

博士学位論文

フレアースカートの局所的自重変形と
これに及ぼす布地の力学特性の影響
—重回帰分析を用いて—

**Influence of the Mechanical Characteristics of the Fabrics on
Local Deformation of Flared Skirts under the Clothing's Own
Weight
—Using Multiple Regression Analysis—**

2017年 6月

文化学園大学大学院
生活環境学研究科 被服環境学専攻
瀬尾 香

**Influence of the Mechanical Characteristics of the Fabrics on Local
Deformation of Flared Skirts under the Clothing's Own Weight
— Using Multiple Regression Analysis —**

Abstract

Recently, in the apparel field, it has become imperative to speed up planning and accelerate the production cycle. At the design and apparel production site, a problem is caused by the gap created between the toile (an early version of a finished garment made up in cheap material so that the design can be tested and perfected) and the actual production, as well as by using the same pattern and changing only the fabric. Since changing the fabric will change the silhouette shape, the patterner is forced to correct the pattern for each fabric. Until now, patterners have corrected them at their own empirical discretion, with insufficient results. If it becomes possible to predict the deformation of clothing from the mechanical characteristics of fabric, it will lead to more efficient garment design. In addition, even if different fabrics are used, knowledge about the relationship between material properties and deformation is required in order to make it possible to reproduce without a finished image while maintaining the shape of the clothing of toile. In particular, the shape of a flared skirt varies greatly depending on the material, and the significant deformation appears. Many studies have investigated the relation between silhouette and mechanical properties, but there are no studies of local deformation.

From the above viewpoint, in this study, a flared skirt was manufactured using 14 types

of fabrics with different composition and structure, and the deformation in the gravity and orthogonal directions of each part was measured using the circular stamp method. The skirt was put on a body and the parts were measured. The waist of the skirt was fixed with a hanger and left in a constant temperature and humidity chamber. Multiple regression analysis was used to investigate the influence of the mechanical properties of the fabric and local deformation of the flared skirt under its own weight.

Chapter 1. Introduction

In this chapter, we examined the social background and previous research of this subject and described the purpose and significance of this research.

Chapter 2. Comparison between virtual (three-dimensional virtual wearing simulation) and real (actual production)

In this chapter, a three-dimensional pattern created using the surface development function of the new-type apparel three-dimensional CAD and a plane pattern drawn using the upper body prototype and the lower body prototype of Bunka formula were compared. In addition, a flare skirt pattern for experiments was prepared in the same way, and simulation was carried out using a three dimensional virtual wearing system. The simulated skirt and the actual skirt were then comparatively examined.

In the comparison between the three-dimensional pattern and the planar pattern, even if the finished dimensions are the same, there is a difference in fitness between the two – the three-dimensional pattern developed from the surface of the virtual body was closer to the intended silhouette, and the fit was high.

Regarding the comparison between simulation and actual production in Hitoto and Pattern Magic II

3D, in both cases dissociation was recognized between real production such as a silhouette and the number of nodes, node height.

For the 3D fit view, the representation of the pattern was very real and almost unchanged from the real thing, but dissociation was recognized with the actual skirt, such as fabric difference, silhouette and the number of nodes, node height.

Regarding the possibility of a new type of apparel CAD, the usefulness for a surface development function of a virtualized body was confirmed. However, in the three-dimensional virtual wearing simulation, it was shown that there was a problem with reproducibility.

Chapter 3. Local deformation on flared skirts under clothing's own weight using 4 kinds of fabrics

In this chapter, the deformation of a long flared skirt with a skirt length of 80 cm was made using 4 kinds of fabrics – sheeting, broad, satincrepe and cupra – under the skirt's own weight after leaving it for 2 weeks was measured. The measurement points were 40 intersection points at each row and each column of the skirt. For the measurement, the rate of change in the gravity direction and the orthogonal direction was estimated using an ellipse equation based on measured values of internal line, vertical, horizontal and diagonal with a diameter of 20 mm, using the circular stamp method.

It was shown that the rate of change for each part became elongated in the gravity direction and contracted in the orthogonal direction. The results of the 3-way ANOVA test based on fabric, row and column showed that deformation was more significant as followed : fabric (satincrepe> cupra> sheeting ≒ broadcloth), row (2nd> 3rd> 1st> 4th), and column (side>center).

The swing of the side line of the flare skirt was thought to be due to the difference between the local deformation of the right bias and the left bias.

The local deformation of the 2nd row and the 3rd row showed high correlation ($p<0.01$) with the

mechanical properties of the fabric, especially bending and shearing.

Chapter 4. Mechanical properties of the sample fabric

In this chapter, structural, mechanical and drape properties of 14 kinds of sample fabrics were measured and investigated. In addition, based on the specifications of the fabric and the mechanical property values, principal component analysis was performed to extract the features of each sample.

Fourteen kinds of sample fabrics with different fiber composition and tissue were selected. The structural properties of the sample such as the weave structure, thickness, weight, weave density, direction of twist, crossing point of each sample were measured, four items: tensile characteristics, shear characteristics, bending characteristics, and surface characteristics of the sample fabric were measured using a KES-FB texture measurement system. As for the drape property, the drape coefficient and the area of each sample were measured using a drape tester and examined together with the shape of the cross section of the skirt. Based on these measurements, principal component analysis of 12 items was attempted. For that item, it was thickness, weave density, weight, crossing point, EMTwp, EMTwf, Gwp, Gwf, Bwp, Bwf, MIUwp, MIUwf. It was considered to explain the degree of stiffness and thickness of the fabric in the first principal component, the degree of elongation of the fabric and magnitude of the frictional resistance in the second principal component and the crossing point in the third principal component. Fourteen sample fabrics were divided into five groups, and it was confirmed that a wide range of sample fabrics was selected.

Chapter 5. Relationship between local deformation of the skirt under its own weight and mechanical properties using 14 kinds of fabric

In this chapter, for flared skirts of the same pattern made from 14 kinds of different fabrics, the local

deformation of the skirt under its own weight at each of the 40 points was measured by the circular stamp method, and the characteristics of deformation of each site were analyzed and the influence of the mechanical properties of the fabric on the local deformation was investigated.

Regarding the rate of change by site, the results of the 3-way ANOVA test based on fabric, row and column, in the fabric, all three factors showed a significant difference in risk of less than 1%. As a result of multiple comparisons, deformations such as silksatin, Habutae were large, and deformation such as broad, sheeting and denim was small. In the row, the deformation was large in the order of (2nd> 3rd ≈1st> 4th), in the column, the deformation was large in the order of (side>middle>center).

As a result of multiple regression analysis with the KES value as the explanatory variable, in the gravity direction of the first row, the tensile elongation percentage in the warp direction was extracted for all of the rows, and in the orthogonal direction, influencing factors coexisted. In the 2nd and 3rd rows, the left and right side lines where the deformation was large, more than two causes influenced the deformation. It was shown that the influence of shearing stiffness is large in both gravity and orthogonal directions of each row. In the gravitational direction of the left and right intermediate lines, the influence of bending stiffness in the vertical direction and the horizontal direction was large, and in the orthogonal direction, the influence of the shearing stiffness in the vertical direction was large. For the 4th row, the change was small, but the weave density was extracted. Each measurement point of the skirt was classified into ten sections showing similar characteristics and a multiple regression equation for estimating each local deformation was obtained.

Analysis was attempted by adding the drape coefficient, which is a composite characteristic, to the explanatory variable. Although the contribution rate was slightly lower than when only the mechanical characteristic value was analyzed as an explanatory variable, it was extracted as the first explanatory variable in the 2nd and 3rd rows. If the effectiveness of the evaluation method by the drape tester is

demonstrated, analysis that adds the drape coefficient as an explanatory variable was also considered to be effective.

The local deformation of the left and right side lines showed a difference between the right bias and the left bias, which suggests that this is the cause of the twist observed in the flared skirt side line.

Chapter 6. Summary

In this chapter, the results of each chapter are summarized, and future prospects are described.

In this study, the local deformation of a skirt under its own weight using 14 different fabrics was measured by the circular stamp method, and the influence of the mechanical properties of fabric on deformation was investigated by multiple regression analysis. The factors of fabric, row, and column showed significant differences. It was revealed that the influence of the mechanical properties of the fabric on the local deformation varies depending on the part of the skirt. It was therefore possible to show the possibility of predicting the local deformation of a flared skirt under its own weight from the mechanical properties of the fabric. These results are useful for designing and modifying patterns and can be applied or extended for simulation. In the future, it is necessary to verify the accuracy of the multiple regression equation with a new fabric. Moreover, in order to make use of it in pattern design, examination of pattern modification methods for each fabric and verification of items other than flared skirts are also important.

目 次

Abstract	i
目 次	vii
List of Tables	xi
List of Figures	viii
第1章 序 論	
1.1 ファッション産業を取り巻く社会の変化	1
1.2 ファッション・テクノロジー融合化時代におけるパタンナーの役割	8
1.3 衣服変形に関連するフレアスカートの文献的背景	14
1.4 本論文の目的と構成	20
引用文献	22
第2章 バーチャル（三次元仮想着装シミュレーション）とリアル（実物製作）との比較	
2.1 緒 言	26
2.2 研究方法	30
2.2.1 原型の検討	30
1) バーチャルボディを使用した立体パターンと文化式上半身原型及びスカート原型の作図法による平面パターンの作成	30
2) フレアスカートのパターン作成	34
2.2.2 フレアスカートの実物製作	38
1) 試料布と地の目	38
2) 地直し	39
3) 裁 断	39
4) 縫 製	40
5) 用 具	40
6) 製作時の室内環境と撮影条件	41
2.2.3 三次元仮想着装シミュレーションの実行	42
1) hitoto 及び CREACOMPO II によるシミュレーション	42
2) 3D fit view によるシミュレーション	45
2.3 結果及び考察	46
2.3.1 立体パターンと平面パターンとの比較	46
2.3.2 バーチャルとリアルとの比較	51

2.4 総括	59
引用文献	61
参考文献	62

第3章 4種の布地を用いたフレアースカートの局所的自重変形

3.1 緒言	63
3.2 研究方法	64
3.2.1 試料布(4種)	64
3.2.2 計測方法	66
1) 計測線・計測点の設定	66
2) 計測方法	67
3) スカートの重力・直交方向変化率の推定	68
3.2.3 分析方法	69
3.3 結果	69
3.3.1 スカート各列長さの変化	69
3.3.2 スカートの局所変形	71
1) 布地の影響	74
2) 段の影響	75
3) 列の影響	76
3.3.3 スカートの局所変形と力学特性との関係	77
1) スカート各段の部位別変化率と布地の力学特性との相関	77
2) スカート各列の部位別変化率と布地の力学特性との相関	78
3.4 考察	79
3.5 総括	82
引用文献	83
参考文献	84

第4章 試料布の物理特性

4.1 緒言	85
4.2 研究方法	87
4.2.1 試料布の選定	87
4.2.2 測定項目及び測定方法	88
4.2.2.1 試料布の諸元	88
1) 織組織	88
2) 厚さ	88
3) 糸密度・撚り方向	89

4) 平面重	89
5) 交錯点	90
6) 糸の太さ	90
4.2.2.2 KES-FB 風合い計測	90
4.2.2.3 ドレープ性	91
4.3 結果及び考察	92
4.3.1 試料布の諸元	92
4.3.2 KES-FB 計測システムによる各試料布の力学特性について	101
1) 引張り特性	128
2) せん断特性	129
3) 曲げ特性	130
4) 表面特性	131
4.3.3 ドレープ性	132
4.3.4 布地の主成分分析	137
4.4 総括	141
1) 構造特性	141
2) 力学特性	141
3) 主成分分析	142
引用文献	143
参考文献	145

第5章 フレアースカートの局所的自重変形とこれに及ぼす布地の力学特性の影響

5.1 緒言	146
5.2 研究方法	147
5.2.1 試料布 (14種)	147
5.2.2 実験用スカートの製作	148
5.2.3 自重変形の計測	149
1) 計測線・計測点	149
2) 計測方法	149
5.2.4 分析方法	150
5.3 結果	151
5.3.1 スカート各列長さの変化	151
5.3.2 スカートの局所変形	152
5.3.3 スカート各列長さの自重変形に関わる布地の力学特性の抽出	157
5.3.4 スカートの局所的自重変形に関わる布地の力学特性の抽出	158
5.4 考察	166

5.5 総括	170
引用文献	172
参考文献	173
第6章 研究の総括	176
謝辞	

List of Tables

Table	Page
Table 2-1 Basic fabric information	39
Table 3-1 Mechanical characteristics of fabrics measured by KES (warp and weft direction).....	64
Table 3-2 Mechanical characteristics of fabrics measured by KES (right and left bias direction)	64
Table 3-3(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Sheeting)	71
Table 3-3(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Sheeting)	71
Table 3-4(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Broad)	71
Table 3-4(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Broad)	71
Table 3-5(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Satin crepe)	72
Table 3-5(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Satin crepe)	72
Table 3-6(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Cupro)	72
Table 3-6(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Cupro)	72
Table 3-7(a) Result of 3-way ANOVA (Gravity direction) test.....	73
Table 3-7(b) Result of 3-way ANOVA (Orthogonal direction) test	73
Table 3-8 Correlation coefficients for local strain on each row and mechanical characteristics of fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction).....	77
Table 3-9 Correlation coefficients for local strain on each column and mechanical characteristics of fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction).....	78
Table 4-1 List of basic mechanical characteristics of the fabrics	90
Table 4-2 General information	94
Table 4-3 Mechanical characteristics of the fabrics measured by KES (warp and weft direction)	101
Table 4-4 Drapability of fabric measured by the drape tester	133
Table 4-5 Component matrix	139
Table 4-6 Result of principal component analysis	139

Table 5-1	General information and the mechanical characteristics of the fabrics measured by KES (warp and weft direction).....	148
Table 5-2	Change of the skirt length in each column After 24 hours and after 2 weeks hanging	152
Table 5-3(a)	Result of 3-way ANOVA (Gravity direction) test.....	153
Table 5-3(b)	Result of 3-way ANOVA (Orthogonal direction) test	153
Table 5-4	Multiple comparisons among fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction).....	154
Table 5-5	Position of local deformation with multiple regression analysis (1).....	157
Table 5-6	Result of multiple regression analysis of the skirt length	157
Table 5-7	Position of local deformation with multiple regression analysis (2).....	160
Table 5-8(a)	Result of multiple regression analysis of the local deformation (Gravity direction)	160
Table 5-8(b)	Result of multiple regression analysis of the local deformation (Orthogonal direction)	161

List of Figures

Figures	Page
Fig.1-1 Tweed setup with hand-sewn 3D parts by Chanel.....	2
Fig.1-2 Danit Peleg’s fashion collection by 3D printed design.....	3
Fig.1-3 Katie Gallagher’s fashion collection by 3D printed design.....	3
Fig.1-4 Fast fashion shop in the world.....	5
Fig.1-5 Product development process of “conventional type” and “fast fashion type”	6
Fig.1-6 Common workflow for pattern making	10
Fig.1-7 Michael Kors “2015 - 16 A-W New York Collection”	17
Fig.2-1 Deformation of virtual body (upper body)	32
Fig.2-2 Deformation of virtual body (lower body)	32
Fig.2-3 Three-dimensional pattern made by peeling the surface of the virtual body.....	33
Fig.2-4 The upper body prototype and the skirt prototype were made by the BUNKA formula...	33
Fig.2-5 Deformation of virtual body for pattern making	35
Fig.2-6 The basic skirt pattern developed from the virtual body	36
Fig.2-7 Patterns of an experimental flared skirt.....	37
Fig.2-8 Microscope images of 4 kinds of fabrics.....	38
Fig.2-9 Flare skirt cut drawing.....	40
Fig.2-10 BUNKA type nude body No. 7 used	41
Fig.2-11 Deformation of virtual body for simulation	42
Fig.2-12 Virtualization of BUNKA type nude body No. 7	43
Fig.2-13 Body size and virtual body of 3D fit view	45
Fig.2-14 Completed the three- dimensional pattern and the prototype of BUNKA formula (Upper body)	48
Fig.2-15 Completed the three- dimensional pattern and the prototype of BUNKA formula (Lower body)	48
Fig.2-16 Toile check of three-dimensional pattern by peeling the surface of the virtual body (Upper body)	49
Fig.2-17 Toile check of planar pattern by using the prototype of Bunka formula (Upper body)	49
Fig.2-18 Toile check of three-dimensional pattern by peeling the surface of the virtual body (Lower body)	50
Fig.2-19 Toile check of planar pattern by using the prototype of Bunka formula (Lower body)	50
Fig.2-20 3D simulation by Hitoto (Sheeting)	53

Fig.2-21	3D simulation by CREACOMPO II (Sheeting).....	54
Fig.2-22	Real skirt wearing image (Sheeting)	54
Fig.2-23	Hemline shape in cross section by 3D simulation (Sheeting), Left is Hitoto / Right is CREACOMPO II	55
Fig.2-24	Hemline shape in cross section of real skirt (Sheeting).....	55
Fig.2-25	3D simulation by 3D fit view (Broad).....	56
Fig.2-26	Real skirt wearing image (Broad).....	56
Fig.2-27	3D simulation by 3D fit view (Satincrepe).....	57
Fig.2-28	Real skirt wearing image (Satincrepe)	57
Fig.2-29	Hemline shape in cross section of 3D simulation by 3D fit view, Left is Broad / Right is Satincrepe.....	58
Fig.2-30	Hemline shape in cross section of real skirt, Left is Broad / Right is Satincrepe.....	58
Fig.3-1	Measurement lines and the position of stamps.....	66
Fig.3-2	Stamp used and scenery for measurement.....	67
Fig.3-3	Cut drawing.....	68
Fig.3-4	Calculation of strain in gravity / orthogonal directions from original measurement of strain through ellipsis function.....	68
Fig.3-5	Change of the skirt length in each column after 2 weeks hanging	70
Fig.3-6	Multiple comparisons among fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction).....	74
Fig.3-7	Multiple comparisons among rows (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)	75
Fig.3-8	Multiple comparisons among columns (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)	76
Fig.4-1	Digital microscope	88
Fig.4-2	Thickness gauge	88
Fig.4-3	Loupe.....	89
Fig.4-4	electronic balance.....	89
Fig.4-5	Drape tester	91
Fig.4-6	Microscope image and organization chart of Broad.....	95
Fig.4-7	Microscope image and organization chart of Sheetting.....	95
Fig.4-8	Microscope image and organization chart of Denim.....	95
Fig.4-9	Microscope image and organization chart of Gabardine	96
Fig.4-10	Microscope image and organization chart of Woolgauze.....	96
Fig.4-11	Microscope image and organization chart of Serge.....	96
Fig.4-12	Microscope image and organization chart of Tweed	97

Fig.4-13	Microscope image and organization chart of Kersey	97
Fig.4-14	Microscope image and organization chart of Habutae	97
Fig.4-15	Microscope image and organization chart of Silksatin.....	98
Fig.4-16	Microscope image and organization chart of Satincrepe.....	98
Fig.4-17	Microscope image and organization chart of Crepe de chine.....	98
Fig.4-18	Microscope image and organization chart of Amunzen	99
Fig.4-19	Microscope image and organization chart of Cupro.....	99
Fig.4-20	Thickness.....	100
Fig.4-21	Weave density (warp & weft).....	100
Fig.4-22	Weight	100
Fig.4-23	Tensile characteristic of Broad, Sheeting, Denim (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	102
Fig.4-24	Tensile characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	103
Fig.4-25	Tensile characteristic of Habutae, Silksatin (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	104
Fig.4-26	Tensile characteristic of Satincrepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	105
Fig.4-27	Shearing characteristic of Broad, Sheeting, Denim (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	106
Fig.4-28	Shearing characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	107
Fig.4-29	Shearing characteristic of Habutae, Silksatin (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	108
Fig.4-30	Shearing characteristic of Satincrepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	109
Fig.4-31	Bending characteristic of Broad, Sheeting, Denim (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	110
Fig.4-32	Bending characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	111
Fig.4-33	Bending characteristic of Habutae, Silksatin (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	112
Fig.4-34	Bending characteristic of Satincrepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	113
Fig.4-35	Surface characteristic of Broad (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	114
Fig.4-36	Surface characteristic of Sheeting (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	115

Fig.4-37	Surface characteristic of Denim (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	116
Fig.4-38	Surface characteristic of Gabardine (Upper: warp direction, Lower: weft direction)...	117
Fig.4-39	Surface characteristic of Woolgauze (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	118
Fig.4-40	Surface characteristic of Serge (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	119
Fig 4-41	Surface characteristic of Tweed (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	120
Fig.4-42	Surface characteristic of Kersey (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	121
Fig.4-43	Surface characteristic of Habutae (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	122
Fig.4-44	Surface characteristic of Silksatin (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	123
Fig.4-45	Surface characteristic of Satincrepe (Upper: warp direction, Lower: weft direction)...	124
Fig.4-46	Surface characteristic of Crepe de chine (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	125
Fig.4-47	Surface characteristic of Amunzen (Upper: warp direction, Lower: weft direction)	126
Fig.4-48	Surface characteristic of Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction).....	127
Fig.4-49	Measurement results of tensile characteristics of 14 kinds of fabrics	128
Fig.4-50	Measurement results of shear characteristics of 14 kinds of fabrics	129
Fig.4-51	Measurement results of bending characteristics of 14 kinds of fabrics.....	130
Fig.4-52	Measurement results of surface characteristics of 14 kinds of fabrics	131
Fig.4-53	Drape Coefficient	134
Fig.4-54	Drape tester node.....	134
Fig.4-55	Hanging projection drawing of 14 kinds of fabrics by the drape tester.....	135
Fig.4-56	Distribution of the first and second principal component scores	140
Fig.4-57	Distribution of the first and third principal component scores	140
Fig.4-58	Distribution of the second and third principal component scores	140
Fig.5-1	Multiple comparisons among fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction).....	154
Fig.5-2	Multiple comparisons among rows (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)	155
Fig.5-3	Multiple comparisons among columns (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)	156
Fig.5-4	Relationship between predicted value and observed value using multiple regression equation (1st row , 2nd row , 3rd row , 4th row) Gravity direction	162
Fig.5-5	Relationship between predicted value and observed value using multiple regression equation (1st row , 2nd row , 3rd row , 4th row) Orthogonal direction	164

第 1 章 序論

1.1 ファッション業界を取り巻く社会の変化

近年、アパレル分野でも3D（三次元，three dimensions の略，以下3Dとする）機能を搭載した新型アパレル三次元CADが急速に普及し始めた。ファッションとテクノロジーの融合が活発化し、コンピュータネットワークを媒体とした電子商取引（electronic commerce）Eコマース（略称）や消費者間取引（C2C）など、これらの新潮流は、成長が頭打ちの日本経済において、右肩上がりで伸びていると言われている。「スマートフォン」と「ソーシャルメディア」が消費者の心理に与える影響は大きいとされ、アパレル分野でも、こうした電子商取引のツールとして、テキスタイルや衣服のシミュレーションが実用化しており、これらにおいては、衣服設計の効率化も期待されている。また、3DCAD や 3DCG などの普及に伴い、3Dプリンター（3D printer, ウィキペディア¹）も一般化し、今では、一般家庭でも低価格の個人用3Dプリンターの導入が可能となってきている。シャネルは、2015年秋、アイコン的なシャネルツイードに3Dパーツを手縫いするなど、3Dプリンティング技術を駆使したオートクチュールコレクションを発表した（GIGAZINE=ウェブメディア²）（図1-1）。また、イッセイ・ミヤケは、2017年春夏コレクションで、電子ペーパーを用いて、柄が変化するクラッチバックを登場させ、そのデザイン性の高さで顧客の購買意欲を刺激した（SO-EN 2017 Jan. ¹⁾）。他にも多くのクリエイターたちが、3Dプリンターを使用したコレクションを展開している（Lemontrend=ウェブメディア³，Materialise=ウェブメディア⁴，ジャポント=ウェブメディア⁵）（図1-2, 1-3）。他の業界と比較して、アナログな部分が多いと指摘される（DiFa=ウェブメディア⁶）ファッション業界であるが、ファッションとテクノロジー、インターネットとテクノロジーといった新潮流は、今後、ファッション業界の仕組みや慣習をも変える先

¹ <https://ja.wikipedia.org/wiki/3D%E3%83%97%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC>

² <http://gigazine.net/news/20150925-chanel-couture-3d-printing/>

³ <http://lemontrend.com/designers/3d-print-fashion-show-by-ddani-peleg/>

⁴ <http://www.materialise.com/blog/3d-printing-spotted-ny-fashion-week-katie-gallaghers-springsummer-2015-collection/>

⁵ <http://japontimes.livedoor.biz/archives/39927076.html>

⁶ <http://www.fashionsnap.com/the-posts/2016-07-02/fashiontech-startup/>

駆けとなるのであろうか。長きに渡って、デザイナーの思想やブランドの伝統といったコンテキストを尊重しながら、アナログ的な価値を重んじてきた業界であるが（SO-EN 2017 Jan. ¹⁾），新潮流によって、これまでの古い体質は一新されるのであろうか。

現状、3Dプリンターにおいては、樹脂（プラスチック）素材の利用が中心である。また、縫製技術の進歩により、無縫製ウェアなども実現しているが、使用できる素材は限定されている。しかしこれらにおける技術革新はまだ始まったばかりで、今後もさらに進化し続けると考えられる。



Fig.1-1 Tweed setup with hand-sewn 3D parts by Chanel

Source: URL : <http://gigazine.net/news/20150925-chanel-couture-3d-printing/>



Fig.1-2 Danit Peleg’s fashion collection
by 3D printed design

Source: URL:

<http://lemontrend.com/designers/3d-print-fashion-show-by-danit-peleg/>



Fig.1-3 Katie Gallagher’s fashion collection
by 3D printed design

Source: URL : <http://www.materialise.com/blog/3d-printing-spotted-ny-fashion-week-katie-gallaghers-springsummer-2015-collection/>

以上が、昨今のファッション業界の新潮流であるが、アパレル産業の企画・生産部門においては、それよりも前の2000年代半ばに、ある転機を迎えていた。ファストファッション(図1-4)の台頭である。ファストファッションは、最新の流行を取り入れながら、低価格に抑えた衣料品を、短いサイクルで、世界的に大量生産・販売し、現在も売り上げを伸ばしている。それは、2008年9月のリーマンショックを契機に、数年で一気に広がり、デフレ不況に伴う消費者の節約志向により、支持されてきた。年代を問わず、流行のアイテムを安く手に入れたいという消費動向は、社会情勢が消費者意識を変化させたことを意味する。これまでと製品開発プロセスが全く異なるこのファストファッションの台頭は、旧態依然のアパレル産業にとって大きな転換期となり、これを境に企画の早期化、生産サイクルの加速化が進んでいった。

ここで、北村²⁾の文献を参考に、「従来型」の製品開発プロセスと「ファストファッション」の製品開発プロセスを比較し(図1-5)、アパレル産業の企画・生産部門の現状と問題点

を探ってみる。図1-5に示す通り「従来型」では、実シーズンの約2年～1年半前に、国際流行色委員会（インターカラー）から「トレンドカラー」が発表され、約1年半前に、トレンドを予測・提案する企業（スタイリング・オフィス）から、情報誌「トレンドブック」が、カテゴリーごとに年2回発行される。1年半～1年前に、パリやミラノで糸や生地の展示会が開かれ、世界各国からデザイナーやバイヤーなどが訪れる。主催者は、糸や生地のメーカーに対して、見本はインターカラーで染めるよう依頼し、トレンドカラーの流行を促進させているという。1年～半年前になると、それまでに提案された色・トレンド・素材をもとにデザインされたプレタポルテ（高級既製服）のコレクションが開催される。このコレクションは、四大コレクションと言われ、ニューヨーク、ロンドン、ミラノ、パリの順で春夏・秋冬年2回ずつ開催される。国内の大手アパレル企業は、それを参考にして製品を企画しサンプルを作って展示会にかける。半年前～実シーズンになると、国内の中小アパレルが、百貨店やセレクトショップに並び始めた商品を見て情報収集し、製品企画及び生産を行う。以上が「従来型」の一般的な製品開発プロセスである。それに対して「ファストファッション型」は、実シーズン直前ないし実シーズンに入ってから、製品の企画・生産を行い、1か月程度で商品を店頭で並べる。その為、商品は流行を反映したもので、ファッション性も高く、手の届きやすい低価格となる。また、頻りに新商品が生産されるため、製品の鮮度が常に高く、値下げに頼らずとも製品を売り切ることができる。このように、「従来型」と「ファストファッション型」とでは、製品開発プロセスにおける、トレンド情報の収集、製品の企画及び生産、それらにかかる時間的、金銭的コストなどが全く異なる（北村²⁾）。

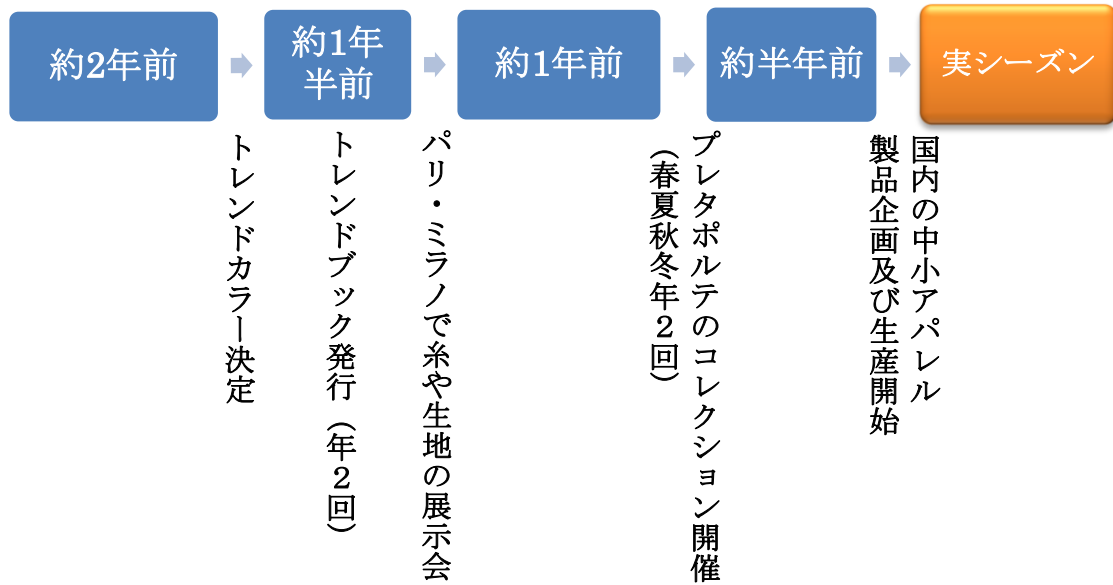
2008年～2009年にかけて、外資系企業の日本進出が相次ぎ、ファストファッションに対する社会的な注目と人気が高まった。国内アパレル製造卸企業全体の売り上げのうち、約1,000億円分がファストファッションに奪われたという（北村²⁾）。また、ファストファッションを購入する日本の若者たちの特徴について、辻³⁾はこう述べている。彼らはファッション情報

に敏感で、流行を取り入れることが上手な若者である。ファストファッションを流行として捉え、サイクルの速さ、目新しさ、安価で身近であることなどが、若者たちの購入の理由だとしている。今やファストファッションは、若者のみならず、広い購買層にも浸透している。そこからは、「従来型」のブランドやメーカーが、生存競争の生き残りをかけて、企画を早期化し、生産サイクルを加速化せざるを得なかったことが伺える。



Fig.1-4 Fast fashion shop in the world
Source: <https://matome.naver.jp/odai/2140729806194658401>

<従来型>



<ファストファッション型>

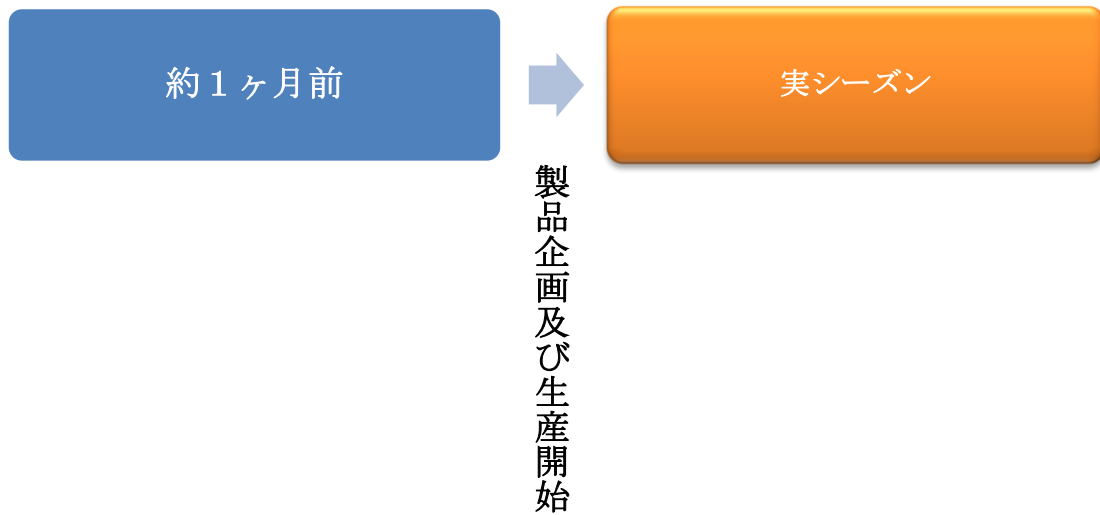


Fig.1-5 Product development process of “conventional type” and “fast fashion type”

このように、製品開発プロセスが全く異なる双方であるが、「従来型」が「ファストファッション型」に追随することでの弊害も問題視されている。皆廣⁴⁾は、個性の没落、環境問題、人権問題などを挙げ、スピード感のあるマーケティングを求めた結果、品質や環境への配慮が二の次になっていると警告している。またファストファッションは、ハイブランドのトレンドを模倣し低価格で販売しているがゆえに、これ以上低価格競争が激化すると、ハイブランドの品質やブランド力が低下し、やがてはファッション業界全体の衰退へと繋がっていくのではないかと憂慮している。

1.2 ファッション・テクノロジー融合化時代におけるパタンナーの役割

以上のようなファッション業界を取り巻く社会の変化の中で、企画業務と縫製業務との要に位置するパタンナーの役割とそのワークフローの現状はどのようになっているのだろうか。

ファッション業界の企画部門は、MD と呼ばれるマーチャンダイザー（商品開発から販売計画、予算管理に至るまでを総合的に管理する仕事 FINES TOKYO=ウェブメディア⁷）とデザイナー（新しいファッションを生み出す人のこと apparel-fashion wiki=ウェブメディア⁸）及びコーディネーター（ブランディングや商品企画、イベントや販促の戦略全般を考える仕事 FINES TOKYO=ウェブメディア⁹）で構成され、生産（設計・管理）部門は、パターンメーカーとグレーダー（グレーディングを行う専門技術者のこと apparel-fashion wiki=ウェブメディア¹⁰）及びマーカー（衣料の生産工程のうちで無駄がでないように合理的に型紙をはめ込んでいく作業のこと apparel-fashion wiki=ウェブメディア¹¹）や品質管理などで構成されている（プロダクト・パターンメイキング⁵）。設計を担当する“パターンメーカー”（pattern maker）=和製英語の“パタンナー”（ウィキペディア¹²）は専門職で（以下パタンナーとする）、デザイナーのイメージしたデザイン画をもとに、型紙（=パターン， pattern）を作る人のことを指し、フランス語では modelist，イタリア語では modellista と呼ばれている（ウィキペディア¹²）。イメージを具現化するというその仕事は、高い技術力と専門知識とを

7

<http://www.fines-net.com/media/%E8%B2%A9%E5%A3%B2%E3%81%A0%E3%81%91%E3%81%98%E3%82%83%E3%81%A%E3%81%84%E3%81%84%EF%BC%81%E3%82%A2%E3%83%91%E3%83%AC%E3%83%AB%E4%BC%81%E6%A5%AD%E3%82%92%E6%94%AF%E3%81%88%E3%82%8B%E8%81%B7%E7%A8%AE%E3%81%A8/>

8

<http://apparelfashionwiki.com/?cmd=read&page=%E3%83%95%E3%82%A1%E3%83%83%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E3%83%87%E3%82%B6%E3%82%A4%E3%83%8A%E3%83%BC&word=%E3%83%87%E3%82%B6%E3%82%A4%E3%83%8A%E3%83%BC>

9

<http://www.fines-net.com/media/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%83%83%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E3%82%B3%E3%83%BC%E3%83%87%E3%82%A3%E3%83%8D%E3%83%BC%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%81%AE%E4%BB%95%E4%BA%8B%E5%86%85%E5%AE%B9/>

10

<http://apparelfashionwiki.com/?%E3%82%B0%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%80%E3%83%BC>

11

<http://apparelfashionwiki.com/?cmd=read&page=%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%BC&word=%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%BC>

12

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%91%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%83%8A%E3%83%BC>

要する。洋服の良し悪しは、パタンナーの経験的裁量、工場の縫製職人の腕などに左右されるところが大きいといっても過言ではない。いい意味でのマンパワーである。しかし、企画の早期化、生産サイクルの加速化によって、そのしわ寄せが製作の現場にも及び、キャパシティを超えた業務の一部（パターンの作成）をアウトソーシングすることがある。アウトソーシングとは文字通り、企業の業務遂行の一部を外部に委託することで、業種にかかわらず、現在では特に珍しいものではないとされている。企画業務と縫製業務との要に位置する設計業務をアウトソーシング化することによるメリットについては、「①高い専門性のある外部の知見を活用することができる。②自社のマンパワーが乏しい領域について人件費を固定化することなく取り組むことができる。」など、主に人件費の抑制や本来の業務に割く時間の確保などが挙げられている。デメリットについては、「①社外人材であることから高い専門性は、必ずしも自社の戦略の理解にはつながっていない。②品質管理のマネジメントコストが新たに発生する。」（NOC 日本アウトソーシング株式会社=ホームページ¹³）といったことが挙げられている。現実問題としてアパレル分野でも、自社の戦略についての理解が十分でないことが殆どで、最終的には、社内のパタンナーが手を加えることになり、外部委託に丸投げすることはない。

パターンメイキングのワークフローを図 1-6 に示す。ワークフローは、各企業の生産システム・方針により異なる。この図は（プロダクト・パターンメイキング⁵⁾）に記載されている某大手アパレル企業の一例である。

¹³ https://www.noc-net.co.jp/blog/2016/04/column_128/

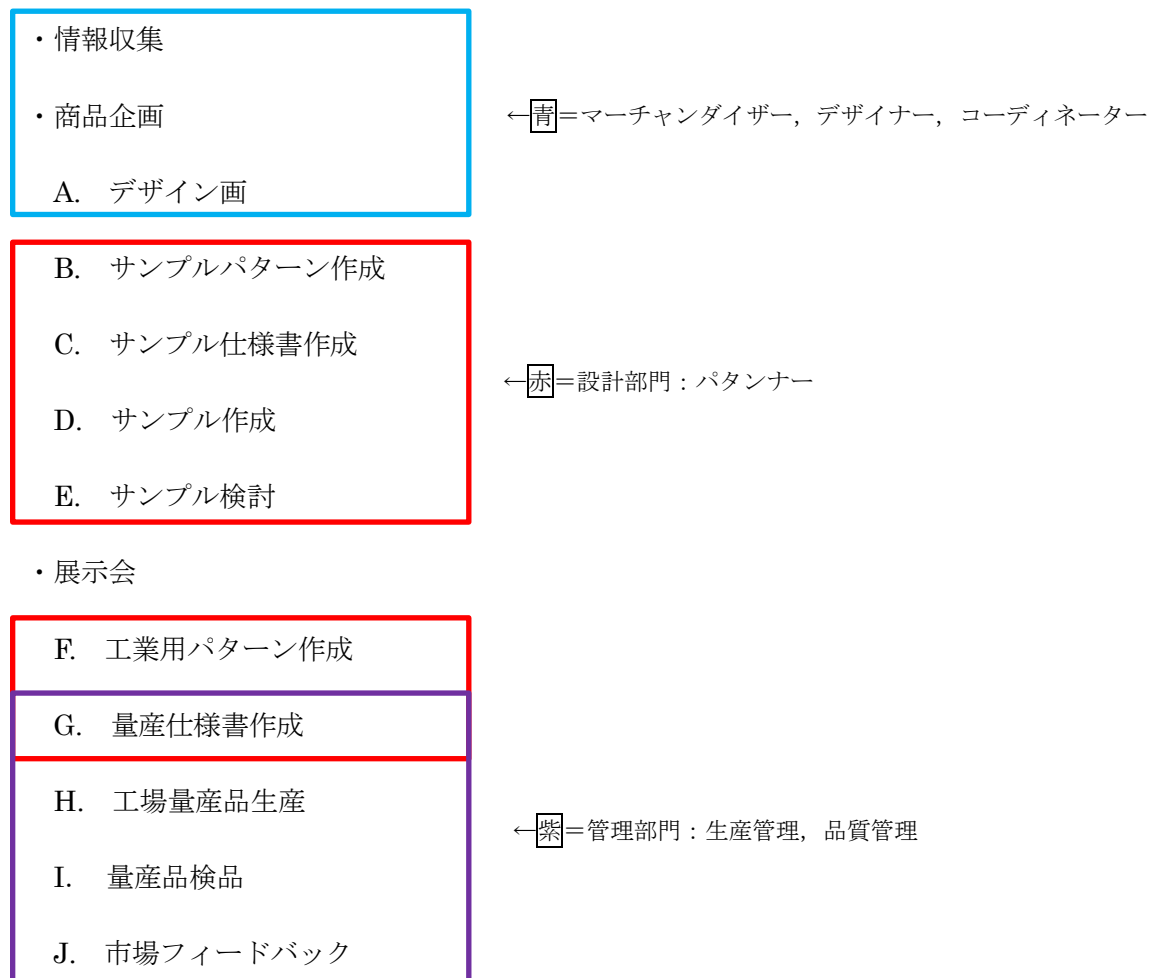


Fig. 1-6 Common workflow for pattern making

図 1-6 の「工業用パターン作成」にはパターン修正のほか、グレーディング、マーキングなどの作業も含まれる。これも企業によって異なるが、すべての業務をパタンナーが行うところもあれば、グレーディングは外注し、マーキングは生産管理が行う場合もある。恐らく後者の方が多いのではないかと推察する。何故ならパタンナーは、その時期すでに、次シーズンの型出し作業が始まっているからである。次に、「量産仕様書作成」について、これも一般的な例であるが、サンプル仕様書をもとに、パタンナーは主にパターン及び縫製に関する

事項を記入し、生産管理は量産分の生地、副資材、付属部品等に関する事項を記入する。特に量産業務においては、この仕様書だけで必要な事項がすべて伝達できるように作成しなければならない。このようにパタンナーは、アパレル企業の企画部門と縫製工場とを結ぶ重要な役割を担っている。

アパレル三次元 CAD の開発が始まったのは、今から 45 年程前になる。1971 年 7 月に AGMS 株式会社 (旧旭化成工業株式会社) が着手し、1975 年 4 月に、アパレル CAD システム「AGMS」の販売を開始した。そして 1990 年には、JIAM (国際アパレル機器&繊維産業見本市) に三次元シミュレーション・ソフトを出展。2001 年の学会誌⁶⁾で「AGMS-3D ソフト」を紹介している。東レ ACS 株式会社も、1975 年にミニコンピューター版アパレル CAD システムの販売を開始。1990 年代初頭から、シミュレーション技術の開発に取り組み、その後、1998 年には Windows 版アパレル CAD システム「CREACOMPO® (クレアコンポ)」の販売を開始している。この「CREACOMPO® (クレアコンポ)」に関しては、アパレルメーカーや縫製工場をはじめとして、独立したパタンナーや専門学校・大学などの教育機関でも利用され、そのユーザー数は全体の 7~8 割に及ぶと言われている。2010 年には、3D 機能を搭載したクラウド型アパレル CAD システム「人人人® (ひとと)」の販売を開始、2014 年 4 月には、Windows 版アパレル CAD システム「CREACOMPO® II (クレアコンポ II)」を発売している。他のメーカーはというと、1999 年 5 月に、株式会社テクノアが仮想縫製システム「i-Designer」を発表、2000 年 7 月に左記を発売した。2005 年 8 月には、デジタルファッション株式会社が、「Look Stailor X」(現 : 「Dressing Sim LSX」) の発売を開始し、2012 年 4 月には、株式会社ユカアンドアルファが「Alpha myu 3D」を発売するなど、仮想着装シミュレーション機能を搭載したアパレル三次元 CAD の開発・販売は 1990 年以降、各社で活発に行われた。しかし前述の通り、これがユーザーに急速に普及し始めたのは、2010 年、東レ ACS 株式会社によるクラウド型アパレル CAD システム「hitoto 人人人® (ひとと)」の発売以降であると推察する。その理由としては、

「hitoto 人人人® (ひとと)」が、パタンナーの新たなワークスタイルの可能性を提案したこれまでにはないシステムであったこと、また、クラウド型の従量課金制の採用によって、個人でもシステムの購入が容易になったことなどが挙げられ、フリーランスのパタンナーでも、設備投資の過度な負担なく、この「hitoto 人人人® (ひとと)」を導入することができたからである。

このように、ファッションとテクノロジーの融合が活発化し、テキスタイルや衣服のシミュレーションなども徐々に実用化してきた。以下は著書⁷⁾の抜粋である。乾⁷⁾は「現在では、シミュレーションは殆どの場合、デジタルコンピュータで行われており、データはすべて数値として扱われ、数値的な計算の処理により、シミュレーションの結果が得られる。このデジタルコンピュータによるシミュレーションは、対象とする現象を表現する為のモデル、条件を与える為のデータ、結果の値を得るための解法などの要素から構成されている。テキスタイルや衣服のシミュレーションは、衣服と人体との関係、糸や布のモデルの幾何学的あるいは力学的特性を必要とし、これらの要素を組み合わせることで実行が可能となる。シミュレーションのモデルは複雑な現実を単純化したもので、現象をリアルに再現する為には、モデルにさまざまな要因を組み込まなければならない。どのようなモデルを用いるのかは用途に応じて決定される。」と述べている。衣服のシミュレーションにおいては、デザイナーが企画デザインする為に使用する場合と、パタンナーがパターンを作成及び修正を行う為に使用する場合とでは用途が異なり、衣服を正確に再現させることが必要になるのは後者のほうである。これだけ一般的にシミュレーションが普及しても、製作分野ではこれまで通り、実物でのトータルチェックが行われている。それはシミュレーションにおける衣服の再現性に問題があるからに他ならない。企画分野では比較的取り入れられやすい3D機能であるが、製作分野ではパターンメイキング、グレーディング、マーキングなど、性能が向上し精度も高くなった2D機能の方が積極的に使用されているのが現状である。

2015 年以降、アパレル三次元 CAD の国際標準化に向けた議論が本格化している（織研 Plus[®]）。アパレル三次元 CAD の最大のメリットは、様々な体型のサイズや形状に対応可能であり、オーダーメイドで顧客のリクエストに応えることができる点にある。日本の高度経済成長期が終焉を迎えた 1973 年以降は、アパレル産業を取り巻く環境も徐々に変貌していき、大量生産・大量消費・大量廃棄型から循環型へとかたちを変えた。前述したファストファッションは、多品種少量生産、短サイクルで現在も売り上げを伸ばしている。これからの時代は、消費者ニーズの多様化、個性化に対応できなければ、企業間競争の激化の波にのみこまれてしまう。今後、従来型のブランドやメーカーがファストファッションとの差別化を図る為には、新たな生産システムの構築を模索していくしかない。個別のニーズに応えることが可能なアパレル三次元 CAD は、絶好のツールになり得ると考えるが、それには思い切った方針転換が必要となる。ファッションとテクノロジーの融合化時代に対して、今後パタンナーはどう取り組んでいくのか、その課題や展望について探る。

1.3 衣服変形に関連するフレアースカートの文献的背景

フレアースカートの定義について調べると、服飾用語としてのフレアーとは、あさがお型に開き、波型に作られている衣服の部分のことで（田中千代 服飾辞典⁹⁾）、フレアースカートとは、裾が波打っているような広がりのある形のスカート（ウィキペディア¹⁴⁾）と定義されている。

フレアースカートに関する研究は多く、フレアのドレープ性（丹羽ら¹⁰⁾）（須田ら¹¹⁾）（天野ら¹²⁾）や揺動性に関する研究（泉ら¹³⁾）（野田ら¹⁴⁾）（須田ら¹⁵⁾）、地の目使いや接ぎ枚数（三木ら^{16,17)}）、シルエット形状（秋山^{18,19)}）及びシルエットの解析（張ら^{20,21)}）、体型別作図の補正方法（角谷ら²²⁾）、縫製方法（佐藤²³⁾）など多岐に渡る。丹羽ら¹⁰⁾は、布地の力学量とドレープ性との関係について両者は深く関わっているとしているが、シルエットの形成性の評価に用いるドレープ係数の測定法が不明確である為、それよりも布地の力学量からドレープ係数を算出するほうが多くの情報を与えるとして、実用に耐える高精度の式を導いた。須田ら¹¹⁾は、立体構成されたフレアースカートのドレープは、着用者の胴部を基因として派生し、胴部の影響を受けて、布地が効果的に体から離れた際に作られるという視点から、フレアースカートのドレープ性について検討している。その結果、素材によって裾線形状は異なり、フレアーはミドルヒップ前後で発生し、ヒップライン付近で裾線におけるノード数が決定されることを把握した。また、ドレープ係数を応用したフレアー係数を新たに算出し、これがフレアー形状を表す一つの指標となり得ることを指摘した。フレアー係数は、スカート丈、胴囲、裾回り寸法で求められるとしている。天野ら¹²⁾も、ドレープは布自体の物性と密接に関係していると言っており、ドレープ係数を求める際に得られた投影図形から「かたち」に関するいくつかのパラメータを求め、布地のドレープ形状を評価する値としての適性を検討している。このドレープ性評価には少なくとも2つの独立したパラメータ

