

動画像符号化 HEVC の圧縮ひずみ除去に関する研究 A Study of Compression Noise Reduction for HEVC Encoded Video

米澤 弘貴[†] 後藤 富朗[†] 平野 智[†]
Hirotaka Yonezawa Tomio Goto Satoshi Hirano

1. はじめに

現在、表示装置の大型化および高解像度化が進んでおり、4K 規格、8K 規格の画像表示装置が普及しつつある。しかしながら、過去および現行の動画像においては解像度が低いため、4K 規格、8K 規格の映像を高解像度表示可能なテレビやディスプレイに表示する際、解像度変換技術が必要不可欠となる。また、高解像度の動画像を伝送する際、無圧縮の状態では情報量が増大してしまうため、圧縮技術による画像圧縮も必要不可欠である。それに伴い、新たな符号化技術として HEVC[1]が規格化された。HEVC は MPEG-2 と比較して約 4 倍、H.264 と比較して約 2 倍の圧縮性能を有しており、今後主流となる動画像符号化規格であるが、低解像度の動画像を超解像技術を用いて拡大を行った際、雑音が強調されて画質が劣化してしまう。

そこで本論文では HEVC 符号化画像に対し Total Variation 正則化手法を用いて圧縮ひずみ除去を行う。HEVC で圧縮した際、高周波成分が欠落してしまうため、画像がぼけてしまい、そこに従来の Total Variation 正則化を用いた圧縮ひずみ除去を行うとぼけが増してしまうため、ぼけ補正アルゴリズムを従来法に追加することでより鮮明な画像を得ることを目的とする。

2. 圧縮ひずみ除去

本稿での提案法の処理の流れを図 1 に示す。本手法においては HEVC 符号化動画像に対し初めに Deblocking Edge Filter を用いてブロックひずみの低減を行い、Total Variation 正則化手法を用いて低周波数成分とエッジ成分のみを含む骨格成分と微小な振動成分からなるテクスチャ成分に分離する。ノイズはテクスチャ成分に分離されるため、テクスチャ成分にフィルタ処理を行うことで効果的な処理が可能となる。モスキート雑音の除去は Sobel Filter により骨格成分のエッジを検出し、検出された情報をもとにテクスチャ成分のエッジ周辺に Gaussian Filter を用いることで行う。更に、骨格成分に対して Shock Filter を行うことで骨格成分に含まれるエッジの強調を行い、最後に骨格成分とテクスチャ成分を合成することで雑音の除去された画像を得る。

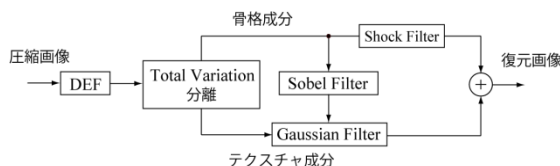


図 1 提案法の処理の流れ

[†] 名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

2.1 Total Variation 正則化手法[2]

Total Variation 正則化手法である式(1)の ROF モデルの最小化問題を Chambolle の射影法による高速解法を用いて解決する。Chambolle の射影法では式(2)の反復計算を行うことで双対変数 p を計算しており、得られた p を用いて式(3)により骨格画像 u 及びテクスチャ画像 v を求める。 λ を変化させることで骨格成分とテクスチャ成分の割合を制御できる。また、 n は繰り返し回数、 τ はステップサイズであり、収束速度を調整できる。実際に、処理を行った画像を図 1 に示す。

$$\inf_u F(u) = \int |\nabla u| dx dy + \lambda \int |f - u|^2 dx dy \quad (1)$$

$$P_{i,j}^{n+1} = \frac{P_{i,j}^n + \left(\frac{\tau}{\lambda}\right) \{\nabla(\lambda \operatorname{div} p^{(n)} - f/\lambda)\}_{i,j}}{1 + (\tau/\lambda) |\nabla(\lambda \operatorname{div} p^{(n)} - f/\lambda)|} \quad (2)$$

$$u = f - \lambda \operatorname{div} p, v = \lambda \operatorname{div} p \quad (3)$$

2.2 Shock Filter

Shock Filter は非線形エッジ強調フィルタである。ステップ幅 dt 、時刻 t での偏微分 $u^{(t)}$ を用いて、式(4)~(7)に示す処理の繰り返し演算によって出力画像 u を求める。



