

画像処理による糸の欠点解析手法について

開発技術部 彦坂久美子、小林弘明

1. はじめに

糸の欠点として代表的なものはいわゆる糸むらと呼ばれる、断面の太さむらと糸軸方向の太さむらの外観むらである。こうした外観むらは、外観だけでなく例えば撚数むらからくる糸の見掛け太さむらが糸の強伸度などに関連するなど物理的性質にまで影響を及ぼすことが知られている。糸むらの評価は視覚判定による方法と試験機による物理的方法に大別されるが、今日、最も一般的なのは静電容量法により質量変動を測定するウスターのイブネステスターであり、平均偏差の変動係数U%が評価尺度となっている。

一方、今回解析対象とした樹脂加工糸においては樹脂付着量や付着形状などの糸の評価は、従来より重量による測定や目視に頼った方法で行われている。布や不織布では放射性物質からの β 線を利用して、測定物の重量変化を測定し、重量・含有水分量・樹脂付着量などの制御を行う装置も市販されているが、糸単位での樹脂の付着状態については、オフラインで重量測定により検査を行っているのが現状である。

今回、これらの測定にコンピュータによる画像処理技術を応用し、非破壊、かつリアルタイムで測定を行うための画像処理アルゴリズムの検討を行った。具体的にはサイジングやコーティング方式により糸に機能性を付与する工程における樹脂の付着量及び付着形状(欠点)に関する検出・解析手法について検討した。また、その応用として欠点発生後の原因解析のためのひとつの手法として、紡績糸の毛羽の定量化及び評価手法についても検討したので報告する。

なお、モデルとして用いた樹脂加工糸は本年度の重点研究の機能性素材の開発(本誌P.21~26)の中で試作した糸であり、これらの工程を管理す

るという立場から欠点検出及び解析手法の検討を行った。

2. 実験

2.1 試料

重点研究において試作した樹脂加工糸のうち、セラミック微粒子がベース樹脂(フォーミングバインダー)に対して10%含まれるものを使用した。

表1 樹脂加工糸の付着量及び付着形状

試料No	原糸	樹脂	付着量及び付着形状
1	綿20/1	—	—
2	"	セラミック入り樹脂	25.5% (少)
3	"	"	85.3%
4	"	"	88.1% (良)
5	"	"	215% (多) ムラあり、なし
6	"	"	277% (多)
7	"	"	335% (多) ムラあり
8	"	"	480% (多) ムラあり