¹⁴⁾ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%82%AB%E3%83%BC%E3%83%88>

を用いることが有効であるとして、ドレープ係数とは相関性が低く独立したパラメータであることが条件になるとしている。泉ら¹³⁾は、ギャザースカートの揺動の美しさを一対比較法及び評定尺度法による官能検査によって評価し、その官能評価値と布地の力学特性との関係を検討し、美しさの内容について分析している。その結果、官能評価値は高曲率における曲げ剛性及び曲げヒステリシスから得られる力学量パラメータやunbending lengthと強い相関を持ち、いずれの値も小さいほど動的ドレープは美しいと評価した。また、動的シルエットの美しさには、曲げ特性だけでなく、せん断剛性及びせん断ヒステリシスも強く関与していることも明らかにした。野田ら¹⁴⁾は、フレアースカートの揺動性における布地特性の違いについて、スカートの揺動は主に膝の蹴りによって生じることを確認し、その影響を最も大きく受けるスカート前面部分のライン形状を3つに分類し、それぞれの近似曲線式と移動速度の回帰式を求めた。須田ら¹⁵⁾は、素材特性と揺動性の関係について、動作解析システムを用いて検討し、歩行時の膝の蹴り出しによって最も揺動する点を分析点として、各分析点の軌跡から揺動量を求め、素材による違いを明らかにした。また、歩行時の揺動状態を素材別に変異曲線で表し、膝の動きとの関連を明確にした。三木ら¹⁶⁾は、フレア形状に及ぼす、布地の目方向、接ぎ枚数及び縫い目の力学特性との関係を検討した結果、フレアースカートのシルエット形態を表すパラメータは裾角度に代表され、この裾角度は、布地と縫い目の力学特性(bending length)の影響を受けることを明らかにした。また、接ぎ枚数が多くなるとノードは増加し、裾角度は大きくなり、ヘムラインの山の高さは小さくなること、スカートのシルエットは、型紙の中心の地の目がバイアス方向のほうが、経糸方向のものよりも垂れ下ったシルエットになることを確認した。秋山¹⁸⁾は、フレアースカートの裾幅に及ぼすパターンの裾回り寸法と布地の曲げ長さの影響について検討を行い、これらを説明変数とする裾幅算出式を作成した。また、この式をパターンメイキングに応用して、デザイン画の裾幅からパターンの裾回り寸法を求める方法を導いた。張ら²⁰⁾は、布地の力学特性とフレアース

カートのシルエットとの関係を明らかにする為に、スカートの正面と裾部分の横断面の静的ドレープ形状をカメラ撮影し、形状を表すパラメータ（裾幅、裾角度、ノード数、ノードの高さ）と KES で得られる布地の基本力学特性や布地の曲げ振動の 4 つのパラメータ（ $\Delta d1$, $\Delta d2$, S1, S2）との関係について検討した。その結果、フレアースカートの正面静的シルエットを表すパラメータとしては、裾角度が定義できたとしている。前述の三木ら¹⁶⁾と同様、この裾角度は主に布地の曲げ特性に支配され、裾角度と布地のドレープ係数とは高い相関を示し、静的裾横断面のシルエットについて、ノード数、山の高さは、布地の力学特性パラメータとの関連が大きく、ドレープ係数は、山の高さとの相関係数が大きい。正面静的シルエットに関する曲げ振動特性パラメータは、裾角度との相関係数が大きいことなどを指摘した。また、張ら²¹⁾は同様のパラメータを用いて動的シルエットの解析も行い、一対比較法を用いて、フレアースカートの動的ドレープの美しさの主観評価と布地の力学特性との関係についても検討している。角谷ら²²⁾は、異なった体型及び地の目の相違によって現れるフレアを円から製図し、裾幅の異なる二つのフレアースカートについて実験、観察を行った。体型と地の目によってシルエットやフレアの出方が異なることから、それらに合わせた補正方法が提案されている。佐藤²³⁾は、フレアースカートを縫製する際、一定期間、布地を自然垂下させておくと、布地が安定し静立時の脇線を美しく直下させることができるが、長時間自然垂下できない場合でも、脇縫い目を直下させる方法を検討した。脇線のバイアス角度を 45° 60° 75° 90° で検証し、縫いずれが顕著に現れる 2 種類の試料布を用いて、人工的に伸ばし処理を加え、縫製時の布の伸ばし方法などの検討を行った。結果、手やアイロンでの伸ばし処理は伸ばし過ぎたり、変形が大きくなったりする傾向が認められ、布地を引きながら縫製する場合も、その加減が難しいと結論づけている。

これらフレアースカートに関する研究が活発に行われたのは、主に 1970 年代～90 年代にかけてである。当時、研究対象として多く取り上げられたフレアースカートは、ちょうど日

本経済のバブル期である 1980 年代に流行している。1981 年には、サーキュラースカートが復活し、1982 年には、フレアーのミニスカートが復活している。そして、1989 年にはロングフレアースカートが流行した（年代流行＝ウェブサイト¹⁵）。近年は、この 80 年代～90 年代のファッションが再びブームになっている（図 1-7）。角谷ら²²は、フレアーについて、「材質、カッティング、縫製テクニック、地の目、着用者の体型などによって、その形状は異なりシルエットにも変化があらわれる。」また、宮脇ら²⁴は、「これらの要因が互いに作用し合い様々なフレアー形状を作り出す。」と述べており、多くの要因を含むフレアースカートは、その流行と相まって、研究対象として大きく関心が寄せられたことが伺える。



Fig.1-7 Michael Kors “2015 - 16 A-W New York Collection”

Source: URL: <https://www.wwdjapan.com/99558>

一般的にフレアースカートは変形しやすく、布地によっては、時間経過とともにひどい型崩れを起こすこともあり、布地の特性が表面化しやすいアイテムとも言える。伸び、圧縮、曲げ、せん断などの力学変形特性と、原料繊維固有の性能及び糸の太さ、撚り、組織、糸密

¹⁵ <http://nendai-ryuukou.com/>

度、厚さ、重さ（目付け）などの構造特性は、平面の布地を衣服として立体化する際に、複合的に関わってくる為、イメージ通りの衣服設計をする為には、設計段階で材料とする布地の特性を十分に検討する必要がある（アパレル設計論・アパレル生産論²⁵⁾）。山田ら²⁶⁾は、着用時に被服材料がうける変形の実態を明らかにすることは、被服材料の力学特性を検討する上で重要であるとして、標準体型の被験者に合せて、ウール100%の平織物に1cm間隔の格子線を引き、スラックス、スカート、ジャケットを作製。着用して動作したとき、被服のどの部位にどのような変形が生じるのかを、部分接写して写真観測し変形量を測定、布地の引張り、せん断、曲げなどの大略の変形特性から、動作時の被服材料が受ける変形の実態を検討した。また、伊藤ら²⁷⁾は、地の目使いを異にした被服に生ずる織物の変形状態および変形量の差異は、被服材料の力学的異方性に基因するものと考え、これが被服として着用した場合の被服の変形量とどのような関係を持つかについて、試験片を用いて実測し検討している。動作時の被服に生じる変形は、常に三次元的変形を生じる為、少なくとも二軸引張り試験機を用いて二次元的に織物の力学特性を知る必要があること、また、その二軸伸長変形下での伸長荷重、拘束荷重は、力学的異方性の影響を受け、被服着用時の運動量や被服の寸法安定性に関係することなどを明らかにした。村井²⁸⁾は、織物のバイアス方向の寸法変化及び伸長と斜行変形＝捩れとの関係を解析している。捩れは、ネクタイや婦人ブラウスのバイアス裁ちしたポータイなどによく見られ、捩れと同時に痩せも生じることが多い。ネクタイには芯地を使うため、伸びが抑えられ斜行は小さいが（村井²⁸⁾）、フィラメント糸で織られたしなやかな布地を使用した場合のポータイブラウスには、芯地を使わないことが多い。従って、バイアス裁ちしたポータイには、捩れが生じる場合が非常に多く、一度捩れが生じると元に戻らない（中屋ら^{29,30)}）。これもまた、部分的ではあるが変形の一つと言える。中屋ら³⁰⁾は、この捩れの原因を追究し、布のバイアス角度と裁断後の伸長分量の処理方法などに問題があるとして、試験布を用いて検証し、その結果を踏まえてブラウスを実物製作し着用実

験を行っている。その結果、伸びの少ない正バイアス方向に、衿布を粗裁ちし、自重による伸びをあらかじめ伸ばして熱セットで固定させた後、印通りに裁断、縫製すると振れのないボーカラーが仕上がることを確認した。一志^{31,32)}も振れに関して、振じりモーメントと振じり角の関係を測定する装置を試作し検討を行っている。測定結果の一例として、絹織物の振じりの様相について、振じりモーメントと振じり角曲線は屈服現象の存在する複雑な形状を有することを確認した。Ross Whitman³³⁾や呉ら³⁴⁾は、経糸と緯糸の撚り方向が異なる織物は、安定性が悪くカールする（振れる）性質があることを指摘し、その除去法についても種々考察している。この振じりは織物の物理的性質の一つで（一志³¹⁾、呉ら³⁴⁾も、織物のカールについての力学的な解析を試みている。カールを除去する方法については、最も簡単な方法として熱蒸気処理がよいようであるとしながらも、決定的な効果はないとしている。

フレアスカートと言えば、あさがお型に広がったシルエットと波型のドレープ性の美しさが特徴であり、衣服のシルエット形状やドレープ性は、布地の力学特性と関係が深いと述べたが、力学特性については、ドレープ係数との関係を検討した報告もある。棚辺ら^{35,36)}は、ドレープ係数に寄与する基本物理量を明確にし、基本物理量の最小の組み合わせでドレープ係数を精度よく予測計算できる式を導き、更に、ドレープ係数自体の不安定性についても検討している。ドレープ係数に大きく寄与する基本物理量として、曲げ剛性と単位面積当たりの重量を挙げ、更に、布の曲げ特性の異方性を導入することによって、かなり精度よくドレープ係数を予測計算できることを示した。また、ドレープ係数の不安定性については、布の曲げやせん断特性におけるヒステリシスに起因することを実験的に捉えた。松平ら^{37,38,39)}は、現在行われている FRL (Fabric Research Liberating) ドレープ方式で得られる Hamburger のドレープ係数は、一枚の布に対して常に一定の値が得られるとは限らず、わずかな力を加えても容易に変化する為、再現性が低いと指摘。JIS 法による繰り返し測定を行い、出現率の高いノード数を見出し、そのノード数にあった正多角柱の支持台を用いて実験を行うこと

によって、繰り返し測定によるドレープ係数の値は誤差 1%以下になったと報告している。

また、力学パラメータから、静的ドレープ係数や動的ドレープ係数を予測する式を導いており、静的ドレープ係数は、曲げ剛性と自重の寄与率が最大であったのに対して、動的ドレープ増加係数は、せん断ヒステリシスと自重が、動的ドレープテスターの回転速度が 200rpm における動的ドレープ係数は、せん断剛性と自重の寄与率が最大であったことを示し、静的ドレープ係数には曲げ特性が、動的ドレープ係数にはせん断特性が影響を及ぼしていることを明らかにした。布地のドレープ性の評価方法としては、JIS に採用され広く使用されている FRL 法と MIT (Massachusetts Institute of Technology) 法がある。鮑ら⁴⁰⁾は、MIT ドレープを安定して測定する為の装置を作製し、MIT ドレープ特性と力学特性との関係を考察した。また、MIT ドレープの計算方法の有効性も確認した。

以上のように、フレアースカートの研究としては、変形と物理特性との関係等について、多数報告されているが、変形量をスカートの部位別に捉え、布地の力学特性との関係を明らかにした研究は見当たらない。

1.4 本論文の目的と構成

近年、アパレル分野では企画の早期化や、生産サイクルの加速化を迫られるようになり、衣服生産の効率化の為には、布地の力学特性から衣服の自重変形を的確に予測することが求められている。本研究では、自重変形が大であるロングフレアースカートを例に取り上げ、その部位別変形量を詳細且つ定量的に把握し、布地の力学特性との関係を明らかにしようと考えた。

本論文は、以下の 6 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の社会的背景及び文献的背景、本研究の目的、構成、意義について記述する。

第2章「バーチャル（三次元仮想着装シミュレーション）とリアル（実物製作）との比較」では、新型アパレル三次元CADを使用して、上半身及び下半身の原型とフレアースカートのパターンを作成し、仮想着装シミュレーションと実物製作との比較により、そのシルエット形状や横断面から、現状のシミュレーションシステムの精度を検討する。

第3章「4種の布地を用いたフレアースカートの局所的自重変形と布地の力学特性との関係」では、物理特性が大きく異なる4種の布地を用いて、ロングフレアースカートを製作し、24時間放置後と2週間放置後の部位別変形の特徴を、分散分析法を用いて検討する。

第4章「試料布の物理特性」では、第5章で検討する試料布、即ち、組成・構造の異なる綿、毛、絹、再生繊維、合成繊維、その混紡など計14種の諸特性を測定し、各試料布の力学特性の特徴を検討する。

第5章「14種の布地を用いたフレアースカートの局所的自重変形に及ぼす布地の力学特性の影響」では、スカートの部位別自重変形と布地の力学特性との関係を重回帰分析し、フレアースカートの重力及び直交方向に影響を及ぼす力学特性を抽出する。

第6章「総括」では、各章を総括し、今後の課題を展望する。

引用文献

- 1) SO-EN (2017 Jan.) : 文化出版局発行
- 2) 北村真琴 (2011) : ファストファッション成立プロセスにおける行為主体間相互作用 : 東京経済学会誌 第 274 号 91-109
- 3) 辻幸恵 (2014) : ファストファッションを購入する日本の若者たちの特徴 : 神戸国際大学紀要 第 87 号 1-12
- 4) 皆廣海州 (2014) : 高知工科大学マネジメント学部
- 5) プロダクトパターンメイキング パターンメイキング技術検定試験 1 級ガイドブック (1996) : 財団法人 日本ファッション教育振興協会発行
- 6) 平松治也 (2001) : 三次元着装シミュレーションシステムの開発および活用の現状 : 繊維機械学会誌 #54 P499-P502
- 7) 西松豊典 (2014, 4, 8) : 最新テキスタイル工学 I - 繊維製品の心地を数値化するためには - : 株式会社繊維社企画出版発行
- 8) “織研 Plus” ファッションビジネステクニカルジャーナル (2014, 1, 23) : 織研新聞社発行
- 9) 田中千代 服飾辞典 (1981) : 同文書院発行
- 10) 丹羽雅子, 瀬戸房子 (1986) : 布の力学的性質とドレープ性との関係 : 繊維機械学会誌 Vol. 39, No. 11 T161 -T168
- 11) 須田博子, 樋口ゆき子 (1986) : フレアースカートのドレープ性に関する研究 : 日本女子大学紀要 家政学部 第 33 号 81-90
- 12) 天野敏彦, 高田和美, 川西定子 (1994) 布のドレープ性の評価 : 繊維製品消費科学会 Vol. 35 No. 10 54-60

- 13) 泉加代子, 丹羽雅子 (1989) : スカートにおける揺動の美しさと布力学特性との関係 : 繊維製品消費科学会 Vol. 30 No. 9 44-51
- 14) 野田仁美, 岡本佳美, 山川勝 (2003) : フレアースカートの揺動性について : 武庫川女子大学紀要 (自然科学) 51, 13-18
- 15) 須田博子, 樋口ゆき子 (1985) : フレアースカートの揺動性に関する研究 : 日本女子大学紀要 家政学部 第 32 号
- 16) 三木幹子, 綾田雅子, 丹羽雅子 (1995) : フレアースカートの形態に及ぼす布の力学特性および接ぎ枚数の影響 : 日本家政学会誌 Vol. 46 No. 7 671-682
- 17) 三木幹子, 綾田雅子, 丹羽雅子 (1998) : 接ぎ枚数の異なるフレアースカートの形態の美しさと着用感 : 日本家政学会誌 Vol. 49 No. 2 119-129
- 18) 秋山珠美 (1995) : フレアースカートのシルエット形状について (第 1 報) 裾回り寸法と布地の曲げ長さが裾幅に及ぼす影響 : 繊維機械学会誌 Vol. 49, No. 5 T122-T129
- 19) 秋山珠美 (1996) : フレアースカートのシルエット形状について (第 2 報) 裾線形状に及ぼす裾回り寸法と布地の影響 : 繊維機械学会誌 Vol. 50, No. 2 T53-T60
- 20) 張如全, 松平光男 (1998) : フレアースカートのシルエットの解析 (第 1 報) フレアースカートの静的形態に及ぼす布の力学特性の影響 : 繊維機械学会誌 Vol. 51, No. 11 P232-P238
- 21) 張如全, 松平光男 (1999) : フレアースカートのシルエットの解析 (第 2 報) フレアースカートの動的形態に及ぼす布の力学特性の影響 : 繊維機械学会誌 Vol. 52, No. 8 T137-T142
- 22) 角谷裕子, 山崎正子 (1971) : フレアースカートについて 体型・地の目によるフレアースカートの観察及び考察 : 杉野女子大学紀要 16 - 26
- 23) 佐藤綾 (2004) フレアースカートの一考察 脇線を美しく直下させる条件について : 文化女子大学紀要 35 - 49

- 24) 宮脇亜紀, 大塚美智子, 中村優美 (1999) : スカートのフレアー形状の評価 : 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 第5号
- 25) アパレル設計論 アパレル生産論 (2013) : 一般社団法人 日本衣料管理協会 発行
- 26) 山田洋子, 高力紀子, 丹羽雅子, 古里孝吉 (1970) : 被服構成時, 着用時に生じる被服材料の変形について : 家政学雑誌 Vol. 21, No. 1
- 27) 伊藤紀子, 山田洋子, 丹羽雅子, 古里孝吉 (1971) : 被服の変形と被服材料の力学的異方性との関係 : 家政学雑誌 Vol. 22, No. 7
- 28) 村井 中 (2002) : 寸法変化および伸長によるバイアス地の斜行変形 : 繊維製品消費科学会誌 Vol. 43, No. 5
- 29) 中屋典子, 小林美百合 (1979) : 織物のバイアス布に関する基礎研究 (I) - 被服構成の立場から - : 文化女子大学研究紀要 被服構成学
- 30) 中屋典子, 落合由美子, 半田真由美 (1982) : 織物のバイアス布に関する基礎研究 (V) - バイアスカラーのねじれについて - : 文化女子大学研究紀要 被服構成学
- 31) 一志淑夫 (1952) : 織布の捩じりに関する研究 第1報 捩じりモーメント測定装置並びに方法 : 繊維学会誌 8(11), 557-559
- 32) 一志淑夫 (1953) : 織布の捩じりに関する研究 第2報 試布条件による影響について : 繊維学会誌 9(4), 168-173
- 33) Ross Whitman (MARCH, 1947) : Curl in Woven Textile Fabrics : Its Cause and Control : TEXTILE RESEARCH JOURNAL
- 34) 呉 祐吉, 篠原 昭 (1959) : 織物のカールについて : 繊維学会誌 15(4), 281-284
- 35) 棚辺晴美, 丹羽雅子 (1974) : 布の力学特性とドレープ係数との関係 : 繊維機械学会誌 Vol. 27, No. 12 T201-T207

- 36) 棚辺晴美, 赤松明子, 丹羽雅子, 古里孝吉 (1975) : 布の基本力学量からドレープ係数の算出 : 繊維製品消費科学会誌 Vol. 16 No. 4 116-120
- 37) 松平光男, 楊敏壮 (1997) : 布のドレープ係数の測定と垂下した布形状の表現 : 繊維機械学会誌 Vol. 50, No. 9 T242-T250
- 38) 松平光男, 楊敏壮 (2000) : 布の静的ドレープ係数の測定方法及び動的ドレープ係数の定義 : 金沢大学教育学部紀要 (自然科学編) 第 49 号 99-108
- 39) 松平光男 (2003) : 布の静的及び動的ドレープ係数に関する一連の研究 : 繊維学会誌 Vol. 59, No. 9 P-306~P-310
- 40) 鮑力民, 高寺正行, 澤田宏一, 桜井正幸, 中沢賢, 篠原昭 (2002) : 織物の力学的特性が MIT ドレープ挙動に与える影響 : 繊維学会誌 Vol. 58, No. 3 29-35

第2章

バーチャル（三次元仮想着装シミュレーション）

と

リアル（実物製作）との比較

2.1 緒言

東レ ACS 株式会社のクラウド型アパレル CAD システム「hitoto 人人人[®] (ひとと)」は、パタンナーの業務負担の軽減と効率化を目指して開発されたもので、現在は「CREACOMPO II (クレアコンポ II)」に移行している。本章では、この新型アパレル CAD システム「CREACOMPO II (クレアコンポ II)」の精度を確認する目的で、これを使用してパターンを作成し、同ソフトウェアに搭載されている三次元仮想着装シミュレーション機能を用いて再現したスカート形状と、実物製作したスカート形状とを比較検討しようとするものである。尚、シミュレーションについては、他社製品でも検討を行った。

仮想着装シミュレーションに関する研究は、アパレル三次元 CAD の普及に伴って、2000 年頃から活発に行われるようになった。布地の変形シミュレーションについて、北川ら¹⁾は、織布構造の幾何学モデルを用いて織布変形アニメーションを生成し、織物の動的な変形を表現した。また、村上ら²⁾も、布地の動的な挙動を表現する手法として、素材の力学特性を反映したパーティクルモデルを用いて、布地の変形シミュレーションを検討した。その結果、パーティクルモデルを用いることにより、布地の動的な変形挙動における素材の影響の表現が可能となった。しかし、伸びにくく硬い素材においては、振動が発生しやすく計算の安定性に問題があること、圧縮時の座屈現象によって正確に力学特性を計測することが困難であることなどが課題として残った。古川ら³⁾は、エンドユーザーの嗜好を反映した衣服のデザインを可能にする「対話型」アパレルデザインシステムを提案し、GUI (Graphical User Interface) を用いた衣服形状デザインシステムを試作した。「対話型」とは、シミュレーション中に人間がなんらかの形で (コンピュータ内に模擬的に作られた世界に) 介入し影響を与えることができることを言う (ウィキペディア¹⁾)。古川らは、1998 年に発表したこの論文で、既に普及しているカタ

¹<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B7%E3%83%9F%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3>

ログショッピングのマルチメディア化や、試着室のバーチャル化、即ち、仮想環境における試着室の実現を目指しており、「対話型」のアパレル CAD システムの機能として、実際に衣服を試作しなくても完成品の状態を把握できるような着装シミュレーションは不可欠な要素であると述べている。これについては、現在、株式会社ネクストシステムが“Kinect”²という非接触操作システムを開発し、エンドユーザー向けの仮想試着（バーチャルフィッティング）を可能にしている。それは、従来通り鏡に向かって実際の服を試着したイメージと同じように、自分の体にフィットした服の試着感を簡単に確認することができ、正面、横、後ろ、斜めなど 360 度の方向から服の試着イメージ（バーチャルフィッティング）を簡単に確認することができるものである。また、原田ら⁴は、服飾表現を行う上で、三次元シミュレータの長所を生かした利用方法を検討した。具体的には株式会社テクノアの仮想縫製システム i-Designer を使用して、実際の服飾作品のシルエットとシミュレーション結果とを比較し、シルエットを決定する素材の物性値と形状表示との関連を検討した。その結果、「シミュレータ表現において、形状はある程度表現できたが、表面的な特性、即ち、実際の素材感やディテールなどの細かなデザイン表現には至っていない。」と報告した。また、素材の物性値と形状表示との関連性については、今回の実験用のオリジナルパターンに関する傾向として、主に引張り剛性はシルエットの長さ、広がり、曲げ剛性はドレープ形状に、目付は長さ、広がり、ドレープ形状に影響を与えていることを明らかにした。道明ら⁵は、デジタルファッション株式会社の DressingSim LookSTailor を使用して、衣服のゆとりを評価し、得られたボディの各部位でのゆとり量と、実際に試作して官能評価で得られた評定尺度との相関係数を求め、その結果をもとに、シミュレータを用いたゆとりの評価について検証した。その結果、シミュレーションで得られるゆとり量は、各姿勢において、人が感じるゆとりの評

²<http://www.next-system.com/virtualfashion.html>

価とよく一致し、高い相関が認められた。また、シミュレーションによって動作に伴うゆとりの変化挙動を調べることにより、ゆとりの時間的応答と人が感じるゆとりとが大きく関係することなどを明らかにした。工藤⁶⁾は、三次元着装シミュレーションを被服実習に取り入れることは、衣服構成への理解、関心を深め、学生の学習意欲の向上に繋がるとして、株式会社ユカアンドアルファのAlpha myu 3Dを導入した。学生はシミュレーションにより、出来上りをイメージすることが可能になり、デザインをする楽しさや物を生み出す喜びを感じ、それが達成感に繋がり学習効果があったとした。松平⁷⁾は、衣服の動的シミュレーションや着装シミュレーションに、静的ドレープ係数や動的ドレープ係数を導入することで、より実際の衣服の動きに対応するシミュレーションが可能になるとして、静的及び動的ドレープ係数を、KES システムで得られる基本力学パラメータから高精度で算出可能な式を導き出した。動的ドレープ係数については、松平らが試作した回転装置を用いて測定し、布地の回転時のパラメータから算出した。堀場⁸⁾は、被服の着心地に密接な関係がある被服圧と空隙量を、数値シミュレーションにより推定した研究事例を紹介した。数値シミュレーションとは、コンピュータ上に人間-環境系における物理現象を再現することである。関根ら⁹⁾（東芝レビュー³⁾）は、ショッピングスタイルの差異化を図る動きが活発化している背景下で、数多くの衣服から自分に合うものを選ぶ行動を支援する為の仮想着装システムを開発した。ユーザーの体型に応じたフィット感の高い画像合成技術や、距離センサーから得られた距離データから、ユーザーの体型を1秒で自動推定する技術などを紹介した。

今やシミュレーションは、スマートフォンなどの普及で個人レベルでも気軽にダウンロードして活用する時代となった。その使用目的はさまざまであるが、本章では、パターンが使用する、トワルチェックに代わる再現性の高いシミュレーションについて検

³ http://www.toshiba.co.jp/cl/industry/virtual_fitting/contents/fitting.htm

討していく。

アパレル業界では、有り型⁴（以前に使用したパターンのことで、企業でパターンメイキングする場合のほとんどが、この有り型からの展開により作成されている。）を使用した平面作図、又は、立体裁断などが主なパターンメイキング方法として挙げられるが、現在では、実寸大でパターンを作成することは、特別な場合を除いて殆ど行われていない。近年の急速なアパレル CAD の普及とパターンのアウトソーシング化に伴い、企業のみならず個人でもアパレル CAD を所有するようになり、パターンはペーパーではなくデータで交換することが一般的になったからである。有り型使用の平面作図であれば、初めから CAD を使用したほうが効率的であるが、デザインによっては立体裁断で型出しすることもある。しかし、その場合においても、実寸大パターンはスキャンして CAD に取り込みパターンデータに変換し、展示会后、グレーディングやマーキングなどの量産業務を効率的に行えるようにするのである。

この一連の作業工程において、デジタル化が進んでいないのがトワルチェックと言われる仮縫い作業である。新型アパレル三次元 CAD は、衣服を三次元のバーチャル空間上で着せ付け、トワルチェックを行うことができるツールであるが、現状、その利用は進んでいない。トワルチェックとは、作成したパターンの確認作業のことで、実際のイメージと照らし合わせる為に、シーチングなどの布地を使用してパターンを実寸大で組み立て（トワル）、ダミー（人台）に着せ付けて確認することである。トワルは、シルクピン（ムシピン）で仮止めするか、粗ミシンで縫って作成する。基本的には半身（右半身）のみというのが一般的であるが、左右非対称（アシンメトリー）の場合は両身を作成する場合もある（ウィキペディア⁵）。この方法は、最もオーソドックスな仮縫い方法で現在も行われている。今後、仮想ドレーピング、仮想着装シミュレーションのリアル表現がどこまで可能になるのか。これまでの手作業が簡略化されれば、パタンナーのワークスタイルも変わり、業務負担の軽減と効率化が見

⁴ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%91%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%83%B3>

⁵ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%AB>

込まれる。東レ ACS 株式会社⁶は「トワルチェックやサンプル作成による立体化の検証やパターン修正が、品質向上のために欠くことのできない工程となっている。しかし、残念ながら今日のコスト削減、短納期化により、設計・品質に必要となるこれらの工程に、時間や手間をかけることが難しくなっている。」ことを指摘し、「トワルチェックやサンプル作製の代わりになりうるツールとして新型アパレル三次元 CAD を開発した。」と述べている。

新型アパレル三次元 CAD には、バーチャル化されたボディを表面展開する機能や仮想着装シミュレーション機能などがある。本章では、ボディの表面展開機能を使用して、上半身原型とスカート原型を作成し、これが、従来型のバスト寸及び背丈を用いて平面作図した原型と、どのような違いがあるのかを検証する。また、新型アパレル三次元 CAD が、業務負担の軽減と効率化という本来の目的を果たしているのか、また、仮想着装シミュレーションと実物製作との間に乖離はないのかを検討する。

2.2 研究方法

2.2.1 原型の検討

1) バーチャルボディを使用した立体パターンと文化式上半身原型及びスカート原型の作図法による平面パターンの作成

立体パターン⁷（仮想空間内でバーチャルボディを使用して作成したパターン）の作成には、新型アパレル CAD システム「CREACOMPO® II（クレアコンポ II）」に搭載されている表面展開機能を使用し、平面パターンの作成には、文化式上半身原型及びスカート原型の作図法を用いた。バーチャルボディの作成については、実寸大ボディを三次元計測器でスキャンし、そこで取得したボディデータをもとに同ソフトウェアで行った。バーチャルボディを用いてパターンを作成する方法は二つあり、一つはバーチャルボディにゆとりを入れて

⁶ <http://www.toray-acis.co.jp/column/20170313/>

⁷ <https://www.armeria-marine.com/>

変形させた状態でその表面を剥がし平面に展開する方法と、もう一つはヌード（ゆとりなし）の状態では表面を剥がし平面に展開してからゆとりを入れる方法である。今回はより簡便な前者を選択した。

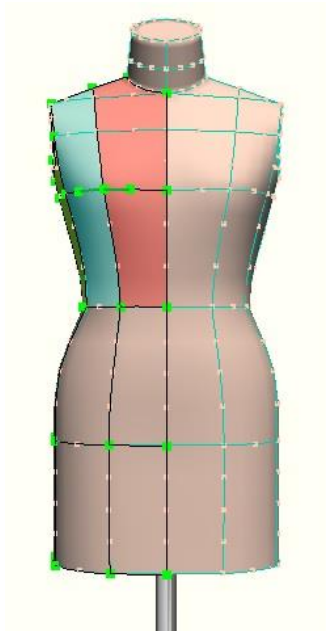
文化式上半身原型とスカート原型については、「CREACOMPO®Ⅱ（クレアコンポⅡ）」に原型を自動作成する機能がありそれを利用して行った。上半身原型の設定寸法は、文化型ヌードボディ7号のサイズに合わせて、バスト=83.5 cm、ウエスト=61.5 cm、背丈=36.0 cmとし、スカート原型の設定寸法は、ウエスト=61.5 cm、ヒップ=90.0 cm、腰丈=19.0 cmとした。ゆとりは、ウエストが+2.0 cm、ヒップが+4.0 cmとし、B.C下がり=0.5 cm、前後差は0.5 cmとした。

立体パターン⁷については、平面パターンの出来上がり寸法に準じて、上半身はB=90.3 cm、W=67.5 cm（図2-1）、下半身はW=63.5 cm、H=94.0 cm（図2-2）のサイズになるようバーチャルボディを変形させた。バーチャルボディから剥がしたパターンを図2-3に、文化式上半身原型及びスカート原型を図2-4に示す。

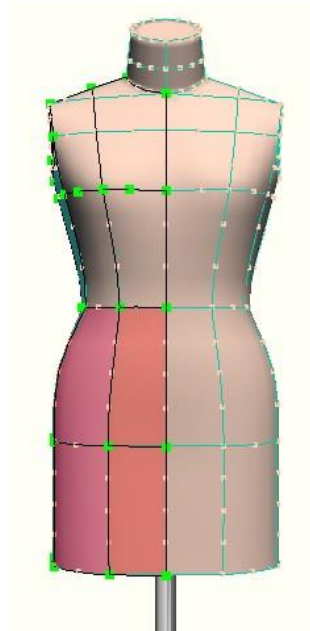
BUNKA type nude body No. 7



(単位cm)	バスト	ウエスト	ヒップ	背丈	腰丈
文化型ヌード ボディ7号	83.5	61.5	90	36	19



(単位cm)	バスト	ウエスト	背丈
文化型ヌード ボディ7号	90.3	67.5	36



(単位cm)	ウエスト	ヒップ	腰丈
文化型ヌード ボディ7号	63.5	94	19

Fig.2-1 Deformation of virtual body (upper body) Fig.2-2 Deformation of virtual body (lower body)

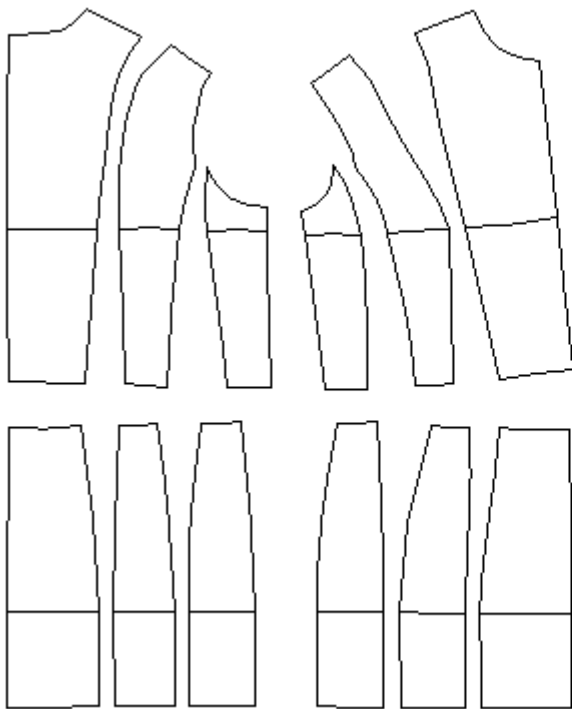


Fig.2-3 Three-dimensional pattern made by peeling the surface of the virtual body

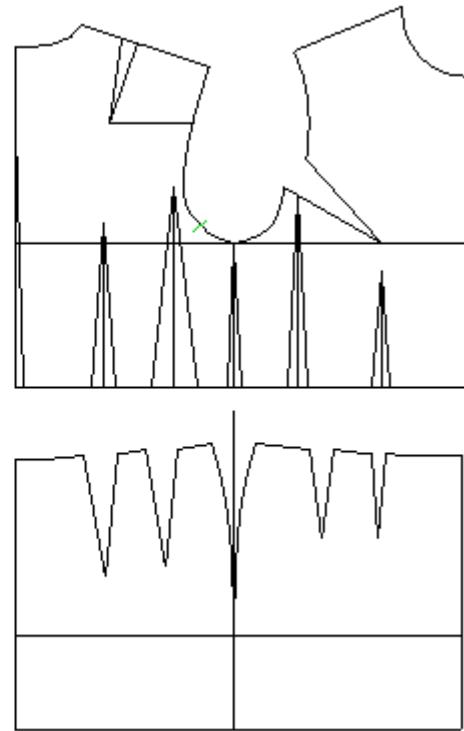
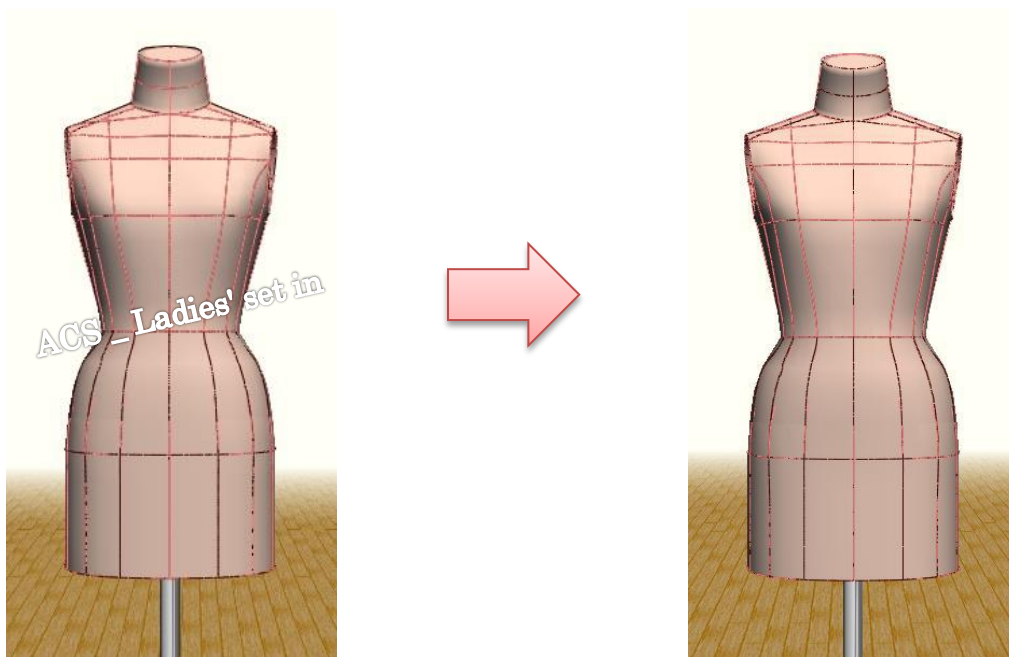


Fig.2-4 The upper body prototype and the skirt prototype were made by the BUNKA formula

2) フレアースカートのパターン作成

実験用スカートは、文化型ヌードボディ7号（ウエスト寸法=61.5 cm，ヒップ寸法=90 cm）を対象として、パターンの作成はこのサイズに合わせて、アパレルCADシステム「人人人®（ひとと）」に搭載済のバーチャルボディ ACS_レディス（セットイン）を変形させて作成した。変形は展開パターンのダーツ量が、文化型ヌードボディ7号と近似するよう配慮し、ゆとり量をウエスト2.5 cm，ヒップ2.0 cmとした（図2-5）。作成工程は、パターンナーの基本手順に合わせて、以下の通りとした（図2-6, 図2-7）。

- (1) バーチャルボディ（ACS_レディス（セットイン））のウエスト寸法61 cmを64 cm，ヒップ寸法91 cmを92 cmに変形させてゆとりを入れる。
- (2) ボディの表面を展開し2D（平面）パターンにする。
- (3) 前後中心と腰囲線（Hip Line 以下H.Lと略す）の軸修正を行う。
- (4) フレアーを切り開く為、展開パターン上の前脇側のダーツを1.5 cm起こし，中心側へ1.0 cm平行移動する。
- (5) 脇線を前へ0.5 cm平行移動する。
- (6) 後中心の胴囲線（Waist Line 以下W.Lと略す）を1.0 cm下げW.Lを引き直す。
- (7) フレアー分量を切り開く



(単位cm)	バスト	ウエスト	ヒップ	裾回り
ACS_レディス (セットイン)	87	61	91	91

(単位cm)	バスト	ウエスト	ヒップ	裾回り
ACS_レディス (セットイン)	87	64	92	91

Fig.2-5 Deformation of virtual body for pattern making

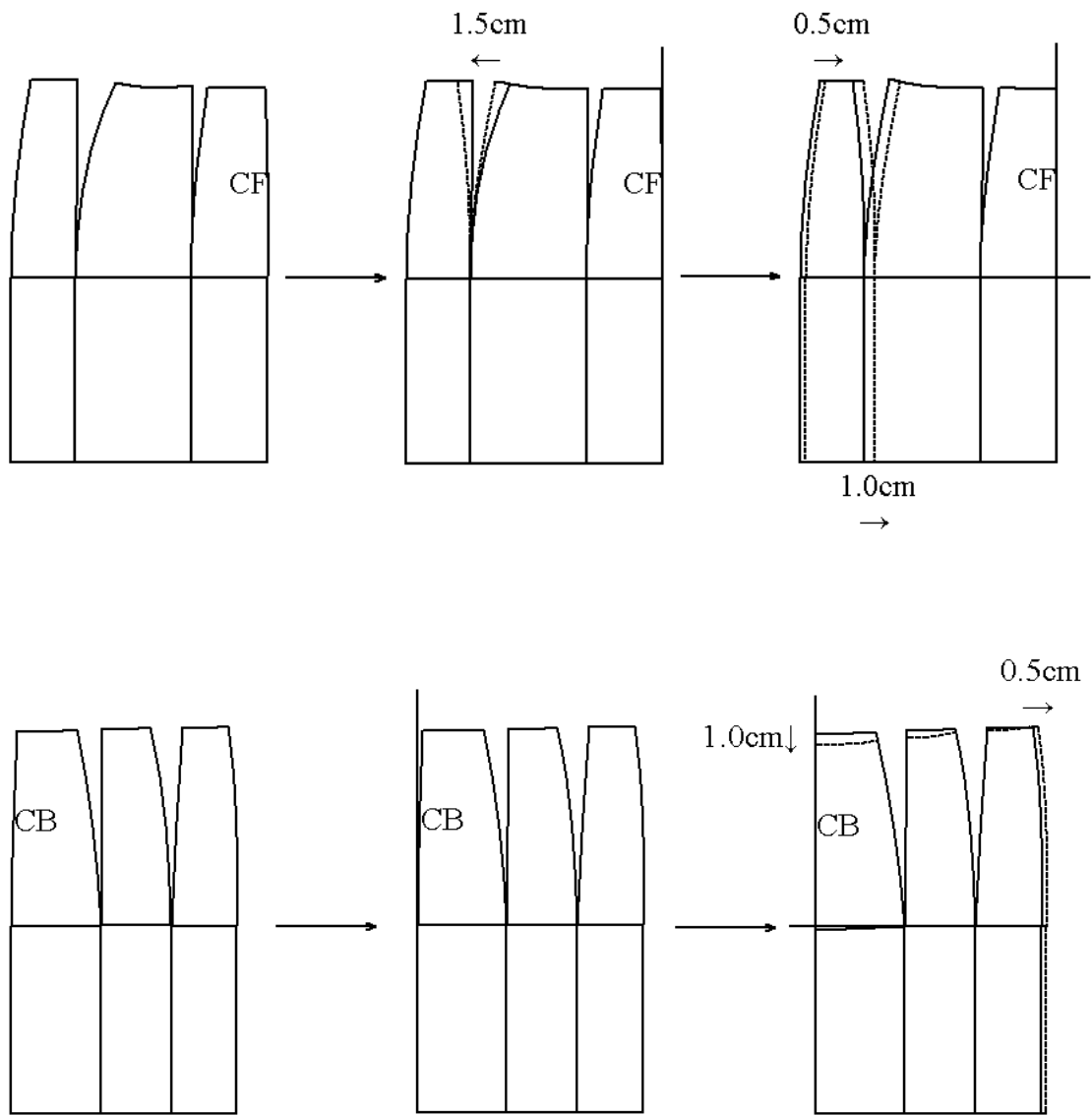


Fig.2-6 The basic skirt pattern developed from the virtual body

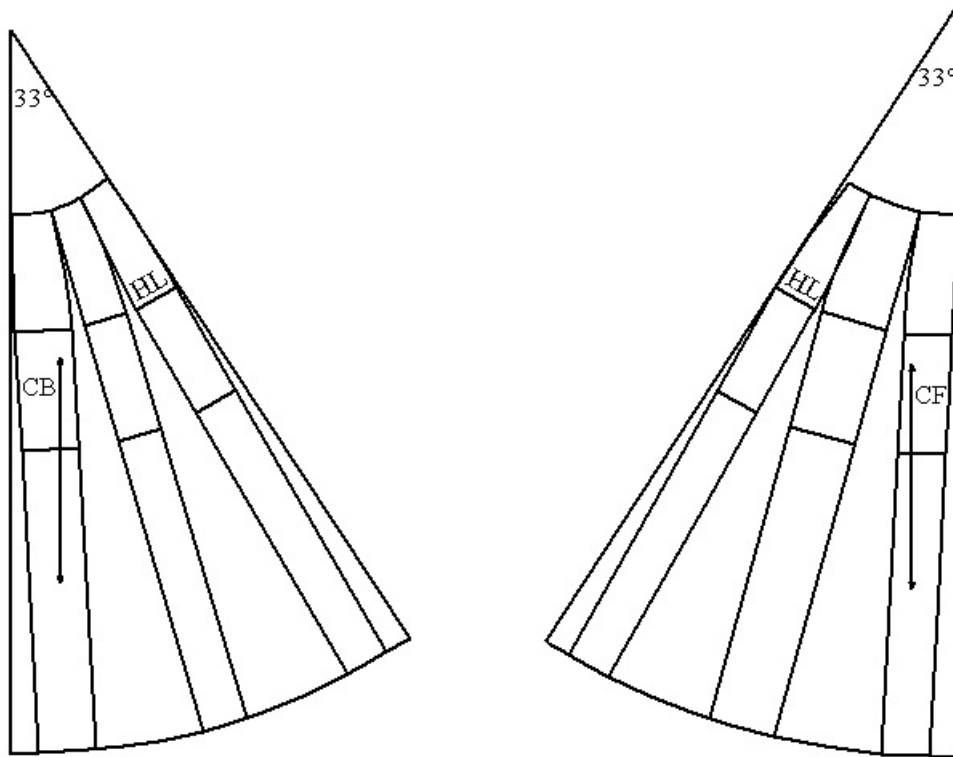


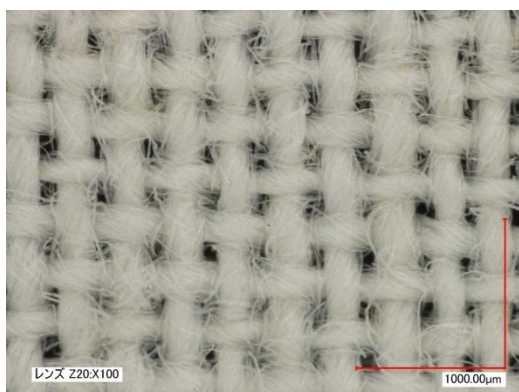
Fig.2-7 Patterns of an experimental flared skirt

フレア分量は、フレア形状が最も美しいとされる分量、即ち、裾回り寸法がウエスト寸法の3~4倍を目安に¹⁰⁾、4種の布地（シーチング、ブロード、サテックレーブ、キュプラ）のうち最も広幅であったサテックレーブの123 cm巾をフレア分量の最大と定め、前後中心と脇線の角度を33度、スカート丈を80 cmに設定した。

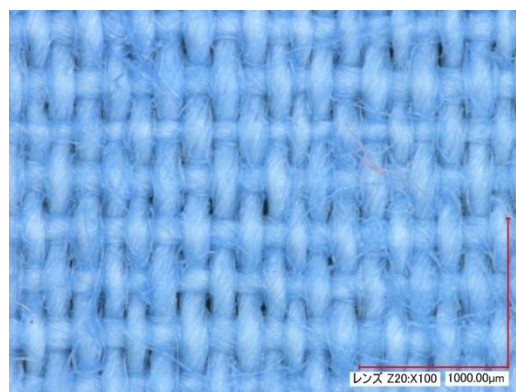
2.2.2 フレアースカートの実物製作

1) 試料布と地の目

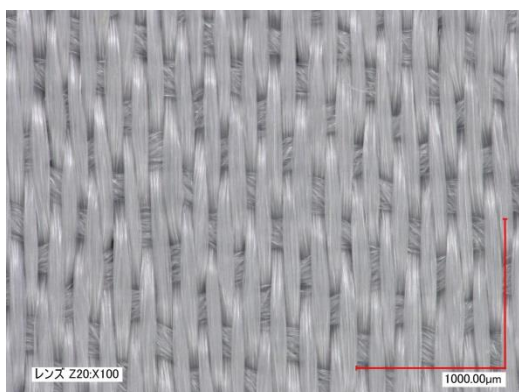
シルエットに影響を及ぼすと予測される布地4種を選択し、フレアースカートを実物製作した。試料布は、トワルを組み立てる際に使用するシーチング、シーチングと同じ綿素材で平織の綿ブロード(以下ブロードとする)、ソフトな風合いでドレープ性の高いサテンクレープ、ジャケットやスカートの裏地としてよく使用され、すべり性が高いとされるキュプラ裏地(以下キュプラとする)とした。地の目はスカートの前後中心にたて地を通し、明きは後中心に設定した。試料布4種のマイクロスコープ画像を図2-8、諸元を表2-1に示す。



Sheeting



Broad



Satin crepe



Cupro

Fig.2-8 Microscope images of 4 kinds of fabrics

Table 2-1 Basic fabric information

Fabric	Component fiber (%)	Weave	Thickness (mm)	Weave density		Weight		Direction of twist	
				warp (/cm)	weft (/cm)	fabric (g/m ²)	skirt (g)	warp	weft
Sheeting	Cotton 100%	Plain	0.25	30	30	111	142.10	Z	Z
Broad	Cotton 100%	Plain	0.24	60	30	125	165.03	Z	Z
Satin crepe	Polyester 100%	Satin	0.20	110	40	87	115.92	—	ZZ SS
Cupro	Cupra 100%	Twill	0.17	70	40	112	144.05	S	—

2) 地直し

湯通ししていないシーチングは、歪んでいる側のよこ糸を直したい方向に両手で引張り全体の歪みを直したのち、直角定規を当てながら、たて糸とよこ糸の交差角が直角になるようスチームアイロン（バキュームアイロン）で歪みを整えた（文化ファッション講座，婦人服¹¹⁾）（アパレル設計論・アパレル生産論¹²⁾）。アイロンの温度は 160~170℃の中温に設定した。ブロードは糊気を落とす為、大きく畳んだ状態で布地を丸ごと洗濯用ネットに入れ、水を張った容器の中につけて、完全に水が浸み込んだら軽く水気を取り、洗濯用ネットに入れたまま脱水機で 15 秒程脱水。生乾きの状態で 180~190℃の中高温でアイロンをかけた。サテックレープとキュプラは、アイロンの温度を 120~130℃の低温に設定し、裏から軽く空アイロンをかけた。アイロンをかけた布地はすべて広げて一晩置いたのち裁断した。

3) 裁断

裁断は、地の目のずれを最小限に抑える為、一方方向に一枚裁ちし、布地ごとにスカートを 2 着分ずつ裁断した。裁断図を、図 2-9 に示す。特にずれを生じやすい、サテックレープ

ープとキュプラは、裁断の際、布地の下にパターン用紙を敷き、地の目を通した布端と紙端を揃えるようにして、待ち針で止めつけ、布地が動かないように固定してから裁断した。

シーチングとブロードは、地の目を通し、通常通り裁断した。実験用の為、印つけは、油性のボールペンを使用。中心、脇、ウエスト部分の縫い代は1 cmとし、裾は出来上がりに印をつけた。

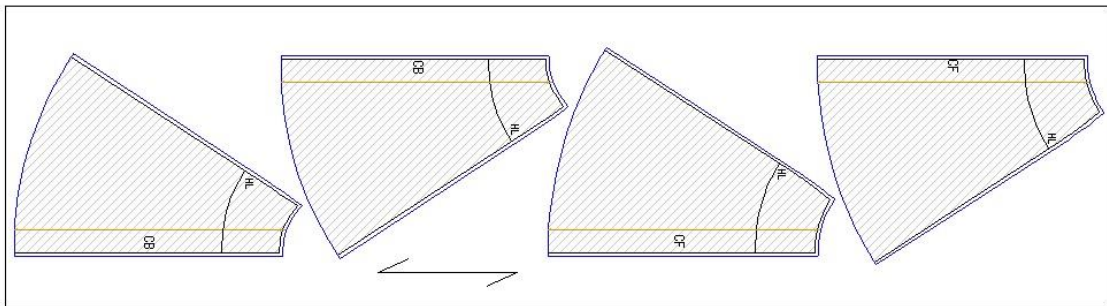


Fig.2-9 Flare skirt cut drawing

4) 縫 製

針目は3 cm間9針（粗め）に設定、中心と脇縫い目の縫製にあたっては、布地が伸び縮みしないよう注意し、縫い目はアイロンで割った。ウエストのインサイドベルトは縫い代にのせコバステッチで留めつけ、裾は出来上がり線を断ち切りにした。

5) 用 具

着せ付け用の文化型ヌードボディ7号（図2-10）と職業用ミシンのBrother Nouvelle Coutureを使用。製作用のミシン糸とミシン針について、シーチングとブロードは、FUJIX KING FITのポリエステル100%の糸、及び、ORGAN工業用DB×1 #11の針を使用し、サ

テックレープとキュプラは，ポリエステルシルク断面のファインデニア（極細長繊維）を用いた滑らかで細くて強い FUJIX fine ポリエステル 100%の糸，及び，ORGAN 工業用 DB×1 #9HP の化繊スーパーの針を使用した。



Fig.2-10 BUNKA type nude body No. 7 used
Body size (B=83.5cm W=61.5cm H=90.0cm)

6) 製作時の室内環境と撮影条件

スカート製作時の室内環境は，平均気温 21℃ 平均湿度 40%. 撮影は，24 時間後と 3 週間後に文化型ヌードボディ 7 号に装着させて，デジタルカメラを三脚にセットして行った。

2.2.3 三次元仮想着装シミュレーションの実行

1) hitoto 及び CREACOMPO II によるシミュレーション

- ・ hitoto によるシミュレーション

<既存のバーチャルボディを変形させて着せ付け用ボディとする場合>

既存のバーチャルボディ, ACS_レディス (セットイン) を, 文化型ヌードボディ 7号 (実物製作したスカートの着せ付け用ボディ) と同サイズに変形させる. 変形サイズは, バスト=87 cmを 83.5 cm, ウエスト=61 cmを 61.5 cm, ヒップ=91 cmを 90 cm, 裾回り=91 cmを 90 cmとした. 図 2-11 に示す.

