

金属積層造形技術を活用した管巻機の長寿命化にかかる研究

小林興尚・齋藤宏****・齋藤裕文****

三ツ木寛尚*・狩野幹大**・小宅智史***

Research on prolonging the lifespan of warping machines utilizing
metal additive manufacturing technology

KOBAYASHI Okihisa, SAITO Hiroshi, SAITO Hirohumi,
MITSUGI Hironao, KANOHI Motohiro and OYAKE Satoshi

伝統織物製造に関連する機器の一部では、メーカーの撤退が原因で、消耗品や交換部品の入手、機器修理が困難な現状があり、シャトル織機での織物生産は必須となる管巻機も修理や更新が困難な状況にある。本研究では、管巻機を運用し続けるために部品を再生することを目指し、レーザースキャナを用いて管巻機の周囲環境や外観形状を記録するとともに、産業用 X 線 CT と金属積層造形技術を活用して補修部品の再生に取り組んだ。

キーワード：管巻機、シャトル織機、レーザースキャナ、X 線 CT、金属積層造形技術

In some equipment related to traditional textile manufacturing, the withdrawal of manufacturers has resulted in a challenging situation where obtaining consumables, replacement parts, and equipment repair services is difficult. Additionally, bobbin winders, essential for fabric production on shuttle looms, also face challenges in repair and updating. This study aimed to regenerate parts to continue operating bobbin winders. Using laser scanners, the study recorded the surrounding environment and external appearance of the bobbin winders. Furthermore, the study employed industrial X-ray CT and metal additive manufacturing technology to tackle the regeneration of repair parts.

Keywords : Warping machines、Shuttle loom、X-ray CT、laser scanner、metal additive manufacturing technology

1 まえがき

群馬県立産業技術センターは、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。

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、長いものでは 1000m 程度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、本専用機以外での作業や人力での作業は極めて困難である。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できない状態にある。管巻機の故障は、シャトル織機での織物製造不能につながるため、繊維業界では、管巻機の故障、部品不足が深刻な問題となっている。

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台は稼働が可能な状態であるが、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状態であり、業界と同様の問題に直面している。今後、稼働中の2台も故障等によって稼働できなくなった場合には、連鎖的にシャトル織機の使用ができなくなり、織物製造技術の研究・支援の範囲を狭めることとなってしまう。このことから、昨年度は群馬産業技術センターと繊維工業試験場が連携し、各々が保有する機器及び技術を活用しながら管巻機の長寿命化及び再生にかかる検証を行った。検証内容は、図面のない機構部品のソリッドデータ化とコイルを製造する機器を管巻機として流用するものであり、一定の成果を得た。

昨年度に続き、管巻機を今後も運用し続けるための検討として、本研究では高分解能計測用 X 線 CT システム（以下「産業用 X 線 CT」という）を用いて表面形状データを作成し、金属積層造形技術を活用して部品の再生に取り組んだ。部品再生の際には形状の再設計や構造変更は実施せず、可能な限り工数を削減し、現状の形状を再現することに特化させて検証した。部品再生の方法として金属積層造形を採用した理由は、対象とする再生部品が鋳造部品または複数の部品を組み合わせで作られた組立部品であり、切削加工で作製するには効率が悪いと考えたためである。再生部品のもととなる表面形状データには令和4年度の研究にて取得したデータ¹⁾を流用した。また、管巻機の部品再生の準備として、3D 空間モデリングシステム（以下「レーザースキャナ」という）を用いて管巻機の外観形状や周囲環境を記録し、部品再生の補助となるデータを作成したので併せて報告する。

2 方法

2.1 使用機器

管巻機の外観形状や周囲環境の記録は、群馬産業技術センターデジタルソリューションラボ（DSL）に導入したレーザースキャナ（Focus S plus 150、FARO 社）を使用した。部品の表面形状データ取得は産業用 X 線 CT（Phoenix v|tome|x m 240/180、日本ベーカーヒューズ株式会社）を使用した。産業用 X 線 CT で取得した断面画像のボリュームデータ化および STL 形式への変換は VG Studio MAX3.2（ボリュームグラフィックス株式会社）を使用した。STL データの編集は QuicksurfaceFull（KVS 社）を使用した。

2.2 レーザースキャナによる点群データ化

レーザースキャナのパラメータ設定は、プロファイルは屋内 10m 以内、分解能は 1/8、品質は 4、カラーキャンは ON とした。プロファイルは測定対象との距離、分解能は単位面積あたりに取得する点数、品質は定点の繰り返し数（2 の（品質値-1）乗）、カラーキャンは点群データのカラー化の有無を示す。

2.3 金属積層造形による部品の再生

産業用 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、金属積層造形の流れで、部品を再生した。対象とした部品は、単体の鋳造部品（以下「単体部品」という）および単体部品とは異なる形状の鋳造部品と他の金属部品とが組み合わされて構成された部品（以下「組立部品」という）の2種類とした。群馬産業技術センターでは、金属積層造形を実施する機器を保有していないため、委託にて造形を実施した。積層造形に使用した機種は Coherent CREATOR（現 2 Create）、メーカーは O.R. Lasertechnologies GmbH。（現 2oneLab GmbH.社）であった。材料は SUS316L、積層ピッチは 25 μ m、レーザーパワーは 107W、レーザースピードは 1200 mm/s、ビーム直径は 40 μ m とした。

造形した部品については産業用 X 線 CT にて表面形状データを取得し、偏差解析により元となった部品と形状を比較した。偏差解析の形状合わせはベストフィットで行った。産業用 X 線 CT での X 線照射条件は、管電圧

200 kV、管電流 $170 \mu\text{A}$ 、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 の銀および厚さ 0.5mm の錫、ボクセルサイズは $57\mu\text{m}$ 、投影画像取り込み数 1600 枚、FOD (Focus to Object distance) を 229.4mm 、FDD (Focus to Detector distance) を 808.674mm 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。

3 結果

3.1 レーザースキャナによる点群データ化

レーザースキャンの結果、パソコン画面上でおおよその採寸を行うことができる点群データを取得した。管巻機の形状を採寸し、その数値を表示した結果を図 1 に示す。点群データは、マスターデータとは別に、閲覧データとして出力したもので、あらかじめ採寸する権限を付与している。このため、専用のソフトウェア不要で採寸作業が可能である。このデータにより、現地に赴かなくとも、管巻機、織機、柱等の構造物の位置関係を確認可能となり、管巻機のおおよその形状も任意のタイミングで確認できるようになった。ただし、レーザーの照射されていない部分の形状は点群データ化されないため、詳細な確認は現地で実施する必要がある。



図 1 採寸結果を表示した点群データ

3.2 金属積層造形による部品の再生

単体部品について、金属積層造形の対象とした元部品を図 2、金属積層造形にて作製し

た造形部品を図 3、偏差解析により形状比較した結果を図 4 に示す。元部品と造形部品を比較すると、積層造形の方角に沿って緩やかに全体が湾曲し $\pm 0.4\text{mm}$ 程度の差があった。また、造形部品の穴径が 0.2mm 小さく仕上がった。

組立部品について、金属積層造形の対象とした元部品を図 5、金属積層造形にて作製した造形部品を図 6、偏差解析により形状比較した結果を図 7 に示す。元部品と造形部品を比較すると、全体の湾曲の程度は単体部品に比べて小さく、 $\pm 0.3\text{mm}$ 程度となった。造形部品の穴径については、単体部品の場合と同様に 0.2mm 小さく仕上がった。

