カージング ローラー間の繊維移動率

名古屋工業大学 原 川 和 久 (会員)

名古屋工業大学 田 中 賢 治 (会員)

The Fraction of Fiber Transfer between Carding Rollers

Kazuhisa Harakawa and Kenji Tanaka

Nagoya Institute of Technology, Showa-ku, Nagoya

Abstract

This report discusses the influence of fiber properties and roller dimensions on the fraction of fiber transfer P between carding rollers. With an ideal fiber transfer model assumed, $\Delta\phi (= \phi_A - \phi_B)$ is derived as a function of the fiber length and roller dimensions, where ϕ_A and ϕ_B are the angles between fiber and the teeth of rollers A and B respectively, at the ideal fiber transfer point (see Fig. 2).

In order to transfer the fiber nipped by both rollers A and B to roller B, it is assumed that $\Delta\phi$ should be larger than a certain value $[\Delta\phi]$. We call $[\Delta\phi]$ as a critical angle.

A value $[\Delta\phi]$ could be defined experimentally by a change of P with a rate of rollers surface velocity. From experimental results (within some experimental limitations), the value $[\Delta\phi]$ is independent of the fiber length, the kind of fibers, and the acting angle of the garnet wire of roller B.

This result seems to be very instrumental in discussing the phenomena of fiber transfer between carding rollers.

(Received June 16, 1970)

摘 要

目 的 カージング ローラー間の繊維移動率 P と繊維条件ならびに機械条件との関係を検討する。

成 果 ① 理想的な繊維移動モデルを仮定して、繊維がローラーAからローラーBに移動するとき、繊維がローラーAおよびローラーBの針の作用面となす角度 ϕ_A , ϕ_B の差 $\Delta\phi (= \phi_A - \phi_B)$ が繊維長およびローラーの諸元の関数として表わされることを示した。

② ローラーAとローラーBの両方に把持された繊維が、ローラーBに移動する条件として、 $\Delta\phi$ はある値 $[\Delta\phi]$ (限界角度差) より大きくなくてはならないと考え、ローラー表面速度比に対する P の値の変化から $[\Delta\phi]$ を実験的に求める方法を示した。

③ 多くの実験によれば、実験条件を制限すれば $[\Delta\phi]$ は繊維長、繊維の種類およびローラーBの針角度によらない一定値 (ほぼ $-20^\circ \sim -25^\circ$) であることがわかった。

(昭和45年6月16日 受理)

1. 緒 言

互いに近接して回転する2つのカージング ローラーの1つに繊維を供給すると、供給繊維は他方のローラーにある割合で移動することが一般的に知られている。すなわち、第1図に示したように、単位時間当たり n 本の割合で供給された繊維は、ローラーBによって単位時間当たり n_A , n_B 本に分離する。このとき

$$\frac{n_B}{n_A + n_B} = P \quad (\text{ただし } n_A + n_B = n)$$

は、ローラーA上の繊維集合がローラーBへ移動する割合を示す。本報ではこれを繊維移動率とよぶ。

カージング ローラー間の繊維移動についての研究は多いが^{1)~3)}、繊維移動の内容にたちいった研究はない。本報では1本の繊維に注目した繊維移動モデルを使って繊維条件、ローラーの回転条件ならびにローラーの機械

(第1図) 繊維の移動

的ディメンションを、繊維集合の問題として定義した繊維移動率 P を導入することを試みた。この結果を用いると、多くの実験結果をある統一された値に整理することができるので報告する。

2. 理 論

2.1 繊維移動モデルの定義

第2図において、ローラーA、Bの中心線 OO' を基準線とし、ローラーA、Bそれぞれの表面上の点の位置を OO' からの角度 δ 、 δ^* (矢印方向を正)で示す。またローラーA、Bの回転方向は矢印方向を正とする。以下①～④に理想化した繊維移動のモデルを定義する。

