

木材の触覚特性の数値化と手触り感に関する指針の提案（第3報） 木材の触感評価に関する物理指標の検討

藤巻吾朗*¹, 山口穂高*¹, 吉田宏昭*²

Digitalization of Tactile Characteristics of Wood and Proposal of Guidelines for Tactile Sensation(III) Investigation of Physical Indices for Tactile Evaluation of Wood

FUJIMAKI Goroh*¹, YAMAGUCHI Hodaka*¹, YOSHIDA Hiroaki*²

本報告では、木材の温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感と物理特性との関連性を明らかにすることで、客観的な指標による触感の予測式を提案した。硬軟感については、木材サンプルの中での違いを判断すること自体が難しく、温冷感を手掛かりに評価しており、他の触感と比較して推定精度が低かった。また、今回の木材サンプルでは、 Pm 値と Rs 値の相関が高く、布の触感について調査した先行研究とは異なる結果となった。実用化のためには新たなサンプルを使つての検証や振動測定の実験の再現性の確認が必要となるが、昨年度報告した木材の触感と印象評価に関するパス解析の研究結果と合わせることで、客観的な指標をもとに木材の触感および印象評価を推測することが可能となった。

1. 緒言

前報¹⁾では、木材の触感とそれに伴う木材の印象評価の全体的な因果関係を把握するため、触感を構成する5種類の次元²⁾のうち凹凸感（マクロな粗さ）を除く、粗滑感、硬軟感、温冷感、摩擦感（乾湿感）について、これらの因子と高次の印象評価である自然感、高級感、快適感との関係を調査した。パス解析を行った結果、モデルの当てはまりは良好であったが、触感を構成する4つの次元である粗滑感、硬軟感、温冷感、乾湿感と関連性の高い物理特性値の選定には課題が残った。

本報告では、粗滑感、硬軟感、温冷感、乾湿感の4つの触感について、木材を評価する際に関連性の高い物理指標を検討し、木材の触感評価との関係を明らかにする。

2. 実験方法

触感評価と関連性が高いと考えられる物理特性について計測を行い、過去に実施した木材の触感

に関するアンケート調査³⁾のデータをもとに各評価項目との関連性を調査した。

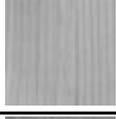
2.1 アンケート調査

37名の大学生（男性19名、女性18名）を対象に8種類の木材サンプルについて触感に関するアンケート調査を行った。アンケート項目は全部で8項目あり、温冷感として「つめたいーあたたかい」、硬軟感として「かたいーやわらかい」、粗滑感として「ざらざらしたーつるつるした」、乾湿感として「からっとしたーしっとりした」、自然感として「人工的なー自然な」、高級感として「安そうなー高そうな」、快適感として「心地の悪いー心地の良い」、嗜好性として「嫌いー好き」とした。SD法による7段階評価で、集計の際は、各評価用語の右側に配置した項目をプラスとして-3~+3の値を割り当てた。アンケート調査は3日に分けて行い、サンプルを触らずに見た場合（視覚条件）、見ないで触った場合（以下、触覚条件）、見て触った場合（以下、視触覚条件）の3つの条件で行った。本報告では視覚の影響をなくするため、触覚条件のデータを用いて、粗滑感、硬軟感、温冷感、乾湿感の4つの触感に関するアンケート項目と後述する物理指標との関連性を調査した。

*¹ 試験研究部

*² 信州大学繊維学部

表1 アンケート調査に使用した木材サンプル

サンプル記号	樹種	塗装	外観(例)
BO	ブナ	オイル	
BU		ウレタン	
CO	スギ	オイル	
CU		ウレタン	
OO	ナラ	オイル	
OU		ウレタン	
WO	ブラック	オイル	
WU	ウォールナット	ウレタン	

