

ケプストラム解析を用いた JPEG 符号化画像における視覚的妨害の推定

佐藤圭[†] 亀田昌志[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

JPEG 符号化により得られる画像では、特に低レートの場合にエッジ付近にモスキートノイズと呼ばれる視覚的妨害が発生する。このとき、適切なノイズ除去を行うためには妨害が発生している位置と量を定量化するノイズ推定が重要である。しかし、モスキートノイズは発生する箇所やその量が画像の内容に依存しているため、推定することが困難である。

本研究では、モスキートノイズの発生原因であるギブス現象に基づいてモスキートノイズの周期性に着目したケプストラム解析によるノイズの推定手法を提案する。

2. モスキートノイズとギブス現象

モスキートノイズは低レートでの符号化により発生する JPEG 特有のノイズであり、離散コサイン変換(DCT)係数に対する量子化によるギブス現象が原因と報告されている[1]。

高周波成分を削減することで情報量を削減された周波数情報から画像を再構成する際に、輝度値の差が大きいエッジにギブス現象が発生し、それがエッジの付近に集中したモスキートノイズとして観測される。先行研究では、モスキートノイズの発生しやすいエッジを検出することでノイズ画像の空間領域情報を利用した推定を行ったが、画像により推定精度が大きく異なる問題があった[2]。

このときモスキートノイズがギブス現象であることを踏まえれば、空間領域内において周期的に変化する特徴がある。図1はテスト画像を作成し、JPEGにおける符号化レート Q-table を 70 として符号化した画像から輝度値を一次元信号で表したものである。図1の符号化画像では、輝度値の変化が大きいエッジ付近に対して、モスキートノイズが発生し、平坦部分の輝度値が周期的に変化していることが確認できる。

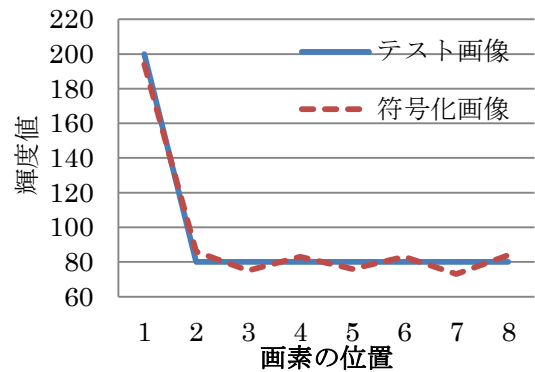


図1 モスキートノイズの周期性

3. 提案手法

ギブス現象とみなされるモスキートノイズを推定する手法として、ケプストラム解析を用いる。ケプストラム解析では画像における基本周期を検出することができるため、図1のように周期的に発生するモスキートノイズをケプストラムによる係数の変化として推定する。

3.1. ケプストラム解析

画像におけるケプストラムとは、画像に一次元フーリエ変換を行い、得られた対数振幅スペクトルに逆フーリエ変換したものである。ケプストラム解析を用いてブロックノイズの推定を行った研究[3]では、ブロック境界ごとに発生するブロックノイズに応じて、ケプストラム係数が大きなピーク値を示すことが述べられている。

本研究では、JPEG 符号化画像からエッジを含む 8x8[画素]を1ブロックとして抽出し、走査線ごとにケプストラム解析を行う。抽出したブロックに一次元フーリエ変換を行い、得られた対数振幅スペクトルに逆フーリエ変換を行うことで、ケプストラム係数を求める。求めたケプストラム係数から第1ケプストラムを除くケプストラム係数の和をとることで総ケプストラムを求める。エッジに対して周期的に発生するモスキートノイズにおいて、ケプストラム係数にピークが現れると予想し、得られる総ケプストラムの値から、ブロック中のモスキートノイズの大きさについて推定が可能であると考えた。第1ケプストラムを除く理由として、第1ケプ

ストラムは画像の直流成分の影響を受け、ケプストラム係数が非常に大きな値をとり、その影響でモスキートノイズの推定精度が低下することを防ぐためである。

4. 実験

実験に使用する画像は、モデル信号、自然画像ともに、8x8[画素]の画像である。これはJPEG符号化におけるDCTのブロックサイズを考慮して決定した。モデル信号はエッジを含むステップ画像を用いている。

