

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：53401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871034

研究課題名(和文)ヒーリング効果を有した意匠加工系の生産方法および評価システムに関する研究

研究課題名(英文)Studies on production methods and evaluation system of the fancy textured yarn having healing effect

研究代表者

金田 直人(KANEDA, Naoto)

福井工業高等専門学校・その他部局等・講師

研究者番号：10507148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：現在、アジア近隣諸国における安価な繊維製品が市場に拡大しているため、日本の繊維産業は衰退傾向にある。そこで、日本の繊維産業は差別化を図るために意匠系作りを目指している。本研究では仮撚加工系の糸形状に1/fゆらぎを付加した加工系の生産を検討しているが、仮撚加工系の製造方法および評価方法は現在ほとんど公開されていない。したがって、この基礎研究として、糸太さにゆらぎを付与するための設計資料を得ることを目的とする。様々な方向から加工系を撮影するための糸形状撮影装置を製作し、仮撚加工系の三次元形状を評価した。その結果、加工条件である糸張力と撚りが、それぞれ糸形状に与える影響を把握することができた。

研究成果の概要(英文)：Currently, Japan's textile industry has been declining, because for cheap fiber product of neighboring Asian countries are expanding the market. Therefore, Japan's textile industry make the fancy yarn for differentiation of fiber product. Fancy yarn have a high value-added. We also research to create false twisted yarn of the fancy yarn. We're considering application of 1/f fluctuation to the yarn shape, in order to have a high added-value in the false-twisted yarn. However, this production methods and evaluation methods have not been published. Construction of this method is desired. In this research, it is an object of the present invention to provide the design materials for conferring fluctuation at yarn shape. We made the yarn shape Imaging apparatus for shooting from the direction of varied, and evaluated the three-dimensional shape of the false-twisted yarn. As a result, each of yarn tension and twist count has influence at the yarn thickness.

研究分野：繊維

キーワード：繊維機械 仮撚加工法 マルチフィラメント 撚数 ディスクフリクション 糸張力

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、繊維分野において日本の国家戦略に則り、革新的エネルギー・環境戦略が進められている。そのため中期的に続く節電などで、国内繊維大手メーカは、加工コスト・人件費が極めて低い中国等の新興市場国に拠点を移転している。また、海外市場の開拓が促進されていることもあり、日本の技術力の流出も顕著となっている。これらの理由から、大手・中小企業関わらず、強い競争力を保持するために、国内における繊維分野の新技术の向上が急務となっており、高価値な糸を生産する「繊維機械の開発」および「新種の糸の探索」が必要となっている。

(2) 繊維機械において、合成繊維（以下、糸と呼ぶ）に羊毛のような捲縮を持たせ、保温性の向上・高弾力といった高付加価値を付与する手法の一つに仮撚加工法がある。中でも、回転させたディスクの外周表面に糸を接触させ、その摩擦力を利用して糸に撚りを与えるディスクフリクション仮撚加工法が工業的主流となっている。研究代表者は、ディスクフリクション仮撚の加工糸へ与える糸張力の研究を行い、微分幾何学とベクトル解析を用いて施撚部における糸径路・糸張力の発生メカニズムの解析方法を見出した。さらに、これらの成果を応用し、加工糸の捲縮を連続的に変化させ、従来の加工糸にはない先駆的な意匠加工糸の生産方法を提案してきた。

(3) 繊維業界では、自然界の「ゆらぎ」を繊維製品に付加させ人に癒しを与える商品開発が進められており、絹糸や綿糸、毛糸など複数の種類の糸を紡績させた「意匠撚糸」を生産する加工方法は多く提案されている。しかしながら、仮撚加工糸においては意匠加工糸の生産方法は殆ど公表されておらず、高付加価値化した仮撚加工糸の繊維製品の開発が期待されている。加えて、糸の性能を調べるために「もの」としての力学的物性（伸縮性・熱水収縮性）や「人の感覚」に訴求する官能評価についても明らかにする必要があるといえる。

