ISSN 1342-7709

研　究　報　告

第 43号
平成23年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.43
2011

兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター
〒677-0054　兵庫県西脇市野村町1790-496
TEL(0795)22-2041　FAX(0795)22-3671

Hyogo Prefectural Institute of Technology,
Technical Support Center for Textiles Industries
1790-496,Nomura,Nishiwaki,Hyogo,Japan　〒677-0054

目　次

1.高精度織物読取装置の開発による糸配列検査システムの研究開発
（JST 地域ニーズ即応型）
……古谷 稔, 藤田浩行…… 1

2. カーボン複合糸から作製したバネ材料の高性能化に関する調査研究
（産学インキュベート事業）
……藤田浩行…… 6

3. エンジニアリング・プラスチック系ナノファイバー製造技術の調査研究
（産学インキュベート事業）
……中野恵之, 東山幸央, 瀬川芳孝, 有年雅敏…… 11

4. エレクトロスピニング法を用いた糸表面加工技術および加工装置の開発
（技術改善研究）
‥東山幸央, 中野恵之, 原田知左子, 瀬川芳孝, 古谷　稔, 藤田浩行, 近藤みはる, 有年雅敏‥ 14

5. 多様な素材に対応した交織複合織物の開発研究
（経常研究）
……古谷 稔, 佐伯 靖, 瀬川芳孝, 近藤みはる…… 17

6. 整経工程におけるたて糸の巻取張力の評価に関する研究
（経常研究）
……藤田浩行, 古谷　稔…… 21

7. 商品化を目指した顔料染色技術の開発
（経常研究）
……瀬川芳孝, 藤田浩行, 東山幸央…… 26

「JST 地域ニーズ即応型」

高精度織物読取装置の開発による糸配列検査システムの研究開発

古谷 稔，藤田浩行，（森本雅和※1，志方 泰※2，初田真幸※2）

要旨　播州織産地では、織出検査において糸配列に間違いないかを検査しているが、その検査には時間と熟練した経験が必要である。また、作業員の高齢化が進んでいることや不良品の発生は大きな損失であることから、高精度な自動検査システムの開発が望まれている。

そこで本研究では、この織出検査を自動化するために、織物読み取り装置と画像処理による糸配列自動識別機能、比較用設計画像生成機能をそれぞれ開発し、これらを統合した糸配列検査システムの研究開発を実施した。

1　目　　的

先染め織物は、量産する前に長さ１m程度を試織し、それを熟練工が目視確認する織出検査により、幅 1.2～1.8m，たて糸 6,000～8,000 本の色糸が指図書どおりに配列されているかを確認する。色糸は非常に細いため、その確認には多大な時間と労力を必要としている。織出検査では、約 10%の割合で不具合が見つかるが、このうち 2～3%は目視検査をすり抜けて本生産に入って、不良品となり、繊維産地の大きな損失となっている。

本研究では、この織出検査を自動化し、不良品の発生の低減と、織出検査の時間短縮を目的とする研究開発を実施した。

2　織物読取装置の開発

２．１　超解像度画像撮影機能

２．１．１　カメラキャリブレーションによるゆがみ補正

本研究開発では、非常に細い糸を識別する必要があり、カメラから入力される画像は高い精度が求められる。そこで、レンズのひずみの影響（図１）を軽減するためにカメラキャリブレーションを行い、画像のゆがみ補正（図２）を行うとともに、解像度の高い画像の中心部分を取り出すことにより、ゆがみの無い高精度画像を取得することができた。



図１　撮影画像（たる型歪みの状態）

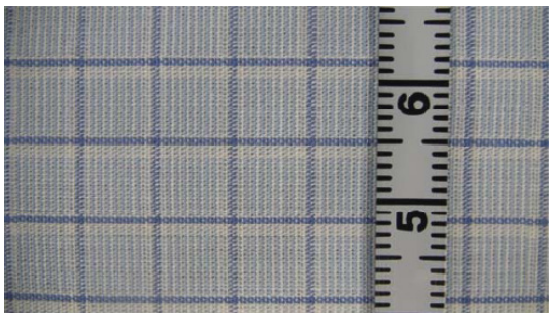


図２　補正画像

（※１　兵庫県立大学）
（※２　株式会社ブレイン）

２．１．２　自己相関画像の傾きと糸周期の抽出

撮影装置に生地をセットする際、織物は柔らかく正確に配置することが困難であり、斜めに傾いた配置になることが多い。図３に検査時の生地が傾いた状態で撮影した画像を、図４にアフィン変換による傾きを補正した画像を示す。



図３　補正前の生地が傾いた画像

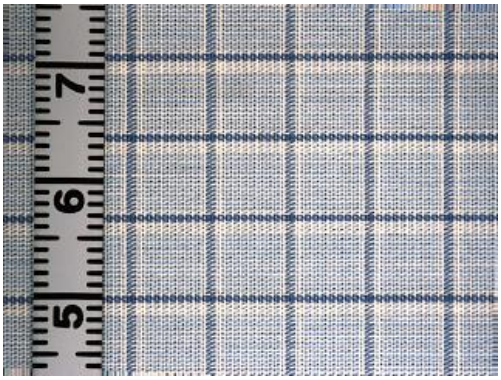


図４　アフィン変換による画像の傾き補正

この傾きを検出するために自己相関画像を作成し、近傍の極大値の傾きから経緯の糸の傾きを検出し、アフィン変換による画像回転補正を行った。その結果、撮影装置へ生地を正確にセットする必要がなくなり、所要時間を従来の１／５以下に短縮することができた。

また、自己相関画像から糸周期を同時に求めることができ、その情報は次の糸配列自動識別において糸領域抽出に用いた。

２．２　糸配列自動識別機能

２．２．１ クラスタリングによる色糸の識別撮影した生地の画像から糸の色を識別するため、抽出した経糸領域の平均色を元にクラスタリングにより経糸の色を識別する手法をとった。指図書の経糸の色数と大まかな色情報をもとにクラスタの初期値やクラスタリング手法を選択し、効率的な経糸色の識別を可能にした。

２．２．２　２種類の色糸を用いた生地での実験

２色の糸が同じ割合で使用されているストライプ柄 10 種類（図５上段）と同色のチェック柄 10 種類（図５下段）の生地で糸配列の識別実験を行った。



図５　実験に用いた色糸が２種類の生地の例

クラスタリング手法として EM アルゴリズムを、色情報として RGB 色空間を選択した結果、糸配列を識別率 100%識別できる事を確認した。

２．２．３　３種類の色糸を用いた生地での実験

次に、３色以上の糸が任意の割合で使用されている複雑な色柄の生地 10 種類（図６）で糸配列の識別実験を行った。

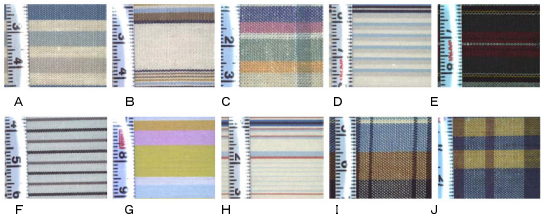


図６　実験に用いた色糸が３種類の生地

その結果、糸配列を識別率 100%判別できた生地は２種類だけで、識別率 90%に満たない識別結果となるものもあった。これは、RGB 色空間で非常に近い２色の色糸が使用されていることが原因であると考えられる。

このように、特定の手法のみでは十分な精度で糸配列を識別ができないため、生地ごとにクラスタリング手法と色空間の最適な組み合わせ

を求める実験を行った。

２．２．４ クラスタリング条件の変更による識別の最適化

次のクラスタリング条件の組み合わせで糸配列の判別実験を行ない、生地ごとの最適なクラスタリング手法と色空間について検討した。

・クラスタリング方法：EM アルゴリズム、K-Means

・パラメータ（色空間）：RGB、HLS、XYZ

各生地に対して最も有効な組み合わせを選択した場合、５種類の生地で識別率 100%を達成することができ、残る５種類の生地でも 90%以上の高い識別率が得られた。この結果から、色糸情報を利用して、生地別に有効なクラスタリング手法を選択することにより、高い識別率が達成できることが明らかになった。

また、誤識別を起こす生地について調査した結果、以下の特徴があることが判明した。

①生地に使用されている特定の色糸の頻度が少ない。

②他の糸と類似した色が使用されている。

このような特徴を持つ生地は、完全な自動識別が難しいため、糸１本ごとに識別結果の信頼度の評価を行ない、信頼性の低い部分については、目視による検査を求めるシステムを構築することで解決できると考えられる。

２．３　比較用設計画像生成機能

織出検査は、織物が指図書どおりに織上がっているかを確認することである。生地撮影画像と織上りシミュレーション画像、糸配列識別画像を比較することで、どの部分に不具合が発生しているのかを容易に確認できる。これを実現するために、織物設計書から比較用シミュレーション画像を生成する機能を構築した。構築した機能を次に示す。

①シミュレーション画像生成機能：織物設計データとして、織上密度，経糸と緯糸の糸配列，糸の色，組織図，糸の太さを読込み、これらの情報から糸の太さや部分密度変化を考慮したシミュレーション画像を生成する機能。

②比較画像表示制御機能：織物のどの部分に不具合が発生しているかを確認するため、生地撮影画像(糸配列識別結果画像)とシミュレーション画像を比較表示させて糸配列を目視できる機能。

③不良箇所表示機能：類似色の糸の入れ違いが起こっている場合などでは、表示された画像から目視で不良箇所を瞬時に探すのは困難なため、解析結果と設計データで糸の異なる箇所には解析画像上でマーク表示を行う機能。

これらの処理を行う比較用設計画像生成機能の処理フローを図７に示す。

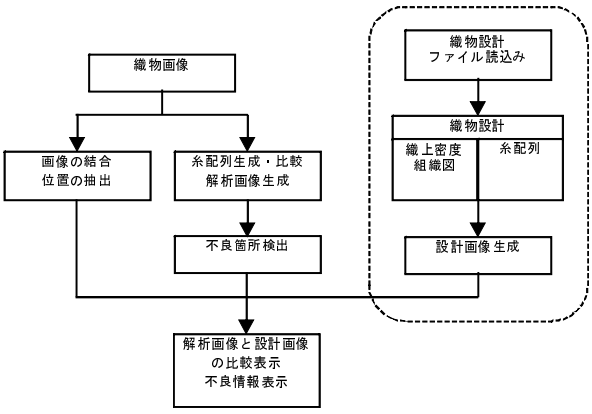


図７　比較用設計画像生成機能の処理フロー

２．４　装置の全体構成

２．４．１　生地読取装置の開発・試作

平成 20～22 年度の研究成果を統合して、織出検査システム用の生地読取装置の試作を行った。

１号試作機(図８)は、実験や検証の目的で製作した。この試作機によって研究に必要な撮影データの採取や照明、カメラの撮影環境について検証を行い、良好な成果が得ることができた。しかし、装置が大きく重いため可搬性が悪く商品化への障害となるため、１号試作機で得られた成果を踏まえ、２号試作機を製作した（図９）。

２号試作機では２本使用していたレールを１本にし、素材をステンレス鋼からアルミニウム合金に変更し、大幅な軽量化につながった。し

かし、レールの１本化により、カメラの移動時の振動が大きく画像にブレが発生したため、撮影時に一旦停止し撮影する手法を採用した。カメラの移動速度の高速化により、１号試作機の連続撮影と同等の所要時間（1.0min/m）で織物画像を撮影することができた。この結果から、現在の目視検査に要している時間 30 分と比較して、画像処理時間を加えても実用上支障のない性能を確保することができた。

