

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：34316

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330211

研究課題名(和文) 科学捜査を目的とした衣類への付着物の鮮明化画像処理

研究課題名(英文) Image Enhancement of cloth stain for forensic science

研究代表者

藤田 和弘 (FUJITA, Kazuhiro)

龍谷大学・理工学部・教授

研究者番号：90209049

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：白色LEDを光源として撮影した画像と近紫外LEDを光源として撮影した画像に対して、テクスチャの周期に基づくブロックサイズのブロックに分割した上で、スパースコーディングにより基底画像を求め近似画像を減算することによりテクスチャ構造成分の低減処理を行う画像処理アルゴリズムを考察した。つぎに、テクスチャ低減を行った2枚の画像に対して、各RGB成分同士の差分の三乗の計3成分に対して、PCA(主成分分析)による無相関化を行い、その後、尖度を非ガウス性、つまり、独立性の評価基準としたICA(独立成分分析)に基づく独立成分への分解を行うアルゴリズムを考察した。実験により、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to enhance the cloth stain by processing the images which are obtained under the white LED light and/or the black LED light.

Reducing the texture components is performed by evaluating the error image between the observed images and the image approximated by the sparse coding method. The sparse coding method is applied to the block images whose block size is determined based on the period of the texture component. The cube of the error between the processed image obtained under the white LED and the processed image obtained under the black LED are made to be uncorrelated by using the PCA (Principle Component Analysis) method, then the above result are made to be independent by using the ICA (Independent Component Analysis) method in which the independence is evaluated by the product of the kurtosis of the each components. The results of the computer experiments show the effectiveness of this method.

研究分野：デジタル画像処理

キーワード：スパースコーディング 独立成分分析 近紫外LED

1. 研究開始当初の背景

(1) 科学捜査において、衣類などに付着した微物の解析は非常に重要である。しかしながら、微物を発見するために、従来は暗室などにおいて強い光源に光の波長を制限する光学フィルタを装着して、蛍光を調査していた。このようなことをする理由は、微物の蛍光が弱いために、強い励起光を当てて少しでも蛍光を強くするためと、弱い蛍光を見るために暗室が必要なためである。これでは、犯罪現場などにおいて使用することができない。

(2) 科学捜査において、近年、防犯ビデオの解析などが行われているが、現場鑑識において画像処理を応用して調査をすることは行われていなかった。また、布への付着物の鮮明化画像処理の先行研究として以下のふたつがある。

- 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 - 11)
- 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 - 08)

どちらの研究も布への付着物の鮮明化という観点では、先駆的研究であるが、鮮明化の結果自体は現場鑑識という観点では十分満足のいくものではなかった。

2. 研究の目的

(1) 科学捜査における現場での発見を目的として、衣類などへの付着物を、白色 LED および近紫外 LED などを用いて撮影し、画像処理により付着物の鮮明化を行うことを目的としていた。近紫外光により、たんぱく質などが蛍光することが知られているが、付着物の蛍光は弱くわかりにくい。そこで、わずかな蛍光を強調するために、色成分のわずかな違いに着目し、色成分に関して独立成分分析などを用いて色成分を分解するとともに、布のテクスチャ成分の除去を行うことにより、衣類などへの付着物の鮮明化画像処理を行うことを目的としていた。

