繊維学会誌

(昭和44年5月 第25巻 第5号 通巻第281号)

報 文

(昭和43年11月13日受理)

風 合 い の 解 析

京都大学工学部高分子化学教室 川 端 季 雄

ANALYSIS OF HANDLING CRITERION

By Suel Kawabata

(Department of Polymer Chemistry, Kyoto University, Kyoto, Japan)

The following four hypotheses are presented for defining "handling" or "feeling". (1) Handling criterion is used for many materials which are used for wearing or, if not, which have frequent chances of being touched by hand or by any other portions of the human body, (2) the main subject for the criterion is the mechanical properties of material, (3) the true judge of the criterion is the man who well knows about the mechanical properties relating with its end use, (4) the criterion depends on whether or not the mechanical properties are adequate for its usage.

It was discussed whether the criterion can be determined without human feeling following the hypotheses.

It is concluded that numerical evaluation of the mechanical properties is difficult at this stage because of its complex nonlinear properties. And author maintains that some careful checks of the nonlinear properties are important and effective to identify the handling grade of the tested material.

Some experiments have been done as an example of the above proposed method.

(Received November 13, 1968)

1. 緒 言

風合いの良否という評価が衣服用の布をはじめ、かなり広い方面の材料について、その材料の良否の判定や品質評価に使用されている。特に高級な品質の材料ほどこの評価が重要視されているようである。

しかし、問題はこの風合いの良否の判定基準が数値化された明確なものでなく、驚くべきことには判定者自身が、具体的に被験物のどのような性質を、何を基準にして判定しているのかということを明確に説明できないという点にある。ふつうは手で被験物を触ったりにぎったりしたときの受ける感覚で風合いの良否順位を決めるのであるが、全く主観的で個人差の激しいものかといえ、そうでもなく、何人かの同時判定の結果がほぼ一致するというからなんらかの客観性が存在していることは

確かである。しかしながら現在、風合いに関して少くとも明確なことがらは、測定と判断が人間の感覚と頭脳で行なわれているという点のみであって、その他の点は実にあいまいである。風合いというものの定義すら確かでない。

本論文では、まず風合いとは何かという点の検討から始める。つぎに、この評価に関する操作を人間から切り離して、人間の手の代りに測定機を用い、頭脳の代りにたとえば計算機を用いようというような方法ももちろん考えられるが、その内容の複雑さが予想されることを述べる。

しかしながら、風合いの評価について少くとも現状では上述のように客観的判断法を採用しなければ、工業製品としての繊維製品の性能設計ができない事態がいつまでも持続するのであるが、しかし客観化を安易に、たと

えば適切でない測定結果からの数字の単なる統計的処理で行なうことに根本的な誤りをおかす危険のある点も本論文で指摘するとともに、客観化の可能性が確かに存在し、その方法はきわめて注意深くあらねばならない点を実験データによって示したいと思う。

2. 風合いに関する仮説の設定

風合いとはいかなる評価法であるかという点について、四つの仮説を設けてみた⁸⁾。その第一は風合いという判定が行なわれる材料に関してであるが、衣服材料を中心として皮革類からカーペットなど意外に広い材料に。いずれも風合いという評価法が用いられている。それら材料に共通している点は、いずれも

（使用に際して(a)直接その材料を身につけるか、あるいは(b)身につけなくとも手足に触れる機会の多い用途に用いられる材料において風合いが問題にされる。） 仮説(1)

衣料材料は上述の(a),(b)二つの条件にまたがるので、もちろん風合いが評価されるが、たとえばかばん用材料は身につけなが手足に触れる機会の多い用途に用いられるので(b)に該当し、やはり風合いが問題にされる。

次に、風合いとしてどのような量を測定評価しているのかという点であるが、手で触れたり、にぎったりする操作で判定されることからわかるように

（材料の力学的性質が判定の主たる対象である）

仮説(2)

たとえば、布の吸湿性や保温性なども風合い判定に関係するように思われているが、それは間接的であり、直接には着心地に関係する性質である。すなわち、後述するように風合いは着心地につながっている。しかし、着心地は必ずしも風合いのみとは結ばれず他の多くの性質と関連している点に注意する必要がある。

