外部構造・形態の評価法*

西 海 四 郎**

資 料

1. 序 論

繊維外部構造^(注)という語は新語である。ものの表面構造とは、その表面がそれに包まれる内部と異なった特別の構造をもつときに意味がある。対象が構造をもつというのは、それがより下位の細かい要素の幾何学的配置によって構成されることを意味する。したがって構造というのは複数の要素から成る組織体について意味をもつ言葉である。

ここで対象がどんな物質からできているかを問題にしなければ、純粋な形だけが残るが、これが形態といえる。したがって形態は狭義にはそれが何でできているかを問わない。

さて外部は内部に対立する語であるから、言葉の上では、対象がどんな要素から構成されているかという内部構造は存在しても、対象がそれよりも大きい要素から構成されているというのは無意味である。したがってここでは顕微鏡で観察できる程度の大きさ、主として単繊維を最小の単位要素とみなしたときの繊維製品のもつ構造を繊維の外部構造と定義する。これは集合体構造ともいえるが、集合体だけでなく、単繊維の光学顕微鏡的構造も取扱う。

特性づけとは対象の性質、ここで性質とは外部刺激に対する応答形式であるが、それを記述するに必要十分な固有性の決定である。

評価という語は広く測定・尺度上での位置決定として用いられているが、狭義にはある目的に関する対象の満足度の決定といえる。すなわち目的関数または評価関数を決め、対象の特性がその評価関数軸上のどの位置にくるかを決定することである。したがって特性評価には観

察や測定操作を含むが、評価はそれらの観測値や、それらの単なる組合わせではなく、それらの関数を用いるのが一般的である。評価尺度には普遍性はないが、それぞれについて適当な定義ができるし、それである程度満足できるものがある。

以下ファイバー(単繊維)、糸(単繊維束)、布の順に繊維外部構造について述べる。

2. 単 繊 維

繊維の(長さ/断面代表径)の値は千以上が普通である。また繊維は釣糸のように特殊な場合を除けば、単繊維そのままではなく、一般に集合体、とくに束として用いられるので、対象の繊維から取出した複数個の断面サンプルを用いて単繊維や繊維束の性質をほぼ推定できる。ただしこれだけでは十分ではなく、単繊維の長さ方向での断面特性分布や繊維間という横方向の分布状態も重要な構造要素である。

短い輪切りの繊維切片からつぎのような情報が得られる：(1)断面形状、(2)複合状態、(3)スキン・コア構造、(4)軸対称、(5)側面構造。

ここで(2)、(3)、(4)は繊維の内部構造ともいえるが、繊維を形成する高分子の凝集構造よりもはるかに大きいサイズの構造単位であって、顕微鏡で観察できる程度である。ここではこの単位を **black box** と見なし、それよりも細かい構造は取扱わない。

2.1 断面積

断面特性のうち繊維あるいは断面積は外延量つまり加算可能な量であるから、その決定は比較的簡単である。直接的には断面を観測し、あるいは一定長当たりの質量を測定し、密度から求めることもできる。統計的平均と

* Evaluation of Outer Structure and Form of Fibers, Yarns and Fabrics.

** S. Nishiumi, 東レ 繊維研究所主任研究員

しての断面積を求める場合にも複数本の断面を観察することもあるが、一般には間接的方法が用いられる。たとえばエアロメーターやマイクロネアがそれであって、いずれも繊維塊の空気流通抵抗を利用している。これらには断面形状も問題になるが、ある定まった種類の繊維についてはそれぞれ検定しておけばよい。

羊毛のように形のほぼ定まっているものについてはつぎのような方法がある。たとえば電解液を繊維切片とともに細孔に通し、電気抵抗の変化から繊維度を求める *gravimetric technique*²⁾ や、放射性同位元素 ^3H や ^{14}C を含む蟻酸や酢酸液中に羊毛を浸けて、羊毛に吸収させ、 β 線の羊毛による遮蔽効果を利用する方法がある。簡単には繊維による白色光の回折を利用する方法もある⁴⁾、この場合には検定が必要である。

断面積または繊維度あるいは線密度の長さ方向の変化については、電極間に糸を通し、その静電容量の変化を求める方法が広く行なわれるが、附着水分の影響を受けることを考えねばならない。