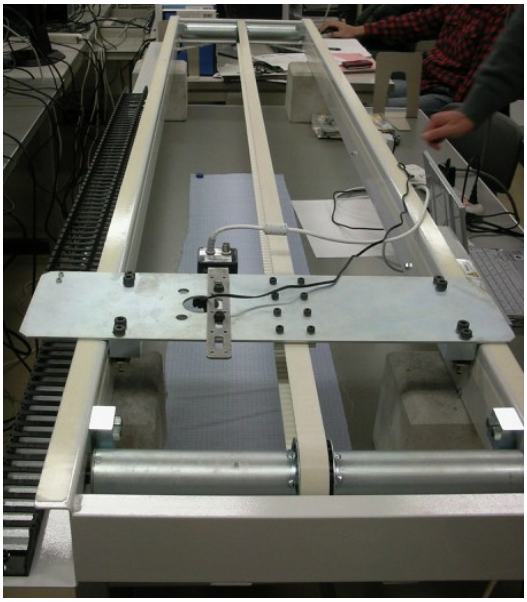


図８　生地読み取り装置（１号機）

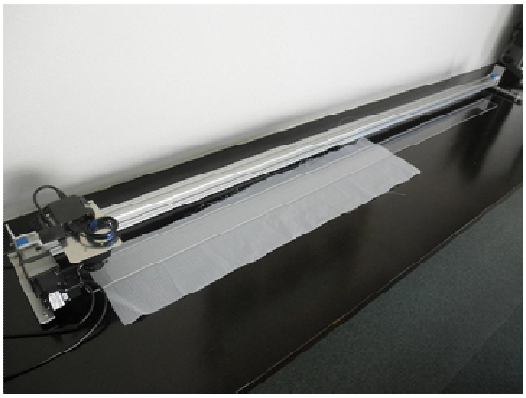


図９　生地読み取り装置（２号機）

また、カメラに LED リング照明を取り付け、様々な照明環境に影響されないよう照度を安定化させた。カメラの撮影制御と移動制御は USB 接続したパソコンから行ない、移動距離や撮影間隔等もパソコンからコントロールできるようにした。

３　結果と考察

３．１　織出検査システムの機能評価

撮影した生地画像に対して自己相関画像生成と撮影画像の傾き補正を行うことにより識別率の向上を図った。カメラに対して生地の織り目を正確に水平・垂直となるように置くことは難しいが、自己相関画像から生地の傾きを求め、画像の傾きを補正するアフィン変換を行う事により、生地が７度傾斜していても問題なく識別が可能なことを確認した。また、糸ブロックの平均色をクラスタリングすることにより、経糸の識別を行なう機能を実装した。クラスタリングの方法、色空間の選択の組み合わせ実験を行い識別率への影響考察を行った結果、実用レベルに達していることを確認した。

解析したデータは生地撮影画像・糸配列識別画像・比較用シミュレーション画像を上下に並べて表示し、画像間の位置対応を随時計算、表示する機能および糸配列識別結果と設計データを分析し、設計と識別結果の異なる箇所を表示する機能(図 10、11(不良個所表示))を実装した。

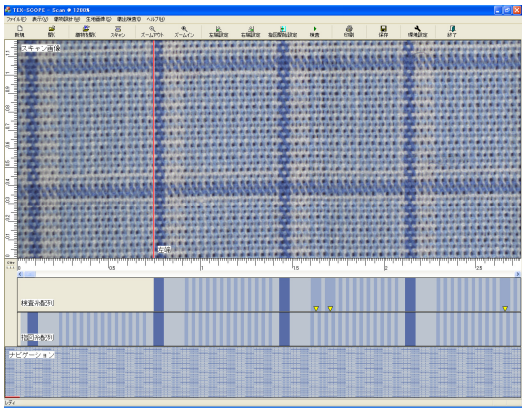


図 10　指図書と検査結果表示

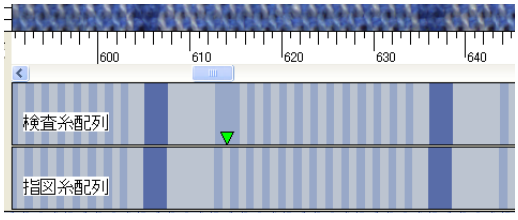


図 11　検査結果の糸配列の不良個所の表示

３．２　読取装置の機能評価

１号試作機を機能評価した結果、読み取りや検査システムの性能については一定の評価を得たが、装置の可搬性に問題があるという評価であった。コンパクトで軽量な２号機の製作により１号機で判明した種々問題点の改善を行い、実用化に向けた取り組みを行った。また、生地を正確に検査するためには、シワやゴミを除去する必要があるが、生地の上にアクリル板を置くことによりシワが除去されて糸配列の読取性能を向上させることができた。

４　結　　論

本事業では、実験機の設計・製作、制御プログラムの設計開発、画像処理プログラムの設計開発、糸中心線検出、比較用設計画像の生成、不良箇所検出機能に関する研究開発に取り組んだ。その結果、織物の糸配列を高精度でかつ短時間で検査するシステムを開発することができた。

参 考 文 献

1)地域ニーズ即応型平成22年度 研究報告書
古谷、藤田、森本、志方、初田ら

「産学インキュベート事業」

カーボン複合糸から作製したバネ材料の高性能化に関する調査研究

藤田浩行

要旨　搬送用振動フィーダーなどに使用されるCFRP製板バネの耐久性向上を目指し、従来の熱硬化性樹脂に替わり、熱可塑性樹脂をマトリックスとする炭素繊維織物強化複合材料（バネ材料）の開発を行った。課題であった熱可塑性樹脂の含浸性と炭素繊維織物の製織性を改善するため、縫合技術を用いて炭素繊維と熱可塑性樹脂糸（ポリエステル糸）の複合糸を作製することによって、バネ材料を製造する技術を開発した。バネ材料の耐久性や剛性を向上させるため、使用する樹脂糸の選定や複合織物の規格および積層構成などの条件を検討し、既存材料に比べて高い耐久性を持つ材料の開発に成功した。

1　緒　　言

炭素繊維強化複合材料は、軽量かつ優れた機械的特性と柔軟性を生かし、板バネなどのバネ材料として使用されることも多い。例えば、搬送用振動フィーダーの板バネとして用いられる材料は、高い共振周波数を利用して振動させ、省エネルギーで大きな搬送能力が得られる。

一方、バネ材料は高温多湿環境下で使用されることが多く、長期間の使用で剛性が大幅に低下し搬送能力を失う。

本研究では、カーボン繊維と熱可塑性樹脂からなるバネ材料の開発を試みた。熱可塑性樹脂は、耐水性には優れるが、高い樹脂粘度のため、カーボン織物への含浸性が低く、高強度・高弾性率化が望めない。そこで、以前に開発した複合技術[1)]を用いて作製したカーボン繊維と熱可塑性樹脂糸の複合糸から複合織物を製織し、それを複数積層してバネ材料を成形した。複合糸を用いることで、樹脂の含浸性向上に伴う複合材料の高強度・高弾性率化が期待できる。また、高温多湿環境下でも耐久性の優れたバネ材料の開発を目指し、耐久性向上に関する調査研究を実施した。素材の選択や複合条件および織物規格などを検討することでバネ材料の高性能化を試みた。

2　調査内容

本研究で開発するバネ材料は高温多湿環境下の長期使用を想定しており、耐久性に関する技術調査を実施した。主な調査内容を以下に示す。

既存のバネ材料で使用されているエポキシ樹脂をマトリックスとした炭素繊維強化複合材料（以降、CFRP）は、吸水に伴う強度低下が起きる。強度低下の要因は、①エポキシ樹脂の吸水劣化、②繊維と樹脂の界面強度低下、③繊維の劣化などが考えられている。一方、熱可塑性樹脂をマトリックスとした複合材料（以降、CFRTP）は、吸水の影響についてほとんど検討されていない。また、開発するバネ材料は、予めカーボン繊維と熱可塑性樹脂糸からなる複合糸を作製する。熱可塑性樹脂糸は溶融後固化するが、熱可塑性樹脂の

冷却速度が結晶性に影響を与え、樹脂および複合材料の特性を変化すること知られている。調査結果を踏まえ、CFRPおよびCFRTPの多湿環境下の吸水に伴う重量変化を調べた。なお、CFRTPで使用される熱可塑性樹脂は、繊維化されていることが条件となるが、強度や汎用性なども考慮してポリエステルを選択した。そこで、ポリエステル糸の溶融後固化させるための冷却速度の影響についても調べた。

樹脂含有率が同一のCFRPおよびCFRTPを23℃、95%RHの雰囲気で500 時間放置した。CFRPは約1.4%重量が増えたが、CFRTPは半分の増加であり、ポリエステル樹脂を用いたCFRTPは吸水しにくいことがわかった。

ポリエステル糸は３種類のグレード（ユニプラス滋賀（株）製）について、糸の溶融後の冷却速度と樹脂の特性などについて検討した。一般グレードについては、酸化チタンを混入したダルと含まないブライトの２種類について検討した。CFRTPの成形を考慮した冷却速度（図１の急冷）で固化させたが、両者とも条件に関わらず結晶化が進み、固化した樹脂は白化して樹脂自身非常に脆くなった。一方共重合グレードの場合、徐冷の場合は白化したが、急冷すると透明性を保ち弾力性を保持することがわかった。そこで、結晶性を評価するため、共重合グレードのポリエステル糸を270℃で溶融、固化後の樹脂のDSC測定を行った。その結果、図２で見られるように急冷の場合、低い結晶性のため加熱時に結晶化が進み、144.1℃において結晶化に伴う発熱ピークが見られた。しかし、徐冷の場合、既に高い結晶性を持つため発熱ピークは見られず、結晶性は顕著に異なることが明らかになった。

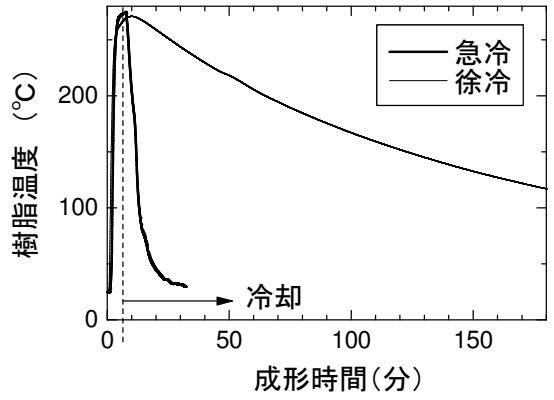


図１　成形時の樹脂固化の冷却速度

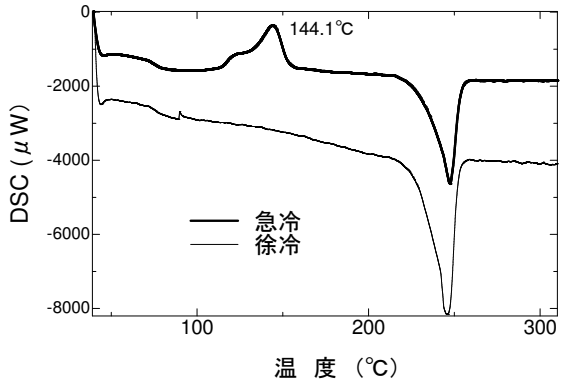


図２ 冷却速度の異なるPET樹脂のDSC測定

３　実　　験

複合糸は、調査内容を基に表１の規格で作製した。また、複合糸から表２に示す６種類の複合織物を製織した。図３に複合糸を、図４にタイプC1の複合織物の外観を示す。

なお、バネ材料は、複合糸から作製した複合織物を積層して成形するため、複合織物の織密度は、バネ材料の強度および弾性率に大きく影響する。バネ材料の強度および弾性率を向上させるには、炭素繊維の含有量を増加させることと、荷重が多く負荷される側の糸を真っ直ぐに配置することが好ましい。しかし、製織限界や製織性（製織の生産性）にも影響するため、作製可能な複合織物の規格には制限がある。今回試織した中でタイプC3が織密度の最も大きな規格であるが、たて糸密度が多いため、よこ糸の打ち込みが非常に困難であり、織物の両端側には、製織による炭素繊維の損傷も見られた。また、タイプC2についても打ち込み時の織機の負荷は大きかった。

そこで、製織性の改善を図るために、織密

度の変更と組織変更（平織→2/1 オックス）したタイプD の織物の製織を試みたところ、問題なく織り上げることができ、生産性の改善が図れた。

図５にタイプDの織物断面を示す。高密度側の方が、糸のうねりが大きく、低密度側はほぼ直線上なった。タイプC2も同様であった。この要因として、高密度側の糸の方が低密度側の方よりも糸の張力が小さくなったため大きくうねりを持ったと考えられる。この結果