2.2 実験機器

(1) 画像処理装置

画像処理装置の構成図を図1に示す。

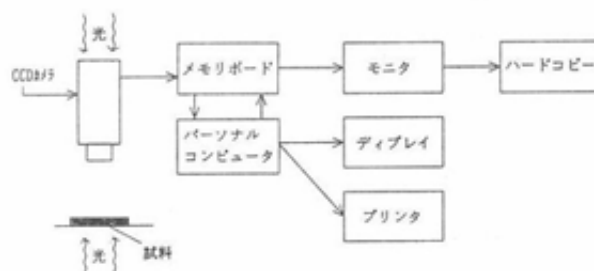


図1 画像処理装置

① CCDカメラ

TI23A形CCDカメラ 日本電気(株)製
画素数 512(H)×492(V)
解像度 水平 380本×垂直 350本

② メモリーボード

EIP98 ビデオ入力画像メモリ ADS(株)製
 画像メモリ 256×256×8ドット 2画面
 画像表示 256(H)×240(V)ドット/画面
 64階調

③ モニタ

ビデオ受像機 WV-5410 14形
 松下電器(株)製

解像度 水平 850 本(中心部)×垂直 350 本

④ パーソナルコンピュータ PC-9801 Vm21
日本電気(株)製

(2) その他の測定器

① レーザ外径測定機

KL 151 A アンリツ(株)製

② ウスターテスター 3 UT3・B/M型

ツェルベガー・ウスター(株)製

③ 光学式毛羽カウンター

F-INDEX TESTER 敷島紡績(株)製

2.3 検討内容

糸の本体、本体以外の部分(以下毛羽部分という)の抽出及び評価方法について検討した。

(1) 糸の本体部分の評価方法

樹脂加工糸を用いて、糸の太さを測定し、糸の太さから付着量及び付着形状を評価する手法を検討した。対象とする付着形状は、主として製織性に係わる欠点で、今回の樹脂加工糸に多く見られた凹凸むら(太さのむら)である。特にノット状(部分的(間断的)に玉状のものをつくったもの)の欠点が目立ったが、過度に樹脂が付着した場合と被膜強度が弱く樹脂がはがれた場合などが観察された。

(2) 糸の毛羽部分の評価方法

糸の本体以外の部分の樹脂加工糸の欠点としては、角状(糸から角状のものがでているもの)の欠点で、毛羽伏せがなされなかった場合、被膜強度が弱くてボロボロにはがれた場合などが観察された。

以上のように樹脂加工糸の欠点は、ノット状のように糸の本体部分に含まれるもの、角状のよう

に糸の本体からはなれているものに大別して考えることができ、それぞれ異なる欠点検出手法及び解析手法が必要となる。

(3) 紡績糸への応用

この手法を応用し、紡績糸の毛羽の定量化及び評価手法について検討した。

2.4 画像処理手順及び方法

各処理画像における画像または原理を紡績糸を例にとり図2に示す。

(1) 画像入力

毛羽抽出を考慮に入れ、照明には安定している透過照明を用いた。糸を拡大し、焦点距離を長くするため、望遠レンズ(75mm)と接写リング(50mm)を用いた。

(2) シェーディング補正

照明むらやレンズなどの汚れの影響を除去するため、シェーディング補正を行った。これは試料をのせる前後の画像をメモリに入力し、各画素ごとに減算処理を行うことにより実施した。

(3) 2 値 化

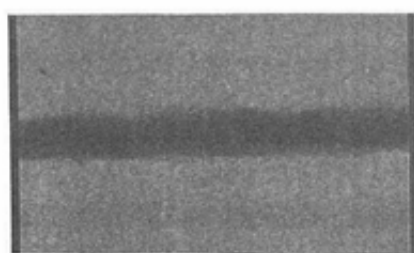
画像の濃度ヒストグラムをもとに背景と対象物間の分散比が最大になるようにしきい値を選定する判別分析法を用いて、自動で2値化のしきい値を決定した。ただし図2のように紡績糸の毛羽抽出が目的の場合は手動によりしきい値を高くする必要がある。

(4) 糸の本体部分抽出・測定

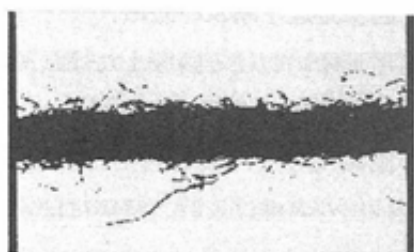
糸の断面方向にライン濃度を測定し、濃度0(黒)が最も連続するところを糸の本体(太さ)とみなし、糸の本体部分の抽出を行う。濃度0の連続数について統計処理を行い、糸の太さ、付着量及び付着形状(凹凸むら、ノット状欠点)の測定・評価を行った。

(5) 毛羽部分抽出・測定

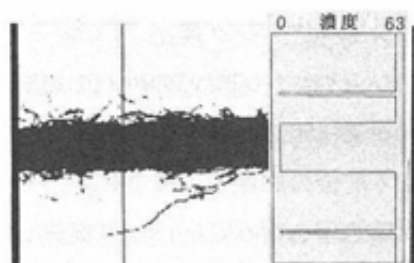
(4)で抽出した本体部分に相当する濃度0(黒)を濃度63(白)に変換し、2値化画像から毛羽部分の抽出を行う。その後、糸の本体部分から一定の距離ごとの、あるいは画像全体の毛羽部分(濃度0)の画素数(または面積)を求め、毛羽の測定・評価を行った。



