

事例参照型超解像における幾何学模様の学習

Learning of Geometric Patterns in Example-Based Super-Resolution

土川 健斗†

菅原 佑貴†

泉 直孝†

黒木 修隆†

廣瀬 哲也†

沼 昌宏†

Kento Tsuchikawa

Yuki Sugahara

Naoyuki Izumi

Nobutaka Kuroki

Tetsuya Hirose

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、入力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、ニアレストネイバー法やバイキュービック法等の補間法が用いられるが、ジャギーやボケの発生が問題となる。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事例参照型(学習型)超解像 [1] が注目されている。事例参照型超解像は、補間法では再現できないエッジ部分等の細部を予め学習したデータベース(辞書)を参照して推定・復元する手法である。この事例参照型超解像において、辞書を円画像から作成する手法 [2] は低容量かつ高画質な超解像処理を実現したが、複雑なパターンを再現できないことが問題となっていた。本稿では辞書の作成に幾何学模様を用いることで、より高画質な画像を生成可能な事例参照型超解像を提案する。

2. 事例参照型超解像

2.1 従来手法

事例参照型超解像は学習段階と超解像段階に分けられる。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データ群は図1のような二分木を形成する。超解像段階では、入力パッチ l に最も類似するパッチを根から探索し、それに対応する高周波パッチ h を出力する。このため高速に処理が行える。

従来手法では学習用画像に円画像を用いることで、低容量、高速かつ高画質な超解像画像を生成できた。しかし、円画像のみでは緩やかなエッジを学習できないこと、また鋭角なパターンを再現できないことが問題点として挙げられる。

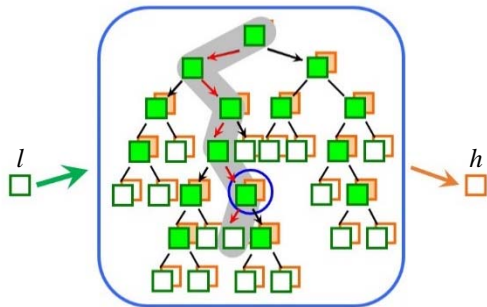


図1 二分木構造の辞書を用いたパッチ選択

2.2 提案手法

より高精細な画像を生成するため、本稿では辞書の生成段階における幾何学模様の学習を提案する。図2に示すように、従来手法では円画像1枚のみを用いるのに対し、提案手法では円画像にCZP(Circular Zone Plate)画像と星型正多角形画像を加えた計3枚を用いる。これにより、様々な方向、周波数、角度のデータを取得することができ、より複雑なパターンに対応できる。

CZPを用いて学習する場合、不要な高周波パッチを取得するとノイズの原因になる。そこで、図3のようにCZPの半径 R を変化させて学習する周波数帯域を調整する。星型正多角形においても、図4のように辞書として最適な角数を検討する。これにより最も画質を向上させることのできる学習用画像を検討する。

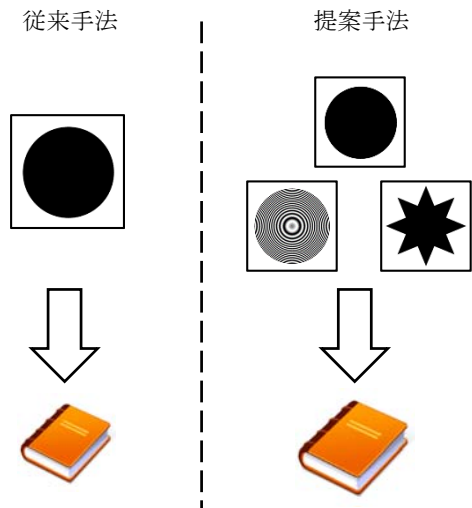


図2 各手法における学習用画像

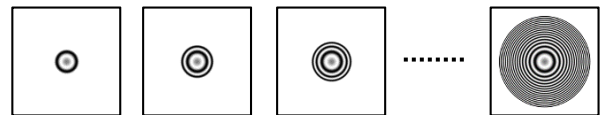
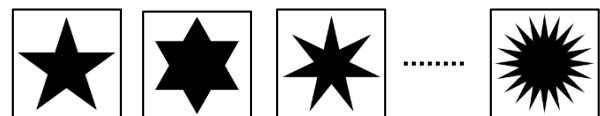
図3 半径 R を調節した CZP

図4 星型正多角形

†神戸大学大学院工学研究科,

Graduate School of Engineering, Kobe University

3. 評価実験と考察

4倍超解像の評価実験を2種類行う。実験Ⅰではまず円とCZPの2枚の画像から辞書を作成する。その際CZPの半径を変化させ、最も高い画質が得られる半径を決定する。なお、半径 R と空間周波数 f の関係は

$$f = \frac{R}{512} \quad [\text{cycle/dot}]$$

である。その後、星型正多角形を加えた3枚の画像から辞書を作成し、先ほどと同様に星型正多角形の角数を変化させ、最も高い画質が得られる角数を決定する。

実験Ⅱでは、従来手法では円画像1枚から、提案手法では円画像に加え、実験Ⅰで決定したCZP画像、星型正多角形画像の計3枚から辞書を作成し、補間法(バイキュービック法)および従来手法と比較する。パッチサイズは 4×4 pixel、評価画像は10枚とし、画質評価にはPSNRを用いる。