表１　複合糸の規格

	素材	太さ	本数	ﾋﾟｯﾁ
強化繊維	炭素繊維	3K（φ7μm）	1	
縫合糸	PET（共重合）	300D（ﾓﾉﾌｨﾗﾒﾝﾄ）	3	5 回/ｲﾝﾁ
引揃糸	PET（共重合）	300D（ﾓﾉﾌｨﾗﾒﾝﾄ）	6	

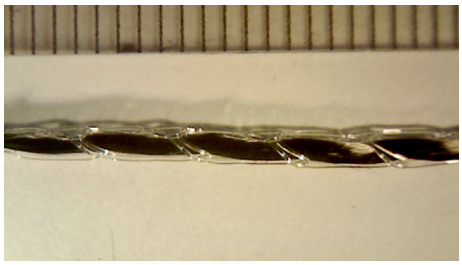


図３　作製した複合糸

表２　複合織物の規格

タイプ		A	B	C1	C2	C3	D
組織		平	平	平	平	平	2/1 ｵｯｸｽ
密度 本/ｲﾝﾁ	たて	16	19	11	21	24	11
	よこ	5	7	11	11	11	21

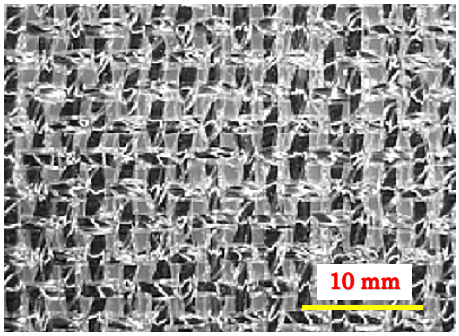
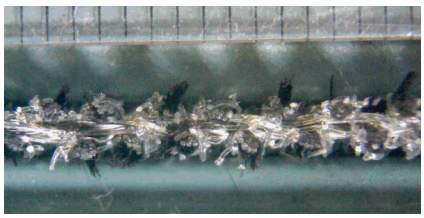


図４　炭素繊維/PET複合織物（タイプC1）



(a) 高密度側（21 本/ｲﾝﾁ）



(b) 低密度側（11 本/ｲﾝﾁ）

図５　タイプDの織物断面

は、曲げ弾性率を向上させるには好ましくなく、今後、使用する織機の種類や条件を変更して高密度側の糸を直線上に織る必要がある。

作製した６種類の複合織物は、表３の積層構成で８枚重ね、ホットプレス機を用いて４種類のバネ材料を成形した。冷却方法は急冷である。なお、プレス条件は、温度270℃、圧力3MPaで5分間とし、試料厚みが約2.0mmとなるようにスペーサーを用いて成形した。

表３　バネ材料の積層構成

規格　Ⅰ	C3-C2-C1-C1-C1-C1-C2-C3
規格　Ⅱ	D-D-C1-C1-C1-C1-D-D
規格　Ⅲ	A-A-A-A-A-A-A-A
規格　Ⅳ	B-B-B-B-B-B-B-B

成形材料は、図６で示される高速曲げ疲労試験機を用いて耐久性評価を行った。なお、試験試料（図７）は、長さ82mm×幅56mmに切り出し、試験機に固定した。試験装置の構成および試験方法を以下に示す。下側コイルに交流電流を流し電磁誘導により上側コイルを変位させ、倒立させた試験片上端部に試験片の固有周波数と一致する周波数で、繰り返し変位を与える。但し、変位の波形は正弦波で振幅は2mmとした。ここで、はりの曲げ振

動の運動方程式から得られる板バネの振動数と剛性の関係を以下に示す。

$$w_i = B_i^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \qquad (i = 1,2,3,\ldots) \quad \cdots(1)$$

ここで、w_i は振動数、 B_i は共振次数によって定められた係数、E は縦弾性係数、I は断面二次モーメント、 ρ は単位体積あたりの質量、Aは断面積である。板バネの剛性は、E I で表すことができるため、疲労に伴う剛性低下は、板バネの振動数w_i（周波数）を減少させることがわかる。また、周波数が一定の場合、剛性低下により振幅が小さくなる。そこで、6 時間毎に変位振幅が2mmとなるように周波数を調整し、繰り返し回数が10^8サイクルに達するまで高速曲げ疲労試験を行った。なお、室温（23℃）、湿度95%RH雰囲気で実施した。

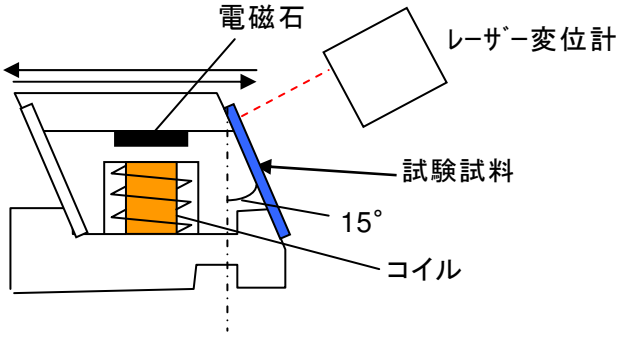


図 6　高速曲げ疲労試験機

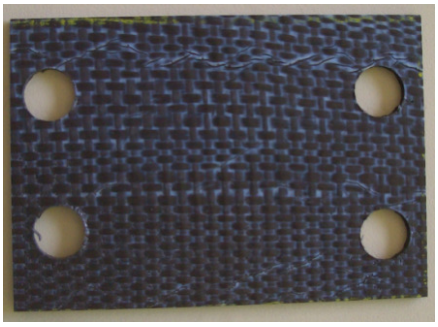


図 7　作製した試験試料

4　結果と考察

図 8 にバネ材料の繰り返し回数と振動周波数の関係を示す。なお、CFRP製板バネ（既存品）についても同様の耐久性試験を実施した。その結果、規格Ⅲは初期の周波数は約62Hzと他の規格と比べて小さく、その後の周波数低下も大きい。既存品や規格Ⅰおよび Ⅳは、初期の周波数は70Hz程度と同等である。しかし、その後既存品は6000万回当たりから急激に周波数が低下しており、その低下率は増加している。規格Ⅰおよび Ⅳも周波数低下は進むが、一気に低下する傾向は見られない。

一方、製造現場で使用される振動フィーダーは、設定した初期の周波数で板バネを連続稼働させ、剛性低下に伴う調整は現場では行わない。したがって板バネに要求される特性は、高い周波数のみならず、使用における剛性低下を抑えることが必要である。つまり、初期の周波数からの低下割合を低く抑えることが重要となる。そこで、初期の周波数を基準（=1.0）とし、各積層構成のバネ材料について繰り返し数10^8回試験直後の周波数の割合を表 4 に示す。その結果、規格Ⅰ、Ⅱ、Ⅳは、既存品（=0.86）より大きな数値を示しており、既存品よりも耐久性が高いことを示している。特に規格Ⅱは、0.92と周波数の低下率が最も小さく、高い耐久性が得られた。

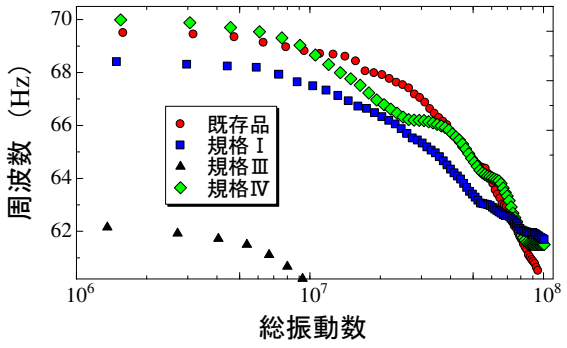


図 8　バネ材料の繰り返し回数と振動周波数の関係

表４　バネ材料の規格と初期周波数に対する試験直後の周波数の割合

規格Ⅰ	規格Ⅱ	規格Ⅲ	規格Ⅳ	既存品
0.90	0.92	0.76	0.89	0.86

5　結　　言

搬送用振動フィーダーなどに使用されるCFRP製の板バネの耐久性向上を目指し、従来の熱硬化性樹脂に替わり、熱可塑性樹脂をマトリックス樹脂とする炭素繊維織物強化複合材料の開発を行った。耐久性向上に関する技術調査や複合糸・複合織物および積層構成など製造条件の検討と作製したバネ材料の性能評価を実施することにより、目標とするバネ材料の開発を目指した。得られた成果を以下に示す。

（１）複合糸で使用するポリエステル糸は、成形工程で溶融・固化され、バネ材料のマトリックス樹脂となる。そこで、固化後の樹脂の弾力性を保持できるポリエステル糸の選定と冷却条件を明らかにすることができた。

（２）縫合技術を用いて作製した複合糸から織密度および織組織を変更した複数の複合織物の試織を行った。バネ材料の曲げ剛性や耐久性向上を図るため織密度の向上を目指し、安定して製織できる高密度織物の製織条件を得ることができた。ただし、高密度側の糸のうねりは大きく、曲げ剛性を向上させるには好ましくなかった。今後、使用する織機の種類や条件を変更して、高密度側の糸を直線上に織り上げる必要がある。

（３）織密度や組織を変化させた複合織物を複数積層したバネ材料を成形した。高速曲げ疲労試験の結果、積層構成により耐久性が変化することを明らかにし、既存のバネ材料よりも耐久性を持つバネ材料の開発に成功した。

謝　　辞

本研究は、同志社大学理工学部、藤邦織物（株）、宮田布帛（有）との共同研究により実施しました。関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

1) 藤田,東山,中野,古谷,　兵庫県立工業技術センター研究報告書，19, 79 (2010)

「産学インキュベート事業」

エンジニアリング・プラスチック系ナノファイバー製造技術の調査研究

中野恵之，東山幸央，瀬川芳孝，有年雅敏

要旨　エンジニアリング・プラスチック系高分子材料は、耐薬品性などの機能性を有し、工業材料に広く利用される。本研究では、エンジニアリング・プラスチックを用いたナノファイバー製造技術に関する調査研究を行った。その結果、文献調査などから、エンジニアリング・プラスチックで配向性の高いナノファイバー炭素材料の開発に適しているのはポリイミド樹脂であることがわかった。ポリイミド樹脂は溶剤が無く、耐熱性も高いため繊維化が難しいが、樹脂を加熱可能なエレクトロスピニング法にてポリアミド酸の繊維を作製し、この後に熱処理することからポリイミド繊維が製造できる。試作試験において直径200㎚程度のポリアミド繊維が試作できた。

1　目　　的

エンジニアリング・プラスチック系高分子材料は、耐薬品性や耐摩耗性が強いなどの機能性を有し、工業材料に広く利用されている。本研究では、溶媒に溶け難いエンジニアリング・プラスチックを用いたナノファイバー製造技術に関する調査研究を行った。一般的に、エンジニアリングプラスチックのような高分子材料は、繊維製造工程において内部結晶構造に配向性を有することが知られている。一方、現在のナノファイバー製造技術は、自己成長法とエレクトロスピニング法が注目されている。自己成長法は、分子を繋げて成長させる方法で、微小な繊維が製造可能であるが、高コストである。エレクトロスピニング法は、電気的反発を利用したナノファイバー製造法であり、高分子をナノファイバー化する場合は、溶液に溶かすのが一般的で、溶媒の価格が製造コストに大きく影響する。そのため、水溶性高分子は安価に製造できるが、有機溶媒を用いる場合は高コストとなる。そこで、本研究では、エンジニアリング・プラスチックから配向性の高いナノファイバーを製造する調査研究を実施した。

2　調査内容

2.1　配向性高分子材料について

文献調査などから、エンジニアリング・プラスチックで配向性の高いナノファイバー炭素材料の開発に適していると思われるのはポリイミド樹脂であることがわかった。そこで、ポリイミド樹脂に関する研究会を２回開催した。その結果、ポリイミド樹脂は炭化処理するとグラファイト構造になるなど配向性が高いが、一方で溶剤が無く耐熱性も高いため繊維化が難しいことも明らかとなった。このような特徴を生かして、ポリイミド樹脂は様々な工業資材として活用されている（表１参照)。