2.2 断面形状

物体の質のうちには比較はできるが加えることの無意味なものがあり、これは内包的質、あるいは内包量とよばれる⁵⁾。断面についても内包量としての形（相似形を同族とみなす）は異形断面の合成繊維の発展につれて問題となった。円係数・周辺係数・表面係数・形状係数⁶⁾、外接円/内接円の直径比が特性化量として用いられる。これらが同じであっても別の見方からは異なることは十分ありうる。同一繊維度のとき形状係数が大きいほど曲げや振りに対し高い弾性抵抗を示すので、織物の力学的特性の加減に用いられる。また形状によって繊維の摩擦係数も変化し、織物の摩擦係数はそれを構成する繊維の表面係数とともに上がる傾向がある^{9,10)}。綿や麻にみられる断面内の中空ルーメンは繊維が振れたときの形態に寄与し、かさ高性に関連している。

2.3 断面複合状態

これも外延量と内包量とに大別される。前者は全体の大きさ（相似形を同族とする）である。後者は各成分の質と配分の形である。もっとも簡単な二領域の複合のものでさえ、接触面以外では各成分の形は独立に変化できるので、一般的記述はむずかしい。しかし考えてみると、理論的效果は別として、実際的には特定の効果を期待して複合繊維を設計するのであるから、個別の場合について検討すれば足りる。さらに何よりも任意の複合繊維はあまり容易には得られないという制限がある。複合繊維たとえばバイメタル形のものをつくるにも二成分

間の接着が必要であるし、極端に流動特性が異なると紡糸は容易でない。また芯さや型複合繊維でも粘度あるいは重合度などの制限が存在する。さらに単一成分の場合もそうであるが全体の形も任意につくれるとは限らない。

しかし以上の制限があることを認めた上で設計する場合、ある程度の指導原理が必要である。理論的取扱いとしてはバイメタル型および芯さや型¹¹⁾、複雑な断面たとえばきのこ型の断面をもつアクリル系複合繊維の例がある¹²⁾。

その他に多層構造による光沢の効果が考えられる。しかし現実には製品として出されているわけではなく、理論的観点からの興味が主である^{13,14)}。多芯型複合については一般的特性づけがむずかしいが、成分比を一定にしても成分の配置によって曲げ特性の極大値の存在が算出される。これも理論計算上のことであって、実際にはその配置の制御が問題であり、したがって定性的な改質の方向が指示されることに意味があるといえる¹⁵⁾。

断面特性のうち軸非対称性については後に述べる。

2.4 側面構造

繊維の代表的表面である側面の特性づけも容易でない。たとえば溶紡紡出糸の表面が無構造で、一様になめらかであり、羊毛のそれは鱗片をもつが、これらの形の質は内包量であって表現がむずかしい。しかしこの場合も実際的にはそのような繊維の製造や特殊表面の効果が先に立つ。すなわち鱗片状構造をもつ繊維は人工的に容易にはつくられない。

この表面形態や特性の評価も、その目的によって異なってくる。通常、表面の形態や構造は光学的あるいは電子顕微鏡によって観察されるが、これはいわば繊維が力学的刺激を受けていないときの状態を表わしている。これから多くの特性が推測されるが、他方表面の凹凸を触針法で計測することもできる¹⁶⁾。その例によると羊毛表面の鱗片構造を擦過するとき摩擦異方性に対応する、いわば“力学的高さ”が記録できる。すなわちその表面の高さは擦過の方向によって異なる。

表面の幾何学が力学的刺激によってあまり変化しない場合でも、例えばその摩擦的特性については表面状態との関連がそれほど明らかでない。これは摩擦現象の複雑さにもよるが、実際的にも経験的事実のまとめ以上に出るものは少なく、繊維を扱っている人々の常識を大幅に逸脱するものはない。合成繊維には酸化チタンその他が第一義的にはつや消し剤として添加されていることが多いが、経験的にはその方が延伸しやすいともいわれ、ま

たポリエステル繊維のステープルについて酸化チタンの有無による表面状態の変化が繊維の摩擦・ドラフト特性に与える影響がしらべられている¹⁷⁾。それによると酸化チタンを添加して表面を非平坦化したものの方が紡績時有利であるように思われる。しかしその最適形状とその効果についてはわかっていない。

