

視覚に近い光沢ムラの測定と表示方法

○井上信一*, 五十嵐美範**, 星武幸**, 矢田紀子***, 溝上陽子***

* 千葉大学グローバルプロミネント研究基幹

** 中央精機株式会社

*** 千葉大学大学院工学研究院

1. はじめに

本研究では、人間が観察した際の感覚に近い画像として、光沢ムラを測定・データ化・表示する技術を提案する。

光沢ムラは光沢エリアの周辺部に見られ、その材質や質感を見分けるための重要な情報となっている[1]。物体または目を動かしながら反射する光を動かして観察することで、人間は容易に光沢ムラの全体像を認識する。しかし、光沢ムラを撮影し定量化することは容易ではなかった。ひとつは光沢ムラの見られる範囲が正反射近傍のわずかな領域であること。もうひとつは反射角度の違いで光沢ムラの見え方が変化するためである。

本研究では、課題を解決するために、2つのアプローチを行う。ひとつは、面全体を1つの反射角度の光沢ムラとして測定（撮影）するために、テレセントリック光学系を導入した、“テレセントリック光沢測定”と呼ぶ[2]。

もうひとつのアプローチとして、角度を変えて撮影した画像を統合する技術を提案する。各反射角度の光沢ムラ画像（モノトーン）を複数のカラーチャンネルに配置してレイヤー化した（ここでは、“カラーレイヤー配置”と呼ぶ）。

装置とソフトウェアを開発し、各種材料の光沢ムラについて測定を行った。材料は、印刷用紙、インクジェット用紙に加え、プラスチック板、陶器である。この方法は、光沢ムラ情報を一括してデータ化する方法であり、本手法でデータ化された光沢ムラは視覚的にも理解しやすい表示方法である。

2. テレセントリック光学系

テレセントリック光学系（両側）は、すべての光線が光軸に平行な光学系で、平行なため距離によらず撮像される物体の大きさが同じになる、このため物体の大きさの測定に用いられてきた（図1）。本研究ではこれを反射光の角度を測定面内で一定にするために導入した。

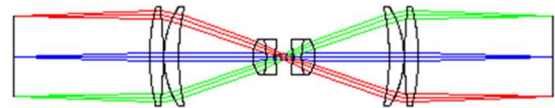


Figure 1. Schematic diagram of the telecentric optical system.

テレセントリック光学系を用いた光沢ムラ測定の概略図を図2に示す。照明はコリメータ光学系を用いて平行光とした。この方法では、測定面のすべての位置で同じ角度で入射した光を同じ角度で測定することが可能となる。開発した測定装置の写真を図3に示す。光源の設定角度は精密に調整することができる。

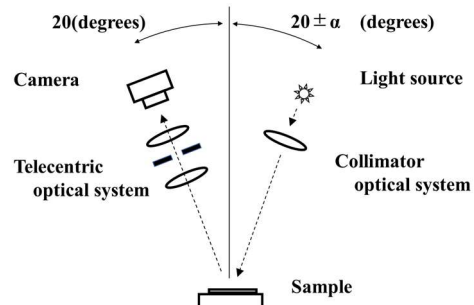


Figure 2. Schematic diagram of the measurement method using telecentric optical system.

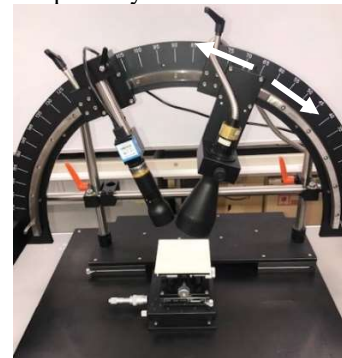


Figure 3. Photograph of the apparatus. The setting angle of the light source can be changed precisely.

SHINICHI INOUE¹

¹ Institute for Global Prominent Research, Chiba University

YOSHINORI IGARASHI², TAKEYUKI HOSHI²

² CHUO PRECISION INDUSTRIAL CO., LTD.

