

木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性に関する研究

藤川真樹^{†1} 淵真悟^{†2}

概要: 本論文では、漆器の真正性を検証でき、個々の漆器の識別を可能にするために、漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性を探求する。上記の可能性を検討するにあたり、著者らは1つのモデル手法を使用する。当該手法では、光学特性をもつ微粒子を混合させた漆を素地に複数回塗布するが、これによって漆の塗膜中にランダムな特徴情報を形成する。形成された特徴情報は撮影という非接触な方法により取得できるため、特徴情報の抽出時に漆器を破損・汚損するリスクが低い。モデル手法を用いた実験では、ガラス蛍光体粉末を混ぜ合わせた透漆を木製基材に塗布したサンプルを作製した。そして、励起光が照射されているサンプルの赤外線画像を撮影したところ、ランダム性をもち、塗布回数によって赤外線の発光強度が異なる特徴情報を抽出できることを確認した。

キーワード: 木製漆器, 人工物メトリクス, ガラス蛍光体, 光励起

Study of the Application Feasibility of Artifact-metrics technology to Fine Wooden Lacquerware

MASAKI FUJIKAWA^{†1} SHINGO FUCHI^{†2}

Abstract: In this paper, we explore the application possibility of the artifact-metrics for fine wooden lacquerware in order to authenticate and identify each product. We use a model method to consider the said possibility. In this method, the wooden base material is coated several times by the lacquer liquid which contains fine particle with optical characteristics so that the random characteristic information is formed in the lacquer coated film. The risk to impair/scratch the surface of fine wooden lacquerware during the extraction of the characteristic information from it is low as the said information can be obtained in contactless by photo shooting. In our experiment with the model method, we made samples of lacquerware to coat the wooden base lacquerware by clear lacquer liquid mixed with the fine glass phosphor powder. We shot infrared images from each sample by optical excitation and found the fact that the extracted each characteristic information has randomness and differed in the intensity of the infrared light emission caused by the number of lacquer coating.

Keywords: Fine wooden lacquerware, Artifact-metrics, Glass phosphor, Optical excitation

1. はじめに

1.1 背景と目的

日常生活で使用される器物のうち、意匠や美しさが重要視され、知的・美的趣味として用いられることがあり、コストをかけて製作されるものを工芸品と呼び、その一例として染織物、陶磁器、金工品、木工品などがある。とりわけ、名高い工房や作家、有名な産地によって製作された工芸品は人気が高く、高い値段で取引される。

市場には、工芸品の外観や質感を模した商品（模造品）が存在し、手頃な値段で取引されている。模造品は安価な材料を用いて低コストに製造されるが、一見しただけでは工芸品との違いが分かりにくいことがある。このため、工芸品と称した模造品が工芸品と同等の値段で販売されることがあり、消費者が金銭的・精神的なダメージを受けるケースが報告されている[1]。

工芸品である漆器についても、これを模した手頃な値段

の漆器（合成漆器）が販売されている。家庭用品品質表示法[2]によると、漆器は「漆器」と「合成漆器」の2つに分類される。「漆器」は素地に天然漆を塗布したもので、「合成漆器」は素地に天然漆以外の塗料（合成樹脂塗料）を塗布したものである。さらに、素地と塗料に何を使用したかによって表1のように分類される。

表1 漆器の詳細分類

Table 1 Fine classification of lacquerware.

名称	概要
木製漆器	天然木の素地に天然漆を塗布したもので、工芸品に指定される。
樹脂製品合成漆器	木粉や合成樹脂を使って成形した素地に天然漆以外の塗料を塗布したものである。
異種積層合成漆器	素地の材質は問わない。素地に、天然漆以外の複数の塗料を塗布したものである。
異種積層漆仕上げ合成漆器	素地の材質は問わない。製造段階では天然漆以外の塗料が素地に塗布されているが、仕上げに天然漆を塗布したものである。

^{†1} 総合警備保障株式会社
ALSOK

^{†2} 青山学院大学
Aoyama Gakuin University

木製漆器は、天然木を使って成形した素地に天然漆が塗布された器物を指す。合成漆器は、木製漆器と同様に漆器というカテゴリに含まれるが安価な材料を用いて低コストに製造されており、木粉や合成樹脂を使って成形した素地に合成樹脂塗料が塗布されている。表1によれば、工芸品に指定される木製漆器以外のものが合成漆器に該当する。

合成漆器の販売は、木製漆器ではないことを明示すれば問題ない。しかし、外観からは木製漆器との違いが明確ではないため、漆器に関する目利きの能力が低く、合成漆器が木製漆器と称されて販売されている場合[3]には、冒頭で述べたようなダメージを消費者が受ける可能性が高い。

