糸構造形成のメカニズム

2層フリースによる検討

名古屋工業大学 原 川 和 久 (会員)

安 藤 文 子* ()

Mechanism of Spun-Yarn Structure Formation.

By Using a "Double Layer Fleece Method".

Kazuhisa Harakawa and Fumiko Ando*,

Nagoya Institute of Technology, Showa-ku Nagoya.

* Present Address : Aichi Women's College, Aichi-Prefecture

1. まえがき

リング紡績糸の構造は Twisted Form (T. F.) と Wrapped Form (W. F.) に大別でき、W. F. はさらに positive と negative (P. W. F., N. W. F.) に細分できる (図1)。1本の糸にはこれらの構造が混在するが、

その混在様式は紡績条件 (紡出方向、撚方向など) によって異なったものとなる。ここでは紡出中に1つの構造から他の構造に転換するメカニズムを検討を加え、糸構造の形成についての試論を提出する。

2. 実 験

2.1 試料の作成

図2に示した試作紡機において、異色繊維からなる粗

上段はリボンをねじったとき、一般に見られる形である。リボンの表裏が区別されるとき (A), (B) 2つの構造も区別すべきである。ここでは、この2つを positive と negative と呼ぶ。どちらを positive とするかは任意である。フリースは繊維の集合体であるから、理想的な糸断面は下段のようになると考えられる。

図1 糸構造の基本

図2 試作紡機

糸をそれぞれドラフト装置1および2によってドラフトし、フリース重合せローラで2層のフリースとし加撚する。紡出中の撚りの伝ばんを阻止することなく紡出方向を任意に設定するために、スピンドルと同じ回転をする。中空スピンドル (穴径5φ, 長さ50mm) を設ける。中空スピンドルは図3に示したXY平面の任意の位置に設置できるようになっている。中空スピンドルを原点に設置して作った糸を原点紡出糸、または (0, 0) Spinning yarn と呼ぶ。このとき、重合せローラ ニップ点

図3 紡出方向の説明

から中空スピンドル上端までの距離は75 mmとなる。中空スピンドルを座標 (X, Y), $X, Y \neq 0$ に設置して作った糸は Bias spinning yarn と呼ぶ。それぞれの試料は必要に応じてその座標 (X, Y) を記すことにする。また撚方向はS, Zで示す。スネル ワイヤおよびスピンドルは定位置に固定されている。原点紡出時には中空スピンドル, スネル ワイヤ, スピンドルが一直線上に配置されることになる。

作成した14種類の試料糸ならびにそれらの記号を表1

表1 試料糸

Spinning direction	Ne	Twist (tpi)	Twist Factor	Symbol
(0,0)	19.2	S 13.1	3.00	S (0,0)-3.00
(0,0)	19.2	S 16.6	3.79	S (0,0)-3.79
(0,0)	19.2	S 17.6	4.02	S (0,0)-4.02
(0,0)	11.5	S 15.6	4.60	S (0,0)-4.60
(0,0)	19.2	Z 13.1	3.00	Z (0,0)-3.00
(0,0)	19.2	Z 16.0	3.65	Z (0,0)-3.65
(0,0)	19.2	Z 16.9	3.86	Z (0,0)-3.86
(0,0)	11.5	Z 15.8	4.66	Z (0,0)-4.66
(7.4, 3)	11.5	S 15.2	4.50	S (7.4, 3)
(-3, 7.4)	11.5	S 15.2	4.50	S (-3, 7.4)
(7.4, -3)	11.5	S 15.2	4.50	S (7.4, -3)
(7.4, 3)	11.5	Z 15.2	4.50	Z (7.4, 3)
(-3, 7.4)	11.5	Z 15.2	4.50	Z (-3, 7.4)
(7.4, -3)	11.5	Z 15.2	4.50	Z (7.4, -3)

に記す。原料繊維はポリエステル ステープル1.5 d, 38 mm (東レ“テトロン” T402), および同繊維を黒色に染めたものである。黒染繊維は未染のものに対してややかさ高になった。

2.2 構造測定

a. 断面観察と構造分類

試料糸をセルロイドで固定したあと、1 mm 間隔で切断し、1 000個の素分試料に分割し、切断順に断面をスケッチした。ついで、図1に説明した基本断面図形を基

図4 1 mm間隔の糸断面スケッチ例
Bias spinning yarn: Z(7.4, 3)

どれを+にするか-にするかは任意である。本実験では、紡出方向説明座標Y軸(図3)の正側から黒色原料粗糸を供給した都合上、2層フリースの黒色側を表と考えた。したがって、黒色繊維が表面に出たW.F., 例えば、(a, 1), (a, 2)……(g, 14) (g, 15)断面等を positive, (+)とした。

