサイズだけではなく身体の形に適合することは、着心地の側面からも審美的側面からも重要である。計測の目的や部位により計測方法や計測機器が異なるが、人体体形に関する研究は様々な計測方法が利用されている。

高齢者の体型と衣服に関するこれまでの研究を大きく分類すると、1. 一次元的、二次元的身体計測値の詳細な分析研究、2. 高齢者用既製衣料の身体適合性に関する意識調査や官能評価に基づく研究、3. 三次元計測による部位別体形分析や人台開発のための体型分析の三つ分類できる。

岩崎ら²⁾は、直接計測法を用いて中高年女性の体型変化を分析し、後丈寸法は50歳～70歳代には変化が少ないのに対し、前丈寸法は60歳～70歳代の変化が50歳～60歳代の変化量の約2倍短くなっており、体幹部が前屈することを報告している。大塚ら³⁾は、(社)人間生活工学研究センター（HQL）の日本人の人体計測データから60歳以上の高齢者のデータを用い、年代別に体型特徴を検討している。計測

者が直接被験者に触れないで計測を行う非接触二次元計測法として、高部ら⁴⁾は単写真上の身体側面シルエットから得られる姿勢にかかわる計測値に主成分分析を行い、姿勢を定量的に分類している。また、恒川ら⁵⁾は、スライディングケージ法から得られた腰部水平断面データをクラスター分析により腰部の体型分類を行っている。Kimら⁶⁾は、高齢女性の体型特徴や要求に適合した衣服設計のため、高齢女性の体型特徴を分析して類型化し、分類された類型の年齢分布を分析して特徴把握を試みている。その結果、韓国の高齢女性の体型は、正面ではH型が代表的で、側面では70歳以前は普通で、70歳以上には前屈体型が現れ、高齢者の衣服は70歳以上の年齢層を集中的に調べる必要があると報告している。また、松山ら⁷⁾は、平面の布地を人体に密着させ、身体上に印した基準点、基準線を写しとる立体裁断法による採取法および、得られた展開図の形態特徴について採寸値から検討し、展開図の計測値を身体計測値と比較し、胸囲で平均4cm大きく、肩傾斜角度は約5度小さいことを明らかにしている。松山ら⁸⁾、深田ら⁹⁾は、人体の胴部体表面形態の特性を典型的に把握することを目的とし、胴部体表近似展開図の特性を主成分分析法により要約している。渡邊ら¹⁰⁾は高齢女性の体表展開図の年齢的特徴ならびに個体差を表現する要因を明らかにし、衣服設計との関連において述べた。

高齢者用既製衣料の身体適合性に関する研究には、渡邊ら¹¹⁾の既製服の身体適合に関する意識調査、岡田¹²⁾の高齢者の生活行動の現状と要望点をとらえるための調査報告などがあり、岡田は衣服の選択行動では、高齢・若年ともに70%以上が既製服の適合性を、高齢者の50%前後が動作適合性を望んでおり、高齢男子の半数が衣服調達は他人任せでしていないことを報告している。

三次元計測器が開発されてからは、人体を立体的に捉えた研究が多く報告されるようになり、松山ら¹³⁾は、若い女性の体幹背面をGRASP法により非接触3次元計測を行い、後ろ正中心線カーブおよび背面シルエットのカーブを分析した。シルエットのカーブにおける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、上半身の突出の強弱、上体の前傾の程度を抽出している。このように最近では、世界的に光学式の非接触形状計測装置を用い、短時間で正

確な人体計測が可能となった。Yiら¹⁴⁾は、韓米の成人女性衣服の産業会で総合作用の可能な身体寸法互換表の作製に必要な基礎研究とし、人体寸法を三次元スキャナで採集して比較した結果、肩傾斜角を除いたすべての項目で、アメリカの女性が韓国の女性の人体寸法に比べその値が大であると報告している。

その他の田中ら¹⁵⁾は、後期高齢女性の下半身人台の設計・製作のための基礎研究として、HQLの下半身項目や座位項目を用い、主成分分析により体型特徴を捉え合わせて、三次元計測による形状の分析を行っている。渡邊ら¹⁶⁾は、衣服を適合させるためのキーポイントとみなされている頸椎点から臀部最凸点までの背面シルエットについて検討し、高齢女性独自の形や個人差を表す因子を明らかにし、個人差を表す因子として、第1に腰椎部の前湾を表す主成分が得られ、従来から姿勢や背面の形状が衣服に適合させるためのキーポイントであることの妥当性を実証している。また、渡邊ら¹⁷⁾は、4方向からの3次元座標値データを合わせて、右半身のデータとし、体幹立位モデルを作成し、若年女性との差異を数値的に示し、高齢女性の体幹上部の個人差を表現する要因について検討した。体幹立体形状は若年女性と顕著な差異が認められ、個人差の要因として体幹の前傾、腰椎部の前湾と腹部の突出、体幹前面の肉付き、加齢に伴う胴くびれ減少であることを明らかにしている。

その他、大塚ら¹⁸⁾は、高齢者の歩行特徴を三次元形状と日常歩行の定点観測から分析し、動作対応の下半身人台を開発提案している。この研究を受け、武本ら¹⁹⁾は、高齢女性の歩行特徴の詳細分析を三次元動作解析により行っている。

しかし、高齢者の日常動作を配慮して身体の全身形状を捉えた報告はほとんどない。また、高齢者の衣服においても体型変化や身体機能を考慮した衣服は少なく、体型変化に対応でき、身体機能をサポートするための基本情報さえ、十分には提供されていない。加齢とともに体形が変化する高齢者にとって、身体機能や運動機能をサポートする衣服の検討は重要であり、動作フィット性の高い衣服は高齢者の日常生活を衣生活から支援することにつながるものと期待できる。そのためには、高齢者の体型、姿勢、動作を配慮した人台の設計が前提となるが、現

在、高齢者の体型特徴、サイズ、姿勢を反映させた衣服設計用人台はほとんど生産されていない。

そこで本研究では、高齢者の快適で安全な衣生活を保障するための基礎研究として、高齢女性の一次元、二次元、三次元データを用い、身体寸法および身体形状を把握し、高齢女性用衣服設計のための指標を明確化することを目的とする。本研究は、衣服設計のみならず、高齢者を対象とする様々な製品開発のための基礎となるものでもあると考えられる。

1.2 高齢者の定義および現状

(1) 高齢者の定義

高齢者の定義として標準的に用いられているのは、WHO（World Health Organization）のもので、そこでは 65 歳以上を高齢者、そのうち 65~74 歳を前期高齢者、75 歳以上を後期高齢者と呼んでいる。これは、国連の経済社会理事会が、1956 年に高齢者という概念を、全人口における 65 歳以上の人口の比率として定義したことに由来する。一方で、内閣府政策統括官（共生社会政策担当）の「年齢・加齢に対する考え方に関する意識調査」の結果によると、一般のイメージでは 70 歳以上を高齢者とする考えが多い²⁰⁾。また、各地にあるシルバー人材センターでは多くの場合、60 歳以上を会員として受け入れている。しかしながら、加齢に伴う身体機能の変化や諸症状の出現には個人差が大きく、高齢者という概念に明確な境界を設定することは困難である。

本研究では、65 歳以上を高齢者として定義することとした。

(2) 高齢化の国際的動向

平成 24 年度版高齢社会白書²¹⁾によると、2010 年の世界の総人口は 68 億 9,589 万人であり、2060 年には 96 億 1,519 万人になると見込まれている。総人口に占める 65 歳以上の人の割合（高齢化率）は、1950 年の 5.2%から 2010 年には 7.6%に上昇しているが、さらに 2060 年には 18.3%にまで上昇するものと見込まれており、今後半世紀で高齢化が急速に進展することになる。

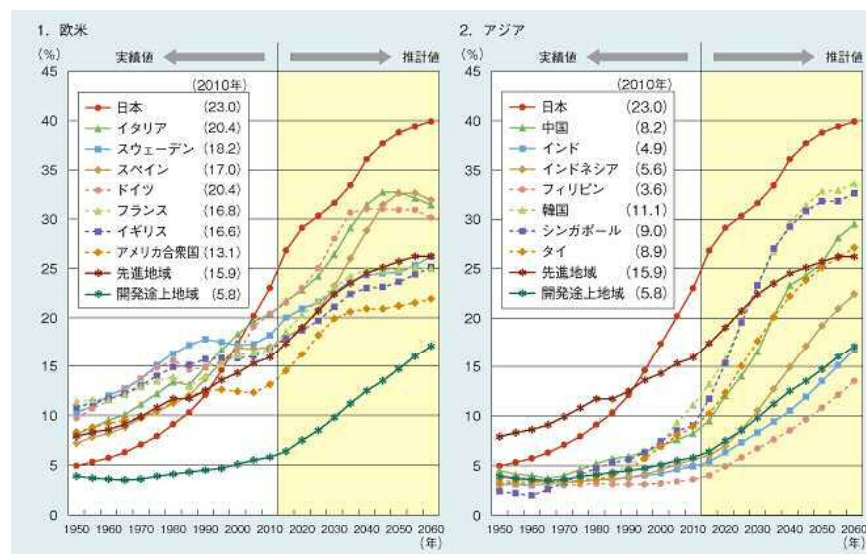
日本は先進諸国における高齢化率を比較してみると、1980 年代までは下位、90 年代にはほぼ中位であったが、2005 年には最も高い水準となり、世界のどの国もこれまで経験したことのない高齢社会を形成している。日本の総人口は 2012 年 10 月 1 日現在、1 億 2,752 万人であり、65 歳以上の高齢者人口は過去最高の 3,079 万人となり、総人口に占める割合も 24.1%となった。

また、高齢化の速度について、高齢化率が 7%を超えてからその倍の 14%に達するまでの所要年数によって比較すると、フランスが 115 年、スウェーデンが 85

年、比較的短いドイツが 40 年、イギリスが 47 年であるのに対し、日本は、1970 年に 7%を超えると、その 24 年後の 1994 年には 14%に達している。このように、日本の高齢化は、世界に例をみない速度で進行している。

アジア諸国については、今後、急速に高齢化が進み、特に韓国においては、日本を上回るスピードで高齢化が進行し、2005 年に 9.3%であったものが 2060 年には 33.6%にまで達すると述べている。

図 1.1 に示した地域別に高齢化率の今後の推移をみると、これまで高齢化が進行してきた先進地域はもとより、開発途上地域においても、高齢化が急速に進展する見込みが示されており、高齢者に焦点をあてた製品設計、生活支援は、世界的にも大きな課題である。



資料: UN, World Population Prospects : The 2010 Revision

ただし日本は、2010 年までは総務省「国勢調査」、2015 年以降は国立社会保障・人口問題研究所

「日本の将来推計人口(平成 24 年 1 月推計)」の出生中位置・死亡中位仮定による推計結果による。

(注) 先進地域とは、北部アメリカ、日本、ヨーロッパ、オーストラリア及びニュージーランドからなる地域をいう。

開発途上地域とは、アフリカ、アジア(日本を除く)、中南米、メラネシア、ミクロネシア及びポリネシアからなる地域をいう。

図 1.1 世界の高齢化率の推移

1.3 論文の構成

高齢社会は全世界で急速に進んでいる。すでに日本は超高齢社会を形成しており、高齢者が健康で質の高い生活を送るための支援はあらゆる分野に求められ、高齢者のための製品設計に有益な情報が各分野で求められている。加齢とともに体形が変化する高齢者にとって、体型、姿勢、動作を配慮した衣服設計用の人台およびパターン設計は日常生活を快適に過ごすうえで重要な意味を持つ。そこで本研究では、高齢女性用衣服設計のための指標を明確化するため、高齢女性の三次元スキャンデータを採取し、高齢女性の体型特徴を多角的に分析した。

本論文は以下の 6 章により構成されている。

第 1 章「序論」では、先行研究を概説し、本研究の目的として人口の高齢化、高齢者の体型や衣服に関する現状を挙げ、本研究の課題を明らかにした。

第 2 章「三次元スキャンデータの信頼性の検討」では、本研究で使用する非接触三次元スキャンデータの信頼性を確認するため、人台および高齢女性を対象に、三次元スキャンデータと直接計測データを求め、両者の差を分析した。

第 3 章「高齢女性と若年女性における体型特徴の比較」では、高齢女性の立位姿勢での三次元スキャンデータを用い、高齢女性の立位姿勢における体型特徴について若年女性との比較から検討した。さらに、人体と解剖学的対応のある相同モデルを作成し、主成分分析により高齢女性と若年女性の立位姿勢の全身平均形状を導出し、若年女性との比較から高齢女性の体形を詳細に分析した。

第 4 章「高齢女性の座位姿勢による寸法と体幹形状の変化」では、これまでほとんど研究されていない日常生活の主な姿勢である座位姿勢の三次元スキャンデータを採取し、その計測の是非を検討後、立位姿勢との比較から高齢女性の座位姿勢における体幹の体形特徴を分析した。さらに、高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における平均形状を導出し、両姿勢の体幹部形状の相違を明らかにした。

第 5 章「高齢女性の人体形状を配慮したバーチャル立体裁断による衣服設計」では、第 3 章の三次元形状の主成分分析から得られた高齢女性と若年女性の平均形状、および高齢者特有の特徴をもった被験者を抽出し、三次元形状からタイトフィッティングの衣服パターンに展開し、高齢女性の体型と衣服パターンとの関係とフィット性について検討した。

第 6 章「結論」では、各章で得られた研究成果を総括し、今後の課題について述べた。

文 献

- 1) 厚生労働省保険調査課発表、平成22年度8月26日現在
- 2) 岩崎和代、三吉満智子、広川妙子、斎藤、磯崎明美：中高齢女性の体型変化 (第1報)、繊維消誌、35 (5)、318 - 326 (1998)
- 3) 大塚美智子、宮脇亜紀：高齢者の体型特徴に基づくJISサイズへの提案、繊維消誌、42 (10)、657 - 668 (2001)
- 4) 高部啓子、松山容子、秋月光子、九鬼種美、植竹桃子、磁田浩、柳沢澄子：写真計測資料による人体姿勢の解析、家政誌、38 (11)、999 - 1007 (1987)
- 5) 恒川久子、樋口ゆき子：クリスター分析による腰部体型のパターン分析、家政誌、46 (5)、439 - 446 (1995)
- 6) Kim, I., Seong, H., A Study on Classification of Elderly Women's Body Type, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 26 (1), 27 - 38 (2002)
- 7) 松山容子、山崎生美、渡邊啓子、片瀬真由美、高部啓子：日本人若年女性背面形状の 3 次元計測と解析 - 衣服適合の要因として - 、家政誌、49、69 - 76 (1998)
- 8) 松山容子、深田順子：立体裁断法による胴部体表面形態の把握 (第 2 報) 類型化のための項目の選択、家政誌、32、60 - 65 (1981)
- 9) 深田順子、松山容子：立体裁断法による胴部体表面形態の把握 (第 3 報) 主成分の解釈と応用について、家政誌、32、66 - 71 (1981)
- 10) 渡邊敬子、松山容子、古松称生：高齢女性用上衣設計を目的とした体幹上部体表展開図の解析、家政誌、52、963 - 972 (2001)
- 11) 渡邊敬子、松山容子、大村知子：高齢女性における衣服の身体適合に関する意識、家政誌、48、893 - 902 (1997)

- 12) 岡田宣子：高齢者の衣生活行動の現状と要望点 - 衣服の調達と選択行動を中心として - 、 家政学、51 (7)、595 - 603 (2000)
- 13) 松山容子、山崎生美、渡邊啓子、片瀬真由美、高部啓子：日本人若年女性背面形状の 3 次元計測と解析 - 衣服適合の要因として - 、家政誌、49、69 - 76 (1998)
- 14) Yi, K., Istook, C., Kang, Y., & Choi, H., Comparative Analysis of Korean and American Body Size & Shapes using 3D Scanned Anthropometric Data, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 31 (6), 892 - 901 (2007)
- 15) 田中あづさ、大塚美智子：後期高齢女性の下半身人台の設計のための体型分析、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、16、13 - 18 (2009)
- 16) Watanabe, K., Furunatsu, Y., and Matsuyama, Y. , Analysis of the Torsal shape of Elderly Japanese Women and a comparison with Younger women for Improving Apparel Fit, *J. Home Econ. Jpn.* 50 (12), 69 - 76 (1999)
- 17) 渡邊敬子、松山容子、古松称生：高齢女性用衣服設計のための体幹上部立体形状の 3 次元解析、家政誌、51 (11)、1045 - 1055 (2000)
- 18) 大塚美智子：動作フィット性を追究したウォーキングウェア設計のための中高年男女下半身人台の開発、デサントスポーツ科学、29、20 - 29 (2008)
- 19) A.Takemoto, M.Ohtsuka, “Analysis of Walking Characteristics of Elderly Women”, *5th IASDR 2013 TOKYO*, Consilience and Innovation in Design, Proceeding and Program Vol. 2, pp.5261 - 5267 (2013)
- 20) 総務省情報通信政策局：平成18年通信利用動向調査報告書、総務省、2006
- 21) 内閣府：“平成 24 年度版高齢社会白書”、平成 24 年 5 月 14 日内議決定
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>

第2章

三次元スキャンデータの 信頼性の検討

2.1 目的

最近、様々な分野で三次元計測システムが活用されており、衣服の分野でも三次元計測システムを活用した研究が多数報告されている^{1) - 3)}。

三次元人体スキャンデータは衣服をはじめ、多様な製品を開発する上で重要な役割を果たしており、衣服の設計、生産のためのみならず、その応用が期待されている。また、近年のEコマースの進展に対応でき、様々な体型特徴を持つ生活者により製品を提供するためには、信頼性の高い人体計測データを得る必要がある。三次元スキャン計測は、従来のマルチン法などの計測法を用いて手計測した直接計測とは、計測方法、計測姿勢などが異なる。三次元スキャンデータと直接計測データとを比較し、二つの方法による計測値の差を捉えておくことは、これまで蓄積されてきた人体計測データベースとの整合性を担保する上でも重要な意味がある。

三次元スキャンデータの精度については、河内ら⁴⁾の球を用いた計測空間の位置による誤差に関する報告がある。この報告は本研究で使用している浜松ホトニクス(株)製ボディラインスキャナを用い、球という絶対的大きさをもつ形状を用いて精密な検討を行ったもので、計測位置により最大で3.3%の誤差があることを明らかにしている(図2.1)。図2.1に示した通り、#1、#3の中心より上部と下部は、特に誤差が大であり、小さく計測される傾向がある。また、レーザー光は皮膚表面で吸収されやすいため、計測値が少なくなる傾向がある(図2.2)。

本研究では、世界的に人体計測データベースのためのデータが三次元スキャン計測による方向にある現状をとらえ、従来から用いられてきた手計測によるマルチン式計測による計測データと三次元スキャンデータとの整合性を検討する目的をもつ。

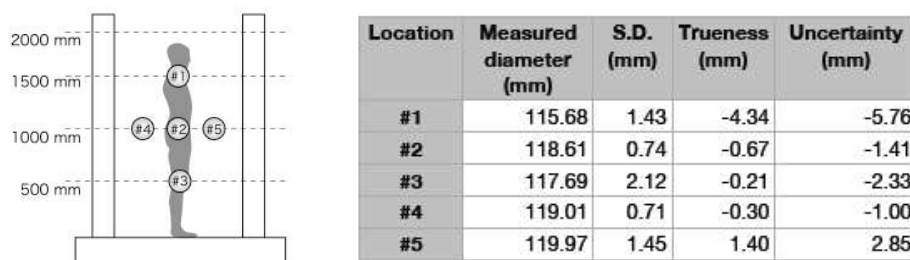


図2.1 浜松ホトニクス(株)製ボディラインスキャナの精密検討結果

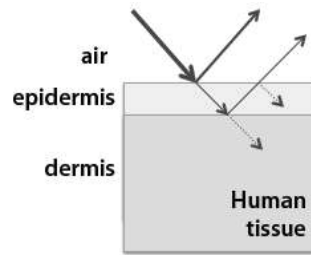


図2.2 皮膚表面の反射図

2.2 方法

2.2.1 研究対象

精度検証には、まず動的誤差を含まない人台を用いた。上半身については、図2.3(a)に示す stockman の Buste“Corset/lingerie” type 50439、下半身については、図2.3(b)に示す大塚研究室で開発した女子大学生の理想平均下半身人台⁵⁾を用い、3回計測し、三次元スキャンデータと手計測データについて比較した。

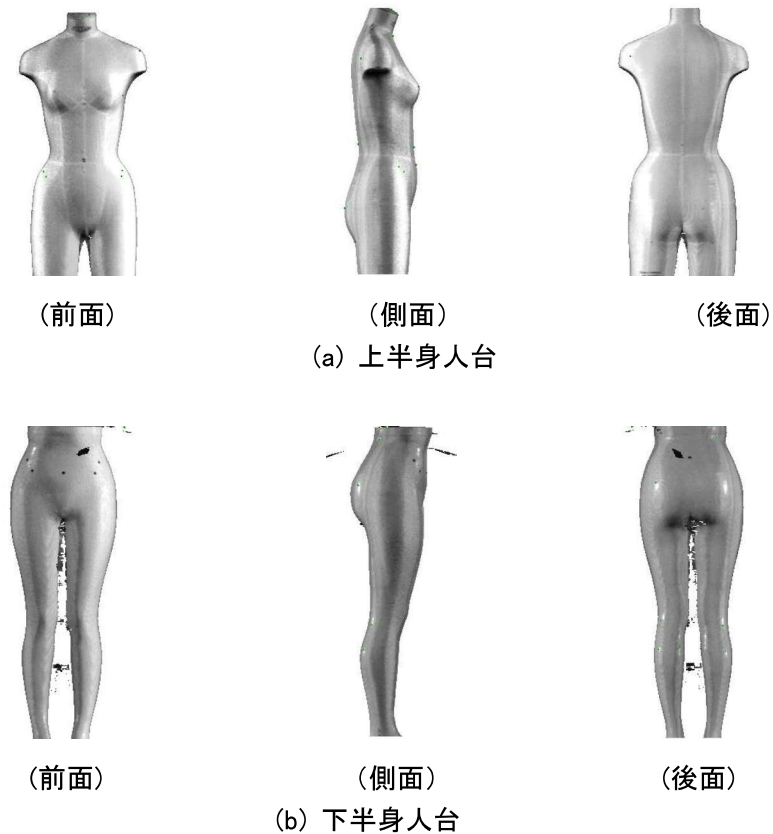


図2.3 実験に使用した人台の三次元スキャン画像

次に、動的誤差をもつ人体の精度検証に用いた被験者は、東京都文京区のシルバー人材センターに所属し、一人で実験場所まで来られる自立した 65 歳 - 80 歳の高齢女性 30 名である。各被験者の身体寸法を表 2.1 に示す。平均年齢 70.1 歳、身長 152.9cm、胸囲 88.0cm、胴囲 77.2cm、臀囲 91.4cm、体重 52.4kg である。被験者を BMI (Body Mass Index、体重/身長²) によって分類すると、痩身 5 名、標準 19 名、肥満 6 名で、痩身被験者から肥満被験者までが含まれている。

本実験の被験者の平均身長、股の高さ、背丈、胸囲、胴囲、臀囲、腕付け囲、股上前後長、大腿囲、体重の計 10 項目を、(社) 人間工学研究センター (HQL) 発行の「日本人の人体計測データベース 2004 - 2006 年」からの 65 - 74 歳女性の計測データと比較した。その結果を表 2.2 と図 2.4 に示す。臀囲の項目では被験者の寸法が HQL データより大きく 5 %水準で有意な差がみられたが、その以外の項目では有意な差がみられなかった。したがって、本高齢女性のデータは、概ね日本人高齢女性からのサンプリングデータと位置付けられる。

表 2.1 被験者 30 人の基本寸法(直接計測)

(単位: cm)

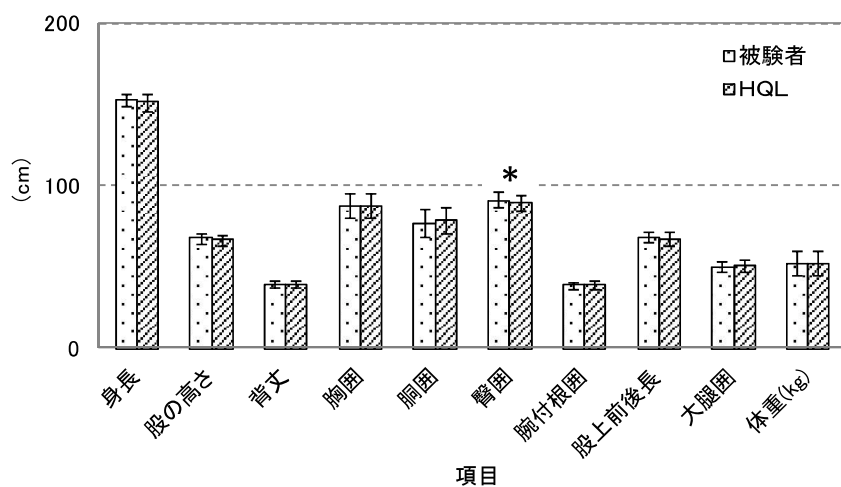
No	歳	身長	胸囲	胴囲	臀囲	体重(kg)	BMI(kg/m ²)
1	73	150.4	90.0	82.2	94.0	56.0	24.8
2	71	154.0	97.0	83.5	96.0	62.0	26.1
3	71	155.0	103.0	91.0	98.0	67.0	27.9
4	65	160.0	85.0	76.0	87.0	52.5	20.5
5	70	148.2	75.5	63.5	84.0	40.2	18.3
6	76	151.5	85.0	71.5	89.0	48.8	21.3
7	67	146.5	77.5	68.3	85.0	39.0	18.2
8	65	153.0	94.0	82.5	96.5	58.0	24.8
9	80	153.0	97.0	88.0	97.0	59.0	25.2
10	77	149.5	95.0	88.0	97.5	57.0	25.5
11	69	149.5	78.0	63.5	83.0	42.0	18.8
12	73	150.0	89.0	80.5	99.0	56.0	24.9
13	72	154.0	84.0	69.0	89.0	47.5	20.0
14	75	142.0	89.0	81.0	86.5	46.0	22.8
15	66	154.5	82.0	65.5	84.8	44.0	18.4
16	66	160.0	81.0	67.5	86.0	45.5	17.8
17	66	153.0	83.0	70.5	90.0	49.5	21.1
18	68	159.0	88.0	76.0	93.0	57.0	22.5
19	73	156.5	91.0	91.5	94.3	59.5	24.3
20	71	156.0	91.5	81.0	96.0	61.0	25.1
21	67	149.0	93.0	79.0	91.3	54.0	24.3
22	71	150.5	92.0	82.0	94.0	53.0	23.4
23	67	155.0	102.0	92.0	96.5	64.5	26.8
24	70	154.0	80.8	72.0	92.0	49.0	20.7
25	70	154.0	91.5	79.0	96.0	54.5	23.0
26	68	155.4	84.0	75.0	90.3	50.0	20.7
27	68	148.4	83.0	68.0	86.0	44.5	20.2
28	65	153.5	81.0	70.5	86.0	42.5	18.0
29	71	158.5	93.5	84.0	94.5	60.5	24.1
30	73	152.7	84.0	73.0	89.5	51.0	21.9
平均値	70.1	152.9	88.0	77.2	91.4	52.4	22.4
標準偏差	3.8	4.1	7.1	8.4	4.8	7.5	2.9
最大値	80	160.0	103.0	92.0	99.0	67.0	27.9
最小値	65	142.0	75.5	63.5	83.0	39.0	17.8

表 2.2 被験者の寸法とHQLデータとの比較

(単位:cm)

項目	被験者の寸法		t-test	HQL データ	
	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差
身長	152.89	4.06		151.69	5.14
股の高さ	67.80	3.37		66.90	3.16
背丈	39.19	2.24		39.55	1.98
胸囲	88.01	7.06		88.12	7.16
胴囲	77.17	8.44		78.70	8.08
臀囲	91.39	4.84	*	89.37	5.06
腕付根囲	38.72	2.19		38.74	2.58
股上前後長	68.51	3.02		67.49	3.96
大腿囲	50.18	3.16		51.06	3.79
体重(kg)	52.37	7.46		52.41	7.14

*: $p < 0.05$



*: $p < 0.05$

図 2.4 被験者の寸法とHQLデータとの比較

2.2.2 計測機器および方法

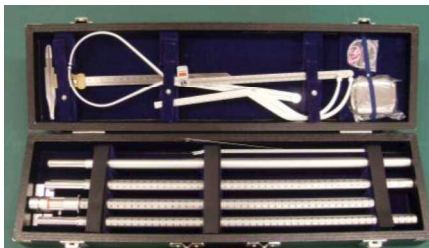
(1) 直接計測

直接計測は、図2.5の(a)に示すマルチン式身体計測器と巻尺を用い、被験者の体表に直接触れて観察し、計測した。

(2) 三次元計測

三次元計測は、図2.5の(b)に示す非接触三次元人体計測器である浜松ホトニクス(株)製ボディラインスキャナを用いた。計測スピードは10 秒である。

人体および人台は、計測点として全身スキャナ用のステッカータイプのランドマーカを、頸椎点、左右頸側点、右肩先点、左右乳頭点、左右アンダーバスト点、後ウエスト点、前ウエスト点、腹部最突出点、臀部後突出点、臀溝点、下腿最大点に貼付してスキャンし、コンピュータ上で計測を行った。



(a) マルチン式身体計測器



(b) 浜松ホトニクス(株)製
ボディラインスキャナ

図2.5 直接計測と三次元計測に用いた計測機器

(3) 実験着

実験着は、一般の補正ブラジャーと締め付けがなくヌードに近い形態を維持できるインナーを着用し、三次元計測時には頭部にフィットするラバー製の帽子を被った。

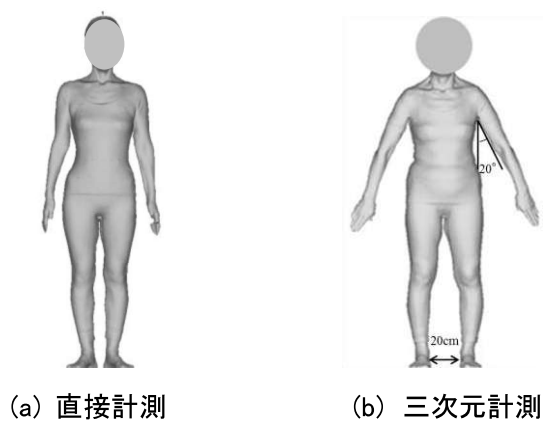
2.2.3 人体に対する計測における姿勢

(1) 直接計測

直接計測の姿勢は、図2.6の(a)に示すように背筋を伸ばした自然な立位姿勢で、左右の踵をつけ、つま先を自然に開いて直立した。肩の不自然な力を入れないで、頭部は耳眼水平位に保ち、上肢を自然に下垂した。

(2) 三次元計測

三次元計測の姿勢は図2.6の(b)に示すとおり、ISO（国際標準化機構）20685に基づき、頭部は正面前方に向け、耳眼面を水平に保った。上肢は自然に下垂し、手掌を後ろに向け、体側より約 20 度開いた。足は左右の足軸を平行にし、足軸間の距離が約 20 cm開いた。



(a) 直接計測

(b) 三次元計測

図2.6 計測姿勢

2.2.4 計測項目

計測項目は（社）人間生活工学研究センター（HQL）発行の「日本人の人体計測データベース2004 - 2006年」および、成人女性の人体計測データ「JIS L 4005 - 1997」を基に、基本的な項目に衣服製作上必要な項目を加えて選定した。

三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目は、人台では表2.3と図2.7に示すとおり、高径 5 項目、幅・長径 3 項目、周径 5 項目の計 13 項目である。人体では表2.4と図2.8に示すとおり、身長、幅・長径 3 項目、周径 4 項目の計 8 項目について比較した。

表2.3 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目

高径項目 (5)	1.頸椎高-床	2.肩峰高-床	3.乳頭高-床	4.臀高	5.臀溝高
幅・長径項目 (3)	6.肩幅	7.背肩幅	8.乳頭間幅		
周囲項目 (5)	9.頸付け根囲	10.乳頭位胸囲	11.下部胸囲	12.胴囲	13.下腿最大囲

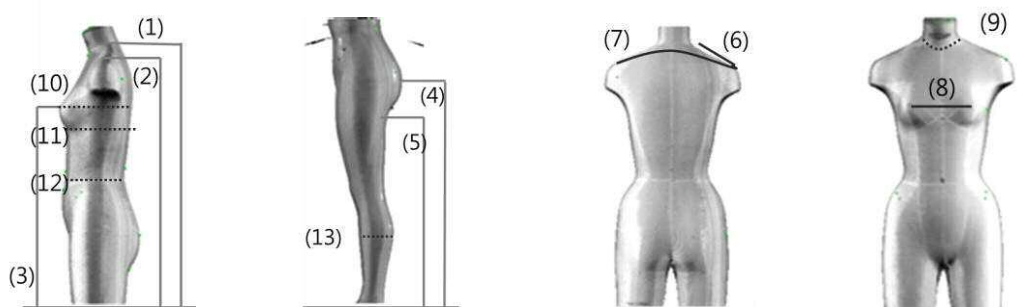


図2.7 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目

表2.4 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目

高径項目 (1)	1.身長			
幅・長径項目 (3)	2.背肩幅	3.頸側・乳頭ウエスト距離		4.背丈
周囲項目 (4)	5.乳頭位胸囲	6.胴囲	7.臀囲	8.大腿最大囲

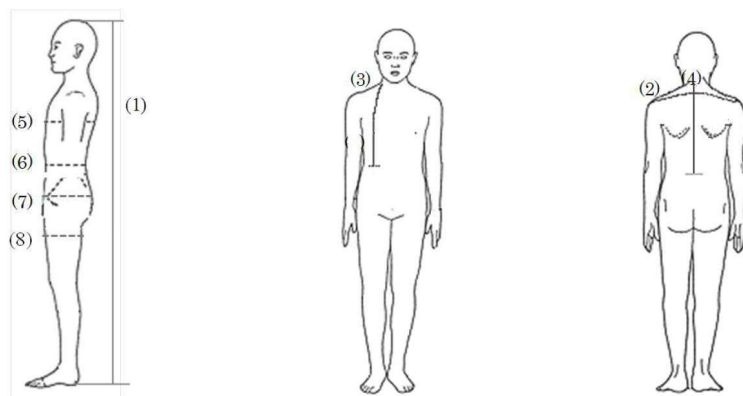


図2.8 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの比較項目

2.2.5 分析方法

人台と人体における三次元スキャンデータと直接計測データを計測項目別に、二つの集団の間の平均値の差と有意差検定により分析し、三次元スキャンデータと直接計測データの整合性を検討した。

