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）

生産技術部
辛川洋介　佐藤彰

諸富家具産地で使用されている広葉樹を中心とした輸入木材は，安定した入手が困難になってきており，県内で安定した供給が見込める針葉樹のスギ材とヒノキ材のさらなる活用が求められている．しかし，これらの針葉樹は広葉樹に比べ強度が低く，木目や色調が消費者に好まれない傾向がある．そこで，本研究では，県産木材製家具の強度を向上させる接合技術の開発と意匠性を向上させる切削加工や塗装等による表面加飾技術の開発に取り組む．昨年度に実施した椅子の 3DCAD データを用いた CAE 解析により，負荷が大きかった部位である後脚と側座枠の接合部及び接合部上部の後脚部の強度を確保するため，スチール金具で補強した効果を検証した結果，接合部の強度向上が確認できた．また，表面加飾として 3DCAD でモデリングした立体形状を NC 加工機で切削する試みでは，自由曲面を含む精緻で複雑な立体形状の切削試験を行い，スギ材とヒノキ材ともに切削可能であることを確認した．さらに，レーザー加工及び NC 切削による直線や曲線を基調とした表面加飾サンプルを製作し，産地企業に提案した．

1. はじめに

諸富家具産地で使用されている木材の約９割は広葉樹を中心とした輸入木材であるが，世界的な木材需要の高まりや輸送コストの上昇などから，価格の高騰が続いている．また，海外における木材資源の枯渇対策により，輸出や違法伐採規制が強化されるなど，将来的にもこれまでのような安定した輸入木材の入手は難しい状況にある．一方，県内にはスギやヒノキといった森林資源があり，安定した供給が見込まれることから，諸富家具産地では県産木材のさらなる活用が求められている．しかしながら，針葉樹であるスギ材やヒノキ材は，広葉樹に比べ強度が低いため，多くの消費者やデザイナーが求める細い部材で構成された形状や少ない部材で構成された形状に対応できない．また，特有の木目や質感，色調は,広葉樹に比べ消費者に好まれない傾向がある．

そこで，本研究では，家具の中で最も強度が要求される「椅子」を対象に，県産木材製家具の強度を向上させる接合技術の開発に取り組む．併せて，県産木材の意匠性を向上させる切削加工や塗装等による表面加飾技術の開発に取り組む．

本年度は，椅子の接合部をスチール金具で補強することで接合強度が向上するかを確認するため，試験体による荷重試験を実施した．また，新たな加飾方法として自由曲面を含む精緻で複雑な立体的な幾何学形状を 3DCAD でモデリングし，NC 加工機による切削加工（以下 NC 切削という）をスギ材とヒノキ材に施した．さらに，レーザー加工による加飾，NC 切削による直線や曲線を基調とした表面加飾サンプルを製作し切削面の状態を確認した．

2. 椅子の強度向上技術の開発

諸富家具産地では， 小学校，中学校，高等学校などで使用する児童・生徒用椅子をスギ材やヒノキ材で製造しているが，比較的細い部材や少ない部材で構成されるシンプルなデザインのダイニングチェア等については，強度面の不安から，長年の製造実績や経験のあるオーク材やビーチ材が使用される場合が多い．そこで，スギ材に比べ強度が高いヒノキ材を使用して，スチール金具で補強した試験体を製作し荷重試験を実施した．また，スチール金具による補強がない試験体をヒノキ材とオーク材で製作し同様の試験を行って強度（耐荷重）を比較した．

2.1 試験体による荷重試験

諸富地区でよくみられる椅子の構造の中で，負荷が大きい部位を再現したＴ字型の試験体を用いて荷重試験を実施した結果，椅子の材料として多用されているオーク材に比べヒノキ材は 63.3％の強度であることを昨年度に確認した[1)]．

試験体に用いた木材は，諸富家具産地で使用されているものと同等で，含水率は，ヒノキ材が平均 15.22％（木材水分計設定条件：樹種ヒノキ（比重 0.36），

厚さ 27 mm，水分補正 0，温度補正 AUTO），オーク材が平均 3.60%（木材水分計設定条件：樹種レッドオーク（比重 0.66），厚さ 27 mm，水分補正 0，温度補正 AUTO）であった．含水率の測定には株式会社ケツト科学研究所製の木材水分計（型式 HM-520）を使用した．

