

絹紡績糸の複合化に関する研究

1 9 9 4

松 本 陽 一

目 次

第 1 章 序 論	1
1・1 緒 言	1
1・2 絹 糸	3
1・3 概 要	8
第 2 章 新しい紡績絹糸の分類とその評価法	13
2・1 緒 言	13
2・2 複合糸の分類	15
2・2・1 素材の組合せ	15
2・2・2 コア・スパンヤーン	18
2・2・3 ツインスパンヤーン	25
2・2・4 コア・ツインスパンヤーン	27
2・3 糸の評価法	30
2・3・1 引張試験	30
2・3・2 摩擦係数	32
2・3・3 外観むら	34
2・3・4 断面形状係数	36
2・4 結 言	38
第 3 章 和紡績工程の解析	41
3・1 緒 言	41
3・2 和紡精紡機の機構	41

3・3	和紡績過程	43
3・3・1	2つの基本動作	43
3・3・2	紡績過程における撚数の変化	45
3・3・3	和紡績における繊維滑脱現象の効果	47
3・4	綿筒運動の解析	49
3・5	和紡績操作条件	68
3・5・1	平均撚密度と平均番手	68
3・6	結 言	79
第4章	和紡績によるコア・スパンヤーンの試作	81
4・1	緒 言	81
4・2	和紡コアスパン精紡機の試作とその特性	81
4・3	コア・スパンヤーン形成とシース繊維の関係	90
4・4	糸むらについて	99
4・5	結 言	106
第5章	コア・スパンヤーンにおけるシース繊維と コアフィラメントの相互関係	108
5・1	緒 言	108
5・2	リング・コアスパン精紡機の性能	108
5・3	和紡式とリング式のコア・スパンヤーン構造の比較	109
5・4	シース繊維とコアフィラメントの関係	113
5・4・1	コア・スパンヤーンの引張強力	113
5・4・2	シース繊維とコアフィラメントの 組合せについて	117
5・5	結 言	129

第 6 章	リング・コアスパン精紡機による多層構造糸の試作	131
6・1	緒 言	131
6・2	試作糸の種類と構造	135
6・3	各種試作糸の検討	137
6・4	結 言	157
第 7 章	結 論	160
後 記		171
謝 辞		172

第1章 序 論

1・1 緒 言

近年、人間の生活が量的充足の段階から生活の質的向上、あるいは文化的豊かさを重視する方向へと移行することによって、新しいライフスタイルが定着してきた。繊維産業においては多品種・小ロット・短サイクル化が進むと同時に、繊維や糸の複合化への急速な進展が見られ、高度化した消費者ニーズに十分応え得る製品を作ろうとしている。

JIS 用語によれば糸は植物繊維、動物繊維、鉱物繊維、合成繊維などの繊維原料を紡績し、製糸し、または紡出したもので、織物、編み物、レースなどの原料となるもの、およびそれを加工した縫い糸などの総称である¹⁾。糸は何本かの繊維を引揃え、撚りをかけ、長い繊維束としたものである。同種の繊維でもその製造法によって糸の形態が異なる構造となるとき、繊維製品の品質特性は著しく変化し、人体はその違いを敏感に感じとる。糸を構成している繊維の基本形態から分類すると、極めて長い繊維で構成されているフィラメント糸 (filament yarn) と比較的短い繊維で構成されている紡績糸 (spun yarn) とに大別される。また、糸の物理的性質は原料繊維自身の性質と繊維集合体の構造に依存している。フィラメント糸は生糸や化学繊維などのように連続した繊維を束ねて所定の太さにし、そのまま糸として用いることができるが適度の撚りをかけて使用する場合が多い。外観は光沢に優れ、毛羽はなく、細く強いが、紡績糸に比べて冷たい感じがする。一方、紡績糸は綿や羊毛などのように短い繊維を平行に並べ、撚りを与え繊維相互の抱合力を大きくし、所要の強さを持たせたもので、糸の表面は毛羽が多く、繊維相互の隙間も多いが、柔軟で温かい感じをもっている²⁾。

紡績糸の分類は、(a) 原料によるもの：綿糸、絹紡糸、混紡糸など、(b) 用途によるもの：織糸、メリヤス糸、縫い糸など、(c) 製造方法によるもの：リング糸、オープンエンド糸、和紡糸など、(d) 形成形態によるもの：単糸、双糸、コア・スパンヤーンなど、(e) 撚りによるもの：強撚糸、諸撚糸、意匠撚糸など、がある²⁾。意匠撚糸 (fancy yarn) は特徴のある外観や感触を付与した糸で、ネップ糸 (nep yarn) やスラブ糸 (slub yarn) などの種類があり、特殊糸あるいは特殊加工糸と呼ばれる場合もある。ネップは繊維が絡み合って粒状になっているものを指し、スラブは糸中の紡錘状の節を意味している¹⁾。また、これらの糸はフィラメントの加工糸と区別されている。フィラメントの加工糸 (textured yarn) は加工によって外観、構造の変えられた糸であり、平面的、あるいは立体的な細かい撓縮を加工によって与えられたフィラメントの集合体を呼称しており、合成繊維の熱可塑性と記憶性を利用して撓縮を与え、かさ高性と伸縮性を付与した糸である³⁾。

さらに、単一繊維素材から作成した糸の性能を多様化するには限界があるために、複数の繊維素材が組合される。このような糸を複合糸 (composite yarn) と呼んでいる。すなわち、それぞれの繊維の長所を発揮させ、相互に作用させて高い機能や全く新しい機能を引き出すことにより、高度化した消費者ニーズに十分応え得る糸を作出しようとしている。一般的な複合糸としては、糸の中心にフィラメント糸を使用してその周囲を異種の短繊維で覆ったコア・スパンヤーン (core-spun yarn) がある。一方、2 種以上の異質繊維を混合あるいは調合して紡績した糸は混紡糸 (blended yarn) と呼ばれ、複合糸と区別されている。

天然繊維のみで複合糸を作ることができるものは、絹のみである。すなわち、フィラメント糸として生糸を利用することにより、絹短繊維との複合化が可能である。ところが、絹は生糸の製造を最終目標とする風潮が強いためか、紡績絹糸 (spun silk yarn、以下絹紡糸と呼ぶ) についての研究・開発はほとんど行われていない。しかし、一方では絹製品の用途拡大と活性化が強く叫ばれている。

このような状況の中で、新しい絹紡績糸を開発することは工業的な価値があるものとする。

1・2 絹 糸

絹糸（けんし、silk yarn）の語意は、JIS 用語によれば絹を原料とした糸、広辞苑では“きぬいと”、狭義には生糸を精練して撚糸にしたもの、と定義されている。さらに、蚕糸学用語辞典や繊維辞典によれば、広義には生糸も含めて玉糸、副蚕糸に紡績または加撚したもの、それらを精練したものを指していて、絹を原料とするすべての糸を意味しているが、狭義には生糸を含まない絹の加工糸を指している^{1・4)}。

我が国の絹糸紡績業は、明治 10 年官営により群馬県新町において操業を開始したのが始まりである。しかし、絹糸紡績業は蚕糸（さんし）の生産過程において発生する屑物のいわゆる副蚕糸を原料として、絹紡糸に加工する産業であり、蚕糸業に対して従属的な立場にある産業と見なされてきた。ところが、国内の蚕糸業および製糸業の衰退による紡績原料不足のために、昭和 40 年以降諸外国（旧ソ連、北朝鮮、インド、中国等）からの副蚕糸輸入が増加し始め、昭和 50 年代の世界的なシルクブームとともに、絹糸紡績業は国内蚕糸業の従属的立場から脱却し、国際市場において十分に競争力を発揮しうる産業へと発展したと考えられている⁵⁾。Table 1-1 は、国内における繭・副蚕糸・絹紡糸の生産量と絹糸紡績機械の錠数、および海外輸入副蚕糸量を示している。また現在、繭の生産は世界 30 数カ国（中国、インド、旧ソ連、日本等）で行われており、Table 1-2 は日本蚕糸砂糖類価格安定事業団が推定した主要各国の生産量を示している。一方、絹紡糸の生産を行っている国はわずか数カ国（中国、イタリア、韓国、インド、日本等）にすぎないが、各国の生産量については明らかにされていないので、Table 1-3 に海外輸入絹紡糸量を示し、Table 1-4 は絹紡糸、紬糸、および和紡糸の国内生産量を示した。

Table 1-1 Production and import of silk waste in Japan

Year ^a	Cocoon ^b (t)	Silk waste ^b		Spun-silk yarn ^c (t)	Machinery ^d (s)
		Domestic (t)	Import (t)		
S. 25 (1950)	80,415	2,479	656	2,264	227,200
30 (1955)	114,373	3,353	367	1,993	123,483
35 (1960)	111,208	3,245	422	1,702	102,004
40 (1965)	105,513	3,504	1,757	2,274	99,004
45 (1970)	111,736	3,524	2,317	2,357	82,014
50 (1975)	91,219	3,607	2,177	2,620	76,208
55 (1980)	73,061	3,052	2,411	2,156	80,440
60 (1985)	47,274	1,819	4,645	2,653	77,008
61 (1986)	41,465	1,584	5,700	2,529	69,180
62 (1987)	34,726	1,463	4,867	2,624	77,263
63 (1988)	29,590	1,308	5,740	2,636	72,962
H. 1 (1989)	26,819	1,214	4,329	2,522	69,998
2 (1990)	24,925	1,190	3,359	2,113	59,875

^a: S. = SHOWA, H. = HEISEI.

^b: data from Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

^c: data from Ministry of International Trade and Industry, output = spun-silk yarn + noil silk yarn.

^d: data from Japan Silk Spinners Association, unit s = number of spindles, machinery = spun-silk yarn + noil silk yarn.

Table 1-2 Worldwide cocoon production^a

(Unit: t)

Country	Year ^b				
	S. 61 (1986)	S. 62 (1987)	S. 63 (1988)	H. 1 (1989)	H. 2 (1990)
China	336,000	354,000	394,000	434,000	480,000
India	81,600	86,500	93,900	110,000	116,700
Soviet	44,000	44,000	44,000	45,000	46,000
Japan	41,500	34,700	29,600	26,800	24,900
Korea	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
Brazil	11,400	10,600	11,800	11,500	15,800
Other	30,800	29,200	27,900	36,200	36,700
Total	559,300	573,000	615,200	677,500	734,100

^a: estimation of Japan Raw Silk and Sugar Price Stabilization Agency.

^b: S. = SHOWA, H. = HEISEI.

Table 1-3 Import of spun-silk yarns in Japan^a
(Unit: t)

Country	Year ^b				
	S. 61 (1986)	S. 62 (1987)	S. 63 (1988)	H. 1 (1989)	H. 2 (1990)
China	910	911	1,082	795	509
South Korea	1	—	10	20	—
Thailand	—	—	—	28	116
Other	8	16	16	13	3
Total	1,257	1,564	1,544	1,120	761

^a: data from Japan Silk Spinners Association.
total = spun-silk yarn + noil silk yarn.

^b: S. = SHOWA, H. = HEISEI.

Table 1-4 Production of spun-silk yarns in Japan^a
(Unit: t)

Year ^b	Spun-silk	Noil silk	Throstle-spun silk
S. 60 (1985)	2,437	216	649
61 (1986)	2,338	191	668
62 (1987)	2,409	215	757
63 (1988)	2,417	219	704
H. 1 (1989)	2,174	348	558
2 (1990)	1,819	294	392

^a: data from Japan Silk Spinners Association.

^b: S. = SHOWA, H. = HEISEI.

Table 1-5 Production of various yarns in Japan^a

(Unit: t)

Year ^b	Raw-silk	Cotton	Chemical	Wool	Bast
S. 25 (1950)	10,620	238,328	68,243	32,474	22,592
30 (1955)	17,368	418,517	252,003	83,796	45,837
35 (1960)	18,048	551,442	362,258	133,745	66,975
40 (1965)	19,108	549,321	578,678	155,187	103,738
45 (1970)	20,515	507,028	947,707	181,654	121,109
50 (1975)	20,169	460,483	858,211	142,244	30,935
55 (1980)	16,154	503,772	1,070,888	119,199	24,052
60 (1985)	9,591	437,031	1,075,624	123,432	12,870
61 (1986)	8,336	445,050	1,041,422	112,098	14,509
62 (1987)	7,864	464,490	1,008,212	123,254	14,388
63 (1988)	6,862	463,860	1,003,533	119,756	10,274
H. 1 (1989)	6,078	459,160	982,127	118,114	6,659
2 (1990)	5,721	425,586	992,855	105,084	4,687

^a: data from Ministry of International Trade and Industry.^b: S. = SHOWA, H. = HEISEI.

Table 1-3 および 1-4 に示したように、近年におけるタイからの輸入量増加と国内生産量の減少は、国内絹紡糸会社の 1 社が安価な原料を求めて紡績設備をタイに移転したことによる影響が大きいものである。さらに、Table 1-5 は各糸の国内生産量を示しており、他糸に比べて絹紡糸の生産量は少ないことが分かる。このように、絹紡糸の原料である副蚕糸が国内生産および輸入により安定的に確保できれば、およそ 6 万錠の設備を保有する我が国の絹糸紡績業 (Table 1-1 参照) は有望であると言われている^{6,7)}。

絹糸紡績は養蚕・製糸から出る絹屑 (副蚕糸、silk waste)、および絹糸紡績中から出る紡績屑を原料として糸を製造する工程である。使用する原料の種類、品質、繊維の長短などによって長綿紡績法と短綿紡績法に分類できる。比較的強力のある良質な副蚕糸から得られた平均繊維長 80~120 mm を使用する絹糸紡績が長綿紡績法である。

この紡績がいわゆる絹糸紡績 (waste silk spinning) であり、作成した糸を絹紡糸 (けんぼうし、spun silk yarn) と呼んでいる。一方、この絹糸紡績工程中に発生する梳綿屑 (bourette) や落綿などの下等繊維を原料とするものが短繊維屑綿紡績法で、紬糸紡績 (bourette spinning) と呼ばれている。また、作成した糸は絹紡紬糸 (けんぼうちゅうし、noil silk yarn) と呼ばれている⁸⁾。絹紡紬糸は、原料の梳綿屑 (ブーレット) にネップが多く含まれているためにネップのある太い糸である。そのために、絹紡紬糸とはネップ糸の代表であるとも言われている。一般に絹糸紡績にはリング精紡機が用いられ、紬糸紡績ではリング精紡機、ミュール精紡機、および和紡精紡機が用いられる。和紡精紡機は、もともと国産綿花を紡績するために信州人和尚・臥雲辰致 (がうんたっち) によって明治 10 年に考案された純国産精紡機である。また、この精紡機は運転中にブリキ製の綿筒が発する回転音 (「ガラガラ」という騒音) から “ガラ紡” とも呼ばれている。明治 20 年頃には全盛期であったが、洋式精紡技術の向上によって和紡の技術は押されるようになった^{9・10)}。しかし、愛知県豊橋地方を中心に昭和 62 年現在でもおよそ 2 万錠が駆動している¹¹⁾。また、その単純な紡績機構から作成される特殊な和紡精紡糸 (throstle-spun yarn、以下和紡糸と呼ぶ) は興味のある糸構造を持っている^{12・15)}。一般に絹紡糸織物は平絹 (経糸および緯糸に生糸を使用した平織物) と比べて、腰が弱いと評価されることが多い^{16・18)}。

従来の生糸はその用途が限られていたために、素材の研究・開発はほとんど行われてこなかったが、最近ハイブリッドシルク¹⁹⁾ やスパンロウシルク²⁰⁾ などの研究・開発が盛んに行われ、絹繊維の高性能化・高付加価値化により新しい用途を見出そうとしている。ここで、ハイブリッドシルクは化学繊維フィラメントの周りに生糸を絡ませた複合糸であり、スパンロウシルクは生糸を一定長に切断しつつ集束して糸条化した紡績糸である。

1・3 研究の概要

本研究は、絹紡績糸の強力改善を目的として絹短繊維と絹繊維フィラメントを複合したコア・スパンヤーン、および糸構造の多様化を目的として絹短繊維と異種繊維、および絹繊維フィラメントを複合したコア・ツインスパンヤーンに着目して、新しい複合紡績絹糸の作成法と評価法を開発・提案した。また、合理的な糸設計を確立するために、生産加工技術の違いによる糸構造と物性との関係の解明を目的とした。

本論文の構成は、以下のとおりである。

第2章では、各種繊維素材の複合形態を分類した後、複合方法と繊維素材の組合せ方を説明して、新しい複合紡績絹糸の開発・設計について述べた。新しい紡績絹糸における繊維の組合せと糸構造として（1）絹短繊維と絹繊維フィラメントの組合せによるシース・コア構造、（2）絹短繊維と異種短繊維の組合せによるサイド・バイ・サイド構造、（3）絹短繊維、異種短繊維、と絹繊維フィラメントの組合せによるサイド・バイ・サイド構造とシース・コア構造の複合構造について検討した。まず、和紡精紡法およびリング精紡法を援用したシース・コア構造を持つコア・スパンヤーンについて述べた。ツインスパンヤーンはリング精紡法を援用したサイド・バイ・サイド構造を持つ糸である。コア・ツインスパンヤーンはツインスパンヤーンの精紡法を応用したものであり、サイド・バイ・サイド構造とシース・コア構造を持つことを特徴とした糸である。ついで、これらの紡績法を述べた後、糸の構造を概略的にとらえた。

さらに、次章以下で作成する糸の特徴を抽出する方法として、糸の力学的性質と外観むらの評価法について論じた。糸の力学的性質は引張り特性を測定した。また、引張り特性におけるコアフィラメントの寄与効果を評価する方法として、レーダ法による静摩擦係数の測定と糸中のコアフィラメントの引抜き試験を併用した。

糸の外観は太さむらの変動係数（CV%）とパワースペクトルを測定し、糸の凹凸具合と周期的変動について検討を加えた。また、糸中のコアフィラメントの位置を評価する方法として後述する断面形状係数（P 値）を用い、糸の外観を比較・検討した。いま、コア・スパンヤーンの半径を A 、コア・スパンヤーンとコアフィラメントの中心間の距離を R とするとき、断面形状係数 P を $P = A / R$ で定義して、糸断面内におけるコアフィラメントの位置を表した。

第3章では、新規に紡績絹糸を作成するために、和紡精紡機による糸の製造技術に詳細な検討を加えた。和紡績工程においては、原料繊維を詰めた綿筒が主要動作部であり、回転運動と上下運動を繰返しながら和紡糸を作成する。紡績過程における綿筒運動の解析によって、綿筒の運動は和紡糸の品質に強く影響を及ぼすことが明らかになった。すなわち、試作和紡精紡機を用いて綿筒上下動による糸の撚密度と太さの変化を測定した結果、綿筒上部の糸形成点付近における繊維滑脱領域にある撚数と繊維集束量の変化が、和紡糸の太さむらに大きく影響を及ぼしていることを明らかにした。また、和紡糸の太さは原料繊維の物理的性質に依存し、安定した紡出過程では糸の太さと撚密度は撚係数を一定値に保つように相互にバランスをとりながら繊維ランダム集合体からの糸形成が行われ、力学的に自己平衡性（self regulation）を持つ紡績プロセスであることが明らかとなった。

第4章、第5章、および第6章では、和紡精紡機とリング精紡機を援用して、コアガイド等の装置を付設することにより複合糸作成法を開発し、紡績操作条件と糸品質の関係を明らかにし、ついでこれらの精紡方法によって多種多様な複合糸の作成が可能であることを実証した。

すなわち、第4章では和紡糸外観の特徴を保存しながら糸強力を大きくできる新しい紡績絹糸の1つとしてコア・スパンヤーンを提案した。和紡精紡機に中空スピンドルとコアガイドパイプで改良した新規綿筒を付設することによって、短繊維と連続フィラメントを用いる複合糸の作成を可能にした。

試作装置である和紡コアスパン精紡機で作成した複合糸を“和紡式コア・スパンヤーン”と呼ぶことにした。和紡式コア・スパンヤーンの製造技術において、紡出張力とコアフィラメントの供給張力の差分は、綿筒内の原料からコアフィラメントによって繊維群が引抜かれるときの張力、および綿筒内を通過するコアフィラメントと原料繊維間の摩擦力等の総和であると考えることができ、シース繊維層を形成するための綿筒内原料の平均繊維長、およびコアフィラメントの種類は紡出糸の太さと撚密度に影響を及ぼすことが分かった。また、コア・スパンヤーンにおいてはコアフィラメントとシース繊維の摩擦作用が重要であることを示唆した。和紡式コア・スパンヤーンを和紡単糸と比較・検討して、紡出糸の外観形状に対するコアフィラメントの挿入効果を明らかにした。

第5章では、コア・スパンヤーンにおけるシース繊維とコアフィラメントの相互関係について検討した。ここでは実験精度を確保するために、和紡精紡機に比べて紡績技術が簡単であり、かつ糸の形成が比較的安定しているという理由からリング精紡機を援用した。リング精紡機にコアガイドとテンションディスクを付設することにより、コア・スパンヤーンを作成を可能にし、このリング・コアスパン精紡機で作成した複合糸を“リング式コア・スパンヤーン”と呼ぶことにした。リング式と和紡式のコア・スパンヤーンを比較・検討して、糸構造の一致性が確認できたので、リング式コア・スパンヤーンを実験試料に用いてコアフィラメントとシース繊維の摩擦作用を論じた。すなわち、コア・スパンヤーンを構成するシース繊維とコアフィラメントの選択の重要性を示し、シース・コア型複合糸の引張特性について述べた。シース繊維が絹短繊維である場合には、ポリエステルなどの化学繊維のフィラメント糸よりも、生糸あるいは精練糸をコアフィラメントとして使用すれば、一般的な加成性から得られた計算値と実験値との強力差（偏差）が小さいことが分かった。

第6章では、リング・コアスパン精紡機による多層構造糸の試作を行った。リング精紡機のツインスパンヤーン作成法を援用して、2本の異種類の短繊維粗糸と連続フィラメントを組合せた多層構造糸の作成法を提案し、これを作成した。

この複合糸はサイド・バイ・サイド型とシース・コア型を組合せた糸構造を持ち、“コア・ツインスパンヤーン”と呼ぶことにした。また、この精紡機に試作可変コアガイドを付設することによって、コアフィラメントの挿入位置や挿入方式を変化させた数種類のコア・ツインスパンヤーンの作成を可能にし、糸の特性と品質に及ぼすコアフィラメントの影響を明らかにした。コア・ツインスパンヤーンでは、ツインスパンヤーンに比べて、糸強力の改善と構造の多様化が期待できる。使用コアフィラメントの総太さが同じである場合、マルチコア糸ではシングルコア糸と比べて、糸強力の増加を得ることができた。コアフィラメントを分散して配置させたマルチコア糸では、短繊維群をコアフィラメントで部分的に結束でき、結束紡績糸 (fasciated yarn)²¹⁾ と類似した糸構造であることが分かった。マルチコア糸の紡出時には、コアフィラメントの供給張力のほかに2本の供給粗糸間隔 (strand spacing) やコアフィラメントの移動周期 (migration period) の設定にも注意が必要であった。

第7章では、各章をまとめて考察・検討した。

以上のように、絹紡績糸の複合化に関する本研究結果は、糸の強力改善と構造の多様化の視点から、複合糸としての紡績絹糸設計に重要な基礎的指針を与えるものであり、高性能・高付加価値化による新規絹糸としての使用が、絹製品の用途拡大を促し、絹産業の活性化につながることを期待するものである。

参考文献

- 1) 井上 孝; “現代繊維辞典”, センイジャーナル, (1965).
- 2) 足立達雄; “繊維工学 I 紡績”, 日本繊維工業研究会, (1983).
- 3) 川崎健太郎; “加工糸概論”, 日本繊維機械学会, p3 (1967).
- 4) 福田紀文; “蚕糸学用語辞典”, 日本蚕糸学会, (1979).
- 5) 島元義枝; “日本絹紡糸事業概観”, 日本絹紡協会 (1980).

- 6) 浜崎 実；日本蚕糸学会誌，**58**，332（1989）.
- 7) 宇山 満，浜崎 実；日本蚕糸学会誌，**58**，493（1989）.
- 8) 森山二郎；”絹糸紡績”，丸善（1947）.
- 9) 和田 進；紡織界，**33**，621（1942）.
- 10) 矢橋彦四郎；繊維技術，**11**，97（1943）.
- 11) シンポジウム東海の産業遺跡・遺物；東海産業考古学会，（1987）.
- 12) 和田 進；紡織界，**34**，886（1943）.
- 13) 矢橋彦四郎；繊維技術，**34**，963（1943）.
- 14) 中沢 賢，篠原 昭，松橋周一；日本繊維機械学会第 38 回年次大会研究
発表論文集，p13（1985）.
- 15) 中島 勝，加瀬 晋，森山勝敏；日本繊維機械学会第 41 回年次大会研究
発表論文集，p21（1988）.
- 16) 土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会誌，**53**，403（1984）.
- 17) 土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会第 31 回中部支部講演
要旨集，p5（1975）.
- 18) 土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会第 33 回中部支部講演
要旨集，p6（1977）.
- 19) 高林千幸；製糸絹研集録，**36**，57（1988）.
- 20) 中屋 昭，坪井 恒，羽賀篤信，岩垂美智子；製糸絹研集録，
35，41（1987）.
- 21) 浅野忠七男，山形誠一，中山 隆；
日本繊維機械学会誌，**35**，P145（1982）.

第2章 新しい絹紡績糸の分類とその評価法

2・1 緒 言

複合 (composite) という言葉は、繊維の混合を意味する調合 (blend) と混同してはならない。2 種類以上の異質繊維の組合せで構成繊維の少なくとも 1 つに連続フィラメントを使用する糸は複合糸 (composite yarn) と呼ばれている¹⁾。コア・スパンヤーン (core-spun yarn) は一般にフィラメント糸を芯 (core) にして短繊維で被覆した糸、すなわち有芯の紡績糸であり外被 (sheath) 繊維の風合いとコア糸の機能性をフルに生かすための複合糸である。したがって、コア・スパンヤーンはフィラメント糸の細く強い性質と紡績糸の柔軟な風合いを兼ね備えた糸である。この糸で織られた布はシース繊維の風合いを損ねることなしに、生地形態安定性、張り、腰、強さなど力学的性質が付与される²⁾。この糸は 1963 年にデュポン社がその商品化を発表して以来、複合化商品としての価値が広く認められており³⁾、綿繊維や化学繊維フィラメントを中心として多くの研究^{4)・7)}や製品化がなされている。また、最近の新しい構造を持つ糸としてツインスパンヤーン (twin spun yarn) がある。ツインスパンヤーンは梳毛糸の毛羽を少なくするために考案された糸であり、サイロスパンヤーン (csiro spun yarn) とも呼ばれている^{8)・9)}。この製造法の特徴は 1 つのドラフト部において分離された状態で 2 本の粗糸を並列供給するもので、双糸の構造をもつ糸が 1 工程で作成できる。サイロスパンヤーンは 2 本の羊毛繊維からできた粗糸を用いた糸の商標であり、ツインスパンヤーンはこのサイド・バイ・サイド構造を持つ糸の総称である^{10)・18)}。

絹繊維を素材にした伝統的な糸として、フィラメントから作成された糸には生糸、あるいは精練糸があり、短繊維から作成された糸には絹紡糸、あるいは絹紡糸がある。生糸（raw silk）は、数粒の家蚕（かさん、silk worm）の繭から繰糸（そうし、reeling cocoon）して作った繭糸（けんし、bave、蚕が吐出したままの糸でセリシン（sericin）とフィブロイン（fibroin）が主体である。）の合わさった糸で、撚りも加えず精練もしない。広義には玉糸（doupion raw-silk、玉繭（double cocoon、2頭またはそれ以上の蚕が造った繭）のみから繰糸した生糸）も含まれている。精練糸（あるいは練糸（ねりいと）、scoured silk）は、生糸を精練してセリシンを除去した糸であり、精練糸は生糸に比べて柔らかさを持った糸である。これらのフィラメント糸は、後述する紡績糸に比べて一般に糸強力は強いが、外観的な特徴に大きな差異はない。一方、絹の紡績糸には、精練した絹短繊維を使用するが、原料短繊維の長さや紡績機械の違いから絹紡糸と絹紡糸（けんぼうちゅうし）との区別がある。なお、糸（つむぎいと、hand spun-silk yarn）は、真綿（まわた、floss silk、繭を薬品またはあくで煮て、わた状に引きのばしたもの）から手で紡いだ糸、または練った屑繭から足踏機械などで紡いだ糸である。下等原料繊維を和紡精紡機で紡績した絹紡糸は、節のある太い糸という外観的特徴を有するものの、比較的長い繊維をリング精紡機で紡績した絹紡糸に比べると糸強力が小さい。

このように、絹繊維として同じ素材であるフィラメント糸、紡績糸、および糸は繊維長の影響を受けて、糸の品質や特徴が異なったものとなっている。また、絹繊維と他種繊維との混綿や混紡はすでに多く行われてきた。しかし、そのほとんどの場合において絹繊維は短くカットされて使用されるために、絹本来の細くて長いという特徴が損なわれがちである。一方、絹の複合化についてはほとんど研究されておらず、その複合化製品が見かけられない。性質の異なる素材を複合して、単独素材では表現できない糸構造の作成が複合化問題の1つの糸口であるとするならば、絹繊維フィラメントと絹短繊維とは異種素材として取り扱うことができる。

さらに、異種繊維素材、例えばポリエステルや綿などの繊維素材との組合せにより、新規に絹紡績糸が作成できるものと考えられる。

ここでは、伝統的なフィラメント糸にはない外観を持ち、しかも従来の紡績糸よりも強い糸を作ることの初期の目標として、複合糸の形態を分類し、繊維素材の組合せと複合方法について検討する。新しい絹紡績糸はコア・スパンヤーン、およびコア・ツインスパンヤーンであり、和紡精紡機とリング精紡機を援用した作成法を開発し、その概要を説明する。ついで、これらの複合紡績絹糸の特徴を抽出する方法として、力学的性質、摩擦係数、および太さむらの評価方法を論じる。

2・2 複合糸の分類

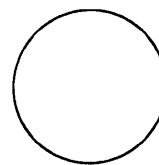
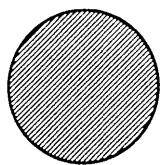
2・2・1 繊維素材の組合せ

(1) 絹短繊維と絹繊維フィラメントとの複合糸（コア・スパンヤーン）

短繊維とフィラメントとを組合せた複合糸には、コア・スパンヤーンがある。糸断面内において生糸（あるいは精練糸）をコア層に配置し、絹短繊維をシース層に配置したシース・コア型の2層構造を持つコア・スパンヤーンを作成する（Figure 2-1（C-1）参照）。この複合糸の作成機としては紡績糸の外観的特徴を考慮して、本来絹紡細糸の作成を目的とした和紡精紡機と、絹紡単糸の作成を本来の目的としているリング精紡機を援用する。これらの精紡機において絹繊維フィラメントを供給・挿入して絹短繊維とフィラメントを複合化できる新しい装置を付設した。ここで作成した糸は紡績方式により区別して、それぞれ“和紡式”コア・スパンヤーン、および“リング式”コア・スパンヤーンと呼ぶことにする。この装置は異種繊維のフィラメント糸や紡績糸などをコアとして用いる糸構造の多様化を実現可能である。

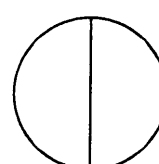
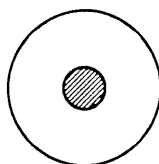
(A-1) Filament yarn
Raw silk, Scoured silk, Chemical/
Single material/ Single structure/
Hard handle

(A-2) Spun yarn
Spun silk, Noil silk, Other
staple fiber/ Single material/
Single structure/ Soft handle



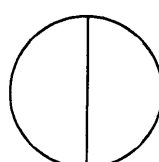
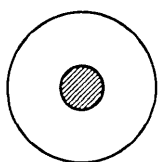
(B-1) Core spun yarn
Staple fiber + filament/ Two
materials/ Sheath-core structure

(B-2) Twin spun yarn
Wool fiber/ Single material/
Side-by-side structure

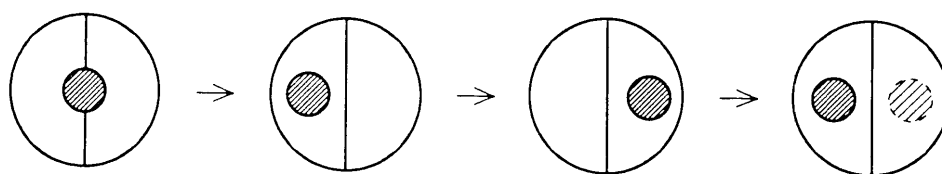


(C-1) Core spun yarn
Silk staple fiber + silk
filament/ Two materials/
Sheath-core structure

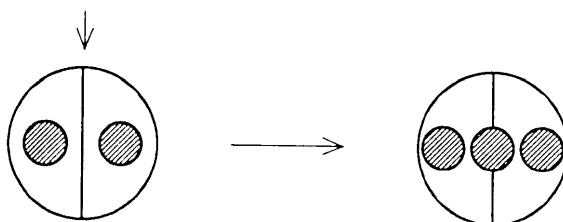
(C-2) Twin spun yarn
Silk staple fiber + other
staple fiber/ Two materials/
Side-by-side structure



(C-3) Core twin spun yarn
Silk staple fiber + other staple fiber + silk filament/
Three materials/ Sheath-core + side-by-side structures



Single-core



Multi-core

Fig. 2-1 Yarn classification (A: traditional yarn, B: new yarn, C: composite spun-silk yarn).

(2) 絹短繊維と異種短繊維との複合糸（ツインスパンヤーン）

この組合せにおいては従来繊維の均一混合が一般的であったが、ここでは異種短繊維を組合せた複合糸としてツインスパンヤーンを作成する。この糸は、絹短繊維と異種短繊維をサイド・バイ・サイド型に分割した断面構造を持っている（Figure 2-1（C-2）参照）。この糸の作成機としては、リング精紡機のツインスパンヤーン作成法を援用して、異種短繊維と絹短繊維を複合化できる新しい装置を付設した。フィラメント糸との複合化ではないために、この糸の強力については大きな改善を期待できないが、糸の外観に特徴を有している。

(3) 絹短繊維、異種短繊維、と絹繊維フィラメントとの複合糸（コア・ツインスパンヤーン）

異種短繊維とフィラメントとの組合せにおいては、前記（1）と（2）2つの作成法を組合せることにより、コア・シース型とサイド・バイ・サイド型の両構造を複合した糸を作成する（Figure 2-1（C-3）参照）。この糸の作成機には、リング精紡機のツインスパンヤーン作成法において絹繊維フィラメントを供給・挿入して、異種短繊維とフィラメントを複合化できる装置を付設した。ここで作成した糸は“コア・ツインスパンヤーン”（core twin spun yarn）と呼ぶことにする。この糸は、フィラメント糸の使用により前述したツインスパンヤーンに比べて大きな糸強力を期待できる。また、絹繊維フィラメントの挿入位置や複数のコアフィラメントを用いたマルチコア糸の変化によって、異なる性質を持った糸構造の多様化が実現可能である。

Figure 2-1 は従来糸である生糸と絹紡糸、および新規複合紡績絹糸の性質と糸断面の特徴を示している。このように、新規複合紡績絹糸の構造を策定したが、その作成方法については、各繊維素材をどのような方法を用いて、どのように組合せるかを検討する。

2・2・2 コア・スパンヤーン

絹短繊維と絹繊維フィラメントを組合せた複合糸であるコア・スパンヤーンの作成について述べる。

(1) 和紡式コア・スパンヤーン

和紡精紡機で紡績された糸は和紡糸、あるいはガラ紡糸と呼ばれ、原料が絹であるときに和紡絹糸 (throstle-spun silk yarn) と呼んでいる。和紡糸は下等繊維による梳綿工程上がりのラップを原料としているために、一般にネップやスラブが多く、ネップヤーン (nep yarn) とか、スラブヤーン (slub yarn) とか呼ばれる特殊糸であり、いわゆる紬糸 (noil yarn) である。したがって、この糸は太さむらと撚りむらが多く、しかも太番手であるために、同じ紡績糸であるリング精紡機で作成した糸に比べると柔軟で、糸強度は低い。そのために、単糸で用いられることはほとんどなく、再撚が施されて双糸以上で用いられている¹⁹⁾。和紡式コア・スパンヤーンは和紡絹糸の特徴ある糸外観を保ちながら、しかもフィラメント糸の力学的性質を付与した複合化によって、糸強度を改善しようとする材料である。このような新しい糸は、従来から用いられている和紡糸作成において綿筒内の原料繊維がシース繊維となるようなコアフィラメントの供給方法を考案することによって、コア・スパンヤーンの作成法が開発可能となった^{20)・22)}。

まず、和紡精紡法について説明する。Figure 2-2 は和紡精紡機の概略図である。モータ (M) の回転はスピンドルバンド (C) により、機台に軸を固定されたプーリへ伝えられるとともに、さらに減速されて巻取りローラ (R) へと伝えられる。ブリキ製の円柱状綿筒 (A) の下部に固定されたクラッチ (N₁) はプーリ上部に固定されたクラッチ (N₂) と噛合って回転する。原料繊維からできたカードラップは円柱ロール状に巻かれた状態で綿筒に詰められる。綿筒下部に固定されたスピンドル (S) は、プーリの中心を通り抜けてレバー (L) の一端に接している。レバー (L) の他端には荷重 (W) が掛けられており、レバー (L) はスピンドル (S) を上方へ押し上げている。綿筒より上方へ向かって作成された糸は巻取りボビン (B) に巻取られる。

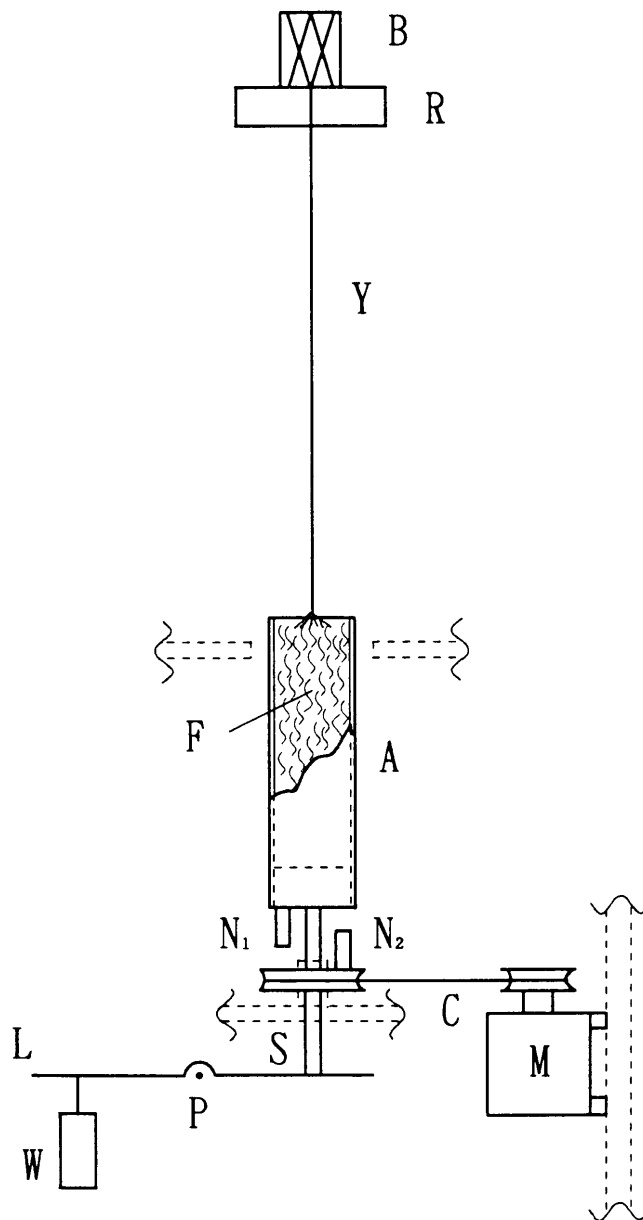


Fig. 2-2 A schematic of throstle-spinning machine (A: stuffer tube; B: bobbin; C: spindle band; F: fiber; L: lever; M: motor; N₁, N₂: clutches; P: fulcrum; R: take-up roller; S: spindle; W: load; Y: yarn).

ボビン（B）は一对の巻取りローラ（R）との摩擦によって回転する。紡績を開始するために種糸の一端を回転している綿筒上部の繊維に近づけると、これらの繊維群がその種糸に絡みつき、綿筒の回転により繊維群に撚りがかかる。ここで種糸を引上げると、撚りのかかった和紡糸が作成される。和紡精紡法は間欠精紡法の特徴として綿筒の上下運動を繰返ししながら糸を作成する。

ついで、和紡式コア・スパンヤーンの作成について説明する。糸外観に和紡糸の特徴を有したコア・スパンヤーンを作成するためには、シース繊維を形成する綿筒内の原料繊維へコアフィラメントを挿入する必要がある、Figure 2-3 に示したように、従来の綿筒スピンドルを中空スピンドル（真鍮製，直径 3 mm）に変更した綿筒を用いた。すなわち、中空スピンドルの中に金属パイプ（真鍮製，直径 2.5 mm）を挿入し、綿筒ガイドパイプとすることによって、綿筒にコアフィラメントの供給部を与えた。ガイドパイプの上端は綿筒底部を通抜けて綿筒内へ突出し、下端は中空スピンドルよりもおよそ 20 mm だけ長く突出している。Figure 2-4 に示すように、機械への装着においてガイドパイプ（G）はレバー（L）を貫通し、中空スピンドル（S）はレバー上に位置している。したがって、この突出した長さが前述した綿筒上下運動に対して、コアフィラメントを保護しながらガイドする役目を果たすものである。コア・スパンヤーンの作成において、機械底部に位置しているコアフィラメント（Y）はテンションディスク（T）によりコア張力を与えた後、綿筒ガイドパイプ（G）を通り綿筒内の原料繊維へ挿入される。紡績中においては、綿筒の回転により繊維群がコアフィラメントに絡みつき、前述した綿筒上下運動を繰返しながらコア・スパンヤーンを作成し、上方のボビンに巻取られる。

このように、新型綿筒の開発・改良により、和紡精紡機を援用したコア・スパンヤーンの作成が可能となった。しかし、和紡精紡機の紡績過程および和紡式コア・スパンヤーンの製造技術には不明な点が多い。

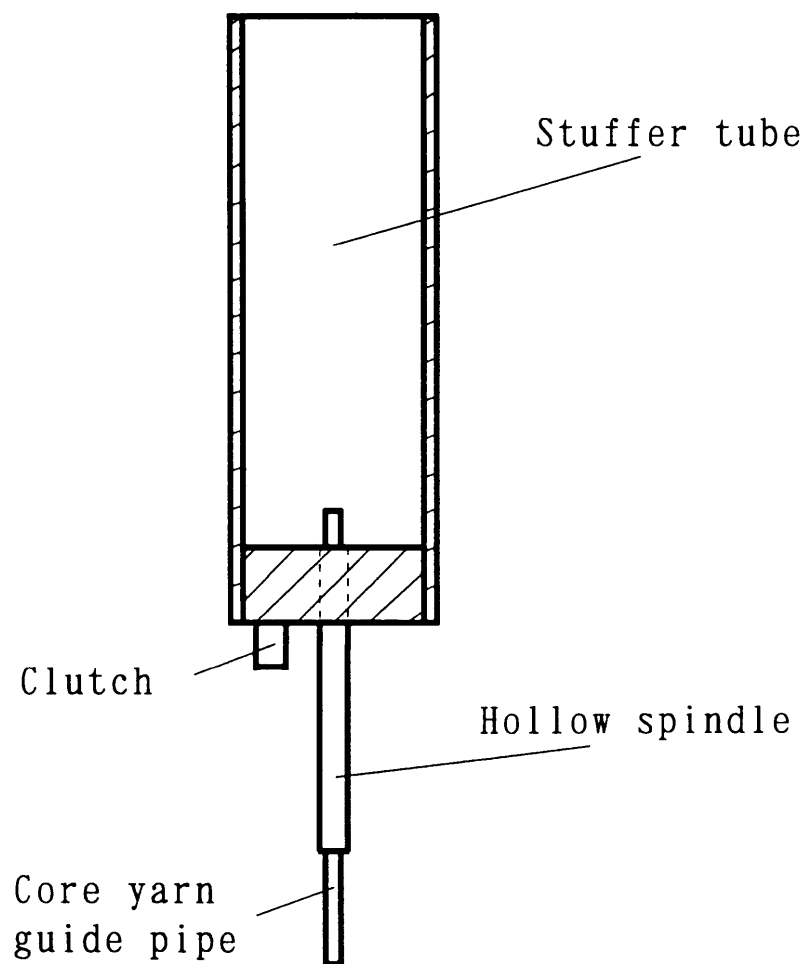


Fig. 2-3 Improved stuffer tube.

