画像処理によるギルスライバの混合むらの解析

(第1報) 混合むらの定量化

野田 隆弘*, 近田富士雄**, 岡村 政明**

Analysis of Blend irregularity in Gill Sliver by Image Processing

Part 1: Quantification of Blend Irregularity

Takahiro Noda, Fujio Konda and Masaaki Okamura

Faculty of Engineering, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu

Abstract

A general-purpose image processing analyzer was used to evaluate the blend irregularity in sliver by mean and standard deviation of detected blend ratio, which was obtained from the brightness of the image. The image of the black and white blended sliver was taken with a CCD camera.

The influence of number of gilling, fiber length, blending system and feeding direction on the blend irregularity was discussed. In sliver blending, as the number of gilling is increased, the blend irregularity is remarkably reduced. In stock blending process, the blend irregularity is small and it shows nearly the same value irrespective of number of gilling. This fact indicates that the sufficiently blend has been obtained in the stock blending process. In sliver blending process, the sliver composed of fibers with the same length shows better blending than that of different length fibers. In reverse direction feeding, the blend irregularity of sliver is better than that of the forward direction feeding.

(Received July 28, 1997)

(Accepted for Publication May 8, 1998)

1. 緒 言

繊維製品に対する需要の高度化、個性化、多様化および繊維製品の輸入の急増により差別化商品、高付加価値技術の開発が求められている。紡績工程において、これまでのところ、特性の類似した各種繊維により混紡が行われてきた。しかし、最近ではこのようなニーズに対応するために、物性の極端に異なる繊維による混紡が行われるようになり、高度な混紡技術の開発、混合状態の解析に関する研究が要求されている。最終工程において、良好な混合状態を得るためには練条工程において十分に混合されていることである。したがって、この段階における混合状態の評価、解析を行うことは重要であると考え

られる。

従来から、スライバの混合むらにおける良否の判断は、紡績工程における主要な管理項目の1つとして、豊富な経験をもち、高度に熟練した作業者の目視による、官能検査が行われている。しかし、この方法は定性的であり、同一個人および作業者間の感覚にばらつきが存在している。また、その評価技術を習得するまでかなりの訓練期間を要するなどいくつもの問題点があり、定量的な評価方法の確立を図ることが求められている。

これまでのところ、混合むらの測定、評価に関する研究は混紡糸の断面を顕微鏡で検鏡し、混合率の分布を求めるなど糸を対象としたものが多く行われてきている。¹⁻⁵⁾しかし、スライバは糸と比較して織

*会員, Member, 岐阜市立女子短期大学, Gifu City Women's College, 岐阜市長良, Nagara Gifu, **会員, Member, 岐阜大学工学部, Gifu University, 岐阜市柳戸, Yanagido Gifu

維の構成本数が非常に多く、糸の場合と同様な手法では混合むらの測定が困難である。近年、光技術、画像処理技術およびコンピュータによるデータ処理技術の著しい進歩・発展がみられ、これらの機能を搭載した汎用機器が広く一般に使用されてきている。したがって、これまで測定が困難であったスライバのような太い繊維束の分野においても、これらの試験機器を用いて、混合むらを測定および評価することができれば、いち早く結果を生産現場へフィードバックさせ、製品の品質向上に大いに寄与することが期待される。しかも、これらの評価方法は定量的であり、評価者間の差、評価者個人のばらつきなどの課題をほとんど解消することができ、加えて高度な技能を必要とせず、初心者でも常に安定した測定を行うことが可能である。

近田ら⁶⁻⁸⁾は光電子増倍管を用いて加工条件が混合むらに及ぼす影響を求め、スライバの構造を解析している。岡村ら^{9,10)}はラインセンサを用いて、加工条件がスライバの混合欠陥に及ぼす影響を考察している。前者においては、紡出中のスライバの長さ方向に沿ってスライバの中央部分の混合むらを測定、解析しており、また、後者はスライバの幅方向における混合むらを断続的に測定している。しかし、これらはいずれもスライバ表面全体の様相については追究されていない。

本報では近年、広く一般に使用されるようになった画像処理装置により、混合スライバの表面全体の混合むらを評価することを目的とした。ギルを通す回数、スライバの構成繊維長、スライバの供給方向および繊維の混合方式の加工条件がスライバの混合むらに及ぼす影響を求めた。得られた結果は視覚による評価と同一傾向を示しており、スライバの混合むらの定量化に画像処理技術を適用することが可能であることがわかった。

