

DCTにおけるAC係数の相関を考慮した画像符号化 Image Encoding Based on Correlation of AC Coefficients

作田 豊†
Yutaka sakuta

森中 亮†
Ryo Morinaka

石田 崇†
Takashi Ishida

平澤 茂一†
Shigeichi Hirasawa

1. はじめに

デジタルカメラの高解像度化や種々の技術の向上などに伴い、デジタル静止画像のデータ量は膨大なものとなっている。その為データの伝送、蓄積の際にはそのデータの圧縮が不可欠なものとなっている。また近年携帯電話などの容量が制限された端末でも良好な画質の画像を多数保存したいという需要がある。

現在、静止画像符号化技術の国際標準規格としてはJPEG(Joint Photographic Experts Group) 符号化方式 [1][2] が広く普及しており、この手法は広い圧縮率で良好な画質を保つことが知られている。

JPEG 符号化方式における基本方式の符号化では、原画像に対してDCT、量子化、ハフマン符号化という流れで画像データの圧縮を行なう。この時、DCT後のAC係数の後半にはゼロの係数が多く出現することを利用してランレングス - ハフマン符号化をするために同一ブロック内でジグザグスキャンを行なう。しかし、同一ブロック内で位置の違うAC係数の分布には違いがある。

そこで本研究ではAC係数のスキャンに改良を加え、ランレングスハフマン符号化の符号化効率を向上させることによってビットレートとPSNRの関係の改善を行なう。

2. JPEG 符号化方式

JPEG 符号化方式は直交変換にDCT(Discrete Cosine Transform)を用いた画像圧縮方式であるが、DCT後の系列は低周波成分と高周波成分に分割されるという性質を利用してデータの圧縮を行なう。

JPEG 符号化方式のアルゴリズム

1. 色変換:原画像の各種色表現を $Y C_r C_b$ 表現へ変換する。
2. DCT:画像を 8×8 画素のブロックに分割し、各ブロックごとにDCTを行い、ブロック全体の情報を低周波成分に集約する。
3. 量子化:各DCT係数に対する量子化値が割り当てられている量子化テーブルに量子化ファクタを掛けた値を用いて除算を施し、情報量の削減を行う。
4. 符号化:量子化後の係数に対してDC係数とAC係数に分けて符号化する。DC係数は差分値をとりハフマン符号化、AC係数はジグザグスキャンの後にランレングス - ハフマン符号化を行う。

2.1 DCT

JPEGでは画素値のデータを 8×8 のブロックに分割を行い、原画像 $f(i, j)$ ($0 < i, j < 7$) に対する変換係数を $F(u, v)$ ($0 < i, j < 7$) とする。

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & (u, v = 0) \\ 1 & \text{else} \end{cases} \text{ として, DCT の変換式は式 (1) のように表される。}$$

$$F(u, v) = \frac{C(u)C(v)}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right) \quad (1)$$

この操作を行うことで、 u, v が小さい係数には低周波成分が集まり、 u, v が大きい係数には高周波成分が集ま

る。一般に画像データには低周波成分が非常に多く含まれているので u, v が小さい係数のほうが値が大きくなる傾向がある。

2.2 ジグザグスキャン

DCTにおいて $u = v = 0$ の時の係数をDC係数、その他の係数をAC係数というが、画像データにはあまり高周波成分が含まれていないという特徴がある。その為、量子化後のAC係数の高周波成分は0値をとることが多い。その特徴を利用してJPEG符号化方式では、ランレングス符号化を行う。この際、0が長く続いたほうが符号化効率が良くなるため特にスキャン後の系列が低周波成分から高周波成分の順となるようにジグザグにスキャンする。

2.3 ランレングス - ハフマン符号化

ジグザグスキャン後の系列に対して、ゼロのランレングスと非ゼロの係数との組を作って一つの記号としハフマン符号化を行う。この時にジグザグスキャン後の系列の前方から読み込んで残りの値が全て0になった場合はEOB記号を出力して符号化を終了する。JPEG符号化方式の基本方式ではこの際ハフマン符号表に標準で設定されたものを送信する方法と2パスでランレングスと数値の組の出現確率からハフマン符号表を作成して圧縮データと同時に送信する方法とがある [1][2]。

