

J-067

ブロック単位でマルチ走査を行う静止画像圧縮 Image Compression using Multi-Scan by Block Unit

金田 海渡[†]
Kaito Kaneda

芥子 和宏[†]
Kazuhiro Keshi

石田 崇[‡]
Takashi Ishida

平澤 茂一[‡]
Shigeichi Hirasawa

1. はじめに

近年デジタル静止画像のデータ量が増加し、画質を極力落とさずにデータ量を削減するために画像圧縮法が盛んに研究されている。

画像符号化技術の1つにウェーブレット変換符号化 [1] があるが、参照画素が少ないと高圧縮時にブロック歪みが生じ、参照画素が多いと処理時間が増大してしまう。一般に用いられる Haar 基底は参照画素が少ないが、この場合に生じるブロック歪みを抑える手法として、後藤らにより斜め走査およびマルチ走査 [2] が提案されている。しかし、マルチ走査では1画素おきにスキップした走査になっているため、画素間相関が小さくなり必ずしもエッジの再現性が良いとは限らない。

そこで本研究では隣接した画素の走査によりエッジの再現性を向上させるため、ブロック単位に領域分割し、ブロックごとにそれぞれ水平・垂直走査と斜め走査を適用した手法を提案する。また検証実験により提案手法の有効性を示す。

2. 準備

2.1 ウェーブレット変換

図1のように周波数分解する手法で、原画像 s^0 の各画素を図2のように水平方向に走査し低周波数成分と高周波数成分に分解を行う。次にその出力信号を垂直方向に走査し水平方向と同様の処理を行う。ここで、低周波数成分を s^1 、水平方向の高周波数成分を $w^{1,h}$ 、垂直方向の高周波数成分を $w^{1,v}$ 、対角方向の高周波数成分を $w^{1,d}$ とする。さらにウェーブレット変換を行う場合には低周波数成分 s^1 に対して同様の変換を行い、それぞれ s^2 、 $w^{2,h}$ 、 $w^{2,v}$ 、 $w^{2,d}$ とする。本研究では画素値を輝度成分と色差成分に変換した係数に対してウェーブレット変換を行う。

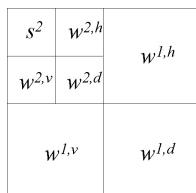


図1: 周波数分解

2.2 斜め走査

水平・垂直走査では図2のように走査するのに対し、斜め走査では図3の灰色の各画素を実線のように水平方向に、白色の各画素を破線のように垂直方向にそれぞれ走査し、低周波数成分・高周波数成分に分解し、水平方向の低周波数成分に対して階層的にフィルタリングを行う。この際、走査される画素の重複がなくなるので計算量が1/2になる。

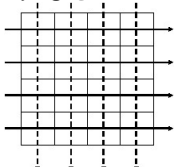


図2: 水平・垂直走査

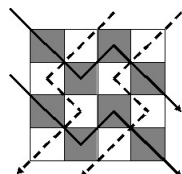


図3: 斜め走査

2.3 量子化

連続値 x を離散値 n に変換する。ここでは、低周波数成分には図4の線形量子化、高周波数成分には図5の中間ステップ量子化を用いる。例えば、図4において入力 x が $n - \frac{\Delta}{2} \leq x < n + \frac{\Delta}{2}$ なら整数 n を出力する。ここで Δ はステップサイズを表す。中間ステップ量子化では、入力 x が $-2\Delta \leq x < 2\Delta$ なら0を出力し、それ以外なら線形量子化と同様に量子化を行う。

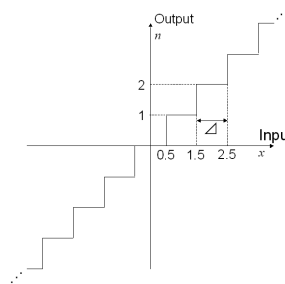


図4: 線形量子化

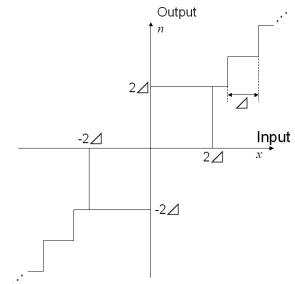


図5: 中間ステップ量子化

2.4 同時生起確率行列

同時生起確率行列 [3] は画像の局所的性質を調べる統計的手段であり、画像内で一定の位置関係にある2つのY成分(輝度成分)が起こる確率を求める方法である。図6のように画像内のY成分 i の点から一定変位 (d, θ) だけ離れた点のY成分が j である確率を要素とする同時生起確率行列を求める。ここで d と θ は2つのY成分間の距離と位置角度である。

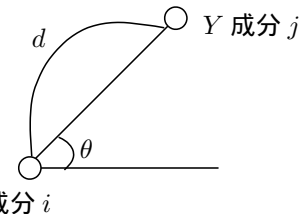


図6: 同時生起確率行列の概念図

3. 従来手法 (マルチ走査)

本節では水平・垂直走査と斜め走査を組み合わせた後藤らの手法 [2] のアルゴリズムを示す。

従来手法のアルゴリズム

- 図7のように1画素おきに領域A~Dにラベル付けし、図8のようにグループ化する。
- 領域A・Dに対して水平・垂直走査、領域B・Cに対して斜め走査を適用する。
- 低周波数成分には線形量子化、高周波数成分には中間ステップ量子化を行う。
- 得られた係数に対してランレングス・ハフマン符号化を行う。□

