

ヒストグラム操作に基づく準可逆画像情報埋込法

Histogram Modification-Based Nearly Reversible Data Hiding

藤吉正明 貴家仁志

Masaaki FUJIYOSHI and Hitoshi KIYA

首都大学東京システムデザイン学部情報通信システムコース

Department of Information and Communication Systems, Tokyo Metropolitan University

1 はじめに

本稿では、ヒストグラム操作に基づく新しい準可逆画像情報埋込法を提案する。画像を知覚できない程度歪ませることで、画像に別の情報を重畳する、画像情報埋込技術が広範に検討されている。歪んだステゴ画像から原画像を復元可能な可逆技術と復元不能な非可逆技術以外に、わずかに歪んだ原画像を復元する準可逆技術があり、可逆技術に基づく手法 [1] や非可逆技術に基づく手法 [2] などが提案されている。提案法は、原画像を非可逆量子化した後に可逆情報埋込法 [3] に基づいて情報を重畳する。ステゴ画像から情報を欠損なく抽出できると共に、量子化された画像を復元可能である。

2 ヒストグラム操作に基づく可逆情報埋込法

提案法に基づく可逆情報埋込法 [3] は、 $X \times Y$ 画素の Q ビット画像 $\mathbf{f} = \{f(x, y) \in \{0, 1, \dots, 2^Q - 1\}\}$ に L ビット情報 $\mathbf{p} = \{p(l) \in \{0, 1\}\}$ を埋めるため、 \mathbf{f} のヒストグラム $\mathbf{h} = \{h(v) | v = 0, 1, \dots, 2^Q - 1\}$ から

$$h(v_{\text{peak}}) = \max_v h(v), \quad (1)$$

$$h(v_{\text{zero}}) = 0 \quad (2)$$

を満たす $v_{\text{peak}}, v_{\text{zero}}$ を求める。ここで、簡単のために

$$L \leq h(v_{\text{peak}}), \quad (3)$$

$$v_{\text{zero}} < v_{\text{peak}} \quad (4)$$

とすると、ヒストグラムをシフトした画素

$$\hat{f}(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - 1, & v_{\text{zero}} < f(x, y) < v_{\text{peak}} \\ f(x, y), & \text{others} \end{cases} \quad (5)$$

に対し、情報ビット $p(l)$ に応じて、画素値をさらに変えることで情報を埋める。

$$\tilde{f}(x, y) = \begin{cases} \hat{f}(x, y) - 1, & \hat{f}(x, y) = v_{\text{peak}} \text{ and } p(l) = 0 \\ \hat{f}(x, y), & \text{others} \end{cases} \quad (6)$$

この手法は、

制約 1. 式 (2) を満たすために、一部の画素の値と位置との記憶が必要

制約 2. 式 (3) を満たさない L ビットの情報を重畳不能の 2 つの制約がある。この制約を緩和するために、次節で準可逆画像情報埋込法を提案する。

3 提案法

提案法はまず、ヒストグラム $\check{\mathbf{h}} = \{\check{h}(v)\}$ が

$$\check{h}(v_{\text{peak}}) \geq L, \quad (7)$$

$$\check{h}(v_{\text{next}}) = 0, \quad (8)$$

となるような量子化画像 $\check{\mathbf{f}} = \{\check{f}(x, y)\}$ を原画像 \mathbf{f} から生成する。ただし、 v_{next} は $v_{\text{peak}} - 1$ もしくは $v_{\text{peak}} + 1$ 。続いて、前節で述べた可逆情報埋込法 [3] を用いて、 $\check{\mathbf{f}}$ に L ビット情報 \mathbf{p} を可逆に埋める。ここで、 $v_{\text{zero}} = v_{\text{next}}$ 。

提案法は、非可逆量子化を伴う準可逆情報埋込とすることで、式 (7), (8) を常に満たす。すなわち、前節で述べた 2 つの制約を緩和している。なお、式 (7), (8) を満

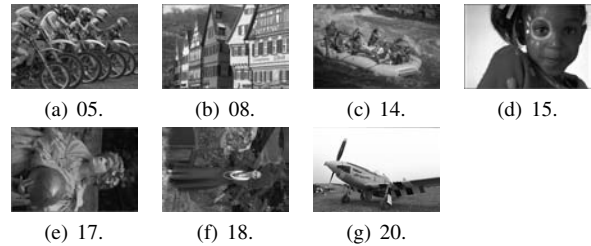


図 1 全画素値を含む画像 ($X = 768, Y = 512, Q = 8$) .

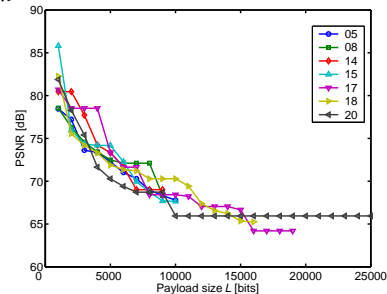


図 2 量子化画像 $\check{\mathbf{f}}$ の画質対埋込情報量 L .

たせば任意の量子化器を適用可能であるが、一般に $\check{\mathbf{f}}$ と \mathbf{f} との二乗誤差が最小となることが望ましい。

4 数値実験

図 1 に示す、 2^Q 種の画素値すべてを含む画像、すなわち、式 (2) を満たさない画像を用いる。本稿では、式 (7), (8) を満たすために、画素値 v_1 の画素を画素値 v_2 に変更する。ただし、 $|v_1 - v_2| = 1$ 。式 (7) を満たせなければ、 $v_3 \neq v_1, |v_3 - v_2| = 1$ である画素値 v_3 の画素の一部も画素値を v_2 に変更する。

この簡易な量子化によって得られた画像の画質を図 2 に示す。また、図 3 に画像例を示す。図 2, 3 から、提案法が準可逆情報埋込法であることが確認される。より適切な量子化器の設計は今後の課題である。

参考文献

- [1] J.H.K. Wu, et al., "Tamper detection and recovery for medical images using near-lossless information hiding technique," J. Digital Imaging, Mar. 2008.
- [2] M. Barni, et al., "Near-lossless digital watermarking for copyright protection of remote sensing images," Proc. IEEE IGARSS, 2002.
- [3] Z. Ni, et al., "Reversible data hiding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Mar. 2006.



図 3 画像例 (図 1 (g)) . $L = 25000$ ビット .