紡績糸からなる天竺編地の風合い解析

日本エクスラン 研究開発担当部 笹 田 寿 一（会員）

The Analysis of Plain Stitch Fabrics Composed by Spun Yarns.

Juichi Sasada,

Research and Development Division of Japan Exlan Co., Ltd., Okayama Pref.

1. 緒 言

最近の衣料における編地の成長は大きく、生産性・機能性などの優位性を発揮し、種々の商品分野において確固たる地位を築きつつある。

さて、織物の風合い計測については既に種々の研究がなされ、成果を上げつつあるが、糸番手・編地目付けと編地の風合いの関連について定量的な把握をした研究はほとんどなされていないのが現状である。

本報は編地の内で最も典型的な組織である天竺編地について、「厚み」および「かたさ、こし」と糸番手・編地目付けとの間に成立する関係式を求めることによって、紡績糸からなる天竺編地の風合いに影響を及ぼしている複雑な因子を簡略化するのが目的である。

2. 結果および考察

2.1 人間が感知しうる編地風合いの中で重要な因子
編地の触感風合いについて、経験的にかつある程度主観的に大別すると、

- ① バルキー性・かさ高性に関する風合い
- ② かたさ・やわらかさ・こしに関する風合い
- ③ ぬめり・ざらつきに関する風合い

の3つで、これらが人間が感知しうる編地風合いの中で重要な因子であると考えられる。これらは松尾らの分類による「生風合い」をまとめたものに相当する。これらの風合いに対応すると考えられる基本力学特性は、

- ① 厚み
- ② 曲げかたさ・伸長かたさ・圧縮かたさ
- ③ 表面まさつにおけるスティック スリッ現象

になると考えられる。

2.2 天竺編地の厚みに関する考察

天竺編地の厚みは第1図に示すように、目付けあるいは度目が変化しても一定番手の糸による編地の場合、ほとんど一定の値を有する。この目付けよりも構成ヤーンの番手の方が厚みに及ぼす影響が圧倒的に大きい。

そこで、染色糸によって構成される天竺組織の厚みと構成ヤーン原糸番手（すなわち未染色糸番手）の関係を検討した。ここで、因子を原糸番手としたのは、染色糸番手は測定にかかり、かつ測定精度がきわめて悪いためである。

なお、厚みの測定には前田精器製圧縮弾性試験器を用いた。

編組織内における染色糸のヤーン直径は次式によって求めることができる。

$$1/C' = 100\rho'\pi (d'/2)^2 \dots\dots\dots (1)$$

C' ：編地内における染色糸の番手 (m/g)

(第1図) アクリル バルキー ヤーン天竺編地の目付けと厚みの関係

ρ' : 染色糸密度 (g/cm^3)

d' : 編地内における染色糸のヤーン直径 (cm)

$$C' = (100 - S) \cdot C / 100 \dots \dots \dots (2)$$

S : 原糸に対する編地内ヤーンの収縮率 (%)

C : 原糸番手 (m/g)

(1), (2) 式より, 染色糸のヤーン直径は原糸番手の関数として (3) 式で表わされる.

$$d' = (1 / (5 \sqrt{\pi \rho' (100 - S) / 100})) (1 / \sqrt{C}) \dots \dots (3)$$

一般に編地の厚みは第2図に示すように, 圧縮荷重 W_s にて勾配が変化する直線で示される. なお, この厚み—圧縮荷重線図の勾配は編地を構成しているヤーンの番手が変化しても一定の値を示すことを実験的に確かめた.

この勾配が変化する点は編地を構成するヤーンの編ル

(第2図) 編地の厚み—圧縮荷重曲線 (基礎繊維工学 (Ⅲ), p. 222, 1967, 日本繊維機械学会)

ープが圧縮によって接触した点であり, この点における厚みはヤーン直径の2倍 (すなわち $2d'$) に相当すると仮定する.

天竺組織編地の厚みを便宜的に圧縮荷重 7 g/cm^2 における厚みで代表させると,

$W_s > 7$ の場合は

$$t = 20d' + K_1 \log(W_s / 7) \dots \dots \dots (4)$$

t : 圧縮荷重 7 g/cm^2 における厚み (mm)

K_1 : $\tan \alpha$ (ただし, $\tan \alpha > 0$)

(3) 式を (4) 式に代入すると

$$t = (40 / \sqrt{\pi \rho' (100 - S)}) (1 / \sqrt{C}) + K_1 \log(W_s / 7) \dots \dots \dots (5)$$

となる.

