(昭和 58 年 12 月 9 日受理)

ニットの風合いの力学的因子

共立女子大学家政学部 小林 茂雄

THE MECHANICAL FACTOR
ON THE HANDLE OF KNITTED FABRICS

By Shigeo Kobayashi

(Department of Clothing Science, Kyoritsu Women's University,
Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan)

The purpose of this paper is to discuss the effect of mechanical properties on the handle of knitted fabrics. In this paper, the handle is regarded as a tactual evaluation judged from physical stimuli of fabric mechanical properties. The KES-Handle Testers were used to measure factors of mechanical properties, such as tensile, compression, bending, shear and surface characteristics. Also, the technique of factor analysis was applied to investigate relations among these mechanical factors.

As the result of factor analysis, six factors, namely, bending resistance, shear resistance, tensile resistance, tensile resilience, surface friction and surface roughness, were selected. But the factors of bending and share resistance were most important for the handle of knitted fabrics. The relation among samples are shown on the orthogonal coordinates with values of factor score. The feature of handle can be caught by the degrees of contribution of each factor to the individual sample.

(Received December 9, 1983)

1. 緒 言

布の力学的特性は強度や疲労に関連することはもちろんであるが、このほかに風合いにとっても重要な因子である。すなわち、風合いは布や繊維製品の力学的特性を主として触覚により感覚的にとらえたものと考え、風合いを布の力学的特性と関連づけながら考察することが可能である。さて、風合いに関する研究は織物を中心に行なわれている場合が多く、ニットを対象とした研究は少ない。しかしながら、布の力学的特性の面からニットの風合いを考慮したものとして、例えば Gribson と Postle¹⁾、丹羽²⁾の報告がある。Gribson と Postle は織物とニットの布地について、曲げとせん断特性のパラメータをもとに類別を試みている。また、丹羽は外衣用ニット地について、力学的特性のデータを集積しニット地の特徴を分析している。

本研究では伸長、曲げ、せん断、圧縮変形の応力・ひ

ずみ曲線から得られる力学的特性値、及びあらさ、摩擦の表面特性の力学的特性値に対して因子分析法を適用し、力学的特性値の相互の関係を検討する。さらに因子分析法により抽出された因子をもとにニットの風合いの特徴について検討し、風合いと力学的特性値との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 力学的特性値の測定

2.1 試 料

試料として約 60 点のアウトウェア用ニット布を集めたが、組織の特殊性などから実際に実験に用いたものは 46 種類である。なお、風合いの面からはドレッシィな風合いの素材と、スポーティーな風合いの素材がほぼ半分ずつ入るように配慮した。表 1 に用いた試料の概要を示す。

2.2 測定方法

風合いに関連する布の基本的な力学的特性として、

Table 1 Summary of samples.

Fiber	Knit stitch	Weight	Thickness
Cotton: 18 samples, Wool: 7 samples, Blended: 30 samples, Other: 3 samples	Plain: 15 samples, Interlock: 5 samples, Jaquard: 6 samples, Other: 20 samples,	Under 0.02 g/cm ² : 13 samples, 0.02~0.03 g/cm ² : 20 samples, Above 0.03 g/cm ² : 13 samples,	Under 1 mm: 10 samples, 1~2 mm: 12 samples, Above 2 mm: 24 samples

(1)重さ, (2)厚さ, (3)伸長特性, (4)圧縮特性, (5)曲げ特性, (6)せん断特性, (7)表面特性の因子があげられている^{3,4)}。これらの因子の測定は, 主としてKES風合いシステムの測定機により行なった。測定条件の概要は次に示す通りである。

(1) 重 さ

g/cm² の値で示した。

(2) 厚 さ

KES-FB 3 圧縮試験機で測定した。すなわち, 0.5 g/cm² の荷重下での値である。

(3) 伸長特性

KES-FB 1 伸長・せん断試験機で測定した。すなわち, 有効試料長は長さ 5 cm × 幅 20 cm であり, 最大伸長荷重 500 g/cm の定荷伸長において, 伸長応力・ひずみ曲線を測定した。この曲線から伸長特性の測定値⁵⁾として, 直線性(LT), 仕事量(WT), レジリエンス(RT)を求めた。

