外観（色彩・光沢・布面など）の評価法*

荒 谷 善 夫**

講 義

1. はじめに

広辞苑で「外観」とは「外部から観たところ」、「うわべの見え」ということになる。空間的・時間的拡大縮小なしに普通肉眼で観た見え方ということであろう。繊維分野でこの外観の重要なことはどの購買動機調査をみても明らかである。とくに、フィーリングの価値の高まってきた現在、いっそう重要視されている。また一般に情報の授受は視覚から75%、聴覚から15%、触・味・嗅覚から10%といわれる¹⁾ことから外観の重要さがうかがえる。

いっぽう、この特性は主観性が強い²⁾ため客観的にとらえにくく、またいわゆる Pattern Recognition によるところ多く計測しにくい面をもつ。しかし、外観も何らかの物理刺激の所産であるから、この刺激量を計測し、視覚評価とに関連性をつければ、その計測法はある程度客観的な評価尺度とみなせる。つまり、外観特性の計測とデータの量的表示が必要である。

繊維製品の³⁾外観特性は用途によって無数にあるが、ここでは主として布の色彩・光沢・布面・ドレープなどについて概説する。最終製品たとえば衣服のデザインや縫目の美しさなどはきわめて重要な外観特性であるがここでは省く。各論に入る前に視覚と測光について簡単にふれる。

2. 視覚の一般特性

視覚刺激は3種の基本構造をもつ。強度的側面（光束の強さ、明るさ暗さ）・質的側面（分光分布、純度）・空間的側面（大きさ、形、奥行き、輝度分布）である。

それぞれ、光沢・色彩・布面などに関連が深い。視覚の媒体は光であり、光覚に必要な最小エネルギー（光覚閾）は波長500～550nmで最小で、 $2 \sim 6 \times 10^{-10}$ erg といわれる²⁾。対象の細部構造を見わける能力（視力）は視角にして約1'である。これは明視距離からみて約0.1mmの大きさである。この値は一つの極限值であって、実際は周囲（背景）とのコントラストによって異なる。また、対象の存在だけを認知する視力（存在認知閾）とその形態まで認知する視力（形態認知閾）でも異なる。（第1表）³⁾コントラスト1.5で存在認知閾0.2mm、形態認

（第1表） 認知限界³⁾

コントラスト	存在認知閾	形態認知閾
1.2	3.5'	8.4'
1.5	2.5	5.8
2.0	1.9	4.6
4.1	1.5	4.1
16.0	1.2	3.6

知閾0.5mmぐらいである。この程度の値は布などの構造単位と Comparable な関係にあり、光沢感への影響が強い。

視覚には一般に対比・順応・恒常性・残像・熟知・錯視・図地の知覚などの特性があり、外観評価に少なからず影響する。

3. 測光技術

対象からの放射エネルギーに対して、つぎの測光量が

* Evaluation of Apparent Properties of Textiles.

** Y. Aratani, 東レ 繊維研究所

定義されている。

光束：ある面を単位時間に通過する放射エネルギー (lm)

光度：単位立体角当たりの光束 (cd)

照度：単位面積当たりに受ける光束 (lx)

輝度：単位面積当たりの光度 (nt)

これらはC G S単位系とは別に光度 (cd) を基本単位として国際的に定められている。実際の測光では標準対象との相対値を測定することが多いので、測光量をあまり吟味する必要はない。

測光の検出端には普通光電素子が用いられるが、光束と電流の比例関係は必ずしも成立たず、また波長特性をもつので補正を要する。光源には温度放射 (白熱電球) とルミネッセンス (水銀・ナトリウム・クセノンランプなど) が用いられる。標準光源として国際的にA (2854°K), B (4870°K), C (6740°K) が定められているが、C光源がいわゆる昼光に最も近い。光学系として、レンズ、プリズム、鏡、フィルター、スリット、積分球などが用いられるが、今後はオプトエレクトロニクスの発達により、オプティカルファイバーやレーザーの利用が考えられる。すでに、Du Pont社では巻縮の立体特性の計測法としてオプティカルファイバーを利用した装置を開発している。そのほか外観の計測には種々の光学機器を駆使する必要がある。分光光度計や光沢計のほかに、カセットメーター、顕微鏡、高速カメラ、ストロボスコープ、映画機器、VTR、マイクロメーター、ノギス、オートコリメーター、万能投影器、測量機器、胃カメラなど有用である。