荷重試験は福岡県工業技術センターインテリア研究所の協力を得て実施した．試験機は，オートグラフ材料試験機（株式会社島津製作所製，形式 AG-X）を用い，荷重速度は 3 mm/min に設定した．図 1 に試験体の形状と寸法を，図 2 に試験の様子を，図 3 に荷重試験の結果を示す．その結果，補強なしヒノキ材の平均耐荷重は 477.3N であった．オーク材は 639.7N であり，昨年度に実施した試験結果とほぼ同様に，ヒノキ材はオーク材の 68.8%の強度であった．また，補強したヒノキ材の試験体の平均耐荷重は 1185.9N で補強なしヒノキ材の 2 倍以上，補強なしオーク材の約 1.7 倍の強度であった．これらの結果から，スチール金具で補強することでヒノキ材の接合強度が大幅に向上することがわかった．

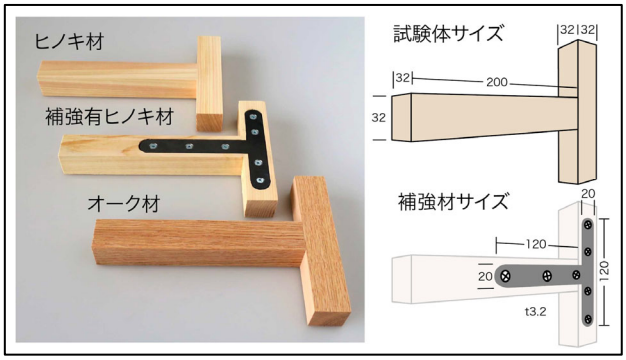

図 1　試験体の形状と寸法

図 2　材料試験機による荷重試験の様子

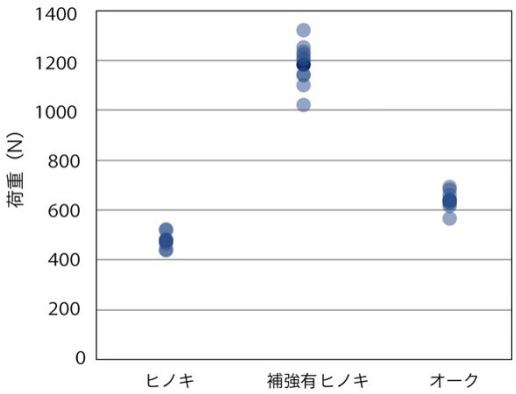

図 3　荷重試験の結果

3. 意匠性向上のための加飾技術の開発

国産木材のスギ材やヒノキ材は，特有の木目や質感，色調から和のイメージが強く，洋風家具が主流となっている現在の家具市場ではあまり利用されない傾向にある．県産木材も同様であり，意匠性の向上を図る必要がある．そこで，表面加飾の方法として，3DCAD を活用した自由曲線を含む精緻で複雑な NC 切削，直線や曲線を基調とした NC 切削，レーザー加工による加飾，塗料の種類や塗装前研磨の有無による違いについて検討した．

3.1 3DCAD を活用した表面加飾の検討

昨年度は，NC 切削により直線と平面で構成された精緻で複雑な立体形状を木材に施した際の品質を評価した．その結果，全ての材種で欠損や割れが生じることなく NC 切削を行うことが可能であること，また，工具によるナイフマークが残らない切削面を実現できることを確認した[1)]．

本年度は，自由曲面を含む精緻で複雑な立体形状の NC 切削における品質の評価を行った．昨年度に実施した直線と平面で構成された立体形状の切削品質と比較するため，図 4 に示す自由曲面を含む立体的な連続する幾何学形状を 3DCAD でモデリングし，同様にスギ材，ヒノキ材及びオーク材に対して NC 切削を行った．

その結果，全材種において欠損や割れがなく切削が可能であることを確認した．さらに，自由曲面においても全ての樹種で工具によるナイフマークが残らない滑らかな切削面を得られたことから，自由曲面の加工でも同様の品質が得られることが分かった．図 5 に NC 切削による表面加飾の一例を示す．

また，NC 切削による加工時間の短縮と加飾パターンの多様性を確保するため，CAD 上で制作した三次元の自由曲線に沿った NC 切削について検討した．図 6 に示す三次元の自由曲線に沿った立体形状の加工について，CAM によるシミュレーションを行った結果，図 7 に示すように一本の三次元自由曲線のカッターパスだけで NC 切削が可能であることが分か

