

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：13102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26889031

研究課題名(和文)自己相似性と自己合同性に基づく階層的1対多辞書を用いた画像超解像

研究課題名(英文) Example-based hierarchical dictionary learning for image super-resolution based on image self-similarity

研究代表者

吉田 太一 (Yoshida, Taichi)

長岡技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：60737914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、階層的な事例学習辞書と画像の自己相似性を利用した基底選択方法を提案し画像超解像を代表とする画像処理に応用した。応用において劣化過程でおこる縮退を考慮し、劣化パッチに複数の基底を対応させた階層的な辞書を構成した。また、自己相似性を利用するために近傍の類似パッチを探索し、類似度に応じた重みを用いて選択する基底を制限した。これにより、鮮明な再構成画像を実現しつつ階層的な探索により演算コストの削減を実現した。

研究成果の概要(英文)：This research is focused on the construction of an example-based hierarchical dictionary and its application for image super-resolution based on image self-similarity. The proposed dictionary constructs a hierarchical dictionary and relates a degraded atom with a multiple fine atom to represent various images from one degraded image. Based on the image self-similarity, we search similar neighbors and approximate target and neighbor patches with the dictionary and same coefficients under weights calculated from similarities of them. The proposed method save calculation costs and produces fine resultant images.

研究分野：画像処理

キーワード：事例学習辞書 自己相似性 画像超解像 画像合成

1. 研究開始当初の背景

近年、画像処理において事例学習した辞書を応用した研究が盛んに行なわれている。事例学習辞書は、画像内の局所領域であるパッチ単位で学習しており、画素を処理単位とした画像処理では困難なパッチの構造的特性を利用した処理が可能となっている。また、辞書は鮮明なパッチと応用に応じて劣化させたパッチを対応させて学習し基底を構成しており、入力画像を劣化パッチで近似してそれを用いて鮮明なパッチを推定する事で、画像ノイズ除去や画像超解像、複数枚画像合成等の様々な応用が提案されている。ただし、良好な結果を得るには正確な近似と推定が求められ、近似精度を上げるには多くの基底を必要とするため探索に時間を要し、推定精度向上には基底の選択方法が重要となる。

2. 研究の目的

本研究では、基底選択の探索時間を削減するために階層的な事例学習辞書を提案し、それを基に画像内で近傍の類似パッチは同じ構造的性質を有するという自己相似性を利用した基底選択方法を提案し画像超解像に代表される様々な画像処理技術に応用する。

3. 研究の方法

まず、階層的1対多事例学習辞書を構築する方法を検討した。辞書の基底数は多ければ多いほど表現できるパッチの数は多くなり、正確な近似により応用において良好な結果が得られる。ただし、基底選択の探索時間は基底数に対して指数関数的に増加する。また一方で、劣化過程によっては異なる鮮明な原パッチからほぼ同一の劣化パッチが生成される縮退が起こり、それらを基に学習を行なった辞書を用いると間違った基底で近似が行なわれて誤推定が発生する。そこで、原パッチと劣化パッチ、パッチの特徴ベクトルを紐付けしたサンプルを収集し、類似度の高い劣化パッチを有するサンプルは同じ劣化パッチに縮退したとしてまとめる。その後、まとめたサンプル群を用いて異なる基底を学習して階層的1対多事例学習辞書を構築する。ここでは、各パッチと特徴ベクトルの定義や縮退を考慮したグルーピング、基底学習方法などを検討した。

次に、事例学習辞書を用いた画像処理において自己相似性を利用した基底選択の方法を検討した。辞書を用いた応用において基底選択方法は重要であり、該当パッチの構造的情報だけでなく外部の情報を利用した選択方法により性能向上が図れる。近年では、一般的な画像において近傍の類似パッチは近い構造的性質を有しているという自己相似性が提唱されている。そこで、近傍類似パッチの選択基底を基に類似度の重みおよび選択基底数の制約を考慮した基底選択方法

を検討した。

4. 研究成果

一般的な画像を用いた画像処理に対して効率的な階層的1対多事例学習辞書の構成方法を提案した。まず、様々な一般画像に対して所望の劣化過程を適用し原パッチと劣化パッチ、劣化パッチから算出された特徴ベクトルからなるサンプルを収集する。特徴ベクトルは劣化パッチに対して4方向(縦と横、斜め2方向)における高周波数成分および中周波数成分で構成される。次に、収集したサンプルにおける劣化パッチをk-means法によりグルーピングする。これにより、複数サンプルを1つの劣化パッチの代表値に紐付けられ縮退が表現される。その後、各グループ内のサンプルの原パッチと特徴ベクトルをK-SVDによって学習する。最終的に、複数の劣化パッチに対応する推定用辞書と近似用辞書が実現される。

自己相似性を基にして、対象パッチの近傍に存在する類似パッチを利用した基底選択による画像超解像を提案した。まず対象パッチを劣化パッチの代表値群により近似して用いる近似用辞書を選択し、次にその辞書を基に対象パッチと類似パッチが同一の基底によって近似される場合に近似誤差が最小となる組合せを算出する。ここで、近似誤差には類似度を基にした重みが適用され、類似度が高いほどそのパッチに用いられる基底が選択されやすい。最後にその基底選択と推定用辞書を基に推定パッチを生成する。これにより、画像超解像において同一の基底数を有する従来の非階層的辞書を用いた場合と比較して、ほぼ同等の画質を実現しつつ階層的探索により演算時間を大幅に削減できた。

