

老朽化装置の安定的な運用のための部品再生技術の開発

小宅智史・小林興尚・中村哲也
小谷雄二*・加部重好**

Development of parts rebirth technology for stable operation of aging equipment
OYAKE Satoshi, KOBAYASHI Okihisa, NAKAMURA Tetsuya,
KOTANI Yuzi, KABE Shigeyoshi

老朽化装置部品の再生技術を確立することを目的として、部品再生に必要な形状測定から加工までの各工程の検証を行った。具体的には、三次元測定機での測定による形状データ取得、設計データ作成、ワイヤーカットによる加工の検証を行った。その結果、形状データ取得と加工の精度が明確になった。今回対象部品とした歯車については設計値に対しておよそ $\pm 0.01\text{mm}$ の精度で加工が出来ることを確認した。

キーワード：三次元測定機、歯車、精度

For the purpose of establishing the rebirth technology of aging equipment parts, we verified each process from shape measurement to processing necessary for rebirth the parts. Specifically, shape data acquisition by measurement with a Coordinate Measuring Machine, design data creation, and accuracy verification of the processing process by wire cutting were performed. As a result, the accuracy of shape data acquisition and processing was clarified. It was confirmed that the gears used as the target parts can be machined with an accuracy of approximately $\pm 0.01\text{ mm}$ with respect to the design value.

KEY WORD: Coordinate Measuring Machine, gear, precision

1 はじめに

伝統産業である桐生の絹織物では、長期に渡り同じ織機を使用している。繊維工業試験場でも長期間同じ織機を使用しているため、織機の老朽化が進んでいる。そして、織機の多くはメーカーからの部品供給が終了しており、部品が故障した際、代替部品が手に入らず稼働が停止するリスクが高まっている。そのため、現存部品と同形状の部品を製作し、代替部品とする部品再生の需要が高まっている。現在、群馬産業技術センターでは、測定による形状データ取得、形状データを元にした設計データの作成、加工機による試作品加工の技術を有

している。そこで、それらの技術を活用し織機の部品再生を行った。対象部品は歯車とした。各工程の手法を検証し、形状データ取得と試作品加工に関しては精度を検証したのでここに報告する。

2 実験方法

部品再生を行うためには、①測定による形状データ取得、②形状データを元にした設計データの作成、③加工機による試作品加工の3つの技術が必要である。①測定による形状データ取得では、予め理論値が分かっているマスターボールを測定し、測定した形状データと理論値を比較することで

精度検証を行った。②形状データを元にした設計データの作成では、平均的な歯を設計する手法を示す。③加工機による試作品製作では、ワイヤー放電加工機による加工品と設計値比較することで加工精度を検証した。以下に各工程での検証方法を記載する。

2. 1 形状データ取得工程の精度検証

本研究では、形状データを取得するために図1に示す当センター保有の三次元測定機(ミットヨ株、LEGEX9106)を用いた。



図1 三次元測定機

測定方法は、被測定物の表面をスタイラスが接触しながら一定の速度で測定するスキヤニング測定により行った。精度評価には、直径の理論値が分かっているマスターボール(ミットヨ株製)を用いた。三次元測定機は、スキヤニング時の速度やスタイラス径等により測定精度が変わることが分かっており、その精度を定量的に示した。図2に使用機器を示す。



(a)マスターボール (b)φ4mm, φ1.5mm

図2 使用機器

スタイラス径はφ1.5mmのスタイラスと、測定精度が一番良いとされるφ4.0mmのスタイラスを使用した。また、スキヤニング速度は、1.5、2.0、3.0、4.0mm/sの速度で測定を行い、速度の違いによる測定精度の影響を調査した。

2. 2 設計データの作成

設計データは、取得した形状データをCADソフトで処理することで作成した。CADデータの作成にはRhinoceros7(Robert McNeel & Associates社製)を使用した。歯先が定ピッチであることや左右の歯面形状が対称であることを考慮し、取得した歯車の複数歯面の形状データを平均することで歯形形状を作成した。図3に歯形形状作成の様子を示す。

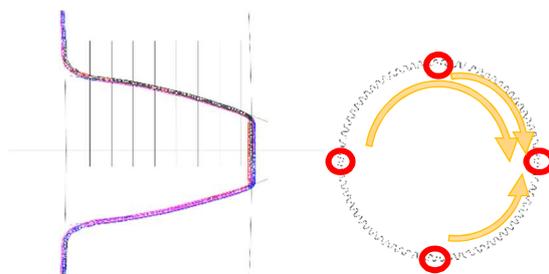


図3 歯形形状作成の様子

2. 3 加工工程の精度

ワイヤー放電加工は加工精度向上のため複数回の加工を実施することがある。そこで加工回数毎の精度を検証した。大局的な形状評価は、φ100mmの円筒穴の加工を行うことで検証し、局所的な形状評価については、歯車を加工、評価することで検証を行った。

