

伝統技法とCNC加工による新たな家具製造手法の確立（第4報） 5軸CNC加工機による3次元加工の優位性

成瀬哲哉*

Integration of Traditional and Digital Technologies for Furniture Manufacturing (IV) The advantages of 3D machining using a 5-axis CNC milling machine.

NARUSE Tetsuya*

これまでの設計・製造手法では実現が困難であった新たな意匠や機能を有する木製家具・椅子を実現するため、伝統技術と最新のデジタル技術を融合した新たな家具設計手法の考案を試みている。

本年度の研究では昨年度に引き続き、導入した5軸CNC加工機の優位性を検証するために加工対象物に3軸加工と5軸加工を施し、加工時間及び加工の寸法精度や表面仕上げの品質をアーム式3Dスキャナーで検証した。

生産性の観点からは加工時間が短くなる3軸加工の方が優位であると考えられるが、5軸加工はCADデータの形状をより忠実に再現でき、その後の手作業の負担軽減につながると考えられた。

1. 緒言

「飛騨・高山の家具®」は、高品質な木材、優れたデザイン、及び熟練職人による高度な加工技術によって高級木製家具として高い評価を受けており、平成14年以降、「木製机・テーブル・椅子」の出荷額において岐阜県は全国1位を維持している。しかし近年は国内他産地の台頭や大手量産メーカーの品質向上により、市場競争が激化していることから、市場競争力を維持すべく高付加価値製品の開発が求められている。

さらに飛騨地域の木製家具産業においても、高品質な製品を製造するために不可欠な熟練職人の確保が困難となっている。この課題に対応するため家具産業では、5軸CNC加工機のような高度な機械の導入が進められており、職人と機械の協働による製品品質の向上が期待されている。

本研究プロジェクトでは、伝統技法と先端的なCNC加工技術を融合し、従来手法では実現が困難であった革新的なデザインや機能を備えた「飛騨・高山の家具®」の創出を目指している。

本年度の研究では昨年度に引き続き、導入した5軸CNC加工機の優位性を検証するために、加工対

象物に3軸加工と5軸加工を施し、加工時間及び加工の寸法精度や表面仕上げの品質をアーム式3Dスキャナーで検証したので報告する。

2. 5軸CNC加工機の優位性の検証

2.1 3軸CNC加工と5軸CNC加工の比較

昨年度は図1に示すような凸型形状のCADモデルを作成し図2に示すように積層合板の切削を行ったが、家具製造に即したCADモデルではなかったため、切削の効率を比較した場合に3軸加工の特性、5軸加工の特性の違いを明確にすることが難しかった。

そこで、本年度はより家具製造に即したCADモデルとして座面の座繰り形状と呼称される凹面構造のCADモデル(図3)を作成し、切削加工を行った。

図3をCAMソフト(ライコムシステムズ(株)AlphaCAM)を用いて加工パスを作成し、作成した加工パスを基に5軸CNC加工機(シンクス(株)型番:ZXH-1313F)を用いてラフィングエンドミル(直径16mm、送り速度2000mm/min、切削幅8mm)による荒加工のち、ボールエンドミル(直径20mm、送り速度2000mm/min、切削幅10mm)で同心円状(図4)にそれぞれ3軸加工による仕上げ加工、5軸加工による仕上げ加工を行った。

* 試験研究部

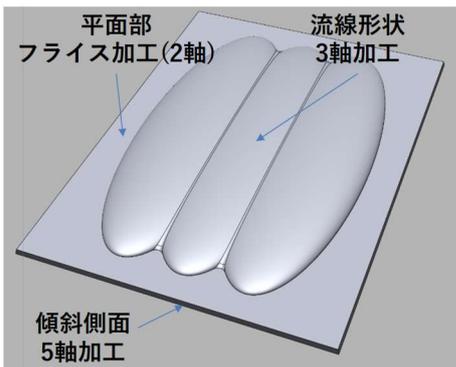


図1 昨年度の凸型形状のCADモデル



図2 積層合板の切削結果

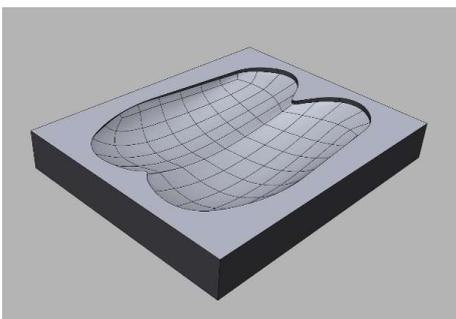


図3 CADモデル(座繰り形状)

