

画像特徴を用いた絵柄識別に関する一検討

藤村 誠^{†1} 濱野 和正^{†1}

有田焼きなどの手描きの絵柄の絵皿などの作品は、芸術的な要素もあるため特に高い評価を得ている。組皿など同様な形状の絵皿は、複数枚の組で作成するため、個々の作品を特に区別する必要がある。また、本物と偽物との識別も必要であり、従来これらは専門の鑑定が目視などの手段によって行っている。このため、鑑定には多くの手間と時間がかかり問題となっていた。

本稿では、絵皿に描かれた絵柄の特徴量などを利用して、個々の磁器を識別する方法について検討する。

A Study of Identification Method of Picture Using Image Feature

MAKOTO FUJIMURA^{†1} and KAZUMASA HAMANO^{†1}

It is difficult to embedded watermark into an attractively-illustrated plate such like ARITA-YAKI. Because picture on these plate is hand drawing one. But the plate is very expensive and has artistic value. And ceramic artist need an authentication method for their creation. Therefore we studied the possibility of cryptographic hash function for authentication of artistic plate.

1. はじめに

有田焼きなど手描きで絵柄を描かれた絵皿などの作品は、芸術的な要素が高いこともあり特に高い評価を得ている。しかし、手描き作品であるため、個々の皿などの識別については鑑定の専門家が行うことになり、手間と時間がかかるという問題がある。組皿など同形状の磁器を複数枚の組で作成されている場合は、特に個々の作品を区別する必要がある。手描き

の絵柄であるため個々の絵柄には微妙な違いが生じ、それらの違いを判別することで個々の作品の識別が可能となる。

また、窯元としては制作した作品を管理し、出荷した作品の認証を行ったり、持ち込まれた絵皿などが本物の作品であるかどうかを検証することが必要である。このような絵皿などの検証および認証においても、上のように専門家が鑑定する必要がある。

一方、画像データの認証や検証において、電子透かし技術を用いて著作権情報などを対象画像に埋め込むことが研究、開発されている。このような電子透かしは、画像データだけではなく、印刷物としての画像にも電子透かしを埋め込む方法が検討されている。しかし、絵皿などを手描きによる絵付けにより制作する場合は、その絵柄の中に透かし情報を埋め込むことは困難である。このため、手描きの絵柄の場合は、電子透かし技術を用いることは難しく、別の方法で識別を行う必要がある。

そこで、本稿では、絵皿などに手描きで作られた絵柄に基づく識別情報をあらかじめデータベースに記録しておき、調査対象となる絵皿から得られる識別情報と比較することで絵皿の検証、認証を行う方法を検討する。識別情報としては、画像認識のための種々の特徴量などが考えられるが、今回は記録するデータ量についても考慮して暗号的ハッシュ関数を用いることとする。ハッシュ関数は、ある長さの入力データから一定長のビット列を生成でき、入力データが異なる場合は生成ビット列も異なる値となる。この性質により、ハッシュ関数は任意長のデータをあらかじめ決めておいた長さのデータに圧縮する関数としてみなすことができ、電子指紋 (Digital fingerprint) としても用いられる^{1)~5)}。

電子透かしを用いた認証にハッシュ関数を適用する研究も行われている。文献⁶⁾では埋め込んだ透かし情報の照合および伝送した画像の障害確認のために一方向ハッシュ関数を用いている。文献⁷⁾では、静止画像に対する電子透かし手法において認証機能も実現するために、透かし情報の埋め込み位置をハッシュ関数を用いて分散させ、第三者による透かし情報抽出を防止している。文献⁸⁾では、ウェーブレット変換を用いた電子透かし埋め込みと同時にハッシュ関数を適用することで改変などに対するセキュリティを求めている。これらの研究ではハッシュ関数そのものによる画像の認証ではなく、ウェーブレット変換などによる電子透かし埋め込み処理にハッシュ関数を適用することで第三者による攻撃を防いだり、伝送中にデータ改変が生じた際の検出を行うなどハッシュ関数そのものを用いた画像認証は扱っていない。ハッシュ関数は入力データが僅かでも異なる場合、そのハッシュ値も異なる値になるためであると考えられる。

本稿では手描きの絵柄による絵皿の識別方法を検討する。このため、絵皿をデジタルカメ

^{†1} 長崎大学
Nagasaki University

ラで撮影し、その画像データを元にしたハッシュ関数の利用による絵皿識別方法について検討する。ただし、単純に絵皿を撮影したデジタル画像をハッシュ関数の入力データとした場合、撮影条件の違いなどによってハッシュ関数値が異なる恐れがある。このため、撮影条件に影響を受けないような絵皿の絵柄の特徴量を入力データとする必要がある。

