(第1表) Munden による定数 k の実測値

原糸種類	Dry Relax	Wet Relax
ウー	19.0 ± 0.3	21.6 ± 0.1
綿糸	19.0 ± 0.8	22.6 ± 0.5
オーロ	18.5 ± 1.0	18.5 ± 1.0
ナイロン	18.5 ± 1.0	18.5 ± 1.0

よこ編地の幾何学的形状 因子と伸長特性*

会 員 川 崎 健 太 郎**

技 術 解 説

1. 結 言

よこ編地の幾何学的形状に関する研究は、編地の密度と編目ループ長の関係を中心としていくつかの報告が行なわれている。一方その伸長挙動については^{2, 3}の実験的な報告があるのみで、両者の関係を追究した研究はほとんどなく、わずかに最近発表された Fletcher らの¹⁾報告が目立つにすぎない。

この報告の目的は、よこ編地の幾何学的な形状因子と伸長特性の基本的な関係を考察し、合わせて紡績糸とストレッチヤーンの編地の性質を比較検討するにある。

2. 編地の幾何学的形状

安定な状態に置かれたスパンヤーンのよこ平編地の編目密度と編目ループ長の関係について、Doyle, Munden³⁾は広範囲に原糸の種類、番手、編目ループ長を変えて実測した結果、次式を見出している。

$$N = C \times W = (k_1/l)(k_2/l) = K/l^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

N ；編目密度 C ；コース密度 W ；ウェール密度 l ；編目ループ長

ここで、 k_1, k_2, K は実験的に得られた定数で、Munden の実測³⁾によれば、第1表のような値である。なお、この K はループ形状すなわち、素材の力学的性質によって若干異なる値をとるが、(1)式の関係は、編目ループの形状がその大小を問わず相似形であること、

編地中の隣接ループ相互のからみ合いは最小のエネルギー状態にあることを仮定すれば理論的に導かれる。

一方ストレッチヤーンのよこ平編地についても、編目密度(N)とループ長(l)の関係が追究され、(2)式が導かれて^{4,5)}いる。

$$N = N_c + k/l^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで N_c, k はそれぞれ実験定数である。

第1図は一般編地とストレッチヤーン編地における(1)、(2)式の関係を描いたものである。た

(第1図) 編地の密度とループ長の関係

だし、ストレッチヤーンは編地中では編成時の緊張から解放されて半ば収縮した状態にあるため、編地中でのループ長(収縮ループ長 l_r と呼ぶ)は実測できない。したがって(2)式の l は編地から解除した糸を定張力で伸長して実測したループ長を意味している。第2図はストレッチヤーンの平編地に関する実測結果の一例を示す。⁶⁾

Nutting, Leaf は各種素材の平編地、ダブルピケ、両面、 1×1 ゴム編地について、(1)式の一一般化を試み⁷⁾ている。すなわち、コース幅 $1/c$ について、糸の太さ(デニールの平方根に比例すると考える)の補正項を(2)式に加えて

$$1/c = A \cdot l + D\sqrt{\text{den}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

A, D は実験定数

den は糸のデニール

* Stretch Properties and Their Relation with the Geometrical Factors in Weft Knitted Fabrics.

** K. Kawasaki, Member. 蝶理(株)繊維開発室長

(第2図) ストレッチヤーンの平編地における編目密度とループ長の関係

(第2表) 各種編地における Nutting らの式の実験定数

編地組織	繊維種類	A	D
平編	羊毛	0.199 ± 0.001	0
	綿	0.181 ± 0.003	0
	ナイロン (スチーブル)	0.197 ± 0.004	0
	アクリル	0.199 ± 0.002	0
ダブルピッケ	羊毛	0.261 ± 0.023	-0.00401 ± 0.00142
両面編	綿	0.215 ± 0.004	-0.00241 ± 0.00056
1×1ゴム編	羊毛	0.192 ± 0.006	$+0.00066 \pm 0.00038$

上式を提案し、定数 A 、 D を実験的に検討した。その事例は第2表のごとくである。

定数 D は平編地では0で、ほかの編地でも組織によって多少異なる値をとるが、いずれも小さく、近似的には、素材、組織の如何を問わず、(1)式が成り立つことを確かめた。

