技術報告

新擦過方式の巻縮加工について*

会	員	熨	斗	秀	夫**
"		田	畑	昌	顯
"		田	川	辰	男

目 的

糸を相互に交差して走行擦過する方式の巻縮加工糸製造方法を提案し、この方法による加工糸の特性を明らかにする。

成 果

- (1) この方式による巻縮加工糸は、従来の刃先擦過方式の巻縮加工糸とほぼ同じ性能と特徴を有するが、巻縮堅ろう性がやや劣る。
- (2) この方式による擦過効果は繊維の側面をけずり取らず変形させるのみであるが、擦過面に近い分子の配列は刃先式より以上に変化する。

1. 緒 言

巻縮加工糸の一種に金属の刃先で糸をこすって巻縮を生ぜしめる方法がある。これは比較的古いアメリカの発明で、わが国でも部分的な改良の特許が各種公告されている。しかし実用的発展は遅れている。その理由は重要な¹⁾2, 3の欠点のためであるが、また注目すべき長所もある。以下の報告は従来法の欠点をなるべく除くための一考案として、糸と糸とを相互にこすって巻縮を発生させるもので交差式と呼ぶことにしたい。

2. 巻 縮 方 法

巻縮を発生させる原理は糸を相互交差にして走行させ摩擦するものであり、第1, 2図に示すように、その具体的な方法はつぎのようにわかる。

2本交差方式; ローラ4本式, ローラ3本式, ローラ1本式

1本交差方式; ローラ1本

また単繊維は常温でも巻縮が発生するが、マルチ糸では交差前の加熱(1次加熱)が必要である。もちろん単繊維も1次加熱を行えば巻縮の発生を増加し、堅ろう性が向上する。

(第1図) 2本交差方式

* A Study on the Modified Edge Crimping Method.

** H. Noshi, Member. 京都工芸繊維大学工芸学部 M. Tabata, Member. 東洋レーヨン(株) 紡編織研究所長
T. Tagawa, Member. 京都市染織試験場

(第2図) 1本交差方式

1次加熱の方式には、糸が巻縮ローラの交差点に送り込まれる直前に加熱するものと、巻縮ローラを加熱する方式とがある。

なお巻縮発生後、2次加熱、3次加熱を行なうのが普通である。2次加熱は巻縮ローラから送り出された糸を無張力で加熱し、巻縮を増加させるもので、乾、湿両方式があるが、湿熱の方が効果が大きい。3次加熱は巻縮糸が長時間張力下におかれ、巻縮が伸ばされた場合、これを加熱して巻縮を回復させるもので湿熱の方が効果大である。

本報告ではこれらの諸法のうち、1本交差で1次加熱を巻縮ローラの直前で行った実験結果を中心として述べる。

巻縮発生機構は刃先を用いる擦過法と同様であり、糸の連続的な屈曲変形のセットによるらせ線の形成と、糸の擦過面の分子配列の変化から生じる収縮であると考えられる。

つぎに1次加熱の効果は送入糸を加熱板によって加熱可化し、ローラを通して冷却された糸でこすって巻縮の発生を増加させるものである。

2次加熱の効果は、擦過面の分子配列変化部に収縮を起こさせ、らせ線曲率の増加によって細かい均整な巻縮を作るのである。

3次加熱は潜在巻縮力を発現させるのである。

3. 巻縮糸の製造条件

この方式では巻縮を支配する条件が比較的多い。それはつぎのようなものである。

(a) 糸の交差角, (b) 糸の太さ, (c) 糸の張力, (d) ローラの大きさ, (e) 糸の走行速度, (f) ローラに対する糸の走行路, (g) 交差状態の安定性, (h) 1次加熱温度, (i) 2次, 3次加熱温度。

巻縮性を表示するには巻縮伸長率と巻縮回復率を用いた。

$$\text{巻縮伸長率} = (b - a) / a \%$$

$$\text{巻縮回復率} = (b - c) / (b - a) \%$$

ただし a は 0.33 mg/d 荷重下の長さ, b は 50 mg/d 荷重下の長さ, c は b における荷重を除去した後 0.33 mg/d を荷重した長さで、荷重時間は a が 1 min, b が 1 min, c が 3 min である。

HATRA の標準では a, c の荷重が 2 mg/d, b の荷重が 100 mg/d で、巻縮の程度は $(b - a) / b \%$ で表わすから、本報の表示法はこの標準とは異なる。