表１　ポリイミド樹脂の特徴

弾性率	3-7 GPA
破壊強度	200-600 MPa
伸度	40-90 %
線膨張係数	10-40 ppm/℃
融点	なし
熱分解温度	500℃以上
電気特性	高い電気絶縁性

表２に主なポリイミド樹脂の用途を示す。ポリイミド樹脂のナノファイバーの製造技術を開発することによって、新規な工業資材の創出を目指した。

ポリイミド樹脂は、繰り返し単位にイミド結合を含む高分子の総称で、通常は芳香族化合物が直接イミド結合で連結された芳香族ポリイミドを示す。芳香族ポリイミド樹脂は、芳香族と芳香族がイミド結合を介して共役構造を持つため、直線的で強固な分子構造を持ち、かつイミド結合が強い分子間力を持つため、すべての高分子中で最も高い熱的、機械的および化学的特性を有する。その特性を生かして芳香族ポリイミド樹脂が電子回路の絶縁層に利用されている。しかし、このポリイミド樹脂の特徴は、繊維等へ成型する場合に大きな課題となる。そこで本研究では、ポリイミド樹脂を製造する際の中間物質であるポリアミド酸について繊維化し、その後にポリアミド樹脂化を行うことにより課題の解決を試みた。

表２　ポリイミド樹脂の主な用途

フィルム	優れた機械的・熱的・電気的・化学的性質を示す ⇩ 電子回路材料の絶縁基板として用いる
成型品	高い耐熱性・耐摩耗性・自己潤滑性・耐放射線性 ⇩ ギヤ、ベアリング、ブッシュ、ガスケット、スラストワッシャ （宇宙・航空分野、自動車関係、事務機器、家電分野）
(その他) ポリアミド酸をコーティング剤として用い、 イミド化させて電子回路の絶縁層とする	

3　実　　験

3.1　ポリイミド樹脂

代表的な市販のポリイミド樹脂と熱可塑性ポリイミド樹脂について繊維化試験を行った。熱可塑性ポリイミド樹脂は、構造が直線的なポリイミドを故意に曲げた構造にすることにより熱に溶解させることが可能になったポリイミド樹脂である。

3.2　ポリアミド酸の合成

市販のポリイミド樹脂では、熱や溶剤では溶けないので、ポリイミド樹脂を加熱処理する前工程の物質であるポリアミド酸を合成して繊維化を試みた。図１にポリイミド樹脂の製造方法を示す。4,4-ジアミノフェニルエーテルを乾燥窒素気流下、室温において乾燥ジメチルホルムアミドに溶解し、その後無水ピロメリット酸を加えてポリアミド酸を合成した。このポリアミド酸を 300℃以上に加熱するか、脱水環化するとポリイミド樹脂になる。

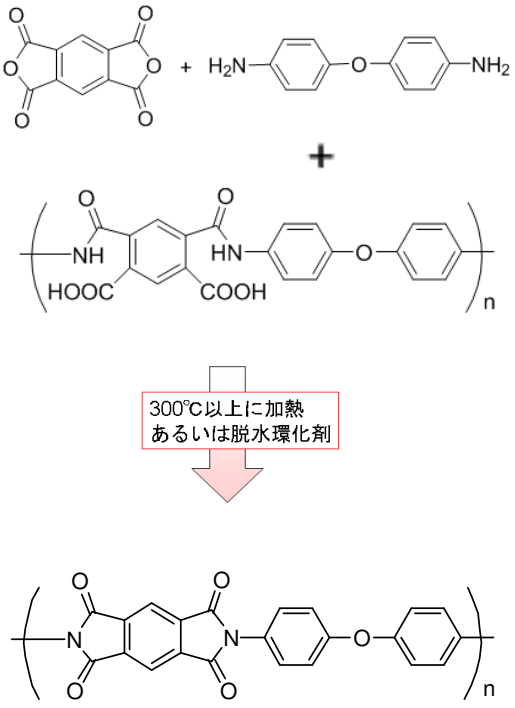


図１　ポリイミド樹脂の製造方法　（ポリイミド樹脂（下段）ポリアミド酸（中段））

3.3　ポリイミド及びポリアミド酸の繊維化

図２にポリイミド樹脂の繊維化方法を示す。ポリイミド樹脂を加熱し、溶解させてエレクトロスピニングした。印加電圧は 25ｋV 加熱温度はポリアミド樹脂は 400℃前後、ポリアミノ酸は 66℃で行った。

4　結果と考察

4.1　ポリイミド樹脂の繊維化試験

ポリイミド樹脂は、熱や溶剤に溶かすことができず繊維化することができなかった。熱可塑性ポリイミド樹脂は、直径が数μmから 10μm程度の繊維を得ることができた。しかし、製造途中で高分子材料の粘度が上がり連続して製造することが困難であることがわった。この原因は、熱分析結果から加熱により樹脂がゲル化するためと考えられた。(図３参照)

４.２　ポリアミド酸の繊維化試験

ポリイミド樹脂を加熱処理する前工程の物質であるポリアミド酸を合成して繊維化する実験を行なった結果、直径 200nm のポリアミド酸の繊維化に成功した。図４に試作したポリアミド酸繊維の電子顕微鏡写真を示す。直径 200nm 程度のポリアミド酸繊維が得られたが、まだ繊維直径は不均一で、一部に太い繊維も混在していた。今後の課題として、直径の揃ったナノファイバー製造条件を見出す実験が必要であることがわかった。

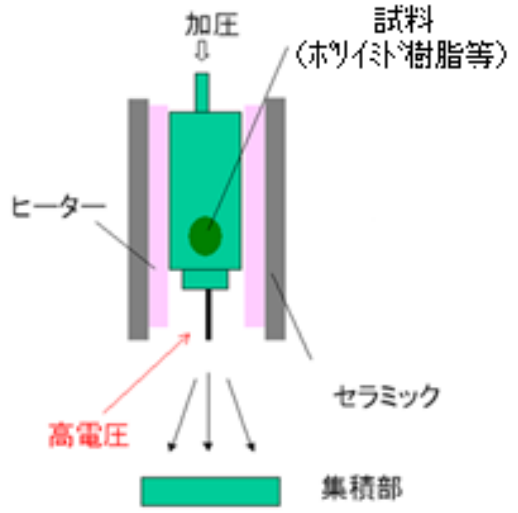


図２ エレクトロスピニング装置の概略

５　結　　論

工業材料に広く利用されている溶媒に溶け難いエンジニアリング・プラスチック系ナノファイバー製造技術に関する調査研究を行い、以下のことが明らかになった。

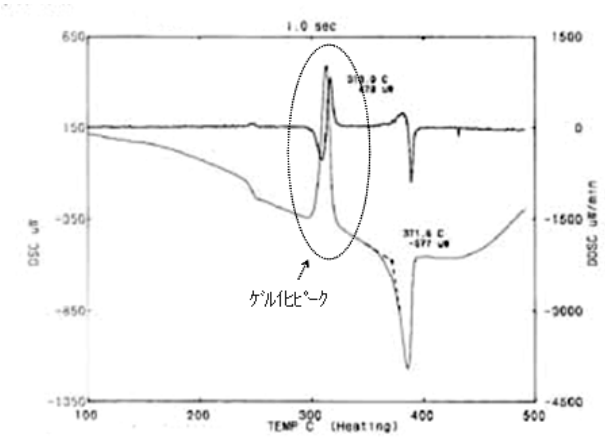


図３　加熱後のオーラムの熱分析（DSC）測定結果

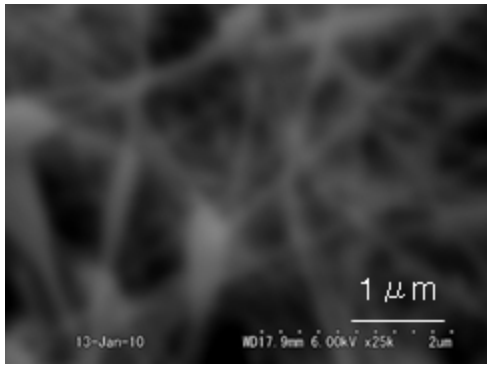


図４ 試作したポリアミド酸の走査型電子顕微鏡写真

１）文献調査などから、エンジニアリング・プラスチックで配向性の高いナノファイバー炭素材料の開発に適したエンジニアプラスチックはポリイミド樹脂であることがわかった。

２）市販のポリイミド樹脂は熱や溶剤に溶解せず、本実験範囲では繊維化することができなかった。

３）市販の熱可塑性ポリイミド樹脂では直径２μm程度の繊維化は可能だったが、熱により樹脂がゲル化して連続で繊維化を進めることはできなかった。

４）直径 200nm のポリアミド酸の繊維化に成功した。しかし、繊維直径は不均一で、太い繊維も混在していた。今後の課題として、直径の揃ったナノファイバー製造条件を見出す実験が必要であることがわかった。

「技術改善研究」

エレクトロスピニング法を用いた糸表面加工技術および加工装置の開発

東山幸央，中野恵之，原田知左子，瀬川芳孝，古谷　稔，藤田浩行，近藤みはる，有年雅敏

要旨　汎用糸の表面にナノファイバーを固定化する加工技術および加工装置を開発した。バインダーを用いずに固定化するため、繊維直径が非常に細いナノファイバーの微細構造が糸表面に露出し、独特の触感・風合いが発現しやすくなる。また、汎用糸が芯となるため、製織に必要な強度も確保でき、製織工程への適用が期待できる。

1　緒　　言

今後の繊維製品が高付加価値化を目指して進むべき方向として、極細繊維（ナノファイバー）化が有望視されている。繊維直径を非常に細くすることにより、独特の風合い（触感等）や極薄・極軽量化、通気抵抗の減少などの新たな機能性を付与できる。

エレクトロスピニング法は、ナノファイバーを比較的簡便に作製できる手法であるが、本法により作製されたナノファイバーの用途は、フィルター等の産業資材分野が主で、衣料などの織物分野に適用されることはほとんど無い。この要因として、ナノファイバーが連続した糸ではなく不織布状で得られることと、ナノファイバー単独では強度が低く、製織できないことによるものである。

本研究では、汎用糸（綿糸）の表面にナノファイバーを吹付加工・固定化させることにより、強度を上げて製織を可能にするとともに、織物分野への適用を目指すための糸表面加工技術および加工装置の開発を行った。

2　実験方法

図１に開発したエレクトロスピニング糸加工装置の写真を示す。本装置を用いて糸表面にナノファイバーを吹付・固定する方法は、以下の手順で行う。

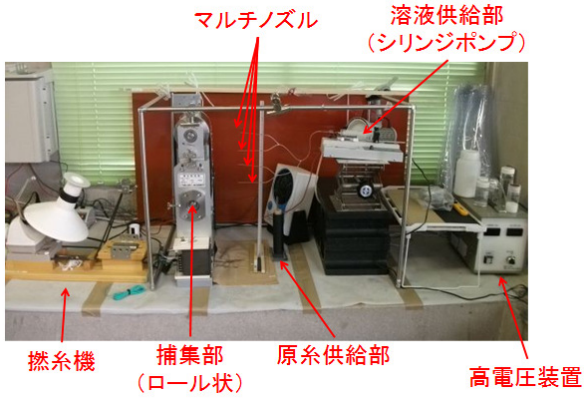


図１　エレクトロスピニング糸表面加工装置

①　ポリエチレンテレフタレート（再生ハップ材）の10wt%HFIP（ヘキサフルオロイソプロパノール）溶液を溶液供給部のシリンジに充填しマルチノズル部に送液する。

②　ノズル部に12kVの電圧を印加し、原糸供給部より送られる綿糸と同速度で回転するロール状の捕集部に向けてエレクトロスピニングを行い、綿糸表面にナノファイバー層を積層させる。

③　この糸を捕集部より切り出した後、撚糸機で撚りをかけて巻き取る。

3　結果と考察

エレクトロスピニング表面加工の状況を図２に示す。ロール状の捕集部はステンレスベルト製で、ロール下部より綿糸が供給される。ノズル先端よりエレクトロスピニング噴射が起こり、ナノファイバー層が綿糸の表面に積層された後、ロール上部の回転刃により切り出され､撚糸機に送られる。ノズル本数を増やすことによって、単位時間当たりのナノファイバーの吐出量が上がり、糸表面への加工速度を高めることが可能である。例えばノズル６本用いた場合、1m/min の加工が達成できる。

