イントラ符号化にベクター表現を用いた動画像圧縮に関する検討
A Study on Video Compression using Vector Representation in Intra Coding

河村 圭　山本 勇樹　渡辺 裕
Kei KAWAMURA　Yuki YAMAMOTO　Hiroshi WATANABE

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University.

Abstract: Artificial images include a lot of edges and homogeneous tone areas. Mosquito noise and pseudo tone is occurred by the discrete cosine transform and quantization for such images. It is in H.264/AVC that losing texture and changing edge directions are occurred. We have proposed an image coding based on vector representation to provide a solution to the above problems. In this paper, we propose vector representation technique in an intra coding adaptively. The proposed method improves PSNR in not only I-frames but also P, B-frames.

1　はじめに

エッジや均等色領域を多く含む人工的な動画像に自然画を対象とする符号化を行うと，著しく品質が低下する場合がある．MPEG ではモスキートノイズや偽色が知られているが，特に H.264/AVC[1] では均等色領域内のテクスチャ損失やエッジ方向の変化などの品質低下が見受けられる．

我々は以前より人工的な画像に対してベクター表現を用いる符号化を提案している [2]．本稿では，品質低下の原因を明らかにすると共に，イントラ符号化にベクター表現を用いてエッジを分離し，近似する手法を提案する．提案手法により，モスキートノイズやエッジ方向の変化による品質低下を改善する．

2　品質低下の原因

AVC ではイントラ予測が導入され，符号化済みの周辺画素を用いて 4×4 または 16×16 ブロック単位のフレーム内予測が可能である．そして，均等色領域や 8 つの予測方向に一致するグラデーションとエッジは非常に高い精度で予測が当たり，ほとんど差分信号が発生しない．

一方，均等色領域やグラデーション領域内のテクスチャは差分信号として現れ，後段の 4×4DCT と量子化処理が適用される．4×4DCT は 8×8DCT に比べて周波数分解能が低く，AVC の荒い量子化により各成分がゼロになりやすい [3]．その結果，テクスチャが消失し，のっぺりした画像となり主観品質が低下する．これはフィルムグレインの消失としても知られている．図 1，図 2 に符号化前後における 4×4 ブロックの行，列方向輝度値を示す．横軸が画素位置，縦軸が輝度値を表す．品質パラメータ QP を 28 から 32 に変更すると，行方向のテクスチャ（row:1〜4）が失われる様子が確認できる．

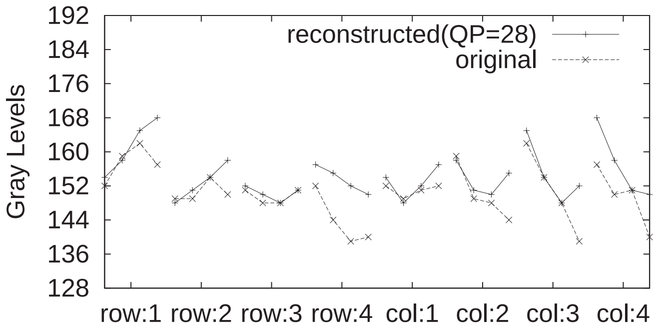

Figure 1　Gray levels of 4x4 block at qp = 28.

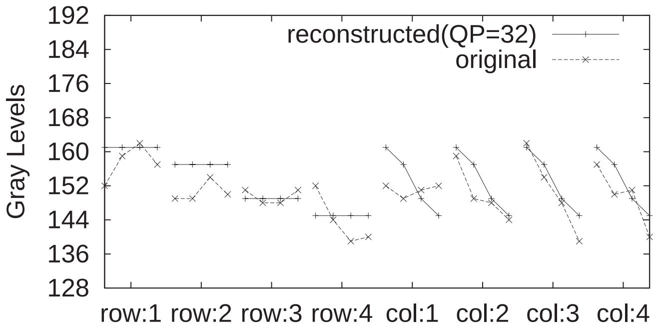

Figure 2　Gray levels of 4x4 block at qp = 32.

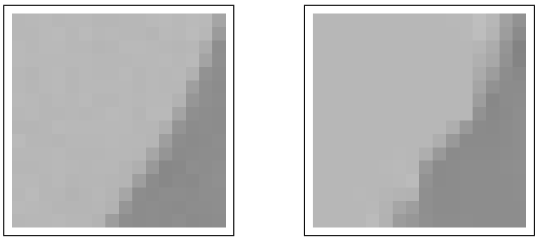

Figure 3　Edge reagion [Original, Reconstructed at qp = 32]

次に，予測の当たらなかったエッジを含むブロックでは，差分信号にもエッジが含まれる．これらのブロックでは自己相関性が低く，DCT により電力が分散される．さらに量子化により信号の消失，または増幅が行われる．エッジが消失した際には，イントラ予測によって生成されたエッジのみが再現されることになる．その結果，エッジ方向が変化しブロック間でエッジの連続性が失われ，品質が低下する．図 3 にエッジ領域を含む画像の拡大図を示す．テクスチャが失われるだけでなく，エッジの方向が不連続になる様子が確認できる．

