

博士学位論文

ストレッチ性下衣における静的・動的衣服圧とその摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響

文化学園大学 大学院

生活環境学研究科被服環境学専攻

徐賢敏

2017年6月

Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy

Static and Dynamic Clothing Pressure and the Impact of
Friction in Stretch Bottoms on the Three-Dimensional
Microstructure of the Human Skin

XU XIANMIN

Department of Clothing Environment
Graduate School of life Environment Research
Bunka Gakuen University
Tokyo, Japan

Jun, 2017

RH. D. Thesis

Static and Dynamic Clothing Pressure and the Impact of
Friction in Stretch Bottoms on the Three-Dimensional
Microstructure of the Human Skin

Xianmin Xu

Department of Clothing Environment
Graduate School of life Environment Research
Bunka Gakuen University

Supervised by Prof. Ph. D. Teroko Tamura
Prof. Ph. D. Mariko Sato

Abstract

The polyurethane elastic fiber LYCRA[®], which was invented and developed by DuPont in the United States in 1959, has a high reputation for its high elasticity, heat resistance, excellent dye-ability and other good qualities. Therefore, nowadays, the polyurethane elastic fiber has been widely used from sports fields to daily life, including informal clothes and underwear. On the other hand, according to the Ministry of Health, Labor and Welfare, the number of atopic dermatitis patients has a tendency to increase from the year of 2002 and it reached the number of 456,000 in the year of 2016. Under the background of a tendency of our skin becoming weak or sensitive because of various reasons, stretch clothes mixed with polyurethane fiber have been accepted widely by people at different ages. There is a concern about friction-related troubles due to tight-fitting clothes

and skin obstacle, not only in informal clothes but also in some current situations in which violent body movements like sports are necessary.

Firstly, with a focus on/an interest on the friction between clothing and skin during movements, we surveyed several Japanese and Chinese young females about the actual conditions of wearing sportswear and friction-caused skin trouble in this research. Then we measured the distribution and change of the static and dynamic clothing pressure in three kinds of bottoms with different stretch-ability among adult females. From the aspects of the body shape, motion deformation and tensile elongation characteristics of the materials, we considered the load level of the stretch clothes and the factors that caused the load. We also discussed the friction between skin and clothes. Finally, an experiment was conducted under two environmental conditions (controlled and sweating) among young female adults who had healthy skins. In this experiment, we examined the effect/influence on the three-dimensional microstructure of skin's surface, when we applied the four materials with different compositions and structures on the inner thigh as a friction force. In short, we aimed to do some contributions to the designing of clothes for stretchy bottom in the future.

This thesis consists of six chapters as follows.

Chapter 1 Introduction

In chapter 1, the purpose and significance of this research were described after a careful investigation of social backgrounds and previous related researches. The social backgrounds were as follows: 1) development and popularity of polyurethane fiber; 2) development of sports market apparel; 3) present status and issues about the increase of sensitive skin and atopic dermatitis in modern societies. Furthermore, the backgrounds of literatures were as follows: 1) study on clothing obstacle status; 2) analysis on causes of clothing obstacle; 3) study on clothing pressure; 4) study on the skin elongation under dynamic conditions; 5) study on stretch characteristics and clothing pressure of clothing materials; 6) studies on methods for evaluating skin properties were described separately.

Chapter 2 Survey on friction of clothing and skin during movements

In Chapter 2, with the aim to clarify the actual condition of friction between clothes and skin during movements, we conducted a survey on sportswear and friction-caused skin trouble among several young females in Japan (Tokyo) and China (Wuhan). The results were as follows.

(1) In the aspect of a friction-related discomfort between skin and clothes when doing exercises, approximately 40% Japanese females and 65% Chinese females showed positive results. The season in which the tested females felt uncomfortable about the friction was summer (47.5%) in Japan, which was rather obvious. On the other hand, the season was winter (30%), autumn (30%) and summer (30%) in China, which showed similar results in these three seasons. The parts of human

body where the tested females felt uncomfortable about the friction included the chest, inner thigh, and axilla. Both Japanese and Chinese females tested in this study felt the same.

(2) In the aspect of clothes worn during exercised, the tested females said that in Japan, many undergarments are made of polyurethane materials and over 60% of them wear tight-fitting undergarments. On the other hand, over 50% uppergarments and undergarments are both made of cotton in China. They felt the adhesion degree was between tight and loose.

Chapter 3. Static and dynamic clothes pressure of undergarments

In chapter 3, in the aspect of static and dynamic pressure fluctuations of bottoms, we measured clothing pressure distribution when people standing and clothes pressure fluctuations when people walking, with the use of stocking (S), stretch pants (P), and jeans pants (J), from ten adult females. Moreover, we also considered and discussed the three-dimensional shape and clothing pressure of the lower half of body. The results were as follows.

(1) The average values of clothing pressure during standing were 2.98 to 9.64 in S, 0.0 to 10.79 in P and 1.69 to 11.61 hPa in J. In the body parts where the clothing and the body were in contact elongation, such as abdominal extension, back of maximum thigh girth, front and back of maximum leg girth and so on, the elongation characteristics of the fabric were shown in the order of J, P, S, from low to high value. On the other hand, it was significantly different in non-contacting parts J, P and contact extension S in the minimum leg girth. On the inside of the thigh, high clothing pressure was observed, which was due to the movement of subcutaneous fat and contact with each other of inside surfaces caused by the body shape of the subjects. However, the clothing pressure of each material was not beyond the range of discomfort.

(2) Clothing pressure during walking in each body part showed a constant variation pattern with the walking rhythm, however, the patterns were various in different clothes. The clothing pressure fluctuation at the patella center point of 12-part was the largest under every clothing condition. In other parts, the value remained below 2.0 hPa.

Chapter 4. Study on cause of occurrence of clothing pressure during exercise and deviation between skin and clothes

In Chapter 4, we calculated the skin elongation rate in the sitting posture and walking posture of ten adult females. And we considered the relation between the skin elongation rate and tensile elongation characteristics of the fabric material. We also discussed about the factors of deviation on the lower half body with clothes. The results were as follows.

(1) The stretching characteristics of the skin at each part in the sitting and walking positions were different according to postures and positions. They could be divided as follows: at the thigh girth back point and the minimum leg girth front point, the expansion and contraction of the skin in the

orthogonal direction and the long-axis direction were antagonized; at the patella center point, the skin extended in both the long axis direction and the orthogonal direction, and the clothing pressure fluctuated greatly during walking.

(2) We speculated that the clothing pressure corresponded to the degree of skin elongation by Kirk's equation of the patella where dynamic clothing pressure fluctuation was the maximum during walking. Compared with actual clothing pressure during walking, the results showed that the actually measured pressure of S was about 75% of the estimated pressure and about 39% in P, whereas the J greatly diverged to 0.01%, and the higher the elongation stress of the cloth material was, the larger the gap between the skin and clothing became.

Chapter 5. Effects of fabric type and air conditions on three-dimensional microstructures of the skin's surface

In Chapter 5, we conducted a study by selecting 10 ten young females with healthy skin as subjects. Using four samples with different compositions and structures under two environmental conditions, we applied friction to the inner thigh and examined its effect on the three-dimensional microstructure of the skin's surface. The results were clarified as follows.

(1) In the experiment of skin friction, the skin coarseness parameter SRz, which represents the maximum value of the distance between the sulci cutis and crista cutis, was significantly lower under hot conditions than that under controlled conditions. The results revealed the wetness of corneum accompanied by sweating, softened skin because of swelling and surface smoothness as a result of friction.

(2) Compared of SRz in four kinds of samples with different compositions and structures, the friction of the knitted fabric under hot conditions was significantly low. It implied that the friction by slip-resistant knitted garments caused further smoothing of perspiring and softened skin than woven fabric.

Chapter 6 Conclusion

In Chapter 6, we summarized from each chapter and draw a final conclusion.

According to the results mentioned above, in recent years, stretch materials mixed with polyurethane have been widely used and can be seen frequently in markets. The materials have been paid attention to the influence on the skin due to friction of clothes, especially during exercise with perspiration. However, further considerations on the friction methods are still necessary. In addition, it is a task to compare cloth materials and to increase the groups of subjects. Finally, further researches are required, including preparing and proving more data that will contribute to the cloth designing of stretchy undergarments in the future.

目次

第1章 序論

1. 1 本論文の社会的背景.....	1
1. 1. 1 ポリウレタン繊維の開発と普及.....	1
1. 1. 2 スポーツアパレル市場への展開.....	4
1. 1. 3 現代社会における敏感肌・アトピー性皮膚炎増加の現状と課題.....	5
1. 2 研究の文献的背景.....	10
1. 2. 1 衣料障害の実態に関する研究.....	10
1. 2. 2 衣料障害の原因分析について.....	12
1) 物理的刺激による皮膚障害.....	12
(1) 繊維による皮膚の摩擦.....	12
(2) 衣服内気候の温湿度.....	14
(3) 静電気の発生.....	14
2) 化学的刺激による皮膚障害.....	15
1. 2. 3 衣服圧に関する研究.....	15
1. 2. 4 動作に伴う皮膚伸縮に関する研究.....	18
1. 2. 5 被服材料の伸縮特性と衣服圧に関する研究.....	19
1. 2. 6 皮膚性状の評価方法に関する研究.....	22
1. 2. 6. 1 河合法と閉塞法.....	22
1. 2. 6. 2 共焦点レーザ顕微鏡による皮膚微細三次元構造の観察と分析法.....	24
1. 3 本論文の構成.....	25
引用・参考文献.....	26

第2章 運動時衣服と皮膚の摩擦に関する実態調査

2. 1 緒言.....	30
2. 2 方法.....	30
2. 2. 1 調査対象者.....	30
2. 2. 2 調査時期.....	30
2. 2. 3 調査内容.....	30
2. 3 結果.....	35
2. 3. 1 日本の調査結果.....	35
2. 3. 2 中国の調査結果.....	39
2. 4 考察.....	45
2. 5 総括.....	48

引用・参考文献	49
---------	----

第3章 下衣の静的・動的衣服圧

3. 1 緒言	50
3. 2 研究方法	50
3. 2. 1 試料並び着衣条件	50
3. 2. 2 衣服圧の測定	52
1) 被験者	52
2) 測定部位	52
3) 測定機器と調整	53
4) 静的衣服圧の測定	54
(1) 姿勢	54
(2) 環境条件	54
5) 動的衣服圧の測定	54
(1) 歩行条件	54
(2) 計算方法	54
3. 2. 3 体型の三次元計測	54
1) 被験者	54
2) 測定部位	55
3) 計算方法	55
3. 3 結果	57
3. 3. 1 静的衣服圧分布	57
3. 3. 2 動的衣服圧変動	62
3. 3. 3 三次元断面特徴	77
3. 4 考察	79
3. 5 総括	80
引用・参考文献	81

第4章 運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討

4. 1 緒言	82
4. 2 実験A—布地の引っ張り強伸度特性	83
4. 2. 1 方法	83
1) 試料	83
2) 測定方法	83

4. 2. 2	結果及び考察	83
1)	引っ張り強伸度特性	83
2)	引っ張り回復特性	87
4. 3	実験 B—運動時の皮膚伸縮	89
4. 3. 1	方法	89
1)	被験者	89
2)	測定方法	89
(1)	測定点	89
(2)	姿勢	89
(3)	測定方法	90
4. 3. 2	結果及び考察	91
4. 4	実験 C—運動時衣服圧の推定	112
4. 4. 1	方法—衣服圧の推定式	112
4. 4. 2	結果及び考察	113
4. 5	考察	116
4. 6	総括	118
	引用・参考文献	119

第 5 章 素材の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響

5. 1	緒言	120
5. 2	予備実験	120
5. 2. 1	大腿内側における衣服のずれ角度の検討	120
1)	方法	120
(1)	被験者	120
(2)	実験方法	120
2)	結果	122
5. 2. 2	衣服と皮膚の摩擦回数の検討	122
1)	方法	122
(1)	被験者	122
(2)	実験条件	122
(3)	レプリカ法と皮膚表面粗さ解析	122
2)	結果	124
5. 3	皮膚摩擦実験	129
1)	方法	129
(1)	被験者	129

(2) 試料	129
(3) 実験条件	129
(4) 実験手順	129
2) 結果	130
(1) 中立条件下, 暑熱条件下における皮膚性状.....	130
(2) 皮膚表面粗さパラメータによる検討.....	132
5. 4 考察	149
5. 5 総括	151
引用・参考文献	152
第6章 総括	154
謝辞	157

List of Tables

Table	Page
Table 1-1-1-1 Forecast of polyurethane raw materials of world market and products growth rate of world market (compared to 2010).....	3
Table 1-1-2-1 Number of reported cases of skin disorders by year, household goods, etc. (top ten items)	8
Table 1-1-2-2 Comparative chart of number of reported cases of skin disorders by fiscal year · household goods etc.....	9
Table 1-2-4-1 Skin elongation (data by site by movement).....	18
Table 2-3-1-1 Subjective rating of skin condition	35
Table 2-3-2-1 Subjective rating of skin condition (China)	40
Table 3-2-1-1 Properties of fabrics	51
Table 3-2-2-1 Physical characteristics of subjects	52
Table 3-3-1-1 Clothing pressure value of no-cloth in a standing position	58
Table 3-3-1-2 Clothing pressure value when wearing stockings in a standing position	58
Table 3-3-1-3 Clothing pressure value when wearing s.pants in a standing position	59
Table 3-3-1-4 Clothing pressure value when wearing jeans in a standing position.....	59
Table 3-3-1-5 Clothing pressure value of each sample in a standing position (Mean±SD, n=10)	61
Table 3-3-2-1 Maximum value of clothing pressure in no-cloth while walking.....	64
Table 3-3-2-2 Maximum value of clothing pressure in stockings while walking	64
Table 3-3-2-3 Maximum value of clothing pressure in s. pants while walking	65
Table 3-3-2-4 Maximum value of clothing pressure in jeans while walking.....	65
Table 3-3-2-5 Minimum value of clothing pressure in no-cloth while walking	67
Table 3-3-2-6 Minimum value of clothing pressure in stockings while walking	67
Table 3-3-2-7 Minimum value of clothing pressure in s.pants while walking.....	68
Table 3-3-2-8 Minimum value of clothing pressure in jeans while walking	68
Table 3-3-2-9 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)	70
Table 3-3-2-10 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)	71
Table 3-3-2-11 Difference of clothing pressure between maximum value and minimum value while walking (n=10)	72
Table 3-3-2-12 In stockings (n=10)	73
Table 3-3-2-13 Value of clothing pressure in stocking (n=10)	74
Table 3-3-2-14 Value of clothing pressure in s.pants (n=10)	75
Table 3-3-2-15 Value of clothing pressure in jeans (n=10)	76
Table 3-3-3-1 percentage of girth with cloth to the girth without cloth.....	78

Table 4-2-1-1	Properties of fabric	84
Table 4-2-2-1	Break point load value (N)	86
Table 4-2-2-2	Break point Elongation value (mm)	86
Table 4-2-2-3	Mechanical properties of fabric	88
Table 4-3-1-1	Physical constitution of subjects	89
Table 4-3-2-1	Percentage of skin elongation in squatting posture (2. 5cm)	103
Table 4-3-2-2	Percentage of skin elongation in squatting posture (5cm)	104
Table 4-3-2-3	Percentage of skin elongation in knee 90°flexion posture (2. 5cm).....	105
Table 4-3-2-4	Percentage of skin elongation in knee 90°flexion posture (5cm).....	106
Table 4-3-2-5	Percentage of skin elongation in ankle flexion posture (2. 5cm).....	107
Table 4-3-2-6	Percentage of skin elongation in ankle flexion posture (5cm).....	108
Table 4-3-2-7	Mean value of percentage of skin elongation	109
Table 4-3-2-8	Percentage of skin elongation in sitting (90°) and walking (60°) posture to standing (0°)posture.	111
Table 4-4-1-1	Radius of knee when knee 60 °flexed (cm)	112
Table 4-4-2-1	Elongation rate of each sample at standing position (%)	113
Table 4-4-2-2	Skin elongation rate when knee 60 °flexed on patella center point (%)	113
Table 4-4-2-3	Fabric elongation rate when knee 60 °flexed on patella center point (%)	113
Table 4-4-2-4	Tension corresponding to elongation rate measured by Tensilon (kgf)	114
Table 4-4-2-5	Result of converting unit to N (N)	114
Table 4-4-2-6	Tension of each sample per 1 cm (N/cm)	114
Table 4-4-2-7	Estimated garment pressure (Result that divided by r) (N/cm ²)	114
Table 4-4-2-8	Estimated garment pressure (Vertical+Horizontal) (N/cm ²)	115
Table 4-4-2-9	Estimated garment pressure (Result of conversion unit into hpa)	115
Table 4-4-2-10	Comparison of measured value and predicted value of clothing pressure	115
Table 4-5-1	Percentage of skin elongation, maximum value of clothing pressure measured while walking and predicted value of clothing pressure on patella center point	116
Table 5-2-1-1	Misalignment angle result.....	122
Table 5-2-2-1	Properties of fabric.	122
Table 5-2-2-2	Parameter result of skin’s surface three-dimensional microstructure by replica with no sample	124
Table 5-2-2-3	Parameter result of skin’s surface three-dimensional microstructure by replica with cotton	124
Table 5-2-2-4	Parameter result of skin’s surface three-dimensional microstructure by replica with poiyster.....	125
Table 5-2-2-5	Parameter result of skin’s surface three-dimensional microstructure by replica with	

Friction 0 time.....	125
Table 5-2-2-6 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 10 times	126
Table 5-2-2-7 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 30 times	126
Table 5-2-2-8 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 50 times	127
Table 5-2-2-9 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 80 times	127
Table 5-2-2-10 SRc result of each friction times	128
Table 5-2-2-11 SRz result of each friction times	128
Table 5-3-1 The moisture and oil level of skin (n=10)	131
Table 5-3-2 Comparison of moisture and oil content of subjects from Japan and China (Japan n=5, China n=5)	132
Table 5-3-3 Data of control.....	133
Table 5-3-4 Data of sweating.....	135
Table 5-3-5 The SRz value after friction under the control condition (n=10).....	145
Table 5-3-6 The SRz value after friction under the control condition (n=10).....	146
Table 5-3-7 The results of analysis of variance.	147

List of Figures

Figures	Page
Fig. 1-1-1-1 Global spandex demand 1997-2008	2
Fig. 1-1-1-2 Geographic location of spandex demand.....	2
Fig. 1-1-2-1 Size of sports apparel domestic shipping market.....	4
Fig. 1-1-3-1 Total number of patients with atopic dermatitis (nationwide).....	6
Fig. 1-1-3-2 Total number of patients with atopic dermatitis (by national and age groups).....	7
Fig. 1-1-3-3 Number of reported cases by yearly change (2002 - 2015)	8
Fig. 1-2-1-1 Presence of clinging Examination while wearing clothes by Lion Co., Inc., questionnaire survey, In 2005, women from 20s to 50s n = 819	10
Fig. 1-2-1-2 Presence or absence of skin trouble.....	11
Fig. 1-2-1-3 Types of clothes.....	11
Fig. 1-2-1-4 Clothing material	12
Fig. 1-2-2-1 Melanosis due to nylon towel	13
Fig. 1-2-2-2 Mechanism of triboelectric charging and triboelectric series	15
Fig. 1-2-3-1 Relationship between the part that feels itch and maximum clothes pressure Response rate of the part that feels itch (left axis, column), maximum clothes pressure (right axis, point).....	17
Fig. 1-2-4-1 Clothing pressure generated in the human body.....	19
Fig. 1-2-4-2 Measurement method of radius of curvature	20
Fig. 1-2-6-1 A-Stage	22
Fig. 1-2-6-2 B-Stage	22
Fig. 1-2-6-3 C-Stage	22
Fig. 1-2-6-4 Skin irritant index.	23
Fig. 1-2-6-5 The example of skin contour profile from the replica in lateral neck.....	24
Fig. 2-2- 1 Questionnaire page 1.....	31
Fig. 2-2-2 Questionnaire page 2.....	32
Fig. 2-2-3 Questionnaire page 3.....	33
Fig. 2-2-4 Questionnaire page 4.....	34
Fig. 2-3-1-1 Result on discomfort caused by friction between skin and cloth (Japan).....	35
Fig. 2-3-1-2 The regions where friction-caused discomfort occurs (Japan)	36
Fig. 2-3-1-3 Result on skincare (Japan).....	36
Fig. 2-3-1-4 Results on exercise habits (Japan)	37
Fig. 2-3-1-5 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower garments that were worn during exercise (Japan).....	38
Fig. 2-3-1-6 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower underwear that were worn during exercise (Japan).....	39

Fig. 2-3-2-1	Result on discomfort caused by friction between skin and cloth (China).....	40
Fig. 2-3-2-2	The regions where friction-caused discomfort occurs (China).....	41
Fig. 2-3-2-3	Result on skincare (China).....	41
Fig. 2-3-2-4	Results on exercise habits (China).....	42
Fig. 2-3-2-5	Types, degree of adhesion, and material of upper and lower garments that were worn during exercise (China).....	43
Fig. 2-3-2-6	Types, degree of adhesion, and material of upper and lower underwear that were worn during exercise (China).....	44
Fig. 2-4-1	Temperature and precipitation graph of Tokyo and Wuhan	45
Fig. 3-2-1-1	Clothes conditions	50
Fig. 3-2-1-2	Texture of fabric	52
Fig. 3-2-2-1	Measurement points of clothing pressure	53
Fig. 3-2-2-2	Experimental view	54
Fig. 3-2-3-1	Three-dimensional human body measuring device BodyLine Manager	55
Fig. 3-2-3-2	Result of subjct7 (normal type) at nude condition.....	56
Fig. 3-3-1-1	Clothing pressure value in a standing position	60
Fig. 3-3-2-1	An example of cloth pressure that change over time while walking (In stockings) ..	62
Fig. 3-3-2-2	An example of cloth pressure that change over time while walking (In stretch pants)	62
Fig. 3-3-2-3	An example of cloth pressure that change over time while walking (In jeans)	63
Fig. 3-3-2-4	Maximum value of clothing pressure while walking	66
Fig. 3-3-2-5	Minimum value of clothing pressure while walking.....	69
Fig. 3-3-2-6	Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)	70
Fig. 3-3-2-7	Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)	71
Fig. 3-3-2-8	Difference of clothing pressure between maximum value and minimum value while walking (n=10)	72
Fig. 3-3-2-9	Value of clothing pressure in stocking (n=10)	73
Fig. 3-3-2-10	Value of clothing pressure in stocking (n=10)	74
Fig. 3-3-2-11	Value of clothing pressure in s.pants (n=10)	75
Fig. 3-3-2-12	Value of clothing pressure in jeans (n=10)	76
Fig. 3-3-3-1	A cross-sectional view of subjct7 (normal type)	77
Fig. 3-3-3-2	A cross-sectional view of three-dimensional measurement numeric in the figure expresses the percentage of girth with cloth to the girth without cloth.....	78
Fig. 4-2-1-1	Experimental view	83
Fig. 4-2-2-1	Elastic recovery percentage of elongation	85
Fig. 4-2-2-2	Break point load value (N)	86

Fig. 4-2-2-3	Break point Elongation value (mm)	86
Fig. 4-2-2-4	Elastic recovery percentage of elongation of jeans	87
Fig. 4-2-2-5	Elastic recovery percentage of elongation of s.pants	87
Fig. 4-2-2-6	Elastic recovery percentage of elongation of stockings	88
Fig. 4-3-1-1	Angle of the three joints of the lower right leg in one gait cycle.	90
Fig. 4-3-1-2	Measuring part	91
Fig. 4-3-1-3	posture	91
Fig. 4-3-2-1	Skin elongation result of subject 1	93
Fig. 4-3-1-2	Skin elongation result of subject 2	94
Fig. 4-3-1-3	Skin elongation result of subject 3	95
Fig. 4-3-1-4	Skin elongation result of subject 4	96
Fig. 4-3-1-5	Skin elongation result of subject 5	97
Fig. 4-3-1-6	Skin elongation result of subject 6	98
Fig. 4-3-1-7	Skin elongation result of subject 7	99
Fig. 4-3-1-8	Skin elongation result of subject 8	100
Fig. 4-3-1-9	Skin elongation result of subject 9	101
Fig. 4-3-1-10	Skin elongation result of subject 10	102
Fig. 4-3-1-11	Comparison of skin elongation between sitting and walking posture (%)	110
Fig. 4-4-1-1	Measurement method of curvature radius	112
Fig. 4-4-2-1	Stress strain relationship of the fabrics.	114
Fig. 4-5-1	Predicted clothing pressure and measured clothing pressure at the patella while walking (n=10)	116
Fig. 5-2-1-1	Dressed-up condition of subject and marking position	121
Fig. 5-2-1-2	Measurement of deviation angle at knee flexion angle under 3 conditions	121
Fig. 5-2-2-1	State of replica collection and confocal laser microscope	123
Fig. 5-2-2-2	Luminance image	123
Fig. 5-2-2-3	Profile of skin surface properties.	123
Fig. 5-2-2-4	Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with no sample	124
Fig. 5-2-2-5	Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with cotton	124
Fig. 5-2-2-6	Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with poiyster	125
Fig. 5-2-2-7	Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 0 time	125
Fig. 5-2-2-8	Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with	

Friction 10 times	126
Fig. 5-2-2-9 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 30 times	126
Fig. 5-2-2-10 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 50 times	127
Fig. 5-2-2-11 Parameter result of skin's surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 80 times	127
Fig. 5-2-2-12 SRc result of each friction times	128
Fig. 5-2-2-13 SRc result of each friction times	128
Fig. 5-3-1 Method to determine the friction position.....	130
Fig. 5-3-2 Result of skin moisture and oil content under control and sweating conditions	131
Fig. 5-3-3 Comparison of moisture and oil content of subjects from Japan and China	132
Fig. 5-3-4-1 SRc data of control	137
Fig. 5-3-4-2 SRc data of control.....	138
Fig. 5-3-5-1 SRc data of sweating	139
Fig. 5-3-5-2 SRc data of sweating.....	140
Fig. 5-3-6-1 SRz data of control	141
Fig. 5-3-6-2 SRz data of control.....	142
Fig. 5-3-7-1 SRz data of sweating	143
Fig. 5-3-7-2 SRz data of sweating.....	144
Fig. 5-3-8 The SRz value after friction under the control condition (n=10).....	145
Fig. 5-3-9 The SRz value after friction under the sweating condition (n=10).....	146
Fig. 5-3-10 Average value of each level of SRz in environment × structure	147
Fig. 5-3-11 Bending resistance	148
Fig. 5-3-12 Frictional coefficient (MIU).....	148

第 1 章

序論

1. 1 本論文の社会的背景

1. 1. 1 ポリウレタン繊維の開発と普及

1959年に米国デュポン社で開発されたポリウレタン弾性繊維 LYCRA[®]は、「クモの糸のように細く、ゴム糸のように伸び縮みする繊維」の謳い文句とともに世界に登場し、日本では1964年に東レ・デュポン社により生産販売が開始された。

ポリウレタン弾性繊維（スパンデックス）は、原料にイソシアネートのモノメリックMDI（ピュアMDI）とポリオール（PTMG（ポリテトラメチレンエーテルグリコール）など）を使用した合成繊維で、伸縮性が高く、ゴムに比べ何倍もの破断強度があるほか、耐熱性、染色性などにも優れている。通常はポリエステルやナイロンなど他種繊維と混紡されるが、ポリウレタン繊維の混紡率が低くてもその伸縮特性は極めて有効である。製品の目的にあわせて伸長特性を加工できるため、用途は、ファンデーション、下着、ストッキングなどのインナーウェアから、パンツ、スラックスなどのアウターウェア、さらに水着をはじめとする多種のスポーツウェアまで、広範な領域にわたっている。

その後、ポリウレタン素材を含むストレッチ性衣服の普及はさらに進み、2004年9月オーストリアで開催された第43回国際人造繊維会議（43rd International Man-Made Fibers Congress）におけるD. Hartの報告¹⁾では、スパンデックスのミル消費量は大きく拡大を続けている（図1-1-1-1）、と述べられている。1990年に46,000トンだったものが、2000年には160,000トンに、2003年には216,000トンにまで増えており、さらに2005年には273,000トンになると予想された。1990年から2000年の10年間で約3.5倍に増加し、その後の10年間でもさらに2倍に増加すると予測され、ここにポリウレタン繊維市場の確立は確固たるものとなっている。

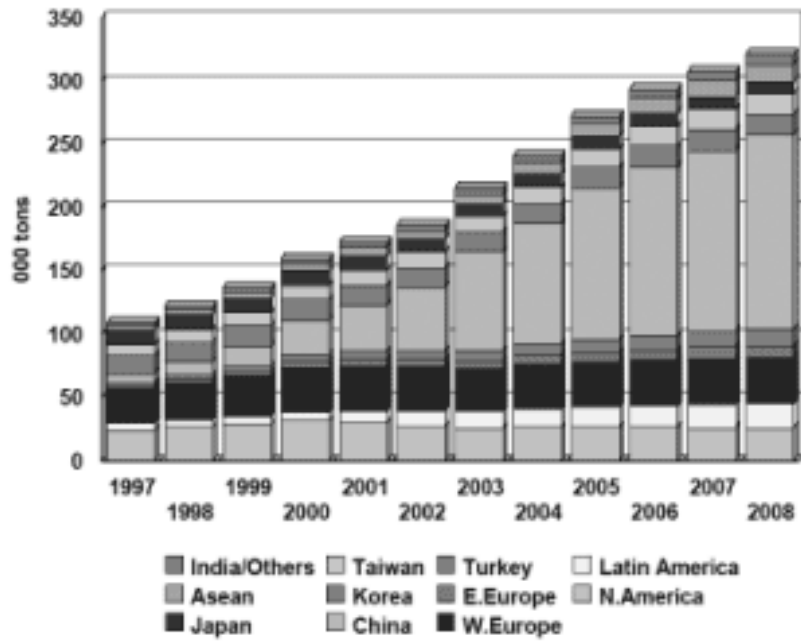


Fig. 1-1-1-1 Global spandex demand 1997-2008

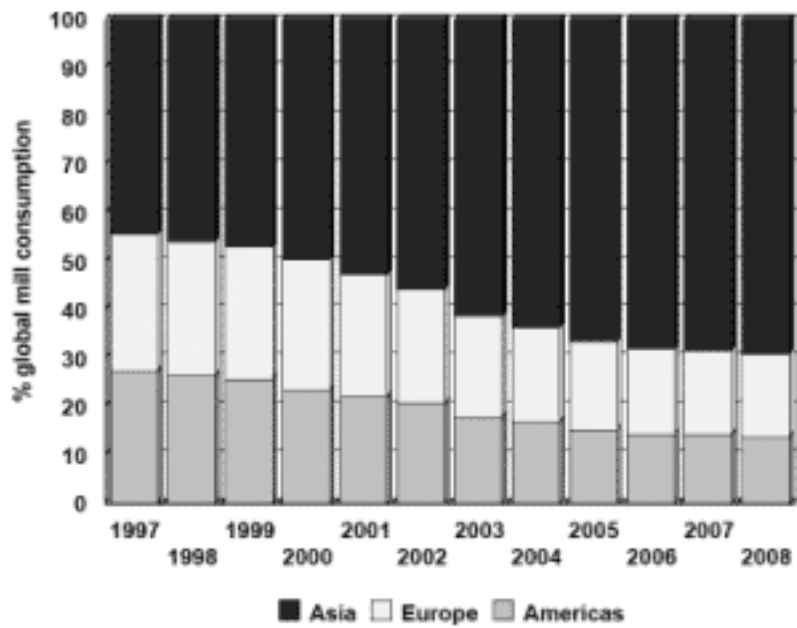


Fig. 1-1-1-2 Geographic location of spandex demand

また、スパンデックスの消費地も大きく変わってきており、図 1-1-1-2 に示すように、1990 年代前半では、北米、ヨーロッパ、アジア地域の消費量はほぼ同量であったが、2001 年にはアジア地域での消費が半分を超え、その後もアジア地域での増加が続くと予想され、2005 年までには全世界のスパンデックスの 65%がアジア地域で消費されるようになると考えられた。

この動きに呼応して、近年、アジアの消費大国である中国のスパンデックス産業も急成長し、中国 BDO - PTMEG -スパンデックス産業チェーンの報告 2007-2008 によれば、中国国家統計局と中国ポリウレタン工業協会、中国税関と中国石油化学工業協会からの情報に基づく、スパンデックスの自給率は 48. 57 パーセントから、現在 90. 94 パーセントにまで増加している。スパンデックス製品の消費拡大に対し、中国も生産を重視し始めたと考えられる。

また、消費者の視点からもスパンデックス製品の需要拡大が確認できる。急激に変化するファッション志向ではあるが、スパンデックス/ストレッチ素材が持つ「快適性」は消費者から安定して支持され、将来的にもスパンデックス製品の消費は伸びると考えられる。2011 年 1 月、富士経済グループは、ポリウレタン原料・製品の世界市場—2015 年予想世界市場伸び率(2010 年比)—³⁾を公表した。

Table1-1-1-1 Forecast of polyurethane raw materials of world market and products growth rate of world market (compared to 2010)

2010年見込	2011年予測	2015年予測	15年/10年比
2,700億円	3,000億円	4,000億円	148.1%

2011 年の市場は前年比 11. 1%増の 3, 000 億円が予測され、以降は若干伸びが鈍化するものの、年率 6%~10%程度で推移し、2015 年には 2010 年比 48. 1%増の 4, 000 億円が予測された。(表 1-1-1-1)。一方、原料である PTMG の不足からスパンデックス自体の価格が上昇していることや、拡大する需要に応える生産量の確保が課題となっている。2012 年日本化学繊維協会が発表した業界ニュース ²⁾によれば、2011 年スパンデックスの生産量は過去最高を達成したと報告したが、この報告は第 43 回国際人造繊維会議での生産量について予測、富士経済グループの調査結果と一致している。

織研新聞 (2014 年 10 月 14 日) ⁴⁾の記事によれば、伊ミラノウニカで長年トレンドコーディネータを務めるアンジェロ・ウズレンギ氏は「新世代のデザイナーがネオプレンやポリウレタンを挟んだテキスタイルを抵抗なく使うようになり、市場に広がり始めた」という。また織研新聞 (2015 年 3 月 17 日) ⁵⁾によれば、16 年春夏の欧州テキスタイルを紹介する記事で、天然素材にポリウレタンや樹脂、ポリ塩化ビニル (PVC) を重ねる動きが広がっていることが注目された。いずれの報道もファッションテキスタイルは質を変えながらもストレッチ素材の方向に進んでいることを示唆している。

以上、スパンデックス/ストレッチ素材は、開発以降、生産・消費共に拡大し、現代社

会においてはインナー、アウターなどの日常着に、また、スポーツウェア、最先端ファッションにまで広く深く浸透していることは明白である。一方で、このようなスパンデックスの拡大は、日常生活、スポーツ時の衣服と皮膚との接触面積の増大、それに伴う衣料・皮膚間の摩擦の増大、ひいては衣料による皮膚障害の増加につながる事が懸念される。

1. 1. 2 スポーツアパレル市場への展開

これらポリウレタン繊維の消費拡大に大きく貢献した分野として、スポーツ衣料の需要増加が考えられる。

矢野経済研究所の「スポーツアパレル市場に関する調査結果 2014」⁶⁾によれば、2014年のスポーツアパレル国内市場規模（メーカー出荷金額ベース）は、前年比 102.3%の 5,241億3,000万円が、2014年のアウトドアウェア国内市場規模も、前年比 106.2%の 800億円が見込まれた。若い女性を中心とした登山のエントリー需要で、機能性だけでなくファッション性が高まり、日常のライフスタイルウェアとしての需要まで拡大したことが理由と考えられる。

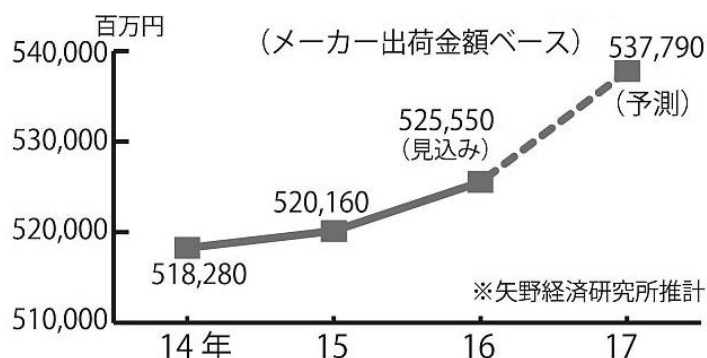


Fig. 1-1-2-1 Size of sports apparel domestic shipping market

さらに2016年の同研究所報告⁷⁾によれば、2016年もスポーツアパレル国内出荷市場規模は、前年比 101.0%の 5,255億5,000万円、またトレーニングウェア国内出荷市場規模は、前年比 101.0%の 1,223億円の見込みで、14年から連続して上昇し続けている(図1-1-2-1)。メーカー各社において、売上金額重視から利益重視の方針にシフトし、2014年から2015年頃にかけて出荷量を抑制するという動きが見られ、その結果としてマークダウン品（特価処分品）比率の低下による販売価格の上昇効果が表われ、出荷金額が拡大した。2016年のライフスタイルウェア国内出荷市場規模も、前年比 102.9%の 422億円の見込みである。この2~3年、カジュアルシーンで「スポーツミックス」というスタイリングがトレンドとなっており、セレクトショップがスポーツブランドのアイテム取扱数を増やしてきたが、2016年もその傾向が続いた。ただ、カジュアルウェアの流行の変遷は早く、2016年後半には勢いに陰りが見られるという関係者の声も聞かれる。

ユニクロは2017年春夏向けの商品でジーンズ、スポーツウェアを強化しており、同社は今秋からグローバルで「ライフウェア」を前面に押し出したキャンペーンも始め、自社製

品の品質やデザイン性の向上とブランディングと同時進行で行うことで、消費者の抱く「ユニクロ」のイメージを今より高めていきたい考えであるという。2016年11月18日に開いた2017年春夏物の展示会で、大きくスペースを割いていたのは「デニム」のコーナーと、「ユニクロスポーツ」であり、カジュアルシーンで使用頻度の高いアイテムや分野のレベルアップや商品拡充に力を入れている。

経済産業省とスポーツ庁は、スポーツ産業の活性化に向けた課題と今後の方向性をまとめた「スポーツ未来開拓会議中間報告」⁸⁾を発表した。スポーツが巨大ビジネスとなっている欧米諸国のように、日本でもその市場を25年までに今の3倍にすることを提言し、講じるべき施策を挙げている。特に「他産業との融合等による新たなビジネスの創出」に触れているが、スポーツとファッションの融合に該当するのは、アスレジャーと称されるスポーツ機能を備えたウェアを普段着として使う分野と考えられる。その成長余地は大きいものの、素材・パターン開発とデザインそれぞれに異なるノウハウが必要で、その着こなしが消費者に浸透するにも時間を要し、今後の広がりが課題である。

清嶋展弘(2003)⁹⁾が指摘するように、スポーツ分野では、運動機能性を向上させる観点から、ポリウレタン混用の素材の使用が不可欠である。これに対し、東レ株式会社は、日常のスポーツを快適でおしゃれに楽しむライフスタイルスポーツ分野での事業展開拡大についての報告¹⁰⁾の中で、ライフスタイルスポーツ向け重点素材について、東レと東レ・オペロンテックス(株)が製造・販売する“ライクラ®T400TMファイバー”(3GTポリマーを使用したポリエステル系複合ストレッチ繊維)と東レの特品原糸との組み合わせによる、優れたストレッチ機能と新質感を両立したストレッチ織編物を開発したと述べている。元の長さの4~7倍もの長さに伸長し、緩めるとすぐに元の長さに戻る卓越したストレッチバック性、快適なフィット性と、優れたプリーツ性などの基本特性を持ち、単独で使用せず、ポリエステルやナイロンなど他の繊維と混用することによる多彩な風合い表現によって、スポーツウェアから水着、ファッション衣料まで幅広い用途の展開が可能な素材としている。

今やスポーツ素材、ファッション素材に必要不可欠とも言えるストレッチ性をもたらすのがポリウレタン繊維であり、その展開はスポーツウェア産業の成長によって、さらに確固としたものとなったといえる。一方で、ストレッチ性衣服による皮膚の摩擦障害、その問題は、日常着のみならずスポーツのように激しく身体を動かす状況において、より多く発生する可能性が考えられる。

1. 1. 3 現代社会における敏感肌・アトピー性皮膚炎増加の現状と課題

一方、近年アトピー性皮膚炎の増加など現代社会に生活する人々の皮膚の健康状態の低下が懸念されている。そこで本節では現代社会における皮膚障害、敏感肌・アトピー性皮膚炎罹患者の動向について述べた。

石原勝¹³⁾によれば、日本繊維製品消費科学会、主婦連合会、全国地域婦人団体連絡協機、消費科学連合会、日本消費者協会の協力を得て、一般消費者を対象として施行した1971

年度のアンケート調査では、回答者 1491 人中 616 人、即ち 41. 3%の人が、過去 1 年間に衣料により何らかの生体異常を経験したと回答した。

経験者のなかには、いやな臭いがした、眼が痛かったと答えた者も若干あったが、皮膚に異常をみたという経験が大半であった。このように過去 1 年間を対象とした調査では、約 40%の人が衣料により皮膚異常を中心とする生体異常を経験したと答えたが、調査上経験頻度が比較的高いとされた夏の 8 月と冬の 1 月の各 1 ヶ月にしぼった 1972 年度の再調査では、成人女性のうち約 20%の人が衣料による皮膚異常を経験したという。皮膚症状及びその程度をこれらのアンケート調査結果から推測すると、大部分の人の経験は、皮膚がチクチクした、痒かった、或いは赤くなったという程度の、また処置の点でもそのまま放置あるいは売薬を塗るだけで短期に消退、治癒する軽い皮膚異常であり、経験回数も年に 1~4 回と少ない例が大半であることが示唆された。

以上の調査を契機として、社会的に繊維品の安全性への注目が集まり、衣料皮膚障害についての認識が高まった。この領域の研究もさらなる広がりを見せている。

アトピー性皮膚炎の勢いについては、2015 年 12 月 17 日、厚生労働省が、3 年に 1 回実施している患者調査からアトピー性皮膚炎の患者数(平成 26 年患者調査反映版)(2015 年)¹²⁾を公表した。2014 年のアトピー性皮膚炎・総患者数(全国の全年齢階級および男女を合わせた総数)は、456, 000 人であった。過去の結果から、総患者数の推移を時系列で表したのが図 1-1-3-1 である。2002 年あたりから、徐々に増加傾向が認められる。

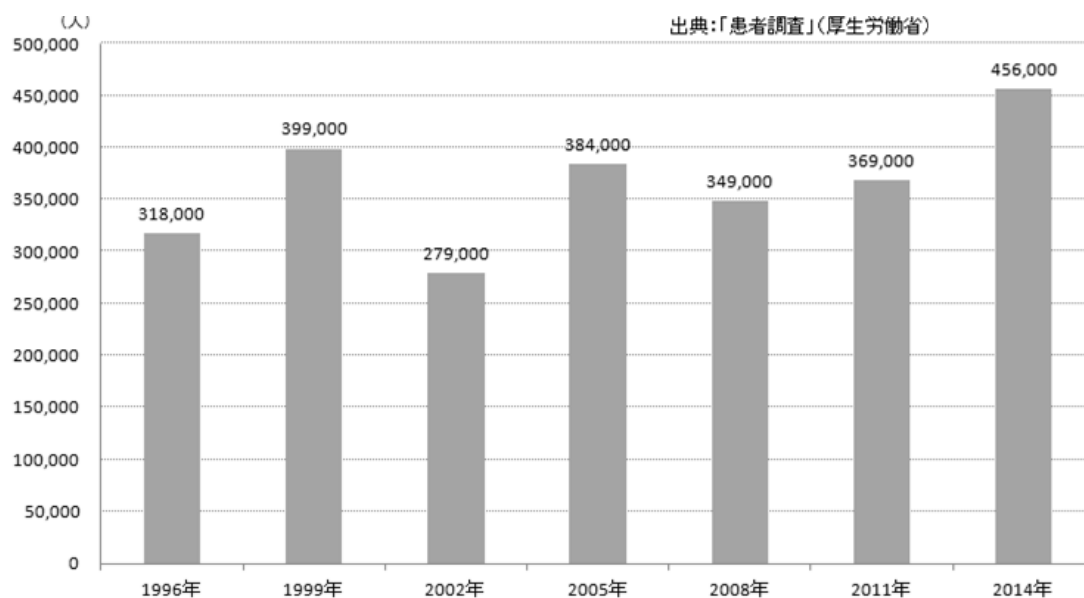


Fig. 1-1-3-1 Total number of patients with atopic dermatitis (nationwide)

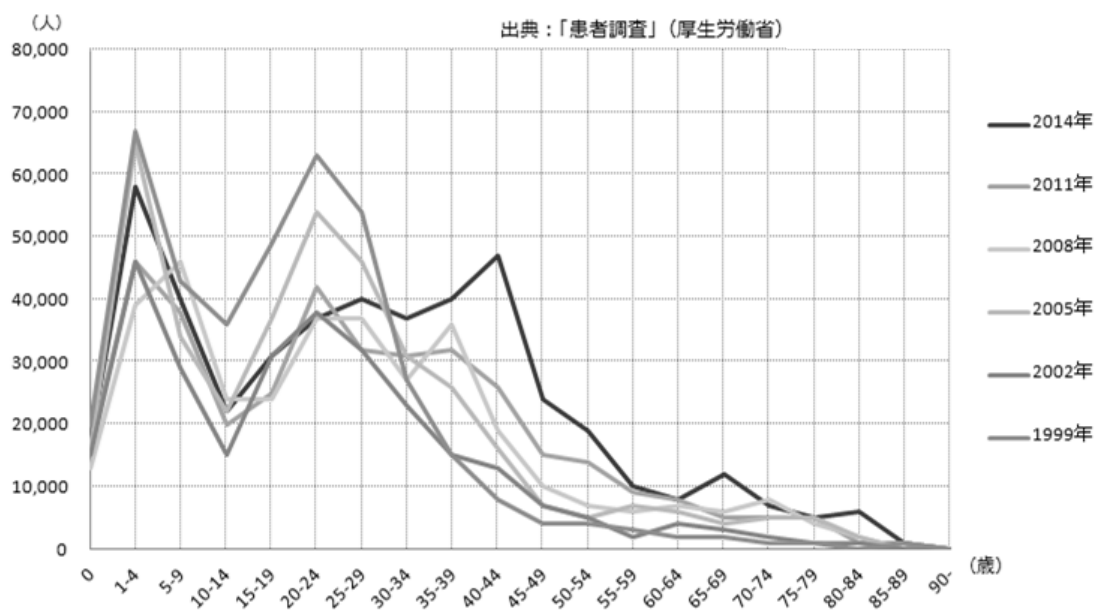


Fig. 1-1-3-2 Total number of patients with atopic dermatitis (by national and age groups)

2014年の調査結果で最も注目される点は、40-44歳の人数が47,000人と突出して多いことである。アトピー性皮膚炎の患者のなかには、30代で治ると言われる人もいるが、本データからはその傾向は読み取れなかった。また、20-24歳が37,000人、25-29歳が40,000人、30-34歳が37,000人、35-39歳が40,000人と、20~30代のアトピー性皮膚炎患者の多いことも示された(図1-1-3-2)。過去のデータも併せ、年を追うごとに、成人アトピー性皮膚炎患者の増加傾向が明らかである。かつては子供の病気であり、大人になれば治るものと認識されていたアトピー性皮膚炎であるが、本調査の結果から、40代までもが苦しめられる難治性の病気であることが示唆された。

具体的な事例としては、平成25年度家庭用品等に係る健康被害病院モニター報告(2015年発表)¹¹⁾によれば、2015年度の報告件数は1,621件であった。これにより、1979年度から2015年度までの37年間の報告件数は累計42,590件となった(図1-1-3-1)。そのうち、家庭用品等が原因と考えられる皮膚障害に関する報告は134例であった。原因と推定された製品を種別で見ると、報告件数上位10品目の占める割合は78.7%であった(表1-1-3-1, 図1-1-3-3)。

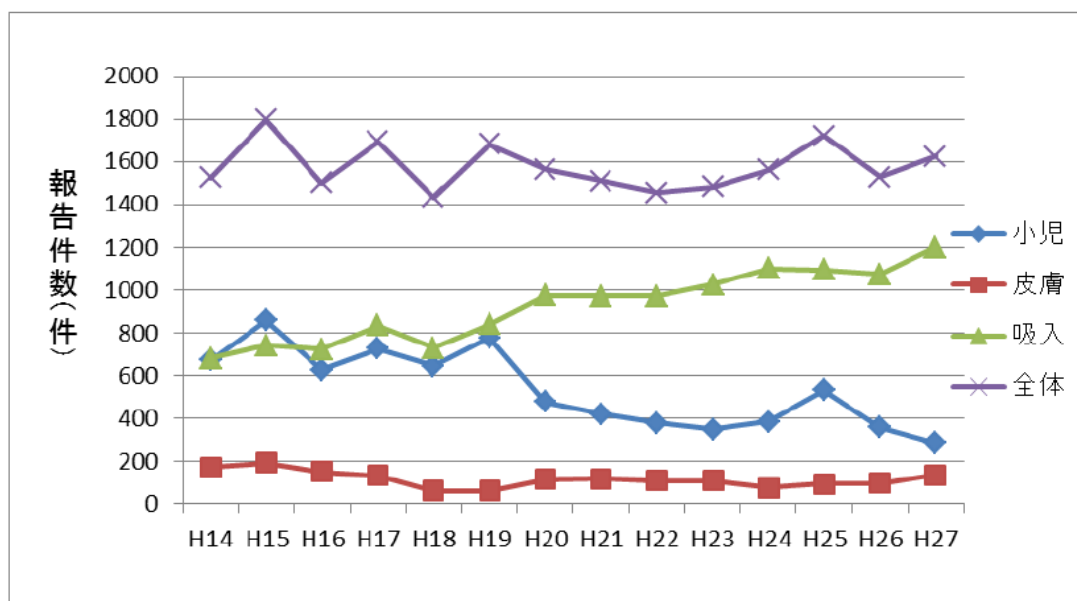


Fig. 1-1-3-3 Number of reported cases by yearly change (2002 - 2015)

Table 1-1-2-1 Number of reported cases of skin disorders by year, household goods, etc. (top ten items)

	平成25年度			平成26年度			平成27年度		
	家庭用品等	件数	%	家庭用品等	件数	%	家庭用品等	件数	%
1	装飾品	29	26.9	装飾品	39	35.8	装飾品	47	31.3
2	ゴム・ビニール手袋	12	11.1	時計	7	6.4	ゴム・ビニール手袋	13	8.7
3	めがね	7	6.5	ゴム・ビニール手袋	7	6.4	時計	12	8.0
4	ベルト	5	4.6	ベルト	5	4.6	めがね	7	4.7
5	スポーツ用品	5	4.6	スポーツ用品	5	4.6	下着	6	4.0
6	下着	4	3.7	下着	4	3.7	時計バンド	5	3.3
7	時計	4	3.7	めがね	4	3.7	スポーツ用品	5	3.3
8	ビューラー	4	3.7	洗剤 ^{※2}	3	2.8	くつした・足袋	4	2.7
9	履き物(革靴・運動靴を除く)	3	2.8	ビューラー	3	2.8	ベルト	4	2.7
10	洗剤 ^{※2}	3	2.8	漂白剤	2	1.8	革靴、履き物(革靴・運動靴を除く)、洗剤、楽器、ビューラー(同数)	3	2.0
	上位10品目計	76	70.4	上位10品目計	79	72.5	上位10品目計	118	78.7
	総数	108	100.0	総数	109	100.0	総数	150	100.0

※1：皮膚障害では、原因と推定される家庭用品等が複数挙げられている事例があるため、報告件数の合計（150件）は、報告事例数（134例）と異なっている。

※2：「洗剤」；食器等を洗う台所用及び洗濯用洗剤

Table 1-1-2-2 Comparative chart of number of reported cases of skin disorders by fiscal year · household goods etc.

		平成 25 年度		平成 26 年度		平成 27 年度	
		例数	%	例数	%	例数	%
性別	男性	22	23.2	18	18.8	24	17.9
	女性	73	76.8	78	81.3	109	81.3
	不明	—	—	—	—	1	0.7
年齢	0～9歳	1	1.1	2	2.1	0	0
	10～19歳	3	3.2	3	3.1	6	4.5
	20～29歳	15	15.8	19	19.8	34	25.4
	30～39歳	24	25.3	26	27.1	35	26.1
	40～49歳	22	23.2	23	24.0	20	14.9
	50～59歳	13	13.7	14	14.6	21	15.7
	60～69歳	13	13.7	5	5.2	11	8.2
	70歳以上	4	4.2	4	4.2	7	5.2
障害の種類※3	アレルギー性接触皮膚炎	61	56.0	69	68.3	90	64.7
	刺激性接触皮膚炎	31	28.4	27	26.7	37	26.6
	接触じんましん	2	1.8	—	—	6	4.3
	色素沈着	9	8.3	2	2.0	3	2.2
	その他	6	5.5	3	3.0	3	2.2
症状の転帰	全治	31	32.6	28	29.2	62	46.3
	軽快	59	62.1	42	43.8	51	38.1
	不変	2	2.1	4	4.2	2	1.5
	不明	3	3.2	20	20.8	19	14.2
合計		95	100.0	96	100.0	134	100.0

※3：「障害の種類」の項目は件数となり、割合（％）はのべ報告件数（平成27年度は139件）に占める割合。

皮膚障害の内訳は、「アレルギー性接触皮膚炎」90件、「刺激性接触皮膚炎」37件であった（表1-1-3-2）。アレルギー性接触皮膚炎では装飾品、時計等、刺激性接触皮膚炎では下着、ゴム・ビニール手袋によるものが多かった。下着及びくつした・足袋は、長時間にわたって直接皮膚に接触するため、注意を要する製品のひとつである。

日本皮膚科学会アトピー性皮膚炎治療ガイドライン¹⁴⁾（古江ら，2008）には、「刺激の少ない衣類を着用する」ことが推奨され、現代人の皮膚障害には、衣類に関する注意が不可欠である。皮膚の健康を保つため、毎日身近な存在として接する衣料品が、どのように皮膚に影響しているかを検討すべきと考えられる。

1. 2 研究の文献的背景

1. 2. 1 衣料障害の実態に関する研究

近年，衣料による皮膚障害の現状について，いくつかの報告がある．秋元(2006)¹⁵⁾が，20～50代の女性 819 人を対象とした，衣類着用時のかゆみやかさつきにかんするアンケート調査結果によれば，約 7 割の対象者が衣類着用時にかゆみやかさつきを感じていることが分かった．

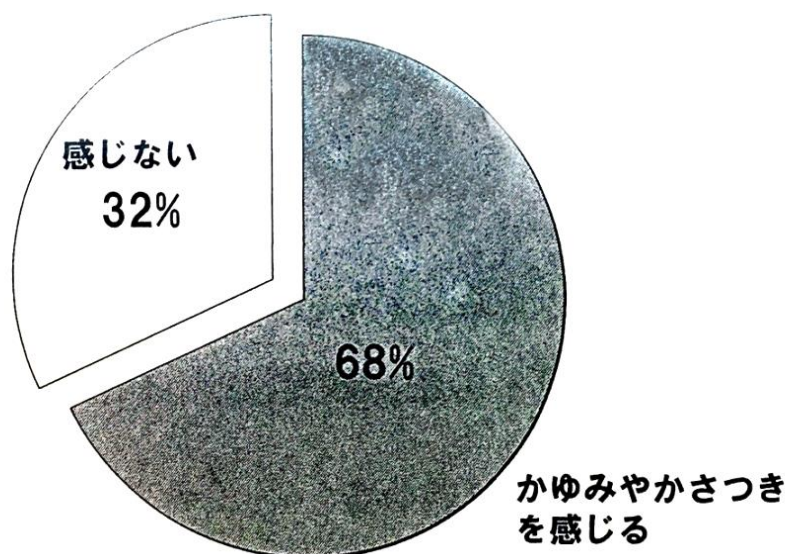


Fig. 1-2-1-1 Presence of clinging Examination while wearing clothes by Lion Co., Inc., questionnaire survey,

In 2005, women from 20s to 50s n = 819

成瀬(2006)¹⁶⁾は年齢 18～22 歳の東海地方に在住する女子大生 858 人を対象として，衣服による皮膚障害の経験の有無を調査した．その結果，皮膚障害の最も多い原因は衣服であり，有効回答者 786 人中 296 人である 37. 7%を占めた．(図 1-2-1-1)

三ッ井(2012)¹⁷⁾は，被服による皮膚障害について 1998 年と 2007 年における各 1 年間の経験と，生まれてから 2006 年末までの経験について調査した．生まれてからの結果では，皮膚障害を受けた人の割合は 10～40 代までは約 50%，50 代 56. 4%，60 代以上 37%で，平均 49. 9%であった．調査人数は，若者 637 名，中高年 488 名，計 1, 125 名である．1 年間の結果では，皮膚障害の経験有は 20 代が 28. 3%，60 代以上が 17. 4%，平均 22. 7%で，各年代とも著しい差は見られなかった．過去の文献と比較検討した結果においても，皮膚障害は減少しているとは言えないことが分かった．生まれてから 1999 年 7 月までと，生まれてから 2007 年末まで，皮膚障害の有無についての結果(図 9)では，いずれも 1%水準で有意差が見られ，2007 年に皮膚障害は増加していることが示された．

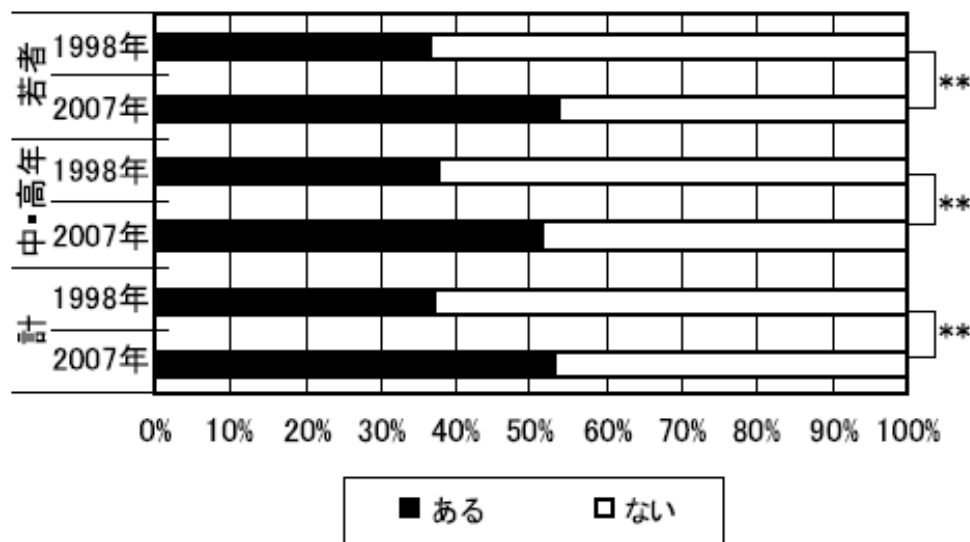


Fig.1-2-1-2 Presence or absence of skin trouble

成瀬 (2016)¹⁸⁾は、衣服による軽微な皮膚障害をも包括した皮膚障害の実態調査を行った。「過去一年間に、衣服の着用によって皮膚障害を経験しましたか?」との質問に対して「ある」と回答した男子は9%, 女子は31%であった。男子より女子が衣服による皮膚障害を多く経験しており、その理由として、女子の下着の素材に化学繊維が使われる、細かい紐が多く使用される、圧迫を伴う下着が多いため皮膚が物理的障害を受けやすい等が考えられる。

男子については、掻痒が最も多く、次いで紅斑、発疹の順であった。女子についても掻痒が最も多いものの、紅斑、発疹の他に、皮膚剥離もみられた。女子は男子に比較して、重症化する傾向が見られた。皮膚障害への対処方法は、「薬を飲んだ」、「薬を塗った」と回答する者の他、「通院した」と回答した者も見られた。皮膚障害の発生部位は、男子は首及び背部が主であり、女子は首が最も多いものの、障害の部位は全身に及んでいた。

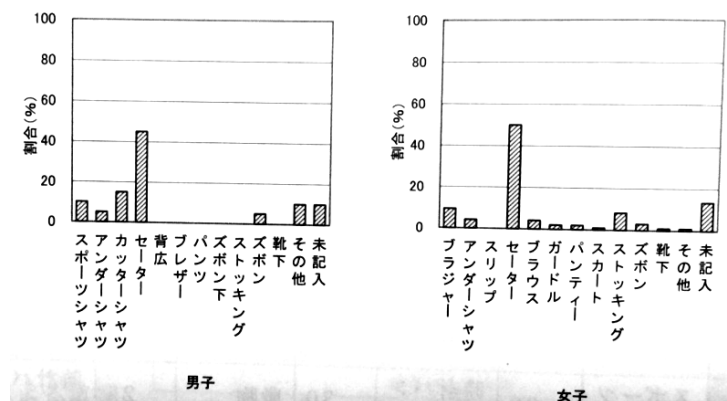


Fig.1-2-1-3 Types of clothes

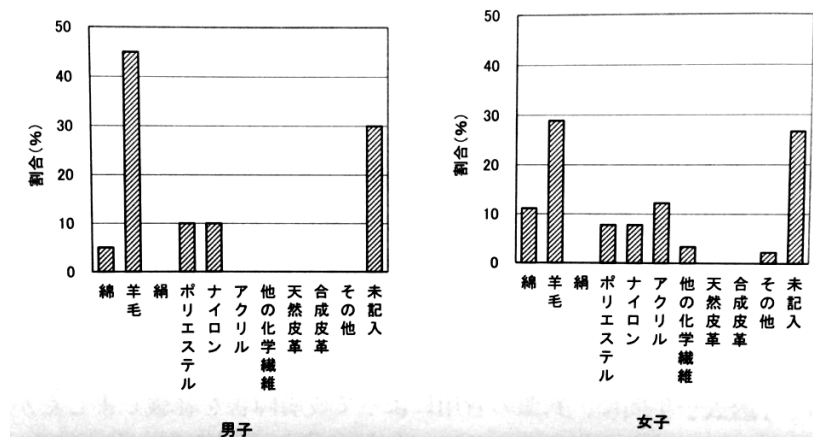


Fig. 1-2-1-4 Clothing material

皮膚障害を起こした衣服の種類を図 1-2-1-3 に示す。男子についてはセーターが多く、次いでカッターシャツ、スポーツシャツの順であった。女子でもセーターが最も多く、次いで、ブラジャー、ストッキングであった。

皮膚障害の原因となった衣服の素材を図 1-2-1-4 に示す。皮膚障害を引き起こした主な原因素材は、羊毛、ナイロン、及びアクリルであった。羊毛のチクチク感は、直径 $30\mu\text{m}$ 以上の繊維を 3.5%以上、直径 $40\mu\text{m}$ 以上の繊維を 0.6%以上含む場合に生じやすいと言われている。

衣服による皮膚障害についての調査は多いが、衣服と皮膚との摩擦について報告された例はまだ少ない。スパンデックス製品が広く消費される現状においては、衣料品の摩擦における皮膚障害も検討すべきと考えられる。

