

家庭用ティルト式休息椅子の試作

宮川成門^{*1}, 藤巻吾朗^{*1}, 山口穂高^{*1}

Prototype of Tilting Easy Chair for Home Use

Naruto MIYAGAWA^{*1}, Goroh FUJIMAKI^{*1}, Hodaka YAMAGUCHI^{*1}

休息椅子を使用する高齢者等に対して、前すべり姿勢の緩和と臀部の除圧に配慮し、製品へ導入しやすい手法によるティルト式休息椅子のアイデア提案、試作検討を行った。第1案はラチェット式ギアにより座面前方のティルトを取り入れた試作、第2案はジョイント金具を用いてロッキングチェアのようにティルトとノーマルを切り替える試作、第3案は電動アクチュエータを用いて、座面が沈み込む形でティルトする試作とした。各試作ともティルトによる除圧目的に有効であり、第1、3案については、特別養護老人ホームでの試用を実施し、前すべり改善についても好評であった。

1. 緒言

当所では高齢者等の椅子への課題に対し、コンセプト立案、デザイン検討、開発支援を実施してきた。今回、ダイニング系に対し提案が少なかった休息系椅子について検討した事例を報告する。

特別養護老人ホーム（以下特養）において、日中の休息用にソファやパーソナルチェア等が用いられるが、前ずれした姿勢となりやすいため、角度調整型車いすへ移行する事例が多い。概ね椅子やソファでの前ずれは座面に深く座れないことにより、距離が離れた背もたれに過度にもたれかかることによって生じる。座面に深く座れない原因としては3点上げられる。1点目は座面高が高く奥行きが深いため着座の際に座面前方にしか座れないこと、2点目はハムストリングスの短縮により骨盤が後傾しているため、着座時に背もたれに背中があたり座面奥まで臀部が入らないこと、3点目は膝関節が屈曲しており、かつ座面下に踵が入らないため、下腿部に身体が引き寄せられるものであった。こうした人に安楽であろうという配慮からオットマンによる足上げを行うと、より前ずれした姿勢になるため、誤使用の注意が必要である(図1)。

この姿勢は腰部支持が得られず、かつ尾骨部へ圧力集中があり、腰部や臀部の痛みへつながる。そこで除圧や体幹保持のため車いすに多く利用されるティルト機能に着目し、一方でその利用が無い家庭用の休息椅子を対象に、企業と共同で導入が容易な手法による3点の製品案を試作した。



図1 休息椅子での前ずれ姿勢

2. コンセプト

ティルト機能は、利点として座面傾斜に伴う重心移動による臀部の除圧効果があるため、車いすにおいては多く利用されている。車いすのティルト機構については、側方から見て座面下後部を回転軸とし、傾斜操作の補助にガススプリングを用いるものが主である。操作は介助者が背もたれにあるガススプリング用レバーを握ることによりティルトのロックを解除し、手動で傾斜を調整した後、レバーを放してロックする。既存パーツ利用で少量生産品にも導入しやすいが、利用者が自ら操作できないことやティルトとともに座面前縁が上昇するため足が浮くという点が、休息用椅子に用いる上で課題である。また、オフィスチェアにおいては座面下前方を回転軸とし、使用者が床に足を着けたまま、自らの重心移動により座面の沈み込み・復帰が可能な製品がある。この場合はティルトにより沈んだ人の体重を持ち上げるための力を補助する専用金具等の開発が必要であり、開

^{*1} 試験研究部

発コストがかかる。本開発は、高齢者ユーザー、家庭や施設での数件ごとの導入ということが想定されるため、開発コストを抑え製品に導入しやすい手法によりアイデア検討を行った。

3. 第1案 座面前方ティルトタイプ

3.1 デザイン案

第1案として、椅子のリクライニング角度調整に用いられるラチェット式ギア（向陽技研株式会社製）を用いて、背もたれリクライニングと併用して、坐骨結節前方の座面のみがティルトする方法を検討した。これにより背座一体傾斜の一般的なティルトに近い効果を期待した。概要を図2に示す。通常背もたれリクライニングのみでは上体がもたれかかるにつれて、臀部が前方にすべり出すこととなるが、この方法により坐骨結節を前方から支持することが可能となる。背もたれリクライニングを起こした際は、座面前方の傾斜をフラットに戻し、テーブルを使用した軽作業等に使える。一般的なティルト機構に対し変則的な手法だが、導入が容易かつ座面前縁の上昇が少なく済むので、足浮きを軽減し、かつ前すべり防止による臀部の除圧効果も期待できると考えた。

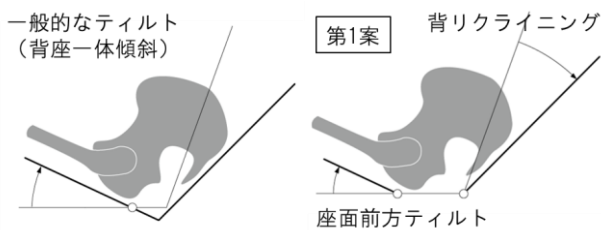


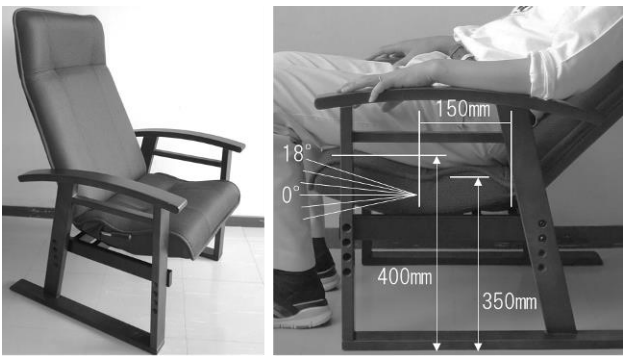
図2 座面前方ティルト概要

3.2 試作品

第1案の試作品概要を図3に示す。座面前方ティルトについては、坐骨結節位置を考慮し、座面後端から150mmの位置を軸として座面前部がティルトするようにした。座面高は、水平面が350mm、ティルトする座面前縁高が下腿長を考慮して400mm付近に収まるよう調整した。その結果、使用ギアは既製品の中から6°ピッチ6段ギアを用い、水平から上方へ3段階（ギアの段数の都合により下方へも2段階）、最大傾斜が18°となるよう設定した。なお、身長差により大腿部裏の圧迫が生じないように、シートと脚部の取り付けボルトの高さを変えることで、座面高全体を30mmずつ2段階下げられるようにした。なお、背もたれリクライニングについては手元レバーにより無段階に調整できるものを用いた。

着座感は、坐骨結節前方からの支持により前すべりが抑えられ、骨盤後傾による腰部負担が少なく、一般的なティルトに類似した印象が得られた。体圧分布センサ（Xsensor X3）を座面に敷き、模擬的なもたれかかり動作（背角を水平面から130°固定、背もたれへ肩甲骨付近を押しつけた後に元に戻す×10回）を行い坐骨結節の移動距離を見たところ、ティルトなしではすべり続けるのに対し、ありではすべりが抑えられた。また、男性2名によるティルト時の座面最大圧力値も共に低減した。

本試作は、特別養護老人ホームにおいてソファ等で前すべり姿勢となりやすい入居者に試用をしていただき（図4）安定した着座を確認した。試作はここで終了したが、臀部の除圧、前すべり対策として有効な案と考えられるため、実用化の機会があれば、これらの課題を再検討したい。



	坐骨結節移動距離		座面最大圧力値	
ティルト	なし（0°）	あり（18°）	なし（0°）	あり（18°）
男性a	50 mm	10 mm	124 mmHg	99 mmHg
〃 b	60 mm	移動なし	111 mmHg	61 mmHg

図3 座面前方ティルト試作品・除圧状況



図4 特養での着座状況

4. 第2案 ロッキング・ティルトタイプ

4.1 デザイン案

第2案として、簡易なジョイント金具を作成し、ティルトの回転軸を座面下後部にして背座シート

が一体に傾斜する案を検討した。概要を図 5 に示す。介助者による操作の他、体力がある人であれば自らの重心移動により、ロッキングチェアのような使用感でティルトとノーマルの使い分けが可能と考えた。回転軸となるジョイントの位置は、調整用の検討モデルを作成し、わずかな重心移動で使い勝手良くに行える位置を検討した。容易にティルトとノーマルが切り替えられる点は、起立しやすさにもつながるといえる。なお、ティルト時に座面前縁が上昇することによる足浮きが軽減できるよう、膝裏付近となる座面前部を前傾させた形状とした。

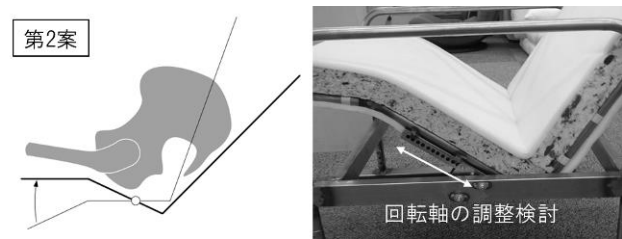
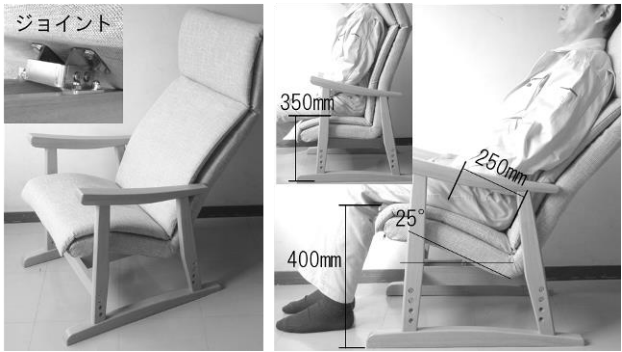


図 5 ロッキング・ティルト概要

4.2 試作品

第 2 案の試作品概要を図 6 に示す。ノーマル時の座位が確保できるよう、座面後端から 250mm を水平座面とし、その前方を前傾させることとした。ノーマル時の水平面高が 350mm、ティルト時の座面前縁高が下腿長を考慮して 400mm 付近に収まるよう調整した。ティルト傾斜角は 25° 設定、専用ジョイント金具を作成してシート裏と木部フレームを接合した。背座角については上後腸骨棘まではほぼ直角に近い状態とし、その上部から後方に傾斜させた。これによりノーマル時は骨盤が立つため作業しやすく、ティルト時は腰椎部から上体をやや寝かすことが可能である。なお、第 1 案同様シートと脚部の取り付けボルトにより高さ調整を可能とした。

着座感としては当初のねらいどおり、自身の上部の重心移動により容易にティルトとノーマルの切り替えが可能であった。なお男性 2 名においてティルト時の座面最大圧力値は共に半数程度に低減した。一方、試作の簡易なジョイントではティルトとノーマル時の切り替え時に、それぞれ身体に跳ね返りの小さな衝撃が伝わるため、それを緩和するための改善が必要であった。また、使用時や着座時の安全上、予期せぬシートの傾きが生じないように傾斜固定のためのロック機能を付ける必要があった。本試作はここで終了したが、実用化の機会があれば、これらの課題を再検討したい。



	ティルトなし (0°)	ティルトあり (25°)
男性a	146mmHg	78mmHg
" b	152mmHg	83mmHg

図 6 ロッキング・ティルト試作品・除圧状況

5. 第 3 案 電動ティルトタイプ

5.1 デザイン案

第 3 案として、電動アクチュエータ (OKIN 社製) を用いて、ティルト回転軸を座面下前方にして背座シート一体に傾斜する案を検討した。概要を図 7 に示す。電源が必要となり室内でのレイアウトの手軽さにやや欠けるが、アクチュエータが既製パーツのため製品への導入がしやすく、ティルト回転軸を座面下前方としても、その力により沈んだ人の体重を持ち上げることが可能である。また操作性についても手元スイッチで行えるため、使用者、介助者ともに容易という利点がある。これによりノーマル時は軽作業、ティルト時は休息と用途を広げ、起立着座の補助も可能となる。

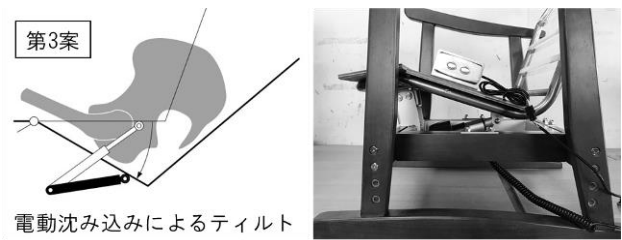


図 7 電動ティルト概要

5.2 試作品

第 3 案の試作品概要を図 8 に示す。座面傾斜は 0 から 30° まで可能、座面奥行きは高齢者のサイズを考慮し浅く設定、座面部と下腿部は操作時の下腿の挟み込み防止を考え面でつなぎ、その角度設定については、膝関節の屈曲と起立時の下腿の蹴込部を考慮し、座面下側に入り込む形状とした。側面についてはスリット状の面により塞ぎ、手指

等の挟み込み、見た目の重みと実際の重量増を避けるようにした。重量は20kg（一般的な折り畳みスチールパイプチェアが約5kg）で、同一室内程度ならば大人一人でも移動可能である。なお、ティルト時の座面最大圧力値は、男性2名、特養入居女性2名において、概ね半数以上低減した。

特養での着座状況（図9）は、コンパクトサイズ、ティルトによる姿勢の安定、膝関節の屈曲対応、起立のしやすさの利点が見られ好評であった。3試作で最も完成度が高かったが、課題としては、ティルト回転軸の位置調整、ヘッドレストの位置調整などが残ったため、修正を経て実用化したい。



	ティルトなし（0°）	ティルトあり（30°）
男性a	123mmHg	56mmHg
〃 b	148mmHg	58mmHg
特養女性a	184mmHg	108mmHg
〃 b	196mmHg	70mmHg

図8 電動ティルト試作品・除圧状況

6. まとめ

家庭用のティルト式休息椅子について、製品への導入のしやすさを考慮し、座面前方ティルト、ジョイント金具によるティルト、電動ティルトの3タイプの案による試作を行った。3案とも前すべりの軽減、除圧の面で実用性が見込めたが、操作性、介助者負担、起立着座しやすさの面で特に電動タイプの完成度が高かった。

実際の商品化にむけては、通常の椅子にはない可動部が生じることにより、強度や耐久性、挟み込み等安全面など、企業において従来品の経験からは予測できない点がいくつかある。しかしながら家庭向け休息椅子にティルト機構については、一定のニーズがあるため、今後もフォローを継続し、実現を目指したい。

なお本試作については、明光ホームテック株式会社の協力により実施した。また試用検討については岐阜県立飛騨寿楽苑と連携して実施した。



図9 特養での着座状況

参考文献

- 1) 宮川成門他：休息用座椅子の開発，平成24年度岐阜県生活技術研究所研究報告，No. 15，pp. 24-27，2013.

香りでやすらぐ木工製品の開発 木工品の芳香性向上

伊藤国億^{*1}, 三井勝也^{*1}, 石原智佳^{*1}

Development of wood products comforting aroma Improving the aroma of wood products

KUNIYASU ITO*, KATSUYA MITSUI*, CHIKA ISHIHARA*

多くの木工製品は塗装によって木材由来の香りが被覆される。そこで香りの持続向上を図るためオイル塗装、ワックス塗装したヒノキ板材に精油を添加し、その香気成分の放散持続性を評価した。

標準試料として β -ピネン及び β -カリオフィレンを用いて各塗装における各成分の放散量を経時的に測定した。揮発性の高い β -ピネンはその減衰傾向が大きく、揮発性の低い β -カリオフィレンはその放散量が持続又は増加し、両塗装は無塗装よりも緩やかな放散性を示した。また、ワックス塗装した椅子座板の材中央部にヒノキ精油を添加し、香気成分の放散挙動を評価したところ、モノテルペンは約1ヶ月後に初期放散量の3~4割程度を持続し放散性が向上した。

1. 緒言

家具やフローリング、建具など多くの木工製品はその表面の美観や保護のために殆どが塗装されており、耐久性などのメンテナンス性の高いウレタン塗料が多く扱われている。ウレタン塗料は頑丈な塗膜を形成するが、この塗膜により木素材が持つ香りの放散を抑制する。そこで、ウレタン塗料のような造膜タイプと異なるオイル系塗料やワックス系を用いて木製品の香り放散性を評価することとした。また、木材の香り成分は自然減衰し、その放散持続性は低いことから、先の研究¹⁾において回収した精油を木材等製品に添加することにより放散持続性の向上を図ることとした。

2. 実験方法

2.1 試験体への精油添加

ヒノキ板目材(36×36mm, 厚さ3mm)にオイル系塗料(主成分; ひまわり油)及びワックス(主成分; 蜜蝋)をそれぞれメーカー指定の塗布基準量を塗布した。塗装した試験体は20±0.5℃、50±5%RH下で養生後、試験体全乾重量の1%重量部の精油をその表面に滴下した。滴下面及び側面はアルミシールで被覆し、滴下面の裏側の表面のみ露出のままとした。添加用の精油は(-)- β -ピネン(富士フィルム和光純薬㈱社製, 一級)および β -カリオフィ

レン(東京化成工業㈱社製、>90.0%(GC))を用いた。また、対照として各精油を添加した無塗装材を用い、各試験体は9枚ずつ調製した。

2.2 精油添加試験体の重量測定

試験体は20±0.5℃、50±5%RHの試験室に静置し、精油添加直後及び1日目、3日目、7日目、15日目に各試験体の重量を天秤(メトラー・トレド㈱社製、AG285)で測定した。

2.3 精油添加試験体の放散量測定

試験体は20±0.5℃、50±5%RHの試験室に静置し、1日目、3日目、7日目、15日目に試験体からの精油放散量をサンプリングバッグ法により測定した。各試験体はサンプリングバッグ(GLサイエンス㈱社製、スマートバッグPA、5L容)に入れ、吸引ポンプでバッグ内の空気を脱気してクリップで密封した。これに清浄空気を充填して試験負荷率0.41m²/m³となるよう調製し、1時間経過後にバッグ内の空気をTenaxTA吸着管にて1.0L捕集した。この吸着管は先の研究²⁾と同様に加熱脱着-GCMS分析に供した。内部標準試料にトルエン-d8を、標準試料に(-)- β -ピネン(SIGMA・ALDRICH, >99.0%(GC))を用いて検量線を作成し、バッグ中の β -ピネン濃度を算出した。 β -カリオフィレンはTICのピーク面

^{*1} 試験研究部

積から β -ピネン量換算値として半定量した。

2.4 精油の木工品への添加

木工品は椅子座面（長さ460×奥行き240×厚さ25mm）を想定したヒノキ板目材を用い、図1に示すように座面の厚さ方向の中心部にスリット（長さ460、幅220、高さ5mm）を設けた（図1）。スリットと同サイズのヒノキ板材に精油を含浸させ、スリットにはめ込んで木口面をシールした。精油は先の研究¹⁾で回収したヒノキ精油を用い、座面に使用した材の全乾重量の1.5%重量部を添加した。

なお、塗装は2.1で使用したワックスを用い、精油添加前に木口面を除く全ての表面に塗布した。



図1 椅子試作品



図2 パッシブ法

2.5 座面からの放散量測定

椅子座面は $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 5\%\text{RH}$ の試験室に静置し、1日目、3日目、14日目、28日目に座面からの精油放散量をパッシブ法により測定した。図2に示すように拡散サンプラー（吸着剤Monotrap RGC18TD、GLサイエンス社製）を装着した容器e-ADESC（（有）アドテック社製）を座面の上に設置し、容器内に放散した精油成分の捕集を行った。また、各測定は座面表面の6箇所へ同時に容器を設置し、放散時間

は6時間とし、捕集した吸着剤は2.2と同様に機器分析に供した。なお、標準試料は吸着剤に添加できないため、各成分のピーク面積をトルエン-d8の面積で除した値を算出し、モノテルペンおよびセスキテルペンの放散量を比較した。

3. 結果及び考察

3.1 精油添加試験体の重量変化

無処理材（無塗装・精油無添加）とオイル塗装材及び、精油を添加したオイル塗装材の重量変化を図3に、ワックス塗装材及び、精油を添加したワックス塗装材の重量変化を図4に示す。オイル塗装において15日目の重量減少量は1, 3, 7日目の重量減少量に比べ急激に増加した。7日目から15日目の間において試験室の湿度が一時低下したことがあり、試験体が乾燥されやすい状態であったことによると思われる。7日目までの精油添加材は精油無添加材よりも重量減少量が僅かに小さかった。このことは精油の揮発よりもオイル塗装の乾燥の影響の方が大きかったと考えられる。ワックス塗装において精油添加材は精油無添加材よりも重量減少量は大きく、 β -ピネンを添加した試験体は β -カリオフィレンを添加した試験体よりも重量減少量がより大きかった。つまり精油が試験体を浸透拡散し揮発したと考えられる。また、添加した精油の重量は約0.016gであることから、 β -ピネンを添加した試験体は添加した精油重量以上に試験体重量が減少していることが分かる。これは β -ピネンの揮発とともに試験体の水分或いは元々含有している精油分が揮発したと推察される。これらのことから、本試験に用いた塗装においてワックス塗装はオイル塗装に比べて重量減少量が大きく、添加した精油分が揮発、則ち放散しやすいと考えられる。

