

回転テンプレートマッチングを用いた画面内予測効率の改善 A new intraframe prediction using template matching with rotation

姜 立 十
Li Jiang

八島 由幸 十
Yoshiyuki Yashima

1. はじめに

AVC/H.264 におけるフレーム内予測では、符号化対象ブロックの画素を周囲の符号化済み画素から予測する場合、複数の予測方向から最適なものを選択して予測誤差の低減を図っている。また、次世代映像符号化標準 HEVC の検討においては予測方向をさらに増やすことにより効率を高める方式が導入されている。一方、符号化対象ブロックと類似の領域が画面内に存在する場合に有効な方法として、テンプレートマッチングを利用した予測方式が提案されている[1][2]。本稿では、フレーム内符号化におけるテンプレートマッチング予測において、テンプレートの回転を導入する手法を提案しその有効性を示す。

2. テンプレートマッチング予測の概要

図 1 に従来のテンプレートマッチングにおける予測方法を示す。大きさ $n \times n$ の符号化対象ブロック B に対して、 B と類似しているブロック P を既符号化済み領域の中から抽出し、 P を B の予測値とする。この時、類似ブロック探索に B そのものの画素値を用いると、 P の位置情報を付加情報として符号化しなければならず符号量が増加する。これを避けるためテンプレートマッチングでは、類似領域の探索に B の近傍領域 (テンプレートと呼ぶ) を利用する。図 1 に示すように、 B の近傍領域として復号済み画素からなる領域 T を設定し、テンプレート T の類似領域を復号済み領域中で探索する。探索候補 R_k の中から求められた最類似領域 R に対し、 R で囲まれた $n \times n$ のブロック P' を B の予測値とする。テンプレートマッチングに関しては、これまでに、複数の類似領域の平均を取る手法[3]、ブロックマッチングと組み合わせる手法[4]、テンプレート形状の検討[5]なども検討されている。

3. 回転テンプレートの導入

テンプレートマッチング符号化においては、予測参照ブロックの特定に復号済み画素のみを用いるため、複雑な予測方法を採用してもオーバーヘッド符号量が増えないという特性がある。これに基づき、本稿では新たにテンプレートの回転を導入する。符号化対象ブロックが複雑なテキスト領域や幾何学的模様の一部であるような場合には、画面内に同じ性質を持つテキストが様々な方向性を持って存在する可能性が高いと考えられ、テンプレート回転が有効であると予想される。本検討では、図 2 に示すように、テンプレート T を 0 度、90 度、180 度、270 度回転させた 4 種類のテンプレートを用意した。類似テンプレートが求められた後は、対応する参照ブロックを逆方向 (0 度、-90 度、-180 度、-270 度) に回転させて予測に用いる。予備実験として、符号化対象ブロックの大きさを 4×4 、テンプレート幅を 1 画素として、AVC/H.264 の 9 種類の予測と併用した場合にテンプレート予測がどの程度選択されるかを予測誤差絶対値和を指標として測定した。図 3 は、回転なし

(0 度回転) のみの場合、および 4 種類の回転を用いた場合のそれぞれについて、テンプレート予測が選択された割合を示している。テンプレート回転のない従来法に比べて、回転を導入するとテンプレート予測選択割合が 10~24% 増加しており、符号化効率向上の可能性が示唆される。

回転を導入したテンプレート予測は以下の方法で行う。まず、符号化対象ブロック B に関するテンプレート T に対して、候補となる参照テンプレート R すべてにつき以下により対応する画素間の差分絶対値和 E を計算する。

