

学習型超解像における高周波パッチの探索および生成手法  
Search and generation technique for high-frequency patches  
in learning-based super-resolution

中矢 知宏  
Tomohiro Nakaya

近松 慎伍  
Shingo Chikamatsu

黒木 修隆  
Nobutaka Kuroki

廣瀬 哲也  
Tetsuya Hirose

沼 昌宏  
Masahiro Numa

### 1. はじめに

近年、ディスプレイの高解像度化が飛躍的に進む中、表示する画像との解像度が一致せず、拡大処理を要する機会が増えている。一般に、注目画素に対する周辺画素の情報から補間するニアレストネイバー法やバイキュービック法が用いられるが、ジャギーやボケの発生が問題になる。それに対して画像の劣化が少ない高解像度化技術として学習型超解像 [1] が注目されている。学習型超解像は、補間法では再現できないエッジ部分などの細部を、予め学習したデータベースを用いて推定・復元する手法である。この学習型超解像において、二分木構造のデータベースを用いた手法 [2] は処理時間の問題を大きく改善したが、わずかなノイズの発生が問題となっていた。本稿では辞書内の探索方法を改善することで、より高画質な画像を生成可能な学習型超解像を提案する。

### 2. 二分木辞書を用いた学習型超解像

学習型超解像は学習段階と超解像度化段階に分けられる。前段では、補間法では復元できない高周波成分  $h$  をそれと相関のある低周波成分  $l$  と対応づけてブロック単位でデータベース化する。以下では登録するデータをパッチ、データベースを辞書と呼称する。後段では、入力画像の低周波成分から辞書を元に高周波成分を推定し、鮮鋭な画像を生成する。

学習段階において取得したパッチ群から、繰り返し二分分割を行うことで図 2 のような二分木を形成する。超解像度化段階では、根から探索を行い、探索経路中からパッチ群の平均値も含め最も近いパッチを利用する。これにより高速に処理が可能になる。

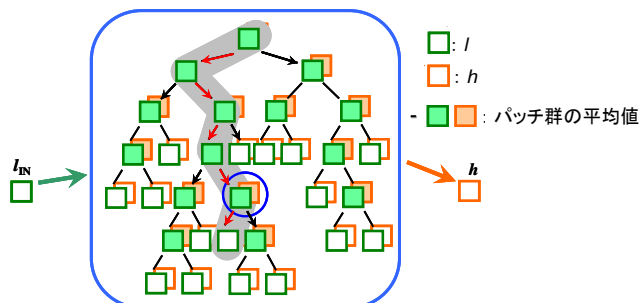


図 1 二分木構造の辞書を用いたパッチ選択

### 3. 提案手法

より高画質な画像を生成するため、前節で述べた二分木辞書における高周波パッチの探索および生成手法を改善する。

#### 3.1 セル単位選択

図 2 に示すようにパッチをさらに 4 分割し、これらをセルと定義する。従来と同様の方法で探索した経路上で、最も類似するセルを選択し、これら 4 つのセルの結合によって新たにパッチを組成する。これにより汎化能力が向上する。

#### 3.2 ベリファイ処理

図 2 に示すようにベリファイ処理とは結果に誤りが含まれているか否かを検査することであり、これをパッチ選択時の処理に利用する。図 3 のように、前節の方法で選択した高周波成分パッチセルが理想画像に適合しているか否かを判定する。セル単位で超解像を行い、これを縮小変換した値と入力値との誤差が閾値以上である場合、適合していないと判断し、パッチセルの再選択を行う。誤差が閾値以下になるまでこれを繰り返し行うことで、超解像画像を理想画像に近づけていく。これにより高精度な高周波成分推定が可能となる。

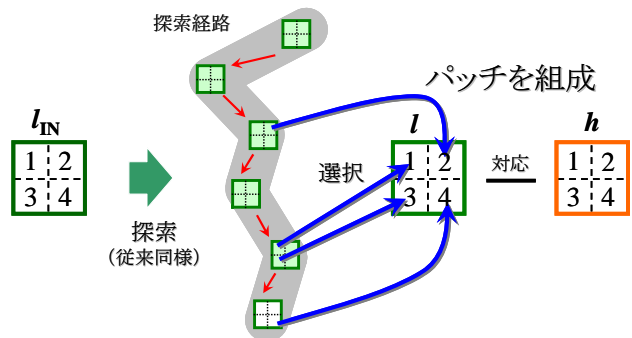


図 2 セル単位選択

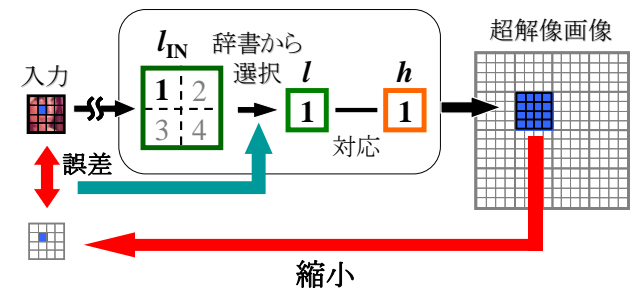


図 3 ベリファイ処理を用いたセル単位選択

### 3.3 正規分布を用いた適応的加重平均

隣接ブロック間で重複しながらパッチ選択処理を行うため、各画素において最大4つの値が算出される。従来はこれらの平均により画素値を決定していたが、信憑性の低い外れ値の影響を大きく受ける。提案手法では、図4に示すように平均値を中心とする正規分布を構築し、それぞれの値に対応する分布値を重み係数として加重平均を計算し画素値を更新する。これを収束するまで繰り返すことで、真値に近い画素値を推定する。

