

TV 正則化を利用した学習型超解の高速化の検討

Fast Processing for Learning-based Super-Resolution
Utilizing TV Regularization method鈴木 彰太郎[†]
Shotaro Suzuki後藤 富朗[†]
Tomio Goto平野 智[†]
Satoshi Hirano桜井 優[†]
Masaru Sakurai

1 はじめに

超解像技術は、画像センシング、衛星画像処理、NTSCからHDTVへの変換など様々な画像処理において注目されている。超解像技術の中でも学習型超解像 [1] は最も効果的な処理の一つである。学習型超解像では多くの高解像度画像がデータベースとして用意され、それらをダウンサンプリングした低解像度画像がパッチと呼ばれるブロックで入力画像と比較される。そして、事前に用意された高解像度画像から作成された高周波成分がアップサンプリングされた入力画像に加えられ、入力画像の高解像度化を実現している。しかし、この学習型超解像にはいくつかの欠点がある。まず一つ目に多くのデータベースからの画像探索を実行するため、膨大な処理時間を必要としてしまうことが挙げられる。二つ目に、エッジを再構成することが非常に困難であることも挙げられる。今後、この超解像をHDTVなどの動画へ適用するためには、性能向上と同時に処理時間の削減を行う必要がある。

他の有力な超解像手法として Total Variation (TV) [2] 正則化手法を利用した手法がある。先行研究において、この二つの手法を組み合わせた TV 正則化手法を用いた学習型超解像を提案し、画質の向上と処理時間の低減確認を行った [3]。しかし未だ処理時間の多くを学習型超解像が占めている。そこで本稿では、参照データベースの見直しを行い、大幅な学習型超解像の演算処理の削減について検討する。

2 学習型超解像度手法

超解像度手法において、ウェーブレット変換を用いた学習型超解像度手法を筆者らは提案し [4]、本稿ではこの手法を従来法とする。この手法は高周波成分のみを用いて処理を行うことで低周波成分の影響による過度な輝度値上昇を抑えながら、鮮鋭感のある画像を作成することができる。しかし、この手法の問題は、画像のエッジ成分の処理にあり、多くの種類の参照画像を必要とするため、処理時間の大幅な増大を招く。

3 TV 正則化手法を用いた学習型超解像度手法

TV 正則化手法を用いた学習型超解像のながれを図 1 に示す。この手法では、TV 正則化分離により作成されたテクスチャ成分に学習型超解像を使用する。まず、参照高解像度テクスチャ成分画像 Y_r^T とそれをダウンサンプリングした参照低解像度テクスチャ成分画像 X_r^T を用意する。そして、入力テクスチャ成分 X_i^T と X_r^T との間で最も類似性の高いブロック探索が行われる。その結果、該当する Y_r^T のブロックにより高解像度テクスチャ成分 Y_i^T が作成される。また、骨格成

分においては、TV 正則化拡大を使用する。この手法は、画像のエッジの急峻さを保存し、かつ画質劣化が全く発生しないという点から、骨格成分の拡大においては最も有望なものと考えられる。

提案法における学習型超解像の処理対象となるテクスチャ成分には学習型超解像の苦手とするエッジ成分のような大きな振幅成分が含まれず、微小精細成分のみから成っている。以上の結果より、学習型超解像の処理対象にエッジ成分が含まれないため、画質改善を行うことができ、パッチのサイズを大きくすることで処理の簡略化を行い、大幅な処理時間の削減を行うことができた。

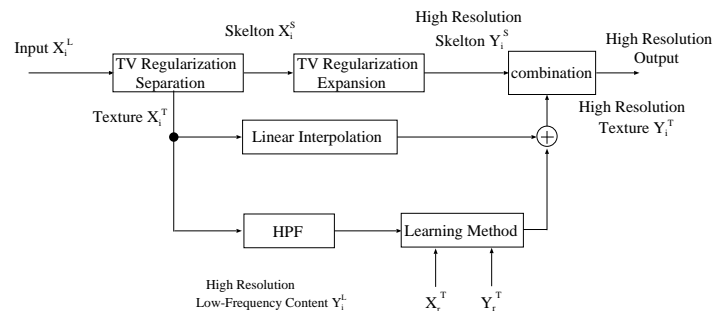


図 1: TV 正則化手法を用いた学習型超解像度手法

4 処理時間の削減

学習法の処理時間を削減するためにデータベースのサイズに着目する。通常のデータベースでは自然画像を利用することが多いため、類似したデータが含まれている可能性が高い。よって、類似したデータを除くことはより効率的な処理を実現する上で非常に有効である。そこで本稿では、以下の処理ステップに従って、データベース内の冗長を取り除く。

1. 入力画像をハイパスフィルタによりフィルタリングする
2. 得られた高周波成分からパッチを作成し、データベースを形成する
3. 注目パッチは辞書内の他のパッチと比較され、パッチ間で差分絶対値和 S を計算する

$$S = \sum_{x,y}^{X,Y} |f(x,y) - g(x,y)| \quad (1)$$

ここで、 $f(x,y), g(x,y)$ はパッチ内の位置 (x,y) における画素値を X, Y はパッチサイズを示す。

[†]名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

4. 絶対値和が閾値よりも小さい時，注目パッチと比較されたパッチは類似パッチであると判断され，辞書内から削除する

5. 全てのパッチに対して以上の処理を繰り返す

5 実験結果

処理時間の削減を行った場合の従来の学習型超解像とTV正則化手法を用いた学習型超解像との比較を行う。図2に用いた参照高解像度画像を示す。実験画像としてはMonarch画像を使用し，従来法，提案法ともに 6×6 のパッチサイズを用いた。また，各入力画像パッチに対して参照画像パッチから4つのパッチが選出され，LLE [5]により再構成される。従来法と提案法におけるデータベース作成時の閾値，パッチ数および処理時間の関係を表1, 2に示す。ここで，両手法のパッチ数がほぼ等しくなるように閾値を設定した。表よりデータベースのパッチ数の減少に伴い，処理時間も減少していることがわかる。

