

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：34605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350057

研究課題名(和文) 光反射モデルに基づいた黒漆の質感の定量化と3DCG再現

研究課題名(英文) Quantification of texture of black lacquer based on light reflection model 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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：黒漆と黒合成樹脂を用い、それらの間にはどのような質感の違いがあるのかを明らかにした。漆とカシュー、ポリウレタンなどの漆類似合成樹脂との比較から、塗作業に関わる職人が見た質感評価と表面反射特性との関係について検討した。「深み感」「むっくり感」「あたたかみ感」「好き」「黒み感」「つや感」の質感評価項目に対する試料の順位実験から経験による被験者群間での質感評価の違いと関係について明らかにした。漆に最も類似した質感の材料は、カシュー磨き試料であり、光学的反射特性も他の試料と比較して類似性が高い。しかし、漆は最も複雑な反射特性を有する。漆工程における塗漆器形成の複雑さに起因することが推定された。

研究成果の概要(英文)： The purpose of this research is to investigate the visual texture differences between the surfaces coated black glossy Natsume tea caddy by Urushi (Japanese lacquer) and various synthetic resins such as cashew and polyurethane. Ranking examination on the test pieces were studied by three groups of subjects skilled in Urushi experience using six words on texture ; "Fukami", "Mukkuri", "Warm", "Blackness", "Glossy" and "like". The characteristics of light reflection on the test surfaces were measured using spectral photometer and glossmeter on the various conditions of incident/receive light angles. The relations between texture and light reflection were discussed. Urushi was also examined the most complicated reflection. It might be caused by complex ingredients and coating process of the Urushi.

研究分野：色彩

キーワード：漆器 光反射特性 質感 視覚的效果 カシュー ウレタン 漆職人

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトが物を見るためには、物体表面の反射光とそれを受ける人間の視覚系が対象を認識する必要がある。人の視覚はごく微妙な物体の反射特性の違いを認識できるが、そのわずかな違いが感覚的な大きな価値の違いを生む。その反射特性の違いは光沢や陰影等に表れる。「漆」はまさにその典型的な存在であるが、実際に「漆」と「合成塗料」の反射光分布の違いを定量的に計測しても、その違いはごく僅かではない。しかし、人は「合成塗料」よりも「漆」の方に高い価値を感じ、たとえば、「色や光沢の深みが違う」といった言葉を使って視覚的な価値の違いを表現する。このように絶対的な計測値の差異と人の感覚的な差異の大きさの違いは、文化財等を映像やデジタルデータとして記録するときに深刻な問題となる。記録した情報が、このようなわずかな「感覚的な違い」を適切に表現できないため、人はその記録情報に対して不十分さを感じてしまう。文化財をよく理解している絵師が描いた絵が、写真よりも適切にその文化財を表現していると言われるのは、こういった感覚的な微妙な違いや価値をよく理解し、必要な部分を強調したり、不要な部分を省略したりしているからだと言われている。

今のところ、物体表面の微妙な反射特性の違いについて、定量データと人間が感じる感覚的な刺激とを対応させ、どの部分に人間が高い価値を感じるかを示した研究は見当たらない。その理由は人間が感じる微細な反射光の違いを定量的に計測するには、従来の定点型の計測法では複雑かつ微細な陰影や光沢の分布形状を定量的に計測することができないため、それらを感性評価に結び付けることができなかつたからである。人が感じる反射光の微妙な違いを調べるには、少なくとも物体表面上の1平方mm未満の空間解像度の微小な領域を対象に、光沢や陰影の空間的な広がりを含めた情報を計測しなければならない。以上の課題に対して、これまで我々は人の肌や美術品などの複雑な反射特性を定量的に計測するためのシステムを開発し、人間の肌のような微細な反射特性や物体表面を構成する様々な材質の空間分布までも定量的に計測できるようになった。このような計測結果は数値データとして使用できるため、たとえば、その質感をコンピュータグラフィックス(CG)として任意の視点・照明下で可視化することが可能となった。

## 2. 研究の目的

茶器の一種で、抹茶を入れる木製漆塗りの蓋物容器である「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「光反射モデル」に基づき定量化する手法を開発する。従来の光反射モデル

を拡張し、定量的な感性評価を行うための心理物理モデルとしての「光反射モデル」を開発する。この新たな「光反射モデル」は、物理パラメータに加えて、感性評価値をモデルパラメータとして持つ。このモデルパラメータは「光沢の深み」や「高い質感」等と呼ばれている主観的な表現を物理的な情報に直接対応させる。定量化された質感をそれぞれの要素ごとにCG再現するシステムを開発し、質感が適切に定量化されているかを視覚実験で確認することを本研究の最終目的としている。