図5 試料糸の構造変動. 原点紡出糸の例

準としてすべての素分試料の構造を決定した. 一例として $Z(7.4, 3)$ のスケッチの一部を示す (図4). 断面図の下に記入した符号はその素分試料の構造で, +はP.W.F., -はN.W.F. に分類したものである. 数字0と記したものは上記いずれにも分類できないもので, T.F. もしくは加撚直前のフリースのくずれなどが予想される. 以上の構造判断には詳しい説明が必要な場合があるが, 詳細は後記する.

b. 試料糸の構造変動

素分試料のP.W.F.を+1, N.W.F.を-1, 0構造を0とおくと, 各試料は+1, 0, -1のランダム変数列となり, 試料糸の構造変動を図5のように表現できる. 図5は原点紡出糸についての例である. 図において, ξ は一つの構造が持続する長さで, これを単一構造の長さ

と称する. 単一構造とは前述のP.W.F., N.W.F. および0構造の3種類である.

2.3 結果

a. ξ の分布

原点紡出糸の2試料についてデータを整理した結果, ξ の確率密度関数 $n(\xi)$ はP.W.F., N.W.F. ともに指数関数的な分布を示し, その形は撚係数に強い依存性を示した (図6).

b. 構造変動の自己相関関数, $R(\tau)$

原点紡出糸の3試料について $R(\tau)$ を求めた (図7). $R(\tau)$ には周期性は認められず, 構造転換はランダムに発生していることを示した.

c. 平均単一構造の長さ $\bar{\xi}$, およびP.W.F., N.W.F., 0構造の構成比率 (Fraction).

図6 単一構造持続長 ξ の確率密度関数 $n(\xi)$. 原点紡出糸の例

図7 構造変動線の自己相関関数 $R(\tau)$.
原点紡出糸の例

表2 試料糸の構造測定結果

Symbol of sample	ξ (mm)		Fraction		
	+1	-1	+1	-1	0
S (0,0)-3.00	6.55	3.03	0.50	0.11	0.39
S (0,0)-3.79	5.15	3.43	0.40	0.37	0.23
S (0,0)-4.02	5.73	1.85	0.66	0.10	0.25
S (0,0)-4.60	3.90	1.84	0.44	0.18	0.38
Z (0,0)-3.00	5.52	2.19	0.69	0.09	0.22
Z (0,0)-3.65	4.49	2.63	0.52	0.14	0.34
Z (0,0)-3.86	4.52	2.33	0.54	0.09	0.37
Z (0,0)-4.66	3.71	2.83	0.55	0.20	0.25
S (7.4, 3)	3.51	-----	0.66	0.03	0.31
S (-3,7.4)	2.44	1.64	0.42	0.22	0.36
S (7.4, -3)	3.41	1.25	0.60	0.05	0.35
Z (7.4, 3)	1.71	1.66	0.37	0.31	0.33
Z (-3,7.4)	3.95	-----	0.73	0.01	0.25
Z (7.4, -3)	2.23	2.03	0.24	0.22	0.54

全試料糸の測定結果を表2に示す。原点紡出糸は幾何学的に対称な条件で紡出されているから、P.W.F.とN.W.F.の ξ および構成比率は等しくなることを予想したが、測定結果には片寄りが認められた。これは2層フリースを構成する黒染繊維と未染繊維のパルキ性の相違が1つの原因となっていると思われるが、詳細な議論が必要で、現在検討中である。

原点紡出糸においては、撚係数によらず構成比率はほぼ等しい。一方、Bias spinningにおいてはP.W.F.とN.W.F.の構成比率は撚方向と紡出方向に依存する。すなわち、S (7.4, 3), S (7.4, -3), Z (-3, 7.4)ではP.W.F. (+1)が0.6~0.7に対しN.W.F. (-1)が0.01~0.05と極端に小さいが、S (-3, 7.4), Z (7.4, 3), Z (7.4, -3)ではP.W.F.が0.2~0.4, N.W.F.が0.2~0.3ではほぼ等しい。

3. 考 察

(0, 0) Spinning yarnにおける単一構造長さ ξ の撚係数依存性およびBias spinning yarnにおける構成

比率の紡出方向、撚方向依存性が実験的に認められた。また、(0, 0) Spinning yarnの ξ とBias spinning yarnの ξ との相互関係は興味ある問題である。ここでは、つぎの2つの仮説を提案し、これらの現象を説明できることを示す。

- a. 仮説1 糸の内・外層繊維のヘリカルパス差によって構造変換が誘起される(図8)。

図8 ヘリカルパス差(仮説1.)の説明。

図8は理想的なW.F.の構造幾何を示したものである。外層部を形成している繊維(・印)を2等分割する代表層の半径をR, 内層部を形成している繊維を2等分割する代表層の半径をrとする。R,r層それぞれにヘリカルに巻付いている繊維を考えると、それぞれの繊維長さの差は、1つの撚りに対して δ , 単位糸長に対して δT (以下これをKとおく), 糸長 ξ に対しては $K\xi$ である。 ξ を単一構造長さにとるとき、これをヘリカルパス差と称することにする。仮説1は、ヘリカルパス差 $K\xi$ の値によって構造変換が起こるとするものである。