次に、誰れが風合いの判定を行なっているのか考えてみよう。風合いに客観的かつ一般的な判定基準がない以上、判定は判定者の判断にのみ依存するので、この問題は重要である。ここで現在、判定者に二つの型があることを指摘したい。一つは、真の判定者であり、いまこれをAとしよう。他の一つはAから判定法を学ぶ立場でこれをBとする。たとえば、Aに布を売るBが、Aが行なう判定の結果を集積してその判定法を自然に学ぶのもその一例である。つまり、Bにとって布のある性質がなぜ風合いがよいということにつながるのかということの内容には興味なく、ただそれらが結果として結びつくことのみ知ればよいのである。Bに属する判定者は比較的多い。これは客観化への移行の傾向を示しているようにも

みえるが、実はそうでなく風合いという評価をより複雑にしている原因にもなっているように思われる。繊維から布までの製造技術者にはBの立場の人が多いのであるが、この場合、次の流通段階である、布の販売会社がAの立場に立つかということも疑問である。販売会社自体もたとえば縫製業者など、次の流通機構に対してBの立場にあることが多い。このようにたどると消費者がAの立場に立つことになるがこれもまた疑問である。確かに原則的にはそうであるが、実際には消費者はそれほど製品の性能に対して専門家であるとは限らないからである。材料の種類によってAは一体だれであるかは一概に定められない。衣料材料の場合、消費者が自分自身で縫製し、着用するような種類の布では消費者がAである場合もあろう。しかし一般の消費者が各種の布を使用し比較する頻度はそんなに高くはないので、やはり専門的にこうした機会を多くもつ人達がAとみるべきである。もちろん縫製が専門技術者や専門工場でなされる種類の布では消費者の意見も知り、かつ縫製も実際に行なうこうした専門技術者がAの立場に立つであろうと思われる。Aの立場が誰であるかを確認することは問題を複雑にすることを防止するうえで重要である。この点に関し、次の仮説を設ける。仮説(2)から

（その材料の力学的性質を使用時の性能（消費性能）との関連において熟知する人が風合いの真の判定者である。） 仮説(3)

衣服材料において縫製のしやすさということも風合いの判定に加わるという意見もあるが、これは縫製技術者からの意見が強められた場合の一例であって縫製のしやすさも広義で解釈すれば消費性能の一つであるから、これも仮説(3)を裏付けるものであろう。

ここで強調したい点は、風合いがよいこと、たとえばよい手触りということは単にばく然とした、そして全く官能的な快感を指しているのではなく、もっと実用的考慮が先に立った判断であるということである。すなわちたとえば布の風合い判定に際しては、判定者は手触りという判定法から得た力学的量をもとにその布が衣服に仕立てられたときの型くずれのし難さ（寸法の安定性）、着心地のよさ、さらには縫製のしやすさなどの性能を過去の経験を総合して頭脳という計算機でごく短時間に計算していると考えてよいであろう。仮説(3)からさらに次の仮説が導かれる。

（風合いが論議されるすべての材料について共通の判定基準はない。その材料の用途に対応して異なった力学的性質が風合いの判定の上でそれぞれ重くとり上げられている。） 仮説(4)

仮説(4)を換言すれば

「材料の用途に応じてそれぞれに適合した力学的性質を有するかどうか、その風合いの良否を決める。」 仮説(4)'

仮説から導けるように繊維そのものは最終製品の材料ではないので、繊維の段階での風合いというものはあまり論議されないが、ないわけではなく、たとえば生糸のかせの取引に際して、かさを握ってその風合いから生糸の順位をつけて価格が定められるという。この場合、単に快感だけでその順位をつけているとはとうてい考えられず、前述の仮説(3)、(4)が繊維の段階で、かせという集合体で実行されているものと思われる。