第3図、第4図は後述第4表所載の試料の一部の紡績糸、およびストレッチヤーンによる両面ジャージについて筆者が実測した編地密度 N と、ループ長 l に関する $1/l^2$ の関係を示すグラフである。明らかに(1)、(2)式の妥当性が認められよう。

さらに、(2)式の成立するストレッチヤーン編地について、Cotton⁵⁾ら、Egglestone⁸⁾らは、ストレッチヤーンの編地中での見かけループ長(収縮ループ長) l_r と、編地密度 N の間に(1)式と同様の関係、すなわち

$$N = K'/l_r^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

が成立することを仮定して論議を進めている。(4)式

(第3図) スパンヤーンの両面編地における編地密度(N)とループ長(l)の関係(数字は試料番号)

(第4図) ストレッチヤーンの両面編地における編地密度(N)とループ長(l)の関係(数字は試料番号)

を実験的に確かめることは不可能であるが、筆者らはつぎのようにして上記の仮定がほぼ妥当であることを確かめた。すなわち、編地から糸を静かに解きほぐし、糸を緊張しないように注意しながら、ガラス板上に静置し、軽く押えてループ波形を平面化し、その波形に沿ってのキルピメータ線長を(地図上の曲線コースの長さなどを測定するのに使用する)で測定した。

第 3 表はこの方法で得た l_r を他の 諸数値とともにまとめたものである。

(第 3 表) ストレッチ ジャージにおける見かけのループ長 l_r , カバー ファクタ d_r/l_r

試料番号	素材原糸 (仮撚ナイロン)	N (in^{-2})	l (cm)	l_r (cm)	l_r/l	d_r/l_r
102	70 d(24 f)/2	1 209	0.45	0.23	0.50	0.082
103	"	1 598	0.35	0.21	0.60	0.077
104	"	1 925	0.31	0.19	0.60	0.091
105	"	1 462	0.37	0.20	0.54	0.089
107	"	1 887	0.31	0.19	0.63	0.077
108	"	2 242	0.28	0.19	0.67	0.085
109	"	1 575	0.36	0.20	0.57	0.085
110	"	2 035	0.30	0.18	0.62	0.091
151	70 d(34 f)/2	759	0.49	0.31	0.63	0.052
154	"	963	0.42	0.32	0.74	0.047
162	110 d(24 f)/2	691	0.51	0.30	0.60	0.069
163	"	718	0.48	0.35	0.73	0.054
164	"	821	0.46	0.34	0.74	0.056
165	"	886	0.41	0.31	0.75	0.061

地中に占める糸の被覆面積(Cover Factor)を考えよう⁹⁾。

すなわち、カバー ファクタは第 6 図において 1 ループが占める全面積 (S) 中で糸自身か占める面積 (s) の比率 (F) として定義される。

(第 6 図) 編地のカバー ファクタについて

$$F = s/S \dots\dots\dots (5)$$

しかるに (1) 式により

$$N = 1/S = k/l^2$$

また $s = l \times d$ d : 糸の見かけ外径

$$F = s/S = k \cdot d/l \dots\dots\dots (6)$$

ストレッチ ヤーン編地については収縮ループ長 l_r について (6) 式が成り立ち、かつ編地中での糸の収縮とともに見かけの太さが増すから、糸径 d の代わりに d_r を用い

$$F_r = k' \cdot d_r/l_r \dots\dots\dots (7)$$

ここで簡単のために、編地中でストレッチ ヤーンの収縮は等容積変化であると仮定すれば

$$(d_r/d)^2 = l/l_r \dots\dots\dots (8)$$

(7), (8) 式から、ストレッチ ヤーンについては

$$F_r = d_r/l_r = k \cdot d/l_r \sqrt{l/l_r} \dots\dots\dots (9)$$

前掲第 3 表の最右欄の数字はストレッチ ジャージについて、上式によって計算したカバー ファクタの一例を示したものである。本表において、編地密度が増加するほど、糸は編地中で伸長された状態にあるため l_r/l は増大するが、糸の見かけ太さは小さくなるから、 d_r/l_r は必ずしも大きくはならないことがわかる。