$$E(\theta, k) = \sum_i |x_i^{T(\theta)} - y_i^{R(\theta, k)}|$$

ここで、 θ は回転パラメータ、 k は参照テンプレート領

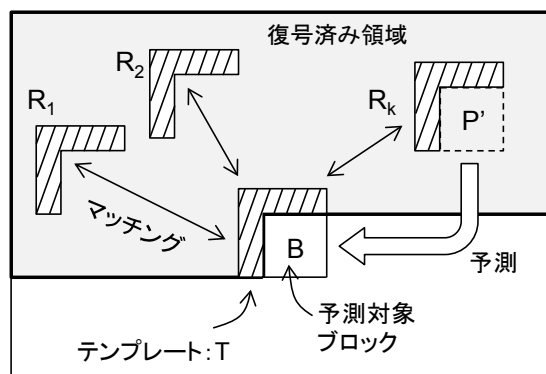


図 1. テンプレートマッチング

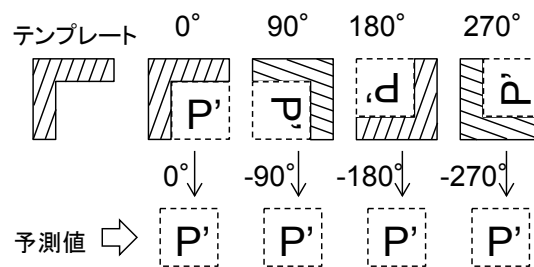


図 2 テンプレートの回転

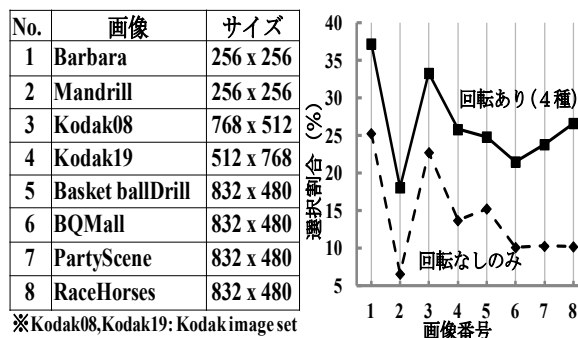


図 3 テンプレート予測の選択割合

域番号である。また、 x_i, y_i はそれぞれの領域 T および R 内の i 番目の対応する画素値を示している。 $E(\theta, k)$ が最小となる参照テンプレート $R = R(\theta_{\min}, k_{\min})$ で囲まれるブロックを P' とし、P' を B の予測値とする。符号化に際しては予測誤差のみを伝送すればよく、 θ_{\min} と k_{\min} は復号側で求められるので符号化の必要はない。

4. 実験と考察

提案手法の有効性を評価するためシミュレーション実験を行った。予測ブロックサイズは 4×4 に固定した。テンプレート予測は必ずしもすべてのブロックで有効ではないので、テンプレート予測を H.264/AVC の 9 種類の予測と組み合わせ適応的に適用する方法を用いる。本実験では、予測モード数を増加させないために AVC/H.264 の 9 種類の予測のうち統計的に選択割合が少ないモード 6 (左斜め 90/4 度からの予測) を削除し、その代わりにテンプレート予測を入れることとした。テンプレートの大きさは幅 1 画素の L 字型 (およびその回転) とした。なお、H.264/AVC 符号化における予測・変換のブロックサイズは 4×4 固定、量子化パラメータは QP=22,26,30,34 の 4 種類とし、符号割り当てには CAVLC を用いた。

図 4 に、(1)AVC/H.264 予測のみ(9 種類)、(2)AVC/H.264+回転なしテンプレート予測、(3)AVC/H.264+回転テンプレート予測、の 3 つの場合について、PSNR と発生符号量の測定例 (画像 BasketballDrill) を示す。また、表 1 には AVC/H.264 を基準として、PSNR 改善度 BD-PSNR と発生情報量の変化 BD-bitrate[6]の結果も示した。BD-bitrate は負数が情報量減少を示す。表 1 より、通常画像に対しての回転テンプレートの導入はどの画像に対しても効果があり、特に、Barbara, Kodak08, Kodak19, BasketballDrill では H.264 に対して BD-PSNR で 0.3~0.7%, BD-bitrate で 5~10% の効率向上となった。テンプレート予測は、元来、画面内に同じ性質を持つテクスチャが繰り返されし存在するような画像に対して有効であるが、今回用いた K08 の屋根の領域、Barbara のスカーフの領域、BasketballDrill の地面の領域などのように類似したテクスチャが様々な方向成分として現れるような場合には、回転テンプレートによるマッチングを行い参照領域を回転させて予測することが、より有効性を高めることが検証された。従来のテンプレート予測が効かない Mandrill, PartyScene, RaceHorses に対しても、提案手法は有効になることも検証された。表 1 には特殊な画像の例としてゾーンプレート画像に対する結果も追記しているが、その効果は極めて顕著なものとなる。図 5 は、画像 Barbara に対して、回転テンプレート予測が用いられた領域を図示したものであり、類似したテクスチャを含む領域で重点的に用いられていることがわかる。