3. 従来手法の問題点と提案手法の着想

DCT、量子化、ジグザグスキャンを行った各ブロックにおいて、ジグザグスキャン後の系列で前半のAC係数と後半のAC係数では出現する値の分布が異なる。JPEG符号化方式ではこのような異なった分布の値が出現するデータをひとつと見てハフマン符号化を行っている。必ずしも符号化の方法が最適であるとはいえない。以下、SIDBA標準画像 [3] 12画像に対して量子化ファクタ3で量子化を行なった後のAC係数の値について、図1に前半1/4のAC係数の度数分布を示し、図2に後半1/4のAC係数の度数分布を示す。

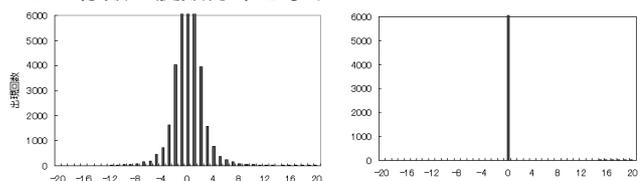


図 1: 前半の AC 係数

図 2: 後半の AC 係数

4. 提案手法

本研究では、量子化後のAC係数は図1、図2のような度数分布のためランレングス - ハフマン符号化を行う際、ブロックごとの符号化ではなく複数ブロックに対して同じ位置のAC係数が連続で現れるようにスキャンを行う。そのほうがゼロのランレングスが増え符号化効率が良くなるという仮定のもとに、ジグザグスキャンに改良を加えて、ランレングス - ハフマン符号化の効率の向上を行う。

スキャン方法改善のアルゴリズム

ジグザグスキャン後の系列に対して4ブロックを1つとして考えて下に示す順序でAC係数の出現回数のカウントとスキャンを行う。

†早稲田大学理工学部経営システム工学科

1. $i = 1$ とする.
2. 左上ブロックの i 番目の AC 係数をスキャンする.
3. 右上ブロックの i 番目の AC 係数をスキャンする.
4. 左下ブロックの i 番目の AC 係数をスキャンする.
5. 右下ブロックの i 番目の AC 係数をスキャンする.
6. $i > 63$ なら $i = i + 1$ とし, 2. に戻る. $i = 63$ ならば 7. へ
7. 画像全体に対して繰り返す.
8. 終了

JPEG 符号化方式において1つのブロック内の AC 係数の個数は 63 個なので, スキャン後の系列の係数の個数は 252 個となる.

スキャン後の系列に対してランレングス - ハフマン符号化を行う. この際に, ランレングスと数値の組の出現確率は標準の JPEG で想定しているものと別の系列となるので出現回数からハフマン符号表を作成し, それを利用する.

5. シミュレーション

256 × 256 の SIDBA 標準画像の lena と Mandrill について 2 パスで符号表を作成した JPEG 符号化方式と提案手法それぞれのビットレートと PSNR の関係を図 3, 図 4 に示す.

