


## 論文目録

申請者氏名 野田 隆弘 

### 学位論文

題目：

異繊維長で構成されたスライバの混合むらに関する研究

### 印刷公表の方法及び時期

1. 論文名：ギルスライバにおける混合むらの解析  
(第3報) 長・短繊維よりなるギルスライバの混合むら  
掲載学術雑誌：繊維機械学会誌, Vol. 46, No8, T179(1993)  
著者：近田 富士雄, 岡村 政明, 黒崎 新也, 野田 隆弘
2. 論文名：長・短繊維からなる混紡スライバのローラドラフト  
掲載学術雑誌：繊維機械学会誌, Vol. 48, No2, T39(1995)  
著者：野田 隆弘, 岡村 政明, 近田 富士雄
3. 論文名：長・短繊維からなる混紡スライバの構造解析  
掲載学術雑誌：繊維機械学会誌, Vol. 48, No3, T57(1995)  
著者：野田 隆弘, 近田 富士雄, 岡村 政明

### 参考論文

なし



異纖維長で構成されたスライバの  
混合むらに関する研究

1980年1月

第一巻第三号



②

異繊維長で構成されたスライバの  
混合むらに関する研究

1996年1月

野田 隆弘



## 目 次

第1章	緒 論	1
1.1	はじめに	1
1.2	従来の研究	2
1.3	本研究の目的と概要	3
第2章	画像処理による混合むらの測定	7
2.1	緒 言	7
2.2	混合むらの定量化	7
2.3	加工条件が混合むらに及ぼす影響	13
2.4	結 言	20
第3章	スライバの長さ方向における混合むらと質量むらの関係	21
3.1	緒 言	21
3.2	実験方法	21
3.3	混合むらと質量むらの関係	27
3.4	結 言	35
第4章	異繊維長で構成された混合スライバの構造解析	37
4.1	緒 言	37
4.2	混合スライバの構造解析法	37
4.3	構成繊維本数の測定による構造解析	38
4.4	画像処理の構造解析への適用	46
4.5	結 言	48
第5章	ドラフトによる混合むらの発生機構	49
5.1	緒 言	49
5.2	ドラフトプロセスの解析	49
5.3	計算結果と実験結果との比較	61
5.4	結 言	63



第6章	ラインイメージセンサによるオンライン計測	65
6.1	緒言	65
6.2	計測方式	65
6.3	混合過程における混合状態の評価	68
6.4	混合欠陥の検出	74
6.5	結言	80
第7章	結論	81
	参考文献	84
	謝辞	86



# 第1章 緒 論

## 1.1 はじめに

我々の祖先が寒さを防ぐ目的で、木の葉あるいは毛皮などを身にまといはじめた時期は今から5～10万年前といわれ、また、繊維からなる衣服を着用し始めた時期は発掘調査から一万年程前と報告されている<sup>1)</sup>。四大文明の発祥地であるエジプトでは亜麻、メソポタミアでは羊毛、インダス河流域では綿、黄河流域では絹の優れた遺物がそれぞれ発掘されている。一方、我国における最古の衣服は鳥浜貝塚（福井県）より出土された縄文時代前期（5,500年前）のものといわれている<sup>2)</sup>。

以来、近代に至るまで、それほど技術的な進歩は見られず、綿、麻、羊毛、絹などの天然繊維から紡錘車、紡ぎ車など簡単な道具を用いて糸を作り、腰機、地機で布を作るという自給自足の形態が長く続いた。18世紀に入り、J. Kayが1733年に発明した飛び杼により、織機の生産性が大幅に向上し、織物の生産量が飛躍的に増大した。この発明が契機となり、1767年にJ. Hargreavesによるジェニー紡績機、1769年にR. Arkwrightによる紡績機をはじめ、各種の画期的な紡績機が次々と開発された。この結果、糸を従来より大量に生産することが可能となり、イギリスの産業革命に大きな役割を果たした。

糸に用いられた繊維は天然繊維が中心であり、特に、絹は紀元前後から中国とヨーロッパを結んでいたシルクロードにおける主要な交易品として、同じ重さの金と取り引きされるほどの貴重品であった。したがって、先人達が絹に似た繊維を人工的に作り出そうと試みることは当然のことであり、1665年にR. Hookeが人工的に糸を作り出す方法を述べるなど、いくつもの構想が発表され、19世紀に入り、ようやく結実した。1884年にChardonnetは硝酸繊維素から人造絹糸を開発し、この糸を1889年に開催されたパリ大博覧会に出品し、大好評を得た。高分子化学の発展により、1936年にアメリカでナイロン、1940年にイギリスでポリエステル、1942年にアメリカでアクリルが開発された。その後、多数の研究者達により様々な化学繊維が開発改良され、現在に至っている。今日、我国における化学繊維の年間消費量は200万トン前後であり、1991年には繊維総需要シェアの48%を占め、



21世紀初頭には50%を上回るものと予測されている<sup>3)</sup>。この化学繊維には紡糸・延伸されたままのフィラメント糸とフィラメント糸を適当な長さに切断し、紡績糸とする場合がある。天然繊維においては、絹は長繊維であるのでフィラメント糸として用いられるが、綿、麻、毛は短繊維であるので紡績糸として用いられている。この紡績糸は含気量が多く、膨らみのある、そして触感の柔らかな特性を有している。

紡績糸には単一成分から構成される場合と2種類以上の繊維から構成される場合があり、原料の異なった繊維をまぜて紡績することを混紡といわれている。混紡の目的は個々の繊維の不足する性能を補い合い、よりすぐれた性能を生み出し、外観・風合いを改善することにより、経済的利点を見いだそうとするものである。石川<sup>4)</sup>は混紡をそれぞれ繊維長、繊維原料、織度、および色相の違いにより9種類に分類している。前者の単一成分からなる紡績糸の場合には、太さむらのみを評価すればよいが、後者の混紡糸の場合には、太さむらに加えて混合むらも評価の対象とすることが必要である。すなわち、各成分繊維が特定の場所に集中することなく十分に混合され、一様に分布していることが重要である。Cox<sup>4)</sup>は成分繊維の配置の不均斉による混合むらを、糸断面内で異種繊維が不均斉な配置をしていることによるむら、糸断面における異種繊維の混合割合が不均斉なためによるむら、極めて長い周期のむら、の3種類に分類している。

従来は、特性の近似した各種繊維による混紡が行われていたが、最近では消費者ニーズの多様化、個性化、高付加価値化に対応するために繊維物性の極端に異なる繊維による混紡が行われている。しかし、現場では混合むらに関する基礎的な情報が不十分な状態のままで、これまでと同じ装置で生産を行っており、均一な混合を達成するためには高度な混紡技術の開発、混合状態の解析に関する研究が必要となっている。

## 1.2 従来の研究

これまで、混合むらの測定、評価に関する研究は糸を対象としたものが多く、1951年に立石、奥秋ら<sup>5)</sup>は混紡糸の断面において、繊維長、織度、繊維の剛軟性による形成状態の違いを論じている。1952年にLund<sup>6)</sup>は混合方式の違いによる糸



断面の構成繊維本数比のヒストグラムと外見の違いは繊維の凝集状態の違いによると報告している。1955年に淵野, 上野<sup>7)</sup>は市販の綿スフ混紡糸の断面を長さ方向に検鏡し, 混合率の分散を求め検討し, 1951年にF.Monfort, T.Neirynek<sup>8)</sup>は混紡糸の成分繊維本数の計測を行っている。また, 1955年に混紡糸の繊維束の断面をM.J.Coplan, M.G.Bloch<sup>9)</sup>, A.G.Hampson, W.J.Onions<sup>10)</sup>, およびM.J.Coplan, W.G.Klein<sup>11)</sup>らも同様に観察を行っている。さらに, 1951年にM.W.H.Townsend, D.R.Cox<sup>12)</sup>は糸むらについて言及し, 1954年に石川ら<sup>13)</sup>は羊毛・ビスコース混紡糸の羊毛を化学的に溶解除去し, 処理前後の糸むら曲線の比較を行い羊毛がむらの大きい状態で分散していると報告している。さらに, 1959年にW.J.Onions, R.L.Toshniwal, P.P.Townend<sup>14)</sup>は梳毛工程において紡績された黑白繊維のむらについて述べ, 1992年以降, 渡辺, 近田, 黒崎ら<sup>15)~17)</sup>はモデル糸および実際の混紡糸を用いて画像処理により糸むらの解析を行っている。

一方, 糸製造の前段階に位置しているスライバのような太い繊維束の場合には糸と比較して繊維の構成本数がはるかに多く, 糸と同様の手法では測定が困難であるので, スライバを対象とした研究は少なく混合むらの評価に関するものに留まっている。1953年にM.Hannah<sup>18)</sup>は梳毛英式前紡工程中, トップ相互間のむらの改善を理論的に研究し, 混合効果はダブリング数, パッケージの大きさ, ダブリングするときのボピンの組み合わせに依存すると報告している。1952年に石川ら<sup>19)</sup>はスライバの直角方向の断面繊維本数を読み取り, 混紡率の変動状態で混合むらを表している。1954年に大沢ら<sup>20)</sup>はスフ混紡スライバの練糸混合を行い, スライバ断面中における混紡率の変動を求め, 練糸回数が増えると変動係数が減少すると述べている。

今後は優れた特徴を有する混紡糸の生産が一層盛んになることが予測されており<sup>21) 22)</sup>, 今まで以上に混合むらの少ない高品質の混紡糸を生産することが求められている。混合むらの少ない糸を生産するためには, 糸段階よりも前工程のスライバ段階で成分繊維の混合状態を把握することが不可欠となっている。

### 1.3 本研究の目的と概要

前述のように, 混合スライバの混合むらを解明することは重要であるが, 現在



のところ、混合むらの発生原因、発生機構など基礎的なことについて論じられた報告は少なく、基本的な研究は不十分な状況にある。したがって、これらを解明することは緊急の課題であると考えられる。

一般に、混合スライバは多様な要素から構成されており、スライバの混合むらを考察することは複雑で、解明が非常に困難である。これらの構成要素において最も基本的であり、異繊維長の混紡糸が多く生産されていることから、本研究では異繊維長に着目する。繊維長の異なる繊維で構成された混合スライバの混合むらの解明により、その研究成果を他の要素からなる混合スライバに適用し、混合むらに関する知見をさらに発展させることが可能であると考えられる。

最近、画像処理などの計測技術、およびデータ処理機能の進展により、計測・解析・評価システムの精度と能率は飛躍的に向上し、これまで測定が困難であると考えられていた様々な分野においても計測が可能となってきた。本論文において対象としているスライバは、作業者の視覚により定性的に混合状態の評価が行われており、この分野に計測技術、およびデータ処理機能を適用することにより、定量的な評価が可能であると考えられる。

本研究は光技術、画像処理技術を応用して、従来、十分に検討されていなかった異繊維長で構成されたスライバの混合状態を詳細に測定、解析および評価を行うとともに、混合むらの発生機構、並びにスライバ混合の混合過程について基礎的に究明することを目的としている。

各章の概要は次のとおりである。

第2章「画像処理による混合むらの解析」では、画像処理技術を適用してスライバの混合むらの測定、評価する方法を検討した。白色および黒色繊維の異繊維長で構成された混合スライバ表面の画像処理を行い、各種プログラムで平均混合率および混合率の変動係数を求め、これにより混合状態を評価した。スライバ混合では、ギル回数の増加に伴い、混合がよく進行する。一方、原料混合ではいずれのギル回数においても良好な混合状態を示し、ギル回数が増加しても、混合はほとんど進行しないことからギル工程へ供給する以前に十分に混合が進んでいることを示した。また、スライバ混合においては、同繊維長で構成されたスライバは異繊維長より良好な混合状態となっており、供給方向では、R方向がF方向よ



り混合がよく進んでいることを示した。以上の結果は、視覚による評価と一致しており、画像処理技術は混合スライバの混合むらを定量化するために有効な手法であることを明らかにした。

第3章「長さ方向における混合むらと質量むらの関係」では、透過光・反射光によりスライバの中央部分の混合むらを長さ方向に連続的に測定する方法、およびスライバ断面の繊維本数を計測する方法で成分繊維の混合むらを解析し、スライバ構造を検討し、前章の成果をさらに発展させた。その結果、成分繊維の繊維長の差が混合スライバの構造に及ぼす影響は大きく、差の大きい程、混合むらが大きく、スライバの太い部分に短繊維が偏在し、太さが増加する部分では短繊維の本数が多く、太さが減少する部分では長繊維の本数が多くなる傾向を示した。また、混合むらは、太さむらと密接な関係を有し、太さむらが大きければ、混合むらも大きな値を示すことを明らかにした。

第4章「異繊維長で構成されたスライバの構造解析」では、前章の成果をさらに拡張し、ローラドラフトされた混合スライバ全体の成分繊維の本数を十分な長さにあわせて詳細に実測し、スライバの長さ方向の構造を解析するとともに、画像処理技術の適用の可能性を検討した。太い部分では短繊維の断面繊維本数、細い部分では長繊維の断面繊維本数が多いことを示し、この傾向はドラフト比およびローラゲージの増大により、一層、顕著になることを明らかにした。スライバの長さ方向における長繊維と短繊維の断面繊維本数の変化は相関を有し、短繊維の位相が少し進んでいることを示した。ドラフト比およびローラゲージの増大により、相関係数のピークの値は増大するが、位相は変化しないことを示した。また、画像処理技術がスライバの構造解析に適用できることも明らかにした。

第5章「ドラフトによる混合むらの発生機構」では、プロセスを構成する要素間の関係を用いて、混合スライバのドラフトプロセスを解析した。供給スライバと紡出スライバの関係を表す式を構築し、計算により供給スライバの太さから紡出スライバの太さを求めた。実際に、混合スライバをドラフトして得られた実験結果と計算結果はほぼ一致した。この結果、異繊維長で構成されたスライバの混



合むらの発生機構はドラフト域における変速点の挙動によると考察した。すなわち、短繊維と長繊維は異なる変速点を持ち、短繊維における変速点の変動は長繊維のそれより大きいことから、前章で示した構造むらが紡出スライバに発生すると理論的に解明した。

第6章「ラインイメージセンサによるオンライン計測」では、産業界の生産工程において、製品の工程管理を行うために用いられているラインイメージセンサをギル機に装着し、紡出スライバの幅方向の混合状態を長さ方向に沿って詳細に測定し、幅方向および長さ方向の混合状態を解析した。スライバの混合状態をラインイメージセンサで連続的に測定し、ビデオ信号を三値化することにより、しきい値に関する指標および塊の大きさに関する指標を用いて、混合欠陥を検出する方法を提案した。現実適合した、しきい値と大きさの指標を設定し、ギル回数および供給方向が欠陥数に及ぼす影響を求め、測定結果を評価した。その結果、本方式が欠陥の検出に有効であることを示した。

第7章「結論」では、各章で得られた結果をまとめて結論とした。



## 第2章 画像処理による混合むらの測定

### 2.1 緒言

従来から、スライバの混合むらの評価は、豊富な経験をもつ高度に熟練した作業者の官能検査により行われている。しかし、この方法は視覚的および定性的な評価であり、同一個人および作業者間の感覚にばらつきが存在し、測定方法および評価方法に問題がある。スライバの混合むらの定量的な評価法には、スライバ中の繊維の配列を顕微鏡もしくは拡大鏡を用いて計測する方法がある。ところが、この方法は多大の労力と時間が必要であり、しかも測定方法、評価方法はまだ基準化されていない。したがって、生産現場では糸の強度測定、あるいは編立てしたニットの外観を視覚的判断により、評価を行っているのが現状である。しかも、これらの方法は結果が明らかになるまでに相当の時間を要し、結果の良否を現場へフィードバックし、品質向上を図ることが困難である。

最近、一般化してきた画像処理技術を用いて、速やかに、かつ容易にスライバの混合状態を測定し、評価できれば、いち早く、結果を生産現場へフィードバックし、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、この画像処理技術による評価法は定量的であるので評価者間の差、評価者個人のばらつきなどをほとんど解消することが出来、また、高度な技能を必要とせず、初心者でも常に安定した評価を行うことが可能である。そこで本章では、これらの問題の解決を図るために画像処理技術を用い、スライバの混合むらを客観的に測定、評価する方法を検討した。さらにギル回数、スライバを構成している繊維の繊維長、スライバの供給方向、繊維の混合方式がスライバの混合むらに及ぼす影響を求め、視覚による評価と比較し、画像処理技術適用の可能性を検討した。

### 2.2 混合むらの定量化

本節では、様々な条件で作成した混合スライバの表面をビデオカメラで撮影し、この画像の画像処理を行い、混合むらを定量的に評価する手法を述べる。



### 2.2.1 実験装置

混合むらを定量的に評価するために使用した実験装置の計測システムの構成図を図2.1に示す。試料であるスライバの表面状態をモニターテレビで確認しながら、ビデオカメラで撮影し、ビデオ信号を画像処理装置(PIAS製LA-525)へ入力する。画像処理により、1画素を黒色から白色までの256段階の色の濃淡で表す。本研究ではこの色の濃淡を「輝度」と呼ぶ。1回の画像処理で、試料から画像データを取り込む領域はスライバの幅方向40mm、長さ方向80mmである。画素数は幅方向200画素、長さ方向400画素となり、1画素は $0.04\text{mm}^2$ である。また、1ドットは0.2mm、繊維1本の太さは $19.2\mu\text{m}$ であるので、1ドットは繊維10.4本分に相当する。スライバの表面を撮影した後、スライバを長さ方向に80mm移動させる。この作業を5回繰り返し、1試料あたり40cmずつ撮影を行い、画像処理を行った。

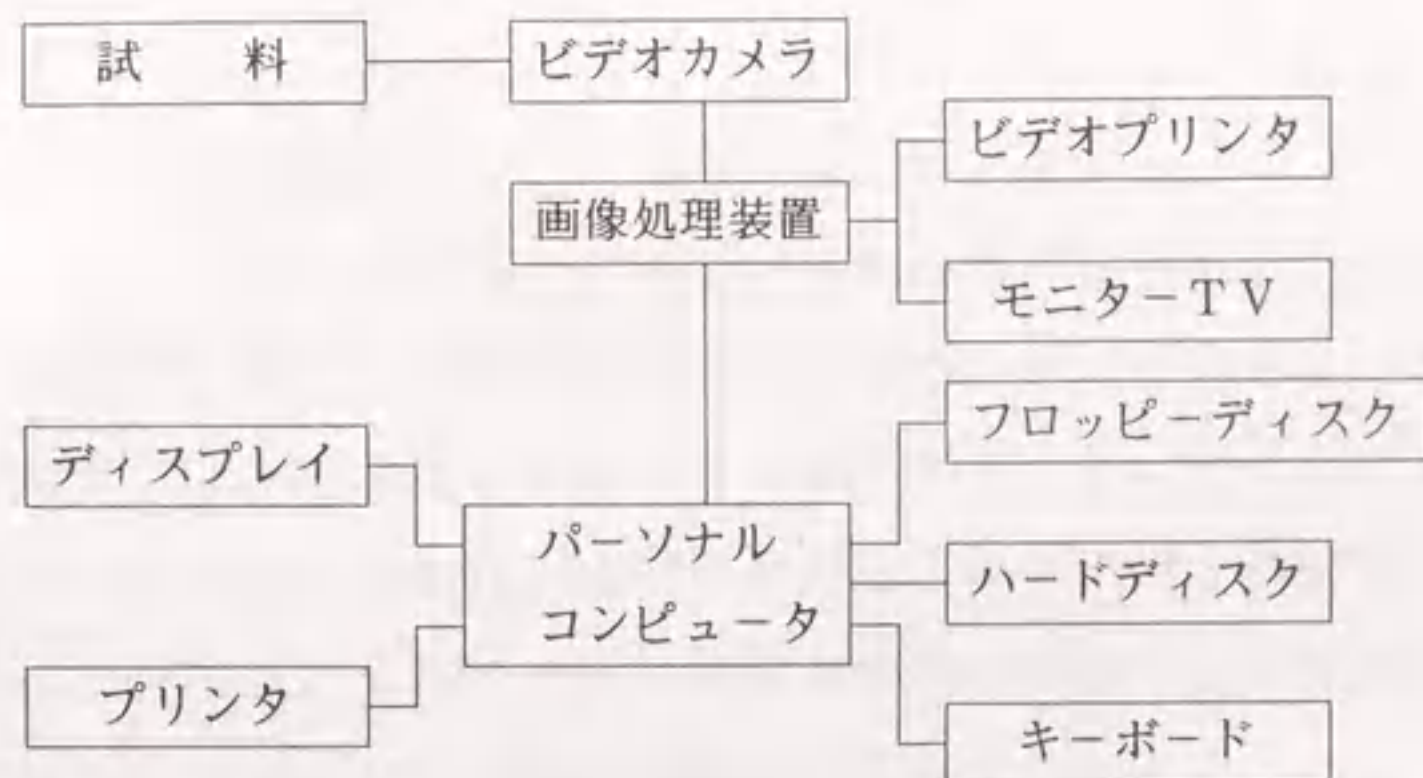


図2.1 実験装置の計測システム

### 2.2.2 ギル機の概要

ギル機を用いて様々な加工条件により、試料を作成する。ギル機とは梳毛紡績のトップの製造、あるいは前紡工程で使用される紡績機械の1種である。本研究に使用したギル機は図2.2に示すように、上下にフォアラを有する仏式インターセクティングギル機である。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であり、この間に127本の針が植えられているくし状のフォアラが上側に12本、下側に16本取り付けられている。このフォアラがミドルローラの表面速度と同じ、もしくは少し早い速度でフロントローラの方へ移動する。これにより、



スライバ中の浮遊繊維の不規則な運動を制御し、繊維をくしけずりながら、平行および直線状にする機能を有する。

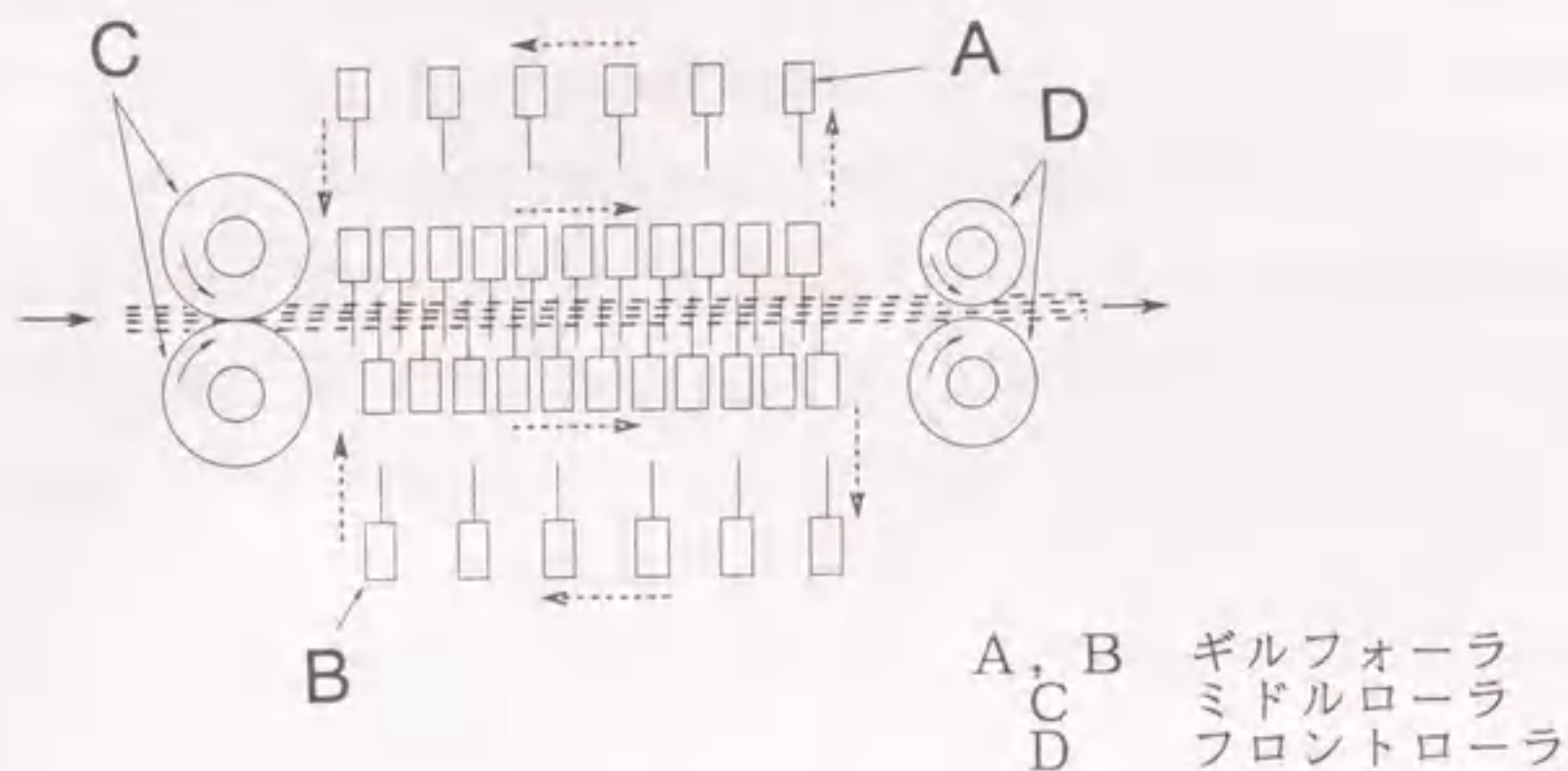


図 2. 2 ギル機の概要

### 2.2.3 混合率換算曲線の作成

本研究において、測定対象となる試料は繊維長の異なる長繊維と短繊維で構成された混合スライバ、あるいは同繊維長同士の混合スライバである。成分繊維の双方が同色の場合には、画像処理では両者を識別することはできない。長繊維、短繊維とも、元は白色であるから、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、白色繊維と黒色繊維からなる混合スライバとし、画像処理装置で識別ができるようにした。

黒色繊維からなる黒色スライバは視覚としては黒色に、白色繊維からなる白色スライバは白色と判断できる。しかし、これらのスライバの画像処理を行い、輝度で示すと黒色スライバは図2.3(A)のように輝度40付近を中心に局部的に集中して表れる。白色スライバは図2.3(B)に示され、輝度240付近に集中して分布する。白色繊維と黒色繊維を50%ずつ十分に混合したスライバは視覚的には灰色に見えるが、画像処理を行い、輝度で示すと図2.3(C)のように輝度150付近を中心に輝度100から200まで分布している。

このように視覚的には黒色、白色、灰色に見えるスライバの混合状態を画像処理により輝度で定量化することができる。しかし、輝度では白色繊維と黒色繊維の混合状態を定量的に評価できないので、輝度を黒色繊維の混合率に変換して評



価することが必要である。あらかじめ、同繊維長からなる白色スライバと黒色スライバの質量混合率を変化させ、ギル機でスライバ混合を行い、ダブリングとドラフティングを5回繰り返す、黒色繊維の混合率が0～100%の間で11段階の混合スライバを作成した。本節では平均の質量混合率が50%の混合スライバを評価試料としているので、一層正確な結果を得るために黒繊維の混合率が40～60%の範囲内では特に5段階の試料を作成し、精度の向上を図った。換算曲線作成用スライバ試料の明細を表2.1に示す。各種混合スライバの輝度を測定し、輝度と混合率の関係を求め、図2.4に示す。

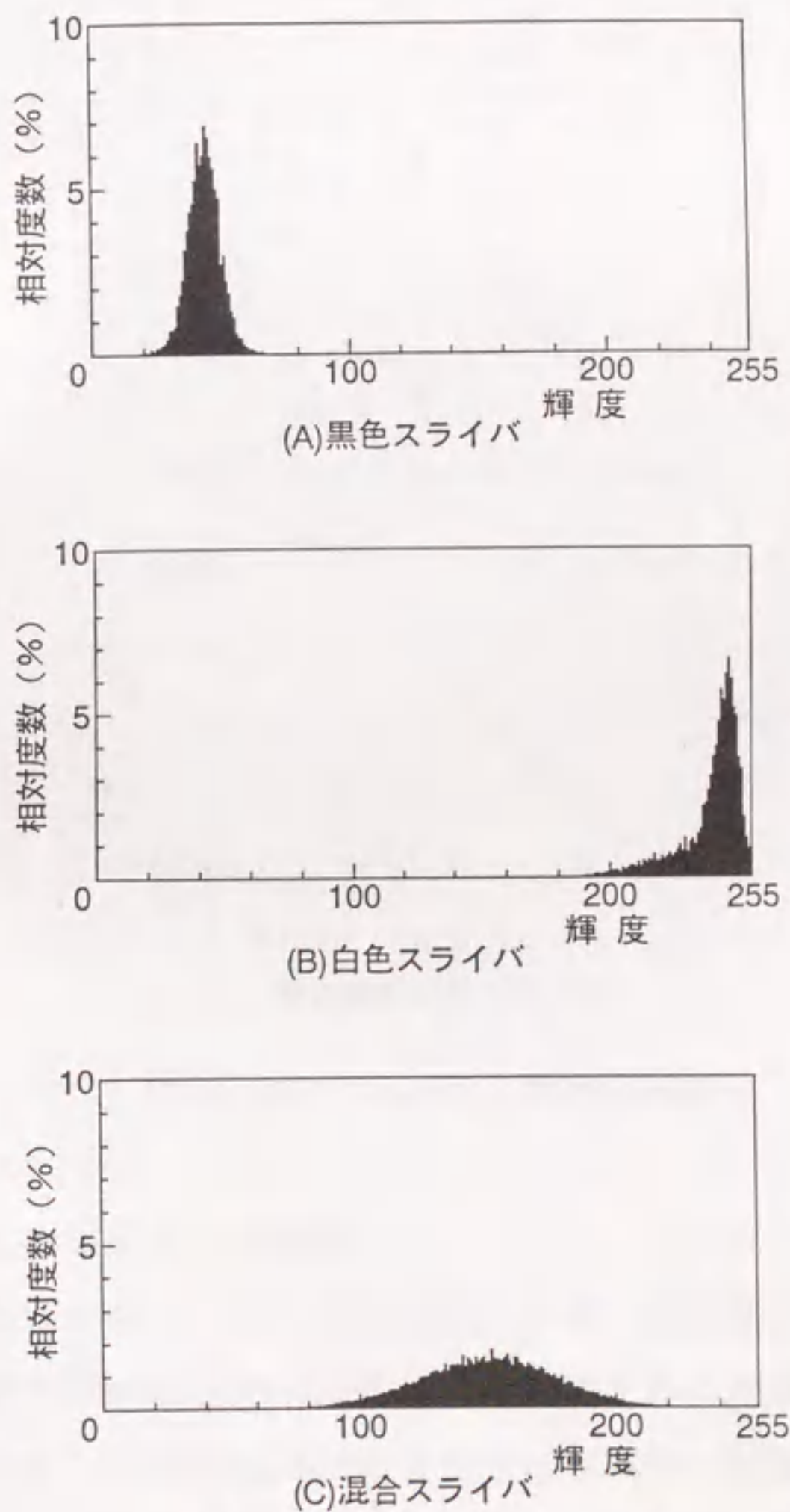


図2.3 輝度のヒストグラム



表2.1 換算曲線作成用スライバ試料の明細

No.	繊維の種類	織度	色	繊維	混合率
1	アクリル	3 d	黒色	76mm	0%
			白色	76	100
2	アクリル	3 d	黒色	76	16
			白色	76	84
3	アクリル	3 d	黒色	76	33
			白色	76	67
4	アクリル	3 d	黒色	76	39
			白色	76	61
5	アクリル	3 d	黒色	76	45
			白色	76	55
6	アクリル	3 d	黒色	76	49
			白色	76	51
7	アクリル	3 d	黒色	76	55
			白色	76	45
8	アクリル	3 d	黒色	76	59
			白色	76	41
9	アクリル	3 d	黒色	76	67
			白色	76	33
10	アクリル	3 d	黒色	76	83
			白色	76	17
11	アクリル	3 d	黒色	76	100
			白色	76	0

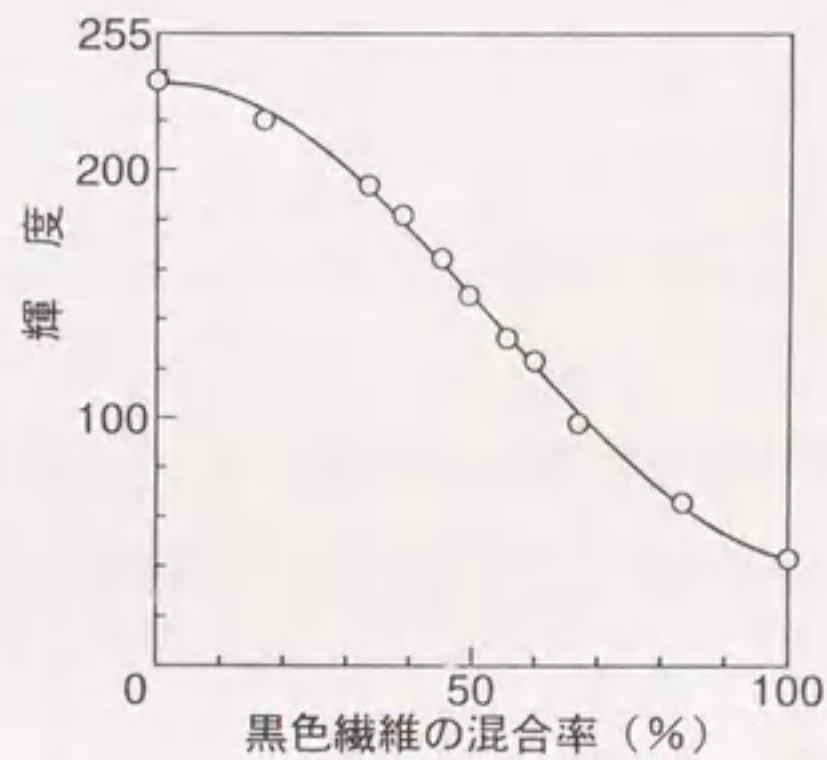


図2.4 混合率と輝度の関係

#### 2.2.4 混合むら評価用試料の作成

表2.2は混合むらを評価する試料の明細を示す。繊維素材はアクリル、織度は3 d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のスライバ（以降、繊維長76/76mmと称する）の2種類である。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，およびギル工程の前工程においてすでに繊維を混ぜ合わせられた原料混合の2方式である。また，スライバの供給方向には，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Reverse方向（以後，R方向とする）と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Forward方向（以後，F方向とする）の2種類がある。生産工場ではR方向が採用されている。ギル回数を5回とし，ギル回数，繊維長，供給方向，混合方式を組み合わせて試料を作成した。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。これを防ぐために，表2.3のダブリング計画に基づき，ダブリングを行い，測定時の試料の太さが等しくなるようにした。ちなみに，ギルを3回行うとトータルダブリング数216回，ギル5回で7,776回となる。

表2.2 試料作成に用いたスライバの明細

No.	繊維の種類	織度	色	繊維長	混合率	混合方式	供給方向
1	アクリル	3 d	黒色	64mm	50%	スライバ混合	R
			白色	76	50		
2	アクリル	3 d	黒色	76	50	原料混合	F
			白色	76	50		
3	アクリル	3 d	黒色	76	50	スライバ混合	F
			白色	76	50		
4	アクリル	3 d	黒色	76	50	スライバ混合	R
			白色	76	50		

表2.3 各工程のダブリング計画

測定時のギル回数	全ギル回数	ダブリング数	ドラフト比	トータルダブリング数	トータルドラフト比
1	1	6	6	6	6
2	1	6	6	36	36
	2	6	6		
3	1	6	6	216	216
	2	6	6		
	3	6	6		
4	1	6	6	1,296	1,296
	2	6	6		
	3	6	6		
	4	6	6		
5	1	6	6	7,776	7,776
	2	6	6		
	3	6	6		
	4	6	6		
	5	6	6		



本章では、各種の加工条件により作成された混合スライバの輝度を測定し、各種プログラムで画像処理を行った。図2.4により、輝度を黒色繊維の混合率に換算し、混合率の平均値を求め、平均混合率とした。さらに混合率の標準偏差を平均混合率で除した混合率の変動係数を求め、これらを統計的に処理し、混合状態に関する情報を評価した。

### 2.3 加工条件が混合むらに及ぼす影響

ギル回数、スライバを構成している成分繊維長、スライバの供給方法および混合方式の加工条件が混合むらに及ぼす影響について詳細に考察する。

#### 2.3.1 工程の影響

本項では、ギル回数が混紡スライバの混合状態に及ぼす影響を検討する。繊維長76/76mmでR方向にスライバ混合を行い、ギルを5回行った場合のスライバの表面写真を図2.5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1回では白色スライバ、黒色スライバは全く分離している。ギル2回では白色繊維、黒色繊維はまだ、部分的に集合しており、それほど混合していない。ギル回数の増加により、次第に混合が進み、ギル4回および5回では全面に白色繊維および黒色繊維が散在し、スライバの表面は灰色となり、混合がよく進行していることを示す。

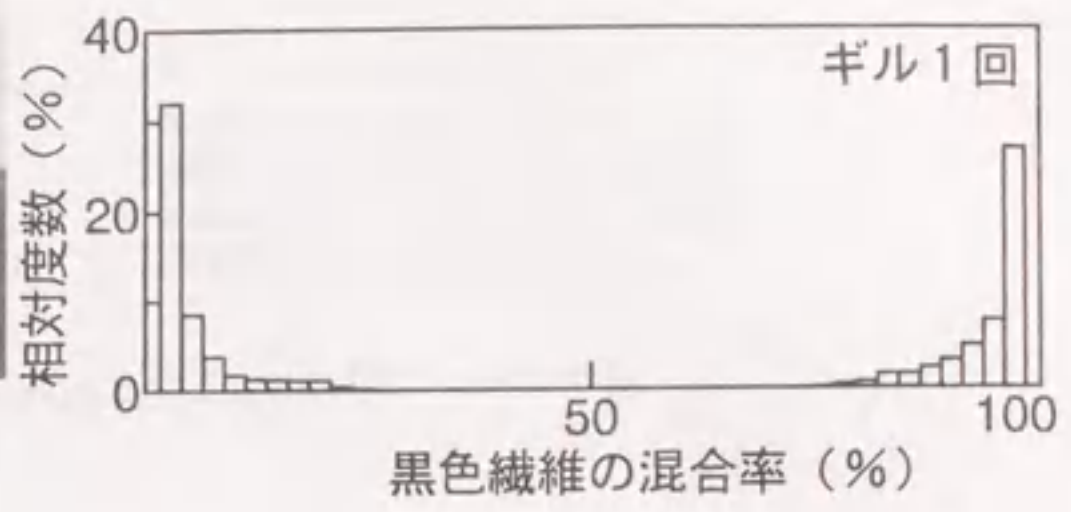
図2.6は各ギル回数における混合率のヒストグラムをまとめたものである。ギル1回では0%と100%の両端に大きなピークを有しており、前述の写真における白色スライバと黒色スライバが全く混合されていないことと対応している。ギル2回でもまだ白色繊維と黒色繊維に分離している。しかし、部分的には混合している。以降、ギル回数が増加すると分布の範囲が狭くなり、50%付近のピーク値が次第に大きくなっていく。ギル5回では50%付近を中心に左右に分布し、混合が進み、均一な混合状態となったことを示している。

図2.7に黒色繊維の混合率に及ぼすギル回数の影響を示す。スライバ混合および原料混合いずれの場合もギル回数によらず、混合率の平均値は50%付近に分布している。これはギル機に供給したスライバの白色繊維と黒色繊維の混合率が50

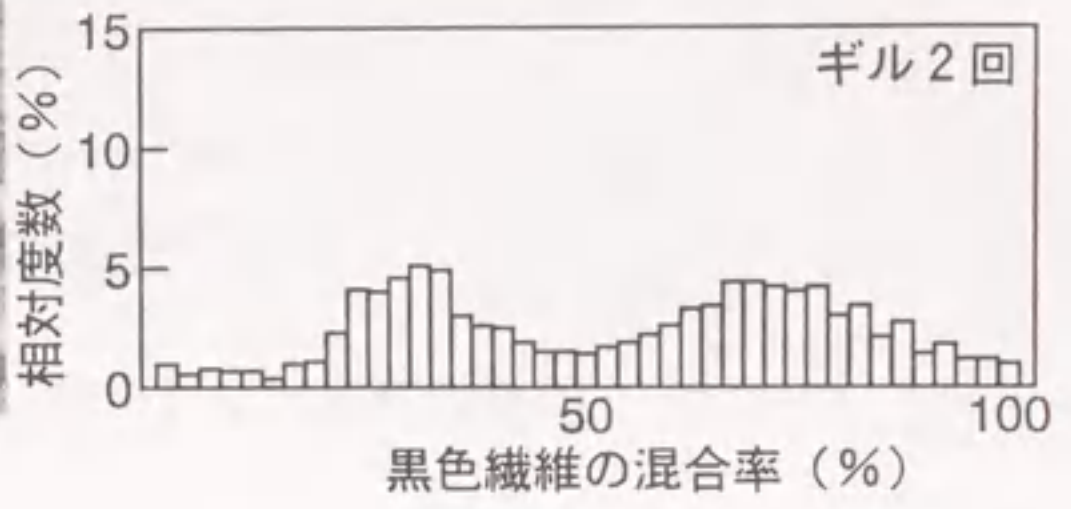




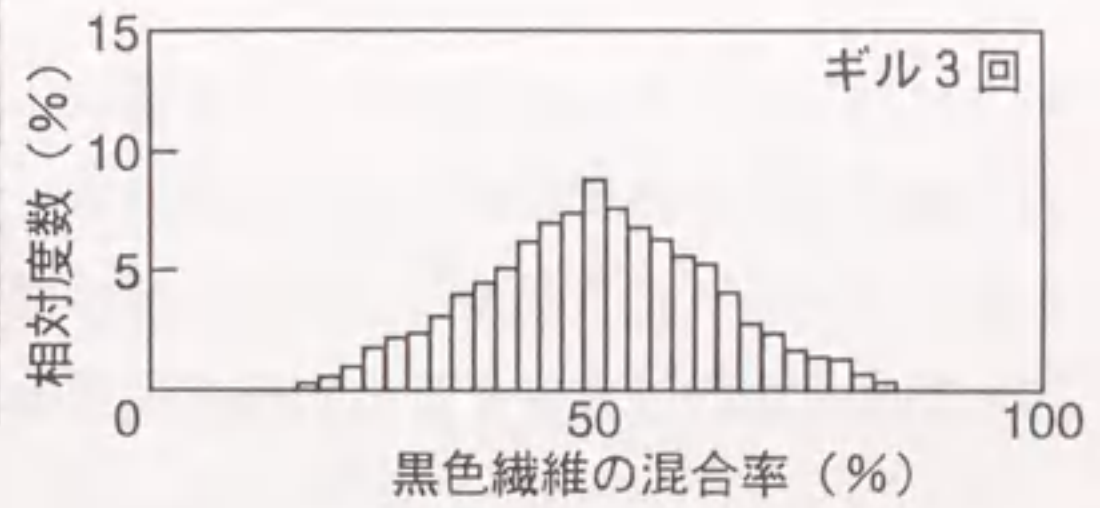
ギル 1回



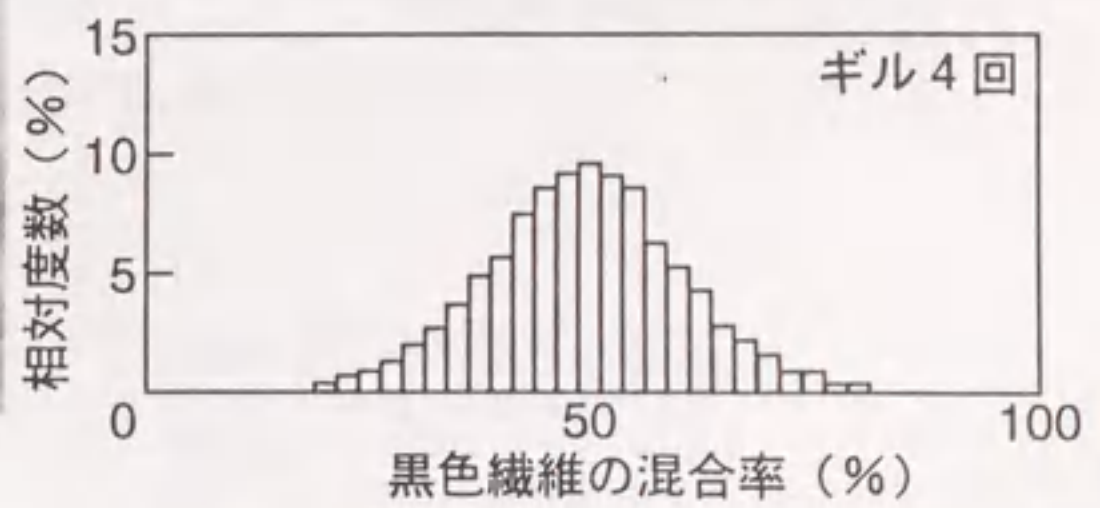
ギル 2回



ギル 3回



ギル 4回



ギル 5回

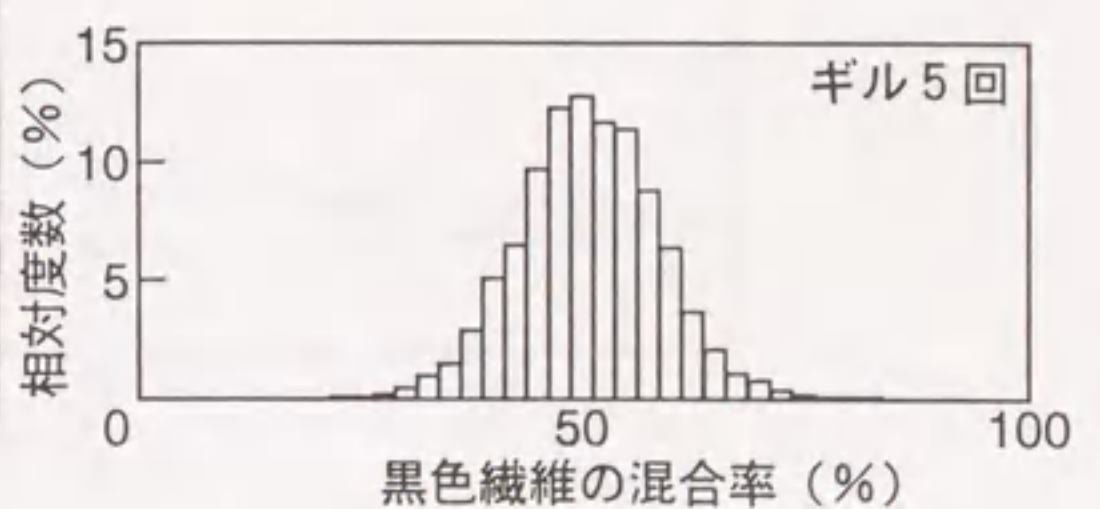


図2. 5 混合スライバの様相

図2. 6 混合率のヒストグラム



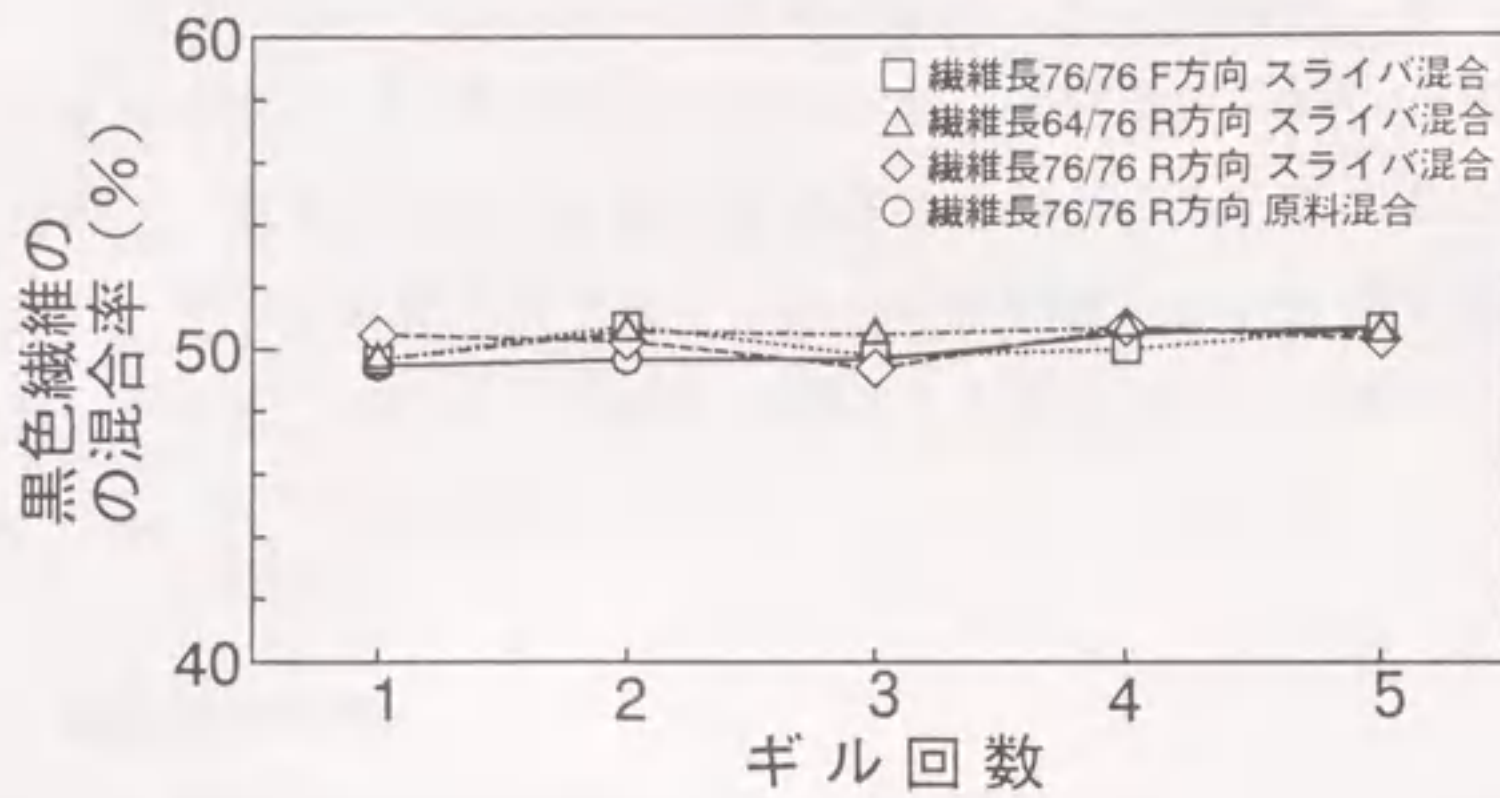


図2.7 混合率に及ぼすギル回数の影響

%であることに対応している。

混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響を図2.8に示す。スライバ混合において、ギル回数の初期では変動係数は大きな値を示し、白色繊維と黒色繊維はほとんど混合していない。以後、ギル回数の増加に伴い、変動係数が減少し、混合が進んでいくことを示している。ギル4回あるいは5回で変動係数は一定値に収束する傾向が見られ、混合が良好となったことを示している。