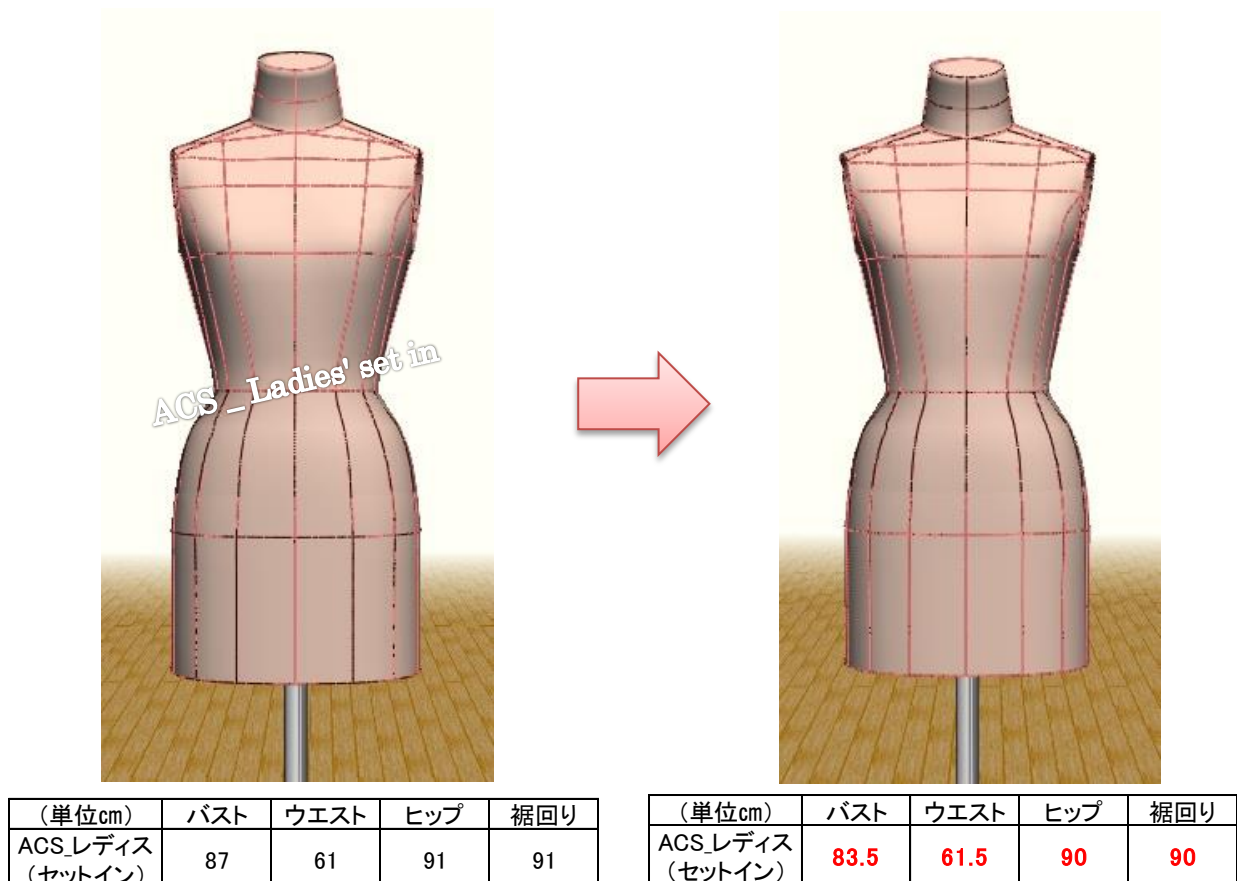


Fig.2-11 Deformation of virtual body for simulation

・ CREACOMPO II によるシミュレーション

<新たに作成したバーチャルボディを着せ付け用ボディとする場合>

実物の文化型ヌードボディ7号を、三次元人体計測システム ボディラインスキャナー（浜松ホトニクス製）でスキャンして、obj データに変換する。それを、CREACOMPO II に取り込み、文化型ヌードボディ7号のバーチャルボディを作成した。図 2-12 に示す。



(単位cm)	バスト	ウエスト	ヒップ	背丈	腰丈
文化型ヌード ボディ7号	83.5	61.5	90	36	19

Fig.2-12 Virtualization of BUNKA type nude body No. 7

シミュレーションは、各々、作成したバーチャルボディにフレアスカートのパターンを貼りつけ実行した。このソフトウェアでシミュレーションが可能な布地はシーチングのみで、地の目はたて地に限定されている。公表されている制御項目は、重力、曲げ、引張り、摩擦などである。hitotoでは、布地の厚さを、厚地、普通、薄地の3つから選択することができ、CREACOMPO IIでは、1~20までをバーで選択することができる。今回は、どちらも普通の厚さ（中肉）とした。

2) 3D fit viewによるシミュレーション

シミュレーションは、3D fit viewを開発した、ビーエム・ディーシステム株式会社に依頼した。曲げ、引張り、せん断などの布地の力学特性値と、布地の厚さ、及び、目付と言われる織物や編地の単位当たりの重量などのデータとパターンデータを提供してシミュレーションを実行した。ボディは、上記の会社が製作した20代普通体型の人体モデルを使用。ボディサイズと人体モデル画像を、図2-13に示す。このソフトウェアのデータベースは、表地のみで裏地は搭載されていない。従って、シミュレーションは、ブロードとサテックレープを対象とした。

ボディサイズ(ヌード寸法) 普通体型(単位cm)	
部位	サイズ
ウエスト	61.5
ヒップ	90
大腿囲	54
ウエスト点の高さ	97
ヒップ点の高さ	78.5
股点の高さ	71

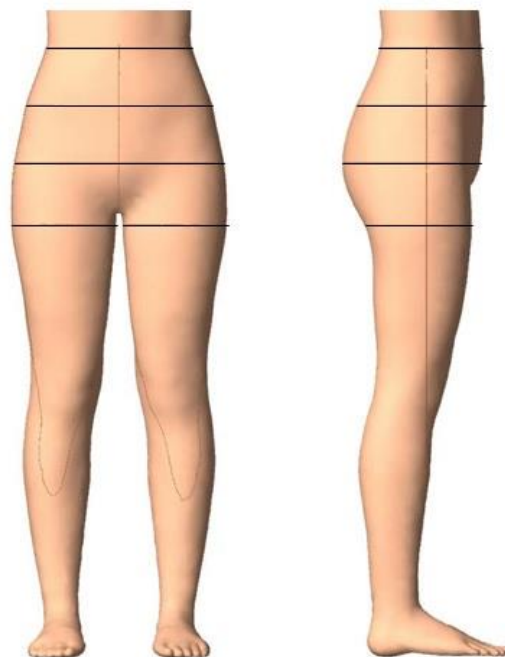


Fig.2-13 Body size and virtual body of 3D fit view

2.3 結果及び考察

2.3.1 立体パターンと平面パターンとの比較

新型アパレル三次元 CAD には、バーチャル化されたボディを表面展開する機能があり、これを利用することで、人体や人台に直接布地をあてて形をとる立体裁断のように、意図したシルエットにより近いものをパソコンの中で行うことができるのではないか。その検証をバーチャル化した文化型ヌードボディ 7 号の表面を剥がして作成した立体パターン⁷と、文化式上半身原型及びスカート原型の作図法で作成した平面パターンとの比較により行った。

図 2-14 は、独立したパーツ同士を合わせ、文化式原型に準じてバストダーツを AH（アームホール以下 AH とする）に移動させ、線の繋がり等のチェックを行い完成させた上半身の立体パターン⁷（左）と、文化式上半身原型、即ち、平面パターン（右）の完成形である。図 2-15 は、下半身の立体パターン⁷（左）と平面パターン（右）で、立体パターン⁷は上半身と同様、独立したパーツ同士を合わせ、ダーツ止りを設定して、線の繋がり等のチェックを行い完成させた。上半身、下半身のパターンの出来上がり寸法、及び、ゆとり分量は同じである。

上半身の立体パターン⁷のトワルチェック画像を図 2-16 に、平面パターンのトワルチェック画像を図 2-17 に示す。両者の違いについて、立体パターン⁷では、バーチャルボディの構造線はあくまでも任意の位置で設定する為、平面に展開後、前後のバランスを見て寸法をチェックする必要がある。特に上半身は、衿ぐりや袖ぐり部分に注意が必要である。今回の場合は、鎌底を 1 cm 程度下げて AH 寸法を大きくすると全体のバランスが良くなることが示された。平面パターンでは、肩先と AH の後ろが大きく浮いているのが目立ち、脇線が斜めに傾斜していることが観察された。これは、後ろのだけ部分のウエストダーツ分量が多すぎるのが原因だと推察された。また、後丈と比較して前丈が長すぎる為、前のウエストラインが斜めに下がって見えることや、バスト寸法から割り出された肩幅は、立体パターンより 0.7 cm

大きいことなどが確認された。

次に示すのは、下半身の立体パターン⁷のトワルチェック画像（図 2-18）と、平面パターンのトワルチェック画像（図 2-19）である。上半身で述べたように、バーチャルボディの構造線はあくまでも任意の位置で設定する。その為、脇線が MH（ミドルヒップ以下 MH とする）の辺りから前寄りに傾き、前後のバランスが悪くなっていた。しかし、これに関しては、単純な線の移動のみで解消されるもので、修正により他の箇所に影響を与えるものではない。それ以外は、問題なくボディにフィットしており、適切なゆとり配分であった。一方、平面パターンの方は、全体的に脇線が後ろに傾き、前身頃の腰骨辺りは張り付いているのに、後身頃のダーツ止りから先の部分はだぶつき、裾はその反動で浮きが生じていた。脇線が後ろに傾くのは、ヒップの前後差が 1 cm であるのに対して、ウエストの前後差は 2 cm で作成されることが原因であると考え。この自動作成機能は文化服装学院の作図法に準拠して作られており、原型を自動作成する際、前後差を入力することができるが、数値を変えても、ウエストの前後差はいずれも 2 cm で作成される。また、MH 辺りで脇線のカーブを膨らませ過ぎている為に、脇部で余りが生じるといった線の描き方の問題も確認された。これらについては、CAD の自動作成プログラムの問題、或は、それを作成する際に参考にした作図方法に問題があると推察する。

以上のことから、意図したシルエットにより近いのは、バーチャル化したボディの表面展開機能を利用して作成した立体パターン⁷の方であり、フィット性の高いパターンを容易に作成できることが示された。

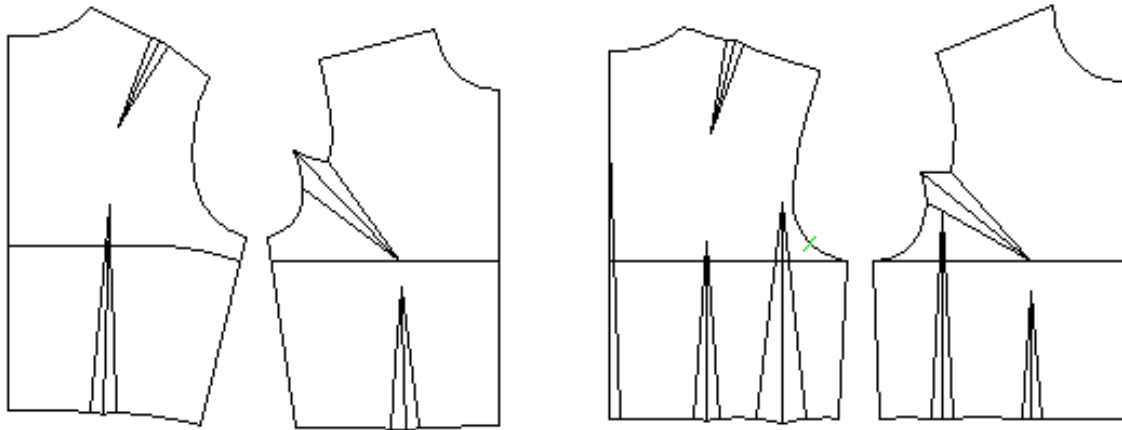


Fig.2-14 Completed the three- dimensional pattern and the prototype of BUNKA formula(Upper body)

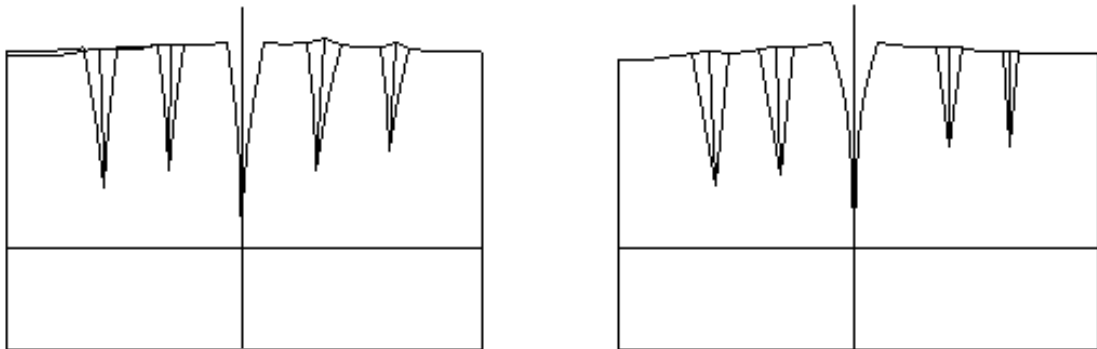


Fig.2-15 Completed the three- dimensional pattern and the prototype of BUNKA formula(Lower body)



Fig.2-16 Toile check of three-dimensional pattern by peeling the surface of the virtual body (Upper body)

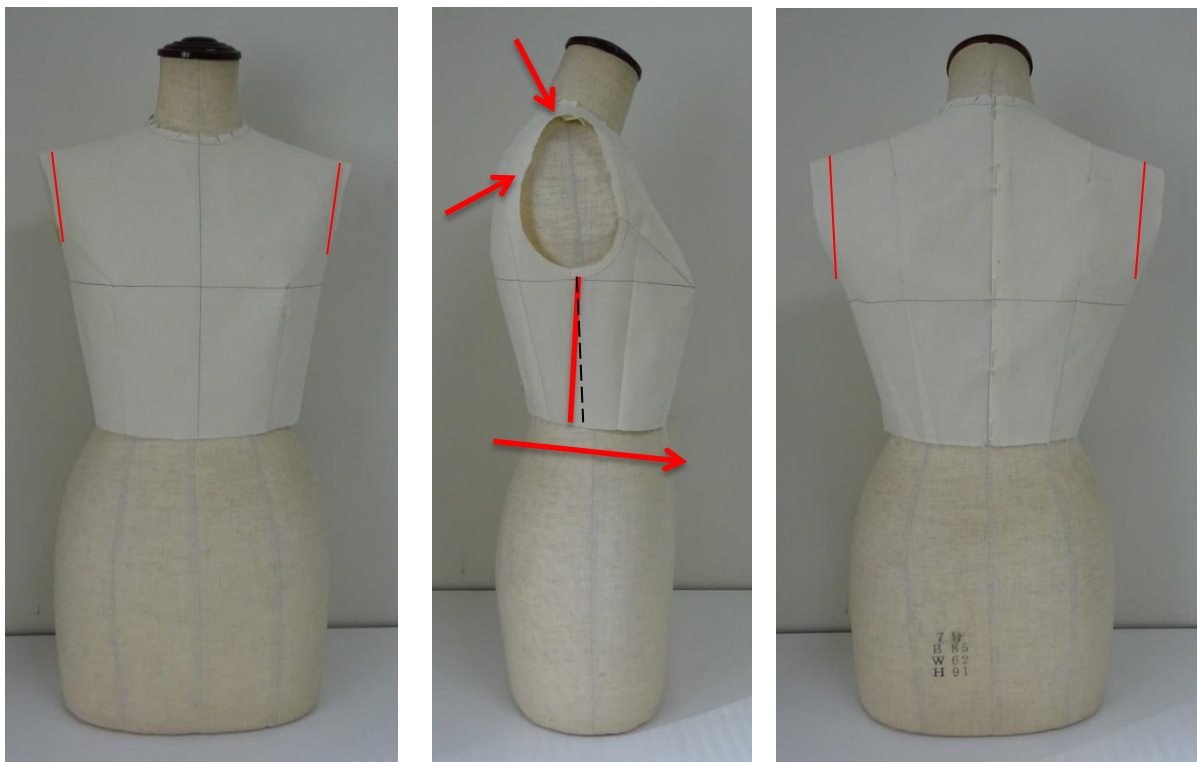


Fig.2-17 Toile check of planar pattern by using the prototype of Bunka formula(Upper body)

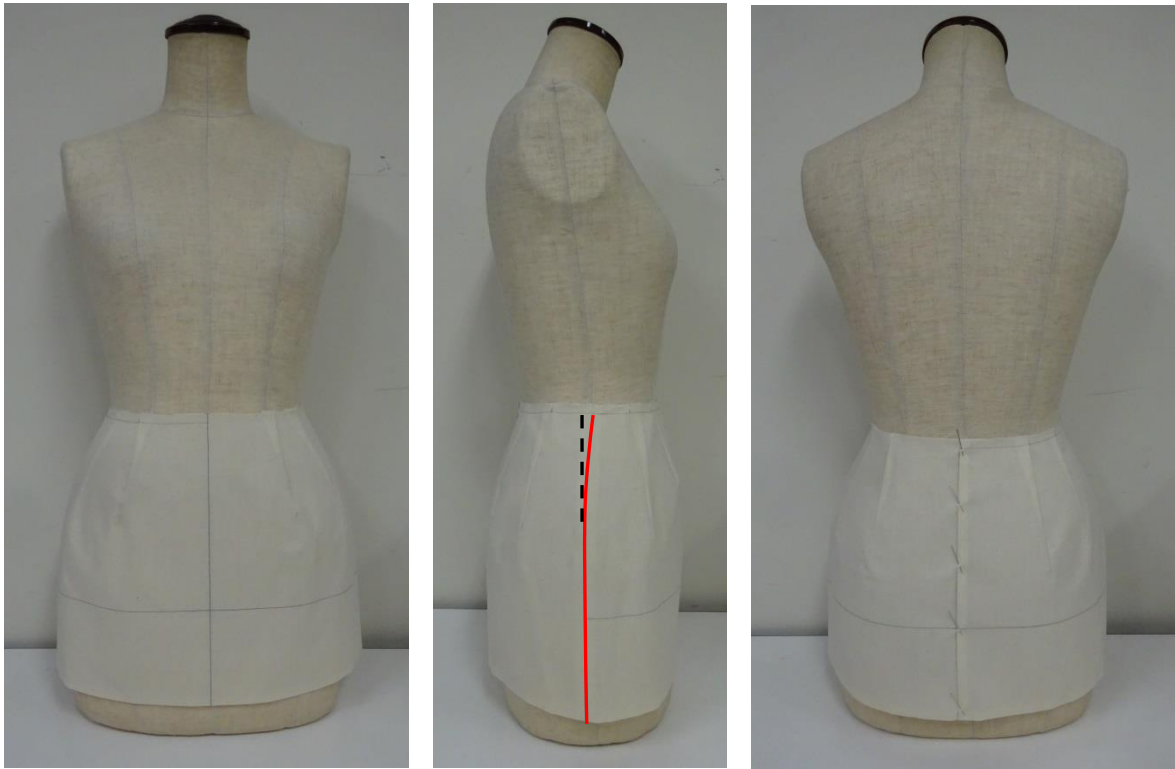


Fig.2-18 Toile check of three-dimensional pattern by peeling the surface of the virtual body (Lower body)

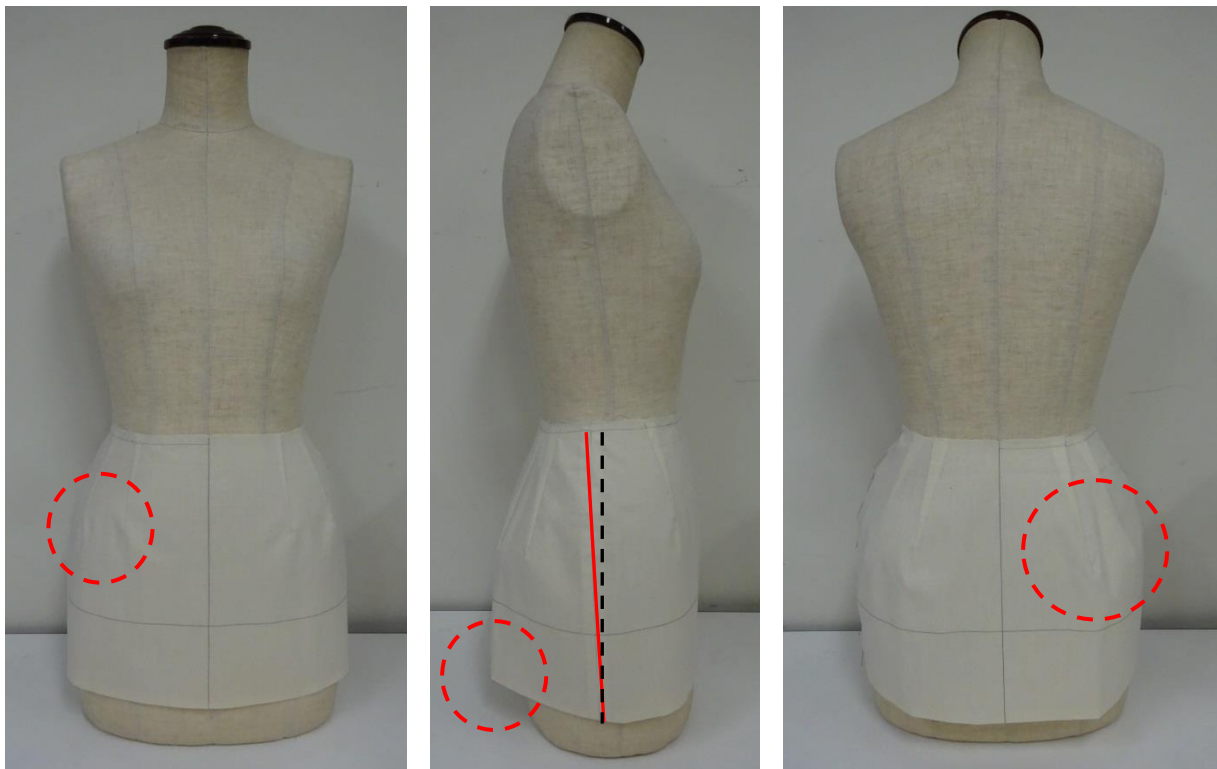


Fig.2-19 Toile check of planar pattern by using the prototype of Bunka formula (Lower body)

2.3.2 バーチャルとリアルとの比較

hitoto 及び、CREACOMPO II のシミュレーションにおいては、着せ付け用ボディを、既存のバーチャルボディを変形して作成したものと、実物のボディをスキャンして、新たにバーチャルボディを作成したものとで比較検証を行った。今回はアイテムがフレアスカートで、ミドルヒップ辺りから下は、スカートがボディから離体している為、ウエストとヒップのサイズを一致させることにより、問題なくシミュレーションを実行することができた。

hitoto 及び、CREACOMPO II のシミュレーション（図 2-20, 図 2-21, 図 2-23）とシーチングの実物製作（図 2-22, 図 2-24）との比較について、hitoto によるシミュレーションは、実物製作と比較して脇への張り出しが強く、前後の張り出しは弱い。横断面の裾線形状を見ても同様な傾向が認められ、ノードの山の高さも脇の方が高い。CREACOMPO II によるシミュレーションは、hitoto をバージョンアップした最新型である為、上記の点は改善されているが、実物と比較すると、ノード数が少なく、ノードの高さが実物よりも高い。しかし、シルエットは hitoto よりも、実物に近い印象を受けることから、シミュレーションにおいては、シルエットがリアルに見えても、横断面の裾線形状においては、バーチャルとリアルとの違いが明確に表れることが示された。

次に、3D fit view によるシミュレーションであるが、こちらは数種類の表地を選択することが可能で、柄もマッピングすることができる。図 2-25 はブロードで作成したスカートのシミュレーションで、図 2-26 は実物製作である。シミュレーションの柄表現は、非常にリアルで実物と殆ど変わらない。しかし、正面と背面のシルエットは、実物に近い印象を受けるが、側面は、実物よりも前後への張り出しが強く、正面・側面・背面ともに同じような形状に見える。図 2-27 はサテックレープで作成したスカートのシミュレーションで、図 2-28 は実物製作である。シルエットについては、実物よりもシミュレーションの方が、布に張りがあるように見え、ブロードと同じようなシルエット形状で、正面・側面・背面ともに同じよ

うな形状に見える。横断面の裾線形状については、図 2-29 に示す通り、シミュレーションのノードは不自然に規則正しく均一で、ノードの高さはどの箇所も同じに見える。ノード数はブロードが 11、サテックレーブは 12 であった。一方、実物製作のノード数は図 2-30 に示す通り、ブロードが 9、サテックレーブは 11 で、実物製作の方が、ノード数が少ないことから、布地の特性がシミュレーションに反映されていないことが推察された。以上のことから、シルエット、横断面の裾線形状、ノード数、及び、ノードの高さなどは、実物製作（リアル）とは隔たりがあり再現性に課題があることが示された。しかし、ノード数やノードの高さなどは着せ付け方によっても違いが生じる場合があり、それは実物製作においても同じで、その点についても課題が残る。

乾¹³⁾は、シミュレーションの要素として、対象とする現象を表現する為のモデル、条件を与える為のデータ、結果の値を得る為の解法などを挙げている。モデルが複雑化すると解を求める為の計算コストがかかる為、何を優先させるかは用途に応じて決定されるとしている。現状のシミュレーションにおいては、実物製作からその形状を確認し、再現しているわけではない為、実際とは異なる場合が多い。しかし、パタンナーがトワルチェックの代わりにシミュレーションを活用する為には、少なくとも現状のシミュレーションを上回る精密さが必要である。シミュレーションにかかる時間とコストパフォーマンス、その費用対効果については、今のところ未知数であるが、精密なシミュレーションであれば、パタンナーの業務負担の軽減と効率化による生産性の向上が期待できると考える。

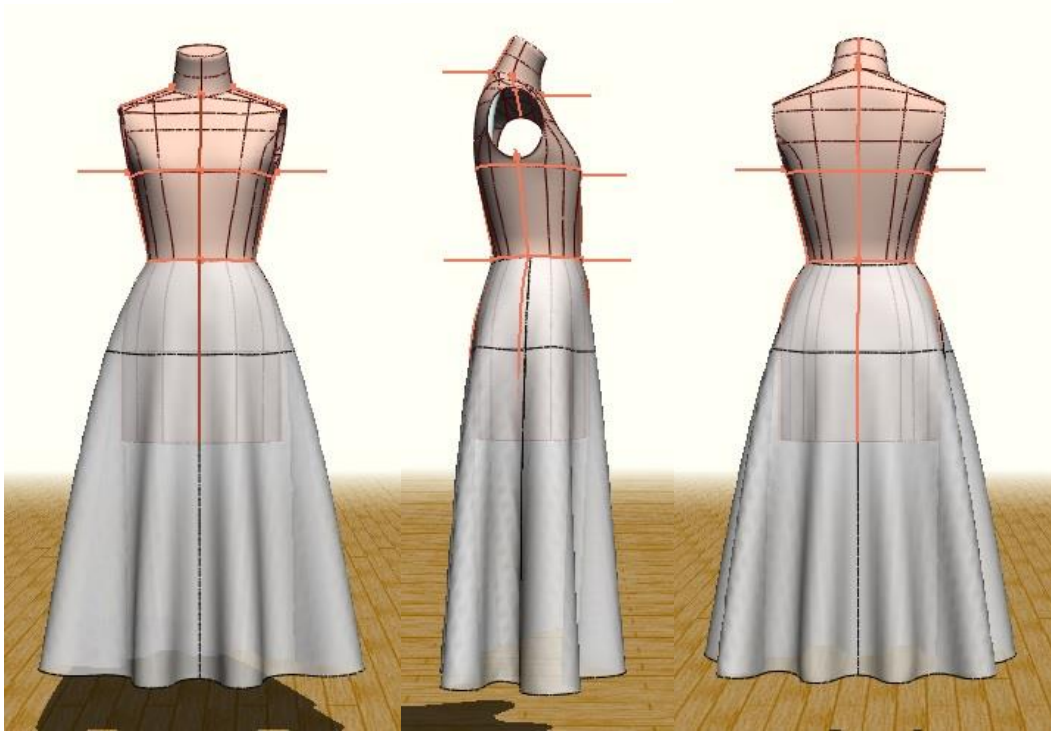


Fig.2-20 3D simulation by Hitoto (Sheeting)



Fig.2-21 3D simulation by CREACOMPO II (Sheeting)



Fig.2-22 Real skirt wearing image (Sheeting)

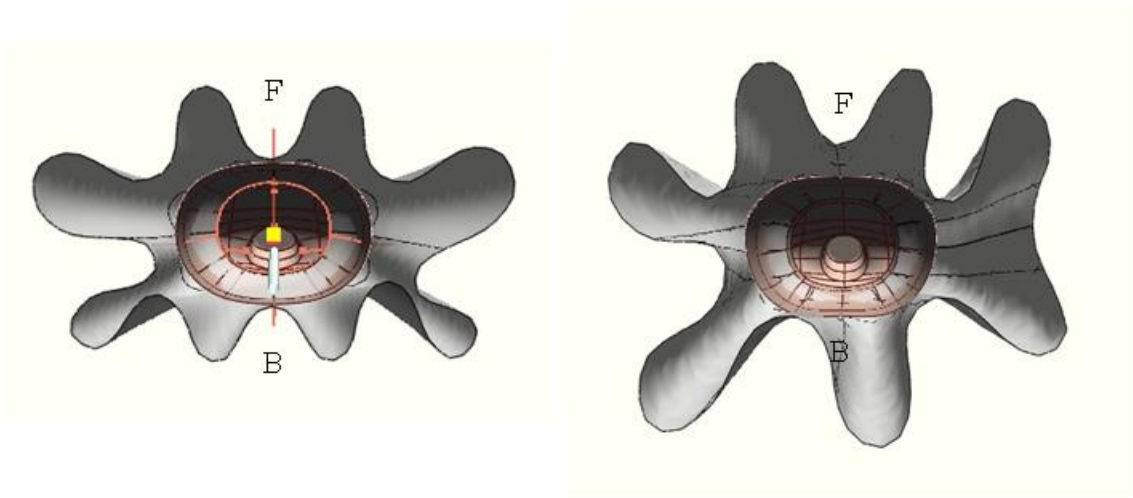


Fig.2-23 Hemline shape in cross section by 3D simulation (Sheeting)
 Left is Hitoto / Right is CREACOMPO II

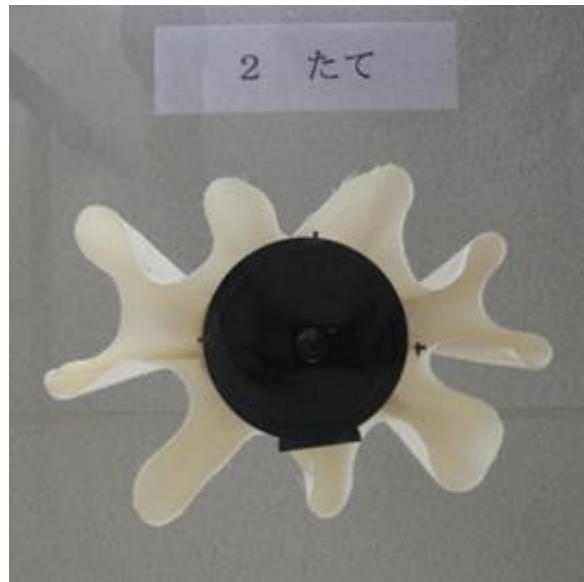


Fig.2-24 Hemline shape in cross section of real skirt (Sheeting)



Fig.2-25 3D simulation by 3D fit view (Broad)



Fig.2-26 Real skirt wearing image (Broad)



Fig.2-27 3D simulation by 3D fit view (Satincrepe)



Fig.2-28 Real skirt wearing image (Satincrepe)

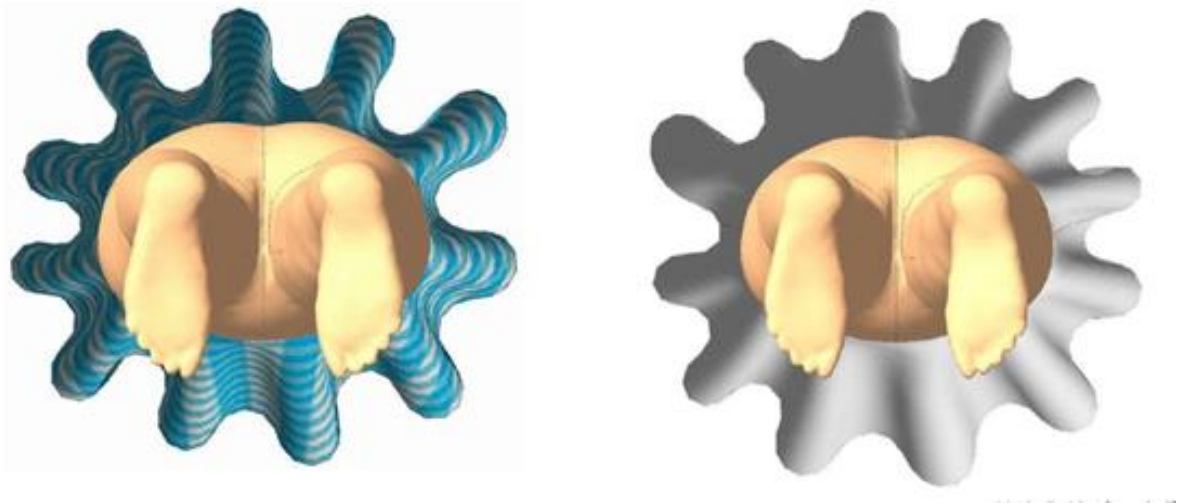


Fig.2-29 Hemline shape in cross section of 3D simulation by 3D fit view
Left is Broad / Right is Satincrepe



Fig.2-30 Hemline shape in cross section of real skirt
Left is Broad / Right is Satincrepe

2.4 総括

新型アパレル三次元 CAD の表面展開機能を利用して作成した立体パターンと、文化式上半身原型及びスカート原型の作図法で作成した平面パターンを比較検証した。また、同じ方法で実験用フレアースカートのパターンを作成し、仮想着装シミュレーション機能を用いてシミュレーションを実行。実物製作したフレアースカートと比較検討した。結果は次の通りである。

- (1) 新型アパレル三次元 CAD の表面展開機能を利用して作成した立体パターンと従来型の原型を使用して作成した平面パターンとの比較検証については、出来上がり寸法を同じにしても、フィット性には両者で差が認められ、バーチャルボディから表面展開した立体パターンの方が、意図したシルエットにより近く、フィット性が高かった。
- (2) hitoto におけるシミュレーションを実物製作と比較すると、シルエットについては、脇の張り出しが実際よりも強く表現され、それに対して前後の張り出しは弱く、ノードの高さは脇の方が高かった。
- (3) CREACOMPO II におけるシミュレーションと実物製作との比較について、CREACOMPO II は、hitoto の改良型である為、シルエットについては、hitoto よりもリアルに近づいた印象であった。しかし、実物製作と比較すると、ノード数が少なく、ノードの山の高さも実物よりも高いことから、両者の違いは明らかであった。
- (4) 3D fit view におけるシミュレーションと実物製作との比較については、柄の表現は非常にリアルで実物と殆ど変わらなかったが、シルエットは、正面・脇・背面とも同じような形状に見え、ノードは不自然に規則正しく均一で、ノードの高さはどの箇所も同じであった。シミュレーションによるブロードとサテックレープの布地の違いは認められなかった。

新型アパレル三次元 CAD の可能性については,バーチャル化したボディの表面展開機能には有用性があることが確認されたが,仮装着シミュレーションについては,再現性に課題があることが示された.道明ら⁵⁾は「衣服を構成する布の形状やその揺動は,わずかのシワなどの初期条件に大きく依存する.従って,衣服の細部形状のみを実物と比較して精度を検証できるものではなく,衣服シミュレーションの精度の検証は非常に難しい課題である.」と述べており,その課題については,開発が進んだとされる新型アパレル三次元 CAD においても完全に解決するには至っていないことが示された.

引用文献

- 1) 北川志保, 古川貴雄, 清水義雄 (1997) : 織布変形のコンピュータアニメーション : 電子情報通信学会総合大会 D-12-184
- 2) 村上茂雄, 三ツ井茂, 古川貴雄, 高寺政行, 清水義雄 (1999) : 力学特性を反映した変形シミュレーション : 情報処理学会第 59 回全国大会 2ZC-3
- 3) 古川貴雄, 佐伯貴利, 清水義雄, 目黒秀明 (1998) : 対話型 3 次元アパレル CAD システムのための着装シミュレーション : デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD Vol. 44 No. 6
- 4) 原田純子, 稲岡まみ (2001) : 3 次元シミュレータソフトによる服飾表現の試み : 神戸文化短期大学研究紀要 25
- 5) 道明伸幸, 内田洋子, 末広祥二, 島村 薫 (2005) : 動的衣服シミュレーションを利用した衣服の身体適合性の評価 : J. Text. Mach. Soc. Japan Vol. 58, No. 2
- 6) 工藤寧子 (2013) : 3 次元着装シミュレーションと被服実習との関係 (1) : 東北女子大学・東北女子短期大学紀要 No. 52:129~133
- 7) 松平光男 (2014) : 布のドレープ特性のシミュレーション : 日本衣服学会 Vol. 58 No. 1
- 8) 堀場洋輔 (2014) : 数値シミュレーションによる衣環境の推定—衣服圧および空隙量に関する研究事例— : 日本衣服学会 Vol. 58 No. 1
- 9) 関根真弘, 杉田 馨, フランク ペルバー (2015) : 仮想着装システムにおける体型推定を用いた衣服画像合成技術 : 東芝レビュー Vol. 70 No. 5
- 10) 宮脇亜紀, 大塚美智子, 中村優美 (1999) : スカートのフレアー形状の評価 : 日本女子大学大学院紀要 5:77-86
- 11) 文化ファッション講座, 婦人服 I 文化服装学院・編 : 文化出版局 発行
- 12) アパレル設計論 アパレル生産論 (2013) : 一般社団法人 日本衣料管理協会 発行

- 13) 西松豊典 (2014, 4, 8) : 最新テキスタイル工学 I – 繊維製品の心地を数値化するためには
ー : 株式会社繊維社企画出版 発行

参考文献

- 宇田紀之, 木村文隆, 鶴岡信治, 三宅康二 (1989) : 被服の着装シミュレーションシステムの開発 : 情報処理学会第 39 回全国大会 2Z-7
- 今岡春樹 (1989) : 衣服とあいまいさ : 繊維製品消費科学会 Vol. 30 No. 1<講座シリーズ 6>
- 関口憲恒, 田中 太 (2001) : アパレル産業における着装シミュレーションの現状と今後の方向性 : 繊維機械学会誌 Vol. 54 No. 12
- 平松治也 (2001) : 三次元着装シミュレーションシステムの開発および活用の現状 : 繊維機械学会誌 Vol. 54 No. 12
- 加藤登志子, 丸田直美 (2011. 3) : 三次元人体計測装置を用いて計測したフレアースカートの形状と素材特性の関係について : 文化ファッション大学院大学 ファッションビジネス研究 Vol. 1
- 田中弘美 (2014) 織物の質感シミュレーション : 日本衣服学会 Vol. 58 No. 1

第3章

4種の布地を用いたフレアースカートの 局所的自重変形

3.1 緒言

新型アパレル三次元 CAD が急速に普及し始め、衣服設計の効率化と衣服の電子商取引の活発化が期待された。（“織研 Plus” ファッションビジネステクニカルジャーナル¹⁾）この新型アパレル三次元 CAD には仮想着装シミュレーション機能があり、企画分野での活用は進んだものの、衣服設計に向けた活用はまだ十分とは言えない。原田ら²⁾は、シミュレーションと実物製作とを比較した結果、「シミュレーションでは実際の素材感や detail などの細かなデザイン表現には至っていない。」と述べており、また、大塚ら³⁾は、「ドレープの表情にリアリティーがでない。」などの問題点を指摘している。本研究でも第二章で、布地の特性がシミュレーションに反映されていないことを確認した。

アパレルの衣服設計で問題とされるのは、トワル（シーチングを使用して型出ししたモデル）と実物製作（製品素材を使用したサンプル）とのギャップである。現状、これらの修正はパタンナーの経験的裁量に左右されるところが大きく、ギャップを予測してパターン設計する為の指標・方法は未だ確立していない。異なる布地を使用した際においても、トワルの衣服形状を保持しながら、出来映えイメージを崩すことなく再現可能とする為には、素材特性と変形との関係に関する知見が求められる。その上で経験則の数値化やシステムへの取り込みが可能となる。

本章では、予測に必要な変形の詳細を、自重変形が大であると予測されるロングフレアースカートを例に取り上げ検討した。これまでのフレアースカートに関する研究は、フレアのドレープ性（丹羽ら⁴⁾（天野ら⁵⁾）や揺動性に関する研究（泉ら⁶⁾（野田ら⁷⁾）、シルエット形状（泉ら⁸⁾（秋山⁹⁾,¹⁰⁾）、及びシルエットの解析（張ら¹¹⁾,¹²⁾）、体型別作図の補正方法（角谷ら¹³⁾）や縫製方法（佐藤¹⁴⁾）など多岐に渡り、そこから得られた情報も多い。しかし、それを実際にパターン設計に活かす為には、変形量を詳細且つ定量的に把握する必要がある。本章では、各部位別変形の詳細を、たて・よこ・斜め方向で捉え、円形捺印法を用

いて計測し (Wm. Kirk, Jr., and S. M. Ibrahim¹⁵⁾) (大野¹⁶⁾) , その変形と布地の力学特性との関係を検証した。

3.2 研究方法

3.2.1 試料布 (4種)

試料布は、第2章の「フレアースカートの実物製作」で使用した、シーチング、ブロード、サテックレープ、キュプラの4種とした。布地の変形は、その力学特性が影響を及ぼすと考えられる為、力学特性の主要因である繊維組成と組織の異なる4種を選択。試料の諸元は第2章の表2-1に示す。スカートの自重変形と布地の力学特性との関係性を把握する為に、KES-FB風合い計測システム(以下KESとする)を使用して、変形に影響を及ぼすと予測される、引張り伸び率(Tensile strain,以下EMTと略す)、せん断剛性(Shear rigidity,以下Gと略す)、曲げ剛性(Bending rigidity,以下Bと略す)、平均摩擦係数(Average frictional coefficient,以下MIUと略す)の4項目を測定した。尚、略号の下付き記号wpは経方向(warp)を、wfは緯方向(weft)を表す。結果を表3-1,表3-2に示す。

Table 3-1 Mechanical characteristics of fabrics measured by KES (warp and weft direction)

Fabric	Direction	Tensile	Shearing	Bending	Surface
		EMT(%)	G(N/m/deg)	B(cNm/m)	MIU
Sheeting	warp	0.80	3.557	0.1423	0.137
	weft	1.68	3.423	0.0393	0.121
Broad	warp	1.14	5.520	0.1557	0.101
	weft	1.99	5.310	0.0363	0.100
Satin crepe	warp	0.68	0.265	0.0464	0.087
	weft	3.54	0.230	0.0131	0.192
Cupro	warp	0.60	2.610	0.0728	0.068
	weft	0.98	2.410	0.0535	0.142

Table 3-2 Mechanical characteristics of fabrics measured by KES (right and left bias direction)

Fabric	Direction	Tensile	Bending
		EMT(%)	B(cNm/m)
Sheeting	right bias	1.17	0.0824
	left bias	1.24	0.0819
Broad	right bias	1.93	0.0740
	left bias	1.98	0.0708
Satin crepe	right bias	1.43	0.0205
	left bias	1.48	0.0190
Cupro	right bias	0.87	0.0406
	left bias	0.86	0.0404

シーチングは4種中、最も摩擦抵抗が大きく、ブロードに次いでせん断剛性、曲げ剛性の値が高かった。伸び率はそれほど高くなく、同じ綿素材のブロードの方が、たて・よこ方向ともにわずかに高い値を示した。ブロードは4種中、最もせん断剛く、曲げ剛い布地で、摩擦抵抗もシーチングに次いで高かった。ブロードの経糸は緯糸の2倍ある為、伸び率は糸密度の小さい緯方向の伸びが、サテックレープの緯方向の伸びに次いで大きかった。サテックレープは経糸が長く浮いているたて朱子織で、撚りの少ない細い織り糸が用いられている為、表面は滑らかで光沢があり、やわらかく伸びやすいことが示された。特に、緯方向の伸びは4種の中で最大であった。キュプラは最も伸びにくく、せん断剛性、曲げ剛性の値は低く摩擦抵抗も小さいことから、滑りがよく、サテックレープに次いでやわらかくしなやかな布地であることが示された。各布地のバイアス方向の引張り伸び率については、シーチング、ブロード、サテックレープは左バイアス方向の伸びが大きく、キュプラは左右バイアス方向ともにほぼ同じ値を示した。曲げ剛性については、すべての布地で右バイアス方向の値の方が大きかった。