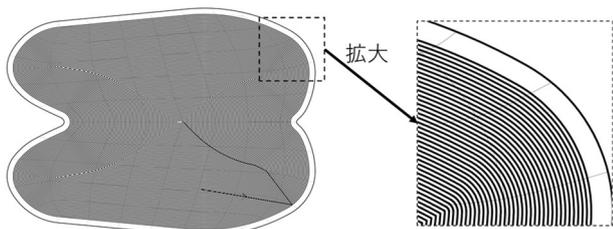


図4 加工パス拡大(同心円状)

図5に3軸加工の模式図、図6に5軸加工の模式図を示す。また、図7に3軸加工の加工シミュレーション結果、図8に5軸加工のシミュレーション結果を示す。

ボールエンドミル(直径20mm)による仕上げ加工部分は図7、図8ともに図中の紫色の部分で、3軸加

工は積層合板に対して垂直方向に切削工具が当たり、5軸加工ではCADデータの面に合わせて切削工具が当たる。



図5 3軸加工の模式図



図6 5軸加工の模式図

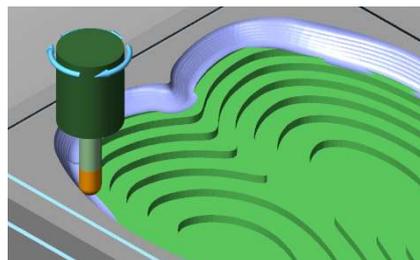


図7 3軸加工の加工シミュレーション結果

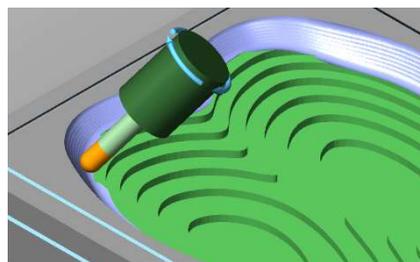


図8 5軸加工のシミュレーション結果

2.2 加工結果

図9に加工結果を示す。



図9 加工結果(左:3軸加工, 右:5軸加工)

加工部分の色の違いは合板に用いられている木材の色の違いである。

次に加工時間を表1に示す。

3軸加工と比較して5軸加工は仕上げ加工に約2倍の時間を要していることがわかる。

表1 加工時間

	荒加工	仕上げ加工	総加工時間
3軸加工	28min	37min	65min
5軸加工		78min	106min

2.3 加工精度の検証

3軸加工においては加工面に等高線状の加工痕が生じる。一方、5軸加工では3次元曲面に対して切削工具を適切に当てることが可能であるため、等高線状の加工痕は生じにくい。しかし、木製品の加工は金属加工等とは異なり、切削加工後に手作業による研磨が必要となることから、加工痕の状態は研磨作業の所要時間に影響を及ぼすと考えられる。そこで、本研究では、3軸加工および5軸加工における加工精度を検証する。

検証方法は3Dスキャナー（ファロージャパン(株)FARO Prizm+Quantum E V2 2.5m 7軸 8-Axisシステム）を用いて、加工された積層合板の3Dスキャンを行い、計測結果の3D点群データをCADデータに重ね合わせ、3D計測・検査ソフトウェア（(株)スリーディー・システムズ・ジャパンGeomagic ControlX）を用いてCADデータとの偏差を測定した。

図10に加工精度検証方法を示す。

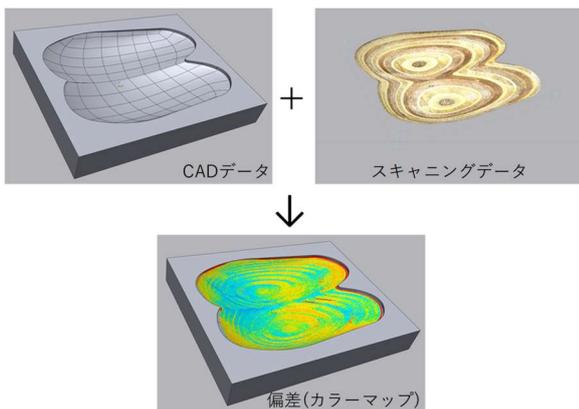


図10 加工精度検証方法

計測した3軸加工の偏差(カラーマップ)を図11に、5軸加工の偏差(カラーマップ)を図12に示す。カラーマップは濃い赤(偏差+0.3mm)～濃い青(偏差-0.3mm)となる。

