

スポーツウェア素材の伸張回復性と 人の動作拘束性との関連

金 沢 大 学 松 平 光 男

Relationship Between Extension Recoverability of Sportswear Materials and Body Motion Restriction

by

Mitsuo Matsudaira
Kanazawa University

ABSTRACT

Basic mechanical properties and surface properties of sportswear fabrics are measured and those parameters are regressed with subjective values concerning extension recoverability and body motion restriction. Objective evaluation equations for items such as "Stretchy", "Recoverable", "Good handle", "Strong restriction", "Easy to move", are developed from the mechanical parameters.

"Stretchy" sportswear fabrics are highly agreed with "Easy to move" fabrics, and are negatively coincident with "Strong restriction" fabrics in the point of correlation coefficients between subjective evaluation and the coefficients of those objective evaluation equations. These three items have high correlation with EMT-1(maximum elongation in wale direction), and are determined mostly by the value. This result corresponds to the manner of subjective evaluation test, in which panels bend and stretch sportswear fabrics in wale direction with their elbows.

"Recoverable" is decided mainly by maximum elongation in course direction.

要 旨

スポーツウェア素材の伸張、回復に関連すると考えられる基本力学的特性、表面特性を測定し、これらの値と、被験者による主観評価で求めた伸張回復性や動作拘束感とを回帰することにより、“伸びやすい”“回復しやすい”、“肌触りがよい”、“拘束力が強い”、“動かしやすい”の項目について、素材の物性値から客観評価可能な式を開発できた。“伸びやすい”、スポーツウェア素材は”動きやすい”と正の相関が強く、“拘束力が強い”とは負の相関が強い。これらの項目はすべてウェール方向の最大伸び率との相関が強く、この値によって、三項目がほぼ決定される。これは、被験者の評価が肘をウェール方向に曲げ伸ばしたことに対応する。“回復しやすい”については、コース方向の伸び率の効果が大きい。

緒 言

スポーツウェアの素材的な検討は、スポーツ時の大きな変形に対応するため、ポリウレタン系繊維を含有したニット構造布の強度や伸張特性に集中している。しかしながら、人間の動きとの関連で考えた場合、人の動作や皮膚の伸縮にどの程度追随すれば最も効果的であるかは、まったくわかっていないのが現状である。

本研究では、スポーツウェアの伸縮性に注目し、とりわけ布の伸張回復性に関連すると考えられる

布の基本力学特性を詳細に測定し、人が感じる伸張回復性や動作拘束感とスポーツウェア素材の基本物性値との対応を検討する。さらに、スポーツウェア素材の基本物性値からスポーツウェア着用時の伸張回復性や動作拘束感を客観的に評価する式の誘導を試みる。将来的には、理想的なスポーツウェアに要求される伸張回復性を定量化することを目的とする。

1. 実 験

1. 1 実験試料

市販のスポーツウェア（上下分離型ジャージ）素材の中から、今回はポリウレタン系繊維の含有表示のない、主にポリエステル／綿混紡糸からなる、ニット地を選んだ。ランダムに選んだ多くの試料の中から、主観評価時の人の肘の動きに対応させるため、ウェール方向の最大伸張率を適度に分散させた8種類について検討した。用いたスポーツウェア素材の詳細を表1に示す。

1. 2 実験方法

1. 2. 1 スポーツウェア素材の物性評価

布の伸張回復性に関係すると思われる基本力学特性として、KESによる通常の引っ張り特性および一軸拘束二軸引っ張り特性を測定した。また、被験者による主観評価試験との対応も考え、布の表面特性も測定した。また、主観評価時の人と布との間の衣服圧の測定も行った。

通常の引っ張り特性は、カトーテック（株）製

表1 Details of Fabric Samples Used for Sportswear

Sample	Fiber Material (%)	Structure	Density (/m)		Thickness* (mm)	Weight (g/m ²)
			Wales	Courses		
A	Acrylic (100)	Plain	1050	1100	2.192	284.3
B	Cotton (50) -Polyester (50)	Kanoko	1150	1100	1.410	209.0
C	Cotton (50) -Polyester (50)	Plain, Purl	1400	1200	1.076	227.3
D	Cotton (20) -Polyester (80)	Rib	1150	1350	1.496	279.3
E	Cotton (20) -Polyester (80)	Rib	1600	1200	1.472	264.5
F	Cotton (20) -Polyester (80)	Tuck	750	900	1.468	209.3
G	Cotton (50) -Polyester (50)	Rib	1550	1700	1.341	263.8
H	Cotton (20) -Polyester (50) -Acrylic (30)	Plain, Purl	1300	1100	2.092	280.8