また, $W_s < 7$ の場合は次式となる.

$$t = (40 / \sqrt{\pi \rho' (100 - S)}) (1 / \sqrt{C}) - K_2 \log(7 / W_s) \dots \dots \dots (6)$$

K_2 : $\tan \beta$ (ただし, $\tan \beta > 0$)

さて, 実験的に求めた アクリル 100 % バルキー ヤーン染色糸使い天竺編地の圧縮荷重 7 g/cm^2 における厚み (t) と原糸番手の平方根の逆数 ($1 / \sqrt{C}$) の関係は第3図に示すようにきわめて相関性の高い直線関係にあることが確かめられた. なお, 番手が異なるヤーンの編立ては, それぞれの最適の編機ゲージにて行なった. そこで, この直線の勾配を P , 切片を Q とすると,

(第3図) $1 / \sqrt{C}$ と t の関係

$$t = P / \sqrt{C} + Q \dots \dots \dots (7)$$

となる. (7) 式と (5), (6) 式を比較すると,

$$P = 40 / \sqrt{\pi \rho' (100 - S)} \dots \dots \dots (8)$$

$$\rho' = 1600 / [\pi P^2 (100 - S)] \dots \dots \dots (8')$$

が得られ, 原糸に対する編地内ヤーンの収縮率 (S) を与えれば, 編地内ヤーンの密度 (ρ') が求められることがわかる.

また, 切片が正の場合 ($Q > 0$) は

$$Q = K_1 \log(W_s / 7) \dots \dots \dots (9)$$

となり, 切片が負の場合 ($Q < 0$) は次式となる.

$$Q = -K_2 \log(7 / W_s) \dots \dots \dots (10)$$

2.3 「かたさ, こし」に対するメリヤスと織物の比較

メリヤスと織物では組織の構成がまったく異なるため, 基本的な力学変形である曲げ特性, 伸長特性, 圧縮特性の「かたさ, こし」に対する寄与度が第4図のごとく異なってくると推定される (次ページ).

一般に, 圧縮特性は測定の実験能力が低い. また, メリヤス特に天竺編地の曲げ特性は表裏の差が大きいため評価しにくく, 測定および解析に要する時間が大きい. これに対し, メリヤスの伸長特性は測定が迅速かつ測定精度が良好である. 織物の場合の伸長特性はヤーンの曲げ変形を含む割合が低いため, 織物の曲げ挙動の測定がぜひ必要であるが, メリヤスの伸長特性は第5図に示

(第4図) メリヤスと織物の比較

(第5図) 編地のモデルの荷重伸長曲線 (基礎繊維工学(Ⅲ), P. 190, 1967 日本繊維機械学会)

すぐと糸の曲げ・ねじり・糸間のすべりがほとんど同時に生じ、ヤーンの基本変形のほとんど全部を網羅している。

これらのことより、メリヤスの「かたさ・こし」は伸長変形のみではほとんど表現しうると考えられる。

2.4 最適なメリヤス伸長特性評価法

サンプル形状が長方形ならば、伸長時に「くびれ」を生じるため好ましくない。円形の方が着用時の変形に近い挙動を示す。

また、第1表に示すように、各種アクリル素材のインターロック編地において、伸長方向がウェール方向およびコース方向よりも45°バイヤス方向の方が「かたさ、こし」の官能風合い値(男5人女5人計10人による一対比較法)との一致性が良好で、相関係数の絶対値が高い。さらに、45°バイヤス方向で測定する方がウェールおよびコースの2方向測定するよりも測定回数が少なく

てすむ利点がある。天竺編地における官能「かたさ、こし」

(第1表) 編地の伸長方向と官能との一致性
(素材:すべてアクリル ファイバー
サンプル形状:円形 編組織:インターロック)