4. 色 彩

色彩計測は測定手段としての測色とスペクトルの Characterization としての表色に分けられる。両者ともすでに完成されており、この技術を繊維製品の色彩計測に応用すればよい。しかし、もともと人間の識別できる色の数は「いろいろ」の言葉どおり600~700万と多く、微妙な特徴の計測はむずかしい。さらに、繊維のように細い材料の集合体では色彩分布の計測や「深み」「冴え」などの客観表示⁵⁾の検討が必要である。

4.1 測 色

光学計測の中で最も発達しており、市販の可視分光光度計で分光スペクトルおよび3刺激値を測定すればよい。市販セットは集光法にやや違いはあるが、いずれも似たものである。問題はむしろ、紙、フィルム、液体な

どと違って、単繊維の集まり方による効果をどう計測するかにある。一つの有力手段は顕微分光光度計である。これは顕微鏡と分光光度計を組合わせたようなもので、2μ~100μ ぐらいの測定ができるので、単繊維で測色が可能である。単繊維内や混色布の色彩分布の計測に利用できる。

4.2 表 色

一般表色

顕色系と混色系に分類される。前者は色の3属性 (色相・明度・彩度) によって、色票の色彩系統的に整理したもので、マンセルやオストワルド表色系がこれである。たとえばマンセル表色系では、色相 (Hue) を40分割し明度 (Value) をO (黒) から10 (白) まで彩度 (Chroma) をO (無彩色) から14 (最高彩度, Red) まで立体的に配列したものである (第1図)。視覚に重点がおかれているため常識的で実用性は高い。当初、物理

(第1図) マンセル色立体と色相分割⁶⁾

刺激 (分光特性) との関連は考慮されていなかったが、現在では修正マンセル表色系がつくられて両者の関連がついている。

混色系は分光スペクトルをベースにした表色で、その代表はCIE表色系である。分光分析によって3刺激値XYZを求め、 $x = X/(X+Y+Z)$, $y = Y/(X+Y+Z)$ として、 x, y 直交座標で表示する。これを色度図と呼び (たとえば第2図)、中心の回りに色相を、中心からの距離で刺激純度 (彩度に相当する) を表わす。明るさ (明度) はこの座標と直交する方向にY値で表わす。

(第2図) 色度図と色名の一例

この色度図上では任意の2点間の距離は視覚の強弱を比例して表わすものでなく単に一義的に位置を与えているだけである。これに対し視覚の強さに比例するよう修正したのが UCS (Uniform Chromaticity Scale System) 表色系である。いずれも XYZ 値から計算できる変換値を用いて表わされる。Mac Adam や Judd の例がある。

マンセル系 (H, V/C) と XYZ 系 (x, y, Y) は視覚と刺激の両面から発展したが現在完全に対応がついている。つまり、分光分析によって本来感覚的な色相、明度、彩度が計測できるわけである。

B. 繊維分野の例

衣服材料などでは色の「深み」、「淡み」、「冴え」、「自然らしさ」などの表現で外観評価されることがある。これらは分光特性のほかに光沢や空間知覚なども含んだ総

(第3図) 明度と純度と視感の関係 (Orange の例)

合視感とみなせる場合が多い。しかし「深み」「くすみ」「冴え」などはある程度彩度と明度で表わせる。たとえば「深い」は低明度高彩度で、「くすみ」は低明度低彩度で表わせる(第3図)。これは試料から少し離れて観た場合で、手にとるようにして観れば表面構造にかなり影響される。たとえば色が「深い」といわれることと構造の奥行きの深さにはある程度相関性がある。

白度は Judd によってマンセル系、XYZ 系、ハンター (L, a, b) 系でそれぞれつぎの式で表わされている。

$$\begin{cases} W = 100 - \{(100 - L)^2 + (a^2 + b^2)\}^{1/2} \\ W = 1 - 1/40\{C^2 + [4(10 - v)]^{1/2}\} \\ W = Y \end{cases}$$

さらに分光スペクトルから直接に $W = R_{460}$ や $W = (R_{700} - R_{450})/R_{700}$ など表わせる。また黄度はハンターの b 値で表わせる。白度に限らず色調を分光スペクトルから直接近似的に表現する試みがある。よく知られる K/S はその一例である。またスペクトルの傾きを求めたり、スペクトルを多次元のデータとして計数化し主成分分析法で単純化して特徴を表現することができる。