3.2.2 計測方法

1) 計測線・計測点の設定

スカートの自重変形を計測する為に設定した計測線を図 3-1 に示す。たて方向の計測線（以下列とする）は前後中心線（Front/Back Center Line 以下 FC/BC と略す）左右脇線（Left/Right Side Line 以下 $FR33^\circ$, $BR33^\circ$ / $FL33^\circ$, $BL33^\circ$ と略す）左右中間線（Left/Right Center Line 以下 $FR16.5^\circ$, $BR16.5^\circ$ / $FL16.5^\circ$, $BL16.5^\circ$ と略す）とした。但し、縫い目の影響を最小限とするため、中心線は 2.5 cm 右身頃側に設定、脇線は 5 cm 内側に設定した。よこ方向の計測線（以下段とする）は、H.L を基準にして上下平行に 10 cm の位置（各 1 段目、2 段目）と、へムから平行に 3 cm 上がった位置（4 段目）と、その中間位置（3 段目）に設定した。計測点は、スカート各段（1 段目、2 段目、3 段目、4 段目）と各列（ $R33^\circ$, $R16.5^\circ$, C, $L16.5^\circ$, $L33^\circ$ ）の交点 40 点とした。

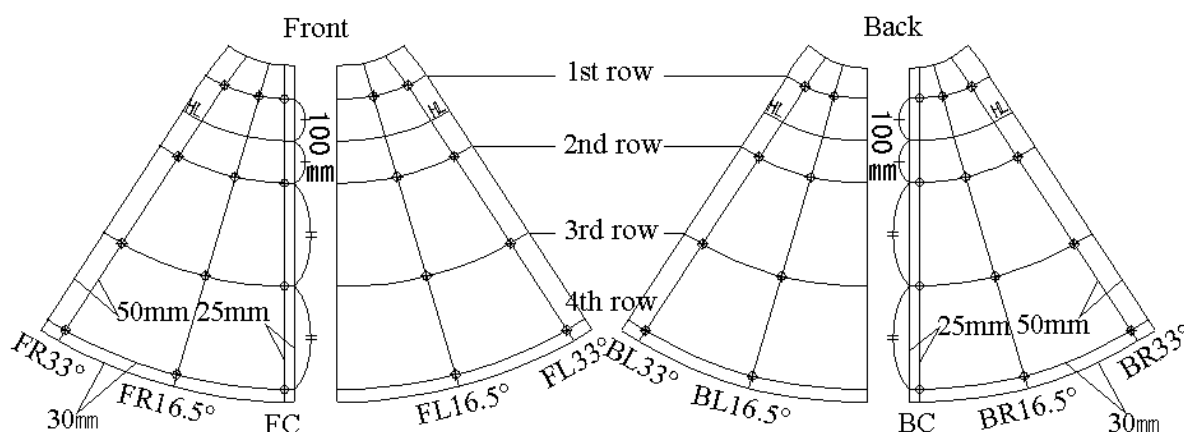


Fig.3-1 Measurement lines and the position of stamps

2) 計測方法

部位の計測には、たて、よこ、斜めに内部線が入った直径 20 mm の計測用円形スタンプ (図 3-2) を製作。押印は、裁断時の平らな状態で行い、スタンプの中心と計測点を、また、スタンプのたて方向と布地のたて地の目を正確に合わせるために、スタンプの大きさに合わせて、パターンの押印位置をくり抜き、パターン上に印した内部線に合わせて注意深く押印した (図 3-3)。この時、印影の滲み防止のために、耐水性、耐光性に優れた強着スタンプ台を使用した。製作した実験用スカートは、一枚ずつハンガーに吊るし、室温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $65 \pm 5\%$ の恒温恒湿室内に放置した。24 時間経過後と 2 週間経過後、文化型ヌードボディ 7 号に着装させ、恒温恒湿室内で、各列の W.L からへムまでの長さをメジャーで計測、この時、左右脇の計測位置は、縫い目線上とした。2 週間経過後には、上記計測に加えて、スカートの局所変形、即ち、押印した計測円のたて・よこ・右斜め・左斜めの内径をデジタルノギスで計測した (図 3-2)。



Fig.3-2 Stamp used and scenery for measurement



Fig.3-3 Cut drawing

3) スカートの重力・直交方向変化率の推定

今回の計測円は、スタンプのたて方向と布地のたて地の目を合わせて押印した為、計測円のたて、よこ、斜め方向の計測値は、必ずしも自重方向の変化率を表していない。そこで、中心線上では、経糸方向と緯糸方向の計測値をそのまま重力方向・直交方向の結果として使用したが、それ以外のたて方向線上の計測値としては、図 3-4 に示す通り、変形した計測円を近似的に、伸長した正バイアス方向の計測値を長軸 a、これと直交する正バイアス方向の計測値を短軸 b とした楕円とみなし、(2)式より、この楕円の 12° と 28.5° 方向の半径を求め、脇線 33° と中間線 16.5° の重力方向及び直交方向の計測値とした。

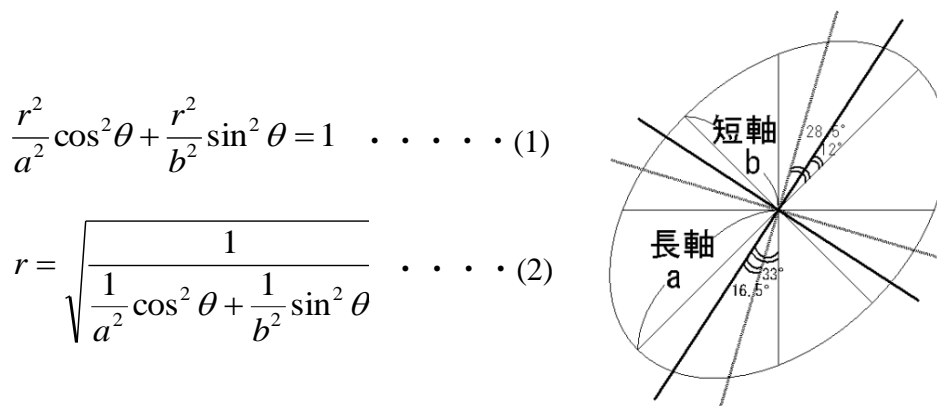


Fig.3-4 Calculation of strain in gravity / orthogonal directions from original measurement of strain through ellipsis function

3.2.3 分析方法

分析は、前後スカートの重力方向及び直交方向の推定変化率を対象に、統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics を使用して行った。

- 1) 布地, 段, 列の 3 要因を独立変数, 変化率を目的変数とする三元配置の分散分析を行い, 有意性の得られたものについては, Bonferroni 法による多重比較を行った。
- 2) 各布地の部位別変化率と力学特性, 即ち, 引張り伸び率 EMT_{wp} , せん断剛性 G_{wp} , 曲げ剛性 B_{wp} , 平均摩擦係数 MIU_{wp} , 平面重との間の相関係数を段別・列別に求め有意性を検討した。

上記 1), 2) いずれの場合も, 統計的有意水準は 5% 以下とした。

3.3 結果

3.3.1 スカート各列長さの変化

図 3-5 に 2 週間経過後のスカート各列長さの変化を示す。シーチングは各列で収縮が見られ, 前後中心 FC, BC では平均 0.54%, 左右の脇縫い目線上 $R33^\circ$ $L33^\circ$ では平均 0.28%, 前後中心と左右脇との中間点にあたる $FR16.5^\circ$ と $BR16.5^\circ$, $FL16.5^\circ$ と $BL16.5^\circ$ では平均 0.31% 収縮していた。ブロードは FC, BC で平均 0.33% 収縮, $R33^\circ$ と $FR16.5^\circ$, $BR16.5^\circ$ 及び $BL16.5^\circ$ で平均 0.14% と僅かに伸長, $L33^\circ$ では変化が認められなかった。この伸縮に関しては, 左右脇と前後中心には縫い目がある為, 縫い縮みや緩和による影響が考えられる。また, 製織工程中や仕上げ加工時において, たて方向, よこ方向に強い張力がかかり, それが縫製工程で水分を含んで収縮したことも要因として考えられる(岩崎ら)。しかし, いずれも変化は僅少で, シーチングとブロードのヘムラインの変化は目視ではわからない。一方, サテンクレープは $R33^\circ$ $L33^\circ$ で平均 4.76% と著しく伸長し, $FR16.5^\circ$ と $BR16.5^\circ$, $FL16.5^\circ$

と BL16.5° も平均 2.15% 伸長していた。それに対して FC, BC では平均 0.70% 収縮しており、
 ヘムラインは、中心に比べて左右脇が下がった状態であることが目視出来た。また、キュプ
 ラもサテックレープより、変化量は小であるが、同様の変化を示し、R33° L33° で平均 2.53%
 伸長し、FR16.5° と BR16.5° , FL16.5° と BL16.5° でも平均 1.06% 伸長していた。それに対
 して FC, BC は平均 0.73% 収縮しており、サテックレープと同様に、ヘムラインの変化は、中
 心に比べて左右脇がやや下がった状態であることが目視出来た。

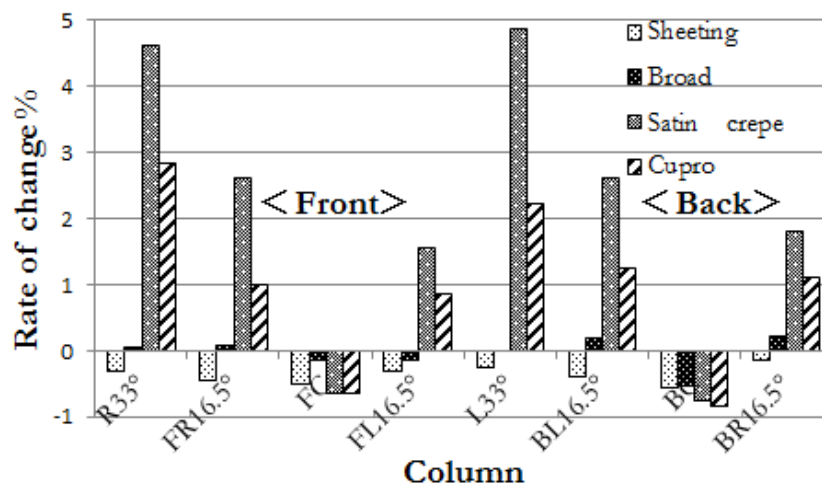


Fig.3-5 Change of the skirt length in each column after 2 weeks hanging

3.3.2 スカートの局所変形

2週間経過後のスカーツ各点における計測円の変化から推定した、重力方向及び直交方向の部位別変化率を表3-3(a)～表3-6(b)に示す。部位別変化率を対象に、布地・段・列を要因とする三元配置の分散分析を行った結果、表3-7(a)と表3-7(b)に示す通り、いずれの要因も危険率1%以下の有意差を示した。そこで、各要因について多重比較を行った結果を図3-6～図3-8に示す。

Table 3-3(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Sheeting)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	-0.60	-1.26	-0.35	-1.03	0.64
2nd row	0.48	-0.92	-0.03	-0.60	0.54
3rd row	-0.13	-0.72	-0.50	-0.71	-0.30
4th row	-0.96	-0.35	-0.30	-0.77	-0.42

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	-1.94	-1.54	-0.93	-1.98	-4.00
2nd row	-2.61	-1.24	-1.55	-1.58	-3.42
3rd row	-0.34	-0.80	-0.67	-1.11	-1.97
4th row	-0.90	-1.08	-1.02	-0.95	-1.50

Table 3-3(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Sheeting)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	-1.10	-0.35	-0.72	-0.84	0.39
2nd row	0.10	-0.62	-0.10	-0.82	0.62
3rd row	0.42	-0.41	-0.10	0.09	0.06
4th row	-0.68	-0.46	-0.50	-0.55	-0.63

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	-1.33	-1.67	-1.15	-2.02	-3.14
2nd row	-2.05	-1.74	-0.58	-2.05	-3.23
3rd row	-0.31	-0.68	-0.32	-0.54	-2.05
4th row	-1.46	-0.98	-0.75	-0.69	-1.46

Table 3-4(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Broad)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	1.60	-1.42	-0.32	-0.59	1.41
2nd row	0.54	0.12	-0.23	-0.23	-1.68
3rd row	1.08	0.11	0.15	-1.57	-0.10
4th row	-0.74	-1.05	0.23	-0.72	-1.17

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	-2.81	-1.12	-0.93	-2.03	-3.88
2nd row	-2.51	-0.34	-1.13	-1.26	-0.84
3rd row	-0.14	-0.38	-0.32	-1.65	-1.96
4th row	-1.18	-0.96	-0.15	-0.90	-1.20

Table 3-4(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Broad)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	1.86	-0.76	0.47	-0.56	0.71
2nd row	0.68	-0.45	0.15	-0.92	0.53
3rd row	0.83	0.23	-0.10	-0.22	-0.07
4th row	-0.27	-0.39	-0.12	-1.16	-0.81

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	-2.22	-1.28	-0.32	-1.76	-2.36
2nd row	-2.03	-0.84	-0.50	-1.47	-3.24
3rd row	-0.73	-0.53	-0.35	-0.88	-0.57
4th row	-0.77	-0.50	-0.80	-1.43	-1.23

Table 3-5(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Satin crepe)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	0.47	2.40	1.48	0.73	0.56
2nd row	9.68	3.15	0.92	3.59	3.93
3rd row	5.87	4.18	1.15	1.02	5.79
4th row	0.37	1.19	0.05	-0.42	-2.49

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	0.74	-4.01	-0.15	-2.22	0.51
2nd row	-11.52	-3.69	-1.45	-5.05	-3.72
3rd row	-4.33	-3.83	-2.15	-2.10	-4.97
4th row	-1.03	-0.71	-1.18	0.10	-1.83

Table 3-5(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Satin crepe)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	1.01	3.50	0.88	1.66	-1.06
2nd row	8.71	2.34	-0.37	3.51	6.57
3rd row	6.91	2.94	0.38	0.29	6.13
4th row	5.36	0.02	-0.58	0.33	-2.32

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	-1.00	-3.57	-0.72	-2.63	1.92
2nd row	-9.48	-3.81	-0.85	-3.53	-8.76
3rd row	-4.23	-2.75	-2.38	-1.81	-2.27
4th row	-0.74	-0.67	-1.50	-0.08	0.71

Table 3-6(a) Local strain at each measuring point on the front skirt in gravity / orthogonal directions (Cupro)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	0.68	-1.44	0.40	-0.31	1.57
2nd row	5.39	1.99	-0.05	1.32	4.28
3rd row	3.59	2.09	0.15	0.81	2.96
4th row	5.49	0.63	0.00	-1.37	-1.60

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	FR33°	FR16.5°	FC	FL16.5°	FL33°
1st row	-2.22	-0.71	-0.50	-2.90	-3.44
2nd row	-8.27	-4.77	-2.25	-5.20	-8.07
3rd row	-2.20	-0.14	0.45	-1.90	-3.28
4th row	-2.80	-0.05	-0.90	-0.46	-1.31

Table 3-6(b) Local strain at each measuring point on the back skirt in gravity / orthogonal directions (Cupro)

Gravity Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	1.87	1.96	-0.90	0.23	3.15
2nd row	4.38	4.14	0.20	1.24	3.46
3rd row	2.49	1.23	-0.05	2.15	4.47
4th row	0.06	1.03	0.20	0.45	0.03

Orthogonal Direction	The rate of change(%)				
	BL33°	BL16.5°	BC	BR16.5°	BR33°
1st row	-2.94	-1.73	0.25	-1.68	-3.81
2nd row	-7.94	1.16	0.80	-3.29	-5.21
3rd row	-1.96	0.57	0.00	-2.65	-3.14
4th row	0.25	0.98	0.10	-0.15	-0.57

Table 3-7(a) Result of 3-way ANOVA (Gravity direction) test

Sauce	Type Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-measure	Significance probability
Fabric	8.629	3	2.876	30.840	.000
Row	3.858	3	1.286	13.788	.000
Column	2.482	3	.872	8.872	.000

Table 3-7(b) Result of 3-way ANOVA (Orthogonal direction) test

Sauce	Type Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-measure	Significance probability
Fabric	1.753	3	.584	5.277	.002
Row	6.033	3	2.011	18.156	.000
Column	1.445	3	.482	4.348	.006

1) 布地の影響

重力方向では、シーチングとブロードに収縮傾向が、サテックレープとキュプラには伸長傾向が見られ、シーチングとブロードは各々、サテックレープとキュプラとの間に、5%水準で有意差が認められた。直交方向については、すべての布地に対して収縮傾向が見られ、特にサテックレープの収縮が顕著で、サテックレープとシーチング、サテックレープとブロードとの間に5%水準で有意差が認められた。

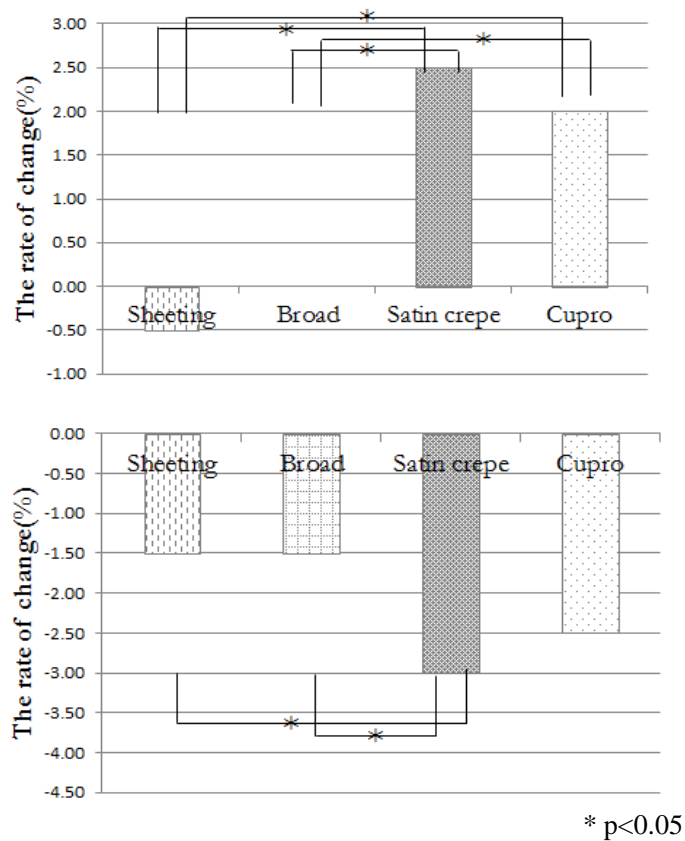


Fig.3-6 Multiple comparisons among fabrics
(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

2) 段の影響

重力方向の1段目～3段目までは伸長傾向にあるが、4段目では殆ど変化は見られず、1段目と4段目は、各々2段目と3段目との間に、5%水準で有意差が認められた。直交方向については、重力方向で最も伸長していた2段目の収縮が極めて大であったが、次いで伸長していた3段目の収縮は、2段目ほど顕著ではなかった。収縮が大であった2段目は、1段目、3段目、4段目との間に5%水準で有意差が認められた。

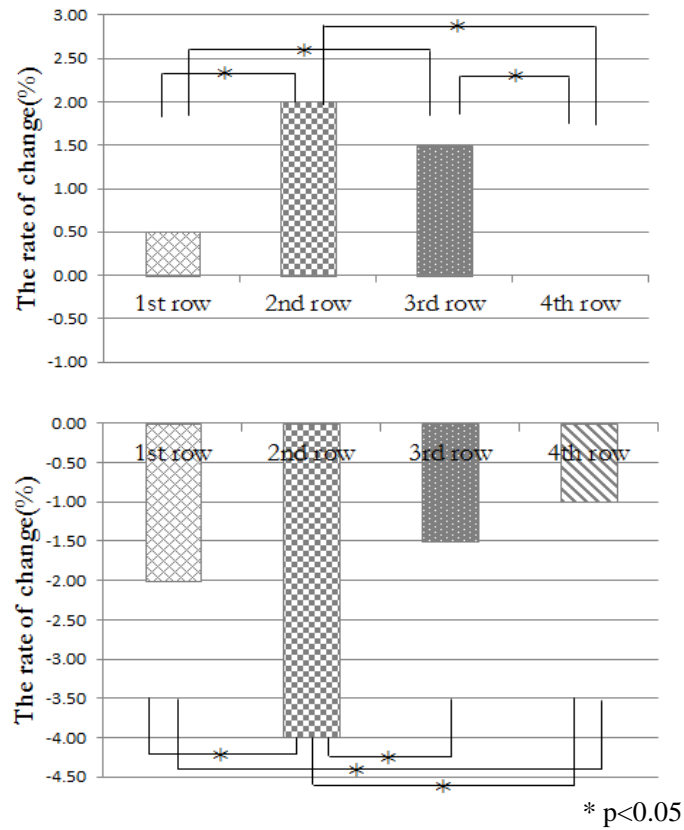


Fig.3-7 Multiple comparisons among rows
(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

3) 列の影響

重力方向の中心の変化は僅少，左右脇での伸長が大で，中心と左右脇との中間点にあたる R16.5° と L16.5° は，その中間であった．FR33° と BL33° は右バイアス方向，FL33° と BR33° は左バイアス方向で，双方は地の目が異なり，右バイアス方向の FR33° と BL33° のほうが伸長しており，FR16.5° と BL16.5° の右バイアス方向，FL16.5° と BR16.5° の左バイアス方向との間に 5%水準で有意差が認められた．直交方向については，重力方向で僅かな伸長に留まった右バイアス方向 FR16.5° と BL16.5° の直交方向における収縮率は僅少で，重力方向の伸長が顕著であった左右脇，即ち，FR33° と BL33° ，FL33° と BR33° との間に 5%水準で有意差が認められた．列における変化も段の場合と同様に，重力方向と直交方向の伸長率は反比例の傾向が認められた．

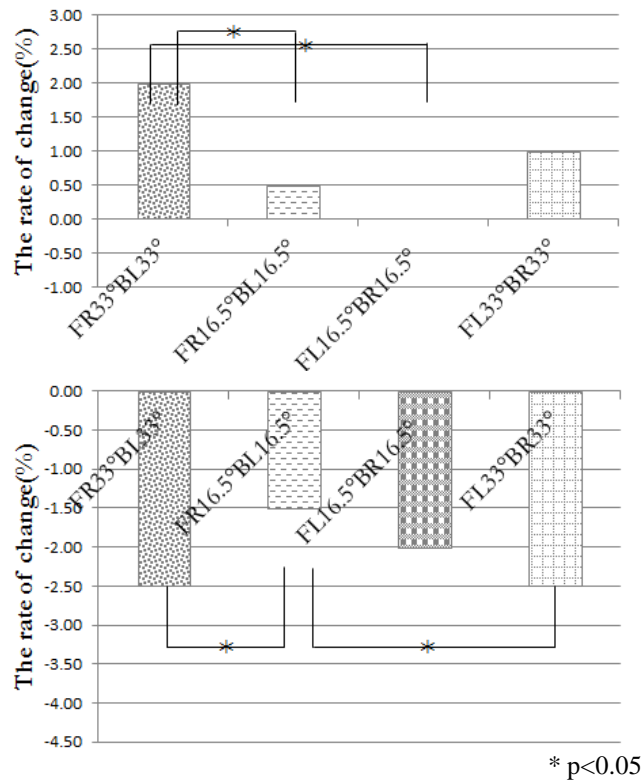


Fig.3-8 Multiple comparisons among columns
(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

3.3.3 スカートの局所変形と力学特性との関係

1) スカート各段の部位別変化率と布地の力学特性との相関

表 3-8 に、前後スカート各段の重力方向及び直交方向の部位別変化率と布地の力学特性、即ち、引張り、せん断、曲げ、表面摩擦、平面重との相関係数を示す。スカートの 2 段目・3 段目における重力方向の変化率については、すべての力学特性との間に、有意な負の相関が認められた。また、2 段目・3 段目における直交方向の変化率についても、すべての力学特性との間に、有意な正の相関が認められた。1 段目は重力方向において、曲げとの間の相関係数が $r=0.420$ 、表面摩擦との間の相関係数が $r=0.459$ で、それぞれ危険率 5%、1% の有意な負の相関を示した。直交方向では力学特性の影響は認められなかった。4 段目は重力方向及び直交方向で力学特性の影響は認められなかった。

Table 3-8 Correlation coefficients for local strain on each row and mechanical characteristics of fabrics(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

Gravity direction	Row	Tensile EMTwp(%)	Shearing Gwp (N/m/deg)	Bending Bwp (cNm/m)	Surface (MIUwp)	Weight (g/m ²)
Rate of change	1st	-.224	-.308	-.420*	-.459**	-.256
	2nd	-.602**	-.755**	-.819**	-.587**	-.690**
	3rd	-.546**	-.718**	-.783**	-.573**	-.662**
	4th	-.305	-.262	-.320	-.279	-.197
Orthogonal direction	Row	Tensile EMTwp(%)	Shearing Gwp (N/m/deg)	Bending Bwp (cNm/m)	Surface (MIUwp)	Weight (g/m ²)
Rate of change	1st	-.057	-.233	-.183	-.027	-.277
	2nd	.551**	.615**	.665**	.464**	.545**
	3rd	.452**	.671**	.667**	.384*	.660**
	4th	-.275	-.288	-.362*	-.341	-.231

*P<0.05 **P<0.01

2) スカート各列の部位別変化率と布地の力学特性との相関

表 3-9 に、前後スカート各列の重力方向及び直交方向の部位別変化率と布地の力学特性、引張り、せん断、曲げ、表面摩擦、平面重との相関係数を示す。前後スカートにおける重力方向の地の目には右バイアスと左バイアスがあり、右バイアスは、前スカートでは R33° と R16.5°、後スカートでは L33° と L16.5° となり、左バイアスは、前スカートでは L33° と L16.5°、後スカートでは R33° と R16.5° となる為、各列の地の目方向が同一なもの同士を合わせて分析した。重力方向における各列の変化率と力学特性との相関は、左バイアス方向の FL33° と BR33° の平面重を除く、すべての力学特性との間に有意な負の相関が認められた。特に曲げに関しては、すべての列において 1%水準で、せん断と表面摩擦にも高い相関が認められた。直交方向においては、左バイアス方向の FR33° と BL33° で曲げ、FR16.5° と BL16.5° でせん断、曲げ、平面重に有意な正の相関が認められたが、それ以外は力学特性との間に相関は認められなかった。

Table 3-9 Correlation coefficients for local strain on each column and mechanical characteristics of fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

Gravity direction	Column	Tensile EMTwp(%)	Shearing Gwp (N/m/deg)	Bending Bwp (cNm/m)	Surface (MIUwp)	Weight (g/m ²)
Rate of change	FR33° BL33°	-.416*	-.582**	-.662**	-.537**	-.535**
	FR16.5°BL16.5°	-.555**	-.702**	-.777**	-.588**	-.636**
	FL16.5°BR16.5°	-.514**	-.645**	-.688**	-.474**	-.594**
	FL33°BR33°	-.394*	-.383*	-.451**	-.360*	-.310
Orthogonal direction	Column	Tensile EMTwp(%)	Shearing Gwp (N/m/deg)	Bending Bwp (cNm/m)	Surface (MIUwp)	Weight (g/m ²)
Rate of change	FR33° BL33°	.302	.346	.401*	.330	.299
	FR16.5°BL16.5°	.199	.496**	.375*	.010	.572**
	FL16.5°BR16.5°	.266	.257	.321	.297	.201
	FL33° BR33°	.222	.080	.133	.123	.012

*P<0.05 **P<0.01

3.4 考 察

本研究の最終的な目的は、仮想着装シミュレーションを用いたパターン修正の精度を上げ、これに要する時間と労力の省力化を目指すものである。本研究では、その第一歩として、力学特性の異なる4種の布地を用いた同一パターンのフレアースカートを製作し、その自重による微小変形を部位別に、たて・よこ・斜め方向で捉え、この局所変形と布地の力学特性との関係から、パターン修正の自動化に向けた基礎データを得ることを目的としている。

中心線をたて地の目としたフレアースカートの自重変形は三元配置分散分析の結果、布地によって、また長さ方向を分割した段によって、更にフレアの角度方向を分割した列によって、いずれも有意に異なるという結果が得られた。

布地間の差は、4種の中ではサテックレープの伸長が最も大で、次にキュプラが続き、シーチングとブロードは僅少であった。この布地間の差は、糸の種類や織組織によるものと考えられる。シーチングとブロードはスパン糸の平織、一方、サテックレープとキュプラはともにフィラメント糸で、それぞれ、平織より交錯点が少なく、糸同士の摩擦の影響が小さい朱子織と斜文織である為、他の2種と比較して大きく伸長したものと考えられる。

大塚ら³⁾は、スカート丈60cmの全円サーキュラースカートを製作し、スカートの伸びと痩せについて検討している。その結果を見ると、ウエストから20cm過ぎた辺りの痩せ量が最も大で、以降30cmの間で幅が回復していると報告している。本研究においても、重力方向には伸長、直交方向には収縮が見られ、両者間の相関から、伸長率の大なる部分ほど痩せが大で、重力方向では2段目で最大の変形を示した。大塚ら³⁾の言う20cm過ぎた辺りとは、H.Lから少し下がった位置で、その点は本研究と一致している。しかし今回はスカート丈が80cmとやや長いため、変形の影響が3段目まで及び、20~30cmの間は最も変形が著しい箇所となった。これは、スカート離体部の自重によるものと考えられる。スカート各部の重量比を計算した結果、1段目以下が95%、2段目以下が78.5%、3段目以下が48%、4段目以下が6%となっ

た。スカートの自重は1段目にかかる重量が最も大であるが、ボディに装着させた場合、1段目では、布地とボディとの接触によって生じる摩擦の影響を受けて、自重変形が抑制されたと推察される。また、4段目の変形が少ないことは、それ以下にかかる布地の荷重負荷が小さいことによると考えられる。1段目の重力方向で曲げと表面摩擦との間に有意な負の相関が認められたことは、曲げ剛性及び平均摩擦係数の値が小さい程伸びやすいと言える。以上の結果の応用としては、ウエストからくるぶしまでのマキシ丈の長さを最大とするフレアースカートにおいては、スカート丈が短くなる程、自重の影響は限定的となり、変形も僅少となることが示唆された。

スカート各列の長さは、放置24時間後と2週間後の変化率の差で比較すると、シーチング-0.09%、綿ブロード-0.03%、サテックレープ0.22%、キュプラ0.22%と僅少であることから、自重変形は装着した直後から始まっていると考えられる。列別に部位別変化率を見ると、中心線をたて地の目とした場合、中心から脇に近づく程、即ち、左右脇の重力方向の目の目が正バイアスに近くなる程、重力方向の伸長率が高くなり、直交方向では収縮率が高くなった。以上のことから、フレアースカートの部位別変形特性としては、フレア分量に伴う布地の地の目変化を考慮する必要のあることが示唆された。ここで、各列の重力方向の変化率と力学特性との相関を見ると、中心と脇の中間点にあたる右バイアス方向FR16.5°とBL16.5°左バイアス方向FL16.5°とBR16.5°の変化率における、曲げとせん断の相関が高いことがわかる。変形が大であった左右脇の右バイアス方向FR33°とBL33°左バイアス方向FL33°とBR33°よりも相関が高い。その理由としては、縫い目が関係しているのはいかと推察される。縫い目が近いR33°とL33°では、縫い目によって布地の伸長が抑制されるのに対し、縫い目がないフリーな箇所であるR16.5°とL16.5°では、より力学特性との相関がストレートに表れたのではないかと考える。前述の通り、重力方向及び直交方向におけるサテックレープの左右脇の伸長率には差が認められ、右バイアス方向の伸長率の方が

大であった。列の多重比較でも、重力方向における右バイアス方向の伸長は、左バイアス方向の伸長より大であった。また重力方向における変化率と、すべての力学特性との相関が高かったのも右バイアス方向であった。表 3-2 に示す KES のバイアス方向引張り EMT の値を見ても、右バイアスのほうが、僅かであるが測定値が低く、伸びやすいことが示された。以上のことから、特に左右差が顕著であったサテックレープにおいては、縫い目を挟んで、左右のバイアス地の目同士が聞き合うことによって、伸長率の高いほうから低いほうへ、脇縫い目線が振れるという現象を引き起こすことが予測される。佐藤¹⁴⁾は、「フレアースカートの脇線は、バイアス布目どうし長い距離を縫い合わせる為、脇線を直下させるには、高度なテクニックと経験が必要である。」と言っている。縫製前に布を自然垂下させたり、縫製時に人工的に伸ばしをかけたり、といった処理を施さなければ、フレアースカートの脇線は直下しないということだが、それを経験上わかっているとしても、とくに衣服設計の段階においては、変形を予測して対処するというよりも、結果として起こった変形に対して何らかの方策を加えることの方が一般的である為、作業効率は上がっていないというのが実情である。

布地の変形について、丹羽ら¹⁷⁾は、「糸を経緯に組み合わせて作った織物は普通の連続体材料と違って、特異な力学的異方性を示すことが大きな特徴の一つで、なかでも伸長特性の異方性が最も顕著である。」と述べている。「織物は比較的わずかのせん断力でせん断変形する。」として、丹羽ら¹⁷⁾独自の平織物のせん断変形理論を拡張し、織物構造と糸の力学的特性からこの異方性を検討している。また、大塚ら³⁾も、「仮想着装シミュレーションがサンプル縫製に替わるという本来の目的として機能する為には、布地のバイアス方向の伸びや痩せ、衣服形状の体型依存度などを蓄積していく必要がある。」と述べているように、現状のシミュレーションソフトの制御項目だけでは、現象をリアルに再現するに至らないことがわかる。色、柄、光沢感などテキスタイルのシミュレーションにおいては、各社がバージョンアップを重ね、改良を進めている為、徐々に良くなってきているものの、布地の特性と衣服形

態との関係性については、まだ再現性において、実物製作（リアル）との間には隔たりがある。再現性を高めるには、重回帰分析等による変化率の予測式を用いた検証なども必要となるが、それには布地の種類が4種では充分ではない。今後、さらなるサンプル数の増加が課題である。

3.5 総括

シーチング、ブロード、サテックレープ、キュプラ4種の布地を用いて、スカート丈80cmのロングフレアースカートを製作し、2週間下垂放置後のスカート各段、各列の交点40点における自重変形を計測した。計測には円形捺印法を用い、直径20mm円の内部線たて・よこ・斜めの計測値をもとに、楕円式を用いて、重力方向及び直交方向の変化率を推定し、これを検討対象とした。主たる結果は以下の通りである。

- (1) 重力方向では伸長、直交方向では収縮した。
- (2) 部位別変化率について、布地・段・列を要因とする三元配置分散分析の結果、布地ではサテックレープ>キュプラ>シーチング≒ブロード、段別では2段目>3段目>1段目>4段目、列別では中心から脇に近づく程、有意に大なる変形を示した。
- (3) フレアースカートの脇線の振れは、右バイアスと左バイアスの局所変形の差によると考えられた。
- (4) 2段目と3段目の局所変形は、布地の力学特性、特に曲げ、せん断と有意な高い相関を示した。

重力方向 2段目 曲げ($r=0.819$) ($p<0.01$), せん断($r=0.755$) ($p<0.01$)

重力方向 3段目 曲げ($r=0.783$) ($p<0.01$), せん断($r=0.718$) ($p<0.01$)

直交方向 2段目 曲げ($r=0.665$) ($p<0.01$), せん断($r=0.615$) ($p<0.01$)

直交方向 3段目 曲げ($r=0.667$) ($p<0.01$), せん断($r=0.671$) ($p<0.01$)

引用文献

- 1) “織研 Plus” ファッションビジネステクニカルジャーナル (2014, 1, 23) : 織研新聞社発行
- 2) 原田純子, 稲岡まみ (2001) : 3次元シミュレータソフトによる服飾表現の試み : 神戸文化短期大学研究紀要, 25 : 63-84
- 3) 大塚美智子, 三石幸夫, 清水義雄 (2004) : バイアスカット布の下垂形状の分析 : 繊維学会誌, 60 (5) : 150-157
- 4) 丹羽雅子, 瀬戸房子 (1986) : 布の力学的性質とドレープ性との関係 : 繊維学会誌 vol. 39, No. 11 : T161-T168
- 5) 天野敏彦, 高田和美, 川西定子 (1994) : 布のドレープ性の評価 : 繊維製品消費科学会誌 vol. 35, No. 10 : 570-576
- 6) 泉加代子, 丹羽雅子 (1989) : スカートにおける揺動の美しさと布の力学特性との関係 : 繊維製品消費科学会誌 vol. 30, No. 9 : 411-418
- 7) 野田仁美, 岡本佳美, 山川勝 (2003) : フレアスカートの揺動性について : 武庫川女子大学紀要, 51 : 13-18
- 8) 泉加代子, 丹羽雅子 (1983) : ギャザースカートのシルエットと曲げ特性・振動特性との関係 : 家政学雑誌 vol. 34, No. 2 : 96-104
- 9) 秋山珠美 (1996) : フレアスカートのシルエット形状について (第1報) 裾回り寸法と布地の曲げ長さが裾幅に及ぼす影響 : 繊維機械学会誌 vol. 49, No. 5 : T122-T129
- 10) 秋山珠美 (1997) : フレアスカートのシルエット形状について (第2報) 裾線形状に及ぼす裾回り寸法と布地の影響 : 繊維機械学会誌 vol. 50, No. 2 : T53-T60
- 11) 張如全, 松平光男 (1998) : フレアスカートのシルエットの解析 (第1報) フレアスカートの静的形態に及ぼす布の力学特性の影響 : 繊維機械学会誌 vol. 51, No. 11 : P232-P238

- 12) 張如全, 松平光男 (1999) : フレアスカートのシルエットの解析 (第2報) フレアスカートの動的形態に及ぼす布の力学特性の影響: 繊維機械学会誌 vol. 52, No. 8 : T137-T142
- 13) 角谷裕子, 山崎正子 (1971) : フレアスカートについて—体型・地の目によるフレアスカートの観察及び考察— : 杉野女子大学紀要, 16-26
- 14) 佐藤綾 (2004) : フレアスカートの一考察 : 文化女子大学紀要, 35-49
- 15) Wm. Kirk, Jr., and S. M. Ibrahim(1966) : Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance, Textile Res. J., 36, 37-47
- 16) 大野静枝(1967) : 內衣の被服衛生学的研究 : 日本衛生学雑誌, 21. 6 : 383-392
- 17) 丹羽雅子, 川端季雄, 河合弘迪 (1969) : 平織物の伸長特性における力学的異方性の理論的解析 : 繊維機械学会論文集, 22(11) : 256-269

参考文献

- 被服科学総論 (上巻) -被服設計- (1980) : 日本繊維機械学会 発行
- 成瀬信子 (1985) : 基礎被服材料学 : 学校法人文化学園 文化出版局 発行
- 石毛フミ子, 岩崎 芳枝, 鳴海 多恵子, 中橋 美智子, 生野 晴美 (1988) : 消費者のための被服材料 : 実教出版社 68
- 丹羽雅子 (1997) : アパレル科学 美しく快適な被服を科学する : 株式会社 朝倉書店 発行
- 田村照子 (2004) : 衣環境の科学 : 株式会社 建帛社 発行

第 4 章

試料布の物理特性

4.1 緒言

フレアースカートは、着装時に“ドレープ”を伴った特徴的な形態を持ち（宮脇¹⁾）、その“ドレープ”は、布自体の物性とも密接に関係している（天野ら²⁾）と言われている。布地の基本物性を測定するシステムとしてよく知られている“KES”（通称）とは、Kawabata Evaluation System の頭文字で、布地の基本力学特性と表面特性を低荷重域で測定する計測システムのことである。1972年前後に、KES-Fシステムの4種類FB-1～FB-4が完成（川端³⁾）、このKES-Fシステムの測定原理や測定条件を変えずに、高性能に改良したのがKES-FBシステムである（風合評価の標準化と解析⁴⁾）。これまでに、このシステムを使用した研究は多数報告されている。諸岡ら⁵⁾は、KES-F計測システムを用いて、縫製後の判断基準である仕立て映えの良さに影響を及ぼす力学特性を明らかにした。仕立て映えする布地とは、縫いやすく、着用者を引き立てる立体感のあるもので、縫製工程中での布の性能変化が少なく、着用後の型崩れが少ないものを指す。その結果、仕立て映えする布地は、引張りレジリエンスが小さく、曲げ、せん断ヒステリシスが大きいものであること、また、せん断剛さ、圧縮エネルギー、圧縮レジリエンスが大きいことを明らかにした。更に、たて伸びが小さく、よこ伸びが大きいことや、よこ糸方向の曲げヒステリシスが比較的大きいことなど、これらは衣服の機能性と密接な関係を持つと予測している。泉ら⁶⁾は、KES-F計測システムを用いて、布地の曲げ変形特性及び、引張り、せん断、圧縮特性の基本力学特性と表面・形態特性を計測し、ギャザースカートの静的シルエット及び動的シルエットを写真と官能検査によって評価した。その評価値と曲げ変形特性、振動特性、基本風合いなどとの関係を検討した結果、これらは各々高い相関を示し、静的及び動的シルエットの写真評価と官能評価により、“はり”“しなやかさ”が衣服のシルエットに関連が深い風合いであることを明らかにした。松平ら⁷⁾は、薄手布の風合いを評価する為の力学特性、即ち、引張り、曲げ、せん断、圧縮、表面などの測定条件について、KES-Fシステムを用いて調査、検討した結果、特に圧縮特性及び

引張り特性においては、最大荷重レベルを低くした高感度条件が重要であることを明らかにした。坂口ら⁸⁾は、快適に着用できる婦人服裏地の物性を明らかにする為に、婦人服裏地として多く用いられているレーヨン、キュプラ、ポリエステル、ナイロン、絹の5種を選定、その熱移動特性、水分移動特性、力学的性質及び表面特性、帯電性などを測定した。これら5種を用いたスカートの着用感調査の結果は、夏季におけるレーヨン、キュプラの快適性が認められ、接触温冷感 q_{max} と温感、湿潤感は熱・水分移動特性と、ソフトな感触は曲げ、せん断、圧縮特性と、すべりのよさは摩擦係数と関連づけられるとした。冬季においては、絹以外の素材間に着用感の有意差は認められず、絹は接触温感、暖かさが大きく、まとわりつくと評価され、これらも低湿度条件下での熱・水分移動特性と力学的性質、表面特性と関連づけられるとした。丹羽ら⁹⁾による布地の力学的性質とドレープ性との関係についてもKES-Fシステムが使用され、FRL法によるドレープ係数との関連が明らかにされた。泉¹⁰⁾も、KES-FB計測システムを用いて、ワンピースドレスの4種のシルエットについて、適切な布地を服飾専門家の手触りによる官能評価によって捉え、その評価値と布地の力学特性との関連づけを行い、意図するシルエットを得る為に必要な布地の力学特性とその選択基準を明確にした。結果、4種類に分類されたシルエットについて、ストレートシルエットが最も判定者間の評価の一致が良く、次いでプリンセスラインシルエット、テントラインシルエット、フィット&フルシルエットの順に一致度が低下し、各シルエットに適した布地の力学特性と基本風合い値の範囲は、曲げ、せん断特性、厚さ、重さ、“こし”“はり”“しなやかさ”の風合い値にその特徴が認められたと報告した。また、張ら^{11,12)}は、フレアースカートの静的及び動的シルエットの解析を、泉ら¹³⁾、野田ら¹⁴⁾はスカートの揺動性について、各々KESシステムを用いて実験を行っている。このシステムは、縫製の難易予測やシームパッカリングの予測、服の最適スタイル、最適デザイン予測などアパレル技術への応用や自動縫製システム(小川¹⁵⁾)といった縫製技術への応用も実施されており、各方面に広く普及している。

また、ドレープテスターを使用して、布地の力学特性とドレープ性との関係を検討した研究も多く（棚辺ら¹⁶⁾、丹羽ら¹⁷⁾、天野ら²⁾、松平ら¹⁸⁾）、主にシルエットの形成性の評価などに用いられている。方法は、円形試料をそれより小さい直径の水平円板にのせて垂れ下らせ、ドレープ係数を求めるというもので（丹羽ら¹⁷⁾）、測定が非常に簡単であり、布特性の把握法として大きな利点を持っているとされる（天野ら²⁾）。

このように、KES システムやドレープテスターを使用して、布地の力学特性とワンピースドレスやスカートのシルエットとの関係を検討した文献は多く見受けられる。また、フレアースカートについて、材質、カッティング、縫製テクニック、地の目、着用者の体型など多くの要因が検討されているが（角谷ら¹⁹⁾）、本章では、フレアースカートの局所的自重変形に影響を及ぼす素材の構造特性や力学特性を明らかにする為、一般にフレアースカートに使用される布地で、できる限り多様な、繊維組成・組織の異なる試料を選定。その力学特性をKES-FB システムで計測し、各試料の特徴を把握する。

4.2 研究方法

4.2.1 試料布の選定

一般にフレアースカートに使用される布地で、繊維組成と組織の異なる 14 種の試料布を市販の布地から選定した。

4.2.2 測定項目及び測定方法

4.2.2.1 試料布の諸元

1) 織組織

織組織の観察には, 図 4-1 のKEYENCE デジタルマイクロスコープVHX-1000 (株式会社キーエンス) を使用した. 試料布の有効寸法は特に決められていない為, スカート裁断後の残布をマイクロスコープ (レンズ Z20:×30) の撮影台 13.5×18 cmに収まる大きさに適宜裁断した. その時, 布地の耳端は避けて比較的状態の良い箇所を選択した.

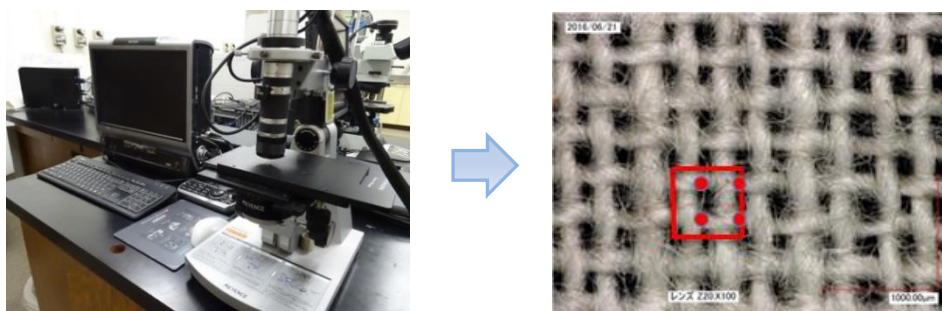


Fig.4-1 Digital microscope

2) 厚 さ

測定機器は図 4-2 に示す, シックネスゲージを使用した. こちらも試料布の有効寸法は特に決められていない為, 残布を使用して, 比較的ダメージの少ない箇所を任意で 10 か所選択し, 測定部分を水平に保つよう注意して行った. 測定値は 10 回の平均を求めた. 厚さは以下 T とする.