(第2図) 繊維移動モデル

(注) 両ローラー間のゲージを無視する

① ローラーAの針aの把持されて運ばれてきた繊維が角度 δ の位置にきたとき、その繊維の一部は針aに把持されたまま、ローラーBの針bにも把持される。このようになる瞬間における針aの位置を把持点とよぶ。この瞬間におけるa、bの OO' に対する垂直距離は等しいと仮定する。このときの針bの位置を δ^* で表わせば、ローラーA、Bの半径 R 、 r が極端に異なるものでなければ

$$\delta \cdot R = \delta^* \cdot r \quad \dots\dots(1)$$

である。

② 把持点 δ は一定値でなく、分布をもつと仮定する。

③ 針a、bの両者に把持された上記の繊維は、両者に把持されたまま運ばれる。針aが把持点 δ から $\angle \omega_A t$ 、

針bが把持点 δ^* から $\angle \omega_B t$ だけ移動し、針aと針bの先端間の距離 $\overline{pa} \overline{pb}$ が繊維長になったところで、その繊維は針aあるいは針bのいずれかに移る。この点を分離点とよぶ。

④ 分離点において、針aと針bとの先端を結んだ直線に対する針aと針bの作用面のなす角度を ϕ_A 、 ϕ_B としたとき、 $\Delta\phi = \phi_A - \phi_B$ がある値 $[\Delta\phi]$ を越えれば繊維はローラーBに移り、 $[\Delta\phi]$ に満たなければローラーAに残る。 $[\Delta\phi]$ は一定値と考え、これを限界角度差とよぶ。

2.2 $K_V - \Delta\phi$ 線図

繊維長を l とし、ローラーA、Bおよび針の働角を第1表のように与えると、任意の δ に対する $\Delta\phi$ は計算可能である。

(第1表) 機 械 条 件

諸 元	ローラーA	ローラーB
針先円半径 (cm)	R	r
角速度 (rad/sec)	ω_A	ω_B
針の働角 (rad)	θ	θ

δ と δ^* の間に(1)式が成立し、また把持点から分離点に至る時間を t とすると、第2図において分離点では次式が成立する。ただし両ローラー間のゲージを無視する。

$$l^2 = \{R[1 - \cos(\omega_A t + \delta)] + r[1 - \cos(\omega_B t + \delta^*)]\}^2 + \{R \sin(\omega_A t + \delta) - r \sin(\omega_B t + \delta^*)\}^2 \quad \dots\dots(2)$$

また

$$\Delta\phi = \phi_A - \phi_B = \theta - \{(\omega_A t + \delta) + (\omega_B t + \delta^*)\} \quad \dots\dots(3)$$

(2)、(3)式から t を消去すると、任意の δ に対する $\Delta\phi$ が求まる。

(1)式によって δ を δ^* で表わし、他の条件を一定として種々の δ^* に対して、ローラー表面速度比

$K_V \left(= \frac{\omega_B}{\omega_A} \cdot \frac{r}{R} \right)$ と $\Delta\phi$ の関係を(2)、(3)式から求めると第3図になる。

第4図は $\delta = \delta^* = 0^\circ$ とし、他の条件を一定として種々の繊維長 l に対して K_V と $\Delta\phi$ の関係を第3図と同様に求めて求めたものである。

第3図、第4図に示した曲線は、後述する実験において重要な役割をもつ。そこでこれを特に $K_V - \Delta\phi$ 線図とよぶことにする。

2.3 繊維移動率 P

前述の $K_V - \Delta\phi$ 線図からもわかるとおり、ローラーA、Bの機械的ディメンションならびに繊維長が与えられれば、 $\Delta\phi$ は把持点 δ で定まるから

$$\Delta\phi = \psi(\delta) \quad \dots\dots(4)$$

とする。(第3図では δ と δ^* の間に(1)式が成立するとして δ の代わりに δ^* で考えた) こうすると、分離点

$$l = 38\text{mm}, \omega_A = \frac{\pi}{3} \text{ rad/sec}$$

$$R = 130\text{mm}, r = 78\text{mm}$$

$$\theta = 80^\circ, \quad \theta = 68^\circ$$

(第3図) $K_V - \Delta\phi$ 線図 (把持点 δ^* をパラメータとした)

(第4図) $K_V - \Delta\phi$ 線図 (繊維長 l をパラメータとした)

における繊維の移動条件として定義した 2.1 ④はつぎのように数式化できる。

$$P_M\{\psi(\delta)\} = \begin{cases} 1 & \psi(\delta) > [\Delta\phi] \\ 0 & \psi(\delta) < [\Delta\phi] \end{cases} \quad \dots\dots(5)$$

上式で 1 はローラー A からローラー B への繊維移動を意味し、また、0 はローラー A への繊維の残留を意味するものとする。

さて、2.1 ②に述べたように把持点 δ に区間 ($\delta_{\min}$, $\delta_{\max}$) の分布を考え、 δ の位置においてローラー B に新しく把持される繊維の確率密度分布を $n(\delta)$ とする (た