(4) 圧縮特性

KES-FB 3 圧縮試験機で測定した。すなわち, 加圧円面積 2 cm² のもとで, 最大圧縮荷重 50 g/cm² の定荷重圧縮において, 圧縮応力・ひずみ曲線を測定した。この曲線から圧縮特性の測定値⁵⁾として, 直線性(LC), 仕事量(WC), レジリエンス(RC), 圧縮率(EMC)を求めた。

(5) 曲げ特性

KES-FB 2 純曲げ試験機で測定した。すなわち, 有効試料長は長さ 20 cm × 幅 1 cm であり, 最大曲率 2.5 cm⁻¹ のもとで, 曲げモーメント・曲率曲線を測定した。この曲線から曲げ特性の測定値⁵⁾として, ヒステリシス幅(2HB), 剛性(B), 曲げモーメント(LB)を求めた。この場合, ヒステリシス幅は曲率 0.5 cm⁻¹, 1.5 cm⁻¹, 2.5 cm⁻¹ のとき, 剛性は曲率 1 cm⁻¹ のとき, 曲げモーメントは曲率 2.5 cm⁻¹ のときの値を求めた。

(6) せん断特性

KES-FB 1 伸長・せん断試験機で測定した。すなわち, 有効試料長は長さ 5 cm × 幅 20 cm であり, 最大せん断角 8° の定ひずみせん断において, せん断応力・ひずみ曲線を測定した。この曲線からせん断特性の測定値⁵⁾として, ヒステリシス幅(2HG), 剛性(G), せん断応力(LG)を求めた。この場合, ヒステリシス幅はせん断角

0.5°, 3°, 5° のとき, 剛性はせん断角 3° のとき, せん断応力はせん断角 8° のときの値を求めた。

(7) 表面特性

KES-FB 4 表面試験機で測定した。すなわち, 摩擦曲線及び粗さ曲線を測定し, この曲線から表面特性の測定値⁵⁾として, 平均摩擦係数(MIU), 摩擦係数の平均偏差(MMD), 表面粗さの平均偏差(SMD)を求めた。なお, 摩擦特性値の測定の場合, 摩擦子は 0.5 mmφ のピアノ線を 10 本並べたもので摩擦子の大きさは長さ 0.5 cm × 幅 0.5 cm, 摩擦子圧 50 g である。一方, 粗さ特性値の測定の場合, 接触子は 0.5 mmφ の U 字形ピアノ線であり, 接触子圧は 10 g である。

2.3 測定結果

全試料の各測定値は膨大になるために, 表 2 に力学的特性値の最大値, 最小値, 平均値, 標準偏差を示した。この場合, 各値はそれぞれ 3~5 回の測定値の平均である。なお, 先の測定方法の項でとりあげた特性値のうち, 曲げモーメント, 曲げヒステリシス幅(曲率 1.5 cm⁻¹, 2.5 cm⁻¹), せん断応力, せん断ヒステリシス幅(5°)の測定値は省略している。これは曲げモーメントや応力については, 一部の試料に計測不可能なものがあったため, またヒステリシス幅については他の条件のヒステリシス幅とはほぼ同傾向を示したためである。測定は 46 試料について行なったが, 試料の一部に厚すぎて曲げの測定が不可能なものがあったために, 表の測定値は 41 試料についての値である。

3. 力学的因子による風合いの考察

3.1 因子分析法による力学的因子の抽出

力学的特性値間の関係を明らかにするため, 因子分析法を適用して検討した。すなわち, 表 2 の 39 項目の力学的特性について, 相関係数行列をもとに主因子法により因子負荷量を求めた。表 3 はバリマックス回転後の因子負荷量を示したものである。

第 1 因子(a_1)から第 6 因子(a_6)まで因子抽出したが, この場合の累積因子寄与率は 83.6% に達している。また, 各力学的特性の共通性(Communality) h^2 は, 例えば No. 28 伸長特性の仕事量(タテ) 0.44 のように小さな値を有するものもあるが, 大部分は大きな値を有しはば因子の抽出が終わっているとみなすことができる。 a_1 因子

Table 2 Measurement of mechanical property.