*Thickness is measured under the pressure 0.5gf/cm²

KES-FBIを用い、有効試料寸法は5cm×20cmで、ウェール（縦）方向では最大250gf/cmまで伸張し、コース（横）方向では最大50gf/cmまで伸張させたときの力学パラメータ¹⁾、ETM-1（最大伸び率）、LT（引っ張り特性の線形性）、WT（引っ張りエネルギー）、RT（回復性）を求めた。

一軸拘束二軸引っ張り特性は、カトーテック製KES-G2を用い、有効試料寸法14.5cm（引っ張り側）×16.5cm（拘束側）で、主観評価時の人の肘の動きに対応させるため、コース方向を固定し、ウェール方向の引っ張り特性を求めた。最大引っ張り荷重は1.0kgf/cmとし、そのときの力学パラメータとして、EMT-2（最大伸び率）、f（最大伸張時の拘束側の最大伸張力）を求めた。

表面特性はカトーテック製KES-FB4を用い、布には一定の張力をかけ（20gf/cm）、表面摩擦測定には50gwの接触子を用い、表面粗さ接触子には10gfの圧力をかけて、表面特性のパラメータMIU（摩擦係数の平均値）、MMD（摩擦係数の平均偏差）、SMD（厚みの平均偏差）を求めた。これらの特性値については、ウェール方向およびコース方向の平均値を採用した。

衣服圧については、AMI製のエアパック型衣服圧測定装置を用い、主観評価の肘を曲げたときに最も圧力が高いと思われる肘の先端部分と、最も低いと思われる布の端の部分の二カ所で測定した。エアパックは厚さ1mmのポリプロピレン製で、空気1mlを封入して測定する。肘を曲げたときの先端部の最大圧力（CP-MAX）と端部の最低圧力（CP-MIN）を衣服圧のパラメータとした。測定は3回行い、その平均値を採用した。

1. 2. 2 スポーツウェア素材の主観評価

被験者には金沢大学の女子学生24名（年齢：20～23）を用いた。今回はスポーツウェアを丸ごと着用することはなく、肘に試料を貼付して、肘の動きから素材の伸張回復性や動作拘束感を主観評価によって判定した。主観評価の手順は以下

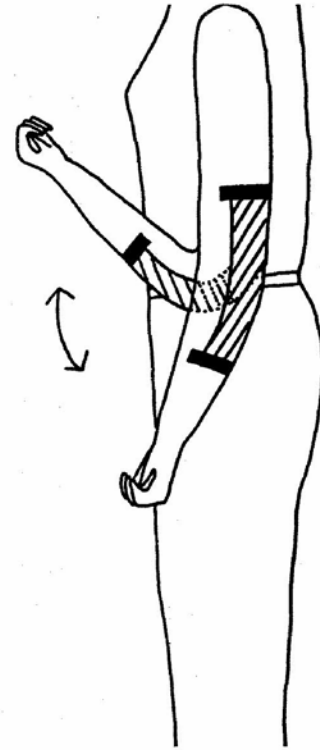


図1 Method of subjective evaluation of sportswear fabrics by bending and stretching elbow

の通りである。

(1) 被験者の両肘に、肘を中心に上下7～8cmのところ、図1に示すようにテーピングテープ（ニチバン製、C-38K）を貼る。これは、これから貼る試料の位置を一定にするためである。

(2) 10cm（コース方向）×15cm（ウェール方向）の大きさの、異なった二種類の試料を一枚ずつ左右の肘にウェール方向で伸ばされるように、テーピングテープで貼り付ける。試料の左右への貼り付けは、ランダムに行う。

(3) 被験者に両肘を数回曲げ伸ばしをしてもらい、左右に貼付した二種類の試料について、スポーツウェア素材であることを前提に、一対比較評価をしてもらう。評価項目は以下の通りである。

