綿平編地の寸法特性に 影響を及ぼすいくつか の要因

会 員 追 沼 龍 三*

1. 緒 言

よこ編地の寸法変化は生産管理や品質管理の面から非常に重要な問題であり、古くから多くの研究者達によって、編地の寸法特性や幾何学的構造に関する研究が行われてきた。

Doyle¹⁾は十分に乾燥緩和された平編地の編目密度がループ長にのみ依存することを見出した。その後、Munden²⁾は十分に緩和された平編地では、ループが一定の形状に近付く、すなわち、ループ長が異なってもループ形状は相似形に近似し得るとして、この関係（以下、Doyle・Mundenの法則と記す）を理論的に導くとともに、綿平編地では十分に緩和された状態が湿潤緩和処理によって得られることを示している。さらに、Nutting³⁾は編地タイトネスの影響について検討し、湿潤緩和処理した平編地の編地寸法に及ぼす影響が非常に小さいことを示しており、Knapton⁴⁾は綿平編地の寸法的安定が機械的緩和処理（洗濯とタンブル乾燥の繰返し）あるいは化学的処理（無緊張状態でのマーセル化）によって得られることを示すとともに、編地タイトネスやいくつかの糸要因の影響についても検討し、綿及び梳毛平編地^{4,5)}ではこれら要因の編地寸法への影響は小さく、近似的にはDoyle・Mundenの法則が成立つことを示している。

しかしながら、これらの研究は市販品の編地タイトネス ($K = 11 \sim 15$)⁶⁾の範囲内か、あるいは密な編地を含んだ編地タイトネス ($K = 10 \sim 19$)^{3,4)}で行われており、寸法変化の大きい粗な編地については

Factors Affecting the Dimensional Property of Cotton Plain-Weft Knitted Fabrics.

By Ryuza Oinuma,

Miyagi University of Education, Sendai.

The effects of some factors on the dimensional parameters of plain-weft knitted fabrics ($kc = cl$, $kw = wl$, $kn = kc \times kw$, $ks = kc/kw$ and t/l , where c and w are the courses/cm and wales/cm, l is the loop length in cm and t is the fabric thickness in cm) are investigated experimentally, using cotton paralleled yarns and plied yarns, and a nylon plied yarn.

For the coarse nylon plain-weft knitted fabrics ($K = 7.6 - 11.7$), k -values are approximately constant, but t/l increases with the increase of the fabric tightness ($K = \sqrt{T}/l$, where T is the linear density in tex).

The results obtained for the cotton plain-weft knitted fabrics ($K = 7.3 - 16.0$) are as follows:

(1) ks, kc and t/l increase with the increase of the fabric tightness (K). ks of plied yarns is dependent on the relaxation treatments (dry, wet, boil and wash), but ks of paralleled yarns is not. At any fabric tightness (K), kc and t/l after a wash-relaxation are always more than kc and t/l after a dry-relaxation, and t/l of paralleled yarns is always more than t/l of plied yarns for all relaxations.

(2) For all yarns and relaxations, KW changes little over a range of $K > 11$, but changes very large over a range of $K \leq 11$.

(3) For all yarns after a dry-relaxation, Kn changes little over a range of $K > 10$, but changes large over a range of $K \leq 10$. For paralleled yarns after a wash-relaxation, kn increases with the decrease of the fabric tightness (K).

ほとんど検討されていない。

そこで、本報では、まず粗なナイロン平編地 ($K = 7.6 \sim 11.7$) の寸法特性について検討し、さらに、粗な編地を含んだ綿平編地 ($K = 7.3 \sim 16.0$) の寸法特性に影響を及ぼすいくつかの要因について検討した。