1. 2. 2 衣料障害の原因分析について

日本産業皮膚得性協会技術委員会第 1 分科会の近藤ら (1994)¹⁹⁾によれば、繊維製品による皮膚刺激には、布の物性による物理的刺激と布に染色加工された染料や加工剤による化学的刺激があるとされる。河合ら (1996)²¹⁾は、物理的刺激は繊維素材、編織物の組織、衣料表面の凹凸、縫製、サイズの不適切による圧迫や摩擦、透湿性など、化学的刺激は染料、染色助剤、糊剤、仕上げ加工剤などで、化学刺激による皮膚障害の論文は数多いが、物理刺激に関する報告は少ないことを指摘している。以下、この二つの類別に従って、検討する。

1) 物理的刺激による皮膚障害

(1) 繊維による皮膚の摩擦

日本産業皮膚得性協会技術委員会第 1 分科会の近藤ら (1995)²⁰⁾は、繊維の太さ・断面形状、布表面の毛羽、糸の撚数、糸の太さ等が皮膚刺激性（物理的刺激）に与える影響について検討した。皮膚刺激性について河合らの方法を用いて判定した結果は、繊維は太くな

るほど皮膚刺激性が強くなること、繊維の先端が皮膚に接触した場合の方がその側面が接触した場合に比べて、皮膚刺激性が強くなること、繊維の断面形状によって皮膚刺激性が異なること、糸は太くなるにつれて皮膚刺激性が強くなること、糸は撚数が増すにつれて皮膚刺激性が強くなること等が明らかになったと報告した。物理的刺激の原因となる布の物性との関係で検討した研究は少なく、アクリル系エマルジョン樹脂で仕上加工した19種類の試験布で力学特性や風合いと皮膚刺激性との関係について検討した結果、摩擦特性のMMDは値が大きくなるほど、なめらかさの度合いが低くなり、ざらざら感が出てくるが、MMD値が大きくなるほど、河合法B値が大きくなり、皮膚刺激性が強くなることが明らかとなった。

成瀬（2016）によれば、¹⁸⁾衣服の物理的危険による皮膚障害事例で最も多いのは、羊毛によるチクチク感である。他に、ワンピースを着用したところ、頸、上肢、大腿に掻痒、発疹が生じたとの事例がある。原因は、ポリエステル製の強撚糸による物理的刺激であった。対策としては、硬い強撚糸が直接皮膚に触れないよう裏地を付ける工夫が認められる。また、キュロットスカートを着用したところ大腿内側に紅斑、発疹が生じたとの事例があった。原因は、無撚糸ではあるが、ポリエステルの硬いモノフィラメントがキュロットスカート裏面に使用されていたための物理的刺激であった。衣服素材としては、モノフィラメントではなくマルチフィラメントを使用することが求められる。ポリエステル繊維は、繊維が太くなるほど、曲げ剛性や圧縮回復性が大きくなり、皮膚刺激性が強くなる。また、繊維の太さが同じ場合は糸の撚り数が多いほど皮膚刺激性は強くなるとも言われている。ナイロンタオルのような硬い繊維によって皮膚を長期間摩擦すると慢性の皮膚刺激によって摩擦黒皮症を起こすことがある。図 1-2-2-1 にナイロンタオルによる黒皮症を示した。



Fig. 1-2-2-1 Melanosis due to nylon towel

毎日皮膚に接触する衣料の物性は皮膚へ直接的に刺激を与えているので、衣料による皮膚への物理的な影響は重要な課題と考えられる。以上の先行研究によれば、物理的な要因として、繊維素材、編織物の組織、衣料表面摩擦係数等が挙げられる。

(2) 衣服内気候の温湿度

出口ら (2008)²²⁾は蒸れに関して相対湿度に注目し、繊維製品と皮膚の接触面の湿潤状態をコントロールして高湿度状態の皮膚への影響を検討した。その結果、皮膚刺激の要因として、皮膚表面の水分量よりも皮膚表面の相対湿度が大きく影響することが明らかになった。

朴ら (2010)²³⁾は、健康肌の成人女子7名を対象に、測定部位は上半身の6点、環境条件は室温27℃及び32℃+足温浴の2条件で、各2回皮膚レプリカを繰り返し採取した。結果、表面粗さは部位間で有意に異なり、また、皮膚の湿潤によって高さ方向の面粗さパラメータは有意に減少した。

成瀬 (2016)¹⁸⁾は衣服の生理的刺激による皮膚障害事例として、高い織り糸密度のカッターシャツが原因衣料であった事例を紹介した。カッターシャツの通気性が不良であったために、頸及び両腕に発疹が発生した。このカッターシャツの材質は、ポリエステルと綿の混紡であり、素材の特徴は、織り糸密度が高く、通気性は $11\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{秒}$ と低値であった。そのため着用者の衣服気候は、高温多湿状態であったことが容易に推察される。対策は、適正な衣服気候を確保できる織り糸密度の素材で作られた衣服を選ぶことである。皮膚障害予防のためには、衣服内温度が $32\pm 1^\circ\text{C}$ 、衣服内湿度が $50\pm 10\%$ の衣服気候を保つことが望まれる。ファッション素材といえども、適正な吸汗性、吸湿性、透湿性、通気性を具備していることが求められる。

以上の文献によれば、皮膚表面の湿度は皮膚表面形態に大きく影響し、皮膚についての研究には皮膚表面の温湿度等の環境条件に注意する必要がある。

(3) 静電気の発生

奥窪 (1974)²⁴⁾によれば、乾燥期、脱衣時などに衣服に発生する静電気はしばしば皮膚に向かってスパークし、痛みを与えることも少くない。そのような皮膚へのスパークが、近年問題となっている衣服による皮膚障害の発生に関与しはしないであろうかとの着想から、実験的に追究を行った。スパークを受けた皮膚に、それ単独ではまったく影響を示さない濃度のホルムアルデヒド、人工汗、界面活性剤、洗たく用洗剤などの溶液を作用させた場合、皮膚炎が引き起こされた。なお、アンケートの結果、乾燥期に脱衣時のスパークによって、皮膚に痛みを感じたことのある者が25%にみられた。また、乾燥した環境では、脱衣直後における衣服の帯電電位は2kvから10kvに達することがわかった。以上の成績から、衣服の帯電によって起るスパークは、皮膚障害の原因として関与する可能性を持つといえよう。

衣服の静電気刺激による皮膚障害の症状は、肌がチカチカすることである。また、静電気によって細かい火花が飛ぶと、皮膚の角質層を傷付けてしまう。この傷が衣服による皮膚の炎症を助長する場合がある。素材別摩擦帯電列は、図 1-2-2-2 に示すように (+) ナイロン・羊毛・絹・レーヨン・綿・アセテート・ポリエステル・アクリル (-) の順である。静電気の発生を抑制する対策としては、重ね着をする場合は摩擦帯電列の近接した素材の衣服を組み合わせるなどの着装上の工夫があげられる。また、発生してしまった静電気を衣服に溜めないで上手に逃がす方法として、導電性繊維を衣服に混紡して織り込むなどの方法がある。カーボン含有導電性繊維糸を使用した衣服は、高度な帯電防止性能を示し長時間その性能が保持される。静電気発生を抑制することによって、火花放電を抑制し皮膚障害の発生を防止するとともに、チリやホコリの衣服への付着を防止することができる。

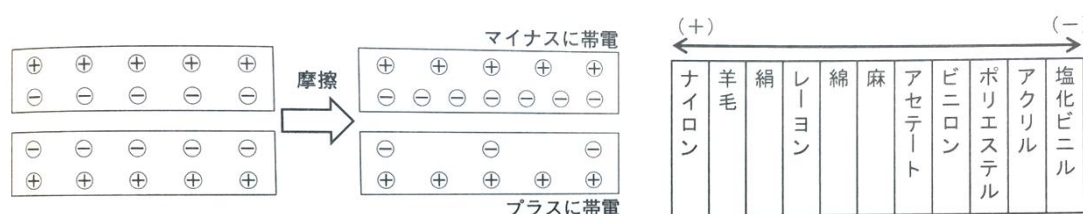


Fig. 1-2-2-2 Mechanism of triboelectric charging and triboelectric series

2) 化学的刺激による皮膚障害

日本産業皮膚衛生協会技術委員会第1分科会(1995)²⁶⁾によれば、繊維製品は、その用途・目的によって仕上げ工程において種々の加工が施される。防皺性、撥水・撥油性、難燃性、帯電防止性等機能を付与する加工と柔軟性、平滑性等触感を改善して商品価値を向上させる加工とがある。現在では、これらの性能を複合させたものが要求されるようになり、仕上げ加工剤もその種類が非常に多くなってきた。手島ら(1995)は、繊維用仕上げ加工剤に絞って、その中に配合されている数多くの化学物質から代表的な単一物質を選び皮膚障害性を、河合法をもちいて検討した。仕上げ加工剤としては、配合成分として使用される単成分の中から、その一部を系統的に選出して、繊維素材、付着量、処理条件を変化させた60種類の試料を作成し、各試験布が皮膚刺激性に及ぼす影響を比較検討した。

中川(2009)²⁵⁾によれば、現在、染料、特に合成染料が繊維による皮膚アレルギーの主因になっているという。

1. 2. 3 衣服圧に関する研究

衣服圧は、人体が衣服から受ける垂直方向の単位面積あたりの力である。着衣時着心地に影響する要因として、身体が衣服から受ける圧迫感がある。これらの圧迫感の大きさは、身体への放線方向の分力即ち衣服圧の計測により、数値として表わすことができる。(伊藤1995, 1999)^{27, 28)}

衣服圧が発生する原因はいくつかに分けられる。まず第一は衣服の重量である。第二の発生要因は動作に伴う衣服の変形応力である。第三の衣服圧ベルトのような体の一部を周囲から締め付けることにより発生する。(田村 2000)²⁹⁾

伊藤 (1999)²⁸⁾によれば、1999年9月30日からは、血圧測定(mmHg)や医療分野(Torr)の計量を除き、衣服圧や椅子や寝具にかかる体圧の表示には、Pa(N/m²)をしようすることとなった。現在、定量性に優れた衣服圧計測法として、三野ら(1991)^{30, 31)}の液圧平衡法と伊藤ら(1993)³²⁾とエイエムアイ社のエアバッグ方式がある。其中、エアバッグ方式が受圧部位と圧力センサーの高さを考慮する必要がないため、動的衣服圧変動を容易に計測できることである。

着衣時、身体が衣服から受ける圧迫感を計る方法には、官能検査による主観的評価法と計測機器を用いる客観的評価法がある。官能検査には一対比較法、順位付け法、評定法などが用いられる。渡辺ら(1980)³³⁾は、ストレッチ編布の衣服圧と圧感覚の関係を7段階評定法をサーストンの一対比較法を用いて検討し、衣服圧と圧感覚との関係に高い相関を認めている。伊藤と竹内(1994)³⁴⁾もパンティストッキングの快適衣服圧の検討において、圧迫感を5段階評定法を用いて検定し、わずか2~3 gf/cm²の違いによって圧感覚が異なり、主観的評価法における評定法の有用性の高いことを報告している。しかし、官能検査の実施に当たって、井上は(1992)³⁵⁾評価用語の整備・共有化(標準化)の問題や被験者自身の持つ基準の違いから信頼性、妥当性、再現性が保証されないため、用語や被験者の選定に十分の配慮が必要であると述べている。

機器計測による圧迫感の評価には、衣服圧、圧迫時に生ずる衣服の伸び及び身体の圧縮変形量の計測があるが、ここでは最も多く計測されている衣服圧計測について述べる。

衣服圧の計測には、着衣状態において衣服下に受圧部を挿入し衣服圧を計る直接法と、着衣状態での衣服の伸びや曲面形状(曲率)を再現して衣服圧を計る大野ら(1968)³⁶⁾のレプリカ法や長谷川と石川(1986)³⁷⁾のドーム法と薄肉圧力容器に関する材料の力学解析を基本として提案された丹羽と川端(1970)³⁸⁾及び Kirk and Ibrahim(1966)³⁹⁾の理論計算法の間接法がある。

拘束性のあるブラジャー、ガードル等については、衣服圧の増加が整容性をもたらす反面、過度の衣服圧によって著しく着心地を悪くすることから、衣服設計の基礎資料を得るため、望ましい圧迫力(衣服圧)を求めた研究がみられる。

間壁ら(1991)⁴⁰⁾は、液圧平衡方式を用いてブラジャーの衣服圧を測定し、一般女性(B70体型)は肩部、腋窩上部、アンダーバストラインの衣服圧がそれぞれ約25, 4, 9~15 gf/cm²のワイヤーフォーム型のブラジャーを好むと報告している。Costanta-kosとWatkins(1982)⁴¹⁾は、産婦が日常着用している授乳用ブラジャーの衣服圧を測定し、肩部、腋窩上部、アンダーバストラインの衣服圧がそれぞれ約39, 11, 16~23 gf/cm²であり、肩部やアンダーバストラインの衣服圧を少なくしたデザインにより、着心地を高めている。

綿貫(1994)⁴²⁾は、着心地の良いガードル設計のためには、血流上から鼠径部(前足つけ

根部)の衣服圧を14.1mmHg(19.2gf/cm²)以下にする必要があるとし、足付け根部を大きくカットし、着心地の良いガードルを得ている。間壁(1991)⁴³⁾も鼠径部の高い衣服圧が着心地を悪くするとして、ハイレグカットまたは大腿部全体を被覆するデザインが望ましいと報告している。伊藤ら(1991)⁴⁴⁾も快適で適度な拘束力のあるガードルの腹部中央、側腹、腹部後面、臀部の衣服圧は、それぞれ8.1, 13.7, 13.2, 10.1gf/cm²であり、わずか数gf/cm²の低下で着心地が上昇する反面、整容効果が低下した報告している。

サポートストッキングについて、綿貫と村田(1994)⁴⁵⁾は衣服圧と心拍出量との関係から、ストッキングの衣服圧が大腿部20.4gf/cm²、下腿部23.1gf/cm²時、静脈還流が促進され、むくみ解消等の生理的着用効果が期待できると述べている。しかし、健康な成人女子の嗜好するサポートストッキングの衣服圧はおおよそ大腿部5gf/cm²、下腿部7gf/cm²、足首部10gf/cm²であった。その他、伊藤らは水着、レオタード及びスパッツの衣服圧を測定し、快適に感じる衣服圧は、腹部及び臀部が5~10gf/cm²であり、肩部、胸部等の衣服外縁部が20gf/cm²以上の高い衣服圧でも着心地が低下しないと報告している。

衣服重量からくる衣服圧を除いて、衣服圧は身体に添って伸ばされている布の張力と対応して変化する、すなわち、同一曲率半径の身体表面では張力の小さい時に比べ、張力の大きい時の衣服圧が高くなる。(伊藤1995)²⁷⁾

以上の静的衣服圧研究に加えて、20世紀に入ると、石丸ら(2008)⁴⁶⁾、菅谷ら(2012)⁴⁷⁾、堀場ら(2014)⁴⁸⁾等の研究者達が動的衣服圧に着目し、ダミー開発、衣服圧シミュレーション技術などに応用することを検討している。

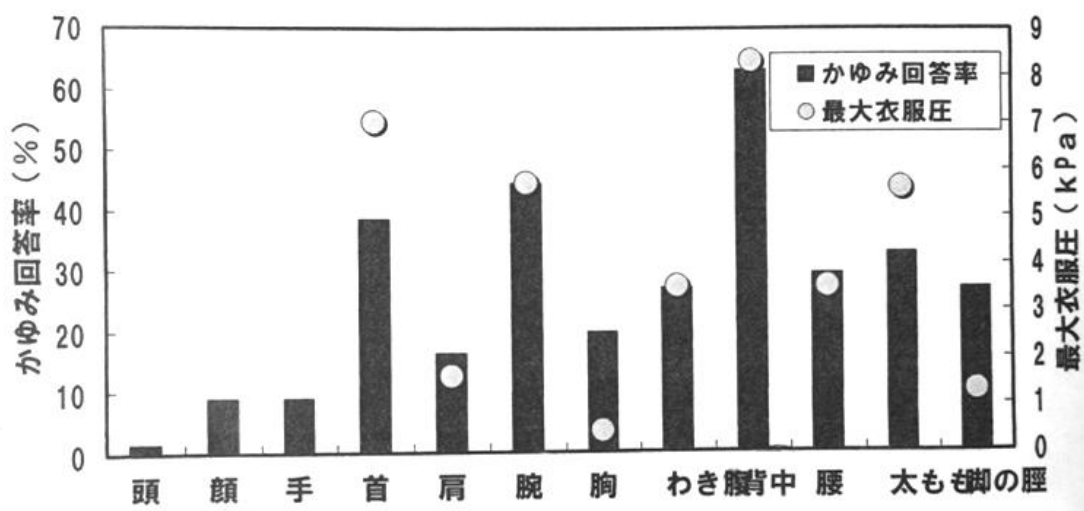


Fig. 1-2-3-1 Relationship between the part that feels itch and maximum clothes pressure

Response rate of the part that feels itch (left axis, column), maximum clothes pressure (right axis, point)

秋元(2006)¹⁴⁾がエアパック式の衣服圧測定機器を用いて、日常生活の動作における身体の各部位の衣服圧を実測し、得られた値の最大値を最大衣服圧として図1-2-3-1の右軸に示した。かゆみを感じる部位と最大衣服圧との関連を調べてみるとかゆみの回答率の高い部位ほど最大衣服圧が高くなる傾向にあった。これは衣服圧が強いほど、摩擦による刺激も強くなり、皮膚への影響も深刻になるとも考えられる。

以上により、衣服による摩擦の皮膚への影響を研究する前提条件として、衣服圧の検討が必要であることが明らかである。

1. 2. 4 動作に伴う皮膚伸縮に関する研究

原田ら(1983)⁴⁹⁾は、人が衣服を身につけて運動する時の動きやすさは、衣服の快適さの主要因の一つである。動作時によって皮膚が伸びる場合‘ゆとり’で吸収できない時は‘衣服のずれ’と‘衣服材料の伸び’でカバーする。皮膚伸びの方が大きいと、‘ずれ’が生じ衣服材料の伸長力が法線方向の分力を発生して圧迫力となる。この衣服圧がある値以上になると不快感をおぼえると述べている。(表1-2-4-1)

Table 1-2-4-1 Skin elongation (data by site by movement)

部 位	動作 方向	男 性			女 性		
		動作前(cm)	動作後(cm)	皮膚伸び率(%)	動作前(cm)	動作後(cm)	皮膚伸び率(%)
①肩甲上部 	② 水平 垂直	44.8	46.4	3.6	40.0	37.2	-7.0
		5.8	6.8	17.2	5.8	6.7	15.5
	③ 水平 垂直				40.0	39.2	-2.0
					5.8	6.5	12.1
	④ 水平 垂直	44.8	47.2	5.3	40.0	43.0	7.5
		5.8	6.3	8.6	5.8	6.4	10.3
②肩甲部 	① 水平 垂直	13.8	16.1	18.1	12.0	13.4	11.7
		22.9	25.0	9.2	22.9	23.9	4.4
	② 水平 垂直				12.0	14.1	17.5
					22.9	24.2	5.7
	③ 水平 垂直	13.8	16.3	18.1	12.0	14.0	16.7
		22.9	24.7	7.9	22.9	24.7	7.9
③脇部 	① 水平 垂直	14.0	13.3	-5.0	10.0	9.8	-2.0
		30.0	33.0	10.0	20.0	20.2	1.0
	② 水平 垂直	14.0	13.3	-5.0	10.0	9.7	-3.0
		30.0	37.7	25.7	20.0	22.3	11.5
	③ 水平 垂直				10.0	10.1	1.0
					20.0	27.7	38.5
④腋窩部 	① 水平 垂直	11.0	9.5	-13.6	10.0	8.5	-15.0
		9.0	13.2	46.7	10.0	12.0	20.0
	② 水平 垂直	11.0	8.0	-27.3	10.0	8.0	-20.0
		9.0	15.5	72.2	10.0	16.6	66.0
	③ 水平 垂直	5.0	6.5	30.0	5.0	7.1	42.0
		5.0	6.9	38.0	5.0	8.1	62.0
⑤後肘部 	① 水平 垂直	10.0	9.7	-3.0	10.0	9.2	-3.1
		26.0	29.0	11.5	26.0	31.0	19.2
⑦後上腕部 	① 水平 垂直	10.2	10.1	-1.0	8.2	8.5	3.7
		22.5	26.2	16.4	19.2	21.0	9.4
⑧臀部 	② 水平 垂直	20.7	22.4	8.2	20.0	23.1	15.5
		10.7	14.6	36.4	32.0	42.3	32.2
⑨膝蓋部 	① 水平 垂直	4.5	5.2	15.6	4.5	5.6	24.4
		3.8	5.2	36.8	3.8	5.7	50.0
	② 水平 垂直	4.5	5.2	15.6	4.5	5.5	22.2
		3.8	5.4	42.1	3.8	6.0	57.9
	③ 水平 垂直	20.0	20.6	3.0	20.0	21.2	6.0
		37.4	38.6	3.2	34.5	35.6	3.2
⑩前大腿部 	① 水平 垂直	20.0	20.8	4.0	20.0	22.6	13.0
		37.4	38.8	3.7	34.5	34.8	0.9
	② 水平 垂直	16.0	15.9	-0.6	16.0	14.1	-11.9
		30.9	32.3	4.5	30.0	32.2	7.3
	③ 水平 垂直	16.0	16.0	0.0	16.0	14.0	-12.5
		30.9	34.2	10.7	30.0	33.1	10.3
⑫足背部(足首) 	① 水平 垂直	8.1	8.8	8.6	8.0	8.2	2.5
		4.5	3.1	-31.1	7.0	4.9	-30.0
	② 水平 垂直	8.1	7.8	-3.7	8.0	7.6	-5.0
		4.5	5.9	31.1	7.0	8.6	22.5
⑬胸部 	② 水平 垂直				29.4	29.5	0.3
					30.0	33.1	10.3

佐々木ら (1996)⁵⁰⁾によれば,異なる素材から作られたガードルについての官能検査では,ハイストレッチ素材から作られたガードルが被験者の人体を圧迫しない結果になったという.

佐藤ら (1997)⁵¹⁾によれば,座ると言った日常的な動作によっても皮膚はかなり大きな伸び率を示し,最大で垂直方向に40~50%,水平方向で30~40%である.補形効果と着用快適性に対する素材特性の相関をガードルを例に検討した結果,着用快適性を向上させるためには,着脱が容易であり,動作時に動き易く圧迫感がないことが必要である.素材の伸長時,とくに40%以上の高伸度において伸長応力が低いことが上記着用感を満たすために重要である.

1. 2. 5 被服材料の伸縮特性と衣服圧に関する研究

アパレルの拘束性と運動機能性⁵⁶⁾アパレルを着用した時,及びそのアパレルが動作によって引き伸ばされたとき,伸ばされた方向に対して垂直方向に衣服圧が発生する.

いま,図1-2-4-1のように,臀部や膝部に発生した衣服圧をPとすると,その点における衣服の張力およびその点における身体の曲率半径との間には次式(Kirkの式)の関係が成り立つ.

$$P = \frac{T_1}{r_1} + \frac{T_2}{r_2}$$

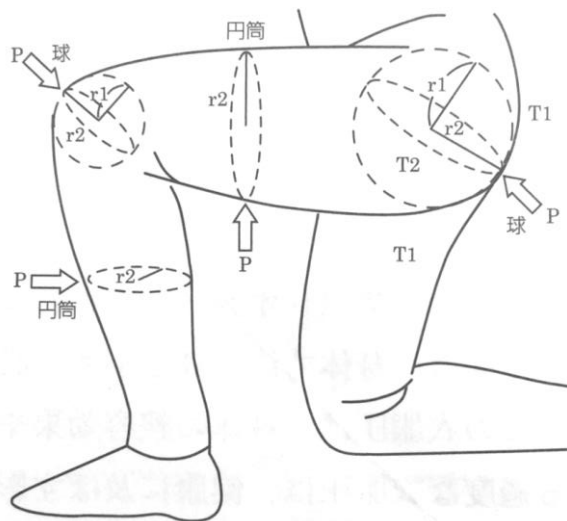


Fig. 1-2-4-1 Clothing pressure generated in the human body

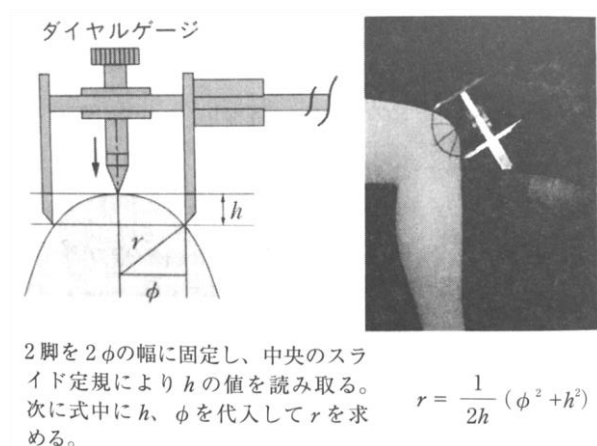


Fig. 1-2-4-2 Measurement method of radius of curvature

ここで、 r はその部位の曲率半径、 T は着衣時の布の伸びに対応する張力、添字1は身体の長さ方向、2は周方向を示している。曲率半径 r は、人体表面を円弧と仮定した時の円の半径であり、図1-2-4-2のように測定することができる。また、 $1/r$ を曲率という。ここで、平面すなわち曲率半径が無限大の場合は、 T/t はゼロとなるため、平面上ではいくら衣服(布)を伸ばしても衣服圧は発生しない。衣服圧は丸みのある身体上でのみ発生する。

すなわち、胴部や腕・脚などでは、長さ方向にはほとんど丸みがないので円筒と仮定でき、結果として、身体にかかる衣服圧 P は次の式で算出できる。

$$P = \frac{T_2}{r_2}$$

以上の二つの式は、衣服圧がその部分における衣服の張力に比例し、身体の曲率半径に反比例することを示している。即ち、布の伸びが大きく張力が大きくなるほど、また細かい部位(カーブの強い部位、曲率の大きい部位)ほど衣服圧は高くなる。

伊藤ら(1995)²⁷⁾は、伸長特性の異なる3種類の素材を用いてスラックスを製作し、静止時の大腿部の衣服圧を計測している。伸長特性のあるポリエステル編み地が約 $10\text{gf}/\text{cm}^2$ であり、ウール編み地は約 $33\sim 55\text{gf}/\text{cm}^2$ 、綿・ポリエステル混デニム地が約 $47\sim 77\text{gf}/\text{cm}^2$ であり、素材の伸長性と対応することが確認された。川端ら(1993)⁵²⁾も伸長性の異なる4種類のスラックスの膝及び臀部の衣服圧計測から同様の結果を得ており、伸縮性素材が日常生活のなかで肌着、休養者、スポーツウェアとして重用されていることが分かる。

生田(1975)は⁵³⁾、伸長特性の異なる各種下腿部拘束衣服を着用させ、歩行時の律動的動

作を行わせた時の主観的な着用感，作業能率，疲労状態，筋電図を含む生理的諸機能について検討し，伸長性の良い拘束衣服と比べ，伸長性の悪い素材の着用が疲労も少なく作業能率上有効であると知見を報告している．この理由としては，伸長性の悪い圧迫衣服を着用して律動的作業を行うと，50～100 gf/cm²の衣服圧変動が生じ，静脈還流が活発となり，血流が良くなるためと推論している．

渡辺ら(1979)⁵⁴⁾によれば，布の伸長率あるいは張力と衣服圧との関係を上腕部・大腿部(被験者各20名)において調べ，比較検討した結果は緊迫布の伸長率と衣服圧との間には，上腕部・大腿部ともに各試料それぞれ高い相関 $r=0.91\sim 0.97$ が認められ，その勾配は，一定伸長時引張り強度が大きいほど大きいと報告された．

斎藤(1985)⁵⁵⁾によると，胴下部及び大腿部体表面展開図を基に設計した，収縮率の異なるガードルにより，その衣服圧と布の伸長・伸展及び人体曲率半径との関係，布の伸長・伸展と圧感覚との関係を調べた結果を見ると，腹部等，一部の部位を除き，ガードル伸長・伸展と衣服圧間に正の相関関係が認められた．また，ガードルの伸長・伸展と圧感覚間には $r=0.70$ 以上の正の相関関係が認められたと報告された．

衣服圧を大きく影響する要因として，衣料の伸縮特徴を把握するのは欠けない部分であることは不可欠である．

1. 2. 6 皮膚性状の評価方法に関する研究

1. 2. 6. 1 河合法と閉塞法

五十嵐(2013)⁵⁷⁾によれば，日本産業皮膚衛生協会(日皮協)は，皮膚に接触する製品の皮膚安全性を自主的に事前評価するために1971年に17社の企業により設立された民間自主団体であり，繊維製品から化粧品，紙製品，フィルムや樹脂製品，粘着テープなど多岐にわたる多くの製品の人テストを行ってきた．主に，河合享三氏の考案した河合法と呼ばれる人テストや閉塞法(パッチテスト)を用いて，約25,000点に及ぶ市販前の製品の皮膚刺激性を事前評価することによって，国内企業が自主的に皮膚障害に努めてきた．

河合法はニトロセルロース製のレプリカ板と酢酸n-ブチルを用いて皮膚表面のレプリカを採取し，試料貼付前後における皮膚表面の形態変化から試料の皮膚刺激性を評価する方法である．

閉塞法は，パッチテストと呼ばれるもので，アレルギー性接触皮膚炎の原因物質を調べるために考案された方法である．紅斑や浮腫といった肉眼的に確認できる炎症反応を評価する方法である．

河合法は，弱い刺激の評価，実使用に近い条件における刺激の評価，(物理刺激の影響も含めた評価)，安全性の予測(追跡調査)，被験者に対するリスクが低いなどの利点がある．閉塞法は医薬部外品の実施機関が多い，一度に試験できる試料が多いなどの利点がある．この二つのやり方に，目的，試料の用途，試料の形状や物性，リスク等を考慮すればよいと報告された．

河合淳(1995)⁵⁹⁾によれば，広く用いられている方法である貼布試験は，貼布部位に起きた紅斑，浮腫等の炎症性変化を持って判断される．しかし，ほかのやり方と共にいずれも煩雑さ，判定の困難さが欠点となっているため，このような欠点を無くし，微細な刺激を判定できないものかと考え，レプリカ法を考案したという．判定方法は，レプリカ板に写された角層表面の形態変化を A-Stage, B-Stage, C-Stage に分類し，肉眼的な炎症反応は D-Stage として，判定を行う．各段階について図 Fig. 1-2-6-1, Fig. 1-2-6-2, Fig. 1-2-6-3 に示す．

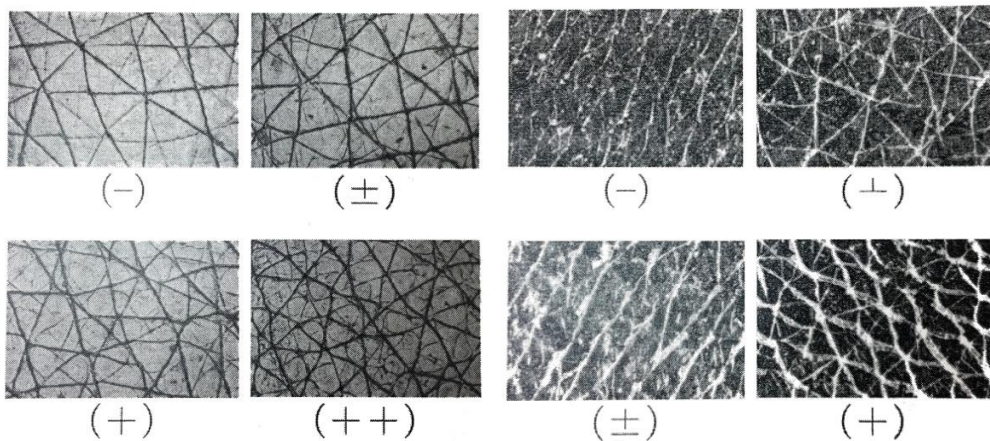


Fig. 1-2-6-1 A-Stage

Fig. 1-2-6-2 B-Stage

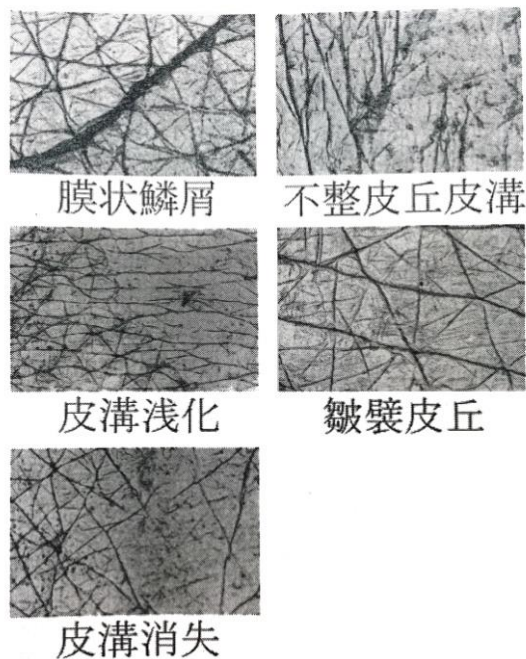


Fig. 1-2-6-3 C-Stage

出口 (2007)⁵⁸⁾によれば、繊維製品による皮膚刺激は軽微なものが多い、しかしながら、皮膚表面に対する接触面積が大きく、且つ長時間使用されるものであるため、より刺激の少ないものが望まれる。市場の製品の皮膚刺激性を評価する方法として、閉塞法と河合法が一般的である。二つの方法を用いて貼布試験を行った結果、河合法では処理剤の違いによる皮膚刺激の微細な評価が可能であるが、閉塞法では河合法で差異の認められる処理剤においても刺激の違いは認められず、処理剤の違いによる微細な刺激の評価は困難であると考えられる。即ち、比較実験の結果によれば、繊維製品に対して、非常に弱い刺激の評価法としては河合法が有効であることが示された。

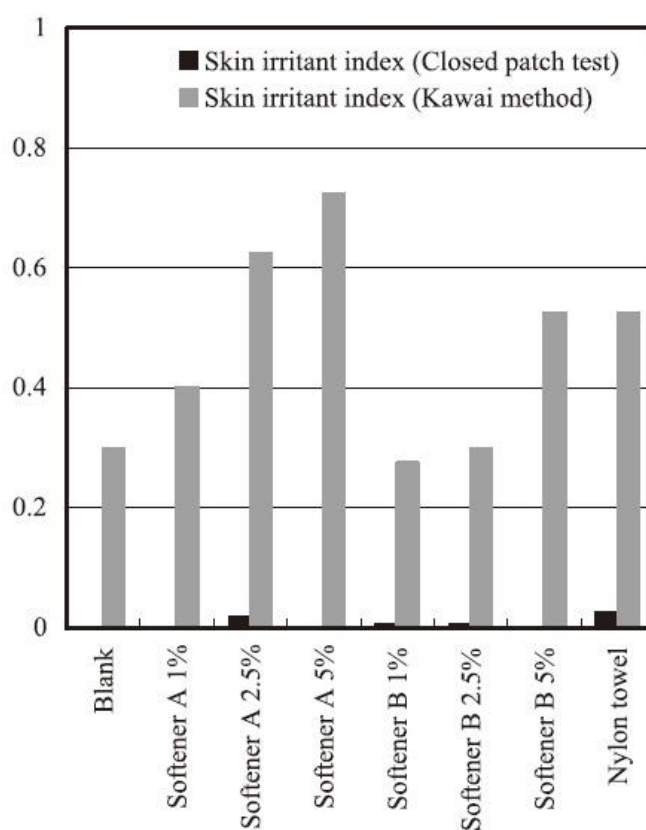


Fig. 1-2-6-4 Skin irritant index.

1. 2. 6. 2 共焦点レーザー顕微鏡による皮膚微細三次元構造の観察と分析法

朴ら (2010)²³⁾は、従来その多く多くが顔を対象として行われてきた皮膚レプリカ法を、身体に応用し、共焦点レーザー顕微鏡による皮膚レプリカの三次元解析を行った。衣服の着用により生じる摩擦・圧力が、皮膚に及ぼす影響を形態学的に観察することを視野に入れて、人体各部位の皮膚レプリカを採取、その三次元構造を共焦点レーザー顕微鏡を用いて観察した。被験者は健康肌の成人女子7名、測定部位は上半身の6点、環境条件は室温 27°C 及び 32°C + 足温浴の2条件、各2回繰り返し実験を行った。ここで得られた三次元画像は、

ネガのレプリカを用いているため、生体の皮膚とは凹凸が反対になっている。 図 Fig. 1-2-6-4 に示すように、表面粗さを表すパラメータとして、JISB0601:2001(ISO4287:1997) を参考に、試料表面凹凸の高さ方向の評価パラメータである最大山高さ： R_p ，最大谷深さ： R_v ，最大山谷距離： R_z ，平均山谷距離： R_c を採用し，その微細三次元構造を定量的に検討した。結果，表面粗さは部位間で有意に異なり，また，皮膚の湿潤によって高さ方向の面粗さパラメータは有意に減少した。以上により本法が皮膚の微小三次元構造を把握する手法として有効であることが示された。

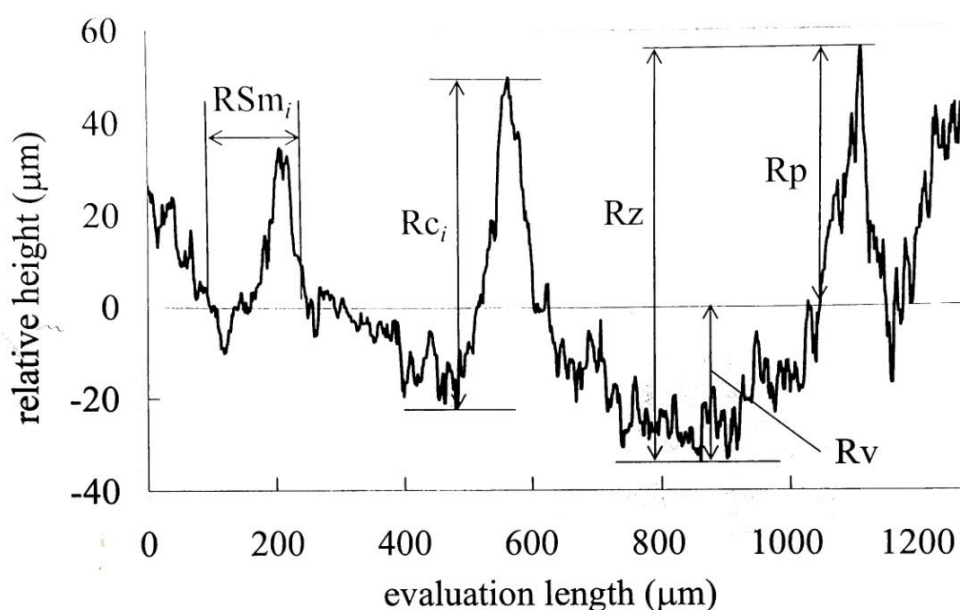


Fig. 1-2-6-5 The example of skin contour profile from the replica in lateral neck 朴と田村⁶⁰⁾は，自覚的肌質の異なる被験者の皮膚の性状を生理学・形態学的側面から定量的に比較検討するため，自覚的健康肌7名，自覚的敏感肌5名計12名の若年女性を被験者として，上半身6部位の共焦点レーザー顕微鏡による発汗前後の皮膚表面レプリカの三次元解析及び経皮水分蒸散量(TWEL)，発汗量計測を行った。その結果，生理学的特性として，敏感肌で健常肌より TWEL 値が高く，発汗量が少ない傾向が示され，皮膚表面の形態学的特性として，皮丘—皮溝の平均距離を表す表面粗さパラメータ (SRc) が健常肌より敏感肌で大きい傾向が，また，発汗によって垂直方向の皮膚表面粗さが平滑化する傾向が示された。

本研究では，河合法を基礎として，朴と田村 (2010)⁶⁰⁾の評価方法を参照し，異なる環境条件下，4種類の試料で摩擦を行った際の，皮膚表面微細三次元構造の変動を検討した。

1. 3 本論文の構成

日常生活における様々な動作により、衣服と皮膚の間で摩擦が生じ、不快感につながる。1940年代にドイツで開発されたポリウレタンは、伸び縮みする弾性繊維で、加工糸として広く用いられている。近年、このポリウレタン素材を含むストレッチ性衣服が大きな割合を占めつつある。しかし、これらの衣服と皮膚との摩擦について報告された例は少ない。

本論文は、以下の6章から構成されている。

第1章 「序論」では、本研究の社会的背景及び先行研究を精読し、本研究の目的、意義について記述した。

第2章 「運動時衣服と皮膚の摩擦に関する実態調査」では、運動時の衣服による皮膚障害の実態を、アンケート調査により明らかにした。

第3章 「下衣の静的・動的衣服圧」では、ストレッチ性衣料による皮膚摩擦の人体影響に関する研究をも視野に、その基礎研究として、ストレッチ性下衣着用時の衣服圧分布、およびその動的衣服圧変動の実態と要因を明らかにした。

第4章 「運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討」では、運動時衣服圧の生起要因を探るため、試料の引張強伸度特性に関する実験（実験A）、運動時の皮膚伸縮に関する実験（実験B）、実験A、実験Bの結果を用いたKirkら(1966)の式による運動時衣服圧の推定（実験C）を実施し、これらの結果と第3章で得られた実測衣服圧の結果を比較することによって皮膚・衣服間のずれを検証した。

第5章 「素材の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響」では、運動時の衣服による皮膚摩擦の実態を明らかにすると共に、被験者実験により動作時の衣服と皮膚の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響について検討することとした。

第6章 「総括」では各章をまとめ、研究全体の結論を記述した。

引用・参考文献

- 1) D. Hart, スパンデックスの世界市場, 第 43 回国際人造繊維会議 (43 rd International Man-Made Fibers Congress), <http://www.kaizenken.jp/2004/43world/page01.html> (2004)
- 2) 日本化学繊維協会業界ニュース, http://www.jcfa.gr.jp/mg/wp-content/uploads/news/industry/2012/03/1797/120130_913_.pdf (2012)
- 3) 富士経済 group, ポリウレタン原料・製品の性快市場を調査—2015 年予想 (ア)世界市場伸び率(2010 年比)—, <https://www.fuji-keizai.co.jp/market/16012.html> (2011)
- 4) 織研新聞記事, 注目される日本のテキスタイル技術, <http://www.fashionsnap.com/the-posts/2014-10-17/japanese-textile/> (2014)
- 5) 織研新聞記事, 16 年春夏欧州テキスタイル, <https://senken.co.jp/posts/16ss-europe-textile> (2015)
- 6) 矢野経済研究所, スポーツアパレル市場に関する調査結果 2014 (ア), <http://fashionmarketingjournal.com/2014/12/sports-apparel-data-2014.html> (2014)
- 7) 矢野経済研究, スポーツアパレル市場に関する調査結果 2016, www.yano.co.jp/press/pdf/1643.pdf (2016)
- 8) 経済産業省とスポーツ庁, スポーツ未来開拓会議中間報告, www.meti.go.jp/press/2016/06/.../20160614004-1.pdf (2016)
- 9) 清嶋展弘, スポーツウェアの品質・機能の観点から, 繊維製品消費科学, 44 (10), 571-577, (2003)
- 10) 東レ株式会社, 日常のスポーツを快適でおしゃれに楽しむライフスタイルスポーツ分野での事業展開拡大について, <http://cs2.toray.co.jp/news/toray/newsrrs01.nsf/0/4567197758F996BA49257D1100285651> (2014)
- 11) 厚生労働省, 平成 25 年度家庭用品等に係る健康被害病院モニター報告, <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11123000-Iyakushokuhinkyoku-Shinsakanrika/0000079648.pdf> (2015)

- 12) 厚生労働省, アトピー性皮膚炎の患者数(平成 26 年患者調査反映版), <http://atopysan.hatenablog.com/entry/2015/12/17/> (2015)
- 13) 石原勝, 衣服の安全性—衣服の生体に対する安全性, 繊維製品消費科学, 15(6), 293-300 (1974)
- 14) 古江増隆, 佐伯秀久, 古川福実, 秀道広, 大槻マミ太郎, 片山一郎, 佐々木りか子, 須藤一, 竹原和彦, アトピー性皮膚炎治療ガイドライン, 日本皮膚科学会, 119(8) (2009)
- 15) 秋元宏, 衣類と皮膚の摩擦によるかゆみについて, 現場レベルでの皮膚測定・評価～トラブル事例・対策～, サイエンス&テクノロジー164-170 (2006)
- 16) 成瀬正春, 内田有紀, 平岩暁子, 衣服による皮膚障害と肌に優しい衣服の認知度-1 東海地区の女子大生-, 繊維製品消費科学, 47 (12), 70-77 (764-771) (2006)
- 17) 三ッ井紀子, 被服による皮膚障害の実態と変遷, 千葉大学教育学部研究紀要 60(-), 47-53 (2012)
- 18) アパレルと健康をめぐる現代的課題, アパレル生理衛生論, 日本衣料管理協会, 137-164 (2016)
- 19) 日本産業皮膚衛生協会技術委員会第 1 分科会, 硬仕上加工布の力学特性及び風合いと皮膚刺激性, 繊維製品消費科学, 36 (6), 40-50(443-453) (1994)
- 20) 日本産業皮膚衛生協会技術委員会第 1 分科会, 繊維及び糸の要因と皮膚刺激性, 繊維製品消費科学, 37(6), 50-58(308-316) (1996)
- 21) 河合淳, 中川幹雄, 中村健, 繊維製品・衣料品による皮膚障害, 洗濯の科学, 41 (3), 16-22 (1996)
- 22) 出口潤子, 五十嵐亮介, 加々良靖之, 金谷薫, 河合淳, 神田和三, 北尾朱美, 柴田英夫, 滝澤清, 西川哲二, 福田稔, 宮崎仁, 宮澤清, 繊維の乾燥・湿潤状態における特性と皮膚刺激性—皮膚表面の相対湿度が皮膚刺激性に与える影響—, 繊維製品消費科学, 49 (10), 65-72(703-710) (2008)
- 23) 朴キョンヒ, 田村照子, 共焦点レーザ顕微鏡による皮膚表面性状の分析-発汗による湿潤の影響-, 繊維製品消費科学, 51 (4), 86-93(338-345) (2010)
- 24) 奥窪朝子, 衣服の帯電と皮膚障害, 繊維製品消費科学, 15(12), 502-506 (1974)
- 25) 中川幹雄, 繊維による皮膚アレルギー, 繊維と工業, 65 (7) (2009)

- 26) 日本産業皮膚衛生協会技術委員会第1分科会, 繊維用加工剤の皮膚刺激性-濃度, 繊維素材, 熱処理温度の変化-, 繊維製品消費科学, 36 (3), 39-44(289-294) (1995)
- 27) 伊藤紀子, 圧迫感(衣服圧) -最適衣服設計のために-, 繊維製品消費科学, 36 (1), 38-43 (1995)
- 28) 伊藤紀子, 衣服圧および接触圧測定法, 繊維製品消費科学, 40(12), 36-41(781-786) (1999)
- 29) 田村照子, 衣服圧の功罪, 日本家政学会誌, 51(11), 73-76(1089-1092) (2000)
- 30) 三野たまき, 間壁治子, 百田裕子, 上田一夫: 繊維製品消費科学, 32, 362-367(1991)
- 31) 三野たまき, 間壁治子, 百田裕子, 上田一夫: 繊維製品消費科学, 32, 368-372(1991)
- 32) 伊藤紀子: 家政誌, 44, 291-298(1993)
- 33) 渡辺ミチ, 田村照子, 岩崎房子, 嶋根歌子: 家政学雑誌, 31, 439-444 (1980)
- 34) 伊藤紀子, 竹内美枝子: 家政学雑誌, 45, 311-322(1994)
- 35) 井上裕光: 繊維製品消費科学, 33, 396-400(1992)
- 36) 大野静枝, 初見たみ, 宮本潤子, 高橋暁子: 家政学雑誌, 19, 209-212 (1968)
- 37) 長谷川まりか, 石川欣造: 繊維製品消費科学, 42, 475-484(1986)
- 38) 丹羽雅子, 川端季雄: 繊維製品消費科学, 23, T159- T 172(1970)
- 39) Wm. Kirk, Jr. , ands. M. Ibrahim:Text. Res. J. , 36, 37-47(1966)
- 40) 間壁治子, 百田裕子, 三野たまき, 上田一夫: 繊維製品消費科学, 32, 416-423(1991)
- 41) A. V. Constantakos. S. M. Watkins:Home Econ. Res. J. , 10, 271-271(1982)
- 42) S. Watanuki:Ann. Physiol. Anthropol. , 13, 157-165(1994)
- 43) 間壁治子, 百田裕子, 三野たまき, 上田一夫: 繊維製品消費科学, 32, 424-438(1991)
- 44) 伊藤紀子, 森脇真美, 安田晴美: 総合A 科研費報告書(特殊機能を付記した衣料品の表示及び広告の実態とその着衣効果について), 57-61(1991)
- 45) S. Watanuki , H. Murata:Ann. Physiol. Anthropol. , 13, 121-127(1994)
- 46) 石丸園子, 衣服圧シミュレーション技術の開発, 加工技術, 43 (9), 546-549(2008)
- 47) 菅谷紘子, 岩崎謙次, 衣服圧評価用の歩行動作ダミーの開発第2報歩行動作装置の開発, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 7, 62-65 (2012)
- 48) 堀場洋輔, 数値シミュレーションによる衣環境の推定-被服圧及び空隙量に関する研究事例-, 日本衣服学会誌, 58 (1), 21-24 (2014)

- 49) 原田隆司, 土田和義, 苅坂佳世子, 入矢昌子, 皮膚伸びと衣服伸び, 繊維機械学会誌, 36 (6), 1-5 (1983)
- 50) 佐々木和也, 宮下和弘, 枝村正芳, 古川貴雄, 清水義雄, 清水裕子, 官能検査と動的衣服圧測定によるファンデーション快適性評価, 繊維製品消費科学, 38(2), 53-58 (1996)
- 51) 佐藤栄二, 小原和幸, 皮膚伸びへの対, 繊維製品消費科学, 38 (8), 36-42 (1997)
- 52) H. Kawabata , A. Yamagata, N. suda, K. Ishikawa:J. Home econ. Jpn. 44, 1033-1043 (1993)
- 53) 生田則子 : 広大医誌, 23, 275-296(1975)
- 54) 渡辺ミチ (ストレッチ編地による衣服圧について 第一報 1979)
- 55) 斎藤秀子, ストレッチ性衣服圧に関する研究, 1-7 (1985)
- 56) アパレルの拘束性と運動機能性, アパレル生理衛生論, 日本衣料管理協会, 73-113 (2016)
- 57) 五十嵐亮介, 繊維製品の皮膚貼付試験 (河合法・閉塞法) について, 繊維製品消費科学, 54(5), 446-458 (2013)
- 58) 出口潤子, 五十嵐亮介, 加々良靖之, 金谷薫, 河合淳, 神田和三, 北尾朱美, 柴田英夫, 滝澤清, 西川哲二, 福田稔, 宮崎仁, 宮澤清, 繊維の皮膚刺激性評価法-閉塞法と河合法の比較-, 繊維学会誌, 63 (8), 200-204(48-52) (2007)
- 59) 河合淳, 顕微鏡観察による貼布試験判定法 (河合法), 繊維製品消費科学, 36 (3), 6-10(256-260) (1995)
- 60) 朴キョンヒ, 田村照子, 共焦点レーザー顕微鏡による皮膚表面性状の分析(2)-体部の異なる肌質自覚群間の比較・検討-, 繊維製品消費科学, 51 (10), 63-69(785-791) (2010)

第2章

運動時衣服と皮膚の摩擦に関する 実態調査

2. 1 緒言

1974年、石原ら¹⁾は衣服の生体に対する安全性に注目し、日本繊維製品消費科学会、主婦連合会、全国地域婦人団体連絡協機会、消費科学連合会、日本消費者協会の協力を得て、衣料障害の実態調査を行った。その結果、回答者1491人中616人、即ち41.3%において、過去1年間に衣料による何らかの生体異常の経験が報告された。以来、衣服の安全性に対する関心は高く、近年においても、衣服による皮膚障害についての調査が数多く実施されている。秋元²⁾は、被服による皮膚障害や衣類着用時の不快感について調査し、回答者の約7割が衣類着用時にかゆみやかさつきを感じていると報告した。三ッ井³⁾によれば、皮膚障害を受けた経験のある人の割合は10代~40代までで約50%、50代56.4%、60代以上37%で、平均49.9%であるという。また、成瀬⁴⁾は、皮膚障害の最も多い原因は衣服であり、男子より女子で衣服による皮膚障害の経験が多くみられると報告した。以上の調査結果より、衣服由来の皮膚障害に関する症状、頻度は、年齢や性別等により様々であると考えられる。

衣服による皮膚障害についての調査は数多くなされているが、衣服と皮膚との摩擦について報告された例は少ない。特に近年、スポーツウェア産業の成長とも相まって、衣服の素材かデザインは多岐にわたり、衣服の摩擦による皮膚障害も、従来とは異なる部位、症状で生じる可能性が高いと考えられる。本章では、運動時の衣服による皮膚障害の実態を、アンケート調査により明らかにする。

2. 2 方法

2. 2. 1 調査対象者

調査は、日本と中国において同一内容を同一時期に実施した。日本では、東京の体育系大学に所属する健康な若年女性102名を対象とし、年齢 19.7 ± 1.1 才、身長 161.1 ± 5.1 cm、体重 57.3 ± 8.3 kgであった。中国では武漢の体育系大学に所属する健康な若年女性52名を対象とし、年齢 19.1 ± 1.0 才、身長 168.8 ± 7.8 cm、体重 59.2 ± 12.4 kgであった。

2. 2. 2 調査時期

調査期間は、2015年5月から11月で、東京と武漢はほぼ同じ温度の時期でのアンケートであった。

2. 2. 3 調査内容

図2-2-1~2-2-4にアンケート用紙を示す。質問項目は、肌状態、運動時の着衣及び衣服と肌の摩擦による不快感に関する事項である。肌状態の判定は、勝村の肌分類に基づき、顔、体幹、上肢、下肢の四部位で調査対象者に自覚判定させた⁵⁾。運動時の着衣については上衣と下衣に分け、密着度や素材を選択させた。衣服と肌の摩擦による不快感では、不快を感じた経験の有無、不快感が生じた季節、皮膚症状、部位等について質問した。

調査日: _____

運動時の衣服と皮膚の摩擦に関するアンケートのお願い

私は衣服と皮膚の摩擦について研究を行っております。本アンケートは運動時の衣服の摩擦状況についてお尋ねするものです。何卒ご回答ご協力のほどよろしくお願い申し上げます。なお、得られましたデータは本研究においてのみ取り扱います。

氏名: _____ 性別: _____ 年齢: _____ 才 身長: _____ cm 体重: _____ kg

1. 皮膚状態について（該当欄または該当記号に○印をつけて下さい）

1) あなたの肌のタイプを、部位別に下表の定義（勝村の肌分類 1994）に従ってお選び下さい。

部位	a. 健康肌	b. 不安定肌	c. 敏感肌	d. 疾患肌
顔				
体幹				
上肢				
下肢				

定義

健康肌	肌にトラブルや違和感等の異常が起きない肌
不安定肌	睡眠不足、過労、生理時、季節の変わり目、ストレス) によって一時的に皮膚トラブルを起こしやすくなる肌
敏感肌	接触アレルギーがないのに外界刺激に対する抵抗性が低く、容易に皮膚のトラブルが生じる肌
疾患肌	アトピー性皮膚炎、乾皮症(皮脂欠乏症)の疾患を有する肌

2) 入浴剤を使っていますか？

a. 毎日使っている b. 週2、3回使っている c. たまに使っている d. 全く使っていない

3) 剃毛していますか？

a. 夏のみ b. 月に一回 c. 週に一回 d. 2、3日おき e. 毎日 f. していない

g. その他 _____

4) 剃毛部位を選んでください（複数選択可）

a. 顔 b. 脇 c. 下腿 d. 大腿 e. 前腕 f. 上腕 g. デリケートゾーン

h. その他 _____

5) ボディローション（乳液、クリーム等を含む）を使っていますか？

使っている頻度を選んでください。

a. 毎日使う b. 週2、3回使う c. たまに使う d. 全く使わない

6) ボディローションを使っている方はその種類を選んでください。

a. ローション b. 乳液 c. クリーム d. オイル e. その他 _____

7) 皮膚の塗り薬を使っていますか？その頻度を選んでください。

a. 毎日使う b. 週2、3回使う c. たまに使う d. 全く使わない

使っている方はその薬品名を書いてください _____

Fig. 2-2-1 Questionnaire page 1

2. 運動について（該当記号に○印をつけて下さい）

1) あなたは運動をしていますか？運動の頻度を教えてください。

- a. 毎日 b. 週に 3-5 回 c. 週に 1-3 回 d. たまに運動する e. 全く運動しない

運動をしている人は以下お答えください。

2) あなたのしている運動の種類は何ですか？（複数選択可）

- a. ジョギング b. バスケットボール c. バドミントン d. 卓球 e. テニス
f. 水泳 g. エアロビクス h. サッカー i. 野球 j. ウォーキング

k. その他（具体的に書いてください）

3) 一回の運動時間を教えてください。

- a. 30分未満 b. 30分程度 c. 1時間程度 d. 2時間以上 e. その他

4) どのような時間帯に運動しますか？

- a. 朝 b. 午前 c. 午後 d. 夜

5) 何のために運動しますか？（複数選択可）

- a. 健康のため b. ストレス解消のため c. 習慣として d. ダイエットのため

e. その他（具体的に書いてください）

3. 運動時の衣服について

運動する時、どのような衣服を着用しますか？ 上衣、下衣、下着別に、下の表から選び、その密着度と素材について、記入例のように記入してください。

● 皮膚への密着度

- a. ぴったり b. 普通 c. ゆったり

● 素材（複数選択可）

- ① 綿 ② ポリエステル ③ ナイロン ④ ポリウレタン
⑤ アクリル ⑥ 麻 ⑦ 毛 ⑧ 絹 ⑨ テンセル
⑩ その他（具体的に書いてください）

記入例

着用者の着

衣服の名称【自由に記入してください】

Tシャツ

密着度

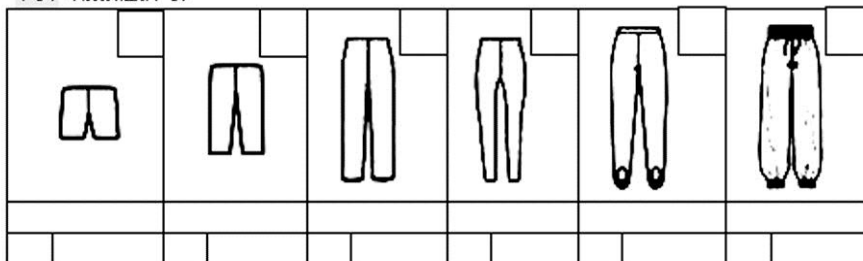
b ①④

素材

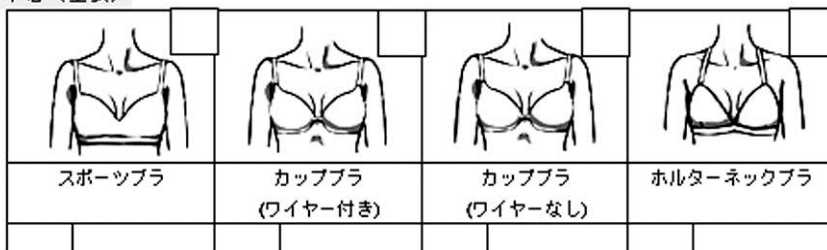
上衣（複数選択可）

Fig. 2-2-2 Questionnaire page 2

下衣（複数選択可）



下着（上衣）



下着（下衣）

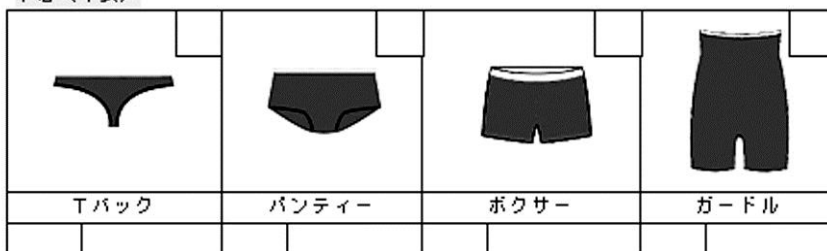


Fig. 2-2-3 Questionnaire page 3

4. 摩擦について

1) 運動の時、皮膚と衣服の摩擦による不快を感じますか？

- a. 常に感じる b. 時々感じる c. たまに感じる d. 全く感じない

2) 摩擦の不快を感じる部位はどこですか？下図から選び、その季節・皮膚状態・症状を下表の番号で記すと共に、原因となった衣服について記入してください。

季節 (複数選択可) ㊶春 ㊷夏 ㊸秋 ㊹冬 ㊺一年中 ㊻季節に関係なし	不快感が生じた皮膚の状態 ア. 乾燥していた イ. 湿潤していた ウ. どちらとも言えない	症状 (複数選択可) a. かゆみ b. 赤み c. 皮膚破損 d. 湿疹 e. ひりひり感 f. 乾燥感
---	---	--

	季節	不快感が生じた皮膚の状態	症状	原因となった衣服について
例) 胸	㊶と㊷	イ	b	ワイヤーブラのアンダー部分
頸				
項				
肩				
背中				
胸				
腋窩				
腰				
腹				
鼠径				
臀部				
膝窩				
上腕前面				
上腕後面				
肘窩				
前腕前面				
前腕後面				
大腿外側				
大腿内側				
大腿前面				
大腿後面				
膝蓋				
膝窩				
下腿前面				
下腿後面				
足首				
足背				
踵				
足底				

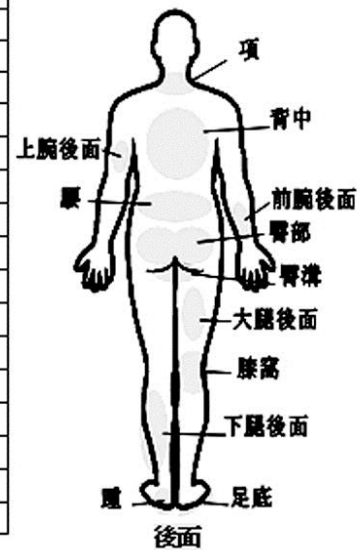
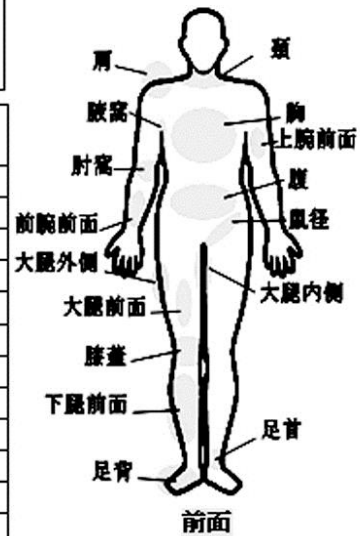


Fig. 2-2-4 Questionnaire page 4

2. 3 結果

2. 3. 1 日本の調査結果

勝村の肌分類により⁶⁾、本研究の調査対象者 102 名に皮膚状態を自覚判定させた結果を表 2-3-1-1 に示す。健康肌以外の自覚のある者、即ち、不安定肌、敏感肌、疾患肌を合わせた割合は、顔で 62. 37%，体幹で 22. 77%，上肢で 25. 74%，下肢で 24. 75%であった。