だし $\int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} n(\delta) d\delta = 1$)。また、 N をローラー A の繊維密度 (繊維数/ローラー A の中心角)、 N^* を $n(\delta)$ の分布をもつローラー B への累積繊維密度 (繊維数/ローラー A の中心角) とすると

$$\frac{N^*}{N} \int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} n(\delta) d\delta \quad \dots\dots(6)$$

は、ローラー A で運ばれる繊維がローラー B に把持される割合。

$$\frac{N^*}{N} \int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} n(\delta) P_M\{\psi(\delta)\} d\delta \quad \dots\dots(7)$$

は、ローラー A で運ばれる繊維がローラー B に把持されかつ分離点でローラー B に移動する割合、すなわち繊維移動率 P である。

2.4 繊維移動率 P とローラー表面速度比 K_V の関係

先に述べた繊維移動モデルを適用した場合、繊維移動率 P とローラーの機械的ディメンション (ローラー径、針の働角など) および繊維長との関係を検討することが可能となる。ここではローラー表面速度比 K_V と繊維移動率 P の関係を図式的に説明する。

ローラー A, B の径、針の働角、ローラー A の回転速度が一定であれば、 N^* , $n(\delta)$ はローラー B の回転速度によって変わらないと仮定する。また説明の都合上、把持点 δ は第5図に示したように、区間 (-10° , 0°) に分布し、分布 $n(\delta)$ は $\delta = -5^\circ$ に対して左右対称と仮定する。

(第5図) 把持点分布 (仮定)

(第6図) 繊維移動モデルにおける移動率 P と K_v の関係

第6図上段は、把持点 δ をパラメーターとした K_v - $\Delta\phi$ 線図とする。図からローラー表面速度比が K_v' のとき、把持点が -5° の繊維が分離点に至ったときの $\Delta\phi$ は -20° である。

いま限界角度差 $[\Delta\phi]$ が -20° であるとすれば、限界角度差の定義から、ローラー表面速度比が K_v' においては、 $\delta > -5^\circ$ を把持点とするすべての繊維について

$$P_M\{\psi(\delta)\} = 0$$

また $\delta < -5^\circ$ を把持点とするすべての繊維について

$$P_M\{\psi(\delta)\} = 1$$

したがって、繊維移動率 P は(7)式から

$$\begin{aligned} P &= \frac{N^*}{N} \int_{-10^\circ}^{0^\circ} n(\delta) P_M\{\psi(\delta)\} p \delta \\ &= \frac{N^*}{N} \left[\int_{-10^\circ}^{-5^\circ} n(\delta) P_M\{\psi(\delta)\} d\delta + \int_{-5^\circ}^{0^\circ} n(\delta) P_M\{\psi(\delta)\} d\delta \right] \\ &= \frac{N^*}{N} \int_{-10^\circ}^{-5^\circ} n(\delta) d\delta \end{aligned}$$

$n(\delta)$ の $\delta = -5^\circ$ に対する対称の仮定から

$$= \frac{1}{2} \frac{N^*}{N}$$

となる。このようにして任意の K_v に対する P を求めることができる。

K_v に対する P の変化を図示したのが第6図下段である。すなわち繊維移動率 P は $K_v < [K_v]$ の範囲では一定値 $\frac{N^*}{N}$ を示すが、 $K_v > [K_v]$ の範囲では K_v の増加とともに減少し、ついには0となる。

3. 実験的検討

3.1 繊維移動率 P の測定法

以後に述べる実験で用いた繊維移動率 P の測定は、つぎの2種類の方法による。

(i) ローラーAの繊維密度の減少率による方法。

ローラーAの繊維量が適当であれば、その反射光量はローラーAの繊維密度に比例する⁴⁾。第7図はローラーA繊維密度の光学的測定の記録例である。

(第7図) ローラーA繊維密度の光学的記録

初めローラーBを停止し、ローラーAに細分した繊維を供給すると(図中①)、供給繊維はローラーAに設けたフラットの作用で、ローラー上に均一に拡散する(図中②)。その時点でローラーBを始動するとローラーAの繊維密度は減衰を始める(図中③)。繊維密度の光学的測定器についての説明は別報⁴⁾にゆずる。