2. 実験方法

2.1 試料布の編成と緩和処理

綿平編地の寸法特性に影響を及ぼすと考えられる要因として、編地タイトネス、合糸形態（引揃え糸、双糸、3子撚糸）、引揃え本数及び緩和処理を取上

*R. Oinuma, Member. 宮城教育大学

げた。

使用糸として、綿糸 20 s/2 (59.1 tex), 30 s/3 (56.2 tex), 30 s/2 (39.4 tex), 30 s/3 (59.1 tex), 30 s/4 (78.4 tex) 及びナイロン糸 (3 子撚糸: 53.4 tex) を用いた。ナイロン糸と綿糸 30 s/3 は市販のミシン糸で、他は全て生成糸である。

使用編機は 1 給糸口、釜径 4 in., 針本数 92 本の口ゴム編機の下釜のみを用いた。

各使用糸を用い、給糸張力 5.0 gf, 巻取荷重 3.5 kg で、カムセットによってループ長を変えて平編地を編成し、次に示す緩和処理を順に行った。通常あまり用いられない沸水緩和処理を行ったのは、ミシン糸の染色やセット等の糸処理の影響を除去するとともに、 S_{uh}^7 が指摘しているように、糸の膨潤による綿平編地の収縮をより一層促進させ得ると考えたためである。

- (1) 乾燥緩和処理: 20℃, 65% RH の室内に 24 hr 以上静置し、調湿した。
- (2) 湿潤緩和処理: 40℃の温水に 2 hr 浸漬後、軽く押えて水を切り、70℃で 2 hr スクリーン乾燥した後、乾燥緩和処理と同様の方法で調湿を行った。
- (3) 沸水緩和処理: 沸水に 1 hr 浸漬後、軽く押えて水を切り、湿潤緩和処理と同様の方法で乾燥及び調湿を行った。
- (4) 洗濯緩和処理: 洗濯試験機 (ウオッシュシリンダ型) を用い、60℃の温水に家庭用洗剤 5 g/l 入れて 1 hr 洗濯し、60℃の温水で 20 min 間すすいだ後、軽く押えて水を切り、湿潤緩和処理と同様の方法で乾燥及び調湿を行った。

2.2 測定方法

各緩和処理後に、ループ長、コース密度、ウェール密度及び編地厚さを測定し、編地タイトネス及び編地寸法パラメータを算出した。

(1) ループ長の測定

コースレングステスタを用い、初荷重 10.0 g で各試料布のコース長を 5 回ずつ測定し、その平均値を針本数で割った値をループ長 (l) とした。なお、 l は cm 表示のループ長とする。

(2) 編地タイトネス

編地タイトネス (K) は次式を用いて算出した (ただし、 T は tex 番手とする)。

$$K = \sqrt{T/l} \quad (1)$$

(3) コース及びウェール密度の測定

40 コース及び 40 ウェールの長さをノギス (精度:

0.01 mm) で 5 回ずつ測定した値の平均値から、cm 当りのコース数 (c) 及びウェール数 (w) を算出した。

(4) 編地寸法パラメータ

編地寸法パラメータ (k_c , k_w , k_n 及び k_s) は次に示す Doyle・Munden の法則^{8,9)}を用いて算出した。

$$k_c = cl \quad (2)$$

$$k_w = wl \quad (3)$$

$$k_n = k_c \times k_w \quad (4)$$

$$k_s = k_c/k_w \quad (5)$$

(5) 編地厚さの測定

加圧式厚さ測定器を用い、7 g/cm² の加圧下で各試料布の厚さ (t) を測定し、その平均値で示した。なお、 t/l は cm 表示の厚さとループ長の比で示した。

3. 実験結果と考察

3.1 ナイロン平編地

表 1 に粗なナイロン平編地の緩和処理に伴う編地タイトネス (K) と編地寸法パラメータ (k_c , k_w , k_n 及び k_s) 及び t/l との関係を示す。なお、平均値と変動係数 C.V. % は緩和処理及び編地タイトネスにおけるデータ (データ数: 15) をプールして求めた値である。

