

## 画像の同一鑑定におけるオブジェクトベース 画像処理に関する一検討

藤村誠<sup>+</sup>, 濱崎将幸<sup>+</sup>, 末繁芳子<sup>+</sup>, 黒田英夫<sup>++</sup>

<sup>+</sup>長崎大学工学部情報システム工学科,      <sup>++</sup>長崎大学大学院生産科学研究科

デジタル画像が不正にコピーされた場合、電子透かしが残っていれば決定的な証拠となるが、攻撃により残らない場合もありうる。また、コピーするのではなく画像を真似て新たに作成する場合には対処できないという問題もある。電子透かしが使用できない場合でも、原画像と疑いのある画像とが同一かどうかを鑑定できれば著作権保護に有効であると考えられる。人間が2枚の画像が同一かどうかを判断する場合には、背景や人物など画像オブジェクトの配置や色などで判断する。本稿では、画像の同一を鑑定するためのオブジェクトベースの画像処理について検討する。

## A Study on Object Based Image Processing for Evaluation of Identification Between Pictures

Makoto Fujimura<sup>+</sup>, Masayuki Hamasaki<sup>+</sup>, Yoshiko Sueshige<sup>+</sup>, Hideo Kuroda<sup>++</sup>

<sup>+</sup>Department of Computer and Information Sciences,  
Faculty of Engineering, Nagasaki University

<sup>++</sup>Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University

If a digital image is copied wrongly, digital watermarking show ownership of the digital image. But attacking to digital image, that are some kind of image processing, sometime erase digital watermarking in image. Therefore, evaluation method of identification between pictures is useful in this case. In this paper, the evaluation method of Identification between pictures is proposed. This method is based on image processing for image object.

## 1 はじめに

インターネットの普及によってデジタルコンテンツの入手が容易になった。しかし、デジタルコンテンツはコピーが容易なため、不正コピーによる著作権の侵害が問題となる。著作権保護技術の中で、電子透かし技術は重要である [1]。デジタル画像が不正コピーされた場合に、電子透かしが残っていれば決定的な証拠となるからである。

しかし、画像処理などによる電子透かしへの攻撃により署名情報が削除、改竄されることがある。このため、電子透かしには攻撃への耐性が要求される。文献 [2],[3] などでは、各種の変換、切り出しなどの複数の攻撃にも耐性がある電子透かしの埋め込み法が提案されている。しかし、電子透かしは攻撃に対する耐性を理論的に求めることが困難であるため、電子透かしの攻撃に対する耐性評価のためのベンチマークテストが提案されている [4],[5],[6]。

電子透かし技術による埋め込み署名が攻撃によって削除、改竄された場合には、最終的には、人間が画像を見て不正にコピーかどうかを判定するはずである。このように電子透かしが使用できない場合に、原画像と不正コピーの疑いがある画像とが同一かどうかを鑑定できれば著作権保護に有効であると考えられる。

本稿では、画像間の同一鑑定のためのオブジェクトベースの画像処理について検討する。2枚の画像が同一かどうかを判断する場合には、画像間で差分をとる方法があるが、攻撃を受けた場合には有効ではない。まず、電子透かしへの攻撃によって画像データが受ける影響を調査し、攻撃を受けた場合にも同一鑑定できる条件を調べる。次に、背景や人物など画像オブジェクトの配置や色などの属性値で同一かどうかを判断する方法を提案する。また、画像オブジェクトには、インターネット上での利用を考慮して、マルチメディアコンテンツの表記方法の国際標準である MPEG-7 [7] における画像データの表現法を利用することとする。

以下、2では電子透かしへの攻撃と画像データ

への影響を検討する。3では、オブジェクトベースの画像処理について検討する。4では実験結果を示す。

## 2 電子透かし攻撃の影響

ここでは、予備実験として電子透かしに対する攻撃が、画像データに与える影響を調査する。テスト画像には Mother & Daughter を用いた。電子透かしのベンチマークテストシステムである StirMark を用いて電子透かしへの攻撃である画像処理をテスト画像に対して行う。これらの処理画像に対して、主観評価および PSNR をそれぞれ測定する。また、電子透かしの種類によって、攻撃の種類に対する耐性が異なるので、テスト画像には電子透かしは埋めこまないで、テスト画像と攻撃処理を受けた画像との差を測定する。

表 1 に、主観評価に用いた評価語を示す。テスト画像と処理画像を被検者に同時に提示して、1~5 の評点を付けさせる。PSNR はテスト画像と処理画像から求める。画像の拡大のようにテスト画像とサイズが異なる場合は、それぞれの画像が重なる部分で計算する。

