

J-060 時空間画像の JPEG 2000 符号化における SNR 揺らぎについて

On SNR Fluctuation in JPEG 2000 Coding for Spatio-Temporal Images

加藤 幸一 石川 孝明 渡辺 裕

Koichi Kato Takaaki Ishikawa Hiroshi Watanabe

1 はじめに

Motion JPEG 2000 に代表されるフレーム内符号化では、通常フレームごとのファイルサイズが一定量になるように符号量制御される。その結果、符号化対象となるフレームの複雑さによって画像品質が変化する。画像品質を一定に保つためにどれだけの符号量を与えればよいかは、R-D 特性の正確な把握が前提となり、処理が複雑である [1, 2]。

そこで、動画像全体を時空間画像として捉え、時系列に着目した処理をすることにより、画像品質の変動を抑制し、等価的に可変ビットレート符号化のような役割を果たすアプローチが検討されているが [3, 4]、時間方向に SNR が周期的に揺らぐ現象が確認されている。本稿では、符号化された時空間画像に生じる SNR 揺らぎについて、この問題の原因となりうる JPEG 2000 符号化における高周波成分の処理について考察する。

2 時空間画像について

時空間画像とは 2 次元の空間画像を時系列方向に並べたものである。そのため時空間画像を水平あるいは垂直に切り出した画像を考えた場合、時系列上での物体の動きを 2 次元画像として捉えることができる。

時空間画像において各フレームでは空間内でサンプリング定理を満たしているが、時系列方向ではビデオカメラを用いて撮影する段階で一定の間隔で切り抜いたものに過ぎず、各フレームごとの複雑度は考慮されていない。このような画像にも時間的な相関が存在するはずであり、その有効性を利用した符号化が行われている [3, 4]。

これを概念的に示したのが図 1 である。空間における縦軸と横軸のいずれを選ぶかにより 2 通りのシーケンスが得られる。こうした時空間画像の符号化により、画像シーケンスによっては符号化効率が改善されることが確認されている。

3 SNR 揺らぎ

時空間画像として JPEG 2000 により符号化したシーケンスについて、時間軸に沿ったフレームごとの SNR を図 2 に示す。図 2 中の st-side, st-top, normal はそれぞれ時間-縦方向、時間-横方向、縦方向-横方向の画像として符号化したことを示す。時空間画像全体で同じファイルサイズに符号化した場合でも、符号化効率が改善されていることが分かる。

一方で、同時にフレームごとに細かく SNR が変動していることが確認できる。全体的に高い SNR であるか、変動幅が小さければ問題はない。しかし、SNR が低い映像でのフレームごとの SNR 揺らぎは、主観品質を損ない、可変ビットレート符号化の役割を果たさなくなる可能性がある。

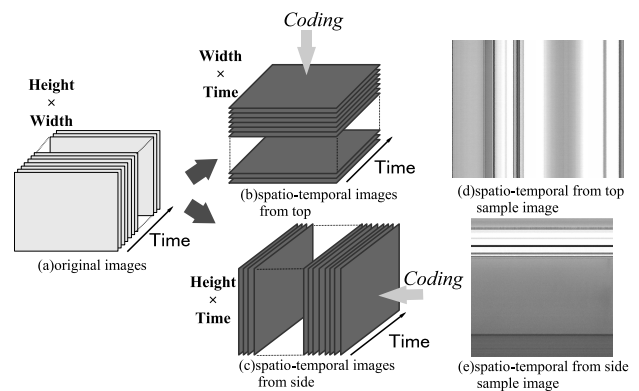


Figure 1: Proposed Coding Architecture

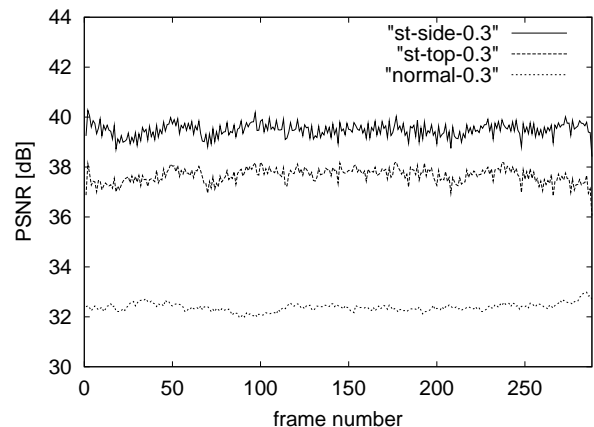


Figure 2: Hall Monitor (bit rate: 0.3[bpp])

