

高階調画像信号に対する適応符号化方式の検討 A study on the adaptive coding method to the high gradation image

山田 悦久[†] 美濃 導彦[‡]
Yoshihisa YAMADA[†] Michihiko MINOH[‡]

1. はじめに

ISO/MPEG と ITU-T/VCEG の各標準機関において、AVC/H.264 に続く次の映像符号化方式の検討が進められている。課題が幾つかあげられているが、その中に「高階調・高解像度」といった、HDTV や HDTV を上回る品質の映像信号に対して議論されている。この理由の一つとして、AVC/H.264 の標準化では、当初 QCIF/CIF といった低解像度の映像信号を対象として作業が進められ、後から高階調・高解像度な映像信号に対しても符号化性能が得られるように、FRExt や Professional Profiles として拡張を行った、という経緯があげられる。このため、AVC/H.264 は HDTV 等の高品位な映像信号に対しては最適な符号化方式にはなっていないのではないかと懸念されている。一方、現在のデジタル放送や Blu-ray といった HDTV を採用したアプリケーションの次の映像サービスとして「UHDTV(Ultra HDTV)」が期待されており、UHDTV に適した符号化方式が今後は必要である、という期待もある。

本稿では、高階調・高解像度な映像信号に適した映像符号化方式を検討するにあたって『直交変換』に着目し、最適な基底と変換ブロックサイズに関する検討・実験結果について報告する。

2. 直交変換基底に関する検討

2.1 実験対象画像

今回の実験では、高階調・高解像度な画像信号として、映像情報メディア学会の HDTV 解像度の標準画像[1] (1920 画素×1035 ライン、10bit/pel) から輝度成分を使用することとした。予備実験には、この標準画像の中の「エッフェル塔」から QVGA 解像度 (320 画素×240 ライン) の部分画像を切り出して使用した。部分画像としては、図 1 に示すように平坦な領域と複雑なテクスチャを含む 2 箇所の領域を用いた。また、比較対象に階調・解像度の低い画像として、映像情報メディア学会の SDTV 解像度の標準画像[1] (720 画素×486 ライン、8bit/pel) を使用した。

2.2 実験に使用する変換基底

静止画および動画の符号化に利用されている直交変換基底の代表的なものとしては、理論的に最適な KLT(Karhunen-Loeve Transform)にほぼ準ずる性能が得られる DCT が挙げられる。DCT は JPEG に採用されて以来、多くの標準方式に採用されてきている。DCT 以外にも多くの直交変換が存在するが、ここではブロックベース変換ではない Wavelet 変換は除外し、画像符号化に対して検討さ

れたことのあるものの中から WHT(Walsh-Hadamard Transform)、SLT(Slant Transform)、DFT(Discrete Fourier Transform)に対して、あらためてその符号化性能に関する検討をおこなった。

WHT は ± 1 の係数のみで表現できる行列式で表せるため、演算処理のコストは最も低い。SLT の最も低い AC 係数の変換基底は、1 次関数で表現できるものであるため雑音のないような信号の表現には有効と思われるが、浮動小数点演算を必要とする。DFT は今回検討した基底の中では演算処理コストが最も高いが、位相情報を表現できるという特長があげられる。



図 1 実験画像 (左側 : HDTV、右側 : SDTV。
左側の 2 つの枠内が部分画像)

2.3 各変換基底の符号化性能

JPEG エンコーダソフトウェアの DCT の部分を、WHT・SLT・DFT の各変換方式に置き換え、ハフマン符号化後のデータ量と PSNR の値を用いてそれぞれの直交変換基底に対する評価を行った。

図 2 に、図 1 の空の部分領域と塔の部分領域および SDTV 画像に対する実験結果を示す。グラフより、画像信号に関係なく常に DCT が高性能であり、SDTV の場合には DFT や WHT に比べて 10% 程度の性能向上が得られることがわかる。しかし SDTV よりも複雑なテクスチャを含む塔の部分領域画像では 5% 程度であり、高階調・高解像度な画像信号では基底による差が小さくなる傾向が見られている。

画像信号が平坦な領域においては変換基底による性能差は顕著ではなく、どの基底でも DCT とほぼ拮抗する性能が得られている。平坦な領域には、人間の視覚特性に大きく影響するエッジを含む物体のような信号は含まれておらず、緩やかな信号の変化と雑音成分で構成されており、低いビットにしか有意な信号は含まれていないことから[2]、どのような変換基底を選んでも大差ないことが想定できる。

SLT は DCT に次いで良い性能が得られており、変換係数の電力分布を確認してみたところ、低周波領域への電力集中度が WHT・DFT に比べて高く、DCT とほぼ同じような分布が得られており、DCT に近い変換利得が得られることが推測できる。