No.		Mechanical property	Mean	Standard deviation	Maxi.	Mini.
1		Weight (g/cm^2) $\times 10^{-4}$	239	73	608	122
2		Thickness (cm) $\times 10^{-1}$	1.76	0.79	4.11	0.58
3	Compression	<i>LC</i>	0.347	0.071	0.531	0.249
4		<i>WC</i> ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	0.699	0.427	1.937	0.150
5		<i>RC</i> (%)	44.0	8.1	57.9	24.0
6		<i>EMC</i> (%)	39.4	7.8	56.3	23.1
7	Shear	<i>G</i> , warp ($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{deg}$)	0.612	0.222	1.211	0.263
8		<i>G</i> , weft ($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{deg}$)	0.613	0.218	1.122	0.278
9		<i>G</i> , mean ($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{deg}$)	0.613	0.217	1.086	0.270
10		<i>2HG0.5</i> , warp (g/cm)	1.91	0.69	5.65	0.78
11		<i>2HG0.5</i> , weft (g/cm)	1.83	0.73	4.43	0.76
12		<i>2HG0.5</i> , mean (g/cm)	1.87	0.70	5.04	0.79
13		<i>2HG3</i> , warp (g/cm)	1.97	0.73	5.58	0.80
14		<i>2HG3</i> , weft (g/cm)	1.83	0.75	4.36	0.78
15		<i>2HG3</i> , mean (g/cm)	1.90	0.72	4.97	0.80
16	Surface	<i>MIU</i> , warp	0.295	0.105	0.676	0.166
17		<i>MIU</i> , weft	0.323	0.104	0.680	0.196
18		<i>MIU</i> , mean	0.309	0.100	0.678	0.181
19		<i>MMD</i> , warp	0.0168	0.0083	0.0445	0.0077
20		<i>MMD</i> , weft	0.0236	0.0109	0.0464	0.0091
21		<i>MMD</i> , mean	0.0200	0.0077	0.0374	0.0098
22		<i>SMD</i> , warp (micron)	6.85	3.77	18.32	2.49
23		<i>SMD</i> , weft (micron)	10.05	6.38	26.86	3.24
24		<i>SMD</i> , mean (micron)	8.45	4.37	22.59	2.90
25	Tensile	<i>LT</i> , warp	0.62	0.09	0.87	0.49
26		<i>LT</i> , weft	0.52	0.08	0.68	0.34
27		<i>LT</i> , mean	0.57	0.07	0.75	0.45
28		<i>WT</i> , warp ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	29.94	9.74	54.15	7.85
29		<i>WT</i> , weft ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	58.48	23.43	132.75	6.20
30		<i>WT</i> , mean ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)	44.21	14.32	92.60	8.13
31		<i>RT</i> , warp (%)	35.42	9.43	57.01	22.00
32		<i>RT</i> , weft (%)	32.83	8.66	54.84	19.83
33		<i>RT</i> , mean (%)	34.12	8.37	50.53	20.92
34	Bending	<i>B</i> , warp ($\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$)	0.077	0.059	0.228	0.009
35		<i>B</i> , weft ($\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$)	0.052	0.049	0.227	0.003
36		<i>B</i> , mean ($\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$)	0.065	0.049	0.163	0.007
37		<i>2HB0.5</i> ⁻¹ , ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}$)	0.068	0.051	0.325	0.009
38		<i>2HB0.5</i> ⁻¹ , ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}$)	0.047	0.038	0.160	0.005
39		<i>2HB0.5</i> ⁻¹ , ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}$)	0.058	0.041	0.208	0.008

Table 3 Factor loading matrix.