ローラーBの始動時からのローラーAの回転数 n に対するローラーA上繊維密度を $U(n)$ とすると、繊維移動率 P は次式で計算できる。

$$P = \frac{\Delta U(n)}{U(n-1)}$$

$$\text{ただし } \Delta U(n) = U(n-1) - U(n)$$

この方法で求めた P の値は、 $U(n)$ が極端に小さくならない範囲ではほぼ一定値を示す。

(ii) ローラーAとローラーBに分離した単位時間当たり繊維量の計量による方法

第1図において、ローラーAの下部ならびにローラーBの前端に吸引管を設け、ローラーAおよびローラーBに分離した繊維を吸引する。単位時間当たり繊維の吸引量を W_A , W_B とすると、繊維移動率は

$$P = \frac{W_B}{W_A + W_B} \quad (\text{ただし同種類等長繊維の場合})$$

である。

3.2 ローラー表面速度比 K_V による繊維移動率 P の変化

第8図上方に図示した開繊機で、ローラーBの回転を負から正(回転方向の符号は2.1第2図に順ずる)まで大幅に変化したとき、繊維移動率 P の実験値は第8図下方のようになる。

(第8図) ローラー表面速度比 K_V と繊維移動率 P

P は K_V によって大きく変わるが、大ざっぱに見て④⑤⑥の3つの領域に分類できる。先に繊維移動モデルを適用して、 K_V に対する P の変化を理論的に求め、第6図下段に示した。そこで、ここでは第8図の実験結果を第6図と比較しながら繊維移動現象を考察することにする。以下第8図を実験 K_V-P 線図、第6図下段を理論 K_V-P 線図とよぶことにする。

④領域について

理論 K_V-P 線図において、本領域に相当する P の値は⑥領域に相当するそれと同じである。実験 K_V-P 線図で P の値が大きくなった理由はつぎのように解釈できる。

一般に分離点通過後のローラーAの繊維状態は、ローラーBへの移動繊維の影響で毛羽だつ。一方、本領域の K_V の範囲では把持点と分離点が互いに近接する。したがって、本領域ではローラーBへ移動する繊維によるローラーA繊維の毛羽だちは把持繊維を増加するのと同じ効果がある。つまり把持点と分離点が近接する④の範囲では(7)式の N^* は一定でなく、分離点における繊維相互作用によって増加するものとする。

P の実験値の増加は $|K_V|$ が大きいほど著しく、またその増加の程度は繊維の種類によって異なるが、これは上記の説明と矛盾しない。

⑤領域と⑥領域

K_V が0付近の場合をのぞけば、⑤、⑥領域の実験 K_V-P 線図は理論 K_V-P 線図と同じ傾向を示している。すなわち、第8図において、 K_V がほぼ0.07から0.3まで P の実験値は大略一定値を示すが、 K_V が0.3以

上では K_V の増加とともに P の値は減少する。これは第6図と同じ傾向である。また写真①は⑥領域 ($K_V = 0.25$) における繊維の分離状態を接写したものであるが繊維移動をモデル的に考えた第2図の分離の状態に類似している。したがって本領域では、前述の繊維移動モデルを適用して、移動現象を考察することが可能であろう。

試料: ビスコースフ 1.5d x 38mm
 $K_V: 0.25$

K_V が適当で繊維はローラーBによく移動している
写真①

試料: ポリエステルスフ 1.25d x 38mm
 $K_V: 0.05$

K_V が小さくローラーBに一度移動した繊維が再びローラーAに引きもどされている。試料がビスコースフ 1.5d x 38mm の場合には K_V が0.15前後まで、この現象が明らかに見られる。

写真②

一方 K_v が 0.07 以下のとき P の実験値は小さくなる。これは、 K_v が小さいと、ローラー B に移動した繊維が再びローラー A の繊維とからみあって、ローラー A に引きもどされる現象が起るためである。写真②はこの状態を写したものである。

K_v が 0 の点ではローラー B への繊維移動はないから $P=0$ となるのは当然である。したがって K_v が 0 付近は③領域の特異点と考えるべきで、特異点をのぞけば④⑤領域では(7)式がそのまま適用できるものとする。

3.3 限界角度差 $[4\phi]$ について

3.3.1 $[4\phi]$ の実験的測定法

静止したローラー B への繊維付着状態の観察ならびに後述する把持点分布 $n(\delta)$ の実験結果から、A、B 両ローラーが互いに正方向（第 2 図参照）に回転する場合に、把持点分布の上限 $\delta_{\max}$ は 0° と考えることができる。

