

ラプラシアンマッチング型ポアソン合成動き補償予測の H.265/HEVC への適用 An Application of Laplacian Matching Poisson Blending Motion Compensation to H.265/HEVC Video Coding

徐建[†] 八島由幸[†]
Jian Xu Yoshiyuki Yashima

1. はじめに

H.265/HEVC に対して、さらなる予測効率向上を実現する一手法として、動き補償フレーム間予測の際にポアソン画像合成技術を利用する手法が検討されている[1]。本稿では、ラプラシアンフィルタによるエッジ強度マッチングを用いたポアソン合成予測を、実際に H.265/HEVC (以下 HEVC) に組み込み、シミュレーション実験により、通常の HEVC に比べて符号化効率を向上できることを示す。

2. エッジマッチングによるポアソン合成予測

2.1 ポアソン合成予測

ポアソン合成予測[1]とは、ポアソン画像合成技術[2]を動き補償フレーム間予測に応用し、予測ブロックを生成する際に、予測ブロックの境界領域とその周囲画素となる領域の連続性を確保するように、探索で求められた予測ブロック内の画素値を調整することで予測効率を向上する手法である。ポアソン合成予測の流れを図 1 に基づいて説明する。符号化対象ブロック B に対して、復号済みの参照フレームとの間で通常のブロックマッチングを行い、ブロック内予測誤差絶対値和 (SAD) が最小となるブロック R を参照フレームから選択する。次に、小ブロック B の左側および上側の L 字領域に対して、参照フレーム内を探索して、SAD が最小となる最類似領域 M を求め、参照フレーム内で M と正方形の対をなすように領域 L' を設定する。 R を勾配情報、領域 L と領域 L' を R の境界条件としてポアソン方程式を立て、その解 R' を最終的な B の予測値とする。境界との間を滑らかに接続するような予測値を用いることで、通常の動き補償予測に比べて良好な予測が可能となる。なお、境界領域 L および L' の特定は復号側でも可能であるためオーバーヘッド情報を符号化する必要はない。

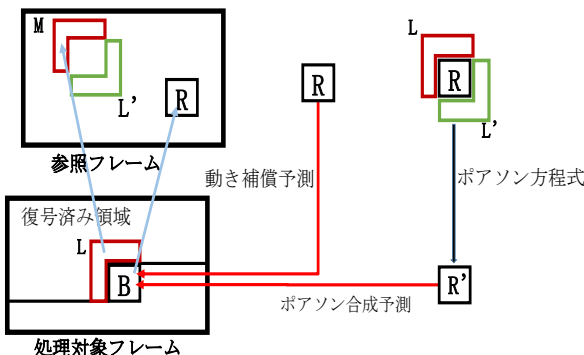


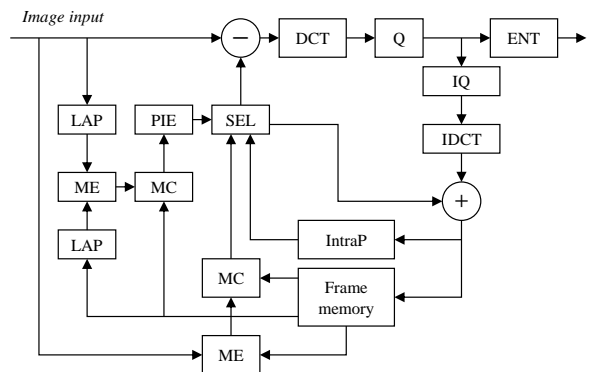
図 1 ポアソン合成予測

2.2 ラプラシアンマッチング

ポアソン合成は、画素勾配をできるだけ保持しつつ全体の輝度情報を変化させる処理である。このため、筆者らは、ブロックマッチングによって参照ブロック R を決定する際に、滑らかに変化する成分を考慮する必要はないと考え、画像のエッジ成分のみでマッチングを行う手法を提案した[3]。すなわち、図 1 において、参照フレーム全体にラプラシアンフィルタを施したものをエッジ参照フレームとし、符号化対象ブロック B にラプラシアンフィルタを施した信号 B_L をテンプレートとしてエッジ参照フレーム内から最類似領域位置を特定し、その位置と対応する参照フレーム領域を参照ブロック R とする。以降の処理は、2.1 節で記した手順と同様である。筆者らの先行研究[3]により、予測誤差電力による比較では、通常の動き補償フレーム間予測に比べて、10%程度予測誤差が減少することが確かめられている。

