

ヒストグラム補正によるスクリーンコンテンツ符号化の画質改善 A Histogram Correction Method for Video Quality Improvement in Screen Content Coding

宮澤 一之 峯澤 彰 関口 俊一
Kazuyuki Miyazawa Akira Minezawa Shun-ichi Sekiguchi

1. まえがき

スマートフォンやタブレットを用いた画面共有や、大型ディスプレイを使った管制・制御システムなど、コンピュータによりレンダリングされた領域が大半を占める映像の符号化に対する要求が高まっている。これらの映像はスクリーンコンテンツと呼ばれ、カメラで撮影された映像とは異なる性質を持つため、そうした性質を符号化方式に反映させることにより符号化性能が大幅に向上することが期待されている。そこで、現在、2013年1月に発行された映像符号化の最新規格である HEVC (High Efficiency Video Coding) をスクリーンコンテンツ向けに拡張する作業が進められている[1]。

本稿では、カメラで撮影された映像とスクリーンコンテンツの大きな違いの一つとして画素値のヒストグラムに着目し、復号画像のヒストグラムを補正することで符号化されたスクリーンコンテンツの画質を改善する手法を提案する。提案手法により、客観的な符号化性能だけでなく、特に主観画質が大きく改善することを実験を通して示す。

2. スクリーンコンテンツとそのヒストグラム

スクリーンコンテンツの例を図1に示す。同図はPCのデスクトップ画面であり、スクリーンコンテンツの典型例である。こうしたスクリーンコンテンツとカメラで撮影された映像との違いの一つに、画素値ヒストグラムの形状が挙げられる。両者のヒストグラムを局所領域で求めた例を図2に示す。図2からわかるように、スクリーンコンテンツのヒストグラムには鋭いピークがまばらに存在するケースが多い。これは、スクリーンコンテンツは局所的に見た場合に非常に少ない色数しか持たないことが多いためである。

ここで、スクリーンコンテンツを符号化する場合を考える。図3は、符号化前後でスクリーンコンテンツのヒストグラムがどのように変化するかを示したものである。図3(b)を見ると、符号化によって生じるノイズ(符号化歪み)によってヒストグラムのピークが本来の鋭さを失っていることがわかる。本稿では、このように符号化歪みによって形状が変化したヒストグラムの補正を行うことで、復号画像の画質を改善する手法を提案する。

3. ヒストグラム補正アルゴリズム

図4は、提案手法によるヒストグラム補正の様子を模式的に示したものである。図4(a)は、復号されたスクリーンコンテンツの画素値ヒストグラムを表している。黒で示した大きなピークが原画像に元から存在するピークであり、その周囲に赤で示した範囲は符号化によるノイズである。提案手法では、大きなピークの周囲に存在する符号化歪み

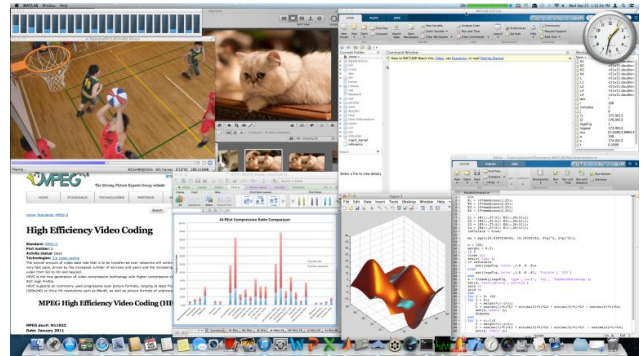


図1 スクリーンコンテンツの例

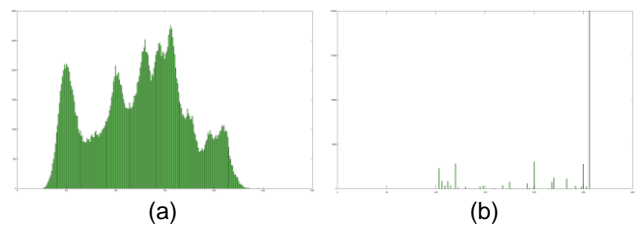


図2 ヒストグラムの比較: (a) カメラ撮影映像、
(b) スクリーンコンテンツ

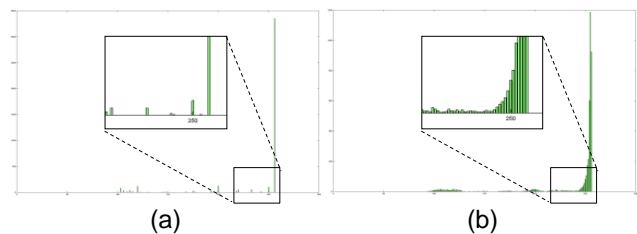


図3 符号化によるヒストグラム形状の変化:
(a) 符号化前、(b) 符号化後

に相当する画素値をピークの画素値で置き換えることで、図4(b)に示すように鋭いピークを回復する。つまり、補正対象となるピークの画素値を v 、補正する符号化歪みの範囲を w 、復号画像の画素値を x とすると、 $v - w < x < v + w$ となる画素について画素値を v で置き換える。このようにすることで、符号化歪みを削減して復号画像の画質を向上させることが可能である。

提案手法による画質改善効果を高めるためには、エンコーダにてこれらのパラメータ v と w を適切に決定し、デコーダに伝送する必要がある。なお、実際には補正対象となるピークは複数存在するため、複数の v と w のペアを伝送しなければならない。しかし、伝送するパラメータの数が増えるとオーバーヘッドが大きくなるため、提案手法ではヒストグラムをソートし、値の大きなピークから順に補正を適用することとした。復号画像のヒストグラムはデコーダ