No.	10%伸長応力(g)			官能値* 「かたさ、こし」
	ウェール方向	コース方向	45°バイヤス方向	
A	261	31	50	5.0
B	530	33	52	4.5
C	463	45	40	3.3
D	480	8	17	0.5
E	605	24	36	4.0
F	353	43	62	6.6
G	628	15	27	1.6
H	745	9	14	0.1
官能値との相関係数	0.634	0.843	0.979	

* 値が大きいほどかたくて、こしがある

し」と物性値「45°バイヤス10%伸長応力」の相関性も第6図に示すように高い。

これらのことより、メリヤス風合いの中で最も重要な「かたさ、こし」の評価法として、円形サンプル(12cmφ)の45°バイヤス方向に10%伸長したとき(試長7cm, 引張速度20mm/min)の応力、すなわち45°バイヤス10%伸長応力(以下これを $\sigma_{1.0}$ と略す)が官能

(第6図) 天竺編地における物性と官能の一致性
風合いとの一致性, 測定の迅速性, 測定精度の点で最も優れている。ただし, 測定は東洋測器製テンシロンDV

-Ⅲ型を用い、試料のつかみ幅は 2.5 cm である。

2.5 メリヤス風合い「かたさ、こし」に及ぼす諸因子の影響

第 7 図はメリヤスの風合いに影響を及ぼす諸因子を示した

(第 7 図) メリヤス風合いに影響を及ぼす諸因子

ものだが、「ファイバーそのものの風合い」および『紡績条件における紡機』はヤーンのファイバー構成が決まれば一義的に決まる。また、「染色法」「仕上げ油剤」「仕上セット」は商業的にはある程度一定している。『捻数』による風合い変化は目付けに比べるときわめて小さく、実際は商業で用いられている捻係数は紡績機の種類に合せて大体一定しているので無視してもほとんど問題ないと考えられる。「編組織」は天竺組織をモデルとして検討した。

そこで、本報では、ファイバー構成を一つの因子としてとらえ、ファイバー構成が変化するとき、最終製品であるメリヤスの風合い「かたさ、こし」がどのように変化するかを原糸番手および編地目付けを変動因子として、他の因子を係数としてまとめ込むことを試みた。

2.6 メリヤス風合い「かたさ、こし」の理論と実際 Doyle らによると

$$l = k_1 / \sqrt{N} \dots \dots \dots (11)$$

l : ループ長 (cm) N : 度目 (個/in²)

k_1 : 定数

であり、編地の目付けは次式になる。

$$W = k_2 \cdot l \cdot d^2 \cdot N \dots \dots \dots (12)$$

W : 目付け (g/m²)

(3), (12) 式より

$$W = k_3 \sqrt{N} / C \dots \dots \dots (13)$$

k_3 : ファイバー構成によって決まる

$$\text{定数} (= 4 k_1 k_2 / \sqrt{\pi \rho' (100 - S)})$$

となり、度目・目付け・番手は互いに従属的な関係にあるため、このうちの 2 つの因子のみ用いれば、編地の性を規定しうることがわかる。商業的に指標とされるのは度目よりも原糸番手、目付けであり、また、これらは測定も迅速で正確に行ないうる。

第 8 図はアクリル パルキー ヤーン染色糸の天竺編地について σ_{10} と目付けの関係を図示したもので、番手が変わっても勾配が一定の直線を示している。この直線の σ_{10} を零に外挿したときの目付けの値を W_0 (g) と

(第 8 図) アクリル パルキー ヤーン天竺編地の W と a_{10} の関係 (手: 手横編機使用, 丸: 丸編機使用)

(第 9 図) アクリル パルキー ヤーン天竺編地の $1/\sqrt{C}$ と W_0 の関係

すれば、

$$\sigma_{10} = \alpha(W - W_0) \dots \dots \dots (14)$$

となり、さらに、第9図(前ページ)に示すごとく、番手の平方根の逆数と W_0 は直線関係をなすことが実験的に求められた。すなわち、

$$W_0 = \beta / \sqrt{C} - \gamma \dots \dots \dots (15)$$

β : 直線の勾配

γ : (直線の切片) $\times (-1)$

(14), (15) 式より次式が求められる。

$$\sigma_{10} = \alpha(W - \beta / \sqrt{C} + \gamma) \dots \dots \dots (16)$$

この直線性の現象は組織が天竺組織であれば、まったく普遍的に成立することを他のファイバー構成の編地で確かめられた。

第8図と第9図において、手横編機と丸編機では α , β は同じだが γ が異なることより、 γ は編地構造に帰属される係数であることが推定される。

β は(5), (6) 式との関連を考えると、ヤーン染色収縮およびヤーン密度に帰属されることが予想され、 α はヤーン構成ファイバーと関連が深いものと推察される。