一般的に木製漆器は、黒や朱の顔料を含む天然漆で素地がコーティングされているが、顔料を含まない天然漆^aでコーティングされているものがある。このような漆器の場合、素地がもつ木目は漆器ごとに異なり、外観から木目を観測できるため、バイオメトリクス認証^bのように、個々の漆器について木製漆器か否か（真正性）を機械的に判定できるように思われる。たとえば、木製漆器の出荷前に、当該漆器の特定箇所を撮影した画像（登録画像）を安全なデータベースに格納する。真正性を検証するときには、対象の漆器の特定箇所を撮影した画像と登録画像とを比較し、一致度合いが高いときに木製漆器であると判定する。

しかしこの方法は、外観から木目が観測できない木製漆器には適用できない。また、市場には木工品の木目をコピーした偽造品^cが存在する[4,5]ため、木製漆器がもつ木目を偽造した素地を使って合成漆器が製造された場合、木製漆器であると誤って判断する可能性がある。

消費者が、合成漆器を木製漆器と誤認して購入することを防ぐためには、流過程において合成漆器と木製漆器を機械的に識別できる技術が必要であると著者は考える。さらに、バイオメトリクスのように、個々の木製漆器の違いを機械的に識別できれば、木製漆器の製造日や製造番号、作家・工房を特定できるため、消費者は価値の高い木製漆器を安心して購入できる。

そこで本論文では、漆器の真正性（木製漆器であるか否か）を検証でき、個々の木製漆器の識別を可能にするために、木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性について研究し、その結果を紹介する。本論文では、以下のながれで論述を展開する。第2章では、漆器に関する基本的な情報と本論文の前提条件を述べる。第3章では、木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性を探るために使用するモデル手法を紹介する。第4章と第5章で実験の内容とその結果を考察し、第6章で本論文を総括する。

a 透漆（すきうるし）と呼ばれ、鉛色をした透明な天然漆を指す。一方、顔料を含む天然漆は彩漆（いろうるし）と呼ばれる。

b 生体認証とも呼ばれ、指紋や虹彩、声紋などの身体的特徴を使って本人確認を行う認証方式のこと。

c 木工品の偽造品は、木工品の木目をスキャンし、木目を印刷した紙を合板に貼り付けることで製作される。

1.2 関連研究（人工物メトリクス）

人工物メトリクスとは、人工物の製造過程で偶発的に形成される特徴情報を用いて人工物を認証する技術[6]であり、バイオメトリクス認証のように、事前に登録されている特徴情報と、計測器が読み取った特徴情報とのマッチングにより一致度合いを判定する。人工物メトリクスを実装したものを「人工物メトリック・システム」という（図1参照）。当該システムでは、事前に人工物の特徴情報を読み取って参照データを生成し、データベースに保存する。人工物を認証する際には、対象となる人工物から特徴情報を読み取り、参照データとの一致度合いを判定して認証結果を出力する。なお、人工物メトリック・システムはセキュアであり、悪意のある人によって変更が加えられたり参照データが漏洩したりすることはない。

微視的に見ると、個々の人工物の特徴情報はすべて異なるがその抽出は容易ではない。マイクロスコップを使って特徴情報を捉えることは可能だが、撮影範囲は微小^dであるため「登録時の撮影領域」と「認証時の撮影領域」を特定するのに時間がかかる。このため人工物メトリクスでは、人工物の製造過程で有機または無機材料を添加し、材料がもつ光学特性、磁気特性、電気特性、振動特性を計測器により抽出したあと、これを特徴情報として人工物を認証する[6]。

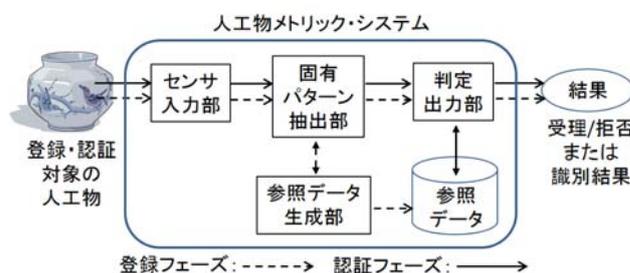


図1 人工物メトリック・システムの基本構成

Figure 1 Schematic diagram of artifact-metrics system.

1.3 関連研究（陶磁器への人工物メトリクスの適用）

著者は、工芸品のひとつである陶磁器に着目し、人工物メトリクスを用いて個々の陶磁器の認証を可能にする技術を提案している[7]。この技術では、はじめに、光励起によって近赤外線を発光する透明なガラス蛍光体を粉末にしたものを釉薬や絵の具に混ぜて陶磁器に塗布し、炉内（1,200～1,300度）で当該粉末を陶磁器に溶着させる。次に、炉内で自然偶発的に形成されたガラス蛍光体粒子の大きさや厚さを特徴情報として採用する。この情報は、陶磁器表面に励起光を照射した際に、光励起によって発光する赤外線の強度を赤外線カメラで撮影すること（画像化する

d マイクロスコップの場合、実視野（mm）はCCDカメラの撮像素子の大きさ（縦×横）÷対物レンズの倍率で算出できる。たとえば、1/2インチCCDカメラと10倍レンズを用いたマイクロスコップの場合、実視野は0.48×0.64（mm）である。