図13に偏差+0.3mmから-0.3mm間の0.01間隔のヒ

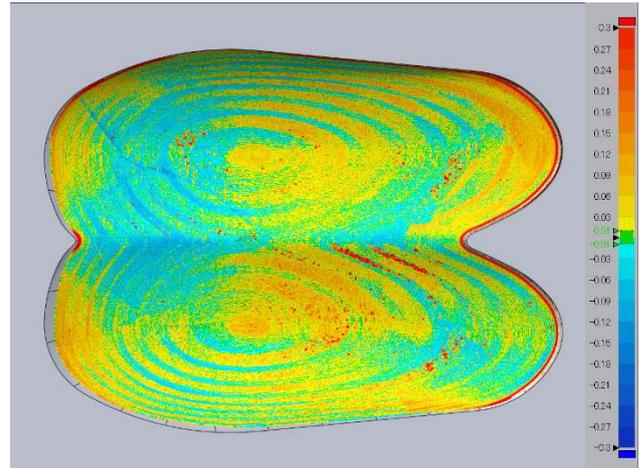


図11 3軸加工の偏差(カラーマップ)

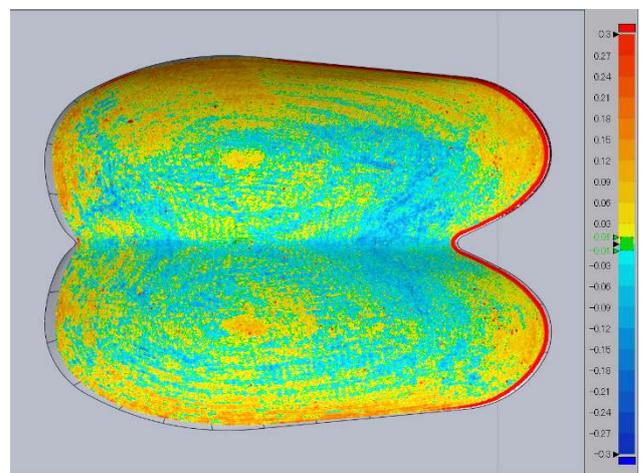


図12 5軸加工の偏差(カラーマップ)

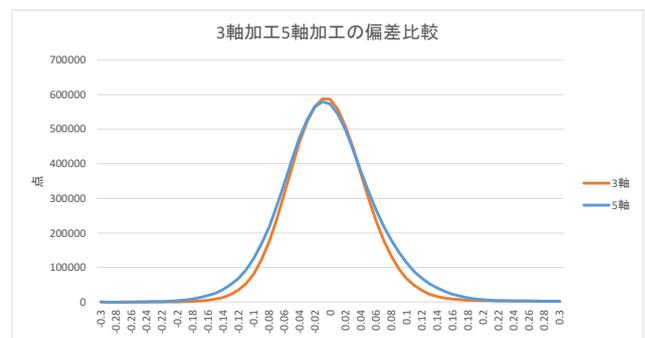


図13 偏差ヒストグラム

ストグラム(3軸加工と5軸加工の比較)を示す。

図13のヒストグラムより、偏差が-0.1～+0.1の範囲に収まっている点の割合は3軸加工の場合は95.3%、5軸加工の場合は91.1%とどちらの加工方法においても高い加工精度を有していることが読み取れる。また偏差のばらつきは3軸加工、5軸加工ともに似たような傾向を示しているが、図11、図12を比較すると3軸加工は5軸加工と比較して同

