

画像の DCT 符号スクランブルと MSE 制御

DCT Sign Scrambling for Images and MSE Control

伊藤 泉
Izumi Ito

貴家 仁志
Hitoshi Kiya

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

1 まえがき

Discrete cosine transform (DCT) 符号スクランブルは、画像の視覚的な情報保護および、保護状態で画像間のズレや類似度を計算できるスクランブル法である [1]。このスクランブルにより生成される、視認性に関する信号の平均二乗誤差 (MSE) を、スクランブルに用いる正負符号の割合から、制御可能であることを示す。

2 DCT 符号限定信号と DCT 符号スクランブル

実信号 $g(n)$ の DCT 係数を $G_C(k) = |G_C(k)|\sigma_G(k)$ とすると、 $\sigma_G(k)$ の逆 DCT を DCT 符号限定信号 $g_\sigma(n)$ と呼ぶ。この $g_\sigma(n)$ は、原画像の輪郭等、視認性に関する重要な情報を有している。一方、振幅 $|G_C(k)|$ には、視認性に関する情報が少ない。

DCT 符号スクランブルは、DCT 係数と符号キー列の乗算によって、 $\sigma_G(k)$ を歪ませることにより、視認性を低下させ情報を保護する。符号キー列を $s(k) \in \{1, -1\}$ とすると、スクランブルされた DCT 係数 $\widetilde{G}_C(k)$ は、

$$\begin{aligned}\widetilde{G}_C(k) &= G_C(k) \cdot s(k) \\ &= |G_C(k)|\sigma_G(k) \cdot s(k) = |G_C(k)|\widetilde{\sigma}_G(k)\end{aligned}\quad (1)$$

と与えられる。この $\widetilde{G}_C(k)$ の逆 DCT を DCT 符号スクランブル信号と呼び、特に視認性に関する $\widetilde{\sigma}_G(k)$ の逆 DCT を DCT スクランブル符号限定信号 $\widetilde{g}_\sigma(n)$ と呼ぶ。

3 DCT スクランブル符号限定信号の MSE 制御

視認性に関する DCT 符号限定信号 $g_\sigma(n)$ に対する DCT スクランブル符号限定信号 $\widetilde{g}_\sigma(n)$ の MSE を考える。この MSE は、

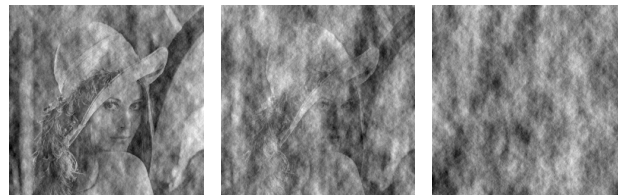
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |g_\sigma(n) - \widetilde{g}_\sigma(n)|^2 \quad (2)$$

と定義され、Parseval の関係および式 (1) から

$$\begin{aligned}MSE &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |\sigma_G(k) - \widetilde{\sigma}_G(k)|^2 \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |\sigma_G(k)|^2 |1 - s(k)|^2 = \frac{1}{N} \cdot 4m\end{aligned}\quad (3)$$

と整理される。ここで、 m を $s(k)$ 全体における -1 の個数とする。 N が十分に大きいとき、 m/N は $s(k)$ における -1 の生起確率 q_{-1} となる。すなわち、式 (3) は、

$$MSE = 4 \cdot q_{-1} \quad (4)$$



(a) MSE = 0.5 (b) MSE = 1 (c) MSE = 2

図 1 DCT 符号スクランブル信号

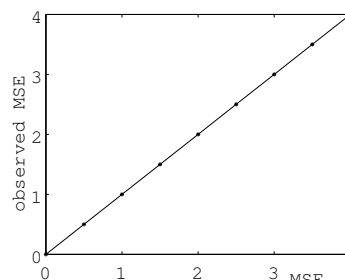


図 2 スクランブル符号限定信号の MSE 制御

と与えられる。従って、 q_{-1} を用いることにより、DCT 符号スクランブル信号において視認性に関する $\widetilde{g}_\sigma(n)$ の MSE を制御可能である。

4 シミュレーション

DCT 符号限定信号に対する、DCT スクランブル符号限定信号の MSE の理論値と観測値を比較した。画像に Lena (512×512 , 8bit/pixel) を用いた。目標とする MSE の q_{-1} を式 (4) から求め、この q_{-1} を用いて DCT スクランブル符号限定信号を生成した。図 1 には、生成した DCT スクランブル符号限定信号に対応する DCT 符号スクランブル信号例を示す。DCT スクランブル符号限定信号の MSE が 2 に近づく程、画像の視認性が低下することがわかる。図 2 に MSE の測定結果を示す。 q_{-1} から MSE が制御できることがわかる。

5 むすび

スクランブルに用いる符号キー列の正負符号の比率から、DCT 符号スクランブル画像の画質制御が可能となることを示した。視認性に関する重要な情報を持つ、DCT 符号限定信号との MSE が制御できることを理論的に示し、シミュレーションにより確認した。

参考文献

- [1] I. Ito and H. Kiya, "A New Class of Image Registration for Guaranteeing Secure Data Management," IEEE International Conference on Image Processing, pp.269-272, Aug. 2008