以下、2でハッシュ関数について説明し、3では絵柄の識別手法について説明する。4で実験結果、5でまとめについて述べる。

2. ハッシュ関数

ハッシュ関数は任意長のデータを入力し、あらかじめ決めておいた長さのデータを出力する。ハッシュ関数は乱数の生成、データ構造の配列要素生成などで使用されるが、暗号的ハッシュ関数の場合は、メッセージに改変がないことを証明するメッセージの真正性 (message integrity) の保証、入力データを特定する表現である電子指紋、デジタル署名 (digital signature) などに用いられることが多い。

暗号的ハッシュ関数の持つ性質を以下に示す。衝突計算困難性の性質により、入力データが異なる場合に異なるハッシュ値が生成されるので、電子指紋やデータに改変が無いかどうかを判定するメッセージの真正性の保証などが可能となる。

- 原像計算困難性：出力 y が与えられたとき、 $H(x) = y$ を満たす入力 x を計算することが困難
- 第二原像計算困難性：入力 x が与えられたとき、 $H(x) = H(\hat{x})$ を満たす x と異なる入力 \hat{x} を計算することが困難
- 衝突計算困難性： $H(x) = H(\hat{x})$ を満たす相異なる入力 x, \hat{x} を計算することが困難

また、一般に入力データ長に対して出力データ長は短くなるため、データを圧縮する関数として見ることもできる。ただし、上記の原像計算困難性などの性質から、ハッシュ値から元の入力データを求めることは困難であり、画像符号化のようなデータ圧縮と元データの復号というような処理は不可能である。しかし、対象とする絵皿の検証および認証を行うことが目的の場合、復号は不要であり、ハッシュ値のみで検証または認証が可能である。

3. 絵柄の識別手法

図1に絵皿の認証処理の流れを示す。まず、調査対象となる絵皿をデジタルカメラで撮影

し、絵皿画像より特徴量を抽出する。その特徴量をハッシュ関数に入力してハッシュ値を求める。次に、あらかじめデータベースに登録されていたハッシュ値の集合に対して、上で得られたハッシュ値が一致するものがあるか判定処理を行う。ハッシュ値が一致すれば調査対象である絵皿はデータベースに登録済みの物品であると判断される。

ハッシュ関数への入力としては、人間が絵皿を識別する際の着目点より、絵皿の特徴としては次のようなものが考えられる。ただし、今回は簡単のためにデジタルカメラで撮影した画像データを走査し直したデータを検討する。

- 絵柄： 絵柄の輪郭線
- 配色： 絵柄の配色
- 皿： 形、大きさなど
- 色合い： 皿全体の色合いなど。

ハッシュ関数の性質から、入力データが僅かでも異なれば、異なるハッシュ値が出力される。画像データそのものをハッシュ関数への入力とすることもできるが、撮影条件、撮影の解像度などの影響を受けないような工夫が必要である。このため、撮影条件などに影響されないような特徴を用いる必要がある。また、デジタル画像の場合、画素値のサンプリング位置によりビット並びが変わることになるため、この場合も異なるハッシュ値が生成されるはずである。このため、画像データを正規化することでサンプリング位置の影響を抑えることを検討する。

今回は、絵皿画像の中心部から螺旋状に走査しなおして、得られた画素値列をハッシュ関数への入力とする。絵皿が円状の形状であると想定すると、半径 r 、横軸とのなす角度を θ とすると螺旋状走査は次のように表される。ここで、 i は 0 から n の正の整数である。なお、走査点の座標は次式で求める。式 (1) および (2) によって、螺旋状の走査線を生成し、走査点の x, y 座標を式 (3) および (4) を用いて計算する。皿画像の半径を 1 とし n 等分かつ角度 2π を n 等分した位置ごとに画素値を求めていくで螺旋状の走査ができる。

$$r_{i+1} = r_i + \delta r \quad (1)$$

$$\theta_{i+1} = \theta_i + \delta \theta \quad (2)$$

$$x_{i+1} = r_{i+1} \cos(\theta_{i+1}) \quad (3)$$

$$y_{i+1} = r_{i+1} \sin(\theta_{i+1}) \quad (4)$$

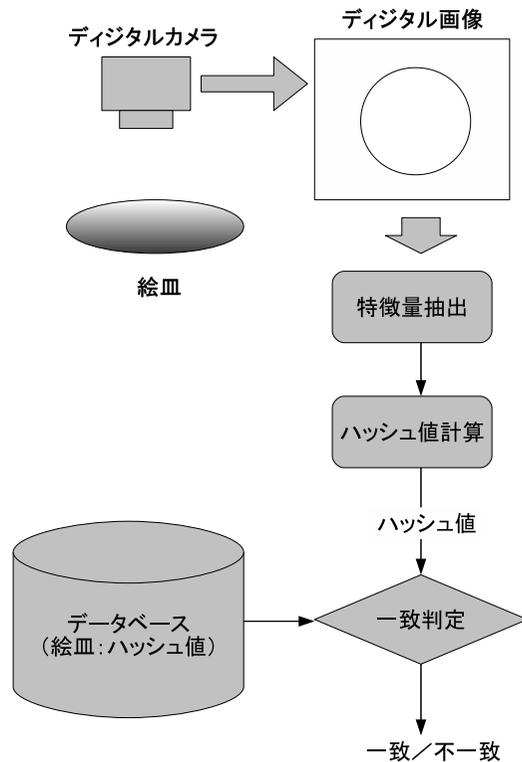


図 1 絵皿認証処理の流れ
Fig. 1 Authentication scheme for attractively-illustrated plate.