こと)で抽出できる。これにより個々の陶磁器は、登録時の画像と認証時の画像を比較することで認証できる。

木製漆器は常温環境下で製造されるため、上記の方法を使って特徴情報を自然偶発的に形成させることはできない。このため本論文では、木製漆器に適した特徴情報の形成方法とその抽出方法を、1つのモデル手法として使用する。

2. 基本情報と前提条件

本章では、漆器に関する基本的な情報と本論文の前提条件を述べる。

2.1 基本情報(木製漆器の製造工程とその特徴)

木製漆器の製造工程は、作家や工房・産地によって異なるが、基本的には6つの工程から構成されている(表2参照)。中塗りと研磨を数回繰り返すことで、漆がもつ色と光沢が増す。図2は、透漆^eの塗布回数を変えた予備実験の結果を示したものである。塗布回数が増えると、透漆の色艶が増していることがわかる。

漆によって形成される塗膜は、酸、アルカリ、塩分、アルコールに強いため食器や装飾品に用いられるが、紫外線に弱いので屋外に放置することは避けなければならない。

表2 木製漆器の製造工程

Table 2 Manufacturing process of lacquerware.

No.	内容
1	【素地調整】きめの粗いサンドペーパーを使って素地を磨く。
2	【下塗り】素地に漆を塗布する。湿度の高い場所に入れて漆を硬化させる ^f 。木綿布を使って表面を磨く。
3	【研磨】きめの細かいサンドペーパーを使って表面を磨く。
4	【中塗り】2と同じ。
5	【研磨】3と同じ。
6	【上塗り】2と同じ。



図2 塗布回数の比較

Figure 2 Comparison of the number of coating.

^e 漆の木から採取した樹液を精製したものであり、図2で示したように透明な鉛色を呈している。透漆に鉄粉を加えると漆が酸化して黒色を呈する。これを黒漆(くろうるし)と呼ぶ。一方、透漆に朱色などの顔料を加えたものを彩漆と呼ぶ。

^f 木製漆器と合成漆器の違いのひとつに、塗料の乾燥概念の違いが挙げられる。合成樹脂塗料は水分が蒸発することで塗膜を形成するが、漆は水分を吸収することで硬化し塗膜を形成する。

2.2 本論文の前提条件

本論文では、議論の範囲を明確にするために以下の前提条件を設ける。

条件1: 本論文では、表2に示すNo.2, No.4, No.6の工程で透漆を使用する。これは、特徴情報を形成するために添加する材料が、透明性をもつ透漆の色や光沢にどの程度影響を与えるのかが目視で確認しやすいためである。つまり、本論文では彩漆と黒漆を使った漆器は議論の対象外である。

条件2: 本論文では、下塗り1回、中塗り3回、上塗り1回と設定し、透漆を合計5回塗布する。これは、著者らが複数の木製漆器工房に対してインタビューを行ったところ、推奨する中塗りの回数が3回であったためである。なお、本論文では人工物メトリクスの適用可能性を確認することが目的であるため、研磨の工程を省略する。

3. 木製漆器向け人工物メトリクスのモデル手法

本章では、1つのモデル手法を用いることにより、木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性を探る。

3.1 モデル手法

著者らが用いるモデル手法は、素地に対して漆が複数回塗布されることと、木製漆器の装飾技法である蒔絵(まきえ)^gからヒントを得た手法であり、発光微粒子を混合させた漆を素地に複数回塗布することで、特徴情報を積層のかつランダムに形成できる。上記の微粒子にはガラス蛍光体(図3参照)の粉末を使用するため、光励起により上記の粉末が近赤外線(ピーク波長1,000nm)を発光する様子を赤外線カメラによって撮影することで、積層のかつランダムに形成された特徴情報を非接触で抽出できる。

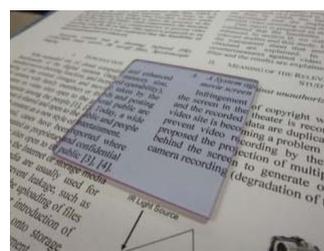


図3 板状に成形したガラス蛍光体

Figure 3 Glass phosphor as a plate.

