

木材の品質と意匠の両立を目指した選別自動化に関する研究 幅はぎ材における柄合わせ工程の最適化に向けた検討

小高大輝*, 藤巻吾朗*

Automated Selection of Wood Materials for Both Quality and Aesthetic Design Optimization of Aesthetic Pattern Matching for Edge Glued Boards

KODAKA Daiki*, FUJIMAKI Goroh*

職人の目視と手作業によって行われている幅はぎ材の柄合わせ工程では、柄合わせを行う上で何らかの指標の確立し、工程を最適化することが望まれている。そこで、本報では、エレメント画像の平均輝度値が柄合わせの指標として有効かを検討するべく、Webアンケートによる幅はぎ天板画像の印象評価を実施した。結果、エレメントを平均輝度値の順に並べた条件に比べ、職人によって柄合わせがなされた条件の方が有意に高く評価される場合があった。柄合わせを行う上では、エレメント画像の平均輝度値だけでなく、エレメント内の色むらまでもを考慮できるような指標の必要性が示唆された。

1. 緒言

飛騨の家具が高いブランド力を誇る所以の一つは、熟練の匠による高い意匠性である。特に、テーブルの天板などに使用される幅はぎ材の作製においては、色味や木目の異なる一つ一つのエレメントを職人が目視と手作業によって違和感がないように組み合わせ、一枚の板にしていく。そのため、その仕上がりは作業者のスキルによるところが大きい。しかし、近年では、人手不足の問題から技術伝承が難しくなっていることに加え、業界全体の動向として、色むらや節を有する国産広葉樹材の利用が求められているという現状がある。以上のことから、幅はぎ材の柄合わせを行う上で何らかの指標の確立し、これらの工程を最適化、ないしは自動化することは、今後の木材産業にとって非常に重要である。

木材の組み合わせパターンの見た目の印象について、先行研究¹⁻³⁾では、色味が均一である方が好まれ、特にエレメント間のコントラストが重要であると報告されている。しかし、実際の製造現場での柄合わせ工程では、その時点で手元にある材の中から柄合わせを行う必要がある。よって、毎回、理想的な材だけがあるわけではなく、ある材の中

からその都度、適切な組み合わせを考えていかななくてはならない。もし、先行研究での報告の通り、エレメント間のコントラストが重要なのであれば、ある材の中でエレメントの明暗の情報を数値化し、グラデーションになるよう順に並べるだけで、ある程度の見た目を担保できるのではないかと考えた。そこで本報では、Webアンケートによる幅はぎ天板画像の印象評価を行い、職人による柄合わせと画像上での輝度値の順にグラデーションになるよう並べたものを比較することで、画像上の輝度値が柄合わせを行う上で指標になりうるかを検討した。

2. 方法

2.1 サンプル画像

本報では、前報⁴⁾で用いた天板のうち3枚を用いた。これらの画像をデジタルカメラ (Nikon D810) で撮影し、一つ一つのエレメントをトリミング後、天板内での配置を変化させることで全9種類のサンプル画像とした (図1)。樹種はレッドオーク (*Quercus rubra*) であり、サイズが長さ1200mm×幅800mmのものを900pixel×600pixelの画像として提示した。なお、Webアンケートでは、回答者によって回答端末が異なるため、回答者が実際に目にするサンプル画像は、各々で大きさが異なることが想定された。サンプルは、職人によって柄合わ

