

Slant-Haar 変換符号化の画像圧縮特性についての検討

A Study of Image Compression Characteristics of Slant-Haar Transform Coding

大見 克磨†
Kazuma Omi

吉田 茂†
Shigeru Yoshida

1. まえがき

静止画像圧縮では標準化方式として JPEG, JPEG2000 が定められており, JPEG2000 は処理負荷が重いことから, 新たに JPEG-XR が JPEG と JPEG2000 の中間に位置する方式として 2009 年に標準化された。JPEG2000 も JPEG-XR も画像圧縮方式としてみると, あらゆる圧縮技法を取り入れており, これが処理負荷を重くする原因になっている。ここでは, 変換法まで戻って, Slant-Haar 変換を用いた手法で, ブロックサイズを上げたときの圧縮特性について検討してみた。Slant 変換は, DCT 変換と違い, ブロック内を直線で近似する。Haar 変換は, 低周波成分について, さらに低周波成分と高周波成分に分解していくという Wavelet 変換の要素がある。このためブロックサイズが大きくても, 演算量は大幅には増えないという特徴がある。従って, ブロックサイズを JPEG の 8×8 画素から, 16×16 画素に上げた特性を採り, 評価した。この結果, 良好な値を得たので報告する。

2. Slant-Haar 変換

(1) Slant 変換

直交変換では, Slant 変換は DCT に比べて, 少ない画質劣化で, 変換の演算量を大幅に削減できることが知られている。Slant 変換符号化では, 階調変化を傾斜で近似するため, 滑らかな階調変化を自然に表すことができる[1][2]。

(2) Haar 変換

Haar 変換の基底は, -1, 0, 1 の値しか持たない。図 1 に Haar 変換の基底を示す。DCT 等の基底は 8 サンプル全てに値を持っているが, Haar 変換の基底を見ると 1 と 2 の基底長が 8 サンプル, 3 と 4 の基底長が 4 サンプル, 5~8 の基底長が 2 サンプルとなっている。それぞれの基底で基底長が違うことで, 画像のエッジが抽出しやすい特徴がある。

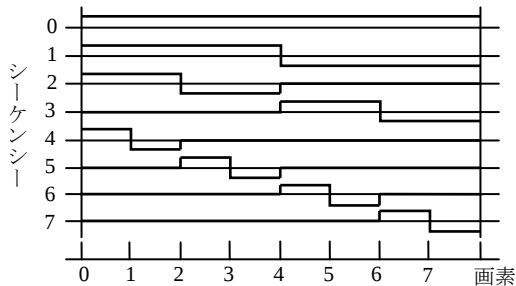


図 1. 8 点の Haar 変換の基底ベクトル

(3) Slant-Haar 変換

Slant-Haar 変換は, Slant 変換の階調変化を傾斜で近似する特徴と, Haar 変換の基底長が異なる特徴を持っている。図 2 に Slant-Haar 変換の基底を示す[3][4][5]。

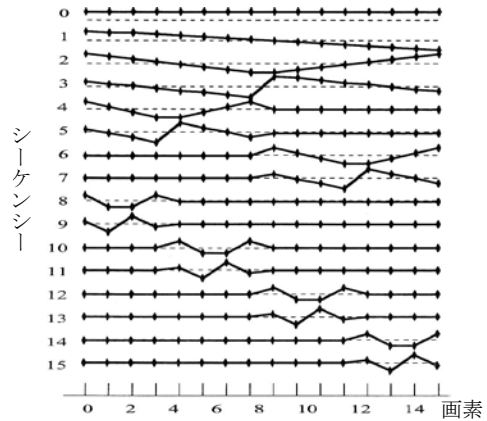


図 2. Slant-Haar 変換の 1 次元の基底ベクトル

図 3, 図 4 に 4 点, 8 点 Slant-Haar 変換の高速計算法を示す。図 5 にある 16 点 Slant-Haar 変換の高速計算は, 定数が異なるのみで, 8 点の計算手順と同じとなっている。この計算法は, 小さいブロックで求めた変換係数を用いて, 次の上位ブロックの変換係数が求められる構造になっている。次式で, 各点の Slant-Haar 変換で用いる定数が求められる。 N : ブロックの画素の数/2

$$a_{2N} = \left(\frac{3N^2}{4N^2 - 1} \right)^{1/2}, \quad b_{2N} = \left(\frac{N^2 - 1}{4N^2 - 1} \right)^{1/2}$$