2.3 結果および考察

2.3.1 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの比較

人体の三次元計測と直接計測の差を検討するために、まず、被写体の姿勢や揺れによる誤差のない静止着衣基体である人台における三次元計測データと直接計測データについて比較・検討した。その結果を表2.5と図2.9に示す。

人台の三次元計測は、ボディスキャナによる人体の操作過程と異なり、人間ではなく物体として認識するため自動設定ができないため、ランドマークシールを計測点に貼付し、計測項目を計測した。

三次元計測と直接計測との各項目別の値の差を比較すると、高径項目では、ほとんど誤差がなく、有意な差も見られなかった。幅・長径項目と周径項目は、高径項目より誤差が大きく、有意な差を示した項目も多かった。5%水準で有意な差がみられた項目は、乳頭間幅、乳頭位胸囲で、1%水準で有意な差がみられた項目は、背肩幅、頸付け根囲、下部胸囲、下腿最大囲である。特に、二つの計測データの間に大きな誤差を示した項目が、背肩幅、頸付け根囲で、背肩幅は両肩先点を通る体表長であり、手計測では水平に限定されない複数のラインが想定される体表長であるため誤差を生じやすいと考えられる。頸付け根囲では、三次元スキャンデータが直接計測データの方より大であった。これは直接計測の場合は頸窩点、左右頸側点、頸椎点の四つの計測点を通して計測したが、本三次元計測の周径項目の計測は、最大三点の選択しかできないため、大きな誤差が出たと考えられる。ただし、頸付け根囲の三次元計測時に、一周で計らないで左右半径を別々に計った後に合計した場合は、直接計測値との誤差が少なく、有意な差もみられなかった。人台の三次元計測は、人間の身体と異なり、計測時の呼吸や動揺もなく計測

方法も異なるが、静止着衣基体であっても、長径・周径項目では誤差を生じたことが示された。

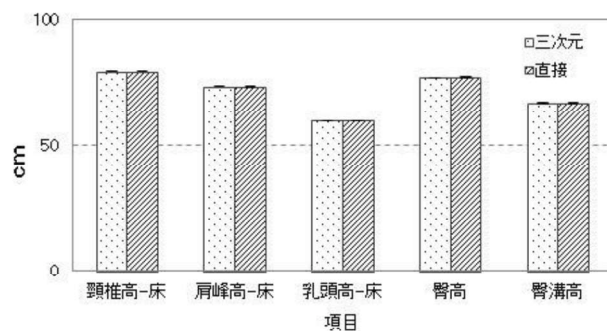
このように、水平、垂直に限定されない体表長においては、計測者の主観的評価に依存するところが大であり、誤差を生じる要因となる。また、下部胸囲、下腿最大囲において、三次元スキャンデータが小となったのは、前述の河内らの研究におけるレーザー光の性質のみならず、影になる部分があり、完全にはスキャンしにくい部位であるため、補完されたデータとなることにも起因しているのではないかと考えられる。

表2.5 人台における三次元スキャンデータと直接計測データの差の比較

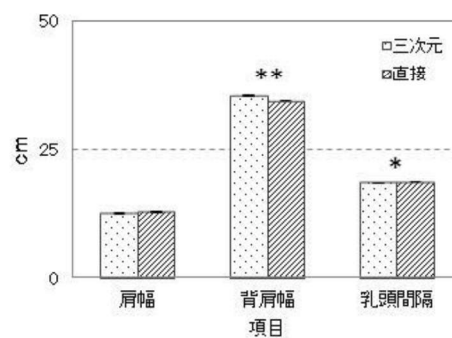
(N=2、単位:cm)

項目	三次元データ		t-test	直接計測値		寸法差(%)
	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差	
高径 項目	1.頸椎高-床	79.50	0.00	79.47	0.04	-0.04
	2.肩峰高-床	73.50	0.00	73.47	0.11	-0.04
	3.乳頭高-床	60.00	0.00	59.93	0.04	-0.12
	4.臀高	77.25	0.00	77.27	0.09	0.03
	5.臀溝高	67.08	0.14	67.03	0.04	-0.07
幅・長径 項目	6.肩幅	12.54	0.17	12.73	0.04	1.52
	7.背肩幅	35.44	0.14	34.43	0.09	-2.85
	8.乳頭間幅	18.40	0.08	18.63	0.04	1.25
周径 項目	9.頸付け根囲	34.03	0.19	32.67	0.22	-4.00
	10.乳頭位胸囲	83.80	0.04	83.47	0.16	-0.39
	11.下部胸囲	72.30	0.03	73.03	0.11	1.01
	12.胴囲	62.14	0.02	62.13	0.11	-0.02
	13.下腿最大囲	32.59	0.01	33.00	0.00	1.26

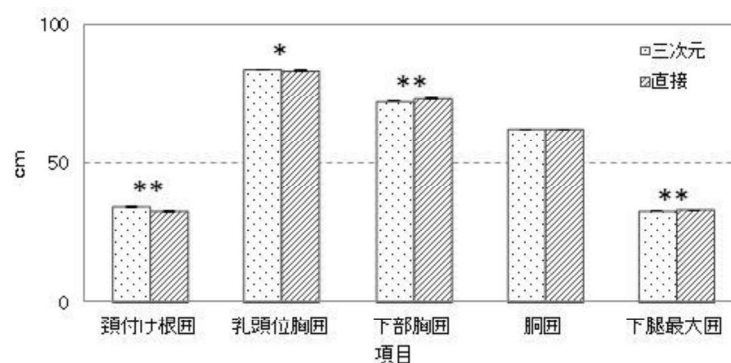
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



(a) 高径項目



(b) 幅径・長径項目



(c) 周径項目

N=2、* $p < 0.05$ 、** $p < 0.01$

図2.9 人台の三次元スキャンデータと直接計測データの比較

2.3.2 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの比較

三次元スキャンデータの信頼性と精度を検証するため、高齢女性30名を被験者として三次元計測および直接計測を行い、身長、肩先幅、前丈、背丈、乳頭位胸囲、胸囲、臀囲、大腿最大囲の8項目について、各項目別に計測値を比較・分析し、その結果を表2.6と図2.10に示す。

三次元計測と直接計測との各項目別の平均値の差を比較すると、高径項目である身長は直接計測データより三次元スキャンデータの方が大であった。これは、計測時の開脚の有無により、三次元計測時に被る帽子と髪の毛の量による影響であると考えられる。長径項目では、肩先幅が人台の計測結果と同様に直接計測デ

ータより三次元スキャンデータが大きかった。周径項目は、高径、長径項目より三次元スキャンデータと直接計測データの差が著しく、すべての項目で直接計測値データより三次元スキャンデータが大きかった。その原因は、計測時の呼吸の状態、体表における凸凹情報の影響、直接計測時の巻尺の使い方、圧力の度合いにより違いが生じると考えられる。

二つのデータの間の平均値の有意差検定を行った結果、すべての項目で有意な差がみられなかった。そこで三次元スキャンデータと直接計測データとの差を求め、ISO 20685⁶⁾により定められた最大許容誤差の範囲内に入るかを調べた。なお、ISO 20685で示される最大許容誤差は、高径と幅径で0.4cm、長径で0.5cm、大きな周径で0.9cmである。身長は0.34cm、前丈と背丈はそれぞれ0.01、－0.22cmの差で最大許容誤差を下回ったが、肩先幅は0.74、周径項目は1.10 - 2.06cmの差で最大許容誤差より大であった。

このように、人体の三次元計測は水平、垂直に限定されない体表長、周径項目で誤差を生じたことが示された。その要因は計測時の呼吸や動揺、特に被験者が特有な体型をもっている高齢女性であったため、静的な人台より誤差が多く生じたが、この誤差を把握しておけば体型データとして有効に活用できることが確認された。

表2.6 人体における三次元スキャンデータと直接計測データの差の比較

項目	三次元		t-test	直接		誤差	変化率 (%)
	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差		
1.身長	153.23	4.26	n.s.	152.89	4.06	0.34	-0.22
2.肩先幅	39.11	2.35	n.s.	38.37	1.91	0.74	-1.94
3.前丈	27.89	2.48	n.s.	27.88	2.29	0.01	-0.04
4.背丈	38.97	2.56	n.s.	39.19	2.24	-0.22	0.55
5.乳頭位胸囲	90.07	7.03	n.s.	88.01	7.06	2.06	-2.34
6.胴囲	80.32	8.45	n.s.	78.14	8.47	2.18	-2.79
7.臀囲	92.49	4.87	n.s.	91.39	4.84	1.10	-1.20
8.大腿最大囲	51.61	3.93	n.s.	50.18	3.16	1.43	-2.84

注) 誤差: 三次元スキャンデータ - 直接計測データ, n.s.: 有意差なし

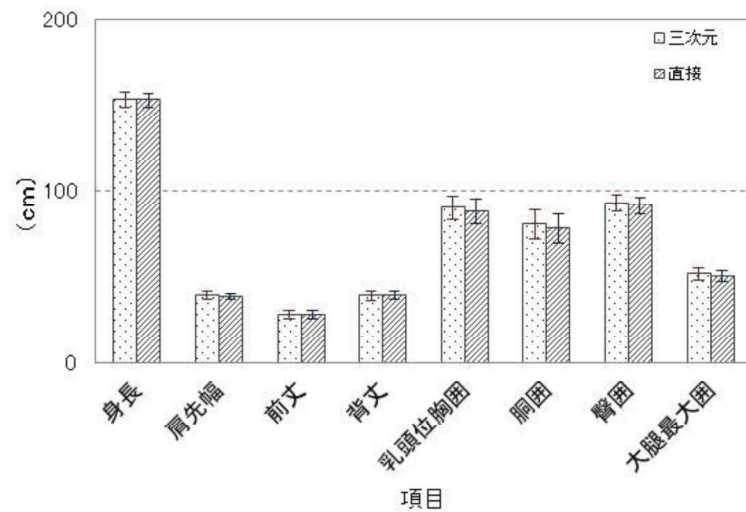


図2.10 人体に対する三次元スキャンデータと直接計測データの比較

2.4 まとめ

三次元スキャンデータを正しく使用して有効に活用するため、人台と人体（高齢女性30名）を対象に非接触三次元人体計測器を用いて計測し、直接計測データと対応できる人台 13 項目、人体 8 項目の三次元スキャンデータについて検討した。

主な結果は以下のとおりである。

- 1) 人台の三次元スキャンデータと直接計測データについて比較した結果、高径項目では有意な差が見られなかったが、幅・長径項目と周径項目では高径項目より誤差が大きかった。5 %水準で有意な差がみられた項目は、乳頭間幅、乳頭位胸囲で、1 %水準で有意な差がみられた項目は、背肩幅、頸付け根囲、下部胸囲、下腿最大囲であった。
- 2) 人体の三次元スキャンデータと直接計測データについて分析した結果、身長と肩先幅は直接計測データより三次元スキャンデータの方が大であった。周径項目は、高径・長径項目より三次元スキャンデータと直接計測データの差が著しく、すべての項目で直接計測データより三次元スキャンデータが大きかった。

前丈と背丈はそれぞれ0.01、－0.22cmの差で最大許容誤差を下回ったが、肩先幅は0.74、周径項目は1.10 - 2.06cmの差で最大許容誤差より大であった。

三次元計測は、短時間で計測でき、立体画像が得られるため極めて有効であるが、三次元計測器で人体計測を行う場合は姿勢、呼吸、振動、体表面の凸凹により、計測値が変動の影響を受けることを念頭に、特に水平垂直方向以外の体表長、末端部、陰影部を含む計測値の扱いには注意を払う必要がある。

文 献

- 1) 大塚美智子：動作フィット性を追究したウォーキングウェア設計のための中高年男女下半身ボディの開発、デサントスポーツ科学、29、20-29 (2008)
- 2) 柳田佳子：衣服設計のための三次元人体形状における計測点設定、感性工学研究論文集、6(2)、1 - 10 (2006)
- 3) Han,H.S., Nam,Y.J. : A Comparative Analysis of the Difference between 3D Body Scan Measurements and physical Measurements by Gender - 5th Size Korea Adult Data - , *Journal of the Korean society of Clothing and Textiles*, 33 (8), 1190 - 1202 (2009)
- 4) <https://box.yahoo.co.jp/guest/viewer?sid=box-l-2y3fh2jy5fpwdwj5jvrxiexcq-1001&uniqid=b1f2d508-8f2a-40d7-9cc1-050b471ad119&viewtype=detail>
- 5) 滝澤愛、大塚美智子：汎用性と理想美を追求した若年女子下半身形状の導出、日本繊維製品消費科学会年次大会・研究発表要旨集 p28 (2010)
- 6) ISO20685 : 2005 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases

第 3 章

高齢女性と若年女性における 体型特徴の比較

3.1 目的

高齢者にとって快適な衣服を設計するためには、高齢者の身体寸法と体形に適合した衣服パターンを検討する必要があるが、衣服設計を前提とした高齢者の三次元形状に基づく体形分析は充分には行われていない。

高齢者の体型と衣服に関するこれまでの研究には、体幹上部の立体形状の検討、背面形状に関する研究など部分的な報告がある^{1)、2)}。しかし、全身の三次元形状を類型化し、若年者の体型との相違について検討した報告はない。三次元スキャンデータを用い、寸法と体形を定量分析しその相違を可視化することで、個人差が大きい高齢者の体形の特徴を明らかにできると考える。これにより、体形の個人差を知り、個人差を効率よくカバーする製品開発が可能になると考えられる。

そこで本章では、高齢女性と若年女性の立位姿勢での三次元計測を行い、三次元スキャンデータを採取して各寸法データから体型特徴を捉えた。また、高齢女性と若年女性の立位姿勢の三次元スキャンデータを用い、立位姿勢における人体形状を導出し、体形特徴を比較し、高齢女性の特徴を詳細に分析した。

3.2 方法

3.2.1 被験者

被験者は、第2章で扱った首都圏在住の65歳 - 80歳の高齢女性30名で、平均年齢は70歳である。比較対象として、三次元スキャンデータの計測値を用いた分析用には、年齢が限定されているため、若年女性10名のデータを用いた。また、人体との解剖学的対応点をもつ相同モデルによる主成分分析と平均形状の作成には、若年女性45名の計測データを用いた。平均年齢は21歳である。

高齢女性30名と若年女性10名の三次元スキャンデータから取得した平均計測値と両平均値の差を、表3.1に示す。高径項目では、すべての項目が高齢女性より若年女性の計測値が大きく、肩先高を除くすべての項目が1%水準で有意な差を示し、肩先高も危険率5%水準で有意だった。幅径・長径項目では、乳頭・前ウエスト線長さが1%水準で、前丈が5%水準で有意な差がみられた。また、高齢女性は若年女性より前丈が長く、乳頭・前ウエスト線長さが短いことから、乳房が下垂し、前傾していることがいえる。周径項目では、若年女性より高齢女性の計測値が大きく、胴囲、腹囲、臀囲が1%水準で、胸囲が5%水準で有意な差がみられ、高齢女性は若年女性に比べ、腹部が大きいことが確認できた。

3.2.2 計測機器

非接触三次元人体計測器である浜松ホトニクス（株）製ボディラインスキャナを用いた。計測スピードは約10秒である。



図 3.1 浜松ホトニクス（株）製ボディラインスキャナ

表 3.1 高齢女性と若年女性の立位姿勢における計測結果（平均値、標準偏差）
および両群での変化率

(単位 : cm)

項目		若年女性		高齢女性		変化率 (%)	t-test
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
	身長	159.5	2.5	153.2	4.3	-3.9	**
高 径	肩先高	128.3	2.0	124.5	4.7	-2.9	*
	乳頭高	113.4	2.8	106.4	3.9	-6.1	**
	後ウエスト高	97.0	1.9	92.7	3.4	-4.5	**
	臀部後突高	78.6	2.1	75.0	3.7	-4.6	**
	乳頭間幅	16.2	1.4	16.4	1.4	1.1	
幅 径	前腋窩幅	29.4	1.2	29.1	1.5	-1.0	
	後腋窩幅	29.9	1.4	30.4	1.9	1.5	
	肩甲骨下角幅	16.2	0.5	16.9	1.4	4.2	
長 径	肩先幅	39.3	1.8	39.1	2.4	-0.5	
	前丈	25.9	1.6	27.9	2.5	7.6	*
	乳頭・前ウエスト線長さ	16.8	2.2	13.5	2.2	-19.4	**
	背丈	38.7	1.9	39.0	2.6	0.6	
	頸椎・肩甲骨下角間距離	22.4	3.5	23.8	2.3	6.1	
	後ウエスト点・臀突点距離	20.3	1.0	19.2	1.7	-5.3	
周 径	乳頭位胸囲	84.1	3.1	90.1	7.0	7.0	*
	胴囲	69.0	2.5	80.3	8.5	16.4	**
	腹囲	78.1	4.5	89.7	7.4	14.8	**
	臀囲	91.1	2.6	92.5	4.9	1.5	**
	大腿最大囲	53.9	2.8	51.6	3.9	-4.2	
	膝囲	36.4	1.3	35.4	2.3	-2.5	
	下腿最大囲	34.0	1.7	34.0	2.3	-0.1	
他	体重(kg)	50.4	3.7	52.4	7.5	3.94	

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

3.2.3 実験着

被験者は、図 3.2 に示す締め付けがなくヌードに近い形態を維持できる肌色のインナーウェアを着用し、頭部にはラバー製の帽子を着用した。



(a)実験衣(正面)



(b)実験衣(背面)



(c) 帽子

＜実験衣の組成＞

上衣:アクリル 39%, ポリエステル 33%, レーヨン 20%, ポリウレタン 8%

下衣:ナイロン 70%, ポリウレタン 30%

図 3.2 実験に使用した衣服

3.2.4 計測姿勢

三次元計測姿勢は、図 3.3 に示すとおり、ISO (国際標準化機構) 20685 に基づき、頭部は正面前方に向け、耳眼面を水平に保った。上肢は自然に下垂し、手掌を後ろに向け、体側より約 20 度開いた。足は左右の足軸を平行にし、足軸間の距離が約 20cm 開いた。

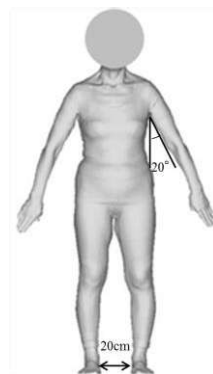
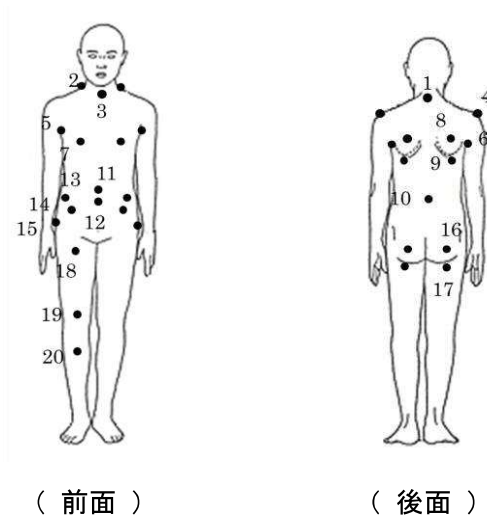


図 3.3 計測姿勢

3.2.5 計測点

計測点は人体を対象とする計測であるため、体表面上の解剖学的な特徴点に基づき、体表から触れやすい骨端、骨頭や基準線の交点を用いた。

各被験者に計測点の位置に、専用のステッカータイプのランドマークを貼り、計測した。計測に用いた基準点を図 3.4 に、その定義を表 3.2 に示した。



1. 頸椎点	2. 頸側点	3. 頸窩点	4. 肩先点	5. 前腋窩点
6. 後腋窩点	7. 乳頭点	8. 背部後突点	9. 肩甲骨下角点	10. 後ウエスト点
11. 臍点	12. 腹部突出点	13. 腸骨稜点	14. 腸棘点	15. 転子点
16. 臀部後突出点	17. 臀溝点	18. 大腿最大位点	19. 膝蓋骨中央点	20. 下腿最大位点

図 3.4 計測の基準点

表 3.2 計測点と定義

NO	計測点名	定義
1	頸椎点	第七頸椎の棘突起(脊椎を構成する個々の骨の後ろ側から出ている突起)の先端の点
2	頸側点	頸付根線と僧帽筋上部前縁との交点
3	頸窩点	鎖骨内側端の上縁水平位と前正中線との交点
4	肩先点	側面からみて上腕上部の幅を2等分する垂直線と腕付け根線との交点
5	前腋窩点	腋窩(わきの下)前縁の大胸筋付着部の最も下端の点
6	後腋窩点	後腋窩裂上端(わきの上端)の点
7	乳頭点	乳頭の中心点
8	背部後突点	側方からみて最も後方に突き出している背部の点
9	肩甲骨下角点	肩甲骨の最も下縁の点
10	後ウエスト点	水平ウエスト線と後正中線の交点 * 水平ウエスト線:ウエスト基点(体幹側面における第十肋骨最下点と腸骨稜上縁点の中間高さの点)における水平面と体表面との交線
11	臍点	へその中心点
12	腹部突出点	側方からみて最も前方に突き出している腹部の点
13	腸骨稜点	腸骨稜(骨盤の上縁に沿って伸びている骨の高まり)のうち、最も外側に突き出している点
14	腸棘点	上前腸骨棘(腸骨稜の前端にある突起)のうち、最も下縁の点
15	転子点	大腿骨の大転子(大腿骨の上方外側にある大きな突起)のうち、最も高い点
16	臀部後突点	側方からみて最も後方に突き出している臀部の点
17	臀溝点	臀溝(臀部と脚の境目のしわ)上における臀部後突点直下の点
18	大腿最大位点	臀溝より下位で大腿部の最も太い部位における脚の点
19	膝蓋骨中央点	膝蓋骨の上縁と下縁の中央高さにおける水平線と、左右縁の中央における垂直線の交点
20	下腿最大位点	下腿部の最も太い部位における脚の点

3.2.6 計測項目

立位姿勢の計測項目は、高径 5項目、幅径 4項目、長径 6項目、周径 7項目、および体重の計23項目で、表3.3および図3.5に示す。また、その定義を表3.4に示した。

表3.3 三次元計測の項目

高径項目	1. 身長	2. 肩先高	3. 乳頭高	4. ウエスト高	5. 臀突高
幅径項目	6. 乳頭間幅	7. 前腋窩幅	8. 後腋窩幅	9. 肩甲骨下角幅	
長径項目	10. 肩先幅	11. 頸側・乳頭距離		12. 乳頭・前ウエストライン線長さ	
	13. 背丈	14. 頸椎・肩甲骨下角距離		15. 後ろウエスト点・臀突点距離	
周径項目	16. 胸囲	17. 胴囲	18. 腹囲	19. 臀囲	20. 大腿囲
	21. 膝囲	22. 下腿囲			
その他	23. 体重				

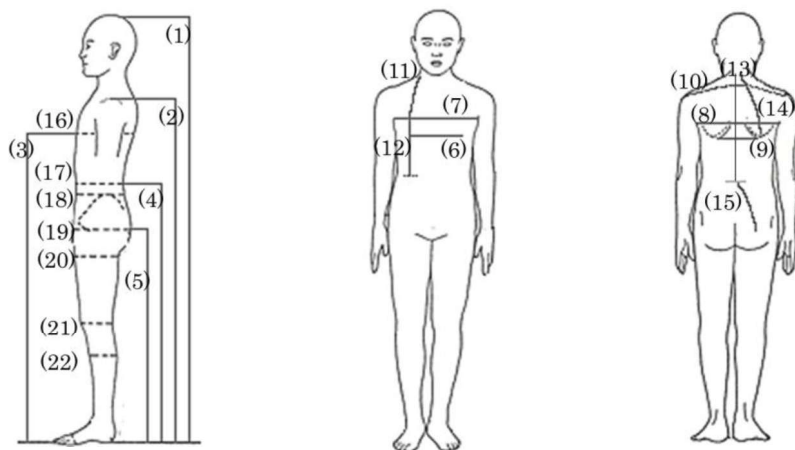


図3.5 計測項目

表3.4 計測項目と定義

NO	項目名	定義
1	身長	床面から頭頂点までの鉛直距離
2	肩先高	床面から肩先点までの鉛直距離
3	乳頭高	床面から乳頭点までの鉛直距離
4	ウエスト高	床から水平ウエスト線と後正中線の交差点までの鉛直距離 ＊ 水平ウエスト線:ウエスト基点(体幹側面における第十肋骨最下点と腸骨稜上縁点の中間高さの点)における水平面と体表面との交線
5	臀部後突高	床面から臀部高突点までの鉛直距離
6	乳頭間幅	左右の乳頭間の直線距離
7	前腋窩幅	左右の前腋窩点間の直線距離
8	後腋窩幅	左右の後腋窩点間の直線距離
9	肩甲骨下角幅	左右の肩甲骨下角点間の直線距離
10	肩先幅	左右の肩先点間の長さ
11	頸側・乳頭距離	頸側点から乳頭点までの長さ
12	乳頭・前水平ウエストライン線長さ	乳頭点から乳頭点直下の水平ウエストライン線までの長さ
13	背丈	後正中線上における頸椎点から水平ウエスト線までの長さ
14	頸椎・肩甲骨下角距離	頸椎点から肩甲骨下角点までの長さ
15	後ウエスト点・臀突点距離	後ウエスト点から臀部高突点までの長さ
16	胸囲	乳頭点の長さにおける体幹の水平周長
17	胴囲	ウエスト基点の高さにおける体幹の水平周長
18	腹囲	腹部前突点の高さにおける体幹の水平周長
19	臀囲	臀部後突点の高さにおける体幹の水平周長
20	大腿囲	臀溝より下位で大腿部の最も太い部位における脚の水平周長
21	膝囲	膝蓋骨中央点の高さにおける脚の水平周長
22	下腿最大囲	下腿部の最も太い部位における脚の水平周長

3.2.7 分析方法

上半身の分析は図3.6に示すように、三次元データの座標値を用い、(a)背面突出点・頸椎点水平距離、(b)背面突出点・後ろウエスト点水平距離、(c)頸椎点・右頸側点水平距離、(d)頸椎点・背面突出点垂直距離の4項目について比較した。また、側面での頸椎点を頂点とした垂直線と頸椎点から右背部後突点までを直線で結び、(e)背面傾斜角度を算出した。頸窩点を頂点とした垂直線と頸窩点から右乳頭点までを直線で結び、(f)前面傾斜角度を算出し、高齢女性と若年女性の上半身の傾きを検討した。

下半身では図3.7に示すように、ウエスト位、胴部の腹位における横径と厚径を計測し、高齢女性と若年女性の体型特徴を捉えた。

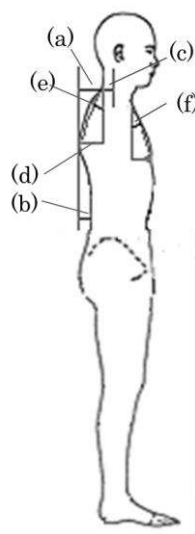


図3.6 上半身の分析項目

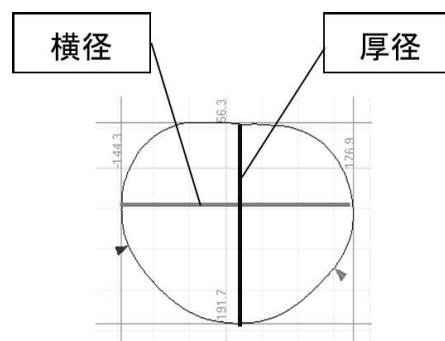


図3.7 下半身の分析項目

高齢女性と若年女性の両群の比較には、三次元スキャンデータを用いて平均値の差の検定を行い、体型特徴を比較・検討した。また、(株)メディックエンジニアリング製3D - RUGLEソフトウェアを用い、水平断面図と垂直断面図により、高齢女性と若年女性の相違点を捉え、高齢女性の体型特徴を明確にした。

3.2.8 相同モデルの作成および主成分分析

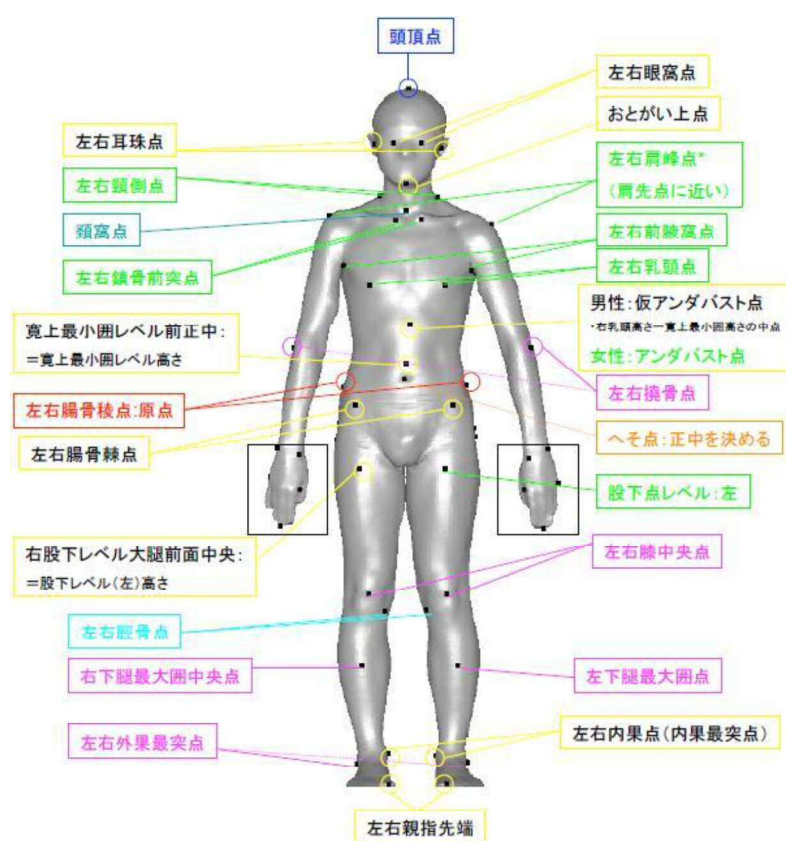
人体形状データを統計処理するため、人体形状の相同モデル化を行った。相同人体形状モデル（Homologous Human Body Shape Model）とは、解剖学的特徴点を手がかりに、同一点数・同一位相幾何構造で表面形状データに個人間の対応のつけた形状データのことである。人体相同モデルは全身だけではなく頭部や足部などのさまざまな部位について製品設計のベースとして提案されている^{3)、4)}。

相同人体形状モデルの作成は、まず、BLM DHAIBA（産業技術総合研究所作製）を用い、計測した三次元スキャン形状を図 3.8 に示す人体の解剖学特徴点 64 点に合わせ、ポリゴン化し、Dhaiba 全身モデルを生成した。さらに、OnwardFit を用い、点をあわせた全身形状三次元スキャンデータ（.obj）と、形状上の特徴点位置（.txt）の 2 種類のデータを入力し、フィッティングさせ、相同人体モデルを生成した。分割を始める最初のポリゴンを標準人体モデル（generic human model）として構成しておき、その頂点に解剖学特徴点として対応をつけ、標準人体モデルを細分割して標準人体モデルを変形する。1 つの標準人体モデルを、さまざまな被験者の実測点群データに向けて細分割することで、同位相で、同点数で、解剖学的特徴点の対応がついた精密な人体形状ポリゴンモデルが構成できることになる。これにより、人体形状のデータサンプル解析のため、統計的に形状データを作成し、数値情報から形状データとして保存され、サンプル形状の特徴を容易に把握することができる。

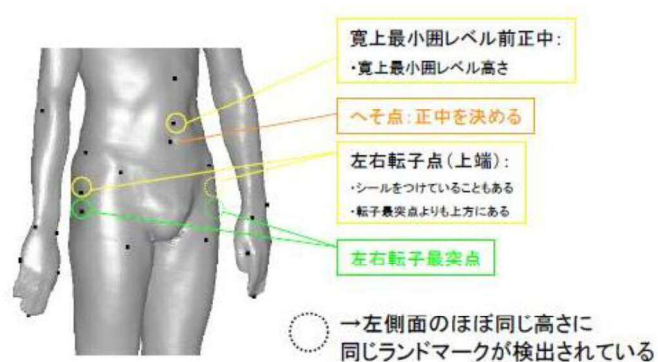
相同モデルの統計処理には、HBS (Human Body Statistics)を用い、主成分分析により主成分を抽出した。主成分分析データを作成し、主成分分析計算用データを入力して固有値と主成分値を計算し、寄与率が 1.0%以上の固有値と主成分得点を入力した。同時に主成分形状生成用の計算結果データを入力し、主成分値、主成分番号、標準偏差など形状を作るための情報を作成して仮想形状を生成した。

人体形状の分析は上腕最大位から遠位を除いて主成分分析への影響を排除し、得られた主成分得点の平均値 $\pm 3SD$ 間の形状を 0.5SD ピッチで、形状データを抽出し

た。主成分別に形状データをもとに動画を作成し、各主成分の特徴を検討した。さらに、定量的に分析を行うため、各主成分得点と計測値との相関関係を調べ、高齢女性と若年女性の立位姿勢における主成分別の体型特徴を明らかにした。

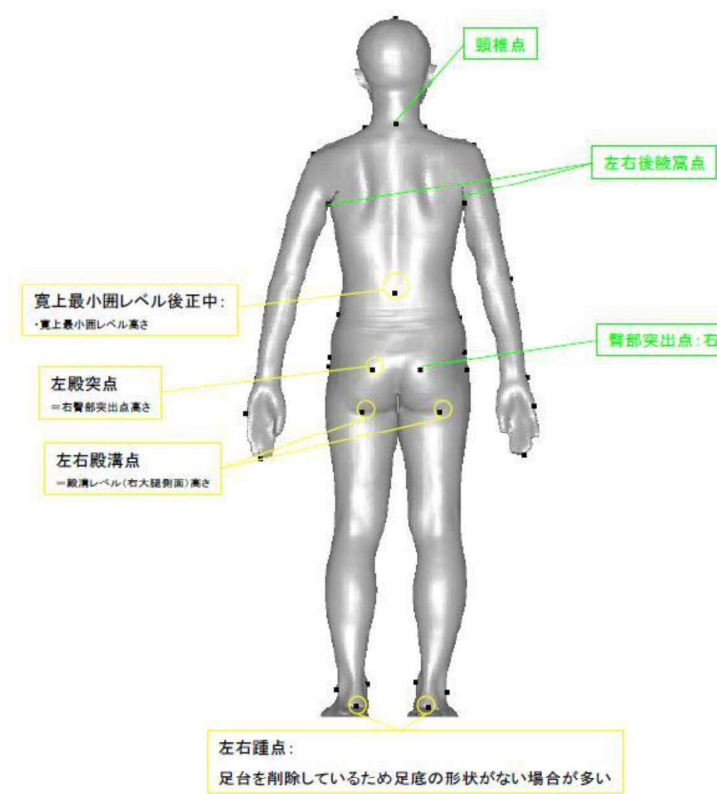


(a) 前面



(b) 腰回り

図3.8 立位姿勢の相同モデルの作成時に用いた人体の解剖学的特徴点



(c) 後面



(d) 手

図3.8 立位姿勢の相同モデルの作成時に用いた人体の解剖学的特徴点

※ 主成分分析を用いた三次元人体形状の統計

■ 全身相同モデリングソフトウェア

- テンプレートの体節の長さ調整と姿勢変化
ーテンプレートモデル Dhaiba に内蔵する骨が伸縮・屈伸
- テンプレートの体節形状を計測データにフィット

■ 統計解析ツール (HBS)