(a) 交 差 角

交差角は第2図(3)の α のように 360° の状態がもっとも巻縮の発生が良好である。 α' のように 360° を過ぎると巻縮発生は向上せず、かえって糸の切断が多くなる。 α'' のように 360° より減少すると急激に巻縮の発生が悪くなる。

したがって以下の実験ではすべて 360° の交差角を採用した。

(b) 糸 の 太 さ

15 d, 10 d の単繊維は巻縮の発生が非常に良好である。単繊維を引きそろえたものでは、引きそろえ本数の増加とともに巻縮があらくなる。マルチ糸は常温では巻縮の発生が困難であるが、適当な1次加熱を用いると巻縮が発生する。この適温(後述)は仮より方式の熱固定温度より低い。マルチ糸の太さは150 d 以下が適当であり、さらに太くなると巻縮があらくなる。

(c) 糸 の 張 力

巻縮伸長率、および巻縮回復率に対する張力(巻縮ローラから送り出された糸の張力)の影響の一例を第1表に示す。これによればパイレン単繊維 15 d では 6~8 g/d, 同マルチ糸では 30 g/75 d 程度が適当である。巻縮回復率の張力依存性は少ない。

(d) ローラの大きさ

ローラの大きさおよび回転性能が巻縮発生に影響するものと考えられる。そこで大きさ、種類、性能の異なる数種のローラについて実験を行なった。測定結果を第2, 3表に示す。ローラの大きさ、種類によつて、明らかに巻縮伸長率は異なるが、必ずしも大、小に関係せず法則性が認められない。観察の結果、ローラが小さく、

(h) 1次加熱温度

1次加熱には巻縮発生に最適の温度がある。この適温は繊維の種類、糸の太さ、加熱板の長さ、糸の速度などによって異なるが、一般に仮より式巻縮加工の熱固定温度より相当低く、検討を要する重要な問題である。パイレンの単繊維およびマルチ糸の巻縮と温度との関係の一例を第6表に示す。すなわち本表での加工条件では、

(第6表) 1次加熱の温度と巻縮との関係

温度(°C)		50	60	70	80	100
巻 縮	モ ノ	134	216	損傷	—	—
	マルチ	—	41	—	62	42
巻縮伸長率 (%)	モ ノ	63	62	—	—	—
	マルチ	—	48	—	63	61

(備考) パイレン {モ ノ (15 d) 糸張力 16 g
マルチ (75 d) 40 g
糸速 11.3 m/min 加熱板 10 cm

単繊維 15 d では 60°C、マルチ糸 75 d では 80°C のあたりが適温である。他の繊維の実験例では、加熱板 10 cm、糸速 20 m/min でテトロン マルチ糸 (75 d)、ナイロン マルチ糸 (70 d) はそれぞれ 90°C、80°C である。

なお単繊維、マルチ糸を通じて巻縮の発生しやすい順位はパイレン、テトロン、ナイロンである。

(i) 2次、3次加熱温度

2次加熱の効果は繊維の種類によって異なり、適温は1次加熱の温度と関連を持っている。また2次加熱は無張力で行なわねば十分な効果はない。具体例を述べると

ナイロン:

巻縮を増加させるための2次加熱(乾熱)の適温は、単繊維の常温巻縮糸では60°C付近、1次加熱(110°C)の巻縮糸では100°C付近である。しかしマルチ糸では各繊維間の抵抗のため顕著な効果は現われない。

パイレン:

2次加熱の適温(乾熱)は単繊維常温巻縮糸で60~100°C、1次加熱(70~80°C)のものでは80~90°Cである。マルチ糸では顕著な巻縮の増加は見られない。

4. 縮巻加工糸の性質

この方式の巻縮糸としてまず検討すべき主要な性質は巻縮形態、巻縮伸長率、巻縮回復率、巻縮堅ろう性などである。

本法ではパイレンが良好な巻縮を発生したので以下では主としてパイレンの結果について述べ、ナイロンを補足する。

4.1 2次加熱を施さない巻縮糸の性質

以下の測定、観察に使用した交差式パイレン試料の製造条件は特にことわらない限り、つぎのようなものである。

単繊維 15 d ; 1次加熱温度 60°C、糸張力 8 g/15 d、
糸速 20 m/min

マルチ糸 75 d ; 1次加熱温度 80°C、糸張力 30 g/
75 d、糸速 20 m/min

(a) 巻縮形態

第3図にパイレンの交差式(2次加熱なし)単繊維、同マルチ糸、仮より式マルチ糸、および刃先を利用したアジロン(ナイロン・市販品)の拡大写真を示す。

単繊維の交差式は刃先を利用した場合とはほぼ同じ巻縮形態を持っている。すなわち均整ならせ線でS、Z型が交互に配置されているが、それぞれのらせ線の連続する個数は一定でない。マルチ糸では擦過効果が全繊維に及

