

金属色に色付けられる人工物の真正性を検証可能にする一手法

綱川 悠汰[†] 藤川 真樹[†]工学院大学[†]

1. はじめに

我々の身の回りには、金や銀などのメタリックカラーで色付けられた人工物が存在する。当該カラーのインキを人工物に塗布すると表面に輝きが出ることから、人は「高級感」や「特別感」を感じがちである。メタリックカラーの多くはフレーク状の微細な金属粉末を含んでおり[1]、その色がメタリックカラーとして反映される。一方で、メタリックカラーには青、赤、緑、黒などといった金色や銀色以外の色が存在する。これらの色は「塗料」と「アルミ箔」によって表現される。具体的には、塗料でアルミ箔を着色したあと、アルミ箔を微細に打ち抜いてフレーク状の粉末にする。そして、インキを構成するビヒクル（液体の分散剤）と当該粉末とを混ぜ合わせることで、金色や銀色以外のメタリックカラーを表現する。

メタリックカラーは様々な人工物の加飾に使用されており、高級感や特別感を醸し出すことから、人々の購買意欲を高めがちである。偽造者はそのことに目をつけて、人工物の真正品（本物）を模した偽造品を製造・販売している[2]。このことは、真正品を製造している企業が持つ知的財産権を侵害するだけでなく、企業が正当に得られるべき利益を減少させるため無視できない問題である。本稿では、メタリックカラーで色付けされる人工物に着目し、その真正性（本物であること）を機械的に検証できる方法を提案する。また、真正性の度合いを評価するシステムの性能評価を行う。

2. 真正性を検証可能にする方法

人工物メトリクスでは、人工物の製造過程において、人工物中にユニークな特徴情報が形成される手法が用いられる。センシングデバイスを用いて特徴情報が抽出できれば、人工物の真正性が検証可能となる。本章では、金属粉末を用いて人工物をメタリックカラーに色付けする過程において、ユニークな特徴情報を形成する

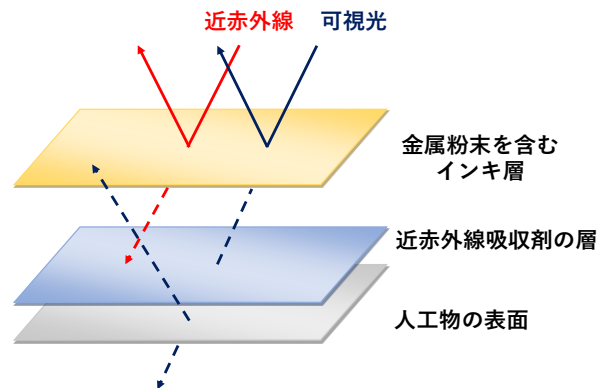


図1 人工物表面の構造

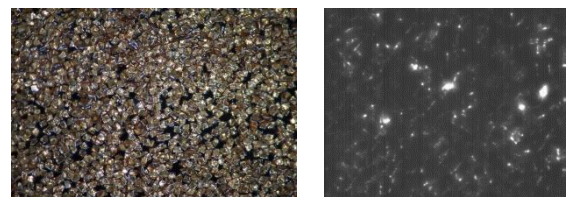


図2 可視光画像（左）と近赤外線画像（右）

方法を提案する。当該方法を図式化したものを図1に示す。金属粉末を含むインキを用いて人工物を色付けする前に、人工物の表面に近赤外線吸収剤を塗布する。金属粉末の粒子の大きさや形はランダムであり、インキ層中にランダムに分散する。

インキ層に光が照射された時、金属粒子の存在により光の一部は反射するが、その他の光は金属粒子間を通過する。通過した光のうち、可視光は人工物の表面で反射または吸収され、近赤外線は近赤外線吸収剤によって吸収される。その様子を可視光カメラと近赤外線カメラで撮影すれば、それぞれの光の反射と吸収の様子（特徴情報）を捉えることができる。図2に可視光画像と近赤外線画像を示す。真正性の検証には、これらの画像を使用する。

3. 実験

3.1 サンプルの作製と選定

2章で述べた方法に沿って、近赤外線吸収剤と金属粉末の割合を変えた12種類のサンプルを作製した（表1参照）。近赤外線吸収剤は青色を呈する。このため、作製したサンプルについて目視により青色が最も目立たず、金属粉末の分散

表 1 近赤外線吸収剤と金属粉末の濃度

	近赤外線吸収剤	金属粉末
サンプル 1	50.0 %	25.0 %
サンプル 2	50.0 %	12.5 %
サンプル 3	50.0 %	6.25 %
サンプル 4	37.5 %	25.0 %
サンプル 5	37.5 %	12.5 %
サンプル 6	37.5 %	6.25 %
サンプル 7	25.0 %	25.0 %
サンプル 8	25.0 %	12.5 %
サンプル 9	25.0 %	6.25 %
サンプル 10	12.5 %	25.0 %
サンプル 11	12.5 %	12.5 %
サンプル 12	12.5 %	6.25 %