したがって、ローラー表面速度比 K_v を増加したとき繊維移動率 P が減少を始める K_v の値 $[K_v]$ を見出し、 $K_v - 4\phi$ 線図 $\delta=0^\circ$ の曲線を用いて $[K_v]$ に対応する 4ϕ を求めれば、これが限界角度差 $[4\phi]$ となる。

(第 6 図参照)

以下の実験に用いた繊維長ごとの $K_v - 4\phi$ 線図は第

4 図に求めている。

3.3.2 繊維の種類と $[4\phi]$

試料は

ビスコース スフ	1.5d×38mm
ビスコース スフ	2d×22mm, 30mm, 35mm, 39mm
ポリエステル スフ	1.25d×19mm, 38mm
綿 最長繊維長	35mm, 有効繊維長 28mm,
平均繊維長	25.4mm
ポリエステル スフ	65%
ビスコース スフ	35%
混 各 2d×52mm	

以上 9 種類。

P の測定は 3.1(i) による。実験機の機械的デモンションを第 2 表に示す。第 3 表は実験結果。

(第 2 表) 実験機諸元

ローラー	径(mm)	ガーネットワイヤー								N Point /in ²
		W(mm)	H(mm)	h(mm)	b(mm)	c(mm)	$\theta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	T 山数/in	
A	260	0.9	4.1	1.5	0.15	0.15	80	57	14	395
B	156	0.8	4.5	2.7	0.2	0.15	68	48	13	413

(第 3 表) 実験結果

繊維	維	P_s [注 2]	$[K_v]$	限界角度差 $[4\phi] (^{\circ})$
ビスコース スフ	2d×22mm	0.20	0.55	-25 Δ
	30mm	0.16	0.43	-25 Δ
	35mm	0.14	0.35	-24 Δ
	39mm	0.13	0.31	-23 Δ
ビスコース スフ	1.5d×38mm	0.12	0.29	-22
綿	有効繊維長 28mm	0.23	0.35	-20
ポリエステル スフ	1.25d×19mm	0.14	0.50	-19
	38mm	0.10	0.41~0.48	-31~-36
ポリエステル ビスコース混	52mm	0.045	0.27	-30

実験条件 ローラー A・フラット (1 本) 間ゲージ 10×10^{-3} in
 ローラー A・ローラー B 間ゲージ $5, 10 \times 10^{-3}$ in (表中 Δ 印 10×10^{-3} in)
 ローラー A 回転数 10rpm
 投入試料総重量 40mg

[注 1] 第 4 図に表示のない繊維長についての $[4\phi]$ は、比例配分によって求めた。

[注 2] P_s は K_v の変化に対して P の値が一定値を示す範囲の P の値の平均値。 P_s は実験日時によって多少の変動があるが、 $[K_v]$ は常にほぼ一定である。

(第4表) ガーネット ワイヤ仕様

ローラー	$\theta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	$W(\text{mm})$	$H(\text{mm})$	$h(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	$c(\text{mm})$	T山数/in	Npoint/in ²
B	68	48	0.8	4.5	2.7	0.2	0.15	13	413
	60	44	0.9	5.3	3.3	0.2	0.15	12	333
A	80	57	0.9	4.1	1.5	0.15	0.15	14	395

(注) 各記号は第2表参照のこと

ビスコース スフにおいては、繊維長22~39mmの範囲内で繊維長によらず $[\Delta\phi]$ のほぼ一定値(−22°~−25°)である。

ポリエステル スフ38mm およびポリエステル レーション混では、ビスコース スフに比較して $\bar{P}_s$, $[\Delta\phi]$ ともに小さい。一方ポリエステル スフにおいては、繊維長が半減(19mm)すると、 $\bar{P}_s$, $[\Delta\phi]$ ともに大きくなりビスコース スフのそれに類似する。これは明らかに繊維特性の変化によるためと推定される。すなわち繊維長が短くなったために、繊維長に対するクリンプの大きさが相対的に大きくなり、ビスコース スフのような挙動を示すようになったためと推察される。

第3表から $[\Delta\phi]$ の値は繊維長が極端に異ならない範囲では、繊維長によらず繊維の種類によって定まる値であるといえる。

3.3.3 針の働角と $[\Delta\phi]$

(3)式から明らかなように、ローラーBの針の働角 θ を $\Delta\theta$ だけ変更した場合、第4図の K_v - $\Delta\phi$ 線図は垂直方向に $-\Delta\theta$ だけ平行移動する。ここでは θ が68°(3.3.2

