繊維織物の風合いにおける苦心と挑戦 —「織物構造内、繊維相互間微細距離制御」の歴史—

*Historical challenges for giving “soft-hand” to fabrics
—Importance of “micro-gaps” between fibers in the fabric—*

岡 本 三 宜・峯 村 勲 弘

1. はじめに

風合いとは、何か？ 柔らかい・堅い、ボリューム感がある(ない)、ぽてつき感がある(ない)、芯があるとか、張りがある、反発感がある、ドレープ性がある、質感がある(ない)、反物をそよがせた時流れる(流れない)(*反物の端を上下させた時の波のような走り)、玉がある(ない)(*天然の皮革の折り曲げ部を指で摘んだ時に指先に感じる転がる玉のような特性)、縫製性との関連でスポンジ性があるなど、多数の項目と業界特有の表現があるが、ここでは「触感」は除外する。時代と共に、どのように変化したかを、特許などから書きたかったが、関係する各社が歴史の事件のように年代別に記録できるように、発表している訳ではないことを悟り、即ちそのような確かな記録は入手困難であることが判明しているのを、素材要因を除外し、「織物構造内、繊維相互間の微細距離制御」への苦闘の歴史だと解釈して主な技術を紹介する事にする。

なお、織物の風合いなどの特性を定量的に表す KES 法(繊維便覧など参照)など、多くの方の挑戦の歴史は、ここでは対象としない。

風合いに寄与する因子

- (1) 素材と形態と物性(太さ、表面状態など)
- (2) 構造と密度、繊維分布
- (3) 繊維相互の分散度(繊維相互間の微細な距離)
- (4) 油剤、滑り剤、表面加工剤
- (5) 複合素材との相互関係、組合せ方
- (6) 織組織、厚み、縮み
- (7) 糸の撚り
- (8) 工程テンション(撚糸、織、染色加工・仕上げ)
- (9) 揉みほぐし、または、リラクセスさせる機械

2. 風合いの改良

ハンドサンプルは、良好だが、生産サンプルは、「まるで紙のようだ」と、言われることがある。それは、何に起因するのだろうか、筆者の独断と偏見で、素材・形状と、滑り剤、柔軟剤などの化学薬剤を除いて「織物構造内、繊維相互間微細距離の制御」が上手く行かなかったと解釈したい。生産工程では、どのような避けることができない因子があるかを、先ずあげてみよう。即ち繊維相互間距離を小さくするものは、何かを考察する。

織物構造内、繊維相互間距離を狭めるもの

- ①織る時、縦糸を引っ張る
(*糸を引っ張ると繊維間距離が小さくなる)
- ②織る時、シャトルでの糸の引っ張り
(*手織りよりも、高速織機の方が、一般に風合いが硬く仕上る)
- ③織速度が速ければ速いほど、テンションが大となる
- ④移送・搬送、巻き上げのため、引っ張らざるを得ない
- ⑤工程張力が、避けられない
- ⑥ロールやドラム、テンターの押さえ圧や張力がかかる
- ⑦巻くと、張力と押さえ圧がかかる
- ⑧プリント時に押さえ圧がかかる
- ⑨乾燥時にテンションや押さえ圧がかかる
- ⑩染色仕上げ時の避けられない張力の存在

これらの他にも、縫製時の「イセコミ」との関係で、形態付与性も重要である。服を仕立てる時の平面から曲面形成させる時に都合の良い、一見矛盾した特性が求められる。人体は曲面、生地は平面であり、ミシンを使って曲面に縫えるようにするにも、同様な特性が求められる。いずれにせよ、如何なる風合いを、期待しているかによって、記載する内容が変わってくる。本稿では、柔らかさを主体にすることを、お許しを頂きたい。

MIYOSHI OKAMOTO

〒569-1029 大阪府高槻市

E-mail: innovate@dd.iij4u.or.jp

NORIHIRO MINEMURA

〒569-1022 大阪府高槻市

E-mail: minemura@est.hi-ho.ne.jp

3. 張力と糸(繊維集合体)を構成する

繊維相互間距離と生産装置

張力が掛かると、何故風合いが堅くなるのか？糸を引っ張ると、糸は細くなり、繊維と繊維の距離は、繊維に付与された捲縮や、撚り(仮撚りを含む)、異収縮混織などで、保たれていた繊維間距離が接近して小さくなること、肉眼でも顕微鏡下でも観察する事ができる。風合い、即ち織