交差式モノ フィラメント (5d)

エッジ式アジロン (15d)

交差式マルチ フィラメント (75 d/)

仮より式ウーリ PP (60 d/2)

(第3図) パルキ ヤーンの巻縮形態

ばないため、繊維の ら線形は不規則でややあらい。

(b) 巻縮堅ろう性

交差式では巻縮堅ろう性の低下の恐れがあるので、これを確かめるためつぎの実験を行なった。

- 1) 各種荷重による巻縮回復率
- 2) 繰返荷重による巻縮回復率
- 3) 各種張力を各種時間作用した後の巻縮回復率

(1) 各種荷重による巻縮回復率

試料; 交差式パイレン単繊維 15 d, 同マルチ糸 75 d
荷重; 1 mg/d, 10 mg/d, 100 mg/d, 500 mg/d, 1 g/d, 2 g/d

加重時間; 3 min; 回復時間 5 min

巻縮回復率の表示法は前述と同じであるが、荷重および時間はこの規定に従かう。測定結果を第 7 表に示す。表には巻縮伸長率を付記してある。

表によると回復率が急激に低下し始める限界の荷重は単繊維、マルチ糸とも約 500 mg/d であるが、単繊維の方がやや大きい。

この限界荷重以下における平均巻縮回復率は約 57 % である。つぎに双先式ナイロン (市販アジロン) と交差式ナイロン (いずれも 15 d) について同様の測定を行なった。結果を第 8 表に示す。交差式ナイロンの加工条件は 1 次加熱温度 80°C, 糸張力 6 g, 糸速 20 m/min, 2 次加熱なしである。なおアジロンは蒸気加熱によって

(第 7 表) 各種荷重後の巻縮回復率 (交差式パイレン)

試料 巻縮 荷重	モノ フィラメント (15 d)		マルチ フィラメント (75 d)	
	巻縮伸長率	巻縮回復率	巻縮伸長率	巻縮回復率
1 mg/d	75%	63%	46%	66%
10 "	215	53	72	56
100 "	415	57	100	58
500 "	353	63	109	55
1 g/d	372	50	109	39
2 "	422	31	123	16

(第 8 表) 各種荷重後の巻縮回復率 (ナイロンのエッジ式および交差式)

試料 巻縮 荷重	エッジ式ナイロン (15 d)		交差式 ナイロン (15 d)	
	巻縮伸長率	巻縮回復率	巻縮伸長率	巻縮回復率
1 mg/d	84%	76%	101%	77%
100 "	280	85	205	77
500 "	230	76	217	71
1 g/d	269	43	193	60

再巻縮させたものである。回復率の急減する限界荷重はいずれも約 500 mg/d であるが、限界荷重以下の平均回復率は双先式が 79 % で、交差式は 75 % である。したがって第 7 表の交差式パイレンの低い回復率は交差式の欠点ではなく、繊維の特性と考えられる。すなわち、この種の荷重様式では交差式の巻縮堅ろう性は双先式とほぼ同じであるといえる。

(2) 繰返荷重による回復率

実用上は繰返荷重をうけた場合の巻縮回復率が大切である。測定方法はモノ フィラメントおよびマルチ糸について、小荷重はいずれも 0.3 mg/d, 大荷重はそれぞれ 250 mg/d, 270 mg/d とし、小荷重を 1 min 間、大荷重を 2 min 間として繰返し作用した。最初の小荷重および大荷重における長さを a, b とし、 n 回目の小荷重における長さを C_n とし、次式によって巻縮回復率を求める。