表 1: 主観評価の評価語

評点	評価語
5	妨害わからない
4	わかるが気にならない
3	気になるが邪魔にならない
2	邪魔になる
1	非常に邪魔になる

表 2 は測定結果である。No.4~No.7 のようなフィルターによる画像処理では、主観評価と PSNR はほぼ同じ傾向を示す。No.16~No.19 のように、縦と横の比率を変化させるような処理では、主観評価と PSNR がどちらも低下する。

表 2: 電子透かし攻撃による画像への影響

No.	攻撃の種類	主観評価	PSNR[dB]
1	等間隔に1行,1列を削除	4.9	14.30
2	等間隔に全部で17行,全部で5列を削除	4.7	14.66
3	等間隔に全部で5行,全部で17列を削除	4.6	14.50
4	2x2 メデアンフィルター	4.6	33.24
5	3x3 メデアンフィルター	4.4	33.11
6	4x4 メデアンフィルター	4.1	27.51
7	ガウシアンフィルター	4.1	35.52
8	微分フィルター	3.8	24.80
9	外側から1%切り取る	4.9	15.22
10	外側から25%切り取る	2.7	15.44
11	外側から75%切り取る	1.3	17.23
12	左右反転	3.9	14.40
13	線形の幾何学的変形 (abcd)=(1.007, 0.010,0.010,1.012) ( $ x'  =  ab  x $ , $ y'  =  cd  y $ )	4.9	14.20
14	線形の幾何学的変形 (abcd)=(1.010,0.013,0.009,1.011)	4.9	14.33
15	線形の幾何学的変形 (abcd)=(1.013,0.008,0.011,1.008)	4.9	14.36
16	横:縦=0.80:1.00	2.4	18.19
17	横:縦=1.00:0.800	2.3	14.65
18	横:縦=1.00:1.200	2.6	14.58
19	横:縦=1.20:1.000	2.4	18.74
20	減色	4.6	41.46
21	-2.0度回転	4.6	15.05
22	0.25度回転	5.0	14.35
23	45.0度回転	1.4	15.38
24	90.0度回転	1.6	14.63
25	-2.0度回転して拡大	4.4	20.91
26	0.25度回転して拡大	4.6	31.10
27	45.0度回転して拡大	1.7	14.33
28	90.0度回転して拡大	1.6	13.08
29	0.5倍に全体に縮小	2.6	15.00
30	2.0倍に体に拡大	2.4	14.96
31	中心を垂直方向に1.0画素歪ませる	4.9	28.24
32	中心を垂直方向に5.0画素歪ませる	4.4	22.75
33	中心を水平方向に1.0画素歪ませる	4.9	15.21
34	中心を水平方向に5.0画素歪ませる	4.1	15.11
35	中心を垂直/水平方向にそれぞれ5.0画素歪ませる	2.9	15.07
36	JPEG圧縮(10%)10	1.1	31.97
37	JPEG圧縮(35%)	2.9	37.27
38	JPEG圧縮(90%)	4.9	44.33
39	画像をランダムに歪ませる	4.1	22.98
40	FMLR攻撃	3.4	34.13

No.1~No.3 は画像データの行/列を削除する攻撃であり、主観評価値は高いが PSNR は低くなっている。同様に主観評価値が 4 以上と高く PSNR が低い場合は、No.9 の切り出し処理、No.13~No.15 の線形の幾何学的変換、No.21, No.22, No.25, No.26 の回転、No.31~No.34 の歪処理、No.39 のランダム歪処理である。PSNR が低いのは、回転などの処理をされた画像データを元に戻すことなしに PSNR の計算を行ったためである。ただし、回転、切り出し処理などは変形が小さいときは、主観評価は高い値を示すが、変形が大きいときは、No.10, No.11, No.16 No.23, No.24 のように主観評価値は低くなる。

主観評価の結果に着目すると、画像を幾何学的に変換する攻撃は、視覚的な劣化を起こすこと無く、比較的簡単に画像データを変化させることができる。これは、幾何学的な処理によって画素の走査方向が変化し、その結果画像の統計的な性質が変化したためである。一方、主観評価値が高いのは、人間が画像の構造、配色、形状などの特徴量を元に判断しているためと考えられる。

### 3 オブジェクトベースの画像処理

前章の調査結果より、2つの画像が同一であるかどうかを判定するためには、画像の構造、形状などの特徴量を用いると有効であると考えられる。このため、画像オブジェクトに特徴量を属性として持つ MPEG-7 [7] のモデルを用いる。MPEG-7 画像オブジェクトの属性としては、色、テクスチャ、形状、動き、位置、その他、の特徴量が挙げられている。