一方、原料混合スライバの変動係数の値はスライバ混合と比較すると小さく、しかもギル回数によらず、ほぼ一定の値である。

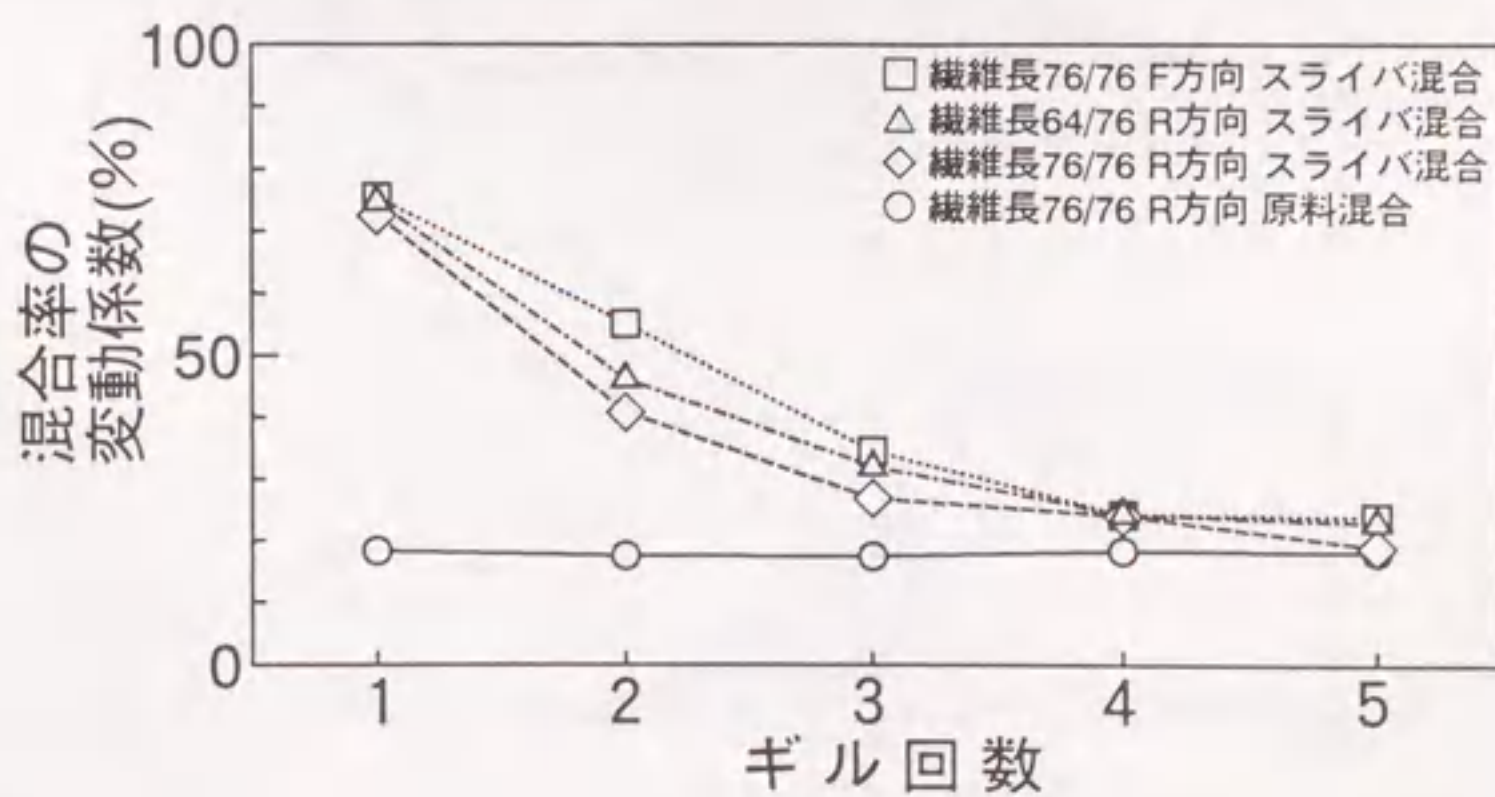


図2.8 混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響



スライバ混合においては、ギル回数が増加しても白色繊維と黒色繊維は長さ方向において混合率は50%ずつ同じ割合で存在している。しかし、変動係数は減少することから、混合は十分に進行していることがわかる。このことはギル回数の増加に伴い、ダブリングとドラフティングの影響が大きいものと推測され、スライバ混合はダブリングとドラフティングにより混合が進行していくことを示唆している。

### 2.3.2 繊維長の影響

本項では、繊維長76mmと繊維長76mmの同繊維長、および繊維長64mmと繊維長76mmの異繊維長よりなる2種類の混紡スライバを、F方向にギルを3回行って作成した試料について考察する。F方向のスライバを用いたのは混合むらが顕著に現れるからである。

図2.9に、構成繊維長が異なる場合の混合率のヒストグラムの比較を示す。図において両者の間には顕著な差はみられないようであるが、異繊維長では分布が広がっており、変動係数を求めると32.1%と同繊維長の26.9%より大きく、繊維長が異なる場合には同繊維長ほど混合が進まないことを示している。

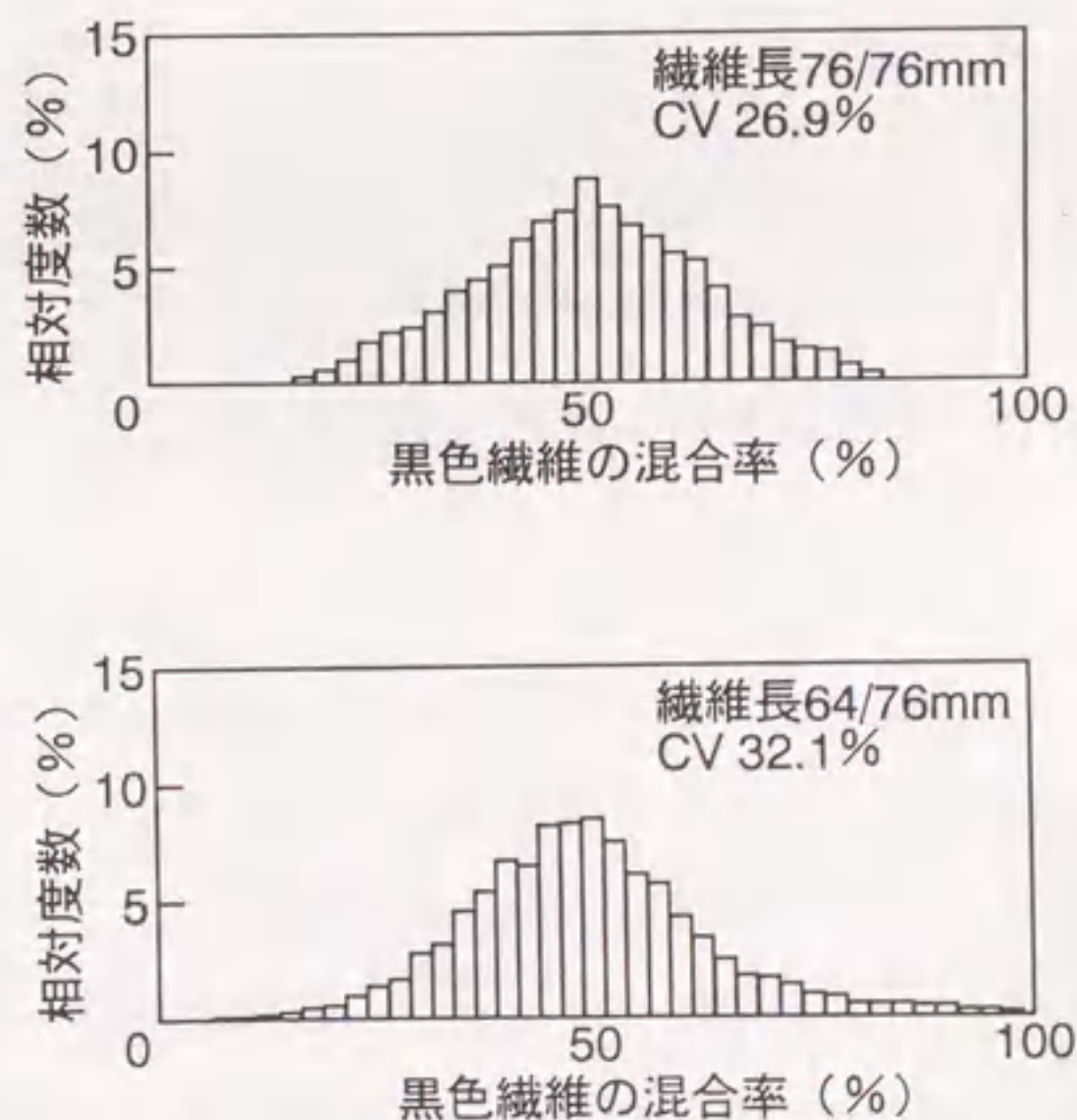


図2.9 構成繊維長が異なる場合における混合率のヒストグラム



### 2.3.3 供給方向の影響

本項では、ギルを3回行った同繊維長（76/76mm）からなる混合スライバの供給方向がF方向とR方向の場合の混合むらを検討する。

図2.10に混合率のヒストグラムを示す。F方向は分布の幅が広いが、R方向は狭い。さらに変動係数はF方向は34.6%であるが、R方向は26.9%とF方向より小さな値であり、良好な混合状態を示している。R方向の場合、ギル機へ供給するたびに、スライバの供給方向を反転させているので、スライバ中のフック繊維の減少により、繊維の平行度が向上し、混合がよく進むものと考えられる。

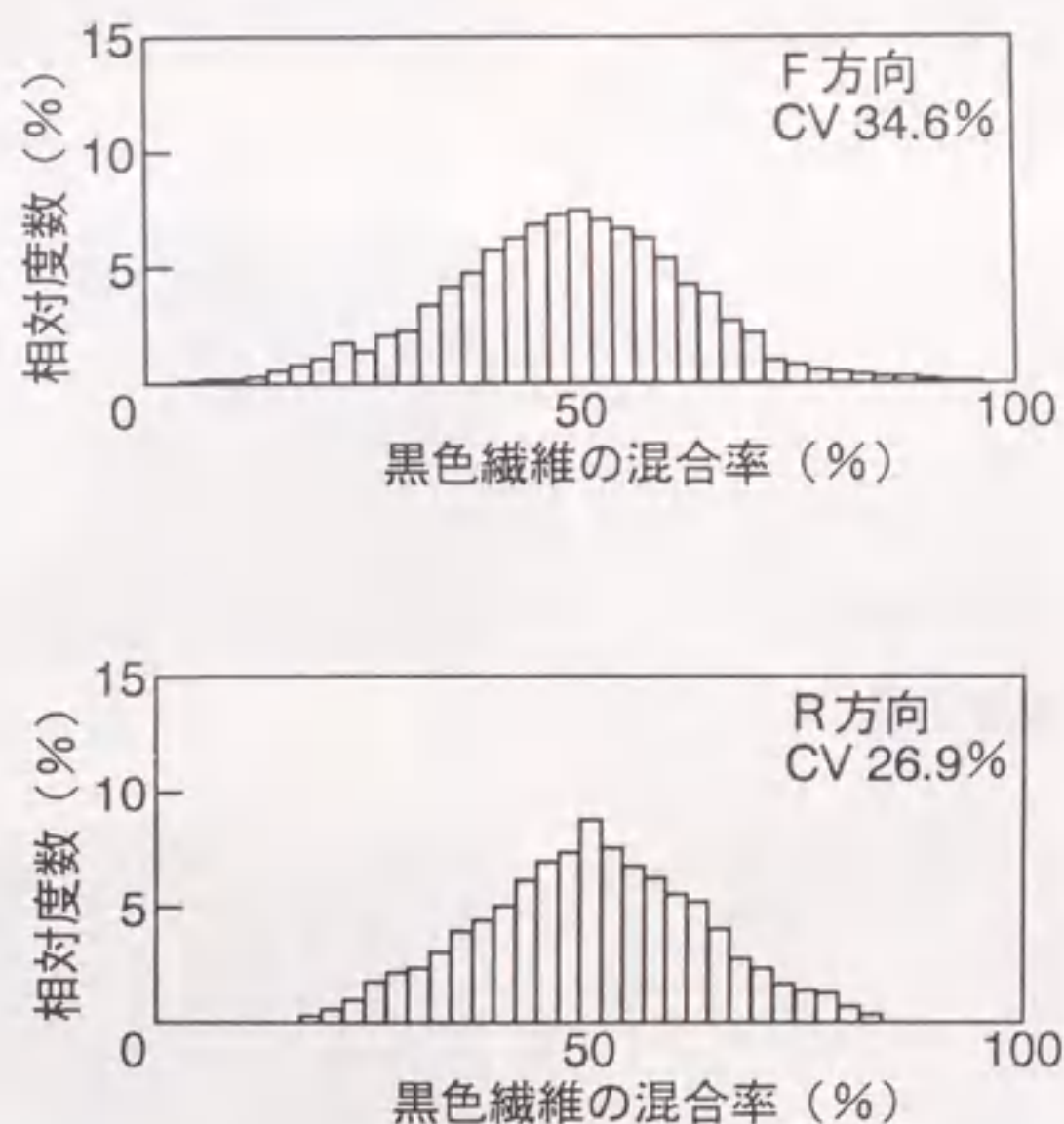


図2.10 供給方向が異なる場合における混合率のヒストグラム

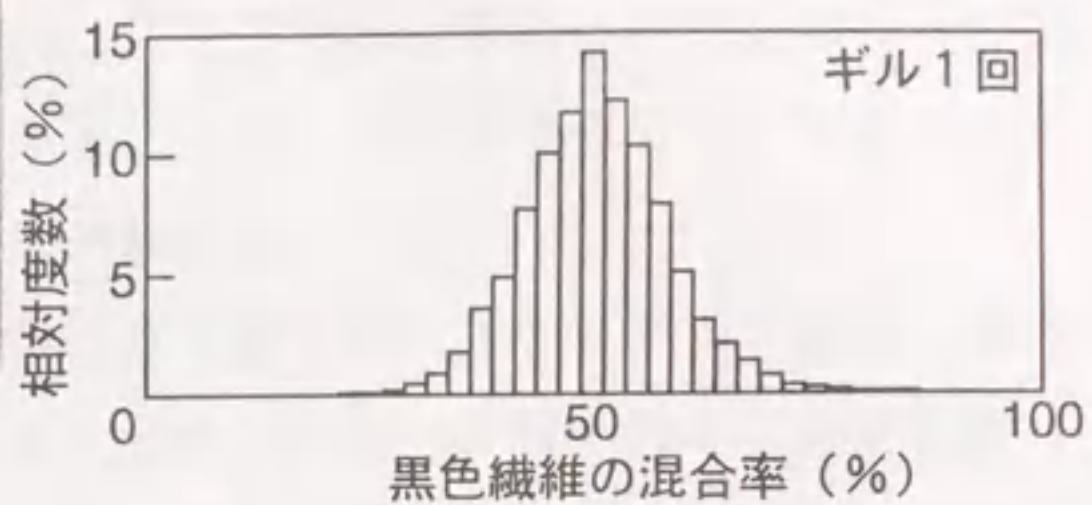
### 2.3.4 混合方式の影響

スライバの混合方式は大別して原料混合とスライバ混合に分けられる。本項では、混合方式の違いによる混合むらを考察する。図2.11に繊維長76/76mmの原料混合スライバを、R方向に5回ギルを行った際のギル1回から5回までの表面の様相を示す。スライバ混合においては、ギル回数により次第に様相が変化したのに対して、原料混合の大きな特長は1回でも5回でも、ギル回数によらず、ほぼ同様な様相を示していることである。

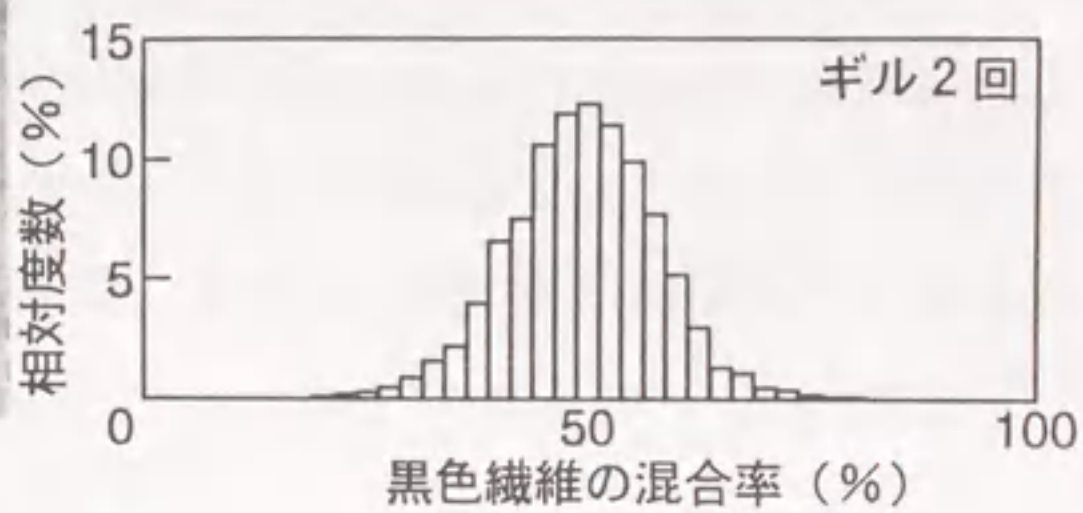




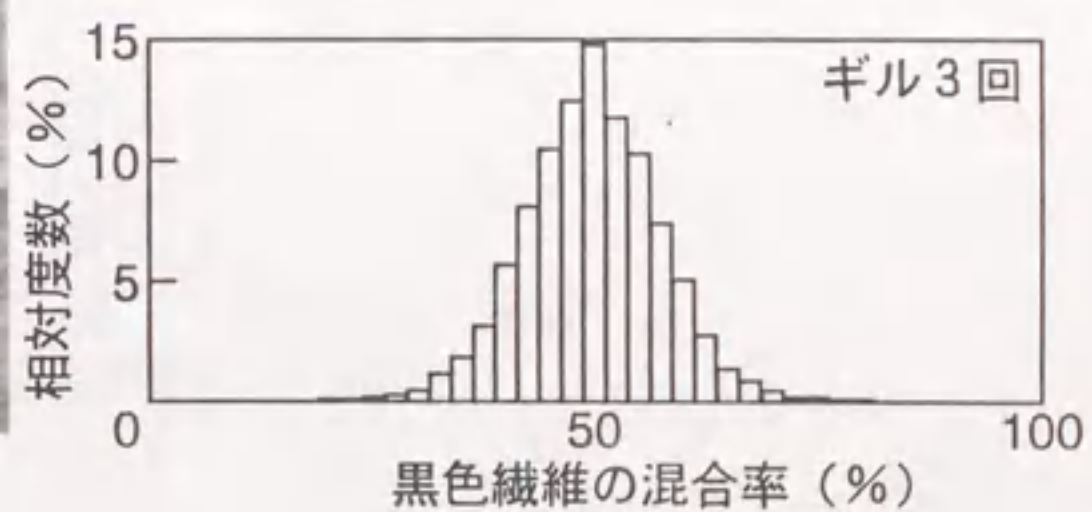
ギル 1回



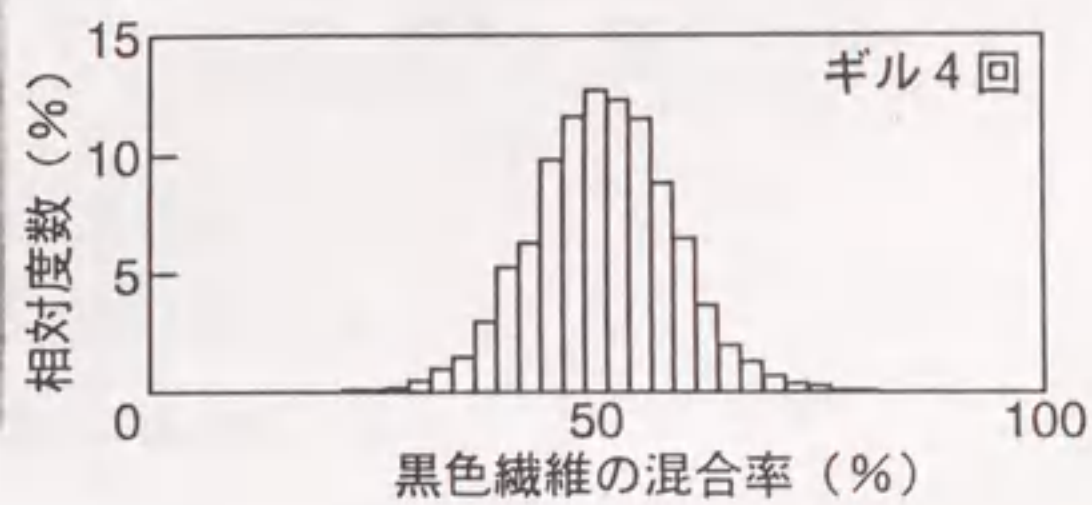
ギル 2回



ギル 3回



ギル 4回



ギル 5回

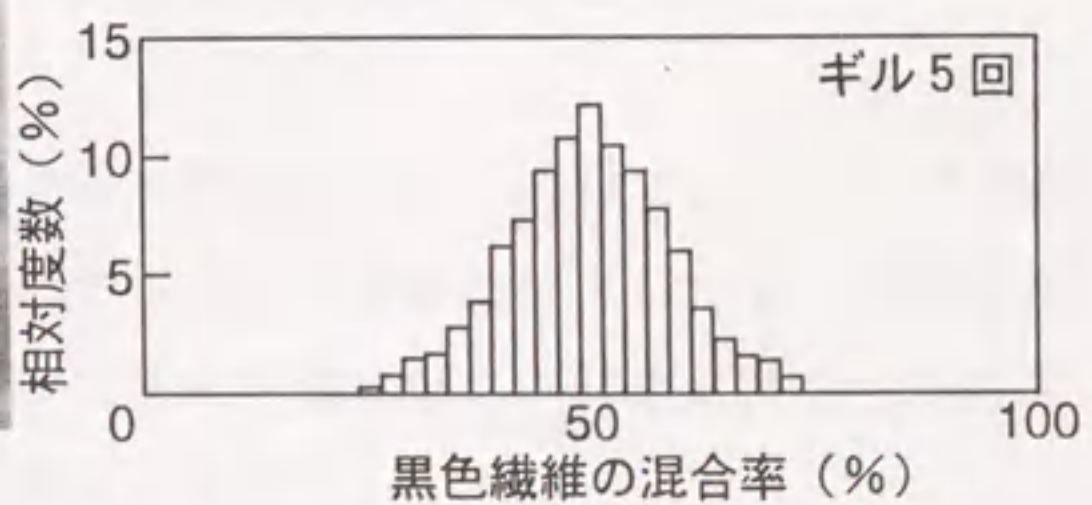


図 2. 1 1 原料混合スライバの様相 図 2. 1 2 混合率のヒストグラム



図2.12は各ギル回数における混合率のヒストグラムである。いずれのギル回数においても50%付近をピークに左右に分布し、図2.6におけるスライバ混合のヒストグラムとは著しく異なっていることがわかる。

図2.13は原料混合とスライバ混合における混合率のヒストグラムである。両者とも50%付近にピークが見られるが、原料混合の方が分布幅が狭く、変動係数は17.5%とスライバ混合の26.9%と比較して小さな値であり、良好な混合を示している。このことより、スライバ混合はギル回数の増加により、混合が次第に進行していく。しかし、原料混合においてはギル回数が増加しても、ほとんど混合は進行しておらず、ギル機に供給する段階で、すでに十分に混合が進んでいると思われる。

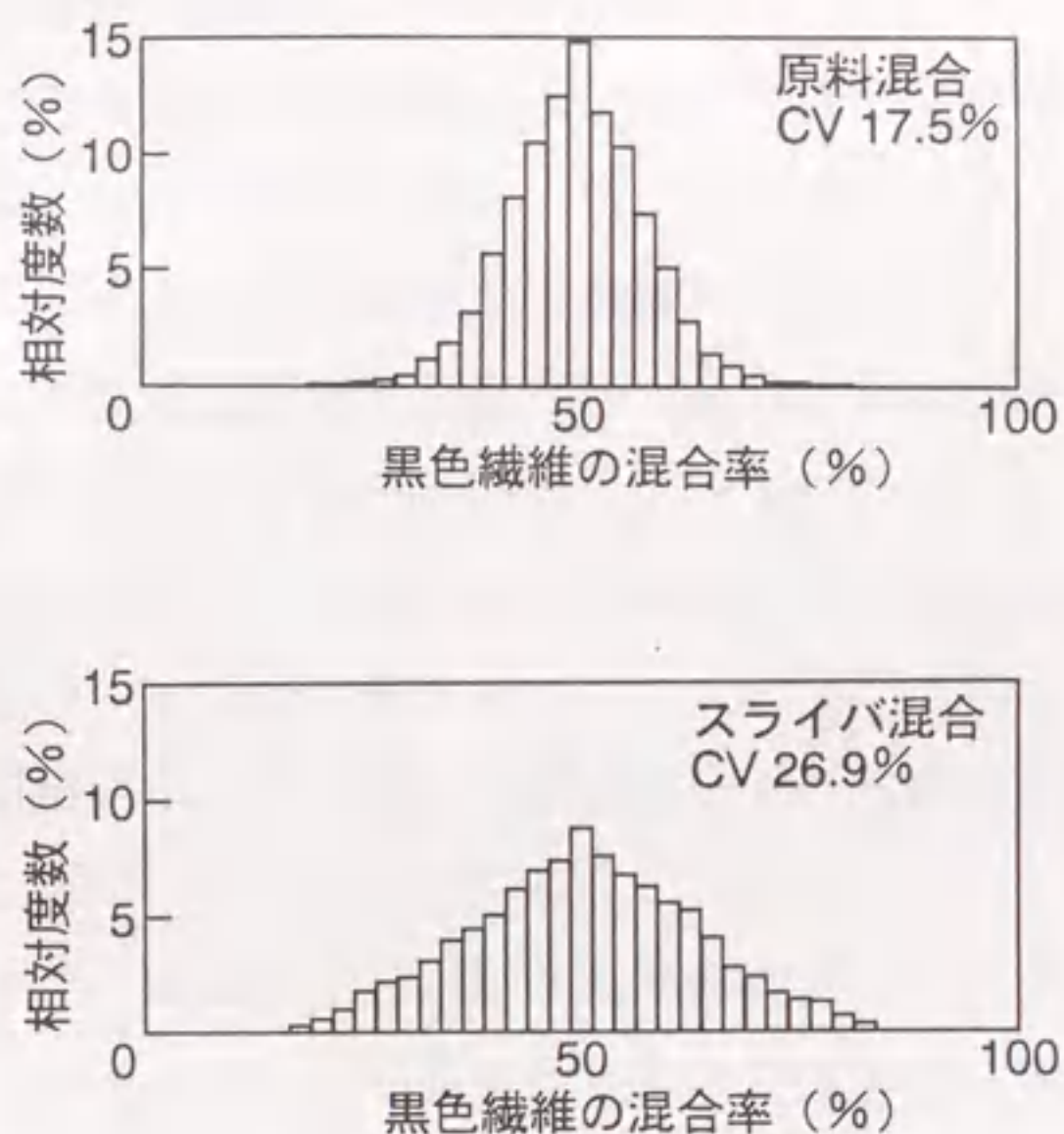


図2.13 原料混合とスライバ混合の比較

以上の結果は、視覚による評価結果と同じ傾向を示す。視覚ではスライバの混合状態、および混合過程の評価を定量化することはできない。しかし、画像処理技術ではこれらを定量化することが可能であり、混合むらの評価に画像処理技術を適用することは有効な方法であると考えられる。

しかしながら、本手法の適用範囲は、成分繊維が異色の繊維から構成される場



合であり、同色の場合には成分繊維を別々に識別し、測定することができないので、評価および解析を行うことはできない。

## 2. 4 結 言

混合スライバの表面をビデオカメラにより撮影し、画像処理装置により、輝度を求めた。この輝度を黒色繊維の混合率に換算し、スライバの混合むらを定量的に評価した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 輝度と黒色繊維の混合率の関係を示す回帰曲線を用いて、混合スライバにおける黒色繊維の混合率を求めることができる。
- (2) スライバ混合の場合、ギル回数の増加により混合率の変動係数は著しく減少する。すなわち、混合が進行する。一方、原料混合では、いずれのギル回数においても混合率の変動係数は小さく、ほぼ同じ値であり、ギル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。すなわち、ギル回数が増加しても混合はほとんど進行しない。
- (3) スライバ混合において、同繊維長同士の混合は、異繊維長の場合より混合率の変動係数が小さく、良好な混合を示す。
- (4) 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。

これらのことより、本章で示した画像処理技術により、容易に混合むらに関する情報を得ることができる。この結果は視覚による評価と同様の傾向を示しており、画像処理技術は混合スライバの混合むらを定量化するために有効な手法である。



## 第3章 スライバの長さ方向における混合むらと 質量むらの関係

### 3.1 緒言

第2章において、画像処理装置による混合むらの測定、評価および解析を行ったところ、スライバ表面の混合むらについて定量化が可能であることを示した。また、スライバの混合状態は厚さにより、異なるといわれている。

本章では、透過光・反射光を利用して長さ方向に連続的にスライバの混合むらを測定する方法、およびスライバの任意の断面における繊維本数を計測する基礎的な方法で、異繊維長で構成されたスライバの長さ方向における成分繊維の混合むらを解析し、スライバ内部の混合状態を解明することを目的とした。

### 3.2 実験方法

#### 3.2.1 透過光・反射光による混合むらの測定

ギル機から紡出されてくるスライバの混合むらを近田ら<sup>2,3)</sup>が開発した実験装置を用いて連続的に測定した。

図3.1(A)は実験装置の概要である。ギル機のフロントローラから送り出されたスライバは、フロントローラと同じ表面速度で回転する一対のローラに架けられた10数本の細いスプリングバンド上を移動する。スライバの中央部分に進行方向に沿って10cmの間隔で透過光と反射光の2組の検出器を配置した。

図3.1(B)は(A)の1-1'断面を示したものである。2個の投光器L, L'は通過するスライバの平面に対し、それぞれ45度の角度で二方向から照射する。照射された部分の垂直上方に取り付けた受光器Rで反射光量を検出する。

図3.1(C)は(A)の2-2'断面を示す。投光器Lは通過するスライバに対して下から垂直上方に光を照射し、受光器Rで透過光量を検出する。このように1組はスライバからの反射光量、他の1組はスライバの透過光量を長さ方向に連続して検出し、両光量によりスライバの長さ方向に沿った質量むらと混合むらを評価する。



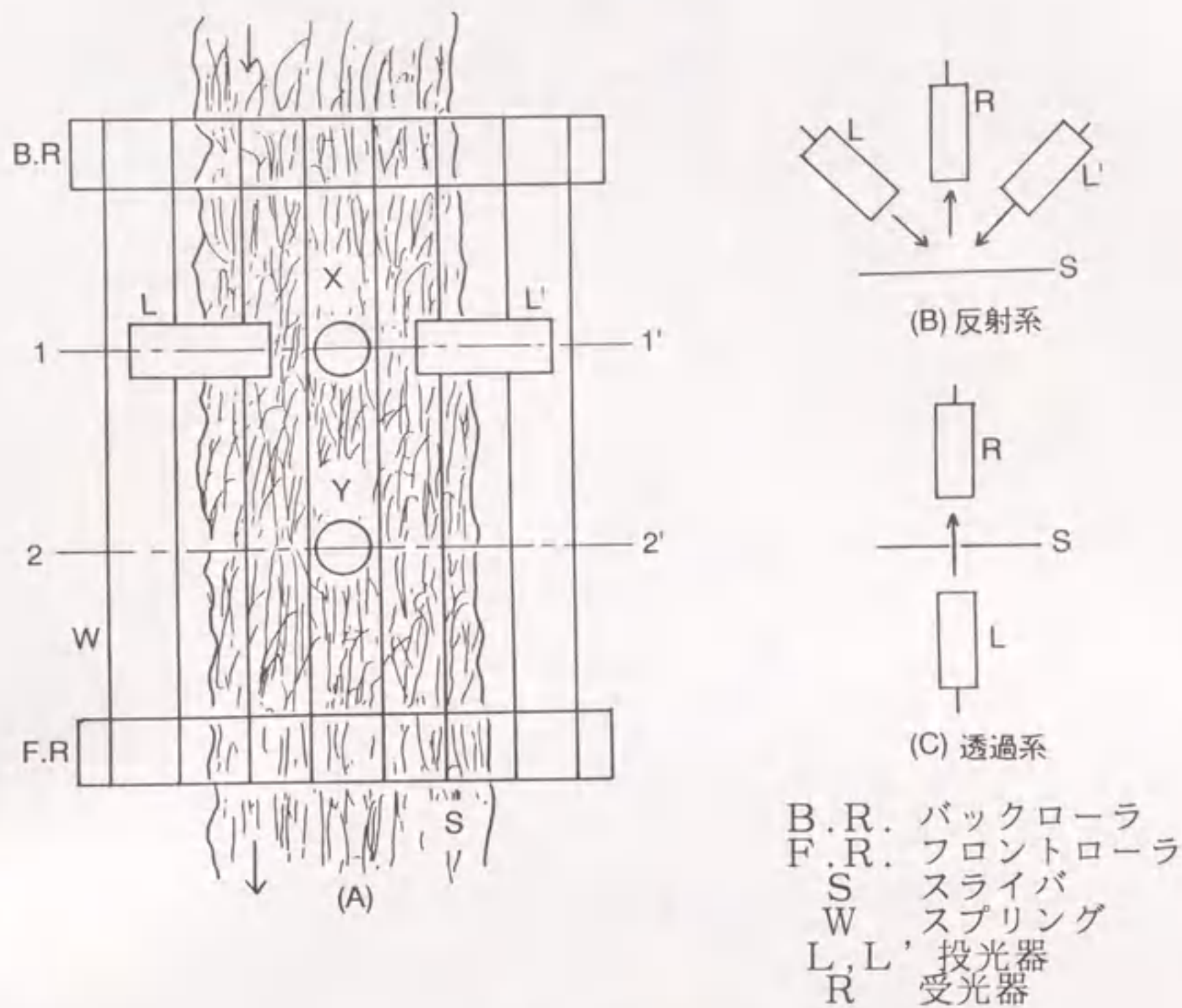
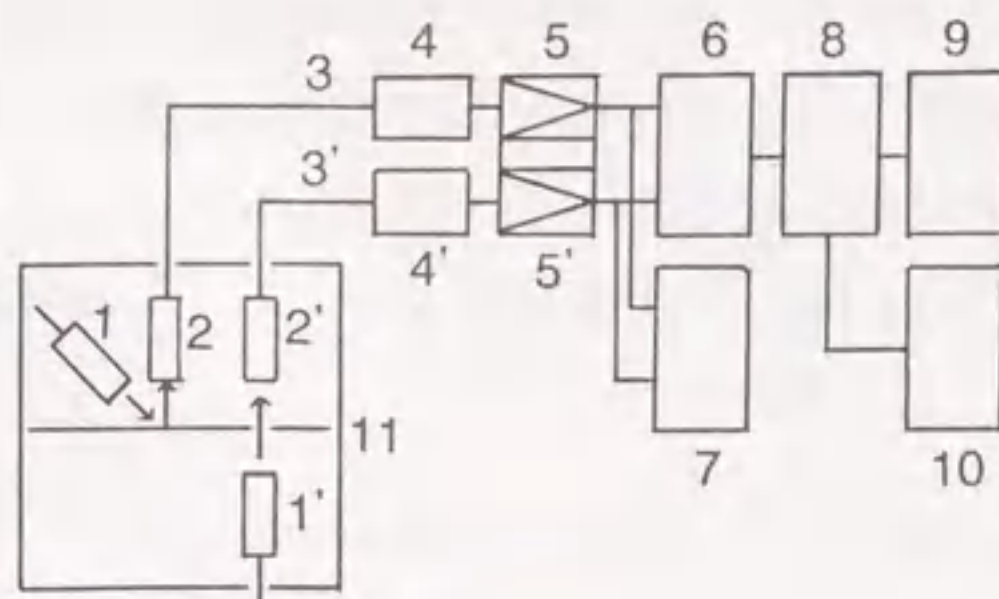


図3.1 実験装置

図3.2は測定のプロック図である。検出した両光量を光電子増倍管に送り、それぞれの電圧に変換し、コンピュータに取り込む。このとき、反射光と透過光の検出部の位置の差による時間ずれをコンピュータ内で補正し、2系統のデータは同じ場所から得られたものに対応させる。データの取り込み時間間隔は100ms、データ数は1,024個、スライバの長さに換算して530cmである。

なお、本実験で用いた光電子増倍管は微量の光も検出が可能のため、他から光が入らないように測定部を暗幕で遮蔽した。光照射部分のスライバ質量と電圧に変換された透過光量との関係を示す換算曲線を用いて、実験で求めた透過光量をスライバ質量に換算し、質量むらを求めた。次に、スライバ質量と電圧に換算された反射光量との関係を示す換算曲線を用いて、スライバ質量を反射光量に変換した。この反射光量を補正し、混合むらを求めた。





- 1, 1' 投光器
- 2, 2' 受光器
- 3, 3' グラスファイバーケーブル
- 4, 4' 光電子増倍管
- 5, 5' 増幅器
- 6 A/D変換器
- 7 記録計
- 8 コンピュータ
- 9 プリンタ
- 10 フロッピーディスク
- 11 供給スライバ

図3.2 測定系のブロック図

### 3.2.2 任意断面における成分繊維本数の測定

紡出スライバの断面において繊維本数を計測し、その断面における成分繊維の混合状態を求めた。測定方法を図3.3に示す。最初に、スライバの任意の断面を一線で把持し、把持されていないすべての繊維を抜き取った。残った繊維を長繊維と短繊維に分離し、それぞれの成分繊維の質量を測定した。これらの質量を繊維本数に換算し、この値を断面における繊維本数、すなわち、断面繊維本数とした。この操作を多数の任意の断面について行い、スライバ断面の混合状態を把握した。

### 3.2.3 スライバの長さ方向における成分繊維本数の測定

3.2.2の方法では、任意断面における断面繊維本数の測定は可能であるが、長さ方向の成分繊維の混合状態の変動を連続的に把握することはできない。そこで、スライバの長さ方向に沿って成分繊維の本数の変化を明らかにするために、スラ



イバの一定区間内に存在する繊維先端密度の変化を求めた。スライバ軸上の微小区間 $\Delta x$ に存在する繊維先端の本数を $\Delta n$ とすると、繊維先端密度は $\Delta n / \Delta x$ で表される<sup>24)</sup>。この区間が繊維長以下の場合には繊維先端密度の変化はスライバの断面繊維本数の変化に、ほとんど影響を及ぼさないことが明らかにされている<sup>25)</sup>。

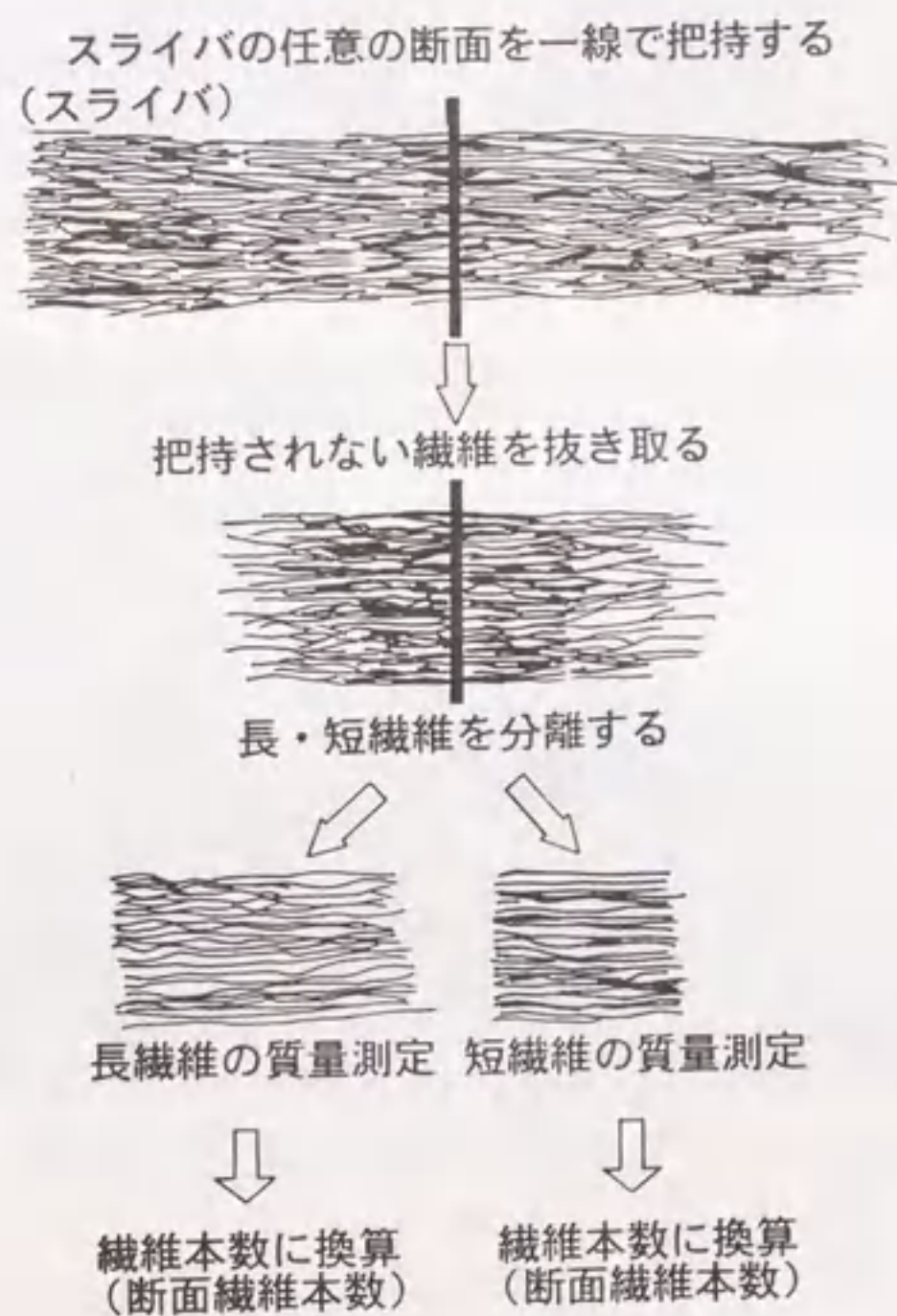


図3.3 断面繊維本数の測定

本実験では、繊維先端の本数を実測するためにコムソータを使用した。コムソータとは繊維長分布を求める際に使用する装置である。図3.4(A)はコムソータの外観写真を示し、スライバがフォーラの中へ押し込まれている状態を示す。図3.4(B)はコムソータの主な部品、冶具を示す。

試料のスライバをフォーラの上に置き、押さえ板であるデプレッサにより、針がくし状に植えられているフォーラの中へ押さえ込む。次に把持器のグリップで繊維の先端をはさんで抜き取り、長繊維と短繊維を分離し、それぞれの質量を測定した後、繊維本数に換算し、繊維先端密度を求めた。



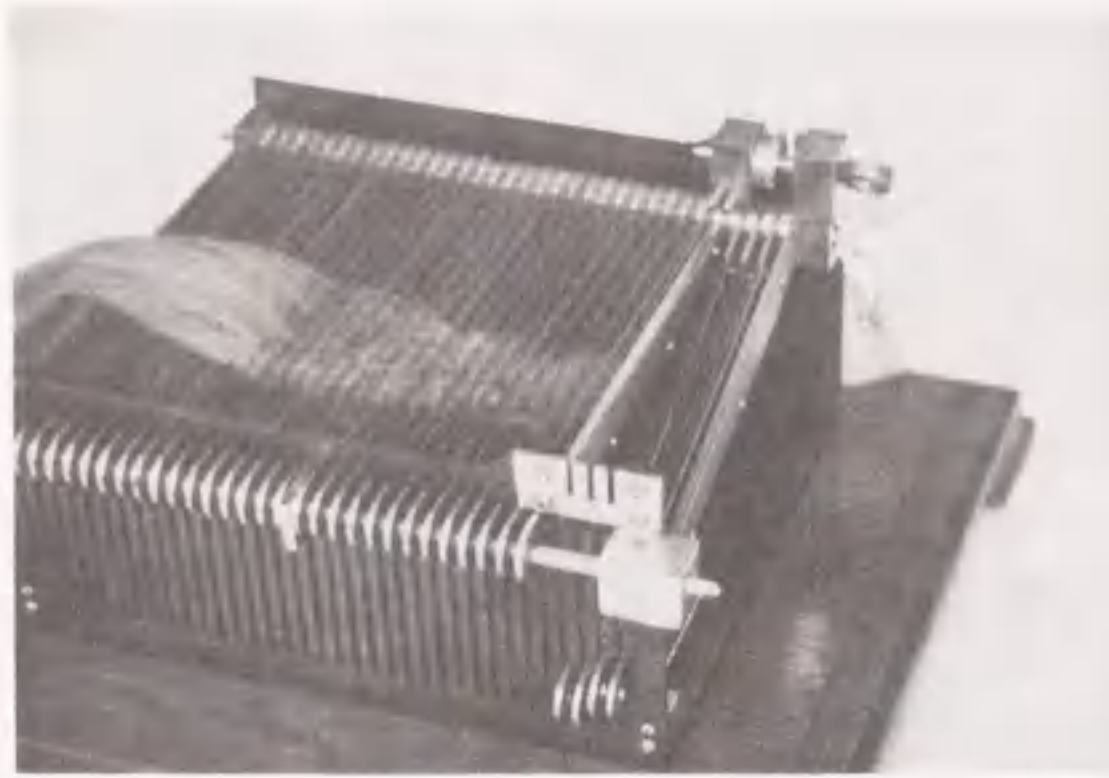
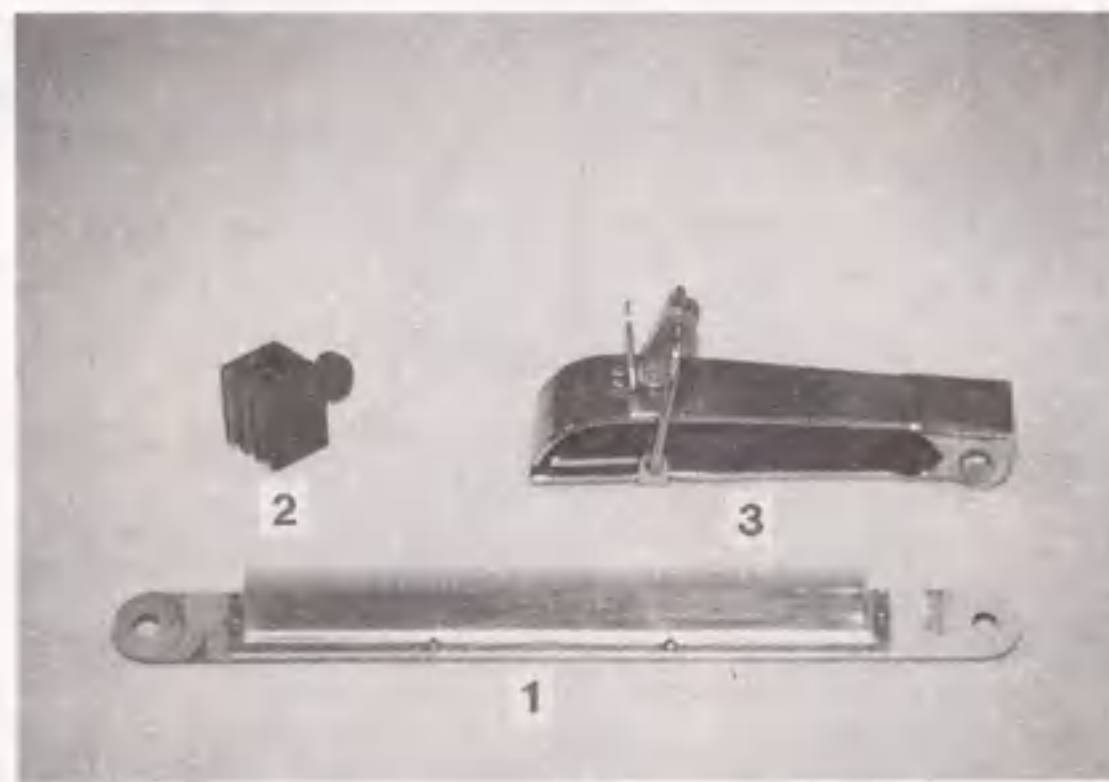


