特 集

繊維特性と織物特性

—Handling と Feeling の 発現条件—

西 海 四 郎

1. 序 論

商品のアピールのために feeling という言葉が用いられている。この語は辞書によれば、感情・感じ・印象という語に対応する。しかし近頃はかなり恣に用いられていて、分析を経ない感じというのが、近いようである。これは一種の意識であるが、意識はふつう外界からの刺激によって発するので、個人差を越えて、ある意味では物の側にその特徴が存在する。すなわち物がある程度感情を決定する¹⁾。他方同一の対象がひきおこす感じには個人差もあり、個人についてもその状態によって感じは異なる。これを科学技術の対象としてみる場合、操作性の点から対象の側の特性が問題となりやすい。たとえば優美というような感じには、次のような条件が挙げられる²⁾。

- (1) ゆるやかで微妙なふくらみ、面の流れ。むやみに大きくない
- (2) 清らかな表面
- (3) 調和的な各部分の比率
- (4) あまりに個性的でない。

これらはヴィーナスにみられる共通の特性といえよう。しかしこれはある程度の必要条件を挙げたにとどまる。いずれにせよ外界の特性がある感じを与えるが、その特性とは、いわゆる物理的なもののほかに形式的・数学的関係をも含んでいる。

2. 繊維製品の与える feeling

繊維製品のうち人が着るもの、住居の中で用いるものを意識して関係語を並べてみる。例えば男性的という感じに対しては野性的・力強い・たくましい・重厚な・大きい・深い・風格ある、などという語があらわれる。これを繊維製品で表現すると、たとえば厚手の羊毛服地・厚いドレーバリやカーペット・色調は明度の低い褐色・

無彩色を含む系統が連想される。

なぜ、このような対応が起こるのかはよくわからないが、等価変換理論による説明もできよう。すなわち原系における特性を抽出して、等価の次元において目的系へ移しかえるのである。この原系における特性から受ける感じは、過去の経験から自明である必要がある³⁾。

3. Feeling の構造

これまでは、織物やそれを構成する繊維の特性を無視して論じてきた。一方消費者の購買決定因子は、第一に製品の表層特性、つまり対象と接するに際して、時間的にもっとも早く知覚される特性、たとえば色・柄・デザイン・タッチであり、第二に価格であるといわれる。以上の特性は繊維や織物の上にのせられた情報であり、表層構造に対応する。これらは feeling のすべてではなく、次第に、その背後にある内層・中層というべき構造が発揮する効果を感じるようになる。衣料にしる、インテリア製品にしる繊維製品の良さというか、深い味わいは、それらにある程度の期間使用してみればわかってくる。この内層構造とでもいうべきものが織物特性であり、さらに繊維特性であると考えられる。表層構造はほとんど繊維製造技術と独立であるが、発色性・表面タッチなどはいくらか関連し、さらに内層構造は繊維製造技術と関連する。

3.1 Feeling と風合い

Feeling の発生源は五官の刺激、すなわち：匂い・味・色・形・動き・音・触であるが、匂い・配色・味、そして、スタイルとしての形は、織編物のレベルでは問題になりにくい。いずれも最終用途において問題になる。したがって音・動き・触と使用時の布面の変形という意味での形が残る。音には絹鳴りとか、かたい布を扱うときのサワサワした音などがあるが、特殊な問題なので、それを除く。

そうすると形状形成能・動きに対する応答・触感が残る。これらは、布という構造体としての特性であるが、それを実現するには内層構造、あるいは組立て素材とし

Properties of Fibers and Fabrics from Them
SHIRO NISHUMI

東レ(株)繊維研究所 主任研究員

ての繊維の特性が問題になるはずである。この布の特性すなわち形状形成能・動きに対する応答・触感に対応する特性はまず官能によって評価される。すなわちこれが風合いである。

3.2 繊維素材と風合い

繊維の種類、たとえば木綿・羊毛・ポリエステルなどをきめても、それから得られる織編物の種類は多様である。繊維の種類でなく、特性をきめても同様である。すなわち同一特性の繊維も、いろいろの集合体構造をつくるから、これら繊維集合体である織編物の物理特性は多様である。他方同一の素材、さらに異種素材から成る異なった集合体構造をもつ織編物は、厳密には異なった物

理的特性を示すはずであるが、特性評価の際の有限な種類と、範囲の刺激に対しては、同じと見なし得る応答を示すことがある。風合いを調べる際にも、区別できないものもある。すなわち繊維性状と製品特性とは、集合体構造の多様性をとおして一対多、製品特性と風合いとは、刺激の種類と範囲が有限であることを考えると、多対一の関係が成り立つ。このことが絹様の合成繊維織物や、羊毛製品風の触感をもつほかの繊維から成る製品ができる理由である。

