(昭和43年11月7日受理)

布光沢の親覚評価と物理的表示法との関係

繊維工業試験所 稲 垣 勝 彦
産業工芸試験所 赤 川 直 亮

RELATION BETWEEN SUBJECTIVE AND OBJECTIVE
RATING FOR FABRIC LUSTRE

By Katsuhiko Inagaki* and Naosuke Akagawa**

(*The Textile Research Institute of Japanese Government, Yokohama, Japan)

(**Industrial Arts Institute of Japanese Government, Tokyo, Japan)

The lustre is an important factor for appearance of fabric.

It is interesting to study relations between sensory evaluation of lustre and optical property of fabric.

These relations were examined by means of multiple factor analysis. The results obtained are as follows.

1. There are two independent bases, quality and quantity of lustre, for visual evaluation of lustre.
2. Physical values of fabric lustre based on goniophotometric curve are related to not quality but quantity of lustre. On the other hand, the expression by means of polarized light is related to quality of lustre.
3. Quality of lustre is influenced by internal reflection and transmission from fiber. Quantity of lustre is influenced by reflection that has directional property.

(Received November 7, 1968)

1. は じ め に

布の外観を表わす言葉を, R. H. Hoffman は表1のように分類している¹⁾。ここに見られるように, 布の多観を問題にする場合, 光沢感は, 重要な要素であるが, その表現は微妙な感覚に基づくものが多い。これらの視覚評価が, 同じ光沢感を表わしているのか, 全く別のものをいっているかは, はっきりしない¹⁾。また一般には, このような微妙な違いを的確に判別できるとは考えられない節があるが, その多くは, 布光沢の美的感覚を表わしていることは明らかであろう。

一方, 布光沢の物理的な表示法は紙などのような一般的な光沢の概念に基づき, 光沢の有無の表示に重きがおかれている傾向があり, 視覚的な評価基準との間に, 大きなずれがあるように感じられる。

本実験は, 布光沢の評価は, 量的(光沢の有無), 質的(光沢の良否)の2面的な見方をもとに行なう必要があるとの観点から実施した。すなわち量的, 質的な2つの基準を設定し, これをもとに行なった官能検査結果と従来から提案されている種々の物理的な表示法との関係

について, 因子分析法を用いて考察したが, 興味ある結果を得たので報告する。

2. 試料・実験方法および結果

2.1 試 料

試料は, 市販の白生地(主として裏地)10種類を使った。繊維の種類は, できるだけ広い範囲のものとし, 組織も統一しなかった。これは, 布の光沢概念が特殊なものを除けば, 布全体に適用できるとの判断によった。また, 試料数の少ない点を考慮して各々の試料間には充分光沢差の認められるものを選んだ。なお, 測定条件(後述)の区別をはっきりさせるため, 平織についても浮糸方向がはっきりしたものを使用した。

試料の詳細は, 表2のとおりである。

2.2 物理的光沢表示法

物理的な測定量には, 従来から提案されている拡散反射曲線をもとにした光沢表示法4種類, 筆者らが先に行なった偏光を利用した表示法, Hunterによる白度試験, 合計6種, 11項目を選んだ。

測定法の概略は以下のとおりである。

Table 1. Expressions of fabric appearance

Table 2. Sample

Sample	Design	Yarn size		Yarn density	
		warp	weft	warp	weft
cotton broad A	plane	140/2 s	140/2 s	79end/an	36Picks/an
acetate satain B	satain	70 d	100 d	78	35
silk satain C	satain	20 d	35 d	91	38
acetate taffeta D	plane	100 d	100 d	46	35
cotton broad E	plane	120/2 s	120/2 d	77	36
P. P. tuffeta F	plane	80 d	80 d	48	31
nylon taffeta G	plane	115 d	115 d	41	29
henberg taffeta H	plane	90 d	100 d	50	35
silk habutae I	plane	60 d	70 d	52	39
P. E. T. satain J	satain	30 d	50 d	114	42

対比光沢度

受光器を 45° に固定し、入射角を 45° としたときの正反射光束 S_{45-45° と、入射角を 0° としたときの拡散反射光束 D_{0-45° との比で表示する^{2,9)}。すなわち

$$C_R = S_{45-45^\circ} / D_{0-45^\circ}$$

拡散光沢度

Fig. 1 のような拡散反射曲線 (入射角 70°) の受光角, $\theta = 0 \sim \theta_s$ ($\theta_s = 70^\circ$) を n 等分し, その 1 つの区間を $\Delta\theta$ とする。 $\theta = \theta_s$ の側から数えて i 番目の角度での反射光束を

$$I_i = B(n-i \Delta\theta)$$

と表わしたとき

$$D_n = \frac{1}{B(\theta_s)} \sum_{i=0}^n B(n-i, \Delta\theta)$$

と定義する。本実験では $n=8$ とした⁴⁾。

光沢比 (Jeffries による表示法)