今回は、簡単のために静止画像における基本的なオブジェクトを対象とする。つまり、背景と対象物というような画像の構造は扱わずに、静止画像中の単純な画像オブジェクトのみを対象とする。前章の調査結果より、そのオブジェクトの特徴量として大きさ、形状、色、テクスチャ、方向の 5 個を用いることとした。

画像が同一かどうかの判定には、画像オブジェクトの属性を独立変数  $X_i$  とし、画像の同一性を従属変数  $Y$  とする重回帰モデルを用いることとする。重回帰予測式を以下に示す。

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p$$

ここで、 $p$  個の独立変数に乗じている係数  $b_1, b_2, \dots, b_p$  は偏回帰係数である。

### 4 実験結果と考察

重回帰モデルの偏回帰係数を求めるため、画像オブジェクトとして“口唇”と“椅子”という基本的な図形を想定し被検者にアンケートを取る。被検者は研究室の学生 8 名である。図 2 にテスト画像の一部を示す。テスト画像“口唇”と“椅子”について、原画像を基にして、形状、大きさなどを変化させたものを作成した。アンケート実験に使用した、テスト画像はそれぞれ 34 種類である。

原画像とテスト画像を同時に提示して、従属変数である全体の一致度、また、独立変数の画像オブジェクト個々の属性(大きさ、形状、色、テクスチャ、方向)についての一一致度を回答させた。図 3 はアンケート実験に用いた、一致度の解答欄である。被検者には、図 3 の目盛上に該当するところに印を付けさせた。目盛は 5 段階になっているが、これを  $1 = 0\%$ ,  $2 = 25\%$ ,  $3 = 50\%$ ,  $4 = 75\%$ ,  $5 = 100\%$  と換算して、重回帰分析を行い、偏回帰係数を求める。

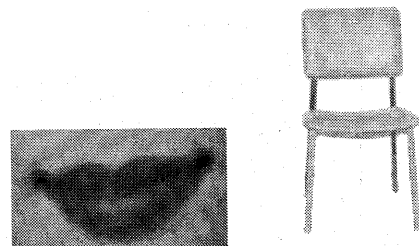
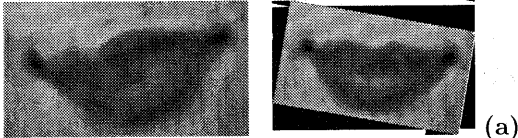
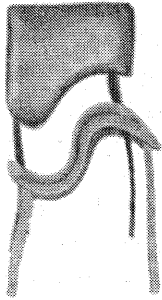


図 1: テスト画像 (原画像)

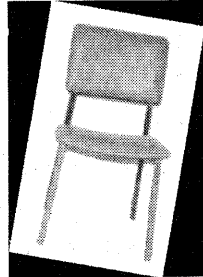


大きさ+形状

(b) 方向



(c) 大きさ+形状



(d) 方向

図 2: テスト画像 (変形を加えたもの)

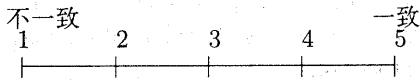


図 3: 評価用の指標図

表 3,4 はアンケート実験の結果である。32 種類のテスト画像について得られた回答結果の平均値である。これらの結果に対して回帰分析を行う。表 5 は、それぞれのテスト画像“口唇”と“椅子”についての偏回帰係数と切片の値である。両テスト画像において、偏回帰係数がほぼ同じであることが分かる。画像類似度の予測式としてそれぞれのテスト画像について以下が得られる。

$$Y = -0.06 + 0.04X_1 + 0.32X_2 + 0.18X_3 + 0.15X_4 + 0.19X_5$$

$$Y = -0.66 + 0.06X_1 + 0.49X_2 + 0.26X_3 + 0.14X_4 + 0.12X_5$$

ここで、 $X_1$ :大きさ、 $X_2$ :形状、 $X_3$ :色、 $X_4$ :テクスチャ、 $X_5$ :方向である。

表 3: アンケート結果 (口唇)

		全体				
平均		2.56				
標準偏差		0.84				
	大きさ	形状	色	テクスチャ	方向	
平均	3.23	2.86	3.11	2.86	3.15	
標準偏差	1.21	1.30	0.74	0.99	1.51	

表 4: アンケート結果 (椅子)

		全体				
平均		2.88				
標準偏差		1.13				
	大きさ	形状	色	テクスチャ	方向	
平均	3.55	3.02	3.60	3.58	3.48	
標準偏差	1.38	1.60	0.89	0.95	1.49	