表 1 からわかるように、 k_c は編地タイトネスや緩和処理とはほとんど無関係にほぼ一定の値を示している。一方、 k_w , k_n 及び k_s は編地タイトネス及び緩和処理と無関係でなく、いずれの緩和処理においても、編地タイトネスの増加に伴い k_w 及び k_n は増加し、 k_s は減少し、さらに、乾燥、湿潤及び沸水緩和処理の順に、いずれの編地タイトネスにおいても、 k_w 及び k_n は増加し、 k_s は減少する。しかし、編地タイトネス及び緩和処理に伴う変化はわずかであり、ナイロン平編地では粗な編地でも、編地タイトネスや緩和処理に関係なく、近似的には Doyle・Munden の法則が成立つことを示している。

編地の厚さについては、Postle⁶⁾ が理論的解析をもとに羊毛平編地では $t/l = 0.147$ になることを示しており、Knapton ら⁴⁾ は綿平編地では編地タイトネスと t/l との間には直線関係 ($t/l = 0.007 K + 0.096$) があることを示し、かつ切片が 0 にならないのは、ループ側面の弯曲の程度が影響するためであろうということを示している。

表 1 からわかるように、緩和処理に関係なく、 t/l は編地タイトネスの増加とともに直線的に増加

表1 ナイロン平編地の編地タイトネスと編地寸法パラメータ及び t/l

	K	kc	kw	kn	ks	t/l
感想緩和処理	7.60	4.90	3.40	16.7	1.44	0.067
	8.39	4.94	3.46	17.1	1.43	0.076
	9.32	4.93	3.49	17.2	1.41	0.085
	10.23	4.98	3.59	17.9	1.39	0.095
	11.64	4.94	3.64	18.0	1.36	0.110
湿潤緩和処理	7.65	4.93	3.49	17.2	1.41	0.067
	8.45	4.88	3.56	17.4	1.37	0.077
	9.37	4.91	3.56	17.5	1.38	0.087
	10.29	4.95	3.68	18.2	1.35	0.096
	11.67	4.92	3.72	18.3	1.32	0.112
沸水緩和処理	7.70	4.94	3.55	17.5	1.39	0.068
	8.50	4.85	3.66	17.8	1.33	0.077
	9.42	4.89	3.69	18.0	1.33	0.088
	10.35	4.89	3.77	18.4	1.30	0.097
	11.71	4.90	3.82	18.7	1.28	0.114
平均値	4.92	3.61	17.7	1.37	—	—
C.V.%	0.6	3.2	3.0	3.4	—	—

しており、回帰式（データ数：15）を求めると次のようになる（ $r = 0.999$ ）。

$$t/l = 0.011 K - 0.017 \quad (6)$$

この式は Knapton らの結果とほぼ同様な傾向を示しているが、傾きが大きくなり、切片が0に近づく。これは紡績糸である綿糸とフィラメント糸であるナイロン糸との違いに起因するものと考えられる。

3.2 綿平編地

編地寸法に影響を及ぼす要因として、取上げた要因以外にも給糸張力（5.0, 15.0, 25.0 gf）や巻取荷重（3.5, 5.4, 7.0 kg）についても検討したが、これらの要因はループ長を変えることによってのみ編地寸法パラメータに影響することがわかった。すなわち、給糸張力や巻取荷重によってループ長を変えても、カムセットによってループ長を変えても、ループ長と編地寸法パラメータとの関係にはほとんど差異が認められなかった。そのため、本報では、カムセットによってループ長を変えて試料布を編成した。