ここで、風合いの判定法の一つとして間接的方法が比較的広く行なわれていることを知っておく必要がある。つまり、すでに理想的風合いを有するとされる材料と比較して、その理想材料に近い感じがあるかどうかを手触りで調べる方法で、たとえば羊毛織物と同じ風合いを合成繊維織物でもたせようとするとき、風合いの良否の基準は羊毛織物に近い感じを与えるかどうかにある。これも一つの風合いの判定法であるが、上述の仮説(1)~(4)で述べた風合いの良否の判定が絶対的風合いとすれば、これは相対的風合いといえる。この場合には、仮説(2)のみが適用され、問題は比較的簡単になる。仮説(1)~(4)で定義される絶対的風合いを新しい風合い、この相対的風合いを旧来の風合いであるという説もある⁹⁾。

3. 風合いの判定過程について

仮説(2)が正しいとすれば、風合いと材料の力学的性質との間には、少なくともその材料に関して両者を結ぶ固定された関係が存在するはずである。

現実には風合いの判定をより具体的にするため、手触りから受ける感覚を細別して、たとえばダラ感とかシャリ感とかいうように具体化して判定されていることが多い。これも仮説(3)、(4)の具体的実行法の一つである。

ここで問題点を一つ挙げたい。こうした従来からの、どちらかといえば主観的な感覚にたよる方法で行なわれてきた風合いの判定法を、仮説(4)'を満たす判定法であると認め、かつその結果を正しいと認めるかどうかという点である。もし認めるならば今後の目標はこの判定法をできるだけ客観化するため、その判定結果を具体的な計測可能な力学量と結びつけることに絞ればよい。しかし、この点について筆者は必ずしも従来の判定結果にこだわる必要はないと考える。そして、「風合いのよさ」のさらに適確な判断法が従来の判定法とは独立に作り上げられる可能性があると思われるし、作り上げられるべ

きであろう。しかしながら、仮説(1)から導けるように風合いは人間の感覚に直接関係するものであるから、少なくとも手で触って判定する感覚法は従来の経験の集積であり、その判定に対してどのような力学量が対応しているのかを検討するのは前述の新しい風合いをさぐるためにももちろん重要であるが、それがすべてではないことを強調したい。

しかし、少なくとも現在、手で触った感覚から判定される風合いと測定可能な力学量を関係づけようという要請があるが、この場合すぐに思いつくのは両者の因果関係になんらかの統計的相関をつけようという処理方法である。感覚による風合い判定結果を順位づけて数値化し、一方でなんらかの力学的測定値を得て統計処理をする方法であるが、これには大きな誤りをおかす危険がある。

前者の順位づけにも問題はあがあるが、これは認めても後者の数値化に大きな問題がある。布にせよ、カーベットにせよ人間が身につけたり触ったりしている材料の多くは、ほとんど例外なしに複雑な力学的性質をもっている。たとえば、第1図は織物の力学的性質の例を示しているが、上段は一軸拘束の二軸伸長特性(第2図参照)である。図のようにきわめて顕著な非線形特性を示していることがわかるが、たとえばいま織物を引張って受ける感覚はこのヒステリシスを含む全過程をふくんでいるはずである。このとき、これの数値化はどうすればよいのか。しかも、この第1図で、たとえばたて軸は力に比例した目盛である。しかし人間の感覚はこのように力に対して直線的、もしくは比例的でなく、たとえば対数的であるように非線形的感受性をもつことが予想される。もちろんこの場合でも第1図とはある想像関係にあるはずであるから、問題は図の認識法に絞られるが、このような図形を感じとり同時に仮説(3)、(4)を判断する頭脳の思考過程を明らかにしない限り、まず計算機を人間にとってかえようということは困難である。この思考過程を省き、前述の因果関係のみをとりあげても現在の計算機で図形認識をいかに行なわしめるかが問題である。

最近、織物の力学的性質の研究の発展にともない、織物の力学的性質を糸の力学的性質や織物構造から誘導することが可能になってきた。第1図は羊毛、ポリエステル、綿からなるほぼ同じ構造の三種の織物についてそれぞれ上段に前述した。一軸を拘束した二軸伸長特性、下段に単純せん断変形におけるせん断角とせん断力の関係を示すが、図で実線は測定曲線、点線は理論計算曲線である。

理論計算曲線は糸の力学的性質と織物構造から導かれたもので、これに関する理論は最近きわめて進んだ²⁻⁸⁾。これからわかるように引張特性もせん断特性も糸の力

Fig. 1. Comparison between mechanical properties of wool, polyester and cotton plain woven fabrics. These three fabrics are woven carefully so as to obtain the same structure using yarns of same counts.