## 3. 研究の方法

3-1. 試料作成：仕上げ工程による表面特性と質感との関係を明らかにするため、以下の工程を行った。

刷毛塗り試料：木乾(日華化成有限会社)を用い、サビ2回 中塗り2回(黒漆) 上塗り工程として漆、カシュー、ウレタンによる刷毛塗り仕上げ。

吹き付け試料：木乾(日華化成有限会社)を用い、サビ2回 中塗り2回(黒漆) 上塗り工程として漆、カシュー、ウレタンによる吹き付けの塗装仕上げ。

3-2. 視覚評価実験

3-2-1 視覚評価者(被験者)

第1群：塗漆歴12年~50年の漆工芸の専門家30名(男性20名、女性10名)

第2群：漆職人を旨とする京都市工業試験場研修生、漆工芸を専攻する京都市立芸術大学在学学生30名(男性5名、女性25名)

第3群：1群と2群に属しない一般人30名(男性14名、女性16名)

3-2-2. 評価項目

以前の質感評価研究<sup>1)2)</sup>に用いた評価尺度を参考に、「深み感」「むっくり感」「あたたかみ感」「黒み感」「つや感」「好み」の6つの評価尺度に注目し用いた。

3-2-3. 評価方法

刷毛塗り仕上げ試料3つ、吹き付け仕上げ試料3つに対し、それぞれの試料間の違いについて視感評価によって試料間に独立性が成り立つのかどうか、試料間に差が見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の検定を行った。次に、フリードマンの一致性の検定結果が $>0.05$ 以上で有意と検定された(試料間の違いを順位付けることができる)と判断された)試料と評価項目について、シェッフェの対比較による実験を行い、試料間の順位を推定し、検定を行った。対比較の方法は全試料をランダムに見せ、左の試料を基準として右側の試料について-3~+3の7段階上のスケールに該当する場所に○をつけてもらう方法で一人の被験者が一対ずつ(3試料の組み合わせ $3 \times$ 左右逆転2)計6回の比較評価を行った(浦の変法)。評価実験は、日常的に漆に接している作業場、研修室など昼間の蛍光灯の下に

において、被験者が試料を手にとって自由に見てもらう方法を採用した。

### 3-3. 試料の表面反射特性の測定

被験者が試料に対する微妙な色の変化をどのようにとらえるのかを明らかにするため、分光測色 KONICA MINOLTA CM-700d により計測した。拡散照明・8°方向受光、測定波長範囲：400nm～700nmである。

### 3-4. 試料の光反射特性計測系

デジタルカメラ Nikon D810(3,675万画素、14bit ダイナミックレンジ)、AF-S VR Micro-Nikkor 105mm f/2.8G IF-ED、光源はスライドプロジェクタ CABIN CS-15)を用いた。

## 4. 研究成果

### 4-1. 形容詞尺度による主観評価

6つの評価項目ごとに3つの試料をどのようにみているのか順に並べてもらった順位結果と、その検定結果をそれぞれ被験者別に表1、表2に示す。表から明らかになったように、刷毛塗り試料と吹き付け試料に対しては、第1群と第2群において「深み感」「つや感」「むっくり感」「あたたかみ感」の各項目に対しては被験者間において、試料間に順位の一貫性が認められ、被験者は何らかの視覚情報から順位判断しているという結果が得られた。一方、第3群では「黒み感」と「つや感」に対し順位の一貫性が認められ、第1群および第2群とは異なった結果が得られた。表1 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(第1群)

刷毛塗り	漆	カシュー	ウレタン	$\alpha > 0.05$
黒み感	2.83	2.00	1.17	*
つや感	3.00	1.97	1.03	*
深み感	2.23	1.63	2.13	
むっくり感	1.63	1.80	2.57	*
あたたかみ感	1.63	1.70	2.67	*
好き	1.90	1.53	2.57	*

吹き付け	漆	カシュー	ウレタン	$\alpha > 0.05$
黒み感	2.47	1.37	2.17	*
つや感	1.87	1.30	2.83	*
深み感	1.87	1.97	2.17	
むっくり感	1.67	2.43	1.90	*
あたたかみ感	1.67	2.47	1.87	*
好き	1.70	2.27	2.03	

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(第2群)

吹き付け	漆	カシュー	ウレタン	$\alpha > 0.05$
黒み感	2.37	1.40	2.23	*
つや感	1.77	1.30	2.93	*
深み感	1.80	1.97	2.23	
むっくり感	1.90	2.43	1.67	*
あたたかみ感	1.80	2.37	1.83	*
好き	1.70	2.13	2.17	

刷毛塗り	漆	カシュー	ウレタン	$\alpha > 0.05$
黒み感	2.50	2.00	1.50	*
つや感	2.87	1.97	1.17	*
深み感	2.10	1.53	2.37	*
むっくり感	1.40	1.77	2.83	*
あたたかみ感	1.73	1.63	2.63	*
好き	1.93	1.63	2.43	