引揃え本数によって糸番手を変えた場合の編地タイトネス（ K ）とループ形状パラメータ（ ks ）との関係を図1に示す。

図1からわかるように、 ks は編地タイトネスの増加とともにほぼ直線的に増加している。

図1には示していないが、湿潤及び沸水緩和処理

図1 編地タイトネス（ K ）に伴う ks の変化

△：30 s/2, ○：30 s/3, ▽：30 s/4, ◇：30 s/5
：乾燥緩和, ▲, ●, ▼：洗濯緩和

の場合にもほとんど同じ傾向を示すので、各緩和処理におけるデータをプールして回帰式を求めると（データ数：60）、次のようになる（ $r = 0.995$ ）。

$$ks = 0.135 K - 0.58 \quad (7)$$

(7)式から、引揃え糸では、ループ形状パラメータ（ ks ）は引揃え本数や緩和処理には関係なく、編地タイトネス（ K ）にのみ依存することがわかる。

同一番手で合糸形態（20 s/2, 30 s/3, 30 s/5）を変えた場合の編地タイトネス（ K ）とループ形状パラメータ（ ks ）との関係を図2に示す。

図2 編地タイトネス（ K ）に伴う ks の変化

□：20 s/2, ○：30 s/3, ◇：30 s/5, ▽：30 s/4
：乾燥緩和, ■, ●, ◆：洗濯緩和

図2からわかるように、いずれの緩和処理の場合も ks は編地タイトネスの増加とともにほぼ直線的に増加している。乾燥緩和処理では合糸形態による差異はほとんど認められないが、洗濯緩和処理では引揃え糸が前述したように乾燥緩和処理とはほぼ同じ変化を示し、諸撚糸 (20 s/2, 30 s/3) は乾燥緩和処理とは異なる値を示している。図2には示していないが、湿潤及び沸水緩和処理の場合もほぼ同じような傾向を示している。換言すれば、諸撚糸では、乾燥、湿潤、沸水及び洗濯緩和処理の順に、同一の K における ks の値が大きくなり、かつ K に伴う ks の変化が減少する。すなわち、同一番手の諸撚糸では、ループ形状パラメータ (ks) は諸撚糸の合糸数には関係なく、編地タイトネス及び緩和処理に依存することがわかる。

編地タイトネス (K) に伴う kc 及び kw の変化を図3に示す。

図3からわかるように、 kc はいずれの緩和処理の場合も合糸形態に関係なく、編地タイトネスの増加とともにほぼ直線的に増加する。

図3には湿潤及び沸水緩和処理における kc の変

図3 編地タイトネス (K) に伴う kc 及び kw の変化

△: 30 s/2, ○: 30 s/3, ▽: 30 s/4, □: 20 s/2,
◇: 30 s/3, △, ○, ▽, □, ◇: 乾燥緩和, ▲,
●, ▼, ■, ◆: 洗濯緩和

化は示していないが、乾燥、湿潤、沸水及び洗濯緩和処理の順に、同一の K における kc の値が大きくなり、かつ K に伴う kc の変化が減少する。すなわち、 kc は合糸形態には関係なく、編地タイトネス及び緩和処理に依存することがわかる。

一方、 kw はいずれの緩和処理及び合糸形態の場合も、編地タイトネスの減少とともに非線形に増加する。 $K = 11$ 以上における kw の変化は小さいが、 $K = 11$ 以下では K の減少とともに kw が急激に増加する。乾燥緩和処理では合糸形態による差異はほとんど認められないが、洗濯緩和処理では乾燥緩和処理に比べ、 K に伴う kw の変化は引揃え糸の場合には増加し、諸撚糸の場合にはわずかに減少する。すなわち、 kw は引揃え糸では、編地タイトネス及び緩和処理に依存し、諸撚糸では緩和処理の影響はほとんどなく、編地タイトネスに依存することがわかる。

編地タイトネス (K) に伴う面積パラメータ (kn) の変化を図4に示す。

図4からわかるように、 K に伴う kn の変化は乾燥緩和処理における引揃え糸及び諸撚糸と洗濯緩和処理における諸撚糸とはほぼ同じ傾向を示している。すなわち、 $K = 12$ 以上では K の増加とともに kn もわずかに増加し、 $K = 10 \sim 12$ ではあまり変化せず、 $K = 10$ 以下では K の減少とともに kn は増加する。同一の K における kn の値は乾燥緩和処理

図4 編地タイトネス (K) に伴う kn の変化

△: 30 s/2, ○: 30 s/3, ▽: 30 s/4, □: 20 s/2,
◇: 30 s/3, △, ○, ▽, □, ◇: 乾燥緩和, ▲,
●, ▼, ■, ◆: 洗濯緩和

での諸撚糸, 引揃え糸, 洗濯緩和処理での諸撚糸の順に大きくなる. 一方, 洗濯緩和処理における引揃え糸では, K の減少に伴い kn は非線形に増加し, 特に $K = 10$ 以下では K の減少に伴う kn の増加が急激になる. しかし, いずれの場合も $K = 10$ 以上での変化率に比べ, $K = 10$ 以下での変化率が增大する傾向を示している.