入射角 75° , 受光角 -45° に固定し試料を試料面内で回転して得られる反射曲線 (Fig. 2 参照) の最大値と最小値との比の表わす⁶⁾。

$$L_f = (a+C)/C \text{ または}$$

$$L_f = (b+C)/C$$

光沢 (Pelton による表示法)

あらかじめ入射角, 受光角を 45° に

設定し, 試料を, 入射面内で回転して得られる反射曲線から

$$\sigma = \sqrt{\{\sum \text{brightness} \times (\text{angle of tilt})^2\} / \sum \text{brightness}}$$

σ_m ; 拡散板の σ

を求め

$$L_p = 100 \log_{10} \{\sigma_m / \sigma\}$$

表わす⁶⁾。傾角 (cmgle of tilt) は $\pm 10^\circ$ とし 2.5° 間隔で測定した。

偏光を利用した表示法

正反射 M , 透過 T , 内部反射 I_R , 拡散 D の偏光に対する性質を Fig. 3 のように考え, これをもとに布面から

θ_s : Angle of specular-reflection

$I=B(\theta)$; Brightness at θ

Fig. 1. Analysis of goniodhotometric curve in "Diffuseness gloss value Dn".

Fig. 2. One revolution of a sample.

の反射光を前述の各成分に分け、分離成分に対して、正反射成分は、ガラス、プラスチック板等の表面光沢を、内部反射、透過成分は、宝石の輝きを、拡散成分は拡散板の光沢をそれぞれ特徴づけるものであるとの解釈を与え、又絹が最良の光沢を示すとの一般的な評価を基本にして新に質的な光沢度を定義し、布光沢を量的、質的の二元的に表示した。

$$L=M+T+I_R$$

L : 量的光沢度

Fig. 3. Polarizing properties of four elements.

$$L'=(T+I_R)/M \quad L': \text{質的光沢度}$$

各成分の意味づけ、偏光に対する性質については、モデル繊維の反射を扱うところで詳しく述べる。

白度 (Hunter の方法)

$$W=100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{1/2}$$

W : 白度

$$L=100\sqrt{Y} \quad a=175(1.02X-Y),$$

$$b=70(Y-0.487Z)/\sqrt{Y}$$

X, Y, Z : 3 刺激値

測定は、入射角 45° , 反射角 45° の反射光束で行った¹²⁾。

2.3 測定

光沢度の測定は、2次元変角光度計を用いて行なった。この装置は、投光器、試料台が可動であり、また、試料面内の回転もでき、2次元的な反射測定はほとんど可能である。偏光測定のためには、投光部、受光部に偏光板(ダイクローム)を取り付け使用した。光源はタンダステン白色標準光源(A光源)を使用した。なお投光器、受光器の回転半径は250mm、受光開き角は 1° である。

対比光沢度、拡散光沢度、Peltonによる表示法については、Fig. I, II の測定条件で測定したが、条件Iの測定をよこ方向の測定、条件IIの測定をたて方向の測定と呼ぶことにする。

Table 3. The physical values of fabric lustre

Sample	Contrast ratio		Diffuseness gloss		Pelton's method		Polarized light method		Whiteness		Jeffrieses method
	warp	weft	warp	weft	warp	weft	quality	quantity	warp	weft	
A	1.03	0.95	7.81	7.89	1.05	1.06	0.86	13.0	78.7	76.8	1.44
B	4.41	0.99	3.38	8.43	1.18	1.06	2.29	91.5	69.7	98.4	18.70
C	3.68	1.19	4.29	6.97	1.13	1.06	2.38	71.6	58.6	84.0	9.05
D	1.09	0.80	6.91	8.03	1.03	1.06	0.99	16.3	76.4	69.2	1.83
E	0.94	0.87	8.17	8.87	1.00	1.06	0.38	11.9	76.7	80.2	1.80
F	1.32	0.99	5.56	6.25	1.11	1.07	0.74	12.1	66.5	57.0	1.69
G	0.91	0.78	6.95	8.04	1.05	1.06	0.50	13.5	69.4	63.3	1.40
H	1.46	1.16	5.74	6.57	1.07	1.06	1.17	24.8	58.4	66.3	3.18
I	1.12	0.93	8.38	9.14	1.07	1.06	2.95	22.9	71.0	81.2	3.50
J	2.55	1.53	3.37	4.50	1.14	1.10	0.93	96.4	54.6	64.3	4.46