(第9図) 実験装置

の場合と同じ)と60°の場合について $[\Delta\phi]$ の測定値を比較する。

試料は ビスコース スフ 1.5d×38mm,

ポリエステル スフ 1.25d×38mm,

の2種類を、それぞれ連続1回通しスライバーにして、第9図に示した実験機に供給する。

実験機は第9図に示したように、試料細分化用ローラーC、ローラーA、ローラーB、ローラーA、Bに分離した繊維の取出し装置①、②から成る。ガーネット ワイヤ仕様を第4表に示す。 θ が68°のもの、ならびにローラーAに使用したガーネット ワイヤは、3.3.2第2

(第5表) 実験結果

繊維	維	θ	$[K_v]$	限界角度差 $[\Delta\phi](^{\circ})$	備考(第3表の例)
ビスコース スフ 1.5d×38mm	68	0.26	−20	−22	
	60	0.40	−22.5	—	
ポリエステル スフ 1.25d×38mm	68	0.27	−20	−31~−36	
	60	0.38	−21	—	

表に示したものと同じものである。

試料の供給は 毎分ほぼ 25mg で、ローラーA 上では 20mm~30mm 幅に広がる。ローラーA上繊維密度は非常に小さい。

第10図④⑤は繊維移動率 P の測定例。

第5表は実験結果である。

表から明らかなように、 θ の値に8°の差があり P が減少し始める K_v の値 $[K_v]$ が異なっても、 $[\Delta\phi]$ の値はほぼ −20° と等しく、またこれは繊維の種類によって変

(第10図④) 実験例

〔注〕 $P/\bar{P}_s$: K_v の変化に対し P の値が一定値を示すと考えられる範囲の P の値の平均値を $\bar{P}_s$ とする。実験日時によって $\bar{P}_s$ の値は異なるが、たて軸を $P/\bar{P}_s$ にとることによってこれを同じ図に示したものである。

(第10図⑩) 実験例

わらない。

ここでこの結果を 3.3.2 第3表のうち機械条件および繊維条件が等しい実験結果と比較する(第5表備考欄)。

ポリエステル スフにおいて $[\Delta\phi]$ の値が異なっていることがわかる。これは移動率 P の測定法の違いによって生じたものと考え、すなわち 3.3.2 における P の測定は、比較的ローラー A の繊維密度が大きい範囲で行なっているが、本項における実験では繊維密度は非常に少ない。したがって分離点における繊維相互の干渉に大きな相違があるものと考えらるべきである。このような繊維相互干渉についての詳細な検討は別報にゆずる。

3.3.4 まとめ

繊維移動率 P についてつぎのことがわかった。

① P はローラー表面速度比 K_v に大きく依存する。 P と K_v の関係は、第8図に示したような一定のパターンをもち、 K_v の値によって P の定まりかたは一樣でない。

② K_v を正で増加し、ある値 $[K_v]$ 以上になると P は K_v の増加とともに減少する。 $[K_v]$ の値は、繊維長、繊維の種類、ローラー B の針角度などで異なる。しかし 2.1 に述べた繊維移動モデルを考慮して、 K_v を限界角度差 $[\Delta\phi]$ に整理すると、 $[\Delta\phi]$ の値は繊維長やローラー B の針角度とは無関係な一定値を示す。しかもローラー A の繊維密度が小さい場合には、繊維の種類にも無関係となる。本実験では約 -20° である。

3.4 把持繊維の確率密度分布 $n(\delta^*)$ について

先に定義した $n(\delta)$ の形を実験的に検討しようとした。ここでは実験の都合上、 δ と δ^* は(1)式で 1:1 の対応をするものとし、把持点を δ^* で考える。

(第11図) 実験方法 (下制限)

3.4.1 実験方法および実験条件

(i) 下制限による方法

ローラー A からローラー B に繊維が移動する場合に、把持点密度が第11図④の実線のように分布するものとする。いま図⑩に示したように、両ローラー間に薄板をローラー B にできるだけ近接して基準線より上流側に挿入し、板の先端位置を基準線に対して δ_h^* とすると、 $\delta^* \leq \delta_h^*$ の点では繊維の把持は不可能となる。そこで図④に示したように把持点密度は斜線部が切り取られたものとなるを考える。実際には、挿入した板がローラー A の繊維に影響を及ぼし、分布の形が変化することが予想されるが、板の挿入がそれほど深くない範囲では、このような影響は無視できるものとする。