- 特徴
 - ー主に人体形状のデータサンプル解析に用いられる。
 - ーサンプル形状の特徴量の把握が容易に行うことができる。
 - ー解析結果が単なる数値情報から形状データとして保存される。
- 主成分分析による人体形状統計解析で 3 つの手順
 - ー①主成分分析データ作成
 - ー②主成分分析計算
 - ー③主成分形状生成

■ 全身人体形状の主成分分析

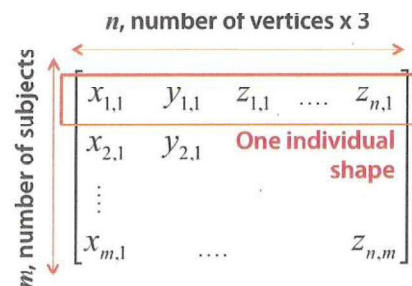
■ Individual body shapes can be described by a large matrix

- ー One individual body shape is described by a vector (number of vertices \times 3 $\langle x, y, z \rangle$)

■ Principal component analysis for the matrix

■ Individual variations are compressed into several independent shape features

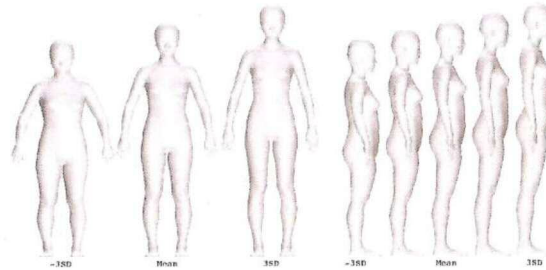
- ー Whole body shapes are usually compressed into around 15 to 20 independent components



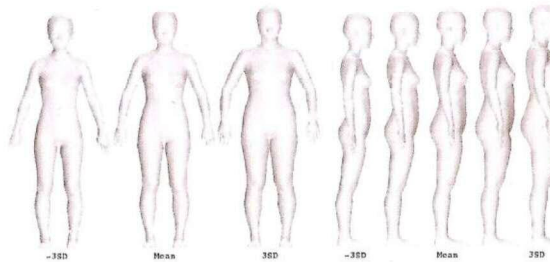
■ 全身人体形状の主成分分析結果

■ Example of results

The first PC indicates the body height changes with allometry



The second PC indicates the body circumference changes according to the body weight



■ 主成分を用いた仮想人体の生成

■ Virtual shapes can be generated from the eigen-shape matrix and weight of PCs

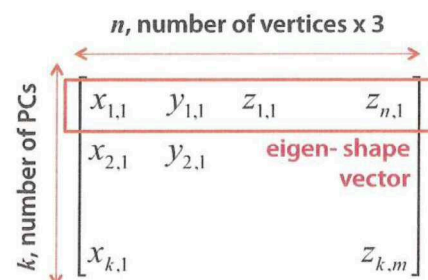
$$V = \bar{V} + P \cdot B$$

V , virtual shape vector

\bar{V} , average shape vector

P , eigen-shape matrix

B , weight of PCs ($b_1, b_2 \dots b_k$)



「出典：Digital Human Research Center」

3.3 結果および考察

3.3.1 三次元スキャンデータによる体形特徴

3.3.1.1 高齢女性と若年女性の上半身の比較

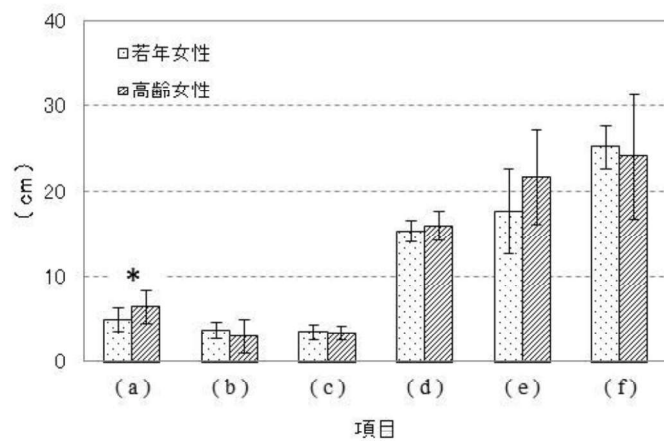
高齢女性は背面が前湾することが先行研究⁵⁾でも報告されているが、さらに高齢女性と若年女性の上半身部位における形状の相異を詳細に捉えるため、(a) 背面突出点・頸椎点水平距離、(b) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離、(c) 頸椎点・右頸側点水平距離、(d) 頸椎点・背面突出点垂直距離、(e) 背部傾斜角度、(f) 胸部傾斜角度の項目について検討した。

まず、各項目について両群の計測値と寸法変化率を、表 3.5 と図 3.9 に示す。(a) 背面突出点・頸椎点水平距離は 30.3%、(e) 背面傾斜角度は 22.4%で、若年女性より高齢女性の方が大きかった。一方、(b) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離は 20.2%、(f) 前面傾斜角度は 4.6%で、若年女性より高齢女性の方が小さかった。両群の間で最も著しい寸法変化を示した項目が、(a) 背面突出点・頸椎点水平距離で、5 %水準で有意な差がみられた。これらの結果より、高齢女性と若年女性の姿勢は大きく異なり、高齢女性は若年女性より首が前傾し、上半身部位の前傾、前湾が顕著になることが明らかになった。

表 3.5 高齢女性と若年女性の立位姿勢における上半身部位の計測値および両群での変化率
(単位: cm)

項目	若年女性		高齢女性		変化率 (%)	t-test
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
(a) 背面突出点・頸椎点水平距離	4.9	1.3	6.3	2.0	30.3	*
(b) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離	3.6	1.0	2.9	1.9	-20.2	
(c) 頸椎点・右頸側点水平距離	3.4	0.8	3.3	0.7	-3.1	
(d) 頸椎点・背面突出点垂直距離	15.3	1.2	15.9	1.8	3.9	
(e) 背面傾斜角度(°)	17.6	5.0	21.6	5.6	22.4	
(f) 前面傾斜角度(°)	25.2	2.6	24.0	7.3	-4.6	

*: $p < 0.05$



*: $p < 0.05$

- (a) 背面突出点・頸椎点水平距離 (b) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離
 (c) 頸椎点・右頸側点水平距離 (d) 頸椎点・背面突出点垂直距離
 (e) 背部傾斜角度 (f) 胸部傾斜角度

図 3.9 高齢女性と若年女性の立位姿勢における上半身部位の計測値

上記の 6 項目に対して、平均値付近の若年女性と高齢女性の被験者を各 1 名選び、後ウエスト点で重ねた両者の垂直断面図を、図 3.10 に示す。高齢女性 B は若年女性 A と側面シルエットが異なり、特に背中の丸み・厚み、乳房下垂、腹部の突出の相違が著しいことが明らかであった。画像からも各項目に対する計測値の結果と同様、高齢女性は上半身部位の前傾、前湾がみられた。

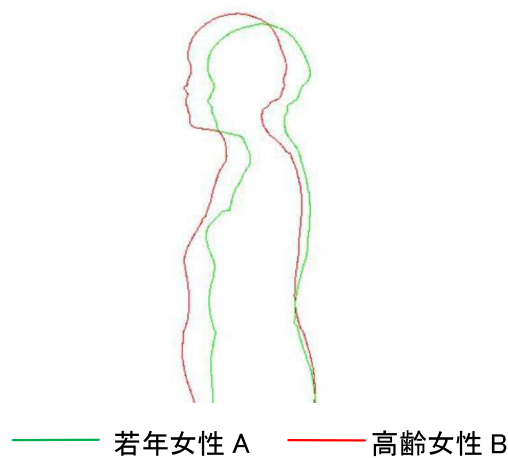


図 3.10 後ウエスト点で重ねた若年女性 A と高齢女性 B の垂直断面図

3.3.1.2 高齢女性と若年女性の腹部の比較

高齢女性と若年女性の腹部について詳細に検討するため、ウエスト位、腹位における厚径と横径の計測値とその差を比較した。その結果を表 3.6 と図 3.11 に示す。

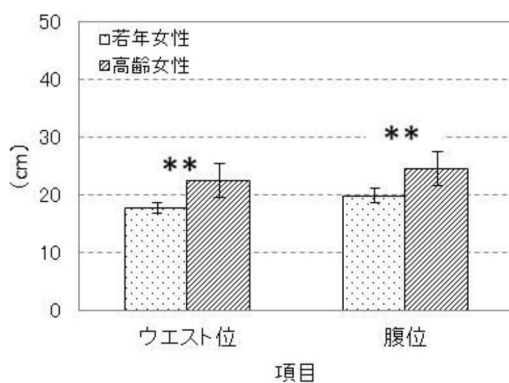
高齢女性の腹部における厚径と横径は、若年女性より大きく、両群間で有意な差 ($p < 0.05$) がみられた。両群間では横径の寸法差より厚径の寸法差が大きく、ウエストの扁平率 (厚径/横径 $\times 100$) をみると高齢女性が 80.5%、若年女性が 69.7%であり、高齢女性の厚みがある体型特徴が示された。これは高齢女性が若年女性より腹部に皮下脂肪が多く蓄積しているためと考えられる。

表 3.6 高齢女性と若年女性の腹部の横径と厚径

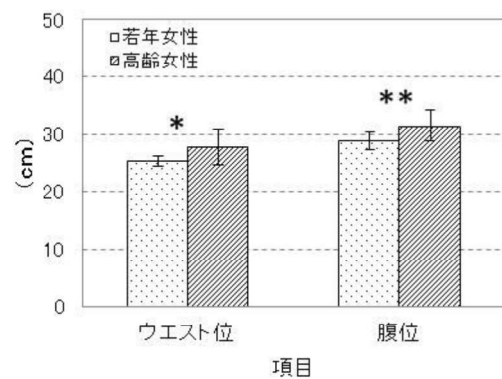
(単位: cm)

	厚径				横径			
	若年女性	高齢女性	差(%)	t-test	若年女性	高齢女性	差(%)	t-test
ウエスト位	17.7	22.4	26.8	**	25.4	27.8	9.3	*
腹位	19.8	24.4	23.8	**	29.0	31.5	8.7	**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$



(a) 厚径



*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

(b) 横径

図 3.11 高齢女性と若年女性の立位姿勢における腹部の計測値

上記の2項目に対して、平均値付近の若年女性と高齢女性の被験者を各1名選び、両者の画像を後ウエスト点で重ねた水平断面図を、図 3.12 に示す。高齢女性 B の形状は若年女性 A の形状と異なり、高齢女性 B は前面の胴部の突出が著しく、胴部の形状は若年女性 A に比べ円形に近く、前面の厚みがあることが明らかである。

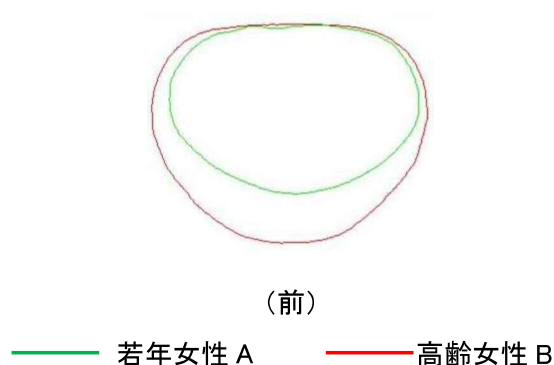


図 3.12 後ウエスト点で重ねた若年女性 A と高齢女性 B の水平断面図

平均値付近の若年女性 A、高齢女性 B の形状における肩峰点位、乳頭点位、後ウエスト位、臀部後突点位の水平断面を重ねた断面重合図を、図 3.13 に示す。高齢女性の形状は若年女性の形状と異なり、胸部と胴部の突出が著しく、背面の各部位のシルエットが単純な形状であることから、肩甲骨の凸凹が消失し、水平方向の前湾が著しい体型になることが示された。

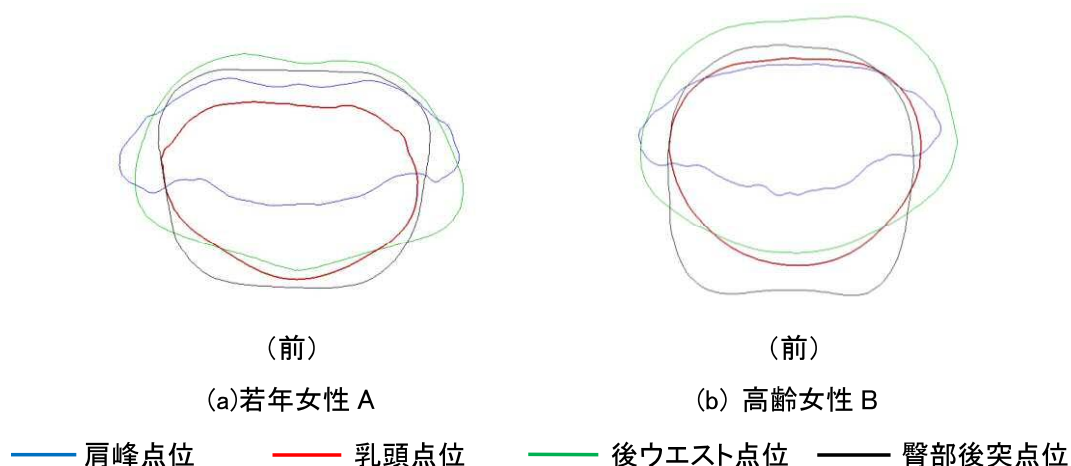


図 3.13 若年女性 A と高齢女性 B の立位姿勢における水平断面重合図

3.3.2 形状データによる体型特徴

3.3.2.1 高齢女性の体型特徴

3.3.1 の三次元スキャンデータによる体形特徴を統計的に検討するため、高齢女性 30 名の三次元スキャンデータを用い、立位姿勢の相同モデルを作成し、主成分分析を行った。相同モデルの主成分分析を行った結果、表 3.7 に示すように、第 6 主成分までの累積寄与率が 81.44%であるため、第 6 主成分まで解釈を行った。立位姿勢における第 1 主成分～第 6 主成分の被験者の主成分得点を、表 3.8 に示す。

表 3.7 高齢女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表

主成分	固有値	寄与率%	累積寄与率%
No 1	10071.00	25.86	25.86
No 2	8010.30	20.57	46.42
No 3	4821.10	12.38	58.80
No 4	4195.90	10.77	69.57
No 5	2512.20	6.45	76.02
No 6	2112.00	5.42	81.44

三次元スキャンデータを用いた主成分分析により作成した人体形状の画像を、図 3.14 に示す。各主成分における右側の三つの画像は、中央の画像が平均形状 (M)、右の画像が平均値 (M) + 3 × 標準偏差 (SD) の形状、左の画像が M - 3SD の形状を示す。左側は、三つの体型を重ねた重合図である。高齢女性の第 1 主成分の形状は、高径項目が大きく変化し、体幹の左右方向の傾きの変化があることから、「高径項目の高低と体幹の左右差」を示す因子と解釈し、第 2 主成分の形状は、背部の形状が大きく変化していることから、「脊椎の湾曲度」を示す因子と解釈した。第 3 主成分の形状は、身体前後の傾きの違いがあることから、「脊椎の前後の傾斜」を示す因子と解釈し、第 4 主成分は、高径・周径・幅径の形状の変化が少ないのに対

し、身体の左右方向の傾きの変化があることから、「脊椎の傾きの左右差」を示す因子と解釈した。第 5 主成分の形状は、高径項目の変化が少ないのに対し、周径・幅径の変化が大きいことから、「肥瘦度」を示す因子と解釈した。第 6 主成分の形状は、胴部前面の形状の変化があることから、「胴部前面の突出度」を示す因子と解釈した。

表 3.8 高齢女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分得点

No.	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
1	65.84	77.03	-20.15	69.49	54.58	14.24
2	-27.48	52.27	-27.22	-34.45	31.01	-16.20
3	-85.18	-42.94	99.97	-29.22	25.30	-75.91
4	-117.03	155.29	10.38	4.70	-38.97	-9.72
5	110.50	-17.77	13.20	-123.83	-28.40	-37.01
6	14.70	-3.67	-118.07	-59.67	49.12	17.99
7	132.84	-46.26	-17.12	34.46	-97.78	-4.61
8	-17.83	84.09	37.50	-43.74	-11.12	-29.92
9	-53.74	-9.34	-71.47	-35.67	29.98	-150.61
10	54.47	-52.03	-112.24	-20.69	-56.12	27.26
11	52.81	-121.53	-45.76	149.07	-84.59	-38.48
12	99.61	-106.38	-2.24	30.55	23.42	112.87
13	-21.46	-27.07	-66.62	-144.72	-68.70	29.32
14	243.15	-49.54	-13.67	25.81	59.60	-46.25
15	11.74	130.19	-44.73	-26.53	42.34	-5.35
16	-234.72	27.14	72.20	-6.69	-66.03	38.58
17	-22.11	-69.31	-40.85	-27.49	6.45	19.22
18	-98.20	82.19	-108.87	42.00	-27.43	8.74
19	-160.28	-217.98	-31.87	16.47	97.56	14.13
20	-84.62	1.54	-9.49	61.12	11.17	10.62
21	57.09	-99.74	89.42	-78.03	54.95	30.26
22	129.23	133.16	103.76	-42.30	-3.78	27.53
23	-41.38	58.97	89.65	-13.48	70.37	30.57
24	-56.72	-70.29	36.44	-1.55	-5.60	47.92
25	58.85	59.30	38.82	142.98	34.66	-31.40
26	-13.00	76.10	77.10	91.97	2.26	24.95
27	105.84	-5.10	68.35	-29.23	-22.81	-9.76
28	62.42	122.84	-55.77	3.81	-28.97	34.44
29	-114.23	15.08	-79.97	32.79	25.14	6.12
30	-51.08	-136.23	129.32	12.07	-77.62	-39.56

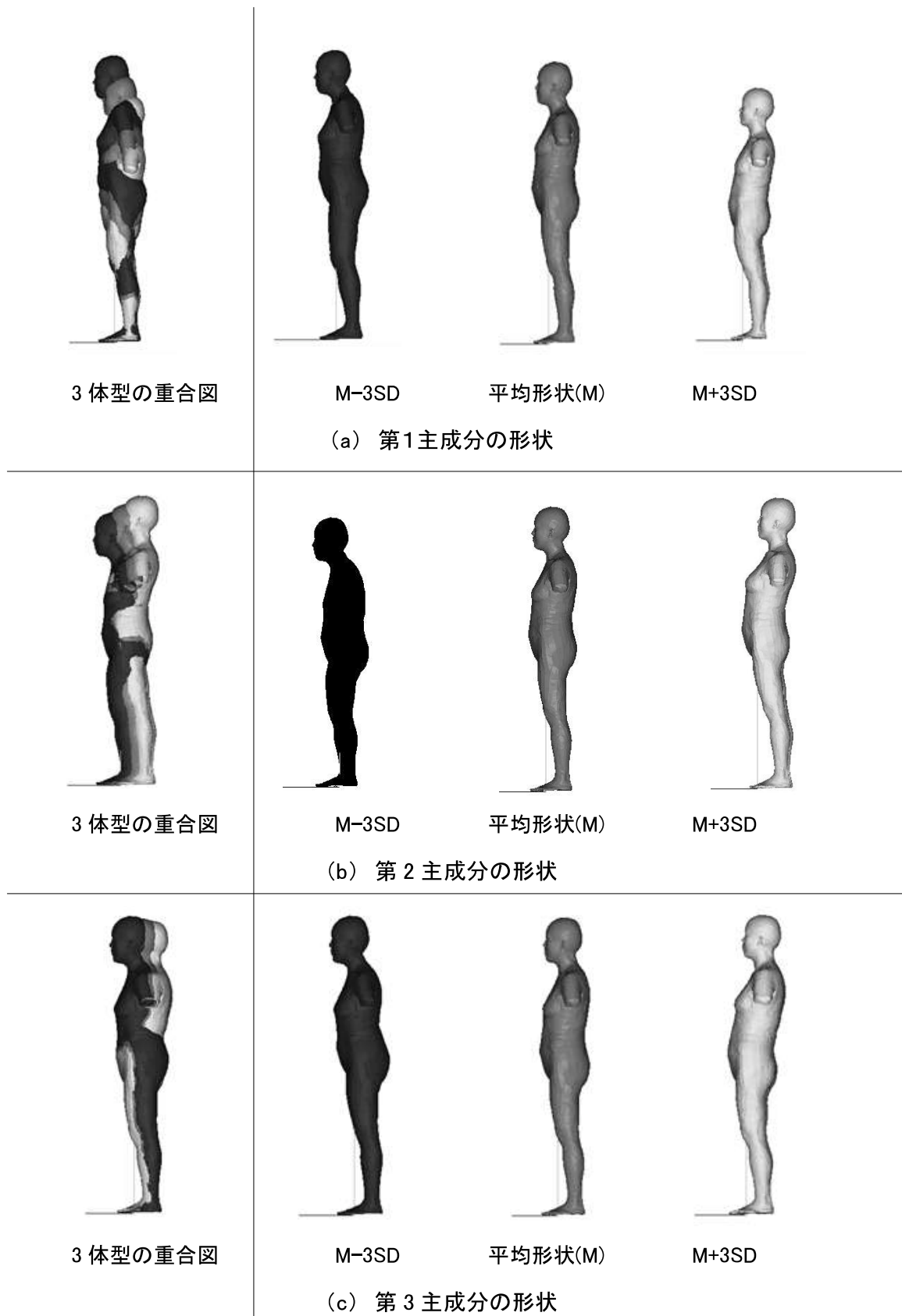


図 3.14 高齢女性の立位姿勢における人体形状の比較

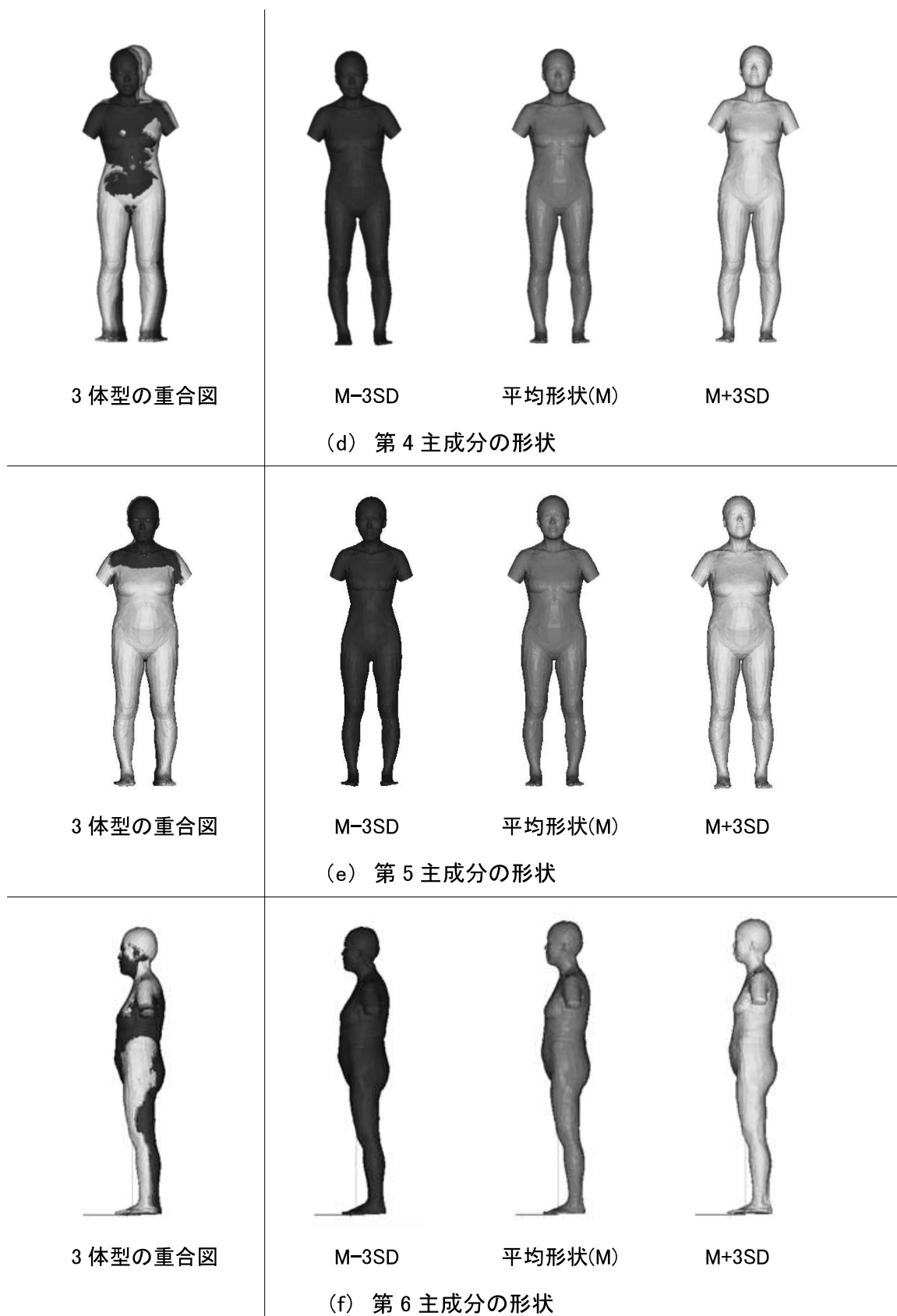


図 3.14 高齢女性の立位姿勢における人体形状の比較

第1主成分から第6主成分の人体形状の特徴をより定量的に検討するため、高齢女性の立位姿勢における相同モデルの第1主成分から第6主成分の主成分得点と計測値との相関関係を調べた。その結果を表3.9に示す。前述の主成分別の人体形状の画像を考慮し、解釈を行った。

第1主成分の形状は、乳頭間幅、乳頭・前水平ウエスト線長さ、背面・ウエスト前方距離、前面傾斜角度を除いたすべての項目が負の値を示した。身長で -0.90 、肩先高で -0.86 、後ウエスト高で -0.78 、乳頭高で -0.69 、背丈で -0.56 、股点・頸椎点水平距離で -0.55 と高い負の相関を示していることから、「高径項目の高低と体幹の左右差」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第2主成分の形状は、背面傾斜角度で -0.60 、背面突出点・頸椎点水平距離で -0.52 と負の相関を示し、前面傾斜角度で 0.56 、乳頭高で 0.52 、背面突出点・後ろウエスト点水平距離で 0.40 、乳頭・前水平ウエスト線長さで 0.37 、身長 0.36 と正の相関を示していることから、「脊椎の湾曲度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第3主成分の形状は、頸椎点・背面突出点垂直距離で 0.42 、背面突出点・後ろウエスト点水平距離で 0.39 と正の相関を示し、背面傾斜角度で -0.33 と負の相関を示し、二つの項目の関連性と主成分画像から、「脊椎の前後の傾斜」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第4主成分の形状は、股点・頸椎点水平距離で -0.52 と負の相関を示していることから、「脊椎の傾きの左右差」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第5主成分の形状は、胸囲で 0.57 、胴囲で 0.55 、胴部厚径で 0.54 、体重で 0.52 、大腿最大囲で 0.50 と正の相関を示していることから、「肥瘦度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第6主成分の形状は、大きな値を示す変数はないが、前腋窩幅で -0.38 、肩先幅で -0.27 、背丈で -0.25 、頸椎・背面垂直距離で -0.24 と負の相関を示し、大腿最

大囲で 0.24、後ウエスト高で 0.23 と正の相関を示していることから、「胴部前面の長さ」または「上半身と下半身の長さのバランス」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

表 3.9 高齢女性の立位における相同モデルの第 1 主成分～第 6 主成分得点と計測値との相関関係

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分
身長	-0.90	0.36	-0.09	0.09	0.05	0.08
肩先高	-0.86	0.13	-0.26	0.13	0.04	0.18
乳頭高	-0.69	0.52	0.05	0.21	-0.11	0.18
後ウエスト高	-0.78	0.29	-0.29	0.12	-0.01	0.23
乳頭間幅	0.16	-0.14	-0.04	-0.11	0.05	0.16
前腋窩幅	-0.40	-0.13	0.24	-0.10	0.38	-0.38
後腋窩幅	-0.20	-0.03	0.29	-0.05	0.55	-0.10
肩先幅	-0.42	-0.25	0.11	-0.33	0.23	-0.27
乳頭・前水平ウエスト線長さ	0.04	0.37	0.23	0.08	-0.19	0.01
背丈	-0.56	-0.15	0.19	-0.19	0.06	-0.25
胸囲	-0.19	0.09	0.19	0.05	0.57	-0.17
胴囲	-0.21	-0.06	0.03	0.03	0.55	-0.12
腹囲	-0.28	0.03	-0.01	-0.02	0.47	-0.03
臀囲	-0.22	-0.06	0.01	0.04	0.44	0.02
大腿最大囲	-0.20	-0.34	0.03	0.19	0.50	0.24
下腿最大囲	-0.28	-0.13	0.12	0.24	0.47	0.07
胴部厚径	-0.10	-0.01	0.06	0.02	0.54	-0.16
胴部横径	-0.14	-0.20	0.19	-0.06	0.49	-0.08
背面・頸椎前方距離	-0.36	-0.52	-0.17	-0.25	-0.04	-0.05
背面・ウエスト前方距離	0.04	0.40	0.39	0.03	0.28	0.02
頸椎・右頸側前方距離	-0.17	-0.08	-0.11	0.16	0.18	-0.12
頸椎・背面垂直距離	-0.32	0.22	0.42	-0.08	0.24	-0.24
背面傾斜角度	-0.23	-0.60	-0.33	-0.22	-0.19	0.05
前面傾斜角度	0.02	0.56	0.21	0.25	0.30	-0.04
股点・頸椎点水平距離	-0.55	-0.31	0.38	-0.52	0.08	-0.03
体重	-0.43	0.01	0.08	0.05	0.52	-0.09

r: 相関係数

: $0.7 \leq |r|$
 : $0.4 \leq |r| < 0.7$
 : $0.2 \text{ or } 0.3 \leq |r| < 0.4$

3.3.2.2 若年女性の体型特徴

高齢女性の比較データとして、若年女性 45 名（平均身長 158.8cm、平均体重 50.4kg）の三次元スキャンデータを用い、立位姿勢の相同モデルの生成と主成分分析を行った。相同モデルについて主成分分析を行った結果、表 3.10 に示すように、第 6 主成分までの累積寄与率が 73.81%であるため、第 6 主成分まで解釈を行った。立位姿勢における第 1 主成分～第 6 主成分の被験者の主成分得点を表 3.11 に示す。

表 3.10 若年女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表

主成分	固有値	寄与率%	累積寄与率%
No1	9717.60	24.95	24.95
No2	7186.50	18.45	43.40
No3	4559.00	11.70	55.10
No4	2778.50	7.13	62.23
No5	2486.40	6.38	68.62
No6	2020.60	5.19	73.81

三次元スキャンデータを用いた主成分分析により作成した人体形状の画像を図 3.15 に示す。各主成分の右側の三つの画像は高齢女性と同様、中央の画像が平均形状 (M)、右の画像が平均値 (M) +3×標準偏差 (SD) の形状、左の画像が M-3SD の形状を示す。左側は、三つの体型を重ねた重合図である。若年女性の第 1 主成分の形状は、高径項目が大きく変化していることから、「高径項目の高低」を示す因子と解釈し、第 2 主成分の形状は、背部の形状が変化していることから、「脊椎の湾曲度」を示す因子と解釈した。第 3 主成分の形状は、周径、幅径の変化があることから、「肥瘦度」を示す因子と解釈し、第 4 主成分の形状は、身体前後の傾きの違いがあることから、「脊椎の前後の傾斜」を示す因子と解釈した。第 5 主成分の形状は、身体の左右方向の傾きの変化があることから、「脊椎の傾きの左右差」を表す因子と解釈した。第 6 主成分の形状は、上半身に比べ下半身の太さに変化があることから、「下半身の発達」を示す因子と解釈した。

表 3.11 若年女性の立位姿勢における相同モデルを用いた主成分得点

No	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
1	-96.97	-7.39	-109.85	28.26	28.03	-87.39
2	13.34	-210.97	34.60	-42.71	88.89	-38.24
3	-49.85	-20.43	-96.21	-31.32	-38.08	-30.53
4	70.68	3.62	71.56	25.08	91.08	46.83
5	30.82	12.55	41.04	-11.54	-22.41	45.29
6	-9.34	62.50	27.45	70.54	37.09	-4.35
7	-79.02	8.36	-35.37	31.01	103.58	79.27
8	12.70	4.55	-106.15	21.56	-0.19	47.22
9	77.91	91.59	25.33	56.26	-48.21	27.09
10	86.50	-71.42	14.14	6.90	-63.38	-55.69
11	57.49	-190.17	111.82	-36.33	-91.90	22.32
12	-1.63	-61.43	-91.45	44.88	63.31	-34.57
13	209.79	224.71	-100.16	-69.25	81.36	-20.66
14	-159.59	71.66	-46.95	-26.96	-74.67	15.55
15	31.88	-66.55	22.81	-76.94	45.62	19.55
16	186.87	-4.09	-35.32	-7.11	-34.82	32.09
17	12.85	-3.04	-61.10	-98.91	-23.18	11.59
18	-242.38	-52.20	58.18	24.99	44.89	11.49
19	7.35	-16.51	5.04	-24.70	9.58	-18.57
20	-60.84	13.21	1.09	-60.65	12.98	-50.75
21	8.78	-0.81	92.52	98.35	-72.84	1.42
22	-193.80	10.53	-53.07	-48.24	-21.08	-30.74
23	-18.37	-68.30	-19.36	-36.09	-14.53	-64.53
24	45.64	27.64	95.94	46.42	-28.69	-106.63
25	164.16	-46.35	135.04	-25.51	55.44	-80.85
26	-61.17	-154.66	-63.82	60.12	6.40	38.71
27	99.80	-67.42	-113.60	-10.52	21.10	38.70
28	-117.33	48.10	18.56	-47.97	-4.55	39.79
29	-177.79	-64.49	7.40	79.74	-14.94	0.37
30	-88.69	34.96	-7.01	-17.23	-54.05	13.73
31	-45.77	83.05	109.12	12.93	48.98	23.29
32	-61.02	57.54	31.59	-81.81	-40.78	-5.31
33	66.88	-61.96	80.94	-53.80	-2.55	85.36
34	-114.95	223.40	99.21	5.51	5.51	-27.27
35	133.14	34.59	39.88	-10.43	-12.63	57.96
36	3.62	-24.99	-38.18	131.70	-3.52	-10.22
37	56.57	-48.64	23.61	56.04	-29.45	19.37
38	100.98	-72.87	-77.00	31.06	45.38	-36.55
39	42.42	-6.95	52.13	-3.07	-10.64	-25.99
40	108.52	40.22	-103.11	13.70	-103.67	-55.15
41	-33.23	-45.99	-61.20	-35.21	-7.96	71.52
42	55.14	119.62	-23.20	108.73	34.75	24.91
43	8.09	98.24	20.39	-14.48	14.88	-28.41
44	25.21	66.17	-14.94	-12.25	-73.32	56.38
45	-105.39	30.84	37.66	-70.72	53.21	-17.39