表面軸方向 1 mm につき 10~130 本の周回隆起線（原文のまま一筆者）すなわち桜の幹あるいは蛇腹状の隆起線をもつ繊維に関する特許がみられる¹⁸⁾。また鱗片に対応する構造をもち、摩擦異方性を示す合繊が提案されている¹⁹⁾。表面形態が羊毛のそれに類似する繊維に関する特許もみられる²⁰⁾。

これら形の特性化に関しては観察すなわち人による形態認知がもっともすぐれ、とくに電顕が威力を発揮している²¹⁾。一般に情報には数値化できるデータとパターンとしての情報があるが、この形の問題は後者に属する。この特性化は一通りではなく、目的および所望の効果によって変化する。たとえば摩擦に関しては表面の粗度やそのおうとつ面の曲率などが問題であろうし、摩擦異方性にもとづくフェルト化能については前述のような触針法による力学的平滑性の方向性が問題となる。

このような点で、表面形態と断面形状に関して興味ある例はかつら用合成繊維である。この場合、合成繊維の特性を人髪のに似せることが考えられるが、人髪の断面はだえん形で、その表面には鱗片状構造がみられる²²⁾。このような形にすれば、表面に関する特性は人髪のに似るであろうが、こうすることだけが似せる手段ではない。現に市販されているかつらに用いられる合成繊維の断面にはだえんのものもあるが、まったくそれとは異なる形状をもつものも多い。これらはアクリル系繊維であって、表面は溶液紡糸に特有の細かい凹凸や繊維方向の溝があるにもかかわらず、光沢や手触りは人髪のに似ていて、すなわち光沢や手触りに関する限り人髪のに似て、アクリル系合成繊維の特性とは近い位置に存在する。

2.5 巻 縮

巻縮については別に述べられるので、ここでは断面構造との関連について触れるに止める。断面構造の軸非対称性によって繊維は曲率を発生する。たとえば単純なバイメタルや偏心の芯さや構造をもつ合成繊維では、断面内の成分配置または構造配置は巻縮の曲率を決めても撚率は出てこない。撚率が現われるには上記の断面内軸非対称性の長さ方向についての回転変化するなわち曲げの中立線の回進が必要な因子となる。羊毛や溶液紡糸系ア

クリル複合繊維などはこの条件を満たしやすい。仮撚加工系の場合、これは本来撚り加工であるから撚率は決定する。それがそのまま現われるのは仮撚加工系を短く切って単糸の変形を自由に行なわせた場合であって、実際には十分長い繊維長をとるので、その実撚り数は零である。したがって局所的に S と Z の撚りに対応する巻縮が現われることになるが、もともとの撚りがたとえ S であった場合でも Z の部分は S に相当するだけ存在するはずであるから、Z の部分には強いひずみがあることになる。これを規定する、つまり S Z の繊維長方向の分配を決定するのは繊維がおかれている外部環境であり、拘束が強いほど S Z の反転の頻度が高まると考えられる²³⁾。

2.6 断面形の変化

以上が繊維の断面または短い輪切りの切片から得られる情報である。この長さ方向の変化は主として巻縮に現われるが、その他には織度や断面形状の長さ方向での変化の状態、構造や表面形態の変化などが存在する。たとえば絹糸はその単繊維の断面形状が短波長で不規則に変化し、構造も同時に変化していると考えられるので、繊維軸は短かいピッチで屈曲する。また長さ全体にわたって織度が 0.9 から 1.2 デニール程度に変化している。この後者の効果は織編物にする場合ほとんど平均化されてしまう。

断面形状の長さ方向での変化は実際的な効果があると考えられる。しかし先に述べたとおり、断面の形は内包量であって、いろいろな係数が用いられるが、これは目的により選ぶか、新たに設定するほかはない。絹様の合成繊維として三葉形断面のポリエステルやアクリル繊維が提案され、前者では絹らしさを発揮するのにその三葉形断面の内接円と外接円との半径比を一つの決定因子としているが、それを決めてもおお多くの自由な因子は残る。さらにそれが絹らしい光沢を発揮するに有効であるとしても、他方触感もその同じ比率のところで絹のものにもっとも近づくという保証はない。その上この断面形状の繊維軸方向における変化に関しては、まず巻縮に関する効果はわかるとしても、その他に関しては決定的な評価方法はなく、結局研究者の自由な選択にまかされている。繰返すことになるが仮りにこの理想的な評価方法がわかり、それに対応する繊維の諸元が決定できたとしても、それを作り出せる工業的手段があるかどうかは別問題である。