上記手法のメリットを以下に示す。

- 特徴情報が積層のかつランダムに形成されるため、木製漆器の特定の面について角度を変えながら近赤外線の発光の様子を撮影したときに、発光の様子がすべて異なる画像を得ることができる。これは、個々の木製漆器の唯一性を高め、登録時と検証時に抽出した特

^g 漆を塗布したあと、これが硬化しないうちに金や銀などの金属粉を接着することで漆器に華やかさを加えたり、図柄を形成したりする技術である。

微情報に強い相関を見出すことができるhとともに、木製漆器のクローンを製造することを困難にする効果がある(3.2節参照)。

- 励起光に近赤外線を使用するため、紫外線のように漆の塗膜を劣化させることがない。また、特徴情報を非接触で抽出できるため、傷損・汚損・破損によって品質を損なうことがない。さらに、ガラス蛍光体は、人体や環境に影響を与えるリスクが低い安全な材料である[7]。
- 木製漆器の各製造工程は専門の職人が担当することから、職人に対して追加的な作業を求めることは好ましくない。提案方法は、特徴情報の形成および抽出に関していえば製造工程に変更が発生しないため、職人に追加的な作業を求めない。
- モデル手法は、励起光によって材料が赤外線を発光している様子を観測する手法である。このため、本論文の付録1で示した他の手法のように、人工物に光を照射した際に観測される照射光の反射成分や透過成分を利用しない点が大きく異なる。

3.2 クローン製造の困難性

光励起されたガラス蛍光体粒子は近赤外線を発光するが、空気とガラス蛍光体との屈折率の違いによって、粒子から赤外線が出るパスは3つ存在する(図4では粒子を丸く表現しているが、実際にはランダムな凹凸をもつ形状が観測される。また、粒子は3つのうちのひとつまたはそれぞれを組み合わせたパスをもつ)。

- (1) 粒子の界面で屈折することなしに粒子から出るパス
- (2) 粒子の界面で屈折したあとに粒子から出るパス
- (3) 粒子の界面で屈折を続けることで粒子から出ないパス

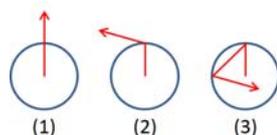


図4 赤外線のパス

Figure 4 Infrared light pass.

粒子は、漆の塗り重ねによって積層的かつランダムに配置されるため、赤外線カメラによって得られる赤外線の画像は角度によって異なる。このため、木製漆器を入手し、赤外線が発光している様子を複数の角度から撮影したあと、得られた画像を参照しながら粒子を合成漆器に付着させるというクローン製造方法を用いたとしても、得られた画像と完全に一致するように光のパスを考慮しながら、平均粒径が数 μm の粒子のひとつひとつを操作して合成漆器の表面に付着させることは物理的に困難である。

h 撮影条件が多少変化したとしても、登録時に抽出した特徴情報と検証時に抽出した特徴情報との間に強い相関があれば、個々の人工物の識別が可能となる。ここでは、強い相関として、撮影する角度によって発光強度分布が異なること[7]を利用する。

例として、偽造者は3次元空間のZ軸方向にのみ赤外線を発光させ、その強弱を制御したいと考えていると仮定する。この場合、図4(1)に示すような光のパスをもつ粒子を探し出し、図5(左)に示すようにZ軸方向に粒子を積み重ねていくことで、赤外線の発光の強弱を制御できるように思われる。確かに、Z軸の下位に位置する粒子から出た赤外線は、その上位に位置する粒子を透過してZ軸方向に進むが、図5(右)に示すようにその量は一部に留まり、残りの赤外線は上位に位置する粒子の表面で反射または屈折するため、Z軸方向以外にも赤外線が放射される。実際には、「粒子中を赤外線が透過する割合」や「粒子表面における反射または屈折の度合い」は粒子ごとにすべて異なるため、積み重ねる粒子の位置や個数を調整しても偽造者の目的を達成することはできない。

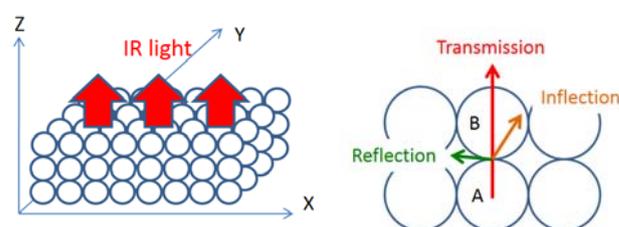


図5 (左) Z軸方向への発光の試み。

(右) 赤外線の透過・反射・屈折

Figure 5 (Left) Approach of IR emission to Z axis.

(Right) Transmission, reflection and inflection of IR.