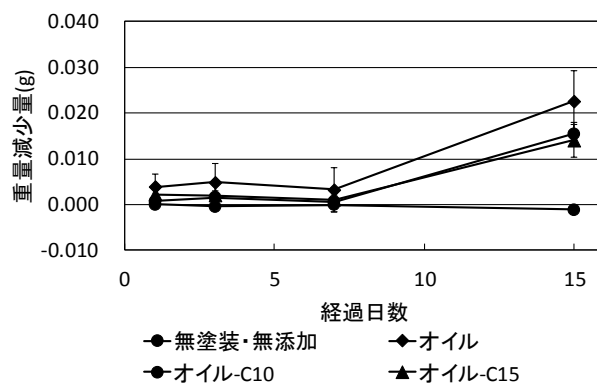


図3 各オイル塗装材の重量変化
C10: β -ピネン、C15: β -カリオフィレン

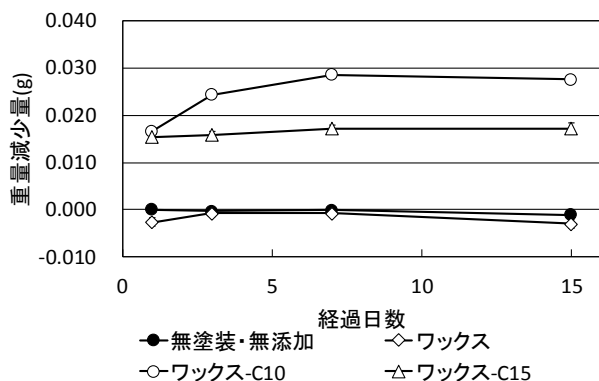


図4 各ワックス塗装材の重量変化
C10: β -ピネン、C15: β -カリオフィレン

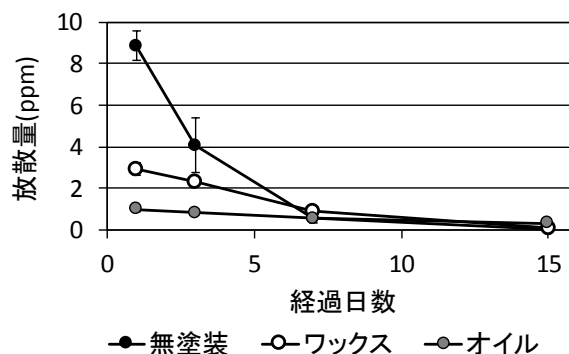


図5 β -ピネン放散量の経時変化

3.2 精油添加試験体の放散成分変化

サンプリングバッグ法により各試験体から放散する精油成分を測定した。 β -ピネンを添加した各塗装材及び無塗装材における放散量平均値の経時変化を図5に、 β -カリオフィレンを添加した各塗装材及び無塗装材における放散量平均値の経時変化を図6に示す。 β -ピネンの放散量は無塗装材、ワックス、オイルの順に多く、放散量の減衰傾向も同じ順で大きかった。両塗装材とも塗装により放散量を抑制したものの、7日以降は無塗装材と同等又はそれ以上の放散量が認められた。つまり塗装による精油成分の被覆効果、強いて言い換えれば徐放性のような効果が生じたと考えられ、緩やかな放散を発現した。 β -カリオフィレンの放散量は無塗装材、ワックス、オイルの順に多く、 β -ピネンと同様に塗装の被覆効果に伴う放散性が認められた。一方、精油間において経時的な放散量の変化は異なり、 β -カリオフィレンの放散量は増加又は維持した。この精油間の相違は各精油の蒸気圧により生じたと考えられる。

また、 β -ピネンを添加したワックス塗装材から1日目に放散した成分のTICチャートを図7に示す。保持時間7.1minに検出された β -ピネンのピーク前後に多数のピークが検出された。MSスペクトルから α -ピネンやリモネンなどのモノテルペンであったことから、精油添加によって元々試験体に含まれる精油成分が β -ピネンとの相互作用により放散したと考えられる。

3.3 木工品の放散成分変化

パッシブ法により木工品から放散する精油成分を測定した。今回の試験に用いたヒノキ精油はそのMSスペクトルからモノテルペンとセスキテルペンで構成²⁾されることから、保持時間11.8minまでのピークをモノテルペン (C10)、これ以降をセス

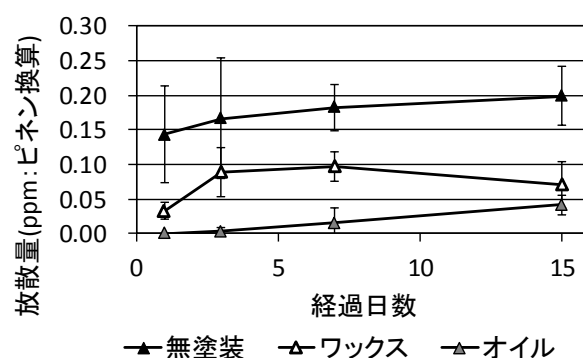


図6 β -カリオフィレン放散量の経時変化

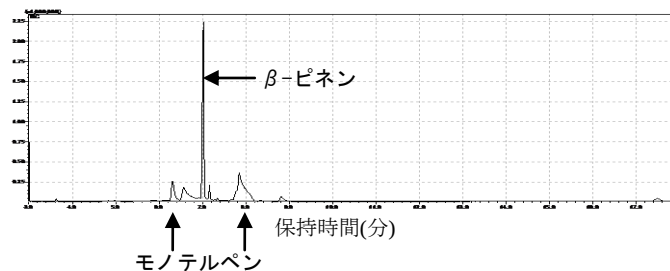


図7 β -ピネンを添加したワックス塗装材からの放散成分のTICチャート(1日目)

キテルペン (C15) として放散量(ピーク面積/トルエン-d8)を求めた。モノテルペン放散量の経時変化を図8に、セスキテルペン放散量の経時変化を図9に示す。各測定日においてモノテルペンおよびセスキテルペン共にその放散量のばらつきが大きかったことから、試験体の測定位置によってワックスの塗り厚が異なり、被覆効果に差が生じたと考えられる。モノテルペン放散量は初期の1, 3日目

に比べて約1ヶ月後の28日目には初期の3～4割程度であった。また、セスキテルペン放散量はモノテルペン放散量に比べて1%以下とかなり低かった。今回の試験においてヒノキ精油はスリットに含浸させたこと、かつ表面材の厚み10mmであったことが、表面材への浸透拡散をより遅延させ、セスキテルペンの放散量が低かったと考えられる。しかし、反対に浸透しやすい場合にモノテルペン放散量の減衰傾向が大きくなることが予想される。そのため、精油成分間の相互作用や材の拡散距離、塗膜厚など複数の条件を整理する必要がある。

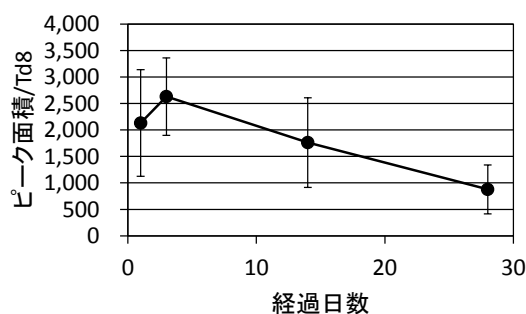


図8 モノテルペン放散量の経時変化

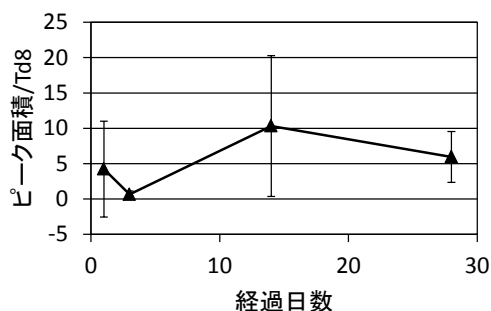


図9 セスキテルペン放散量の経時変化

3. まとめ

塗装された木工製品の芳香性向上を図るため、ウレタン塗料のような強固な塗膜を形成しないオイル、ワックス塗装による木質材料固有の香気成分の放散性を検証した。また、木材に精油を添加し、放散持続性を向上させることとした。

塗装評価に β -ピネン及び β -カリオフィレンを用いて各塗装における各成分の放散量を経時的に測定した。揮発性の高い β -ピネンはその減衰傾向が大きく、揮発性の低い β -カリオフィレンはその放散量が持続又は増加し、両塗装は無塗装よりも緩やかな放散性を示した。また、精油を添加することで元々試験体に含有の精油成分が β -ピネンとの相互作用により放散することが示唆された。

放散持続性評価において、ワックス塗装した椅子座面の材中央部にヒノキ精油を添加し、香気成分の放散挙動を評価したところ、モノテルペンは約1ヶ月後に初期放散量の3～4割程度を持続し放散性が向上した。

参考文献

- 1) 伊藤ら:平成 29 年度岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 20、pp. 5-8、2018.
- 2) 伊藤ら:平成 27 年度岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 18、pp. 5-9、2016.

家具用曲げ木の製造現場におけるスマート化 - 曲げ木加工における不良原因と対策 -

石原智佳^{*1}, 三井勝也^{*1}, 藤巻吾朗^{*1}, 森茂智彦^{*1}

Approaches to making smart of the wood bending process Factors and solutions of defect phenomena in bending wood processing

Chika ISHIHARA^{*1}, Katsuya MITSUI^{*1}, Goroh FUJIMAKI^{*1}, Tomohiko MORIMO^{*1}

曲げ木加工において頻発する不良現象のひとつに、背板や座面の板材の引張側（帯鉄と接する側）で生じる微細な割れがある。製品加工時に寸法変化の有無を確認したところ、部材の中央部では明らかな伸びが、また両端部では圧縮破壊による縮みが見られた。したがって、曲げ変形時の引張り応力を木材から金属側へ移行させるという帯鉄の役割が理論通りに機能せず微細な割れが引張り破壊に起因することが推測される。一般的に木材は引張り応力に弱いとされるが、曲げ木工程で加工される蒸煮処理直後の木材についての知見はほとんどなく実験調査を行った。また、許容可能な伸び率以内に収まる曲げ木加工法や形状予測についても検討した。

1. 緒言

木材は蒸煮や煮沸処理によって高含水率・高温の状態になると軟化して曲げやすくなることは一般的に知られている。1850年頃、木材に帯鉄と呼ばれる金属板を沿わせて曲げる「トーネット法」という曲げ木技術が確立され、ソリッド材の曲げ木椅子が作られ始めた¹⁾。飛騨高山地域では1920年頃から曲げ木加工部材を用いた椅子が作られ始めた。当地域の曲げ木加工は、その当時の工程を継承しており、蒸煮により塑性化した木材に帯鉄を当てて曲げ、金型にはめたまま乾燥させて形状を固定する流れである。工程に関する詳細は前報²⁾に記した。

従来の曲げ木に関する研究は、主として飽水材にマイクロ波を照射しながら曲げる加工法についてであった^{3,4)}。この場合、高水分・高温度による軟化現象に加えて、水分変化過程において応力を受けると流動性が顕著に増大するメカノソープティブ現象⁵⁾も作用している。

曲げ木の原材料はブナの天然乾燥材から、その他多くの広葉樹へ、また、大半は人工乾燥材に移行している。そこで、樹種選択の参考になる物性や、加工可能な曲げ木形状あるいは、その曲げ木用部材寸法の推定基準などの情報が求められている。1970年代に南洋材を曲げ木用材として検討し

た際、蒸煮処理試験片の縦圧縮破壊試験から得た圧縮ひずみをもとに、曲げ限界を求める手法が提案された^{6,7)}。しかし、蒸煮処理材は圧縮に伴い連続的に座屈し、破壊点を見極め難く、蒸煮処理時のひずみゲージの扱いも困難であり、簡易的な手法ではない。

また、多く見られる不良現象は引張側の材表面に生じる割れであるが、上述の曲げ限界の算出法では引張りひずみはゼロとし、圧縮ひずみのみを考慮したもので、実際の現象と合致していないと考えられる。そこで本研究では、引張限界を検証し、従来は無視されてきた引張りひずみの存在を考慮した曲げ可能形状をシミュレーションする試みを行った。

2. 引張限界の検証

2.1 樹種

国産材ではブナおよびミズナラを、外国産材ではホワイトオーク、ブラックウォルナットおよびチェリーを供試し、いずれも人工乾燥材とした。

2.2 縦引張試験

曲げ木の全工程を終えた材において、引張側側面に



図1 曲げ木引張側に生じる繊維切れ

^{*1} 試験研究部

繊維が切れるような割れ破壊（図1）が多数みられるため、蒸煮直後材の縦引張挙動を把握することにした。

各樹種3試験体ずつを蒸し鍋で蒸煮し、高温・含水率（MC）20%に調製し、縦引張試験に供した。試験の様子を図2に示す。

本研究では測定方法が簡易であることも重要視しており、試験体形状も採取が簡易な幅20 mm（R）×厚さ5 mm（T）×長さ195 mm（L）とした。油圧式万能試験機（島津製作所）を用い、標点距離80 mm、引張速度5 mm/minとし、破壊時の標点間ひずみを測定した。標点間距離は、図2に示すように、上側標点部に設置したレーザ式変位センサ（KEYENCE 製 IL-S100）から下側標点部に設置した板にレーザ光を照射させて測定した。結果を表1に示す。

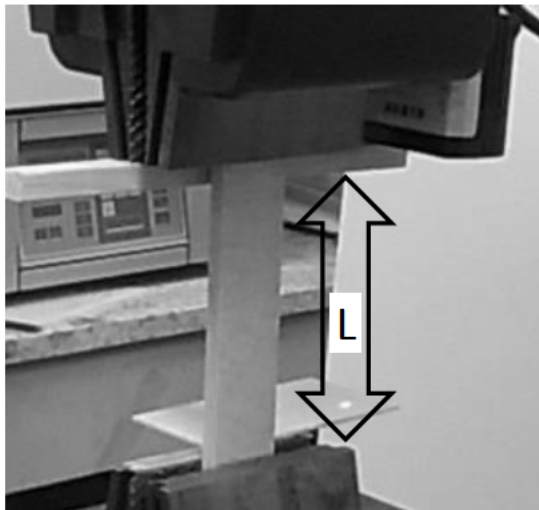


図2 引張変形測定の様子
標点間距離をレーザ式変位センサにて測定

表1 蒸煮処理直後の縦引張試験の結果

樹種	含水率 [%]	密度 [g/cm ³]	$\varepsilon_{t(Max)}$ *a	$\frac{s-t}{r+t}$ *b
ブナ	20	0.87	0.0204	0.0198
ミズナラ	20	0.91	0.0193	0.0180
ホワイト オーク	20	0.86	0.0185	0.0205
ウル ナット	20	0.63	0.0180	0.0189
チェリー	20	0.64	0.0100	0.0205

*a : 標点間で破壊した3試験体の平均ひずみ

*b : この式の計算値が $\varepsilon_{t(Max)}$ よりも小さい場合に
曲げ木加工が可能であることを示す指標

表1において、引張ひずみをみるとチェリーの0.0100（1%伸び相当）が最小であり、ほぼ同程度の温度・含水率条件であっても、樹種によって差があることが示された。

2.3 目視による寸法変化の確認

引張側側面の繊維が切れるような割れ破壊の発生時期を把握するために、曲げ工程直後に金型から外して繊維方向600mmのホワイトオーク材の表面を観察した。また、実際の寸法変化を目視で確認できるように、気乾状態のうちに繊維方向に10 mm間隔で線を引いた（図3）。その後、蒸煮処理を経て、金型に入れて曲げ、材温度が常温に低下してから、型から外して観察した。その結果、中央から左右200mm（計400mm）の部分で4～5mm（1.0～1.2%に相当）伸びたことが目視により確認できた。特に中央部分では1.5～2.0%の伸びであった。

目視によるホワイトオークの伸び率と、表1に示した同樹種の引張ひずみ（0.0193=1.93%相当）を比較すると、中心の最も伸びる部分で引張限界を超える場合があることが明らかになった。また、金型で固定された両端部は圧縮応力によって寸法が収縮している傾向も認められた。したがって、見た目で寸法変化がない現象は、引張伸びと圧縮収縮の加減によるものであるといえる。この引張伸びを抑制するための手法が不良防止に必須といえ、今後の検討課題とする。



図3 10 mm間隔のグリッド線（曲げ加工後）

3. 引張割れ防止のための条件シミュレーション

本報告で検討している曲げ木加工はトーネット方式と呼ばれる手法で行われているが、この手法では木材を帯鉄と呼ばれる金型にはめ込み、両端を押さえることで引張応力が木材にかからないような工夫がなされている。しかし、2.3に示したように、現状では引張応力を抑制する効果が低いと考えられる。そこで、引張ひずみの限界を超えない各種条件について検討した。

木材と金型や鉄汚染防止金属が一体となっているとみなす形状を図4に示す。ここで、 h は各層の厚さ、 b は各層の幅を表し、 t は1層目（木材）の上端部から中立面までの距離を表す。

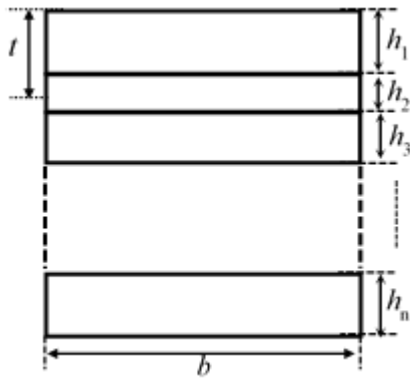


図4 曲げ木加工部材の矩形断面図
 h : 厚さ、 b : 幅
 t : 上端面から中立面までの距離

t を算出する一般式を式(1)に示す。

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n b_i E_i \left(h_i^2 + 2h_i \sum_{i=1}^{n-1} h_i \right)}{2 \sum_{i=1}^n b_i E_i h_i} \quad (1)$$

ここで、 E は帯鉄用金属あるいは、部材用木材の曲げ弾性率である。また、2層構造から成る場合の t の算出式は(2)、3層構造の場合のそれは(3)となる。

$$t = \frac{b_1 E_1 h_1^2 + b_2 E_2 h_2 (2h_1 + h_2)}{2(b_1 E_1 h_1 + b_2 E_2 h_2)} \quad \dots (2)$$

$$t = \frac{b_1 E_1 h_1^2 + b_2 E_2 h_2 (2h_1 + h_2) + b_3 E_3 h_3 (2h_1 + h_3)}{2(b_1 E_1 h_1 + b_2 E_2 h_2 + b_3 E_3 h_3)} \quad \dots (3)$$

中立面では応力がかからないため寸法変化が生じず、この面が材下端部に近いほど材内部にかかる引張応力が減少し、引張割れを防ぐことが可能と考えられる。

また、曲げ木形状に基づき、木材下端部に生じる引張ひずみ (ε_t) の予測式を(4)に示す。

$$\varepsilon_t [\mu ST] = \frac{(t-h_1)}{r} \times 10^6 \quad \dots (4)$$

なお、ここで r は曲げ半径であり、曲げ木部材のデザインによって決まる。この値が2.2に示した引張限界 ($\varepsilon_{t(Max)}$) を超えないことが割れ防止に重要

であると考えられる。式(4)の関係は、曲げ木部材のデザインにも有用である。形状の推定については今後検討をすすめることとする。

3. まとめ

背板や座板の曲げ木加工において、材が帯鉄と接する側に微細な割れが頻発することが課題である。そこで、曲げ加工前後で材の寸法形状を観察したところ、材料の長さ方向において、中央部では明らかな伸びが、両端部では圧縮破壊による縮みが目視にて認められた。また、蒸煮処理直後の材に対する引張試験の結果から、引張限界以上の伸びが生じたときに割れることも明らかになった。この引張限界は曲げ半径と関係付けられることから、曲げ木形状のデザインにも活かせると考えられる。

参考文献

- 1) 石村 眞一 日本曲木家具 鹿島出版会 2012.
- 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. 18、 pp. 30-33、2018.
- 3) 則元 京 マイクロ波による木材の塑性曲げ加工、木材研究資料 14、 pp. 13-26、1979.
- 4) 和田 博他、マイクロ波による曲げ木加工、奈良林試研報、No. 16、 pp. 18-27、1985.
- 5) 石原智佳、水分が関わる木材の変形、木材工業 66 (5)、 pp. 199-204、2011.
- 6) 田中重盛、南方材の曲げ加工に関する研究(第1報)、岐阜県工芸試験場業務報告、 pp. 18-22、1975.
- 7) 田中重盛、南方材の曲げ加工に関する研究(第2報)、岐阜県工芸試験場業務報告、 pp. 16-21、1976.

