

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560175

研究課題名(和文) 巻糸体の糸層変位可視化と形成条件の最適化

研究課題名(英文) Visualization of yarn layer displacement in package and optimization of winding conditions

研究代表者

堀 純也 (HORI, Junya)

石川工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：80311017

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：繊維産業において、必ず出現する巻糸体形状について、張力、トラバースなどの巻糸体形成条件が、巻糸体内部の糸層の圧縮挙動に及ぼす影響を実験的に明らかにした。巻糸体形成条件を自在に設定し、糸を精密に巻き取ることができる高精度プログラマブルワインダを開発し、実際に巻糸体を形成した。ワインダは、マシンオートメーションコントローラとサーボモータにより高精度に制御される。X線CT装置を用いた精密な糸層変位の可視化・測定の前段階として、写真撮影により糸層変位の可視化に取り組み、巻糸体形成条件が圧縮挙動に影響を及ぼすことを確かめた。

研究成果の概要(英文)：Destruction of bobbins or warping beams occurs frequently in textile factory. The cause is considered to be over compressive stress for barrel and flanges accompanied by winding high modulus yarn. This research tried to shows the effects of winding conditions, such as yarn tension, traverse motion, on the compressive behavior of internal yarn layer. A high precision programmable model winder that can wind up any form of package was developed. The motion of the winder is controlled by machine automation controller and synchronized servo motors. As a primary step of X-Ray CT scanning of internal yarn layer, observation of internal yarn layer deformation is tried by high resolution digital camera. Affect of winding conditions on the strain of internal yarn layer is observed.

研究分野：繊維機械

キーワード：繊維機械 巻糸体 糸層 圧縮 ワインダ 可視化

### 1. 研究開始当初の背景

繊維加工工程や工程間において、糸を巻糸体形状に形成する場面は多く存在する。このとき、形状の崩れを防ぎ、解じょ性を保つために、ある程度の張力を与えて巻き取っている。糸一本に加わる張力はわずかであるが、重畳することで、巻糸体の芯筒や内側の糸層を強く圧縮することが知られている。これにより、巻取りボビンの破壊や、巻糸体内層の圧迫による染色性の悪化、機械的性質の変化などの製造上の問題が発生することが知られている。過去の研究では、ナイロンやポリエステルを用いて実際に巻糸体を形成し、芯筒圧縮応力を測定した結果、糸の長さ方向弾性率が低い糸ほど芯筒を強く圧縮することがわかっている。また、形成済みの巻糸体の内部状態を調べる研究も数多くなされており、巻糸体を異方性を持つ弾性体として扱った理論的な解析が行なわれている。

近年、スポーツウエアにとどまらず多くの衣料品に、高い伸縮性を持つ製品の需要が高まっている。これに伴い、生産現場では伸縮性の高い糸にある程度の張力を加えて巻糸体形状にしたときに、そのバレル(芯筒)やフランジが変形してしまう事例が発生している。この理由ははっきりしていないが、原因の一つとして伸縮性の高い糸で形成された巻糸体によるバレルやフランジへの過大な荷重が考えられている。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、ナイロンやポリエステルに比べ、さらに伸縮性の高いスパンデックス系(ポリウレタン系)を用い、実際に巻糸体を形成するモデル実験を通して、糸の機械的性質、張力、トラバース、ひずみ速度などの巻糸体形成条件を詳細に設定し、実際に巻糸体を形成し、巻糸体内部の糸層の変位をX線による透過写真撮影により観察することで、巻糸体による糸層の圧縮挙動を明らかにすることを目指している。研究の成果は、ボビンの破壊現象を防ぐための張力設定の手法の開発など、実用的な技術への応用が期待される。

### 3. 研究の方法

#### (1)高精度プログラブルワインダの開発

モデルワインダにより、実際に試料糸に張力を与えながら巻き取り、巻糸体を形成する。図1に試作したモデルワインダの概略を示す。モデルワインダは、コンピュータ制御により張力、トラバース、ひずみ速度などの巻糸体形成条件を設定し、巻糸体を形成する必要がある。従来の産業用途のワインダは、1台のモータからの動力を、歯車やベルトなどの伝動要素により動作機構に伝達するため、動作量や動作速度を自由に設定することができない。そこで本研究では、糸層観察に供するための巻糸体試料を精密に作製するために、糸1本単位で巻き取りを制御することを