さらに、編地の最適目目を考慮して考察する。最適目目は編地のカバーファクターが最適な値を有する場合の目目と仮定し、そのときのカバーファクターを F_b とする。

Munden⁴⁾ によると次式が成立する。

$$F = k_4 d / l = k_5 \sqrt{N} / \sqrt{C} \dots \dots \dots (17)$$

F : カバーファクター

k_4, k_5 : 定数(ただし k_5 は糸の収縮も含む)

$F = F_b$ として(17) 式を(13) 式に代入すると、次式が成立する。

$$W = (k_3 / k_5) \cdot (F_b / \sqrt{C}) \dots \dots \dots (18)$$

(16), (18) 式より次式が成立する。

$$\sigma_{10} = A / \sqrt{C} + B \dots \dots \dots (19)$$

ただし、

$$A = (\alpha k_3 / k_5) \cdot F_b - \alpha \beta \dots \dots \dots (20)$$

$$B = \alpha \gamma$$

あるいは次式が成立する。

$$\sigma_{10} = A' W + B \dots \dots \dots (22)$$

ただし、

$$A' = \alpha - (\alpha \beta k_5 / k_3) \cdot (1 / F_b) \dots \dots \dots (23)$$

すなわち、同一ファイバーからなりヤーン番手のみを变化させた紡績糸を用いてそれぞれの最適目目になるように作成した天竺編地において、つぎのことが推察しう

る。

(i) 「かたさ、こし」は原糸番手の平方根の逆数(すなわち、ヤーン直径)と直線関係にある。

(ii) 「かたさ、こし」は目付けと直線関係にある。

3. 結 言

以上、紡績糸からなる天竺編地について以下の結論を得た。

(1) 編地の風合いは「厚み」「かたさ、こし」「ぬめり、ざらつき」の3つに大別され、このうち最も重要な「かたさ、こし」の評価法としては、円形サンプルを45°バイヤス方向に10%伸長したときの応力を測定する方法が、測定の迅速性、測定精度の点で優れている。

(2) 天竺編地の「厚み」について $t = P / \sqrt{C} + Q$ なる関係式が実験的に数多くの試料について成立つことが見出された。ここで、 t は厚み(mm), C は原糸番手(m/g), P, Q は構成するファイバーによって定まる係数であり、ファイバーの化学組成、熱履歴、デニール、クリンプ、繊維長が異なれば、 P, Q は変化する。

(3) 天竺編地の「かたさ、こし」について $\sigma_{10} = \alpha(W - \beta / \sqrt{C} + \gamma)$ なる関係式が実験的に数多くの試料について成立つことが見出された。ただし、 σ_{10} は45°バイヤス方向10%伸長応力(g), W は編地目付け(g/m²), α, β, γ は構成するファイバーによって定まる係数である。この式の特徴は天竺編地風合いに影響を及ぼす複雑な因子を3つの係数 α, β, γ にまとめ込んでいることと、この式の構成因子である原糸番手、編地目付けは測定が容易で、かつ測定精度が高いことである。

(4) 前項(3)で述べた式から同一ファイバーからなりヤーン番手のみを变化させた紡績糸を用いてそれぞれの最適目目になるように作成した天竺編地においては「かたさ、こし」はヤーン直径と直線関係を有し、また、目付けとも直線関係を有する。

(5) (2) および(3)項における係数 $P, Q, \alpha, \beta, \gamma$ によって、紡績糸からなる天竺編地の原手番手および編地目付けが変化しても、編地と構成するファイバーの特徴を編地風合いとして把握することができ、さらに、任意の原糸番手および編地目付けに対する天竺編地の風合いの推定が可能となる。なお、今後は「ぬめり、ざらつき」も考慮した手法を確立すべく検討する積りである。