Solid lines are experimental and dotted lines the theoretically calculated lines.

Fig. 2. Examples of fundamental mechanical properties.

Fig. 3. The two left side figures show the properties of silk crape and those of the middle and right are polyester crape and rayon crape respectively.

The deformation types are same as figure 1.

学的性質の織物構造から導かれるので、両者の間には密接な関係があるのは当然である。いま、なんらかの方法によってこれらを数値化して風合いとの間にそれぞれの相関関係を求め、いずれの性質がより強く風合いに関係するかということを計算しても両方の性質が本来密接に結ばれている以上、数値化の方法によって片方が強い相関をもてば他も同様に強い相関をもつこともあり得るわけで、この点に注意しないと統計処理は盲目的な処理になるおそれがある。

第1図からみてわかるように三種の織物について、この二つの特性で比較しても顕著な差がある。この差が風合いにひびくのは当然のことといえる。

問題はこの差の処理法をいかにすべきかということにかかるといえる。

4. 風合い判定の客観化に関して、現段階における一つの方法と実験

前節において力学特性のもつ複雑さのゆえに筆者はその特性を数値化しようとするものの困難さを指摘した。数値化にこだわるのは計算や統計処理にこだわるからで、現段階では計算機の能力の点からも、まず基本的力学特性について第1図のように図形比較し、観察することから始めるのも一つの方法であると思う。第3図は織物のなかでも高級品の一つである越ちりめん(絹)とこれに似せて作られたポリエステル繊維からの織物、および同じくレーヨンの織物の三者の比較で、第2図に示す変形様式のうち一軸拘束の二軸伸長と単純せん断について比較している。ただし前者ではたて糸に沿う方向の力のみを示している。ヒステリシスの大きさ、初期特性の曲線形状などに明らかに差があり、特にポリエステル織物にそれが著しい。

周知のようにこの種の織物はたて糸方向とよこ糸方向の引張特性が著しく異なる異方性を有している。均等に二軸方向に伸長した場合のたて方向の力(実線)とよこ方向の力(点線)を同時に示したのが第4図の上段で、下段は第3図と同じく単純せん断特性である。第3図の三種の織物に加え

Uniform Biaxial Tensile

Simple Shear

Fig. 4. Acetate rayon crape is added. The upper side correspond to uniform biaxial deformation, and the lower is the same as of figure 3. Acetate rayon crape is very close to silk crape as seen in this figure.

てアセテート織物も比較しているが、アセテート織物は絹織物とよく似た性質を示すことがわかる。事実、こうした生地を扱う人達でも織物に触って簡単には両者の区別がつかないことがあるという。これは単に引張とせん

断のみを比較しただけであるが、これら両者で似ていても他の性質で異なることがあり、上述の絹とアセテートも曲げの特性で差がつく。

さらに精密な比較の一例を次に示してみよう。試料としてはほぼ同じ織物構造をもつ紳士用スーツ地三種 I, II, III を選んだ。

試料 I；羊毛織物：風合いがよいと判定されている。

試料 II；羊毛織物：試料 I にくらべわずかに風合いが劣ると判定されている。

試料 III；羊毛50%，ポリエステル50%混紡糸の織物：風合いは I, II にくらべ格段に悪い。

第5図は試料 I, II, III のそれぞれ一軸伸長特性で実線はたて糸方向、点線はよこ糸方向を示す。III が明らかに異なるが I, II の区別はつけにくい。II の曲線の傾きがややゆるやかにみえるが、これは構造に若干の相違があ

Fig. 5. Uniaxial tensile properties of sample I, II and III. I and II are very close to each other. I, II and III have almost same structure to each other and are used for men's suits.

Fig. 6. Uniform biaxial tensile properties of I, II and III. II shows slightly quick increasing of force in relatively small deformation region.