No.	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	h^2
1	0.78	0.13	-0.20	-0.12	0.20	-0.22	0.77
2	0.78	-0.18	0.03	-0.48	-0.04	0.02	0.87
3	0.49	0.06	0.04	-0.69	-0.07	-0.18	0.76
4	0.63	-0.32	0.19	-0.54	-0.16	0.09	0.86
5	0.11	-0.35	0.27	-0.16	0.17	-0.62	0.65
6	-0.10	-0.51	0.47	0.03	-0.34	0.38	0.74
7	-0.01	0.84	0.15	0.25	0.27	-0.22	0.91
8	0.06	0.89	0.13	0.24	0.17	-0.17	0.93
9	0.03	0.87	0.14	0.25	0.23	-0.20	0.94
10	0.04	0.80	0.06	-0.18	-0.16	0.47	0.93
11	0.23	0.84	-0.01	-0.14	-0.03	0.42	0.96
12	0.14	0.84	0.03	-0.17	-0.10	0.45	0.97
13	0.07	0.86	0.05	-0.17	-0.14	0.38	0.94
14	0.24	0.86	0.01	-0.12	-0.06	0.38	0.95
15	0.16	0.87	0.03	-0.15	-0.10	0.39	0.97
16	0.23	0.10	-0.11	-0.89	-0.23	0.03	0.92
17	0.29	0.07	-0.36	-0.78	-0.03	0.07	0.83
18	0.27	0.09	-0.25	-0.88	-0.14	0.05	0.93
19	-0.08	0.06	-0.43	-0.58	-0.44	-0.01	0.71
20	0.07	0.03	-0.86	0.09	-0.02	0.26	0.83
21	-0.00	0.03	-0.85	-0.27	-0.26	0.19	0.90
22	-0.04	-0.22	-0.59	-0.22	-0.49	-0.03	0.69
23	0.19	-0.18	-0.85	-0.04	0.03	0.18	0.82
24	0.12	-0.23	-0.87	-0.12	-0.19	0.11	0.89
25	0.37	0.20	-0.38	0.46	-0.01	-0.18	0.57
26	0.08	0.61	-0.21	0.54	-0.12	-0.18	0.76
27	0.27	0.46	-0.35	0.57	-0.07	-0.20	0.77
28	-0.19	0.20	0.16	-0.01	0.58	-0.04	0.44
29	-0.12	-0.13	0.07	0.19	0.87	0.04	0.84
30	-0.17	-0.04	0.11	0.15	0.91	0.02	0.90
31	0.04	-0.12	0.10	0.17	-0.00	-0.89	0.84
32	-0.07	-0.15	0.19	-0.05	-0.11	-0.85	0.80
33	-0.01	-0.15	0.15	0.07	-0.06	-0.94	0.93
34	0.90	0.17	-0.16	-0.05	0.02	0.03	0.88
35	0.76	0.03	0.03	0.01	-0.45	-0.17	0.80
36	0.93	0.12	-0.08	-0.02	-0.21	-0.06	0.93
37	0.84	0.19	-0.15	-0.13	0.08	0.19	0.82
38	0.77	0.14	0.06	-0.07	-0.41	0.07	0.80
39	0.88	0.19	-0.07	-0.12	-0.14	0.15	0.88
$\sum a_i^2$	6.94	8.12	4.60	4.92	3.45	4.54	32.62
Proportion of total variance (%)	17.8	20.8	11.8	12.6	8.8	11.6	83.6

から a_6 因子がそれぞれ何を意味するかについて考察する。この場合、因子負荷量の大きさを比較する一つの目安として、絶対値0.75以上の項目に注目してみる。第1因子(a_1)では重さ、厚さ、曲げ剛性(タテ、ヨコ、平均)、曲げヒステリシス幅(タテ、ヨコ、平均)の各測定項目があげられる。これらの測定項目から第1因子(a_1)の意味を考えると、曲げ抵抗性に関する性質を表わす因子とみなすことができる。

