



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	単板式デジタルカメラのための画質改善法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	河野, 克也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第13075号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70197
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Katsuya_Kono_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 河野 克也

学 位 論 文 題 名

単板式デジタルカメラのための画質改善法に関する研究

(A Study on Image Quality Improving Methods for Single-Sensor Digital Cameras)

デジタルカメラによる写真の撮影方式には、大きく分けて単板方式と多板方式の二つが存在する。単板方式は、単一の撮像素子を用いて各色成分の取得を行なう。撮像素子中のそれぞれのフォトセンサに対し、取得したい色成分に対応するカラーフィルタを規則的に並べ、1画素につき異なる1色の情報を持つ画像 (RAW 画像) を取得したのち、補間処理によりカラー画像を生成する。一方、多板方式では、取得する色成分の数だけ撮像素子を用意し、レンズから集めた光をダイクロイックプリズムにより取得させたい色成分に分解し、それぞれの色成分に対応する素子に感光させることにより、カラー画像を生成する。多板方式では各画素に対して全ての色成分を取得するため補間処理を行なう必要がなく、高画質、高感度な写真撮影が可能である。しかしながら、カメラボディの小型化や製造コスト削減の観点から、現在普及しているデジタルカメラは単板方式を採用しているものが多数である。

単板方式による写真撮影において、上記の補間処理はデモザイキングと呼ばれている。デモザイキングの性能が撮影画像の画質に大きく影響することから、優れたデモザイキング手法の構築は画像処理分野における重要な研究課題の一つとなっている。また、デジタルカメラにより撮影された画像を記録媒体に保存する際、画像データのサイズの削減のため、撮影画像に対しデータ圧縮処理が施される場合がある。現在は JPEG (Joint Photographic Experts Group) 方式で圧縮が行われるのが一般的であるが、JPEG 方式はデータを完全に復元することが不可能な非可逆圧縮方式であるため、圧縮画像には様々なノイズが混入し、画質の劣化が生じてしまう。圧縮率を上げるに従い、ノイズによる画質劣化が顕著に表れるため、特に高圧縮率の JPEG 画像に対して画質改善の需要が存在する。

本研究は、単板式デジタルカメラにより撮影された画像の画質改善を実現することを目的とし、高性能なデモザイキング手法による高画質カラー画像の生成法の構築、および JPEG 圧縮画像に対する新たな画質改善法の構築を行なう。デモザイキングにおいては、画像をブロックに分割し、各々の画像ブロックに対して線形回帰を適用することにより補間を行なう、ブロックベース線形回帰と呼ばれる手法を RAW 画像に対して適用することで、効果的な補間を行なう手法を提案する。また、JPEG 画像の画質改善法については、JPEG 再適用法と呼ばれる画質改善法の更なる改善を試みる。JPEG 再適用法は、入力画像に対する様々な方向への画像シフト操作と JPEG の再適用により、ノイズの発生位置を移動させた複数の画像の加重平均を取ることで、ノイズを拡散させ画質改善を図る手法である。本研究では、入力画像から算出される画像特徴量と画像データベースの情報を利用し、JPEG 再適用法における加重平均について、最適な重み係数を推定する手法を提案する。

本論文は、全 7 章から構成されている。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景及び目的、論文の構成について述べている。

第 2 章では、単板式デジタルカメラでの写真撮影によりデジタル画像が得られるまでの流れを、デジタルカメラの構成を踏まえて説明している。

第 3 章では、単板式デジタルカメラでの写真撮影におけるデモザイキングに関して、既存の研究を総括したのち、ブロックベース線形回帰手法を用いて補間を行なう手法について述べている。具体的には、線形回帰を用いたデータ欠損値推定法について述べ、所与の RAW 画像から、一定の大きさを重複を許して切り出した画像ブロック群に対して当該手法を利用した補間を行なうことで、デモザイキング処理を実現する方法を示している。また、重複して画像ブロック切り出す操作に起因する、補間されるべき画素に対して得られる複数の推定値候補を統合するための指針も示している。さらに、補間の過程で必要となる一般逆行列の計算、および前述の、複数の推定値候補に対する計算効率を改善する方法についても述べている。

第 4 章では、第 3 章において提案したブロックベース線形回帰手法によるデモザイキングについて数値実験を実施し、その有効性を検証している。具体的には、補間処理の過程における、切り出すブロックの重複により得られる複数の推定値候補の統合方法について、各々の方法による最終的な推定結果の比較を行なっている。また、提案手法と既存のデモザイキング手法について、客観的画質評価指標の一つである CPSNR(Color Peak Signal-to-Noise Ratio)、および実際のデモザイキング画像の例を用いて性能比較を行なっている。

第 5 章では、JPEG 圧縮画像の画質改善手法について述べている。最初に JPEG 圧縮アルゴリズムについて述べたのち、提案手法の元となった JPEG 再適用法をはじめ、JPEG 画像に対する既存の画質改善手法を総括している。JPEG 再適用法における加重平均の重み係数について、どの画像に対しても一定の値を用いるが故に画質改善性能に限界があるという従来法の問題点を改善すべく、JPEG 画像から算出される画像特徴量と画像データベースを導入し、入力画像に対して、画像特徴量が最も近いデータベース画像に対する最適な重み係数を利用する JPEG 再適用法の改良法や、入力画像の画像特徴量から最適な重み係数を与える関数を、データベース画像を訓練データとして利用したカーネル線形回帰により推定し、当該関数を利用して算出した重み係数を利用する JPEG 再適用法の改良法について述べている。

第 6 章では、第 5 章で提案した画像データベースを利用した JPEG 再適用法について数値実験を実施し、その有効性を検証している。具体的には、提案した画像特徴量の有効性について、実験画像と画像データベースの画像に対して、最適な重み係数同士の距離と各々の特徴量の距離との相関や、実験画像に対しデータベース画像に対する最適な重み係数を用いて画質改善を行なった際の PSNR 値と特徴量の距離との相関の調査を行なっている。また、カーネル線形回帰を利用した JPEG 再適用法において、利用した 4 種のカーネル関数の有効性について、画質改善画像の PSNR による評価を行なっている。さらに、提案手法と既存の画質改善手法について、客観的画質評価指標 PSNR, SSIM(Structural Similarity Index) および実際の画質改善画像例を用いた性能比較も行なっている。

最後に第 7 章では、本論文の総括を行なっている。