

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06076

研究課題名(和文) 多色照明を用いた反射率画像の推定とデータセットの構築

研究課題名(英文) Reflectance Estimation and Dataset construction using multiple light sources

研究代表者

奥田 正浩 (Okuda, Masahiro)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：10336943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：フラッシュを用いて撮影した画像と用いずに通常撮影した画像2枚を用いて、画像を反射率画像と陰影画像に分離する手法を考案した。主観評価、客観評価ともに結果従来の手法と比較して性能が上回ることを示した。また本手法を発展させてフラッシュを用いた画像と高ISO感度で撮影した画像を統合することにより、暗部のボケを低減する手法を提案した。Local Linear Modelを用いた画像統合問題を定式化し、凸最適化手法を用いて効果的に解を求めることに成功した。  
各画素の分光スペクトル情報を用いて高速に反射率画像を求める手法を提案した。  
3年間の対外発表成果は学術雑誌9報、学会発表29件であった。

研究成果の概要(英文)： We devised a method of separating an image into the reflectance and the shadow image by using flash and no-flash images. Both subjective evaluation and objective evaluation showed that the performance is superior to conventional methods. Also, by developing this approach, we proposed a method to reduce blur in the dark by combining the image using flash and the image taken with high ISO sensitivity. We formulated the image integration problem using Local Linear Model and succeeded in effectively solving by using convex optimization method.

We proposed a method to obtain the reflectance image at high speed by using the spectral information of each pixel.

Three years of external presentation results were 9 journals of academic journals and 29 conference presentations.

研究分野：信号処理，画像工学

キーワード：画像復元 画像分離 反射率推定 ハイパースペクトル画像 高ダイナミックレンジ画像

### 1. 研究開始当初の背景

鏡面反射を持たない画像は、被写体が本来併せ持つ色の反射率成分 (Reflectance 以下、反射率画像と呼ぶ) と照明光とそれに起因する陰影成分 (Shadows 以下、陰影画像) の積で表現が可能である。画像から物体の反射率を求める問題は反射率画像と陰影画像への分離問題として定式化でき、従来から数多くの研究が行われている。数十年前から行われている分光反射率を求める手法の多くは、“照明光成分 (illumination)” のみを考慮しており、照明による陰影を分離する事はできない。その欠点を克服すべく画像処理の分野で、陰影も含めた“陰影画像 (Shading)” を分離することで反射率画像を求める手法が近年盛んに研究されている。しかしながらこの問題は本来、過小決定問題 (underdetermined) となり解を一意に決定することができないため、現実世界にある複雑なシーンを精度良く分離する手法は存在しなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、入力画像からシーンの反射率を求める問題に着目し、精度の高い反射率画像の推定手法を考案し正解画像のデータセットを構築する。また、より現実的な手法として2枚の画像を用いた、画像間の位置ずれを許容する反射率画像の推定手法もあわせて考案する。一般に、反射率と陰影の推定問題は画像の分離問題で定式化されるが、過小決定問題となるため、自然画像を高い精度で分離可能な手法は数少ない。本研究では多色照明を照射して得られる複数画像を用いた推定問題を定式化する。複数画像を用いることで過小決定性は緩和されるが、複数画像を用いることに起因する技術的課題が存在する。本研究ではその課題を明らかにすると共に、種々の問題を解決し、より現実問題に即した広い分野に応用可能な反射率画像推定手法を考案する。特に、スパースモデリングと凸最適化を組み合わせた画像分離手法を駆使してこの問題に取り組む。

### 3. 研究の方法

本研究の実施内容は以下の3項に大別できる。

- (1) 反射率画像データセットの構築: 多方向多色照明を用いた、反射率画像の推定手法を開発し、現実シーンの反射率画像の正解画像データセットを構築する。
- (2) 2色照明を用いた反射率推定手法の確立: 上記1のデータセット構築は多色照明を用意し、カメラを固定した状態で撮影された画像を用いる。これに対してステップ2では、より現実的なフラッシュ画像とノンフラッシュ画像のペアを用いた反射率画像の推定手法を確立する。画像間に差分がある場合にも対応できる手法を考案する。
- (3) 反射率画像推定手法の様々な応用