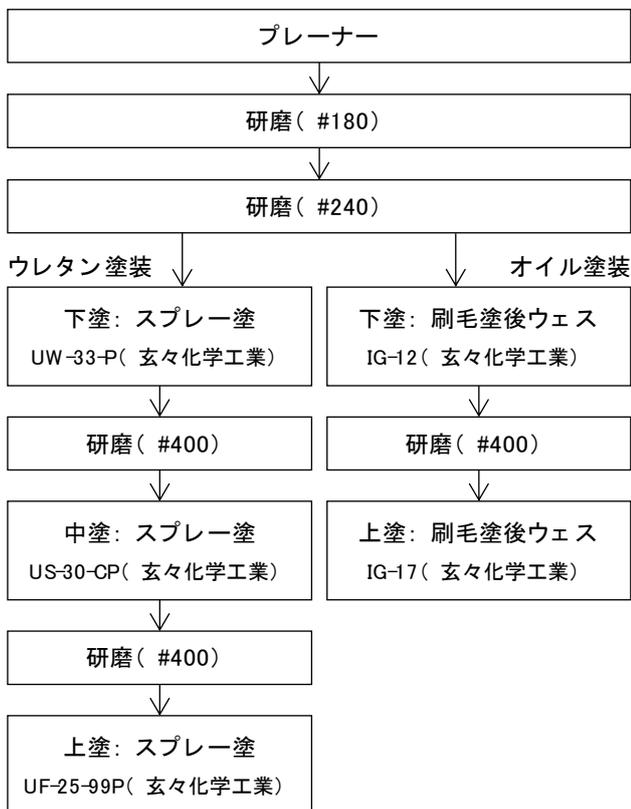


図1 木材サンプルの塗装工程

2.2 アンケート調査に使用した木材サンプル

木材サンプルには、ブナ、スギ、ナラ、ブラックウォールナットの柾目材を使用し、それぞれオイル塗装、ウレタン塗装を施した計8種類をサンプルとして提示した(表1)。木材サンプルは70×

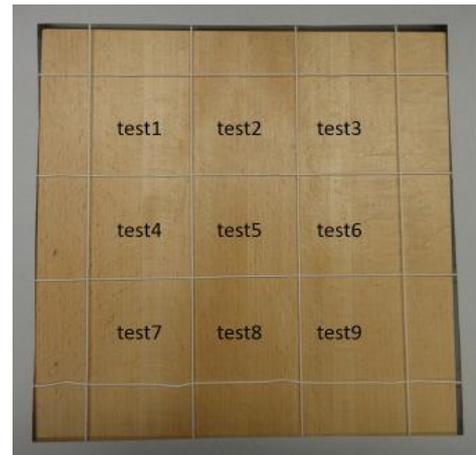


図2 q-max値の測定箇所

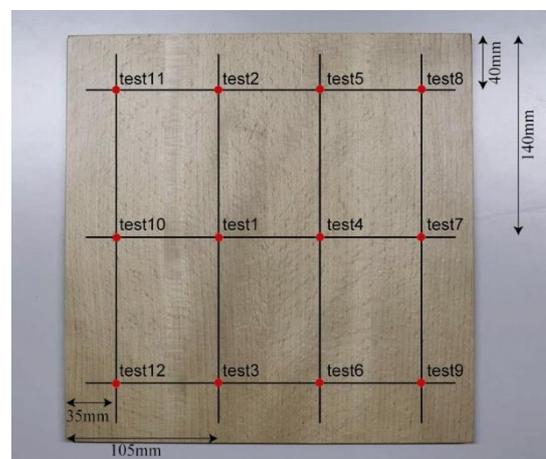


図3 ブリネル硬さの測定箇所

280×10mmを4枚幅接ぎした280×280×10mmのものを使用した。オイル塗装、ウレタン塗装の塗装工程については、図1に示す。

2.3 木材サンプルの物理特性

2.3.1 q-max値の測定

サーモラボ(株式会社カトーテック、KES-F7)を用いて最大熱吸収速度($q-max$)の測定を行った³⁾。測定にはアンケート調査に使用した木材サンプルと同一のものを使用し、計測開始後約60秒間で最大値に達するまで測定し、最大値で安定したものを1試料につき9箇所の測定を行い(図2)、平均値を算出した。

2.3.2 ブリネル硬さの測定

オートグラフ(株式会社島津製作所、AG-IS)を用いてブリネル硬さの測定を行った⁴⁾。測定にはア

アンケート調査に使用した木材サンプルの共木（ともぎ）で作成した試料（280×280×10mm）を使用し、1試料につき12箇所での測定を行い（図3）、平均値を算出した。

2.3.3 摩擦特性および振動特性の測定

静・動摩擦測定機（株式会社トリニティラボ、TL201Tt）に振動測定を行うため、ゆびレコーダー（株式会社テック技販、FVR-10A、FVS-A）を固定し静摩擦、動摩擦の測定および接触子に伝わる振動の測定を行った⁵⁾（図4）。接触子には人の指紋パターンを模した触覚接触子を使用した⁶⁾。測定時の接触子にかかる垂直荷重は100gfで水平方向に10mm/sの速さで移動させた。測定にはアンケートに使用した木材サンプルと同じ工程で塗装を施した80×80×8mmの試料を用意し、1試料につき図5に示した6箇所での測定を行い、平均値を算出した。摩擦特性については、静・動摩擦測定機の測定結

