

ISSN 1344-896X

令和 5 年度

岐阜県生活技術研究所研究報告

REPORTS OF THE GIFU PREFECTURAL
RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN LIFE TECHNOLOGY

No.26

2024

岐阜県生活技術研究所

岐阜県生活技術研究所研究報告 目次

試験研究部 研究報告

木材の質感を伝達する製品提案手法の開発と家具製品への応用（第5報） 木質系材料の印象評価における刺激呈示条件の影響 山口穂高・藤巻吾朗・長田剛和・木内龍彦	1
木材の質感を伝達する製品提案手法の開発と家具製品への応用（第6報） 無垢材の厚みの違いが視覚的・視触覚的な印象に与える影響 山口穂高・藤巻吾朗	6
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 成瀬哲哉	10
製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化（第3報） 硬軟感と反発感を伝達するためのアニメーションの設定条件 藤巻吾朗・山口穂高・関範雄	13
繰り返し衝撃に対する椅子の接合強度向上の研究（第2報） 隅木の寸法変化が接合部の鉛直方向の強度に与える影響調査 森茂智彦・沼澤洋子	18
表面模様からの木材硬さ推定に関する研究（第2報） 関範雄・藤巻吾朗・山口穂高・三井勝也	21
地域材利用に向けた曲げ木工程条件の提示（第2報） 圧縮強度と圧縮しわの関係 石原智佳	26
飛騨地域家具製造業向けの木材データベースの構築（第1報） 木材・木質材料の吸放湿特性のデータベース作成 三井勝也	29
超音波伝播法による木材の非破壊評価（第1報） 今西祐志	32

オーク突板化粧材の変色抑制技術の開発 木材含水率および基材の影響 伊藤国億	・ ・ ・ ・ ・ 35
小径広葉樹材の有効利用技術の開発（第2報） 国産早生樹種の利用用途の提案 村田明宏・長谷川良一・今西祐志・沼澤洋子	・ ・ ・ ・ ・ 39

木材の質感を伝達する製品提案手法の開発と家具製品への応用 (第5報) 木質系材料の印象評価における刺激呈示条件の影響

山口穂高^{*1}, 藤巻吾朗^{*1}, 長田剛和^{*2}, 木内龍彦^{*3}

Development of Communication Method Presenting Wooden Visual Textures and Application for Furniture (V) Influence of Stimuli Presentation Condition on the Impression Evaluation of Wooden Material

YAMAGUCHI Hodaka^{*1}, FUJIMAKI Goroh^{*1}, OSADA Takayoshi^{*2}, KIUCHI Tatsuhiko^{*3}

近年は家具製品のオンライン販売が盛んになっており、製品の質感を適切に伝達する手法の開発が望まれている。この際、実物の印象と画面越しの製品画像の印象との間にギャップが生じることは望ましくない。そこで本報告では、木質系の内装材をサンプルとして、実物観察か画像観察かの刺激提示条件が視覚的な印象評価に与える影響を調査した。その際、サンプルを照らす照明条件も併せて変化させた。その結果、あたたかい感じと好ましさの評価において、画面越しでも現物と同等の評価が可能なが示唆された。また、均一な感じは画像観察の方が単純な色柄の評価になることが示唆された。一方で、自然な感じは、画像観察において実物観察では評価されていない差を誤認識している可能性が示唆され、画像情報で伝達することが難しい感覚だと考えられた。

1. 緒言

製品の公式サイトや販売サイトでは製品の外観的特徴を伝達するために画像情報が用いられる。消費者が製品を検討する際にインターネットで情報を検索する場面は増えているため、画像情報で製品の特徴を伝達することは重要と言える。

一方で、実物評価と画像評価の差異がしばしば課題となる¹⁾。この差が印象を悪くする方向へ作用してしまうとクレームの原因になりかねない。そこで本研究では、木質系の内装材の印象評価を実物と画像で行うことで、刺激呈示条件の影響を検討した。この際、インテリアで重要な設計要件となる、照明環境の違いをサンプルの要因に加えた。

本報告の目的は、木質系材料と照明を組み合わせた刺激の視覚的な印象評価における、実物観察と画像観察の違いを明らかにすることである。これにより、木質系材料を用いた製品をインターネット上で発信していく際に留意すべき点や改善すべき点を抽出することを目指す。

2. 方法

2.1 サンプル

サンプルとして、フレーク状の模様を有する5種類の木質系内装材を選定した。これらは、天然素材で見られる個体ごとの意匠のばらつきを抑えられる点と見た目の色柄が十分に異なる点を理由に選定した。サンプルはいずれも細かく切削された木質系の基材を接着剤と混ぜ合わせて板状に圧着されたものであり、ヒノキを基材とするもの2種 (St、Ha)、茶殻を基材とするもの (Ch)、イグサを基材とするもの (Ig)、ヨシを基材とするもの (Yo) で構成された。サイズは縦220mm×横175mmであり、いずれも厚さは約5mmであった。各サンプルの外観を図1に示す。

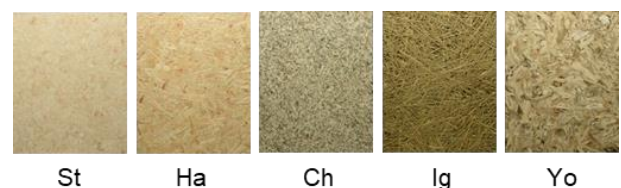


図1 サンプルの外観

^{*1} 試験研究部,

^{*2} 株式会社エスウッド, ^{*3} 大和大学理工学部

2.2 照明

サンプルを観察するための照明装置には波長の異なる複数のLEDを制御して分光分布をシミュレートできる照明装置（Thouslite LEDcube）を用いた。今回は特に色温度の違いを重視して設定することとし、色温度約6,500Kと約3,500Kの完全放射体の照明が発する分光分布を再現した。また、実際の室内環境で測定した分光分布（色温度約4450K）を加えた3条件を用いた。実測照明は公共物件の壁面への利用を想定し、LED照明下で外光の差し込む大学校舎内の壁面で測定した分光分布を再現した。いずれの照明条件においても、照度は約300lxに統一した。各照明条件の分光分布を図2に示す。

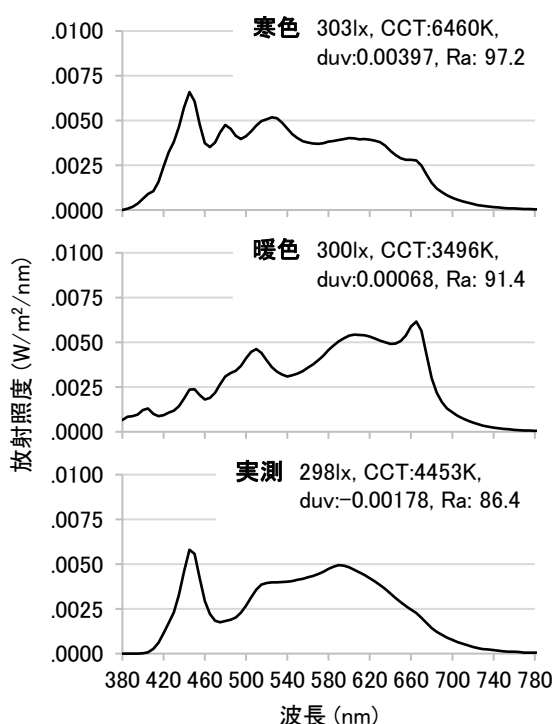


図2 観察条件に用いた照明の分光分布

2.3 刺激呈示条件

サンプルの観察は視覚で実物を観察するV条件とディスプレイ上で画像を観察するD条件の2条件で行った。V条件は、グレー色の観察ボックスの壁面にサンプルを垂直に設置し、上部から各照明条件を点灯する環境で実施した。D条件は、あらかじめV条件で撮影した15条件分の画像をモニター（EIZO CG2730、表示域：599×338mm、解像度：2560×1440、1109dpi）に等倍で表示する環境で実施した。V条件もD条件も、観察者には椅坐位により約1mの距離から観察させた。実験は外光をできるだけ遮光した実験室内で実施した。観察照明消灯時の

観察者の目元位置での照度は約311lxであった。実験の状況を図3に示す。



図3 実験の状況

2.4 印象評価実験

各条件でのサンプルの印象は5項目7段階のSD法により評価させた。評価用語は、つめたい/あたたかい、不均一な/均一な、人工的な/自然な、安そう/高そう、嫌い/好きの5項目とした。評価の段階は、非常に、かなり、やや、どちらでもないの7段階とした。観察する際は、サンプルが内装材であることを伝え、その見た目の印象を紙面に回答するように指示した。実験は、一般消費者を想定して、大学生18名（男女比1:1、18～22歳）を対象とした。各参加者は1日目に実物観察の実験を行い、別日に画像観察実験を行った。評価の際は15種類（サンプル5種類×照明3条件）の実験刺激をそれぞれの日でランダム順に呈示した。

2.5 解析

解析では、SD法で得られた結果のそれぞれの評価用語について、左側の用語をマイナス、右側の用語をプラスとして、-3点から+3点の評点とみなして評価を数値化した。その後、V条件とD条件それぞれの評価条件内で、評価用語ごとにサンプル（5水準）×照明（3水準）の対応のある二元配置分散分析を行った。有意水準は5%とした。この分析により、サンプルの主効果、照明の主効果、サンプルと照明の組み合わせによる交互作用がそれぞれ印象評価の平均値に影響を及ぼすかを検定した。

また、V条件とD条件の評価傾向の一致具合を確かめるため、サンプル×照明の15条件について、評価用語毎の平均評点を用いてV条件とD条件の相関係数（ r ）を算出した。この分析において、正の相関関係の強い評価用語では、画像を用いた評価でも実物の評価と同等の評価ができていると解釈した。この際、 r の絶対値が0.2以上を弱い相関、0.4以上を中程度の相関、0.7以上を強い相関とした。

3. 結果

3.1 分散分析

表1は各評価用語における、各要因の主効果と交互作用の有意確率をV条件とD条件に分けてまとめたものである。また、評点の平均値と標準偏差の結果の一部を図4に示す。表1の結果より、V条件とD条件のいずれでも、安そうな/高そうなの評価に各要因の主効果と交互作用は有意でなかった。図4(a)のつめたい/あたたかいの評価は、サンプルまたは照明の違いが評価に影響を与えており、その平均評点の傾向はV条件とD条件で類似した。不均一な/均一な評価は、V条件では交互作用が有意であり、D条件はサンプルの主効果のみが有意であった。人工的な/自然な評価は、V条件では照明の主効果が有意であったが、D条件では交互作用が有意であった。図4(b)の嫌い/好きの評価は、V条件ではサンプルと照明の主効果が有意で、D条件ではサンプルの主効果のみが有意であった。

3.2 相関分析

図5に評価用語ごとにV条件とD条件を比較した散布図と r 値を示す。この結果から、つめたい/あたたかい、不均一な/均一な、嫌い/好きの評価はV条件とD条件の相関関係に強い正の相関が見られた。

4. 考察

4.1 画像情報で伝達可能な印象について

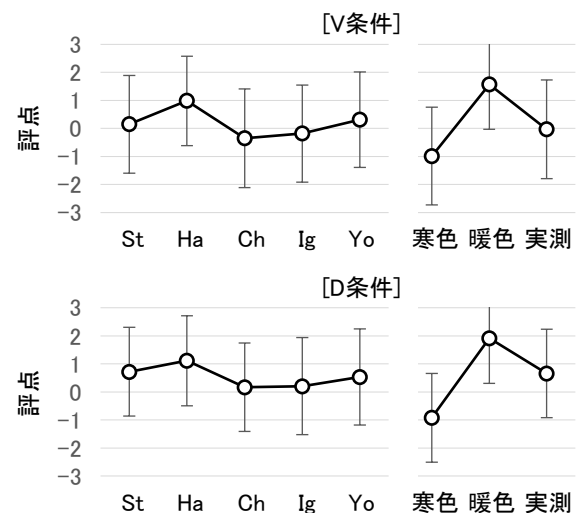
つめたい/あたたかいの評価は、V条件、D条件共にサンプルの違いと照明の違いがそれぞれ独立して影響を与えていた。また、V条件とD条件で $r=.954$ と強い正の相関関係を示し、評点の相対的な上下関係もV条件とD条件で類似していた。これらから、つめたい/あたたかいの評価は画面越しでも実物観察条件と同等の評価が可能であると言える。加えて、木目模様のつめたい/あたたかいの評価は、おもに対象物の色相の影響を受けることが指摘²⁾されており、本研究の結果でも刺激の色相が寒色系か暖色系かを強く反映したと考えられる。図5ではD条件の方があたたかい側に評価されているが、これは画面での表示色が若干赤色側にシフトして表示されていた可能性を示唆する。ただし、人には色恒常性³⁾があるため、絶対的な色合いが画面上で多少シフトしていても、条件間の相対的な色の差は実物観察と同等に評価可能であったと言える。

不均一な/均一な評価はV条件とD条件の強い正の相関関係が見られたが、分散分析の結果ではV条件で有意であったサンプル×照明の交互作用がD条件では有意ではなかった。このことから、単純な色柄の均一な感じは画面越しでも評価できるが、

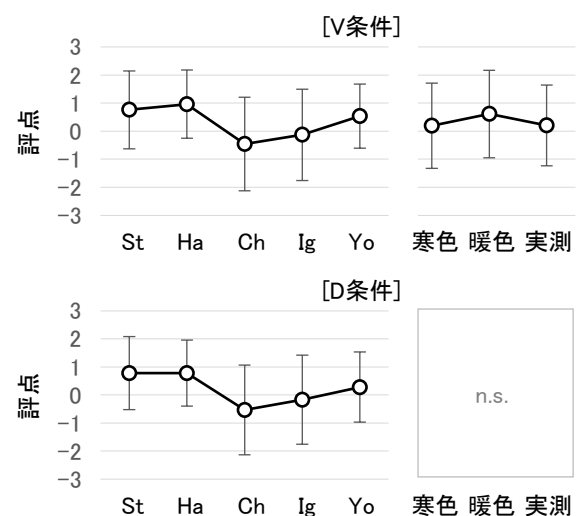
表1 主効果の有意確率(*: $p < .05$)

(a) V条件			
	サンプル	照明	交互作用
つめたい/あたたかい	<.000 *	<.000 *	.879
不均一な/均一な	<.000 *	.027 *	.022 *
人工的な/自然な	.336	.010 *	.655
安そうな/高そうな	.529	.075	.472
嫌い/好き	.002 *	.025 *	.534

(b) D条件			
	サンプル	照明	交互作用
つめたい/あたたかい	<.000 *	<.000 *	.399
不均一な/均一な	<.000 *	.687	.261
人工的な/自然な	.060	.263	.008 *
安そうな/高そうな	.175	.424	.995
嫌い/好き	.005 *	.103	.707



(a) つめたい/あたたかいの平均評点



(b) 嫌い/好きの平均評点

図4 印象評価結果の一部

実物で照明条件との組み合わせで複雑に変化する均一な感じを捉えるには情報が足りていない可能性がある。画面越しでは情報が失われてしまう特徴として、実物では観察できる細かな凹凸による陰影があると推察される。これは、図5の結果において画面越しの観察のほうが評価が全体的に均一側にシフトしていることから支持される。以上より、均一な感じの評価は画面越しで行うと立体的な情報が損なわれて、表面的な色柄の評価に留まることが示唆される。

人工的な/自然な評価はV条件では照明の主効果のみが有意であったが、D条件ではサンプル×照明の交互作用が有意で、その印象はサンプルと照明の組み合わせで複雑に変化したと言える。すなわち、自然な感じの評価を画面越しに行うことで、実際には評価されない特徴を誤認識してしまった可能性がある。V条件とD条件の相関関係も弱い相関にとどまり、自然な感じは画面越しでの伝達が難しい印象であると言える。

安そうな/高そうな結果は、平均評点が0点付近に集中しており、今回のサンプルと照明条件の違いは、評価に大きな影響を与えるほどの刺激の差ではなかったと言える。

嫌い/好きについては、V条件でサンプルと照明の主効果が有意で、D条件ではサンプルの主効果のみが有意であった。すなわち、実物の観察では、サンプルの好き嫌いとは照明の好き嫌いがそれぞれ独立して評価されており、画面越しの観察ではサンプルの好き嫌いのみが評価されていると言える。また、V条件とD条件の評点の間には強い正の相関関係が見られていた。以上より、照明の好き嫌いの評価を画面越しに行うことは難しいが、サンプルの好き嫌いの評価は画面越しでもある程度できることが示唆される。

4.2 実務への示唆

上記の考察から示唆される、木質系の材料の特徴をインターネット上の画像で伝達する際の注意点を述べる。

画面越しの画像で比較的伝達が容易だと考えられた印象は、つめたい/あたたかいと嫌い/好きであると考えられた。したがって、これらの印象の評価判断を画面越しでさせることや、これらの印象を製品の特徴として提案することは可能であることが示唆される。ただし、あたたかさは色合いの影響が強いと考えられるため、白色などの無彩色の基準と共に表示することが望ましいと考えられる。

不均一な/均一な印象は、実物観察で評価されていたサンプルと照明の組み合わせによる印象の変

化が画面越しでは失われており、これは細かな凹凸による立体感が失われたことによると考察された。壁材や天井材など、ある程度観察距離が離れている用途では細かな立体感は知覚が難しいと考えられるため、これらの用途の木質材料の色柄の均一な感じは画面越しの観察でもある程度可能であることが示唆される。一方で、観察距離の近い用途や無垢材の道管などの細かな凹凸を特徴とする材料の場合には、その不均一/均一な感じの伝達は平面的な画像では困難だと考えられる。そのため、立体的なコンテンツや動的なコンテンツの利用が望ましいと考えられる。

人工的な/自然な印象は本研究では画面越しの観察による伝達が最も難しい印象であると考えられる。実物観察では評価されていなかった印象の違いを画面越しでは誤認識する可能性が得られたため、平面的な画像の表示のみで自然な感じを伝達することは避ける方が望ましいと言える。自然な感じの伝達方法については追加の検討が必要である。

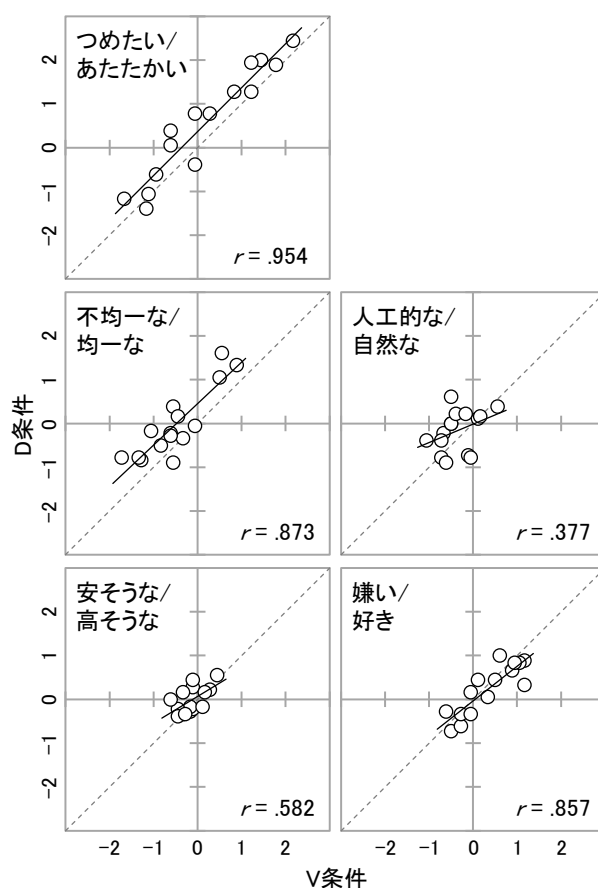


図5 実物観察と画像観察による評価の相関関係

5. まとめ

本研究では、木質系材料の見た目の印象を画面越しに伝達する手法の開発を目標とし、木質系の内装材サンプルと照明条件を組み合わせた条件を画像の観察と実物の観察で評価させた際の評価傾向の差異を調査した。

その結果、つめたい/あたたかい感じと嫌い/好きな感じの評価において、画面越しでも現物と同等の評価が可能なが示唆された。また、不均一/均一な感じは画像観察の方が平面的な模様の評価になり、現物観察で評価できる凹凸感は失われるものの、単純な色柄の情報はある程度評価できることが示唆された。一方で、人工的な/自然な感じは、画像観察では実物観察では評価されていない差を誤認識している可能性が示唆され、画像情報で伝達することが難しい感覚だと考えられた。

以上より、実務においては、つめたい/あたたかい感じと嫌い/好きな感じは画面越しの伝達が期待できる印象、不均一/均一な感じは凹凸が重要でない場合にはある程度伝達可能な印象、人工的な/自然な印象は平面的な画像での伝達は避けた方が良い印象であると言える。

参考文献

- 1) 石川智治, 佐藤昂, 松本好史, 佐々木和也, 清水裕子, 阿山みよし: 布地画像と実物の質感認識に関する基礎的研究, 日本感性工学会論文誌, 10(4), pp. 497-504, 2011.
- 2) 増田稔: 木材のイメージに与える色彩および光沢の影響, 材料, No. 34, pp. 972-978, 1985.
- 3) 日本色彩学会編: 新編色彩科学ハンドブック 第3版, p. 613, 2011.