試料糸のR,rおよびK値はつぎの手続きによる計算

表3 試料糸のK値

Symbol of sample	R (10^{-3} mm)	r	K (= δT)
S (0,0)-3.00	87.3	49.8	0.051
S (0,0)-3.79	〃	〃	0.063
S (0,0)-4.02	〃	〃	0.067
S (0,0)-4.60	112.8	64.3	0.083
Z (0,0)-3.00	87.3	49.8	0.051
Z (0,0)-3.65	〃	〃	0.061
Z (0,0)-3.86	〃	〃	0.065
Z (0,0)-4.66	103.2	58.8	0.084
S (7.4, 3)	133.1	76.9	0.078
S (-3,7.4)	〃	〃	〃
S (7.4, -3)	〃	〃	〃
Z (7.4, 3)	〃	〃	〃
Z (-3,7.4)	〃	〃	〃
Z (7.4, -3)	〃	〃	〃

* $F(K\xi) = 1 - e^{-K\xi}$; probability distribution function of $K\xi$.
 ** Samples; (0,0) yarns of twist factor, 3.00~4.60.

図9 $K\xi$ の残存率. 原点紡出糸の例

で定めた。すなわち、各試料糸の断面においては黒染繊維量と未染繊維量は等量であり、かつ、同心円状の完全2層糸であると仮定する。そうすると試料糸の直径実測値から R , r が算出される。ついで試料糸の撚数 T を実測すれば図8右図の関係から K 値が計算できる。結果を表3にまとめて示している。原点紡出糸の直径の撚係数による変化は認められず、表にはすべてのデータをプールした平均値を示している。

図9は、2.3で求めた ξ の測定値を用いて原点紡出のW.F.に関するヘリカルパス差 $K\xi$ を算出し、 $K\xi$ の残存率 $1 - F(K\xi)$ を自然対数で示したものである。ここで $F(K\xi)$ はヘリカルパス差 $K\xi$ の確率分布関数である。図において、原点紡出糸のW.F.に対するヘリカルパス差 $K\xi$ は撚係数に依存しない値であるといえる。

原点紡出糸の構造転換を単一構造長さ ξ で整理した場合に ξ 値の強い撚係数依存性が認められ(図6および表2参照)たにもかかわらず、 $K\xi$ 値で整理するとこれが解消したことは、仮説の主張するヘリカルパス差 $K\xi$ 値の構造転換主因説を裏付けるものと考ええる。

b. 仮説2 フリースの左右両側に張力差があるとき、引張りの強い側から撚方向にラップする(図10, 11)。

一般に、ローラで送出されるフリースを加撚すると、ローラニップ点と加撚点の間に、わずかであるが、逆三角形部(図10色付き部)が認められる。Bias spinningの場合、逆三角形部の一辺(図10では右辺)が他辺よりも引張られる傾向にあると考えられる。仮説はこの辺がラッピング方向を支配すると考える。

仮説2を認めると、図11に示したように、紡出象限によるP.W.F.もしくはN.W.F.の優位性を説明できる。図11で上段の数字は構造比率の測定値、下段の数字はW.F.に対するヘリカルパス差の平均値を示している。図はフリースと重合せローラの関係紡出象限ごと

図10 Bias Spinningの幾何

したものである。斜線はフリースの側面である。文字A, Bは重合せローラで、図には、フリースが加撚点まで添うローラだけを描いている。

図において、引張り気味となると考えられるフリース側面は斜線側と反対の側面である。仮説2に従えば、フリースはこの辺から撚方向(矢示)にラップする。例えば、第1象限紡出S撚りの場合は、P.W.F.が優性となり、これに対し、Z撚の場合はN.W.F.が優性となる。この予測は図中に示している構造比率の実測値と一致する。

c. (0, 0) Spinning yarn と Bias spinning yarn のヘリカルパス差 $K\xi$ の比較

図12はBias spinning yarnのW.F.に対する $K\xi$ の残存率を、P.W.F.とN.W.F.別にプロットしたものである。Z撚り、N.W.F.図においては第2象限紡出糸、Z(-3, 7.4)のデータをプロットしていない。これはデータがほとんどたて軸に重なるためである。

図において $K\xi$ の増加に対する残存率の減少傾向に一つの特徴が認められる。すなわちS, Z撚りともに第1,

図11 Bias spinning におけるラッピング方向
(仮説2)の説明

図12 $K\xi$ の残存率. Bias spinning yarn の例

第4象限紡出糸 (すなわち S(7.4, 3) Z(7.4, 3), S(7.4, −3), Z(7.4, −3)) はほぼ同様な傾向を示すのに対して第2象限紡出糸 (すなわち, S(−3, 7.4), Z(−3, 7.4)) のみが異なった傾向を示す. この相違を検討しようとして, 図12に図9を重ねせたのが図13である. 図13でつぎのことが明らかである.

