

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：34605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K02326

研究課題名（和文）黒漆塗りの棗における質感の視覚的定量化と3DCG再現

研究課題名（英文）Visual quantification of texture of Natsume in black Urushi (Asian Lacquer) and 3DCG reproduction

研究代表者

李 元貞 (LEE, WONJOUNG)

畿央大学・健康科学部・准教授

研究者番号：50388906

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：黒呂色漆膜の質感の主観的な表現（心理量）と物理的な情報（物理量）との対応について、黒呂色仕上げにおいて、上塗り塗膜や仕上げに用いる上摺り塗料として漆、カシュー樹脂塗料、ウレタン樹脂塗料を用い、呂色仕上げ漆膜の感性評価と光反射特性の関係について検討を行った。その結果、黒呂色仕上げにおいては、光散乱が小さく黒みを強く感じる塗膜を「黒み感」「つや感」として評価され、呂色仕上げの黒漆塗り膜は、漆塗り工程における国産生漆による上摺り工程上の効果であると推測される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

黒呂色仕上げにおいては、光散乱が小さく黒みを強く感じる塗膜を「黒み感」「つや感」として評価される。これらは漆膜特有の表面特性として考えることより、国産生漆の上摺りの仕上げによるものと推測することができる。また、艶消し～半艶塗りで仕上げた黒漆塗り膜は漆膜固有の特徴として捉えることができることとともに、呂色仕上げの黒漆塗り膜は、漆塗り工程における国産生漆による上摺り工程上の効果であることが考えられる。

研究成果の概要（英文）：The correspondence between subjective expression (psychological quantity) and physical information (physical quantity) of the texture of black Roiro lacquer film was examined in relation to the sensitivity evaluation and light reflection characteristics of Roiro finish lacquer film, using Urushi (Asian lacquer), cashew resin paint, and polyurethane resin paint as the coating film and surface polishing used for finishing in the freshly painted finish and black Roiro finish. As a result, in the black Roiro (polished black color) finish, a coating film with low light scattering and a strong sense of blackness was evaluated as "blackness" and "glossiness." The black lacquer coating film in the Roiro finish is assumed to be an effect of the top-sliding process using Japanese Urushi in the lacquer coating process.

研究分野：色彩

キーワード：光反射特性 漆塗膜 カシュー樹脂塗料 ウレタン樹脂塗料 ロイロ仕上げ 質感 棗

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

漆膜の美しさは誰もが認めるところであり、日本的優美さをも醸し出す。その美しさは、塗りたて仕上げのしっとりとした肌合いと呂色仕上げの吸い込まれるような艶やかさに大きく分けることができる。本研究ではこれらの漆膜の美しさについて、その典型として曲面形状の漆膜面を持つ黒漆塗り棗を用い、漆塗膜の感性評価と光反射特性の関係を明らかにする。漆膜の持つ特有の質感の主観的な表現（心理量）と物理的な情報（物理量）との対応について検討を行う。

2. 研究の目的

黒漆塗りの「棗」を対象に物体表面の反射光を計測し、物理計測アプローチ「定量的な反射特性（反射光分布計測データ）」と感性評価アプローチ「人間が感じる視覚的質感」の対応を定量化する手法を開発する。すなわち、定量化された質感をそれぞれの感性情報の要素（色や光沢の深み、高級感等の主観的な表現）ごとに光反射モデルで CG 再現できるシステムを開発するため、黒呂色漆膜の質感の主観的な表現（心理量）と物理的な情報（物理量）との対応について、塗り立て仕上げと黒呂色仕上げにおいて、上塗り塗膜や仕上げに用いる上摺り塗料として、漆、カシュー樹脂塗料、ウレタン樹脂塗料により、呂色仕上げ漆膜の感性評価と光反射特性の関係について検討する。