- 伸びやすい (Stretchy)
- 回復しやすい (Recoverable)
- 肌触りがよい (Good handle)
- 拘束力が強い (Strong restriction)
- 動かしやすい (Easy to move)

(4) 上記の操作を繰り返す。8枚の資料を用いるため、組み合わせ数は $8C_2=28$ である。

2. 結果

2.1 スポーツウェア素材の基礎物性値

基本的な物性値の結果を表2に示す。これらのデータから、用いた資料の特徴を以下に示す。ウェール方向の直線性LTは試料間の差は小さく、ウェール方向では試料Gが小さく、コース方向では試料B, C, Dが大きな値を示した。仕事量WTはコース方向もウェール方向も試料間の差が大きく、試料A, Gが小さく試料Dが最も大きかった。回復性RTでは、ウェール方向では、Aが大きくFが小さかったが、コース方向ではC, Dが大きくE, G, Hが小さかった。最大伸び率EMT-1では、ウェール方向では、Aが最も小さくDが最も大きかった。コース方向では、A, Hが小さくD, Eが大きかった。これらの結果から、試料Aは伸び堅く、Dは伸び柔らかいが回復性が悪いと考えられる。

二軸試験の結果では、ウェール方向の最大伸び率EMT-2はAが最も小さく、Dが最も大きかった。そのときのコース方向の力fはD, E, F, Gで小さく、B, Hで大きかった。

表面特性値では、平均摩擦係数MIUは、Hのみ大きかったが、他は差が小さかった。摩擦係数の変動MMDでは、A, C, Hが小さく、E, Gが

大きかった。表面粗さSMDでは、A, Cが小さく、B, D, E, Fが大きかった。試料Eの表面は粗いと考えられる。

衣服圧の結果では、最大圧力CP-MAXはA, E, G, Hが大きく、B, D, Fが小さかった。最低圧力CP-MINはC, E, F, Gが大きく、B, Dが小さかった。

2.2 スポーツウェア素材の主観評価値

一対比較法^{2, 3)}による各項目ごとの結果を集計して表3~7に示す。これらの表は試料間の一対比較において、行側の試料が列側の試料に比べて勝っていると判定した人数を表している。また、[]内の数字は、一致した判定者の組み合わせ数を表している。主観評価に一致性についてその有意性を検定した結果を表8に示す。これらの結果から、今回の主観評価はすべての項目で一致性の極めて高い評価が得られていることがわかる。それ故、ここで得られた主観評価値の点数を物性値と比較検討する。

2.3 主観評価値と客観評価値との相関

上記で得られた主観評価値と布の基礎物性値との間の単相関係数を表9に示すが、表から以下のことがわかる。

“伸びやすい”については、ウェール方向のWT, EMT-1, EMT-2と正の相関が強く、CP-MAXとは逆相関であった。すなわち、ウェール方向で伸びやすく、最大衣服圧の小さな布を被験者は伸びやすいと判断している。肘の動きによく

表2 Results of Mechanical and Surface Parameters of Sportswear Fabrics

Sample	LT		WT		RT		EMT-1		EMT-2		f	MIU	MMD	SMD	CP-MAX	CP-MIN
	(-)		(gf·cm/cm ²)		(%)		(%)		(%)		(gf/cm)	(-)	(-)	(μm)	(gf/cm ²)	(gf/cm ²)
	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course	Mean	Mean	Mean	
A	0.657	0.790	6.57	1.43	51.4	44.8	8.00	7.25	21.0	460	0.245	0.0106	4.48	118.8	8.4	
B	0.646	0.969	21.20	3.45	32.3	49.3	26.25	14.25	52.5	520	0.218	0.0227	11.10	74.4	5.0	
C	0.607	0.896	14.60	4.65	36.0	51.6	19.25	20.75	32.0	480	0.218	0.0159	5.23	94.0	12.0	
D	0.781	1.000	47.58	13.12	31.1	57.9	48.75	50.00	93.0	250	0.242	0.0277	10.40	68.0	5.0	
E	0.648	0.535	15.80	6.45	36.7	16.3	19.50	48.25	35.0	190	0.231	0.0312	17.80	106.0	12.0	
F	0.611	0.771	25.05	4.15	28.1	47.0	32.75	21.50	63.5	200	0.241	0.0253	14.00	84.0	11.2	
G	0.540	0.576	9.95	4.25	33.7	25.9	14.75	29.50	29.5	240	0.244	0.0340	6.56	106.8	14.0	
H	0.615	0.655	18.85	2.05	37.7	29.3	24.50	12.50	44.5	515	0.325	0.0168	7.94	106.8	8.0	

表3 The Number of Judges Who Considered the Row Sample to be more “Stretchy” than the Column Sample

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	Row Total (=Score)
A	-	2	3	0	3	1	7	3	19
		[1]	[3]	[0]	[3]	[0]	[21]	[3]	[30]
B	22	-	8	4	9	10	20	14	87
	[231]		[28]	[6]	[36]	[45]	[190]	[91]	[627]
C	21	16	-	2	10	9	16	13	87
	[210]	[120]		[1]	[45]	[36]	[120]	[78]	[610]
D	24	20	22	-	23	21	24	22	156
	[276]	[190]	[231]		[253]	[210]	[276]	[231]	[1667]
E	21	15	14	1	-	8	14	6	79
	[210]	[105]	[91]	[0]		[28]	[91]	[15]	[540]
F	23	14	15	3	16	-	21	18	109
	[253]	[91]	[105]	[3]	[120]		[210]	[153]	[915]
G	17	4	8	0	10	4	-	6	49
	[136]	[6]	[28]	[0]	[45]	[6]		[15]	[236]
H	21	10	11	2	18	6	18	-	86
	[210]	[45]	[55]	[1]	[153]	[15]	[153]		[632]

For example, 22 judges considered the sample B is more “Stretchy” than the sample A.

[] is the value of jC_2 pairs at j judges all agreeing about the judgement.

表4 The Number of Judges Who Considered the Row Sample to be more “Recoverable” than the Column Sample

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	Row Total (=Score)
A	-	17	15	22	16	17	12	17	116
		[136]	[105]	[231]	[120]	[136]	[66]	[136]	[930]
B	7	-	10	19	17	16	12	13	94
	[21]		[55]	[171]	[136]	[120]	[66]	[78]	[647]
C	9	14	-	19	17	12	16	12	99
	[36]	[91]		[171]	[136]	[66]	[120]	[66]	[686]
D	2	5	5	-	9	7	13	5	46
	[1]	[10]	[10]		[36]	[21]	[78]	[10]	[166]
E	8	7	7	15	-	14	11	12	74
	[28]	[21]	[21]	[105]		[91]	[55]	[66]	[387]
F	7	8	12	17	10	-	14	4	72
	[21]	[28]	[66]	[136]	[45]		[91]	[6]	[393]
G	12	12	8	11	13	10	-	11	77
	[66]	[66]	[28]	[55]	[78]	[45]		[55]	[393]
H	7	11	12	19	12	20	13	-	94
	[21]	[55]	[66]	[171]	[66]	[190]	[78]		[647]

For example, 22 judges considered the sample A is more “Recoverable” than the sample D.

[] is the value of jC_2 pairs at j judges all agreeing about the judgement.

表5 The Number of Judges Who Considered the Row Sample to be more "Good handle" than the Column Sample

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	Row Total (=Score)
A	-	21	18	15	14	17	13	15	113
		[210]	[153]	[105]	[91]	[136]	[78]	[105]	[878]
B	3	-	1	0	1	4	4	5	18
	[3]		[0]	[0]	[0]	[6]	[6]	[10]	[25]
C	6	23	-	15	15	18	7	14	98
	[15]	[253]		[105]	[105]	[153]	[21]	[91]	[743]
D	9	24	9	-	14	14	9	11	90
	[36]	[276]	[36]		[91]	[91]	[36]	[55]	[621]
E	10	23	9	10	-	18	6	11	87
	[45]	[253]	[36]	[45]		[153]	[15]	[55]	[602]
F	7	20	6	10	6	-	9	7	65
	[21]	[190]	[15]	[45]	[15]		[36]	[21]	[343]
G	11	21	17	15	18	15	-	19	115
	[55]	[190]	[136]	[105]	[153]	[105]		[171]	[915]
H	9	19	10	13	13	17	5	-	86
	[36]	[171]	[45]	[78]	[78]	[136]	[10]		[554]

For example, 23 judges considered the sample C is more "Good handle" than the sample B.