C. 色彩の派生効果

色彩はそれ自身の属性のほかに派生効果をもつ。外観評価に際して色彩の働きを知っておくと便利である。その少しの例をつぎにあげる。

a. 温度感

赤・橙・黄・堇・緑・青・白の順に暖かく感じる。

b. 重量感

黒・青・赤・堇・橙・緑・黄・白の順に重く感じる。

c. 大きさ感

色相より明度の影響が強く、高明度は過大視される。

d. 距離感

高明度は接近視される。

e. 好み

もちろん個人差が強い。一般に、青・赤・緑・堇・橙・黄の順といわれる。性別・人種間の差は比較的小さいが、年齢により暖色系から実色系に変わる。

f. 調和感

「美は複雑さの中の秩序」という観点から、Moon & Spencer は美度 (M) = 秩 (O) / 複雑さ (C) として表わしている。O の内容は H, V, C の同等性・類似性によって加点されるため、大差のない組み合わせほど美度は高いといえる。「ごてごて」したものより「すっきり」したものに美度は高いという。

5. 光 沢

Katz によれば、光沢は対象の色よりも明るさが強く、色の知覚を部分的に妨げる場合に生じるといわれる。光沢の概念はこの言葉でついている。つまり、光沢とは分光していない光束の強度であり、しかも部分的な強度である。対象物体の「光る部分」は光源・対象・目の位置によって異なるので、反射光の方向依存性が光沢であるともいえる。

繊維製品では複雑な表面構造のため、光沢の現われ方は方向依存性だけではない。反射面の輝度分布や内部反射の割合、透明性などもからんでいる。光沢計測は色彩ほど発達していないが、最近は顕微光沢計が市販され光沢の質の評価も試みられつつある。

5.1 光沢の強度

3次元変角光度計が市販されているので、それにより反射の変角光度特性を測定すればよい。光源・試料面・受光器の相対位置により、いろいろな光沢度で表わす。

A. 鏡面光沢度

試料面で映像を作る条件での反射光束の強さ。(n=1.567のガラス板のそれとの%)

B. 拡散光沢度

鏡面光沢でない条件での反射光束の強さ。(酸化マグネシウム標準白板のそれとの%)

C. 対比光沢度

二つの異なった条件での反射光束の比。これには、2

(第4(a)図) 2次元対比光沢と測定の一例(平織)

(第4(b)図) 3次元対比光沢と測定例(平織)

r_1, r_2 : 受光立体角 ($r_1 < r_2$)

ϕ : 反射光束

θ : 受光角

(第4(c)図) 開き角対比光沢度¹¹⁾

(第4(d)図) Jeffries 対比光沢度¹⁾
 $G = (a-c)/c, (b-c)/c$

(第4(e)図) NF対比光沢度¹⁾

次元対比光沢度・3次元対比光沢度、開き角光沢度・NF光沢度・Jeffriesの対比光沢度などがある。(第4図)¹⁾

一般に光沢の強い平板な試料には鏡面光沢や開き角光沢が適するが、繊維製品では2次元、3次元対比光沢が適する。布のようにたて・よこの方向性を持つものにはJeffriesの光沢度がよい。また、繊維の断面形状・デニール・撚数・添加剤・織糸のクリンプ率・織物中での単繊維の分散性などの影響を調べるのにもJeffriesの光沢度が適する。たとえば、繊維の断面形状係数を変えた織物のJeffriesの反射曲線は第5図のようになる。

(第5図) 断面変形度を変えた織物のJeffriesの光沢曲線

5.2 光沢の質感

質感というのはあいまいな表現であるが、繊維製品の場合ある程度落ち着いた光沢感が要求されるので、そのような要求を満たす光沢という意味である。絹織物の光沢は一つの目標である。

質感測定の一例として、顕微光沢計によって輝度の分布が計測される。試料面の像をレンズで拡大しスリットで走査しながら輝度分布曲線を求める。拡大に制約があるが、肉眼の存在認知閾はコントラスト1.5で0.2mmだから、1mmφのスリットを使うとして5倍に拡大すれば十分である。この分布曲線のピーク間距離・山と谷の比・ピークの尖さ・平均値・規則性などで光沢をCharacterization⁹⁾することができる。たとえば沢路の研究がある(第6図)。また、稲垣などによれば、表面構造のサイズが肉眼の認知限界より大きい小さいかによって光沢感に大きな差が生じるとされている。光沢設計¹⁰⁾