木質パネルのたわみ制御に関する研究（第2報） 簡便なたわみ計算手法の提案

今西祐志^{*1}

Study on Deflection Control of Wood Panel (2) Simple Calculation Method for Deflection of Wood Panel

Hiroshi IMANISHI^{*1}

テーブル天板や収納家具の棚板に使われる木質パネルについて、等分布荷重が作用した際に生じるたわみを簡便に求める計算シートを作成した。木質パネルの構成をもとにはりのたわみ式を活用して計算するもので、補正を加えたことにより、計算結果はFEM解析結果とよく一致した。様々な寸法及び構成の木質パネルについて容易にたわみが計算でき、テーブル天板や棚板に関するJISに規定されているたわみの性能を満たす設計内容を検討するための支援ツールとしての活用が期待できる。

1. 緒言

たわみが小さく軽量であることが求められるテーブル天板や収納家具の棚板では、木質のフラッシュパネル構造が頻繁に用いられる。これらは、使用者個々の環境サイズや用途に合ったものが求められることも多く、メーカーは過去の実績をもとに設計・試作し、JIS¹⁾に準拠した性能確認を行って対応している。木質パネルに要求される耐荷重や寸法は様々であり、メーカーにおいては効率的に設計を行うことが求められている。

前報²⁾では、木質パネルのたわみ変形を有限要素法（FEM）により解析し、これが実験値とよく一致することを確認した。FEM解析は木質パネルのたわみ変形を予測する手法として適当であるが、寸法や構成部材、荷重条件などに変更があった場合には改めて解析モデルを作成する必要がある。本報では、FEM解析結果をもとに、はりのたわみ式を活用して簡便にたわみを求める手法を検討した結果を報告する。

2. たわみ計算

2.1 FEM解析

解析対象は、棒状の材で組んだ枠の中に数本の芯材を配置して、この両面に面材を貼ったフラッシュパネル構造の矩形平板である。図1に解析対象の構成の一例を示す。四辺単純支持、等分布荷重（100kgf/m²）によるたわみ変形を前縁部中央にお

いて確認した。変形が長手方向及び短手方向の中心線を軸として対象であることを考慮して1/4部分を解析対象とした。図2に解析モデルの概略を示

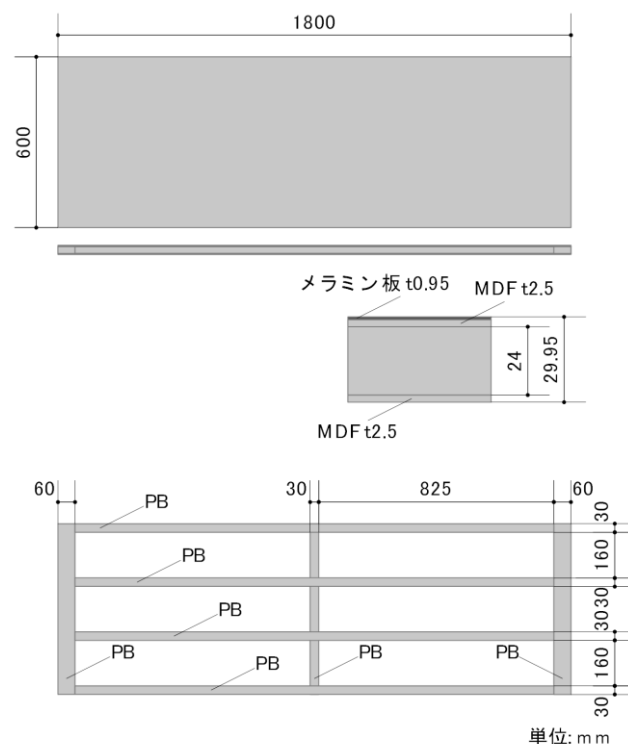


図1 フラッシュパネル構造の一例

^{*1} 試験研究部

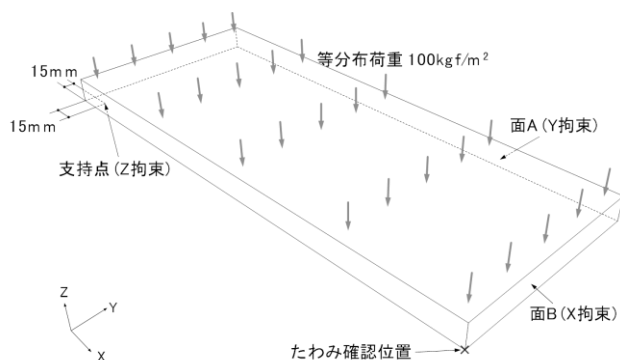


図2 FEM解析モデルの概略

す。線形解析に用いた材料物性値の一覧を表1に示す。計算にはオープンソースのCAEシステムであるDEXCS-WinXistr^{3, 4)}を使用した。

表1 材料物性値一覧

	弾性率 [GPa]	ポアソン比
PB	3.11	0.25
MDF	4.23	0.25
メラミン板1	8.96	0.25
メラミン板2	16.6	0.25
軽溝形鋼	81.1	0.29

2.2 簡便法

木質パネルの構成のうち、たわみ変形との関連が特に大きい要素である面材と長手方向の部材のみを考慮し、はりのたわみ式を活用してたわみを簡便に求める方法を検討した。計算の簡略化のため、長手方向の部材の位置は考慮せず、幅、本数及び弾性率から一様材質の矩形断面材を仮定し、木質パネルのたわみ変形を積層梁の曲げとして計算した。

計算手順は、一般に広く普及している表計算ソフトの計算シートとしてまとめた。概要を図3に示す。面材の寸法及び弾性率、長手方向の部材の寸法と数及び弾性率を入力すると、等分布荷重(100/kgf/m²)での中央部たわみが計算され、テーブル天板及び棚板としてJISの基準を満足するかどうかが表示される。

3. 結果及び考察

3.1 たわみ計算の簡便法とFEM解析の比較

図4に、様々な構成の木質パネルについてたわみを計算した結果について、簡便法とFEM解析の比較を示す。両者はおおむね一致しているものの、簡便法による計算値はFEMによる解析値よりも全体的に小さく、危険側の計算結果となっている。そこで、FEM解析値をもとに簡便法による計算手順に

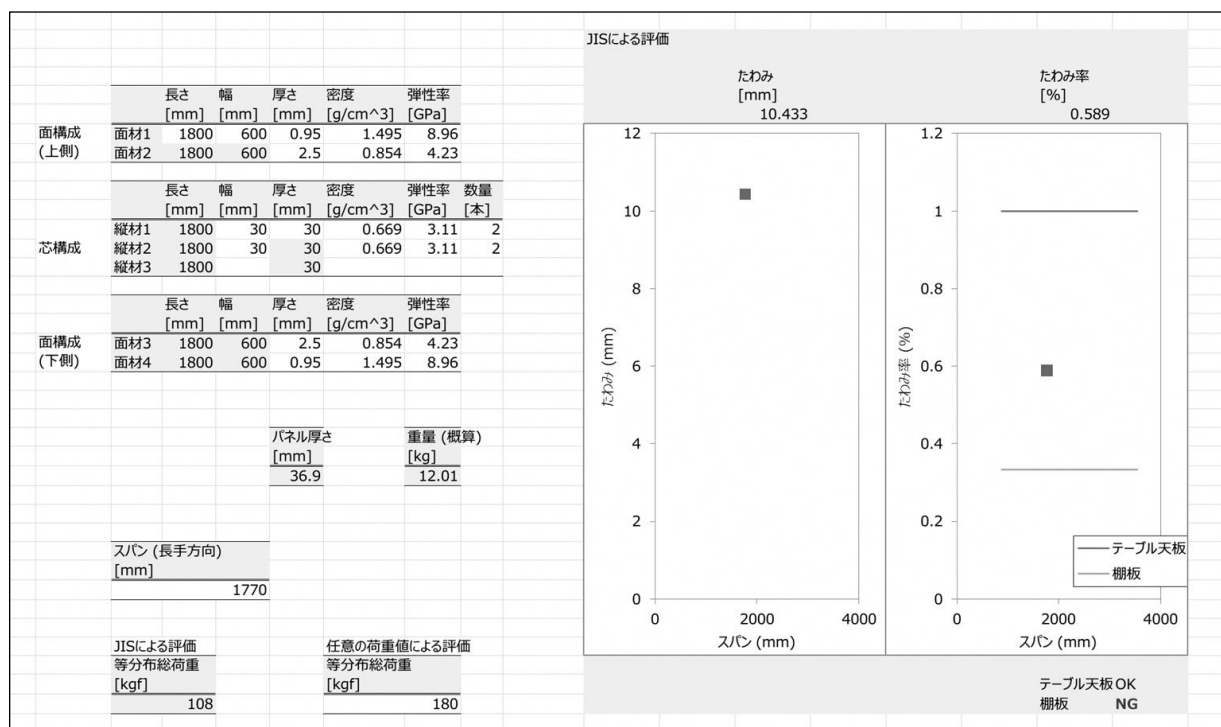


図3 木質パネルのたわみ計算シートの概要

補正を加えた。図5は補正を加えた簡便法とFEM解析によるたわみ計算の結果を比較したものである。両者がよく一致していることが確認できる。

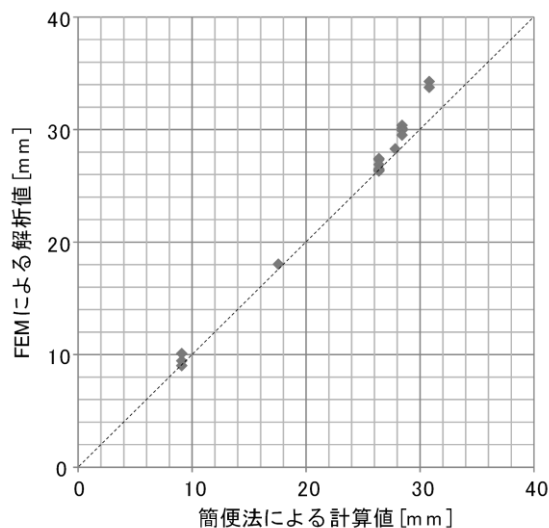


図4 たわみ計算の簡便法とFEM解析値の比較

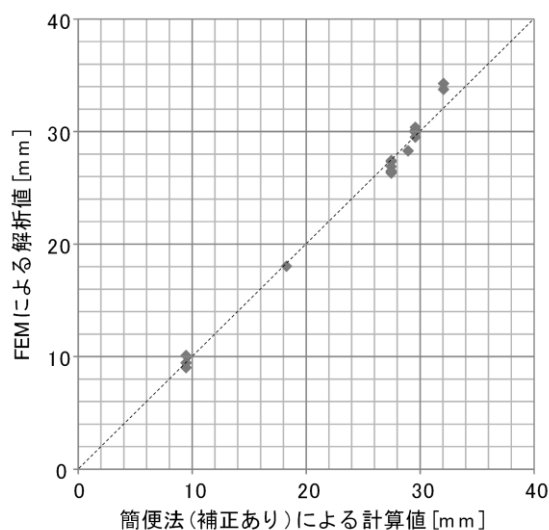


図5 たわみ計算の簡便法（補正あり）とFEM解析値の比較

3.2 たわみ計算の簡便法の活用

木質パネルの設計内容から、簡便法の計算シートを使用して予想されるたわみ率を計算した。対象の木質パネルは図1に示した構成のものである。図1の仕様の場合、予想されるたわみ率は1.2%（たわみ 22mm）で、テーブル天板の要求性能としてJISで規定されているたわみ率1%以下を満たさない¹⁾。そこで、計算シートを活用してJISの規定

を満足する仕様変更を検討した。

仕様変更①：芯材の材種の変更 … PBの芯材2本を軽溝形鋼に変更すると、たわみ率は0.5%（たわみ 9mm）となり、JISの規定を満足する性能となることが期待できる。

仕様変更②：面材の変更と追加 … メラミン板1をより弾性率の大きいメラミン板2に変更し、パネルの両面に貼ることで、たわみ率は0.6%（たわみ 11mm）となり、JISの規定を満たすと思われる。

仕様変更③：枠材及び芯材の高さの変更 … 枠材及び芯材の高さを24mmから30mmに変更すれば、たわみ率は0.8%（たわみ 14mm）となり、JISの規定を満たすと予想される。

以上のような仕様変更の検討は、JISに照らした判断に限らず、使用者が求める要求性能への対応も容易である。また、収納家具の棚板の設計に関しても全く同様な手順で検討でき、木質パネルの設計を効率化する支援ツールとして活用できると考えられる。

4. まとめ

木質パネルに等分布荷重が作用した際に生じるたわみを簡便に求める計算シートを作成した。はりのたわみ式を活用した計算を行っており、補正を加えたことで計算結果はFEM解析結果とよく一致した。様々な寸法及び構成の木質パネルについてたわみを容易に計算でき、テーブル天板や棚板に関するJISに規定されている性能を満たす設計内容を検討するための支援ツールとしての活用が期待できる。

参考文献

- 1) JIS S 1031:2016、オフィス家具—机・テーブル；JIS S 1033:2015、オフィス家具—収納家具.
- 2) 今西祐志他、木質パネルのたわみ制御に関する研究（第1報）有限要素法によるたわみ変形解析、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 20、2018.
- 3) 柴田良一：“オープン CAE で学ぶ構造解析入門—DEXCS-WinXistr の活用—”，朝倉書店、2017.
- 4) FrontISTR 研究会、<https://www.frontistr.com/>、2019年4月8日参照.

家具製品のカスタマイズ技術に関する研究 人間工学に基づいた家具製品の設計支援ツールの開発（2）

藤巻吾朗^{*1}，森茂智彦^{*1}，山口穂高^{*1}，宮川成門^{*1}

Research on Customization Technique of Furniture Development of an Ergonomic Design Support Tool for Furniture Products (2)

Goroh FUJIMAKI^{*1}，Tomohiko MORIMO^{*1}，Hodaka YAMAGUCHI^{*1}，Naruto MIYAGAWA^{*1}

昨年度開発した家具製品の設計支援ツールをもとに新たな機能を追加したWebアプリケーションを開発した。展示会を利用して、開発したアプリケーションに関する聞き取り調査を行ったところ、使用目的に応じた機能の絞り込みや人体寸法の予測精度の向上が課題として挙げられた。人体各部位の寸法は、身長から日本人の標準的な体型に合わせて予測していたが、体重や膝下の長さを追加して入力することで予測誤差を小さくすることができた。しかし、骨盤部周辺や大腿部、腕の長さに関しては、予測精度が向上せず、課題が残った。今後はフォローアップとして、人体寸法の予測精度の向上や使用状況に応じたアプリケーションの改善を行い、成果の普及に努める。

1. 緒言

近年、家具製品の市場は二極化しており、製品やサービスの高付加価値化、またはそれに伴う新たな市場の開拓が重要視されている。本研究では、これまであまり取り扱われなかったオーダーメイドやフィッティングに関する技術に着目し、個人の体格や好みに合わせて家具製品をカスタマイズする技術、または既存製品の中から提案するための基盤技術の構築を目指す。

本年度は、昨年度にFilemaker Pro 16で開発した設計支援ツール¹⁾をもとに機能の見直しを行い、Web上で動作するアプリケーションを開発した。

2. 設計支援ツールの概要（変更点）

入力した人体寸法をもとにその体格に合った家具（椅子、テーブル・机、収納棚）の設計値を算出する設計支援ツールをWebアプリケーションとして開発した（図1）。昨年度開発したものに新たに以下の機能を追加した。

- ・用途に応じて差尺を計算する機能
- ・体格の異なる2人が共用する場合の設計参考値を計算する機能

- ・技術コラムの追加（人体寸法の予測結果、座面高の許容範囲、座面高と奥行の関係）
- ・家具設計に関する参考文献の一覧、当所の研究報告書へのリンク機能



図1 設計支援ツール（設計参考値提案の一例）

^{*1} 試験研究部

なお、体格の異なる2人が共用する場合の設計参考値については、両者の身体的負担が少ない設計参考値、大柄な人に合わせる場合の設計参考値、小柄な人に合わせる場合の設計参考値の3パターンを提案することとした。

3. 設計支援ツールの試験公開

平成30年6月21日から平成30年7月31日の期間で開発した設計支援ツールを試験公開した。使用者は延べ69名であり、家庭用家具関連のメーカー関係者が大半であった（図2、図3）。

使用者の使用目的については、メーカーや工房関係者は製品開発時の参考としての使用が多く、一般ユーザとメーカー関係者は趣味・興味としての使用が多かった（図4）。

使用した機能に関しては、県内の家具メーカーの主力製品であるダイニングチェアの設計参考値の算出が最も多かった（図5）。

また、展示会を利用して、使用者数名に対して聞き取り調査を行った結果、以下のような意見が得られた。

- ・開発目的の使用か販売目的の使用か、どちらかに機能を絞り込んだ方が良いのではないかな。
- ・専門的な部分が多いので、販売現場で使うなら難しい部分はブラックボックス化するなどが必要ではないかな。
- ・脚カットや収納棚の寸法などは販売現場で見せると説明しやすくて良いと思う。
- ・椅子にかかる荷重を推定する機能は、クッション構成を考える際の参考になる。クッションの沈み込みがわかるとなお良い。
- ・推定された人体寸法の誤差（個人差）がどの程度あるのか興味がある。
- ・幅方向の設計参考値も知りたい。

設計支援ツールの開発にあたっては、汎用性を優先し、設計寸法を中心に様々な情報を提供できるようにした。その反面、情報をどう利用するか、どこに必要な情報があるかがわかりづらくなっており、インターフェイスの改善や使用目的に応じた機能の絞り込みが重要であることが確認された。また、入力データを最小限にすることで簡略化を図ったが、そのために標準的なプロポーションのみ対応となっており、体型の個人差を考慮する必要が考えられた。

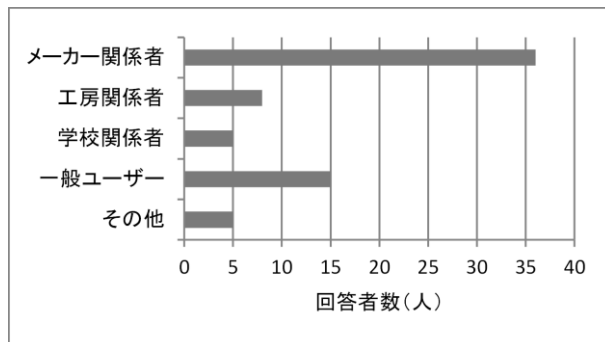


図2 設計支援ツールの使用者

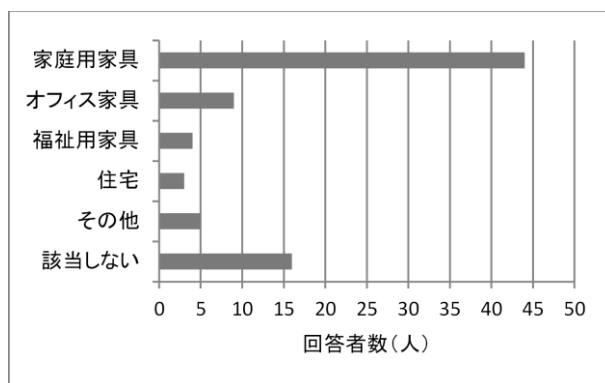


図3 使用者の関連業界

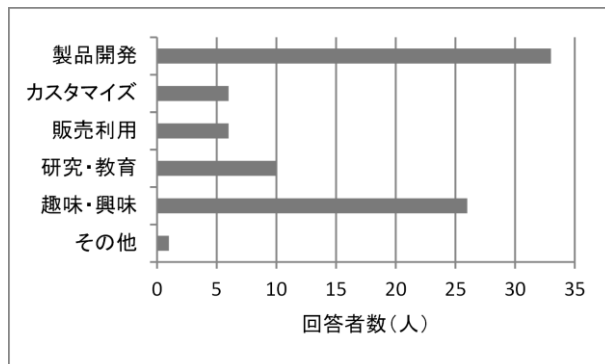


図4 使用者の使用目的

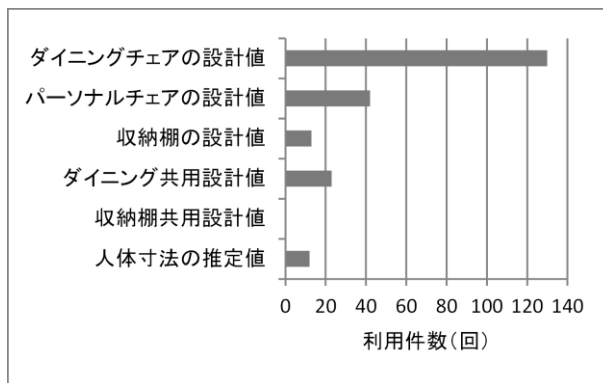


図5 機能別使用件数

4. 人体寸法の予測精度の向上

体型の個人差を考慮し、人体寸法の予測精度を向上させるために必要となる入力項目の検討を行った。

4.1 入力項目の検討

人体寸法を予測する際の入力項目を選定するため、家具設計に関連する人体寸法および測定が比較的容易もしくは本人が把握していると考えられた手や足の寸法を加えた計20項目を人体寸法データベース²⁾から抽出し、主成分分析を行った。

分析の結果、3つの主成分が抽出された(表1)。ほとんどの項目は第1主成分で説明でき、代表される身長を入力することで、基本的な人体寸法は予測できることが考えられた。体型の個人差を考慮し、予測精度を向上させるには、第2主成分、第3主成分それぞれに含まれる項目を入力項目として選定することが望ましいと考えられた。