2.3 HEVC への適用

図 2 にラプラシアンマッチング型ポアソン合成予測を HEVC に適用する場合の処理ブロック図を示す。入力映像信号はブロックに分割され、HEVC イントラ予測 (Intra)、通常の動き補償フレーム間予測 (MC)、ラプラシアンマッチングによるポアソン合成予測 (LMC-Poisson) の 3 つのうち、最も予測誤差が小さいものを選択して予測ブロックとし、予測ブロックと符号化対象ブロックの差分を予測誤差として DCT、量子化し、最後にエントロピー符号化によって圧縮データを生成する。このとき、どの予測を用いたかの切り替え情報を符号化伝送する必要がある。本検討



DCT: Discrete cosine transform
Q: Quantization
ENT: Entropy coding
FM: Frame memory
IntraP: Intra prediction
ME: Motion estimation,
MC: Motion compensation
LAP: Laplacian filter
PIE: Poisson image editing
SEL: Selector

図 2 ポアソン合成予測の HEVC への適用

[†] 千葉工業大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

では、HEVC イントラ予測の方向予測モードの一つ (33番) をイントラ予測で用いることを禁止し、ポアソン合成予測のフラグとして割り当てることで実現した。

3. 実験と考察

提案手法の有効性を検証するためシミュレーション実験を行った。実験対象画像は、HDTV 評価用標準動画画像[4]を縦横半分に縮小し 960×512 とした 8 種類の動画画像を用いた。符号化パラメータとしては、動き補償ブロックサイズを 16×16 、動きベクトル探索範囲を ± 16 、動きベクトル探索精度を $1/4$ 画素、量子化パラメータ(QP)を 17, 22, 27, 32 とした。予測切り替えについては、Intra/MC/LMC-Poisson について、予測誤差が最も小さくなるモードを選択した。また、比較対象として、ラプラシアンマッチングを用いないポアソン合成予測 (MC-Poisson) の場合の符号化効率を測定した。

図 3 にポアソン合成予測を用いない場合をベースとして、MC-Poisson 予測と LMC-Poisson 予測を導入した場合の BD-PSNR, BD-Bitrate[5]を示す。また、図 4 には、画像 s260 に対する RD 特性を示す。さらに、動画画像 s260 に対して、通常の HEVC 符号化と LMC-Poisson 予測を導入した符号化のそれぞれの場合について、各予測モードが選択されたブロックの割合を表 1 に示す。動画画像の特徴によって効果は異なるが、実験したすべての動画画像について、LMC-Poisson 予測が効果的に使われ、PSNR ゲイン、ビットレート削減を達成していることがわかる。また、ラプラシアンマッチングを用いないポアソン合成予測の場合効果が確認できず、ラプラシアンマッチングの導入により効果が大幅に改善されたことがわかる。

4. おわりに

ラプラシアンフィルタによるエッジ画像でマッチングを行うことによるポアソン合成予測を HEVC に組み込み符号化性能を評価した。その結果、従来のマッチングによるポアソン合成予測ではゲインが出ないが、ラプラシアンマッチングを用いることで、HEVC に比べて BD-PSNR で $0.1 \sim 0.7$ dB の向上、BD-Bitrate で $1.5 \sim 8.9\%$ のビットレート削減効果があることが示された。

今後は、ブロックサイズによる影響や、色差信号への適用等について実験を進めるとともに、RD 最適化によるモード選択や、高速化のためにポアソン合成予測の効果が無いブロックを事前に除外する手法を検討する予定である。