(a) 圧縮画像



(b) 骨格成分



(c) テクスチャ成分

図 2 Total Variation 正則化による画像分離

式(4)では平滑化フィルタ K_σ の畳み込み処理、閾値処理を追加することで画質の劣化を抑制している。実際に、処理を行った画像を図 2 に示す。

$$u^{(t+1)} = u^{(t)} - \text{sign}(\Delta(K_\sigma * u^{(t)})) |\nabla u^{(t)}| dt \quad (4)$$

$$|\nabla u| = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \quad (5)$$

$$\Delta u = u_{xx} + u_{yy} \quad (6)$$

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & (x > \epsilon) \\ 0 & (-\epsilon < x < \epsilon) \\ -1 & (x < -\epsilon) \end{cases} \quad (7)$$

3. 実験結果

実験動画として 1920 × 1080 画素、フレームレート 60fps、総フレーム数 960 の Horse Racing 動画を HEVC 形式、ビットレート 4Mbps で圧縮した動画に対して圧縮ひずみ除去を行った。実験に使用したフィルタのパラメータを表 1、2 に、入力画像と処理後画像を図 3 に、各出力結果における原画像との PSNR と SSIM を表 3 に示す。図 4 より、提案法は従来法より鮮明な画像を得ることができた。しかし、表 3 より PSNR や SSIM では従来法に比べ若干劣る結果となることが確認できた。

4. むすび

本論文では HEVC 符号化画像に対して、圧縮ひずみ除去を行うと同時にぼけ補正を行った。これにより、従来法において問題となっていたぼけを低減することができた。今後の課題として、ぼけの補正を行う際にジャギーが目立ってしまうため、ジャギーの低減およびリアルタイム処理の検討が挙げられる。ジャギーの低減手法としては、ジャギーが発生しない程度にパラメータを変更することや処理を局所的に行うことなどが挙げられる。また、ぼけが目立たない圧縮ひずみ除去を行うことも必要であり、従来法は HEVC においては処理過多であるということが知られているため、必要な箇所のみ圧縮ひずみ除去処理を行うことが可能になれば、ぼけの低減が可能になると考えられる。



図 3 Shock Filter によるエッジ強調

参考文献

- [1] 社団法人 電波産業会デジタル放送システム開発部会 映像符号化方式作業班：“情報源符号化部 H.265 — MPEG-H HEVC 規格の概要 ver 1.0”，総務省 情報通信審議会，May 2013.
- [2] A. Chambolle: “An algorithm for total variation minimization and applications”, *Journal of Mathematical Imaging and Vision* 20, pp. 89–97, 2004.
- [3] H. Senshiki, T. Goto, S. Hirano and M. Sakurai: “Blind restoration of blurred images using local patches”, *IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Oct. 2015.

表 1 Total Variation 正則化におけるパラメータ

パラメータ	値
τ	0.125
λ	0.03
繰り返し回数	10

表 2 Shock Filter におけるパラメータ

パラメータ	値
dt	0.8
繰り返し回数	1

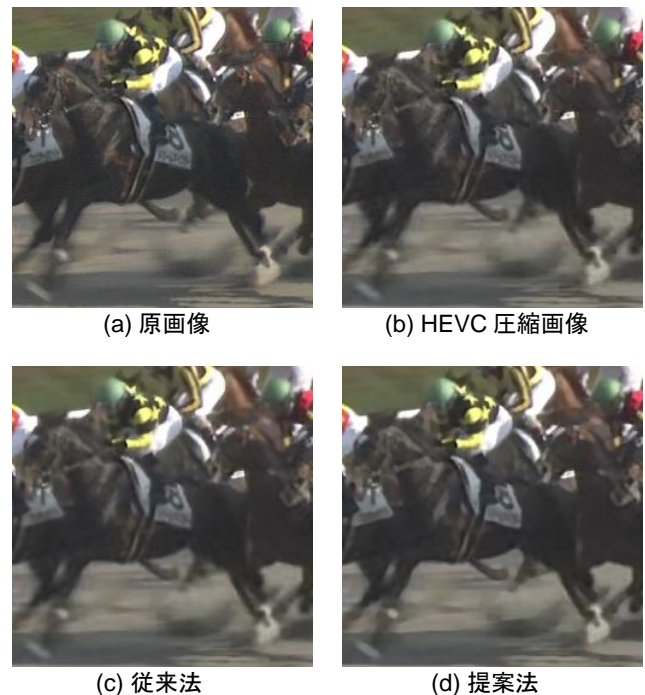


図 4 実験結果

表 3 各出力画像における原画像との PSNR,SSIM

	PSNR [dB]	SSIM
HEVC 圧縮画像	35.60	0.981
従来法	35.09	0.980
提案法	34.64	0.980