

劣化JPEG画像の劣化パラメータ推定 Parameter Estimation of Blurred JPEG image

門野浩二*
Koji KADONO

藤田和弘†
Kazuhiro FUJITA

中森伸行‡
Nobuyuki NAKAMORI

1 はじめに

劣化JPEG画像の鮮明化を行う際、劣化JPEG画像に対する事前情報として劣化パラメータが必要となる。劣化パラメータは、焦点ずれ劣化JPEG画像の場合、焦点ずれの半径 R であり、運動劣化JPEG画像の場合、運動劣化の長さ L と角度 θ である。本研究では R, L, θ の推定を行う。

2 劣化パラメータの推定手順

まず、劣化JPEG画像の観測値差分フィルタ出力の自己共分散関数を利用して劣化パラメータの範囲を限定する。次に、範囲を限定した劣化パラメータを用いて鮮明化処理[1],[2]を行い、得られた複数の鮮明化画像に対する観測値差分フィルタの出力スペクトルを評価することにより、最終的な鮮明化画像の選択を行う(図1)。

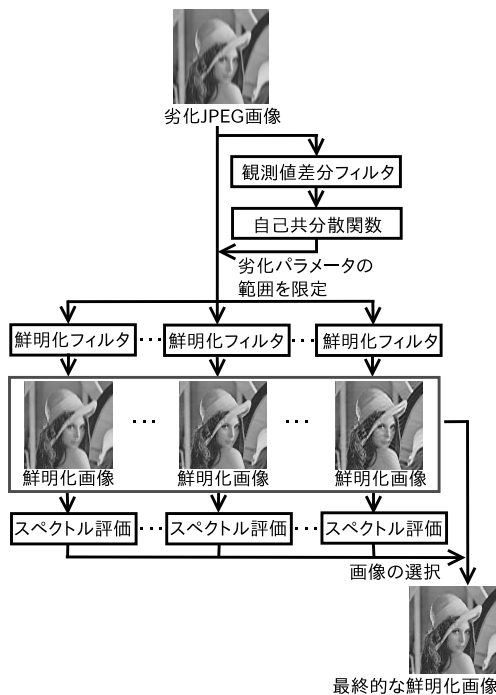


図1 鮮明化処理過程

* 滋賀県警察本部科学捜査研究所, Shiga Police Forensic Science Laboratory

† 龍谷大学, Ryukok University

‡ 京都工芸繊維大学, Kyoto Institute of Technology

3 観測値差分フィルタ

画像を白色化するフィルタとして、次式で観測値差分フィルタを定義する。

$$e_{m,n} \equiv x_{m,n} - \mu_x(m,n) - \sum_{(k,l) \in S_d} \alpha_{k,l} \{x_{m-k,n-l} - \mu_x(m-k,n-l)\} \quad (1)$$

$$S_d = \{(0,1), (1,0), (0,-1), (-1,0)\} \quad (2)$$

ここで、 $\{e_{m,n}\}$ は観測値差分フィルタの出力画像、 $\{x_{m,n}\}$ は入力画像、 $\{\mu_x(m,n)\}$ は入力画像 $\{x_{m,n}\}$ の局所平均、 $\{\alpha_{k,l}\}$ は観測値差分フィルタの線形係数である。

4 パワースペクトルのゆがみ

観測値差分フィルタ出力画像 $\{e_{m,n}\}$ のパワースペクトル $\{P_e(\omega_1, \omega_2)\}$ の白色度合を評価するために、以下で定義するパワースペクトルのゆがみ S_{P_e} を用いる。

$$S_{P_e} \equiv \frac{1}{2\pi\sigma_{P_e}^3} \sum_0^{\frac{\pi}{2}-1} \left\{ P_e \left(\frac{2\pi}{M}k, 0 \right) - \mu_{P_e} \right\}^3 \quad (3)$$

ここで、 μ_{P_e} はパワースペクトルの平均、 σ_{P_e} は、パワースペクトルの標準偏差である。鮮明化時に用いる劣化パラメータが妥当な場合、観測値差分フィルタ出力画像のパワースペクトルがほぼ一定となるため、パワースペクトルのゆがみは小さくなる。

5 焦点ずれ劣化の半径の推定実験

原画像(図4(a))を $R = 2.5$ で劣化させた焦点ずれ劣化JPEG画像(図4(b))について、観測値差分フィルタ出力 $\{e_{m,n}\}$ の自己共分散関数 $r_e(k,k)$ と、画像モデルより求めた $\{e_{m,n}\}$ の自己共分散関数 $\hat{r}_e(k,k)$ を図2に示す。 $r_e(k,k)$ のグラフ形状から、 R_{res} は1.5 ~ 3.5の範囲内と推定され、同範囲内で鮮明化処理を行い、得られた複数の鮮明化画像に対する $\{e_{m,n}\}$ のパワースペクトルのゆがみ S_{P_e} と $ISNR$ の関係を図3に示す。 S_{P_e} が最小となる $R_{res} = 2.6$ (推定値)において、 $ISNR$ は最大を示している。推定値 $R_{res} = 2.6$ を用いて鮮明化した画像は、真値 $R_{res} = 2.5$ を用いて鮮明化した画像と同程度に鮮明化されていることが確認できる(図4(c),(d))。