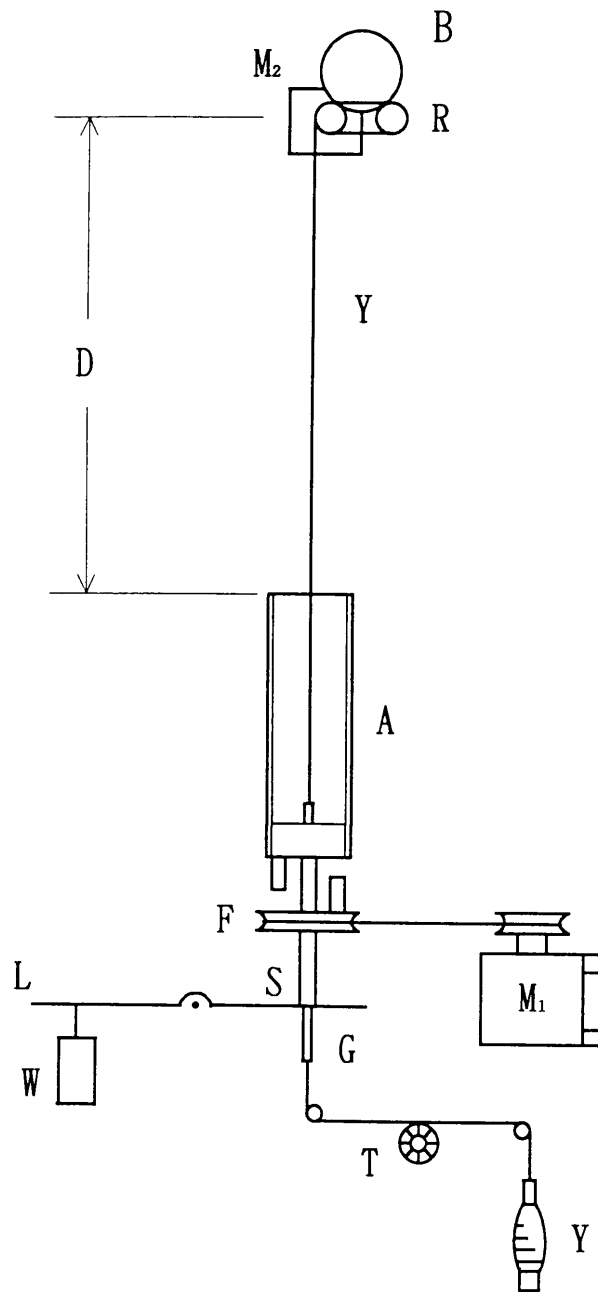


Fig. 2-4 Improved throstle-spinning machine for core-spun yarn (A: stuffer tube; B: bobbin; D: ratch; F: pulley; G: guide pipe; L: lever; M_1 , M_2 : motors; R: take-up roller; S: hollow spindle; T: tension disc; W: load; Y: continuous-filament core yarn).

そこで、試作和紡精紡機では Figure 2-4 に示すような2個の変速モータ (M_1 , M_2 、シンボ工業製、MRXM-90) の使用により、綿筒と巻取りローラをそれぞれのモータで回転させ、ラッチの長さ (D 、綿筒最上部から巻き取りローラ中心までの距離) も調節可能にした。スピンドル速度、巻取り速度、およびラッチ長さは、綿筒の運動と関係して和紡糸の太さと撚数に影響を及ぼすために、綿筒重量、原料繊維重量、荷重位置とならぶ基本的な紡績操作条件である。また、コアフィラメントの種類とコア張力は、糸形成点におけるシース繊維とコアフィラメントの絡みつきに關係して、コア・スパンヤーンの品質に影響を及ぼす。テンションディスクによりコアフィラメントに与えた張力が適当でない場合には、Figure 2-1 (C-1) に示したシース・コア型の糸断面構造とはならず、コア・スパンヤーン表面にコアフィラメントの出現がありシース繊維で完全にカバーできない複合糸構造となる。

(2) リング式コア・スパンヤーン

リング精紡機で作成された糸はリング糸と呼ばれ、絹を原料としているときには絹紡糸と呼び、和紡絹糸とは区別されている。和紡絹糸と異なり絹紡糸の外観は太さむらや撚りむらは少なく、その強度は大きい。この絹紡糸の外観を有ししかもフィラメント糸の力学的特性を付与するためにコア・スパンヤーンを作成した。この糸は、和紡精紡機を援用した和紡式コア・スパンヤーン（前節 2・3・1 参照）と区別するためにリング式コア・スパンヤーン (ring-spun core-spun yarn) と呼ぶことにする。Figure 2-5 はリング式コア・スパンヤーン作成法の概略図を示している^{23・25)}。シース繊維となる紡績粗糸はローラドラフト装置でドラフトされる。コアフィラメントはテンションディスクにより適当な張力が与えられ、コアガイドを通してフロントローラ手前に供給される。フロントローラに把持されたシース繊維とコアフィラメントは、フロントローラから同時に送出され、加撚され、ボビンに巻取られる。

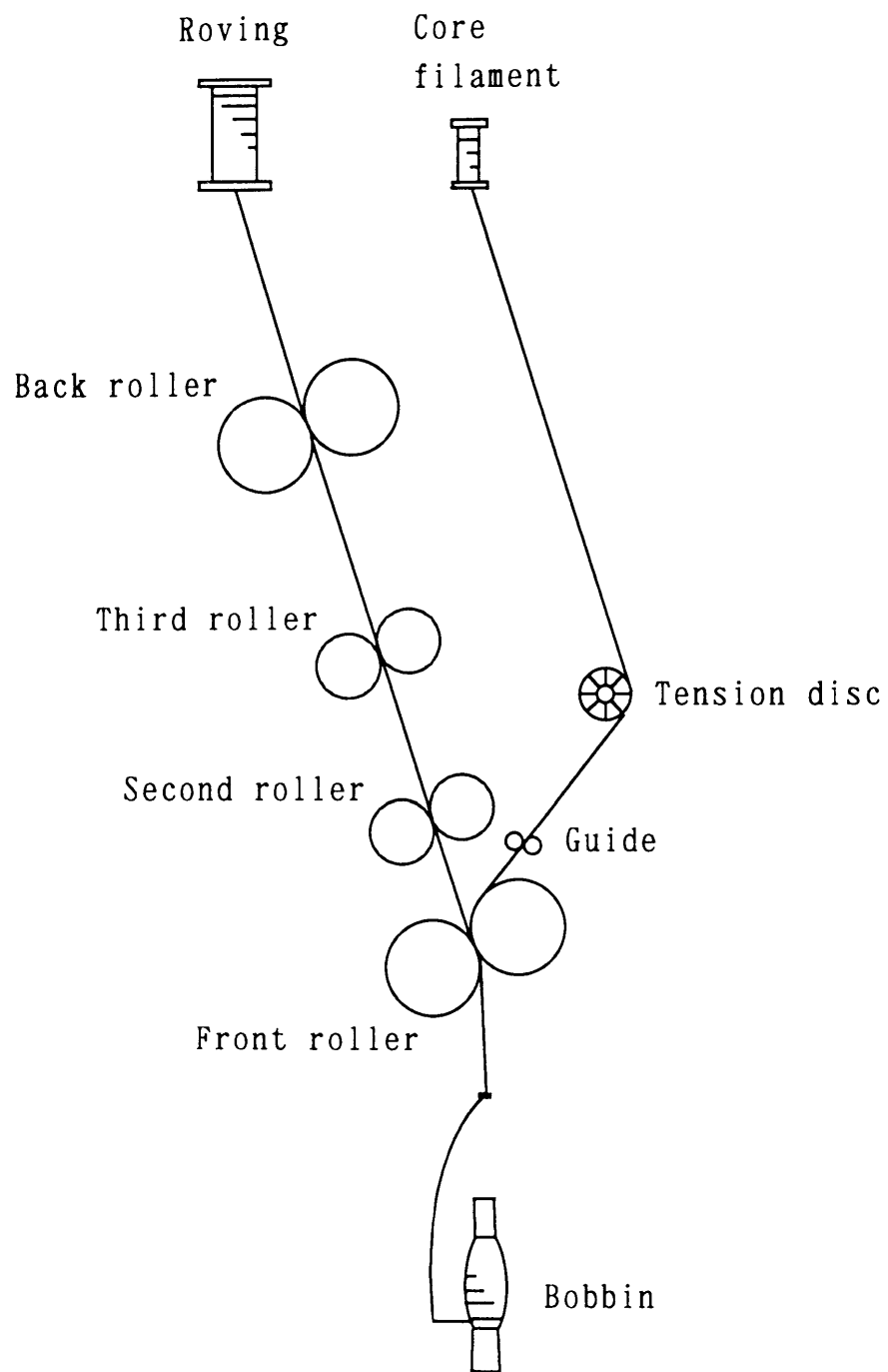


Fig. 2-5 A schematic of spun-silk ring-spinning frame for core-spun yarn.

リング式コア・スパンヤーンの作成においては、紡績粗糸へのコアフィラメントの供給位置、コアフィラメントの種類と張力といったコアフィラメントに対する注意のほかに、シース繊維である原料繊維の長さで作成糸の撚数設定が複合糸構造に影響を及ぼす紡績操作条件である。したがって、これらの設定が不適当である場合には、和紡式コア・スパンヤーンと同様に Figure 2-1 (C-1) に示した糸断面構造を得ることができない。

2・2・3 ツインスパンヤーン

絹短繊維と異種短繊維を組合せたツインスパンヤーンの作成について述べる。従来から用いられているリング精紡機でのコア・スパンヤーンの作成において供給する紡績粗糸は1本である。しかし、ツインスパンヤーンの作成においては2本の同一繊維粗糸を同一ドラフト部へ並列供給する。2本の紡績粗糸としてそれぞれ異種繊維粗糸を供給すると、糸中に絹短繊維と異種短繊維をサイド・バイ・サイドに配置した複合糸が作成できる。Figure 2-6 はリング精紡機におけるツインスパンヤーン作成法の概略図である。紡績中において2本の供給粗糸は、粗糸ガイドによって一定間隔に保たれた分離状態で同一ドラフト部へ並列供給され、ドラフトを受ける。ドラフトされた繊維束は、フロントローラから同時に送出され、加撚された後に、ボビンに巻取られる。

ツインスパンヤーンの作成においては、2本の異種繊維粗糸を同一ドラフト装置に供給するために原料繊維長と供給粗糸間隔が、複合糸の品質に影響を及ぼす紡績操作条件である。しかし、Figure 2-1 (C-2) に示した複合糸構造を得ることは難しい問題ではない。

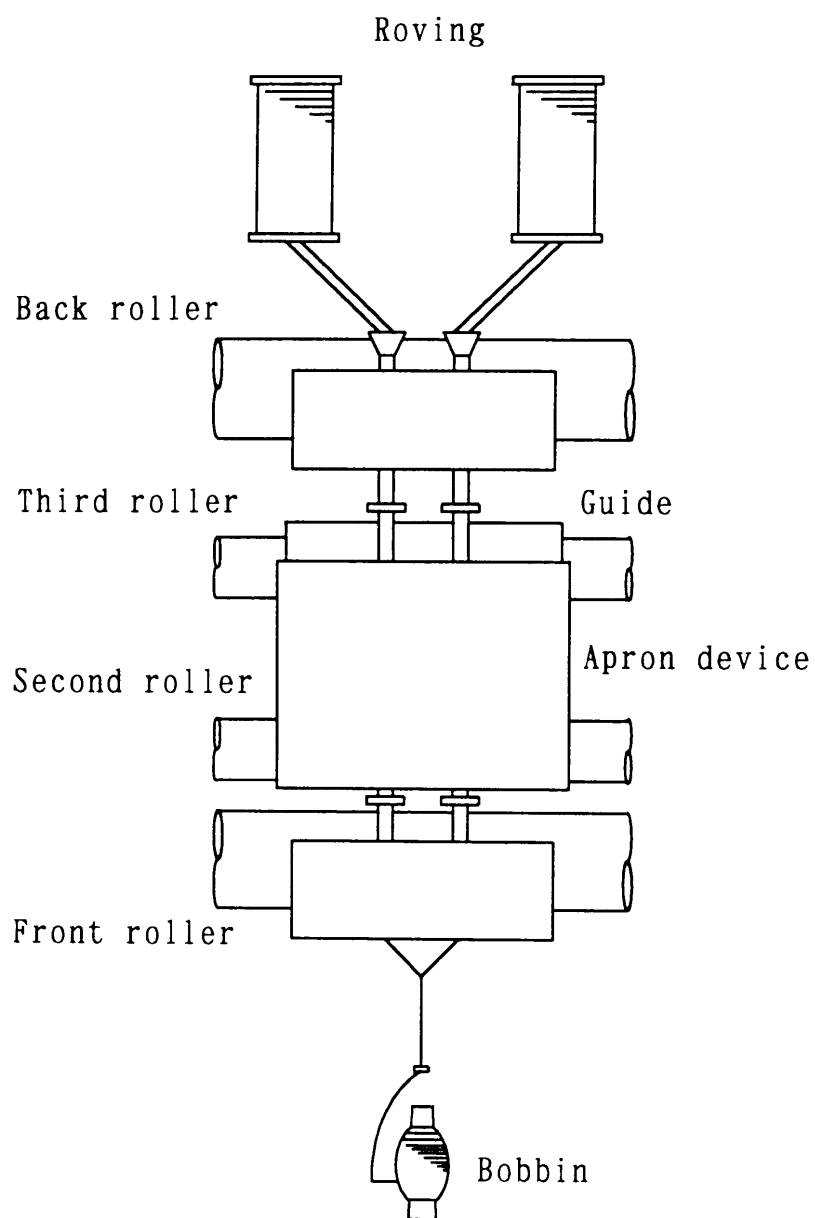


Fig. 2-6 A schematic of spun-silk ring-spinning frame for twin spun yarn.

2・2・4 コア・ツインスパンヤーン

ツインスパンヤーンの作成法にコア・スパンヤーンの作成法を導入することによって、絹短繊維、異種短繊維、および絹フィラメントの組合せとして、1本の糸中にサイド・バイ・サイド型とシース・コア型との複合構造をもつ複合糸の作成が可能である。Figure 2-7 はコア・ツインスパンヤーン作成法の概略図である^{26), 27)}。ツインスパンヤーン作成法におけるコア・スパンヤーン作成法の導入であり、テンションディスクによって適当な張力の与えられた1本のコアフィラメントを、フロントローラ手前で繊維束に供給する。コア・ツインスパンヤーンは2本の紡績粗糸を使用するために、前述したコア・スパンヤーンに比べてコアフィラメントの被覆状態は良好である。Figure 2-1 (C-3) に示した中央挿入糸は、2本の供給粗糸間の中央へ適当な張力でコアフィラメントを挿入したときに得られる糸断面構造であり、コア張力が不適当な場合には糸表面に出現する。したがって、コア張力の調整はコア・スパンヤーンの場合と同様にコア・ツインスパンヤーンの糸構造に大きな影響を及ぼす。また、異種繊維の粗糸を複数本使用するために、コアフィラメントの挿入位置は紡績操作条件として重要であり、コアフィラメントの挿入位置の調整によって異なる性質を持つコア・ツインスパンヤーンが作成できる。コアフィラメントは粗糸 A と B どちらか一方の繊維に包括されるが、一般的に A と B の中心に配置させることは困難である。(Figure 2-1 (C-3) 参照)。

Figure 2-8 は試作可変コアガイドの概略図である。コアフィラメント用固定ガイドの代わりに、試作した位置調整ローラによってコアフィラメントの位置が変化する可変ガイドを使用する。このローラは直径 75 mm、幅 25 mm のゴム製ローラで、その円周上に刻まれた溝に勘合して移動する糸ガイドによってコアフィラメントは異種繊維粗糸 (A と B) 間を移動する。この複合糸を移動挿入糸と呼ぶことにする (Figure 2-1 (C-3) 参照)。

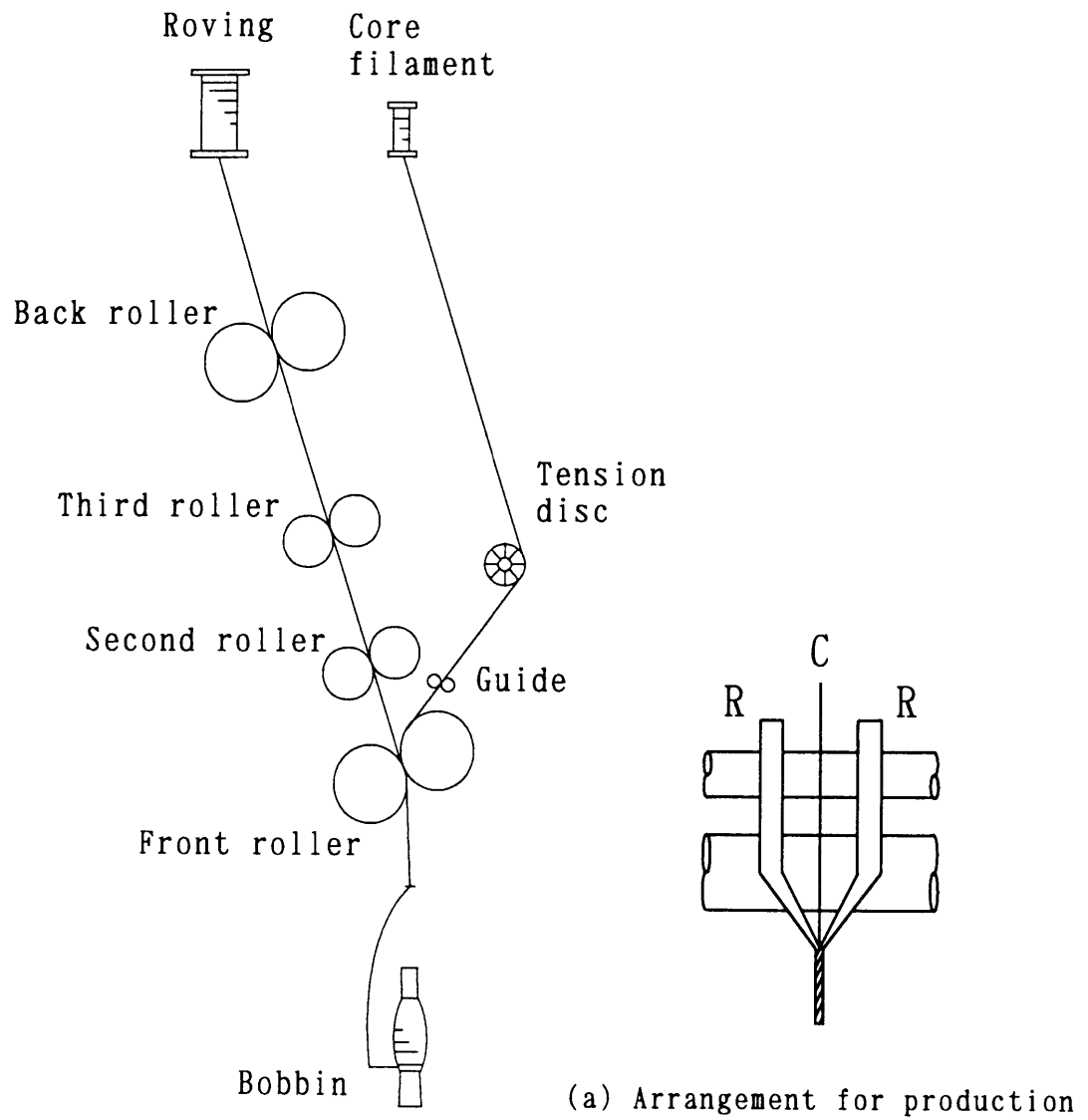


Fig. 2-7 A schematic of spun-silk ring-spinning frame for core twin spun yarn.

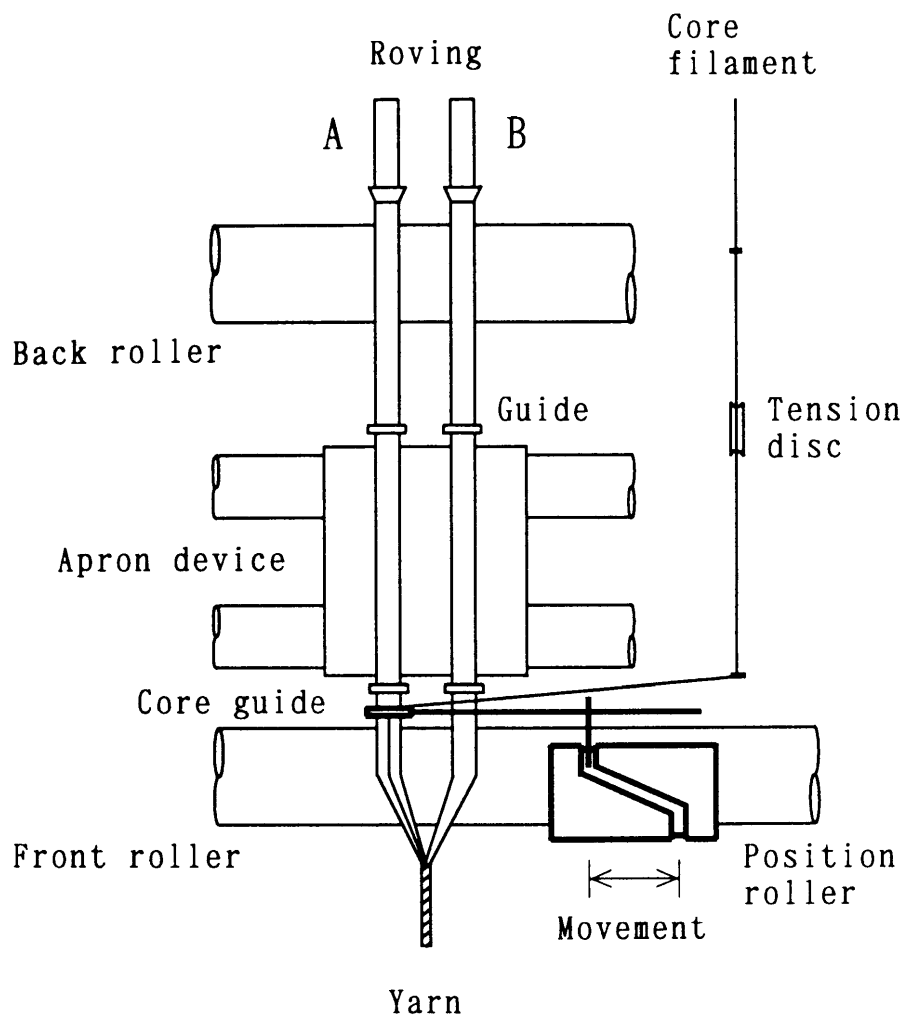


Fig. 2-8 A schematic of position control device for continuous-filament core yarn.

また、マルチコアフィラメントと可変コアガイドの使用により、さらに異なる性質を持つコア・ツインスパンヤーンを作成できるが、コア張力は、それぞれのコアフィラメントに対して調整する必要がある。これらマルチコアフィラメントの複合糸構造は Figure 2-1 (C-3) に示した断面となる。

2・3 糸の評価法

以下で述べる各種の方法で作成する糸の特徴を力学的性質、摩擦係数、太さむらでそれぞれ抽出した。すなわち、複合糸の強力特性における構成成分の寄与率は、単純な加成性により独立してその含有量に依存しているが、構成成分相互の凝集力や繊維形状によって影響を受ける。したがって、引張強力の測定は複合糸のみならず、構成成分であるそれぞれの繊維で作成した糸についても測定を行った。各構成繊維から作成した紡績単糸、およびフィラメント糸それぞれの実験値を用いて単純な加成性による計算値を求め、これを複合糸強力の計算値とした。糸の構成成分相互の作用は、引張強力の実験値と計算値との比較、および成分繊維の摩擦係数と引抜抵抗値の測定によって調べた。さらに、糸の外観は太さむら変動 (CV%)、むら曲線のスペクトル解析 (スペクトログラム)、および糸中のコアフィラメント位置を表す断面形状係数 (P 値) で評価した。

2・3・1 引張試験

糸の強伸度を JIS、および ASTM の方法^{28, 29)}に従い、インストロン型引張試験機³⁰⁾を用いて測定した。測定条件は、試長 20～25 cm、引張速度を 100 mm/min、測定回数を 100 回とした。各測定においては、試験機の上下把持部付近で試料が切断したときは異常切断とみなし、試験回数および試験結果から除外した。また、正常な切断試料については試料を上下把持部直前で切断し、その糸の質量を秤量することにより、測定部分の番手を求めた。糸の番手、および単位太さ (番手) 当たりの強力は、次式 (2-1)、(2-2) を用いてそれぞれの平均値を計算した。

糸の強さは繊維長や撚数によって影響を受けるが、太さの異なる糸を比較するために、一般的には単位太さ当たりの強さとして表される。また、作成糸の部分的な太さむらを考慮して、本研究においてもこれを使用した。糸の太さは質量と長さをもって規定され、番手（yarn count）によって表示される。恒長式番手であるテックス番手（tex）は、糸の長さ 1000 m 当たりの質量（g）で表される。

ここで、試長（一定）が H (cm) である糸の切断強力を F (gf)、および試料の質量を W (g) とすると、

$$\text{糸のテックス番手} = \frac{100000 \times W}{H} \quad \dots (2-1)$$

$$\begin{aligned} \text{糸の強力 (gf/tex)} &= (\text{強力}) / (\text{テックス番手}) \\ &= \frac{H \times F}{100000 \times W} \quad \dots (2-2) \end{aligned}$$

複合糸においては各構成成分間の相互作用を検討するために、それぞれの繊維成分のみで構成された糸についても同様の測定を行った。複合糸強力の計算値は単純な加成性に従い、各構成成分糸の強力実験値の算術和で表されるものと仮定し、複合糸強力を次式（2-3）で計算した。すなわち、複合糸が2つの繊維成分 A と B が分率 γ , δ で構成され、それぞれの構成成分からなる糸の切断強力が F_A (gf), F_B (gf) のとき、A, B 複合糸強力の計算値 F (gf) は、

$$F = \gamma F_A + \delta F_B \quad \dots (2-3)$$

$$\text{ただし、} \gamma + \delta = 1$$

で与えられる。一方、複合糸強力の計算値と実験値との差異には構成成分間の相互作用が含まれていると考え、次に示す摩擦係数を測定して、その差異についての検討資料とした。

2・3・2 摩擦係数

コア・スパンヤーンにおけるコアフィラメントとシース繊維間の摩擦は、複合糸の強伸度試験に対して影響を及ぼすものと考えられる。そこで、レーダ法により糸の静摩擦係数を測定した^{31)・32)}。レーダ法による摩擦係数の測定は、各層の糸であるコアフィラメントとシース糸をそれぞれ独立に計測するもので、本来のコア・スパンヤーンにおける2成分の相互関係を正確には示さないものと考えられる。そこで、レーダ法による摩擦試験とは別に、コア・スパンヤーンからのコアフィラメントの引抜試験をも行った。

(1) レーダ法

Figure 2-9 は測定装置の概略図を示している。レーダ法は“ベルト掛け法”と呼ばれるものである。操作としては、(a) 一定張力のもとで糸を巻いたシリンダ上に、両端に初荷重 (T_1) を吊るした測定糸を直行するように掛けた後、一端をトーションバランスのフックに下げる。(b) トーションバランスのノブ操作により、吊るされた初荷重を減少させて両糸間に滑りを起こさせる。このときのトーションバランス上の荷重 (A) から、静摩擦係数 μ は(2-4)式より求めた。

$$T_1 = T_0 e^{\mu \alpha} \quad \dots (2-4)$$

ただし、 $T_0 = (T_1 - A) mg$,

T_1 = 糸両端の初荷重 (= 300 mg) ,

A = トーションバランスにより取除かれた荷重 (mg) ,

α = 接触角 (= π rad)

測定条件は、シリンダ上に巻付ける糸をシース繊維で作成した紡績単糸、直行試料(測定糸)をコアフィラメント、測定回数を20回として、それぞれの測定で μ 値を計算しその平均値を用いて糸の静摩擦係数を評価した。トーションバランスのノブの操作速度はほぼ一定に保った。

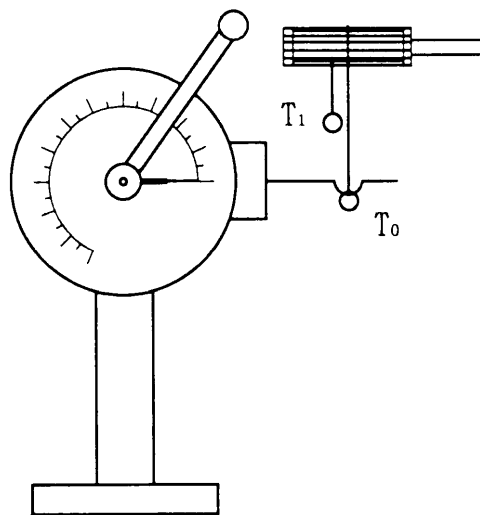


Fig. 2-9 Apparatus of Röder's method.

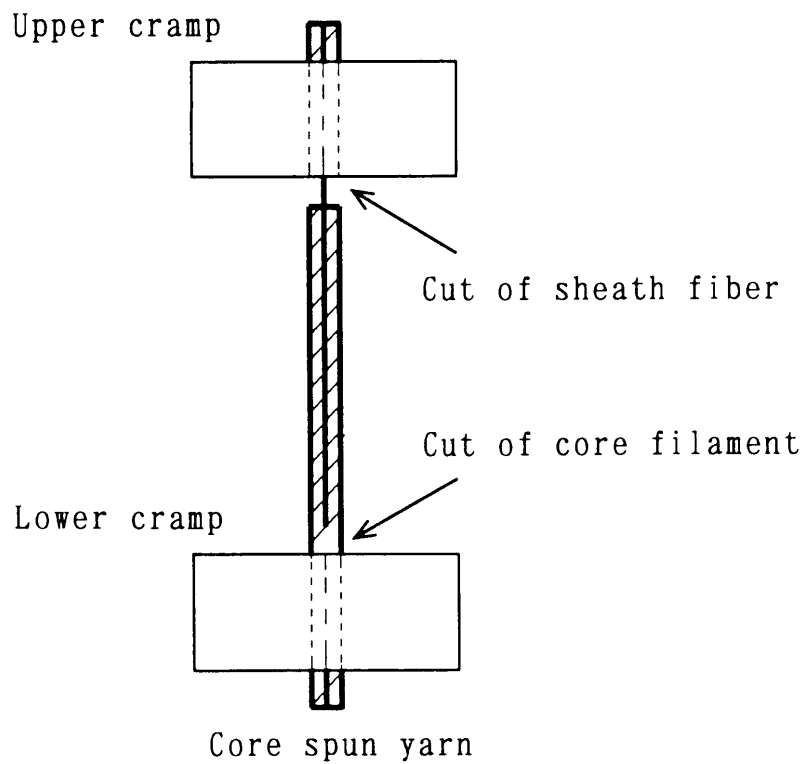


Fig. 2-10 A method of withdrawal force test for continuous-filament core yarn in core-spun yarn.

(2) コアフィラメントの引抜試験

Figure 2-10 はコアフィラメントの引抜試験法の概略図を示している。操作としては、(a) 試料であるコア・スパンヤーンを台紙に固定する。(b) 台紙ごと引張試験機に取り付けた糸は、上把持部においてはコア部を残しシース部のみを注意深く切断した。また下把持部においては、両手で糸の撚りを移動させた後に、シース部を残してコア部のみを切断した。(c) ついで、試料の台紙を切断して、コアフィラメントの引抜抵抗値を測定した。測定条件は、試長を 7 cm、引張速度を 20 mm/min、試験回数を 20 回とした。

以上得られたレーダ法による摩擦係数、およびコアフィラメントの引抜抵抗値によって、コア・スパンヤーンの強力に関する実験値と計算値の差異について検討を加え、コア・スパンヤーン中における構成成分間の相互作用を評価した。

2・3・3 外観むら

糸における太さむらの評価は強伸度と同様に重要であるばかりでなく、相互に関係している。すなわち、太さむらの大きな糸ほど糸切断点の太さは小さいために、糸が弱くなるものである。そこで、ASTM の方法³³⁾ に従い、ウスターテスト 3 型自動糸むら試験機を用いて、太さむらの変動係数 (CV%)、およびスペクトログラムを測定した^{34, 35)}。測定条件は糸の送出速度を 25 m/min、測定時間を 1~2 分とした。

一般的に糸の太さは全く均一というわけにはいかず、部分的に異なるものであり、この太さ変動が太さむら（あるいは糸むら）と呼ばれている。ランダムな変動における変動の度合いを統計的に定量化する方法として、変動係数 (CV%) が用いられる。いま、連続したランダム変動 $F(x)$ の変動係数 $CV(\%)$ は、区間 $0 \sim X$ 間の平均値を $G(x)$ とするとき、次式 (2-5) により表される³⁶⁾。

$$CV (\%) = \frac{\sigma}{G(x)} \times 100 \quad \dots (2-5)$$

$$\text{ただし、 } G(x) = \frac{1}{X} \int_0^X F(x) dx ,$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{X} \int_0^X \{ F(x) - G(x) \}^2 dx$$

この CV% 値が小さいほど糸の太さむらは小さく、より均斉な糸であることを示しており、糸が評価できる。しかし、この変動量だけでは平均値の両側にデータがばらついている様子、すなわち糸の太さについて凸凹具合が理解できるだけである。そこで、変動中に含まれている周期要素については次に示すスペクトル解析を行った。

太さむら変動の中に、どのような周波数のものがどのような強さで存在しているかを具体的に知る方法が、いわゆるスペクトル解析である。この解析にはペリオドグラム、自己相関関数、およびスペクトル密度関数などが用いられる。いま、平均値 (=0) のまわりにばらついている原変動 $F(x)$ に対して、次式で表されるような $S(f)$ をスペクトル密度関数³⁶⁾、あるいはパワースペクトルと呼んでいる³⁷⁾。また、自己相関関数からも計算することができる。

$$\int_{-\infty}^{\infty} F^2(x) dx = \int_0^{\infty} S(f) df$$

さらに、自己相関関数 $R(\tau)$ との関係は次式で与えられている。

$$S(f) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos 2\pi f\tau d\tau$$

周波数 f の代わりに波長を変数にとり、その波長成分の強度を表示したものが、スペクトログラム (spectrogram) である。

このように、糸の太さむらについての周期要素が糸の長さを用いて表現でき、糸を評価するものである。

なお、理想的な糸においては繊維長、および繊維度が完全に均一な繊維で構成され、繊維軸が糸軸に平行であり、フック等がないものと仮定すると、繊維先端がランダムに分布しており、糸の長さ方向の微小区間内に入る繊維先端数はポアソン分布に従っている³⁸⁾。いま、繊維の繊維度を A (denier)、平均断面繊維本数を N (本) とするとき、糸の太さ Y (denier) は、 $Y = A \times N$ で表される。よって、理想的な糸の変動係数 $CV_{i.i.}$ (%) は次式より求まる。

$$\begin{aligned} CV_{i.i.} &= \{ \sigma / Y \} \times 100 \\ &= \{ A \sqrt{N} / A N \} \times 100 \\ &= 100 / \sqrt{N} \end{aligned}$$

この理想的な糸が持つスペクトログラムでは、繊維長の 2~3 倍付近の波長にピークを持っている³⁸⁾。また、2 種類の繊維で構成された複合糸のスペクトログラムにおいては、それぞれの平均繊維長による 2 つのピークが現れることになる。したがって、スペクトログラムにおいて繊維長の影響によるピーク以外の周期むらの存在は、紡績工程の特性およびその欠陥に起因するむらであると考えることができる。

2・3・4 断面形状係数 (P 値)

断面形状係数は糸中のコアフィラメント位置を用いて、コア・スパンヤーンの断面構造を評価するものである。いま、コア・スパンヤーンにおけるシース繊維層、およびコアフィラメントの断面はともに円であり、Figure 2-11 のように描くことができるものと仮定するとき、糸の断面形状係数 P を次式 (2-6) で定義した³⁹⁾。

$$P = A / R \quad \cdots (2-6)$$

ただし、 R = コア・スパンヤーンの半径、

A = コア・スパンヤーンとコアフィラメントの中心間距離

したがって、 $P = 0$ のときには、コアフィラメントはコア・スパンヤーンの中心に位置していることを表している。一方、 $P = 1$ のときには、コアフィラメントはコア・スパンヤーンの表面に位置していることになる。

断面形状係数の測定方法は次のとおりである。(a) ポリエステル樹脂で固めた糸を、およそ 5 mm の長さに切断した。また、1 種類の糸につきランダムに抽出した 20 個の断面を顕微鏡写真に収めた。(b) 写真のネガフィルムから、拡大したコア・スパンヤーンの輪郭とコアフィラメントの位置を紙面上に写し取った。(c) 写し取った糸の断面形状を、Figure 2-11 に示したように円形で近似した。(d) このようにして得られた糸の断面図形から、 A と R を読み取った後に前式 (2-6) を用いて P 値を計算した。

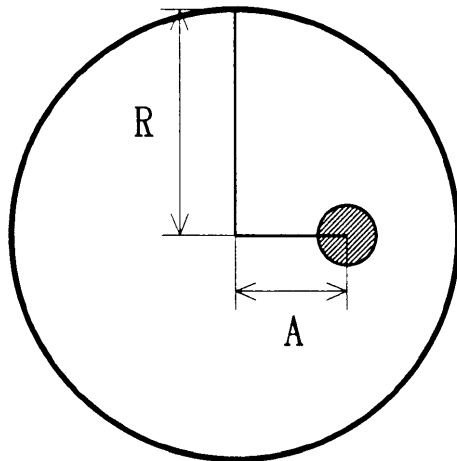


Fig. 2-11 Position of continuous-filament core yarn in core-spun yarn (R : radius of core-spun yarn; A : distance between the center of core-spun yarn and that of continuous-filament core yarn).

2・4 結 言

和紡精紡機およびリング精紡機を援用することによって、(1) 紡績糸とフィラメント糸との複合でありシース・コア構造を持ったコア・スパンヤーン、(2) 異種繊維間の複合でありサイド・バイ・サイド構造を持ったツインスパンヤーン、および(3) この両糸の複合であるコア・ツインスパンヤーンの作成法を考案・開発した。また、これらの糸における特徴と構造を分類した。これらの糸は、従来の生糸、絹紡糸、および紬糸のような伝統を温存しながら糸の力学的性能を向上させることを目的とした新しい紡績絹糸である。

作成した糸の評価法として、引張試験、および糸外観の測定について述べた。複合糸には従来のレーダ法による摩擦試験に加えて、コアフィラメントの引抜試験が必要であることを提案した。この引抜試験は、複合糸の構成成分間の相互作用を評価できる。また、断面形状係数は糸中のコアフィラメント位置を表すものであり、複合糸の外観が評価できる。

このようにして、素材の選択、および糸設計を基に作成した複合糸の諸特性について、有効な計測・評価方法を確立させるものである。

参考文献

- 1) Campogna F. E., and Sawhney A. P.; Textile Ind., **141**, 64 (1977).
- 2) 川崎健太郎; "加工糸概論", 日本繊維機械学会, p329 (1967).
- 3) Clements J. L.; Textile Ind., 85 (1964).
- 4) Harper R. J. Jr., George R. Jr., and Donaldson D.;
Textile Res. J., **56**, 80 (1986).
- 5) Harper R. J. Jr., and Ruppenicker G. F. Jr.;
Textile Res. J., **57**, 147 (1987).
- 6) Nield R., and Ali A. R. A.; J. Textile Inst., **68**, 110 (1977).
- 7) Nield R., and Ali A. R. A.; J. Textile Inst., **68**, 223 (1977).

- 8) Gore C. ; Textile Ind., **146**, 4 (1982).
- 9) Happey F. ; "Contemporary Textile Engineering", Academic Press,
London, p87 (1982).
- 10) Plate D. E. A., and Lappage J. ; J. Textile Inst., **73**, 99 (1982).
- 11) Emmanuel A., and Plate. D. E. A. ;
J. Textile Inst., **73**, 107 & 117 (1982).
- 12) Plate D. E. A., and Feeham J. ; J. Textile Inst., **73**, 204 (1983).
- 13) Plate D. E. A. ; J. Textile Inst., **74**, 320 (1983).
- 14) Sawhney A. P. S., Ruppenicker G. F., Kimmel L. B., Salaun H. L.,
and Robert K. Q. ; Textile Res. J., **58**, 601 (1988).
- 15) Louis G. L., Salaun H. L., and Kimmel L. B. ;
Textile Res. J., **59**, 204 (1989).
- 16) Sawhney A. P. S., Robert K. Q., and Ruppenicker G. F. ;
Textile Res. J., **59**, 519 (1989).
- 17) Subramaniam V., Srinivasamoorthi V. R., and Mohamed A. P. ;
Textile Res. J., **59**, 762 (1989).
- 18) Subramaniam V., and Natarajan K. S. ;
Textile Res. J., **60**, 234 (1990).
- 19) 矢作流人；紡織界, **32**, 7 (1941).
- 20) 松本陽一, 土屋幾雄；特許出願中 (1989).
- 21) Matsumoto Y., Tsuchiya I., Toriumi K., and Harakawa K. ;
J. Textile Inst., **81**, 48 (1990).
- 22) Matsumoto Y., Harakawa K., Toriumi K., and Tsuchiya I. ;
J. Textile Inst., **82**, 479 (1991).
- 23) 久間秀彦, 太田時雄, 松本陽一；
日本纖維機械学会第 27 回年次大会講演論文集, p27 (1974).
- 24) 松本陽一, 土屋幾雄, 久間秀彦；日本蚕糸学会誌 ; **55**, 451 (1986).

- J. Sericultural Sci. Jpn. **58**, 7 (1989).
- 26) Matsumoto Y. Tsuchiya I., and Toriumi K. and Harakawa K;
Textile Res. J., **61**, 131 (1991).
- 27) Matsumoto Y., Harakawa K., Toriumi K., and Tsuchiya I. ;
Textile Res. J., **62**, 710 (1992).
- 28) JIS 試験法 L-1070, L-1071, L-1067 (1964).
- 29) American Society of Testing Materials, Standard Test Methods for
Breaking Load and Elongation, ASTM Designation D-2256-80 (1980).
- 30) Booth J. E. ; "Principles of Textile Testing",
Butterworths, London, p404 (1968).
- 31) R=der H. L. ; J. Textile Inst., **44**, 247 (1953).
- 32) American Society of Testing Materials, Standard Test Methods for
Coefficient of Friction, ASTM Designation D-3108-76 (1976).
- 33) American Society of Testing Materials, Standard Test Methods for
Yarn Unevenness and Appearance, ASTM Designation D-1425-81 (1981)
and D-2255-79 (1979) .
- 34) Furter R. ; "Evenness Testing in Yarn Production: Part I",
The Textile Institute (1982).
- 35) Booth J. E. ; "Principles of Textile Testing",
Butterworths, london, p456 (1968).
- 36) 日本繊維機械学会編 ; "むらの理論と実際", p229 (1965).
- 37) Bendat J. S., and Piersol A. G. ; "ランダムデータの統計的处理",
培風館, p23 (1978).
- 38) 日本繊維機械学会編 ; "むらの理論と実際", p8 (1965).
- 39) Matsumoto Y., Toriumi K., and Harakawa K. :
J. Textile Inst., **84**, 436 (1993).