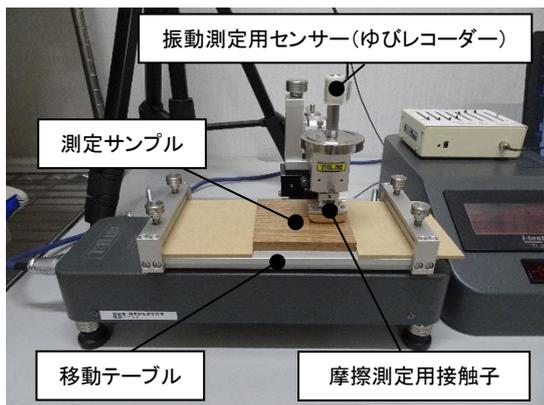


図4 摩擦・振動特性の測定

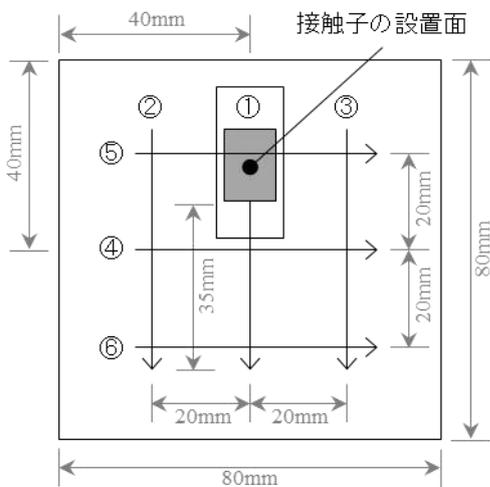


図5 摩擦・振動特性の測定箇所

果から、水平方向の最大荷重を垂直荷重で除した静摩擦係数 (μ_s)、測定開始地点から10mm~30mmでの水平方向の荷重の平均を垂直荷重で除した動摩擦係数 (μ_k) を計算した（図6）。

振動特性については、ゆびレコーダーの測定結果をもとにWelch法による5Hz毎のパワースペクトル密度（以下、PSD）の推定を行った。先行研究⁷⁾を参考にヒトの皮膚の振動感覚の受容器であるマイスナー小体およびパチニ小体の特性を考慮した特徴量の算出を行った。マイスナー小体に関連する指標として、推定されたPSDから20~100HzのPSD総和 (P_m)、パチニ小体に関連する指標として100~500HzのPSD総和 (P_p) および100~2000Hzの総和に対する100~500HzのPSD総和の割合 (R_s) を求めた（図7）。

