

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500173

研究課題名(和文) マルチスペクトラルイメージングとカラー画像再現

研究課題名(英文) Multispectral Imaging and Color Reproduction

研究代表者

嶋野 法之 (SHIMANO NORIYUKI)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：10257975

研究成果の概要(和文)：画像データから分光反射率を復元することは多様な照明の下でカラー画像を再現するために重要である。この復元にウィーナ推定が一般的に用いられているが、本推定性能は分光反射率の自己相関行列と画像入力系に存在するノイズに依存する。本研究の目的はすでに提案した方法で推定されたノイズ分散と同提案により復元された分光反射率の特徴を自己相関行列に採用したウィーナ推定方法が復元性能を大幅に改善するのに有用であることを示すことである。

研究成果の概要(英文)：Recovery of spectral reflectances of objects being imaged through the use of image data is important to reproduce color images under various illuminations. Although the Wiener estimation is usually used for the recovery, but the recovery performance of this estimation depends on the autocorrelation matrix of the spectral reflectances and the noise present in an image acquisition system. The goal of the present study is to show that the Wiener estimation that uses the noise variance estimated by the previous proposal and the autocorrelation matrix that uses the features of the spectral reflectances recovered by the previous method is very effective to greatly improve the performance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	2,100,000	0	2,100,000
2010年度	700,000	0	700,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	150,000	3,450,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：

## 1. 研究開始当初の背景

絵画などの美術作品の印象は照明で大幅に変化する。貴重な作品を後世に残すためのデジタルアーカイブでは撮影データから被

写体の分光反射率を正確に復元し、多様な照明環境の下で視覚系の色順応を考慮して色再現を行うことが一般的である。分光反射率復元において、入力系のノイズによる解の不

安定性を抑制し正確な解を得ることが重要である。

筆者はすでに、学習サンプルを用い入力系のノイズ分散を推定しこの推定値と学習サンプルの分光反射率の自己相関行列をウィーナ推定に用いることにより、被写体の分光反射率に関する先験情報を用いずに正確に分光反射率を復元できることを基盤研究(C)17500131,2005の研究を通して明らかにした。本復元方法を既存の復元方法と比較し、本復元方法が被写体の分光反射率に関する先験情報を用いないとき最も正確であることを明らかにした。しかしながら、この提案方法の復元精度は被写体の分光反射率の先験情報を用いた場合と比較すると3倍以上誤差が大きいことも判明した。

## 2. 研究の目的

本研究はこれまでの申請者の研究成果を更に発展させ、被写体の分光反射率に関する先験情報を用いずに正確に分光反射率を復元するためのモデル開発とカラー画像再現を目的としている。

## 3. 研究の方法

(1)学習サンプルの分光反射率とその撮影データから画像入力系のノイズ分散を推定し、この推定値と学習サンプルの分光反射率の自己相関行列をウィーナ推定に用い、美術絵画の撮影データから絵画の分光反射率を復元する。

(2)多様な物体の分光反射率を格納している分光反射率データベースから、(1)で復元された美術絵画の分光反射率に最も近い分光反射率を選択し、選択された分光反射率の自己相関行列と(1)で推定されたノイズ分散をウィーナフィルタに用い、再度美術絵画の撮影データに演算させ分光反射率を画素単位の分解能で復元する。

(3)撮影は7チャンネルのマルチバンドカメラを用い、人工太陽照明灯を用いて行った。最初に、本提案方法の復元精度評価のために、GretagMacbeth ColorChecker と KodakQ60R1の色票を用いて、一方を学習サンプルとし他方をテストサンプルとして復元を行った。また、美術絵画として日本画、水彩画及び油彩画を用いそれぞれの分光反射率を画素単位の分解能で復元を行った。美術絵画の分光反射率復元時の学習サンプルには Macbeth ColorChecker を用いた。

(4)復元された分光反射率にカラーアピアレンスモデル(CIECAM02)を用い、測色的に較

正されたディスプレイ上に多様な照明環境下で美術絵画を再現した。

## 4. 研究成果

(1)色票を用いて復元した結果を表1及び2に示す。表の自己学習とはテストサンプルの分光反射率の自己相関行列を用いた結果を、最初の復元とは学習サンプルで推定されたノイズ分散と学習サンプルの分光反射率の自己相関行列を用いた復元結果を、提案方法とは本研究方法による復元結果を表している。

(2)表1は KodakQ60R1 を学習サンプルとして使用し、GretagMacbeth ColorChecker の撮影データから分光反射率を復元した時の復元精度を復元された分光反射率と計測値の差のユークリッドノルムの2乗の平均値をMSE (Mean Square Error)で、また、CIELAB空間でD65光源での色差の平均値を $\Delta E_{ab}^*$ で示した。この結果から分かるように、最初の復元のMSEは分光反射率の先験情報を用いた自己学習の3倍以上の誤差があるが、本提案方法の結果は自己学習に極めて近い高精度な復元が実現できたことを示している。

(3)表2は Macbeth ColorChecker を学習サンプルに用い、KodakQ60R1 の撮影データから Macbeth ColorChecker の分光反射率を復元した例を示す。この場合も自己学習結果に近い高精度な復元ができたことを示している。

表1 KodakQ60 学習、Macbeth テストの結果

方法	MSE	$\Delta E_{ab}^*$
自己学習	0.01216	1.03
最初の復元	0.03981	1.21
提案方法	0.01462	1.11

表2 Macbeth 学習、KodakQ60 テストの結果

方法	MSE	$\Delta E_{ab}^*$
自己学習	0.00275	1.36
最初の復元	0.01581	1.40
提案方法	0.00351	1.33

(4)分光反射率の復元結果の1例を図1に示す。この例は GretagMacbeth ColorChecker を学習サンプルに用い、KodakQ60の分光反射率を復元した例を示している。赤い印は計測値を、印は本提案方法を、菱形は最初の復元結果を示している。この実験結果より分光反射率の特徴を利用する本提案手法は極めて正確であることが分かる。