Table 2-3-1-1 Subjective rating of skin condition

	Healthy skin	Unstable skin	Sensitive skin	Disease skin	No answer
Face	38.61	41.58	19.80	0.99	0.99
Trunk	76.24	9.90	10.89	1.98	0.99
Upper extremities	73.27	8.91	12.87	3.96	0.99
Lower extremities	74.26	5.94	15.84	2.97	0.99

図 2-3-1-1 に“運動時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じるか”との問いに対するの回答を示す。“たまに感じる”，“時々感じる”，“常に感じる”を合わせて，不快を感じていた人は約 40%であった。この約 40%の対象者において，摩擦の不快を感じた季節は夏，季節に関係なし，冬の順に多かった。不快感が生じた際の皮膚状態については，“乾燥していた”がもっとも多かった。摩擦の不快を感じる症状については，“ひりひり感”や“かゆみ”が多く，50%以上が訴えていた。図 2-3-2 に，摩擦による不快を感じた部位を示す。胸，鼠径，大腿内側，腋窩等の多いことが明らかとなった。

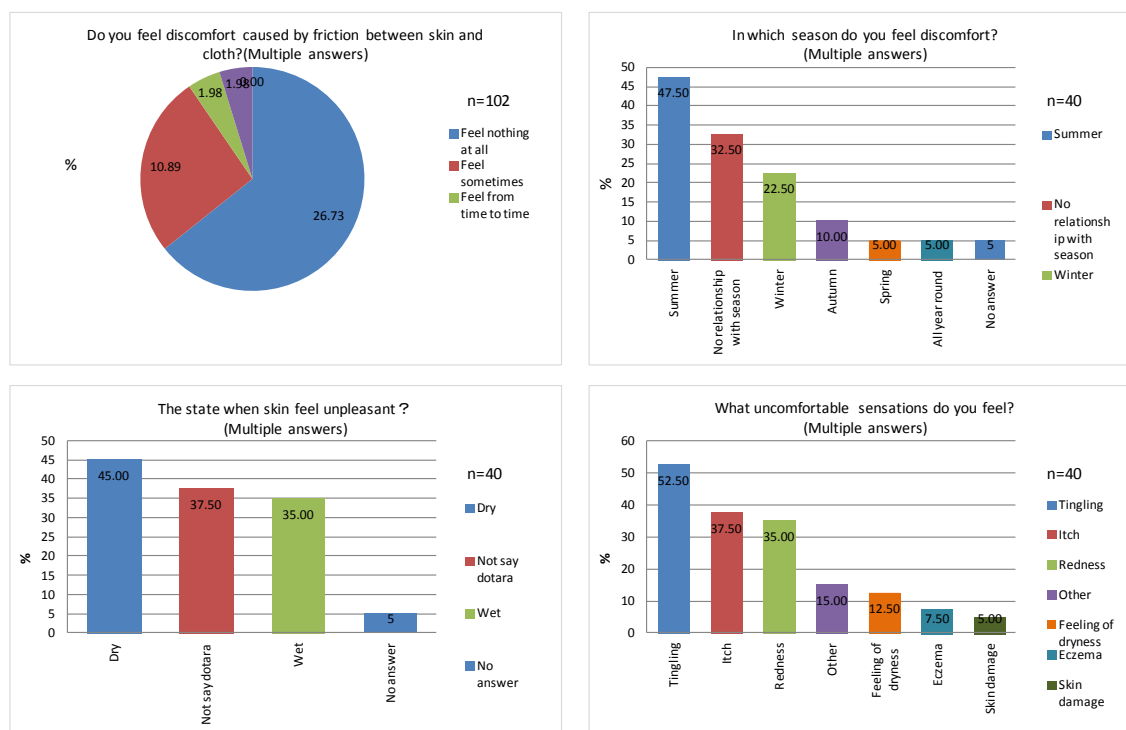


Fig. 2-3-1-1 Result on discomfort caused by friction between skin and cloth (Japan)

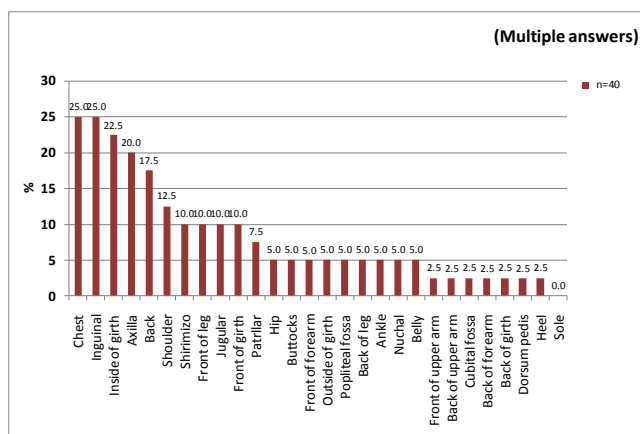


Fig. 2-3-1-2 The regions where friction-caused discomfort occurs (Japan)

図 2-3-1-3 に肌ケアに関する結果を示す。入浴剤については、“全く使っていない”との回答が最も多く、70%近くを占めていた。剃毛をしているかとの問いに対しては、2, 3日おきが43.14%, 週に一回が33.33%と、多数が剃毛している様子が示された。剃毛部位は、脇90.20%, 下腿86.27%, 前腕74.51%, 上腕59.80%, 大腿54.90%の順に多かった。また、毎日ボディローションを使っている人は約50%であり、皮膚の塗り薬は、全く使っていない人が6割に達した。

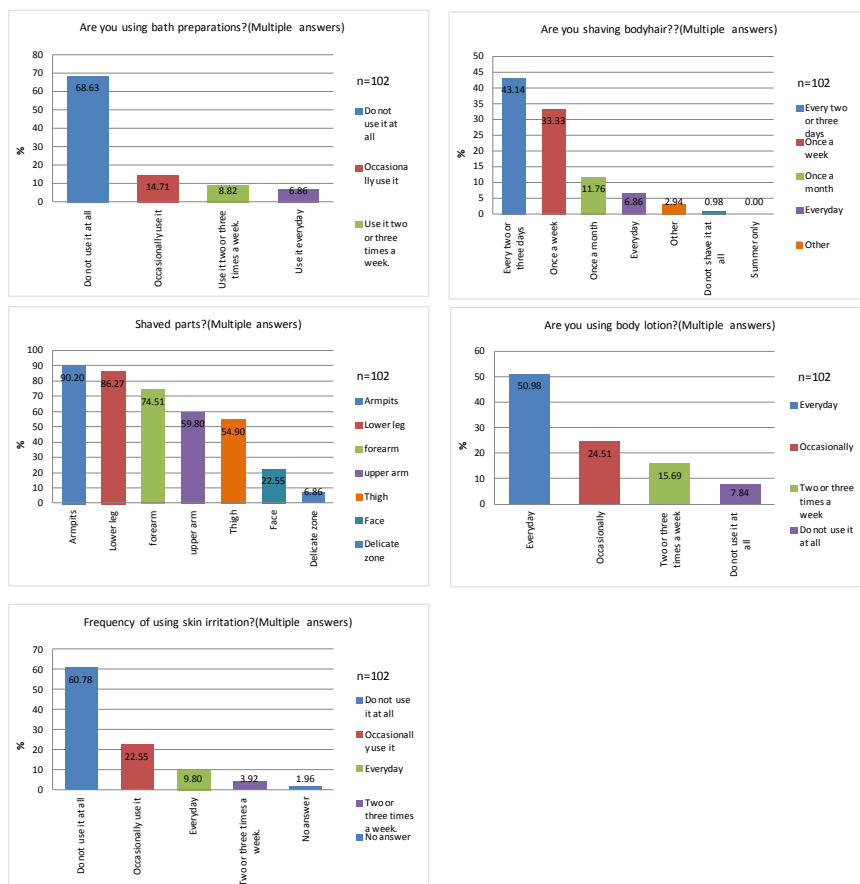


Fig. 2-3-1-3 Result on skincare (Japan)

図 2-3-1-4 に、運動習慣に関する調査結果を示す。運動の頻度について、毎日運動している人が最も多く、64.71%であった。運動の種類については、調査対象者の専攻が反映され、ソフトボールと体操が多く、合わせて70.59%であった。一回の運動時間については、一日2時間以上運動している人が最も多く、80.39%を占めていた。運動する時間帯については、午後に運動する人が81.37%、午前中に運動する人が60.78%であった。何のために運動するかについては、“部活動”が44.12%、“習慣として”が30.39%であった。

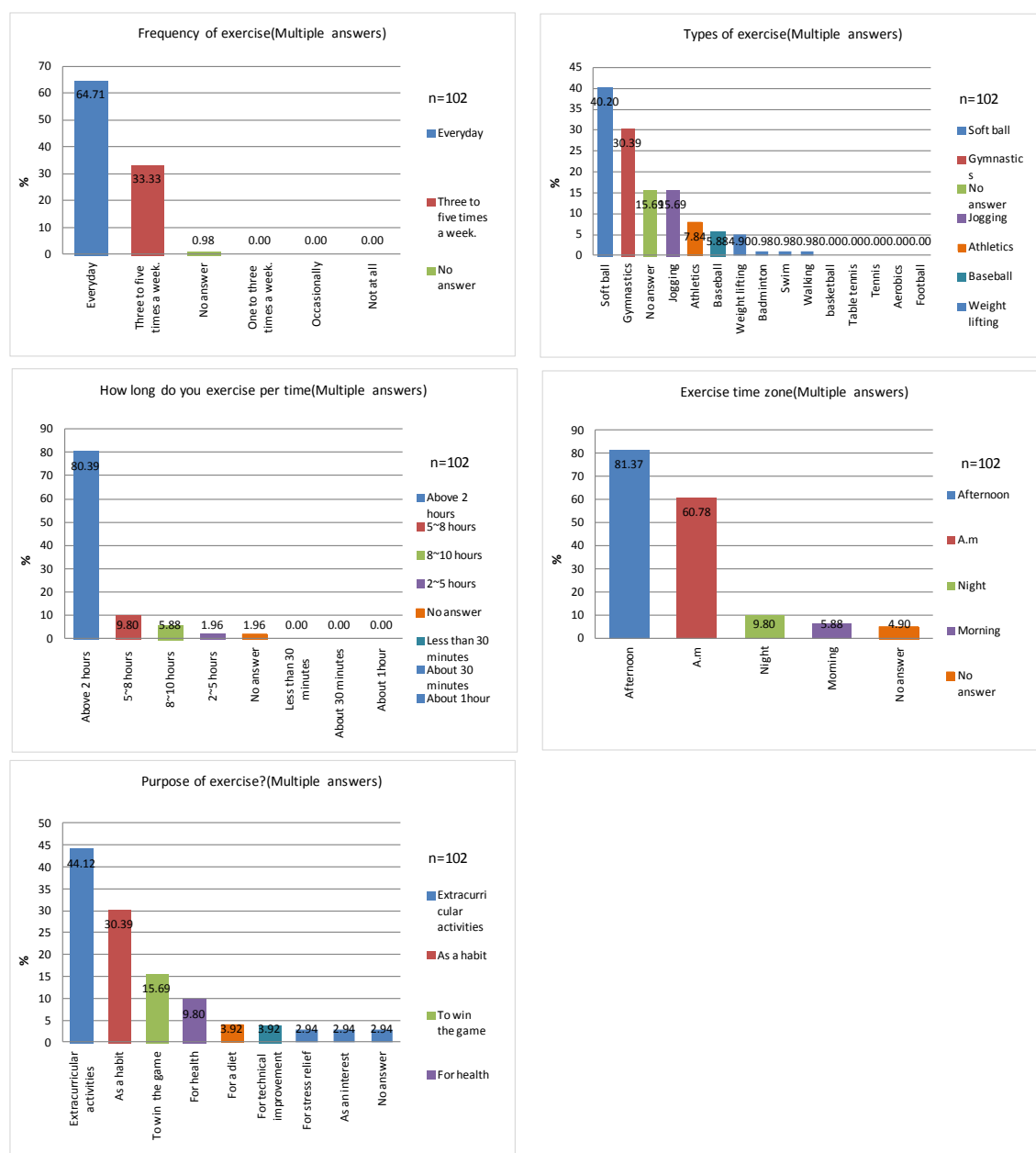


Fig. 2-3-1-4 Results on exercise habits (Japan)

図 2-3-1-5 に、運動時の着用衣服の種類、素材、密着度に関する結果を示す。運動時の衣服として、上衣はTシャツや長袖シャツ、下衣はショートパンツやレギンスが多かった。密着度については、下衣で60%以上がぴったりしたものを着用すると回答した。素材については、上衣、下衣共に、綿とポリエステル、ナイロンが多く、下衣ではポリウレタンを含む回答が示された。

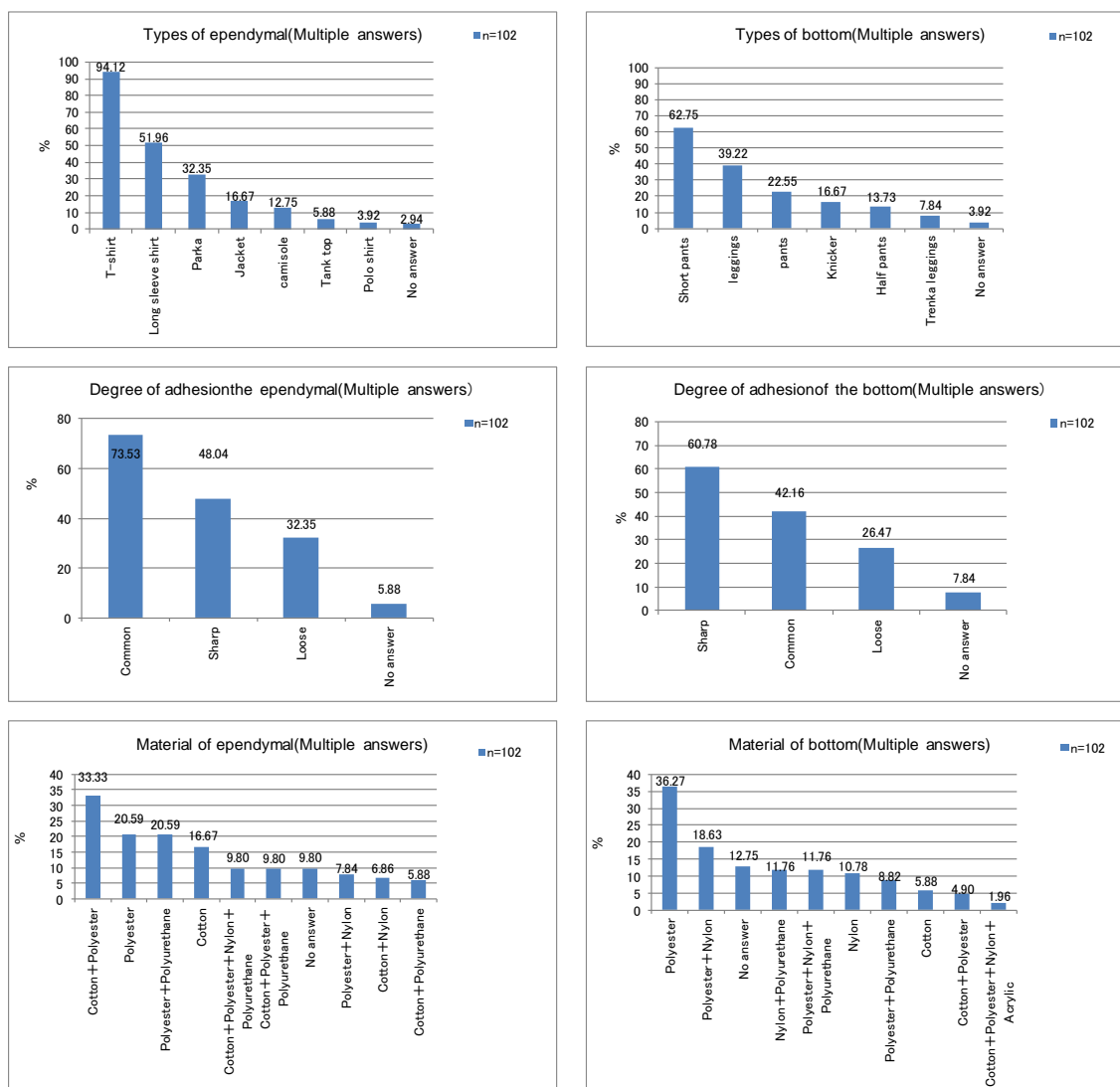


Fig. 2-3-1-5 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower garments that were worn during exercise (Japan)

図 2-3-1-6 に、運動時の着用下着の種類、素材、密着度に関する結果を示す。運動時の下着として、上衣はスポーツブラやカップブラ（ワイヤー付き）、下衣はパンティーが多かった。密着度については、上衣で57.84%で、下衣で47.06%がぴったりしたものを着用すると回答した。素材については、上衣、下衣共に、綿とポリエステルが多く、またポリウレタンを含む回答が示された。

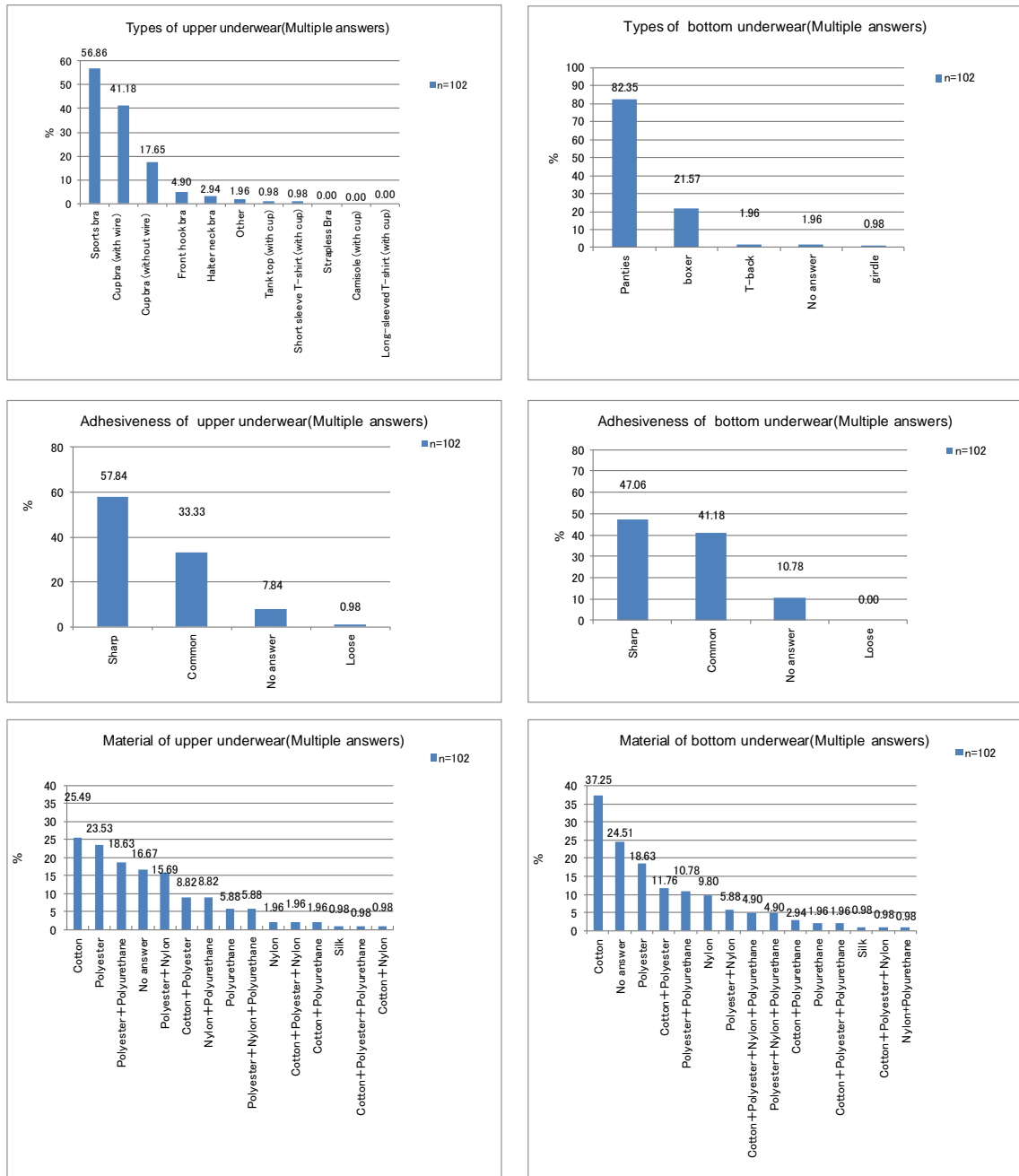


Fig. 2-3-1-6 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower underwear that were worn during exercise (Japan)

2. 3. 2 中国の調査結果

前章と同様、勝村の肌分類により、調査対象者 55 名の皮膚状態を自覚判定させた結果を表 2-3-2-1 に示す。健康肌以外の自覚のある者、即ち、不安定肌、敏感肌、疾患肌を合わせた割合は、顔で 50. 00%，体幹で 15. 38%，上肢で 17. 31%，下肢で 19. 23%であった。

Table 2-3-2-1 Subjective rating of skin condition (China)

	Healthy skin	Instable sk	Sensitive skin	Disease skin
Face	50.00	40.38	9.62	0.00
Trunk	84.62	9.62	5.77	0.00
Upper extremities	82.69	13.46	3.85	0.00
Lower extremities	80.77	13.46	5.77	0.00

図 2-3-2-1 に “運動時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じるか” との問いに対する回答を示す。不快を感じた割合は 65.38%であった。皮膚と衣服の摩擦による不快を感じた対象者において、摩擦の不快を感じた季節は、冬、秋、夏のどれも約 30%と差がなかった。不快感が生じた際の皮膚症状については、“乾燥していた” が約 40%，“湿潤していた” が約 32%であった。摩擦の不快を感じる症状については、“かゆみ” がもっとも多く、48.8%以上が訴えていた。

図 2-3-2-2 に “摩擦の不快を感じる部位” の結果を示す。頸、胸、腋窩の順に多く、下半身については、大腿内側についての訴えが最も多かった。

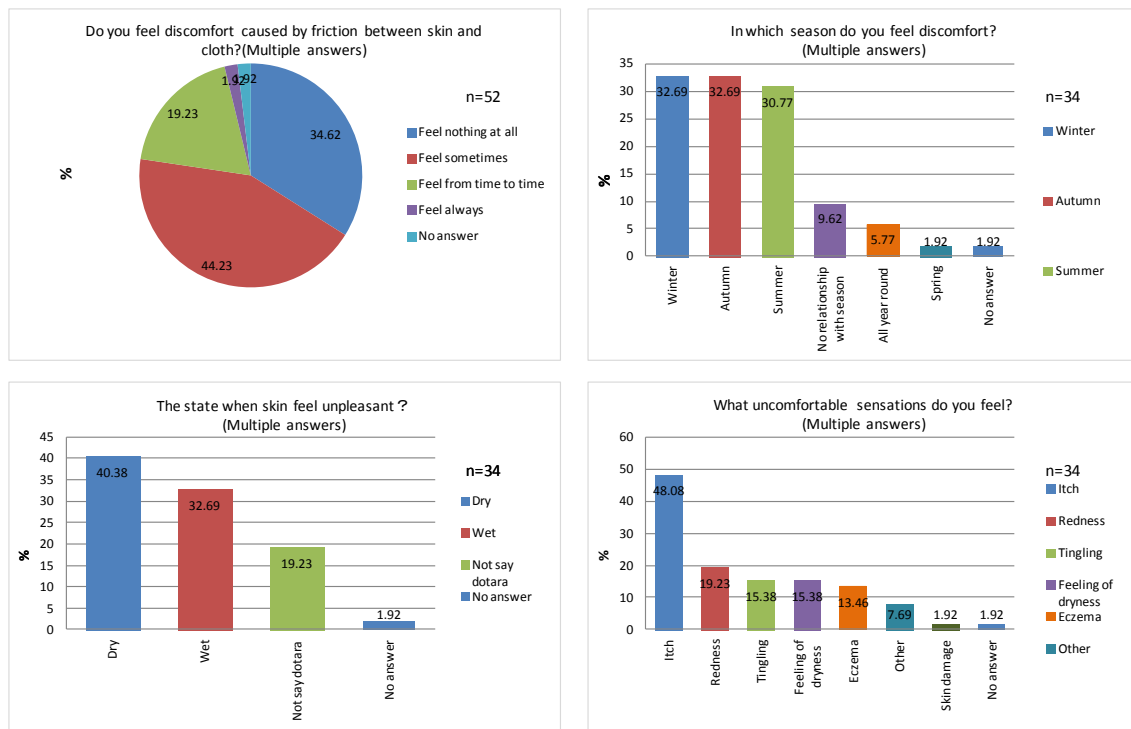


Fig. 2-3-2-1 Result on discomfort caused by friction between skin and cloth (China)

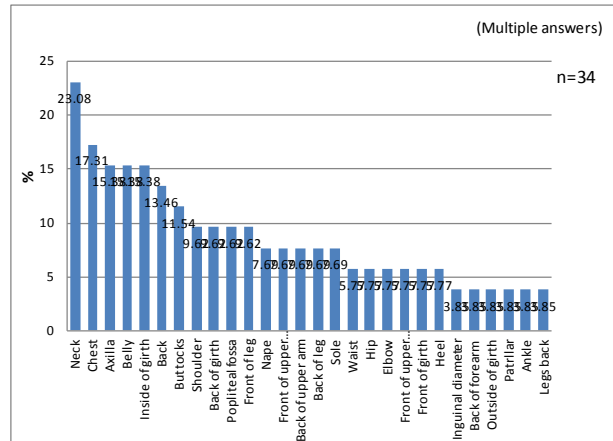


Fig. 2-3-2-2 The regions where friction-caused discomfort occurs (China)

図 2-3-2-3 に肌ケアに関する結果を示す. 入浴剤については, “たまに使っている” の回答が最も多く, 約 40%を占めていた. 剃毛については, していない人が多数で約 45%を占めた. 夏のみ剃毛している人は 25.0%, 剃毛の部位として多く挙げられたのは, 脇(38.46%)であった. ボディローションを使っているかどうかについては, たまに使っている人が最も多く 59.62%であった. 皮膚の塗り薬を使っているかどうかについては, 全く使っていない人が約 55%を占めた.

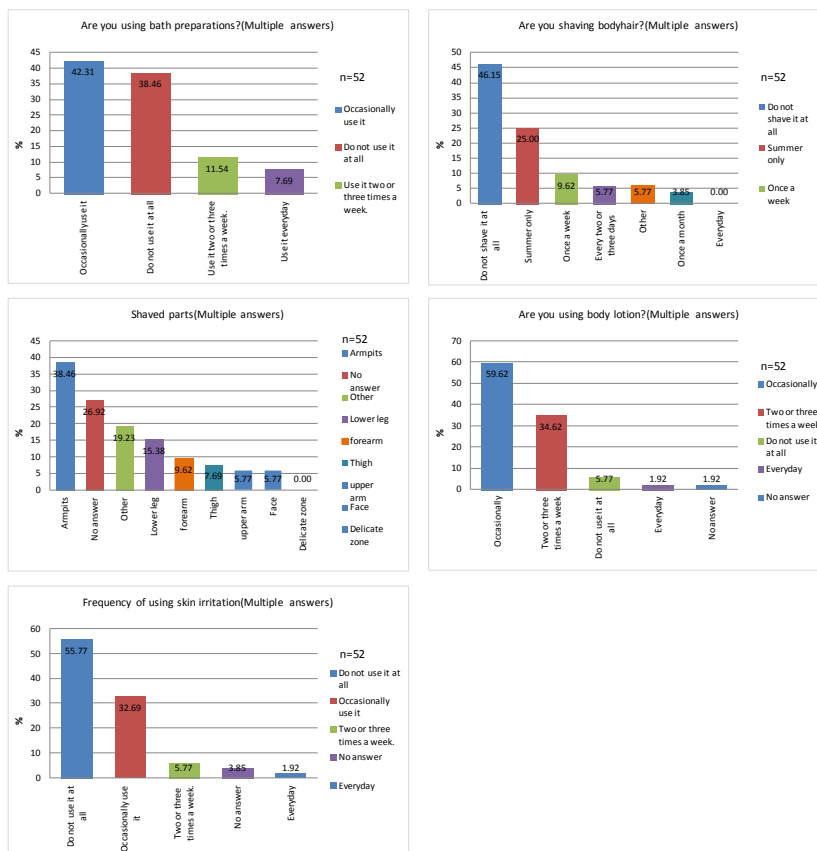


Fig. 2-3-2-3 Result on skincare (China)

図 2-3-2-4 に、運動習慣に関する調査結果を示す。運動の頻度については、たまに運動するとの回答が多く、55.77%であった。運動の種類については、バドミントンとウォーキングが多く、どちらも中国で人気のある軽い運動であった。一回の運動時間については、一日 30 分程度との答えが最も多く、61.54%を占めた。運動する時間帯については、夜が最も多く、59.62%であった。何のために運動するかについては、“健康のため”がもっとも多く、ほぼ 60%を占めた。

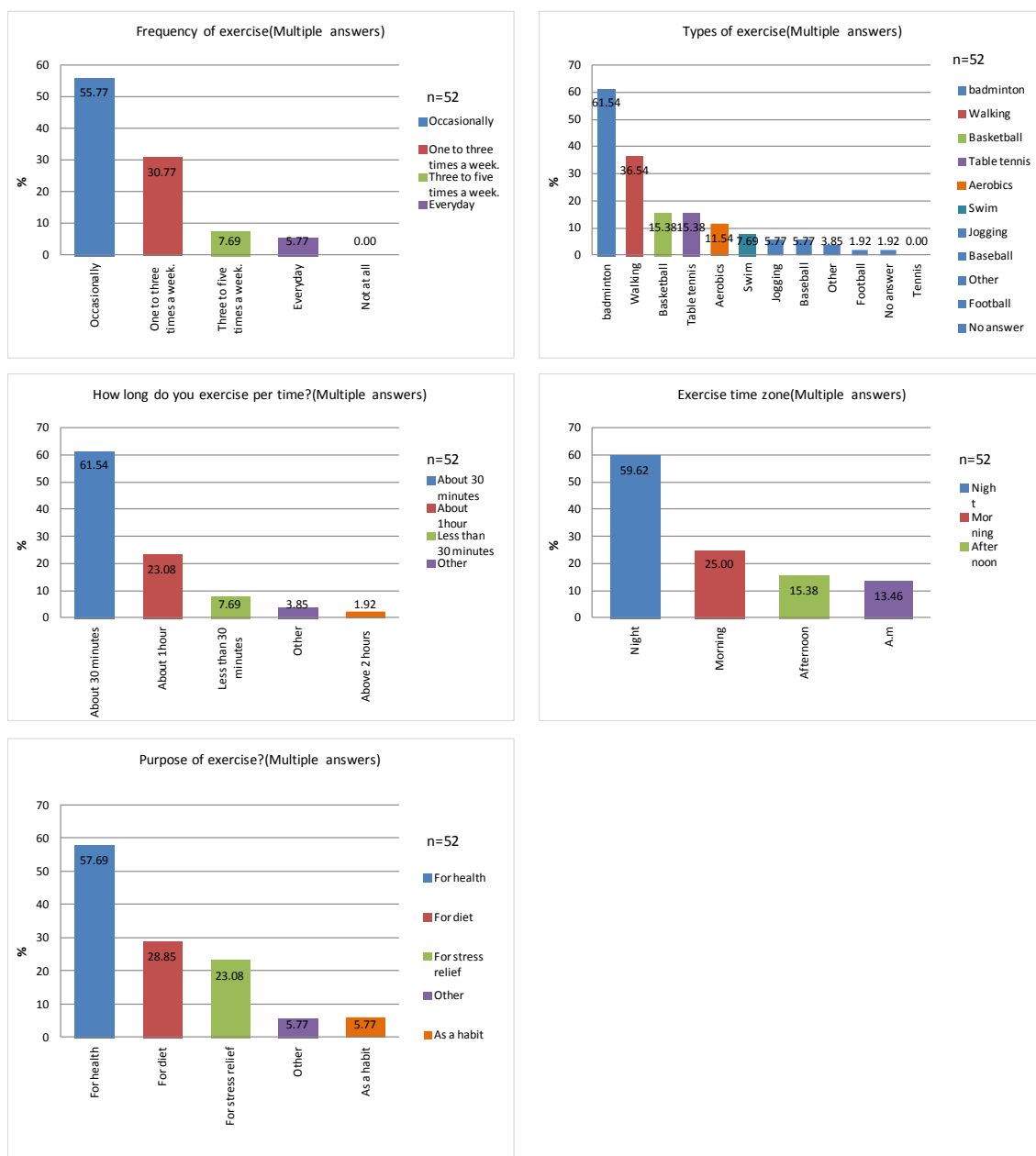


Fig. 2-3-2-4 Results on exercise habits (China)

図 2-3-2-5 に、運動時の着用衣服の種類、素材、密着度に関する結果を示す。運動時の上衣として、種類は T シャツやジャケットが多く、密着度については、“普通”と“ゆったり”が同程度の回答でどちらも約 58%であった。素材については、綿が最も多く約 76.92%、次いでポリエステル、ポリウレタンの順であった。

運動時の下衣としては、ズボンとレギンスが多く挙げられ、密着度については、“普通”が 50.0%、“ゆったり”が 28.85%であった。素材については上衣と同様、綿が最も多く 51.92%。次いで、ポリエステル、ポリウレタンの順で、上衣と同様の傾向であった。

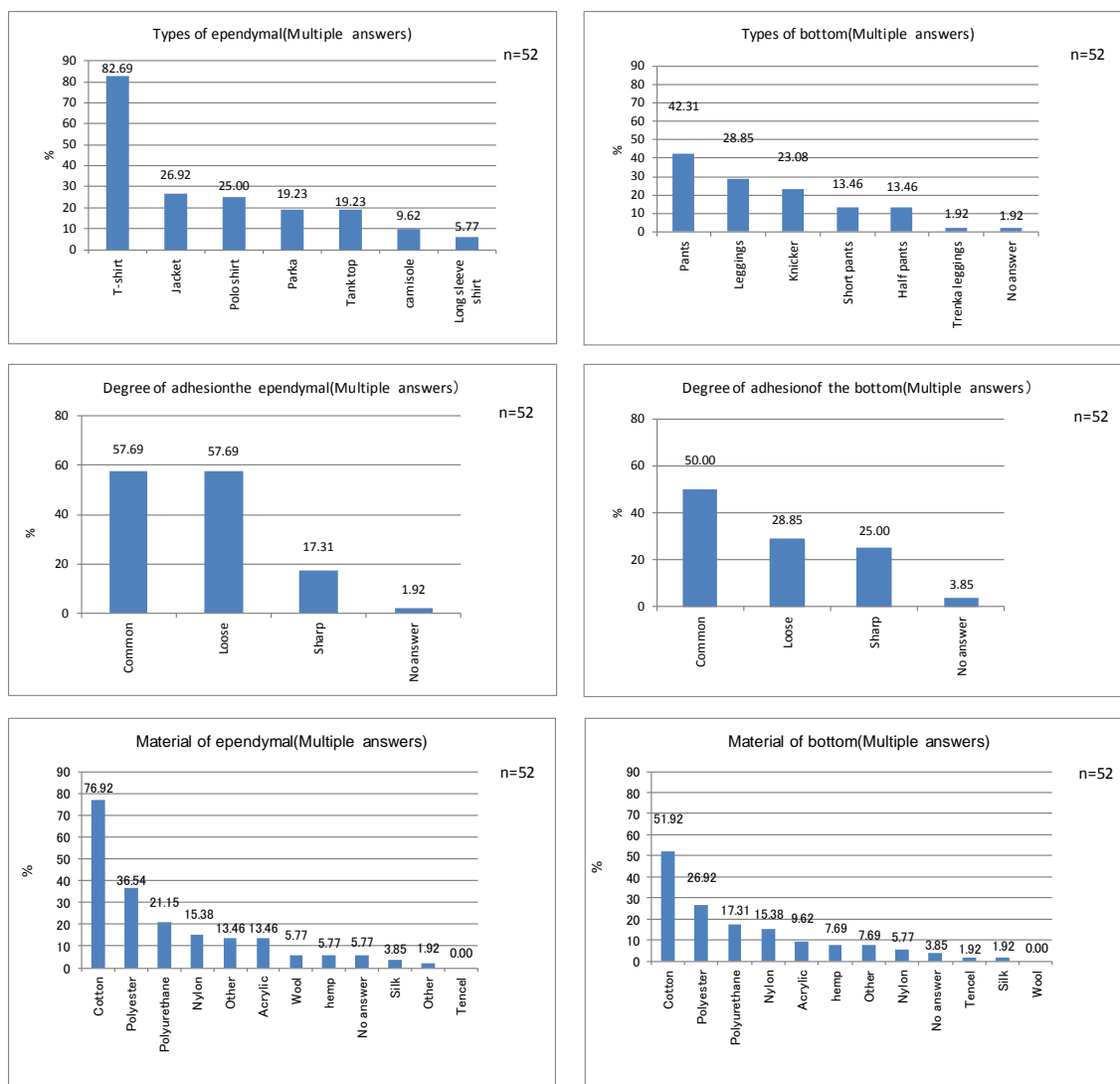


Fig. 2-3-2-5 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower garments that were worn during exercise (China)

図 2-3-2-6 に運動時の着用下着の種類、素材、密着度に関する結果を示す。運動時の下着として、上衣はカップブラ（ワイヤー付き）、下衣はパンティーを着用しているとの回答が多かった。密着度については、上衣で 50.0%，下衣で 57.69%が“ぴったり”したものを着用するとの回答であった。素材については、綿が明らかに多く、上衣で 84.62%，下衣で 78.85%であった。

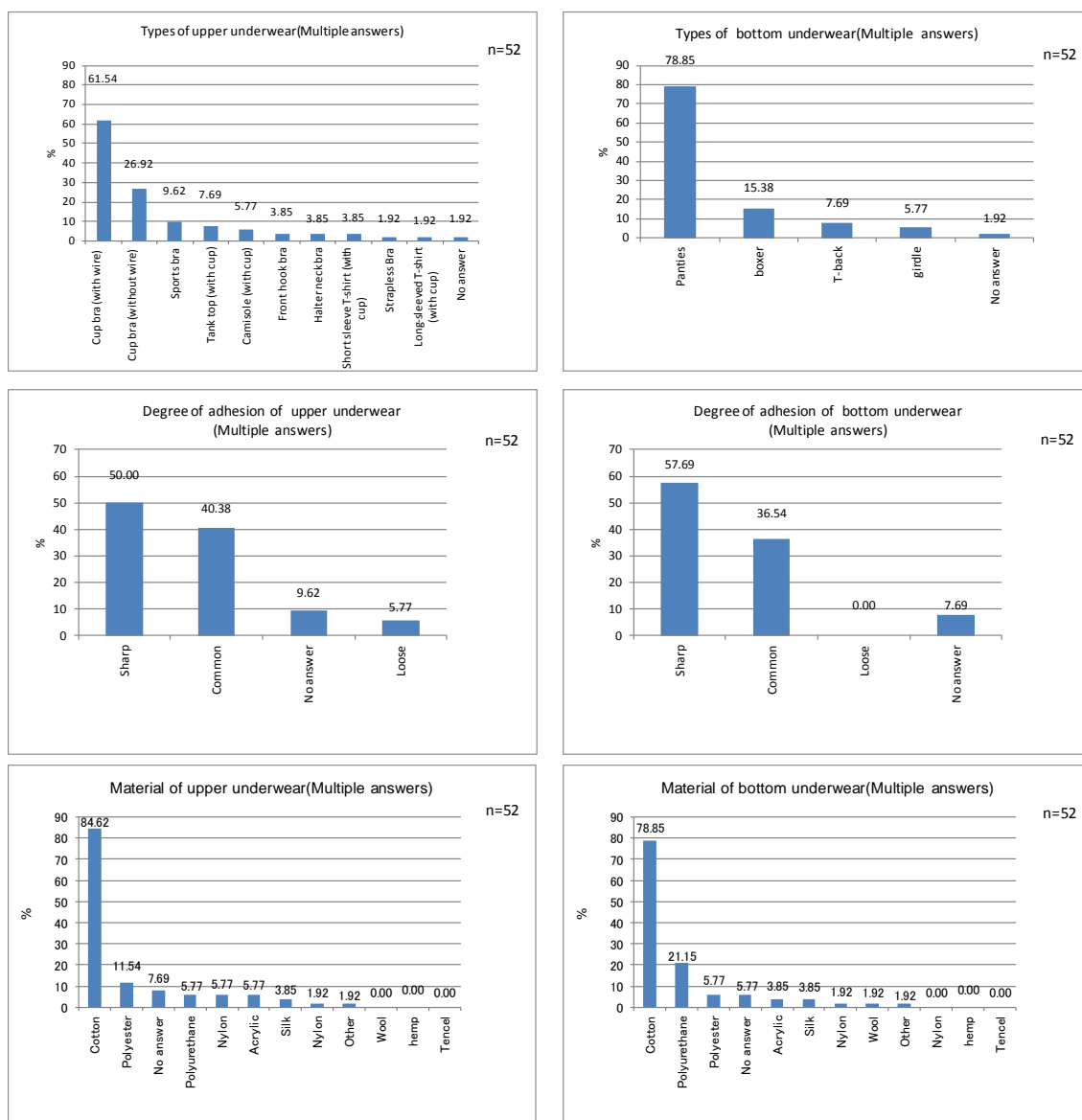


Fig. 2-3-2-6 Types, degree of adhesion, and material of upper and lower underwear that were worn during exercise (China)

2. 4 考察

日本の健康肌以外の自覚のある者、即ち、不安定肌、敏感肌、疾患肌を合わせた割合は、顔で62.37%、体幹で22.77%、上肢で25.74%、下肢で24.75%であった(表2-3-1-1)。中国では、顔で50.00%、体幹で15.38%、上肢で17.31%、下肢で19.23%であり(表2-3-2-1)、どの部位も日本の数値がやや高い傾向を示した。これは肌状態そのものが異なるためか、皮膚に対する意識の違いのためか、本結果のみでは判断できず、今後さらなる検討を要する。

“運動時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じるか”との問いに対しては、“たまに感じる”、“時々感じる”、“常に感じる”を合わせて、不快を感じていた人は日本で約40%(図2-3-1-1)、中国で約65%(図2-3-2-1)であった。中国で不快の申告が高い傾向が示された理由の一つとして、運動する際の衣服への意識の違いが挙げられる。運動時の上衣及び下着(上衣)として、日本ではTシャツや長袖シャツ(図2-3-1-5)、スポーツブラ(図2-3-1-6)が選択されていたに対し、中国ではTシャツがジャケット(図2-3-2-5)、下着としてカップブラ(ワイヤー付き)(図2-3-2-6)が選ばれており、普段着で運動する場合も多いため、不快を生じやすいと考えられる。

摩擦の不快を感じた季節は、日本では夏が47.5%(図2-3-1-1)と明らかに多く、中国では冬・秋・夏がどれも約30%(図2-3-2-1)と同程度であった。両者の違いが、日本(東京)と中国(武漢)の気候に関係すると考え、検討を行った(図2-4-1)。

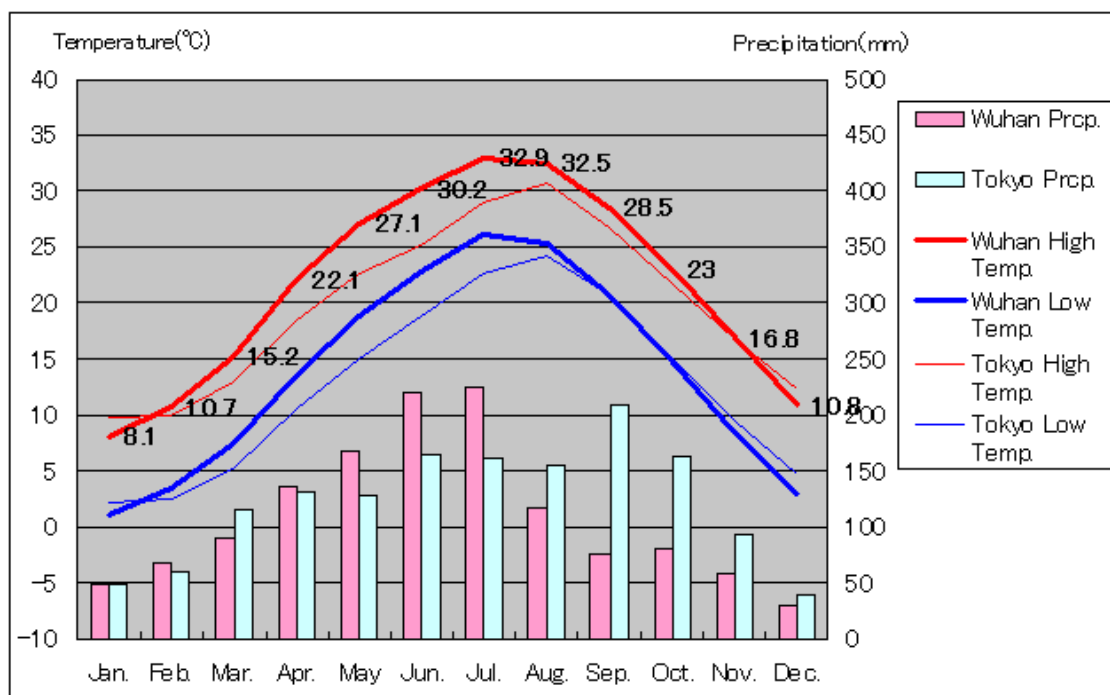


Fig. 2-4-1 Temperature and precipitation graph of Tokyo and Wuhan⁶⁾

東京は太平洋気候に属し、夏季は温暖・湿潤、冬季は晴れる日が多く雨量が少ないため乾燥する日が続く⁶⁾。東京の年平均気温は15.4°Cで、夏期の最高気温は30°Cを越える。

それに対し武漢は、亜熱帯性気候で降雨量は多く、日照時間が長く、夏は酷暑となる。東京と武漢の高温平均値を比較すると、4月から8月まで、武漢は東京より3～5℃程度上回っており、低温平均値についても、同じ傾向であった。即ち、武漢の調査対象者は、東京に比べ暑熱馴化した身体である可能性があり、そのため、東京の調査対象者ほど夏における衣服と皮膚の摩擦の不快を感じにくいのではないかと考えられた。しかし、どちらの都市も四季のある気候であり、暑熱馴化の程度も明らかではないため、本研究で得られた結果から推測されるもう一つの理由として、運動時に着用する衣服の素材の違いが挙げられる。

日本では、最も着用されている素材が、上衣で綿+ポリ (33. 33%)、下衣でポリエステル (36. 27%) (図 2-3-1-5)、下着 (上衣) で、綿 (25. 49%)、下着 (下衣) で綿 (37. 25%) (図 2-3-1-6)であったが、中国では全て綿、その割合も上衣 76. 92%、下衣 51. 92%、下着 (上衣) 84. 62%、下着 (下衣) 78. 85% (図 2-3-2-5, 2-3-2-6)と、顕著に多く、綿の吸湿性の良さ、肌馴染みの良さ等により、中国の調査対象者が、日本の対象者より、夏の不快さを感じなかったとも考えられる。密着度について比較すると、日本では、上衣で“普通” > “ぴったり” > “ゆったり”、下衣で“ぴったり” > “普通” > “ゆったり” (図 2-3-1-5)、であるのに対し、中国では、上衣で“普通” > “ゆったり” > “ぴったり”、下衣で“普通” > “ゆったり” > “ぴったり” (図 2-3-2-5)と、日本において、“ぴったり”したウェアが多く用いられている現状が明らかとなった。特に下衣の密着度において、“ぴったり”を選択した回答が日本 60. 78% (図 2-3-1-6)、中国 25. 0% (図 2-3-2-6)と差が大きく、衣服と皮膚の摩擦における夏の不快さの両国の違いを生じる要因の一つと考えられる。

素材の回答について、日本では、“綿+ポリエステル”のように、混紡の各素材を明記したものが多かったのに対し、中国では、“綿”のように単独の素材を記したものが多く、今後、質問項目を検討する必要があると考えられる。

答え方が異なっていたため単純な比較はできないが、日本では、ポリウレタンとナイロンを含む回答が多く示され、綿の多かった中国とは対照的であった。

総じて中国では、束縛の少ない天然素材の衣服を好んで用いている様子が明らかとなり、前述の通り、ワイヤー付きカップブラが多く見られることから、運動する際の衣服についての認識が不十分であると考えられる。

肌ケアに関する項目では、日本では入浴剤を全く使っていないとの回答が最も多く、68. 63% (図 2-3-1-3)、中国では、入浴剤をたまに使っているとの回答 42. 31% (図 2-3-2-3)、これに対し、ボディローションについては、日本では毎日使っているが 50. 98% (図 2-3-1-3)、中国ではたまに使っているが 59. 62% (図 2-3-2-3)、皮膚の塗り薬については、全く使っていないが日本で 60. 78% (図 2-3-1-3)、中国で 55. 77% (図 2-3-2-3)であり、各々の市場や流行、嗜好等により、差異が示されたが、本章のテーマである衣服と皮膚の摩擦に対し、これらの項目がどの程度寄与としているか、現時点で明確にすることができなかった。

剃毛習慣に関しても、日本では剃毛をしている人が多数であり、2, 3日おきが 43. 14%、

週に一回が 33. 33%(図 2-3-1-3)であるに対し、中国では、剃毛していない人が多数で、約 45%(図 2-3-2-3)を占めた。両国で剃毛についての明らかな相違があり、これは、皮膚に対する意識の差とも考えられる。

摩擦の不快を感じる症状として、日本ではひりひり感 (52. 50%)、かゆみ(37. 50%)、赤み(35. 0%) (図 2-3-1-1)、中国ではかゆみ(48. 08%)、赤み(19. 23%)、ひりひり感(15. 38%)と順位の違いが見られた(図 2-3-2-1)。これが、両者の気候の違いからくるものか、着用衣服素材の違いからくるものか、明らかにするにはさらなる検討を要する。

摩擦による不快を感じた部位については、日本で胸、鼠径、大腿内側、腋窩、背中が多く(図 2-3-1-2)、中国では、頸、胸、腋窩、腹、大腿内側が多かった(図 2-3-2-2)。両者において同一の部位は、胸、大腿内側、腋窩であり、この 3 部位について、運動時の快適な衣服を設計する際、摩擦の不快を生じやすい部位として、注意を払う必要性の高いことが明らかとなった。

2. 5 総括

本章では、動作時の衣服と皮膚の摩擦の実態について明らかにするため、日本(東京)と中国(武漢)の若年女子を対象に、調査を行った。

- (1) 運動時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じていた人は、日本で約 40%、中国で約 65%であった。摩擦の不快を感じた季節は、日本では夏が 47. 5%と明らかに多く、中国では冬・秋・夏がどれも約 30%と同程度であった、不快を感じた部位として、日本、中国共に、胸、大腿内側、腋窩が多く挙げられた。
- (2) 運動時の着用衣服として、日本では下衣にポリウレタン素材が多く挙げられ、ぴったりしたものを着用すると答えた人は 60%以上であった。それに対し、中国では、上衣、下衣共に綿が 50%以上を占め、密着度は“普通”なものが多く用いられていた。

以上の結果は、日本では伸縮素材件多用される近年、市場に多くみられるストレッチ性下衣において、特に夏の発汗を伴う運動時、衣服の摩擦による皮膚への影響に注意を促すものである。

引用・参考文献

- 1) 石原勝, 衣服の安全性—衣服の生体に対する安全性, 繊維製品消費科学, 15(6), 293-300 (1974)
- 2) 秋元宏, 衣類と皮膚の摩擦によるかゆみについて, 現場レベルでの皮膚測定・評価～トラブル事例・対策～, サイエンス&テクノロジー164-170 (2006)
- 3) 三ッ井紀子, 被服による皮膚障害の実態と変遷, 千葉大学教育学部研究紀要 60(-), 47-53 (2012)
- 4) 成瀬正春, 内田有紀, 平岩暁子, 衣服による皮膚障害と肌に優しい衣服の認知度-1 東海地区の女子大生-, 繊維製品消費科学, 47 (12), 70-77 (764-771) (2006)
- 5) 勝村芳雄: 低刺激性・低アレルギー性化粧品の研究開発の現状と課題, *Fragrance journal*, 22 ; 25-34 (1994)
- 6) <https://latte.la/travel/place/tokyo/weather>

第 3 章

下衣の静的・動的衣圧

3. 1 緒言

着衣によって衣服と皮膚との間に生じる衣服圧は、人体に力学的負荷をかけるばかりではなく、動態時には衣服と皮膚との間に摩擦を生じ、着衣の快不快を左右する要因として極めて重要である。従来から衣服圧に関する研究は多数報告され、近年では、三野の着方・整容効果と快適な衣服圧に関する研究（2008）¹⁾や、石丸らの加圧が圧感覚と快適感に及ぼす影響についての研究（2011）²⁾等が行われている。しかしこれらの研究の多くは、身体の静止時における衣服圧を対象とするもので、動態時における衣服圧の変動に着目した例は少ない。1950年代に開発された驚異的な弾性繊維、ポリウレタンを使用したストレッチ性衣料は、私たちの日常生活に広く深く浸透し、特に近年、伸縮性パンツ、イージーパンツといわれる高伸縮性の下衣製品は、スポーツ用、レジャー用にとどまらず、日常着としても広く着用されている。しかしその身体への負荷の程度、特に動作・運動時の衣服圧変動および動作に伴い生じる摩擦の皮膚への影響等については明らかにされていない。

本研究では、ストレッチ性衣料による皮膚摩擦の人体影響に関する研究をも視野に、その基礎研究として、ストレッチ性下衣着用時の衣服圧分布、およびその動的な衣服圧変動の実態と要因を明らかにしようとするものである。

3. 2 研究方法

3. 2. 1 試料並びに着衣条件

着衣条件は、ブラジャーとショーツ、半袖シャツの着用を共通条件とし、この上に市販の、パンティイストッキング（以下Sと略す）、伸縮パンツ（以下Pと略す）、ジーンズ（以下Jと略す）のいずれかを着用させた下衣条件3種（図3-2-1-1）と、下衣なし（以下Nと略す）を含めた計4条件とした。対象とした下衣素材の諸元を表3-2-1-1に示す。マイクロスコープによる布地の組織を図3-2-1-2に示す。



Fig. 3-2-1-1 Clothes conditions

Table3-2-1-1 Properties of fabrics

Measurement	Stockings		S. Pants		Jeans	
	Wale	Course	Wale	Course	Warp	Weft
Fiber content	Nylon/Polyurethane		Polyester 87%/Polyurethane 13%		Cotton 79%/Rayon 10%/Polyester 7%/ Polyurethane 4%	
Density (wale&course:st./cm warp:ends/cm weft:picks/cm)	15.00	20.00	11.88	17.75	53.44	22.50
Thickness (mm)	0.25		0.76			0.79
Elastic recovery percentage of elongation (%)	90.41	89.88	90.86	92.54	53.12	91.65
Bending resistance (mm)	Unable	Unable	Unable	36.17	72.67	31.67
MIU (A.U.)	Obverse	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19
	Reverse	0.18	0.17	0.33	0.20	0.18
MMD (A.U.)	Obverse	0.010	0.006	0.007	0.009	0.017
	Reverse	0.007	0.005	0.010	0.008	0.013
Air permeability (kPa•s/m)		0.11		0.69		5.35
Q-max (W/m ²)		105.40		81.20		120.40
Moisture content (%)		2.00		36.00		6.00
Water vapour permeability (%)		63.86		67.38		67.50
Water absorbing property (mm)	29.50	31.00	124.50	129.00	16.00	50.50

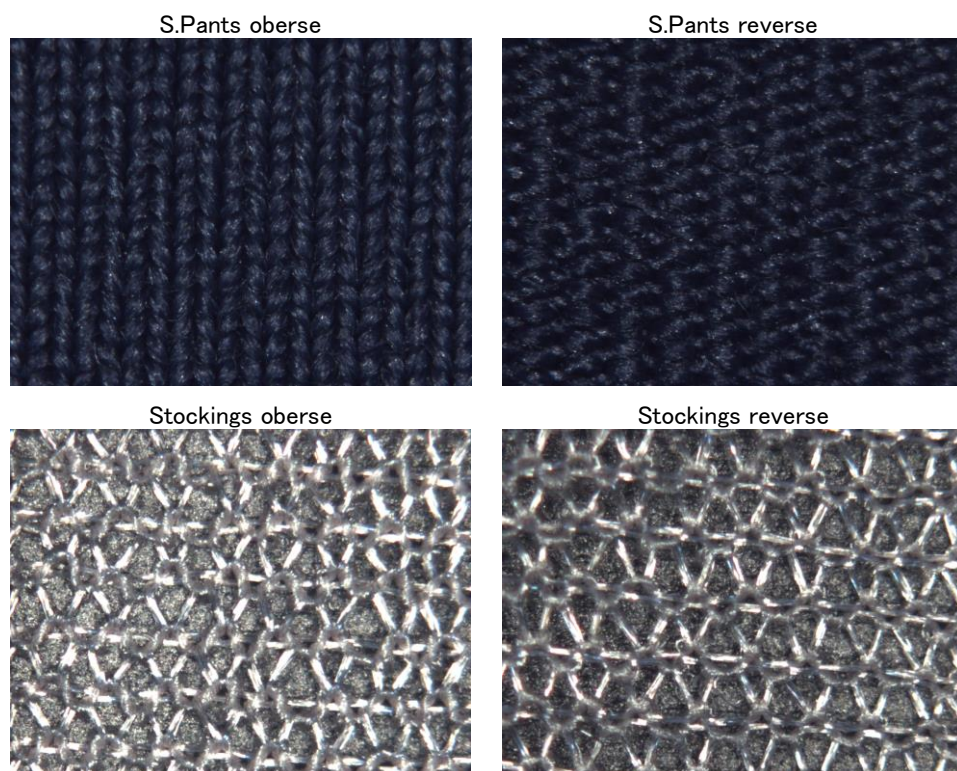


Fig. 3-2-1-2 Texture of fabric

3. 2. 2 衣服圧の測定

1) 被験者

被験者は年齢 20～24 才の健康な成人女性 10 名である。表 3-2-2-1 に被験者の身体特性を示す。被験者の体格指数 (Body Mass Index, 以下 BMI と略す) は, 25. 1 のやや肥満体の 1 名を除いては, 10 名中 9 名が 19. 6 から 22. 5 と普通体の範囲にある。

Table 3-2-2-1 Physical characteristics of subjects

Subject	Age (Years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI	Circumference(cm)						
					Waist	Abdominal extension	Buttock	Thigh	Calf	Knee	Ankle
S1	24	162.8	66.5	25.1	76	90	102	61.5	40.6	39	22.5
S2	23	157.3	52.9	21.4	72.7	81.1	89.8	53	36.2	36	21
S3	21	154.1	53.5	22.5	68.5	80.3	92.5	53.2	36.7	38	22.2
S4	22	162.8	54.2	20.4	70	82.5	89	53	33.8	37.3	20
S5	22	166.3	61.7	22.3	74.7	86	95	52.7	38.5	38.5	22.7
S6	21	158.3	50.9	20.3	72.7	81.7	91.4	53.9	34.3	37	20
S7	20	167.5	58.9	21	70.7	82	94.2	56	37	35.3	21.5
S8	22	163	52.1	19.6	65.7	74.5	89	53	36.3	37.2	23
S9	21	160.9	51.2	19.8	66.5	74	90	52	37.4	37.5	22
S10	20	166	58.9	21.4	73.5	83	93.8	54	36.7	38.4	23
Mean	21.6	161.9	56.1	21.4	71.1	81.5	92.7	54.2	36.8	37.4	21.8
SD	1.20	4.08	4.93	1.55	3.26	4.50	3.74	2.63	1.83	1.08	1.08

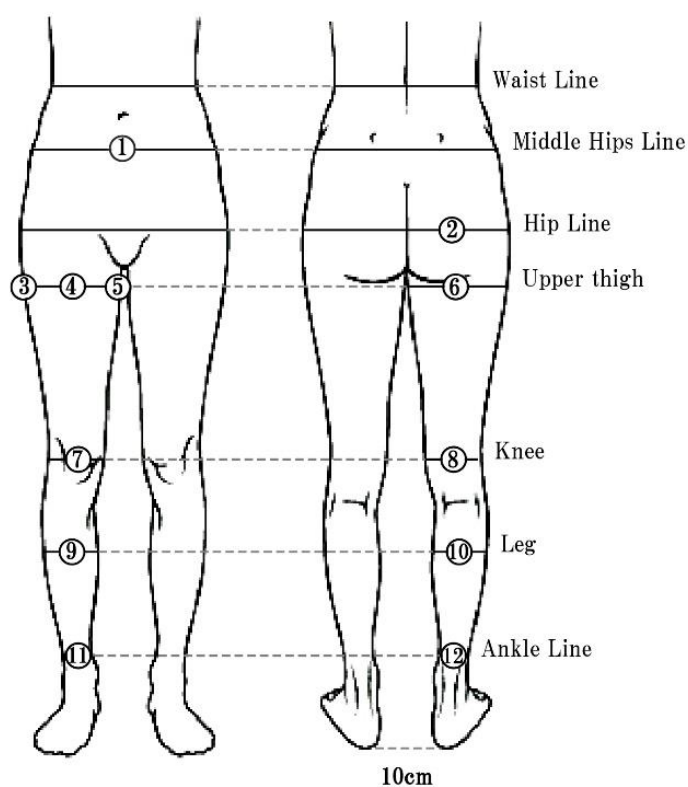
2) 測定部位

衣服圧の測定部位は, 図 3-2-2-1 に示す腹部前突点, 臀部後突点, 大腿最大囲外側点, 大腿最大囲前面点, 大腿最大囲内側点, 大腿最大囲後面点, 膝蓋中点, 膝窩, 下腿最大

围前面点, 下腿最大围后面点, 下腿最小围前面点, 下腿最小围后面点の各部位計 12 点で, 全て右半身とした.

3) 測定機器と調整

測定にはエイエムアイ・テクノ株式会社製エアパック式受圧センサーと衣服圧計測器 AMI3037-10 を使用した. 測定に先立ち, 被験者の各測定点に衣服圧測定受感部のバルーンを貼付し, 立位姿勢を保持させたのち衣服圧のゼロポイント調整を行った.



- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| ① Abdominal extension point | ⑦ Patella center point |
| ② Peak of buttock point | ⑧ Popliteal fossa point |
| ③ Maximum thigh girth outside point | ⑨ Maximum leg girth front point |
| ④ Maximum thigh girth front point | ⑩ Maximum leg girth back point |
| ⑤ Maximum thigh girth inside point | ⑪ Minimum leg girth front point |
| ⑥ Maximum thigh girth back point | ⑫ Minimum leg girth back point |

Fig. 3-2-2-1 Measurement points of clothing pressure

4) 静的衣服圧の測定

(1) 姿勢

立位正常姿勢と、両上肢自然下垂、両踵を 10cm 離れた立位姿勢とした。

(2) 環境条件

環境の温度は 23 ± 2 度、相対湿度は $50 \pm 10\%$ であり、各運動条件において発汗による衣服の皮膚への張り付きはないことを確認した。

5) 動的衣服圧の測定

(1) 歩行条件

歩行では、フクダ電子株式会社製 Treadmill MAT-2500 を用い、速度 4 km/時の歩行を保持させた。実験風景を図 3-2-2-2 に示す。



Fig. 3-2-2-2 Experimental view

(2) 計算方法

対象となる下衣を着衣させて 1 分間データを収録、この間の安定した 10 秒間の平均値を静立時の測定値とした。その後、トレッドミル上で歩行させ、1 分間のデータを収録、この間の安定した 10 秒間を運動時の測定値として分析に供した。

3. 2. 3 体型の三次元計測

1) 被験者

静立位の人体と着衣の接触状態を観察する目的で、各着衣条件における下半身の 3 次元計測を行った。被験者は、10 名の被験者から抽出した BMI の異なる被験者 3 名である。その中、被験者 9 番は瘦身体、被験者 7 番普通体、被験者 1 番は肥満体である。計測には、浜松ホトニクス社製三次元人体計測装置 BodyLine Manager を使用した (図 3-2-3-1)。



Fig. 3-2-3-1 Three-dimensional human body measuring device BodyLine Manager

2) 測定部位

被験者に踵 10cm 離れで立位を保たせ、両腕を腹部と臀部に邪魔にならないように、自然に外回した。今回の研究対象は腹囲、腰囲、大腿最大囲、膝蓋囲、下腿最大囲、下腿最小囲に絞り、各断面図の一つの例として、BodyLine Managerから得られた三次元データを図 3-2-3-2 に示す。

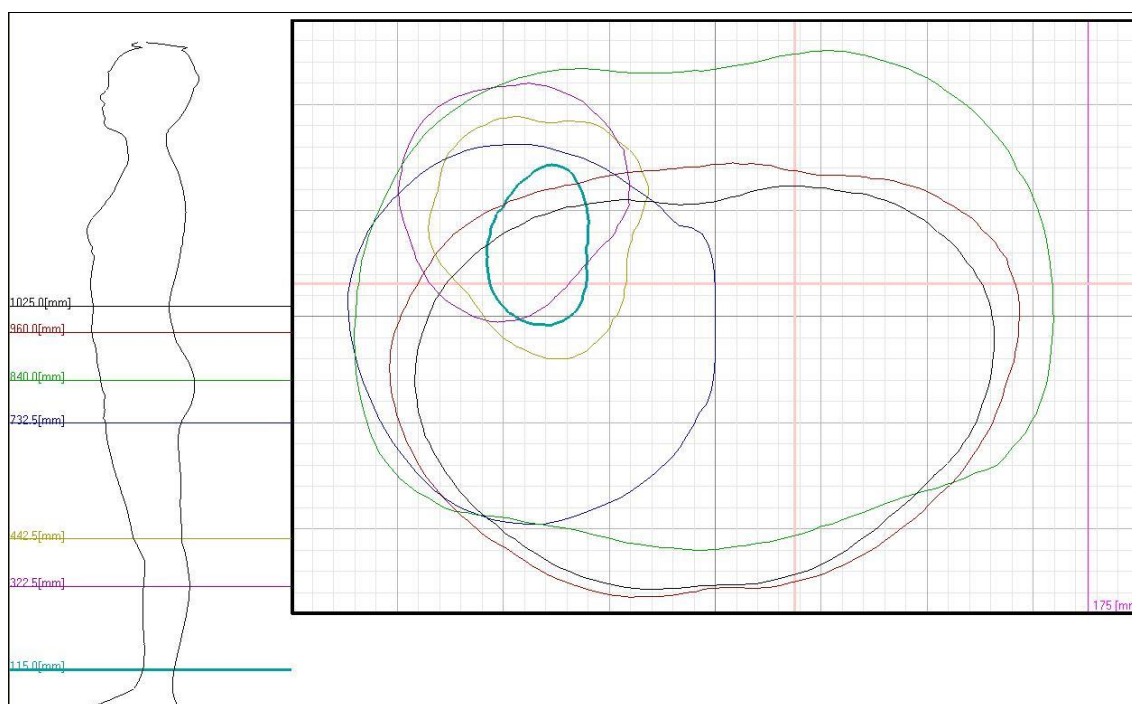


Fig. 3-2-3-2 Result of subjct7 (normal type) at nude condition

3) 計算方法

また、それぞれの周径を測定し、ヌードを 100%として試料を着用した時の周径比を算出し、検討した。

3. 3 結果

3. 3. 1 静的衣服圧分布

表 3-3-1-1～表 3-3-1-4 及び図 3-3-1-1 は、被験者 10 名の実験結果である。また、各着衣条件における静立時衣服圧の平均値・標準偏差を表 3-3-1-5 と図 3-3-1-2 に示す。S は 2. 98～9. 64, P は 0. 0～10. 79, J は 1. 69～11. 61hPa に分布し、最高衣服圧は J, P, S の順に高い値を示した。静立時の衣服圧分布（表 3-3-1-5 と図 3-3-1-2）はいずれも類似した分布を示しているが、腹部前突、大腿最大囲後面、下腿最大囲前、後面などいずれの衣服も接触伸長している部位では、J, P, S の順となり素材の伸長特性が反映された結果となっている。一方、下腿最小囲では、J と P はほとんど接触していないのに対し S は接触伸長しているため、S のみで高い衣服圧が示されている。分布の幅も J, P, S の順に大きい結果となった。いずれの試料においても最大 11. 61hPa 以下の衣服圧であり、全体に不快を感じるほどの衣服圧にはなっていない。

Table 3-3-1-1 Clothing pressure value of no-cloth in a standing position

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	5.40	10.92	6.20	9.19	15.47	6.42	5.60	3.63	7.20	9.80	* 20.42	7.23
Subject2	1.96	5.72	8.71	8.14	5.18	3.61	5.11	10.43	12.61	10.46	13.28	12.58
Subject3	7.83	6.65	4.44	8.40	16.76	8.47	5.70	5.18	15.18	10.31	10.73	9.04
Subject4	4.65	6.58	2.80	11.36	9.01	4.98	6.97	8.84	14.86	10.85	15.48	* 20.24
Subject5	3.69	6.69	6.06	9.73	6.71	7.02	7.29	7.29	9.52	8.53	* 14.38	8.21
Subject6	5.06	7.64	8.37	6.49	4.20	5.24	5.53	19.18	17.25	13.41	11.18	15.30
Subject7	2.13	6.07	9.75	7.44	6.45	6.21	4.04	10.31	5.10	8.27	9.44	10.37
Subject8	3.41	10.36	6.83	7.74	11.31	4.58	5.23	8.17	10.28	9.70	10.28	12.83
Subject9	3.68	7.66	7.36	6.63	0.68	4.40	4.35	7.63	9.49	9.02	14.29	8.45
Subject10	4.58	6.21	5.98	8.20	10.11	6.35	6.87	12.65	12.38	3.95	11.50	10.22
Mean	4.24	7.45	6.65	8.33	8.59	5.73	5.67	9.11	11.39	9.43	12.02	10.47
SD	1.71	1.80	2.05	1.47	5.01	1.44	1.09	4.49	3.78	2.41	2.10	2.63

Table 3-3-1-2 Clothing pressure value when wearing stockings in a standing position

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	2.16	0.00	1.07	1.00	0.50	-0.05	0.60	2.34	1.28	3.80	5.28	2.38
Subject2	1.71	0.97	1.91	2.37	0.59	1.50	0.50	* 7.65	3.19	2.31	1.50	5.95
Subject3	1.82	0.78	0.59	1.48	5.98	0.21	0.40	1.97	1.05	2.20	2.67	6.15
Subject4	0.88	1.24	0.86	3.76	4.20	1.55	1.90	2.54	2.58	2.52	3.98	* 9.45
Subject5	1.37	2.13	1.41	1.80	4.00	0.52	1.10	2.82	2.09	2.26	1.93	3.39
Subject6	2.25	1.03	2.00	0.63	2.80	2.21	0.00	7.20	4.12	1.28	2.32	5.15
Subject7	0.65	0.45	2.14	1.22	1.21	6.13	0.48	3.38	1.35	1.63	1.00	5.07
Subject8	0.39	0.59	2.57	1.01	2.48	1.13	0.30	4.13	3.59	3.21	2.91	5.66
Subject9	0.48	1.04	1.18	1.23	0.98	1.25	0.73	4.27	2.68	1.67	1.41	2.46
Subject10	0.84	1.49	2.14	1.35	1.63	0.74	1.01	3.01	2.55	1.53	3.27	5.55
Mean	1.26	0.97	1.59	1.59	2.44	1.52	0.70	3.52	2.45	2.24	2.63	4.64
SD	0.70	0.59	0.66	0.90	1.82	1.76	0.53	1.58	1.02	0.79	1.31	1.49

Table 3-3-1-3 Clothing pressure value when wearing s. pants in a standing position

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	6.82	12.97	3.50	6.94	19.76	12.32	13.68	9.59	16.75	18.46	7.48	1.29
Subject2	6.16	4.63	6.74	6.72	4.10	12.20	4.59	* 14.88	13.45	14.13	3.83	2.67
Subject3	11.17	6.67	11.84	15.46	12.10	7.03	6.69	8.62	16.28	9.18	1.69	1.46
Subject4	5.59	0.68	2.74	7.50	4.88	5.09	8.16	7.43	11.26	10.73	0.95	* 7.48
Subject5	13.51	14.33	7.73	6.30	8.84	11.13	2.74	10.11	6.16	4.75	1.01	3.36
Subject6	13.22	5.95	6.30	5.55	10.84	6.40	8.20	* 19.09	15.05	10.95	2.48	5.29
Subject7	5.05	6.68	6.15	6.22	3.23	5.63	5.84	11.32	11.11	14.36	1.84	4.77
Subject8	5.38	10.53	6.68	7.15	7.47	5.38	6.62	10.27	15.47	12.37	4.06	5.50
Subject9	5.83	8.39	4.06	4.72	1.00	3.53	10.10	11.17	12.68	13.90	5.90	4.57
Subject10	12.52	17.38	5.18	6.39	6.64	2.05	12.27	13.62	14.23	7.06	3.83	4.12
Mean	8.52	8.82	6.09	7.29	7.89	7.08	7.90	10.26	13.24	11.59	3.31	3.67
SD	3.59	5.00	2.57	2.98	5.40	3.61	3.36	1.87	3.16	3.97	2.15	1.58

Table 3-3-1-4 Clothing pressure value when wearing jeans in a standing position

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	0.65	11.29	6.73	8.24	14.27	12.08	14.53	* 25.37	17.79	19.99	-0.13	6.19
Subject2	10.57	7.90	6.86	7.31	6.38	7.03	1.22	8.77	11.30	12.44	4.58	15.00
Subject3	12.30	7.43	3.58	8.57	13.90	11.50	5.54	8.94	14.91	14.42	4.79	7.84
Subject4	7.81	0.61	6.24	9.51	6.73	1.96	1.62	5.92	0.50	7.67	0.76	* 23.41
Subject5	21.35	7.54	2.44	10.26	9.39	10.53	13.56	9.35	18.87	16.36	9.67	3.84
Subject6	13.00	7.94	5.87	6.59	11.75	14.22	2.53	17.03	13.08	10.58	3.53	8.06
Subject7	11.51	7.51	5.31	8.08	4.13	2.58	2.43	10.16	8.78	17.63	3.31	3.23
Subject8	7.37	11.41	5.72	12.35	10.15	9.34	5.67	12.15	19.82	16.70	6.28	3.26
Subject9	4.29	8.20	10.28	6.16	3.30	3.98	8.28	2.78	12.07	15.63	4.63	2.86
Subject10	17.27	11.96	2.40	8.06	8.60	11.57	9.48	13.42	13.67	7.11	7.28	6.64
Mean	10.61	8.18	5.54	8.51	8.86	8.48	6.49	9.83	13.08	13.85	4.47	6.32
SD	6.02	3.22	2.35	1.82	3.79	4.34	4.85	4.14	5.64	4.30	2.90	3.84

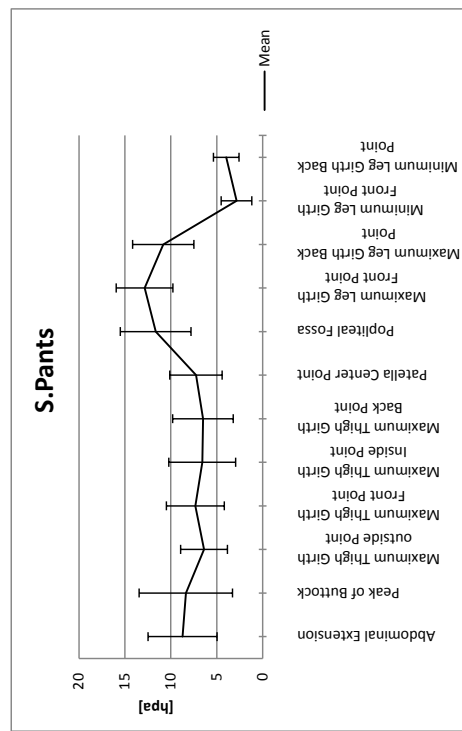
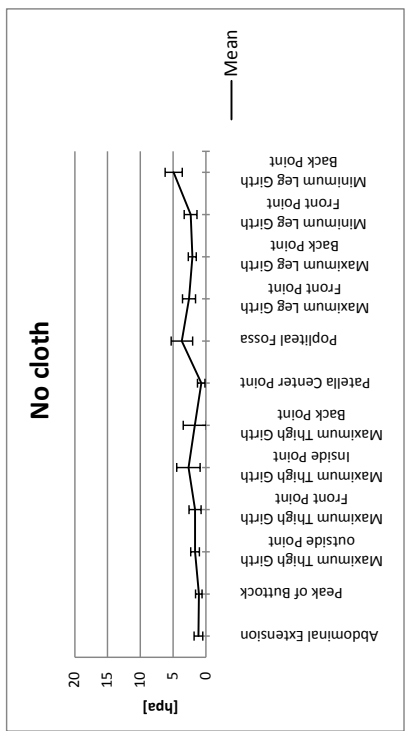
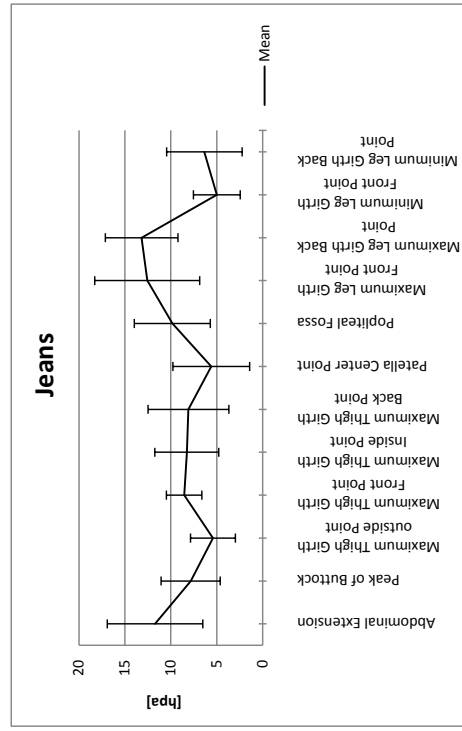
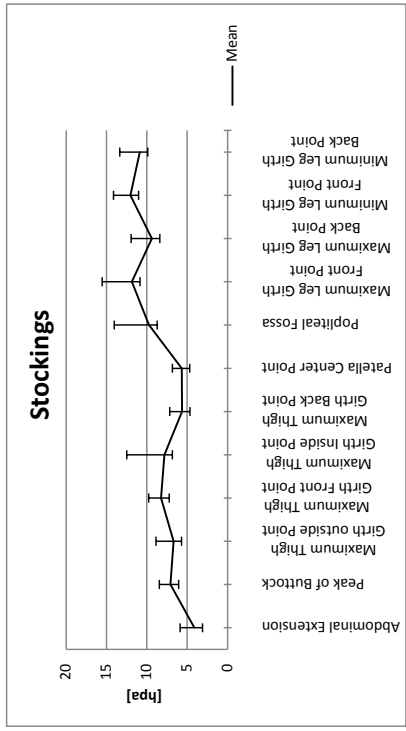


Fig. 3-3-1-1 Clothing pressure value in a standing position

Table 3-3-1-5 Clothing pressure value of each sample in a standing position (Mean±SD, n=10)

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Stocking	2.98±1.71	6.47±1.80	5.06±2.05	6.75±1.47	6.15±5.01	4.21±1.44	4.97±1.09	5.95±4.49	8.94±3.87	7.19±2.41	9.64±2.10	5.83±2.63
Stretch Pants	7.27±3.59	7.85±5.00	4.51±2.57	5.71±2.98	5.45±5.40	5.56±3.61	7.20±3.36	7.78±3.63	10.80±3.16	9.35±3.97	0.68±2.15	0.00±1.58
Jeans	9.36±6.02	7.21±3.22	3.96±2.35	6.93±1.82	6.42±3.79	6.96±4.34	5.78±4.85	6.58±4.14	10.63±5.64	11.61±4.30	1.84±2.90	1.68±3.84

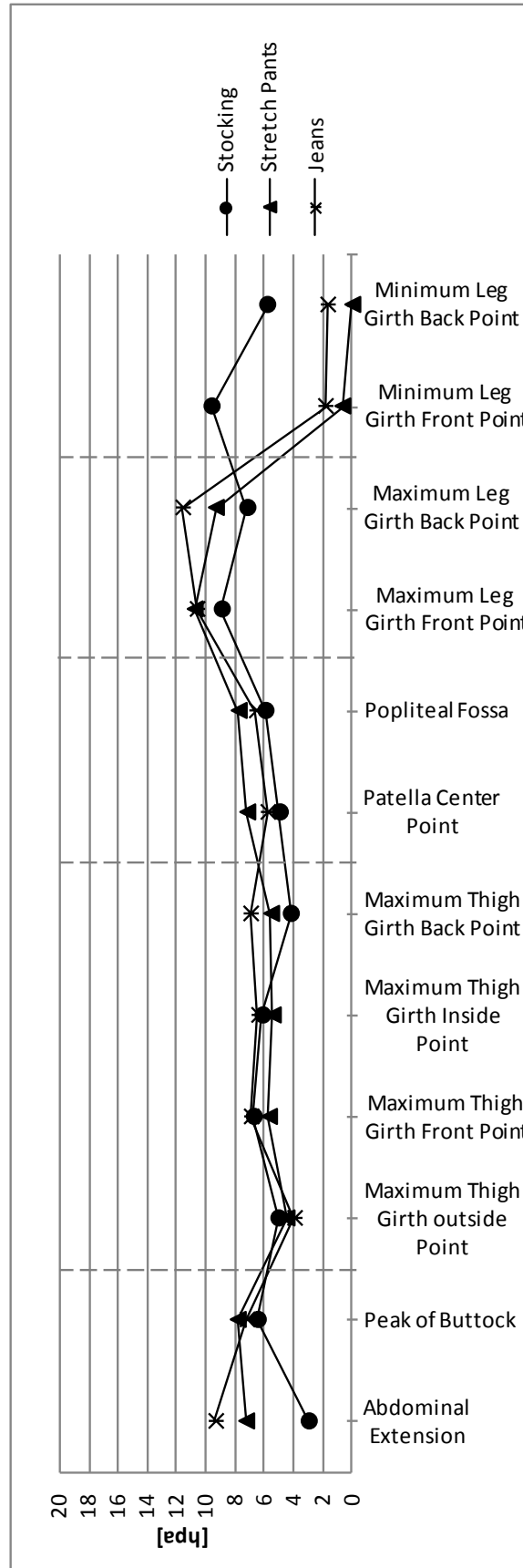


Fig. 3-3-1-2 Clothing pressure distribution of each sample in a standing position (n=10)

3. 3. 2 動的衣服圧変動

歩行時衣服圧の経時的変動例（被験者 1）を図 3-3-2-1～3-3-2-3 に示す．歩行時，各部位の衣服圧は歩行のリズムと共に一定の変動パターンを示しているが，着衣によってそのパターンは異なる．S 着用時の変動は，下腿最大囲前面と大腿最大囲内側の値が他部位に比し高いことがほかの着衣条件と著しく異なり，増減の幅は，股関節，膝関節，足趾関節でやや大きく，腹部前突点，下腿最大囲後面，下腿最小囲後面では僅少である．これに対し P 着用時は，部位差がストッキング着用時より小さく，大腿最大囲内側，膝蓋中央，膝窩，下腿最大囲前面と後面の値は 15hPa 前後に集約されている．J 着用時には，20hPa 前後の圧を示す大腿最大囲内側，膝蓋中央，膝窩，下腿最大囲後面と 10hPa 前後の圧を示す殿部後突点，大腿最大囲前面，大腿最大囲外側の 2 群に分かれ，それぞれ歩行に伴う衣服圧の分布・変動に着衣の特徴が示されている．このように，歩行中衣服圧の変動パターンは着衣条件により，また被験者によっても異なるが，これを定量的に比較するため，各条件における衣服圧の最小値と最大値，並びにその差を被験者ごとに着衣条件別に求め検討した．

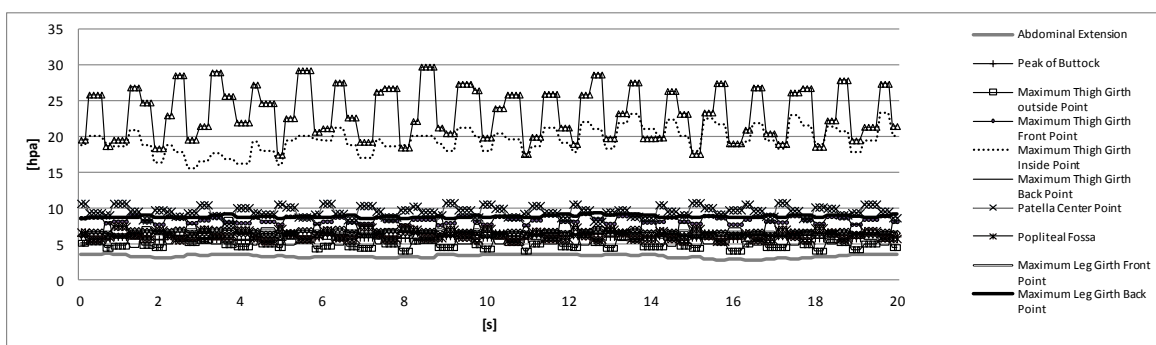


Fig. 3-3-2-1 An example of clothing pressure that change over time while walking (Wearing stockings)

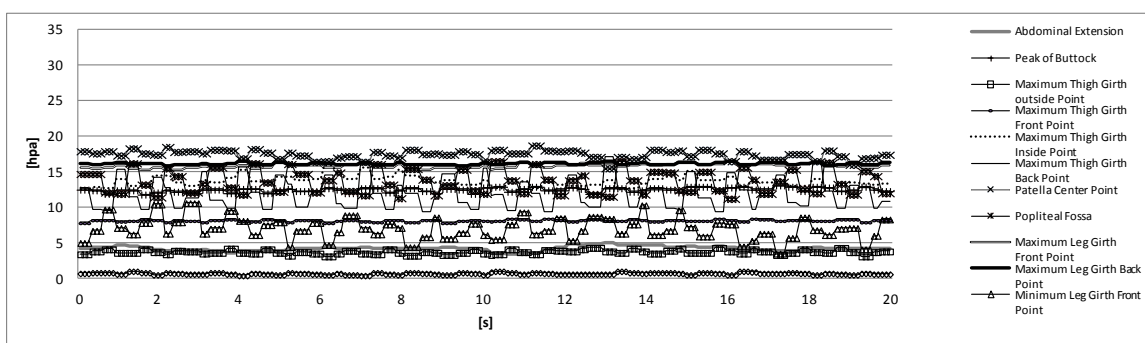


Fig. 3-3-2-2 An example of cloth pressure that change over time while walking (Wearing stretch pants)

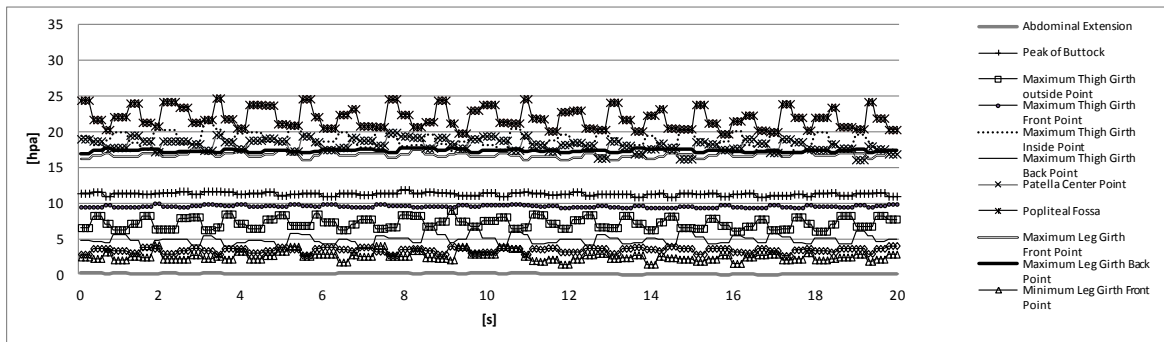


Fig. 3-3-2-3 An example of cloth pressure that change over time while walking (Wearing jeans)

表 3-3-2-1～3-3-2-4 と図 3-3-2-4 は被験者 10 名の歩行時の最大値結果で，表 3-3-2-5～3-3-2-8 と図 3-3-2-5 最小値結果を示す。

表 3-3-2-9～3-3-2-11 と図 3-3-2-6～3-3-2-8 に各部位の歩行時衣服圧の最小値，最大値，並びに最大値と最小値の差分を示す。最小値，最大値の分布は，ほぼ静立時の分布パターンの影響を受けているが，その差によって歩行運動を要因とする衣服圧の変動を見ると，いずれの着衣条件でも 12 部位中膝蓋中点における差が最も大きく，そのほかの部位の衣服圧変動は 2.0 hPa 以下に留まっている。膝蓋部の差分は，歩行時膝の屈伸に伴う衣服圧変動であり， $J > P > S$ の順に値が大であり，衣服素材の特徴を反映している。

表 3-3-2-12～3-3-2-15 と図 3-3-2-9～3-3-2-12 に各試料を着用時の静立時衣服圧および歩行時衣服圧の最小値と最大値を示す。ストッキングを着用時，運動状態とほぼかからなく，いずれの動作でも同じ程度の衣服圧を測定された。伸縮パンツとジーンズを着用時でも，膝蓋中央点以外，その他の測定点もストッキングと同じ勢いを観察された。それは，関節部位以外衣服圧は主に下肢形状の起伏に影響されていると考えられた。

Table 3-3-2-1 Maximum value of clothing pressure in no-cloth while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	0.21	0.13	0.63	0.90	6.39	3.66	1.72	4.06	1.43	2.43	1.38	1.28
Subject2	1.31	0.82	1.09	2.27	2.02	2.46	3.15	3.65	3.67	2.52	1.27	3.51
Subject3	0.61	0.44	0.92	1.26	7.89	0.35	7.03	1.80	1.22	2.44	1.42	4.15
Subject4	0.00	1.07	1.52	3.89	3.89	1.56	11.67	0.92	2.20	1.87	4.77	5.62
Subject5	2.59	1.44	11.05	1.83	1.22	1.66	3.72	1.12	0.55	0.76	0.39	0.67
Subject6	0.43	1.27	1.94	0.97	1.81	1.60	7.47	2.41	3.60	1.20	1.53	4.96
Subject7	0.41	1.00	2.28	1.64	1.79	0.94	7.71	1.64	1.75	1.68	2.51	2.52
Subject8	0.00	1.44	2.13	1.94	7.04	2.02	2.62	4.89	3.38	2.03	3.50	7.60
Subject9	-0.19	0.41	2.24	1.66	1.44	2.69	6.57	1.14	3.42	2.08	2.19	3.89
Subject10	0.41	1.75	3.35	1.94	1.05	3.32	5.26	4.12	3.08	1.07	2.76	1.10
Mean	0.94	0.78	3.04	2.03	4.28	1.94	5.46	2.31	1.81	2.00	1.84	3.05
SD	0.94	0.46	4.02	1.04	2.53	1.09	3.56	1.30	1.07	0.67	1.51	1.83

Table 3-3-2-2 Maximum value of clothing pressure in stockings while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	3.59	6.53	6.09	8.95	21.71	7.79	10.49	7.11	6.83	9.10	* 27.66	6.97
Subject2	3.18	6.62	6.61	6.88	6.06	3.70	4.28	2.79	13.55	8.90	11.81	9.83
Subject3	6.61	6.74	7.05	7.28	15.07	8.27	16.94	9.07	16.58	9.64	8.13	9.34
Subject4	1.90	9.14	4.19	10.94	7.53	4.95	21.38	2.22	14.07	9.42	* 20.82	* 17.32
Subject5	11.42	6.18	19.60	2.07	2.18	8.15	6.27	7.83	8.85	2.80	0.57	4.49
Subject6	2.05	7.48	7.02	7.49	7.86	7.31	17.21	7.40	16.36	11.41	8.80	12.71
Subject7	1.84	6.71	8.69	7.19	6.55	5.49	19.17	3.18	6.13	7.65	9.64	6.33
Subject8	1.34	9.69	5.93	7.65	13.22	6.12	10.24	6.49	11.23	7.35	9.75	11.47
Subject9	7.06	7.00	7.43	6.34	1.20	5.57	14.55	4.29	10.89	7.74	14.43	10.62
Subject10	4.23	6.67	6.90	8.09	12.81	4.58	13.14	13.14	13.44	2.30	10.30	8.61
Mean	5.34	7.04	8.71	7.22	10.51	6.57	11.87	5.80	11.97	7.97	6.84	7.66
SD	3.41	1.06	5.53	2.95	6.99	1.88	6.44	2.77	3.59	2.60	4.68	2.12

Table 3-3-2-3 Maximum value of clothing pressure in s.pants while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	16.13	16.27	18.08	15.64	4.09	8.29	14.46	14.59	12.82	4.56	6.36	16.07
Subject2	8.14	7.45	6.00	5.45	2.74	12.27	11.12	6.01	17.10	12.26	7.88	2.99
Subject3	9.74	6.47	8.93	7.68	13.98	8.89	21.19	16.04	19.42	13.53	1.65	2.37
Subject4	3.30	0.64	6.21	6.23	5.33	5.64	21.77	6.56	11.34	9.22	2.03	2.90
Subject5	16.27	11.65	27.00	6.74	1.56	8.21	13.48	7.37	7.32	7.99	2.10	4.66
Subject6	6.85	8.09	5.72	6.32	9.93	8.31	23.45	9.30	15.95	10.43	2.04	5.21
Subject7	4.13	7.16	5.38	5.67	4.78	5.90	23.87	5.66	13.41	12.17	3.00	1.87
Subject8	3.18	11.59	4.07	7.28	14.24	5.17	18.79	7.24	16.00	10.86	5.90	2.90
Subject9	5.12	10.29	4.63	4.72	3.94	6.04	20.86	8.70	15.10	12.71	6.60	5.85
Subject10	6.44	7.09	5.53	7.02	13.22	4.41	24.52	15.48	16.07	3.87	3.06	4.83
Mean	10.71	8.50	13.24	8.35	5.54	8.66	16.40	10.11	13.60	9.51	4.00	5.80
SD	4.96	5.24	8.17	3.72	4.40	2.12	4.29	4.29	4.27	3.18	2.59	5.19

Table 3-3-2-4 Maximum value of clothing pressure in jeans while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	0.23	11.45	8.17	9.73	20.03	5.64	19.04	* 23.81	17.10	17.52	3.19	3.73
Subject2	15.85	11.90	4.02	5.24	4.41	12.05	19.39	5.53	14.93	10.93	11.77	9.93
Subject3	12.54	8.55	5.98	7.91	13.30	14.66	19.73	7.13	17.86	13.14	4.32	7.32
Subject4	5.94	0.90	8.29	7.90	5.28	2.74	26.96	9.09	3.62	5.34	0.40	* 19.65
Subject5	19.99	13.39	42.54	12.11	2.53	10.08	12.15	9.99	10.60	25.18	1.78	0.10
Subject6	8.71	8.46	5.08	7.62	9.16	10.16	23.73	9.59	14.49	7.73	4.28	5.51
Subject7	5.99	10.09	6.41	7.43	4.91	3.28	31.64	4.12	11.48	12.84	2.54	1.46
Subject8	4.65	12.62	5.92	10.82	12.53	6.12	18.81	14.14	19.72	14.18	5.64	3.57
Subject9	1.00	10.47	7.19	6.03	5.98	4.64	33.22	3.80	12.43	12.35	9.16	3.10
Subject10	15.35	11.86	5.05	8.01	12.98	12.80	29.11	14.33	15.22	7.32	7.04	5.85
Mean	10.91	9.24	13.80	8.58	9.11	9.03	19.46	7.94	12.82	14.42	4.29	5.27
SD	7.05	4.45	14.46	2.28	6.59	4.31	4.59	1.73	5.25	6.66	3.96	3.71

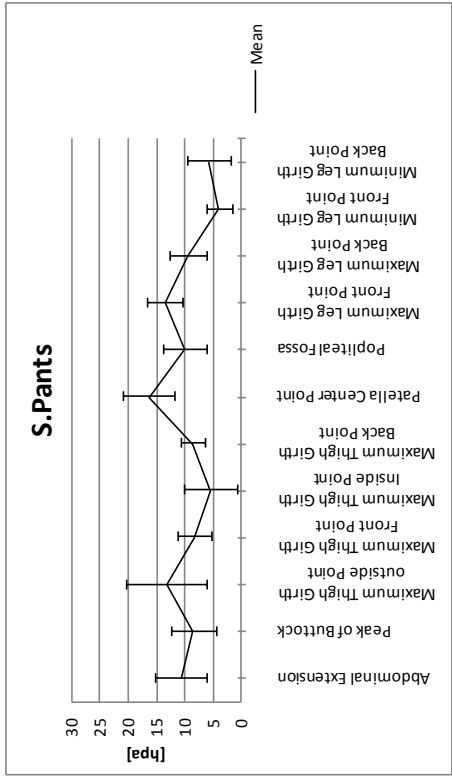
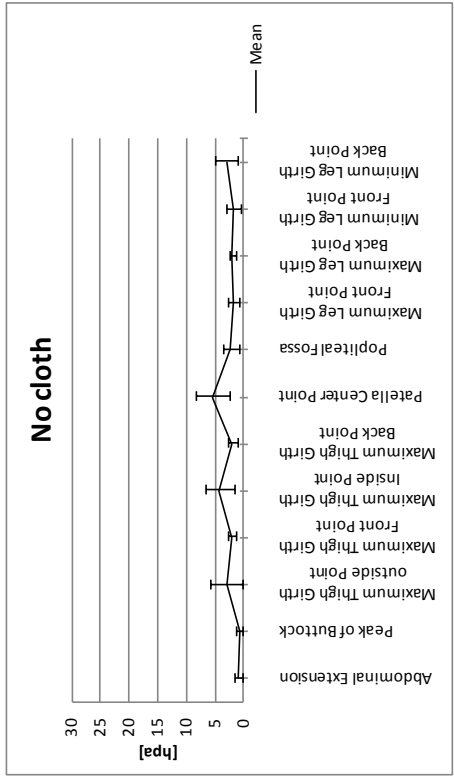
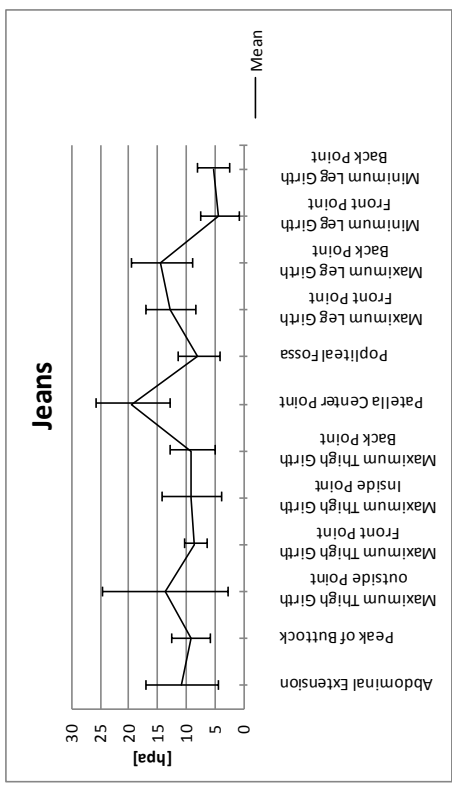
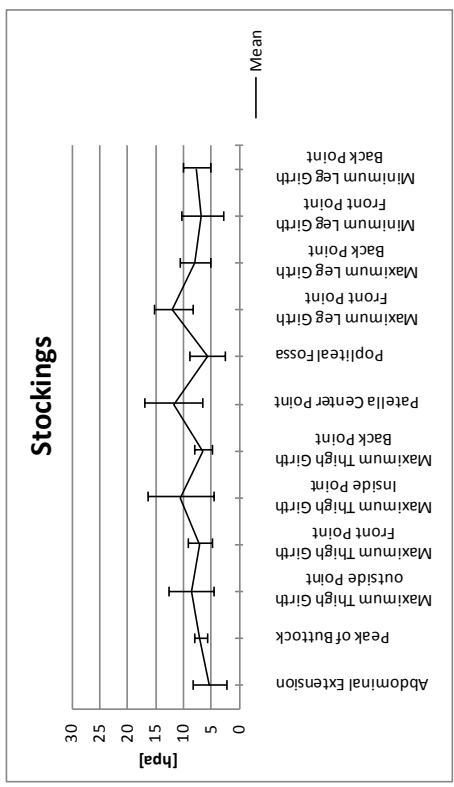


Fig. 3-3-2-4 Maximum value of clothing pressure while walking

Table 3-3-2-5 Minimum value of clothing pressure in no-cloth while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	0.15	0.00	0.49	0.79	4.81	1.27	1.21	2.86	1.29	2.12	0.63	0.94
Subject2	0.56	0.69	0.66	1.79	1.11	0.98	1.62	2.97	2.95	2.09	0.86	2.95
Subject3	0.49	0.25	0.51	1.12	6.07	0.13	4.43	1.02	0.66	2.12	1.19	3.66
Subject4	0.00	0.82	1.08	3.56	3.56	0.70	8.72	0.60	1.61	1.53	4.06	4.76
Subject5	1.83	1.12	8.58	1.15	0.91	1.47	2.90	0.61	0.00	0.29	-0.16	0.13
Subject6	0.22	0.91	1.67	0.65	1.32	1.25	2.53	2.12	3.02	1.04	1.21	3.15
Subject7	0.28	0.76	1.98	1.47	1.47	-0.35	4.69	1.50	1.49	1.53	1.73	1.66
Subject8	0.00	1.25	1.83	1.65	4.05	1.38	0.97	3.98	2.90	1.51	2.62	4.60
Subject9	-0.43	0.27	1.95	1.22	1.15	2.11	2.45	0.93	3.20	1.91	1.79	3.37
Subject10	0.06	1.49	2.74	1.57	0.51	2.02	1.51	3.95	2.75	0.88	2.55	1.00
Mean	0.61	0.58	2.26	1.68	3.29	0.91	3.77	1.61	1.30	1.63	1.32	2.49
SD	0.65	0.40	3.17	0.99	2.03	0.47	2.71	1.08	0.99	0.71	1.44	1.72

Table 3-3-2-6 Minimum value of clothing pressure in stockings while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	3.05	5.86	4.46	7.91	17.47	4.98	8.74	5.63	6.42	8.70	* 19.16	6.34
Subject2	2.25	6.18	6.03	6.47	4.73	2.67	2.54	2.07	12.30	8.22	10.21	8.42
Subject3	6.21	6.46	5.53	6.83	13.03	5.03	12.30	5.80	14.57	9.26	7.30	8.50
Subject4	1.38	5.28	3.74	10.27	6.86	2.80	14.78	1.78	12.20	9.11	* 18.06	* 15.46
Subject5	9.86	5.68	15.82	1.49	1.55	7.73	4.99	5.44	8.07	2.15	0.19	2.47
Subject6	1.46	6.87	6.60	6.40	7.00	5.58	8.49	5.79	15.33	10.97	8.17	10.62
Subject7	1.36	6.44	8.24	6.91	5.93	4.19	12.70	2.57	5.75	7.29	8.12	4.43
Subject8	1.00	9.31	5.51	7.21	10.56	5.27	5.83	5.15	10.66	6.80	8.92	10.38
Subject9	6.53	6.84	7.16	5.58	0.99	4.65	7.07	3.51	10.56	7.29	13.14	8.45
Subject10	3.24	6.11	6.20	7.63	11.12	3.20	5.12	12.77	12.93	1.75	9.83	7.52
Mean	4.55	5.89	7.11	6.59	8.73	4.64	8.67	4.14	10.71	7.49	5.90	6.43
SD	3.12	0.41	4.42	2.88	5.76	1.85	4.51	1.82	3.00	2.69	4.21	2.45

Table 3-3-2-7 Minimum value of clothing pressure in s. pants while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh outside Point	Maximum Thigh Front Point	Maximum Thigh Inside Point	Maximum Thigh Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	15.43	15.95	16.68	11.81	3.39	7.96	12.84	9.68	12.09	3.75	4.41	13.18
Subject2	6.54	7.02	4.76	4.91	1.41	6.46	6.86	4.38	15.17	11.76	5.93	2.47
Subject3	8.86	6.13	7.65	7.33	11.38	4.54	15.14	12.15	17.21	12.95	1.25	1.96
Subject4	2.73	0.29	3.30	5.70	4.60	3.35	15.72	4.20	10.34	8.71	1.46	2.17
Subject5	14.68	11.27	21.43	5.67	0.91	7.50	11.04	3.86	6.88	6.71	1.25	2.10
Subject6	6.37	7.58	5.38	5.48	8.79	6.19	13.26	7.09	15.19	10.25	1.56	3.58
Subject7	3.98	6.82	4.65	5.36	3.47	3.65	17.04	4.76	12.80	11.90	2.11	1.21
Subject8	2.51	11.29	3.61	6.99	11.69	4.11	11.83	5.94	15.36	10.26	5.19	2.45
Subject9	4.88	9.52	4.29	4.50	3.06	3.87	12.57	7.82	14.52	12.23	5.67	5.15
Subject10	6.06	6.69	4.96	6.45	9.39	2.80	8.89	14.98	15.50	2.81	2.89	3.94
Mean	9.65	8.13	10.76	7.08	4.34	5.96	12.32	6.85	12.34	8.78	2.86	4.38
SD	4.83	5.25	7.08	2.49	3.76	1.76	3.20	3.41	3.62	3.34	1.95	4.41

Table 3-3-2-8 Minimum value of clothing pressure in jeans while walking

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh outside Point	Maximum Thigh Front Point	Maximum Thigh Inside Point	Maximum Thigh Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Subject1	-0.03	10.97	6.31	9.35	17.57	4.15	17.10	* 20.24	16.29	17.07	1.92	2.92
Subject2	13.91	10.61	3.36	4.45	2.83	7.11	9.77	3.03	12.52	10.42	9.24	8.38
Subject3	11.52	8.04	4.87	7.59	11.22	8.06	12.39	5.30	15.95	12.78	3.17	6.43
Subject4	5.42	0.59	5.24	7.45	4.65	0.70	15.64	7.45	3.17	4.60	0.24	* 17.64
Subject5	17.62	12.91	31.49	9.77	1.07	9.67	11.04	5.69	9.51	24.18	1.13	-0.31
Subject6	8.09	7.75	4.49	6.56	7.70	7.05	8.43	7.38	13.23	7.55	3.65	3.88
Subject7	5.67	9.70	5.96	7.20	4.09	1.83	19.36	3.08	10.74	12.37	1.95	0.81
Subject8	3.80	11.98	5.12	10.17	10.00	5.17	6.01	11.89	18.58	13.24	4.71	2.98
Subject9	0.69	10.14	6.39	5.22	5.27	2.84	12.81	2.92	11.87	11.74	7.39	2.77
Subject10	13.53	11.45	4.09	7.68	11.07	9.31	8.77	14.03	14.70	6.19	6.58	5.48
Mean	9.69	8.62	10.25	7.72	7.47	5.94	13.19	5.37	11.49	13.81	3.14	4.36
SD	6.27	4.31	10.66	1.88	6.11	3.17	2.76	1.57	4.84	6.57	3.20	3.33

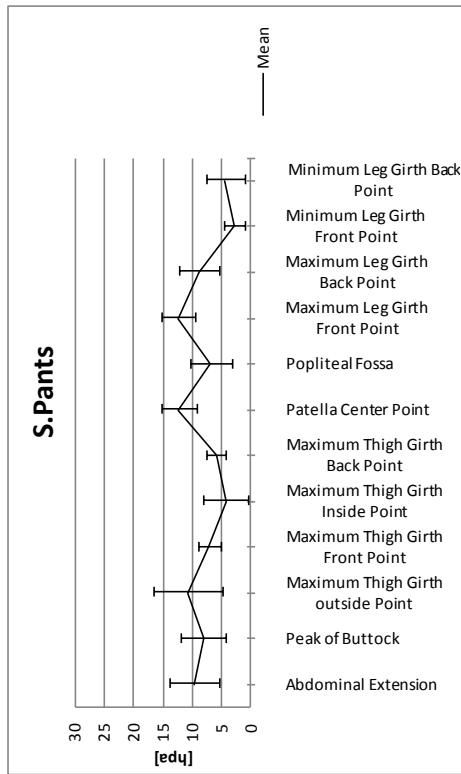
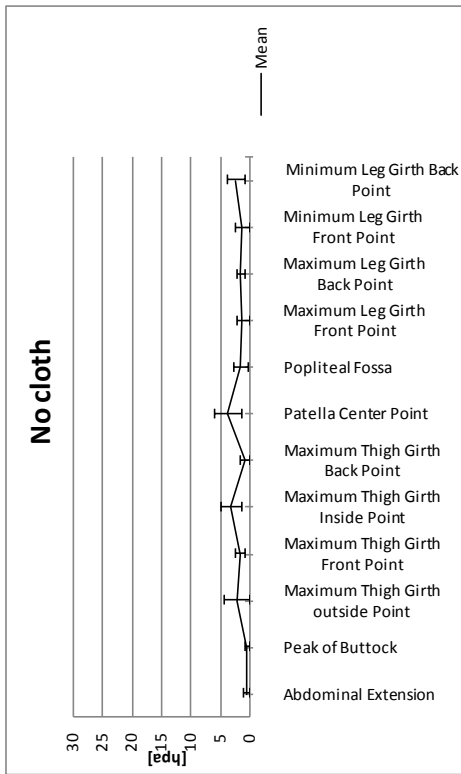
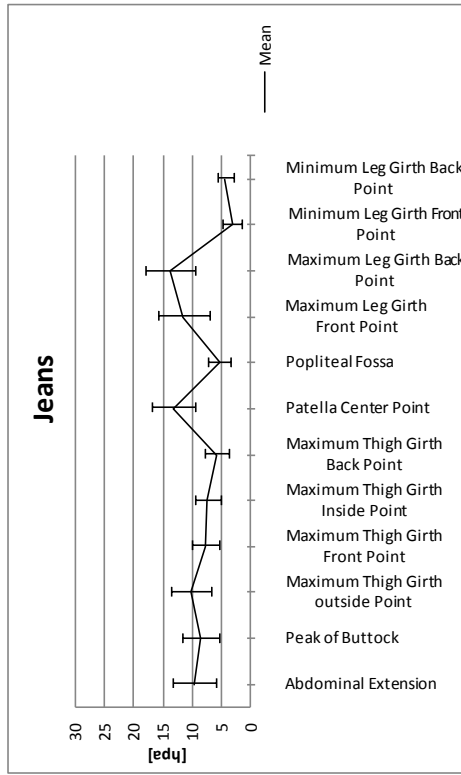
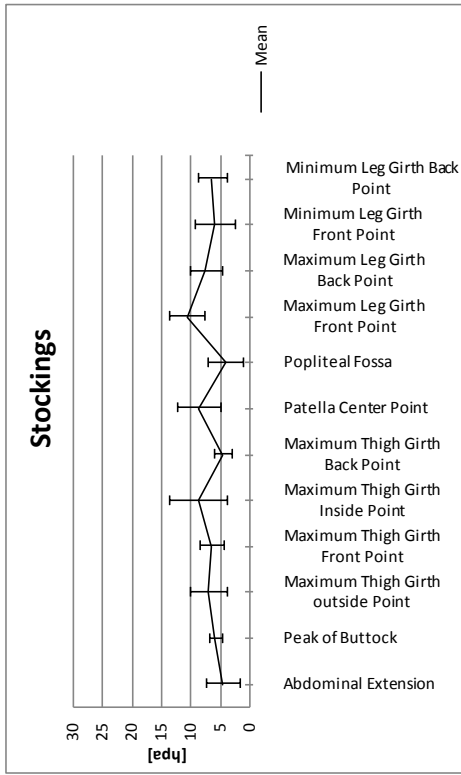


Fig. 3-3-2-5 Minimum value of clothing pressure while walking

Table 3-3-2-9 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Stockings	3.74	6.30	5.24	5.46	5.97	4.17	7.67	3.78	9.36	5.82	7.23	5.63
S. Pants	7.35	7.69	6.44	5.44	3.93	5.29	13.66	7.12	12.02	7.95	1.89	1.43
Jeans	8.45	8.99	7.15	6.45	5.66	6.19	17.69	6.23	11.32	10.84	2.84	1.21

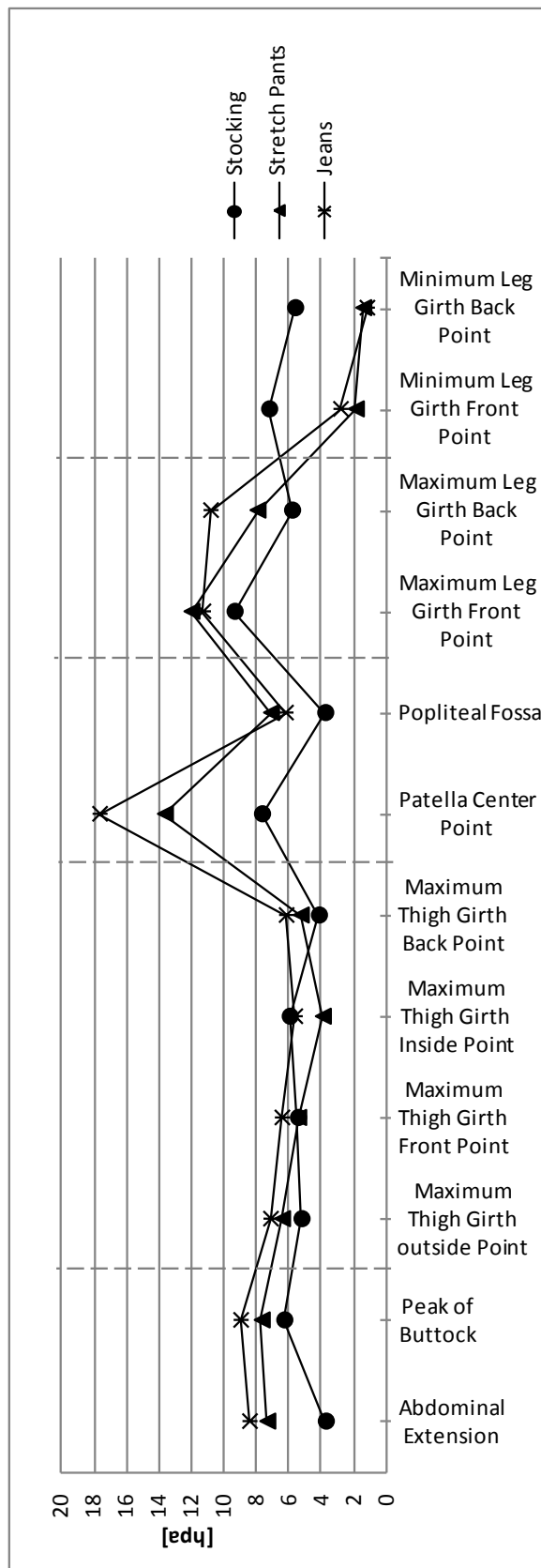


Fig. 3-3-2-6 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)

Table 3-3-2-10 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Stockings	3.74	6.30	5.24	5.46	5.97	4.17	7.67	3.78	9.36	5.82	7.23	5.63
S. Pants	7.35	7.69	6.44	5.44	3.93	5.29	13.66	7.12	12.02	7.95	1.89	1.43
Jeans	8.45	8.99	7.15	6.45	5.66	6.19	17.69	6.23	11.32	10.84	2.84	1.21

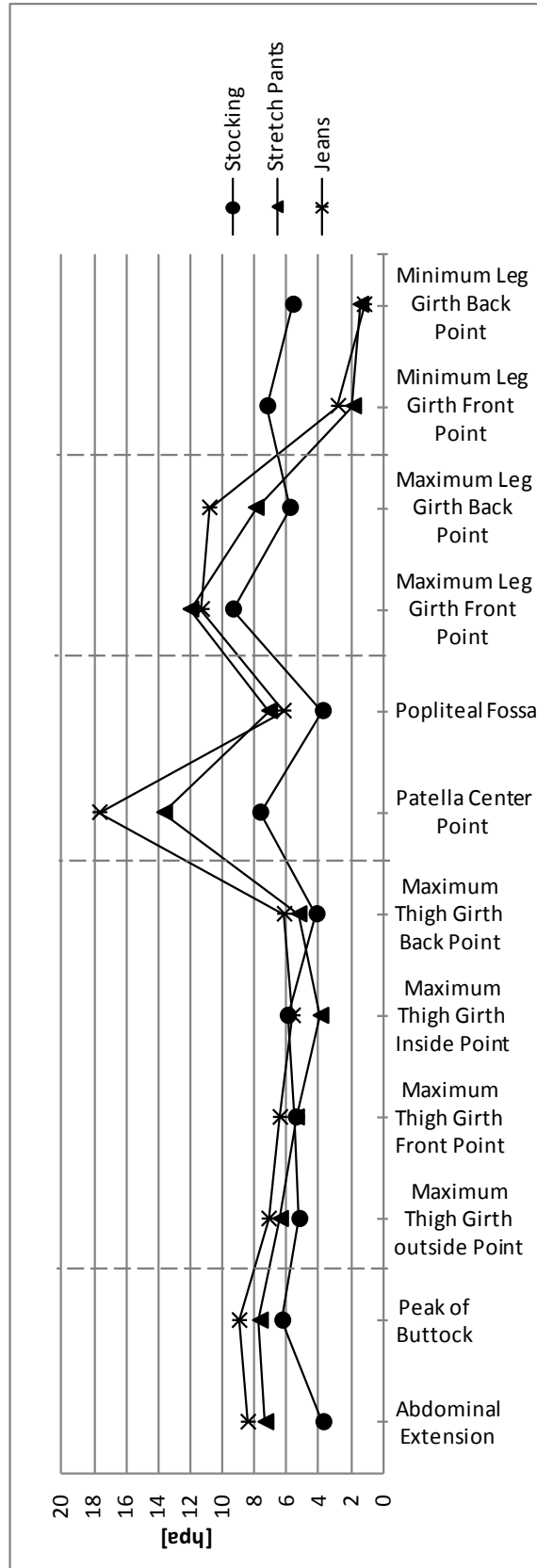


Fig. 3-3-2-7 Maximum value of clothing pressure while walking (n=10)

Table 3-3-2-11 Difference of clothing pressure between maximum value and minimum value while walking (n=10)

	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Stocking	0.43	0.56	0.46	0.28	0.54	0.65	2.52	0.78	0.47	0.17	0.48	0.56
S.Pants	0.46	0.20	0.92	0.52	0.61	1.34	4.24	1.69	0.50	0.32	0.37	0.24
Jeans	0.74	0.34	1.57	0.40	0.61	1.70	8.66	1.44	0.65	0.33	0.49	-0.11

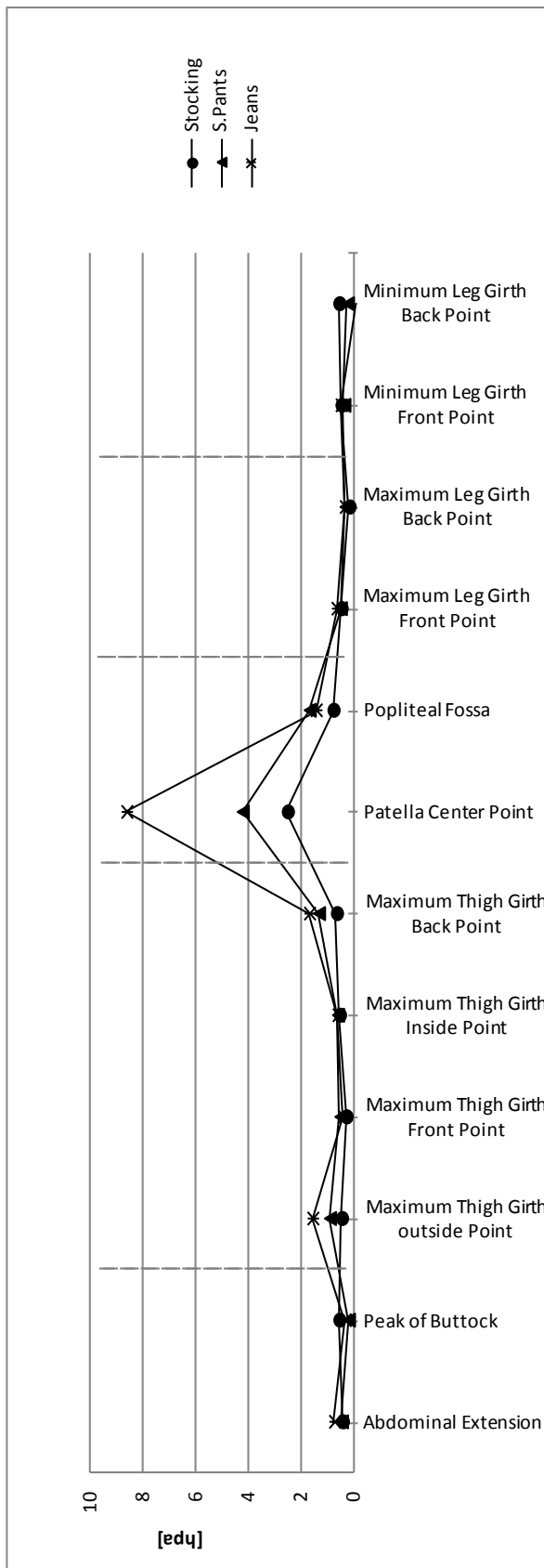


Fig. 3-3-2-8 Difference of clothing pressure between maximum value and minimum value while walking (n=10)

Table 3-3-2-12 In stockings (n=10)

Stretch Pants	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Standing	7.27	7.85	4.51	5.71	5.45	5.56	7.20	7.78	10.80	9.35	0.68	0.00
Minimum	6.89	7.50	5.52	4.92	3.31	3.95	9.42	5.43	11.52	7.63	1.52	1.20
Maximum	7.35	7.69	6.44	5.44	3.93	5.29	13.66	7.12	12.02	7.95	1.89	1.43

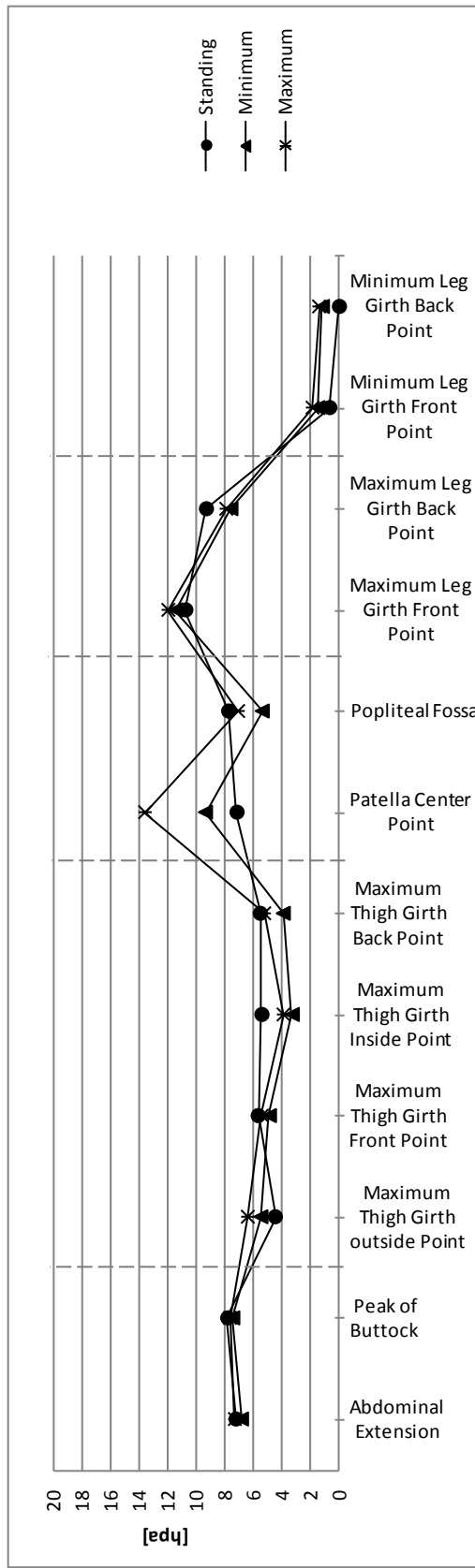


Fig. 3-3-2-9 Value of clothing pressure in stocking (n=10)

Table 3-3-2-13 Value of clothing pressure in stocking (n=10)

Stocking	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Standing	2.98	6.48	5.06	6.75	6.15	4.21	4.97	5.95	8.94	7.19	9.64	5.83
Minimum	3.32	5.74	4.78	5.17	5.43	3.52	5.15	3.00	8.89	5.65	6.76	5.07
Maximum	3.74	6.30	5.24	5.46	5.97	4.17	7.67	3.78	9.36	5.82	7.23	5.63

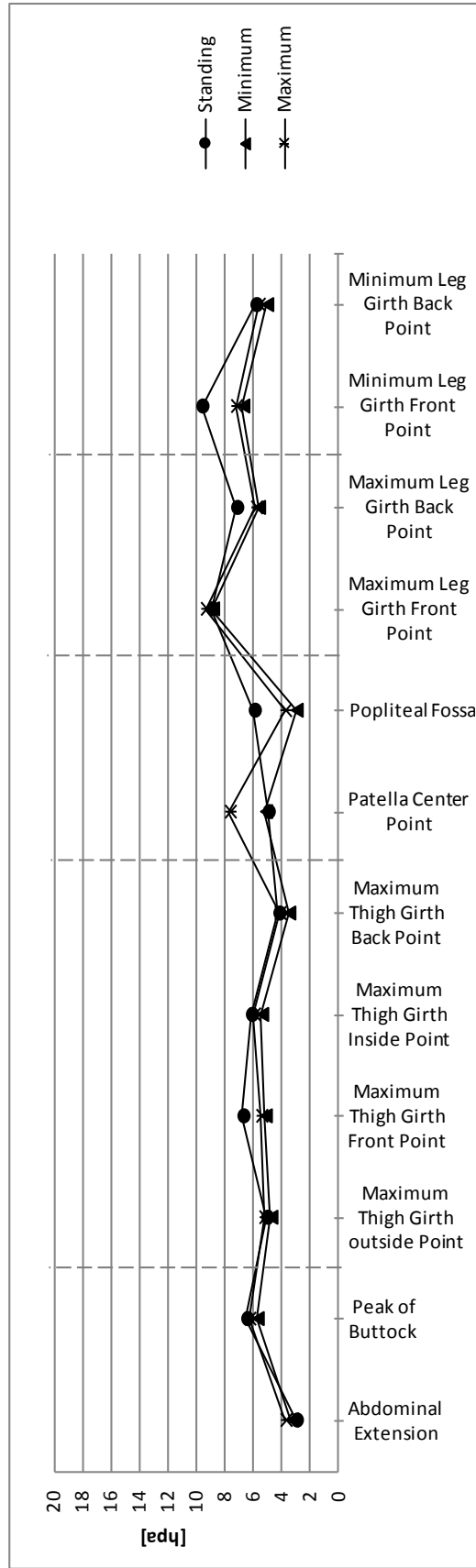


Fig. 3-3-2-10 Value of clothing pressure in stocking (n=10)

