布の風合いとその客観評価 技術開発の経過

川 端 季 雄*

1. 風合いの客観評価が必要になった背景

高分子材料として、繊維はゴム、プラスチックとならぶ重要な材料の一つであって、ゴムと同様、繊維工業という一つの産業分野をもっている。

繊維の特徴は、形態的には細さと大きなアスペクト比(長さ/直径)にあり、また繊維軸方向への分子鎖の配向による軸方向の高い剛性と強度にある。繊維の細さが布のような繊維集合体に柔軟性と変形しやすさを付与する。そして、軽い、強い、人体の動きとなじむ衣料材料として繊維から作った織物を人類は使用してきた。今日でも織物の構造は数千年前のそれと基本的には同じである。しかし産業革命のあと、繊維製品の製造が工業化され、手工業産物から工業製品となり、その性能設計が検討されるようになってくる。

その頃から糸や布の製造や性質に関わる研究がいくつかの学問分野で研究され始め、物理学、数学などの分野で散見されるようになったが、繊維工学というまとまった一つの技術的学問分野が生まれたのは、やはり産業革命の中心地英国で、1900年に入って The Textile Institute が生まれ、学術誌 J. Textile Institute が出版された。今年で 80 巻に至っているが、このごく初期の頃、Peirce¹⁾は布の風合い設計の重要性、風合いが布の力学的性質と関係することを指摘している。しかし、その後糸や布など繊維集合体の基礎的な力学的性質の研究にむしろ研究の中心が向けられるようになった。また一方で、それら繊維製品製造技術の学としての体系化が行われた。ちなみに、日本における繊維工学の高等教育は後者のやや狭い分野が技術教育として専門学校にとり入れら

れ、戦後、大学にひきつがれたが近年相ついで消滅しつつある。

繊維工学における世界の傾向をみると、風合いの研究の重要性が認識されつつもその基礎となる、布の力学的物性などの研究に研究の中心が移っていったのであるが、今世紀後半から普及が始まった合成繊維という、人類が経験を持たない新しい繊維の出現に伴う布の風合いの変化、更に繊維製品製造工程の高速化に伴う糸や布の品質の変化、製品の高品質化への動きなどは、布の風合い設計の研究を再び呼び戻した。1900年代後半にはいつてのことである。

風合いは、およそ繊維に関係する研究者のほとんどがその重要性を認識し、関心をもつ事柄だけに、先駆的研究も多く、手探りの段階ながらアメリカの Lundgren²⁾など正面から取り組んだ研究が現れ始めた。1970年前後、布の力学的性質の基礎的研究を進めていた筆者ら³⁾が、風合い判断とそれにより評価される内容、その客観的評価法の開発を目標にして繊維工業分野の主に仕上工程の

* 京都大学工学部高分子化学教室(〒606 京都市左区吉田町本町)教授、工博。昭和35年、京都大学大学院工学研究科博士課程修了。同年、京都大学工学部高分子化学教室助手、39年、米国カリフォルニア工科大学研究員、40年、京都大学助教授、58年、教授、高分子力学講座担当。専門は高分子固体力学、繊維状材料物性。日本ゴム協会会員。

多くの熟練者を組織して研究活動を始め、1975年には客観評価法⁴⁾のおおよその完成に至り、その実用化が学界、工業界で始まったが、それからすでに10年以上経過する。ここでは経過のあらましと内容の要点、応用の現況について述べる⁵⁾。

2. 布風合いと品質

人間が衣料として身につける材料では、もちろん各種強度など実用性能は重要であるが、本質的性能としては、材料と人間との適合性が基本である。すなわち、人体の動きへの適合性、皮膚接触時のなめらかさ、身体と布との間の空間形成能などの力学的適合性、熱と水分の移動特性を通しての人体熱バランス生理との熱的適合性などである。図1に本質品質としてそれを示しているが、このうち力学的適合性については、職業人、一般人をとわずこれまでこの性能は、布を手で触ることによって判断されてきた。

布を手で触ったり、目で見た感じを布風合いと呼んでいるが、布の風合いから適合性に関する品質をよみとろうとしてきたのである。特に、布の製造や販売に関わる人が個人的嗜好を押さえた立場で布の品質評価を行っており、これは比較的客観性をもつ職業的判断というべきである。しかし、一般人に比較してその判断は、はるかに適確であるとはいうものの、依然として個人の主観判断であることに違いなく、個人差、個人の評価判断のばらつきは大きく、これが布の品質判断を曖昧なものにし、なによりデータの無い主観的判断であるだけに本質の品質に関わる布の性能を糸や