たとえば第1図において、羊毛繊維の一種 W_1 はいろいろな羊毛織物構造 W_{11}, W_{12}, W_{13} を与える。ここで W_{11} と W_{12} とは同じと見なせる性質 W_{p1} を示し、 W_{13}

は性質 W_{p2} を示すとする。すなわち、 W_{11}, W_{12} は構造が異なっても、見かけ上性質は同じであることもある。さらにこの W_{p1} は、別種の羊毛 W_2 から得られる織物構造 W_{21} についてもみられる場合もあろう。すなわち異なった羊毛繊維からでも、同じ性質の織物を得ることができるわけである。

ポリエステルという分子種をきめて、その重合体特性を規定しても、製糸工程で得られる繊維は E_1, E_2 のように多様である。 E_1 からは織物構造 E_{11}, E_{12}, E_{13} が得られ、 E_{11}, E_{12} は同じ性質 E_{p1} を示すこともあろう。

第1図 Fiber (Component)-Fabric (Finish)

第2図 Interrelations of S, P and H

このようにして、羊毛繊維を用いて得られる織物の性質の全集合 $\{W_p\}$ を考え、他方 PET 繊維からのそれを $\{E_p\}$ とするとき、この両集合に交 $\{W_p\} \cap \{E_p\}$ がある場合、羊毛風のポリエステル織物が存在するといえる。

4. 繊維製品構造・物理特性・風合い

ある編織物の物理特性・風合いとは、物理刺激に対するそのものの応答形式・感覚への写像を意味している。したがって複数の物理量を巧妙にえらべば、それと風合いという官能量との間に、高い相関のあるものが見出される。すなわち官能量の物理量への還元ができる。

第2図はこれを概念的に示したものであって S は構造、 P は性質、 H は風合いという官能量をあらわし、それぞれ x, y, z -次元のベクトルで示されるとする。一般には $x > y, x > z$ であるので、構造 S_1, S_2, S_3 は異なる性質 P_1, P_2, P_3 を示すが、 S_3, S_4, S_5 は異なる構造でありながら同じ性質 P_3 しか示さないことも当然ある。

風合いについても同様であって S_1, S_2, S_4, S_5 は構造が異なっているが、風合いとしては区別できないこともある。他方 S_3 と S_4 とは物理測定では区別できないのに、風合いとしてはそれぞれ H_1, H_2 として区別できることもあり得る。必要十分な y をとり $y=x$ にすれば、理想的には右上の実線のように、構造と性質とは一義的に関係づけられるはずである。構造に対して鈍感な物理測定値をえらべば破線のようにになってしまう。 $z=y$ とし、かつそのベクトル成分を理想的にえらぶとき、右下のように風合いは完全に物理的に表現できる。

5. 繊維性状と織編物特性

第1図の内容は、次のように示されるであろう。織編物は紡績糸、または撚糸が規則的に幾何学的に組合わさってできていて、後者は、単繊維から構成されている。すなわち概念的には次式で示される。

$$P_{\text{fabr.}} = F_{\text{fabr.}} [F_{\text{yarn}} \{F_{\text{fib.}} (\text{Polymer})\}]$$

ここで $P_{\text{fabr.}}$ は布の性質、 $F_{\text{fabr.}}$ 、 F_{yarn} 、 $F_{\text{fib.}}$ はそれぞれ織物を構成する糸の配置形式、糸に対する繊維、繊維に対するポリマーのそれによって定まる関数である。この場合、ある構成段階のものの性質は、それよりも一段下位の構成要素の性質と、その幾何学的配置によって定まるとし、構成要素の構造には立入らない⁴⁾。

この意味において、繊維の特性を決めれば、それから得られる織編物の特性・風合いの集合が形式上決定する。つまり単繊維の特性を与えて、それからどんな風合いのものが得られるかという問いは、漠然と上記集合を問うているのであり、単繊維の特性を与えて、ある定まった特

性の製品が得られるかという問いの方が明確である。逆にある目標の特性を示して、それを実現するための繊維の特性を問うのは、ある繊維の特性の集合を問うことになる。

5.1 繊維の特性の分類

繊維の特性と織編物の特性・風合いの関係が第1図あるいは、上記の概念的な関数で示されるとした場合、前者が後者に対してどのように寄与していくかが問題となる。上式においては織物の中にある状態での糸の性質、その糸を構成する繊維というように、いわば加工工程における変化をしたあとの糸や繊維の特性を考えていた。一方第1図においては加工される原料としての、それらの特性を考えている。両者は互い類似しているが、厳密には異なっている。繊維は高次加工工程において、その特性が変化するのが一般であるからである。そして多く問題になるのは、原料としての繊維の特性である。