3. 研究の方法

3-1. 試料の作成

表1 仕上げ塗装～上摺り工程の試料番号

試料 No	仕上げ塗装	上摺り工程
No1	黒漆	国産生漆
No2	黒カシュー樹脂塗料	カシュー樹脂塗料クリア
No3	黒ウレタン樹脂塗料	ウレタン樹脂塗料クリア
No4	黒漆	胴摺りのみ
No5	黒カシュー樹脂塗料	国産生漆
No6	黒ウレタン樹脂塗料	国産生漆

木乾（日華化成有限会社）素地に、錆下地 2 回→塗り各 3 回（黒漆、黒カシュー樹脂塗料、黒ウレタン樹脂塗料）による仕上げ塗装を行った。その後、上摺り工程を 3 回行い呂色仕上げとした。漆仕上げのときは上摺りに国産生漆を用いた場合と胴摺りのみの場合を比較し国産漆上摺りの効果を調べた。また、カシュー樹脂塗料仕上げの

ときは、上摺りにカシュー樹脂塗料クリアと国産生漆を用い、ウレタン樹脂塗料仕上げのときは、上摺りにウレタン樹脂塗料クリアと国産生漆を用いた。

3-2. 視覚評価実験

塗膜に対する感性評価は被験者の塗漆に対する経験年数などによる影響が考えられることから全被験者の評価データを塗漆に対する経験年数から 3 つの群（第 1 群：塗漆歴 12 年～60 年、第 2 群：研修生、第 3 群：第 1 群と第 2 群に属しない人）に分けて行った。仕上げ塗装及び上摺りの異なる工程による試料と仕上げ塗装のみの異なる試料の各 3 試料に対し、視覚評価によって試料間の独立性や試料間の差が認められるのかを明らかにするため、6 つの評価項目別に並べ替えによる順位実験を行い、フリードマンの順位一致性を求めた。次に、仕上げ塗装及び上摺りの異なる工程による試料と仕上げ塗装のみの異なる試料について、シェッフエの一对比較による実験を行い、試料間順位の検定を行った。

3-3. 反射強度分布計測

試料の光反射は視線方向、物体の面方向、照明方向に依存することから光反射計測においては視線方向ベクトル、試料表面の法線ベクトル、照明方向ベクトルの 3 つの幾何情報を計測画像の各画素から得る必要がある。しかし、画像は 2 次元情報になっているため各方向ベクトルを 3 次元情報として推定することが難しい。

本研究では、棗の 3 次元形状を円筒形状と仮定することで上記の問題を解決し、反射光強度分布を解析できるモデルを提案する。画像上の画素の位置（注目点）は円筒形状における円周上の位置と対応させることで各方向ベクトルが推定できる。法線方向は円周上の角度で表現し、この角度はカメラの光軸方向を 0° として θ で示す。また、画像上の試料は円筒周辺部に近づくにつれ解像度が低下するから、照明は試料の反射光強度分布が十分な解像度で計測できる方向のように設置している。