図1 布の品質

図2 主観的風合い評価過程(上)とその客観的評価システム(下)

繊維の性質と明確に結びつけることができず、繊維産業を製品の重要な本質品質の設計ができない工業分野におしとめていた原因になっていた。熟練者が職業的判断をする風合い判断は、前述のように主観評価ではあるが、比較的客観性をもち、かつ適確であり、筆者らが研究の対象にしたのは、この職業的判断であった。

3. 風合い判断の過程

手で布を触ってその品質を感じとるのは、少な

表1 基本風合いの定義例

風 合 い		定 義
	(英 語)	
1. KOSHI	Stiffness	触って得られる可撓性、反ばつ力、弾性のある充実した感覚、例えば、弾力性のある繊維と糸で構成されている、そして適度に高い糸密度の布の持つ感覚。
2. NUMERI	Smoothness	細くて柔らかい羊毛繊維からもたされる、触ってのなめらかさ、しなやかさ、柔らかさの混じった手触り感覚。例えばカンミヤ繊維から得られる感覚で、専門語では、毛質の良さからくる柔らかさをいう（曲げやわらかさ、なめらかさ、なめらかな曲げの手触り、すなわち、ころびの良さ、そして曲げの弾力的な性質によって判断される）。
3. FUKURAMI	Fullness and softness	かさ高で良くこなれたふくよかな布の手触り感覚(圧縮に弾力があり、暖か味を伴う厚み感で判断される)。

くとも数秒からせいぜい1分以内である。この間の熟練者の判断過程を分析した結果が図2(上)で、まず布の性格を表現する風合いが手触りを通して判断され、ついでそれらを総合して布品質が判断される。

この第1段階の布性格を表す風合い表現のうちのいくつかの基本的なものを基本風合い(Primary hand)⁴⁾と呼んで熟練者グループの協力で、それらのそれぞれについて感覚内容を定義することによって確認し、感覚強さの程度“intensity”を表す基準となる標準試料の抽出を行った^{6~9)}。とりあげられた基本風合いを秋冬用スーツ地の場合を例にして定義を表1に示す。注意すべきは、ここで述べている風合いは決して捉えどころのない人間の情緒的なものでなく、人間と布の間の適合性をみわけするための評価手段、あるいはコミュニケーションの言語として用いられていることである。ちなみに表2にこれら風合いが人間の衣服としての機能と如何に関わるかを示している。

これら基本風合いのそれぞれは前述した感覚強度の標準試料によって表3のようにHV値 Hand-Value (風合い値)を用いてその強度を定量的に表現された。例えば、ある布のKOSHI(以後、標準化された風合いの場合はこのようにローマ字で

表現している)はその布とKOSHIの標準試料を手触りで比較してその数値を決めることができるようになった。

更に、これら基本風合いをまとめて熟練者は頭脳の中で布の品質を評価しているものと思われるが、標準化では品質については5段階表示し、

5 : excellent

4 : good

3 : average

2 : below average

1 : poor

に分類し、この数値をTHV (Total hand value)とした。こうして研究は、図2(下)の風合い判断順序、布→HV(複数)→THVのように人間の頭脳の内部で処理される過程を頭脳から引き出す客観判断法の開発へ進んだ¹⁰⁾。

4. 「手で触る」評価から客観評価へ

手で触るときの布の変形や布にかかる荷重、モーメントなどは、普通、非常に小さい。しかも布では微少荷重域で変形しやすい非線形性が顕著であるだけに測定は精密さを要求される。シート状の布の表4に示す特性とそれぞれの特性値を測定し得るシステム KES F1~4¹¹⁾を開発した。布物理量の測定値は図2下の変換式Ⅰに代入され基本風合い値(複数)を算出、再びこれを変換式Ⅱに代入して品質値 THV を算出する。一貫した客観風合い評価がこのようにして可能となった。変換式Ⅰ、Ⅱはすでに整備された風合い標準を基にして熟練者グループによって主観的に評価された多くの布のHV値、THV値と力学量を相関づける統計的処理によって導かれた。図3にKES F1~4システムを示している。