上：羊毛の内部と構造

下左：捲縮レーヨン

下右：捲縮レーヨンのブロークススキン構造(染色断面)

維間距離を大にする効果の中で、捲縮が及ぼす影響は、極めて大きい。繊維自身の捲縮、異収縮混織による捲縮などがある。他方、織物を加工する時、テンション(張力・緊張)は避けられないが、できるだけ強いテンションが加わらないように加工される。引っ張って皺なく仕上げたい要求と、風合いを悪くしないために張力を掛けたくない要求とは、相互に二律背反的關係にある。一方を立てれば、他方が悪くなるという相互矛盾の関係をアンチノミーと言うか、トレードオフの関係と言うか、表現は兎も角、これらの関係を克服する歴史であったという事もできる。繊維間距離が小さくなると、繊維の自由度の減少となり、動きが制限される。動きが制限されると風合いが悪くなる。手織りの反物の方が、ウオータジェットルーム、エアージェットルームによる織物よりも風合いが勝るのは、かかる理由である。

4. 張力・押さえ圧を軽減する生産装置

テンションが加わるテンターの反対用語として、リラックスさせる機能を与えるリラクサーという名の機械がある。また、引っ張らないように「オーバーフィード」させる機械もある。繊維間距離を回復させるために採み機など、採み効果を付与する機械もある。染色仕上げの工場を訪問すると、反物が、上から前後に(左右に)振り動かされながら、「台車」の中へと、落ちてくるのを見かけることが多い。新聞紙やフィルムのように、ロールに巻き上げられるのが少ないのは、そのためである。(※米国で綿布の精練を毎

分数百メートルで行いながら流れる工場を見て、輪転機で新聞を印刷する紙ロールからの印刷マシンの凄まじい速度と同じと感じる程のハイスピードの工場もあるのは事実であるので一応お断りしておく) 反物の乾燥も、強く引っ張って押し当てるドラム式乾燥機を避け、ピンテーターのように幅出ししながら風圧で浮かせて乾燥する機械、さらには、ネットコンベアー上でリラックスさせ張力を極端に避けた機械も存在する。ロールから巻き戻し、巻き上げをするジガ型のような、引っ張り張力と巻き上げの押さえ圧ばかりかと受取れる機械から、扁平ドラムで、順送りと引取りを繰り返すウインズ型の機械、現在の主流である液流染色機(ジェットダイニングマシンと呼ばれている)のように採み効果も、リラックス効果も、大量にこなす高生産効果も、均染効果も全て兼ね備えたような機械もある。しかし良い風合いと、高生産性は、どうも両立し難いのが普通である。これらを両立させる技術への挑戦の歴史だったと言っても過言ではなかろう。しかし機械には、限界がある。糸や生地が悪くては、良い風合いは期待できない。矢張り本命は「糸作り」にある。

5. 糸への挑戦の歴史

風合いの良い糸や織物には、捲縮は、極めて重要である。

5.1 羊毛

合織の捲縮も手本となるのは羊毛である。羊毛の内部は非対称構造になっており、自己捲縮が発生する。巧みな織物の仕上げ技術で、硬い反物が魔法のようにふんわりした感じの良い風合いに変化する。熱、蒸気(水分)、乾燥法の組合せが重要である。

5.2 レーヨン

レーヨン時代のレーヨンへの捲縮付与法は、セルロースは、熱可塑性が乏しいので、「ブロークススキン」という非対称構造による捲縮であった。繊維は口金から吐出され、

絹の断面構造の一例

上：セリシン付

下：練り後

紡糸浴で凝固される過程で、先に凝固した皮(表面)が破れて中身がはみ出しふんわりした感じの非対象構造となる(餅を焼くと中身が噴出すのに似ている)。繊維のスキン部と中身の微細構造が、相互に異なり、縮れるのである。

5.3 絹

更に合織の手本になったのは、絹である。絹はストレートの繊維に見えるが、蚕は繭を作る時、「8の字」を描くように首を振って繭を作っていく。絹は独特の三角断面構造を持っているが、断面は殆ど同じ断面をしていない。正しい三角断面ではなくシャリ感などを与える重要な断面形態であると共に、縮れとは呼ばないが、「8の字」の影響が残っていることに注目したい。

5.4 詰め込み法による座屈捲縮(押込加工)