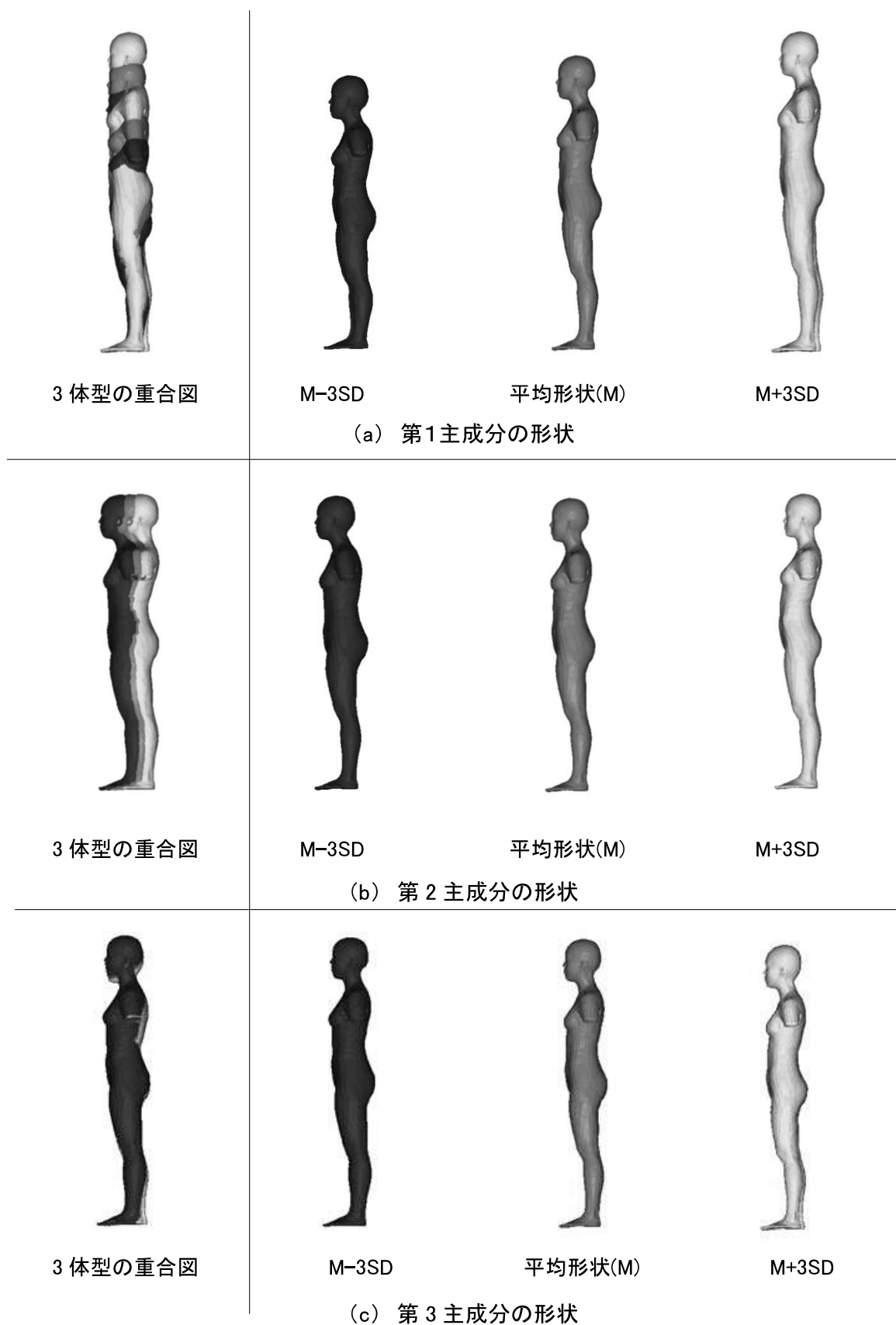


図 3.15 若年女性の立位姿勢における人体形状の比較

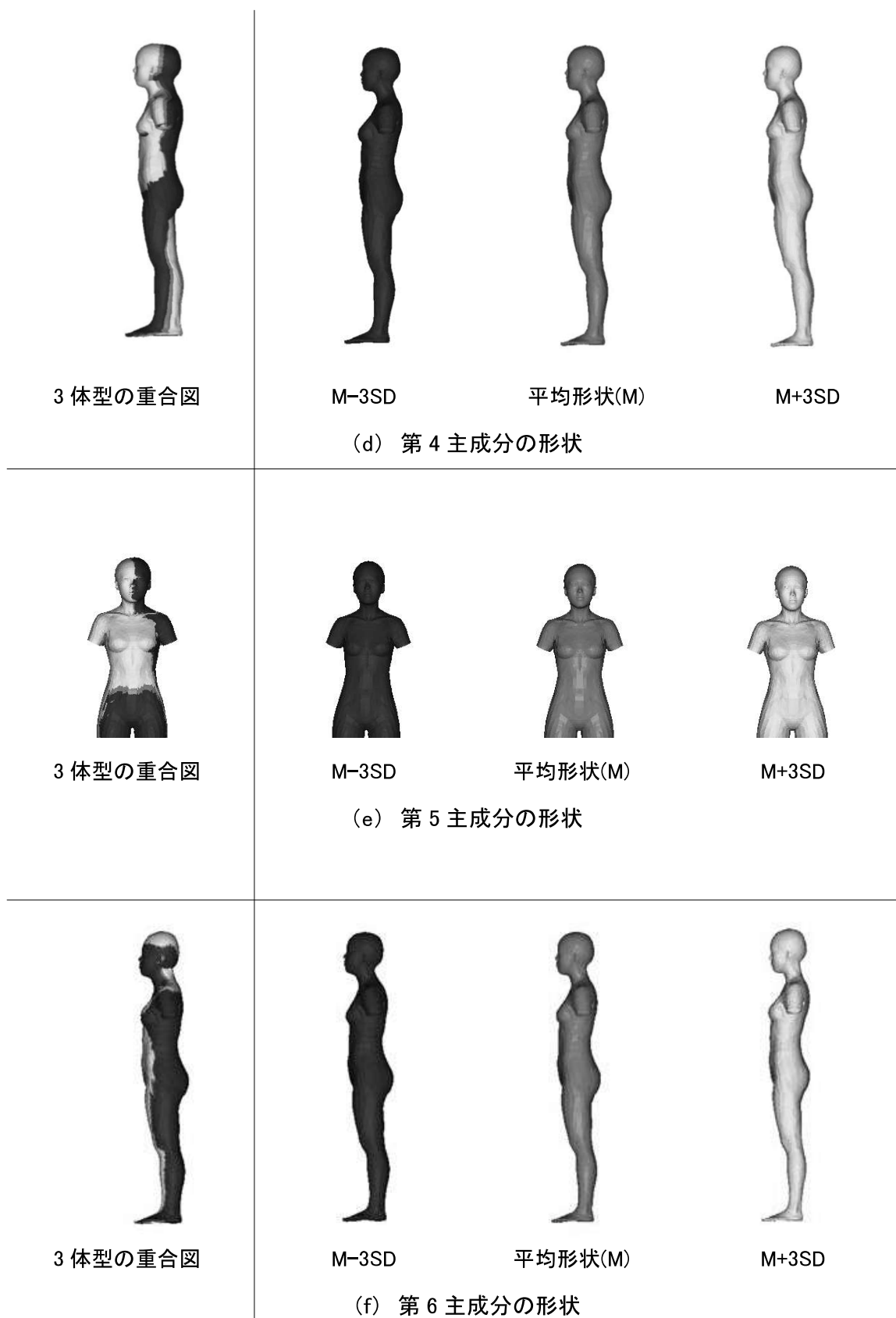


図 3.15 若年女性の立位姿勢における人体形状の比較

第 1 主成分から第 6 主成分の人体形状の特徴をより定量的に検討するため、若年女性の立位姿勢における相同モデルの第 1 主成分から第 6 主成分の主成分得点と計測値との相関関係を調べた。その結果を表 3.12 に示す。前述の主成分別の人体形状の画像を考慮し、解釈を行った。

第 1 主成分の形状は、身長で 0.97、肩先高で 0.95、乳頭高で 0.92、後ウエスト高で 0.80 と高い正の相関を示していることから、「高径項目の高低」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第 2 主成分の形状は、胸囲で -0.58、頸椎点・背面突出点垂直距離で -0.47、背面突出点・頸椎点水平距離で -0.46、大腿最大囲で -0.44、背面傾斜角度で -0.30 と負の相関を示し、前面傾斜角度で 0.31、背面突出点・後ウエスト点水平距離で 0.35 と正の相関を示していることから、「脊椎の湾曲度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第 3 主成分の形状は、胴囲で -0.45、臀囲で -0.42、体重で -0.41、胴部厚径で -0.31、胴部横径で -0.31 と負の相関を示していることから、「肥瘦度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第 4 主成分の形状は、大きな値を示す変数はないが、前面傾斜角度で -0.36 と負の相関を示し、背面傾斜角度で 0.28 と正の相関を示し、二つの項目の関連性と人体形状の画像から、「脊椎の前後の傾斜」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第 5 主成分の形状は、股点・頸椎点水平距離で 0.41 と正の相関を示していることから、「脊椎の傾きの左右差」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第 6 主成分の形状は、臀囲で -0.4、腹囲で -0.29、大腿最大囲で -0.25、胴囲で -0.24 と負の相関を示し、主成分画像の特徴を考慮し、「下半身の発達」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

表 3.12 若年女性の立位における相同モデルの第 1 主成分～第 6 主成分得点と計測値との相関関係

	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
身長	0.97	0.01	-0.05	0.05	0.01	0.06
肩先高	0.95	-0.03	-0.12	0.13	-0.02	0.03
乳頭高	0.92	0.08	-0.11	0.05	-0.03	0.05
後ウエスト高	0.80	-0.02	-0.16	0.06	0.00	0.00
乳頭間幅	0.35	0.23	-0.25	-0.20	0.31	-0.11
前腋窩幅	0.11	-0.14	-0.10	-0.07	0.09	-0.31
後腋窩幅	0.12	-0.08	-0.12	-0.15	-0.09	-0.11
肩先幅	0.16	0.06	-0.06	-0.12	0.07	0.03
乳頭・前水平ウエスト線長さ	0.34	0.21	0.31	0.04	-0.13	0.05
背丈	0.42	0.18	0.03	-0.11	-0.09	0.00
胸囲	0.00	-0.58	-0.16	-0.03	0.00	-0.17
胴囲	0.05	-0.12	-0.45	0.04	0.27	-0.24
腹囲	0.02	0.01	-0.24	0.11	0.12	-0.29
臀囲	0.31	-0.13	-0.42	-0.03	0.20	-0.40
大腿最大囲	-0.04	-0.44	-0.17	0.23	-0.13	-0.25
下腿最大囲	0.00	-0.05	-0.15	-0.27	-0.08	0.02
胴部厚径	0.37	0.12	-0.31	-0.11	0.20	-0.21
胴部横径	-0.07	-0.14	-0.31	0.13	0.09	-0.16
背面・頸椎前方距離	-0.28	-0.46	0.02	0.22	-0.03	-0.17
背面・ウエスト前方距離	-0.15	0.35	0.11	-0.06	-0.04	0.25
頸椎・右頸側前方距離	0.13	0.00	0.11	-0.25	-0.04	-0.18
頸椎・背面垂直距離	0.05	-0.47	-0.04	0.01	0.16	-0.04
背面傾斜角度	-0.38	-0.30	0.09	0.28	-0.14	-0.15
前面傾斜角度	0.16	0.31	-0.07	-0.36	0.08	0.19
股点一頸椎点	0.35	-0.27	0.33	-0.05	0.41	-0.15
体重	0.41	-0.29	-0.41	-0.08	0.05	-0.32

r: 相関係数

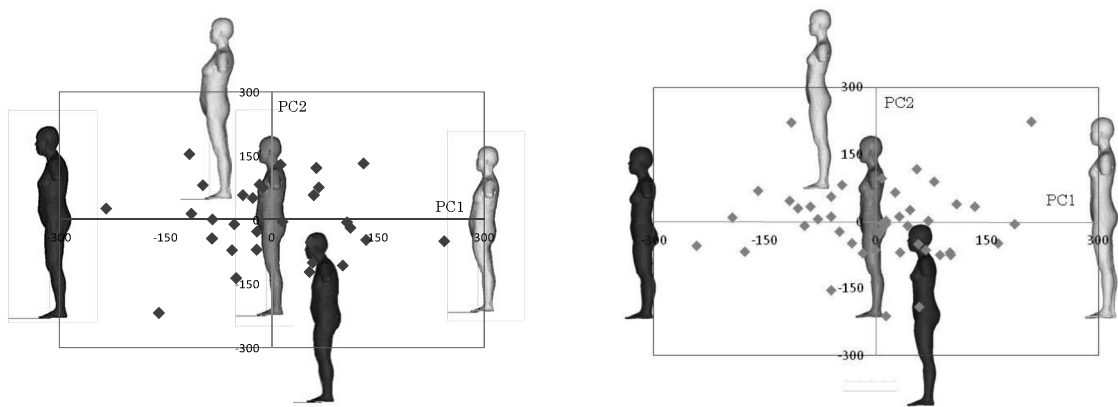
: $0.7 \leq |r|$
 : $0.4 \leq |r| < 0.7$
 : $0.2 \text{ or } 0.3 \leq |r| < 0.4$

3.3.2.3 高齢女性と若年女性の立位姿勢における形状因子の比較

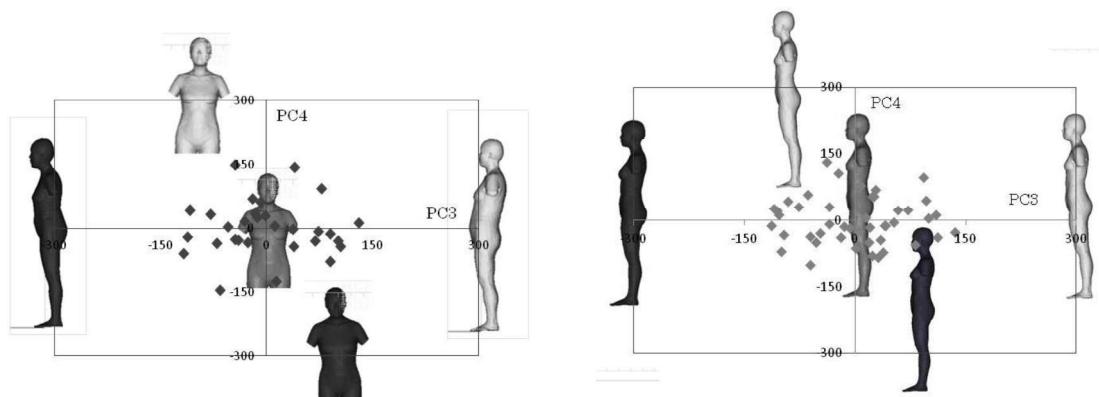
高齢女性と若年女性の立位姿勢における相同モデルの主成分得点による散布図と人体形状の画像を図 3.16 に示す。ここで中心の画像は平均形状、右と上の画像は主成分得点の平均値(M)+ $3SD$ の形状、左と下の画像は $M-3SD$ の形状を示す。図 3.16 (a)の散布図は横軸に第 1 主成分、縦軸に第 2 主成分、(b)の散布図は横軸に第 3 主成分、縦軸に第 4 主成分、(c)の散布図は横軸に第 5 主成分、縦軸に第 6 主成分を示す。

高齢女性は若年女性より脊柱の湾曲度や身体前後の傾斜や脊椎の傾きの左右差という姿勢に関する因子がより明確に抽出され、高齢者に特有な脊椎の形状変化に左右される要因が抽出された。また、高齢女性は胴部前面の突出や上半身と下半身の長さのバランスを示す因子が抽出されたが、若年女性は下半身の発達を現す因子が抽出され、両群は異なる体型特徴に要約されることが明らかになった。

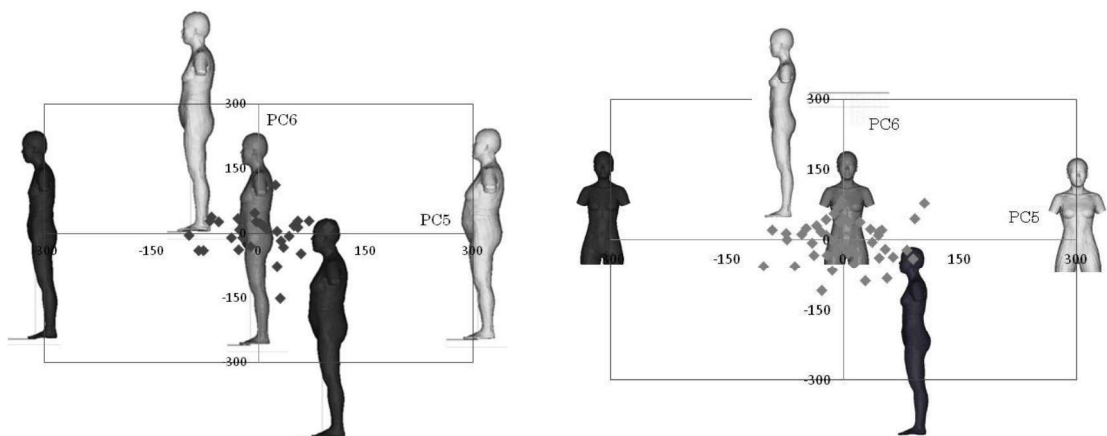
このように高齢女性の立位姿勢における形状のバラつきは大であり、適合性の高い衣服の設計には高齢者特有の体型特徴、特に脊椎と体幹前面の変化を反映させることが必要である。



(a) 第 1・2 主成分 (左:高齢女性、右:若年女性)



(b) 第 3・4 主成分 (左:高齢女性、右:若年女性)



(c) 第 5・6 主成分 (左:高齢女性、右:若年女性)

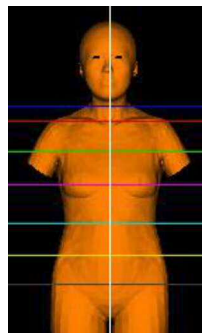
図 3.16 高齢女性と若年女性の立位姿勢における相同モデルの主成分得点による
散布図と人体形状の比較

3.3.2.4 高齢女性と若年女性の立位姿勢における平均形状の比較

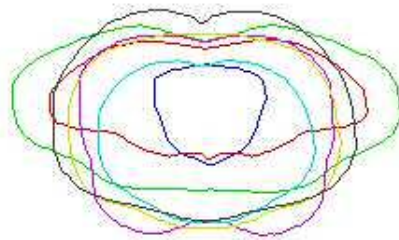
若年女性の平均形状および高齢女性の平均形状における各基準点（頸椎点、肩峰点、背部突出点、乳頭点、後ウエスト点、腹部突出点、臀部後突点）を通る水平断面を重ねて図 3.17 に示した。青で示した頸椎点と水色で示した後ウエスト点、若年女性では一致しているのに対し、高齢女性では一致していない。また、緑で示した背面後ろ中心と黒で示した臀部の後ろ中心が、若年女性では離れているのに対し、高齢女性ではほぼ一致している。これらのことから、若年女性では脊椎の S 字状の湾曲が明確にあらわれているのに対し、高齢女性では首が前傾してあり、背部から臀部までは平らで、若年女性でみられた脊椎の S カーブが消失している。この結果は、図 3.21 の高齢女性の平均形状と若年女性の平均形状を各基準点（頸椎点、頸側点、バストポイント）で重ねた垂直断面図からもその傾向が確認できる。

若年女性の平均形状および高齢女性の平均形状における各基準点（頸椎点、頸側点、乳頭点）を通る垂直断面を重ねて図 3.18 に示した。図 3.18 の(a)若年女性と(b)高齢女性を比較すると、若年女性に比べ高齢女性では腹部の厚みがあることと、正中線を中心に膨らみが出てきていることが特徴である。このことは図 3.21 の垂直断面図からも明確である。また、高齢女性の平均形状と若年女性の平均形状を各基準点（バスト点、ウエスト点、腹部突出点）で重ねた水平断面図、図 3.20(b) ウエスト点位、(c) 腹部突出点位でも確認できる。

このように高齢女性と若年女性とは異なる体型特徴に要約されることが明らかになり、高齢女性の衣服設計には脊椎の湾曲と傾斜、胴部前面の突出という特有の特徴を反映させる必要がある。

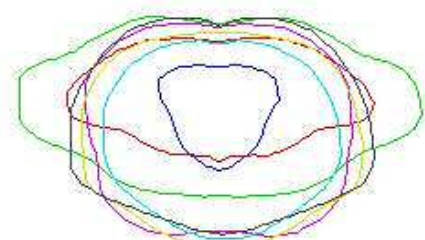


(平均高齢女性の画像)



(前)

(a) 若年女性

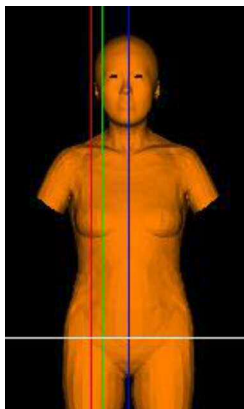


(前)

(b) 高齢女性

青: 頸椎点位	赤: 肩先点位	緑: 背中突出点位	ピンク: バスト点位
水色: 後ウエスト点位	黄色: 腹部突出点位	黒: 臀部突出点位	

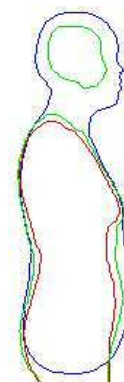
図 3.17 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢における水平断面重合図



(平均高齢女性の画像)



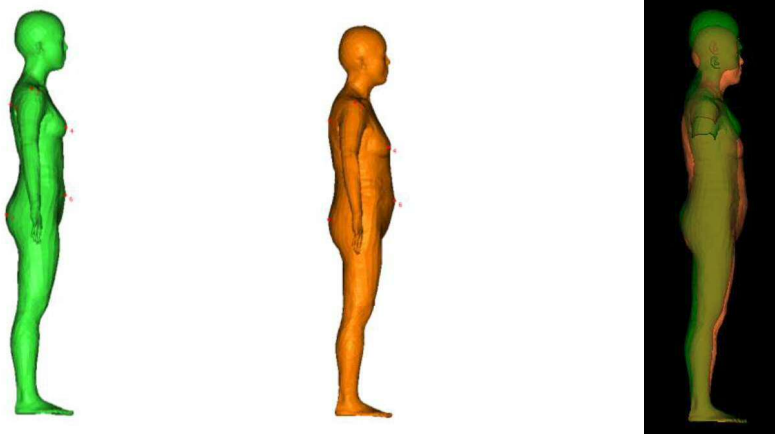
(a) 若年女性



(b) 高齢女性

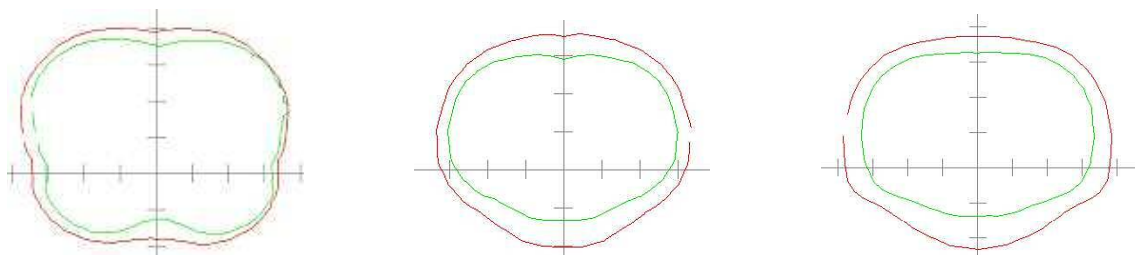
青: 頸椎点位	緑: 頸側点位	赤: バスト点位
---------	---------	----------

図 3.18 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢における垂直断面重合図



(a) 若年女性 (b) 高齢女性 (c) 若年女性と高齢女性を重ねた画像

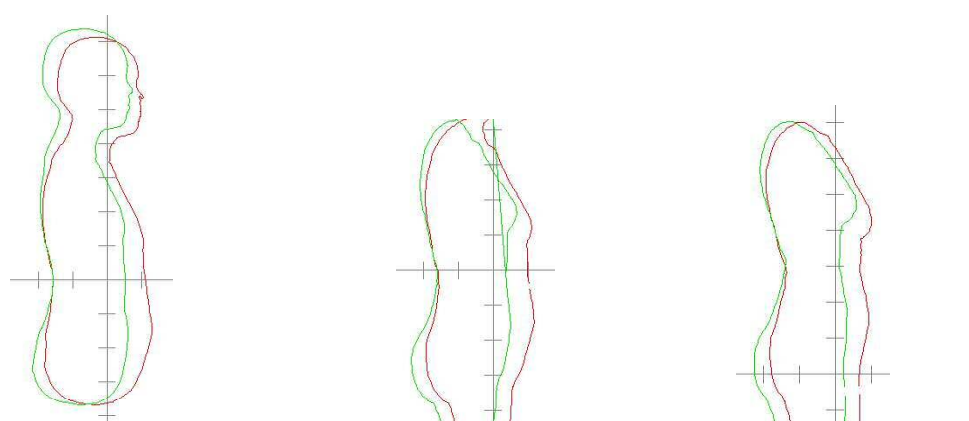
図 3.19 平均高齢女性と平均若年女性の立位姿勢での画像



(a) バスト点位 (b) ウエスト点位 (c) 腹部突出点位

—— 平均若年女性 —— 平均高齢女性

図 3.20 立位姿勢での平均若年女性と平均高齢女性を後ウエスト点で重ね、各基準点でカットした水平断面図



(a) 頸椎点位 (b) 頸側点位 (c) バストポイント位

—— 平均若年女性 —— 平均高齢女性

図 3.21 立位姿勢での平均若年女性と平均高齢女性を後ウエスト点で重ね、各基準点でカットした垂直断面図

3.5 まとめ

首都圏在住の高齢女性 30 名の立位姿勢の三次元人体データを採取し、高齢女性の立位姿勢における体形特徴について若年女性との比較から検討した。

主な結果は以下のとおりである。

- (1) 高齢女性は若年女性より背面突出点・頸椎点水平距離、背部傾斜角度は大きく、背面突出点・後ろウエスト水平距離、乳頭・前水平ウエスト線長さは短く、高齢女性は首が前に出て体幹上部が前傾、前湾することが明らかになった。
- (2) 高齢女性の立位形状に関する主成分分析の結果、「高径項目の高低と体幹の左右差」、「脊椎の湾曲度」、「脊椎の前後の傾斜」、「脊椎の傾きの左右差」、「肥瘦度」、「胴部前面の突出」を示す因子が抽出され、若年女性と比べて姿勢に関する因子がより明確に抽出された。
- (3) 主成分分析の結果から、高齢女性と若年女性とは異なる体型特徴に要約されることが明らかになり、高齢女性の衣服設計には脊椎の湾曲と傾斜、胴部前面の突出という特有の特徴を反映させる必要がある。

文 献

- 1) Watanabe, K., Furunatsu, Y., and Matsuyama, Y. , Analysis of the Torsal shape of Elderly Japanese Women and a comparison with Younger women for Improving Apparel Fit, *J. Home Econ. Jpn.* 50 (12), 69 - 76 (1999)
- 2) 渡邊敬子、松山容子、古松称生：高齢女性用衣服設計のための体幹上部立体形状の 3 次元解析、家政誌、51 (11)、1045 - 1055 (2000)
- 3) 持丸正明、河内まき子：“人体形状計測” 人体を測る - 寸法、形状、運動 - 東京電機大学出版局、2006、74 - 80
- 4) 土肥麻佐子、持丸正明、河内まきこ：足部の 3 次元形態の分布、人間工学、34、364 - 365 (1998)
- 5) 大塚美智子、宮脇亜紀：高齢者の体型特徴に基づく JIS サイズへの提案、日本繊維製品消費科学会、42 (10)、657 - 668 (2001)

第 4 章

高齢女性の座位姿勢における 寸法と体幹形状の変化

4.1 目的

人は日常生活において、食事、デスクワーク、パソコン操作、読書、テレビ視聴など、座位姿勢をとっている時間は長く、特に高齢者は座位姿勢を多くとっていることが報告されている¹⁾。座位姿勢に関する先行研究は、男性被験者を対象に立位姿勢と座位姿勢での三次元形状の変化²⁾や、椅座姿勢の障害者に求められる衣服設計の検討³⁾についての研究がある。しかし、高齢者の体型に関する研究は、立位姿勢を前提とした高齢女性の体幹部の形状や個人差を表す要因を明らかにした報告であり、座位姿勢に関する研究さえほとんど行われてない。

衣服は、従来より身体計測値に基づき設計され、ゆとりを加えることでさまざまな動作に対応させてきた。しかし、加齢とともに体形が変化する高齢者にとっては、日常多くとる姿勢である座位姿勢に基づく衣服設計を行うことで快適性、フィット性を向上させる効果を期待できる。このような視点から衣服を設計するためには、高齢者の座位姿勢や歩行姿勢、作業姿勢など、さまざまな姿勢を配慮した人台の設計が必要となるが、現在、座位姿勢における高齢者の体型特徴を持つ衣服設計用の人台は生産されていない。

そこで本章では、快適な衣服設計のための人台とパターン設計のための基礎研究として、日常生活の主な姿勢である立位姿勢と座位姿勢の三次元スキャンデータを採取し、両姿勢の比較から高齢女性の座位姿勢における体幹の体形特徴を分析した。さらに、立位姿勢と座位姿勢の三次元スキャンデータを用い、立位姿勢と座位姿勢における平均形状を導出し、両姿勢における体幹部形状の相違を明らかにし、高齢女性の座位の人台設計と座位姿勢を配慮した衣服設計のための指標を明確化することを目的とする。

4.2 方法

4.2.1 被験者

被験者は第2章で扱った高齢女性を対象にした。首都圏在住の65歳 - 80歳の高齢女性30名で、平均年齢70歳、平均身長153.2cm、平均体重52.4kgである。

4.2.2 計測装置および実験着

各被験者に、図4.1に示す基準点に専用のステッカータイプのランドマークをはり、非接触三次元人体計測器（浜松ホトニクス（株）製ボディラインスキャナ）で計測した。

実験衣は、第3章と同様に締め付けがなくヌードに近い形態を維持できる肌色のインナーウェアを着用し、頭部にはラバー製の帽子を着用した。計測スピードは約10秒である。

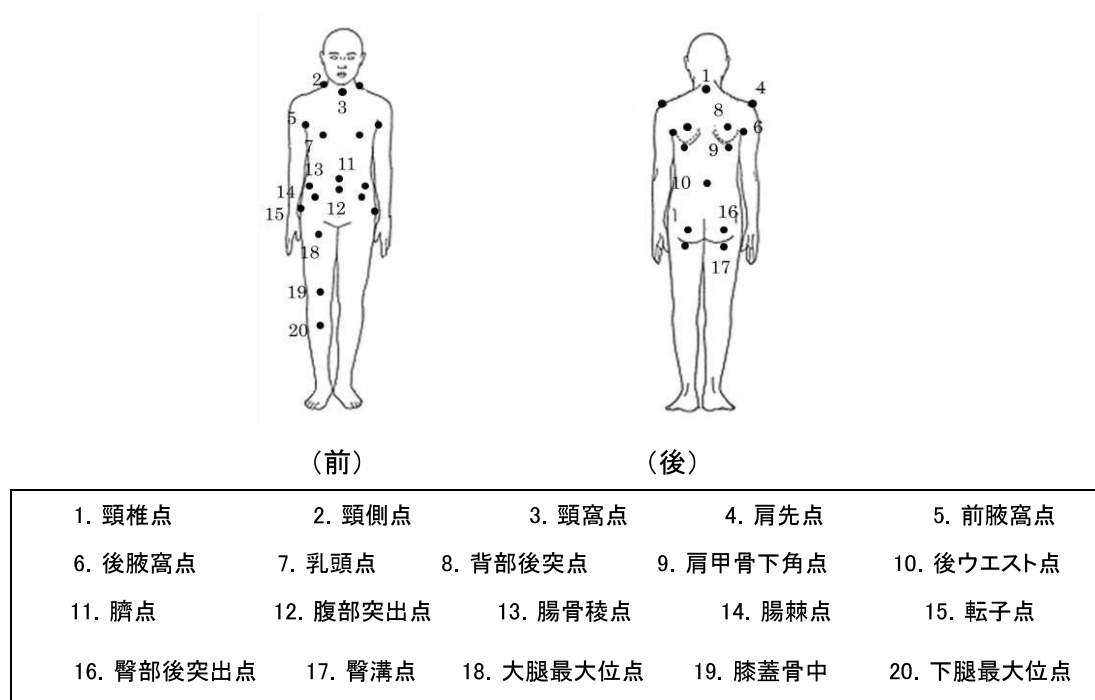


図 4.1 計測に用いた基準点

4.2.3 計測姿勢

計測姿勢は図 4.2 に示すとおり、立位姿勢は第 3 章と同様、ISO（国際標準化機構）20685 に基づき、頭部は正面前方に向けて耳眼面を水平に保った。上肢は下垂し、手掌を後ろに向けて体側より 20 度開いた。足は左右の足軸を平行にし、足軸間の距離を 20cm とした。