2. 研究の目的

(1) 現在、肌着やパニーストッキング等の捲縮（嵩高性）を有する繊維製品は、摩擦仮撚加工を施した加工糸が多く使用されている。そのため本研究組織では、ディスクフリクション仮撚機に着目し、加工糸の捲縮に影響を与える施撚部の糸径路ならびに糸張力のメカニズムについて解明し、繊維分野（炭素繊維・スーパー繊維等）に応用するための基盤技術の開発を継続して実施してきた。本研究では、これまでの研究成果を踏ま

え、加工糸の見かけ糸太さを操作することでゆらぎを有した加工糸の生産方法について検討を行う。

(2) 繊維の糸太さは、従来「織度」で定義されているが、本研究では見かけの糸太さの観点から意匠加工糸の生産を試みる。見かけの糸太さについては、これまでも様々な測定機器が開発されてきているが、いずれも2次元形状の把握に留まっているのが現状である。本研究では、視覚センサを用いることで加工糸を任意の方向から撮影を行い、3次元形状の把握を試みる。これより、加工糸特有の嵩高性等を巨視的に把握することができ、ゆらぎ等を有する意匠加工糸の設計の際の有力な資料になると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 加工糸の生産には、ディスクフリクション仮撚加工法の中の1つである「2軸型ディスクフリクション仮撚加工機」のモデル機を用いた（図1参照）。また、現在のディスクフリクションの主流は、高速生産性に優れた3軸型であるが、2軸型は3軸型に比べ、風合いの良い糸が生産できるとされており、「高付加価値を有する糸」の生産に適していると考えたためである。同機の基本構成は、フィードローラおよびデリベリローラの糸送り・延伸機構、ヒータによる熱固定機構、複数枚のディスクによる施撚機構、ワインダーによる糸巻き取り機構により構成されている。本モデル機では、フィードローラの駆動にサーボモータ（R88M-G40030HS-2：オムロン株）を使用することにより、フィードローラの回転速度を変化させて、延伸比を任意かつ高精度で設定することが可能である。サーボモータは、Programmable Logic Controller（オムロン株、以下、PLCと称す）によって制御する。これは、本モデル機における延伸機構の最大の特徴である。

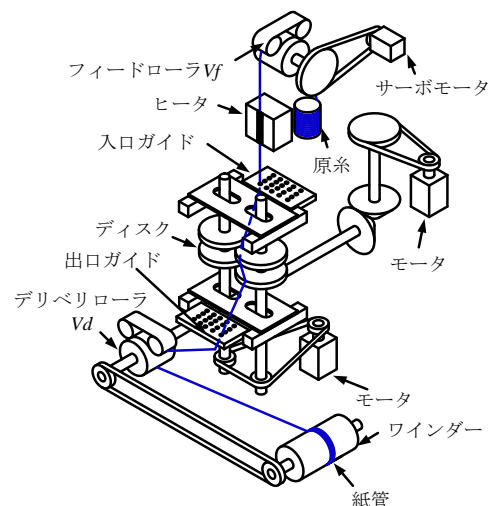


図1 2軸型ディスクフリクション仮撚機

(2) 仮撚加工において、加工糸の糸太さに影響を与える条件は、4T（撚り（Twist））、糸張力（Tension）、加熱温度（Temperature）、加熱時間（Time）である。今回は4Tのうち、糸張力と撚りがそれぞれ糸太さに与える影響を調査する。そのため、糸張力を変化させた場合と、撚りを変化させた場合の2つの生産条件で加工糸を生産し、糸形状の測定を行う。まず、糸張力に影響を与えるのは、延伸比 Vd/Vf （フィードローラとデリベリローラとの周速度の比）であり、延伸比 Vd/Vf の増加に伴い糸張力は増加する。そこで、糸張力と加工糸の糸形状の関係を調べるために、同比を最適延伸比（原糸メーカーによって定められている、最も良い糸が生産できる延伸比）付近で変化させ、加工糸を生産する。ここで、糸張力の影響を調べるための加工糸の生産条件を、表1に示す。

