

氏 名	おけたに しんや 桶谷 新也
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 5 9 6 号
学位授与の日付	平成 23 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	画像処理による繊維付着汚れの鮮明化
審 査 委 員	(主査)教授 中森伸行 教授 森本一成 教授 佐藤哲也 龍谷大学准教授 藤田和弘

論文内容の要旨

申請論文は、画像処理を用いて高級な着物のリフォームを行う検査現場で問題となっている繊維に付着した汚れやシミの鮮明化の手法についての研究を行っている。汚れやシミの鮮明化は、着物に付着した淡くて小さな汚れやシミの見落としを防ぎ、また、顧客に汚れやシミの箇所を明確に示すことを目的としている。目的を達成するため、申請者は着物と汚れに対応した画像信号が、色空間で互いに独立であると仮定し、主成分分析や独立成分分析などの統計・確率の理論を応用した手法を開発した。さらに、着物の繰り返しパターンのようなテクスチャ構造を有する物に対しては、テクスチャの基本となる画像を算出し、テクスチャと汚れの領域を分離する手法も提案している。また、提案手法を元に実際のシステムを構築し、その有効性を確認している。本論文は、3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における問題点をまとめ、熟練技術者でも見落としやすい非常に淡く着物の小さい汚れやシミを画像処理で強調し、技術者の作業を支援するとともに、顧客に汚れ箇所を明確に提示することを目的とすることを述べている。

第2章では、カメラで取得した着物のカラー画像を赤・緑・青 (RGB) 成分に分割し、主成分分析を用いた部分空間法を取り入れた手法を開発し、汚れの画像の鮮明化する処理について述べている。処理手法は、画素単位でのRGB成分の無相関化とブロック単位でのテクスチャ構造の低減という2段階で構成されている。まず、RGB成分の無相関化を行い、色差情報を抽出し汚れ領域を強調する。つぎに、無相関化後の画像のテクスチャ構造を低減し、汚れ部分を鮮明化した画像を得る。計算機実験で、提案手法が淡く小さな汚れに対して有効であることを示し、ブロックサイズや観測数などの条件を変化させ、適切なブロックサイズを選択の影響や観測数に対してロバスト性を有していることを確認している。

第3章では、第2章の処理手法を発展させ、RGB成分の対数変換した成分を特徴量に加えることで、コントラストを改善し見かけ上の情報量を増やすことを提案している。対数変換成分を加味した特徴量に対し、各成分画像の独立性を評価する量 (ネグントロピー) を計算し、その値が小さい成分画像を汚れの鮮明化画像として選択する。さらに、テクスチャ低減のため、画像をブロックに分割し、空間方向の主成分分析を適用する方法を提案した。本手法で、空間方向の主成分分析では、ブロック画像ベクトルを、固有値が小さく展開係数のネグントロピーが大きな基底のみで構成さ

れる部分空間へ射影することで、テクスチャ成分を低減し、汚れ部分のみを鮮明化できること示している。

第4章では、近紫外LED光源を用いた蛍光観察と独立成分分析を用いた、汚れの鮮明化画像処理の手法について提案している。光源として、自色LEDに加え、近紫外LEDを用いた蛍光画像情報から得た2枚のカラー画像のRGB成分を、主成分分析で無相関化した後、非ガウス性の規準であるネグエントロピーの最大化による独立成分分析を用いて、汚れ部分の強調する処理方法を提案している。さらに、画像における空間情報に着目し、独立成分分析の一つであるスパースコーディングを用いて、画像中のテクスチャ成分を低減し、小さくかつ彩度が低い汚れ部分の鮮明化をできる手法を提案し、実験で本手法が有効であることを示している。

第5章では、各章で得られた知見をまとめ、各章で提案した画像処理法の特徴を比較しまとめた。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

高級な着物の繊維に付着した淡く小さい汚れやシミの検査は熟練技能者でも難しい。それらの汚れやシミの見落としは、商品の寿命を短くし、また、顧客とのトラブルの原因となっている。この対策としていくつかの方法が提案されているが、検査環境が制限され、また、検出対象に類似する汚れ画像を多数準備することが必要で、個々に異なる汚れを検出する手法として現場への適用は不向きである。

申請者の研究は、着物の汚れやシミの有無の各領域の画像信号が互いに無相関であると仮定し、主成分分析や独立成分分析といった確率・統計的な知識を画像処理に適用して、人間の汗のような淡い汚れや小さなシミを強調する新しいアイデアを提案した。提案した手法では、検査対象の着物を白色LEDおよび近紫外LEDで照明し、そこからの反射光や蛍光を画像として取得し、それらの画像の色成分を独立な部分空間の特徴量に分解した。汚れやシミのある部分と他の部分との色空間の特徴量が異なることに着目し、主成分分析および独立成分分析を用いて、色空間の違いから汚れるある領域とない領域を分離した。また、繰り返しパターンのようなテクスチャ構造を有する着物では、汚れやシミがテクスチャの構造に隠れ、検出をより困難にしている。申請者は、獲得した画像からテクスチャ構造を形作る基底画像やスパースな基本画像を算出し、その基本となる画像を解析結果の条件に合わせて組み合わせ、テクスチャ構造だけまたは汚れやシミを強調した画像を作成し、その画像間の差分画像を作成することで、汚れおよびシミだけを強調することに成功した。また、色空間の特徴量やテクスチャ構造の基本パターンは検査対象の着物に対する1枚の画像から算出できる。これらの手法は、白色LED光源や近紫外LED光源と簡易な画像取得システムで実現出来、容易に現場への導入が可能なシステムであることを示した。

以上のように申請者の研究は、新しいアイデアを提案し、適切な検証と実験を通してその手法の有効性を示しており、実用性のある成果は高く評価できる。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と1編の査読付き国際会議プロシーディングに公表されている。

公表論文

1. Shinya Oketani, Kazuhiro Fujita, Nobuyuki Nakamori, Kazunari Morimoto : “IMAGE ENHANCEMENT OF CLOTH STAIN USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS” IMQA2008, Third International Workshop on Image Media Quality and its Applications, G - 1, pp.158-165(2008)
2. 桶谷新也, 藤田和弘, 中森伸行, 森本一成 : 主成分分析を用いた繊維汚れの画像鮮明化処理, Journal of Textile Engineering、 Vol. 56、 No.4、 pp.107-115(2010)
3. 桶谷新也, 藤田和弘, 中森伸行, 森本, 一成 : 近紫外LED光源を用いた独立成分分析による繊維汚れの画像鮮明化、映像情報メディア学会誌、 Vol, 64、 No. 11、 pp. 1655-1662 (2010)