5. まとめ

本稿では、テンプレート予測においてテンプレートの回転を導入する手法を提案した。実験の結果、フレーム内符号化において、複雑なテクスチャ領域や幾何学的パターンが繰り返されるような画像では、情報量を 5%~10% 低減できることが明らかとなった。今後は、反転テンプレートの導入やフレーム間符号化への拡張とともに、計算量の削減方法についても検討していく予定である。

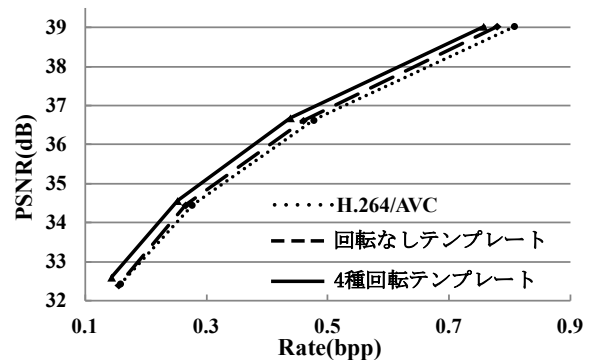


図 4 符号化特性 (BasketballDrill)

表 1 符号化効率の比較

	回転なしテンプレートのみ		4種の回転テンプレート	
	BD-PSNR(%)	BD-bitrate(%)	BD-PSNR(%)	BD-bitrate(%)
Barbara	0.60	-6.82	0.74	-8.52
Mandrill	-0.03	0.31	0.01	-0.12
Kodak08	0.34	-4.03	0.45	-5.48
Kodak19	0.19	-3.37	0.32	-5.56
BasketballDrill	0.13	-3.11	0.42	-10.09
BQMall	0.08	-1.16	0.31	-4.88
PartyScene	-0.02	0.21	0.10	-1.30
RaceHorses	-0.03	0.50	0.20	-3.33
Zoneplate	6.45	-33.37	9.15	-45.72



原画像 (Barbara) テンプレート予測ブロック (白領域)

図 5 テンプレート予測選択ブロックの例

参考文献

- [1] K.Sugimoto, M.Kobayashi, Y.Suzuki, S.Kato and C.S.Boon, "Inter frame coding with template matching spatial-temporal prediction.", Proc. of ICIP2004, Vol.1, pp.465-468, Oct. 2004.
- [2] T.K.Tan, C.S.Boon and Y.Suzuki, "Intra Prediction by Template Matching," Proc. of ICIP 2006, pp.1693-1696, Oct., 2006.
- [3] Y.Suzuki, C.C.Boon and T.K.Tan, "Inter Frame Coding with Template Matching Averaging", Proc. of ICIP 2007, Vol.III, pp.409-412, Sept., 2007.
- [4] S.Chérigui, C.Guillemot, D.Thoreau, P.Guillot and P.Perez, "Hybrid Template and Block Matching Algorithm for Image Intra Prediction," Proc. of ICASSP2012, IVMS-1.1.5, March, 2012.
- [5] W.Sabrina Lin, Yang Gao, and K. J. Ray Liu, "Template Matching for Image Prediction: A Game-Theoretical Approach," Proc. of ICASSP2012, IVMS-1.3.3, March, 2012.
- [6] Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-Curves," ITU-T Q6/SG16, VCEG-M33, Austine, April, 2001