第2主成分は骨盤周辺の寸法と関連性があるが、骨盤周辺の寸法は測定が難しく、測定が比較的容易な手掌長を入力項目として選定した。第3主成分は幅方向の寸法と関連性があるが、本人が把握していると考えられる体重を入力項目として選定した。また、椅子の設計で重要になる座位膝窩高(膝下の長さ)についても入力項目として選定した。

表1 主成分分析結果

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
身長	0.98	-0.05	0.07
体重	0.78	0.12	-0.54
座高	0.93	-0.26	0.07
座位肩峰高	0.89	-0.34	0.04
座位頸椎高	0.92	-0.26	0.01
座位上後腸骨棘高	0.38	-0.45	0.16
座位膝蓋骨上縁高	0.95	0.14	0.01
座位膝窩高	0.89	0.09	0.11
座位殿・膝窩距離	0.83	0.15	-0.06
座位殿・転子距離	0.72	0.42	0.05
肘頭高	0.96	-0.10	0.07
上肢挙上指先端高	0.97	0.05	0.06
上肢長	0.94	0.18	0.07
座位腋窩高(推測値)	0.79	-0.51	0.10
座位胸骨下縁高(推測値)	0.82	-0.40	0.14
座位殿幅:足底支持	0.10	-0.35	-0.88
肩幅(Bideltoid)	0.80	0.23	-0.36
足長(全履協)	0.89	0.24	-0.03
手掌長	0.81	0.36	0.02
第三指長	0.79	0.29	0.10
固有値	13.85	1.60	1.31
寄与率(%)	69.3	8.0	6.5
累積寄与率(%)	69.3	77.3	83.8

4.2 予測精度の確認

選定した入力項目を説明変数として、重回帰式により各部の人体寸法の予測を試みた。予測精度の確認のため実測値と予測値の差を計算し、箱ひげ図を作成した(図6)。

手掌長を入力項目としても骨盤部周辺の予測精度は向上しなかったため(図7)、手掌長は入力項目から除外し、身長、体重、座位膝窩高を入力項目とした重回帰式をそれぞれの人体寸法に対して求め、予測精度の確認を行った。

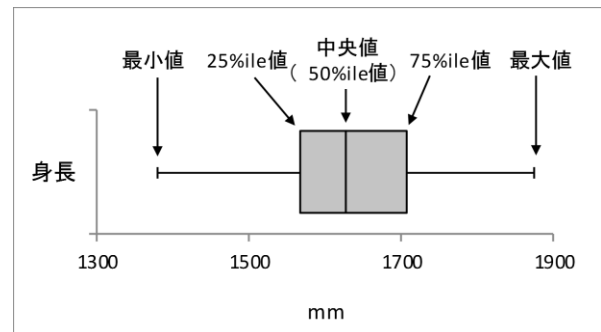


図6 箱ひげ図の作成

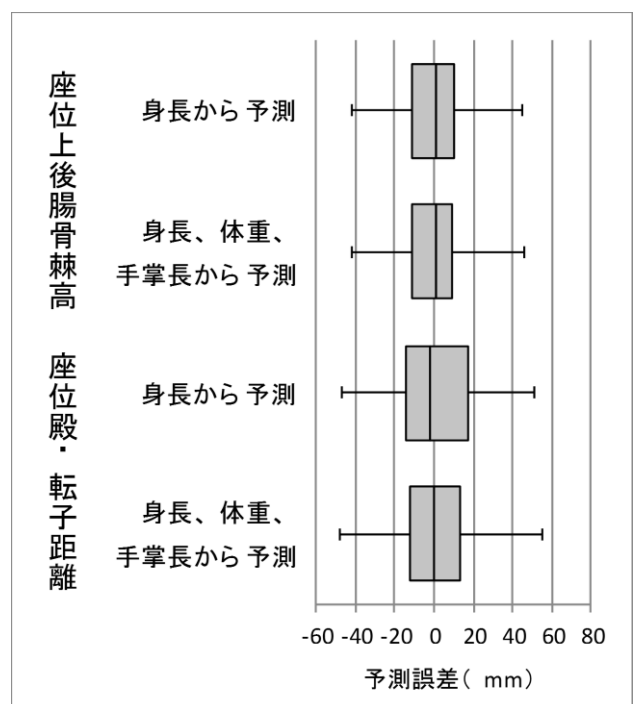


図7 骨盤部周辺の人体寸法の予測

図8に身長のみを入力項目とした場合、図9に身長、体重、座位膝窩高を入力項目とした場合の人体寸法の予測結果を示す。

身長以外に体重、座位膝窩高を入力することで、主に背もたれの設計や幅方向の設計に関わる人体

寸法の予測精度が向上した。骨盤部周辺や大腿部、上肢長に関しては、入力項目を増やしても予測精度にあまり違いはなかった。

4.3 アプリケーションへの実装

人体寸法の入力項目については、入力項目が増えると予測精度が向上するものの、毎回すべての項目を入力するのは実用的でないと考えられたため、身長を必須項目とし、体重、座位膝窩高の入力は任意とした。

5. まとめと今後の展望

- ・昨年度開発した家具製品の設計支援ツールをもとにWebアプリケーションを開発した。
- ・体格の異なる2人が共用する場合の設計参考値を求める機能を付加した。
- ・設計参考値を利用する際の参考となる情報をコラムとして追加した。
- ・展示会を利用して聞き取り調査を行ったところ、使用目的に応じた機能の絞り込みや人体寸法の予測精度の向上が課題として挙げられた。
- ・人体寸法の予測については、体重や座位膝窩高（膝下の長さ）を任意に入力することで、予測誤差を小さくすることができた。
- ・骨盤部周辺や大腿部、上肢長（腕の長さ）に関しては、予測精度が向上せず、課題が残った。
- ・今後はフォローアップとして、人体寸法の予測精度の向上や使用状況に応じたアプリケーションの改善を行い、成果の普及に努める。

謝辞

本研究の一部は越山科学技術振興財団の助成を受け実施しましたことをここに記し、感謝いたします。

参考文献

- 1) 藤巻吾朗ほか、家具製品のカスタマイズ技術に関する研究～人間工学に基づいた家具製品の設計支援ツールの開発（1）、平成29年度岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 20、pp. 24-26、2018.
- 2) 河内まきこ、持丸正明、2005 AIST 人体寸法データベース、産業技術総合研究所 H16PR0 287.

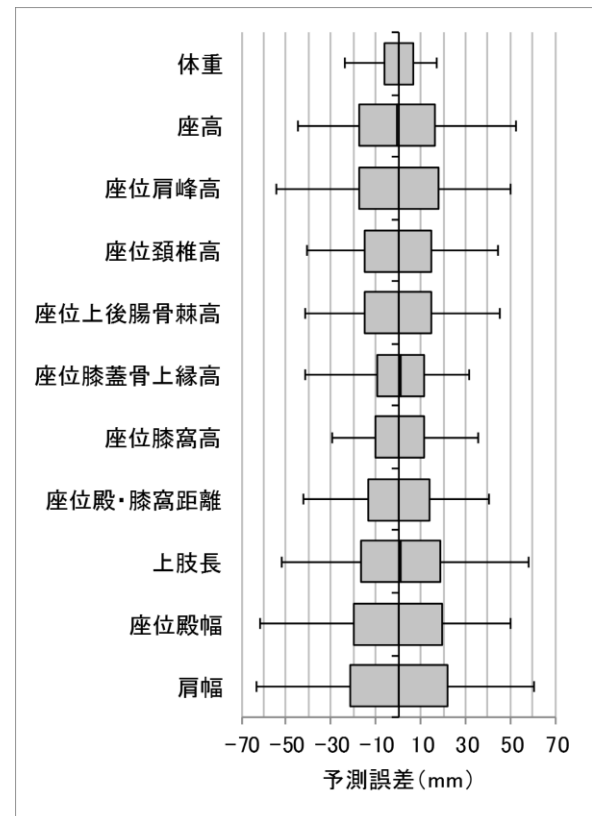


図8 身長からの予測結果（一部抜粋）

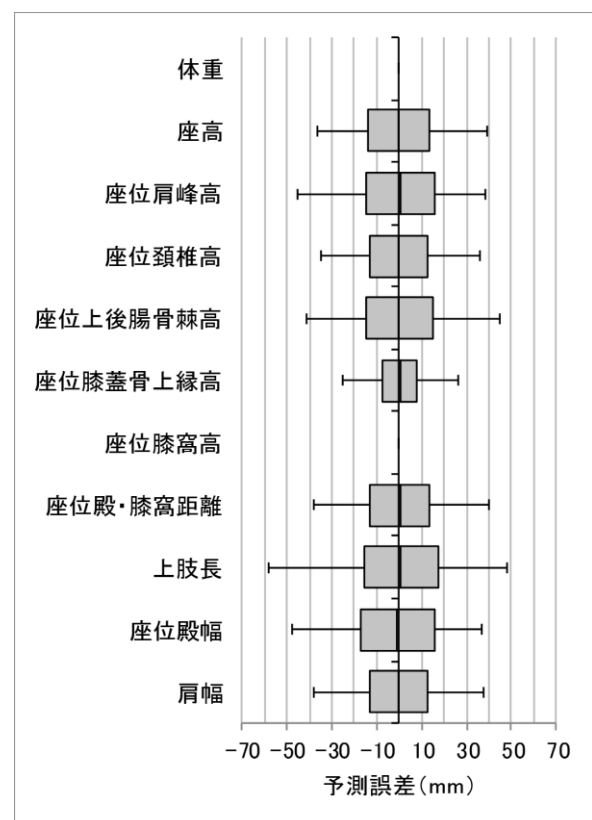


図9 身長、体重、座位膝窩高からの予測結果（一部抜粋）

家具製品のカスタマイズ技術に関する研究 個人の体型に合わせた支持面形状の提案技術（ケーススタディ）

藤巻吾朗^{*1}, 山口穂高^{*1}, 宮川成門^{*1}

Research on Customization Technique of Furniture Technique to Propose a Supporting Surface to Fit Individual Body Shape (Case Study)

Goroh FUJIMAKI^{*1}, Hodaka YAMAGUCHI^{*1}, Naruto MIYAGAWA^{*1}

個人の身体に合わせた支持面形状の提案技術として、着座時の人体形状の測定から形状モデル（3Dデータ）作成までのプロセスをケーススタディとして実施した。坐骨結節部の形状に課題は残るが、支持面形状の算出プロセスをPython言語により自動化した。これにより、測定から支持面形状の点群データ作成までの時間がほとんどかからず、モデリングソフト等での仕上げに多少時間は有するものの、3DプリンタやNCでの加工に使用する3Dモデルの作成時間を短縮できた。現状ではケーススタディの段階であるが、今後はケース数を増やし、算出方法の改善と成果の普及を行う。

1. 緒言

近年、家具製品の市場は二極化しており、製品やサービスの高付加価値化、またはそれに伴う新たな市場の開拓が重要視されている。本研究では、これまであまり取り扱われなかったオーダーメイドやフィッティングに関する技術に着目し、個人の体格や好みに合わせて家具製品をカスタマイズする技術、または既存製品の中から提案するための基盤技術の構築を目指す。

椅子の支持面形状を人体に適合させることは、体圧分散性、姿勢保持の点で有効で身体負担の軽減や快適性の向上に繋がることが先行研究で示されている^{1)~4)}。過去に当所でも臀部形状の個人差や姿勢による変化を分析し、体型差を考慮した座面形状の提案を行っているが^{5)~8)}、個人の形状に合わせた支持面形状については、不明な点が多い。ここでは、個人の身体に合わせた支持面形状の提案技術として、着座時の人体形状の測定から座面形状モデル（3Dデータ）作成までのプロセスをケーススタディとして実施した。

2. 個人に合わせた支持面形状に関する留意点

個人の人体形状を測定し、その測定結果そのものを支持面形状とした場合、形状測定から支持面形状提案までの計算処理はほとんど必要がない。しかし、特定の条件を除き、椅子に座ったときには作業に応じた姿勢変化や動作を伴うため、静的な条件で測定した人体形状そのものを支持面形状とした場合には、実際の使用場面では不具合が生じることが考えられる。そのため、支持面形状提案にあたっては以下の点に留意する。

- ・着座時に想定される範囲での身体の動き（形状の変化）を考慮し、人体形状は、特定の姿勢だけでなく、複数の姿勢や動作時の測定を行い、支持面形状に反映させる。
- ・痛みや不快感が生じやすい部位への接触は避ける。過去の研究成果より、痛みや不快感の生じやすい部位は、尾骨付近と坐骨結節部2点の間およびその前方の部位、座面前縁部であると考えられ⁵⁾、これらの部位の形状には留意する。

3. ケーススタディ

3.1 支持面形状（座面）の試作検討

個人に合わせた支持面形状の提案技術を構築す

^{*1} 試験研究部

るにあたり、著者本人(男性、身長177cm、体重64kg)を対象に人体形状測定から支持面形状提案、試作までの作業プロセスをケーススタディとして実施し、人体形状の測定方法および支持面形状の算出方法を検討した。なお、支持面形状の試作検討については、座面のみとし、背面形状については今回のケースでは試作は行わなかった。

人体形状の測定には、当所で過去に開発した装置を使用し⁷⁾⁸⁾、座面形状の試作には3Dプリンタ(L-DEVO M3145TP 株式会社フュージョンテクノロジー)を使用した(図1)。



図1 支持面形状の試作検討

支持面形状の算出方法を検討するにあたり以下の4回の試作を行った。

試作①：静的な座位姿勢での測定結果をそのまま3Dプリンタで造形した。使用感に関しては、座り位置が定まりにくく、位置がずれると違和感が生じた。また、座面中央部で圧迫感があり、身体を前後左右に動かした時に坐骨結節部で痛みや違和感が生じた。大腿部付近の形状については、痛みや違和感はなく、算出方法に特に問題はないと考えられた。

試作②：着座時に想定される範囲内で上半身を前後左右に動かした際の測定結果をもとに平均値を算出した。特に問題のなかった大腿部付近は造形せずに、臀部の形状のみ造形した。使用感については、試作①と比較して座り位置が定まりやすかったが、座面中央部での圧迫感や身体を前後左右に動かした時の坐骨結節部での痛みや違和感はあまり改善されなかった。

試作③：着座時に想定される範囲内で上半身を前後左右に動かした際の測定結果をもとに最大値を算出した。試作②と同様に臀部付近の形状のみ造形した。使用感については、試作①、②と比較して座り位置が定まりやすく、身体を前後左右に動かした時の坐骨結節部での痛みや違和感はほとんど生じなかった。座面中央部で圧迫感は解消されなかった。

試作④：試作③をもとに座面中央部の形状を修正

した。具体的には坐骨結節部2点の中心点より前部30mm幅をその両端の値に合わせて置き換えることで平坦な形状とし、置き換えた範囲について平滑化処理を行った。使用感については、良好で、痛みや違和感はほとんど生じなかった。

3.2 試作した座面形状の評価

試作④として記載した座面(以下、試作品)について、体圧分布測定(XSENSOR X3、XSENSOR社)を行い、既存の座面クッションとの比較を行った(表1)。

表1 比較したクッション

	試作品	クッションA	クッションB	クッションC
写真				
外形寸法 (mm)	(幅×奥行×高さ) 400×390×50	(幅×奥行×高さ) 380×380×100	(幅×奥行×高さ) 400×410×78	(幅×奥行×高さ) 400×400×50
特徴	形状測定をもとに試作した座面。使用時は表面に10mmの柔らかいウレタンフォームを設置	車椅子での座位保持に使用されるエアクッション。圧力分散性や褥瘡予防において現場で高い評価	車椅子での座位保持に使用されるクッション。チップウレタンとウレタンフォームで構成	移動時の車内やスタジアムでの観戦などの利用を想定したクッション。波型にカットしたウレタンフォーム

体圧分布測定を行った結果、試作品は一般的なウレタンフォームを使用したクッションB、Cと比較すると最大圧力値が低く、体圧分散性能が高いことで知られるクッションAと同程度であった(図2)。しかし、クッションAが、どのような姿勢でも安定して圧力が低かったのに対し、試作品は上体を大きく後傾させた時に臀部後方で圧力が高く(図3)、左右に上体を大きく傾けた際には坐骨結節部内側で圧力が高くなる傾向が見られた(図4)。

試作品は、人体形状測定時に想定した姿勢の範囲内では体圧分散性が高く、福祉現場などで評価の高いクッションと同等の性能を有することが確認された。また、想定していない姿勢や動作時には圧力が特定の部位に集中し、違和感や痛みが生じることが確認された。しかし、これは姿勢が大きく崩れたときの姿勢保持にも関連していると考えられ、ある程度姿勢が定まった環境(乗り物のシートや福祉分野での座位保持など)では、姿勢保持の点で有効である可能性も示唆された。

個人に合った支持面形状を提案するにあたり、坐骨結節部周辺は姿勢変化や動作による変形が大きく、姿勢変化による圧力の集中が観察されたことから、多少の空間を作るように設計を行うことが望ましく、坐骨結節部周辺の形状設計に関しては検討の余地が残った。

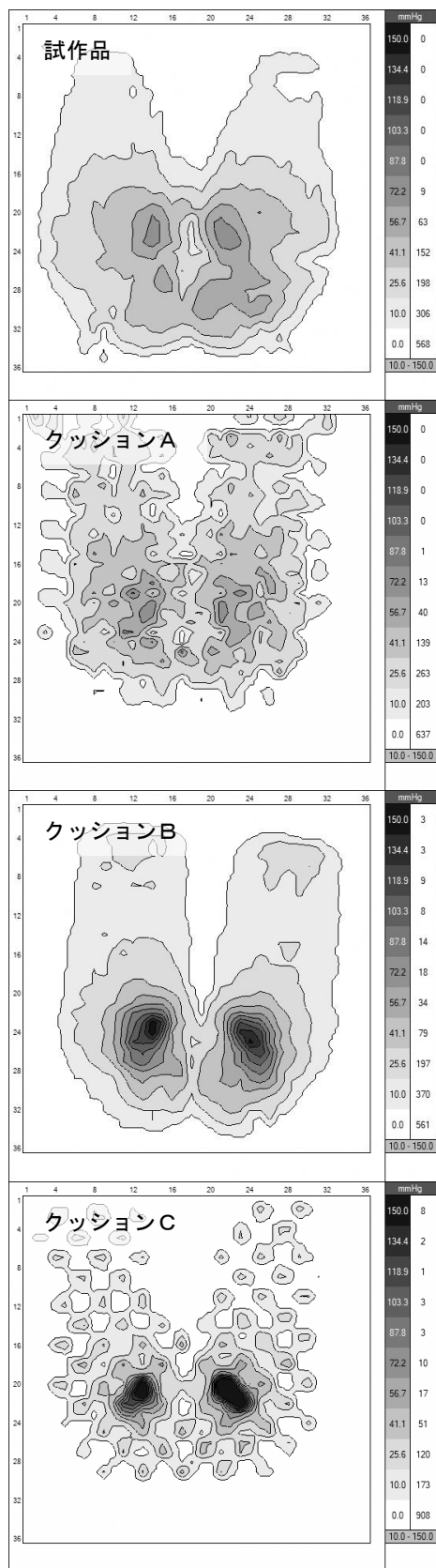


図2 体圧分布の比較

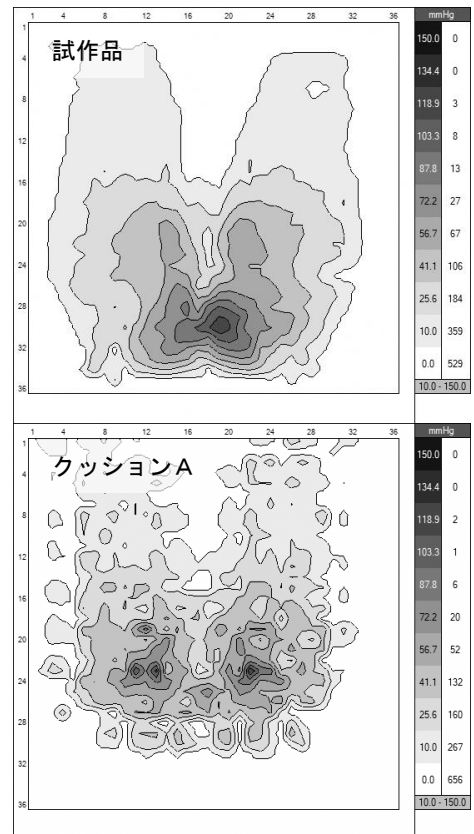


図3 上体後傾時の体圧分布の比較

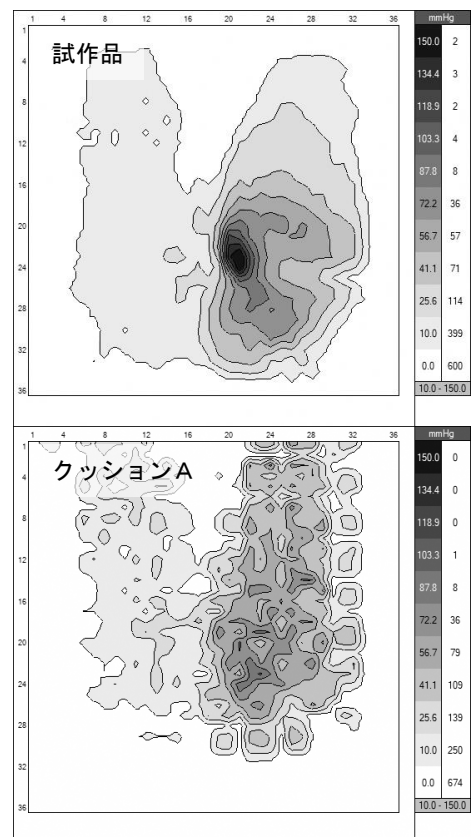


図4 上体側方傾斜時の体圧分布の比較

3.3 形状提案における作業プロセスの検討

試作検討の結果、人体形状の測定から形状モデル作成までのプロセスを暫定的に以下の手順とし、①～⑥までの手順については、Python言語により自動化し、支持面形状提案の効率化を図った。なお、ケーススタディでは背面形状の試作検討は行わなかったが、暫定的に背面形状の計算処理もプログラムに記述した。