※濃度は、アクリル樹脂硬化剤との割合を示す。



図 3 選出したサンプルの画像

が適切であるもの（可視光と近赤外線を適度に通過させられるほどの分散度合い）を選出する。本研究では、図 3 に示すサンプル 10 を最適なものとして選出した。

3.2 特徴情報のユニーク性

サンプル 10 から抽出した可視光画像と近赤外線画像各 300 枚について、それぞれ位相限定相関法[3]を用いて相関比を算出する。当該手法では、同じ画像同士では相関比は 1 となり、異なる画像同士では相関比は 1 より低い値となる。つまり、相関比が低いほど特徴情報のユニーク性は高くなる。可視光画像の相関比の平均は 0.0062、標準偏差は 0.0005 であり、近赤外線画像の相関比の平均は 0.053、標準偏差は 0.011 であったことから、ユニーク性は可視光画像の方が高いといえる。

3.3 システムの性能評価

真正性の度合いを評価するシステム（人工物メトリックシステム）の性能は、FAR/FRR 曲線の描画と EER の導出により評価できる（EER は 2 つの曲線の交点）。位相限定相関法により算出した類似度を用いて、FAR と FRR を求める計算式を以下に示す。

$$FAR = \frac{(\text{対象類似度} > \text{閾値}) \text{ である総数}}{\text{全ての比較回数}}$$

$$FRR = \frac{(\text{対象類似度} \leq \text{閾値}) \text{ である総数}}{\text{全ての比較回数}}$$

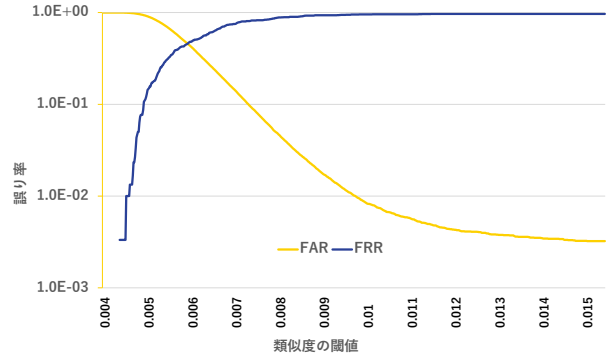


図 4 可視光画像の FAR/FRR 曲線

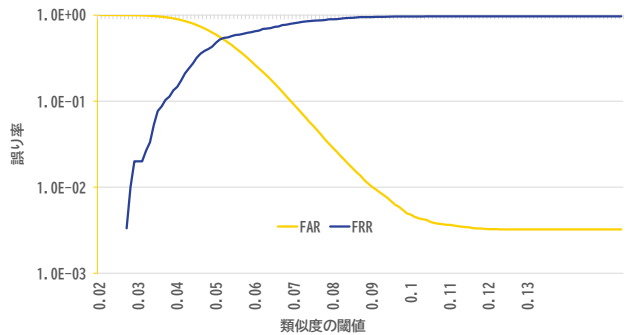


図 5 近赤外線画像の FAR/FRR 曲線

可視光画像の FAR/FRR 曲線を図 4 に、近赤外線画像の FAR/FRR 曲線を図 5 に示す（縦軸は誤り率、横軸は類似度の閾値）。図 4 より、可視光画像の類似度の閾値は 0.0062、EER は 0.45 となった。一方、図 5 より近赤外線画像の類似度の閾値は 0.051、EER は 0.53 となった。

4. まとめ

本稿では、金属色に色付けられる人工物の真正性を検証可能にする一手法を提案した。実験の結果、サンプル 10 の濃度が適切であること、当該サンプルから抽出した 2 種類の画像にはユニーク性があることが分かった。また、FAR/FRR 曲線を描画することにより、真正性の度合いを評価するシステム（人工物メトリックシステム）の性能評価を行った。

参考文献

- [1] 福田金属箔粉工業株式会社, “製品情報 金粉（普通金粉）,” <https://www.fukuda-kyoto.co.jp/product/detail/1> (2022 年 9 月 19 日アクセス)
- [2] 神奈川新聞, “知財侵害品の輸入差し止め最多 横浜税関 偽メダルも押収,” <https://www.kanaloco.jp/news/social/entry-299873.html> (2022 年 9 月 19 日アクセス)
- [3] 青木孝文, 伊藤康一, 柴原琢馬, 長嶋聖, “位相限定相関法に基づく高精度マシンビジョン-ピクセル分解能の壁を超える画像センシングデバイス技術を目指して-,” 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, Vol. 1, No. 1, pp.30-40, 2007 年.