図3.4(A) コームソータの外観



- 1 フォーラ
- 2 デプレッサ
- 3 グリップ

図3.4(B) コームソータの主な部品, 治具

前述のようにコーム間隔は6mmであるが、あらかじめ、予備実験で6mm, 12mm, 18mm, それぞれのコーム間隔により、混紡スライバの繊維先端の繊維本数を実測し、繊維先端密度を求めたところ、いずれのコーム間隔においてもほぼ同じ変化を示した。そこで、計測の煩雑さ、労力を考慮し、実験効率の点からコーム間隔を18mmとし、この間隔を微小区間に相当するとした。前述の手法により、この区間に先端を持つ繊維本数を求め、繊維先端密度とした。なお、長繊維、短繊維とも区間内では均一に分布していると仮定した。この測定をスライバ長さ54cm, 30区間にわたり行った。スライバの繊維先端の位置を順に並び替えて図3.5(A)のスライバダイヤグラムを得る。位置 $x$ における断面繊維本数とは $x$ から繊維長 $l$ だけ離れた $x-l$ と $x$ との間に先端をもつ繊維の総数である。このように全区間について断面繊維本数を求めることができる。一例を図3.5(B)に示す。



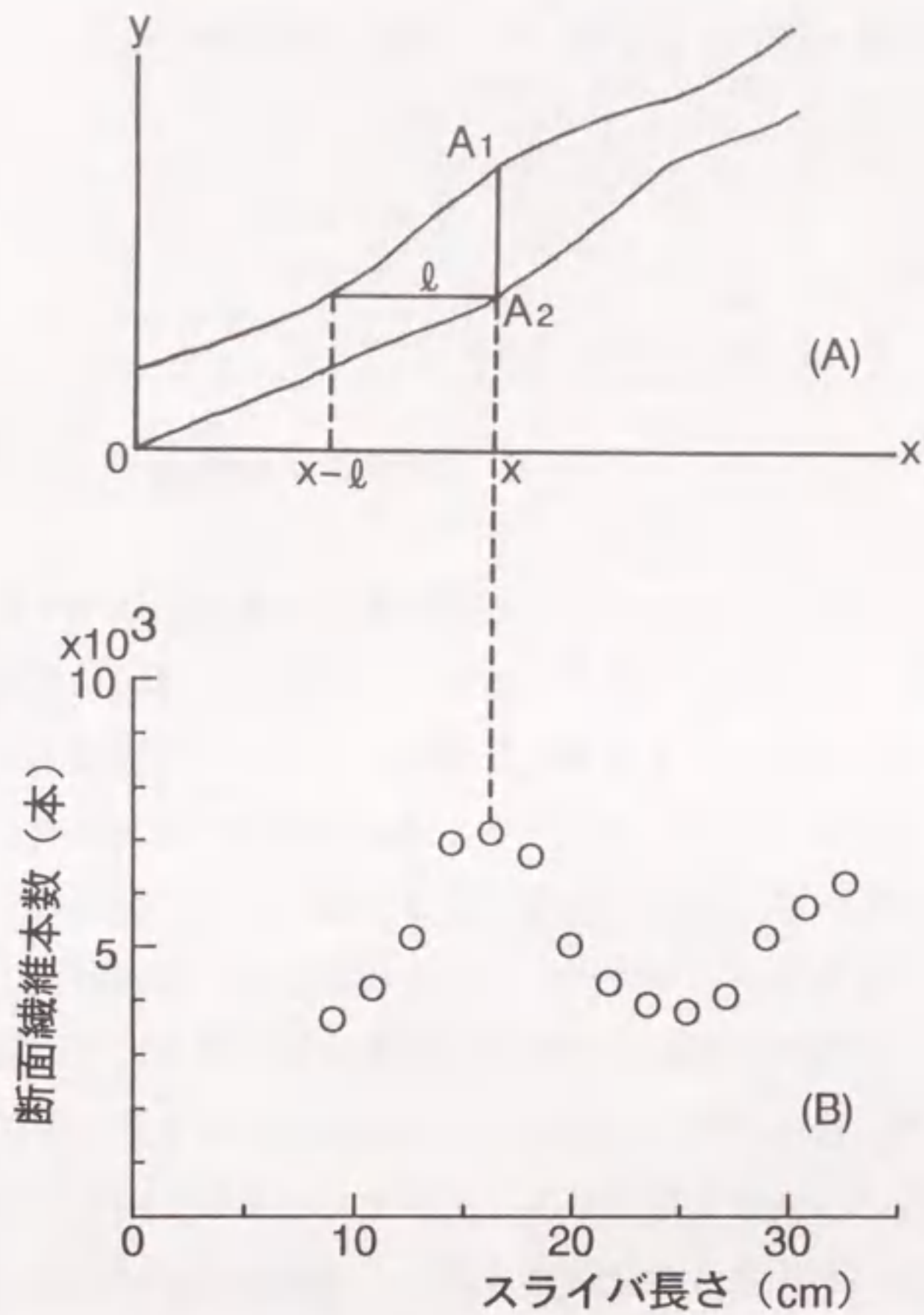


図3.5 スライバダイヤグラムと断面繊維本数 ( $l$ : 繊維長)

### 3.2.4 実験試料

本実験に用いた試料の明細を表3.1に示す。使用した試料はすべてアクリル、3dからなる原料混合スライバである。繊維長が76mmの白色繊維50%に対し、76mmおよび51mmの黒色繊維50%を混合した2種類のスライバ、さらに51mmの白色繊維と76mmの黒色繊維をそれぞれ50%ずつ混合したスライバ、合計3種類を用いた。

これらの試料をダブリング数2本とし、ギル機に供給する。ギル機に供給するスライバの方向はF方向である。ギル回数は1回とし、ギル機から紡出されるスライバの混合むらを透過光・反射光により連続的に測定した。



表3.1 試料の明細

No	繊維の種類	織度	色	繊維長	混合率	供給方向
1	アクリル	3 d	黒色	51mm	50%	F
			白色	76	50	
2	アクリル	3 d	黒色	76	50	F
			白色	51	50	
3	アクリル	3 d	黒色	76	50	F
			白色	76	50	

### 3.3 混合むらと質量むらの関係

#### 3.3.1 紡出スライバの混合むらと質量むら

3.2.1の透過光・反射光を利用して測定された混合スライバの混合むらと質量むらの関係を比較検討し、スライバの構造を解析した。図3.6は黒色繊維51mm、白色繊維76mmの異繊維長で構成されたスライバをF方向に供給した結果である。上段が質量むらの変動、下段が混合むらの変動を示す。図3.7は白色繊維51mm、黒色繊維76mmの異繊維長で構成されたスライバをF方向に供給した結果を示す。

図3.6および図3.7の質量むら曲線と混合むら曲線との関係について考察する。両方の図で○印は、質量むらと混合むらが山対山、すなわち、質量むらの大きいところと混合むらの白さのピークが対応している部分を表している。一方、×印は、質量むらと混合むらが山対谷、すなわち質量むらの大きいところに混合むらの黒さのピークが対応している部分を表している。図3.6では圧倒的に×印が多く、重いところに短い黒色繊維が偏在していることを示している。図3.7では逆に○印が多く、重いところに短い白色繊維が偏在していることを示している。

図3.8に双方の繊維長が76/76mmと等しく白黒繊維の混合率が50%からなる混合スライバの紡出結果を示す。この図を図3.6、図3.7と比較すると○印も×印も特に多いとはいえない。すなわち、繊維長が等しい繊維を混合したスライバの場合には、どちらかの繊維が偏って存在する傾向を示さないことを表している。

以上より、成分繊維の繊維長の差が、混合スライバの構造に及ぼす影響は大きいことがわかる。繊維長の差が大きい場合には混合むらが大きく、スライバの厚い部分、すなわち、太い部分に短繊維が偏在している。一方、繊維長の等しい場合には、どちらかの繊維が偏って存在する傾向を示さず、混合むらは少ない。



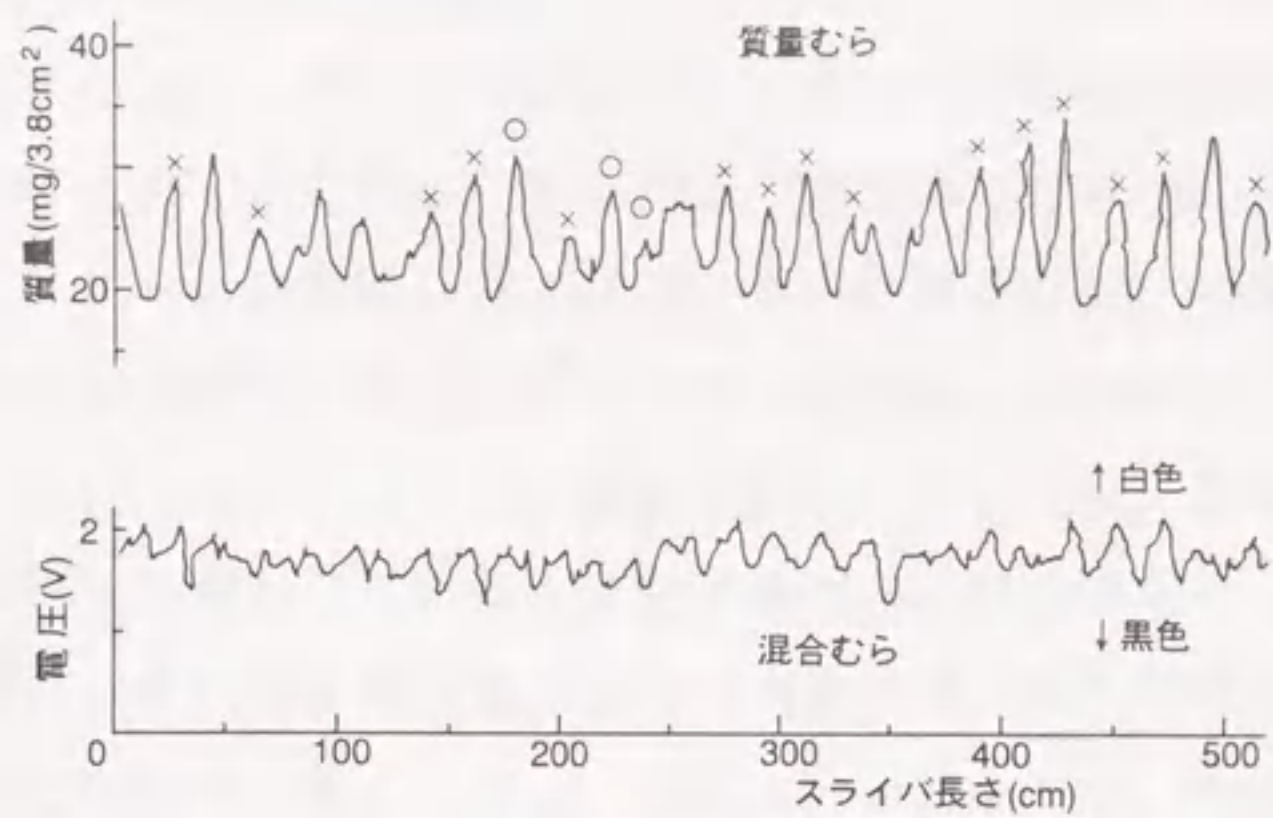


図3.6 質量むらと混合むらの比較 (白色繊維76mm, 黒色繊維51mm)

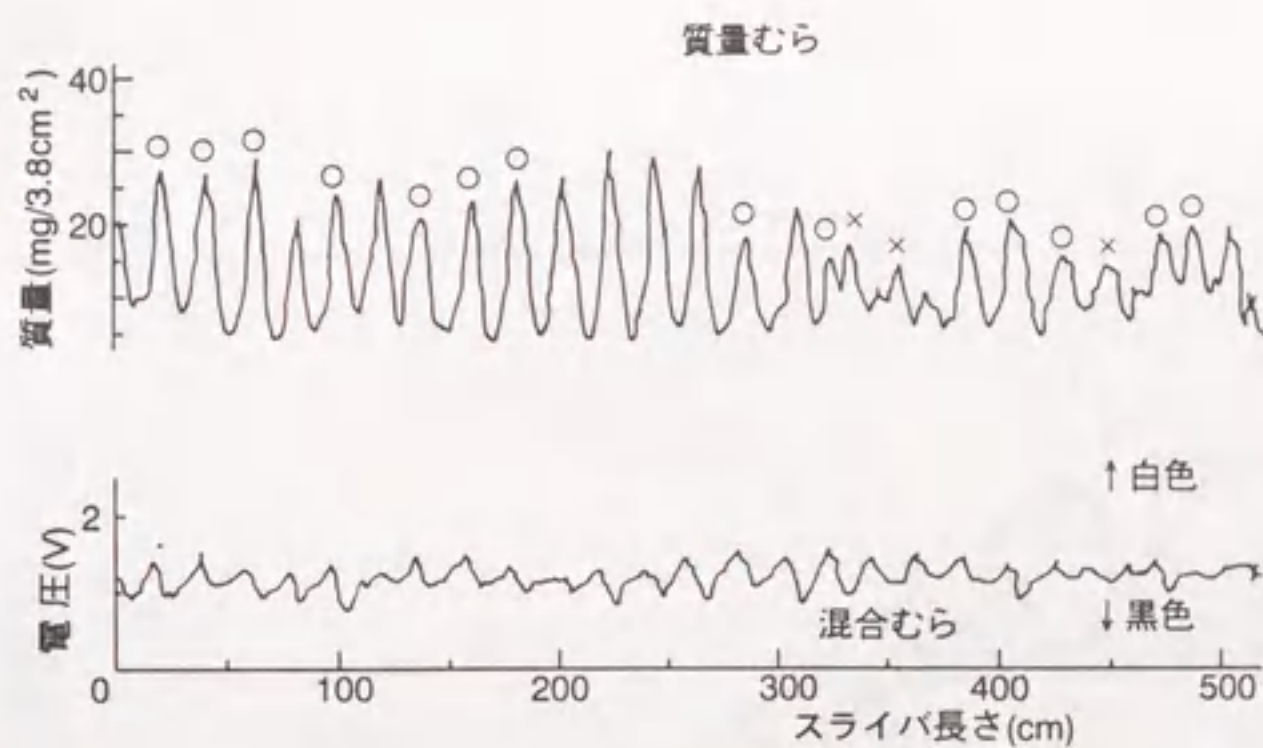


図3.7 質量むらと混合むらの比較 (白色繊維51mm, 黒色繊維76mm)

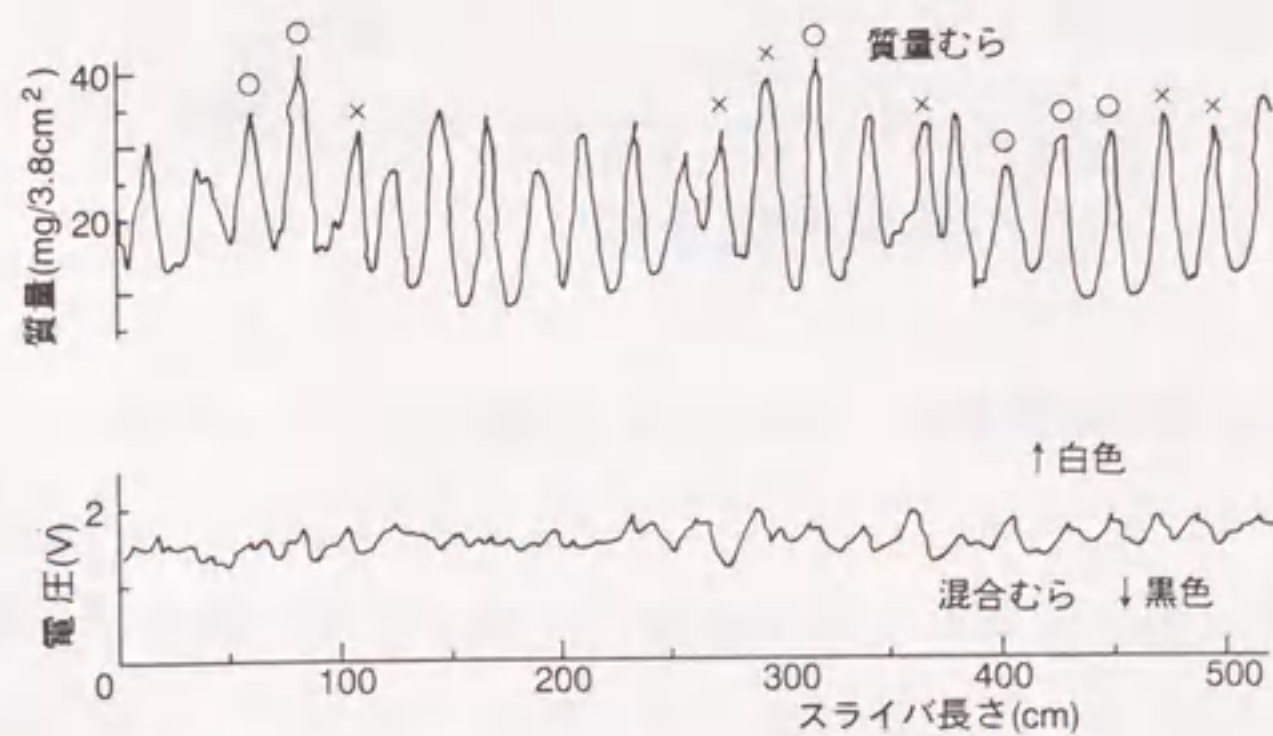


図3.8 質量むらと混合むらの比較 (白色繊維76mm, 黒色繊維76mm)



### 3.3.2 任意の断面における繊維本数

3.2.2の方法により、スライバの任意断面における成分繊維の質量を測定した。結果を図3.9に示す。よこ軸に任意の断面で把持されたすべての繊維の質量を示し、たて軸に、長い白色繊維、および短い黒色繊維それぞれの繊維質量を示す。

一般に、断面繊維質量が増加するに伴い、長繊維、短繊維の両方の質量が増加する。図中「 $L_1$ 」と「 $L_2$ 」はいずれの断面においても、長繊維もしくは短繊維が50%ずつ均一に混合していると仮定した場合の結果であり、 $L_1$ が長繊維、 $L_2$ が短繊維を示す。図より質量の少ない領域では、測定値はそれぞれ  $L_1$  および  $L_2$  と同様の傾向である。しかし、質量の多い領域では、長繊維の質量は  $L_1$  より下に、短繊維の質量は  $L_2$  の上に位置している。すなわち、成分繊維は質量の少ない領域では均等に存在しているが、多い領域では均等に存在していないことを示している。

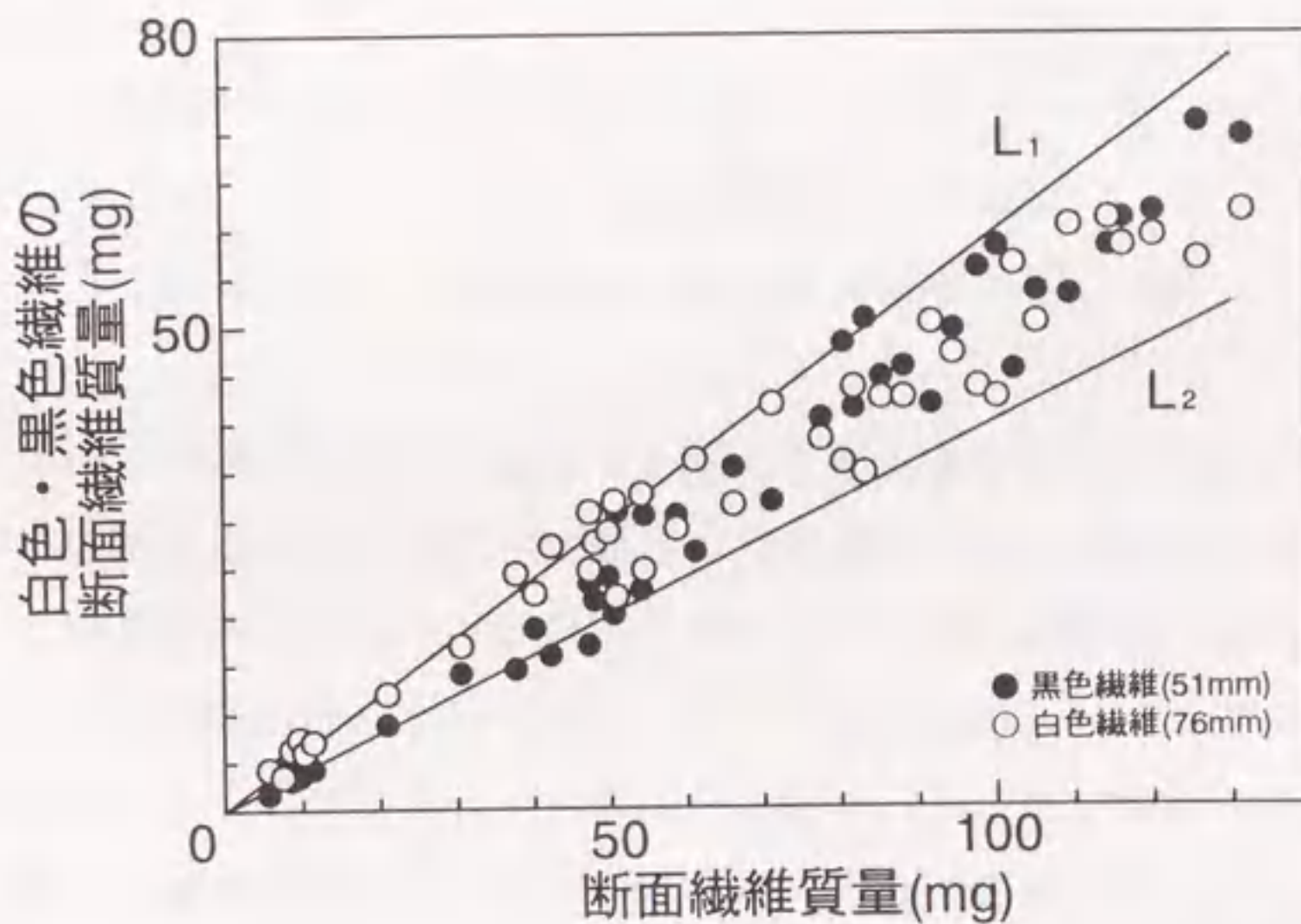


図3.9 断面繊維質量と成分繊維質量の関係

この傾向を一層明確にするために、質量変化から断面繊維本数に換算し、その結果を図3.10に示す。ここで、直線「L」はスライバ中に長繊維と短繊維が、50%ずつ均一に存在すると仮定した場合のそれぞれの繊維本数である。断面繊維本



数の少ない領域では直線上に存在する。しかし、多い領域では長繊維および短繊維の双方とも、この直線上に存在せず、相当ずれており、均一に分布していない。すなわち、断面繊維本数の多い領域（厚い部分）では、短繊維の本数がかかなり多いことを示している。

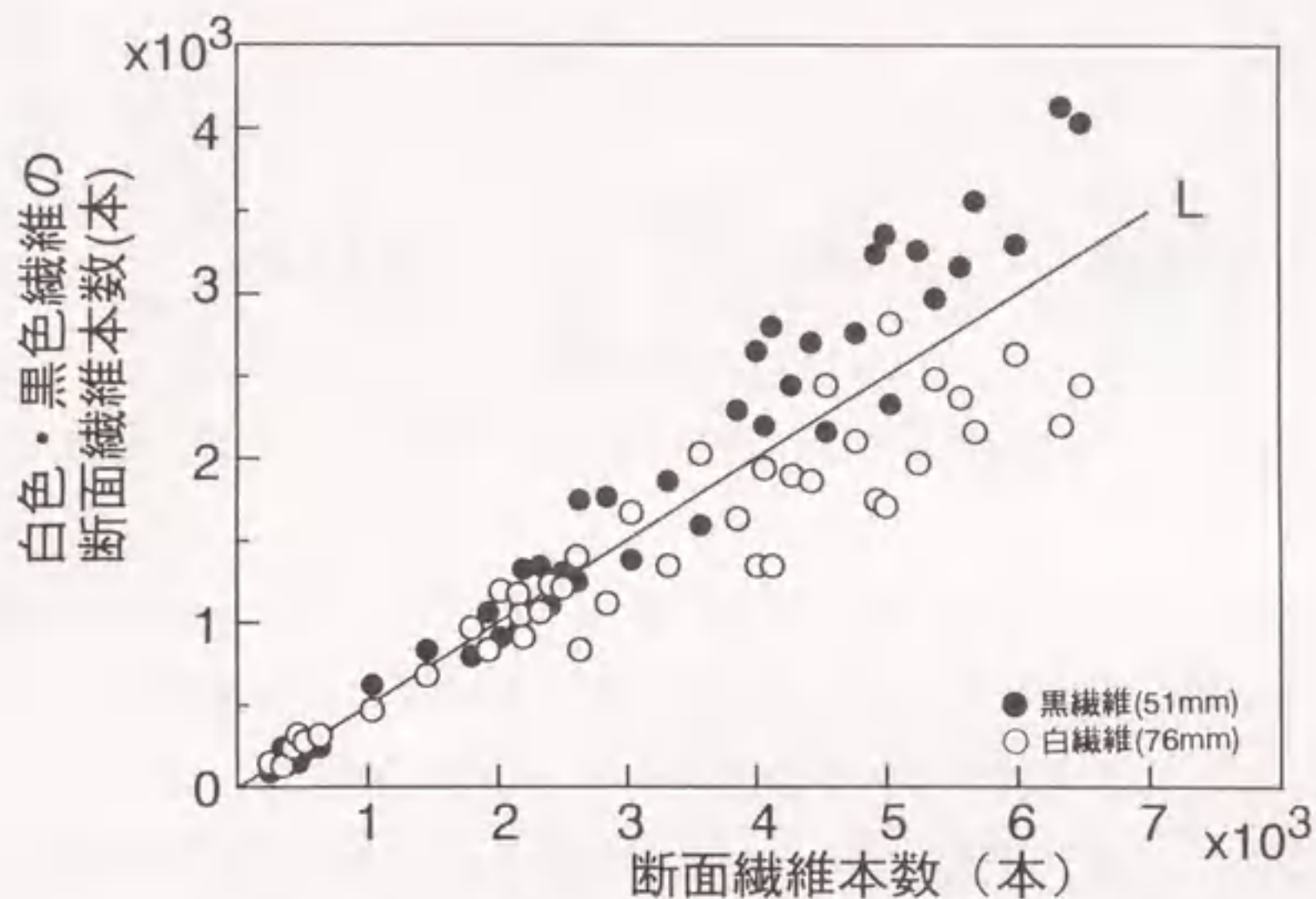


図3. 10 断面繊維本数と成分繊維本数の関係

### 3.3.3 スライバの長さ方向における繊維先端密度および断面繊維本数の変化

3.2.3の方法により、スライバの長さ方向に沿って成分繊維の混合状態を求め、異繊維長で構成されたスライバの構造を明らかにした。繊維長76mmおよび51mmの繊維を、50%ずつ原料混合したスライバをギル機に供給し、ドラフト後にむらの顕著な部分のスライバを長さ方向に60cm分を取り出し、コムソータで18mm間に先端を有する長繊維および短繊維の本数を長さ方向に測定した。

図3.11は結果の一例であり、スライバの長さ方向における長繊維および短繊維の繊維先端密度の変化を示す。図中で横軸20cmおよび40cm付近に繊維先端密度の高い部分が存在する。この繊維先端密度から図3.3のスライバダイヤグラムにより各成分の断面繊維本数を計算した。

結果を図3.12に示す。スライバの長さ方向における長繊維および短繊維の本数変化を二つの波形としてみることが出来る。波長は平均繊維長の2~3倍で振幅は



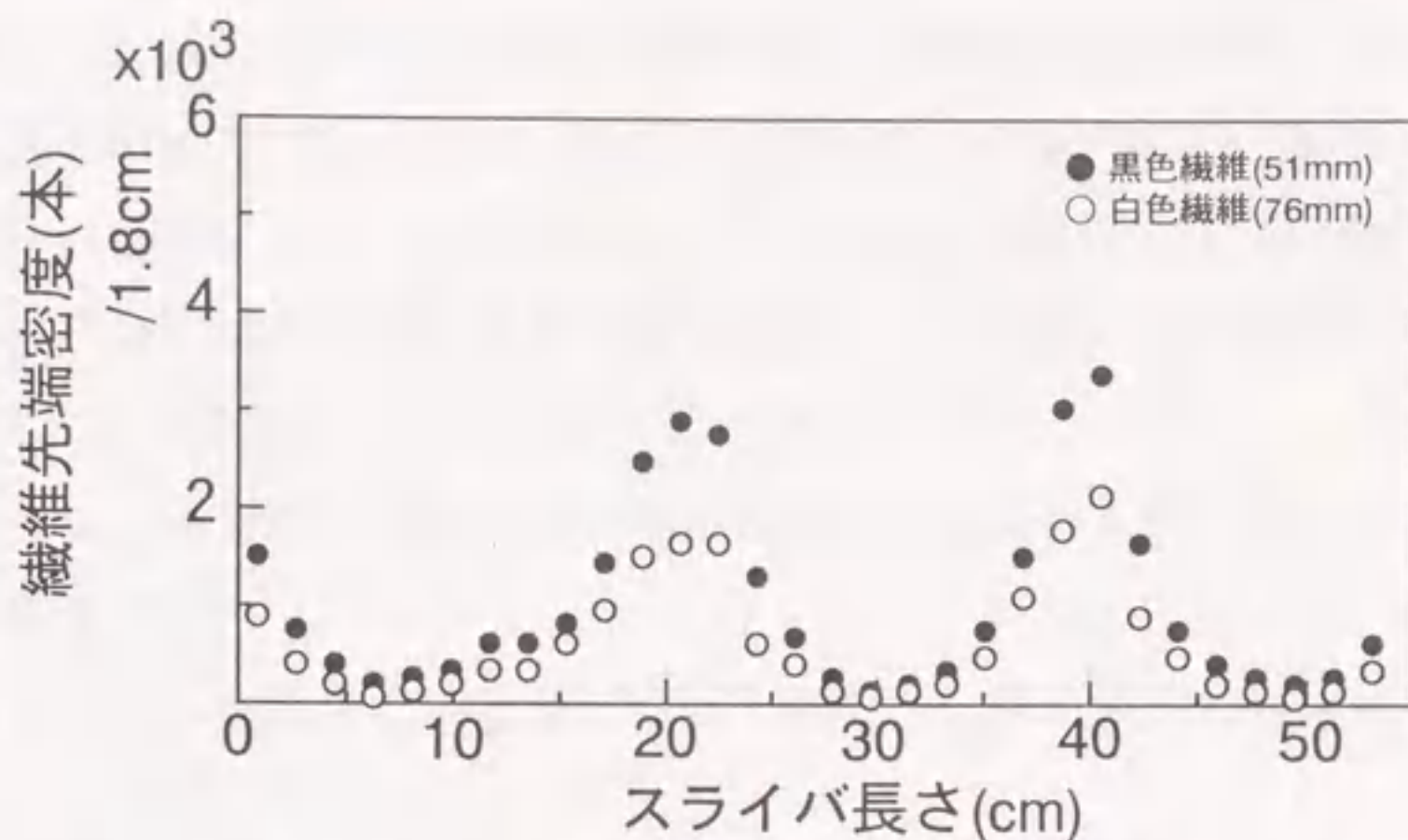


図3. 11 スライバの長さ方向における繊維先端密度の変化

短繊維の方が大きくなっている。両者の位相が少しずれており，短繊維成分の周期的変化が長繊維成分よりも少し進んでいる。スライバの細い部分から太くなる部分では相対的に短繊維が多く，ピークではその差が最大となっている。太い部分から細い部分に変化するところでは長繊維の本数が多くなっている。むらの顕著な部分を他の数個所について測定したところ，同様な傾向が得られた。

図3.11に示した結果より，測定した値を合計すると，短繊維に対する長繊維の本数比は，6：4であり，質量比にして50%ずつ混合されていることが分かる。し

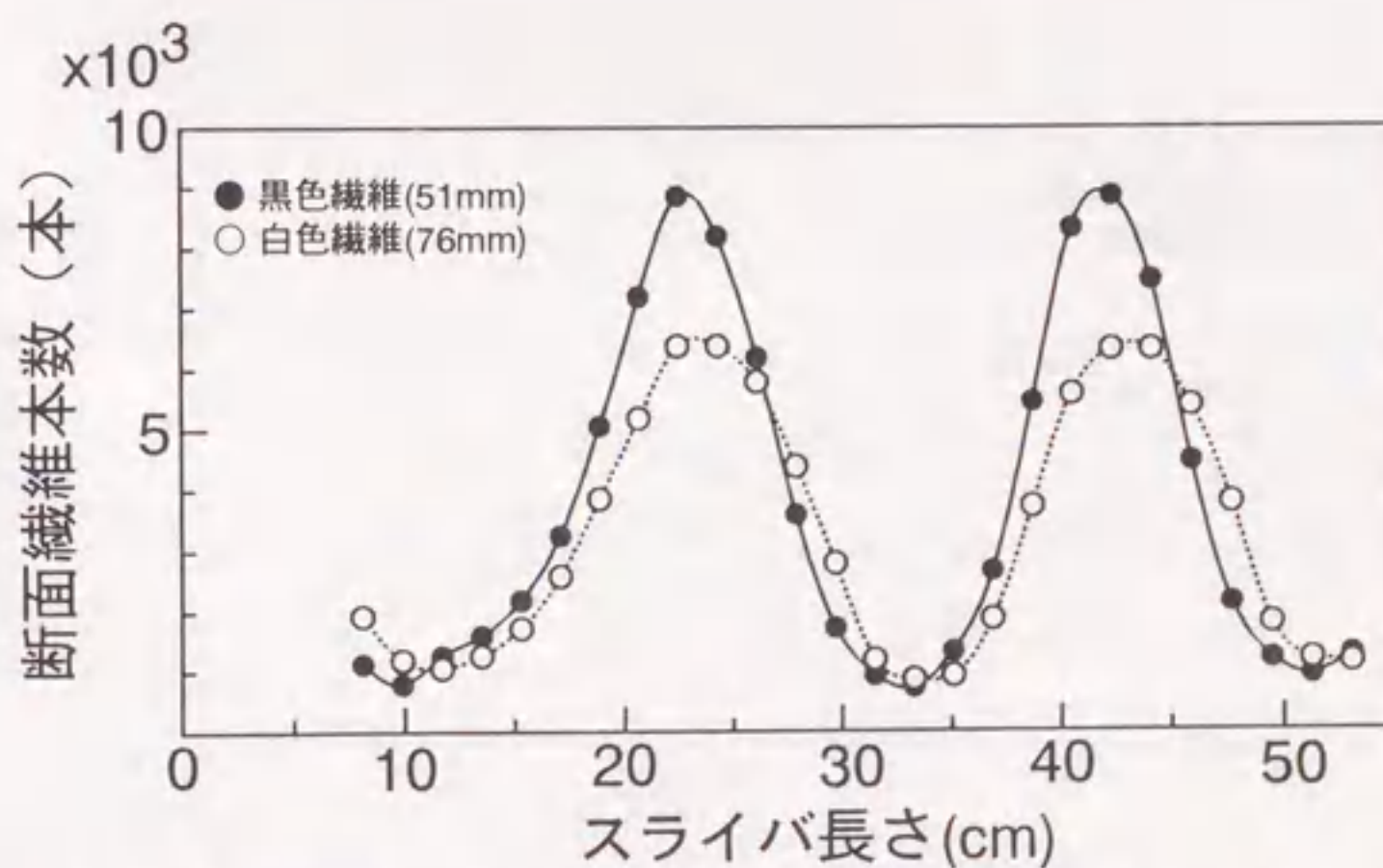


図3. 12 スライバの長さ方向における断面繊維本数の変化



かし、部分的には本数比が変化している。

図3.12から、スライバの長さ方向に沿った各位置における、長繊維と短繊維の断面繊維本数の比率を求め、その結果を図3.13に示す。両繊維成分が均一に混合されているとすれば、太さむらにかかわらず、断面での混合比率は一定であり、この場合は50%となる。図より長さ方向に成分繊維の混合率が50%を中心として変化している様相が理解される。

以上は、異繊維長で構成されたスライバの太さむらが、顕著な部分における構造である。

顕著なむらを示さない部分についても検討した。図3.14は繊維先端密度の変化

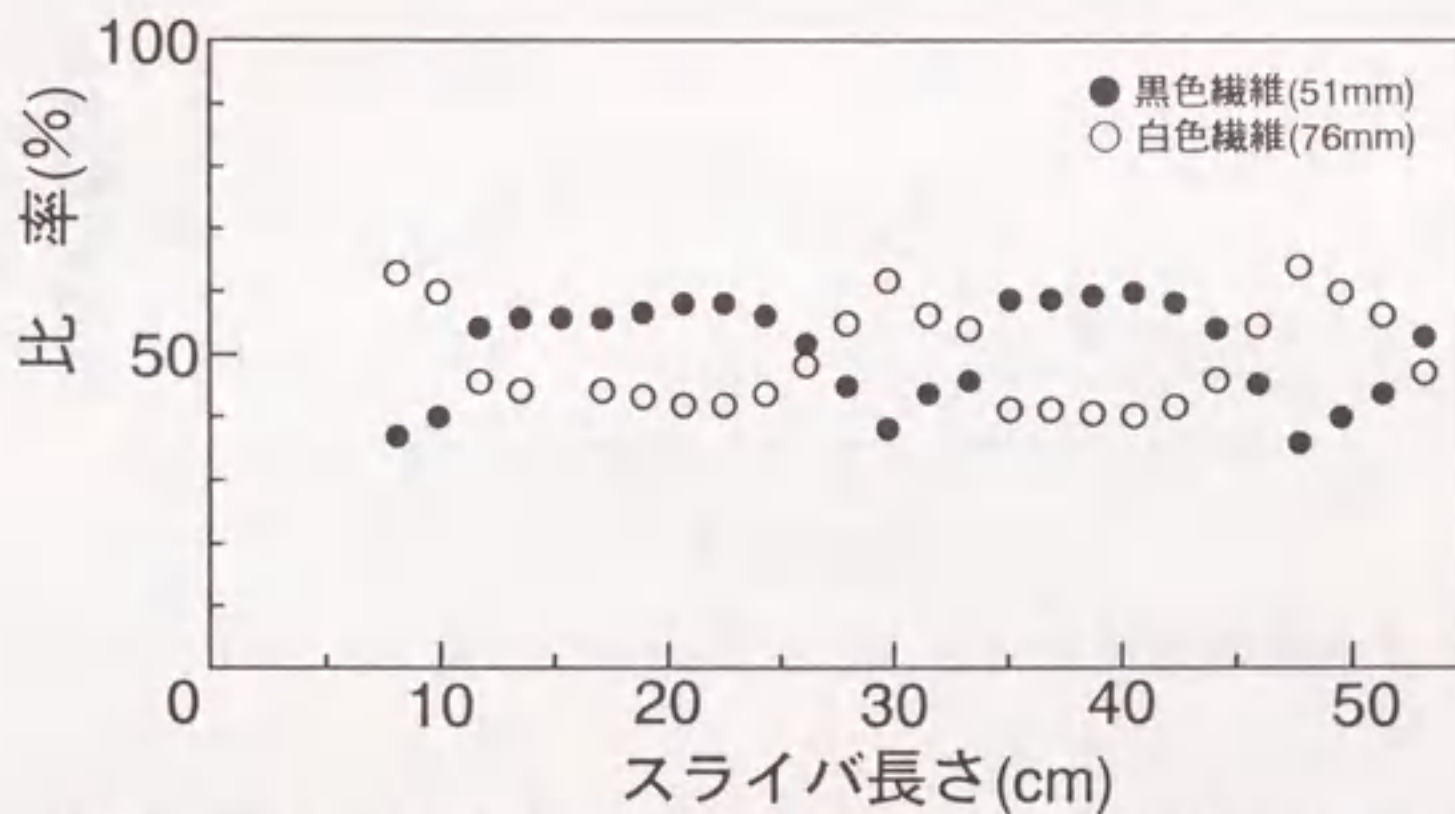


図3.13 スライバの長さ方向における成分繊維本数の比率

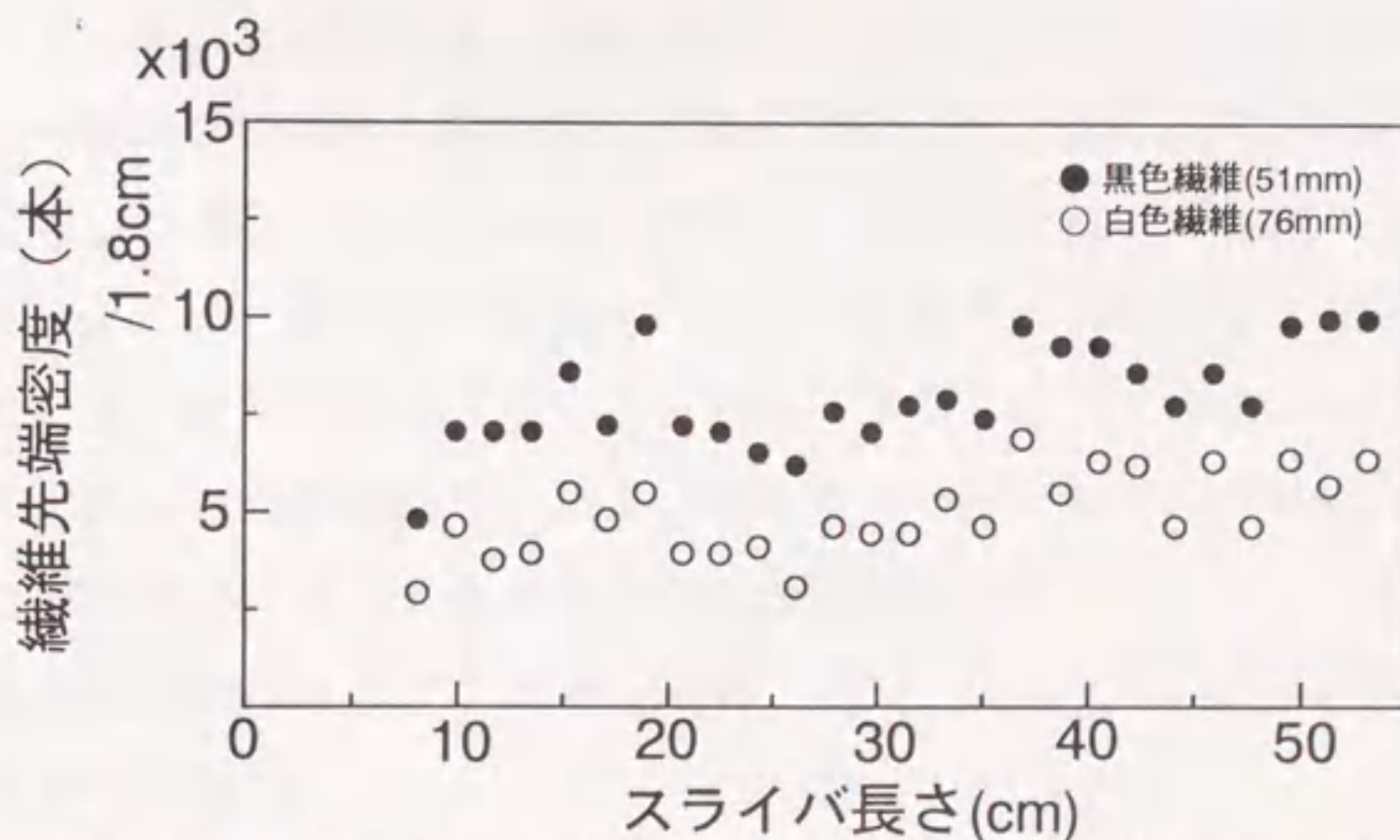


図3.14 スライバの長さ方向における繊維先端密度の変化



を示し、長繊維および短繊維とも変動が少ない。

繊維先端密度より各繊維成分の断面繊維本数を求めた。結果を図3.15に示す。20cmおよび40cmの位置にわずかに黒色繊維の多い部分がみられる。図3.11に示した顕著なむらの場合と同様に、太い部分では短繊維の本数が多く、太い部分から細い部分にかけて短繊維と長繊維の本数が逆転している。したがって、むらの顕著でない部分も顕著な部分と同じ傾向を示す。

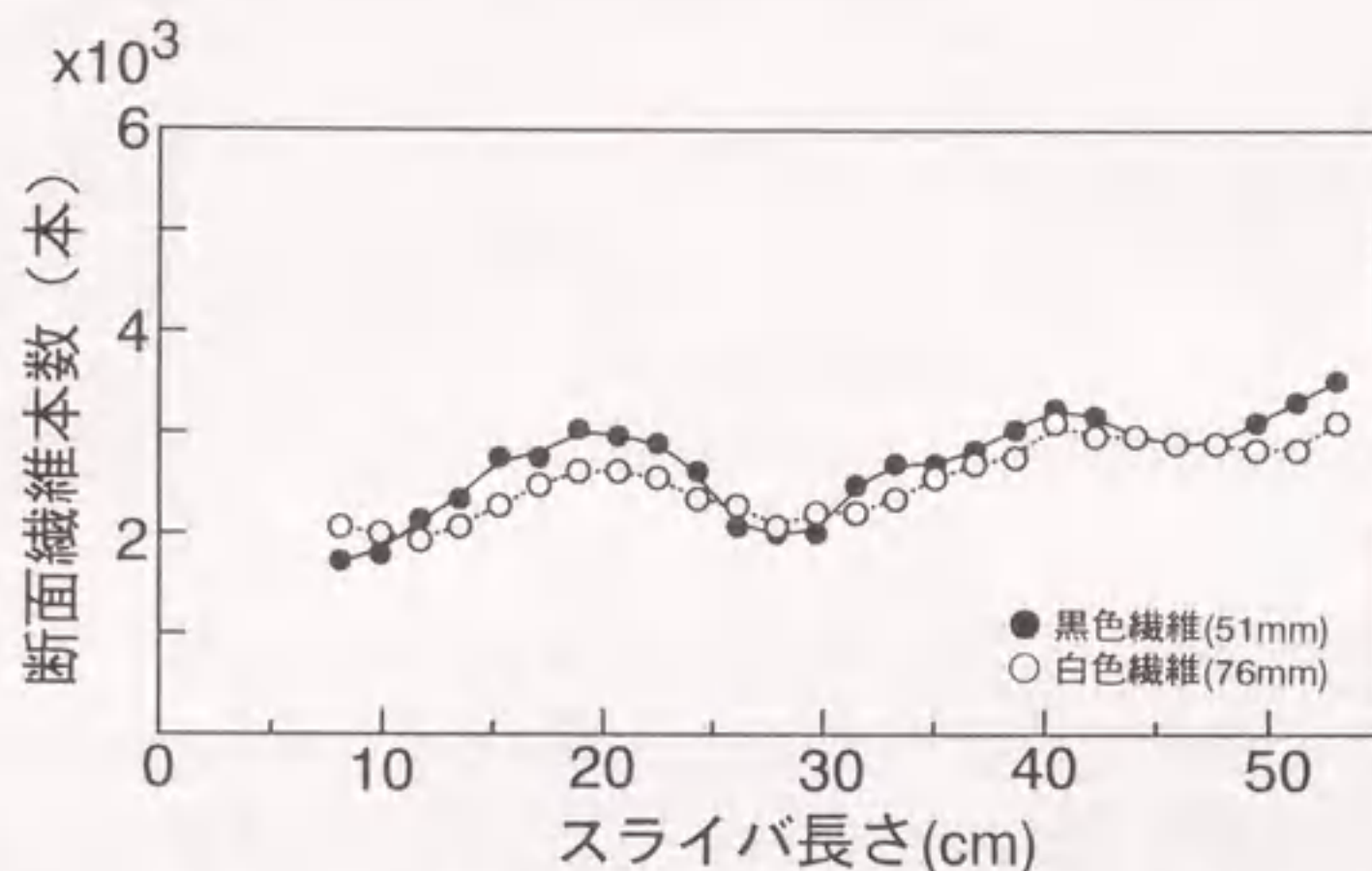


図3.15 スライバの長さ方向における断面繊維本数の変化

顕著なむらを示す部分と同様に、繊維先端密度の結果より測定した値を合計すると、短繊維に対する長繊維の本数比は6:4となり、質量比は平均的に50%ずつ混合していることが分かる。図3.15から、スライバの長さ方向に沿った各位置における長繊維と短繊維の断面繊維本数を求め、図3.16に示す。両成分とも50%付近を変動しており、太い部分および細い部分で混合割合が微妙に上下している。

以上のように、断面繊維本数をスライバの長さ方向に沿って連続的に測定することにより、成分繊維の混合状態を明確にすることができる。

また、むらの顕著な部分、および顕著でない部分をそれぞれ数箇所選び、スライバの長さ方向に沿って各成分の断面繊維本数割合を求めた。これらの結果を用い、混合状態の評価を行うためにLund<sup>6)</sup>が行ったように成分繊維の本数比のヒストグラムを求めた。