[] is the value of ${}_jC_2$ pairs at j judges all agreeing about the judgement.

表6 The Number of Judges Who Considered the Row Sample to be more "Strong restriction" than the Column Sample

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	Row Total (=Score)
A	-	20	21	23	20	20	18	20	142
		[190]	[210]	[253]	[190]	[190]	[153]	[190]	[1376]
B	4	-	17	20	15	14	7	10	87
	[6]		[138]	[190]	[105]	[91]	[21]	[45]	[594]
C	3	7	-	22	11	11	8	11	73
	[3]	[21]		[231]	[55]	[55]	[28]	[55]	[448]
D	1	4	2	-	3	3	3	5	21
	[0]	[6]	[1]		[3]	[3]	[3]	[10]	[26]
E	4	9	13	21	-	14	10	15	86
	[6]	[36]	[78]	[210]		[91]	[45]	[105]	[571]
F	4	10	13	21	10	-	6	6	70
	[6]	[45]	[78]	[210]	[45]		[15]	[15]	[414]
G	6	17	16	21	14	18	-	12	104
	[15]	[136]	[120]	[210]	[91]	[153]		[66]	[791]
H	4	14	13	19	9	18	12	-	89
	[6]	[91]	[78]	[171]	[36]	[153]	[66]		[601]

For example, 17 judges considered the sample B is more "Strong restriction" than the sample C.

[] is the value of ${}_jC_2$ pairs at j judges all agreeing about the judgement.

表7 The Number of Judges Who Considered the Row Sample to be more "Easy to move" than the Column Sample

Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	Row Total (=Score)
A	-	2	3	1	2	2	7	2	19
		[1]	[3]	[0]	[1]	[1]	[21]	[1]	[28]
B	22	-	8	3	9	11	17	12	82
	[231]		[28]	[3]	[36]	[55]	[136]	[66]	[555]
C	21	16	-	3	14	11	16	14	95
	[230]	[120]		[3]	[91]	[55]	[120]	[91]	[690]
D	23	21	21	-	22	22	23	22	154
	[253]	[210]	[210]		[231]	[231]	[253]	[231]	[1619]
E	22	15	10	2	-	9	14	7	79
	[231]	[105]	[45]	[1]		[36]	[91]	[21]	[530]
F	22	13	13	2	15	-	19	19	103
	[231]	[78]	[78]	[1]	[105]		[171]	[171]	[835]
G	17	7	8	1	10	5	-	11	59
	[136]	[21]	[28]	[0]	[45]	[10]		[55]	[295]
H	22	12	10	2	17	5	13	-	81
	[231]	[66]	[45]	[1]	[136]	[10]	[78]		[567]

For example, 7 judges considered the sample A is more "Easy to move" than the sample G.

[] is the value of ${}_jC_2$ pairs at j judges all agreeing about the judgement.

表8 Agreement Testing of Subjective Evaluation

Questionnaire	$J={}_jC_2$	A*	Min.	Max.	χ^2	Significance level**
stretchy	5257	0.361	-0.043	1.0	285.2	0.5 %
Recoverable	4249	0.100	-0.043	1.0	101.9	0.5 %
Good handle	4681	0.211	-0.043	1.0	180.5	0.5 %
Strong restriction	4821	0.248	-0.043	1.0	205.9	0.5 %
Easy to move	5119	0.325	-0.043	1.0	260.1	0.5 %

A* coefficient of agreement, ** compared with 0.5 % significance level of χ^2 distribution at the degree of freedom ; $f=31.93$ ($=30$)

対応した結果と考えられる。

“回復しやすい”については、コース方向のWT、ウェール方向およびコース方向のEMT-1と逆相関が強かった。これはウェール方向に肘を伸ばしたときに、コース方向の伸びが小さい方が回復性が高いことを意味している。回復性の直接的な指標であるウェール方向のRT-1とも相関は大きかった。

“肌触りがよい”については、基礎物性値との強い相関は認められなかった。

“拘束力が強い”については、ウェール方向のWT, EMT-1, EMT-2と逆相関が強く、伸びやすいと正反対の結果であった。また、CP-MAXが大きいほど、拘束力が強いと判定されている。“伸