$X(i)$: ブロックの画素, $Y(i)$: 周波数成分の係数
 a, b : 定数, SHT: Slant Haar Transform

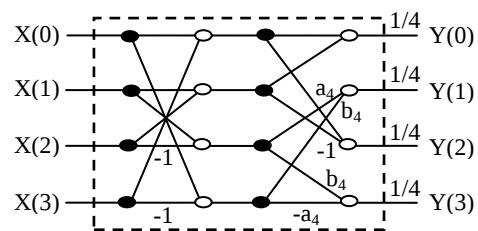


図 3. 4 点の Slant-Haar 変換

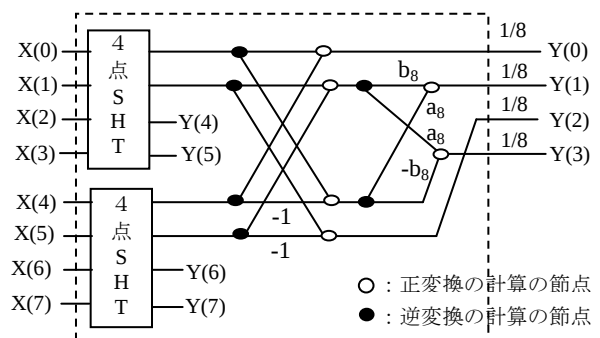


図 4. 8 点の Slant-Haar 変換

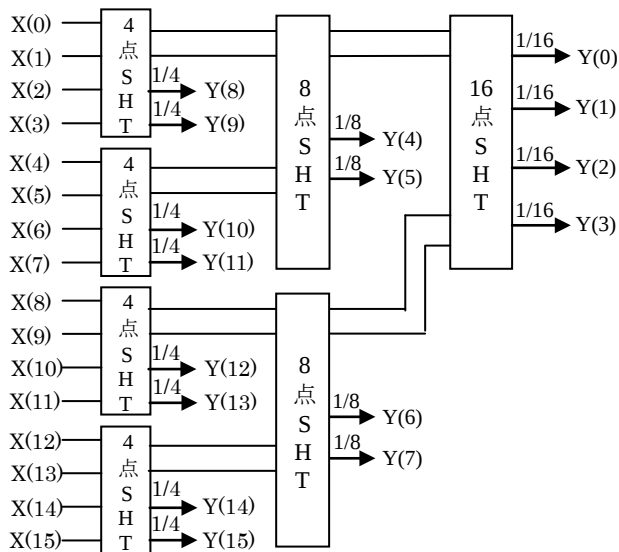


図 5. 16 点までの Slant-Haar 変換

3. 評価

16 画素を最上位ブロックとする、Slant-Haar 変換を JPEG と比較した。Slant-Haar 変換は、16bit 長の整数型固定小数点演算を用いた。量子化は、16 点、8 点、4 点の各 Slant-Haar 変換で求めた係数を各変換係数ごとに線形量子化をした。DC 成分は DPCM 符号化のエントロピーで、AC 成分は各係数の符号化エントロピーで理想的に圧縮した場合、どの程度の圧縮比になるかを求めた。JPEG はフリーソフト(www.ijg.org/)を最適符号化で使用(個別に符号表を作成)。評価用画像には、512×512 画素、8bit/画素のモノクロ標準画像の COUPLE 画像と LAX 画像を用いた。

(1) 演算量

Slant-Haar 変換と JPEG のそれぞれの演算量を表 1 に示す。2 次元の演算量は、全て 16×16 画素の演算量とする。

Slant-Haar 変換は定数が少ないため、乗算を加算とビットシフトで置き換えることもできる。

表 1. 各変換の演算回数

項目 方式	1 次元		2 次元		定数の数
	加算	乗算	加算	乗算	
DCT-8	26	20	1664	1280	13
DCT-16	74	52	2368	1664	29
Slant-Haar-8	22	12	1408	768	4
Slant-Haar-16	50	28	1600	896	6
SHT8 / DCT8 [%]	84.6	60.0	84.6	60.0	
SHT16 / DCT16 [%]	67.6	53.8	67.6	53.8	

