

wavelet 変換符号化における量子化歪について

A study on quantization distortion in wavelet based coding

田邊 集† Shu TANABE 加藤 徹洋† Tetsuhiro KATO 渡辺 裕‡ Hiroshi WATANABE 富永 英義†† Hideyoshi TOMINAGA

†早稲田大学大学院 理工学研究科 ‡早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

†Graduate School of Sci.,and Eng., WASEDA University ‡Graduate School of GITS, WASEDA University

Abstract : Wavelet-based coding for ultra-high-difinition images, such as digital cinema, has been investigated. However, Wavelet-based coding have some poblems when applied to video sequence. One of these is characteristic noise called "flicker artifact". This noise is remarkable in video sequence rather than still pictures. we study on quantization distortion in wavelet coding and show results of experiments.

1. はじめに

デジタルシネマなどの超高精細映像の符号化方式として、Motion-JPEG2000 に代表される wavelet 変換符号化方式の適用が検討されている。wavelet 変換を用いることの利点としては、

- 符号化効率の向上
- 階層符号化方式を利用したスケーラビリティ機能
- エラー耐性

などが挙げられる。JPEG2000 では従来の DCT ベースの JPEG よりファイルサイズを大幅に削減することができ、DCT よりブロックノイズが少ない。また、超高精細映像を配信する場合に、ユーザの環境に合わせた品質の映像を簡単に生成できる階層符号化方式であるので、スケーラビリティ機能と相性が良い。

優れた機能を持つ wavelet 変換であるが、wavelet 変換符号化方式で符号化された画像には、復号画像中に "flicker artifact" と呼ばれる特有の歪みが生じることが報告されている。ここではその歪と wavelet 変換との関係について調査し、考察を示す。

2. flicker Artifact

Wavelet 変換を用いた符号化方式特有のノイズとして、flicker artifact と呼ばれるものが存在する。これは復号画像上に細かいリング状のノイズとして現れる。静止画ではさほど目立たないものの、動画ではそのノイズの大きさと位置が変化するため、時間方向に波打つようにノイズが発生する。このため、視覚的にちらつきを伴い、検知しやすい [1]。

また、このノイズは静止画ではさほど目立たないという性質から、PSNR や MSE のような定量的尺度で評価、比較が困難である。同じビットレートの Motion-JPEG2000 の映像と、Motion-JPEG の映像を比べた場合は Motion-JPEG2000 の方が画質はよく、SNR も高い値である。しかし、同程度の SNR を持つ映像を比べた場合、主観的には Motion-JPEG2000 の方が画質が悪い。

このように、DCT と Wavelet のような異なるアルゴリズムから発生する歪みを定量的に評価するのは容易ではない [3]。また、PSNR はフレームごとの算出であるので、動画の評価は各フレームの静止画の評価の集合ということが出来る。これは時間的ちらつきなどを評価するには適していない。flicker artifact を定量的にあらわすには時間方向の画質変動を考慮に入れた、動画としての画質評価方法が必要であるといえる。

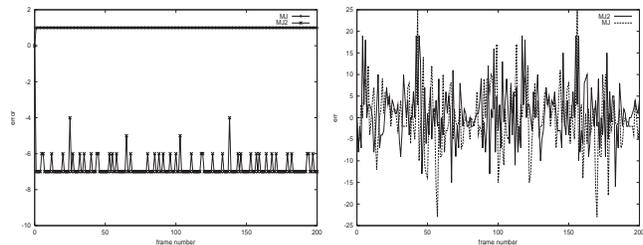


図 1 静止領域 (左), 動領域 (右) の誤差の時間推移

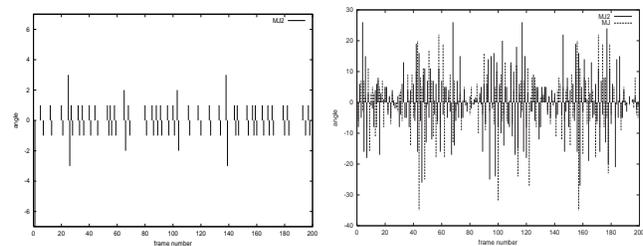


図 2 静止領域 (左), 動領域 (右) の誤差値の時間微分値

表 1 誤差の平均変化値

	動領域	静止領域	PSNR
MJ	9.23	0.0	29.98
MJ2	10.07	0.53	47.72

3. Visual Weighting

flicker artifact に対する有効な解決手法として、Visual Weighting と呼ばれる手法がある [2]。この手法は、flicker artifact の原因は低域成分の量子化誤差が画像全体に折り返すことであると、重み付けされた量子化マトリックスを用いることによって低域成分を高精度に量子化するというものである。しかしこの手法では、flicker artifact を目立たなくさせることは可能であるが、flicker artifact そのものを軽減させているわけではない。

4. 実験

そこで、flicker artifact の原因について調査をおこない、flicker artifact の軽減手法への提案を行う。調査実験として Motion-JPEG2000 と Motion-JPEG の映像を比較することで、flicker artifact の特徴を得る。実験画像には、静止領域と動領域が存在するサーキュラゾーンプレートの映像を用いた。これは動領域の歪みが静止領域にも影響を与えることを考慮したためである。