びやすい”との相関係数は負で極めて高くなっている。

“動きやすい”については、伸びやすいと同様に判定されていることがわかった。“伸びやすい”とは正で1に近い相関係数を示し、“拘束力が強い”とは負で1に近い値であった。

4. 客観評価式の開発

本研究では、スポーツウェア素材の伸びやすさや回復性を、布の基礎物性値から客観評価可能な式を誘導する。

今回用いた試料点数（8点）に比べて、基礎物性値の数は多く（15種類）、これらから互いに相関の高い変数を省くため、クラスター分析⁴⁾を

表9 Correlation Coefficients Between Mechanical, Surface Parameters and the Score of Subjective Evaluation of Sportswear Fabrics

Parameter	LT-W	LT-C	WT-W	WT-C	RT-W	RT-C	EMT-1-W	EMT-1-C	EMT-2-W	f-C	MIU	MMD	SMD	CP-MAX	CP-MIN	Stre.	Reco.	Good	Strong	Easy
LT-W	1.00	0.60	0.78	0.73	-0.01	0.51	0.67	0.45	0.70	-0.08	-0.10	-0.07	0.21	-0.53	-0.75	0.61	-0.44	-0.14	-0.57	0.57
LT-C		1.00	0.56	0.36	-0.17	0.95	0.53	-0.11	0.56	0.38	-0.37	-0.35	-0.23	-0.74	-0.71	0.49	-0.06	-0.43	-0.46	0.47
WT-W			1.00	0.84	-0.59	0.52	0.99	0.56	0.98	-0.30	-0.00	0.29	0.34	-0.83	-0.58	0.94	-0.80	-0.29	-0.91	0.92
WT-C				1.00	-0.47	0.30	0.78	0.87	0.76	-0.53	-0.26	0.51	0.34	-0.64	-0.27	0.78	-0.85	0.04	-0.85	0.82
RT-W					1.00	-0.15	-0.70	-0.43	-0.66	0.43	0.16	-0.66	-0.50	0.75	-0.02	-0.75	0.73	0.49	0.76	-0.76
RT-C						1.00	0.49	-0.18	0.53	0.29	-0.33	-0.40	-0.32	-0.66	-0.56	0.44	-0.05	-0.27	-0.41	0.43
EMT-1-W							1.00	0.51	0.99	-0.31	0.02	0.32	0.39	-0.86	-0.53	0.97	-0.80	-0.37	-0.93	0.94
EMT-1-C								1.00	0.47	-0.76	-0.26	0.75	0.57	-0.33	0.10	0.56	-0.87	0.15	-0.65	0.61
EMT-2-W									1.00	-0.31	0.01	0.31	0.37	-0.86	-0.58	0.93	-0.79	-0.39	-0.88	0.89
f-C										1.00	0.24	-0.80	-0.60	0.12	-0.43	-0.29	0.76	-0.23	0.34	-0.32
MIU											1.00	-0.23	-0.17	0.35	-0.12	-0.02	0.09	0.21	0.10	-0.07
MMD												1.00	0.59	-0.28	0.31	0.33	-0.77	-0.06	-0.40	0.37
SMD													1.00	-0.32	0.01	0.43	-0.55	-0.46	-0.38	0.38
CP-MAX														1.00	0.54	-0.85	0.61	0.64	0.82	-0.83
CP-MIN															1.00	-0.41	0.07	0.52	0.30	-0.33
Stretchy																1.00	-0.79	-0.36	-0.98	0.99
Recoverable																	1.00	0.05	0.82	-0.81
Good handle																		1.00	0.25	-0.28
Strong restriction																			1.00	-0.99
Easy to move																				1.00