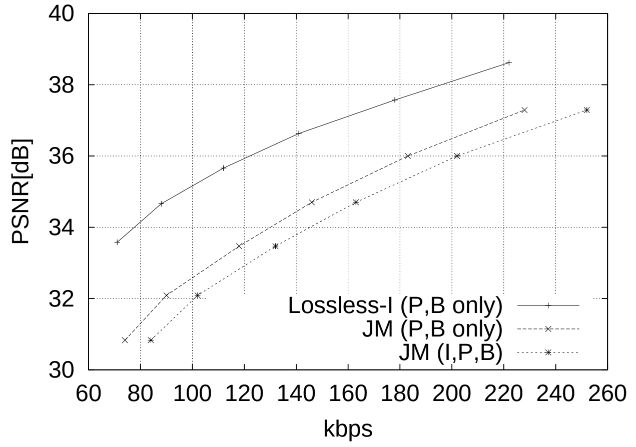

Figure 4 PSNR of Lossless-Intra-Coding (Reference)

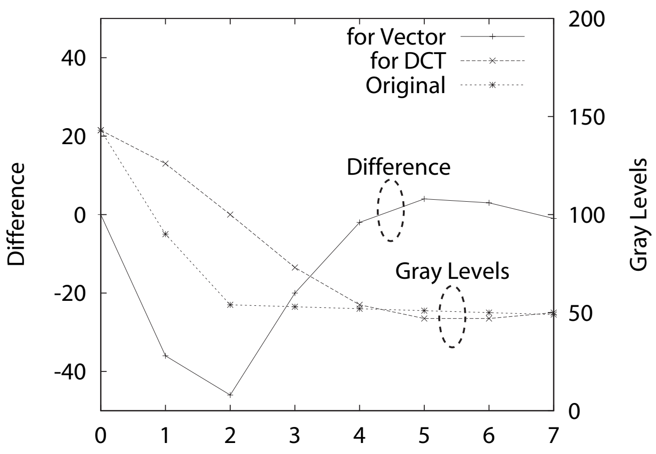

Figure 5 An illust of an edge separation

3 提案手法

3.1 概要

テクスチャの消失に対しては，Fidelity Range Extensions（FRExt）において 8×8DCT 及び重み付き量子化が導入され，低減が図られている．ただし，8×8 変換にはモスキートノイズの発生が伴う．モスキートノイズはエッジ周辺にある均等色領域に高周波成分削減の影響が現れる現象である．さらに，2 次元処理のためにノイズが増幅される傾向がある．

エッジ方向の変化に対しては，イントラ予測に起因するので予測方向を多様化する手法が考えられる．しかし，参照可能画素が無い場合には予測画像生成が不可能であり，さらにブロック内に異なる方向のエッジが内包される場合への拡張が困難である．そこで，エッジの位置をベクター表現に変換し，画素値を分離する手法を提案する．本手法は，モスキートノイズの低減も可能であるため，8×8DCT 導入に対する問題も解決可能である．

エッジ領域の品質が向上すると，これを参照する P，B フレームの品質も向上することが期待される．図 4 にイントラマクロブロックをほぼ無歪みで符号化した場合の P，B フレームにおけるレートディストーションを参考に示す．ただし，入力画像はアニメーション画像，QVGA（320×240），15fps，GOP は 30 枚，I–B–B–P 構造，QP 固定，128kbps〜192kbps がターゲットである．約 2dB の画質向上が期待され，特に低ビットレート時の改善度が高い．

3.2 ベクター表現とエッジ分離手法

エッジはその垂直方向の自己相関が低いため，離散コサイン変換やアダマール変換などの高い自己相関性を仮定した変換は効率が悪い．そこで，エッジに沿って領域を分割する手法が考えられる．しかし，アンチエイリアシング処理により，正確な領域を定義することは困難である．

そこで，エッジが持つ高い周波数成分を画素領域で分離し，エッジを含むブロックの自己相関性を高める．一方分離された画素成分は，エッジと平行方向の高い相関性を利用して単一の関数で近似する．さらに，ブロック内のエッジ位置をベクター表現で記述する．以上の操作により完全再構成が可能となる．

具体的な分離例（1 次元）を図 5 に示す．横軸が画素位置，縦軸が輝度値と差分値を表す．急峻なエッジ（Original）が関数近似可能な信号（for Vector）と，DCT に適した信号（for DCT）に分離される．近似関数としては $f(t) = \mathbf{sin}(t)/t$ が適当と考えられる．

4 まとめ

人工的な動画像を AVC により符号化した際に生じるエッジ方向の変化について原因を明らかにした．さらに，品質低下を解決する手法としてイントラ符号化においてエッジを 2 つの成分に分離し，ベクター表現と DCT 係数で記述する手法を提案した．今後，本手法を実装して，精度，画質の側面で性能評価を行う予定である．

参考文献

[1] ITU-T Recommendation H.264 IS, “Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services,” 2003.

[2] 河村，山本，渡辺，“ベクター表現における符号量制御に関する検討，” PCSJ2004, P-5.04, pp.67–68, Nov. 2004.

[3] M. Wien, “Variable block-size transforms for H.264/AVC,” IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.13, No.7, pp.604–613, Jul. 2003.

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
〒*367–0035* 埼玉県本庄市西富田大久保山*1011*
Phone: 0495–24–6143, Fax: 0495–24–6645
E-mail: kawamura@suou.waseda.jp