3. 編地の幾何的形狀因子と伸長特性の關係

Fletcher らは最近綿のよこ編地について、その最大伸度、および伸長回復後の残留伸びは、編地のカバー ファクタ d/l と反比例的な關係にあることを見出して¹⁾る。筆者らは数種のナイロン ストレッチ ヤーン、およ

(第 5 図) ストレッチ ヤーンの両面編地における編地密度 (N) と編目中での糸の収縮ループ長 (l_r) の關係

第 5 図は前表より $1/l_r^2$ を横軸に、 N を縦軸にプロットしたもので、明らかに (4) 式の關係が成り立っていることが推定される。

ここで編地の粗密(編地の見かけ風合い的な要素の 1 つと考えられる)を表わす指数として、織物と同様、編

(第4表) ジャージ ファブリック試料の明細
ストレッチ ジャージ
(70 d(24f)/2 仮燃ナイロン糸, インター ロック)

試料 番号	編機 (G)	ループ長 (cm)	密 度 (in ⁻¹)		C×W (in ⁻²)	C/W
			ウェー ル数 (W)	コース 数 (C)		
102	13	0.45	31	39	1 209	0.78
103	16	0.35	34	47	1 598	0.72
104	16	0.31	35	55	1 925	0.63
105	20	0.37	34	43	1 462	0.78
107	20	0.31	37	51	1 887	0.73
108	20	0.28	38	59	2 242	0.65
109	24	0.36	35	45	1 575	0.78
110	24	0.30	37	55	2 035	0.69

スパン ジャージ

(48 s アクリル 紡績糸, インター ロック)

111	13	0.44	27	29	783	0.92
112	13	0.43	24	29	696	0.81
113	16	0.31	33	45	1 485	0.73
114	16	0.29	32	47	1 504	0.68
117	20	0.32	34	37	1 258	0.91
118	20	0.30	36	43	1 548	0.85
120	24	0.29	37	42	1 554	0.89

スパン ジャージ

(アクリル紡績糸, インター ロック)

試料 番号	素材原糸	編機 (G)	ループ 長 (cm)	密 度		C×W (in ⁻²)	C/W
				ウェー ル数 (W)	コース 数 (C)		
132	1/52 s	14	0.55	28	21	587	1.34
133	"	"	0.52	29	24	696	1.21
135	"	"	0.44	32	27	876	1.18
142	1/36 s	"	0.45	25	24	600	1.05
143	"	"	0.45	27	25	688	1.08
144	"	"	0.42	27	29	794	0.93
145	"	"	0.39	28	30	828	0.93

ストレッチ ジャージ

(仮燃ナイロン糸, インター ロック)

151	70 d (34f)/2	14	0.49	27	28	759	0.96
154	"	"	0.42	29	33	963	0.87
162	110 d (24f)/2	"	0.51	25	27	691	0.93
163	"	"	0.48	26	28	718	0.95
164	"	"	0.46	26	32	821	0.82
165	"	"	0.41	27	33	886	0.80

びアクリル スパン ヤーンを広範囲にループ長, 編地密度を変えて編成した両面編地について, 編地の幾何学的な形状因子(ループ長, カバー ファクタ, 密度など)と伸長特性の関係を検討した。以下に要約して紹介する。

第4表は本測定に用いた試料の一覧表である。

3.1 編地のストレッチについて

第7図, 第8図はそれぞれ第4表のスパン ジャージ, ストレッチ ジャージの応力~伸度曲線を, ストリップ法により, インストロン型引張り試験機を用いて測定した結果を示す。これらのグラフでその応力軸は編地密度の影響を少なくする意味で, 伸長時の荷重を試料幅(この場合 5 cm)にある総デニール(コース数×2×使用糸の呼称デニール)で割り, g/d で表わしている。なお伸長実験はコース方向への伸長についてのみ行なった。

(第7図) スパン ジャージの応力~伸度曲線

(第8図) ストレッチ ジャージの応力~伸度曲線

まずこれらの編地のストレッチと幾何学的な形状因子の関連性を検討するため, 編地の最大伸度として伸長定荷重(100 mg/d)下の伸度(以後この伸度を最大ストレッチと呼称する)を測り, 編地密度(in 当りのコース