Table 3-3-2-14 Value of clothing pressure in S. pants (n=10)

Stretch_Pants	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Standing	7.27	7.85	4.51	5.71	5.45	5.56	7.20	7.78	10.80	9.35	0.68	0.00
Minimum	6.89	7.50	5.52	4.92	3.31	3.95	9.42	5.43	11.52	7.63	1.52	1.20
Maximum	7.35	7.69	6.44	5.44	3.93	5.29	13.66	7.12	12.02	7.95	1.89	1.43

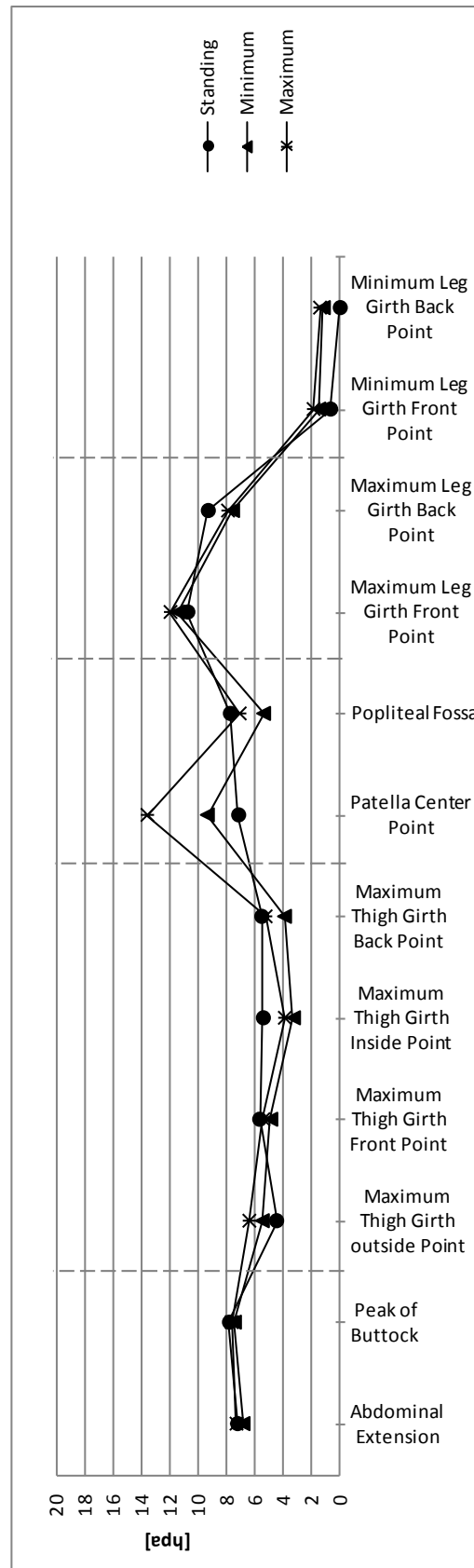


Fig. 3-3-2-11 Value of clothing pressure in S. pants (n=10)

Table 3-3-2-15 Value of clothing pressure in jeans (n=10)

Jeans	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Popliteal Fossa	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Standing	9.36	7.21	3.96	6.93	6.42	6.96	5.78	6.58	10.63	11.61	1.84	1.68
Minimum	7.71	8.66	5.58	6.05	5.05	4.49	9.03	4.79	10.67	10.51	2.35	1.32
Maximum	8.45	8.99	7.15	6.45	5.66	6.19	17.69	6.23	11.32	10.84	2.84	1.21

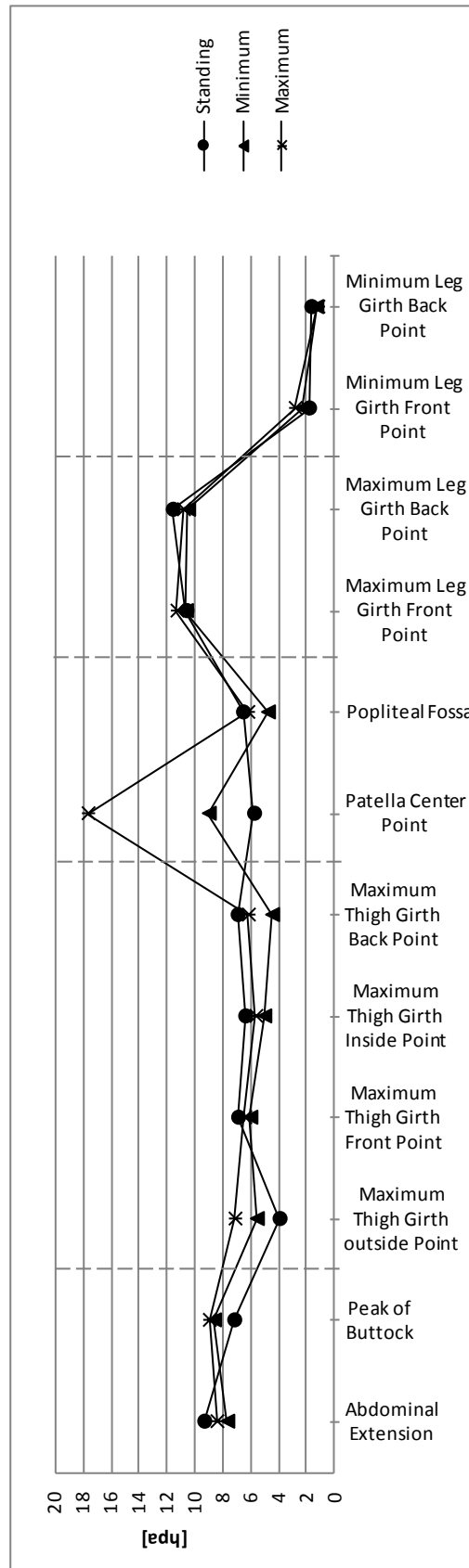


Fig. 3-3-2-12 Value of clothing pressure in jeans (n=10)

3. 3. 3 三次元断面特徴

今回の研究対象は腹囲、腰囲、大腿最大囲、膝蓋囲、下腿最大囲、下腿最小囲に絞り、各断面図を切り出し、各被験者の同一部位断面を重ねた重合図を作成した。(図 3-3-3-1)

この方法で三次元人体計測の結果得られた3名の被験者の下半身着衣断面図を図 3-3-3-2 に、また算出した伸び率の結果を表 3-3-3-1 に示す。4 着衣条件下、即ち N, S, P, J で得られた各断面図を、腰囲、腹囲、大腿最大囲、膝蓋囲、下腿最大囲、下腿最小囲別に重合したものである。図中の数字は、これらの断面図から着衣時周径を算出し、着衣なし時の周径に対する比(%)を示している。この周径比と断面形状の結果を見ると、腹部・臀部・大腿最大囲において、やや痩身よりの被験者ではどの試料も身体寸法以上であり、締め付けがないことが確認できるが、普通体とやや肥満体の被験者では、着衣なし時より着衣時に、断面図の面積が縮小する傾向すなわち周径の減少が認められる。特に大腿最大囲では、腹側・背側よりも、内側部でより圧迫され、外方からの圧迫により、内側方に脂肪が移動した結果、左右大腿が内側で接触し、円を切り取ったような断面図になっていることが観察される。即ち、大腿部に脂肪沈着のある被験者の大腿内側では、衣服のみならず大腿内側同士の接触が加わることによって下衣着衣時に圧迫を生じることが示されている。なおいずれに被験者でも、J の大腿最大囲より上部において、身体に沿わない凸形状が見られるのは、生地の硬さと前開き部分の重なりの影響と考えられる。下腿最大囲では、どの被験者においても、いずれの試料も身体にフィットしており、密着度の高い様子が観察され、前述の比較的高い衣服圧を説明するものである。反対に下腿最小囲では、被験者の体型に関わらず、P と J で身体と着衣の間にゆとりが見られ、この部分の衣服圧がほとんどゼロであったことと呼応している。

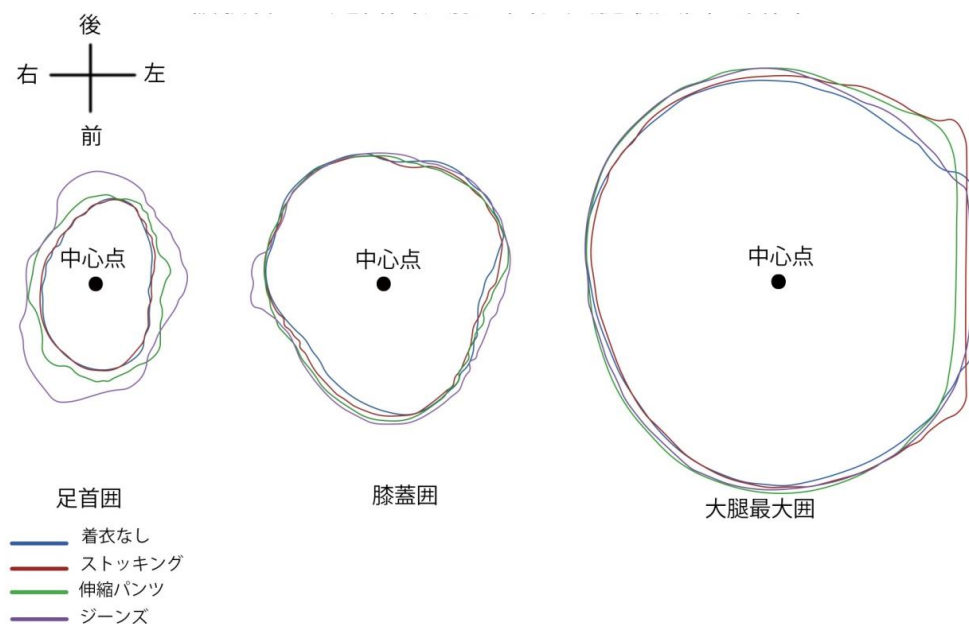


Fig. 3-3-3-1 A cross-sectional view of subjct7 (normal type)

Table 3-3-3-1 percentage of girth with cloth to the girth without cloth

Subject9 Slimming type						
	Abdominal extension (%)	Buttock (%)	Thigh (%)	Knee (%)	Calf (%)	Ankle (%)
Stockings	100.26	100	100.77	99.11	99.95	100.09
Stretch pant	100.52	100.30	101.77	100.97	101.43	108.19
Jeans	105.66	102.30	101.68	101.63	101.75	126.49
Subject7 Normal type						
	Abdominal extension (%)	Buttock (%)	Thigh (%)	Knee (%)	Calf (%)	Ankle (%)
Stockings	101.51	99.22	102.85	99.49	100.91	100.68
Stretch pant	98.55	100.37	99.60	101.98	101.78	114.62
Jeans	102.41	102.66	99.34	103.89	101.72	118.94
Subject1 Obesity type						
	Abdominal extension (%)	Buttock (%)	Thigh (%)	Knee (%)	Calf (%)	Ankle (%)
Stockings	98.35	98.78	99.21	100.54	100.33	100.88
Stretch pant	99.42	100.68	101.13	102.01	101.33	107.76
Jeans	101.18	101.46	99.84	101.79	99.93	126.33

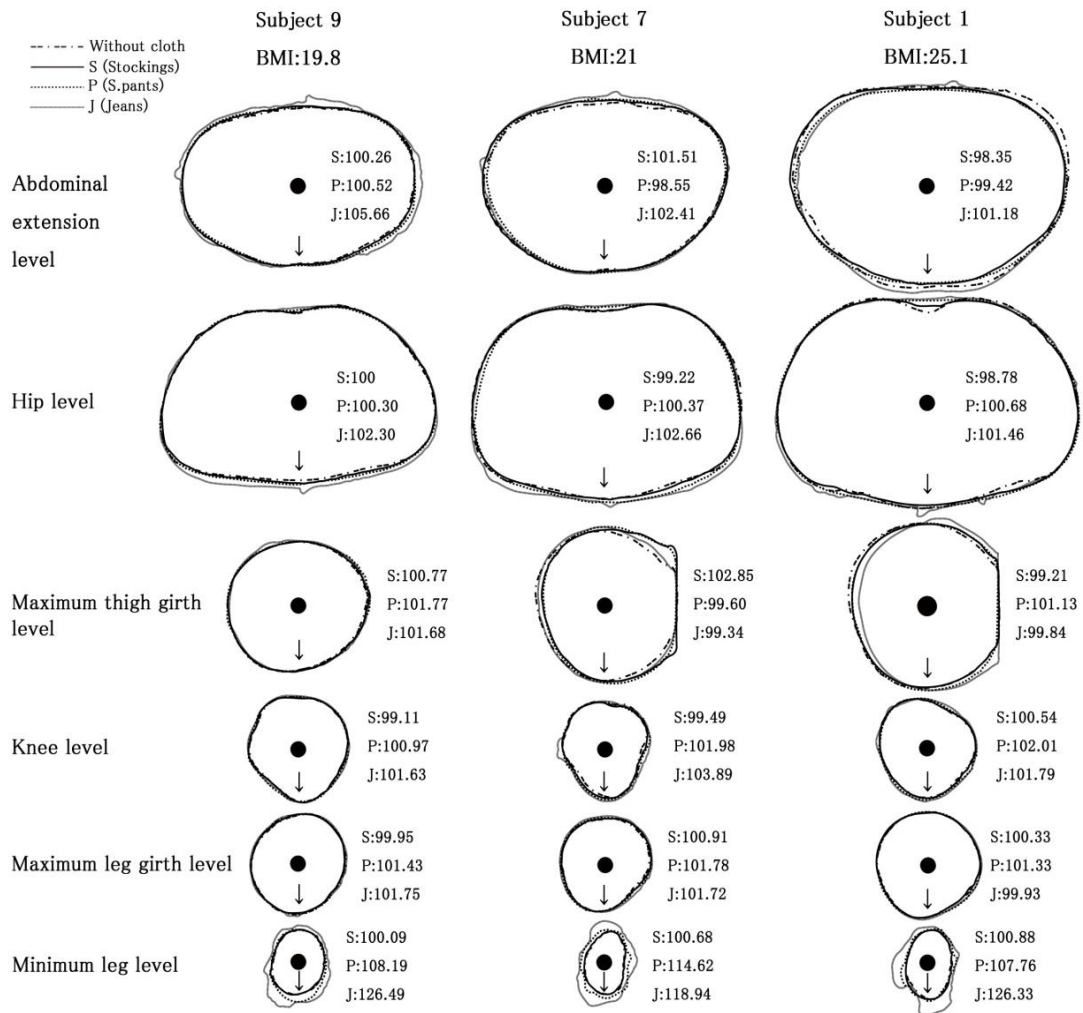


Fig. 3-3-3-2 A cross-sectional view of three-dimensional measurement numeric in the figure expresses the percentage of girth with cloth to the girth without cloth

3. 4 考察

本研究では、ストレッチ性の異なる市販の下衣3種、S、P、Jを対象として、その立位時の衣服圧分布並びに歩行時の動的な衣服圧変動を測定し、その特性を、下肢の3次元形状、動作時皮膚の伸縮特性、および素材の引張強伸度の視点から検討しようと考えた。

下半身衣服の静的な衣服圧について、中橋は、快適圧の平均値は大腿部で5.8hPa、下腿部で9.7hPa、足首部で8.1hPaであり、限界値は大腿部で10.8hPa、下腿部で18.5hPa、足首部で16.7hPaであると述べている³⁾。また間壁は、ガードルの衣服圧の許容限界としてとして30~40mmHg(すなわち40~53.3hPa)を提示している⁴⁾。本研究で対象とした3種の衣服圧はいずれも最大18hPa前後であり、日常生活で一般的に着用される衣服圧の快適範囲内であることが示された。下半身を覆う衣服の詳細な衣服圧分布の報告は見当たらないが、ストレッチ性下衣を着用した時の体形変化について、Salimは、円周の束縛が増加するに従い、ウェストは丸くなり、それは、脂肪が多いところで、圧力による変形を生じることによると述べている⁵⁾。同様に間壁も、脚付根部や大腿部では変形が大きく、ガードルのずれや食い込みが生じやすいと述べている⁴⁾。本研究においても、瘦身体を除く比較的皮下脂肪の厚い被験者では、大腿周辺の脂肪の移動し、左右大腿が内側で接触することによって円を切り取ったような断面図が得られ、この部位で高い衣服圧を生じた結果が支持されている。

歩行時の動的な衣服圧変動を検討する目的で、菅谷は歩行型腰部柔らかダミーを開発し、これを用いて、弱圧製品の歩行時の衣服圧変動を5箇所を実測した。その結果、平均値は25.3~37.3hPaに分布し、最も変動の大きかったのは腸骨稜であったこと、また各部位の変動幅の特徴として、腹部の変動幅は小さく、大腿部後面、臀部の測定値の変動幅は大きいことを報告している⁶⁾。本研究では腸骨稜は測定していないが、腸骨稜は直下に腸骨の稜が存在し、骨部では衣服圧が大きく測定されたためと考えられる。本研究における測定部位と重複した部位の結果からみると、腹部の変動幅は小さく、大腿部後面の変動幅がやや大きい点は一致した。しかし、臀部の結果は、腹部と同様変動が小さかった本研究の結果とは異なる。これは、ダミーの臀部がシリコンによって作成されていること、シリコンの圧縮応力は人体の臀部の圧縮応力と比較して、はるかに大きいこと⁷⁾が理由として考えられる。一般に衣服圧の測定値は被測定体の圧縮特性に依存することは古くから指摘されており、衣服圧の絶対値比較において留意すべきである。さらに衣フック圧測定上の留意点としては、センサーの貼付・較正方法がある。土田は、レオタード着用時、肘部位置で起こったセンサーのずれについて報告し、被験者実験における衣服圧と圧迫感の官能評価の順位が一致しない原因として指摘している⁸⁾。本研究ではこの点に配慮し、人体下肢の各関節、特にずれを生じやすい膝蓋部において、センサーの貼付・較正方法に配慮することによって歩行時センサーのずれを有効に避けることができた。

3. 5 総括

成人女子 10 名を対象に、ストッキング (S)、伸縮パンツ (P)、ジーンズパンツ (J) の静立時衣服圧分布、歩行時動的な衣服圧変動を測定し、これと、下半身 3 次元形状、下半身着衣の衣服圧について検討し考察を加えた。結果は以下のようなものである。

- (1) 静立時衣服圧の平均値は、S で 2.98~9.64, P で 0.0~10.79, J は 1.69~11.61hPa に分布し、腹部前突、大腿最大囲後面、下腿最大囲前・後面など衣服と人体が接触伸長している部位では、J, P, S に高く素材の伸長特性が反映された。一方、下腿最小囲では、非接触の J, P と接触伸長する S で大きく異なった。大腿内側では、被験者の体形により皮下脂肪の移動と内側相互の接触による高い衣服圧が観察されたが、いずれの試料も不快を感じない衣服圧の範囲にあった。
- (2) 歩行時、各部位の衣服圧は歩行のリズムと共に一定の変動パターンを示しているが、着衣によってそのパターンは異なる。いずれの着衣条件でも 12 部位中膝蓋中点における衣服圧変動が最も大きく、そのほかの部位の衣服圧変動は 2.0hPa 以下に留まった。

引用・参考文献

- 1) 三野たまき；着方・整容効果と快適な衣服圧， 繊維製品消費科学， 49 (10)：688-695(2008)
- 2) 石丸園子， 中村美穂， 野々村千里， 横山敦士；人体への加圧が圧感覚と快適感に及ぼす影響について， 繊維製品消費科学， 52 (3)：197-207(2011)
- 3) 中橋美幸， 諸岡晴美， 諸岡英雄；脚部圧迫による快適圧及び限界圧とその要因分析， 繊維製品消費科， 41(9)：756-762(2000)
- 4) 間壁治子， 百田裕子， 三野たまき， 上田一夫；ガードルの衣服圧に関する研究， 繊維製品消費科学 32 (9)：42-56(1991)
- 5) Salim M. Ibrahim ; Mechanics of Form-Persuasive Garments Based on Spandex Fibers, Textile Research Journal: 950-963(1968)
- 6) 菅谷紘子 ， 岩崎謙次；衣服圧評価用の歩行動作ダミーの開発第2報歩行動作装置の開発， 東京都立産業技術研究センター研究報告第7号:62-65(2012)
- 7) 田村
- 8) Wm. Kirk, Jr., and S. M. Ibrahim ; Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirments and Garment Performance, Textile Research Journal:37-47, (1966)
- 9) 石丸園子， 磯貝悠美子， 松井まり子， 古市健次， 野々村千里， 横山敦士；有限要素法を用いた快適な衣服圧を示す衣服の設計手法について -ガードルの衣服圧設計手法-， Journal of Textile Engineering, 57(3):75-88(2011)
- 10) 堀場洋輔；数値シミュレーションによる衣環境の推定-被服圧及び空隙量に関する研究事例-， 日本衣服学会誌， 58 (1)：21-24(2014)

第4章

運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服 間ずれに関する検討

4.1 緒言

第2章では、東京の体育系大学に所属する健康な若年女性102名を調査対象として、“運動時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じるか”の回答を調査し、“たまに感じる”、“時々感じる”、“常を感じる”を合わせて、摩擦による不快を感じている人が約40%に達することを明らかにした。

一方、矢野経済研究所(2014)¹⁾、同研究所報告(2016)²⁾によれば、2014年のスポーツアパレル国内市場規模は日常のライフスタイルウェアとしての需要が拡大したことで高成長し、2016年もトレーニングウェア国内出荷市場規模は、連続して上昇し続けているという。さらに経済産業省とスポーツ庁は、スポーツ産業の活性化に向けた課題と今後の方向性をまとめた「スポーツ未来開拓会議中間報告」(2016)³⁾を発表し、スポーツが巨大ビジネスとなっている欧米諸国のように、日本でもその市場が25年までに今の3倍にすると予測している。

清嶋展弘(2003)⁴⁾が指摘するように、スポーツ分野では、運動機能性を向上させる観点から、ポリウレタン混用の素材の使用が不可欠である。一方で、ストレッチ性衣服による皮膚の摩擦障害は、スポーツのように激しく身体を動かす運動状況において、より多く発生することが考えられる。

ストレッチ性衣料の伸長特性は衣服圧に影響し、衣服圧の強弱は衣服と肌の摩擦を左右する。ストレッチ性衣料の伸長特性と衣服圧の関係については、今まで、数多くの研究が報告されている。渡辺ら(1979)⁶⁾は、布の伸長率或いは張力と衣服圧との関係を上腕部・大腿部(被験者各20名)において調べ、上腕部・大腿部ともに各試料それぞれ高い相関 $r=0.91\sim 0.97$ が認められ、その勾配は、一定伸長時引張り強度が大きいほど大きいと報告した。斎藤ら(1985)⁷⁾が、胴下部及び大腿部体表面展開図を基に設計した、収縮率の異なるガードルにより、その衣服圧と布の伸長・伸展及び人体曲率半径との関係、布の伸長・伸展と圧感覚との関係を調べた結果を見ると、腹部等、一部の部位を除き、ガードルの伸長・伸展と衣服圧間には正の相関関係が認められた。また、ガードルの伸長・伸展と圧感覚間には $r=0.70$ 以上の正の相関関係が認められている。伊藤ら(1995)⁵⁾も、伸長特性の異なる3種類の素材を用いてスラックスを製作し、静止時の大腿部の衣服圧を計測しており、素材の伸長性と衣服圧が対応することを確認した。

以上の研究により、衣服圧に大きく影響する要因として、布地の伸縮特性の影響が大きく、人体の曲率がかかわることが明らかにされている。しかし運動時の皮膚伸びと衣服圧、さらに摩擦の原因となると考えられる皮膚・衣服間のずれを検討した研究は見当たらない。

そこで、本章では運動時衣服圧の生起要因を探るため、試料の引張強伸度特性に関する実験(実験A)、運動時の皮膚伸縮に関する実験(実験B)、実験A、実験Bの結果を用いたKirkら(1966)⁶⁾の式による運動時衣服圧の推定(実験C)を実施し、これらの結果と第3章で得られた実測衣服圧の結果を比較することによって、皮膚・衣服間のずれの要因について検討することを目的とした。

4. 2 実験 A—布地の引っ張り強伸度特性

4. 2. 1 方法

1) 試料

試料は第 3 章で用いた市販のパンティストッキング(以下 S と略す), 伸縮パンツ(以下 P と略す), ジーンズ(以下 J と略す)から採取した. 各市販衣料から, 5cm×15cm のサイズで縦と横方向別に各 3 枚切り出した布地を試料とした. 各試料の物理特性を表 4-2-1-1 に示す.

2) 測定方法

測定には図 4-2-1-1 に示すテンシロン Auto com/AC-100 型(テイ・エス エンジニアリング社製)を使用し, 試料両端の各 5cm を除く中央部 5cm×5cm を引張強伸度実験の対象とした. 測定環境は温度 20. 0℃湿度 65. 0%RH とした. 測定項目は, 引っ張り強伸度, 破断時下限点伸び(mm)と上限点荷重(N)である.

引っ張り回復特性の測定には, 引っ張り速度を 20mm/min, 測定サイクルを 3 回, 上限点伸びを 10mm に設定した. 繰り返しは 3 回としその測定結果を平均した.



Fig. 4-2-1-1 Experimental view
(Tensilon Auto com/AC-100 TSTech)

4. 2. 2 結果及び考察

1) 引っ張り強伸度特性

各試料について得られた強伸度特性(3回測定の平均)の結果を図 4-2-2-1 および表 4-2-2-1 に示す. 破断点荷重と破断点伸びから見ると, 伸縮性と強度ともに最も強いのは P である. また, 強度で一番弱いのは S であり, 最も強いのは P であることが示された(図 4-2-2-2). P と S については, 布目方向の差はほとんど認められないが, J の破断点伸びについては横方向の伸縮性が縦方向より3倍に近いことが示された(図 4-2-2-3).

Table 4-2-1-1 Properties of fabric.

Measurement	Stockings		S. Pants		Jeans	
	Wale	Course	Wale	Course	Warp	Weft
Fiber content	Nylon/Polyurethane		Polyester 87%/Polyurethane	13%	Cotton 79%/Rayon 10%/Polyester 7%/ Polyurethane 4%	
Density (wale & course: st./cm warp: ends/cm weft: picks/cm)	15.00	20.00	11.88	17.75	53.44	22.50
Thickness (mm)	0.25		0.76			0.79
Elastic recovery percentage of elongation (%)	90.41	89.88	90.86	92.54	53.12	91.65
Bending resistance (mm)	Unable	Unable	Unable	36.17	72.67	31.67
MIU (A.U.)	0.21	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19
Reverse	0.18	0.17	0.33	0.20	0.18	0.19
Obverse	0.010	0.008	0.006	0.007	0.009	0.017
Reverse	0.007	0.005	0.010	0.008	0.013	0.009
Air permeability (kPa•s/m)		0.11		0.69		5.35
Q-max (W/m ²)		105.40		81.20		120.40
Moisture content (%)		2.00		36.00		6.00
Water vapor permeability (%)		63.86		67.38		67.50
Water absorbing property (mm)	29.50	31.00	124.50	129.00	16.00	50.50

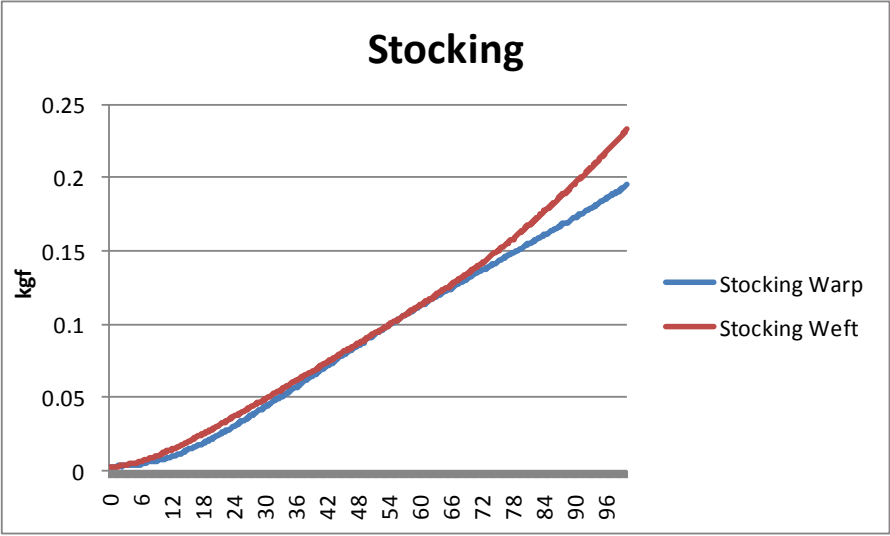
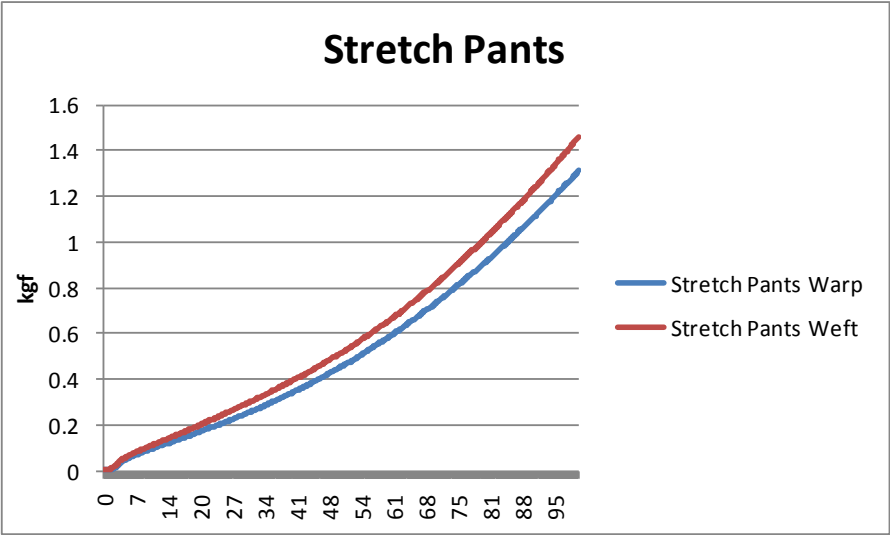
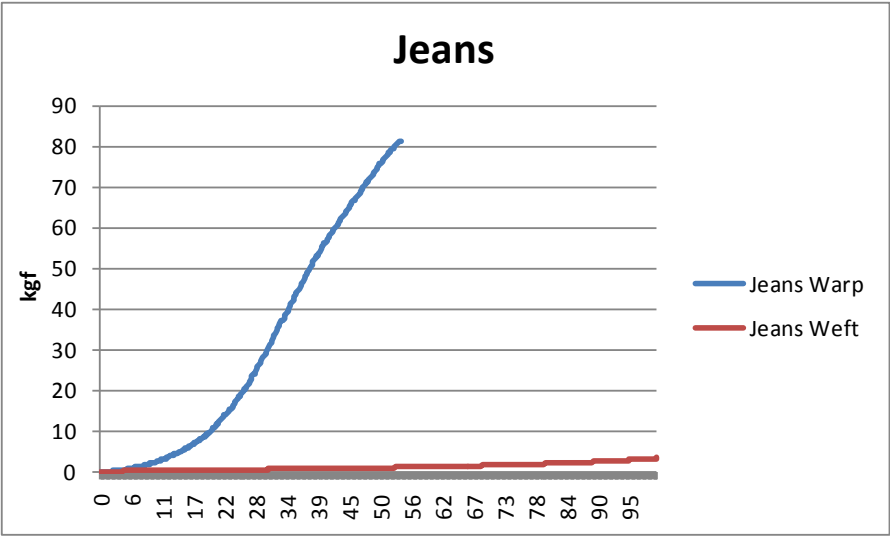


Fig. 4-2-2-1 Elastic recovery percentage of elongation

Table 4-2-2-1. Break point load value (N)

Sample	Vertical	Horizontal
J	389.89	409.22
P	563.27	489.78
S	58.64	50.07

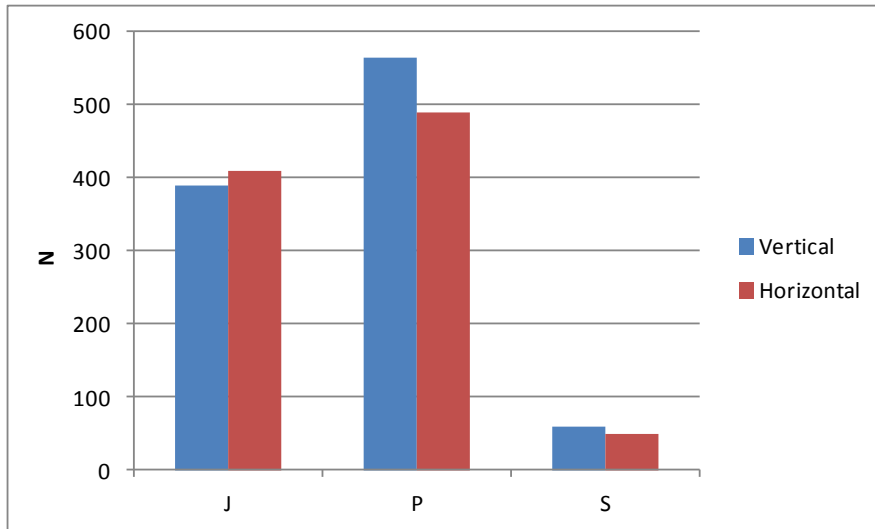


Fig 4-2-2-2. Break point load value (N)

Table 4-2-2-2. Break point Elongation value (mm)

Sample	Vertical	Horizontal
J	34.54	108.08
P	239.36	234.82
S	185.92	197.57

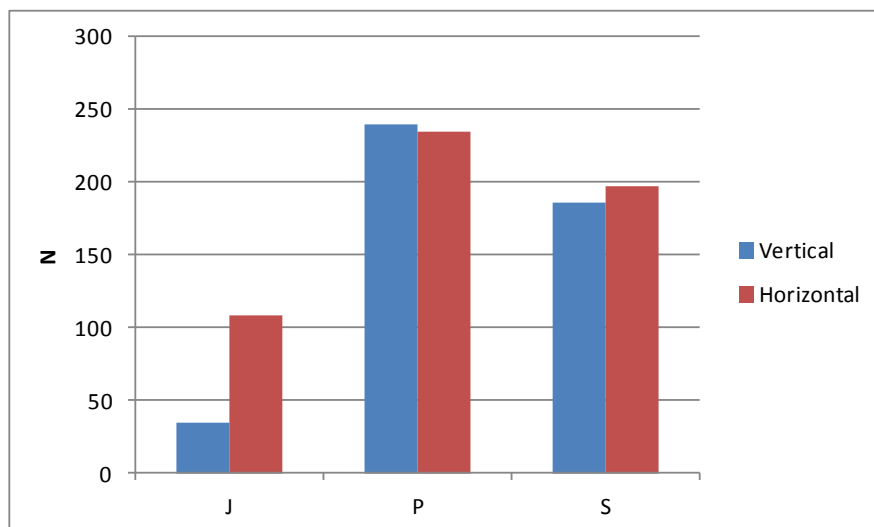


Fig. 4-2-2-3 Break point Elongation value (mm)

2) 引っ張り回復特性

各試料の引張荷重曲線及び20%伸長時伸長回復率の結果(3回繰り返し測定の平均)を図4-2-2-4~4-2-2-6, 及び表4-2-2-3に示す. 伸長回復率は, 試料布を20%伸長させた後、荷重をゼロに戻した時の回復度を表す指標であり, 完全に回復できない場合, 残留歪みが生じてしまう. 3試料中, 残留歪みの大きさはJ(タテ) > S > Pの順で, ちなみに, 回復率はP > S > J(タテ)となっている. また, ヒステリシスの面積(伸長時と応力解放時の曲線に囲まれた面積)に着目し, 布目方向の差について検討を行った. その結果, PとSでは大きな差は認められないが, Jではタテ方向の面積がヨコ方向より遥かに大きかったため, ヨコ方向の伸長回復特性がより優れていることが明らかとなった.

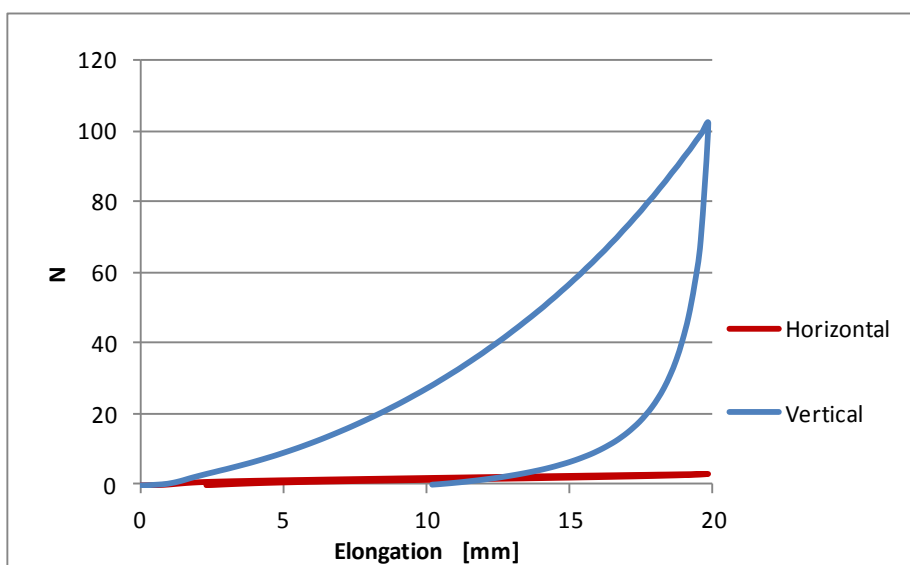


Fig 4-2-2-4 Elastic recovery percentage of elongation of jeans

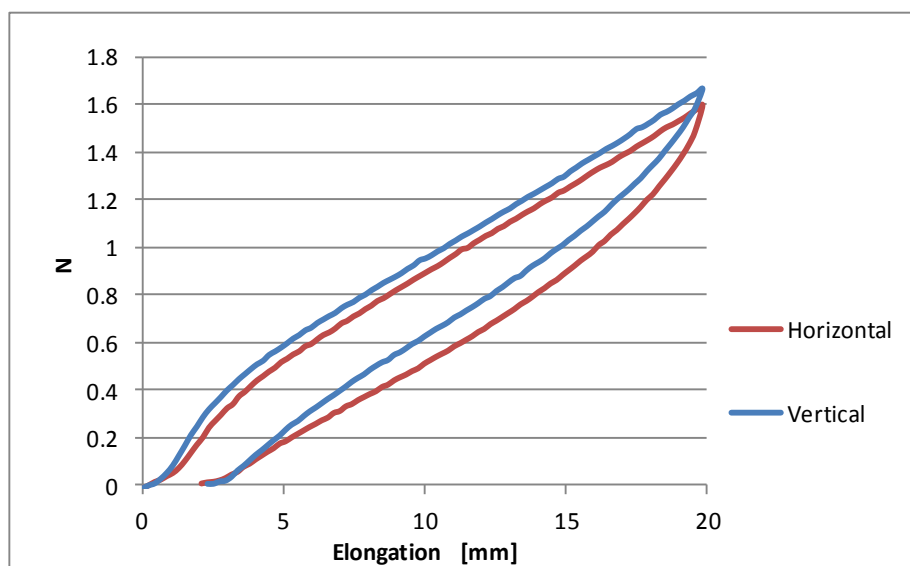


Fig 4-2-2-5 Elastic recovery percentage of elongation of s. pants

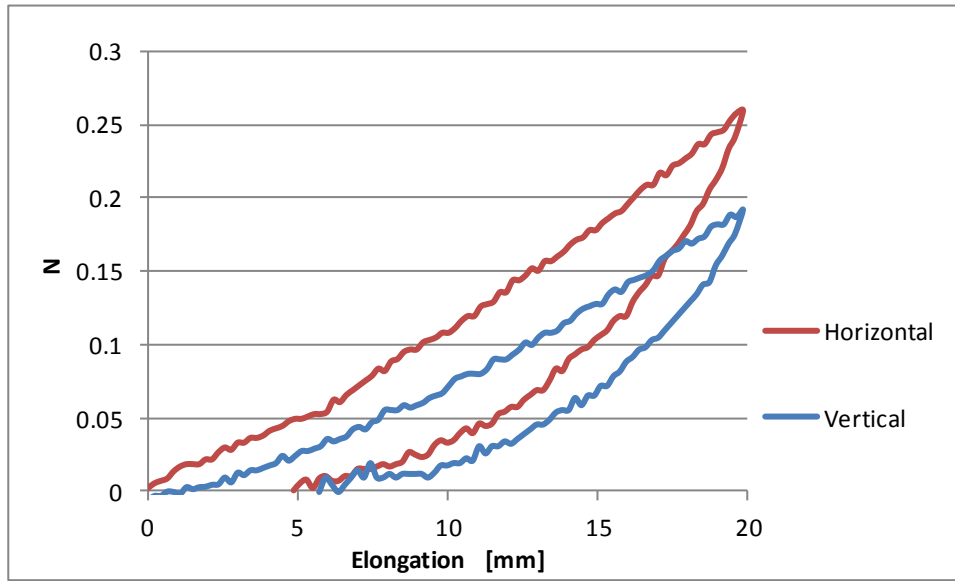


Fig 4-2-2-6 Elastic recovery percentage of elongation of stockings

Table 4-2-2-3 Mechanical properties of fabric

Project	Stocking		Stretch Pants		Jeans	
	Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft
Elastic Recovery Percentage of	90.41	89.88	90.86	92.54	53.12	91.65
Break point Elongation value(mm)	4.69	0.83	0.91	0.75	0.96	1.01
Break point load value(N)	0.20	0.27	1.68	1.61	103.95	3.20

4.3 実験 B—運動時の皮膚伸縮

4.3.1 方法

1) 被験者

被験者は、21～24 才の健康肌の若年女性 10 名で、その身体特性を表 5 に示す。平均年齢及び標準偏差は 22.3 ± 1.2 才、身長は 159.1 ± 4.1 cm、体重は 53.2 ± 6.9 kg、BMI は 21.1 ± 3.2 であり、S7 と S9 がやや肥満であるがその他 8 名はほぼ中肉中背の体型に属している。

Table 4-3-1-1 Physical constitution of subjects

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
S1	21	168	55.8	19.8
S2	21	165.2	49.5	18.1
S3	21	164.3	43.9	16.3
S4	22	160.9	51.3	19.8
S5	22	159.5	49.5	19.5
S6	24	159.1	53	20.9
S7	24	159.1	66.2	26.2
S8	24	157.6	52.3	21.1
S9	22	154.8	64.2	26.8
S10	21	151.4	49.3	21.5
Mean	22.3	159.1	53.2	21.1
SD	1.2	4.1	6.9	3.2

2) 測定方法

(1) 測定点

動作に伴う皮膚伸縮量が動的衣服圧変動の要因の一つと考え、第三章で測定した衣服圧測定部位と同様の 12 部位における動作時の皮膚伸縮量を測定した。

(2) 姿勢

姿勢は、蹲踞並びに、下肢動作にかかわる股関節・膝関節をそれぞれ 90° 屈曲した基本姿勢の 2 条件とした(図 4-3-1-2. 4-3-1-3)。また、歩行に伴う皮膚伸縮特性を調査するため歩行時の関節角度を青木識子(2015) (図 4-3-1-1)⁷⁾ から求めた。若年者の歩行時膝蓋関節における最大屈曲角度はほぼ 60° であることが報告されていることから、歩行時膝関節角度を 60° に設定し、皮膚伸び率を測定し、歩行時皮膚の伸縮状況を明らかにした。なお、測定の便宜上、蹲踞姿勢では非測定足を床に置き、体の安定を保った。また、下腿最小囲については、蹴りだし時に観察される足趾底屈時の伸縮率を追加測定した。

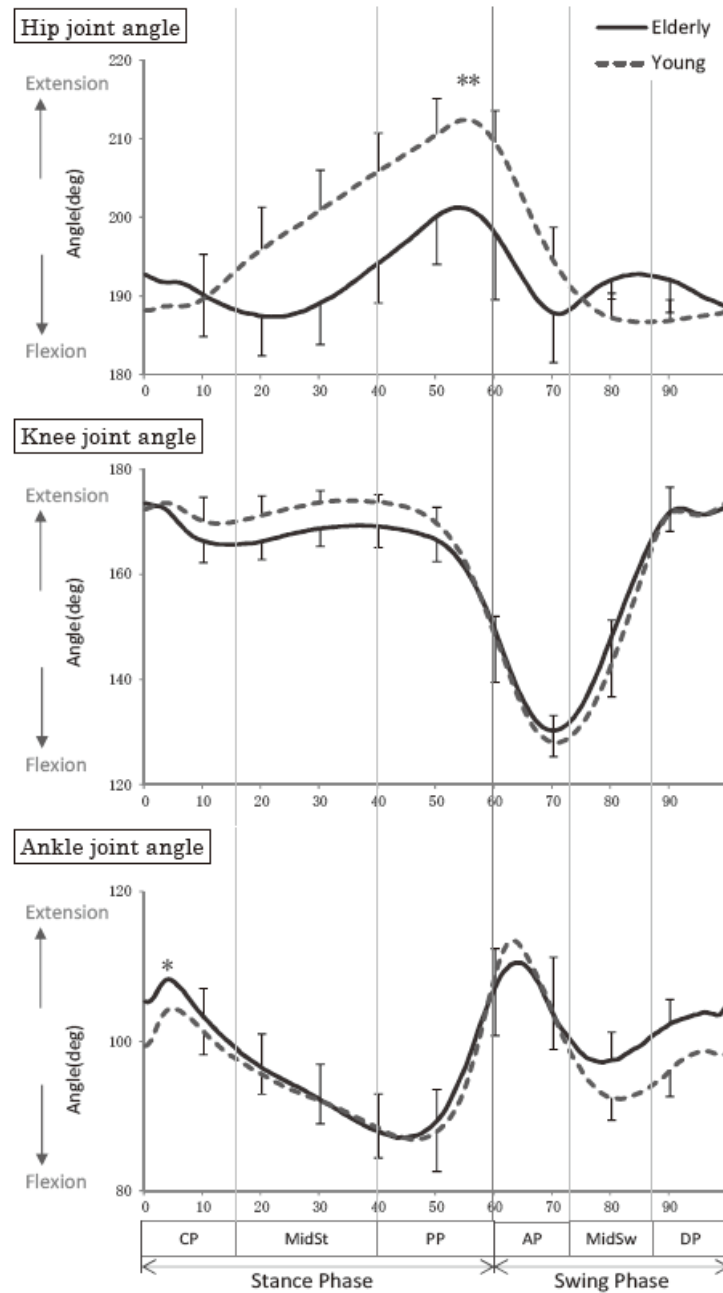


Fig. 4-3-1-1 Angle of the three joints of the lower right leg in one gait cycle.

(3)測定方法

測定に当たっては、立位姿勢において、測定点およびその上下内外2.5cmと5cmの位置に標点をつけ、動作姿勢時における標点間隔の変化から、動作に伴う皮膚伸縮率を算出した。2.5cmと5cmを2条件として結果を別で計算した。(図4-3-1-2)しかし、図11～図20から見ると、10名被験者の計測点を2.5cmと5cmに設定した場合、各部位の結果は大した差がなく、プライバシーと体表面積の制限があるため、5cmの計測には測定不能の箇所が多かった。そこで皮膚伸びについての検討には2.5cmの計測結果を使用した。

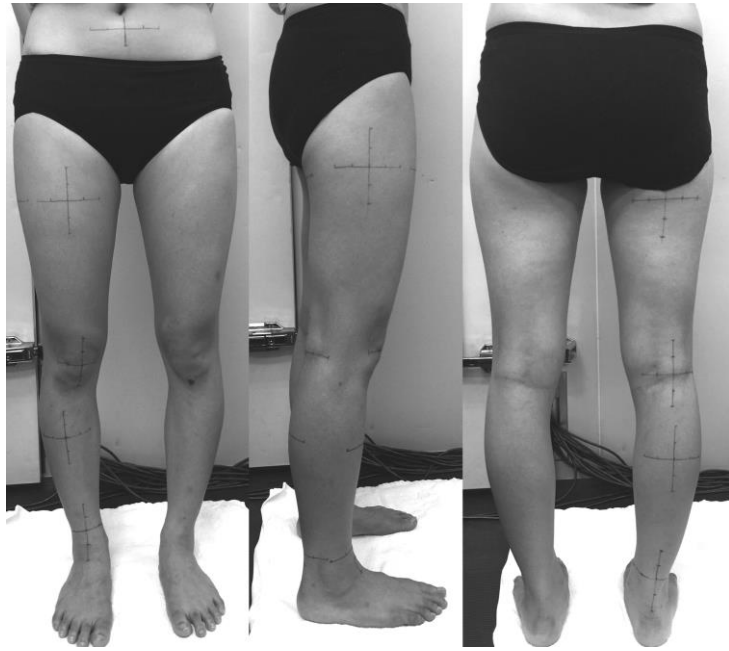


Fig. 4-3-1-2 Measuring part



Fig. 4-3-1-3 posture

4. 3. 2 結果及び考察

各被験者の動作時皮膚伸縮結果を図 4-3-2-1～4-3-1-10 に示す。また、表 4-3-1-7 及び図 4-3-1-11 は被験者 10 名の動作時皮膚伸縮結果の平均値と標準偏差をまとめたものである。

股関節・膝関節 90° 屈曲の基本座位姿勢並びに、歩行動作時に観察される平均的 maximum 屈曲、即ち、股関節、膝関節 60° 屈曲時の歩行姿勢における各部位皮膚伸縮率、及び足趾底屈時における下腿最小屈前・後面皮膚伸縮率の平均値±標準偏差を表 4-3-1-8 に示す。基本座位姿勢における皮膚伸縮率のうち、最も伸び率が大きかった測定部位は、大腿最大屈後面点で、近

位で $86.0 \pm 16.5\%$ 、遠位で $64.0 \pm 22.7\%$ であった。この部位では、内方で $-21.2 \pm 6.5\%$ 、外方で $-22.8 \pm 9.8\%$ の収縮が示され、長軸方向と直交方向で皮膚の伸縮が拮抗している。これに対し、膝部では近位 $60.4 \pm 12.0\%$ 、遠位 $43.2 \pm 11.9\%$ 、内方 $30.4 \pm 19.2\%$ 、外方 $16.4 \pm 7.6\%$ と、長軸・直交方向共に伸長している。また、足趾底屈時の下腿最小囲前面点と後面点では、前面点では近位 $8.4 \pm 9.3\%$ 、遠位 $20.8 \pm 2.5\%$ と伸長しているのに対し、後面では近位 $-18.4 \pm 3.4\%$ 、遠位 $-20.0 \pm 8.2\%$ と収縮し、身体の腹側(前面)と背側(後面)で拮抗している。

図 4-3-1-11 は皮膚の上下方向、内外側方向の伸縮率を平均し、基本姿勢時と歩行姿勢時の変化を比較したものである。これによれば、歩行姿勢における皮膚伸縮率は基本姿勢の伸縮率と変わらない部位と大きく変化する部位に分けられ、特に関節角度が影響する膝蓋中点、及び股関節周辺の大腿最大囲後面部では基本姿勢時のおよそ 80~90%に、また、臀部後突部においても低下が認められる。いずれも皮膚の伸縮特性は身体の動きと部位によって異なることが示され、動的衣服圧の変動を考察する際にはこのような皮膚伸縮の部位差を考慮する必要のあることが示された。第 3 章で、膝部における衣服圧の変動幅が最大値を示したことは、膝部皮膚の伸縮率が長軸・直交方向共に正の高い伸長を示すことによると考えられる。