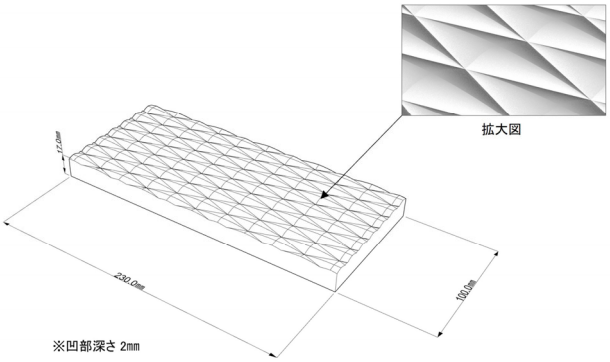

図 4　モデリングした形状データ

図 5　NC 切削の一例（スギ材）

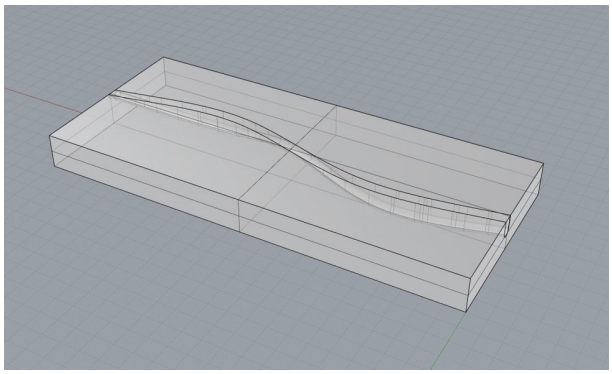

図 6　モデリングした自由曲線を基にした三次元の立体形状

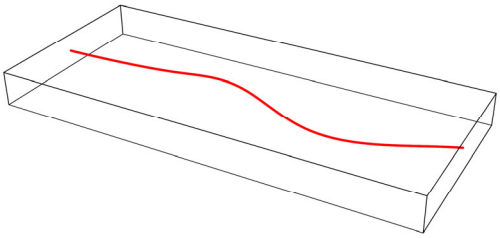

図 7　抽出した三次元の CAM パスの自由曲線

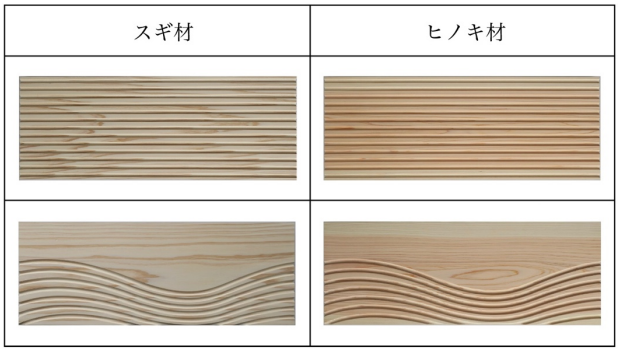

図 8　NC 切削の一例

った．走査線や等高線のような多数のカッターパスを必要とする立体形状の NC 切削と比較して，図 6 のような立体形状であれば，カッターパスの制作を簡素化することができ，加工工数が減ることで加工時間の短縮とコスト削減効果が得られると考えられる．また，複数のカッターパスを組み合わせて NC 切削することで，容易かつ効率的に多様な表面加飾を施すことが可能になると期待できる．

3.2 汎用の NC 切削による直線，曲線を基調とした表面加飾

県内の家具関連企業に広く普及している汎用の二次元 NC 加工機や溝加工専用ルータ加工機で容易に加工できる直線や曲線を基調とした二次元の切削加工により，図 8 に示す表面加飾のサンプルを製作した．直線や曲線の切削加工において，スギ材とヒノキ材それぞれに部分的に毛羽立ちが観察されたが，人の手による研磨で比較的容易に塗装前処理として適当な仕上りとなることを確認した．

3.3 レーザー加工による表面加飾

レーザー加工機も，県内家具関連企業に広く普及していることから，レーザー加工による表面加飾のサンプルを製作した．古くから衣類や陶磁器，建具等の調度品に用いられてきた日本の伝統文様を中心に，スギ材とヒノキ材で，図 9 に示す加飾サンプルを製作した．レーザーが照射された周辺で部分的に焦げが観察されたが，人の手による研磨，表面自動研磨装置等で容易に塗装前処理として適当な仕上りとなることを確認した．