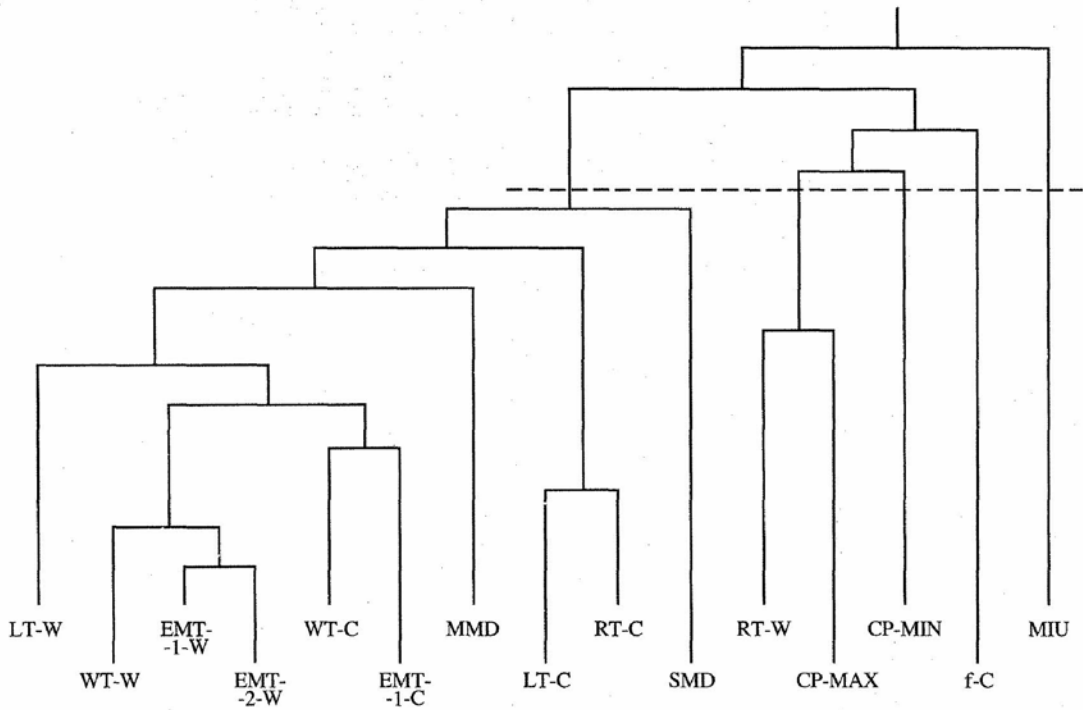


図2 A dendrogram of mechanical and surface parameters obtained by the Cluster Analysis

表10 Mechanical and Surface Parameters Used as Variables for Regression with Subjective Data

Stretchy	CP-MIN	f-Course	MIU	CP-MAX	EMT-1-Wale
Recoverable	CP-MIN	f-Course	MIU	RT-Wale	EMT-1-Course
Good handle	CP-MIN	f-Course	MIU	CP-MAX	SMD
Strong restriction	CP-MIN	f-Course	MIU	CP-MAX	EMT-1-Wale
Easy to move	CP-MIN	f-Course	MIU	CP-MAX	EMT-1-Wale

行った。図2にクラスター分析結果を樹形図で示す。樹形図より、5つの変数に絞ったが、類似している変数内では、目的変数（主観評価の各項目）と最も相関の高い変数を各ブロックの代表変数とした⁵⁾。選んだ変数を表10に示す。回帰の方法は、スワップワイズ法⁶⁾による多重回帰方式を採用した。

重相関係数として0.9をめどに求めたところ、変数は2つから4つ取り込まれ、以下の客観評価式が得られた。

$$Y = C_0 + \sum C_i \frac{X_i - M_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

但し、Y：客観的に評価される各項目、

C_0, C_i ：係数、

X_i ：布の基礎物性値、

M_i ： X_i の平均値

σ_i ： X_i の標準偏差。

得られた係数を基礎物性値の平均値や標準偏差と共に表11に示す。本式では、Yの値が大きいほど、各項目において、伸びやすく、回復しやすく、肌触りがよく、拘束力があり、動かしやすいことを示している。

4. 考 察

得られた客観評価式の係数を考えると、“伸びやすい”では、ウェール方向のETM-1の寄与が

表11 Coefficients of Parameters for Evaluating Each Property of Sportswear Fabrics Objectively