図 3 は一枚の画像を時間方向に並べた全く動きのないシーケンスに対して、非可逆 Wavelet フィルタを用いてビット切捨て及び、量子化を行った結果である。図 3 において、量子化もしくはビット切捨てによって符号化された状態での時空間画像全体のファイルサイズはほぼ等しくなっている。したがって、ビットレート切捨て及び量子化のいずれの場合にも SNR 揺らぎが生じていることがわかる。

4 実験と考察

図 2 に示した結果は、2 次元の画像に対して、ウェーブレット変換を用いたものである。しかし、簡単のために、ここでは 1 次元信号を扱って解析を行う。この揺らぎの発生を確認するためにステップ関数を入力に与えて実験を行う。実際の JPEG 2000 ではリフティング構成に基づいてフィルタリングが行われており、畳み込み演算によるフィルタリングよりも少ない積和演算回数で同じ結果を出す事

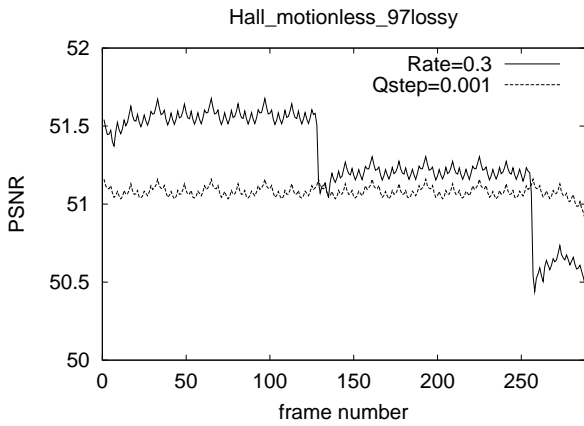


Figure 3: PSNR of motionless images coded by 9/7 filter

が知られている．まず今回の実験では， 9×7 の実数型， 5×3 整数型ともに，畳み込み演算でもリフティングでも演算誤差を除けば同じ値が得られることを確認した． 5×3 の整数型可逆フィルタでは，係数値が整数となるため，量子化は行われない．高域成分の係数を全て切捨てる処理を行い，低域成分のみで合成を行った結果を図4に示す．また 9×7 の実数型非可逆フィルタを用いて，高域成分の係数に対してのみステップサイズ2.0でスカラー量子化を行った解析結果を図5に示す．

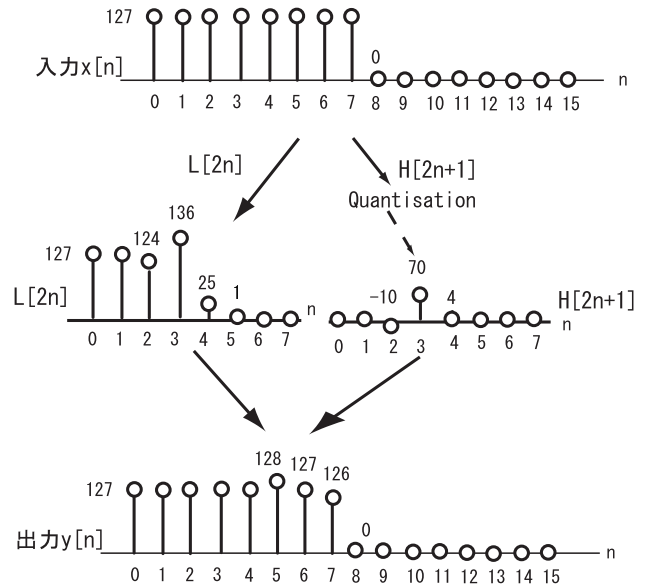


Figure 5: ステップ関数の分割合成例 (9/7, Scalar)