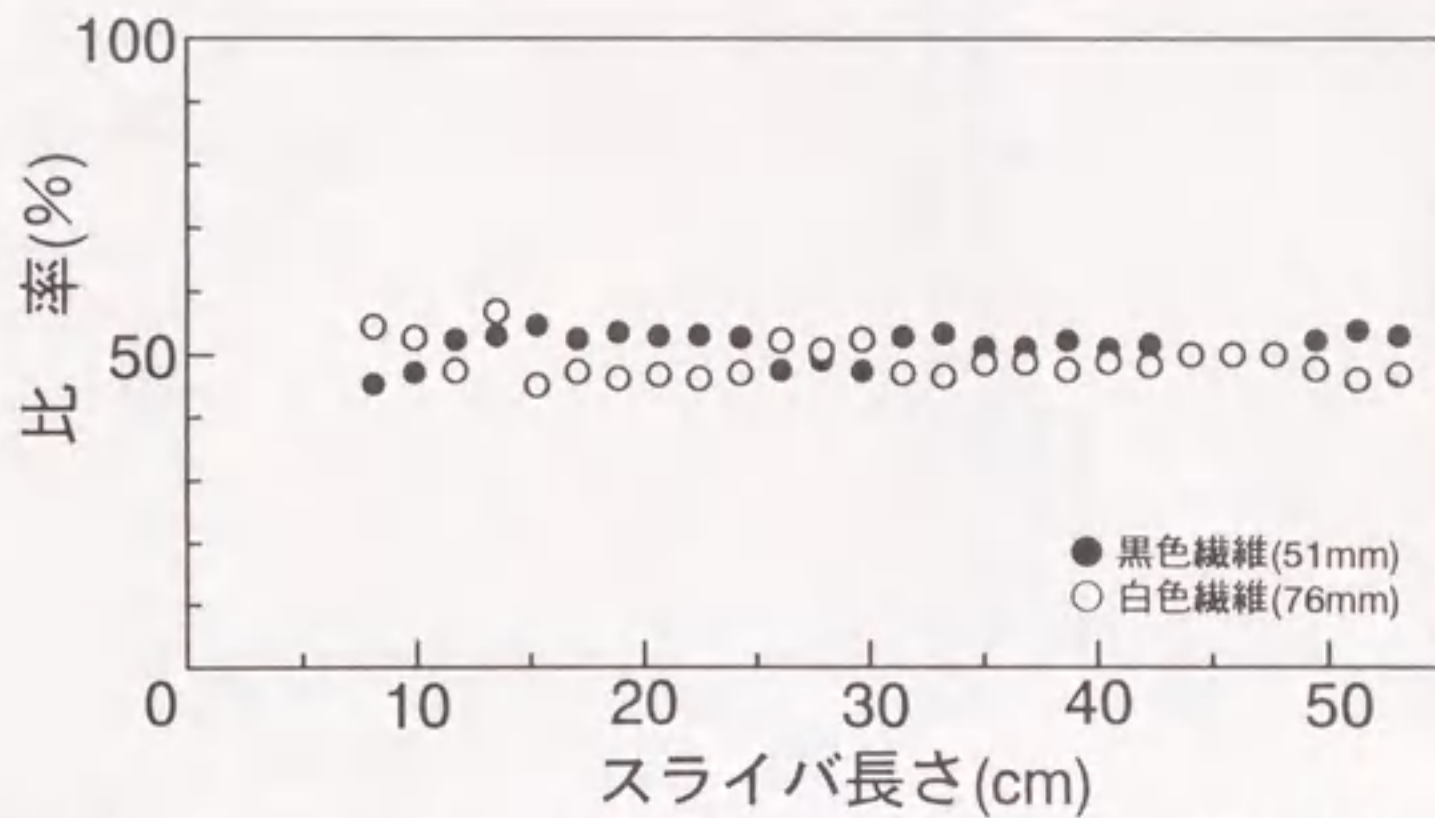


図3.16 スライバの長さ方向における成分繊維本数の比率

図3.17(A), (B)はそれぞれ、むらの顕著な部分、およびそうでない部分の結果である。成分繊維の比率は短繊維に注目した。(A)では短繊維の割合が30~62%まで幅広く分布しているのに対し、(B)では46~56%の範囲に存在している。このように、太さむらが顕著に現れるスライバは一般的に混合むらも大きい。

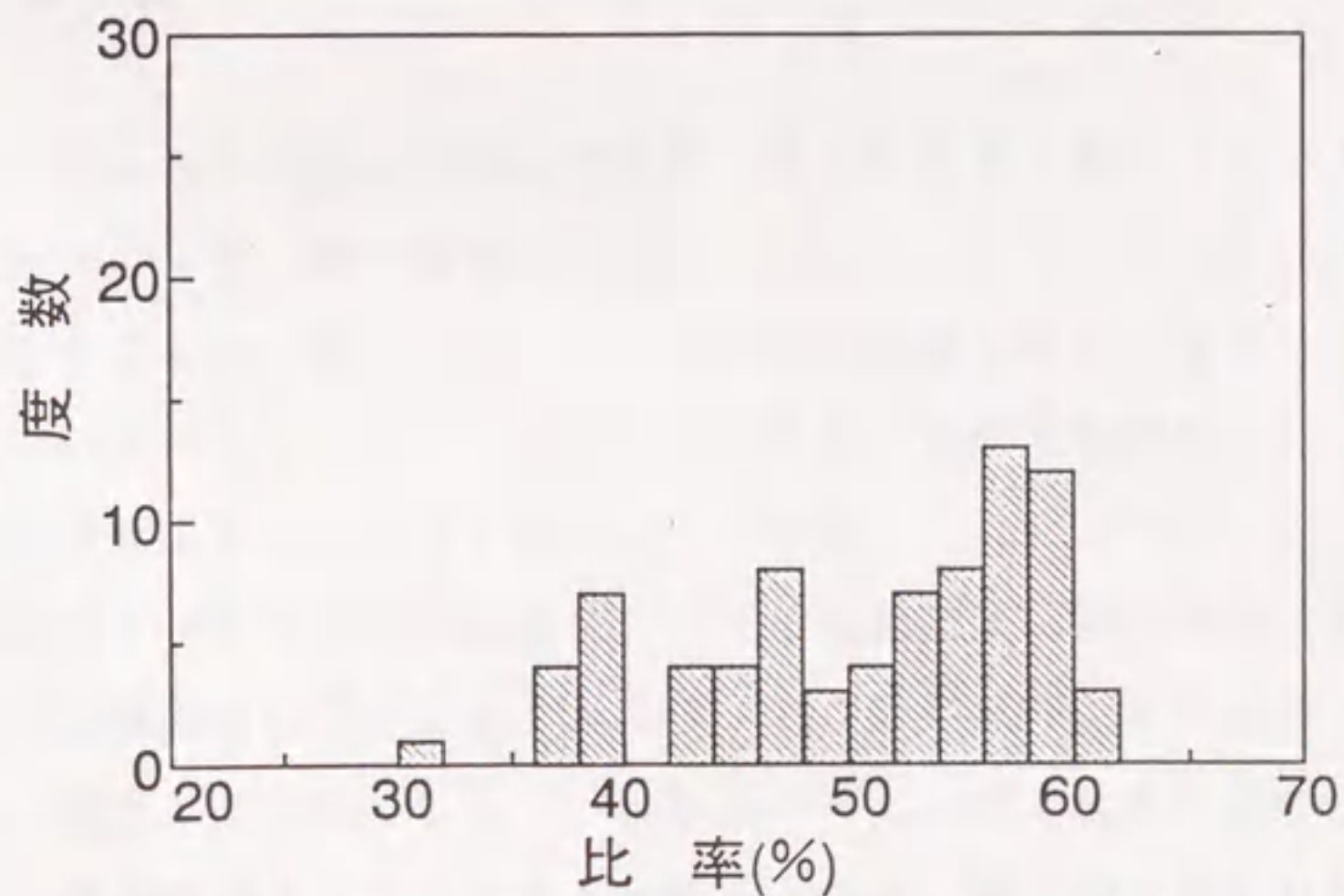


図3.17(A) 構成繊維本数比のヒストグラム (むらの顕著な部分)



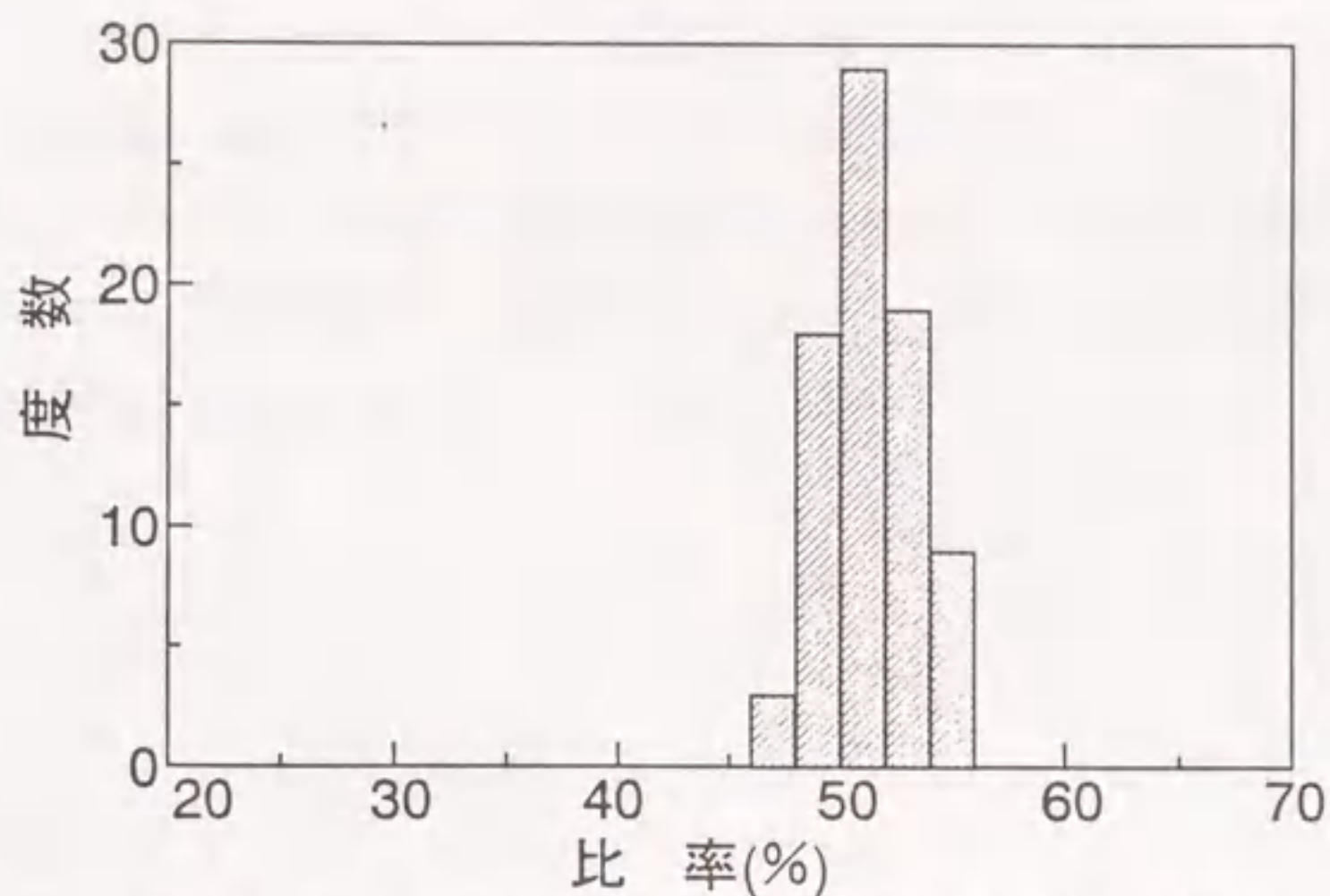


図3.17(B) 構成繊維本数比のヒストグラム  
(むらの顕著でない部分)

以上のように、断面繊維本数をスライバの長さ方向に沿って連続的に測定する基礎的な方法により、異繊維長で構成されたスライバの構造を明らかにすることができた。

### 3.4 結言

原料混合による異繊維長で構成されたスライバをギル機でドラフトした後、透過光・反射光により、混合状態を連続的に測定し、スライバの各成分繊維の混合状態を評価する方法、およびスライバの断面の繊維本数を計測する方法により、異繊維長で構成されたスライバの長さ方向における構造を解析した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 成分繊維の繊維長の差が混合スライバの構造に及ぼす影響は大きく、差の大きい場合には混合むらが大きく、スライバの厚い部分、すなわち、太い部分に短繊維が偏在している。しかし、繊維長の等しい成分繊維を混合した場合には、どちらかの繊維が偏って存在する傾向を示さず、混合むらは少ない。
- (2) 太さが増加する部分では、短繊維の本数が多く、太さが減少する部分では、



長繊維の本数が多い。また、混合むらは太さむらと密接な関係を有し、太さむらが大きければ、混合むらも大きな値を示す。

- (3) 各成分繊維本数はスライバの太さむらに応じて変化し、太さむらが周期的に変化する部分では、振幅の大きい短繊維成分の波に、振幅の小さい長繊維成分の波が、少し位相が遅れた状態で重ね合わされている。波長はほぼ同じで、平均繊維長の2～3倍である。



## 第4章 異繊維長で構成された混合スライバの構造解析

### 4.1 緒言

第3章において、異繊維長で構成されたギルスライバの中央部分を長さ方向に沿って混合状態を測定したところ、繊維長の差がスライバの構造に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

本章では、異繊維長で構成されたスライバの長繊維、短繊維の繊維本数をスライバの長さ方向に沿ってすべて実測し、長繊維と短繊維の混合状態を求め、スライバの長さ方向の構造解析を行った。さらに、種々のドラフト条件がスライバの構造に及ぼす影響についても検討した。また、画像処理技術により、スライバの長さ方向の混合状態を解析し、この技術の適用の可能性についても検討した。

### 4.2 混合スライバの構造解析法

#### 4.2.1 構成繊維本数の測定による方法

実験に使用した試料は異繊維長で構成されたスライバで、長繊維の繊維長76mm、短繊維の繊維長51mm、質量混合率50%、スライバ番手16.5ktex、両繊維とも織度3dのアクリルである。このスライバを2線式ローラドラフト機でローラゲージ100mmに対し、ドラフト比を4、6、8の条件、およびドラフト比3に対して、ローラゲージを100、125、150mmの条件でドラフトを行い、測定試料とした。

スライバの長さ方向における長繊維と短繊維の繊維本数を3.2.3に準じて128区間、230cmにわたり実測した。この結果を繊維先端密度に換算し、繊維先端密度から断面繊維本数を求めた。

#### 4.2.2 画像処理による方法

4.2.1と同じスライバを、ローラゲージ150mm、ドラフト比3の条件でドラフトを行い、測定試料とした。スライバ表面の画像処理を行う実験装置は図2.2と同じである。試料から画像データを取り込む領域はスライバの幅40mm、長さ80mmとし、長さ方向に10mm間隔でウインドセットを行い、この間隔ごとに画像を測定



した。画素数は幅方向200画素，長さ方向50画素で，1ドットは繊維10.4本分に相当する。長さ方向に80mm測定後，撮影した80mmを長さ方向に移動させ，次の80mmも同様にウインドセットを行い，10mm間隔でスライバ表面を撮影した。測定したスライバ長さは128区間，長さ128cmである。

#### 4. 3 構成繊維本数の測定による構造解析

##### 4.3.1 長さ方向の解析

4.2.1の方法で繊維先端密度および断面繊維本数の変化を求めた。図4.1はドラフト比6，ローラゲージ100mmの条件でドラフトしたスライバの繊維先端密度の変化を示す。長さ方向において，長繊維および短繊維の両繊維とも同じような傾向で変化している。しかし，長さ方向のいずれの位置においても，短繊維の繊維先端密度は長繊維より大きい。

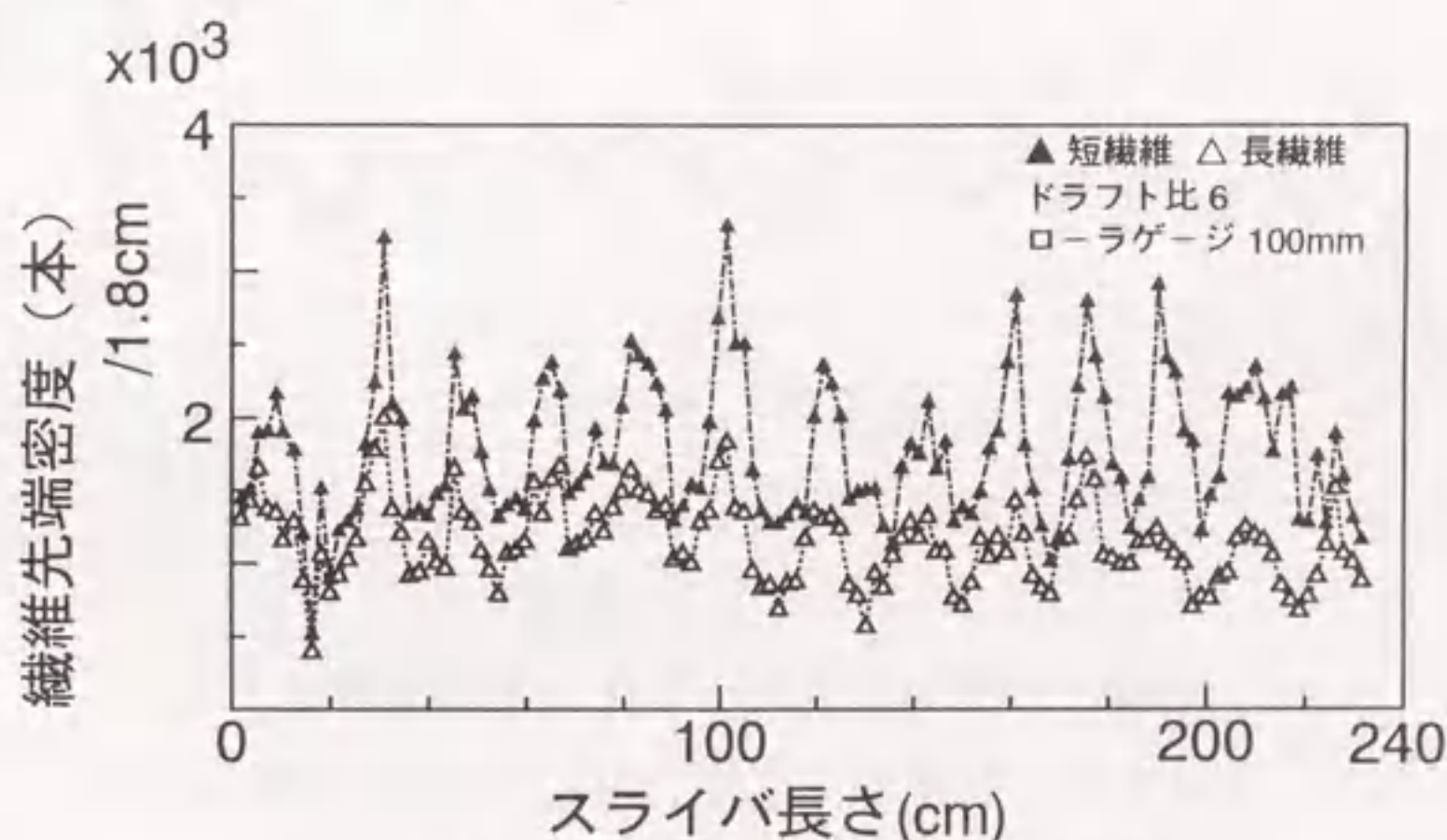


図4.1 繊維先端密度の変化

図4.2は図4.1の繊維先端密度から求めた断面繊維本数曲線の結果を示す。測定した長繊維と短繊維の繊維本数を全区間について合計すると，長繊維と短繊維の本数比は1.0 : 1.53であり，質量比に換算して長繊維49.3%，短繊維50.7%である。この結果は長繊維と短繊維の全体の質量混合率である50%とほぼ一致している。スライバの長さ方向における長繊維と短繊維の断面繊維本数は，ほぼ同じ周期で変化を繰り返す，短繊維の変化が長繊維より大きいことを示している。長



繊維と短繊維の断面繊維本数の和は、スライバを構成している総繊維の断面繊維本数であり、総繊維もほぼ同じ周期で変化している。長繊維、短繊維および総繊維の断面繊維本数の変化を比較すると、総繊維の断面繊維本数が極大を示す位置では、短繊維の断面繊維本数は長繊維より多く、極小を示す位置では長繊維の方が、より多い傾向を示している。山下ら<sup>26)</sup>は混紡糸の断面の太さと混紡率の相関から、むらを起こしやすい成分が混紡糸の太い部分に集まりやすいことを示している。近田ら<sup>27)</sup>はギルスライバの混合むらの解析において、スライバの太い部分に短い繊維が偏在する傾向のあることを明らかにしている。本節の結果はこれらと同様な傾向を示している。

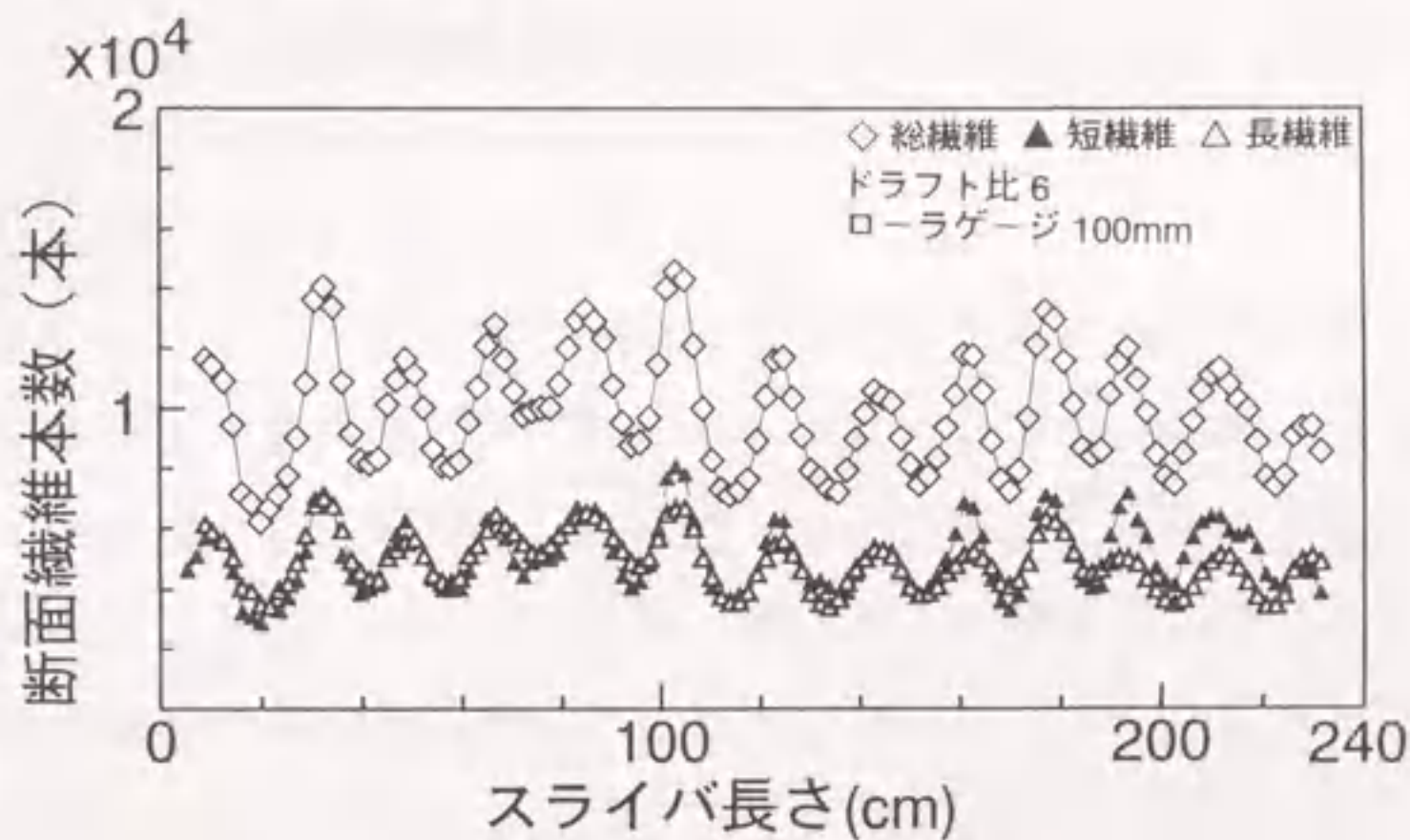


図4.2 断面繊維本数の変化

#### 4.3.2 ドラフト条件が混合スライバの構造に及ぼす影響

4.3.1で短繊維の断面繊維本数の変化が長繊維より著しく、スライバの太い部分に短繊維、細い部分に長繊維が多く存在する傾向を示していることを明らかにした。本項ではドラフト条件がこの傾向にどのように影響するかを検討する。

図4.3はドラフト比と断面繊維本数の変動係数の関係を示したものである。いずれのドラフト比においても短繊維の断面繊維本数の変動係数は長繊維のそれより大きい。ドラフト比の増大により短繊維の変動係数が増大していく。

一方、長繊維の変動係数はドラフト比3から4にかけて短繊維と同様に増加するが、ドラフト比4以上ではそれほど変化がみられない。総繊維の変化は短繊維と長繊維の中間に位置しており、ウースタむら試験器から得られた太さむらの変



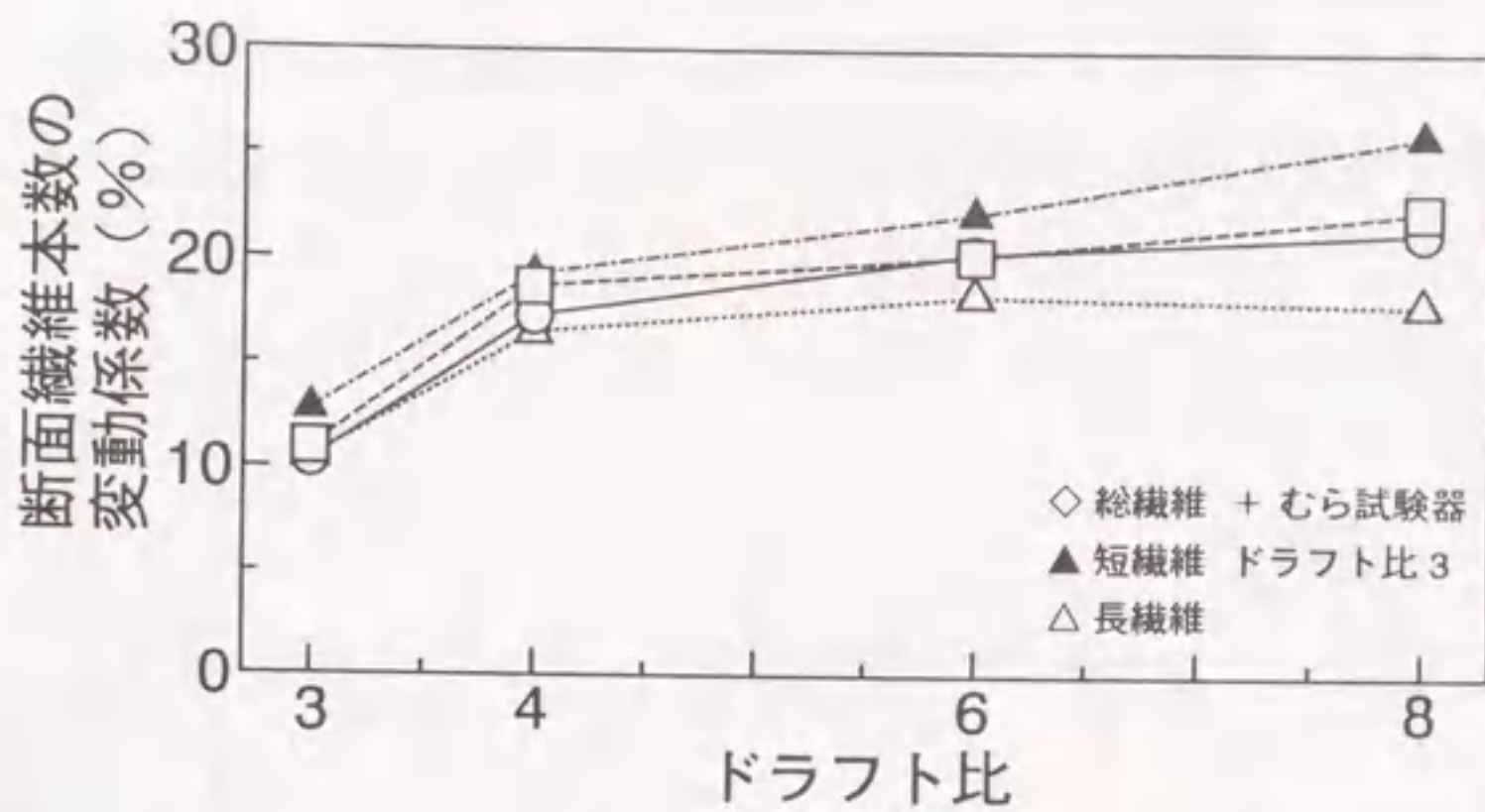


図4.3 断面繊維本数の変動係数に及ぼすドラフト比の影響

動係数とほぼ同じ傾向を示している。

図4.4は、ローラゲージが断面繊維本数の変動係数に及ぼす影響を示したものである。短繊維の変動係数はいずれのローラゲージでも長繊維より大きい。ローラゲージの増大により、短繊維、長繊維ともに変動係数が増大する傾向が見られる。総繊維の変動係数は図4.3と同様、短繊維と長繊維の中間に存在しており、むら試験器の結果とほぼ同じ傾向を示している。

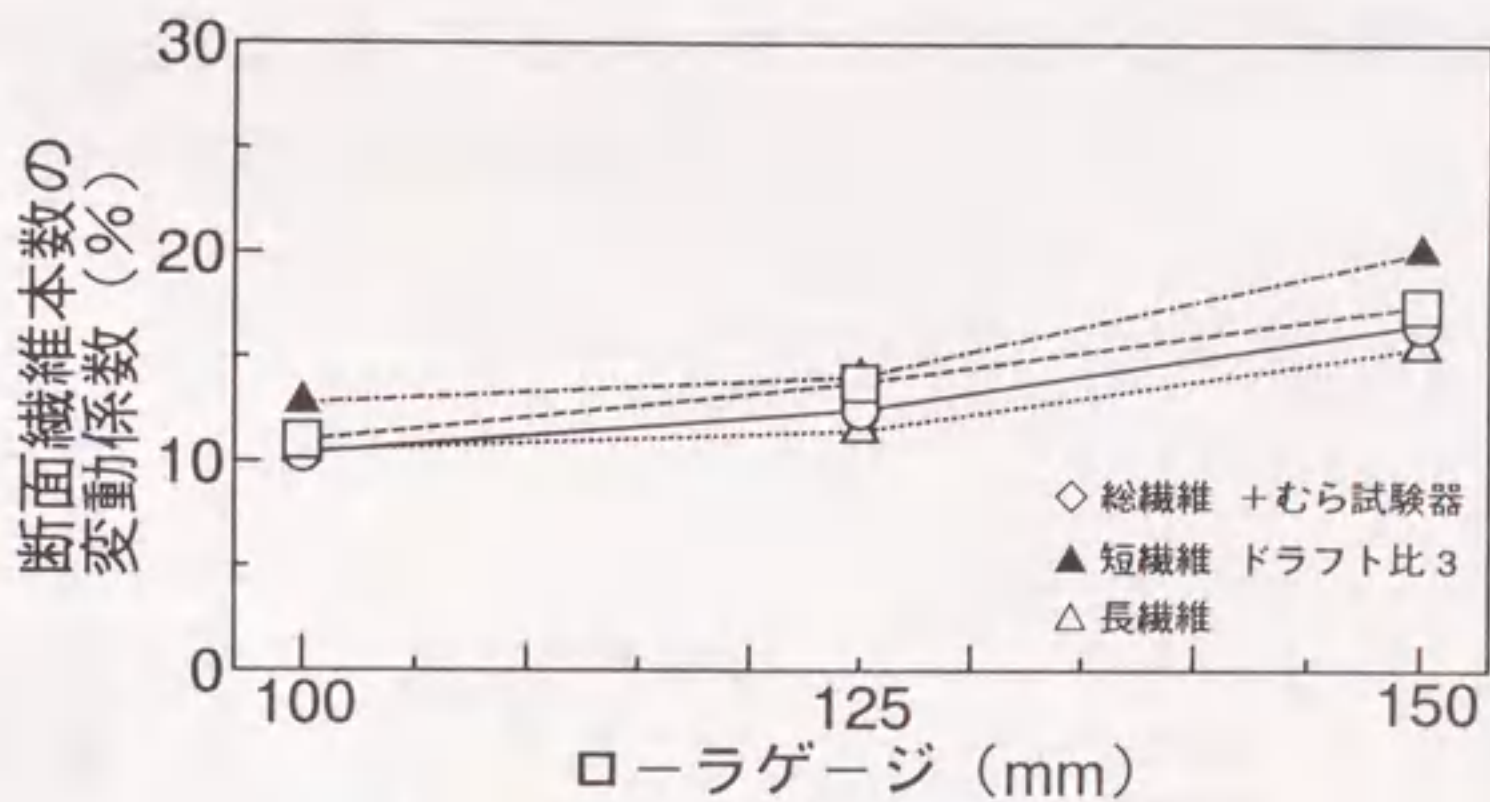


図4.4 断面繊維本数の変動係数に及ぼすローラゲージの影響

図4.5は、総繊維の断面繊維本数に対する短繊維の断面繊維本数の比率を示す。短繊維の断面繊維本数比率が0.5以上の場合は短繊維の断面繊維本数が長繊維よ



り多く、0.5以下では長繊維が短繊維より多いことを示す。図4.2の総繊維の断面繊維本数が極大を示す位置においては、図4.5で短繊維の断面繊維本数比率が0.5以上を示す場合が多く、逆に極小の位置では0.5以下を示す傾向が見られる。

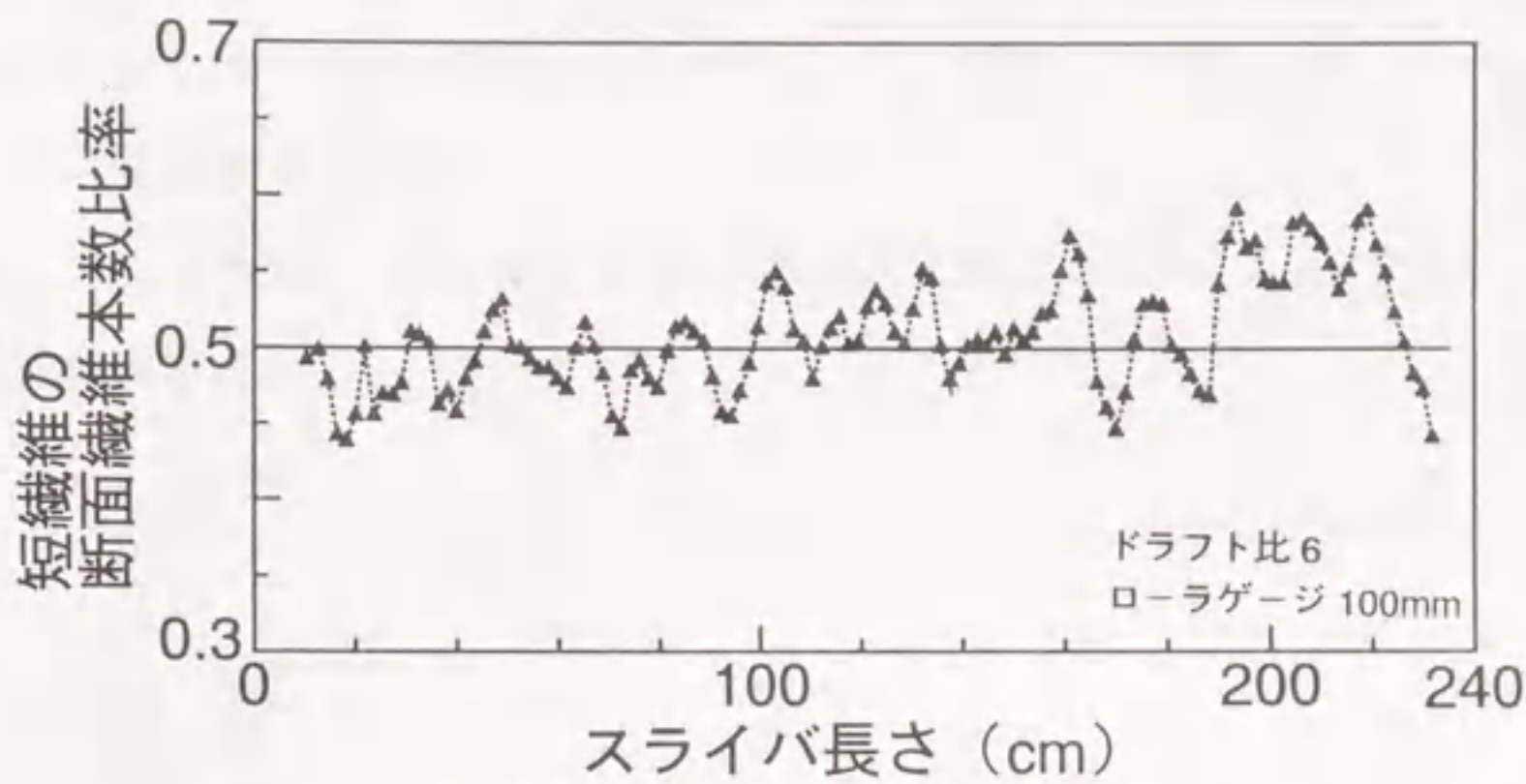


図4.5 断面繊維本数比率の変化

この傾向を明瞭にするために、図4.2で総繊維が極大および極小を示すスライバ長さ位置において、図4.5の短繊維の断面繊維本数比率を取り出し、図4.6に両者の関係を示す。この結果より、断面繊維本数の多い部分に極大値が多く、短繊維の断面繊維本数比率が0.5以上であり、少ない部分では極小値が多く、本数比率が0.5以下である。すなわち、スライバの太い部分に短繊維が、細い部分に長繊維が多いことを示している。

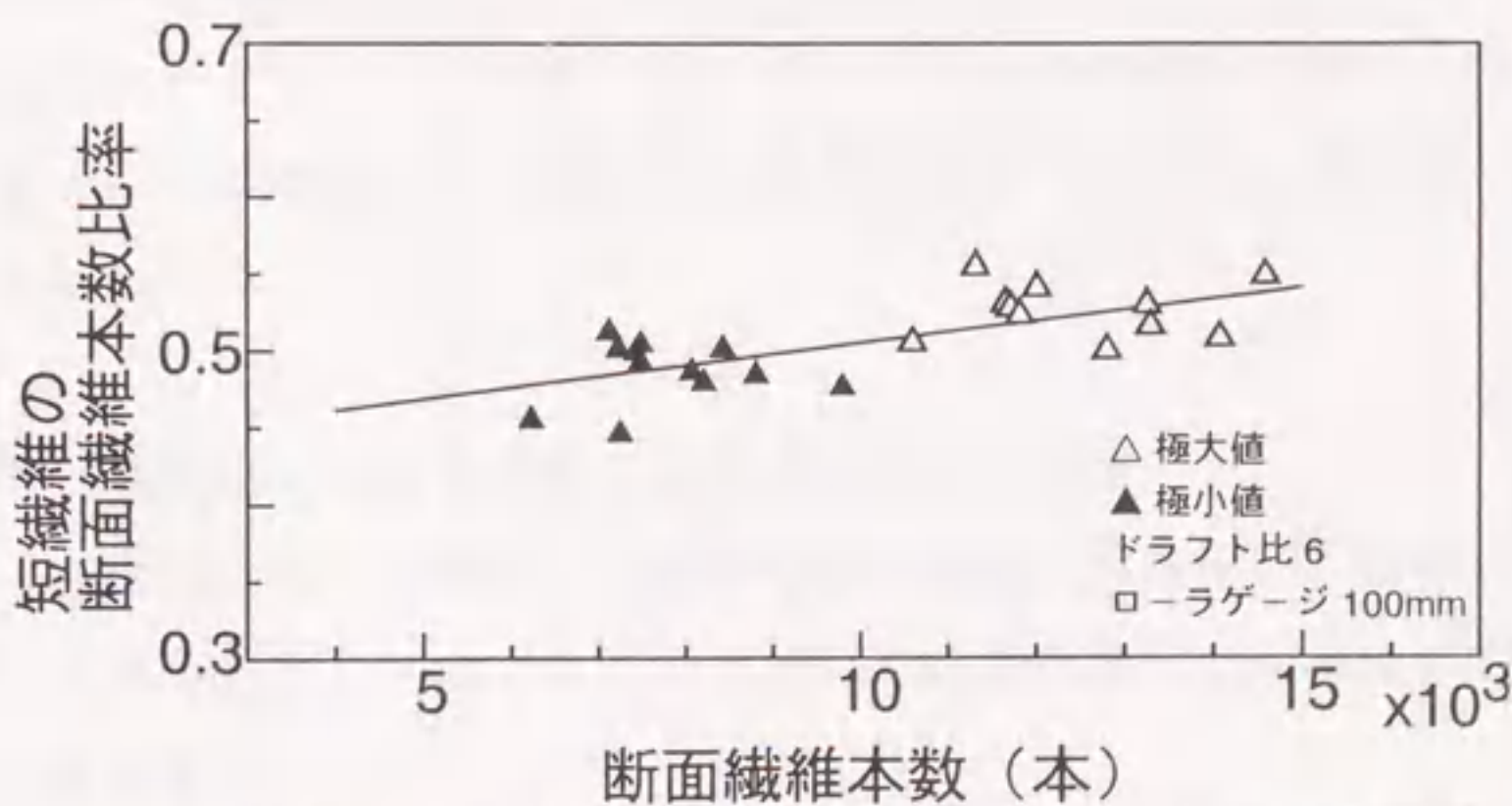


図4.6 断面繊維本数と断面繊維本数比率の関係



回帰分析を行い，図中に回帰直線を示す。回帰直線の傾きである回帰係数の大小が，太い部分の短繊維，細い部分の長繊維の多少を示し，これにより，短繊維および長繊維の存在状態を定量的に比較することができる。

そこで，ドラフト比，ローラゲージが増大した場合の長繊維および短繊維の存在状態を明らかにするために，ドラフトしたすべての混合スライバの回帰分析を行い，回帰係数を求めた。

図4.7にドラフト比と回帰係数の関係を示す。ドラフト比の増大に伴い，回帰係数が増大する。

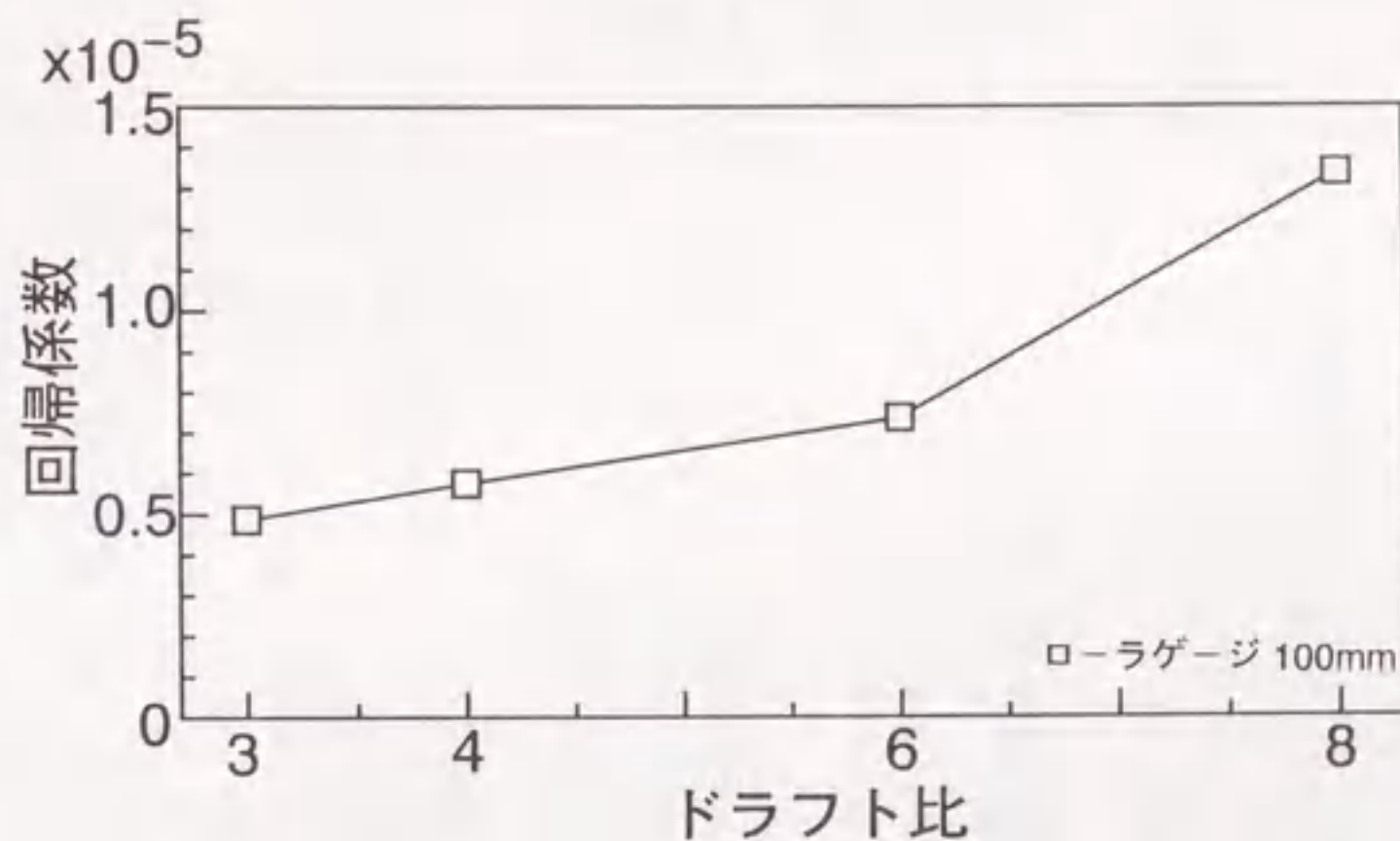


図4.7 ドラフト比と回帰係数の関係

図4.8は，ローラゲージと回帰係数の関係を示す。ローラゲージの増大に伴い，回帰係数が増大する。

これらのことより，ドラフト比，ローラゲージの増大に伴い，混合スライバの太い部分には短繊維，細い部分には長繊維が多く存在する傾向が一層顕著になることを示した。

#### 4.3.3 長繊維と短繊維の断面繊維本数の相互相関

図4.2において，長繊維と短繊維の断面繊維本数曲線は，類似した周期で変化することを示した。他のドラフト条件における長繊維と短繊維の断面繊維本数曲線の関係を求める。