- ：つやの質感のよいもの
- ◎：特別な条件下では質感のよいもの
- ：拡散面的で質感のあまりよくないもの
- BE：存在認知の限界
- BF：形態認知の限界
- h：山の高さ
- l：谷の高さ
- P：山、山間のピッチ
- D：試料と観測者の距離

(第6図) 織物の顕微光沢度の測定例⁹⁾

(第7図) 絹とポリエステルの繊維光沢曲線の一つ例

に際して、表面構造のサイズの重要性がうかがえる。

顕微光沢計によって、単繊維の光沢も計測できる。断面形状や添加剤の効果をみるのに有効である。この方法で、繭糸の特徴をみると、第7図に示すようにきわめて鋭い輝点分布を示す。

絹はいわゆる「底びかり」といわれる。これは多分に織物構造のルーズさにもよると考えられるが、繊維自身の性質もあろう。アイボリー、パールも内部からの反射が多いといわれる。この反射の内部性を判別する手段として、フレネルの法則が利用できる。透明体では、反射角 θ を $\tan \theta = n$ (n : 屈折率) にとれば、表面反射光は入反射面に垂直な偏光である。逆に、入反射面と平行な偏光を受光すれば、それは内部反射光を含むとみなせる。したがって、反射光路に偏光子を入れて両偏光成分の割合を求めれば反射の内部性を推測できる。この方法として、たとえば Ingersoll 光沢度 $G_I = (P_{\perp} - P_{\parallel}) / (P_{\perp} + P_{\parallel}) \times 100$ がある。ただし、 $P_{\perp}$ は入反射面に垂直、 $P_{\parallel}$ は平行な偏光成分。絹織物を測定すると確かに内部反射の割合が高い。(第8図) おもしろいことに、

(第8図) 織物の偏光光沢度の一例

アセテート・レーヨン・アクリルなど非溶融糸系のものも比較的内部反射割合が高い。ただし、この方法は構造のルーズさ、表面の凹凸の影響を受けやすい。

繊維製品は繊維の重なりであるから、繊維の透明度も光沢の質感を左右する。繊維の透明度は先に述べた顕微分光計によって測定できる。しかし断面形状の影響を受けやすく、異形化すると透明度はみかけ上小さな値になる。

5.3 色と光沢

繊維の光沢と透明度は製品の光沢だけでなく、色彩への影響も強い。一般に、透明度が高く光沢輝度のばらつきの小さい繊維からなる製品ほど色の冴えは高くな

る。

着色試料の光沢測定には少し注意がいる。光電素子は中間波長の可視光に対して感度が高いので補正を要する。また着色試料では、選択吸収のため拡散光が弱いのに対し鏡面光は変わらないので対比光沢度は濃いサンプルほど高くなる。視感的にも濃い色ほど光沢感は強く感じられる。色相や彩度の影響は小さいといわれている。¹⁰⁾

6. 布 面

製品の複雑な表面構造を克明に計測するのは至難である。できたとしても非常に高価なものになる。現在はほとんど視感判定に頼っている。今後オプティカルファイバーを用いたパターン伝送の技術の利用が期待される。

計測法のうち最もよく用いられるのは光学的な方法である。検反機がその代表で、反射光の何らかの異常を光電素子でキャッチする。実験的には顕微光沢計が利用できる。「ひけ」、「すじ」、「いらつき」などこの方法で計測できる。ただし、奥行き深いものではほけるの

(第9図) フィブリル化による2次元反射曲線の変化

で、走査型顕微写真と併用するのがよい。最近、しわの外観計測装置として、FRL-Topometerなるものが考案されている。これは約0.1inの光束を垂直に投射し水平面から20°の角度でホトランジスターで受光しながらしわ面を走査する方法である。しわの状態を色・柄・テクスチャーなどに左右されずに測定できる利点がある。

アイロンや着用テカリ・フィブリル化白濁・汚れなどは3次元光沢計で拡散光沢度の変化を求めることによって計測できる(第9図)。また、光沢計によるカーベットのタフティング状態の計測例も報告されている。¹³⁾

複雑な しわや W&W 性, 毛羽・ピルなどの計測は視感に頼らざるをえないが, その状態を一定の光学条件のもとに定着させてしまう意味で写真法は重要である。照明の仕方の特徴を強調することが大切である。