把持点密度の変化をこのように考え、把持点の上限 $\delta_{\max}^*$ が

$$\psi \left\{ \frac{r}{R} \delta_{\max}^* \right\} > [\Delta\phi]$$

を満足するものとする、薄板の位置が δ_h^* のときの繊維移動率 $P_{\delta_h^*}$ は

$$\begin{aligned} P_{\delta_h^*} &= \frac{N^*}{N} \int_{\delta_h^*}^{\delta_{\max}^*} n(\delta^*) d\delta^* \\ &= \frac{N^*}{N} \left[1 - \int_{\delta_{\min}^*}^{\delta_h^*} n(\delta^*) d\delta^* \right] \end{aligned}$$

$$\text{一方 } P_{\delta_{\min}^*} = \frac{N^*}{N} \int_{\delta_{\min}^*}^{\delta_{\max}^*} n(\delta^*) d\delta^* = \frac{N^*}{N}$$

したがって

$$\int_{\delta_{\min}^*}^{\delta_{\max}^*} n(\delta^*) d\delta^* = 1 - \frac{P_{\delta_{\max}^*}}{P_{\delta_{\min}^*}} \quad \dots\dots(8)$$

すなわち、薄板の位置 $\delta_{\max}^*$ と繊維移動率 $P_{\delta_{\max}^*}$ の関係を実験的に求めれば $n(\delta^*)$ を知ることができる。

(ii) 上限制限による方法

把持区間の上限を (i) と同じ方法で制限することは不可能であるが、ローラー表面速度比 K_V を変化することによって上限を制限するのと同じ効果を期待できる。

これを図式的に説明する。第6図下段でローラー表面速度比 K_V が K_V' のとき、繊維移動率 P が N^*/N と比べて減少した理由は(5)式の条件から、区間 $0^\circ \sim -5^\circ$ を把持点とする繊維がローラーAに残存するためである。すなわち、ローラー表面速度比を K_V' に設定することは、把持点の上限を -5° (δ^* については $-5 \frac{r}{R}$ ⁽¹⁾) に制限したことの同じ効果があるといえよう。

K_V と上限制限 $\delta_{\max}^*$ の関係は $K_V - \Delta\phi$ 線図から導くことができる。すなわち第12図④は繊維長 38mm のとき、把持点 δ^* をパラメーターとして描いた $K_V - \Delta\phi$ 線図である。いま限界角度差を -22° とすると、上限制限 $\delta_{\max}^*$ は各線図が -22° となる K_V の値と各線図のパラメ

(第12図) 実験方法 (上限制限)

〔注〕実験機諸元は第2表に順ずる。 $\delta_{\max}^* = 0^\circ$ を仮定

する。ローラー δ^* で与えられる。これを第12図⑤に示す。このようにして上限制限 $\delta_{\max}^*$ と K_V の対応が定まったとき繊維移動率 $P_{\delta_{\max}^*}$ は

$$P_{\delta_{\max}^*} = \frac{N^*}{N} \int_{\delta_{\min}^*}^{\delta_{\max}^*} n(\delta^*) d\delta^*$$

したがって

$$\frac{P_{\delta_{\max}^*}}{P_{\delta_{\min}^*}} = \int_{\delta_{\min}^*}^{\delta_{\max}^*} n(\delta^*) d\delta^* \quad \dots\dots(9)$$

すなわち、ローラー表面速度比 K_V と繊維移動率 $P_{\delta_{\max}^*}$ の関係を実験的に求めれば $n(\delta^*)$ を知ることができる。

(iii) 実験条件

試料はビスコース スフ 1.5d×38mm。繊維移動率 P の測定は3.1(i)による。ただし投入試料総量は 40mg。

実験機は第2表に示したものと同一。機械条件は

ローラーA～ローラーB間ゲージ 7×10^{-3} in

ローラーA～フラット間ゲージ

(フラットは1本設置) 9×10^{-3} in

ローラーAの回転速度 10rpm

なお下限制限用板は 0.3mm 厚アルミニウム板で、先端をナイフエッジに加工したものを用いた。

3.4.2 実験結果および考察

第13図④⑤は下限制限ならびに上限制限による繊維移動率 P の測定結果。④は④⑤の各測定値をむすんだ曲線(実線)から、(8)、(9)式を用いて求めた $n(\delta^*)$ である。