心円状にカラーマップの偏り・ムラが見られる。
この偏り・ムラを評価するため、CADモデルの断面におけるCADデータと測定データの偏差の評価を行った。

図14にCADデータの断面位置と形状を示す。

断面部の偏差のヒストグラムを図15に、断面部の偏差を図16、図17に示す。

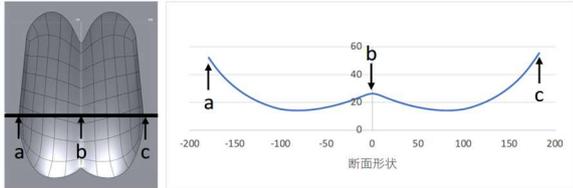


図14 断面位置

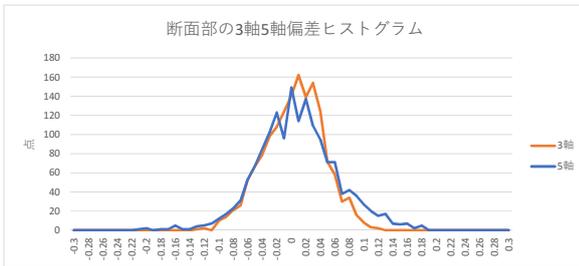


図15 断面部の偏差のヒストグラム

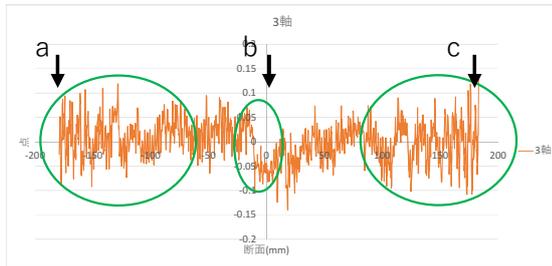


図16 断面部の偏差(3軸加工)

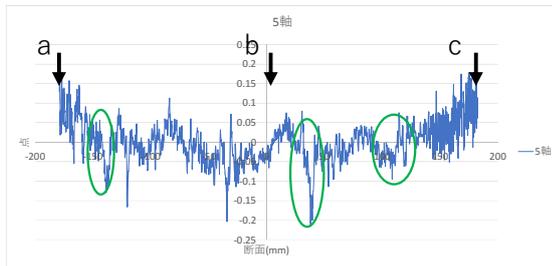


図17 断面部の偏差(5軸加工)

図15より、偏差のばらつきは全体での比較と同様に3軸加工、5軸加工ともに似たような傾向を示している。

しかし、断面方向の偏差を比較すると図16及び図17中の緑の円内のように3軸加工は5軸加工と比べて広い範囲で偏差の変化が大きく、加工面全体にムラが存在していることが読み取れる。

表面の切削加工後には、ランダムオービタルサンダー等を用いて手作業による表面の研磨作業が必要であるが、加工状況にムラがある場合は均質な面を仕上げる際の妨げになると考えられる。

2.4 検証結果

加工対象物に3軸加工と5軸加工を施し、加工時間及び加工の寸法精度や表面仕上げの品質をアーム式3Dスキャナーで検証した。

加工時間において5軸加工は3軸加工の2倍程度の時間を要しており、加工時間だけを考えた場合は生産性の低下につながると考えられる。

加工精度の検証結果では、CADデータとの偏差の傾向やばらつきは3軸加工と5軸加工は同程度であったが、切削加工後の手作業による表面の研磨作業の観点から偏差の状態を比較したところ、5軸加工は3軸加工よりも研磨作業が容易であると推測された。

3. まとめ

本研究では、導入した5軸CNC加工機の優位性を検証するため、加工対象物に対して3軸加工および5軸加工を施し、加工時間、寸法精度、ならびに表面仕上げの品質に関してアーム式3Dスキャナーを用いて評価した。

生産性の観点からは加工時間が短くなる3軸加工の方が優位であると考えられるが、5軸加工はCADデータの形状をより忠実に再現でき、その後の手作業の負担軽減につながると考えられた。

今後の課題として、生産性の面で3軸加工に対して不利と考えられる5軸加工において、3軸加工より5軸加工が優位性を持つ加工方法を模索する。それを基に、加工時間や仕上がり品質を含めて5軸加工の有効性をさらに検証し、その適用範囲を明確にする計画である。

参考文献

- 1) 成瀬哲哉, 伝統技法と CNC 加工による新たな家具製造手法の確立(第3報) 5軸 CNC 加工機による3次元加工の優位性, 岐阜県生活技術研究所研究報告, 26, pp. 10-12, 2024.