2. 混合むらの定量化

各種の混合スライバの表面状態をモニターテレビで確認しながら、ビデオカメラ (National 製 WV-CD50) で撮影した後、ビデオ信号を画像処理装置 (PIAS 製 LA-525) へ入力し、画像処理を行った。本研究で使用した画像処理装置は対象物の明るさを 0 から 255 までの 256 段階の数値で表示する。その数値を輝度と呼ぶこととする。試料から画像データを取り込む領域は 1 回の画像処理でスライバの幅方向 200mm、長さ方向 400mm である。画素数は幅方向

200画素、長さ方向 400画素であり、1画素は 1mm^2 である。繊維 1 本の太さは $19.2\mu\text{m}$ であるので、繊維が長さ方向に平行に整列しているならば、1画素は繊維 52.1 本分に相当する。画像処理により評価する際に、同色どうしの繊維からなる混合スライバでは明度差がないので、輝度は同じ分布を示し、混合状態を識別することができない。しかし、異色どうしの繊維からなる混合スライバの場合には明度差が存在するので両者を識別することができる。

本研究では混合スライバの構成繊維の様相を明らかにするために、最も明度の低い黒色繊維と最も明度の高い白色繊維を選定し、これらで構成される混合スライバを測定対象とした。混合スライバの混合むらを解明するには各画素の輝度から混合率を得なければならない。各種の混合スライバの輝度を同条件下で検出するために撮影距離、レンズの絞りなどの撮影条件を調整した。黒色繊維の混合率が、100%、67%、50%、33%、0% における 5 種類の混合スライバの輝度を求めた。なお、この混合率は質量混合率を意味する。それぞれの結果を図 1 (A), (B), (C), (D), (E) に示す。図中の下矢印はそれぞれの混合スライバにおける平均輝度の位置を示す。しかし、輝度と混合率とは比例していないことがわかる。そこで輝度を混合率に換算するために十分に混合した 11 段階の混合スライバを用いて校正曲線を作成した。一層正確な結果を得るために黒色繊維の混合率が 40~60% の狭い範囲内では特に 5 段階を設定し、精度の向上を図った。これらのスライバに対してギル機でダブリングとドラフティングを 5 回繰り返す、十分に混合を行った。試料の明細を表 1 に示す。これらの混合スライバの輝度を求め、混合率と輝度

Fig. 1 Brightness distribution for various blend slivers: (A), 100/0 black and white fibers; (B), 67/33 black and white fibers; (C), 50/50 black and white fibers; (D), 33/67 black and white fibers; (E), 0/100 black and white fibers.

Table 1 Sliver specifications for drawing up calibration curve.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Blend Ratio(%)	Black	0	16	33	41	45	50	55	59	67	84	100
	White	100	84	67	59	55	50	45	41	33	16	0
Fiber	Acrylic											
Finess	3 Denier											
Fiber Length	76 mm											

との関係を回帰曲線で近似した。以降、各種の加工条件で作成された混合スライバの輝度は図2の回帰曲線を校正曲線として用い、混合率に換算した。この混合率は画像から得られた混合率を示す。画像から得られた混合率は検出混合率とする。混合スライバの混合状態は検出混合率の平均と混合むらで評価した。混合むらの評価はこの混合率の標準偏差を用いることとした。

ここで黒色スライバおよび白色スライバを構成している繊維はそれぞれ黒色、白色各単色であるにもかかわらず、黒色繊維スライバは図1(A)に、白色繊維スライバは図1(E)に示すように、それぞれのスライバの輝度は分布を形成している。これは繊維自身の反射、繊維相互の影および繊維の配列状態など表面状態の影響によるものと考えられる。同様な理由で混合スライバの輝度分布にも誤差分が含まれ、現実より拡大していると考えられる。したがって、混合むらを評価する際にはこのような誤差を除去する必要がある。黒色繊維スライバ、白色繊維スライバにおける検出混合率の標準偏差はほぼ同じ値であったので、混合スライバの検出混合率の標準偏

差を σ_m 、黒色スライバの検出混合率の標準偏差を σ_B 、誤差分を取り除いた混合スライバの検出混合率の標準偏差 σ_G とすれば、これらの関係は次式によって与えられる。

$$\sigma_m^2 = \sigma_G^2 + \sigma_B^2$$

したがって、

$$\sigma_G = \sqrt{\sigma_m^2 - \sigma_B^2}$$

この値を用いて混合スライバの混合むらを評価した。

3. 加工条件が混合むらに及ぼす影響

3.1 試料スライバの作成

混合むらを評価するための各種の試料を仏式インターセクティングギル機を用いて作成した。このギル機は上下にフォーラを有しており、フロントローラとミドルローラとの間のゲージ間隔は220mmである。ローラ間にくし状のフォーラが上側に12本、下側に16本取り付けられており、1つのフォーラに127本の針が植えられている。スライバの紡出速度は3.09m/分、ドラフト比は5.95である。