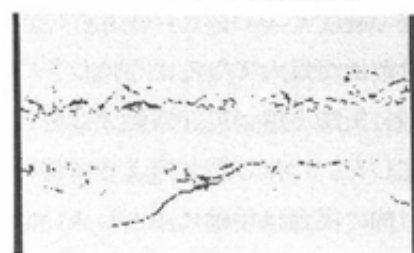
シェーディング補正画像



2値化画像



ラインにおける濃度変化



毛羽抽出画像

図2 処理画像の一例

(6) 画像処理結果について

糸の測定を行う場合、ある程度の長さを測定することが重要になってくる。今回の画像の処理範囲は長さ約8mmと短いため、糸の長さ方向に連続した10枚（ムラのある試料については20枚）の画像の処理を行い、結果を検討した。

3. 結果及び考察

3.1 糸の太さの測定

図3に各試料の画像処理とレーザ外径測定機における糸の太さの測定結果の関係を示す。画像処理の場合、自動（判別分析法）でしきい値を選定

するため比較的濃度の低い毛羽部分は背景となり糸の太さに含まれないが、レーザ測定機は毛羽部分も含めて測定するため、毛羽のある試料1、2についてはレーザ測定機の測定値がかなり高い値となっている。毛羽のない3～8の試料についてはほぼ一致している。糸の断面は真円ではないが、測定距離を長くとり、平均を求めることで加工糸の太さの測定は可能と考えられる。

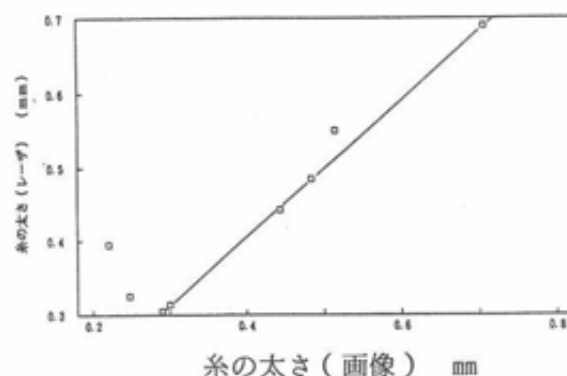


図3 画像処理とレーザ測定機における糸の太さ測定結果の関係

3.2 付着量の測定

試料とする樹脂加工糸が、原糸のまわりを樹脂が覆うという二層構造になっているため、糸の太さから付着量の測定が可能であるか検討した。図4に糸の太さと付着量の関係を示す。両者は、ほぼ比例関係にあり、あらかじめ検量線を作成しておけば糸の太さから付着量の推測が可能と思われる。

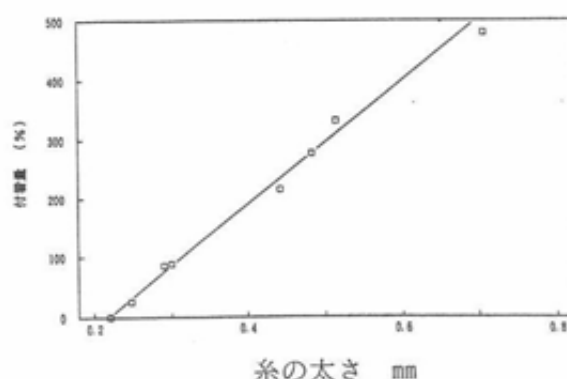


図4 糸の太さと付着量の関係

3.3 付着形状の測定・評価

表2に凹凸むらの有無により差がみられた変動係数(標準偏差を平均太さで除して百分率で表したもの)の測定結果を示す。むらのある試料については変動係数が大きな値をとる傾向がみられる。むらの周期性については、試料No.5をウスターで測定したところ10cmの周期むらがみられたため、糸の太さ変動からコンピュータによりFFT解析を試みたが試料長が短く明らかな結果は得られなかった。今後さらに測定長を長くにとって再検討する必要がある。