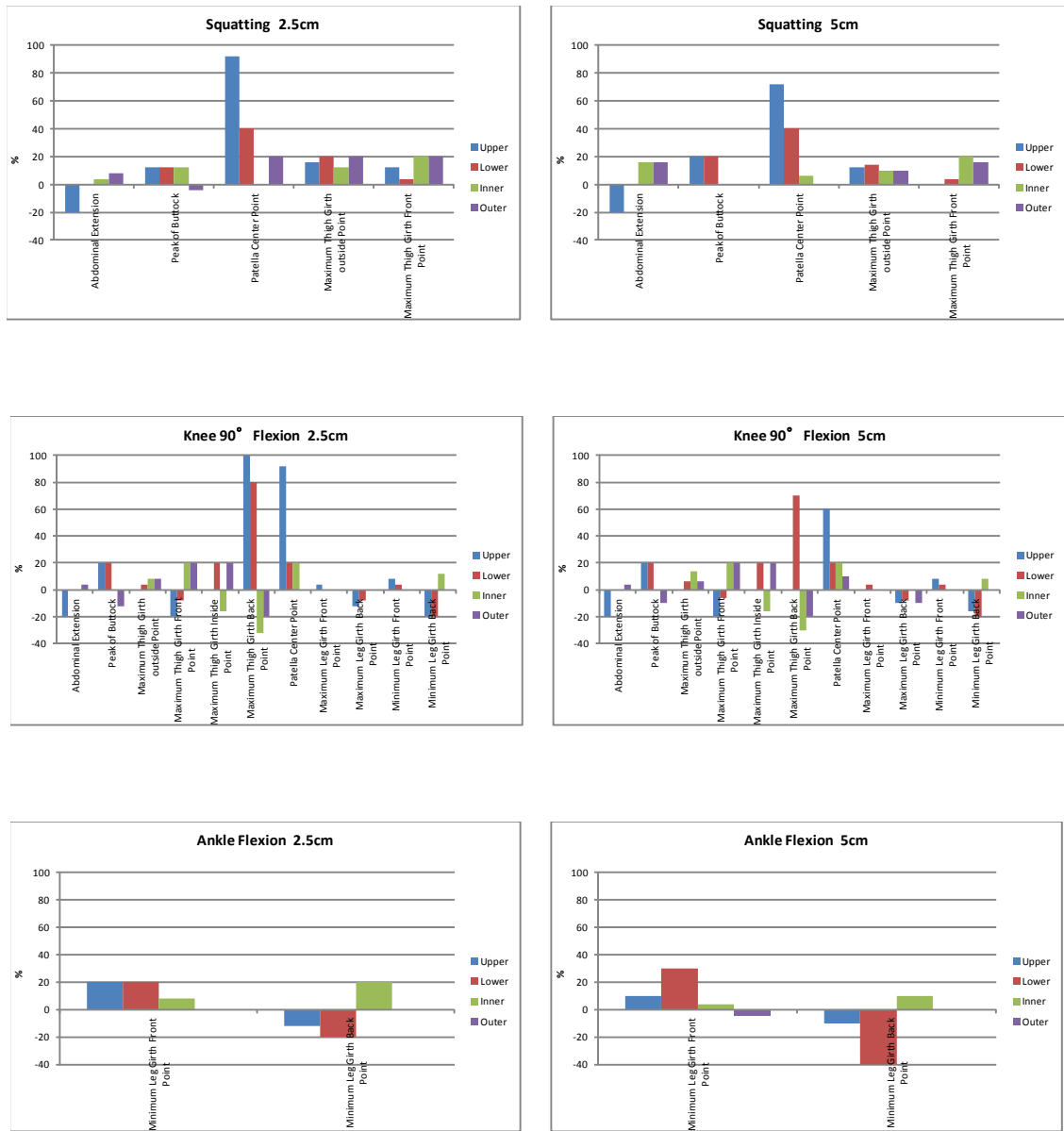


Fig. 4-3-2-1 Skin elongation result of subject 1

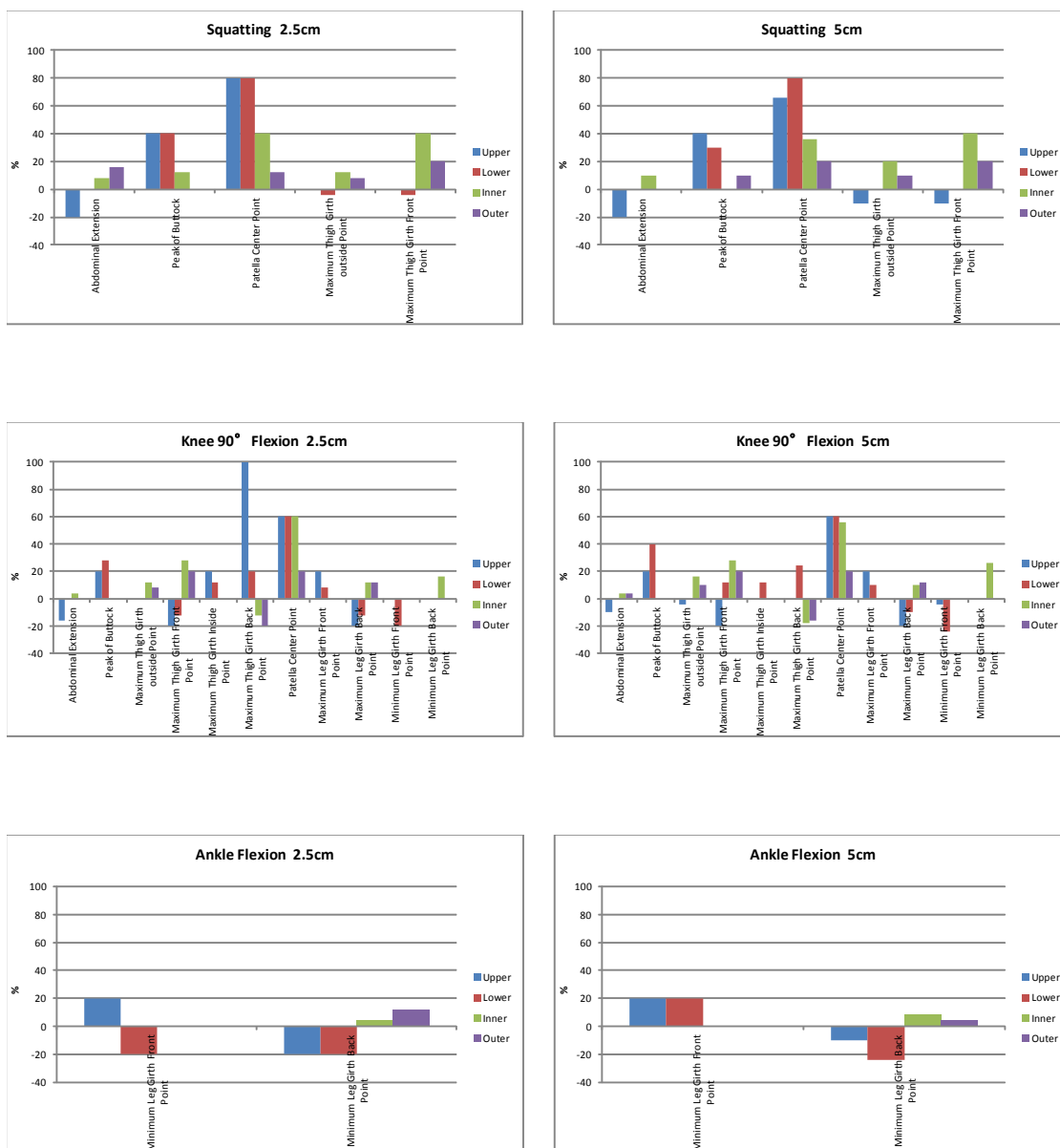


Fig. 4-3-1-2 Skin elongation result of subject 2

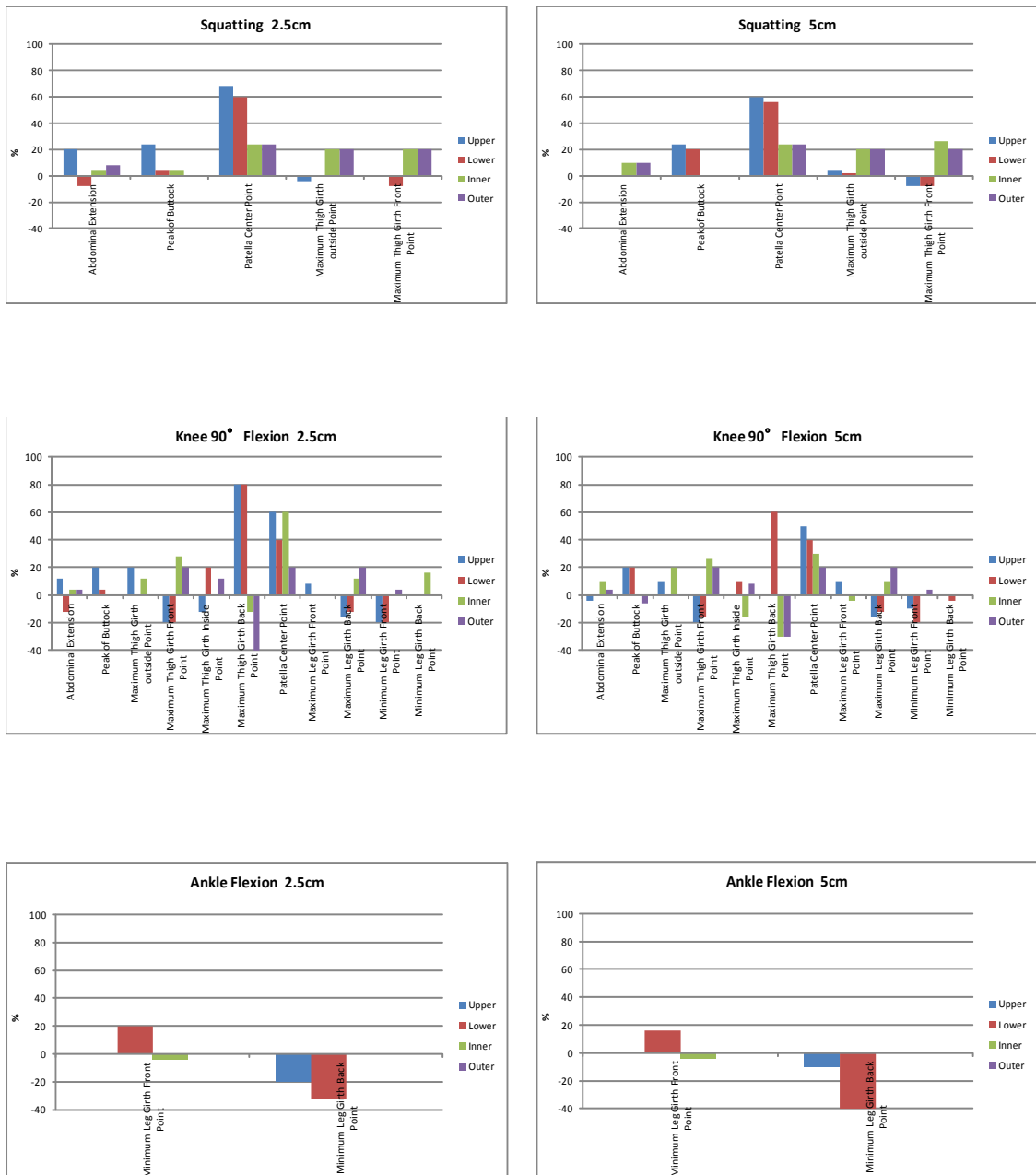


Fig. 4-3-1-3 Skin elongation result of subject 3

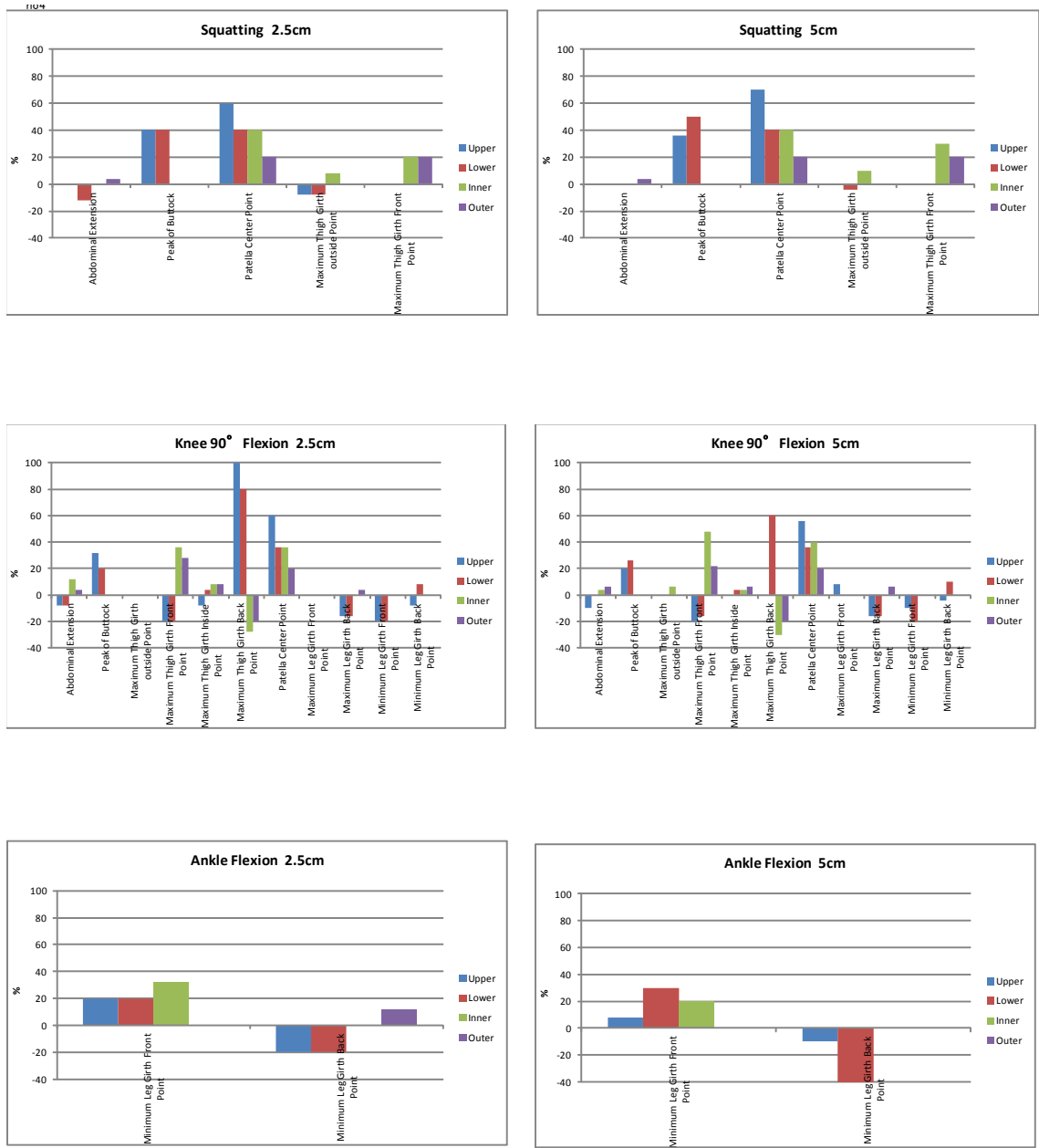


Fig. 4-3-1-4 Skin elongation result of subject 4

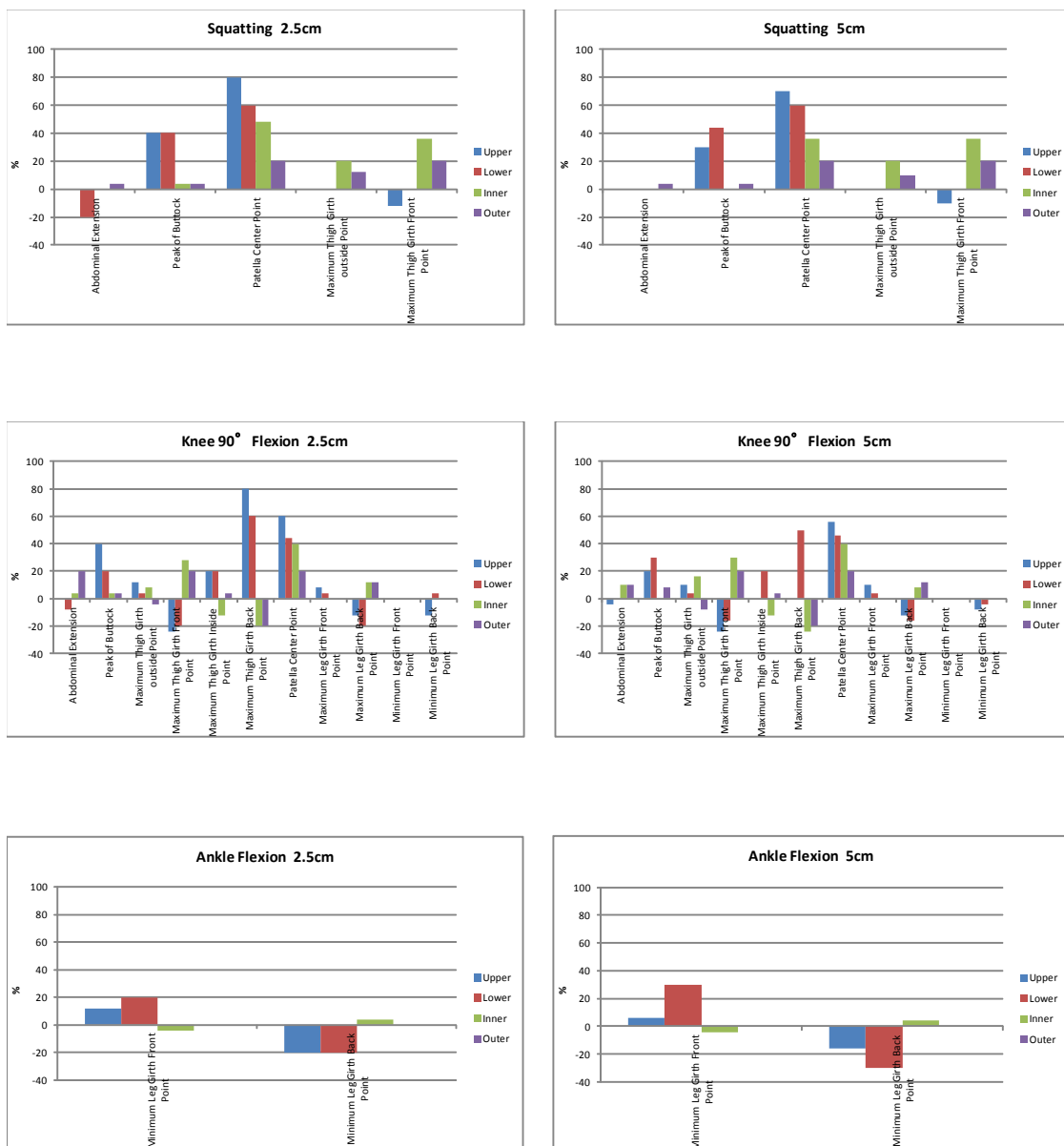


Fig. 4-3-1-5 Skin elongation result of subject 5

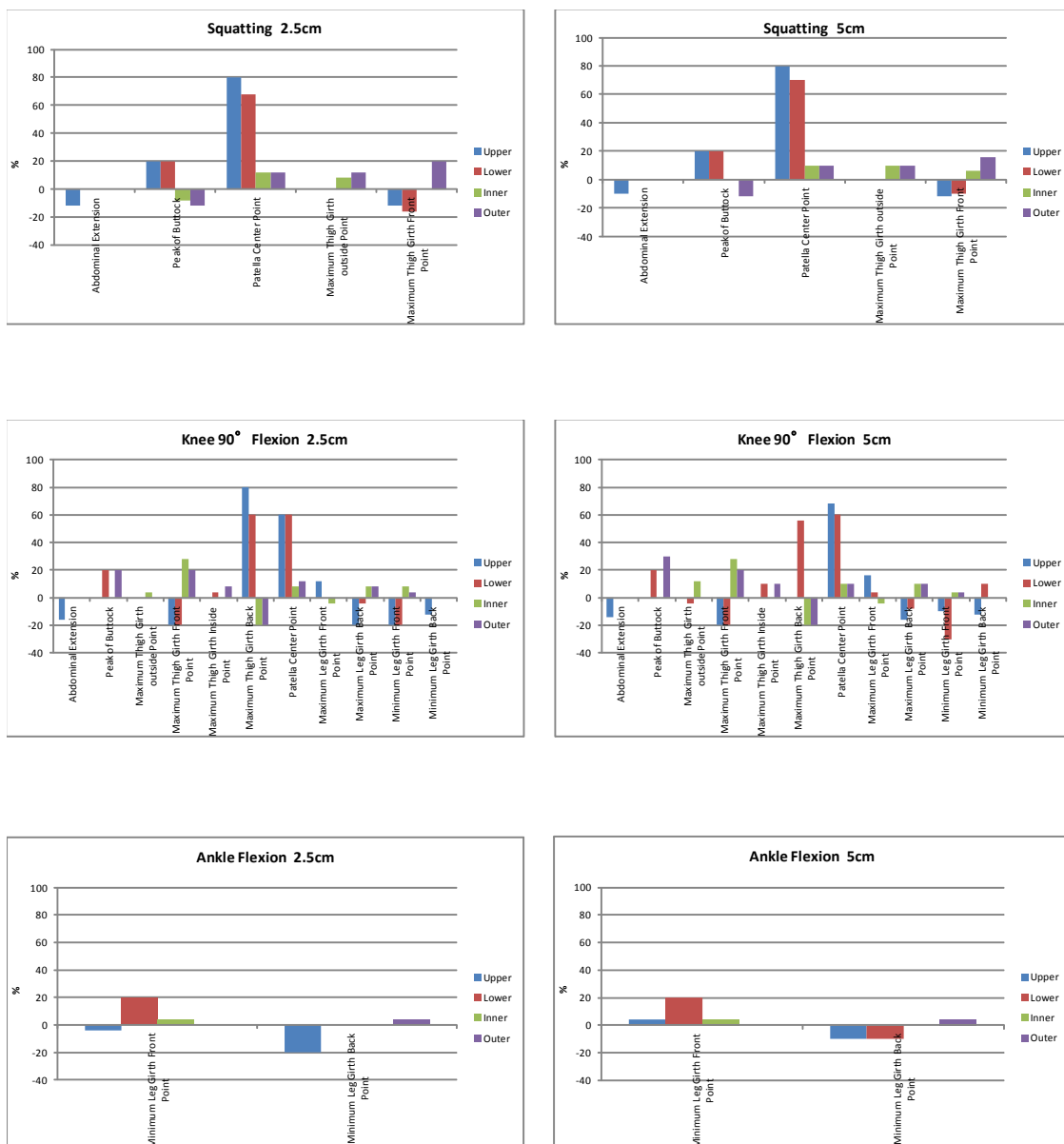


Fig. 4-3-1-6 Skin elongation result of subject 6

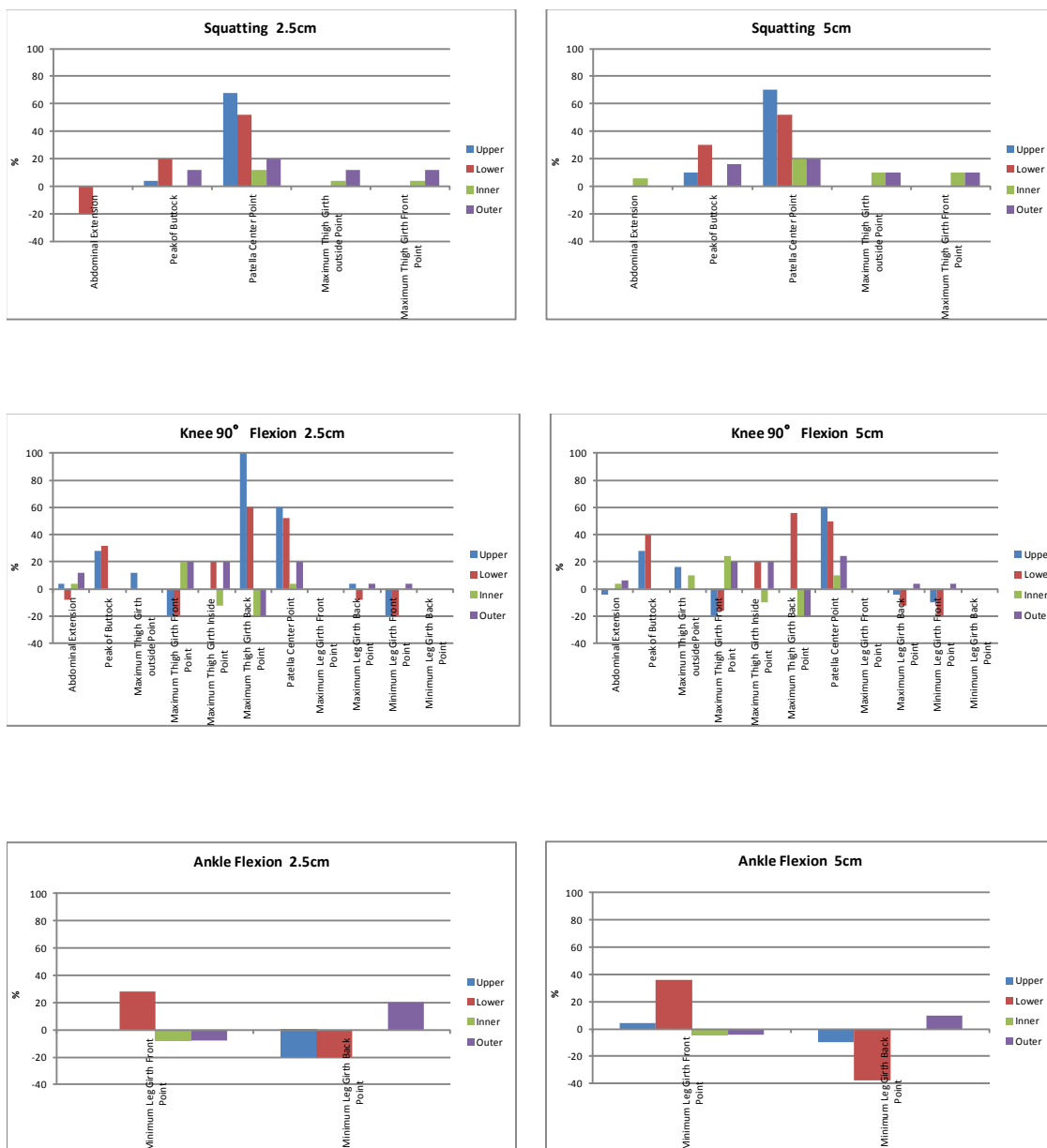


Fig. 4-3-1-7 Skin elongation result of subject 7

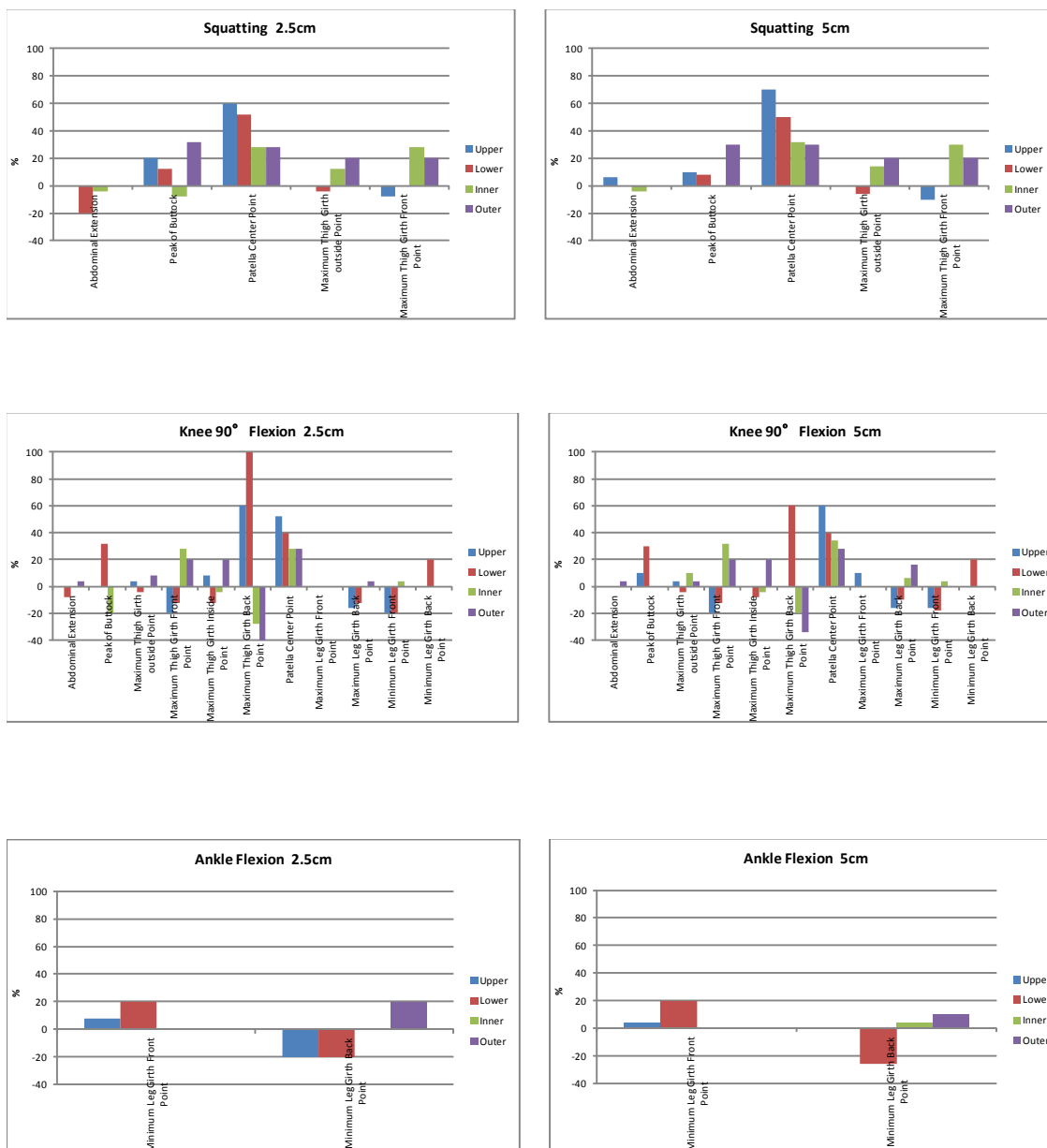


Fig. 4-3-1-8 Skin elongation result of subject 8

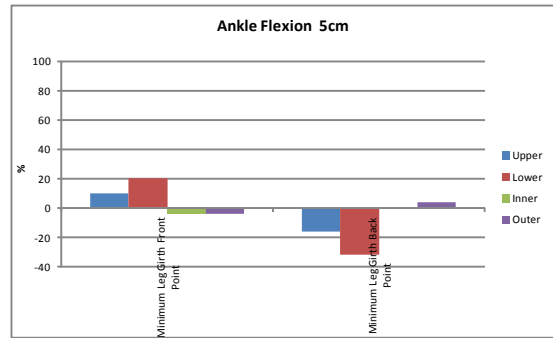
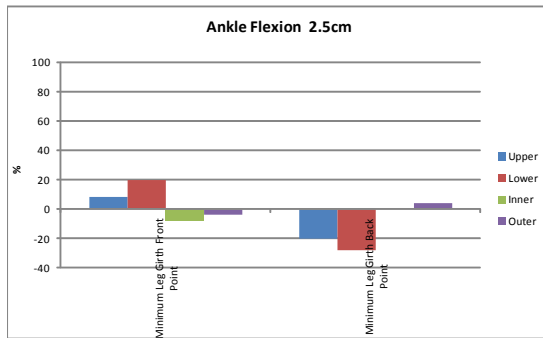
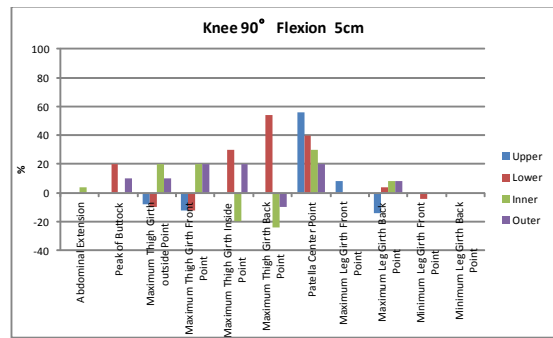
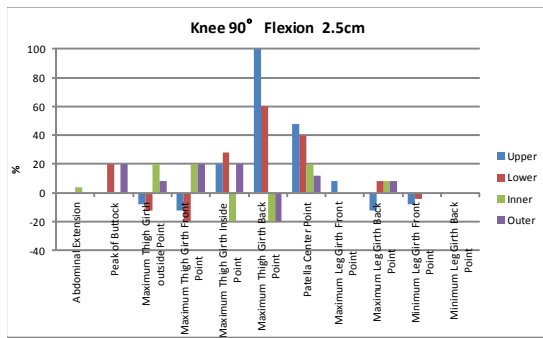
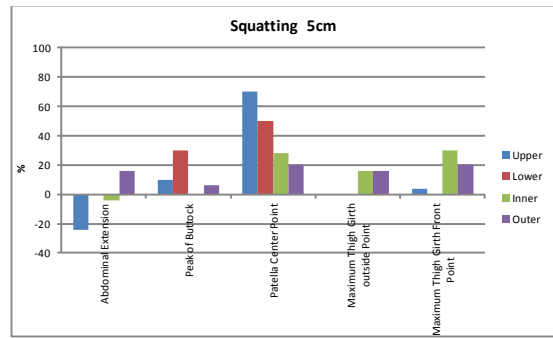
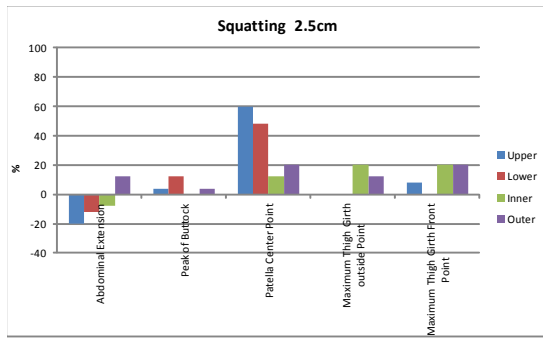


Fig. 4-3-1-9 Skin elongation result of subject 9

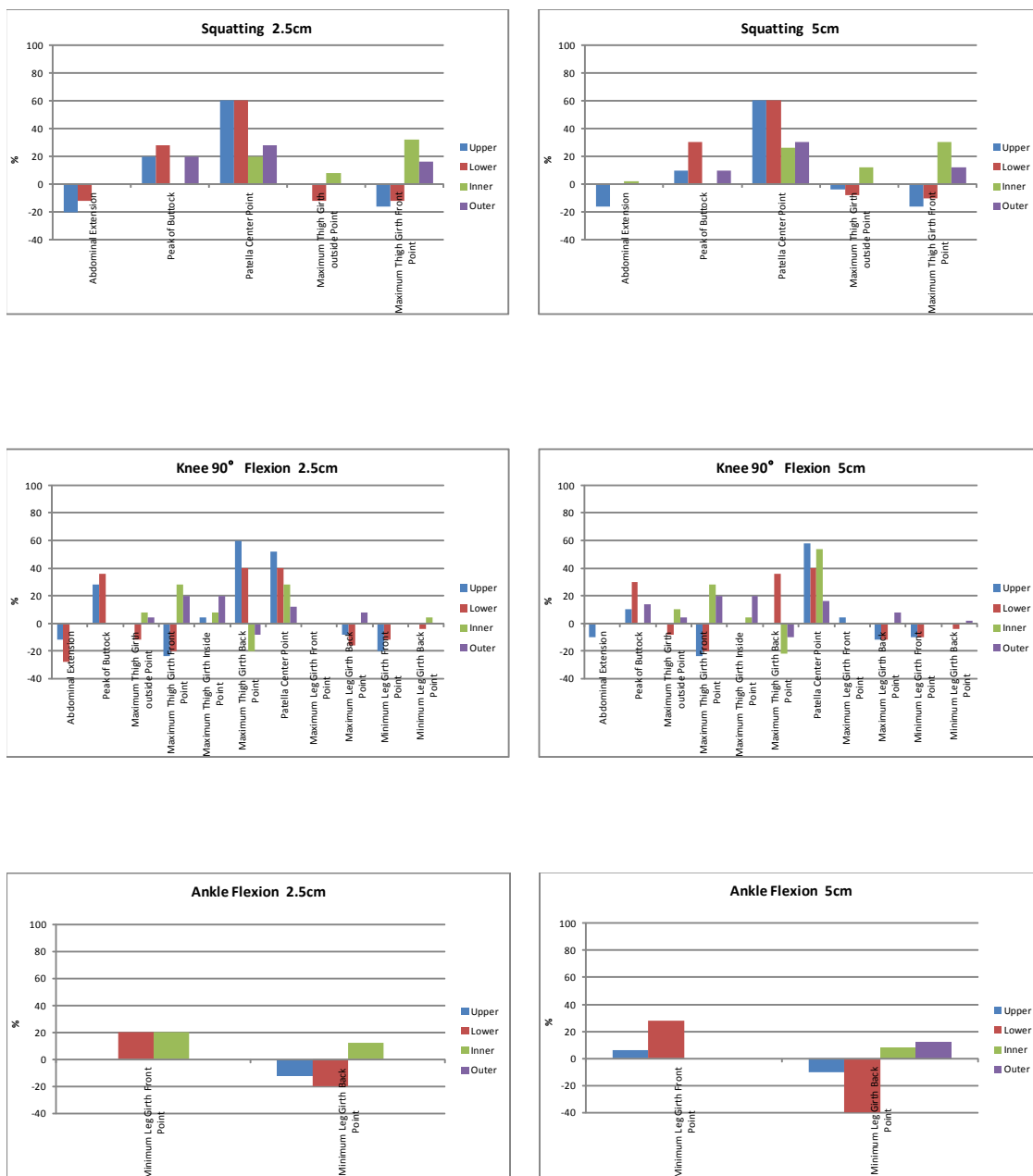


Fig. 4-3-1-10 Skin elongation result of subject 10

Table 4-3-2-1 Percentage of skin elongation in squatting posture (2. 5cm)

			Abdominal Extension	Peak of Buttock	Patella Center Point	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point
Squatting	Upper	1	-20	12	92	16	12
		2	-20	40	80	0	0
		3	20	24	68	-4	0
		4	0	40	60	-8	0
		5	0	40	80	0	-12
		6	-12	20	80	0	-12
		7	0	4	68	0	0
		8	0	20	60	0	-8
		9	-20	4	60	0	8
		10	-20	20	60	0	-16
		Mean	-7.2	22.4	70.8	0.4	-2.8
		SD	13.4	13.9	11.5	6.1	9.1
	Lower	1	0	12	40	20	4
		2	0	40	80	-4	-4
		3	-8	4	60	0	-8
		4	-12	40	40	-8	0
		5	-20	40	60	0	0
		6	0	20	68	0	-16
		7	-20	20	52	0	0
		8	-20	12	52	-4	0
		9	-12	12	48	0	0
		10	-12	28	60	-12	-12
		Mean	-10.4	22.8	56	-0.8	-3.6
		SD	8.3	13.5	12.4	8.4	6.4
	Inner	1	4	12	0	12	20
		2	8	12	40	12	40
		3	4	4	24	20	20
		4	0	0	40	8	20
		5	0	4	48	20	36
		6	0	-8	12	8	0
		7	0	0	12	4	4
		8	-4	-8	28	12	28
		9	-8	0	12	20	20
		10	0	0	20	8	32
		Mean	0.4	1.6	23.6	12.4	22
		SD	4.4	6.9	15.4	5.8	12.8
	Outer	1	8	-4	20	20	20
		2	16	0	12	8	20
		3	8	0	24	20	20
		4	4	0	20	0	20
		5	4	4	20	12	20
		6	0	-12	12	12	20
7		0	12	20	12	12	
8		0	32	28	20	20	
9		12	4	20	12	20	
10		0	20	28	0	16	
Mean		5.2	5.6	20.4	11.6	18.8	
SD		5.7	12.7	5.5	7.4	2.7	

Table 4-3-2-2 Percentage of skin elongation in squatting posture (5cm)

			Abdominal Extension	Peak of Buttock	Patella Center Point	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point
Squatting	Upper	1	-20	20	72	12	0
		2	-20	40	66	-10	-10
		3	0	24	60	4	-8
		4	0	36	70	0	0
		5	0	30	70	0	-10
		6	-10	20	80	0	-12
		7	0	10	70	0	0
		8	6	10	70	0	-10
		9	-24	10	70	0	4
		10	-16	10	60	-4	-16
		Mean	-8.4	21	68.8	0.2	-6.2
	SD	10.9	11.4	5.8	5.5	6.6	
	Lower	1	—	20	40	14	4
		2	—	30	80	0	0
		3	—	20	56	2	-8
		4	—	50	40	-4	0
		5	—	44	60	0	0
		6	—	20	70	0	-10
		7	—	30	52	0	0
		8	—	8	50	-6	0
		9	—	30	50	0	0
		10	—	30	60	-8	-10
		Mean	—	28.2	55.8	-0.2	-2.4
	SD	—	12.2	12.5	5.9	5.0	
	Inner	1	16	—	6	10	20
		2	10	—	36	20	40
		3	10	—	24	20	26
		4	0	—	40	10	30
		5	0	—	36	20	36
		6	0	—	10	10	6
		7	6	—	20	10	10
		8	-4	—	32	14	30
		9	-4	—	28	16	30
		10	2	—	26	12	30
		Mean	3.6	—	25.8	14.2	25.8
	SD	6.7	—	11.2	4.5	10.8	
Outer	1	16	0	0	10	16	
	2	0	10	20	10	20	
	3	10	0	24	20	20	
	4	4	0	20	0	20	
	5	4	4	20	10	20	
	6	0	-12	10	10	16	
	7	0	16	20	10	10	
	8	0	30	30	20	20	
	9	16	6	20	16	20	
	10	0	10	30	0	12	
	Mean	5	6.4	19.4	10.6	17.4	
SD	6.6	11.3	8.9	6.9	3.8		

Table 4-3-2-3 Percentage of skin elongation in knee 90° flexion posture (2.5cm)

			Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Knee 90° Flexion	Upper	1	-20	20	0	-20	0	100	92	4	-12	8	-20
		2	-16	20	0	-20	20	100	60	20	-20	0	0
		3	12	20	20	-20	-12	80	60	8	-16	-20	0
		4	-8	32	0	-20	-8	100	60	0	-16	-20	-8
		5	0	40	12	-24	20	80	60	8	-12	0	-12
		6	-16	0	0	-20	0	80	60	12	-20	-20	-12
		7	4	28	12	-20	0	100	60	0	4	-20	0
		8	0	0	4	-20	8	60	52	0	-16	-20	0
		9	0	0	-8	-12	20	100	48	8	-12	-8	0
		10	-12	28	0	-24	4	60	52	0	-8	-20	0
	Mean	-5.6	18.8	4	-20	5.2	86	60.4	6	-12.8	-12	-5.2	
	SD	10.4	14.4	8.2	3.3	11.6	16.5	12.0	6.6	7.0	11.0	7.3	
	Lower	1	0	20	4	-8	20	80	20	0	-8	4	-20
		2	0	28	0	-12	12	20	60	8	-12	-20	0
		3	-12	4	0	-20	20	80	40	0	-12	-20	0
		4	-8	20	0	-20	4	80	36	0	-16	-20	8
		5	-8	20	4	-20	20	60	44	4	-20	0	4
		6	0	20	0	-20	4	60	60	0	-4	-20	0
		7	-8	32	0	-20	20	60	52	0	-8	-20	0
		8	-8	32	-4	-12	-12	100	40	0	-12	-20	20
		9	0	20	-12	-20	28	60	40	0	8	-4	0
		10	-28	36	-12	-20	0	40	40	0	-16	-12	-4
	Mean	-7.2	23.2	-2	-17.2	11.6	64	43.2	1.2	-10	-13.2	0.8	
	SD	8.6	9.2	5.7	4.6	12.3	22.7	11.9	2.7	7.8	9.6	9.9	
	Inner	1	0	0	8	20	-16	-32	20	0	0	0	12
		2	4	0	12	28	0	-12	60	0	12	0	16
		3	4	0	12	28	0	-12	60	0	12	0	16
		4	12	0	0	36	8	-28	36	0	0	0	0
		5	4	4	8	28	-12	-20	40	0	12	0	0
		6	0	0	4	28	0	-20	8	-4	8	8	0
		7	4	0	0	20	-12	-20	4	0	0	0	0
		8	0	-20	0	28	-4	-28	28	0	0	4	0
		9	4	0	20	20	-20	-20	20	0	8	0	0
		10	0	0	8	28	8	-20	28	0	0	0	4
	Mean	3.2	-1.6	7.2	26.4	-4.8	-21.2	30.4	-0.4	5.2	1.2	4.8	
	SD	3.7	6.6	6.5	5.1	9.8	6.5	19.2	1.3	5.7	2.7	7.0	
	Outer	1	4	-12	8	20	20	-20	0	0	0	0	0
		2	0	0	8	20	0	-20	20	0	12	0	0
		3	4	0	0	20	12	-40	20	0	20	4	0
		4	4	0	0	28	8	-20	20	0	4	0	0
5		20	4	-4	20	4	-20	20	0	12	0	0	
6		0	20	0	20	8	-20	12	0	8	4	0	
7		12	0	0	20	20	-20	20	0	4	4	0	
8		4	0	8	20	20	-40	28	0	4	0	0	
9		0	20	8	20	20	-20	12	0	8	0	0	
10		0	0	4	20	20	-8	12	0	8	0	0	
Mean	4.8	3.2	3.2	20.8	13.2	-22.8	16.4	0	8	1.2	0		
SD	6.5	9.8	4.5	2.5	7.8	9.8	7.6	0.0	5.7	1.9	0.0		

Table 4-3-2-4 Percentage of skin elongation in knee 90° flexion posture (5cm)

		Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh Girth outside Point	Maximum Thigh Girth Front Point	Maximum Thigh Girth Inside Point	Maximum Thigh Girth Back Point	Patella Center Point	Maximum Leg Girth Front Point	Maximum Leg Girth Back Point	Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point	
Knee 90° Flexion	Upper	1	-20	20	0	-20	—	—	60	0	-10	8	-16
		2	-10	20	-4	-20	—	—	60	20	-20	-4	0
		3	-4	20	10	-20	—	—	50	10	-16	-10	0
		4	-10	20	0	-20	—	—	56	8	-16	-10	-4
		5	-4	20	10	-24	—	—	56	10	-12	0	-8
		6	-14	0	0	-20	—	—	68	16	-16	-10	-12
		7	-4	28	16	-20	—	—	60	0	-4	-10	0
		8	0	10	4	-20	—	—	60	10	-16	-16	0
		9	0	0	-8	-12	—	—	56	8	-14	0	0
		10	-10	10	0	-24	—	—	58	4	-12	-10	0
	Mean	-7.6	14.8	2.8	-20	—	—	58.4	8.6	-13.6	-6.2	-4	
	SD	6.4	9.4	7.3	3.3	—	—	4.6	6.3	4.4	7.1	6.0	
	Lower	1	—	20	6	-6	20	70	20	4	-8	4	-20
		2	—	40	0	12	12	24	60	10	-10	-24	0
		3	—	20	0	-16	10	60	40	0	-12	-20	-4
		4	—	26	0	-16	4	60	36	0	-16	-20	10
		5	—	30	4	-16	20	50	46	4	-16	0	-4
		6	—	20	-4	-20	10	56	60	4	-8	-30	10
		7	—	40	0	-16	20	56	50	0	-12	-20	0
		8	—	30	-4	-12	-8	60	40	0	-10	-18	20
		9	—	20	-10	-12	30	54	40	0	4	-4	0
		10	—	30	-8	-20	0	36	40	0	-12	-10	-4
	Mean	—	27.6	-1.6	-12.2	11.8	52.6	43.2	2.2	-10	-14.2	0.8	
	SD	—	7.9	5.0	9.4	11.2	13.3	11.8	3.3	5.7	11.1	10.8	
	Inner	1	0	—	14	20	-16	-30	20	0	0	0	8
		2	4	—	16	28	0	-18	56	0	10	0	26
		3	10	—	20	26	-16	-30	30	-4	10	0	0
		4	4	—	6	48	4	-30	40	0	0	0	0
		5	10	—	16	30	-12	-24	40	0	8	0	0
		6	0	—	12	28	0	-20	10	-4	10	4	0
7		4	—	10	24	-10	-20	10	0	0	0	0	
8		0	—	10	32	-4	-20	34	0	6	4	0	
9		4	—	20	20	-20	-24	30	0	8	0	0	
10		0	—	10	28	4	-22	54	0	0	0	0	
Mean	3.6	—	13.4	28.4	-7	-23.8	32.4	-0.8	5.2	0.8	3.4		
SD	3.9	—	4.6	7.9	8.9	4.7	16.0	1.7	4.6	1.7	8.3		
Outer	1	4	-10	6	20	20	-20	10	0	-10	0	0	
	2	4	0	10	20	0	-16	20	0	12	0	0	
	3	4	-6	0	20	8	-30	20	0	20	4	0	
	4	6	0	0	22	6	-20	20	0	6	0	0	
	5	10	8	-8	20	4	-20	20	0	12	0	0	
	6	0	30	0	20	10	-20	10	0	10	4	0	
	7	6	0	0	20	20	-20	24	0	4	4	0	
	8	4	0	4	20	20	-34	28	0	16	0	0	
	9	0	10	10	20	20	-10	20	0	8	0	0	
	10	0	14	4	20	20	-10	16	0	8	0	2	
Mean	3.8	4.6	2.6	20.2	12.8	-20	18.8	0	8.6	1.2	0.2		
SD	3.2	11.5	5.4	0.6	8.0	7.5	5.6	0.0	8.1	1.9	0.6		

Table 4-3-2-5 Percentage of skin elongation in ankle flexion posture (2. 5cm)

			Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Ankle Flexion	Upper	1	20	-12
		2	20	-20
		3	0	-20
		4	20	-20
		5	12	-20
		6	-4	-20
		7	0	-20
		8	8	-20
		9	8	-20
		10	0	-12
		Mean	8.4	-18.4
		SD	9.3	3.4
		Lower	1	20
	2		20	-20
	3		20	-32
	4		20	-20
	5		20	-20
	6		20	0
	7		28	-20
	8		20	-20
	9		20	-28
	10		20	-20
	Mean		20.8	-20
	SD		2.5	8.2
	Inner		1	8
		2	0	4
		3	-4	0
		4	32	0
		5	-4	4
		6	4	0
		7	-8	0
		8	0	0
		9	-8	0
		10	20	12
		Mean	4	4
		SD	12.9	6.8
		Outer	1	0
	2		0	12
	3		0	0
	4		0	12
	5		0	0
	6		0	4
7	-8		20	
8	0		20	
9	-4		4	
10	0		0	
Mean	-1.2		7.2	
SD	2.7		8.2	

Table 4-3-2-6 Percentage of skin elongation in ankle flexion posture (5cm)

			Minimum Leg Girth Front Point	Minimum Leg Girth Back Point
Ankle Flexion	Upper	1	10	-10
		2	20	-10
		3	0	-10
		4	8	-10
		5	6	-16
		6	4	-10
		7	4	-10
		8	4	0
		9	10	-16
		10	6	-10
		Mean	7.2	-10.2
		SD	5.4	4.4
	Lower	1	30	-40
		2	20	-24
		3	16	-40
		4	30	-40
		5	30	-30
		6	20	-10
		7	36	-38
		8	20	-26
		9	20	-32
		10	28	-40
		Mean	25	-32
		SD	6.5	9.9
	Inner	1	4	10
		2	0	8
		3	-4	0
		4	20	0
		5	-4	4
		6	4	0
		7	-4	0
		8	0	4
		9	-4	0
		10	0	8
		Mean	1.2	3.4
		SD	7.3	4.0
	Outer	1	-4	0
		2	0	4
		3	0	0
		4	0	0
		5	0	0
		6	0	4
7		-4	10	
8		0	10	
9		-4	4	
10		0	12	
Mean		-1.2	4.4	
SD		1.9	4.7	

Table 4-3-2-7 Mean value of percentage of skin elongation

Posture	Measurement Point	Abdominal Extension	Peak of Buttock	Maximum Thigh outside Point	Maximum Thigh Front Point	Maximum Thigh Inside Point	Maximum Thigh Back Point	Patella Center Point	Maximum Leg Front Point	Maximum Leg Back Point	Minimum Leg Front Point	Minimum Leg Back Point
Squatting	Upper	-7.2±13.4	22.4±13.9	0.4±6.1	-2.8±9.1			70.8±11.5				
	Lower	-10.4±8.3	22.8±13.5	-0.8±8.4	-3.6±6.4			56.0±12.4				
	Inner	0.4±4.4	1.6±6.9	12.4±12.4	22.0±12.8			23.6±15.4				
	Outer	5.2±5.7	5.6±12.7	11.6±7.4	18.8±2.7			20.4±5.5				
Knee 90° Flexion	Upper	-5.6±10.4	18.8±14.4	4.0±8.2	-20±3.3	5.2±11.6	86.0±16.5	60.4±12.0	6.0±6.6	-12.8±7.0	-12±11.0	-5.2±7.3
	Lower	-7.2±8.6	68.8±5.17	-2±5.7	-17.2±4.6	11.6±12.3	64.0±22.7	43.2±11.9	1.2±2.7	-10±7.8	13.2±9.6	0.8±9.9
	Inner	3.2±3.7	-1.6±6.6	7.2±6.5	26.4±5.1	-4.8±9.8	-21.2±6.5	30.4±19.2	-0.4±1.3	5.2±5.7	1.2±2.7	4.8±7.0
	Outer	4.8±6.5	3.2±9.8	3.2±4.5	20.8±2.5	13.2±7.8	-22.8±9.8	16.4±7.6	0±0	8.0±5.7	1.2±1.9	0±0
Ankle Flexion	Upper										8.4±9.3	-18.4±3.4
	Lower										20.8±2.5	-20.0±8.2
	Inner										4.0±12.9	4.0±6.8
	Outer										-1.2±2.7	7.2±8.2

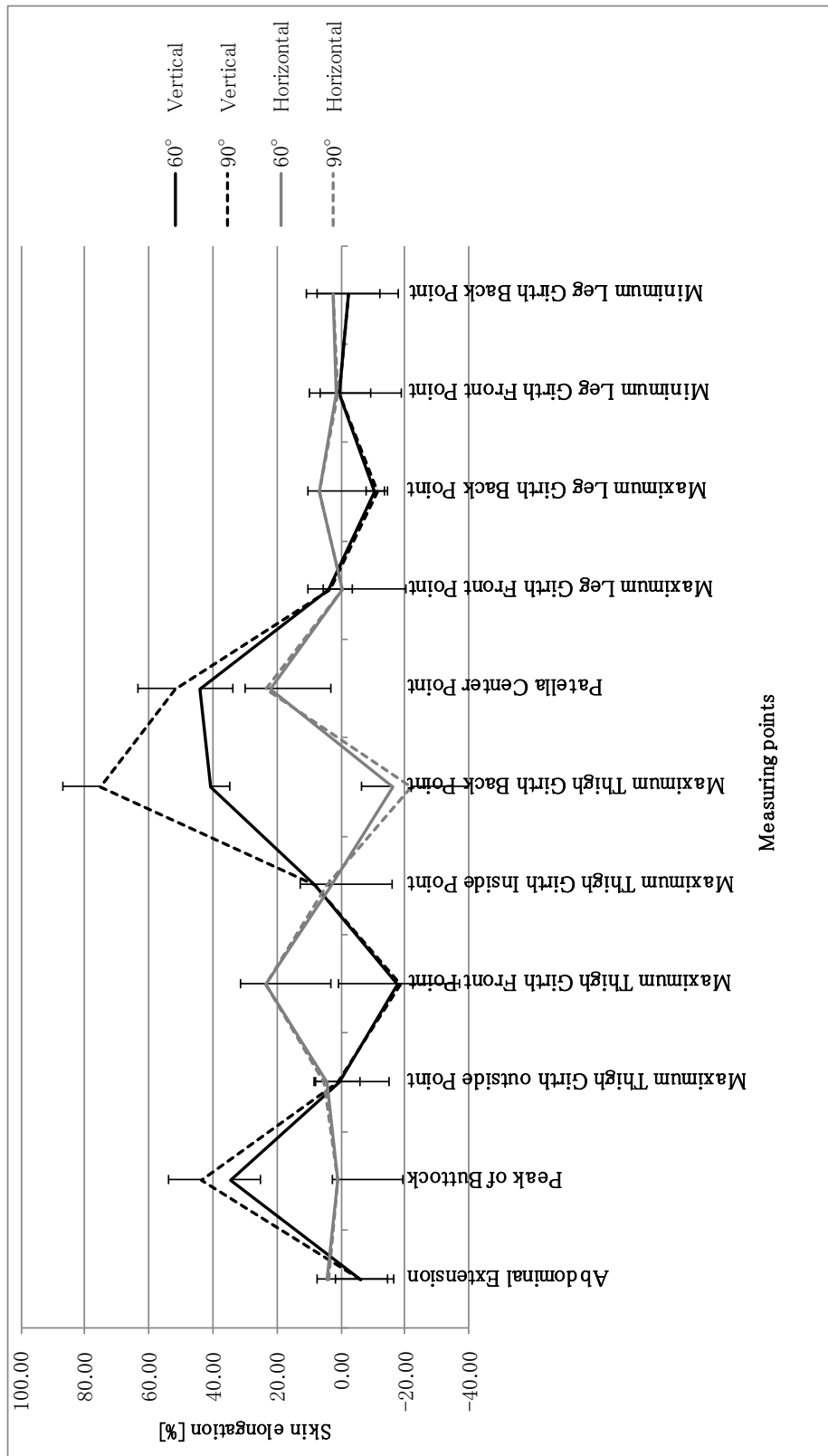


Fig 4-3-1-11 Comparison of skin elongation between sitting and walking posture (%)

Table 4-3-2-8 Percentage of skin elongation in sitting (90°) and walking (60°) posture to standing (0°) posture.
(Mean±SD, %)

Measuring Point	Posture	Hip/knee 90° Flexion			Hip/knee 60° Flexion				
		Upper	Lower	Inner	Outer	Upper	Lower	Inner	Outer
①		-5.6±10.4	-7.2±8.6	3.2±3.7	4.8±6.5	-5.6±7.3	-6.6±9.1	3.3±7.3	5.2±0.0
②		18.8±14.4	68.8±5.17	-1.6±6.6	3.2±9.8	19.6±11.4	49.5±6.9	-1.3±2.2	3.2±1.9
③		4.0±8.2	-2±5.7	7.2±6.5	3.2±4.5	3.2±5.6	-1.8±6.9	5.8±4.6	2.7±4.8
④		-20±3.3	-17.2±4.6	26.4±5.1	20.8±2.5	-19.2±15.8	-16.5±21.8	27.5±6.8	20±9.4
⑤		5.2±11.6	11.6±12.3	-4.8±9.8	13.2±7.8	5.2±6.6	11.6±2.7	-4.8±1.3	11.1±0.0
⑥		86.0±16.5	64.0±22.7	-21.2±6.5	-22.8±9.8	68.8±9.6	12.8±2.4	-17.0±15.4	-15.5±5.2
⑦		60.4±12.0	43.2±11.9	30.4±19.2	16.4±7.6	53.2±10.2	34.6±9.8	29.2±9.4	15.1±7.2
⑨		6.0±6.6	1.2±2.7	-0.4±1.3	0±0	6.2±8.5	1.2±5.7	-0.4±6.8	0.0±4.9
⑩		-12.8±7.0	-10±7.8	5.2±5.7	8.0±5.7	-11.8±3.0	-9.6±4.4	5.8±5.7	7.7±2.4
⑪		-12±11.0	13.2±9.6	1.2±2.7	1.2±1.9	-12.5±10.8	13.7±8.9	1.3±4.1	1.2±6.8
⑫		-5.2±7.3	0.8±9.9	4.8±7.0	0±0	-5.4±15.0	0.7±4.3	5.0±6.9	0.0±9.8

4. 4 実験 C—運動時衣服圧の推定

4. 4. 1 方法—衣服圧の推定式

ここでは、動的衣服圧変動が最大であった膝蓋部に焦点を絞り、歩行時皮膚伸び率と同様に着衣が変形すると仮定した際の衣服圧変動を推定するとともに、推定値と実測値との関係を検討した。

膝部に発生した衣服圧をPとすると、その点における衣服の張力およびその点における身体の曲率半径との間には式(Kirk の式)の関係が成り立つ。

$$P = \frac{T_1}{r_1} + \frac{T_2}{r_2}$$

ここで、rはその部位の曲率半径、Tは着衣時の布の伸びに対応する張力である。添字1は身体の長さ方向、2は周方向を示している。曲率半径 r は、人体表面を円弧と仮定した時の円の半径であり、図 4-4-1-1 のように測定する。結果を表 4-4-1-1 に示す。



Fig. 4-4-1-1 Measurement method of curvature radius

Table 4-4-1-1 Radius of knee when knee 60 ° flexed (cm)

	Vertical	Horizontal
90°	7.45	4.05

衣服圧の推定には、図 1 に示した着衣素材の引張強伸度曲線から、着衣静立時及び、60° 90° 屈曲時の皮膚伸長率に対応する各素材のタテ・ヨコ方向の張力を求め、これと膝蓋部の平均的実測タテ・ヨコ曲率半径から、Kirk らの式を用いて衣服圧の推定値を求めた。

4. 4. 2 結果及び考察

今回使った試料は人体にぴったりする下衣であるので、着衣した静止状態でも衣料が伸長し衣服圧が発生している。まずこの状態を把握するため、試料を平板上に置いた状態で膝蓋中点から上下左右 4 方向に各 2.5cm の線を引いた。被験者 1 名(24 才の健康肌の若年女性, 身長 159.1cm, 体重 66.2kg, BMI26.2)に試料を着用させ、静立位での半径を三回ずつ測定し、平均値を求めた。その結果を表 4-4-2-1 に示す。

また、前述した膝部における皮膚伸びの結果を表 4-4-2-2 に示す。

以上二つの伸縮率を上下、左右方向別に加算し、膝部における試料の膝 60° 屈曲状態での伸び率を求めた。(表 4-4-2-3)

Table 4-4-2-1 Elongation rate of each sample at standing position (%)

	Stockings	S.Pants	Jeans
Vertical	30.00	7.67	0.00
Horizontal	62.76	21.23	4.83

Table 4-4-2-2 Skin elongation rate when knee 60 ° flexed on patella center point (%)

	Elongation rate
Vertical	43.86
Horizontal	22.14

Table 4-4-2-3 Fabric elongation rate when knee 60 ° flexed on patella center point ((%)

	Stockings	S.Pants	Jeans
Vertical	81.80	51.53	43.86
Horizontal	86.16	43.36	22.14

前述した試料布の引張強伸度特性の結果により、100%伸長以下における試料布の荷重伸長率曲線を図 4-4-2-1 に示す。J の縦方向は伸縮性が低いため、荷重が高値を示し、54%伸で、破断している。

表 4-4-2-3 の伸長率に基づき、もし衣料が人体の皮膚伸長とともに伸長すると仮定したときの、膝 60° 屈曲状態での荷重を図 4-4-2-1 から検索した。その結果を表 4-4-2-4 に、また単位を N に転換した結果を、表 4-4-2-5 に示す。

これらの結果から、Kirk 等の式に基づいて歩行時、膝部にかかる衣服圧の推定を試みた。表 4-4-2-6 から表 4-4-2-10 に計算の流れを示す。

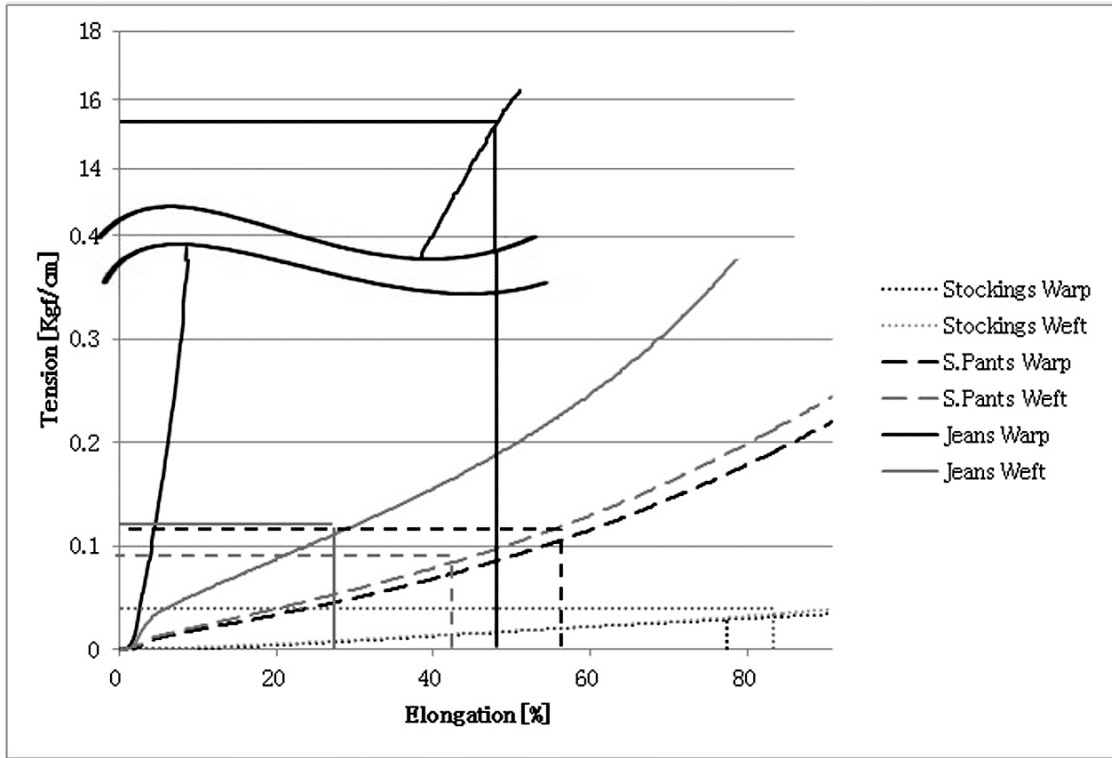


Fig. 4-4-2-1 Stress strain relationship of the fabrics.