* 試験研究部

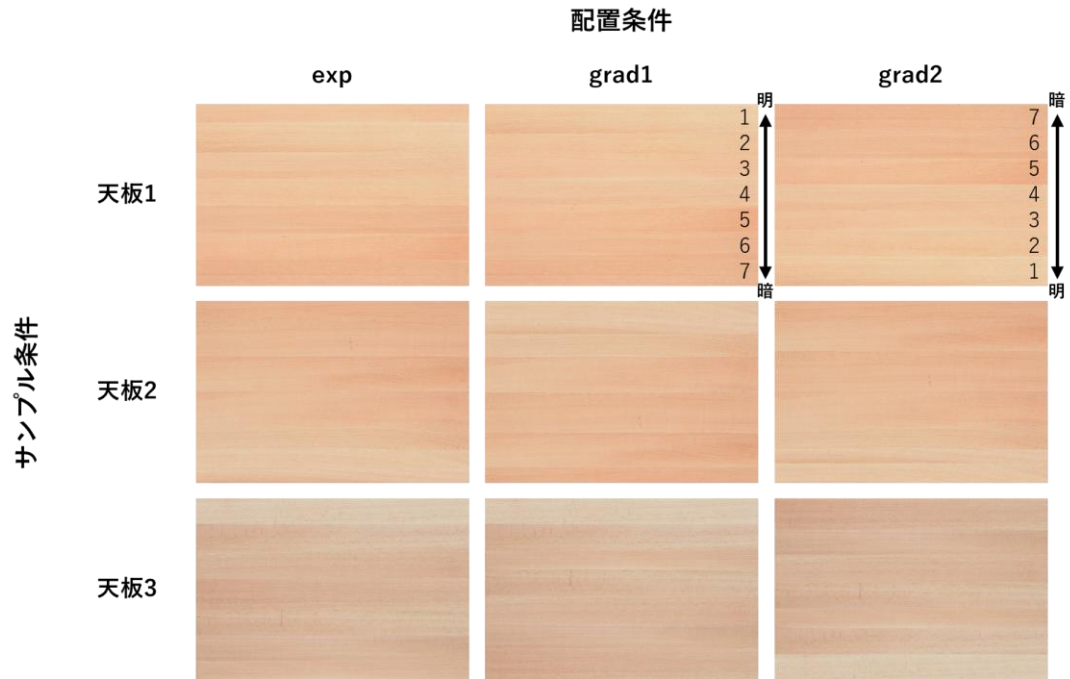


図1 サンプル画像

せがなされた職人条件と、各エレメント画像から平均輝度値を算出し、その大きさ順に並べたグラデーション条件とした。

2.1.1 職人条件

職人条件（以降、exp条件とする）は、エレメントとして準備されたレッドオークのまさ目材41本から、木工歴40年以上の経験を有する職人が、それぞれ以下の意図を持って柄合わせを行った。

天板1: 木目と色が最も均一に見えるように合わせる。

天板2: 木目は流れているエレメントも使用するが、色味は合わせる。

天板3: トラフが多いエレメントで色味を合わせる。

2.1.2 グラデーション条件

グラデーション条件（以降、grad条件とする）では、まず、一つ一つのエレメント画像の輝度値を、以下のNTSC輝度変換式⁵⁾によって算出した。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

次に、exp条件の天板1～3それぞれで、用いられている各エレメントの全画素の平均輝度値が大きい順（grad1）、および小さい順（grad2）にエレメントを上から並び替え、サンプル画像とした。

このようにして、各サンプル条件で構成されるエレメントは同じであり、その中で配置のみを変化させることで全9種類のサンプル画像を用意した。

2.2 印象評価

本報では、Webアンケートによる印象評価を行った。アンケートの回答者は、20歳～69歳の男女200名（男性100名、女性100名）であった。評価用語は、前報⁶⁾を参考に8用語（均一な — 不均一な、きれいな — きたない、おもしろい — つまらない、一般的な — 個性的な、高級感のある — 安っぽい、調和のとれた — 違和感がある、自然な — 人工的な、好き — 嫌い）とし、官能検査にはSD (Semantic Differential) 法を用いた。評価は7段階（どちらでもない、やや、普通に、非常に）とし、データは、-3～+3に得点化して集計した。

集計したデータについて、各評価項目でサンプル条件（天板1、天板2、天板3）と配置条件（exp条件、grad1条件、grad2条件）を要因とした対応のある二元配置分散分析を実施した。

3. 結果と考察

3.1 分散分析

3.1.1 交互作用および主効果

各サンプル条件の評点の平均値を図2、二元配置分散分析の結果を表1に示す。分散分析の結果、「均一な — 不均一な」(F(4, 796)=3.43, p<.01)、「調和のとれた — 違和感がある」