3. 結果と考察

3.1 温冷感

温冷感については、q-max値と強い相関を示した（図8）。先行研究³⁾では、事前に主成分分析を行い、複数の物理特性値を縮約した指標を用いてから触

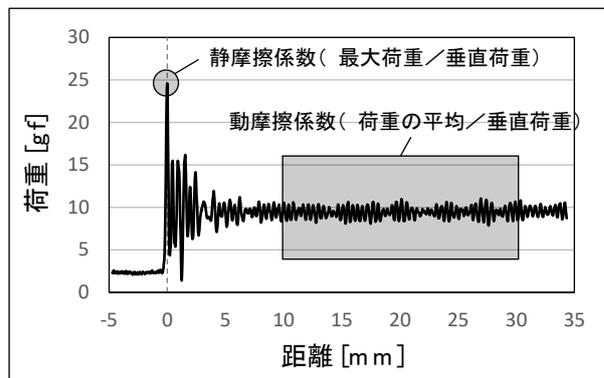


図6 摩擦特性データの算出方法

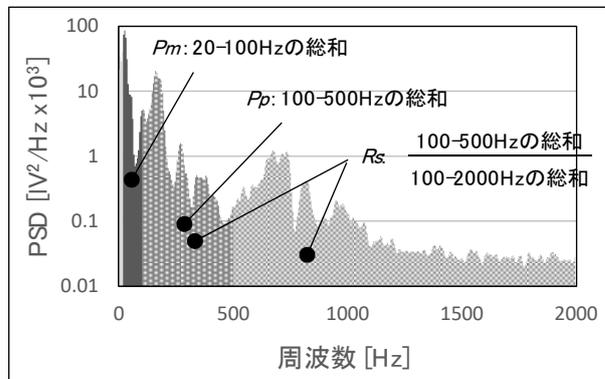


図7 振動特性データの算出方法

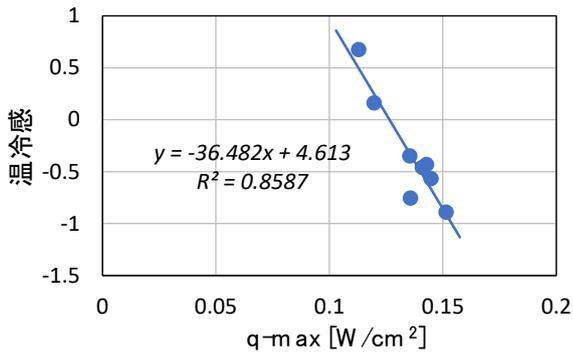


図8 温冷感とq-max値

感との関連性を調べたが、本研究では、q-max値を指標とすることで視覚情報のない条件での温冷感が高い精度で予測可能であることが示唆された ($R^2=0.86$)。

3.2 硬軟感

硬軟感については、ブリネル硬さとの相関は確認されず、q-max値との相関関係が確認された(図9)。このことから木材の硬軟感は木材に触れた時の熱移動を手掛かりに密度を推定して評価していることが推察される。硬軟感について、一元配置の分散分析を行った結果、主効果は認められたものの ($p<0.05$)、多重比較の結果、有意差が認められたのはBUとCUの一組のみ (BU>CU) であった。このことから、今回用意した木製品に使われることの多い木材サンプルについては、サンプル間の硬軟感の評価に明確な差が見られないため、物性値との対応関係を調べるのが困難であったと考えられる。また、硬軟感の予測のため、目的変数を硬軟感の平均得点、説明変数をPm値、Pp値、Rs値、 μs 値、 μk 値、q-max値として、ステップワイズ法(増減法)による重回帰分析を行った結果、q-max値以外の変数は除外された。そのため、精度は低いものの

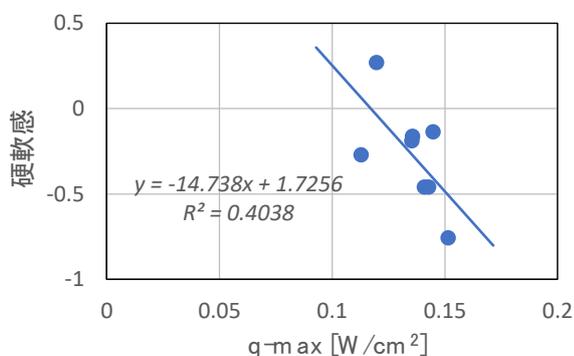


図9 硬軟感とq-max値

硬軟感は図9に示した回帰式により推定できると考えられた ($R^2=0.40$)。

3.3 粗滑感

粗滑感については、Pm値、Pp値、Rs値、との間にそれぞれ相関関係が見られた。先行研究⁷⁾と同様に最も強い相関があったのはRs値であった(図10)。

図10に示した回帰式でも比較的高い精度で粗滑感を推定できると考えられるが ($R^2=0.67$)、予測精度向上のため、目的変数を粗滑感の平均得点、説明変数をPm値、Pp値、Rs値、 μs 値、 μk 値、q-max値としたステップワイズ法(増減法)による重回帰分析を行った。その結果、粗滑感はRs値、 μk 値により(1)式で高い精度で予測可能となることが示唆された ($R^2=0.93$ 、修正 $R^2=0.90$)。

$$\text{粗滑感} = -12.86Rs + 16.8\mu k + 6.70 \quad \dots (1)$$

*Rs: Rs値

* μk : 動摩擦係数

3.4 乾湿感

乾湿感については、Pm値、Pp値、Rs値、との間にそれぞれ強い相関関係が見られた。最も強い相関があったのは、粗滑感と同様にRs値であった(図11)。先行研究⁷⁾では、Pm値はしっとり感との間に強い負の相関関係があったが、今回の実験では、Pm値とRs値の相関が強く、Rs値の方がしっとり感との相関は強かった。実験に使用したサンプルが布ではなく木材であり、布に比べてサンプル間の表面テクスチャの差があまりなかったことが理由一つとして考えられる。