巻縮回復率 = $\frac{b - C_n}{b - a} \times 100 \%$

交差式パイレン単繊維 15 d, パイレン マルチ 75 d および前項と同様の双先式ナイロンと交差式ナイロン単繊維について測定した。結果を第 4 図に示す。図からわかるように交差式の巻縮糸は回復率がいずれも双先式のナイロンより小さく、かつ繰返数が増すほどその差が大きい。すなわちこの種の荷重方式の巻縮堅ろう性は双先法よりやや劣る。

(3) 各種張力を各種時間作用した後の巻縮回復率

実用上、糸はある張力下にボビンに巻かれて放置される。この間に著しく巻縮の低下する限界の張力と時間との存在を確かめるためつぎの実験を行なった。

試料; 交差式パイレン 15 d, 同マルチ糸 75 d
張力; 10 mg/d, 100 mg/d, 500 mg/d, 1 g/d

(第 4 図) 繰返荷重による巻縮回復率

時間: 10 min, 1 hr, 24 hr

試料糸をこの張力でわくにはり, 所定の時間だけ放置した後, わくから外して蒸気加熱 (3 次加熱) を行なって再巻縮させた。この巻縮糸を前述の規定の荷重, 時間によって巻縮伸長率と巻縮回復率とを測定した。なお 3 次加熱を行なわない糸の巻縮状態は後述の第 7 図に示す。巻縮伸長率の測定を第 5, 6 図に, 回復率を第 9 表に示す。測定結果からつぎのことがわかる。

(第 5 図) 長時間荷重後の巻縮伸張率

(第 6 図) 長時間荷重後の巻縮伸張率

(第 9 表)
長時間荷重後の巻縮回復率(交差式バイレン)

荷重	時間		10 min		1 hr		24 hr	
	種類	巻縮	巻縮回復率		巻縮回復率		巻縮回復率	
			モノ	マルチ	モノ	マルチ	モノ	マルチ
10 mg/d			79%	64%	77%	71%	79%	68%
100 mg/d			78	68	75	69	79	64
500 mg/d			79	65	75	67	79	62
1 g/d			75	68	76	66	77	61

i) 巻縮伸長率と張力との関係

単繊維はこの実験範囲内では急激に巻縮伸長率の低下する限界の張力は存在しない。マルチ糸ではこの限界の張力はほぼ 500 mg/d 程度である。なお両者とも注目すべき現象は 100 mg/d の小張力を作用された糸は 500 mg/d の大張力を作用されたものより, かえって巻縮伸長率の劣ることである。これは従来の経験的通念と逆の現象である。

ii) 巻縮伸長率と張力作用時間との関係

単繊維では張力を約 1 hr 作用させた糸は巻縮伸長率が比較的大きく低下し, それ以上の時間では徐々に減少する。マルチ糸では初めの 1 hr では低下は少なく, その後やや急激に低下している。

iii) 巻縮回復率と張力の大きさ, および作用時間との関係

単繊維, マルチ糸ともに張力 10 mg~1 g/d, 時間 10 min~24 hr の範囲では回復率はそれぞれほぼ一定である。

以上の結果によれば, 通常ボビンに巻く程度の張力では, これを長時間作用しても, 3 次加熱を行なえば, 初めの糸と同じ程度の巻縮状態に回復することを示している。

4.2 巻縮糸に及ぼす加熱処理の効果

(1) 1 次加熱の効果

単繊維は常温でも十分巻縮が発生するから, 常温巻縮糸と 1 次加熱巻縮糸との性質を比較する必要がある。

試料; バイレン単繊維 15 d

加工条件; 常温は 15°C, 1 次加熱は 60°C, いずれにも張力 10 g, 糸速 20 m/min

常温, 1 次加熱についてつぎの各種状態における糸の巻縮伸長率と巻縮回復率とを測定した。

(A); 巻縮発生直後の加工糸

(B); (A) の糸に 2 次加熱として湿熱 (80°C の温湯に 1 min 浸漬) と乾熱 (80°C, 3 min 間) とをそれぞれ施した加工糸

(C); (B) の糸を 1 g/d の張力でわくにはり, 24 hr 放置した後, 張力を除去し, 10 min 間伸長を回復させた糸

(D); (C) の糸に (B) の 2 次加熱と同じ条件の 3 次加熱を施した糸

巻縮伸長率の測定結果を第 7 図に, 巻縮回復率を第 8 図に示す。ただし巻縮伸長率および回復率は初めの (A) の長さを基準にしたものではなく, おのおの独立にあら