を考案し、実装する。特にトーンマップ、材質推定、多色光源下でのホワイトバランスについて従来手法を上回る手法を考案する。

### 4. 研究成果

H27年度からH29年度の研究成果は以下に大別できる。

- (1) 複数画像を用いた反射率画像の推定: フラッシュを用いて撮影した画像と用いずに通常撮影した画像2枚を用いて、画像を反射率画像と陰影画像に分離する手法を考案した。主観評価、客観評価ともに結果従来の手法と比較して性能が上回ることを示した。また本手法を画像のホワイトバランスに応用した。本手法により反射率画像と陰影画像を求め、陰影画像の色成分をキャンセルした後画像統合を行うことでホワイトバランスを行う。図1にホワイトバランスの例を従来法の結果とともに示している。従来法と比べて色味がよりキャンセルされており、良好に画像分離が行われていることが確認できる。また本手法を発展させてフラッシュを用いた画像と高ISO感度で撮影した画像を統合することにより、暗部のボケを低減する手法を提案した。Local Linear Modelを用いた画像統合問題を定式化し、凸最適化手法を用いて効果的に解を求めることに成功した。結果、従来の手法よりも高速で、かつボケが少なく、効果的な統合が行えることを確認した。
- (2) 反射率画像推定の高速化: 各画素の分光スペクトル情報を用いて高速に反射率画像を求める手法を提案した。画素のスペクトル情報から構成される行列の特異値を閾値処理することで従来の高速手法であるRetinexよりも高精度な反射率推定が可能であることを示した。またスパースモデリングを用いた手法に比べて大幅に演算量が低減できることをしめした。
- (3) ハイパースペクトル画像のノイズ除去: ノイズのある画像の反射率を推定するためのノイズ除去手法を考案した。スペクトルライン特徴量を導入し、その特徴を基に画像を分離しデノイズすることで、従来手法と比較してより優れたデノイズ性能が得られることを示した。また、ハイパースペクトル画像のUnmixing手法: 少数の成分のみから構成される物体が写る3次元画像(例えば水と鉱物と植物のみの画像、や水、脂肪、骨からなる医用画像)からその成分のみからなる画像に分離する手法を考案した。今回はハイパースペクトル画像における有効性を立証した。



入力画像



カメラのマニュアルホワイトバランス



従来法 1



従来法 2



提案手法

図 1 ホワイトバランス結果

## 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)

[雑誌論文](計 9 件)

- (1) Mia Rizkinia and Masahiro Okuda, "Joint Local Abundance Sparse Unmixing for Hyperspectral Images" Remote Sensing, doi:10.3390/rs9121224, 9(12), 1224, 2017 (IF:3.244)
- (2) Takaaki Okabe, Masahiro Okuda, "Computationally Efficient Reflectance Estimation for Hyperspectral Images", IEICE Trans. on info. Sys., Vol. E100.D No. 9 pp.2253-2256, 2017
- (3) 「解説論文」白井啓一郎、馬場達也、

小野峻佑、奥田正浩, "局所特徴に基づく正規化を用いた画像処理と最適化の役割", 電子情報通信学会 Fundamental Review, Vol. 11 No. 1 p. 40-53 2017

- (4) Ryo Matsuoka, Seisuke Kyochi, Shunsuke Ono, Masahiro Okuda, "Joint Sparsity and Order Optimization based on ADMM with Non-uniform Group Hard Thresholding," IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, (12 pages) doi: 10.1109/TCSI.2017.2763969, 2017 (IF:2.407)
- (5) Mia Rizkinia, Tatsuya Baba, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda, "Local Spectral Component Decomposition for Multi-channel Image Denoising", IEEE Trans. on Image Processing, Vol.25, Issue:7, pp.3208 - 3218, July 2016 [pdf] (Open Access, IF:4.828)
- (6) Tatsuya Baba, Ryo Matsuoka, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda "Misaligned Image Integration with Local Linear Model," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.25, Issue 5, pp.2035-2044, May 2016, (IF:4.828)
- (7) Ryo Matsuoka, Tomohiro Yamauchi, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "Weight Optimization for Multiple Image Integration and Its Applications", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E99-D, No.1, pp.228-235, Jan. 2016
- (8) 松岡 諒, 石橋 治樹, 馬場 達也, 奥田 正浩, "露光アンダー/オーバーと焦点ボケを同時にもつ多重露光画像の統合手法", 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J99-D, No.10, pp.1080-1088, Oct. 2016
- (9) Ryo Matsuoka, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "White Balancing by Using Multiple Images via Intrinsic Image Decomposition", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E98-D, No.8, pp.1562-1570, Aug. 2015.

[学会発表](計 29 件)

- (1) 栗原竜司, 奥田正浩 "波長の相関を利用したハイパースペクトル画像のノイズ除去", 電子情報通信学会 総合大会, 2018.3.22, 東京電機大学東京千住キャンパス(東京都)
- (2) Takaaki Okabe, Masahiro Okuda, "Simple Thresholding for Reflectance Estimation of Hyperspectral Images" SIP Symposium, A4-1, 2016.11.10, 関西大学 100 周年記念会館(大阪府)

- (3) Ryo Matsuoka, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "Reflectance Estimation and White Balancing Using Multiple Images", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), ELI-P3.3, 2015.9.28, Quebec (Canada)
- (4) Tatsuya Baba, Yusuke Tatesumi, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda, "An automatic yearbook style photo generation method using color grading and guide image filtering based facial skin color correction" IAPR Asian Conference on Pattern Recognition ACPR, 2015.11.5, Kuala Lumpur (Malaysia)
- (5) Yusuke Shirahashi, Ryo Matsuoka, Masahiro Okuda, "Reflectance Estimation Using Multiple Exposure Images," IEEE Global Conference on Consumer Electronics, 2015.10.29, The Osaka International Convention Center (Osaka)
- (6) [招待講演]奥田正浩 "固有画像分解とその応用", 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会、信学技報, vol. 115, no. 75, SIS2015-8, pp. 39-44, 2015.6.8, アルカス SASEBO 大会議室 C (長崎県)

〔図書〕(計 1 件)

(1) F. Gurri, M. Okuda et al. "HDR Image watermaking," 23th book chapter in "High Dynamic Range Video, From Acquisition, to Display and Applications" 630 pages, Elsevier.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

<http://vig.is.env.kitakyu-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥田 正浩 (OKUDA, Masahiro )  
北九州市立大学・国際環境工学部・教授  
研究者番号：10336943

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )