

複合アタックに対する電子透かしの耐性評価値算出に関する検討*

2V-10

大網 亮磨 柴多 直樹 宮内 宏†

NEC C&C メディア研究所‡

1 はじめに

筆者らは、静止画に電子透かしを挿入する方式の耐性を評価する方法について検討してきた¹⁾。しかし従来は、単一処理からなる単一アタックのみを考慮していた。本稿では、これを拡張し、複数の処理の組み合わせた複合アタックに対する耐性評価値算出法について述べる。

2 単一アタックに対する耐性評価値の算出

筆者らは、これまでに、通常の画像処理等で生じ得るアタックに対し、電子透かしの耐性評価値を算出する枠組を提案した¹⁾。この算出法では、検出率の実測値に統計処理を行い、耐性評価値を求める。

耐性評価値算出の枠組を図1に示す。まず、複数の画像に対し、電子透かしを挿入する。次に、透かし挿入画像にアタックを行い、アタック後の画像に対して透かし検出を試みる。アタックを行う際、アタックの強度を調節するパラメータ（以後アタックパラメータと呼ぶ）を変化させ、透かしの検出率の変化を調べる。そして、検出率をアタックパラメータの関数と考え、これに統計処理を行って耐性評価値を算出する。

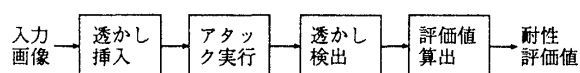


図1: 耐性評価の枠組

用いる統計処理には様々なものが考えられるが、加重平均を用いる場合は、アタックパラメータが x のときの検出率を $r(x)$ とすると、耐性評価値 V は、

$$V = \int_{-\infty}^{\infty} w(x)r(x)dx \quad (1)$$

で表される。ここに $w(x)$ は重み付け関数である。 $w(x)$ の値は、各アタックパラメータ値 x に対するアタックの生起頻度や透かし検出の重要性を考慮して決定する。

*Study on evaluating robustness of watermarking algorithms against multiple attacks

†Ryoma Oami, Naoki Shibata, and Hiroshi Miyauchi

‡C&C Media Research Laboratories, NEC Corporation

3 複合アタックに対する耐性評価値算出

3.1 複合アタックに対する耐性評価値

複数の処理を組み合わせたアタック（以後複合アタックと呼ぶ）についても、単一アタックに対する算出法を拡張して耐性評価値を算出できる。例えば、アタック1とアタック2の2つのアタックを組み合わせた複合アタックの場合、アタック1、アタック2のアタックパラメータがそれぞれ x_1 , x_2 のときの検出率を $r(x_1, x_2)$ 、重み付け関数の値を $w(x_1, x_2)$ とすると、

$$V = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} w(x_1, x_2)r(x_1, x_2)dx_1dx_2 \quad (2)$$

により耐性評価値を算出できる。

3.2 アタックの相乗効果

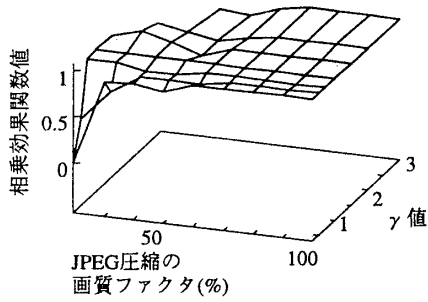
電子透かしに複数のアタックを行うと、個々のアタックが独立に透かしに作用する場合と、そうでない場合とがある。複合アタックを構成する個々のアタックが互いに影響を及ぼさない前者の場合は、複合アタックに対する検出率は、

$$r(x_1, x_2) = r(x_1)r(x_2) \quad (3)$$

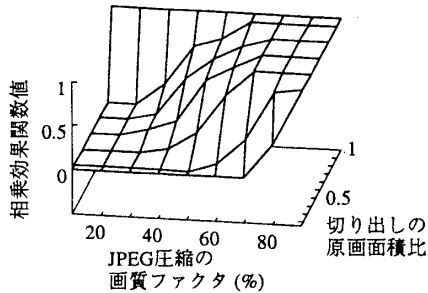
のように個々のアタックの検出率の積で表される。一方、アタックを組み合わせることで何らかの相乗効果が生じる後者の場合は、式(3)は成り立たない。そこで、複合アタックに対する検出率を

$$r(x_1, x_2) = r(x_1)r(x_2)C_{1,2}(x_1, x_2) \quad (4)$$

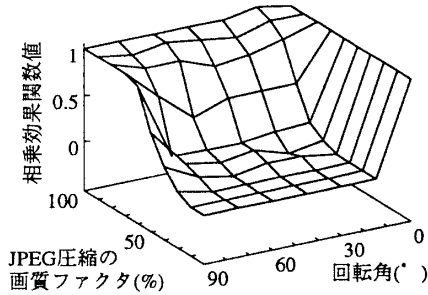
で表す。式(4)の関数 $C_{1,2}(x_1, x_2)$ （以後、相乗効果関数と呼ぶ）は、アタックの組み合わせによる相乗効果を反映し、これにより相乗効果の程度を把握できる。アタックの組み合わせにより透かしへのダメージが増幅する場合は $C_{1,2}(x_1, x_2) < 1$ となり、個々のアタックによるダメージが相殺されて弱まる場合は $C_{1,2}(x_1, x_2) > 1$ となる。一方、アタックの相乗効果がなければ、 $C_{1,2}(x_1, x_2) = 1$ となる。図2(a)は相乗効果がない例、(b), (c)は、透かしへのダメージが増幅される例である。



(a) γ 補正と JPEG 圧縮の場合



(b) 画像切り出しと JPEG 圧縮の場合



(c) 回転と JPEG 圧縮の場合

図 2: 各複合アタックに対する相乗効果関数

4 実験結果

WWW 等で入手可能な電子透かし方式について、本方式による複合アタックの耐性評価値算出を試みた。画像の切り出し、回転、 γ 補正のそれぞれと、JPEG 圧縮とを組み合わせることができる複合アタック 3 種類に対し、実験を行った。入力画像には、市販の素材集に含まれる画像 20 枚 (RGB, 768 \times 512) を用いた。透かしの挿入強度を変化させて耐性評価値を求めた結果を図 3 に示す。

また、挿入強度が 3 のときにそれぞれのアタックに対して相乗効果関数を算出した結果を図 2(a) ~ (c) に示す。これより、JPEG と γ 補正の組み合わせに対しては、計算精度の低下による値のばらつきが一部見られるものの、相乗効果はないと考えられる。それ以外はアタックの組み合わせにより相乗効果が生じ、透かしへのダメージが増幅されていることがわかる。

次に、単一アタックの検出結果に基づく複合アタック

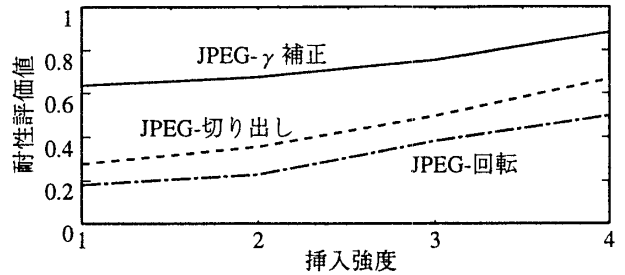


図 3: 耐性評価値算出結果

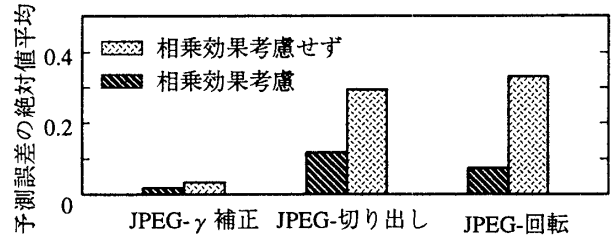


図 4: 複合アタックの耐性評価値の予測誤差

の耐性評価値の予測可能性を調べた。ここでは、

- 挿入強度が 3 のときのみ相乗効果関数を求め、他の挿入強度では、これを用いて式 (4) により検出率を算出し、耐性評価値を求めた場合
 - 相乗効果を考慮せず、個々の単一アタックの検出率の積を加重平均し、耐性評価値を求めた場合
- を比較した。実際に算出した耐性評価値との誤差の平均を図 4 に示す。これより、アタック相乗効果の考慮により、単に個々の検出率の積を加重平均する場合よりも実際の値に近づくことがわかる。しかし予測精度には限界があり、高精度の推定にはさらなる検討を要する。

5 まとめ

本稿では、複合アタックの耐性評価値算出法について述べ、既存の透かし方式に適用した結果を示した。また、アタックの組み合わせによる相乗効果を調べ、さらに、単一アタックの結果に基づく複合アタック耐性評価値の予測可能性を検討した。今後、他の透かし方式についても検討すると共に、複合アタック耐性評価値の予測の改善法を検討する予定である。最後に、日頃御指導頂く藤田部長に感謝致します。

謝辞: 本研究は、郵政省のプロジェクト「電子透かし技術に関する研究開発」の一環として、通信・放送機構から委託されて実施した。

参考文献

- [1] 大網他:「電子透かし...」, 第 57 回情処全大, 5G-6(1998).