座位姿勢の保持には、背あてのない椅子高 42cm の丸椅子を用い、足を立位姿勢と同様に置き、大腿骨が座面に対し水平になるよう座面高を調整し、膝と足首の関節角度は 90 度とした。頭部は正面前方に向けて耳眼面を水平に保ち、上肢は下垂し、手掌を後ろに向けて体側より 20 度開いた。

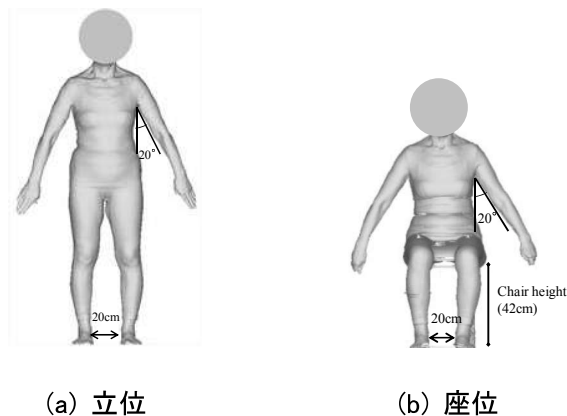
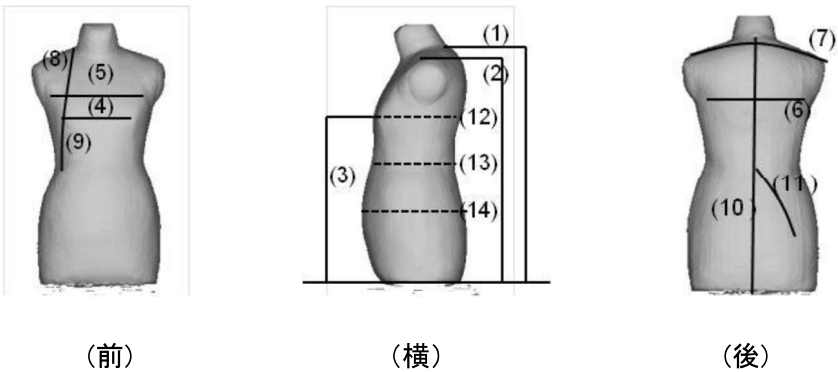


図 4.2 立位姿勢と座位姿勢の計測姿勢

4.2.4 座位姿勢における三次元スキャンデータの精度検証

座位姿勢の三次元スキャンデータの精度を検証するため、図 4.3 に示した高齢女性の標準人台⁴⁾を座位姿勢モデルとして用い、三次元スキャンデータと直接計測値との差を求め、ISO 20685⁵⁾により定められた最大許容誤差の範囲内に入るか否かを調べた。なお、ISO 20685 で示される最大許容誤差は高径と幅径項目で 0.4cm、

長径項目で 0.5cm、大きな周径項目で 0.9cm である。本検証の計測方法は、直接計測ではマルチン式身体計測に準じ、三次元計測は上記のボディラインスキャナを用い、図 4.3 に示す頸椎高、肩峰高、乳頭高の高径 3 項目、乳頭間幅、前腋窩幅、後腋窩幅の幅径 3 項目、肩先幅、前丈、乳頭・前水平ウエスト線長さ、背丈、後ろウエスト点・臀突点長さの長径 5 項目、胸囲、胴囲、腹囲の周径 3 項目の計 14 項目を 5 回計測した。その結果を表 4.1 に示す。高径項目は 0.05～0.33cm、幅径項目は 0.06～0.19cm の差で、最大許容誤差を下回った。長径項目では肩先幅、背丈、後ろウエスト点・臀突点長さは ISO の最大許容誤差を下回ったが、前丈と乳頭・前水平ウエスト線長さは最大許容誤差より若干大きく、凹凸のある表面の計測には注意を払う必要があると考えられる。また、周径項目も最大許容誤差を下回った。よって、座位姿勢による三次元スキャンデータは直接計測値と比較して、前丈と乳頭・前水平ウエスト線長さを除いては精度的には問題はないと判断した。



高径項目	1. 頸椎高	2. 肩峰高	3. 乳頭高
幅径項目	4. 乳頭間幅	5. 前腋窩幅	6. 後腋窩幅
長径項目	7. 肩先幅	8. 前丈	9. 乳頭・前水平ウエスト線長さ
	10. 背丈	11. 後ろウエスト点・臀突点長さ	
周径項目	12. 胸囲	13. 胴囲	14. 腹囲

図 4.3 三次元スキャンデータの精度検証に用いた高齢女性の標準人台
および計測項目

表 4.1 座位姿勢における三次元スキャンデータと直接計測値の比較

(単位: cm)

		平均値		標準偏差		誤差
		三次元	直接	三次元	直接	
高径 項目	1.頸椎高	63.73	63.78	0.00	0.16	-0.05
	2.肩峰高	58.23	58.56	0.00	0.15	-0.33
	3.乳頭高	43.98	44.24	0.00	0.28	-0.26
幅径 項目	4.乳頭間幅	16.86	16.76	0.08	0.05	0.10
	5.前腋窩幅	29.88	29.82	0.07	0.08	0.06
	6.後腋窩幅	30.85	30.66	0.09	0.05	0.19
長径 項目	7.肩先幅	38.67	38.74	0.22	0.05	-0.07
	8.前丈	37.89	38.56	0.12	0.05	-0.67
	9.乳頭・前ウエスト点	13.02	13.52	0.01	0.08	-0.50
	10.背丈	35.16	35.36	0.18	0.13	-0.20
	11.後ウエスト点・臀突点長さ	21.37	21.72	0.34	0.04	-0.35
周径 項目	12.胸囲	83.39	83.88	0.13	0.08	-0.49
	13.胴囲	74.71	74.74	0.10	0.15	-0.03
	14.腹囲	93.50	94.34	2.23	0.19	-0.84

注) 誤差: 三次元スキャンデータ - 直接データ

4.2.5 立位姿勢と座位姿勢の計測点および計測項目

立位姿勢と座位姿勢における計測値の比較は、体表と皮下脂肪、筋肉の偏位は同期するものではないが、ここでは追跡可能な体表における変化を主に捉えることとした。

計測項目は、三次元スキャンデータによる乳頭間幅、前腋窩幅、後腋窩幅、肩甲骨下角幅の幅径 4 項目、肩峰幅、前丈、乳頭・前水平ウエスト線長さ、背丈、頸椎・肩甲骨下角長さ、後ウエスト点・臀突点長さの長径 6 項目、胸囲、胴囲、腹囲の周径 3 項目の計 13 項目で、表 4.2 と図 4.4 に示す。立位姿勢と座位姿勢の両姿勢による比較は、変化率 $\left(\frac{\text{座位計測値} - \text{立位計測値}}{\text{立位計測値}} \times 100\% \right)$ および有意差検定により、体表における変化を比較・検討した。

表 4.2 立位姿勢と座位姿勢の三次元計測の比較項目

幅径項目	1. 乳頭間幅	2. 前腋窩幅	3. 後腋窩幅	4. 肩甲骨下角幅
長径項目	5. 肩峰幅	6. 前丈	7. 乳頭・前水平ウエスト線長さ	
	8. 背丈	9. 頸椎・肩甲骨下角長さ	10. 後ウエスト点・臀突点長さ	
周径項目	11. 胸囲	12. 胴囲	13. 腹囲	

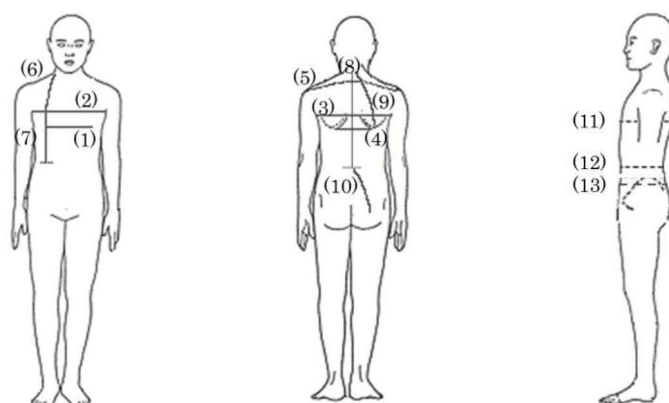


図 4.4 立位姿勢と座位姿勢の三次元計測の比較項目

4.2.6 立位姿勢と座位姿勢の分析方法

体幹上部の分析は、第 3 章と同様、図 4.5 に示すように、三次元スキャンデータの座標値を用い、(A) 背面突出点・頸椎点水平距離、(B) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離、(C) 頸椎点・右頸側点水平距離、(D) 頸椎点・背面突出点垂直距離(E) 背面傾斜角度、(F) 前面傾斜角度の 6 項目について比較した。これらの項目について、高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における上半身の傾きの相違を検討した。

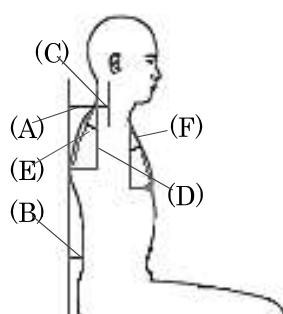


図 4.5 立位姿勢と座位姿勢の体幹上部の分析項目

腹部の分析は図 4.6 に示すように、立位姿勢の状態で胴位 (a~b~c~d~e~f~g~h~a) と腹位(i~j~k~l~m~n~o~p~i)、前正中線(b~j)、後正中線(f~n)および両脇(h~p、d~l)を基準線にしてその間にランドマークを貼付した。胴位と腹位の前径(a~b~c、i~j~k)、側径(c~d~e + g~h~a、k~l~m + o~p~i)、後径(e~f~g、m~n~o)の寸法を計測した。この計測を立位姿勢と座位姿勢で行い、姿勢による腹部の体形変化を捉えた。

次いで、計測項目の平均値付近の高齢女性を選定し、(株)メディックエンジニアリング製 3D - RUGLE ソフトウェアを用い、立位姿勢と座位姿勢の両姿勢における体幹の形状を後ろウエスト点で重ねた垂直断面図および水平断面図から比較・検討した。

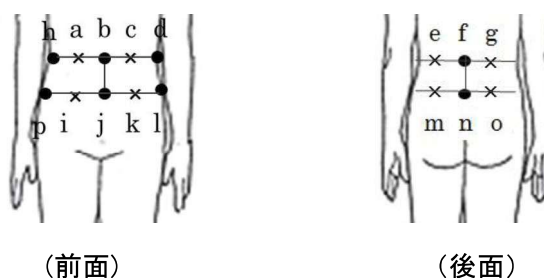


図 4.6 立位姿勢と座位姿勢の腹部の分析項目

4.2.7 座位三次元スキャンデータによる相同モデルの作成

座位姿勢における相同モデルの作成は、3 章で作成した立位姿勢の相同人体モデル作製法に準じ、Dhaiba Works の座位人体相同モデリングソフトウェア（産業総合技術研究所製）を用いた。ジェネリックモデルとサンプルモデルの作成し、相同モデル生成ウィザードを実行してモデルファイルを読み込み、フィッティングを行った。

計測した座位姿勢における三次元スキャンデータを用い、体幹部の解剖学的特徴点を選定し、図 4.7 に示す頸椎点、左右後腋窩点、左右肩先点、後ウエスト点、左右前腋窩点、左右腸骨稜点、左右腸骨棘点、前ウエスト点、左右頸側点、頸窩点、左右鎖骨前突点、左右乳頭点、アンダーバスト点、腹部最突出点、臀部後突出点、左右転子点、左右背部後突出点、左右肩甲骨下角点の 29 点について、ジェネリックモデルとサンプルモデルのフィッティングを行った。

座位相同モデルの主成分分析には、DHRC-HBS-PCAを用い、頭部、上腕最大位から遠位、および足を除いた体幹のみで、主成分分析への影響を排除し、主成分を抽出した。座位姿勢における人体形状の生成は、得られた主成分得点の平均値 $\pm 3SD$ 間の形状を0.5SDピッチで、形状データを抽出した。また、主成分別に形状データをもとに動画を作成し、各主成分の特徴を検討した。さらに、定量的に分析を行うため、各主成分得点と計測値との相関関係を調べ、高齢女性の座位姿勢と立位姿勢における主成分別の体幹部の体型特徴を明らかにした。

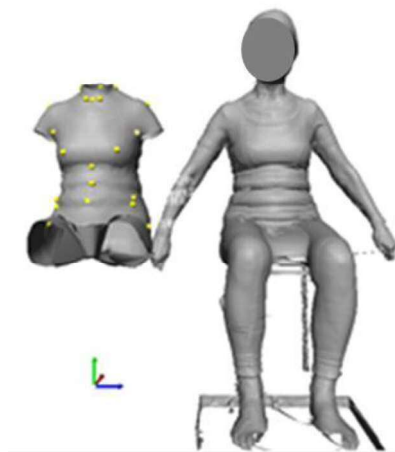


図 4.7 座位姿勢の相同モデルの作成時に用いた人体の解剖学的特徴点

4.3 結果と考察

4.3.1 三次元スキャンデータによる体形特徴

4.3.1.1 立位姿勢と座位姿勢における体幹の寸法変化

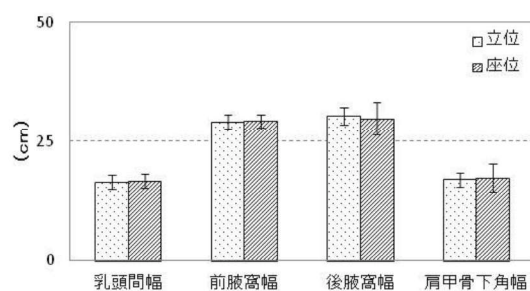
高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における体幹の寸法の変化を検討するため、各姿勢の項目の平均値とこの両姿勢の間の寸法変化率（（座位計測値－立位計測値）／立位計測値×100%）を求め、さらに有意差検定を行った。その結果を表 4.3 と図 4.8 に示す。変化率が大きく両姿勢の間に著しい相違が現れた項目は、7. 乳頭・前水平ウエスト線長さ（－7.0%）と 10. 後ろウエスト点・臀突長さ（8.8%）で、立位姿勢時より座位姿勢時に乳頭・前水平ウエスト線長さが短くなり、臀部の体表長は伸びて 1 %水準で有意な差がみられた。立位姿勢時より座位姿勢時に 2 %以上の寸法が増加した項目は、上記の 2 項目と 4. 肩甲骨下角幅、5. 肩先幅、12. 胴囲で、この結果から立位姿勢時に比べて座位姿勢時には、より前傾・前湾し、胴部が大きくなる傾向が示された。これは高齢女性衣服設計において、加味すべきゆとり量の指標となるものである。

表 4.3 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における計測値および両姿勢での変化率

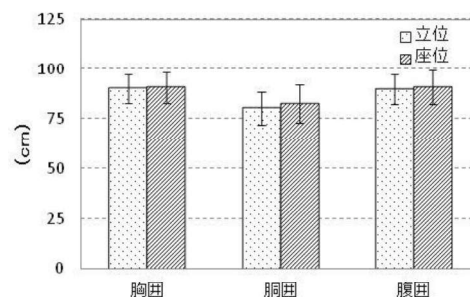
(単位:cm)

項目	立位		座位		変化率 (%)	t-test
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
1. 乳頭間幅	16.4	1.4	16.7	1.5	1.5	
2. 前腋窩幅	29.1	1.5	29.2	1.4	0.2	
3. 後腋窩幅	30.4	1.9	29.8	3.4	-1.8	
4. 肩甲骨下角幅	16.9	1.4	17.3	3.0	2.3	
5. 肩先幅	39.1	2.4	40.2	3.8	2.8	
6. 前丈	27.9	2.5	27.4	2.4	-1.7	
7. 乳頭・前水平ウエスト線長さ	13.5	2.2	12.6	2.3	-7.0	
8. 背丈	39.0	2.6	39.4	2.4	1.1	
9. 頸椎・肩甲骨下角長さ	23.8	2.3	23.5	2.3	-1.2	
10. 後ろウエスト点・臀突点長さ	19.2	1.7	20.9	2.0	8.8	**
11. 胸囲	90.1	7.0	90.6	7.6	0.6	
12. 胴囲	80.3	8.5	82.6	9.6	2.9	
13. 腹囲	89.7	7.4	91.0	8.6	1.4	

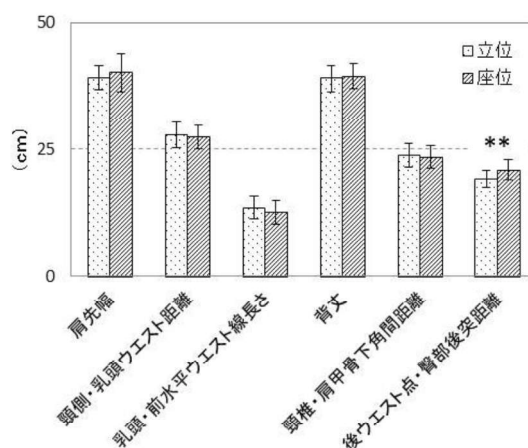
**: $p < 0.01$



(a)幅径項目



(b)周径項目



** : $p < 0.01$

(c)長径項目

図 4.8 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における平均値の比較

4.3.1.2 立位姿勢と座位姿勢における体幹上部の比較

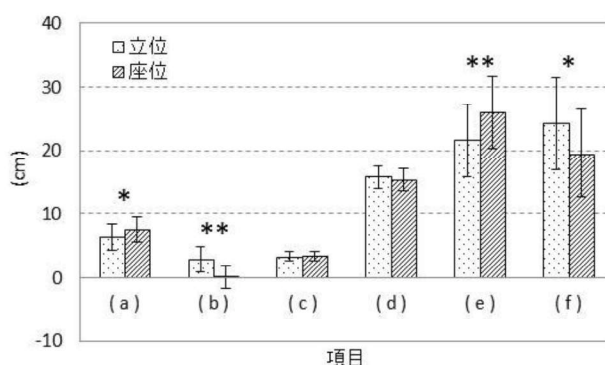
高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における体幹上部の変化を詳細に捉えるため、(A) 背面突出点・頸椎点水平距離、(B) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離、(C) 頸椎点・右頸側点水平距離、(D) 頸椎点・背面突出点垂直距離、(E) 背部傾斜角度、(F) 胸部傾斜角度を算出し、立位姿勢と座位姿勢における寸法と傾きの差（(座位計測値－立位計測値) / 立位計測値 × 100%）を検討した。その結果を表 4.4 と図 4.9 に示す。(A)背面突出点・頸椎点水平距離は 5 %水準で、(B) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離の項目は 1 %水準で有意な差がみられた。(A) 背面突出点・頸椎点水

平距離と(C) 頸椎点・右頸側点水平距離の項目は、立位姿勢時より座位姿勢時の方が大きかった。一方、(B) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離と(D) 頸椎点・背面突出点垂直距離の項目は、立位姿勢時より座位姿勢時の方が小さかった。また、(E) 背部傾斜角度は立位姿勢時より座位姿勢時に大きく、(F) 胸部傾斜角度は座位姿勢時より立位姿勢時に大きく、両姿勢の間にそれぞれ 1 %、5 %水準で有意な差がみられた。このことから高齢女性は、立位姿勢時に比べて座位姿勢時に、より体幹上部が前傾、前湾することが分かった。

表 4.4 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における体幹上部の計測値および両姿勢での変化率

項目	立位		座位		変化率 (%)	t-test
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
a 背面・頸椎前方距離	6.3	2.0	7.5	2.0	19.1	*
b 背面・ウエスト前方距離	2.9	1.9	0.1	1.8	-96.8	**
c 頸椎・右頸側前方距離	3.3	0.7	3.4	0.7	3.7	
d 頸椎・背面垂直距離	15.8	1.8	15.4	1.8	-2.9	
e 背面傾斜角度(°)	21.6	5.7	26.0	5.7	20.3	**
f 前面傾斜角度(°)	24.2	7.3	19.5	6.9	-19.5	*

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$



*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

- (a) 背面突出点・頸椎点水平距離 (b) 背面突出点・後ろウエスト点水平距離
(c) 頸椎点・右頸側点水平距離 (d) 頸椎点・背面突出点垂直距離
(e) 背部傾斜角度 (f) 胸部傾斜角度

図 4.9 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における上半身部位の計測値

上記の 6 項目に対して、平均値付近の高齢女性を選び、立位姿勢と座位姿勢の画像を後ろウエスト点で重ねた垂直断面図を図 4.10 に示す。立位姿勢と座位姿勢の側面シルエットは異なり、特に座位姿勢時に上半身がより前傾し、腹部の突出が増大した。

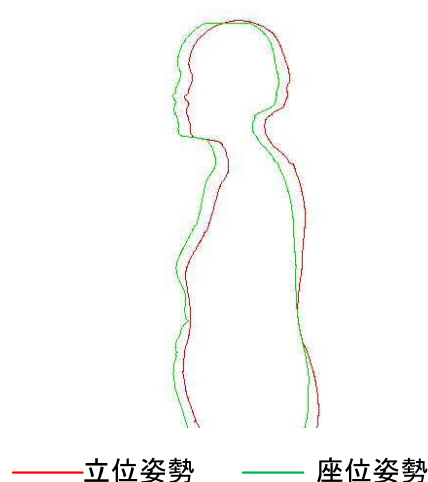


図 4.10 高齢女性 A の立位姿勢と座位姿勢を後ろウエスト点で重ねた垂直断面図

4.3.1.3 立位姿勢と座位姿勢における腹部の詳細比較

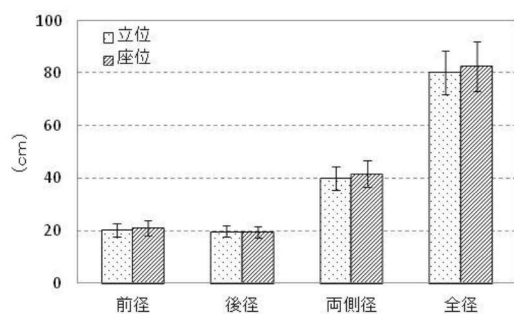
高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における腹部の変化について詳細に検討するため、胴位、腹位における前径 (a~b~c、i~j~k)、後径 (e~f~g、m~n~o)、両側 (c~d~e + g~h~a、k~l~m + o~p~i) の値を比較した。その結果を表 4.5 と図 4.11 に示す。両姿勢において胴位および腹位ともに寸法の変化はみられたが、有意な差はみられなかった。主な寸法変化は、胴位では前径で 4.4%、側径で 4.1% 立位姿勢時より座位姿勢時に増加し、周径全体では立位姿勢時に比べて座位姿勢時に 2.9%大きくなった。一方、後径は微減した。腹位では、側径が立位姿勢時より座位姿勢時に 2.4%増加し、周径が立位姿勢時に比べて座位姿勢時に若干大きくなった。同様に後径は微減した。したがって、座位時に周径全体は微増でとどまるものの、前面、側面における増大は大であり、パターン設計上配慮すべき結果であると考えられる。

表 4.5 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における胴位と腹位の計測値および両姿勢での変化率

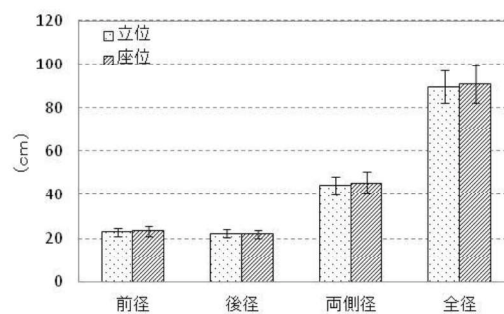
(単位: cm)

項目	立位		座位		変化率 (%)	t-test	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差			
胴位	前径 (a~b~c)	20.3	2.4	21.2	2.9	4.4	n.s
	後径 (e~f~g)	19.8	2.1	19.6	2.1	-1.1	n.s
	両側径 (c~d~e + g~h~a)	40.2	4.4	41.8	5.1	4.1	n.s
	全径(a~b~c ~d~e~f~g~h~a)	80.3	8.5	82.6	9.6	2.9	n.s
腹位	前径 (i~j~k)	22.9	2.0	23.3	2.3	1.8	n.s
	後径 (m~n~o)	22.3	1.9	22.1	1.9	-0.9	n.s
	両側径 (k~l~m+o~p~i)	44.5	4.2	45.6	5.1	2.4	n.s
	全径 (i~j~k~l~m~n~o~p~i)	89.7	7.4	91.0	8.6	1.4	n.s

注) 両側径: 左右の側径の和、n.s: 有意差なし



(a) 胴位



(b) 腹位

図 4.11 高齢女性の立位姿勢および座位姿勢における胴位と腹位の計測値

上記の 2 項目に対して、平均値付近の高齢女性を選び、立位姿勢と座位姿勢の画像を後ろウエスト点で重ねた水平断面図を図 4.12 に示す。座位姿勢の形状は立位姿勢の形状に比べ腹部が突出し、より円形に近いことが確認される。周径は微増しているが、この増加は前述の通り前径と側径の増加に依存している。

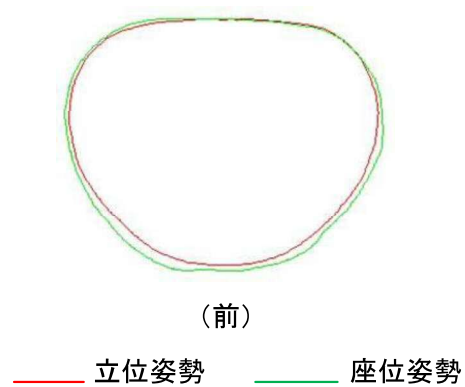


図 4.12 高齢女性 A の立位姿勢と座位姿勢を後ろウエスト点で重ねた水平断面図

4.3.2 形状データによる体型特徴

4.3.2.1 座位姿勢の相同モデルの主成分分析による体幹形状の分析

座位姿勢の体幹部形状を検討するため、高齢女性 30 名の三次元スキャンデータを用い、座位姿勢の体幹の相同モデルを作成し、主成分分析を行った。相同モデルの主成分分析を行った結果、表 4.6 に示すように、第 4 主成分までの累積寄与率が 82.02%であるため、第 4 主成分まで解釈を行った。座位姿勢における第 1 主成分～第 4 主成分の被験者の主成分得点を表 4.7 に示す。

表 4.6 高齢女性の座位姿勢における相同モデルを用いた主成分分析固有値表

主成分	固有値	寄与率(%)	累積寄与率(%)
No.1	2400.50	34.47	34.47
No.2	1489.10	21.39	55.86
No.3	1078.30	15.49	71.35
No.4	742.89	10.67	82.02

三次元スキャンデータを用いた主成分分析の結果によって作成した高齢女性の座位姿勢における人体形状の画像を、図 4.13 に示す。各主成分の右側の三つの画像は、中央の画像が平均形状 (M)、右の画像が平均値 (M) +3SD の形状、左の画像が M-3SD の形状を示す。左側は、三つの体形を重ねた重合図である。

第 1 主成分の形状因子は、背部の形状が大きく変化していることから、「脊柱の湾曲度」を示す因子と解釈した。第 1 主成分の寄与率は大であり、高齢者の座位姿勢の体型特徴の 34.5%が頸椎の湾曲度で説明されることになる。第 2 主成分の形状因子は、胴部前面の形状の変化が大きいことから、「胴部前面の形状」を示す因子と解釈した。第 2 主成分の寄与率が 21.4%、第 1 主成分、第 2 主成分の累積寄与率が 55.9%であるため、高齢者の座位時の体形特徴は脊椎の湾曲度と腹部の突出度や形

状で半分以上説明されることになり、これらは衣服設計上、重点的に配慮すべき特徴といえる。第 3 主成分は、 $M+3SD$ の形状に行くにつれて高径が小さく周径・幅径が大きくなり、 $M-3SD$ の形状に行くにつれて高径が大きく周径・幅径が小さくなることから、「高径と周径・幅径のバランス」を示す因子と解釈した。第 4 主成分は、高径項目の変化が少ないのに対し、周径・幅径の形状が大きいことから、「肥瘦度」を示す因子と解釈した。以上の結果から、高齢女性の立位形状の特徴は脊椎の湾曲度に大きく左右され、肥瘦度による影響があることが形状因子からも明らかになった。

表 4.7 高齢女性の座位における相同モデルを用いた主成分得点

被験者	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
1	68.44	30.94	-13.52	-10.86
2	25.40	2.83	2.69	-29.13
3	-19.55	40.27	-17.66	-45.87
4	87.52	-18.21	-22.07	-2.68
5	-3.02	48.06	-26.15	50.07
6	12.33	-26.47	31.25	-31.01
7	59.49	44.10	29.77	44.89
8	63.15	16.09	22.05	-27.99
9	-18.96	77.03	5.45	-17.20
10	-35.91	34.64	34.34	-21.57
11	4.73	-80.19	43.54	38.68
12	5.47	-8.86	3.64	-5.65
13	-17.28	36.97	-7.83	22.43
14	-97.96	10.13	86.02	38.35
15	39.43	15.84	-30.55	26.01
16	-43.49	-70.99	-81.04	14.57
17	-29.65	11.16	-6.89	15.65
18	43.27	-33.86	28.37	-12.77
19	-90.16	44.02	-59.48	-19.82
20	-73.79	-24.22	18.32	-6.75
21	-45.33	8.21	-30.37	1.79
22	-46.72	-13.98	19.14	-10.07
23	-1.53	-7.21	6.14	-54.64
24	63.63	-4.78	6.38	3.87
25	-63.40	-22.26	-12.98	8.19
26	-14.63	-82.68	-14.67	7.62
27	36.55	25.42	10.51	30.41
28	37.15	14.75	-23.45	32.02
29	12.55	-26.55	31.40	-31.05
30	42.29	-40.20	-32.37	-7.50

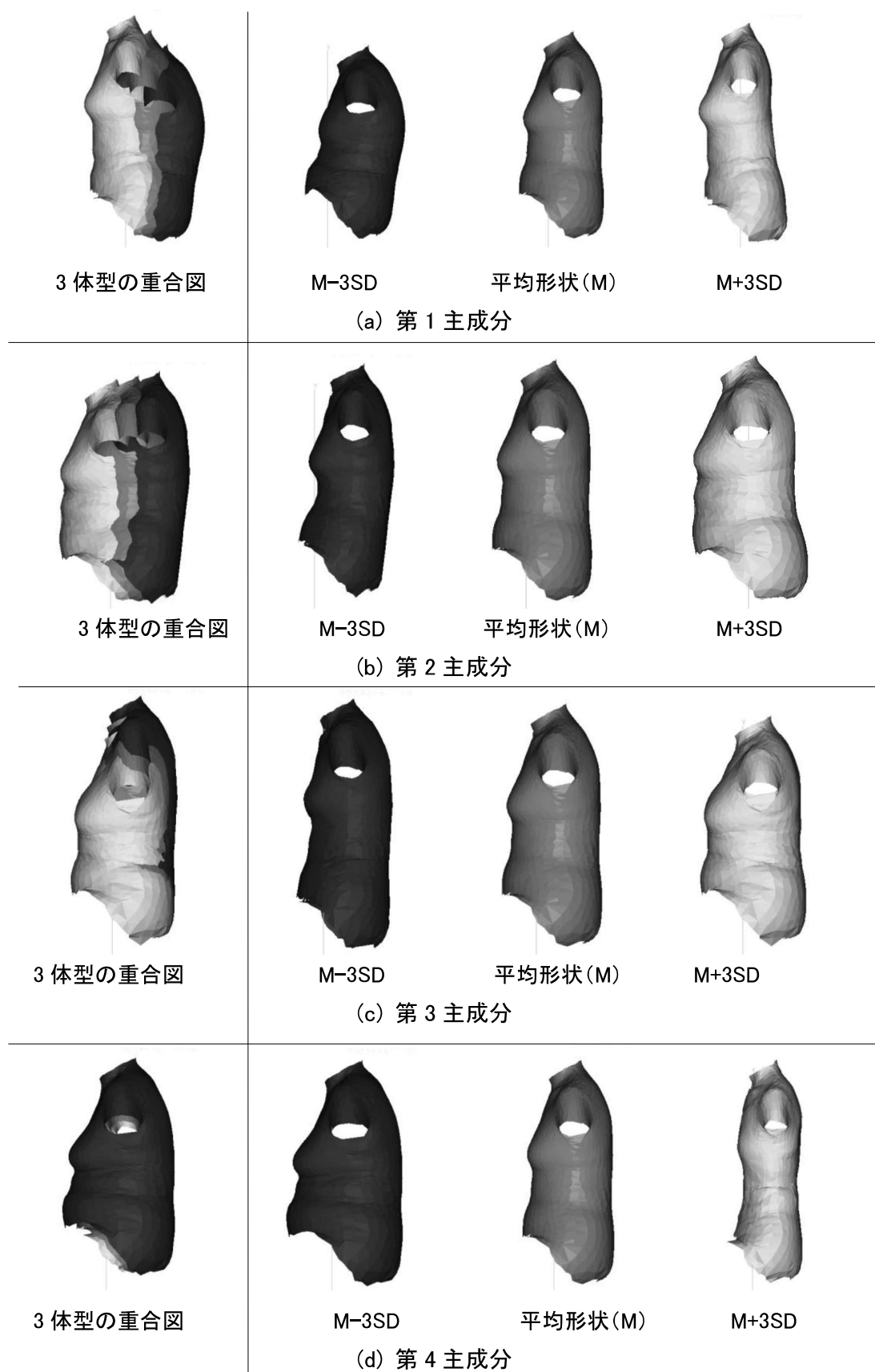


図 4.13 高齢女性の座位姿勢における人体形状の比較

第1主成分から第4主成分の人体形状の特徴をより定量的に検討するため、高齢女性の座位姿勢における相同モデルの第1主成分から第4主成分の主成分得点と計測値との相関関係を調べた。その結果を表4.8に示す。前述の主成分別の人体形状の画像を考慮し、解釈を行った。

第1主成分の形状は、乳頭・前水平ウエスト線長さで0.61と高い正の相関を示し、後腋窩幅で-0.38、胸囲で-0.34、背面・頸椎前方距離で-0.33、胴囲で-0.33と負の相関を示していることから、「脊柱の湾曲度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第2主成分の形状は、大きな値を示す変数はないが、体重が0.10と低い相関を示しているのに対し、胴部前径で0.26、胴部側径で0.26、腹囲で0.24、胴部後径で0.21と正の相関を示していることから、「腹部の形状」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第3主成分の形状は、背丈で-0.47、頸椎・背面垂直距離で-0.32、乳頭・前水平ウエスト線長さで-0.23と負の相関を示し、乳頭間幅で0.39、胴部前径で0.27と正の相関を示していることから、「高径と前幅との関係」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