- (イ) P.W.F.については
S撚り, 第1, 4象限紡出糸
Z撚り, 第2象限紡出糸
N.W.F.については
S撚り, 第2象限紡出糸
Z撚り, 第1, 4象限紡出糸

これらの $K\xi$ 分布は,
原点紡出糸のそれと
ほぼ同じである.

- (ロ) (イ)以外の試料糸の $K\xi$ 分布は, 原点紡出糸のそれよ

図13 (0,0) Spinning と Bias spinning yarn の $K\xi$ の残存率の比較。

りシャープになる。

上記(イ)の事実によって、Bias spinning において構成比率が優性となる W.F. の単一構造長さは (0, 0) Spinning yarn のそれに比較して決して長くはなっていないといえる。

4. まとめ

原点方向紡績について

1. 完全なラップ構造の割合は60~80%である。
2. P.W.F. と N.W.F. の構造比率は2層を構成する繊維の性質に影響されると考えられる。
3. ヘリカルパス差 $K\xi$ の概念を導入すると、単一構造の長さ ξ の紡績パラメータ (番手, 捻数) 依存性を説明できる。

バイアス方向紡績の原点方向紡績との相違は

1. 完全なラップ構造の割合は60~70%で、原点紡績とほぼ同じである。
2. 紡出象限, 捻方向によって P.W.F. もしくは N.W.F. どちらかの構造比率が大きくなるが、構造比率が優性となる単一構造の長さ ξ は、原点紡出糸のそれに比較して決して長くはならない。

付 記

実際の糸断面は図1のように単純なものではない。したがって構造判断には独断的なものもあるが、以下のような基準を設けた (図4 参照)。

W.F. と判断する図形の特徴。

- (1) 中央部と外周部の半分以上が異色繊維からなるもの (付図 a)。
- (2) 繊維量に片寄りがあるため、中央部と外周部が同色繊維からなっているが、この繊維が三日月状に異色

付 図

繊維を囲んでいるもの (付図 b).

0 構造と判断する図形の特徴. 以下図 4 の各断面を (行文字, 列数) で示す. 例えば (a, 1).

(1) 外周部繊維が分割するもの.

(a, 3), (a, 4), (a, 5), (a, 9), (c, 7), (c, 9),
(c, 13), (c, 17), (d, 6), (d, 10), (e, 14).

(2) 巴形になったもの (付図 c)

(a, 9), (a, 15), (b, 7), (c, 10), (e, 8), (g, 7),
(g, 16), (g, 17).

これらは, フリースの重なりがずれた W.F. とも考えられる. しかし, positive, negative の判断ができないため, 0 構造とした.

(3) 異色繊維がそれぞれ半円をなしたもの.

(a, 4), (a, 9), (a, 14), (a, 17), (b, 2), (b, 6),
(c, 7), (c, 16), (e, 13), (e, 15), (f, 4), (f, 16),
(g, 1), (g, 10).

これらは T.F. と考えられないこともない. 一方, W.F. の positive $\rightleftharpoons$ negative 変換過程とも解釈できる. ここでは解析の簡単化も考慮して 0 構造とした.

以上の分類で (a, 9) などはいずれにも該当する複雑な図形である. また (b, 5), (b, 13), (b, 14) は上記(1),

(2), (3)のいずれにも分類できない.

しかし, W.F. でないことは確かであるから 0 構造とした.

以上は構造決定時に, ひんばんに用いた基準であるが, 数は少ないが, これらの基準からずれるものもあった.

例えば

(i) 両繊維量の極端なアンバランスのある場合

(ロ) 付図(b) 黒色, 白色境界線の曲率の小さいもの

等々である. (i) の場合には, フリースが二層であるという前提条件がくずれている可能性もあり, 明確に W.F. 構造基準に適合するもの以外はほとんど 0 構造と決定した. 例えば (a, 16) などにはこれに該当する. また, (ロ) の例として (f, 9) をあげることができる. この場合には前, 後の構造も参考とした. すなわち, (f, 7), (f, 8) は明らかに P.W.F. である. つまり, (f, 9) は P.W.F. から N.W.F. に転換する過程のパターンであると考え, 我々はこれを 0 構造とした. 断面図形による素分子構造決定の定量化は今後の重要な課題の一つである.

参考文献

1) 原川: 繊維誌, 34, 8, T163, (1981)

(昭和57年8月30日受理)