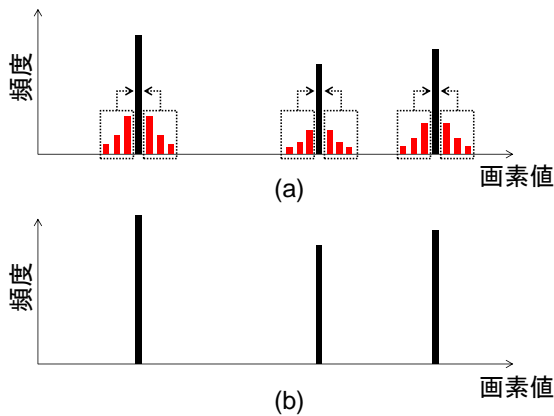


図4 提案手法によるヒストグラム補正：
(a) 補正前、(b) 補正後

でも生成可能なため、このようにすることで補正するピークの画素値 v を伝送する必要がなくなる。したがって、提案手法では補正幅 w だけをピークごとにエンコーダで最適化し、デコーダへ伝送する。

ヒストグラム補正は、復号画像を必要とするためループフィルタとして実現することが望ましい。そこで、提案手法では、HEVCにおけるループフィルタの一つであるSAO (Sample Adaptive Offset) を改良することでヒストグラム補正を行う。SAOは、HEVCにおける最大符号化ブロック単位であるCTU (Coding Tree Unit) ごとに適用され、復号画像の各画素を所定の方法に従って4つのクラスに分類し、各クラスに属する画素の画素値に対して一定のオフセットを加えることで符号化歪みを低減する[2]。このとき、画素の分類方法を2つのモードから選ぶことができる。したがってSAOでは、エンコーダにて選択したモードと、各クラスに適用する4つのオフセットがパラメータとしてデコーダに伝送される。提案手法では、このSAOのモードを3つに増やし、3番目のモードとしてヒストグラム補正を行う。そして、ヒストグラム補正を実施する場合は、4つのオフセットの代わりに補正幅を伝送する。つまり、補正するピークは、ヒストグラムの値が大きい上位4本とし、各ピークに対して最適な補正幅をエンコーダで決定する。

4. 性能評価実験

提案手法の性能を評価するための実験について述べる。実験条件は、HEVCの標準化にて規定されている条件に従った[3]。実験には、text & graphics with motion (1080p と 720p)、mixed content (1440p と 1080p)、animation (720pのみ) というカテゴリからなる11種類の映像を用いた。全てYUV4:4:4フォーマットである。また、符号化条件としては、全てのピクチャをイントラピクチャとして符号化するオールイントラ符号化を用いた。

本実験では、HEVCのスクリーンコンテンツ向け拡張作業で用いられる参照ソフトウェアであるSCM-1.0に提案手法を実装し、SCM-1.0との符号化性能比較を行った。実験結果を表1に示す。表中の値はBD-rateと呼ばれ、同画質で比較した場合に提案手法がSCM-1.0からどれだけ符号量を削減できるかを示している。したがって、負方向に値が大きいほど、提案手法はSCM-1.0に対して大きな性能改善を達成していることになる。なお、表1に示したBD-rate

表1 実験結果

	Y	U	V
text & graphics with motion, 1080p	-2.3%	-2.3%	-1.9%
text & graphics with motion, 720p	-0.8%	-0.7%	-0.9%
mixed content, 1440p	-0.2%	-1.2%	-1.1%
mixed content, 1080p	-0.5%	-0.7%	-0.5%
animation, 720p	0.1%	-0.1%	-0.1%
符号化時間	103%		
復号時間	110%		



(a)



(b)

図5 主観画質比較：(a) SCM-1.0、(b) 提案手法

は、各映像に対するBD-rateのカテゴリごとの平均値である。また、表中の符号化・復号時間は、提案手法による平均符号化・復号時間のSCM-1.0に対する相対値である。

表1の結果から、ほぼ全てのカテゴリで提案手法により符号化性能が改善していることがわかる。animationカテゴリで若干の性能低下が生じているが、これは本カテゴリに属する映像がカメラ撮影映像に近い特性を持っており、ヒストグラム補正の効果が得られないためである。また、主観画質比較のために復号画像の一部を切り出したものを図5に示す。特に文字の周辺などのエッジ領域で提案手法によって大幅に符号化歪みが低減されていることがわかる。

5. まとめ

本稿では、復号画像のヒストグラムを補正することでスクリーンコンテンツ符号化の画質改善を行う手法を提案した。提案手法は、スクリーンコンテンツのヒストグラムが鋭いピークを持つことに着目し、ピーク周辺に現れる符号化歪みを除去することで復号画像の画質を改善する。実験の結果、提案手法により客観的な符号化性能だけでなく、特に主観画質を大幅に改善できることを確認した。

参考文献

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14520, "Standardization plan for HEVC extensions for screen content coding," Apr. 2014.
- [2] C.-M. Fu et al., "Sample adaptive offset in the HEVC standard," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 22, no. 12, pp. 1755 - 1764, Dec. 2012.
- [3] H. Yu et al., "Common conditions for screen content coding tests," JCT-VC of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCTVC-Q1015, 17th Meeting, Mar. 2014.