Table 4-4-2-4. Tension corresponding to elongation rate measured by Tensilon (kgf)

		Stockings	S.Pants	Jeans
60°	Vertical	0.16	0.50	52.10
	Horizontal	0.18	0.43	0.49

Table 4-4-2-5. Result of converting unit to N (N)

		Stockings	S.Pants	Jeans
60°	Vertical	1.53	4.90	510.53
	Horizontal	1.79	4.24	4.80

Table 4-4-2-6. Tension of each sample per 1 cm (N/cm)

		Stockings	S.Pants	Jeans
60°	Vertical	0.3051	0.9800	102.1062
	Horizontal	0.3574	0.8487	0.9597

Table 4-4-2-7. Estimated garment pressure (Result that divided by r) (N/cm²)

		Stockings	S.Pants	Jeans
60°	Vertical	0.04	0.13	13.71
	Horizontal	0.09	0.21	0.24

Table 4-4-2-8 Estimated garment pressure (Vertical+Horizontal) (N/cm²)

	Stockings	S.Pants	Jeans
60°	0.13	0.34	13.94

Table 4-4-2-9 Estimated garment pressure (Result of conversion unit into hpa)

	Stockings	S.Pants	Jeans
60°	12.91	34.09	1394.23

Table 4-4-2-10 Comparison of measured value and predicted value of clothing pressure

Posture \ Sample	Stocking	Stretch Pants	Jeans
Measured maximum value of clothing pressure while walking(hPa)	7.67	13.66	17.69
Predicted value of clothing pressure while knee 60° flexion(hPa)	12.91	34.09	1394.24

4.5 考察

衣服圧推定のプロセスと結果をまとめたものが表 4-5-1 である。また、歩行動作時の膝蓋部における推定衣服圧と実測衣服圧の関係を図 4-5-1 に示す。

Table 4-5-1 Percentage of skin elongation, maximum value of clothing pressure measured while walking and predicted value of clothing pressure on patella center point

Posture	Samples		Stockings	S.Pants	Jeans
Fabric elongation in standing posture (%)	[A]	Vertical	30.00	7.67	0.00
		Horizontal	62.76	21.23	4.83
Skin elongation in walking posture (%)	[B]	Vertical		51.80	
		Horizontal		23.40	
[A]+ [B] (%)		Vertical	81.80	59.47	51.80
		Horizontal	86.16	44.63	28.23
Maximum value of clothing pressure weasured while walking(hPa)			7.67	13.66	17.69
Predicted value of clothing pressure while knee 60° flexion (hPa)			12.91	34.09	1394.24
Predicted value of clothing pressure while knee 90° flexion (hPa)			14.01	41.03	2639.40

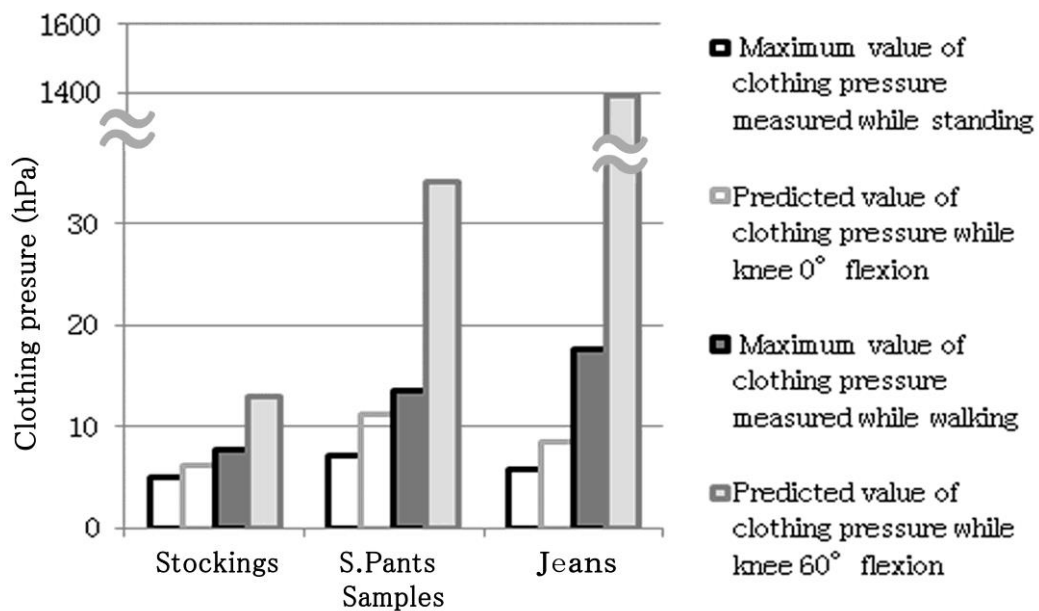


Fig. 4-5-1 Predicted clothing pressure and measured clothing pressure at the patella while walking (n=10)

歩行時の実測最大衣服圧は、JはSの2倍以上の値を示し、伸びにくい素材ほど衣服圧の最高値および歩行に伴う変動幅が大となり、動的な衣服圧に及ぼす素材の強伸度特性の影響が大であることが示された。一方、歩行時の皮膚伸長率に対応した推定衣服圧の結果を見ると、Sの場合は素材が伸びやすいため、実測衣服圧と推定値の差は比較的少なく、実測圧は推定圧の約75%であった。これに対しJの場合は、実測値は推定値の0.01%と大きな乖離が認められた。一般に運動に伴う皮膚伸びは、着衣の伸びで吸収されるかもしくはゆとりすなわち皮膚と衣服の間に存在する空間の中に吸収されるか、皮膚と着衣とのずれによって吸収されるかのいずれかである。図5で示されたように、Jは身体に沿っておらず、そのゆとりに加え、動作により身体と衣服の位置関係が変化し、即ちずれが生じ、素材の伸びによる衣服圧の発生が抑えられたものと考えられる。Pは、動作に追従して絶えず身体にフィットすることが求められている点はストッキングと同様であるが、ストッキングほど伸縮性が高くないため素材が皮膚の上を移動して伸びを平均化することによって、実測値は推定値の約39%とSより差が大きい、Jと比較するとはるかに低く抑えられたものと考えられる。

Kirkらが、ストレッチパンツ快適性を、素材の伸長特性、人体形状、及び人体の運動時皮膚伸び率の観点から検討したのは、ポリウレタン繊維の開発後、7年のことであった⁸⁾。座位における膝部の皮膚伸び率は静立時より水平方向19%、垂直方向43%と報告している。こののち多くの皮膚伸びに関する研究が行われたが、下半身の皮膚伸長率について、佐藤と小原は、最大皮膚伸び率は、殿部垂直方向で40%、水平方向で40%、膝垂直方向で40%、水平方向で15%と報告している⁹⁾。しかし皮膚の伸長特性は部位によって、また姿勢・動作によって、極めて局在的であるため、測定姿勢、測定対象の位置・範囲・方向等によって、全く異なる値になることに留意する必要がある、安易に比較することはできない。そこで本研究では、各測定点を中心とする半径2.5cmという比較的小さい範囲を対象とし、上下・内外における伸縮特性を検討した。結果、部位によって、上下・内外が全く異なる伸縮特性を有すること、即ち上下方向には伸長するのに対し内外方向には収縮する大腿後面、反対に上下には収縮し、内外には伸長する大腿前面や下腿後面、上下、内外ともに伸長する膝蓋等の特徴を抽出、かつ各部位の歩行時衣服圧変動の要因を探ることができた。

身体に密着したストレッチ性衣服の場合は、かなりの率で衣服は皮膚の伸長率と同調して変形していると考えられるが、衣服一般では、ゆとりによって、また素材の伸長率の限界もあって人体と衣服とのずれを生じている。本研究では皮膚伸長と等しく衣服素材が伸ばされると仮定して、各衣服の膝蓋部における衣服圧を推定した結果、Sでさえも実測衣服圧は推定衣服圧よりやや低く、微小なずれを生じていることが、また、Pではさらに大きなずれを生じていることが推測された。Jでは、もともとゆとりがあるため、まず動きはゆとりに吸収されるとともに素材の伸長応力との関係から、推定値は実測値をはるかに超える結果となった。

4. 6 総括

成人女子 10 名を対象に，座位基本姿勢・歩行時姿勢における皮膚伸長率を求め，素材の引張伸長特性との関係から，下半身着衣の衣服圧並びにずれの要因について検討し考察を加えた．結果は以下のようなものである．

- (1) 座位姿勢並びに歩行姿勢における各部位皮膚の伸縮特性は，姿勢・部位によって異なり，長軸方向と直交方向の伸縮が拮抗する大腿後面・下腿最少囲前面などと，両方向で伸長する膝部などに分けられ，後方で歩行に伴う高い衣服圧変動が示された．
- (2) 動的衣服圧変動が最大であった膝蓋部に焦点を絞り，歩行時皮膚伸び率と同様に着衣が変形すると仮定した際の衣服圧を Kirk の式により推定するとともに，歩行時衣服圧の実測値と比較した．結果．S の実測圧は推定圧の約 75%，P では約 39%であったのに対し J では 0. 01%と大きく乖離し，素材の伸長応力が大きいほど皮膚と衣服間のずれが大きいことが示唆された．

引用・参考文献

- 1) 矢野経済研究所, スポーツアパレル市場に関する調査結果 2014
(ア), <http://fashionmarketingjournal.com/2014/12/sports-apparel-data-2014.html> (2014)
- 2) 矢野経済研究, スポーツアパレル市場に関する調査結果 2016, www.yano.co.jp/press/pdf/1643.pdf (2016)
- 3) 経済産業省とスポーツ庁, スポーツ未来開拓会議中間報告, www.meti.go.jp/press/2016/06/.../20160614004-1.pdf (2016)
- 4) 清嶋展弘, スポーツウェアの品質・機能の観点から, 繊維製品消費科学, 44 (10), 571-577, (2003)
- 5) 伊藤紀子, 圧迫感(衣服圧)ー最適衣服設計のためにー, 繊維製品消費科学, 36 (1), 38-43 (1995)
- 6) Wm. Kirk, Jr., ands. M. Ibrahim:Text. Res. J., 36, 37-47(1966)
- 7) 青木識子(高齢女性の歩行についての動態力学的研究ー関節角度, 床反力, 下腿関節負荷量の検討ー2015
- 8) 佐藤栄二, 小原和幸, 皮膚伸びへの対, 繊維製品消費科学, 38 (8), 36-42 (1997)
- 9) 石丸園子, 磯貝悠美子, 松井まり子, 古市健次, 野々村千里, 横山敦士; 有限要素法を用いた快適な衣服圧を示す衣服の設計手法についてーガードルの衣服圧設計手法ー, Journal of Textile Engineering, 57(3):75-88(2011)
- 10) 堀場洋輔; 数値シミュレーションによる衣環境の推定ー被服圧及び空隙量に関する研究事例ー, 日本衣服学会誌, 58 (1):21-24(2014)
- 11) 渡辺ミチら(ストレッチ編地による衣服圧について 第一報 1979)
- 12) 原田隆司, 土田和義, 苜坂佳世子, 入矢昌子, 皮膚伸びと衣服伸び, 繊維機械学会誌, 36 (6), 1-5 (1983)
- 13) 佐々木和也, 宮下和弘, 枝村正芳, 古川貴雄, 清水義雄, 清水裕子, 官能検査と動的衣服圧測定によるファンデーション快適性評価, 繊維製品消費科学, 38(2), 53-58 (1996)
- 14) H. Kawabata , A. Yamagata, N. suda, K. Ishikawa:J. Home econ. Jpn. 44, 1033-1043 (1993)

第 5 章

素材の摩擦が皮膚表面微細三次元 構造に及ぼす影響

5. 1 緒言

繊維製品による皮膚障害の原因は化学的刺激と物理的刺激に大別される。化学的刺激では、繊維製品に含まれる染料や加工剤などの化学物質が皮膚に作用して皮膚障害を引き起こす。物理的刺激は、衣服による圧迫や摩擦、合成繊維に起きやすい静電気などである¹⁾。

物理的刺激のひとつである“衣服の摩擦”は、日常のあらゆる状況で起こり得る。原田らは動作時の皮膚伸びと衣服伸びのズレから、衣服が皮膚に与える摩擦について指摘し²⁾、手島らは繊維、糸及び布の物性による皮膚への物理刺激について検討した³⁾。また、硬仕上加工布の物性と皮膚刺激に与える影響や、布の力学特性、風合いと皮膚刺激性との関係についての検討、繊維製品の摩擦刺激が起こす皮膚温変化についての報告、特殊な機能加工を施した衣素材が皮膚性状へ及ぼす影響に関する報告、皮膚表面湿度を調整し、湿潤が皮膚に及ぼす刺激性を調べた研究等がある^{4, 5, 6, 7)}。

刺激を受けた皮膚に関する評価においては、皮膚のバリア機能の指標として水分や pH、血流の計測⁸⁾、あるいは河合法、閉塞法（パッチテスト）等の有効性が検討されてきた⁹⁾。朴と田村は、皮膚レプリカの三次元構造解析を、人体各部位の皮膚表面微細形状の把握へと展開し、その有効性を検証、面粗さ解析での評価手法を示した¹⁰⁾。本章では、その手法を適用し、動作時の衣服と皮膚の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響について検討する。

5. 2 予備実験

5. 2. 1 大腿内側における衣服のずれ角度の検討

皮膚摩擦の重要な因子である、摩擦圧力、摩擦方向、摩擦回数を決定するため、予備実験を行った。摩擦部位については、第 2 章における“運動時に摩擦の不快を生じやすい部位”として挙げられた大腿内側を選択した。摩擦圧力については、第 3 章におけるストレッチ性下衣の動的圧計測から、若年女性 10 名の歩行時における下半身 12 ヶ所の値より、約 15hpa という目安を得た¹¹⁾。本章では、摩擦方向を検討するため、大腿内側における、下肢の角度を変えた際の衣服と皮膚のずれをみる予備実験を行った。

1) 方法

(1) 被験者

健康な若年女性 1 名（24 才，159. 1cm，53kg）とした。

(2) 実験方法

被験者の下半身を採寸し、密着型パンツを作製した。被験者に着用させた様子を図 5-2-1-1 に示す。大腿 1/2 水平線を皮膚上とパンツ上に引き（図 5-2-1-1 の青線）、前面、後面、内側、外側の中点を赤印で皮膚にマークした。密着型パンツ上にも同位置で印を付け（図 5-2-1-1 の赤点）、下肢の角度を変えた際、印のずれを観察、衣服と皮膚のずれ角度計測を行った。膝関節角度は 90°、120°、150° の三条件とし、皮膚上の赤点から、パンツ上の赤点まで線を引き、青線となった角度をずれ角度とした（図 5-2-1-2）。



Fig. 5-2-1-1 Dressed-up condition of subject and marking position

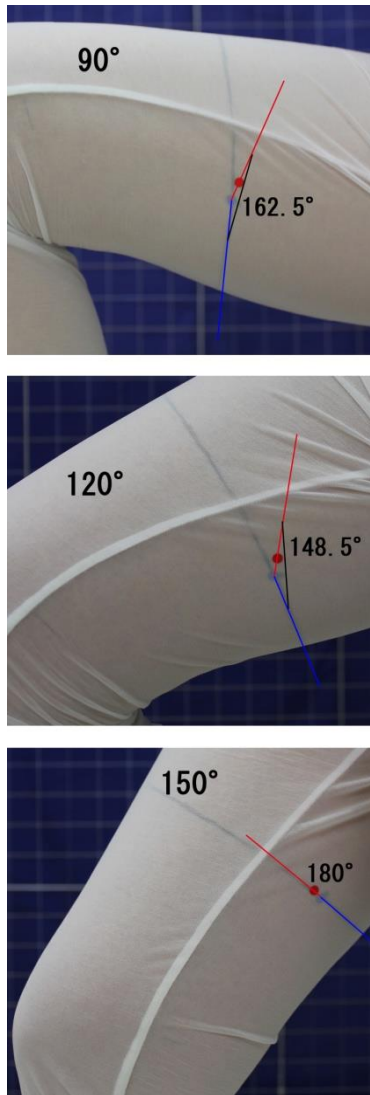


Fig. 5-2-1-2 Measurement of deviation angle at knee flexion angle under 3 conditions (90 ° , 120 ° , 150 °)

2) 結果

膝関節角度を 90°～150° に変えた際の、大腿最大囲前面、後面、内側、外側の中心における皮膚とパンツの線のずれ角度を表 5-2-1-1 に示す。大腿内側の、三条件の平均値 163.67° により、摩擦の角度を 160° に決定した。

Table 5-2-1-1. Misalignment angle result

	Front	Back	Inside	Outside
90°	71	79.5	162.5	22
120°	0	91	148.5	65
150°	0	121	180	72
Mean	23.67	97.17	163.67	53.00

5. 2. 2 衣服と皮膚の摩擦回数の検討

動作時の衣服と皮膚の摩擦が皮膚表面形状に及ぼす影響を検討するにあたり、本研究で選定した試料において、決定した部位、圧力、方向での摩擦を、何回繰り返すことで、皮膚表面の微細な三次元構造に差異を生じるかを観察するため、予備実験を行った。

1) 方法

(1) 被験者

健康な若年女性 1 名 (21 才, 164.3cm, 43.9kg) を対象とした。測定部位は大腿内側である。

(2) 実験条件

27°C・40%RH の環境条件下、衣服圧センサを設置した摩擦計により、15hpa・60bpm での摩擦を、二試料(綿とポリエステル)それぞれ 10～80 回行った。試料の諸元を表 5-2-2-1 に示す。摩擦後の皮膚状態を皮膚レプリカにより検討した。

Table 5-2-2-1 Properties of fabric.

Item	Woven				Knitted			
	Cotton		Polyester		Cotton		Polyester	
	Warp	Weft	Warp	Weft	Wale	Course	Wale	Course
Fiber	Cotton 100%		Polyester 100%		Cotton 94%,Polyurethane 6%		Polyester 94%,Polyurethane 6%	
Density (Warp:ends/cm Weft:picks/cm Wale&Course:st./cm)	16.64	24.69	22.44	21.25	25.00	15.00	50.00	22.50
Thickness (mm)	0.74		0.59		0.57		0.44	
Air resistance (kPa·s/m)	3.85		0.10		0.37		0.20	
Maximum load (N)	169.71	318.69	233.57	83.87	0.87	0.81	0.40	0.37
Bending Resistance (mm)	52.00	53.50	34.17	38.67	16.17	21.83	7.17	8.67
MIU (A.U.) Surface	2.07	1.75	1.47	1.83	2.19	2.32	2.95	3.07
MMD (A.U.) Surface	1.70	2.09	1.25	1.00	0.69	0.64	1.07	0.87
Moisture Content (%)	29.86		1.29		19.34		1.36	
Water Absorbing Property (mm)	9.5	5.5	148.5	136	117	110	32	60

(3) レプリカ法と皮膚表面粗さ解析

皮膚表面形状における衣素材摩擦の影響について検討するにあたり、朴と田村¹⁰⁾の手法に倣った。CuDERM 社製のシリコン系樹脂レプリカキット REPLIFLO™ を使用し、実験部位の皮膚レプリカを採取した(図 5-2-2-1)。採取したレプリカの表面微細三次元構造を走査型共焦点レーザー顕微鏡 OLS-3100 (オリンパス株式会社)により解析した。

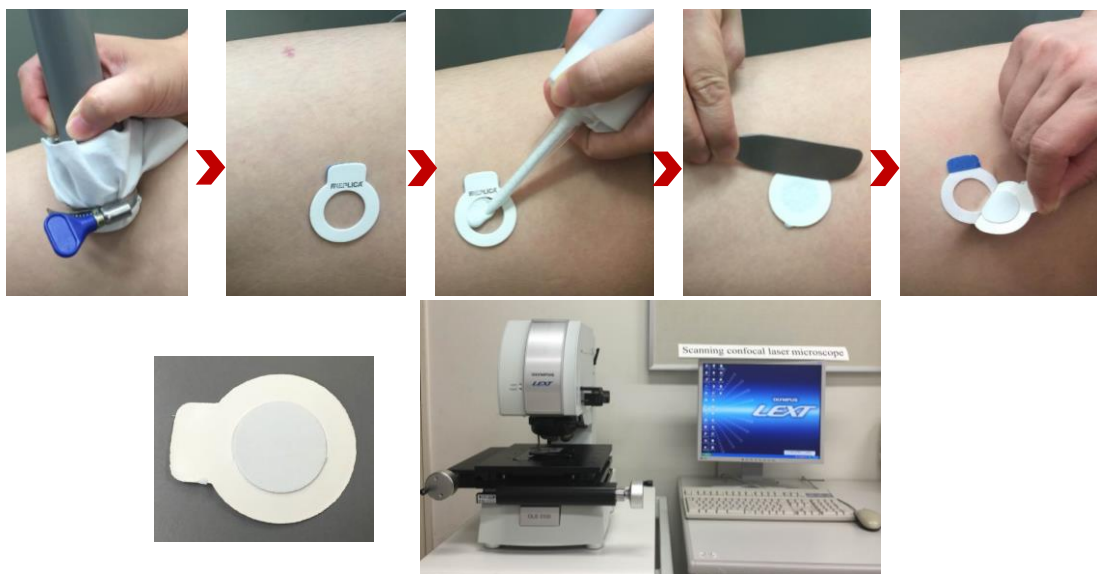


Fig. 5-2-2-1 State of replica collection and confocal laser microscope

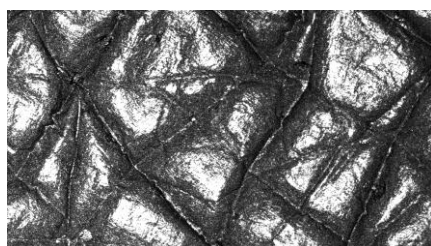


Fig. 5-2-2-2 Luminance image

皮膚レプリカの輝度画像（図 5-2-2-2）から、ノイズ除去、曲面の傾き補正を行い、得られた三次元画像において表面粗さパラメータを算出した。JIS B0601:2001 (ISO4287:1997) に基づく線粗さパラメータ（図 5-2-2-3）から面粗さパラメータを算出（レプリカ観察時の左右方向を 0 度とし、0, 45, 90, 135 度の 4 方向の線粗さパラメータを平均）、面粗さパラメータ SR_c （平均山谷距離）と SR_z （最大山谷距離）による評価を行った。

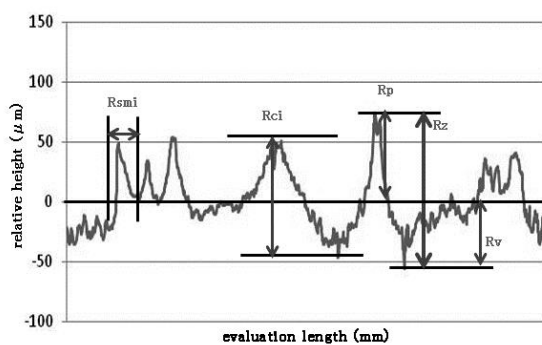


Fig. 5-2-2-3 Profile of skin surface properties.

2) 結果

表 5-2-2-2~5-2-2-2, 図 5-2-2-4~5-2-2-11 に, 二試料, 10~80 回の摩擦を行った際の各粗さパラメータを示す. 表 5-2-2-10~5-2-2-11, 図 5-2-2-12~5-2-2-13 は, SRc, SRz のみ抽出し, その摩擦回数による変化をグラフ化した. その結果, 摩擦をしない場合との差が示されたと考えられる 20 回を摩擦回数と決めた.

Table 5-2-2-2 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with no sample

Number of times	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
0	129.89	80.42	210.31	34.56	21.09	27.21	198.09
10	131.89	92.84	224.73	30.49	19.72	25.64	207.37
30	114.43	75.37	189.80	34.56	21.03	26.79	186.81
50	105.57	71.41	176.98	34.72	20.39	26.19	174.30
80	123.79	105.05	228.84	37.44	23.47	30.00	222.46

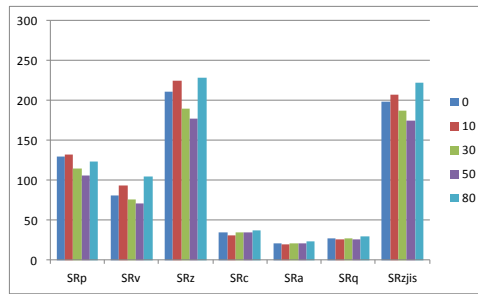


Fig. 5-2-2-4 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with no sample

Table 5-2-2-3 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with cotton

Number of times	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
0	120.32	99.40	219.71	37.87	22.00	28.23	205.03
10	130.36	95.44	225.80	38.17	20.36	26.34	221.31
30	124.23	97.31	221.55	38.54	20.54	26.65	209.83
50	132.42	93.18	225.60	36.62	20.71	27.32	215.32
80	137.94	106.40	244.35	41.03	21.81	28.46	227.47

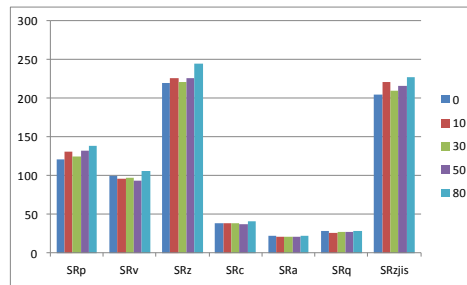


Fig. 5-2-2-5 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with cotton

Table 5-2-2-4 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with poiyester

Number of times	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
0	129.18	94.69	223.87	37.34	21.83	27.94	208.21
10	134.64	89.71	224.36	36.82	20.75	27.02	219.32
30	145.15	104.58	249.73	40.40	21.95	28.74	233.57
50	132.97	93.65	226.62	39.79	23.10	29.67	218.18
80	143.17	108.52	251.69	42.11	24.49	31.21	245.69

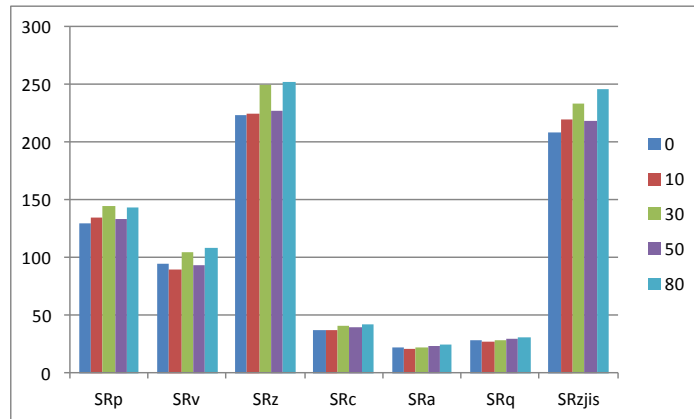


Fig. 5-2-2-6 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with poiyester

Table 5-2-2-5 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 0 time

Number of times	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
None	129.89	80.42	210.31	34.56	21.09	27.21	198.09
cotton	120.32	99.40	219.71	37.87	22.00	28.23	205.03
Poiyester	129.18	94.69	223.87	37.34	21.83	27.94	208.21

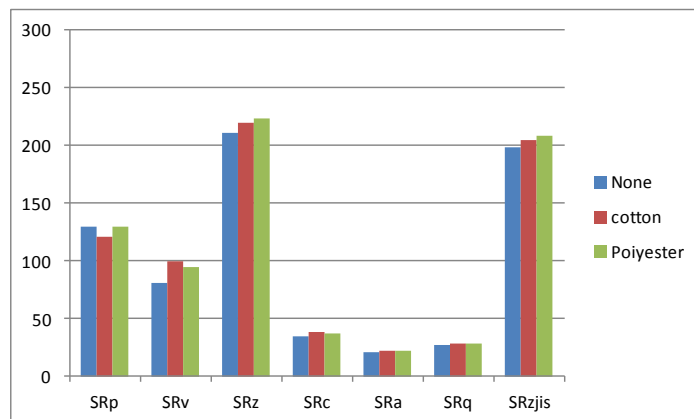


Fig. 5-2-2-7 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 0 time

Table 5-2-2-6 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 10 times

Number of times	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
None	131.89	92.84	224.73	30.49	19.72	25.64	207.37
cotton	130.36	95.44	225.80	38.17	20.36	26.34	221.31
Poiyester	134.64	89.71	224.36	36.82	20.75	27.02	219.32

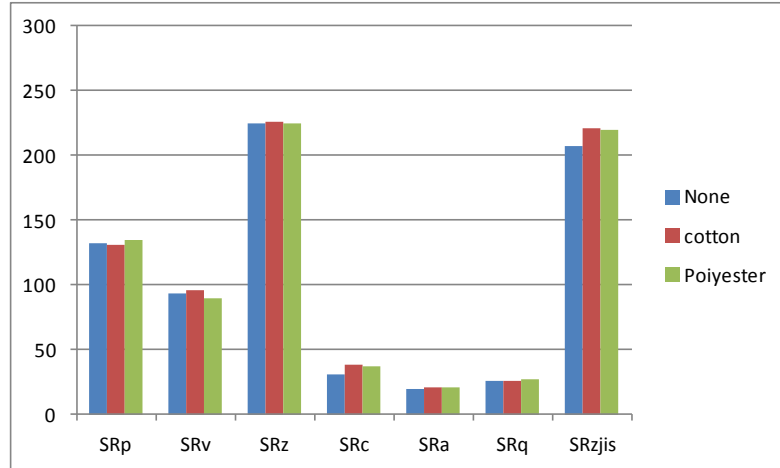


Fig. 5-2-2-8 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 10 times

Table 5-2-2-7 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 30 times

Sample	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
None	114.43	75.37	189.80	34.56	21.03	26.79	186.81
cotton	124.23	97.31	221.55	38.54	20.54	26.65	209.83
Poiyester	145.15	104.58	249.73	40.40	21.95	28.74	233.57

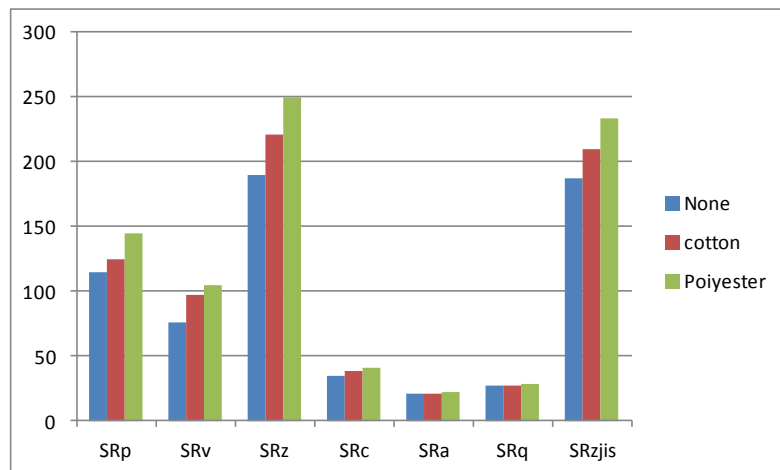


Fig. 5-2-2-9 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 30 times

Table 5-2-2-8 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 50 times

Sample	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
None	105.57	71.41	176.98	34.72	20.39	26.19	174.30
cotton	132.42	93.18	225.60	36.62	20.71	27.32	215.32
Poiyester	132.97	93.65	226.62	39.79	23.10	29.67	218.18

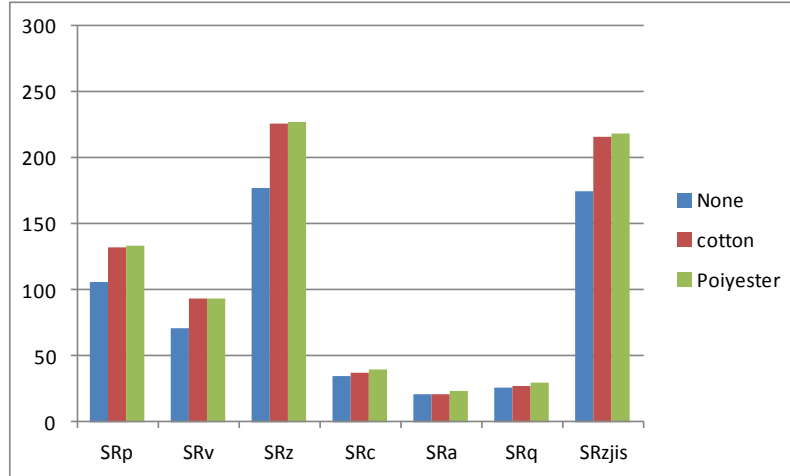


Fig. 5-2-2-10 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 50 times

Table 5-2-2-9 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 80 times

Sample	SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
None	123.79	105.05	228.84	37.44	23.47	30.00	222.46
cotton	137.94	106.40	244.35	41.03	21.81	28.46	227.47
Poiyester	143.17	108.52	251.69	42.11	24.49	31.21	245.69

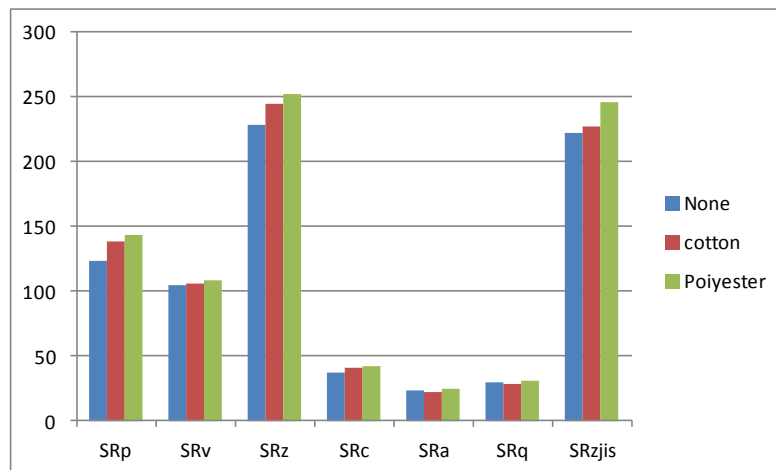


Fig. 5-2-2-11 Parameter result of skin' s surface three-dimensional microstructure by replica with Friction 80 times

Table 5-2-2-10 SRc result of each friction times

Sample	0	10	30	50	80
None	34.56	30.49	34.56	34.72	37.44
cotton	37.87	38.17	38.54	36.62	41.03
Poiyester	37.34	36.82	40.40	39.79	42.11

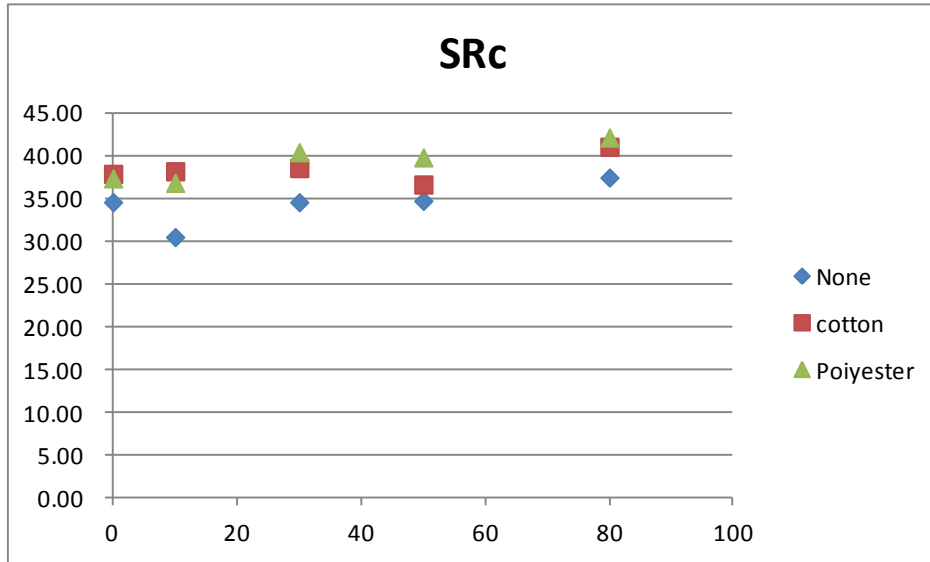


Fig. 5-2-2-12 SRc result of each friction times

Table 5-2-2-11 SRz result of each friction times

Sample	0	10	30	50	80
None	210.31	224.73	189.80	176.98	228.84
cotton	219.71	225.80	221.55	225.60	244.35
Poiyester	223.87	224.36	249.73	226.62	251.69

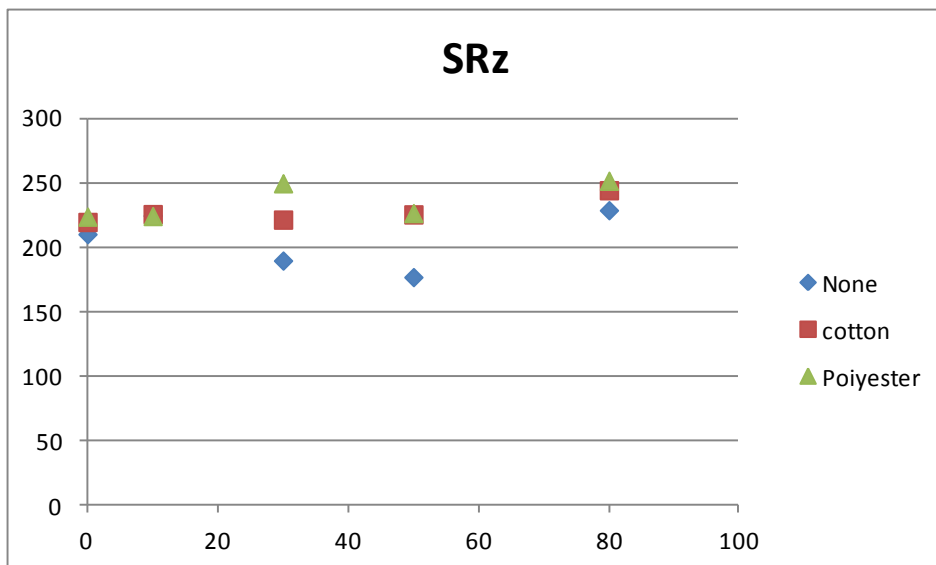


Fig. 5-2-2-13 SRc result of each friction times

5. 3 皮膚摩擦実験

前章までに得られた、摩擦部位、角度、回数を用い、本実験としての皮膚摩擦実験を、異なる環境、異なる組織、異なる組成で行い、動作時の衣服と皮膚の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響について検討した。

1) 方法

(1) 被験者

被験者は、21～24才の健康肌の若年女性10名（年齢 22.3 ± 1.2 才，身長 159.1 ± 4.1 cm，体重 53.2 ± 6.9 kg）であった。10名中5名は日本人，5名は中国人とした。健康肌の判定には勝村の肌分類を用いた¹¹⁾。測定部位は大腿内側とし，被験者に剃刀とボディローションを事前に配布，実験前日，実験実施の24時間以上前に，測定部位の剃毛を行わせた。

(2) 試料

試料は前述と同様に，日常的にまたは軽い運動時に，下衣として使用される織物と編物を，各2種（綿とポリエステル），合計4種とした。表5-2-2-1に試料の諸元及び物性値を示す。

(3) 実験条件

実験は2016年7月から9月にかけて，文化学園大学人工気候室で行った。着用条件は半袖Tシャツとショートパンツ（約0.18clo）であった。環境条件を，暑くも寒くもない温熱的に中立な環境（以下，中立条件とする）と暑熱環境（以下，暑熱条件とする）の2条件に設定し，それぞれ温度 $27 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ・湿度 $40 \pm 5\text{RH}$ ，温度 $32 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ・湿度 $70 \pm 5\text{RH}$ とした。皮膚のターンオーバーと日内変動を考慮し，実験実施は1ヵ月あけての同時刻とした。

(4) 実験手順

被験者は，人工気候室に入室後，実験着に着替え，30分間環境への順化をはかった。その際，大腿内側の測定部位に印を付け，仰臥位を基本とした。暑熱条件下では，足部を下腿中央まで温湯（ 40°C ）に20分間浸漬させ，発汗を促した。皮膚性状確認のため，corneometer CM825（Courage+Khazaka社）により右大腿内側で水分と油分を測定後，衣服圧を確認しながら摩擦を行う簡易摩擦装置¹³⁾に試料を取り付け，15hpa，60bpmで20回，摩擦を行った。測定部位4ヶ所へランダムに4試料を割り当てることで部位差を相殺し，摩擦前後にレプリカを採取した。摩擦部位の決定法を図5-3-1に示す。

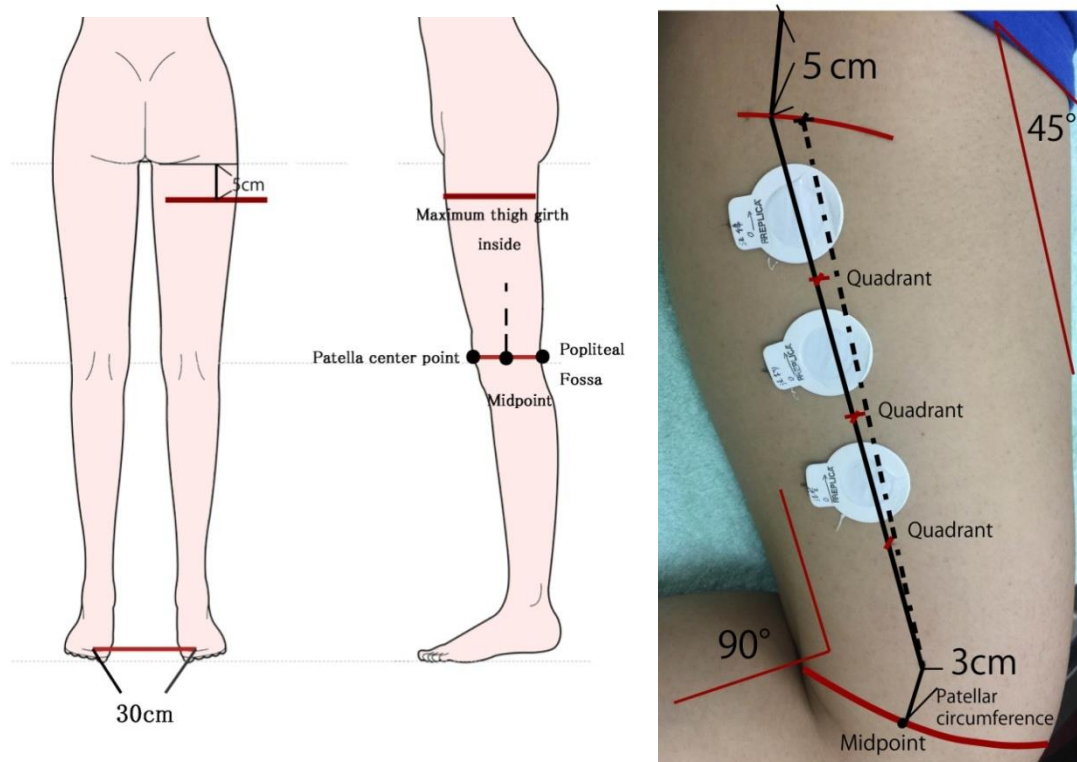


Fig. 5-3-1 Method to determine the friction position

中立条件下と暑熱条件下での皮膚性状について、両側 t 検定による比較を行った。摩擦後の皮膚粗さパラメータにおける摩擦条件の及ぼす影響については、多元配置分散分析による検討を行った。なお、危険率 5%未満で有意差ありとした。

実験実施にあたっては、被験者に研究の趣旨、研究協力への任意性等を十分説明し、同意を得て実施した。なお、本研究は所属大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

2) 結果

(1) 中立条件下、暑熱条件下における皮膚性状

表 5-3-1 と図 5-3-2 に、中立条件下と暑熱条件下での大腿内側における皮膚水分及び油分の測定結果を示す。t 検定の結果、水分・油分共に危険率 1%で暑熱条件下の値が有意に大であると示された。

Table 5-3-1 The moisture and oil level of skin (n=10)

	Moisture		Oil	
	Control	Sweating	Control	Sweating
Subject 1	29.77	60.23	0.00	1.00
Subject 2	32.83	63.97	0.00	0.67
Subject 3	34.47	51.07	0.00	0.00
Subject 4	25.33	31.67	0.33	0.67
Subject 5	35.00	67.30	0.00	0.67
Subject 6	43.50	57.77	0.00	2.00
Subject 7	29.27	57.93	0.67	1.00
Subject 8	24.37	41.13	0.00	0.33
Subject 9	32.93	52.83	0.00	0.67
Subject 10	34.47	51.07	0.00	0.00
Mean	30.59	48.34	0.00	0.33
SD	5.48	10.67	0.22	0.58

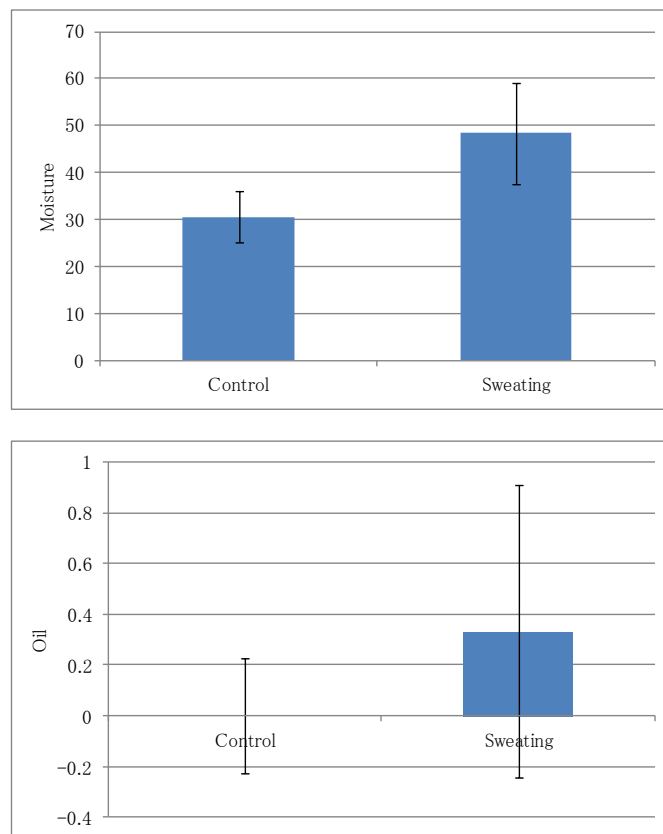


Fig. 5-3-2 Result of skin moisture and oil content under control and sweating conditions

表 5-3-2 と図 5-3-3 に、中国と日本の被験者各 5 名ずつ、二条件での水分と油分の結果を示す。二条件とも、日本人被験者は中国人被験者より油分の数値が比較的高かったが、有意差は得られなかった。

出身国による有意差が得られなかったため、次章以降分けることなく、10名の被験者を対象に、実験を実施することとした。

Table 5-3-2 Comparison of moisture and oil content of subjects from Japan and China
(Japan n=5, China n=5)

	Moisture		Oil	
	Control	Sweating	Control	Sweating
Japan	32.91±7.09	52.15±6.86	0.13±0.30	0.80±0.77
China	31.48±4.00	54.85±14.31	0.07±0.15	0.60±0.37

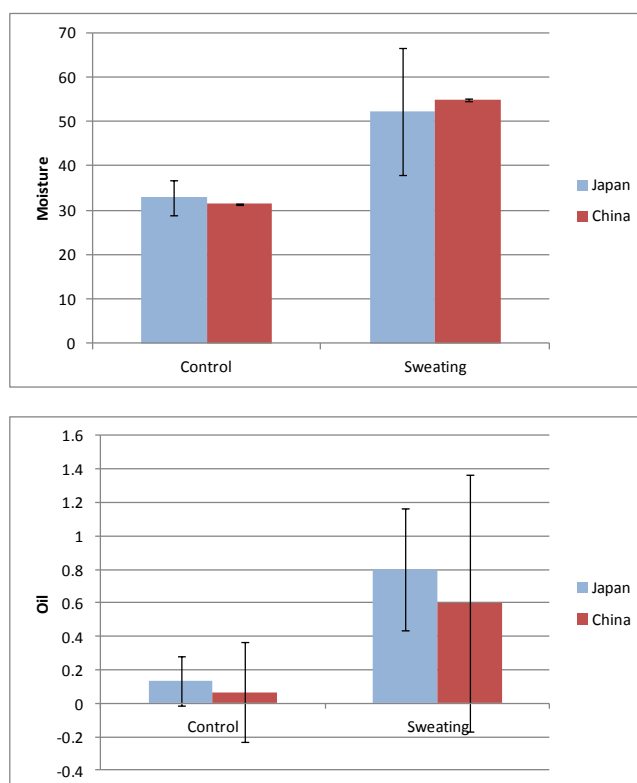


Fig. 5-3-3 Comparison of moisture and oil content of subjects from Japan and China
(Japan n=5, China n=5)

(2) 皮膚表面粗さパラメータによる検討

10名の被験者における皮膚摩擦前後の全皮膚粗さパラメータを表5-3-3～5-3-4と図5-3-4～5-3-7に示す。さらに表5-3-5と図5-3-8に中立条件下での、表5-3-6と図5-3-9に暑熱条件下での、摩擦後SRzの値を示す。10名の被験者から得られたデータにおいて外れ値検定により問題のあった2データを除き、平均値を算出した結果。暑熱条件下での値は中立条件下での値に比べ、総じて低い傾向を示した。得られた値に対し、環境（中立条件・暑熱条件）、衣素材の組織（編物、織物）、組成（綿・ポリエステル）の3因子の影響を明らかにするため、多元配置分散分析を行った。分析結果を表5-3-7に示す。3因子の中で、環境因子がSRzに有意に影響すると、危険率1%で認められた。また、因子間の交互作用について、環境と組織において危険率5%で有意が認められ、暑熱下での編物の摩擦により、SRzは値を大きく低下させることが明らかとなった（図5-3-9）。

Table 5-3-3 Data of control

Subject 1

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	121.89	91.50	213.40	33.41	19.80	25.90	199.31
	After	121.99	83.70	205.70	37.37	20.53	26.59	193.03
Knitted Cotton	Before	109.49	93.88	203.37	32.29	17.73	23.00	198.56
	After	120.24	79.70	199.94	34.58	18.90	24.57	169.17
Knitted Poiyester	Before	119.11	102.94	222.05	38.22	22.24	28.34	205.88
	After	128.63	105.27	233.90	41.10	21.50	27.77	228.18
Woven Cotton	Before	110.23	88.10	198.33	38.81	22.08	27.88	186.48
	After	105.29	100.31	205.60	39.08	22.15	27.80	196.16
Woven Poiyester	Before	116.13	94.08	210.20	34.69	20.82	26.50	200.78
	After	118.73	97.45	216.18	39.50	21.49	27.62	202.30

Subject 2

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	113.03	62.12	175.15	29.74	17.26	22.72	168.76
	After	125.86	70.98	196.84	32.02	17.22	23.21	187.28
Knitted Cotton	Before	121.70	85.26	206.96	37.45	19.91	25.75	197.73
	After	110.24	104.44	214.68	39.61	21.96	27.79	204.80
Knitted Poiyester	Before	110.39	71.45	181.84	26.19	17.30	22.82	172.68
	After	104.80	66.85	171.66	28.35	15.75	20.67	164.21
Woven Cotton	Before	99.03	83.27	182.30	24.74	14.59	19.18	178.91
	After	107.80	70.24	178.04	27.36	15.55	20.54	160.19
Woven Poiyester	Before	106.28	76.96	183.24	30.99	18.06	23.07	172.97
	After	117.23	65.24	182.47	32.26	17.63	23.00	177.08

Subject 3

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	103.32	74.26	177.58	26.07	17.74	23.02	169.79
	After	103.73	74.32	178.04	25.70	15.69	20.58	171.14
Knitted Cotton	Before	109.38	83.31	192.69	35.34	18.70	23.86	184.60
	After	111.83	90.03	201.86	32.16	18.86	24.58	180.69
Knitted Poiyester	Before	102.79	79.18	181.97	27.55	16.66	21.75	173.86
	After	112.16	80.79	192.95	39.64	20.38	25.73	185.93
Woven Cotton	Before	113.09	87.44	200.53	32.33	19.15	24.21	184.12
	After	102.16	85.96	188.12	34.61	18.93	23.94	184.89
Woven Poiyester	Before	91.81	79.39	171.20	27.74	16.38	20.73	162.00
	After	100.86	80.03	180.89	29.68	18.43	23.30	173.26

Subject 4

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	113.48	76.36	189.84	33.89	18.61	24.05	185.68
	After	115.65	88.82	204.46	37.35	20.22	25.90	190.54
Knitted Cotton	Before	131.24	85.80	217.04	42.57	22.81	29.36	210.61
	After	132.82	88.20	221.02	46.72	24.01	30.55	211.84
Knitted Poiyester	Before	100.80	70.11	170.91	33.39	17.85	22.61	165.13
	After	115.52	84.06	199.59	34.17	18.57	24.14	189.15
Woven Cotton	Before	124.41	73.04	197.45	44.28	21.79	27.85	192.33
	After	130.47	104.23	234.71	44.79	24.62	31.73	229.27
Woven Poiyester	Before	113.08	75.02	188.10	29.82	17.61	22.79	176.04
	After	103.30	94.53	197.82	33.68	18.48	23.43	192.87

Subject 5

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	103.27	71.53	174.80	30.11	15.92	20.31	161.88
	After	114.43	68.62	183.05	34.15	19.86	25.10	168.43
Knitted Cotton	Before	106.74	77.11	183.85	35.03	20.11	25.60	178.18
	After	128.07	110.13	238.20	42.59	23.01	29.15	209.21
Knitted Poiyester	Before	110.46	86.90	197.37	38.36	20.98	26.51	185.00
	After	112.81	77.59	190.41	37.63	19.99	25.18	180.82
Woven Cotton	Before	111.36	71.10	182.46	35.27	18.79	23.89	170.15
	After	109.30	89.65	198.95	38.41	20.50	25.79	189.57
Woven Poiyester	Before	104.65	86.10	190.75	38.14	20.94	26.39	171.52
	After	117.63	84.99	202.62	41.04	21.60	27.49	194.38

Subject 6

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	131.77	67.05	198.82	30.69	17.44	22.96	195.15
	After	122.36	83.38	205.74	32.51	19.03	25.46	189.78
Knitted Cotton	Before	110.47	80.82	191.30	32.62	16.89	22.23	179.43
	After	124.17	84.44	208.61	38.09	20.77	26.92	200.14
Knitted Poiyester	Before	128.82	81.47	210.29	36.21	20.24	26.61	204.26
	After	127.26	94.79	222.05	41.20	22.71	29.10	210.82
Woven Cotton	Before	115.61	68.22	183.83	28.40	15.63	20.97	176.40
	After	112.84	76.15	188.99	31.94	17.92	23.60	181.87
Woven Poiyester	Before	131.77	77.74	209.51	36.75	19.55	25.69	203.32
	After	112.43	69.22	181.65	30.15	16.40	21.79	166.65

Subject 7

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	138.59	88.19	226.79	48.84	24.44	31.28	217.75
	After	129.44	99.32	228.76	46.62	24.81	31.68	218.76
Knitted Cotton	Before	123.25	93.41	216.66	38.79	21.03	27.21	211.59
	After	114.57	84.73	199.30	40.36	21.16	26.78	193.72
Knitted Poiyester	Before	121.23	81.71	202.94	44.30	23.14	29.35	193.07
	After	123.92	83.19	207.11	42.15	22.94	29.30	194.05
Woven Cotton	Before	111.09	75.69	186.78	37.94	19.45	24.98	179.30
	After	112.96	85.51	198.47	37.88	19.24	24.71	184.94
Woven Poiyester	Before	128.04	93.35	221.39	41.50	23.90	30.43	210.75
	After	135.11	82.74	217.85	50.95	26.17	32.69	213.34

Subject 8

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	143.87	96.09	235.57	52.04	27.91	35.59	232.58
	After	142.51	102.86	245.37	46.83	26.32	33.82	229.32
Knitted Cotton	Before	140.95	91.79	232.74	46.63	25.27	32.27	228.70
	After	138.49	94.08	232.58	46.50	24.12	30.84	226.41
Knitted Poiyester	Before	120.08	89.27	209.34	41.78	21.60	27.86	183.58
	After	139.58	94.09	233.66	42.95	23.07	29.92	227.40
Woven Cotton	Before	136.91	93.73	230.63	44.88	22.59	29.30	225.33
	After	120.14	90.14	210.29	44.25	23.57	29.86	201.24
Woven Poiyester	Before	127.66	81.59	209.25	40.86	21.61	27.91	202.49
	After	130.91	91.42	222.33	44.22	21.45	27.47	212.32

Subject 9

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	108.01	88.23	196.24	33.65	18.61	23.76	191.33
	After	106.20	72.46	178.65	38.92	18.04	23.19	170.50
Knitted Cotton	Before	127.35	76.14	203.50	40.04	20.17	26.60	199.44
	After	111.99	78.74	190.74	41.85	20.34	25.69	186.01
Knitted Poiyester	Before	138.36	95.95	234.32	45.61	24.65	31.58	226.02
	After	133.55	92.61	226.16	43.50	23.41	30.36	219.42
Woven Cotton	Before	139.05	90.72	229.77	42.28	23.12	30.10	218.27
	After	153.53	98.87	252.40	47.07	25.67	33.59	238.89
Woven Poiyester	Before	110.17	73.37	183.54	35.11	17.09	22.30	176.11
	After	120.29	87.63	207.92	37.90	18.06	23.88	200.29

Subject 10

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	125.31	84.77	209.39	31.39	17.92	23.32	193.35
	After	101.92	73.29	175.21	31.55	14.54	19.05	168.05
Knitted Cotton	Before	104.07	80.93	185.00	33.66	16.68	21.64	176.12
	After	102.72	89.46	193.13	34.35	17.90	23.08	181.99
Knitted Poiyester	Before	108.42	81.02	189.45	29.34	16.10	21.22	180.32
	After	136.91	71.45	208.36	35.63	18.59	25.14	190.01
Woven Cotton	Before	121.84	89.62	211.46	37.65	20.39	26.20	200.91
	After	108.14	81.10	189.24	32.74	18.75	23.83	180.21
Woven Poiyester	Before	124.91	84.15	209.06	41.32	21.90	28.18	198.06
	After	131.45	74.89	206.35	41.37	21.53	27.91	201.28

Table 5-3-4 Data of sweating

Subject 1

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	142.06	103.64	245.71	50.38	27.09	33.89	226.38
	After	118.85	76.98	195.83	39.55	22.29	27.99	187.00
Knitted Cotton	Before	111.13	76.24	187.36	34.98	19.59	25.02	176.40
	After	108.61	71.42	180.02	31.86	17.99	22.94	173.82
Knitted Poiyester	Before	116.66	80.15	196.81	36.38	19.95	25.99	187.46
	After	113.84	74.08	187.92	34.07	19.20	24.69	177.85
Woven Cotton	Before	123.53	86.54	210.06	48.42	24.38	30.91	201.11
	After	122.87	91.09	213.96	39.67	20.98	27.13	198.20
Woven Poiyester	Before	97.36	77.11	174.47	30.72	18.18	23.17	166.42
	After	101.47	76.48	177.95	31.34	17.63	22.27	170.63

Subject 2

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	110.01	77.50	187.51	31.44	18.26	23.51	181.62
	After	107.76	74.48	182.24	28.94	17.56	22.75	175.59
Knitted Cotton	Before	95.33	66.76	162.09	27.30	16.30	20.76	155.65
	After	90.52	68.22	158.74	24.89	14.37	18.65	149.56
Knitted Poiyester	Before	104.27	82.83	187.10	34.62	18.78	24.16	179.69
	After	116.31	86.26	202.57	34.40	21.35	27.27	191.50
Woven Cotton	Before	106.67	81.96	188.63	33.28	18.63	23.87	181.20
	After	113.18	78.22	191.40	30.78	17.54	22.81	185.82
Woven Poiyester	Before	96.01	83.49	179.50	31.46	17.58	22.29	174.13
	After	127.48	77.44	204.92	33.13	19.30	25.04	190.61

Subject 3

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	124.09	75.80	199.89	31.84	17.88	23.00	197.32
	After	123.12	69.61	192.73	37.34	20.06	26.14	186.28
Knitted Cotton	Before	108.24	89.48	197.73	32.73	19.03	24.32	187.39
	After	110.34	69.82	180.16	29.93	16.57	21.72	175.12
Knitted Poiyester	Before	102.12	88.97	191.08	31.58	17.87	22.76	158.08
	After	113.88	83.61	197.49	30.14	17.92	23.30	187.75
Woven Cotton	Before	102.12	88.97	191.08	31.58	17.87	22.76	158.08
	After	122.35	112.55	234.90	36.84	18.16	24.29	222.57
Woven Poiyester	Before	112.68	83.30	195.99	30.57	17.85	23.20	181.12
	After	105.25	84.06	189.31	32.34	18.26	23.16	180.82

Subject 4

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	113.92	83.95	197.87	34.92	19.21	24.41	180.70
	After	117.87	80.05	197.92	37.42	19.07	24.62	190.51
Knitted Cotton	Before	94.72	77.47	172.19	30.31	16.52	21.12	162.85
	After	88.80	84.71	173.51	29.33	16.29	20.54	156.19
Knitted Poiyester	Before	97.34	74.67	172.01	30.62	16.78	21.39	162.42
	After	111.37	72.74	184.11	33.65	17.40	22.39	175.84
Woven Cotton	Before	121.08	103.50	224.58	43.67	25.47	31.79	215.07
	After	120.06	99.49	219.56	46.70	23.61	29.80	213.02
Woven Poiyester	Before	128.48	92.06	220.55	40.66	22.41	28.77	205.33
	After	115.95	85.17	201.13	42.86	21.77	27.86	192.92

Subject 5

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	107.83	98.54	206.36	35.59	19.53	24.97	200.76
	After	118.49	95.77	214.26	39.79	21.80	27.31	205.46
Knitted Cotton	Before	129.61	91.78	221.39	47.38	23.11	29.01	211.39
	After	116.98	76.92	193.90	38.10	20.85	26.58	191.56
Knitted Poiyester	Before	93.07	74.32	167.39	30.73	15.63	20.04	162.04
	After	101.59	80.80	182.38	31.52	16.68	21.66	178.26
Woven Cotton	Before	82.63	63.64	146.27	25.84	13.74	17.70	141.17
	After	90.43	71.84	162.27	28.45	15.86	20.36	156.37
Woven Poiyester	Before	104.89	70.83	175.71	32.94	16.41	21.14	169.58
	After	111.05	80.18	191.23	36.20	18.10	23.21	181.76

Subject 6

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	103.59	64.33	167.91	26.62	15.66	20.26	161.72
	After	118.98	70.10	189.08	37.39	20.39	26.35	183.35
Knitted Cotton	Before	98.21	62.10	160.31	27.16	15.68	20.24	156.30
	After	105.91	79.88	185.79	33.05	17.13	22.28	178.44
Knitted Poiyester	Before	107.40	65.10	172.51	26.96	15.04	19.52	167.15
	After	98.63	71.34	169.98	32.12	16.34	20.95	161.95
Woven Cotton	Before	131.55	71.20	202.75	34.86	20.14	26.07	172.62
	After	170.91	84.27	255.18	37.63	20.72	26.85	216.50
Woven Poiyester	Before	128.70	75.79	204.50	40.16	22.07	28.45	200.37
	After	134.65	77.60	212.25	43.78	22.40	29.01	202.88

Subject 7

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	105.09	81.02	186.10	33.82	18.26	23.34	165.32
	After	118.56	71.38	189.95	37.31	18.73	24.19	181.52
Knitted Cotton	Before	94.76	78.93	173.69	29.96	16.32	20.89	168.11
	After	97.80	85.87	183.67	32.79	17.57	22.39	171.87
Knitted Poiyester	Before	101.70	84.70	186.41	33.04	18.23	23.37	181.76
	After	115.73	91.38	207.12	36.96	19.79	25.45	194.22
Woven Cotton	Before	103.07	88.54	191.60	36.53	20.41	25.98	188.39
	After	108.85	75.76	184.60	33.23	17.32	22.45	173.33
Woven Poiyester	Before	121.33	74.10	195.42	36.49	19.49	24.94	188.38
	After	116.32	79.43	195.76	36.83	19.54	24.91	185.89

Subject 8

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	112.70	102.73	215.43	35.65	20.51	25.83	196.34
	After	118.16	82.78	200.94	36.71	20.20	25.97	194.25
Knitted Cotton	Before	123.60	82.28	205.88	36.39	22.24	28.71	193.16
	After	144.13	105.56	249.68	43.37	23.80	30.64	234.87
Knitted Poiyester	Before	137.59	97.37	234.96	47.49	25.84	33.08	221.54
	After	159.96	92.44	252.40	52.88	27.27	34.94	239.04
Woven Cotton	Before	111.19	79.57	190.76	36.23	20.22	25.92	182.62
	After	101.65	75.02	176.66	33.68	17.34	22.71	168.12
Woven Poiyester	Before	119.98	88.54	208.53	42.08	21.55	27.84	191.44
	After	131.51	95.42	226.94	44.04	23.45	30.25	220.35

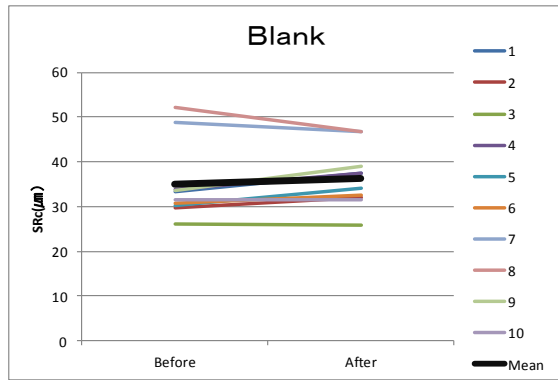
Subject 9

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	103.09	78.65	181.74	38.36	19.27	24.32	179.96
	After	103.03	69.35	172.37	32.73	17.14	22.04	170.62
Knitted Cotton	Before	109.48	68.01	177.49	37.33	18.74	24.14	172.94
	After	118.59	81.74	200.32	41.09	20.78	26.78	192.98
Knitted Poiyester	Before	97.44	74.11	171.55	32.16	16.65	21.22	166.76
	After	93.41	71.56	164.97	27.63	13.83	18.15	159.40
Woven Cotton	Before	93.20	65.32	158.52	27.93	13.82	17.69	155.92
	After	77.86	71.25	149.11	23.91	11.63	15.26	140.29
Woven Poiyester	Before	82.32	83.33	165.65	24.87	12.29	16.15	160.59
	After	98.11	60.99	159.10	28.49	13.73	17.72	146.53

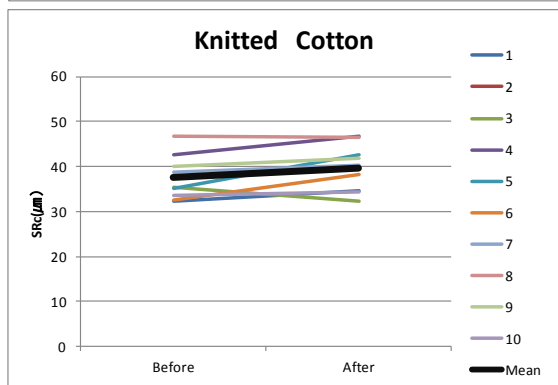
Subject 10

		SRp	SRv	SRz	SRc	SRa	SRq	SRzjis
Blank	Before	109.29	81.02	190.32	35.73	19.30	24.74	186.39
	After	125.88	78.40	204.28	35.25	19.09	25.04	196.69
Knitted Cotton	Before	96.69	83.29	179.98	28.23	16.09	20.63	168.92
	After	85.53	77.65	163.18	25.81	13.47	17.42	144.27
Knitted Poiyester	Before	122.89	84.56	207.45	41.11	21.63	27.83	195.08
	After	124.20	94.00	218.20	38.68	21.57	27.47	206.21
Woven Cotton	Before	113.89	81.55	195.44	33.30	18.87	23.96	179.59
	After	118.01	75.17	193.18	31.26	17.15	22.32	167.73
Woven Poiyester	Before	149.59	92.74	242.33	42.98	24.17	31.64	225.13
	After	138.69	82.02	220.71	44.88	23.70	30.45	211.63

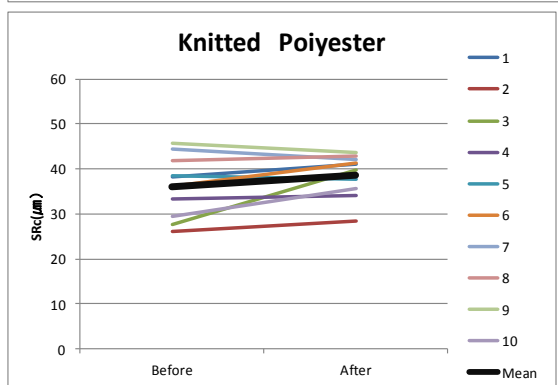
Sample		Before	After	Rate of variability	
Blank	Subject 1	33.41	37.37	11.87	
	Subject 2	29.74	32.02	7.66	
	Subject 3	26.07	25.70	-1.40	
	Subject 4	33.89	37.35	10.23	
	Subject 5	30.11	34.15	13.39	
	Subject 6	30.69	32.51	5.93	
	Subject 7	48.84	46.62	-4.54	
	Subject 8	52.04	46.83	-10.02	
	Subject 9	33.65	38.92	15.68	
	Subject 10	31.39	31.55	0.51	
	Mean		34.98	36.30	3.77
	SD		8.50	6.66	-21.71
SE		2.69	2.10	-21.71	



Sample		Before	After	Rate of variability	
Knitted Cotton	Subject 1	32.29	34.58	7.07	
	Subject 2	37.45	39.61	5.77	
	Subject 3	35.34	32.16	-8.98	
	Subject 4	42.57	46.72	9.74	
	Subject 5	35.03	42.59	21.57	
	Subject 6	32.62	38.09	16.79	
	Subject 7	38.79	40.36	4.04	
	Subject 8	46.63	46.50	-0.27	
	Subject 9	40.04	41.85	4.52	
	Subject 10	33.66	34.35	2.05	
	Mean		37.44	39.68	5.98
	SD		4.64	4.98	7.35
SE		1.47	1.57	7.35	



Sample		Before	After	Rate of variability	
Knitted Poyester	Subject 1	38.22	41.10	7.52	
	Subject 2	26.19	28.35	8.26	
	Subject 3	27.55	39.64	* 43.90	
	Subject 4	33.39	34.17	2.33	
	Subject 5	38.36	37.63	-1.90	
	Subject 6	36.21	41.20	13.78	
	Subject 7	44.30	42.15	-4.84	
	Subject 8	41.78	42.95	2.80	
	Subject 9	45.61	43.50	-4.64	
	Subject 10	29.34	35.63	21.44	
	Mean		36.10	38.63	7.03
	SD		6.86	4.76	-30.64
SE		2.17	1.51	-30.64	



Sample		Before	After	Rate of variability	
Woven Cotton	Subject 1	38.81	39.08	0.70	
	Subject 2	24.74	27.36	10.61	
	Subject 3	32.33	34.61	7.03	
	Subject 4	44.28	44.79	1.15	
	Subject 5	35.27	38.41	8.90	
	Subject 6	28.40	31.94	12.50	
	Subject 7	37.94	37.88	-0.15	
	Subject 8	44.88	44.25	-1.40	
	Subject 9	42.28	47.07	11.33	
	Subject 10	37.65	32.74	-13.02	
	Mean		36.66	37.81	3.16
	SD		6.63	6.30	-4.95
SE		2.10	1.99	-4.95	