図3, 4にLanczos3, 従来法, 提案法による拡大結果を示す。主観評価より従来法において，閾値1.5の結果は閾値0よりもエッジ周辺にノイズが発生していることがわかる。この手法で扱っているエッジ成分を含むパッチは各画像特有の成分を含んでいる可能性が高く，データベースによりパッチ数を削減してしまうと一つのパッチの推定に複数のパッチを利用したとしても推定が困難となってしまう，ノイズの発生に繋がる。一方，提案法では閾値=1でも画質劣化は起きておらず，良質な画像を得ることができている。この手法で扱っているテクスチャ成分は微小変動で構成されているため，少ない参照パッチからでも容易に推定が可能となる。以上の結果より，提案法は従来法より少ないパッチからでも同等の画質を維持することができ，表2から提案法の閾値1での処理時間は閾値0よりも約6倍の高速処理を実現できている。



(a) Caps 画像 (b) Parrots 画像 (c) Window 画像

図2: 学習用高解像度画像

表1: 各閾値におけるパッチ数と処理時間 (従来法)

閾値	0	0.3	0.5	1	1.5
パッチ数	4795	2576	1827	974	526
処理時間 [s]	66.733	32.437	24.422	14.155	10.318

表2: 各閾値におけるパッチ数と処理時間 (提案法)

閾値	0	0.3	0.4	0.7	1
パッチ数	4795	2302	1809	1038	615
処理時間 [s]	67.049	30.934	21.371	14.678	11.025

6 むすび

本稿では，TV正則化分離を用いた学習型超解像手法の処理時間削減に関する検討を行った。データベースに関する実験では，4倍拡大において提案法の有効性を確認することができた。この結果は提案法における学習法の処理対象としてエッジ成分を含まないテクスチャ成分から構成されているためであると考えられる。今後の課題としては提案手法の更なる処理時間削減が挙げられる。また，HDTVにおける動画像に対する提案法のリアルタイム処理も今後の課題である。

参考文献

- [1] W.T.Freeman, T.R.Jones and E.C.Paztor, "Example-Based Super-Resolution", IEEE Comput. Graph. Appl., Vol.22, No.2, pp.56-65, Mar./Apr.2002.
- [2] T.Saito and T.Komatsu, "Image Processing Approach Based on Nonlinear Image-Decomposition", IECE Trans Fundamentals, pp.696-707, Vol.E92-A, No.3, Mar. 2009.
- [3] S. Suzuki, A. Yoshikawa, T. Goto, S. Hirano and M. Sakurai, "New Learning-Based Super Resolution Utilizing Total Variation Regularization Method", IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.253-254, Jan. 2011.
- [4] 鈴木彰太郎, 後藤富朗, 平野智, 桜井優, "ウェーブレット変換を用いた学習型超解像度手法の画質改善に関する一検討", 信学総大, D-11-36, pp.36, Mar.2010
- [5] H.Cang, D.Y.Y Oung. and Y.Xiong, "Super-Resolution through Neighbor Embedding", IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.275-282, Jul.2004.

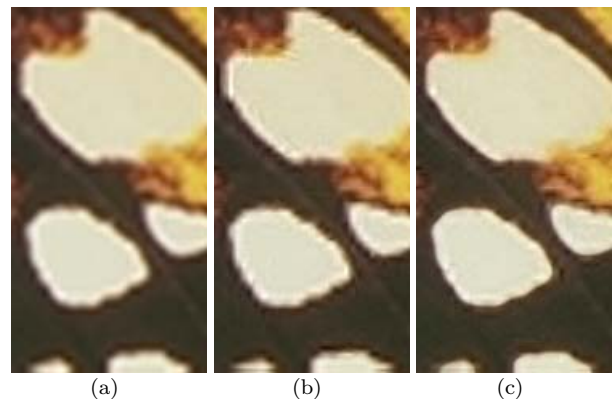


図3: 拡大画像 (Monarch, パッチサイズ: 6×6 : 閾値=0) (a) Lanczos3, (b) Conventional method, (c) Proposed method

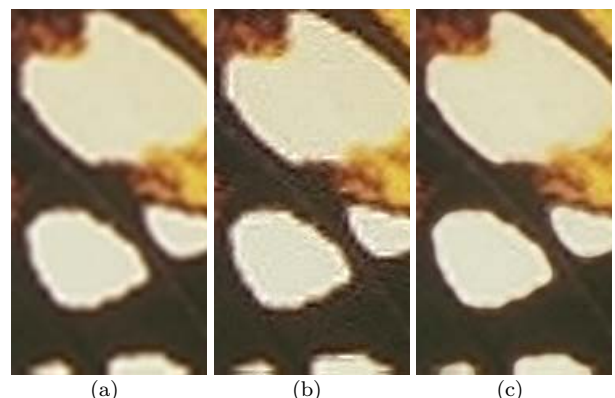


図4: 拡大画像 (Monarch, パッチサイズ: 6×6) (a) Lanczos3, (b) Conventional method (閾値=1.5), (c) Proposed method (閾値=1)