第3章 和紡績工程の解析

3・1 緒言

和紡精紡機は、国産綿花を紡績するために信州人和尚・臥雲辰致（がうんたち）によって明治10年に考案された純国産精紡機である¹⁾。また、この精紡機は運転中にブリキ製の綿筒が発する回転音（「ガラガラ」という騒音）から“ガラ紡”とも呼ばれている。明治20年頃は和紡の全盛期であったが、それ以降は洋式の紡績に押されることになった。和紡精紡機によって作成された糸は和紡糸と呼ばれるが、ネップやスラブが多いことからネップヤーンとかスラブヤーンとか呼ばれる場合もある。現在、いわゆる紬糸（ちゅうし、noil yarn）と総称される範疇に入り、特殊な構造を持つ糸である。したがって、今後の製品開発や高付加価値化に和紡糸の技術を導入することは興味のあることであるが、和紡糸の製造技術についてはほとんど明らかにされておらず、その基本的なプロセスを調べておくことは重要である。

和紡績の特徴は、原料繊維を詰めた綿筒を回転させて繊維を加撚し集束すると同時に、綿筒より連続的に糸を引出す技術にある。ここでは和紡精紡機のプロセスを解析し、綿筒の上下運動にともなって変化する糸の撚数と太さを測定することにより、和紡糸の特徴を抽出するものである²⁾。また、和紡精紡機の実際運転における糸の太さと撚数が定まる運転条件と糸質の関係について調べ、和紡績の基本操作を明らかにした³⁾。

3・2 和紡精紡機の機構

Figure 3-1 は和紡精紡機の概略図である。モータ（M）の回転はスピンドルバンド（C）により、機台に軸を固定されたプーリへ伝えられるとともに、さらに減速されて巻取りローラ（R）へと伝えられる。

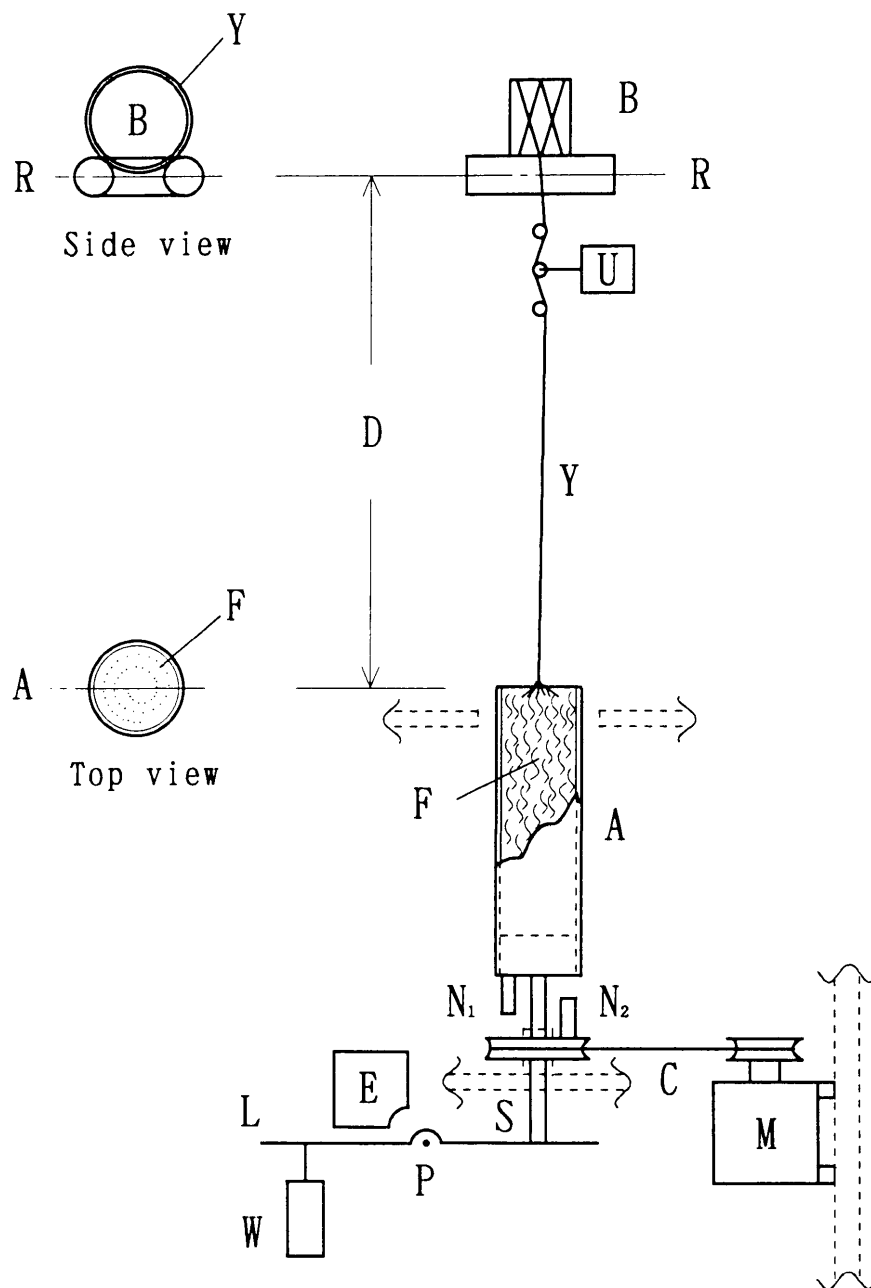


Fig. 3-1 A schematic of throstle-spinning machine (A: stuffer tube; B: bobbin; C: spindle band; D: ratch; E: photo-displacement sensor; F: fiber; L: lever; M: motor; N₁, N₂; clutches; P: fulcrum; R: take-up roller; S: spindle; U: tension meter; W: load; Y: yarn).

円柱状綿筒（A）の下部に固定されたクラッチ（ N_1 ）は、プーリの上部に固定されたクラッチ（ N_2 ）と噛合って回転する。原料繊維からできたカードラップは、円柱ロール状に巻かれた状態で綿筒に詰められる。綿筒下部に固定されたスピンドル（S）は、プーリの中空軸を通抜けてレバー（L）の一端に接している。レバー（L）の他端には荷重（W）が掛けられており、レバー（L）はスピンドルを上方へ押上げている。なお、レバーの長さはおよそ 20 cm、レバーの支点（P）からスピンドルまでの距離は 6 cm である。綿筒より上方へ向かって作成された糸は、巻取りボビン（B）に巻取られる。ボビン（B）は一对の巻取りローラ（R）との摩擦によって回転する。

3・3 和紡績過程

3・3・1 2つの基本動作

Figure 3-2 は和紡績の過程で見られる綿筒動作の概要を説明している。紡績を開始するために種糸の一端を回転している綿筒上部の繊維に近づけると、これらの繊維群が種糸に絡みつき撚りがかかる。ここで種糸を引上げると、撚の掛かった糸が引出され、下記の2つの基本動作を繰返して和紡糸が作成される。

（プロセス、P1）

綿筒はクラッチ N_1 , N_2 (Figure 3-1 参照) の噛合いによって一定回転するが、綿筒の回転速度は紡績糸の生成速度に対して十分に速く回転するように設定されているので、ラッチ内の生成糸の撚数および張力 F (g) は次第に増加し、ついには綿筒は吊上げられてクラッチがはずれる。すなわち、Figure 3-3 に示したように、重さ m (g) の原料繊維が詰まった重さ M (g) の綿筒のスピンドルがレバー支点（P）から L_1 (cm) の距離に位置し、また支点（P）から L_2 (cm) の距離に荷重 W (g) が作用しているものとする、糸張力 F が F_f のとき力が釣り合い、(3-1) 式が与えられる。

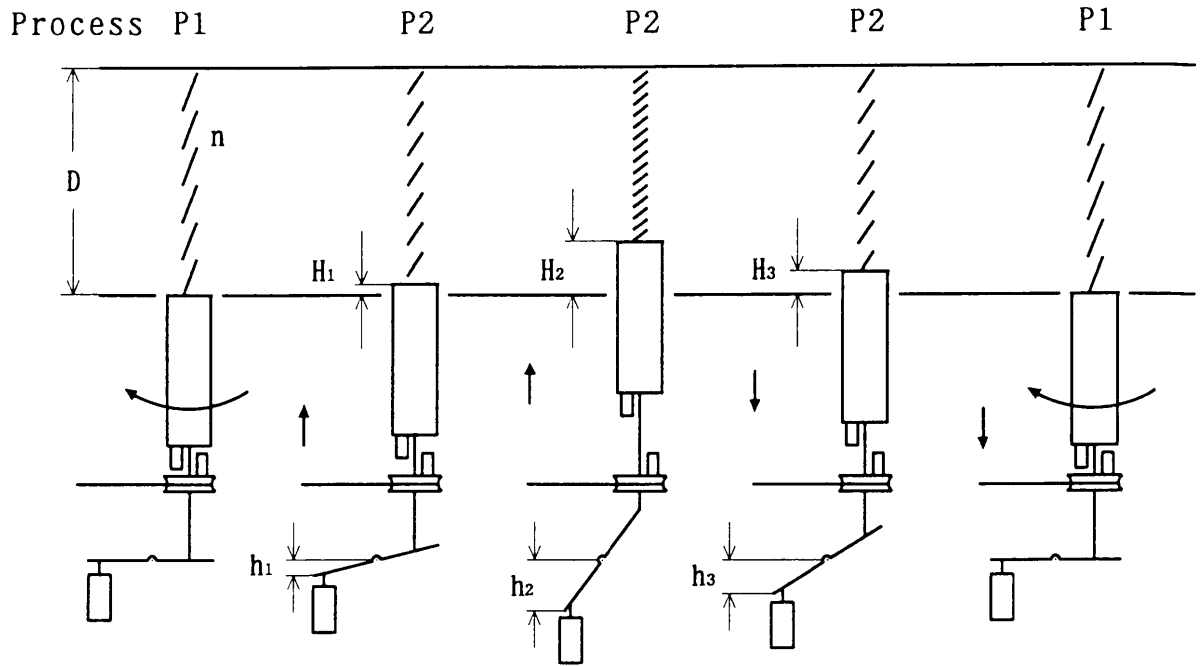


Fig. 3-2 A schematic of throstle-spinning process (P1: steady state; P2: up state; D: ratch; n: twist level of yarn; H: moved distance of stuffer-tube; h: displacement of lever; arrows \uparrow \downarrow and \curvearrowright indicate the vertical motion and the rotation of the stuffer tube, respectively).

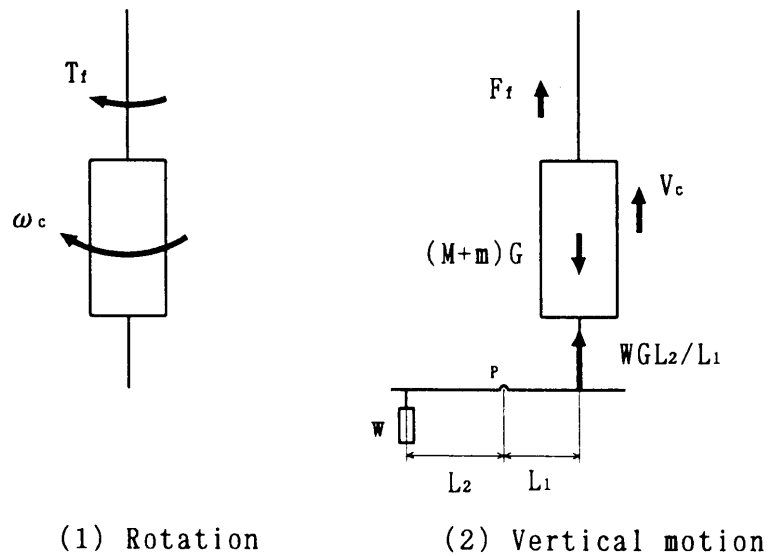


Fig. 3-3 A schematic of stuffer-tube motions.

$$F_f = (M+m)G - WG \frac{L_2}{L_1} \quad \dots (3-1)$$

ただし、G：重力加速度

したがって、撚数の増加と糸の巻取りにより糸張力 F の値が F_f よりも大きくなると綿筒は吊上げられる。

(プロセス、P2)

クラッチ N_1 , N_2 がはずれると、綿筒は惰性で回転するが、数秒後には摩擦や糸のトルク抵抗によって回転が止まる。綿筒の回転が停止すると、紡績糸に対する外部からの加撚作用はなくなるので、ラッチ内にすでに蓄積している撚が綿筒から引出される繊維群に伝播して、これを加撚し新しい紡績糸が生成されるが、外部からの加撚作用は停止しているのでラッチ内の糸に蓄積された撚りは次第に減少し、綿筒から引出される繊維群に伝播する撚りが少なくなり、この部分に滑脱状態が発生して綿筒は落下する。

綿筒が降下してクラッチ N_1 , N_2 が噛合い綿筒は再び回転し始めて、プロセス P1 の状態に戻る。以上のように、P1, P2 のプロセスを繰返して和紡績糸は作成される。この繰返し運動はランダムな発生ではなく弱い周期性を持つ。生成した糸は常時回転している巻取りローラに巻取られるが、その間に新しく生成される糸に対する加撚作用は ① クラッチを介する外部からの加撚と、② ラッチ内の糸に蓄積された撚りの伝播による加撚、という2種類の加撚様式が交互に現れる。このような加撚様式の変化にともなって糸の構造は部分的に撚数と太さが異なったものとなり、和紡糸の特徴が発現するものと思われる。

3・3・2 紡績過程における撚数の変化

糸作成中における綿筒の運動は前述の Figure 3-2 に示した2つのプロセスに分類できるが、それぞれのプロセスに応じてラッチ内の糸の撚数は変化する。

(1) プロセスP1（綿筒がクラッチの噛合いによって一定回転している過程）においては、綿筒の回転が繊維群に撚りを与える。

ここで、時刻 t におけるラッチ内の撚数を n (turns/cm)、微小時間 dt 時間にラッチ内で増加する撚数を dn (turns/cm) とし、綿筒の回転で挿入される撚りはラッチ内に均一に分布するものとする。いま、和紡精紡機のスピンドル回転速度を R (r/min)、巻取速度を V (cm/min) とし、ラッチの長さ（綿筒上部から巻取りローラの中心までの距離）を D (cm) とすると、 dt 時間にラッチ内の糸に与えられる撚数は Rdt である。一方、巻取りローラにより巻取られる糸の撚数は $nVdt$ で、これはラッチ内から消失する撚数である。したがって、ラッチ内の糸の撚数増加は次式となる。

$$dn = \frac{(R - nV)dt}{D} \quad \dots (3-2)$$

(3-2) 式を積分すればラッチ内の撚数が計算でき、 $t = 0$ において $n = n_0$ とすると、

$$n = \frac{R}{V} - \left(\frac{R}{V} - n_0 \right) \exp\left(-\frac{Vt}{D}\right) \quad \dots (3-3)$$

綿筒の回転により撚数 n が増加し、綿筒上部の繊維の引抜きが困難となり、糸の張力 F が (3-1) 式の張力 F_f よりも大きくなると ($F > F_f$)、綿筒は上昇する。

(2) プロセスP2（回転を停止した綿筒が上昇し、降下するまでの過程）においては、微小時間にラッチ内で変化する撚数は巻取りローラにより巻取られる糸の撚数が $nVdt$ であるから、 dt 時間内の撚数の減少は次式となる。ただし、ラッチ長さ 758 mm に対して綿筒が上昇する最大変位はおよそ 20 mm と小さく、綿筒の上下運動によるラッチの長さ変化は無視する。

$$dn = \frac{-nVdt}{D}$$

$t = 0$ において $n = n_s$ とすると、

$$n = n_s \exp\left(-\frac{Vt}{D}\right) \quad \dots (3-4)$$

すなわち、(3-4) 式は時間の経過とともに糸の巻取りによる撚数の減少を示している。なお、ラッチ内の糸の撚りが綿筒から新たに引出された繊維束へ伝播することによる撚数の減少は少ないので (3-4) 式においては無視した。

3・3・3 和紡績における繊維滑脱現象の効果

前述のように、綿筒の回転と上下動にともない糸の撚数は増減しながら、繊維の集束と糸の作成が行われる。

紡績糸の強力と撚数の関係において、J. W. S. Hearle⁴⁾らは強力を十分に示さない撚数の領域を “region of frictional slip” と呼び、その存在を指摘している。また、原川⁵⁾らは “滑脱領域” と呼び、ある撚数からはっきりとした強力の立上がりを認めるわけにいかず、ある撚数の範囲内では強力の測定値が大きくばらつき “あいまいな領域” が必ず存在すること、さらに測定部分の太さや繊維集合形態、そして短繊維の種類によってこの領域の大きさは影響されることを示している。

Figure 3-4 は綿筒上部の糸形成点付近の繊維状態を模式的に示したものである。糸形成点近傍では、一端が糸に撚込まれ他端が綿筒ラップ繊維群から引抜かれる繊維 A_i ($i=1, 2, \dots$)、および A_i 繊維群によって綿筒から引きずり出される繊維 B_j ($j=1, 2, \dots$) が混在し、これらの繊維は順次糸に撚込まれ、新しい糸が連続的に形成されるものと考えられる。すなわち、新しい糸が形成されている間この領域での繊維は滑脱状態（繊維相互の滑脱が可能な状態）にあるものと考えられる。一方、この領域の撚りが強すぎると、綿筒ラップからの A_i 繊維群の引抜きは困難となり、このような状態の発生が糸張力を増加し、糸の巻取り操作により綿筒は引上げられるものと考えられる。さらに、綿筒が上昇して回転は止まっているのだが、糸張力の増加はラッチ内の糸の撚の再配分を促進し（糸の太い部分の撚りは細い部分に移行し）太い部分の撚数を減少させ、ついには糸形成点付近で滑脱状態が発生して綿筒の降下現象を招くものと考えられる。

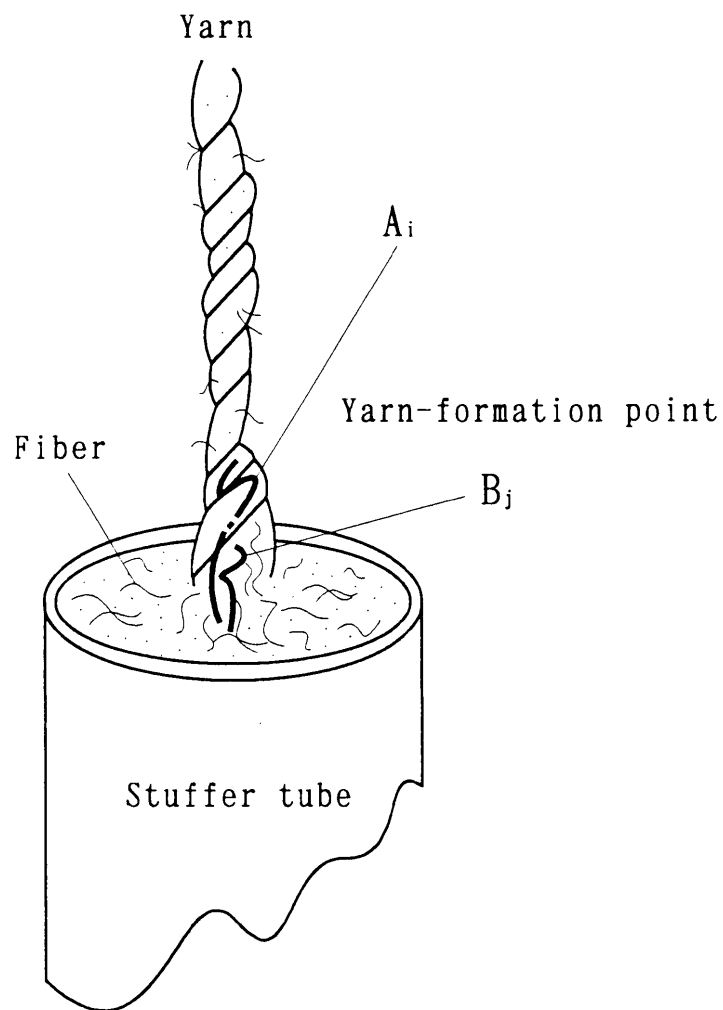


Fig. 3-4 A schematic of yarn-formation point (A_i : fiber with one end twisted into yarn and the other withdrawn from lap; B_j : fiber withdrawn with A_i).

すなわち、繊維滑脱状態が発生するプロセスは、主として（１）綿筒が回転しながら糸を作成し綿筒が上昇し始めるまでと、（２）上昇していた綿筒が降下して再度回転を始めるまでの２つの期間であると考えられる。

以上のように、糸の生成に対して綿筒内の原料繊維近くにある糸形成点付近の撚数が重要な役割を果たしているので、以下この付近の撚りを特に“形成点撚”と呼ぶことにする。形成点の撚数に依存して集束される繊維量は和紡糸の太さを決定する。また、集束繊維量は糸形成点付近の繊維集合形態や繊維長分布などに依存すると思われる。

3・4 綿筒運動の解析

ここでは、試作和紡精紡機^{6,7)}を用いて綿筒運動にともなって変化する形成点撚と繊維集束量の関係を実験的に調べることにより、和紡糸の太さむら発生機構について検討した。

実 験

試料および装置

平均繊維長 28.3 mm の絹カードラップ（大きさ 240×140 mm, 重量 4.6 g）を原材料として使用し、綿筒に詰めた。綿筒へのラップの詰まり状態は糸の生成に影響を及ぼす。そこで、次に述べる方法でカードラップの詰め方を常に一定状態に保った⁸⁾。まず、金属パイプ（直径 2.5 mm, 長さ 250 mm）を芯として原料ラップを円柱ロール状にラッピングし、これらを綿筒に詰めた。次に、引張試験機（引張速度 100 mm/min）を用いて、綿筒内原料ラップから金属パイプの引抜抵抗値を測定し、引抜抵抗値がおおよそ 114±14 gf のものを実験に供した。

試作和紡精紡機の綿筒サイズは内径 20 mm、高さ 240 mm、重量 118.6 g であり、スピンドル速度を 710 r/min、巻取ローラ速度を 4.5 r/min（直径 50 mm, 糸の巻取速度は 70.7 cm/min）、ラッチを 758 mm に設定した。重量 122.5 g の荷重位置はレバー支点から 40 mm、綿筒スピンドルの位置はレバー支点から 60 mm とした。

実験方法

(1) 綿筒運動の測定

綿筒の運動は、レバー (L) の変位 (Figure 3-2 中の h) を非接触光学式変位計 (KEYENCE製、PA-1800、Figure 3-1 中の E) で計測することにより求めた。測定はおよそ 30 分間行った。Figure 3-5 はレバー変位 h の時間経過を示している。 h が 0 のとき綿筒は最下点にあり、綿筒クラッチ N_1 の先端はプーリ上面に接している。綿筒の変位 H はレバー変位 h に比例しており、 h の増加は綿筒の上昇を表し、 h が図中のクラッチ線 (実線、クラッチ N_2 の長さは 5 mm) 以上に増加するとクラッチ N_1 , N_2 ははずれる。この状態を C_s で示し綿筒上昇の発生点とした。また、 h の減少は綿筒の降下を表し、クラッチ線以下に減少するとクラッチ N_1 , N_2 は噛合う。この状態を C_r で示し綿筒降下の発生点とした。 C_r から C_s までの時間 (綿筒回転時間) を T_r 、 C_s から C_r までの時間 (綿筒上昇時間) を T_s 、 T_r 時間内の最小変位を H_r 、 T_s 時間内の最高変位を H_s とした。このようにして、綿筒運動 1 サイクル内におけるレバーの変位 (H_s , H_r)、綿筒運動の時間間隔 (T_s , T_r , $T_s + T_r$)、および単位時間内の綿筒運動発生数 (C_s , C_r) をそれぞれ求めた。

(2) 紡績過程の撚数と番手の測定

通常運転における綿筒上下運動 1 サイクルの所要時間は短時間 (数秒) でしかもばらつきが多く、この間に糸の撚数変化を測定することは困難である。そこで、以下に述べるように人為的に追加撚りを挿入して、綿筒の上昇運動の開始を明瞭に規定した。また、これによって長時間安定した上昇状態にある綿筒の上下運動を得ることができた。Figure 3-6 は追加撚法による綿筒の上下運動 1 サイクル間の巻取りローラと綿筒運動のダイアグラムを示している。すなわち、(a) レバー上の荷重 (W) を取除き、巻取りローラの回転を停止し、スピンドルのみを回転させて撚りを追加した。追加撚りの挿入時間 ($T_1 - T_0$) は 7 秒とした。荷重 (W) を取除いた理由は、綿筒上昇を防ぎ確実な追加撚り挿入を行うためである。

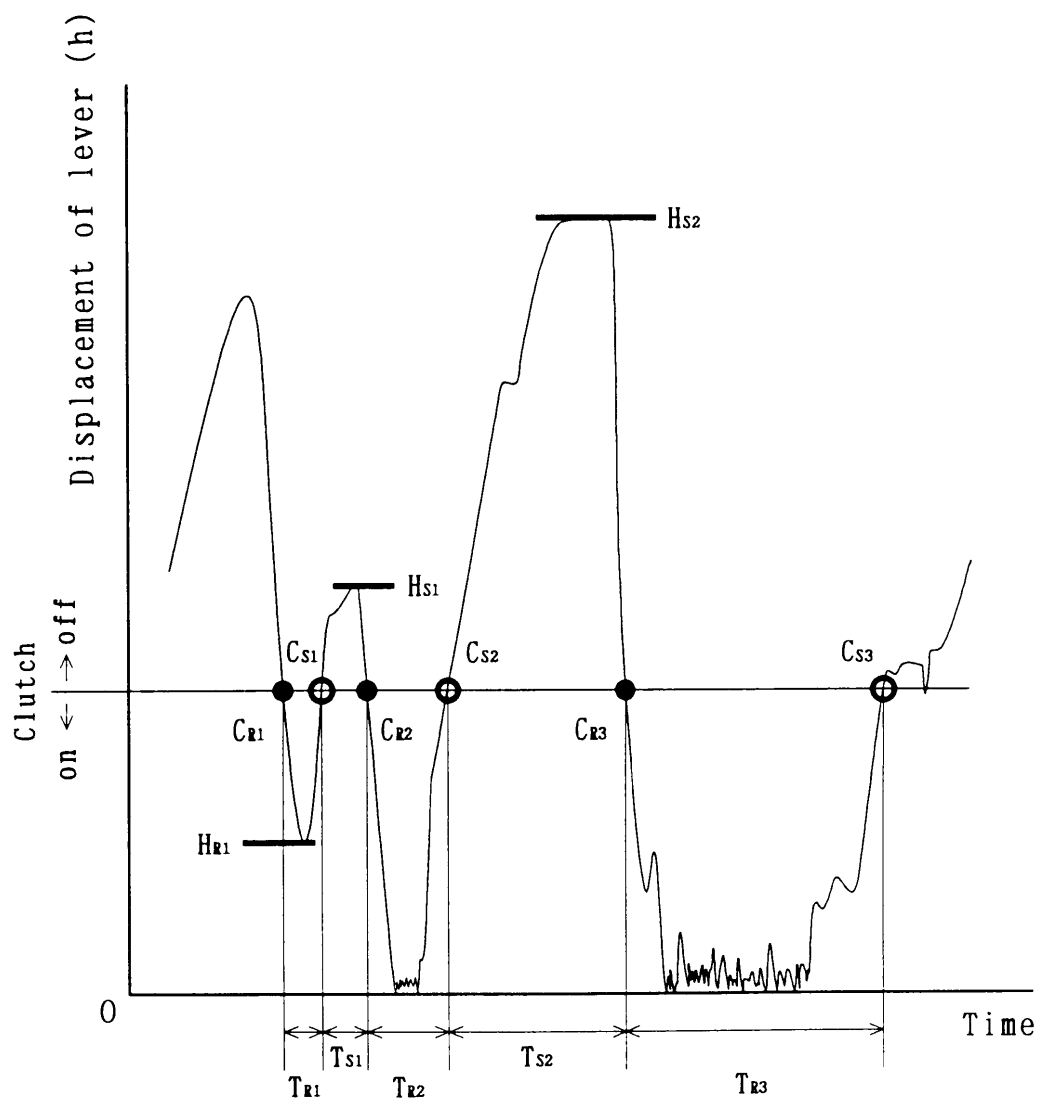


Fig. 3-5 Chart of stuffer-tube motion
 (T_R : rotation time; H_R : minimum height of down state;
 T_S : up-state time; H_S : maximum height of up state;
 C_R : occurrence of rotation, ●; C_S : occurrence of up
 motion, ○).

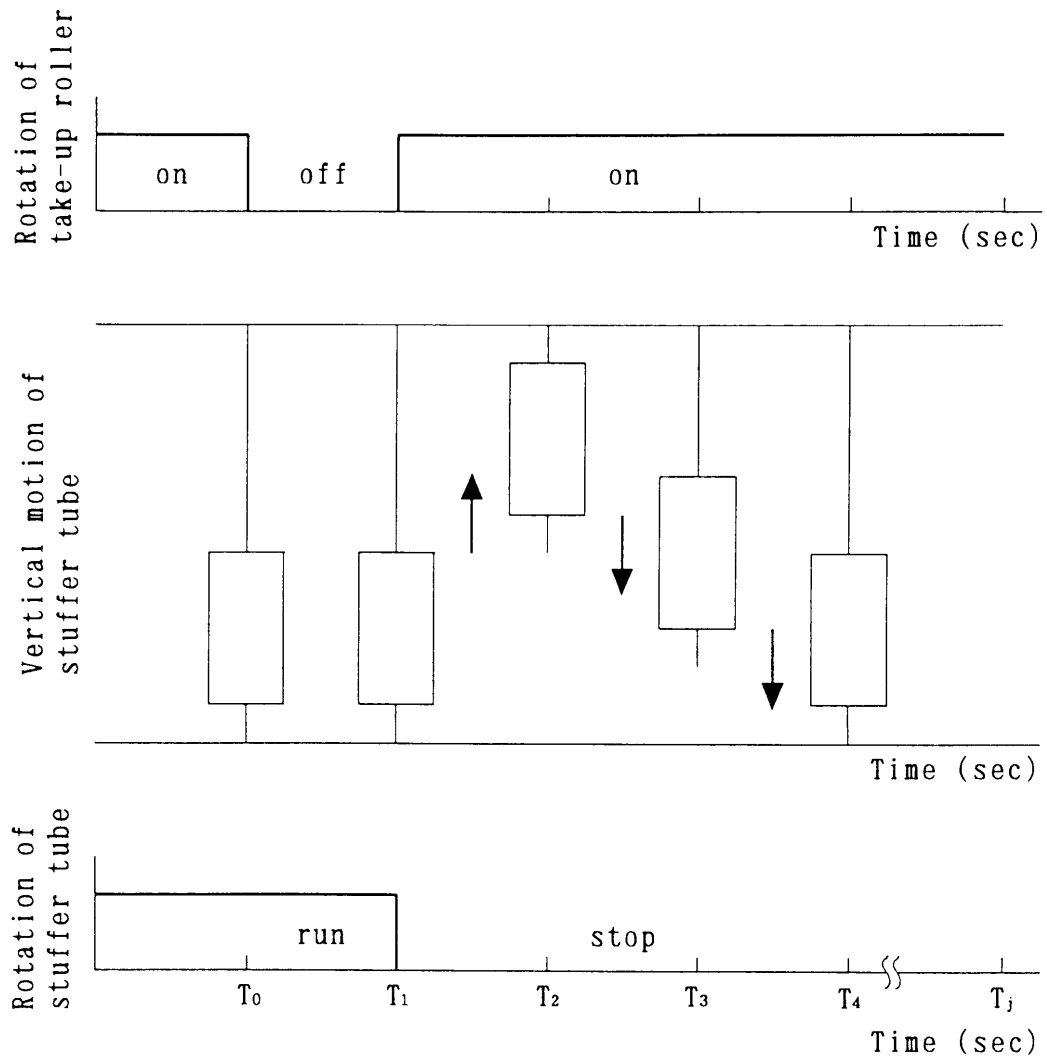


Fig. 3-6 Relation between rotation of take-up roller, stuffer-tube motion, and time for experimental spinning process (T_0 : steady state; T_1 : additional twisting ($T_1 - T_0 = 7$ sec); T_2 : maximum position of stuffer tube; T_3 : down state; T_4 and T_j : minimum position of stuffer tube).

(b) 7 秒間の追加撚り挿入後にスピンドル回転を停止し、巻取りローラを回転して糸の巻取りを開始した。スピンドル回転を停止した理由は、綿筒が降下してクランチが噛合ったときに、撚りが追加されるのを防ぐためである。時刻 T_1 において糸の巻取りと同時に綿筒は上昇を始め、 $(T_2 - T_1)$ がほぼ 2 秒のときに最高位置まで上昇した後、 $(T_4 - T_1)$ がほぼ 15 秒のときに定位置まで降下する。以上のような追加撚り挿入により、綿筒の上下運動 1 サイクルの時間は長期化し、追加撚り挿入後から一定時間間隔で糸を採取することができた。追加撚りを 7 秒以上行くと加撚量が多くなり過ぎて、綿筒上昇に続く綿筒降下を引起こすことはできなかった。また、7 秒以下の場合は綿筒が上昇後ごく短時間で降下するために、綿筒降下過程の糸を採取することは困難であった。

試料は下記 (a)~(c) に述べる方法で採取した。和紡績においては糸の作成にともなって原料ラップ量が減少する。そこで、Figure 3-7 に示すように綿筒内の原綿上部が各部位 A~E のとき、それぞれ試料糸を採取した。(a) まず、綿筒部位 A において、追加撚り挿入終了後 5 秒 [Figure 3-6 の $(T_3 - T_1)$] が経過した後巻取りローラの回転を停止し、綿筒が降下しないように固定した。(b) ラッチ内の糸は試作解撚防止具（細いピアノ線に 15 cm 間隔でゼムクリップを半田付けしたもの）により、Figure 3-7 に示した位置で固定後、これを切離した。ラッチ内糸の各部位 1~5 における撚数はペンジュラム型撚機を用いて試長 10 cm で測定した。また各部位の糸重量よりそれぞれ英式番手を求めた。ついで、(c) 和紡精紡機の通常運転により綿筒部位の位置を B へ進めた後、上記 (a) と (b) の操作を行った。これを綿筒部位が E になるまで続けた。また、これらの実験をそれぞれ 10 個の綿筒について行った。次に、追加撚り挿入からの時間を 10 秒 [Figure 3-6 の $(T_3 - T_1)$] に延長して、上記 (a)~(c) と同様な操作で試料を採取した。さらに、追加撚り挿入からの時間を延長し、15, 20, 25, 30 秒 [Figure 3-6 の $(T_j - T_1)$] まで測定した。これらすべての時間についてそれぞれ 10 個の綿筒で実験した。

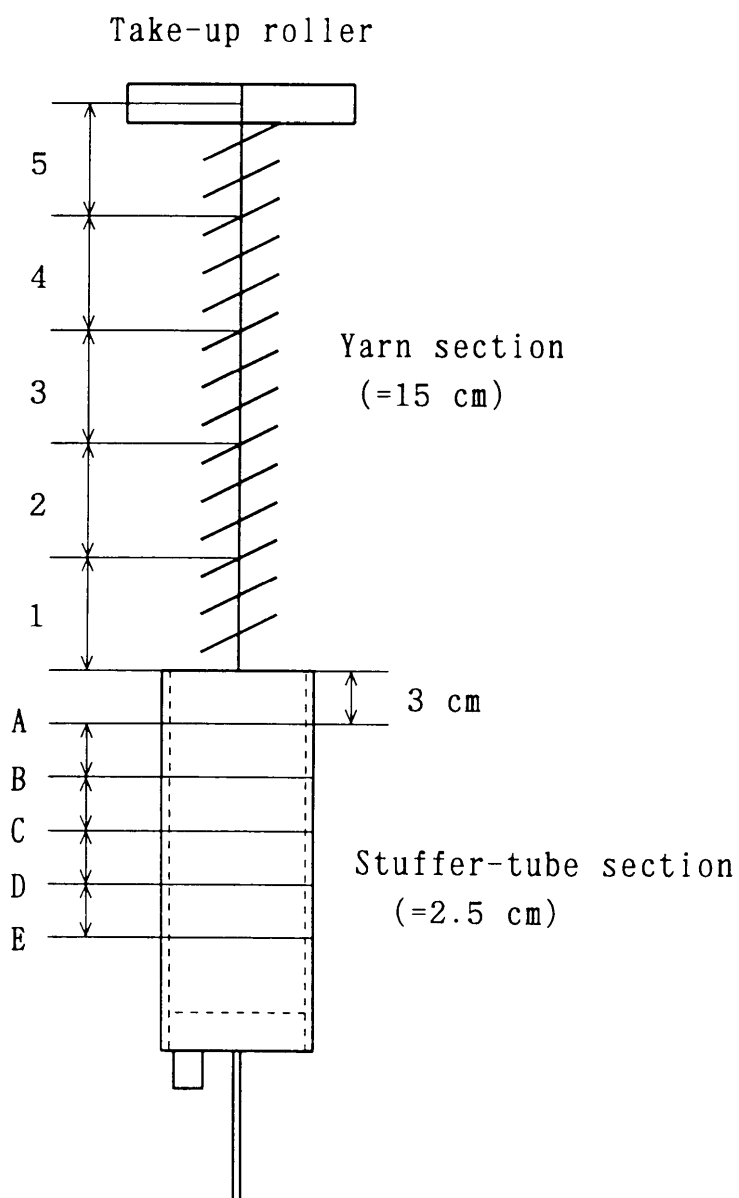


Fig. 3-7 Measured sections of yarn and stuffer tube (sections 1 and A indicate a yarn position near the upper part of the stuffer tube and an almost-full charge of the raw material, respectively.).

追加撚法で行う糸の巻取停止とこれにともなって起こる撚数の増加は、通常運転における綿筒上昇時の初期条件（撚数レベル）を強制的に変化させることになる。しかし、その後の糸の巻取りにともなって起こる綿筒降下運動を制限するものではなく、本測定結果は通常運転の綿筒降下現象を代表するものと言える。

(3) 綿筒が上昇または降下するときの撚数の測定

綿筒が上昇、あるいは降下した瞬間における糸形成点付近の撚数をそれぞれ“限界撚数”と呼ぶことにする。前述の追加撚法では限界撚数を測定できないので、改めて次のような測定を行った。綿筒が上昇を始めるときの限界撚数を求めるためには、まず通常の運転で綿筒がクラッチと噛合って回転している間に、紡機を任意に停止する。つぎに手動により綿筒を1回転し糸の撚数を僅かに増加させた後、巻取ローラで糸を巻取り綿筒が上昇するかどうかを調べた。上昇が確認できたときは前述の試料採取具で試料を採取し糸形成点付近（Figure 3-7 の糸部位1）の撚数を測定した。綿筒の上昇が認められなかった場合は再び通常の運転をしばらく行った後、前回と同様な手順で綿筒が上昇するかどうかを調べた。このとき、手動による綿筒の回転は2回転とし、前回より1回転増やした。この方法で20個の試料を採取したが、綿筒を1回転か2回転することですべての試料を採取することができた。

綿筒が降下を始めるときの限界撚数を測定するために、前項（2）に述べた追加撚り法を応用した。すなわち、7秒の追加撚り挿入と糸の巻取りによる綿筒の上昇を確認後、綿筒があまり高く上昇しないように迅速に糸の巻取りを停止した。ついで、注意深く綿筒を手動で逆に回転して糸の撚を減少させ、綿筒が降下した後試料を採取した。試料採取は20回行った。

結果と考察

(1) 綿筒の上下運動

Figure 3-8 と 3-9 は綿筒の回転時間 T_r 、綿筒の上昇時間 T_s 、綿筒回転中の最低高さ H_r 、および綿筒上昇中の最高高さ H_s の測定結果を度数分布で示したものである。

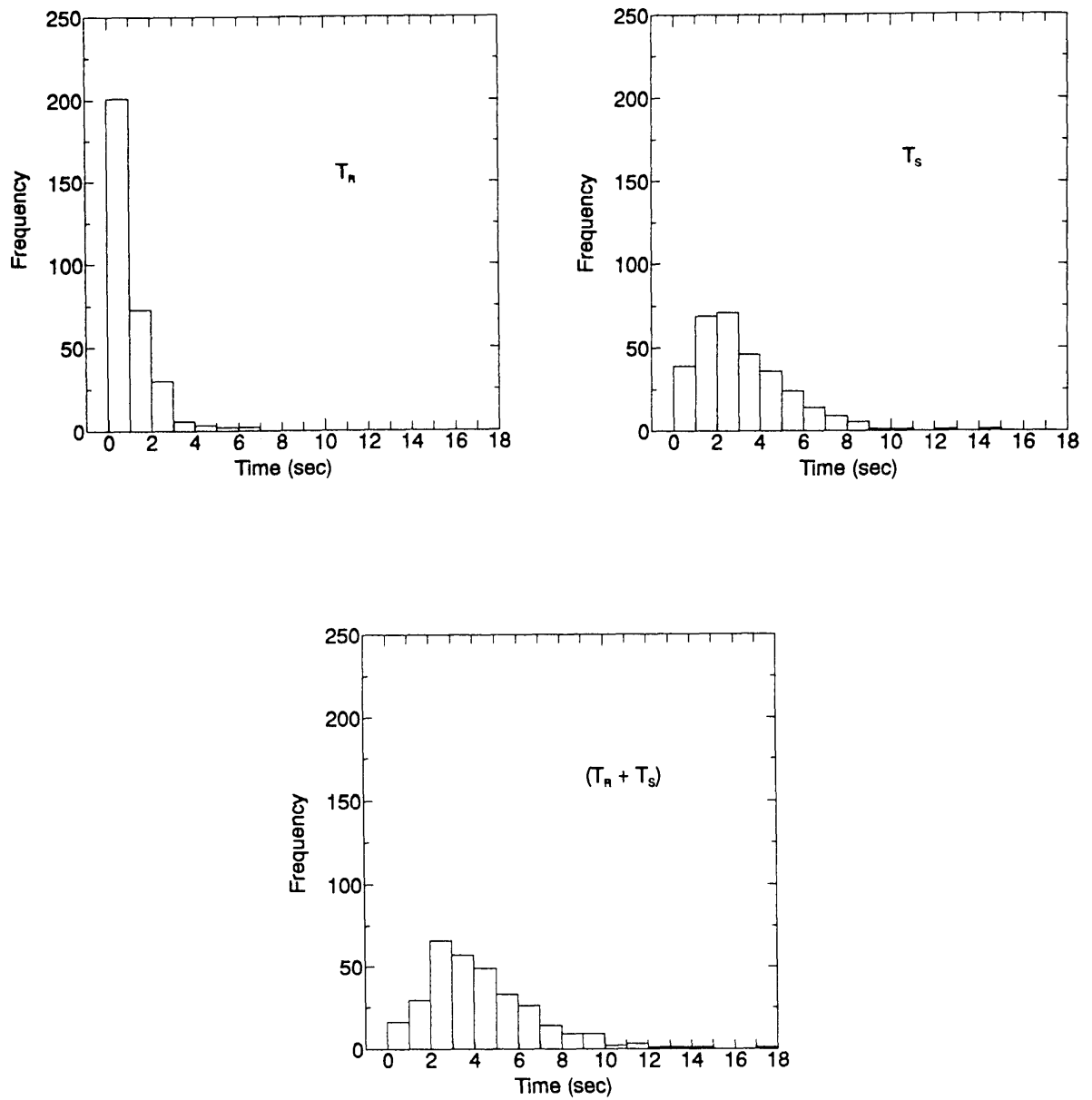


Fig. 3-8 Histograms of times in stuffer-tube motions (number of data = 317; T_R : rotation time; T_S : up-state time).