数×ウエール数), ループ長 (ストレッチ ジャージの場合は, 引き伸ばされた状態でのループ長), 編目の形状ファクタと考えられる C/W などと最大ストレッチの相関性を調べた。

第9～12図はこれらの関係を示すもので, これらのグラフから編地のストレッチは, 上記の形状因子とそれほど明らかな相関はないことがわかった。

つぎに(6)式および(7)式によるカバーファクタ d/l とストレッチの関係を検討したのが第13～14図である。

(第9図) スパン ジャージの最大ストレッチと $C \cdot W$ の関係

(第10図) ストレッチ ジャージの最大ストレッチと $C \times W$ の関係

(第11図) スパン ジャージの最大ストレッチと C/W の関係

(第12図) ストレッチ ジャージの最大ストレッチと C/W の関係

(第13図) スパン ジャージの最大ストレッチと d/l の関係

(第14図) ストレッチ ジャージの最大ストレッチと d'/l' の関係

第15～16図は Fletcher らの測定による綿の平、および両面編地に関する最大ストレッチ、残留伸びと、カバーファクタの関係を示すグラフである。これから、彼らのように、編地のストレッチは、編地の密度、糸の太さおよび編目ループ長それ自身、あるいは編目の

(第15図) 平編地における(40 lb 荷重下の)伸度および除重(30 sec)後の永久伸びとカバーファクタの関係

(第16図) 両面編地における伸度および除重後の永久伸びとカバーファクタの関係

コース/ウエール比によって変わるのではなく、カバーファクタ d/l によって支配され、さらにこのことはストレッチヤーンの編地についても同様であるといえそうである。

3.2 応力～伸度曲線の重ね合わせについて

前節に引き続いて、同一素材の各編地において、定荷重下の伸度のみならず、編地の全伸長領域下の応力～伸度曲線がカバーファクタに関連することが見出された。

すなわち、第17図のようにある曲線を基準として、上下、左右に平行移動すると、各曲線はほとんど伸長の全範囲にわたって重ねることができた。

(第17図) スパン ジャージの応力～伸度曲線の重ね合わせ

いま、この重ね合わせで基準とした曲線、重ね合わせるために平行移動する曲線との伸度差を移動伸度とすれば、各々の曲線の各荷重での伸度に移動伸度を加えれば基準曲線となる。しかもある荷重(ここでは 100 mg/d)

下のストレッチが d/l と反比例的な関係にあるから、移動伸度と d/l の相関関係がわかれば、応力～伸度曲線とカバーファクタの関係がすべて明らかとなる。

第18～19図は数種の太さのストレッチ、スパンヤーン、ジャージにおける移動伸度とカバーファクタとの関係を示すグラフである。

(第18図) スパン ジャージの移動伸度と d/l の関係

(第19図) ストレッチ ヤーンの移動伸度と d'/l' の関係

明らかにカバーファクタと移動伸度の間にはかなりよい直線性が認められる。

さて、両者の関係をモデル化して表わした第20図において、縦軸の移動伸度を δ 、横軸のカバーファクタを d/l とすると

$$\delta = \beta \{ (d/l) - (d/l)_0 \} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。ただし、この式で $(d/l)_0$ はこの直線が横軸と交わる点の座標を示し、移動伸度 $\delta = 0$ のときの d/l の値、すなわち、基準曲線の位置によって定められる定数である。したがって移動伸度 δ は素材、組織によって支

(第20図) 移動伸度 δ とカバーファクタ d/l の関係のモデル図

配される定数 β と、カバーファクタ d/l の積で表わされることがわかった。(以下この積を移動係数と呼ぶ)

そこで、第18, 19図の傾斜から得られた定数 β を用い、第7～9図の各応力～伸度曲線の伸度軸を移動係数 $\beta(d/l)$ だけ平行移動して描いたのが第21～22図である。