(第7図) 巻縮伸張率に対する1次加熱の効果

(第8図) 巻縮回復率に対する1次加熱の効果

たに前述の規定による荷重，時間によって測定したものである。

巻縮伸長率をみると，(A)では常温加工と1次加熱加工とはほぼ同じである。その後の熱処理によると，湿熱では両者ともほとんど優劣なく，ただ(C)の場合1次加熱のみがすぐれている。乾熱では(B)，(C)，(D)とも1次加熱がすぐれている。巻縮回復率をみると全般にわたって両者の差はわずかで，しいていえば1次加熱の方がやや上位である。

以上の結果により，常温加工糸と1次加熱加工糸とは2次，3次加熱を湿熱で行なえば，堅ろう性おも含めて

巻縮性には大きい相違はない。これは1次加熱の効果が期待したほど発現していないのか，あるいは常温加工においても摩擦熱のため，1次加熱に近い効果があるのか詳細は今後検討したい。

(2) 2次加熱の効果

2次加熱による巻縮堅ろう性の増加は興味ある問題である。そこで4.1，(b)(3)と同じ張力一時間の作用方式によってつぎの(A)，(B)の場合の巻縮堅ろう性を比較した。試料はパイレン単繊維，およびマルチ糸である。

A；巻縮加工糸→2次加熱(蒸気)→一定時間の引張り→開放→3次加熱(蒸気)→巻縮伸長率および巻縮回復率の測定

B；巻縮加工糸→一定時間の引張り→開放→3次加熱(蒸気)→巻縮伸長率および巻縮回復率の測定

単繊維の測定結果を第10表に，マルチ糸の測定結果を第11表に示す。ただし表の(B)項の数値は前述4.1(b)，(3)と同じ測定値である。

単繊維の巻縮伸長率については(A)の2次加熱を施した方が，全般にわたってすぐれている。ただ1mg/d，10minの場合のみ(A)が劣っている。回復率は(A)と(B)とに大差はない。したがって単繊維では明らかに2次加熱を施した方がすぐれている。

マルチ糸では巻縮伸長率，回復率とも全般にわたって(A)と(B)との間に大差はなく，2次加熱の効果はほとんど発現しない。

(第10表)

荷重を長時間作用した場合の巻縮堅ろう性
(交差式パイレンモノフィラメント)

時間	10 min	1 hr	24 hr				
	伸長率(%)	回復率(%)	伸長率(%)	回復率(%)	伸長率(%)	回復率(%)	回復率(%)
1 mg/d	B	346	78	272	78	263	80
	A	311	80	325	81	373	77
10 "	B	237	79	194	77	173	79
	A	309	81	246	79	203	77
100 "	B	253	78	182	75	174	79
	A	288	79	207	80	186	77
500 "	B	268	79	204	75	171	79
	A	279	78	233	78	216	78
1 g/d	B	263	75	207	76	185	77
	A	281	79	222	77	217	76

(A) 2次加熱あり (B) 2次加熱なし

(第 11 表)

荷重を長時間作用した場合の巻縮堅ろう性
(交差式バイレン マルチ フィラメント)

荷重	時間 巻縮	10 min		1 hr		24 hr	
		伸長率 (%)	回復率 (%)	伸長率 (%)	回復率 (%)	伸長率 (%)	回復率 (%)
1 mg/d	B	100	68	108	72	79	68
	A	90	70	98	71	73	67
10 "	B	92	64	90	71	64	68
	A	80	70	81	71	56	66
100 "	B	87	68	82	69	60	64
	A	84	70	78	73	58	68
500 "	B	87	65	84	67	61	62
	A	77	69	86	69	61	68
1 g/d	B	78	68	76	66	47	61
	A	83	68	72	70	53	64

(A) 2 次加熱あり (B) 2 次加熱なし

この理由はマルチ糸では各繊維間の相互抵抗のため、2 次加熱によって十分な巻縮の増加が生じなかったためであろう。

以上 (1) (2) を総合すると巻縮堅ろう性に対しては 1 次加熱、2 次加熱の効果は存在するが、期待するほど大きいとはいえない。

5. 偏光顕微鏡による観察

Wray²⁾らはナイロン単繊維の双先式巻縮糸の断面を偏光顕微鏡で観察し、擦過部を底辺とする三角形の複屈折部分を認めている。これは摩擦によってほぼ繊維軸に平行なナイロン分子の配列が乱れ、繊維軸に対してある

