三線式ドラフトのシミュレーション

信州大学 繊維学部	久	間	秀	彦 (会員)
〃 〃	土	屋	幾	雄 (〃)
〃 〃	松	本	陽	一 (〃)

Simulation of Two-Zone Roller Drafting.

Hidehiko Kyuma, Ikuo Tsuchiya and Yōichi Matsumoto,

*Faculty of Textile Science and Technology,**Shinshu University, Ueda, Nagano-ken.*

Abstract

A theoretical calculation have been made to simulate the doubling and drafting action of a drawing frame provided with a two-zone drafting mechanism on the three-over-three roller system. Two types of slivers, *i.e.*, random and optional slivers have been used in a calculation. A random sliver is assumed that fiber ends of a uniform staple length and fineness are distributed in an extremely short interval on the basis of a poison distribution. By contrast, an optional sliver is assumed that fiber ends are distributed on the basis of the uniform random numbers 0-1. The effect of number of doublings, the total draft ratio, the draft distribution on each drafting zone, and the maximum moving distance of the speed changing point has been calculated on a Y. H. P. 9825A personal computer. The results are summarized as follows:

(1) When the maximum moving distance of the speed changing point is 0, the coefficient of variation of a sliver before and after drafting is unchanged regardless of the number of doublings, the total ratio of draft and the draft distribution. However it is proved that the drafting has an influence on the power spectrum of Fourier analysis of these slivers.

(2) When the maximum moving distance of the speed changing point is not 0, the variation of thickness of a sliver varies according to the increase in this distance. The number of doublings, the total draft ratio, and the draft distribution on each drafting zone have an influence considerably on the power spectrum of Fourier analysis and the coefficient of variation of produced sliver. It is also found that there is an ideal draft distribution on the two drafting zones.

(Received November 19, 1979)

摘 要

目的 均一な繊維長ならびに繊維の繊維で構成され、一定微小区間の繊維先端数が、ポアソン分布をするスライバ（ランダムスライバ）と、これよりもむらが多いと考えられる0～1の一樣乱数により決定されるスライバ（任意スライバと仮定）の2種類のスライバを、三線式ドラフト装置を有する練条機で、ダブルリングおよびドラフトした場合に、ダブルリング本数、トータルドラフト比、ドラフト比配分、および変速点の移動距離がスライバむらにいかなる影響を及ぼすかを数値計算によってシミュレートする。

成果 (1) 変速点の移動距離が0の場合は、ダブルリング本数およびトータルドラフト比の値、そしてドラフト比配分のいかんにかかわらず、ドラフト前後のスライバの変動係数に変化はなかった。しかし、フーリエ解析によるパワー成分では、ドラフト前に繊維長の約2倍または3倍の波長でピークが認められたものが、ドラフト後では、これら特定の波長でのピークは認められなかった。

(2) 変速点の移動距離が0でない場合は、移動距離の増加とともに、スライバむらが増加するのは当然であるが、ダブルリング本数およびトータルドラフト比の増加とともに、作られたスライバの変動係数、およびフーリエ解析によるパワー成分は増加し、スライバむらがふえる。また、2つのドラフト域におけるドラフト比配分の違いにより、その変動係数も変化し、その値を最小にする最適ドラフト比配分が存在した。

(昭和54年11月19日受理)

1. 緒言

Corley¹⁻³⁾等は、各種の新型粗紡機で実験を行い最良ドラフト配分について報告し、内田、滝沢、田畑⁴⁾等は、練条機の最適ドラフト配分を見出し、その合理的な決定方法を提示している。また、ランダムスライバ理論は、川端⁵⁾により完成され、紡績工程においては、統計的な最小糸むらが必ず存在することを示している。著者らは、同じトータルドラフト比を与えても、1ゾーンドラフトに比してむら発生が小さいと考えられる2ゾーンドラフトにより、ランダムスライバをダブリングおよびドラフトし、数値計算によりその波長解析を試みた。