(F(4, 794)=3.05, p<.05)の項目で交互作用が認められた。また、全評価項目でサンプル条件の主効果が認められ、「好き — 嫌い」

($F(2, 398)=5.27, p<.01$) の項目では、配置条件の主効果が認められた。

3.1.2 単純主効果の検定および多重比較

交互作用が認められた「均一な — 不均一な」、「調和のとれた — 違和感がある」の項目について、単純主効果の検定と多重比較 (Bonferroni法) を行った。また、配置条件で主効果が認められた「好き — 嫌い」の項目について、配置条件の水準間で多重比較 (Bonferroni法) を行った。結果を表2に示す。全体的にexp条件の評価が高い傾向であり、多重比較において、exp条件とgrad条件の間で有意な差が複数認められた。一方で、grad条件間においても差が生じる場合があった。使用するエレメントによっては、グラデーションになるよう並べても、exp条件ほどの評価を得られない場合があることが示唆された。職人は、画像上の平均輝度値だけでは表現しきれない特徴を踏まえ柄合わせを行っており、それらがより良い評価につながったと考えられる。

表1 二元配置分散分析の結果

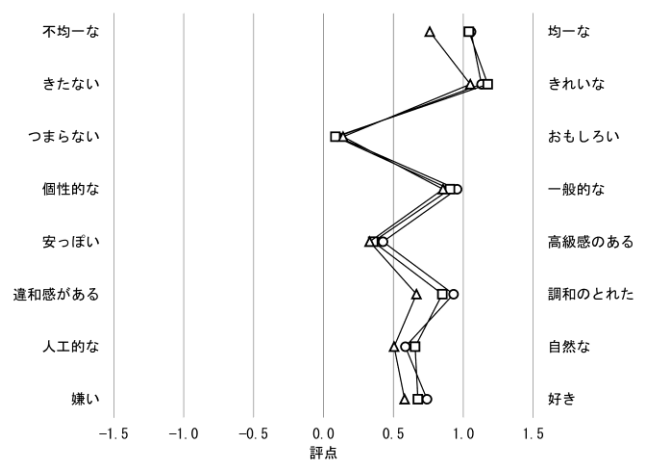
* : $p<0.05$ ** : $p<0.01$

評価用語	主効果		交互作用
	サンプル	配置	サンプル×配置
均一な — 不均一な	**	**	**
きれいな — きたない	**		
おもしろい — つまらない	**		
一般的な — 個性的な	**		
高級感のある — 安っぽい	**		
調和のとれた — 違和感がある	**		*
自然な — 人工的な	**		
好き — 嫌い	**	**	

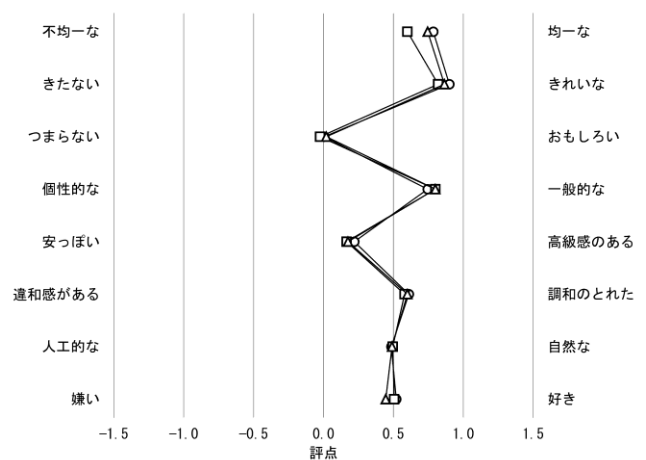
表2 単純主効果の検定および多重比較の結果

* : $p<0.05$ ** : $p<0.01$

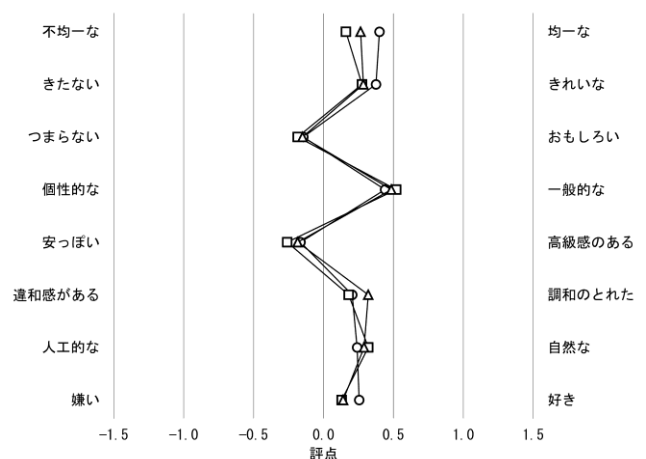
評価用語	サンプル	単純主効果	多重比較
均一な — 不均一な	天板1	**	exp > grad2**, grad1 > grad2**
	天板2		exp > grad1**, grad2 > grad1*
	天板3	*	exp > grad1**, exp > grad2*
調和のとれた — 違和感がある	天板1	**	exp > grad2**, grad1 > grad2**
	天板2		
	天板3		grad2 > grad1*
好き — 嫌い	—	—	exp > grad2**