これら客観評価システムによる、例えばKOSHIの評価と10名の熟練者の評価の平均値との相関図と示したのが図4である。また、THV

表2 基本風合いと衣服着用性能

KOSHI	弾力性。衣服が身体にまとわりつかず、適度の空間を作る。形態の保持性。動的な美しさ。
NUMERI	肌触りの良さ。ソフト感。皮膚を傷めない。快適感に大きく関与する。
FUKURAMI	空気の保有と流れ。伸びやすさ。肌触り。
SHARI	布と肌との密着を断つ。涼感をもたらす。
HARI	空間を作る。涼しさ。動きやすさ。

表3 風合い値。サンプルは、手触り感覚の強さに従って、A・B・Cの3グループに分けられる。そして、それらのグループのサンプルは更に3グループに分けられる。XHとXLが、A-1とC-3のグループからそれぞれ取上げられる。最後に11のグループが得られ、10, 9, 8...0の数字によって表わされた。この数字H.V.は、風合い値と名付けられ、値の大きな数字は手触りの強い感覚を表示する

Group	XH	A			B			C			XL
		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	
H.V.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

図3 力学的及び表面特性計測システム

についても同様に図5に示しているが、THVでは熟練者といえども個人間、個人内のばらつきは大きく、客観評価値はよくその平均値付近を与える。これらの実力が客観評価法が熟練者の主観判断にとって代って広く普及した理由と思われる。

5. 風合い設計への道

風合いは布の力学量と表面特性の物理量とで評

価されるが、それら物理量を設計、もしくは制御することによって風合いの制御が可能になる。そしてTHVを高める最適の物理量の組合せは、一つではなく多くあり、布に特徴をもたせつつTHVを高めるという高度の技術への道が広がった。しかし、まずはじめに実用化したのは、高品質の布のみを集め、その物理計測値を図6のようなチャートにプロットすると一つのゾーンに特性

表 4 布の力学的及び表面特性値

ブロック	記号	特 性 値	単 位
1. 引張り	LT	引張り荷重—伸びひずみ曲線の直線性	—
	WT	引張り仕事量	gf・cm/cm ²
	RT	引張りレジリエンス	%
2. 曲 げ	B	曲げ剛性	gf・cm ² /cm
	2HB	ヒステリシス幅	gf・cm/cm
3. せん断	G	せん断剛性	gf/cm・degree
	2HG	$\phi=0.5^\circ$ におけるヒステリシス幅	gf/cm
	2HG5	$\phi=5^\circ$ におけるヒステリシス幅	gf/cm
4. 圧 縮	LC	圧縮荷重—圧縮ひずみ曲線の直線性	—
	WC	圧縮仕事量	gf・cm/cm ²
	RC	圧縮レジリエンス	%
5. 表 面	MIU	平均摩擦係数	—
	MMD	摩擦係数の平均偏差	—
	SMD	表面粗さ	micron
6. 厚さ 重さ	T	圧力0.5 gf/cm ² における厚さ	mm
	W	単位面積当たりの重量	mg/cm ²

図 4 客観評価値, HV (Cal)と熟練者による主観評価値, HV (EXP)との相関図, HV (EXP)は10名の判断による平均評価値を用いている。

が集中することがわかってくる。これを目標ゾーンとして、その中に性質を入れるように高品質の新しい布を開発する方式が普及した¹²⁾。このチャートの中心の縦のゼロ線は市販布を母集団とする平均値であるが、更に特徴の目標を絞った使い方として、図7のように、例えば絹フィラメント織物を目標にして、それを母集団とする平均値を中央縦ゼロ線にとり、ポリエステルフィラメント織物の特性が如何に偏っているかを示す方法もある。

これにより、特定の目標との差を明瞭に示すことができるが、図8は最近の改良されたシルクラ

図 5 THV に関し、客観評価値, THV (CALCULATED)と熟練者による主観評価値, THV (EXPERIMENT)との相関図. THV (EXPERIMENT)は8名の判断による平均値を用いている。

イクポリエステル布(ポリエステル織物でシルクの風合いに近づけた布)を同じチャートにプロットしている。中央ゼロ線の $\pm\sigma$ に接近すれば絹織物の布の風合いとほとんど合致することになるが、ここに示した布は図7に比較してかなりの接近を示していることがわかる¹³⁾。

