

管巻機の長寿命化及び再生にかかる検証

小林興尚・中村 哲也・小宅 智史

齋藤 宏*・齋藤 裕文*

Verification of extending the mechanical lifespan of bobbin winder and investigation of necessary measures for regeneration.

Okihisa KOBAYASHI, Tetsuya NAKAMURA, Satoshi OYAKE
Hiroshi SAITOH, Hirohumi SAITOH

伝統織物製造にかかる機器の一部では、メーカーが撤退していることが原因で、消耗部品・交換部品の入手や機器修繕が困難な現状がある。本研究の対象とする管巻機も修繕や更新の目途は立たないが、シャトル織機での織物生産のためには必須の機械であり、運用停止した場合、織機のシャトルにヨコ糸を設置することができなくなり、連鎖的にシャトル織機も運用停止してしまう。このことから、本研究では管巻機を運用し続けるために長寿命化または再生を行うことを最終目的とし、三次元 CAD、三次元測定機、X線 CT 等を活用して、手段の検討を実施した。

キーワード：管巻機、シャトル織機、三次元 CAD、三次元測定機、X線 CT

Some of the equipment used in traditional textile manufacturing is currently facing difficulty in obtaining replacement and repair parts due to the manufacturer's withdrawal. The pipe winding machine, which is the subject of this research, also has no prospects for repair or upgrade, but it is an essential machine for textile production using shuttle looms. If it stops operating, it becomes impossible to install weft threads on the shuttle of the loom, resulting in a chain reaction of the loom's shutdown. Therefore, this research aims to prolong the lifespan or regenerate the pipe winding machine to continue its operation. To achieve this goal, the means were verified using 3D CAD, 3D measurement machines, X-ray CT, and other methods.

Keywords : Bobbin winder, Shuttle loom, 3D CAD, Coordinate Measuring Machine, X-ray CT

1 まえがき

近年、織機製造企業は、織物生産の高速化に対応するため、エアージェット織機などの高速運転が可能な洋装用織機の製造に力を入れているが、一方で和装用シャトル織機をはじめとする伝統的工芸品生産にかかる機器は利用減少によって製造中止になっており、市場流通しない交換部品が年々増え続けている。そのため、織機に不具合を生じた場合にその入手が困難

になり、将来的に伝統的な和装織物の製造ができなくなるおそれがある。

群馬県立産業技術センターでは、県内ものづくり企業発展のための技術支援を行っているが、令和3年4月1日から群馬県繊維工業試験場を統合し、群馬産業技術センター（前橋）、東毛産業技術センター（太田）および繊維工業試験場（桐生）の3拠点新体制としたことで支援範囲の拡大、支援体制の拡充を進め、相互に連携することで多分野の知識、技術が必要となる内容の繊維産業支援にも取り組んでいる。昨年度は群馬産業技術センターの多様な試験機と、繊維工業試験場の伝統的工芸品生産にかかる機器や技

術を活用しながら連携し、伝統的工芸品生産者と共同でシャトル織機の部品を再生する研究を行い、図面のない機構部品の再生（リバースエンジニアリング）技術を培ってきた。本研究ではこの技術を応用し、新体制の群馬県立産業技術センター独自の取り組みとして、装置を長期運用できる状態にすることを目的として、管巻機（きだまきき）の長寿命化及び再生にかかる検証を行った。

繊維工業試験場は古くから繊維産業の支援を行っており、織物を生産するために必要な様々な機器を所有している。そのうちの一つに管巻機があり、昭和50年頃から稼働している。管巻機はシャトル織機で織物を生産する際の準備に必要な専用機械で、ヨコ糸を管（くだ）と呼ばれる部品に巻き付ける作業を行うために使用される。準備するヨコ糸の長さは生産ごとに異なるが、目安としては700mほどの糸を一定の張力で一定の太さに巻き上げることが必要であるため、専用機以外での作業や人力での作業は不可能となっている。しかしながら、管巻機のメーカーは全社が製造から撤退しているため、消耗部品や交換部品の供給は絶たれており、メーカーによる修理も不可能な状態にある。繊維工業試験場では管巻機を3台所有しており、このうち2台は故障なく稼働状態のため、シャトル織機での織物生産が可能な状態にあるが、1台は主に装置上半分の糸を繰り出す機構が欠損し稼働できないため保管されている状態ある。今後、この2台も稼働停止した場合には連鎖的にシャトル織機も停止することとなり、織物製造技術の研究・支援の範囲を狭めることになってしまう。

管巻機の安定的稼働はシャトル織機の運用と企業支援に必要不可欠であることから、管巻機を研究の対象とし、長期的に運用するための手段を検討することとした。検討は、現行機器の形を変えずに長く運用するための「長寿命化の検討」と、機能を継承した新しい機器への更新するための「再生の検討」に分けて行った。