次に、撚りに影響を与えるのは、ディスクの周速度 D と糸を送るデリベリローラの周速度 Vd である。そのため、これらの比である周速度比 D/Vd を変更して加工糸を生産する。なお、デリベリローラの周速度 Vd は一定にするため、周速度比 D/Vd の増減はディスクの周速度 D の増減のみとなる。ここで、撚りの影響を調べるための加工糸の生産条件を、表2に示す。

表1 糸張力の影響を調べるための生産条件

原糸の種類	ポリエステルマルチフィラメント		
最適延伸比 Vd/Vf	1.70		
ヒータ温度 $T [^{\circ}C]$	190		
デリベリローラ速度 $Vd [m/min]$	15.0		
フィードローラ速度 $Vf [m/min]$	9.09	8.82	8.57
延伸比 Vd/Vf	1.65	1.70	1.75
ディスク速度 $D [m/min]$	30.0		
周速度比 D/Vd	2.0		

表2 撚りの影響を調べるための生産条件

原糸の種類	ポリエステルマルチフィラメント	
最適延伸比 Vd/Vf	1.70	
ヒータ温度 $T [^{\circ}C]$	190	
デリベリローラ速度 $Vd [m/min]$	15.0	
フィードローラ速度 $Vf [m/min]$	8.82	
延伸比 Vd/Vf	1.70	
ディスク速度 $D [m/min]$	15.0~52.5 (7.5 毎)	
周速度比 D/Vd	1.0~3.5 (0.5 毎)	

(3) 糸形状の把握には、本研究室にて開発した糸形状撮影装置を用いる。同装置の外観を図2に示す。同装置は、オムロン(株)の視覚センサ（Visual sensor :FQ2-S200 10F）を円板に設置し、ステッピングモータと連結したプーリを回転させることで、円板の視覚センサも回転させ、任意の角度から糸形状を撮影することができる。また、一度撮影が終了した際、サーボモータで糸を任意の長さだけ送り、同様の撮影を繰り返し行うことで、糸軸の長さ方向に対する見かけ糸太さの変動も把握することが可能となる。

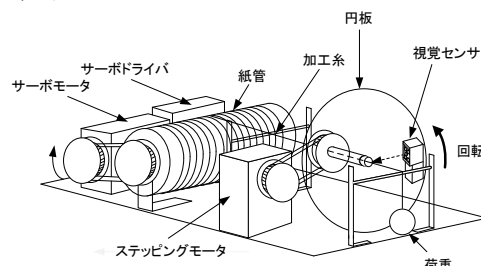
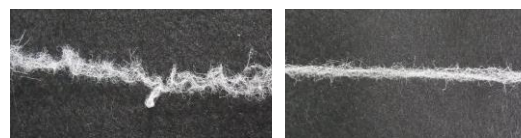


図2 糸形状撮影装置の外観

(4) 加工糸は捲縮を有しており、無負荷状態では糸軸が一方方向とならないため、糸形状の撮影は困難となる（図3(a)参照）。そこで、既定の荷重を付加させることで加工糸の糸軸方向を定性的に一定となるようにした（図3(b)参照）。また、前述したように糸形状の撮影の際、視覚センサおよび円板は回転するが、荷重を付加した加工糸は動かないように設置した。以上より、糸軸が安定した状態で糸形状を撮影することが可能となるので、表3に示す撮影条件で糸形状の撮影を行う。ここで、 0° と 180° の糸形状から得られる糸太さの値は同一になると推察される。そのため、糸形状は 0° から 170° までの撮影を行い、 180° から 350° の値は、 $0^{\circ}=180^{\circ}$, ..., $170^{\circ}=350^{\circ}$, となるものとして糸形状を把握することとした（ 180° 異なる糸形状を対称として考える）。