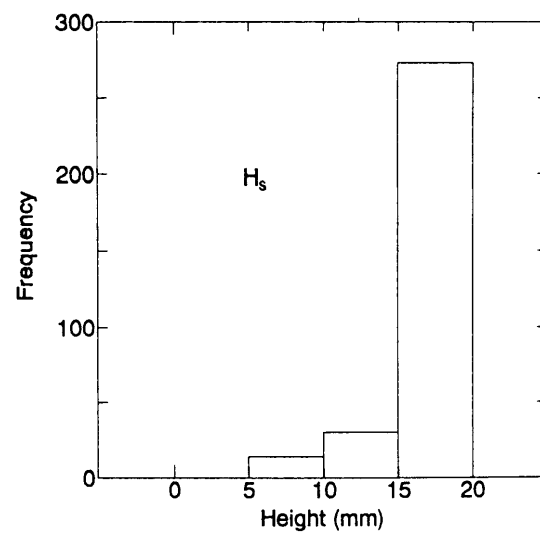
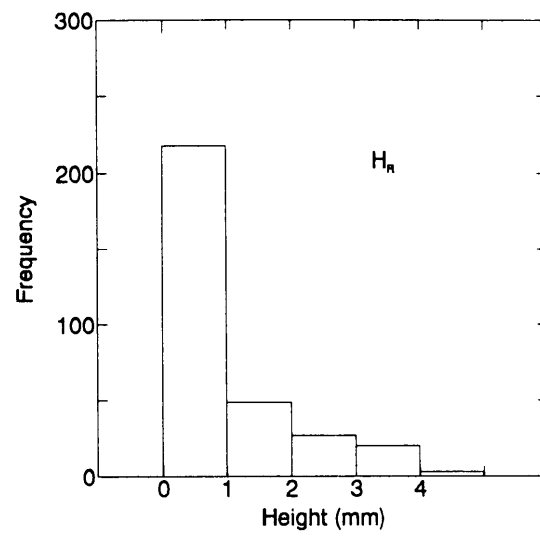
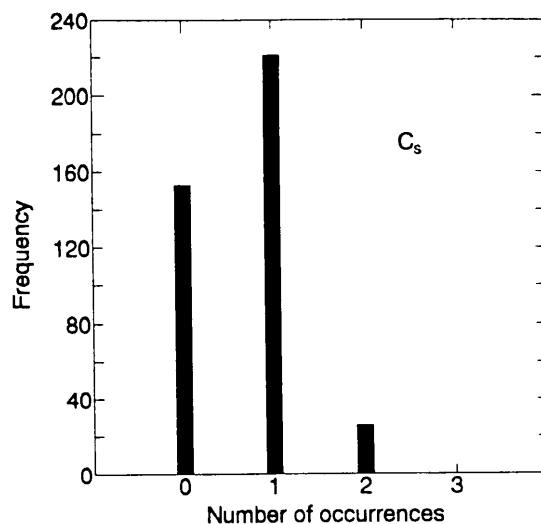
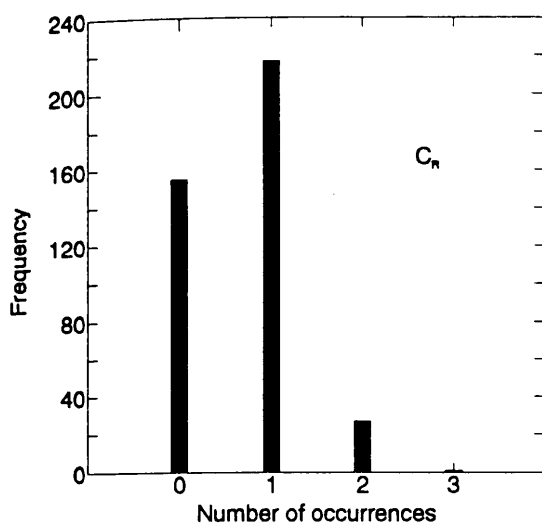


Fig. 3-9 Histograms of heights in stuffer-tube motions
(number of data = 317; H_R : minimum height of down state;
 H_S : maximum height of up state).

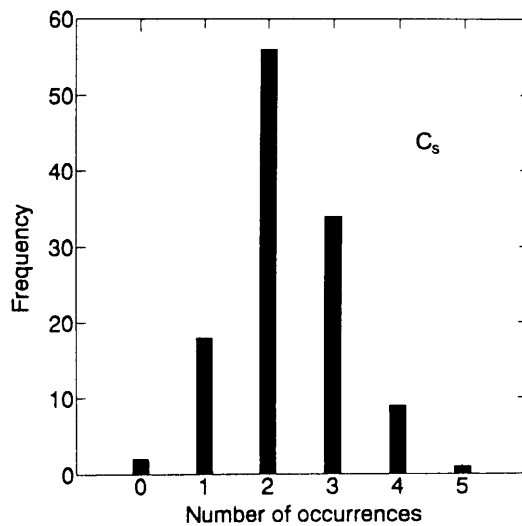
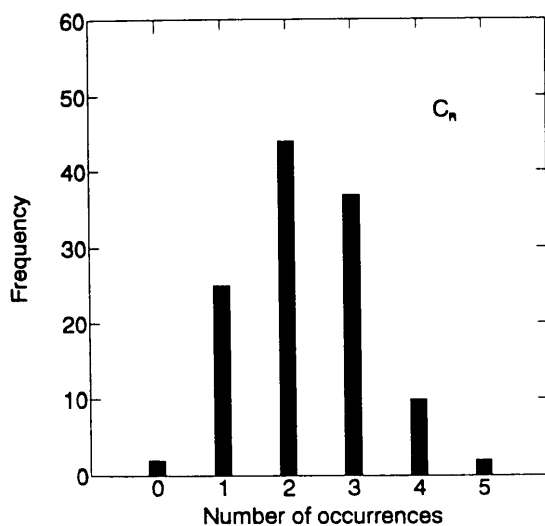
各分布について有意水準 5% でカイ二乗検定を行った結果、 T_R は指数分布となりランダムな発生現象であるが、 T_S と 1 サイクルの所要時間 ($T_R + T_S$) は指数分布ではなくランダム現象でないことが分かった。 $(T_R + T_S)$ の分布は T_R よりも T_S の影響を大きく受け、 $(T_R + T_S)$ を定常時系列と見なした自己相関係数 (R) は、ラグ個数 12 で $R=0.10$ の最大値をもつ弱い周期性が認められた。1 サイクル内の各時間 T_R と T_S の間には弱い相関 (相関係数 $r=0.20$) が認められた。また、記録した綿筒運動サイクル波形のパワースペクトルはおよそ 5 秒の周期に最大値を示した。 H_R と H_S に関する同様な検討の結果、 H_R はポアソン分布となりランダムな発生現象であるが、 H_S はポアソン分布ではないことが分かった。1 サイクル内の各高さ H_R と H_S の間には弱い周期性 (自己相関係数はラグ個数 13 で最大値 $R=0.08$) と弱い相関 (相関係数 $r=0.22$) が認められた。綿筒運動の高さと時間の関係において H_R と T_R 、および H_S と T_S の相関係数は $r=0.54\sim 0.57$ であり、これらの相関が強かった。

Figure 3-10 は単位時間内に発生した綿筒降下点 C_R と綿筒上昇点 C_S の発生回数を示したものである。Figure 3-10 (1) は 3 秒間隔での度数分布であり、Figure 3-10 (2) は 10 秒間隔での度数分布である。各分布について有意水準 5% でカイ二乗検定を行った結果、クラッチがはずれた綿筒上昇の始まる点 C_S および綿筒降下によるクラッチが噛合った綿筒回転の始まる点 C_R の発生回数はポアソン分布ではなく、綿筒の上昇と回転はそれぞれランダムな発生現象でないことが分かった。また、 C_R と C_S の相関係数は 3 秒間隔のとき弱い相関 ($r=0.43$) であり、10 秒間隔のとき強い相関 ($r=0.77$) を示した。

このように、1 サイクルの綿筒運動は、綿筒がランダムな大きさの時間だけ回転しながら糸を作成した後に、綿筒の上昇運動が発現して外部からの加撚作用を停止するというものである。綿筒が定位置で長い時間回転するほど、これに続く綿筒の上昇時間は長くしかも高い位置まで上昇することが分かった。また、和紡精紡機における綿筒の上下運動は弱い周期性を持った繰返し運動であることが明らかになった。



(1) Fixed interval = 3 sec



(2) Fixed interval = 10 sec

Fig. 3-10 Histograms of occurrences in stuffer-tube motions (number of data = 400; C_R : occurrence of rotation; C_S : occurrence of up motion).

(2) 紡績過程における撚数の変動

綿筒上下動がラッチ内糸、および作成糸の撚数と番手に及ぼす影響について検討した。Figure 3-11 は綿筒の上昇および降下期間におけるラッチ内糸の平均撚数の時間経過を示している。これらは前述の追加撚り法で測定した結果である。図中の実線は綿筒が上昇することによって生じるラッチ長さの変化を無視した式(3-4) から得られた計算結果（初期条件 $n_s=10.24 \text{ turns}/25.4 \text{ mm}$, $V=11.6 \text{ mm/sec}$, $D=758 \text{ mm}$ ）である。0 から 15 秒付近の実験結果は理論値と異なっているが、15 から 30 秒ではほぼ一致している。0 から 15 秒付近における実験値と計算値の不一致は、この期間で綿筒が上昇してラッチ長さが小さくなる。しかし、(3-4) 式の計算ではラッチ長さの変化を無視したので、理論値がやや大きめの数値で計算されたためである。15 から 30 秒においては綿筒が定位置まで降下しており、この間にラッチ長さは変化しないので、この時間の実験結果は計算値とほぼ一致している。

Figure 3-12 は綿筒上昇直前（図中の○印、Figure 3-11 の 0 秒）と綿筒降下直後（図中の●印、Figure 3-11 の 15 秒参照）における糸の撚数と番手である。それぞれの綿筒各部位（A～E）で測定した結果をラッチ内糸の各部位（1～5, Figure 3-7 参照）の撚数と番手で整理したものである。Figure 3-12 (1) は糸の部位別に各綿筒部位で得た測定値の平均を示し、(2) は綿筒の部位別にラッチ内の各糸部位で得た測定値の平均を示している。(2) から綿筒部位の違いによって撚数はほとんど影響されないことが分かるのに対して、(1) は綿筒降下直後に糸の部位 1（綿筒に最も近い部分）において、撚数が少なく、糸が顕著に太くなっていることを示している。この結果から、綿筒の降下時に綿筒内原料ラップから多くの繊維が引抜かれる現象が予想される。さらに、この現象を検討するために、糸形成点付近の糸と作成糸について番手と撚数の測定値を Figure 3-13 に示した。

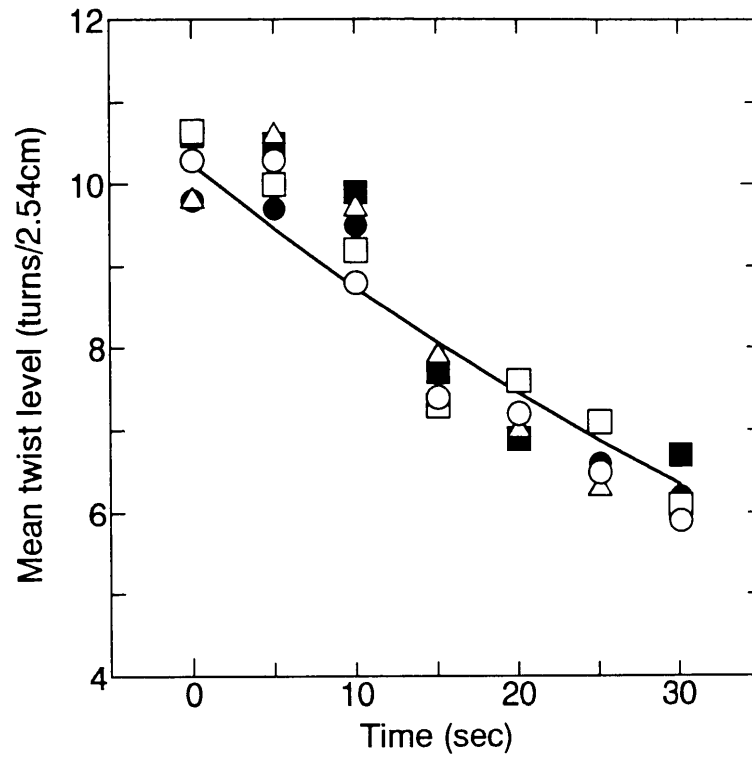
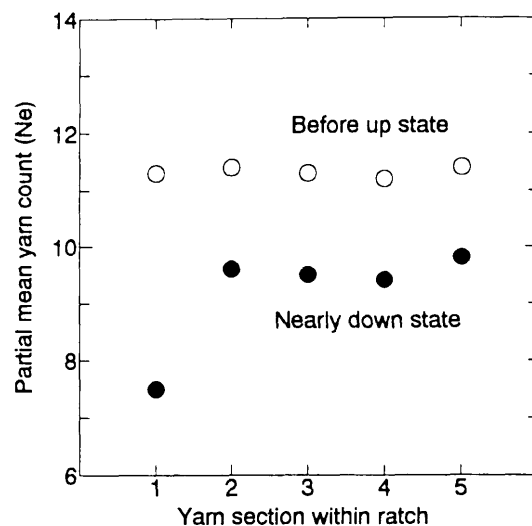
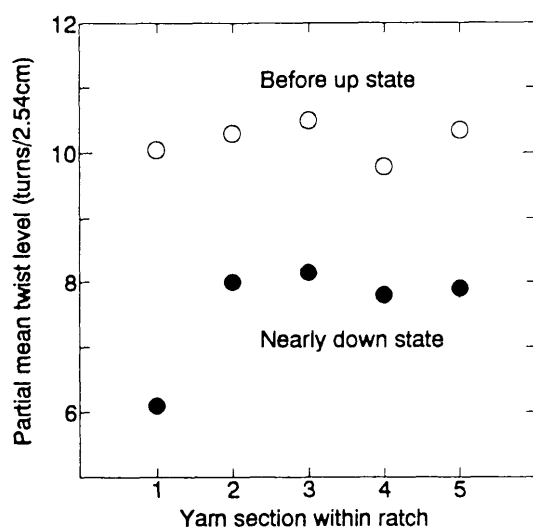
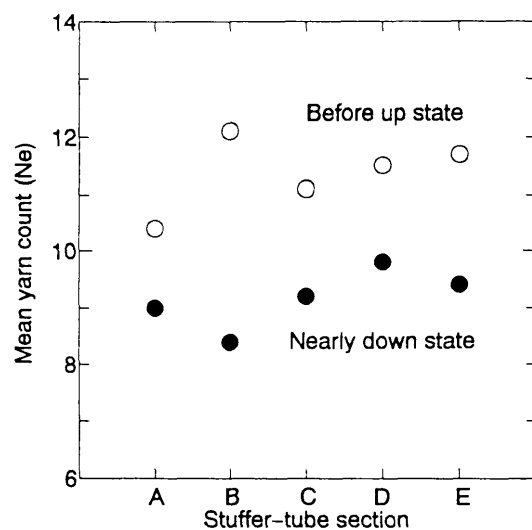
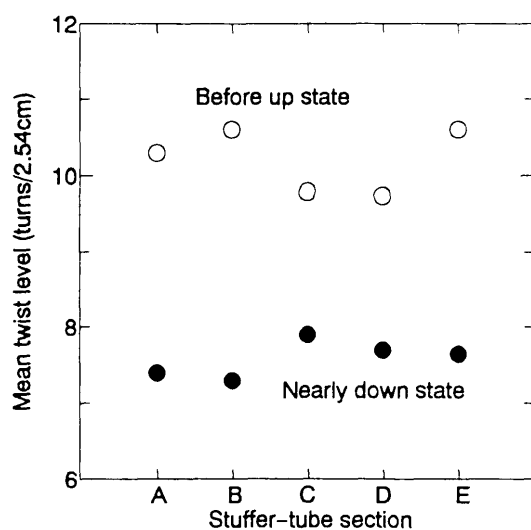


Fig. 3-11 Variation of mean twist level of yarn in down motion of stuffer tube with time (stuffer-tube section: ○ A, □ B, △ C, ● D, ■ E; full line indicates theoretical value obtained from equation (3-4)).



(1)



(2)

Fig. 3-12 Mean yarn count and mean twist level in yarn sections within ratch and on stuffer tube (○: before up state; ●: nearly down state; (1) average of stuffer-tube sections (A~E); (2) average of yarn sections within ratch (1~5)).

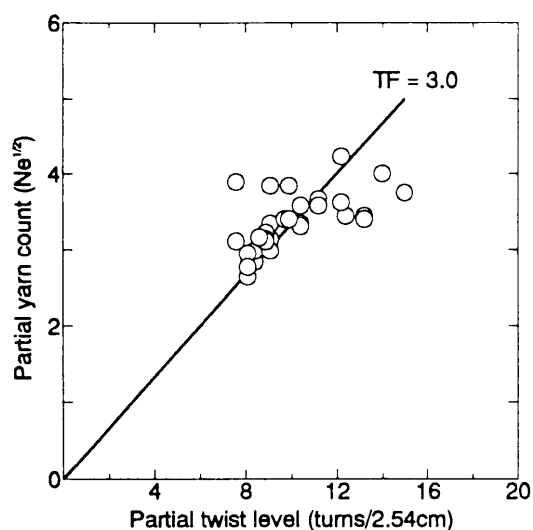
Figure 3-13 の散布図は、綿筒上部の糸形成点付近に限ったラッチ内の糸と巻取られた糸についてそれぞれの撚係数を示したものである。Figure 3-13 (1) は綿筒上昇直前 (Figure 3-11 の 0 秒、Figure 3-12 の○印)、(2) 綿筒降下直後 (Figure 3-11 の 15 秒、Figure 3-12 の●印) における糸形成点付近 (糸部位 1) での糸の番手と撚数を散布図で示している (綿筒部位 A, B, C についてすべての測定値である)。また、(3) は綿筒上昇直前から綿筒降下直後までの間、すなわち Figure 3-13 (1) から (2) までの 15 秒間に作成された糸の平均番手と平均撚数の散布図である。なお、図の横軸は 25.4 mm 当たりの撚数 (T)、縦軸は番手の平方根 (\sqrt{Ne}) を示しており、図中に示した回帰線の傾斜は撚係数 ($TF = T / \sqrt{Ne}$) に相当している。糸形成点付近での撚係数は、綿筒上昇前の 2.99 (CV%=14.5) から綿筒降下時の 2.13 (CV%=12.5) に減少した。しかし、この局所的な減少が発生する部位はラッチ全体と比較して小さく、綿筒上下動中に巻取られた糸の撚係数は 2.95 (CV%=15.4) であり、綿筒上昇前の撚係数とほぼ同じ値であった。

このように、紡績過程における糸の撚数と番手は綿筒の上下運動により変化するが、糸形成点付近という局所的な部位での変動が大きいことが分かった。

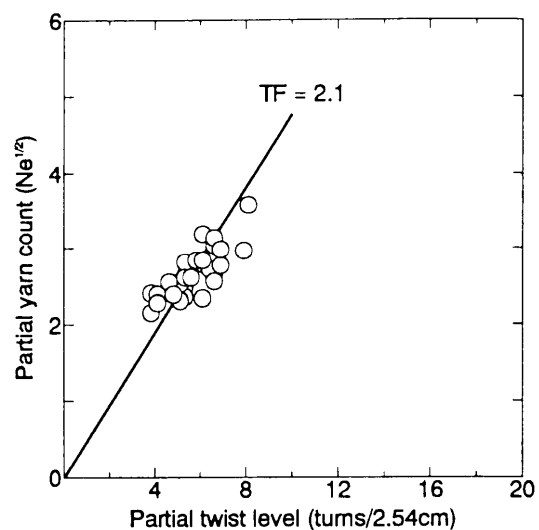
(3) 綿筒運動を規定する限界撚数

第 3・4 章 (3) に述べた方法で測定した結果、糸形成点付近 (糸部位 1) における限界撚数は綿筒上昇時に 6.7 (turns/25.4 mm, CV%=16.7) であり、綿筒降下時に 5.9 (turns/25.4 mm, CV%=21.4) であることが分かった。これらの撚数は第 3・4 章 (2) に述べた実験における綿筒降下近傍で測定された撚数 (Figure 3-12 の●印、糸部位 1) と比べて、ほぼ等しい値であることが確認できた。

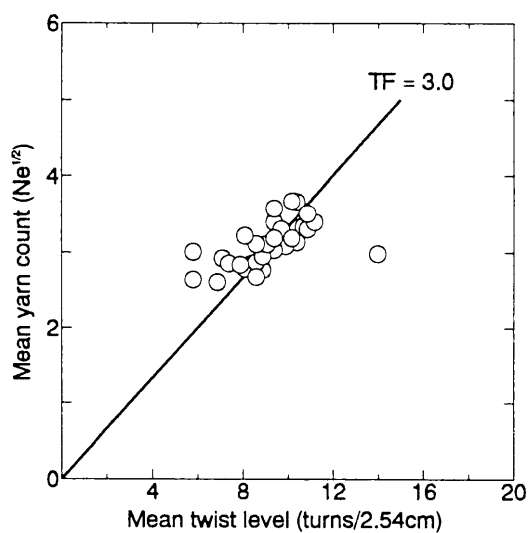
以上、和紡績プロセスの特徴を次のようにまとめることができる。すなわち、和紡績工程における綿筒は弱い周期性のある上下運動を繰返しており、これによってラッチ内糸の撚数と番手が変化する。



(1) Before up state



(2) Nearly down state



(3) Take-up yarn for 15 sec (from (1) to (2))

Fig. 3-13 Relation between yarn count and twist level in partial yarn ((1) and (2) yarn sections of ratch and stuffer tube: A-1, B-1 and C-1; (3) take-up yarn sections; full line indicates the twist factor (TF)).

特に、綿筒降下時には綿筒回転時に比較して綿筒内原料ラップから多くの繊維を引抜くという現象が発生するために、糸形成点付近での撚数と番手の変化が大きくなり、和紡糸の太さむらを大きくしている。そして、綿筒の上下運動には繊維滑脱性が関係するために、和紡精紡機における任意の撚数設定は困難となることが分かった。また、綿筒上昇による糸張力の増加が糸の細い部分への撚りの集中を引き起こさせるとき、ラッチ内糸の太い部分においては繊維滑脱状態が発現する。よって、綿筒上下動により作られた糸の太さむらはボビンに巻取られるまでの間に、ラッチ内で撚の再配分と繊維滑脱を繰返すことによって糸はある程度まで均斉化されると予想でき、ミュール精紡機と同様な糸の均斉法（撚によるコントロールドラフト）が和紡精紡機にも存在することになる⁷⁾。

(4) 太さむら発生、および糸番手の原料繊維依存性

和紡糸の太さむらに影響を及ぼす綿筒の上昇時間と回転時間は、原料繊維の滑脱性に関係していると考えられるので、綿筒の上下動に対する使用原料の依存性について検討した。

実 験

試料および装置

平均繊維長 44 mm の絹カードラップ、および等長繊維長 38 mm のポリエステル・カードラップ（繊維繊度 1.4 d）を原材料として使用した。綿筒サイズは、直径 30 mm、高さ 250 mm、重量 135.8 g である。綿筒に詰めた原料ラップ重量およびパイプの引抜き抵抗値は、絹繊維のときおよそ 10 g、 100 ± 10 gf、ポリエステル繊維のときおよそ 11 g、 120 ± 10 gf とした。試作和紡精紡機のスピンドル速度を 730 r/min、巻取り速度を 110 cm/min、ラッチ長さを 758 mm に設定した。重量 141.9 g の荷重位置（レバー支点からの距離）は、絹繊維のとき 40 mm、ポリエステル繊維のとき 60 mm とした。各原料に対して、それぞれの和紡糸（10 Ne）を紡出し、供試した。

実験方法

紡出糸の番手は試長 200 cm の糸重量から求め、撚数は検撚機を用い試長 4 cm で測定した。番手と撚数の測定はそれぞれ 500 回行った。ついで、自動糸むら試験機（ウスターテスター 3 型）を用いて、糸の送出速度 2500 cm/min、試験時間 2 分で、紡出糸の太さむらを測定した。また、ウスター試験機から一定時間間隔で太さむらデータを得るために、次のような改良と操作を行った。

(a) ウスター試験機において糸の太さ変動は比例した電気信号に変換されるので、試験機から取出した電気信号を直流増幅器（YEW 製，TYPE 3132）で増幅した。この増幅信号はアナログデータ・プロセッシングシステム（NCC 製，Mark-1，データ集積器と A/D 変換器の機能を持つ）を経て、パーソナル・コンピュータ（沖電気製，if800 RX-120H）に記憶した。ウスター信号のサンプリング時間間隔は 10 msec（糸長 4.17 mm 間隔相当）として、全データ数 1024 個を得た。

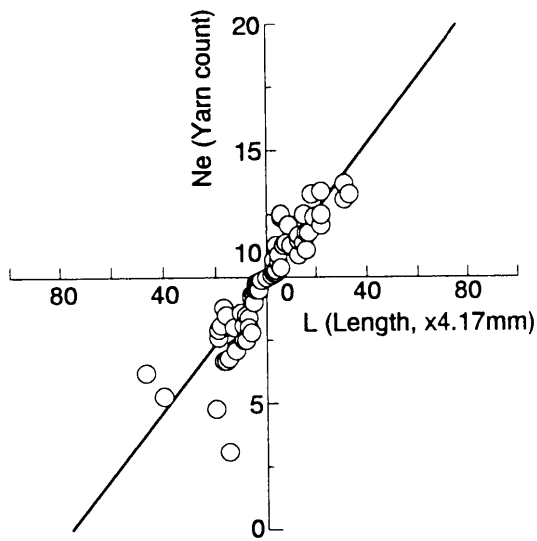
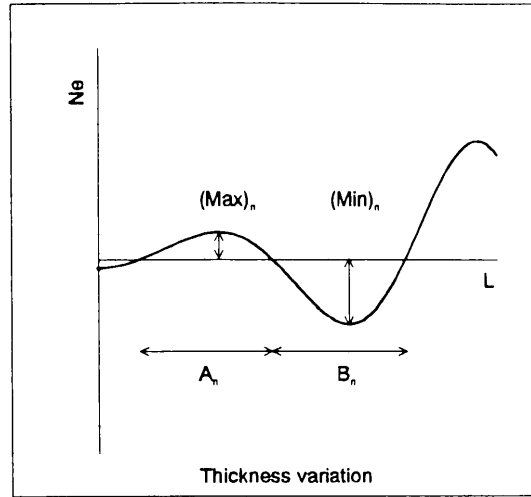
(b) 原データは移動平均（移動平均個数=5）を施した後、糸の太さむらデータとして使用した。

(c) この太さ変動曲線には多くの番手変動サイクルが含まれており、番手変動 1 サイクルにおける最大番手 $(Max)_n$ とその長さ A_n 、および最小番手 $(Min)_n$ とその長さ B_n を読み取った。ただし、記憶データはトレンドを除去するために、移動平均（移動平均個数=99）したデータを差引いたときの平均値を基準値 L （以上、Figure 3-14 参照）として番手変動 1 サイクルを定めた。

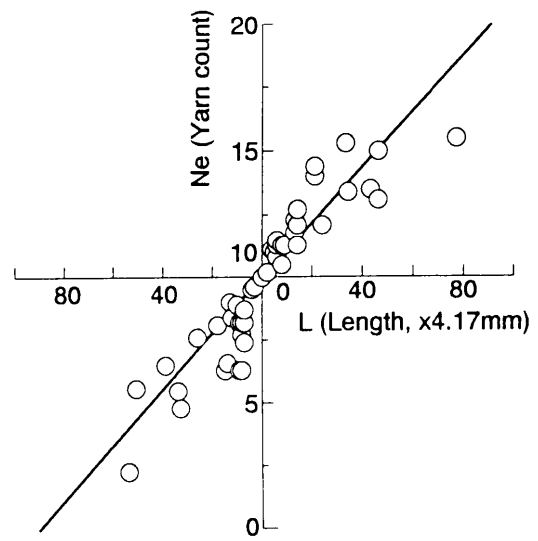
結果と考察

紡出糸の平均番手、平均撚数、および太さむらの変動係数は、絹和紡糸が 10 Ne, 7.6 turns/25.4 mm, CV%=25.08 であり、ポリエステル和紡糸が 10 Ne, 7.9 turns/25.4 mm, CV%=25.60 であった。

Figure 3-14 は番手変動 1 サイクル内の $(Max)_n$ と A_n 、 $(Min)_n$ と B_n の関係を散布図に示している。多くの番手変動サイクルから求めた糸の細い部分と太い部分それぞれの平均番手 $\langle (Max)_n \rangle$ 、 $\langle (Min)_n \rangle$ は、絹和紡糸が 11.5, 8.1 (Ne)、ポリエステル和紡糸が 12.4, 7.4 (Ne) の範囲でばらつき、両糸はほぼ同じ値を示した。



(1) Throstle-spun silk yarn



(2) Throstle-spun polyester yarn

Fig. 3-14 Maximum and minimum values per period in thickness-variation diagram ($(Max)_n$: maximum yarn count; $(Min)_n$: minimum yarn count; A_n : length of thin place; B_n : length of thick place; (1) mean fiber length of silk = 44 mm; (2) uniform fiber length of polyester = 38 mm, fiber fineness = 1.4 denier; full line indicates experimental equation obtained by the least squares method.).

しかし、糸の細い部分と太い部分の平均長さ $\langle A_n \rangle + \langle B_n \rangle$ は、絹和紡糸が $4.8 + 4.8 = 9.6$ (cm)、ポリエステル和紡糸が $7.1 + 8.5 = 15.6$ (cm)であり、両糸に差が認められた。綿筒運動 1 サイクルにおける綿筒が回転している時間と上昇している時間の比率は糸むらの統計的性質に関係している^{7, 8)}。また、綿筒上下運動サイクルの平均周期がほぼ太さむらの周期となって現れる⁸⁾。本実験では、絹和紡糸の場合は綿筒の上昇時間が 4.1 秒と回転時間が 4.1 秒であり、綿筒運動サイクルは $4.1 + 4.1 = 8.2$ 秒である。一方、ポリエステル和紡糸では綿筒の上昇時間が 6.1 秒と回転時間が 7.3 秒であり、綿筒運動サイクルは $6.1 + 7.3 = 13.4$ 秒である。このように、綿筒運動サイクルの違いが繊維の種類に依存するので、絹和紡糸とポリエステル和紡糸では撚数と太さむらに違いが生じたと言える。

以上のように、原料繊維の物理的性質（繊維長、繊度、摩擦係数等）は糸の生成に対する繊維滑脱性に関係しており、綿筒運動における上昇時間と回転時間の比率に影響を及ぼすために、各和紡糸の撚数と糸むらが変化したものとする。

3・5 和紡績操作条件

紡績糸にとって撚数と番手は、糸の性能と品質を決定する重要な因子であり、また紡績機械にとっては生産効率に係わる大きな問題である。和紡精紡機の実際運転における糸の番手と撚数の決定要因を検討するために、紡出張力、および原料繊維の種類が糸質に及ぼす影響について明らかにした³⁾。

3・5・1 平均撚密度と平均番手

和紡精紡機において糸の生成に必要な加撚と繊維の集束は、綿筒の運動によって行われており、綿筒の上下運動と回転数の関係は、Figure 3-15 のように単純化できる。Figure 3-15 の (a) に示した綿筒の上下動と同図 (b) に示した回転数の関係において、綿筒はクラッチの噛合う降下時にスピンドル回転数で回転するが、クラッチのはずれる上昇時には回転が止まり撚りの挿入が行われない。

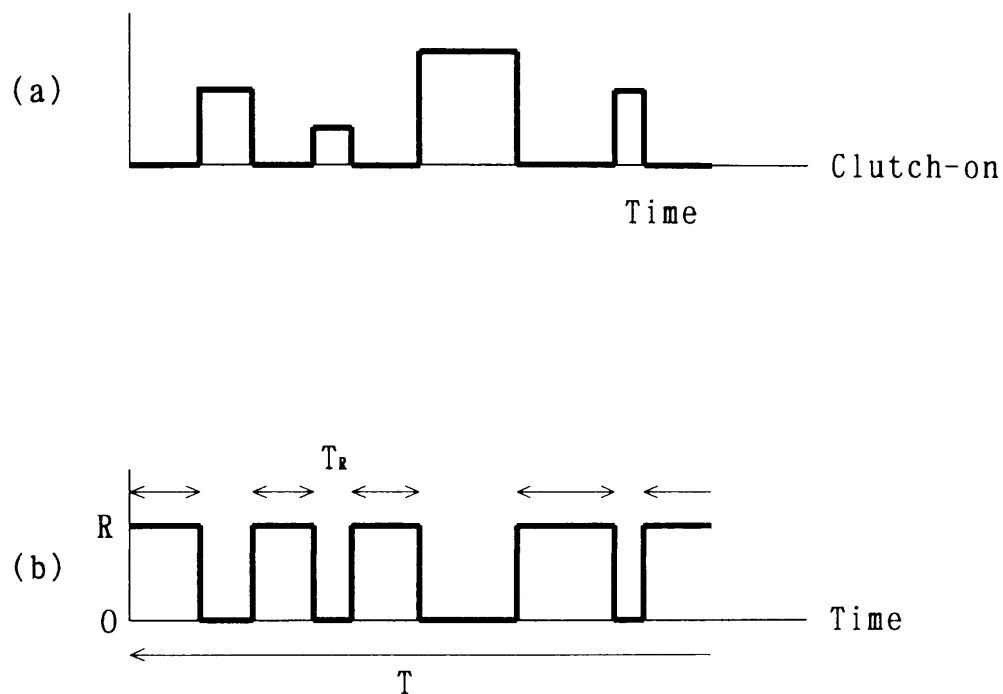


Fig. 3-15 Diagrams of stuffer-tube motions
 ((a) diagram of stuffer-tube position/time;
 (b) diagram of stuffer-tube speed/time; R:
 spindle speed; T: time; T_R : rotation time).

いま、糸の巻取り速度を V (cm/min) とし、綿筒はスピンドルと同じ回転速度 R (r/min) で一定回転すると仮定すると、作成糸の計算撚密度 n_T は、

$$n_T = R / V \quad \cdots (3-5)$$

で計算できる。しかし、実際には綿筒は上下動し、これにともなう回転と停止を繰返しているために、紡出された糸の撚密度は計算撚密度 n_T より小さい。すなわち、全試料を紡出するのに要する時間 T 分間に綿筒が実際に回転する総時間を T_R (分) とすると、この間の綿筒実回転数 N_R は、

$$N_R = R T_R \quad \cdots (3-6)$$

である。一方、 T 分間内に巻取られる糸の長さ L (cm) は $L = V T$ で与えられるので、紡出糸 1 cm 当たりの平均撚密度 n_R は、

$$n_R = N_R / V T = R T_R / V T = (R / V) (T_R / T) \quad \cdots (3-7)$$

と計算されるはずである。ここで、 T_R / T は綿筒の回転効率 (efficiency of rotation) であり、これを β とおき (3-7) 式に (3-5) 式を代入すると、

$$n_R = \beta n_T \quad \cdots (3-8)$$

と書き表せる。上式 (3-8) は和紡糸の撚数が綿筒の回転効率 β に依存して定まることを意味している。

先に示した Figure 3-13 において、糸形成点付近の紡出糸の線密度は撚密度の二乗に逆比例していることが既に明らかである。また、紡出糸の線密度は撚密度に依存すると同時に、原料繊維の種類にも依存していた (Figure 3-14 参照)。そこで、これらの実験結果を考慮し、さらに原料繊維の種類に固有な定数 (constant of raw material) α を導入して、紡出糸の平均線密度 (linear density) W (g/m) が、

$$W = \alpha / (\beta n_T)^2 \quad \cdots (3-9)$$

で与えられると考えた。以下の実験では、 α と β の値を実験的に求め、紡績条件との関係について検討を加えた。

実 験

和紡精紡機では、荷重位置の設定により紡出張力が変化して紡出糸の番手と撚数が大きく変化する。また、スピンドル回転速度 R や巻取り速度 V の値により紡出張力が変化する。そこで、この実験では荷重位置と R/V 比に関して、これらの紡績条件が α と β の値に及ぼす影響を考察した。実験は一定の紡績条件下で綿筒の上下運動を測定して、これより得られる綿筒の実回転時間 T_r を用い、 T_r/T から β の値を種々の紡績条件について求めた。綿筒上下運動の測定には光電子式変位計 (Figure 3-1 の E) を用いた。また、紡出糸の撚数と線密度 W を実測した。固有定数 α は W と T_r の測定値を用い、式 (3-9) を変換した次式より計算した。

$$\begin{aligned}\alpha &= W (\beta n_T)^2 = W n_R^2 \\ &= W (R T_r / V T)^2 \quad ((g/m)(r/cm)^2) \cdots (3-10)\end{aligned}$$

紡出張力は荷重位置によって調節でき、レバー支点からの距離を短くすると紡出張力が大きくなる (式 (3-1) 参照)。紡出張力の測定には、ストレインゲージ (東洋ボールドウィン製、T1-200-240) を利用した試作 3 点式張力計 (Figure 3-1 の U) を用いた。

Table 3-1 に実験で使用したカードラップ、綿筒サイズ、および和紡精紡機の設定条件をまとめて示した。

結果と考察

スピンドル速度 R と糸の巻取り速度 V が紡績状態に及ぼす影響を調べるために、Table 3-2 に示した R/V 比で和紡糸を作成し、平均紡出張力を測定した。

Figure 3-16 は R/V 比による平均紡出張力の変化を示している。 $R/V \leq 7$ (r/cm) の範囲で R/V 比の増加とともに平均紡出張力はおおよそ 50 gf から 65 gf まで増加するが、7 (r/cm) 以上では平均紡出張力はほぼ一定値を示し、 R/V 比の影響はほとんど認められなくなる。また、この絹繊維 36.5 mm の紡績では $R/V \leq 7$ (r/cm) の範囲で安定した紡績が可能であった。なお、荷重位置はレバー支点から 2.8 cm の距離に設定した。

Table 3-1 Raw material, stuffer tube, and spinning condition for experiment

E ^a	Raw material ^b			Stuffer tube ^c			Spinning condition ^d		
No.	Name	MFL (mm)	Mass (g)	D (mm)	H (mm)	Mass (g)	L (g)	P (mm)	R/V (r/cm)
(1) Difference in spinning speed									
	Silk	36.5	5	20	250	100.6	117.7	28	2.8~17.1
(2) Difference in spinning tension									
	Silk	19.1	26	40	240	108.5	122.3	45~65	8
(3) Difference in raw material									
	Silk	28.3	7	20	250	118.6	122.5	38~40	10
	Polyester (uniform fiber length, fiber fineness = 1.4 d)								
		38.0	4	20	250	118.6	122.5	58~60	10

^a E = experiment; ^b MFL = mean fiber length; ^c D = diameter, H = height; ^d L = load, P = distance from fulcrum of lever to load, R/V = spindle speed / take-up-roller speed.

Table 3-2 R/V ratio

(Unit: r/cm)

Take-up- roller speed (cm/min)	Spindle speed (r/min)					
	230	325	440	540	650	780
45.6	5.0	-	-	11.8	-	17.1
66.0	3.5	4.9	6.7	8.2	9.8	11.8
83.8	2.8	-	-	6.5	-	9.4
105.2	-	3.1	4.2	5.1	6.2	7.4

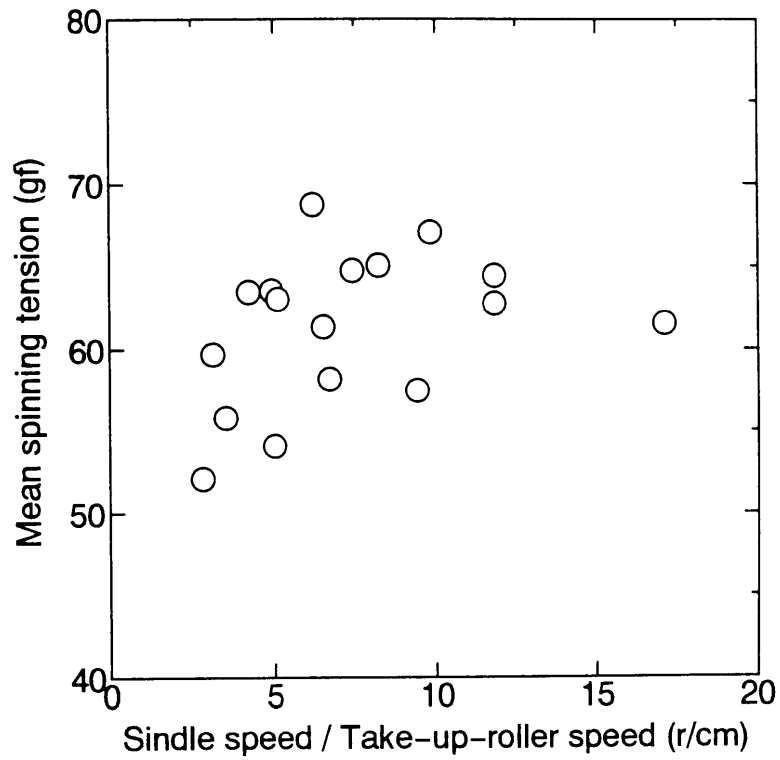


Fig. 3-16 Relation between mean spinning tension and spinning speed (mean fiber length of silk = 36.5 mm, distance from fulcrum of lever to load = 2.8 cm).

R/V 比が 7 (r/cm) 以上の場合、綿筒はほとんど常に上昇していて、時々落下するという状態になり、 $R/V \leq 7$ (r/cm) の範囲での紡績状態と比較して、かなり不安定な状態であった。綿筒の上下動は繊維の滑脱性に関係しており、紡績状態が変化する R/V 比の値は原料繊維の種類によって異なる。

Figure 3-17 は Table 3-1 の (2), (3) に示した紡出糸の実測平均撚数と、綿筒の回転効率 β を用いて式 (3-8) より計算した平均撚数 n_R の関係を示している。この実験では、各原料繊維に対して安定した紡績状態が得られるように適切な R/V 比を選択して紡績を行っている。実測値と計算値の間には、相関係数 $r=0.91$ の強い相関があり、これより、紡出糸の平均撚密度は綿筒の回転効率 β で定まることが確認できた。

Figure 3-18 および 3-19 は平均紡出張力に対する綿筒の回転効率 β 、平均線密度 W と固有定数 α の変化を示している。これらの値は平均紡出張力、繊維の種類、および平均繊維長によって大きく変化した。一般的な傾向としては、平均紡出張力を増加させると β 値は減少して撚数が減少し、 W が増加して糸は太くなった。また、 α 値は小さな紡出張力の範囲においては張力の変化に対応して大きく変化した。紡出張力がおよそ 30 gf 以上ではほぼ一定値を示した。また、これらの傾向は繊維の種類や平均繊維長によらず共通する性質であることが分かった。さらに、同じ紡出張力下では繊維長が長いほど、小さな β 値と大きな W 値であった。

以上の実験結果から、綿筒の回転効率 β と紡出糸の線密度 W の相互関係について以下のように検討した。先に Figure 3-13 で示したように、紡績過程の綿筒上部の糸形成点での太さと撚数の間には、一定の撚係数を保つ性質が認められている。一般に、糸の番手（恒重式）を N 、撚密度を T_s とすると、撚係数 TF は次のように定義されている。

$$T_s = (TF) \sqrt{N} \quad \cdots (3-11)$$

本実験において、線密度 W (g/m) の糸の英式綿番手 N は $N = 0.591/W$ である。

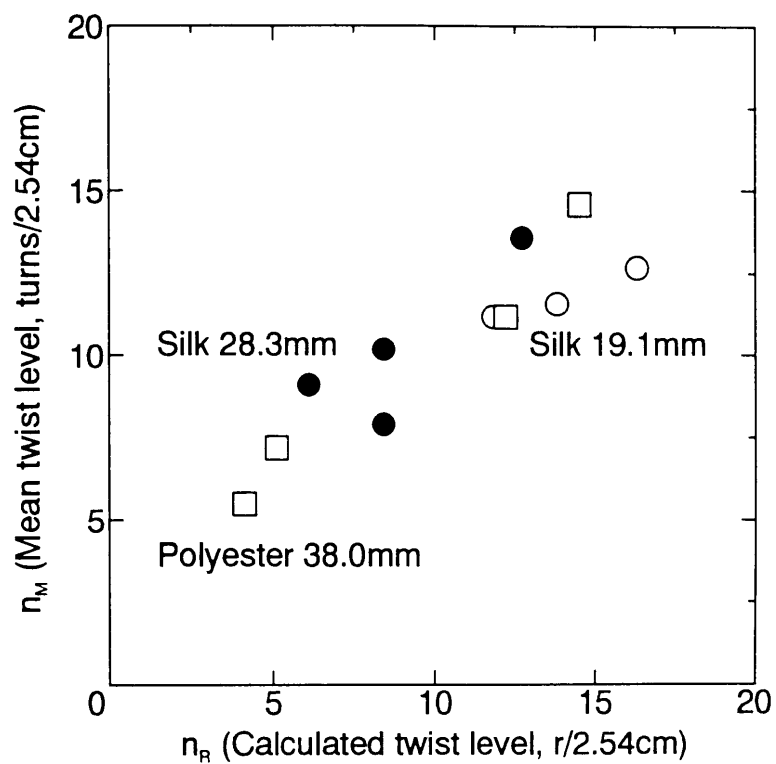


Fig. 3-17 Relation between mean twist level and calculated twist level of yarn (mean fiber length of silk: ○ 19.1 mm, ● 28.3 mm; uniform fiber length of polyester: □ 38.0 mm, fiber fineness = 1.4 denier; spindle speed/take-up-roller speed: 8~10 r/cm).