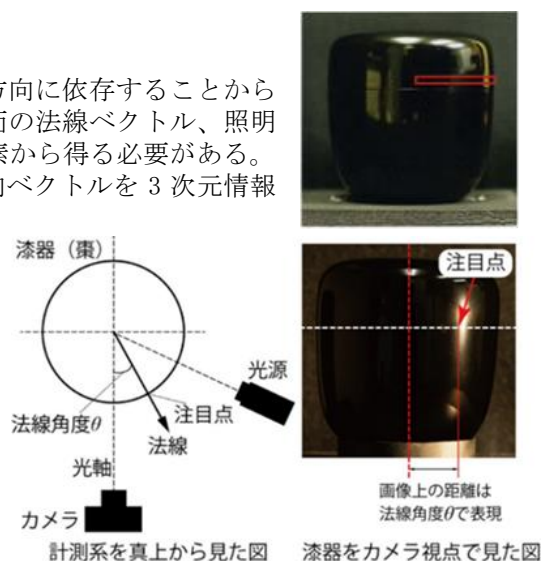


図1 棗における光反射特性計測系

4. 研究成果

4-1. 評価項目による主観評価

6つの評価項目ごとに3つの試料をどのように評価しているのか順に並べる順位結果（平均順位和）とその検定結果を、それぞれ試料群別に表2に示す。仕上げ塗装と上摺り工程を同一塗料で行い呂色仕上げ工程を行った試料（No1、No2、No3：A試料群）に対しては、第1群では「黒み感」としてNo2カシュー樹脂塗料を、第2群ではNo3ウレタン樹脂塗料を1位として評価したものの、「つや感」の評価項目に対しては第1群と第2群ともに、No2カシュー樹脂塗料>No3ウレタン樹脂塗料>No1漆の順に試料間に順位の一貫性が認められた。一方、第3群では順位の一貫性が認められなかった。また、仕上げ塗装が異なり国産生漆で呂色仕上げ工程による試料（No1、No5、No6：B試料群）に対しては、第1群、第2群ともに「黒み感」「つや感」「好き」の項目に対しNo5カシュー樹脂塗料>No1漆>No6ウレタン樹脂塗料の順位となり、試料間の一貫性が認められた。また、第3群では「つや感」の項目で一貫性が認められた。すべての被験者は、A試料群およびB試料群ともに「黒み感」は明るさで、「つや感」は反射（映り込み）に依存するような物理的な判断にて評価されていると考えられる。一方、すべての被験者において「むっくり感」と「あたたかみ感」では共通性が見られず最も評価しにくい項目となった。以上の結果より、第1群や第2群は、物理量と一致しやすい「黒み感」や「つや感」を評価し、これを「深み感」や「好き」に関連付けられる。すなわち、黒呂色仕上げの評価は、黒さや艶さに依存することと考えられる。一方、第3群では、評価の共通性が見られなかった。

表2 評価順位の一貫性の検定

順位和とフリードマンの検定結果（A試料群） 順位和とフリードマンの検定結果（B試料群）

第1群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No2 1.50	No3 1.80	No1 2.70**	
つや感	No2 1.30	No3 2.27	No1 2.43**	
深み感	No2 1.73	No3 1.97	No1 2.30 n.s.	
むっくり感	No3 1.83	No1 1.87	No2 2.30 n.s.	
あたたかみ感	No3 1.73	No1 1.90	No2 2.37*	
好き	No2 1.83	No3 1.87	No1 2.30 n.s.	
第2群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No3 1.63	No2 1.70	No1 2.67**	
つや感	No2 1.40	No3 1.93	No1 2.67**	
深み感	No2 1.87	No3 1.93	No1 2.20 n.s.	
むっくり感	No1 1.93	No3 1.97	No2 2.10 n.s.	
あたたかみ感	No1 1.67	No2 2.10	No3 2.23 n.s.	
好き	No2 1.73	No3 1.83	No1 2.43*	
第3群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No3 1.17	No2 2.17	No1 2.67**	
つや感	No3 1.73	No2 2.00	No1 2.27 n.s.	
深み感	No3 1.53	No2 2.07	No1 2.40**	
むっくり感	No1 1.80	No2 2.10	No3 2.10 n.s.	
あたたかみ感	No1 1.77	No2 1.90	No3 2.33 n.s.	
好き	No3 1.83	No2 1.93	No1 2.23 n.s.	

n.s.: p ≧ 0.05, *: p < 0.05, **: p < 0.01

第1群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No5 1.17	No1 2.10	No6 2.73**	
つや感	No5 1.13	No1 2.00	No6 2.87**	
深み感	No5 1.67	No1 1.93	No6 2.40*	
むっくり感	No1 1.80	No6 1.90	No5 2.30 n.s.	
あたたかみ感	No1 1.73	No6 1.83	No5 2.43*	
好き	No5 1.53	No1 2.03	No6 2.43**	
第2群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No5 1.50	No1 1.97	No6 2.53**	
つや感	No5 1.20	No1 1.93	No6 2.87**	
深み感	No5 1.80	No1 1.90	No6 2.30 n.s.	
むっくり感	No1 1.90	No5 1.97	No6 2.13 n.s.	
あたたかみ感	No1 1.77	No6 2.10	No5 2.13 n.s.	
好き	No5 1.60	No1 1.87	No6 2.53**	
第3群	1位	2位	3位	判定
黒み感	No6 1.83	No5 1.87	No1 2.30 n.s.	
つや感	No5 1.53	No1 1.90	No6 2.57**	
深み感	No6 1.87	No5 1.97	No1 2.17 n.s.	
むっくり感	No1 1.77	No6 2.07	No5 2.17 n.s.	
あたたかみ感	No1 1.53	No5 2.07	No6 2.40**	
好き	No5 1.73	No1 2.10	No6 2.17 n.s.	