表 5: 偏回帰係数

	大きさ	形状	色	テクスチャ	方向
口唇	0.04	0.32	0.18	0.15	0.19
椅子	0.06	0.49	0.26	0.14	0.12

口唇 切片 = -0.06

椅子 切片 = -0.66

得られた予測式の精度を確認するため、重決定係数と重相関係数を求めた。表 6 にその結果を示す。テスト画像“口唇”の場合は重決定係数が 0.89 であり、画像間の類似度の予測式の精度は約 89% であり、高い精度が得られた。また、実測値である大きさ、形状などの画像の属性値と、予測値である類似度との相関係数である重相関係数の値も 94% となり、精度が十分高いことが分かる。テスト画像“椅子”の場合も同様に、十分高い精度であることが分かる。

表 6: 決定係数および重相関係数

テスト画像	重決定係数	重相関係数
口唇	0.89	0.94
椅子	0.94	0.97

次に、画像オブジェクトの属性値の差分量の偏回帰係数が妥当であることを確認する。

・大きさ テスト画像“口唇”、“椅子”のそれぞれで正で、0.04, 0.06 である。大きさが異なると画像同士の類似性が低下する。拡大/縮小の割合が小さいと類似度は高いが、割合が大きいと類似度は低下すると考えられる。従って、比較的小さな係数を持つことは妥当である。

・形状 形状の差分量は、画像間の類似度に敏感に影響すると考えられる。テスト画像“口唇”、“椅子”のそれぞれ正で、0.32, 0.49 であり妥当な結果と考えられる。

・色 テスト画像“口唇”、“椅子”のそれぞれ係数が正で、0.18, 0.26 で妥当な結果と考えられる。色については、色相の影響が大きいと思われるが今回は確認はできなかった。

・テクスチャ テスト画像“口唇”、“椅子”のそれぞれ係数が正で、0.15, 0.14 でほぼ妥当な結果と考えられる。

・方向 この実験では画像の回転のことである。テスト画像“口唇”、“椅子”のそれぞれ係数が正で、0.19, 0.12 である。表 2 で示したように回転は、角度が小さい場合は類似度は小さいが、角度が大きくなると類似度が低下する。

全体として、今回提案した重回帰による画像処理モデルによって、オブジェクトベースの画像処理として、画像間の類似度を算出することの可能性を示した。また、テスト画像によって、切片とそれぞれの偏回帰係数が異なっている。偏相関係数はほぼ同じ値であるが、切片は 0.6 異なっている。これは、画像の配色や構図などの特徴によって、各偏回帰係数の影響度が異なるためではないかと考えられる。

## 5 むすび

本稿では、画像オブジェクトベースの画像処理の可能性について検討した。その結果、画像間の類似度を求める処理について、重回帰予測による画像処理モデルの適用が可能であることを示した。

今度の課題としては、画像オブジェクトの各属性値について、異なる画像間での距離を求め、画像間の類似度を得るシステムの実現である。ま

た、オブジェクトベースの画像処理として、類似度以外に画像オブジェクトの編集など他の画像処理についても検討する予定である。

## 参考文献

- [1] 中山喜義, 中村高雄, 小川宏, 高嶋洋一, 曾根原登, “著作権保護技術の動向 -コンテンツリサイクルマート創出の基盤技術-”, 情報処理学会誌, Vol.41, No.4, pp.382-387, (4.2000)
- [2] 汐崎陽, 橋田賢一, 荻原昭夫, “画像変換に強い電子透かしの埋め込み法”, “電子情報通信学会論文誌 D-II”, vol.J81-D-II, No.11, pp.2617-2623, (11.1998)
- [3] 大西淳児, 小澤慎治, “多重解像度解析によるクロップ画像からの署名検出可能な電子透かし法”, “電子情報通信学会論文誌 D-II”, vol.J81-D-II, No.10, pp.2321-2329, (10.1998)
- [4] Fabien A. P. Petitcolas, “Watermarking schemes evaluation”, I.E.E.E. Signal Processing, vol.17, No.5, pp.58-64, (September, 2000)
- [5] Fabien A. P. Petitcolas, Ross J. Anderson, Markus G. Kuhn, “Attacks on copyright marking systems”, in David Aucsmith (Ed), Information Hiding, Second International Workshop, IH'98, Portland, Oregon, U.S.A( Springer-Verlag), pp. 219-239, (April, 1998)
- [6] 社団法人 電子情報技術産業協会, “電子透かし技術に関する調査報告書”, (3.2001)
- [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4509, “Overview of the MPEG-7 Standard (version 6.0)”, <http://mpeg.telecomitalia.com/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>, (December, 2001)