[†] 三菱電機(株) 情報技術総合研究所, Mitsubishi Electric

[‡] 京都大学大学院 情報学研究科, Kyoto University

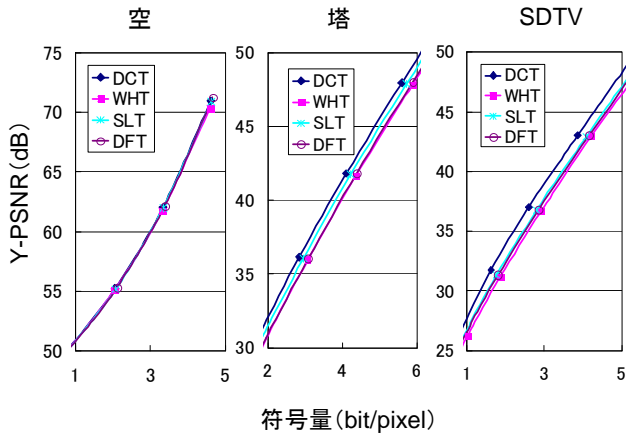


図2 基底変換の違いによる符号化性能の比較
(左: 空、中: 塔、右: SDTV)

2.4 変換基底の適応選択による符号化性能

符号化性能が最も高く得られる DCT と、処理コストが低い WHT の両者を適応選択する手法について、シミュレーション実験を行った。HDTV 画像に対して、 8×8 ブロック単位に DCT と WHT の 2 つの変換方式に対して発生した符号量の小さい方を選ぶ、という適応選択させた結果を画面上に重ねたものを図 3 に示す (PDF ファイル上では青色、予稿では黒色のブロックが WHT を選択したブロック)。

傾向としては平坦な領域では WHT が、複雑な領域では DCT が選択されていることがわかる。平坦な領域で DCT が選択されているブロック部分は、雑音信号が混入しているような平坦性に劣るブロックであることが確認できた。

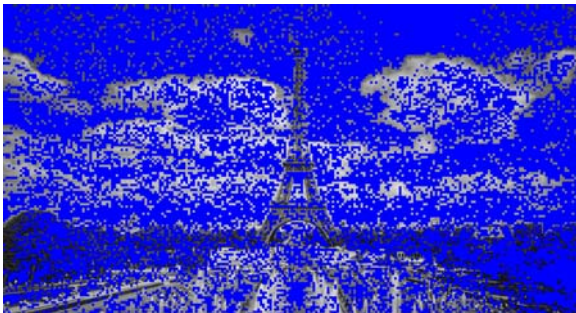


図3 DCT(8x8)とWHT(8x8)の適応選択の結果

3. 変換ブロックサイズに関する検討

前節より、平坦な領域では WHT でも十分な符号化性能が得られることがわかった。一方、平坦な領域に対しては、変換するブロックサイズを拡大することにより符号化性能が改善できる可能性がある[3]。そこで WHT のブロックサイズを 16×16 に拡大する手法について実験を行った。WHT を採用した理由として、8 ビットの画像信号の場合にブロックサイズが 16×16 になると、DCT のような基底では 16 ビットでは演算精度が不足してしまうが、WHT であれば 16 ビットでも処理が可能である、という利点があげられる。

HDTV 画像に対して、 16×16 のブロックを単位として、 8×8 サイズの 4 つのブロックに対して DCT を行うモード

と、 16×16 サイズの 1 つのブロックに対して WHT を行うモードとを適応選択させたシミュレーション結果の一例を表 1 に示す。

表 1 の結果には、WHT が選択されたブロックのみをピックアップした (DCT が選択されたブロックでは改善効果が得られないため除外した)。今回の実験では、ハフマン符号自体は 16×16 ブロックサイズに最適化することなくそのまま利用したが、それでも 10% 以上の符号量の削減効果が得られることが確認できた。選択率が低くなるような複雑なテクスチャが画面全体を占めるような画像では本手法の効果はあまり期待できないが、 16×16 ブロックサイズ程度の範囲で平坦な信号と判断できるような画像であれば、本手法による符号化効率の改善効果が期待できる。

表 1 適応選択処理のシミュレーション結果

DCT(8x8)の符号量	WHT(16x16)の符号量	符号量の削減率	選択率
865kbit	768kbit	12%	34%

4. まとめ

本稿では、高階調・高解像度な画像信号に対する符号化方式として、直交変換基底に関する検討を行った。従来から多く使用されている DCT が最も符号化性能が高いものであることがあらためて確認できた。しかし、低解像度な画像信号に比べて変換基底による性能の差は大きくはなく、画像の領域によっては処理コストの低い WHT でもほぼ同等の性能が得られ、さらに 8×8 の DCT と 16×16 の WHT を適応的に選択する符号化手法でも良い性能が得られることが確認できた。

本稿では DCT と WHT の双方の処理を行ったのちに選択する、という手法をとっているため、処理コストを減らす選択手法の検討と、WHT に対する視覚特性を利用した量子化処理が今後の検討課題である。

参考文献

- [1] 映像情報メディア学会, “デジタル標準画像 (Version I)”, “ハイビジョン用デジタル標準画像データ”, http://www.ite.or.jp/shuppan/testchart_index.html
- [2] 山田, “高階調信号に対する映像符号化方式の基礎検討”, FIT2008 I-058 (2008)
- [3] 猪飼, “変換サイズ拡大による平坦領域画質改善の検討”, FIT2008 I-019 (2008)