

相反する光学特性を用いた人工物メトリクスの提案と 合成樹脂への適用

高山 幸紀[†] 藤川 真樹[†] 淵 真悟[‡]

工学院大学[†] 青山学院大学[‡]

1. はじめに

1.1 背景と目的

合成樹脂は、水や薬品などに強く腐食しにくいという性質があり、使用目的や用途に合わせた特性・性能を有する合成樹脂の生成が可能であるため、我々の身の回りには多くの合成樹脂製品が存在する。無機材料（金属、ガラスなど）を用いた製品と同様に、有機材料である合成樹脂を用いた製品の偽造品が市場に流通している[1]。ワンタイムパスワード生成器といったセキュリティデバイスにも合成樹脂が使用されていることから、将来的にはセキュリティデバイスの偽造品が出てくる可能性も考えられる。本研究では、人工物の真正性を機械的に検証可能にし、かつ偽造困難性を高める技術である「人工物メトリクス」を合成樹脂製品に適用するための研究を行う。

1.2 人工物メトリクスとは

人工物メトリクスとは、人工物固有の物理的特徴を認証に活用する偽造防止技術である。具体的には、製造した人工物の固有の物理的特徴を参照データとして登録しておき、認証時に参照データとの類似度を計算して、同一か否かを判断する。人工物メトリクスに成り得るための要素として、(1)製造時に自然偶発的にできる固有の特徴情報を持ち、(2)安定して特徴情報が測定でき、(3)劣化した人工物であっても安定して登録時と同等の値を測定でき、(4)同等の値が測定される別の物体を作成することが極めて困難であること、が求められる[2]。自然偶発的にできる特徴情報を利用するため、同じ特徴情報を持つ個体を作成することができない。よって、偽造困難性が高く、製造方法が漏えいした場合でも偽造困難性が損なわれない。

2. 関連研究

合成樹脂に人工物メトリクスを適用した研究として、電気的な特性を持つ合成樹脂に光学的

Anti-counterfeiting Technique with Conflicting Optical Features for Synthetic Resin Products

[†]Kouki Takayama [†]Masaki Fujikawa

[†]Kogakuin University

[‡]Shingo Fuchi

[‡]Aoyama Gakuin University

な特徴情報を持たせる試みがある[3]。光学的な特徴情報（可視光画像）は、サンプル（薄い合成樹脂板）の表面に励起光を照射することによって得られる。これは、励起光によってサンプル内の蛍光体粒子が可視光を発光するが、自然偶発的に散らばった粒子の密度の違いによってサンプルの発光強度に差が出るからである。文献[3]では光学的な特徴情報を得るためにレーザー光を使用しているが、照射範囲が狭いため多くの特徴情報が得られない。また、2次元平面上に特徴情報が形成されるため有価カード等に限定されたシステムである。本研究では任意の3次元形状の人工物について、任意の場所から光学的な特徴情報が得られる方法を提案する。

3. 提案方法

3次元形状の人工物に特徴情報を持たせるにあたり、著者らは合成樹脂の製造方法に注目した。合成樹脂製品を製造する時、型に液体を流し込んで作られるが、液体を容器に流し込む間、乱流という現象が起こる。乱流とは、小さな渦がランダムに発生し、速度や圧力が不規則に変動する流れのことである。私たちの身の回りにはこの現象を利用した「墨流し」というアートが存在しており、自然偶発的にできる模様を利用する。著者はこれからヒントを得て、合成樹脂に、自然偶発的にできる大理石に似た模様を形成し、製品全体に特徴情報を持たせる方法を考えた。

大理石に似た模様を表面に持つ合成樹脂製品は意匠を損なうため、特徴情報を隠蔽する必要がある。従って、樹脂表面に近赤外線透過塗料を塗布し、特徴情報を隠蔽する。製品に物理的な影響を与えないために、特徴情報を非接触で撮影できる近赤外線カメラを使用する。

4. 実験

4.1 サンプルの成型

墨流しの技法である乱流によってできる模様を形成し、これを特徴情報とするために、近赤外線を反射する性質を持つ素材（酸化チタン粉末）を混ぜたエポキシと、近赤外線を吸収する性質を持つ素材（炭素繊維粉末）を混ぜたエポキシを作る。次に、これらをスポイトに取り、

口を合わせて同時に型に流し込むことで、特徴情報となる「自然偶発的にできる大理石に似た縞模様」を持たせたサンプルを作製する。また、サンプルが持つ特徴情報を隠蔽するため、近赤外線透過塗料を樹脂の表面に塗布した。

4.2 特徴情報の視認困難性

特徴情報の視認困難性を確認するため、サンプルの表にのみ黒色の近赤外線透過塗料を塗布したものを5個用意した。次に、被験者を20人集め、以下に示す実験を行い被験者ごとの得点を計算した。