繊維長よりは、かなりの長周期のむら、およびフック等を有する現実のスライバに対して、ダブリングおよびドラフトを行えば、繊維配列は良好となり、むらも減少するものと思われる。しかし、現実のスライバの理想的モデルとして考えられているランダムスライバ、すなわち一定微小区間内に存在する繊維先端数がポアソン分布をするスライバに対しては、糸むらの変動係数はスライバ断面中の繊維本数を n とし、すべての繊維は均一な繊維長ならびに長さで、むらのないものとするれば、 $1/\sqrt{n}$ で示されることは、周知のところである。したがって、ダブリングをした時点では変動係数は減少し、それをドラフトしてもとの太さにすれば、たとえ理想ドラフトを行っても、変動係数は、 $1/\sqrt{n}$ となって変化はないが、むらの波長成分が異なることが予想される。本論文は、変速点の移動距離、ダブリング本数、および三線式ドラフト装置におけるドラフト比配分によりスライバむらがいかに変化するかをコンピュータによりシミュレーションした結果について報告するものである。

2. プログラムおよび仮定

使用したコンピュータは、横河、ヒューレット・パッカード製の9825Aで、シミュレーションのためのプログラムは、次の4部から構成されている。

- (A) スライバ作成のためのプログラム
- (B) ダブリングのためのプログラム
- (C) ドラフトのためのプログラム
- (D) フーリエ解析のためのプログラム

2.1 スライバ作成のためのプログラム(A)

繊維長ならびに繊維度等が、完全に均一な繊維で構成され、繊維軸がスライバ軸に平行であり、フック等がないランダムスライバ、およびこれよりもむらが多いと考えられる任意スライバの2種類のスライバを作成するために、次の仮定を置いた。

仮定1) 微小区間の繊維先端数 $X[I]$

スライバの長さ方向の微小区間 $W(\text{mm})$ に入る平均

繊維先端数 C は、スライバの英式綿番手を Ne 、繊維の繊維度を $M(d)$ 、繊維長を $L(\text{mm})$ とすれば、次式で示される。

$$C = WD/ML$$

$$D = 5.315/Ne$$

ただし、 D はスライバのデニール番号

図1(a)に、スライバを微小区間 W に分割し、各区間内に含まれる繊維先端数 $X[I]$ 、 $I = 1, 2, 3; \dots$ を示したが、この $X[I]$ は、次の2方法により作成した。

(i) 任意スライバ

スライバの長さ方向の微小区間 $W(\text{mm})$ に入る平均繊維先端数が C である場合に平均を0.5とする0～1の一樣乱数 $R[I]$ を利用して次式より求めた。

$$X[I] = 2CR[I], I = 1, 2, 3, \dots$$

(ii) ランダムスライバ

ランダムスライバにおいては、繊維先端数は、ポアソン分布をとることが知られている。図2に示すように、平均繊維先端数 C が与えられると、ポアソン分布が決定されるので、乱数を分布関数に対応させて $X[I]$ を求めた。

図1 スライバ線図

図2 ランダムスライバの $X[I]$

仮定2) スライパの太さ $Y [I]$

スライパの太さ $Y [I]$ は、図1(b)に示すように微小区間 W 内の繊維先端数 $X [I]$ の累積曲線と、これを繊維長 L だけ横軸に沿って右に平行移動した曲線との縦座標の差として得られる。

仮定3) 計算されるスライパの長さ

区間長 W は1mmとし、1は計算機メモリ容量の割合上1~600としたので、ドラフト前のスライパの長さは600mmである。

以上の仮定に基づいて作られたプログラムから、ダブリング前の任意スライパ、およびランダム スライパが得られる。

2.2 ダブリングのためのプログラム(B)

このプログラムでは、前節のプログラム(A)によって得られたそれぞれの任意スライパ、またはランダム スライパをダブリングする。すなわち、ダブリング本数を P とすると、微小区間 W 内の繊維先端数 $X_p [I]$ は各スライパの各微小区間の繊維先端数の P 本分の和として求められる。

2.3 ドラフトのためのプログラム(C)