*DCT の演算量は、Chen の高速計算法から求めた[6]。

(2) 圧縮性能の比較

COUPLE 画像と LAX 画像に、JPEG と 8 点、16 点 Slant-Haar 変換それぞれで、圧縮した際の圧縮性能についての比較をした。図 6 と図 7 に各変換の SNR と圧縮比を示す。

(3) 考察・まとめ

図 6 と図 7 を見ると、JPEG と Slant-Haar 変換で圧縮性能の差は少なく、表 1 の演算量には大きな差がある。しかし、

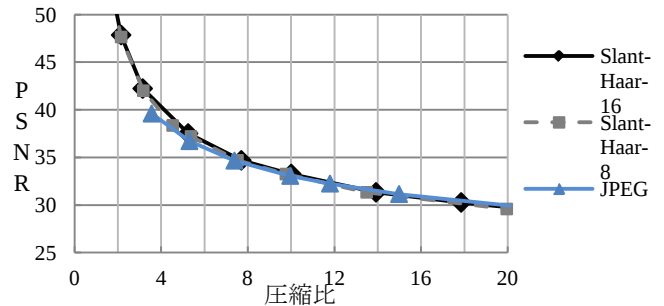


図 6. COUPLE 画像での圧縮性能

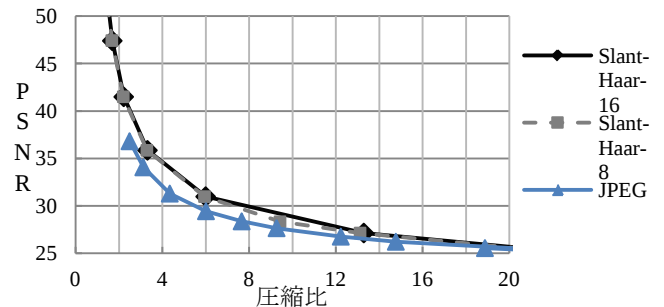


図 7. LAX 画像での圧縮性能

8 点の Slant-Haar 変換と 16 点の Slant-Haar 変換では圧縮性能の差はわずかにしかないという結果になった。

今回、量子化をビットシフトで行い、16 点、8 点、4 点の各変換係数ごとに線形量子化した。今回の 512×512 画素の画像では、8 点の変換のほうが演算量の少ない点で、16 点の変換よりも良い結果が得られた。しかし、2000×2000 画素程度の大きな画像を圧縮する際には、8 点と 16 点での差が表れるものと思われる。

今回の結果から、JPEG と同程度の圧縮性能で、演算量の削減が実現できそうなことが分かった。今後の課題は、大きな画像を圧縮した場合と実際に符号化を行った際の 8 点と 16 点の差を見ることが、Slant-Haar 変換の最適な量子化閾値を得ることが課題である。

参考文献

- [1]W.K.Pratt, W-H.Chen, and L.R.Welch, "Slant Transform Image Coding", IEEE Trans. Commun., vol.COM-22, pp.1075-1095, Aug. 1974.
- [2]Z-X.Hou, N-N.Xu, H.Chen, X-L.Li, "Fast Slant Transform With Sequency Increment and its Application in Image Compression" Proc. of the 3rd Int. Conf. on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, pp.26-29, Aug. 2004.
- [3]H.B.Kekre and J.K.Solanki "Modified Slant and Modified Slant Haar Transforms for Image Data Compression" Comput. & Elect. Engng., Vol.4, pp.199-206, Mar. 1977.
- [4]吉田茂, 小田切淳一, "階層型 Slant 変換を用いた軽量の画像圧縮方式の検討" 画像電子学会研究会予稿 02-01,2008.
- [5]K.R.Rao, J.G.Kuo and M.A.Nrasiman, "Slant-Haar Transform", Int. J. Computer Math., Section B, Vol.7. pp.73-83, 1979.
- [6]W.H.Chen, C.H.Smith, and S.C.Fralick, "A Fast Computational Algorithm for the Discrete Cosine Transform" IEEE Trans. Commun., Vol.COM-25, pp.1004-1009, Sep. 1977.