使用した混合スライバの試料明細を表2に示す。繊維素材はアクリル、繊維度は3dである。繊維長は64mmと76mmの異繊維長で構成されたスライバ（以降、繊維長64/76mmと称する）と繊維長76mmどうしのスライバ（以降、繊維長76/76mmと称する）の2種類とした。スライバの供給方向は、Forward方向（以降、F方向とする）とReverse方向（以降、R方向とする）の2種類とした。F方向とは前工程から紡出したスライバを反転することなく、そのまま、次工程へ供給する方式であり、R方向とは前工程から紡出したスライバを反転し、次工程へ供給する方式である。生産工場ではR方向が採用されている¹⁾。混合方式はギル工程で数本のスライバを平行に並べ、混ぜ合わせるスライバ混合とギル工

Fig. 2 Relation between blend ratio and brightness.

Table 2 Sliver specifications for evaluation of blend irregularity.

		1	2	3	4
Fiber	Black	64	76		
Length(mm)	White	76	76		
Direction Feeding		Reverse	Forward	Forward	Reverse
Blending Process		Sliver	Stock	Sliver	Sliver
Blend Ratio		50/50			
Fiber		Acrylic			
Finess		3 Denier			

程より前工程であるカージング工程の給毛機において複数の原料を混合する原料混合の2方式とした⁷⁾。加工条件として、ギルを通す回数、繊維長、供給方向、混合方式を選定し、これらを組み合わせて試料を作成した。なお、これまでの報告でギルを5回以上通すと混合むらはほぼ定常状態となることが報告¹²⁾されており、本研究においても、ギルを通す回数を5回とした。スライバを混合する場合には、先に述べたギル機を用いるが、ドラフトによりスライバは細くなる。しかし、測定時における試料の太さを常に等しくする必要があるため、同一の太さになるようにダブリングを行った。例えば、ギルを3回通すとトータルダブリング数は216回、ギル5回で7,776回となる。

本報において測定対象とする試料は繊維長の異なる2種類の繊維で構成された混合スライバ、あるいは同じ繊維長どうしの繊維からなる混合スライバで、混合率をそれぞれ50%とした。繊維長が異なる場合には繊維長の短い繊維を、同繊維長の場合にはいずれか一方の繊維を黒色に染色し、いずれのスライバも黒色繊維と白色繊維からなる混合スライバとした。

3.2 測定結果

ギルを通す回数、スライバを構成している成分繊維の繊維長、供給方法および混合方式がスライバの混合状態に及ぼす影響を考察した。

(1) 工程の影響

ギルを通す回数、すなわちダブリング数が混合スライバの混合状態に及ぼす影響を検討した。繊維長76/76mmでR方向にスライバ混合を行い、ギルを5回通した。ギルを通したそれぞれの回数におけるスライバの表面写真を図3に示す。紙面の左右方向がスライバの長さ方向、上下方向が幅方向を示す。ギルを1回通した場合では、黒色繊維、白色繊維は全く分離している。ギルを2回通すと黒色繊維、白色繊維は部分的に集合しており、まだブロック状のままであり、あまり混合していない。ダブリング数の増加に伴い、次第に混合が進み、ブロックが小さくなる、あるいは黒色繊維、白色繊維が次第に筋状を呈するようになる。さらにギルを通す回数が増大し、ギルを4回および5回通した結果、ブロック、筋はそれほど目立たなくなり、黒色繊維および白色繊維が全面に散在している。そしてスライバの表面は灰色となり、混合がよく進行したことを示す。

Fig. 3 Typical photographs for each stage of gill sliver in sliver blending process.

図4はそれぞれのスライバをギルに通す回数の増加, すなわちダブリング数が増加した場合における黒色繊維の検出混合率のヒストグラムを示す. ギルを1回通した場合には0%と100%の両端に大きなピークを有しており, 前述の写真における黒色繊維と白色繊維が分離し, 全く混合されていないことと対応している. ギルを2回通しても, まだ黒色繊維と白色繊維に分離しているが, 部分的には混合している. 以降, ギルを通す回数が増加すると次第に分

Fig. 4 Blend ratio distribution for each stage of gill sliver in sliver blending process.

Fig. 5 Typical photographs for each stage of gill sliver in stock blending process.