このプログラム作成のために、次の仮定をおいた。

仮定1) 変速点の移動

変速点の分布がドラフトむら を支配すると仮定し、図3に示すようにフロントローラ近傍に適宜に仮定された規準位置 S から右へ最大 y の範囲でランダムに変化するとした。したがって、乱数 $R [I]$ を利用して仮定された規準位置 S からの変速点の移動距離 m は、次式で示される。

$$m = R [I] y$$

図3 変速点の移動

仮定2) 微小区間内の繊維先端数の移動

まず、同一微小区間 W 内に先端のある繊維はすべて同時に高速化するとする。次にドラフト比を Z とすれば、微小区間の長さ W はドラフトにより ZW になる。図4

に示すように規準位置で高速化された場合には、微小区間内の繊維先端は移動せず、微小区間の長さがドラフト倍され ZW となる。しかし変速点が移動し、規準位置で高速化されない場合には、規準位置で高速化されるよりも時間的に早く高速化されるために、変速点の移動距離 m に応じて相対的にスライパの進行方向に微小区間内の繊維先端は移動する。したがって、各微小区間内の繊維先端数は変化し、これがドラフトによりスライパむらが増加する原因と仮定した。そこで、ドラフトにより繊維先端が相対的に移動する区間数 E は次のように求めた。すなわち変速点の移動距離を m とすれば、この変速点位置で高速化される繊維は、規準位置で高速化される繊維が m 進む間に mZ の距離を進むことになり、相対的にスライパの進行方向に $m(Z-1)$ だけ移動する。この移動距離をドラフト後の微小区間長 ZW で割れば、図1(a)に示した微小区間において、ドラフトにより繊維先端が移動する区間数 E が求まる。すなわち、

$$E = R [I] y (Z - 1) / ZW$$

繊維先端が移動する区間数は、必ずしも整数とは限らないので、 E の整数部を $\text{int}(E)$ 、小数部を $\text{frc}(E)$ とすると次式となる。

$$E = \text{int}(E) + \text{frc}(E)$$

また、 E の整数部である $\text{int}(E)$ が1以上か0かにより、考えている繊維先端数 $X [I]$ を加える微小区間の番号が異なる。すなわち、

(i) $\text{int}(E) \geq 1$ のとき

I 番目の繊維先端数 $X [I]$ は、 J 番目

($J = I - \text{int}(E)$) の繊維先端数 $X [J]$ および ($J + 1$) 番目の繊維先端数 $X [J + 1]$ に加えられ、それぞれ次のように変化する。

$$\text{frc}(E) \cdot X [I] + X [J]$$

$$(1 - \text{frc}(E)) \cdot X [I] + X [J + 1]$$

この移動により、この時点で I 番目の微小区間内の繊維先端数は、すべて移動するので $X [I] = 0$ となるが、これ以後の微小区間内の繊維先端の同様な移動により再び充足される。

(ii) $\text{int}(E) = 0$ のとき

I 番目の繊維先端数 $X [I]$ は、すべて移動してしまふことはないが、($I - 1$) 番目の繊維先端数 $X [I - 1]$ およびもとの $X [I]$ は、それぞれ次のように変化する。

$$\text{frc}(E) \cdot X [I] + X [I - 1]$$

$$(1 - \text{frc}(E)) \cdot X [I]$$

以上の仮定より、ドラフトが与えられた後の微小区間内の繊維先端数が得られ、したがってスライパの太さが得られる。

本報では、2ゾーン ドラフトを仮定しているので、このドラフトのためのプログラム(C)を2回通ることにな

るが、2回目のドラフトに対しては、微小区間長がZWとなり微小区間とみなされなくなる。したがってこの区間をint.(Z)により、更に数個の微小区間に分割し、繊維先端数を均等に分割するプログラムも考慮したが3.5節で後述するように、分割しても結果に大差はないと思われるので、2回目のドラフトに対する区間長は、ZWとして求めた結果を示す。

図4 ドラフト後のスライバ
(a) 規準位置で高速化したときの繊維の位置
(b) 変速点がm移動したときの繊維の位置

2.4 フーリエ解析のためのプログラム(D)

いま $x(t)$ が周期 T の任意周期関数であるとすると、パワー ρ は次式で示される。

$$\rho = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt$$

$x(t)$ のフーリエ級数展開式を

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{2n\pi}{T} t + b_n \sin \frac{2n\pi}{T} t \right)$$