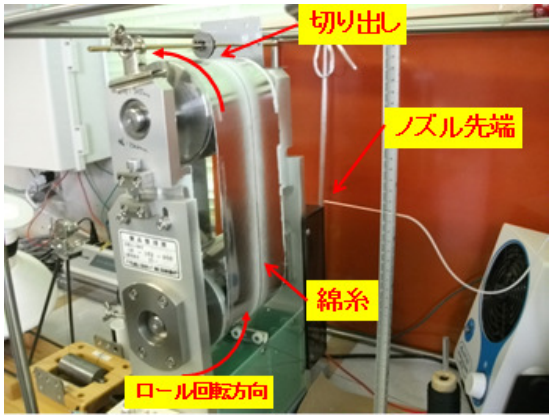


図２　エレクトロスピニング表面加工の様子

撚糸工程の状況を図３に示す。撚糸前の綿糸には、平テープ状のナノファイバーが積層しているが、トップローラー・ガイドを通過後、回転するフライヤーにより撚りがかかって捩れている様子が確認できる。

図１の装置を用いて作製したエレクトロスピニング表面加工糸の写真を図４に示す。黒色の綿糸の表面が白いナノファイバー層で被覆され、白い糸の様に見える。加工前後の糸の電子顕微鏡写真を図５に示す。綿糸表面が上手く被覆されていることが確認できる。

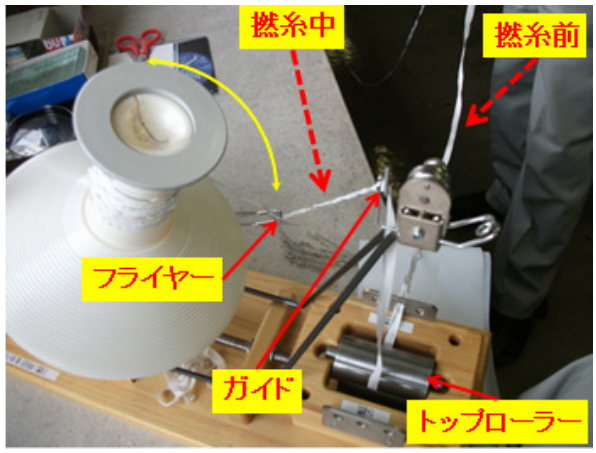


図３　撚糸の試験の様子

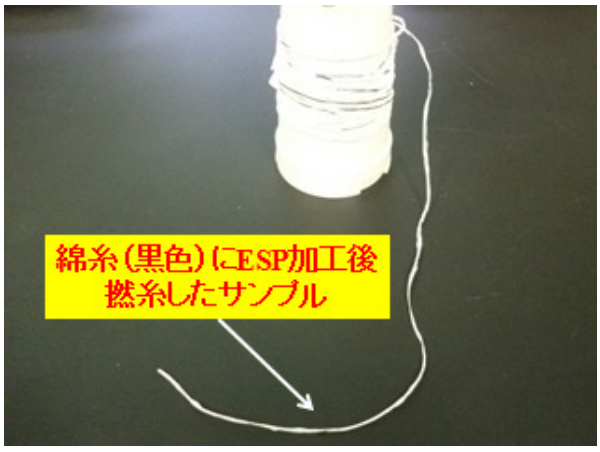


図４　エレクトロスピニング表面加工糸

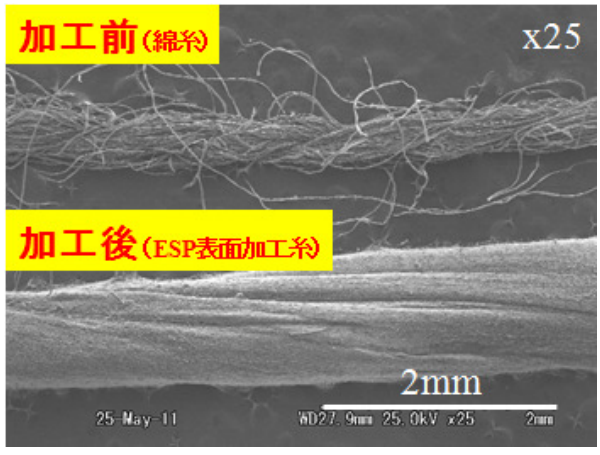


図５　加工前・後の糸の電子顕微鏡写真

また図５より、本研究の新規性は、綿糸を撚ることでナノファイバー層を挟み込む

ことにより、バインダーを用いずに綿糸表面にナノファイバーを固定することである。

ナノファイバー層を固定するため、バインダーを用いると、ナノファイバー自体がバインダーに埋もれるため、ナノファイバーの微細構造が綿糸表面に露出しないため、独特の風合い（触感）が得られない。しかし本方法を用いると、ナノファイバーを表面に露出させた状態で、糸表面に固定化することができる。

エレクトロスピニング表面加工糸の表面を拡大した電子顕微鏡写真を図６に示す。繊維直径 200nm 以下のナノファイバーが確認できる。

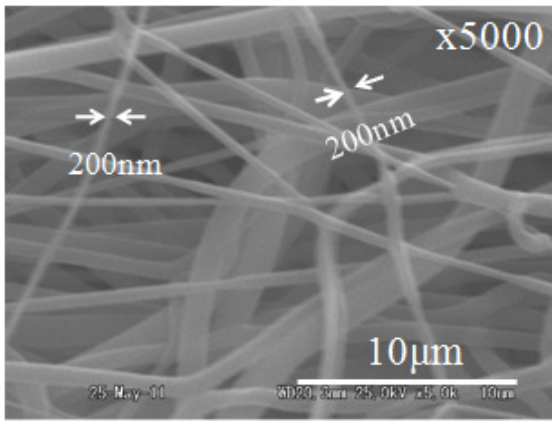


図６　エレクトロスピニング表面加工糸表面のナノファイバーの電子顕微鏡写真

本研究では糸の製造ラインを１本で行ったが、6 本のノズルを糸の進行方向に対して縦一列で並べた場合でも、エレクトロスピニング噴射によりナノファイバーが積層する幅は60～80mmある。本研究では6mm幅で切り出しているため、10 ライン程度の並列加工は可能であると考えられる。したがって、並列に２列（ノズル 12 本）・３列（ノズル 18 本）とノズルを増設することも可能であり、その分加工速度・生産効率は向上することになる。

４　結　　言

本研究では、エレクトロスピニング法によるナノファイバーを織物に適用するため、綿糸を芯材としてナノファイバーを綿糸の表面に積層し、撚りをかけることによって固定化することを目的としたエレクトロスピニング糸表面加工装置を開発した。

その結果、綿糸をポリエステルナノファイバーで被覆したエレクトロスピニング表面加工糸の作製に成功した。ノズルを6本用いることにより、加工速度1m/minが可能になった。

今後は、水溶性ビニロンの糸を芯材にしてエレクトロスピニング表面加工糸を作製し、この糸を製織することにより、水溶性ビニロンとナノファイバーの混紡布を作製する。その後水溶性ビニロンを溶解処理することにより、100%ナノファイバー織物が作製できると期待できる。

「経常研究」

多様な素材に対応した交織複合織物の開発研究

古谷 稔，佐伯 靖，瀬川芳孝，近藤みはる

要旨　繊維工業技術支援センターが保有する小ロット対応の生産技術を用いて、交織複合織物の試作と評価を行った結果、交織複合織物に軽量感や保温性の高い特徴を見出すことができた。

1　目　　的

播州織業界では、常に斬新な素材を求めるファッション業界の要求に応えるため、デザイン、素材、機能性を駆使した最新の製品を開発している。また、播州織業界では、春夏用製品に偏重した生産体制になっており、シーズンオフになると生産量が変動するため、春夏時の生産体制を維持するための打開策が必要となっている。

本研究は、シーズンオフの生産量を維持する対策として、よこ糸に多様な糸を使う新規秋冬用製品に適した交織複合織物の試作と評価について研究を実施した。

2　交織複合織物の試作

たて糸（綿 80/2，4,900 本/52 ｲﾝﾁ）に対して、よこ糸に各種素材を用いた織物を試織した。主に用いた組織は袋織（二重織）である。表１に試織した織物に使用した素材の一覧を示す。仕上げ加工は、ウールを使用したためウール縮絨調整としてワッシャー加工を施した。

表１　試作織物のよこ糸素材と打込み本数

	素材1	素材2	よこ糸打込み本数（本/ｲﾝﾁ）
試織 ①	ウール 1/72	CSY40d/綿40/1	80
試織 ②	綿 80/2	CSY40d/綿40/1	98
試織 ③	ウール 1/72		80
試織 ④	ウール 1/72	綿 80/2	92
試織 ⑤	ウール 1/48	ウール 1/72	88
試織 ⑥	ウール 1/72	綿 80/2	88

3　試作した交織複合織物の評価

3．1　交織複合織物の規格と機能評価

試織織物６種類について、各条件で製織した織物の仕上げ加工後の織物の形状をデジタルカメラおよび、デジタルマイクロスコープ（KH-7700：ハイロックス社製）により、表面および断面観察した。また、織物の部位の中で特徴的な厚い部位と薄い部位の厚さを測定した（特徴点厚とする）。

一般的なグランドの毛羽を含む厚さについては、シックネスゲージ(MODEL H:尾崎製作所)を用いて数ケ所測定し平均値を算出した（生地厚とする）。目付は、１㎡当りの重量のことで10cm×10cm に裁断した試料を電子天秤で計量し、１㎡あたりに換算した。ここで試作した織物は、それぞれ図１から図６に、外観（上段左）、表面拡大（上段右）、断面（下段）および規格の測定値を示した。