- ①着座時に想定される範囲内で上半身を前後左右に動かした際の人体形状を連続で記録
- ②設定した閾値を超えた値を削除し、周辺の値の平均値で穴埋め処理
- ③一連の動作の測定結果より、各測定点での深さの中央値および最大値を算出
※各測定点での最大値-中央値をクッションの厚みの参考値として出力
- ④座面については、座骨結節部2点間の中心より前部を30mm幅で平坦化
- ⑤座面、背面の測定データそれぞれについて、全体を平滑化处理
- ⑥計算処理を行った結果を点群データで出力
- ⑦モデリングソフト（Rhinoceros 5）でメッシュデータの作成（その際、座面前縁部を含むエッジは曲線で面取り）

4. まとめと今後の展望

現状では、坐骨結節部の形状に課題は残るが、支持面形状の算出プロセスをPython言語により自動化した。これにより、測定から支持面形状の点群データ作成までの時間がほとんどかからず、モデリングソフト等での仕上げに多少時間は有するものの、3DプリンタやNCでの加工に使用する3Dモデルの作成時間を短縮できた。

個人に合った支持面形状の提案については、製造コストの問題は残るものの将来的なニーズを見据え、個別対応で課題となる時間の短縮や労力の軽減に繋がる知見を得ることができた。現状ではケーススタディの段階であるが、今後は得られた知見をもとにケースを増やし、算出方法の改善や成果の普及を行い、個人や特定のターゲット層に合わせた家具製品の開発の支援、既存製品のフィッティングや商品選択支援などサービス化に繋げたい。

謝辞

本研究の一部は越山科学技術振興財団の助成を受け実施しましたことをここに記し、感謝いたします。

参考文献

- 1) Sprigle, S., et al., Reduction of sitting pressures with custom contoured cushions, Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol.27, No.2, pp.135-140, 19990.
- 2) 山崎信寿、諸永裕一、短時間休息用剛体支持面安楽寝椅子の形状適合化、人間工学、Vol. 36、No.1、pp.29-37、2000.
- 3) Hirao, A., et al., Development of a New Driving Posture Focused on Biomechanical Loads, SAE Paper 2006-001-1302, 2006.
- 4) 野呂影勇、座り心地品質の可視化と表示法、日本人間工学会第116回システム大会講演集、in CD、2008.
- 5) 藤巻吾朗ほか、座位姿勢における臀部形状の分析と座面形状の提案、平成24年度岐阜県生活技術研究所研究報告、pp.19-23、2013.
- 6) 藤巻吾朗ほか、自動車シートの座面形状の提案、平成25年度岐阜県生活技術研究所研究報告、pp.13-16、2014.
- 7) 藤巻吾朗ほか、座位姿勢における臀部形状の測定と座面形状の提案、平成26年度岐阜県生活技術研究所研究報告、pp.5-9、2015.
- 8) 藤巻吾朗ほか、乗り心地を考慮した輸送機関用シートの開発～座面形状の改善とシートの試作、平成27年度岐阜県生活技術研究所研究報告、pp.10-13、2016.

日本の伝統的素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発（第2報） 圧縮回復を利用した柿渋の含浸

三井勝也^{*1}，伊藤国億^{*1}

Improvement of Durability of Wood using Japanese Traditional Materials (1)
Impregnation of “Kakishibu” persimmon extracts using recovery of compression.

Katsuya MITSUI^{*1}, Kuniyasu ITO^{*1}

本研究では圧縮回復現象を用いた柿渋溶液の含浸方法について検討した。あらかじめ加熱柿渋溶液内で木材を処理することにより、横圧縮試験後の回復量が気乾材より大きくなった。木材を柿渋溶液内に入れ、横圧縮荷重をかけると、木材の空隙内にある空気が押し出されるが、そのまま除荷をすると、再び木材内に空気を引き込んでしまうため、効率よく液体を含浸させるには、発生した空気を除去する必要がある。十分な負荷を与え、回復させることにより、計算から求められる最大重量増加率の6割程度の重量増加率が得られることが確認できた。

1. 緒言

2020 東京オリンピック開催を契機に木材の良さが再認識され、木材の屋外利用が盛んになっている。木材を屋外で利用するには、耐候性や耐腐朽性を向上させる必要があり、その方法として、強固な塗装や化学修飾などがある。日本では古くから塗料としてベンガラや松煙炭、柿渋が利用されている。現在ベンガラは工業的に製造されているが、古来は天然に産するものを利用していた。松煙炭や柿渋は、現在でも天然のものから製造されている。これらが古くから利用されてきたのは、いずれも無毒でありながら、耐水性や耐光性が高いことにある。また、近年、伝統的材料の見直しが各分野でもなされ、ベンガラについても新規な赤色酸化鉄への研究展開などが行われている¹⁾。

これまでは、ベンガラや柿渋は塗料としての利用が主であり、木材表面に塗布することにより、木材そのものの耐久性を向上させている。しかし、塗装表面に傷がつくと、木部が表面に現れ、そこから耐水性、耐光性を失い、劣化が進行することが懸念される。

本研究ではベンガラや松煙炭、柿渋を表層処理のみではなく、木材中に含浸させることにより、より耐久性を持った処理材を開発することを目的とし、今年度は圧縮回復を利用した柿渋溶液の含浸方法について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究にはスギ(*Cryptomeria japonica*)心材を用いた。試験体寸法は30mm(L)×30mm(T)×30mm(R)とした。試験体は恒温恒湿室内で平衡含水率に達するまで静置した。含水率は11.7%であった。

2.2 溶液調製

柿渋には粉末柿渋（三桝嘉七商店, 京都府木津川町）を用いた。水700gに対し、柿渋を21g溶解した。

2.3 前処理

気乾状態のスギ心材を80℃の柿渋溶液中に5時間浸漬した。

2.4 圧縮回復試験

図1に示すように柿渋溶液に浸した状態で万能試験機を用い横圧縮した。

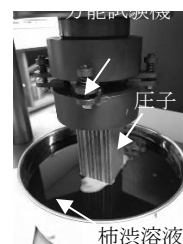


図1 柿渋溶液中での横圧縮試験

^{*1} 試験研究部

荷重速度は2.0mm/minとした。指定の変位量まで負荷したのち除荷し、ただちに試験体の寸法および重量を測定した。

3. 結果と考察

3.1 高含水率材の横圧縮試験

図2に気乾状態 (MC=11.7%) と高含水率状態 (MC=64.5%) の横圧縮試験における荷重－変位曲線を示す。気乾材料も高含水率材料も比例限度を超えると、荷重値の上昇はなだらかになる²⁾。また、高含水率材は気乾材よりも比例限度荷重が小さいことが明らかである。ある一定値まで変位したのち、除荷すると、気乾材料および高含水率材料ともに比例限度までの変位以上に大きく変形が回復する。この程度は高含水率材のほうが大きい。横圧縮試験における変形と回復のメカニズムについては今後検討する必要がある。

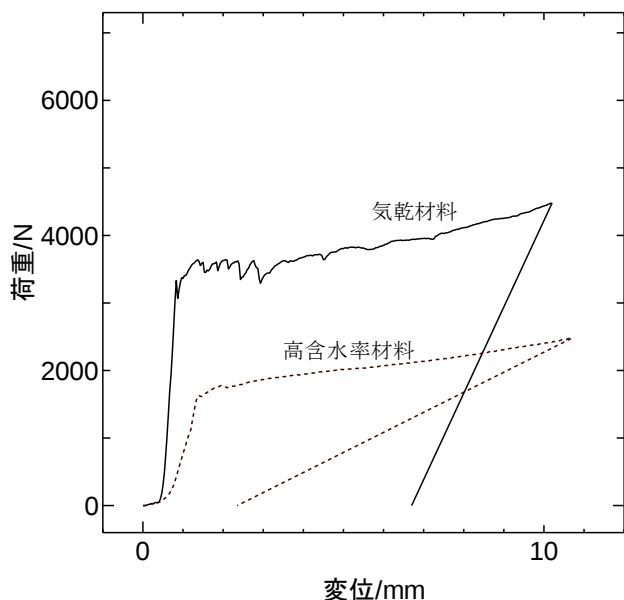


図2 横圧縮試験における荷重－変位曲線

3.2 溶液中での横圧縮試験による溶液の木材への含浸

図3に高含水率材の柿渋溶液中での横圧縮における荷重－変位曲線を示す。図中のAは比例限度、Bは除荷点、およびCは除荷後の回復変形した点を示す。ここで、変形回復時にスポンジのように木材中に溶液が含浸した場合、予測される重量増加率は以下によって求められる。

$$V_{a(max)} = A \times R \quad \dots (1)$$

$$S = \frac{V_{a(max)}}{1000} \times \frac{c}{100} \quad \dots (2)$$

$$WPG_{pred} = S / (\rho \times V) \quad \dots (3)$$

ここで、

$V_{a(max)}$: 最大吸収可能液体量 (mm³)

A : 木口断面積 (mm²)

R : 圧縮回復量 (mm)

S : 吸収可能な固体分 (g)

C : 液体の濃度 (%)

WPG_{pred} : 予想される最大重量増加率 (%)

ρ : 全乾密度 (g/cm³)

V : 木材の体積 (cm³)

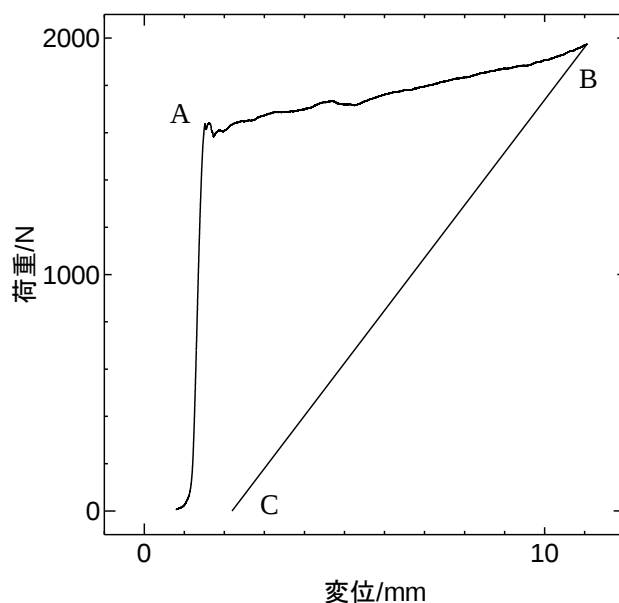


図3 高含水率材の柿渋溶液中での横圧縮試験における荷重－変位曲線

A : 比例限度 B : 除荷点

C : 除荷後の回復変形

図4(a)には式(1)～(3)を用いて計算した変形回復から予測される重量増加率 (%) と実測重量増加率 (%) の関係を示す。加圧時に発生した気泡を除去せず除荷した場合、重量増加率は約0.8%であり、予測される最大重量増加率の約28%のみの重量増加となった。一方、加圧時に発生した気泡を除荷前に除去した場合、重量増加率は1.41～1.81%程度で、予測される最大重量増加率の45～58%程度の増加がみられた。圧縮変形時に木材中の空気が木材外に押し出されるが、その状態で除荷されると、加圧時に発生した気泡が、再度、木材中に引き込まれてしまうため、重量増加率が小さくなってしまうと考えられた。

図4(b)に柿渋溶液中での横圧縮試験後のそれぞれの試験体の断面を示す。加圧時に発生した気泡を除去せず、除荷を行った場合、気泡を除去したものと比較すると、内部まで含浸ができていないことが確認できる。

今後は、(1) 負荷時の変位量と回復量の関係、(2) 回復量と含浸量の関係、および(3) 除荷後の物性評価（縦圧縮試験）について検討を行う予定である。

4. まとめ

本研究では木材の圧縮回復を用いた柿渋溶液の含浸方法について検討した。あらかじめ加熱柿渋溶液内で木材を処理することにより、横圧縮試験後の回復量が気乾材より大きかった。木材を柿渋溶液内に入れ、横圧縮を行うと、木材の空隙内に存在する空気が押し出された。そのまま除荷をすると、再び木材内に空気を引き込んでしまうため、効率よく液体を含浸させるためには、発生した空気を除去する必要がある。十分な負荷を与え、回復させることにより、計算から求められる最大重量増加率の6割程度の重量増加率が得られることが確認できた。

参考文献

- 1) 高田潤、中西真：伝統の”ベンガラ”から新規な赤色酸化鉄への研究展開－備中吹屋ベンガラの復元から微生物由来酸化鉄ベンガラへの飛躍－。材料 66(11), 799-803, 2017.
- 2) 「木材科学実験書 I. 物理・工学編」, 日本木材学会・物理・工学編編集委員会, 有限会社中外産業調査会, p207(1990).

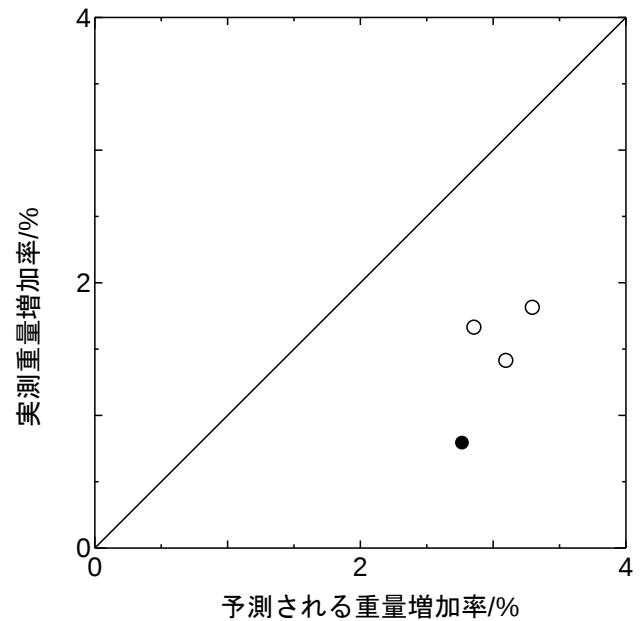


図4(a) 変形回復から予測される重量増加率と実測重量増加率の関係
 ●：加圧時に発生した気泡を除去せず除荷した場合
 ○：加圧時に発生した気泡を除去したのち除荷した場合

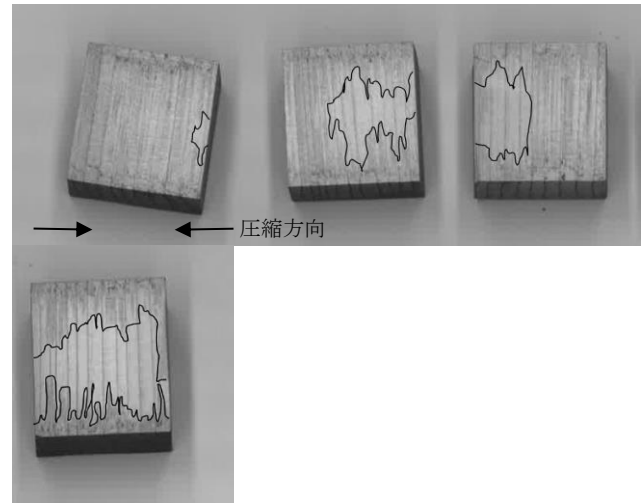


図4(b) 柿渋溶液中での横圧縮試験後のそれぞれの試験体の断面
 上段：加圧時に発生する気泡を除去したのち除荷した場合
 （左からWPG=1.81%、1.41%、1.66%）
 下段：加圧時に発生した気泡を除去せず除荷した場合（WPG=0.79%）
 実線：目視により含浸が確認できる範囲

レーザ加工機を用いた立体形状切削の研究（第2報） 形状データを用いた立体的彫刻加工

森茂智彦^{*1}，山口穂高^{*1}，沼澤洋子^{*1}

Research of Relief Sculpture Using a Laser Processing Machine(II) Relief Sculpture Using Shape Data

Tomohiko MORIMO^{*1}，Hodaka YAMAGUCHI^{*1}，Yoko NUMAZAWA^{*1}

CO₂レーザ加工機を用いて立体的彫刻加工を行うことを目的として、予め用意した3Dデータや原物と同等形状に木材を加工する方法を検討した。3Dデータや原物の高さをグレースケール画像の濃度に対応させることで、加工用画像を作成した。この画像を基に彫刻加工を行い、元形状と同等形状に加工を行うことができた。

1. 緒言

レーザ加工機が普及してきており木材加工においても様々なところで使われるようになってきた。

木材用のレーザ加工機には、グレースケール画像の濃度に応じて出力を自動で可変することで、立体的な彫刻加工を行うことができる機能を搭載した機種が登場している¹⁾²⁾。

この機能の動作として、様々な機種に見られるのは、画像の真黒に対する出力値を設定することで、濃度の割合に応じて出力が自動で変化し、それに伴い加工深さも変化するため立体加工を行うことができるというものである。木材に対するレーザの出力と加工深さはほぼ比例するため³⁾、加工物の凹凸を線形に変化させる場合は、濃度も一定値ずつ変化させれば良いが、曲面のような非線形に変化させる場合は、濃度の変化の割合が一律ではなく、画像の作成には困難を伴う。また、線形に変化させる場合でも、一つの加工物内に異なる高さの凹凸が複数ある時には、それぞれ凹凸の高さを考慮して濃度を決める必要があり労力を伴う。そのため、まず加工したい立体形状を作成し、それを基にグレースケール画像を作成できれば効率的である。

そこで本報では、予め用意した原物や3Dデータからグレースケール画像を作成する方法を検討し、その画像を用いて加工を行ったので結果を報告する。

2. グレースケール画像の作成と加工

2.1 3Dデータから作成する方法

1) 3Dデータの高さ方向の値の取得

予め加工したいものと同形状の3Dデータを用いし、そのデータから表面方向の高さの値を取得する。取得にはフリーソフトのCloudCompareを使用し、下記の方法で得ることができる。ソフトのバージョンは、2.9.1を用いた。

手順①3Dデータを点群データに変換する(図1)

「Sample Points」を用いて変換する。点群の数は、「Density」で指定する。指定する値が大きいほど、単位体積あたりの点群の数が増える。

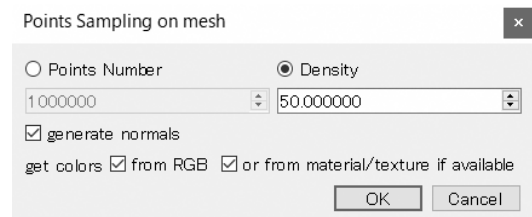


図1 Sample Points画面

手順②点群データをラスタライズする(図2)

ラスタライズすることで、等間隔に並んだ高さのデータを得ることができる。「Rasterize」を用いて変換する。「Grid」内の「step」が小さいほど、画像も細くなる。「Projection」内は、「direction」でデータの高さ方向の軸を指定し、「cell height」は「maximum height」を選択し、

^{*1} 試験研究部

「resample input cloud」のチェックは外す。
「Empty cells」内は、「leave empty」または周辺の値から近似できるよう「interpolate」を指定する。上記指定後、「Update Grid」を押すと、右側にラスタライズされた画像が表示される。表示画像がおかしい場合は、手順①にて「Density」を大きくして再度やり直す。
「Export」内の「Cloud」を押した後、「OK」を押す。その後、ラスタライズされたデータを「asc」形式で保存する。

