

伝統技法とCNC加工による新たな家具製造手法の確立（第1報）

新たな家具設計手法の提案

成瀬哲哉*

Integration of Traditional and Digital Technologies for Furniture Manufacturing (I)

New methods for furniture design

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た。

本年度研究では、他業界・他業種、特に自動車業界の製品設計・デザイン手法で実績のある「インダストリアルクレイによる形状試作」「3次元スキャナーによる形状測定・リバーエンジニアリング」といった手法を木製家具の製品設計・デザインに取り入れ、製品試作からCADデータ化までの一連の工程を効率化する手法を考案したので報告する。

1. 緒言

「飛騨・高山の家具®」は、良質な木材、優れたデザイン、熟練者による高い加工技術による高級木製家具として認知されており、平成14年以降、岐阜県は「木製机・テーブル・椅子」の出荷額は1位を堅持している。

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の向上が著しく、市場競争が激しくなっており、市場競争力のある高付加価値製品の開発が求められている。

本研究では、熟練者の伝統技法とCNC加工のような高度な生産設備が融合した新たな設計・製造手法を考案し、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「飛騨・高山の家具®」を実現することを目標としている。

令和3年度の研究においては、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を考案したので報告する。

2. 木製家具の設計手法

2.1 従来の木製家具設計手法

一般的な木製家具の製作工程はメーカーによっ

て工程に多少の違いや前後はあるものの、基本的には次のような工程で家具を設計・製造している。

- (1) 家具デザイナーによるアイディアスケッチ・コンセプトデザイン(アナログ、デジタル)
- (2) 家具モデラーによる試作品製作(アナログ)
- (3) CADデータ化(アナログ、デジタル)
- (4) (1)～(3)の工程を繰り返し、製品デザインを決定
- (5) 製品製造(アナログ・デジタル(限定的))

木製家具が長年、このような工程で設計・製造されているのは、工芸品として意匠性の高さを実現するため、「木工職人の高度な手加工が必要」「木材の切削加工性が高く手加工に向く」「大量生産ではなく多品種少量生産」であることが要因と考えられる。

2.2 従来の木製家具設計手法の課題

従来の木製家具設計手法では意匠性の高さを実現するため、(1)デザイン、(2)試作、(3)図面化の工程をある程度繰り返す必要があるが、これらの工程の繰り返しは開発スピードの低下を招いている。これは、「家具デザイナーのコンセプトや感性を取り込んだ試作が難しい」「木材が切削加工に向く一方で削りすぎた場合は修正が困難」「最終試作の絶妙なデザインラインを反映した図面化が難し

* 試験研究部

い」といったことが要因と考えられる。

一方、近年は製品の納期が短くなる傾向にあり、生産速度の向上がもたれているが、アナログ的な手加工中心ではこれらの課題を克服することは難しく、生産速度の向上にはCNC加工機等のデジタル生産技術の導入が必要である。

しかし、金属加工業界とは異なり、木製家具メーカーへのCNC加工機等のデジタル生産技術の導入は遅れているのが現状である。デジタル生産技術導入の遅れは、木工職人の手加工技術の高さも一因と考えられるが、短納期・人材不足に対応すべくデジタル生産技術の導入は必要と考えられる。

2.3 新たな家具設計手法の検討

2.3.1 アナログ技術とデジタル技術の融合

前項で挙げた課題の克服と「飛騨・高山の家具®」の市場競争力の向上を実現するためには、デジタル技術で可能なことはデジタル技術で代替し、デザイナーや木工職人はデジタル技術では代替不可能な創造的で高度なアナログ技術により専念することで、製品の高付加価値化、品質向上、生産速度の向上を図る必要がある。

そのためには、他業界・他業種では製品設計に効果を上げている手法を木製家具の製品設計にとり入れ、アナログ的技術とデジタル技術の融合を促進する必要があると考える。

例えば、自動車業界では近年のデジタル全盛時代においてもカーデザイナーやカーモデラーの感性を取り込むため、次のようなデジタル技術とアナログ技術を取り入れた工程¹⁻³⁾を経て最終デザインを決定している。

- (1) デザイナーによるアイディアスケッチ・コンセプトデザイン(アナログ、デジタル)
- (2) CG・CADデザイン(デジタル)
- (3) 3D CADデータを用い、実大クレイモデル製作(デジタル)
- (4) 実大クレイモデルの微妙なラインの修正(アナログ)
- (5) 3Dスキャンによる形状測定(デジタル)
- (6) CG・CADデザインの修正(デジタル)

感性に訴える意匠形状の設計という観点から、自動車のデザイン設計と木製家具、特に木製椅子のデザイン設計は親和性が高いと思われる。

2.3.2 インダストリアルクレイの活用

インダストリアルクレイは、45～65℃で軟らか



図1 インダストリアルクレイ(加温前)

くなり25℃以下ではある程度の硬度を有する合成粘土で、輪切り状または棒状のインダストリアルクレイを定温乾燥機等で温めて軟化させ、造形を行うことができる(図1)。

盛り付け作業・切削作業に適しており形状変更が容易であることから、意匠性の必要な工業製品の立体造形や実大模型(モックアップ)等の製作に用いられている。また、切削クズは集めて加温することで再利用できるサステイナブルな造形素材である。

前項で記述したように自動車業界ではデザイナーの感性を取り込むためにインダストリアルクレイを活用している。木製家具においても家具デザイナー、家具モデラーのコンセプトや感性を取り込むため、製品試作の段階でインダストリアルクレイを活用することは有用と考えられる。

2.3.3 3次元スキャナーの活用

3次元スキャナーは、測定対象物にレーザーやパターン光を照射し、反射時間や照射角度から測定対象物表面の3次元座標データを解析し高精度に取得する装置である。現在は製品形状の測定やCADデータとの誤差検査等、自動車業界をはじめとする製造業全般、建築業界、文化・芸術分野で広く用いられている⁴⁾。

前述したように、従来の木製家具設計手法ではコンセプトやアイディアスケッチを反映した試作や図面化が難しいといった点が課題となっているが、これは「試作」と「図面化・CADデータ化」を繰り返すうえで、手作業・手加工が多いことに起因する。

例えば、2D・3D CADから試作品を製作する際には、CNC加工機が無い場合は設計図面から外形のゲージや断面図の型紙を作製し、それを基にして木材を切削加工する必要がある。また、試作品をCADデータ化する際には、試作品の形状・寸法を自在定規やノギスを用いて手作業で測定し、CADデータ化する



図2 3次元スキャナー

る必要がある。

特にデザイン的な3次元曲面のある試作品の形状・寸法を手作業で正確に測定し、CADデータ化するのには非常に難しく手間のかかる作業である。

これらの課題を解決するためには、3次元スキャナーを活用し、インダストリアルクレイや木材で製作された試作品の形状を効率的かつ高精度に計測し、CADデータ化することが有用であると考えられる。

本研究ではデジタル技術を活用した新たな家具設計手法を開発すべく、ファロージャパン(株)製3次元スキャナー「FARO Prizm+Quantum E V2 2.5m 7軸+8-Axisシステム」(図2)を導入し、3次元形状測定に用いている。

2.4 新たな家具設計手法による試作とCADデータ化

2.4.1 インダストリアルクレイによる形状試作

インダストリアルクレイを用いて木製椅子(背もたれ・肘かけ部分)の試作を行った。

今回の試作では(株)トゥールズインターナショナル製インダストリアルクレイNS45E(45℃タイプ)を用いた。

デザインコンセプトは、木材では切削加工が難しい3次元的な捻れとエッジの組み合わせた形状としている。作業手順を以下に示す。

- (1) 骨組みの製作(図3左)
- (2) 背もたれ・肘かけ部分のアイディアスケッチ(図3右)
- (3) インダストリアルクレイ盛り付け(図4左)
- (4) スクレイパーやクレイ鉋による切削加工(図4右)

インダストリアルクレイを用いて製作した木製椅子(背もたれ・肘かけ部分)の試作品を図5に示す。数度の盛り付け・切削作業・微修正を行い、およそ1日程度で製作している。



図3 骨組み(左)、アイディアスケッチ(右)



図4 盛り付け(左)、切削加工(右)



図5 背もたれ・肘かけ部分試作

インダストリアルクレイは木材と比較して柔らかく、且つ木目が無い等方性の素材であることから切削が容易である。また、クレイ鉋や粗目やすり等の切削工具を使えることから、木工での手加工技術を応用することが容易である。このインダストリアルクレイの加工性の高さにより、試作品は木材では加工が難しい3次元的形状の滑らかな面と有機的なエッジで構成することが出来た。

このことから、インダストリアルクレイによる



図6 3次元スキャナーによる形状測定



図7 スキャンニングした試作椅子

試作は木製家具・木製椅子のデザイン・形状検討に適していると考えられる。

2.4.2 3次元スキャナーによる形状測定

前項で試作した木製椅子をファロージャパン(株)製3次元スキャナー、ソフトウェアは(株)スリーディー・システムズ・ジャパン製Geomagic Design Xを用いて計測した。

背もたれ・肘掛け部分の計測時間はおよそ20分程度であった。計測風景を図6に、スキャンニングした試作椅子を図7に示す。

2.4.3 リバースエンジニアリング(CADデータ化)