図⑤に示した3つの分布曲線のうちaはb、cとは大きく相違している。これはローラーAの繊維状態に対する薄板挿入の影響が無視できないためと考える。すなわち図④で -5° 付近から $\delta_{\max}^*$ が増加するにつれて(薄板の挿入が深くなるにつれて)、 P の値は急激に減少する。曲線aのピークが $\delta^* = -4^\circ$ 付近にできたのはこのためである。したがって、信頼できる曲線aの範囲は、たかだか δ^* が $-8^\circ \sim -6^\circ$ 付近に限られる。

以上のように実験に不都合な点があるが、曲線aから把持点は $-8^\circ \sim 0^\circ$ の間に分布するということができよう。これは、最小ゲージ点を通過後、改めてローラーBに把持される繊維はないことを意味するのであるが、静止したローラーBへの繊維付着状態の観察からも $\delta_{\max}^*$ はほぼ 0° と考えられるし、また直観的にも妥当な結論といえよう。

把持点分布区間についての上述の結論から、曲線b、cにおいて $\delta_{\max}^* = 0^\circ$ を仮定したことは妥当である。しかし曲線b、cについても不都合な点がある。すなわち曲線bにおいて、把持点は -10° 付近まで分布することになり、これは前述の結論と一致しない。また曲線cにおいては、薄板で下限を -3.5° に制限したにもかかわらず、把持点はそれ以上に分布することを示している。こ

④ 下制限による P の測定結果〔注〕ローラー表面速度比 $K_v: 0.21$ ⑤ 上制限による P の測定結果〔注〕○…下限を -3.5° に制限

●…下限は自然状態

⑥ $n(\delta^*)$

a : 下制限の場合

b : 上制限の場合 (下限は自然状態)

c : 上制限の場合 (下限を -3.5° に制限)b, c については $\delta_{\max}^* = 0^\circ$ を仮定(第13図) $n(\delta^*)$ の検討

これらの原因は図⑥から説明できる。 K_v の増加で、 P の値が非常に小さくなったとき、ローラーBへの繊維付着はまだらであり、しかも繊維の付着位置はローラーBの特定の位置に限られる。つまり、この部分の針状態が異常なために繊維はローラーBに移動するが、針状態を修正するならば繊維の移動は完全にはなくなるはずである。図⑥において●印については $K_v = 0.4, 0.45$ の P の測定値、○印については $K_v = 0.35$ 付近の P の測定値が、このような理由で大きな値となったのである。

以上の理由から、分布曲線bにおいて信頼できる δ^* の範囲は、たかだか $0^\circ \sim 5^\circ$ であろう。

以上、曲線aならびに曲線bについて、信頼できる区間を考え合わせると、 $n(\delta^*)$ は δ^* が 0° 付近にピークをもち -8° 付近まで指数関数的に減少する分布形を示す確率密度関数であると結論できる。

4. 結 語

カージングローラー間の繊維移動率 P は種々の要因に影響される値であるが、1本の繊維に注目した繊維移動モデルを用いることによって、これを統一的に説明することをこころみた。すなわち繊維移動を2つのローラーによる繊維の把持現象と、その把持繊維がいずれかのローラーに移動する分離現象とに分け、 $n(\delta)$ と $[4\phi]$ を定義し、多くの実験結果を整理した。

本報で得られた $[4\phi]$ 、 $n(\delta^*)$ に関する知見はカージングローラーの工業的利用において、有効な設計資料となることを付言する。なお、カージングローラーの設計についての検討は次報で報告する予定である。

本研究に対し有益な討論をいただいた東京工業大学・石川章一、清水二郎、酒井哲也諸先生に深く感謝の意を表する。

なお、本報文の一部は日本繊維機械学会第23回年次大会、および東海地方大会 (1970. 11. 27) で発表した。

参考文献

- 1) 「Wool Research」: p.62 Wool Industries Research Association, Leeds (1948)
- 2) D. Kaufmann: Textil-Praxis, 984 (1962-10)
- 3) Yu.A. Baturin: Textile Ind. USSR, **37**, No.4 (1964)
- 4) 原川・田中: 繊維誌, **22**, T126 (1969)