

令和 5 年 5 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21830

研究課題名（和文）超精度画像解析法を利用したスパースモデリングによる超圧縮次世代符号化技術の開発

研究課題名（英文）Development of next-generation encoder by sparse modeling using frequency domain analysis of super resolution image reconstruction.

研究代表者

廣林 茂樹（Hirobayashi, Shigeki）

富山大学・学術研究部工学系・教授

研究者番号：40272950

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：NHA（Non Harmonic Analysis）は、従来の手法に比べ10万～100億倍以上の精度を持った、計測信号の解析手法の一つであり、これまでは検出不可能であった僅かな変化をも感知することが可能である。また、解析窓長の影響を受けないという特徴も持つ。2D-NHAを用いて、画像の周波数解析を行えば、少ないスペクトル本数で詳細な画像表現が可能であると考え、画像ノイズ除去への応用を研究した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

NHAによる高精度信号解析をBM3Dに利用することで、類似パッチの収集精度を改善し、ノイズ除去性能の向上が見込めると考え、NHA位相差補正を用いたパッチ予測によるBM3D改良手法を提案した。従来のBM3Dによる類似パッチ探索アルゴリズムだけではパッチの収集精度に限界があるため、注目パッチと位相の異なるパッチを補正し、誤差の少ない類似パッチを再構成することで、さらなるノイズ除去性能の向上を目指した。

研究成果の概要（英文）：Non-harmonic analysis (NHA) is a method of analyzing measurement signals that is 100,000 to 10 billion times more accurate than conventional methods, and can detect even slight changes that were previously undetectable. We have studied the application of 2D-NHA to image denoising, because we believe that frequency analysis of images using 2D-NHA can provide a detailed image representation with a small number of spectral.

研究分野：信号処理

キーワード：信号処理

1 . 研究開始当初の背景

申請者は最近、様々なセンサデバイスの総合的なセンシング能力や情報集積技術の飛躍的向上を目的に NHA (Non Harmonic Analysis, 特許第 5590547 号) を考案し、特に挑戦的萌芽研究 (2015-2016) で一部の画像を少ないスペクトルで表現することに成功した。

本技術により、情報量の多くを占めるメディア情報自体を 10 分の 1 ~ 100 分の 1 にできれば、インフラ整備への投資も大幅に節減できる。このコア技術でこの分野における主導権を握ることができれば、大きな国益につながると考えた。この技術の研究段階の一つとして、画像のノイズ除去に取り組むことを考えた。

画像のノイズ除去は、1990 年代から研究されている。研究初期段階の主なノイズ除去手法としては、画像の着目領域を周辺の情報を用いてノイズ除去を行う Local な手法が研究されていた。Local な手法では 3×3 や 8×8 pixel などのパッチと呼ばれる小さな領域内の情報のみ用いてノイズを除去し、推定されたパッチを指定の場所に当てはめていくことでノイズ除去された画像を推定している。

Local な手法が着目領域の周辺情報のみ用いているのに対し、2000 年以降の研究では着目領域以外の画像情報を用いた Non-local な手法が開発されてきた。Local な手法を拡張した Non-local な手法では探索範囲内からノイズを除去したい注目パッチと、注目パッチと誤差が少ない類似パッチを用いてノイズ除去している。Non-local な手法では Non Local-means (NLM) や Block-matching 3D (BM3D) といった手法が開発されている。

2 . 研究の目的

NHA は、計測信号を最も正確に解析する方法で、これまでの周波数分析法に比べ 10 万 ~ 100 億倍以上の精度の向上があり、従来法では可視化できない僅かな変化もとらえることができる。また、解析窓の影響を受けないという特徴を持っている。

本研究では、特に画像情報を、より少ないスペクトルで表現できる可能性に着目し、符号化効率を大幅に改善する計算技術を確立し、次世代符号化技術の獲得を最終的な目的と位置付け、今回は開発の足掛かりとして、ノイズ除去技術に NHA を応用することで精度の向上を試みた。

Non Local な手法では画像内から得た類似ブロック群を用いてノイズ除去を行うが、類似パッチを抽出する際、完全に一致しないパッチを集めた場合、類似パッチの枚数を増やせば増やすほど画像の元の情報が失われてしまう。自然画像ではエッジ部などの画像の細部では画像内に同一パッチが存在しない。そのため、これまでの手法でノイズ除去を行うと数値的には向上しているがエッジ部では平滑化の影響が出ている。したがって、Non Local な手法のノイズ除去性能向上には類似パッチの精度を最適化する必要がある。

