

スケーラブル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 Method using Scalable Template Matching

姜 夏†
Xia Jiang八島 由幸†
Yoshiyuki Yashima

1. はじめに

AVC/H.264 における画面内予測では、予測対象ブロックに対して既に復号済みの画面内画素を用いた複数の方向性予測から最適なものを選択して予測する。次世代符号化方式である HEVC でも、予測方向の選択肢は増えるものの同様の考え方が踏襲されている。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ような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]。筆者らはこれまで、従来のテンプレートマッチング予測の効率向上を目的として、テンプレートの回転と反転を用いた手法を提案した[3]。本稿では、画像の持つフラクタル性をさらに活用するために、テンプレートの拡大縮小を導入したスケーラブルテンプレートマッチング予測方法を提案しその有効性を示す。

2. 従来のテンプレートマッチング予測

テンプレートマッチング予測の概念を図 1 に示す。予測対象ブロック B の近傍の復号済み画素をテンプレート T とし、復号済み領域を探索して T と最も類似している領域を探し Rk とする。Rk に囲まれたブロック P を参照ブロックとして予測対象ブロック B を予測する。複雑なテクスチャ構造や幾何学的パターンが繰り返されるような画像に対しては、H.264/AVC に代表される従来の近傍画素のみからの予測よりも優れた特性を示す。さらに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（最類似領域の位置情報）を送る必要がないという特性がある。この特性を活用し、テンプレートを回転および反転したうえでマッチングをとり、最類似領域に囲まれたブロックを逆方向に回転・反転して予測に用いる手法が提案されている[3]。文献[3]では、テンプレート T および T を左右反転したテンプレートをそれぞれ 0 度、90 度、180 度、270 度回転させた合計 8 種類のテンプレートを準備することで予測効率の向上が図られている。

3. スケーラブルテンプレートの導入

従来手法は、符号化対象ブロックと同じ大きさを持つ領域がフレーム内に種々の向きで存在するような場合に有効であるが、画像信号はフラクタル的な自己相似性を持つことが知られており、たとえば雲や草や森といった領域は、ある領域の信号と類似の領域が異なるサイズで存在する可能性がある。そこで今回、テンプレートをスケーリング（拡大/縮小）させる手法を新たに提案する。

図 2 に提案手法の例を示す。この例ではテンプレートを縦横 2 倍にした上で探索を行う場合を示している。予測対象ブロック B に対するテンプレート T を縦横 2 倍に拡大して T' とする。拡大テンプレート T' を用いて復号済み領域を探索し最類似領域 Rk' を求める。Rk' で囲まれた領域 P' を縦横半分に縮小して参照ブロック P とし、P を予測対象ブロック B の予測値とする。スケーラブルテンプレートマッチングは一般的に以下のように記述できる。

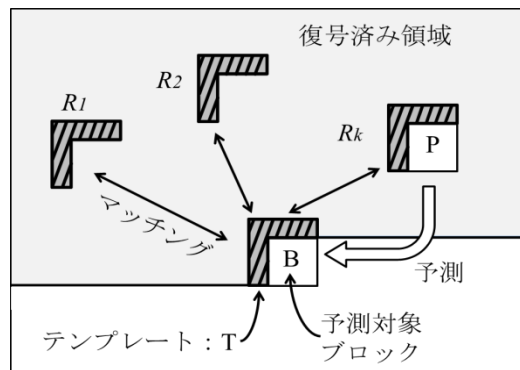


図 1. テンプレートマッチング

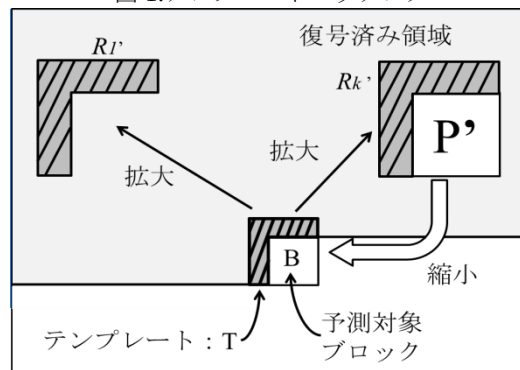


図 2 スケーラブルテンプレートマッチング(拡大の例)

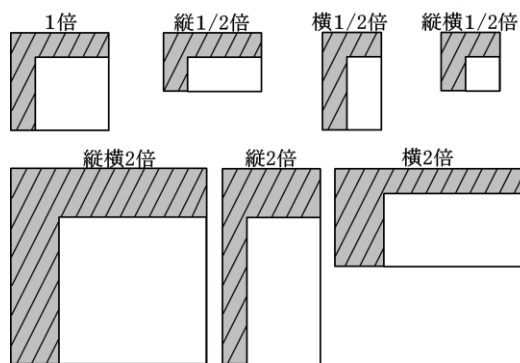


図 3. 拡大縮小テンプレートの例

P' を縦横半分に縮小して参照ブロック P とし、P を予測対象ブロック B の予測値とする。スケーラブルテンプレートマッチングは一般的に以下のように記述できる。

- (1) 予測対象ブロック B のテンプレートを T とする。
- (2) テンプレート T を水平方向および垂直方向にそれぞれ M 倍、N 倍して拡大縮小テンプレート T' を得る。
- (3) T' を用いて復号済み領域を探索し最類似領域 Rk' を求める。
- (4) Rk' で囲まれた領域 P' を垂直方向に 1/M 倍、水平方向に 1/N 倍して予測参照ブロック P を得る。
- (5) ブロック P でブロック B を予測する。