4. 官能量と物理量との関係

4.1 相関行列表からの考察

表8は、官能検査および各物理測定間の相関行列表を示しているが、ここから、次の関係が認められる。

1. 量的光沢と質的光沢との相関性は低く、両者が各々独立した布光沢の評価規準であることを示している。
2. 対比光沢度、拡散光沢度、Peltonによる表示法におけるたて方向、よこ方向の測定値間には、高い相関性が認められ、たて方向の測定は共通して量的光沢に対し高い相関性を示している。一方よこ方向の測定は、すでに沢路⁴⁾により指摘されているように、量的光沢度たて方向の測定値とあまり相関性がない。これは、前述の各測定法が、それぞれ各通した光学的な要素を測定していることを示す、と同時に、布のたて、よこ方向の反射特性に大きな差のあることを示している。

3. 官能検査の質的光沢に対しては、偏光による質的光沢度の測定、よこ方向の白度測定が高い相関性を示しているが、他の測定はほとんど相関性が認められない。

4.2 因子分析法による解析

官能量と物理量との関係を解析する手段として因子分析法が用いられている^{8,9)}。因子分析法の目的については、

1. 一組の変数間に得られた関係を、数学的に要約して記述する。
2. 一組の変数間に得られた関係について、いままでに発見されなかった因果関係を暗示する因子を求めること。
3. 一組の変数間に得られる関係についての仮設の証明手段として用いる。

のような見解が示されている¹⁴⁾。ここでは、2, 3の見解に基づき、光沢に係る光学的な因子を求めることを目的として実施した。

4.3 解析結果および考察

表9は、表8の相関行列表をもとに、完全セントロイド法により、第3因子まで抽出した結果を示したものである。表中 a_1, a_2, a_3 は第1因子 F_1 、第2因子 F_2 、第3因子 F_3 の因子負荷量である。

因子分析結果を前述の相関行列表にみられる結果と対比して考えると

1. 量的光沢、質的光沢については、前者が第1因子に大きな因子負荷を持ち、第2, 第3因子には、ほとんど負荷を持たない単純な因子構造を示しているのに対し、後者は、負荷量が各因子に平均に分布し、また分析されなくて残った固有項 ($1-\mu^2=0.196$) も比較的大きいことから、関係する因子の多いことを示している。これは、布光沢に対する各種の表現(表1参照)が、ほとんどその質的な感覚を表わしていることと考え合わせるとき、興味ある結果といえる。

2. 対比光沢度、拡散光沢度、Peltonの表示法のたて方向の測定および偏光による量的光沢度の測定は、量的光沢(官能検査)と同様、第1因子に大きな因子負荷を持つ単純な因子構造を示している。相関行列表の傾向と考え合わせ、これらの測定法により、布の量的な光沢感を充分表示できることが推測される。

一方、よこ方向の測定については、第2因子負荷が比較的高いという傾向がみられるが、たて方向の測定のようなはっきりした特徴は認められない。とくに第1回子負荷が小さいのは、Jeffries, 木田¹⁰⁾らによる織物の反射の議論にもみられるように、よこ方向の測定では、方

向性のある反射光と拡散光とを比較するという測定本来の意味を持たなくなるためと考えられる。しかし、たて方向の測定にはほとんど関係のない第2因子に相当量の負荷を持つという共通性を示し、質的光沢(官能量)もこの因子に比較的大きな負荷を示していることから考え、よこ方向の測定に対する物理的な意味づけの検討が必要である。

3. 相関行列表で、質的光沢に高い相関性を示した偏光による質的光沢度測定、よこ方向の白度測定についてみると、前者が、各因子につきその負荷が質的光沢とほとんど同じような傾向を示しているのに対し、後者は、第3