図4.9は，各ドラフト比における断面繊維本数の波長を示す。いずれのドラフ



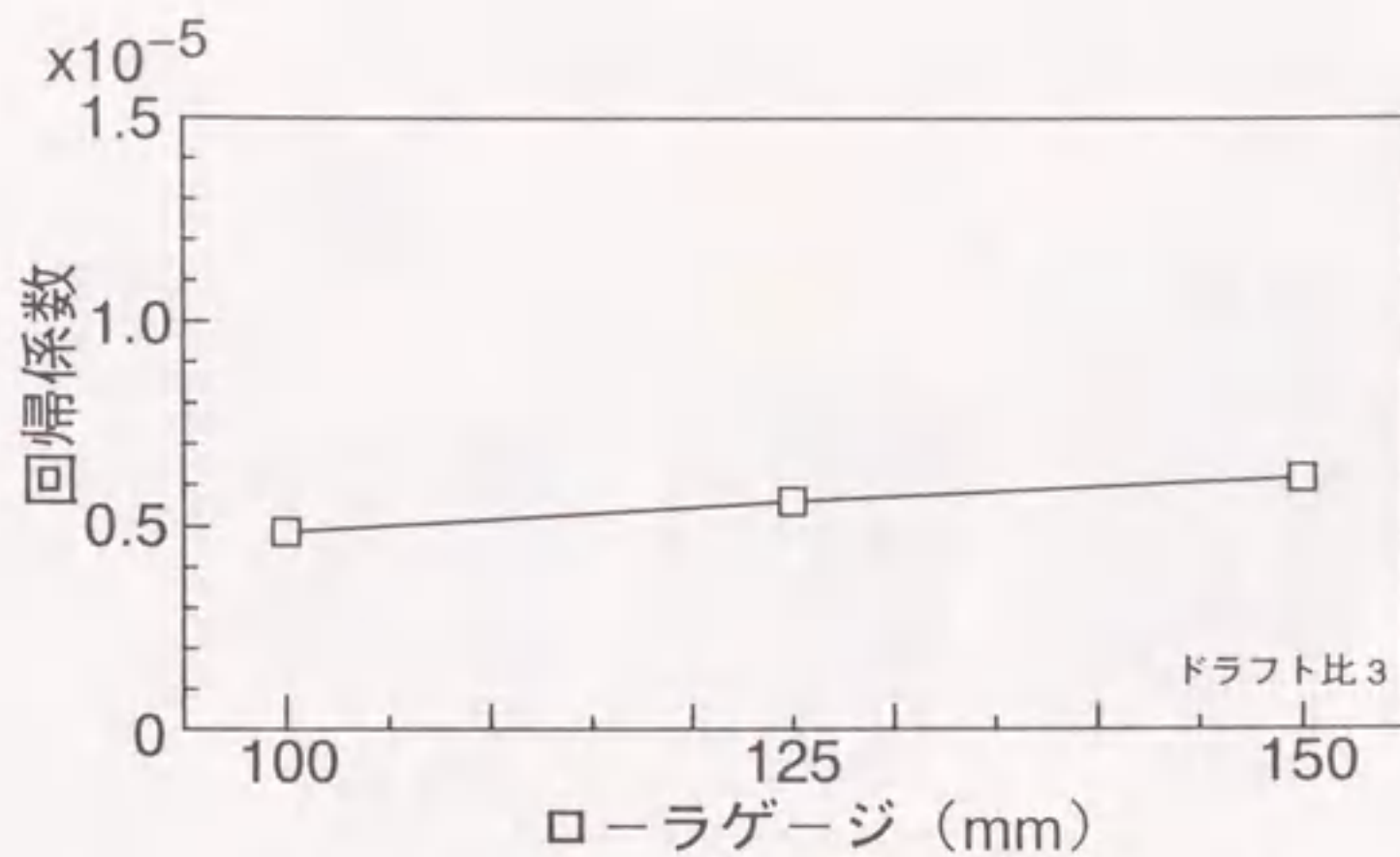


図4.8 ローラゲージと回帰係数の関係

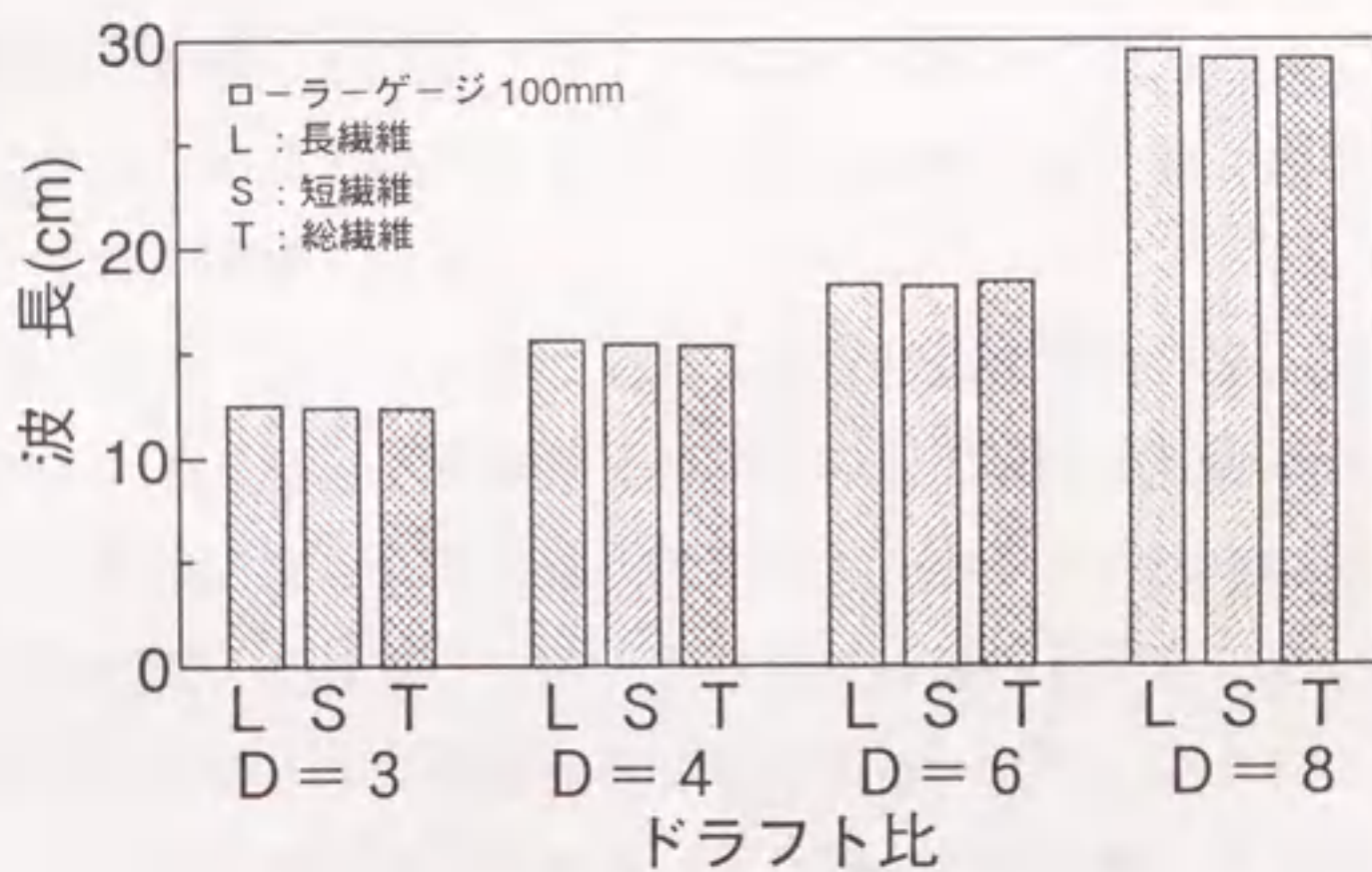


図4.9 ドラフト比と波長の関係

ト比においても、長繊維、短繊維および総繊維の波長は、ほぼ同じ値を示し、ドラフト比の増大に伴い、各繊維の波長はそれぞれ増加する。

図4.10は、各ローラゲージにおける断面繊維本数の波長を示す。いずれのローラゲージにおいても、長繊維、短繊維および総繊維の波長は、ほぼ同じ値を示し、ローラゲージの増大に伴い、各繊維の波長は増加する。すなわち、ドラフト比、ローラゲージの増大により長繊維、短繊維の断面繊維本数の波長は増加傾向を示す。

図4.2を詳細に観察すると、長繊維と短繊維の変化に若干の位相のずれがみら



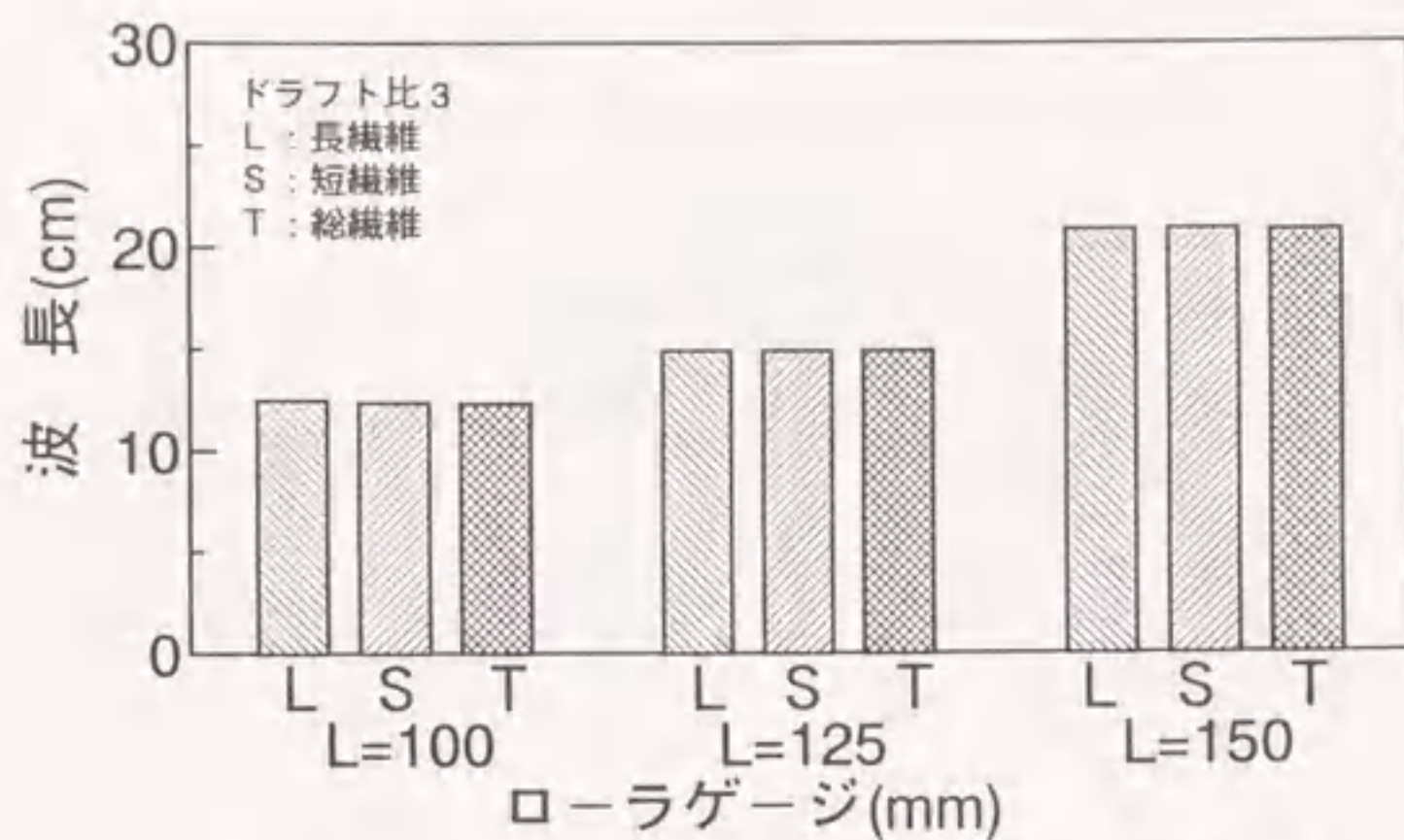


図4.10 ローラゲージと波長の関係

れ、短繊維が長繊維より少しドラフト方向に位置しているように見える。この傾向を明瞭にするために長繊維と短繊維の断面繊維本数の相互相関関数を求め、相関の強さとずれの関係を求めた。

図4.11は各種のドラフト比について、長繊維と短繊維の断面繊維本数の相互相関関数を示す。よこ軸は、長繊維と短繊維の断面繊維本数の長さ方向のずれ量を区間で示し、負の方向は、長繊維を固定して、ドラフト方向に短繊維をずらした場合、正の方向は、ドラフト方向と逆方向に短繊維をずらした場合である。ドラフト比の増大に伴い、相互相関係数は増大する。また、いずれのドラフト比においても、ドラフト方向に区間0から-1の間に相関係数の極大値を持つ。このことは、短繊維の挙動が長繊維より少し進んでいることを表している。

図4.12は、各種のローラゲージについて、長繊維と短繊維の断面繊維本数の相互相関関数を示す。よこ軸の関係は、図4.11と同じである。ローラゲージの増大に伴い、相互相関係数は増大する。また、いずれのローラゲージにおいても、ドラフト方向にずれ量が区間0から-1の間に相関係数の極大値を持つ。このことは、いずれのローラゲージにおいても短繊維が長繊維より少し進んでいることを表している。

3.3.3でギル機から紡出されたスライバにおいて、短繊維成分の周期的変化が長繊維成分よりも少し進み、位相が少しずれることを述べた。本実験からこの現象がローラドラフト装置でドラフトされたスライバでも発生していることを示す



ことができた。

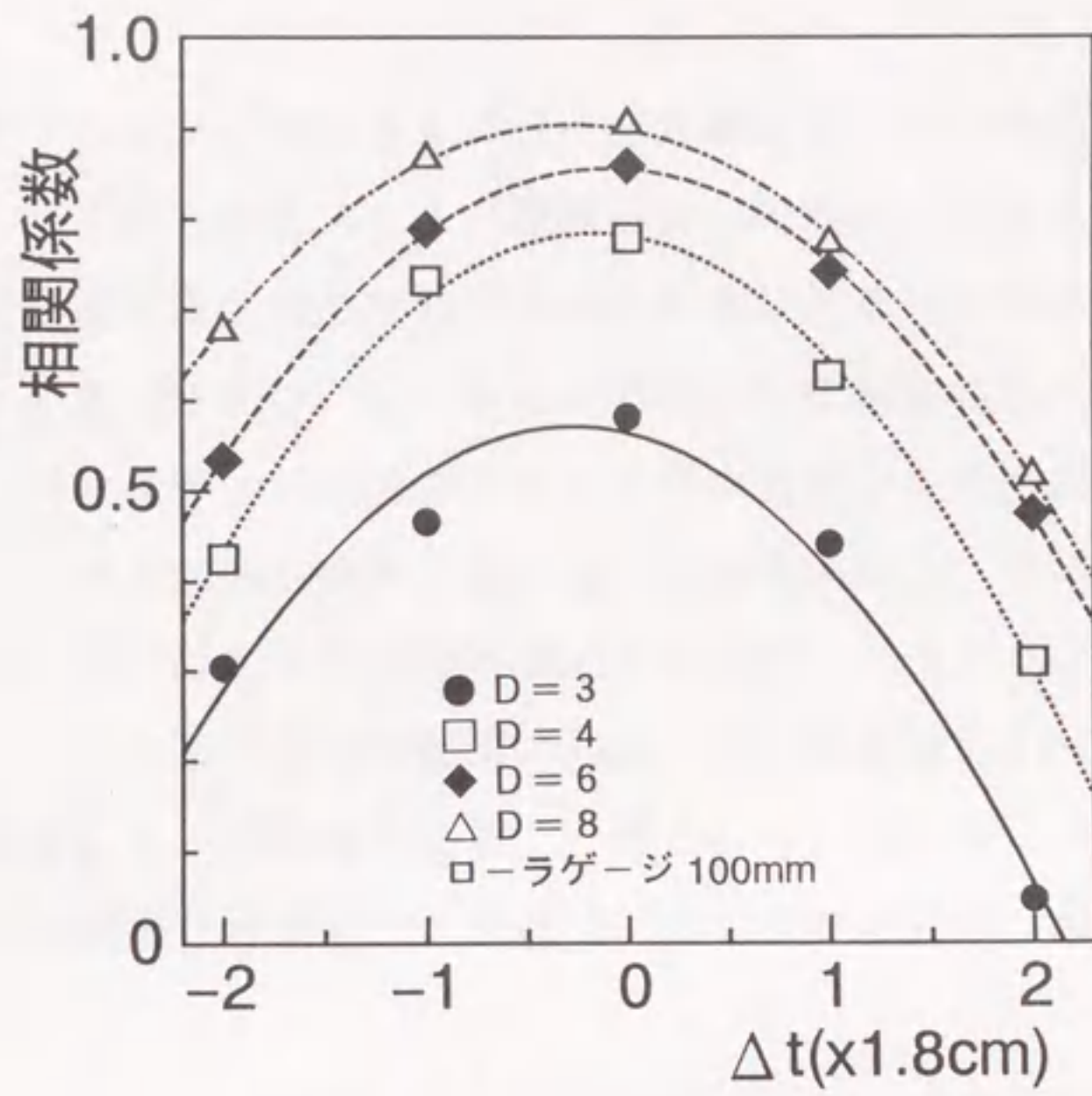


図4. 1 1 長繊維と短繊維の相互相関

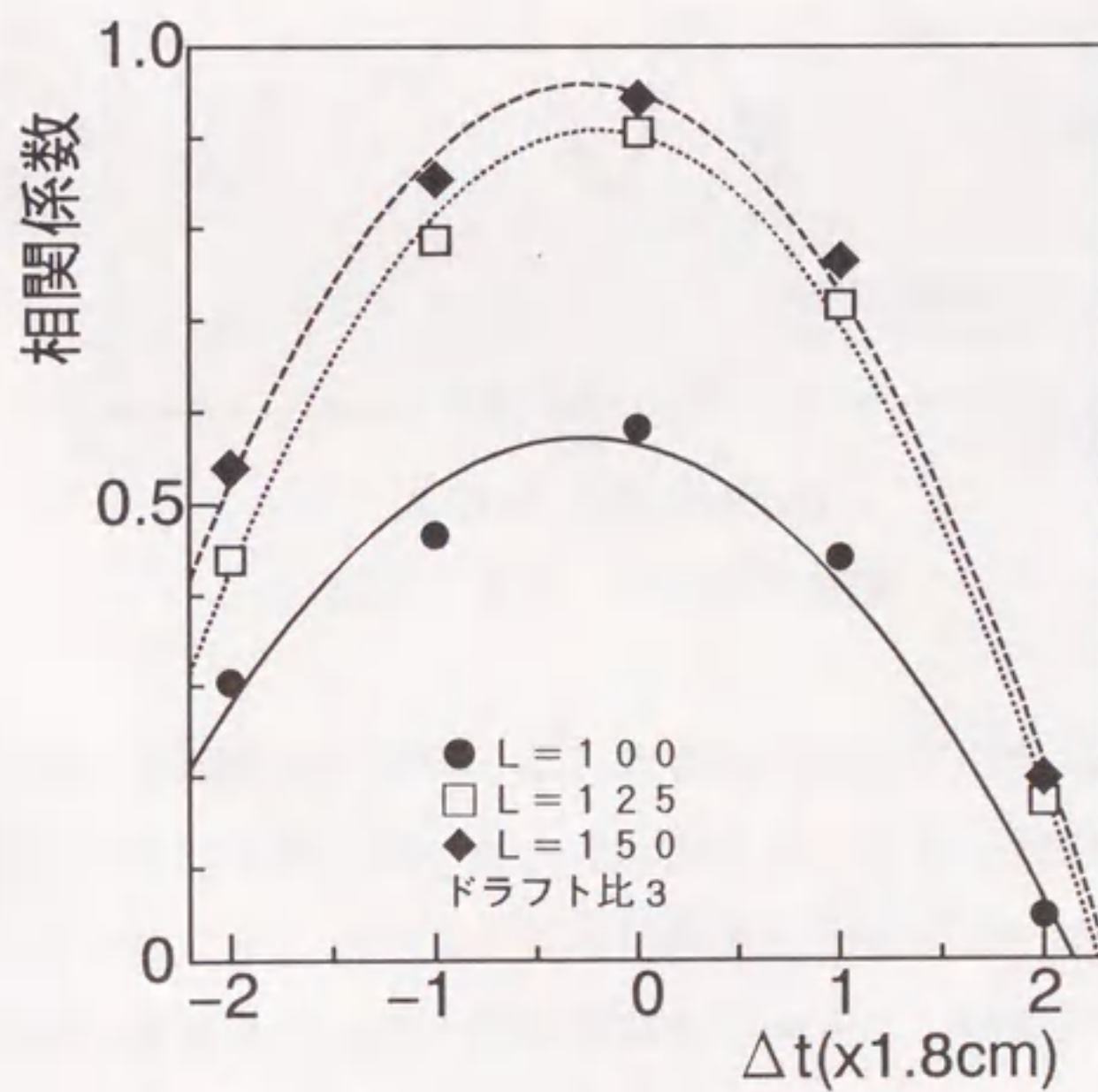


図4. 1 2 長繊維と短繊維の相互相関



#### 4. 4 画像処理の構造解析への適用

前節までのコンピュータによるスライバの構造解析は、多くの時間と手間を要する。一方、第2章で混合スライバの混合むらの解析に画像処理技術を適用し、混合むらを定量化するための有効な手法であることを明らかにした。

本節では、4.2.2に準じ、混合むらの構造解析に画像処理技術の適用の可能性を検討する。ウースタむら試験器でスライバの太さむらを測定し、A/D変換器により、コンピュータに取り込み、太さむら曲線を求めた。ウースタむら試験器の出力電圧とスライバの太さは正の関係にあるので、スライバの太さむらを電圧で表した。データの取り込み時間間隔は20ms、データ数は1,024個である。スライバの長さに換算して、136cmである。一例として、図4.13にドラフト比3、ローラゲージ150mmの場合を示す。この例では極大値が4個所、極小値が3個所存在している。

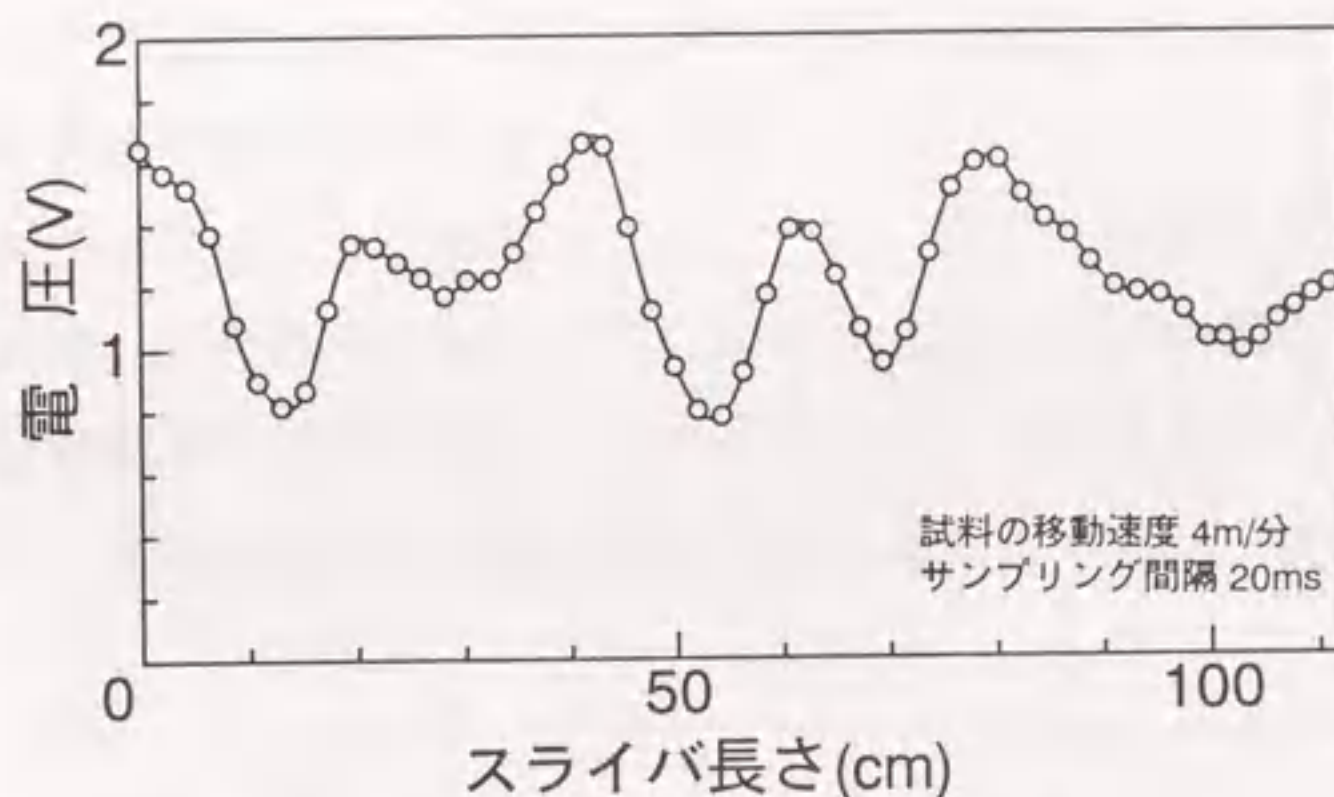


図4.13 太さむら曲線

次に、同じ試料の画像処理を行った。太さむらの測定の際には試料に張力が加わるが、画像処理を行う際には、張力は加わらないので、測定長さは多少短くなる。測定の始点と終点を、ウースタむら試験器の測定における始点と終点と同じ位置とし、長さの補正を行った。測定間隔を10mmとし、始点から終点までの画像処理を行った。求められた各輝度を図2.5の換算曲線を用いて黒色繊維の混合率に換算した。スライバの表側と裏側の画像処理を行い、これらと平均の混合率の



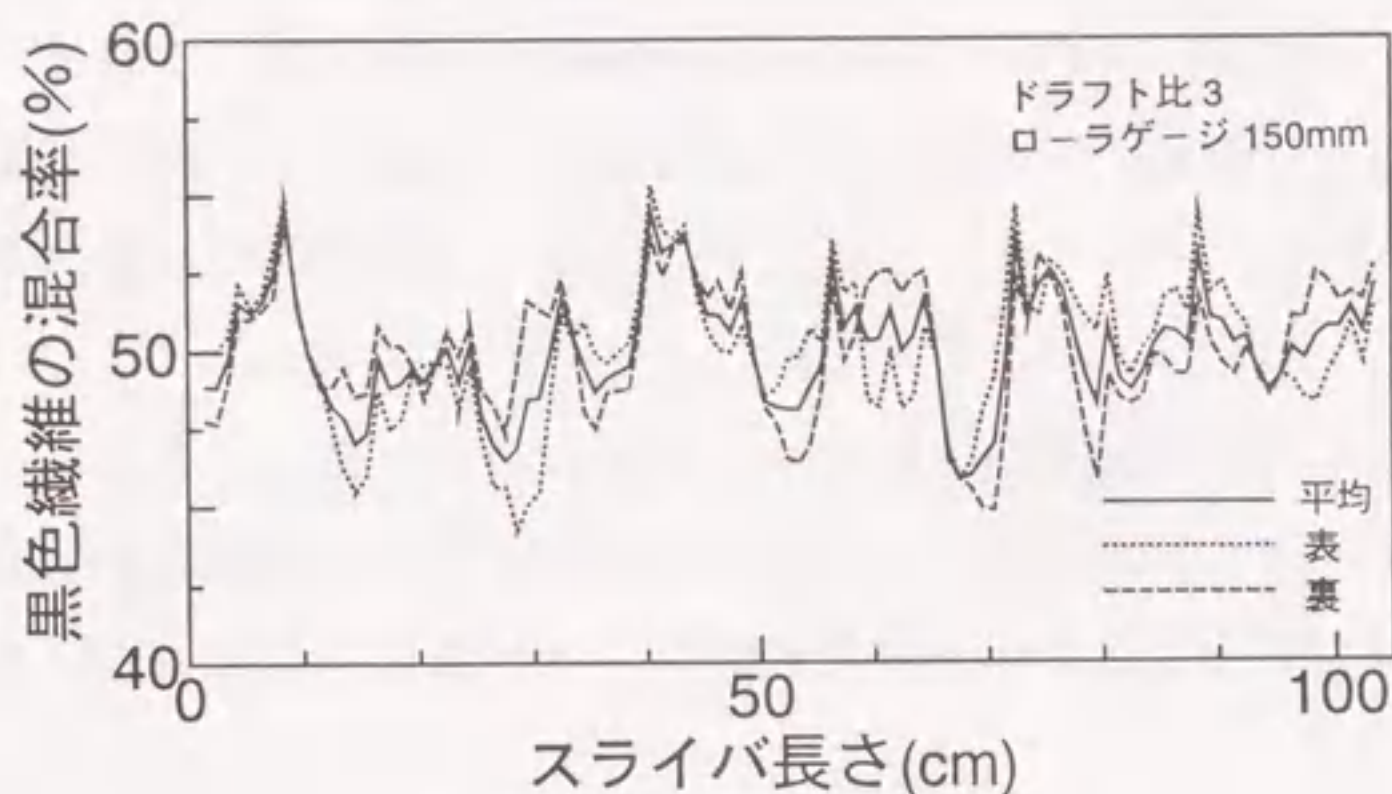


図4.14 混合率の変化

変化を図4.14に示す。表側，裏側および平均のいずれの場合も，黒色繊維の混合率は，45%から55%の間で変化している。

図4.14において，図4.13のウスタむら試験器による太さの極大，極小を示すスライバの位置における電圧と同じ位置の短繊維の混合率の値を取り出し，太さと短繊維の混合率の関係を求める。

これと同条件で作成した他の試料についても，同じ方法で太さと短繊維の混合率の関係を求め，この結果も合わせて，図4.15に示す。この図より，太さの増大に伴い，混合率が增大する傾向が見られる。これらの関係を明確にするために回帰分析を行い，回帰直線を求めた。回帰係数は正の値であり，太さと混合率の相

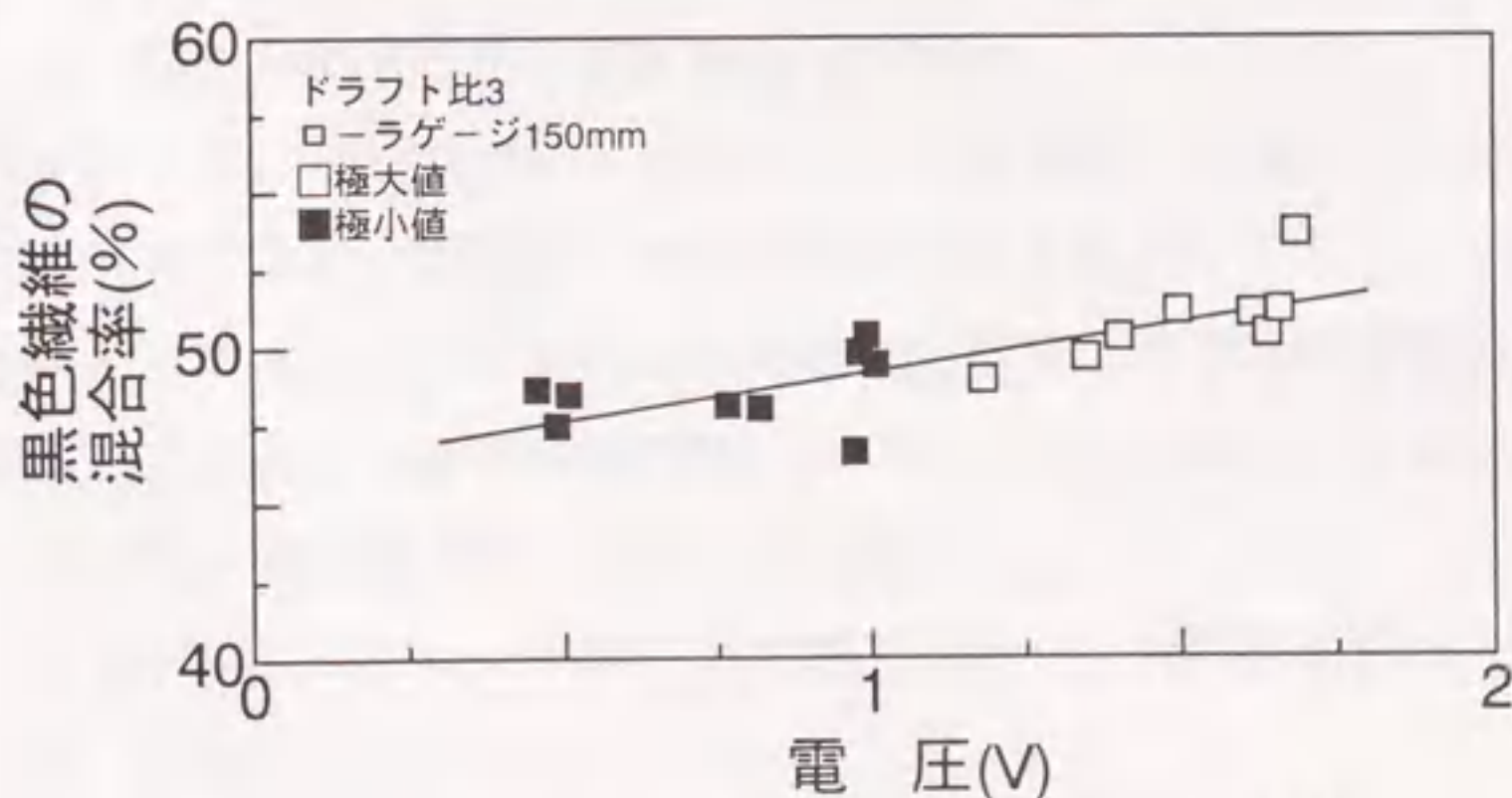


図4.15 太さむらと混合率の関係



関係数は0.782とかなり高い結果を得た。この結果、スライバの太い部分では極大値が多く存在し、黒色繊維の混合率が50%以上であり、細い部分では極小値が多く混合率は50%以下である。すなわち、太い部分では短繊維が、細い部分では長繊維が多く偏在していることを示している。

以上のことより、本節で得られたウースタむら試験と画像処理の結果は、繊維本数の実測による結果と同様な傾向を示した。したがって、画像処理技術によってもスライバの太さむらと混合むらの関係を解析することができる。

#### 4.5 結 言

混合スライバの長さ方向の構造を明らかにすることを目的に、異繊維長で構成されたスライバの長繊維、短繊維の繊維本数を実測し、繊維先端密度を求めた。繊維先端密度からスライバダイヤグラムにより、長繊維、短繊維の断面繊維本数を計算し、スライバの長さ方向の構造解析を行った。さらに種々のドラフト条件がスライバの構造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) 異繊維長で構成されたスライバの繊維先端密度の変化は、スライバの長さ方向に沿って、長繊維、短繊維とも同様な傾向を示し、いずれの位置においても短繊維の変化が長繊維より大きい。
- (2) 異繊維長で構成されたスライバにおいて、太い部分では短繊維の断面繊維本数、細い部分では長繊維の断面繊維本数が多い。
- (3) ドラフト比、ローラゲージの増大により長繊維、短繊維とも断面繊維本数の変動係数は増大し、短繊維の方が長繊維より大きい。
- (4) スライバの長さ方向における長繊維と短繊維の断面繊維本数の変化は、周期的であり、これらの波長はほぼ等しい。しかし、短繊維と長繊維の位相は少しずれており、短繊維の位相が進んでいる。
- (5) ドラフト比およびローラゲージの増大により、相関係数のピークの値は増大するが、位相は変化しない。
- (6) 画像処理技術は、混合スライバの長さ方向の構造解析に適用できる。



## 第5章 ドラフトによる混合むらの発生機構

### 5.1 緒言

前章までにおいて、実際の混合スライバをドラフトし、スライバの構造を詳細に解析した。その結果、スライバの太い部分に短繊維、細い部分に長繊維が多く存在し、太さむらと混合むらとの間に密接な関係のあることを明らかにした。

本章では、プロセスを構成する要素間の関係を用いて混合スライバのドラフトプロセスを解析した。ドラフト域において、長繊維と短繊維は異なる変速点を有すると仮定し、供給スライバと紡出スライバの関係を表す式を構築した。この式を用い、供給スライバの太さから紡出スライバの太さを計算により求めた。一方、混合スライバを実際にドラフトし、計算により求めた結果と実験結果を検討し、混合むらの発生機構を解明することを目的とした。

### 5.2 ドラフトプロセスの解析

#### 5.2.1 ドラフトプロセスの考え方

本節では、ドラフトプロセスを解析し、プロセスを構成する要素間の関係を式で明らかにした。現実のローラドラフトプロセスは、多くの要素が複雑に関連した変動過程であり、これらの要素を組み入れたドラフトプロセスの解析は非常に難解となる。既報<sup>2,8)</sup>では、1種類の等長繊維からなるスライバのドラフトプロセスを単純化し、このプロセスを力学的に解析した。計算により、求められた紡出スライバの太さの時間的変化と実際にドラフトして得られたそれとを比較検討し、ドラフトプロセスの解析の妥当性を検討している。

本章では次の(1)~(3)の仮定のもとに、長繊維と短繊維の異繊維長で構成されたスライバのドラフトプロセスの解析を行った。

仮定：(1) 供給スライバを構成している長繊維、短繊維は、まっすぐでスライバ軸に平行に配置されている。

(2) ドラフト域においてバックローラ、フロントローラのいずれにも把持されていない浮遊繊維は、バックローラまたはフロントローラの表面速



度で移動し、中間の速度を持たない。

(3) 長繊維と短繊維は異なった変速点を持つ。

ドラフトプロセスにおいて、変速点の変動は紡出スライバの太さの変動に影響を及ぼす。この変速点については、これまで様々な理論的および実験的研究が行われている。G.A.R.Foster<sup>29)</sup>は、浮遊繊維はローラゲージから繊維長分を差し引いた浮遊域で変速し、その位置は高速繊維群の量により決定されるとしている。

本章における変速点とは、1本の浮遊繊維が、バックローラに把持されている繊維およびフロントローラに把持されている繊維から受ける摩擦力により決定されるとする。すなわち、浮遊繊維とバックローラ把持繊維との摩擦力がフロントローラ把持繊維との摩擦力より大きい場合には、バックローラで移動し、逆に、フロントローラ把持繊維との摩擦力がバックローラ把持繊維との摩擦力より大きい場合には、フロントローラで移動する。両方の摩擦力の等しい場合の位置が変速点である。

ドラフト力とは、低速繊維群から高速繊維群を引き抜くために要する力であり、ドラフト状態を力学的に表現したものである。この力は、J.G.Martindale<sup>30)</sup>により指摘され、M.Hannah<sup>31)</sup>の理論的研究をはじめ、いくつもの報告がなされている。このドラフト力の変動と紡出スライバの質量むらとは、強い関連性があると報告されている<sup>32)</sup>。

観察によれば、ドラフト域のスライバは、スライバ軸と直角方向に伸縮が繰り返されている。伸縮を繰り返しているスライバの集束状態を示すスライバ密度の変動<sup>33)</sup>は、バックローラ側で高く、フロントローラに近づくにつれて減少している。時間的変動は、バックローラ付近ではほとんどみられず、フロントローラに近づくにつれて大きくなることが報告されている<sup>34)</sup>。ドラフト域のスライバ密度の変化は、繊維間圧力を変化させ、この圧力の変化は繊維間の摩擦力を変える。したがって、スライバ密度はドラフト力、変速点の変化に大きく影響を及ぼしている。

以上のことから、本章では、ドラフトプロセスは供給スライバの断面繊維本数 $N(t)$ 、紡出スライバの断面繊維本数 $n(t)$ 、ドラフト域のスライバ密度 $\rho(x,t)$ 、変速点 $S(t)$ 、ドラフト力 $DF(t)$ の五つの要素で構成されると考える。

図5.1は、この考え方をまとめたものであり、任意の時刻 $t_i$ において、 $N(t_i)$



を与えると、 $S(t_i)$ は $N(t_i)$ ,  $n(t_i)$ ,  $\rho(x, t_i)$ から求められ、 $DF(t_i)$ は、 $S(t_i)$ ,  $N(t_i)$ ,  $n(t_i)$ ,  $\rho(x, t_i)$ から求められ、次の時刻 $t_{i+1}$ において、 $n(t_{i+1})$ は、 $S(t_i)$ から、 $\rho(x, t_{i+1})$ は、 $DF(t_i)$ から求められる。

次に、 $N(t_{i+1})$ を与えて、 $N(t_{i+1})$ ,  $n(t_{i+1})$ ,  $\rho(x, t_{i+1})$ から $S(t_{i+1})$ が求められる。同様に、 $DF(t_{i+1})$ , 次の $n(t_{i+2})$ ,  $\rho(x, t_{i+2})$ が求められ、順次、これらの過程が繰り返され、ドラフトが進んでいくと考える。これらの関係について、5.2.3で詳細に述べる。

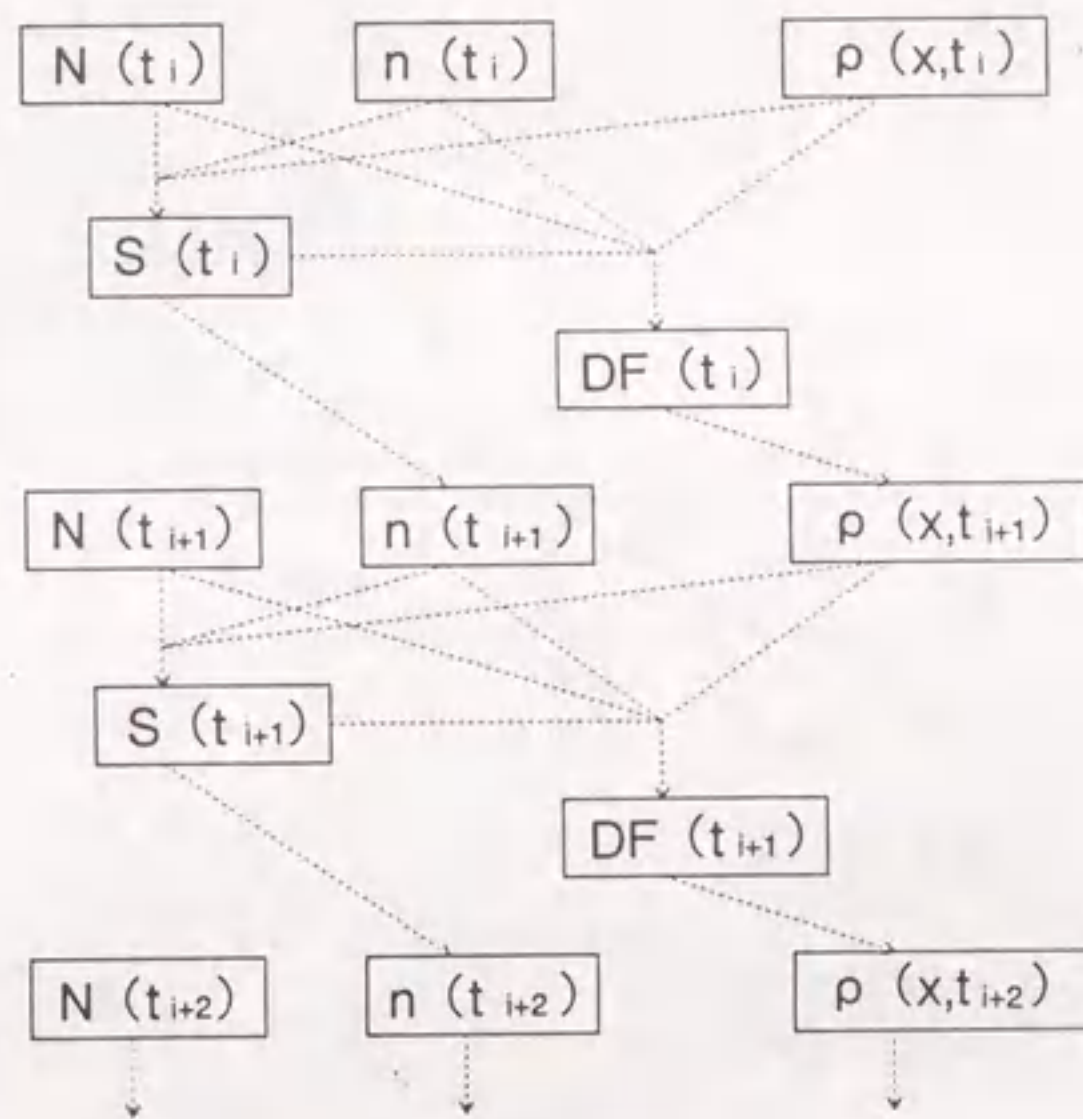


図5.1 要素間の関係

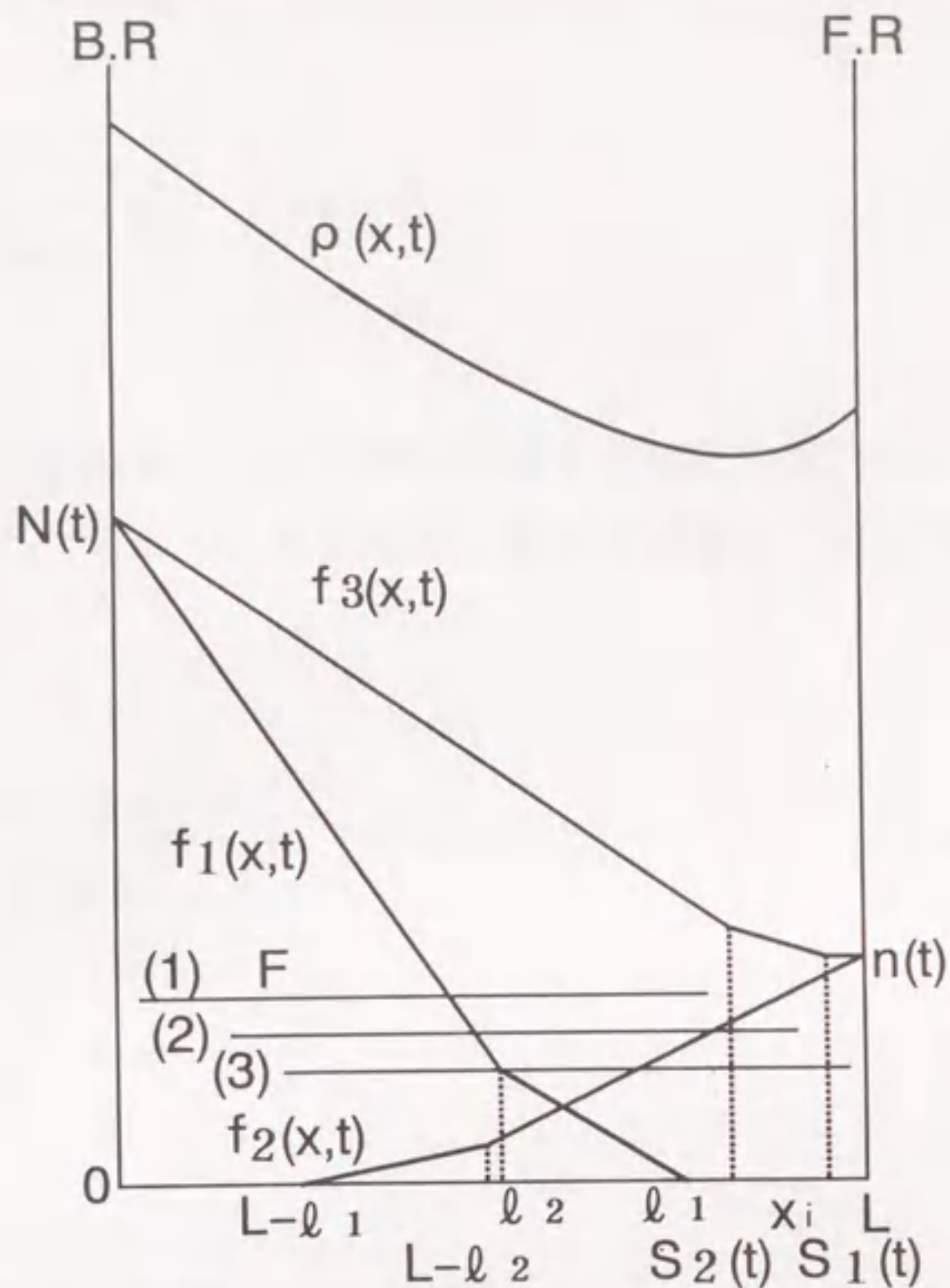
### 5.2.2 ドラフト域の把持曲線とスライバ密度

図5.2は質量混合率が50%ずつの異繊維長で構成されたスライバをドラフトした場合の任意の時刻 $t$ におけるドラフト域の把持曲線とスライバ密度を示す。

$f_1(x, t)$ はバックローラ把持繊維本数、 $f_2(x, t)$ はフロントローラ把持繊維本数、 $f_3(x, t)$ は断面繊維本数、 $S_1(t)$ ,  $S_2(t)$ は変速点 ( $S_1(t)$ は長繊維の変速点、 $S_2(t)$ は短繊維の変速点)、 $L$ はローラゲージ、 $l_1$ ,  $l_2$ は繊維長 ( $l_2 < l_1$ )を示す。

$f_1(x, t)$ ,  $f_2(x, t)$ および $f_3(x, t)$ は次の関係が成り立つ。





- $f_1(x,t)$  バックローラ把持繊維本数
- $f_2(x,t)$  フロントローラ把持繊維本数
- $f_3(x,t)$  断面繊維本数
- $N(t)$  供給スライバの断面繊維本数
- $n(t)$  紡出スライバの断面繊維本数
- $\rho(x,t)$  スライバ密度
- $S_1(t), S_2(t)$  変速点
- $L$  ローラゲージ
- $l_1, l_2$  繊維長 ( $l_2 < l_1$ )
- $F$  浮遊繊維

図5.2 ドラフト域の状態

(1) バックローラ把持繊維本数の誘導

スライバの長さ方向を  $x$  軸，幅方向を  $y$  軸とすると，図5.3(1)は長繊維の把持繊維曲線  $f_{1L}(x,t)$  を示し，

$$f_{1L}(x,t) = -\frac{N(t)}{2l_1}x + \frac{1}{2}N(t) \tag{5-1}$$

と表される。



また、図5.3(2)は短繊維の把持繊維曲線 $f_{1s}(x, t)$ を示し、

$$f_{1s}(x, t) = -\frac{N(t)}{2l_2}x + \frac{1}{2}N(t) \quad (5-2)$$

と表される。

ところで、図5.3(3)に示すように長繊維と短繊維の把持繊維曲線の和が、全体の把持繊維曲線となるので、それぞれの領域で加算し、バックローラ把持繊維曲線を求めると、

$$f_1(x, t) = -\frac{(l_1 + l_2)N(t)}{2l_1l_2}x + N(t) \quad 0 \leq x_i < l_2 \quad (5-3)$$

$$f_1(x, t) = -\frac{N(t)}{2l_1}x + \frac{N(t)}{2} \quad l_2 \leq x_i \leq l_1 \quad (5-4)$$

となる。

## (2) フロントローラ把持繊維本数の誘導

図5.4(1)は長繊維の把持繊維曲線 $f_{2L}(x, t)$ を示し、

$$f_{2L}(x, t) = \frac{n(t)}{2l_1}x - \frac{(L - l_1)n(t)}{2l_1} \quad (5-5)$$

と表される。

また、図5.4(2)は短繊維の把持繊維曲線 $f_{2s}(x, t)$ を示し、

$$f_{2s}(x, t) = \frac{n(t)}{2l_2}x - \frac{(L - l_2)n(t)}{2l_2} \quad (5-6)$$

と表される。

ところで、図5.4(3)に示すように長繊維と短繊維の把持繊維曲線の和が、全体の把持繊維曲線であるから、それぞれの領域で加算し、フロントローラ把持繊維



曲線を求めると、

$$f_2(x, t) = \frac{n(t)}{2\ell_1} x - \frac{(L - \ell_1)n(t)}{2\ell_1} \quad L - \ell_1 \leq x_i < L - \ell_2 \quad (5-7)$$

$$f_2(x, t) = \frac{(\ell_1 + \ell_2)n(t)}{2\ell_1\ell_2} x + \frac{(2\ell_1\ell_2 - L(\ell_1 + \ell_2))n(t)}{2\ell_1\ell_2} \quad L - \ell_2 \leq x_i \leq L \quad (5-8)$$