参考文献

- [1] 渡邊真由子, 北原正樹, 清水淳, “Poisson 画像合成を用いた予測画像生成に関する一検討,” 2014 年画像符号化シンポジウム, P-1-02, 2014.
- [2] Patrick Perez, Michel Gangnet, and Andrew Blake, “Poisson image editing,” ACM Transactions on Graphics, 22(3): 313-318, 2003.
- [3] 徐建, 王冀, 八島由幸, 渡邊真由子, 坂東幸浩, 清水淳, “ポアソン合成予測における動き補償マッチング規範に関する検討,” 電子情報通信学会画像工学研究会, IE2016-31, pp.161-166, 2016.
- [4] ハイビジョンシステム評価用標準動画画像第 2 版, 映像情報メディア学会.
- [5] G. Bjontegaard, “Calculation of average PSNR differences between RD-Curves,” ITU-T Q.6/SG16, VCEG-M33, April 2001.

表 1 予測モードの選択割合 (画像 s260)

QP	HEVC (%)		HEVC with Poisson (%)		
	Intra	MC	Intra	MC	LMC-Poisson
17	3.6	96.4	3.2	74.7	22.1
22	4.3	95.7	3.7	79.0	17.3
27	5.6	94.4	4.6	81.7	13.7
32	7.9	92.1	7.2	82.2	10.6

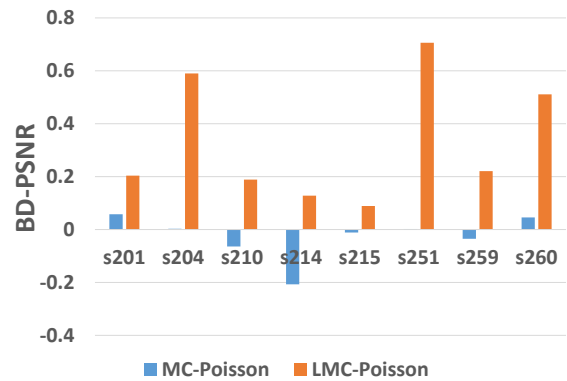


図 3(a) LMC-Poisson 予測の効果(BD-PSNR)

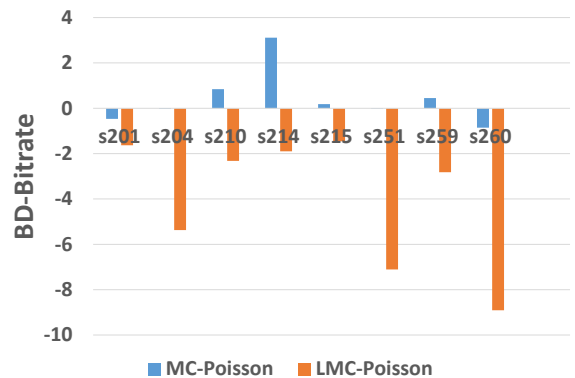


図 3(b) LMC-Poisson 予測の効果(BD-Bitrate)

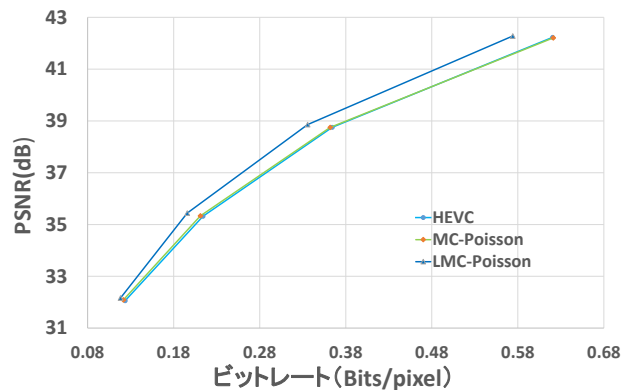


図 4 RD 特性 (画像 s260)