(第21図) スパン ジャージの応力～伸度曲線の重ね合わせ

(第22図) ストレッチ ジャージの応力～伸度曲線の重ね合わせ

さらに応力軸方向への重ね合わせのための平行移動量は、伸度軸方向への移動量に比べて小さいか、同様の手法によって定数 β' を求め平行移動すれば、前図よりさらに各曲線の差はせはまり、かなり1本の曲線に近くなる。

ここで各曲線は完全に重なり合うとはいえないが、第21～22図における各曲線の位置関係は、元の応力～伸度曲線のそれと一致せず入り乱れていることから、以上の測定結果にこれ以上の重ね合わせ効果は期待できないと考えられる。しかし一方、元の各応力～伸度曲線の位置関係と比較すれば、曲線の1本化を d/l との関係において実現し得たといえそうである。

4. む す び

ストレノチ ヤーンおよびスパン ヤーンの両面ジャージを試料として、それらの幾何学的な形状因子と、応力～伸度挙動の関係を考察し、つきの結果を得た。

1) 編地密度と編目ループ長について、他の研究者によって見出された関係、すなわち、編地密度は編目ループ長の2乗に反比例するという関係は、非伸縮性糸のみならず、ストレノチ ヤーンの編地についても成り立つことから推定できた。

2) ストレノチ ヤーンの編地のカバー ファクタについて検討し、スパン ヤーンの場合と同様、見かけの太さ d_r と、編地中での収縮ループ長 l_r の比によって表わすことを提案した。

3) 編地のストレノチとカバー ファクタの間に Fletcher らから見出したような相関関係が見出され、ストレノチ ヤーンの編地においても 2) 項で定義したカバー

ファクタについて同様な関係があることを見出された。

4) 同一素材、同一組織から成る編地の応力～伸度曲線は、その密度の大小の如何にかかわらず、カバー ファクタの関数である移動係数を用いて重ね合わせることができる。すなわち編地の変形機構はその密度の大小にかかわらず一定であり、またその代表曲線によって、編地密度の影響を除いて変形機構を考察し得る可能性が見出された。

なお、応力～伸度曲線の重ね合わせについて、はらつきか認められたのは、恐らく伸長過程中的の非可逆的な編目ループ間のすれによるものと推定され、湿潤雰囲気下で測定するか、あるいは数回の予備伸長～回復後に応力～伸度測定を行なえば、より重ね合わせ効果が期待されるよう。

また、この移動係数中の実験定数項(β)と素材、組織の関係など、今後検討されるべき事項は多いかとあえす、これまでの成果を報告するに止める。

文 献

- 1) H M. Fletcher *et al*; Text Res J, **35**, 497 (1965)
- 2) P J. Doyle; J Text Inst., **44**, P561 (1953)
- 3) D L Munden; J Text Inst., **50**, T443 (1959)
- 4) D. L Munden *et al*; J Text Inst, **52**, P 488 (1961)
- 5) L. Cotton *et al*; J. Text Inst., **52**, P 547 (1961)
- 6) S. Fitton *et al*; J. Text Inst, **52**, P 471 (1961) 所載のデータよりプロット
- 7) T S Nutting *et al*; J. Text Inst, **55**, T 45 (1964)
- 8) B C. Egglesstone *et al*; J Text Inst, **55**, T 31 (1964)
- 9) D L Munden; J Text Inst, **53**, P628 (1962)
- 10) 川崎, 小野; 織機論文集, **19**, T112(1966)

書 籍 案 内

B 5 版 230 頁
極上クロス
特製ケース入

メリヤス編地の理論と実際

定価 1,400円
(送料 100 円)

旭化成工業(株)繊維研究室長 伴 正 尊 著

一般に、専門技術書には編著が多いが、本書は純然たる著書である。私はまず第一に、これをものにされた著者の努力と、これを発表せられる勇気に対して深く尊敬の念をいだくものである。

その記述は微にいり細にわたり、思索は深く、メリヤスの実体を知らうとする意欲が全編にみなぎっている。このように、ひたむきな態度をもって、たて編とよこ編の広範囲について科学された著書は未だかつてない。さらに、全文を通じて創意に満ち溢れている。したがって心ある読者は深く感銘をうけ実益を得るのに違いない。……(京都工芸繊維大学工芸学部教授 工博 菊 池 武 勝氏の序文より)