表2 統計処理結果

試料No.	ムラの有無	標準偏差	標準偏差/糸の太さ×100
3	なし	0.04535	14.88
4	なし	0.04558	14.53
5	あり	0.08100	18.20
5	なし	0.06000	13.48
6	なし	0.06175	12.75
7	あり	0.11052	20.37
8	あり	0.19269	28.12

図5にノット状欠点画像の一例を示す。今回の手法によれば、ノット状の欠点は、ノット部分が糸本体の濃度0(黒)と連続し、糸の本体とみなされることになる。そのため糸の太さ平均に対して、それぞれの箇所が何%にあたるかを算出した。例えば200%以上の箇所を欠点とみなし、検出する方法が適すると考えられる。欠点の基準についてはデータを蓄積し、外観や製織性との関連を調べる必要がある。

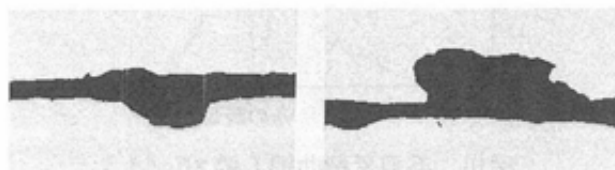


図5 ノット状欠点の一例

また、角状の検出については、ほとんどの場合自動によるしきい値選定で抽出が可能である。図6に欠点画像の一例を示す。毛羽そのものについては判別分析法では抽出できないが、F-INTEX TESTERにより1mm以上の毛羽でも10mで10個未満というように十分な毛羽伏せが確認されている。また、樹脂が十分付着しておらず毛羽伏せがされていない場合は糸の太さが細いということで検出

できる。毛羽部分の画素数は雑音が入った程度では、10以上になることはなかったので、欠点として検出することは可能と考えられる。

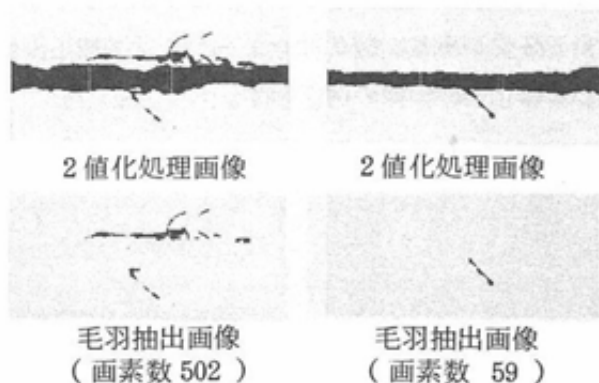


図6 角状欠点の一例

3.4 紡績糸への応用

紡績糸における毛羽は、糸むらと並んで糸の外観に影響を及ぼす重要な因子である。毛羽は紡績糸独特のかさ高さ、風合いなどを与える要素であるが、同時に製織性に影響を及ぼしたり、摩擦により部分的に毛羽が増加し染めむらを生じて織物欠点の原因となることも多い。毛羽の問題を解決する手がかりとして、毛羽を定量化することが急務であるが、現在毛羽の測定はF-INTEX TESTERによる測定が一般的である。これは光学的にある一定の長さ以上の毛羽をカウントしていくものであるが、高速性のため糸の形状を犠牲にしているなどの問題点もある。また試験には数十m以上の長さが必要であり、欠点発生後の糸の原因解明には使用できない。ここでは欠点が発生した織物に対して、糸の毛羽に起因する原因解析を行う目的を含めて、毛羽の定量化及び評価手法について検討した。