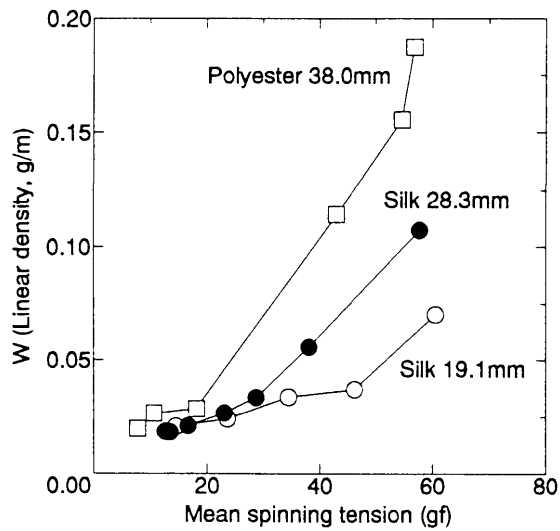
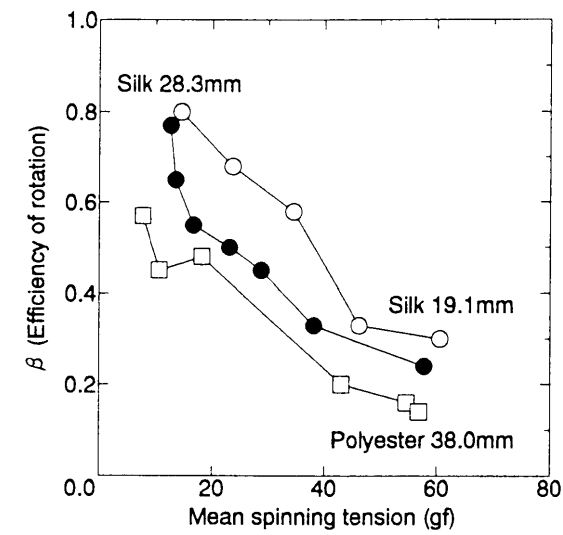


Fig. 3-18 Relation between efficiency of rotation of stuffer-tube, linear density of yarn, and mean spinning tension (mean fiber length of silk: \circ 19.1 mm, \bullet 28.3 mm; uniform fiber length of polyester: \square 38.0 mm, fiber fineness = 1.4 denier; spindle speed/take-up-roller speed: 8~10 r/cm).

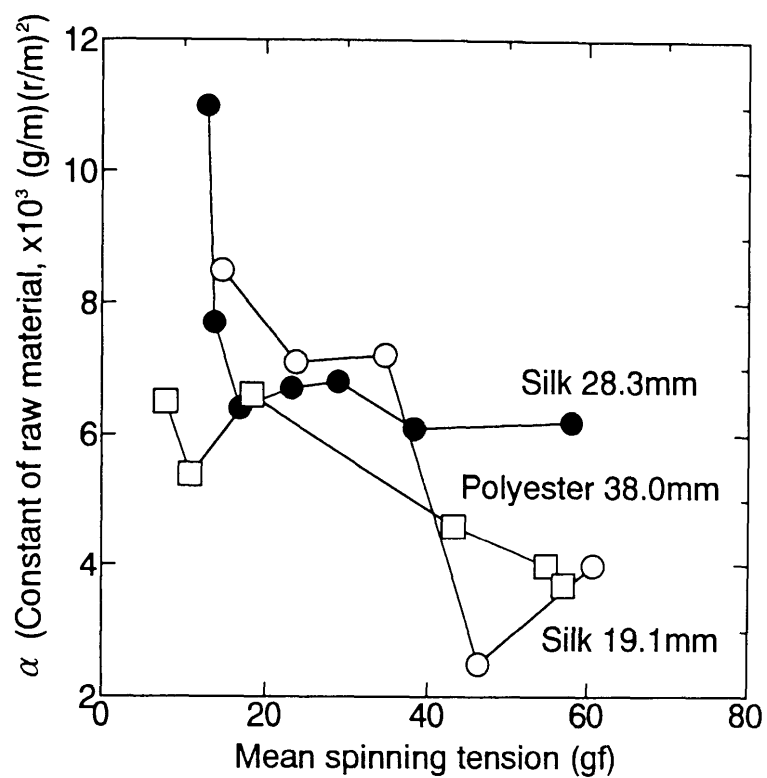


Fig. 3-19 Relation between constant of raw material and mean spinning tension (mean fiber length of silk: ○ 19.1 mm, ● 28.3 mm; uniform fiber length of polyester: □ 38.0 mm, fiber fineness = 1.4 d; spindle speed/take-up-roller speed: 8~10 r/cm).

また、平均撚数 T_r (r/cm) は (3-8) 式で与えられる。これらを (3-11) 式に代入して整理すると、撚係数 TF は、

$$TF = K \beta \sqrt{W} ((r/cm)(g/m)^{1/2}) \dots (3-12)$$

$$\text{ただし、} K = n_T / \sqrt{0.591} (r/cm)$$

である。

Table 3-3 は紡出張力を 30 から 60 gf 間の各種の強さで作成した試料糸の TF を実測し、原料繊維別に平均した結果を示している。紡出張力の範囲選定は次に述べる理由により定めた。すなわち、Figure 3-19 において紡出張力が 30 gf 以下の場合、 α 値は紡出張力の影響を強く受けて紡績状態が不安定となるが、紡出張力が 30 から 60 gf 間の α 値は紡出張力の大きさによらずほぼ一定値を示し安定した紡績状態が示され、糸番手もほぼ一定の値を示すようになったからである。Table 3-3 において、TF の値は繊維の種類、および繊維長によって異なる値を示したが、その差は小さい。また、繊維長が長いと TF は小さくなる傾向が認められる。本実験で求められた $TF=3.1\sim3.4$ の値は、先に Figure 3-13 で求めた糸形成点付近の局所的 TF 値 (≈ 3.0) よりも僅かに大きい値である。局所的 TF 値が小さな値を示したのは糸形成点付近の糸の繊維密度が小さく、見掛けの太さが大きくなっているためであると考えられる。

Table 3-3 Mean twist factor (TF) of yarn

Fiber	MFL ^a (mm)	TF ((turns/2.54cm)(m/g) ^{-1/2})
Silk	19.1	3.4
	28.3	3.2
Polyester ^b	38.0	3.1

^a MFL = mean fiber length;

^b uniform fiber length, fiber fineness = 1.4 d.

以上により、和紡績における糸の紡出過程では適度な紡出張力下において、TF 値を一定に保つように糸の太さと撚密度が相互にバランスをとりながら糸形成が行われることが明らかとなった。

3・6 結 言

和紡精紡機の紡績プロセスを解析し、さらに紡績操作条件と糸質の関係について検討を加えた。和紡績の特徴は、弱い周期性をもって繰返される綿筒の上下動にある。過渡的な糸生成についての実験の結果、綿筒上下動の発生が糸形成点付近での撚数と番手を変化させるが、この変化は繊維の滑脱性に関係した限界撚数により規定されていた。そのために、和紡糸の局所的な太さむらは原料繊維の物理的性質に依存して発生することが分かった。

和紡績の操作条件と糸質の関係について検討した結果、和紡績の基本操作として以下の知見を得た。レバー上の荷重位置、およびスピンドル速度と糸の巻取り速度の比率の調整により、紡出張力 30～60 gf でほぼ安定した紡績状態が得られ、その範囲内で紡出張力を増加させると太い和紡糸の紡出が可能であった。しかし、和紡糸の太さを増加（あるいは減少）させるとこれにともなって撚密度が減少（あるいは増加）し、和紡糸の撚数は任意に調整できないことが分かった。また、和紡糸の太さは原料繊維の性質に依存しており、安定した紡出過程では紡出糸の撚係数を一定値に保つように糸の太さと撚数が相互にバランスをとりながら糸を形成することが明らかとなった。このような力学的に自己平衡性（self regulation）を示す加撚現象は、ミュール紡績過程で指摘されている現象と類似し、その他の紡績過程では認められないものである。

参考文献

- 1) 和田 進; 紡織界, **34**, 622 (1943).
- 2) 松本陽一, 鳥海浩一郎, 近田淳雄, 原川和久;
日本纖維機械学会誌, **46**, T215 (1993).
- 3) 松本陽一, 鳥海浩一郎, 原川和久;
日本纖維機械学会誌, **47**, T83 (1994).
- 4) Hearle J. W. S., Grosberg P., and Backer S.; "Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics", vol. 1, p.275, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc., New York (1969).
- 5) 原川和久, 高橋清久, 及川成昭, 高木茂樹, 田中賢治;
日本纖維機械学会誌, **29**, T1 (1976).
- 6) Matsumoto Y., Tsuchiya I., and Kyuma H.;
J. Sericultural Sci. Jpn., **58**, 1 (1989).
- 7) Matsumoto Y., Tsuchiya I., Toriumi K., and Harakawa K.;
J. Textile Inst., **81**, 48 (1990).
- 8) Matsumoto Y., Tsuchiya I., Toriumi K., and Harakawa K.;
J. Textile Inst., **82**, 479 (1991).

第4章 和紡績によるコア・スパンヤーンの試作

4・1 緒言

和紡糸の外観的特徴を保存しながら糸強力を大きくするために、和紡績による和紡式コア・スパンヤーンの作成を提案し、試作した精紡装置¹⁾を“和紡コアスパン精紡機”と呼ぶことにする。ここでは、まず試作機の性能と紡績操作条件について調べ、和紡コアスパン精紡機を用いたコア・スパンヤーンの作成において、紡出張力、コアフィラメント糸の供給張力、およびコアフィラメントの種類がコア・スパンヤーンの糸構造に及ぼす影響について詳細な検討を加えた²⁾。ついで、和紡式コア・スパンヤーンと和紡単糸を比較することにより、和紡式コア・スパンヤーンの特徴を明らかにした^{2, 3, 4, 5)}。

4・2 和紡コアスパン精紡機の試作とその特性

考案した新型綿筒（Figure 2-3 参照）を用いる和紡コアスパン精紡機の概略図を Figure 4-1 に示した^{2~5)}。この装置の特徴は、機械底部に位置しているコアフィラメントを綿筒内の原料繊維へ挿入する方法にある。紡績過程において、綿筒の回転により綿筒上部の原料繊維はコアフィラメントに絡みつきシース繊維層を形成する。この間、第3章で述べたと同様に、綿筒は上下運動を繰返し、コア・スパンヤーンが作成される。本装置はコアフィラメントの撚に対して原理的には仮撚の作用しか持っていないから、紡出されたコア・スパンヤーン内のフィラメントは無撚で、シース繊維はコアフィラメントに巻きついた構造となる。

Figure 4-1 に示したように、和紡式コア・スパンヤーンの作成では、コア・スパンヤーン作成時の紡出張力を T_s 、コアフィラメントの供給張力を T_c とすると、これらの差分 $T_s - T_c = T_t$ は綿筒内原料からコアフィラメントによって繊維群が引き抜かれるときに発生する張力、およびコアフィラメントと綿筒内原料繊維との間に発生する摩擦力等の総和と考えられる。

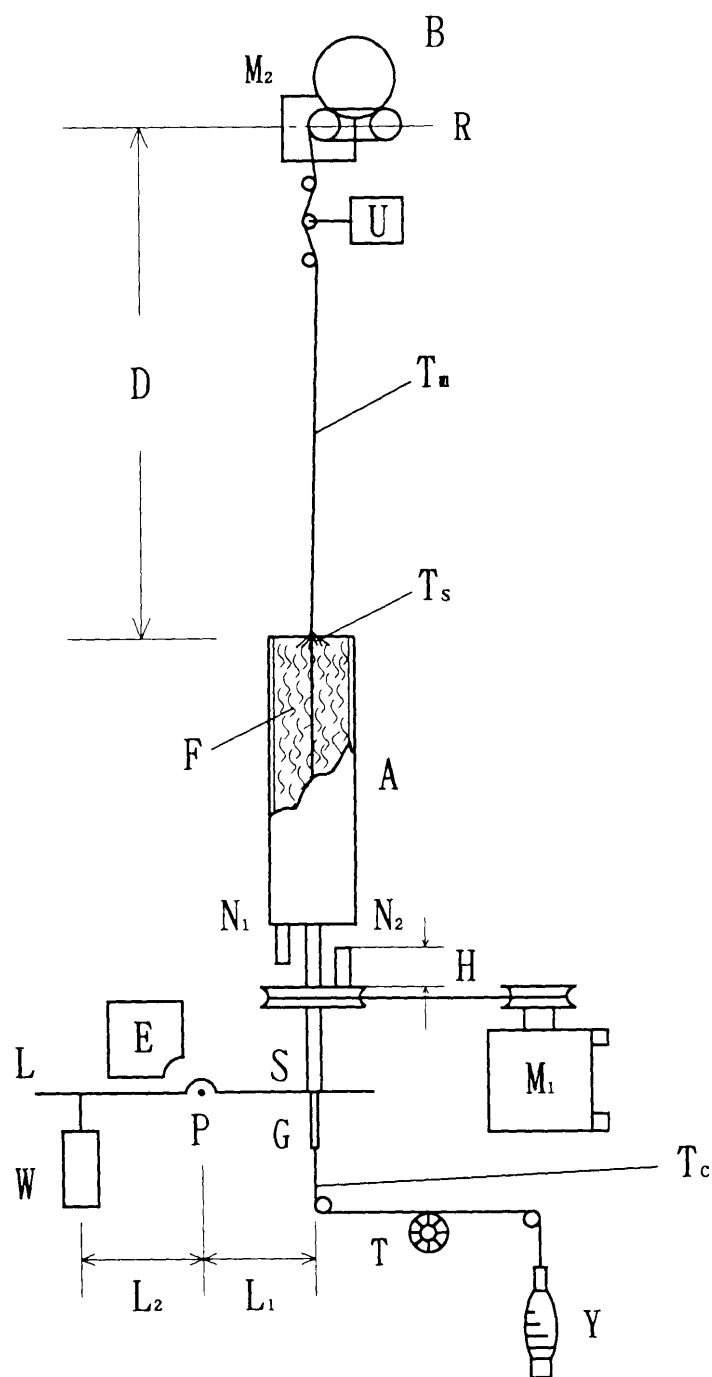


Fig. 4-1 Improved throstle-spinning machine (A: stuffer tube; B: bobbin; D: ratch; E: photo-displacement sensor; F: fiber; G: guide pipe; H: height of N_2 ; L: lever; M_1 , M_2 : motors; N_1 , N_2 : clutches; R: take-up roller; S: hollow spindle; T: tension disc; T_c : core tension; T_m : spinning tension; $T_s = T_m - T_c$; U: tension meter; W: load; Y: core-filament yarn).

一方、単位長さ当たりのコアフィラメントに巻きつくシース繊維量（線密度） W_s は、コア・スパンヤーンの線密度を W_a 、コアフィラメントの線密度を W_c とすると、 $W_s = W_a - W_c$ で与えられる。

本節では、和紡コアスパン精紡機の操作条件を検討するために、荷重位置 L_2 、スピンドル速度 R と糸の巻取り速度 V の比率、およびコアフィラメントの供給張力 T_c が、紡出張力 T_s に及ぼす調整効果を調べた。

実 験

Figure 4-1 に示したように、紡績過程での紡出張力 T_s の測定には試作 3 点式張力計 (U) を用い、綿筒の上下運動の測定には光電子式変位計 (E) を用いた。また、コアフィラメントの供給張力 T_c はテンションディスク (T) により調整した。

試料、および実験条件は以下のとおりとした。

絹カードラップ 平均繊維長 19.1、および 36.5 mm の 2 種類

コアフィラメント 生 糸 63 d (=21 d×3)、

精練糸 54 d (63 d 生糸の練減率 14 %)、および

ポリエステル糸 75 d (繊維繊度 2.1 d) の 3 種類

和紡コアスパン精紡機の調整条件

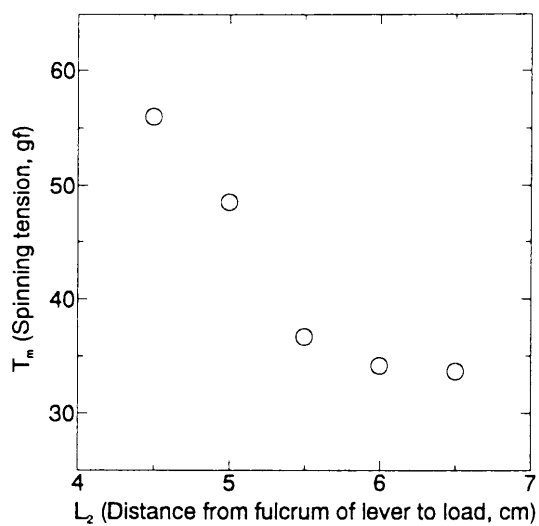
レバー支点から荷重位置までの距離 (L_2) 45~65 mm

スピンドル速度と糸の巻取り速度の比率 (R/V 比) 2.8~17.1 r/cm

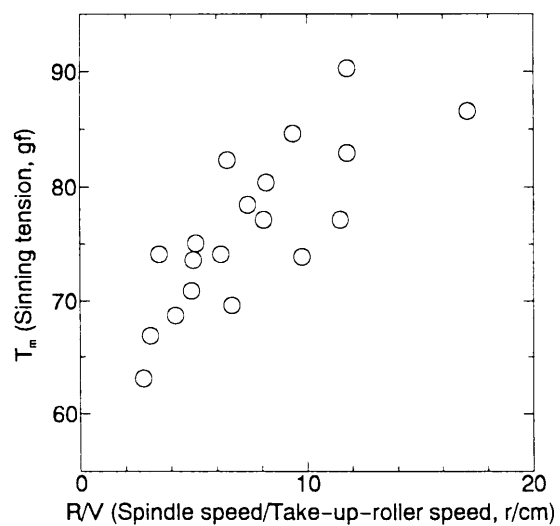
コアフィラメントの供給張力 (T_c) 10~30 gf

結果と考察

Figure 4-2 および 4-3 は、和紡コアスパン精紡機の調整条件による紡出張力 T_s の変化を示している。Figure 4-2 (1) ではシース繊維として絹平均繊維長 19.1 mm、コアフィラメントとして精練糸 54 d を使用し、荷重位置 L_2 の調整による紡出張力 T_s の変化を示している。また、Figure 4-2 (2) ではシース繊維として絹平均繊維長 36.5 mm、コアフィラメントとして生糸 63 d を使用し、 R/V 比の調整による紡出張力 T_s の変化を示した。



(1)



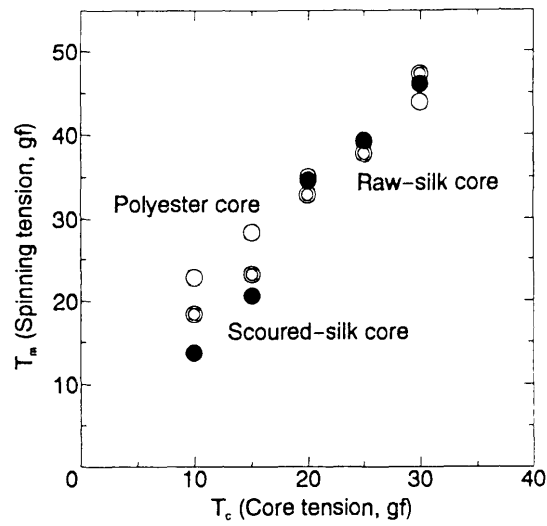
(2)

Fig. 4-2 Relation between mean spinning tension and spinning conditions (T_m : mean spinning tension; T_c : core tension; $T_s = T_m - T_c$; (1) mean fiber length of silk = 19.1 mm, T_c of scoured-silk = 30 gf; (2) mean fiber length of silk = 36.5 mm, T_c of raw-silk = 20 gf).

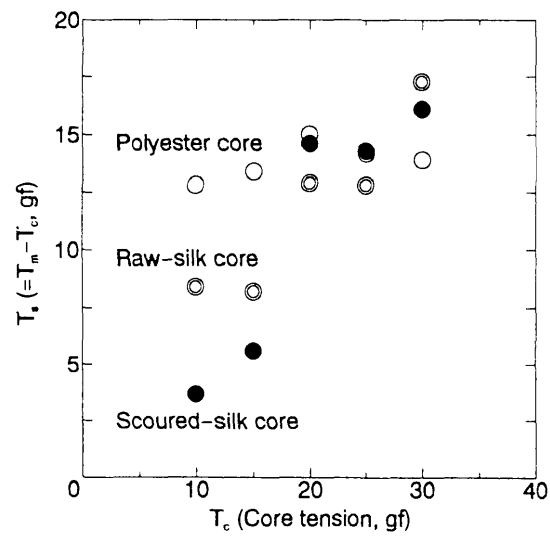
Figure 4-2 (1) に示したように、荷重位置 L_2 を減少させると紡出張力 T_s を増加させることができる。このとき、コアフィラメントの供給張力 T_c は一定値 (=30 gf) としているので、 T_s 値 ($= T_s - T_c$) は増加する。また、Figure 4-2 (2) に示したように、スピンドル速度 R と糸の巻取り速度 V の比率 (R/V 比) を増加させても紡出張力 T_s を増加させることができ、このときのコアフィラメント供給張力 T_c は一定値 (=20 gf) としているので、 L_2 を減少させたときと同様に、 T_s 値が増加する。

Figure 4-3 (1) はコアフィラメントの供給張力 T_c の調整が紡出張力 T_s に及ぼす影響を調べた実験データである。また、Figure 4-3 (2) はこの実験データを T_c と T_s の関係として整理したものである。この実験ではシース繊維に絹 (平均繊維長 19.1 mm) を用い、コアフィラメントには生糸 63 d、精練糸 54 d、およびポリエステル糸 75 d の3種類の繊維を使用し、それぞれコア・スパンヤーンを作成した。Figure 4-3 (1) で明らかなように、紡出張力 T_s はコアフィラメントの供給張力 T_c の増加にほぼ比例して増加する傾向が全般的に認められた。しかし、Figure 4-3 (2) に示したように、コアフィラメントの種類別に考察すると、 T_s 値はコアフィラメントの種類に大きく依存し、精練糸 (●) の場合、 T_c が 17~18 gf を境にして T_s 値は大きく変化し、ポリエステル糸 (○) の場合は T_c が 10~30 gf の間で T_s 値はやや増加傾向を示したにすぎない。また、生糸 (◎) の場合はこれらの中間的な傾向を示し、コア・スパンヤーンの作成において、コアフィラメントの選択が重要であることが示された。

前述したように、紡出張力 T_s とコアフィラメントの供給張力 T_c の差分 T_s 値は、コアフィラメントがシース繊維を綿筒から引き抜く力やコアフィラメントが綿筒内を通過するときに発生する摩擦力等の総和と考えられる。一方、コアフィラメントによって引き抜かれたシース繊維量 W_s とそのときに発生する引抜力との間には一定の関係があるものと予想される。そこで、Figure 4-3 (1) に示した実験データを T_s 値とシース繊維量 W_s の関係として整理し、その結果を Figure 4-4 に示した。



(1)



(2)

Fig. 4-3 Relation between spinning tension, T_s , and core tension (T_m : mean spinning tension; T_c : core tension; $T_s = T_m - T_c$; mean fiber length of silk = 19.1 mm; core-filament yarn: ○ polyester, ⊙ raw-silk, ● scoured-silk).

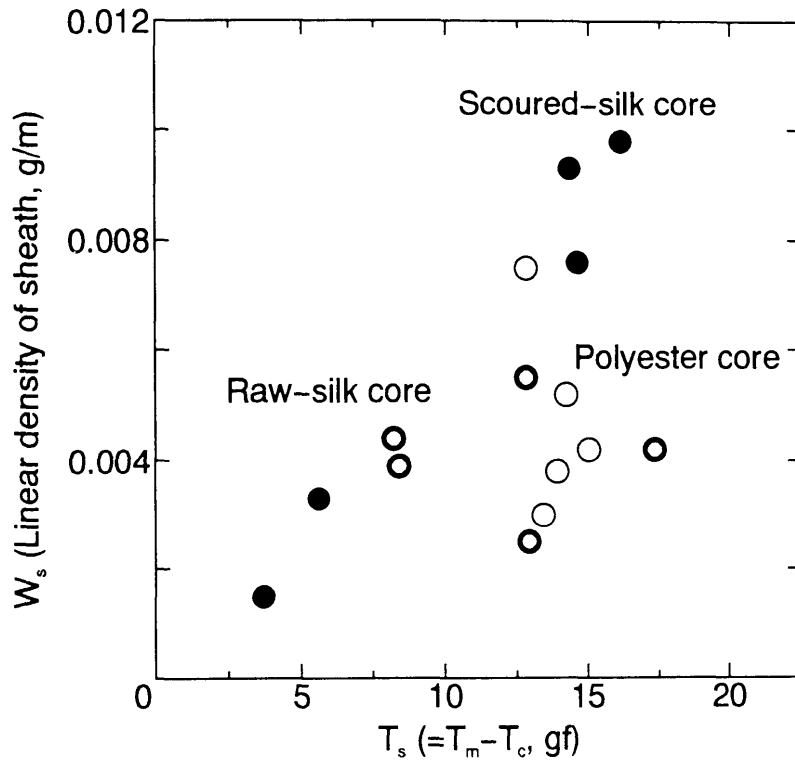


Fig. 4-4 Relation between mean linear density of sheath and T_s (W_s : linear density of sheath ($= W_m - W_c$); W_m : linear density of yarn; W_c : linear density of core-filament yarn; $T_s = T_m - T_c$; T_m : mean spinning tension; T_c : core tension; mean fiber length of silk = 19.1 mm; core-filament yarn: ○ polyester, ◎ raw-silk, ● scoured-silk).

図から明らかなように、コアフィラメントが精練糸（●）の場合には T_s 値の増加とともにシース繊維量 W_s がほぼ比例的に増加することが認められた。この関係において、 T_s 値が 5 gf から 15 gf の間の実験データが欠落している理由は、コア張力 T_c が 17～18 gf 以上の値になると、 T_s 値が 20 gf から 35 gf に急激に変化し、その結果 T_s 値が 5 gf から 15 gf へ非連続的に大きく変化し（Figure 4-3 (2) 参照）、この間の T_s 値が設定できなかったからである。生糸（◎）の場合、 T_s 値と W_s の間には特別な関係を見出すことはできなかった。また、ポリエステル糸（○）の場合は、コア張力 T_c を調整して T_s 値を任意の値に設定することが不可能で、 T_s 値はほぼ 13 gf から 15 gf の間の狭い範囲ではらつき、この間の W_s のばらつきは、コアフィラメントが生糸の場合と比較してかなり大きいものとなった。さらに、 T_s 値が 15 gf 付近の W_s 値を比較すると、コアフィラメントが精練糸（●）の場合にもっとも大きく（約 0.009 g/m）、生糸とポリエステルの場合はほぼ等しい値（約 0.004 g/m）となっている。

いま、Figure 4-4 の結果から T_s 値とシース繊維量 W_s の比率（ $= T_s/W_s$ 比）を求めると、単位量のシース繊維を紡出するために必要な力を見積もることができる。Table 4-1 は T_s/W_s 比の平均値と分散（CV%）の計算結果を示したものである。精練糸をコアとした場合 T_s/W_s 比は最も小さく、他の2つのコアフィラメントの場合はほぼ同様な値をとり、データのばらつきは大きい。これらの実験結果から、コアフィラメントの選択に関して以下の特徴が指摘できる。すなわち、① 精練糸がコアフィラメントの場合に T_s/W_s 比は最も小さい。② T_s 値が等しい場合、精練糸は他の繊維に比べて最も多くのシース繊維を収集する。

Table 4-1 T_s / W_s

Core filament	T_s / W_s	
	Mean value (gf/g/m)	CV%
Polyester	3.2×10^3	34.9
Raw-silk	3.3×10^3	42.4
Scoured-silk	1.9×10^3	20.1

前にも述べたように、紡出張力 T_s とコアフィラメントの供給張力 T_c の差分 T_s 値は、コアフィラメントがシース繊維を綿筒から引き抜く力（以下、 F_a と略記）や、コアフィラメントが綿筒内を通過するときが発生する摩擦力（以下、 F_b と略記）等の総和と考えられる。ここでは説明を簡単にするために、 $T_s \approx F_a + F_b$ とすると、コアフィラメントの種類によって上述した ① と ② の特徴が生じた理由は次のように説明できる。すなわち、コアフィラメントに生糸およびポリエステルを用いる場合に比較して、精練糸をコアフィラメントとした場合、 T_s 値に占める F_a の割合が大きく、コアフィラメントはシース繊維を効率よく収集し、その結果 W_s 値が大きくなり、 T_s/W_s 比は小さくなったものと解釈できる。このように、コアフィラメントの種類によってシース繊維の収集に差異が生じる原因については、コアフィラメントとシース繊維間の摩擦等が考えられる。このような理由により、精練糸がコアフィラメントの場合は T_s と W_s の間にほぼ比例関係が認められ、生糸やポリエステルの場合にはこの関係がほとんど成立しなかったものと考えられる。

以上のように、和紡コアスパン精紡機においては荷重位置 L_2 、スピンドル速度 R と糸の巻取り速度 V の比率、およびコアフィラメントの供給張力 T_c がコア・スパンヤーンの紡出張力 T_s に影響を及ぼすが、これらの影響はコアフィラメントの種類に強く依存することが明らかとなった。

4・3 コア・スパンヤーン形成とシース繊維の関係

本節では、和紡式コア・スパンヤーン作成において、シース繊維長が糸形成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。この問題を検討する場合、シース繊維とコアフィラメントとの相互作用についても考慮する必要があると考えて、本節の実験では和紡式コア・スパンヤーンと和紡単糸とを比較できるように計画した。そこで、和紡コアスパン紡績ならびに和紡績の操作パラメータを表す記号を以下にまとめて示した。

和紡式コア・スパンヤーン 和紡単糸		
紡出張力	T_s	T_s
コア張力	T_c	—
T_s	$T_s - T_c$	(T_s)
紡出糸の線密度	W_s	W_s
コアフィラメントの線密度	W_c	—
シース繊維分の線密度	$W_s (= W_s - W_c)$	(W_s)
綿筒の回転効率	β	β

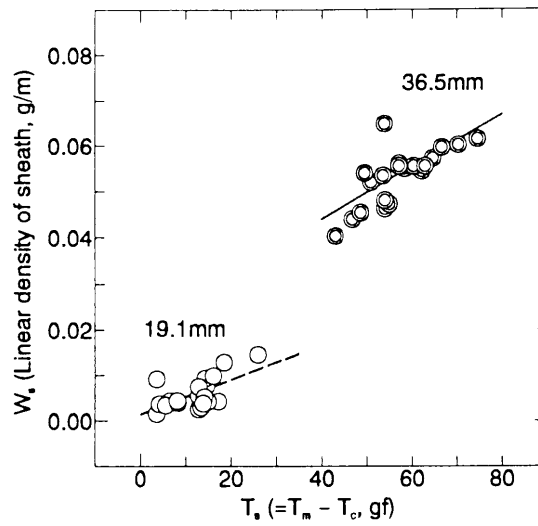
(1) T_s/W_s 比に対するシース繊維長の影響

Figure 4-5 は紡出張力と紡出糸の線密度の関係を示している。Figure 4-5 (1) は T_s 値とシース繊維量 W_s の関係を示している。また、Figure 4-5 (2) にはコアフィラメントを挿入しない場合、すなわち和紡単糸の作成時における紡出張力 T_m と線密度 W_m の関係を示している。それぞれの実験における紡出張力 T_s の調整は荷重位置 L_2 、スピンドル速度 R と糸の巻取速度 V との比率、およびコアフィラメントの供給張力 T_c で行った (Figure 4-2、および 4-3 参照)。Figure 4-5 (2) の和紡単糸の場合には、絹原料の平均繊維長 (○ 19.1mm、◎ 36.5 mm) によらず、紡出張力 T_m の増加とともに紡出糸の線密度 W_m はほぼ比例的に増加した。一方、Figure 4-5 (1) のコア・スパンヤーン (生糸コア) の場合には、 T_s 値の増加とともにシース繊維量 W_s が増加するが、シース繊維の繊維長がシース繊維量 W_s の増加割合に影響を及ぼすことが分かった。

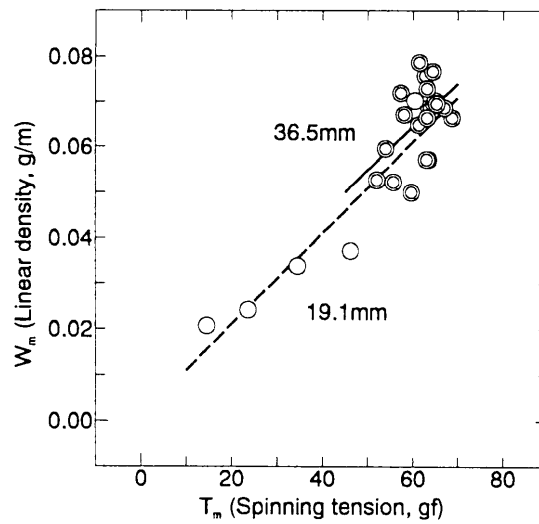
そこで、線密度と紡出張力の因果関係に対するシース繊維長の影響を明らかにするために、Figure 4-5 (1), (2) から W_s 、 W_m に対する T_s 、 T_m の増加率をそれぞれ計算して Table 4-2 に示した。

Table 4-2 T/W

Mean fiber length (mm)	Core-spun yarn T_s/W_s		Single yarn T_m/W_m	
	Mean (gf/g/m)	CV%	Mean (gf/g/m)	CV%
19.1	2.5×10^3	49.7	1.0×10^3	18.9
36.5	1.1×10^3	8.2	0.9×10^3	13.1



(1) Throstle-spun core-spun yarn



(2) Throstle-spun single yarn

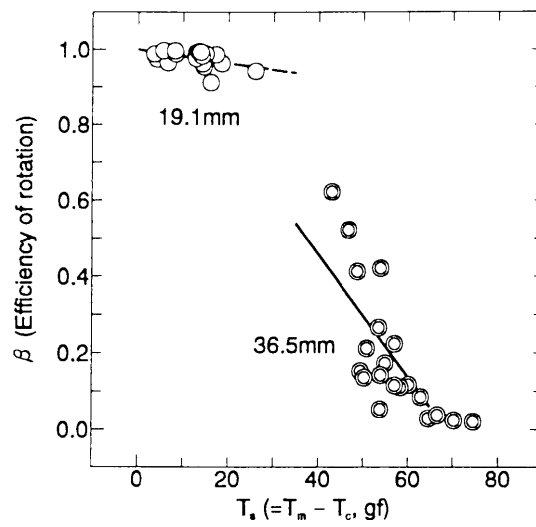
Fig. 4-5 Relation between mean linear density and spinning tension (W_s : linear density of sheath ($= W_m - W_c$); W_m : linear density of yarn; W_c : linear density of core-filament yarn; $T_s = T_m - T_c$; T_m : mean spinning tension; T_c : core tension; \bigcirc : mean fiber length of silk = 19.1 mm, T_c of scoured-silk = 30 gf; \odot : mean fiber length of silk = 36.5 mm, T_c of raw-silk = 20 gf; full line and broken line indicate experimental equation obtained by the least squares method.).

上表から明らかなように、コア・スパンヤーンの T_s/W_s は和紡単糸の T_s/W_s よりも大きく、また、コア・スパンヤーンにおいては単位量の繊維を紡出するのに必要な張力はシース繊維が長いほど小さいという結果となった。

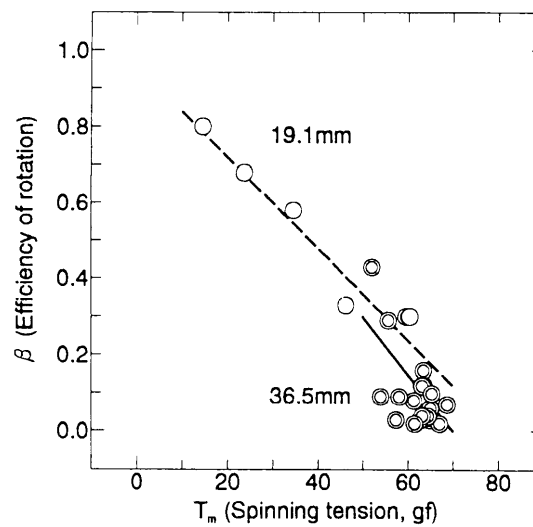
本実験でみられたような T/W 比のコアフィラメント挿入による変化、あるいはシース繊維長への依存性は、以下に述べる理由で生じたものと思われる。すなわち、コア・スパンヤーン作成過程で発生する力 T_s はシース繊維を紡出するために必要な張力だけではなく、コアフィラメントが綿筒内を通過する際にシース原料繊維との間で発生する摩擦力等も含んでいて、和紡単糸の紡出張力 T_s よりも大きく見積もられ、そのために T/W 比に差異が生じたものと考えられる。コア・スパンヤーンの T_s/W_s 比は繊維長が短いものほど大きな値となっている。一般に、綿筒から繊維を引き出すために要する力（ドラフト力）は長繊維ほど大きいと予想できるので、この実験結果はこれと矛盾しているが、コアフィラメントが綿筒を通過する際に発生する摩擦力は短繊維の場合ほど大きいと考えると説明が付く。このような現象は前章でも認められたが、本章の測定でこれを確認することはできない。

(2) 綿筒の回転効率 β に対するシース繊維長の影響

Figure 4-6 は繊維長の異なる 2 種類のシース繊維について、綿筒回転効率に対する紡出張力の影響を調べた実験結果である。Figure 4-6 (1) はコア・スパンヤーンの紡出過程における T_s 値と β の関係を示している。Figure 4-6 (2) はコアフィラメントを挿入しない場合、すなわち和紡単糸作成過程の紡出張力 T_s と β の関係を示している。また、Table 4-3 は Figure 4-6 のデータから求めた T_s ならびに T_s に対する β の変化割合、 $|\Delta\beta/\Delta T|$ を示している。 $|\Delta\beta/\Delta T|$ の値は Figure 4-6 中に示した回帰線の勾配として求めた。



(1) Throstle-spun core-spun yarn



(2) Throstle-spun single yarn

Fig. 4-6 Relation between efficiency of rotation of stuffer-tube and spinning tension (T_m : mean spinning tension; T_c : core tension; $T_s = T_m - T_c$; \bigcirc : mean fiber length of silk = 19.1 mm, T_c of scoured-silk = 30 gf; \odot : mean fiber length of silk = 36.5 mm, T_c of raw-material = 20 gf; full line and broken line indicate experimental equation obtained by the least squares method.).

Table 4-3 $|\Delta\beta/\Delta T|$

Mean fiber length (mm)	Core-spun yarn $ \Delta\beta/\Delta T_s $ (1/gf)	Single yarn $ \Delta\beta/\Delta T_m $ (1/gf)
19.1	0.2×10^{-2}	1.2×10^{-2}
36.5	1.6×10^{-2}	1.5×10^{-2}

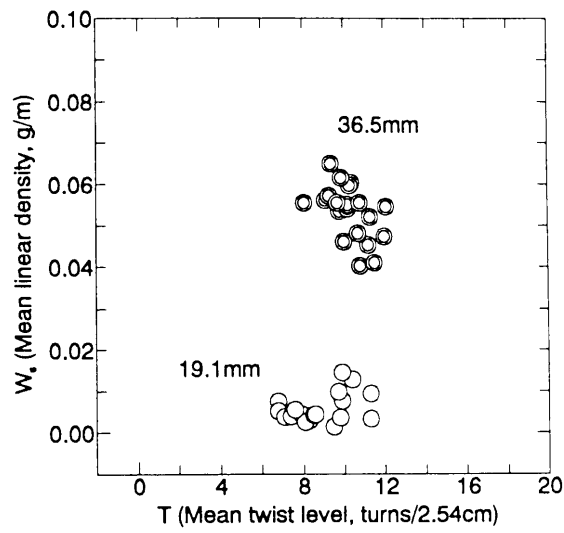
和紡単糸の紡出においては、繊維長によらず、紡出張力 T_s の増加とともに綿筒の回転効率 β は減少する傾向が認められた。またコア・スパンヤーンの紡出においても、 T_s 値の増加に対して綿筒の回転効率 β は減少する傾向を示すが、この傾向はシース繊維長により変化した。すなわち、 β の減少割合 ($= |\Delta\beta/\Delta T_s|$) は和紡単糸の紡出の場合に認められた β の減少割合 ($= |\Delta\beta/\Delta T_s|$) と比べて、この傾向はシース繊維長が短い場合に顕著に現れ、19.1 mm の場合はほとんど 0 であった。これに対して、36.5 mm の場合は和紡単糸の場合とほぼ同じ値を示した。

19.1 mm の場合の β の減少割合の大きな違いは、コアフィラメントが綿筒内から引き抜く繊維量 W_s に関係していると考えられる。Figure 4-5 に示されているように、繊維長が 19.1 mm の場合、紡出張力 ($T_s=10\sim20$ gf) におけるシース繊維量 W_s (約 0.01 g/m) は和紡単糸の紡出張力 ($T_s=10\sim20$ gf) における和紡単糸の線密度 W_s (約 0.02 g/m) に比較して極端に少ない。すなわち、19.1 mm の場合、 T_s 値に対してコアフィラメントと綿筒内原料繊維との摩擦力の寄与が大きく、シース繊維の引き抜きに関する寄与は少ない (このような現象は前節 4・2 に述べたように、コアフィラメントにポリエステルを用いた場合にも認められている)。したがって、コアフィラメントによって引き抜かれるシース繊維の量は 36.5 mm の場合と比較して少なく、19.1 mm のシース繊維による「引き抜き繊維による撚密度と糸の番手との自己平衡作用」の効果が弱く、実験データには現れなかったと考えられる。その結果、 β 値は T_s 値によらずほぼ一定値を示したものと思われる。

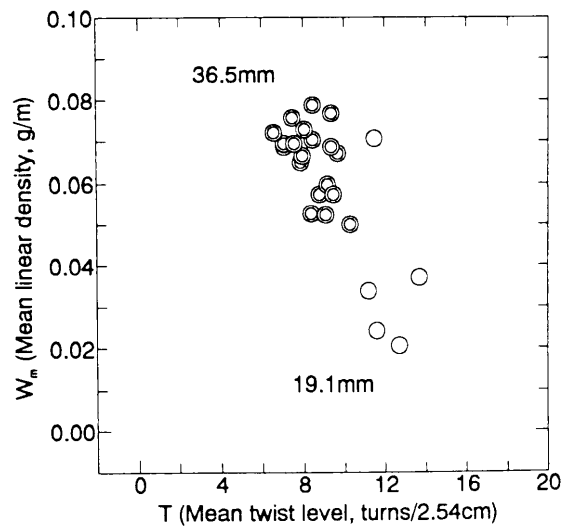
(3) 撚係数に対するシース繊維長の影響

コア・スパンヤーンの太さと撚数に対するシース繊維長の影響を調べ、コア・スパンヤーンの撚係数 TF について検討した。Figure 4-7 は紡出張力を調整することによって作成したコア・スパンヤーン (Figure 4-7 (1))、および和紡単糸 (Figure 4-7 (2)) の太さ W と撚密度 T の測定結果を散布図で示したものである。また、Figure 4-8 は Figure 4-7 (1), (2) の実験データから撚係数を求めるために変換した線密度 (太さ) の平方根の逆数 $1/\sqrt{W}$ と紡出糸の撚密度 T の関係を示している。Figure 4-8 (1) はコア・スパンヤーンの場合、Figure 4-8 (2) はコアフィラメントを挿入しない場合、すなわち和紡単糸の場合である。さらに、Table 4-4 は Figure 4-7 の各データから計算した撚係数 TF ($TF = T \times \sqrt{W}$) の平均値と分散 (CV%) を示している。Figure 4-8 中の回帰線の傾斜は Table 4-4 の TF の平均値に相当している。

繊維長 36.5 mm (◎) の場合には、コア・スパンヤーンおよび和紡単糸によらず、撚密度 T の増加とともに線密度 W 、ならびに W_0 の減少傾向が認められ (Figure 4-7、および 4-8 参照)、撚係数の分散 (CV%) も小さくほぼ等しい値となり (Table 4-4 参照)、第 3・5 章で述べたと同様に、撚密度と糸の太さが力学的に自己平衡性を保っていることが明らかである。しかし、繊維長 19.1 mm (○) の場合には、コア・スパンヤーンおよび和紡単糸ともに、撚係数の分散 (CV%) が大きかった。特に、19.1 mm を用いたコア・スパンヤーンは極端に小さな撚係数を示した。これは、前項 (2) で述べたシース繊維の量が僅少であったために、撚密度と糸の番手との自己平衡作用がほとんど現れなかったことによるものと思われる。特に、19.1 mm を用いたコア・スパンヤーンは極端に小さな撚係数を示した。これは、前項 (2) で述べたシース繊維の量が僅少であったために、撚密度と糸の番手との自己平衡作用がほとんど現れなかったことによるものと思われる。

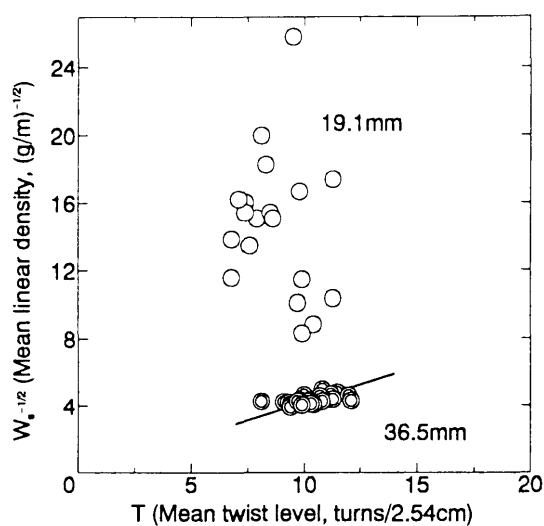


(1) Throstle-spun core-spun yarn

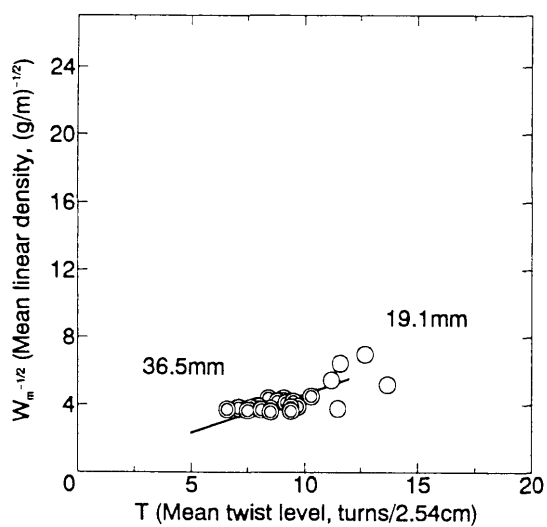


(2) Throstle-spun single yarn

Fig. 4-7 Relation between mean linear density and mean twist level of yarn (W_s : linear density of sheath ($=W_m - W_c$); W_m : linear density of yarn; W_c : linear density of core-filament yarn; \bigcirc : mean fiber length of silk = 19.1 mm, T_c of scoured-silk = 30 gf; \odot : mean fiber length of silk = 36.5 mm, T_c of raw-silk = 20 gf).