天板1



天板2



天板3

○ exp □ grad1 △ grad2

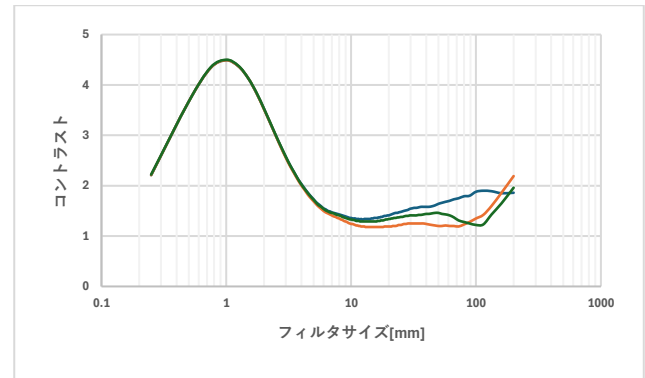
図2 印象評価の結果

3.2 多重解像度コントラスト解析

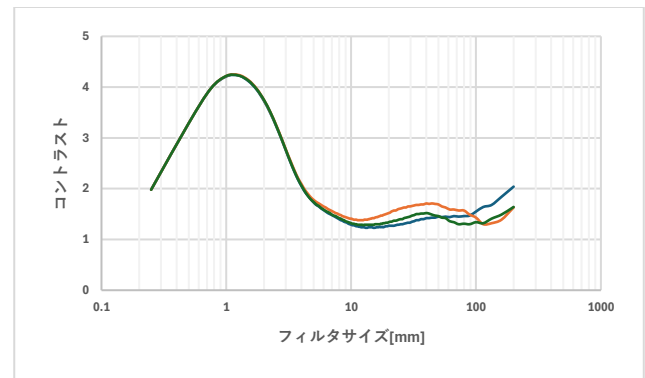
前述したように、一連の分析の結果、exp条件でより評価が高くなる傾向だった。そこで、各サンプル画像の特徴を調査するために、多重解像度コントラスト解析⁷⁾を実施した。なお、解析には、幅4800pixel×高さ3200pixel、解像度0.25mm/pixelの画像を用いた。結果を図3に示す。

フィルタサイズ5mm以降に着目すると、同一のサンプル条件であってもコントラストスペクトルは異なり、exp条件ではフィルタサイズ100mm付近にかけて緩やかに上昇していくが、grad条件ではフィルタサイズ100mm付近から急激に上昇する傾向が見られた。また、天板2、3のgrad条件においては、フィルタサイズ30mm～40mm付近にも緩やかなピークが見られた。天板1～3の元素幅の平均はそれぞれ、天板1:123mm、天板2:114mm、天板3:114mmであり、フィルタサイズ100mm以降では、元素間のコントラストが反映されていたと考えられる。天板2、3のgrad条件のフィルタサイズ30～40mm付近におけるピークについては、元素内の心材、辺材の境界などに起因する色のばらつきによるものだと考えられる。