木材の質感を伝達する製品提案手法の開発と家具製品への応用 (第6報) 無垢材の厚みの違いが視覚的・視触覚的な印象に与える影響

山口穂高*, 藤巻吾朗*

Development of Communication Method Presenting Wooden Visual Textures and Application for Furniture (VI) Influence of Solid Wood Thickness on Visual and Tactile Impressions

YAMAGUCHI Hodaka*, FUJIMAKI Goroh*

近年は家具製品のオンライン販売が盛んになっており、製品の質感を適切に伝達する手法の開発が望まれている。前報では木質材料の自然な感じを伝達することは難しいと示唆されたが、無垢材を用いる木製品では、無垢材が与える木質感や重厚感をアピールする機会が多い。そこで本報告では、無垢材らしい印象の解明を目指して、厚みの異なる無垢材とそれらをカラーコピーしたサンプルの印象評価を画面越しの観察、視覚のみの観察、視覚・触覚併用による触察の3条件で行った。その結果、木材のカラーコピーよりも実物の木材の方が自然な感じの評価が高くなった。一方で、無垢材の厚みが増すほどに自然な感じが増すということはいえず、視覚と触覚を併用しても、表面的な情報から無垢材らしさを評価することは難しいことが示唆された。したがって、無垢材の自然な感じを伝達するためには木口・木端の視認や重量感などの他の情報を付随する必要があると考えられる。

1. 緒言

近年は消費者が製品を検討する際にインターネットで情報を検索する場面は多く、画像情報で製品の特徴を正しく伝えることは重要と言える。しかしながら前報¹⁾においては、木質系材料の自然な感じは画面越しの伝達が難しいことが示唆された。無垢材を用いた木製品では無垢材ならではのポジティブな印象が期待されるため、無垢材らしい印象を解明し、無垢材ならではの印象を画面越しで伝達するための知見を得ることが望まれる。

そこで本報告では、厚みの異なる無垢材サンプルにカラーコピーサンプルを加えたサンプル群の評価を画面越しの観察、視覚のみの観察、視覚・触覚併用による触察の3条件で行った。この際、以下の3つの仮説検証を通じて、無垢材らしさの解明を試みたので報告する。

仮説1「カラーコピーサンプルよりも木材サンプルの方が印象が良い」

仮説2「木材の厚みが増すほど印象が良くなり、ある閾値で飽和する」

仮説3「画面越しの観察、視覚のみの観察、視覚・触覚併用による触察の順で印象評価の弁別能力が高くなる」

2. 方法

2.1 サンプル

サンプルとして、表1に示す6種の木材個体を準備した。それぞれ十分な厚みを有する個体から厚みの異なる薄板を切り出し、厚さ9mmのMDFに貼り付けることで評価用の手板を調整した。無垢材部分の厚みは5水準(t0.2、t0.5、t1.0、t2.0、t4.0mm)とし、t4.0をフラットベッドスキャナで高精細にスキャンした後にインクジェットプリンタで印刷したカラーコピー条件(cc)を加えた6水準を加工要因とした。すべてのサンプルにクリアウレタン塗装を施し、150mm角の正方形にカットした。また、木口および木端から表面材の厚みが分からないように、4側面を黒マスキングテープでシールした。

* 試験研究部

表1 実験に用いたサンプル

サンプル名	BC-e	BC-f	BW-f	SG-f	WO-e	WO-f
樹種	ビーチ	ビーチ	ブラックウォルナット	スギ	ホワイトオーク	ホワイトオーク
学名	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Juglans nigra</i>	<i>Cryptomeria Japonica</i>	<i>Quercus alba</i>	<i>Quercus alba</i>
表面	まさ目面	板目面	板目面	板目面	まさ目面	板目面
外観 (t4.0)						



図1 実験の状況（左から、D条件、V条件、VT条件）

2.2 印象評価

印象評価には8項目7段階のSD法を用いた。評価用語対は、つるつる/ざらざら、たいらな/でこぼこ、かたい/やわらかい、つめたい/あたたかい、からっとした/しっとりした、人工的な/自然な、安そうな/高そうな、嫌い/好きであった。

評価は、画面越しの観察（D条件）、視覚のみの観察（V条件）、開眼で触る観察（VT条件）の3条件で行った。D条件では、全サンプルの表面をイメージスキャナで取得した画像をディスプレイに等倍で表示し、参加者には約50cmの距離から椅座位にて観察させた。この際、室内の照明は点灯させた。V条件およびVT条件では、暗室内の照明条件が統制された観察ボックス内に暗幕を緩やかにたたみ置き、その上にサンプルを平置きした。V条件では約50cm離れた位置からサンプルを見るだけで観察するように、VT条件では同様の位置に置かれたサンプルを開眼で触察するように教示した。なお、触察の際は、サンプルの縁を触ることとサンプルを持ち上げるとは禁止した。実験の状況を図1に示す。

実験参加者として成人26名（10代～50代、男性11名、女性15名）が参加した。このうち、無垢材とは何かを知っていると自認していた参加者は19名であった。各参加者への実験手続きは以下の通りとした。まず、実験室に入室させ、参加の同意と年齢等の個人属性を取得した。その後、SD法の回答の練習を行い、D条件の印象評価を実施した。5分間の休憩をはさみ、次にV条件の評価を行った。さらに5分間の休憩を取った後、VT条件を行い、最後に実験全

体の感想を聞き取った。各提示条件において全36種類のサンプルの提示順はランダム順とした。実験室内はエアコンにより室温約25℃、湿度約50%RHに調整した。

2.3 解析

解析では、評価用語対のそれぞれ左側の用語をマイナス側とした-3点から+3点の評点に換算した。その後、D条件、V条件、VT条件それぞれの評価条件内で、評価用語ごとに材種（6水準）×加工（6水準）の対応のある二元配置分散分析を行った。この際、球面性仮定が棄却される条件が多かったため、自由度をGreenhouse-Geisserの ϵ で補正した有意確率を算出した。また、各主効果が有意であった場合は、水準間の多重比較を行い、交互作用が有意であった場合は単純主効果の検定と多重比較を行った。多重比較の際はBonferroni補正を行ったp値を用いた。すべての検定において有意水準は5%とした。

なお、本報告では、無垢材ならではの感じと対応が強いと考えられる人工的な/自然なの印象について重点的に述べることとする。

3. 結果

分散分析の結果得られた主効果の有意確率を表2にまとめる。この結果において、D条件では材種の主効果、V条件では材種と加工の主効果、VT条件では交互作用がそれぞれ多く観察された。

また、人工的な/自然なの結果を抜粋して、各材種の平均評点と全材種を含めた平均評点を図2に

表2 分散分析の結果（網掛け： $p < .05$ ）

	D条件			V条件			VT条件		
	材種	加工	交互作用	材種	加工	交互作用	材種	加工	交互作用
つるつる / ざらざら	<.001	.210	.178	<.001	<.001	.202	<.001	<.001	<.001
たいらな / でこぼこな	<.001	.015	.147	<.001	<.001	.112	<.001	<.001	<.001
かたい / やわらかい	<.001	.204	.115	<.001	.792	.189	<.001	.007	.156
つめたい / あたたかい	.012	.082	.463	.003	<.001	.125	.069	<.001	<.001
からっとした / しっとりした	.060	.523	.190	.106	.683	.501	.099	.434	.625
人工的な / 自然な	<.001	.470	.330	<.001	.003	.054	<.001	<.001	.011
安そうな / 高そうな	<.001	.049	.056	<.001	<.001	.110	<.001	<.001	.043
嫌い / 好き	<.001	.272	.221	<.001	<.001	.088	<.001	<.001	.340

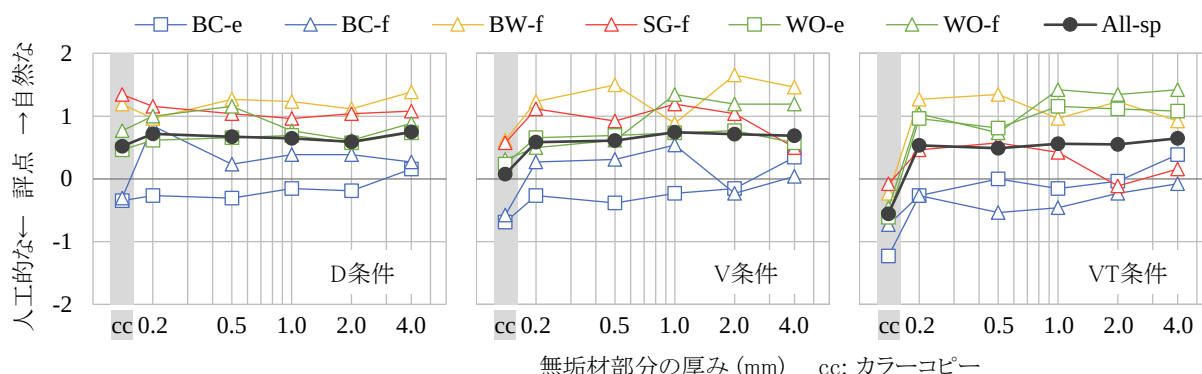


図2 人工的な/自然なの評価結果（平均評点）

示す。なお、横軸はラミナの厚みを示すが、便宜上cc条件をt0.2よりも薄い側に並べて示している。この結果において、V条件およびVT条件ではccサンプルの人工的な印象が強く評価された。無垢材部分の厚みが異なるt0.2からt4.0において、自然な印象が右肩上がりに増加する顕著な傾向は観察されなかった。ただし、VT条件では、材種と加工の交互作用が有意であり、厚みの違いによって自然な印象が異なるかどうかは、材種によって異なるという結果が得られた。

4. 考察

4.1 実物かカラーコピーかの違い

図2において、V条件およびVT条件ではccサンプルの人工的な印象が強く評価されており、特にVT条件でこの傾向が強かった。一方で、D条件においては加工要因の主効果は有意ではなく、加工要因によって人工的な/自然な感じが変化するとは言えなかった。すなわち、カラーコピーサンプルよりも木材サンプルの方が印象が良いという仮説1は、実物を観察または触察する条件では支持され、画面越しに画像を観察する条件では支持されないとと言える。このことから、実物の木材か印刷された木材調の模様かによって想起される自然な感じの差は、実物を観察する条件では知覚されやすいが、平

面的な画像を画面越しに観察する条件では知覚が困難であることが示唆される。

4.2 無垢材部分の厚みの違い

D条件においては、加工の主効果が有意ではなく、厚みの違いが人工的な/自然な感じに影響を与えとは言えない。V条件においては加工の主効果が有意であったため、加工要因6水準間の多重比較結果を確認した。その結果、cc条件とその他の条件群との有意差のみが観察され、無垢材部分の厚みの違いが自然な感じの評価に影響を与えているとは言えなかった。すなわち、画像および実物を観察するのみの条件では厚みの違いを評価することは難しいことが示唆される。VT条件では材種と加工の交互作用が有意であったため、厚みの違いが自然な感じに影響を与えているか否かは材種によって異なるという結果が得られた。図2の材種ごとの平均評点を確認するところ、BW-fとSG-fは厚みの変化によって平坦もしくは右下がりの傾向が見られるが、その他の材種では右上がりの傾向が見受けられる。各材種において加工水準の多重比較を行ったところ、BC-eとBC-fではt4.0条件の評価が有意に高く、WO-fではt1.0、t2.0、t4.0の条件の評価が有意に高い結果が得られた。

以上より、無垢材部分の厚みが増すほど印象が

良くなるという仮説2は目視による観察では、画像か実物かに依らず支持されないと言える。視覚と触覚を併用した触察においても仮説2は一概には支持されないが、樹種によっては無垢材部分の厚みが増すほどに印象が良くなる可能性が得られた。本研究でこれに該当する材種は、ビーチの板目材とまさ目材、ホワイトオークの板目材であった。これらの材種の共通点や特徴については追加の検証が必要であるが、基材色の透過や熱の移動が影響していることが推察される。

4.3 観察条件の違い

表2の分散分析結果から、D条件、V条件、VT条件と入力情報が増えるごとに、材種の主効果、加工の主効果、材種と加工の交互作用と評価に影響を与える要因が増える結果が得られた。また、cc条件の人工的な感じが木材サンプルよりも高く評価される傾向は、D条件では観察されず、V条件よりVT条件の方が顕著であった。以上より、画面越しの観察、視覚のみの観察、視覚・触覚併用による触察の順で印象評価の弁別能力が高くなるという仮説3は支持され、特にカラーコピーと実物の木材との印象の違いで顕著であると言える。

4.4 実務への示唆

以上の結果と考察から示唆される実務上の留意点について述べる。

まず、材種による影響が示唆されたとはいえ、無垢材部分が厚くなるほど印象が良くなるとの仮説は積極支持されなかった。これは、木材の実物を見ながら触るという最も入力情報が多い条件でも木材表面を擦る動作のみでは厚みに関連する情報を推定すること、すなわち無垢材らしい感じを評価することは非常に困難であることを示唆する。したがって、無垢材ならではの印象を伝達するためには、表面的な情報のみではなく、木口や木端の視認、重量、打音、たわみなどの確認といった複合的な情報が必要であることが推察される。

また、本研究においては、インターネット販売時の観察条件と同等の画面越しの画像観察では、カラーコピーのサンプルの人工的な感じも評価することが困難であった。この結果は前報^[1]において得られた自然な感じを画面越しに伝達することは困難という知見と対応する。実験で呈示した画像は表面の平面的な模様を表現しているに過ぎないため、色柄を精細に模倣したカラーコピーの印象が

実物の木材の印象と同等に評価されたと考えられる。したがって、実務において木製品の画像を呈示する際は、その画像は木口や木端といった木材の三断面を意図的に写し込むことや、木製品の全景やクローズアップを遷移させる動画コンテンツの活用が望ましいと考えられる。

5. まとめ

本研究では、木材の無垢材らしい印象の解明を目指して、以下3つの仮説検証を行った。

- ・仮説1「カラーコピーサンプルよりも木材サンプルの方が印象が良い」は実物を観察する評価において支持されたが、画像を観察する評価では支持されなかった。
- ・仮説2「木材の厚みが増すほど印象が良くなり、ある閾値で飽和する」は積極支持されなかった。ただし、実物を触察する評価においては、材種によっては厚みが増すほどに印象が良くなる可能性が得られた。
- ・仮説3「画面越しの観察、視覚のみの観察、視覚・触覚併用による触察の順で印象評価の弁別能力が高くなる」は支持され、特に木材をカラーコピーしたサンプルの人工的な感じの評価で顕著であった。

以上より、実物を表面的に観察または触察する動作でカラーコピーしたサンプルを認識することは比較的容易だが画像の観察ではそれすらも困難であること、また、実物を表面的に触察する条件であっても無垢材らしい感じを認識することは非常に困難であることが示唆された。したがって、無垢材らしい印象は、表面的な見た目や触り心地だけでなく、木口や木端部分での厚みの視認や、重量や打音などの視覚以外の情報が複合的に作用して認知される感覚であると推察される。

したがって、インターネット上での販売等で画像を用いて木製品の無垢材らしさを発信する際には、木口や木端が視認できる立体的な画角で画像を撮影することや重量感や打音感といった視覚以外の情報を複合的に提示することが必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 山口穂高, 藤巻吾朗, 長田剛和, 木内龍彦: 木材の質感を伝達する製品提案手法の開発と家具製品への応用 (第5報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, No. 26, 2024.

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

成瀬哲哉*

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

NARUSE Tetsuya^{*1}

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、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、その後、加工結果の寸法の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。

3軸加工機であっても公差 $\pm 0.1\text{mm}$ 以下の加工が可能であるが、流線形状の周囲や窪み部分など加工が苦手な部分を確認することが出来た。5軸加工においては、3軸加工であれば等高線状の刃物疵が見られるような傾斜側面に対しても平滑な平面が削り出せるなど、3軸加工と比較して優位な加工性能を有していることが考えられた。

1. 緒言

「飛騨・高山の家具®」は、高品質な木材と卓越したデザイン、熟練職人の高度な加工技術により、高級木製家具として高い評価を受けている。平成14年以降、岐阜県は「木製机・テーブル・椅子」の出荷額で1位を維持しているが、近年で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。このため、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。

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欠かせない熟練職人の確保が難しい状況である。この課題に対処するため5軸CNC加工機の導入が進んでおり、職人と機械の協業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、伝統技法と先端のCNC加工技術を融合した新しい設計・製造手法の開発を目指している。これにより、従来の手法では難しかった新しいデザインや機能を持つ「飛騨・高山の家具®」を実現することを目標としている。

本年度研究では、導入した5軸CNC加工機の優位性を検証するために、加工対象物に3軸加工と5軸

加工を施し、その後、加工結果の寸法の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加工機と5軸CNC加工機の比較

3軸CNC加工機の場合、その加工面は等高線状の加工跡が現れる。一方で5軸CNC加工機は3次元曲面に対しても切削工具を垂直に充てられることから等高線状の加工跡は現れないと考えられる(図1)。

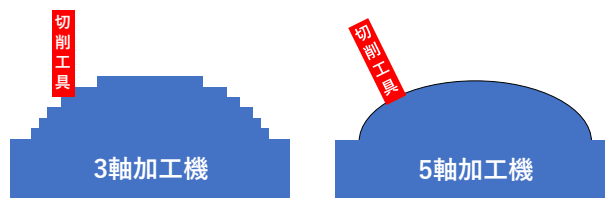


図1 想定される3軸加工と5軸加工の違い

一般的に木製品は表面の切削加工後に表面の研磨作業が必要であることから、加工跡の状況は研磨作業時間に影響を与えられ(表1)。

今回は、3軸、5軸、それぞれの加工の特徴と加工精度を検証する。

* 試験研究部

	加工時間(例)		
手加工	切削		研磨
3軸CNC	切削	研磨	
5軸CNC	切削	研磨	

表1 想定される加工時間の違い

2.2 検証方法

試験的に作成したCADモデルを、導入した5軸CNC加工機(図2)を用いて切削加工し、3Dスキャナー(図3)による切削部品の計測とCADデータとの比較を行った。

・5軸CNC加工機本体

メーカー：シンクス(株)

型番：ZXH-1313F

テーブル寸法：1300mm×1300mm

主軸移動量：X軸(左右)、Y軸(前後)、Z軸(上下)

B軸(旋回)、A軸(傾斜)

標準装備：ATC装置(ルーター用5個+鋸用1個)

制御形式：FANUC 31iMB5



図2 5軸CNC加工機本体

・CAMソフトウェア

メーカー：ライコムシステムズ(株)

CAMソフト：Alphacam同時5軸

・3Dスキャナー本体仕様

メーカー：ファロージャパン(株)

FARO Prizm+Quantum E V2 2.5m 7軸

8-Axisシステム



図3 3Dスキャナー本体

・3D計測・検査ソフトウェア

メーカー：(株)スリーディー・システムズ・ジャパン

Geomagic ControlX

2.3 検証結果

試験的に作成したCADモデルは、3軸CNC加工機と5軸CNC加工機の比較を行うため、(a)平面部、(b)流線形状、(c)傾斜部を有し、合板積層部材の各部に対して、(a)フライス加工(2軸)、(b)3軸加工、(c)5軸加工により切削加工を行った。

CADモデルを図4、切削結果を図5に示す。

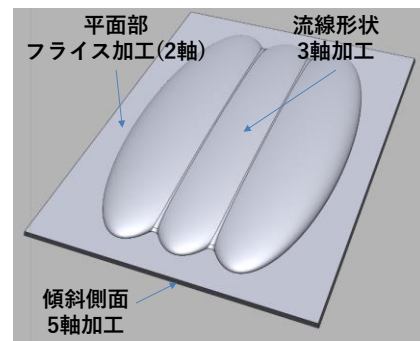


図4 CADモデル



図5 切削された合板積層部材

この切削された合板積層部材を、3Dスキャナーで形状測定し、CADデータとの比較を行った。

フライス加工部分と傾斜側面の写真を図6、点群データを図7、流線形状の写真を図8、点群データ図9に示す。



図6 フライス加工部分と傾斜側面(写真)

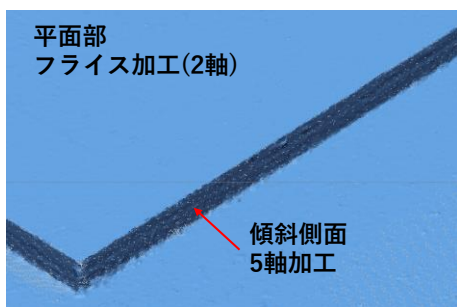


図7 フライス加工部分と傾斜側面(点群データ)



図8 流線形状(写真)

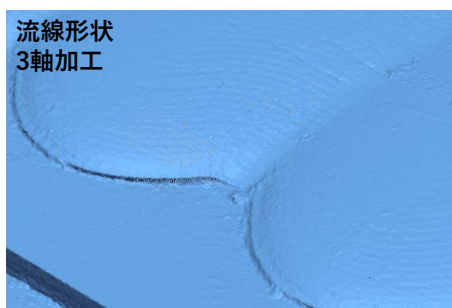


図9 流線形状 (点群データ)

これらの写真と点群データとの比較から、平面部(フライス加工)は刃物痕はあるが表面はかなり平滑であること、流線形状部分(3軸加工)は表面は平滑であるものの刃物痕はあり仕上げ処理は必要であること、傾斜側面(5軸加工)の表面はかなり平滑であることが読み取れる。

そこで、CAD図面と計測データの比較を行い、偏差を -0.3mm (青) $\sim 0.3\text{mm}$ (赤)としたカラーマップを図10に、公差を $\pm 0.1\text{mm}$ (緑)とした場合のカラーマップを図11に示す。

図10から、偏差が大きかった部分は3軸加工を実施した流線形状の周囲やくぼみ部分であり、これは3軸加工が等高線状の加工であるため、刃物が入り込めなかったことが要因と考えられるが、この部分を5軸加工にすることで、より精度の高い加工品が出来ると考えられる。