2 方法

2.1 使用機器

本研究に使用した管巻機を図1、三次元測定

機(LEGEX9106、ミットヨ株式会社)を図2、産業用X線CT(Phoenix v|tome|x m 240/180、日本ベーカーヒューズ株式会社)を図3に示す。断面画像のボリュームデータ化およびSTL形式への変換に使用したソフトウェアはVG Studio MAX3.2(ボリュームグラフィックス株式会社)、STLデータの編集とソリッドデータへの変換に使用したソフトウェアはQuicksurfaceFull(KVS社)、ソリッドデータの編集にはSolidworks(ダッソー・システムズ株式会社)を使用した。管巻機の機能を継承した新しい機器への更新を検討するために使用した巻線機(TAK-01A、NITTOKU株式会社)の写真を図4に示す。また、管の写真を図5に示す。管の構造について、本研究では、径の細い左側を先端、径の太い右側を根本とよぶ。なお、後述する寸法計測に当たってはマイクロメータ等の汎用測定機も使用した。



図1 稼働中の管巻機



図2 三次元測定機



図3 X線CT



図4 巻線機



図5 管

2.2 長寿命化の検討

長寿命化の検討では、現行機器の形を変えずに長く運用することを目的として検討を行った。前述の通り、故障した場合のメーカーからの部品供給は不可能なため、リバースエン

エンジニアリングにより部品を作製することで部品供給を行うこととした。本研究では、管に糸を巻き付ける部分の部品5点について、形状の複雑さに応じて手法を変更してデータ化までを実施した。部品の写真を図6に示す。なお、長寿命化にあたっては、失われている糸を繰り出す機構の再構築も必要であるが、これについては今後の課題とし、本研究では取り扱わない。



図6 データ化した部品

上段3部品：簡易形状部品

下段2部品：複雑形状部品

2. 2. 1 簡易形状部品のデータ化

三次元測定機および汎用測定機による実物の寸法計測、Solidworks によるソリッドデータ化の手順で実施した。

2. 2. 2 複雑形状部品のデータ化

X線CTとVGSTUDIOMAXでのSTLデータ（表面形状のポリゴンデータ）の取得、QuicksurfaceFullによるSTLデータの修正と自由局面によるソリッドデータへの半自動変換、Solidworksによる軽微な修正の手順で実施した。X線CTによりSTLデータを作成する際、形状の一部に実際にはない穴が開いてしまう等のエラーが発生することがあるため、QuicksurfaceFullはこのエラーを解消するためにも使用した。

X線CTでのX線照射条件は、管電圧200kV、管電流100 μ A、X線焦点と測定対象物の間に挿入した金属フィルタは厚さ1.0mmの銀、ボクセルサイズは91 μ m、投影画像取り込み数720枚、FOD（Focus to Object distance）を368mm、FDD（Focus to Detector distance）を808.543mmとした。画像再構成の際には、ビームハードニング補正等のフィルタ処理は行わず、中心軸補正のみ行った。

2. 3 機器再生の検討

再生の検討では、機能を継承した新しい機器への更新を目的として検討を行った。前述の通り、メーカーは市場から撤退していることから、機器更新の目途は立たない。そこで本研究では、金属線をボビンに巻き付けてコイルを生産するための巻線機と呼ばれる機械を転用することを検討した。

管巻機と巻線機について簡単に比較すると、管巻機は糸を機械的な設定で一定の太さに巻くのに対して、巻線機は金属線をプログラムで指定の回数巻く仕様となっている。図5で提示の通り、管はテーパ形状を持っていることから、外径太さを検知せずに制御すると図6のような一定の外径には仕上がらないことが予想され、プログラムを精巧に作りこむ必要があると認識しているが、本研究の段階では、管への糸の巻き付けを巻線機でも簡易的に実施可能であることを確認した。

3 結果及び考察

3. 1 長寿命化の検討

3. 1. 1 簡易形状部品のデータ化

簡易形状部品について、ソリッドデータを得ることができ、部品再生の可能性を示すことができた。データ化する際には図7に示すように採寸結果を入力し、これをもとにソリッドデータ化を実施した。部品のソリッドデータを図8に示す。

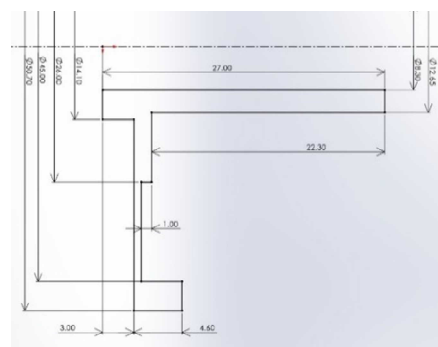


図7 データ化の一例

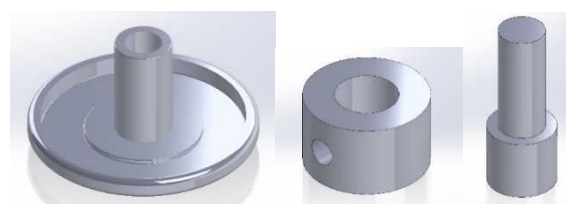


図8 簡易形状部品のソリッドデータ

ただし、リバースエンジニアリングにおいて重要なことは部品の形状を単純に再現することではなく、組み合わせの相手部品と適切に勘合するよう最終調整を行うことにある。作製時には、はめ合い等を考慮して加工公差を決定し、必要であれば追加での実物採寸やソリッドデータの調整を行う必要がある。