Fig.4-2 Thickness gauge

3) 糸密度・撚り方向

マイクروسコープで撮影した画像から糸の本数を数え、撚り方向を確認した。画像から判定が難しい場合は、図 4-3 に示す、組織鏡（ルーペ）を用いて、実物の布地 1 cm間の糸の本数を数えた。撚り方向は糸をほぐして確認した。糸密度は以下 D とする。



Fig.4-3 Loupe

4) 平面重

試料布の寸法は、たて 15 cm×よこ 10 cm と、たて 10 cm×よこ 15 cm とし、規定の寸法よりもやや大きめに裁断したのち、寸法に合わせて糸を抜いた。測定直前にフリンジ状になった糸を切り、電子天秤（図 4-4）を使用して測定を行い、次式に示す単位面積（1 cm²）当りの重さで求めた。平面重 $g/cm^2 = \text{重量 } g \div (\text{たて} \times \text{よこ } cm)$ 平面重は以下 W とする。



Fig.4-4 electronic balance

5) 交錯点

織物組織の最小単位を示す完全組織範囲（図 4-6～図 4-19）のうち，経糸と緯糸が交錯する点（図 4-1）の，組織図方眼紙上の全柘目数に対する割合を求めた．交錯点は以下 CP とする．

6) 糸の太さ

恒長式番手法のテックス法を用いて，3mの糸の重さを測定し，次式で太さを算出した．

$$T = \frac{1000(m)}{1(g)} \times \frac{w(g)}{3(m)}$$

4.2.2.2 KES—FB 風合い計測

計測は，表 4-1 に示す布地の基本的力学特性，即ち，引張り特性，せん断特性，曲げ特性，表面特性の 4 項目とした．特性値の内容については，引張りは，サンプル長に対する伸び率 EMT（以下 EMT と略す）を対象とし，せん断は，せん断剛性 G（以下 G と略す），曲げは，曲げ剛性 B（以下 B と略す），表面は，平均摩擦係数 MIU（以下 MIU と略す）を対象とした．略号の下付き記号 wp は経方向(warp)を，wf は緯方向 (weft) を表す．試料布は各々 3 枚ずつ，地の目を合わせて，たて 20 cm×よこ 20 cmに裁断し，恒温恒湿室内に 24 時間以上放置して標準状態にしたあと，表面，曲げ，せん断，引張りの順に計測を行った．

Table 4-1 List of basic mechanical characteristics of the fabrics

特性ブロック	記号	特性値の内容	単位
1 引張り	LT	引張り荷重－伸びひずみ曲線の直線性	—
	WT	引張り仕事量	gf・cm/cm ²
	RT	引張りレジリエンス	%
	EMT	サンプル長に対する伸び量の率	%
2 せん断	G	せん断剛性	gf/cm・degree
	2HG	せん断角0.5°におけるヒステリシス幅	gf/cm
	2HG5	せん断角5°におけるヒステリシス幅	gf/cm
3 曲げ	B	曲げ剛性	cm ² /cm
	2HB	ヒステリシス幅	gf・cm/cm
4 表面	MIU	平均摩擦係数	—
	MMD	摩擦係数の平均偏差	—
	SMD	表面粗さ	micron
5 厚さ 質量	T	圧力0.5gf/cm ² における厚さ	mm
	W	単位面積当たりの質量	mg/cm ²

4.2.2.3 ドレープ性

測定項目は、ドレープ係数、垂直投影面積（ドレープ形状面積）、ノード数とし、試料布は各々3枚ずつ、直径25.4cmの円形に裁断、中心に小さな穴をあけた。裁断した試料布は、恒温恒湿室内に24時間以上放置して標準状態にしたあと測定した。測定機器は図4-5に示す、ドレープテスターを使用。試料布の測定面を上にして試験片台（直径12.7cm）の上に乗せて固定後、試料布を120rpmで10秒間回転させてくせ取りを行い、その後10秒間放置してから測定した。（回転、くせ取り、放置など、これら一連の操作は設定通り自動的に行われる。）ドレープテスターにデジタル表示されるドレープ係数は、下記の計算式を内部演算したものである。

ノードは、試料布の垂れ下がり投影図（図4-55）のドレープ形状を見て数えた。

$$\text{ドレープ係数} = (A_d - S_1) / (S_2 - S_1)$$

A_d : 試験片の垂直投影面積（ドレープ形状面積）

S_1 : 試験片台の面積（直径12.7cm）

S_2 : 試験片の面積（直径25.4cm）

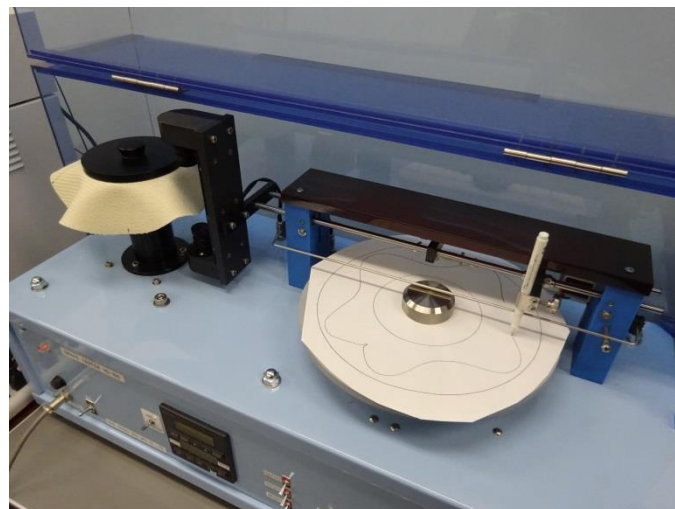


Fig.4-5 Drape tester

4.3 結果及び考察

4.3.1 試料布の諸元

14種の試料布の諸元を表4-2に示す。

繊維組成は、綿100%、毛100%、毛混紡、絹100%、ポリエステル100%、キュプラ100%。

天然繊維、合成繊維、再生繊維を含む広範囲に及んでいる。

織組織の撮影画像とこれに基づいて作成した組織図を図4-6～図4-19に示す。織組織は、平織、斜文織、朱子織、梨地織で、織物組織の三原組織及び特別組織が含まれている。

厚さは、図4-20に示す通り、デニムが0.80mmと14種の中で最も厚く、次いで、ウールガーゼ<サージ<ツイード<カルゼの順に大となった。これらの織り糸は、短い綿状の繊維を何本か並べ、束ねながら長い糸状にした短繊維で、スパン糸と呼ばれ、毛羽がありソフトな風合いを持つ。一方、羽二重、シルクサテン、サテックレープ、デシン、アムンゼン、キュプラなどは、長く連続した長繊維で、フィラメント糸と呼ばれ、光沢があり美しくなめらかで丈夫である。原料となる1本の長繊維はごく細い為、布地は薄く、羽二重は0.10mmと14種中最も薄かった(株式会社フジックス=ホームページ¹⁾)。以上より、厚さは糸の太さで異なることが示された。

図4-21に示す糸密度は、たて朱子織のシルクサテン、サテックレープのたて方向の糸密度が大で、織物としては最も方向性が大きい。また交錯点が少ない為、糸密度を大きくすることができ、わたの吹き出しが少ないので布団地には朱子織物が多く使われているという(基礎被服材料学²⁰⁾)。ブロードは、たて糸がよこ糸の2倍ある為、たて方向の糸密度が大であったが、それ以外のスパン糸で織られた布地は、フィラメント糸で織られた布地よりも糸密度は小であった²⁾。糸密度も糸の太さで異なることが示された。

図4-22に示す平面重(重さ)は、デニムが407g/m²と最も重く、次いで、サージ<ツイー

¹ <http://www.fjx.co.jp/learn/knowledge01.html>

ド<カルゼの順に大となった。これは、厚さと相関していることが認められたが、ウールガーゼだけは例外で、厚さがある割には軽い布地であることが示された。他の布地については、ほぼ厚さと相関し、糸の太さで異なることが示された。

糸の撚り方向は、経・緯方向ともZ撚り又はS撚りの布地、どちらも全く撚りが無い布地、経・緯方向で撚りが異なる布地に分かれた。糸の撚り方向については、左右のバイアス方向で伸長率が異なることが報告されており（中屋ら²¹⁾、大塚ら²²⁾、福原ら²³⁾）、Z撚りの織物は右バイアス、S撚りの織物は左バイアスの伸長率が大で、織物には非対称性があることを明らかにした。また、呉²⁴⁾らは、経・緯方向の撚り方向が同じでも、撚り数や糸密度が経・緯方向で異なると織物がカール（捩れる）ことを指摘している。また、Whitman²⁵⁾も経・緯方向の撚り方向がそれぞれ異なる織物は、安定性が悪く、カール（捩れる）性質のあることを指摘している。一方で、カールしやすい織物は、felting property（縮充性）や光沢が優れており（E. R. Kaswell²⁶⁾）、風合いや軽さ、美しさなどから、婦人物のドレス、ワンピース、ブラウス、スカートなどにしばしば使用されている。以上より、撚り方向と糸密度が経緯で同じもの、即ち、シーチング、ウールガーゼ、ツイード、カルゼはカールしにくく、撚り方向と糸密度が経緯で異なるもの、即ち、シルクサテン、サテックレープ、デシン、キュプラはカールしやすいことが予測された。

交錯点は、ブロード、シーチング、ウールガーゼ、羽二重、デシンが平織で交錯点が多く、シルクサテン、サテックレープは朱子織で交錯点が少なかった。一般的に、織り糸が太く交錯点が多い組織の織物は、糸密度が小さい傾向になり、織り糸が細い場合はその逆の傾向になることが言われている（基礎被服材料学²⁰⁾）。ウールガーゼは前者に当てはまり、シルクサテン、サテックレープは後者に当てはまる。しかし、それ以外の羽二重、デシンについては、交錯点は多いが、糸密度は比較的大きく、織り糸は細いという傾向を示し、ブロード、シーチングについては、糸密度の大きさ、織り糸の太さなどは交錯点の多さに対して中間的

な傾向を示した。他の布地の交錯点はそれらの中間の値を示した。

糸の太さは、フィラメント糸で織られた布地、即ち、羽二重、シルクサテン、サテンクレープ、デシン、アムンゼン、キュプラの値が小、スパン糸のデニムとツイードの値が大で、他はその中間の値を示した。これと同様な傾向が認められた厚さ、糸密度、平面重などとの関連が推察された。

Table 4-2 General information

Fabric	Component fiber (%)	Weave	Thickness (mm)	Weave density (/cm)		Weight (g/m ²)	Direction of twist		Crossing point	Thickness of the yarn (tex)
				warp	weft		warp	weft		
Broad	Cotton 100%	Plain	0.24	60	30	125	Z	Z	1	14.9
Sheeting	Cotton 100%	Plain	0.25	30	30	111	Z	Z	1	21.7
Denim	Cotton 100%	Twill	0.80	30	20	407	Z	Z	0.5	87.3
Gabardine	Wool 100%	Twill	0.36	30	30	192	S	Z	0.67	36.6
Woolgauze	Wool 100%	Plain	0.52	20	20	123	S	S	1	47.6
Serge	Wool 97% Nylon 2% Polyurethane 1%	Twill	0.63	30	20	210	S	S	0.5	45
Tweed	Wool 100%	Twill	0.73	10	10	244	S	S	0.5	thick 107.6 thin 46.1
Kersey	Wool 100%	Twill	0.76	10	10	269	S	S	0.67	44
Habutae	Silk 100%	Plain	0.10	60	40	45	—	—	1	3.5
Silksatin	Silk 100%	Satin	0.18	140	50	70	—	ZZSS	0.4	3.9
Satincrepe	Polyester 100%	Satin	0.20	110	40	87	—	ZZSS	0.4	5
Crepe de chine	Polyester 100%	Plain	0.25	70	50	92	—	ZSZS	1	8.6
Amunzen	Polyester 100%	Crepe	0.27	50	30	109	—	—	0.59	12.7
Cupro	Cupro 100%	Twill	0.17	70	40	112	S	—	0.5	9.5

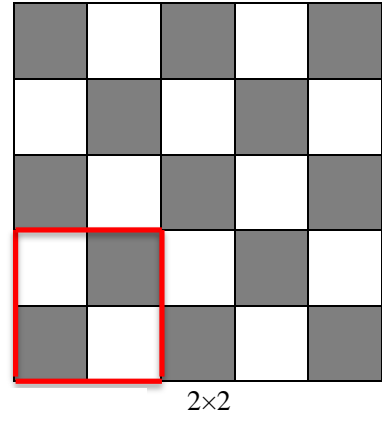
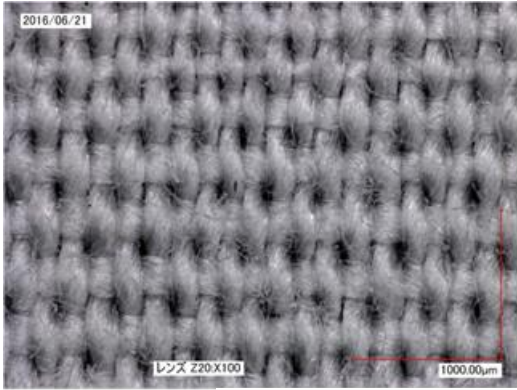


Fig.4-6 Microscope image and organization chart of Broad

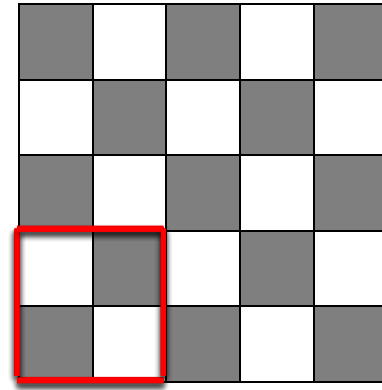
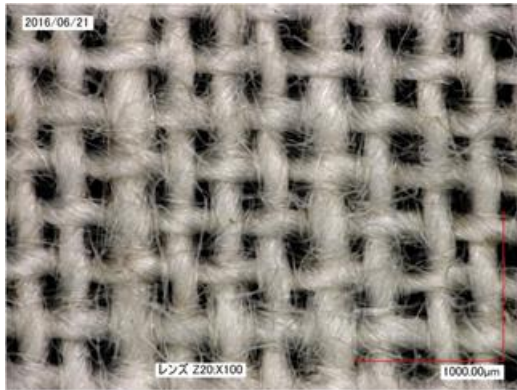


Fig.4-7 Microscope image and organization chart of Sheeting

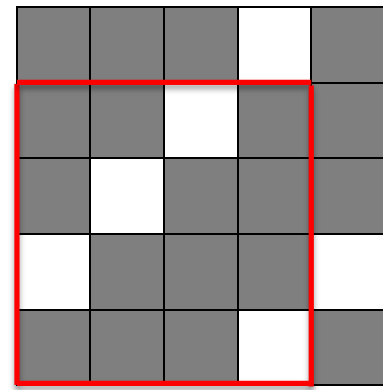


Fig.4-8 Microscope image and organization chart of Denim

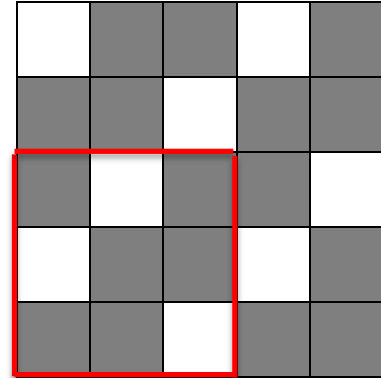
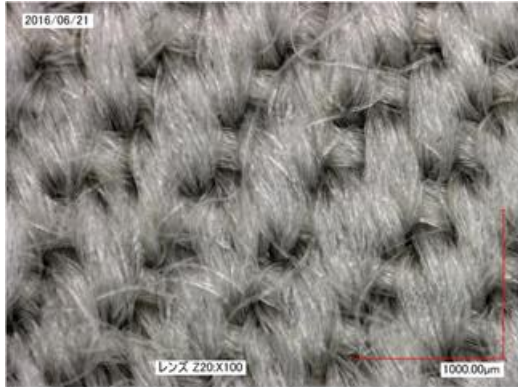


Fig.4-9 Microscope image and organization chart of Gabardine 3×3

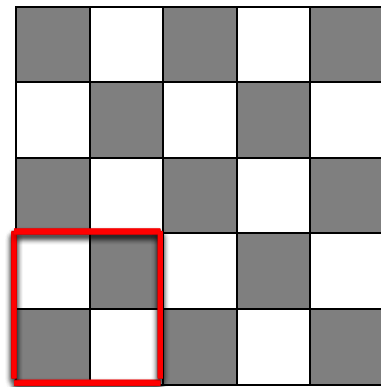
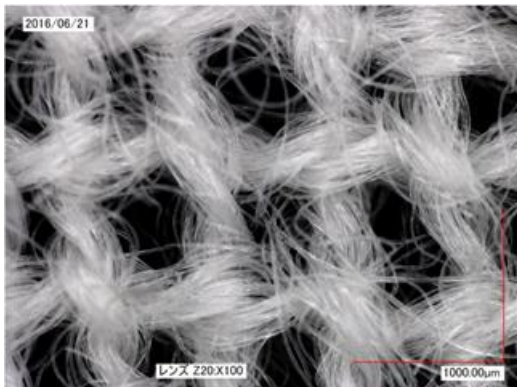


Fig.4-10 Microscope image and organization chart of Woolgauze 2×2

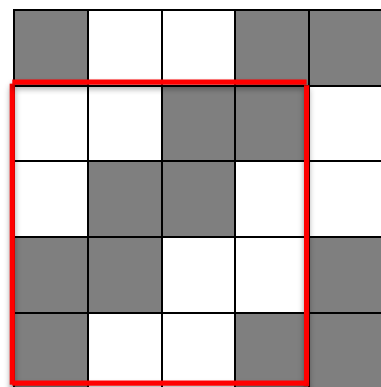
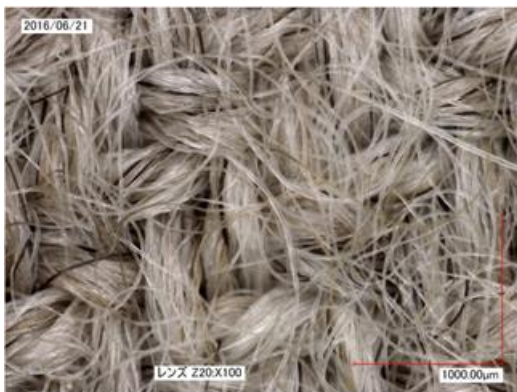


Fig.4-11 Microscope image and organization chart of Serge 4×4

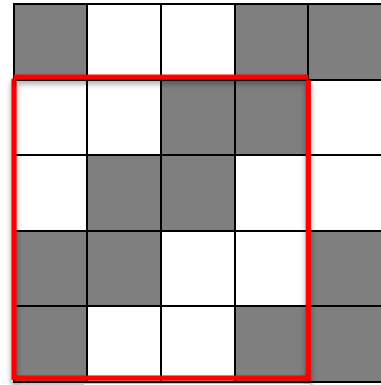


Fig.4-12 Microscope image and organization chart of Tweed 4×4

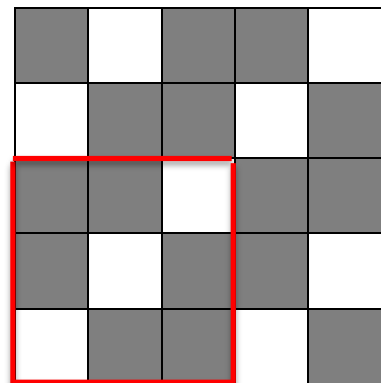


Fig.4-13 Microscope image and organization chart of Kersey 3×3

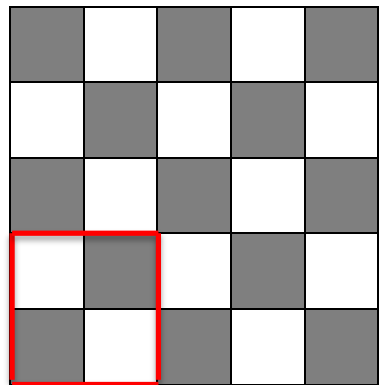
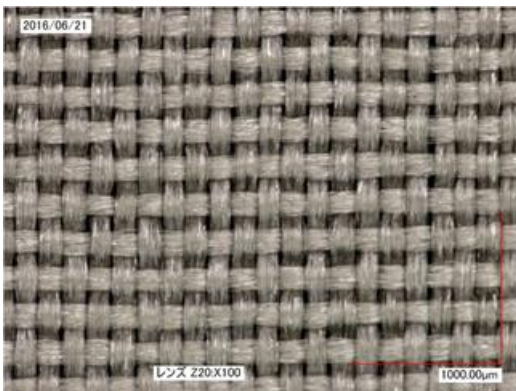


Fig.4-14 Microscope image and organization chart of Habutae 2×2

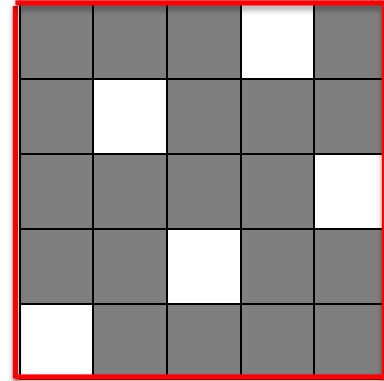
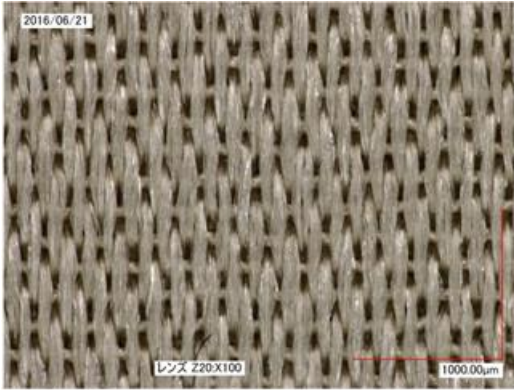


Fig.4-15 Microscope image and organization chart of Silksatin

5×5

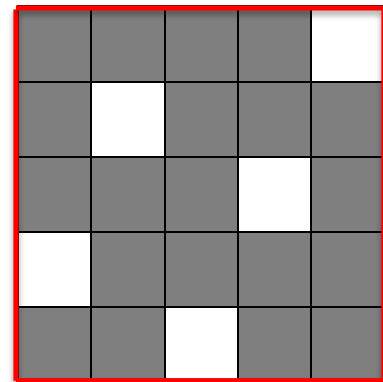
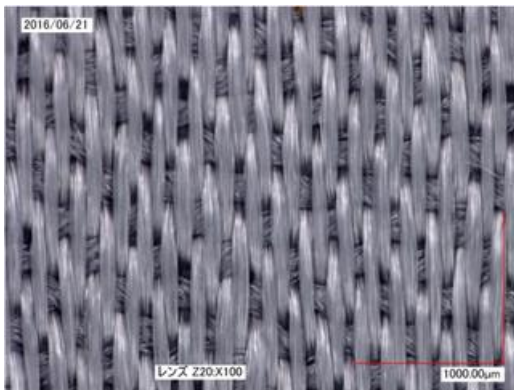


Fig.4-16 Microscope image and organization chart of Satincrepe

5×5

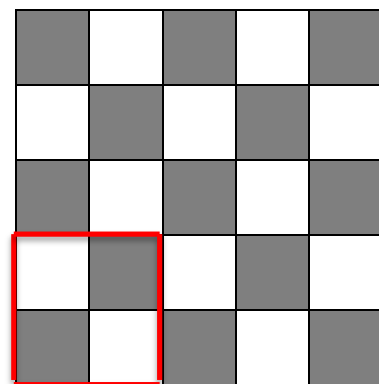
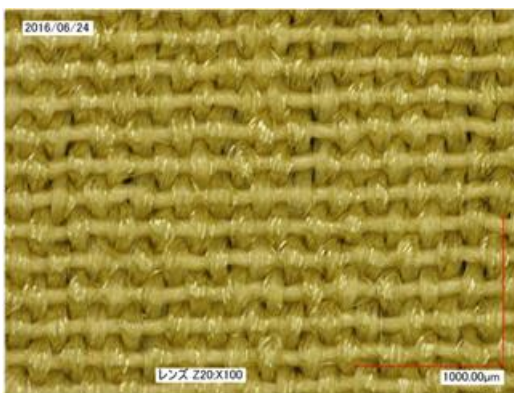
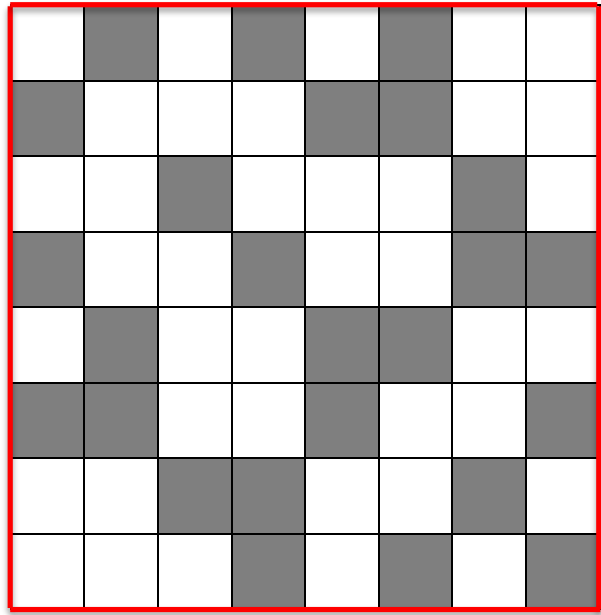
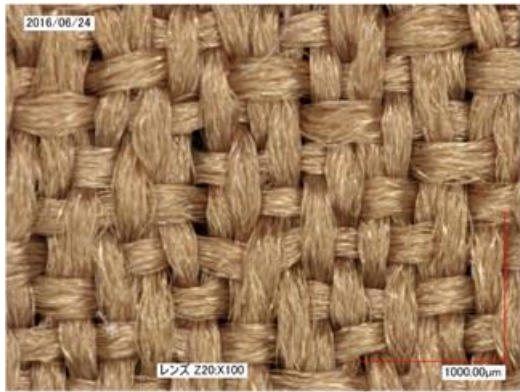


Fig.4-17 Microscope image and organization chart of Crepe de chine

2×2



8×8

Fig.4-18 Microscope image and organization chart of Amunzen

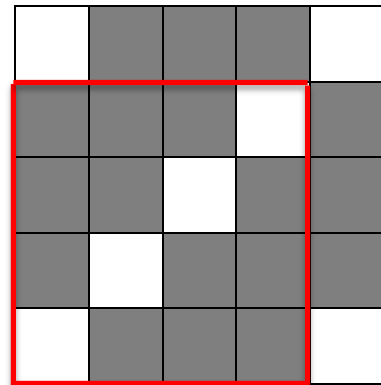
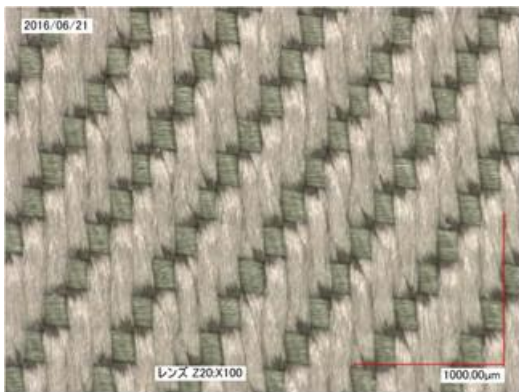


Fig.4-19 Microscope image and organization chart of Cupro 4×4

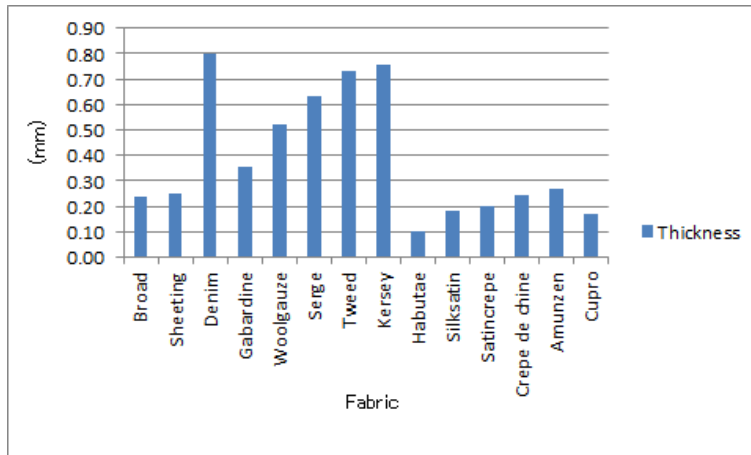


Fig.4-20 Thickness

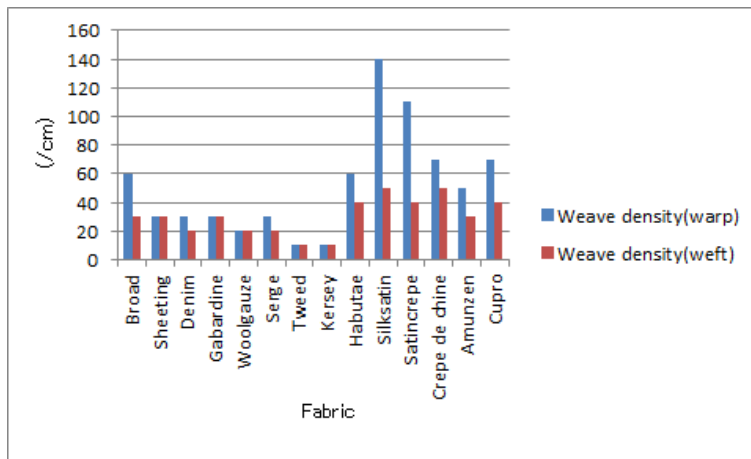


Fig.4-21 Weave density(warp & weft)

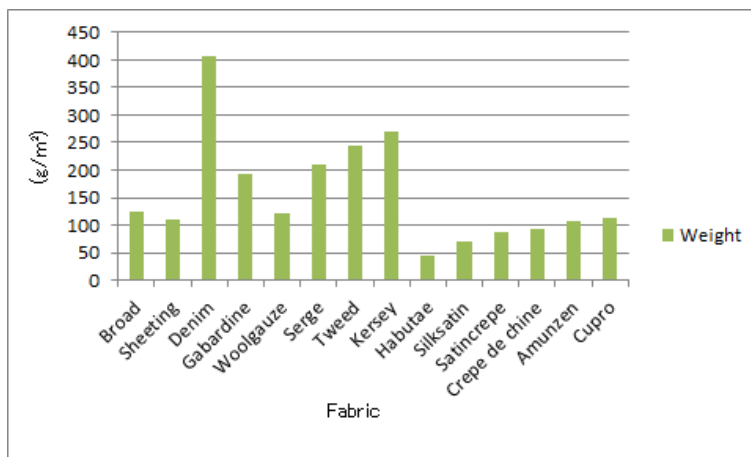


Fig.4-22 Weight

4.3.2 KES-FB 計測システムによる各試料布の力学特性について

14 種の試料布の計測結果を表 4-3 に、図 4-23～図 4-48 は試料布の特性を項目別に、図示したものである。

Table 4-3 Mechanical characteristics of the fabrics measured by KES
(warp and weft direction)

Fabric	Tensile	Shearing	Bending	Surface
	EMT(%)	G(gf/cm)	B(gf・cm ² /cm)	MIU
	warp weft	warp weft	warp weft	warp weft
Broad	2.13	3.50	0.1530	0.126
	4.04	3.57	0.0436	0.121
Sheeting	1.42	1.65	0.1893	0.145
	3.61	1.65	0.0372	0.143
Denim	5.12	5.66	0.3866	0.154
	3.04	5.33	0.3160	0.157
Gabardine	5.25	2.93	0.1010	0.097
	2.85	2.67	0.0614	0.121
Woolgauze	10.42	2.31	0.0538	0.194
	14.00	2.56	0.0479	0.200
Serge	4.77	2.48	0.1330	0.156
	14.47	2.39	0.0718	0.162
Tweed	5.75	2.08	0.2200	0.200
	10.06	2.00	0.1623	0.204
Kersey	5.26	2.18	0.1571	0.139
	9.26	2.15	0.1151	0.239
Habutae	3.02	0.21	0.0023	0.097
	1.37	0.20	0.0025	0.151
Silksatin	2.57	0.19	0.0283	0.074
	3.80	0.19	0.0048	0.145
Satincrepe	1.34	0.21	0.0504	0.163
	9.59	0.16	0.0129	0.266
Crepe de chine	4.76	0.28	0.0131	0.165
	1.89	0.19	0.0091	0.237
Amunzen	2.52	0.34	0.0673	0.163
	4.29	0.32	0.0334	0.194
Cupro	1.16	0.42	0.0696	0.094
	1.84	0.35	0.0546	0.169

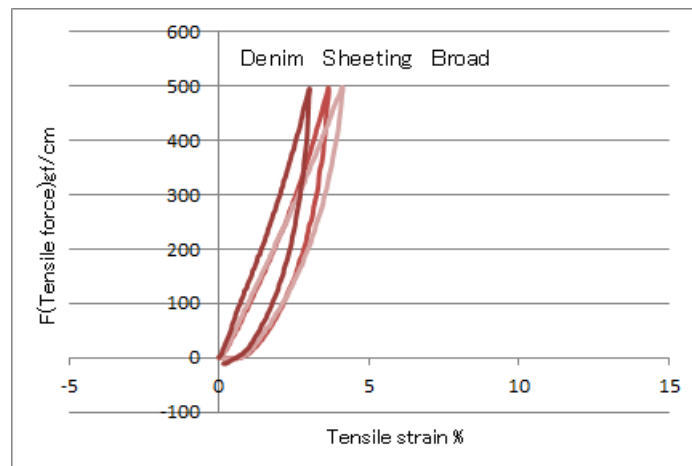
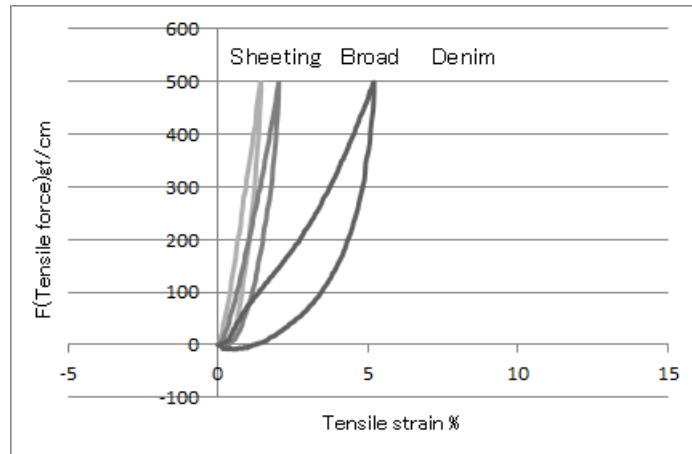


Fig.4-23 Tensile characteristic of Broad, Sheeting, Denim
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

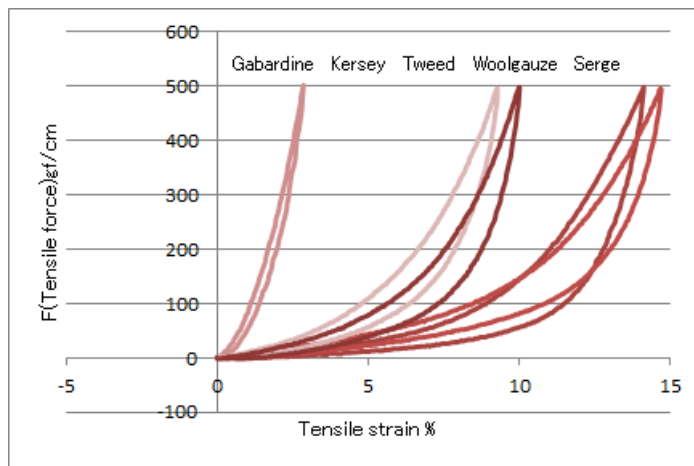
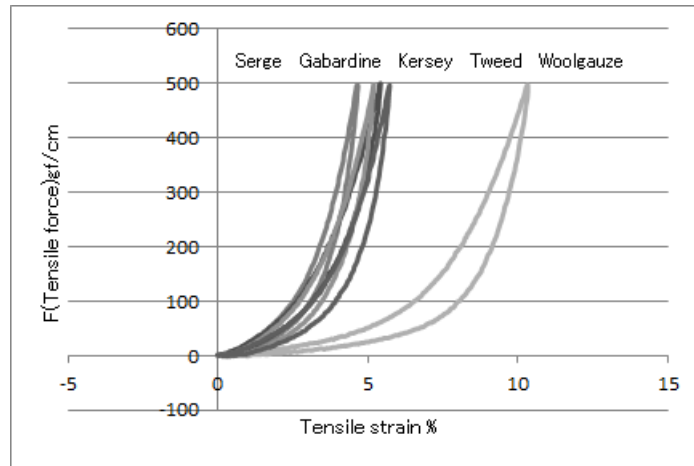


Fig.4-24 Tensile characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

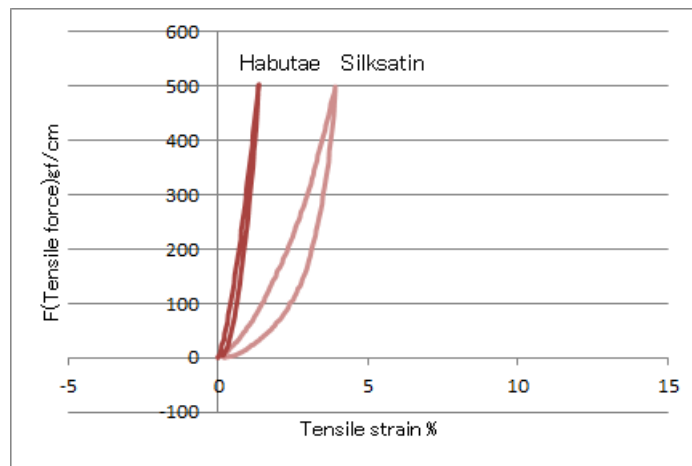
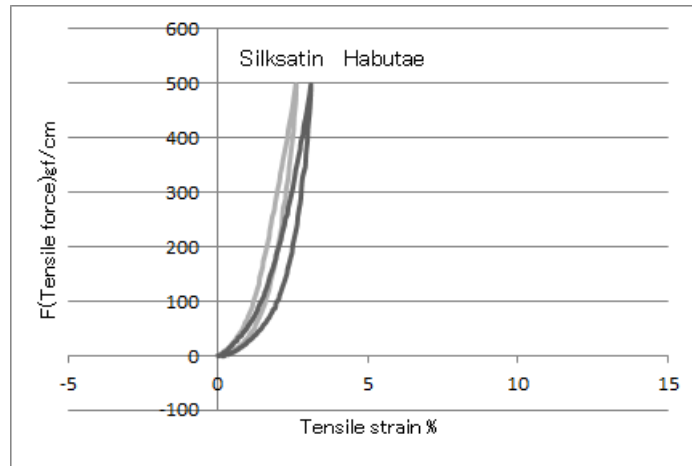


Fig.4-25 Tensile characteristic of Habutae, Silksatin
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

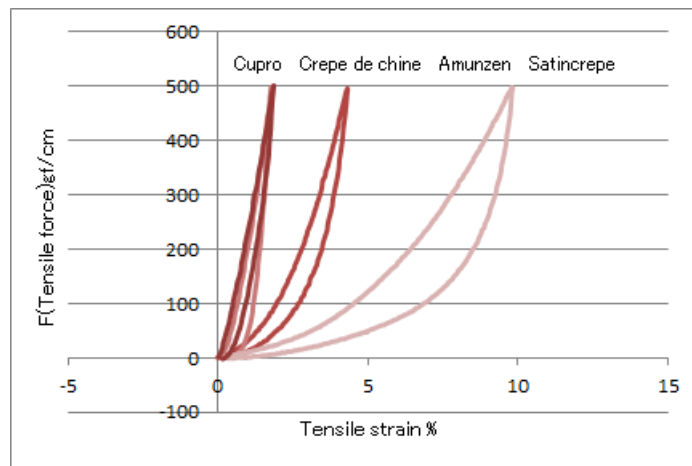
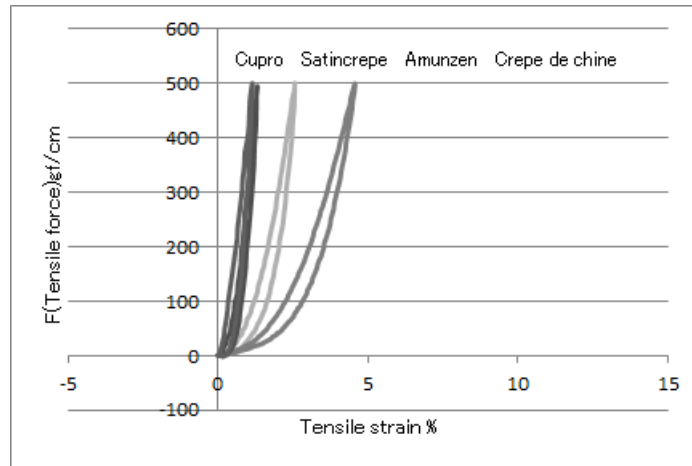


Fig.4-26 Tensile characteristic of Satincrepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction)

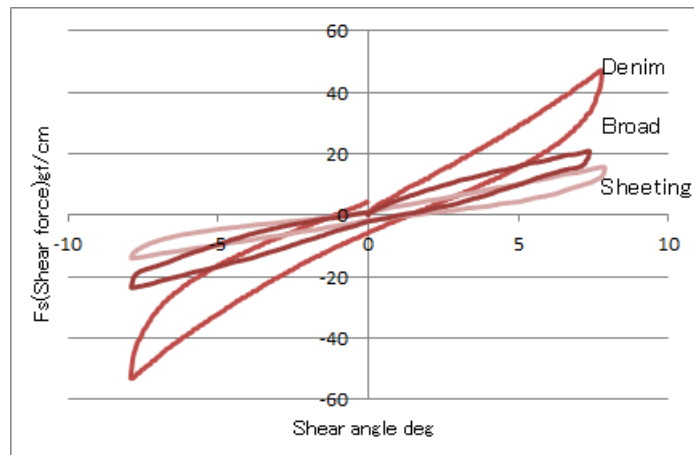
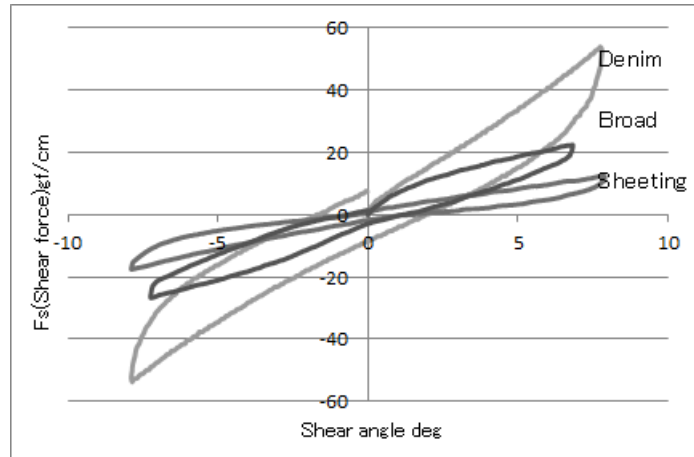


Fig.4-27 Shearing characteristic of Broad, Sheeting, Denim
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

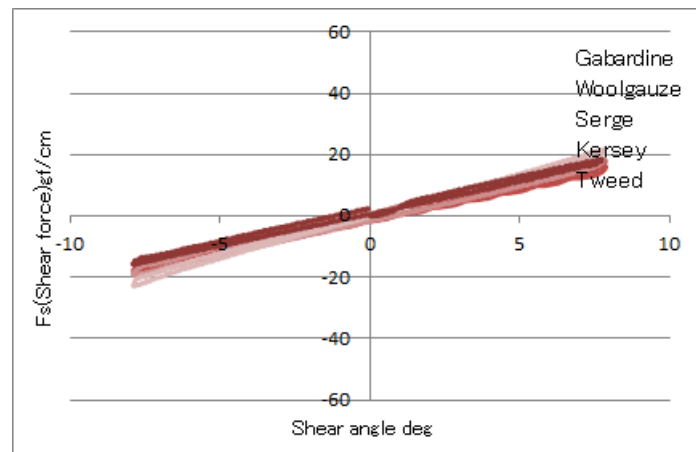
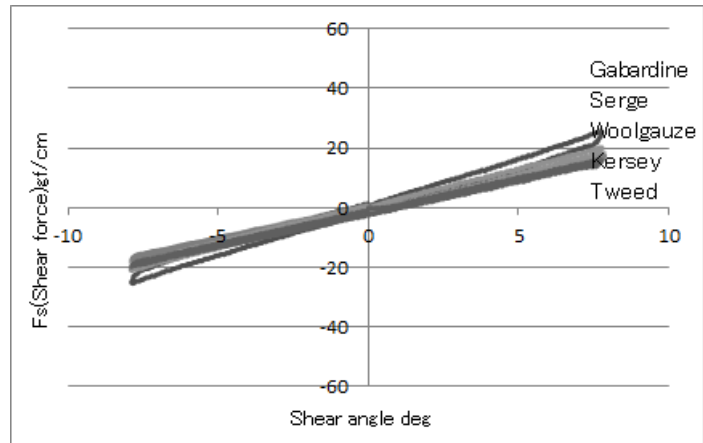


Fig.4-28 Shearing characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey (Upper: warp direction, Lower: weft direction)

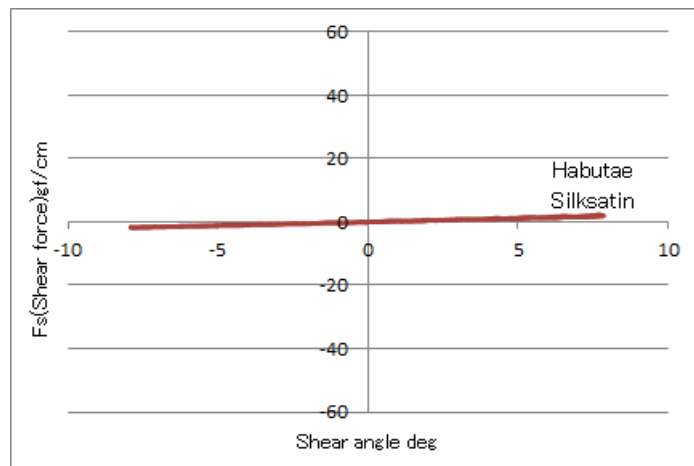
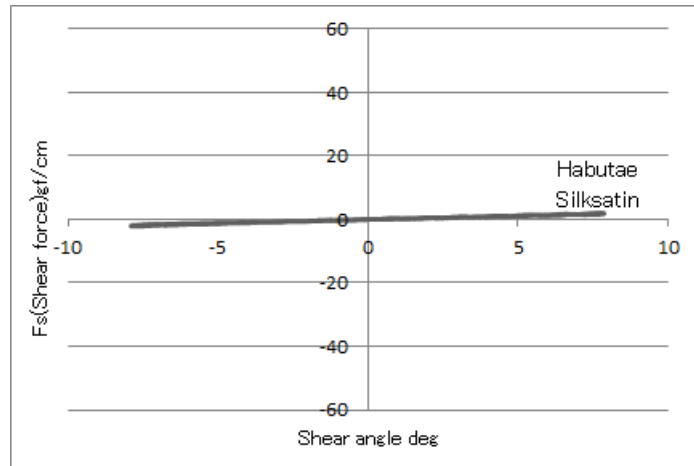


Fig.4-29 Shearing characteristic of Habutae, Silksatin
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

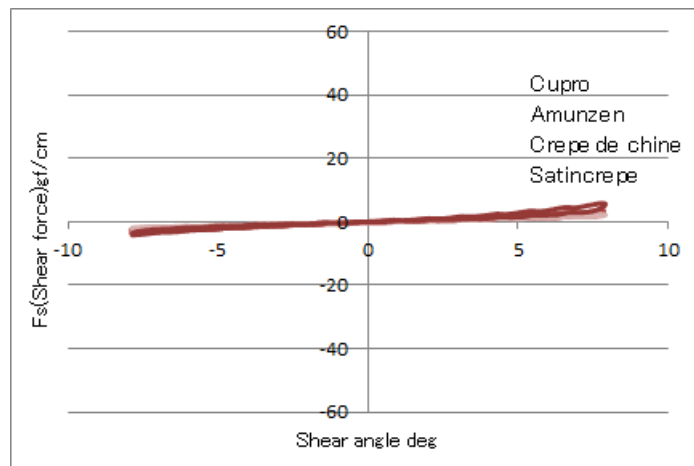
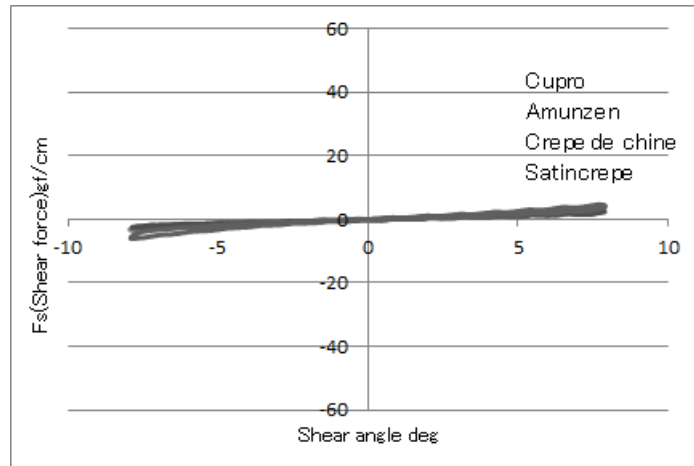


Fig.4-30 Shearing characteristic of Satin crepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro (Upper: warp direction, Lower: weft direction)

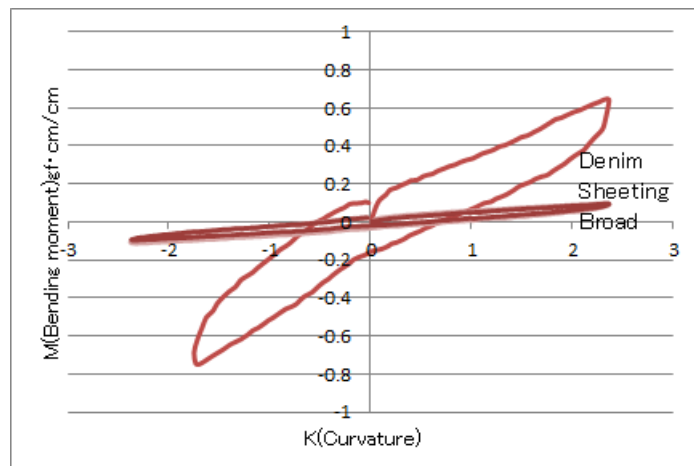
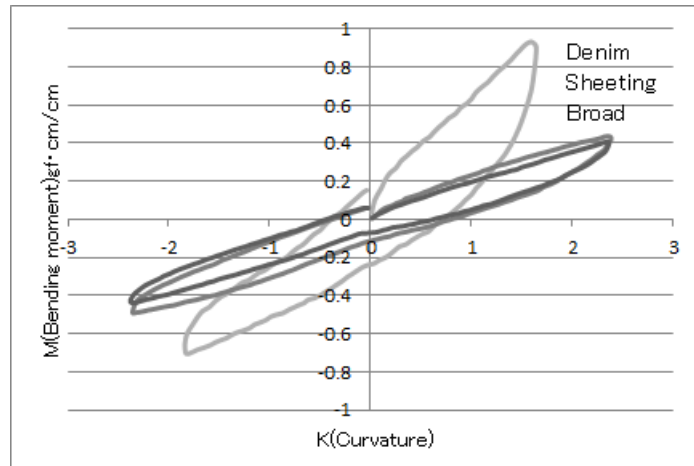


Fig.4-31 Bending characteristic of Broad, Sheeting, Denim
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

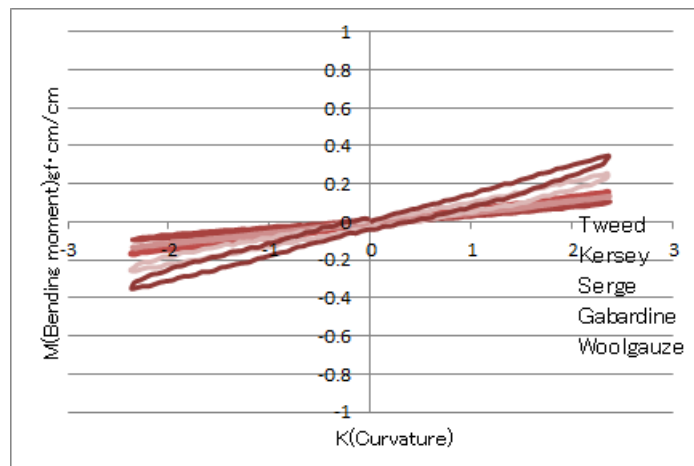
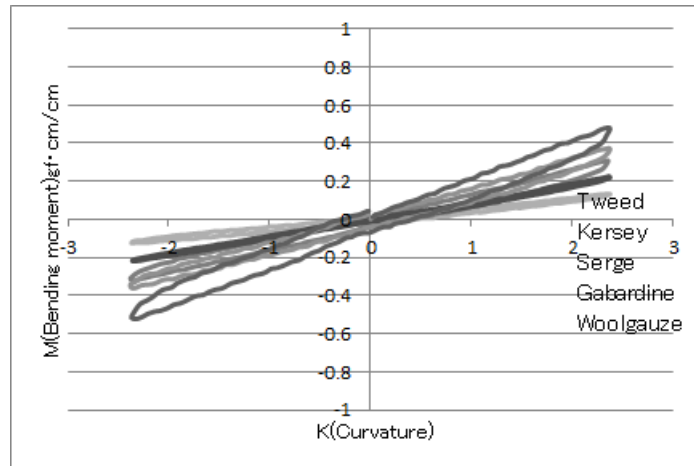


