

DCT成分解析等を用いたJPEG画像の総合的改ざん検出ツールの開発 Development of forgery detection tool for doctored JPEG images using DCT

多谷 邦彦[†] 竹田 直人^{‡,‡‡} 宿院 康昭^{‡‡} 小林 正[†]
尾崎 吉明[†] 川島 成平^{‡‡}
Kunihiko Taya Naoto Takeda Yasuaki Shukuin Tadashi Kobayashi
Yoshiaki Ozaki Narihei Kawashima

1.はじめに

防犯・監視カメラが広く一般社会に普及した現在、これらが撮影した画像は、犯人や犯行状況、事故現場等ありのまま記録し高い証明力を持っているため、犯罪捜査のあらゆる場面で非常に有用な物証となっている。

また、誰もがデジタルカメラやカメラ付き携帯を手にかけてデジタル画像は身近なものとなっており、今では高額な有償ソフトを用いなくても、フリーソフトで簡単にデジカメ写真を編集することができる。

こういった背景から、警察業務において画像資料を適切かつ有効に活用するために、画像の真贋、つまり改ざんされた画像かどうかを検証しなければならない場合がある。

画像の改ざん検出については、コピー&ペースト、光の向き、影の向き及びカメラ応答関数の解析[1],[2],[3],[4]など多くの研究がされているが、それらは高度な画像処理知識を必要とするものが多く、検査者にとって時間的負担は大きい。そこで、本研究では、いくつかの検査を自動で行った後、改ざんの可能性がある領域を表示することで、検査者の負担を軽減することを目的とした総合的改ざん検出ツールの開発を行った。

改ざん方法はいろいろあり、それに応じた検出方法が必要であるが、本研究では、誰もが容易に思いつく改ざんの一つであるコピー&ペースト画像を検査対象とし、次に述べる3種類の検出手法で改ざんの検出を行った。

2.改ざん検出ツールの開発

2.1対象とする改ざん画像

本研究では、デジタルカメラで撮影した画像を、Photoshop(Adobe社)を用いて改ざんした。具体的には、デジタルカメラで撮影した画像Aの一部を切り取り(コピー)、画像Bの一部に貼り付け(ペースト)、JPEG形式で保存した。

2.2 検出方法 I (DCT成分解析)

JPEG画像は8×8画素をブロック単位として離散コサイン変換(DCT)を用いて周波数成分へ変換され、量子化によりデータが削減されるが、高次の周波数成分はより大きく量子化される。ブロック単位で処理されるため、ブロックの境界は不連続となり、これはブロックノイズ、ブロック歪みと呼ばれる。

改ざんされる画像(基準画像、図1(a))に、他の画像の一部(改ざん部、図1(b))を貼り付けた場合、改ざん部のブロック境界が基準画像に持ち込まれるが、たいていの場合、この境界は基準画像の境界とは一致しない(図1(c))。した

がって、改ざん画像をJPEGで保存すると、改ざん部から持ち込まれたブロック境界により、改ざん部のブロックの高周波成分が大きくなる[5]。

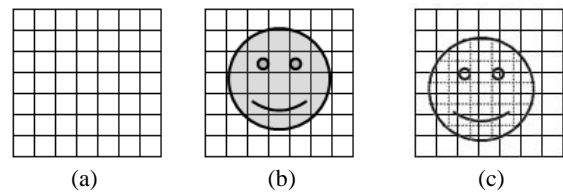


図1 基準画像(a)、改ざん部(b)、改ざん画像(c)