4. 実験

本章では、木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性を探るために、3章で紹介したモデル手法を用いた基礎的な実験を行う。

4.1 実験1(特徴情報の形成)

はじめに、乳鉢と乳棒を使ってガラス蛍光体を手作業ですりつぶして粉末化する。比較のために、発光を示さない普通のガラス粉末も同様の方法で作製する。つぎに、透漆とガラス蛍光体粉末の重量比を変えた3種類の混合液を作製する。本論文では、重量比(透漆:ガラス蛍光体粉末) 90:10の混合液を10%蛍光体、95:5の液体を5%蛍光体、99:1の液体を1%蛍光体と名づける。同様に、透漆と普通のガラス粉末の混合液を3種類作製し、重量比90:10の液体を10%ガラス、95:5の液体を5%ガラス、99:1の液体を1%ガラスと名づける。その後、表面をサンドペーパーで研磨した木製基材(幅35mm、長さ120mm、厚さ13mm)を用意し、2.1節で述べた工程に沿って、図6に示すように透漆/混合液を塗布する場所と回数を変えたサンプルを作製した。透漆/混合液の塗布には刷毛を使用した。なお、既存の塗膜の上から新規に透漆/混合液を塗布する際には、既存の塗膜が十分に硬化していることを事前に確認した。

図7(図2の再掲)に透漆を塗布したサンプルを、図8にガラス粉末混合液を塗布したサンプルを、図9にガラス

蛍光粉末混合液を塗布したサンプルを示す。いずれのサンプルについても、塗布回数に比例して透漆がもつ色と光沢が増していることがわかる。また、2種類の粉末はいずれも塗膜中で安定しており、塗膜面を指で擦ったときに塗膜や粉末が剥離することはなかった。

4.2 実験2 (特徴情報の抽出)

図10に示すように、著者はX軸方向に移動可能な台にサンプルを置き、カメラとサンプルを正対させた。塗布回数が異なるそれぞれの領域のみを撮影できるようにするために、35mm×10mmの穴を開けたマスクを用意した。そして、マスクに励起光(レーザー光:808nm)を照射させながら、塗布回数が異なるそれぞれの領域の赤外線画像を撮影した。撮影した各赤外線画像は、図11に示すように連結して1枚の画像にした。

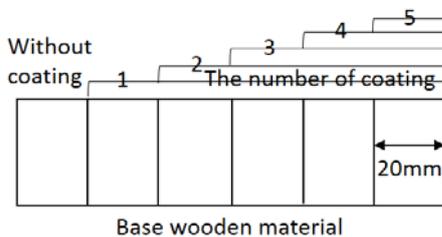


図6 混合液の塗布方法

Figure 6 Coating method of mixed liquid.



図7 透漆を塗布したサンプル

Figure 7 Coated sample with clear lacquer.

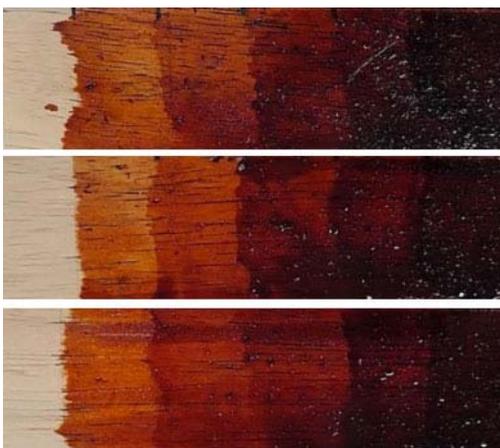


図8 ガラス粉末混合液を塗布したサンプル
 (上段:10%, 中段:5%, 下段:1%)

Figure 8 Coated sample with clear lacquer and glass powder.
 (Top:10%, Center:5%, Bottom:1%)



図9 ガラス蛍光体粉末混合液を塗布したサンプル
 (上段:10%, 中段:5%, 下段:1%)

Figure 9 Coated sample with clear lacquer and glass phosphor powder. (Top:10%, Center:5%, Bottom:1%)

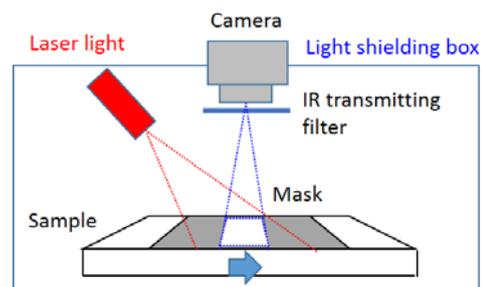


図10 赤外線画像の撮影機器

Figure 10 Photographing equipment for IR imaging.

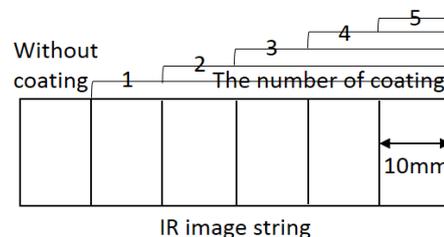


図11 赤外線画像の連結

Figure 11 Concatenation of IR images.