図11に示した回帰式でも比較的高い精度で乾湿感を推定できると考えられるが ($R^2=0.72$)、予測精度向上のため、目的変数を乾湿感の平均得点、説

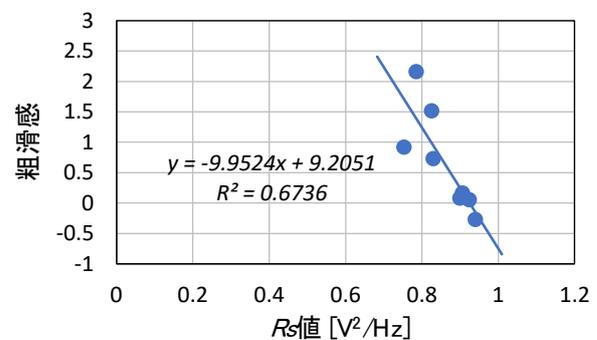


図10 粗滑感とRs値

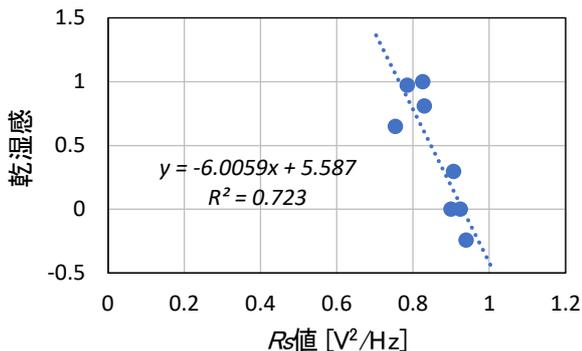


図11 乾湿感とRs値

明変数を Pm 値、 Pp 値、 Rs 値、 μs 値、 μk 値、 $q-max$ 値としたステップワイズ法 (増減法) による重回帰分析を行った。その結果、乾湿感には Rs 値、 μs 値、 μk 値により (2) 式で高い精度で予測可能となることが示唆された ($R^2=0.93$ 、修正 $R^2=0.87$)。

$$\text{乾湿感} = -9.86Rs + 3.11\mu s + 5.34\mu k + 4.99 \quad \dots (2)$$

- * Rs : Rs 値
- * μs : 静摩擦係数
- * μk : 動摩擦係数

しかしながら、先行研究を考慮すると Pm 値を基準としたモデルの方がより汎用性が高いことも推察され、 Pm 値と相関の高い Rs 値を省いてステップワイズ法 (増減法) による重回帰分析を行った結果、乾湿感には Pm 値、 μs 値により (3) 式で予測可能であると考えられた ($R^2=0.78$ 、修正 $R^2=0.70$)。

Pm 値と Rs 値のどちらを基準としたモデルが妥当であるかについては検討の余地が残るが、現時点では木材の触感評価については Rs 値を基準とした (2) 式のモデルを採択することが望ましいと考えられる。

$$\text{乾湿感} = -1.08Pm - 2.02\mu s + 2.62 \quad \dots (3)$$

- * Pm : Pm 値
- * μs : 静摩擦係数

4. まとめ

先行研究¹⁾³⁾で課題となっていた木材の温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感と物理特性との関連性を明らかにすることで、客観的な指標による触感の予測式を提案した。しかし、硬軟感については、木材サンプルの中での違いを判断すること自体が難しく、温冷感を手掛かりに評価しており、他の触感と比較して推定精度が低いと考えられた。また、本報告での摩擦特性や振動特性は特定条件での測定結果であり、得られた予測式の実用化のためには新たなサンプルを使っての検証や測定結果の再現性の確認が必要となる。

本報告で得られた成果と昨年度報告した木材の触感と印象評価に関するパス解析の研究成果を合わせることで、客観的な指標をもとに木材の触感および印象評価を推測することが可能となった。

参考文献

- 1) 藤巻吾朗ほか: 木材の触覚特性の数値化と手触り感に関する指針の提案—木材の触感と印象評価に関するパス解析, 岐阜県生活技術研究所研究報告, 23, pp. 26-30, 2021.
- 2) 永野光, 岡本正吾, 山田陽滋: 触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, 16 (3), pp. 343-353, 2011.
- 3) 設楽稔那子ほか: 木材評価時における視触覚の印象形成, 木材学会誌, 63 (4), pp. 149-161, 2017.
- 4) JIS Z2101: 木材硬さの試験方法, 日本規格協会, 2009.
- 5) 藤巻吾朗ほか: 木材の触覚特性の数値化と手触り感に関する指針の提案—接触時の力と速度が摩擦および振動特性に与える影響, 岐阜県生活技術研究所研究報告, 22, pp. 41-45, 2020.
- 6) 野村俊夫: 指紋模擬加工した検知子を使った摩擦測定装置, 表面技術, 70 (3), pp. 147-150, 2019.
- 7) 田中由浩, 田中真美, 長南征二: 手触り感計測用センサシステムを用いた触覚感性計測, 日本機械学会論文集 C 編, 73 (727), pp. 169-176, 2007.