2.7 断面積の変化

獣毛にみられる比較的短かい距離内における断面積の変化に関しては、テーパード ブリスルとして合成繊維

において問題になった。獣毛を用いてつくられる筆や刷毛の使いやすさ、また毛皮の触感にはこの単繊維の断面積の軸方向における変化が関連していると考えられる。毛皮の場合には毛の長さの分布・配置関係も触感に影響していると考えられる。単繊維が比較的太く、断面の変化する範囲が比較的長い一数 cm の場合はこの測定自体は特に大きな問題を含まない。

繊維の長さやステープル ダイアグラムなどについては新しい知見に接しない。

3. 繊維塊など²⁴⁾

単繊維が比較的低い秩序をもって集合する形式には繊維塊・ウェブ・スライバー・フェルトなどがある。

この繊維塊の特性評価については、たとえばかさ高性、圧縮特性などについていろいろの方法が提案されている。これらの特性には単繊維の特性のほかに単繊維の配置状態が関連するはずである。単繊維 1 本当たりの、あるいは単位長当たりの他繊維との接触点分布頻度や単繊維の排除体積などが問題である。これらは高分子鎖の集合形式と類比して論じられるかも知れない。別の重要な因子は低い秩序性ということである。これについても高分子鎖の凝集構造の一特性値としての配向分布という概念が適用されるかも知れない。しかしその場合の問題は試料のサイズと構成単位のサイズとの関係であって、前者が後者に対して十分大きいときには統計的平均の取扱いができるが、それが同程度になればゆらぎの効果があらわれてくる。高い秩序性がある場合には、部分の特性そのものが全体の特性と 1 対 1 に対応するようになり安定化する。秩序性が前者のような場合、構造はどうしてもゆらぎ、その結果として“むら”の問題は避けられない。

4. 糸 構 造

糸は上記繊維塊・ウェブ・スライバーなどにくらべてより高い秩序性が保たれる繊維集合形態である。

糸すなわち単繊維束の構造は普通つぎのような量によって規定される：

- (1) 構成繊維
- (2) 糸の種類（フィラメント糸・紡績糸）
- (3) 撚り
- (4) 混合状態
- (5) 繊維配置（断面内配置・マイグレーション）

4.1 かさ高・直径・充てん

糸の形としては糸の直径（外接円筒の径）が一指標となる。この測定には光学的方法があるが、要するに陰影をしらべる方法であり、ほかににも便宜的な方法は多く考えられる。²⁶⁾

ここで長繊維糸にくらべて、短繊維紡績糸のほうが一般に比容積が高いが、これは断面における充てんの粗密による。²⁷⁾ すなわち前者は平行を保ちやすいので、各構成繊維は理想的に最密充てんに近づけるのに、後者は平行度が一般に低く引揃えにくいことによる。これは繊維の巻縮特性と密接に関係し、ランダムな巻縮が高い比容積の糸を得るのに有効であることがわかっている。かさ高加工糸の場合上記のランダムさが問題である。

羊毛糸が織物内でかさ高になるのはそれらの繊維の巻縮の可逆性による。そしてこの可逆性は繊維の吸湿時における断面方向の膨潤能による。羊毛製品の場合、染色仕上工程において煮絨・蒸絨・乾燥などの工程を通過するが、吸湿によって膨潤するとともに巻縮が減る。ここで比較的密な状態のまま糸全体の径は増大し、脱湿によって単繊維の直径は減少し、確保された単繊維当たりの空間内で巻縮が発現する。その結果糸内での単繊維は分散しやすい。

絹の場合には数個のマユからの糸が合糸され、セリシンによりかためられて多芯（芯はフィブロイン）の複合系ガットになっている。これが織込まれたあと、セリシンが除かれるとフィブロインが残るが、このとき巻縮も発現する。いずれにしてもフィブロイン繊維は分散する。

加工糸のほかに異種繊維の混織が考えられる。これは長繊維における混合であるが、加えられる物理的刺激に対する応答形式たとえば収縮性が繊維間で異なっていると、繊維間の接触点における摩擦による一時的固定を介して一方の繊維がたるみを生じ、全体としてかさ高になる。