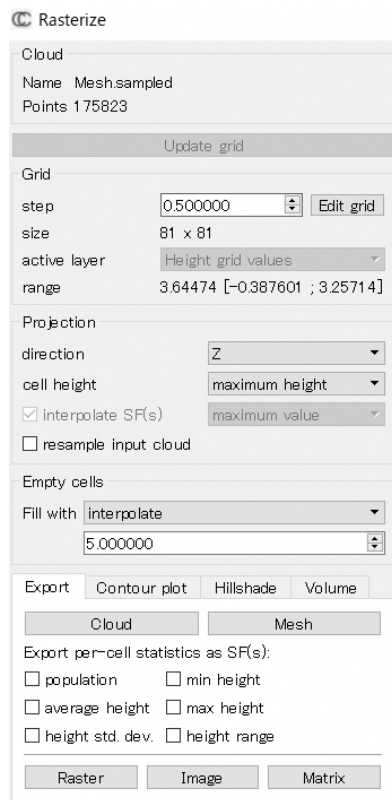


図2 Rasterize画面

2) 画像化

1) 項で得られた高さの値から画素の濃淡に対応させたグレースケール画像を作成する。グレースケール画像はPGM (Portable GrayMap) 形式とする。

PGM形式のファイルフォーマットを図3に示す。フォーマットの各パラメータについて、図4に示すように対応させる。1) 項で得たラスタライズされたデータの高さについて、最低値を真黒、最高値を真白として変換するため、各高さは最低値を0とした相対高さに再演算した値を格納する(図5)。

PGM画像は、WindowsOSでは標準で閲覧することはできないため、作成したPGM形式の画像は、XnViewなどのフリーソフトにてPNG形式など、Windowsで読み込み可能な形式に変換する。

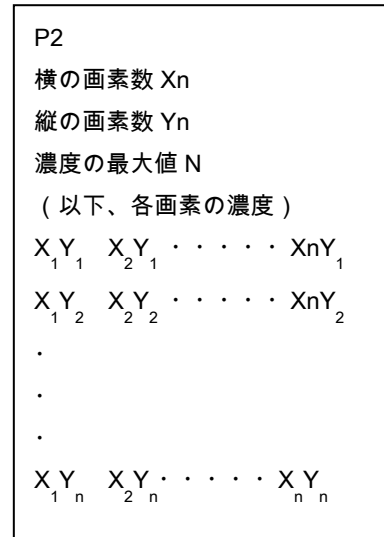


図3 PGM形式のファイルフォーマット

P2	
横の画素数 Xn	⇒ Rasterize 時の X 方向の size*1
縦の画素数 Yn	⇒ Rasterize 時の Y 方向の size*1
濃度の最大値 N	⇒ 相対高さの最大値
各画素の濃度	⇒ 最低値を 0 とした相対高さ

*1 Rasterize画面の「Grid」内の「size」に記載

図4 各パラメータの対応

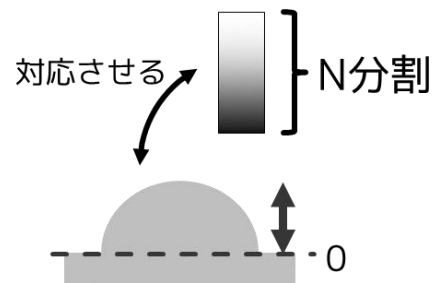


図5 相対高さ

2.2 原物から作成する方法

原物からグレースケール画像を作成する方法は、①原物の高さを接触式3Dスキャナで直接測定し、測定結果を画像に変換する方法、②3Dスキャナでstl形式などへの3Dデータ化を行い、そのデータを2.1項の方法で画像に変換する方法がある。3Dスキャナによるデータ化は一般に行われているため、本項では、①について記述する。

1) 原物の高さ方向の値の取得

予め加工したいものと同形状の原物を用意し、原物表面の高さを直接測定する。図6に示すように、先端が針状の接触式センサを用いて、原物の上面を走査しながら深さを測定する。測定間隔をX方向

とY方向で同じ値にして測定を行う。

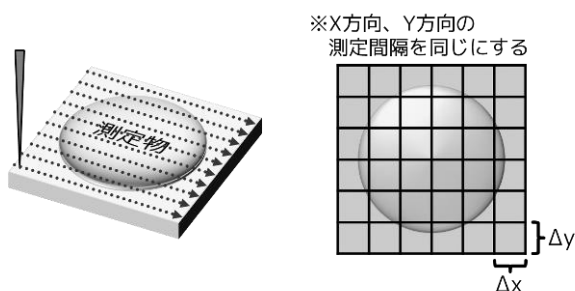


図6 接触式スキャナによる深さ測定

2) 画像化

1)項で得られた高さの値から画素の濃淡に対応させたグレースケール画像を作成する。

グレースケール画像はPGM形式とする。PGM形式のフォーマットの各パラメータについて、1)項での各値を図7に示すように対応させる。1)項で得た測定点の高さについて、各高さは最低値を0とした相対高さに再演算した値を格納する。その後、PGM画像をフリーソフトにてPNG形式など、Windowsで読み込み可能な形式に変換する。

P2

横の画素数 $X_n \Rightarrow$ X方向の測定数²

縦の画素数 $Y_n \Rightarrow$ Y方向の測定数²

濃度の最大値 $N \Rightarrow$ 相対高さの最大値

各画素の濃度 $\Rightarrow$ 最低値を0とした相対高さ

*2 Rasterize画面の「Grid」内の「size」に記載

図7 各パラメータの対応

2.3 作成した画像を用いた加工方法

作成したグレースケール画像を用いて立体的彫刻加工を行う。ここでは、画像の真黒に対する出力値を設定することで、グレースケール濃度の割合に応じて出力が自動で変化するタイプの加工機の場合について述べる。

1)加工パラメータの調査

予め真黒のみに対する加工パラメータを変化させたときの加工深さを調べる⁴⁾。加工パターンの例を図8に示す。

2)加工パラメータの設定

木材に対するレーザ出力と加工深さはほぼ比例することから³⁾、原物や3Dデータの相対高さの最大値と1)で調べた真黒の時の加工深さが等しくなる時の加工パラメータを設定する。

樹種名	速度									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
出力	10	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	20	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	30	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	40	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	50	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	60	●	●	●	●	●	●	●	●	●

図8 加工パターン例⁴⁾

3. 結果及び考察

3Dデータ及び原物を用いたグレースケール画像の作成と、その画像を用いた加工を行う。

3.1 実験条件

(a) 3Dデータを用いた場合の実験条件

3Dデータを図9に示す。また、CloudCompareを用いた変換条件を表1に示す。

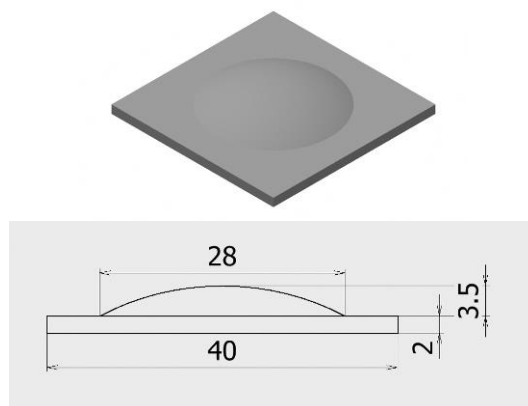


図9 3Dデータ (上: モデル、下: 図面)

表1 CloudCompareでの変換条件

Sample Points	Density	2,000
Rasterize	Grid step	0.1
Empty cells	leave empty	

(b) 原物を用いた場合の実験条件

原物を図10に示す。また、測定に使用する接触式3Dスキャナの仕様及び測定条件を表2に示す。

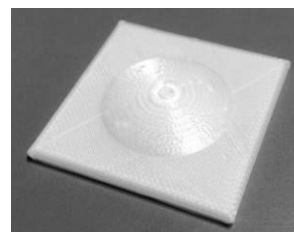


図10 原物モデル

表2 3Dスキャナの仕様と測定条件

型式	MODELA MDX-40A
接触式センサ	ZSC-1
メーカー	Roland
センサ先端球形半径	0.08mm
機械的分解能	0.002mm/step (マイクロステップ)
スキャン方式	接触型メッシュポイント高さ検出方式

3.2 実験結果

図11に3Dデータを用いた場合の結果、図12に原物を用いた場合の結果を示す。また、その画像を用いて加工した結果も同様に示す。

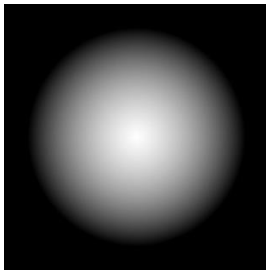


図11 3Dデータでの結果(上：画像、下：加工物)

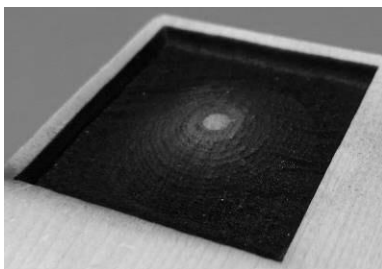
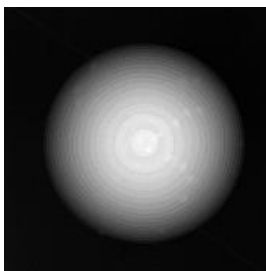


図12 原物からの変換結果(上：画像、下：加工物)

3.3 考察

加工物は3Dデータや原物と概ね同形状に加工できたが、グレースケール画像の色が真白に近い部分は加工されなかった。

そこで、図13に示すグレースケール濃度のみを変更させた加工パターンを加工し、それぞれの深さを測定した⁴⁾。結果の一例を図14に示す。濃度約220以上では深さは0となり、加工されないことがわかる。その他の加工条件でも調査した結果、真黒に設定する出力が小さいほど、深さが0となる濃度の境界値も小さくなった。

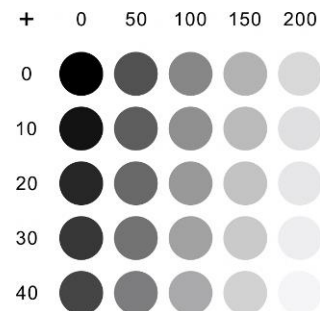


図13 濃度のみを変化させた加工パターン

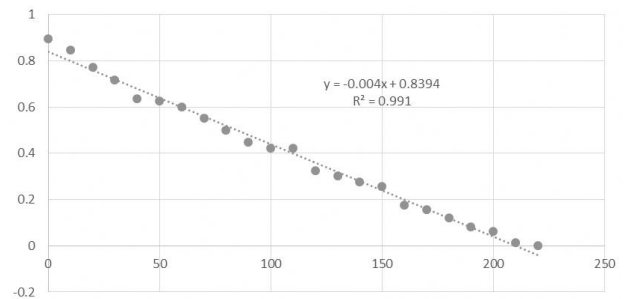


図14 測定結果例 (MDF, 出力60%, 速度60%)

加工できなかった部分も加工するには、深さが0より大きくなる濃度の範囲のみで画像を作成する必要がある。そこで、画像作成の際、PGM画像フォーマットの濃度の最大値Nに現状より大きい値を設定し、画像内で使用している濃度を相対的に低くした。この場合の3Dデータでの結果を図15に示す。濃度の最大値Nは、式(1)を用いて設定した。結果、加工できなかった部分も加工することができた。

$$N2 = N1 * (255 + (255 - B1)) / 255 \dots \text{式(1)}$$

N1：現状の濃度の最大値

N2：再設定する濃度の最大値

B1：濃度-深さグラフで深さが0になる濃度境界値

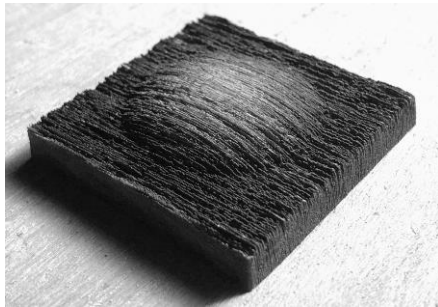
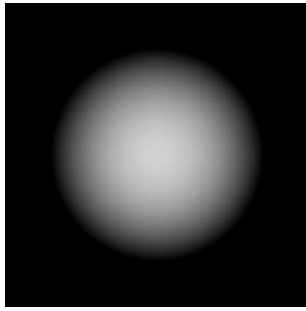


図15 最大値を変更した3Dデータでの結果
最大値350→426に設定
(上：画像、下：加工物)

4. まとめ

原物や3Dデータからレーザー加工用グレースケール画像を作成し、その画像を用いて立体加工を行う方法を検討した。結果、原型や3Dデータと同等形状に立体加工を行うことができた。

3Dデータから作成する場合は、フリーソフトのみで作成することができるため、利便性が高いと

考える。高さのデータからPGM画像に変換する際には、画素数が多いと変換に手間がかかるため、専用のソフトやマクロなどを作成したい。

濃度が薄い部分は出力の割合も小さくなり、加工できなくなるため、グレースケール画像はある程度の濃度範囲内で作成する必要がある。この濃度範囲は、出力パラメータ設定により異なる。PGM画像フォーマットの濃度の最大値を大きくすることで濃度が薄い部分を濃度範囲内に収めることができる。

3Dデータや原物と加工物との加工誤差は、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) トロテックレーザー加工機カタログ
- 2) ユニバーサルレーザーシステムズレーザー加工機カタログ.
- 3) 新井武二ら、レーザーによる木材の加工特性について(第1報) 機械側パラメータが加工特性に及ぼす影響、木材学会誌、Vol. 38、No. 4、pp. 350-356、1992.
- 4) 森茂智彦ら、レーザー加工機を用いた立体形状切削の研究(第1報) レーザによる木材の加工深さと焦げ色の関係性の検討、岐阜県生活技術研究所研究報告、No. 20、 pp. 34-36、2018.

木質廃材を用いた天然床下材料の開発（第1報） 木材の熱伝導率評価

木村公久^{*1}，沼澤洋子^{*1}

Development of Natural Floor Lower Materials using the scrap wood (1) Thermal Conductivity Evaluation of the Wood

Kimihisa KIMURA^{*}，Yoko NUMAZAWA^{*}

木質廃材の活用の前段階として、樹種の違いによる熱特性の確認を行うため、10種類の広葉樹及び針葉樹の無垢材による熱伝導率評価を行った。

当所で行った測定結果では、樹種によらず熱伝導率の平均値はほぼ密度に比例している傾向を確認した。また、同じ含水率では密度が大きい方、同じ密度では含水率が高い方、柱目材より板目材の方、節の有無では節が有る方が熱を通しやすいという傾向を確認した。

1. 緒言

地球温暖化対策計画(平成28年5月13日閣議決定)では、中期目標として2030年度において2013年度比26.0%減の水準にすることとなっている。また家庭部門の取組としては、増加傾向にあるCO₂排出量について、目標の達成に向けて排出量を約4割削減する必要があるとされている。当研究所では、住宅の省エネ性能の向上による消費エネルギーの削減に加え、建築から解体・再利用までの建築物のライフサイクル全体を通じてCO₂排出量をマイナスにするための取組の一環として、製材時に大量に発生する木屑等の廃材の有効活用に関するニーズも有ることから、排出量が少ない天然素材である木質材料を用いた床下材料の開発を行っている。

今回は、廃材活用の前段階である素材の評価として、樹種の違いによる熱特性の確認を行うため、各種無垢材の熱伝導率測定を行ったので報告する。

2. 実験方法

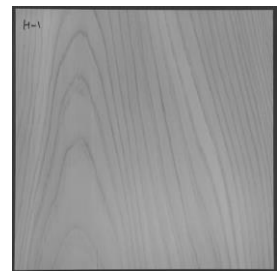
2.1 供試体

測定に用いた木材は、広葉樹であるブナ、ナラ、ウォルナット、ケヤキ、セン及びチェリー、針葉樹であるスギ、ヒノキ、マツ及びベイツガの計10種である。これら木材の気乾材を各5枚用意した。図1に、代表としてブナ及びヒノキの供試体の上面

からの写真を示す。



ブナ



ヒノキ

図1 供試体

2.2 熱伝導率測定

英弘精機株式会社製の熱伝導率測定装置(HC-074/200)を用い、JIS A 1412-Part2¹⁾に準拠した方法により、供試体の見かけの熱伝導率を測定した。温度条件は、平均温度が23℃で温度差は20℃(上部プレート13℃、下部プレート33℃)とした。また、測定1ブロックの測定点数は512とし、定常



図2 熱伝導率測定の様子

^{*1} 試験研究部

状態になった後の3ブロックの値から平均値を求めた。図2に、熱伝導率測定の様子を示す。

3. 結果と考察

表1に、各供試体の熱伝導率測定結果、密度及び含水率、また各樹種5供試体の平均値を示す。単位は、熱伝導率は $\text{W/m}\cdot\text{K}$ 、密度は g/cm^3 、含水率は%である。

表1 熱伝導率測定結果

樹種		n1	n2	n3	n4	n5	平均
ブナ	熱伝導率	0.156	0.161	0.162	0.168	0.147	0.159
	密度	0.63	0.64	0.65	0.66	0.61	0.64
	含水率	11.4	12.3	11.8	11.8	9.8	11.4
ナラ	熱伝導率	0.158	0.206	0.214	0.210	0.166	0.191
	密度	0.59	0.82	0.84	0.75	0.80	0.76
	含水率	11.0	12.4	11.9	15.1	10.1	12.1
ウォルナット	熱伝導率	0.152	0.169	0.157	0.169	0.170	0.163
	密度	0.65	0.65	0.64	0.71	0.72	0.68
	含水率	9.2	8.3	8.1	8.3	8.8	8.5
ケヤキ	熱伝導率	0.196	0.156	0.181	0.151	0.181	0.173
	密度	0.73	0.64	0.70	0.63	0.69	0.68
	含水率	11.2	10.2	11.2	10.8	11.3	10.9
セン	熱伝導率	0.129	0.131	0.117	0.116	0.126	0.120
	密度	0.48	0.54	0.48	0.49	0.45	0.486
	含水率	12.1	12.9	13.1	12.2	13.0	12.7
チェリー	熱伝導率	0.168	0.150	0.166	0.175	0.145	0.161
	密度	0.65	0.61	0.65	0.66	0.56	0.63
	含水率	10.8	10.5	10.7	10.8	11.3	10.8
スギ	熱伝導率	0.093	0.094	0.093	0.091	0.094	0.093
	密度	0.33	0.32	0.33	0.31	0.32	0.32
	含水率	11.9	11.9	12.4	11.6	11.8	11.9
ヒノキ	熱伝導率	0.112	0.128	0.114	0.139	0.098	0.118
	密度	0.41	0.46	0.45	0.46	0.38	0.43
	含水率	14.3	12.2	14.7	14.7	12.2	13.6
マツ	熱伝導率	0.116	0.118	0.120	0.114	0.114	0.117
	密度	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48	0.48
	含水率	12.2	12.7	13.9	13.4	13.6	13.2
ベイツガ	熱伝導率	0.108	0.131	0.128	0.136	0.132	0.127
	密度	0.48	0.53	0.57	0.59	0.58	0.55
	含水率	13.0	12.7	14.9	14.6	14.2	13.9

熱伝導率の平均値で比較すると、最低値は針葉樹であるスギの $0.093\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、最高値は広葉樹であるナラの $0.191\text{ W/m}\cdot\text{K}$ であった。比較的に広葉樹の方が高い値が得られたが、密度と熱伝導率の関係をみると、図3に示すとおり、熱伝導率は樹種によらずほぼ密度に比例している傾向がみられた。

個別の供試体で密度の影響を詳しくみると、ヒノキのn2とn5では含水率は12.2%と同じであるが、密度は 0.46 g/cm^3 及び 0.38 g/cm^3 と異なっているため、熱伝導率は $0.128\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 及び $0.098\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と密度が大きい方が熱伝導率は高い結果が得られた。また、含水率の影響をみると、ヒノキのn2とn4では密度は 0.46 g/cm^3 と同じであるが、含水率は12.2%及び14.7%と異なっているため、熱伝導率は $0.128\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 及び $0.139\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と含水率が高い方が熱伝導率は高い値が得られた。

各樹種について5供試体で密度の影響をみると、図4に示すブナは比較的に比例傾向がみられたのに対し、図5のナラ及び図6のウォルナットなどでは多少のばらつきがみられた。ナラについては、表1の気乾材による結果では比較出来なかったため、全乾材により測定を行ったところ、n2の密度 0.76 g/cm^3 —熱伝導率 $0.177\text{ W/m}\cdot\text{K}$ に対し、n5は密度 0.76 g/cm^3 —熱伝導率 $0.150\text{ W/m}\cdot\text{K}$ とn2よりも低い値が得られた。これらの供試体を確認したところ、n5は柾目材であったのに対し、n5以外は全て板目材であったため、柾目材と板目材の違いにより差が生じたと考えられる。ウォルナットについては、n1とn2では密度は同じであるが、n2は含水率が低いにもかかわらず熱伝導率は若干高い結果が得られた。これらの供試体を確認したところ、n2には図7に示すように1mm程の小節が複数個あったため、節の有無により差が生じたと考えられる。

4. まとめ

10種の無垢材の熱伝導率測定を行った結果、熱伝導率は樹種によらずほぼ密度に比例している傾向を確認した。また、同じ含水率では密度が大きい方、同じ密度では含水率が高い方、柾目材より板目材の方、節の有無では節が有る方が熱を通しやすいという傾向を確認した。実際の製材現場で生じる樹種は様々であり、また無垢材と例えばおが粉では熱伝導率は異なるが、安定した断熱性能を確保する上で木材の樹種、含水率及び節の管理が重要であると考えられる。

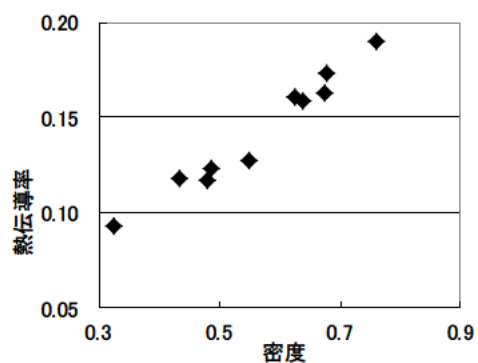


図3 全樹種の平均値における密度と熱伝導率

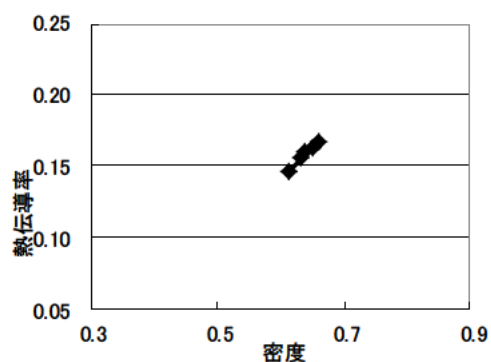


図4 プナ5供試体の密度と熱伝導率

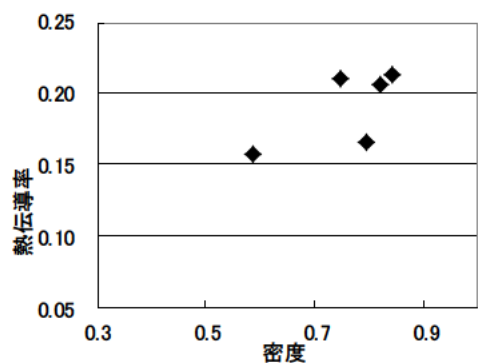


図5 ナラ5供試体の密度と熱伝導率

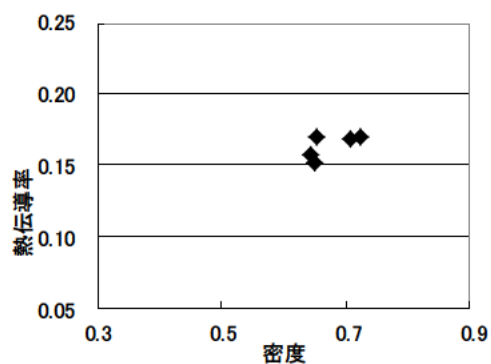


図6 ウォルナット5供試体の密度と熱伝導率

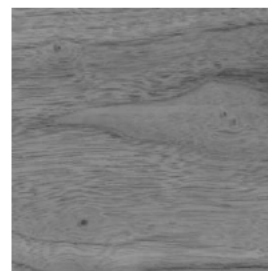


図7 ウォルナットn2の節

参考文献

- 1) JIS A 1412-2, 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第2部：熱流計法 (HFM 法), 1999.