4.2.1 塗布回数による特徴情報の違い

図7と図8に示された各サンプルについて、塗布回数異なる各領域を撮影した赤外線画像を連結させて得られた1枚の画像を示す(図12参照)。蛍光を示さない物質が含まれていないため、塗布回数の違いによる差は見られない。各画像のヒストグラム(256階調)を参照しても、大きな違いは見られない。

図9に示された各サンプルについて、塗布回数異なる各領域を撮影した赤外線画像を連結させて得られた1枚の画像を示す(図13参照)。ガラス蛍光体粉末の存在(白色点)とその濃度差、混合液の塗布回数の違いが顕著に見られる。ヒストグラムを見ると、ガラス蛍光体粉末の濃度が高いほど、階調値の高い画素が多く含まれている(つまり、

ガラス蛍光体の発光強度が強く、全体的に明るい画像が得られている)。

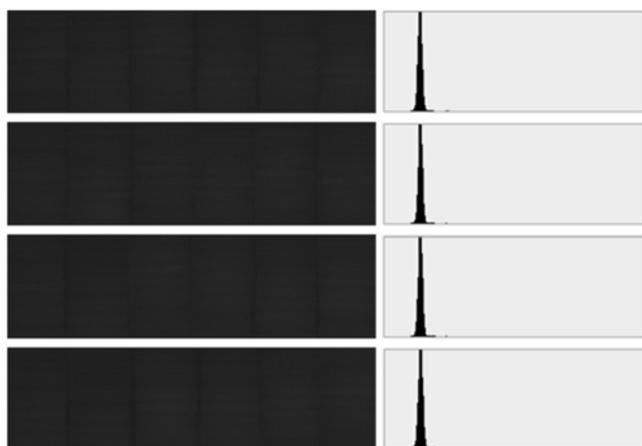


図 12 連結させた赤外線画像とヒストグラム(最上段: 図 7 に示すサンプルより, 上段: 図 8 上段に示すサンプルより, 中段: 図 8 中段に示すサンプルより, 下段: 図 8 下段に示すサンプルより)

Figure 12 Concatenated IR images and its histograms.

(Uppermost: From the sample of Fig. 7, Top: From the sample of Fig. 8-top, Center: From the sample of Fig. 8-center, Bottom: From the sample from Fig. 8-bottom)

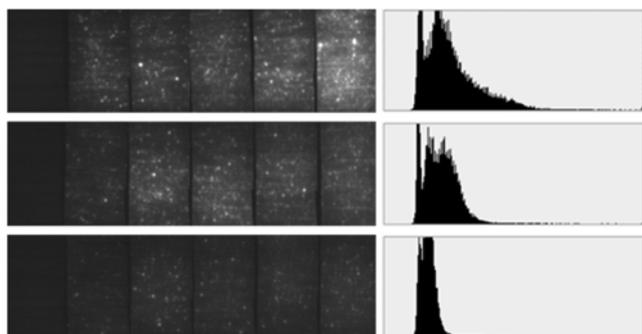


図 13 連結させた赤外線画像とヒストグラム(上段: 図 9 上段に示すサンプルより, 中段: 図 9 中段に示すサンプルより, 下段: 図 9 下段に示すサンプルより)

Figure 13 Concatenated IR images and its histograms (Top: From the sample of Fig. 9-top, Center: From the sample of Fig. 9-center, Bottom: From the sample of Fig.9-bottom)

4.2.2 サンプルごとの特徴情報の違い

著者らは 縦 35mm 横 20mm の木製基材を 10 枚用意し, その表面に 5% 蛍光体を 5 回塗布したサンプルを作製した。図 14 に, それぞれの赤外線画像を示す。得られる特徴情報がサンプルごとに異なることが分かる。

4.2.3 観測角度による特徴情報の違い

著者らは, 前節で作製した 1 つのサンプルについて, 正面から撮影した画像と斜め 15 度から撮影した画像を取得した。図 15 に, それぞれの画像を示す。3.2 節で述べたように, 観測するポイントによって得られる画像が異なることがわかる。

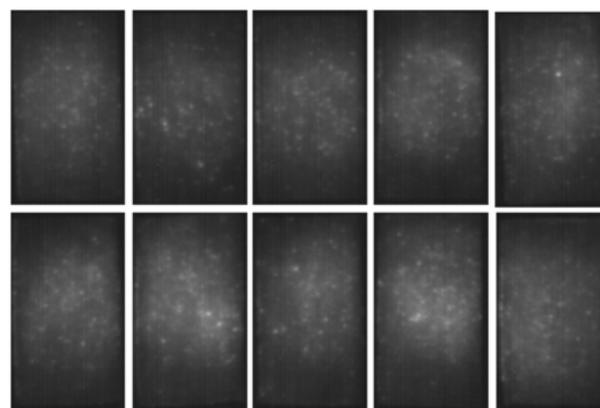


図 14 5% 蛍光体の赤外線画像

Figure 14 IR images of 5% phosphor.