また、図11からは全体的に各加工部分の刃物痕は公差の $\pm 0.1\text{mm}$ 程度に収まっているものの、木工

製品としては仕上げ加工が必要であることが読み取ることができる。

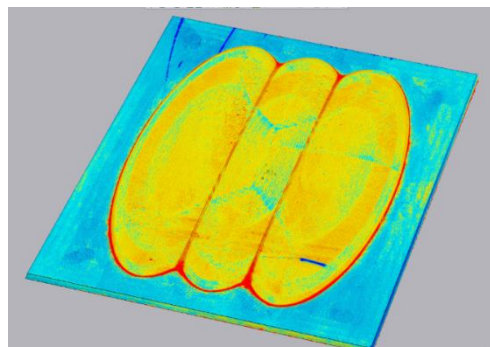


図10 カラーマップ:偏差 -0.3mm (青) $\sim 0.3\text{mm}$ (赤)

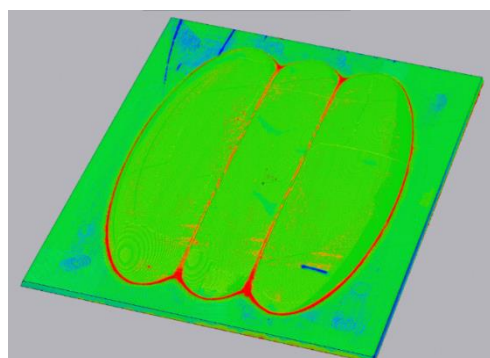


図11 カラーマップ:公差を $\pm 0.1\text{mm}$ (緑)

3. まとめ

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、その後、加工結果の寸法の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。

3軸加工機であっても公差 $\pm 0.1\text{mm}$ 以下の加工が可能であるが、流線形状の周囲や窪み部分など加工が苦手な部分を確認することが出来た。5軸加工においては、3軸加工であれば等高線状の刃物痕が見られるような傾斜側面に対しても平滑な平面が削り出せるなど、3軸加工と比較して優位な加工性能を有していることが考えられた。

今後は、3軸CNC加工、5軸CNC加工の加工時間、仕上がり感を比較し、引き続き5軸CNC加工機の優位性の検証を進める計画である。

製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化 (第3報) 硬軟感と反発感を伝達するためのアニメーションの設定条件

藤巻吾朗*, 山口穂高*, 関範雄*

Visualizing the Tactile Sensation of Cushions for the Digitalization of Product Proposal Process (III) Conditions for setting up animations to convey feelings of softness and bounce

FUJIMAKI Goroh*, YAMAGUCHI Hodaka*, SEKI Norio*

本報告では、クッション製品の触感のうち、硬軟感、反発感に着目し、これらの触感を伝達するためのアニメーションの沈み込み量および復元時間の設定値を把握し、これらの設定値をクッションの最大変位、ヒスロス率から算出する手法を提案した。これにより、事前にアンケート調査を実施しない状態でもある程度の範囲内で触感を予測できるようになった。提案した手法をもとにクッション変形のアニメーションを作成し、WEBアンケート調査を行った結果、「やわらかい感じ」は実物に比べ、評点の高いサンプルが過小評価される傾向で、「跳ね返る感じ」は実物に比べ、サンプル間の差が小さくなる傾向が見られた。アニメーションによる「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」の触感推定について、相対的な比較にはある程度有効だが、絶対評価については画面サイズが影響することが考察された。

1. 緒言

本研究では、クッション製品の三次元変形を可視化することで視覚情報を使ってクッションの触感を伝える手法を開発することを目的とする。これまでの研究で、3Dスキャナによる測定結果をもとにしたクッションの三次元変形の可視化手法を提案し¹⁾、その手法を用いて作成したサンプル映像（クッション変形のアニメーション）をもとにWEBアンケート調査を行うことで、硬軟感はクッションの変形速度の影響はあまりなく、反発感はクッション変形後の復元時間が影響することが確認された²⁾。また、先行研究では、ブロック体の変形量が硬さの推定値と高い相関があることが報告されており³⁾、硬軟感はクッションの変形量（沈み込み量）が影響することが考えられる。

本報告では、クッション製品の触感のうち、硬軟感、反発感に着目し、これらの触感を伝達するためにアニメーションの沈み込み量および復元時間をどのように設定すると良いかを明らかにする。

2. 実験内容

2.1 実験概要

硬さや反発力の異なる3種類のクッションにそれぞれに座り、「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に関するVASスケールのアンケートに回答してもらった。実験参加者は、19歳から45歳の男女20名（男性10名、女性10名）であった。実験手順を以下に示す。

- ①クッションに座り、「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に関するアンケートに回答
- ②クッションに座ったままの状態、沈み込み量が段階的に異なるクッション変形の映像を沈み込み量が小さいものから順番にモニタに呈示し、「やわらかい感じ」の印象に近い映像を選ぶ。一度選択してもらった後に次の映像と前の映像を確認し、最終的に最も印象に近いと感じた映像を選ぶ。
- ③クッションに座ったままの状態、モニタに復元時間が段階的に異なるクッション変形の映像を呈示し、「跳ね返る感じ」の印象に近い映像を選ぶ。一度選択してもらった後に次の映像と前の映像を確認し、最終的に最も印象に近いと感じた映像を選ぶ。

* 試験研究部

④①～③をクッションサンプルの数だけ繰り返す。

2.2 クッションサンプル

実験には特性の異なる3種類クッションを使用した(表1)。図1に使用したクッションサンプルの荷重-変位特性を示す。荷重-変位特性のデータ取得については、JIS K6400-2⁴⁾を参考に直径200mmの円盤を使用し、標準体重の日本人男性が座った時に座椅子かかると想定される520Nの荷重を加えた。試験速度は100mm/minであった。

表1 実験に使用したクッションサンプル

サンプルID	硬さ	反発力	備考
サンプル1	軟らかい	低い	ウレタンフォーム
サンプル2	硬い	高い	ウレタンフォーム
サンプル3	軟らかい	高い	コイルスプリング

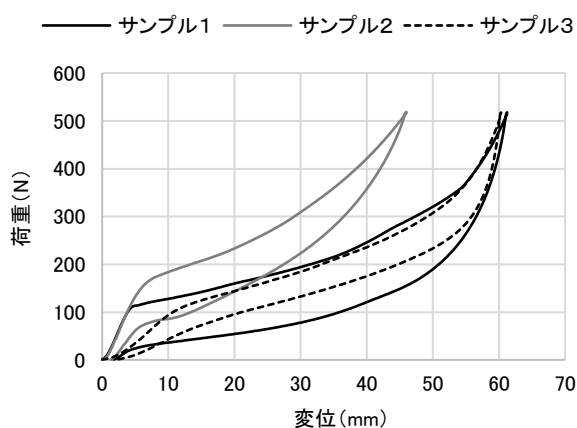


図1 クッションサンプルの荷重-変位特性

2.3 呈示映像

3Dスキャナ(Artec Eva)を使用し、前述のクッションサンプルの三次元形状の測定を行った。測定は非荷重状態と荷重状態(人体形状を模したジグを介して520Nの荷重を加えた状態)で行い、荷重状態での測定結果については、測定後ジグの消去と穴埋めを行った。非荷重状態の3Dモデルと荷重状態の処理後の3Dモデルをもとにモーフィング処理を行い、基準となる映像を作成した¹⁾。

沈み込み量の異なるサンプルについては、基準となる映像をもとに沈み込み量を0.3～1.0倍まで0.1倍刻みで8種類作成した(図2)。復元時間の異なるサンプルについては、基準となる映像をもとに復元時間を0.1～1.0秒まで0.1秒刻みで10種類作成した。

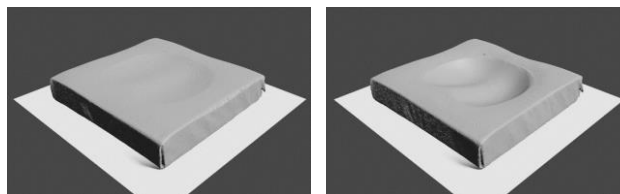


図2 沈み込み量が異なる映像サンプルの例
(左:最も沈み込み量小さい、右:最も沈み込み量大きい)

3. 結果と考察

3.1 触感と選択した映像との関係

調査結果については、明らかに評価傾向の違う2名の回答結果と映像選択の際に判断がうまくできなかったとのコメントがあった条件を外れ値として除外し、分析を行った。

図3に「やわらかい感じ」の評点とその際に選択した映像の沈み込み量(クッションの最大変位量をもとに計算した値)を示す。この結果から、沈み量が同じ映像であれば、「やわらかい感じ」の印象評価は、個人差はあるものの概ね決まると考えられた。また、「やわらかい感じ」の評点が高かったサンプルについては、選択する映像に個人差が大きい傾向があった。

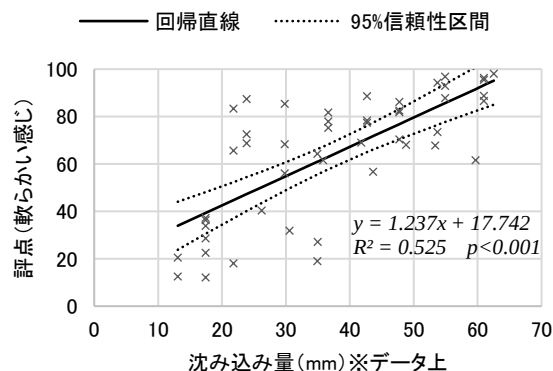


図3 沈み込み量と「やわらかい感じ」

図4に「跳ね返る感じ」の評点とその際に選択した映像の復元時間を示す。この結果から復元時間が同じ映像であれば、「跳ね返る感じ」の印象評価は概ね決まると考えられた。自由意見では、沈み量が小さい(硬い)サンプルについては映像を選択するのが難しいとの意見が多かった。これは、呈示映像が沈み量1.0倍で作成されており、「やわらかい感じ」の評価で選んだ映像とのギャップがあったためイメージがしにくかったことが考えられる。

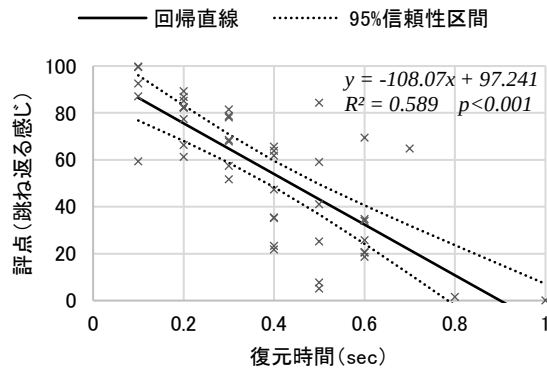


図4 復元時間と「跳ね返る感じ」

3.2 アニメーションの設定値と物性値の関係

「やわらかい感じ」を伝達するための沈み込み量、「跳ね返る感じ」を伝達するための復元時間の設定値について把握したが、実用性を考慮すると、これらの設定値をアンケートの調査結果からではなく、クッションの物性値から算出できることが望ましい。

選択された映像の沈み込み量と復元時間の平均値をクッションごとに計算し、クッションの物性値との関係を調べた。図1に示したデータをもとに沈み込み量と復元時間との関係を調べたところ、明確な関係はみられず、同様の試験方法で、1000mm/minの速度で試験を行ったデータから求めた最大変位量、ヒスロス率との間に関連性が見られた(図5、図6)。現状ではサンプル数が少なく、回帰分析の結果、有意水準5%では係数の有意性はなかったが、クッションの最大変位量からアニメーションの沈み込み量の設定値、ヒスロス率からアニメーションの復元時間の設定値を算出することは可能であることが推察される。

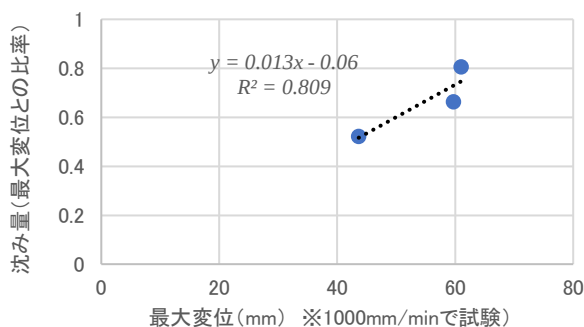


図5 最大変位量と沈み込み量の設定値

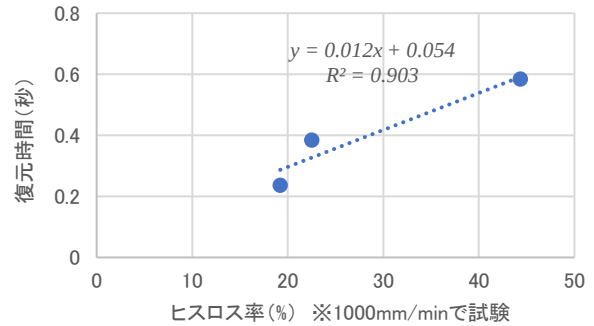


図6 ヒスロス率と復元時間の設定値

4. WEBアンケート調査(試行)

4.1 調査概要

4種類のサンプル映像をブラウザ上にランダムに呈示し、回答者はそれを見て自身が座った場合にどのような触感になるかを推測し、アンケートに回答してもらった。アンケート項目は「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」「底につく感じ」「体に馴染む感じ」の4項目で、7段階の評定尺度(しないーわずかにするーややするーするーだいぶするーとてもするー非常にする)で評価してもらった。回答者は21歳から49歳の男女227名(男性111名、女性116名)であった。また、アンケート回答時に使用した端末の回答結果を図7に示す。

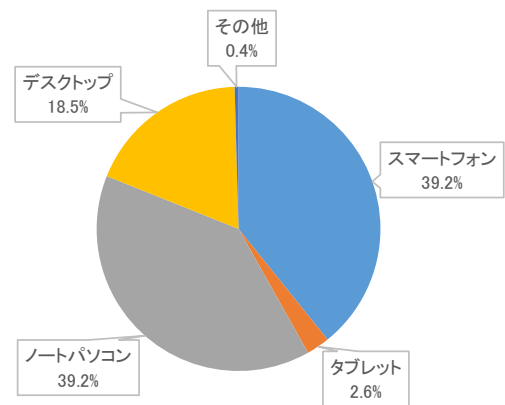


図7 回答時に使用された端末

4.2 サンプル映像

図5、図6に示した計算式をもとにクッションの物性値からアニメーションの設定値を求め(表2)、4種類のサンプル映像を作成した。サンプル1～サンプル3は表1に示したものと同様に、サンプル4については新たに追加したサンプルで、一般的に座面に使われるクッションであった。

表2 クッションの物性とアニメーションの設定値

サンプルID	最大変位 (mm)	ヒスロス率 (%)	沈み込み量 の設定値 (倍)	復元時間 の設定値 (秒)
サンプル1	59.68	44.33	0.73	0.59
サンプル2	43.64	22.51	0.52	0.33
サンプル3	61.01	19.20	0.75	0.29
サンプル4	46.74	36.44	0.56	0.50

4.4 結果と考察

アンケートの回答結果のうち、今回は「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に絞り、実際に座った時の評価結果との比較を行った。また、回答時に使用された端末のうち、使用率が10%を超えたスマートフォン、ノートパソコン、デスクトップパソコンの3種の「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」の回答結果について、それぞれ一元配置の分散分析を行った結果、有意差はみられなかった。このことから、今回の回答結果については、端末による違いは考慮しないこととした。

図8に「やわらかい感じ」の回答結果、図9に「跳ね返る感じ」の回答結果を示す。図中の「実際に座っての評価」は本報告の前半で取得した実際にクッションに座って評価した結果、「提案手法による評価」は図3、図4に示した計算式をもとに算出した評価の予測値と標準偏差に相当する68%予測区間、「WEBアンケート結果」はWEBアンケート調査で映像を見て触感を推測し、回答した結果である。なお、WEBアンケート結果については、比較のため、先行研究で得られた正規化スコア⁵⁾をもとに7段階での評価結果を0～100点に換算した。

■実際に座って評価(n=20) □提案手法による予測
▨WEBアンケート結果(n=227)

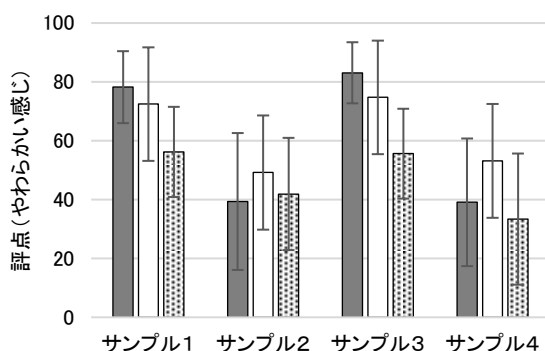


図8 実物と映像呈示による評価の比較
(やわらかい感じ)

■実際に座って評価(n=20) □提案手法による予測
▨WEBアンケート結果(n=227)

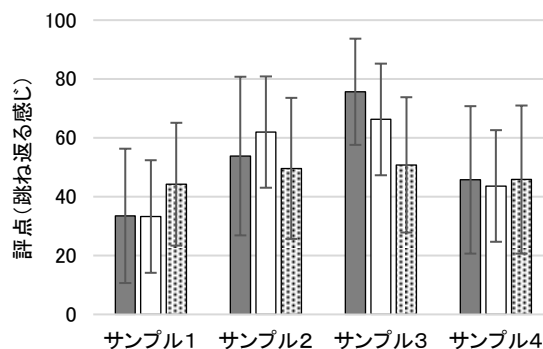


図9 実物と映像呈示による評価の比較
(跳ね返る感じ)

「やわらかい感じ」は実際に座って評価した結果に比べ、WEBアンケート結果では評点の高いサンプルで過小評価される傾向があった。提案手法による予測結果については、実際に座っての評価のばらつきの範囲内に平均値が収まっており、概ね良好であると考えられる。評点の高いサンプルで過小評価される傾向があったのは、図3で示したとおり、個人差が大きいことがひとつの要因として考えられる。また、実際に座っての評価では映像を24インチモニタにフルスクリーン表示したのに対して、WEBアンケート調査ではアンケートの回答欄と一緒にブラウザ上に表示しており、呈示サイズが異なっていたことが影響したと考えられる。

「跳ね返る感じ」は実際に座って評価した結果に比べ、WEBアンケート結果では、回答が中央に集まり、サンプル間の差が小さくなる傾向があった。特にサンプル1とサンプル3の変形量の大きなサンプルで実際に座って評価した結果との差が大きかったが、これも呈示サイズの影響を受けたと考察される。跳ね返る感じの知覚は復元時間ではなく、実際には復元速度で知覚していると考えられ、変形量の大きいサンプルほどその速度の知覚の誤差が大きくなるためにこのような結果になったと考えられる。提案手法による予測結果については、実際に座っての評価のばらつきの範囲内に平均値が収まっており、概ね良好であると考えられる。

以上のことから、現状の提案手法で「やわらかい感じ」と「跳ね返る感じ」の触感はクッションの物性値から予測が可能であることが示唆された。クッションの変形のアニメーションによる触感の伝達については、図8、図9に示されたようにサンプル間の大小関係については一致しており、相対的に比較においては、ある程度有効であると推測され

る。絶対評価については、呈示サイズの影響があると考えられ、実用化に向けては呈示サイズの影響の把握や呈示サイズを固定した状態でのデータ取得が必要となると考えられる。

6. まとめと今後の課題

以下の知見が得られた。

- ・ 触感を伝えるアニメーションの設定条件を把握した。具体的には「やわらかい感じ」を伝達するための沈み込み量、「跳ね返る感じ」を伝達するための復元時間の設定値を把握した。
- ・ アニメーションの設定条件と物性値との関係を把握した。具体的にはクッションの物性値から算出した最大変位に対するアニメーションの沈み込み量の設定値、ヒスロス率に対するアニメーションの復元時間の設定値の算出方法を提案した。これにより、事前にアンケート調査を実施しない状態でもある程度、触感を把握することが出来るようになった。
- ・ 得られた知見をもとにアニメーションを作成し、WEBアンケート調査を実施した結果、「やわらかい感じ」は実物に比べ、評点の高いサンプルが過小評価される傾向で、「跳ね返る感じ」は実物に比べ、サンプル間の差が小さくなる傾向があった。アニメーションによる触感推定について、相対的な比較にはある程度有効だと推測されるが、絶対評価については、画面サイズが影響することが考察された。

今後の課題として、クッションのサンプル数の

増加、物性値の取得方法や指標の見直しによる触感予測の精度の向上、さらには実用化に向けて、複雑な形状や構造をもつ実製品に対しても応用可能であるかの検証が挙げられる。

参考文献

- 1) 藤巻吾朗他：製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化（第1報）クッション製品の三次元変形の可視化，岐阜県生活技術研究所研究報告，25，pp. 10-13，2023.
- 2) 藤巻吾朗他：製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化（第2報）クッションの変形速度が触感推定に与える影響，岐阜県生活技術研究所研究報告，25，pp. 14-18，2023.
- 3) Paulun V.C., et al.: Shape, motion, and optical cues to stiffness of elastic objects, Journal of Vision, 17(1), 20, pp. 1-22, 2017.
- 4) JIS K6400-2：軟質発泡材料－物理特性の求め方－第2部：硬さ及び圧縮たわみ，財団法人日本規格協会，2004.
- 5) 長野和雄：日本語の程度用語と頻度用語の高さに関する調査，日本建築学会環境系論文集，81，719，pp. 9-17，2016.