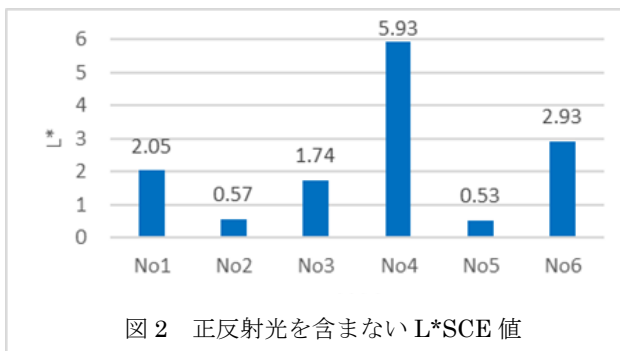
n.s.: p ≧ 0.05, *: p < 0.05, **: p < 0.01

4-2. 一対比較実験による質感順位

A試料群では、第1群と第2群は物理量と一致しやすい「黒み感」や「つや感」を評価し、これを「深み感」や「好き」に関連付けた。すなわち、黒呂色仕上げの評価は、黒さや艶さを評価していると考えられる。また、第3群では、試料に対する特徴が掴めず共通した結果が得られなかった。一方、B試料群において、第1群と第2群は物理量と一致しやすい「黒み感」や「つや感」を評価し、これを「深み感」や「好き」に関連付けていることから、黒呂色仕上げの評価は、黒さや艶さを評価していることと考えられる。特にNo5（黒カシュー樹脂塗料/国産生漆上摺り）を最も評価している。

4-3. 測色値L*と心理量の関係

正反射光を含む L*SCI 値では各試料に明確な差が認められず、正反射光を含まない L*SCE 値の物理量と心理量を検討した。「黒み感」は表面の明るさに依存されると考えられることから、L*SCE 値と心理量「黒み感」に注目したところ、他の項目に比べ、その関連が認められた。すなわち、A 試料群において、L*SCE 値から No2>No3>No1 であり、平均順位では被験者第 1 群が一致し、一対比較実験による質感順位では第 1 群と第 2 群が一致する結果となった。一方、一対比較実験による国産生漆の上摺り効果では、L*SCE 値と「黒み感」の関連は認められた。漆仕上げに上摺りの国産生漆を用いた場合と胴刷りのみの場合を比較 (No1 と No4) に対し、物理量の L*SCE 値が No1 <No4 であり、すべての被験者群において心理量の「黒み感」では No1>No4 と整合性が認められた。また、上摺りにウレタン樹脂塗料クリアと国産生漆 (No3 と No6) の試料についても、物理量の L*SCE 値が No3<No6 であり、第 1 群と第 2 群においては、心理量の「黒み感」では No3>No6 と整合性が認められた。



4-4. 反射特性計測による画素値と心理量の関係

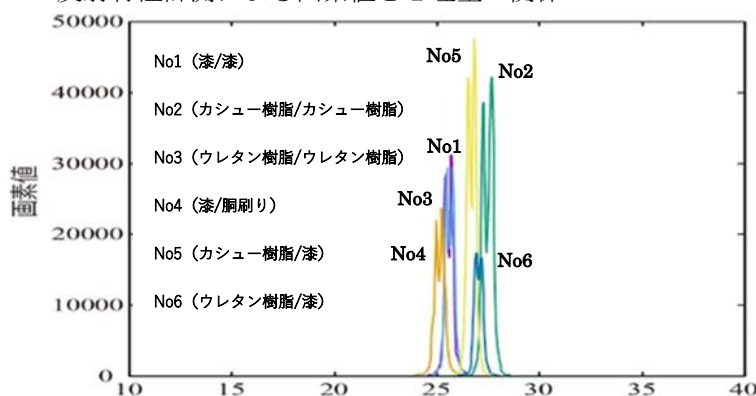


図 3 反射光強度分布の計測結果 (画素値)