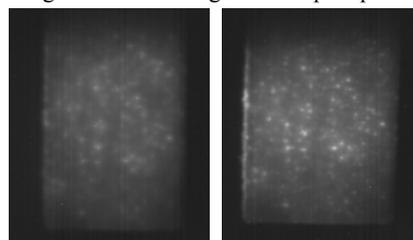


図 15 赤外線画像の比較(左: 正面, 右: 斜め 15 度)

Figure 15 Comparison of IR images. (Left: front side, Right: angle 15)

5. 考察

本章では, 実験の結果と使用したモデル手法について考察するとともに, 漆を使用する他の工艺品への適用可能性について言及する。

5.1 実験結果

実験結果から, 以下のことが明らかになった。

- (1) 安定性: 漆に混ぜた粉末はその塗膜中で安定しており, 塗膜面を指で擦ったときに塗膜や粉末が剥離することはなかった。
- (2) 漆がもたらす色への影響: 透漆のみを塗布したサンプルと 1%・5%・10% 蛍光体を塗布したサンプルとを比較したときに, 後者のサンプルにおいて漆の色の変色は観測されなかった。
- (3) 特徴情報の違い: 特徴情報は, 漆の塗布回数が増すと赤外線の発光強度が高くなる。また, 特徴情報はサンプルごとに異なり, 同じサンプルであっても観測する角度によって違いが見られた。

以上のことから, 実験に使用したモデル手法は狙い通りに機能しており, 木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性は高いといえる。

5.2 粒径の細粒化と彩漆・黒漆への適用可能性

今回の実験では, 乳鉢と乳棒を使い, 手作業でガラス蛍光体粉末を作製したが, この方法では粉末の粒径が大きくなりがち(約 10 μm かそれ以上)であるため, 粒子の存在

が視認できる可能性がある[8]i. 実験で作製したサンプルを観測してみると、上記粉末の濃度が高い部分では、塗膜中に存在するガラス蛍光体粉末の粒子が容易に視認できた。このため、乳鉢と乳棒以外の方法により、漆に使用されている顔料と同じ粒径（数 μm ）をもつガラス蛍光体粉末を効率的に製造する必要がある。たとえば、ジェットミル[9]を使用すれば、数 μm の粉末を短時間かつ大量に製造することができる。なお、ガラス蛍光体は、粒径が数 μm オーダーになっても赤外線を発光するため、撮影によって特徴情報は十分に得られると考えられるが、実験によりそのことを証明する必要がある。

また、実験では透漆を用いてモデル手法の有効性を検証したが、漆器には彩漆や黒漆が使われているものがある。このため、これらの漆とガラス蛍光体粉末とを混ぜたものを素地に塗布し、光励起によって赤外線が観測できることを実験により確認する必要がある。

5.3 他の工芸品への応用可能性

実験で使用したモデル手法は木製漆器を対象としているが、透漆は他の工芸品（木工品、竹工品、紙工品）にも使用されている。このため、モデル手法はこれらの真正性を検証でき、個々の製品の識別を可能にするものと考えられる。実験では、1%蛍光体を1回塗布しただけのサンプルから特徴情報を得ることができたが、本手法は漆の塗膜が積層的になることで個々の製品の識別可能性を高めているため、漆の塗布回数が少ない工芸品への使用は適切ではないと考えられる。

6. まとめ

著者らは、漆器の真正性を検証でき、個々の木製漆器の識別を可能にするために、木製漆器に対する人工物メトリクスの適用可能性について探求した。我々は、1つのモデル手法を提案して実験を行った。この手法は、光学特性をもつ微粒子を混合させた漆を素地に複数回塗布するが、これによって漆の塗膜内に積層的かつランダムな特徴情報を形成する。形成された特徴情報は撮影によって取得できるため、特徴情報を抽出するときに漆器を破損・汚損するリスクが低い。実験では、透漆とガラス蛍光体粉末の混合液を木製基材に塗布したサンプルを作製した。そして、励起光を照射しながらサンプル表面の赤外線画像を撮影することで特徴情報を抽出した。特徴情報は、塗布回数が増すと赤外線の発光強度が増す。また、特徴情報はサンプルごとに異なり、同じサンプルでも角度によって違いが見られた。

今後は、粒径の小さなガラス蛍光体粉末を用いて実験を行うとともに、彩漆や黒漆向けのモデル手法を考案し、その評価を行う予定である。

謝辞 藤井漆工藝株式会社・高瀬郁夫氏には、木製漆器

の製造について詳細な情報をご提供いただいた。石川県工業試験場・梶井紀孝氏には、漆の顔料に関する情報をご提供いただいた。本研究の一部は、公益財団法人・倉田記念日立科学技術財団の支援を頂いた。ここに謹んで感謝申し上げる。