Stretchy $C_0 = 84.00$ $R = 0.975$			
Parameters	C_i	M_i	σ_i
1 EMT-1-Wale	39.15	24.22	11.61
2 CP-MIN	5.22	9.45	3.15
Recoverable $C_0 = 84.00$ $R = 0.952$			
Parameters	C_i	M_i	σ_i
1 EMT-1-Course	-13.92	25.50	15.00
2 RT-Wale	9.01	35.88	6.57
3 MIU	-3.38	0.246	0.0318
Good handle $C_0 = 84.00$ $R = 0.915$			
Parameters	C_i	M_i	σ_i
1 SMD	-21.92	9.69	4.28
2 f-Course	-21.67	356.9	139.2
3 CP-MAX	14.29	94.85	16.77
Strong restriction $C_0 = 84.00$ $R = 0.975$			
Parameters	C_i	M_i	σ_i
1 EMT-1-Wale	-40.09	24.22	11.61
2 CP-WIN	-14.74	9.45	3.15
3 f-Course	-8.75	356.9	139.2
4 MIU	4.39	0.246	0.0318
Easy to move $C_0 = 84.00$ $R = 0.983$			
Parameters	C_i	M_i	σ_i
1 EMT-1-Wale	45.74	24.22	11.61
2 CP-MIN	16.42	9.45	3.15
3 f-Course	10.54	356.9	139.2
4 MIU	-4.19	0.246	0.0318

著しく大きく、これのみでも9割程度決定されていることがわかる。すなわち、KES引っ張り試験機で計測される引っ張り特性の最大伸び率のみから、スポーツウェアの伸びやすさが定量的に把握できることを意味している。

“回復しやすい”では、コース方向のEMT-1が小さいほど回復しやすくなっており、次にウェール方向の回復性RTが大きいほど回復しやすく、また、平均摩擦係数MIUが小さいほど回復しやすいという結果である。このことは、ウェール方向のスポーツウェア素材の回復性が、コース方向の引っ張り最大ひずみが小さいほど高いことを意味しており、大変興味深い。人が肘を曲げたとき、ウェール方向では伸びるがコース方向では縮むことになり、肘を伸ばしたときのコース方向の抵抗が大きいほど回復性が高いと感じていると考えられる。RTが大きいほど回復性が高くなるのは、

予想通りの結果である。摩擦係数が小さいほど回復性が高くなっているものも納得できる。

“肌触りがよい”では、表面粗さSMDが小さいほど高くなっており、予想される結果である。二軸試験の拘束側（コース）の力fが小さいほど高くなっている点については、肘を伸ばしたときのコース方向の抵抗力が大きいほど風合いが悪いと判断していることを意味している。

“拘束力が強い”については、ウェール方向のEMT-1の寄与が大きく、これが小さいほど拘束力は弱いと判断されている。衣服圧のCP-MINや二軸のfの係数が負である点については、説明がつかない。これらの値は大きいほど拘束力として働くと考えられるのが一般的である。主観評価値とこれらの値との単相関係数も小さく（表9参照）、今後詳細な検討が必要と考える。

“動きやすい”については、変数の種類および寄与の順番が上記とまったく同一であり、係数がまったく逆転している。このことは、“動きやすい”を“拘束力が強い”と正反対に判断していることを意味しており、単相関係数からも予想される結果であった。

5. 結論

スポーツウェア素材の基本的物性値と、被験者による主観評価で求めた伸張回復性や動作拘束感とを回帰することにより、以下の結論を得た。

(1) スポーツウェア素材に関する“伸びやすい”、“回復しやすい”“肌触りがよい”“拘束力が強い”、“動かしやすい”の項目について、素材の物性値から客観評価可能な式を開発できた。

(2) “伸びやすい”は“動きやすい”と正の相関が強く、“拘束力が強い”とは負の相関が強く、これらの項目はウェール方向の最大伸び率によってほぼ決定される。

(3) “回復しやすい”については、コース方向の伸び率の効果が大きい。

文 献

- 1) 川端 季雄；繊維機械学会誌（繊維工学），26（10），P721（1973）
- 2) M.J.Moroney；“Facts from Figures”，*Penguin*，p.334（1958）
- 3) 日科技連官能検査委員会編；新版・官能検査ハンドブック，日科技連，p.349（1990）
- 4) 奥野，久米，芳賀，吉沢；多変量解析法（改訂版），日科技連，p.391（1988）
- 5) 菅 民朗；多変量解析，社会情報サービス，p.2-11-1（1990）
- 6) 同4），p.25