2. 3. 1 ワイヤー放電加工

ワイヤー放電加工は、ワイヤー電極を用いて液中で加工物を溶解・除去しながら輪郭形状を加工するもので、材料硬度に関係なく高精度な加工ができる¹⁾。また、歯溝は曲率が大きく、径の細いエンドミルなどでは加工が難しい。そのため、本研究における歯車加工の方法としてワイヤー放電加工を選定した。

2. 3. 2 実験装置

本研究では、ファナック株製(型式:ROBOCUT α-C400iB)の放電加工機を使用した。使用したワイヤーは、材質が真鍮

で、 $\phi 0.25\text{mm}$ のものを使用した。図4に使用した放電加工機を示す。



図4 放電加工機

2.3.3 円筒穴の加工精度検証

円筒穴は $\phi 100\text{mm}$ とし、ワイヤー放電加工は1回~3回のカットを行ったものに対し、直径値及び真円度を評価した。

2.3.4 歯車の加工精度検証

加工した歯車を測定した形状データと設計値をCADソフトのImagewareを用いて形状評価を行い、歯車の加工精度の検証を行った。

3 結果及び考察

3.1 形状データ取得工程の精度検証

三次元測定機のスキヤニング測定において、スタイラス径及びスキヤニング速度を変化させマスターボールの測定を行った。

① スタイラス径の影響について
スタイラス径を変えた場合の断面形状及び真円度の測定結果を図5及び表1に示す。

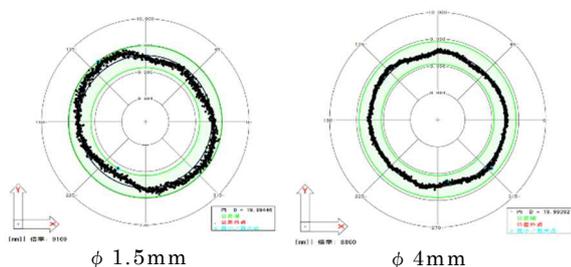


図5 各スタイラス径における断面形状

表1 各スタイラス径における真円度

スタイラス径[mm]	$\phi 1.5$	$\phi 4$
真円度[μm]	1.65	0.75

② スキヤニング測定速度の影響について
スキヤニング速度を変えた場合の断面形状及び真円度の測定結果を図6、7に示す。

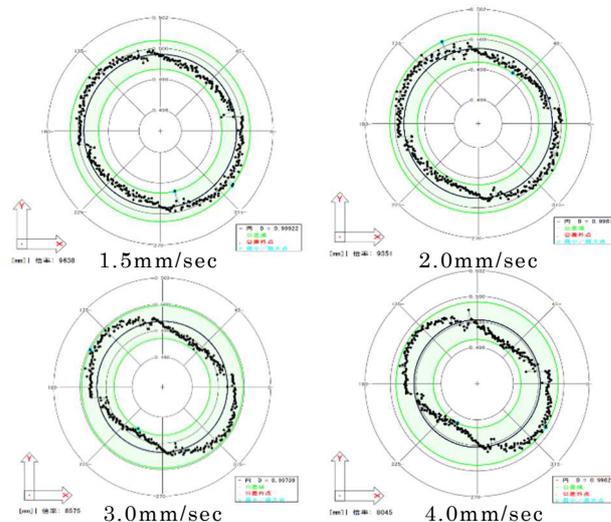


図6 各スキヤニング速度での断面形状

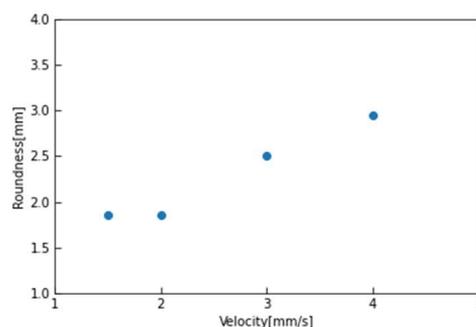


図7 各スキヤニング速度での真円度

スタイラス径を変化させた場合、本研究で使用した $\phi 4\text{mm}$ と $\phi 1.5\text{mm}$ のスタイラスでは、 $1\mu\text{m}$ 程度の測定精度の差が生じることが分かった。

また、スキヤニング速度を変化させた場合は、速度 2.0mm/s から速度の増加に伴って真円度が増加することが分かった。

3.2 設計データの作成

複数歯面の点群データから平均的で左右の歯面が対称な歯形形状を作成することが出来た。作成した歯車のCADデータを図8に示す。



図8 作成した歯車のCADデータ

3.3 円筒穴形状の加工精度評価

ワイヤー放電加工によりφ100mmで厚さ20mmの円筒穴のサンプルを製作した(図9)。加工精度検証のために円筒穴に対し上段,中段,下段の高さを変えた3断面の測定を行った。真円度と直径の結果を図10、11に示す。



(a)First_cut(b)Second_Cut(c)Third_cut
図9 円筒穴形状の加工をしたサンプル

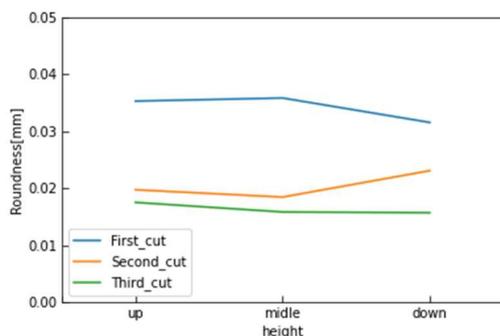


図10 真円度測定結果

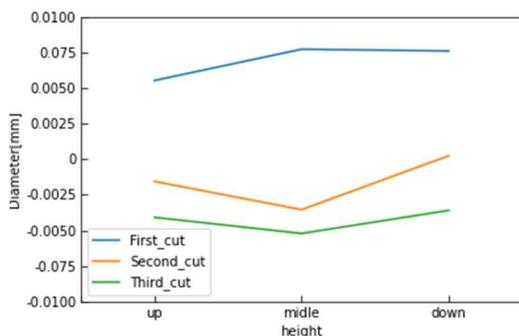


図11 直径値測定結果

結果から直径値で±0.01mm以内の誤差で加工できることが分かった。また、ワイヤー加工の回数を増やすことで真円度が良くなる程度を把握することが出来た。

3.4 歯車の加工精度評価

加工した歯車の形状と設計値について形状比較を行った。図12に形状データを取得した歯車及び加工した歯車、図13に形状比較した結果を示す。青色のオフセット

カーブが±0.01mmの目安である。



(a)測定対象の歯車 (b)加工した歯車

図12 歯車外観

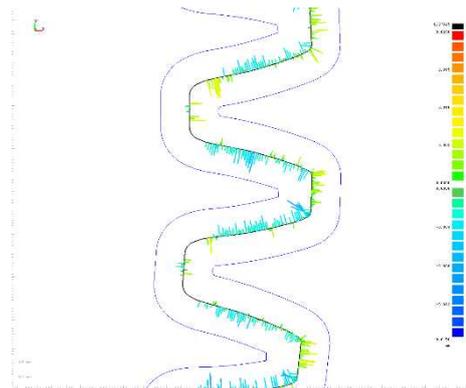


図13 設計値と歯車の形状比較

設計値との公差照合の結果、設計値に対しておよそ±0.01mm程の精度で加工が行えることを確認した。

4 まとめ

本研究では、部品再生技術を確立するため、各工程の精度検証を行った。結果は以下のとおりである。

- ・三次元測定機によるスキヤニング測定ではスタイラス径、スキヤニング速度を変えた場合の測定精度を定量的に示すことが出来た。

- ・φ1.5mmのスタイラスを用いてマスターボールを測定した場合、真円度が0.002mmの精度で測定できることが分かった。

- ・歯車の設計値は、測定した形状データにより作成し、複数の歯の平均的な形状を作成することが出来た。

- ・ワイヤー放電加工により円筒穴の加工を加実施した。ワイヤー放電加工を2回行った場合、真円度では0.02mm、直径値では±0.005mmで加工が出来た。

・歯車はワイヤー放電加工を2回行うことで設計値に対しおよそ $\pm 0.01\text{mm}$ で加工することが出来た。

本研究の効果としては、測定精度の検証を行い、三次元測定機のスキヤニング速度による精度の変化が定量的に分かったことで、依頼試験業務の効率化に役立てることができる。二次元形状を持つワークに対して、今回確立した測定から加工までの手法が適用できる。同様の相談や共同研究があれば対応が可能である。

三次元形状については、測定とその評価が今回の手法では行えない。そのため、非接触デジタイザやX線CTといった装置と三次元測定機を組み合わせた測定精度の検証が必要になるため今後は、それら装置の測定精度を検証し、部品再生の技術を確立させたい。

参考文献

1) ソディック放電加工教本編纂チーム.
放電加工入門. 第1版. 日刊工業新聞社. 2019年. 38p