表3 撮影条件

撮影資料の長さ [mm]	1000
撮影間隔 [mm]	10 (全 100 点)
撮影方向 [$^{\circ}$]	$0^{\circ} \sim 170^{\circ}$ (10° 間隔)
撮影回数 [回]	18
付加荷重 [N]	0.01



(a)無負荷状態 (b)負荷状態

図3 生産した加工糸の外観

(5) 糸形状撮影装置で得られた糸形状から、加工糸の糸太さを出力する。本研究では、糸形状から得ることのできる「見かけ糸太さ dn 」、および加工糸の一断面における「平均糸太さ dm 」を糸太さとして定義する。また、「変動係数 CV (糸太さの相対的なばらつき)」についても算出する。

見かけ糸太さ dn は、視覚センサで撮影した画像にエッジ処理をほどこし、得られた2点のエッジの間の長さを計測することにより測定する。エッジ処理とは、計測領域内で色差が最大になる場所を100[%]とし、エッジレベルを設定することにより、設定したエッジレベルを超える色差のところをエッジとして確認する処理方法である。エッジを正確に認識するには、色差が明確に分かれている必要がある。そこで、白い加工糸に対し背景を黒布で覆い計測を行う(図4参照)。

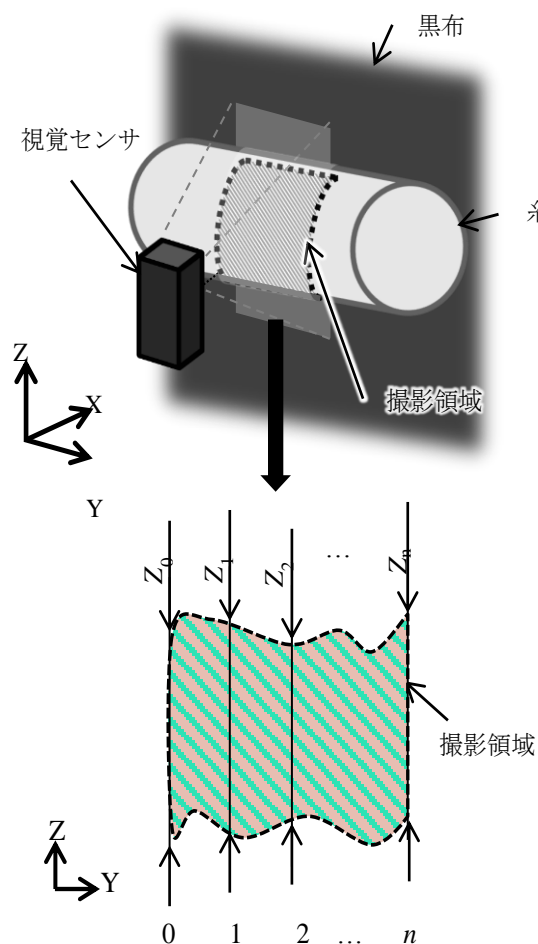


図4 見かけ糸太さの計測

ここで、撮影領域 10[mm]における見かけ糸太さ dn は、式①より算出できる。糸軸上の位置 Y を、0, 1, 2, ..., n , 各位置の糸太さをそれぞれ $Z_0, Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ とする。

また、式①より、撮影した各方向の見かけ糸太さ ($dn_0, dn_{10}, dn_{20}, \dots, dn_{170}$) をそれ

ぞれ算出することができる(図5参照)。これにより、各方向の見かけ糸太さ dn を平均することで、一断面における平均糸太さ dm を式②より算出することができる。さらに、糸太さの相対的なばらつきを確認するため、変動係数 CV を式③より算出する。ここで、 m は一度の測定で得られた全値の平均値を示す。また、 s^2 は分散を示す。