第4主成分の形状は、乳頭・前水平ウエスト線長さ、背面・ウエスト前方距離を除いたすべての項目が負の値を示した。体重で-0.91、胴囲で-0.86、腹囲で-0.83、胸囲で-0.81と高い相関を示していることから、「肥瘦度」を示す因子であるという解釈の妥当性が示された。

表 4.8 高齢女性の座位姿勢における相同モデルの第 1 主成分～第 4 主成分
得点と計測値との相関関係

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
乳頭間幅	-0.24	-0.07	0.38	-0.26
前腋窩幅	-0.10	0.17	0.10	-0.72
後腋窩幅	-0.38	0.01	-0.02	-0.39
肩先幅	0.08	0.21	-0.04	-0.08
乳頭・前水平ウエスト線長さ	0.61	-0.09	-0.23	0.31
背丈	-0.05	0.22	-0.47	-0.40
胸囲	-0.34	0.17	0.16	-0.81
胴囲	-0.33	0.19	0.16	-0.86
腹囲	-0.24	0.24	0.06	-0.83
背面・頸椎点水平距離	-0.33	0.19	-0.18	-0.25
背面・後ウエスト点水平距離	-0.21	-0.12	-0.07	0.17
頸椎・右頸側点水平距離	-0.15	0.02	-0.11	-0.50
頸椎・背面突出点垂直距離	-0.23	0.00	-0.32	-0.14
背面傾斜角度	-0.19	0.15	0.00	-0.15
前面傾斜角度	-0.18	-0.09	0.17	-0.13
胸部(前径)	-0.23	0.26	0.27	-0.77
胸部(後径)	-0.34	0.21	0.11	-0.78
胸部(側径)	-0.30	0.26	0.12	-0.82
体重	-0.18	0.10	0.01	-0.91

r: 相関係数

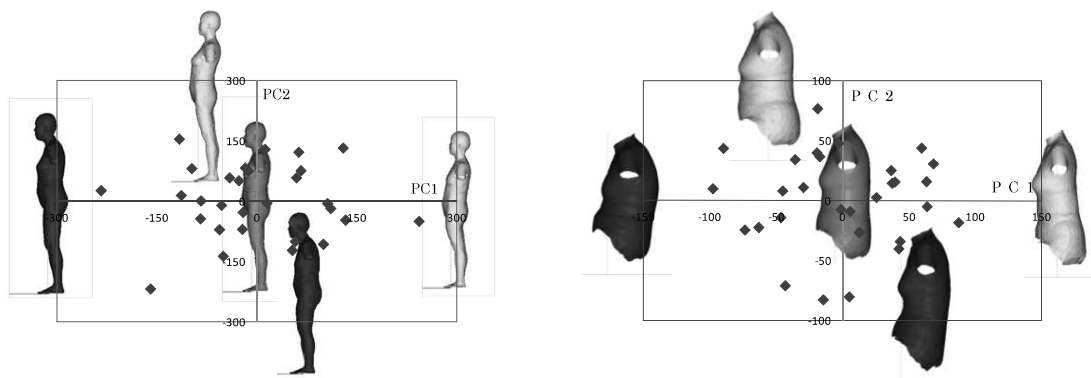
: $0.7 \leq |r|$
 : $0.4 \leq |r| < 0.7$
 : $0.2 \text{ or } 0.3 \leq |r| < 0.4$

4.3.2.2 高齢女性の座位姿勢と立位姿勢における形状因子の比較

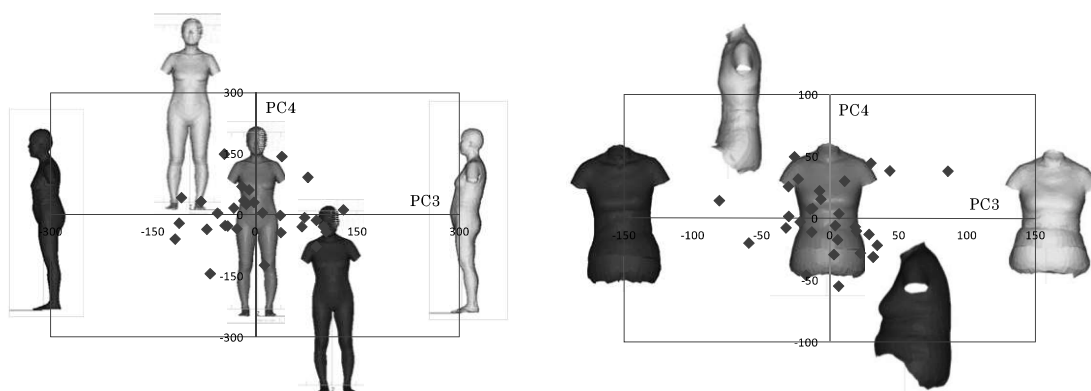
高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における相同モデルの主成分得点による散布図と人体形状の画像を、図 4.14 に示す。ここで中心の画像は平均形状、右と上の画像は主成分得点の平均値 (M) + $3SD$ の形状、左と下の画像は $M - 3SD$ の形状を示す。図 4.12 (a) の散布図は横軸に第 1 主成分、縦軸に第 2 主成分、(b) の散布図は横軸に第 3 主成分、縦軸に第 4 主成分、(c) の散布図は横軸に第 5 主成分、縦軸に第 6 主成分を示す。

第 3 章で述べたように、高齢女性の立位形状に関する主成分分析では、第 1 主成分は「高径項目の高低と体幹の左右差」、第 2 主成分は「脊椎の湾曲度」、第 3 主成分は「脊椎の前後の傾斜」、第 4 主成分は「脊椎の傾きの左右差」を現す因子が抽出された。つまり、立位姿勢では脊椎形状に関する因子が抽出されているものの、座位姿勢の結果と比較すると、腹部の形状を現す因子が、座位姿勢では第 2 主成分として抽出されたが、立位姿勢では第 6 主成分として抽出されている。したがって、座位姿勢の主成分分析を行ったことにより、腹部形状の因子という高齢者のためにより実用的な特徴因子が抽出されたことになる。

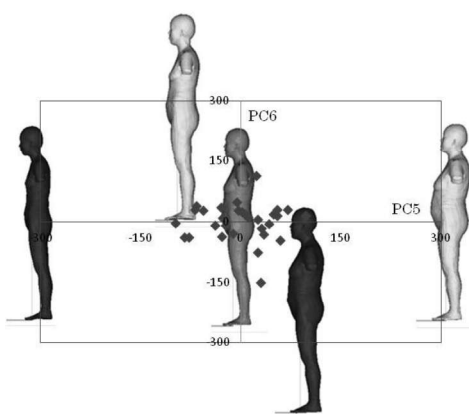
これらの結果から高齢者の座位人台や下半身衣の設計において、脊椎の湾曲度と腹部における前面と側面の増大は特に配慮すべき重要な要素であることが明らかになった。



(a) 第1・2主成分（左：立位、右：座位）



(b) 第3・4主成分（左：立位、右：座位）



(c) 第5・6主成分（立位）

図 4.14 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における相同モデルの主成分得点による
散布図と人体形状の比較

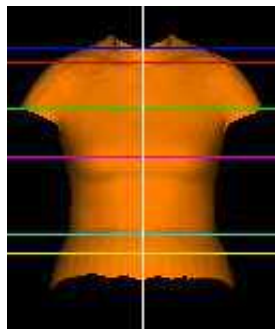
4.3.2.3 高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における平均形状の比較

高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の平均形状における各基準点（頸椎点、肩峰点、背部突出点、乳頭点、後ウエスト点、腹部突出点、臀部後突点）を通る水平断面を重ねて図 4.15 に示した。高齢女性の座位姿勢での平均形状は、立位姿勢での平均形状と比べ、緑で示した背部突出点位での断面は、水平方向の前湾が著しい。青で示した頸椎点位の頸部の水平断面は両姿勢の形状の差が大である。このことは、高齢女性の立位姿勢の平均形状と座位姿勢の平均形状を各基準点（頸椎点、バスト点、後ウエスト点、背中突出点）で重ねた画像、図 4.18(a)頸椎点位からも確認できる。また、高齢女性の立位姿勢に比べ座位姿勢では、後面の各基準線（背中突出点位、バスト点位、ウエスト点位、腹部突出点位）が完全に一致している。これらのことから、高齢女性では立位姿勢に比べ座位姿勢が、頸部がより前傾し、背側部から臀部までは平らであることが明確に示された。このことは、図 4.19 の高齢女性の立位姿勢の平均形状と座位姿勢の平均形状を各基準点（頸椎点、頸側点、バストポイント）で重ねた垂直断面図からもその傾向が確認できる。

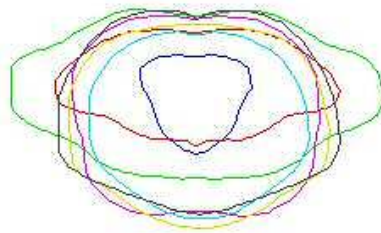
高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の平均形状における各基準点（頸椎点、頸側点、乳頭点）を通る垂直断面を重ねて図 4.16 に示した。図 4.16 の(a)立位姿勢と(b)座位姿勢を比較すると、立位姿勢に比べ座位姿勢では乳房の下垂が顕著である。

図 4.18 の高齢女性の立位姿勢と座位姿勢を、(c) 後ウエスト点、(d) 腹部突出点で重ねた水平断面図から、立位姿勢に比べ座位姿勢の方が胴部の厚径が大きく前面に出ていることが明らかである。

本実験により、これまで明らかにされてこなかった座位姿勢時の形状特徴を明確にすることができたが、これらの特徴とパターン設計との関係については、今後検討したい。

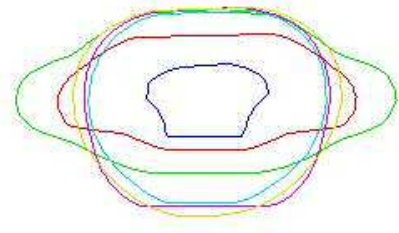


(座位姿勢の画像)



(前)

(a) 立位姿勢

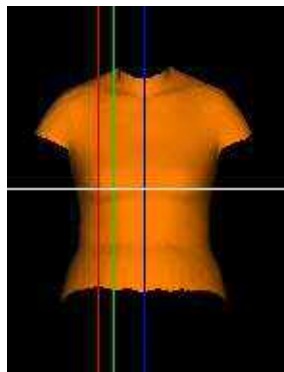


(前)

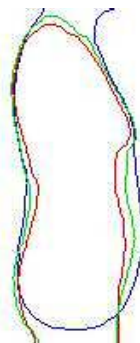
(b) 座位姿勢

青: 頸椎点位	赤: 肩先点位	緑: 背中突出点位
ピンク: バスト点位	水色: 後ウエスト点位	黄色: 腹部突出点位

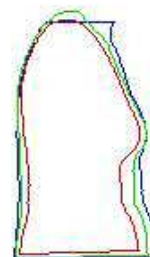
図 4.15 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における水平断面重合図



(座位姿勢の画像)



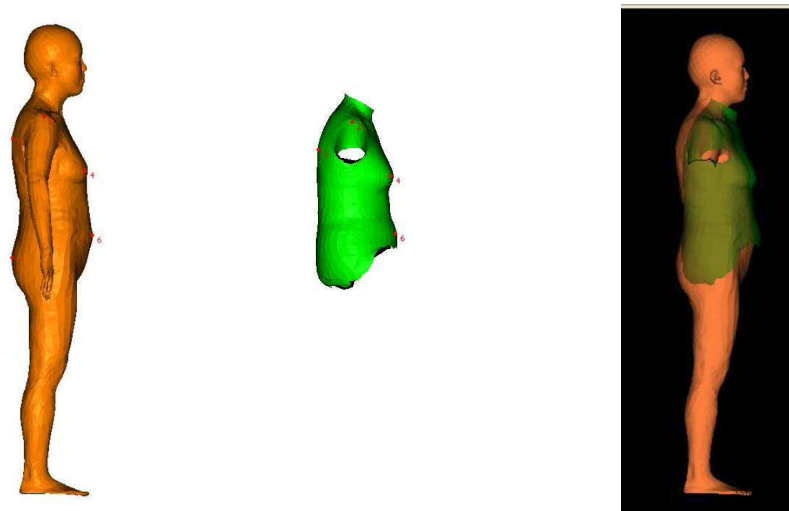
(a) 立位姿勢



(b) 座位姿勢

青: 頸椎点位	緑: 頸側点位	赤: バスト点位
---------	---------	----------

図 4.16 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における垂直断面重合図



(a) 立位姿勢 (b) 座位姿勢 (c) 立位姿勢と座位姿勢の重合図

図 4.17 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の画像

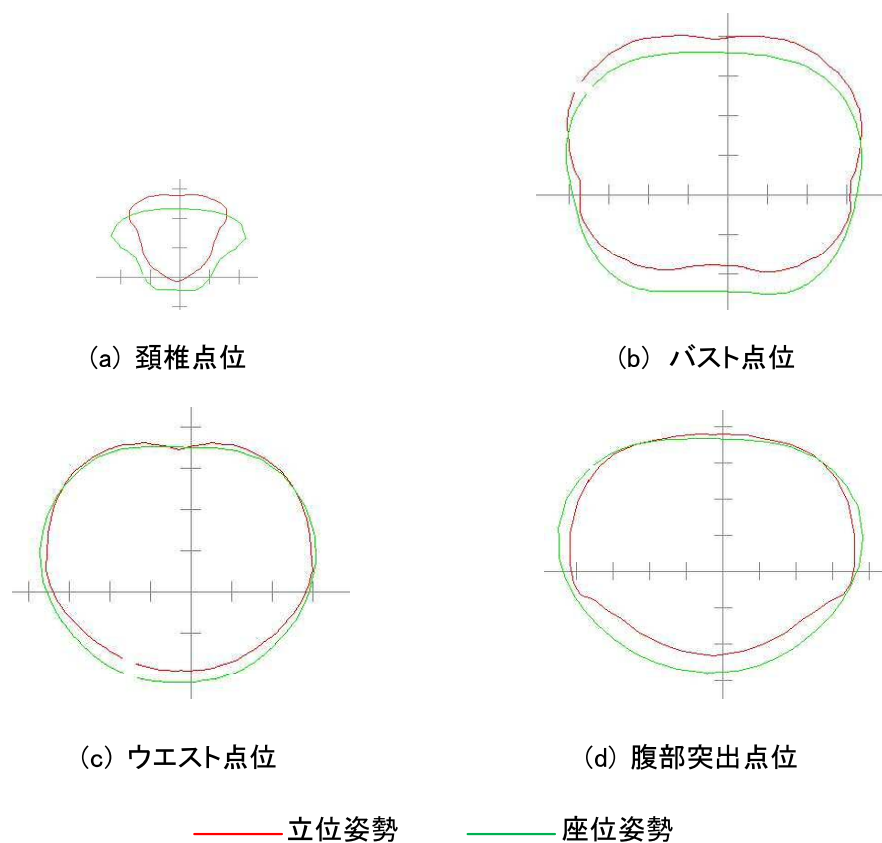


図 4.18 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢を後ウエスト点で重ね、各基準点でカットした水平断面図

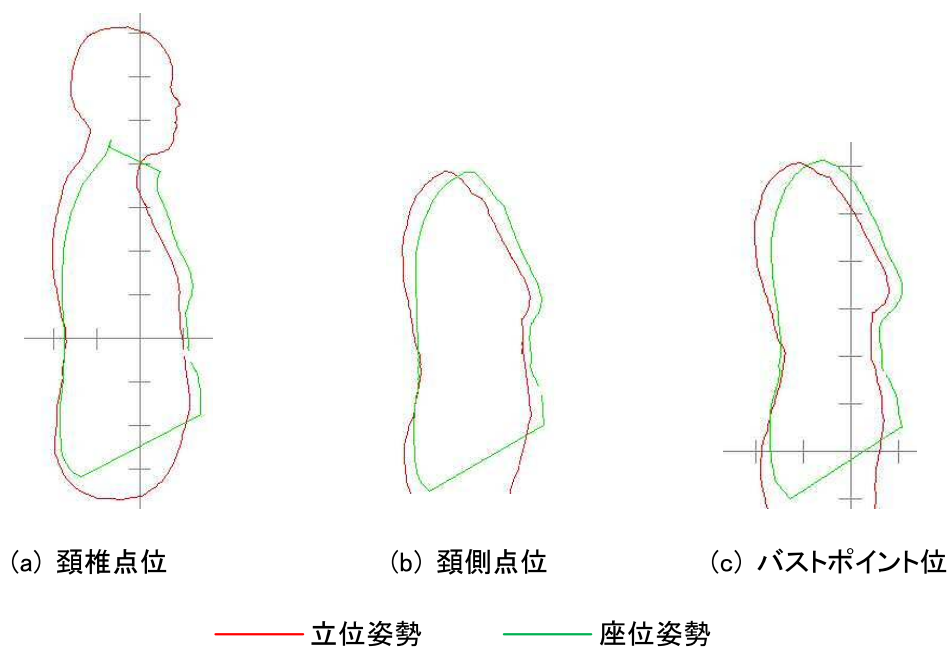


図 4.19 平均高齢女性の立位姿勢と座位姿勢を後ウエスト点で重ね、各基準点でカットした垂直断面図

4. まとめ

高齢女性の体型、姿勢、動作に適合した衣服と人台設計のため、主な日常姿勢である立位姿勢と座位姿勢に着目して姿勢による体幹の体形変化を検討し、座位形状における体形特徴を捉えることを目的にした。被験者は、65歳 - 80歳の高齢女性30名で、三次元スキャンデータを用い、立位姿勢との比較から高齢女性の座位姿勢における体形特徴について検討した。

主な結果は次のとおりである。

- (1) 姿勢による体幹の寸法の変化から、高齢女性は立位姿勢時より座位姿勢時に前側丈項目が減少、後側丈項目が増加してより前傾・前湾し、腹部が大きくなる傾向が示された。

- (2) 高齢女性の座位姿勢における体型の特徴は背面の前湾と腹部の前突、高径と前幅のバランス、肥瘦度によって 80%以上説明でき、脊椎の湾曲度に大きく左右されることが明らかになった。
- (3) 脊柱の湾曲を現す因子が座位姿勢の第 1 主成分、立位姿勢の第 2 主成分で抽出され、高齢者の大きな体型特徴は立位姿勢、座位姿勢ともに脊柱の湾曲度で説明されることが示された。また、座位姿勢において第 2 主成分で抽出された腹部前突の特徴が、立位姿勢では第 6 主成分で抽出され、立位姿勢と座位姿勢で腹部形状が大きく異なることが明らかになった。
- (4) 高齢者の座位人台や下半身衣の設計において、脊椎の湾曲度と腹部における前面と側面の増大は特に配慮すべき重要な要素であることが明らかになった。

文 献

- 1) 平成 18 年社会生活基本調査、総務省統計局
- 2) 藤巻吾朗：立位・座位姿勢での人体の三次元形状の変化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No.10、1 - 3 (1994)
- 3) 平林優子、駒城素子、市施谷節子、大村知子：障害者の椅坐姿勢における上衣着状態の問題点 - 健常者との比較 - 、繊維学会誌、65(2) (2009)
- 4) 大塚美智子：高齢者用ボディ開発のための体型特徴に関する研究、日本女子大学紀要家政学部、54、87 - 92 (2007)
- 5) ISO 2068 : 2005 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases

第 5 章

高齢女性の人体形状を配慮した バーチャル立体裁断による衣服設計

5.1 目的

4 章までに高齢女性の体型特徴を三次元的に捉えてきたが、得られた結果を衣服に応用する手法として、三次元形状を利用したコンピュータによるダイレクトパターンメイキングがある。

近年人間工学、衣服設計分野における三次元計測器の活用の進展とともに、三次元計測による三次元形状のモデリングで仮想人台製作が行われ、人体の三次元データを利用したパターンメイキングおよび着装シミュレーションができる三次元デジタルファッションが注目されている。また、三次元形状データや三次元動作解析データはゲーム、アニメなどにも利用されている。しかし、三次元人体スキャンデータを分析し、三次元形状から衣服製作に必要なパターンを得る試みは着手されたばかりである。

そこで本研究では、高齢女性の三次元人体スキャンデータを用いて作成した相同モデルを用い、三次元形状の主成分分析により抽出された高齢女性特有の特徴をもった被験者の三次元形状および、高齢女性と若年女性の平均形状から、平面パターンをダイレクトに作成するデジタルファッション（株）製 LookStailor X を用いて衣服パターンに展開し、その特徴を分析し、その有用性を検討した。高齢女性の体形特徴を反映したパターンの特徴を捉えることにより、高齢者のパーソナル対応の衣服生産への可能性を前進させることができると考えられる。

5.2 方法

5.2.1 被験者

被験者は第 3 章と同じ高齢女性である。首都圏在住の 65 歳 - 80 歳の高齢女性 30 名である。

5.2.2 計測装置および計測姿勢

4 章までと同様に非接触三次元人体計測器、浜松ホトニクス（株）製ボディライ
ンスキャナを用い、計測を行った。計測スピードは 10 秒である。

実験着は、締め付けがなくヌードに近い形態を維持できるインナーウェアを着用
し、白い帽子を着用した。

三次元計測姿勢は図 5.1 に示すとおり、ISO（国際標準化機構）20685 に基づき、
頭部は正しく前方に向けて耳眼面を水平に保ち、上肢は自然に下垂し、手掌を後ろ
に向けて体側より約 20 度開き、足は左右の足軸を平行にして足軸間の距離が約
20cm 開いた。

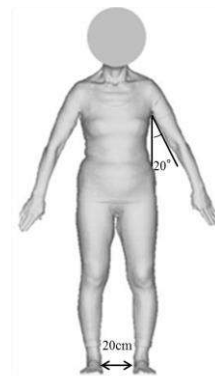


図 5.1 計測姿勢

5.2.3 相同モデルの主成分分析および被験者の選別

前章で述べた通り相同モデルとは、同一点数・同一位相幾何構造で解剖学的な対
応のついた形状データのことである。第 3 章と同様に、計測した三次元スキャンデ
ータから人体の解剖学的特徴点 64 点を選定し、産業技術総合研究所開発の BLM
DHAIBA と DHRC-HBS-PCA を用い、相同モデルの生成と三次元形状の主成分分析
を行った。相同モデルの主成分得点から高齢女性特有の特徴を持つ 8 名の被験者
を選び、二次元の衣服パターンを導出し、検討した。さらに、第 3 章で得られた高
齢女性と若年女性の平均形状を用い、衣服パターンを作成し、比較・検討した。

5.2.4 パターンの展開および分析

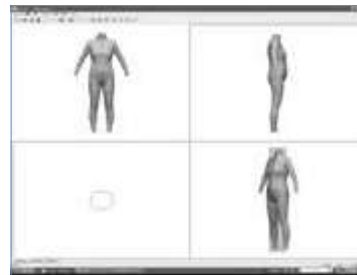
(1) 機器

デジタルファッション（株）製 LookStailor X を用い、三次元衣服形状から二次元パターンを作成した。

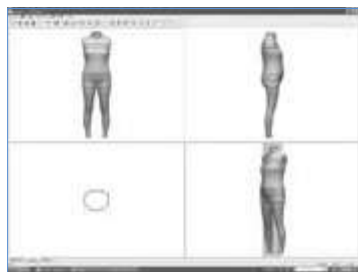
LookStailor X とは、図 5.2 に示す通り 3D 衣服形状から 2D パターン生成する 3 次元デザインツールである。LookStailor X は、Mannequin モジュール、Garment モジュール、Pattern モジュールの 3 つのモジュールで構成されている。LookStailor X ソフトに人体形状データと計測データをインポートし、Mannequin モジュールで人台の選択を編集し、Garment モジュールで人台に合わせたガーメントを作成し、Pattern モジュールでデザイン線を設定し、2D パターンを作成することが可能であるものである。



(a) インポート



(b) Mannequin モジュール



(c) Garment モジュール



(d) Pattern モジュール

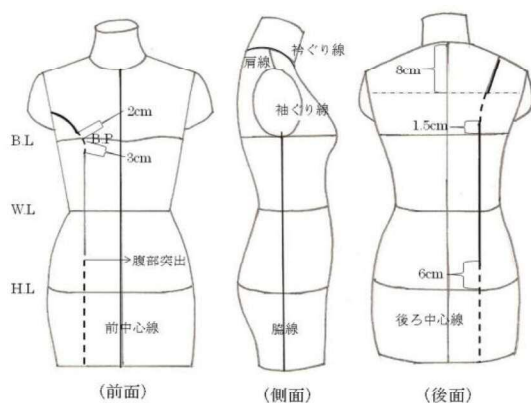
図 5.2 LookStailor X の構成およびパターン展開画面

(2) パターンの展開方法

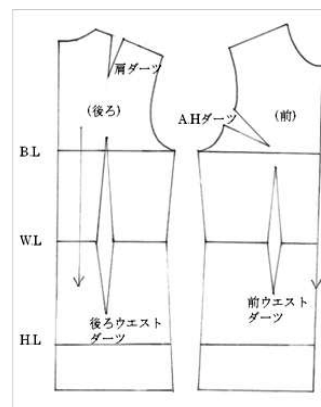
三次元人体スキャンデータを LookStailor X に入力し、マネキン、ガーメント、パターン順に展開をし、衣服パターンを作成した。ただし、本研究ではマネキンと布をゆるみなく当てて着せつけるタイトフィッティング法で行った。

マネキンへのガイドラインとダーツの入れ方および、パターンの展開法と分析法を、図 5.3 および以下に示す。

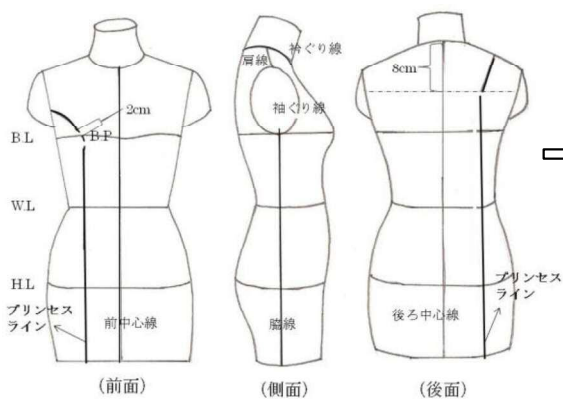
- (a) マネキンに前中心線、後中心線、脇線、バストライン、ウエストライン、ヒップライン、襟ぐり線、袖ぐり線、肩線にラインを入れる。
- (b) アームホールダーツは、袖ぐり線の間を 3 等分した $1/3$ の所とバストポイントより 2cm 上を曲線で描く。後ろ身頃のショルダーダーツは、肩線を 2 等分した点と頸椎点から 8cm 下げて水平線を引き、2 等分した点と繋げる。前ウエストダーツは、バストポイントより 3cm 下から垂直線に下ろして腹部突出まで線を延長する。後ウエストダーツは、バストラインより 1.5cm 上から垂直線に下ろし、ヒップラインより 6cm 上まで線を引いてパターンを展開し、ラインやダーツ量などを分析した。
- (c) 前アームホールダーツ線と前ウエストダーツ線をつなげて前パネルライン、後ショルダーダーツ線と後ウエストダーツ線をつなげて後パネルラインをいれ、パターンを展開し、前後側面のパターンの形状を比較・分析した。



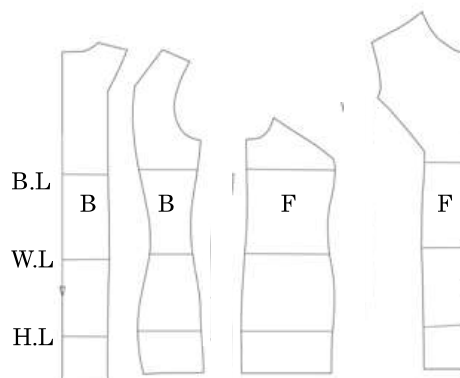
(a) ダーツ展開のための人台と基準線



(b) ダーツによる平面パターン



(a) パネルライン展開のための人台と基準線



(b) パネルラインによる平面パターン

図 5.3 マネキンにガイドラインとダーツの入れ方およびパターンの展開

(3) 衣服の作成と評価

高齢女性と若年女性の平均形状のパターンを、アパレル CAD にインポートしてプロッタで出力し、トワルで衣服を作成し、人台に装着させて形態適合性を検討した。着装評価には、(株) メディックエンジニアリング製 3D - RUGLE ソフトウェアを用い、画像、水平断面図と垂直断面図から形態適合性を検討した。

5.3 結果および考察

5.3.1 高齢女性の形状の特徴

第3章の高齢女性の三次元スキャンデータを用い、相同モデルの生成と三次元形状の主成分分析を行った結果をもとに分析を行った。

第3章で述べたように、高齢女性の立位形状の主成分分析の結果、第1主成分は「高径項目の高低と体幹の左右差」を示す因子、第2主成分は「脊柱の湾曲度」を示す因子、第3主成分は「脊椎の前後の傾斜」を示す因子と解釈された。また、第4主成分は「脊椎の傾きの左右差」を示す因子、5主成分は「肥瘦度」を示す因子、第6主成分は「胴部前面の突出度」を表す因子と解釈された。第1主成分から第6主成分までの主成分得点から特徴が明確にみられる被験者を選び、形状とパターンの分析を行った。ただし、「高径項目の高低と体幹の左右差」を示す第1主成分と、LookStailor Xの作業上に人体をマネキンにする際に左右対称化を行うため、「脊椎の傾きの左右差」を示す第4主成分を除いて分析を行った。

5.3.2 被験者の基本寸法および画像

相同モデルによる主成分分析の結果より、各主成分の主成分得点が正と負に大きい値を示し、形状の特徴を持った高齢女性8名の計測値および画像を、表5.1と図5.4に示す。BMIから被験者Eは痩せ型、被験者FとGは肥体型、その他の被験者は標準体型である。胸囲、胴囲、腰囲の周径項目からも被験者Eは寸法が小さく、被験者FとGは大きいことが分かる。また、被験者AとCは被験者BとDと比べ、背丈はほぼ同じであるが、乳頭点からウエストラインまでの寸法が小さく、前傾、前湾していることが計測値からいえる。

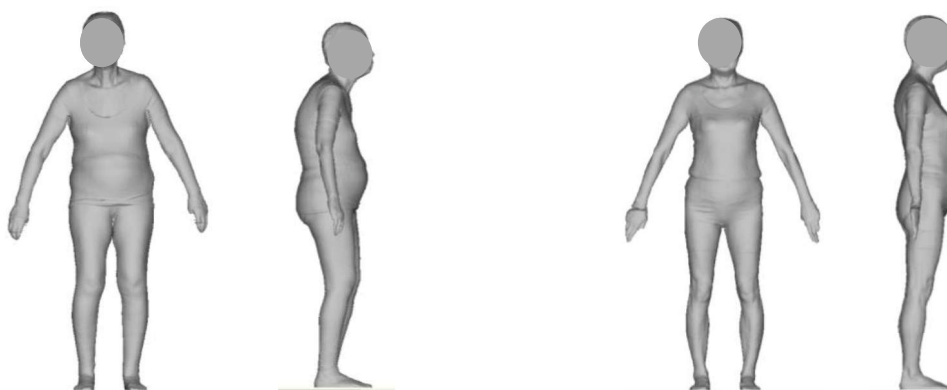
表 5.1 高齢女性の形状の特徴をもった被験者 8 名の計測値

(単位: cm)

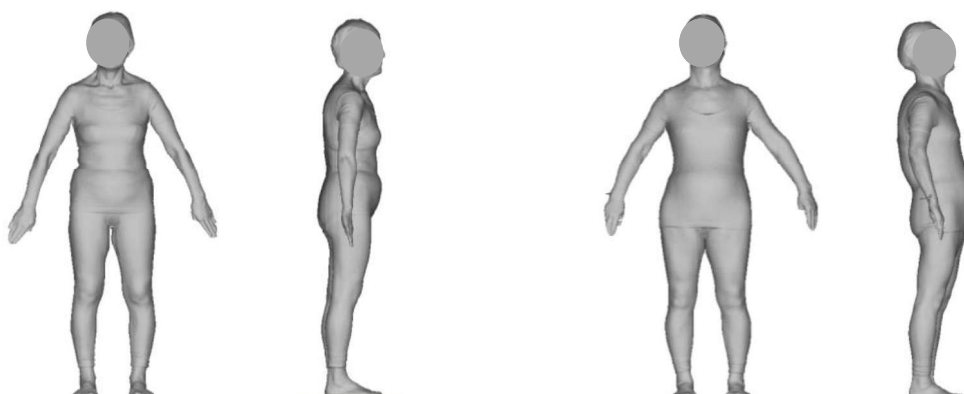
		身長	乳頭高	B.P-W.L	背丈	胸囲	胴囲	腰囲	体重(kg)
第 2 主成分	被験者 A	156.00	106.50	<u>10.59</u>	45.24	94.24	93.55	96.17	59.50
	被験者 B	160.50	115.00	<u>17.52</u>	42.42	88.48	81.40	89.47	52.50
第 3 主成分	被験者 C	160.00	109.25	<u>11.63</u>	39.32	87.86	81.57	94.46	57.00
	被験者 D	149.25	105.00	<u>15.78</u>	38.43	94.30	85.56	95.44	53.00
第 5 主成分	被験者 E	147.00	102.00	14.77	37.71	<u>78.22</u>	<u>71.62</u>	<u>86.39</u>	39.00
	被験者 F	156.00	106.25	12.65	40.42	<u>104.40</u>	<u>93.33</u>	<u>96.21</u>	64.50
第 6 主成分	被験者 G	155.50	102.75	12.14	44.12	<u>102.29</u>	<u>95.72</u>	<u>98.89</u>	67.00
	被験者 H	154.25	109.25	13.19	39.61	82.95	76.34	93.50	49.00

(被験者 A, C, E, G: 主成分得点が負に大)

(被験者 B, D, F, H: 主成分得点が正に大)

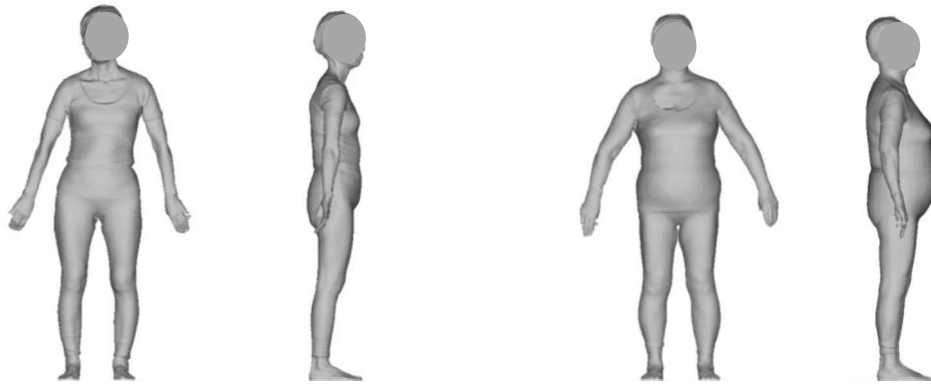


(a) 第 2 主成分「脊柱の湾曲」の画像(左:被験者 A、右:被験者 B)