本実験の計測画像上の試料は、円筒周辺部に近づくにつれ解像度が低下する。そこで照明はカメラ機器と接触しない範囲で、反射光強度分布が十分な解像度で計測できる方向になるように設置する必要があるため、照明角度は 50° となるようにした。A 試料群において、「黒み感」や「つや感」が評価された No2 のカシュー樹脂系黒棗は他の 2 試料に比較して画素値が大きい。

一方、B 試料群においても、「黒み感」や「つや感」が評価された No5 のカシュー樹脂塗料黒に国産漆上摺りの黒棗が他の 2 試料に比較して画素値が大きい。また、黒漆膜の艶消し～半艶塗り立て仕上げの反射特性から考えると、黒塗膜における反射特性計測では、より小さい法線角度でハイライトピークが発生していること、また曲線の裾野が狭いことも、「黒み感」や「つや感」に対し評価されることと考えられたが、これについては明確な結果が得られず、本研究では小さい法線角度でハイライトピークが発生していること、また曲線の裾野が狭いこと、さらにはピークの画素値が大きいことの 3 要素を合わせてヒトは総合的に評価していると考えられる。その結果、画素値が大きい No2 と No5 に対し評価され、他の要因は評価のばらつきに繋がったと考える。一方、一対比較実験による国産生漆の上摺り効果について、漆仕上げの上摺りに国産生漆を用いた場合と胴刷りのみの場合 (No1 と No4) 及びカシュー樹脂塗料仕上げの上摺りにカシュー樹脂塗料クリアと国産生漆を用いた場合 (No2 と No5) では、国産漆による上摺り効果が発揮され、心理量の「黒み感」や「つや感」では No1>No4、No5>No2 となった。これらの結果は、画素値の大きさと関連付けられる。また、上摺りにウレタン樹脂塗料クリアと国産生漆 (No3 と No6) を用いた試料に対し、同じく画素値が大きい No3 が No6 より評価されている。これは前者の 2 例と異なり、上摺りに国産漆よりウレタン樹脂塗料クリアを用いた方が評価される結果となった。上摺り塗料は伸びが良く、作業中に溶剤の揮発や硬化反応が発生せず粘度が上昇しない方がよい。その結果が心理量の「黒み感」や「つや感」の No1>No4、No5>No2 となったと考えられる。しかし No3 と No6 では異なった。一般的にウレタン樹脂塗料において、主剤の-OH 基と硬化剤の-NCO 基が反応しウレタン結合を作って硬化反応が進む。一方、上摺りに使用した国産生漆は約 25%前後の水分を含む。今回は仕上げ塗装後上摺り工程までの時間が十分でなかったため、この水分とウレタン樹脂塗料の未反応の-NCO 残基が反応し炭酸ガスが微小泡として発生、さらには漆の主成分であるウルシオール-OH 基 (ウルシオール 1 分子に 2 個の-OH 基) との反応などが複雑に発生し、測色における L*SCE 値が No3<No6、また画素値が No3>No6 となり、これらの物理量が感応評価に現れたことと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 李元貞、田中法博、望月宏祐、大藪泰	4. 巻 19
2. 論文標題 漆塗膜の感性評価と光反射特性の関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本感性工学会	6. 最初と最後の頁 127-134
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 望月宏祐（長野大学）、李元貞（畿央大学）、大藪 泰
2. 発表標題 漆器の画像計測と光反射特性推定
3. 学会等名 計測自動制御学会中部支部シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

なし

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	望月 宏祐 (MOCHIZUKI KOSUKE) (30760326)	長野大学・企業情報学部・准教授 (23602)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	大藪 泰 (Oyabu Hiroshi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関