参考文献

- 1) Ruby Lane, Your Online Source for Identifying Fakes and Reproductions, <http://www.relorrepro.com/>
- 2) 消費者庁, 家庭用品品質表示法, http://www.caa.go.jp/hinpyo/guide/zakka/zakka_19.html, 2015年9月10日アクセス
- 3) 岡田沙季, 地域の特色をいかしたまちづくり-若狭おばまブランド認証制度-, 2006年度「フィールドワーク」報告書, 都留文科大学社会学科地域経済論研究室編, pp. 12
- 4) 田村善之, 他人の商品のデッド・コピーと不法行為の成否 - 木目化粧板事件 -, <http://lex.juris.hokudai.ac.jp/coe/articles/tamura/casenote92c.pdf>
- 5) 経済産業省製造産業局日用品室, 仏壇産業の現状と今後のあり方に関する研究会報告書, <http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/butsudan/report01.html>, 2015年9月17日アクセス
- 6) 宇根正志, 田村裕子, 松本勉, 偽造防止技術のなかの人工物メトリクス: セキュリティ研究開発の動向と課題, 日本銀行金融研究所, 金融研究, 2009年7月
- 7) 藤川真樹, 森安研吾, 小田史彦, 淵真悟, 竹田美和, 有価陶磁器製品に対する人工物メトリクス適用のための研究, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 9, pp. 1992/2007, 2014年9月
- 8) 芦川秀夫, 食品業界の微粒子測定, <http://www.rion.co.jp/product/docs/04.pdf>, 2015年8月20日アクセス
- 9) 猪ノ木雅裕, 微粒子の高機能化に対応した最新の粉体技術, 粉砕 No. 57, pp. 68, https://www.hosokawamicro.co.jp/jp/lab/micromeritics/no_57/pdf/No57_11.pdf, 2015年9月17日アクセス
- 10) Ravikanth, S., P.: Physical One-Way Functions, Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology (2001).
- 11) Poli, L., D.: Security Seal Handbook, Sandia Report, SAND 78-0400, Sandia National Laboratory, pp. 1-44 (1978).
- 12) Boris, Š., Schrijen, G., J., Ophay, W., Verhaegh, N. and Geloven, J.: Experimental Hardware for Coating PUFs and Optical PUFs, in Pim Tuyls, Boris Škorić, and Tom Kevenaar, eds. Security with Noisy Data: On Private Biometrics, Secure Key Storage and Anti-counterfeiting, Springer-Verlag, pp. 255-268 (2007).
- 13) Tuyls, P., Boris, Š., Sjoerd, S., Akkermans, M. H. A. and Ophay, W.: Information-Theoretic Security Analysis of Physical Unclonable Functions, Proceedings of Financial Cryptography LNCS 3570, Springer-Verlag, pp. 141-155 (2005).
- 14) National Research Council of the National Academies (NRC): Counterfeit Deterrent Features for the Next-Generation Currency Design, Publication NMAB-472, National Academy Press, pp. 74-75 (1993).
- 15) Goldman, Robert N.: Non-counterfeitable System, Light Signature Inc., U.S. Patent 4,786,290 (1988).
- 16) Renesse, V. and Leopold, R.: 3DAS: A 3 Dimensional-Structure Authentication System, ECOS95, European Convention on Security and Detection, pp. 54-59 (1995).
- 17) Brzakovic, D. and Vujovic, N.: Authentication of Random Pattern by Finding a Match in an Image Database, Image and Vision Computing, 14, pp. 485-499 (1996).
- 18) Buchanan, R. D. J., Cowburn, P. R., Jausovec, A.-V., Petit, D., Seem, P., Xiong, G., Atkinson, D., Fenton, K., Allwood, A. D., F. and Bryan, T. M.: Forgery: 'Fingerprinting' Documents and Packaging,

i 10 μm は、微粒子の存在を視認できるか否かの境目である。

Nature, 436 (475), pp. 475 (2005).

19) 伊藤健介, 左右田宏之, 井原富士夫, 木村哲也, 布施マリオ: 紙ドキュメントのセキュリティ, 富士ゼロックステクニカルレポート, No. 15, pp. 36-37 (2005).

20) Yamakoshi, M., Junichi, T., Furuie, M., Hirabayashi, M., and Matsumoto, T.: Individuality Evaluation for Paper Based Artifact-Metrics Using Transmitted Light Image, Proceedings of SPIE, Vol. 6819, SPIE-IS & T, pp. 68190H-1-68190H-10. (2008).

付録

付録 1. 光学特性を利用した人工物メトリクス

No.	内容
1	基材中の光輝性粒状物の分布 (反射光画像) [10], [11], [12], [13]
2	紙に漉き込まれた光ファイバー小片の分布 (透過光の輝点分布) [14]
3	基材に付与された斑の分布 (反射あるいは透過光の画像) [15]
4	透明樹脂内のポリマー・ファイバーの分布 (視差画像) [16]
5	基材中のファイバーの分布 [17]
6	基材表面の微小の凹凸 (レーザ・スペckル・パターン) [18]
7	紙片表面の紙繊維の分布 (反射光画像) [19]
8	紙片中の紙繊維の分布 (透過光画像) [20]