ほぼ同一の編地タイトネス ($K \approx 11$) の場合の緩和処理に伴う面積パラメータ (kn) の変化を図5に示す.

図5からわかるように, 引揃え糸では引揃え本数に関係なく, 諸撚糸では合糸本数に関係なく, ほぼ同じような挙動を示しているが, いずれの緩和処理

図5 緩和処理に伴う kn の変化 ($K \approx 11$)

▲: 30 s/2, ●: 30 s/3, ▼: 30 s/4, ■: 20 s/2, ◆: 30 s/3, DR: 乾燥緩和, WR: 湿潤緩和, BR: 沸水緩和, LR: 洗濯緩和

においても, kn の値は諸撚糸より引揃え糸の方が大きい. 湿潤及び沸水緩和処理における kn の増加, すなわち, 面積収縮はおそらく Suh^7 が指摘しているように糸の膨潤によるものと考えられる. さらに, 洗濯緩和処理により面積収縮が生じているが, 沸水緩和処理までの面積収縮に比べるとかなり少ない. この収縮はループ相互の接点における糸の移動あるいは Knapton ら⁴が指摘している分子の再配列によるものと考えられる.

Knapton ら⁴は化学的緩和処理によっても, 機械的緩和 (洗濯とタンブル乾燥の繰返し) と同様な効果が得られることを示すと同時に, 編地の緩和が繊維内での分子の再配列によって生ずるのであろうということを示している.

引揃え糸 (30 s/3) 及び諸撚糸 (20 s/2) で編地

タイトネス (K) を変えて編んだ綿平編地の緩和処理に伴う面積パラメータ (kn) の変化を図6及び図7に示す.

図6からわかるように, 引揃え糸 (30 s/3) では緩和処理に伴う kn の変化が K の減少とともに増大し, かつ kn の K による差異が緩和処理に伴い増大する傾向を示している. 一方, 諸撚糸 (20 s/2) では kn の K による差異はあまり明確でなく, かつ緩和処理に伴う kn のバラツキも幾分減少する傾向を示す. すなわち, 緩和処理に伴う kn の変化は, 引揃え糸では編地タイトネスによって異なった挙動を示すが, 諸撚糸では編地タイトネスによる差異はあまり明確でなく, ほぼ同じような挙動を示している.

編地タイトネス (K) に伴う t/l の変化を図8に示す.

図8には示していないが, 湿潤及び沸水緩和処理の場合もほぼ同じような傾向を示す. すなわち, いずれの合糸形態及び緩和処理の場合にも, t/l は K の増加とともにほぼ直線的に増加する. 又, いずれの緩和処理においても t/l は諸撚糸より引揃え糸の方が大きな値を示し, かつ引揃え糸及び諸撚糸いずれの場合も t/l の値は乾燥, 湿潤, 沸水及び洗濯緩和処理の順に大きくなる. 洗濯緩和処理における K と t/l との回帰式を求めると, 引揃え糸 (データ数: 15, $r = 0.995$) では,

図6 緩和処理に伴う kn の変化 (30 s/3)

●: $K = 14.6$, ▲: $K = 12.8$, ▼: $K = 11.3$, ◆: $K = 10.1$, ■: $K = 9.3$, DR: 乾燥緩和, WR: 湿潤緩和, BR: 沸水緩和, LR: 洗濯緩和

図7 緩和処理に伴う kn の変化 (20 s/2)