表面あらさ計の拡張として, 力学的な測定法もある。しかしこの方法は表面の変形しやすい繊維製品にはあまり適していない。幾何学的(光学的)な表面でなしに力学的な表面を測定することになり, 外観よりも触感の計測にむしろ有効である。しかし適当な材質のレプリカを用いばうまくいく場合がある。たとえば縮緬の しぼ形状などはウッド合金でレプリカを作り差動トランスを検出端として特徴をパターン化できる(第10図)。レプ

(スケール：実物の32倍)
(第10図) レプリカ法による しぼの
プロフィールの一例

リカの材質として流動性・適当な硬度・低融性・熱的寸法安定性・軽さなどが必要であるが, パラフィン, PP アタックチック ポリマー, シリコン ゴム, ウッド合金など適する。レプリカをとらず, 直接試料面の凹凸を検出する例として, 最近 M. Shiloh¹⁴⁾ によって しわの測定装置が報告されている。

Uster の糸むら試験機は非接触の, むら測定機であるが, この方法を布などの凹凸計測に用いれば面白いと考えられる。

7. ドレープ

布のドレープ性は衣服を着用したときのシルエットやライブリーネスにとって重要である。シルエットの構成要素はフォーム, バランス, フィット, 動き, 豊かさといわれるが, いずれも立体的な曲面形成能をさしている。曲面の計測はステレオ カメラやモアレ法によって等高線を描く方法で試みられている。第11図は人体ダミー曲

(第11図) 人体ダミー等高線の一例
(モアレ法)

面を4 mmの等高線で表わしたものである(モアレ法)。

シルエットを布の側から評価するにはドレープの計測が必要である。Hamburger の平面ドレープ係数を求める方法が最も有効である。須田らは衣服にとってより重要な側面のドレープ係数を提案しているが, 平面ドレープ係数との相関性は高いということである(第12図¹⁵⁾)。

$$\text{平面ドレープ係数} = (A_s - A_d) / (A_o - A_d)$$

$$\text{側面ドレープ係数} = (B_o - B_s) / B_o$$

(第12図) ドレープ係数測定投影図

(第13図) 布の曲げ反発挙動(ストロボ写真)

実際のスカートについて、ヘムのシルエットへの影響をドレープ テスターで検討した結果も報告されている。¹⁶⁾

動的なドレープ性(ライブリネス)の計測は曲げの力学的特性として風合いなどの方面で研究されることが多いが、外観としての計測はほとんどない。ストロボ寸真による分解は布のライブリネスの評価として有効である。(第13図)

8. ま と め

外観として色彩・光沢・布面・ドレープを取上げたが、われわれが外観を評価するときこれらの特性を組み合わせて総合的に判断している。また外観はいろいろなイメージと結びつきやすい。したがって、外観を色・光沢

……というとらえ方をせず、イメージ別に分類し、そのイメージの構成要素を明確にすることが商品設計などをおこなう際に重要となる。たとえば、外観イメージとして、R.H. Hoffman の表を引用して稲垣らは第14図をあげているが、¹⁸⁾このようなイメージを具体的に設計するための外観計測が必要である。したがって計測法は限定された方法はない。その布構造の特徴は何かをよくとらえて計測法や測定条件を考えていかねばならない。

引用文献

- 1) 沢路; 染色工業, 18,696(1970—11)
- 2) 感覚・知覚ハンドブック, 207(1969)
- 3) 連沼; 光沢, 9(1960)
- 4) R.H. Brand; Text. Res. J., 40,169(1970-2)
- 5) たとえば色彩科学ハンドブック, 151(1962)
- 6) 感覚・知覚ハンドブック, 354(1969)
- 7) 色彩科学ハンドブック, 99(1962)
- 8) 感覚・知覚ハンドブック, 384(1969)
- 9) 沢路; 繊維工学, 24,766(1971—11)
- 10) 稲垣ら; 織学誌, 27,292(1971—7)
- 11) 連沼; 光沢, 28(1960)
- 12) N.J. Abbott; Text. Res. J., 40,1026(1970)
- 13) 軍司ら; 織機論文集, 24, T. 33(1971—3)
- 14) M. Shiloh; 4th Intern'l Wool Fex. Res. Conf. Abstr. 30(1970)
- 15) 須田ら; 消費科学, 11,312(1970)
- 16) 早川ら; 家政学雑誌, 21,275(1970)
- 17) R.H. Hoffman; Text. Res. J., 56,428(1965)
- 18) 稲垣ら; 織学誌, 25,215(1969)

(第14図) 布の外観特性のイメージ分類例