ヒトの感性に基づいた幅はぎ集成材の設計指針の導出 (第1報) 画像解析を用いた柄合わせパターンの分類

山口穂高^{*1}, 藤巻吾朗^{*1}, 仲村匡司^{*2}

Design Guide for Edge Glued Panel Based on *Kansei* (1) Classification of Wood Matching Patterns by Image Analysis

Hodaka YAMAGUCHI^{*1}, Goroh FUJIMAKI^{*1}, Masashi NAKAMURA^{*2}

木工業関係者や一般消費者が木材の柄合わせ時にどのような点に着目しているかを調査するために、レッドオークまさ目材の小試験体を用いて木材の柄合わせ実験を行い、画像解析によって柄合わせパターンの数値化と分類を行った。柄合わせパターンの数値化として、どの程度のサイズのコントラストが目立つのかを評価できる、多重解像度コントラスト解析を用い、その結果をクラスター分析に供することで、柄合わせパターンの分類を行った。分析の結果、木材の柄合わせパターンは、道管や放射組織といった1mm前後の小さなサイズの特徴と、局所的な明暗やエレメント間の明暗といった10mm以上の大きな範囲の特徴で分類されており、木材の柄合わせには木目の詰まり具合とエレメント間のコントラストの両者が重要であることが示唆された。また、これらの画像解析によって表現された柄合わせパターンの特徴は、柄合わせを行った参加者が柄合わせの際に重視していた点と一致していた。

1. 緒言

木材は生物由来材料であるために、単体から大面積部材を製造することは困難である。そのため、テーブル等の木製天板を工業的に製造する場合には、個々の木材(エレメント)を幅方向にはぎ合わせた「幅はぎ集成材」や芯組みに表面材を貼りつけた「フラッシュパネル」を用いることが一般的である。中でも幅はぎ集成材は、木材を無垢材に近い状態で使用することができ、木質感や重厚感があるのが特徴である。一方で、幅はぎ集成材を用いた木製家具は、価格帯が高くなりやすく、高級品であるとされる。そのため、幅はぎ集成材を用いた家具製品には、高い品質と付加価値を付与し、一般消費者に納得感を与えることが求められている。

幅はぎ集成材の品質に関わる製造工程のひとつに、エレメントの柄合わせが挙げられる。これは、色味や木目の異なるエレメントを一枚の天板として「見た目の違和感」がないように組み合わせる工程である。この工程は、木工職人の目視と手作業によって行われているため、仕上がりが作

業者のスキルに依存する点とエレメントを並べ替えるのに身体的な負担が大きい点が課題である。そのため、幅はぎ集成材の製造現場からは柄合わせ工程の数値化や自動化が望まれている。この技術の実現のためには、どのような柄合わせパターンから人がどのような視覚的な印象を受けるのかを明らかにすることと、幅はぎ集成材の視覚的な特徴を数値化することが必要である。そこで本研究では、人の感性に対応した幅はぎ集成材の設計指針の導出を目的とし、さまざまな幅はぎ集成材の感性評価と木材の表面意匠の画像解析を行う。

本報では、幅はぎ集成材の設計指針導出のための基礎的な検討として、木工業関係者や一般消費者が木材の柄合わせの際にどのような点を重視しているのかを調査した。具体的には、木材の柄合わせ実験を行い、画像解析によって得られた柄合わせパターンの数値化と分類を行った。本報の目的は木工職人や消費者が木材の柄合わせの際にどのような点に着目しているのかを明らかにすることである。

^{*1} 試験研究部

^{*2} 京都大学大学院農学研究科

2. 方法

2.1 実験サンプル

本研究では家具用材を想定してレッドオーク (*Quercus rubra*) のまさ目材を柄合わせ実験用のサンプルとして用いた。テーブル等に用いられる実大サイズの木材を並べ替える実験を実施するのは困難なため、本報の実験サンプルには小試験体(長さ400mm×幅42mm×厚み25mm)を用いた。実験サンプルは流通材から無作為に15本選定し、同様の工程で切削加工およびウレタン塗装を施した。切削加工では、丸鋸による寸法調整、全自動鉋盤による切削、180番手と240番手による研磨を行い、ウレタン塗装では無着色の下塗りとは塗りを行った。また、並べ替え実験の際は、各サンプルについて無作為に決定した片面を表面と定義し、表面のみを被験者に提示した。

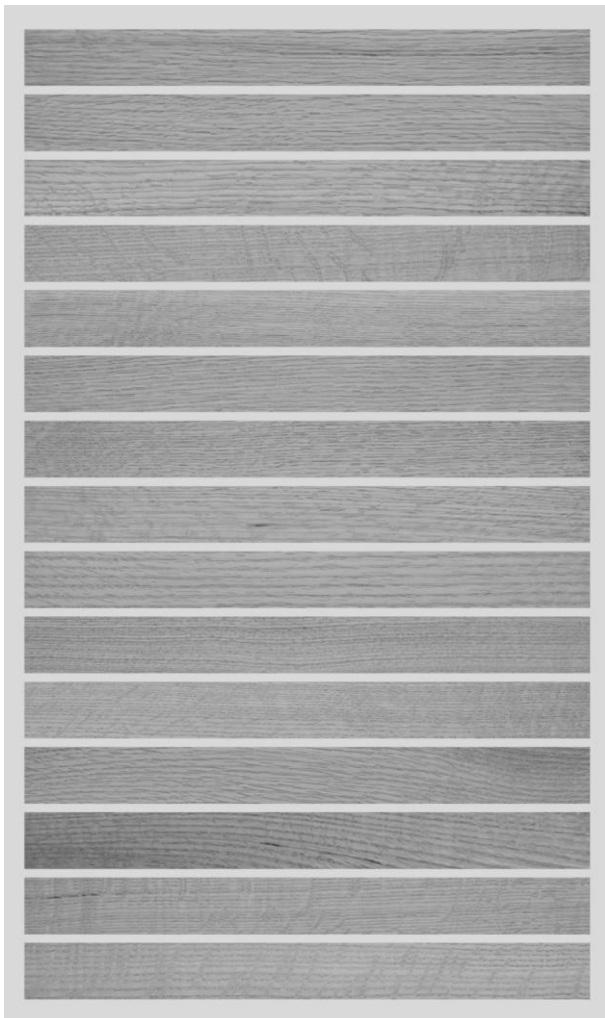


図1 実験サンプルとして用いた15本
寸法：長さ400mm×幅42mm×厚み25mm

2.2 柄合わせ実験

木材の柄合わせは、家具展示会(飛騨の家具フェスティバル2018、2018年9月5日～9日)において、参加者36名(男性21名、女性15名)に対して実施した。参加者には木工業関係者と一般消費者の両者が含まれた。参加者には、15本のサンプルをすべて呈示し、その中から5本のサンプルを選んで好きな柄を作らせた。指示では、材の用途については指示せず、純粋に自分の好みの柄を作るように指示した。作製されたそれぞれの柄について、各サンプルの向きと並び順を記録した。実験の最後には、内観調査として、サンプルの選定や並び順において重視した点を聞き取った。

2.3 柄合わせ画像の取得

柄合わせ実験によって得られた柄を数値的にとらえるために、柄合わせパターンの画像解析を行った。画像解析用の画像は、柄合わせ実験において収集した36種の柄合わせパターンをデジタルカメラ(Nikon D810)で撮影することで取得した。照明環境を統制するため、撮影は暗幕で囲われた撮影装置内で行った。図2に撮影装置の概要を示す。なお、本撮影装置において、消灯時に外光の影響は十分に無視できることが確認された。カメラの設定パラメータは、絞り f/11、シャッタースピード 1/4sec、ISO 感度 100、色温度 6030K、焦点距離 24mm にそれぞれ設定した。

撮影後は画像の不要な領域のトリミングを行い、36枚全てを長さ 3500pixel×幅 1850pixel(約 395.5mm×約 209.1mm)のサイズに統一した(図3)。画像の解像度は 0.113mm/pixel であった。また、撮影画像は 24bit カラー画像であったが、画像解析に供する際は以下の NTSC 輝度変換式¹⁾によって RGB 値から輝度値に変換した 8bit グレースケール画像を用いた。

$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

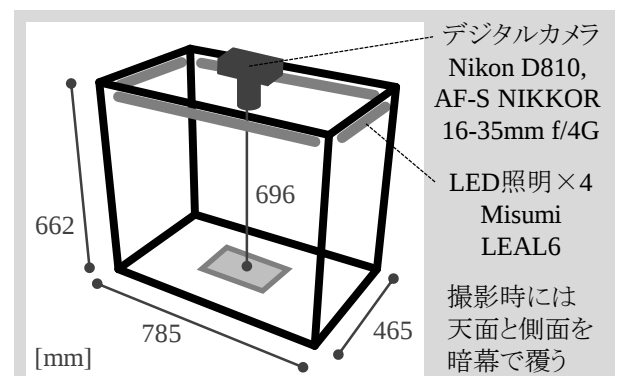


図2 撮影装置の概要

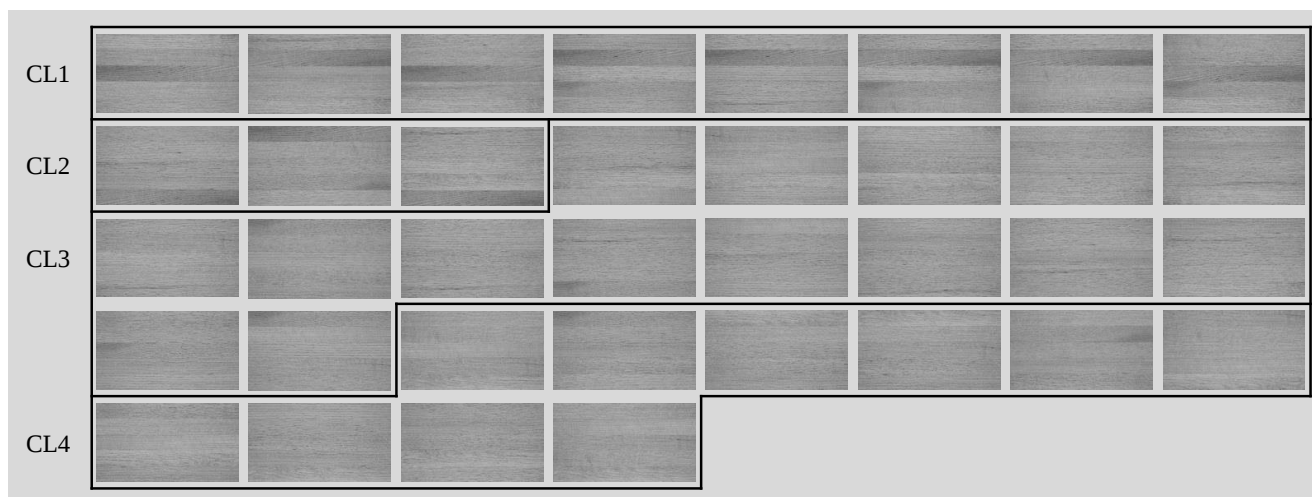


図3 取得された36枚の柄合わせ画像

2.4 画像解析と柄合わせパターンの分類

本研究では柄合わせ画像の画像解析に多重解像度コントラスト解析²⁾(以下、MRCA)を用いた。MRCAは解析対象を異なるフィルターサイズでモザイク化し、隣接するモザイクブロック間のコントラストを求める解析方法である。MRCAによって、各フィルターサイズでのコントラスト値が算出されるため、どの程度の大きさの特徴が視覚的に目立つかを数値化できる。MRCAの実行にはFortranプログラムを用いた。

柄合わせパターンの分類にはクラスター分析(ウォード法、ユークリッド距離)を用いた。分類対象のデータは36枚分のMRCAによって求められた各フィルターサイズでのコントラスト値(82次元)である。クラスター分析にはR x64 3.5.1を用いた。分類された各クラスターについて、MRCAで得られたコントラスト曲線の特徴と参加者が並べ替えの際に考慮していた点を比較することで、木工業関係者や一般消費者が柄合わせの際に重視している点を考察した。

3. 結果と考察

3.1 クラスター分析の結果

クラスター分析によって得られたデンドログラムを図4に示す。この結果から、36枚の柄合わせ画像は4つのクラスターに分類できると解釈した。

各クラスターの特徴として、それぞれに含まれる柄合わせ画像のコントラスト曲線の平均値を図5に示す。この結果から、柄合わせ画像は、フィルターサイズ1mm前後に現れるピークの位置とフィルターサイズ10mm以上のコントラストの大小に違いが観察され、これらの特徴でクラ

スターが分類されたと考えられる。1mm前後に現れるピークの位置は孔圏(道管の集まり)や放射組織の詰まり具合を反映しており、10mm以上のコントラストの大小は局所的な明暗やエレメント境界の明暗を反映していると考えられる。

CL1は10mm以上のコントラストが最も大きく、エレメントの境目が目立つ画像群であると考えられる。CL2はCL1に次いで10mm以上のコントラストが大きく、エレメントの境界の目立ち具合が中程度であると考えられる。CL3およびCL4は10mm以上のコントラストは小さいので、どちらもエレメントの境界は目立ちにくいと考えられる。しかし、1mm前後に現れるピーク位置はCL4のほうが0.6mm程度とより小さな領域にピークがあり、より木目の詰まった材が多く含まれることが推察される。以上の各クラスターのコントラスト曲線の特徴とそこから推察される柄合わせ画像の見た目を表1にまとめる。表1と図3を比較すると、表1のコントラスト曲線の特徴から推察された柄合わせ画像の見た目と図3のクラスター分けの特徴は感覚的に一致する。

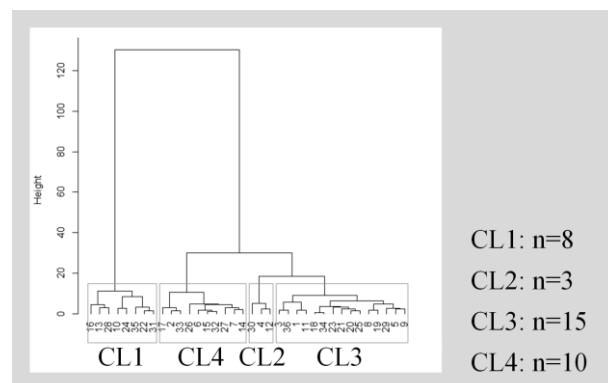


図4 クラスター分析のデンドログラム

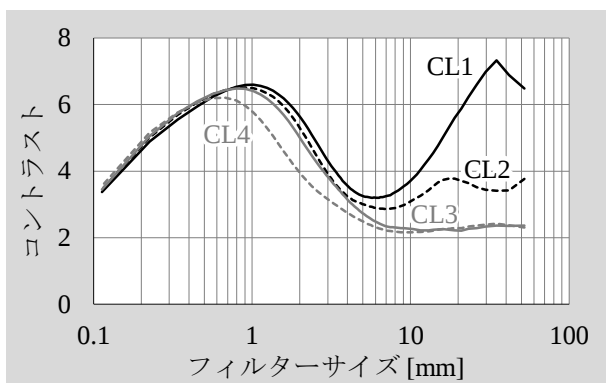


図5 コントラスト曲線（各CLの平均値）

表1 各CLのコントラスト曲線の特徴

	コントラスト曲線の特徴		推察される柄の見た目	
	1mm前後のピーク位置	>10mmのコントラスト	孔圏や放射組織の詰まり具合	局所的な明暗やエレメントの境目
CL1	約 1 mm	大	広い	特に目立つ
CL2	約 1 mm	中	広い	目立つ
CL3	約 1 mm	小	広い	目立たない
CL4	約 0.6 mm	小	狭い	目立たない

3.2 参加者が柄合わせで重視していた点

続いて、クラスターごとに柄合わせ時に参加者が重視した点を内観調査の結果を集計することで調査した。CL1 では、柄を意図的にばらつかせたと解釈できる意見が 8 人中 7 人から得られた。CL2 の 3 人からは両端の材に色の違うものを入れたという意見が得られた。CL4 では木目の細かさや美しさを重視したという意見が 10 人中 5 人から得られ、また、木目や色のつながりを考慮したという意見が 10 人中 5 人から得られた。CL3 では、全体の柄をそろえたと解釈できる意見が 15 人中 7 人から得られたが、CL4 で得られた目の詰まり具合に関する意見は 1 件のみであった。以上より、CL1 と CL2 は柄のばらつかせ方に意図を持っていた参加者、CL3 は柄をそろえるように考慮した参加者、CL4 は柄をそろえつつ、木目の細かさも考慮した参加者であると考えられる。これらの柄合わせの際に参加者が考慮していた点は図 5 および表 1 の各クラスターのコントラスト曲線の特徴と一致する。

一方で、ナラ系の木材の見た目の特徴であるトラフ（または空）に関する意見は 36 人中 14 人から得られたが、クラスターごとに意見の偏りは見られなかった。本研究では柄合わせ画像全体を対象

に分析を行ったため、各エレメント特有の特徴は隠れてしまったと考えられる。今後は柄合わせパターン全体の画像解析の結果とエレメント単体での画像解析の結果を相互に検討することが必要である。

4. まとめ

本研究では、木工業関係者や消費者は木材の柄合わせの際にどのような点に注目しているかを柄合わせパターンの画像解析とクラスター分析から調査した。その結果、柄合わせパターンの分類には孔圏や放射組織のつまり具合と局所的な明暗やエレメントの境目の目立ち具合が重要であることが示唆された。また、これらの画像解析によって表現された柄合わせパターンの特徴は、参加者が柄合わせの際に考慮した点とも一致していた。

一方で、本研究では柄合わせ画像全体を対象に分析を行ったため、トラフなどの各エレメント固有の特徴が把握できない点が課題として残った。今後は、柄合わせパターン全体の画像解析の結果とエレメント単体での画像解析の結果を相互に検討していくことが必要である。

参考文献

- 1) 日本色彩学会編、新編 色彩科学ハンドブック 第 3 版、2011.
- 2) Masashi NAKAMURA et al., Multiresolutional image analysis of wood and other materials, J Wood Sci, Vol.45, p.10-18, 1999.