とすれば、また次式で示される。

$$\rho = \frac{a_0^2}{4} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

$\frac{1}{2} (a_n^2 + b_n^2)$ は、第 n 調和波によるパワー成分である。

これをプログラムにし、スライバ太さからパワー成分を求めた。

3. 計算結果および考察

繊維の繊維1.7 d，繊維長30 mm，番手0.1 sの任意スライバおよびランダム スライバを作成した。これを任意スライバ，またはランダム スライバごとに8本，6本，4本ダブリングし，それぞれについて変速点の最大移動距離を0，1，2，3 mmとして，各種のドラフト比配分で，8，6，4のトータル ドラフト比を与えた場合の結果について述べる。

3.1 コンピュータにより作成したスライバ

A. 任意スライバ

表1に示すように，8種類の0.1 sの任意スライバを作成した。表1に示したスライバをダブリングして，表2に示すように3種類のダブリング スライバを作成し

た。

B. ランダム スライバ

表3に示すように，8種類の0.1 sのランダム スライバを作成した。また，表3に示したスライバをダブリングして，表4に示すように，3種類のダブリング スライバを作成した。

表1 任意スライバ

No.	変動係数 (×10 ⁻¹)	No.	変動係数 (×10 ⁻¹)
1	1.04	5	0.93
2	1.02	6	0.96
3	0.96	7	1.03
4	1.08	8	1.05

表2 ダブリング スライバ (任意スライバ)

No.	ダブリング本数	内 容	変動係数 (×10 ⁻²)
I	4	1 + 2 + 3 + 4	5.56
II	6	I + 5 + 6	3.78
III	8	II + 7 + 8	3.46

表3 ランダム スライバ

No.	変動係数 (×10 ⁻³)	No.	変動係数 (×10 ⁻³)
1	5.62	5	5.00
2	6.48	6	5.65
3	4.72	7	5.53
4	5.83	8	6.25

表4 ダブリング スライバ (ランダム スライバ)

No.	ダブリング本数	内 容	変動係数 (×10 ⁻³)
I	4	1 + 2 + 3 + 4	2.93
II	6	I + 5 + 6	1.95
III	8	II + 7 + 8	1.65

3.2 スライバむら曲線

図5および図6は，作成した任意スライバおよびランダム スライバを8本ダブリングして得られた表2のⅢおよび表4のⅢのダブリング スライバに，トータル ドラフト比8，ドラフト比配分2.5×8/2.5を与え，そのときの変速点の最大移動距離を0，1，2，3 mmと変化させて得られたスライバむら曲線を示している。これらのグラフより，明らかに変速点の最大移動距離が大きくなるにつれ，スライバむら もふえていることがわかる。

また，図7および図8は，作成した任意スライバおよびランダム スライバをダブリングして得られる表2および表4のおおののダブリング スライバを，変速点の最大移動距離を3 mmとしてドラフトした場合に得られるスライバむら曲線である。また，各ダブリング本数におけるトータル ドラフトの各ドラフト ゾーンに対する

ドラフト比の配分の割合は、近似的に等しい場合を採用したのである。これらのグラフから、ダブリング本数の増加と、トータルドラフト比の増加により、明らかにスライバむらが増えていることがわかる。

図5 スライバむら曲線 (任意スライバ)
(ダブリング数8本, ドラフト比配分2.5×8/2.5)

図6 スライバむら曲線 (ランダムスライバ)
(ダブリング数8本, ドラフト比配分2.5×8/2.5)

図7 スライバむら曲線 (任意スライバ)
(変速点の最大移動距離3mm)

図8 スライバむら曲線 (ランダムスライバ)
(変速点最大移動距離3mm)

3.3 フーリエ解析によるパワー成分

図9は、表1のIおよび表3のIに示したダブリングならびにドラフト前の1本の、任意スライバおよびランダムスライバのパワー成分の平方根を示したものである。それぞれのスライバにおいて、強度の差はあるが繊維長(30mm)の2倍、3倍にピークが認められる。