このブロック境界が与える高周波成分への影響を2通りの方法で調べ、改ざん部の検出を行った。

2-2-1.DCT高周波成分解析

ブロック境界による影響は高周波成分に顕著に表れるが、本来の画像に由来した高周波成分が含まれている領域もある。そこで、次の方法により改ざん部の抽出を行った。

- 8*8画素ごとのDCT係数のうち、(0,7),(7,0),(1,7),(7,1),(2,7),(7,2),(3,7),(7,3),(4,7),(7,4),(5,7),(7,5),(6,7),(7,6),(7,7),(0,6),(6,0),(1,6),(6,1)の19成分を抽出する。
- 各成分の非0成分の総和 S_a をブロックごとに求め、画像全体での重複を除いた平均値を M とする。
- 改ざん部分は S_a が比較的大きいため、 $S_a > M * x1$ (閾値 $x1$ の値は後述)となるブロックを改ざん候補ブロック $D1$ とする。
- 改ざん領域は1ブロック以上の大きさがあると考え、 $D1$ が2個以上連続している場合のみ保持する。

2-2-2.ブロック境界の位置推定

画像左上座標を(0,0)とした時、非改ざん部ブロックの左上座標は $(8*m, 8*n)$ (m, n は整数)となるが、前述の理由より改ざん部ではブロックが $(8*m, 8*n)$ 以外から始まっている可能性が高い。そこで、上記検査に加えてブロック境界の位置推定検査も行った。

- ブロックの左上を $(8*m+s, 8*n+t)$ ($1 \leq s, t \leq 8$)にずらした64通りのDCT係数を求める。
- 64通りのDCT係数のうち、 (i, j) 成分($i+j > 8$)の絶対値の総和 S_b が最少となったときのブロックの左上座標が $(8*m, 8*n)$ でないとき、改ざん候補ブロック $D2$ とする。

2-2-3.判定

$D1, D2$ の両方に該当するブロックを改ざん候補ブロック D とする。

2-2-4. $x1$ の決定

デジタルカメラ(CASIO:EXILIM)で撮影した10枚の画像を用いて改ざん検出を行った。改ざんを検出したブロック数 T_p 、誤検出したブロック数 F_p 、検出しなかったブロック数 F_n を求め、Precision p とRecall r を、

$$p = T_p / (T_p + F_p), r = T_p / (T_p + F_n)$$

[†]京都府警察本部科学捜査研究所

[‡]関西大学システム理工学部

^{‡‡}株式会社 扶桑プレジジョン

^{‡‡‡}大阪産業大学工学部

とし、結果を図2(a)に示す。 p と r は共に高い値であるほど良い結果を意味するため、測定点の近似曲線の交点に近い $x_1=0.7$ を最適値とした。

2.3 検出方法Ⅱ(エッジ解析)

貼り付けによる改ざんでは、改ざん部と基準画像の境界が不連続となる。改ざん部の境界が画像内で突出した値を持っているか解析し、改ざん部の検出を行った。

- (a). 画像の明度 V に対してCannyエッジを検出する。
 (b). 注目するエッジ画素の明度 V_e の周囲8点の V の平均値を V_g 、最大値を V_{max} 、最小値を V_{min} とし、 ΔV を、

$$\Delta V = \text{abs}(V_g - V_e) / (V_{max} - V_{min})$$

と定義する。

- (c). エッジ画素全数のうち、 ΔV が上位 $x_2\%$ (閾値 x_2 の値は後述)に入る画素を改ざん候補エッジ E とする。ただし、 3×3 画素内で E が単独である場合は除く。
 (d). D と同様に10枚の画像を用いて検出を行い、検出した改ざん部の境界画素数 T_p 、誤検出した画素数 F_p 、検出できなかった境界画素数 F_n とし、 p, r の結果を図2(b)に示す。 x_1 と同じ理由から、測定点の近似曲線の交点に近い $x_2=3$ を最適値とした。

2.4 検出方法Ⅲ(Double JPEG解析)

JPEG画像が異なる量子化テーブルにより再圧縮された場合、DCT係数のヒストグラムによりこれを検出できることはFaridら[1],[3]に示されている。本研究では、DCT係数の(2,1)成分のヒストグラムを作成し、最大ピークを P 、 P より1つ小さいピークを H 、 P の隣のピークを H_2 としたとき、高さ比 R を

$$R = H_2 / H$$

と定義し、再圧縮の有無を定量的に評価した。

5種類のデジタルカメラを用いてそれぞれ3種類の画質、3種類の解像度で撮影した45枚の元画像と、Photoshopで再圧縮した画像45枚の合計90枚について R を求め、結果を図3に示す。再圧縮を検出した画像数 T_p 、誤検出した画像数

