

## 加飾印刷物へのマルチモーダル人工物メトリクスの適用

種崎湧斗<sup>†</sup> 于圣昆<sup>†</sup> 藤川真樹<sup>†</sup>工学院大学<sup>†</sup>

## 1 はじめに

印刷物をはじめとするシート状の人工物が本物か否かを判定できるとともに、本物のクローンの製造を困難にする技術が提案されている。文献[1]では、アルミ箔の表面に形成される微小な凹凸に注目し、レーザー顕微鏡により観測される凹凸を2次元画像に変換したものの(高さ画像)を特徴情報とする。検証者は、本物から抽出した特徴情報Aと、調査対象の人工物から抽出した特徴情報Bを比較し、類似度が閾値よりも高い場合に、当該人工物が本物であると判定する。凹凸は $\mu\text{m}$ オーダーであるため、本物と同じ凹凸をもつクローンの作成は困難であるとされている。

文献[1]では1つの特徴情報(高さ画像)により真正性を判定するが、2つ以上の特徴情報を抽出できれば、真正性の確度だけでなくクローン製造の困難性も高めることができる(これをマルチモーダル人工物メトリクスと呼ぶ)。なお、文献[1]は加飾性に乏しく、細かな模様を描くには不向きである。たとえば、表彰状の縁には金色の雲竜・鳳凰・桐が描かれるが、金属箔を用いてこれらを形成するには時間的・金銭的成本がかかる。

著者は、加飾印刷によって描かれる印刷物(加飾印刷物)に注目し、マルチモーダル人工物メトリクスとして機能することを確認する。加飾印刷とは、微細な金属粉を含むインクを用いて金属色(金、銀など)を描く技術であり、配合される銅と亜鉛の割合や粒度を変えることにより色合いを調整できる。本稿では、図1に示す加飾印刷物を使用する。

## 2 特徴情報の抽出

## 2.1 レーザー顕微鏡と3種類の画像

レーザー顕微鏡とは、シート状の人工物の表面に形成される微小な凹凸の大きさを非接触で



図1 加飾印刷物の例



図2 同じ観測点から切り出された3種類の画像

計測できるとともに、画像処理技術により凹凸の大きさを視覚的に観察できる装置である。レーザー顕微鏡は3種類の画像(高さ画像、カラー画像、レーザー画像)を出力する。高さ画像は凹凸の高さ情報を含んでおり、凹凸を視覚的に表現する。カラー及びレーザー画像は、人工物に照射された可視光またはレーザー光が撮像素子に取り込まれたときに得られる画像であり、凹凸の高さ情報を含まない。

## 2.1 画像の切り出し

3種類の画像について、同じ観測点からピクセルサイズが等しい画像を切り出す。この作業は、人工物の出荷前(登録画像の保存)と人工物の検証時(照合画像の抽出)に行う。登録画像は30pixel四方、照合画像は40pixel四方である。テンプレートマッチングにより2つの画像を比較することで本物か否かを判定する。両画像の切り出しはソフトウェアで行う(アルゴリズム概要を以下に示す。対象となる人工物の画像によって方法が異なる)。

## アルミ箔[1]の場合:

レーザー画像をグレースケールに変換し、平均フィルターを適用する。その後、2値化して輪郭を抽出し、登録画像と照合画像を切り出す、

## 加飾印刷物の場合:

高さ画像に対してメディアンフィルタを適用し、

色情報から緑と赤を除去する。グレースケールに変換して2値化し、輪郭を抽出する。その後、登録画像と照合画像を切り出す。

### 3 実験

#### 3.1 算術平均粗さ

アルミ箔と加飾印刷物の算術平均粗さ Ra (人工物表面に形成される凹凸の大きさの度合いのこと：算出方法は図3を参照)を比較した。その結果、アルミ箔が 2.20 μmであったのに対して、加飾印刷物(4L7)は 1.14 μmであった。これは、加飾印刷物の凹凸がアルミ箔よりも小さいことを意味している。凹凸は小さければ小さいほど偽造困難性が高まるため、加飾印刷物の偽造困難性はアルミ箔よりも高いといえる。

#### 3.2 システムの性能評価

レーザー顕微鏡をセンシングデバイスとする人工物メトリック・システムの性能を FAR/FRR 曲線を用いて評価した。FAR (False Acceptance Rate) は偽物を本物と判断する確率であり、FRR (False Recognition Rate) はその逆となる確率である。