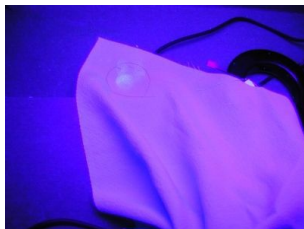


図 1. 近紫外光下での皮脂付着布画像

(2) 付着物の鮮明化画像処理の具体的な研究としては、以下の3点について、考察することを目的としていた。

- 光源の波長および光の当て方に関する研究
- 独立成分分析などを用いた色成分の分解に関する研究
- 部分空間法などを用いたテクスチャ成分の除去に関する研究

3. 研究の方法

(1) 光源として複数の波長の LED を購入し、撮影条件についての実験を行った。

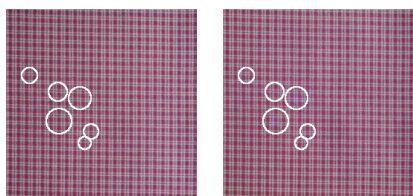
(2) スパースコーディングによるテクスチャ低減手法について研究を行った。従来のスパースコーディングでは、基底画像を決定する際に、自乗近似誤差が小さくなることと、係数のスパース性を考慮していた。特に、係数のスパース性としては、係数の分布にコーシー分布を仮定することが一般的であったが、コーシー分布を用いると、係数を決定する際に、計算時間が非常にかかるという問題点があった。そこで、コーシー分布ではなく、ラプラス分布を用いることにより、計算時間を短縮できる手法を考察した。また、反復処理として、基底画像および係数を更新する際に、係数に対してハードしきい値処理を行うことにより、より係数がスパースになるような基底画像が得られることがわかった。

また、スパースコーディングを用いて基底画像を求める際に、画像をブロックに分割して行うが、そのブロックサイズに関しても考察を行った。先行研究では、従来の JPEG 画像の符号化などにおいて用いられていた 8x8 や、16x16 のブロックサイズを用いていたが、テクスチャを周期過程と考えると、スペクトルから周期を求め、その周期の定数倍のブロックサイズが適していることがわかった。

(3) スパースコーディングを用いたテクスチャ低減処理を行った後に、ICA による独立成分への分解について研究を行った。従来の PCA を用いた無相関な成分への分解では、画像の成分分解としては不十分であると考えられた。その理由は、汚れの成分が PCA によって分解した全ての成分画像に含まれるためである。分解した成分画像の一部は、汚れの成分が強く、他の成分画像は汚れの成分が弱いということもあるが、それでは成分分解という観点からは不十分であると考えた。そこで、成分画像の独立性の評価基準として、分解後の成分画像それぞれの尖度の積を用いる方法を考察し、その評価基準の最大化を求める反復的なアルゴリズムを考察した。

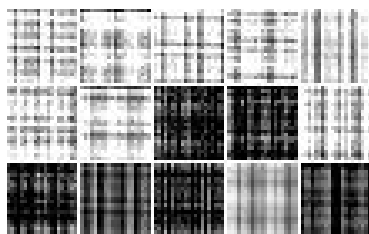
4. 研究成果

(1) 複数の波長の LED 光源を購入し、撮影実験を行ったところ、波長 370nm の近紫外 LED を光源とし、対象の布に対して 45 度から光を当てる方法が良いことがわかった。この条件により撮影した画像を、図 2 に示す。

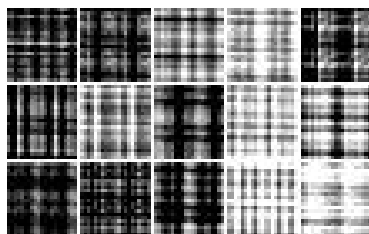


(a)白色 LED (b)近紫外 LED
図 2. 対象画像(付着箇所の白丸を付加)

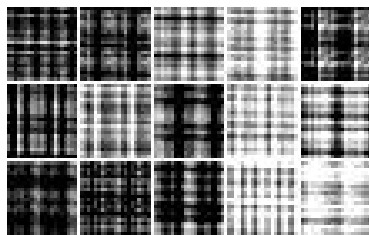
(2) スパースコーディングによるテクスチャ低減として、まず、画像をブロックに分割して基底画像を求める。図 2 の対象画像に対して、R,G,B 成分ごとにスパースコーディングによる基底画像を求めた結果を、図 3 に示す。画像のテクスチャ成分を表現する基底画像となっていることがわかる。つぎに、この基底画像を用いて、図 2 の対象画像の近似画像を作成し、対象画像と近似画像との差からテクスチャ低減画像を求めた結果を、図 4 に示す。テクスチャ成分を低減した画像が得られていることがわかる。