試織 ①

仕上げ巾：72.0 ㎝、密度：174 本/ｲﾝﾁ

目付：223g/㎡、生地厚：1.09㎜

特徴点厚：0.89㎜、1.49㎜、0.81㎜、1.14㎜

特徴点厚の最小と最大の差：0.67㎜

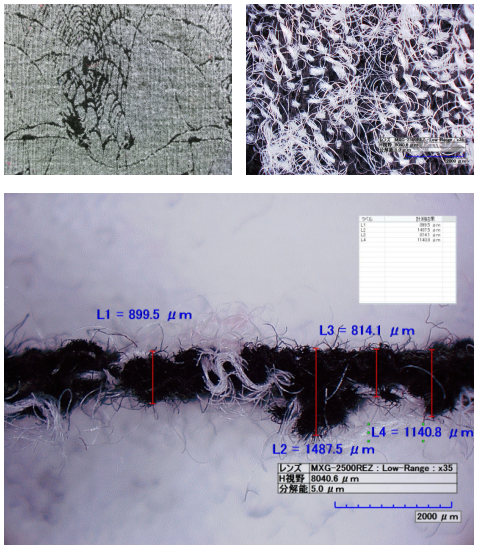


図１　試織①の外観、表面拡大、断面写真

試織 ②

仕上げ巾：60.8 ㎝、密度：207 本/㌅

目付：263g/㎡、生地厚：1.21㎜

特徴点厚：1.82㎜、1.29㎜、2.31㎜

特徴点厚の最小と最大の差：1.03 ㎜

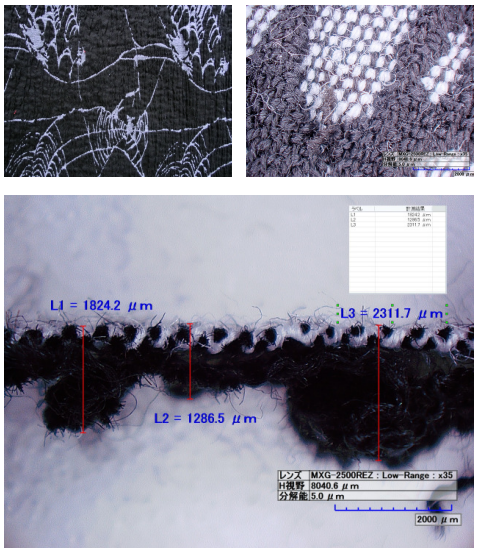


図２　試織②の外観、表面拡大、断面写真

試織 ③

仕上げ巾：104.4 ㎝、密度：124 本/㌅、

目付：169g/㎡、生地厚：0.79㎜

特徴点厚：0.77㎜、0.66㎜、0.74㎜、1.09 ㎜

特徴点厚の最小と最大の差：0.43 ㎜

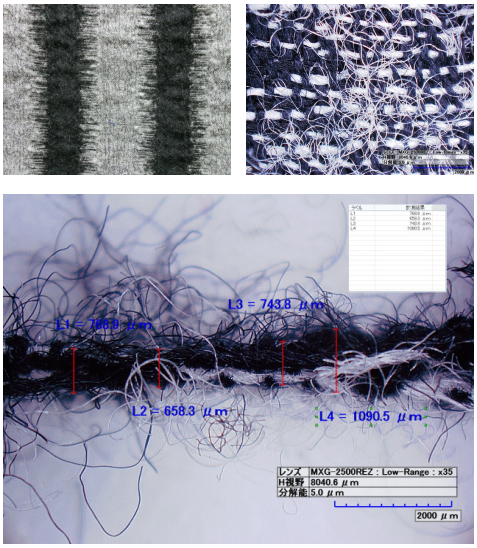


図３　試織③の外観、表面拡大、断面写真

試織 ④

仕上げ巾：104.8 ㎝、密度：119 本/㌅

目付：149g/㎡、生地厚：0.80㎜

特徴点厚：0.52㎜、0.91㎜、1.02㎜

特徴点厚の最小と最大の差：1.43㎜

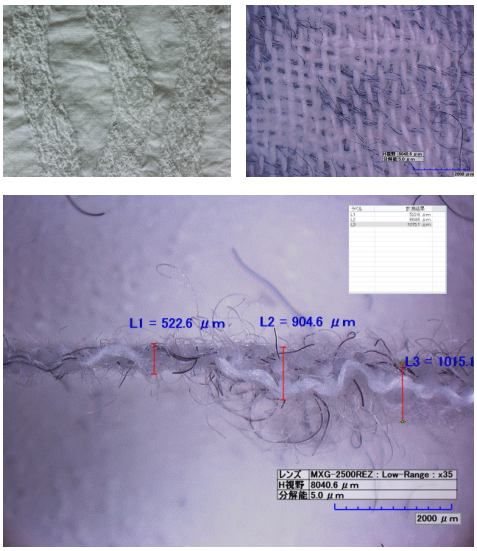


図４　試織④の外観、表面拡大、断面写真

試織 ⑤

仕上げ巾：87.2 ㎝、密度：143 本/㌅

目付：185g/㎡、生地厚：0.88㎜

特徴点厚：1.21㎜、0.68㎜、1.04㎜、0.86㎜

特徴点厚の最小と最大の差：0.53 ㎜

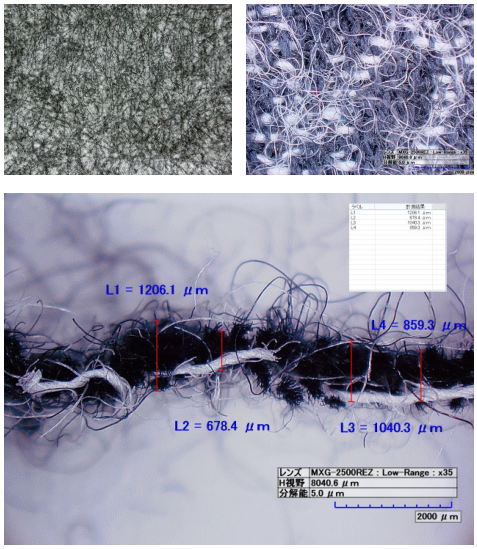


図５　試織⑤の外観、表面拡大、断面写真

試織 ⑥

仕上げ巾：102.0 ㎝、密度：122 本/ｲﾝﾁ

目付：132g/㎡、生地厚：0.58㎜

特徴点厚：0.64㎜、0.75㎜、0.89㎜

特徴点厚の最小と最大の差：0.26㎜

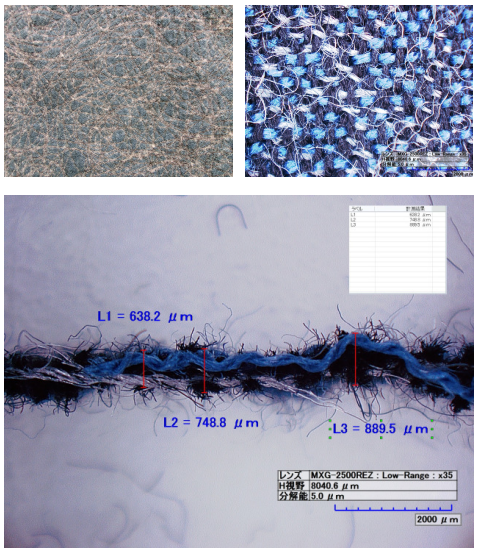


図６　試織⑥の外観、表面拡大、断面写真

比較対象織物として薄地のシャツ用素材の断面を図７に示す。仕上げ加工は、シルケット加工とサンフォライズ加工であり、特徴点の厚みの差は小さくてフラットな形状である。なお、目付が 64g/㎡で、生地厚みが 0.16㎜ である。

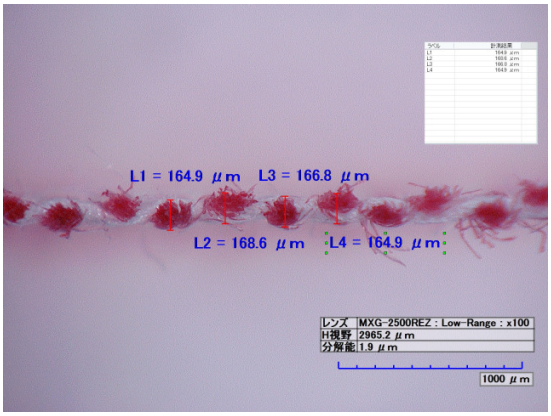


図７　代表的なシャツ用織物の断面

比較用シャツ用織物（図７）と対比して、試織(表１①～⑥)織物の方が目付・厚みともに値が大きく、厚さが大きく重い織物であった。しかし、手に持った感じの感覚では「軽さ」を感じさせる織物であった。生地の表面及び断面を観察した結果、よこ糸のウール糸がたて糸の綿糸を覆い隠す構造になっていることが分かった。これは、使用割合が少ないウールが表面に多く出ることで、嵩高さがある織物となったためであると考えられる。比較用織物に比べて、特徴点厚みの最小と最大の差が大きく、織物内に空気を多く取り込むことで嵩高感を生みだしているのではないかと考えられる。図８は、試織⑤の鳥瞰図で、ウールが表面に露出し嵩高感を演出している様子が認められる。

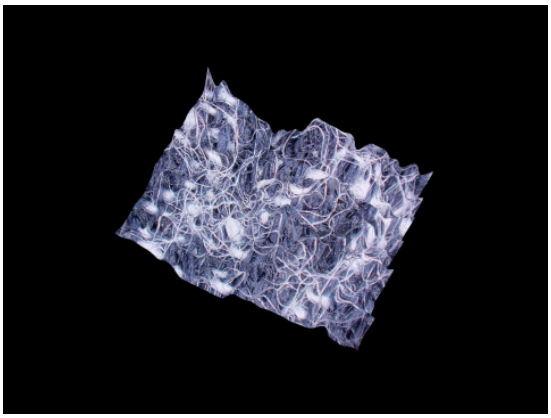


図８　試織⑤鳥瞰図

３．２　試織した交織複合織物による製品化

図９は、ウール・ポリウレタン交織複合織物（試織①）を使用したジャケット、図 10 は、

ウール交織複合織物（試織⑤）を使用したリバーシブル（片面は既存のウール生地使用）のコートである。



図９　試織①を使って試作したコート



図 10　試織⑤を使って試作したジャケット

いずれの製品とも、手に持った時の感覚が軽く、ふんわりした触感があるという評価が得られた。特にポリウレタンを使用した織物は、その伸縮性から着用時の密着性が高く、高い保温性が期待できるという評価がデザイナーから得られた。

軽く感じる要因としては、袋織（二重織）によるウールとの複合化やポリウレタンとの交織により、空気層を十分に確保し、織物に厚みが生じ「軽い」と感じさせていると考えられる。保温性については、ポリウレタンを使用して伸縮性を高めたことで密着性を向上させたことが効果があったと考えられる。

４　結　　論

秋冬用に適した軽量感や保温性の高い交織複合織物について事例を挙げて商品化の可能性を示した。今後、播州織業界における秋冬用の受注増に寄与し、安定した産地生産体制の構築が期待される。

謝　　辞

試織の仕上げ加工に協力をいただいた播州織工業協同組合、製品試作にご協力いただいた㈱ミスティミストに感謝の意を表します。

「経常研究」

整経工程におけるたて糸の巻取張力の評価に関する研究

藤田浩行，古谷　稔

要旨　安定した品質の織物製造技術を確立するため､糸管から糸を巻き取る時の張力評価を実施し、綿糸の太さや染色加工および巻取速度が張力に及ぼす影響を明らかにした。その結果、糸の太さや染色加工に関わらず、巻取速度が速くなるほど、巻取張力と張力の変動は増加した。また、糸が太くなれば巻取張力は大きくなった。一方、糸の太さが同じでも染色やシルケット加工など糸の平滑性が高くなると張力は低下した。

1　緒　　言

織物の準備工程である整経工程は、クリールに立てられた多数の糸を一斉に引き出し、整経ドラムに巻き取る。巻取時一定の張力が糸に負荷されるが、張力の大小や変動は糸の伸長量を変化させる。引き出す糸やバンド間で張力差や張力変動が大きい場合、たて方向へスジ状の欠点が発生するなど織物クレームの要因となる場合があり、張力の評価はきわめて重要である。一方、張力は素材や太さなど糸の規格や染色などの加工条件および巻取速度などにより大きく変化することが予想される。

本研究は、安定した品質の織物製造技術を確立するため、糸管から糸を巻き取る時の張力を測定することによって、綿糸の太さや染色加工および巻取速度が張力に及ぼす影響について検討した。

2　実験方法

糸管の糸は、カム式ワインダー（(株）神津製作所製）を用いて巻取速度100～400m/minの範囲で巻き取った。張力は図１に示すテンションメーター（エイコー測器（株）製）からの出力電圧をA/D変換してPCに入力した。サンプリング周波数は10Hzである。計測時の様子を図２に示す。なお、計測に用いた綿糸は表１に示すとおりである。

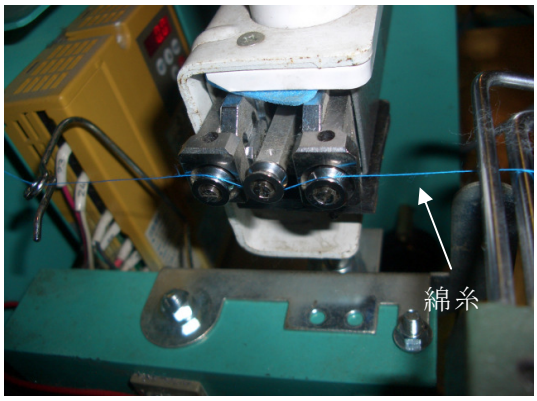


図１　テンションメーター



図２　張力計測時の様子

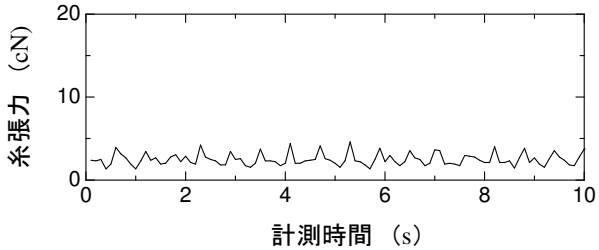
表１　張力計測に用いた綿糸の種類

	種　類	太さ
①	精錬漂白糸	80/2^{s}
②	染料染色糸	80/2^{s}
③	原糸	30 ^{s}
④	顔料染色糸	30 ^{s}
⑤	原糸	5 ^{s}
⑥	シルケット加工糸	80/2 ^{s}