(1) Throstle-spun core-spun yarn



(2) Throstle-spun single yarn

Fig. 4-8 Relation between \sqrt{W} and T (W_s : linear density of sheath ($=W_m - W_c$); W_m : linear density of yarn; W_c : linear density of core-filament yarn; T : mean twist level; mean fiber length of silk: \bigcirc 19.1 mm, \odot 36.5 mm; full line indicates experimental equation obtained by the least squares method.).

Table 4-4 Twist factor (TF)

Mean fiber length (mm)	Twist factor			
	Core-spun yarn		Single yarn	
	Mean	CV%	Mean	CV%
19.1	0.7	39.5	2.3	21.6
36.5	2.4	8.3	2.2	10.2

Unit: (turns/2.54cm)(g/m)^{1/2}

以上の実験により、シース繊維長 36.5 mm を用いた和紡式コア・スパンヤーンにおいては、T/W 比、綿筒の回転効率、および撚係数ともに、和紡単糸とほぼ同じ数値であり、和紡式コアスパン紡績過程でも和紡績過程の力学的特長がそのまま示されていることが認められた。しかし、シース繊維長 19.1 mm を用いた糸については、和紡式コア・スパンヤーンのシース繊維量が和紡単糸と比べて明らかに少ないために、比較検討することは適当でないと思われる。

4・4 糸むらについて

前節 4・3 に示したように、コア・スパンヤーンの T/W 比、および撚係数は、シース繊維とコアフィラメントを適当に組合せると、和紡単糸（コア・スパンヤーンのシース繊維と同じ原料繊維を用いて作成した和紡単糸）の T/W 比、および撚係数に類似することが明らかになった。すなわち、シース繊維長が極端に短い場合（19.1 mm）を除くと、コア・スパンヤーンの作成過程の力学的現象は、シース繊維と同じ原料繊維の和紡単糸紡績過程の力学的現象⁶⁾と類似していることが示された。

そこで、本節においては、下記の試料系について、コア・スパンヤーンと和紡単糸それぞれの太さむらの特徴とその類似性を調べ、コアフィラメントを挿入することによる和紡単糸の外観形状の変化について検討を加えた。試料は下記によった。

	コア・スパンヤーン	和紡単糸
シース繊維	絹ラップ (36.5 mm)	同左
コアフィラメント	生糸 (21 d×3)	—
コア供給張力	20 gf	—
紡出張力: R/V 比で調整	2.8~17.1 gf	同左
ラッチ長さ	458, 608, 758 mm の3水準	同左

試料の作成後、ウスター糸むら試験機を用いてそれぞれ糸むらを測定した。測定項目は下記のとおりとした。

- a. 糸軸に沿った太さむらの変動係数 (CV%)、
- b. 欠陥部分の数、
 - ① Thin places (-50%)
 - ② Thick places (+50%)
- c. スペクトログラム
 - ① 最大パワー成分の波長
 - ② 最大パワー

Table 4-5 は R/V 比の調整により試作したコア・スパンヤーン、および和紡単糸の作成条件について CV% および欠陥数の測定結果を示している。コア・スパンヤーンは和紡単糸に比べて、全般的に CV% が大きい。これは、コア・スパンヤーン（平均線密度 53×10^{-3} g/m）が和紡単糸（平均線密度 66×10^{-3} g/m）と比べて細い糸であることに起因していると思われる。R/V 比を増加させるとコア・スパンヤーン、和紡単糸ともに、Thin places (-50%) 数は増加するが、その増加割合は和紡単糸 ($52/14=3.7$ 倍) に比べてコア・スパンヤーン ($70/40=1.8$ 倍) が極端に減少している。Thick places (+50%) も R/V 比が増加すると大きな値をとるが、コア・スパンヤーンと和紡単糸の差異はほとんど認められない。

Table 4-5 CV% and yarn faults

	Core-spun yarn			Single yarn		
R/V (r/cm)	17.1	8.1	2.8	17.1	8.1	2.8
Ratch (mm)	758	758	758	758	758	758
T _m (gf)	86.6	77.1	63.1	61.6	63.2	52.1
T _s (gf)	66.6	57.1	43.1	-	-	-
W ($\times 10^{-3}$ g/m)	60	57	41	79	66	53
CV%	27.4	25.0	25.6	24.8	25.5	20.8
Thin places						
-50%	70	46	40	52	43	14
Thick places						
+50%	42	22	18	23	18	9

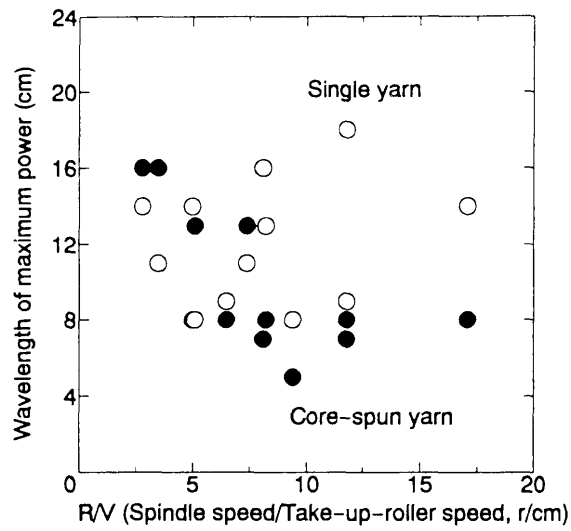
Table 4-6 はラッチの長さ調整により作成した糸の作成条件について CV% と欠陥数の測定結果を示している。ラッチ長さを増加させると、コア・スパンヤーン、および和紡単糸ともに、CV%、Thin places (-50%)、および Thick places (+50%) の値は減少するが、その減少割合は和紡単糸に比較して、コア・スパンヤーンが大きく減少した。また、ラッチ 458 mm で作成したコア・スパンヤーン、および和紡単糸はともに、他の 2 つのラッチで作成した場合と比べて CV%、Thin places (-50%)、および Thick places (+50%) の値が極端に大きな値をとることが分かった。

Table 4-6 CV% and yarn faults

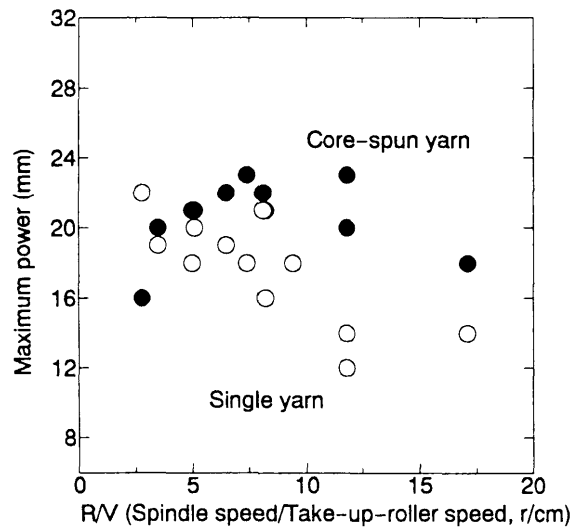
	Core-spun yarn			Single yarn		
R/V (r/cm)	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Ratch (mm)	458	608	758	458	608	758
T _m (gf)	77.5	77.2	77.1	61.2	61.6	63.2
T _s (gf)	57.5	57.2	57.1	-	-	-
W ($\times 10^{-3}$ g/m)	62	50	63	65	50	66
CV%	33.6	27.3	25.0	26.7	25.3	25.5
Thin places -50%	105	63	46	84	45	43
Thick places +50%	67	34	22	27	17	18

ついで、糸むら解析のもう1つの評価法であるスペクトログラムを用いて、太さ変動の周期性について検討した。Figure 4-9 は R/V 比の調整 (Figure 4-2 (2)) により試作した糸 (Figure 4-5 および 4-6 参照) の太さむらのスペクトログラムについて示している。Figure 4-9 (1) に示したように、R/V 比の増加にともなって、コア・スパンヤーン、および和紡単糸ともに、最大パワー成分の波長はばらついているが、コア・スパンヤーンの場合にはわずかに減少傾向が見られた。最大パワー成分の波長の平均値はコア・スパンヤーンが 9.8 cm (CV%=36.5)、和紡単糸が 12.1 cm (CV%=25.8) とほぼ等しい値を示した。また Figure 4-9 (2) に示した最大パワー成分のデータから平均値と分散 (CV%) を求めると、コア・スパンヤーン (Mean=19.9 mm, CV%=15.4)、および和紡単糸 (Mean=17.6 mm, CV%=16.5) はともにほぼ等しい値を示した。これらの結果から、太さ変動の周期性に対して R/V 比が及ぼす影響は小さいものと考えられる。

Figure 4-10 は、ラッチの長さを変化させて作成した糸の太さむらのスペクトログラムについて示している。Figure 4-10 (1) に示したように、コア・スパンヤーンの最大パワー成分の波長はラッチ長さが変化してもほぼ一定値を示した。一方、和紡単糸では、ラッチ 45.8 cm の場合にコア・スパンヤーンの最大パワー成分の波長とほぼ等しい値であったが、ラッチ長さの増加とともに最大パワー成分の波長が大きく増加する傾向を示した。すなわち、図中に示した最大パワー成分の波長の平均値と分散 (CV%) を計算すると、和紡単糸が Mean=12.0 cm, CV%=31.1、コア・スパンヤーンは Mean=6.7 cm, CV%=7.1 であった。また、Figure 4-10 (2) に示した最大パワー成分では、コア・スパンヤーン (Mean=24.7 mm, CV%=10.1) が和紡単糸 (Mean=22.0 mm, CV%=6.4) と比べて、大きな数値をとる傾向が認められた。太さむらの周期性はラッチ長さに依存し、和紡単糸においてはラッチ 45.8 cm になると、その周期性は強くなるが、この傾向はコアフィラメントを挿入して作成したコア・スパンヤーンでやや強調される結果となった。

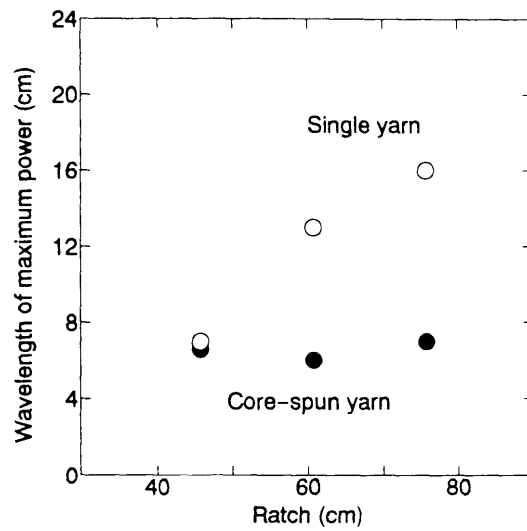


(1)

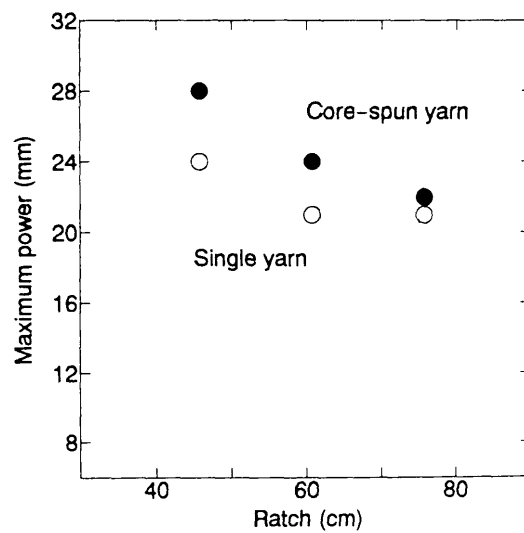


(2)

Fig. 4-9 Relation between wavelength of maximum power, maximum power, and R/V (R: spindle speed; V: take-up-roller speed; ratch = 75.8 cm; mean fiber length of silk = 36.5 mm; core tension of raw-silk = 20 gf; ●: core-spun yarn, ○: single yarn).



(1)



(2)

Fig. 4-10 Relation between wavelength of maximum power, maximum power, and ratch (spindle speed/take-up-roller speed = 8.1 r/cm; mean fiber length of silk = 36.5 mm; core tension of raw-silk = 20 gf; ● core-spun yarn, ○ single yarn).

以上、本節の実験結果を総合すると次のようなことが言える。和紡単糸の紡績過程では、第3章で述べたようにミュール紡績で見られるような撚によるコントロールドラフト²⁾が存在し、ラッチ長さの減少が糸むらのCV%、欠陥数、および短い波長の太さむらとその周期性を増加させることが分かった。また、コア・スパンヤーンの紡出過程では、コアフィラメントを挿入したことにより上述したコントロールドラフトの出現がコアフィラメントで阻止されるために、ラッチ長さの減少による糸むら周期波長の変化が認められないものと考えられる。

4・5 結 言

従来の綿筒に改良を加え、コアフィラメントを挿入できる和紡コアスパン精紡機の開発・使用により、短繊維とフィラメント糸を組合せた和紡式コア・スパンヤーンが作成できることを示した。和紡式コアスパン精紡機においては、荷重位置、スピンドル速度と糸の巻取り速度の比率、およびコアフィラメントの供給張力の調整が、コア・スパンヤーンの紡出張力に影響を及ぼしているが、コア・スパンヤーンの紡出過程における力学的現象は、シース繊維と同じ原料繊維を用いる和紡単糸の紡績過程における力学的現象と類似していることがほぼ認められた。また、コア・スパンヤーンの紡出張力とコアフィラメントの供給張力との差分(T_c 値)は、コアフィラメントによって綿筒内の原料から繊維群が引き抜かれる張力、およびコアフィラメントが綿筒内を通過するときに発生する摩擦力等の総和であると考えることができ、シース繊維層を形成する綿筒内原料の平均繊維長、およびコアフィラメントの種類が、紡出糸の太さと撚密度に強く影響を及ぼすことが分かった。さらに、コア・スパンヤーンでは、和紡単糸に比べて短い波長の太さむらが増加し、太さむらの周期性もやや強調される傾向があるなど、コアフィラメントを挿入することによる和紡単糸の外観形状の特徴が明らかとなった。

参考文献

- 1) 松本陽一、土屋幾雄；特許出願中.
- 2) Matsumoto Y., Tsuchiya I., and Kyuma H. ;
J. Sericultural Sci. Jpn., **58**, 1 (1989).
- 3) Matsumoto Y., Tsuchiya I., Toriumi K., and Harakawa K. ;
J. Textile Inst., **81**, 48 (1990).
- 4) Matsumoto Y., Harakawa K., Toriumi K., and Tsuchiya I. ;
J. Textile Inst., **82**, 479 (1991).
- 5) 松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；
日本繊維機械学会誌（1994. 9，掲載予定）.
- 6) 松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；
日本繊維機械学会誌，**47**, T83 (1994).

第5章 コア・スパンヤーンにおけるシース繊維と コアフィラメントの相互関係

5・1 緒言

前章の研究で和紡式コア・スパンヤーンの力学的現象には、シース繊維とコアフィラメント間の摩擦が大きく影響を及ぼすことが分かったので、本章ではこの摩擦作用について検討を加えた。和紡精紡機では、撚係数を一定に保つように糸の番手と撚密度が相互に補間しあって自己平衡性を保ち、糸の番手と撚密度を任意に定めることができないという特徴を持っている¹⁾。また、和紡糸では太さむらと撚りむらが多く、本章が目的としているシース繊維とコアフィラメントの摩擦作用を検討するための実験精度の確保が困難であると考えられたので、リング式コア・スパンヤーンを試料とすることにした。すなわち、リング式コア・スパンヤーンは、リング精紡機を援用して作成するものであり、糸の形成が安定しているためにコアフィラメントの効果を検討するのに十分な精度をもっているものと考えた。本章では、まずリング式コア・スパンヤーンの試作について述べ、ついで和紡式とリング式の両コア・スパンヤーンの糸構造を比較・検討した後に、シース繊維とコアフィラメントの相互関係について調べた^{2, 3, 4)}。

5・2 リング・コアスパン精紡機の性能

リング・コアスパン精紡機は、第2章の Figure 2-5 に示したものをを用いた³⁾。リング式コア・スパンヤーンの作成法では、コア・スパンヤーンのシース層を形成するために紡績粗糸がローラドラフト装置でドラフトされ、適当な張力を与えたコアフィラメントがフロントローラで供給される。フロントローラに把持されたシース繊維とコアフィラメントは、同時に送り出され、加撚され、ボビンに巻き取られる。リング・コアスパン精紡機は、第4章で述べた和紡コアスパン精紡機と異なり、糸の太さは供給粗糸のドラフト比（フロントローラとバックローラの表面速度比）で調整し、糸の撚密度はスピンドル回転により調整できる。

すなわち、紡出糸の番手と撚密度はそれぞれ独立して定まり、任意の撚係数をもつ試料が安定的に作成できるという性能をもつ。また、挿入したコアフィラメントの撚られ方は、原理的に和紡コアスパン精紡機の仮撚に対してリング・コアスパン精紡機では実撚がかかっている。

5・3 和紡式とリング式のコア・スパンヤーン構造の比較

コア・スパンヤーンの力学的性質に及ぼすシース繊維、ならびにコアフィラメントの影響を調べる実験試料として、和紡式コア・スパンヤーンに代えてリング式コア・スパンヤーンを用いることの妥当性を確かめるために、まず和紡式とリング式コア・スパンヤーンの構造の一致性について調べた。すなわち、ここでは和紡コアスパン精紡機、およびリング・コアスパン精紡機を用いて、ほぼ同番手・同撚係数としたコア・スパンヤーンを紡出し、糸横断面内のコアフィラメント位置、および糸の外観について比較した²⁾。また、コア・スパンヤーンの太さむらは、シース繊維と同じ原料繊維から作成した紡績単糸の太さむらとも比較を行った。

実 験

和紡とリング精紡機の設定条件、および使用原料は下記の通りである。

和紡精紡機の設定条件

供給カードラップの重量	0.02 g/m ²
コアフィラメントの供給張力	40 gf
スピンドル速度	730 r/min
糸の巻取速度	110 cm/min
ラッチ	75.8 cm

リング精紡機の設定条件

供給粗糸の線密度	0.39～0.45 g/m
コアフィラメントの供給張力	40 gf
スピンドル速度	4230 r/min

ローラゲージ	バック～サード間	120 mm
	サード～セカンド間	70 mm
	セカンド～フロント間	40 mm

供給原料

シース繊維 絹（平均繊維長 44 mm）、およびポリエステル
（等長カット 38 mm、繊維繊度 1.4 d）の 2 種類

コアフィラメント 生糸（21 d×3）

また、作成糸の英式番手は 10 Ne（線密度 59×10^{-3} g/m）とし、撚係数は下記のように設定した。

	原料短繊維	
	絹	ポリエステル
コア・スパンヤーン	2.4	2.5
紡績単糸	2.9	3.4

単位: $(\text{Ne})^{-1/2}$ (turns/2.54cm)

結果と考察

まず、第 2・3・4 章で述べた方法を用いて、コア・スパンヤーン断面中のコアフィラメントの位置を表す断面形状係数（P 値）を測定した²⁾。ここで、 $P=1$ のときに、コアフィラメントはコア・スパンヤーン表面に位置することを意味している。Table 5-1 は各コア・スパンヤーンから得られた平均 P 値を示している。この表から明らかなように、P の値は最大で 0.5 である。コア・スパンヤーンとコアの直径比が 2:1 の糸において、 $P=0.5$ のときが完全被覆の限界である（第 2・3・4 章参照）。この実験では、コアの直径がコア・スパンヤーンに対して十分に小さい。したがって、 $P=0.5$ の場合もコアフィラメントがシース繊維で完全に被覆されていることを意味している。

Table 5-1 P value of core-spun yarn

Yarn	Mean P value ^a
(1) Silk-staple / raw-silk core-filament	
Throstle-spun yarn	0.17
Ring-spun yarn	0.50
(2) Polyester-staple / raw-silk core-filament	
Throstle-spun yarn	0.18
Ring-spun yarn	0.47

^a Number of data = 20.

ついで、和紡糸とリング糸の外観形状を調べるために、コア・スパンヤーンおよび単糸それぞれの太さむらをウスター試験機で測定した。Table 5-2 (a) はコア・スパンヤーンの太さむらの CV%、および糸欠陥の数を測定した結果を示している。絹／生糸の繊維組合せにおいて、和紡式はリング式に比べて CV% が小さく、Thin places (-50%) 欠陥の数が少なかった。また、ポリエステル／生糸の繊維組合せにおいて、和紡式はリング式に比べて CV% が大きく、Thin places (-50%) 欠陥、および Thick places (+50%) 欠陥の数が多かった。さらに、Table 5-2 (b) に示した和紡単糸とリング単糸を比較すると、絹短繊維およびポリエステル短繊維ともに、和紡式とリング式コア・スパンヤーンの糸むらについての比較結果と同じ結果を示しており、絹短繊維を使用したリング式コア・スパンヤーンおよびリング単糸における大きな糸むらは、絹短繊維原料が非常に短い繊維を多く含んでいて、リング精紡機において不正ドラフトが行われたことに起因すると思われる。したがって、通常のシース繊維を用いる場合、和紡式およびリング式コア・スパンヤーンの外観形状にはほとんど差がないと考えられる。

Table 5-2 Yarn evenness and yarn faults^a

Yarn	CV%	Thin	Thick	Neps		
		places -50%	places +50%	+200%	+280%	+400%
<hr/>						
(a) Core-spun yarn						
(1) Silk-staple / raw-silk core-filament						
Throstle-spun	29.8	42	49	42	18	6
Ring-spun	34.9	20	95	73	41	20
(2) Polyester-staple / raw-silk core-filament						
Throstle-spun	36.7	36	20	1	0	0
Ring-spun	8.3	0	0	0	0	0
(b) Single yarn						
(1) Silk-staple						
Throstle-spun	25.1	43	36	52	24	6
Ring-spun	25.6	29	93	86	43	17
(2) Polyester-staple						
Throstle-spun	33.0	20	10	0	0	0
Ring-spun	9.4	0	0	0	0	0

^a test length of yarn = 25 m.

以上の考察から、和紡式コア・スパンヤーンおよびリング式コア・スパンヤーンは、いずれもコアフィラメントがシース繊維で完全に被覆された構造を持ち、かつその外観形状にもほとんど差のない糸であることが確認できた。そこで、以下の実験では和紡式コア・スパンヤーンに代えてリング式コア・スパンヤーンを実験試料に用い、シース繊維ならびにコアフィラメントの影響について詳細な検討を加えた。

5・4 シース繊維とコアフィラメントの関係

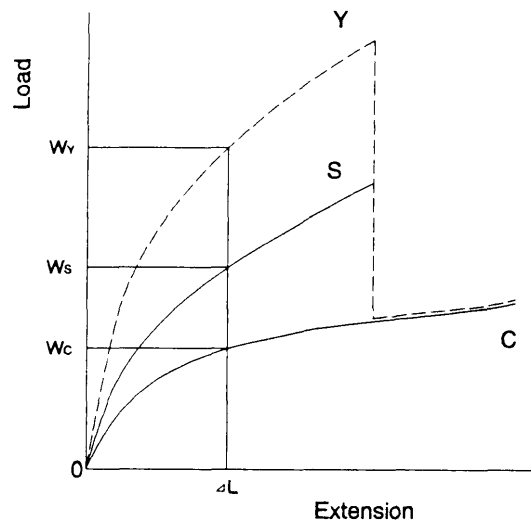
5・4・1 コア・スパンヤーンの引張強力

シースとコアの相互作用がコア・スパンヤーンの切断強度に及ぼす影響を、次に述べる方法で調べた。まず、コア・スパンヤーンのシース繊維と同種類の繊維を原料として紡績単糸を作成した。このとき、紡績単糸の撚数はコア・スパンヤーンの撚数と同じ値にした。また、コア・スパンヤーンのコアを構成しているフィラメント糸と同種類のフィラメントに、コア・スパンヤーンと同数の撚をかけてフィラメント糸を作成した。

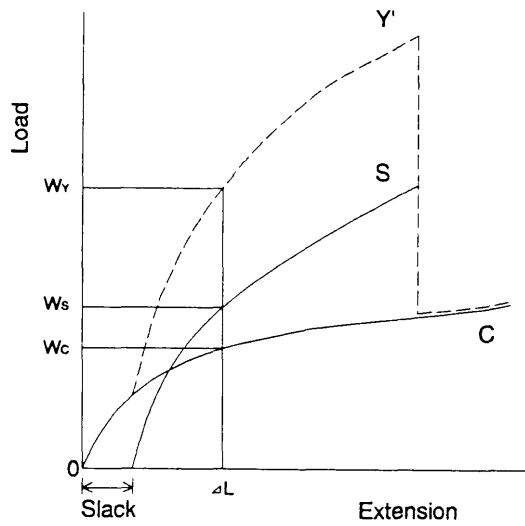
いま、単糸とフィラメント糸の引張強力をそれぞれに測定し、それぞれの引張強力を F_s と F_c で表すこととする。ここで、この両糸を引揃えた糸（以下、引揃糸）の引張強力 F は、単純な複合則を仮定すると、

$$F = (1 - \gamma) F_s + \gamma F_c$$

で与えられる。ただし、 γ は引揃糸の太さ（番手）に占めるコアフィラメントの分率である。引揃糸の切断には Figure 5-1 (a), (b) に示したような2種類の様式が考えられる⁵⁾。Figure 5-1 (a) は単糸 S とフィラメント糸 C の両糸を引揃えて引張った場合の予測図である。伸度 ΔL における引揃糸の荷重は、 S , C 両糸それぞれの荷重 W_s , W_c の合計 $W_r = W_s + W_c$ となり、荷重－伸長曲線 OYC を描く。一方、Figure 5-1 (b) に示したように切断伸度の小さい S 糸にあらかじめ弛みを与えられた場合には、弛み（slack）が消失するまで C 糸のみが伸長し、それ以降で両糸は同時に伸長する。



(a)



(b)

Fig. 5-1 Theoretical load-extension curves (S: single yarn; C: filament yarn; Y and Y': parallel combination of S and C yarns; (a) slack of single yarn = 0; (b) slack of single yarn > 0).

また、この場合の荷重－伸長曲線は $OY'C$ になると考えられる。

Figure 5-2 はシース繊維で作成した単糸とコアフィラメントで作成したフィラメント糸の引揃糸の荷重－伸長曲線、および同じ原料繊維を用いて作成したコア・スパンヤーンの荷重－伸長曲線をまとめて示している。単糸（S、細実線）とフィラメント糸（C、細実線）の引揃え伸長の場合には、荷重－伸長曲線（ OY 、破線）の最大強度を示す点は単糸の切断点と一致した。それ以降ではフィラメント糸の荷重－伸長曲線に一致した。一方、同図に示した引揃糸 S および C 試料糸と同じ原料繊維を用いて作成したリング式コア・スパンヤーンの荷重－伸長曲線（ OE 、太実線）では、シースおよびコアの切断点が一致した。また、この荷重－伸長曲線には上述した引揃糸の荷重－伸長曲線（ OY 、破線）と比べて、最大強度の減少と切断伸度の増加が認められた。曲線 OE 、 OY に差異が生じた理由は次のように考えた。すなわち、コア・スパンヤーンではシース繊維の切断によってコアフィラメントに応力集中が起こり、コアフィラメントはシース繊維の切断と同時に切断したものと考えた。また、コア・スパンヤーン作成時には適当なコア張力が与えられるので、ボビンから引出したコア・スパンヤーン中のコアフィラメントは弾性回復を起こし、コア・スパンヤーン中のシース繊維が多少の弛みをもっているために、コア・スパンヤーンは引揃糸に比べて切断伸度が増加したものと考えられる。このように、実際に作成したコア・スパンヤーンはシース繊維の影響によって引揃糸と異なるものとなった。

したがって、コア・スパンヤーンの単位太さ（番手）当たりの引張強力の実験値 F_E を、コア・スパンヤーンを構成しているシース繊維から作成した単糸、およびコアフィラメントから作成したフィラメント糸それぞれの引張強力から計算した値 F_T （引揃糸の単位太さ（番手）当たりの引張強力 $= F/(\text{番手})$ ）と比較することにより、シース繊維とコアフィラメントとの相互関係を検討できるのではないかと考えた。

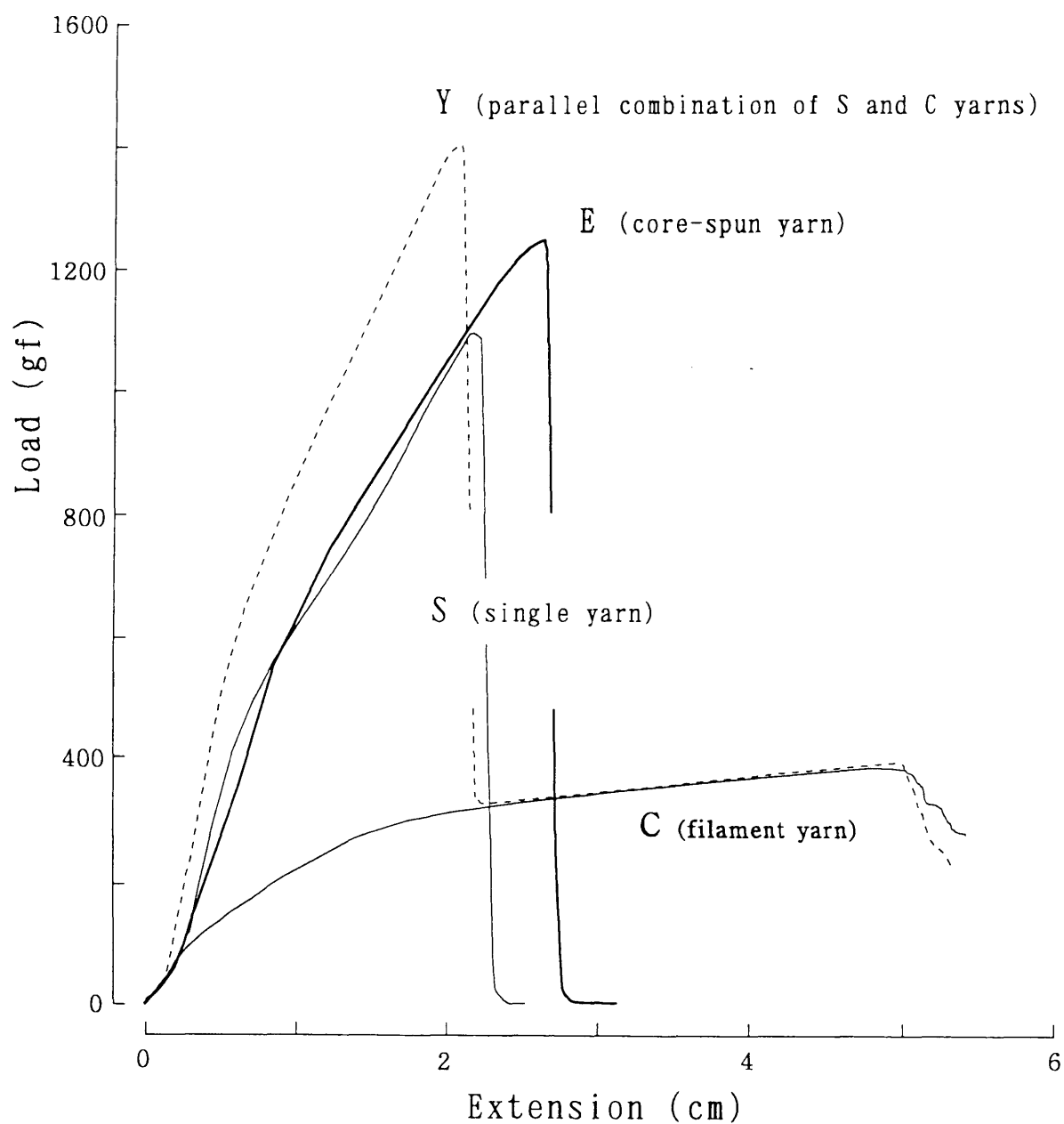


Fig. 5-2 Experimental load-extension curves (S: silk-spun single yarn (mean fiber length=68 mm, 17 Ne, twist factor=2.5 (turns/2.54cm) $(\text{Ne})^{-1/2}$); C: polyester filament yarn (75 d/72f); Y: combination of S and C yarns; E: ring-spun core-spun yarn (fiber composition (%)=silk-spun 80/polyester 20, 14 Ne, twist factor=2.5 (turns/2.54cm) $(\text{Ne})^{-1/2}$).

5・4・2 シース繊維とコアフィラメントの組合せについて

コア・スパンヤーンに対するシース繊維とコアフィラメントの影響を調べるために、コアフィラメントの種類を変えてコア・スパンヤーンを作成し、それぞれの引張強力の実験値 F_t を計算値 F_r と比較し検討した。

実 験

シース繊維には2種類の絹紡粗糸（平均繊維長 68 mm、および 55 mm）、コアには数種類のフィラメントを用い、それぞれを組合せてリング式コア・スパンヤーンを試作した。Table 5-3 はシース繊維とコアフィラメントの組合せの詳細を示している。Table 5-3 の（1）では絹短繊維 68 mm に組合せるコアフィラメントの種類（A～I）を変化させ、Table 5-3 の（2）では絹短繊維 55 mm に組合せる生糸コアの精練度合い（0～18.6 %）を変化させた。また、コア・スパンヤーンの作成条件は下記のように設定した。すなわち、（1）では Table 5-3（1）に示した原材料を用いて繊維含有率（80/20 %）、および撚係数 $(\text{Ne})^{-1/2}(\text{turns}/2.54\text{cm})$ が一定値の糸を作成した。（2）では Table 5-3（2）に示した原材料を用いて糸番手（21, 40 Ne）、および撚係数 $(\text{Ne})^{-1/2}(\text{turns}/2.54\text{cm})$ が一定値の糸を作成した。

	繊維含有率 (%) シース／コア	糸番手 (Ne) (線密度 (g/m))	撚係数 $((\text{Ne})^{-1/2}(\text{turns}/2.54 \text{ cm}))$
(1)	80/20	6.5～23.2 (0.091～0.025)	2.5
(2)	79/21～53/47	21, 40 (0.028, 0.015)	2.0

Table 5-3 Raw material of core-spun yarn

Sheath fiber		Core-filament yarn	
Fiber	Mean fiber length (mm)	Fiber	Fiber fineness (d) × No. of fibers
(1) Silk	68	A. Raw-silk	3.0 × 21
		B. Scoured-silk	2.7 × 21
		C. Promix	2.0 × 38
		D. Polyester	0.4 × 105
		E. Polyester	1.0 × 75
		F. Polyester	1.5 × 100
		G. Hollow P.	2.1 × 36
		H. Crimped P.	2.9 × 24
		I. Nylon	4.6 × 24
(2) Silk	55	Raw-silk	3.0 × 21
		(Twist level = 130 turns/m) Scoured-silk (Scouring loss percentage = 1.4~18.0 %)	

なお、本実験に用いた精練糸は生糸に次の精練処理 (a)~(d) を順次行って、精練糸とした。

- (a) 必要な長さに分割した生糸を恒温恒湿室内 (20 °C, 65% R. H.) において 1 週間放置した後、その重量を測定した。
- (b) 浴比 1:50 で 92~93 °C のマルセル石鹼 0.5% 溶液中にて 3~20 分間浸漬・攪拌して精練した。
- (c) 30~40 °C の炭酸ソーダ 0.04% 溶液にて洗浄後、30~40 °C の温水、さらに水にて洗浄した。
- (d) 脱水機により脱水した後、室温にて 1~2 日乾燥させ、さらに恒温恒湿室内で 3 日間放置後、重量測定し試料とした。

試作したコア・スパンヤーン、シース繊維と同種の繊維を用いて作成した単糸、およびコアフィラメントと同種の繊維を用いて作成したフィラメント糸についてそれぞれの引張特性を測定した。また、コアフィラメントの摩擦係数、および引抜抵抗値は第 2・3・2 章に述べたそれぞれの方法に従って、測定した (Figure 2-9、および 2-10 参照)。レーダ法による摩擦係数の測定はコアフィラメントから作成したフィラメント糸とシース繊維から作成した単糸をそれぞれ独立に計測するものであり、本来のコア・スパンヤーンにおけるコアフィラメントとシース繊維の相互関係を正確に示していないと考え、コア・スパンヤーン中のコアフィラメントの引抜きによる摩擦力 (以下、引抜抵抗値と呼ぶ) も測定した。

結果と考察

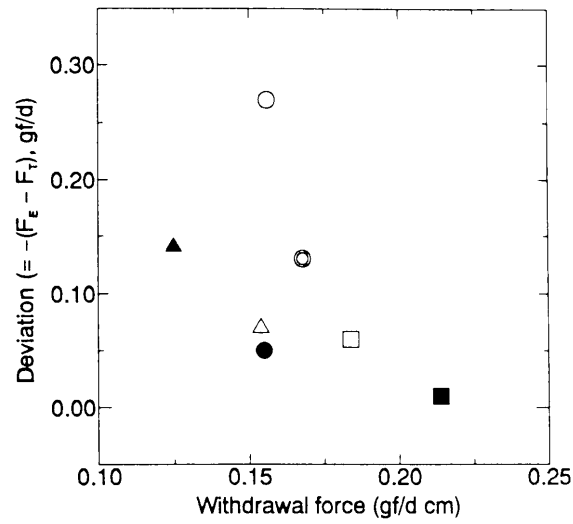
シース繊維には絹短繊維 68 mm、コアには数種類のコアフィラメントを用いてそれぞれにコア・スパンヤーンを作成し、コアフィラメントの効果を検討した (Table 5-3 (1) 参照)。Table 5-4 は試作したコア・スパンヤーンの引張強力の実験値 F_E 、シース繊維と同種の繊維から作成した単糸とコアフィラメントと同種の繊維から作成したフィラメント糸それぞれの引張強力から計算した値 F_T 、およびその偏差値 ($F_E - F_T$) を示している。同表から明らかなように、すべての試料において $F_T > F_E$ であったが、その偏差値 ($F_E - F_T$) はシース繊維とコアフィラメントの組合せによって異なる数値を示した。また、ポリエステル糸をコアに用いたコア・スパンヤーンの偏差値 ($F_E - F_T$) は、精練糸をコアに用いたコア・スパンヤーンと比べてマイナスで大きかった。このように、シース繊維とコアフィラメントの組合せが偏差値 ($F_E - F_T$) に及ぼす原因として、シース繊維とコアフィラメントの摩擦作用を考え、以下に述べるコアフィラメントの摩擦係数、および引抜抵抗値について調べた。

Table 5-4 Deviation of strength of core-spun yarn

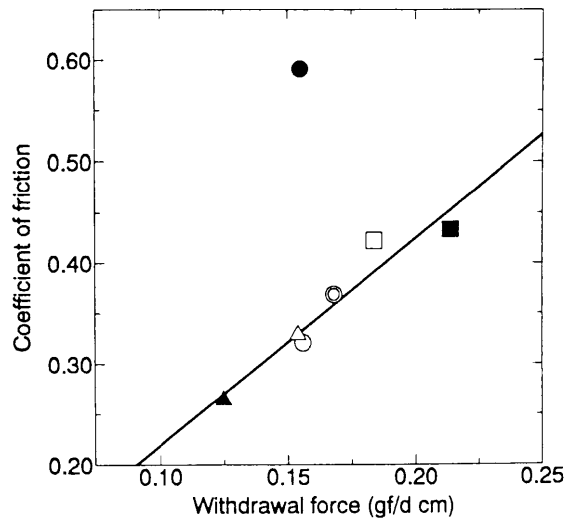
Core-filament (Fiber fineness (d) × No. of fibers)	Yarn strength		Deviation	Yarn count (d)
	F_E (gf/d)	F_T (gf/d)	$F_E - F_T$ (gf/d)	
A. Raw silk (3.0×21)	3.03	3.09	-0.06	330.1
B. Scoured silk (2.7×21)	2.96	2.97	-0.01	298.6
C. Promix (2.0×38)	2.99	3.13	-0.14	396.6
D. Polyester (0.4×105)	2.89	3.16	-0.27	229.1
E. Polyester (1.0×75)	3.18	3.46	-0.28	382.4
F. Polyester (1.5×100)	3.19	3.45	-0.26	817.7
G. Hollow polyester (2.1×38)	3.30	3.43	-0.13	379.6
H. Crimped polyester (2.9×49)	3.18	3.29	-0.05	770.3
I. Nylon (4.6×24)	3.07	3.16	-0.07	584.1

Fiber composition (%) = sheath fiber 80/core filament 20

Figure 5-3 (1) は Table 5-4 に示した実験結果 ($F_E - F_T$) とコアフィラメントの引抜抵抗値との関係を示し、Figure 5-3 (2) はコアフィラメントの静摩擦係数と引抜抵抗値との関係を示している。なお、引抜抵抗値はコア・スパンヤーンの単位太さ当たりの値で示した。Figure 5-3 (1) では、コアフィラメントの引抜抵抗値が大きいほど偏差値 ($F_E - F_T$) がマイナスで小さいという一般的傾向が認められた。ポリエステル糸 (○) が他のコアフィラメントに比べてマイナスで大きな偏差値 ($F_E - F_T$) を示したが、この原因については明らかではない。また、Figure 5-3 (2) に示した静摩擦係数の測定にはシース糸 (絹紡単糸 20.6 Ne、11.3 turns/2.54 cm) をシリンダー試料として用いた (第 2・3 章参照)。捲縮加工の施されたポリエステル糸 (●, 記号 H) は、摩擦係数の測定において 300 mg の初荷重を掛けても捲縮しており真直ぐに伸びないので、摩擦係数が増大したものと考え、これを除いたデータから回帰線 (同図中の実線) を求めた。静摩擦係数と引抜抵抗値の間にはほぼ比例関係が認められた。



(1)



(2)

Fig. 5-3 Relation between deviation of strength, coefficient of friction, and withdrawal force (○: polyester; ■: scoured-silk; □: raw-silk; ▲: promix; ⊙: hollow polyester; △: nylon; ●: crimped polyester; F_T = calculated value of strength, F_E = experimental value of strength; (2) full line indicates experimental equation obtained by the least squares method.).