4-2. 一対比較実験による試料の質感順位  
3つの試料間をより詳細に検討するため、一対比較実験を行った。順位付けに用いた6つの評価項目を用い、Scheffeの一対比較法を行った。評価結果の得点を刷毛塗り試料と吹き付け試料のそれぞれ分散分析した結果を表3、表4に示す。第1群の評価では「黒み感」「つや感」「むっくり感」「あたたかみ感」の評価項目に対しては、主効果1%の高い水準で有意と認められた。いずれにしても、漆職人は試料間の違いを識別していること、また主効果と被験者(個人)間の相互作用が認められたという結果に対応している。長年の経験による視点は第2群、第3群の評価とは異なる結果となった。

表3 分散分析表(刷毛塗り試料)

黒み感		刷毛塗り			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	172.23	2	86.12	**	
主効果×個人	77.77	58	1.34	**	
組み合わせ効果	6.05	1	6.05	**	
順序効果	0.45	1	0.45		
順序×個人	13.72	29	0.47		
誤差	28.78	89	0.32		
総平方和	299	180			

つや感		刷毛塗り			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	304.54	2	152.27	**	
主効果×個人	67.79	58	1.17	**	
組み合わせ効果	7.61	1	7.61	**	
順序効果	0.05	1	0.05		
順序×個人	25.12	29	0.87	**	
誤差	31.89	89	0.36		
総平方和	437	180			

むっくり感		刷毛塗り			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	20.68	2	10.34	**	
主効果×個人	145.32	58	2.51	**	
組み合わせ効果	0.14	1	0.14		
順序効果	3.47	1	3.47	*	
順序×個人	19.03	29	0.66		
誤差	54.36	89	0.61		
総平方和	243	180			

あたたかみ感		刷毛塗り			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	24.68	2	12.34	**	
主効果×個人	172.99	58	2.98	**	
組み合わせ効果	0.56	1	0.56		
順序効果	1.80	1	1.80		
順序×個人	17.53	29	0.60		
誤差	44.44	89	0.50		
総平方和	262	180			

表4 分散分析表(吹き付け試料)

黒み感		吹き付け			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	56.54	2	28.27	**	
主効果×個人	108.79	58	1.88	**	
組み合わせ効果	0.67	1	0.67		
順序効果	0.67	1	0.67		
順序×個人	21.83	29	0.75		
誤差	40.49	89	0.45		
総平方和	229	180			

つや感		吹き付け			
要因	平方和	自由度	不偏分散	F	
主効果	155.20	2	77.60	**	
主効果×個人	102.13	58	1.76	**	
組み合わせ効果	0.45	1	0.45		
順序効果	4.67	1	4.67	**	
順序×個人	20.16	29	0.70		
誤差	52.38	89	0.59		
総平方和	335	180			

むっくり態 吹き付け				
要因	平方和	自由度	不偏分散	F
主効果	22.01	2	11.01	**
主効果×個人	108.66	58	1.87	**
組み合わせ効果	0.27	1	0.27	
順序効果	0.94	1	0.94	
順序×個人	21.89	29	0.75	
誤差	45.23	89	0.51	
総平方和	199	180		

あたたかみ態 吹き付け				
要因	平方和	自由度	不偏分散	F
主効果	16.58	2	8.29	**
主効果×個人	127.42	58	2.20	**
組み合わせ効果	0.09	1	0.09	
順序効果	6.42	1	6.42	
順序×個人	26.24	29	0.90	
誤差	49.24	89	0.55	
総平方和	226	180		

#### 4-3. 試料の表面反射特性の測定結果

素表面における色の波長成分（反射率）を JIS Z 8722 条件 c に基づき、拡散照明・8° 方向受光により SCI(正反射光含む) / SCE(正反射光除去)で示す。いずれにしても、刷毛塗り漆試料で分光拡散反射率が最も高く、やや青みを帯びている結果となった。

