

県産木材製家具の製造における強度向上技術及び加飾技術の開発（第3報）

—デジタルツールを活用した立体形状設計の効率化の検討—

生産技術部

佐藤彰 辛川洋介

諸富家具産地では、県内の森林資源であるスギ材やヒノキ材といった針葉樹の活用が進められている。しかしながら、これらの針葉樹は、特有の木目や質感、色調が意匠の幅を広げる上での制約となっていることから、意匠性を高める木材表面の塗装技術および加飾技術の開発が求められている。本報では、家具の表面加飾技術としてデジタルツールの活用に着目し、検討を行った。具体的には3DCADで作成した複数の三次元自由曲線に基づくNC切削加工を行い、形成された自由曲面を組み合わせることで複雑な立体形状を作成できることを確認した。さらに、複雑な立体形状の設計効率を高めるため、パラメータとアルゴリズムを用いたビジュアルプログラミングツールを活用し、自由曲面形状上により微細で複雑な立体形状を作成・編集する手法について検討した。その結果、これらの複雑な形状を効率的に作成・編集できることを確認した。また、これらの手法を用いて表面加飾を施した立体サンプルおよび家具のCGプロトタイプを作成した。

1. はじめに

諸富家具産地では、地域資源である県産木材のスギ材やヒノキ材などの針葉樹を活用した家具づくりが進められている。しかしながら、これらの針葉樹は、広葉樹と比較して強度が低いため、多くの消費者やデザイナーが求める、細い部材や少ない部材で構成された形状に対応することが難しい。

また、針葉樹特有の木目や質感、色調は、意匠の幅を広げる上での制約となっており、多様な意匠の家具を展開する上での課題となっている。そのため、意匠性を高める木材表面の加飾技術および塗装技術の開発が求められている。

このような背景から、本研究では、強度向上技術と表面加飾技術、塗装技術の開発に取り組んでいる。本報では、3DCADやNC切削加工機などを活用して木材表面に精緻で複雑な立体形状を作成する新たな表面加飾技術の開発に取り組み、加えて立体形状設計の効率化について検討した結果を報告する。

2. 三次元の自由曲線を用いた表面加飾

前年度の研究¹⁾において、加工時間の短縮や加飾パターンの多様化を目的に、3DCADで作成した三次元自由曲線に沿ったNC切削加工により、立体形状の作成が一本のカッターパスだけで実現可能であることをCAMによるシミュレーションで確認した。

本年度はこの手法を応用し、3DCADで複数の三

次元自由曲線を作成し、一種類の刃物（丸面 φ30mm）のみを使用して複雑な立体形状を作成した。図1に三次元自由曲線を、図2に立体形状の3DCADデータを示す。また、CAMで作成した三次元自由曲線のカッターパスに基づき人工木材（RAMPF社製 RAKU® TOOL MB-0720）をNC切削加工した立体サンプルを図3に示す。

これらの試みの結果、一種類の刃物でも複数の三次元自由曲線を用いることで、複雑な立体形状の表面加飾が可能なが分かった。また、加工工程の簡素化により、製作コストの低減が期待できる。家具の引出し前板に立体形状の表面加飾を施したCGプロトタイプを図4に示す。

3. 複雑な立体形状設計の効率化の検討

3DCADによる従来の立体形状の設計では、形状の作成段階から形状の修正や変更、他アイテムへの転用に至るまで、手作業が多く大きな労力を要する。

そこで本年度は、パラメータとアルゴリズムを用いるビジュアルプログラミングツールを活用し、複雑な立体形状の設計において、容易かつ即時に形状の作成や修正・変更が行える手法について検討を行った。

3.1 自由曲面形状の設計

3DCADで自由曲面形状を設計する際は、基本的に複数の自由曲線を作成・配置し、隣合う曲線を補

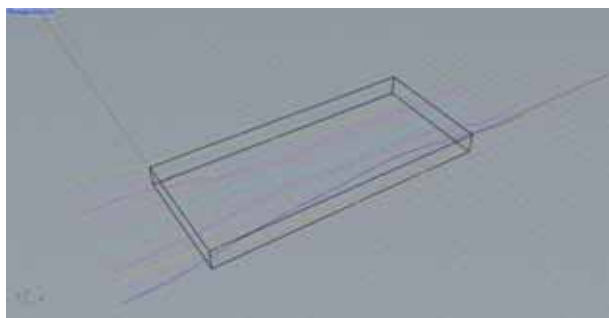


図1 3DCAD で作成した三次元の自由曲線



図2 三次元の自由曲線を基に作成した立体形状の3DCAD データ



図3 NC 切削加工した立体サンプル



図4 自由曲面形状を施した家具のCGプロトタイプ

間接続することで自由曲面形状を作成していく。したがって、元となる自由曲線を変更すると、自由曲面形状を作成するまでの作業を初めからやり直す必要があり、意図する面形状を得るには多くの労力を要する。