目指し、自動機などの産業用途で用いられるマシンオートメーションコントローラ(OMRON SYSMAC NJ)を制御装置とし、巻取りボビン、トラバース装置、フィードローラの3軸をサーボモータ(OMRON G5シリーズ)による駆動を行うことができる、高精度プログラブルワインダの開発を新たに行った。糸はパッケージの軸方向へ張力により解じょされ、鋼製とウレタンゴム製の1対のフィードローラによって挟まれながら糸速一定で引き出される。ウレタンゴムローラはバネにより加圧される。メインドラフトは、フィードローラと巻き取りボビンの周速度の比(ドラフト比)により与えられる。サーボモータの回転数を制御することで、張力ゼロの状態から、ドラフト比3倍程度までを与えることができる。

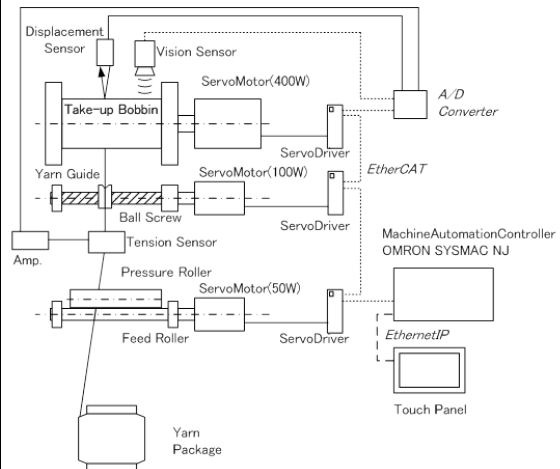


図1 高精度プログラブルワインダ概略図

巻き取りボビンの手前には、綾振りを行なうトラバースガイドがあり、ボールねじ機構(リード4mm)により左右に往復直線運動を行うことができる。ボールねじはサーボモータにより駆動され、巻取りボビンの回転角と同期をしながら動くことが可能である。また、プログラムにより演算を行い、任意のトラバース動作を行うことができる。トラバースガイドは、セラミックス製のバーを3本組み合わせ、そのうち1本にはひずみゲージによるロードセルを組み込んだ3点式の張力測定器を内蔵した。ひずみゲージの出力は、ブリッジボックス、動ひずみ計を経て、マシンオートメーションコントローラに増設されたA/Dユニットにより張力データとして取り込まれる。張力データと、予め計画された張力とを比較調整を行いながら、張力制御をされた巻き取りを行う。

巻き取りボビンは、バレル径30mm、フランジ径150mmとし、フランジ間隔は30mm~80mmの間で可変である。巻き取った糸層厚さは、レーザ式変位センサ(KEYENCE LS-7000)により、巻き取り中も非接触で常時計測される。

レーザ変位計の出力は、電圧に変換され、マシンオートメーションコントローラのA/Dユニットから糸層厚さデータとして取り込まれる。たとえば、この直径の増加に応じ巻き取り側のモータ回転数を連続的に減らすことで、巻き取り糸速を一定にすることが可能である。また、コーン形状の巻糸体は、レーザ式変位センサでは1か所の寸法しか把握できないため、画像センサ(OMRON FQ-2)を糸層の半径方向から撮影を行うように設置し、糸層厚さを画像処理を用いて計測した。

各軸を駆動するサーボモータとマシンオートメーションコントローラは、産業用制御機器ネットワークの国際規格であるEtherCATにより接続し、3軸の高速同期制御が可能となった。また、巻き取り条件の設定やデータ表示のためのタッチパネルを設置した。

## (2) 試料

試料糸として、スパンデックス系(旭化成 ROICA レギュラー)の33dtex(30den),78dtex(70den)および155dtex(140den)と、ナイロン糸(カネボウ レギュラー210den-40f)を用意した。