図10および図11は、図5および図6に示したスライバ

むら曲線から、そして図12および図13は、図7および図8に示したスライバむら曲線から得られたパワー成分の平方根のグラフである。これらのグラフからわかるように、図9に示したダブリングならびにドラフト前のスライバにみられた明瞭なピークはなくなるが、ダブリングとドラフトにより小むらが多くなっている。そして、図10および図11は、トータルドラフト比とドラフト比配分が同じであっても、変速点の最大移動距離が大きいほど、繊維長の約5倍までの短い波長区間において、ピークの数とピークの強度に増加がみられることを示している。また、図12および図13は、変速点の最大移動距離が3mmであっても、ダブリング本数が多くトータルドラフト比が大きいほど、図10および図11の説明と同様に繊維長の約5倍までの短い波長区間において、ピークの数と強度の増加がみられ、かつピークは長い波長域にわたることを示している。

図14は、図9に示されたダブリングならびにドラフト前の任意スライバのパワー成分の平方根、およびこのスライバを含め8本のスライバをダブリングして得られた表2のⅢのダブリングスライバを理想的ドラフトして得られると思われるスライバ、すなわち図5において変速点の最大移動距離が0mmの場合の任意スライバのパワー成分の平方根のグラフである。この両スライバの変動係数は、共に0.10で、ドラフトによる変化はないが、前と同様にダブリングとドラフトにより目立ったピークはなくなり、小むらが増加し、変動係数が同じであっても両スライバのむらにはかなりの差があることを示している。

図15は、図10～13に示したパワー成分の平方根のグラフをもとに、各波長区間におけるパワー成分の平方根の最大値（図中（ ）内の数字）を、ダブリング本数に対して示したものである。これより波長区間60～120mm（繊維長の2～4倍）の短いところでは、任意スライバおよびランダムスライバともにダブリング本数の増加により、それらの最大値も大きくなっているが、それ以後の波長区間120～240mm、240～3600mmにおいては、ダブリング本数の増加によりそれらの最大値は、任意スライバでは低下し、ランダムスライバでは増加しているのがわかる。

以上のことにより、パワー成分においてはダブリング前のスライバに存在した目立ったピークは、ダブリングおよびドラフトすることにより小さなものにはなるが、ダブリング本数が増え、トータルドラフト比が増えれば、繊維長の2～4倍ぐらいの短い波長区間のものが大きくなり、トータルドラフト比が増えるに従い、ピークは長い波長区間までわたることがわかった。

図9 パワー成分の平方根
(ダブリングならびにドラフト前)

図10 パワー成分の平方根（ドラフト後の任意スライバ）
(ダブリング数8本、ドラフト比配分2.5×8/2.5)

図11 パワー成分の平方根（ドラフト後のランダムスライバ）
(ダブリング数8本、ドラフト比配分2.5×8/2.5)

図12 パワー成分の平方根（ドラフト後の任意スライバ）
(変速点最大移動距離3mm)

図13 パワー成分の平方根 (ドラフト後のランダムスライバ)
(変速点最大移動距離 3 mm)

図14 理想的ドラフトされた任意スライバのパワー成分の平方根

図15 パワー成分平方根の最大値 (変速点最大移動距離 3 mm)
(ダブリング数 8 本, ドラフト比配分 2.5×8/2.5)
6 本, 2×3
4 本, 1.8×4/1.8

3.4 ドラフト比配分

図16~18は、表2および表4に示したおのおののダブリング スライバをドラフトして得られるスライバの、変動係数とドラフト比配分の関係を示したものである。どのグラフにおいても、変速点の最大移動距離が大きくなるにつれて変動係数も大きくなり、変速点の最大移動距離が0 mmの場合を除き、あるドラフト比配分で変動係数が最少になる。

図19は、図16~18に示した変動係数の最小値をダブリング本数 (またはトータル ドラフト比) に対して示したものである。任意スライバおよびランダム スライバともにダブリング本数の増加により、またトータル ドラフト比も増加するので、それらの変動係数の最小値も増加し、スライバむらが増えることを示している。

以上のことから、ドラフト比配分において変動係数を最小にする最適ドラフト比配分が存在すること、そしてダブリング本数の増加とともに、トータル ドラフト比が増加するためにスライバむらが増えることがわかった。

図16 変動係数—ドラフト比配分
(ダブリング数 8 本, トータル ドラフト 8)