布の範囲が狭くなり、50%付近のピーク値が大きくなっていく。ギルを5回通したところ、50%付近を中心に分布幅が狭く、混合が進んでいることを示している。

原料混合スライバの各ギル回数における表面の様相を図5に示す。繊維長は76/76mm, 供給方向はR方向である。原料混合ではギルを通す回数によらず、ほぼ同様な様相を示している。

図6は原料混合スライバをギルを通す回数の増

Fig. 6 Blend ratio distribution for each stage of gill sliver in stock blending process.

加, すなわちダブリング数が増加した場合における黒色繊維の検出混合率のヒストグラムを示す。ギルを通す回数にかかわらず、いずれの場合においても50%付近にピークをもち、狭い分布幅となっており、図4のスライバ混合におけるヒストグラムの変化とは全く異なっていることがわかる。

各種の加工条件で作成した混合スライバにおける黒色繊維の平均検出混合率に及ぼすギルを通す回数の影響を図7に示す。スライバ混合および原料混合いずれの場合もギルを通す回数によらず、この平均混合率は50%付近に分布しており、画像処理により検出された混合率は質量混合率と同様に50%付近に分布している。このことより、画像処理で混合率を評価しても十分信頼できることがわかった。

図8は検出混合率の標準偏差に及ぼすギルを通す回数の増加, ダブリング数が増加した場合の影響を示す。スライバ混合において、ギルを通した回数が少ない段階では標準偏差は大きな値であり、黒色繊維と白色繊維はほとんど混合していないことを示している。以降、ギルを通す回数の増加に伴い、標準偏差が小さくなり、混合が進んでいくことを示している。ギルを4回あるいは5回通すと標準偏差は一定値に収束する傾向が見られ、混合むらが減少したと思われる。一方、原料混合スライバにおける標準偏差の値はスライバ混合と比較すると小さく、しかもギルを通す回数によらず、ほぼ一定の値を示した。このことはギル機に供給する段階ですでに十分に混合が進み、混合むらが少ないことを示している。

Fig. 7 Influence of gilling on detected blend ratio : $\diamond$, fiber length (76/76mm), forward direction feeding and sliver blending process ; $\triangle$, fiber length (64/76mm), reverse direction feeding and sliver blending process ; $\diamond$, fiber length (76/76mm), reverse direction feeding and sliver blending process ; $\circ$, fiber length (76/76mm), forward direction feeding and stock blending process.

Fig. 8 Influence of gilling on standard deviation of detected blend ratio :
◇, fiber length (76/76mm), forward direction feeding and sliver blending process ;
△, fiber length (64/76mm), reverse direction feeding and sliver blending process ;
◇, fiber length (76/76mm), reverse direction feeding and sliver blending process ;
○, fiber length (76/76mm), forward direction feeding and stock blending process.

(2) 構成繊維長の影響

繊維長76/76mm, 64/76mm の繊維長の異なる混合スライバをF方向にギルを3回行った場合の混合状態について考察する。両者の平均検出混合率と標準偏差の結果を図9に示す。この平均混合率は両者ともほぼ50%と同様な値である。標準偏差においては繊維長76/76mm の場合は10.2%であり, 64/76mm の13.8%より小さい結果を得た。スライバがドラフトされる場合, フロントローラにもバックローラにも把持されない浮遊繊維の挙動がドラフトむらを左右するといわれている¹³⁾。ゲージ間隔が同じならば, スライバを構成している繊維の繊維長が短いほどこの浮遊繊維が多く, 混合むらを生じると考えられる。したがって, 繊維長が長いスライバの場合には混合むらが少なく, 繊維長76/76mm が64/76

Fig. 9 Comparison of detected blend ratio (left) and standard deviation between fiber length difference : (A), fiber length (76/76 mm) ; (B), fiber length (76/64mm).

mm より混合が良好であると考えられる。

(3) 供給方向の影響

繊維長76/76mm の混合スライバをギル3回, 供給方向がF方向, R方向における混合状態を検討する。図10に平均検出混合率と標準偏差の結果を示す。両者ともこの平均混合率は50%前後とほぼ同じ値である。一方, 標準偏差はF方向の場合, 15.0%である。しかし, R方向は10.2%とF方向より小さな値である。すなわち, ギルを通した回数と同じ場合にはR方向の混合むらが少なく, 混合が良好であることがわかる。スライバを構成している繊維には先端, 後端フックを有する繊維が存在しており, このフック繊維の存在が混合状態に影響を与えるものと思われる。ドラフトした場合には, フックは先端より後端が減少しやすい。F方向では供給方向が同じであるので, 先端フックは減少しないが, 後端フックは減少する。しかし, R方向では先端フックは反転し, 後端フックとなり, ドラフトにより減少する¹⁴⁾。これが工程を通すごとにスライバを反転する理由の1つである。また, Foster¹⁵⁾ はコーマ工程以降のスライバの繊維配列について述べており, 繊維先端がそろった方向にドラフトするとむらが顕在化し, 反対方向にドラフトするとむらは顕在化しないと報告している。さらにTownendら¹⁶⁾はギル機の実験で明らかにしたようにスライバをF方向に供給し, ドラフトした場合には, 繊維集団が分離されることは困難であるが, R方向に供給した場合には繊維長分布を有するスライバの場合, 繊維集団は分解し, 破壊すると報告している。