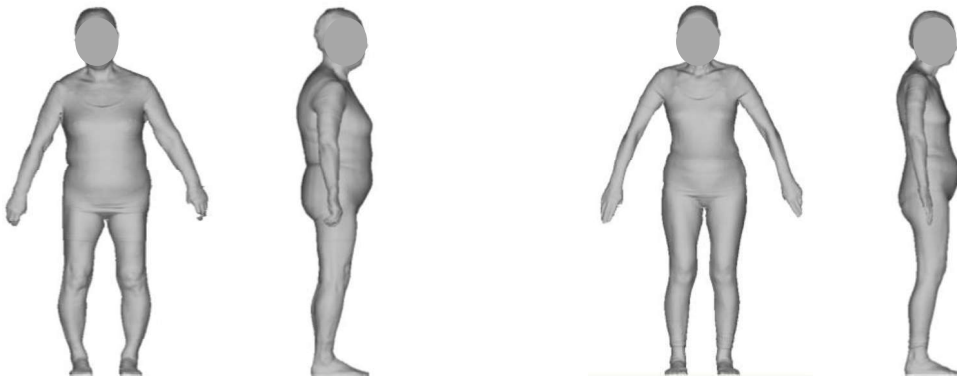


(b) 第 3 主成分「身体前後の傾斜」の画像(左:被験者 C、右:被験者 D)

図 5.4 高齢女性の形状特徴を持った被験者 8 名の画像



(c) 第 5 主成分「肥瘦」の画像(左:被験者 E、右:被験者 F)



(d) 第 6 主成分「胸部前面の突出」の画像(左:被験者 G、右:被験者 H)

図 5.4 高齢女性の形状特徴を持った被験者 8 名の画像

5.3.3 高齢女性の主成分別の形状とパターンの分析

主成分分析の結果から抽出された高齢女性 8 名の三次元人体データをもとに、3D~2D パターン生成ソフトウェア LookStailor を用い、衣服パターンを作成した。パターンは、図 5.3 に示すように、前身頃のアームホールダーツ、後ろ身頃のショルダーダーツ、前・後のウエストダーツを入れたパターンと、前・後パネルラインを入れたパターン、2 種類を用いて分析した。ダーツ量の分布、パターンの形状、身頃の基準線の傾き、丈と幅などの寸法の変化から分析を行った。

被験者 8 名におけるトワルの着装時の主な部位の寸法を表 5.2 に示す。また、被験者 8 名の体型別の特徴およびトワルの着装時の特徴を以下に示す。

表 5.2 被験者 8 名におけるトワルの着装時の主な部位の寸法

(単位: cm)

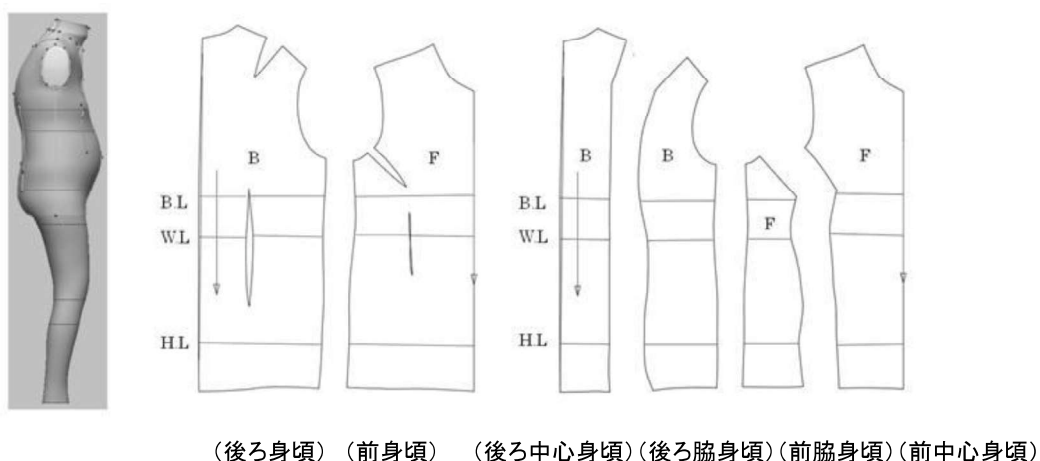
		前バスト幅	後バスト幅	前ウエスト幅	後ウエスト幅	前丈	後丈
第 2 主成分	被験者 A	45.16	48.70	45.72	45.56	58.00	68.30
	被験者 B	51.40	35.20	51.94	26.28	66.32	69.43
第 3 主成分	被験者 C	51.28	35.16	47.52	33.88	61.48	65.36
	被験者 D	50.46	42.20	52.56	32.74	62.04	65.60
第 5 主成分	被験者 E	39.84	38.84	36.30	34.10	57.34	61.69
	被験者 F	56.40	46.28	55.70	38.98	68.90	67.66
第 6 主成分	被験者 G	57.90	47.96	54.52	40.36	64.57	69.15
	被験者 H	44.90	35.94	43.22	30.12	60.05	63.83

(1) 第 2 主成分「脊椎の湾曲」の体型特徴をもった高齢女性のパターン

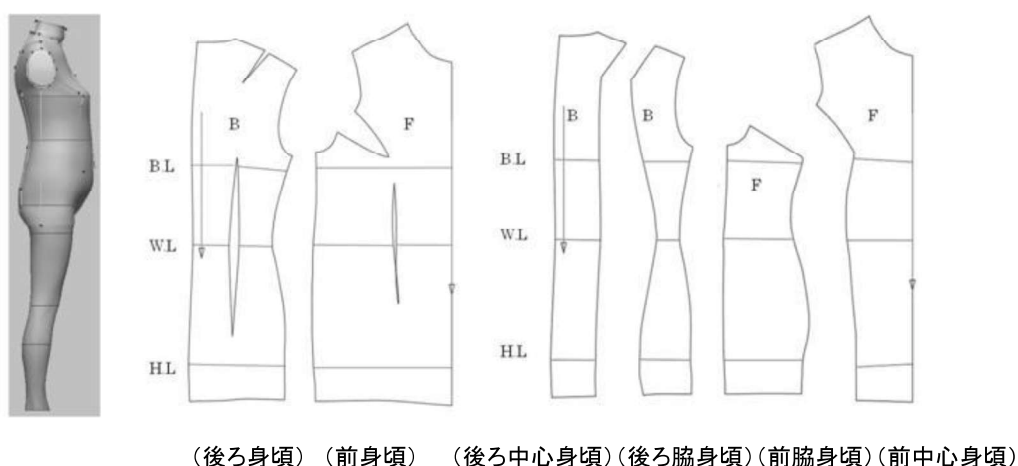
第 2 主成分の脊椎の湾曲という体型特徴を持った被験者 A と被験者 B の側面図とパターンを、図 5.5 に示す。被験者 A は、主成分得点が負に大きい値を示し、頸が前に出て背中も湾曲し、乳房位置が下がり、腹部が突出している体形である。被験者 B は、主成分得点が正に大きい値を示し、上半身が後面にかたよった体形である。また、被験者 B は、頸椎点から背中突出点まではなだらかで、背中突出点からウエストまではカーブしていることがわかる。

2 種類のパターンからも体型の特徴がみられ、被験者 A のパターンの前丈は 58.00cm、後丈は 68.30cm で、被験者 B のパターンの前丈は 66.32cm、後丈は 69.43cm で、屈伸体型である被験者 A は、反身体型である被験者 B に比べ、前丈と後丈の寸法差が大きく、後丈が長いことがわかった。また、被験者 A の前バスト幅は 45.16cm、後バスト幅は 48.70cm で、被験者 B の前バスト幅は 51.40cm、後バスト幅は 35.20cm で、屈伸体型である被験者 A は後バスト幅が大きく、反身体型であ

る被験者 B は前バスト幅が大きいことがわかった。反身・屈伸体型は、パターン設計上で前丈と後丈のバランス、背幅と胸幅のバランスなど、前・後の差に注意する必要がある。また、屈伸体型である被験者 A は、反身体型である被験者 B に比べ、後ショルダーダーツ量が多く、前アームホールダーツ量が少ないことから、体型によりダーツ量が異なることがわかった。よって、脊椎の湾曲という体型特徴は、背中心線の形状と細腹の形状と胸ぐせダーツによりおおむね調整できると考えられる。



(a) 被験者 A (頸が前に出て背中が湾曲し、腹部が突出している体形)



(b) 被験者 B (上半身が後面に片寄った体形)

図 5.5 第 2 主成分「脊椎の湾曲」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン

(2) 第3主成分「脊椎の前後の傾斜」の体型特徴をもった高齢女性のパターン

第3主成分の脊椎の前後の傾斜という体型特徴を持った被験者 C と D の側面図とパターンを、図 5.6 に示す。被験者 C は、主成分得点が負に大きい値を示し、体全体が前にかたむいた体形である。被験者 D は、主成分得点が正に大きい値を示し、体幹部の全体が後面にかたむいた体形で、背中が後ろに片寄り、それを維持するため脊柱腰柱部の前湾が大きくなり、お腹が出ている体形である。

被験者 C の前丈は 61.48cm、後丈は 65.36cm で、被験者 D の前丈は 62.04cm、後丈は 65.60cm で、前丈と後丈に関しては両者とも後丈が大で、前傾タイプの方がその差が大であった。

被験者 C の前バスト幅は 51.28cm、後バスト幅は 35.16cm で、被験者 D の前バスト幅は 50.46cm、後バスト幅は 42.20cm で、被験者 D は被験者 C に比べ、後バスト幅が大きく、バスト幅の前後の割合により、体型特徴を調整できることが示された。また、傾体はパターン設計上でバストライン、ウエストライン、ヒップラインが前・後中心線に対して直交しない。特に、後傾体である被験者 D の前後の脇身頃の形状と前後の中心線に対しての脇線が傾いていることが示された。また、被験者 C は被験者 D に比べ上半身が前に傾いているため、前アームホールダーダーツ量が多く、背面の湾曲が少ないため、後ショルダーダーツ量が少ないことが示された。これらの体型特徴も胸ぐせダーツ量および細腹形状を調整することにより、対応可能であると考えられる。

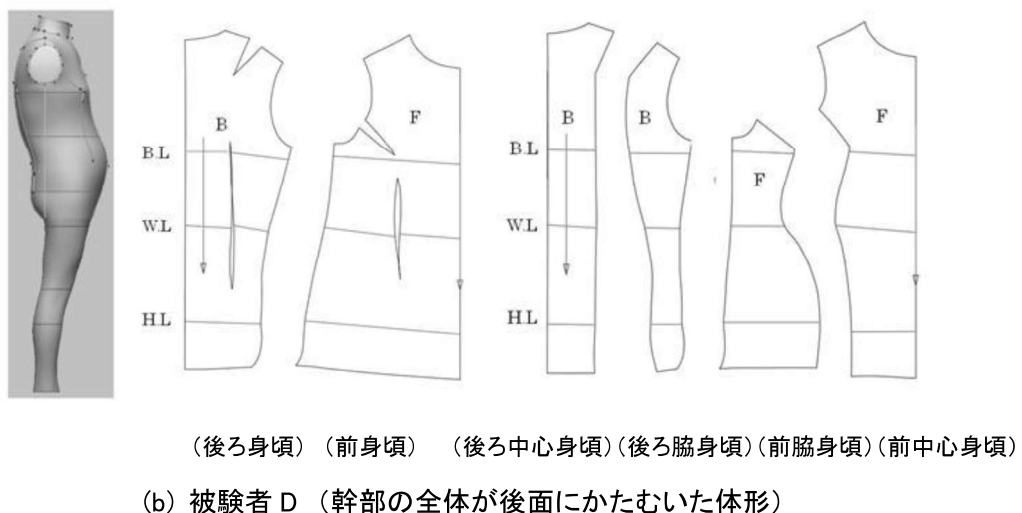
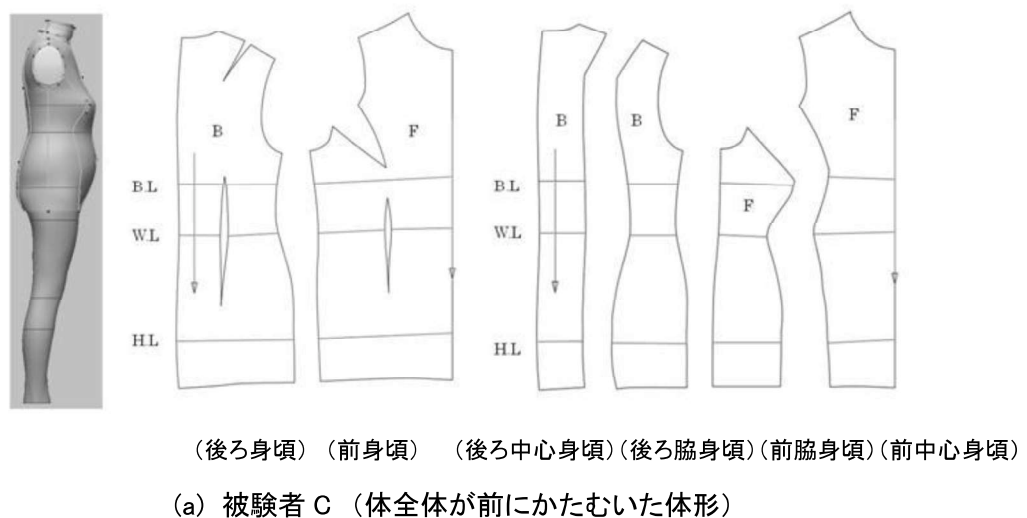


図 5.6 第 3 主成分「身体前後の傾斜」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン

(3) 第 5 主成分「肥瘦」の体型特徴をもった高齢女性のパターン

第 5 主成分の肥瘦という体型特徴を持った被験者 E と F の側面図とパターンを、図 5.7 に示す。被験者 E は、主成分得点が負に大きい値を示し、体が細く、お腹の出ない瘦身体形である。被験者 F は、主成分得点が正に大きい値を示し、体幹が大きく、側面の幅が厚い肥満体形であり、皮下脂肪が発達し、腹部の突出が顕著であった。

被験者 E のウエスト位の前径は 36.30cm、後径は 34.10cm で、被験者 F のウエスト位の前径は 55.70cm、後径は 38.98cm で、被験者 F は被験者 E よりウエスト囲が

(後ろ身頃) (前身頃) (後ろ中心身頃) (後ろ脇身頃) (前脇身頃) (前中心身頃)

(a) 被験者 E (瘦身体形)

図 5.7 第 5 主成分「肥瘦」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン

(4) 第 6 主成分「胴部前面の突出」の体型特徴をもった高齢女性のパターン

第 6 主成分の胴部前面の突出という体型特徴を持った被験者 G と H の側面図とパターンを、図 5.8 に示す。被験者 G は、主成分得点が負に大きい値を示し、胴部前面が全体的に前に出ている体形である。被験者 H は、主成分得点が正に大きい値を示し、ウエストが細く、腹部のみ突出がみられる体形である。被験者 H の体形は、全体的に細くても、加齢とともにお腹が出るという高齢女性の体型特徴を示している。両者とも腹部が突出しているという特徴を示す被験者である。

被験者 G の前バスト幅は 57.90cm、後ろバスト幅は 47.96cm で、被験者 H の前バスト幅は 44.90cm、後ろバスト幅は 35.94cm である。被験者 G のウエスト位の前径は 54.52cm、後径は 40.36cm で、被験者 H のウエスト位の前径は 43.22cm、後径は 30.12cm である。これらより、被験者 G は被験者 H よりバスト位とウエスト位の前径の寸法が大きく、パターン設計上で前後側面の幅のバランスを考えることが重要である。また、被験者 G のパターンは、バストライン、ウエストライン、ヒップラインは前・後中心線と直交せずに傾いており、被験者 H に比べ、上半身が肥満体型であり、後ショルダーダーツと前アームホールダーツ量が多く、前ウエストダーツ量が少ないことが示された。本体型特徴は主に、前細腹の調整を行い、後細腹を微調整することでカバーできると考えられる。

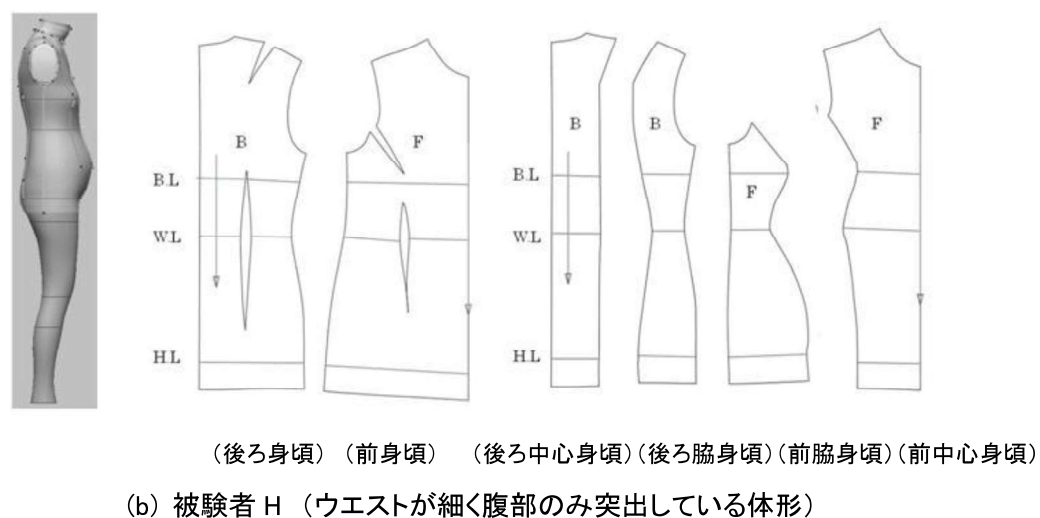
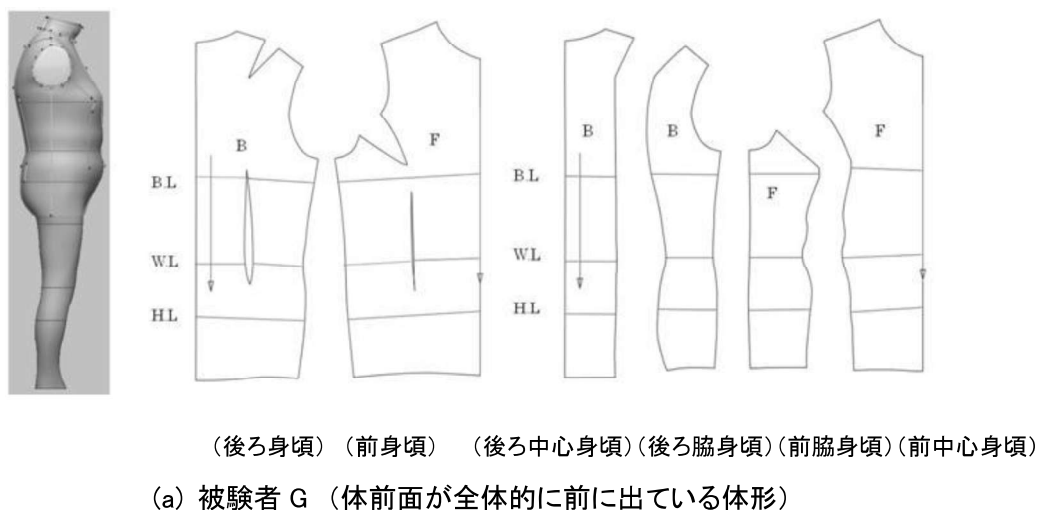


図 5.8 第 6 主成分「胴部前面の突出」の体型特徴を持った被験者の側面図とパターン

5.3.4 高齢女性および若年女性の平均形状とパターンの分析

第 3 章で得られた高齢女性 30 名の相同モデルの平均形状および、若年女性 45 名の相同モデルの平均形状を、3D から 2D へのパターン生成ソフトウェア LookStailorX を用い、衣服パターンを作成した。パターンは、前身頃のアームホールダーツ、後ろ身頃のショルダーダーツ、前・後のウエストダーツを入れたパターンと、前・後パネルラインを入れたパターン、2 種類を用いて分析した。ダーツ量の分布、パターンの形状、身頃の基準線の傾き、丈と幅などの寸法の変化から分析を行った。

高齢女性と若年女性の平均形状を LookStailorX に入力して得られたマネキンの画像および寸法を、図 5.9 および表 5.3 に示す。また、高齢女性と若年女性の平均形状の側面図とパターンを、図 5.10 に示す。高齢女性は若年女性と側面シルエットが異なり、高齢女性は若年女性より背中から臀部にかけて平らで、腹部の突出し、胴部の厚み、乳房下垂などの形状の特徴が示された。

高齢女性パターンのウエスト位の前径は 50.7cm、後径は 36.06cm で、若年女性パターンのウエスト位の前径は 45.9cm、後径は 31.5cm で、高齢女性は若年女性よりウエスト囲が大きく、全体的に厚みがあることがパターンからいえる。ウエストの扁平率（幅径/厚径）は、高齢女性は 1.24、若年女性は 1.44 で、高齢女性の扁平率が若年女性の扁平率より小さいことから、高齢女性のウエストはより円形に近いことがわかった。高齢女性のパターンは若年女性のパターンに比べ、身頃の幅が大きく、後ショルダーダーツ量が多く、前後のウエストダーツ量が少ないなどの高齢者特有の特徴が示されたが、いずれも後身頃および後細腹のカーブは類似しており、前脇および前細腹によって、体型の加齢変化をパターンに反映できるものと考えられる。

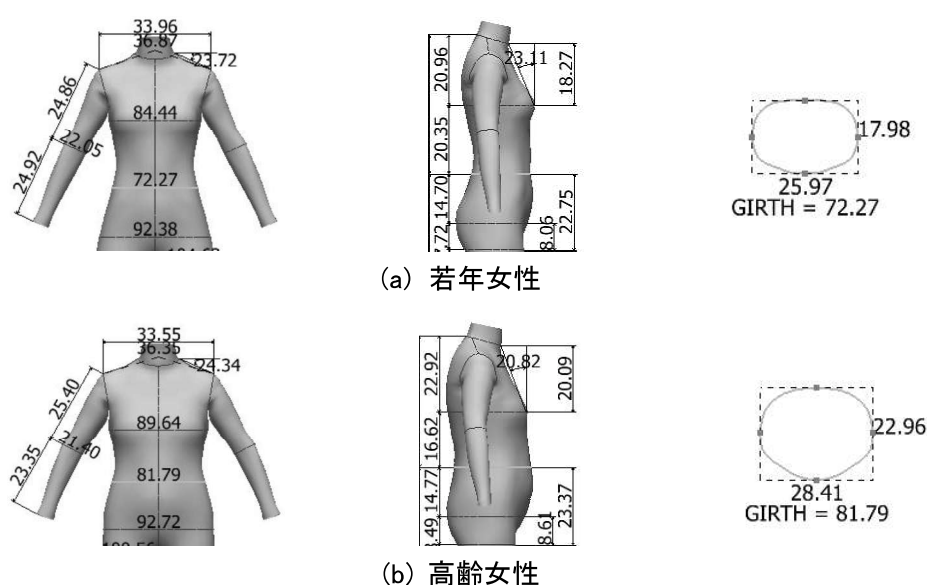
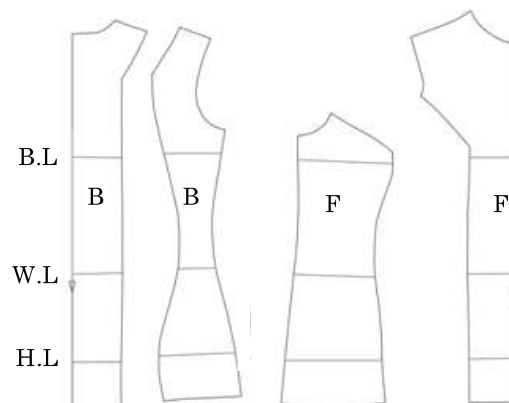
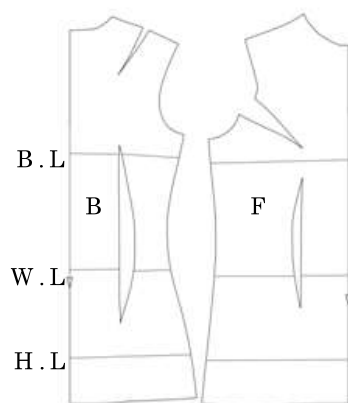


図 5.9 LookStailorX から得られた高齢女性と若年女性の平均形状のマネキンの画像

表 5.3 LookStailorX から得られた高齢女性と若年女性の平均形状のマネキンの寸法

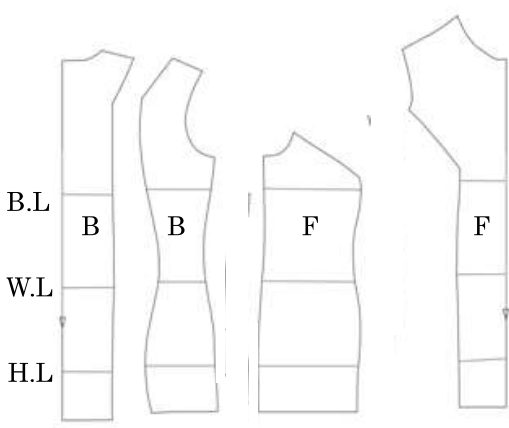
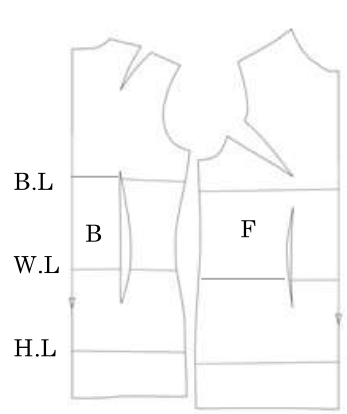
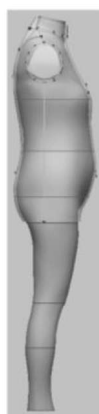
(単位: cm/度)

	頸椎点～B.P. 垂直距離	B.P.～W.L 垂直距離.	胸囲	胴囲	腰囲	肩傾斜角	前面傾斜角
若年女性	20.96	20.35	84.44	72.27	92.38	23.72	23.11
高齢女性	22.92	16.62	89.64	81.79	92.72	24.34	20.82



(後ろ身頃) (前身頃) (後ろ中心身頃) (後ろ脇身頃) (前脇身頃) (前中心身頃)

(a) 若年女性



(後ろ身頃) (前身頃) (後ろ中心身頃) (後ろ脇身頃) (前脇身頃) (前中心身頃)

(b) 高齢女性

図 5.10 高齢女性と若年女性の平均形状の側面図とパターン

5.3.5 平均形状から作成したパターンの適合性に関する評価

高齢女性と若年女性の平均形状から作成したパターンを検討するため、パターンから製作したトワルを人台に着装させ、画像および水平・垂直断面図から形態適合性を検討した。

平均高齢女性のパターンから製作したトワルを図 5.11 に示す。着衣基体として、図 5.12 に示す若年女性の平均形状のバスト寸法に近似している人台 (B:83.5、W:62、H:89.5) と、図 5.15 および図 5.18 に示す大塚研究室とイオントップバリュが共同開発した高齢女性 60 歳代の人台 (B:89、W:78.5、H:93.5) および、70 歳代の人台 (B:88.5、W:80.5、H:91.5) を用いた。

若年女性のトワルにおける着装評価の結果を図 5.12、図 5.13、図 5.14 に、60 歳代の高齢女性のトワルにおける着装評価の結果を図 5.15、図 5.16、図 5.17 に、70 歳代の高齢女性のトワルにおける着装評価の結果を図 5.18、図 5.19、図 5.20 に示す。着装人台の画像から、図 5.14 (c) の若年女性のウエストの水平断面図は人台の寸法が平均形状のウエスト寸法より約 10cm 小さいためフィットしていないが、それ以外のところでは高齢女性と若年女性のトワルがそれぞれの人台にほぼフィットしているといえる。

以上のことから、高齢女性の平均形状は高齢女性の体形特徴をよく表し、その平均形状をもとに作ったパターンが高齢女性用人台にほぼフィットする形状であることが確認できた。

これらの結果から、三次元スキャンデータを用い、寸法データと形状データからパターンを製作し、着装評価まで行う一連のシミュレーションは、若年者はもちろん個人差が大きい高齢者などの様々な体形のパターン設計に有効に活用できると考えられる。これからの高齢社会の衣生活に向け、さまざまな姿勢の平均形状からパターンを展開した胴部スローパを用いたパターン設計の有効性が確認された。



図 5.11 平均高齢女性のパターンから制作したトワール

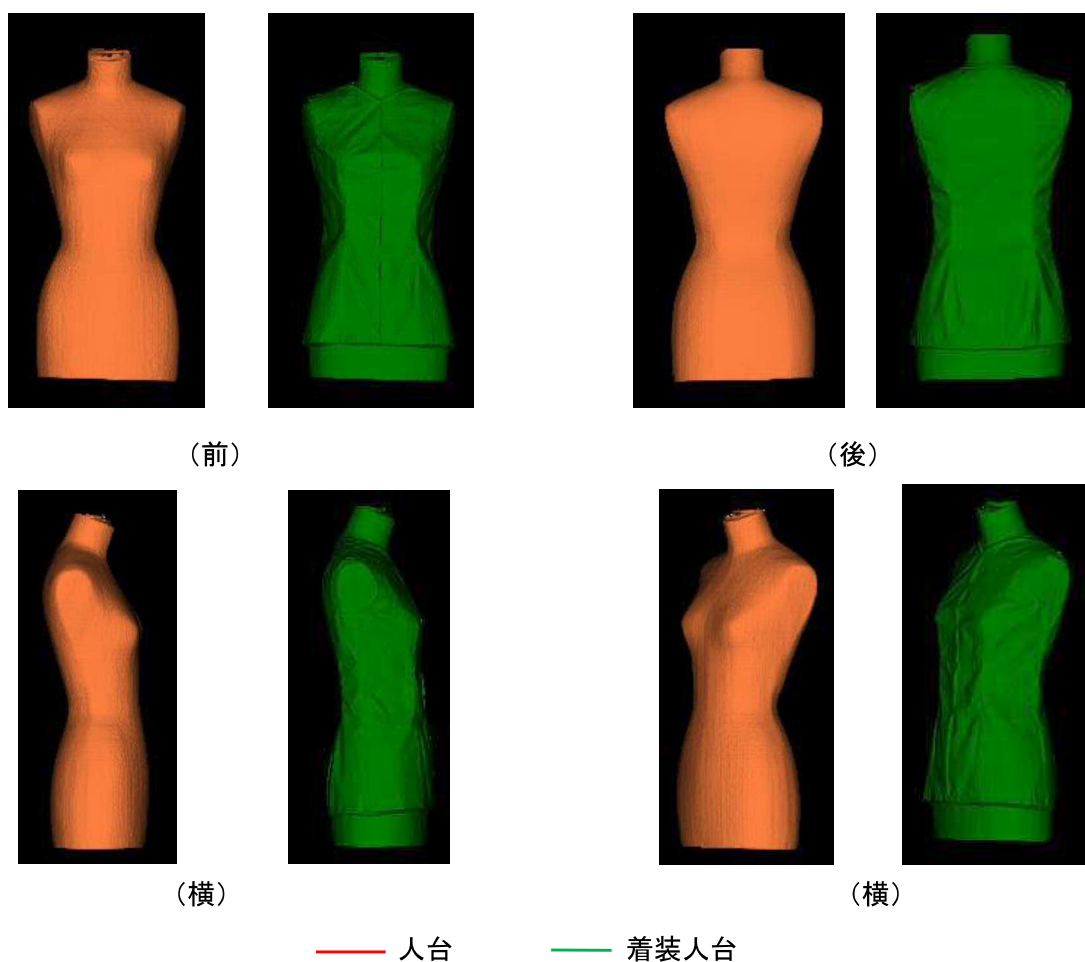


図 5.12 平均若年女性のトワールの着装評価のための着衣用人台および着装の画像

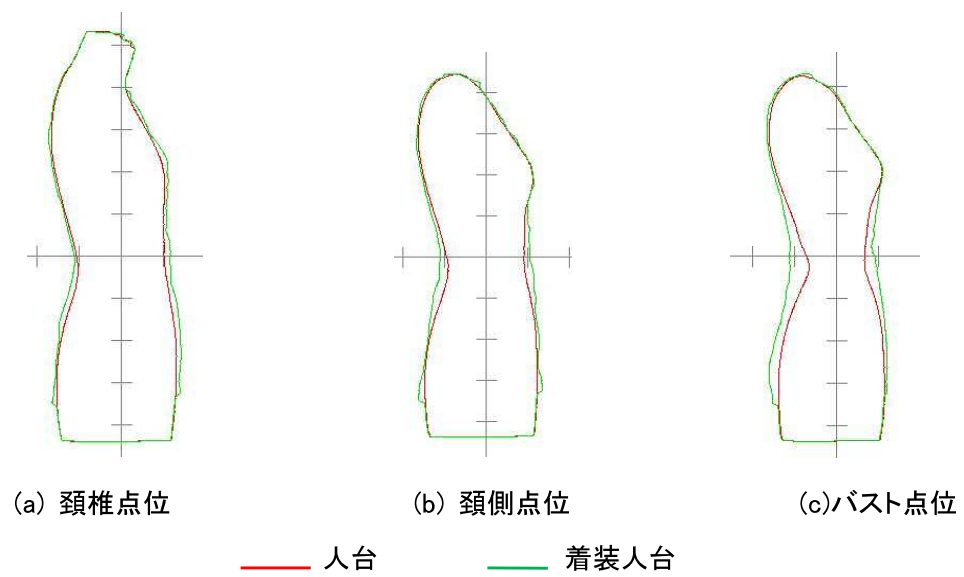


図 5.13 平均若年女性のトワル着装における垂直断面重合図

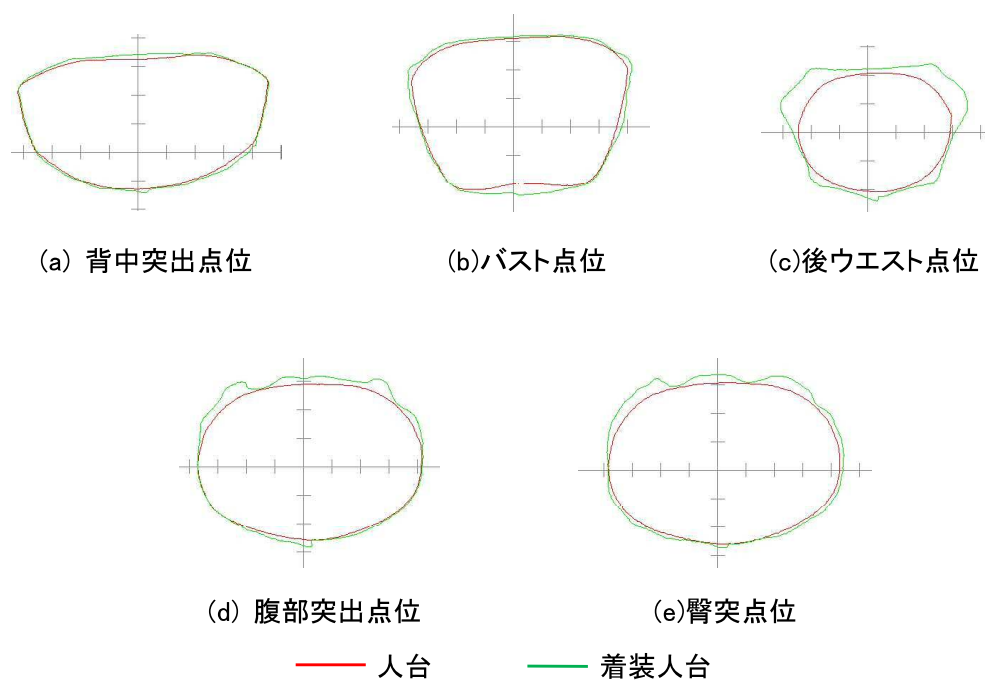


図 5.14 平均若年女性のトワル着装における水平断面重合図

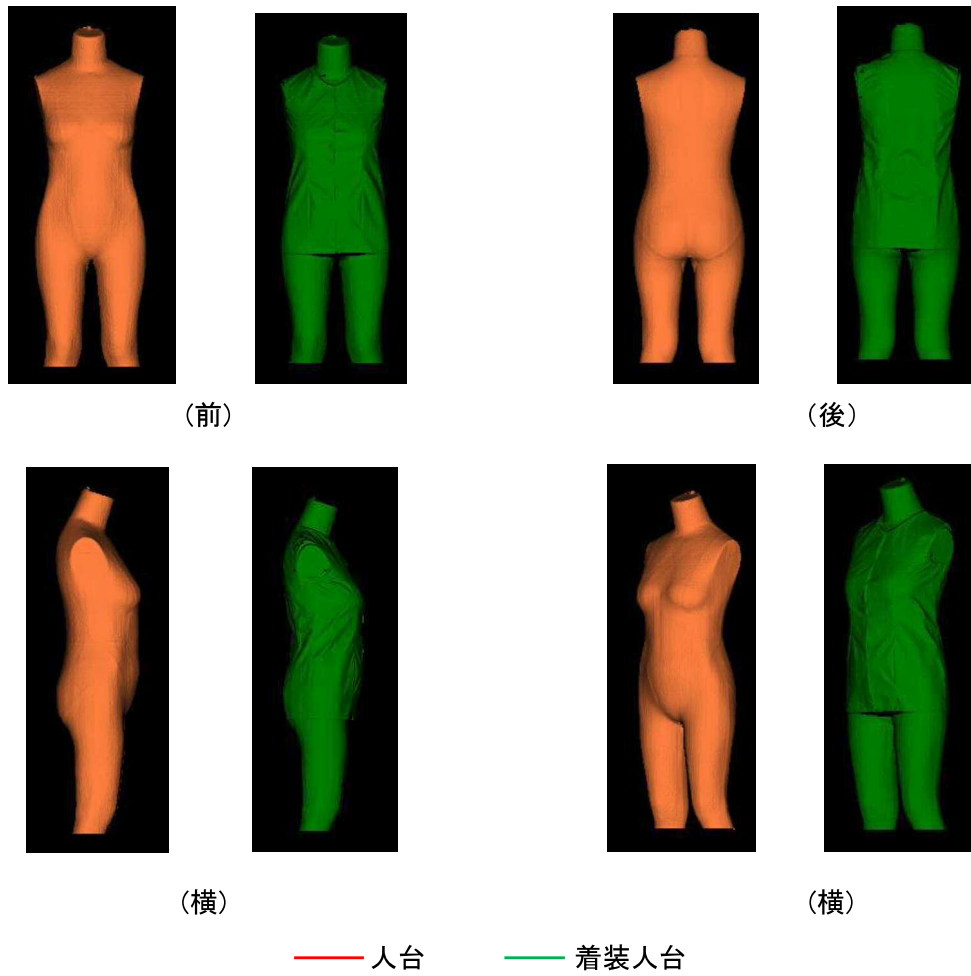


図 5.15 平均高齢女性のトワルの着装評価および着装画像(60 歳代人台)