第2因子(a_2)については、せん断剛性(タテ、ヨコ、平均)、せん断ヒステリシス幅0.5(タテ、ヨコ、平均)、せん断ヒステリシス幅3(タテ、ヨコ、平均)があげられる。これらの測定項目から第2因子(a_2)はせん断抵抗性を表わす因子とみなすことができる。以下、同様にして各因子の意味を考察すると、第3因子(a_3)は表面粗さの性質、第4因子(a_4)は表面摩擦の性質、第5因子(a_5)は伸長抵抗性の性質、第6因子(a_6)は伸長回復性の性質を表わす因子とみなすことができる。

これらの6因子、すなわち、曲げ抵抗性、せん断抵抗性、表面粗さ、表面摩擦、伸長抵抗性、伸長回復性は、ニット布の力学的特性にとって重要な因子であるといえる。このなかでも、特にせん断抵抗性と曲げ抵抗性は重要な因子であることが、因子寄与率の割合からわかる。また、伸長特性からは抵抗性と回復性の2つの因子が抽出されたが、圧縮性は特徴的な因子として抽出されていない。

3.2 因子得点による風合いの考察

因子分析により抽出された力学的因子に対して、各試料がどのような関係を有するかは因子得点をもとに推定できる。図1～図3は2因子ずつ組み合わせ、平面座標上に各試料を図示したものである。この場合、力学的特性の基本的なものとして重さをとりあげ、図中のプロット点を重さの程度により区別して示した。なお、各図において座標軸の方向性の意味は次の通りである。 a_1 軸ではプラス側が曲げ抵抗性大、マイナス側が曲げ抵抗性小、 a_2 軸ではプラス側がせん断抵抗性大、マイナス側がせん断抵抗性小、 a_3 軸ではプラス側が粗さ小、マイナス側が粗さ大、 a_4 軸ではプラス側が摩擦小、マイナス側が摩擦大、 a_5 軸ではプラス側が伸長抵抗性大、マイナス側が伸長抵抗性小、 a_6 軸ではプラス側が伸長回復性小、マイナス側が伸長回復性大に相当する。また、各プロット点の数字は試料番号であり、図2中の丸印の数字は起毛加工布を示している。

重さとの関連で各図を考察すると、図1にみられるように曲げ抵抗性の大小は重さに関連しているが、他の因子の場合には明確な特長はみられない。また、曲げ抵抗性とせん断抵抗性を組合わせて考えると、曲げ抵抗性及

Fig. 1 Distribution of knitted fabrics by factor scores of factor a_1 and a_2 .

● : Under 0.02 g/cm²
▲ : 0.02 ~ 0.03 g/cm²
■ : Above 0.03 g/cm²

Fig. 2 Distribution of knitted fabrics by factor scores of factor a_3 and a_4 .

びせん断抵抗性がともに大きい試料は重さが大であり、逆にともに小さい試料は重さが小の傾向がみられる。なお、厚さとの関連からも同様の考察を試みたが、重さの場合とはほぼ同じ傾向が得られた。

次にニット布の風合いとして、硬軟感、平滑感、かさ高感、弾力感をとりあげ、繊維関係の仕事にたずさわっ

ている専門家7人に、5段階尺度で評価してもらった。評価の平均値により試料を分類すると表4のようになる。表中の数字は試料番号であり、前述の図1～図3中の試料番号と対応している。