(a)R 成分

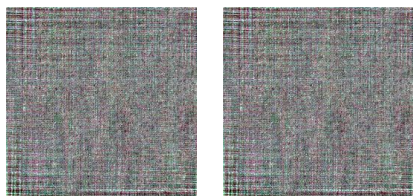


(b)G 成分



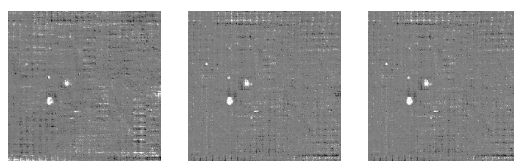
(c)B 成分

図 3. 基底画像



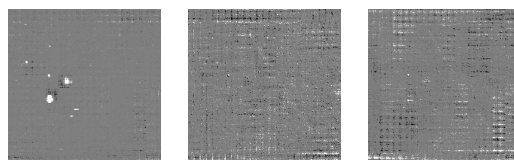
(a)白色 LED (b)近紫外 LED
図 4. テクスチャ低減画像

(3) ICA による独立成分画像への分解の前処理として、PCA による無相関画像成分への分解処理を行った。図 4 のテクスチャ低減画像そのままを処理対象とするのではなく、図 4 のテクスチャ低減画像の各 RGB 成分に対して、白色 LED による撮影画像と近紫外 LED による撮影画像の差を三乗した値を成分とする成分画像 3 枚に対して、PCA による無相関化を行った結果を、図 5 に示す。図 5 の各成分画像において、汚れの部分が発明になっていることがわかる。しかしながら、第 0,1,2 成分全てにおいて汚れが現れ、また、テクスチャ成分と思われる成分が若干見られるために、汚れの鮮明化としては十分とは言えない。



(a)第 0 成分 (b)第 1 成分 (c)第 2 成分
図 5. 無相関化画像

つぎに、図 5 の無相関化した成分画像に対して、尖度を独立性の評価基準とした ICA による独立成分への分解を行った結果を、図 6 に示す。第 0 成分は汚れが鮮明化された成分、第 1,2 成分はテクスチャ成分の残りが鮮明化された成分となり、汚れの鮮明化という観点では良好な結果が得られた。



(a)第 0 成分 (b)第 1 成分 (c)第 2 成分
図 6. 独立成分分解画像

(4) 研究過程において、色の成分分解とテクスチャ低減処理の順序を変えるなどの画像処理プロセスの見直しを行った関係で、研究自体の論文投稿を研究期間内に行えなかった。しかしながら、情報科学関係の学会として情報科学技術フォーラムおよびフォレンジック関係の学会として日本法科学技術学会学術集会において口頭発表を行い、研究結果の公表を行っている。また、龍谷大学新春技術講演会においてポスター展示を行い、地域の企業の方々に、研究結果の開示を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 伊藤良太, 桶谷新也, 藤田和弘: "布の付着物の鮮明化がそう処理", 日本法科学技術学会第 21 回学術集会, 2015 年 11 月

- 13日 柏の葉カンファレンスセンター(千葉県・柏市)
2. 伊藤良太, 桶谷新也, 藤田和弘: “ICA を用いた布の汚れの鮮明化画像処理”, 第14回情報科学技術フォーラム, 2015年9月17日, 愛媛大学(愛媛県・松山市)
 3. 藤田和弘, 桶谷新也: “衣類への付着物の鮮明化画像処理”, 日本法科学技術学会第20回学術集会, 2014年11月14日, ホテルフロラシオン青山(東京都・港区)
 4. 藤田和弘, 桶谷新也, 中森伸行: “衣類への付着物の鮮明化画像処理”, 日本法科学技術学会第19回学術集会, 2013年11月14日, ホテルフロラシオン青山(東京都・港区)

〔その他〕

ホームページ等

http://imagelab.jp/cloth_stain/cloth/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田 和弘 (FUJITA, Kazuhiro)

龍谷大学・理工学部・教授

研究者番号: 90209049