Fig. 7. Simple shear properties of I, II and III.

るためであることは理論的にも導ける。初期の曲線にはほとんど相違がない。

第6図は均等二軸伸長特性である。IIIはもちろん異なるが、I, II を比較すると初期曲線の立上りがIIがややはやい。第7図、第8図はそれぞれ単純せん断、15 g/cmの強制引張荷重下で伸長 λ_0 を与えた状態でのせん断特性で、試料Iと試料IIの区別はほとんどない。試料IIIは傾斜も急であるがこれは織物に「かたさ」の感じを与え、かつヒステリシスも大きいこれは弾性が不足している感じを与えるはずである。この変化は単純せん断変形においても初期特性に影響することが理論的に導けるので、その初期部分を比較してみると第9図のようにあきらかにIの曲線が下方にわん曲する度合いが大きい。しかもせん断角が9.5°付近になると両曲線は一致し、同じ「せん断かたさ」をもつ。これはあきらかに織物の着用時に、織物の比較的小変形時にやわらかさを与え、かつある程度以上の大変形時にはかたいわけで、この性質が着用機能上すぐれていることはわれわれにも認められる。

均等二軸伸長、単純せん断でみられるようなこうした初期特性の抵抗が小さい主たる原因の一つとして、理論からは糸の横圧に対する圧縮性が大きいためであること

Fig. 8. Shear properties of I, II and III under constant stretch load $W=15$ g/cm along perpendicular direction to the one of shearing force.

Fig. 9. Comparison of the three curves shown in figure 7. I moves below of the others in relatively small deformation region.

が誘導される。

そうした性質が直接現われる布の圧縮性を比較してみよう。第10図はよこ軸に厚みを、たて軸に圧力を取り、I, II, IIIの特性を重ねて示しているが、IIが最も厚い。これは織物構造の若干の違いに基づくものであるが、それよりも注意すべきことはIの曲線がなめらかに上昇しているのに対してIIIははじめ低く急に立ち上り始める。IIはIとIIIの間もしくはややIIIに近いといえる。

かるくこの布に手を触れたときを考えよう。IはIIに比較して弱い圧力 (4 g/cm^2 付近の圧力がその境界点) では厚い布である。しかし、それ以上では逆にIは「薄く」なる。この現象から明らかにわかることは、IはII

に対してやわらかい触感を与えるであろうということである。

第11図は曲げ特性であるがIとIIの差はない。さらに興味あるのはIIIは圧縮においてすらヒステリシスが大きいことである。引張りにおいても、曲げにおいても、またせん断においてもこうしたヒステリシスは観測されるが、これらはすべて繊維間の摩擦係数の大きいことに基因していることが理論的に証明される²⁻⁷⁾。

第12図は第10図の圧力ピーク点を重ねて比較したものでIIはむしろIIIの性質に属することがわかる。

これらの布の風合いを従来の方法で比較し順位をつけた専門家 (はじめのべたBに属する判定者) に判定の内容をたずねたところ、事実このIとIIの布はいくつかの

Fig. 10. Compressibility of I, II and III. Soft feeling is be given by I.

Fig. 11. Bending properties of I, II and III. I and II are almost same.

Fig. 12. Comparison between the properties of I, II and III shown in Fig. 10.

項目の判定は同じでただ表面の手触りのみに若干の差があるということであったが、以上の測定例はそれを裏付けるばかりでなく、それ以上の情報を与えている。

5. 結 語 (風合いの設計へ)

風合いの良否という特性は、繊維製品の重要な性能の一つである。今日、近代的工業で製品の性能設計ができない工業分野はまれである。繊維製品の風合いが前近代的方法で行なわれている慣習は早急に改善されるべきであろう。風合いに神秘性をもたせるのは測定技術の立遅れを自ずから認めているものといえよう。

ここで重要なことは風合いを適確に力学量測定によって判定しようとする際、たとえそれが手触りによる風合いをよく表現し得る方法であっても、複雑な力学量をとらえてはならない。できるだけ基本的変形、たとえば前例にあげたような変形がその例であるが、そうした変形にとどめておく必要がある。それは、解析の困難な条件ではたとえ風合いが判定できてもそれをその判定に基づいて風合いを制御するところまで役立てることはできないからである。

Fig. 13. Biaxial tensile tester which was designed by S. Kawabata et al.