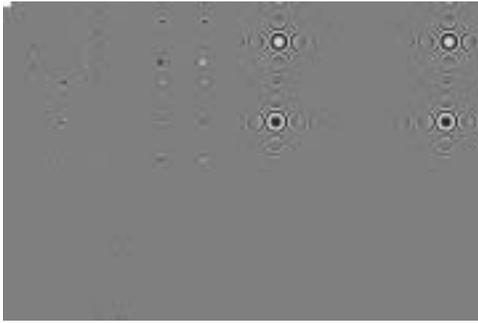


図 3 実験画像の subband 分割

図 1 に元画像との誤差の時間推移 (特定点) を、静止領域、動領域についてそれぞれ示す。特定点の誤差の微分値を図 2 に示す。また、誤差の変化値の時間平均を表 1 に示す。

図 1 に示すように、静止部分について、Motion-JPEG では誤差一定なのに対し、Motion-JPEG2000 では誤差値が揺れる現象が起こった。これは映像では視覚的に顕著である。動領域に関しても、ビットレートをそろえた場合、PSNR 値や主観的には Motion-JPEG2000 の映像の方が画質が優れているにもかかわらず、誤差の時間的変動は図 2, 1 に示すように、Motion-JPEG2000 の方が大きい。SNR をそろえたときにも上記と同様の現象が起きた。

以上の結果は、誤差の値が一定ではなく、変動していると言うことを示しており、視覚的にはちらついて見えることを示している。つまり、このような結果を示すようなノイズが flicker artifact なのである。

次に、フレームごとの wavelet 係数に注目してみた。実験映像の subband 分割画像を図 3 に示す。隣接フレームの wavelet 係数を図 4 に示す。この 2 フレームの wavelet 係数に注目してみると、高域成分の動領域を中心に、係数の変化が大きく、具体的には正負が反転している個所が多く見られた。

wavelet 係数のフレーム間差分をとったものを図 5 に示す。

図 5 中で、係数の変化値が特に大きいところは隣接フレーム間で係数値が正負反転している可能性が高いといえる。よって、ここでは HL 成分を中心に反転が起きている。

隣接フレームでは動領域の移動は微小である。にもかかわらず、wavelet 係数は正負が反転するほど大きく値が変化する個所が存在する。つまり、この係数を量子化することによって生まれる歪は隣接フレーム間で大きく異なることになり、これが flicker artifact の原因の一つではないかと考えられる。

5. まとめ

Visual Weighting では、低域成分を細かく量子化することによって flicker artifact を目立たなくさせているが、今回の実験では高域成分にもおおきな係数誤差 (隣接フレーム間で反転) が見られることがわかった。

これらの高域成分が荒い量子化によって歪を発生し、各 subband と合成することによって歪が画像全体に広がると考えられる。

flicker artifact の原因の一つとして、この係数の反転も挙げられるとすると、従来の固定の重み付けマトリック

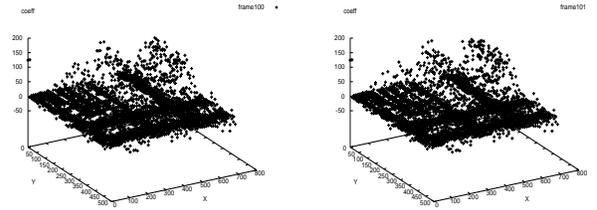


図 4 隣接フレームの wavelet 係数分布

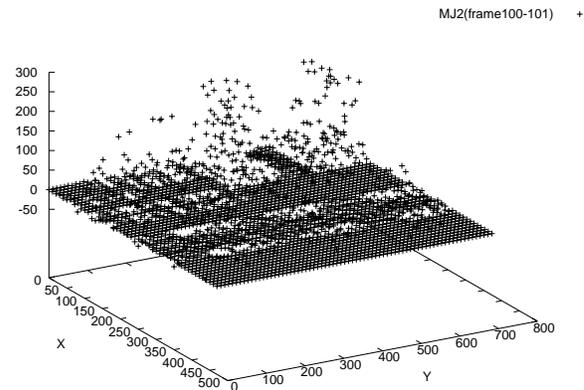


図 5 隣接フレーム間の wavelet 係数の変化値

スを用いた visual weighting では高域成分で発生する歪を目立たなくすることには限界がある。

これに対処する手法として、高域成分の反転を防ぐために、wavelet 変換の高域成分を固定することによって低域成分を算出し、それを Visual Weighting により量子化したり、隣接フレーム間で wavelet 係数が大きく変化する個所に関しては係数を保護するような手法が必要だと考えられる。

参考文献

- [1] 久下哲郎, "Wavelet 画像符号化の視覚的歪みに関する考察~インターレース HDTV・超高精細画像応用の課題~, " 社団法人映像情報メディア学会技術報告, Vol.25, No79, pp33-38, Nov.2001
- [2] 木村他, "Motion JPEG2000 における Visual Weighting を用いた画質改善の検討, " PCSJ2001, pp75-76, Nov.2001
- [3] T.N.Pappas and R.J.Safranek, "Perceptual criteria for image quality evaluation, " in *Handbook of Image and Video Processing*, A.C.Bovik, Ed. New York: Academic, May.2000.

早稲田大学大学院 理工学研究科

〒 169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 55 号館 N-06-02

Phone : 03-5236-9839

E-mail : shu@tom.comm.waseda.ac.jp