そこで、3DCAD ソフトウェアである Rhinoceros (Robert McNeel & Associates 社製) とビジュアルプログラミングツール (ノーコードプログラム) である Grasshopper を用いて設計作業の効率化を図る。

形状の特徴を決める構成情報を選定して変数とし、これらをパラメータとしたアルゴリズムを自由曲面形状の作成に適用する。図5に本設計手法の流れを示す。

- ① 自由曲線の構成点の座標を設定
- ② 構成点に基づく自由曲線を作成
- ③ 自由曲線の特長 (始点・終点, 次数, 制御点数, 接線方向など) を設定
- ④ 自由曲面形状作成の条件 (面を構成する曲線の曲率, 次数, 制御点数, 接続補間方法など) を設定
- ⑤ 自由曲線から自由曲面形状 (サーフェス) を作成
- ⑥ 最終的な立体形状を作成

この設計手法により、パラメータを変更するだけで自由曲面形状を即時に修正・変更することが可能となる。サンプルとして作成した自由曲面形状の3DCAD データを図6に示す。

3.2 自由曲面形状上に立体形状を作成する設計

自由曲面形状上に複雑な立体形状を作成する作業は、手作業では非常に困難である。そこで、自由曲面形状の構成情報に基づき、自由曲面形状上に連続する立体形状を作成する設計手法を検討した。具体的な手順を図7に示す。

- ① 自由曲面形状を作成 (図5の作成フロー)
- ② 自由曲面形状を分割する割合の階調 (数列の初項・公差・項数, 値の範囲など) を設定
- ③ 自由曲面形状を分割する自由曲線を作成
- ④ 自由曲面形状を分割
- ⑤ 分割した自由曲面形状上に作成する立体形状の概形を作成
- ⑥ 立体形状の条件 (分割曲面の境界線, 頂点, 中心点, 法線方向, 変形方法, 変形量など) を設定
- ⑦ 各パラメータが連動
- ⑧ 自由曲面形状上に立体形状を作成