程度傾斜したためと推定されている。

交差式の巻縮発生の基本的原理は双先式と同じであるが、擦過効果が弱いかもしれない。

これを確かめるには偏光顕微鏡による観察が適当である。

5.1 ナイロン単繊維

交差式巻縮のナイロン 15 d につき、繊維軸に直角に断面切片を作り (厚さ約 5 μ) 偏光顕微鏡で観察した。対角位の写真を第 9 図に示す。双先式の場合とほとんど同様に擦過部分を底辺とした三角状の明白な複屈折部分が認められる。ただ三角形の上部 2 辺がやや長さが異なっている。交差法では仮よりが生じ、繊維がやや斜めにこすられるためである。したがって交差式においても内部構造の変化に対する擦過効果は双先式に劣らないことが明白である。

ところが同様の切刃を中性染錯塩酸性染料 Lanasyne Grey BL によってスキンとコアとの染めわけを行ない普通顕微鏡で観察した写真を第 10 図に示す。写真によると第 9 図と同じく、円形断面の一部は変形しているが、変形部分のスキンは除去されていない。

双先式の場合、同様の染色によれば明らかに一部が削り取られ、変形部分にはスキンが存在しない。⁴⁾すなわち、擦過部分の変形は双先式では切削、交差式ではそ性変形とみなされる。この違いが巻縮堅ろう性にある程度影響しているものと推定される。

なお交差式巻縮加工糸を切断まぎわまで延伸し、見掛上、まったく巻縮のなくなったものも複屈折部分はそのまま残存している。これが潜在巻縮力の原因と考えられる。

(第 9 図) 交差式巻縮ナイロン (10 d) 単繊維断面の偏光顕微鏡写真 ($\times 800$)

(第 10 図) 交差式巻縮ナイロン (10 d) 単繊維染色断面の普通顕微鏡写真 ($\times 400$)

(第11図) 交差式巻縮パイレン (15d) 単繊維断面の偏光顕微鏡写真

5.2 パイレン

交差式巻縮パイレンの断面の偏光顕微鏡による観察の結果はナイロンとやや異なる。単繊維の場合を第11図に示す。断面変形が大きく、かつ複屈折部が全面に及んでいる。(断面の黒い方は消光位にあたる) これはパイレンの内部構造の特性によって、変化が全面に起こったものか、あるいは断面がやや斜めに切断されたものか疑問であるが、2本の繊維は同時包埋であるから、もし斜めに切断されたものなら2本とも同じ明るさに観察されねばならない。したがってこの写真は全面複屈折の発生と推定される。しかしこの推定はさらに検討する予定である。

また染色が困難なため断面変形は切削か、塑性変形か不明である。

交差式巻縮マルチ糸の断面偏光写真を第12図に示す。マルチ糸の場合、擦過効果が全繊維に十分及ばないから断面変形の認めえないものもある。複屈折部は消光位と対角位との関係で各断面ごとに異なって観察され、かつ擦過効果が弱いため不明瞭であるが、ナイロンのように三角状には出現せず、断面全体にひろがる傾向が認められる。

(第12図) 交差式巻縮パイレン (75d) マルチ糸断面の偏光顕微鏡写真

6. 結 論

以上を総合すれば交差式巻縮加工法は糸の巻縮堅ろう性がやや劣るが、多くの利点のある興味ある方式である。

偏光顕微鏡による観察では双先方式に比較して擦過効果は弱くないが、切削作用は少ない。また熱固定温度(1次加熱)が低い、これは重要な問題であり、繊維の摩擦発熱と関連させてさらに検討する予定である。

以上不十分であるが一応概括を述べて参考に供した。

最後に本研究に協力していただいた、猪飼、高橋、西村、小原、後藤、蔭地の学生諸君に深く感謝します。また顕微鏡写真は、東洋レーヨン中央研究所の加藤嵩一氏のご助力によるものでここに深く感謝します。

なお本研究は昭和39年5月の年次大会で発表したものである。

文 献

- 1) たとえば、昭32, 特公 9548; 昭34, 特公 9447; 昭35, 特公 23800
- 2) G. R. Wray et al; Text. Rec., 78, 65, (1961-3)
- 3) S. Fitton et al; J. Text. Inst., 51, T 435 (1960-10)
- 4) 加藤嵩一, 外; 織学誌, 19, 646, (1963-10)