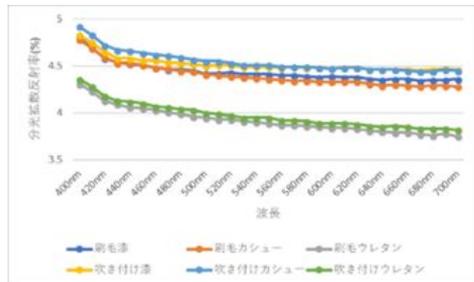


図1 分光拡散反射率（正反射光を含む SCI）

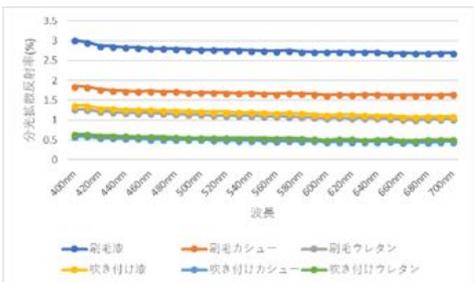


図2 分光拡散反射率（正反射光除去 SCE）

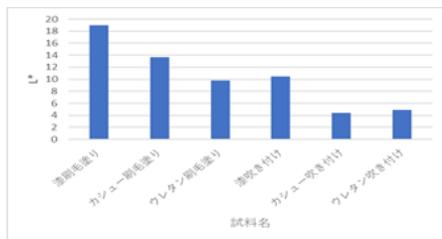


図3 正反射光を含まない SCE の L\* 値

#### 4-4. 試料の光反射特性計測系

素を計測対象とし、一部を円筒形状と仮定して画像情報のみから漆、カシュー、ウレタンの光反射特性を推定した。図5の刷毛塗り試料では漆試料で画素値が低く、カシューと対照的であったが、図6の吹き付け試料においては3つの試料で似たような結果となった。漆刷毛塗り試料が他の試料と比べ波形が鋭い。

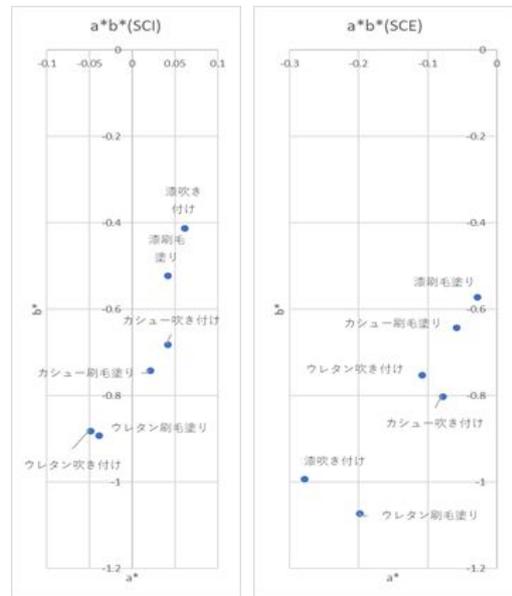


図4 試料表面色の a\*b\* 色度点の変化( SCI と SCE )

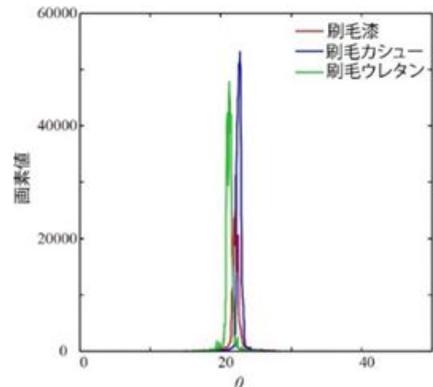


図5 刷毛塗り試料における反射特性の画素値

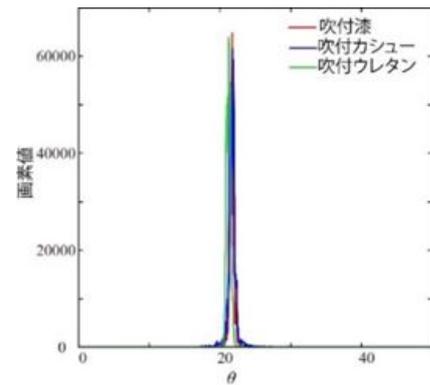


図6 吹き付け試料における反射特性の画素値

#### 引用文献

- 1) 阿佐見徹：漆塗膜の美しさについて - 漆膜の質感 -、第3回木材塗装ゼミナール、1992、pp47-56
- 2) 阿佐見徹、大藪泰：漆塗膜の表面特性に関する研究、京工試研究報告、No.19、1991、pp47-56

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

望月宏祐、足立優奈、田中法博、李元貞：

文化財を構成する漆材の反射特性計測、日本デザイン学会デザイン学研究特集号、第24巻3号、2017、pp38-43

〔学会発表〕(計 1件)

足立優奈、望月宏祐、田中法博、李元貞：  
光反射特性計測に基づいた漆器の3DCG再現、日本デザイン学会春季大会概要集、2016、pp166-167

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

李元貞 (LEE, Wonjong)  
畿央大学・健康科学部・准教授  
研究者番号：50388906

### (2)研究分担者

田中法博 (TANAKA, Norihiro)  
長野大学・業情報学部 教授  
研究者番号：90387415

### (3)連携研究者

( )

研究者番号：

### (4)研究協力者

大藪泰 (OHYABU, Hiroshi)