このように自由曲面形状の構成情報を変数としたパラメータとアルゴリズムによって、分割した自由曲面形状に連動した複雑な立体形状を自動的に作成することができる。

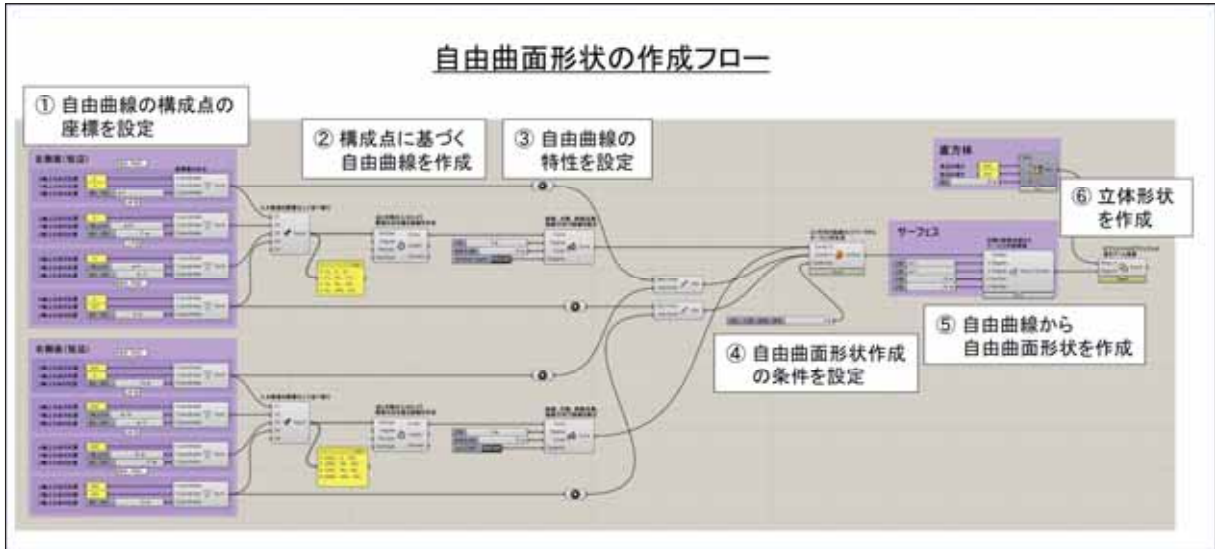


図5 設計した手法（自由曲面形状の作成）

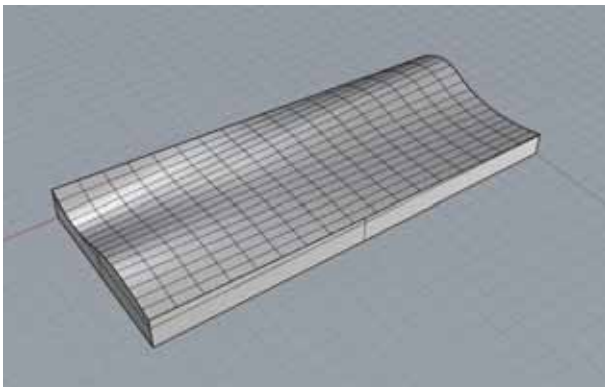


図6 自由曲面形状の3DCAD データ

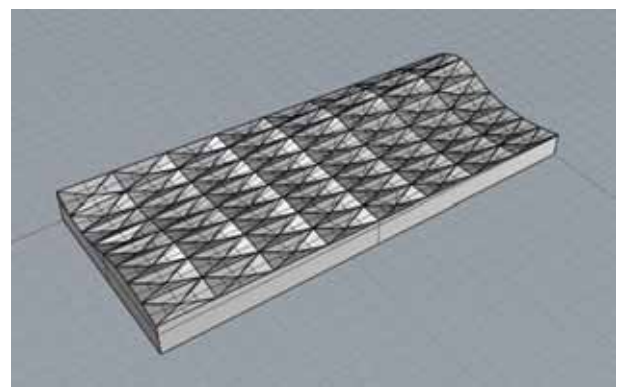


図8 自由曲面形状上に施した立体形状の3DCAD データ

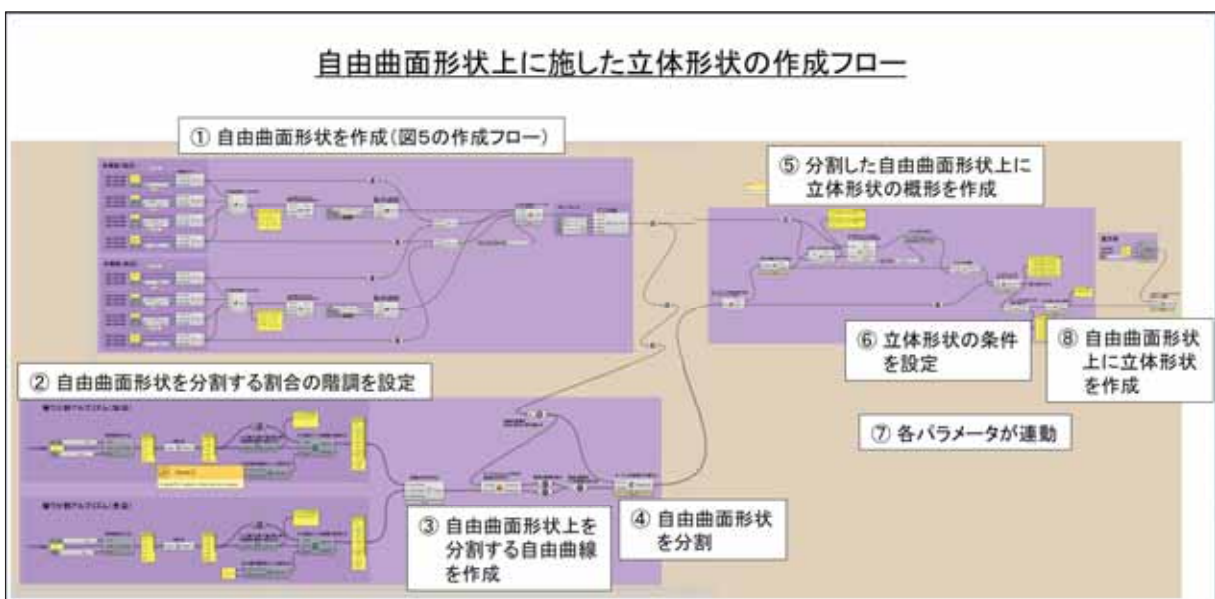


図7 設計した手法（自由曲面形状上の立体形状の作成）

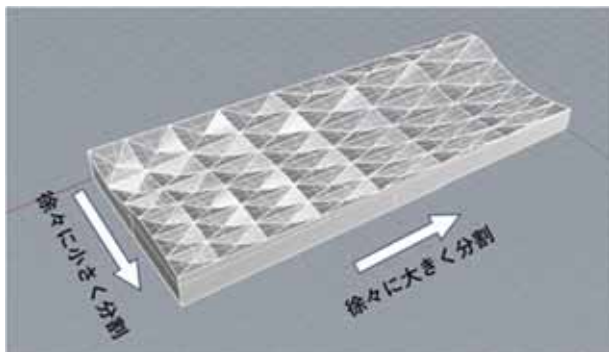


図9 自由曲面形状上に複雑な立体形状を作成した3DCAD データ

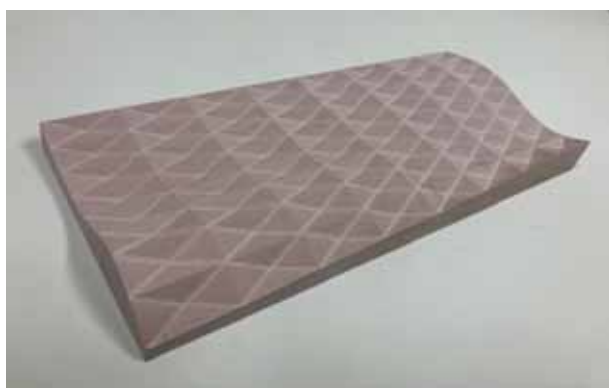


図10 NC 切削加工した立体サンプル



図11 自由曲面形状上に立体形状を編集した表面加飾を施した家具のCG プロトタイプ

この設計手法により、パラメータの変更に応じて、自由曲面形状の作成と分割、ならびに自由曲面形状上により微細で複雑な立体形状の作成・編集を同時かつ即時に行うことが可能となった。図8に自由曲面形状上に複雑な立体形状を作成した3DCAD デー