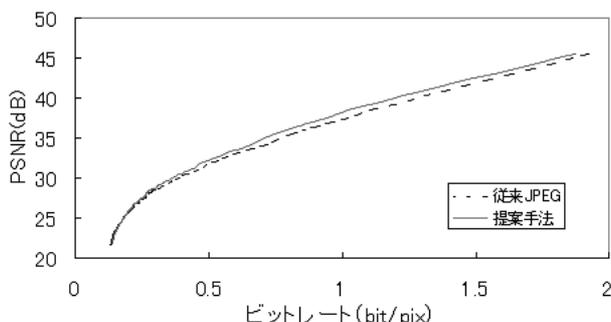


図 3: lena の Bitrate-PSNR グラフ

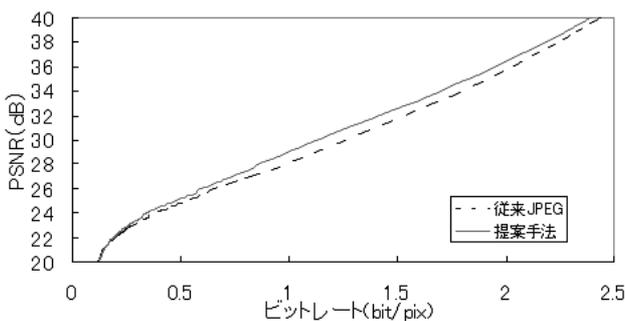


図 4: Mandrill の Bitrate-PSNR グラフ

6. 結果と考察

図 3, 図 4 より広範囲において性質の異なる画像, lena と Mandrill の圧縮性能が向上したことがわかる. また, その他の SIDBA 標準画像においても同様な結果を得ることができた.

圧縮性能が向上した要因として図 5, 図 6 に量子化ファクタが 3 の場合の lena 画像と Mandrill 画像で符号化の際に生成したランレングスの組を出現回数が多い順に並

べたグラフを示す. 両画像ともに従来と比べて出現回数の多いペアに頻度が集中しており, そのためハフマン符号化の符号化効率が高くなったと考えられる.

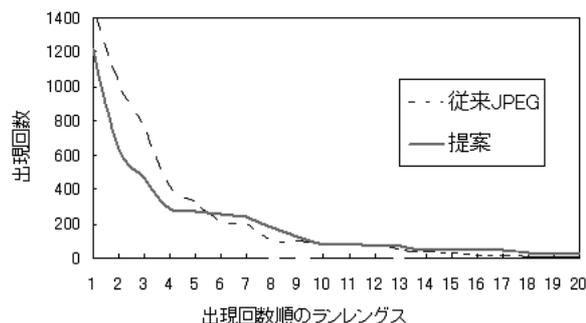


図 5: lena 画像のランレングスの組の度数分布

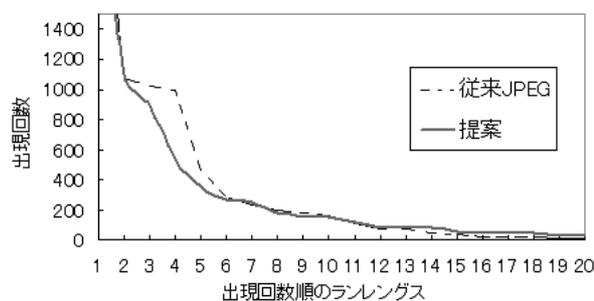


図 6: Mandrill 画像のランレングスの組の度数分布

表 1 に示すように提案手法ではランレングスの組が出現した個数の総和も 10% 前後少なくなっている. このことから 0 のランレングスが増えたことが確認できる. 出現組数については提案手法よりも従来手法のほうが少なくなっているが, これは提案手法ではスキャンする系列が長く, 長い 0 のランレングスが続いた後に非ゼロ係数が出現することがあるためである. このようなパターンは出現回数が極端に少ないので, 全体の符号量への影響は少ないが今後, 更に改良ができるの可能性がある.

	従来JPEG		提案手法	
	出現組数	出現個数	出現組数	出現個数
Mandrill	33	7837	37	7241
lena	31	5058	44	4408

7. むすび

本研究では JPEG 符号化方式のスキャン方法に改善を加えることで, 広範囲での圧縮性能の向上を実現した. 今後は直交変換後の値の性質や特徴と符号化の関係を研究し, 特に高画質で圧縮性能の高い手法を提案したい.

参考文献

- [1] W. B. Pennebaker, JPEG Still Image Data Compression Standard. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993
- [2] 小野文考, 渡辺 裕, 国際標準画像符号化の基礎技術, コロナ社, 1998.
- [3] SIDBA (Standard Image Data-BASE) <ftp://ftp.lab1.kuis.kyoto-u.ac.jp/pub/sidba/>