4.2 混合・分散

混織のためには、それぞれの糸の単繊維間の距離をいったんひろげ、互いに別の糸の単繊維と入り組ませる。²⁸⁾ 繊維間に熱収縮率差がある場合、高次加工での熱処理により、低収縮側の繊維が細かく屈曲する。この際互にそれぞれの繊維群に分かれてしまうのを避けるには、単繊維の混合状態を制御しなければならない。

この混合状態の特性化は混紡の場合にも同様であって、糸断面内における各繊維の分布状態を生態学における近接の概念を用いて記述する方法がある。²⁹⁾ すなわち糸断面内における繊維の分布のパターンを写しとり、任意

の繊維の中心から一定の間隔で同心円を描く。そしてその円の内部に入る繊維の数をよむ。この操作をすべての繊維の中心について行ない、同心円の半径に対しそれぞれの繊維種の平均分率を求める1対1の混合比の場合、理想的にはこの分率ははじめから50%付近を中心に揺動しているが、偏在している場合には、半径を十分大きくしないと50%に収れんしない。これは混織あるいは混紡における混合状態という内包量を定量化した一例といえる。

分散状態は同一種の繊維から成る糸についても重要で、これは先に羊毛や絹糸について述べたとおりである。たとえば糸断面内における単繊維の離散や凝集の状態を高分子における重合度分布と類比して記述できるし、繊維間の平均距離や分散を考えることもできる。

4.3 マイグレーション³⁰⁾

混織糸でも一般の撚り糸でも、構成繊維はその糸内の各断面で相対位置を変える。普通1本の繊維は糸内でその外周と中心軸との間を縫うように通っている。このマイグレーションの状態を記述する助変数には(1)平均位置、(2)振幅、(3)変化率(rate of migration)が挙げられる。いずれも糸の半径を1としたときの糸の各断面内での糸中心からの繊維の相対距離を基本とするもので、(1)は交流におけるバイアス値、(2)は交流部分の実効値、(3)は上記相対距離の変化率の二乗平均値に相当する。

この計算の始源データとしての糸内における繊維の存在状態の観察はトレーサ繊維を用いてなされる。糸の断面が円形に近似できないとき、さらに長さ方向でこの断面形状が変化するとき、上記の評価値の記述は複雑になる。

いずれにせよこの繊維のマイグレーションは糸としてのまとまりのために必要であって、振幅、変化率が大きいほど繊維はほつれにくくなる。

4.4 集束性、撚り

混織の際インターレース加工が行なわれるが、この操作は混織ばかりでなく、同一種の無撚り糸の工程通過能としての集束性を高める働きをもしている。それは撚糸工程が高価につくからである。ここで集束性の尺度が必要になるが、それには垂直に懸けた糸試料に、荷重をつけた針を突き刺し、それが停止するまでの落下距離の値から求める方法がある³¹⁾。これはいわば糸分割応力を一定としたときの測定法である。インターレースのほか³²⁾に接着剤を用いる無撚糸にもこの方法が適用できよう。

撚りに関してはとくに新しい知見はないが、問題にな

るのはセルフツイスト系の場合であって、(1) cycle length, (2) self twist per half cycle, (3) strand twist per half cycle, (4) twist factor, (5) phasing などで構造を規定することになる。

ここで(1)は一方向の撚りが継続する長さ、(2)は無荷重下での無撚部(phased または in-phased)間の長さ、(3)はストランドについての長さ、(4)は常用のもの、(5)は無撚部の状態を示すもので、二本の糸が撚り合わされると、このセルフツイスト方式では無撚部が生成するが、その部分での各糸の撚りが互いに逆の場合を phased、いずれも無撚になっている場合を in-phased としている。

4.5 毛羽

紡績糸の一特徴である毛羽の出方、すなわち hairiness³⁴⁾の測定は光学的方法による。これにより工程条件と綿糸毛羽との関係が得られている³⁵⁾。

5. 布 構 造

織編物の構造は(1)布の種類、(2)構成糸、(3)密度、(4)カバーファクター、(5)目付けなどで規定される。

上記のうち織布、編成の工程条件で規定できるものとして布の種類や目付けなどがあるが、他方素材として与えられ、これと工程条件との結果として定まる因子に(2)がある。そしてこの布内における構成糸の状態によって、布の物質輸送(例えば通気性、透湿性)および熱輸送(例えば暖かさ)ならびに力学的特性は強い影響を受ける。すなわち布内において糸がかさ高で、繊維の排除体積が大きければ、布の変形に対する内部抵抗、ヒステリシスは低下し、布の弾性回復は高まり、布は柔かにドレップする。また輸送特性も適度に保ちやすい。