図4から図6に各画像の FAR/FRR 曲線を示す(縦軸は誤り率を、横軸は閾値を示す)。FAR 曲線に着目すると、同じ閾値において加飾印刷物の誤り率はアルミ箔よりも低い。一方 FRR 曲線に着目すると、加飾印刷物とアルミ箔は同程度であるといえる。

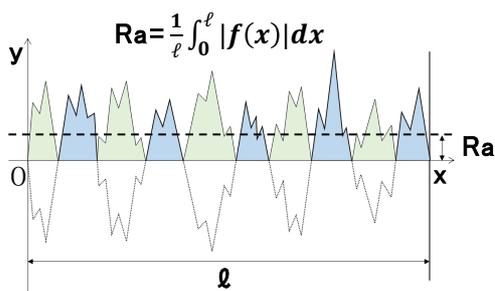


図3 算術平均粗さの導出

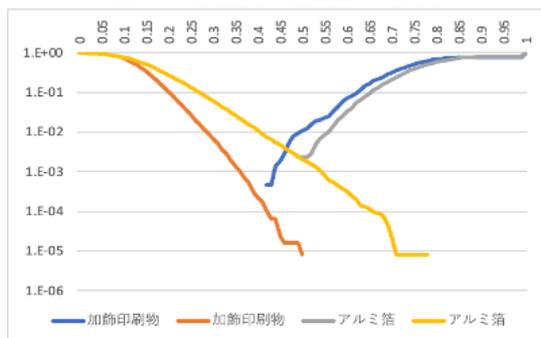


図4 高さ画像の FAR/FRR 曲線

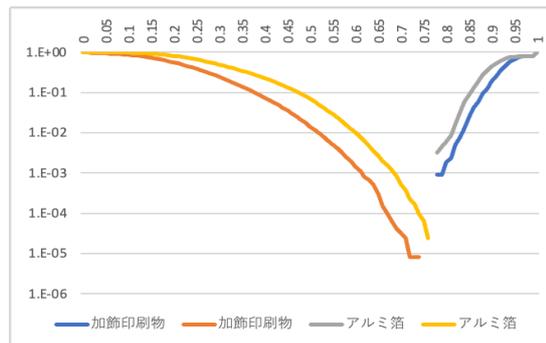


図5 カラー画像の FAR/FRR 曲線

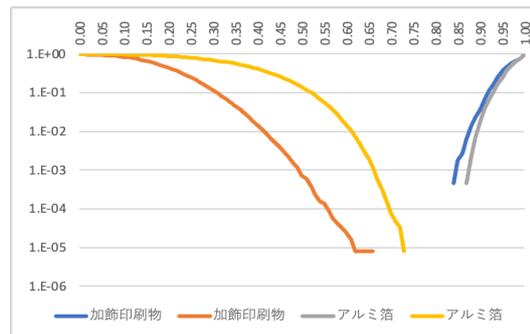


図6 レーザー画像の FAR/FRR 曲線

### 4 考察

加飾印刷物に注目すると、カラー画像の FAR/FRR 曲線と高さ・レーザー画像の FAR 曲線は、同じ閾値においてアルミ箔よりも誤り率が低い。画像のユニーク性という観点では、加飾印刷物のカラー画像はアルミ箔よりも優位であるように見える。

文献[1]では高さ画像のみを使用したシングルモードであったが、3種類の画像を用いること(マルチモード)により真正性の確度と偽造困難性が高まる可能性がある。

### 5 まとめ

アルミ箔と加飾印刷物について、算術平均粗さと FAR/FRR 曲線を比較した。前者の場合、加飾印刷物の値がアルミ箔よりも小さかった。後者の場合、カラー画像の FAR/FRR 曲線と高さ・レーザー画像の FAR 曲線は、同じ閾値においてアルミ箔よりも誤り率は低かった。文献[1]では高さ画像のみを使用したシングルモードであったが、3種類の画像を用いること(マルチモード)により真正性の確度と偽造困難性が高まる可能性がある。

#### 参考文献

[1] 吉田直樹, 松本勉, "金属箔人工物メトリクス：レーザー顕微鏡を用いたアプローチ", コンピュータセキュリティシンポジウム 2015 論文集, pp.1058-1065, 2015 年