となる。

### (3) 断面繊維本数の誘導

図5.5(1)より長繊維の断面繊維本数 $f_{3L}(x, t)$ は、

$$f_{3L}(x, t) = -\frac{N(t) - n(t)}{2S_1(t)} x + \frac{1}{2} N(t) \quad 0 \leq x_i < S_1(t) \quad (5-9)$$

$$f_{3L}(x, t) = \frac{1}{2} n(t) \quad S_1(t) \leq x_i \leq L \quad (5-10)$$

図5.5(2)より短繊維の断面繊維本数 $f_{3S}(x, t)$ は、

$$f_{3S}(x, t) = -\frac{N(t) - n(t)}{2S_2(t)} x + \frac{1}{2} N(t) \quad 0 \leq x_i < S_2(t) \quad (5-11)$$

$$f_{3S}(x, t) = \frac{1}{2} n(t) \quad S_2(t) \leq x_i \leq L \quad (5-12)$$

したがって、全体の断面繊維本数は図5.5(3)で示すように、長繊維の断面繊維本数と短繊維との和であるから、

$$f_3(x, t) = -\frac{(N(t) - n(t))(S_1(t) + S_2(t))}{2S_1(t)S_2(t)} x + N(t) \quad 0 \leq x_i < S_2(t) \quad (5-13)$$

$$f_3(x, t) = -\frac{N(t) - n(t)}{2S_1(t)} x + \frac{N(t) + n(t)}{2} \quad S_2(t) \leq x_i < S_1(t) \quad (5-14)$$

$$f_3(x, t) = n(t) \quad S_1(t) \leq x_i \leq L \quad (5-15)$$



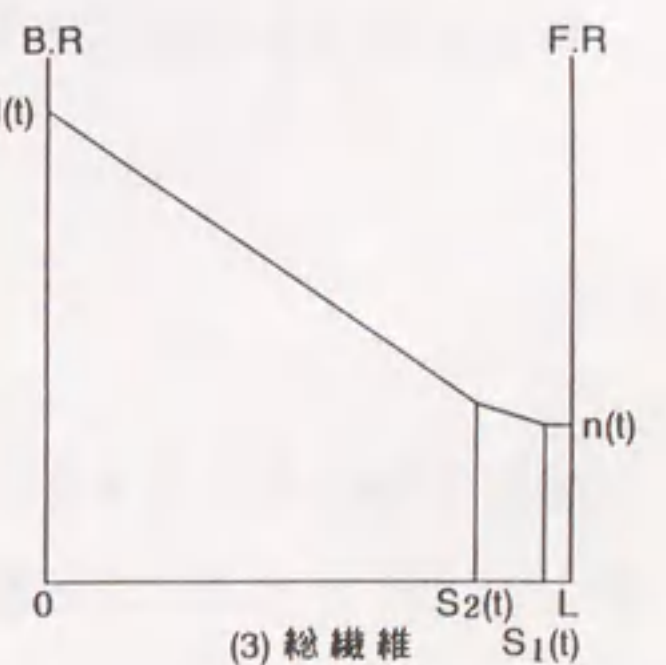
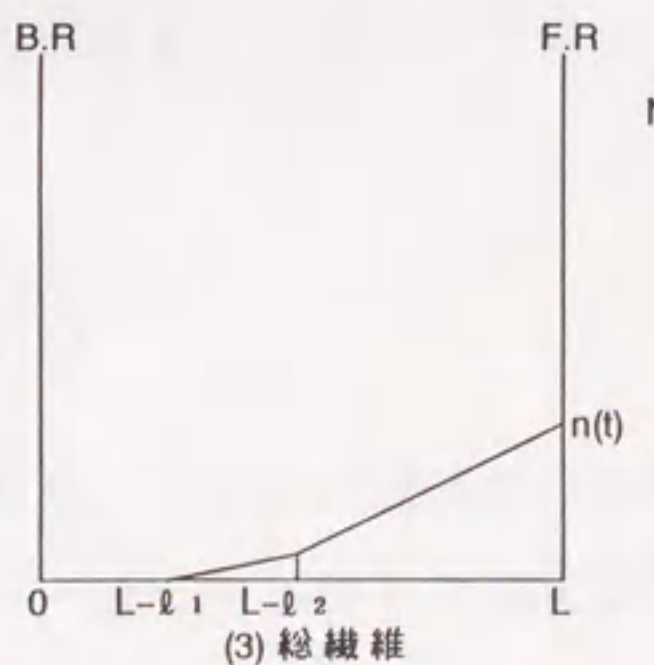
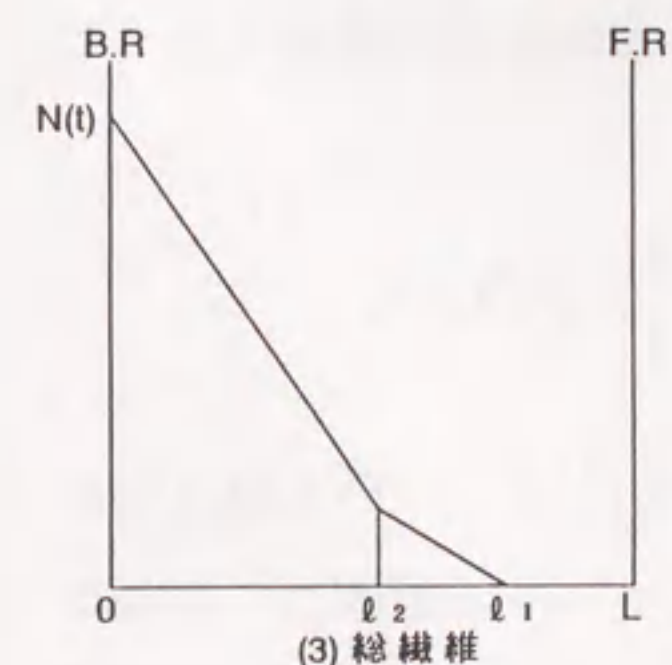
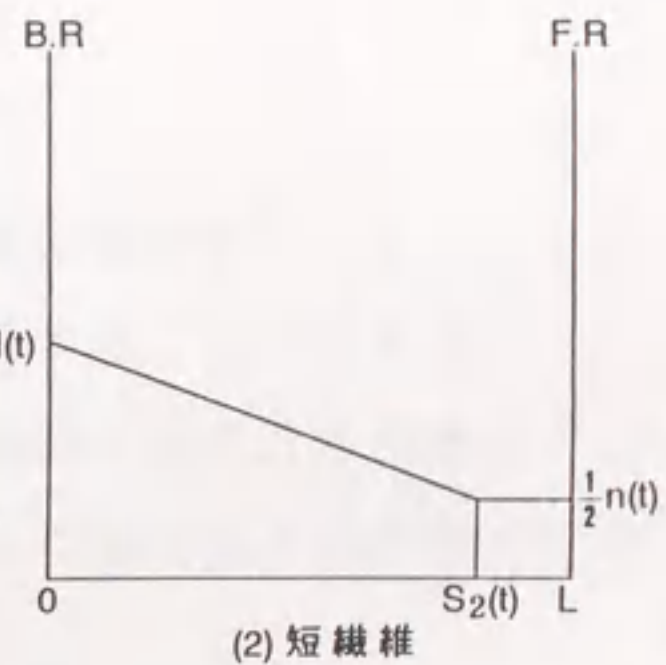
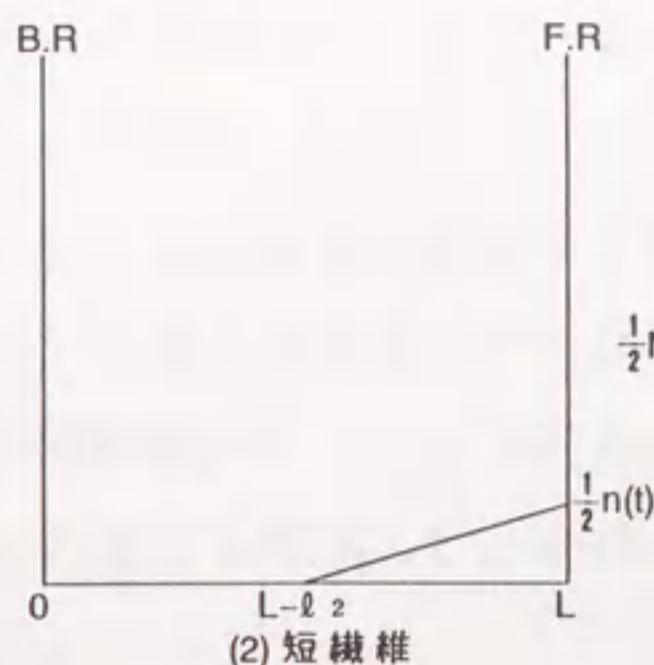
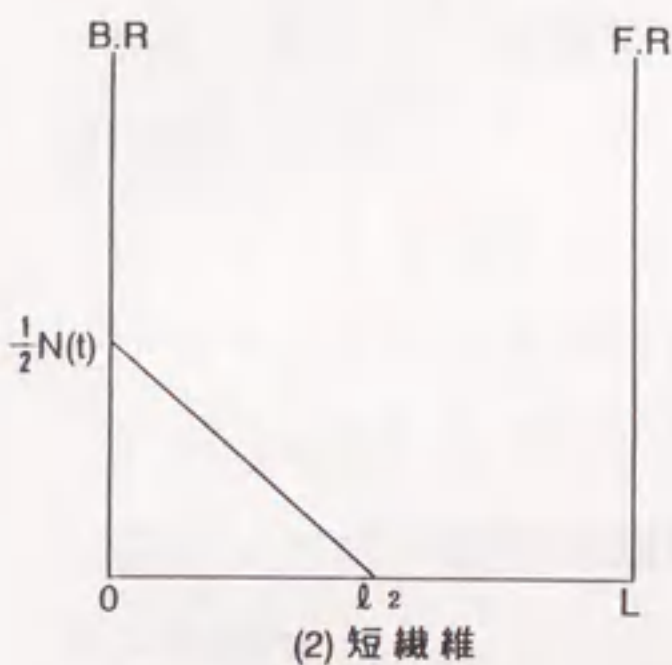
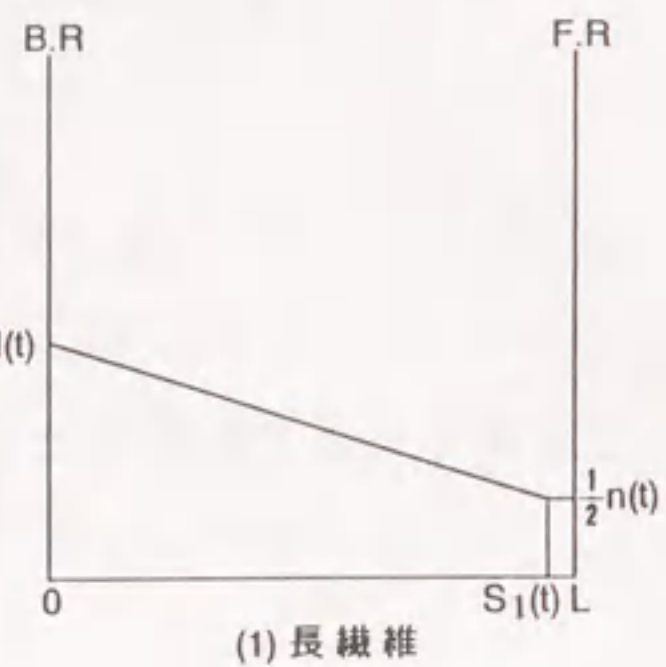
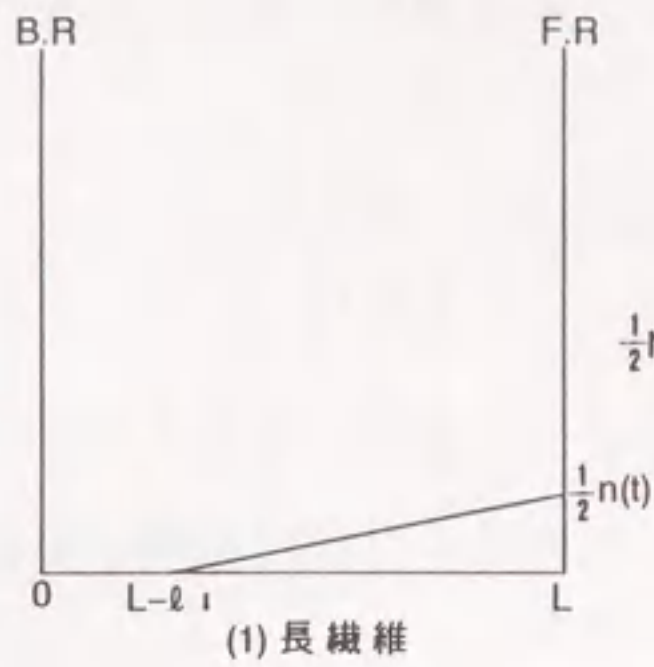
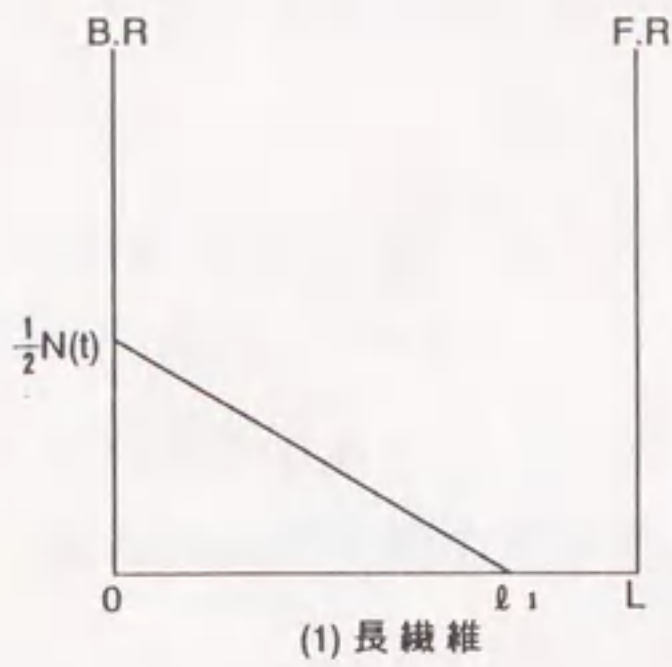


図5.3 ドラフト域におけるバックローラ把持繊維本数

図5.4 ドラフト域におけるフロントローラ把持繊維本数

図5.5 ドラフト域における断面繊維本数



と求められる。

既報<sup>28)</sup>では、実験によりスライバ密度はバックローラ側で高く、フロントローラに近づくに伴い、減少し、下に凸の二次曲線に近似できることを明らかにしている。本節では、実験により(5.16)式で表されることを確認した。

$$\rho(x,t) = \frac{\rho_1 - \rho_2(t)}{(L-15)^2} x^2 - \frac{2(\rho_1 - \rho_2(t))}{L-15} x + \rho_1 \quad (5.16)$$

ただし、 $\rho_1$  はバックローラのスライバ密度で一定、 $\rho_2(t)$  はフロントローラから15mmの位置のスライバ密度の時間的変化、 $L$  はローラゲージである。

### 5.2.3 ドラフトプロセスを構成する要素間の解析

図5.1に示した要素間の関係を次の(1)~(4)で解析する。

#### (1) $N(t)$ , $n(t)$ , $\rho(x,t)$ と $S(t)$ の関係

ローラドラフトプロセスにおける変速点の位置は、浮遊繊維がバックローラおよびフロントローラ把持繊維から受ける摩擦力から計算することができる。

5.2.1で述べたように浮遊繊維がバックローラ把持繊維から受ける摩擦力 $F_1$ とフロントローラ把持繊維から受ける摩擦力 $F_2$ が等しくなる場合の位置を変速点と定義する。

図5.2において任意の時刻 $t$ において先端がバックローラ把持点から $x_1$ の位置にある長繊維の浮遊繊維(繊維長 $l_1$ )とバックローラ把持繊維との摩擦力は、

$$\mu P(x,t) \frac{f_1(x,t)}{f_3(x,t)} dx \quad (5.17)$$

で表される<sup>31)</sup>。 $\mu$ は摩擦係数、 $P(x,t)$ は繊維間の単位長さあたりの平均法線圧である。この繊維がバックローラ把持繊維と接触する領域は、 $x_1 - l_1$ と $l_1$ の間であり、 $F_1$ は



$$F_1(x, t) = \mu \int_{x_i - \ell_1}^{\ell_1} P(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.18)$$

となる。木下ら<sup>35)</sup>はスライバ密度を $1 - \varepsilon$ ，比例係数を $k_1$ とすれば， $\mu P = k_1(1 - \varepsilon)$  の関係を求めている。

$1 - \varepsilon = k_2 \rho$  とすると ( $k_2$  : 比例係数)

$$\mu P(x, t) = k \rho(x, t) \quad (k = k_1 \cdot k_2, \quad : k : \text{比例係数}) \quad (5.19)$$

となる。(5.19)式を(5.18)式へ代入すると，

$$F_1(x, t) = k \int_{x_i - \ell_1}^{\ell_1} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.20)$$

となる。同様に $F_2$ は次のように求められる。

$$F_2(x, t) = k \int_{L - \ell_1}^{x_i} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.21)$$

繊維長 $\ell_1$ の繊維先端の位置 $x_i$ は $\ell_1 \leq x_i \leq L$ の範囲に存在し，その位置により，(a) $\ell_1 \leq x_i < S_2(t)$ ，(b) $S_2(t) \leq x_i < S_1(t)$ ，(c) $S_1(t) \leq x_i \leq L$ の3通りがある。 $F_1$ および $F_2$ の大きさはバックローラ，フロントローラに把持されている長繊維，短繊維の繊維本数および断面繊維本数の多少により異なる。摩擦力の及ぼす領域をそれぞれ区分し，(5.20)式はそれぞれ(5.22)，(5.24)，(5.26)式に，(5.21)式は(5.23)，(5.25)，(5.27)式になる。

(a)  $\ell_1 \leq x_i < S_2(t)$

$F_1(x, t)$ は $x_i - \ell_1 \sim \ell_2$ ， $\ell_2 \sim \ell_1$ の各領域の摩擦力を加算し，次式を得る。

$$F_1(x, t) = k \int_{x_i - \ell_1}^{\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{\ell_2}^{\ell_1} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.22)$$



$F_2(x, t)$  は,  $L - \ell_1 \sim L - \ell_2$ ,  $L - \ell_2 \sim x_i$  の領域で次式のように与える。

$$F_2(x, t) = k \int_{L - \ell_1}^{L - \ell_2} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{L - \ell_2}^{x_i} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.23)$$

(b)  $S_2(t) \leq x_i < S_1(t)$

$F_1(x, t)$  は  $x_i - \ell_1 \sim \ell_2$ ,  $\ell_2 \sim \ell_1$  の領域で次式のように与える。

$$F_1(x, t) = k \int_{x_i - \ell_1}^{\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{\ell_2}^{\ell_1} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.24)$$

$F_2(x, t)$  は  $L - \ell_1 \sim L - \ell_2$ ,  $L - \ell_2 \sim S_2(t)$ ,  $S_2(t) \sim x_i$  の領域で次式のように与える。

$$F_2(x, t) = k \int_{L - \ell_1}^{L - \ell_2} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{L - \ell_2}^{S_2(t)} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx$$

$$+ k \int_{S_2(t)}^{x_i} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.25)$$

(c)  $S_1(t) \leq x_i \leq L$

$F_1(x, t)$  は  $x_i - \ell_1 \sim \ell_2$ ,  $\ell_2 \sim \ell_1$  の領域で次式のように与える。

$$F_1(x, t) = k \int_{x_i - \ell_1}^{\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{\ell_2}^{\ell_1} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.26)$$

$F_2(x, t)$  は  $L - \ell_1 \sim L - \ell_2$ ,  $L - \ell_2 \sim S_1(t)$ ,  $S_1(t) \sim x_i$  の領域で次式のように



与える。

$$\begin{aligned}
 F_2(x, t) = & k \int_{L-\ell_1}^{L-\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx + k \int_{L-\ell_2}^{S_1(t)} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \\
 & + k \int_{S_1(t)}^{x_i} \rho(x, t) \frac{f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.27)
 \end{aligned}$$

ここで、 $F_1(x, t) = F_2(x, t)$  の場合の  $x_i$  の位置を変速点と考える。同様の手順で短繊維の変速点の位置を求めることができる。

(2)  $N(t), n(t), \rho(x, t), S(t)$  と  $DF(t)$  の関係

ドラフト力について M. Hannah<sup>31)</sup> の理論により次の関係を得る。バックローラおよびフロントローラに把持されている繊維相互が接触可能な領域は、 $L-\ell_1$  と  $\ell_1$  との間である。この領域は、これらの繊維の繊維本数および断面繊維本数の変化により、 $L-\ell_1 \sim L-\ell_2$ ,  $L-\ell_2 \sim \ell_2$ ,  $\ell_2 \sim \ell_1$  に区分される。ドラフト力は、それぞれの領域のドラフト力の加算により求められ、次式を得る。

$$\begin{aligned}
 DF(t) = & k \int_{L-\ell_1}^{L-\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t) f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \\
 & + k \int_{L-\ell_2}^{\ell_2} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t) f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \\
 & + k \int_{\ell_2}^{\ell_1} \rho(x, t) \frac{f_1(x, t) f_2(x, t)}{f_3(x, t)} dx \quad (5.28)
 \end{aligned}$$

(3)  $DF(t)$  と  $\rho(x, t)$  の関係

$\rho(x, t)$  は (5.16) 式で表され、 $\rho(x, t)$  と  $DF(t)$  の関係は既報<sup>28)</sup> と同様、あら



はじめ、実験により  $\rho_2(t)$  と  $DF(t)$  の同時測定から検討した。 $DF(t)$  はドラフト装置のフロントローラ支柱にストレインゲージを取り付け、ストレインゲージからの出力信号を換算して求めた。一方、 $\rho_2(t)$  はドラフト装置に2組の投受光器を設置し、ドラフト時にスライバが通過する時の出力電圧とウースタむら試験器から得られる太さむらの測定値から求めた。

結果を図5.6に示す。なお、ドラフト力は平均ドラフト力に対する比で表現する。1種類の等長繊維のスライバの場合と同様に、長短2種類の等長繊維からなる混合スライバの場合も、 $DF(t)/MDF(t)$  と  $\rho_2(t)$  の間には直線関係が認められ、相関係数は0.855であった。

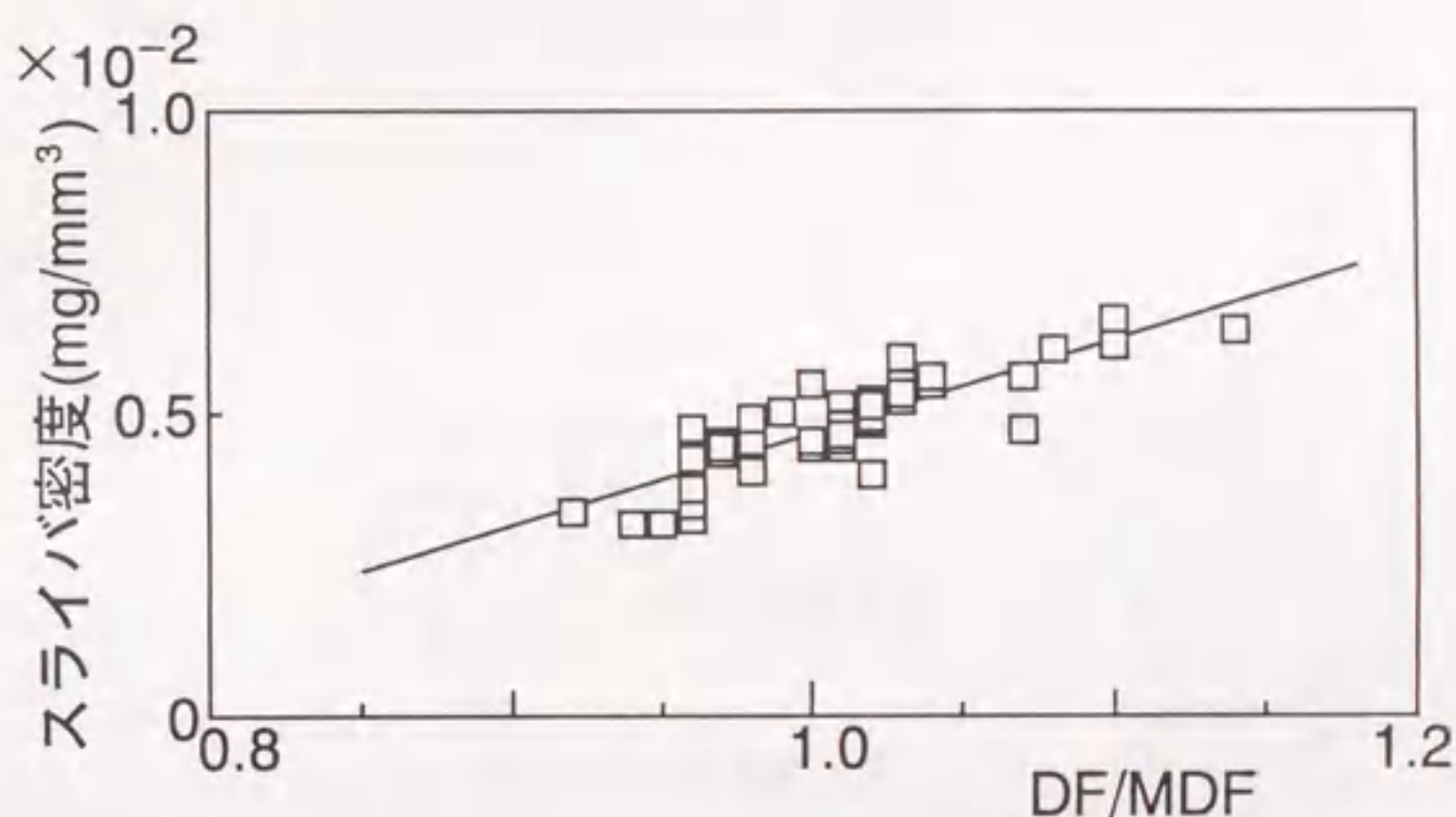


図5.6 ドラフト力とスライバ密度

#### (4) $S(t)$ と $n(t)$ の関係

$S(t)$  と  $n(t)$  の関係は次の方法で決定した。等長繊維の場合、任意の位置  $x$  , 時刻  $t$  においてフロントローラより紡出されるスライバの繊維の先端を表す曲線を  $D(x, t)$  とすると、渡辺の提案<sup>36)</sup>によるスライバダイヤグラムにより、次式で与えられる。

$$Y = D(x, t) \quad (5.29)$$

また、このスライバダイヤグラムで繊維の後端を表す曲線は、

$$Y = D(x + \ell, t) \quad (5.30)$$

と求められる。(ただし、 $\ell$  は繊維長)

したがって、紡出スライバの断面繊維本数は、



$$n(x,t) = D(x+\varrho, t) - D(x,t) \quad (5.31)$$

となるから、フロントローラニップ点を  $x=0$  とすると、断面繊維本数に関して

$$n(0,t) = D(\varrho, t) - D(0,t) \quad (5.32)$$

の関係が成立し、紡出スライバの断面繊維本数を得ることができる。

### 5. 3 計算結果と実験結果との比較

本節では、前節で述べたドラフトプロセスを表現する式を用いて、供給スライバの太さから、紡出スライバの太さを計算により求めた。計算に必要な初期条件を表5.1に示す。 $N(t)$ はあらかじめ求め、結果を入力した。

表5.1 初期条件

繊維	アクリル
繊維度	3d
長繊維の繊維長	76mm
短繊維の繊維長	51mm
供給スライバの太さ	16.5ktex
供給スライバの断面繊維本数	50,000
ドラフト比	3
ローラゲージ	100mm
フロントローラの表面速度	26mm/秒

結果を図5.7、図5.8に示す。

図5.7は変速点の変化を示す。一般に、変速点はフロントローラからの距離で示すが、ここではバックローラからの距離とする。長繊維の変速点は、フロントローラの近くに存在している。しかし、短繊維の変速点は、フロントローラより離れた位置で変化し、長繊維と比較して変動の幅は大きい。

図5.8は紡出スライバの断面繊維本数の結果を示す。長繊維の断面繊維本数の変化は8,000~11,000本の間であるが、短繊維のそれは長繊維と比べて大きく、3,000~14,000本の間で変化し、10~15秒間隔の周期がみられる。長繊維と短繊維の断面繊維本数の和を混合スライバ全体の断面繊維本数とすると、混合スライバ全体の断面繊維本数の変化は12,000~25,000本、周期は10~15秒間隔である。この傾向は短繊維の場合と類似しており、太い部分には長繊維より短繊維が多く



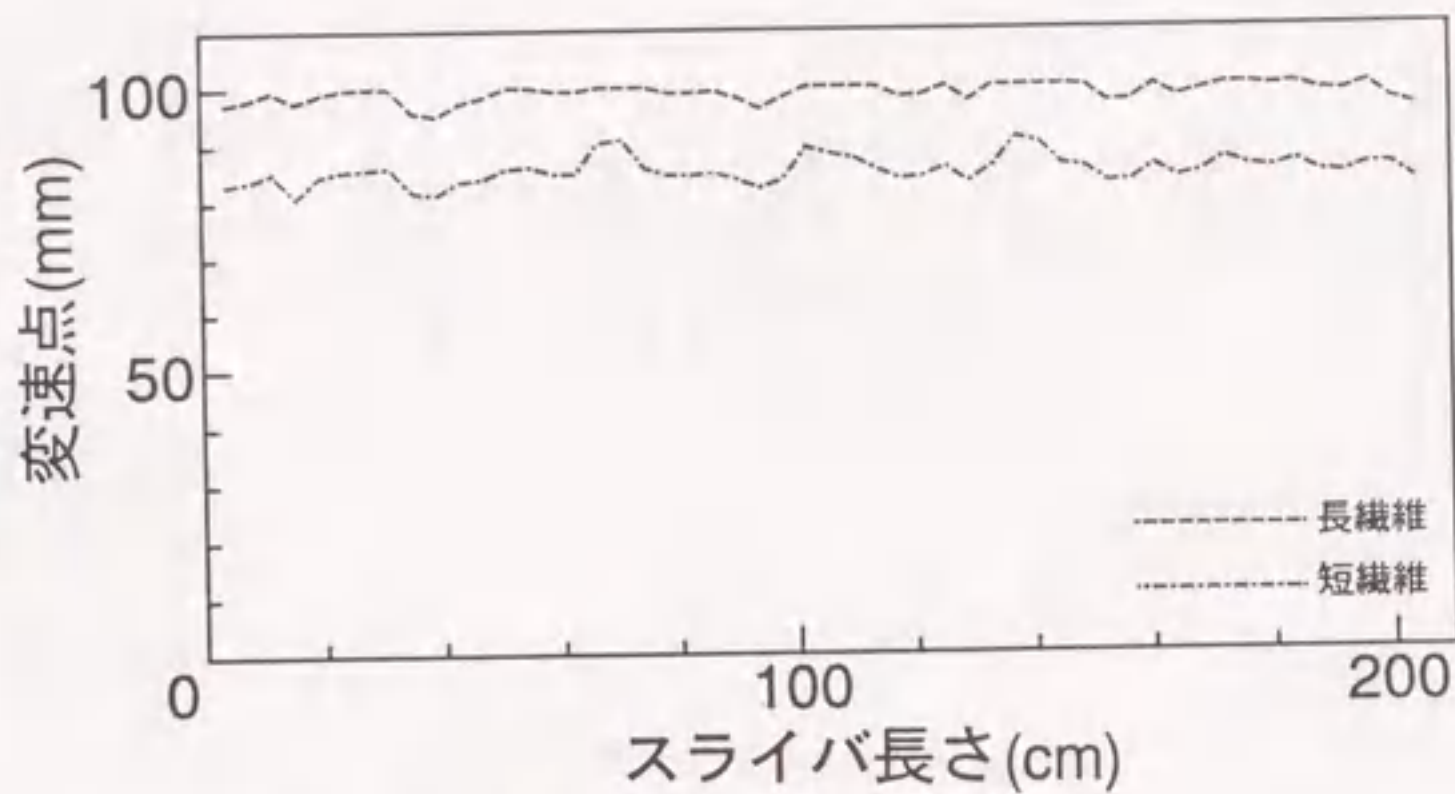


図5.7 変速点の変化

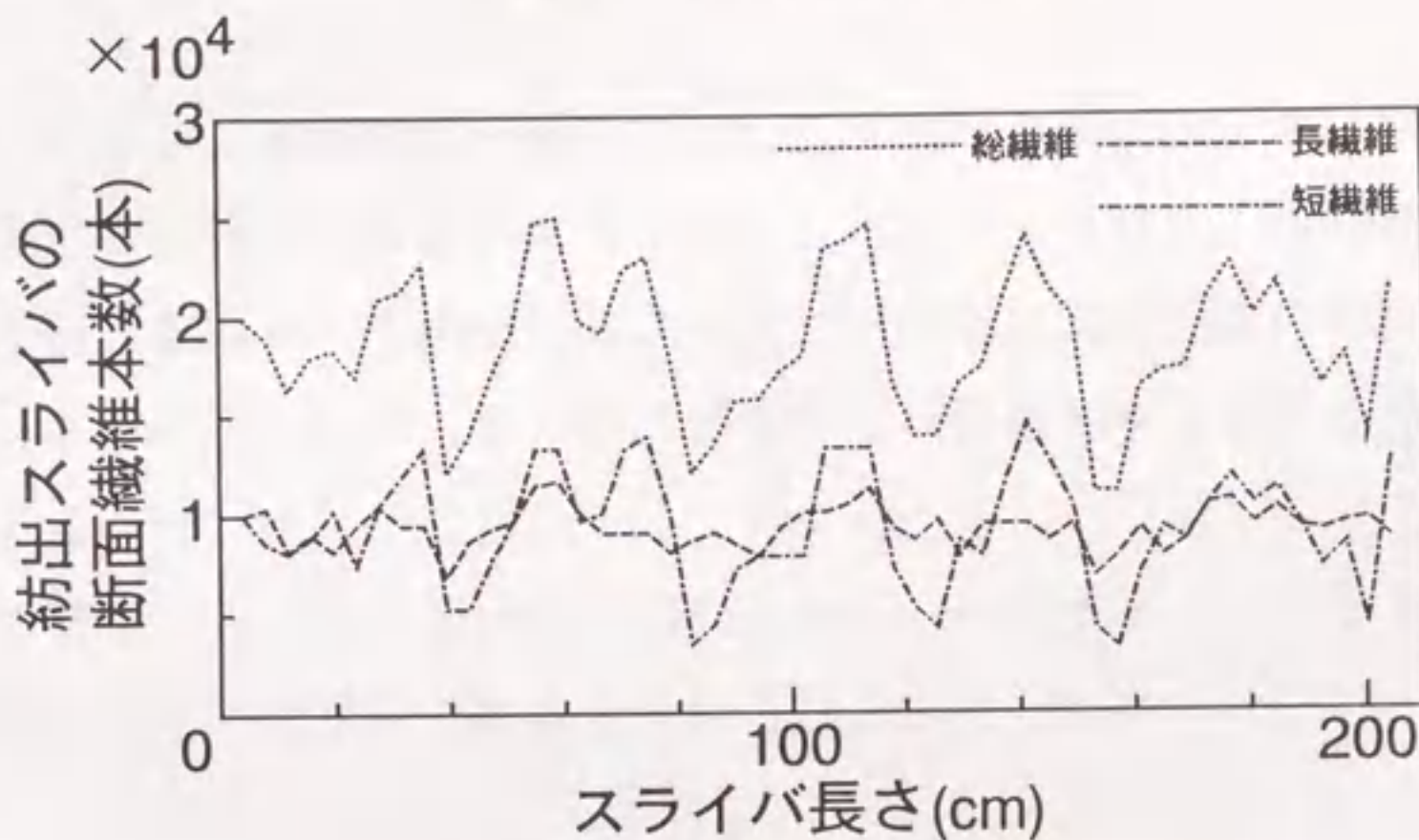


図5.8 紡出スライバの断面繊維本数

存在し、細い部分には逆の傾向が現れ、混合スライバ全体の断面繊維本数の増減傾向は、短繊維のそれに大きく依存していることを示唆している。

次に、実際に混合スライバをドラフトし、断面繊維本数を求めた。ドラフトの実験条件は表5.1のとおりである。

この条件でドラフトした混合スライバの太さむらをウースタむら試験器で測定し、断面繊維本数に換算した。実験結果を図5.9に示す。実線が実験値、破線が計算値を示す。実験結果と計算結果を比較すると、両者の全体の傾向は、ほぼ一致していることがわかる。



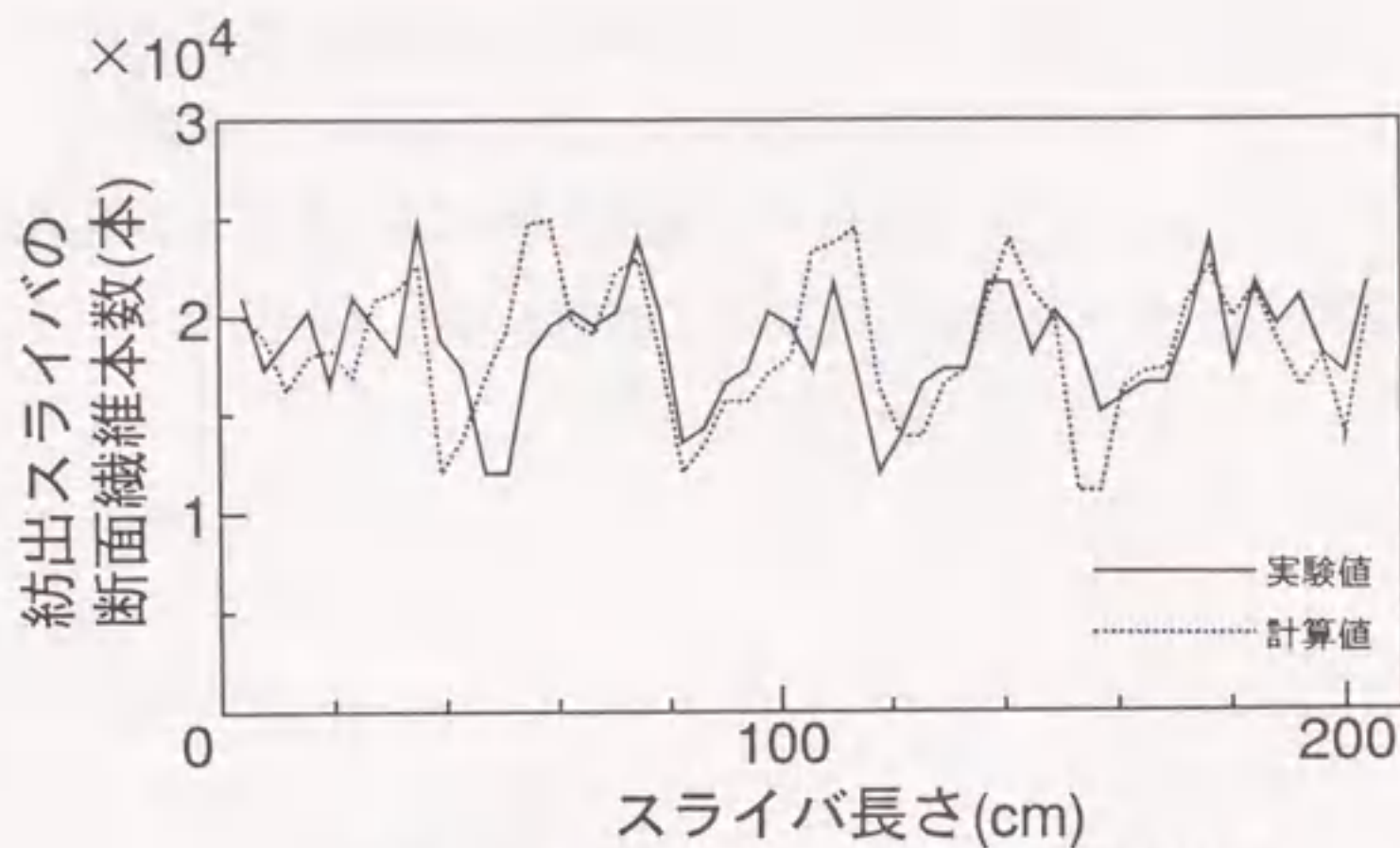


図5.9 紡出スライバの断面繊維本数

このことより、異繊維長で構成されたスライバの混合むらの発生機構はドラフト域における変速点の挙動によると考えられる。すなわち、短繊維と長繊維は異なる変速点を持ち、短繊維における変速点の変動は長繊維のそれより大きいことから、前章で示した構造むらが紡出スライバに発生すると理論的に説明することができる。

以上の結果から、本節で示した混合スライバのドラフトプロセスの解析に用いた基本的な考え方が妥当であると考えられる。

#### 5.4 結言

プロセスを構成する要素間の関係を用いて、長・短2種類の異繊維長で構成されたスライバのドラフトプロセスを解析した。両繊維は異なる変速点を有すると仮定し、ドラフトプロセスを表現する式を構築した。この式を用いて、供給スライバの太さから紡出スライバの太さを計算により求めた。混合スライバを実際にドラフトし、計算により求めた結果と実験結果を検討した。その結果、両者はほぼ一致した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 異繊維長で構成されたスライバの混合むらの発生機構をドラフト域における変速点より説明することができた。



- (2) 長短2種類の異繊維長で構成されたスライバのローラドラフトプロセスにおいて、長繊維と短繊維は異なった変速点を持つ。
- (3) 短繊維の変速点の変動は長繊維のそれより大きい。
- (4) 太さむらが大きければ、混合むらも大きな値を示すことが理論的にも成立する。



## 第6章 ラインイメージセンサによるオンライン計測

### 6.1 緒言

各産業界の生産工程において長さ、幅および形状などの計測およびエッジ、欠陥などを検出するためにラインイメージセンサが使用され、製品の品質向上、工程の品質管理に大きく寄与している。

実際の紡績工程においては、スライバの混合むらの検出は主に豊富な経験を有する作業者の視覚による官能検査が行われているので、評価の基準が明確ではない。また、この方法は個人の技能に依存しており、企業の技術資産として継承、蓄積することは困難であり、工程管理の問題の1つとなっている。

ラインイメージセンサは一定の時間間隔で被検出物をラインとしてとらえ、高度な計測能力を備えている。このセンサにより、スライバの成分繊維における幅方向の混合状態を測定することができれば、紡出されてくるスライバ全体の微小な混合欠陥を連続して検出することが可能となり、スライバの工程管理、品質向上に大いに役立つものと考えられる。

スライバ混合はダブリングとドラフティングの繰り返しにより、混合が進むといわれているが、混合過程における混合状態についてまだ、明確な説明が行われていない。また、生産現場においても、ラインイメージセンサーをスライバの生産ラインに適用し、工程管理を行う事例も見受けられない。

本章では、生産工程で使用されるギル機にラインイメージセンサを装着し、今まで解析されていなかった紡出スライバの幅方向の混合状態を長さ方向に沿って微小間隔で連続的に測定し、スライバ全体の混合状態を詳細に解析した。さらにスライバ混合の混合過程を明らかにするとともに混合欠陥を検出する方法を検討した。

### 6.2 計測方式

本節では、ラインイメージセンサを用いてギル機より紡出されるスライバの混合状態を連続的に計測、評価する方法について述べる。



### 6.2.1 測定装置

混合状態を計測するために使用した測定装置の概要を図6.1に示す。ギル機から紡出されてくるスライバの上方にラインイメージセンサを装着し、スライバの混合状態を一定間隔で連続的に測定する。測定されたビデオ信号は、A/D変換器で256段階の明るさのデジタル信号に変換された後、コンピュータに取り込まれ、種々の演算処理が行われる。ラインイメージセンサから1ラインごとに出力されるビデオ信号は2048ビットであるが、スライバの幅方向の両端は原因不明のノイズを含むので、両端部の信号を削除し、中央部の1800ビットをデータとする。スライバの移動速度は3.09m/分、長さ方向に4mm間隔で128ライン測定した。したがって、1回の測定で、スライバの幅方向に1800ビット、長さ方向に128ライン、合計230,400点のデータを得る。幅方向の測定視野は185mmとするので1ドット当たり0.0903mmとなる。本章で使用した試料の繊維の太さは約19.2 $\mu$ mであり、1ドットは繊維約4.70本分に相当する。本測定に使用したギル機は、第2章で使用したギル機と同じである。

### 6.2.2 測定試料

測定試料は、黒色繊維の繊維長が51mmのスライバと白色繊維の繊維長が76mmのスライバを3本ずつそろえて、ギル機に供給し、ギル回数を5回とした。供給方向はF方向およびR方向、各繊維は織度3d、アクリルで構成され、白色繊維と黒色繊維の混合率は50%である。

### 6.2.3 輝度混合率換算曲線の作成

ラインイメージセンサではスライバの混合状態は輝度で測定される。本章においても、スライバの混合むらを黒色繊維の混合率で評価するので、測定された輝度を混合率に換算することが必要である。第2章と同様、あらかじめ同繊維長の白色繊維と黒色繊維の混合率が既知の混合スライバを数種類作成した。これらのスライバの輝度を測定し、混合率と輝度の換算曲線を求めた。結果を図6.2に示す。



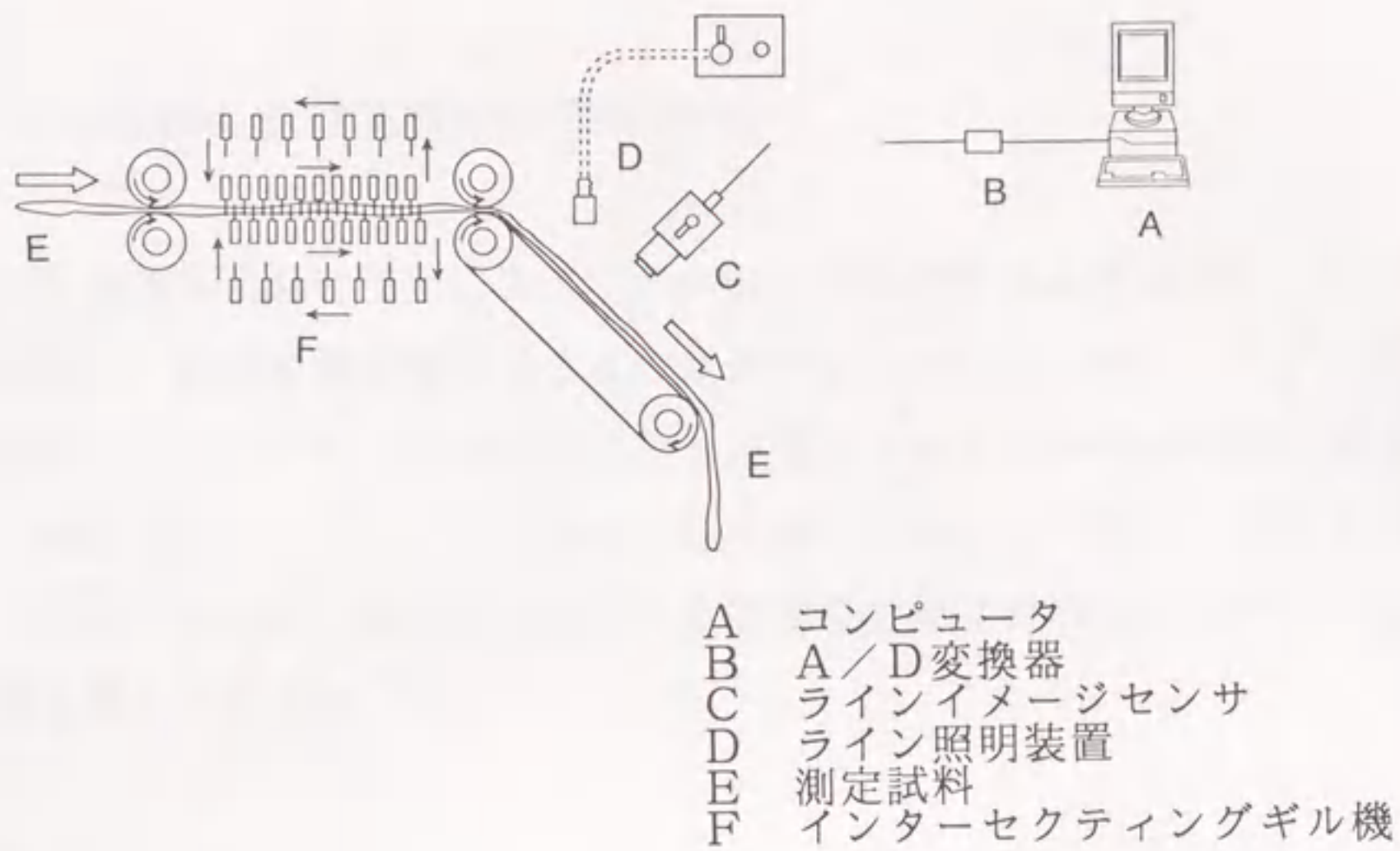


図6.1 実験装置

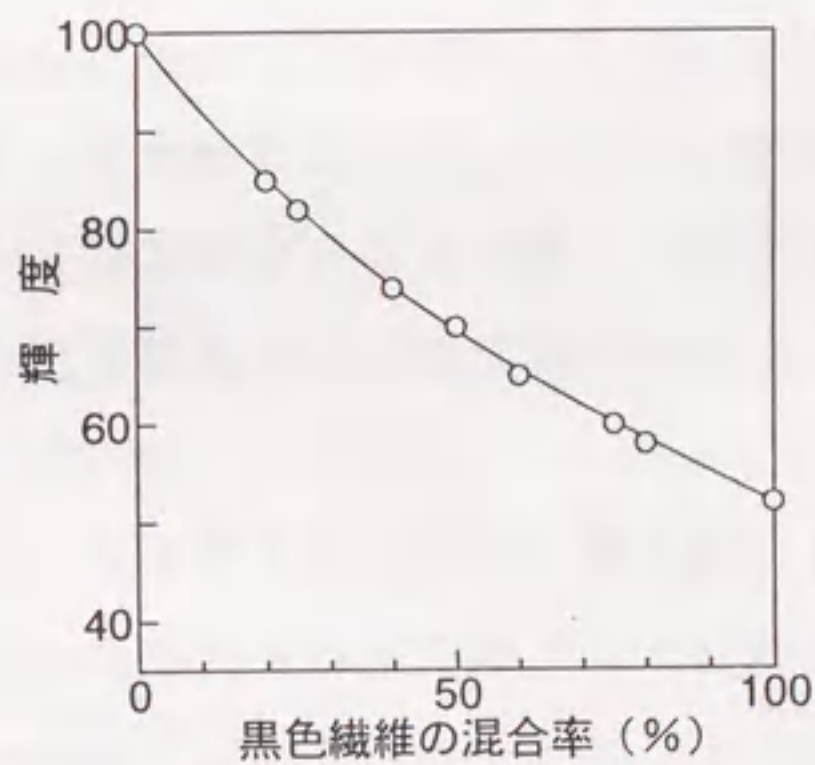


図6.2 混合率と輝度の関係

#### 6.2.4 混合むらの評価方法

連続的に測定されたスライバの幅方向、および長さ方向の混合むらを次の方法で求めた。ラインごとの輝度を混合率に変換し、混合率の平均値および混合率の変動係数を求めた。それらを128ライン分平均し、幅方向の混合率の平均値と変