Fig. 14. Shear deformation testing using the biaxial tensile tester.

著者は3において図形の比較という方法をとったが、この方法は将来の計算機の進歩によっておそらくこれを計算機にとってかえることは可能になるであろうと思われる。

繊維が糸になると糸としての新しい力学的性質が生まれる。さらに、糸が織物になると織物の性質はまた糸のそれとは大きく異なっており新しい性質をもつ。こうした変化を繊維の力学的性質から糸や織物の構造を考慮に入れて理論的に計算できるようにすることが、一方において風合いの設計への重要な準備である。

最近、筆者らの研究グループにおいても織物の弾性的性質、粘弾性的性質が繊維や糸のそれとどのように関係するか、また繊維から糸への変化はどうかという問題について究研を進めており、たとえば、織物については、糸の 1) 引張特性、2) 糸への横圧による糸の圧縮特性、3) 二本の交差する糸の交差角変化に対する抵抗トルク

Fig. 15. Compression testing. Test specimen is compressed between two rods. The right rod is connected with deformation detector, and the left one with force detector. The compressive motion is driven by electric current in magnetic field. The apparatus was also designed by S. Kawabata.

Fig. 16. Bending testing using the same apparatus as in figure 15.

特性, 4) 織物の構造すなわち, 糸密度と織縮み率を導入して第1図のように点線で示した計算曲線が理論計算によって図のように精度高く求めることができるようになっている。

また, 糸の引張特性や抵抗トルクの特性も繊維の力学的性質, まさつ係数などの物理的性質から理論的に求める研究も非常に進んでおり, 繊維の力学的, 物理的性質から織物の力学的性質を理論計算できる段階にまでいたっている。たとえば, 第1図ではポリエステル織物の引張特性は羊毛のそれによく似ているが, セン断特性に大きなひらきがある。これは繊維の摩擦係数の差にもとづくことは理論的に計算できるようになっている。したがって, ポリエステル繊維の摩擦係数を改良すれば羊毛織物の特性に近づけることはできるが, また, 摩擦係数をそのままにして, どのような方法を取り, どのような構造にすればセン断変形特性を羊毛に近づけ得るかということを試みる計算もできるようになってきた。

こうした繊維集合体の弾性や粘弾性の究研は現在さらに進みつつあるので, 風合いの判定に関する研究を今後発展させれば繊維製品の風合い設計が可能になるであろうと思われる。これは夢として考えるべきでなく, 現実に製品設計ができない繊維工業にとって緊急に解決しな

ければならない立ち遅れた問題であることを認識したい。そうした進んだ段階にいたると, もはや風合いという言葉は消滅するであろう。すなわち, いくつかの製品性能または材料性能に分解されるはずである。

付記 第13図に引張試験, 第14図にセン断試験の方法を写真で示した。装置はいずれも筆者らによって試作された二軸引張試験機である⁹⁾。

第15図, 第16図は圧縮および曲げ試験の精密測定装置でやはり筆者によって最近試作された¹⁰⁾。

文 献

- 1) 藤野清久; 私信
- 2) 丹羽, 川端, 河合; 繊維機学誌, 19, T157 (1966) 20, T12, T258, T279, T317 (1967)
- 3) 川端, 丹羽, 河合; 第20回日本繊維機械学会年次大会講演前刷, 180 (1967)
- 4) 川端, 丹羽, 河合; 日本繊維機械学会講演論文集 No. 21, 124 (1968)
- 5) 丹羽, 川端, 河合; 同上, 130 (1968)
- 6) 高力, 丹羽, 川端, 河合; 同上, 136 (1968)
- 7) 丹羽雅子; 京都大学工学博士学位論文
- 8) 川端季雄; 第16回高分子夏期大学講演要旨集, E17 (1968)
- 9) 坂口, 川端, 河合, 裕; 材料, 17, 356 (1968)
- 10) 川端季雄; 未発表