繰り返し衝撃に対する椅子の接合強度向上の研究（第2報） 隅木の寸法変化が接合部の鉛直方向の強度に与える影響調査

森茂智彦*, 沼澤洋子*

Research on Improvement of Joint Strength of Chairs against Repeated Impact (II) Investigation of Effect of Corner Wood Shape Changes on Vertical Strength of Joints

MORIMO Tomohiko*, NUMAZAWA Yoko*

椅子の着座中に脚と座枠の接合部が破損して座面が落下し、転倒して重傷を負った例がある。このような事故を防止するため、本研究では着座中に椅子の前脚を上げて落下させた時の接合部に加わる力の低減に取り組む。本報では、接合部に鉛直方向の力が加わる時に、隅木の寸法による接合部の強度との関係を実験により調べた。結果、接合部の強度は、隅木の幅は大きいほうが強く、長さには適値があると考えられた。

1. 緒言

NITE事故情報データベース¹⁾によると、椅子の着座中に脚と座枠の接合部が破損して座面が落下し、転倒して重傷を負った例が多く見られる。原因の一つとして、椅子の前脚を上げて後脚のみで接地する使用状態を続けていくうちに割れや亀裂が広がり、部材が外れて事故に至ったと考えられている。また、上げた前脚を落下させると、座っている人の体重による衝撃が接合部に加わり、これが繰り返されることで徐々に接合部が抜けていき、やがて座面の落下に繋がることも考えられる。

このような動作に対して、経験上、側座枠の後脚側の接合部が抜けやすい。本研究では、この接合部に加わる力を低減することで、接合部を抜けにくくすることを目的とする。

これまで、座枠同士の補強に使われている隅木が落下時の衝撃に対しても補強効果があると考え、その検証に取り組んできた。落下時、側座枠には鉛直方向の力が最も大きく加わると考えられるため、まずは鉛直方向に荷重が加わった場合を検証している。前報²⁾では、構造解析を用いて、等方性材料で作成したモデルに対して、鉛直方向に力が加わった時に、隅木の寸法によって側座枠の後脚側の接合部に加わる力が変化することを確認した。本報では、木材で作成した実験サンプルを用いて実験を行い、隅木の寸法変化が側座枠の後脚側の接合部の強度に与える影響を調べる。

2. 実験

2.1 実験条件

2.1.1 実験サンプル

実験サンプルの例を図1に示す。後座枠と側座枠に見立てた部材をホゾで接合し、それらの間に隅木をビスで固定した。

実験サンプルの寸法を図2に示す。隅木の寸法は、高さを40(mm)で固定とし、後脚から隅木までの長さa(mm)、隅木の幅b(mm)を、表1に示す7通り(隅木なし含む)とした。

座枠の樹種はサクラとした。隅木の樹種はナラ(座枠より硬い樹種)、サクラ(座枠と同じ樹種)、ホオ(座枠より柔らかい樹種)の3種類とした。

実験サンプル数は1条件につき5本とした。

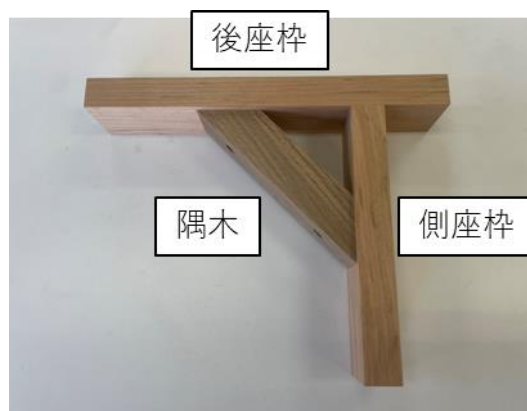


図1 実験サンプルの例

* 試験研究部

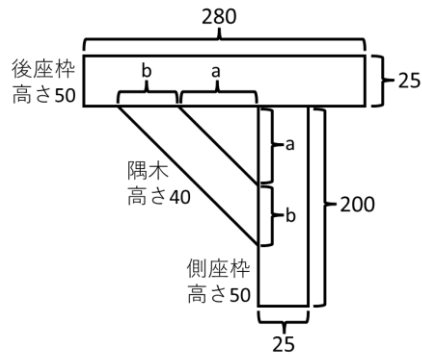


図2 実験サンプルの寸法(単位: mm)

表1 隅木の寸法

隅木	長さ a (mm)	幅 b (mm)
あり	10	30
	40	30
	70	30
	10	50
	40	50
	70	50
なし	-	-

2.2 実験方法

実験サンプルの後座杵を固定し、側座杵を精密万能試験機(株式会社島津製作所製・オートグラフAG-50KNIS)にて、20mm/minの速度で加圧し、最大荷重を取得する(図3)。実際の椅子の落下時には上方向に力が加わると考えられるが、理論的には上下どちらに荷重を加えても同じ結果と考えられることや実験の容易さから、下方向への圧縮荷重とした。

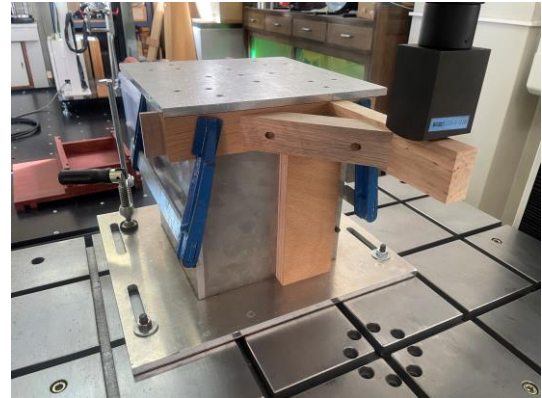


図3 実験状況

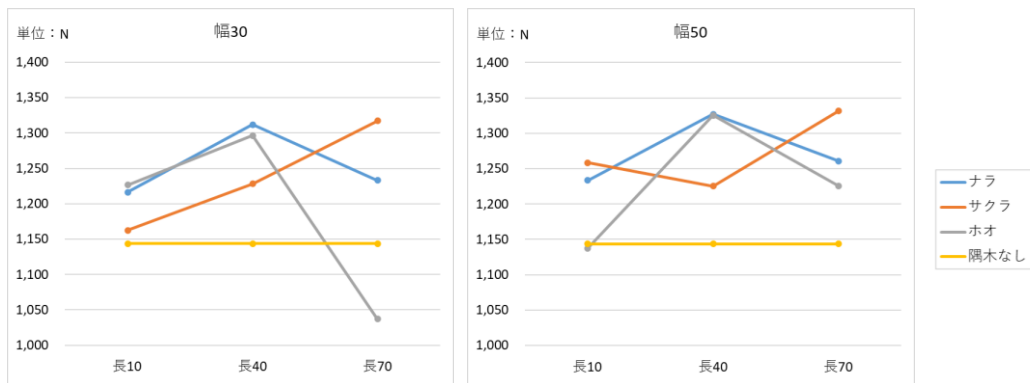


図4 長さ と 荷重 の 関係

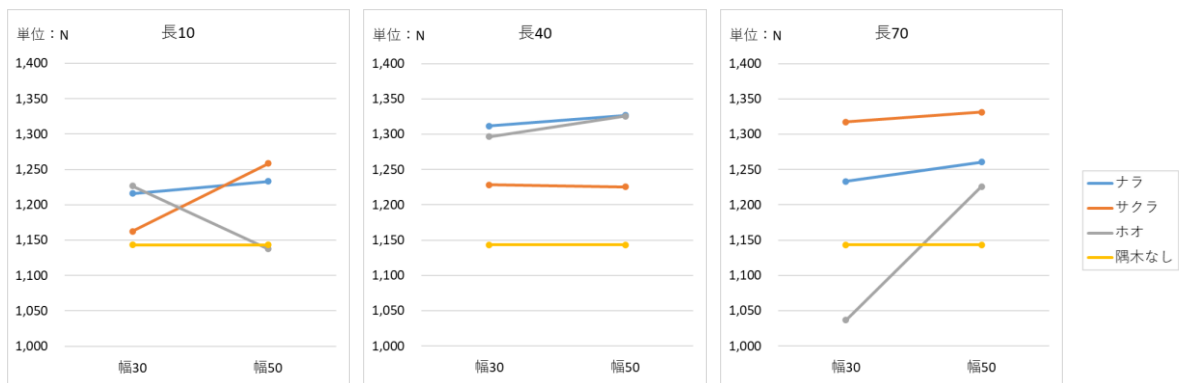


図5 幅 と 荷重 の 関係

3. 結果と考察

3.1 実験結果

実験条件ごとにサンプル間の最大荷重の中央値を求める。図4に長さごとの荷重を比較した結果を、図5に幅ごとの荷重を比較した結果を示す。

3.2 考察

3.2.1 隅木の有無

図4, 5より、隅木に用いる樹種が座枠の樹種の硬さと同程度かそれより硬い場合には、全ての寸法条件で隅木なしよりも隅木があるほうが、最大荷重が高い結果となった。よって、隅木の樹種が座枠と同じかそれより硬い場合に、隅木によって側座枠の後脚側の接合部の強度を高めることができると考えられる。

3.2.2 隅木の長さ

図4より、ナラやホオについては、長さが40mmの時が最も荷重が高いため、長さは長すぎても短すぎても良いわけではなく、適値があると考えられる。これは、構造解析で検証した前報²⁾の結果と一致する。ただし、サクラではその傾向が見られなかったため、検証の余地がある。

3.2.3 隅木の幅

図5より、9条件中7条件で幅が30mmよりも50mmの方が高い荷重となった。これは構造解析で検証した前報²⁾同様に、幅が大きい方が接合部の強度を高められると考えられる。

3.2.4 制約

今回の結果は実験サンプルの寸法に依存する。また、1条件あたりの実験サンプル数が5本である点は結果に影響を与えうる。今後、座枠や隅木の寸法条件や1条件あたりの実験サンプル数を増やすことで、より結果を一般化できると考える。

4. まとめ

椅子の落下時に側座枠へ鉛直方向の力が加わる場合に、隅木による側座枠の後脚側の接合部の強度への影響を検証した。結果、隅木の樹種が座枠と同じかそれより硬い場合に、隅木によって側座枠の後脚側の接合部の強度を高めることができると考えられた。また、隅木の寸法によっても接合部の強度は異なり、解析で行った結果と同様に、隅木の幅は大きいほうが強く、長さには適値があると考えられた。ただし、結果には検証の余地があり、実験サンプルの寸法条件や実験サンプル数の追加が必要であると考ええる。また、更なる検証のため、接合部付近のひずみの比較、衝撃荷重での検討、実際の椅子を用いた評価などを行いたい。

参考文献

- 1) NITE 事故情報データベース、<https://www.nite.go.jp/jiko/jiko-db/accident/search/>、例えば年度番号 A200900324、2023 年 3 月 26 日 参照
- 2) 森茂智彦ら、繰り返し衝撃に対する椅子の接合強度向上の研究 (第 1 報) 構造解析を用いた接合部と隅木の関係性の考察、令和 4 年度岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 25、pp. 23-25、2023

表面模様からの木材硬さ推定に関する研究（第2報）

関範雄*, 藤巻吾朗*, 山口穂高*, 三井勝也*

Estimation of Wood Hardness by Its Surface Pattern (II)

SEKI Norio*, FUJIMAKI Goroh*, YAMAGUCHI Hodaka*, MITSUI Katsuya*

針葉樹材の密度、近赤外線による木口面の表面観察から得られる晩材率（ LWP_{IR} ）およびブリネル表面硬さの関係を検討した結果、これらには極めて強い相関関係が認められた。ブリネル表面硬さについては、木口面だけでなく柃目および板目面いずれの表面も密度や LWP_{IR} と極めて強い相関が認められた。またスギ材の繊維方向における圧縮（縦圧縮）強度と曲げ強度特性は極めて強い相関関係にあり、加えてこれらの強度特性は密度や LWP_{IR} とも極めて強い相関が認められた。このような相関関係は、表面模様の指標である LWP_{IR} からスギ材の硬さだけでなく、圧縮強度および曲げ強度の推定を可能にした。

1. 緒言

木材を材料として利用する場合、木製品製造現場においてその機械特性は、木材の種類と木目模様から人の経験的判断に頼り評価されることが多い。木製品は金属やプラスチックなどに比べてばらつきが大きいにもかかわらず、その部材の特性判断は製品の作り手の経験と感覚に大きく依存する。そのため、木製品は時に選別部材の強度不足から不良が生じやすく、また製造過程における不良率が高くなる傾向にある。

品質の良い木製品を作るためには、木材の模様を的確に捉え、その機械特性を確度良く推定し、適切な部材を適切な箇所に利用することが重要である。また木材模様を的確に捉えることは、木材の無駄ない合理的な利用、木製品製造の生産性向上に繋がる。

本研究では、木材表面の情報から材料物性の簡易推定の可能性を探索している。その一環として本報では木材表面観察を通して得られる表面模様や年輪構造指標と木材の硬さその他の機械特性との関係について報告する。

2. 実験

2.1 材料

試験体には、図1に示す密度頻度分布を有するスギ（*Cryptomeria japonica*）7個体、ヒノキ

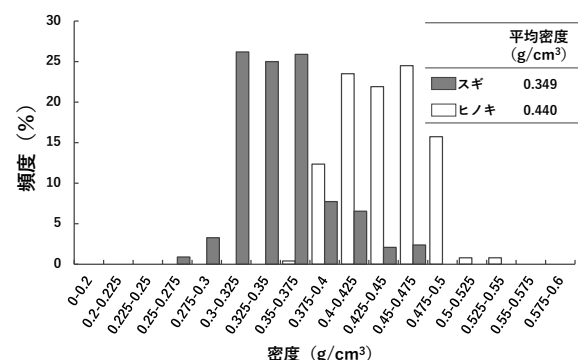


図1 密度の頻度分布

（*Chamaecyparis obtusa*）11個体を用いた。一連の晩材率測定、硬さ、圧縮および曲げ強度の試験片は、同一個体の角材（60mm×60mm）から調製された。晩材率計測および硬さ試験体寸法は40mm×40mm×40mmとした。圧縮試験体寸法は20mm×20mm×40mmとし、圧縮する断面積を400mm²とした。曲げ試験体寸法は20mm×20mm×320mmとした。

すべての試験体は温度20℃、湿度65%RHの雰囲気標準状態に調湿された後、各種測定に用いた。

2.2 赤外線観察による晩材率測定¹⁾

赤外線観察には赤外線カメラ（リコーイメージング株式会社製 PENTAX KP IR、型式：P-TTLフラッシュ内蔵TTL AE・AF一眼レフデジタルカメラ）およびレンズ（リコーイメージング株式会社製マクロレンズ、型式：HD PENTAX-DA 35mmF2.8

* 試験研究部

MACRO Limited)、LED赤外線照明(波長域:940~960nm(λ_{MAX} :950nm))を用い、カメラレンズおよび照明にはワイヤグリッド偏光フィルム(旭化成株式会社製WGF、型式:UC22N)フィルターを装着して、赤外線観察を行った。

赤外線観察によって撮影された試験体木口面の像からの晩材率測定には、オープンソースのコンピュータビジョン向けOpenCV 4.X系ライブラリの画像処理機能が応用された。まず赤外線観察によって撮影された画像を256階調グレースケール画像に変換後、試験体の早材部と晩材部のしきい値を決定した。具体的にはグレースケール画像の局所領域の中央値をしきい値とする適応的しきい値演算処理を行った。その後、それぞれの局所領域で演算して決定したしきい値に基づきグレースケール画像を白黒2階調画像に変換した。さらに白黒2階調画像から、モルフォロジー演算によりノイズ除去を行い、晩材部を抽出し晩材面積を求めた。晩材面積の全体像に占める割合を算出、これを晩材率(LWP_{IR})とした。

2.3 密度の測定

JIS Z2101²⁾の密度の測定方法に従い標準状態の試験体の質量および容積を測定し、密度を算出した。

2.4 硬さの測定

標準状態の試験体を用いて図2に示すように

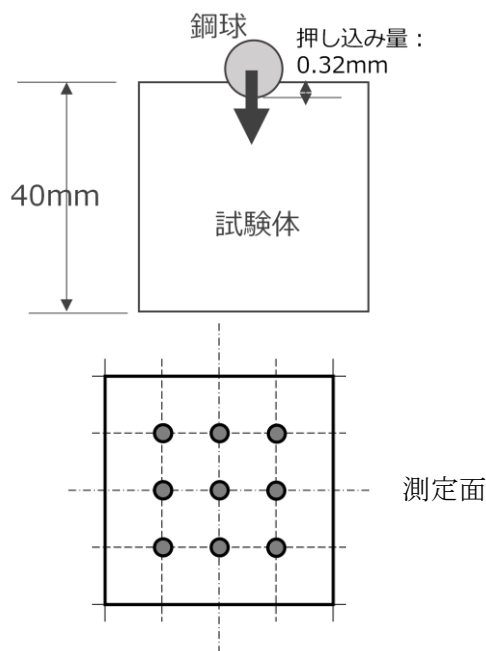


図2 ブリネル硬さ測定と測定箇所

JIS Z2101²⁾の表面硬さ測定方法に従い、ブリネル表面硬さを測定した。測定面の規定の9箇所(鋼球(直径10mm)を深さ $1/\pi$ mm(0.32mm)まで圧入したときの荷重 P (N))を測定した。

各測定箇所のブリネル硬さは次式から算出した。規定測定箇所の平均値を求めた。

$$\text{ブリネル硬さ、HB} = P/10 \quad (\text{N})$$

2.5 圧縮強度の測定

JIS Z2101²⁾の縦圧縮試験および横圧縮試験方法に従って、標準状態の試験体の繊維に平行に荷重速度1mm/minの圧縮荷重を破壊するまで加え、試験体の縮みを測定して繊維方向の縦圧縮ヤング係数($E_{\text{c_RT}}$)を求めた。また試験体の繊維方向に直交して荷重速度1.5mm/minの圧縮荷重を、ISO式比例限度を超えるまで加え、試験体の縮みを測定して横圧縮ヤング係数($E_{\text{c90_LR}}$ 、 $E_{\text{c90_LT}}$)を求めた。

それぞれの圧縮ヤング係数は次式から算出した。

$$E_{\text{c_RT}}, E_{\text{c90_LR}}, E_{\text{c90_LT}} = \Delta P / \Delta l / A$$

$E_{\text{c_RT}}$: 繊維方向の縦圧縮ヤング係数

$E_{\text{c90_LR}}$: 接線方向の横圧縮ヤング係数

$E_{\text{c90_LT}}$: 放射方向の横圧縮ヤング係数

A : 試験体の断面積 (mm^2)

ΔP : 比例限度領域における上限荷重と下限荷重との差 (N)

l : 標点距離 (mm)

Δl : ΔP に対応する縮み (mm)

2.6 曲げ強度の測定

JIS Z2101²⁾の曲げ試験方法に従い、3点曲げ試験を行った。標準状態の試験体に、荷重面を柁目面として、荷重速度2mm/minの曲げ荷重を破壊するまで加え、試験体のたわみを測定して見掛けの曲げヤング係数を次式から算出した。

$$E_{\text{b_ap}} = \Delta P l^3 / 48 I \Delta y$$

$E_{\text{b_ap}}$: 見掛けの曲げヤング係数 (GPa)

l : 支点間距離 (mm)

ΔP : 比例限度領域における上限荷重と下限荷重の差 (N)

I : 断面2次モーメント $I = a^4/12$

Δy : ΔP に対応するスパン中央のたわみ縮み (mm)

なお、本報では見掛けの曲げヤング係数を曲げヤング係数として扱った。

3. 結果と考察

3.1 密度およびLWP_{IR}と表面硬さとの関係

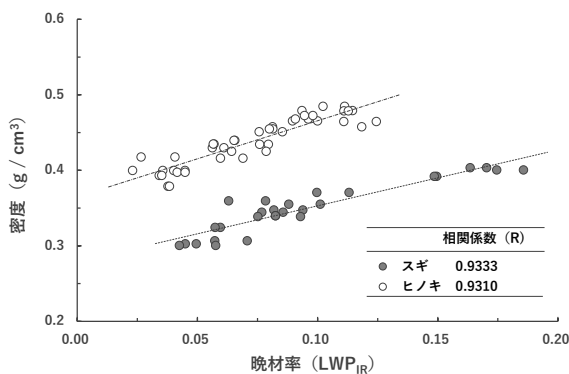
赤外線観察によって得られた晩材率、LWP_{IR}と密度との関係を図3に示す。スギ、ヒノキいずれもLWP_{IR}と密度には、相関係数0.9超の極めて強い相関関係が認められた。また密度と木口面ブリネル表面硬さにおいても、図4に示すように強い相関が認められた。さらに、LWP_{IR}と木口面ブリネル表面硬さは、図5のように極めて強い相関関係を示した。

スギのLWP_{IR}と木口・柾目・板目面ブリネル表面硬さとの関係を図6に示す。いずれの面においてもLWP_{IR}とブリネル表面硬さに相関があった。特にLWP_{IR}と繊維方向の硬さである木口面との相関が最も強い。

3.2 密度およびLWP_{IR}と圧縮強度との関係

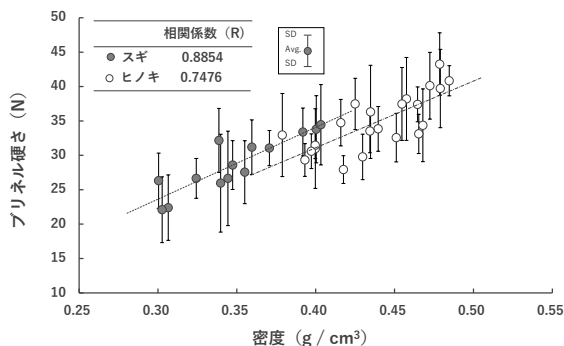
スギの密度と圧縮強度との関係を図7に示す。密度は縦圧縮強度、すなわち繊維方向の圧縮強度と強い相関関係があり、一方、横圧縮強度との相関関係は確認できなかった。