3. 1. 2 複雑形状部品のデータ化

複雑形状部品について、ソリッドデータを得ることができ、部品再生の目的を立てることができた。STLデータの修正を行っても、ほとんどの箇所で0.02mm未満の偏差であり、かつ自動変換によりSTLデータからソリッドデータへの変更まで約2時間で完了することができた。データ化した部品の一つについて、X線CTで取得したデータの表面形状を図9に示す。また、QuicksurfaceFullにてデータを修正した結果、元のSTLデータと形状が異なっていないことの確認のため、QuicksurfaceFullにより両データを使用した偏差解析を行った。この結果を図10に示す。自動変換により作成したソリッドデータを図11に示す。

複雑形状部品は鋳造で作製されたものがほとんどであるが、リバースエンジニアリングの際に鋳造で作製することはコスト面の問題で不可能に近い。作製にあたっては、形状と用途、コストを勘案し最適な加工方法を検討する必要がある。

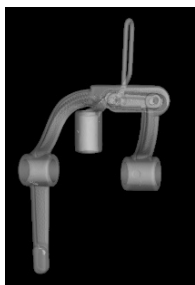


図9 X線CTでの取得データ

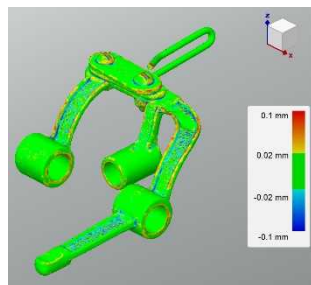


図10 偏差解析結果



図11 複雑形状部品のソリッドデータ

3. 1. 3 糸線機構の再生検討

巻線機で糸の巻き付けを行う際、管を回転軸に固定する必要があるが、既存の治具では対応できなかったため、本研究では簡易的な固定で巻き付けを行った。このことから、容易な設置と安定した回転をさせるためには、管を巻線機に取り付けるための治具の開発が必須であることがわかった。糸を巻き付ける様子を図12に示す。また、巻線機で糸を巻いた管の写真を図13、管巻機で糸を巻いた管の写真を図14に示す。



図12 巻線機での巻き付け



図13 巻線機で巻き付けた管



図14 管巻機で巻き付けた管

図5に示した通り、糸を巻く部分の径は根本側から先端側に径が小さくなり、波打つような形状になっている。このような形状に対し、端から端まで単調に往復する動作で糸を巻くと一定の外径は得られないが、図14に示すように、管巻機で巻いたものは外径が整っている。これは、管の根本側から外径を検知しながら巻き始め40mm程度の区間を往復し、根本側が指定の外径まで巻き上がったなら、5mm程度先端側にスライドし、同様の動作を繰り返しているためである。図13に示すように、簡易的なプログラムにて巻線機で糸を300mほど巻くと、外径が乱れた結果となったものの、巻き付け動作中の糸の切断や管の破損はなかったことから、巻線機のプログラム最適化を行うことで、転用できる可能性があることを示すことができた。巻き上げはできたものの糸の張力調整は実施していないので、最適な張力付与の方法は今後継続して検討す

る必要がある。また、プログラムの最適化に当たっては、管巻機の正確な動作条件を把握する必要があることから、今後継続して検討を行うにあたっては、管巻機の動作解析とプログラムの最適化を並行して実施する必要がある。

4 まとめ

部品のソリッドデータ化を実践したことで、管巻機の部品のリバースエンジニアリングの可能性を示すことができ、長寿命化の検討を進めることができた。また、巻線機での糸の巻き付けを実践したことで、管巻機更新の可能性を示すことができ、機器再生の検討を進めることができた。

今後の展開として、長寿命化の検討では、部品の公差、加工方法の検討を適宜実施してのリバースエンジニアリングの実践、糸を繰り出す機構の再構築を実施したい。また、機器再生の検討においては、主軸と管を繋ぐ治具の開発、張力調整方法の検討、管巻機の動作解析、プログラムの最適化を実施したい。

参 考 文 献

- 1) 戸田裕之：X線CT－産業・理工学でのトモグラフィー実践活用－
- 2) 田中俊敬ほか：産業用X線CTの理解と活用、軽金属学会誌、第71巻、第9号、417(2021)