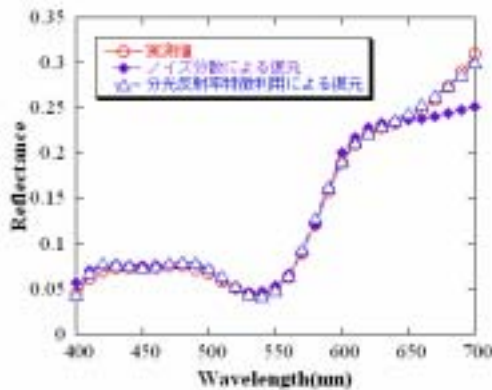


図1. 分光反射率の復元例

(5)表3に美術絵画の復元例として、日本画に関する結果を示す。この結果はGretamacbeth ColorCheckerを学習サンプルとして用い日本画の撮影データから分光反射率を復元した例を示している。本提案手法で極めて正確な復元ができていていることを示している。水彩画及び油彩画についても同様の結果が得られている。

表3 日本画の復元結果

方法	MSE	$\Delta E_{ab}^*$
最初の復元	0.0123	1.29
提案方法	0.0086	1.25

(6)水彩画、日本画及び油彩画について復元した分光反射率に色の見えモデル CIECAM02を用い、色温度及び輝度の異なる多様な照明下で測色的に較正されたディスプレイに再現し評価を行った。特に測色的色再現を行ったとき、ディスプレイに再現される色の再現精度は分光反射率の復元精度の向上に従い正確になることを定量的に示した。

## 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)

[雑誌論文](計4件)

N.Shimano, M.Hironaga, "Recovery of spectral reflectances of imaged objects by the use of features of spectral reflectances", J. Opt. Soc. Am. A, 査読有, Vol.27, 2010, pp.251-258.

M.Hironaga and N.Shimano, "Estimating the noise variance in an image acquisition system and its influence on the accuracy of recovered spectral reflectances" Appl.

Optics, 査読有, vol.49, 2010 pp6140-6148.

M. Hironaga and N.Shimano, "Noise Robustness of a Colorimetric Evaluation Model for Image Acquisition Devices with Different Characterization Models", Appl. Optics, 査読, Vol. 48, 2009, pp.5354-5362.

M.Hironaga and N.Shimano, "Evaluating the Quality of an Image Acquisition Device Aimed at the Reconstruction of Spectral Reflectances Using Recovery Models", J. Imaging Sci. Technol. 査読有, Vol.52, 2008, 030503.

[学会発表](計14件)

N.Shimano, "Noise Analysis of a Multispectral Image Acquisitions System", 6th European Conference on Colour inGraphics, Imaging, and Vision, 査読有, 2010, pp.523-528

M.Hironaga and N.Shimano, "Estimating the noise influence on recovering reflectances", Electronic Imaging, SPIE-IS&T, 査読有Vol.7529, 2010, pp.75290M1-9.

N.Shimano and M.Hironaga, "Adaptive Recovery of Spectral Reflectances by the Regularized Wiener Filter", 11th Congress of the International Colour Association, 査読有, University of New South Wales, Sydney, Australia 2009

M. Hironaga and N. Shimano, "Colorimetric Evaluation of a Set of Spectral Sensitivities", 4th European Conference on Colour inGraphics, Imaging, and Vision, 査読有, 2008, pp. 602-607

N.Shimano and M.Hironaga, "A New Proposal for the Accurate Recovery of Spectral Reflectances of Imaged Objects without Prior Knowledge", Proc. IS&T, Archiving 2008, 査読有, 2008. pp.155-158.

西野高透、嶋野法之:「マルチスペクトルカメラを用いた美術絵画の分光反射率復元」,画像電子学会研究会予稿,2010, pp.21-25.

池田亮、嶋野法之:「カラーアピランモデルを用いた絵画の画像再現」,画像電子学会研究会予稿,2010, pp.15-19.

森川雅弘、嶋野法之:「被写体の分光反射率復元とカラー画像再現」,日本色彩学会関西支部大会論文集, 2010, pp.12-13.

森川雅弘、嶋野法之:「分光反射率の特徴

を用いた高精度な絵画の分光反射率復元」, 日本色彩学会関西支部大会論文集、2010, pp.14-15.

能網敏文, 広永美喜也, 西村卓也, 嶋野法之: 「見えモデルを用いたカラー画像再現」, 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集, 2009, p.102.

広永美喜也, 嶋野法之: 「画像入力系のノイズが分光反射率推定精度に与える影響」, カラーフォーラム JAPAN2009, 論文集, 2009, pp.81-84.

広永美喜也, 嶋野法之: 「画像入力系のノイズと分光反射率推定精度」, カラーフォーラム JAPAN2008, 2008, pp.79-82.

橋本聖史, 嶋野法之: 「画像入力と撮影光源に関する考察」, 情報処理学会予稿集, 2008, pp.267-268.

橋本聖史, 嶋野法之: 「撮影光源のカラー画像入力への影響」, 第242回画像電子学会研究会講演予稿集, 2008, pp.31-34.

〔図書〕(計1件)

嶋野法之、コロナ社、色彩工学の基礎と応用、2009

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

嶋野 法之 (SHIMANO NORIYUKI)  
近畿大学・理工学部・教授  
研究者番号: 10257975

### (3) 連携研究者

広永 美喜也 (HIRONAGA MIKIYA)  
近畿大学・理工学部・助教  
研究者番号: 20257976