Table 9. Factor matrix

No.	Test		a_1	a_2	a_3	μ^2
1	Subjective test	quality	0.463	0.646	0.415	0.804
2		quantity	0.921	0.236	0.081	0.911
3	Contrast ratio	warp	0.907	0.244	-0.318	0.983
4		weft	0.743	-0.557	0.316	0.961
5	Diffuseness gloss	warp	-0.868	0.326	0.362	0.990
6		weft	-0.449	0.855	-0.085	0.940
7	Pelton's method	warp	0.907	-0.045	-0.182	0.857
8		weft	0.436	-0.743	0.070	0.789
9	Polarized light method	quality	0.569	0.624	0.339	0.829
10		quantity	0.951	-0.063	-0.167	0.937
11	Whiteness	warp	-0.680	0.524	-0.207	0.780
12		weft	0.398	0.830	-0.145	0.868
13	Jeffries' methode		0.693	0.479	-0.405	0.784

○ Subjective test
● Objective test

Fig. 5. Relation between subjective and objective tests shown by factors F_1 and F_2 .

Factor loading of F_1 and F_2 are shown in table 9 (a_1 and a_2)

○ Subjective test
● Objective test

Fig. 7. Relation between subjective and objective tests shown by factors F_1 and F_3 .

○ Subjective test
● Objective test

Fig. 6. Relations between subjective and objective tests shown by factors F_1 and F_3 .

因子負荷が相当異っている。

偏光による表示法では、従来問題視されていない、繊維内部からの反射成分、透過成分と正反射成分との比により質的光沢度を表示しようとしているが、質的光沢度と正の相関を示すことから、繊維内部からの反射成分が大きく、正反射成分が少ないほど光沢感がよいことを表

わしている。これは従来からの、光沢を支配するのは正反射光であるとする考え方と矛盾する結果である。内部からの反射成分の性質、物理的な意味は明確でなく、この点についてさらに検討する必要がある。

Fig. 5~Fig. 7 は、表 9 の因子負荷量を 2 因子間で平面座標に示したものである。図中の各点は、原点からのベクトルの先端を示してあり、その点の位置の近いものは関係が深いことを示し、ベクトルの長さは両因子により説明される成分の大きさを意味する。

2. 総 括

布光沢の視覚評価と物理的な光沢表示法との関係について考察した結果、次のことがいえる。

1. 布光沢の視覚的評価基準には少なくとも量的、質的な光沢感があり、これらはそれぞれ独立した基準であることが確かめられた。
2. 量的な光沢感に関係する物理量としては布面からの方向性のある反射光の量、そして、質的な光沢感に対しては、繊維内部からの反射、透過成分が考えられる。
3. 拡散反射曲線を基にした光沢表示法は、量的な光沢感を表示していることが確かめられた。
4. 偏光を利用した表示法により質的な光沢感をもある程度表示できると考えられる。

なお、本実験は官能検査の手続き上の問題から、試料数を増やすことが困難であること、因子分析結果の信頼性に影響する測定値間の相関係数の信頼性を上げるために

は試料数を多くしなければならない、という2つの矛盾した要求を考慮し、物理的な測定、および官能検査において試料間の差を十分識別できるような試料を選んだため、相互に関係のある測定項目間の相関係数はより強調されている傾向がある。このため官能検査との相関係数により測定法間の優劣を比較することはあまり意味を持たない。

終りに、本研究にあたり種々啓蒙戴いた繊維工業試験所小林、須田両技官および、官能検査でお骨折り戴いた生糸検査所近藤技官始め多くの方々に深謝いたします。

本研究の一部は昭和 41 年度繊維工業試験所研究発表会で発表した。

文 献

- 1) R. M. Hoffman; *Text. Res. J.*, 56, 428 (1965)
- 2) Adderley A, Oxley A. E; *J. Text. Inst.*, 16, 167 (1925)
- 3) L. Foulst; *Text. Res. J.*, 21, 469 (1951)
- 4) 沢路; 応用物理, 23, 10, 699 (1960)
- 5) Jeffries; *J. Text. Inst.*, 46, 391 (1955)
- 6) Pelton; *Trans. Opt. Soc.* 31, 148 (1950)
- 7) 稲垣, 赤川; 織工試報告, 73, 79 (1965)
- 8) 小林; 織工試報告, 63, 53 (1963)
- 9) 小林; 織工試報告, 67, 43 (1964)
- 10) 木田, 池田; 織機誌, 19, 265 (1966)
- 11) 蓮沼; “光沢”, コロナ社, 172 (1960)
- 12) 木原; 繊維加工, 14, 11, 41 (1962)
- 13) 日科技連官能検査委員会編; 工業における官能検査ハンドブック, 日科技連, 269 (1962)
- 14) 清水, 斎藤; 因子分析法, 日本文化科学社, 3, (1966)