タを示す。また、図9に自由曲面形状上に作成する立体形状の分割幅を変化させた3DCAD データを、図10にCAD データを活用してNC 切削加工した立体サンプルを示す。さらに、図11に複数の立体形状を組み合わせて作成した表面加飾を家具の前板に施したCG プロトタイプを示す。これらの手法で作成した立体サンプルおよびCG プロトタイプについては、諸富デザインセンターにて展示し、県内企業への技術支援に活用している。

4. おわりに

本研究では、デジタルツールを家具の表面加飾に活用する技術の検討を行った。

その結果、3DCAD で作成した三次元自由曲線に基づくNC 切削加工によって得られる自由曲面を複数組み合わせることで複雑な立体形状を作成可能であることを確認した。

また、3DCAD 上での複雑な立体形状の設計効率を高めるため、パラメータとアルゴリズムを用いたビジュアルプログラミングツールであるGrasshopper を活用することで、自由曲面形状の作成・編集や、その曲面形状上に複雑な立体形状の作成・編集がパラメータを変更するだけで効率的に実施可能であることを確認した。

さらに、3DCAD データを活用してNC 切削加工した立体サンプルや家具のCG プロトタイプを作成し、展示することで本研究成果の普及を図っている。

本手法を活用することにより、設計プロセスの可視化やデータの保存、他者との共有が容易になり、従来は多くの労力を要していた3DCAD による複雑な形状の作成・修正・変更・編集作業の効率化が図られるとともに、様々な製品の表面加飾に応用展開することが期待できる。今後は、これらの設計手法のさらなる改善を図り、県内企業において、実製品への展開および普及に向けた取り組みを進めていく予定である。

参考文献

- 1) 辛川洋介, 佐藤彰: 県産木材製家具の製造における強度向上技術及び加飾技術の開発(第2報) 令和5年度佐賀県工業技術センター研究報告書, No.32, p.51-54