合織にはスタッフィングボックスという、トウの詰め込方式で、座屈捲縮を付与する機械がある。一対のロールで

座屈捲縮

繊維のトウを箱の中に詰め込むと座屈を起こし、ジグザグの捲縮が付与される。箱が一杯になると、重りを架けた蓋を押し上げ、捲縮の付いたトウが連続的に湧き出てくる。カットすれば(例えば51mm)、捲縮付合織ステープルとなる。

5.5 ウーリー加工から仮撚り加工、擦過加工などのテクスチャード加工

空気の乱流を利用して繊維を縛(もつ)れさせたり、撚りを掛けて熱処理し、その後、その撚りを戻して強い捲縮付の繊維にしたり(「仮撚り加工」という、とても有名で広く普及し、技術も進んでいる)、繊維相互または繊維とエッジのような所で擦過させて捲縮を付与する方法など、全てまとめて「テクスチャード加工」と呼んでいる。ここでは種々のテクスチャード加工を述べる積りはないのでそれらの専門書を読んで頂きたい。繊維や糸に強い縮れを付与する、即ち捲縮を付与する、換言すれば、嵩高加工して繊維相互間距離を大きくするためである。繊維に捲縮が付与されていない織物は、一般に、風合いがかたい。良い風合いと捲縮とは、切っても切れない重要な関係にある。捲縮は、捲縮の強さ、その細かさ、腰の強さの全てに関係する。捲縮を付与するサイドバイサイド型複合紡糸技術で有名なのは、アクリル繊維では、ポリマー中の共重合「イオン化性基」の異なる組み合わせや、ポリエステル繊維では重合度差の組合せや、PET(2GT)とPTT(3GT)の組合せなどがある。

5.6 溶ける成分の添加と除去(Give & Take 型手法)

後で溶かし去ることのできる繊維を混織する手法がある。PVA 繊維やアルカリ可溶型繊維(例: ソジウムスルホイソフタル酸や PEG 共重合 PET)は、作り方次第で、湯(時には水)やアルカリ液に溶けるようにすることができる。例えば、共重合ポリエステルは、少なくとも、アルカリ溶液に溶ける。紡績糸に混綿にしたものや、不織布用繊維に混綿したものがある。これらは、織物や不織布にした後、溶解除去して、布帛構造内の微細繊維間距離を拡大するものである。近時、ゲル紡糸による非常に強い PVA 繊維があるが、羊毛と混織糸を作ると、PVA 繊維が、糸の中央に配置でき、それを溶かし去れば、羊毛の中空糸(*中空繊維とは区別する。繊維 1 本 1 本が中空の時は、中空繊維と呼んで、区別する)

可溶型繊維の混織(モデル図)

が、可能であり、ファブリック形成後、均一ではないが、繊維間距離が拡大する。これらは、「Give & Take」とでも呼ぶべき特殊構造をつくる常套手段である。加減する成分は、何も PVA だけではない。色々な成分が使われる。繊維を芯鞘型の複合紡糸したものでもよい。繊維構造体に、ポリウレタンやバインダーを付与する時、風合い制御に PVA 糊を予め付与する方法もある。

5.7 異収縮混織手法

高収縮繊維と、非収縮または低収縮繊維を混織すれば、収縮繊維が縮むと、他方が弛み、糸が膨らむことになる。しかし、織物全体が縮めば、繊維相互間距離が小さくなり、即ち、風合いがかたくなる。捲縮発生の膨らみで、風合いが柔らかくなるのと、全体の収縮で風合いがかたくなるのと、二律背反的に相殺されることに繋がる。ポリエステル繊維は、一般的には、加熱により縮む(それを避けるには、一方が、織物を加熱した時「自発伸長(自己伸張)」するか、極力縮まない繊維を選択する事になる。ポリエステル繊維

異収縮による糸の膨らみのモデル図

の場合、特殊な延伸方法を採ると、自発伸長することが、見出されている。また、ポリエステル芯鞘型複合紡糸繊維の場合、芯にポリスチレンを少し用いると、外観は変わらずに、ある種の条件の時、縮みが少ないことが見出されている。他の留意点は、縮み率だけではなく、縮み応力、伸長応力の強さである。フリーでいくら大きく変形しても、織物という拘束力が架かった状況下で、同じ量の変形をするか否か、変形応力の強さへの配慮が必要である。収縮処理(熱処理)の手段・装置の影響も加わるので、変形応力を発現させるのに適した生産装置が必要である。これらが理解されると、好ましい繊維や最適な機械条件を見出すことができる。