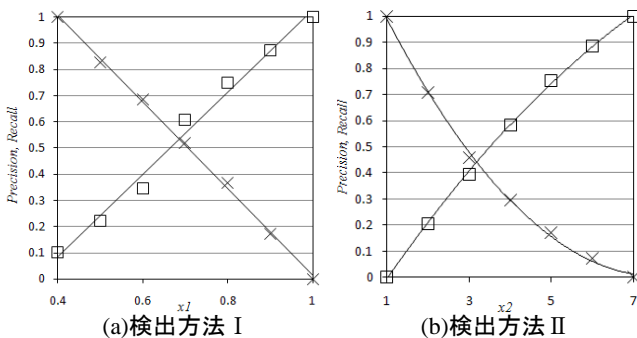


図2 Precision(□), Recall(×)と変数 $x_i(i=1,2)$ の関係

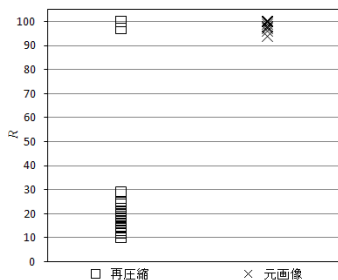


図3 元画像と再圧縮画像における R

F_p 、検出しなかった画像数 F_n とすると、再圧縮有り判定する基準を $R \leq 80$ としたとき $p=1.0, r=0.76$ となることから、 $R=80$ を最適値とした。

3. 評価実験

3.1 実験方法

2.2~2.4により決定した $x_1=0.7, x_2=3, R=80$ を用いて、検出方法Ⅰ~Ⅲの評価実験を行った。デジタルカメラ7機種を用い、同機種撮影画像間の改ざん画像50枚、他機種撮影画像間の改ざん画像20枚の計70枚を使用した。改ざんはコピー&ペーストのみであり、改ざん部の境界には何も処理を加えない。

本研究では、対象画像のある部分が改ざんではないかという依頼による検査を想定しているため、注目領域が検査によって反応していれば陽性、反応していなければ陰性と判断する。検出方法Ⅲについては、 $R \leq 80$ であれば陽性とする。なお、改ざんがない画像については注目領域が定義できないため、評価実験をしていない。

3.2 実験結果

検査した改ざん画像70枚のうち、DCT解析で検出した画像は65枚、エッジ解析では55枚、Double JPEG解析では70枚であり、3手法すべてで検出したのは50枚、DCT解析とエッジ解析で共に検出できなかった画像は0枚であった。検出結果の一例を図4に示す。



図4 検出結果(検出部付近をトリミングした画像)

4. まとめ

デジタルカメラで撮影した画像の一部をコピー&ペーストした70枚のJPEG改ざん画像に対して、3種類の検出方法で検査したところ、全ての画像において2つ以上の検出方法で改ざんを検出した。複数の検出手法を用いることで検出漏れを防ぎ、検出結果の信頼性を上げることができ、本ツールの有効性を示すことができた。

参考文献

- [1] Alin.C.Popescu, H.Farid "Statistical Tools for Digital Forensics" In 6th International Workshop on Information Hiding, 2004
- [2] A.Kaur et al. "Copy-Move Forgery Detection using DCT and SIFT" IJCA, Vol70- No7.2013
- [3] J.He et al. "Detecting Doctored JPEG Images Via DCT Coefficient Analysis" ECCV 2006, Part III, LNCS3953, pp.423-435, 2006
- [4] Z.Lin et al. "Detecting Doctored Images Using Camera Response Normality and Consistency" IEEE 2005
- [5] 松濤智明ら, "DCT高周波成分分析によるJPEG画像の非線形リサイズ検出" 信学技報画像工学 109(63), 11-16, 2009