3.4 塗装による表面加飾

昨年度に製作した直線と平面で立体的に構成した連続する幾何学形状の加飾サンプルを使用して，塗装前の研磨の有無と塗料の種類による仕上りの違いを比較した．ここでは細部研磨用の研磨布で軽く研磨したものと研磨していないものについて，ウレタン塗装とオイル塗装によるサンプルを製作し比較し

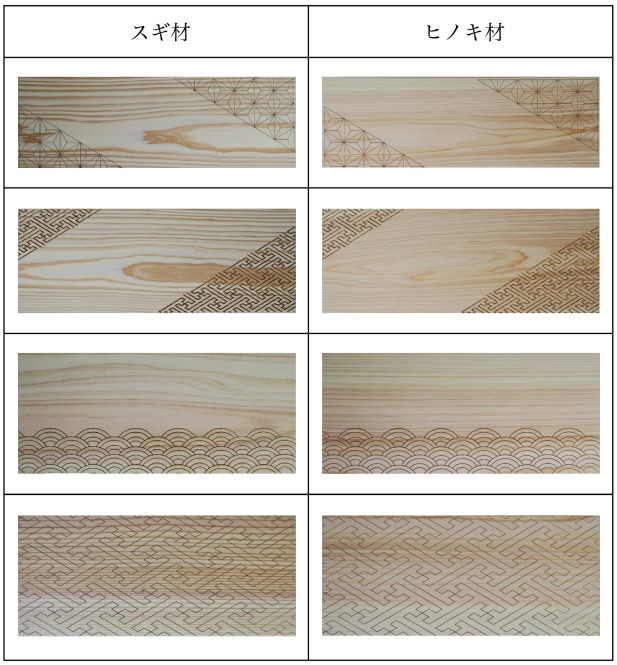

図 9　レーザー加工の一例

た（図 10）．目視による観察の結果，ウレタン塗装では研磨したものの方が凹凸形状が鮮明に見える仕上りとなった．一方，オイル塗装では目立った差異はみられなかった．

4. おわりに

県産木材製家具の強度向上技術の開発において，椅子の接合部にスチール金具による補強を施すことが接合強度の向上につながるかを確認するために，試験体による荷重試験を実施した．その結果，補強ありのヒノキ材は補強なしのオーク材の約 1.7 倍に強度が向上することが分かった．今後，最も負荷がかかる椅子の接合部位をスチール金具で補強し，JIS 規格で定められた強度試験等を実施することで実用化の可能性を検討する．

意匠性向上のための加飾技術の開発において，自由曲面を含む精緻で複雑な立体形状を表面加飾として木材に施すため，3DCAD データを用いた NC 切削を試みた．その結果，NC 切削が可能であり，滑らかな切削面が得られることを確認した．また，3DCAD 上で三次元の自由曲線のカッターパスを制作することで NC 切削が可能であることを CAM によるシミュレーションで確認した．複数のカッターパスを組み合わせることで，容易かつ効率的に多様な表面加飾を施すことが可能になると期待でき，3DCAD を活用した形状設計技術について引き続き検討していく．

図 10　作製した立体加飾への塗装サンプル

さらに，県内の家具関連企業に広く普及している汎用の二次元 NC 加工機や溝加工専用ルータ加工機で容易に加工できる表面加飾のサンプルやレーザー加工機による日本の伝統文様を中心とした表面加飾のサンプルを作製した．加えて，昨年度に製作した直線と平面で立体的に構成した連続する幾何学形状の加飾サンプルに，ウレタン塗装とオイル塗装をしたサンプルを製作した．これらの加飾サンプルは，家具関連企業に提示することで今後の製品開発の参考としてもらい，県産木材製家具の開発促進に繋げる予定である．

最後に，本研究を実施するにあたり各種試験にご協力いただいた福岡県工業技術センターインテリア研究所に深く感謝いたします．

参考文献

1) 佐藤彰，辛川洋介，平倉茜：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 1 報）令和 4 年度佐賀県工業技術センター研究報告書，No. 31, 57-60（2022）