- (1) 塗料を塗る前に撮影したサンプルの可視光画像を印刷する。次に、これを識別番号順にテーブル上に並べる。
- (2) サンプル番号が裏に書かれたサンプルを、テーブル上にランダムに置く。
- (3) 被験者には次の指示を行う。

サンプルは大理石に似た縞模様を持っています。手に取ったサンプルが持つ縞模様と、印刷された縞模様が一致すると思った紙の前にサンプルを置いてください。ただし、サンプルの裏面を見てはいけません。

- (4) 検証者は、サンプルの裏面に張り付けられている識別番号と紙に張り付けられた識別番号の一致を確認する。一致していた場合1点を加算する。このとき、被験者に対して回答の正誤は伝えない。
- (5) 被験者と検証者は(3)と(4)を10回、合計2セット繰り返し被験者ごとの得点を計算する。

図1に被験者ごとの得点を示す。平均得点は1セット目が9.8点、2セット目が9.9点であった。縞模様とサンプルが一致する枚数ごとの確率は表1ようになる。表1の期待値を合計すると1になるため、被験者が1試行につき獲得できる得点の期待値は1点、1セット10点である。これは、「あて推量」であっても1セットにつき10点得られることを意味する。人間は解答が分からない場合、「あて推量」を行う傾向

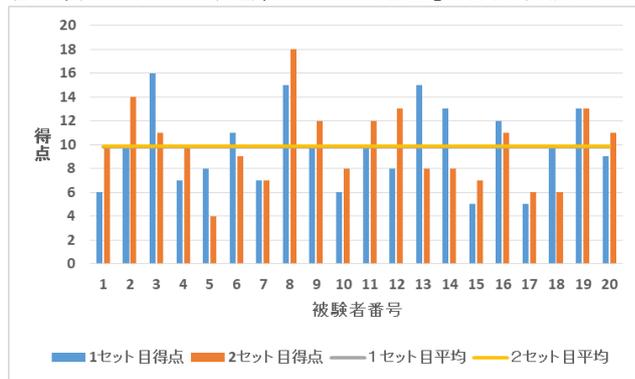


図1 被験者ごとの得点

表1 期待値計算表

| | 一致する枚数 | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 一致する確率 | 44/120 | 45/120 | 20/120 | 10/120 | 1/120 |
| 得点 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 期待値 | 0 | 45/120 | 40/120 | 30/120 | 5/120 |

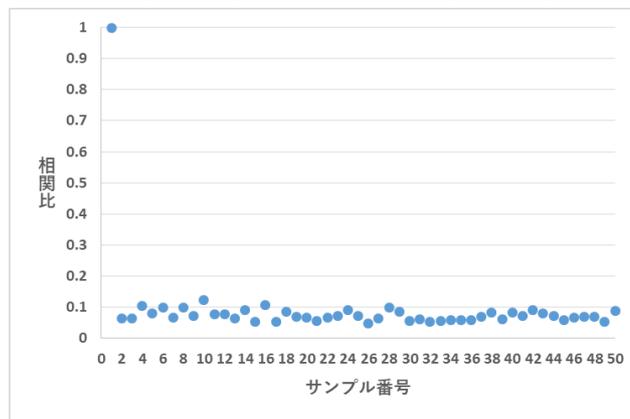


図2 サンプル1とその他のサンプルの相関比

がある。平均得点と「あて推量」で得られる得点が近似していることから、特徴情報の視認が困難であったと考えられる。

4.3 特徴情報の抽出

4.1節と同じ製法で作ったサンプル50個にサンプル番号を付け、それらが固有の特徴情報を保有していることを確認する。特徴情報の違いを確認するため、1番のサンプルと残り49個との相関比を位相限定相関法を使って計算したものを図2に示す。1番のサンプル同士の相関比は1、残りの49個との相関比は0.1付近の値をとっている。相関比が高いと特徴情報の一致度が高く、相関比が低いと一致度は低い。このことから、サンプルごとに固有の特徴情報を持つことがわかる。

5. まとめ

本研究では、3次元の合成樹脂製品向けの人工物メトリクスを提案し、実験によりその有効性を検証した。これにより、当該製品の偽造困難性と真正性の確度を高めることができる。今後は、黒色以外の近赤外線透過塗料を用いて実験を行う。

参考文献

- [1] 小笠原直樹他, 先端偽造防止技術 -事例集-, NPO 法人 国際公正取引推進協会, (2004年12月)
- [2] 松本勉, "人工物メトリクス入門", 日本印刷学会誌, Vol. 49, No. 3, pp. 185-189, (2012)
- [3] 藤川真樹, 實川康輝, 瀧真悟, "マルチモーダル人工物メトリクスの研究(合成樹脂製品への適用)", 暗号と情報セキュリティシンポジウム 2017 論文集, 4C2-4, pp. 1-8, (2017)