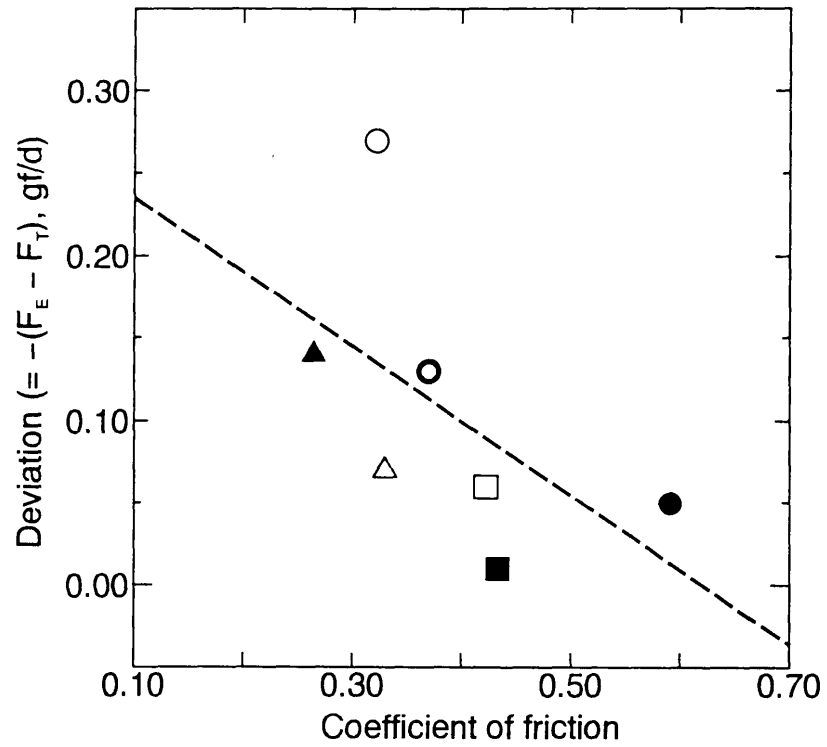


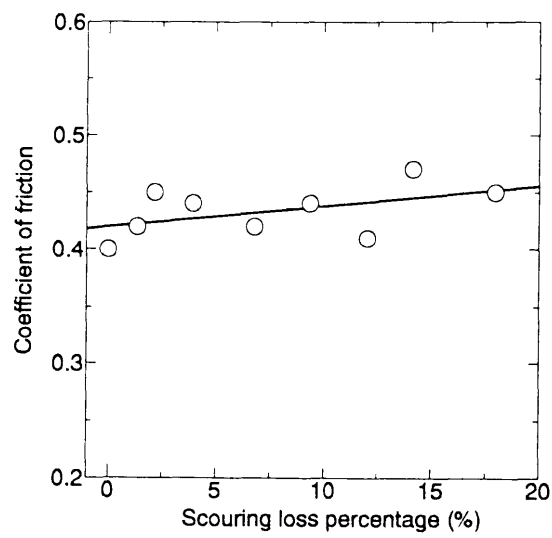
Fig. 5-4 Relation between deviation of strength and coefficient of friction (○: polyester; ■: scoured-silk; □: raw-silk; ▲: promix; ⊙: hollow polyester; △: nylon; ●: crimped polyester; F_T = calculated value of strength, F_E = experimental value of strength; broken line indicates experimental equation obtained by the least squares method.).

Figure 5-4 は Figure 5-3 (1), (2) の実験データを用いて、摩擦係数と偏差値 ($F_E - F_T$) の関係で示したものである。コアフィラメントの静摩擦係数の増加にともなって、コア・スパンヤーン強力の偏差値 ($F_E - F_T$) がマイナスで減少し、同図中の破線（回帰線）で示したように静摩擦係数と偏差値 ($F_E - F_T$) の間にはほぼ反比例の関係が認められた。

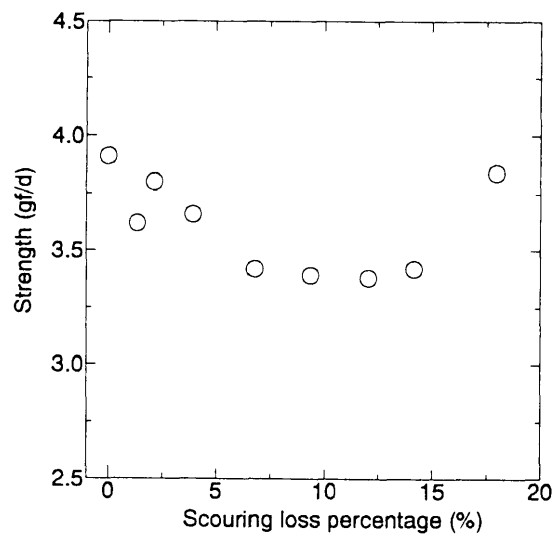
以上の実験結果より、シース繊維とコアフィラメント間の摩擦がコア・スパンヤーンの引張強力の偏差値 ($F_E - F_T$) に影響を及ぼすことが明らかになった。

つぎに、絹短繊維／生糸の組合せでコア・スパンヤーン (Table 5-3 (2) 参照) を作成し、生糸の摩擦係数を段階的に変化させた実験を行い、摩擦係数の効果を検討した⁴⁾。一般に生糸の主要成分は、約 75 % のフィブロイン (fibroin) と約 25 % のセリシン (sericin) である。精練処理の度合いは精練前後の糸の重量比 (%) で表し、これを練減率（ねりべりりつ、scouring loss percentage）と呼び、精練処理を施した糸を精練糸 (scoured silk) と呼んでいる。生糸に精練処理を行うと、セリシン量の減少にともなって生糸の表面形態は変化するが、同時に次のような効果も考えられる。蚕が繭を作るときに吐き出す自然の絹糸は繭糸（けんし、bave）と呼び、2 本のフィブロインが並んでセリシンで結合されている。この 1 本分の絹糸はブラン (brin) と呼んでいる。生糸は精練処理によりセリシン量が減少し、同時に生糸から繭糸 (bave) へ、さらに繭糸から絹糸 (brin) へとフィブロイン化する。したがって、精練糸では生糸に比べセリシン量の減少による剛軟度の低下に加えて、フィブロイン化による構成繊維本数の増加が生じている。このような生糸の精練処理が静摩擦係数、および引張強力に及ぼす影響について調べた。

Figure 5-5 (1) は生糸の精練処理によって生じる静摩擦係数の変化を示し、また Figure 5-5 (2) は引張強力の変化を示している。Figure 5-5 (1) 中の回帰線（実線）で示したように、生糸の練減率増加にともない、精練糸の摩擦係数はわずかに増加傾向を示した。



(1)



(2)

Fig. 5-5 Relation between coefficient of friction, strength, and scouring loss percentage of twisted raw-silk (full line indicates experimental equation obtained by the least squares method.).

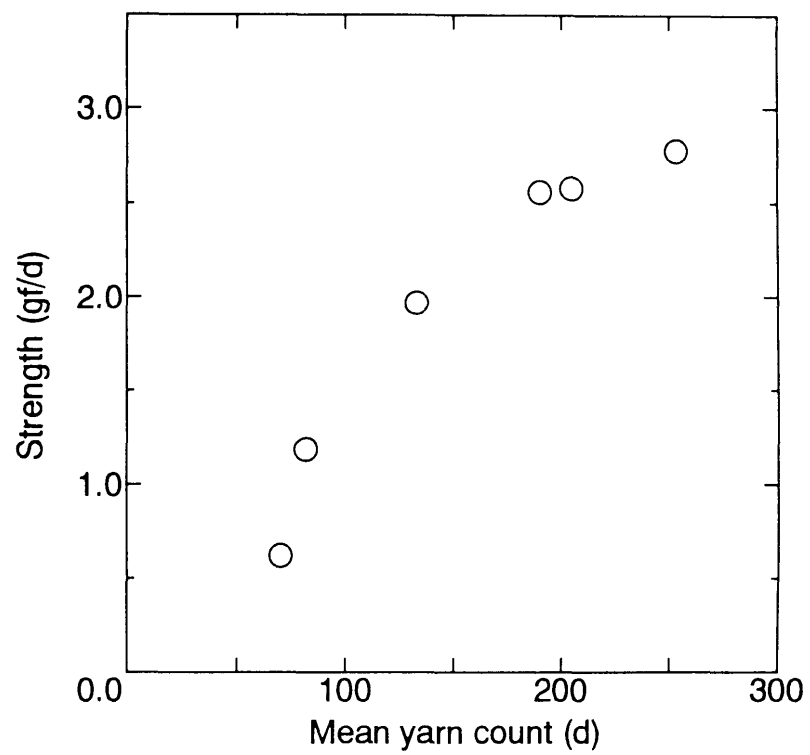


Fig. 5-6 Relation between strength and yarn count of spun-silk yarn.

摩擦係数が増加する原因は、上述した生糸の剛軟度低下とフィブロイン化により、絹紡単糸（レーダ法におけるシリンダ試料）との接触面積が増加したためと考えられる。一方、Figure 5-5 (2) に示したように、生糸の練減率増加とともに精練糸の引張強力が減少することが認められた。また、コア・スパンヤーンのシース繊維に用いる絹短繊維（平均繊維長 55 mm）から作成した単糸の引張強力は Figure 5-6 に示した。

つぎに、絹短繊維（平均繊維長 55 mm）をシース繊維に用い、また練減率の異なる精練糸をコアフィラメントに用いて作成したコア・スパンヤーンそれぞれの引張強力について調べた（Table 5-3 (2) 参照）。Table 5-5 は試作コア・スパンヤーン（一定番手）中のシース／コア含有率を示し、生糸の練減率の増加とともに、コア・スパンヤーン中のコアフィラメント含有率は減少するが、その分シース繊維量を増加させて試作糸の番手を一定値にした。

Table 5-5 Fiber composition of core-spun yarn

Scouring loss percentage (%)	Sheath / Core (%)	
	Yarn count	
	253.1 d	132.9 d
0	74.2 / 25.8	52.6 / 47.4
1.4	74.6 / 25.4	53.0 / 47.0
2.2	74.8 / 25.2	53.6 / 46.4
3.9	75.3 / 24.8	54.4 / 45.6
7.0	76.0 / 24.0	55.9 / 44.1
9.4	76.6 / 23.4	57.0 / 43.0
12.1	77.3 / 22.7	58.3 / 41.7
14.2	77.9 / 22.1	59.3 / 40.7
18.0	78.9 / 21.1	61.1 / 38.9

Table 5-6 (1), (2) は試作したコア・スパンヤーンの引張強力の実験値 F_E 、コアフィラメントに用いた同種の繊維で作成したフィラメント糸とシース繊維に用いた同種の繊維で作成した単糸 (Figure 5-5 (2) および 5-6 参照) それぞれの引張強力から計算した値 F_T 、および偏差値 ($F_E - F_T$) を示している。Table 5-6 (1) に示したコア・スパンヤーンの引張強力の実験値 F_E において、コアフィラメントに用いた生糸の練減率の増加にともない、253.1 d のコア・スパンヤーンでは実験値 F_E の増加傾向が認められたが、132.9 d のコア・スパンヤーンでは F_E 値がほぼ一定の値を示した。一方、Table 5-6 (2) は生糸の練減率 0, 18.0 % について、コアフィラメントに用いた同種の繊維で作成したフィラメント糸とシース繊維に用いた同種の繊維で作成した単糸 (Figure 5-5 (2) および 5-6 参照) それぞれの引張強力から計算した値 F_T 、および偏差値 ($F_E - F_T$) を示している。

Table 5-6 (1) Strength of core-spun yarn

Scouring loss percentage (%)	Yarn count	
	253.1 d	132.9 d
	F_E (gf/d)	F_E (gf/d)
0	2.71	2.57
1.4	2.73	2.80
2.2	2.59	2.85
3.9	2.80	2.61
7.0	2.67	2.60
9.4	2.89	2.50
12.1	2.85	2.48
14.2	2.79	2.40
18.0	2.90	2.63

Table 5-6 (2) Deviation of yarn strength

Scouring loss percentage (%)	Yarn count of core-spun yarn					
	253.1 d			132.9 d		
	F_E (gf/d)	F_T (gf/d)	$F_E - F_T$ (gf/d)	F_E (gf/d)	F_T (gf/d)	$F_E - F_T$ (gf/d)
0	2.71	2.89	-0.18	2.57	2.18	0.39
18.0	2.90	2.87	0.03	2.63	2.23	0.40

前表(1)に示したコア・スパンヤーンに対する計算値 F_T は練減率によらずほぼ一定値であり、したがって偏差値 ($F_E - F_T$) は練減率の増加とともに、253.1 d のコア・スパンヤーンでは -0.18 gf/d から 0.03 gf/d へ大きく増加したが、132.9 d のコア・スパンヤーンでは 0.39 gf/d から 0.40 gf/d と変化は少なかった。このコア・スパンヤーン番手による引張強力に対するコアフィラメントの練減率の影響が異なる原因は次のように考えることができる。すなわち、Table 5-5 に示したように 132.9 d コア・スパンヤーンにおいては、コアフィラメント含有率(平均 43.9 %)が大きく、引張強力に対するコアフィラメント強力の寄与は大きい、逆にシース・コア間の摩擦作用が寄与する効果が相対的に小さくなる。このために、練減率の増加にともなう偏差値 ($F_E - F_T$) の増加割合が小さかったものと思われる。一方、253.1 d 糸ではシース繊維含有率(平均 76.2 %)が大きいため、コア・スパンヤーンの引張強力に対するシース繊維とコアフィラメント間の摩擦作用の寄与が強く現れ、練減率の増加とともに偏差値 ($F_E - F_T$) が大きく増加したものと考えられる。

以上の実験結果より、絹短繊維／生糸の組合せから作成するコア・スパンヤーンでは、コアフィラメントに用いる生糸の精練処理、および練減率の増加によりシース繊維とコアフィラメント間の摩擦作用が増加し、コア・スパンヤーンの引張強力偏差値 ($F_E - F_T$) が減少できることが分かった。

5・5 結 言

コア・スパンヤーンの力学的性質は、コアフィラメントとシース繊維それぞれの性質、およびそれらの含有割合等によって変化した。コア・スパンヤーンの引張強力を、コアフィラメントから作成したフィラメント糸の強力とシース繊維から作成した紡績単糸の強力との和と考えて単純に計算した値 F_T と、実際のコア・スパンヤーンの引張強力の実測値 F_E との偏差値 ($F_E - F_T$) は、一般にシース繊維とコアフィラメントの種類の組合せに依存して大きな違いが認められた。絹短繊維／生糸の組合せから作成するコア・スパンヤーンでは、コアフィラメントに用いる生糸の精練度合いを調整することによって、シース・コア間の摩擦がコア・スパンヤーン引張強力の偏差値 ($F_E - F_T$) に及ぼす影響を実験的に検討した結果、精練度合いの進行によりシース繊維とコアフィラメント間の摩擦係数が増加することが認められた。また、精練度合いの進行にともなってコアフィラメントに用いた生糸の細線化と強力低下も認められたが、実際に作成したコア・スパンヤーンの引張強力は増加し、シース・コア間の摩擦係数の増加が引張強力の偏差値 ($F_E - F_T$) の減少に寄与することが明らかになった。よって、シース繊維に絹短繊維を用いて作成するコア・スパンヤーンには、ポリエステルやナイロンなどの化学繊維に比べて、生糸あるいは精練糸をコアフィラメントに使用するのが適当であり、コアフィラメント選択の重要性を示すことができた。

参考文献

- 1) 松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；
日本繊維機械学会，**47**，T83 (1994).
- 2) Matsumoto Y., Toriumi K., and Harakawa K.;
J. Textile Inst., **84**, 436 (1993).
- 3) 松本陽一，土屋幾雄，久間秀彦；
日本蚕糸学会誌，**55**，451 (1986).

- 4) 松本陽一，土屋幾雄，久間秀彦；
日本蚕糸学会誌，**56**，483（1987）.
- 5) 日本纖維機械学会編；”最新・纖維加工技術”，
p385（1973）.

第6章 リング・コアスパン精紡機による多層構造糸の試作

6・1 緒 言

前章までは、紡績絹糸の複合化による高強力化と糸構造の多様化による風合いの改善を目的として、和紡精紡機を援用した和紡糸から和紡式コア・スパンヤーンへの展開を検討した。

本論文における紡績絹糸に関する試作研究過程は下記のとおりである。なお、表中の破線矢印（----->）はコア・スパンヤーン、細実線矢印（——>）はツインスパンヤーン、太実線矢印（——>）はコア・ツインスパンヤーンに関する過程を示している。表中の A に示したように、従来からの絹糸はフィラメント糸（A-I）と紡績糸（A-II）に大別できる。フィラメント糸は連続した繊維で構成された糸で、生糸と精練糸がある（A-I（1），（2））。一般に、フィラメント糸は光沢に優れ、細くて強く、紡績糸に比べて冷たい感じがする。一方、絹紡糸には和紡精紡機を用いる和紡絹糸（A-II（1））とリング精紡機を用いるリング絹糸（A-II（2））がある。紡績糸は短繊維束に撚を加えたもので、糸表面は毛羽が多く、繊維相互の隙間も多いが、柔軟で温かい感じをもっている。しかし、フィラメント糸と紡績糸はいずれも単純な構造をとる（第2章の Figure 2-1（A-1），（A-2）参照）。したがって、糸構造を変化させて糸の性能を多様化しようとする場合に、この特徴は一つの制限条件となる。

表中の B は構造を複雑にした糸作りを示している。和紡精紡機は綿筒の上下動による間欠精紡であり、和紡精紡機を基礎とした新しい構造をもつ糸作りに関する研究・開発は行われていない。一方、リング精紡機はローラドラフト装置とトラベラ加撚法を用いた連続精紡であり、この紡績法を利用した新しい糸の開発の試みは多い。

紡績絹糸の

A. 従来からの絹糸		B. 複雑な構造の糸
糸の種類と構造	作成機と特徴	糸の種類と構造
I. フィラメント糸		
(1) 生 糸	繰糸機	→ I. コア・スパンヤーン シース・コア構造 [Figure 2-1 (B-1)]
(2) 精練糸	精練処理	
単純構造 [Figure 2-1 (A-1)]		
II. 紡績糸		
(1) 和紡絹糸	和紡精紡機	→ II. ツインスパンヤーン サイド・バイ・サイド 構造 [Figure 2-1 (B-2)]
	綿筒の上下動による 間欠精紡	
(2) リング絹糸	リング精紡機	
	ローラドラフトと トラベラーによる 連続精紡	
単純構造 [Figure 2-1 (A-2)]		

試作研究過程

B. 複雑な構造の糸		C. 新しい絹紡績糸	
作成機と特徴	糸の種類と構造	作成機と特徴	
<div>リング精紡機</div> <div>コアフィラメントの挿入</div> <div>リング精紡機</div> <div>同一繊維粗糸の分離・並列供給</div>	→ I. コア・スパンヤーン	和紡精紡機	
	シース・コア構造 [Figure 2-1 (C-1)]	改良型綿筒の使用と コアフィラメントの挿入	
	→ II. ツインスパンヤーン	リング精紡機	
	サイド・バイ・サイド構造 [Figure 2-1 (C-2)]	異種類の短繊維粗糸の 分離・並列供給	
	→ III. コア・ツインスパンヤーン	リング精紡機	
	シース・コア型と サイド・バイ・サイド型の 多層構造 [Figure 2-1 (C-3)]	異種類の短繊維粗糸の 分離・並列供給と コアフィラメントの 挿入	

コア・スパンヤーン (B-I) はフロントローラ手前で短繊維束へコアフィラメントを挿入した後、一緒に加撚することにより作成できる。コア・スパンヤーンはフィラメント糸を中心としてその周囲を短繊維が被覆した糸で、シース・コア型の2層構造をもっており、フィラメント糸の細く強い性質と紡績糸の柔軟な風合いを兼ね備えた糸である (第2章の Figure 2-1 (B-1) 参照)。また、ツインスパンヤーン (B-II) は、1つのドラフト部へ2本の同一繊維粗糸を分離状態で並列供給し、1工程で双糸様の構造に仕上げた糸であり、サイド・バイ・サイド構造をもつ毛羽の少ない糸である (第2章の Figure 2-1 (B-2) 参照)。

このような新しい構造をもつ糸の開発研究として、本研究では表中の C に示したように、和紡精紡機およびリング精紡機を用いた新しい3種類の複合紡績絹糸 (C-I, C-II, C-III) の作成を行った。C-I は、和紡精紡機の綿筒を改良することによって和紡糸にコアフィラメントを挿入した和紡式コア・スパンヤーンで、すでに第4章で述べた糸である (破線矢印 (----->) 参照)。一方、C-II、および C-III はリング糸を基礎として作成する多層構造糸で、本章において詳細に述べるものである。

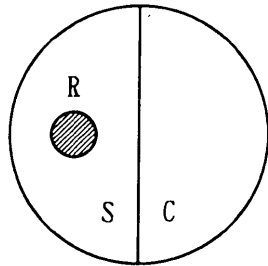
細実線矢印 (——>) で示したように、C-II はリング精紡機によるツインスパンヤーン作成法を応用し、サイド・バイ・サイド構造に異種類の短繊維を組合せて作成した複合糸である¹⁾ (第2章の Figure 2-1 (C-2) 参照)。また、C-III は太実線矢印 (——>) で示したように、ツインスパンヤーンの作成法にコア・スパンヤーンの作成法を導入して作った複合糸で、コア・ツインスパンヤーンと呼ぶことにする²⁾。この複合糸はツインスパンヤーンの外観を温存しながら高強力を示す新しい紡績糸である。本章ではツインスパンヤーンの糸構造を多様化してその風合いと力学的性質を改善するために、試作精紡機を用いて各種のコア・ツインスパンヤーンを作成し、コアフィラメントの挿入効果を検討し多層構造糸を作成するための資料を得ようとした^{1, 2, 3)}。

6・2 試作糸の種類と構造

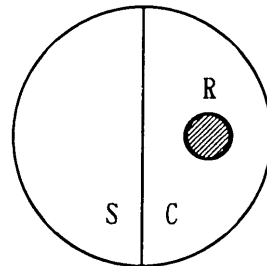
本章で取り扱う試作糸は、ツインスパンヤーンを基本材料として、これにコアフィラメントを挿入し、種々の糸構造を作り出したものである。コア・ツインスパンヤーンの作成法の詳細は第2章の Figure 2-7 および 2-8 に示している。すなわち、ツインスパンヤーン^{4, 5, 6, 7)}を作成するときに、コアフィラメントをフロントローラ手前で供給することによりコア・ツインスパンヤーンが作成できるが、適当なコアガイド装置を用いると、サイド・バイ・サイド型とシース・コア型が複合したような多くの種類の糸を作成できる。

Figure 6-1 は各種のコア・ツインスパンヤーンの断面を示しており、S と C は異種類の繊維からなるシース繊維層、R はコアフィラメントである。同図の A は1本のコアフィラメントを挿入した場合でシングルコア糸 (single-core twin spun yarn) である。同図の B は複数のコアフィラメントを挿入した場合でマルチコア糸 (multi-core twin spun yarn) である。また、コアフィラメントの本数が2本、3本と特定されている場合には、マルチコア糸と呼ぶ代わりにダブルコア糸 (double-core twin spun yarn) とか、トリプルコア糸 (triple-core twin spun yarn) と呼ぶこともある。

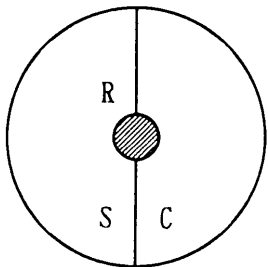
図 A に示したシングルコア糸はリング・コアスパン精紡機に付設した1個のコアガイドで1本のコアフィラメントを挿入して作ることができるが、コアフィラメントの挿入位置を変えることによって4種類 (A-1)~(A-4) の糸構造となる。本研究ではそれぞれを区別し、以下のように呼ぶことにする。すなわち、(A-1) および (A-2) はコアフィラメント R を S 繊維束、あるいは C 繊維束に挿入したもので、それぞれ S 側挿入糸 (S-sided single-core twin spun yarn) あるいは C 側挿入糸 (C-sided single-core twin spun yarn) と呼ぶ。(A-3) はコアフィラメント R を S 繊維束と C 繊維束の中間に挿入したもので中央挿入糸 (centered single-core twin spun yarn) と呼ぶ。(A-4) はコアフィラメント R を S、C の両繊維束へ周期的に移動して挿入したもので移動挿入糸 (migrated single-core twin spun yarn) と呼ぶ。



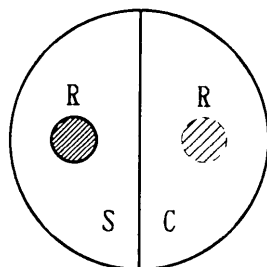
(A-1) S-sided single-core
(non-migrated)



(A-2) C-sided single-core
(non-migrated)

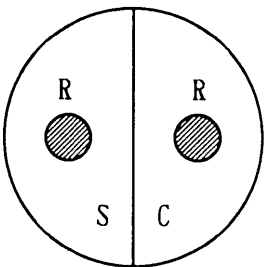


(A-3) Centered single-core
(non-migrated)

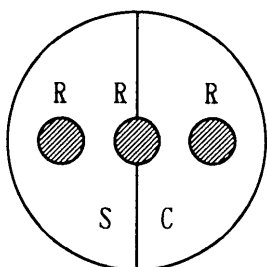


(A-4) Migrated single-core

(A) Single-core twin spun yarn



(B-1) Double-core
(non-migrated)



(B-2) Triple-core
(non-migrated)

(B) Multi-core twin spun yarn

Fig. 6-1 A schematic of cross sections of core twin spun yarns.

また、(A-4) 対して (A-1)~(A-3) を固定挿入糸 (non-migrated single-core twin spun yarn) と呼んで区別する。

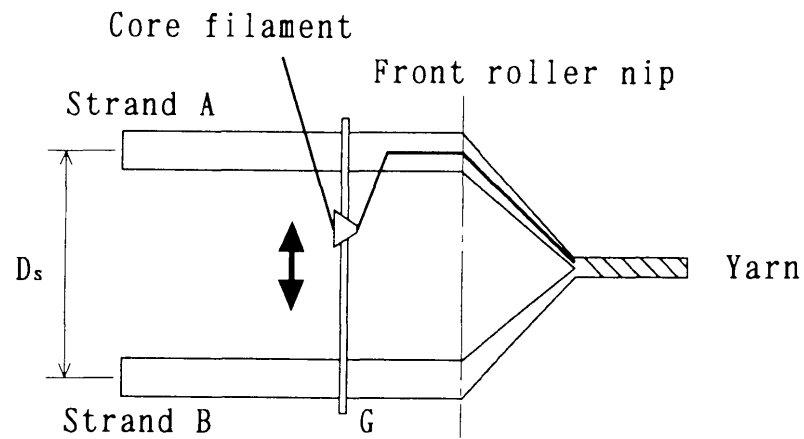
図 B に示したようなマルチコア・ツインспанヤーンは、2 個以上のコアガイドで複数本のコアフィラメントを挿入して作成できる。(B-1) はコアフィラメント R を S および C 繊維束にそれぞれ挿入したダブルコア糸 (double-core twin spun yarn) である。(B-2) は 2 個の可変コアガイドと 1 個の固定コアガイドを用い、3 本のコアフィラメント R を S、C の両繊維束、およびこれらの中にそれぞれ挿入したトリプルコア糸 (triple-core twin spun yarn) である。また、(B-1)、(B-2) はともにマルチコアフィラメントの固定挿入糸である。これに対して、図には示さなかったが、マルチコアフィラメントを移動挿入した糸 (migrated double-core twin spun yarn、あるいは migrated triple-core twin spun yarn) などが作成可能である。これらの試作糸では 2 種類の短繊維とフィラメント糸との複合化により、糸強力の改善と糸構造の多様化が期待できるものと考えられる。

6・3 各種試作糸の検討

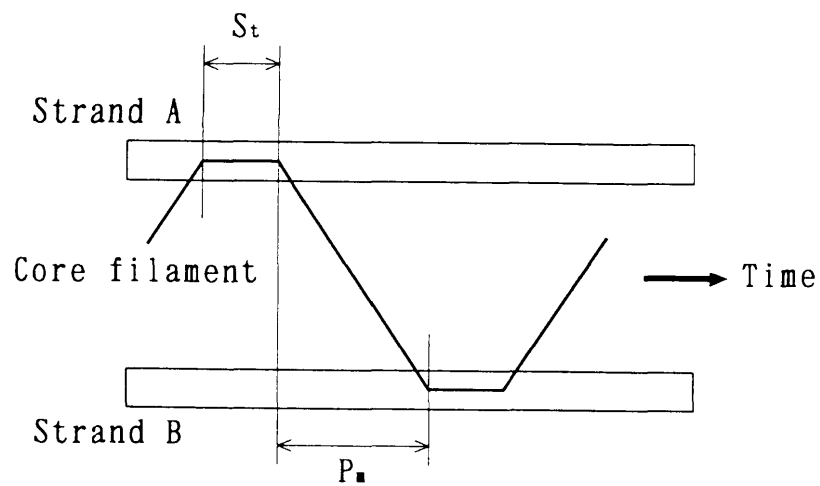
前節 6・2 で述べた各種のコア・ツインспанヤーンを試作し、多層構造糸の引張性質、太さむら (CV% とスペクトログラム)、および糸断面内の繊維配置を調べた。また、異種類の短繊維組合せで作成するツインспанヤーンにおけるコアフィラメントの挿入効果についても検討した。

実 験

Figure 6-2 は移動挿入コア・ツインспанヤーン作成法の模式図を示している。Figure 6-2 (1) に示したように、糸の作成時において 1 つのドラフト装置へ供給する 2 本の短繊維粗糸の間隔を供給粗糸間隔 (strand spacing) と呼び、供給粗糸の中心間の距離 D_s を用いて規定した。コアフィラメントは可変コアガイド (図中の G) を用いて周期的に移動し、コアフィラメントの挿入位置を変化させた。



(1) A schematic of device



(2) Timing diagram of core guide

Fig. 6-2 A schematic of migrated core twin spun yarn ((1) G: core guide; D_s : strand spacing; (2) P_m : migration time, S_t : insertion time).

また、Figure 6-2 (2) に示したように、コアフィラメントが短繊維束 A から B (あるいは短繊維束 B から A) へ周期的に移動する時間 (これを migration time, P_m とした) は 2 本の供給粗糸間隔 D_s を変化させて調整し、各短繊維束に挿入する滞留時間 (これを insertion time, S_t とした) は可変コアガイドの動きによって調整した (Figure 2-8 参照)。コアガイドの滞留時間 S_t 、移動時間 P_m 、および供給粗糸間隔 D_s は、それぞれ Table 6-1 のとおりに変化させた。 S_t 、 P_m 、および D_s を変化させると、コアフィラメントが周期的に糸表面に露出する長さは変化するが、このとき露出する糸軸方向の長さを L_{out} とし、糸中に挿入している糸軸方向の長さを L_{in} とした。 L_{out} 、および L_{in} の長さは、5 gf の張力下で糸が解燃することを防止しながら、読取顕微鏡を用いて測定した。 L_{out} および L_{in} の長さは、試料糸長およそ 5 m について測定し、その平均値を求め、結果を Table 6-1 に示した。

Table 6-1 Timing of core-filament guide

S_t (sec)	P_m (sec)	D_s (mm)	L_{out} (mm)	L_{in} (mm)
0	0.20	4	∞	0
0	0.40	7	∞	0
0	0.80	14	∞	0
0.05	0.25	4	2.6	2.9
0.10	0.50	7	4.8	5.1
0.20	1.00	14	9.7	10.3

Table 6-2 は本章の実験のために試作したコア・ツインスパンヤーンの種類と作成条件を示している。実験 Ex.(1) ではシングルコア糸、Ex.(2) ではシングルコア糸とトリプルコア糸、および Ex.(3) ではトリプルコア糸をそれぞれ作成した。コア・ツインスパンヤーンの絹繊維含有率には、コアフィラメントに用いた生糸、あるいは精練糸の重量をも含めている。各実験で作成した試料糸の強度はインストロン型引張試験機を用いて測定し、太さむらはウスター試験機を用いて測定した。それぞれの測定条件は次のとおりである。

引張試験機の測定条件

試 長 20 cm,

引張速度 10 cm/min,

試験回数 100

むら試験機の測定条件

試料糸の走行速度 25 m/min,

測定時間 1 min

なお、糸強力の測定においては測定結果を単位太さ (tex 番手) 当たりの強度に換算し、その平均値を求めた。

Table 6-2 Experimental yarn

	Core twin spun yarn	Fiber composition of silk/cotton (%)	Count (tex)	Twist level (turns/2.54cm)
Ex.(1)	Single-core	75/25, 50/50, 25/75	59.1	9.5
Ex.(2)	Single-core	70/30	29.5	13.4
Ex.(2)	Triple-core	70/30	29.5	13.4
Ex.(3)	Triple-core	60/40	29.5	13.4

各実験 Ex. (1)～Ex. (3) の試料糸作成において、使用した原料繊維（シース繊維、コアフィラメント）の種類と特性、および試料糸の作成条件は次のとおりである。

実験 Ex. (1) では、繊維含有率、およびコアフィラメントの挿入が糸強力に及ぼす影響を調べるために、シングルコア・ツインスパンヤーンを作成した。

原料繊維の特性

シース繊維 絹（平均繊維長 78 mm）と
綿（平均繊維長 26 mm）の 2 種類
コアフィラメント 精練糸（53.7 d, 練減率 14.8 %）

試料糸の作成条件

繊維含有比 絹／綿：75/25, 50/50, 25/75 の 3 水準
コアフィラメントの挿入 絹側挿入、綿側挿入、および
移動挿入（ $P_s = 1.4 \text{ sec}$, $S_t = 0.25 \text{ sec}$ ）の 3 水準
コアフィラメントの供給張力 50 gf
2 本の供給粗糸間隔 $D_s = 20 \text{ mm}$

実験 Ex. (2) では、3 本の生糸をコアフィラメントに用いてシングルコア糸、およびトリプルコア糸を作成し、コアフィラメントの挿入が糸強度に及ぼす影響を調べた。シングルコア糸では 3 本の生糸を一括して 1 本のコアフィラメントとして用い、トリプルコア糸では 3 本の生糸が分散して配置するように絹側、綿側、および絹と綿の中間位置それぞれに 1 本ずつコアフィラメントを挿入した (Figure 6-1 参照)。移動挿入トリプルコア糸は絹、綿の両繊維束へ挿入するコアフィラメントを周期的に移動させて作成した。

原料繊維の特性

シース繊維 絹（平均繊維長 68 mm）と
綿（平均繊維長 26 mm）の 2 種類
コアフィラメント 生糸（21 d）

試料糸の作成条件

	シングルコア糸	トリプルコア糸
コアフィラメント 本 数	1 本 (21 d×3)	3 本 (各 21 d)
供給張力	56 gf	絹、綿のサイド 16 gf, 中央 24 gf
挿 入	固定挿入 (絹側、綿側) 移動挿入 ($P_s = 1.8 \text{ sec}$, $S_t = 1 \text{ sec}$)	固定挿入 移動挿入
2 本の供給粗糸間隔	$D_s = 14 \text{ mm}$	$D_s = 14 \text{ mm}$

実験 Ex.(3) では、コアフィラメントの周期的な移動が糸の強度、および外観形状に及ぼす影響を調べるために、トリプルコア・スパンヤーンを作成した (Figure 6-2 参照)。

原料繊維の特性

シース繊維 絹 (平均繊維長 68 mm) と
綿 (平均繊維長 26 mm) の 2 種類
コアフィラメント 生糸 (21 d)

試料糸の作成条件

2 本の供給粗糸間隔 $D_s = 4, 7, 14 \text{ mm}$ の 3 水準
コアガイドの移動時間 $P_s = 0.2 \sim 1.0 \text{ sec}$,
滞留時間 $S_t = 0 \sim 0.2 \text{ sec}$
コアフィラメントの本数 3 本の生糸 (各 21 d)
供給張力 絹、綿のサイド 20 gf,
中央 30 gf

結果と考察

(1) 引張特性

Table 6-3 (a) は実験 Ex. (1) で試作したシングルコア・ツインスパンヤーンの平均強力を示している。また、この実験データを用いて、二元配置の分散分析法により糸強力の差について検定を行い、分散分析表を Table 6-3 (b) に示した。Table 6-3 (a) に示したように、絹と綿の繊維含有率が糸強力に及ぼす影響は明らかであり、Table 6-3 (b) の分散分析表からも繊維含有率に関する分散比 170.40 は 1 % の有意水準で有意差が認められた。一方、コアフィラメントの挿入に関する分散比 0.74 は 5 % の有意水準で有意差が認められなかった。しかし、Table 6-3 (a) に示したように絹繊維の大きな含有率 75, 50 % の場合には、綿側挿入糸および移動挿入糸に比べて絹側挿入糸がやや大きい強力を示した。これは、第 5 章で述べたように糸強力に対するシース繊維（絹短繊維）とコアフィラメント（精練糸）間の摩擦作用の寄与が強く現れたためと考えられる。これに対して、絹繊維の小さな含有率 25 % ではシース・コア間の摩擦作用の寄与が僅少であり、その効果が現れなかったものと考えられる。この推論を確かめるために、Table 6-4 に示したようなコアフィラメントを挿入しない場合のツインスパンヤーンの強力について調べた。

Table 6-3 (a) Strength of single-core twin spun yarn (Ex.(1))

Insertion of core	Fiber composition of silk/cotton (%)		
	75/25	50/50	25/75
Cotton-sided	30.0	21.7	20.0
Silk-sided	31.3	22.7	19.0
Migrated	29.5	22.2	19.5

(Unit: gf/tex)

Table 6-3 (b) Analysis of variance (two-way)

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Unbiased variance	Ratio of variance	F value	
					5%	1%
Fiber composition	111.33	2	55.66	170.40	6.94	18.00
Insertion of core	0.49	2	0.24	0.74		
Error	1.31	4	0.33			
Total	113.12	8				

Table 6-4 Strength of twin spun yarn without core-filament

Fiber composition of silk/cotton (%)		
75/25	50/50	25/75
26.7	19.8	16.7

(Unit: gf/tex)

Table 6-4 は Ex. (1) のコア・ツインспанヤーンと同じ繊維含有率で、コアフィラメントを挿入しない場合のツインспанヤーンの平均強力を示している。ツインспанヤーンの強力は、絹繊維の含有率の増加とともに増加しており、コアフィラメントを挿入した Ex. (1) の結果と同じ傾向を示した。また、Table 6-3 (a) と Table 6-4 を比較すると、コア・ツインспанヤーンはツインспанヤーンに比べて大きな強力であり、コアフィラメントの挿入により糸強力が増加することが認められた。

Table 6-5 は実験 Ex.(2) で試作したシングルコア・ツインスパンヤーン、およびトリプルコア・ツインスパンヤーンの平均強力を示している。トリプルコア糸はシングルコア糸と比べて大きな強力を示し、3 本のコアフィラメントを一括して挿入するよりは、絹、綿の両繊維束、および絹と綿の中間位置それぞれに 1 本ずつ分散して配置すると、糸強力を増加させる効果があることが認められた。また、試作した移動挿入糸ではコアフィラメントの周期的な移動により、コアフィラメントが糸表面に露出していた。そこで、コアフィラメントが糸表面に露出する形状が糸強度に及ぼす影響を、次の実験 Ex.(3) により詳細に検討した。

Table 6-5 Strength of various core twin spun yarns (Ex.(2))

Insertion of core	Core twin spun yarn	
	Single-core	Triple-core
Non-migrated	-	28.8
Cotton-sided	27.6	-
Silk-sided	27.9	-
Migrated	27.5	28.7

(Unit: gf/tex)

Table 6-6 Strength of migrated triple-core twin spun yarn (Ex.(3))

L_{out} (cm)	L_{in} (cm)	Strength (gf/tex)
∞	0	19.09
2.6	2.9	21.30
4.8	5.1	20.21
9.7	10.3	19.41

Table 6-6 は実験 Ex.(3) の実験結果である。この実験に用いたトリプルコア糸の作成においては、前述した Table 6-1 のとおりに 2 本の供給粗糸間隔 D_s 、およびコアガイドの移動時間 P_s と滞留時間 S_s をそれぞれ調整した (Figure 6-2 参照)。Table 6-6 に示したように、コアフィラメントが周期的に糸表面に露出した糸軸方向の長さ L_{out} 、および糸中に挿入された長さ L_{in} の変化は、平均強力にほとんど影響を及ぼさないことが分かった。

以上の実験結果から、コア・ツインスパンヤーンの糸強力は、シース繊維に用いた絹と綿それぞれの繊維含有率に明らかに依存すること、またコアフィラメントを固定挿入するか、移動挿入するかではほとんど影響を受けないが、コアフィラメントの挿入方式（すなわち、一括配置、分散配置）が影響を及ぼすことが認められた。

(2) 糸の太さむら

前項 (1) で試作したコア・ツインスパンヤーンの外觀形状を調べるために、糸むらの変動係数 (CV%)、およびウスター・スペクトログラムを測定した。CV% 値では糸の太さむらについてむらの振幅の大小関係が理解でき、スペクトログラムでは太さの変動中に含まれている周期性が検討できる。

Table 6-7 は実験 Ex.(1) で試作した糸の CV% を示している。CV% 値は綿側挿入糸、絹側挿入糸、および移動挿入糸ともにほぼ一定値を示し、絹繊維の含有率の増加とともに減少する傾向が認められた。この傾向が生じた原因を考察するために、コアフィラメントを挿入しない場合についても実験した。

Table 6-8 は Ex.(1) のシングルコア・ツインスパンヤーンと同じ繊維含有率で、コアフィラメントが挿入されていないツインスパンヤーンの CV% 値を示している。

Table 6-7 CV% of single-core twin spun yarn (Ex.(1))

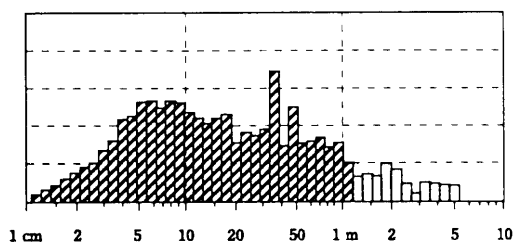
Insertion of core	Fiber composition of silk/cotton (%)		
	75/25	50/50	25/75
Cotton-sided	11.2	15.2	14.4
Silk-sided	10.3	14.8	15.7
Migrated	13.9	-	15.7

Table 6-8 CV% of twin spun yarn
without core-filament

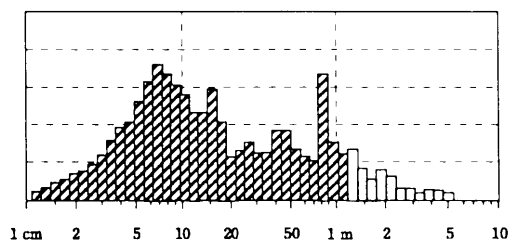
Fiber composition of silk/cotton (%)		
75/25	50/50	25/75
15.1	18.0	16.6

ツインспанヤーンの CV% 値は、Table 6-7 に示したコア・ツインспанヤーンの場合と同様に、絹繊維の含有率の増加にともない、CV% 値はやや減少する傾向が認められた。また、両表を比較すると、シングルコア・ツインспанヤーンはツインспанヤーンに比べて CV% 値は全体に小さな値を示しており、コアフィラメントの挿入により糸むらが減少することが認められた。このように、コアの有無によって太さむらの CV% 値が増減したが、太さむらの周期性についても検討を加えた。

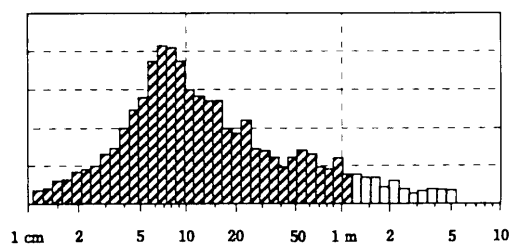
Figure 6-3 は、実験 Ex.(1) で試作したシングルコア・ツインспанヤーンのスペクトログラムの代表例を示している。Figure 6-3 の (1), (2), (3) は絹／綿の繊維含有比を変化させた場合の絹側挿入糸について示している。絹／綿の繊維含有比 75/25, 50/50 のスペクトログラム (1), (2) では、波長 80 mm と 400 mm 付近、および 80 mm と 800 mm 付近で、明らかな 2 つのピークが見られた。一般にリング紡績糸の太さむらスペクトルにおいて最大パワーは、繊維長の 2~3 倍の波長に現れることが知られている^{8・9)}。本試料で認められた 2 つの波長 80 mm と 400~800 mm に認められるピークは、綿（平均繊維長 26 mm）および絹（平均繊維長 78 mm）に対応するものと考えられる。絹／綿の繊維含有比 25/75 のスペクトログラム (3) では、波長 80 mm 付近に綿繊維による 1 つのピークが現れるが、絹繊維の含有率は小さくそのピークが消滅していた。また、綿繊維の含有率の増加にともない、スペクトログラム (1), (2), (3) の波長 80 mm 付近のパワーに増加がみとめられた。つぎに、Figure 6-3 の (3), (4), (5) はコアフィラメントの挿入位置を変化させた場合のシングルコア糸について示している。絹／綿の繊維含有比 25/75 において、絹側挿入糸 (3)、綿側挿入糸 (4)、および移動挿入糸 (5) とともに、ピークを示す波長は変化しておらず、コアフィラメントの挿入によってシングルコア・ツインспанヤーンのスペクトログラムは、ほとんど影響を受けないことが分かった。この結論は次に述べるように、コアフィラメントを挿入しない場合のツインспанヤーンのスペクトルを調べることでさらに検討を加えた。



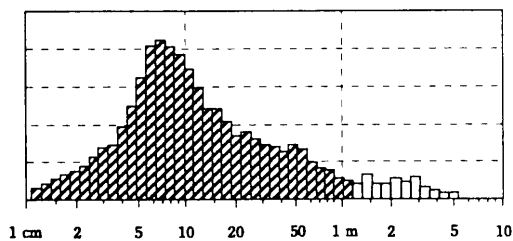
(1) silk 75% / cotton 25%,
silk-sided



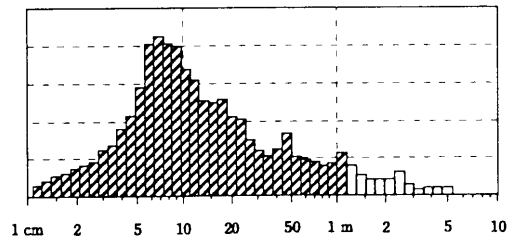
(2) silk 50% / cotton 50%,
silk-sided



(3) silk 25% / cotton 75%,
silk-sided



(4) silk 25% / cotton 75%,
cotton-sided



(5) silk 25% / cotton 75%,
migrated

Fig. 6-3 Typical Uster spectrograms of single-core twin spun yarns ((1), (2) and (3): silk-sided; (4): cotton-sided; (5): migrated; fiber composition of silk/cotton (%): (1) 75/25, (2) 50/50, (3) 25/75, (4) 25/75, (5) 25/75).