$$d_n = \frac{1}{n} \sum_{y=0}^n Z_y \quad (1)$$

$$d_m = \frac{d_{n0} + d_{n10} + d_{n20} + \dots + d_{n170}}{180} \quad (2)$$

$$CV = \frac{100}{m} \sqrt{s^2} \quad (3)$$

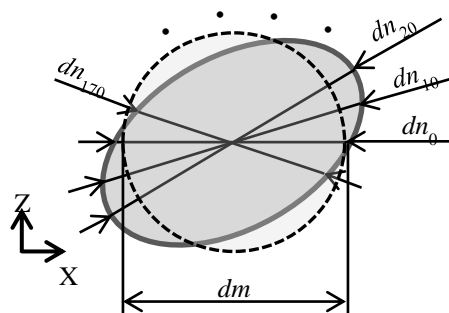


図5 平均糸太さ

4. 研究成果

(1) 表1の条件にて生産した加工糸の見かけ糸太さを測定し、算出した平均糸太さ dm と変動係数 CV を図6に示す。なお、測定は5回行い、その平均を取った。同図より、平均糸太さ dm は、延伸比 $Vd/Vf=1.70$ で最大となるような山なりの軌道を描き、変動係数 CV は延伸比 Vd/Vf の増加に伴い減少することが分かった。また、延伸比 $Vd/Vf=1.65$ の加工糸には撚りの残留が見られた。

加工糸に撚りが残留する理由として、解撚作用が不十分であることが考えられる。延伸比 Vd/Vf はフィードローラとデリベリローラの周速度の差であり、同比が低い場合、糸張力も低下する。加工中の糸張力が低下すると、ディスクに接触している糸はディスクに対しての垂直抗力が小さくなり、糸とディスク間のすべりが増加する。そのため、糸への加撚作用が低下し、それに伴い解撚作用も低下する。延伸比 $Vd/Vf=1.65$ の加工糸は、加撚作用が十分に働かなかったために糸太さ $dm=0.673[\text{mm}]$ と、最も低くなり、撚りの残留によって加工糸の太さが部分的に細くなったため、変動係数 $CV=15.2[\%]$ と、最も高くなったと考えられる。延伸比 Vd/Vf が1.70に増加すると、加撚・解撚が十分に行われるようになる。そのため、平均糸太さ $dm=0.750[\text{mm}]$ に増加し、変動係数 $CV=14.0[\%]$ に減少したと考えられる。さらに、延伸比 Vd/Vf が1.75に増加すると、平均糸太さ $dm=$

0.721[mm], 変動係数 $CV=13.7[\%]$ に減少する。しかし, 延伸比 $Vd/Vf=1.65\sim 1.70$ の場合と比べ, 変動が小さくなっていることから, ほぼ飽和状態にあると思われる。さらに, 延伸比 $Vd/Vf=1.75$ 以上の加工は糸切れを起こす可能性があるため, 加工に適切な延伸比 Vd/Vf は $1.65\sim 1.75$ であると考えられる。

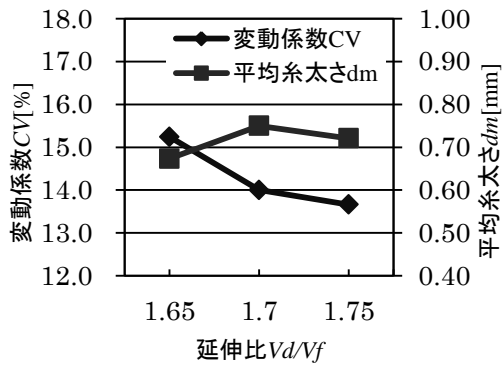


図6 糸張力の影響による平均糸太さ dm と変動係数 CV

以上の結果から, 延伸比 Vd/Vf を連続的に変化させながら加工糸を生産することで, 加工糸の糸太さも連続的に変化し, ゆらぎを有する糸ができるのではないかと考えた。そこで, 糸太さの差が最大になるよう, 延伸比 $Vd/Vf=1.70$ と $Vd/Vf=1.65$ を 20 秒毎に切り替えながら加工糸の生産を行い, 同糸の糸形状を測定した。測定結果より得られた加工糸の 3 次元形状を 図 7 に示す。同図から, 加工糸の太さが緩やかに増減している様子が確認できる。よって, 単純なゆらぎを有する加工糸の生産に成功したといえる。