動係数の平均値を求め、幅方向の混合状態を評価した。次に1ラインごとの平均混合率の変動係数を求め、長さ方向の混合状態を評価した。

### 6. 3 混合過程における混合状態の評価

第2章の画像処理においては、スライバの混合状態の画像処理を行い、ギル回数の増加に伴い、混合状態が良好となるのはダブリングとドラフティングに基づくことを示唆した。しかし、画像処理による方法はスライバの限られた領域を測定しているだけであり、スライバ全体の混合状態を把握していない。本節では幅方向および長さ方向の混合過程における混合状態を詳細に考察し、スライバ全体の混合状態を明らかにする。

#### 6.3.1 幅方向の評価

混合スライバの幅方向における混合率に及ぼすギル回数の影響についての一例を図6.3に示す。供給方向はF方向、ギル回数は5回である。観察から、ギル2回では混合率の変動が非常に顕著である。観察によれば、白色繊維または黒色繊維が筋状を示し、ほとんど混合していない。しかし、ギル回数の増加により、ダブリングとドラフティングが繰り返され、スライバ断面の混合は次第に進んでいく。ギル5回ではギル2回および3回と比較し、混合率の変動は小さくなっていく。観察によれば、白色繊維および黒色繊維の筋は消失し、スライバ表面は灰色となり、十分に混合している。

幅方向の平均混合率に及ぼすギル回数の影響を図6.4に示す。供給方向はF方向である。本章で使用した混合スライバは、元々白色繊維と黒色繊維の質量混合率は50%である。ギル回数ごとのダブリングにより、いずれのギル回数でも質量混合率は50%前後を示した。

混合スライバの混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響を図6.5、図6.6に示す。図6.5はF方向、図6.6はR方向に供給した場合である。図6.5において、変動係数はギル2回では大きな値を示したが、ギル回数が4回、5回と増加すると急速に減少している。変動係数の変化からもギル回数の増加により、混合状態が良好となっていることがわかる。



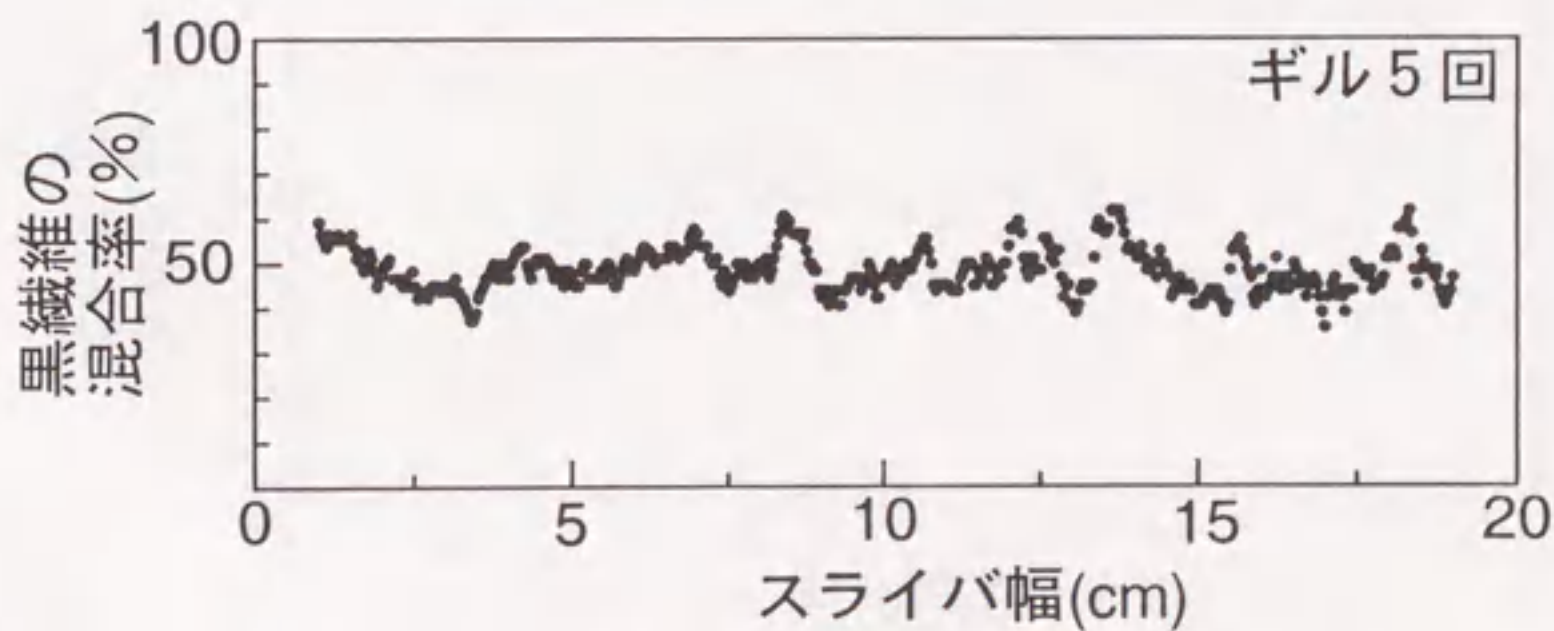
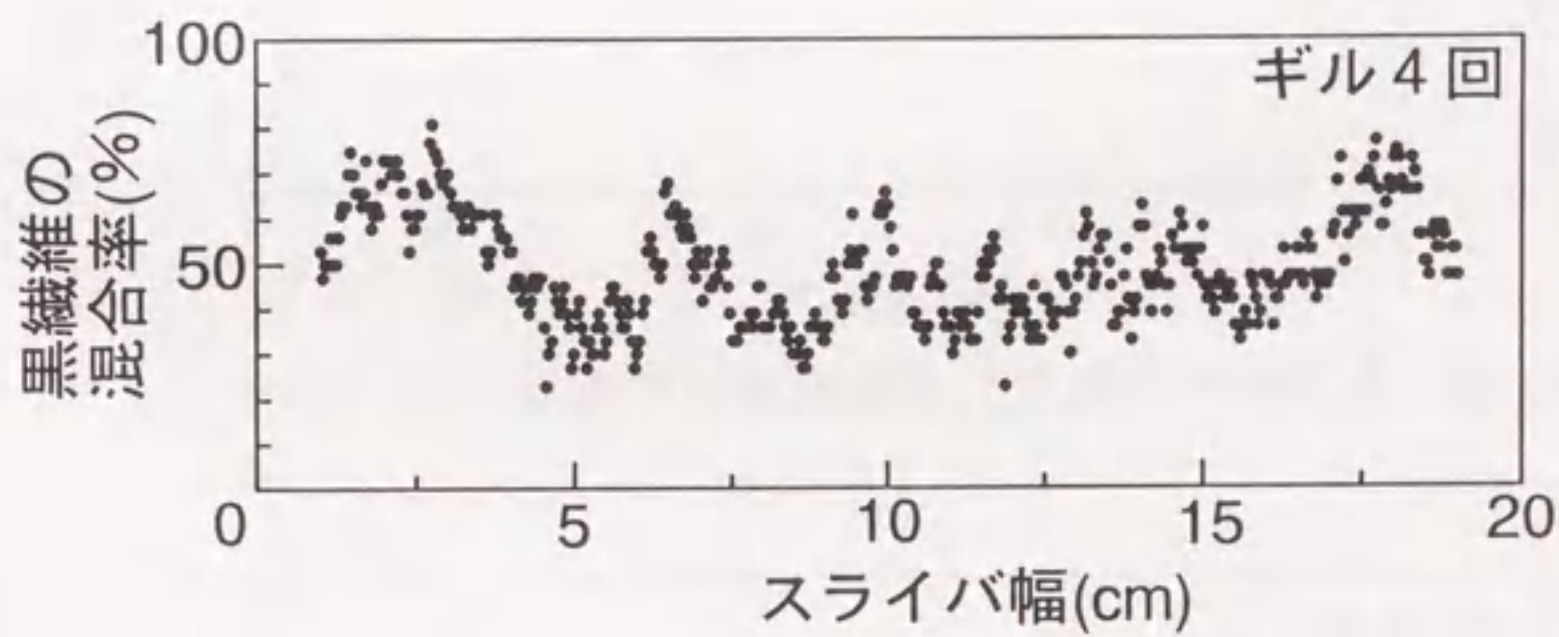
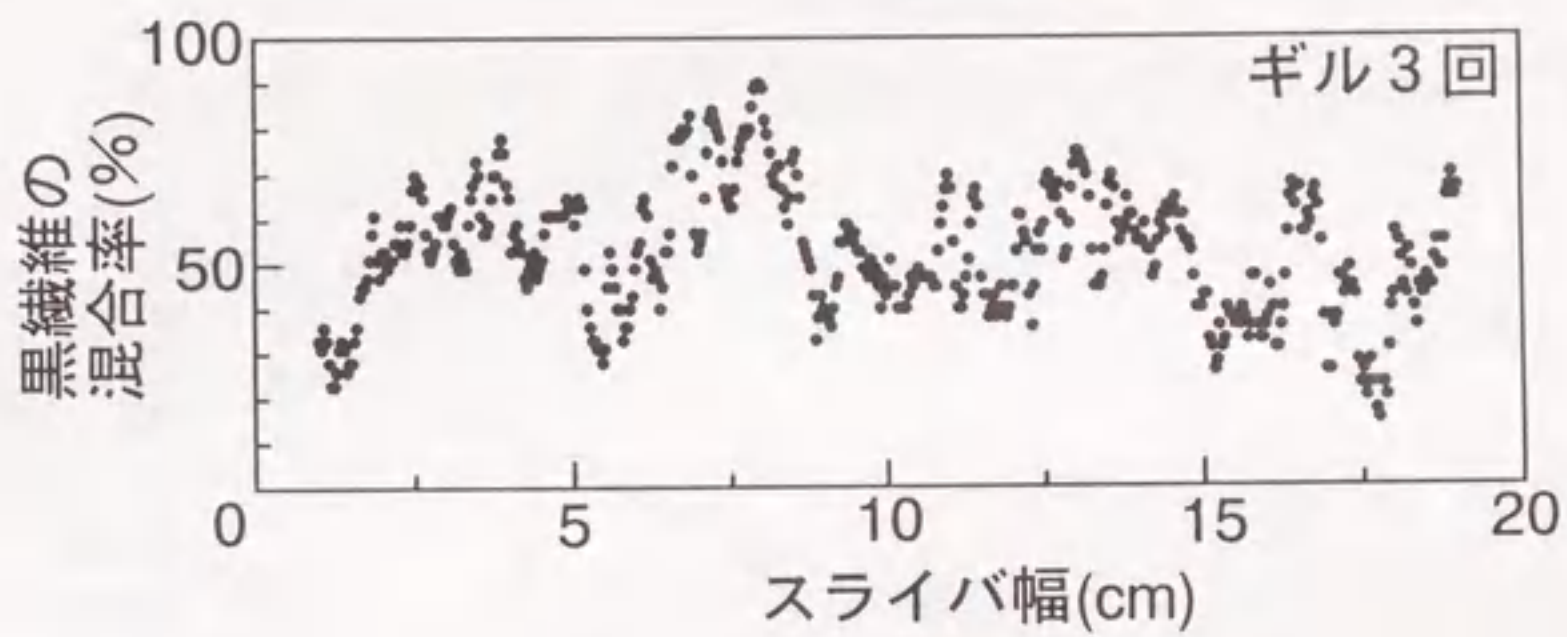
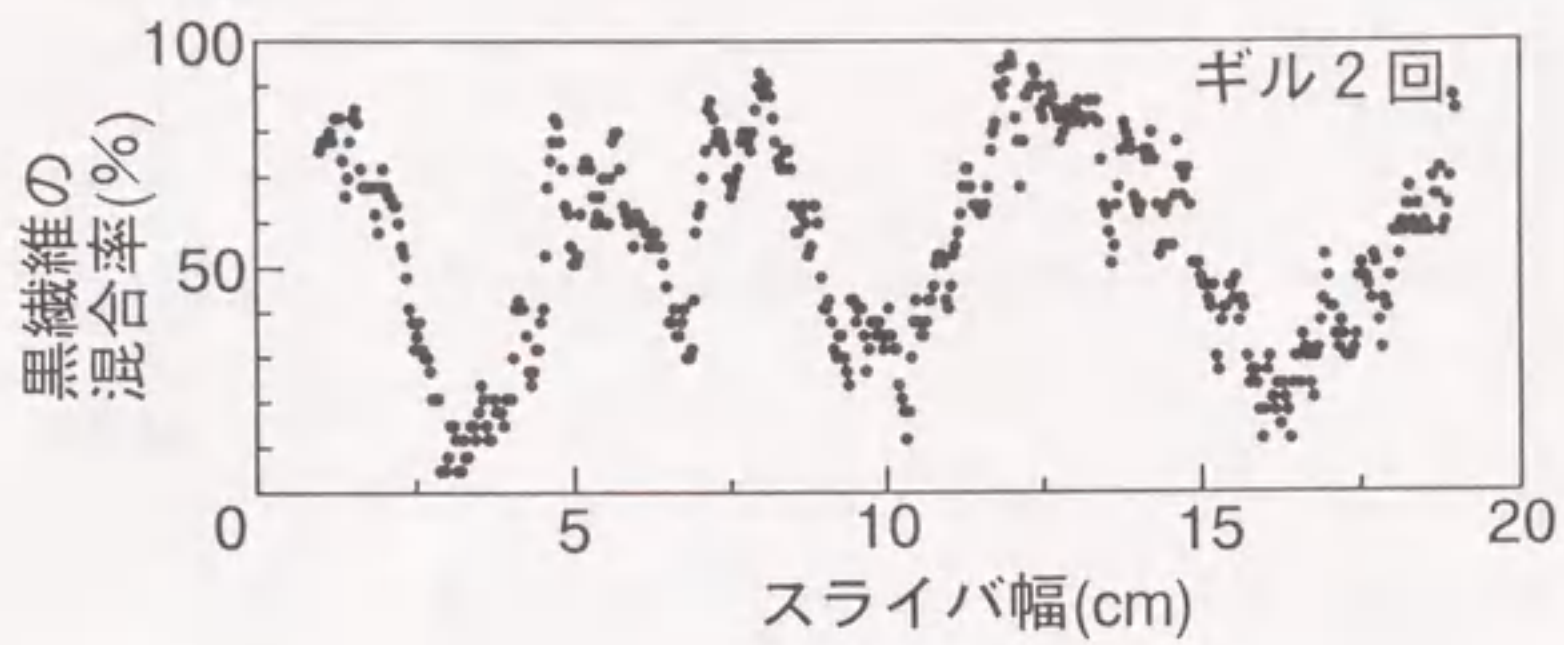


図6. 3 幅方向の混合率に及ぼすギル回数の影響



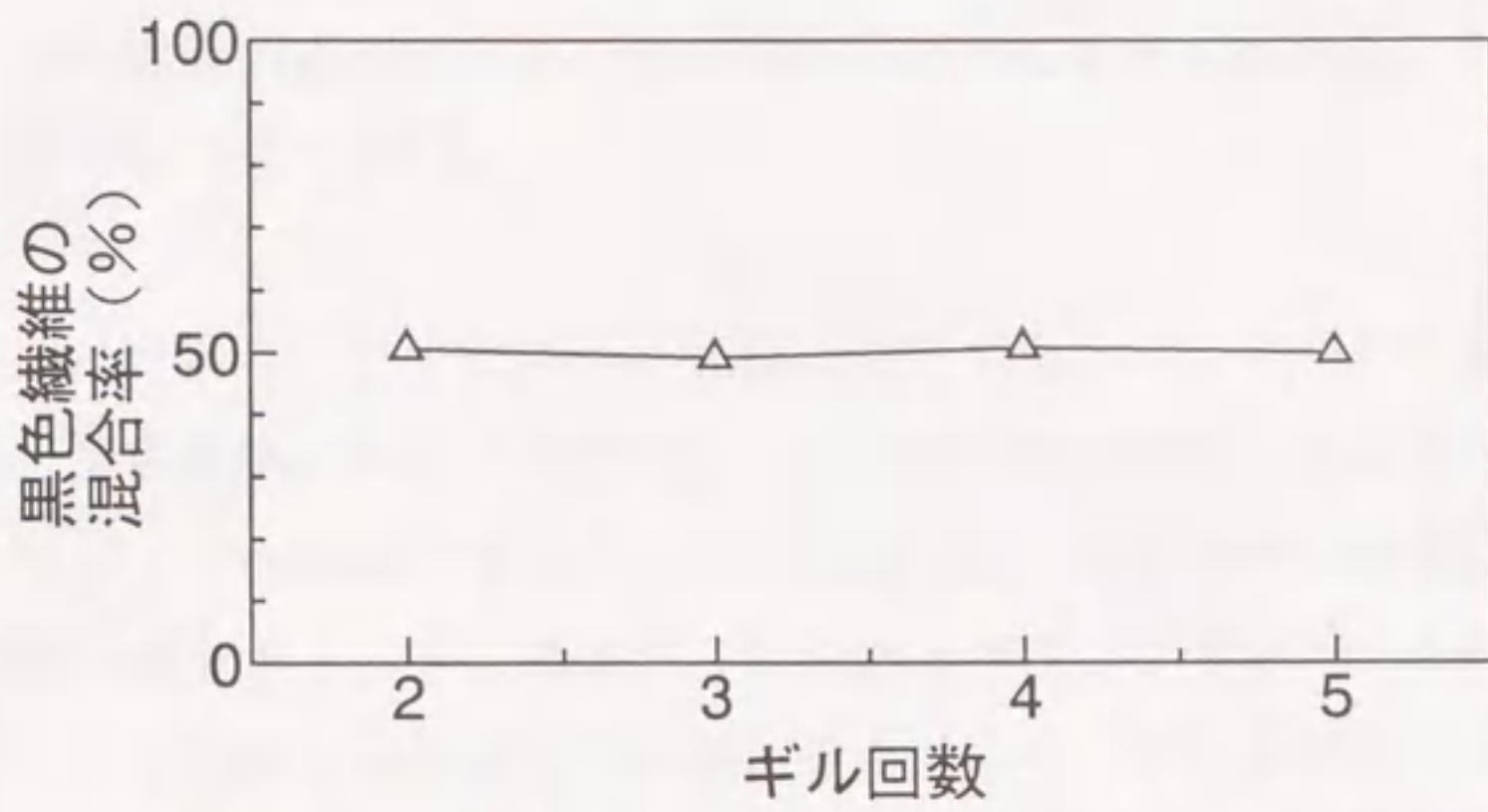


図6.4 幅方向の平均混合率に及ぼすギル回数の影響

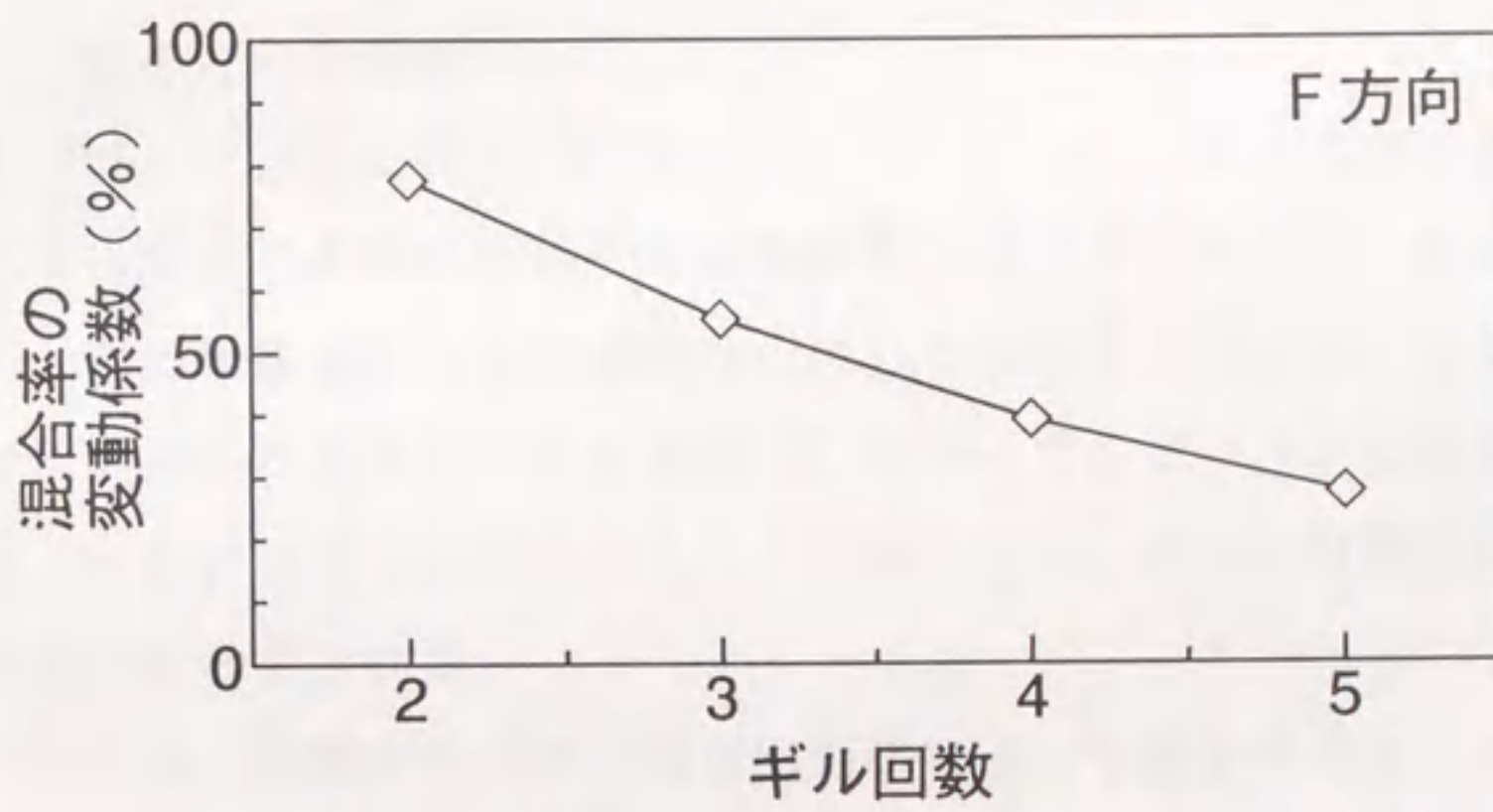


図6.5 混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響

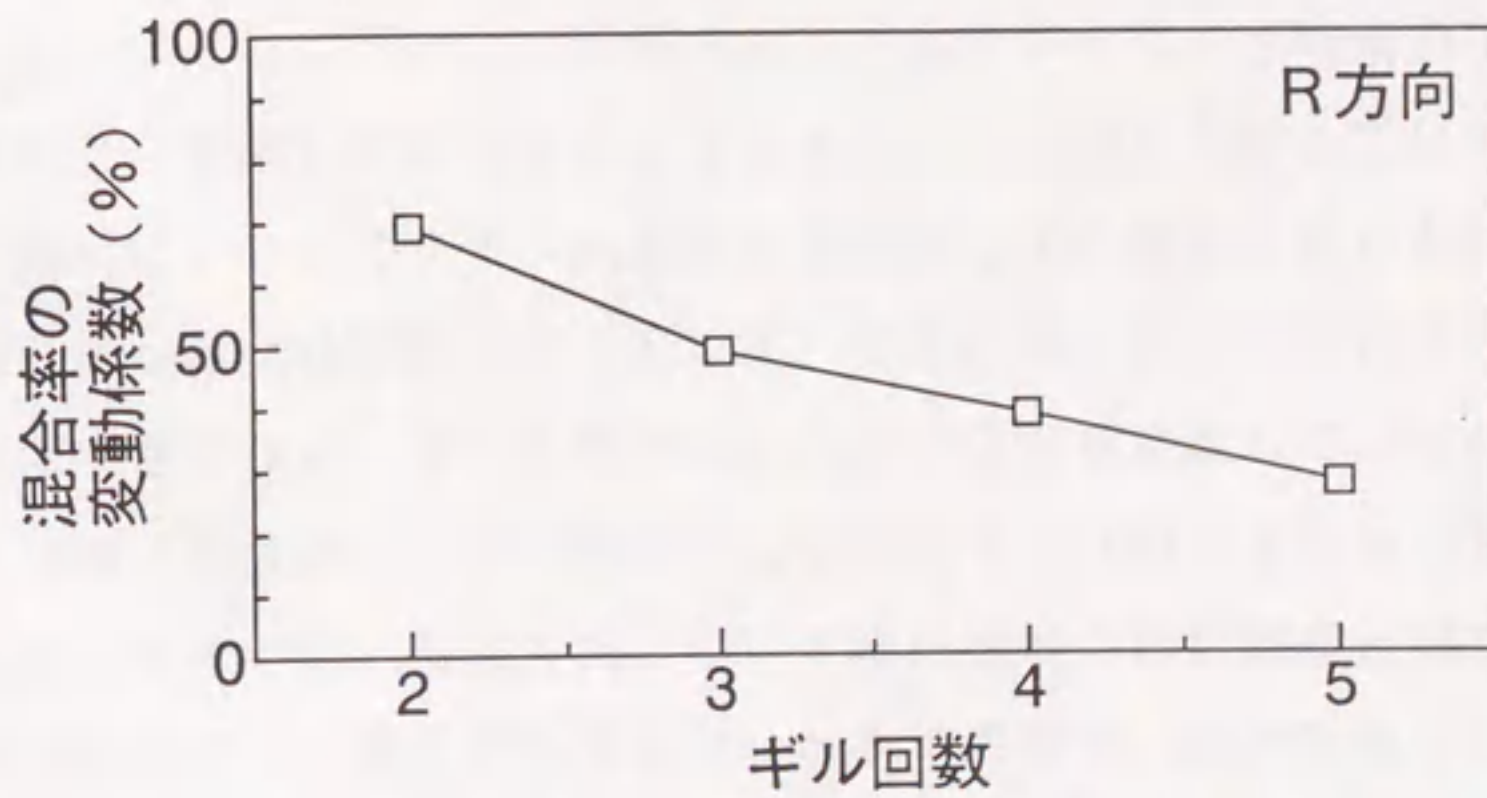


図6.6 混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響



図6.6においても図6.5とほぼ同じ傾向で減少し、R方向においてもF方向と同様にギル回数の影響により、混合が進んでいることがわかる。しかし、その値はF方向の値より小さい。

以上のことから、いずれのギル回数においても、スライバの各部において、白色繊維、黒色繊維が同量ずつ存在し、平均混合率はほぼ50%前後であると思われる。しかし、ギル回数の増加により、断面における混合率の変動は小さくなり、変動係数は減少する。そしてダブリングおよびドラフティングの回数が多くなり、断面内の白色繊維と黒色繊維の混合が進んでいく。ギル5回ではダブリング数、およびドラフティング数は7,776回でギル2回の36回の216倍である。

### 6.3.2 長さ方向の評価

図6.7は、F方向に供給した混合スライバについて長さ方向の混合率の変化に及ぼすギル回数の影響を示したものである。ギル2回ではダブリング数が36回と少なく、白色繊維および黒色繊維は分散しておらず、混合は不十分であり、各成分繊維は集合したままの状態である。したがって、スライバの表面においては白色繊維、あるいは黒色繊維のどちらかが多く現れ、表面の状態は内部とは異なっているものと考えられる。

このことは、実験中における視覚的判断によって確かめることができる。ラインイメージセンサはこのようなスライバの表面の混合状態を測定しているので、断面における平均混合率が50%近くであっても表面における平均混合率はそれ以上、もしくはそれ以下として評価される。したがって、平均混合率は長さ方向に比較的大きく変動していると考えられる。ギル回数が増加していくと、ダブリング数の増大により、スライバ内部の白色繊維と黒色繊維の混合が進み、表面も内部と同じような混合状態となっていく。その結果、長さ方向における平均混合率の変動は小さくなる。ギル5回では50%近くの値を変動しているのにすぎない。

図6.8は、長さ方向の平均混合率に及ぼすギル回数の影響を示す。スライバ混合されたスライバは、長さ方向について成分繊維の白色繊維と黒色繊維は、質量混合率で50%ずつ同量存在しており、当然であるが、ギル回数の影響は少ない。



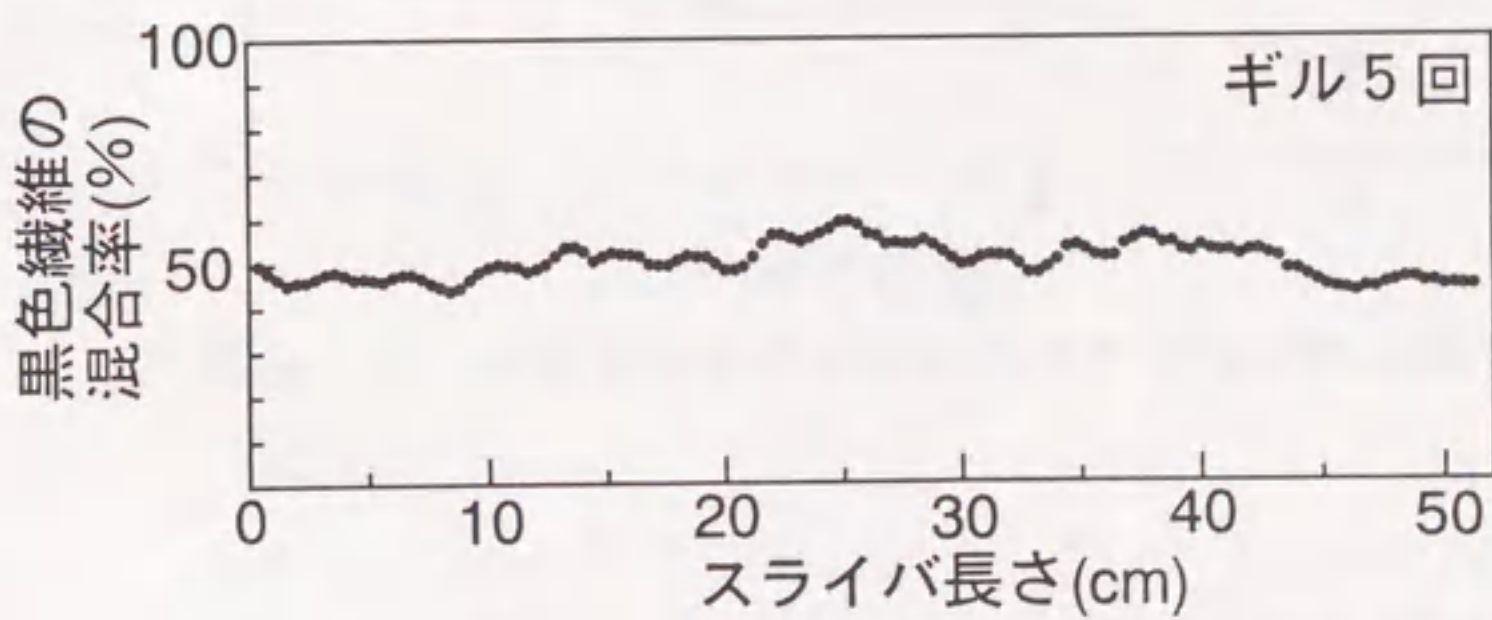
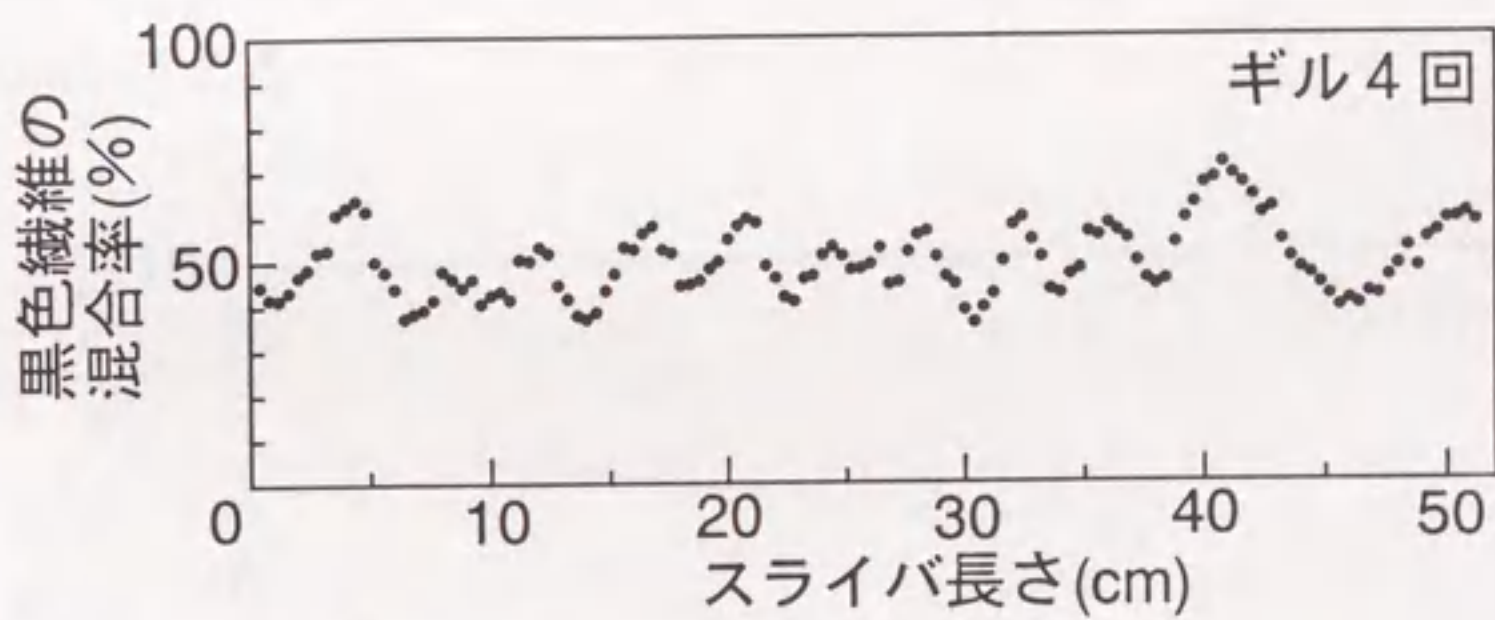
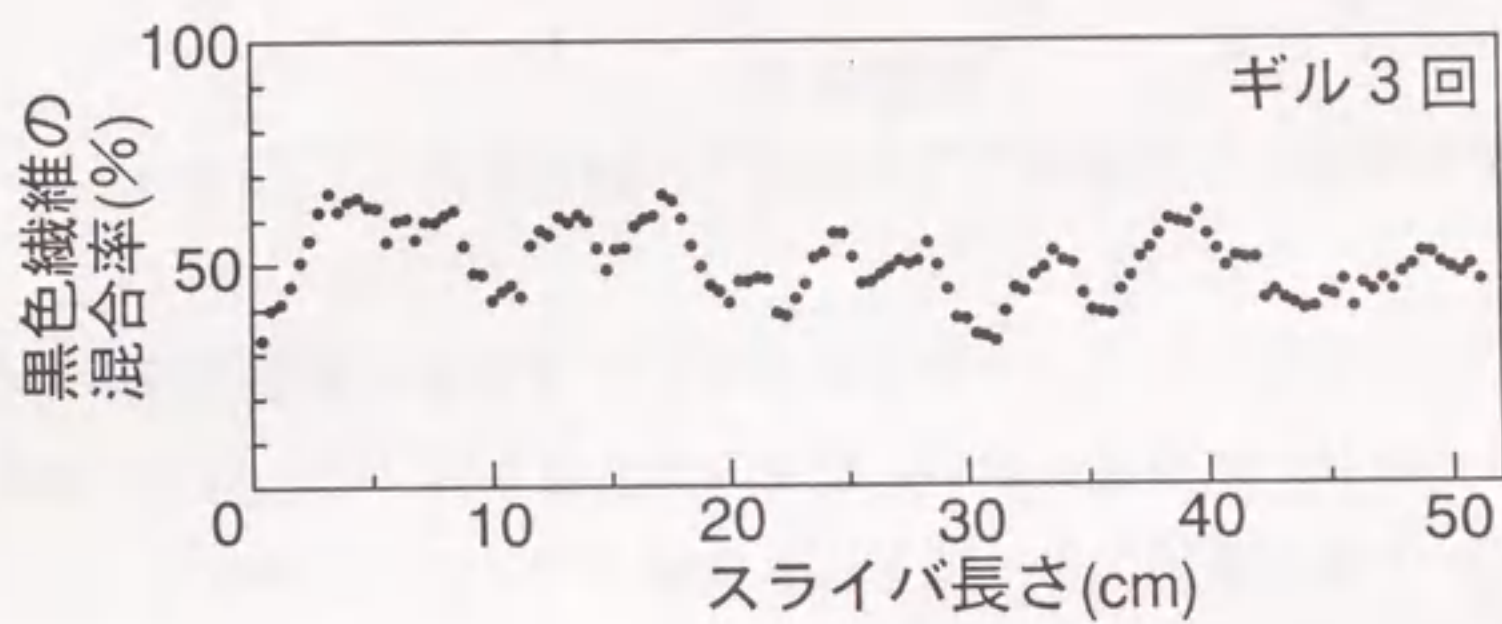
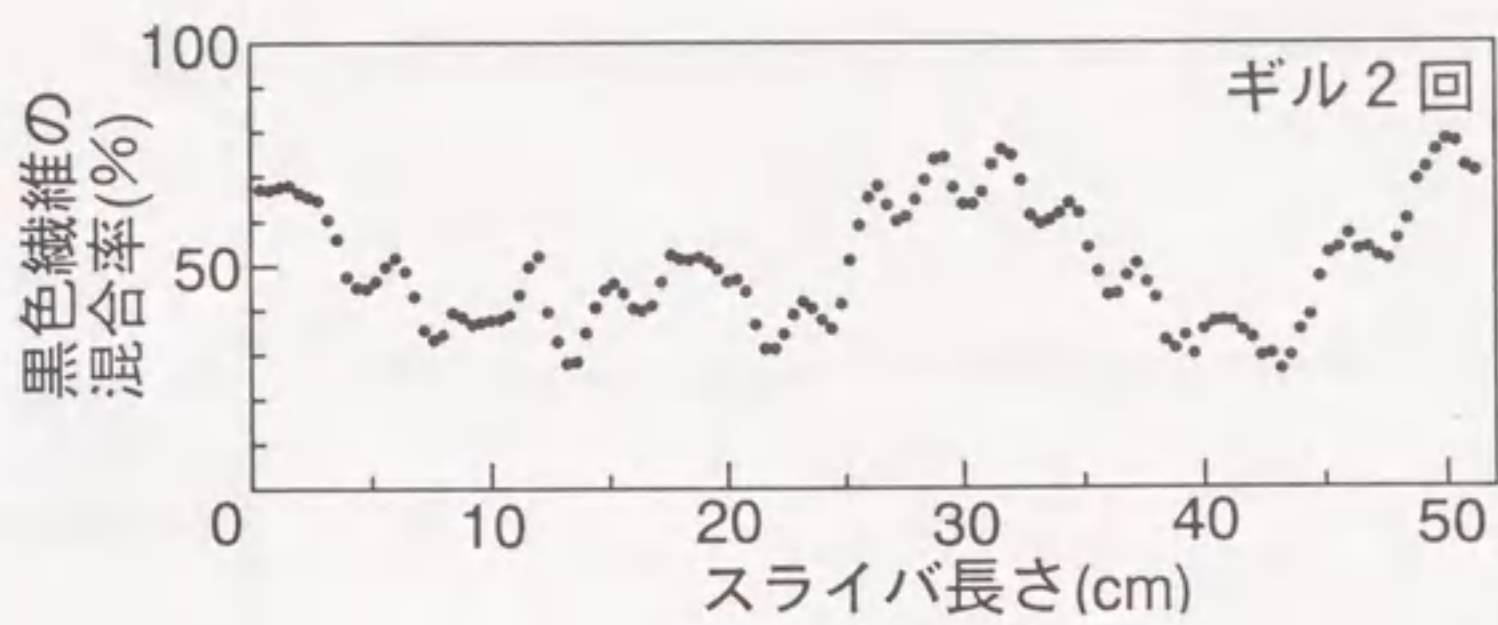


図6.7 長さ方向の混合率に及ぼすギル回数の影響



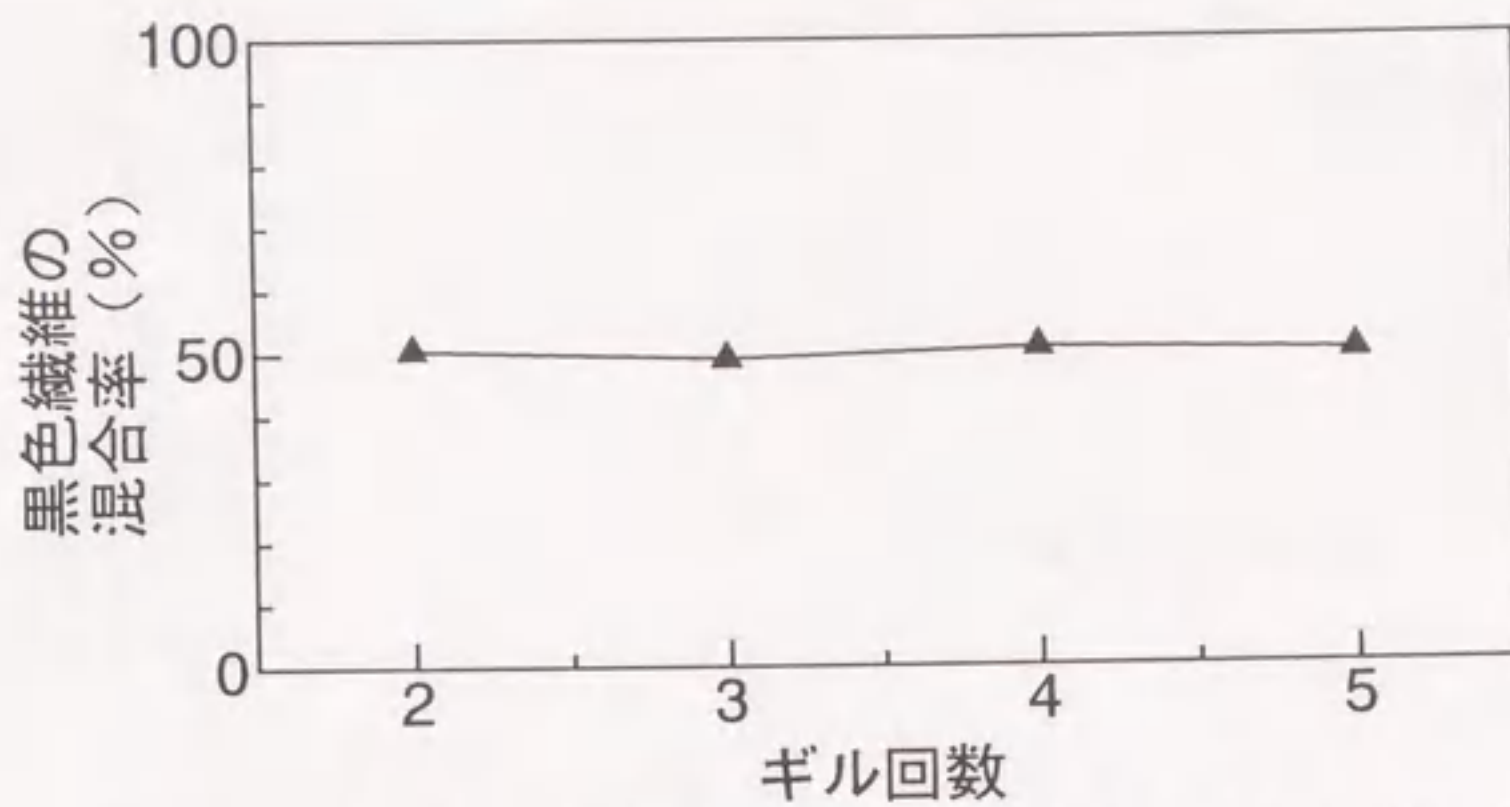


図6.8 長さ方向の平均混合率に及ぼすギル回数の影響

混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響を図6.9, 図6.10に示す。図6.9はF方向, 図6.10はR方向に供給した場合の結果である。いずれもギル回数とともに変動係数は低下する傾向を示すが, その程度は図6.5, 図6.6と比較すると小さい。また, R方向はF方向より, 小さな値を示す。これは前章までの傾向と同じである。