おわりに、本報の発表を許可して下さいました日本エクスラン工業株式会社野口社長と本研究について助言し

て頂いた松本課長，奥田主任研究員に深謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 風合い布の基礎と実際 1972, 日本繊維機械学会

- 2) 原田, 齊藤, 松尾; 織機誌 24, T126 (1971)
3) Doyle; J. Text. Inst., 44, P561 (1953)
4) Munden; J. Text. Inst., 53, P628 (1962)

(昭和48年7月20日受理)

第2回 繊維工学研究討論会における質問および回答

質 問 (質問者 柳川良樹)

- (1) 天竺編布の用途は非常に広く，種々雑多である。極端な例だが，ストッキング，靴下類も天竺編が主である。本研究で天竺編といっているものは，ある特殊な糸（アクリル パルキー糸）を用い，ごく狭い用途を目的に編成された布についてのみ調べたもののようで，一般性はないのではないかと。この場合は，本研究の適用範囲（編地の用途，糸使いなど）を示し，その範囲内のみで，本研究は成立つことをまず述べるべきではないかと。
- (2) 圧縮荷重と厚みとの関係はもっとつっこんで説明すべきではないかと。圧縮荷重 7 g/cm^2 もつ圧力を布にかけると，糸のパルキー効果はほとんど押しつぶされてしまい，布の風合いを左右する値としての厚みは得られないのではないかと。

回 答

- (1) 本研究のテストしたファイバーはアクリルファイバーにのみ限定されるが，原理的に考えた場合，他種のファイバーを用いても，本研究の考え方は充分適用できると考える。なお，「厚み」「かたさ，こし」に加えて「ぬめり，ざらつき」もパラメーターに入れる必要があり，この点ではまだ不充分であり，今後さらに検討をしていきたい。

編地の用途によって，最適目とカバーファクターの関係が異なってくることはご指摘のとおりである。本研究の適用範囲は考え方を重点に示したため広義な表現となったことは否めない。そこで，「ニットファブリックの風合い解析」から「紡績糸からなる天竺編地の風合い解析」へとテーマ名を変更した。

- (2) 圧縮荷重 7 g/cm^2 でも，糸のパルキー効果を充分精度よく表現しうるのは本文中では述べていないが，すでに確認している。

質 問 (質問者 山口新司)

- (1) 編地厚さを糸直径の2倍とする根拠は何か。ループ曲がりによる厚みの増加を無視したものではないか。

- (2) 糸密度 ρ' が実測しなければ $P=40/\sqrt{\quad}$ の式に使えない。 ρ' をいかにして実測し，またこの理論式がどのようにして番手と目付けの要因から厚みの予測式となるか不明である。
- (3) dr や巻縮特性，撚りなど変化させても適用できるのか。限られた素材で，限られた組織だけで議論する場合，その範囲を明示して表題を示せないか。

回 答

- (1) 紡績糸のヤーン直径は毛羽の影響やパルキー効果の影響で完全に把握することはむずかしい。一方，Shin (Test. Res. J., 25, 270 (1955)) や，小口 (繊維工学, 21 (5) P323 (1968)) によると天竺編地の厚みはヤーン直径の2倍に相当することを実験により確かめている。これらのことより，筆者は逆に，厚み—圧縮荷重線図の変曲点で厚みがヤーン直径を規定し把握することを試みた。
- (2) $P=40/\sqrt{\pi\rho'(100-S)}$ という理論式は実験から得られた P の意味を理解するために示したものであり， P , Q というパラメーターは原糸番手および目付けを変化させた編地の厚みを実測することによって求めなければならない，理論的に求めることはできない。

任意の原糸番手，編地目付けに対する編地の風合いの推定をするためには，あらかじめ数点のサンプルでパラメーターを求めておく必要がある。

ρ' は本文中に示すように，逆に P および S より求めることができる。

- (3) デニールや巻縮特性というファイバーの因子が変化しても適用しうるのは実験で確認した。また撚りについては無視したか，極端に撚数が変化すると，撚数も編地目付け，原糸番手と同様に因子として考慮する必要がでてくる。

ニットファブリックの風合解析という表題の表現の仕方は，ご指摘のとおり，範囲が広すぎた。天竺組織という限定は必要と考える。したがって表題は天竺編地という表現に限定した。