また繊維方向の圧縮強度には、木口表面硬さと



条件：材種；スギ、ヒノキ、温度；20℃、湿度；65%RH

図3 LWP_{IR}と密度の関係

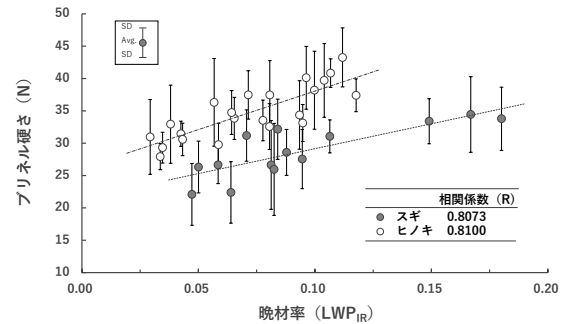


条件：材種；スギ、ヒノキ、温度；20℃、湿度；65%RH

図4 密度と木口面ブリネル表面硬さの関係

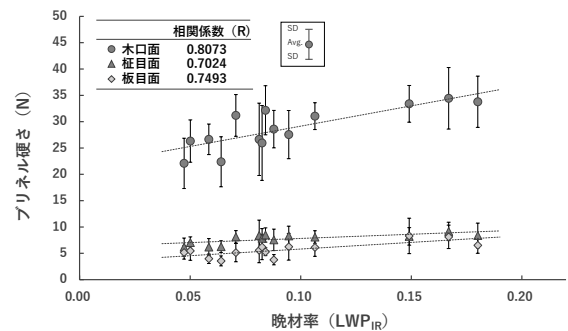
強い相関関係（図8）が認められた。この結果は、木口表面硬さと縦圧縮強度の関係は沢田らの研究³⁾に一致した。

スギのLWP_{IR}と圧縮強度は、図9に示すようにLWP_{IR}と繊維方向の圧縮強度には強い相関関係があった。



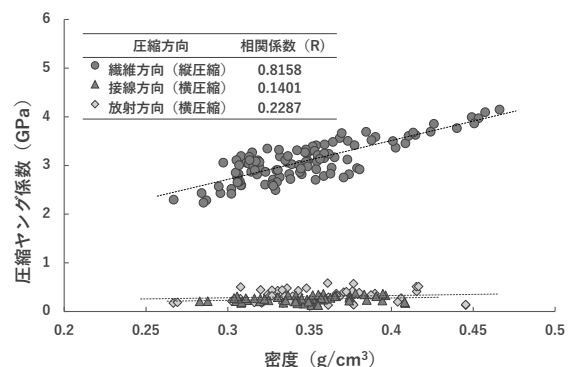
条件：材種；スギ、ヒノキ、温度；20℃、湿度；65%RH

図5 LWP_{IR}と木口面ブリネル表面硬さの関係



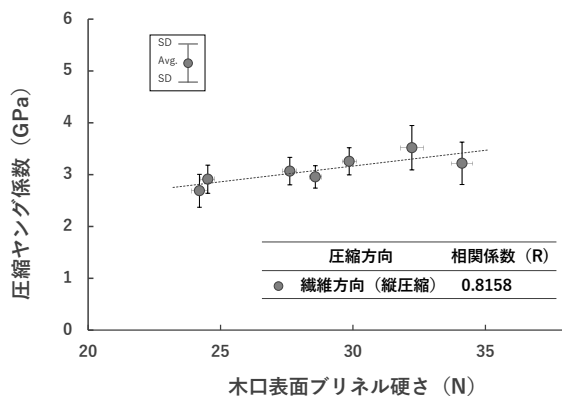
条件：材種；スギ、温度；20℃、湿度；65%RH

図6 LWP_{IR}と木口・柾目・板目面ブリネル表面硬さの関係



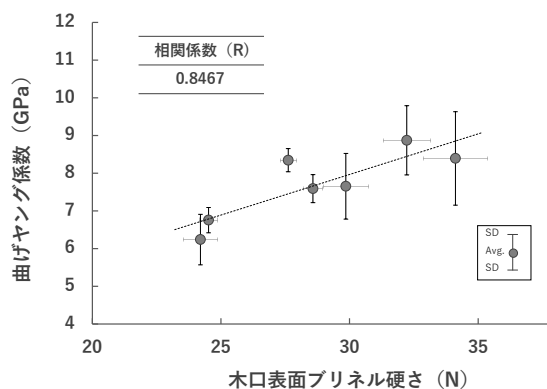
条件：材種；スギ、温度；20℃、湿度；65%RH

図7 密度と圧縮強度の関係



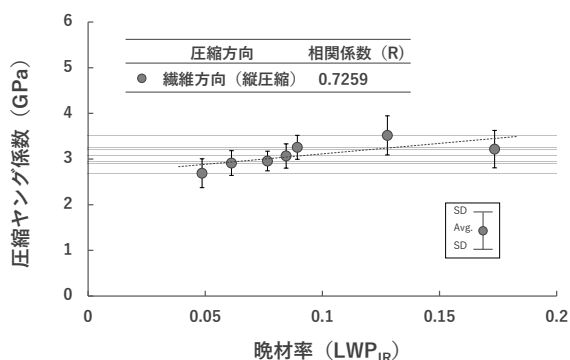
条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図8 木口表面硬さと圧縮強度の関係



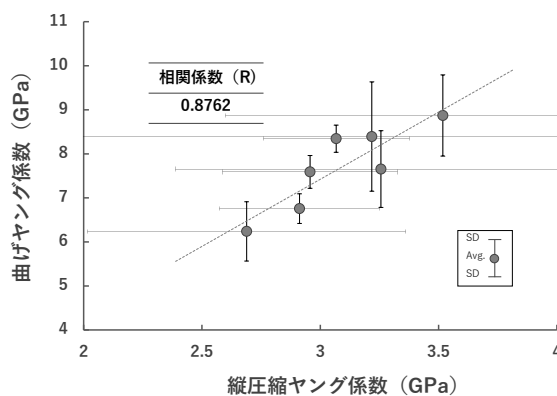
条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図11 木口表面硬さと曲げ強度の関係



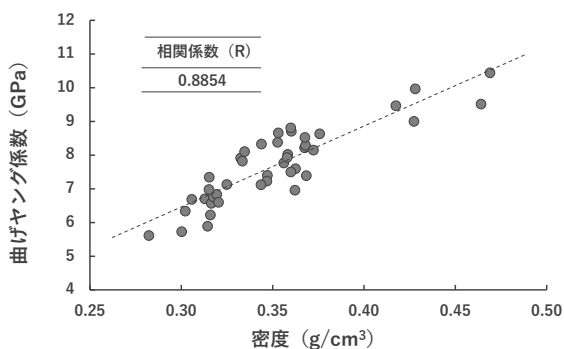
条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図9 LWP_{IR}と圧縮強度の関係



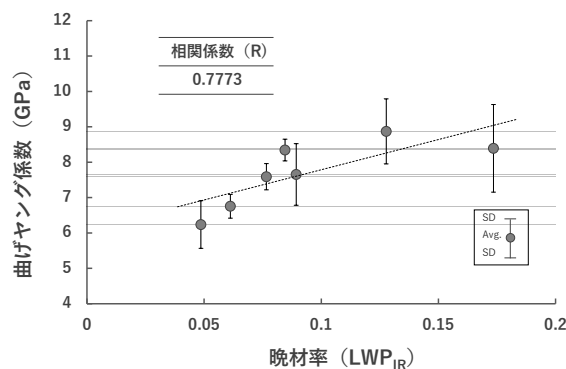
条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図12 圧縮強度と曲げ強度の関係



条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図10 密度と曲げ強度の関係



条件：材種；スギ、温度；20 °C、湿度；65 %RH

図13 LWP_{IR}と曲げ強度の関係

3.3 密度およびLWP_{IR}と曲げ強度との関係

スギの密度と曲げ強度との関係を図10に示す。密度と曲げ強度には強い相関関係があった。また、図11に木口表面硬さと曲げ強度との関係、図12に

繊維方向の圧縮強度と曲げ強度との関係を示す。これらの結果から曲げ強度は、木口表面硬さや圧縮強度とも強い相関関係が認められた。スギのLWP_{IR}と曲げ強度との関係を図13に示す。

LWP_{IR}と曲げ強度との強い相関関係が明確になった。

4. まとめ

木材の表面模様、すなわち年輪は、年輪構造指標として、数値化することができる。近赤外線による木口面表面観察から得られる年輪構造指標である晩材率（LWP_{IR}）は、密度と極めて強い相関関係が認められた。

針葉樹材のスギおよびヒノキの密度は、その表面硬さ、圧縮強度および曲げ強度の機械特性に影響を及ぼし、表面硬さおよび圧縮強度については繊維方向の荷重に対して、曲げ強度については柾目面の荷重に対して、いずれも強い正の相関（R: 0.7超）を示した。

LWP_{IR}は、密度と同様に、繊維方向の表面硬さ、圧縮強度との強い正の相関関係を示し、柾目面荷重の曲げ強度と強い正の相関（R: 0.7超）を示した。

表1 実験的に定めた機械特性の推定式の項

ブリネル表面硬さ		a	b	決定係数: R ²
スギ	H _{RT}	77.1	21.4	0.6518
	H _{LR}	15.8	6.2	0.4934
	H _{LT}	25.2	3.3	0.5614
	E _{c,RT}	4.6	2.7	0.5269
	E _{b,ap}	17.1	6.1	0.6042
ヒノキ				
	H _{RT}	118.9	26.2	0.6560

このようなLWP_{IR}と表面硬さ、圧縮強度および曲げ強度の機械特性、それぞれの両者の間の強い相関関係には、次のような線形回帰直線（推定式）（1）式によって示す関係が認められ、

$$HB_{RT}, HB_{LR}, HB_{LT}, E_{c,RT}, E_{b,ap} = a \cdot LWP + b \quad \dots\dots\dots (1) \text{ 式}$$

HB_{RT}: 木口面ブリネル表面硬さ (N)

HB_{LR}: 柾目面ブリネル表面硬さ (N)

HB_{LT}: 板目面ブリネル表面硬さ (N)

E_{c,RT}: 繊維方向の圧縮（縦圧縮）ヤング係数

E_{b,ap}: 見掛けの曲げヤング係数 (GPa)

LWP: 赤外線観察から得られる晩材率、LWP_{IR}

a: 実験的に定まる係数

b: 線形回帰直線の切片

実験的に定めた推定式の項を表1に示した。

以上のことから、標準状態に調整した針葉樹材の気乾材では、ブリネル表面硬さ、縦圧縮強度、曲げ強度を晩材率（LWP_{IR}）からおおよその推定が可能になった。

参考文献

- 1) 関範雄ほか: 表面模様からの木材硬さ推定に関する研究（第1報）, 岐阜県生活技術研究所研究報告, 25, pp. 39-43, 2023.
- 2) JIS Z 2101: 木材の試験方法, 日本工業規格, 2009.
- 3) 沢田稔ほか: 木材のカタサと圧縮強度との関係（第1報）, 林業試験場研究報告, 78, pp. 149-174, 1955.

地域材利用に向けた曲げ木工程条件の提示（第2報） 圧縮強度と圧縮しわの関係

石原智佳*

Presentation of the wood bending process conditions for use of local materials (II) Relationship between compressive strength and compression wrinkles

ISHIHARA Chika*

既往の研究において、飛騨地域の家具に利用されているブナ・ナラ・ホワイトオーク・ウォルナット等について曲げ木の加工条件を検討してきた。近年では、飛騨地域の家具にもクリ・コナラなどの地域産広葉樹や、センダン・ホオノキなどの早生樹を利用する動きが始まっている。新たに家具用材に取り入れている樹種の曲げ木加工では、圧縮側にしわができやすいという課題が挙げられてきた。これに対して本研究では、曲げ加工による寸法変化と圧縮強度の観点から検討を行った結果、圧縮強度の低い材において、圧縮しわ（座屈）が生じることが明らかになった。

1. 緒言

岐阜県飛騨地域は木製家具の産地であり、無垢材を曲げ加工した部材である「曲げ木」を用いる特徴がある。木材は水分を多く含んだ状態で高温になると、軟化して曲がりやすくなる。軟化处理としては、水蒸気で蒸す蒸煮法が一般的である。蒸煮後、帯鉄と呼ばれる金属板に固定し、曲げ型に沿って曲げ、乾燥により形状を固定する。

一連の研究^{1)~5)}において、樹種によって曲げ木への適性が異なり、割れ・折れといった不良現象の原因も明らかになってきた。それに伴い、不良頻度も低減化してきた。

一方で、これまでの材料とは材質が異なってきたこと、また、国産材への転換が図られるようになってきたことなど、材料面での変化が見られる。このような中、従来あまり見られなかった圧縮側のしわが増加傾向にある。

しわが多くできる材料の特徴として低密度が考えられる。たとえばウォルナットでは、従来よりも低密度化している傾向が見られる。また、地域材のクリ、早生樹のセンダン・ユリノキなども低密度である。

前年度の報告⁶⁾では、ウォルナット及びユリノキの圧縮しわについて検討した。その結果、蒸煮処理時に、一般的な曲げ木加工に適した水分よりも多く含有させて曲げることで、圧縮しわが低減で

きることが判明した。

クリに対しては、さらに高含水率な状態での曲げ木手法が有効ではなかったため、本研究では、曲げ加工による寸法変化と圧縮強度の観点から検討を行った。

2. 実験方法

2.1 縦圧縮試験

曲げ木が良好なブナを基準として、しわが生じやすい樹種としてウォルナット及びクリについて、縦圧縮試験に供し、圧縮変形挙動や強度特性について調査した。試験体寸法は繊維方向（L）120×放射方向（R）30×接線方向（T）30 mmとした。また、試験体の情報を表1に示す。

表1 縦圧縮試験の供試材情報

樹種	気乾密度 (g/cm ³)	蒸煮後 含水率(%)
ブナ	0.67	20
ウォルナット	0.68	15
クリ	0.53	16

2.2 クリの曲げ木

クリの圧縮強度の低さから、しわの原因が曲げ加工時に材にかかる圧縮応力だと推定し、圧縮応力のかかり方を考慮した曲げ木試験を行った。試

* 試験研究部

験体寸法は厚さ (T) 30×幅 (R) 30×長さ (L) 200 mmとした。これを図1に示す曲げ半径60 mmの曲げ型にて曲げた。



図1 曲げ半径60 mmに曲げる様子

3. 結果及び考察

3.1 縦圧縮試験

図2～図7に縦圧縮試験の経過の様子を示す。図2、図3はブナである。図2は5.0mm(全長の4.2%)を圧縮、図3は同様に6.0mm(5.0%)を圧縮したときの様子を示す。ブナは材全体が曲がるように変形し、割れ・しわは生じなかった。

図4、図5にウォルナットの試験の様子を示す。ウォルナットの場合、3.8mm(3.2%)圧縮した時点で材上下端部に座屈によるしわが生じた。

図6、図7に2.2%圧縮、図8、図9に3.1%圧縮したクリの試験の様子を示す。クリはわずか2.6mm(2.2%)圧縮しただけではっきりとした座屈が見られ、3.1%の圧縮で下部において大きく破壊した。

このように、曲げ木においてしわが課題に



図4 ウォルナット
3.2%圧縮

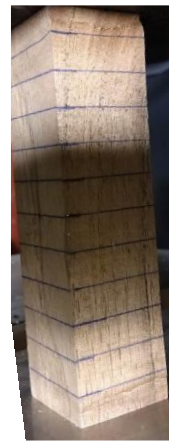


図5 ウォルナット
4.2%圧縮

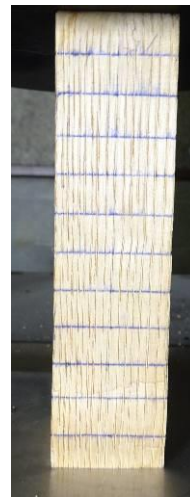


図6 クリ
2.2%圧縮

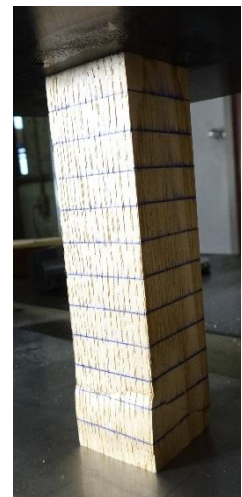


図7 クリ
同2.2%圧縮

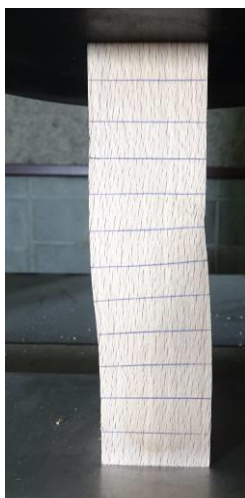


図2 ブナ
4.2%圧縮

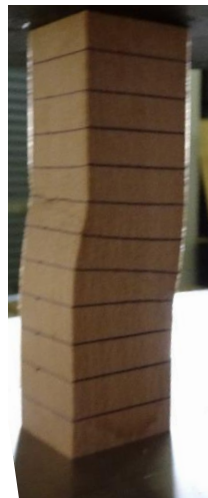


図3 ブナ
5.0%圧縮



図8 クリ
3.1%圧縮



図9 クリ
同3.1%圧縮

なっている樹種については、圧縮強度がかなり低いことが原因と考えられる。

3.2 クリの曲げ木

次に曲げ木の際に、圧縮応力が材端部にかからないように、固定具の高さを材高さより低くし、図1のように曲げた。その結果、図10のように、押さえられた部分にしわはできなかった。このように、しわを抑制する方法として、曲げ木時に材端部全体を覆わずに曲げることをさらに検討する。



図10 クリの曲げ木による表面の状態

3.3 曲げ木の可否判定プログラムから算出する圧縮変形

既往の研究で作成した曲げ木の可否判定プログラム³⁾において、材厚さと曲げ半径及び帯鉄の金属や厚さの条件に基づき、曲げ木の上端部の圧縮ひずみと下端部の引張ひずみを算出することができる。表2にブナとクリについて具体的な数値を示す。曲げ木の前処理による蒸煮において、ブナは含水率が20%程度に増加し、曲げ試験による弾性率は5GPa程度に低下する。一方、クリはブナより低い16%含水率でも弾性率は1.5GPaにまで低下することがわかった。

そのため、両樹種を同じ帯鉄を使用して、同じ形状に曲げ木する場合、ブナは8%圧縮変形し、クリは9%圧縮変形することが計算上判明する。ブナは経験的にこの程度圧縮変形しても特にしわなどの不良は生じず、一方、クリは上述の結果から2%も圧縮変形するとしわができることが明白なため、曲げ木において上端部の圧縮変形を2%よりも小さくする工夫が必要である。

具体的な手法として、圧縮応力を小さくするため、帯鉄を現状の弾性率より低い金属にすること、また、同時に圧縮側上端部を短くすることが考えられる。これらについて検討を進め、しわ不良の改善に引き続き取り組むこととする。

表2 曲げ木の可否判定プログラムから算出される各値

(材厚32mm、長さ600mm、曲げ半径310mm、帯鉄厚1mmの場合)

樹種	弾性率 (GPa)	含水率 (%)	圧縮ひずみ (圧縮率)
ブナ	5	20	0.08 (8%)
クリ	1.5	16	0.09 (9%)

樹種	引張ひずみ (引張率)
ブナ	0.02 (2%)
クリ	0.009 (0.9%)

5. まとめ

木材の曲げ木加工において最近頻出の圧縮側のしわ不良について検討した。その結果、圧縮しわは座屈によるもので、圧縮強度が低い材において生じることが明らかになった。曲げ木において、曲げ内側に圧縮応力がかかる。この際の変形を強度的な限界以下に抑える必要がある。

材の形状を工夫することや帯鉄の材質や形状変化が有力であることが本研究から示唆された。引き続きこれについて詳細に調べる。

参考文献

- 1) 石原智佳他、家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 20、 pp. 9-11、2018.
- 2) 石原智佳他、家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 21、 pp. 9-11、2019.
- 3) 石原智佳他、家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 22、 pp. 8-11、2020.
- 4) 石原智佳他、家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 23、 pp. 1-5、2021.
- 5) 石原智佳他、家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 24、 pp. 1-3、2022.
- 6) 石原智佳、地域材利用に向けた曲げ木工程条件の提示(第1報)、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 25、 pp. 34-38、2023.