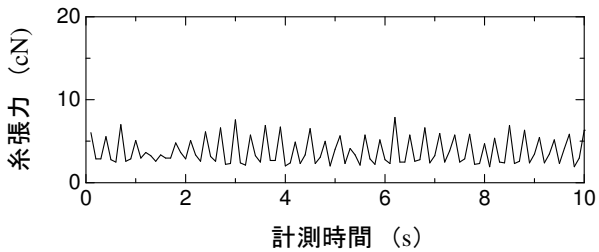
3　結果と考察

3．1　染料染色の張力への影響

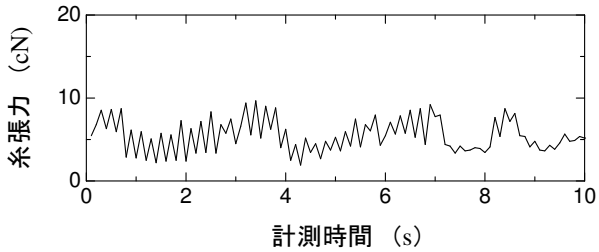
図３は①精錬漂白糸80/2^{s}について、図４は①の糸を反応染料により緑糸に染色した②染料染色糸80/2^{s}の張力計測の結果を巻取速度毎に示す。また、平均張力および張力の標準偏差を表２に示す。両者とも巻取速度の増加とともに、張力が増加している。また、その変動である標準偏差も大きくなった。巻取速度が300m/min以上の場合、染色糸の方が、平均張力および変動が小さくなった。400m/minの精錬漂白糸の張力は20cNに達する場合もあり、変動は大きい。一般的に精錬漂白糸は精錬に伴い、油脂分が減少する。一方、染色糸は、染色後の湿潤堅牢度向上処理であるフィックス処理により平滑性は精錬漂白糸よりも若干高いことが予想される。この平滑性の差違が、高速の巻き取りでは張力に影響を及ぼしたのではないかと思われる。



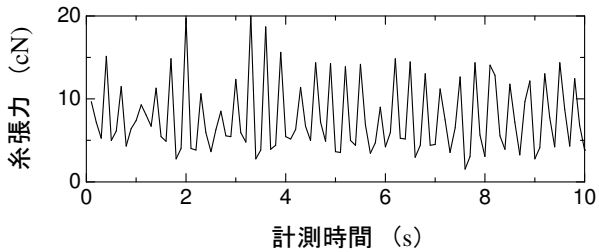
(a) 100m/min



(b) 200m/min

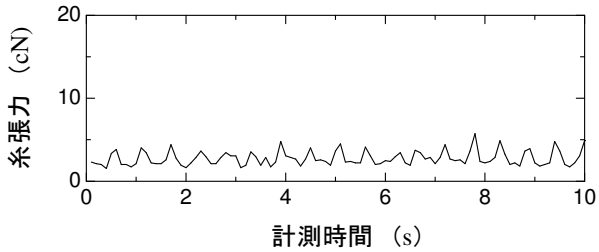


(c) 300m/min

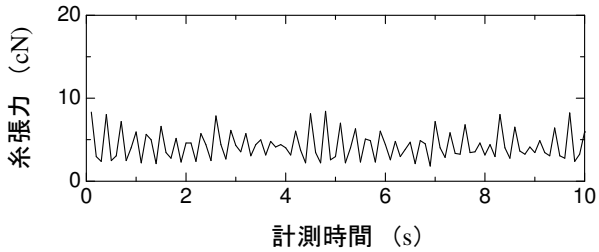


(d) 400m/min

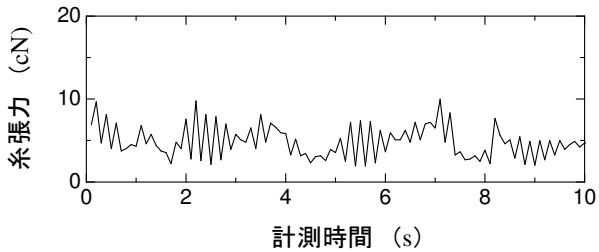
図３　①精錬漂白糸80/2^{s}の糸張力



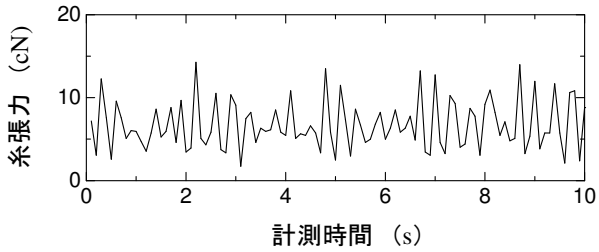
(a) 100m/min



(b) 200m/min



(c) 300m/min



(d) 400m/min

図４　②染料染色糸80/2^{s}の糸張力

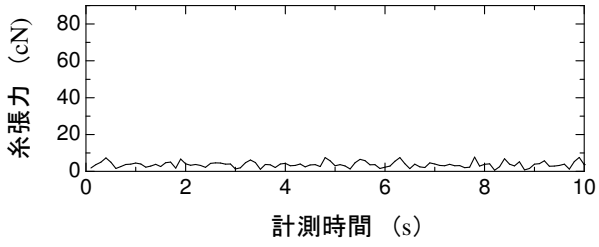
表２　精錬漂白糸と染料染色糸の張力評価

巻取速度 (m/min)	①精錬漂白糸 80/2s		②染料染色糸 80/2s	
	平均張力	標準偏差	平均張力	標準偏差
100	2.47	0.73	2.77	0.88
200	3.75	1.63	4.27	1.72
300	5.46	1.92	4.86	1.92
400	7.77	4.35	6.71	2.95

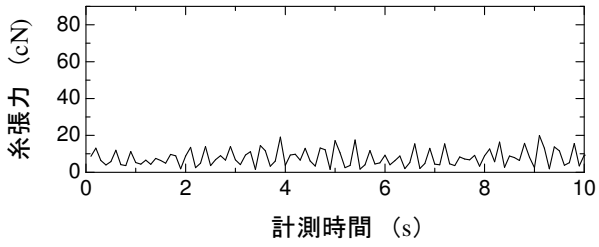
単位：cN

３．２　顔料染色の張力への影響

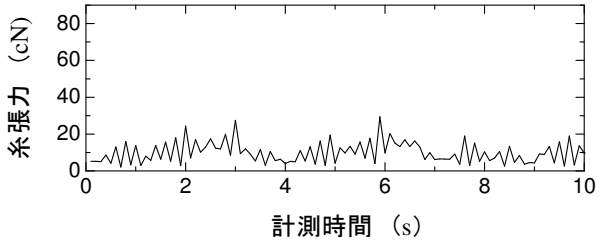
図５は③原糸30sについて、図６は③の糸を顔料染色した④顔料染色糸30sを張力計測した結果を示す。また、平均張力および張力の標準偏差を表３に示す。顔料染色糸は、平均張力および標準偏差とも原糸と比較して非常に大きい。糸表面に樹脂が付着している顔料染色糸は、平滑性の低下と糸管からの糸の解除抵抗が著しく増加したため、張力に大きな差が生じたと考えられる。



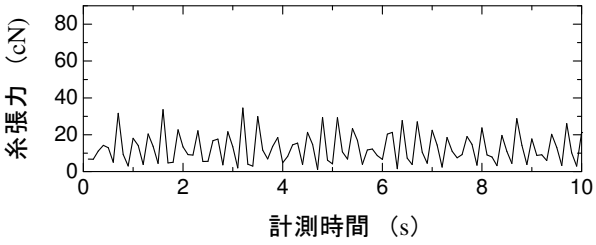
(a) 100m/min



(b) 200m/min

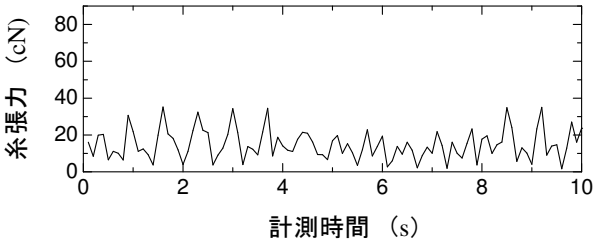


(c) 300m/min

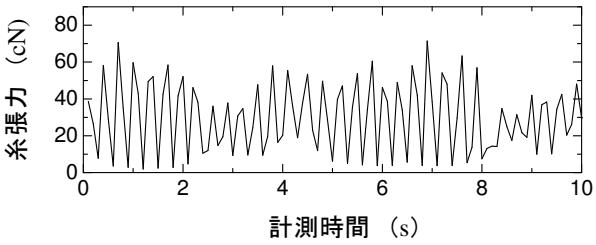


(d) 400m/min

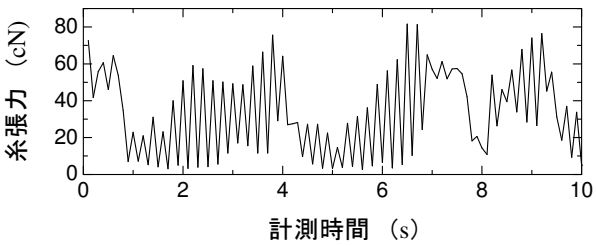
図５　③原糸30sの糸張力



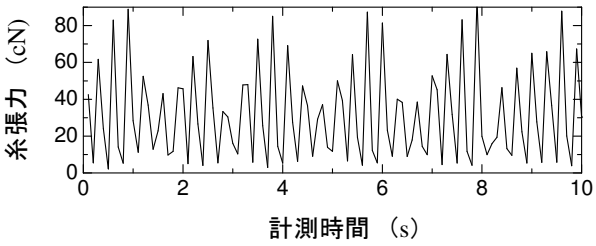
(a) 100m/min



(b) 200m/min



(c) 300m/min



(d) 400m/min

図６　④顔料染色糸30sの糸張力

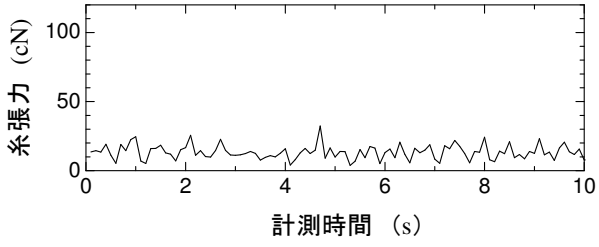
表３　原糸と顔料染色糸の張力評価

巻取速度	③原糸 30s		④顔料染色糸 30s	
(m/min)	平均張力	標準偏差	平均張力	標準偏差
100	3.72	1.58	14.81	7.97
200	7.91	4.51	29.85	18.90
300	9.97	5.78	33.58	23.03
400	12.70	8.36	31.36	25.41

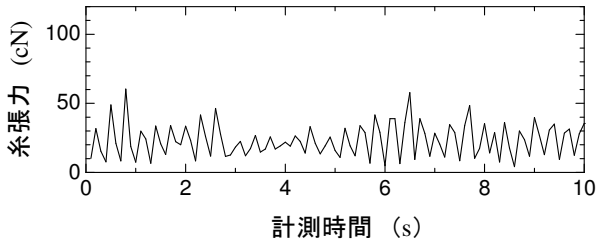
単位：cN

３．３　糸の太さの張力への影響

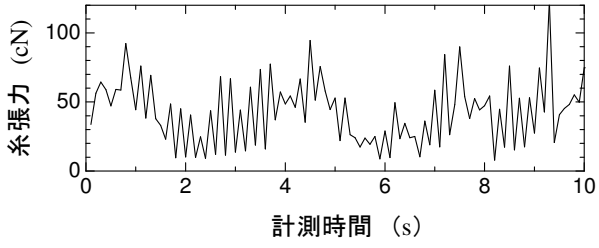
図７に⑤原糸5sを張力計測した結果を示す。また、平均張力および張力の標準偏差を表４に示す。糸が太い原糸5sの張力は、③原糸30s（表３参照）に比べて３～４倍、張力は増加した。糸が太くなれば、走行時の接触面積が大きくなることにより、摩擦力の増加に起因して、張力も増加したと考えられる。



