

ランレングス符号化法を用いた電子透かし用 RDS 画像の 圧縮方式に関する一検討

A Note on Compression Scheme of RDS Images for Watermarking Techniques Using Run-length Coding Method

表都斗[†] 小田弘[†]

Miyato OMOTE[†] Hiromu KODA[†]

[†] 電気通信大学

[†]The University of Electro-Communications

1. はじめに

本稿では、電子透かし技術の透かし情報に用いる RDS(Random-Dot Stereogram) 画像について、ランレングス符号化法 [1] を用いた圧縮符号化方式を提案する。さらに、計算機シミュレーションによる圧縮符号化実験並びに電子透かしへの適用実験を行い、提案方式の有効性を示す。

2. RDS について

RDS は左右一対のランダムなドット画像を用いるステレオグラムである [2][3]。ステレオグラムとは、人間の視覚特性を利用した、立体視ができる平面図のことであり、両方の目で異なる画像を見ることによって、脳でそれらを融合した結果、立体的に見えるというものである。

3. RDS 画像の圧縮符号化手順 (提案方式)

RDS 画像の圧縮符号化手順は以下のようになる。

- 〈E1〉左右の画像の差分の絶対値をとる。
 〈E2〉上記〈E1〉で得られた差分値の画像をラスタスキャンして、1次元の系列を得る。
 〈E3〉ランレングス符号化法により、上記〈E2〉で得た系列を、初めの画素値が一致しているかどうかと、それ以降のラン長とを表すデータに変換する。
 〈E4〉上記〈E3〉で得られたデータについて符号化を行う。白ランについてはハフマン符号化を、黒ランについてはラン長とビット長が同じになるように符号化 (非圧縮) を行う。

図 1 は圧縮符号化の流れを示したものである。復号手順については紙面の都合上割愛する。

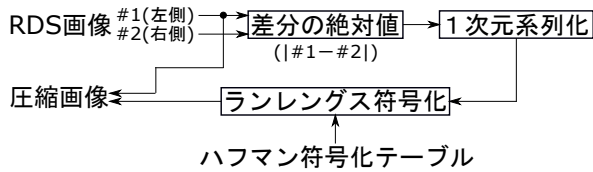


図 1 RDS 画像の圧縮符号化手順

4. 計算機シミュレーション

以下の条件で計算機実験を行った。

◇ RDS 画像の生成条件

円周率 π の小数点以下の数字を表す RDS 画像 (垂直 RDS[4]) を、50 桁まで生成した。1 桁当たり 240 (= 12×20) 画素で画像を生成した。使用した擬似乱数はボックス・ミュラー法 [5] による正規乱数で、0 以上ならば画素値 '1' (つまり、黒)、そうでないならば画素値 '0' (つまり、白) として画像を生成した。

◇ RDS 画像の圧縮符号化条件

左側の画像 (#1) は圧縮を行わず、右側の画像 (#2) は 3. の提案方式で圧縮を行った。5 桁 ~ 50 桁まで、5 桁ごとに圧縮を行った。

◇ RDS 画像の透かし適用時の条件

- ホスト画像：“ELAINE” (512×512 画素、256 階調)
- 画質の評価尺度： $SNR = 10 \log_{10}(255^2/MSE)$ [dB]
但し、 SNR は信号対雑音比、 MSE は原画像と透かし入り画像との濃度値の平均 2 乗誤差である。

DCT (離散コサイン変換) を利用した 512×512 画素のホスト画像用の電子透かし方式 [6] で透かし情報を埋込んだ。圧縮の有無の他、擬似乱数の繰り返し法の適用有無によって場合分けを行い実験した。透かし情報の桁数と容量を表 1 に示す。

表 1 透かし情報の桁数と容量

| 圧縮の有無 | 繰り返し法の適用有無 | 桁数 | 容量 | 方式名 (図 3 参照) |
|-------|------------|------|-----------|--------------|
| 無 | 無 | 5 桁 | 1200[bit] | rds5 |
| 有 | 無 | 6 桁 | 1272[bit] | rle6 |
| 無 | 有 | 9 桁 | 1200[bit] | rds9re |
| 有 | 有 | 12 桁 | 1272[bit] | rle12re |

5. 結果と考察

RDS 画像の差分の絶対値部分を圧縮した結果を図 2 に、透かし適用時の SNR と BER (ビット誤り率) の関係を図 3 に示す。

図 2 から、提案方式では 74%~80% 程度で圧縮可能であることがわかる。どの桁数でも圧縮が効果的にできているが、これは左右の差分の絶対値について、背景部分では '0' が多くなり、長いラン長を持つ白ランの出現頻度が多くなるからであると考えられる。

図 3 から、圧縮の有無や擬似乱数の繰り返しの有無に依らず BER 値はほぼ変わらないことがわかる。このことから、圧縮により最大で従来の 2.4 倍の透かし情報量を埋込み可能であることがわかる。

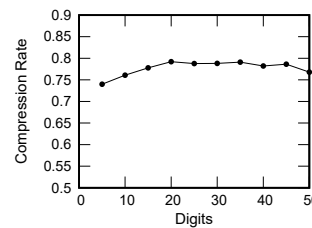


図 2 提案方式の圧縮率

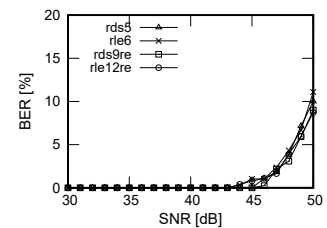


図 3 SNR と BER の関係

6. まとめ

本稿では、RDS 画像をランレングス符号化法を用いて圧縮する符号化方式を提案し、その有効性を確かめるために計算機実験を行った。その結果、RDS 画像の左右の差分の絶対値 = '0' となる画素が連続しラン長が長くなることによって、ランレングス符号化法の特徴を利用した圧縮が可能であることがわかった。また、圧縮により最大で従来の 2.4 倍の透かし情報量を埋込み可能であることがわかった。

今後の課題として、オート RDS 画像への適用、他の 2 値画像符号化法を用いた圧縮符号化方式の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] 吹抜: FAX, OA のための画像の信号処理, 日刊工業新聞社 (1982).
- [2] 下條: 視覚の冒険-イリュージョンから認知科学へ-, 産業図書 (1995).
- [3] B. Julesz: Foundations of cyclopean perception, MIT Press (2006).
- [4] 菅野: “2次元直交変換を用いた垂直 RDS 用相関型電子透かし方式に関する研究”, 電気通信大学大学院 修士論文 (2020-01).
- [5] 脇本: 乱数の知識, 森北出版 (1970).
- [6] 近藤, 小田: “(2,2)-VCS に基づく電子透かし画像を用いた相関型電子透かし方式の性能評価”, 第 26 回映像メディア処理シンポジウム (IMPS 2021), P1-11, pp.37-38(2021-11).