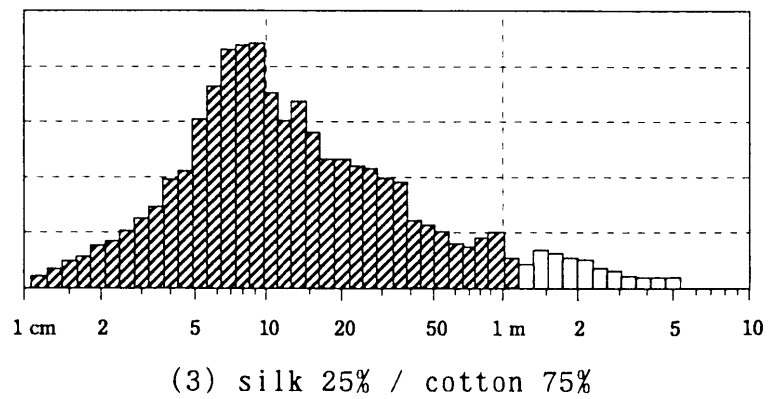
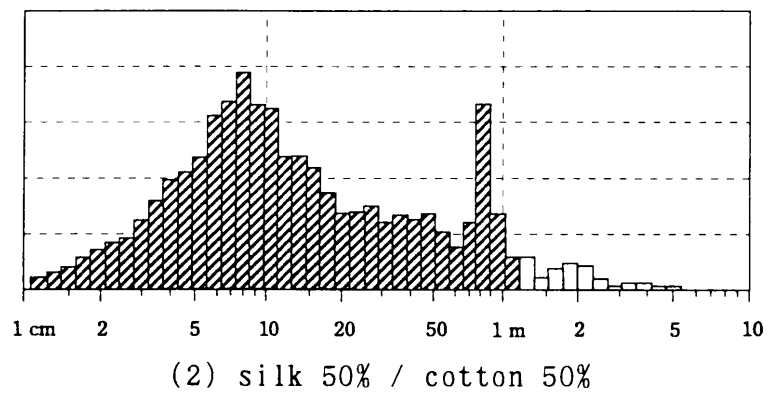
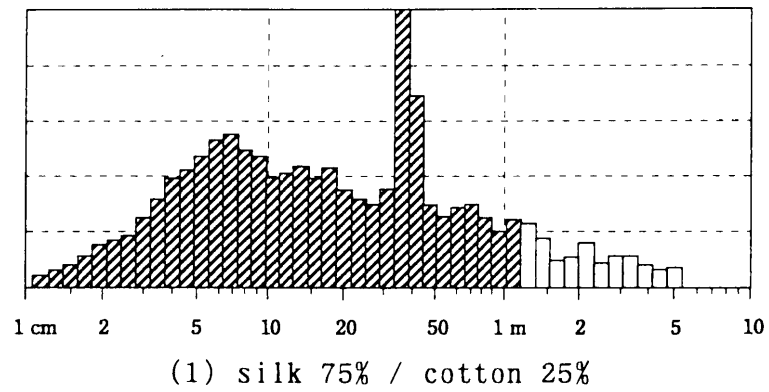


Fig. 6-4 Spectrograms of twin spun yarns
(fiber composition of silk/cotton (%): (1)
75/25, (2) 50/50, (3) 25/75).

Figure 6-4 は、シングルコア・ツインスパンヤーンと同じ繊維含有比（絹／綿 75/25, 50/50, 25/75）でコアフィラメントを挿入しない場合、すなわちツインスパンヤーンのスペクトログラムを示している。ツインスパンヤーンの太さむらスペクトルは絹／綿の繊維含有比に依存して変化した、Figure 6-4 および Figure 6-3 と比較すると、シングルコア・ツインスパンヤーンはツインスパンヤーンとほぼ同じ太さむらスペクトルであることが認められた。これは、ツインスパンヤーンの作成と同じドラフト操作後、すなわち絹および綿の繊維束（シース繊維）をドラフトした後に、コアフィラメントを挿入してコア・ツインスパンヤーンを作成するために、コアフィラメントの挿入がそれぞれの繊維束のドラフトにほとんど影響を及ぼさないためであると考えられる。

Table 6-9 は実験 Ex.(2) で試作した糸の CV% 値を示している。トリプルコア糸はシングルコア糸と比べて、固定挿入、あるいは移動挿入によらず CV% 値の減少が認められた。この CV% 値が減少する理由は次のように考えた。すなわち、リング精紡機において、フロントローラから送り出された繊維束には加燃点までの間に無燃の状態が存在し、繊維束の不正ドラフトが起こるために、この領域を小さくするような精紡機の調整が行われている。コア・ツインスパンヤーンの作成においては、フロントローラ手前で挿入したコアフィラメントがこの領域の繊維束にかかる張力を負担し、フロントローラから送り出されたシース繊維の不正ドラフトを阻止するものと考えられる。すなわち、シングルコア糸では絹、あるいは綿のどちらか一方の繊維束にコアフィラメントを供給しており、コアフィラメントを挿入した繊維束だけがフロントローラと加燃点の間での不正ドラフトの発生を抑えられることになる。一方、トリプルコア糸では絹、綿それぞれの繊維束にコアフィラメントを供給しており、両繊維束ともにフロントローラと加燃点の間での異常ドラフトの発生が抑えられたために、シングルコア糸に比べて CV% 値が減少したものと考えられる。

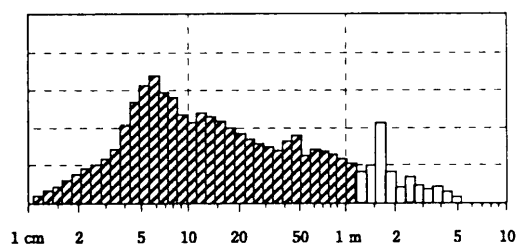
Figure 6-5 はこれら試作糸のスペクトログラムを示しており、シングルコア糸およびトリプルコア糸はほぼ同じむら波長にピークが認められた。波長 70~80 mm 付近に見られるピークは綿繊維によるものであり、絹短繊維によると思われる波長 400 mm 付近のピークは、試料によっては明瞭に現れない場合もあった。Figure 6-3 の場合と同様に、シングルコア糸およびトリプルコア糸のスペクトルはドラフト部分のむらであり、コアフィラメント挿入の影響を受けないことが分かる。

Table 6-9 CV% of various core twin spun yarns (Ex.(2))

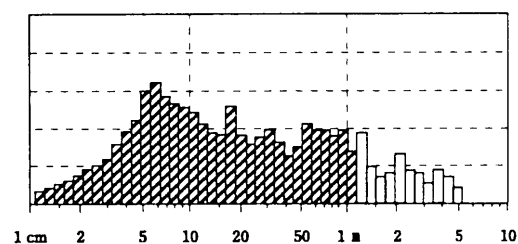
Insertion of core	Core twin spun yarn	
	Single-core	Triple-core
Non-migrated	-	13.5
Cotton-sided	17.8	-
Silk-sided	18.1	-
Migrated	17.7	14.0

Table 6-10 CV% of migrated triple-core twin spun yarn (Ex.(3))

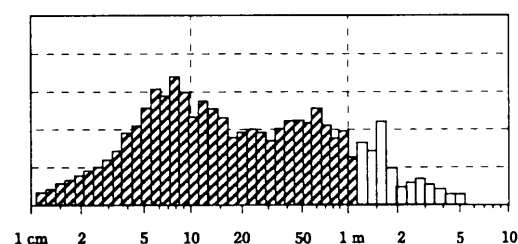
L _{out} (cm)	L _{in} (cm)	Evenness (CV%)
∞	0	18.0
2.6	2.9	17.2
4.8	5.1	16.9
9.7	10.3	16.6



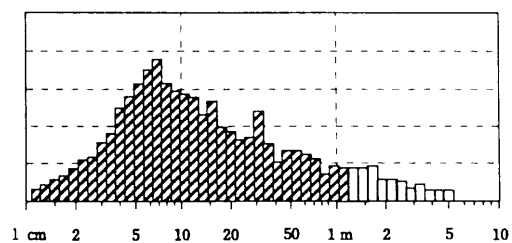
(1) cotton-sided single-core



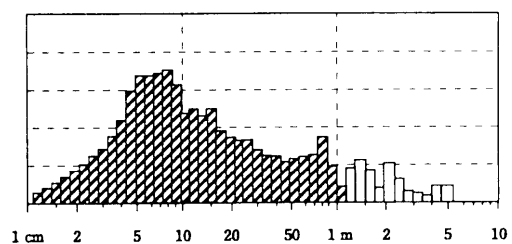
(2) silk-sided single-core



(3) migrated single-core



(4) non-migrated triple-core



(5) migrated triple-core

Fig. 6-5 Spectrograms of various core twin spun yarns (fiber composition of silk/cotton (%): 70/30; single-core type: (1) cotton-sided, (2) silk-sided, (3) migrated; triple-core type: (4) non-migrated, (5) migrated).

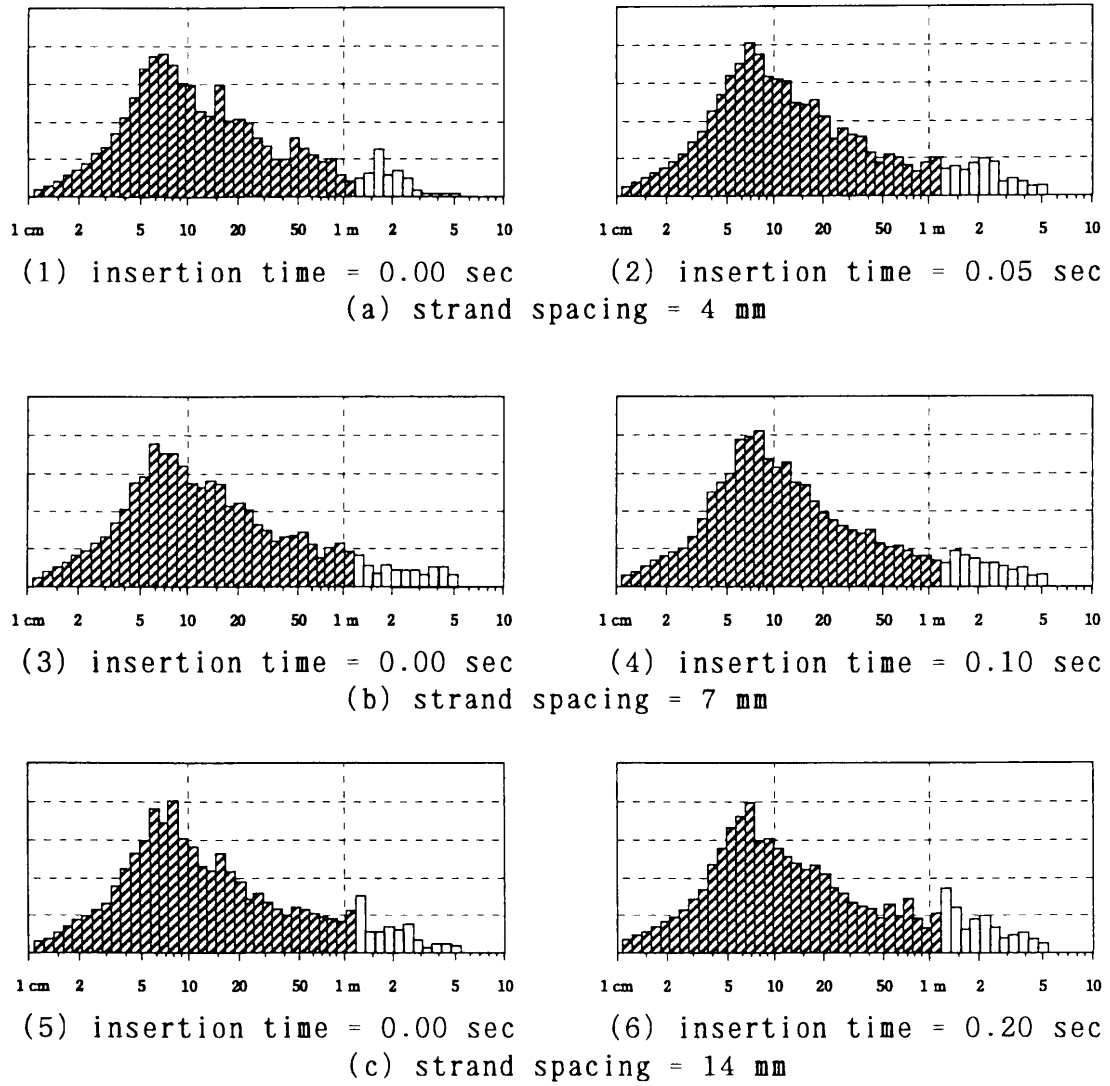


Fig. 6-6 Spectrograms of migrated triple-core twin spun yarns (fiber composition of silk/cotton (%): 60/40; strand spacing (mm): (a) 4, (b) 7, (c) 14; insertion time of core-filament (sec): (1) 0.00, (2) 0.05, (3) 0.00, (4) 0.10, (5) 0.00, (6) 0.20).

Table 6-10 は、実験 EX.(3) で作成した移動挿入トリプルコア・ツインスパンヤーンの太さむらの CV% 値を示している。コアフィラメントが糸表面に露出した長さ L_{out} 、および糸中に挿入された長さ L_{in} の違い、すなわち糸の外観形状の違いが、試作糸の CV% 値にほとんど影響を及ぼさない。

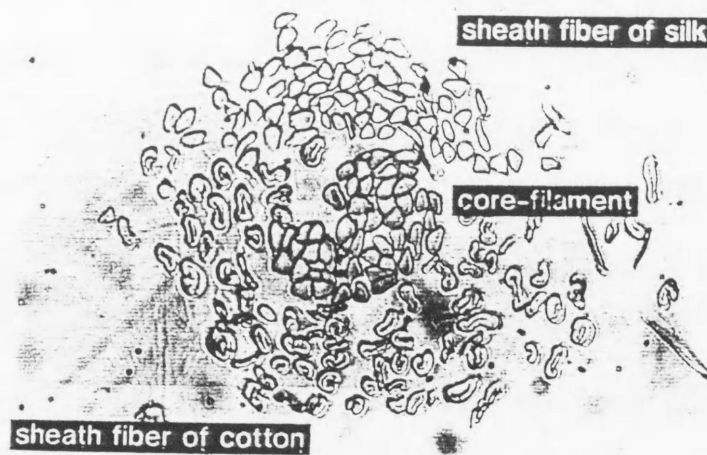
Figure 6-6 はスペクトログラムを示している。すべてのスペクトログラムにおいて、綿の繊維長による 1 つのピークが波長 70~80 mm 付近に見られ、CV% 値と同様に L_{out} 、および L_{in} の長さによる影響がほとんど認められなかった。

以上の 3 つの実験により、以下のことが明らかになった。コア・ツインスパンヤーンの太さむらの変動係数 (CV%)、およびスペクトログラムはコアフィラメントの有無と無関係に、リング・コアスパン精紡機のローラドラフト域で起こるシース繊維のドラフト現象が大きく影響を及ぼすことが分かった。また、挿入したコアフィラメントがフロントローラと加捻点の間での繊維束にかかる張力を負担し、フロントローラから送り出されたシース繊維の不正ドラフトを阻止できるので、コアフィラメントを分散配置したトリプルコア糸は、コアフィラメントを一括配置したシングルコア糸に比べて、CV% 値を大きく減少させることが分かった。さらに、移動挿入糸ではコアフィラメントの移動により、コアフィラメントが糸表面に露出するという外観形状の特徴を示すが、移動挿入糸の CV% 値、およびスペクトログラムには、影響を及ぼさないことが分かった。

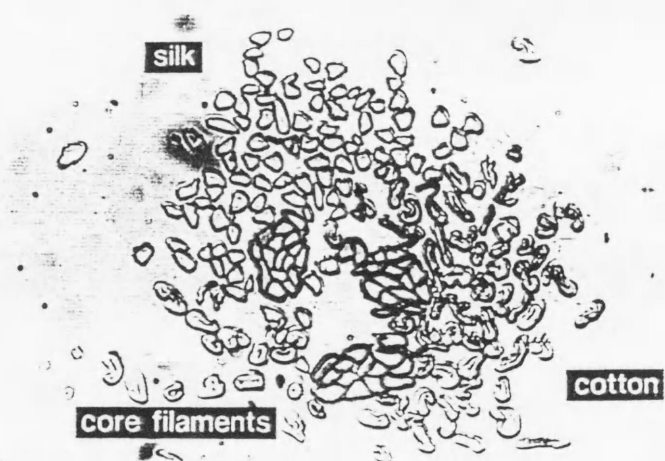
(3) 糸の横断面

前項 (1) では、トリプルコア糸の強力がシングルコア糸に比べて増加する現象が認められた。そこで、本項ではこの原因を考察するために、試作糸の横断面を観察し、糸中の繊維配置を調べた。

Figure 6-7 はコア・ツインスパンヤーンの横断面写真を示している。Figure 6-7 (a) に示した移動挿入シングルコア糸では、シングルコアに用いた 1 本の生糸 (21 d×3) が絹と綿の両短繊維群により十分に包括されていた。



(a) Migrated single-core



(b) Non-migrated triple-core

Fig. 6-7 Cross sections of core-twin spun yarns.

また、Figure 6-7 (b) は固定挿入トリプルコア糸を示し、トリプルコアに用いた 3 本の生糸（各 21 d）間それぞれに絹あるいは綿の短繊維が入り込んでいた。このように、3 本のコアフィラメントを分散して配置させると、絹および綿短繊維群をコアフィラメントで部分的に結束できることが分かった。

すなわち、コアフィラメントを分散配置させたトリプルコア・ツインспанヤーンでは、コアフィラメント間に結束された短繊維群の存在が認められた。このような結束短繊維群をもつ糸構造は、結束紡績法により作成した結束紡績糸 (fasciated yarn)¹⁰⁾ の構造に類似している。トリプルコア糸の強力がシングルコア糸に比較して、大きな値を示す理由として、コアフィラメントによるシース繊維の結束作用を考えることができる。

また、コア・ツインспанヤーンでは短繊維がコアフィラメントを包括しているシース・コア構造、およびシース繊維に用いた 2 つの短繊維群のサイド・バイ・サイド構造を組合せることができ、多層構造糸であることが確認できた。

6・4 結 言

リング・コアспан精紡機を援用し、コアガイドを付設することにより、異種類の短繊維とコアフィラメントを組合せて、数種類の糸構造をもつコア・ツインспанヤーンが作成できることを実証できた。コア・ツインспанヤーンの断面構造は、シース繊維に用いた 2 つの短繊維群によるサイド・バイ・サイド型構造、およびシース繊維とコアフィラメントによるシース・コア型を組合せた多層構造である。コア・ツインспанヤーンの力学的特性は、シース繊維に用いた異種類の短繊維の含有率、およびコアフィラメントの挿入方式（すなわち一括配置、あるいは分散配置）に依存することが認められた。トリプルコア・ツインспанヤーンでは、分散配置したコアフィラメントにより糸中の短繊維を部分的に結束することができ、結束紡績糸の構造と類似した糸構造となるので、コアフィラメントを一括配置したシングルコア糸に比べて糸強力が増加することが明らかとなった。

コア・ツインスパンヤーンの太さむらの変動係数 (CV%)、およびスペクトログラムはコアフィラメントの挿入と無関係に、ローラドラフト域で起こるシース繊維のドラフト現象が大きく影響を及ぼすことが分かった。また、コア・ツインスパンヤーンの作成時において挿入したコアフィラメントがフロントローラニップ点から加燃点に至る無燃部分のシース繊維束にかかる張力を負担し、シース繊維の不正ドラフトを阻止できることが分かった。したがって、コアフィラメントを両繊維束に挿入したトリプルコア糸では、シングルコア糸に比べて、CV% 値が大きく減少した。さらに、移動挿入糸ではコアフィラメントの移動により、コアフィラメントが糸表面に露出するという外観形状の特徴を示すが、移動挿入糸の CV% 値、およびスペクトログラムにはほとんど影響を及ぼさないことが分かった。このように、紡績絹糸における複合化と多層構造化は、糸強力、風合い、および外観形状などの改善を期待でき、新しい複合紡績絹糸の用途拡大の将来を技術的に展望することができた。

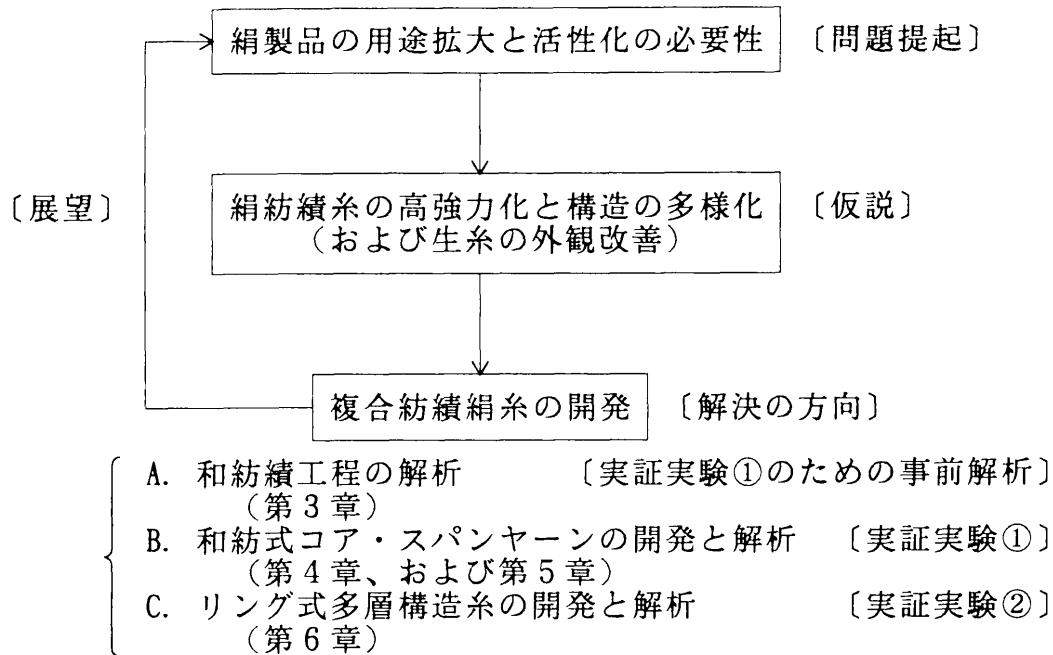
参考文献

- 1) Matsumoto Y., Tsuchiya I., and Kyuma H. ;
J. Sericultural Sci. Jpn., **58**, 7 (1989).
- 2) Matsumoto Y., Tsuchiya I., Toriumi K., and Harakawa K. ;
Textile Res. J., **61**, 131 (1991).
- 3) Matsumoto Y., Toriumi K., Tsuchiya I., and Harakawa K. ;
Textile Res. J., **62**, 710 (1992).
- 4) Plate D. E. A., and Lappage J. ;
J. Textile Inst., **73**, 99 (1982).
- 5) Emmanuel A., and Plate D. E. A. ;
J. Textile Inst., **73**, 107 & 117 (1982).

- 6) Plate D. E. A., and Feehan J. ;
J. Textile Inst., **74**, 204 (1983).
- 7) Plate D. E. A. ; J. Textile Inst., **74**, 320 (1983).
- 8) 日本繊維機械学会編；”むらの理論と実際”，p19 (1965).
- 9) Furter R. ; ”Evenness Testing in Yarn Production: Part I”,
The Textile Institute, p65 (1982).
- 10) 浅野忠七男，山形誠一，中山 隆；
日本繊維機械学会誌，**35**, P145 (1982).

第7章 結 論

(1) 結論の概要



(2) 各章の結論

高度化した消費者ニーズに応えるために、その目的と用途に合わせた多種多様な糸が製品化されている。一方、絹は高級でしなやか、しかもエレガントといった高いイメージが持たれているにもかかわらず、素材としての開発は未だ不十分であり、絹製品の用途拡大と活性化が望まれる今日である。

本研究は、このような背景から絹紡績糸の高強力化と構造の多様化、および生糸の外観改善を目的として、絹フィラメント、絹短繊維、および異種繊維の組合せによる絹紡績糸の複合化を考え、複合紡績絹糸の作成法を開発・提案し、さらに新規紡績絹糸の構造と物性について解明した。

第2章においては、新規紡績絹糸を開発するために繊維素材の複合形態と複合方法を設計した。すなわち、絹繊維フィラメント、絹短繊維、そして異種短繊維を組合せるために、和紡精紡機とリング精紡機を援用したコア・スパンヤーン、ツインスパンヤーン、およびコア・ツインスパンヤーンの策定を行った。

ついで、複合糸の力学的性質と外観むらの評価方法について論じた。特に、シース繊維とコアフィラメントの相互作用の評価には、糸中のコアフィラメントの引抜き試験が有用であり、糸の引張り試験およびレーダ法による静摩擦係数測定との併用によりシース繊維とコアフィラメントの適合性が評価できた。また、糸構造の評価には、糸断面内におけるコアフィラメントの位置を表す断面形状係数（P 値）の使用が有用であった。

第3章においては、和紡績工程の理論的な解析を行い、紡績過程で変化する糸の番手と撚数の決定機構が解析できた。和紡績では綿筒が主要動作部である。綿筒の運動はランダムな発生現象ではなく弱い周期性を持つ繰返し運動であり、綿筒の上下運動が和紡糸の品質に強く影響を及ぼすことが分かった。原料繊維の物理的性質（繊維長、繊維度、摩擦係数等）が糸の生成に対する繊維滑脱の効果に大きく影響を及ぼし、綿筒の回転時間と上昇時間が関係するという和紡糸特有な太さむら発生機構の原料繊維依存性を明らかにした。また、和紡精紡機の基本操作は、レバー上の荷重位置、およびスピンドル速度と糸の巻取り速度の比率の調整であった。安定した紡績状態は紡出張力 30～60 gf で得られ、その範囲内で紡出張力を増加させると太い和紡糸が紡出できた。しかし、和紡糸の太さを増加（あるいは減少）させると、これにともなって撚密度が減少（あるいは増加）し、和紡糸の撚数は任意に調整できないことが分かった。さらに、和紡糸の太さは原料繊維の性質に依存しており、安定した紡出過程では紡出糸の撚係数を一定値に保つように糸の太さと撚数が相互にバランスをとりながら糸を形成することが明らかとなった。このような力学的に自己平衡性を示す加撚現象は、ミュール紡績過程で指摘されている現象と類似し、その他の紡績過程では認められないものである。

第4章、第5章、および第6章では、新型綿筒とコアガイドを付設することによって、和紡精紡機およびリング精紡機を援用した新しい紡績絹糸の作成法を開発し、紡績条件が糸構造に及ぼす影響を明らかにしたので、多種多様な複合糸の作成が可能であることを実証できた。

第4章においては、和紡式コア・スパンヤーンを開発・試作した。和紡式コア・スパンヤーンは、短繊維と連続フィラメントを組合せた複合糸であり、和紡糸の外観を温存しながら糸強力を大きくできる新しい紡績糸の1つである。和紡コアスパン精紡機の綿筒として、中空スピンドルとコアガイドパイプで改良した新型綿筒を考案し、この綿筒を用いる和紡式コア・スパンヤーンの作成法を開発した。和紡コアスパン精紡機においては、荷重位置、スピンドル速度と糸の巻取速度の比率、およびコアフィラメントの供給張力の調整が、コア・スパンヤーンの紡出張力に影響を及ぼしているが、コア・スパンヤーンの紡出過程における力学的現象は、シース繊維と同じ原料繊維を用いる和紡単糸の紡績過程における力学的現象と類似していることがほぼ認められた。また、コア・スパンヤーンの紡出張力 T_s とコアフィラメントの供給張力 T_c の差分 ($T_s - T_c$) は、綿筒内原料からコアフィラメントによってシース繊維群が引抜かれるときの張力、および綿筒内を通過する際にコアフィラメントと原料繊維間の摩擦力等の総和であると考えることができ、シース繊維層を形成する綿筒内原料の平均繊維長、およびコアフィラメントの種類が、紡出糸の太さと撚密度に影響を及ぼすことが分かった。さらに、コア・スパンヤーンでは、和紡単糸に比べて短い波長の太さむらが増加し、太さむらの周期性もやや強調される傾向があるなど、コアフィラメントを挿入することによる和紡糸の外観形状の特徴が明らかとなった。

第5章では、コア・スパンヤーンにおけるシース繊維とコアフィラメントの相互関係について検討を加えた。ここでの実験精度を確保するために、リング式コア・スパンヤーンを試料に用いることを提案した。すなわち、リング式コア・スパンヤーンはリング精紡機を援用して作成するものであり、和紡精紡機に比べて糸の形成が安定しているためにコアフィラメントの効果を検討するのに十分な精度をもっているものと考えた。同一繊維材料から同番手・同撚係数の糸を作成し、和紡式およびリング式コア・スパンヤーンの糸構造と外観むらを比較した。

その結果、和紡式コア・スパンヤーン、およびリング式コア・スパンヤーンの断面形状係数（P 値）がともに $P=0.2\sim0.5$ の範囲にあり、糸中のコアフィラメントはシース繊維で完全に被覆されており、糸構造的にはほぼ一致性があることを確認できた。また、両コア・スパンヤーンの太さむら（CV% と糸の欠陥数）にはシース繊維原料が大きく影響を及ぼすが、両糸の外観形状にはほとんど差が認められなかった。つぎに、リング式コア・スパンヤーンを実験試料に用い、シース繊維ならびにコアフィラメントが糸の力学的性質に及ぼす影響を調べた。コア・スパンヤーンの力学的性質は、コアフィラメントとシース繊維それぞれの性質、およびそれらの含有割合等によって変化した。コア・スパンヤーンの引張強力は、コアフィラメントで作成したフィラメント糸とシース繊維のみで作成した紡績単糸それぞれの強力の和であると考えて、単純に計算した値 F_T と実際のコア・スパンヤーンの引張強力の実測値 F_E との偏差（ $F_E - F_T$ ）は、一般にシース繊維とコアフィラメントの種類の組合せに依存して大きな違いが認められた。また、シース・コア間の摩擦係数の増加がコア・スパンヤーンの引張強力の偏差（ $F_E - F_T$ ）の減少に寄与することが分かった。すなわち、シース繊維に絹短繊維を用いるコア・スパンヤーンでは、ポリエステルのような化学繊維に比べて、生糸あるいは精練糸をコアフィラメントに使用するのが適当であり、コアフィラメント選択の重要性を指摘できた。

第6章においては、リング・コアスパン精紡機による多層構造糸への展開を試み、糸の構造と性能について検討した。リング精紡機のツインスパンヤーン作成法を援用し、異種類の短繊維をサイド・バイ・サイド構造に組合せた複合糸の作成を提案した。この試作糸は糸の外観と風合いに特徴を有することになるが、コア・スパンヤーンのようにフィラメント糸との複合化ではないので、糸強力の大きな改善は期待できないと考えられる。ツインスパンヤーンの力学的性能をさらに向上させることを目的として、リング・コアスパン精紡機を用い、短繊維と連続フィラメント、および異種短繊維を組合せた複合糸であるコア・ツインスパンヤーンの作成法を開発した。

コア・ツインスパンヤーンは同糸中にシース・コア型とサイド・バイ・サイド型を兼ね備えた多層構造糸である。さらに、可変コアガイドの考案とマルチコアフィラメントの使用により、数種類のコア・ツインスパンヤーンを試作した。コア・ツインスパンヤーンの引張特性は、繊維含有率、およびコアフィラメントの挿入方式（すなわち、一括配置、あるいは分散配置）に依存することが認められた。トリプルコア・ツインスパンヤーンでは、分散配置したコアフィラメントにより糸中の短繊維を部分的に結束することができ、結束紡績糸の構造と類似した糸構造となるので、コアフィラメントを一括配置したシングルコア糸に比べて糸強力が増加することが明らかとなった。コア・ツインスパンヤーンの太さむらの変動係数（CV%）、およびスペクトログラムはコアフィラメントの挿入と無関係に、ローラドラフト域で起こるシース繊維のドラフト現象が大きく影響を及ぼすことが分かった。また、コア・ツインスパンヤーンの作成時において挿入したコアフィラメントが、フロントローラと加捻点の間でのシース繊維束にかかる張力を負担し、シース繊維の不正ドラフトが阻止できることが分かった。したがって、コアフィラメントを両短繊維束に挿入したトリプルコア糸では、シングルコア糸に比べて、CV% 値が大きく減少した。さらに、移動挿入糸ではコアフィラメントの移動により、コアフィラメントが糸表面に露出するという外観形状を示すが、移動挿入糸の CV% 値、およびスペクトログラムは、固定挿入糸と比べてほとんど差が認められなかった。

（3）複合紡績絹糸開発の利点

絹紡績糸の複合化に関する研究結果は、複合紡績絹糸の設計に重要な基礎的指針を与えるものであり、高性能・高付加価値化による新規用途用絹糸としての使用が、絹製品の用途拡大と活性化に、以下の点 ①～⑨ で繋がるものである。

- ①連続フィラメントと短繊維が作成できる唯一の天然繊維として、
絹の利点を最大限に活用できる。
- ②従来の絹紡績糸よりも強い。（機能性の改善）

- ③従来の生糸にない外観。（風合いの改善）
- ④異種類の繊維組合せによる糸性能の多様化。
- ⑤絹紡織物の形態安定性、腰、張り等の改善。
- ⑥和紡精紡機およびリング精紡機にコアフィラメントの供給装置を
付設するだけの技術的な簡便さ。（糸構造の多様化）
- ⑦製造工程の短縮化。
- ⑧純国産和紡精紡機の見直し。（特殊性の利用）
- ⑨高齢化した蚕業農家の活性化。
（蚕から紡績絹糸までの一環生産、冬期の収入源確保）

○今後の課題と問題点

コア・スパンヤーンとしての形状安定性、およびランダムな糸むらなどの観点から、和紡精紡機を用いた多様な複合紡績絹糸の作成方法を開発することが必要であろう。また、リング精紡機により作成した糸を和紡精紡機で作成した糸に近づけることができれば、よりユニークさが増した紡績糸の出現となるであろう。さらに、各種精紡法で作成できる糸の強力や糸むらなどについての守備範囲を明らかにすることによって、糸構造と特性についての相互関係（マップ）を得ることができれば、今後の糸設計に大いに役立つものと考えられる。

本論文の内容は、各章ごとに次のように発表した。

第2章

『絹紡複合糸および織物の機械的性質（絹織物の機械的性質 IV）』

松本陽一，土屋幾雄，久間秀彦；日本蚕糸学会誌，**55**，451-460（1986）.

『Effects of Yarn Structures in Composite Spun Silk Yarns
(Mechanical Properties of Silk Fabrics VI)』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, and Hidehiko Kyuma; J. Sericultural
Sci. Jpn., **58**, 7-14 (1989).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns
Part I : Yarn Properties』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa
Harakawa; J. Textile Inst., **81**, 48-58 (1990).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns
Part II : Stuffer-tube Motion』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa
Harakawa; J. Textile Inst., **82**, 479-491 (1991).

『Silk/Cotton/Scoured Silk Core Twin Spun Yarns』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa
Harakawa; Textile Res. J., **61**, 131-136 (1991).

『Properties of Double-core Twin Spun Silk Yarns and Fabrics』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, Ikuo Tsuchiya, and Kazuhisa
Harakawa; Textile Res. J., **62**, 710-714 (1992).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns
Part III : Yarn Appearance』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa Harakawa;
J. Textile Inst., **84**, 436-447 (1993).

『和紡精紡機による複合糸作成方法および装置』

松本陽一，土屋幾雄； 特許出願中（1989）.

第3章

『Making of Composite Silk Yarns by Throstle Spinning Frame

(Composite Silk Yarn I)』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, and Hidehiko Kyuma; J. Sericultural Sci. Jpn., **58**, 1-6 (1989).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns

Part I : Yarn Properties』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa Harakawa; J. Textile Inst., **81**, 48-58 (1990).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns

Part II : Stuffer-tube Motion』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa Harakawa; J. Textile Inst., **82**, 479-491 (1991).

『ガラ紡績工程の解析』

松本陽一，鳥海浩一郎，近田淳雄，原川和久；日本繊維機械学会誌，**46**, T215-225 (1993).

『ガラ紡績糸の番手と撚数について』

松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；日本繊維機械学会誌，**47**, T83-88 (1994).

第4章

『Making of Composite Silk Yarns by Throstle Spinning Frame
(Composite Silk Yarn I)』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, and Hidehiko Kyuma; J. Sericultural
Sci. Jpn., **58**, 1-6 (1989).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns
Part I : Yarn Properties』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa
Harakawa; J. Textile Inst., **81**, 48-58 (1990).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns
Part II : Stuffer-tube Motion』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa
Harakawa; J. Textile Inst., **82**, 479-491 (1991).

『ガラ紡績糸の番手と撚数について』

松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；日本繊維機械学会誌，
47, T83-88 (1994).

『試作ガラ紡機によるコアスパンヤーンの作製』

松本陽一，鳥海浩一郎，原川和久；日本繊維機械学会誌 (1994. 9, 掲載予定).

『和紡精紡機による複合糸作成方法および装置』

松本陽一，土屋幾雄；特許出願中 (1989).

第5章

『絹紡複合糸および織物の機械的性質 (絹織物の機械的性質 IV)』

松本陽一，土屋幾雄，久間秀彦；日本蚕糸学会誌，**55**, 451-460 (1986).

『絹紡複合糸における生糸の精練効果 (絹織物の機械的性質 V)』

松本陽一，土屋幾雄，久間秀彦；日本蚕糸学会誌，**56**, 483-488 (1987).

『A Study of Throstle-spun-silk/Raw-silk Core-spun Yarns

Part III: Yarn Appearance』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa Harakawa;

J. Textile Inst., **84**, 436-447 (1993).

『ガラ紡績糸の番手と撚数について』

松本陽一, 鳥海浩一郎, 原川和久; 日本繊維機械学会誌,

47, T83-88 (1994).

第 6 章

『Effects of Yarn Structures in Composite Spun Silk Yarns

(Mechanical Properties of Silk Fabrics VI)』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, and Hidehiko Kyuma; J. Sericultural

Sci. Jpn., **58**, 7-14 (1989).

『Silk/Cotton/Scoured Silk Core Twin Spun Yarns』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa

Harakawa; Textile Res. J., **61**, 131-136 (1991).

『Properties of Double-core Twin Spun Silk Yarns and Fabrics』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, Ikuo Tsuchiya, and Kazuhisa

Harakawa; Textile Res. J., **62**, 710-714 (1992).

その他、関連する報告として、次のようなものがある。

A) 絹に関するもの

『絹織物の機械的性質（Ⅰ）絹紡織物の繰り返し伸長による剛軟度について』

土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会誌，**49**，324-329（1980）.

『絹織物の機械的性質（Ⅱ）絹紡織物の繰り返し伸長による光沢について』

土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会誌，**50**，288-292（1981）.

『絹紡織物の繰り返し伸長による圧縮特性の変化（絹織物の機械的性質 Ⅲ）』

土屋幾雄，久間秀彦，松本陽一；日本蚕糸学会誌，**53**，403-408（1984）.

『Irregularities of Blended Yarns in Waste Silk Spinning System』

Yo-ichi Matsumoto, Ikuo Tsuchiya, Kouichiro Toriumi, and Kazuhisa Harakawa; J. Sericultural Sci. Jpn., **60**, 263-269（1991）.

B) 糸の太さむらに関するもの

『三線式ドラフトのシミュレーション』

久間秀彦，土屋幾雄，松本陽一；日本繊維機械学会誌，**34**，T154-162（1981）.

『三線式ドラフトにおけるスライバむらの変化

（三線式ドラフトのシミュレーション 第2報）』

松本陽一，久間秀彦，土屋幾雄；日本繊維機械学会誌，**39**，T97-106（1986）.

『Bispectra of Sliver Irregularities』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, Ikuo Tsuchiya, and Kazuhisa Harakawa; Textile Res. J., **61**, 334-341（1991）.

『Bispectrum Evaluation of Combination and Blend Yarns』

Yo-ichi Matsumoto, Kouichiro Toriumi, Ikuo Tsuchiya, and Kazuhisa Harakawa; Textile Res. J., **62**, 414-422（1992）.

後 記

『和紡精紡機による複合糸作成方法および装置』

松本陽一，土屋幾雄；特許出願中（1989）.

本件は日本蚕糸学会誌（1989年 2月号）に掲載後、徳島県蚕業試験場より技術指導の依頼があり、講演と再三の指導を行ってきた。現在、徳島、愛媛、および高知の3県では、国からの援助のもとに3年計画で『農山村活性化のための傾斜地農業の労働軽減技術の開発：四国山間傾斜地におけるアメニティー養蚕新技術の開発』事業に取り組んでいる。また新たに2年間の延長がすでに認められた開発事業である。この開発事業における高付加価値化技術の策定として本件を使用することにより、特産品である「藍染め」や「阿波しじら織り」に結び付けたいとの意向である。そのために、番場工作所（京都府峰山）により作成された第1号機の3台が徳島県蚕業試験場に納入され（1990年 2月）、実用化に向けて駆動中である。

さらに、NHKテレビ徳島放送局により撮影された本機とその糸作成法は、徳島県内で放映（1991年 5月27日）後、全国ニュース（朝の経済情報）として放映される（1991年 6月14日）までに至っている。

したがって、和紡式コア・スパンヤーンの研究成果や多方面への進出が今後大いに期待できる。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、ご懇切なるご指導およびご鞭撻を賜った 名古屋工業大学工学部教授 原川和久博士に衷心より感謝の意を表します。

また、本論文をご査読いただき、貴重なるご指導を賜った 名古屋工業大学工学部教授 日比貞雄博士、同教授 高橋清久博士、ならびに同教授 新垣 勉博士に厚くお礼申し上げます。

本研究は、著者が所属する 信州大学繊維学部 繊維システム工学科 繊維加工学講座において行ったものであります。本研究を遂行するにあたり、終始ご鞭撻を頂きました 信州大学繊維学部長 近田淳雄博士、同教授 鳥海浩一郎博士に深甚なる感謝の意を表します。

さらに、長年激励を賜りました 元同大学 土屋幾雄教授、故信州大学名誉教授 久間秀彦博士に深く感謝致します。

最後に、本研究を実施する上で多大な御協力を得た 当学科元文部技官 香山展重氏、および関係各位に厚くお礼申し上げます。