図17 変動係数—ドラフト比配分
(ダブリング数 6 本, トータル ドラフト 6)

3.5 微小区間の変更

2.3節で前述したように、本報では2ゾーン ドラフトを仮定しているので、スライバは2回のドラフトを受ける。1回目のドラフト後、微小区間長が ZW となり微

図18 変動係数—ドラフト比配分
(ダブリング数4本, トータルドラフト4)

図19 変動係数の最小値—ダブリング本数
(またはトータルドラフト比)

小区間とみなされなくなるので、この区間を $\text{int}(Z)$ により更に数個の微小区間に分割し、繊維先端数を均等に分配して、2回目のドラフトを与えることを考えた。

図20および図21は、表2のⅢのダブリングスライバをトータルドラフト比8、ドラフト比配分 $2.5 \times 8/2.5$ で、変速点の最大移動距離を0、1、2、3 mmと変化させて得られるスライバむら曲線を示している。

図20は、1回目のドラフト後に微小区間の変更を行わないときのものであり、図5に示した曲線と同じものである。

図21は、1回目のドラフト後に微小区間の変更を行ったときのものである。この両者には、小むらが少し増えている以外は大きな違いはない。

図20 スライバむら曲線 (任意スライバ微小区間未変更)
(ダブリング数8本, ドラフト比配分 $2.5 \times 8/2.5$)

図21 スライバむら曲線 (任意スライバ微小区間変更)
(ダブリング数8本, ドラフト比配分 $2.5 \times 8/2.5$)

図22および図23は、図20および図21に示したスライバむら曲線から得られたパワー成分の平方根のグラフを示しているが、これらのスライバむら曲線と同様に両者のパワー成分の平方根に大きな差はなく、2回目のドラフトに対する微小区間の変更有無による影響はほとんどな

図22 パワー成分の平方根 (任意スライバ微小区間未変更)
(ダブリング数 8 本, ドRAFT 比配分 $2.5 \times 8/2.5$)

図23 パワー成分の平方根 (任意スライバ微小区間変更)
(ダブリング数 8 本, ドRAFT 比配分 $2.5 \times 8/2.5$)

図24 変動係数—ドRAFT 比配分 (任意スライバ)
(ダブリング本数: 8, トータル ドRAFT 比: 8)

い。

図24は、表2のⅢのダブリング スライバにトータル ドRAFT 比 8 で、ドRAFT 比配分を変化させたときの変動係数を示したものであるが、スライバむら曲線およびパワー成分の平方根のグラフと同様に微小区間変更前後において全体に大きな差はなく、各変速点の最大移動距離ともに、それぞれ同じドRAFT 比配分で変動係数を最小にしている。

以上のことより、微小区間の変更については、トータル ドRAFT 比が 8 ぐらいまでならば、微小区間変更前後の差はない。

4. まとめ

任意スライバであってもランダム スライバであっても、 P 本のダブリングをすれば、その変動係数は理論どおりに $1/\sqrt{P}$ になる。しかし、これに P 倍のドRAFT を与えると理想ドRAFT の場合を除き、その変動係数は増加するので、2 ゾーン ドRAFT においては適当なドRAFT 比配分により、その値を最小にすることができる。

また、ダブリング本数の増加は、トータル ドRAFT 比を増加させるためその変動係数は大きくなるが、パワー成分においては、繊維長の 2～4 倍ぐらいの短い波長区間のものが増加し、任意スライバにおいては、長い波長区間のものは少なくなる。このために、一般的にいわれているようにダブリング本数を多くすると、糸むらが少なくなることに通ずるものと思われる。

文 献

- 1) J. R. Corley; Text. Ind., 110 (1949-3)
- 2) J. R. Corley, J. Simpson; Text. Ind., 125 (1952-12)
- 3) J. R. Corley, J. Simpson; Text. Ind., 114 (1956-12)
- 4) 内田, 滝沢, 田畑, 小林, 野田; 綿研報告, 24 (1948-10)
- 5) 藤野ほか10名; “むらの理論と実際”, 日本繊維機械学会 (1965)
- 6) 藤野ほか17名; “ドRAFT の理論と実際”, 日本繊維機械学会 (1958)