

氏名	かどの こうじ <b>門野 浩二</b>
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第697号
学位授与の日付	平成26年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学位論文題目	<b>劣化 JPEG 画像の鮮明化及び劣化パラメータの推定に関する研究</b>
審査委員	(主査)教授 中森伸行 教授 森本一成 教授 稲葉宏幸 龍谷大学理工学部教授 *藤田和弘

### 論文内容の要旨

申請論文は、撮像系の焦点のずれや被写体の相対的な運動のずれが原因で生じた空間的な画質劣化と、デジタル画像の圧縮保存の際の符号化・復号化による画質劣化を複合的に受けた劣化画像に対して、ノイズを増強させることなく鮮明化を行う画像処理法についての研究をまとめたものである。

申請者は、科学捜査研究所で犯罪捜査のため、画像処理の研究業務に携わっている。近年、市街地に多くの防犯カメラが設置されており、また、デジタルカメラや携帯電話に備わったカメラで、犯罪捜査に重要な情報となる現場写真が撮られる機会が増えてきた。しかし、それらの画像の多くは、犯罪対象そのものを撮影目標としたものでないため、焦点ずれや運動の流れ劣化で画像が空間的に劣化して、対象物の同定が難しい場合が多い。また、撮影された画像の多くはデジタル画像で、JPEG 等で圧縮されている場合が多い。空間劣化だけの画像を復元する従来法で、複合的に劣化した画像を復元することは難しく、逆に劣化をより大きくすることもある。申請者は、画像を駆動白色ノイズから生成する確率モデルとして取り扱い、空間劣化過程と JPEG 符号化・復号化の際に生じる劣化過程を基本から再検討し、複合的な過程で劣化した画像を復元する手法を開発した。また、劣化復元の際に必要な焦点ずれの大きさや運動流れの長さなどの劣化パラメータの推定も従来法ではうまくいかなかった。このため、復元画像のスペクトルから復元の程度を評価する手法を提案し、間接的に劣化パラメータを推定する手法を開発した。劣化パラメータの推定および劣化画像の復元手法を、計算機シミュレーションおよび実劣化画像に適用し、その有効性および実効性の検証を行った。

本論文は、4章と序論および結論から構成されており、以下に各章の概要を示す。

第1章では、本研究の背景および本研究に関連した過去の研究の問題点をまとめ、空間劣化と JPEG 符号化・復号化で複合的に劣化した画像の復元を目的とすることを述べている。また、この章では、本論文の基になる基本的な画像処理に関してまとめて概説している。

第2章では、空間的な劣化と JPEG 符号化・復号化による劣化を複合的に受けた劣化 JPEG 画像に対する鮮明化手法について述べている。提案する鮮明化処理アルゴリズムでは、駆動白色ノイズから画像が生成される確率的なモデルの観点から、焦点ずれ劣化や運動劣化などの空間的な

画質劣化だけでなく、JPEG 符号化・復号化を画像の劣化過程のモデルに取り入れるため、ブロック離散コサイン変換領域での量子化誤差の分散を考慮している。また、画像のエッジの位置及び方向を考慮した予測フィルタを用い、劣化画像を非定常なモデルとして理論を構成した。

第3章では、実際に生じるカメラレンズのピント外れが原因の焦点ずれ劣化を対象に、2章で述べた劣化復元の具体的な手法を示した。また、実験等で良好な鮮明化画像が得られることを確かめ、提案手法の有効性を検証している。

第4章では、カメラと被写体との相対運動によって引き起こされる運動劣化をモデル化し、運動劣化とJPEG 符号化・復号化を受けた運動劣化JPEG 画像に対して、第2章で提案した鮮明化手法を適用した鮮明化実験を行った。その結果、良好な鮮明化画像が得られ、提案手法の有効性を検証している。

第5章では、劣化JPEG 画像に対して、鮮明化処理時に用いる劣化パラメータを変化させながら複数の鮮明化画像を生成し、得られた複数の鮮明化画像の中から評価規準に基づいて良好な鮮明化画像を選択することにより、間接的に劣化パラメータを推定する手法について述べている。ここでは、鮮明化画像に対して観測値差分フィルタ（白色化フィルタ）を適用し、その出力画像のパワースペクトルの平坦さを評価し、鮮明化画像を選択するものである。本手法を劣化JPEG 画像に適用した結果、劣化パラメータを精度良く推定することができることを示し、提案手法の有効性を検証している。

第6章では、各章で得られた知見をまとめ、従来法と提案手法の特徴および処理結果を比較し、まとめた。また、本研究における今後の展望を述べ、本論文の結びとしている。

## 論文審査の結果の要旨

犯罪における科学捜査では、どんな些細な情報も利用することが求められる。以前から犯罪現場等で撮影された画像があった場合、その画像が焦点ずれや運動による流れで空間劣化していても、犯罪捜査に最大限利用するため、空間劣化の画像を良質な画像に復元する手法は多く研究され、実用化もされていた。しかし、近年、デジタルカメラの普及とともに、画像を符号化・圧縮し保存および伝送することが一般的になった。空間劣化した画像を符号化・復号化すると、空間劣化に符号化・復号化に伴う劣化が相乗する。この二つの劣化過程で複合的に劣化した画像を従来の手法で復元処理しても、良好な復元画像を得ることができない。

申請者の研究は、画像が駆動白色ノイズから生成されるとする確率的な画像モデルを基に、空間劣化およびJPEG 符号化・復号化で生じる複合的な劣化画像の鮮明化手法を検討したものである。空間的な劣化だけを対象とした従来の復元処理では画像全体に定常性が成り立つとして処理を行うことができたが、JPEG 圧縮ではブロックごとの処理を行うため、定常性が利用できないことを示し、エッジの方向の情報や画像の平坦度を加味した、局所的な復元方法を提案した。この提案手法を、現実によく生じる焦点ずれ劣化および運動劣化の画像に適用し、その有効性を示した。また、複合的な劣化の画像から、劣化パラメータの推定は難しい。申請者は、観測値差分フィルタ（白色化フィルタ）で処理した復元画像の周波数特性に着目し、その周波数特性のゆがみから劣化画像の復元の程度を客観的に評価できることを示し、間接的に劣化パラメータを推定する手法を提案した。この結果、JPEG 符号化で保存されている空間劣化した非常に画質の悪い画像について、従来法と比較して格段によい復元を行うことが可能となった。特に、犯罪現場で

偶然撮影された画質の悪いデジタル画像からも最大限犯罪捜査に利用できることを示した点で、本研究は法科学分野でも評価されている。

以上のように申請者の研究は、複合的な過程で劣化した画像の鮮明化に関し、従来法の問題点を解決する手法を提案し、適切な検証と実験でその手法の有効性を示している。また、提案手法の犯罪捜査への実用性は高く評価できる。

本論文の内容は、申請者を筆頭著者とする以下の2編の査読付き学会論文誌に公表されている。

#### 公表論文

1. 門野浩二, 藤田和弘, 中森伸行: 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, Vol.64, No.11, pp.1663~1670(2010)
2. 門野浩二, 藤田和弘, 中森伸行: 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, Vol.65, No.11, pp.1603~1612(2011)

#### 参考論文等

1. Koji Kadono, Kazuhiro Fujita, Nobuyuki Nakamori : **IMAGE DEBLURRING OF MOTION-BLURRED JPEG IMAGE**, IMQA2010, The Forth International Workshop on Image Media Quality and its Applications, E-3 (2010)