NORIMICHI TSUMURA³

³ Department of Imaging Sciences, Graduate School of Engineering, Chiba University

3. データのカラーレイヤー配置

光沢ムラは、画像として CCD カメラで撮像される。この光沢ムラ画像の各画素値は光量であり、モノトーン画像である。カメラは固定し、光源の角度を変化させた。これにより撮像された画像の各位置は測定サンプルで常に同じ位置であり、角度を変えた光源により反射角度が異なる画像が得られる。

測定された光沢ムラ画像は光源の角度により、光沢ムラが変化して見える。これら複数の光沢ムラ画像を一つの画像として統合する手法として、データのカラーレイヤー配置を検討した。

測定データの位置関係はすべて同じであるため、これらをレイヤーとして重ねて表示することで、光沢ムラの新しい統合情報が得られる。

一般的に扱いやすいレイヤー構造として、ここではカラー画像の RGB を用いた。Red (R), Green (G), Blue (B) の各色の画像データに 3 種類の角度の光沢ムラ画像を配置した。この RGB 画像は統合した光沢ムラ画像となる (図 4)

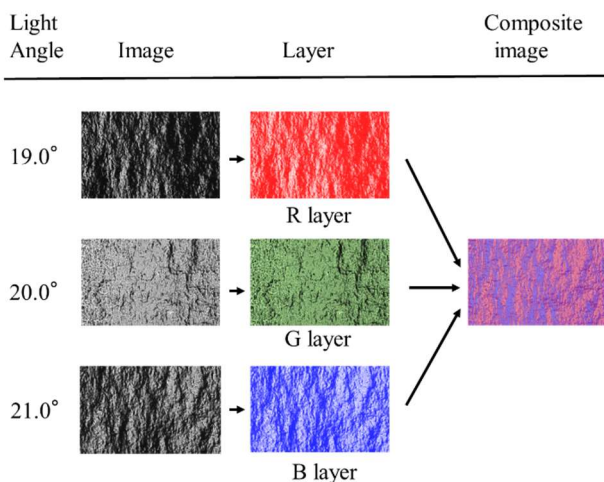


Figure 4. Procedure of the color layer method. This is the case of high glossy inkjet paper.

4. 実験と結果

プラスチック板、陶器 (タイル)、インクジェット用紙 3 種類 (High Glossy, Middle Glossy, Low glossy type)、印刷用紙 (アート紙) の光沢ムラをテレセントリック光沢撮影 ($20.0^\circ \pm 0.5^\circ$) し、カラーレイヤー配置した。結果を図 5 に示す。

Composite image in this study

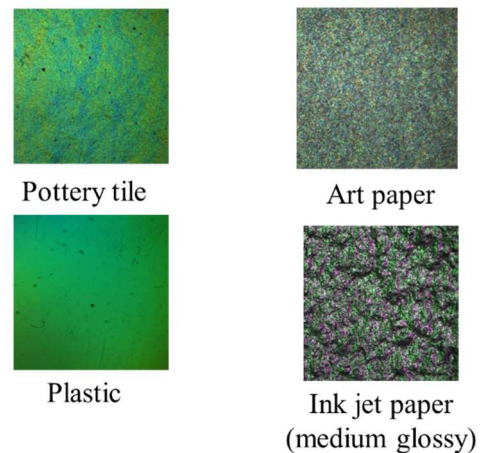


Figure 5. The composite image of each sample.

5. 考察

カラーレイヤー配置した光沢ムラ画像は、表面の凹凸を良く表しているように見える。これは、斜光で凹凸を観察していることに近いが、反射面の傾きを抽出していると考えられる。したがって、この手法から SfM (Structure From Motion) や MVS (Multi-View Stereo) のように面のジオメトリを推定する技術に展開が可能である。

本提案の統合画像は、各々の角度の光沢ムラ画像をオリジナルのままデータとして取り出せるため、複数の測定データの統合記録技術としても有用である。

6. まとめ

ひとつの反射角度に限定せず、複数の反射角度の光沢ムラをカラーチャンネルに配置することで、統合する手法を提案した。提案した統合画像は光沢ムラの記録および評価を改善できる可能性がある。カラーレイヤー配置した光沢ムラ画像は、表面の凹凸の傾きに起因している。これを活用し、面のジオメトリ推定技術に展開したい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K11954 の助成を受けたものです。

References

1. S. Inoue and N. Tsumura, "Effect of light source distance on apparent gloss unevenness," OSA Continuum 4, 720-731 (2021).
2. S. Inoue, M. Maki and N. Tsumura, "Mathematical Model of Paper Surface Topography by Perlin Noise Derived from Optical Reflection Characteristics," Japan Tappi J. 73 (10), 90-97 (2019).