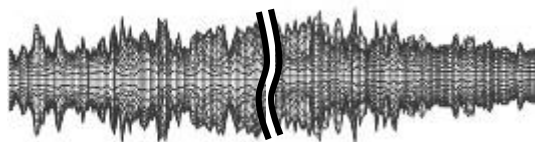


図7 ゆらぎを有する加工糸

(2) 表 2 の条件にて生産した加工糸の糸太さを測定し, 算出した平均糸太さ dm と変動係数 CV を 図 8 に示す。なお, 測定は 8 回行い, その平均を取った。図 8 より, 周速度比 D/Vd の増加に伴い見かけ糸太さ dm は増加するが, $D/Vd=2.0$ で頭打ちとなることが分かる。 $D/Vd=2.0$ 以上では減少傾向にあるが, 飽和状態であるといえる。変動係数 CV は $D/Vd=1.0$ で非常に高い値を示し, $D/Vd=1.5$ で減少した後, $D/Vd=3.0$ まで上昇しているが, $D/Vd=3.5$ で再び減少する。ここで, D/Vd 別に生産した加工糸の写真を図 9 に示す。

同図より, $D/Vd=1.0$ で生産した加工糸はほぼ原糸の状態であり, 部分的な捲縮によって, 一部で糸太さが増加していることが分かる。そのため, 変動係数 CV が極端に大きく

なったと考えられる。次に, $D/Vd=2.0$ 以下の加工糸には撚りの残留が見られないが, $D/Vd=2.0$ 以上の加工糸には撚りの残留が見られ, D/Vd が高いほど残留が多くなる。なお, $D/Vd=3.5$ では撚りの残留が無いように見えるが, 図中右側のように無負荷状態にすると, 撚りの残留が多く, 撚糸に近い状態であることが分かる。以上より, 加工糸の糸太さは, D/Vd が上昇するにつれ増加するが, $D/Vd=2.0$ を過ぎると加工糸に次第に撚りが残留するようになる。この撚りの残留が, 加工糸が糸軸方向に広がるのを阻害するため, 糸太さが徐々に減少したと考えられる。 D/Vd が上昇するにつれ撚りの残留が多くなるのは, 加工糸に加わる撚りの回数が増加し, その分撚りが残留しやすくなるためではないかと考えられる。変動係数 CV が徐々に増加するのは, 撚りの残留によって糸太さが部分的に細くなるためであると考えられる。ただし, $D/Vd=3.5$ では撚糸に近い状態になり, 変動係数 CV が下がったものと思われる。

以上より, 仮撚加工糸が生産できるのは $D/Vd=1.5\sim 3.5$ の範囲であり, 風合いが良く撚りの残留が無い $D/Vd=2.0$ での加工が最もよい加工糸となる。また, D/Vd を変化させると加工糸の糸太さも僅かに変化することから, 延伸比 Vd/Vf 同様, D/Vd を変化させることでゆらぎを有する加工糸の生産が可能であると推察できる。ただし, D/Vd は延伸比 Vd/Vf に比べ, 見かけ糸太さの差が小さく, 見かけ糸太さに大きなゆらぎを付加させることは困難といえる。