従来用いられている BM3D 手法では得られる類似パッチの精度に限界があり、この手法に対し NHA 位相補正を組み込むことで最適なパッチを得ることを目的とした。

3 . 研究の方法

NLM や BM3D をはじめ、Non-local な手法では輝度値に基づく L2 ノルムを用いて対象パッチの類似パッチを算出し、得られた類似パッチ群に対し閾値処理によるノイズ除去を行っている。近年の研究で開発された NLM や BM3D の改良版である NLM-PCA などの NLM の改良手法や BM3D-SAPCA などの BM3D の改良手法では集められたパッチに対するアプローチ (類似パッチの変換手法や閾値処理など) を改善している。しかしながら、これらの手法においても従来からの問題である類似パッチの収集については改善されていない。そのため、類似度の低いパッチ群に対してノイズ除去精度が低下する。

BM3D をはじめ、現在用いられているノイズ除去手法において類似パッチの精度はノイズ除去後の精度に大きく影響を与える。そのため、より正確な類似パッチを推定することでノイズ除去性能を大幅に向上させることが可能になる。

しかしながら、従来の Block-matching では最適な類似パッチを得ることができない場合がある。そこで、画像内のパッチを用いるのではなく、画像予測技術を用いて類似パッチを新たに推定することで最適なパッチを作ることとした。それにより、ノイズ除去性能が向上することが見込まれる。

信号解析で最も用いられる技術として高速フーリエ変換 (FFT) がある。この解析方法では解析範囲内が連続していると仮定している。そのため、非整数周期や 1 Hz 未満の成分を含む信号に対して不連続となるため正確に周波数を求めることができない。これに対して、NHA は解析範囲にとらわれることなく、解析した信号の振幅、周波数、位相を正確に求めることが可能である。そして、同一平面状ではどのパッチでも位相が異なるだけで振幅および周波数は同じになっている。したがって、解析したパッチから求めたいパッチの位相差だけ補正して再構成することで求めたいパッチを再現することが可能である。

本研究では、画像のノイズ除去で広く用いられている BM3D に NHA による解析手法を導入

することで精度検証を行った。BM3D では探索範囲内の類似パッチを用いてノイズ除去を行っている。そのため、類似パッチの精度が高いほどより精度の良いノイズ除去が可能となる。

NHA 位相補正を用いて得られた類似パッチ群を BM3D の閾値処理の入力として扱い、後の処理はすべて BM3D と同様のものである。今回の手法では従来の BM3D の Block-matchingのみ変更したため類似パッチ群を用いるすべての手法に用いることが出来る。

4. 研究成果

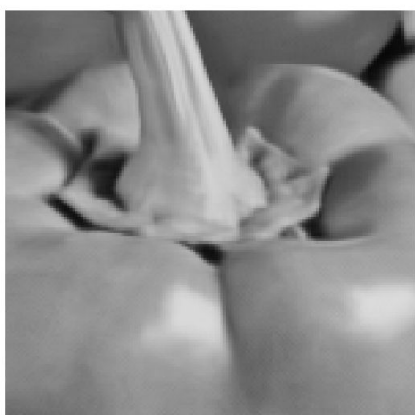
標準画像 Pepper に白色ノイズを付加し、従来法と提案法を用いてノイズ除去を行った。図 1 は Pepper のノイズ画像に対し、BM3D と NHA 位相補正を組み込んだ BM3D でノイズ除去を行った結果である。今回は PSNR を用いて評価を行った。() 内の数値は PSNR の評価値である。



(a) Original



(b) Noisy (34.14[dB])



(c) BM3D (32.71[dB])



(d) Proposed (33.59[dB])

図 1 Pepper(標準画像)のノイズ除去結果(ノイズレベル =5)

(a) Original,(b)Noisy image(=5),(c)BM3D,(d)Proposed

図 1 より、ノイズ除去の結果 NHA 位相補正を用いた BM3D では画像の詳細部が従来の BM3D と比較して再現度が高いことがわかる。茎の凹凸や光の反射具合などがぼけることなく復元されている。これは、従来の BM3D では類似パッチがほとんどないため平滑化されているのだが、我々の NHA 位相補正では近隣のパッチから最適な類似パッチを推定することが可能になっている。そのため、探索範囲内の類似パッチ数に関係なくノイズ除去に必要な類似パッチを十分に集めることが可能になり、より Original に近い画像を再現することが出来る。

本研究では NHA 位相補正を用いた新しい画像予測技術を提案した。この手法を従来のノイズ除去手法に組み込むことで、これまでのノイズ除去手法と比較して良好な数値結果を得ることができた。これはノイズ除去の際に用いられる類似パッチの精度が向上したものと考えられる。特に画像細部の再現では提案法は平滑化の影響が出ず、エッジがはっきりと分かるものになっている。

本提案法のノイズ除去の結果、提案した手法では単一画像のノイズ除去性能を向上することが出来た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------