現在この分散の程度は断面写真から求められる。糸全体としての織物内巻縮と、糸内の繊維配置については観察以外に特に定まった評価方式はない。繊維の分散については前述のとおりである。布面の凹凸についても観察や粗さ計の利用があるが、これに関連してしわ測定装置が開発されている。検出端はボールポイントであって、それに対応する検出能相当の布の起伏が取出され、演算回路をとおして、しわの平均高さ、勾配、鋭さなどが算出される³⁶⁾。

その他として不織布、三軸織物³⁷⁾、三次元織物³⁸⁾などがあるがここでは略す。不織布は繊維の一次集合形式である糸の段階を欠いているし、接着形式による場合には交叉点における繊維の相互移動が制限される。この点を繊維

自体の伸縮性、巻縮で代用しようとする方式がとられることが多い。このメカニズムの差は特性の差として現われていると思われる。

6. 形態の特性化

以上繊維から布にいたる構造について、主として過去2年程度に入手した資料を用いて略述した。繊維の歴史は古く、きわ立った新しさはない。

他方この繊維の外部構造全体を通していくつかの基本的なむずかしさが存在する。その一つはその構造の一因子としての“形態”である。単繊維の断面、複合状態、繊維の表面、巻縮、糸内の繊維の配置としての断面内分散、マイグレーション、糸の断面、その長さ方向の変化、織編物内での糸の形。これらはそれぞれ効果をもっているし、いろいろの特性化法がある。この特性値はいくらでも任意につくれるが、一つの特性値でその対象の形が発揮するすべての効果と対応させる便利な値、いわば“万能特性値”は存在しない。結局評価とはある目的に対して用いられる判断であり、かつ目的がいろいろあるからである。たとえば、かつら用の合成繊維にみられる特異なアクリル繊維断面が発揮する、“つや”その他力学特性などが、形のまったく異なるように見える人髪のと似ているという例がある。この意味では人髪の形状とアクリル繊維のそれとは等価である。しかし他の特性ではまったく異なることがあるのも当然である。

またパイメタル型複合繊維の場合、仮りに組成および比率その他製糸条件を制御できる限り同一としても、その繊維断面、複合状態は一定ではない。しかもその繊維集合体はある安定した特性値を示すようになる。これは統計的に安定しているからでもあるが、単繊維のいろいろの断面がある意味で等価であるからでもある。

巻縮にしても同様であって、等価性はある目的に関しただけいえることである。その他三葉形断面のポリエステル繊維は絹と似た光沢、手触りを与えるといわれるが、形のどの要素が互いに似ているかという点は明らかでない。これらすなわち内包量の直観的把握は実は形態認識や特徴抽出の問題である。この評価関数に対応する構造形状の特徴を見出すことは結局研究者の創意にまかされている。

7. 不規則性

もう一つの観点は不規則性、あるいは無秩序性である。規則性も一つの評価関数であり、観点に応じて変化できる。

不規則性はある場合には“むら”と呼ばれる。このうち織度など外延量についてはその特性化法も広く検討されている。³⁹⁾ むらの振幅、波長それらのスペクトルなどの他に勾配や順序 (sequential な特徴) もまた問題になりうる。

外延量についてはまだしも、内包量については、そして特に形については定まった方法はない。たとえば絹はランダムに巻縮した繊維から構成されている。またその断面もランダムである。絹製品は物理化学特性の点で共通性をもつのは、その組成の共通性と加工に対する不変性から容易に推定されるが、他方力学的、光学的特性にも共通性がみられる。これは物体特性であって形状の効果があるはずである。その原因として、三葉形断面であってその形が長さ方向にランダムに変化し、また巻縮も同様に変化することが考えられる。問題はこのランダム、不規則の変化自体の特性化にある。それはある特徴をもつ不規則さであり、これも前述の形態認識の問題である。

工程通過能と製品の安定化のために、工業での評価関数の一つはその特性の均一性であった。しかし糸のかさ高や光学的、力学的特性その他に関して不均斉、不規則性の積極的利用が考えられてよい。⁴⁰⁾ その前に問題となるのは直観が価値を認める不規則性を分析、合成すること、すなわち新しい価値の認識と価値ある不規則性の制御である。

注

外部構造：システム工学においては、“外部構造とはそのシステムに与えられた入力と出力との関係であり、機能といいかえてもよい。”といわれる。(須賀；プログラム、p.109 (1971) 日本経済新聞社ソフトサイエンスシリーズ)。しかしここでは他に適当な語がなかったので、外部構造を別な意味に用いている。

参考文献

- 1) 繊維学会編；繊維物理学，p.20, 1962, 丸善
- 2) M. W. Andrews; J. Text. Inst., 80, 462(1969)
- 3) A. M. Downes, A. R. Till; Text. Res. J., 38, 518, 523 (1968)
L. Rebenfeld, ed; Proceedings of the Fourth International Wool Textile Research Conference, Pt II p.857, 1971, Interscience. N.Y.
- 4) M. C. Boshoff, P. J. Kruger; Text. Res. J., 41, 573 (1971)
- 5) 近藤洋逸，好並英司；論理学概論，p.228, 1964 岩波
- 6) 繊維学会編；繊維物理学，p.19, 1962, 丸善
- 7) (Du Pont), 特公昭 36-20 770

- 8) 藤本枝太; 繊維と工業, **2**, 567 (1969)
- 9) 有元平次; 表面, **9**, 129 (1971)
- 10) 標葉二郎; 高分子, **17**, 869 (1968)
- 11) 安田浩ほか, 繊維学会誌, **27**, 168 (1971)
- 12) R. H. Brand; Text. Res. J., **41**, 70 (1971)
- 13) (鐘紡), 特公昭 46-844
- 14) 藤本枝太; 繊維工学, **24**, 166 (1971)
- 15) (東レ), 特公昭 46-3814 ほか
繊維学会編; 繊維と工業, **23**, 20 (1970)
- 16) W. J. Lyons, Text. Res. J., **30**, 955 (1960)
idem, ibid, **34**, 410 (1964)
- 17) F. L. Scardino, W. J. Lyons; ibid, **37**, 874,
982 (1967)
- 18) (Du Pont), 特公昭 42-8 731
- 19) (呉裕吉), 特公昭 39-12 890
(鐘紡), 特公昭 40-19 444
(東レ), 特公昭 43-6 095
藤本枝太; 繊維と工業 **2**, 430 (1969)
- 20) (Du Pont), 特公昭 44-16 807
(帝人), 特公昭 47-6 046
- 21) A. Hepworth et al., J. Text. Inst., **60**, 513
(1969)
- 22) 繊維学会編; 繊維物理学, p. 15, 1962, 丸善
23) 同上, 同上 p. 28, 1962, 丸善
- 24) 日本繊維機械学会編; 基礎繊維工学, p. 107, 1965.
- 25) F. R. Eirich; Rheology, Vol. 4, p. 285, 1967,
Academic Press N. Y.
- 26) M. Robinet; Ann. Sci. Text. Belges, **4**, 7-29
(1968)
- 27) Hearle, Grossberg, Backer; Structural Me-
chanics of Fibers, Yarns, and Fabrics Vol.
1, p. 95, 1969, Wiley Interscience N. Y.
- 28) (帝人), 特公昭 43-15 569, 43-30 007
(Du Pont), 特公昭 44-18 930, 36-12 230
- 29) J. F. Bogdan et al., Text. Res. J., **40**, 415
(1970)
- 30) (c. f. 27) p. 109, p. 113
- 31) (Du Pont), 特公昭 36-12 230
- 32) (I. C. I.), U. S. P. 3, 409, 493; 3, 409, 496
- 33) D. E. Henshaw; J. Text. Inst., **60**, 443 (1969)
- 34) テキスタイル リサーチ 懇話会, Text. Inform.
Digest **4**, (8) 31 (1971)
- 35) A. Barella et. al; Text. Res. J., **41**, 126 (1971)
- 36) L. Rebenfeld. ed; c. f. 3) p. 1015
- 37) N. F. Dow, Text. Res. J., **40**, 986 (1970)
J. Skelton; ibid, **41**, 637 (1971)
- 38) P. Emerson; Modern Textiles, p. 50 (1969,
11)
- 39) 日本繊維機械学会むら研究会編, むらの理論と実
際, 1965, 日本繊維機械学会
- 40) L. Fourt, N. R. S. Hollies; Clothing, P. 184,
1970, Marcel Dekker Inc., N. Y.