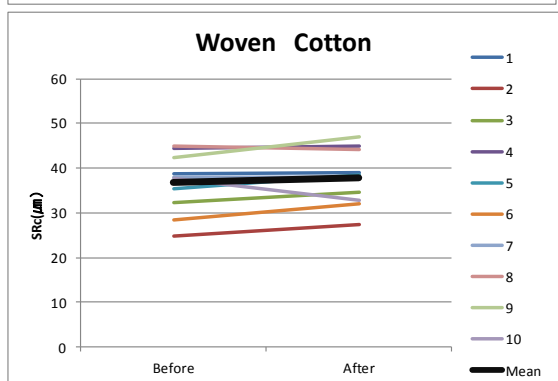


Fig. 5-3-4-1 SRe data of control

Sample		Before	After	Rate of variability
Woven Poyester	Subject 1	34.69	39.50	13.87
	Subject 2	30.99	32.26	4.10
	Subject 3	27.74	29.68	6.99
	Subject 4	29.82	33.68	12.94
	Subject 5	38.14	41.04	7.61
	Subject 6	36.75	30.15	* -17.97
	Subject 7	41.50	50.95	22.78
	Subject 8	40.86	44.22	8.22
	Subject 9	35.11	37.90	7.93
	Subject 10	41.32	41.37	0.13
	Mean	35.69	38.08	6.68
SD	4.95	6.76	36.72	
SE	1.56	2.14	36.72	

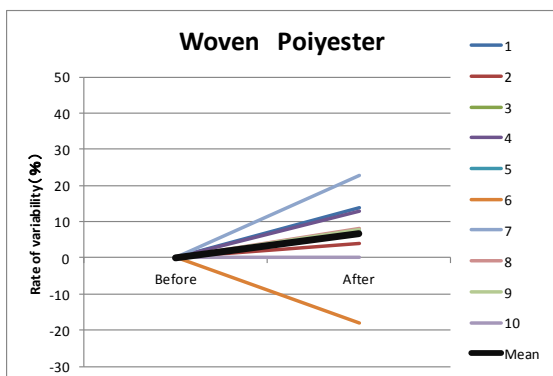
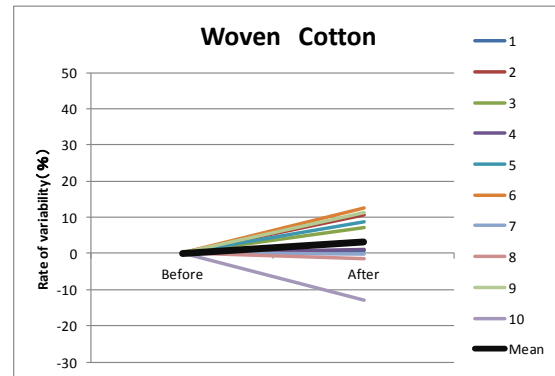
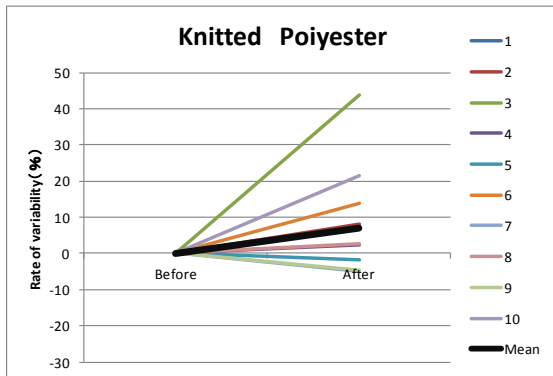
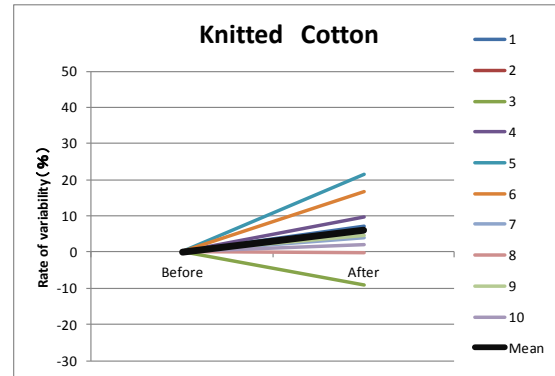
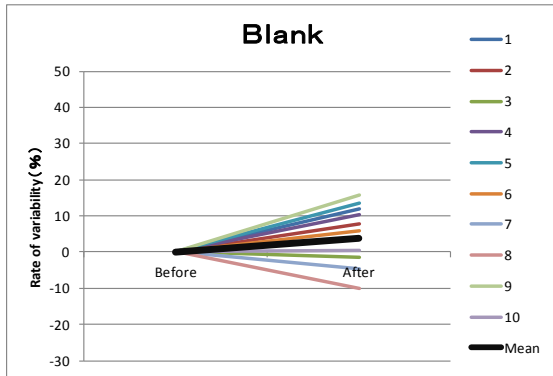
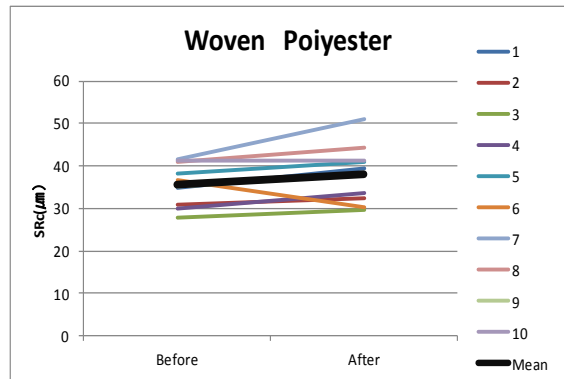
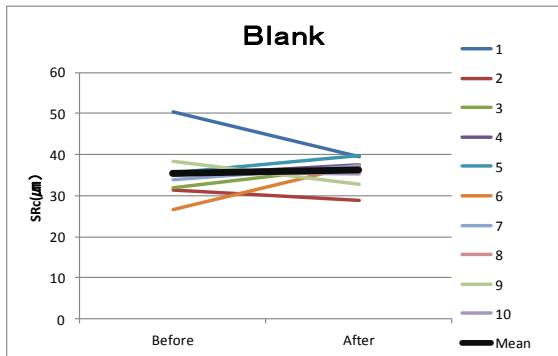
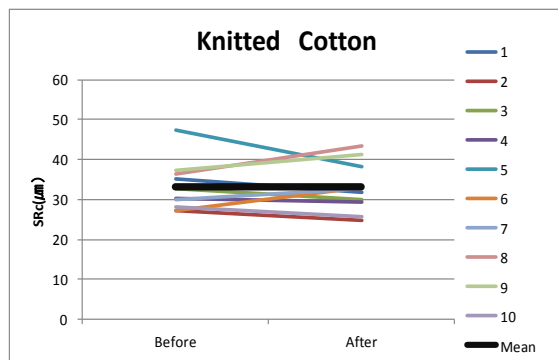


Fig. 5-3-4-2 SRec data of control

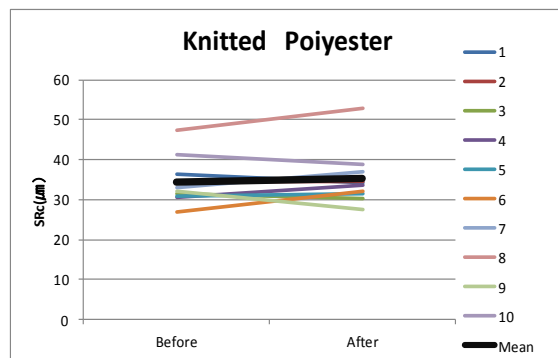
Sample		Before	After	Rate of variability
Blank	Subject 1	* 50.38	39.55	-21.50
	Subject 2	31.44	* 28.94	-7.96
	Subject 3	31.84	37.34	17.27
	Subject 4	34.92	37.42	7.16
	Subject 5	35.59	39.79	11.81
	Subject 6	26.62	37.39	40.48
	Subject 7	33.82	37.31	10.34
	Subject 8	35.65	36.71	2.99
	Subject 9	38.36	32.73	-14.68
	Subject 10	35.73	35.25	-1.34
	Mean	33.77	37.06	2.29
	SD	3.42	2.13	-47.13
SE	1.08	0.67	-47.13	



Sample		Before	After	Rate of variability
Knitted Cotton	Subject 1	34.98	31.86	-8.92
	Subject 2	27.30	24.89	-8.83
	Subject 3	32.73	29.93	-8.55
	Subject 4	30.31	29.33	-3.24
	Subject 5	* 47.38	* 38.10	-19.57
	Subject 6	27.16	33.05	21.67
	Subject 7	29.96	32.79	9.48
	Subject 8	36.39	43.37	19.19
	Subject 9	37.33	41.09	10.05
	Subject 10	28.23	25.81	-8.57
	Mean	31.60	32.46	-0.47
	SD	3.91	6.25	-0.84
SE	1.24	1.97	-0.84	



Sample		Before	After	Rate of variability
Knitted Poyester	Subject 1	36.38	34.07	-6.36
	Subject 2	34.62	34.40	-0.65
	Subject 3	31.58	30.14	-4.57
	Subject 4	30.62	33.65	9.89
	Subject 5	30.73	31.52	2.55
	Subject 6	26.96	32.12	19.12
	Subject 7	33.04	36.96	11.87
	Subject 8	* 47.49	* 52.88	11.36
	Subject 9	32.16	27.63	-14.11
	Subject 10	41.11	38.68	-5.90
	Mean	33.02	33.24	2.13
	SD	4.03	3.37	17.39
SE	1.27	1.07	17.39	



Sample		Before	After	Rate of variability
Woven Cotton	Subject 1	48.42	39.67	-18.08
	Subject 2	33.28	30.78	-7.49
	Subject 3	31.58	36.84	16.66
	Subject 4	43.67	46.70	6.94
	Subject 5	25.84	28.45	10.11
	Subject 6	34.86	37.63	7.93
	Subject 7	36.53	33.23	-9.03
	Subject 8	36.23	33.68	-7.04
	Subject 9	27.93	23.91	-14.37
	Subject 10	33.30	31.26	-6.12
	Mean	35.16	34.22	-2.69
	SD	6.75	6.37	-5.66
SE	2.14	2.01	-5.66	

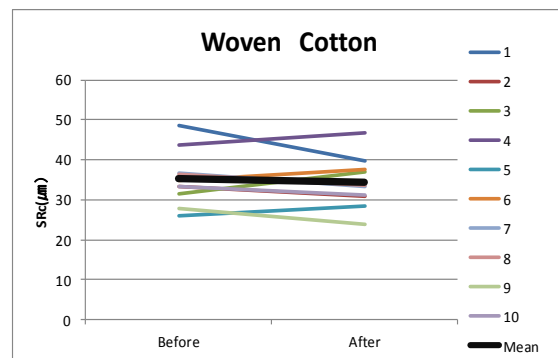


Fig. 5-3-5-1 SRC data of sweating

Sample		Before	After	Rate of variability
Woven Poiyester	Subject 1	30.72	31.34	2.01
	Subject 2	31.46	33.13	5.28
	Subject 3	30.57	32.34	5.80
	Subject 4	40.66	42.86	5.43
	Subject 5	32.94	36.20	9.90
	Subject 6	40.16	43.78	9.01
	Subject 7	36.49	36.83	0.95
	Subject 8	42.08	44.04	4.68
	Subject 9	24.87	28.49	14.54
	Subject 10	42.98	44.88	4.42
	Mean	35.29	37.39	5.94
SD	6.07	6.08	0.21	
SE	1.92	1.92	0.21	

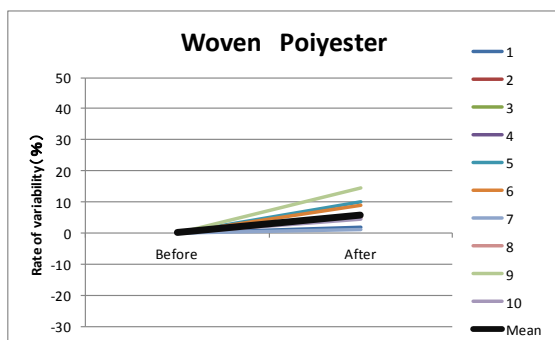
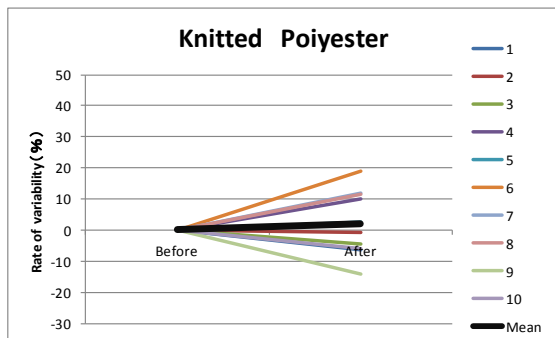
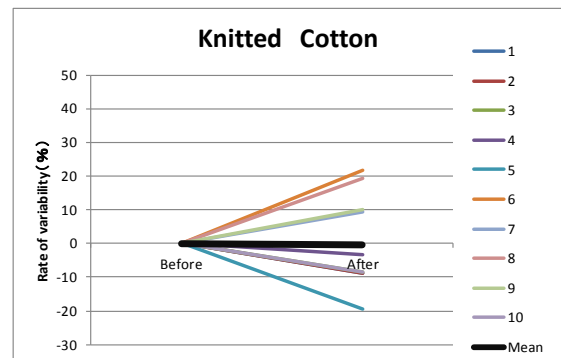
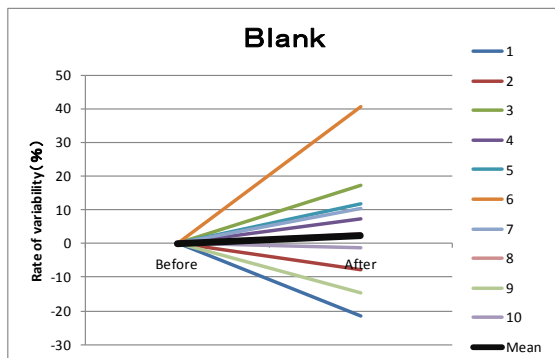
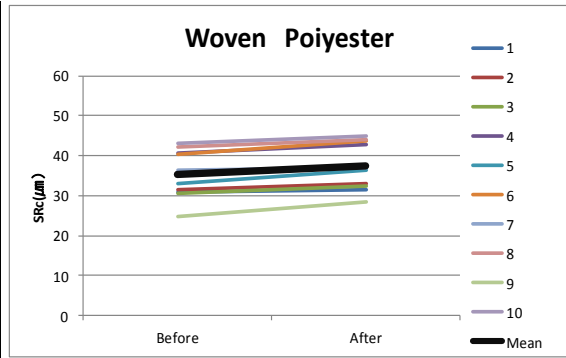


Fig. 5-3-5-2 SRC data of sweating

Sample		Before	After	Rate of variability
Blank	1	213.40	205.70	-3.61
	2	175.15	196.84	12.38
	3	177.58	178.04	0.26
	4	189.84	204.46	7.70
	5	174.80	183.05	4.72
	6	198.82	205.74	3.48
	7	226.79	228.76	0.87
	8	235.57	245.37	4.16
	9	196.24	178.65	-8.96
	10	209.39	175.21	-16.32
	Mean	199.76	200.18	0.21
SD	21.40	23.14	8.12	
SE	6.77	7.32	8.12	
Knitted Cotton	1	203.37	199.94	-1.69
	2	206.96	214.68	3.73
	3	192.69	201.86	4.76
	4	217.04	221.02	1.83
	5	183.85	238.20	29.56
	6	191.30	208.61	9.05
	7	216.66	199.30	-8.01
	8	232.74	232.58	-0.07
	9	203.50	190.74	-6.27
	10	185.00	193.13	4.40
	Mean	203.31	210.00	3.29
SD	15.70	16.29	3.77	
SE	4.96	5.15	3.77	
Knitted Poyester	1	222.05	233.90	5.34
	2	181.84	171.66	-5.60
	3	181.97	192.95	6.03
	4	170.91	199.59	16.78
	5	197.37	190.41	-3.53
	6	210.29	222.05	5.59
	7	202.94	207.11	2.05
	8	209.34	233.66	11.62
	9	234.32	226.16	-3.48
	10	189.45	208.36	9.98
	Mean	200.05	208.58	4.27
SD	19.68	20.50	4.17	
SE	6.22	6.48	4.17	
Woven Cotton	1	198.33	205.60	3.66
	2	182.30	178.04	-2.34
	3	200.53	188.12	-6.19
	4	197.45	234.71	18.87
	5	182.46	198.95	9.04
	6	183.83	188.99	2.80
	7	186.78	198.47	6.26
	8	230.63	210.29	-8.82
	9	229.77	252.40	9.85
	10	211.46	189.24	-10.51
	Mean	200.35	204.48	2.06
SD	18.32	22.97	25.40	
SE	5.79	7.27	25.40	

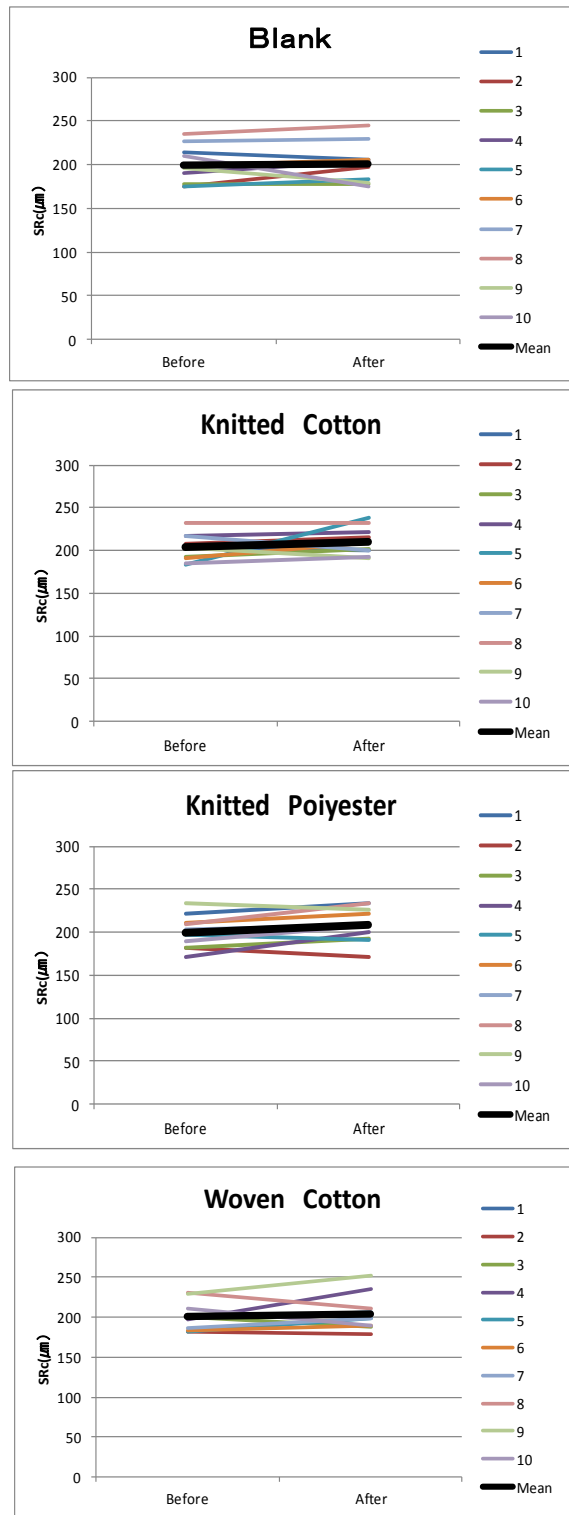


Fig. 5-3-6-1 SRz data of control

Sample		Before	After	Rate of variability
Woven Poyester	1	210.20	216.18	2.84
	2	183.24	182.47	-0.42
	3	171.20	180.89	5.67
	4	188.10	197.82	5.17
	5	190.75	202.62	6.22
	6	209.51	181.65	-13.30
	7	221.39	217.85	-1.60
	8	209.25	222.33	6.25
	9	183.54	207.92	13.28
	10	209.06	206.35	-1.30
	Mean	197.62	201.61	2.02
	SD	16.23	15.55	-4.19
SE	5.13	4.92	-4.19	

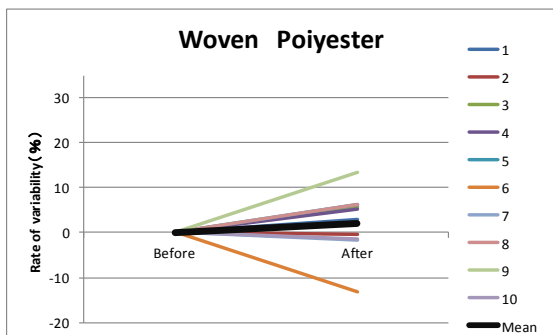
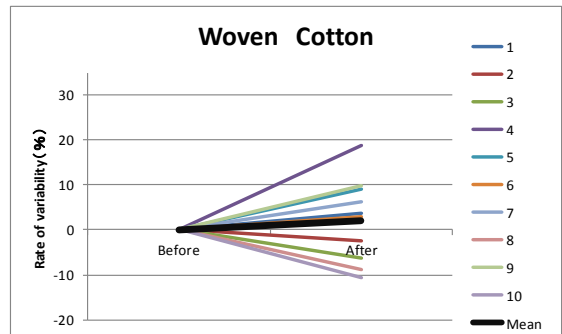
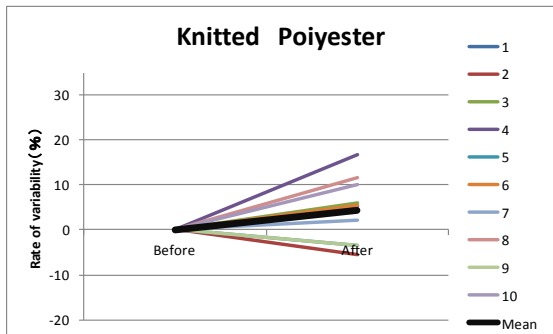
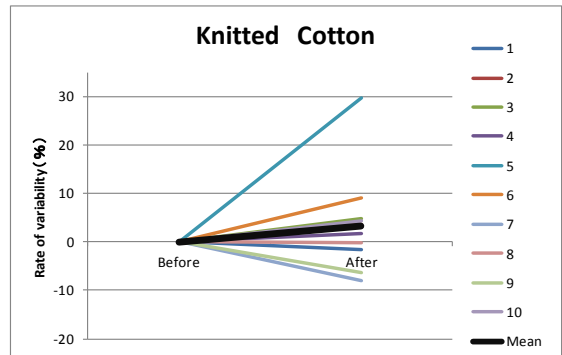
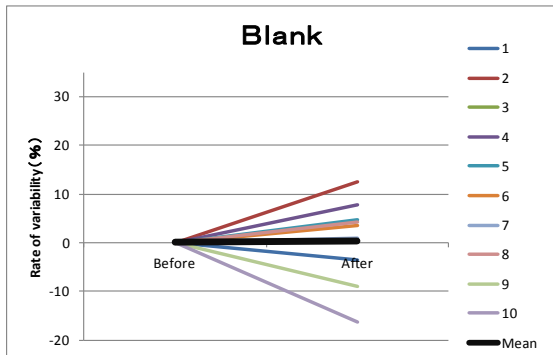
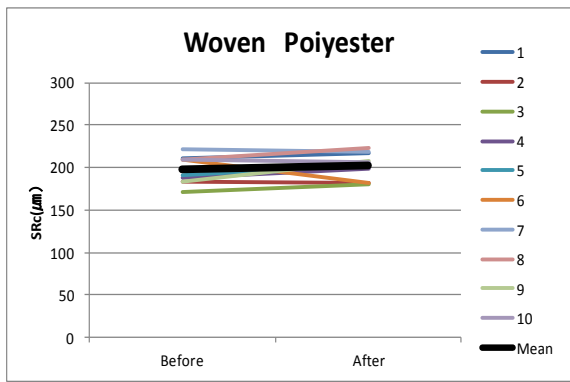


Fig. 5-3-6-2 SRz data of control

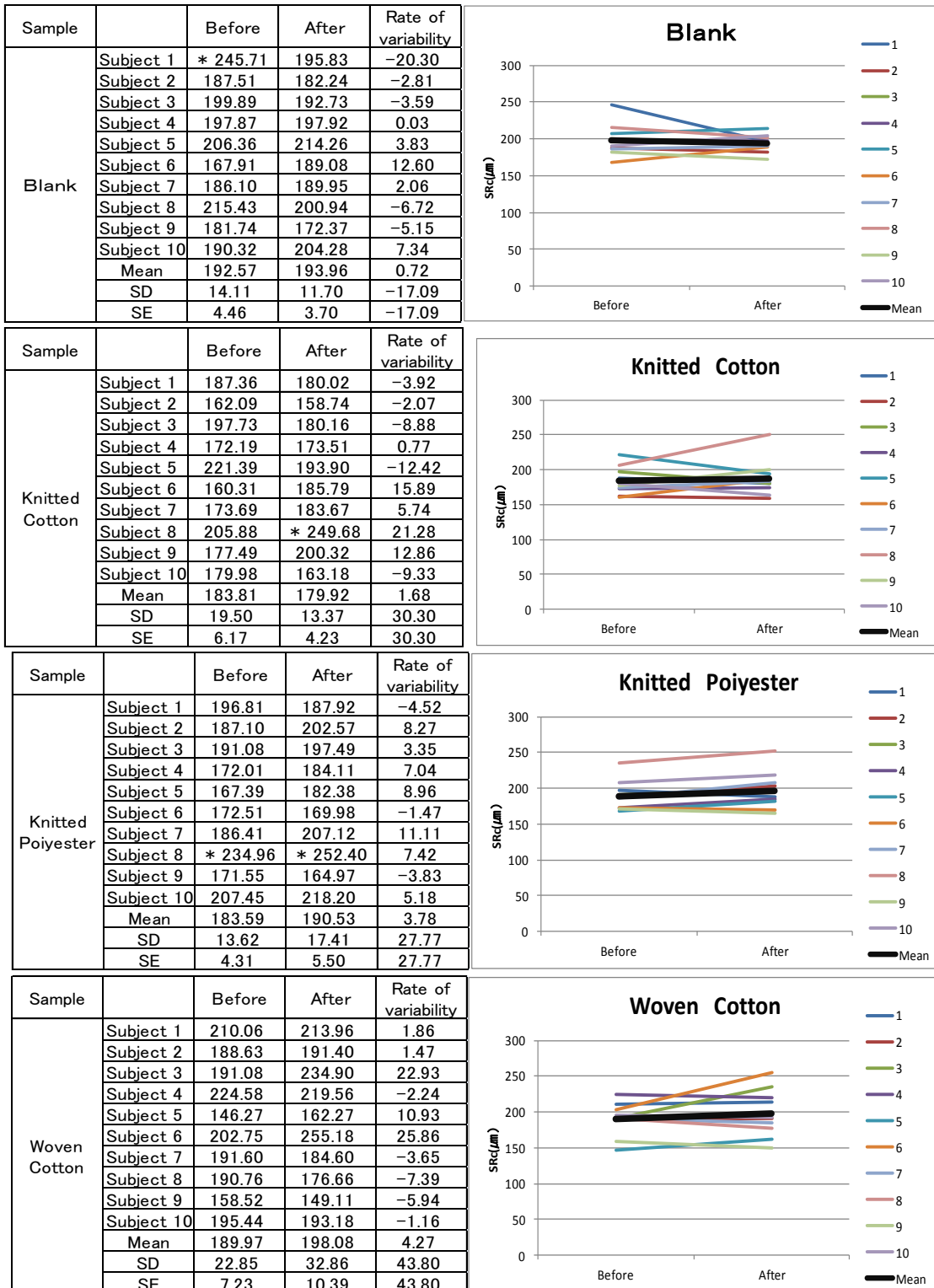


Fig. 5-3-7-1 SRz data of sweating

Sample		Before	After	Rate of variability
Woven Poiyester	Subject 1	174.47	177.95	1.99
	Subject 2	179.50	204.92	14.16
	Subject 3	195.99	189.31	-3.41
	Subject 4	220.55	201.13	-8.80
	Subject 5	175.71	191.23	8.83
	Subject 6	204.50	212.25	3.79
	Subject 7	195.42	195.76	0.17
	Subject 8	208.53	226.94	8.83
	Subject 9	165.65	159.10	-3.95
	Subject 10	242.33	220.71	-8.92
	Mean	196.26	197.93	0.85
SD	23.68	20.15	-14.89	
SE	7.49	6.37	-14.89	

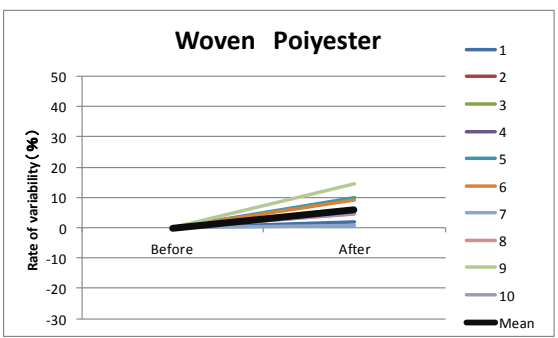
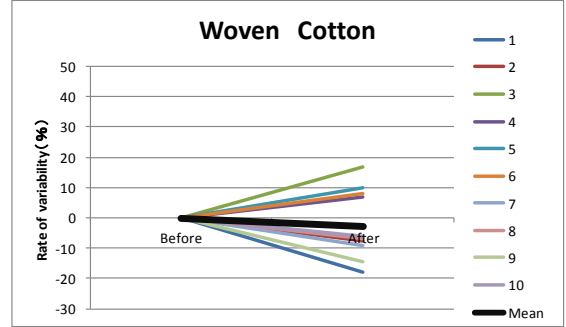
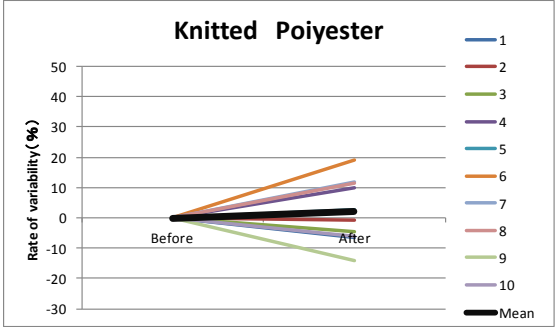
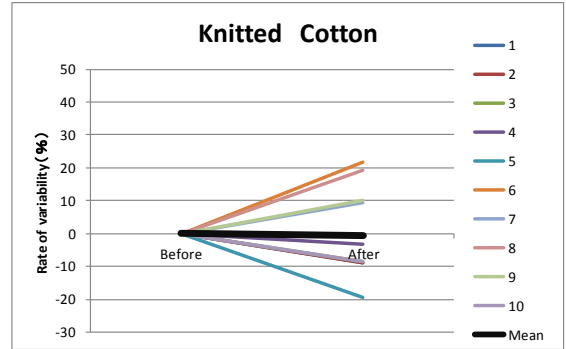
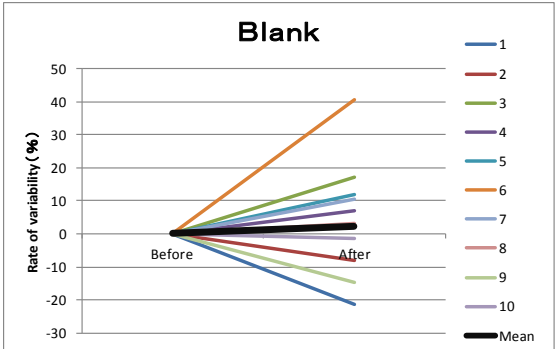
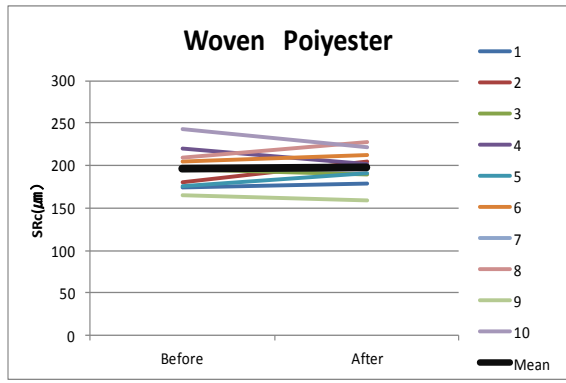


Fig. 5-3-7-2 SRz data of sweating

Table 5-3-5 The *SRz* value after friction under the control condition (n=10)

	Knitting Cotton	Knitting Poyester	Woven Cotton	Woven Poyester
1	199.94	233.90	205.60	216.18
2	214.68	171.66	178.04	182.47
3	201.86	192.95	188.12	180.89
4	221.02	199.59	234.71	197.82
5	238.20	190.41	198.95	202.62
6	208.61	222.05	188.99	181.65
7	199.30	207.11	198.47	217.85
8	232.58	233.66	210.29	222.33
9	190.74	226.16	252.40	207.92
10	193.13	208.36	189.24	206.35
Mean	210.00	208.58	204.48	201.61
SD	16.29	20.50	22.97	15.55
SE	5.15	6.48	7.27	4.92

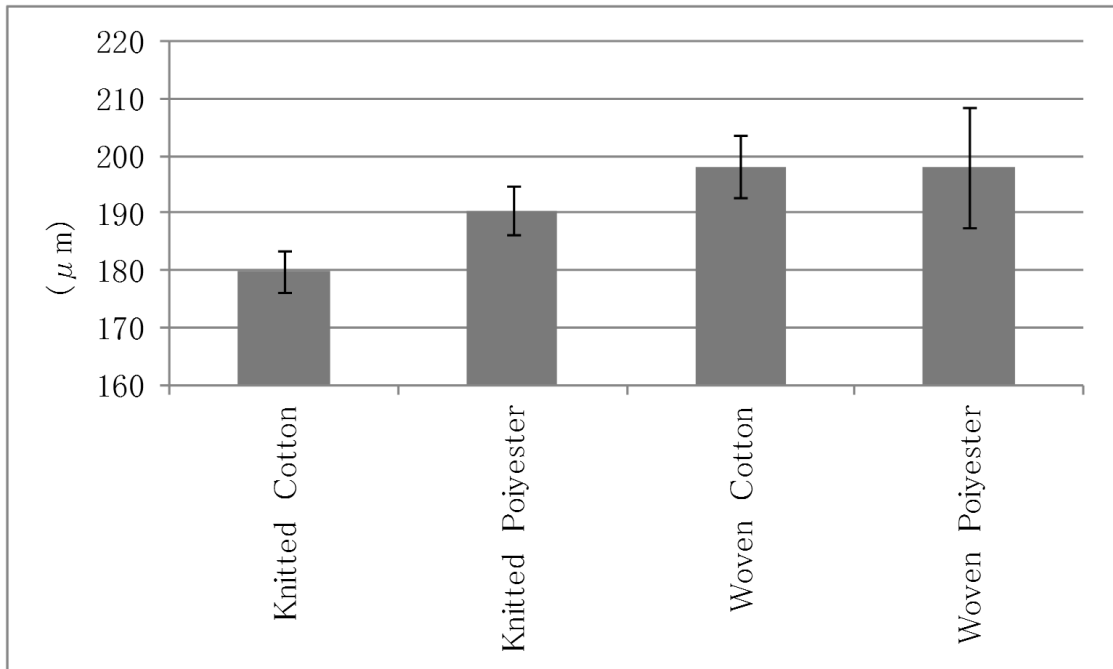


Fig. 5-3-8 The *SRz* value after friction under the control condition (n=10)

Table 5-3-6 The *SRz* value after friction under the control condition (n=10)

	Knitted Cotton	Knitted Poiyester	Woven Cotton	Woven Poiyester
1	180.02	187.92	213.96	177.95
2	158.74	202.57	191.40	204.92
3	180.16	197.49	234.90	189.31
4	173.51	184.11	219.56	201.13
5	193.90	182.38	162.27	191.23
6	185.79	169.98	255.18	212.25
7	183.67	207.12	184.60	195.76
8	*249.68	*252.40	176.66	226.94
9	200.32	164.97	149.11	159.10
10	163.18	218.20	193.18	220.71
Mean	179.92	190.53	198.08	197.93
SD	13.37	17.41	32.86	20.15
SE	4.23	5.50	10.39	6.37

* : 外れ値

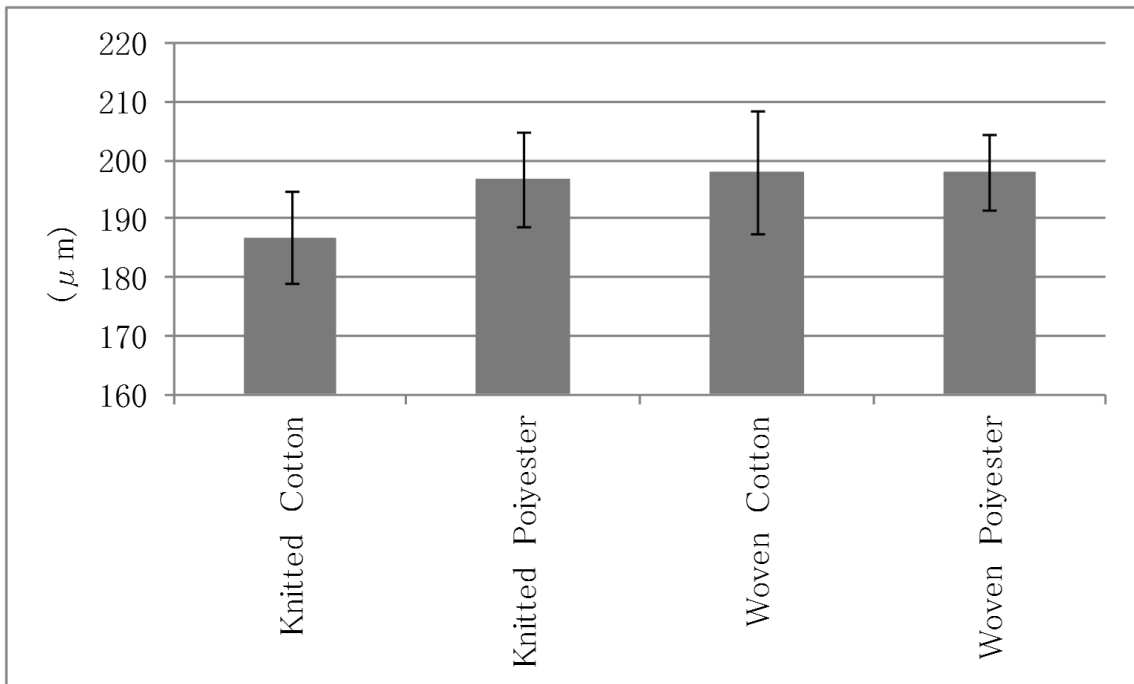


Fig. 5-3-9 The *SRz* value after friction under the sweating condition (n=10)

Table 5-3-7 The results of analysis of variance.

Factor	D.F.	F-value	P-value
Temperature	1	9.52	0**
Textile weave	1	0.48	0.49
Material	1	0.11	0.75
Temperature × textile weave	1	4.07	0.05*
Temperature × material	1	0.61	0.44
Textile weave × material	1	0.42	0.52
Temperature × textile weave × material	1	0.24	0.62
Error	70		
Total	77		

** : P < 1% * : P < 5% significant difference

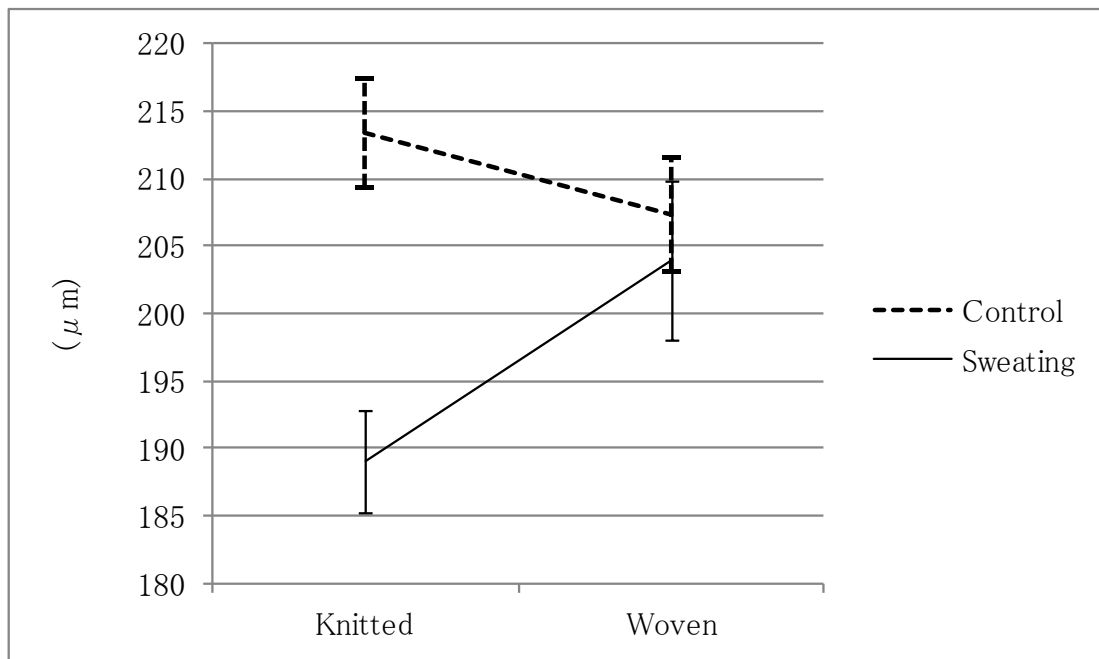


Fig. 5-3-10 Average value of each level of *Skz* in environment × structure

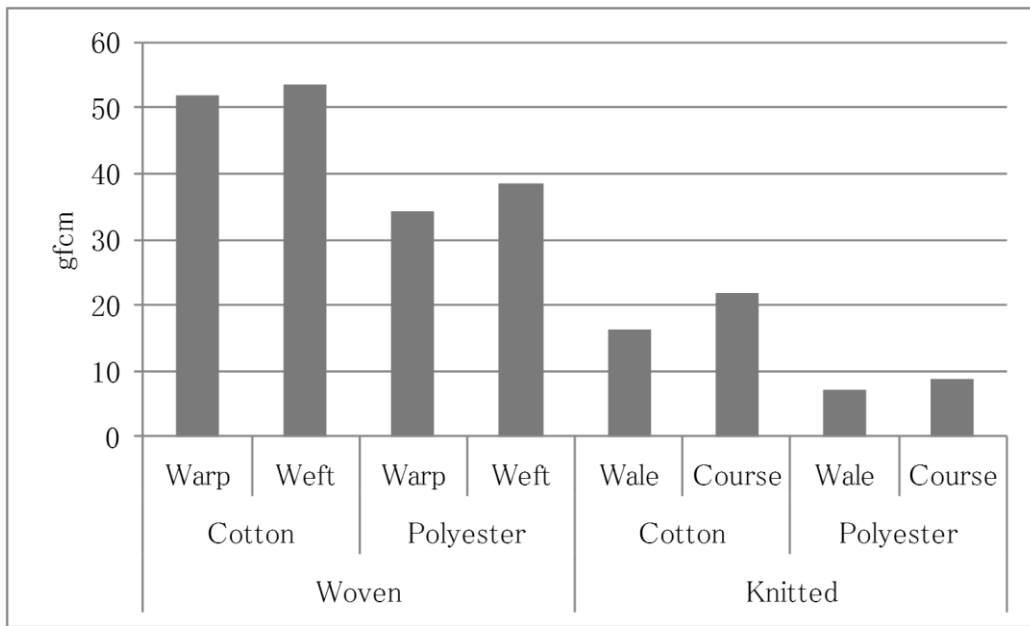


Fig. 5-3-11 Bending resistance

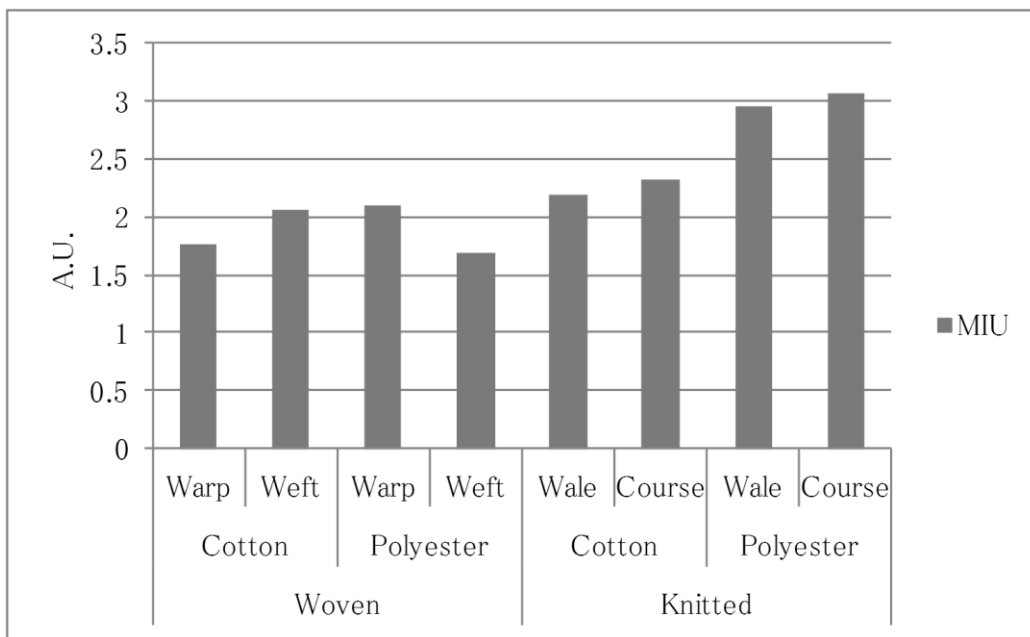


Fig. 5-3-12 Frictional coefficient (MIU)

5. 4 考察

中立条件下、暑熱条件下での大腿内側における皮膚性状の計測結果より、水分、油分共に、暑熱条件下の値が有意に大であることが確認され（表 5-3-2, 図 5-3-3）、設定した環境条件に被験者が十分順応していると示された。

皮膚粗さパラメータを検討するに当たり、大腿部における皮膚粗さパラメータ SRz（最大山谷距離）の摩擦後から摩擦前の差分を考えたが、摩擦前の数値が中立条件下 200. 22 ± 17. 22, 暑熱条件下 191. 93 ± 21. 42 と標準偏差が大きく、差分を取ることでデータのばらつきがより大きくなり、傾向を読み取ることが難しいため、摩擦後データのみ取り扱った。各環境条件下（中立条件と暑熱条件）における被験者の肌状態は、水分・油分共に暑熱条件下で有意に値が大きく（表 5-3-7）、被験者が十分に環境に順応している様子が確認された。摩擦後 SRz は、中立条件下に比べ、暑熱条件下の値が概して低い傾向を示した（図 5-3-8 図 5-3-9）。得られた値に対し、多元配置分散分析を行い、環境（中立条件・暑熱条件）、組織（編物・織物）、組成（綿・ポリエステル）の 3 因子の影響を検討した結果（表 5-3-7）、環境因子は摩擦後 SRz に有意に影響すると認められた。SRz は皮膚粗さパラメータにおける最大山谷距離、即ち、皮溝・皮丘間距離の最大値を表している。中立条件下に比べ、暑熱条件下の摩擦後 SRz が有意に小さい値を示したのは、発汗に伴う角質層の湿潤・膨潤により皮膚が軟らかくなり、摩擦で容易に削られ、表面が平滑化したためと考えられる。皮膚の摩擦が発汗状態に影響されることは、以前より指摘され^{10, 18)}、皮膚表面の相対湿度が皮膚刺激に大きく影響されるとも報告されている⁷⁾。本結果もまた、発汗を伴う運動時の衣素材摩擦による皮膚への影響について、注意を促す裏付けの一つとなる。

環境以外の 2 因子、組織、組成で、どちらも有意な関わりは認められなかったが、因子間の交互作用については、環境と組織に危険率 5%の有意が認められ（表 5-3-7）、暑熱下での編物の摩擦が値を大きく低下させると明らかになった（図 5-3-10）。編物は織物に比べ、綿・ポリエステル共に、剛軟度が小さく（表 5-2-2-1, 図 5-3-11）、布地の硬さからは皮膚へのダメージが少ないと予測された。中立条件下では、織物による摩擦後 SRz が、編物より低い傾向を示し（図 5-3-8 図 5-3-9）、剛軟度大の織物が、編物より皮膚に影響を及ぼすと考えられた。しかし、編物の摩擦係数 MIU は織物より大きく（表 5-2-2-1, 図 5-3-12）、皮膚上を滑りにくい、即ち、皮膚に密着し接触面積が大きい。暑熱条件下、発汗が生じ軟らかくなった皮膚に対し、滑りにくい編物がより接触しながら摩擦されることで、表面平滑化が進んだと考えられる。

本結果で、素材による影響に差異は示されなかったものの、15hpa・60bpm・20 回という摩擦手法が、素材の検討に十分であったかは明らかでなく、摩擦の圧力、速度、回数を変えてのさらなる測定を要する。

本研究により、動作に伴い生じる衣服の摩擦が、皮膚表面微細三次元構造に影響することが明らかとなった。本研究では、健康肌の被験者を対象としたが、敏感肌申告者は生理学的・形態学的に皮膚性状が異なるとされ¹⁹⁾、今後、被験者層を拡大しての、大規模な衣

素材摩擦実験を目指す。アトピー性皮膚炎またはアトピー体質を申告する成人が、衣服の素材やスキンケアには注意するものの、衣服の締め付けに対して特に気を付けていないとの報告もあり²⁰⁾、本領域の研究の必要性は今後さらに増すと考えられる。

5. 5 総括

健康肌の若年女子 10 名を被験者として、異なる環境条件下、異なる組織と組成の試料で摩擦を行い、皮膚表面微細三次元構造について検討した。その結果、以下が明らかとなった。

- (1) 皮膚摩擦実験では、皮溝・皮丘間距離の最大値を表す皮膚粗さパラメータ SR_z が、中立条件下に比し暑熱条件下で有意に低く、発汗に伴う角質層の湿潤・膨潤により軟化した皮膚の、摩擦による表面平滑化が示唆された。
- (2) 組織と組成の異なる 4 種の衣素材で SR_z を比較した結果、暑熱下での編物の摩擦が値を有意に低下させた。織物より滑りにくい編物による摩擦が、発汗し軟化した皮膚のさらなる平滑化を招いたと示唆された。

今後は、摩擦手法のさらなる検討による衣素材の比較、被験者層を増やしての摩擦実験実施を目指す。

引用・参考文献

- 1) 河合淳, 中川幹雄, 中村健: 繊維製品と皮膚障害, 繊維学会誌, 51 (12) ; 497-502 (1995)
- 2) 原田隆司, 土田和義, 苅坂佳世子, 入矢昌子, 皮膚伸びと衣服伸び, 繊維機械学会誌, 36 (6) ; 275-279 (1983)
- 3) 手島馨, 伊藤隆一, 河合敬一, 河合淳, 北村恵之助, 近藤智史, 武内博文, 徳永元次, 中川幹雄, 奈良龍吉, 細谷敏博, 弓削治, 布のかたさと皮膚刺激性, 皮膚, 35 (4) ; 461-470 (1993)
- 4) 近藤智史, 伊藤隆一, 河合敬一, 河合淳, 北村恵之助, 武内博文, 手島馨, 徳永元次, 中川幹雄, 奈良龍吉, 細谷敏博, 弓削治, 硬仕上加工布の力学特性及び風合いと皮膚刺激性, 繊維製品消費科学, 36 (6) ; 40-50 (1995)
- 5) 眞鍋郁代, 諸岡英雄, 諸岡晴美, 中橋美幸, 繊維製品による摩擦刺激が皮膚に与える影響, 倉敷市立短期大学研究紀要, 50, 41-45 (2009)
- 6) 諸岡晴美, 坂本雅司, 笹原亮, 諸岡英雄, 卵殻膜加工布がヒトの皮膚性状に及ぼす影響, 繊維学会誌, 64 (2) ; 51-56 (2008)
- 7) 出口潤子, 五十嵐亮介, 加々良靖之, 金谷薫, 河合淳, 神田和三, 北尾朱美, 柴田英夫, 滝澤清, 西川哲二, 福田稔, 宮崎仁, 宮澤清, 繊維の乾燥・湿潤状態における特性と皮膚刺激性-皮膚表面の相対湿度が皮膚刺激性に与える影響-, 繊維製品消費科学, 49 (10) ; 703-710 (2008)
- 8) 被服学事典, 28-31, 朝倉書店 (2016)
- 9) 出口潤子, 五十嵐亮介, 加々良靖之, 金谷薫, 河合淳, 神田和三, 北尾朱美, 柴田英夫, 滝澤清, 西川哲二, 福田稔, 宮崎仁, 宮澤清, 繊維の皮膚刺激性評価法-閉塞法と河合法の比較-, 繊維学会誌, 63 (8) ; 200-204 (2007)
- 10) 朴曝熙, 田村照子, 共焦点レーザー顕微鏡による皮膚表面性状の分析-発汗による湿潤の影響-, 繊維製品消費科学, 51 (4) ; 338-345 (2010)
- 11) 勝村芳雄: 低刺激性・低アレルギー性化粧品の研究開発の現状と課題, *Fragrance journal*, 22 ; 25-34 (1994)
- 12) 徐賢敏, 田村照子, 佐藤真理子, ストレッチ性下衣における静的・動的衣服圧の実態-着衣断面形状, 皮膚伸縮特性及び素材の強伸度特性を要因として-, 投稿中
- 13) 松井有子, 衣服による摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響-走査型共焦点レーザー顕微鏡を用いて-, 73-113 (2010)
- 14) 山田由佳子, 新宅桂, 奥窪朝子, 衣服による皮膚障害の最近の動向-1981年調査との比較-, 大阪教育大学紀要, 49 (2) ; 123-136 (2001)
- 15) 成瀬正春, 内田有紀, 平岩暁子, 衣服による皮膚障害と肌に優しい衣服の認知度-東海地区の女子大生-, 繊維製品消費科学, 47 (12) ; 764-771 (2006)
- 16) 佐藤真理子, 田村照子, スポーツウェアのトライボロジー, *トライボロジスト*, 58 (1) ; 10-16 (2013)

- 17) 三ツ井紀子, 被服による皮膚障害の実態と変遷, 千葉大学教育学部研究紀要, 60, 47-53 (2012)
- 18) T. Murakami, N. Ohtsuki, H. Higaki, The adaptive mode lubrication in biotribological systems, Proc. International Tribology Conference, Jpn. Soc. Of Tribologists, 1981-1986 (1995)
- 19) 朴曝熙, 田村照子, 共焦点レーザー顕微鏡による皮膚表面性状の分析-体部の異なる肌質自覚群間の比較・検討-, 繊維製品消費科学, 51 (10) ; 785-791 (2010)
- 20) 今村律子, 成人型アトピー性皮膚炎と衣生活との関わり, 日本生理人類学会誌, 10 (1) ; 20-21 (2005)

第 6 章

総括

1959年に米国デュポン社により開発されたポリウレタン弾性繊維 LYCRA[®]は、その高伸縮性、耐熱性、優れた染色性などが高く評価され、現在、スポーツ領域から日常着、下着に至る広範な領域で多く利用されている。一方、厚生労働省によれば、アトピー性皮膚炎の患者数は、2002年あたりから徐々に増加の傾向にあり、2016年には456,000人に達したという。このような皮膚の脆弱化傾向を背景に、ポリウレタン繊維を混用したストレッチ性衣服が広く老若男女に受け入れられ、特に日常着のみならずスポーツのように激しく身体を動かす運動状況において着用されている現状においては、密着型衣服の摩擦による皮膚のトラブル、障害の発生が懸念された。

本研究では、まず運動時の衣服と皮膚の摩擦に着目し、日本と中国の若年女子を対象に、スポーツウェア着用の実態と皮膚摩擦による皮膚トラブルに関する実態調査を行った。次に、成人女性を対象として、ストレッチ性の異なる3種の下衣着用時の静的・動的的衣服圧分布・変動を測定し、ストレッチ衣服の負荷のレベルとこれを生起させる要因を、人体の形状、運動変形、試料布の引っ張り伸長特性の側面から検討し、皮膚と衣服間の摩擦について考察を加えた。最後に、健康肌の若年女子を対象に、中立と暑熱の2種の環境条件下、組成と組織の異なる4試料を用いて、大腿内側を摩擦したときの皮膚表面微細三次元構造への影響について検討し、今後のストレッチ性下衣の衣服設計に資することを目的とした。

本論文は以下の6章により構成されている。

第1章「序論」では、本研究の社会的背景及び先行研究を精読し、本研究の目的、意義について記述した。社会的背景は、1) ポリウレタン繊維の開発と普及 2) スポーツアパレル市場への展開 3) 現代社会における敏感肌・アトピー性皮膚炎増加の現状と課題について紹介した。また、文献的背景は、1) 衣料障害の実態に関する研究 2) 衣料障害の原因分析について 3) 衣服圧に関する研究 4) 動作に伴う皮膚伸縮に関する研究 5) 被服材料の伸縮特性と衣服圧に関する研究 6) 皮膚性状の評価方法に関する研究に分けて記述した。

第2章「運動時衣服と皮膚の摩擦に関する実態調査」では、運動時の衣服と皮膚の摩擦の実態について明らかにするため、日本(東京)と中国(武漢)の若年女子を対象に、運動時の衣服と、これによる皮膚摩擦に関する調査を行った。結果は以下が明らかとなった。

- (1) スポーツ時に皮膚と衣服の摩擦による不快を感じている人は、日本で約40%、中国で約65%であった。摩擦の不快を感じる季節は、日本では夏が47.5%と明らかに多く、中国では冬・秋・夏がどれも約30%と同程度であった。不快を感じる部位としては、日本、中国共に、胸、大腿内側、腋窩が多く挙げられた。
- (2) 運動時の着用衣服として、日本では下衣にポリウレタン素材が多く挙げられ、ぴったりしたものを着用すると答えた人は60%以上であった。それに対し、中国では、上衣、下衣共に綿が50%以上を占め、密着度は普通との回答が多かった。

第3章 「下衣の静的・動的衣服圧」では、成人女子10名を対象に、ストッキング(S)、伸縮パンツ(P)、ジーンズパンツ(J)の静立時衣服圧分布および歩行時動的的衣服圧変動を測定し、これと、下半身3次元形状、下半身着衣の衣服圧について検討し考察を加えた。結果は以下が明らかとなった。

- (1) 静立時衣服圧の平均値は、Sで2.98~9.64, Pで0.0~10.79, Jは1.69~11.61hPaに分布し、腹部前突、大腿最大囲後面、下腿最大囲前・後面など衣服と人体が接触伸長している部位では、J, P, Sの順に高く素材の伸長特性が反映された。一方、下腿最小囲では、非接触のJ, Pと接触伸長するSで大きく異なった。大腿内側では、被験者の体型により皮下脂肪の移動と内側相互の接触による高い衣服圧が観察されたが、いずれの試料も不快を感じない衣服圧の範囲にあった。
- (2) 歩行時、各部位の衣服圧は歩行のリズムと共に一定の変動パターンを示しているが、着衣によってそのパターンは異なった。いずれの着衣条件でも12部位中膝蓋中点における衣服圧変動が最も大きく、そのほかの部位の衣服圧変動は2.0hPa以下に留まった。

第4章 「運動時衣服圧の生起要因と皮膚・衣服間ずれに関する検討」では、成人女子10名を対象に、座位基本姿勢・歩行時姿勢における皮膚伸長率を求め、素材の引張伸長特性との関係から、下半身着衣の衣服圧並びにずれの要因について検討し考察を加えた。結果は以下が明らかとなった。

- (1) 座位姿勢並びに歩行姿勢における各部位皮膚の伸縮特性は、姿勢・部位によって異なり、長軸方向と直交方向の伸縮が拮抗する大腿後面・下腿最少囲前面などと、両方向で伸長する膝部などに分けられ、後者で歩行に伴う高い衣服圧変動が示された。
- (2) 動的的衣服圧変動が最大であった膝蓋部に焦点を絞り、歩行時皮膚伸び率と同様に着衣が変形すると仮定した際の衣服圧をKirkの式により推定するとともに、歩行時衣服圧の実測値と比較した。結果、Sの実測圧は推定圧の約75%、Pでは約39%であったのに対しJでは0.01%と大きく乖離し、素材の伸長応力が大きいほど皮膚と衣服間のずれが大きいことが示唆された。

第5章 「素材の摩擦が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響」では、健康肌の若年女子10名を被験者として、異なる環境条件下、異なる組織と組成の4試料で摩擦を行い、皮膚表面微細三次元構造について検討した。その結果、以下が明らかとなった。

- (1) 皮膚摩擦実験では、皮溝・皮丘間距離の最大値を表す皮膚粗さパラメータSRzが、中立条件下に比し暑熱条件下で有意に低く、発汗に伴う角質層の湿潤・膨潤により軟化した皮膚の、摩擦による表面平滑化が示唆された。
- (2) 組織と組成の異なる4種の試料でSRzを比較した結果、暑熱下での編物の摩擦が値を有意に低下させた。織物より滑りにくい編物による摩擦が、発汗し軟化した皮膚のさらなる平滑化を招いたと示唆された。

第6章 「総括」では各章をまとめ、研究全体の結論を記述した。

本研究により、ポリウレタン混用の伸縮素材が現代の衣生活を機能的に向上させる一方、発汗を伴う運動時、衣服の摩擦による皮膚への影響があることへの注意が喚起された。本結果は、皮膚摩擦の観点から、衣生活の質向上に寄与するもので、被服環境学分野に貢献するものと期待される。

謝辞

研究を終えるに当たり、終始ご懇篤なご指導を賜りました文化学園大学大学院生活環境学研究科名誉教授田村照子先生、並びに同研究科教授佐藤真理子先生に、深甚なる感謝の意を表します。田村教授からは、本研究領域の知識が乏しく、かつ日本語が不十分であった留学生の私に、被服機能学全般はもとより、研究テーマの設定、研究方法に関しましてひとかたならぬご指導・ご鞭撻を賜りました。また、佐藤教授からは、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂き、実験のご指導のみならず論文の執筆においても、多大なご厚情を賜りました。お二人のご指導なくして本研究の完成はなかったと、ここに心より厚く御礼申し上げます。また、機能デザイン学研究室の皆様、小柴朋子教授、永井伸夫教授、須田理恵准教授、松井有子助手、李恩真副手、青木識子副手には、様々な場面で貴重なご助言をいただき、時に励まし声をかけていただきました。特に、松井有子助手には、衣服と皮膚の摩擦に関しまして最新の手法を細部にわたるまでご指導いただき、研究を推進することができました。この場を借りて研究室の皆様にも厚く御礼申し上げます。

日本体育大学の井川正治教授、並びに武漢紡織大学の李舒先生には、日本と中国における体育大学系の学生を対象とするアンケート調査へのご指導ご協力をいただきました。貴重な時間を割いて回答してくれた学生さんたちと合わせて、ご協力いただいた皆様から感謝の気持ちを込めて御礼を申し上げます。

また、大学院生活をともに過ごし、支えていただきました、瀬尾香さん、竹瀟瀟さん、危希曦さん、汪清さん、及び博士号を修得終了した傳法谷彩乃さん、宋セイさん、又研究室の皆様にも感謝します。特に、いつも日本文化を紹介したり、励ましてくださったり、付き合ってくださいました瀬尾香さんに心より感謝いたします。皆さんのおかげで、充実した学生生活を過ごすことができ、このご温情のおかげをもちまして、本論文を仕上げることができました。厚くお礼申し上げます。

そして、同大学学生課宮本朱課長には、貴重な御理解と暖かい慰めをいただき、本当に有難うございました。

さらに、本研究に被験者を引き受けていただいた同大学の皆様にも感謝いたします。

最後、留学生生活を支え、いつも暖かく私を見守ってくれた両親へ深い感謝の気持ちを表します。