飛騨地域家具製造業向けの木材データベースの構築（第1報） 木材・木質材料の吸放湿特性のデータベース作成

三井勝也*

Construction of wood database for the furniture industry in Hida (I)
Creating moisture absorption and desorption characteristics database of wood and wood materials

MITSUI Katsuya *

本研究では、ブナ材およびスギ材の吸放湿性能を測定した。ブナ材およびスギ材ともに木口面からの吸放湿が最も大きく、次いで、板目面、まさ目面となった。ブナ材とスギ材を比較した結果、スギ材のほうが吸放湿が早いことが明らかとなり、これは密度の差によるものであると考えられた。

1. 緒言

2020年、新型コロナウイルス感染症による影響により、アメリカでは住宅建設が一時期落ち込んだが、2020年5月のロックダウン解除後から、住宅建築需要が増加し、7月頃からはその動きが顕著になった。それに伴い、木材価格が高騰し、いわゆる「ウッドショック」が引き起こされ、木材の供給が需要に追い付かなくなってきた。また、2022年2月に始まったウクライナ危機によるロシアからの木材調達難など木材産業における原材料調達はめまぐるしく変更が余儀なくされている。さらに、ここ数年、日本各地で国産広葉樹利用の推進が図られるなど、社会的情勢によって、その時代に用いられる木材の樹種が大きく変化している。

近年、木材の良さが再認識され、木材利用は、住宅や家具のみならず、刃物柄や小物製品など多岐にわたる。これまでも、木材の機械的特性や物理的特性に関するデータベースは存在していたが、需要拡大に伴い、材質のばらつきが大きくなり、従来のデータベースの値では利用できない場合が散見される。そこで、データベースを再構築するための足がかりとして、本研究では、既存の恒温恒湿器を用い、吸放湿性能の測定を実施した。

2. 実験方法

2.1 試験体

本研究ではスギ (*Cryptomeria japonica*) およびブナ (*Fagus crenata*) を用いた。試験体サイズは20 mm(半径方向)×20 mm(接線方向)×20 mm(繊維方向)とした。試験体はあらかじめ23℃50%RH下で1ヶ月以上静置した。木材の各方向の吸放湿特性を把握するため、木口面、まさ目面、あるいは板目面一面のみを残し、他の5面をアルミテープで覆った。比較として、6面全体からの吸放湿についても同時に測定した。

2.2 吸放湿試験

吸放湿試験については、次の条件で行った。恒温恒湿器(エスベック株式会社製PR-1J)を用い、40℃90%RH下に48時間静置したのち、40℃30%RH下に48時間静置した。その間に適宜試験体の重量を測定した。

3. 結果と考察

図1にブナ材の吸放湿変化を示す。(a)～(c)は、それぞれ木口面、まさ目面、板目面一面からの吸放湿を、(d)は6面全面からの吸放湿を示す。木口面からの吸放湿が最も大きく、まさ目面と板目面についてはほとんど違いがないが、板目面のほうが若干大きい。6面での吸放湿については、そのほとんどが木口からの吸放湿によるものであり、2000分を超えたあたりでほぼ飽和する。

* 試験研究部

図2にスギ材の吸放湿変化を示す。ブナ材同様に、木口面からの吸放湿が最も大きく、まさ目面と板目面についてはほとんど違いがないが、板目面のほうが若干大きい。ブナ材に比べ、スギ材のほうが吸湿が早く、6面からの吸湿においては、およそ500分あたりで飽和に達する。今回用いた試験片は開始時の気乾密度がブナ材が0.68、スギ材が0.30であったことから、吸湿の速度は密度に、言い換えれば、木材中の空隙の大きさに依存すると考えら

れる。

一般に、一次元の拡散は次式によって表される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

ここに、 u :物質の濃度、 t :時間、 x :位置、 D :拡散係数である。変数分離法、および境界条件を用いることにより、一次元の拡散についてはより詳細に検討することができ、今後の検討課題である。

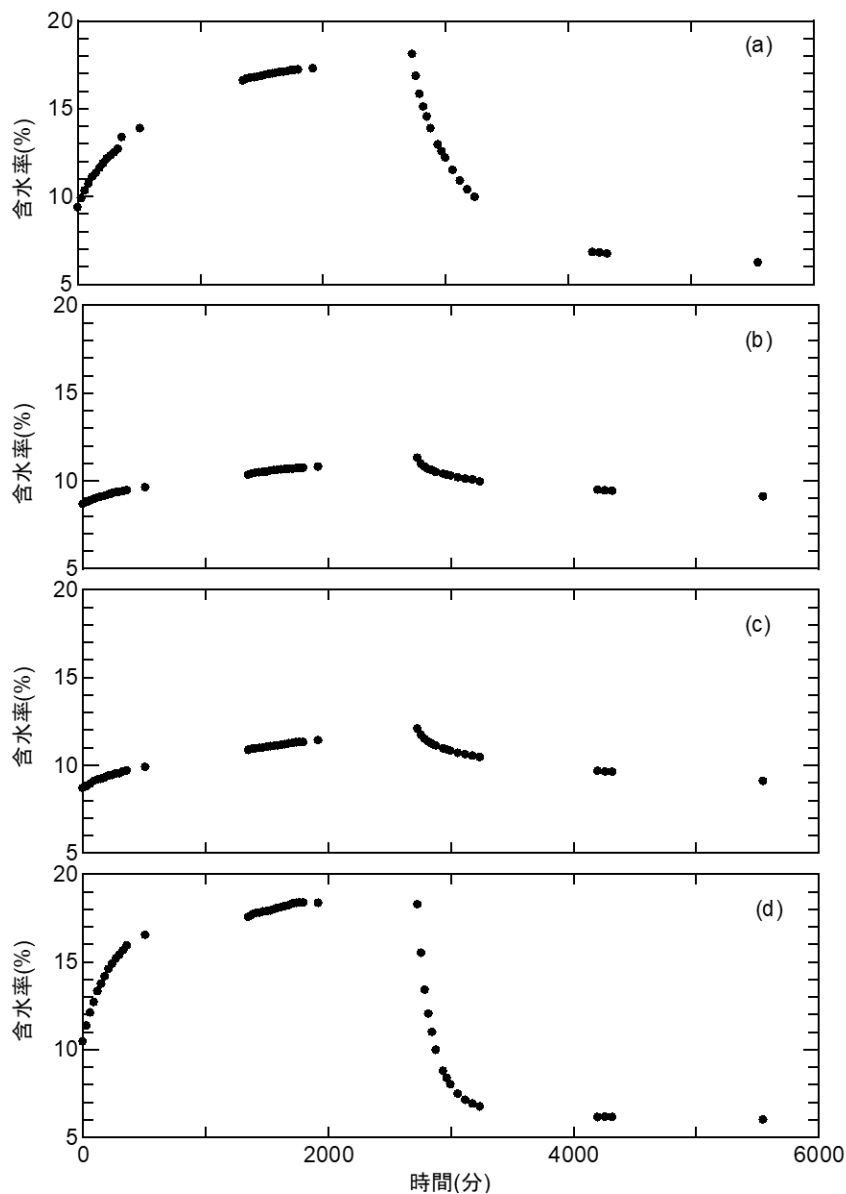


図1. ブナ材の吸放湿特性 (a)木口面一面からの吸放湿 (b)まさ目面一面からの吸放湿 (c)板目面一面からの吸放湿 (d)全面(六面)からの吸放湿

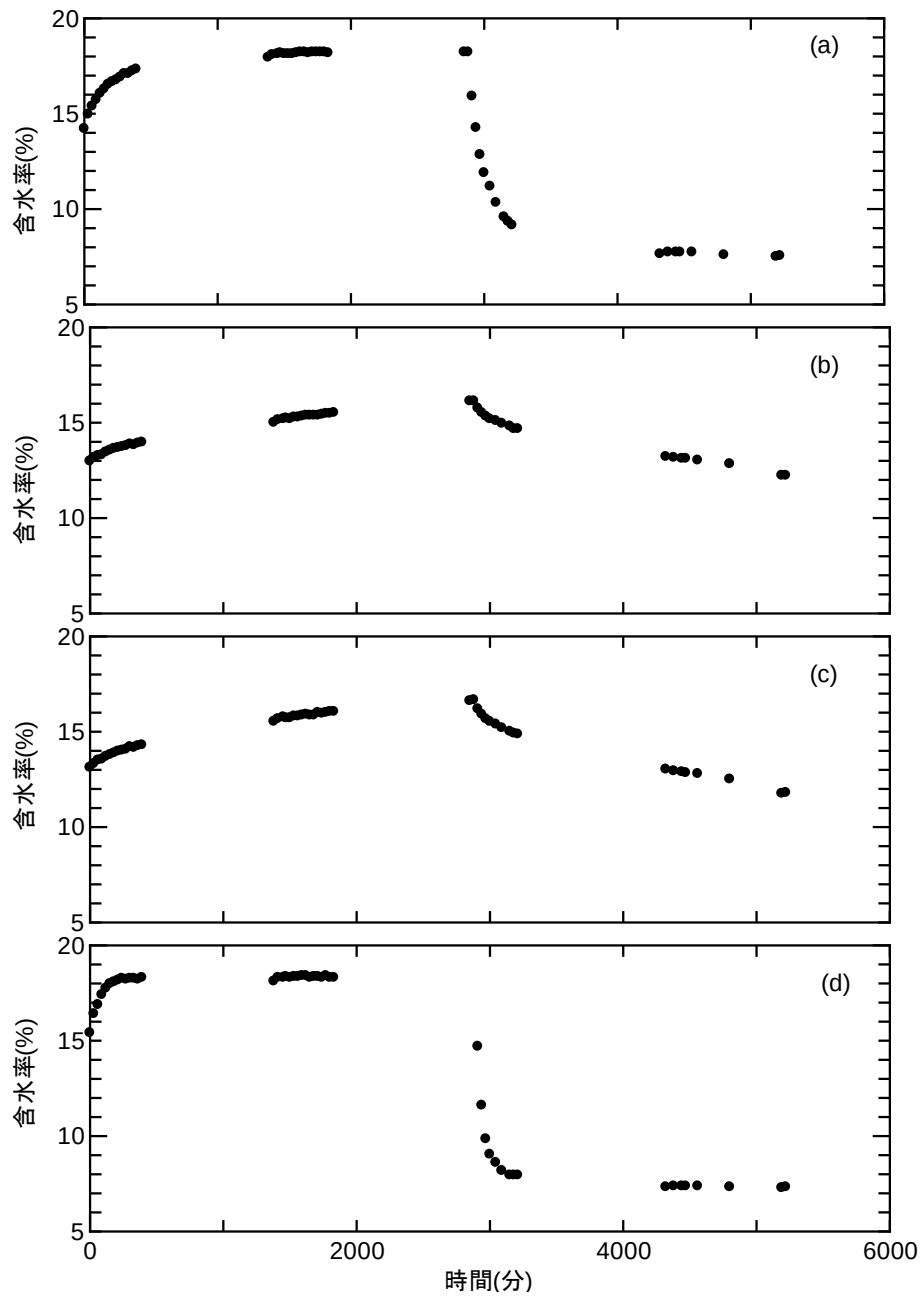


図 2. スギ材の吸放湿特性 (a)木口面一面からの吸放湿 (b)まさ目面一面からの吸放湿 (c)板目面一面からの吸放湿 (d)全面（六面）からの吸放湿

超音波伝播法による木材の非破壊評価 (第1報)

今西祐志*

Nondestructive Evaluation of Wood by Ultrasonic Propagation Method (I)

Hiroshi IMANISHI^{*1}

超音波伝播法により木材密度を非破壊的に評価する手法について検討した。散孔材3樹種（ブナ、ウォルナット、チェリー）と環孔材4樹種（ナラ、レッドオーク、アッシュ、サペリ）について対面法で放射方向の受信波形を取得し、伝播速度とピーク振幅を求め、それらと気乾密度との関係を調べた。全7樹種と散孔材についてはピーク振幅が気乾密度と良い相関関係が見られ、環孔材については伝播速度の方が良好な相関関係であった。樹種ごとについては、相関の正負及び強弱は様々で、明確な傾向は見られなかった。

1. 緒言

木材は吸放湿による寸法・形状の変化が比較的大きい材料で、異方性と不均質性に由来して伸縮のみでなく反りやねじれといった様々な変形が生じることから、家具等の木製品を加工する上で木材の含水率管理は極めて重要である。木製品の加工現場では、簡便かつ非破壊での測定が可能な高周波水分計による含水率管理が広く行われているが、その測定値と実際の含水率との乖離がしばしば指摘されており^{1, 2)}、正確度の向上が求められている。

高周波水分計の測定値が不正確となる原因の一つに密度の影響がある。木材の密度は個体や部位によるばらつきが大きいので、測定対象の部位の密度を非破壊的に正しく把握することができれば、高周波水分計による含水率測定の正確度の向上が期待できる。

本研究では、非破壊検査法の一つである超音波法を取り上げ、木材の超音波試験で得られる情報と木材密度との関連を調査した。超音波を用いた木材の非破壊試験に関する報告は多数あり³⁻¹⁴⁾、伝播速度と木材物性との関係や木材内部の欠陥検出などについて以前より研究されている。本研究では、とくに家具用に製材された板材の品質管理を行うことを念頭に置き、木材密度を非破壊的に評価する手法について検討した。

2. 実験方法

2.1 供試材料

超音波試験に供した材料はブナ (*Fagus crenata*)、ウォルナット (*Juglans regia*)、チェリー (*Prunus serotina*)、ナラ (*Quercus serrata*)、レッドオーク (*Quercus rubra*)、アッシュ (*Fraxinus japonica*)、サペリ (*Entandrophragma cylindricum*) の7樹種である。これらのうち、ブナ、ウォルナット、チェリーの3種は散孔材、ナラ、レッドオーク、アッシュ、サペリの4種は環孔材である。試験体寸法は100mm(L)×100mm(T)×30mm(R)とした。試験体数は樹種ごとに10~16である。

2.2 超音波試験

全ての試験体を一定の温湿度雰囲気下で6ヶ月以上養生した後、超音波試験に供した。超音波試験後、全乾法により求めた含水率の平均は10.5%であった。

本報で使用した測定機器は、振動数が54kHzの超音波パルスを発信センサーから繰り返し周波数5Hzで発信し、受信センサーで感知した波形を記録するものである。使用したセンサーは、試験体と接触する部分が直径38mmの円柱形のものである。測定は放射 (R) 方向とし、図1のように、試験体の板目面中央を発信と受信の各センサーで上下より挟んだ配置で測定（以下、対面法とする）を行った。

図2に受信波形の一例を示す。縦軸は最大値を基準とした百分率 (%) で示してある。伝播時間を伝播距離で除して伝播速度を算出し、また、受信波形についてフーリエ変換を行い、ピーク振幅を求

* 試験研究部

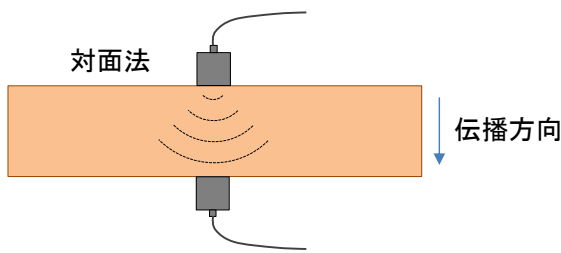


図1 超音波試験の方法

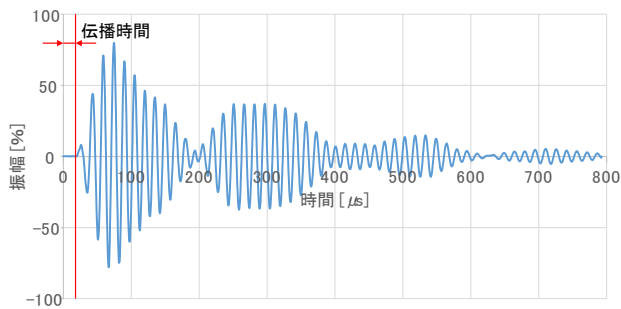


図2 受信波形の一例

めた。

3. 結果と考察

3.1 伝播速度と気乾密度の関係

図3に樹種別の伝播速度と気乾密度の関係を示す。塗り潰し及び白抜きの各プロットは散孔材及び環孔材のデータである。表1は、図3の関係について、様々なグループで線形回帰を行った結果をまとめたものである。放射方向では、密度が増加すると伝播速度が大きくなることが報告されている⁵⁾。全7樹種については弱い正の相関を示す結果となっており、過去の報告と一致した。散孔材3樹種については相関が見られなかったが、環孔材4樹種については強い正の相関が見られた。樹種ごとについては、散孔材のチェリーで強い相関が見られたものの、相関の正負および強弱は様々で、明確な傾向は認められなかった。

3.2 伝播速度とピーク振幅の関係

図2に例示した受信波形は個々の試験体で異なる振幅を示した。振幅の大小から超音波のエネルギーが木材の繊維や水分の振動に変換される様子を知ることができ⁷⁾、これは密度とある程度の対応関係があるものと考えられた。そこで、受信波形について行ったフーリエ変換で求めたピーク振幅と気乾密度との関係を調べた。図4に樹種別のピーク振幅と気乾密度の関係を示す。塗り潰し及び白抜

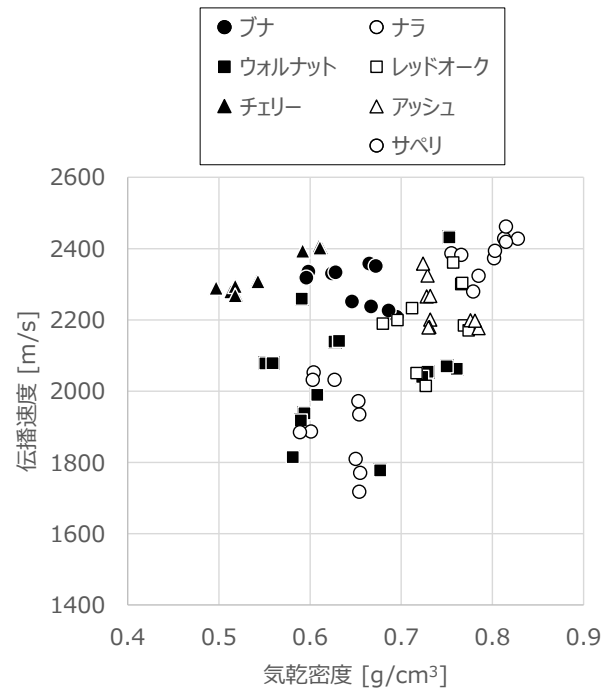


図3 樹種別の伝播速度と気乾密度の関係

表1 伝播速度と気乾密度の回帰分析の結果

	回帰式	相関係数
全7樹種	$y = 545.78x + 1822.7$	$R = 0.2595$
散孔材3樹種	$y = -370.88x + 2428.5$	$R = -0.1523$
環孔材4樹種	$y = 2378.6x + 455.08$	$R = 0.8170$
ブナ	$y = -913.65x + 2887.5$	$R = -0.5592$
ウォルナット	$y = 595.47x + 1664.5$	$R = 0.2792$
チェリー	$y = 1266.3x + 1630.1$	$R = 0.9683$
ナラ	$y = 1302.1x + 1351.3$	$R = 0.5800$
レッドオーク	$y = 1161.5x + 1345.6$	$R = 0.3678$
アッシュ	$y = -1371.4x + 3256.4$	$R = -0.5227$
サペリ	$y = -2073x + 3213.4$	$R = -0.4833$

きの各プロットの内容は図3と同様である。表2は、図4の関係について、様々なグループで線形回帰を行った結果をまとめたものである。全7樹種、散孔材3樹種、環孔材4樹種のいずれについても、ピーク振幅と気乾密度との間に正の相関が見られた。樹種ごとについては、相関の正負及び強弱は様々で、明確な傾向は認められなかった。前述の伝播速度と気乾密度の関係と比較すると、全7樹種や散孔材3樹種ではより強い相関関係が見られた一方で、環孔材4樹種ではより弱い相関関係となっている。樹種ごとについては、ウォルナット、チェリー、レッドオークで相関が見られないなど、有効性はとく

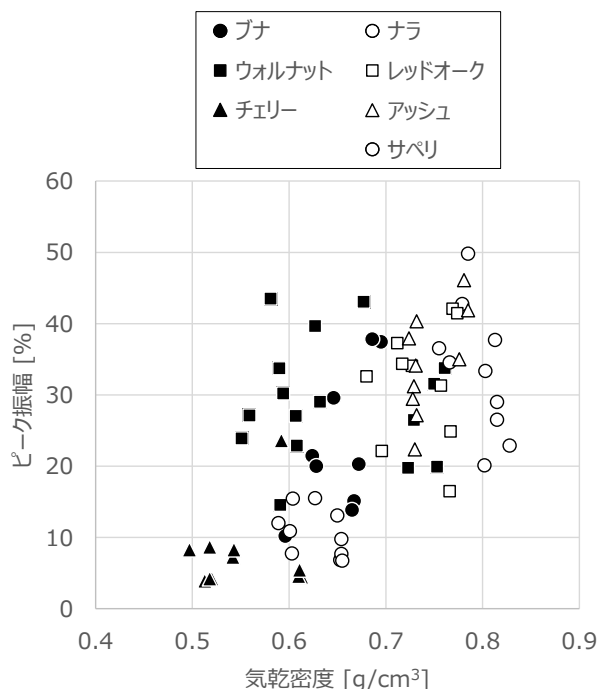


図4 樹種別のピーク振幅と気乾密度の関係

表2 ピーク振幅と気乾密度の回帰分析の結果

	回帰式	相関係数
全7樹種	$y = 89.353x - 36.025$	$R = 0.6215$
散孔材3樹種	$y = 86.876x - 33.026$	$R = 0.5078$
環孔材4樹種	$y = 125.28x - 63.489$	$R = 0.6893$
ブナ	$y = 201.67x - 108.95$	$R = 0.6946$
ウォルナット	$y = -4.4312x + 32.015$	$R = -0.0397$
チェリー	$y = 21.66x - 4.4067$	$R = 0.1725$
ナラ	$y = -207.52x + 198.55$	$R = -0.5453$
レッドオーク	$y = 15.751x + 20.075$	$R = 0.0652$
アッシュ	$y = 178.84x - 98.639$	$R = 0.6156$
サベリ	$y = -53.158x + 44.022$	$R = -0.4292$

に認められなかった。

4. まとめ

とくに家具用に製材された板材の品質管理を行うこと目的として、超音波伝播法により木材密度を非破壊的に評価する手法について検討した。7樹種について対面法で放射方向の受信波形を取得し、伝播速度とピーク振幅を求め、それらと気乾密度との関係を調べた。全7樹種と散孔材についてはピーク振幅が気乾密度と良い相関関係が見られ、環孔材については伝播速度の方が良好な相関関係であった。樹種ごとについては、相関の正負及び強弱は様々で、明確な傾向は見られなかった。