リバースエンジニアリングとは、コンセプトデザインを基にしたクレイモデルや、2D・3D CADが存在しない製品などの形状データを3次元スキャナーで測定し、解析結果を基にCADデータ化することである。

前項で3次元スキャナーを用いて測定した木製椅子の3次元座標データを(株)スリーディー・システムズ・ジャパン製Geomagic Design X及び

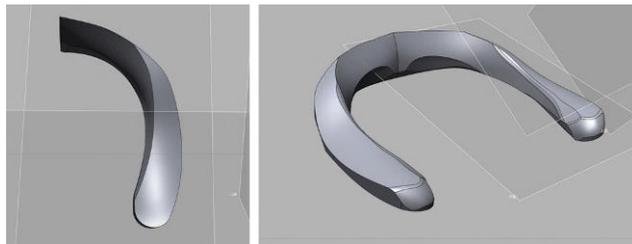


図8 背もたれ・肘掛けのCADデータ



図9 座ぐり座面の形状試作

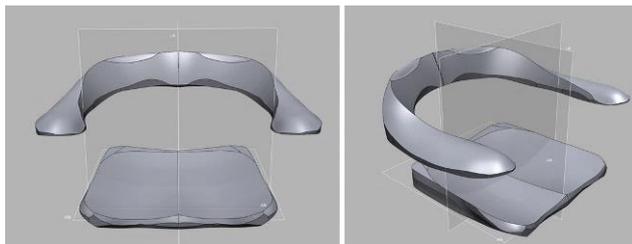


図10 背もたれ・肘掛・座面形状の検討

Geomagic Controll Xを用いてCADデータ化を行った。図8に背もたれ・肘掛けのCADデータを示す。リバースエンジニアリングにかかった時間はおよそ8時間程度であるが、スキャンニング作業、ソフトウェアの習熟を進めることでより短時間でCADデータ化が実現できると考えられる。

2.4.4 座ぐり座面の形状試作

座ぐり座面は木製椅子の板座において主に座り心地の向上を目的に臀部形状を模した凹面形状に加工した座面のことである。その形状は座り心地だけでなく意匠性もあることから、形状や彫りの深さなどデザイン決定までに検討が繰り返される部分である。

インダストリアルクレイは盛り・削りが容易な素材であることから、座ぐり座面の形状試作とリバースエンジニアリングを試行した(図9)。

また、前述の背もたれ・肘掛けのデータとあわせ、デザイン検討を行っている(図10)



図11 座面、背もたれ形状の変更検討

2.4.5 座面、背もたれ形状の変更検討

設計図が無い椅子のCADデータ化と形状検討のため座面と背もたれ(背板・背柱・笠木)の試作とリバースエンジニアリングを試行した(図11)。

2.4.6 新たな家具設計手法の有用性

新たな意匠や機能を有する木製家具・椅子を実現すべく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するため、自動車業界の製品設計・デザイン手法で実績のある「インダストリアルクレイによる形状試作」「3次元スキャナーによる形状測定・リバースエンジニアリング」といった手法を木製家具の製品設計・デザインに取り入れた。

「インダストリアルクレイによる形状試作」は、インダストリアルクレイの加工性の高さと木工の手加工技術の応用により、試作品製作のスピード向上に寄与すると考えられる。

また、「3次元スキャナーによる形状測定・リバースエンジニアリング」は、インダストリアルクレイでデザインコンセプトを実現した試作品の形状測定とCADデータ化を実施した。

これにより、製品試作からCADデータ化までの一

連の工程を効率化出来ると考えられる。

3. まとめ

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た。

本年度研究では、他業界・他業種、特に自動車業界の製品設計・デザイン手法で実績のある「インダストリアルクレイによる形状試作」「3次元スキャナーによる形状測定・リバースエンジニアリング」といった手法を木製家具の製品設計・デザインにとり入れることで、製品試作からCADデータ化までの一連の工程を効率化する手法を考案することが出来た。

参考文献

- 1) Ford News Europe: Inside Ford's Clay Modeling Studio, <https://www.youtube.com/watch?v=APNgS33HT3Y>, 2021年9月参照
- 2) 稲垣宗彦: デジタル全盛時代でも車の設計に粘土を使う理由: トレンド・ウォッチ from 日経トレンディ, 日経ビジネス, <https://business.nikkei.com/atcl/report/16/030800018/112900428/>, 2021年9月参照
- 3) グーネットマガジン編集部: クルマの美しいラインは、精巧なクレイモデルから生まれる, <https://www.goo-net.com/magazine/cartopic/entertainment/38279/>, 2021年10月参照
- 4) 一般財団法人三次元スキャンテクノロジー協会: 3D スキャンにまつわるコラム 第1回3D スキャンとは, <https://3dst.org/column/1-2>, 2022年1月参照