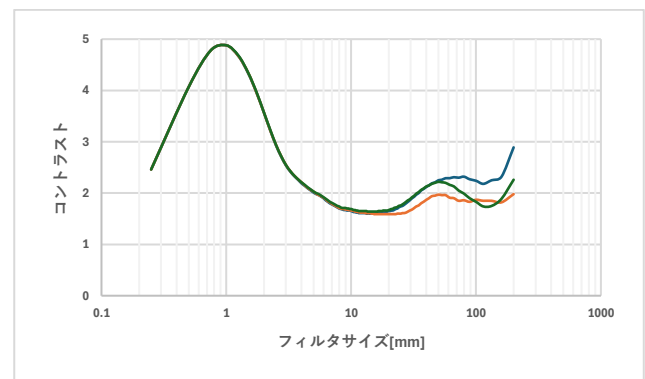
ここで注目したいのは、フィルタサイズ100mm以降のコントラストが、全体的にexp条件>grad条件だったことである。このような結果自体は、grad条件の特性、すなわち、元素の明暗をグラデーションになるよう輝度順に並べたことに起因すると考えられる。しかし、緒言でも述べたように、先行研究³⁾では、元素間のコントラストが大きいほど好まれない傾向が報告されていた一方で、本報では、元素間のコントラストが大きかったexp条件の方が、均一さや嗜好性の評価が高かった。つまり、フィルタサイズ5mm以降において、grad条件では、元素間のコントラストや元素内の色むらによるコントラストなど、特定の特徴のコントラストのみが目立っていたが、exp条件では、スケールの変化に伴うコントラストの変動が緩やかだったため、特定の特徴だけが悪目立ちすることなく、高い評価になったと考えられた。以上より、各元素の平均輝度値だけでなく、元素内の色むらなども考慮した柄合わせによって、均一さや嗜好性の評価をさらに高められることが示唆された。



天板1



天板2



天板3

— exp — grad1 — grad2

図3 多重解像度コントラスト解析の結果

4. まとめ

本報では、元素画像の平均輝度値が、幅はぎ天板の柄合わせをする上での指標になりうるかを調査することを目的に、Webアンケートによる印象評価を行った。結果、exp条件とgrad条件の評価に有意な差が生じる場合があり、exp条件の方が高く評価される傾向だった。

多重解像度コントラストの結果、grad条件では、隣り合うエレメント間コントラストなど、特定の特徴のコントラストが目立つ傾向だったが、exp条件では、エレメント内からエレメント間に至るまで、様々な特徴のコントラストが目立ち、特定の特徴のみが目立つことはなかった。職人は、エレメント内からエレメント間に至るまで、マルチスケールで色のばらつきを考慮しており、特定の特徴に起因するコントラストだけが過度に目立たないようにすることで、より優れた意匠を実現していたと考えられた。これらのことから、柄合わせを行う上では、エレメントの平均輝度値だけでなく、エレメント内のどの位置でどのように色味がばらついているのかまでもを評価できるような指標が必要であることが示唆された。

なお、人の視覚系のコントラスト感度は空間周波数に依存するため、同じ対象であっても、表示サイズによって受ける印象が異なる³⁾可能性がある。前述の通り、今回はWebアンケート調査であったため、回答者によって回答端末が異なり、それに伴い提示画像の表示サイズも統一されていなかった。この点を踏まえると、今回行った多重解像度コントラスト解析の結果は、コントラスト感度の観点から、あくまで参考程度の位置付けとなる。よって、今後は統一した観察条件のもと、実物大の画像、もしくは実物の天板を用いた印象評価を検討したい。

参考文献

- 1) Hodaka YAMAGUCHI et al, Analysis of Preferences for Wooden Panels with Different Visual Homogeneities — Examination by Implementation Classification according to Evaluation Tendency —, International Journal of Affective Engineering, Vol.22, No.1, pp.25-33, 2023.
- 2) 山口穂高他、加工に伴う見た目の変化を考慮した幅はぎ集成材の不均一さの予測、木材学会誌、Vol.67、No.1、pp.50-59、2021.
- 3) 今西真佑奈他、様々なコントラストを有する木質フロアパターンの視覚効果、木材学会誌、Vol.65、No.3、pp.138-147、2019.
- 4) 山口穂高他、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4報） 柄の異なる実大天板の評価、岐阜県生活技術研究所研究報告、No.22、pp.29-32、2020.
- 5) 日本色彩学会編、新編 色彩科学ハンドブック 第3版、東京大学出版会、2011.
- 6) 山口穂高他、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、岐阜県生活技術研究所研究報告、No.21、pp.38-42、2019.
- 7) Masashi Nakamura et al, Multiresolution image analysis of wood and other materials, Journal of Wood Science, 45, pp.10-18, 1999.