繊維の特性はいろいろあるが、高次加工によって織編物をつくるという観点からは次のように分類することもできよう⁵⁾。

(1) 繊維の特性がそのまま織編物の特性に伝わる、いわば加工によって変化しない特性。たとえばこれは化学種によって規定される物質特性のうち熱的・光学的・物理化学的の特性がそれである。ガラス転移温度・融点・比熱、光学的屈折率の範囲、染料との親和性、機械的性質の一部などである。このほかには繊維の幾何学的特性としての断面形状・繊維長（ステープルの場合）・織度なども不変として扱える場合がある。

(2) 加工によって変化する見かけ上の変化特性。この変化の仕方そのものは、繊維に固有であり、一定である。合成繊維の場合、非可逆的な変化をするものが多い。これにはポリマーの二次凝集構造にもとづく特性が挙げられるが、これは化学種の限定内で変化する。弾性率や伸度など力学的性質、熱収縮率など熱的特性、吸湿性や染色特性など界面化学的性質のほか、幾何学的特性としてはケン縮の形が挙げられる。これらは工程を通じて変化していく。

(3) 繊維が高次構造つまりある幾何学的配置をとるために役立つ特性。構造形成能・加工特性・工程通過能がこれである。この一つには物質特性が挙げられる。すなわち工程で受ける刺激に対する応答形式であって吸湿性、熱的性質—たとえば軟化温度・熱分解温度—などがある。もう一つは物体特性であって、たとえばケン縮特性・繊維長・織度・表面特性などがある。羊毛織物はその顕微鏡観察でみとめられているように、織物内で糸が深く波打っていて（織物クリンプ）、糸内では繊維が分散している。仮りに、このような織物中の繊維の配置

を変えることなく、それを保ったままで繊維の化学種をポリエチレンテレフタレートに変えたとすれば、その織物の風合いは羊毛織物のそれに非常に似たものとなるであろう。羊毛は水によって断面積が増大し、この膨潤とともにケン縮が伸びる。それは乾燥によって脱膨潤して再びケン縮が発現する。羊毛繊維はその生機が仕上品にかわる間に、煮絨・蒸絨・乾燥などの工程操作を受けるので、以上の膨潤による可逆ケン縮能が有効に働き、羊毛製品にみられる上記の織物構造ができ上がる。PET 繊維の場合、この膨潤による可逆ケン縮能はないので、PET には別な特性を付与してそれを利用するか、別な工程を考える必要がある。

5.2 織物物性の繊維特性への還元

以上の特性の波及のし方を考えに入れて、織編物風合いを、それと関連しそうな物理特性に還元し、さらに織物特性を織物構造と糸特性に、後者を糸構造と繊維特性に還元してみたのが第3図である。これはいわば5に示した式

$$P_{\text{fabr.}} = F_{\text{fabr.}} [F_{\text{yarn}} \{F_{\text{fib.}} (\text{Polymer})\}]$$

を Fiber のレベルで止めたものに当る。そして、さらに重要なことは、ここにある糸・繊維の性状は織編物内のそれらであって、加工前のそれらの性状ではないことである。

ここには力学的特性が主として挙げられていて、染色

性などは挙げていない。ここで Rustling はいわゆるシャリ味を意味するが、これは繊維の力学的特性のほかにも吸湿性・熱伝導性なども関連すると思われたので、その項目が入っている。これらの性質はそのまま繊維の性質でもあり、上記の不変量である。

Smoothness はなめらかに当るが、これには窓ガラス板のように視覚でわかる、いわば幾何学的平坦さと、毛皮のように幾何学的にはもともと凹凸があっても、手で触れて動かすという平坦化作用に対する抵抗の低さ、いわば力学的平坦化能の二つが考えられる。

Stiffnessについては、弾性的な成分と非弾性的・摩擦的な成分とが考えられる⁹⁾。

織物構造にはここに挙げた項とは異なる見方として織組織が挙げられる。これと単位幅内の糸の数とが織物構造を決定する際の自由な操作量である。同様の関係が糸と繊維の間にもみられる。すなわち糸構造をつくるときの自由操作量は、繊維が与えられた場合、何本の繊維を糸断面内に配置するかが主であって、他は繊維の特性に大幅に依存する。もちろん加熱によるケン縮の発現、ヨリドメの効果などもある。