## 4. 評価実験と考察

本節では評価実験の内容および結果を述べる。

### 4.1 実験内容

学習用画像200枚から $8 \times 8$  pixelのパッチデータを計20万組取得し、それとは異なる200枚の評価画像を4倍に拡大した際の画質評価(客観・主観)および処理速度評価を行う。なお、補間法および2.で述べた従来手法と比較する。画質主観評価については、評価画像10枚に対する処理結果を被験者10人に順次提示し、3手法の順位を付けさせる。

### 4.2 実験内容

各評価画像での画質客観評価値 VSNR [3] による画質評価結果の平均値を表1に、画質主観評価結果の平均値を表2に、処理画像例を図5に示す。提案手法では、補間法に対し平均1.07 dB、従来手法に対し平均0.29 dBの向上が確認でき、主観評価において86%の被験者が最も高画質であると判断した。これは図5から確認できるように、鮮鋭さを保持しつつ、高周波パッチの選択ミスと思われるノイズを大きく低減できたためである。

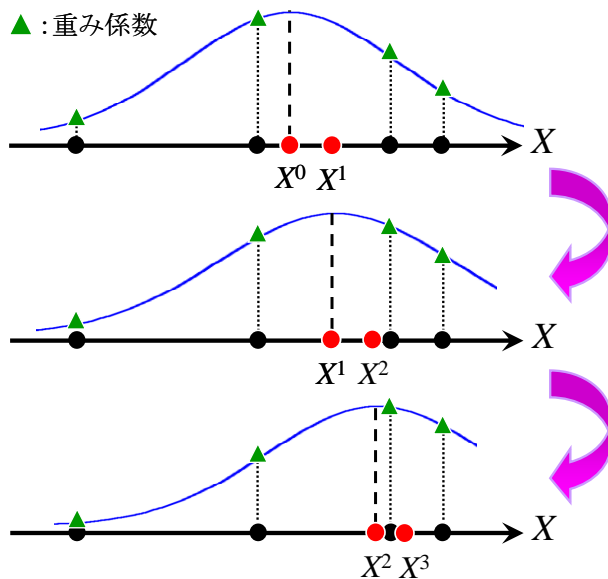


図4 正規分布を用いた適応的加重平均

表1 VSNRによる評価結果(dB)

手法	補間法	従来	提案
平均値	19.08	19.86	20.15

表2 主観評価結果の平均値(人)

手法	補間法	従来手法	提案手法
1位	0.0	1.4	<b>8.6</b>
2位	1.0	<b>7.6</b>	1.4
3位	<b>9.0</b>	1.0	0.0

表3 処理速度の平均値(K pixel/s)

手法	補間法	従来手法	提案手法
処理速度	3506	713.3	432.7

### 4.3 処理速度評価結果

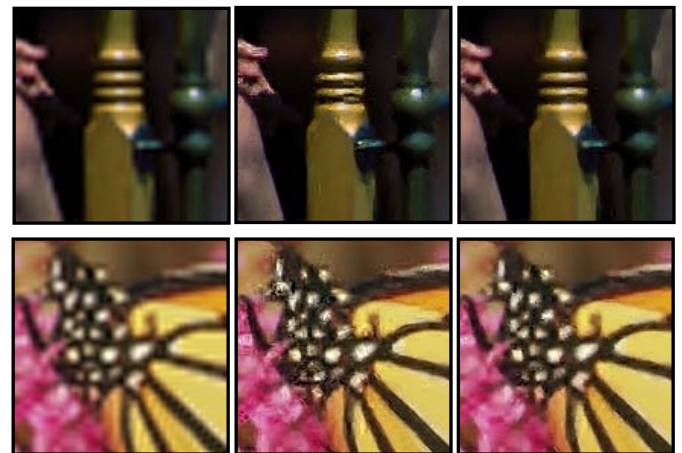
処理速度の平均値を表3に示す。提案手法は従来手法に複数の処理を追加したため約60%の処理速度となった。しかしながら、近年のスマートフォンに搭載されている解像度(960×480 pixel)において1秒弱で処理が可能のため、実用的と言える。

## 5. まとめ

二分木辞書を用いた学習型超解像における辞書内の探索方法を改善することにより、高精度に高周波成分を推定する手法を提案した。従来手法に対し平均0.29 dBのVSNR値向上が得られ、主観評価では86%の被験者に最も高画質であると判断された。今後は、さらなる画質向上やハードウェア化による処理の高速化を行う予定である。

### 参考文献

- [1] W. Freeman, E. Pasztor, and O. Carmichael, "Learning low-level vision", *International Journal of Computer Vision*, vol. 40, no. 1, pp. 25-47, (2000).
- [2] 中矢知宏, 近松慎伍, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "ウェーブレット係数の主成分分析を用いた学習型超解像," 第9回情報科学技術フォーラム(FIT2010), I-026, (2010).
- [3] D. M. Chandler and S. S. Hemami, "VSNR: A Wavelet-Based Visual Signal-to-Noise Ratio for Natural Images", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol 16, no. 9, pp. 2284-2298, (2007).



(a)補間法 (b)従来手法 (c)提案

図5 処理画像の一部拡大