Fig.4-32 Bending characteristic of Gabardine, Woolgauze, Serge, Tweed, Kersey
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

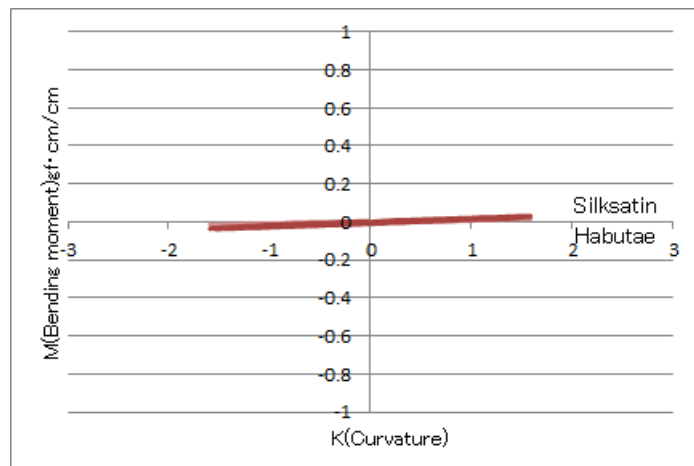
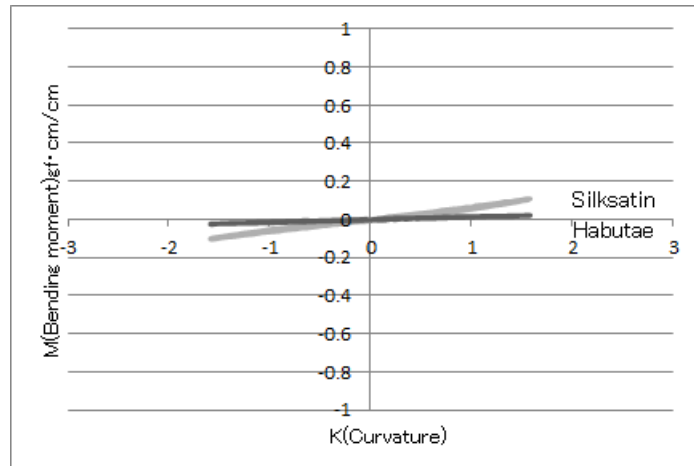


Fig.4-33 Bending characteristic of Habutae, Silksatin
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

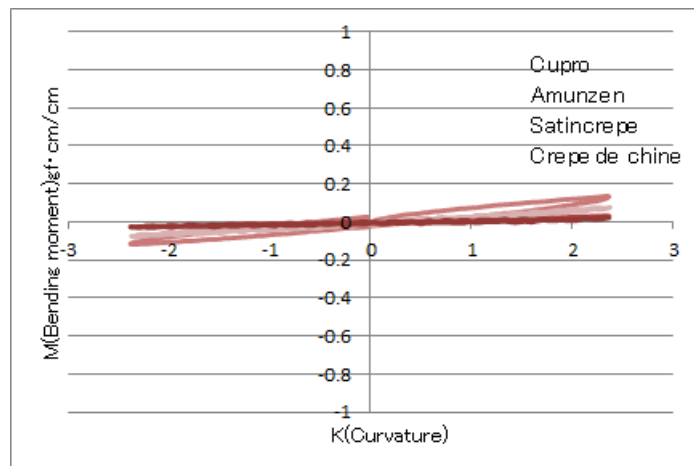
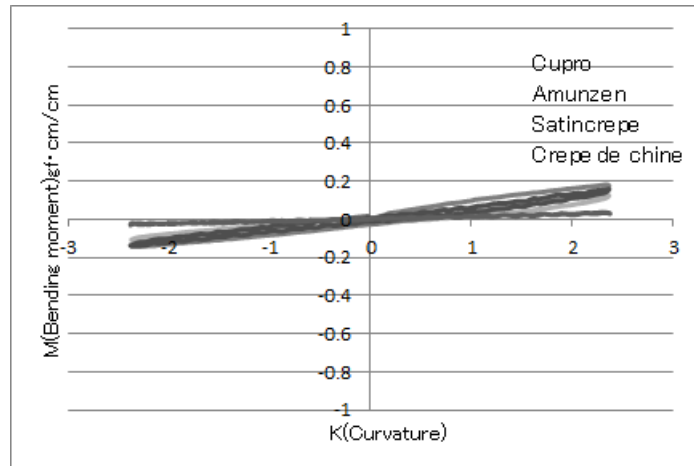


Fig.4-34 Bending characteristic of Satin crepe, Crepe de chine, Amunzen, Cupro
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

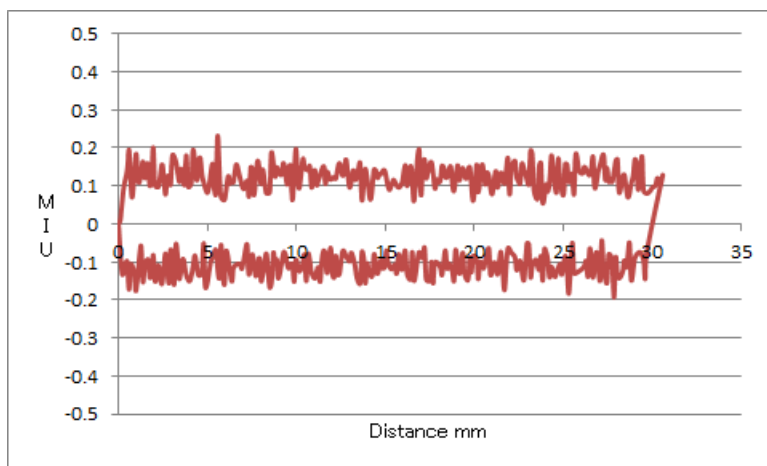
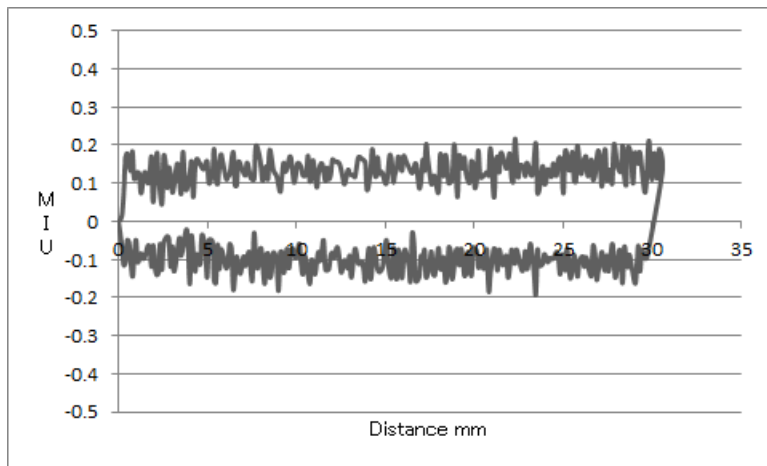


Fig.4-35 Surface characteristic of Broad
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

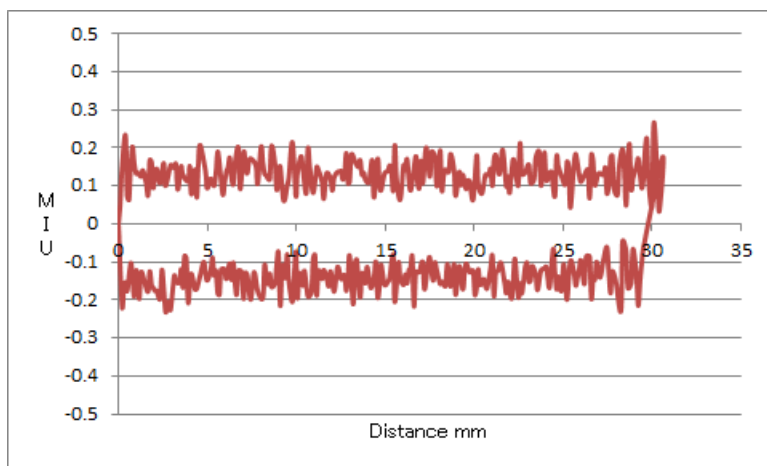
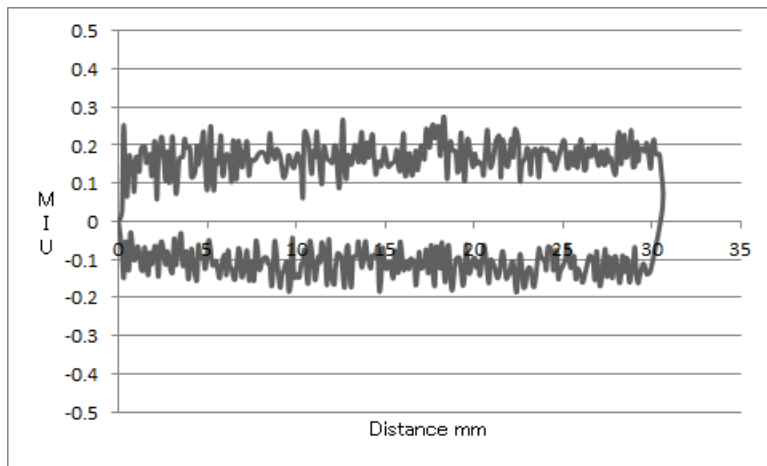


Fig.4-36 Surface characteristic of Sheetting
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

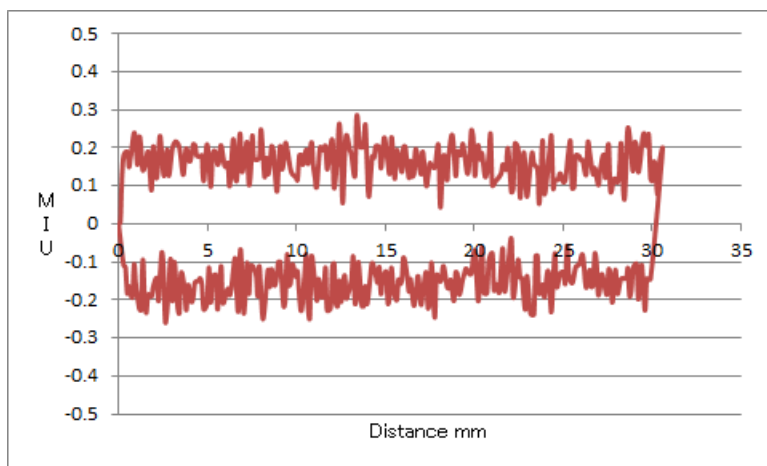
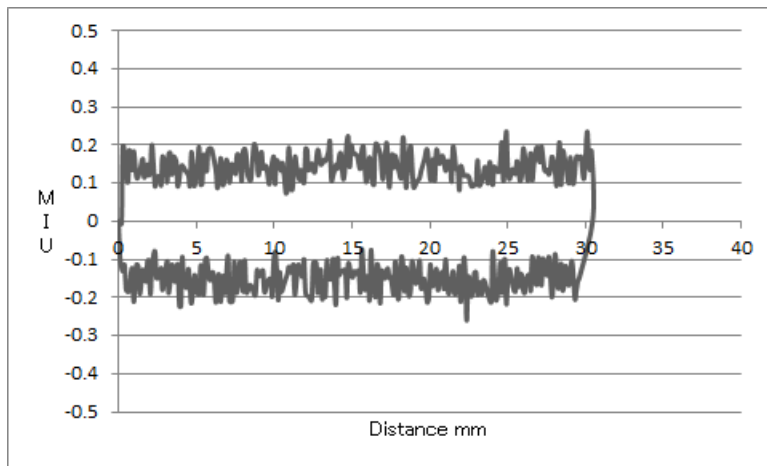


Fig.4-37 Surface characteristic of Denim
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

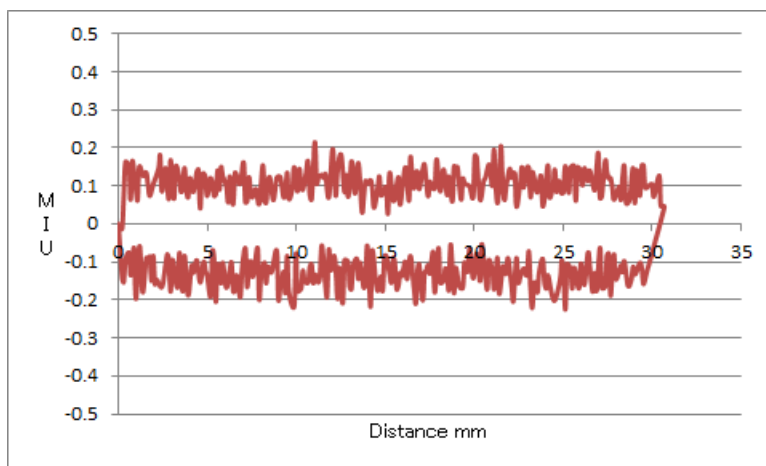
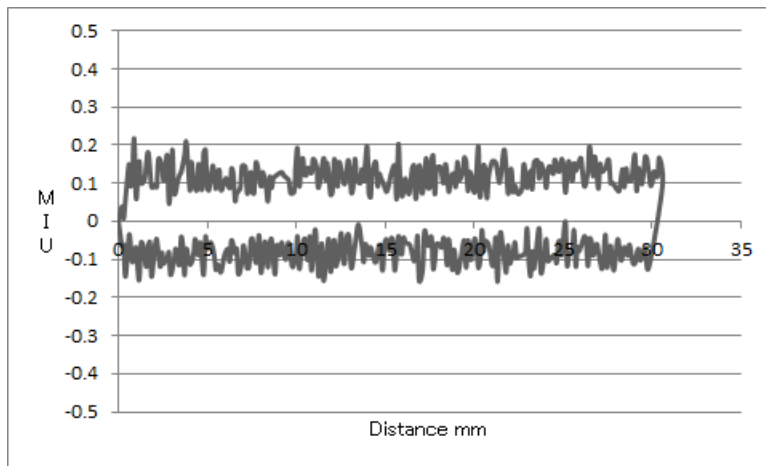


Fig.4-38 Surface characteristic of Gabardine
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

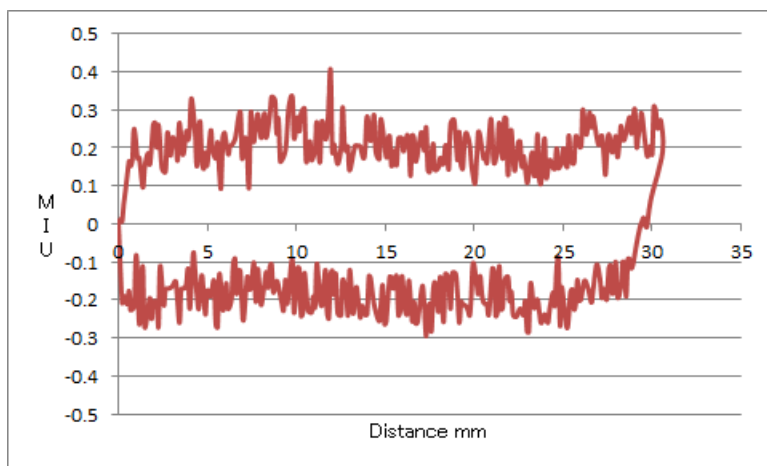
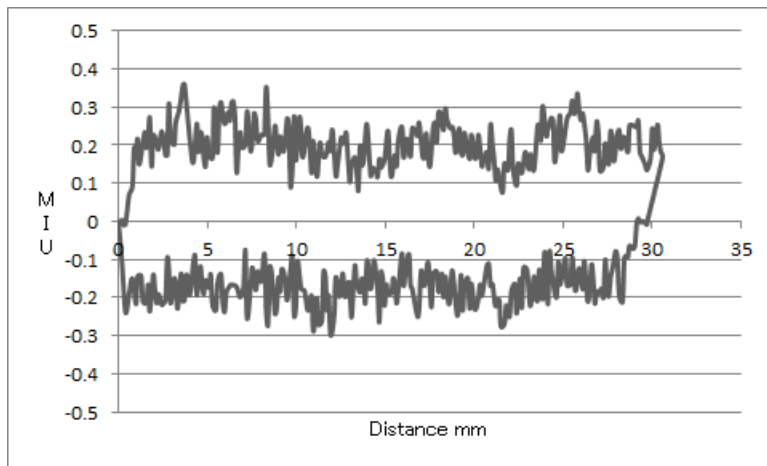


Fig.4-39 Surface characteristic of Woolgauze
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

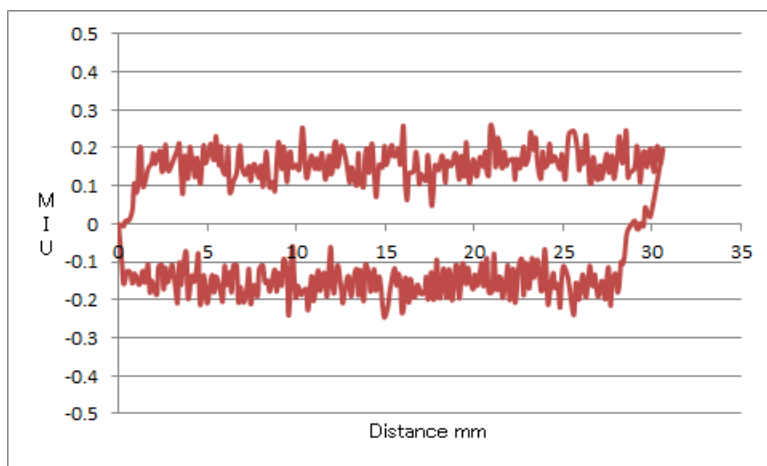
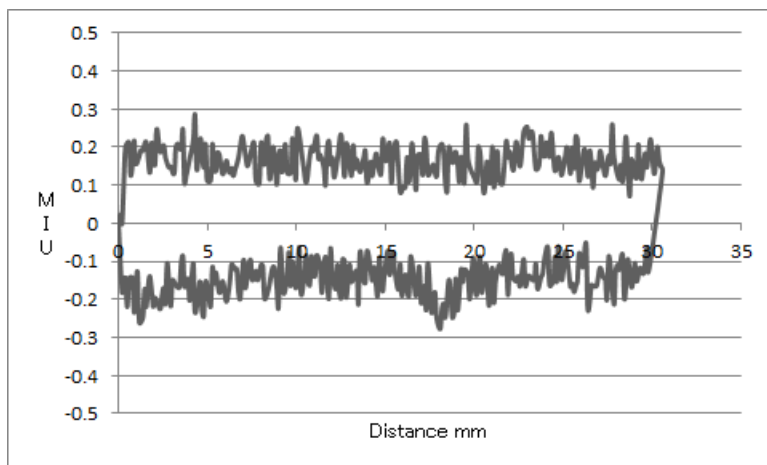


Fig.4-40 Surface characteristic of Serge
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

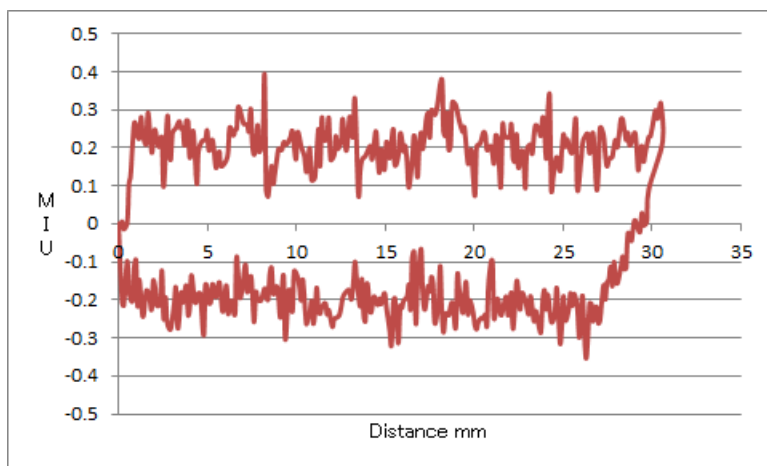
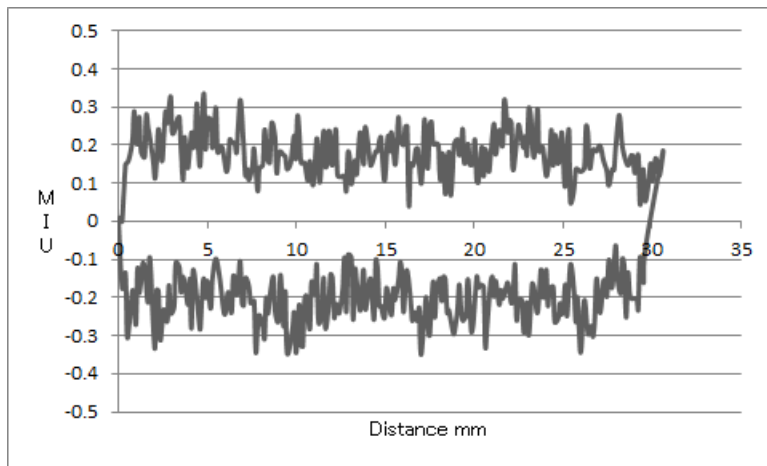


Fig.4-41 Surface characteristic of Tweed
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

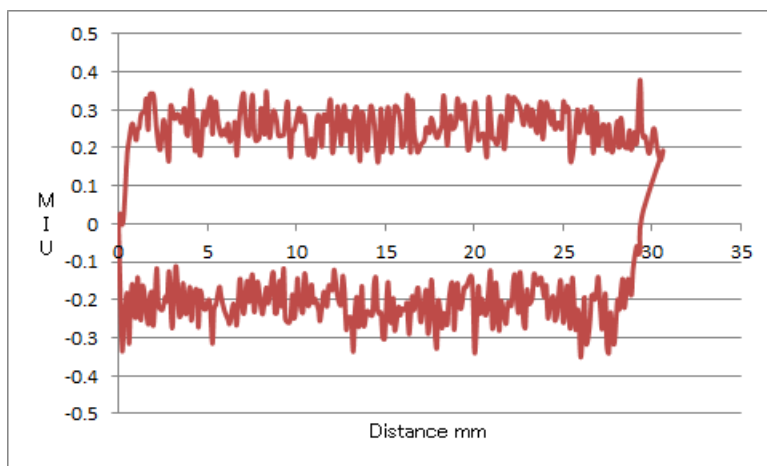
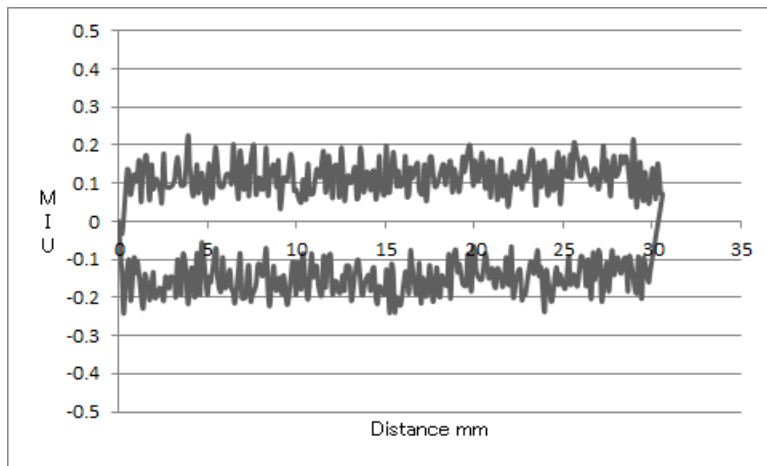


Fig.4-42 Surface characteristic of Kersey
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

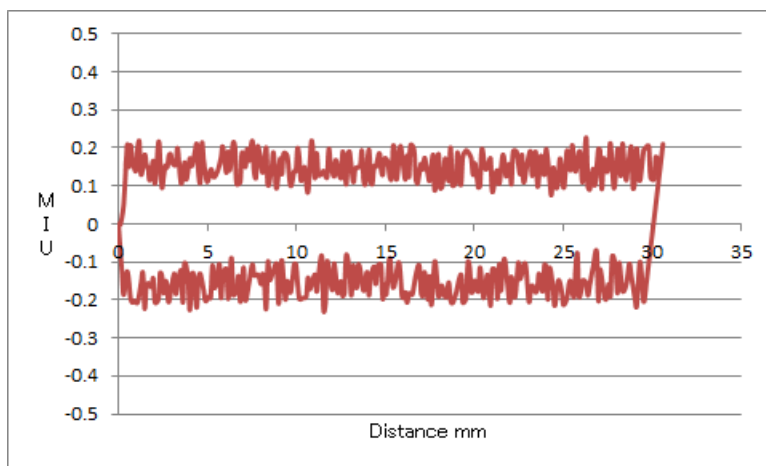
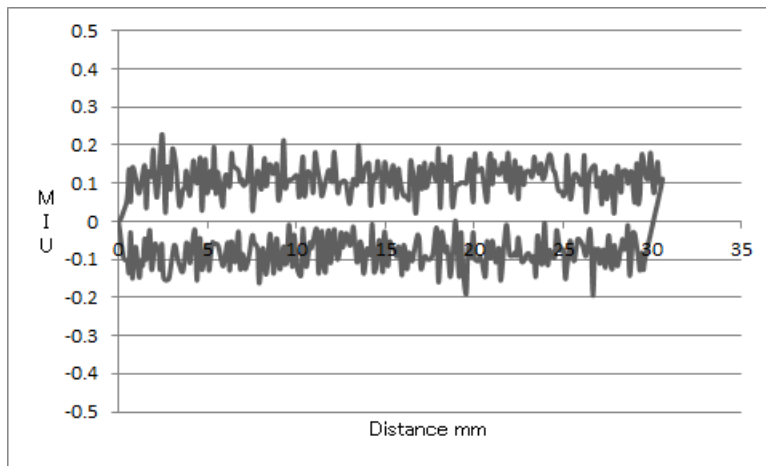


Fig.4-43 Surface characteristic of Habutae
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

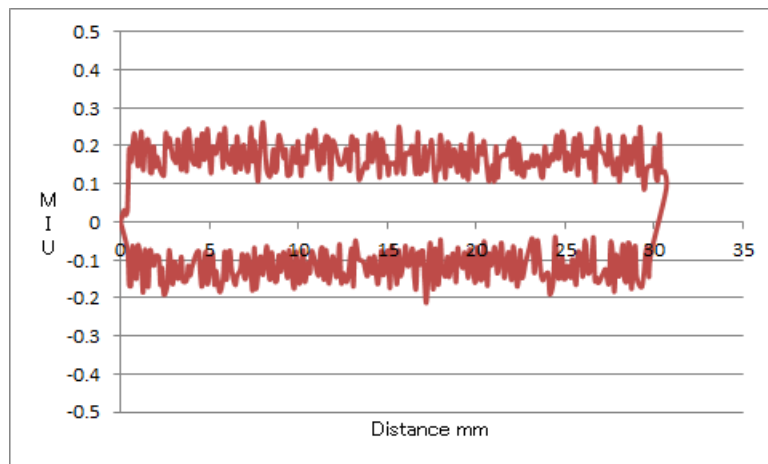
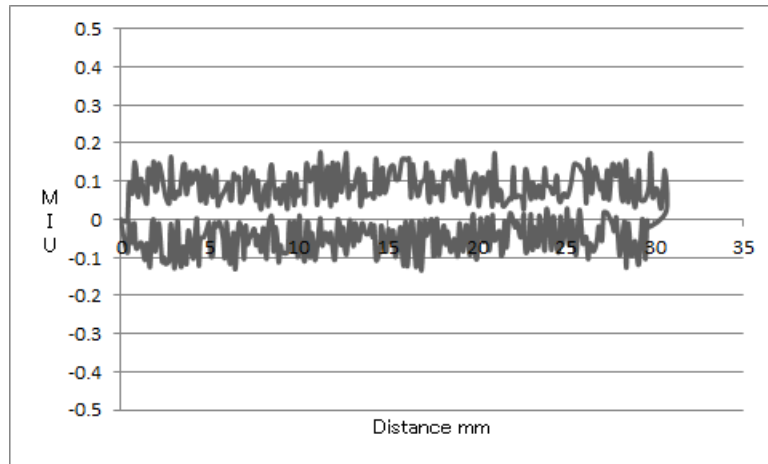


Fig.4-44 Surface characteristic of Silksatin
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

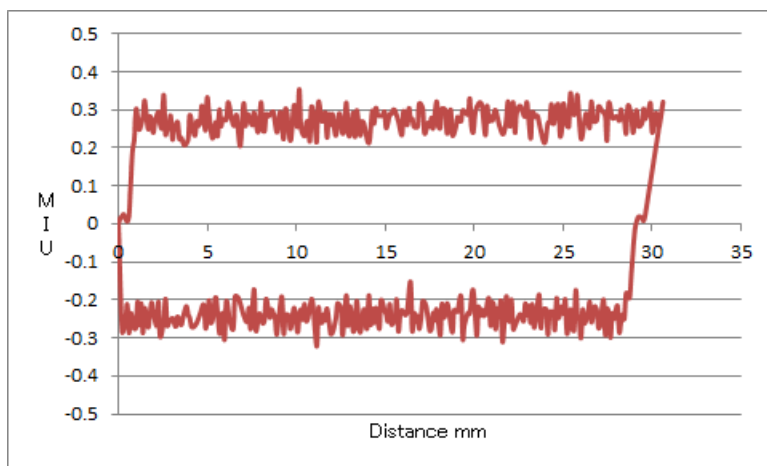
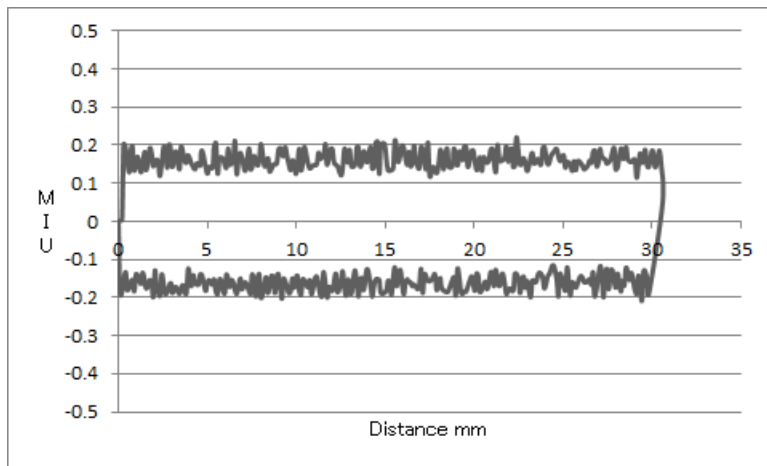


Fig.4-45 Surface characteristic of Satincrepe
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

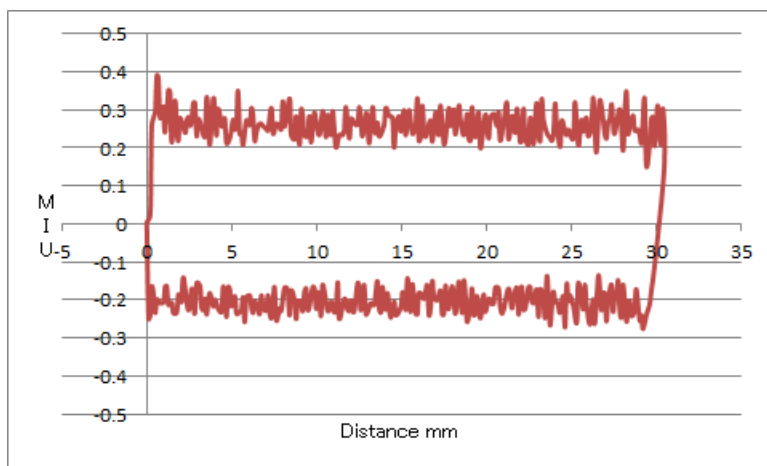
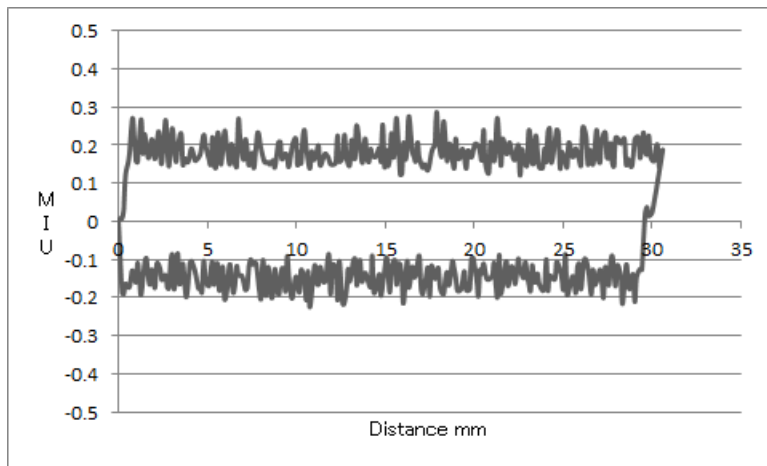


Fig.4-46 Surface characteristic of Crepe de chine
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

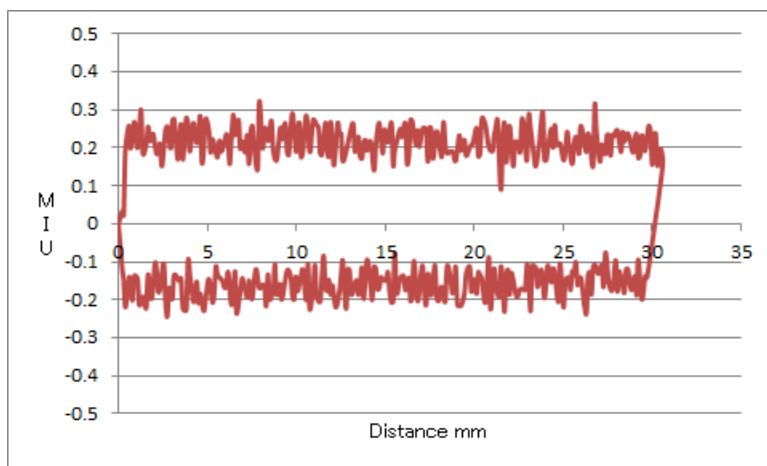
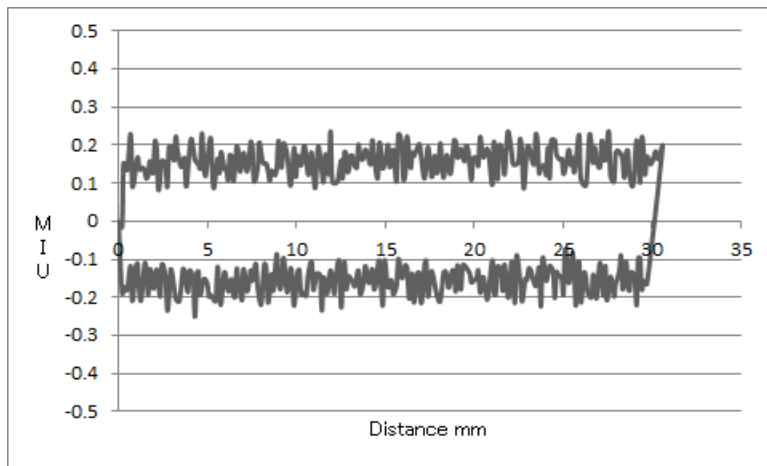


Fig.4-47 Surface characteristic of Amunzen
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

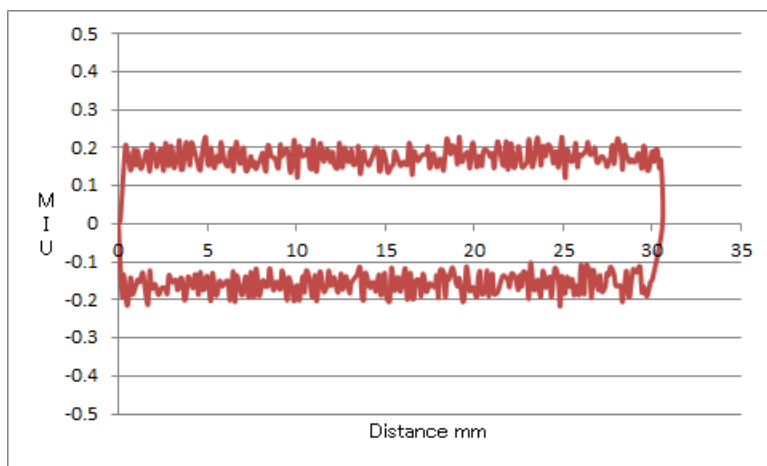
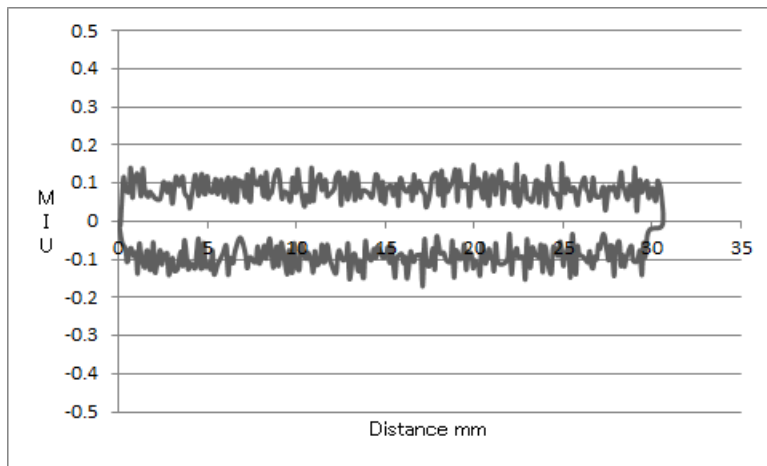


Fig.4-48 Surface characteristic of Cupro
(Upper: warp direction, Lower: weft direction)

1) 引張り特性

14種の試料布の引張り特性 EMT（上限荷重が 500gf/cm 時の伸び率%）の平均値を図 4-49 に示す。EMT は、ウールガーゼ、サージ、ツイード、カルゼの値が大で、特にウールガーゼは、たて・よこ方向ともに伸長が大、サージ、ツイード、カルゼについては、たて方向は伸びにくい、よこ方向ではサージがたての 2 倍以上の伸長を示し、同様にツイード、カルゼも、よこ方向の伸長が大であった。また、サテックレープも、たて方向の伸長は 1% 程度であるのに対して、よこ方向は 10% 近く伸長し、たて・よこ方向の伸長差が著しいことが示された。他の試料布については、たて・よこ方向ともに、4% 程度の伸長に留まった。

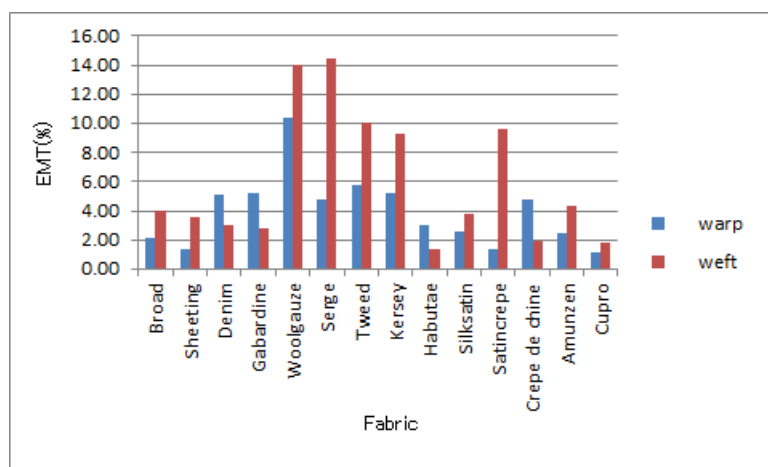


Fig.4-49 Measurement results of tensile characteristics of 14 kinds of fabrics

2) せん断特性

14種の試料布のせん断特性G（せん断角8.0deg，せん断張力200g時のせん断剛性）の平均値を図4-50に示す。たて・よこ方向ともにデニムが最もせん断剛性G値が大，たて方向のヒステリシスも大で回復性が悪く弾力がないことが示された。次いで，ブロードもせん断剛性G値が大であったが，繊維組成や組織が類似しているシーチングのG値は小で，せん断しやすいことが示された。14種の試料布の中では，羽二重，シルクサテン，サテンクレープ，デシン，アムンゼン，キュプラがせん断しやすく，これらは長繊維のフィラメント糸でG値は小であった。それ以外のブロード，シーチング，ギャバジン，ウールガーゼ，サージ，ツイード，カルゼは，短繊維のспан糸でG値は大であることから，糸の違いや糸の太さで二分化していることが推察された。

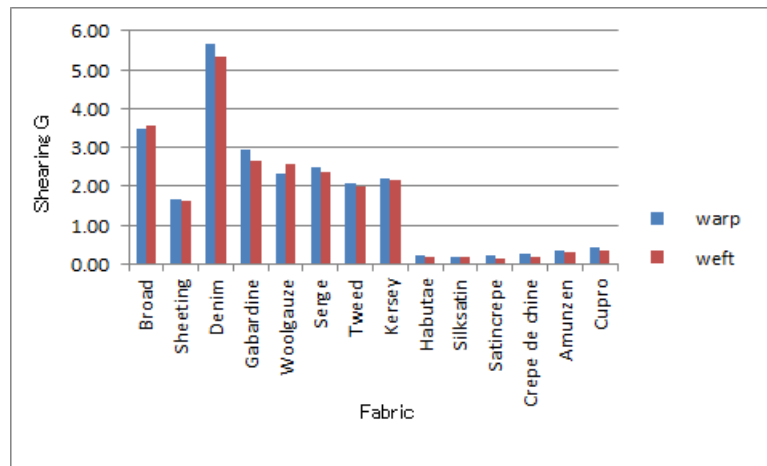


Fig.4-50 Measurement results of shear characteristics of 14 kinds of fabrics

3) 曲げ特性

14種の試料布の曲げ剛性B(最大曲率が2.51/cm時の曲げ剛性)の平均値を図4-51に示す。B値は、デニムがたて・よこ方向ともに最大で、ヒステリシスも大、曲げに対する反発性が悪く弾力がないことが示された。B値もヒステリシスも最小であったのは、羽二重で、たて・よこ方向は、シルクサテンよりも小であった。次いで、サテックレープ、デシン、アムンゼン、キュプラのB値が小であった。これには、布地の厚さが関係していると推察された。中間の値を示したのは、サージ、ツイード、カルゼであった。ブロードとシーチングのたて方向のB値は比較的大で、よこ方向のB値は小であった。曲げ剛性は、主として、糸の太さで二分化していることが推察された。

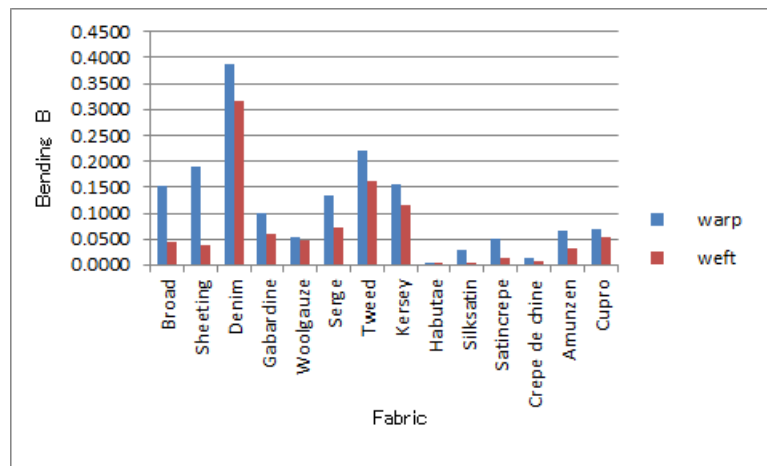


Fig.4-51 Measurement results of bending characteristics of 14 kinds of fabrics

4) 表面特性

14種の試料布の表面特性MIU（試料張力が400g時の平均摩擦係数）の平均値を図4-52に示す。これを見ると、カルゼ、サテックレープ、デシンは、MIUが比較的大で、たて・よこ方向の摩擦抵抗の差が著しく、中でも、カルゼは正斜文織で、立体的なウネが斜めにクッキリと表われ、撚りが強いのが特徴的である。また、羽二重、シルクサテン、キュプラのMIUは、よこ方向の摩擦抵抗がたて方向の摩擦抵抗の約2倍を示した。羽二重は交錯点の多い平織で、たて・よこ方向の摩擦抵抗は、原料繊維が同じシルクサテンよりもやや大きい値を示した。シルクサテンはたて朱子織の為、たて方向の摩擦抵抗は小さいが、よこ方向の摩擦抵抗は大で、同じたて朱子織のサテックレープも同様の傾向を示した。しかし、よこ糸が太い為、MIUはシルクサテンの方が小さい値を示した。他の試料布については、たて・よこ方向で殆ど差は認められず、コットン系のブロード、シーチング、デニムは、ウール系のウールガーゼ、サージ、ツイードよりもやや平均摩擦係数MIUが小であった。

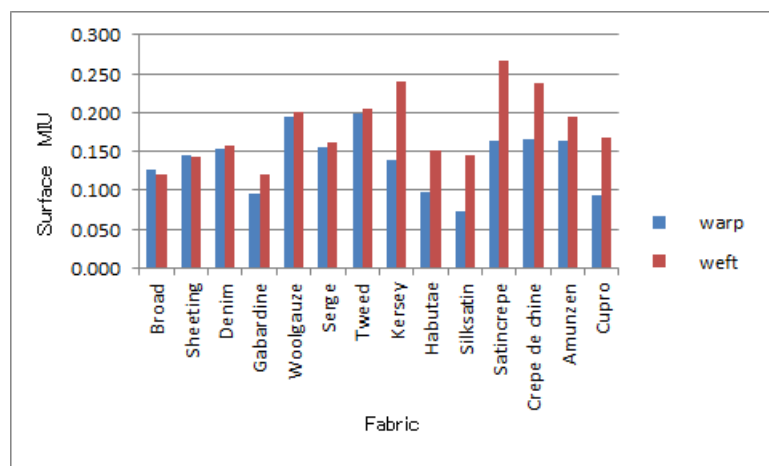


Fig.4-52 Measurement results of surface characteristics of 14 kinds of fabrics

4.3.3 ドレープ性

ドレープテスターで測定した各試料布のドレープ係数, 及び, ノード数を表 4-4 及び図 4-53, 図 4-54 に示す. ドレープ性とは, 垂れ下がりの美しさをいうが, それは, 布地の材質感, 色, 用いる場所によっても異なり, 主観的な判定になるという. ドレープ係数は, 平面的な垂れ下がり程度を示す評価として用いることが出来るもので, 垂れ下がりが大きく軟らかい布地のドレープ係数は小で (基礎被服材料学²⁰⁾), ドレープ係数が大というのはその反対の性質を示す. 14 種の試料布の中で, ドレープ係数が最も大であったのはデニムで, 次いで, キュプラ, シーチング, ブロードと続いた. これらは, せん断剛く, 曲げ剛い布地であった. 一方, 最もドレープ係数が小であったのはデシンで, 次いで, 羽二重, シルクサテン, サテンクレープと続いた. これらは, せん断変形しやすく, 曲げやすい布地であった. 試料布の垂れ下がり投影図から数えたノードからは, 布地の特性は認められなかった.

Table 4-4 Drapability of fabric measured by the drape tester

Fabric	Drape Coefficient	node
Broad	0.687	5
Sheeting	0.710	4
Denim	0.855	4
Gabardine	0.526	6
Woolgauze	0.456	5
Serge	0.509	5
Tweed	0.609	5
Kersey	0.507	6
Habutae	0.352	5
Silksatin	0.369	5
Satincrepe	0.388	5
Crepe de chine	0.257	6
Amunzen	0.398	4
Cupro	0.730	5

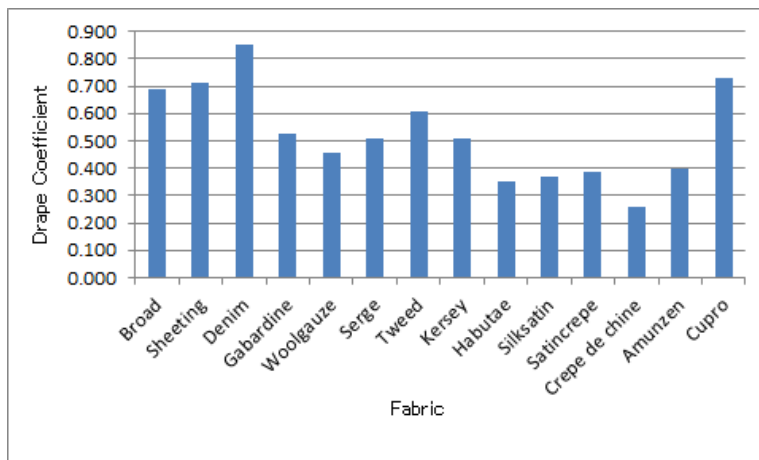


Fig.4-53 Drape Coefficient

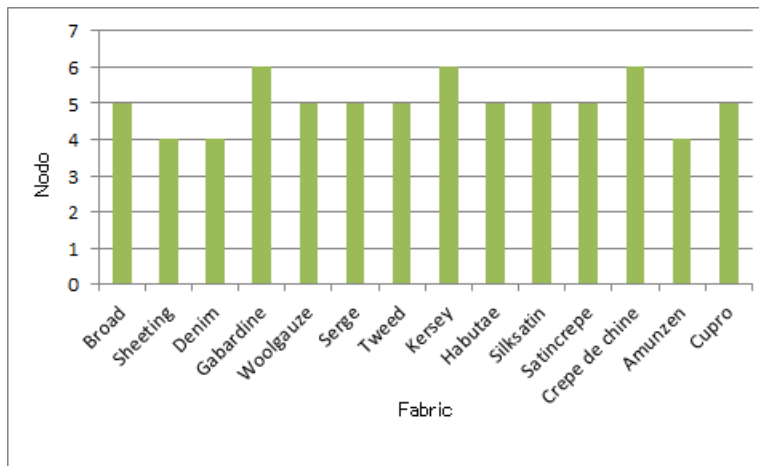
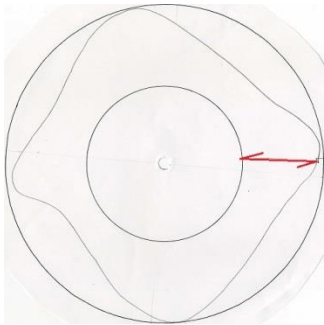
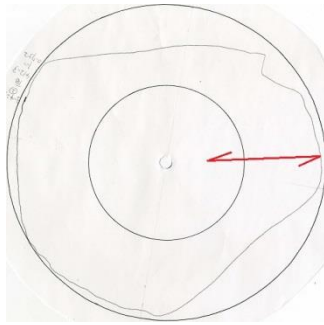


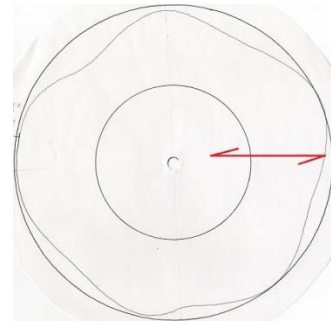
Fig.4-54 Drape tester node



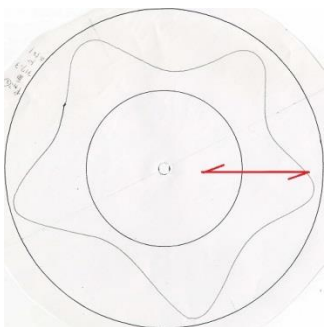
Broad



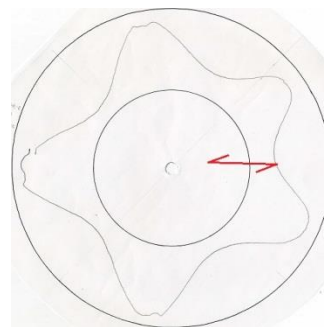
Sheeting



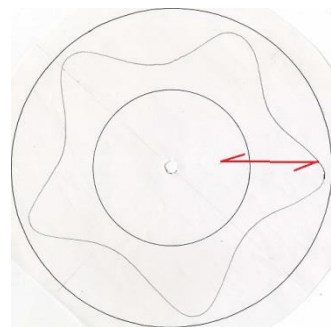
Denim



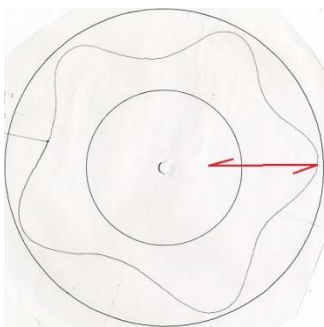
Gabardine



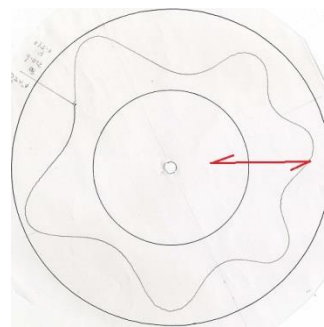
Woolgauze



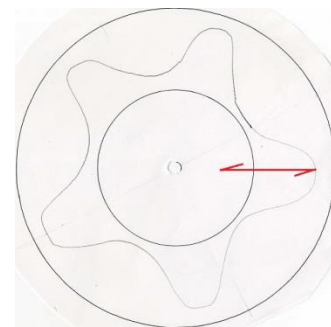
Serge



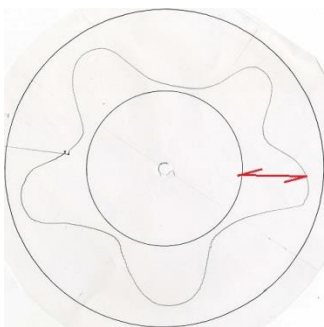
Tweed



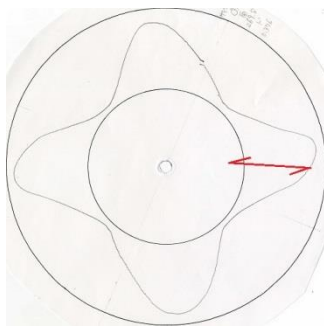
Kersey



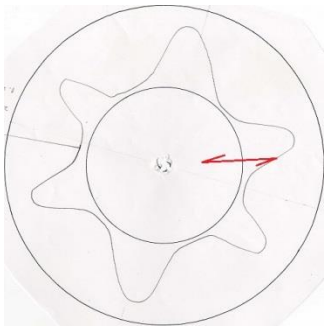
Habutae



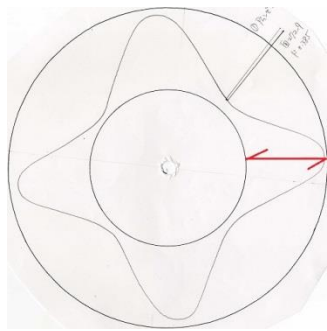
Silksatin



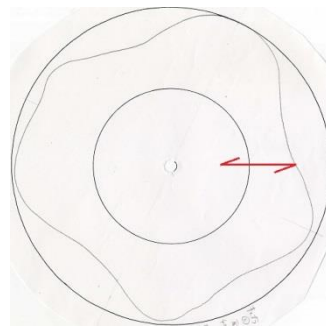
Satincrepe



Crepe de chine



Amunzen



Cupro

Fig.4-55 Hanging projection drawing of 14 kinds of fabrics by the drape tester

4.3.4 布地の主成分分析

14種の試料布の特徴をより明確にする目的で、試料布の諸元、即ち、TH, D, W, CP, 及び試料布の力学特性値、即ち、EMTwp, EMTwf, Gwp, Gwf, Bwp, Bwf, MIUwp, MIUwfをもとに主成分分析を行った。ドレープ係数については、この項目が複合的な要素を含み、他の力学特性と比較的高い相関を示す²⁷⁾ことが指摘されている為、本分析項目から除外した。表4-5に抽出された3成分の成分行列を、表4-6に各試料の主成分得点の結果を示す。

第一主成分の成分行列を見ると、W, TH, Bwp, Bwf, Gwp, Gwfなどの成分値が大でいずれも正の値を示し、Dの成分値が負の大きい値を示すことから、重さ、厚さがあり、曲げにくく、せん断しにくく、糸が太い試料布ほど、第一主成分値が大きく、反対に、軽く、薄く、曲げやすく、せん断しやすく、糸が細い試料布ほど、第一主成分値が小さいことが示された。即ち、第一主成分は布地の重さ、厚さ、曲げにくさ、せん断しにくさの度合いを説明する成分と考えられる。各試料布の第一主成分得点を見ると、デニム、ツイードなどの重さ、厚さがあり変形しにくい試料布が高い正の値を、反対に羽二重、シルクサテンなどの薄く、軽く、変形しやすい試料布が負の値を示している。

第二主成分は、EMTwf, MIUwp, MIUwfなどの成分値が大、正の値を示すことから、布地の伸長度合いと摩擦抵抗の大きさを説明すると考えられる。各試料布の第二主成分得点をみると、伸びやすいウールガーゼやよこ方向の摩擦抵抗が大きいサテックレープなどが高い正の値を示し、反対に、デニム、ブロードなどの伸びにくく、表面摩擦のやや小さい試料布が負の値を示した。

第三主成分は、交錯点のみで構成され、正の値を示すことから、交錯点数を説明する成分と考えられる。第三成分の寄与率は12.7%であった。

第三主成分までの累積寄与率は84.8%と高く、第一・第二主成分でも全体の72.1%という比較的高いカバー率が示された。

各試料布の主成分得点散布図を図 4-56～図 4-58 に示す。第一，第二主成分得点の散布図を見ると，14 種は概ね，以下の 5 グループに分かれることが観察される。即ち，やや厚みがあり，伸びやすく表面の摩擦係数がやや高いウールガーゼ，ツイード，カルゼ，サージなどの毛及び毛混紡グループ。薄く，軽く，変形しやすいが，表面はやや摩擦係数が高いサテックレープ，デシン，アムンゼンなどの合成繊維グループ。薄く，軽く，変形しやすく，表面摩擦の小さい羽二重，シルクサテン，キュプラなどの絹及び再生繊維グループ。中肉で，伸びやすさ，変形，摩擦特性などがいずれも中程度のシーチング，ブロード，ギャバジンなどの綿及び毛グループ。厚く，重く，変形しにくく，伸びにくいデニムの 5 グループである。

以上より，今回対象とした 14 種の試料布は，その特性が偏ることなく広範囲に渡って選択されていることが示された。

Table 4-5 Component matrix

	Component		
	1	2	3
Weight	.937	-.158	-.244
Thickness	.934	.225	-.137
Bending (weft)	.895	-.234	-.264
Shearing(warp)	.883	-.355	.176
Shearing(weft)	.880	-.323	.221
Bending(warp)	.866	-.349	-.163
Weave density	-.786	-.196	-.326
Tensile(warp)	.561	.489	.407
Surface(weft)	-.029	.798	-.379
Tensile(weft)	.401	.728	-.039
Surface(warp)	.499	.708	.066
Crossing point	-.141	.031	.920
Eigenvalue	6.220	2.428	1.522
Proportion(%)	51.835	20.231	12.684
Cumulative Propotion(%)	51.835	72.065	84.750

Table 4-6 Result of principal component analysis

Fabric	Factor Loading		
	I Fac	II Fac	III Fac
Broad	0.0190	-1.1851	1.2424
Sheeting	-0.2107	-0.6178	0.8852
Denim	2.2275	-1.4552	-0.7950
Gabardine	0.1673	-1.0184	0.6195
Woolgauze	0.5700	1.7527	1.7564
Serge	0.6653	0.5631	-0.2665
Tweed	1.1203	0.8987	-0.6209
Kersey	0.8565	0.7195	-0.3850
Habutae	-1.1529	-0.4674	0.9893
Silksatin	-1.2352	-0.7631	-1.0223
Satincrepe	-0.8389	1.0985	-1.6520
Crepe de chine	-0.8048	0.8145	0.5389
Amunzen	-0.5405	0.3851	-0.4301
Cupro	-0.8430	-0.7251	-0.8598

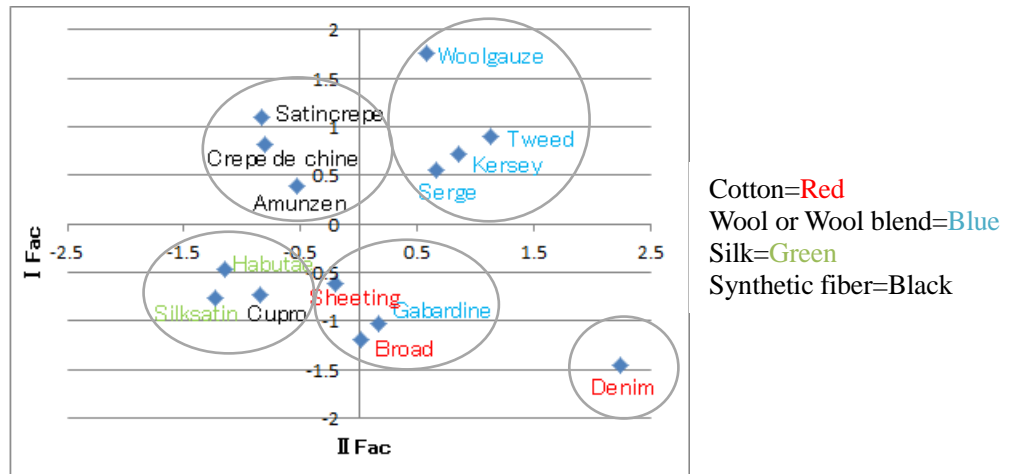


Fig.4-56 Distribution of the first and second principal component scores

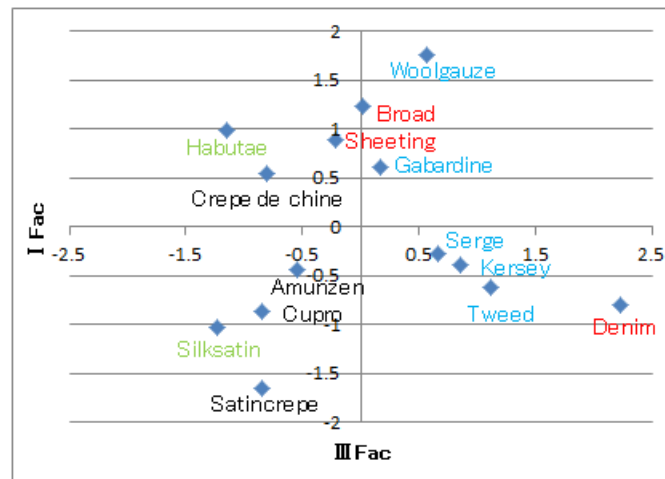


Fig.4-57 Distribution of the first and third principal component scores

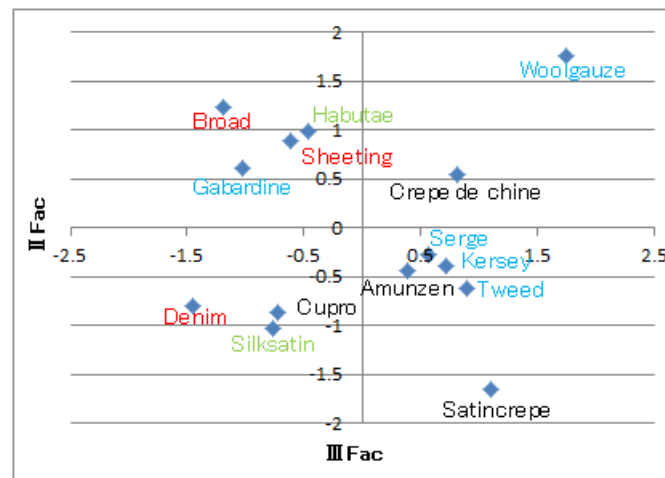


Fig.4-58 Distribution of the second and third principal component scores

4.4 総括

本章では、14種の試料布の構造特性、力学特性、ドレープ性などを測定し、検討した。また、それらの測定値、即ち、布地の諸元と力学特性値をもとに、主成分分析を行い各試料の特徴を抽出した。主たる結果は以下の通りである。

1) 構造特性

14種の試料布は天然繊維と合成繊維で構成され、織組織は、平織、斜文織、朱子織、梨地織であった。

厚さは、デニムが0.80mmと最も厚く、羽二重は0.10mmと最も薄かった。平面重（重さ）もこれに比例して、デニムが407g/m²と最大、羽二重が45g/m²で最小を示し、糸の太さで異なることが示された。ウールガーゼは例外的に、厚さがある割に軽い布地であった。

糸密度については、たて朱子織のシルクサテンとサテックレープのたて方向の糸密度が大きく、スパン糸で織られた布地は、フィラメント糸で織られた布地よりも糸密度が小さく、糸の太さで異なることが示された。

糸の撚り方向については、経・緯方向ともZ撚り又はS撚りの布地、どちらも全く撚りがない布地、経・緯方向で撚りが異なる布地に分かれた。撚り方向と糸密度が経緯で同じもの、即ち、シーチング、ウールガーゼ、ツイード、カルゼはカールしにくく、撚り方向と糸密度が経緯で異なるもの、即ち、シルクサテン、サテックレープ、デシン、キュブラはカールしやすいことが予測された。

交錯点については、ブロード、シーチング、ウールガーゼ、羽二重、デシンが平織で交錯点が多く、シルクサテン、サテックレープは朱子織で交錯点が少なかった。他の布地はその中間の値を示した。

2) 力学特性

引張り伸び率 EMT (%) は、ウールガーゼ、サージ、ツイード、カルゼが大で、いずれも、

たて方向よりもよこ方向の伸長が顕著であった。サテックレープは、たて・よこ方向の伸長差が著しく、他の試料布については、たて・よこ方向ともに、4%程度の伸長に留まった。

せん断剛性G値は、たて・よこ方向ともにデニムが最も大で、どちらも小であったのは、羽二重、シルクサテン、サテックレープ、デシン、アムンゼン、キュプラで、これらは長繊維のフィラメント糸であった。それ以外のブロード、シーチング、ギャバジン、ウールガーゼ、サージ、ツイード、カルゼは、短繊維のспан糸でG値が大であることから、糸の違いや糸の太さで二分化していることが推察された。

曲げ剛性B値は、デニムがたて・よこ方向ともに最大で、どちらも最小であったのは、羽二重であった。中間の値を示したのは、サージ、ツイード、カルゼで、ブロードとシーチングもたて方向のB値は比較的大きい値を示した。これには布地の厚さが関係しており、主として、糸の太さで二分化していることが推察された。

平均摩擦係数MIUは、カルゼ、サテックレープ、デシンが大で、たて・よこ方向の摩擦抵抗の差が著しく、よこ方向の摩擦抵抗が、たて方向の約2倍の値を示した。羽二重、シルクサテン、キュプラもこれと同様の傾向を示したが、MIU値は、カルゼ、サテックレープ、デシンよりも下回った。他の試料布については、たて・よこ方向で差は殆ど認められなかった。

ドレープ係数が、最大であったのは、せん断剛く、曲げ剛いデニムで、最小であったのはデシンであった。試料布の垂れ下がり投影図から数えたノードからは、布地の特性は認められなかった。

3) 主成分分析

試料の諸元及びKESから求めた力学特性値12項目について、主成分分析を試みたところ、第一主成分は布地の剛軟度や厚さの度合い、第二主成分は布地の伸長度合いと摩擦抵抗の大きさ、第三主成分は交錯点を説明すると考えられた。3主成分の寄与率は、それぞれ、51.8%、20.2%、12.7%となり、累積寄与率は84.8%と高い値が示された。14種の試料布は、第一・

第二主成分の散布図をもとに、5つのグループに分類され、その特性が偏ることなく広範囲に渡って選択されていることが確認された。

引用文献

- 1) 宮脇亜紀, 大塚美智子, 中村優美: スカートのフレアー形状の評価, 日本女子大学大学院紀要, 5: 77-86 (1999)
- 2) 天野敏彦, 高田和美, 川西定子 (1994): 布のドレープ性の評価: 繊維製品消費科学会誌 vol. 35, No. 10: 570-576
- 3) 川端季雄 (1991): KES-F システムとその応用: 繊維学会誌 vol. 47, No. 11 P-624~P-628
- 4) 風合い評価の標準化と解析 第2版 (1980): 社団法人 日本繊維機械学会 発行
- 5) 諸岡晴美, 丹羽雅子, 古里孝吉 (1976): 家政学会誌 vol. 27, No. 3: 43-48
- 6) 泉加代子, 丹羽雅子 (1983): ギャザースカートのシルエットと曲げ特性・振動特性との関係: 家政学雑誌 vol. 34, No. 2: 96-104
- 7) 松平光男, 川端季雄, 丹羽雅子 (1984): 薄手布の風合いを評価するための力学特性測定に関する研究: 繊維機械学会誌 vol. 37, NO. 4, T49-T-57
- 8) 坂口晴子, 加藤雅代, 丹羽雅子 (1985): 婦人服裏地の着用感に及ぼす素材物性の影響: 繊維製品消費科学会誌 vol. 26, NO. 8, 42-50
- 9) 丹羽雅子, 瀬戸房子 (1986): 布の力学的性質とドレープ性との関係: 繊維機械学会誌 Vol. 39, No. 11 T161 -T168
- 10) 泉 加代子 (1992): 布の力学特性とワンピースドレスのシルエットとの関係: 京都府立大学学術報告 (理学・生活科学) 第43号A系列 P21~30
- 11) 張如全, 松平光男 (1998): フレアスカートのシルエットの解析 (第1報) フレアスカートの静的形態に及ぼす布の力学特性の影響: 繊維機械学会誌 Vol. 51, No. 11 P232-P238

- 12) 張如全, 松平光男 (1999) : フレアスカートのシルエットの解析 (第 2 報) フレアスカートの動的形態に及ぼす布の力学特性の影響 : 繊維機械学会誌 Vol. 52, No. 8 T137-T142
- 13) 泉加代子, 丹羽雅子 (1989) : スカートにおける揺動の美しさと布力学特性との関係 : 繊維製品消費科学会 Vol. 30 No. 9 44-51
- 14) 野田仁美, 岡本佳美, 山川勝 (2003) : フレアスカートの揺動性について : 武庫川女子大学紀要 (自然科学) 51, 13-18
- 15) 小川成夫 (1991) : 自動縫製システムの研究開発 : 繊維学会誌 : vol. 47, No. 1 P-58~P-63
- 16) 棚辺晴美, 丹羽雅子 (1974) : 布の力学特性とドレープ係数との関係 : 繊維機械学会誌 Vol. 27, No. 12 T201-T207
- 17) 丹羽雅子, 瀬戸房子 (1986) : 布の力学的性質とドレープ性との関係 : 繊維機械学会誌 Vol. 39, No. 11 T161 -T168
- 18) 松平光男 (2003) : 布の静的及び動的ドレープ係数に関する一連の研究 : 繊維学会誌 Vol. 59, No. 9 P-306~P-310
- 19) 角谷裕子, 山崎正子 (1971) : フレアスカートについて 体型・地の目によるフレアスカートの観察及び考察 : 杉野女子大学紀要 16 - 26
- 20) 成瀬信子 (1985) : 基礎被服材料学 : 学校法人文化学園 文化出版局 発行
- 21) 中屋典子, 小林美百合 (1979) : 織物のバイアス布に関する基礎研究 (I) -被服構成の立場から- : 文化女子大学紀要 101-110
- 22) 大塚美智子, 三石幸夫 (1997) : 織物の左右バイアス方向における物性の非対称性 : 繊維学会誌 Vol. 53, No. 11 P-512~P-516
- 23) 福原衣麻, 大塚美智子 (1997) : 織物の左右バイアス方向における力学特性の左右差 : 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 第 12 号 165-172
- 24) 呉 祐吉, 篠原 昭 (1959) : 織物のカールについて : 繊維学会誌 15(4), 281-284

- 25) Ross Whitman (MARCH, 1947) : Curl in Woven Textile Fabric : Its Cause and Control :
TEXTILE RESEARCH JOURNAL 148-157
- 26) E. R. Kaswell (1953) : Textile Fibers, Yarns and Fabrics: New Yoke
- 27) Cusick (1965) : G. E. ; J. Text. Inst., 56, T596

参考文献

- 被服科学総論（上巻）-被服設計-（1980）：日本繊維機械学会 発行
- 中屋典子，落合由美子，半田真由美（1982）：織物のバイアス布に関する基礎研究（V）－
バイアスカラーのねじれについて－：文化女子大学紀要 59-70
- 石毛フミ子，岩崎芳江，中橋美智子，鳴海多恵子，生野晴美（1988）：消費者のための被服材
料：実教出版株式会社 発行
- 丹羽雅子（1997）：アパレル科学 美しく快適な被服を科学する：株式会社 朝倉書店 発行
- 田村照子（2004）：衣環境の科学：株式会社 建帛社 発行
- アパレル設計論 アパレル生産論（2013）：一般社団法人 日本衣料管理協会 発行

第 5 章

フレアースカートの局所的自重変形と
これに及ぼす布地の力学特性の影響

5.1 緒言

アパレル設計・生産の現場では、同型で布地だけを替えてアイテムを作成する、いわゆる布地の乗せ替えがごく一般的に行われている。しかし同一パターンで作成された衣服をボディに装着させた際のシルエット形状は、布地によって異なり、パタンナーは布地ごとにパターンの修正を余儀なくされる。もしこの変形をあらかじめ予測することができれば、パタンナーの修正作業が迅速化され、また、仮装着シミュレーションによるパターンの修正や精度の向上にも資すると考えられる。このような視点から、第3章では、スカートのウエスト部分を固定し、垂下・放置した際の変形を自重変形と捉え、4種の異なる布地で製作されたフレアスカートの自重変形が、どの部位でどの方向にどの程度生じているかを、円形捺印法^{1),2)}を用いて計測し分析に供した。結果、重力・直交方向の局所変形は、布地の種類、スカートの重力方向分割線(列)直交方向分割線(段)によって異なることを明らかにしたが、これらの局所変形が布地の力学特性とどのような関係を有するかについては、試料布の種類が少なく十分に検討することができなかった。第4章では、布地の物理特性に着目し、14種の試料布を選定、その特性について検討した結果、14種はその特性が偏ることなく広範囲に渡って選択されていることが確認された。

従来より、スカートのシルエットと布地の力学特性との関係については、多くの研究報告がなされている。棚辺ら³⁾、丹羽ら⁴⁾、松平ら⁵⁾はドレープ係数に寄与する物理量を明確にし、その基本物理量からドレープ係数算出式を導き出した。張ら⁶⁾は、フレアスカートを実物製作し、スカートの静的及び動的形態と布地の力学特性との関係を明らかにした。また、鮑ら⁷⁾は、MIT (Massachusetts Institute of Technology) ドレープ特性と力学特性との関係を考察している。しかし、スカートの局所変形との関係を調査したものは見られない。

そこで本章では、布地の種類を4種から、繊維組成・構造の異なる14種へと拡大し、第3章と同様の方法で、局所的自重変形の特質を再確認するとともに、変形に及ぼす布地の力学

特性の影響を，重回帰分析法を用いて検討した。

5.2 研究方法

5.2.1 試料布（14種）

試料布は，第4章で用いた14種とした。これは，第3章で使用したシーチング，綿ブロード，ポリエステル製のサテックレーブ，キュプラ裏地に加えて，各種天然繊維，再生繊維，合成繊維，それらの混紡など，一般的に使用される布地である。試料布の諸元及び力学特性については，第4章と同様に測定した。即ち，繊維組成，織組織，厚さ，糸密度，平面重，撚り方向と，それらに加えて，交錯点，糸の太さを測定し，KES-FB風合い計測システム（以下KESと略す）を使用して，変形に影響を及ぼすと予測される，引張り伸び率（Tensile strain，以下EMTと略す），せん断剛性（Shear rigidity，以下Gと略す），曲げ剛性（Bending rigidity，以下Bと略す），平均摩擦係数（Average frictional coefficient，以下MIUと略す）の4項目を測定した。尚，略号の下付き記号wpは経方向(warp)を，wfは緯方向（weft）を表し，図表中の／は(右バイアス)\は(左バイアス)を表している。KESの測定結果を諸元と合わせて表5-1に示す。

Table 5-1 General information and the mechanical characteristics of the fabrics measured by KES
(warp and weft direction)

Fabric	Component fiber (%)	Weave	Thickness (mm)	Weave density (/cm)		Weight (g/m ²)	Direction of twist		Crossing point	Tensile	Shearing	Bending	Surface
				warp	weft		warp	weft		EMT(%)	G(gf/cm/deg)	B(gf·cm ² /cm)	MIU
Broad	Cotton 100%	Plain	0.24	60×30	125	Z	Z	1	2.13	3.50	0.1530	0.126	
									4.04	3.57	0.0436	0.121	
Sheeting	Cotton 100%	Plain	0.25	30×30	111	Z	Z	1	1.42	1.65	0.1893	0.145	
									3.61	1.65	0.0372	0.143	
Denim	Cotton 100%	Twill	0.80	30×20	407	Z	Z	0.5	5.12	5.66	0.3866	0.154	
									3.04	5.33	0.3160	0.157	
Gabardine	Wool 100%	Twill	0.36	30×30	192	S	Z	0.67	5.25	2.93	0.1010	0.097	
									2.85	2.67	0.0614	0.121	
Woolgauze	Wool 100%	Plain	0.52	20×20	123	S	S	1	10.42	2.31	0.0538	0.194	
									14.00	2.56	0.0479	0.200	
Serge	Wool 97% Nylon2% Polyurethane1%	Twill	0.63	30×20	210	S	S	0.5	4.77	2.48	0.1330	0.156	
									14.47	2.39	0.0718	0.162	
Tweed	Wool 100%	Twill	0.73	10×10	244	S	S	0.5	5.75	2.08	0.2200	0.200	
									10.06	2.00	0.1623	0.204	
Kersey	Wool 100%	Twill	0.76	10×10	269	S	S	0.67	5.26	2.18	0.1571	0.139	
									9.26	2.15	0.1151	0.239	
Habutae	Silk 100%	Plain	0.10	60×40	45	—	—	1	3.02	0.21	0.0023	0.097	
									1.37	0.20	0.0025	0.151	
Silksatin	Silk 100%	Satin	0.18	140×50	70	—	ZZSS	0.4	2.57	0.19	0.0283	0.074	
									3.80	0.19	0.0048	0.145	
Satincrepe	Polyester 100%	Satin	0.20	110×40	87	—	ZZSS	0.4	1.34	0.21	0.0504	0.163	
									9.59	0.16	0.0129	0.266	
Crepe de chine	Polyester 100%	Plain	0.25	70×50	92	—	ZSZS	1	4.76	0.28	0.0131	0.165	
									1.89	0.19	0.0091	0.237	
Amunzen	Polyester 100%	Crepe	0.27	50×30	109	—	—	0.59	2.52	0.34	0.0673	0.163	
									4.29	0.32	0.0334	0.194	
Cupro	Cupra 100%	Twill	0.17	70×40	112	S	—	0.5	1.16	0.42	0.0696	0.094	
									1.84	0.35	0.0546	0.169	

5.2.2 実験用スカートの製作

実験用スカートの製作は、すべて第3章に準じた。即ち、対象は文化型ヌードボディ7号（ウエスト寸法=61.5 cm，ヒップ寸法=90 cm）とし、パターンはこれに合わせて、アパレルCAD「CREACOMPO II」（東レ ACS 株式会社）に搭載済のバーチャルボディ ACS_レディス（セツトイン）を変形させて作成した。フレアー分量は、前後中心と脇線の角度を33度、スカート丈を80 cmに設定、中心の地の目はたて地、スカートの明きは、縫い目を利用して後中心に設定した。縫い目はアイロンで割り、インサイドベルトは縫い代にのせ、コバステッチで留めつけ、裾は出来上がり線を裁ち切りにした。スカートは布地ごとに2枚ずつ製作し実験に供した。詳細は第3章の通りである。

5.2.3 自重変形の計測

1) 計測線・計測点

計測線，計測点，計測方法のいずれも一部を除いて第3章と同様である。即ち，たて方向の計測線（以下列とする）は，前後身頃の中心線（Front Center Line, Back Center Line 以下 FC, BC と略す），左右脇線（Left Side Line, Right Side Line 以下 FL33, BL33 と FR33, BR33 と略す），左右中間線（Left Center Line, Right Center Line 以下 FL16.5, BL16.5 と FR16.5, BR16.5 と略す）の10線とした。但し，縫い目の影響を最小限とする為，中心線は中心縫い目より2.5 cm右身頃側に設定，脇線は脇縫い目より5 cm内側に設定した。よこ方向の計測線（以下段とする）は，腰囲線（Hip Line 以下 H.L と略す）から上下平行に10 cmの位置をそれぞれ1段目，2段目，裾線から平行に上方3 cmの位置を4段目とし，2段目と4段目の中間線を3段目とした。計測点は，各段と各列の交点40点とした。

2) 計測方法

局所変形の計測にあたっては，たて，よこ，斜めに内部線が入った直径20 mmの計測用円形スタンプを用いて，裁断時の平らな状態で，スタンプの中心を各計測点に合わせて押印した。第3章では，スタンプのたて方向を布地のたて地の目に合わせて押印した為，重力・直交方向の変化には，楕円式による推定値を用いたが，本章ではスタンプのたて方向を，各計測線の重力方向に合わせて押印し，重力・直交方向の変化率を直接計測することとした。製作した実験用スカートは一枚ずつハンガーに吊るし，室温 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相対湿度 $65\pm 5\%$ の恒温恒湿室内に放置した。24時間経過後と2週間経過後に，文化型ヌードボディ7号に着装させ，各列（但し，脇線と中心線は縫い目線上で計測した為，計8線）のW.Lからへムまでの長さをメジャーで計測，また2週間経過後には，押印した計測円の重力方向と直交方向の内径をデジタルノギスで計測した。

5.2.4 分析方法

分析には、統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics を使用し、以下の分析を行った。

- (1) スカート各列長さの変化率を目的変数、放置時間、布地、及び、各列計測線を要因とする三元配置の分散分析を行った。
- (2) 各計測点における重力・直交方向の変化率を求めこれを対象に、布地、段、列を要因とする三元配置の分散分析を行った。有意差の得られたものについては、Bonferroni 法による多重比較を行った。
- (3) スカート各列長さの変化率を目的変数とした場合と、スカートの部位別変化率を目的変数とした場合とに分けて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。説明変数としては、布地の力学特性、即ち、EMTwp, EMTwf, Gwp, Gwf, Bwp, Bwf, MIUwp, MIUwf と布地の諸元、即ち、厚さ (Thickness, 以下 TH と略す) , 平面重 (Weight, 以下 W と略す) , 糸密度 (Weave Density, 以下 D と略す) , 交錯点 (Crossing Point, 以下 CP と略す) を用いた。
- (4) 統計的有意水準は、いずれの場合も 5%以下とした。また、投入する F の確率 ≤ 0.05 , 除去する F の確率 ≥ 0.1 とした。

5.3 結果

5.3.1 スカート各列長さの変化

スカート各列長さの24時間経過後と2週間経過後の結果を表5-2に示す。分散分析の結果、放置時間、布地、列、各要因ともに、 $P<0.05$ または $P<0.01$ の有意差が認められた。ただし放置時間、即ち、24時間経過後から2週間経過後の変化率は、 $-0.09\% \sim +0.22\%$ と僅少であり、フレアースカートの自重変形は、大半が着装24時間以内に発生していることが示唆された。列の主効果にも有意な効果が認められた為、多重比較を行ったところ、前後中心線間、並びに右バイアス方向のFR33/BL33間、FR16.5/BL16.5間、左バイアス方向のFL33\BR33間、FL16.5\BR16.5間には有意な差が認められなかった為、これらの結果を統合し、再度分析に供した。結果、左右脇線、即ち、FR33/BL33、FL33\BR33ではいずれの布地も伸長し、変化率は平均3.53%、3.31%であった。最も伸長が著しかった布地は、シルクサテンで左右平均+6.51%、次いで羽二重が左右平均+6.11%の伸長を示したが、ブロードとシーチングは、左右平均+0.03%、 -0.28% と両者とも1%未満であった。前後中心線FC、BCにおける変化率は平均0.04%といずれの布地においても僅少で、 $-0.72\% \sim +1.16\%$ に分布、即ち、布地によっては重力方向であってもむしろ収縮するものも見られた。左右中間線、即ち、FR16.5/BL16.5、FL16.5\BR16.5の変化はその中間に位置し、平均1.19%、1.66%であった。

Table 5-2 Change of the skirt length in each column
After 24 hours and after 2 weeks hanging

Fabric	elapsed time	FR33	FR16.5	FC,BC	FL16.5	FL33
		BL33	BL16.5		BR16.5	BR33
		%	%	%	%	%
Broad	24H	0.22	0.09	-0.25	0.08	0.00
	2W	0.06	0.14	-0.33	0.05	0.00
Sheeting	24H	-0.12	-0.27	-0.46	-0.16	-0.28
	2W	-0.31	-0.41	-0.53	-0.22	-0.25
Denim	24H	0.74	0.31	0.55	0.47	0.86
	2W	0.74	0.37	0.47	0.44	0.62
Gabardine	24H	1.98	1.47	0.72	1.28	1.67
	2W	1.98	1.53	0.72	1.44	1.85
Woolgauze	24H	5.25	3.09	1.07	2.78	4.44
	2W	5.49	3.12	1.16	3.09	4.75
Serge	24H	3.40	2.18	0.66	1.81	3.27
	2W	3.89	2.56	0.82	2.18	3.64
Tweed	24H	5.56	2.25	0.00	1.97	4.88
	2W	5.37	2.22	0.00	2.25	5.00
Kersey	24H	4.26	2.12	-0.05	1.56	4.57
	2W	4.69	2.47	-0.05	1.65	4.63
Habutae	24H	5.93	4.21	-0.25	2.37	5.56
	2W	6.23	4.12	-0.42	2.56	5.99
Silksatin	24H	6.23	4.31	0.19	3.25	6.30
	2W	6.54	4.07	0.16	3.21	6.48
Satincrepe	24H	4.35	1.97	-0.77	1.61	5.00
	2W	4.63	2.62	-0.69	1.69	4.88
Crepe de chine	24H	3.70	1.11	-0.12	2.56	3.09
	2W	3.89	1.12	-0.13	2.64	3.24
Amunzen	24H	3.40	1.34	-0.08	1.25	3.33
	2W	3.40	1.70	0.09	1.26	3.33
Cupro	24H	2.35	0.62	-0.50	0.78	1.98
	2W	2.84	1.12	-0.72	1.00	2.22
Average	24H	3.37	1.77	0.05	1.54	3.19
	2W	3.53	1.91	0.04	1.66	3.31
Standard deviation	24H	2.02	1.36	0.51	0.98	2.01
	2W	2.14	1.33	0.56	1.04	2.08

5.3.2 スカートの局所変形

スカート各計測点における重力・直交方向の部位別変化率を求め、これを対象に、布地・段・列を要因とする三元配置の分散分析を行った。ここでも、同一部位を対象に、前後身頃間の平均値の差の検定を行った結果、有意差が認められなかった為、前述のように前後身頃の変化率を統合して分析に供した。結果は表 5-3(a) と表 5-3(b) に示す通り、布地・段・列いずれの要因についても危険率 1% 以下の有意差が示された。そこで、各要因について Bonfer

-roni の多重比較を行った。布地間の差を図 5-1 に、布地間の差の検定結果を表 5-4 に示す。重力方向の部位別変化率を見ると、シルクサテンが平均+4.92%と最も高く、ウールガーゼと羽二重を除く 11 種の布地との間に 5%水準で有意差が認められた。次いで変化率が大であったのは、ウールガーゼの+3.97%と羽二重の+3.70%であった。それに対して、ブロードとシーチングは変化率が-0.16%~-0.37%と僅かに収縮傾向を示し、デニムを除く 11 種の布地との間に 5%水準で有意差が認められた。直交方向については、すべての布地で収縮を示し、シルクサテンは平均-4.91%と最大で、ウールガーゼ、ツイード、カルゼ、羽二重、デシンを除く、8 種の布地との間に 5%水準で有意差が認められた。変化率が僅少であったのはデニムで、次いでブロード、シーチング、ギャバジン、キュプラと続いた。デニムはこれらを除く 9 種の布地との間に 5%水準で有意差が認められた。

Table 5-3(a) Result of 3-way ANOVA (Gravity direction) test

Sauce	Type	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-measure	Significance probability
Fabric		823.189	13	63.322	22.000	**
Row		847.249	3	282.416	98.121	**
Column		534.525	8	66.816	23.214	**

**p<0.01

Table 5-3(b) Result of 3-way ANOVA (Orthogonal direction) test

Sauce	Type	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-measure	Significance probability
Fabric		585.145	13	45.011	13.478	**
Row		1212.729	3	404.243	121.048	**
Column		496.268	8	62.033	18.575	**

**p<0.01

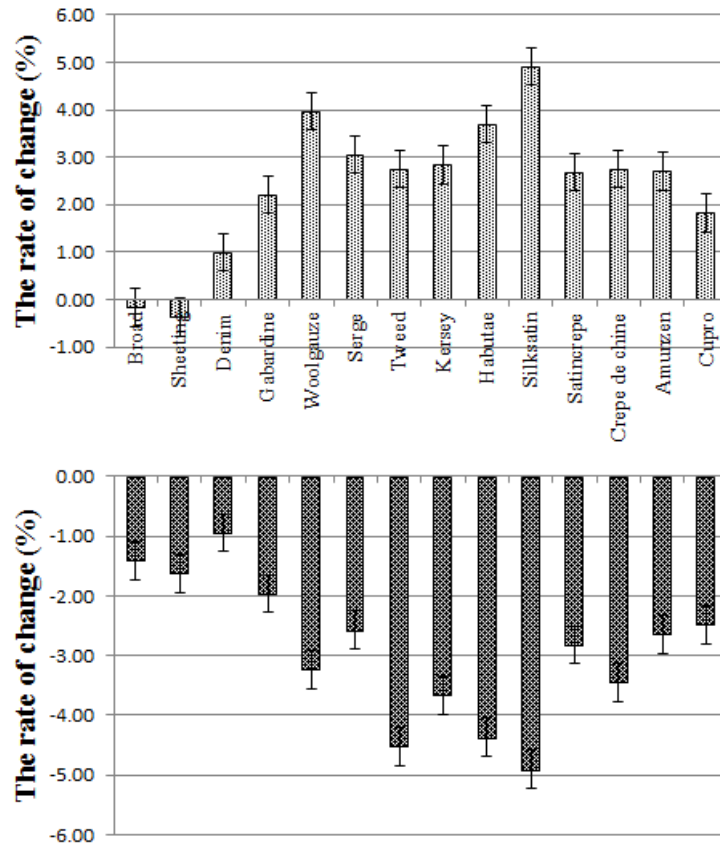


Fig.5-1 Multiple comparisons among fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

Table 5-4 Multiple comparisons among fabrics (Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

O \ G	Broad	Sheeting	Denim	Gabardine	Woolgauze	Serge	Tweed	Kersey	Habutae	Silksatin	Satinrepe	Crepe de chine	Amunzen	Cupro
Broad		0.23	1.06	2.17*	3.75*	2.93*	2.47*	2.57*	3.44*	4.58*	2.58*	2.61*	2.61*	1.76*
Sheeting	0.26		1.29	2.40*	3.97*	3.15*	2.70*	2.80*	3.66*	4.81*	2.81*	2.84*	2.84*	1.99*
Denim	0.36	0.62		1.11	2.69*	1.87*	1.41*	1.51*	2.38*	3.52*	1.52*	1.55*	1.55*	0.70
Gabardine	0.59	0.33	0.95		1.58*	0.75	0.30	0.40	1.26	2.41*	0.41	0.44	0.44	0.41
Woolgauze	1.85*	1.59*	2.21*	1.25		0.82	1.28	1.18	0.31	0.83	1.17	1.14	1.14	1.99*
Serge	1.31	1.05	1.67*	0.71	0.54		0.46	0.35	0.51	1.66*	0.34	0.31	0.32	1.16
Tweed	3.01*	2.75*	3.36*	2.41*	1.16	1.70*		0.10	0.97	2.11*	0.11	0.14	0.14	0.71
Kersey	2.18*	1.92*	2.54*	1.59*	0.33	0.87	0.83		0.86	2.01*	0.01	0.04	0.04	0.81
Habutae	2.89*	2.55*	3.17*	2.22*	0.96	1.50*	0.20	0.63		1.14	0.86	0.83	0.83	1.67*
Silksatin	3.24*	2.98*	3.60*	2.65*	1.39	1.93*	0.24	1.06	0.43		2.00*	1.97*	1.97*	2.82*
Satinrepe	1.27	1.01	1.63*	0.68	0.58	0.04	1.73*	0.91	1.54*	1.97*		0.03	0.03	0.82
Crepe de chine	1.20*	1.74*	2.35*	1.40	0.15	0.69	1.01	0.18	0.81	1.25	0.72		0.00	0.85
Amunzen	1.24	0.98	1.60*	0.65	0.61	0.07	1.77*	0.94	1.57*	2.00*	0.03	0.76		0.85
Cupro	1.04	0.78	1.39	0.44	0.81	0.27	1.97*	1.14	1.77*	2.21*	0.24	0.96	0.20	

*p<0.05

段の影響については図 5-2 に示す通り、重力方向では 2 段目の平均変化率が最大で、+4% 以上を示し、他の段との間に 5%水準で有意差が認められた。1 段目と 3 段目はともに+2%台で、やや 3 段目の変化率の方が大きいですが、両者間に有意な差は認められなかった。これに対して 4 段目の変化率は+0.22%と 1%未満で、他の段との間に 5%水準で有意差が認められた。直交方向についても、2 段目の変化率が-5%以上と最大で、他の段との間に 5%水準で有意差が認められた。次いで 1 段目と 3 段目に関しては、-3%前後の収縮が認められた重力方向同様、有意な差は認められなかった。4 段目の変化率は 1%に満たず、他の段との間で 5%水準の有意差が認められた。各計測点にかかるスカートの荷重は 1 段目が最大で、下方になるほど減少する。従って、重力方向の変形は 1 段目が最大となることが予測された。しかし 1 段目の変形は 2 段目のそれより有意に小さく、その理由としては、ウエストから腹部・腰部にかけては布地がボディに接触している為、力が分散され、2 段目以下ではスカートがボディから離れる為、荷重の影響がそのまま反映されたと考えられる。

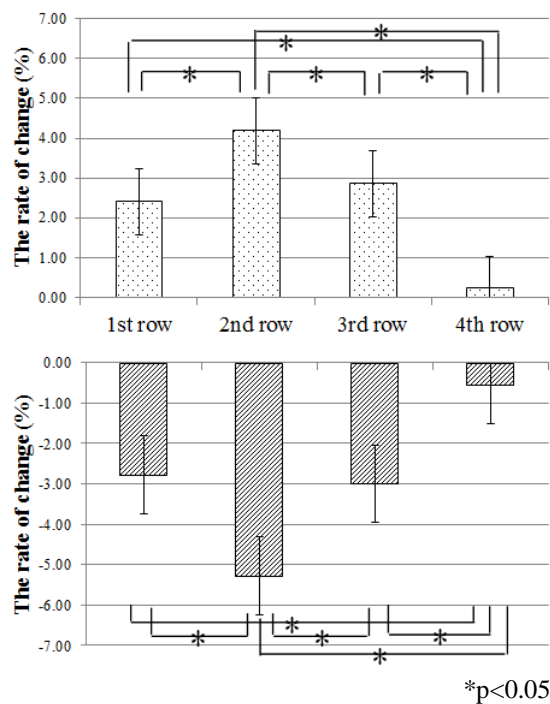


Fig.5-2 Multiple comparisons among rows
(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

列の影響については図 5-3 に示す通り、重力方向では中心線上の平均変化率が 0.20%と僅少で、左右脇線 FR33/BL33, FL33\BR33 上では平均+3.19%と大きく伸長し、中間線 FR16.5/BL16.5, FL16.5\BR16.5 上では平均+1.65%の伸長が示され、中間線と左右脇線上との間に 5%水準で有意差が認められた。直交方向の変化率は、重力方向のそれと拮抗し、左右脇線上で平均-3.77%、中間線上で平均-2.05%の収縮が示され両者間には 5%の有意差が認められた。本研究におけるスカートは中心線にたて地の目を通してることから、重力方向の荷重に対しては、地の目が正バイアス方向に近づくほどせん断変形等が加わり、大きく変化したものと考えられる。

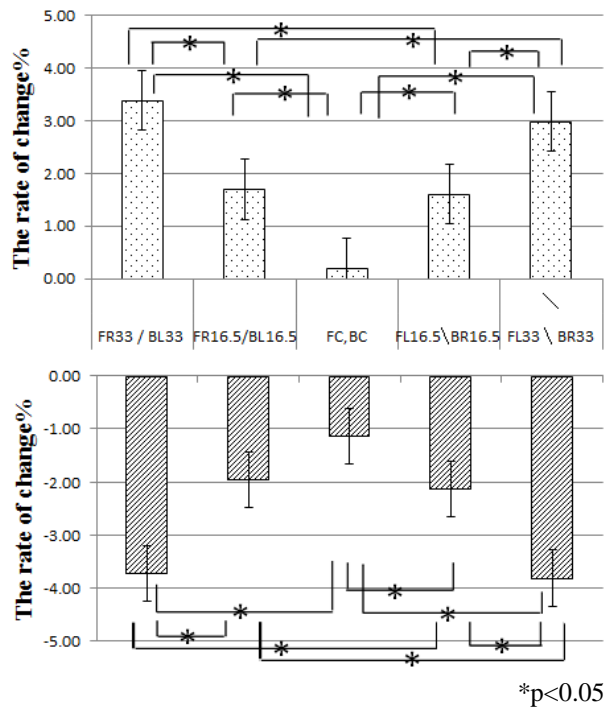


Fig.5-3 Multiple comparisons among columns
(Upper: gravity direction, Lower: orthogonal direction)

5.3.3 スカート各列長さの自重変形に関わる布地の力学特性の抽出

スカート各列長さの自重変形に関わる布地の力学特性を抽出する目的で、スカート各列長さの変化率を目的変数、布地の力学特性、即ち、EMTwp, EMTwf, Gwp, Gwf, Bwp, Bwf, MIUwp, MIUwf と厚さ (TH) , 平面重 (W) , 糸密度 (D) , 交錯点 (CP) を説明変数とする重回帰分析をステップワイズ法で行った。ここで第一段階としては、すべての計測点の変化率を目的変数として分析に供したが、FR16.5/BL16.5, FL16.5\BR16.5 には共通な変数が抽出された為、これらを統合してスカートの各計測点を①～③に分割し (表 5-5) 再度分析に供した。結果、変化が僅少であった中心線を除き、各線の変化率について危険率 1%以下の有意な回帰式が得られた。(表 5-6) 即ち、右バイアス方向の左右脇線 FR33/BL33 については、Bwp, Bwf が抽出され、決定係数 0.503 が、一方、左バイアス方向の左右脇線 FL33\BR33 については、Gwp, EMTwp, CP の 3 要因が抽出され、決定係数 0.770 が得られた。同じ脇線であっても左右、即ち、バイアスの地の目方向によって、関与する要因とその寄与率が異なることが示された。また、左右中間線については、Bwp と TH が抽出され、決定係数 0.572 が得られた。これらの回帰式を用いた予測値は、実測値と比較的高い相関を示した。

Table 5-5 Position of local deformation with multiple regression analysis (1)

FR33/BL33	FR16.5/BL16.5 FL16.5\BR16.5	FL33\BR33
①	②	③

Table 5-6 Result of multiple regression analysis of the skirt length

Multiple regression equation (skirt length)	Contribution rate
① $y=6.149+(-37.198 \times Bwp) +(33.114 \times Bwf)$	$R^2=0.503^{**}$
② $y=1.849+(-13.293 \times Bwp) +(3.791 \times TH)$	$R^2=0.572^{**}$
③ $y=5.706+(-1.058 \times Gwp) +(0.517 \times EMTwp)+(-3.113 \times CP)$	$R^2=0.770^{**}$

**p<0.01

5.3.4 スカートの局所的自重変形に関わる布地の力学特性の抽出

スカートの局所的自重変形が布地の力学特性と、どのような関係を示すかを明らかにする為に、部位別変化率を目的変数、布地の力学特性、即ち、EMTwp, EMTwf, Gwp, Gwf, Bwp, Bwf, MIUwp, MIUwf と厚さ (TH) , 平面重 (W) , 糸密度 (D) , 交錯点 (CP) を説明変数とする重回帰分析をステップワイズ法で行った。ここでも前述と同様に、すべての計測点の変化率を目的変数として分析に供したが、1 段目から 3 段目の FR16.5/BL16.5, FL16.5\BR16.5 と 4 段目の全列には、共通な説明変数が抽出された為、これらを統合してスカートの各計測点を①～⑩に分割し (表 5-7) 再度重回帰分析に供した。抽出された回帰式は、表 5-8 (a), 表 5-8 (b) に示す通りである。

1 段目の重力方向の変化率に寄与する項目としては、すべての列で EMTwp が抽出された。一方、直交方向の左右脇線では EMTwp 及び D が、左右中間線では Gwf 及び TH が抽出され、列の位置によって異なる結果となった。回帰式はいずれについても 1% または 5% 以下の有意差を示したが、左右脇線の直交方向における決定係数は高くなかった。重力方向すべての列で、EMT 即ち、引張り伸び率のみが抽出されたことは、1 段目にかかるスカートの荷重の影響が大であることが考えられた。それに対して、直交方向では変形要因が複数抽出されたが変化率は小さく、布地とボディとの接触によって生じる摩擦の影響等が考えられた。

2 段目の重力方向の変化率に関与する項目としては、左右脇線の FR33/BL33 で Gwp 及び TH が、FL33\BR33 では Gwf, EMTwp, CP の 3 要因が、また左右中間線では Bwp, Bwf が抽出された。一方、直交方向では、左右脇線の FR33/BL33 で Gwp 及び TH が、FL33\BR33 では Gwp 及び EMTwp が、また左右中間線では Gwp 及び TH が抽出された。全体的に 2 段目の変形を大きく左右する要因としては重力・直交方向ともにせん断剛性の影響が大で、次いで、厚さが関与していることが伺われた。但し、左右中間線では経緯の曲げ剛性のみが抽出され、せん断の影響は脇部で大きく中間部では曲げの影響が大であった。これは左右脇線が正バイアス地の目

に近く、最も伸長が大であったことが理由として考えられる。また左右中間線では、縫い目線の影響が僅少であり、布地の特性がストレートに表れたのではないかと推察される。回帰式はいずれについても1%以下の有意差を示し、決定係数 R^2 は重力方向で0.49~0.65、直交方向では0.53~0.65と、1段目に比してやや高い値が示された。

3段目の重力方向の変化率に関与する項目としては、左右脇線のFR33/BL33で G_{wp} 及び EMT_{wp} が、FL33\BR33では G_{wp} 、 EMT_{wp} に加えてCPの3要因が、また左右中間線では B_{wp} 及び B_{wf} が抽出された。脇部では主としてせん断と引張りが、中間部では2段目と同様、経緯の曲げ剛性が支配的で決定係数 R^2 は0.49~0.79であった。回帰式はいずれも1%または5%以下の有意差を示した。一方、直交方向では、左右脇線のFR33/BL33で G_{wp} 及び TH が、FL33\BR33では G_{wp} 及び EMT_{wp} が、また左右中間線では G_{wp} が抽出された。回帰式の有意性は1%または5%以下が示され、決定係数 R^2 は0.43~0.64と2段目に近似した値が示された。

4段目では、布地の荷重負荷が小さい為、変形が小さくその変化率に関与する項目としては D が抽出され、回帰式の有意性は1%または5%以下が示された。決定係数は重力方向で0.49、直交方向では0.27といずれも高くなかった。

重力・直交方向各段から抽出された力学特性の予測値と実測値の相関を図5-4及び図5-5に示す。1段目~3段目の右バイアスFR33/BL33と左バイアスFL33\BR33では決定係数が異なり、予測値と実測値間の相関は、直交方向1段目を除くすべての段で、右バイアスの方が低い結果となった。また、直交方向1段目のFL33\BR33と3段目のFR16.5/BL16.5、FL16.5\BR16.5では、決定係数 R^2 が0.32、0.35と低い相関を示したものの、それ以外の部位では比較的高い相関を示した。特に、重力方向の2段目、3段目の決定係数 R^2 は0.57~0.84と高く、直交方向でも2段目の決定係数 R^2 は0.60~0.71といずれも高い値を示した。

Table 5-7 Position of local deformation with multiple regression analysis (2)

	FR33/BL33	FR16.5/BL16.5	FL33\BR33
		FL16.5\BR16.5	
1st	①	②	③
2nd	④	⑤	⑥
3rd	⑦	⑧	⑨
4th	⑩		

Table 5-8(a) Result of multiple regression analysis of the local deformation
(Gravity direction)

Multiple regression equation (Gravity direction)	Contribution rate
① $y=0.309+(0.668 \times \text{EMT}_{wp})$	$R^2=0.451^{**}$
② $y=0.552+(0.525 \times \text{EMT}_{wp})$	$R^2=0.413^{**}$
③ $y=0.051+(0.723 \times \text{EMT}_{wp})$	$R^2=0.647^{**}$
④ $y=5.829+(-2.349 \times \text{G}_{wp})+(11.271 \times \text{TH})$	$R^2=0.493^{**}$
⑤ $y=4.275+(-33.548 \times \text{B}_{wp})+(32.526 \times \text{B}_{wf})$	$R^2=0.588^{**}$
⑥ $y=8.465+(-1.600 \times \text{G}_{wf})+(0.872 \times \text{EMT}_{wp})+(-5.563 \times \text{CP})$	$R^2=0.649^{**}$
⑦ $y=4.534+(-1.299 \times \text{G}_{wp})+(0.428 \times \text{EMT}_{wp})$	$R^2=0.490^{**}$
⑧ $y=3.233+(-24.768 \times \text{B}_{wp})+(20.556 \times \text{B}_{wf})$	$R^2=0.591^{**}$
⑨ $y=6.289+(-1.400 \times \text{G}_{wp})+(0.542 \times \text{EMT}_{wp})+(-3.037 \times \text{CP})$	$R^2=0.786^{**}$
⑩ $y= -0.804+(0.250 \times \text{D})$	$R^2=0.494^{**}$

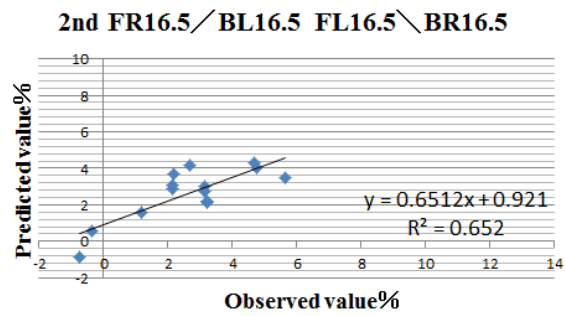
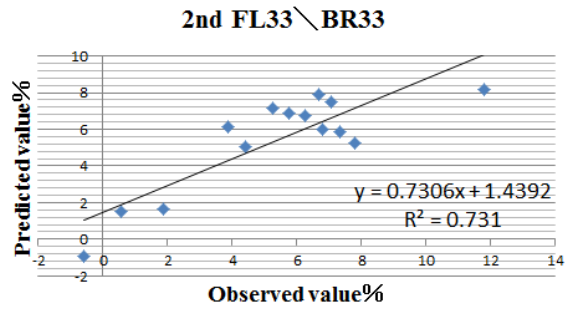
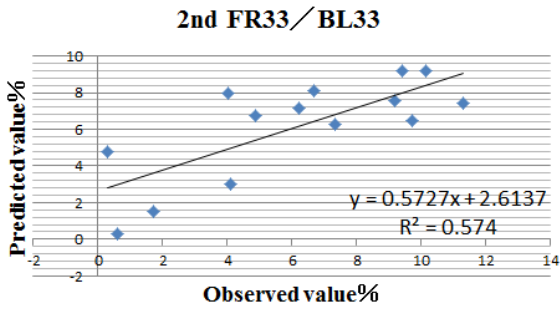
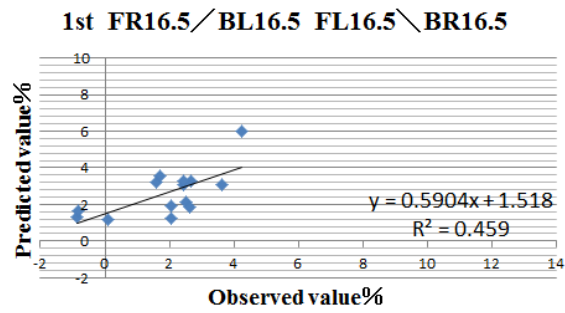
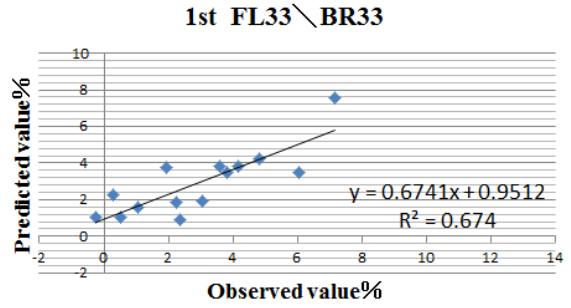
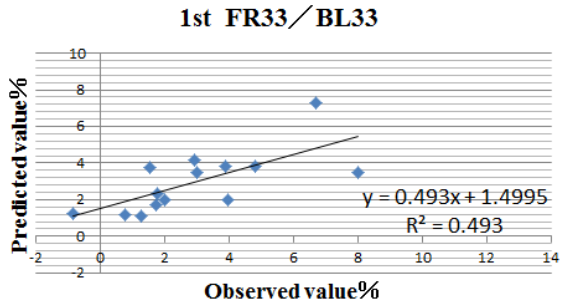
**p<0.01

Table 5-8(b) Result of multiple regression analysis of the local deformation

(Orthogonal direction)

Multiple regression equation (Orthogonal direction)	Contribution rate
① $y = -1.516 + (-0.461 \times \text{EMTwp})$	$R^2 = 0.390^{**}$
② $y = -2.442 + (0.563 \times \text{Gwf}) + (-2.032 \times \text{TH})$	$R^2 = 0.584^{**}$
③ $y = -4.991 + (0.044 \times \text{D})$	$R^2 = 0.264^*$
④ $y = -7.578 + (2.821 \times \text{Gwp}) + (-13.397 \times \text{TH})$	$R^2 = 0.534^{**}$
⑤ $y = -3.564 + (0.988 \times \text{Gwp}) + (-3.606 \times \text{TH})$	$R^2 = 0.528^{**}$
⑥ $y = -7.103 + (1.637 \times \text{Gwp}) + (-0.633 \times \text{EMTwp})$	$R^2 = 0.654^{**}$
⑦ $y = -3.626 + (1.519 \times \text{Gwp}) + (-6.598 \times \text{TH})$	$R^2 = 0.426^*$
⑧ $y = -2.954 + (0.494 \times \text{Gwp})$	$R^2 = 0.298^*$
⑨ $y = -4.027 + (1.148 \times \text{Gwp}) + (-0.569 \times \text{EMTwp})$	$R^2 = 0.636^{**}$
⑩ $y = 0.284 + (-0.021 \times \text{D})$	$R^2 = 0.270^*$

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



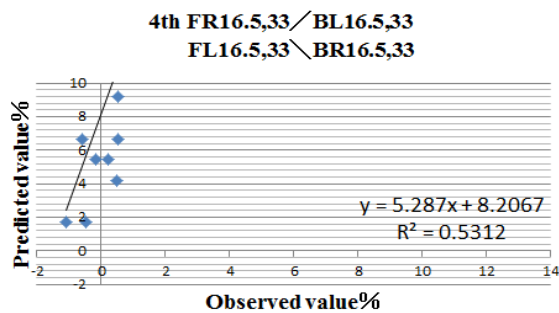
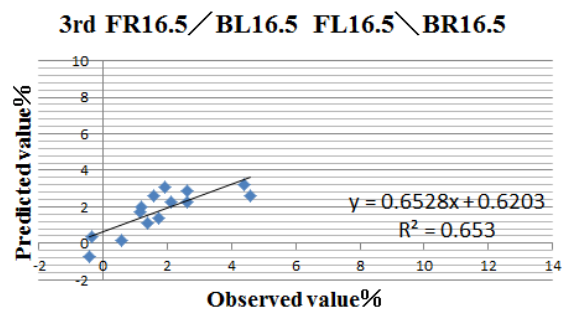
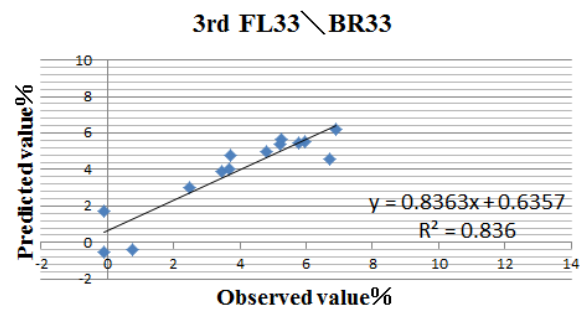
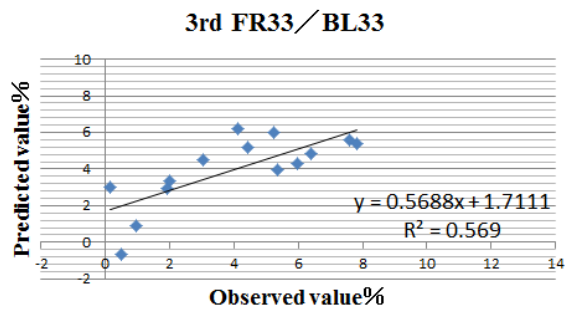
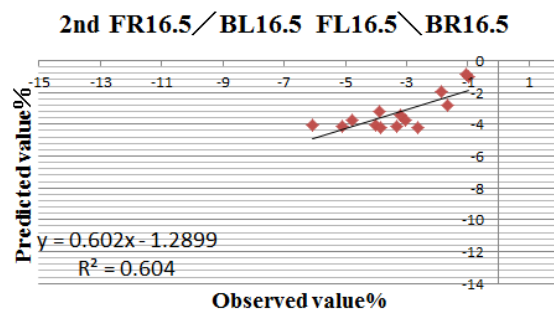
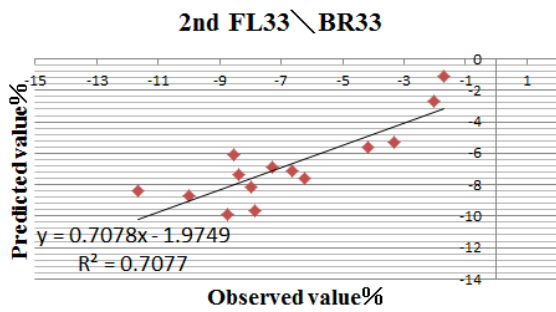
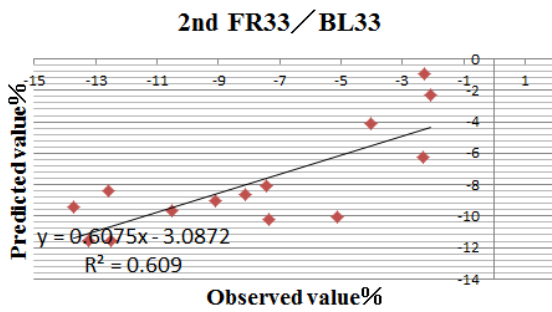
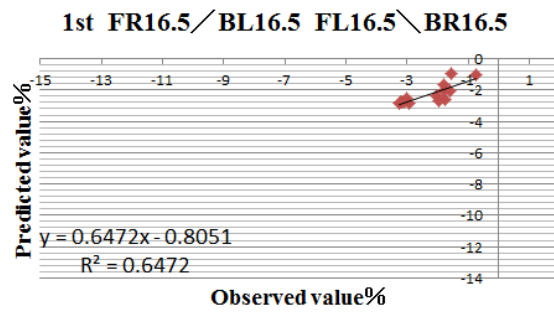
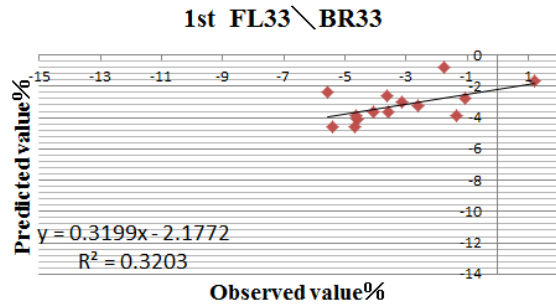
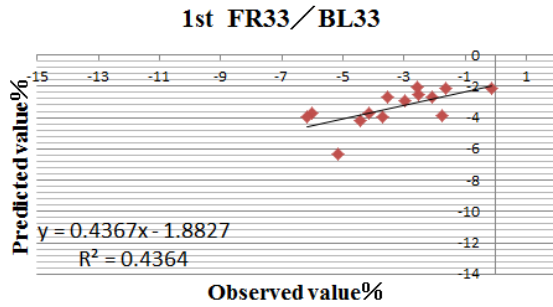


Fig.5-4 Relationship between predicted value and observed value using multiple regression equation (1st row , 2nd row , 3rd row , 4th row) Gravity direction



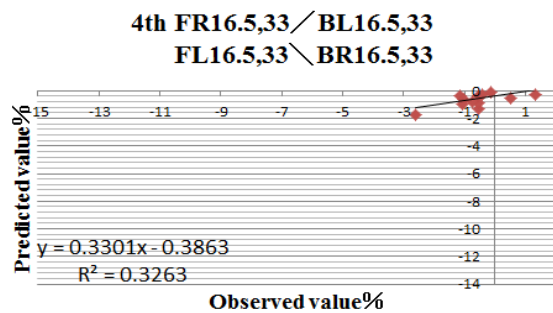
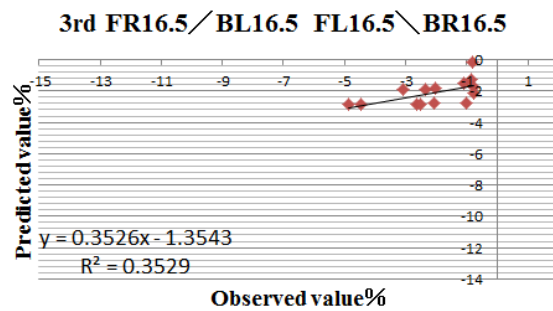
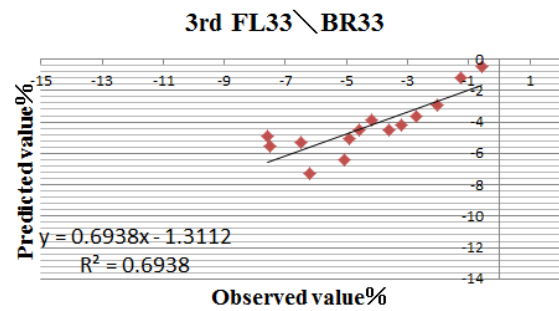
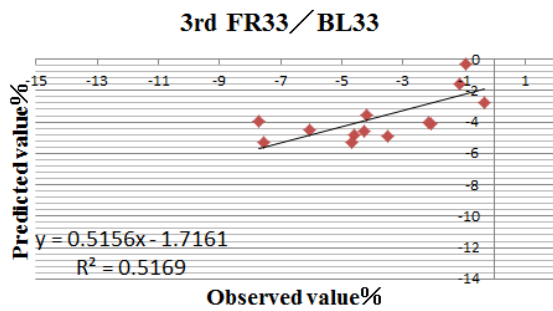


Fig.5-5 Relationship between predicted value and observed value using multiple regression equation (1st row , 2nd row , 3rd row , 4th row) Orthogonal direction

5.4 考 察

フレアスカートについて、角谷ら⁸⁾は「材質、カッティング、縫製テクニック、地の目、着用者の体型などによって、その形状は異なりシルエットにも変化があらわれる。」また、宮脇ら⁹⁾も「これらの要因が互いに作用し合い、フレア形状に大きな影響を与えている。」と述べているように、フレアスカートは多くの要因によって、形状が決定される為、変形が起りやすい。それは同一パターンであっても布地によって異なる形状を示すことから、しばしば問題視されてきた。

そこで本章では、その変形要因を定量的に把握するため、自重変形を部位別に重力・直交方向で捉え、変形に関わる力学特性の影響について14種の布地を用いて検討した。その結果、三元配置の分散分析では、布地によって、また、長さ方向を分割した段によって、更に、フレアの角度方向を分割した列によって異なることが確認された。また、スカートの局所的自重変形が布地の力学特性と、どのような関係を示すかについて重回帰分析した結果、重力・直交方向の変化率に関与する力学特性を、スカートの各段・各列別に抽出することができた。

これまでのフレアスカートの変形に関する研究報告を見ると、大塚ら¹⁰⁾は、全円サーキュラスカート(60cm丈)のバイアス方向の伸びと痩せについて、時間経過に伴う変化量を計測している。それによると、スカートの長さは、経糸方向では伸長しないが、バイアス方向では最も伸長することを指摘している。この結果は、本章の中心線での変形は僅少で、正バイアスに近づくほど、即ち、左右中間線、左右脇線の順に伸長が顕著であった結果と一致している。但し、本章における中心線の重力方向は経糸方向と一致し、2週間放置後の長さ変化は、大塚らの指摘と同様、平均0.04%と僅少であるが、今回の試料布14種中、半数の7種では伸長することなくむしろ収縮が示された。この原因としては、前後中心には縫い目がある為、縫い縮みや縫い糸の緩和による影響が、また布地そのものにも製織工程中や仕上げ加工時において、強い張力がかかり、これがスカートの縫製、放置中に緩和収縮したことが

考察された¹¹⁾。スカート放置後の変形には、このような布地や縫い糸の緩和特性への配慮も必要であることが示唆された。

スカートの変形を局所的に調査した報告はほとんど見られないが、前述の大塚らはフレアースカートの痩せ（幅の減少）について、ウエストから20 cm過ぎた辺りの痩せ率が最大となり、20~30 cm間で回復したと述べている。本章の結果では、重力・直交方向ともに、2段目の変化率が最大、即ち重力方向には伸長、直交方向には収縮する痩せの減少が最も強く、次いで3段目が続き、4段目の変化率は僅少であった。本章における2段目はウエスト下30 cmに相当するが現象としては同様である。本章ではスカート丈が80 cmと長かった為、やや低い位置で変形が最大になり、変形の生じる位置には、スカート丈が影響することが示唆された。

このように、自重変形は局所的に異なりシルエットにも影響する為、フレアースカートの変形量は、ヘムラインの長さ変化だけで捉えることはできない。本章では、たて・バイアスの2方向のみならず、2方向間の中間位置についても、各段・各列別に細分化し検討したことによって、より詳細な変形特性を把握することができた。

スカートの変形に関与する布地特性については、布地の曲げ剛性が変形を支配する大きな要因とみなされており¹²⁾、特に衣服のシルエットや美しさに関連するドレープ性は、曲げ特性の関与が基本と言われている⁴⁾。また、鮑ら⁷⁾は、布地のドレープ性と力学特性との関係について、布地の自重、曲げ剛性、せん断剛性などに関連があると指摘している。しかし、これらの特性がフレアースカートの自重変形、特にその局所変形とどのように関係しているかについては明らかにされていない。前述のとおり、自重変形は局所的に異なりシルエットにも影響することが本研究により明らかとなった。

得られた局所的自重変形に及ぼす布地の力学特性の影響を重回帰分析した結果、1段目の変形要因としては、すべての列において引張り伸び率が抽出された。スカート荷重の影響は上段になるほど大きいと予測され、重力方向の変形に引張り荷重が抽出されたことは、妥当

な結果と考えられる。第3章では1段目の変形は小さく、布地の種類も4種と少なかった制約により、有意な要因を抽出することができなかったが、本章では重力方向の伸長が大きいウールガーゼやサージ、厚さ、重さのあるカルゼやツイードなど、多様な布地を加えたことによって、布地の引張り伸長の影響が捉えられたと考えられる。

自重変形が大であった2段目と3段目の左右中間線では、鮎ら¹²⁾がドレープ性の大きな変形要因として指摘していた特性、曲げ剛性が抽出された。ここでは経緯いずれの方向でも曲げ剛性が抽出されたが、経方向では、曲げ応力が小さい布地ほど変形しやすく、緯方向では、曲げ応力が大きい布地ほど変形しやすいことが示された。一方、2段目と3段目の重力方向左右脇線と、直交方向すべての列では、せん断剛性が抽出され、重力方向ではせん断応力が小さい布地ほど変形しやすく、直交方向ではその反対であることが示された。但し、左右脇線上の変形要因を詳細に見ると、左右バイアス方向の地の目、また、その角度の違いによって、寄与する力学特性や予測の寄与率にも差が認められ、全体的に回帰式の決定係数は左バイアス方向の地の目の方が高いことが示された。このバイアス方向の左右差、非対称性については、福原ら¹³⁾も報告しており、布地によっては、これによって脇のへムラインで巻き込み現象が起きる場合があると指摘している。張ら⁶⁾は、布地のドレープ性が高いポリエステルフィラメント織物で、この巻き込み現象が多く発生するとして、その特性値はB, 2HB, G, 2HG が小さく異方性も小さい布地であると報告している。本章で左右差が大であったのはサテックレープで、重力・直交方向ともに右バイアス方向の伸長が大であるのに対し、デシンは重力・直交方向ともに左バイアス方向の伸長が大であった。Whitman¹⁴⁾は経糸と緯糸の撚り方向が異なる織物は、安定性が悪くカールする（捩れる）性質のあることを指摘している。また変形には、織組織の関与も認められ、経糸と緯糸の交錯点が多い平織物と交錯点が少ない朱子織との違い、同じ朱子織でもサテックレープとシルクサテンのように、合成繊維と天然繊維の繊維物性や繊維構造の違い¹⁵⁾で変形に差が出ることを示された。これらはパターン

の設計・修正上、最も注意を要することで、異なる布地の場合、同一パターンでは対応しきれないことが明らかであるが、これら個々の要因と結果の関係についての検討は今後の課題である。

以上、フレアースカートの自重変形に関わる力学特性の影響は、部位によって異なり、変形に関与する特性も異なることを明らかにすることができた。各部位から抽出された力学特性の予測値と実測値の関係については、直交方向1段目の左右脇線 FL33\BR33 と3段目の左右中間線で決定係数 R^2 が 0.32, 0.35 と低い相関を示したものの、それ以外の部位では、概ね、高い相関を示したことから、この重回帰式を用いて、各布地の力学特性値から変形の推定値を得ることができると考えられる。

フレアースカートの自重変形に関連した研究としては、布地の特性とドレープ性の関係に関する報告、また実物製作したスカートについてそのドレープ性・シルエット・痩せを評価した報告等がみられるが、パタンナーの見地からは、局所的な変化量とその要因に関する検討が必要である。本章では、試料を繊維組成・構造の異なる布地14種に拡大、各布地で実物製作されたフレアースカートの変形量を部位別に、定量的に、計測・分析することで、フレアースカートの局所的自重変形を布地の力学特性から予測することの可能性を示すことができた。

今後は、重回帰式の精度の確認を新たな布地で検証する必要がある。また、それをパターン設計に活かす為には、布地別のパターン修正法などの検討やフレアースカート以外のアイテムでの検証も課題である。現状、アパレル業界の生産サイクルは、年々加速されている。布地の違いによって生じるパターンの修正作業は、非効率的でパタンナーにとって負担である。本章の結果は、パターンの設計・修正に有用であり、仮想着装シミュレーションにも応用・展開できると考える。

5.5 総括

異なる14種の布地で製作された同一パターンのフレアースカートを対象に、各40点の局所的自重変形を円形捺印法によって計測し、スカート各部位の変形の特徴が分析された。また、局所変形に及ぼす布地の力学特性の影響が検討された。主たる結果は、以下の通りである。

- (1) 部位別変化率について、布地・段・列を要因とする三元配置の分散分析を行った結果、いずれの要因も危険率1%以下の有意差を示し、多重比較の結果、布地別ではシルクサテン、羽二重などの変形が大、ブロード、シーチング、デニムなどの変形が小、段別では2段目>3段目 \approx 1段目>4段目の順に、列別では左右脇線>左右中間線>中心線の順に変形が大であった。
- (2) 部位別変化率に及ぼす布地の力学特性の影響を検討するため、KES値を中心とする項目を説明変数とする重回帰分析を行った結果、1段目の重力方向ではすべての列で経方向の引張り伸び率が抽出され、直交方向では影響する要因が混在した。変形が大であった2段目と3段目の左右脇線では、2要因以上が変形に影響を及ぼしたが、各段共通に、また重力・直交方向ともに、せん断剛性の影響が大きいことが示された。左右中間線では、重力方向で経緯方向の曲げ剛性、直交方向では経方向のせん断剛性の影響が大であった。4段目については、変化は僅少であるが、糸密度が抽出された。スカート上の各計測点を類似な特性を示す10の区分に分類し、それぞれの局所変形を推定する重回帰式を求めることができた。
- (3) 複合特性であるドレープ係数を説明変数に加えて分析を試みたところ、力学特性値のみを説明変数として分析した場合よりも寄与率は若干下がるものの、2段目、3段目で、第一説明変数として抽出された。ドレープテスターによる評価法の有効性が示されれば、ドレープ係数を説明変数として加えた分析も有効であると考えられた。

- (4) 左右脇線の局所変形は，右バイアスと左バイアスで差が見られ，これがフレアースカ
ート脇線で観察される振れの原因であることが示唆された。

引用文献

- 1) Wm. Kirk, Jr. ,and S. M. Ibrahim (1966) : Text. Res. J., 36, 37-47
- 2) 大野静枝(1967) : 內衣の被服衛生学的研究 : 日本衛生学雑誌 : 21. 6:383-392
- 3) 棚辺晴美, 赤松明子, 丹羽雅子, 古里孝吉(1974) : 布の基本力学量からドレープ係数の算出 : 繊維製品消費科学会誌 : Vol. 16, No. 4:8-12
- 4) 丹羽雅子, 瀬戸房子(1986) : 布の力学的性質とドレープ性との関係 : 繊維機械学会誌 : Vol. 39, No. 11:T161-T168
- 5) 松平光男(2003) : 布の静的及び動的ドレープ係数に関する一連の研究, : 繊維学会誌 (繊維と工業) : Vol. 59, No. 9:P-306-P-310
- 6) 張 如全, 松平光男(1998) : フレアスカートのシルエットの解析 : 繊維機械学会誌 : Vol. 51, No. 11:P232-P238
- 7) 鮑 力民, 高寺政行, 澤田宏一, 桜井正幸, 中沢賢, 篠原 昭(2002) : 織物の力学的特性が MIT ドレープ挙動に与える影響 : 繊維学会誌 : Vol. 58, No. 3:77-83
- 8) 角谷裕子, 山崎正子 (1971) : フレアスカートについて : 杉野女子大学紀要 : 16-26
- 9) 宮脇亜紀, 大塚美智子, 中村優美(1999) : スカートのフレア形状の評価 : 日本女子大学大学院紀要 : 5:77-86
- 10) 大塚美智子, 三石幸夫, 清水義雄(2004) : バイアスカット布の下垂形状の分析 : 繊維学会誌 : Vol. 60, No. 5
- 11) 岩崎 芳枝, 鳴海 多恵子, 中橋 美智子, 生野 晴美 (1988) : 消費者のための被服材料 : 実教出版社 68
- 12) 鮑 力民, 高寺政行, 篠原 昭(1993) : 布の動的な曲げ剛性と静的な曲げ剛性 : 繊維学会誌 : Vol. 49, No. 12:624-647

- 13) 福原衣麻, 大塚美智子(1997) : 織物の左右バイアス方向における力学特性の左右差 : 日本女子大学大学院紀要 : 第 12 号 165-172
- 14) R. Whitman(1947) : Text. Res. J, MARCH, 148-157
- 15) 椿 茂雄(1967) : シルクライクの合成繊維織物について : 繊維と工業 : Vol. 23, No. 5S

参考文献

- 瀬尾 香, 田村照子(2016) : フレアスカートスカートの局所的自重変形と布地の力学特性との関係 : 繊維製品消費科学会誌 Vol. 57, No10, 35-46
- 山川 勝, 秋山珠美 (1996) : 重回帰分析を用いた型紙形状と布地特性からのフレアスカート形状予測法 : 繊維機械学会誌 Vol. 49, No. 9, T245-T251
- 泉 加代子, 丹羽雅子 (1983) : ギャザースカートのシルエットと曲げ特性・振動特性との関係 : 家政学雑誌 Vol. 34 No. 2, 96-104
- 綾田雅子, 泉 加代子, 丹羽雅子 (1988) : 曲げ特性が婦人服のシルエットに及ぼす影響 : 日本家政学会誌 Vol. 39 No. 7, 691~698
- 鮑 力民, 高寺政行, 篠原 昭 (1993) : 布の曲げ振動における自重の影響 : 繊維学会誌 Vol. 49, No. 7, 383-388
- 鮑 力民, 高寺政行, 篠原 昭 (1993) : 布の動的な曲げ剛性と静的な曲げ剛性 : 繊維学会誌 Vol. 49, No. 12, 642-647
- 鮑 力民, 高寺政行, 篠原 昭 (1994) : 曲げヒステリシスを考慮した織物の振動解析 : 繊維学会誌 Vol. 50, No. 2, 92-96
- 山田民子, 中里喜子, 赤見 仁, 徐 廷権 (1995) : 布の曲げ剛さとドレープ性 : 繊維製品消費科学会誌 Vol. 36, No. 7, 40-46

- 丹羽雅子, 川端季雄, 河合弘迪 (1969) : 平織物の伸長特性における力学的異方性の理論的
解析 : 繊維機械学会論文集 Vol. 22, No. 11, T256-T269
- 丹羽雅子, 川端季雄, 河合弘迪 (1970) : 平織物のせん断変形特性に関する研究 : 繊維学会
誌 Vol. 26, No. 11, 507-515
- 杉村桃子, 松平光男 (2000) : 布のせん断振動特性に及ぼす織物の密度と糸の撚りの効果及
びその関連性 : 繊維製品消費科学会誌 Vol. 41, No. 8, 700-708
- 諸岡晴美, 丹羽雅子, 古里孝吉 (1976) : 仕立て映えの良さに影響を及ぼす布の力学特性 :
家政学雑誌 Vol. 27, No. 3, 209-214
- 松平光男, 川端季雄, 丹羽雅子 (1984) : 薄手布の風合いを評価するための力学特性測定に
関する研究 : 繊維機械学会誌 Vol. 37, No. 4, T49-T57
- 坂口晴子, 加藤雅代, 丹羽雅子 (1985) : 婦人服裏地の着用感に及ぼす素材物性の影響 : 織
維製品消費科学会誌 Vol. 26, No. 8, 351-359
- 泉 加代子 (1992) : 布の力学特性とワンピースドレスのシルエットとの関係 : 京都府立大
学学術報告 (理学・生活科学) 第 43 号 A 系列 p. 21~30
- 三石幸夫, 大塚美智子, 永井明彦 (1994) : 新合繊素材に関する研究—素材特性と保形性,
縫製機能性— : 聖徳大学研究紀要 短期大学部 第 27 号 (II) 45-53
- 三石幸夫, 大塚美智子 (1995) : 新合繊素材に関する研究—素材特性と保形性, 縫製機能性
(その 2) — : 聖徳大学研究紀要 短期大学部 第 28 号 (II) 59-67
- 三石幸夫, 大塚美智子, 宮本直子 (1997) : 新合繊素材に関する研究—素材特性と保形性,
縫製機能性 (その 3) — : 聖徳大学研究紀要 短期大学部 第 30 号 127-135
- 三石幸夫, 大塚美智子, 宮本直子 (1998) : 新合繊素材に関する研究—素材特性と保形性,
縫製機能性 (その 4) — : 聖徳大学研究紀要 短期大学部 第 31 号 183-191

三石幸夫, 大塚美智子, 宮本直子 (2000) : 新合織素材に関する研究—素材特性と保形性,

縫製機能性 (その5) — : 聖徳大学研究紀要 短期大学部 第33号 111-118

大塚美智子, 三石幸夫 (2003) : 多変量解析による新合織の素材特徴の分類 : 繊維学会誌

Vol. 59, No. 5, 37-44

第6章 研究の総括

近年, アパレル分野では企画の早期化や, 生産サイクルの加速化を迫られるようになった。アパレル設計・生産の現場では, トワル (シーチングを使用して型出ししたモデル) と実物製作とのギャップや, 同一パターンで布地だけを替えてアイテムを作製することによる弊害が生じている。布地を替えればシルエット形状も異なってくることから, パタンナーは布地ごとにパターンの修正を余儀なくされる。現状パタンナーは, それを自分の経験的裁量だけで行っており, その作業は非効率的である。もし, 布地の力学特性から衣服の変形の予測が可能になれば, それが衣服設計の効率化に繋がるのではないか。また, 異なる布地を使用した際においても, トワルの衣服形状を保持しながら, 出来映えイメージを崩すことなく再現可能とする為には, 素材特性と変形との関係に関する知見が求められる。特に, 素材によって形状が大きく異なり, 変形が顕著に表れるフレアースカートについては, シルエットと物理特性との関係を調査した研究は多数報告されているものの, 局所変形, 即ち, 変形量を部位別に捉えた研究は見当たらない。以上の観点から, 本研究では, 繊維組成・構造の異なる14種の布地を用いてフレアースカートを実物製作し, 各部位の重力・直交方向の変形を, 円形捺印法を用いて計測した。部位計測の際はボディに装着させ, 恒温恒湿室内に放置中はウエスト部分をハンガーに固定した状態で垂下させた。これをフレアースカートの自重変形と捉え, 局所的自重変形の特質と変形に及ぼす布地の力学特性の影響を検討した。

第1章「序論」では, 本研究の社会的背景や先行研究を精査し, 本研究の目的, 意義について記述した。

第2章「バーチャル (三次元仮想着装シミュレーション) とリアル (実物製作) との比較」では, 新型アパレル三次元 CAD の表面展開機能を利用して作成した立体パターンと, 文化式上半身原型及びスカート原型の作図法で作成した平面パターンとを比較検証した。また, 同

じ方法で実験用フレアースカートのパターンを作成し、三次元仮想着装シミュレーション機能を用いてシミュレーションを実行。実物製作したフレアースカートと比較検討した。

立体パターンと平面パターンとの比較においては、出来上がり寸法を同じにしても、フィット性には両者で差が認められ、バーチャルボディから表面展開した立体パターンの方が、意図したシルエットにより近く、フィット性が高かった。

Hitoto（東レ ACS 株式会社）及び CREACOMPO II（東レ ACS 株式会社）におけるシミュレーションと実物製作との比較については、どちらもシルエット及びノード数、ノードの高さなど、実物製作との間に乖離が認められた。

3D fit view については、柄の表現は非常にリアルで実物と殆ど変わらなかったが、ブロードとサテックレープの布地の違いやシルエット及びノード数、ノードの高さなど、こちらも実物製作との間に乖離が認められた。

新型アパレル三次元 CAD の可能性については、バーチャル化されたボディを表面展開する機能には、有用性があることが確認されたが、三次元仮想着装シミュレーションにおいては、再現性に課題があることが示された。

第 3 章「4 種の布地を用いたフレアースカートの局所的自重変形」では、シーチング、ブロード、サテックレープ、キュプラの 4 種の布地を用いて、スカート丈 80 cm のロングフレアースカートを製作し、2 週間下垂放置後のスカート各段、各列の交点 40 点における自重変形を計測した。計測には円形捺印法を用い、直径 20 mm 円の内部線たて・よこ・斜めの計測値をもとに、楕円式を用いて、重力方向及び直交方向の変化率を推定し、これを検討対象とした。

部位別変化率について、重力方向では伸長、直交方向では収縮することが示された。布地・段・列を要因とする三元配置の分散分析の結果は、布地別では、サテックレープ>キュプラ>シーチング≒ブロード、段別では、2 段目>3 段目>1 段目>4 段目、列別では、中心から

脇に近づく程、有意に大なる変形を示した。

フレアースカートの脇線の振れは、右バイアスと左バイアスの局所変形の差によると考えられた。2段目と3段目の局所変形は、布地の力学特性、特に、曲げ、せん断と高い相関($p < 0.01$)を示した。

第4章「試料布の物理特性」では、試料布14種の構造特性、力学特性、ドレープ性などを測定し、検討した。また、それらの測定値、即ち、布地の諸元と力学特性値をもとに、主成分分析を行い各試料の特徴を抽出した。

試料布14種の構造特性については、厚さ、平面重(重さ)、糸密度は、糸の太さで異なり、糸の撚り方向については、撚り方向と糸密度が経緯で同じシーチング、ウールガーゼ、ツイード、カルゼはカールしにくく、撚り方向と糸密度が経緯で異なるシルクサテン、サテックレープ、デシン、キュプラはカールしやすいことが予測された。交錯点については、平織のブロード、シーチング、ウールガーゼ、羽二重、デシンの交錯点が多く、朱子織のシルクサテン、サテックレープは交錯点が少なかった。力学特性の引張り伸び率については、ウールガーゼ、サージ、ツイード、カルゼが大で、いずれも、たて方向よりもよこ方向の伸長が顕著であった。他は、たて・よこ方向ともに4%程度の伸長に留まった。せん断剛性については、たて・よこ方向ともにデニムが最も大で、どちらも小であったのは、羽二重、シルクサテン、サテックレープ、デシン、アムンゼン、キュプラで、これらは、糸の違いや糸の太さで二分化していることが推察された。曲げ剛性については、デニムがたて・よこ方向ともに最大で、どちらも最小であったのは羽二重であった。これには布地の厚さが関係していると考えられ、主として、曲げ剛性は、糸の太さで二分化していることが推察された。平均摩擦係数については、カルゼ、サテックレープ、デシンが大で、たて・よこ方向の摩擦抵抗の差が著しく、よこ方向の摩擦抵抗が、たて方向の約2倍の値を示した。また、ドレープ係数が

最大であったのは、せん断剛く、曲げ剛いデニムで、最小であったのはデシンであった。試料布の垂れ下がり投影図から数えたノードからは、布地の特性は認められなかった。主成分分析より、第一主成分は布地の剛軟度や厚さの度合い、第二主成分は布地の伸長度合いと摩擦抵抗の大きさ、第三主成分は交錯点を説明すると考えられた。選定された 14 種の試料布は、5 つのグループに分かれ、その特性は、偏ることなく広範囲に渡って選択されていることが確認された。

第 5 章「14 種の布地を用いたフレアースカートの局所的自重変形と力学特性との関係」では、異なる 14 種の布地で製作された同一パターンのフレアースカートを対象に、各 40 点の局所的自重変形を円形捺印法によって計測し、スカート各部位の変形の特徴が分析された。また、局所変形に及ぼす布地の力学特性の影響が検討された。

部位別変化率について、布地・段・列を要因とする三元配置の分散分析を行った結果、いずれの要因も危険率 1%以下の有意差を示し、多重比較の結果、布地別ではシルクサテン、羽二重などの変形が大、ブロード、シーチング、デニムなどの変形が小、段別では 2 段目 > 3 段目 ≒ 1 段目 > 4 段目の順に、列別では左右脇線 > 左右中間線 > 中心線の順に変形が大であった。

KES 値を中心とする項目を説明変数とする重回帰分析を行った結果、1 段目の重力方向では、すべての列で経方向の引張り伸び率が抽出され、直交方向では、影響する要因は混在した。変形が大であった 2 段目と 3 段目の左右脇線では、2 要因以上が変形に影響を及ぼしたが、各段共通に、また重力・直交方向ともに、せん断剛性の影響が大きいことが示された。左右中間線では、重力方向で経緯方向の曲げ剛性、直交方向では経方向のせん断剛性の影響が大であった。4 段目については、変化は僅少であるが、糸密度が抽出された。スカート上の各計測点を類似な特性を示す 10 の区分に分類し、それぞれの局所変形を推定する重回帰式

を求めることができた。

複合特性であるドレープ係数を説明変数に加えて分析を試みたところ、力学特性値のみを説明変数として分析した場合よりも寄与率は若干下がるものの、2 段目、3 段目で第一説明変数として抽出された。ドレープテスターによる評価法の有効性が示されれば、ドレープ係数を説明変数として加えた分析も有効であると考えられた。

左右脇線の局所変形は、右バイアスと左バイアスで差が見られ、これがフレアースカート脇線で観察される振れの原因であることが示唆された。

第 6 章「研究の総括」では、各章で得られた結果をまとめ、将来的展望について述べた。

以上、本研究では異なる 14 種の布地で製作されたフレアースカートの局所的自重変形を円形捺印法により計測し、変形に及ぼす布地の力学特性の影響を重回帰分析により検討した。布地、段、列の各要因が有意差を示し、スカートの部位によって、自重変形に及ぼす布地の力学特性の影響が異なることが明らかにされた。それにより、フレアースカートの局所的自重変形を布地の力学特性から予測することの可能性を示すことができた。これらの結果は、パターンの設計・修正に有用であり、シミュレーションにも応用・展開できると考える。今後は、重回帰式の精度の確認を、新たな布地で検証する必要がある。また、それをパターン設計に活かす為には、布地別のパターン修正法などの検討やフレアースカート以外のアイテムでの検証も課題である。

謝 辞

本論文の提出にあたり、社会人で服飾の仕事に従事しながらも、何か物足りなさを感じ、本、文化学園大学大学院を目指した当時のことがはっきりと思い出されます。数十年前になりますが、私は、本学園の文化服装学院を卒業し、服飾造形を専門にして、パタンナーとして働いておりました。初めは会社員で、数年後は個人事業主として仕事の幅を広げていくなか、専門学校講師のお仕事をさせて頂くことになり、今から考えるとそれが、大学院の門をくぐるきっかけになったと思います。平成24年度、ちょうど学校名が文化女子大学から文化学園大学に変わった年でした。当時の学校案内のパンフレット、まだ持っています。ページをめくるとまず、理事長で前学長の大沼 淳先生が、そして、そのすぐ後ろのページに、その後5年半に渡ってお世話になる田村照子先生がいらっしゃいました。どの専門課程を選択するか思案しながら眺めていると、服装機能学専修の紹介欄に目が留まりました。「衣服の快適性・機能性を、着用する人間の形態・運動機能・温熱生理・感覚生理等に視座をおいて研究し、素材・パターンとの関係について把握することのできる教育研究者、高度専門技術者、さらには機能性ファッションデザイナー等の人材育成を目指しています。」私はこれを読んですぐに気持ちが固まり、こちらの研究室にお世話になろうと決心しました。あれから5年半、その選択に間違いはなかったと確信できます。修士の2年、そして、博士の3年半の間、研究のスペシャリストである田村照子先生は、研究のことが何もわからない私に対して、とても親切に、わかりやすく、そして、情熱的にご指導して下さいました。心から感謝申し上げます。田村先生との出会いがなかったら、私はここまで来られなかったと思います。田村先生は、今年の3月で退官されましたが、その後も続けて私の指導をして下さいました。そのお蔭で、ここにこうして博士論文をまとめることができました。ひとえに、田村照子先生のご指導の賜物です。心から感謝の意を表します。本当にありがとうございました。

機能デザイン研究室の先生方にも感謝申し上げます。小柴朋子先生は、田村先生のあとを引き継ぎ、主査を担当して下さいました。有益なご助言、ご教示をありがとうございました。永井伸夫先生は、企業との共同研究やアパレル CAD の導入にあたりご尽力して下さいました。佐藤真理子先生、須田理恵先生、松井有子先生、青木識子先生にもご助言や励ましを頂き、様々な面で支えて下さいました。ここにあらためて、研究室の先生方に厚く御礼申し上げます。

テキスタイル研究室の先生方におかれましては、KES などの実験機材の取り扱い等についてご指導頂き心より感謝申し上げます。

スカートの図学の製作にあたっては、立教大学の長島 忍先生に多大なるご尽力を賜りました。並びに、首都大学東京の市原 茂先生には、統計分析についてご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。英文の作成にあたっては、本学、総合教養のロバート・ヒックリング先生に多くのご助言を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

実験を進める上で、お忙しい中ご協力頂きました、東レ ACS 株式会社開発部の土屋慶一さん、技術部の木村 圭さん。ビーエム・ディーシステム株式会社の佐藤隆三さん、下垣内由香さんにも深謝申し上げます。

最後に、大学院生活をともに過ごしてきた若い大学院生たち、卒業した先輩方も含めて、年齢、国籍を超えた彼らとのかかわり合いによって自分を成長させることができ、また、彼らのお蔭で、社会人であったときには味わえなかった、楽しく充実した学園生活を送ることができました。心から感謝しています。本当にありがとうございました。