参考文献

- 1) 祖父江信夫：木材の非破壊検査，木材学会誌，Vol. 39, No. 9, pp. 973-979, 1993
- 2) 富田守泰他：携帯型高周波式水分計の板材測定における品質管理のための設定密度，木材工業，Vol. 73, No. 2, pp. 52-57, 2018
- 3) 三城昭義：木材中の超音波伝播速度と水分（第1報）木材中の超音波伝播速度に及ぼす水分傾斜の影響，木材学会誌，Vol. 41, No. 12, pp. 1086-1092, 1995
- 4) 三城昭義：木材中の超音波伝播速度に及ぼす木理角，年輪傾角の影響，木材学会誌，Vol. 42, No. 2, pp. 211-215, 1996
- 5) 三城昭義：木材中の超音波伝播速度に及ぼす密度の影響，木材学会誌，Vol. 42, No. 9, pp. 887-894, 1996
- 6) 鈴木弘志他：木材の超音波伝播速度におよぼす繊維傾斜角の影響，木材学会誌，Vol. 36, No. 2, pp. 103-107, 1990
- 7) 酒井春江他：木材の超音波伝搬特性と含水機構，木材学会誌，Vol. 39, No. 7, pp. 757-762, 1993
- 8) 井道裕史他：超音波伝播法によるめり込み性能の評価，木材工業，Vol. 65, No. 10, pp. 448-451, 2010
- 9) 速水紀文他：超音波を用いて得られる木材の伝播速度，日本建築学会技術報告集，Vol. 23, No. 54, pp. 469-474, 2017
- 10) 田島英俊他：超音波を用いた外構木材の内部劣化評価手法に関する研究，鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集（2007），p. 42, 2007
- 11) 後藤崇志他：腐朽処理した木材の超音波伝播速度及び部分圧縮強度の変化 超音波伝播速度の低下と残存強度との関係，木材学会誌，Vol. 57, No. 6, pp. 359-369, 2011
- 12) 小玉泰義：木材の超音波探傷，木材工業，Vol. 55, No. 4, pp. 154-158, 2000
- 13) 柳川靖夫：超音波伝播速度の測定による集成材接着はく離の検出，奈良県森林技術センター研究報告，Vol. 44, pp. 59-65, 2015
- 14) 角谷和男：木材の内部欠陥と超音波音速との関係，木材研究：京都大学木材研究所報告，Vol. 34, pp. 22-36, 1965

オーク突板化粧材の変色抑制技術の開発 木材含水率および基材の影響

伊藤国億*

Development of technology to suppress discoloration of oak veneer decorative wood
Influence of wood moisture content and substrate

Kuniyasu ITO^{*1}

オーク材の突板化粧材が変色する要因にかびの発育が認められることから、かびの発育環境に密接な湿度・水分に関わる試験体の含水率や試験体を構成する基材の素材影響について調査した。変色の発端となるかび（*Eurotium* sp. 菌株）を用いて変色試験などを行った。結果、変色とかびの発育度合い、含水率は正の相関傾向にあったが、含水率15%以下では発育がわずかであり、変色しなかった。また、かびの発育が突板材に直接作用せず、基材を経由した間接作用により変色を引き起こすことが分かった。

1. 緒言

木製棚・戸棚やテーブルには寸法安定性や軽量性、コスト面がよく、高級感や美観に優れた突板化粧材がしばしば用いられる。突板化粧材は合板やMDF（木質繊維板）を基材として0.2～1.0mm程度の薄い木板（突板）を貼り付けた部材であるが、なかでもオーク材を突板とする化粧材は最も人気がある。オーク材は鉄分やアルカリ剤が材内の成分と反応して、変色が起こりやすい材質でもあるが、製造時の切削工程や塗装により鉄分やアルカリ剤との接触を避ける対策が確立されている¹⁻²⁾。

こうしたなか、突板化粧材の基材として使用される合板の入手が困難になりつつあるため、合板の代用としてMDFやパーティクルボードなどに仕様変更する製造業者が増加しているが、これまでもこれら化粧材の突板が暗色になる事例が散見されている。変色原因は使用環境におけるかびなどの微生物が水分を多く含んだMDFなどにおいて繁殖し、pHがアルカリ性に傾き、オーク突板のタンニン成分が暗色化すると推定されている³⁻⁴⁾。しかし、変色が生じるような使用環境が揃うと初めて偶発的に発生しているため、抗菌仕様や防湿対策などによる変色防止方法がどれほど効果的であるのか検証できていない。そのため、変色が生じる再現性のある試験方法が必要であった。

我々は変色材から分離培養したかびを用いて、

変色の再現が可能な環境条件等を見だし、変色再現性試験方法を確立した⁵⁾。変色再現性試験の温湿度条件はかびが発育しやすい25℃/98%としたが、木質材料の吸放湿性はかびの発育環境における重要な湿度・水分の状態に大きく影響すると考えられる。また、その湿度・水分を制御することは変色抑制手段の一つとなる対策でもある。

そこで、本研究は含水率を調整した各試験体を用いたかびの発育とその変色性を検証した。また、基材によるかびの発育への影響を評価するため、基材の素材が異なる化粧材を用いて変色再現性試験を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材の調製

2.1.1 オーク化粧パーティクルボードの含水率調製

30mm角にカットしたオーク化粧パーティクルボード（厚さ20mm）を密閉容器に入れて5℃/98%（硫酸カリウム飽和塩下）で養生し、含水率17～19%に調整した。調整した試験体の化粧面を色差計（日本電色工業（株）製、SE-2000、見口φ30）を用いて測色した。測色後、直ちにPE袋に5個ずつ入れてシーリングし、γ線照射（10kGy）に供した。照射後、試験に用いるまで冷暗下（5℃）で保管した。

* 試験研究部

2.1.2 基材が異なる試験体の作成

基材はパーティルボード、MDF、シナ合板、ブナ単板（何れも厚さ9mm）を用いた。各基材とオーク化粧シート（厚さ0.3mm程度、裏面に和紙貼り）とを酢酸ビニル系接着剤を用いて熱圧着（100～110℃）し、30mm角にカットした。これをPE袋に5個ずつ入れてシーリングし、 γ 線照射（10kGy）に供した。なお、基材をパーティルボード、MDF、シナ合板、ブナ単板とする各試験体（以後、それぞれをD-PB、D-MDF、D-PLYW、D-BUNAとする。）の試験前含水率はそれぞれ8.2%、8.2%、10.4%、10.3%であった。含水率は105℃乾燥により全乾重量を測定して算出した。

また、先の試験体と同様の手順で、化粧シートに接着剤を塗布した試験体（基材なし、以後D-Vとする。）を作成した。

2.2 試験体の含水率に伴う変色試験

先行研究⁵⁾で分離培養した菌株(*Eurotium* sp.)を用いて変色試験を行った。予め1週間前培養した培地から約 10^6 個/mlとなるように単一孢子懸濁液を調製した。この孢子懸濁液を培地に添加し、過剰分を除去して5分静置し、試験体に孢子を転写する培地を調製した。次いで2.1.1の試験体5個を転写用培地に載せた。なお、転写面は試験体側面1箇所とした。さらに試験体の上に錘50gを載せて1分静置して孢子を転写した。また、孢子懸濁液に代わり、湿潤添加剤（0.05%スルホコハク酸ジオクチルナトリウム）を添加した転写用培地を用いたものをコントロールとした。

滅菌済み培養瓶（450ml容）に飽和塩水溶液、ステンレス網を入れ、次いで網の上に転写した試験体を5個ずつ入れて試験に供した（写真1）。試験条件を表1に示す。試験は約7日毎に試験体を1個ずつ取り出して重量を測定し、化粧面を測色した。また、実体顕微鏡観察によりかび菌糸の有無を調べた。なお、測色には色差計（SE-2000：日本電色工業（株）社製）を用い、試験前後の色差 ΔE を求めた。測定



写真1 変色試験

条件は測定直径30mm、D₆₅光源、10°視野、L*a*b*表示系を適用した。

2.3 基材の異なる試験体の変色再現性試験

2.2の変色試験と同様に、*Eurotium* sp.を転写した試験体D-PB、D-MDF、D-PLYW、D-BUNA、D-Vは25℃/98%（飽和塩による）下でそれぞれ一定期間試験に供し、重量測定および測色、顕微鏡観察を行った。

3. 結果と考察

3.1 試験体の含水率に伴う変色試験

変色試験に供した各試験体の含水率を図1に示す。湿度環境が43%～84%の間の試験体含水率は試験1～2週間後には推定の平衡含水率におおむね近い値を示したが、湿度環境98%においては推定の平衡含水率よりも5%以上低い含水率となった。

試験体の化粧面を測色した色差値を図2に示す。湿度環境84%（含水率平均値16.5%）および98%（含水率平均値21.3%）において、試験期間が長くなるほど色差値が大きくなる傾向を示し、かつ84%よりも98%の方が変色度合いは速く、著しく変色した。一方、湿度環境43%、58%、75%の試験体では色差値はほとんど変わらず、変色が認められなかった。

かびの発育は顕微鏡観察により行った。湿度環境75%の21日目以降と湿度環境84%および98%の全試験期間に菌の転写面に発育が認められ、湿度環境84%の21日目以降と98%の7日目以降に化粧面全面を覆うほどの菌糸が認められた。

これらのことから試験体の含水率が高いほどかびが増殖し、その発育度合いが大きいほど変色しやすい傾向が認められた。また、含水率を15%以下まで制御できる場合は変色しにくいことが分かった。但し、25℃/75%条件（推定平衡含水率15%）では21日目以降にかびの発育が認められることから、より長期的な試験を検討する必要がある。なお、コントロールの最大色差値は湿度環境98%、35日目

表1 変色試験条件

温度	25℃				
湿度※1	43%	58%	75%	84%	98%
推定※2の 平衡含水率	9%	11%	15%	19%	28%
初期含水率	17～19%				
試験期間	最大5週間				

※1 湿度調整は飽和塩法による

※2 Hailwood and Horrobin吸着理論に基づき算出

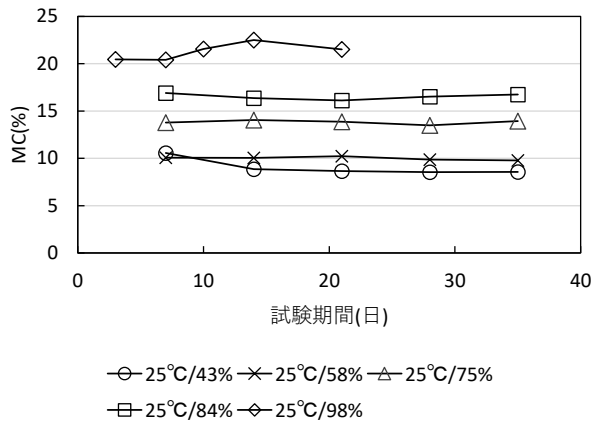


図1 湿度環境下における試験体の含水率

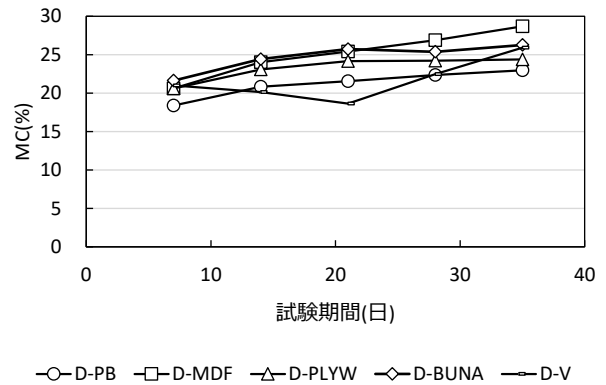
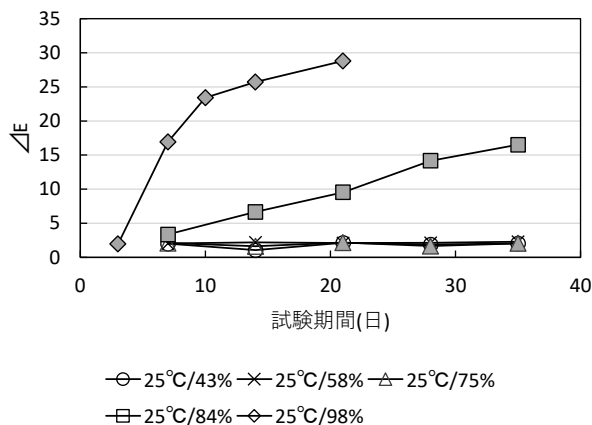


図3 基材の異なる試験体の含水率

図2 湿度環境下における試験体の色差変化
マーク塗りつぶし：かびの発育あり

の5.2であったことから、かびを転写した試験体の色差値と大きく異なったものの、長期間の温度、湿度負荷により化粧材が変色することも留意する必要がある。

3.2 基材の異なる試験体の変色再現性試験

基材の異なる試験体にかびを転写し、25°C/98%条件で試験した。各試験体の含水率を図3に、その試験体の色差値を図4に示す。全試験体において試験1週間後の含水率は18%以上と高く、全試験期間においても高い含水率を維持したことから、かびが発育する湿度・水分環境は十分に満たした。色差値においては、D-BUNAやD-Vの色変化はほとんどなかったが、D-PB、D-MDF、D-PLYWは変色した。また、D-PB、D-MDFの方がD-PLYWよりも変色度合いは速かった。各試験体化粧面のかびの発育状況を写真2に示す。D-V以外の試験体は何れもかびの発育度合いは大きかったが、一方でD-BUNAは変色しなかった。

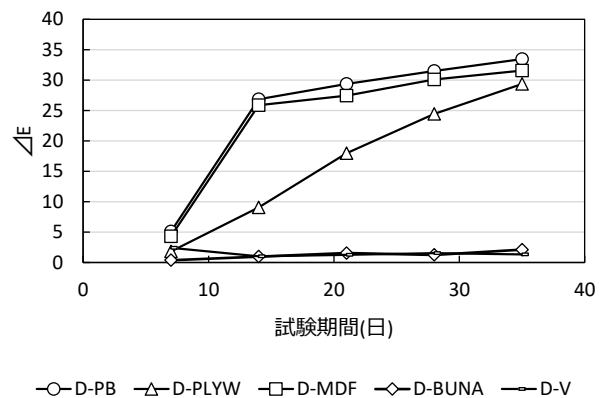


図4 基材の異なる試験体の色差変化



写真2 試験2週間後の試験体化粧面

上段左から順にD-PB、D-MDF、D-PLYW、下段左からD-BUNA、D-V

このことはかびの発育がオーク突板材の色変化に直接作用していないことを示唆し、基材においてかびが発育することにより、基材の代謝または分解された成分がオーク突板材に溶出して、変色を起こした可能性が考えられる。

4. まとめ

オーク材の突板化粧材が変色する要因にかびの発育が認められることから、木質材料の吸放湿性がかびの発育環境における重要な湿度・水分の状態に大きく影響する。そこで、試験体の含水率に伴う変色性と試験体に転写したかびの発育度合いを評価した。結果、含水率が高いほどかびの発育度合いは大きく、変色度合いも高まる傾向にあったが、含水率15%以下では変色を示さず、発育はわずかであった。

また、異なる基材を用いた試験体の変色再現性試験を行った結果、基材をブナ材又は無用とした場合にかびの発育と変色度合いは関連しなかった。変色はかびの発育が突板材に直接作用するのではなく、基材を経由した間接作用によるものであることが分かった。

参考文献

- 1) 武南勝美：木材の化学汚染について，材料，Vol. 169, No. 16, pp. 784-789, 1967.
- 2) 川上英夫：木材の変色汚染と防除，林産試だより，pp. 1-7, 1981年5月号.
- 3) 平林 靖：ナラ突き板を用いた木質材料の変色およびその防止について，林産試だより，2011年7月号.
- 4) 平林 靖：ミズナラ突き板単板化粧 MDF の変色-その原因と対策-，林産試だより，2015年3月号.
- 5) オーク突板化粧材の変色条件の解明，越山科学振興財団研究助成，2022年度

小径広葉樹材の有効利用技術の開発（第2報）

村田明宏*, 長谷川良一*, 今西祐志*, 沼澤洋子*

Development of technology for the use of small-diameter Hardwoods for furniture and interior materials (II)

MURATA Akihiro*, HASEGAWA Ryoichi*, HIROSHI Imanishi*, NUMAZAWA Youko*

国産広葉樹を家具・内装材などに利用していくため、これまでパルプ・バイオマス発電等のチップ材として取り扱われている小径材に焦点を当て研究を実施した。対象樹種として散孔材であるホオノキとハンノキについて、小径丸太由来の板材を使用し、4通りの構成部材の幅（以下ラミナ幅）で交互に接着し異樹種集成板を製作し乾湿繰り返しによる反り、変形を計測した。また、小径材の割れや変形を防止するため、熱プレス矯正による処理を同様に4通りのラミナ幅で対象4樹種について熱処理して、同様に異樹種接着の接着力や環境に伴う変形量の評価を実施した。その結果、ホオノキ+ハンノキの異樹種接着集成板、熱処理し集成した異樹種集成板についても、接着層の剥離は見られず良好な接着性能を示した。このように異樹種接着においても、異樹種であることに由来する接着性能に問題はなかった。さらに次年度は製品試作をおこなうため、試作のための加工性評価としてセンダンによるカウンター材の木目が異なる集成加工、NCによる加工性評価として、異樹種接着板によるトレーや木製ネクタイの試作加工を実施した。

1. 緒言

昨年度¹⁾に引き続き、国産の早生広葉樹や地域の小径広葉樹など、これまで用材として活用されてこなかった広葉樹材を、有効活用するための加工・利用技術を開発する必要がある。このため国立研究開発法人森林総合研究所を中心として山形県、岐阜県、福岡県、飛騨産業株式会社の研究機関で構成されるコンソーシアムでの共同研究により、未活用広葉樹4樹種（センダン、ハンノキ、ホオノキ、コナラ）を対象樹種として、家具・内装材への利用技術の開発を試みた。当研究所は、中課題2 国産未活用広葉樹材を用いて家具・内装材製品を製造するための利用技術を開発する上で、分担課題である中課題2（3）の「小径広葉樹の利用技術の開発」を実施している。

小径広葉樹材を利用する上での課題として、小径材であるがゆえに、未成熟部分が多く、割れや狂いが発生しやすい。異樹種集成する上での課題は、強度や比重、接着剤の濡れ性が異なるため、接着剥離が発生しやすい。乾湿など温湿度環境に伴う反

り変形、割れが発生しやすいと考えられる。本研究では研究対象とした4樹種（センダン、ハンノキ、ホオノキ、コナラ）、及び飛騨地域の小径広葉樹材について、異樹種複合による家具・内装材への有効利用技術を開発するものである。

今年度は対象樹種のうち残り2樹種のホオノキハンノキについて、昨年度と同様の試験を行うとともに、割れや変形抑制のため熱処理を実施し、接着集成した後に環境に伴う変形抑制効果を確認する。また、その成果を踏まえ、来年度予定されている製品試作に向けて、フィンガージョイントによる加工・接着集成やNC加工による加工性評価を実施した。

2. 実験方法

本研究プロジェクトで対象樹種とした4樹種のうちホオノキとハンノキについて、小径丸太由来の板材を使用し、4通りの構成部材の幅（以下ラミナ幅）100、75、50、25mmで、ホオノキとハンノキを交互に接着し異樹種板を製作した。ラミナ幅の違いによる変化を検証するため、異樹種集成板の乾湿繰り返しを実施し、反り、変形を計測した。ま

* 試験研究部

た、ホオノキとハンノキの接着力について、常態試験と耐水試験を行い木部破断の有無、剥離強度を測定した。

2.1 供試材料

今年度は対象樹種とした4樹種のうち残りのホオノキとハンノキを用いた。試験材は、小丸太径18～26cmのホオノキ（山形県産材）とハンノキ（岐阜県産材）を使用した。両樹種とも柾目挽きにより製材し、人工乾燥材を板材として購入した。

また、飛騨地域材として、飛騨市より切り出された木材を乾燥し、試験材として用いた。

2.2 異樹種接着集成板材の環境に伴う変化の測定

丸太から製材された板材の内、板目板を使用した。それぞれ幅100、75、50、25mmに小割し、長さ900mm、厚さ20mmに調製した。異樹種接着は、上述の板材のホオノキとハンノキを交互に接着し、異樹種集成板を5枚作製した。水性高分子イソシアネート型接着剤【PIボンド TP-111・H-3 オーシカ製】を使用し、高周波接着機〔高周波コンパクト接着機：山本ビニター製001型〕で加熱接着した後圧縮し、翌朝ハタガネから外し1週間の養生後、環境試験を実施した。

乾湿繰り返し環境試験は、5枚の異樹種接着板に対して乾湿繰り返しを行い、反り、割れ、寸法安定性を評価した。乾湿繰り返し条件は、40℃、90%RH：48時間→40℃、20%RH：48時間を1サイクルとし2サイクル行った。測定は、1、2サイクル実施後、さらに、40℃、48%RH：48時間後に行った。また、熱矯正材については、対象4樹種の熱処理材について同様の変化を計測した。

2.3 接着層のせん断強度試験

ホオノキとハンノキの接着層の試験は、異樹種接着板から試験体から切り出し、JIS K 6852に従い圧縮せん断接着強さ試験を実施した。試験は常態と耐温水性試験（60℃温水中にて3時間浸漬）で評価した。

2.4 地域未活用小径広葉樹材の利用

地域材の利用では対象樹種以外にも異樹種接着により地域材利用をすることとし、飛騨地域で産出される小径広葉樹種から家具等に使用できる樹種を選定するため、8種6組の異種材接着による接着力評価を行った。小径広葉樹材は、木くず炊き温水ボイラーを熱源とした低温乾燥システム（初期乾球温度48℃）により、人工乾燥を実施し、目標含水率8%の乾燥原材を調製した。