● : $K = 14.3$, ▲ : $K = 12.5$, ▼ : $K = 11.1$, ◆ : $K = 10.0$, ■ : $K = 9.4$, DR : 乾燥緩和, WR : 湿潤緩和, BR : 沸水緩和, LR : 洗濯緩和

図8 編地タイトネス (K) に伴う t/l の変化

△ : 30 s//2, ○ : 30 s//3, ▼ : 30 s//4, □ : 20 s/2, ◇ : 30 s/3, ▲, ○, ▼, □, ◇ : 乾燥緩和, ●, ▼, ■, ◆ : 洗濯緩和

$$t/l = 0.010 K + 0.094 \quad (8)$$

諸撚糸 (データ数: 16, $r = 0.996$) では,

$$t/l = 0.013 K + 0.019 \quad (9)$$

となる。これらの式を前述したナイロン平編地での (6) 式と比較すると、傾きはほぼ同じであるが、切片は諸撚糸では幾分大きくなり、引揃え糸ではかなり大きくなる。Knapton らの式⁴⁾と比べると、引揃え糸では傾きが増加し、切片がわずかに減少し、諸撚糸では傾きが増加し、切片がかなり減少している。しかし、引揃え糸及び諸撚糸ともに、洗濯緩和処理における t/l は編地タイトネスに依存してい

ることがわかる。

4. 結 論

本報では、粗なナイロン平編地 ($K = 7.6 \sim 11.7$) の寸法特性について検討し、さらに、粗な編地を含んだ綿平編地 ($K = 7.3 \sim 16.0$) の寸法特性に影響を及ぼすいくつかの要因について検討した。

ナイロン平編地では、粗な編地でも編地寸法パラメータへの編地タイトネスや緩和処理の影響は少なく、近似的には Doyle・Munden の法則が成立つ。さらに、 t/l は緩和処理には関係なく、編地タイトネスのみに依存する。

綿平編地の寸法特性に及ぼすいくつかの要因の影響をまとめると、次のようになる。

- (1) ループ形状パラメータ (ks) は引揃え糸では緩和処理には関係なく編地タイトネスにのみ依存するが、諸撚糸では緩和処理により編地タイトネスの影響が減少する。
- (2) kc は合糸形態に関係なく、編地タイトネスに依存するが、緩和処理により編地タイトネスの影響が減少する。
- (3) kw は $K = 11$ 以上では編地タイトネスの影響が少ないが、 $K = 11$ 以下では K が小さくなるほど編地タイトネスの影響が大きくなり、引揃え糸では緩和処理に伴いその傾向が増大する。
- (4) kn は $K = 10$ 以上では編地タイトネスの影響は非常に少ないが、 $K = 10$ 以下では K が小さくなるほど編地タイトネスの影響が大きくなり、引揃え糸では緩和処理に伴いその傾向が増大する。
- (5) t/l は編地タイトネスの増加とともにほぼ直線的に増加し、緩和処理に伴い同一の K での t/l の値は増加する。

(付記) 本研究を行うに際して、ご指導いただいた山形大学工学部小川敬之名誉教授、竹田啓助教授に深く感謝する。

参考文献

- 1) P. J. Doyle: J. Text. Inst., **44**, P 561 (1953)
- 2) D. L. Munden: J. Text. Inst., **50**, T 448 (1959)
- 3) T. S. Nutting, G. A. V. Leaf: J. Text. Inst., **55**, T 45 (1964)
- 4) J. J. F. Knapton, E. V. Truter, A. K. M. A. Aziz: J. Text. Inst., **66**, 413 (1975)
- 5) J. J. F. Knapton, W. Fong: Text. Res. J., **41**, 894 (1971)
- 6) R. Postle: J. Text. Inst., **65**, 155 (1974)
- 7) M. W. Suh: Text. Res. J., **37**, 415 (1967)
- 8) 基礎繊維工学編集委員会編: 基礎繊維工学(Ⅲ), p. 165, 日本繊維機械学会 (1972)
- 9) J. J. F. Knapton: Knitted Outerwear Times, **36**, (41), 48 (1967)