はより影響を引きずってしまう．

また図3において，ビット切捨てを行った結果は，128，256[frame]でPSNRが極端に落ちている事が確認できる．ここで符号化対象としている時間方向に動きのない時空間画像の変換係数は低域に集中する．JPEG 2000は一般にはEBCOTによって 64×64 のコードブロックに分割され，それ以降の符号化処理をコードブロックごとに独立に行われるよう規定されており，高域のコードブロックが切り捨てられた後，より低域にまで切捨てが及んだことにより，コードブロックサイズで歪みが生じていると考えられる．

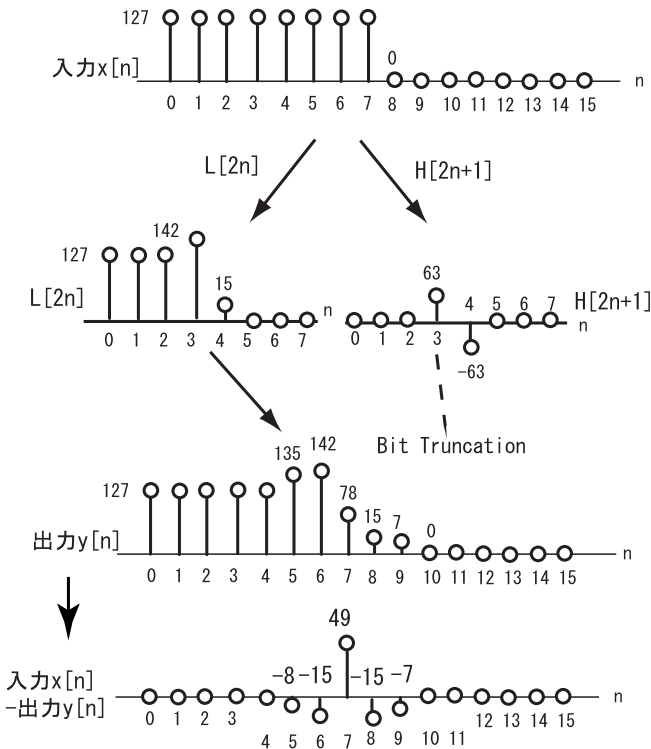


Figure 4: ステップ関数の分割合成例 (5/3, Truncation)

図4の最終段に示される出力と入力との差は，合成側のフィルタの係数の形が現れていることがわかる．時間方向に生じた高周波成分が削られてしまうと，復号時にフィルタの係数に追従する．タップ数の大きな実数型フィルタで

5 まとめ

本稿では，時空間画像の符号化によって生じるSNR揺らぎについての解析を行った．実験により，高周波成分が量子化，及びビット切捨てによって削られるため，復号時に周期的な画素値の揺らぎが生じ，それがSNRに影響を与えることがわかった．また符号化の手法によっては，ある時間ごとにSNRが低下する問題は，コードブロック単位で処理することによって生じる結果であることがわかった．

参考文献

- [1] ISO/IEC FCD 15444-1, "JPEG 2000 Part I Final Committee Draft Version 1.0," ISO/IEC JTC 1/SC29/WG1, N1646R, Mar. 2000.
- [2] Takahiro Fukuhara, David Singer, "Motion JPEG 2000 Final Committee Draft 1.0," ISO/IEC JTC 1/SC29/WG1, N2117, Mar. 2001.
- [3] 加藤，渡辺，安田，"時空間画像の符号化に関する一考察，"IPSJ, Mar. 2005.
- [4] 加藤，渡辺，安田，"時空間画像の符号化による時間軸ノイズの低減に関する一考察，"電子情報通信学会総合大会, D-II-67, Mar. 2005.