ヒトの感性に基づいた幅はぎ集成材の設計指針の導出 (第2報) 柄の異なる木製天板を評価する用語の調査

山口穂高^{*1}, 藤巻吾朗^{*1}, 日高亜美^{*2}, 吉田宏昭^{*3}

Design Guide for Edge Glued Panel Based on *Kansei* (2) Investigation into Words Evaluating Different Wooden Top Board Patterns

Hodaka YAMAGUCHI^{*1}, Goroh FUJIMAKI^{*1}, Ami HIDAHA^{*2}, Hidoaki YOSHIDA^{*3}

木製天板の幅はぎ工程は職人の経験と勘を頼りに行われており、後継者育成や品質向上、高付加価値化の観点から、工程の自動化が望まれている。本研究では、幅はぎ集成材の評価に適した評価用語を明らかにすることを目的に、柄の異なる木製天板を評価する用語の調査を行った。幅はぎした柄が均一な天板Aと不均一な天板Bを職業の異なる被験者105名に提示し、それぞれの印象としてあてはまる用語を89語の中から選択させた。その結果、天板Aの評価には「シンプルさ」に関する用語が選択されやすく、天板Bの評価には「柄の変化の多さ」に関する用語の選択率が高かった。また、「自然な」「あたたかい」といった用語はどちらの天板の評価にも選択されやすく、木製品全般の評価としてイメージしやすい用語であると考えられた。さらにクラスター分析によって、回答傾向の近い被験者を4つのクラスターに分類し、それぞれのクラスターで選択されやすい用語を考察した。その結果、木工に関する知識の多いクラスターでは、天板Bの評価にも「個性的な」「面白みのある」といったポジティブな印象の用語を用いることが分かった。

1. 緒言

木材は生物由来材料であるために、単体から大面積部材を製造することは困難である。そのため、テーブル等の木製天板を工業的に製造する際は「幅はぎ集成材」や「フラッシュパネル」などが用いられるが、中でも幅はぎ集成材は、木材を無垢材に近い状態で使用できるというメリットがある。一方で、幅はぎ集成材を用いた家具は価格帯が高くなりやすいため、幅はぎ集成材には高い品質と付加価値が求められている。

幅はぎ集成材の品質に関わる製造工程のひとつに、個々の木材（エレメント）の柄合わせが挙げられる。これは、色味や木目の異なるエレメントを一枚の天板として「見た目の違和感」がないように組み合わせる工程である。この工程は、木工職人の目視と手作業によって行われているため、仕上がりが作業者のスキルに依存する点とエ

レメントを並べ替えるのに身体的な負担が大きい点が課題である。そのため、幅はぎ集成材の製造現場からは柄合わせ工程の数値化や自動化が望まれている。この技術の実現のためには、どのような柄合わせパターンから人がどのような視覚的な印象を受けるのかを明らかにすることと、幅はぎ集成材の視覚的な特徴を数値化することが必要である。そこで本研究では、ヒトの感性に対応した幅はぎ集成材の設計指針の導出を目的とし、さまざまな幅はぎ集成材の感性評価と木材の表面意匠の画像解析を行う。

本報では、柄の異なる木製天板、特に均一な柄合わせを行った天板と不均一な柄合わせを行った天板の評価に適する用語を調査した結果について報告する。本報の目的は木工職人や消費者が柄の異なる木製天板をどのような用語を用いて評価するのかを明らかにすることである。

2. 方法

2.1 評価サンプル

本研究では、柄の異なる2種類の木製天板の画

^{*1} 試験研究部

^{*2} 信州大学大学院総合理工学研究科

^{*3} 信州大学繊維学部

像を評価サンプルとして用いた（図1）。天板Aは柄が均一なもの、天板Bは柄が不均一なものとして選定した。これらは同様の方法で製造されており、実寸が1500×850mm、樹種はレッドオーク（*Quercus rubra*）、塗装はクリアウレタン塗装である。用いられているひとつのエレメントの幅は約60～130mmで、エレメントによってばらつきがある。また、天板Aは9枚のエレメント、天板Bは8枚のエレメントから構成される。

評価用の画像は、天板を蛍光灯下の室内の床に置き、できるだけ影が入らないように配慮した上で、直上よりデジタルカメラ（Canon EOS KISS X5）によって撮影した。撮影後は画像処理ソフト（Adobe Photoshop CC）によってゆがみ補正、ノイズの除去、コントラスト調整を行い、評価サンプル用の画像を作成した。

2.2 評価用語の収集と選定

評価用語の収集には、インタビュー形式の聞き取り調査を用いた。インタビューでは、天板Aおよび天板Bの画像を被験者に呈示し、それぞれの良い点および悪い点を聞き取った。その後、発言された文章から評価用語として用いることができる語を抽出した。被験者は大学生10名と木工業関連者5名であった。

その後、実験者2名によって、収集した用語を「材質に関する用語」、「印象に関する用語」、「総合評価の用語」に分類し、さらに、意味の近い用語をグルーピングした。その後、グループ内で類語の統一と反対語の追加を行った。以上によって、評価用語を表1に示す89語選定した。

2.3 柄の異なる天板を評価する用語の調査方法

本研究では、2種類の評価サンプルと89語の評価用語を用いて、それぞれの木製天板の画像の印象としてあてはまると思う用語にチェックを付けさせる、選択式のアンケート調査を行った。評価サンプルの呈示と回答の収集は印刷した紙面上で行った。縦方向のA3用紙の上半分に評価サンプルを長手方向横置きで印刷し、印刷用紙の下半分には89語の評価用語をランダムに記載した。プリンタはカラーレーザープリンタ（EPSON LP-S7100）を用い、用紙はカラーレーザープリンタ用上質普通紙（EPSON LPCPPA3）を用いた。被験者には、天板Aおよび天板Bの評価用紙各1枚と被験者の年齢や職業を調査するアンケート用紙1枚の合計3枚を1セットとして配布した。評価の際は、印刷されている木製天板の画像はダイニングテーブルとして用いるものであることを教示した。

本調査の被験者は職業の異なる105名（男性85名、女性20名）であった。職業ごとの内訳は、大学生20名（男性17名、女性3名）、木工訓練生30名（男性22名、女性8名）、木工関連企業A社20名（男性17名、女性3名）、木工関連企業B社20名（男性18名、女性2名）、木工関連企業C社15名（男性11名、女性4名）であった。

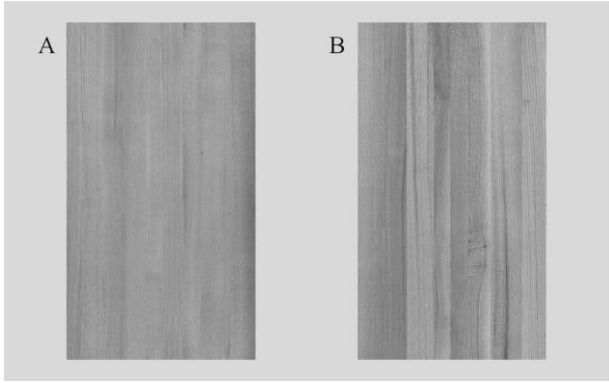


図1 評価サンプル

表1 選定された89語の評価用語

↓ 材質	混ざっている	簡 単 な
明 る い	ランダムな	複 雑 な
暗 い	単 調 な	シ ン プ ル な
や わ ら か い	グラデーションのある	う る さ い
か た い	つるつとした	気 が 散 る
濃 い	は げ た	集 中 で き る
薄 い	摩耗しそうな	集 中 で き な い
↓ 印象		あ っ さ り し た
色 鮮 や か な	一 般 的 な	す っ き り し た
色 褪 せ て い る	個 性 的 な	刺 激 の あ る
白 っ ぽ い	個 性 的 な	刺 激 の な い
黒 っ ぽ い	木 ら し い	わ ざ と ら し い
良 い 素 材	木 ら し く な い	素 朴 な
悪 い 素 材	温 か み の あ る	さ み し い
頑 丈 そ う な	温 か み の な い	お し ゃ れ な
も ろ そ う な	あ た た か い	野 暮 っ た い
大 幅 な	つ め た い	オ リ エ ン タ ル な
小 幅 な	面 白 み の あ る	
一 定 な	面 白 み の な い	↓ 総合評価
均 一 な	味 が あ る	飽 き な い
同 一 な	味 気 な い	疲 れ る
ベ タ な	つまらない	疲 れ な い
そろっている	ありふれた	部 屋 に 合 う
統一感のある	高級感のある	部 屋 に 合 わ な い
フラットな	安 っ ぽ い	使 う 場 所 を 選 ぶ
さらさらした	一枚板のような	違 和 感 の あ る
ざらざらした	自 然 な	違 和 感 の な い
なめらかな	不 自 然 な	ダイニングテーブルに適する
柄のそろった	人 工 的 な	ダイニングテーブルに適さない
継ぎ目が見えない	き れ い な	好 き
変化がある	汚 い	嫌 い
ムラのある	シ ッ ク な	

3. 結果

3.1 柄の異なる木製天板を評価する用語

天板Aおよび天板Bについて、各評価用語の選択数を被験者数で除した選択率を算出し、評価サンプルの違いと評価用語の選択率の関係を調査した。評価サンプルと評価用語の選択率の組合せには、(1)天板Aの評価に選択されやすい、(2)天板Bの評価に選択されやすい、(3)天板Aの評価にも天板Bの評価にも選択されやすい、(4)天板Aの評価にも天板Bの評価にも選択されにくい4種類が挙げられる。これら进行分析するために、横軸に天板A評価時の選択率、縦軸に天板B評価時の選択率を取り、各評価用語を散布図に描画した(図2)。図2において、天板Aの評価に選択されやすい用語は右下領域に、天板Bの評価に選択されやすい用語は左上領域に布置することとなる。また、天板Aの評価にも天板Bの評価にも選択されやすい用語は右上領域に、どちらの評価にも選択されにくい用語は左下領域に布置することとなる。なお、図2では、選択率が高い用語にラベルを付した。また、天板Aの選択率=天板Bの選択率の直線を示した。

天板Aの評価には、材質を評価する用語よりも、「すっきりした」「あっさりした」「シンプルな」「フラットな」といった、天板のシンプルな印象に関する用語の選択率が高かった。また、天板Aの評価には「一般的な」や「違和感のない」といった用語の選択率も高く、天板Aの方が木製天板としては一般的であると認識されていることが分かった。一方で、天板Bの評価には「混ざっている」「ランダムな」「ムラのある」といった、柄の変化の大きさを評価する、材質に関する用語の選択率が高かった。また、天板Bの評価には「違和感のある」といった総合評価の選択率も高かった。これらの用語は、木製天板の柄の違いを評価するのに被験者がイメージしやすい用語であると考えられる。

天板Aの評価にも天板Bの評価にも選択されやすかった用語には「木らしい」が挙げられた。これは、どちらの評価サンプルも木材であることを素直に評価されたと考えられる。次いでどちらの評価にも選択されやすかった用語としては、「自然な」や「あたたかい」が挙げられた。これらの印象は先行研究[1, 2]において、室内の木質化が高いほど高まるとされている用語であり、「木らしい」と共に、木製品そのものの印象として共通的に認識される用語であると考えられる。

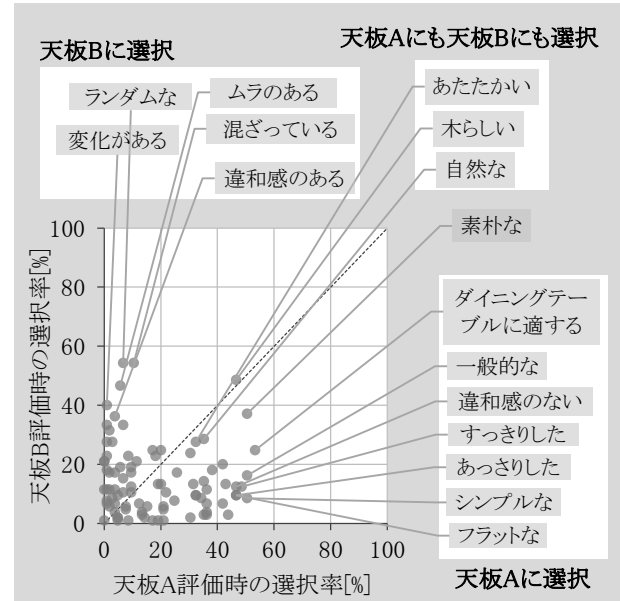


図2 評価用語の分布 (全被験者、回答数105)

3.2 被験者のクラスター分析

木製天板に対する印象には被験者の木材に対する知識や嗜好性が影響すると考えられる。そこで、評価傾向の近い被験者をまとめるために、クラスター分析を実施した。本研究では、2種類の評価サンプルの89語のチェック方式のデータに対し、階層的クラスター分析(ウォード法、ユークリッド距離)によって、被験者分類を試みた。解析にはR x64 3.5.1を用いた。その結果、被験者は4つのクラスターに分類されることが妥当と解釈された。各クラスターと被験者の職業内訳を図3に示す。CL1は木工訓練生の比率が高く、CL2は木工関連企業と木工訓練生の比率が高かった。CL3とCL4は大学生の比率が高かった。

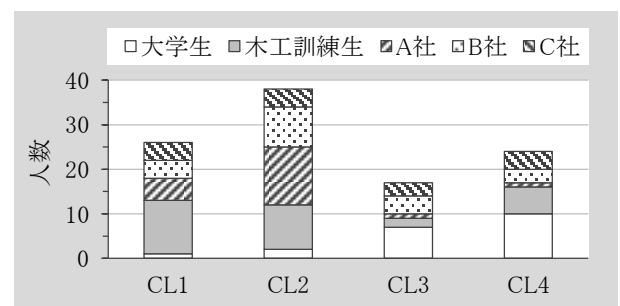


図3 各クラスターの被験者属性

各クラスターにおいて、図2と同様の散布図を描画し、それぞれのクラスターの特徴を詳細に分析した。ここでは、CL2、CL3、CL4の結果を図4~6に示す。

CL1は天板Bの評価として柄の変化の大きさ

を評価する用語と「違和感のある」「不自然な」「人工的な」といった不自然さを評価する用語の選択率が高かったが、全体的に用語の選択率が低かった。CL1 は不均一な柄には違和感があるが、木製天板の柄にはさほど興味がない被験者群であると考えられる。

CL2 は木工関連企業の比率が高く、木工の知識が豊富な被験者群であると考えられる。図 4 より、CL2 の天板 A の評価として特徴的なのは、「良い素材」「柄のそろった」といった素材や柄の特徴を具体的に評価する用語や「きれいな」といった印象に関する用語であった。また、天板 B の評価では、「個性的な」「面白みのある」といったポジティブな印象の用語も挙げられた。したがって、木工の知識が豊富な人は、均一な柄の天板に対しては、素材や加工工程に対するより具体的な評価用語や、全体のきれいさに関する用語も用いて評価しており、不均一な柄の天板に対しては「個性的な」「面白みのある」という用語も用いて評価していると考えられる。

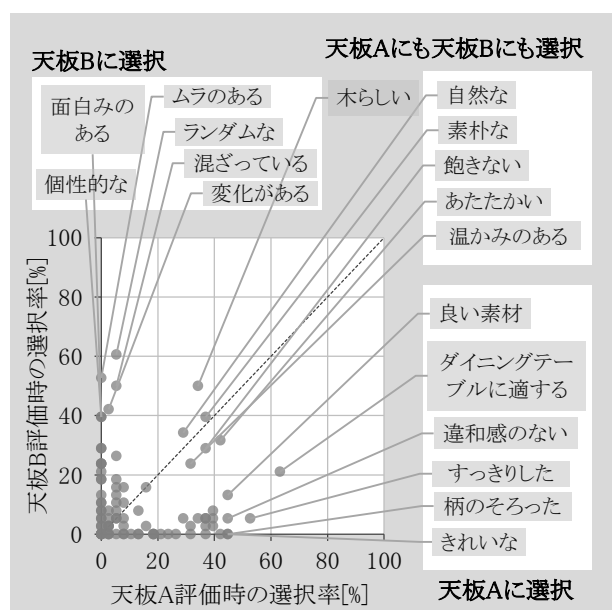


図4 評価用語の分布 (CL2の結果, 回答数38)

CL3 と CL4 は大学生の比率が高く、木工の知識の少ない一般消費者層であると考えられる。図 5 より、CL3 は全体的にネガティブな用語の選択率が高く、特に天板 B の評価に「違和感のある」「悪い素材」といった用語の選択率が高いことから、木製天板の評価に厳しく、不均一な柄を嫌う消費者層であると考えられる。一方で CL4 は、図 6 より、天板 B の評価として「好き」「おしゃれな」といったポジティブな用語の選択率が高

く、不均一な柄を好む消費者層であると考えられる。天板 B の評価に着目すると、CL3 は「違和感のある」「悪い素材」の選択率が高く、CL4 は「おしゃれな」「面白みのある」の選択率が高かった。これらの用語は不均一な柄の天板の良い点と悪い点としてイメージしやすい用語であると考えられる。一方で、天板 A の評価に着目すると、CL3 では「ありふれた」、CL4 では「刺激のない」の選択率が高かった。これらの用語は均一な柄の天板の悪い点としてイメージしやすい用語であると考えられる。

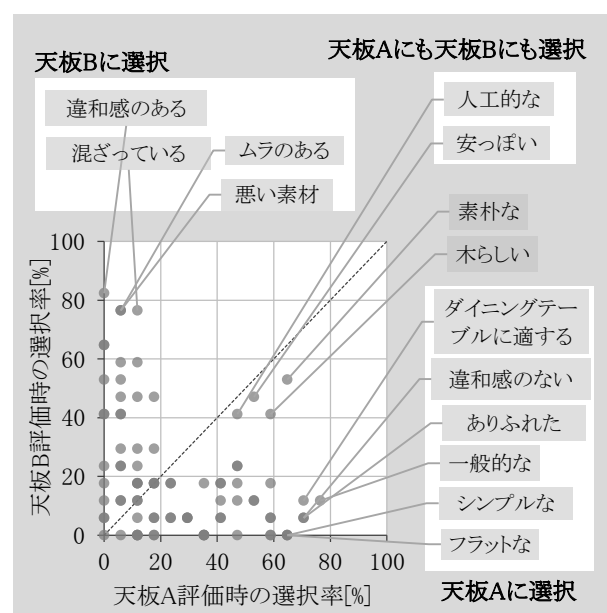


図5 評価用語の分布 (CL3の結果, 回答数17)

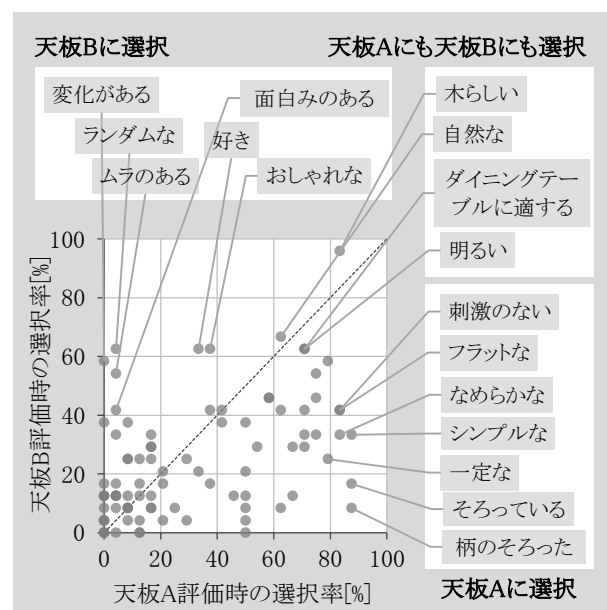


図6 評価用語の分布 (CL4の結果, 回答数24)

4. まとめ

本研究では、幅はぎ集成材の評価に適した評価用語を明らかにすることを目的に、柄の異なる木製天板を評価する用語を調査した。被験者105名を対象に、柄が均一な天板Aと不均一な天板Bの印象にあてはまる用語を、89語の中から選択させた結果、天板Aには、「シンプルさ」に関する用語の選択率が高く、天板Bには「柄の変化の多さ」に関する用語の選択率が高かった。また、「木らしい」「自然な」「あたたかい」といった用語はどちらの天板の評価にも選択されやすく、木製品全般の評価としてイメージしやすい用語であると考えられた。さらに、クラスター分析によって、回答傾向の近い被験者を4つのクラスターに分類し、それぞれのクラスターで選択されやすい用語を考察した。その結果、天板の柄に興味がないクラスターでは「不自然さ」に関する用語の選択率が高かった。木工の知識が豊富なクラスターでは、均一な柄に素材や加工に対する具体的な評価用語や「きれいな」という用語を用いることが分かった。また、不均一な柄に「個性的な」「面白み

のある」といったポジティブな用語を用いることが分かった。一般消費者層のクラスターは木製天板の評価に厳しいクラスターと不均一な柄を好むクラスターに分けられ、均一な柄の天板に対するネガティブな用語として「ありふれた」「刺激のない」が、不均一な柄の天板に対するポジティブな用語として「おしゃれな」が用いられることが分かった。

謝辞

アンケート調査にご協力いただきました企業関係者の皆さま、訓練生の皆さま、学生の皆さまに感謝いたします。

参考文献

- 1) 増田稔, 山本尚美: 室内空間における木材率とイメージ, 京都大学農学部演習林報告, 60, pp.285-298, 1988.
- 2) 増田稔, 仲村匡司: 室内空間における木材率とイメージ (第2報), 京都大学農学部演習林報告, 62, pp.297-303, 1990.