## (3) X線CT装置

本研究では、糸層を破壊することなく糸層内部の圧縮挙動を観察するために、マイクロフォーカスX線CT装置(石川県工業試験場設置 東芝 IT コントロールシステム TOSCANER - 32250  $\mu$ hd) (図2)を使用する予定である。一定量巻き取った巻糸体の糸層に、金属箔などの薄いトレーサ材を置き、さらに上から糸を巻いてゆく。巻糸体形成後、X線CT装置により撮影を行い、高分解能(5  $\mu$ m)の透過画像を得ることができる。画像データから、各糸層の変位、ひずみを得ることができる。



図2 X線CT装置

## (4) 写真観察用ポピン

本研究では、X線CT装置の傍らにモデルワインダを持ち込み、糸を1mm巻く毎にトレーサを置き、ポピンを取り外し、その場でX線CT透過撮影をする予定である。ワインダが大がかりなことと、X線CT装置が遠方の学外機関にあり、費用や人的な都合から、短期間で巻糸体形成と計測を終了させる必要がある。そ

こで、事前に予備的実験として光学式カメラによる糸層変位の測定を行った。フランジが透明アクリル製の写真観察用のポピンをワインダに取り付け、糸を巻き取りながらトレーサの設置とフランジを介した撮影を行った。図3に撮影した画像の例を示す。画像データから糸層変位を計測した。

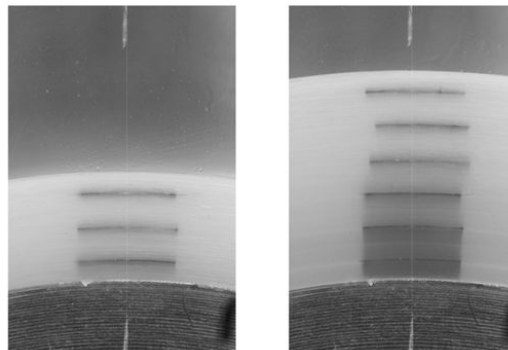


図3 糸層変位の写真観察例

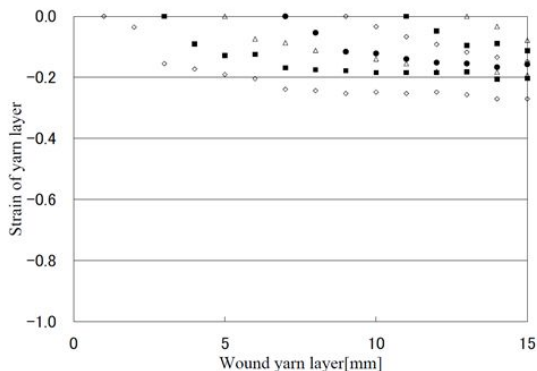
## 4. 研究成果

### (1) 研究の主な成果

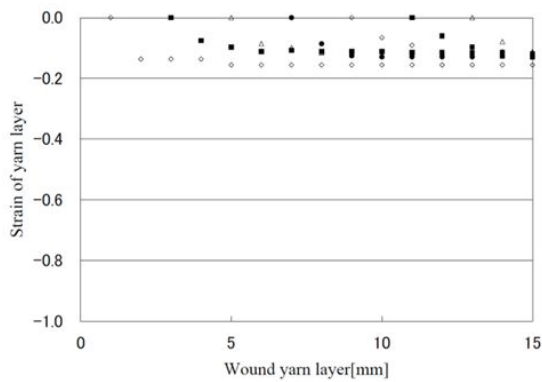
#### 糸層変位、ひずみの測定

糸層が約1mmずつ増すごとに、巻き取りを停止させトレーサ(ここではインクによる着色)を置き、糸層が15mmになるまで巻き取りと撮影を行った。画像データから、糸層の変位を測定した。結果を図4に示す。横軸は糸層厚さを示し、縦軸は、糸層の変位を糸層の厚さで除した糸層ひずみを示す。