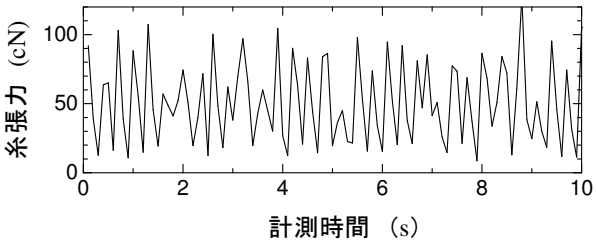
(a) 100m/min



(b) 200m/min



(c) 300m/min



(d) 400m/min

図７　⑤原糸5sの糸張力

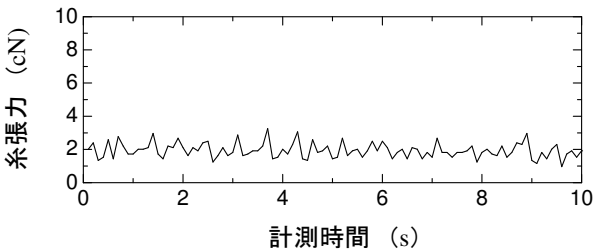
表４　原糸 5s の張力評価

巻取速度	⑤原糸 5s	
(m/min)	平均張力	標準偏差
100	13.42	5.17
200	23.28	11.96
300	42.88	23.09
400	51.07	29.24

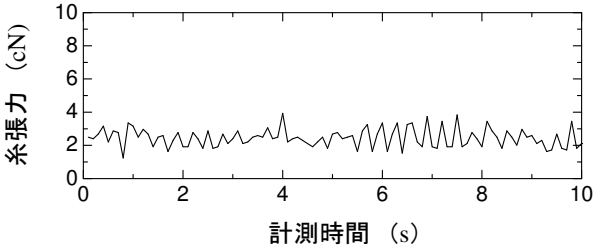
単位：cN

３．４　シルケット加工の張力への影響

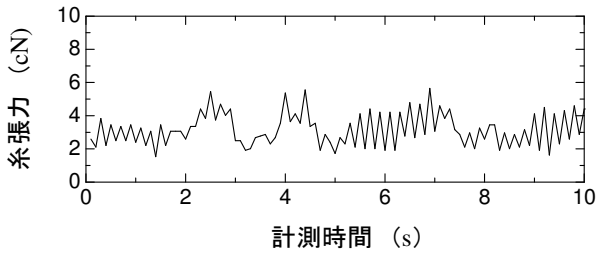
図８に⑥シルケット加工糸80/2sを張力計測した結果を示す。また、平均張力および張力の標準偏差を表５に示す。シルケット加工糸は、①精錬漂白糸80/2sの平均張力の3/5～1/2と小さい（表２参照）。また、張力変動は、1/2～1/4と大幅に減少した。シルケット加工による糸の断面形状変化が、糸の平滑性を向上させたためではないかと思われる。



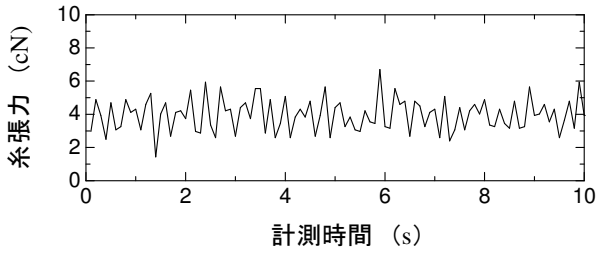
(a) 100m/min



(b) 200m/min



(c) 300m/min



(d) 400m/min

図８　⑥シルケット加工糸80/2^{s}の糸張力

表５　シルケット加工糸の張力評価

巻取速度	⑥シルケット加工糸 80/2^{s}	
(m/min)	平均張力	標準偏差
100	1.94	0.45
200	2.46	0.57
300	3.17	0.97
400	3.95	1.00

単位：cN

４　結　　言

安定した品質の織物製造技術を確立するため、糸管から糸を巻き取る時の張力評価を実施し、綿糸の太さや染色加工および巻取速度が張力に及ぼす影響を明らかにした。得られた主な成果を以下に示す。

（１）糸の太さや染色加工に関わらず、巻取速度が速くなるほど、巻取張力と張力の変動は増加した。

（２）糸が太くなれば巻取張力は大きくなった。一方、糸の太さが同じでも染色やシルケット加工など糸の平滑性が高くなると張力は低下した。

「経常研究」

商品化を目指した顔料染色技術の開発

瀬川芳孝，藤田浩行，東山幸央

要旨　差別化を図る素材として期待が高い中白染色糸やかすり糸等をチーズ染色法と一本染色法の２種類を用いて試作した。顔料染色糸の評価は、摩擦堅牢度と均染性によって行った。

チーズ染色法では、均染性は得られたが、染色の浴比が高いため、高濃度染色には適さないことが明らかになった。一方、一本染色法では中白染色糸やかすり糸等が試作でき、しかも摩擦堅牢度は染色後のバインダー処理によって向上させることができた。適度に斑が出るなどの特徴のある染色糸に仕上がったため、差別化商品の開発に寄与できる。

１　目　　的

顔料染色による衣料の商品化には、個性的な色相や柄を用いた高感性な織物開発が求められる。顔料染色では、均染性はもとより中白染色糸とか剥げ感糸、また染色部と非染色部がランダムになったかすり糸等、従来にない特殊な糸の染色を可能にする染色技術が要求される。そこで、チーズ染色機と一本染色機を用いて顔料染色を行い、染着性と摩擦堅牢性を評価し商品化を検討した。

２　実験方法

２．１　染色試験

20 番手綿糸、40 番手綿糸および 40 番手ポリエステル糸をそれぞれ約 300g ソフト巻きして、高温高圧チーズ染色機（日本染色機械(株)製）を用いて 60℃で 30 分染色した。

顔料は、EMACOL CT BLUE を用い、バインダーには、EMACOL CT BINDER ASC（顔料共に山陽色素(株)製）と RU-3952（スタールジャパン㈱製）を使用した。

染色は、顔料とバインダーを混ぜて一浴で染色する場合と、初めに顔料のみで染色し、その後バインダー処理する二浴法も行った。

また、染着性を比較するため、顔料染色浴に一本の糸を 80m/min の速度で走らせながら染色する一本染色法についても試験した。図１に一本染色機を示す。



図１　一本染色機

２．２　染着性と摩擦堅牢性の評価試験

染色糸の摩擦堅牢度は、JIS L 0849 7.1 b）による摩擦試験機Ⅱ型を用いて綿添付白布をセットし、100 回往復摩擦して変退色と汚染を評価した。また、染着性は目視によって評価した。

３　結果と考察

３．１　染着性の評価

チーズ染色法は、多くの水に顔料を溶解し、その液がチーズ状の糸の間を通過させて染色す

る。今回、染色の浴比は、１：８であり低浴比染色と言っても被染色糸の８倍量の水に顔料を分散させて染めることになる。顔料は、染料に比べて濃度が上がらず、染着性に劣り、濃色染めは困難であった。特にポリエステル糸は高濃度染色ができなかった。しかし、チーズ染色における均染性は、チーズの内外に僅かな濃度差が見られるものの使用できる範囲であった。

また、糸の周りのみを染色して中心を白いまま残す中白染色糸や、染色部と非染色部がランダムになったかすり糸等の差別化素材を作るには、チーズ染色では、染色時間が長く浸透性も良いため非常に難しかった。しかし、一本染色法では、顔料濃度や加工速度の検討、機械改良等により試作できた。

実験結果より、淡色で均一染めの場合はチーズ染色法で可能であるが、中白染色糸やかすり糸等の特殊な糸を染色するには、一本染色法が優位である。しかし、生産効率が悪くコスト高になることが懸念される。チーズ染色法、一本染色法の何れにせよ、より一層の技術改善が必要になってくる。チーズ染色法では、防染剤等による糸の前処理、短時間染色技術、顔料液濃度やバインダーの検討。一本染色法では、機械改良による染色形態の工夫、染色速度、防染剤の利用等の染色技術の確立である。

３．２　摩擦堅牢性の評価

摩擦堅牢度試験は、束ねた染色糸の上を綿カナキン白布で摩擦し、染色糸が変色した度合を変退色、また白布に付いた顔料の色移り度合を汚染として級で表す。変退色も汚染も１級から５級の間を９段階で評価し、数値が大きいほど堅牢性が高い。

表１に一本染色機で顔料染色した糸の摩擦堅牢度試験結果をバインダーの種類別に示す。A、a、C、c は 20 番手綿糸、B、b、D、d は 40 番手綿糸である。この中でA、B、C、Dは染料とバインダーを一浴で染色したもの、a、b、c、dは顔料染色後にバインダー処理したものである。

バインダーは、顔料と繊維を固着させるもので顔料染色には必要不可欠な樹脂である。したがって、強固な接着力があると共に衣料に使うため、乾燥後は柔軟性のある柔らかい樹脂が望まれる。樹脂にはアクリル系、シリコン系、エステル系、ウレタン系等、数多くの種類があるが、接着力や柔軟性の観点から今回使用したバインダーは、アクリル系の EMACOL CT BINDER ASC とポリウレタン系の RU-3952 である。

表１ 顔料染色糸の摩擦堅牢度

ﾊﾞｲﾝﾀﾞｰ	EMACOL CT BINDER ASC				RU-3952			
試料	A	a	B	b	C	c	D	d
変退色(級)	3-4	4	3-4	4	4	4	3-4	4
汚染(級)	1-2	3	1-2	3-4	2-3	2-3	2	3

変退色は、全ての試料で 3-4 級以上あるが部分的に若干の色落ちが認められた。しかし、現在の感性として剥げ感のある衣料が好まれるには適度な堅牢度と思われる。また、汚染は、1-2 級から３級と低く、堅牢性を向上させる加工条件の確立が必要である。全体的に一浴染色よりも染色後バインダー処理する二浴染色の方が堅牢性は高かった。

４　結　　論

チーズ染色法による顔料染色は、チーズの内外に大きな濃度差は見られず、均染性は得られるが、高濃度染色には不向きであった。また、染色糸の摩擦堅牢度は、変退色は強くて汚染が低い。しかし、染色後のバインダー処理により向上した。

一本染色法による顔料染色糸は、コスト高になるものの、特徴のある染色糸が得られるため、商品化に期待できる。

研究報告既刊一覧

No. 1	(1965年 8月)	No.22	(1986年10月)
No. 2	(1966年 5月)	No.23	(1987年10月)
No. 3	(1967年 6月)	No.24	(1988年10月)
No. 4	(1968年 8月)	No.25	(1989年10月)
No. 5	(1969年 8月)	No.26	(1990年10月)
No. 6	(1970年 8月)	No.27	(1995年10月)
No. 7	(1971年 6月)	No.28	(1996年10月)
No. 8	(1972年)	No.29	(1997年10月)
No. 9	(1973年)	No.30	(1998年11月)
No.10	(1974年)	No.31	(2000年 1月)
No.11	(1975年)	No.32	(2001年 1月)
No.12	(1976年)	No.33	(2002年 2月)
No.13	(1977年)	No.34	(2003年 3月)
No.14	(1978年10月)	No.35	(2004年 3月)
No.15	(1979年10月)	No.36	(2004年11月)
No.16	(1980年10月)	No.37	(2005年11月)
No.17	(1981年10月)	No.38	(2006年11月)
No.18	(1982年10月)	No.39	(2007年11月)
No.19	(1983年10月)	No.40	(2008年11月)
No.20	(1984年10月)	No.41	(2009年12月)
No.21	(1985年10月)	No.42	(2011年 3月)
		No.43	(2012年 3月)

研究報告(第43号)

平成24年３月９日発行

編集
兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター
発行

〒677-0054 兵庫県西脇市野村町1790-496
TEL (0795)22-2041 FAX (0795)22-3671

２３産Ⓣ１－００７Ａ４