このようにスライバの供給方向の反転により, フック繊維の減少によるむらの均斉化, および繊維集団の分解による繊維の平行化, 直線化が進み, 混合

Fig. 10 Comparison of detected blend ratio (left) and standard deviation between forward and reverse direction feeding (A), forward direction feeding ; (B), reverse direction feeding.

が進むと考えられる。

(4) 混合方式の影響

図11にギルを3回通した原料混合とスライバ混合における平均検出混合率と標準偏差の結果を示す。この平均混合率においては両者ともほぼ50%前後とほぼ同じ値である。標準偏差では原料混合の場合1.9%とスライバ混合の10.2%と比較して非常に小さな値である。原料混合された混合スライバは混合むらが少なく、よく混ざっていたものと思われる。

このように汎用画像処理装置により求めた結果は視覚による評価結果と同様な傾向を示している。したがって、画像処理技術を混合スライバの混合むらの測定、定量化に適用することは有効であることが明らかとなった。

4. 結 言

本報では、混合スライバを CCD カメラで撮影後、画像処理装置により、スライバの表面の様相を解析し、定量化することを目的とした。さらにギルを通す回数、繊維長、供給方向および混合方式の加工条件がスライバの混合むらに及ぼす影響を検討した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

(1) 輝度と黒色繊維の質量混合率の関係を示す回

Fig. 11 Comparison of detected blend ratio (left) and standard deviation between stock and sliver blending process :
(A), stock blending process ;
(B), silver blending process.

帰曲線を用いて、混合スライバの輝度から黒繊維の混合率を求めることができる。

- (2) 混合スライバの混合状態は画像から得られた平均混合率と混合むらにより定量的に評価することができる。
- (3) スライバ混合の場合、ギルを通す回数の増加、すなわち、ダブリング数が増加した場合には画像から得られた混合率の標準偏差は著しく低下する。混合むらが少なくなり、混合が進行する。一方、原料混合では、ギルを通す回数にかかわらず、混合むらは少なく、ギルを通す回数が増加しても混合はほとんど進んでおらず、最初から良好な混合状態を示している。
- (4) スライバ混合において、同繊維長どうしの混合は、異繊維長どうしの場合より混合むらが少なく、良好な混合を示す。
- (5) 供給方向の影響については R 方向が F 方向より良好な混合を示す。

参考文献

- 1) 立石, 奥秋; 織工試彙報, p. 81, 第18号 (1951)
- 2) “ドラフトの理論と実際”, p. 391, 日本繊維機械学会 (昭和33年)
- 3) “ドラフトの理論と実際”, p. 393, 日本繊維機械学会 (昭和33年)
- 4) Lund, J. Text. Inst., **43**, 375 (1952)
- 5) Coplan, Klein; Text. Res. J., **25**, 743 (1955)
- 6) 近田, 岡村, 黒崎, 渡辺, 岡崎; 織機誌, **45**, T172 (1992)
- 7) 近田, 岡村, 黒崎, 渡辺, 安田; 織機誌, **46**, T61 (1993)
- 8) 近田, 岡村, 黒崎, 野田; 織機誌, **46**, T179 (1993)
- 9) 岡村, 近田, 黒崎, 土井; 織機誌, **49**, T159 (1996)
- 10) 岡村, 近田, 野田, 田家, 吉倉; 織機誌, **49**, T231 (1996)
- 11) 近田, 黒崎, 岡村, 横井, 渡辺; 織機誌, **44**, T11 (1991)
- 12) “ドラフトの理論と実際”, p. 397, 日本繊維機械学会 (昭和33年)
- 13) “基礎繊維工学 I”, p. 238, 日本繊維機械学会 (昭和46年)
- 14) “基礎繊維工学 I”, p. 251, 日本繊維機械学会 (昭和46年)
- 15) G. A. R. Foster; “The Principles of Roller Drafting and The Irregularity of Drafted Materials”, The Textile Institute, P.89 (1958)
- 16) P. P. Townend, T. F. Griffin; J. Text. Inst., **46**, T153 (1955)