以上の定性的考察にもとづいて、所望の織物特性を発揮するための繊維の設計が考えられる。

5.3 目標風合の設定

以上とくに3.2で述べたように、一般的に繊維特性と

第 3 図

織編物特性との関係を記述することは不可能ではないにしても、漠然としたものでしかあり得ない。実際に要求されるのは、ある価値尺度によってきめられた特定の性質をもつ製品である。そして、それをどう実現するかが問題である。ふつうには腰が適当にあり、シャリ味があることが望まれ、ごつごつした、あるいは油性感のあるものは望まれることはない。これらの特性の程度は用途によって変化する。紳士物と婦人物、外衣と中衣、夏物と合冬物とによって変化する。したがって、目標とする用途に関する織編物の要求特性を知る必要がある。具体的には適当な織編物サンプルを用意し、実際にそれを扱っている人々の意見を聴取する。できればその選択の際の官能評価項目を聴取する。これらの結果を統計的に処理し、風合い目標を設定する。

5.4 風合いの物理量への還元

以上の官能値による目標を技術的に取扱うために、物理量に還元する。この風合いの評価法はすでに多く研究されているが、たとえば次の量が高い相関係数を与えることを認めた。いずれも試験片の形や測定条件を規定する。

腰 : 織物曲げ仕事量/圧縮率

かさ : 厚さ

剛さ : 織物を一定曲率で曲げたときの曲げモーメントの曲げ角度微分値

ドレープ : ドレープ係数

この他にも反発性、防しわり性、表面タッチなどがあるが、いずれも便宜的に物理量をえらぶことができる。理論的には表面タッチは指の圧覚や温冷覚の刺激の空間分布の時間的変化であろうが、実際には布を相互に擦過させるときの摩擦応力の変化のパターンでもよい。

5.5 織編物特性の糸・繊維特性への還元

以上の織編物特性の目標値が設定されれば、それをつくるための糸特性が問題となる。これも一見複雑であるが、実際には実現可能な操作範囲には自ら限度があるから、その範囲内での探査で足りる。たとえば加工糸の場合、その織度・かさ高性・伸長回復率・収縮特性などはある限界内にある。したがって、ある標準の加工糸を用いて編物をつくり、その特性—腰・厚さ・ドレープなど—をしらべる。次に加工糸特性の一つを変化させ、それに対応する編物特性の変化をしらべる。こうすれば実際的な操作量の寄与のし方がほぼ判定できる。これらは一般に線型ではないが、大体の傾向は与えられると思われる。標準試料の特性が目標のそれから遠い場合、一応線型性を仮定して、上の要因効果から第2の標準試料を試作することになる。

たとえば編物の厚さには加工糸のカサ高が大きく寄与

し、腰には加工糸の収縮特性が物を言うことがわかる。

糸特性と繊維特性との関連は比較的単純であって、糸のかさ高性は繊維のケン縮特性（発現能も含めて）に依存するところが大きい。また単糸織度は糸の曲げ、ねじり剛性に寄与する。

5.6 工程における繊維特性の変化

これまでは工程における繊維特性の変化にはあまり触れなかった。静的な解析では、製品内における構成繊維の特性の設計ができる。しかし、実際にはそのような製品の構造をとり、それと同時に繊維の特性が静的解析で得られるものになっていることが望まれる。すなわち、工程中で特性が変化していった最終製品での状態になるということを原繊維設計の中に組み入れなければならない。いわば動的解析が必要である。たとえば、熱収縮率が製品中では小さくとも、原繊維では大きくなければならないこともあり、ケン縮も工程の途中で出ずに最終的に出るように工夫する必要もある。また低強度の方が抗ビルにはつごうよくても工程通過時には問題があるので、最終段階で目標の強度に達し得る程度の初期強度と、変化できる素質とを原料繊維にもたせ、他方工程の側もこの変化をなしとげるように設計しなければならない。いずれにせよ最終製品中における繊維のとるべき特性を設計し、通過するであろう実現可能な工程を遡行して、原料繊維のもつべき特性を設計する必要がある。