3.1 実験Ⅰの結果と考察

CZPの半径 R とPSNRの関係を図5に示す。半径が増加するにつれて一旦PSNR値が減少している。原因としてはCZPの低周波成分のみで辞書を作成したので、ボケを含んだパッチが増加したためと考えられる。その後は値が増加し、 $R=116$ をピークにそれ以降は値が減少している。これは半径が大きくなるにつれ同心円の間隔が狭くなり、パッチが複雑化したことが画質劣化の原因として考えられる。星型正多角形の角数とPSNRの関係を図6に示す。PSNRが最も高いのは角数17の辞書である。これより最も優れた学習用画像は $R=116$ のCZPと星型正17角形と考えられる。

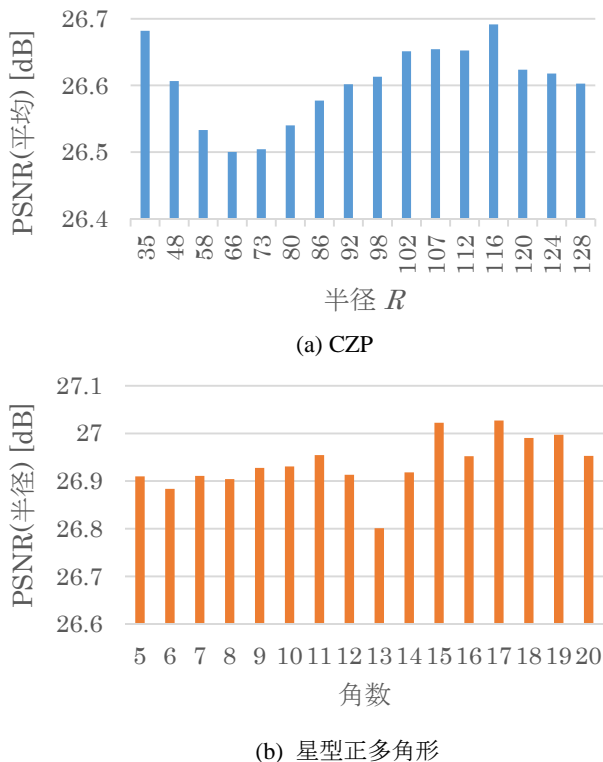


図5 各辞書における画質評価結果の平均値

表1 実験Ⅱにおける画質評価結果の平均値

手法	PSNR [dB]
補間法	25.68
従来手法	26.82
提案手法	27.03

3.2 実験Ⅱの結果と考察

各手法における画質評価結果を表1に示す。提案手法では補間法に対し平均1.25dB、従来手法に対し平均0.21dBの画質向上が確認できた。これは図6から確認できるように、従来手法と比べて提案手法では画像の詳細部分やグラデーションの品質が改善されているためである。一方、急峻なエッジ部分に対しては、従来にはないボケが発生している。これはCZPを学習したことで変化の緩やかなパッチが増え、それらが貼られたためと考えられる。

4. まとめ

高精細な画像を生成可能な事例参照型超解像の辞書構築を目的とし、学習用画像に円画像、CZP画像、星型正多角形画像を用い、様々な方向、周波数、角度に対応できる手法を提案した。従来手法に対し平均0.21dBのPSNR値向上が得られ、主観評価でもグラデーション部分や鋭角のエッジ部分の高精細化が確認できた。今後は更なる画質向上を目的とし、学習用画像やパッチの探索方法の検討などを行う予定である。

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] 橋本明信, 中矢知宏, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼昌宏, "学習型超解像のための効率的な辞書", 電子情報通信学会 技術研究報告, Vol. 111, no. 284, pp 35-40, (2011).

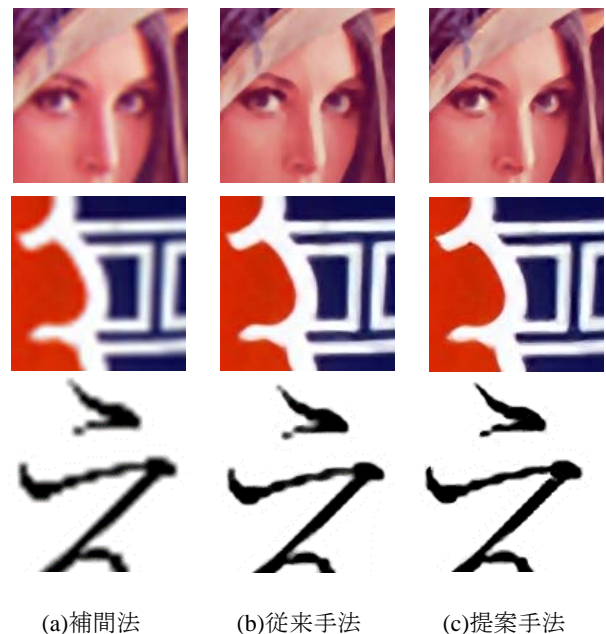


図6 処理画像の一部拡大