異なる部品形状である鋳造部品および組立部品は、いずれも湾曲した仕上がりとなった。今回の造形では応力を除去するための熱処理は実施していないので、これは残留応力の解放の影響であると考えられる。金属積層造形では、金属粉末をレーザーで溶かして固めることで形状を造形していくが、金属を溶かした後に冷え固まる際には凝固収縮が発生し、さらに周囲の温度に合わせて冷える際には熱収縮が発生する。積層造形では、造形した部分の上にさらに材料を敷いて熱をかけていることになり、これら収縮の影響で残留応力が働き、湾曲の原因となったと考えられる。



図 2 元部品
(単体部品)

図 3 造形部品
(単体部品)

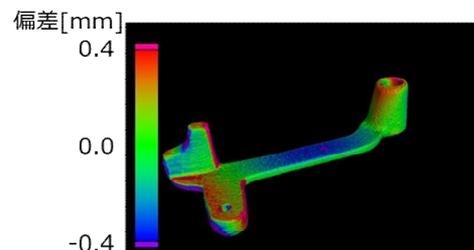


図 4 偏差解析結果
(単体部品)



図5 元部品
(組立部品)



図6 造形部品
(組立部品)

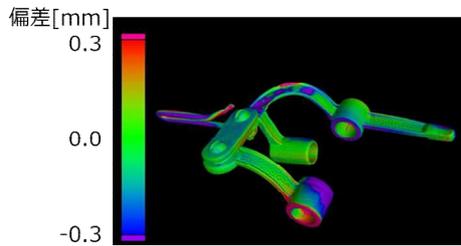


図7 偏差解析結果
(組立部品)

図3に示した造形部品について、穴径を0.2mm 拡張する加工を施し、実機への取り付けを行った。元部品と造形部品をそれぞれ実機に取り付けた際の写真を図8に示す。造形部品について手動による動作の検証を行い、元部品と同様であることを確認した。

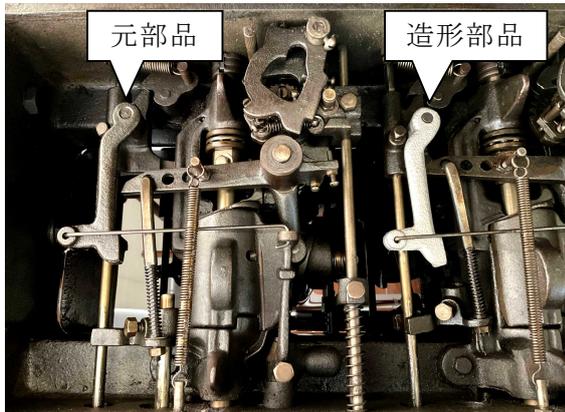


図8 造形部品の実機取り付け

図6に示した組立部品について、穴径を修正すれば取り付けは可能になる見込みであったが、加工を行う際の部品の姿勢保持が困難であったため実施していない。図3の部品のようなシンプルな形状ではなく、組み合わせる部品が多く複雑な形状を有している場合には、機器に取り付けられないことがある。対策としては、造形後に追加で加工を施すことを考慮した形状への変更や、専用の加工用治具を用意することが考えられる。

レーザースキャナによる管巻機の外觀形状や周囲環境の点群データ化と、金属積層造形によって、管巻機の部品の再生を行った。

比較的小さいサイズの部品であれば、群馬産業技術センターの設備で表面形状の取得・修正を実施することができた。さらに、金属積層造形で得られた造形部品に対して適当な加工を施すことによって実機取り付けが可能となることを確認した。今後は造形部品の強度や耐久性について評価を進める予定である。また、外觀形状や周囲環境をデータ化したことで、現地に行かなくても現場の機器設置状況を把握することができるようになった。カラー化した点群データは、施設管理などに活かすことができる可能性があることから、今後は点群データ利用した施設管理の実施などについての活用を検討していきたい。

参考文献

- 1) 小林ほか：群馬県立産業技術センター研究報告 令和4年度 p36-40
- 2) 戸田裕之：X線CTー産業・理工学でのトモグラフィー実践活用ー
- 3) 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)