6. 結 語

6.1 特性制御の自由度

Feeling は一種に限られないし、風合い目標も多様である。これら時間的にも変化する多様性に対応するには、ある特定の製品特性を出す技術ではなく、所望の特性をつくりだす技術すなわち特性制御の自由度が要求される。ここで実現可能な工程操作量は原料によっても、また他の理由—たとえば伝熱の律速—からも限定される。この際、原料に関しては次のことが言える。すなわち高次加工は繊維原料のもつ素質を発揮させるか、あるいは抑制できるかだけである。この素質以上の効果を高次加工工程に期待することはできない。高次加工においては高次構造にもとづく補償はできる。しかし繊維要素の固有性は変えられない。要求される製品特性は多様であり、それに対応して繊維特性も異なる。しかし次のように、ある共通の所望方向は形式的にいえる。それは特性制御範囲の拡大である。

発色の自由さ : 鮮明・深さを出せる。純白・黒色が出せること。濁ったもの、白茶けたものは前者からつくられるが、逆はできない。

吸・透湿特性 : これを高めること。吸湿性のあるもの

は抑制することもできようが、疎水性のものの吸湿加工はむずかしい。

高い弾性率：弾性率は高次加工によって下げられるが、低いものを高めることはできない。

低い粘性率：粘性率が高く、粘弾性損失の大きい繊維を用いる限り、損失の少ない製品を得ることはできない。逆に粘性率の低いものは高次構造において、ある程度補償して、みかけ上の粘弾性損失を発揮させ得る。

縮絨能：あるものはその範囲内で抑制できる。

ないものを縮絨させることはできない。

糸のかさ高性：かさの発現は抑制できる。逆にかさ発現能のない繊維を高次加工でかさ高にする方法はない。

6.2 不規則性

これまで、いわば平均的特性を問題にしてきた。これに対し分布特性・不均一性・不規則性を問題にする立場もあり得る。合成繊維は人工によるものなので、特性の制御は比較的容易である。工業化の可能性やコストを問題にしなければ、かなりのところまでその特性は改善される。しかし現状ではその誕生から考えて、機能的・単純直線的・冷たい・没感情・無表情・潤いのなさといった語が連想される。近代工業の指標の中に均一・制御という項目があり、それらが具体化しているともいえる。合成品はその工程・原料が比較的単純で、再現性を高くするために多くの基準値で制御されているので、製品には均一性が保たれている。

他方、自然物はその原料・生成過程が多様・複雑であるし、土地・気候・品種その他によって自然物の特性は変動する。すなわち品質は広い分布をもつ。これは合成物にくらべて単純な意味で不均一である。

しかし、均一・不均一は視点の問題でもある。統計力学の示すとおり、一見均一に見える特性も、その下位構造単位では不均一・不規則であることも多い。天然繊維は個々の形・特性が多様に変化している。しかし、それが糸に撚られ、織物になると、この段階では十分均一で

あるといえることが多い。

第二に均一・不均一は価値判断の問題である。すなわち規則的なものが不規則なものよりも望ましいとするのは一つの立場であって、その逆の立場も十分存在できる。シャントや“ゆうき”にみられる面白さはそれである。

第三は不規則性が実用上の効用を示す例である。たとえばカーベット用原糸 Nylon type 501 がそれであって、そこではランダムなケン縮が示されている⁷⁾。

第四は第二と関連するが、自然とくに生物系は徹視的構造・分子種レベルでは不均一・不規則である。しかも個体あるいは集団としてある目標指向性をもち、それに関する統制原理によって統合されているといえる。いわば多様の統一であって、これは美の形式的原理でもある⁸⁾。

この不規則性は人工の場合の管理不十分の結果としてのそれとは異なる。それはある指向目標に関する制御された不規則性、Regulated Irregularity, Controlled Irregularity, Controlled Randomness というべきものである。これは一つの見方であって、すでに多くの実例がある。これらを新しく見直すことは意味があり、とくに風合いおよび feeling に対し効果をもっと考えられる。

文 献

- 1) 島崎敏樹 心で見る世界, p. 33 (1960) 岩波新書
- 2) 岩山三郎: 美の哲学, p. 95 (1968) 創元社
- 3) 北川敏男; 社会と情報, p. 208 (1969) NHK 情報科学講座
- 4) Hearle et al. . *Structural Mechanics of Fibres, Yarns, and Fabrics*, Vol. 1, p. 62 (1969) Wiley Interscience, N. Y.
- 5) 西海四郎: 繊維学会第4回夏季セミナーテキスト (1971)
- 6) J. D. Owen . *J. Text. Inst.*, 59, 313 (1968)
- 7) G. M. Richardson, H. Stanley : *Modern Textiles*, 43 (2) 49 (1962)
- 8) 宮下孝雄; 基本配色学, p. 74 (1965) 光生館

(昭和 47 年 2 月 28 日受理)