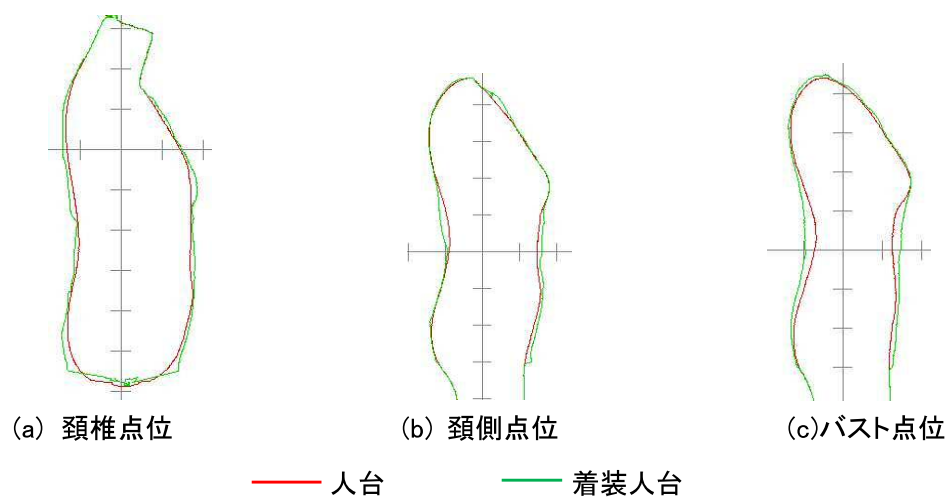


図 5.16 平均高齢女性のトワル着装における垂直断面重合図(60 歳代人台)

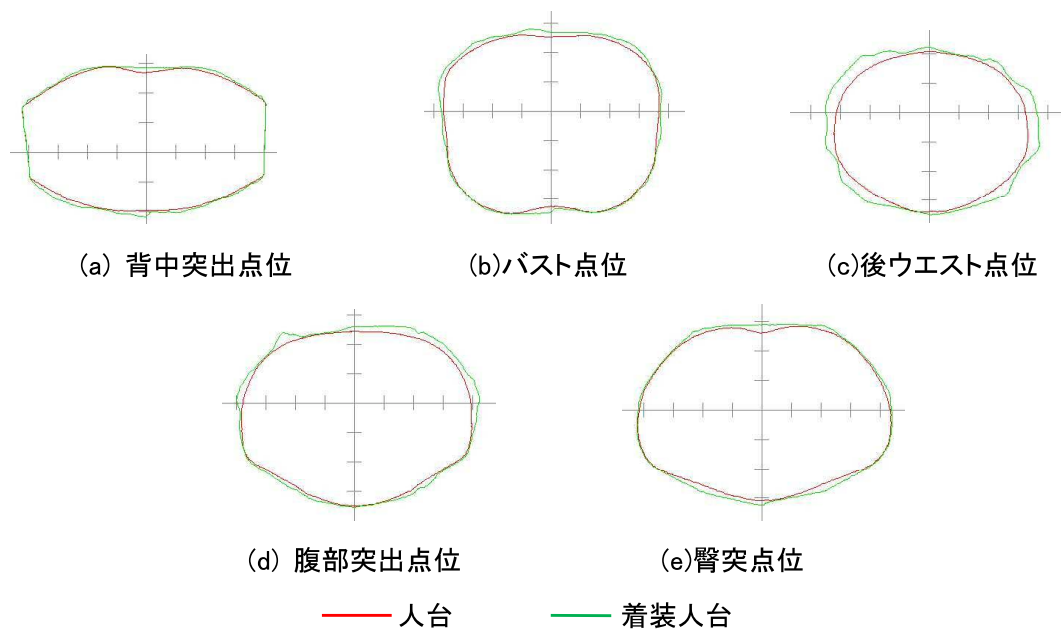


図 5.17 平均高齢女性のトフル着装における水平断面重合図(60 歳代人台)

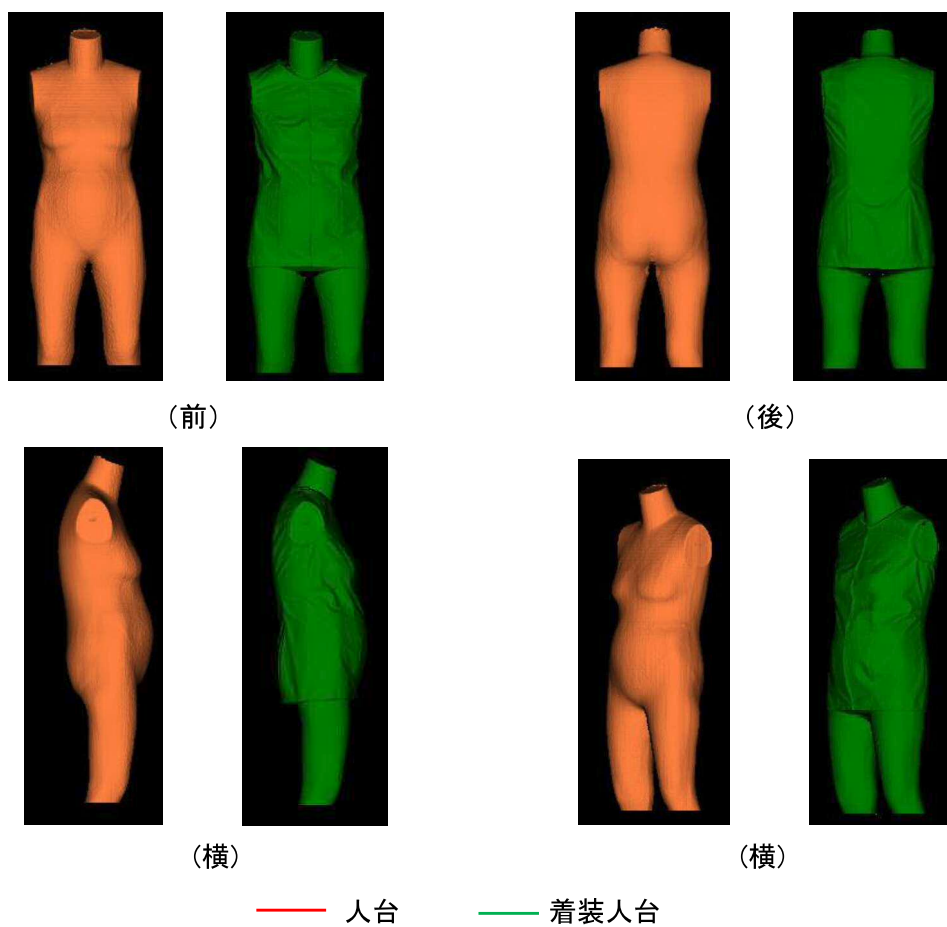


図 5.18 平均高齢女性のトフルの着装評価および着装画像(70 歳代人台)

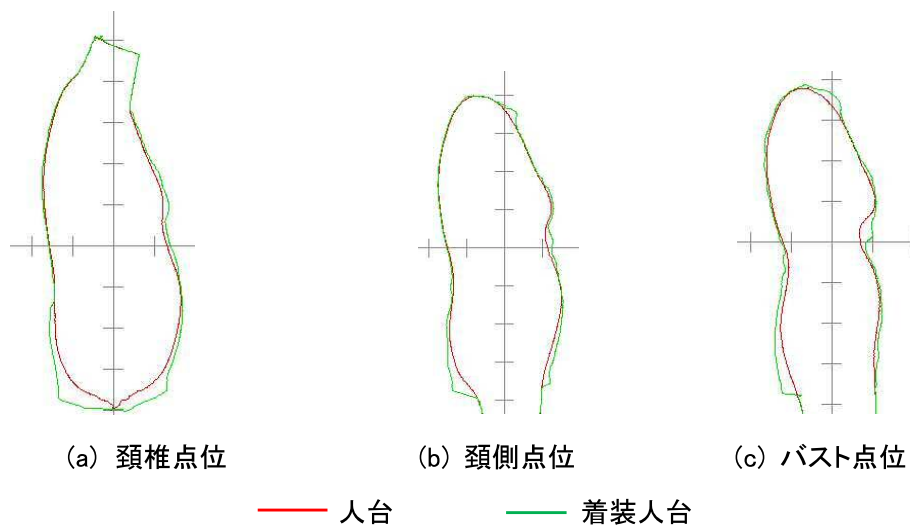


図 5.19 平均高齢女性のトワル着装における垂直断面重合図(70 歳代人台)

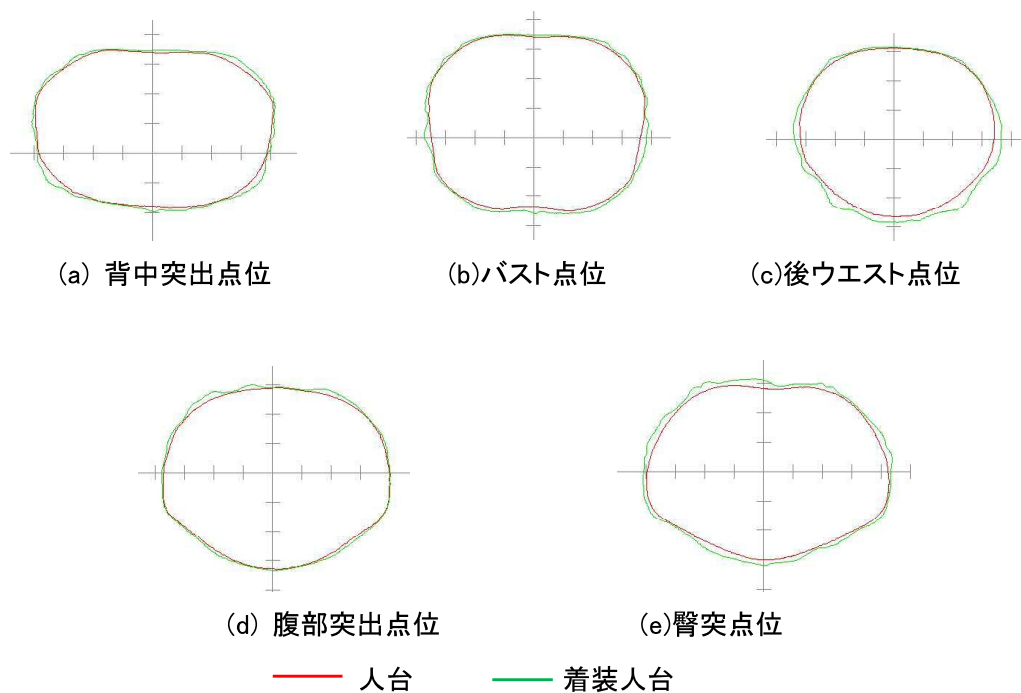


図 5.20 平均高齢女性のトワル着装における水平断面重合図(70 歳代人台)

5.3.6 高齢女性の座位パターンの検討

本研究で使用した 3D から 2D へのパターン生成ソフトウェア LookStailor X は、全身人体形状データを入力条件とするため、本研究で作成した体幹部のみの座位平均形状からのパターンの展開はできない。しかし、高齢女性の立位姿勢時に比べ座位姿勢時には、より前傾・前湾し、胴部が大きくなる傾向を反映する必要がある。そこで、高齢女性の立位平均形状から導出したパターンをもとに高齢女性の座位パターンの検討を行った。

第 4 章の高齢女性の立位平均形状および座位平均形状における胴位と腹位の計測値と両姿勢における変化率の差から、座位姿勢時には胴位の前径で 4.4%、両側径で 4.1% 増加し、腹位の前径で 1.8%、両側径で 2.4% 増加することが明らかになった。この比率を立位パターンのパーツそれぞれの長さに加え、座位パターンを作成した。座位平均形状によるパターンには、立位平均形状によるパターンに、前中心身頃と前脇身頃の接する切替え線のウエストライン位で左右 0.2cm ずつ、ミドルヒップライン位で左右 0.1cm ずつ加えた。また、前脇身頃と後ろ脇身頃の接する脇線のウエストライン位で左右 0.5cm ずつ、ミドルヒップライン位で左右 0.4cm ずつ加えた。

また、座位姿勢時には立位姿勢時より、首が前傾し、前丈が 1.7% 短くなったことから、前中心で衿ぐりを 0.7cm 下げ、前衿の肩線を下げ、自然につながるように修正し、後肩線を 0.7cm 前に移動させた。前アームホールラインを脇線で下げ、同時に後アームホールラインも前アームホールラインに合わせて下げ、自然につながるように修正した。

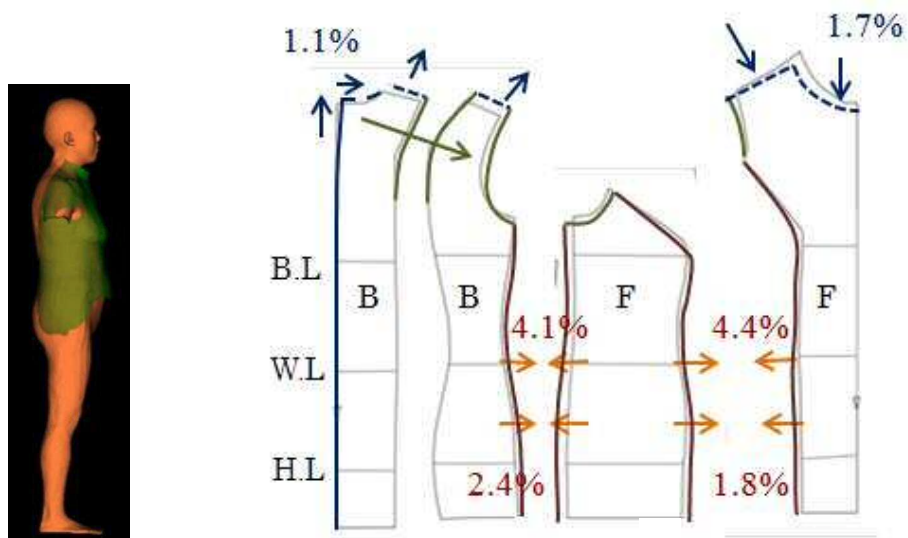
座位姿勢時には立位姿勢時より、背丈が 1.1% 長く、上半身が前傾・前湾し、頸部が前傾していることから、後衿ぐり線を 0.4cm 上げ、後ろ身頃の丈を長くし、体幹上部の後ろ中心線にカーブを入れた。また、乳頭・前水平ウエスト線長さが座位姿勢時に 7.0% 短いことから、バストラインを 1.0cm 下げ、胸部と背部のバランス

を考え、座位パターンを作成した。

このように座位パターンを作成する一つの方法として、立位パターンに座位形状の寸法差を加えることで、座位パターンを得ることができたが、このパターンは座位形状を完全に再現したとはいえない。今後は座位の平均形状からダイレクトにパターンメイキングを行う方法を確立することで、より適合性の高い衣服設計ができると考えられる。

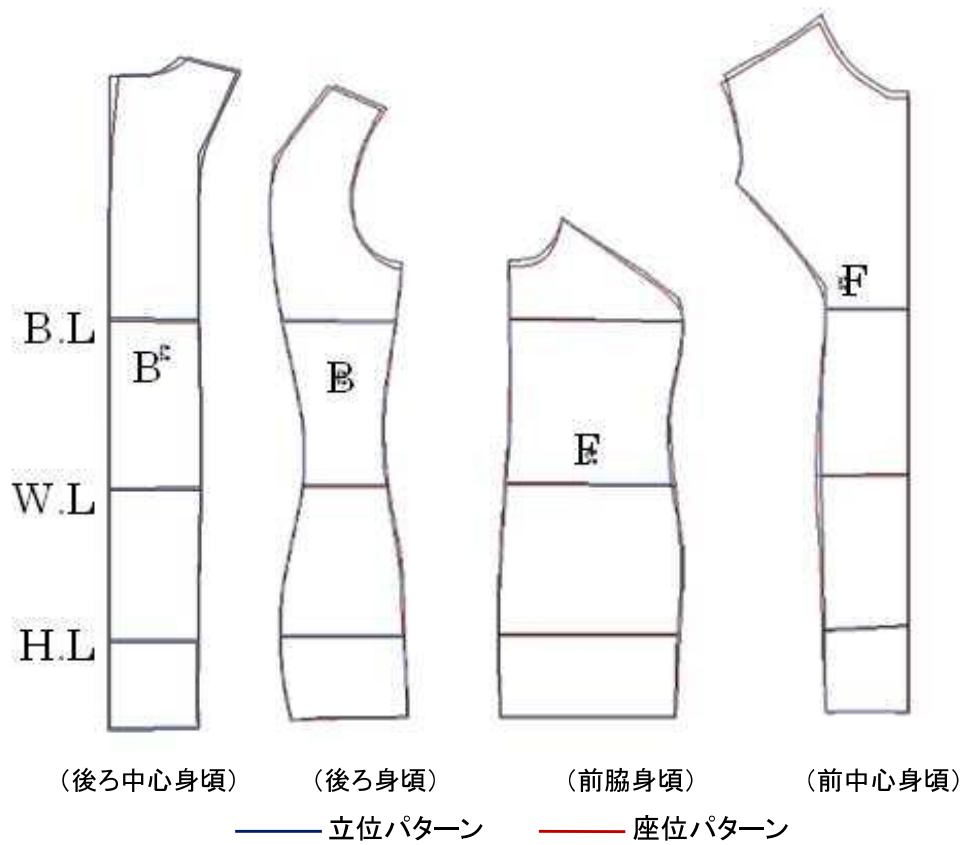
本研究では、三次元計測で寸法だけではなく、身体のバランスから体型を分析することができ、個々の体型をさまざまな角度で捉えることができたと考える。また、三次元計測器からさまざまな姿勢や動作の人体寸法を得、コンピュータを用いてバーチャル立体裁断によりパターンを作成し、その評価まで試みることができた。

このように、本研究手法を用いれば、三次元計測で形状を採取し、人体形状からダイレクトにバーチャル空間内で衣服パターンを作成し、作成パターンを用いてバーチャルまたは実際に衣服を作り、再度対象となる仮想マネキンに着装させることで、着装評価まで行うことができるシステムの構築が可能であると考えられる。このシステムにより、パターンメイキングの技術革新が進み、パーソナル対応の衣服設計の自動化が可能となり、個々の身体によりフィットする衣服を提供でき、生活の質の向上につながると考えられる。



(後ろ中心身頃) (後ろ脇身頃) (前脇身頃) (前中心身頃)

(a) 立位パターンを座位パターンに変化させる方法



(後ろ中心身頃) (後ろ身頃) (前脇身頃) (前中心身頃)

— 立位パターン — 座位パターン

(b) 立位パターンから導出した座位パターン

図 5.21 立位パターンから導出した座位パターンの展開

5.4 まとめ

高齢女性 30 名の三次元人体計測データから相同モデルを作成し、相同モデルの主成分分析の結果から特徴をもった被験者を抽出し、3D から 2D へのパターン生成ソフトウェア LookStailorX を用い、パターンを作成して比較・分析した。さらに、高齢女性と若年女性の平均形状を用い、パターンを作成し、分析を行った。

主な結果は次のとおりである。

1. 屈伸体型は、反身体型に比べ、前丈と後丈の寸法差が大きく、後丈が長いこと、後バスト幅が大きいことから、パターン設計上で前丈と後丈のバランス、背幅と胸幅のバランスに注意する必要がある。
2. 後傾体は前傾体に比べ、後バスト幅が大きく、前・後中心線に対してバストライン、ウエストライン、ヒップラインが直交しない。
3. 肥満体型は、瘦身体型より胴囲が大きく、前径と前身頃の側幅が大きかった。瘦身体型は肥満体型に比べ扁平であるため、後ショルダーダーツ量と前アームホールダーツ量が少ない。
4. 屈伸体型と後傾体は、反身体型と前傾体に比べ、後ショルダーダーツ量が多く、前アームホールダーツ量が少ない。
5. 高齢女性は若年女性より、身頃の幅が大きく、後ショルダーダーツ量が多く、前後のウエストダーツ量が少ないなどの高齢者特有の特徴が示された。

このように高齢女性の形状はさまざまであり、これまでのサイズグレーディングの考え方では高齢女性の衣服には対応できず、パーソナル対応のバーチャル立体裁断の有効性が確認された。また、多くの体型特徴はダーツ、前脇細腹形状、前細腹によってほぼ調整できることが示され、パーソナル対応グレーディングの指標が得られた。

第 6 章 結論

6.1 各章のまとめ

高齢社会はもはや先進諸国だけでなく、全世界で急速に進んでいる。すでに日本は超高齢社会を形成しており、高齢者の人口は増え続けている。高齢者の健康維持は、医療費削減のためにも喫緊の課題となっている。衣服分野においても日々の生活の中で、高齢者が快適で機能的な衣服を着用し、豊かに生活することは、高齢者の生活の質の向上に繋がるものであり、衣服による生活支援は不可欠である。しかし、高齢者の衣服は市場性が低く、体型変化や身体機能を考慮した衣服は少ないのが現状である。

そこで本研究では、高齢者の快適で安全な衣生活を保障するための基礎研究となる身体の寸法と身体形状を把握し、パーソナル対応の衣服設計のための指標を明確化することを目的し、多角的に検討する。

(1) 三次元スキャンデータの信頼性の検討

三次元スキャンデータの信頼性を検証するため、人台と人体(高齢女性30名)を対象に直接計測法と非接触三次元人体計測法により計測を実施し、比較・検討した。

静的物体としての人台における比較では、高径項目では、ほとんど誤差がなく有意な差も見られなかった。一方、幅・長径項目と周径項目では、有意差が認められ、特に影になる部分を含む部位において顕著であった。

人体における三次元計測と直接計測との比較において、身長と肩先幅は直接計測データより三次元計測データの方が大であり、周径項目ではほとんどの項目が直接計測データより三次元計測データが大きかった。

三次元で人体計測を行う場合、高径項目の誤差は計測時の開脚の有無、髪の毛の量などによる影響であり、周径項目の誤差は呼吸、振動による変動の影響によるものと考えられる。したがって、直接計測データと三次元計測データが混在する場合は、このことに配慮する必要があると考えられる。

(2) 高齢女性と若年女性の体型特徴の比較

高齢者の衣服の適合性を向上させるためには、身体の寸法と身体の体形を把握する必要があるが、衣服設計を前提とした高齢者の三次元形状に基づく全身体形分析は充分には行われていない。そこで、高齢女性 30 名と三次元スキャンデータの分析用の若年女性 10 名、および相同モデル用の若年女性 45 名の立位姿勢での三次元スキャンデータの形状を採取し、高齢女性の立位姿勢における体型特徴について若年女性との比較から検討した。さらに、人体と解剖学的対応点をもつ相同モデルを作成し、主成分分析により高齢女性と若年女性の立位姿勢の全身平均形状を導出し、若年女性との比較から高齢女性の体形特徴を詳細に分析した。

三次元スキャンデータの分析の結果から、高齢女性は若年女性より背面突出点・頸椎点水平距離、背部傾斜角度が大きく、背面突出点・ウエスト水平距離、乳頭・前水平ウエスト線長さが短く、首が前に出て上半身の前傾、前湾、乳房の下垂などの体形特徴を示すことが明らかになった。高齢女性の形状の主成分分析から、高齢女性の形状因子として、高径項目の高低、脊椎の湾曲度、脊椎の前後の傾斜、脊椎の傾斜の左右差、肥瘦度、胴部前面の突出度の因子が抽出され、加齢に伴い高齢者特有の体型となっていくことが示された。

(3) 高齢女性の座位姿勢の体幹形状の分析

高齢女性の体型、姿勢、動作に適合した衣服と座位人台設計のために、座位姿勢に着目して体幹部の体形変化を検討し、座位形状における体形特徴を捉えた。被験者は 65 歳 - 80 歳の高齢女性 30 名で、三次元スキャンデータを用い、分析した。

高齢女性の立位姿勢と座位姿勢における体幹部の三次元スキャンデータから、高齢女性は立位姿勢時より座位姿勢時に前側丈項目が減少、後側丈項目が増加してより前傾・前湾し、腹部が大きくなる傾向が示された。形状の主成分分析の結果から、高齢女性の座位姿勢における体型の特徴は背面の前湾、腹部の前突によって約 55%、高径と周径・幅径のバランス、肥瘦度を加えて 80%以上説明できた。

また、座位姿勢において第 2 主成分で抽出された腹部前突の特徴が、立位姿勢では第 6 主成分で抽出され、立位姿勢と座位姿勢で腹部形状が大きく異なることが明らかになった。

高齢女性の座位人台や下半身衣の設計において、脊椎の湾曲度と腹部における前面と側面の増大は特に配慮すべき重要な要素であることが明らかになった。

(4) 高齢女性の人体形状を配慮した衣服設計

第 3 章の三次元形状の主成分分析から得られた高齢女性と若年女性の平均形状および、高齢者特有の特徴をもった被験者を抽出し、3D から 2D へのパターン生成ソフトウェア LookStailor X を用い、ゆるみのない仮想タイトフィッティングにより衣服パターンに展開し、高齢女性の体型と衣服パターンとの関係を検討した。

立位姿勢の主成分分析で抽出された、脊柱の湾曲度、脊椎の前後の傾斜、肥瘦度、胴部前面の突出の高齢女性特有の体型特徴をもつ被験者について検討した。主な特徴として、屈伸体型は前丈より後丈が長く、前バスト幅より後バスト幅が大きいこと、屈伸体型と後傾体型は後ショルダダーツ量が多いことがわかった。また、肥満体型と後傾体型のパターンは、バストライン、ウエストライン、ヒップラインが前・後中心線と直交しないことがわかった。これらの体形特徴はパネルラインパターンにおいては、前後細腹の形状を調整することで、対応可能であることが確認された。また、高齢女性の平均形状のパターンは若年女性の平均形状のパターンに比べ、身頃の幅が大きく、後ショルダダーツ量が多く、前後のウエストダーツ量が少ないなどの高齢女性特有の特徴が示された。パネルラインでの展開パターンからは、後ろ脇身頃と前脇身頃が大きく異なることが示された。このように高齢女性のパターン形状はさまざまであり、これまでのサイズグレーディングの考え方では高齢女性の衣服には対応できず、パーソナル対応のバーチャル立体裁断の有効性が確認された。

高齢女性の座位パターンに関しては、本研究で使用したLookStailorXが全身人体形状データを入力条件とするため、体幹部のみの座位形状からのパターンの展開

はできない。しかし、高齢女性は立位姿勢時に比べて座位姿勢時には、上半身がより前傾・前湾し、頸部が前傾し、胴部が大きくなる傾向を反映し、前襟ぐり線を下げて前身頃の丈を短くし、後衿ぐり線を上げて後ろ身頃の丈を長くした。肩線を前に移動させ、背中に傾斜をいれ、前面と側面のウエストライン位とミドルヒップライン位に寸法を加えるなどで座位パターンを表現することができると考えられる。これは高齢女性の衣服設計において、加味すべきゆとり量の指標となるものである。

これらの結果から、三次元計測で形状を採取し、人体形状からダイレクトにバーチャル空間内で衣服パターンを作成し、作成パターンを用いてバーチャルまたは実際に衣服を作り、再度対象となる仮想ダミーに装着させることで、着装評価まで行うことができるシステムの構築が可能であると考えられる。このシステムは、若年者はもちろん個人差が大きい高齢者や運転手や車椅子利用者など座位を中心にした生活をする人、特殊な姿勢で作業を行う人、障害をもつ人などの様々な姿勢と体形の人々および、行動範囲がせまく店舗での買い物ができない人々などのパターン設計に有効に活用でき、本システムにより個々の身体によりフィットする衣服を提供でき、生活の質の向上につながると考えられる。

6.2 今後の課題

本論文では、一次元、二次元、三次元データを用いることで、高齢女性の立位姿勢と座位姿勢の体幹部形状の特徴を明らかにした。今後はこれらのデータをさらに蓄積してデータベースを構築し、さまざまな人々のための衣服設計につなげていくことが必要である。本研究を発展させたシステムを使い、パーソナル対応の衣服をつくる、体型別のパターンをサイズ展開して用意し、イージーオーダー的に応用するなど、さまざまな体型と身体条件の人々にとって、よりフィットして満足できる服作りを目指したい。さらに高齢者の QOL 向上につながる衣服設計や、高齢社会における様々な製品設計のための研究へと発展させていきたい。

謝辞

本論文を遂行するにあたり、始終ご懇切たるご指導を賜りました日本女子大学大学院人間生活学研究科教授 大塚美智子先生に、心から感謝申し、厚く御礼申し上げます。

本論文をまとめるにあたり、貴重なご助言とご指導を賜りました日本女子大学家政学部被服学科教授 佐々井啓先生、島崎恒藏先生、(独)産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門副研究部門長 横井孝志先生に、深く感謝申し上げます。

修士課程の時から、温かく励ましてくださいましたお茶の水女子大学名誉教授、駒城素子先生に心から感謝申し上げます。また、いつもそばで勇気をつけてくださいました日本女子大学家政学部助手、武本歩未先生をはじめ、先生たち、研究室の皆様に感謝申し上げます。

人体相同モデルの生成と分析にあたり、ご指導いただきました(独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター、持丸正明先生、河内まき子先生、飯田恒夫先生、遠藤維先生に御礼申し上げます。パターンの作成にあたり、ご指導いただきましたデジタルファッション(株) LookStailor X、杉橋泰彦様に御礼申し上げます。

本研究の高齢女性被験者としてご協力いただいた、東京都文京区シルバー人材センターの皆様、ならびに若年女性被験者としてご協力いただいた、日本女性大学家政学部の学生の皆様に御礼申し上げます。

最後に、温かく見守ってくださった祖父母と家族に心から感謝申し上げます。

2014 年 2 月 28 日

全 昭玢