表5は布の風合いを客観表示した例で、二つの布地の風合いが客観評価され、数値で表現されて

図6 データチャート。ハッチングのゾーンは高品質ゾーン。男性スーツ地秋冬用。

△：縦糸方向 ▲：横糸方向
○：縦、横糸方向の平均

表5 布の風合いの客観評価値表示例
NEW ZEALAND HIGH QUALITY SUMMER
SUITING DEVELOPMENT PROJECT BY
H.E.S.C. AND W.R.O.N.Z. 1986

	SAMPLE #7A TROPICAL 179G/M ²	SAMPLE #34 SPRING JACKET 273 G/M ²
THV*	3.9	3.7
PRIMARY HAND**		
KOSHI	4.2	5.7
SHARI	6.2	7.1
FUKURAMI	4.5	4.3
HARI	4.7	7.1

* 5~1 (EXCELLENT-POOR)

** 10~0 (STRONGEST-NON)

Polyester (5 samples)

図7 絹織物の特性を基準にしたチャート。ポリエステル織物の特性をプロットしており、絹織物からの偏差が明瞭に示されている。

いる。単なる手触り判断と違ってデータとして記録でき、データ交換も容易である。更に詳しくは物理量データが付属しており布の設計へ直ちに結ぶことができる。

6. 人間と材料

風合いは布の世界にだけに存在するとは限らない。筆者が1968年、風合いの研究のごく初期において、風合いとは何かを探ったことがあり、その時のメモをまとめて報告したことがある^{14),15)}。

その5つの仮説のうち第1が、風合いはどのようなところで問題にされ、用いられるかということに関しての仮説で、「使用に際して(a)その材料を直接身につけるか、あるいは(b)手足に触れる機会の多い用途の材料において風合いが問題にされ

図8 図7と同じチャートに最近のシルクライターポリエステル織物の特性をプロットしている。図7と比較して絹に接近していることがわかる。

る」との仮説であった。

皮革類など、身につけるものはもちろん、ロープや紙にも風合いは存在する。ゴムにも人工皮革用途ではもちろん、たとえ機械部分として使われるときにも、仮説1に該当するものは風合いがその重要性の程度は別として関与していると思われる。人間に感覚的に嫌がられるものはなるべく好まれるものに変更すべきであり、より人間を考え、大切にする材料開発がこれからは大切であろう。

最近の繊維技術の流れをみると、戦後しばらくの力学的強さを品質として追求した時代から今日のように、より人間に適合する高品質を追いはじめた時代へと変革を遂げたが、来る次世紀はますます人間を大切にする世紀になると思われ、布における風合い客観評価技術の開発成果は次世紀の布の設計にはもちろん、人間とともにある多くの材料の開発にも役立てられることを願っている。

文 献

- 1) Peirce, F. T.: *J. Text.*, **21**, T377 (1930)
- 2) Lundgren, H. P.: *Text. Chemist & Colorist*, **1**, 35 (1969)
- 3) Kawabata, S., Niwa, M. and Kawai, H.: *J. Text. Inst.*, **64**, 21, 47, 62 (1973) など
- 4) 川端季雄：風合い評価の標準化と解析，風合い計量と規格化研究委員会，日本繊維機械学会(1975)
- 5) Kawabata, S. and Niwa, M.: *J. Text. Inst.*, **80**, (1989)
- 6) Kawabata, S. (ed.): "HESC Standard of Hand Evaluation (HV Standard for Men's Suitings)", HESC, The Text. Machinery Soc. Japan, Osaka (1975)
- 7) Kawabata, S. (ed.): "HESC Standard of Hand Evaluation" Vol. 1, HESC, The Text. Machinery Soc. Japan, Osaka (1980)
- 8) Kawabata, S. (ed.): "HESC Standard of Hand Evaluation" Vol. 2 (HV Standard for Women's Thin Dress Fabric), HESC, The Text. Machinery Soc. Japan, Osaka (1980)
- 9) Kawabata, S. (ed.): "HESC Standard of Hand Evaluation" Vol. 3 (THV Standard for Men's Winter Suitings), HESC, The Text. Machinery Soc. Japan, Osaka (1982)
- 10) 川端季雄：風合い評価の標準化と解析第2版，風合い計量と規格化研究委員会，日本繊維機械学会，(1980)
- 11) 川端季雄：繊維と工業，**5**, 277 (1972)
- 12) 丹羽，山田，川端季雄：繊維機械学会論文集，**31**, T158 (1978)
- 13) Matsudaira, M. and Kawabata, S.: *Proc. 3rd Japan-Australia Joint Symposium, Kyoto, The Text. Machinery Soc. Japan, Osaka*, p. 623 (1986)
- 14) 川端季雄：第16回高分子夏期大学講演要旨集，E17 (1968)
- 15) 川端季雄：繊維学会誌，**25**, 191 (1969)