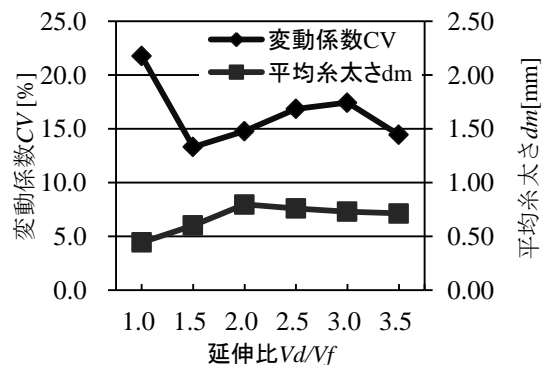


図8 撚りの影響による平均糸太さ dm と変動係数 CV

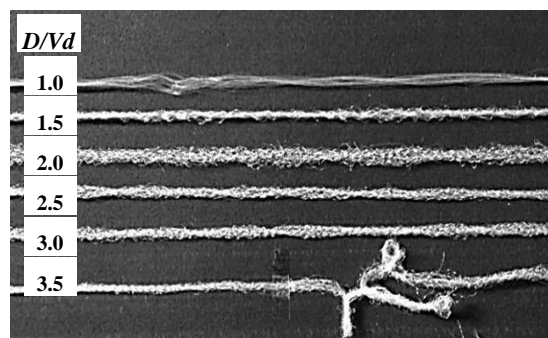
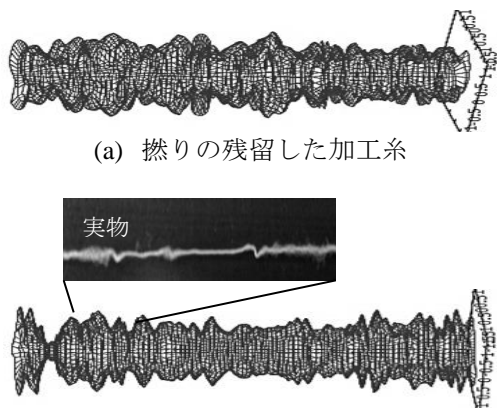


図9 周速度比 D/Vd 別に生産した加工糸

(3) 本研究で用いた糸形状撮影装置にて、実際に加工糸の糸太さを測定することができた。また、同装置より得られた値を用いて作成した3次元形状図より、図10(a)のように撚りによる糸太さの変動の把握が可能であることを確認した。さらに、同装置は図10(b)に示すような加工糸の僅かな欠陥を捕えることができるため、欠陥の発見が容易になる。以上より、本研究にて開発した糸形状撮影装置は、糸形状を測定し、視認では難しい糸の状態や欠陥を把握することができるため、有用な手段であるといえる。



(a) 撚りの残留した加工糸

(b) 欠陥のある加工糸

図10 加工糸の3次元形状

<引用文献>

- ① 日本繊維機械学会, 繊維の製造・構造及び物性, 日本繊維機械学会, 1983, pp120-125.
- ② 日本繊維機械学会, 糸の製造・性能及び物性, 日本繊維機械学会, 1987, pp124-168.
- ③ 日本規格協会: JIS ハンドブック 繊維, 2011, pp.743-767.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計4件)

- ① 早水 哲平, 金田直人, 喜成年泰, 東一誠, 仮撚加工糸における糸形状撮影装置の開発および見かけ糸太さの評価方法, 日本繊維機械学会第66回年次大会研究発表論文集講演要旨集, 2013, pp. 138-139.
- ② N. Kaneda, T. Hayamizu, T. Kinari, L.Wakako, Evaluation of Apparent Yarn Thickness in Drawing False-twisted Yarn, Proceedings of The 42th Textile Research Symposium, 2013, pp.185-187.
- ③ 明頓耕平, 金田直人, 喜成年泰, 仮撚加工糸における加撚工程中の撚りの伝播に関する研究, 日本繊維機械学会第67回年次大会研究発表論文集講演要旨集, 2014, pp. 76-77.

- ④ 明頓耕平, 金田直人, 喜成年泰, 仮撚加工糸における加撚工程中の撚りに関する研究, 日本繊維機械学会第68回年次大会研究発表論文集講演要旨集, 2015, pp. 84-85.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://syllabus.fukui-nct.ac.jp/Scripts/cbdb/db.exe?page=DBRecord&did=319&qid=all&vid=25&rid=10&Head=&hid=&sid=2796&rev=1&ssid=1-2968-3636-g1>

6. 研究組織

(1)研究代表者

金田 直人 (KANEDA, Naoto)

福井工業高等専門学校・機械工学科・講師

研究者番号: 10507148