5.8 減量加工と繊維断面

最大の合織、ポリエステル繊維の風合い制御に、大きく貢献したのは主に次の二項目である。一つは、繊維断面である。これで有名なのは、デュポン社のホルンドの発明の「トライローバル」と称される三葉形断面である。この思想は世界の合織会社に波及して次々と変形断面繊維が出現した。もう一つは、減量加工である。ポリエステル繊維の表面を薬液で減量する、即ち痩せさせるのである。その減量加工は、ヒートセットで織物構造を固定してから行う手法であり、糸で先に行っても、効果は殆ど無い。これによ

表面の減量加工(モデル図)

て織物構造内、繊維相互の微細空間距離の拡大が伴う。溶かす時、表面が溶かされても強度が余り低下しない点が重要である。この工程では、ヒートセットが極めて重要である。この技術の原理は、「エステル結合がアルカリ水溶液中で加水分解され、繊維の外層が溶解し、繊度が下がること」であるが、これを最初に発明したのは英国、それを実用化しようとしたのが米国、そして生産技術として育てあげたのが日本と言えよう(文献および図参照)。日本では、ポリエステル繊維の生産が開始された昭和33年に研究報告が出されている。東レ・帝人が入手したICI社のノウハウ書にも記載があったが、橋本(東レ)は、本技術について実験し「アルカリ加水分解により、繊維の強度低下が小さく、溶解は表面積に比例しながら進み、繊維は同心円状に細くなり、残留部分の主鎖は加水分解されない」と報告している²⁾。

変形断面繊維と減量加工の組合せが、シルクライク風合いを出す画期的とも言える効果を発揮した重要なポイントになっている。もちろんテクスチャード加工などもあるが、前記二項目に絞って置きたい。小さな試験片(例えば、10 cm 角)を、実験台のピーカーに入れられた減量加工の薬

液(例えばアルカリ液)中に入れて、処理するのと、大きな装置に入れて循環的に処理するのとでは大きく異なるので注意を要する。ピーカーのような時は、薬液がかなり均一に行き渡り、繊維表面を均一に減量してくれるが、大きな装置では、液は表面を主体に走るもので、ピーカーのような調子には行かない。結果として良い風合いとなる効果が異なる。ここにも生産技術のノウハウが必要となる。減量加工のパラダイムは更に拡張され、表面に微細な凹凸を付与するのにも使われている。色の深みや触感の改良を目的とした俗に言う「ミクロクレータ」付与加工も、このパラダイムに入るであろう。絹は、微細に研究すればする程、良くできており、多くのヒントを我々に知識や知恵として与えてくれる。減量加工技術は、シルクライク合織織物作りでの常套手段となった代表的技術である。前記が Give and Take 手法とすれば、この項は、「Take 手法」と呼べるのかも知れない。

5.9 複合紡糸技術

最も重要な項目 5.8 は上記の通りであるが、他に風合いに関して、撚縮発生型複合紡糸繊維を除いた他の複合紡糸繊維即ち、米字型複合紡糸、海島型複合紡糸などが風合いを変える他の代表技術として挙げられる。それは、鋭角断面を持つ繊維化と、超極細繊維化に分けられよう。米字型複合紡糸繊維は、デュポン社のグリーンによる楔型複合紡糸技術、更に同社のタナーによる、その分割手法で、変形口金孔を用いた普通紡糸法では決して得られない繊維になる。分割して鋭い角を持つ繊維を得る分割技術である。また、東レによる海島型複合紡糸繊維による超極細繊維化技術がある。これらは歴史的には嚆矢といえよう。これらの技術思想は、驚くべき多数の波及技術を生み、応用品を続出させた。元に戻って、繊維が絹状の鋭利な縁の断面の繊維となったり、超極細繊維となれば、当然風合いも変わってくるが、この項の技術の主目的は風合い改良以外にあり、この程度に留めておきたい。

6. おわりに

風合い向上のための挑戦の歴史は、「織物構造内、繊維相互間微細距離の制御」の歴史であると把握して纏めた。代表的な技術は、①強い撚縮付与技術の重要性、②風合い向上のための新パラダイムとなった「減量加工」技術、③ Give and Take 手法であろう。生産性向上のため、機械の速度は益々高速化して行くであろうが、人の好む織物風合いとはかけ離れて行く一般的傾向を持っているので、多くの進歩をさせるべき技術的余地がある。