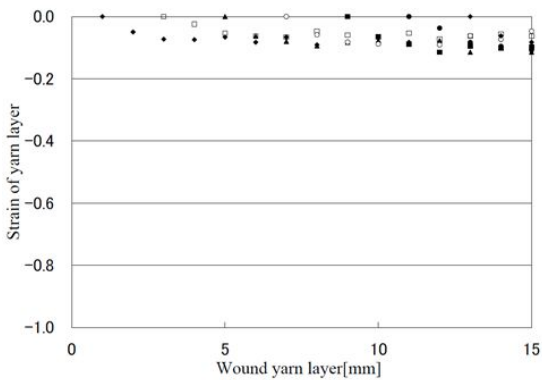
実験の結果、スパンデックス系を用いた場合、ドラフト比が小さい場合に、最大約30%のひずみが生じることがわかった。また、伸縮性の低いポリエステル系では、スパンデックス系と同等な張力を与えた場合、ひずみが5%未満と小さくなることがわかった。これは、ドラフトの低い糸は、フィラメントそのものの直径方向の変形や、フィラメント間に存在する空隙の圧迫が発生し、大きなひずみが生じやすいからだと考えられる。



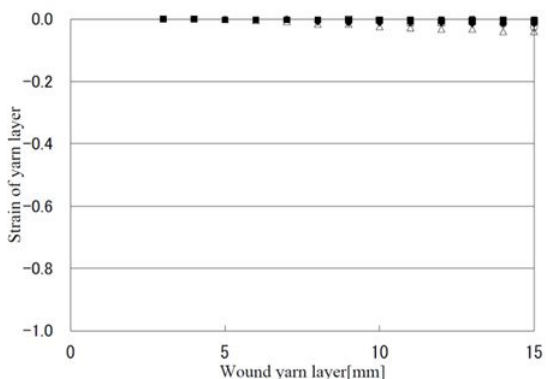
a) スパンデックス 78dtex D=1.2



b) スパンデックス 78dtex D=2.0



c) スパンデックス 78dtex D=3.0



d) ナイロン 210d 張力 0.2N

図4 糸層厚さとひずみの関係

#### 高精度モデルワインダの開発と問題点

モデルワインダで糸を巻き取る際に、トラバースの左右終端での折り返し時に糸の張力が大きく変動することがわかった。ガイドを往復させる際に、サーボモータによる急激な反転動作を行うが、駆動用のプログラムで適切な関数を用いるなど、端部での張力変動を低減させる必要がある。また、巻き取られた糸が滑り、ガイドの移動した軌跡の通りに巻き取られていないこともわかった。ガイドの精度を向上させるとともに、滑りも加味したトラバースの動作をさせる必要がある。

また、折り返し部以外の定常時でも、糸の張力が 20%ほど変動し、精密な巻糸体の形成が十分にできていないことがわかった。ドラフト比が大きいときの糸層変位のばらつき

が大きいことから、各部分の摩擦による影響と、フィードローラ部での加圧力の不足が原因と思われる。スパンデックス糸の延伸にはローラを使った方法しかないため、糸経路を改良し、ローラに接触する長さを長くするなどの機構の改良が必要である。

#### (2) 今後の展望

本研究は、糸 1 本単位での巻き取りの制御を行った巻糸体を、X 線 CT 装置による高精度な透過撮影により、糸層内部の圧縮挙動を明らかにすることを目指している。十分な精度を持つ巻糸体の形成ができなかったため、研究機関中に当初予定した X 線 CT 装置による計測に着手できなかったが、現在は、モデルワインダの改良、各軸の駆動プログラムの改良により、張力や巻量のばらつきが少ない巻糸体を形成することが可能となっており、糸層の写真撮影による糸層変位のデータをベースとして、X 線 CT 装置を用いたより精密なひずみの測定を開始する予定である。

本研究の最終的な成果は、従来は感と経験に頼っていた、新しい性質を持つ糸や、新しい巻糸体形状を量産体制で取り扱う必要がある場面で、適切な巻糸体形成条件を探索する際の一定の手法となることが期待される。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

堀 純也 (HORI, Junya)

石川工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：80311017