(1) 画像処理手順及び方法

基本的な手順は樹脂加工糸の測定と同じである。以下に相違点のみを示す。

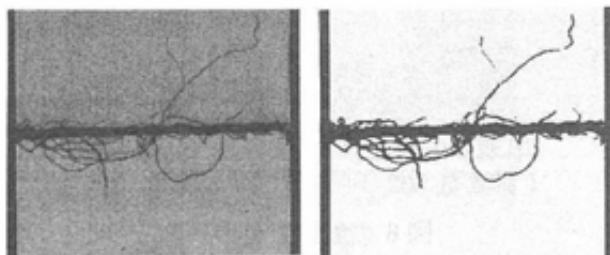
① 画像入力

細い1本ごとの毛羽を抽出するため、糸を他からの反射をなくすように空中に浮かせ、バックを黒にし、リング照明により画像を入力する。ただし糸の色が黒のように濃色の場合は透過照明の方

が鮮明な画像が得られる。

② 2 値 化

判別分析法では、濃度の低い紡績糸の毛羽は背景とみなされるため、しきい値は手動により高くする必要がある。図7にシェーディング補正画像と2値化処理画像の例を示す。



シェーディング補正画像 2値化処理画像

図7 画像処理の一例

③ 毛羽部分抽出・測定

糸の断面方向、糸軸方向の各ラインごとに毛羽部分（濃度0）の画素数を求める。その後糸の本体から一定の距離ごとの、あるいは画像全体の画素数を算出し、毛羽量の測定・評価を行った。

(2) 毛羽の定量化及び評価方法

試料には綿20/1カード糸、綿10/1BD糸、及び毛羽が原因で筋状の濃度むらができた織物（T65/R35）のたて糸（20/1）を用いた。

図8に綿10/1の各画像における毛羽の全画素数の変動曲線に示す。試料長は約50cmである。各画像間の変動が大きい。そこで各画像ごとに求めた糸軸方向のラインごとの画素数を、さらに糸軸方向に累積したのが図9の毛羽累積曲線である。図10は綿20/1の毛羽累積曲線である。試料長は約20cmであるが、形状に若干の違いがみられる。図11に欠点織物の毛羽累積曲線、表3に糸の本体からの距離と画素数の関係を示す。正常部に比べ、異状部は、特に毛羽長の長いところでの増加の度合いが大きい。今後データの蓄積を行っていけば、こうした毛羽累積曲線の形状により、糸の毛羽の定量化だけでなく、紡績の種類判別や、欠点となるかどうかの評価（判断）も可能になるのではと思われる。

また、毛羽の周期性をみるため糸の断面方向の画素数について糸軸方向にラインごとの変動曲線を求め、FFT解析にかけた。しかし試料長が約30cmと短かったため、周期性の有無は確認できな