† 千葉工業大学大学院 情報科学研究科

従来と同じように、符号化側における最類似テンプレートの位置情報および拡大縮小率 M, N は復号済み領域のみを用いて求めるので、復号側に伝送する必要はない。また、従来検討した回転・反転テンプレートとは独立の技術であり、回転や反転と組み合わせて用いることで予測効率の向上を図ることができる。例として、 $(M, N) = (1/2, 1)$, $(1, 1/2)$, $(1/2, 1/2)$, $(2, 1)$, $(1, 2)$, $(2, 2)$ の場合のテンプレート形状を図 3 に示す。

処理の手順として、テンプレート T の拡大縮小を行うのではなく、最初に参照画像（復号領域）のほうを縮小拡大しておき、テンプレート T を用いて縮小拡大参照画像上を探索することでも同じ結果を得ることができる。

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、テンプレート予測が選択された割合を示す。画像番号は表 1 に示したものに对应している。テンプレート 1 種の場合には 5% 程度であるが、回転反転テンプレートを使うと 15~20% 程度になり、さらに提案のスケラブルテンプレートの導入により 20~30% に増加する。

図 5 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+回転反転テンプレート予測、(4)AVC/H.264+回転反転+スケラブルテンプレート予測、の 4 つの場合について、PSNR と発生符号量の測定例（画像 kodim16）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[4]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、今回提案した手法は H.264 に対して BD-PSNR で 0.3~0.8%, BD-bitrate で 3~10% の効率向上となった。また、先に提案済みの回転反転テンプレートのみを用いた場合に比べても BD-bitrate で 2~3% 効率が向上する。テスト画像の中で、kodim13, kodim16, kodim21, kodim22 はその画像中に空、雲、草などフラクタル性を持つ領域が多く含まれており、回転反転テンプレートのみでは比較的效果が少なかったが、スケラブルテンプレートの導入により予測効率が向上した。

5. まとめ

本稿では、画面内予測を行う際に、テンプレートの拡大縮小を導入したスケラブルテンプレートマッチング予測方法を提案した。実験の結果、雲や草など自己相似性の強い領域を持つ画像に対しての有効性が明らかとなった。今後は、計算量の削減方法とともに、フレーム間予測への適応についても検討していく予定である。

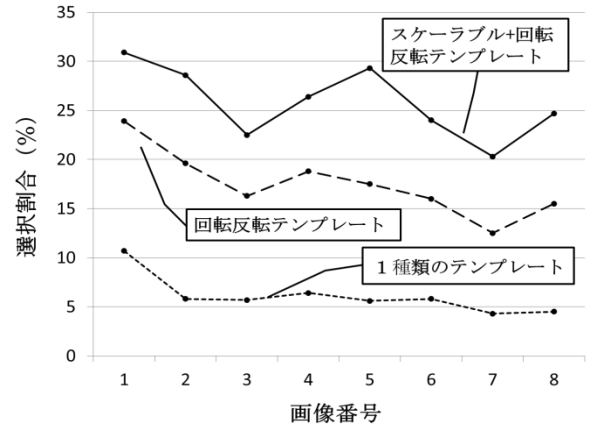


図 4 ブロック選択率

表 1 符号化効率の比較

NO.	画像	画像サイズ	回転反転テンプレート		スケラブル+回転反転テンプレート	
			BD-PSNR(%)	BD-bitrate(%)	BD-PSNR(%)	BD-bitrate(%)
1	Basketball	832x480	0.548	-7.1593	0.7905	-10.1713
2	kodak19	512x768	0.3399	-4.4774	0.541	-7.0834
3	BQMall	832x480	0.3563	-3.9313	0.5427	-5.9333
4	Airplane	256x256	0.2451	-2.4385	0.5019	-4.9897
5	kodim13	768x512	0.1109	-1.179	0.2679	-2.8196
6	kodim16	768x512	0.1416	-1.8695	0.3656	-4.82
7	kodim21	768x512	0.159	-1.7149	0.3257	-3.5276
8	kodim22	768x512	0.1545	-2.1488	0.3342	-4.7111

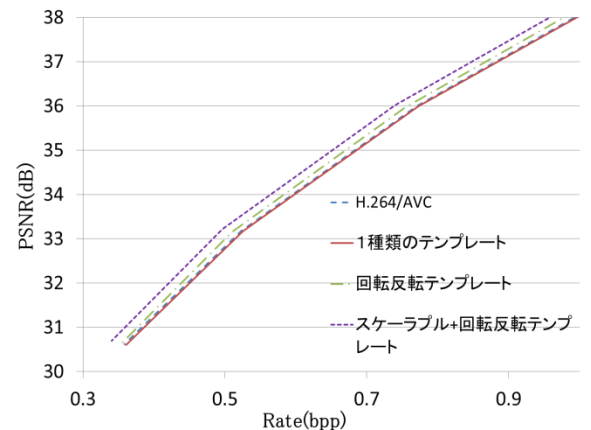


図 5 符号化特性 (kodim16)

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] 姜立, 八島由幸, "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," 第 11 回情報科学技術フォーラム, I-023, 2012.
- [4] Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-Curves," ITU-T Q6/SG16, VCEG-M33, Austine, April, 2001