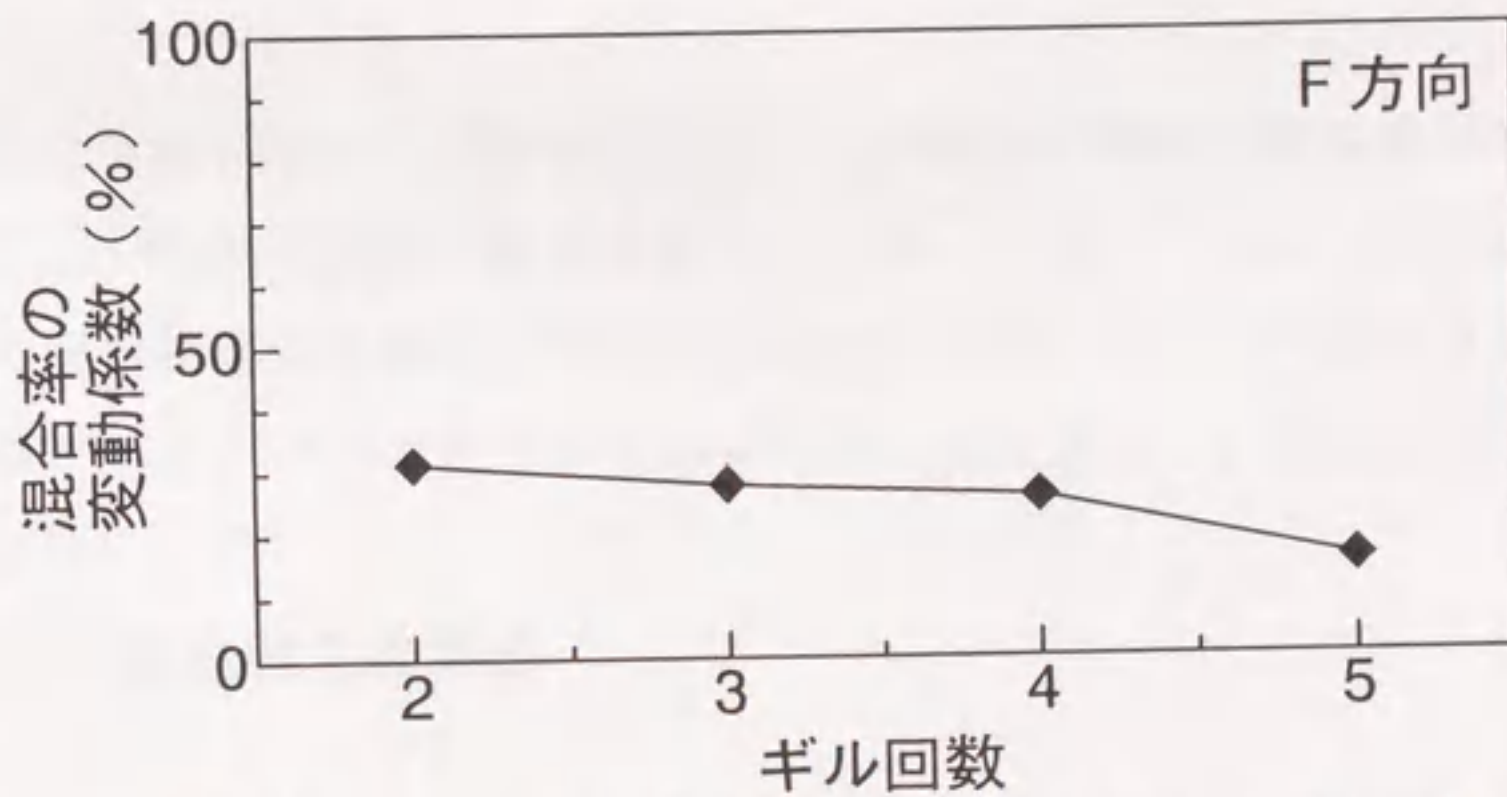


図6.9 混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響



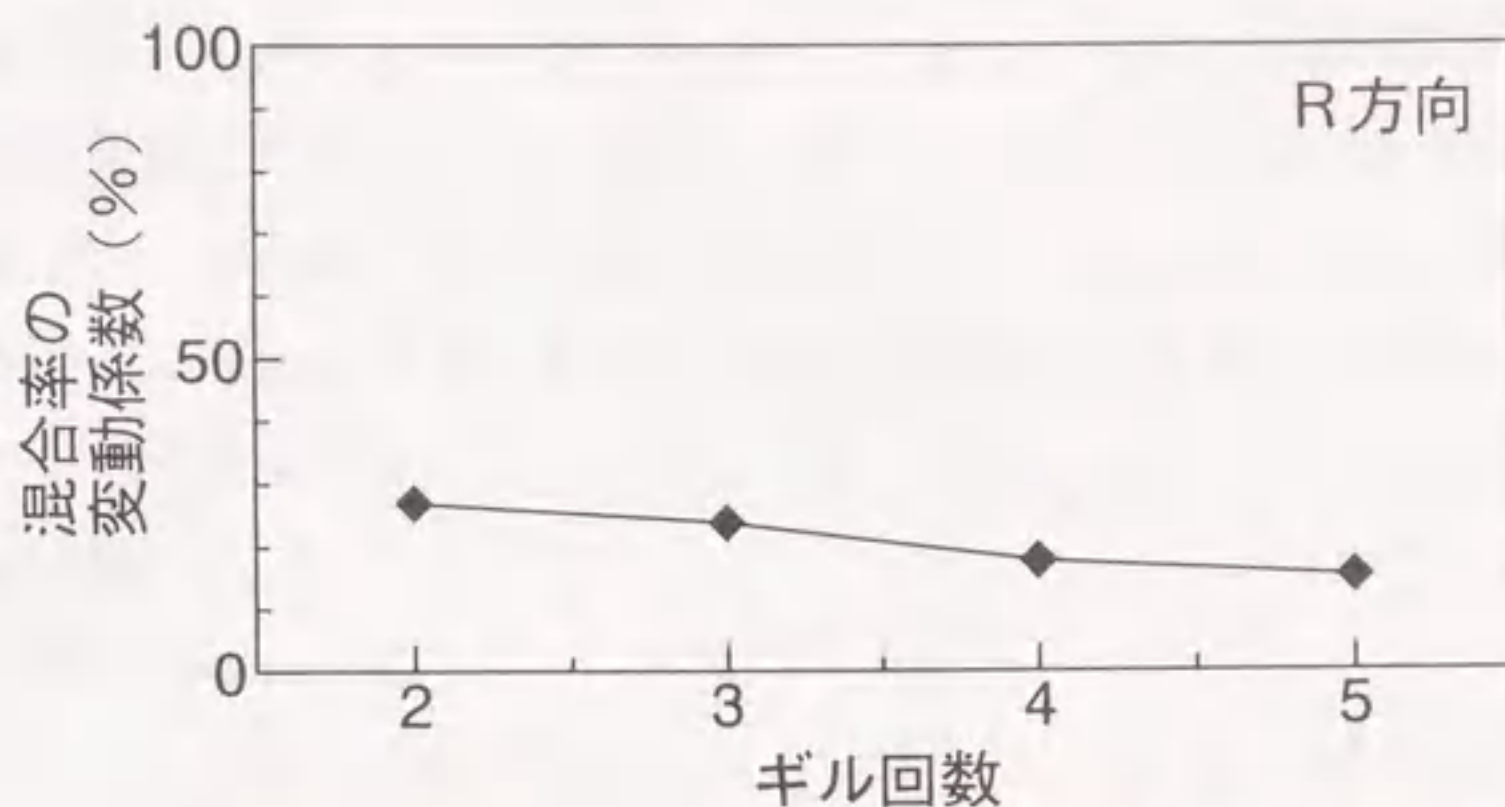


図6.10 混合率の変動係数に及ぼすギル回数の影響

以上のように、幅方向、すなわちスライバ断面内での混合はダブリングとドラフティングの繰り返しによって大きく進行する。

一方、長さ方向における平均混合率はあまり変化はみられず、ギル回数の影響も少ない。ギル回数の初期において、数値が大きいようにみられるが、すでに述べたようにスライバ断面と計測した表面との差の問題であり、ドラフトむらの影響を除けば、基本的にはギル回数の影響は少ないと考えてよい。

このように、イメージセンサはスライバ全体の混合状態を連続して詳細に測定することができる優れた特徴を有している。イメージセンサを用いて、混合スライバの混合状態を連続的に測定することにより、スライバ混合されるスライバの混合はダブリングとドラフティングの繰り返しにより、進んでいくことを示した。

## 6.4 混合欠陥の検出

### 6.4.1 基本的な考え方

ギル機より連続的に紡出されてくる混合スライバにおいて、混合欠陥とは白色繊維もしくは黒色繊維の混合が不十分な個所と定義する。混合スライバの混合欠陥を定量的に評価するために、測定されたビデオ信号を三値化する方法を検討する。三値化とは2つのしきい値を設定し、上のしきい値以上、下のしきい値以下、



2つのしきい値の間と3つに分ける考え方である。この考え方を混合スライバに適用すると、上のしきい値以上を白色、下のしきい値以下を黒色、2つのしきい値の間を灰色と考える。この場合、次の2つの課題がある。すなわち、どの輝度以上を白色とするか、どの輝度以下を黒色とすること、および白色または黒色のどの程度の大きさまでを混合欠陥とするかである。そこで、あらゆる場合に対応できるように、しきい値に関する指標 $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$ と塊の大きさに関する指標 $\beta$ を設定した。

#### (1) しきい値 $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$

しきい値に関する指標 $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$ はどの輝度以上を白色、どの輝度以下を黒色の混合欠陥として検出するかを決定するものである。図6.11は輝度と黒色繊維の混合率の関係を示す。この図において、黒色繊維の混合率65%以上に対応する輝度を黒色、黒色繊維の混合率35%以下に対応する輝度を白色とすると黒色のしきい値は $\alpha_{B1}$ 、白色のしきい値は $\alpha_{W1}$ となる。また、黒色繊維の混合率80%以上を黒色、黒色繊維の混合率20%以下を白色とすると黒色のしきい値は $\alpha_{B2}$ 、白色のしきい値は $\alpha_{W2}$ となる。このように、しきい値を変化させることにより、目的とする混合率における黒色、白色の塊を検出することが可能である。

#### (2) 塊の大きさ $\beta$

三値化した結果、黒色あるいは白色と判定された部分が連続するドット数により、塊の大きさを表し、この指標を $\beta$ とする。1ドットはイメージセンサのビット数(B)と視野(S)から $S/B$ により求めることができる。また、 $\beta$ を変化させることにより、種々の大きさの塊を検出することができる。このように $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$ 、 $\beta$ は三値化において非常に重要な意味を持っており、 $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$ 、 $\beta$ をそれぞれ変化させることにより、あらゆる大きさの塊を検出することができる。

#### (3) 測定例

図6.12(A)にイメージセンサで測定したビデオ信号の例を示す。これまでの研究結果、および現場の経験から塊の大きさが5mmであれば混合欠陥であるといわれている。そこで、5mm以上の白色繊維または黒色繊維の塊を混合欠陥と設定した。黒色のしきい値を $\alpha_{B65}$ 、白色のしきい値を $\alpha_{W65}$ とし、 $\beta$ を5mmと設定した場合の三値化した結果を図6.12(B)に示す。混合欠陥の数は白色と黒色の欠陥数の和とし、図から白色2つ、黒色2つ、合計4つの混合欠陥を検出することが



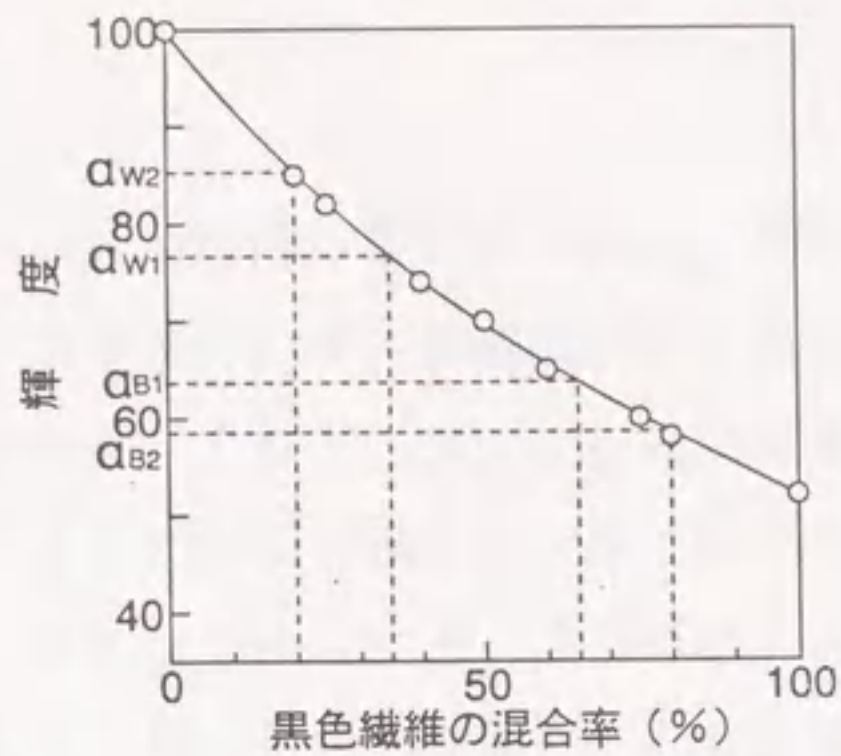
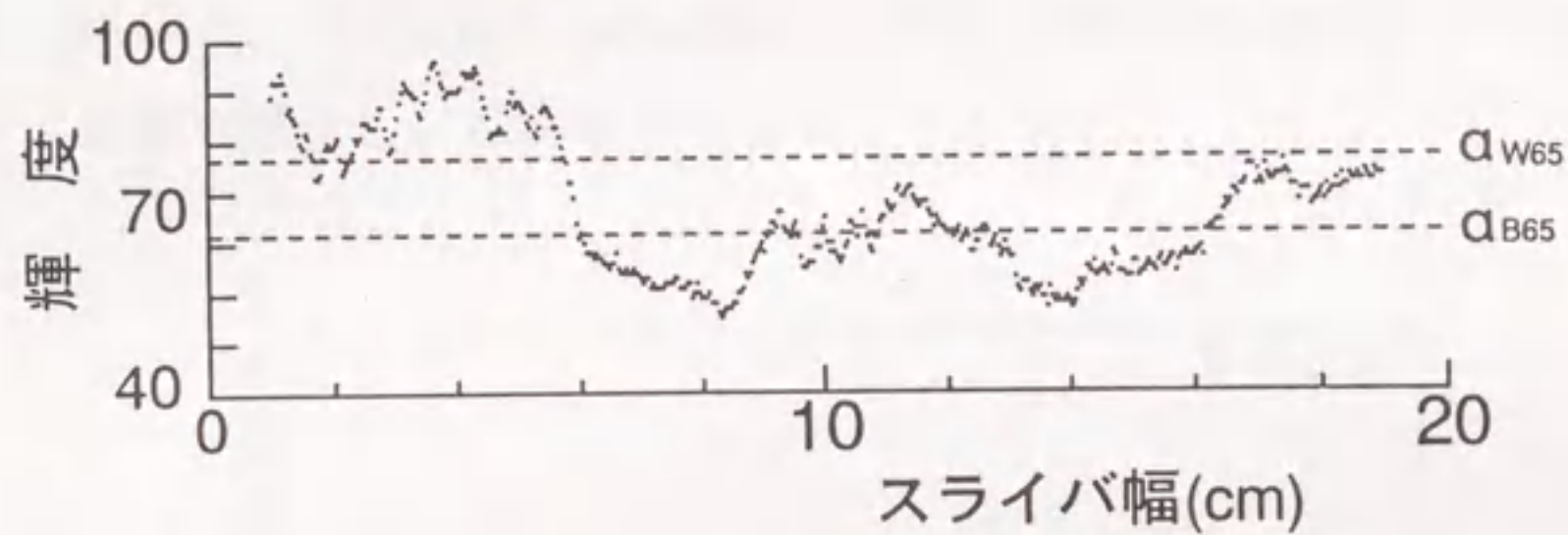


図6.1.1 混合率に対する輝度



(A) ビデオ信号としきい値



(B) 三値化

図6.1.2 輝度と三値化の関係

できる。

この計測をスライバ長さ51cm, 128ラインについて行い, ラインごとの欠陥数, およびライン全体の欠陥数の平均を求め, スライバの混合欠陥を評価した。

#### 6.4.2 検出結果

スライバの幅方向の混合状態を長さ方向に連続してイメージセンサで測定し, 各ラインごとの欠陥数およびライン全体の欠陥数の平均を求め, 6.4.1の考え方



の有効性を検討した。

(1) ギル回数

黒色のしきい値  $\alpha_{B65}$ ，白色のしきい値  $\alpha_{W65}$ ，塊の大きさ5mmに設定した場合のR方向に供給したスライバのギル回数に対する欠陥数を図6.13に示す。ギル2回では欠陥数は多く存在しており，ラインごとに2個から8個に検出されている。ギル回数が増大すると欠陥数は減少し，ギル4回では4個が最大であり，欠陥の存在しないラインもかなり存在する。ギル5回になるとラインごとの欠陥数は大半が発生しておらず，発生している場合でも2個あるいは3個とわずかである。

次に，各ラインごとの欠陥数を平均し，幅方向の欠陥数に及ぼすギル回数の影響を図6.14に示す。ギル2回では5個近くの欠陥が検出されるが，ギル回数の増加に伴い，急激に減少し，ギル5回で1以下である。

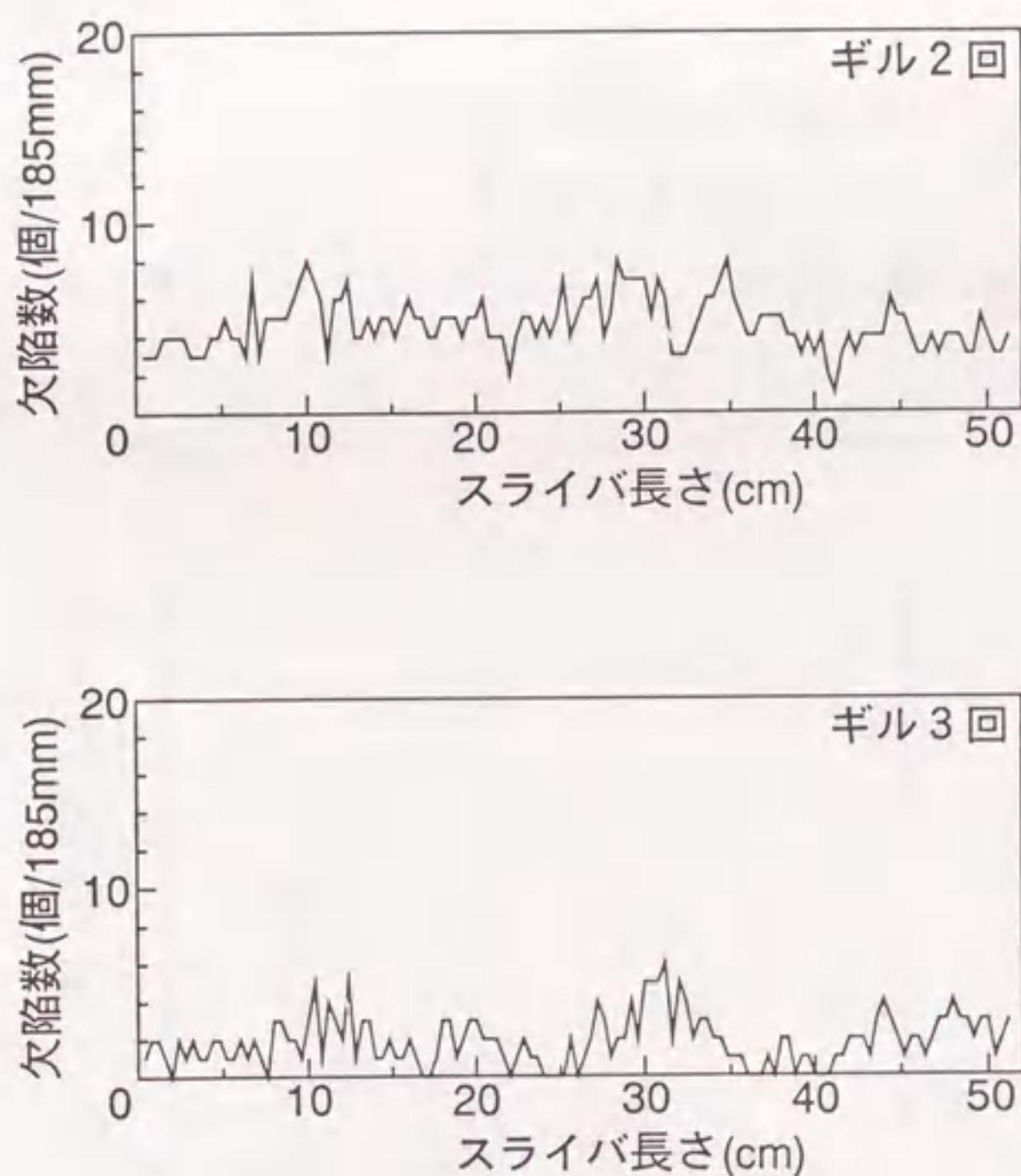


図6.13 (A) スライバの長さ方向における欠陥数の変化 (ギル2回および3回)



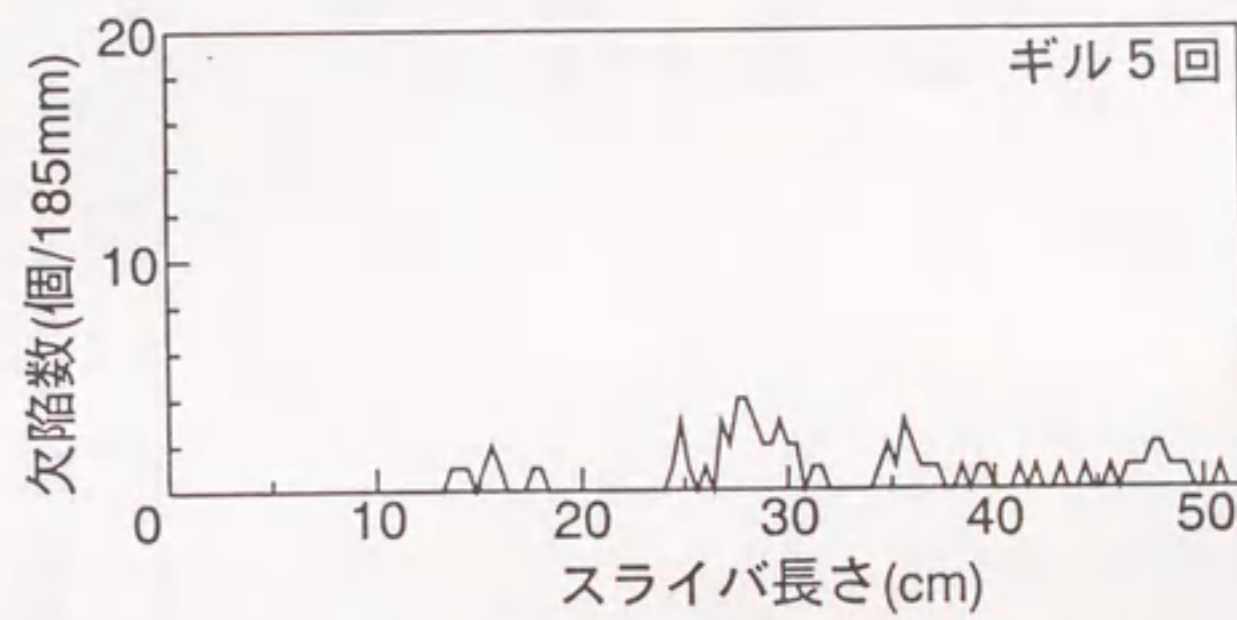
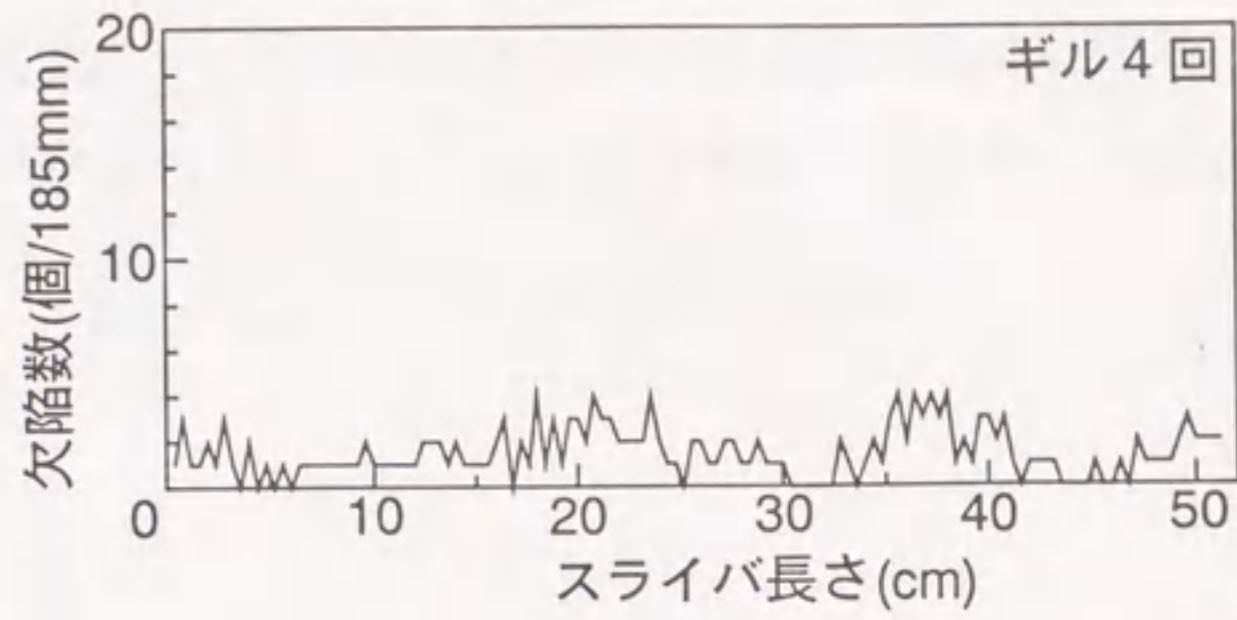


図 6. 13 (B) スライバの長さ方向における欠陥数の変化 (ギル 4 回および 5 回)

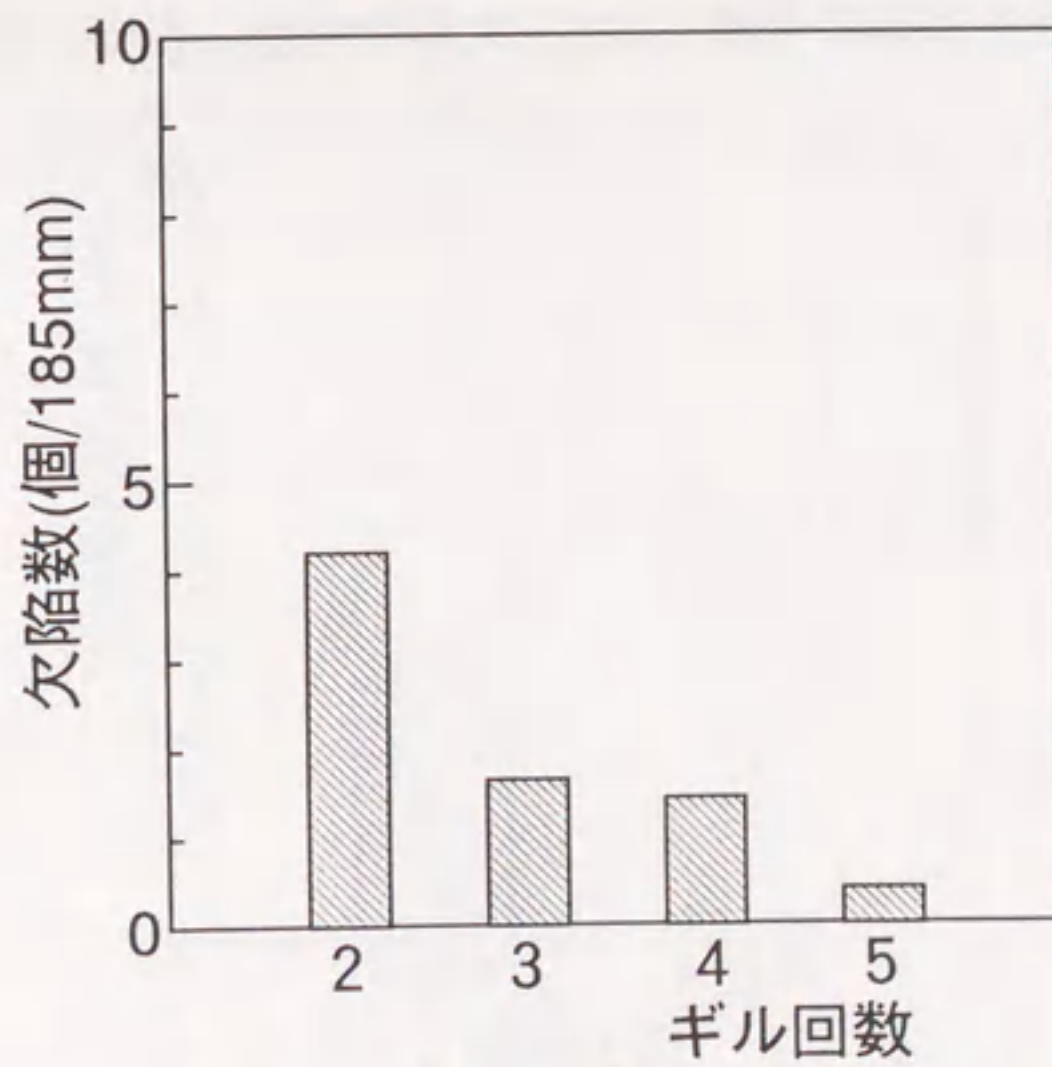


図 6. 14 欠陥数に及ぼすギル回数の影響



(2) 供給方向

黒色のしきい値  $\alpha_{B65}$ , 白色のしきい値  $\alpha_{W65}$ , 塊の大きさ5mmと設定した場合のギル5回の混合スライバの供給方向F方向とR方向の欠陥数の比較を図6.15に示す。F方向はいずれのラインでも, 6または7個と多くの混合欠陥が検出さ

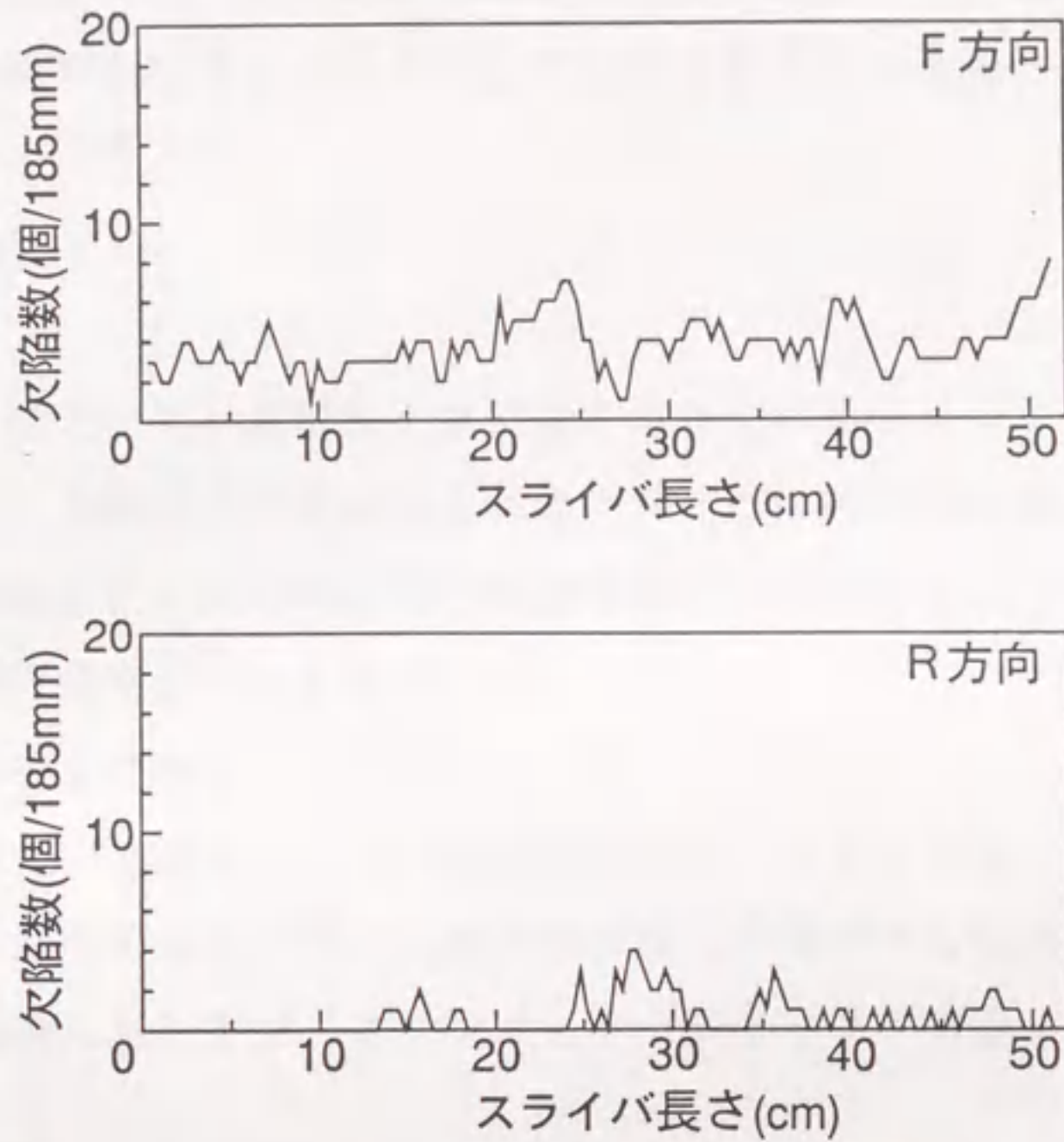


図6.15 供給方向が異なる場合の欠陥数の変化

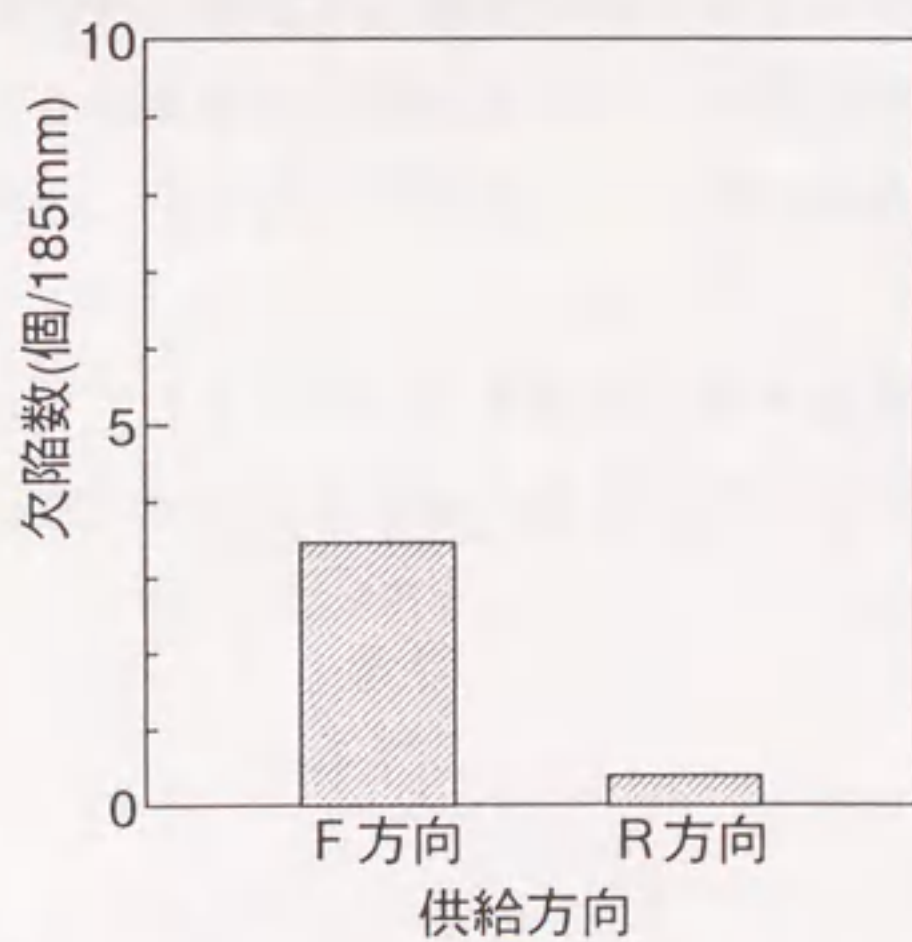


図6.16 供給方向が異なる場合の欠陥数



れる。一方、R方向の欠陥の検出個数は非常に少なく、欠陥が零のラインが半数近く検出されている。ライン全体の平均欠陥数のギル回数に及ぼす影響を図6.16に示す。R方向は非常にわずかであるが、F方向は約4と大きな値である。R方向と比較し、F方向の欠陥が多い。

以上の結果より、 $\alpha_B$ 、 $\alpha_w$ および $\beta$ により、ビデオ信号の三値化を行い、目的とする大きさの混合欠陥をリアルタイムで計数できるものと考えられる。

## 6.5 結 言

最近、産業界において品質管理に多く使用されているラインイメージセンサをギル機に装着し、各種の条件で紡出されるスライバの幅方向の混合状態を長さ方向に連続的に測定した。幅方向の混合状態を解析、評価を行い、ラインイメージセンサの適用の可能性について検討した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 幅方向の混合状態を長さ方向に連続的に測定、および定量化することが可能であり、ギル回数の増加に伴い、幅方向の混合状態が次第に良好になる。
- (2) スライバ混合においてはダブリングとドラフティングの繰り返しにより、混合が進む。
- (3) しきい値に関する指標 $\alpha_B$ 、 $\alpha_w$ と塊の大きさに関する指標 $\beta$ を設定することにより、ビデオ信号を三値化し、混合欠陥を容易に検出することができる。
- (4) 現実に適合したそれぞれの指標を設定し、ギル回数および供給方向が欠陥数に及ぼす影響を求め、本方式が欠陥検出に有効であることを示した。

これらのことより、イメージセンサを生産工程へ適用し、混合状態の評価、および混合欠陥の検出を行い、生産工程の品質管理、工程管理の改善に寄与する可能性を有する。



## 第7章 結 論

近年、消費者ニーズの多様化、個性化、高付加価値化に対応するために繊維物性の極端に異なる繊維による混紡が行われてきている。しかし、現場では混合むらに関する基礎的な情報が不十分な状態のままで、これまでと同じ装置で生産を行っており、均一な混合を達成するために高度な混紡技術の開発、混合状態の解析に関する研究が必要となっている。

今後は優れた特徴を有する混紡糸の生産が一層盛んになることが予測されており、今まで以上に混合むらの少ない高品質の混紡糸を生産することが求められている。混合むらの少ない糸を生産するためには、糸段階より前工程のスライバ段階で成分繊維の混合状態を把握することが不可欠となっている。

混合スライバの混合むらを解明することは重要であるが、現在のところ、混合むらの発生原因、発生機構など基礎的なことについて論じられたものは少なく、基本的な研究は不十分な状況にある。したがって、これらを解明することは緊急の課題である。

本研究は光技術、画像処理応用技術により、混合むらの定量化を検討し、この技術が有効な手法であることを明らかにした。また、スライバの長さ方向に沿って詳細に構造解析を行い、太さむらと混合むらの関係を明らかにするとともに、混合むらの発生機構を解明した。さらに、ラインイメージセンサにより紡出スライバの幅方向の混合状態を連続的に測定し、スライバ混合における混合過程の混合状態を明らかにするとともに、リアルタイムで混合欠陥を検出する手法を確立した。

各章で得られた結果をまとめて次に示す。

### 〔1〕画像処理による混合むらの解析

- (1) 輝度と黒色繊維の混合率の関係を示す回帰曲線を用いて、混合スライバにおける黒色繊維の混合率を定量的に求めることができる。
- (2) スライバ混合の場合、ギル回数の増加により混合率の変動係数は著しく減少する。すなわち混合が進行する。一方、原料混合では、いずれのギル回数においても混合率の変動係数は小さく、ほぼ同じ値を示している。最初から



- 良好な混合状態を示し、ギル回数が増加しても混合はほとんど進行しない。
- (3) スライバ混合において、同繊維長同士の混合は異繊維長の場合より混合率の変動係数が小さく、良好な混合を示す。
  - (4) 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。
  - (5) 上述の結果は、視覚による評価と一致しており、画像処理技術より容易に混合むらに関する情報を得ることができる。この技術は混合スライバの混合むらを定量化するために有効な手法である。

## 〔II〕スライバの長さ方向における混合むらと質量むらの関係

- (1) 成分繊維の繊維長の差が混合スライバの構造に及ぼす影響は大きく、差の大きい場合には混合むらが大きく、スライバの太い部分に短繊維が偏在している。しかし、繊維長の等しい場合には、どちらかの繊維が偏って存在する傾向を示さず、混合むらは少ない。
- (2) 太さが増加する部分では短繊維の本数が多く、太さが減少する部分では長繊維の本数が多く存在する。混合むらと太さむらは密接な関係を有し、太さむらが大きければ混合むらも大きな値を示す。
- (3) 各成分繊維本数はスライバの太さむらに応じて変化し、太さむらが周期的に変化する部分では、振幅の大きい短繊維成分の波に振幅の小さい長繊維成分の波が、少し位相が遅れた状態で重ね合わされている。

## 〔III〕異繊維長で構成されたスライバの構造解析

- (1) 異繊維長で構成されたスライバの繊維先端密度の変化はスライバの長さ方向に沿って、長繊維、短繊維とも同様な傾向を示し、いずれの位置においても短繊維の変化が長繊維より大きい。
- (2) 異繊維長で構成されたスライバにおいて、太い部分では短繊維の断面繊維本数、細い部分では長繊維の断面繊維本数が多い。この傾向はドラフト比、ローラゲージの増大により一層、顕著になる。
- (3) ドラフト比、ローラゲージの増大により長繊維、短繊維とも断面繊維本数の変動係数は増大していく。特に、短繊維が長繊維より大きい。
- (4) スライバの長さ方向に沿って長繊維と短繊維の断面繊維本数の変化は周期



的でありこれらの波長はほぼ等しい。しかし、短繊維と長繊維の位相は少しずれており、短繊維の位相が進んでいる。

- (5) ドラフト比およびローラゲージの増大により、相関係数のピークの値は増大するが、位相は変化しない。
- (6) 画像処理技術は混合スライバの長さ方向の構造解析に適用できる。

#### 〔Ⅳ〕ドラフトによる混合むらの発生機構

- (1) 異繊維長で構成されたスライバの混合むらの発生機構を、ドラフト域における変速点の変動により解明することができた。
- (2) 長短2種類の異繊維長で構成されたスライバのローラドラフトプロセスにおいて、長繊維と短繊維は異なる変速点を持つ。
- (3) 短繊維の変速点の変動は長繊維のそれより大きい。
- (4) 太さむらが大きければ、混合むらも大きな値を示すことが理論的にも成立する。

#### 〔Ⅴ〕ラインイメージセンサによるオンライン計測

- (1) 異繊維長で構成されたスライバの幅方向の混合状態を長さ方向に沿って連続的に測定することにより、スライバ全体の混合状態を定量化することが可能である。
- (2) ギル回数の増加に伴い、幅方向の混合状態が次第に良好となる。
- (3) スライバ混合は、ダブリングとドラフティングの繰り返しにより混合が進む。
- (4) しきい値に関する指標 $\alpha_B$ 、 $\alpha_W$ と塊の大きさに関する指標 $\beta$ の設定により、ビデオ信号を三値化し、混合欠陥を容易に検出することができる。
- (5) 現実に適合した、しきい値に関する指標と塊の大きさに関する指標をそれぞれ設定し、ギル回数および供給方向が欠陥数に及ぼす影響を求めた結果、本方式が混合欠陥の検出に有効であることを示した。
- (6) イメージセンサを生産工程へ適用し、混合状態の評価および混合欠陥の検出を行い、生産工程の品質管理、工程管理に適用できる可能性を有することを示した。



## 参 考 文 献

- 1) 武部；綿と木綿の歴史，P.17，お茶の水書房，(1989)
- 2) 中日新聞；1986.4.20
- 3) 1995繊維産業のパフォーマンス：繊維産業構造改善事業協会，(1994)
- 4) 石川；織学誌，9，1 (1956)
- 5) 立石，奥秋；織工試彙報，第18号 (1951)
- 6) Lund；J.Text.,Inst. 43, 375 (1952)
- 7) 淵野，上野，寺内；繊維学会研究発表会講演前刷 (1955-11)
- 8) F.Monfort, T.Neirynek；J.Text.Inst.,42, P75 (1951)
- 9) M.J.Coplan, M.G.Bloch；Text.Res.J., 25, 902 (1955)
- 10) A.G.Hampson, W.J.Onions；J.Text.Inst., 46, T377 (1955)
- 11) M.J.Coplan, W.G.Klein；Text.Res.J., 25, 743 (1955)
- 12) M.W.H.Townsend, D.R.Cox；J.Text.Inst.,42, P107(1951)
- 13) 石川，清水，羽田；繊維学会講演会前刷 (1954-5)
- 14) W.J.Onions, R.L.Toshniwal, P.P.Townend；J.Text.Inst.,50, T505(1959)
- 15) Watanabe,A., Kurosaki,S., Konda,F., Nisimura,Y., Text.Res.J.,  
62, 690 (1992)
- 16) Watanabe,A., Kurosaki,S., Konda,F., Nisimura,Y., Text.Res.J.,  
62, 729 (1992)
- 17) Watanabe,A., Konda,F., Kurosaki,S., Text.Res.J., 65, 392 (1995)
- 18) M.Hannah；J.Text.,Inst.,44, T436 (1953)
- 19) 石川，来栖；繊維特別研究発表会講演前刷 (1952-6)
- 20) 大沢，橋場；繊維特別研究発表会講演前刷 (1954-10)
- 21) 長谷川；日本繊維機械学会東海支部講演・見学会：日本繊維機械学会東海  
支部，(1995)
- 22) 長谷川；繊維製品品質管理士会中部支部講演会：(1995)
- 23) 近田，岡村，黒崎，渡辺，岡崎；織機誌，45 T142 (1992)
- 24) 日本繊維機械学会繊維工学刊行委員会；”糸の製造・性能及び物性”，  
P173，日本繊維機械学会 (昭和62年)



- 25) 繊維工学(Ⅲ) ”糸の製造・性能及び物性”, 日本繊維機械学会(昭和62年)
- 26) 山下, 川端, 河合; 織機誌, 20, T61 (1967)
- 27) 近田, 岡村, 黒崎, 渡辺, 安田; 織機誌, 46, T61 (1993)
- 28) 岡村, 近田, 黒崎; 織学誌, 37, T376 (1981)
- 29) G.A.R.Foster; J.Text.Inst., 42, T336 (1951)
- 30) J.G.Martindale; J.Text.Inst., 38, T151 (1947)
- 31) M.Hannah; J.Text.Inst., 41, T57 (1950)
- 32) 日本繊維機械学会ドラフト研究会; ”ドラフトの理論と実際”, 日本繊維機械学会(昭和33年)
- 33) 清水, 岡村, 黒崎, 近田; 織学誌, 31, T35 (1975)
- 34) 岡村, 近田, 黒崎, 脇田, 中島; 繊維連合研究発表要旨, 135 (1975)
- 35) 木下, 滝沢; 織学誌, 16, 935 (1960)
- 36) 渡辺; 織機誌, 1, 135 (1948)



## 謝 辞

本研究は岐阜大学大学院工学研究科生産基礎工学講座において近田富士雄教授、岡村政明助教授のご指導のもとで行われたものであります。

本研究を推進する過程において終始、懇切丁寧なるご助言とご鞭撻をいただきました岐阜大学工学部近田富士雄教授、岡村政明助教授両先生に厚くお礼申し上げます。

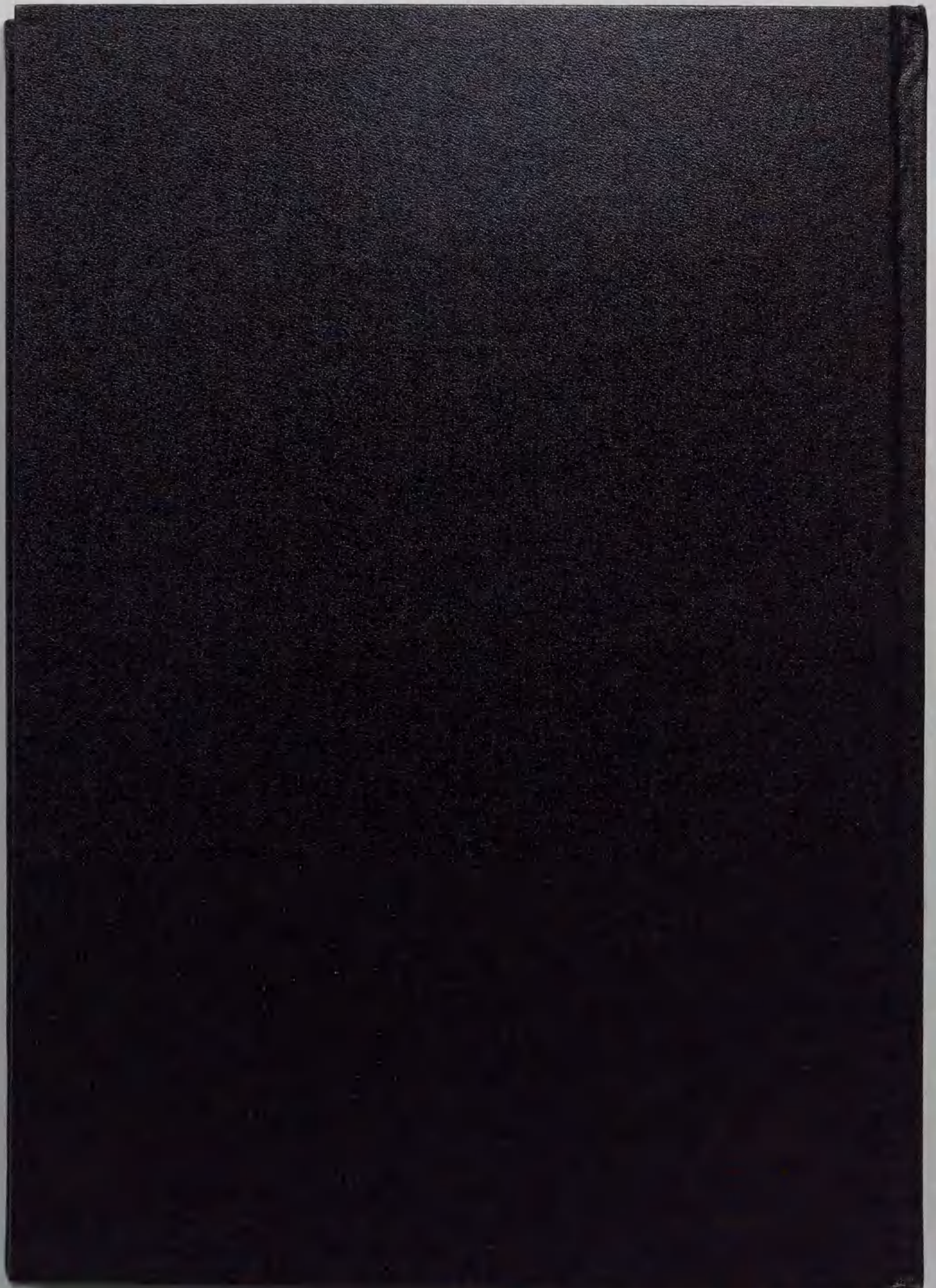
本研究をまとめるにあたり、藤井洋教授、丸井悦男教授、および加藤隆雄助教授に論文の査読およびその審査において適切なるご指導、ご指示をいただき、心から感謝いたします。

また、研究を進めていく過程において、各種実験に助力をいただいた大学院および学部卒研究生諸君にも併せて感謝いたします。

さらに、本研究を進めるに際し、絶えず、暖かいご支援、ご激励を賜った岐阜市立女子短期大学前学長小瀬洋喜様、現学長喜多村一夫様、被服学科前学科長林豊子様、現学科長山田令子様および被服学科教員の皆様に深く感謝いたします。そして、本研究の推進にご配慮いただいた各学科および事務局の皆様をはじめ、関係各位にお礼申し上げます。

最後に、本日に至るまでの間、家庭内の些事を全く行わなかった著者のわがままを許し、終始励まし、協力をいとわなかった、最愛の母親、妻そして2人の娘に感謝します。







Inches 1 2 3 4 5 6 7 8  
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

# Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



# Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

**A** 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