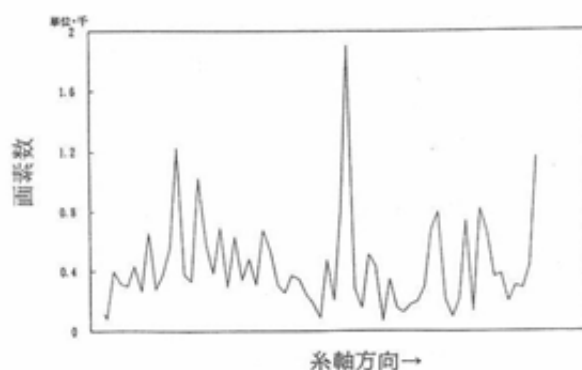


図8 各画像における画素数の変動曲線

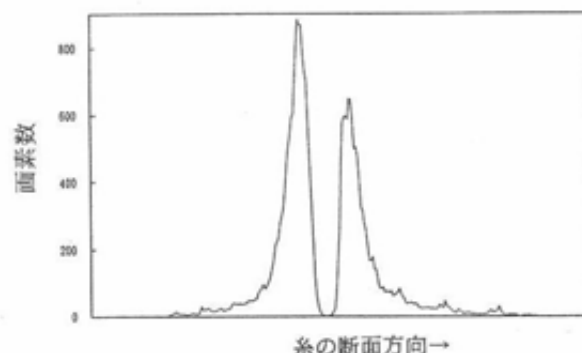


図9 毛羽累積曲線（綿10/1）

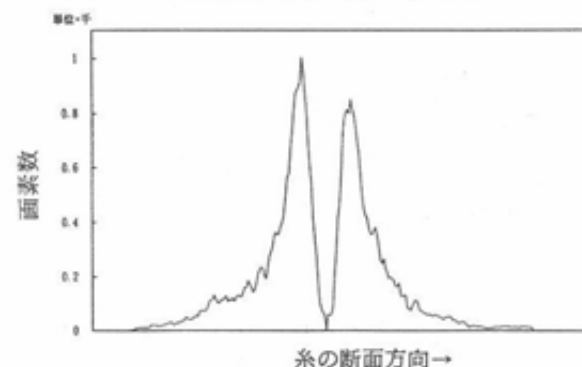


図10 毛羽累積曲線（綿20/1）

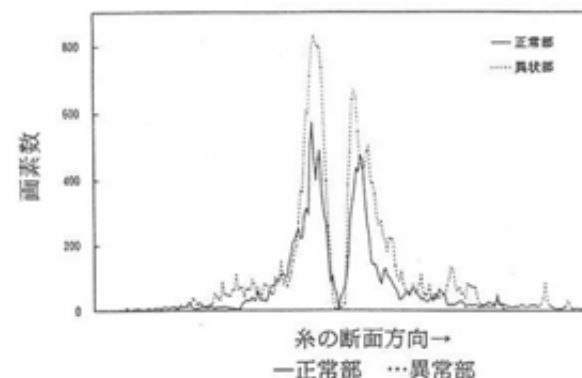


図11 毛羽累積曲線（欠点織物）

表3 糸の本体からの距離と画素数

毛羽の長さ	画素数	
	正常部	異状部
3.0mm以上	10	162
2.0~3.0	326	859
1.0~2.0	1285	3346
0.0~1.0	11113	16974

かった。試料長を長くすることにより周期性の有無が確認できれば、毛羽の発生原因の解明に役立つと考えられる。

糸の毛羽が糸の本体から突出している状態は不規則であるが、以上のような画像処理技術を用いれば毛羽の長さだけ（先端遊離毛羽）でなく、両端遊離や先端折曲型の毛羽を含めた定量化・評価が可能と考えられる。

4. ま と め

コンピュータによる画像処理技術を用いて、コーティングなど糸に機能性を付与する加工工程における樹脂付着量及び付着形状（欠点）を検出するための画像処理アルゴリズムについて検討した。

この結果、今回用いた樹脂加工糸については以下のことがいえる。

- ① 加工糸の太さの測定は、測定距離を長くとり、平均を求めることで可能となる。

- ② 樹脂の付着量については、糸の太さから推測が可能である。

- ③ 付着形状については、統計処理などを用いることにより、凹凸ムラ、ネップなどの欠点検出が可能となる。ただし欠点基準をどこにおくかが課題であり、今後データ蓄積を行い、外観、製織性との関連を調べる必要がある。

今回はエリア方式のCCDカメラを用いたが、対象とした加工工程中のオンライン検査には高速性の点からラインCCDカメラの方が適していると考えられ、今後の課題と思われる。

紡績糸の毛羽の定量化及び評価手法については、従来目視により判断していた糸の毛羽量の定量化が可能となる点で、欠点発生後の糸の欠点原因解析などに有用であると思われる。

文 献

1. 繊維計測便覧，日本繊維機械学会（1970）
2. F-INDEX TESTER取扱説明書
3. 太田，「コンピュータ画像処理による繊維および糸の形状測定」，名古屋工業大学工業研究科修士論文（1994）