2.5 接着力の耐久性試験

接着強度の長期安定性を確認するため、乾湿繰り返し試験「40℃90%RH（2週間：336時間）+40℃20%RH（2週間：336時間）」を1サイクルとし、合計

で3サイクル行い、各サイクル終了後、同様の接着性能試験（剪断試験）を行った。

2.6 熱矯正による変形抑制試験

小径材であるため割れや変形防止のため、熱矯正技術を試みた。対象4樹種について、前述の接着性能試験と同様にラミナ幅4種（100,75,50,25 mm）を作製し、蒸煮2条件（30分、60分）、固定時間2条件（130℃：30分、60分）、圧縮条件：22.5 mm厚→22 mmにプレスし、冷却30分で行った。これらを異樹種接着集成し同様の反り変形性能試験を実施した。

2.7 異樹種接着集成板の加工性評価試験

接着強度に問題がないことが確認できたため、令和6年度の試作に向け前倒しで異樹種接着集成による製品試作に向けた加工性評価を行った。一つは、岐阜県内で建材や内装材を製造しているメーカー（セブン工業株式会社）に委託し、対象樹種のうち、コナラ、センダンを用い通常のカウンター材と同様に約30 mm角、長さ300～400 mmの乱尺に加工し、フィンガージョイント加工と幅はぎによる異樹種接着集成板を作製した。材料構成として両端は硬いコナラ材、中央部は柔らかい材質のセンダン材を使用し、木目についてはコナラ部分も含め、板目のみ、柾目のみ、板目と柾目を交互に集成の3種作製した。この試作カウンターテーブルについては、東京ビッグサイトで開催されたWOODウッドコレクション2024に出展し、小課題2(1)の森林総合研究所研究担当者らとともに、研究の広報を行うとともに木目の違いの評価をアンケート集計形式にて市場調査を行った。

さらに、小木製品として地域材も利用する形で、異樹種接着集成板によるトレーや木製ネクタイについてNCルータ加工による試作品を作製し加工性を評価した。これらも同様にWOODコレクション2024に出展し来場者の意見を伺った。

3. 結果と考察

3.1 異樹種集成板材の反り、変形

図1に示すように、コナラとセンダンの異樹種接着集成板については、大きな反りや変形が少なかった。また、4パターンによる変化測定では、ラミナ幅と変形の大小の関係については、幅25 mmでは変化が少ないものの50 mmでは変形が大きいものがあり明確な傾向を把握できなかった。一方外観観察では、接着層の剥離は見られなかったが、コナラ材部位で木口割れが発生しているものがあった。

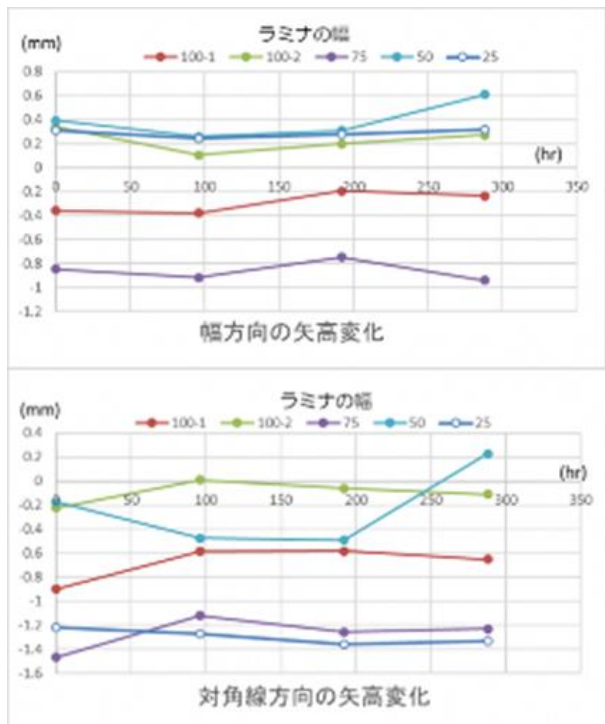


図1 異樹種集成板（コナラ+センダン）の反り評価

また、図2に示すように、ホオノキとハンノキの異樹種接着集成板についても、大きな反りや変形が少なかった。同様に、4パターンによる変化測定では、ラミナ幅が狭いほど変形量などの変形が少なくなったが、幅を変化させたことによる明確な傾向は把握できなかった

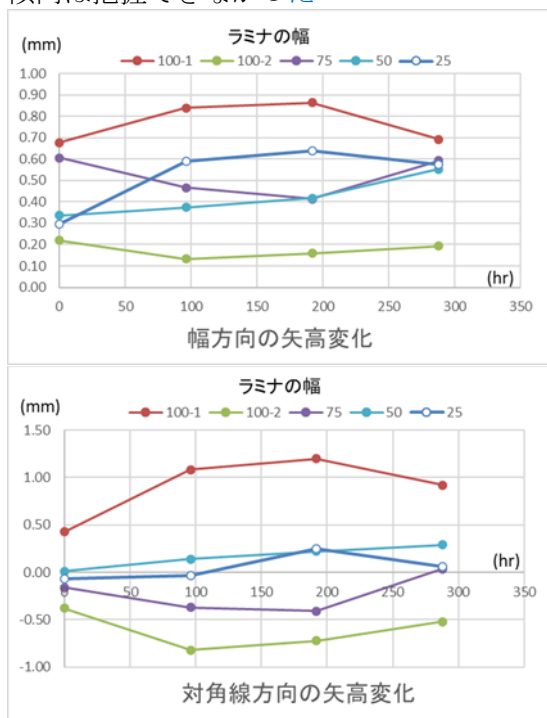


図2 異樹種集成板（ホオノキ+ハンノキ）の反り評価

接着性能評価については表1に示すとおり環孔材であるコナラ、センダンの同樹種・異樹種接着性能試験を実施し、通常材と比較したところ小径材であることによる大きな問題はなかった。

表1 通常材・小径材の接着性能

樹種	構成	径級	接着強さ [N/mm ²]	木部破断率 [%]
ナラ×センダン	異樹種	通常材	11.9	100%
センダン×センダン	同樹種		10.8	100%
ナラ×ナラ	同樹種		18.7	100%
コナラ×センダン	異樹種	小径材	11.5	91%
センダン×センダン	同樹種		9.9	92%
コナラ×コナラ	同樹種		16.5	93%

常態試験 [20℃, 50%RH]

表2 異樹種接着の接着性能

樹種		接着強さ (N/mm ²)	木部 破断率	異樹種接着 木部破断面樹種
コナラ	センダン	11.49	90%	センダン
クリ	ケヤキ	11.94	85%	クリ
クリ	セン	12.90	80%	6:4 でセン
クリ	クルミ	11.07	85%	クリ
サクラ	ウダイカンバ	15.55	70%	6:4 でサクラ
ミズメ	ウダイカンバ	17.03	75%	6:4 でウダイカンバ
トチ	ウダイカンバ	11.69	80%	トチ

環孔材であるコナラ、センダン、散孔材であるホオノキとハンノキの対象4樹種については、異樹種接着集成による反り変形は大きくなく、異樹種接着の接着性能も問題がないことから、材割れなど事前の材料の選別が必要であるが、家具・内装材の原料として利用可能である。また、コナラ、センダンについては通常材と比較し小径材でも問題なく利用可能であることを確認した^{1, 2)}。

飛騨地区の小径広葉樹材の利用について、協力機関である飛騨市広葉樹活用コンソーシアム傘下の団体への聞き取り調査より26種の広葉樹が搬出されていることがわかった。そこで今回は、コナラ、センダンに加え、材入手の観点から、表2に示すとおり8樹種6組の接着性能試験を実施したところ、接着力に問題はなかった。また、これらの材料を入手するにあたり、小径広葉樹等の人工乾燥試験を実施した。乾燥日数は、最短で20日間、最長で48日間であった。一部に木口割れなどの問題が発生する場合や、ブナ材とクリ材において高い含水率を示すものもあったが、平均の仕上げ含水率は目標とした含水率8±2%と良好に乾燥することができた。

3.2 接着力の耐久性試験

前年度の湿度変化に伴う促進試験では、48時間毎に湿度を変化させたが、20 mm厚さがある板材だと1週間(168時間)程度の時間をかけないと内部まで含水率が一定にならないことが危惧された。このため、令和5年度は、温湿度条件は同じとし、環境条件を1週間単位で変化させた長期乾湿環境による促進試験を実施し、接着性能の耐久性を評価した。その結果の一部を図3に示す。図のとおり、バラツキはあるものの初期と比較し接着強度や木部破断率に問題はなかった。

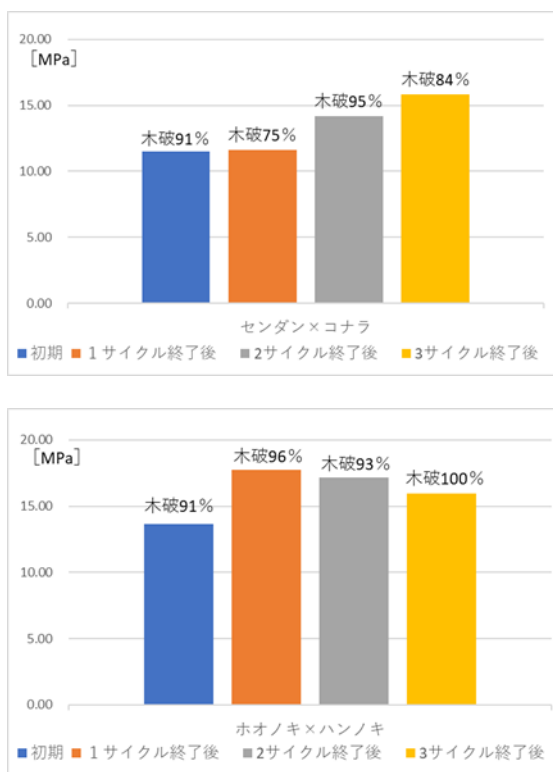


図3 異樹種接着における接着性能の耐久性 (4樹種、対象材)

3.3 小径広葉樹の熱処理による変形抑制乾燥試験

熱矯正による変形抑制として板材の熱プレス矯正の状況について図4に示すとおりである。処理材については前述と同様の4パターンによる異樹種接着集成板を作成し変形評価試験を実施した。



図4 熱プレス矯正処理

図5に熱処理後異樹種接着集成した試験板を図6に環境変化に伴う各ラミナ幅の反り(矢高)の変化を示す。蒸煮2条件(30分、60分)、固定時間2条件(130℃:30分、60分)による変形量低減化については、蒸煮条件を長くすることにより安定化した部材もあれば、かえって大きくなる部材もあり、同様に固定時間を長くすることにより安定化するものもあればそうでないものもあり明確な傾向を把握することができなかった。しかし、ラミナ幅についてみると「コナラ+センダン」「ホオノキ+ハンノキ」の異樹種接着集成板ともに50mm幅の板を集成したものが環境に伴う反りがおよそ±1.0mm以下となっており、試作についてはラミナ幅50mmで修正したものを使用することとしたい。



図5 熱処理後異樹種接着集成した試験板
(上: コナラ+センダン、下: ホオノキ+ハンノキ)

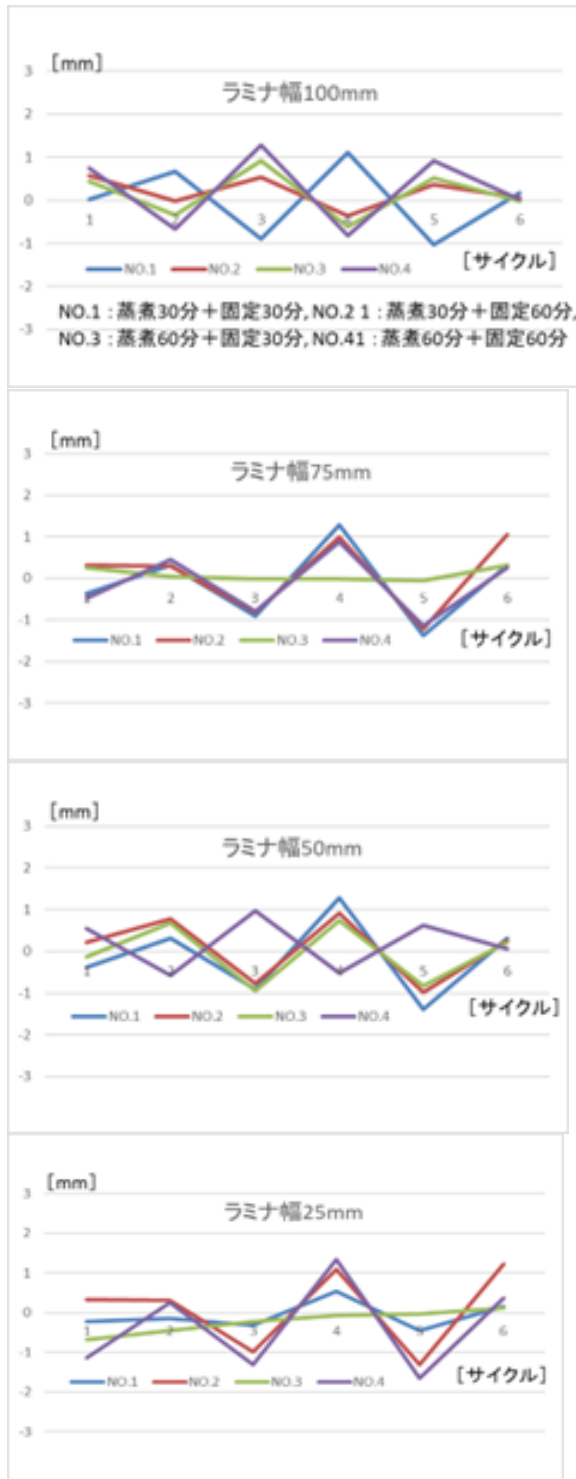


図6 環境に伴う矢高の変化（対角線）
（ホノキ+ハンノキの例）

3.4 小径広葉樹センダン等によるカウンター試作

前倒しで実施した加工性評価を兼ねた製品試作について試作したカウンターを図7に、構成材の違いによる表面の木目模様の違いを図8に示す。加工委託企業への聞き取りでは、通常のカウンター製

品（ゴム、タモ、アカシア、ヒノキ、パイン、スギ、ナラ、ウォルナット、カバ、メープル）と比較し、フィンガージョイント部や幅はぎ接着など加工性に問題はないとのことであった。ただし、板目のみの場合など天板の表情が異様と感じる消費者もあり、木目の好き嫌いにより場合によっては返品交換などの対応（現状でもあるとのこと）が必要ではないかとの意見があった。



図7 試作したカウンター



図8 構成材の違いによる表面木目

試作カウンターについては、WOOD コレクション 2024（以下、モクコレ）[令和6年1月11～12日：東京ビックサイト]において、森林研究・整備機構のブースにセンダンカウンターテーブルを配置し、来場者に対して木目の嗜好アンケート調査を実施した。アンケートは聞き取り調査とし、森林総合研究所の中課題2（1）グレーディングチームと共同で行った。内容はセンダン集成材の板目のみ、柾目のみ、板目と柾目を交互に集成の3種について、男女別・年齢別・職業別とした。

		職業							合計
		住関連産業	農林業	サービス業	小売・流通	行政	学・研究機関	その他	
好みの天板板目	人数	4	1	0	1	3	3	6	18
	職業の%	11.1%	20.0%	0.0%	11.1%	18.8%	13.0%	17.1%	14.4%
MIX	人数	11	2	1	2	5	3	11	35
	職業の%	30.6%	40.0%	100.0%	22.2%	31.3%	13.0%	31.4%	28.0%
柾目	人数	21	2	0	6	8	17	18	72
	職業の%	58.3%	40.0%	0.0%	66.7%	50.0%	73.9%	51.4%	57.6%
合計	人数	36	5	1	9	16	23	35	125
	職業の%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

図9 アンケート結果1 職業別

		性別		合計
		男性	女性	
好みの天板 板目	度数	12	6	18
	性別の%	12.2%	22.2%	14.4%
MIX	度数	26	9	35
	性別の%	26.5%	33.3%	28.0%
柾目	度数	60	12	72
	性別の%	61.2%	44.4%	57.6%
合計	度数	98	27	125
	性別の%	100.0%	100.0%	100.0%

図10 アンケート結果2 男女別

125名の方から回答をいただき、男女別では男性の方が柾目を、女性は半数以上が板目を含むものを好んだ。年齢別では平均値と比べて50代の方が柾目を、20代が板目を、30代と70代以上が板目を含むを好む傾向にある。職業別では木材と関係のある農林業の方の60%が板目を含むものを、流通・小売業の方と研究者が柾目を好んで選択した。嗜好した。全体では、柾目58%、混合28%、板目14%という結果となった(図9, 10)。

3.5 小径広葉樹等によるトレー・ネクタイの試作

次年度の試作に向けてNC加工による加工性評価として、面取り加工で「トレー」を、溝堀・穴あけで「木製ネクタイ」を試作した。図11に加工評価したトレーを示す。材料は対象4樹種を25mm幅で幅はぎ集成した「コナラ+センダン」、「ホオノキ+ハンノキ」と、地域材である「ヤマザクラ+トチノキ」、「ケヤキ+クリ」として、加工中に欠けや先割れが発生しやすいように、四方向が木口となるように45°傾斜の集成板として、おもて面は深さ4.5mm、裏面は深さ3.0mmNC面取り加工を施した。塗装は、オイル調ウレタン樹脂塗装とし、仕上がり寸法約W400mm×D300mm×T15mmとした。加工メーカーへの聞き取りでは、大径材の3枚はぎのトレー加工と比較し、NCによる加工性に大きな問題はなかった。異樹種接着集成材トレーの塗装ではウレタン塗料の吸込みが樹種により異なり仕上りの艶をそろえるのに苦労した(図12)。



図11 試作したトレー



図12 トレーのおもて面と裏面

図13に、加工評価した木製ネクタイを示す。材料は、「ホオノキの辺材+心材」「オニグルミ+トチノキ」「ハンノキ+ホオノキ+センダン」としこの順に加工し、小径同樹種接着集成、小径異樹種接着集成、最後に対象樹種のうちの3樹種を接着集成加工した。木製ネクタイ(商品名:ノクタイ)とするため、裏面には軽量化を理由に深さ4.8mmの溝堀加工をするるとともに、連結用の穴径φ3.0mmや、紐固定のための仕掛け穴径φ11mmの加工を施し、紐などで連結し木製ネクタイとした(図14)。仕上がり寸法:L419mm×W78mm×T15mmである。メーカーへの聞き取りでは、大径材の無垢材木製ネクタイのNC加工と比較し、同樹種集成、異樹種複合、多樹種複集成材についてNCによる加工性に大きな問題はなく通常と同様に加工できたとの評価を得た。モクコレでの展示では、今すぐに欲しいという方や、制作メーカーを教えてほしいという声をいただいた。



図13 試作した木製ネクタイ



図14 裏面の溝彫・穴彫加工

4. まとめ

1) 対象樹種の残り2樹種（ハンノキ、ホオノキ）を4段階のラミナ幅で異樹種接着集成板を作製し、反り、変形を評価するとともに、接着性能を評価した。その結果、反り変形は小さく家具・内装材として利用可能であることを確認した。また、接着強度も十分有していることから、対象4樹種ともに異樹種接着集成して利用が可能であることを確認した。

2) 熱矯正による変形抑制技術として、対象樹種4樹種の熱矯正処理実施し、異樹種接着集成板を作製し同様の評価試験を実施した。処理条件による違いは明確ではなかったが、反り変形が小さいことから家具・内装材への利用が可能であることを確認した。

3) 昨年問題点が残った接着の長期安定性（内部まで含水率が変化する）について、対象4樹種2組に加え地域材8樹種6組に対し、2週間単位の乾湿繰り返し試験を3サイクル（約3か月間）行い異樹種の接着性能に問題がないことを確認した。

4) 次年度より実施予定であった試作について、加工性評価を兼ねた試作を岐阜県内企業に委託しフィンガージョイント加工による幅はぎ集成カウンターとNCルータ加工によるトレイ・木製ネクタイなど小木製品の試作を実施した。これらの加工においても企業からの聞き取りで問題がないことを確認した。

これまでの研究で、小径広葉樹の利用にあたっては、製材後の乾燥で割れや変形が大きいものがあり、これらの中から良材を選別して利用するようになっている。今回の研究では、乾燥時に割れや変形がなかった材については問題なく利用できてお

り、材料選別に留意して研究を進める必要があることがわかった。

以上のとおり、これまでチップ材として搬出されていた小径広葉樹材については、異樹種接着利用で接着強度、反り変形などで大きな問題はなく家具・内装材として利用できることがわかった。次年度は表面硬度の均質化のためPET樹脂ラミネートによる性能向上を実施するとともに、対象樹種及び地域材による家具・内装材の試作を実施する予定である。

謝辞

本研究は、令和5年度生物系特定産業技術研究支援センターイノベーション創出強化研究推進事業（JPJ007097）応用研究ステージ【課題番号04012B2】「早生樹等の国産未活用広葉樹材を家具・内装材として利用拡大するための技術開発」の委託研究により実施したものです。地域材確保については協力機関である飛騨市広葉樹活用コンソーシアム様、加工性評価のための製品試作についてはセブン工業株式会社様、TS産業様のご協力により実施したことを感謝いたします。また、研究代表の森林総合研究所木材研究部門杉山真樹様をはじめご助言いただきました参加メンバーの皆さまに深く感謝いたします。

参考資料

- 1) 村田明宏他：小径広葉樹材の有効利用技術の開発（第1報），岐阜県生活技術研究所研究報告，25，pp. 44-48，2023
- 2) 長谷川良一他：日本木材加工技術協会第41回年次大会要旨，2023. 1

令和5年度 岐阜県生活技術研究所研究報告

No. 26 2024

令和6年9月発行

編集・発行者 岐阜県生活技術研究所
〒506-0058
岐阜県高山市山田町 1554 番地
TEL 〈0577〉 33-5252
FAX 〈0577〉 33-0747

印刷 有限会社 大六印刷