参考文献

- 1) 繊維学会編「繊維便覧」第2版、第3版(丸善)
- 2) 橋本健「繊維学会誌」Vol.14.P325(1958)
- 3) ポリエステル繊維の減量加工, BP578079, BP590451 (1946)

年 代	1960	1970	1980	1990	2000					
項 目	S 35	S 40	S 45	S 50	S 55	S 60	H 2	H 7	H 12	<今後の展開>
ポリエステル繊維	<1941> Calico染色組合「ネリスリ製造技術」特許 (ウイヤー・ド・イタリヤ) <1946> DuPont 特許買収(米)「Fiber V」 <1946> I. C. I. 全世界(除米)の特許実施権取得「Terylene」 <1953> DuPont「Dacron」工業生産開始 <1955> I. C. I. 「Terylene」 <1958> 東レ・帝人「Tetoron」	22千トン 97千トン 309千トン 445千トン 625千トン 653千トン 717千トン 716千トン	特許動向 ○減量法に関する (1)第4級7シ併用 (2)物理処理併用 C-H-C法 ・カレンダー ・ヒートセット ・NaOH処理	○ネリマ・繊維関連 (1)共重合 (CO etc.) (2)アレルト (多孔等) (3)高速紡糸、コグヤット	新エネルギー (プラズマ放電) (コロナ放電)	ナイロン、アクリルに減量加工があり得るか！！ [現状] NO！	資源リサイクル 公害対策 染色同時加工			
(日本の生産量)										
アルカリリ減量加工	<1946> ポリエステル繊維の減量加工 (BP, 578, 079, 590, 451) <1949> I. C. I. 7カ所減量加工 (BP, 652, 948) <1952> I. C. I. 7カ所減量加工 (USP, 2, 590, 402) <1958> DuPont社 (Gajjar) (USP, 2, 828, 528) 「ペーパーライク感をなくし、光沢を付与 (減量率5~12%)」 <1959> I. C. I. 社 (Watsons) 「アルカリリ減量用触媒として第4級アンモニウム活性剤利用」 <1964> I. C. I. 社 (USP, 3, 135, 577) 「アンモニウム界面活性剤の利用」	<1970> J. P. Stevens社 「アルカリリ減量加工技術確立」 <1971> 同社、アルカリリ減量繊維「Fantessa」市販	○混合の改良 (1) 機能付与 (抗ビブ、吸水、防汚) (2) 表面凹凸化 (発色性) (3) 特殊模様(柄)の付与 (4) 先細化・先鋭化 (5) 極細繊維製造	○ネリマ・繊維関連 (1)共重合 (CO etc.) (2)アレルト (多孔等) (3)高速紡糸、コグヤット	新エネルギー (プラズマ放電) (コロナ放電)	ナイロン、アクリルに減量加工があり得るか！！ [現状] NO！	資源リサイクル 公害対策 染色同時加工			
日本の発展	◎ 橋本の研究 (綿学誌) <1958~9> (12) 「加水分解で同心円状に細化するも、内部構造に変化なし」	<1970> 石川地区金地用生地に減量加工利用 <1975> 北陸地区減量加工盛んとなる	○減量法に関する (1)第4級7シ併用 (2)物理処理併用 C-H-C法 ・カレンダー ・ヒートセット ・NaOH処理	○ネリマ・繊維関連 (1)共重合 (CO etc.) (2)アレルト (多孔等) (3)高速紡糸、コグヤット	新エネルギー (プラズマ放電) (コロナ放電)	ナイロン、アクリルに減量加工があり得るか！！ [現状] NO！	資源リサイクル 公害対策 染色同時加工			
関連事項	北陸産地 S 33 <デトロン生産開始>	絹の精練応用 (地)/除去 <異形断面糸>	○減量法に関する (1)第4級7シ併用 (2)物理処理併用 C-H-C法 ・カレンダー ・ヒートセット ・NaOH処理	○ネリマ・繊維関連 (1)共重合 (CO etc.) (2)アレルト (多孔等) (3)高速紡糸、コグヤット	新エネルギー (プラズマ放電) (コロナ放電)	ナイロン、アクリルに減量加工があり得るか！！ [現状] NO！	資源リサイクル 公害対策 染色同時加工			

- 6) 原田隆司「着ごこちと科学」(裳華房)(1996)