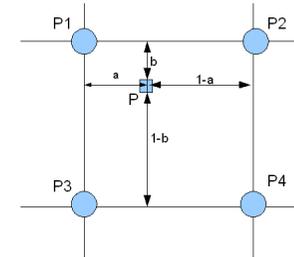


図 2 補間点
Fig. 2 Interpolation point.

図 2 は螺旋状に走査した際のサンプル点の輝度値を内挿補間によって得ることを示している。図の P1 から P4 は画素値であり、P は螺旋状走査におけるサンプル点である。サンプル点 P の座標 (P_x, P_y) の画素値は、他の 4 個の画素値との位置関係から、係数 a および b により補間された画素値が次式のように計算される。

$$P_x = b(aP_1 + (1 - a)P_2) \quad (5)$$

$$P_y = (1 - b)(aP_3 + (1 - a)P_4) \quad (6)$$

4. 実験結果

実験では螺旋状走査を行った場合のハッシュ値を求めた。使用したハッシュ関数は SHA1 である。SHA1 は、 2^{64} ビット以下の入力データに対して、160 ビットの出力値を生成するハッシュ関数である⁵⁾。

図 3 は実験で使用した絵皿画像である。これは絵皿をデジタルカメラで撮影した後に輝度値画像に変換したものである。この画像データに対して、絵皿領域の中心点を起点として螺旋状に走査し、その走査点における輝度値の補間値を求めた。このとき、角度 θ は 2 度ずつ変化させ、絵皿半径 r については 100 分の 1 刻みで半径方向に加算していった。この結果、1800 個の符号無し整数値の列を得た。この整数値列を HSA1 アルゴリズムによるハッシュ値を以下に示す。



図 3 絵皿画像

Fig. 3 Picture of attractively-illustrated plate.

8dca6278f4367d181b0b95636e6d9de8536dfd40

画像データがこの 160 ビットのデータで表現されることより、情報量圧縮としての効果は大きいことがわかる。今回は、画像を対象を入力データとして、ハッシュ関数を適用してみたが、対象物の特定を行うためには、ハッシュ関数への入力データをよく検討する必要がある。

5. おわりに

本稿では、ハッシュ関数を用いた絵皿の識別の可能性について簡単な検討を行った。ハッシュ関数への入力データとしての画像の特徴量については、これから本格的に検討を始める予定であり、今後の課題としては、螺旋状走査についての更なる検討、画像認識に用いる各種特徴量を用いたハッシュ値の生成などがある。また、画像データを対象とした場合に適するようなハッシュ関数についても検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) Douglas R.Stinson(櫻井幸一監訳):暗号理論の基礎, 共立出版 (1996).
- 2) 太田 和夫, 國廣 昇, 王 磊: 安全性を証明可能なハッシュ関数の設計論, 電子情報通信学会誌, Vol.92, No.3, pp.218-223(2009)
- 3) Susan Landau: Find Me a Hash, Notices of the AMS, Vol.53, No.3, pp.330-332(2006)
- 4) National Institute of Standards and Technology: Recommendation for Applications Using Approved Hash Algorithms, NIST Special Publication 800-107(2009)
- 5) D. Eastlake: US Secure Hash Algorithm 1 (SHA1), Request for Comments:3174, <http://www.isi.edu/in-notes/rfc3174.txt>(2001)
- 6) 小林 弘幸, 橋 高志, 藤吉 正明, 貴家 仁志: ハッシュ関数を用いたロスレス電子透かし法とその放送監視への応用, 電子情報通信学会技術研究報告. ITS, Vol.103, No.640, pp.13-18(2004)
- 7) 富井 宏美, 山岡 卓紀夫, 山内 寛紀: シネマ配信システムにおける追記可能な電子透かし手法, 電子情報通信学会技術研究報告 . VLD, VLSI 設計技術, Vol.104, No.117, pp.25-30(2004)
- 8) Fernanda B.Coelho, Jamil Salem Barbar, Gustavo S.B. do Carmo: The use of watermark and hash function for the authentication of digital images mapped through the use of the wavelet transform, Proc. of Second International Conference on Internet and Web Applications and Services(ICIW'07)(2007)