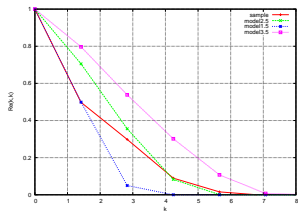


図2 自己共分散関数(焦点ずれ劣化)

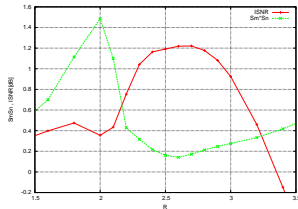


図3 パワースペクトルのゆがみ(焦点ずれ劣化)

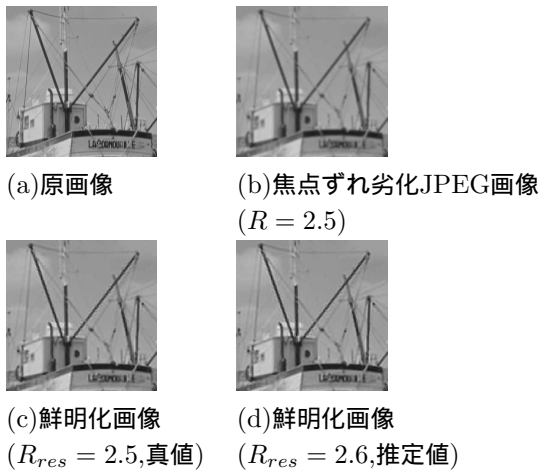


図4 鮮明化実験結果(焦点ずれ劣化)

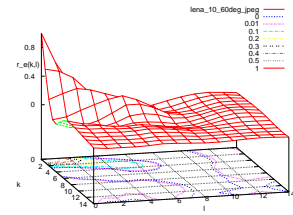


図5 自己共分散関数(運動劣化)

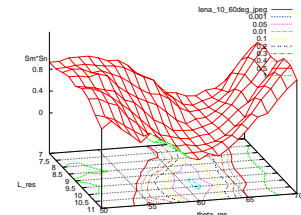


図6 パワースペクトルのゆがみ(運動劣化)

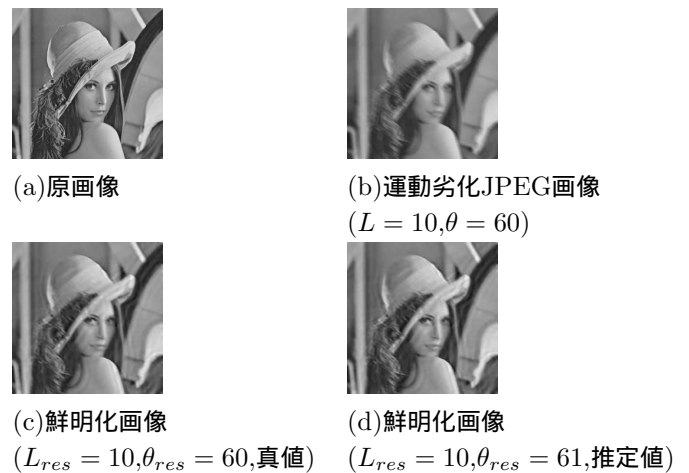


図7 鮮明化実験結果(運動劣化)

6 運動劣化の長さや角度の推定実験

原画像(図7(a))を $L = 10, \theta = 60$ で劣化させた運動劣化JPEG画像(図7(b))について、観測値差分フィルタの出力 $\{e_{m,n}\}$ の自己共分散関数 $r_e(k, l)$ を図5に示す。図5より、 $L_{res} = 7 \sim 11, \theta_{res} = 50 \sim 70$ の範囲内と推定され、同範囲内で鮮明化処理を行い、得られた複数の鮮明化画像に対する $\{e_{m,n}\}$ のパワースペクトルのゆがみ S_{Pe} を図6に示す。 S_{Pe} が最小となる $L_{res} = 10, \theta_{res} = 61$ を推定値とし、推定値 $L_{res} = 10, \theta_{res} = 61$ を用いて鮮明化した画像は、真値 $L_{res} = 10, \theta_{res} = 60$ を用いて鮮明化した画像と同程度に鮮明化されていることが確認できる(図7(c),(d))。

7 まとめ

本研究では、劣化JPEG画像の観測値差分フィルタ出力の自己共分散関数により、鮮明化時に用いる劣化パラメータの範囲を限定し、限定した劣化パラメータを用い

た複数の鮮明化画像に対して、パワースペクトルのゆがみを評価することにより最終的な鮮明化画像を選択する手法を提案した。その結果、推定値を用いて鮮明化した画像は、真値を用いて鮮明化した画像と同程度に鮮明化されていることが確認でき、今回提案した劣化パラメータの推定方法は有効であると考えられる。

参考文献

- [1] 門野, 藤田, 中森: “画像確率モデルに基づく焦点ずれ劣化JPEG画像の鮮明化”, 映像情報メディア学会誌, 64, 11, pp.1663-1670(2010)
- [2] 門野, 藤田, 中森: “運動劣化JPEG画像の鮮明化およびスペクトル特性を用いたパラメータ推定”, 映像情報メディア学会誌, 65, 11, pp.1603-1612(2011)