また一方で、辞書を用いて自己相似性を利用した画像合成手法を提案した。画像合成は、複数枚を用いた画像超解像と劣化過程が異なる問題設定ができ、同一シーンを異なる撮影条件で撮影した複数枚の画像を用いて鮮明な画像を推定する研究である。入力画像セットは、局所領域毎に情報の欠損が発生している。我々は、それら欠損領域は値がサチレーションするもしくはブレにより分散が比較的小さくなることを確認した。よって、同一座標において比較的分散が高いパッチを該当パッチとして、複数枚画像から近傍の類似パッチを探索しそれらを近似する選択基底とパッチの分散値を基にした重みから用いる基底を選択して原パッチの推定を行なった。これにより、従来の重み付き平均による手法と比較して鮮明な画像を推定できた。

(図1参照)



従来法 提案法
図1 合成結果画像

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Fairoza Amira Binti Hamzah, Taichi Yoshida, Masahiro Iwahashi, Hitoshi Kiya, “Adaptive Directional Lifting Structure of Three Dimensional Non-separable Discrete Wavelet Transform for High Resolution Volumetric Data Compression,” IEICE Trans. Fundamentals., Vol. E99-A, No. 5, pp. 892-899, 2016. (査読有)
DOI: 10.1587/transfun.E99.A.892
 2. Takanori Fujisawa, Taichi Yoshida, Kazu Mishiba, and Masaaki Ikehara “Single Image Super Resolution by L2 Approximation with Random Sampled Dictionary,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences, Vol. E99-A, No. 2, pp. 612-620. 2016. (査読有)
DOI: 10.1587/transfun.E99.A.612
 3. Masahiro Iwahashi, Taichi Yoshida, Norrima Binti Mokhtar, Hitoshi Kiya, “Bit-depth scalable lossless coding for high dynamic range images,” EURASIP J. Adv. Signal Process., Vol. 2015, No. 1, pp. 1-15, 2015. (査読有)
DOI: 10.1186/s13634-015-0209-y
- [学会発表] (計11件)
1. Fairoza Amira Binti Hamzah, Taichi Yoshida, Masahiro Iwahashi, and Hitoshi Kiya, “Channel scaling for rounding noise reduction in minimum lifting 3D wavelet transform,” APSIPA ASC 2015, Hong Kong, 16-19 Dec. 2015.
 2. Masahiro Iwahashi, Fairoza Amira Binti Hamzah, Taichi Yoshida, and Hitoshi Kiya, “Two layer coding of HDR images with noise bias compensation,” APSIPA ASC 2015, Hong Kong, 16-19 Dec. 2015.
 3. Masahiro Iwahashi, Fairoza Amira Binti Hamzah, Taichi Yoshida, and Hitoshi Kiya, “Noise bias compensation based on bayesian inference for tone mapped noisy image,” APSIPA ASC 2015, Hong Kong, 16-19 Dec. 2015.
 4. 木村大輝, 吉田太一, 岩橋政宏, “High dynamic range image reproduction based on response curve estimation and fused gradient regularization,” IEICE 第30回信号処理シンポジウム, pp. 145-150, 福島, 2015年11月4-6日.
 5. Takao Sakai, Daiki Kimura, Taichi Yoshida, and Masahiro Iwahashi, “Hybrid method for multi-exposure image fusion based on weighted mean and sparse representation,” EUSIPCO 2015, Nice, France pp. 814-818, 31 Aug. - 4 Sep. 2015.
 6. Masahiro Iwahashi, Taichi Yoshida, and Hitoshi Kiya, “L2 norm optimization of tone mapping for two layer lossless coding of HDR images,” APSIPA ASC 2014, Siem Reap, Cambodia, 9-12 Dec. 2014.
 7. Taichi Yoshida, and Masaaki Ikehara, “Image super-resolution based on shock filter and non-local means,” APSIPA ASC 2014, Siem Reap, Cambodia, 9-12 Dec. 2014.
 8. Fairoza Amira Binti Hamzah, Teerapong Orachon, Taichi Yoshida, Masahiro Iwahashi, and Hitoshi Kiya, “Non-separable three dimensional discrete wavelet transform with adaptive directional prediction,” APSIPA ASC 2014, Siem Reap, Cambodia, 9-12 Dec. 2014.
 9. Masahiro Iwahashi, Taichi Yoshida, and Hitoshi Kiya, “Range reduction of HDR images for backward compatibility with LDR image processing,” APSIPA ASC 2014, Siem Reap, Cambodia, 9-12 Dec. 2014.
 10. 豊田真帆, 池原雅章, 吉田太一, “Image denoising using averaging and deconvolution with total variation,” IEICE 第29回信号処理シンポジウム, pp. 353-358, 京都, 2014年11月12-14日.
 11. 長谷川治郎, 吉田太一, 岩橋政宏, 貴家仁志, “Two layer lossless HDR image coding using histogram packing and gradation prediction,” IEICE 第29回信号処理シンポジウム, pp. 331-336, 京

都, 2014年11月12-14日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 太一 (TAICHI, Yoshida)

長岡技術科学大学・工学(系)研究科(研究
院)・助教

研究者番号: 60737914