風合い評価の結果では、硬軟感と弾力感にはある程度の相関がみられ、柔らかい試料は弾力感がなく、こしがないと評価されやすい。風合いと力学的因子の関係については、硬軟感は曲げ抵抗性やせん断抵抗性、特に曲げ抵抗性と関連している。しかしながら、これらの因子と対応しない試料もあり、これは今回の因子分析では抽出されなかったが、圧縮性の因子の影響ではないかと思われる。平滑感については粗さや摩擦、特に粗さの因子とある程度関連がある。しかしながら、ニット布の場合には、表面形態が編組織により大きく異なり、また複雑であるために、粗さや摩擦の因子と一致しない試料もかなり存在する。かさ高感については、抽出された物理的因子というよりは厚さによりほぼ決まるようである。この点に関してはBrown⁶⁾の研究結果とも一致している。また、弾力感については、曲げ抵抗性と関連しているが、これは編組織がしっかりしていて弾力感のある試料は、抵抗性も大きい試料と一致するためと思われる。伸長性の因子とは対応する風合い評価がなかったが、これは風合いの評価項目に伸長性の官能量がなかったためであろう。全体を通してニット布の場合には、織物に比べて編組織により表面状態や厚さなどが大きく変化するために、風合い評価量のレベルがかなり大幅に変化するようである。

Fig. 3 Distribution of knitted fabrics by factor scores of factor a_5 and a_6 .

4. 結 言

ニット布の力学的特性値をもとに風合いについて検討

Table 4 Assessment of handle.

Subjective assessment	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ← Small Large → </div>				
	1 score	2	3	4	5
Softness	1, 2, 3, 4, 19, 20, 21, 26, 40	15, 17, 22, 23, 28, 29, 39, 41	5, 6, 8, 9, 10, 12, 16, 25, 27, 30, 31, 33, 36, 37, 42	7, 11, 13, 14, 18, 34, 35, 38, 46	
Smoothness	1, 2, 3, 10, 19, 28, 40, 41	4, 6, 7, 13, 16, 17, 23, 25, 33, 38, 39, 42	5, 12, 20, 21, 22, 26, 29, 34, 35, 36, 37	8, 9, 11, 14, 15, 18, 27, 30, 31, 46	
Bulkiness	1, 2, 3, 4, 19, 20, 21, 23, 26, 40, 41	5, 7, 12, 14, 15, 17, 22, 29, 30, 35, 36, 37, 39, 42	6, 9, 16, 18, 25, 27, 31, 33, 34, 46	8, 10, 11, 13, 28, 38	
Resilience	1, 2, 19, 21, 23, 26, 31, 36, 40, 41, 42	3, 4, 8, 15, 17, 18, 20, 22, 27, 30, 33, 35, 39	5, 6, 7, 14, 16, 25, 28, 29, 34, 38	9, 10, 11, 12, 13, 37, 46	

した結果、次のことが明らかになった。

ニット布の力学的特性値は、因子分析により 6 因子にまとめることができる。それらの因子は曲げ抵抗性、せん断抵抗性、伸長抵抗性、伸長回復性、表面粗さ、表面摩擦の因子である。

因子得点による試料の布置状態をもとに、硬軟感、平滑感、かさ高感、弾力感の風合い評価と力学的因子の関係を考察した結果、硬軟感や弾力感は曲げ抵抗性及びせん断抵抗性、平滑感は表面粗さ及び表面摩擦、かさ高感、厚さとある程度の関連がみられる。しかしながら、ニット布の場合には、編織組織により表面状態や厚さなどが大きく変化するために、力学的因子と対応しない試料も存在する。

付記：本研究の一部は繊維学会昭和 58 年度年次大会研究発表会において発表した。

また、本研究を進めるに当り種々御便宜を頂きました日本メリヤス検査協会、島津亨技術部長に感謝致します。

文 献

- 1) V. L. Gibson and R. Postle; *Text. Res. J.*, **48**, 14 (1978)
- 2) 丹羽雅子; 繊維誌, **29**, P 198 (1976)
- 3) 小林茂雄; 繊維誌, **26**, P 88 (1973)
- 4) 川端秀雄; 繊維誌, **26**, P 721 (1973)
- 5) 川端秀雄; 繊維誌, **33**, P 136 (1980)
- 6) P. Brown; *Text. Res. J.*, **39**, 395 (1969)