ステップ4において、各ブロックの境界を表すシンボルEOBを付加することで、ブロック内の最後の非0の有効係数以降の0のランを省略できる。

[†]早稲田大学大学院理工学研究科経営システム工学専攻

[‡]早稲田大学理工学部経営システム工学科

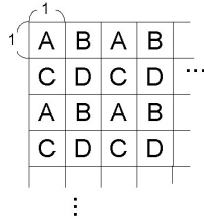


図 7: 従来のラベル付け

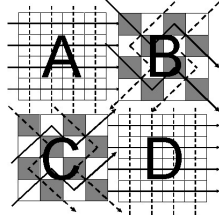


図 8: マルチ走査概念図

4. 提案手法

従来手法では 1 画素おきにスキップした走査により画素間の相関が小さくなってしまい、エッジの再現性が悪くなると思われる。そこで画素間の相関を大きくするためブロックごとの走査を行う手法を提案する。以下にアルゴリズムを示す。

提案手法のアルゴリズム

1. 16×16 画素のブロックごとに領域分割する。
2. ブロックごとに同時生起確率行列を求め、式 (1) を用いて各ブロックの Ω_{CON} (コントラストを示す値) を計算する。本手法では隣接した 2 点の画素を考えるので図 6 において $d = 1$ のときのみ、斜めのエッジを検出したいので $\theta = 45^\circ, 135^\circ$ とする。また $P_\delta(i, j)$ は生起確率とする。
3. Ω_{CON} がブロック全体の平均値以下 (斜めのエッジがない) であれば水平・垂直走査 (図 9 のグレー部分)、平均値以上 (斜めのエッジがある) であれば斜め走査 (図 9 の白色部分) を適用する。
4. 低周波数成分には線形量子化、高周波数成分には中間ステップ量子化を行う。
5. 得られた係数に対してランレングス・ハフマン符号化を行う。

$$\Omega_{CON} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (i-j)^2 P_\delta(i, j) \quad (1)$$

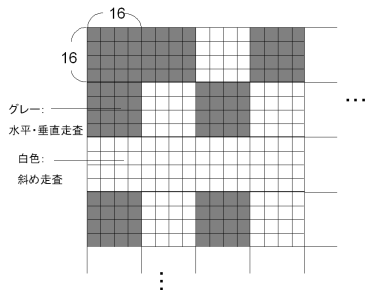


図 9: 提案手法の概念図

5. 検証実験

5.1 実験条件

256×256 画素, 256 階調のカラー SIDBA (Standard Image Data-BASE) 標準試験画像 [4] を用いて、従来手法と提案手法の性能を調べた。以下に Lena 画像の結果を示す。

5.2 実験結果

図 10 において 1 画素あたりのビット数を表すビットレートと原画像に対する圧縮画像の歪みの度合いを示す指標である PSNR の関係を、図 11, 図 12 においてビットレートを約 0.20 [bit/pixel] としたときの従来手法とブロックサイズを 16×16 画素とした提案手法の復号画像を示す。

6. 結果の考察

図 10 より後藤らの手法 [2] に比べ、同ビットレートにおいての画質が全体的に改善されていることがわかる。以下で考察を述べる。

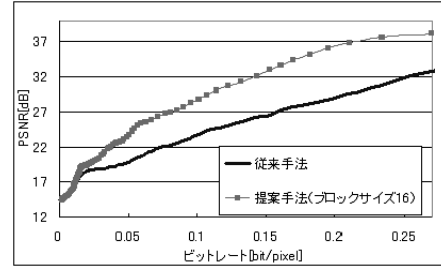


図 10: Lena 画像におけるビットレートと PSNR の関係

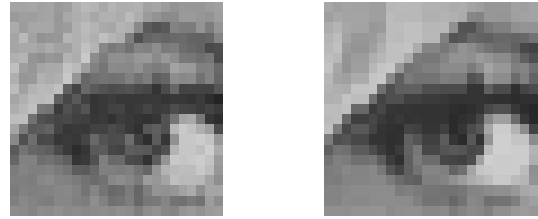


図 11: 従来 (29.24 [dB]) 図 12: 提案 (36.18 [dB])

- (1) 同時生起確率行列を求めることにより、エッジのあるブロックとそうでないブロックに対し、それぞれ適切な走査を割り当てることができたと考えられる。
- (2) ブロック内では隣接した画素の走査をすることにより画素間相関が大きくなり、変換が効果的に行われたと考えられる。
- (3) ブロックごとの走査にすることにより符号化の際に EOB の出現率が高くなり効率的な符号化が行われたと考えられる。
- (4) 図 10 には掲載していないが、ブロックサイズが 32×32 画素, 64×64 画素の場合も 16×16 画素の場合とほぼ同等の性能を示した。
- (5) 図 11, 図 12 より主観的にもエッジの再現性がよく滑らかな画像が得られたことがわかる。
- (6) 計算量に関しては体感的に従来手法と変わらなかった。また Lena 画像以外の画像についても同ビットレートにおける PSNR が従来手法を上回る同様の結果が得られた。

7. まとめと今後の課題

本研究では、後藤らの手法 [2] において、ブロックごとに領域分割し、水平・垂直走査と斜め走査を使い分ける手法を提案し、実験により有効性を示した。

今後の課題として、本手法では各ブロックの Ω_{CON} の平均値を基準に水平・垂直走査と斜め走査を使い分けたが、画像ごとに最適な閾値を設定すること等が挙げられる。

参考文献

- [1] 中野宏毅, 山本鎮男, 吉田靖夫, ウェーブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版株式会社, 1999.
- [2] 後藤富朗, 早原悦朗: “マルチ走査によるウェーブレット変換符号化に関する一検討,” 電学論 A, Vol. J84-A, No. 11, pp. 1325-1332, 2001.
- [3] 村上伸一, 画像処理工学, 東京電機大学出版局, 2001
- [4] <http://www.sp.ee.musashi-tech.ac.jp/app.html>