4.1. モデル信号によるケプストラム解析

ステップ画像に対してJPEGにおける符号化レートQ-tableを90から60まで変化させ、モスキートノイズを含む4枚の符号化画像を作成した後、任意の走査線を抽出し、ケプストラム解析を行った。

結果において、モスキートノイズの発生していない原画像では、ケプストラム係数は平坦な変化を示しているのに対し、周期的にモスキートノイズが発生していることがわかる。

次に、Q-tableの変化に対するケプストラム係数の和を求めた総ケプストラムとノイズによる劣化を示すPSNRの関係を表1に示す。表1より画質の劣化に応じて、総ケプストラムが高い値を示していることがわかる。

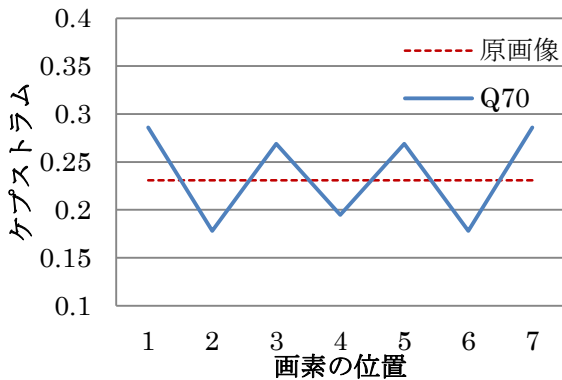


図 2:ケプストラム係数(ステップ画像)

表 1: PSNR とケプストラム係数

Q-table	総ケプストラム	PSNR[dB]
Q90	1.6189	45.12
Q80	1.6466	40.63
Q70	1.6600	34.24
Q60	1.6958	31.87

4.2. 自然画像によるケプストラム解析

標準画像 BOAT からエッジを含む 8x8[画素]を抽出し、4.1と同様にQ-tableを90から60まで変化させて符号化画像を作成し、それぞれにケプストラム解析を行った。図3のグラフから符号化された自然画像においても、原画像と比較してケプストラム係数に顕著なピークが現れていることが確認できる。また、画質が劣化するとケプストラムのピーク値も大きくなっていくことがわかる。

Q-tableに変化に対する総ケプストラムとPSNRの関係についても、4.1と同様に画質劣化が大きくなると、総ケプストラムは高い値を示した。このことから、自然画像に対してケプストラム解析により、モスキートノイズの推定が可能であることが示された。

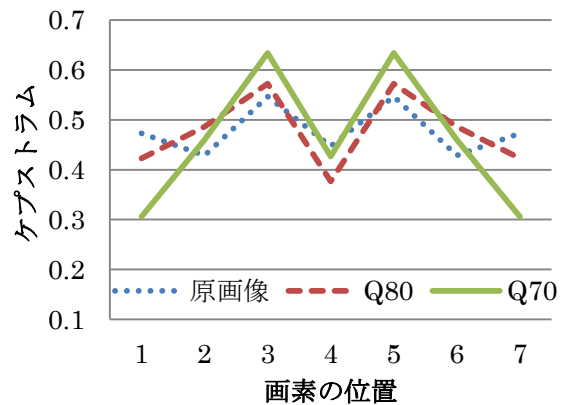


図 3:ケプストラム係数(自然画像)

5. まとめ

本研究では、モスキートノイズの原因であるギブス現象に着目し、JPEG符号化画像に対して、ケプストラム解析を用いることでモスキートノイズの推定が可能であることを示した。自然画像に対する推定精度の向上が今後の課題である。

参考文献

[1] 芦澤恵太, 山谷克, “DCT とハール変換を縦横に組み合わせた新たな周波数変換方式の提案と画像圧縮におけるモスキートノイズの軽減”, 電子情報通信学会論文誌, A Vol. J96-A, No.7, pp.484-492, July 2013.

[2] 杉山賢二, 櫻村洋平, 岡部領太, “符号化で生じるモスキートノイズの定量的検出”, 映像情報メディア学会技術報告, ITE Technical Report Vol.32, No.11, PP.21~24, Feb.2008.

[3] 小田弘, 川根優也, “2成分画像モデルのケプストラム情報の基本性質と変換符号化画像用のブロック歪の測定への応用”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J97-A, No7, pp.492-502, July 2014.