

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560473

研究課題名(和文)高ダイナミックレンジカメラを用いた監視システムに関する研究

研究課題名(英文)A study on surveillance system with high dynamic range cameras

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) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：まず、高ダイナミックレンジのノイズ除去を目的とした復元手法を提案している。量子化雑音とセンサー雑音を選択的に削減できる重み関数の設計法を考案し、その有効性を検証した。二つ目の成果は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手法の開発であり、画像統合問題をコスト関数の最小化問題として定式化し、画像間の画素対応がとれていない場合でも統合が可能な画像復元性能をもつ統合手法を提案した。さらに高ダイナミックレンジ画像を固有画像に分解することでトーンマッピングの際の彩度変化を押さえる新しい手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：We introduced the restoration algorithm for the high dynamic range image denoising. We proposed a new weighting strategy for integrating multiple images, which is capable of reducing quantization error and sensor noises, and then we have examined the validity of the algorithm. The second approach is the development of image integration for a flash/no-flash image pair, in which we formulate the integration problem as a convex optimization problem. Our method has a great advantage that it can handle even misaligned image pairs. Moreover we proposed an intrinsic image decomposition algorithm that can reduce the change of saturation when tone-mapping the image.

研究分野：信号処理、画像処理

キーワード：高ダイナミックレンジ画像 画像統合 画像復元

1. 研究開始当初の背景

従来の監視カメラシステムは、明暗差の広い、つまりダイナミックレンジの高いシーンでは十分にシーンの詳細を表現できない。現在いくつかの高ダイナミックレンジセンサが実用化されているが、人間の視覚特性と同等の輝度範囲が取得可能なセンサは少ない。それ故に高ダイナミックレンジセンサ用の画像処理技術も未だ完成されているとはいえず、様々な技術的課題が存在する。

2. 研究の目的

高ダイナミックレンジ画像技術を用いたダイナミックレンジの高いシーンで問題となる画像処理における技術的課題を克服し、監視カメラシステムを構築するのが目的である。ノイズ除去、色復元、トーンマッピングなどの要素技術について従来法を上回る性能を持つ新しい手法を確立し、従来よりも高いSN比で、原シーンの彩度を忠実に再現し、全輝度域でコントラストが高い画像を取得する。また、新たな固有画像分解手法を提案し、視認性劣化の原因となるホワイトバランスやトーンマッピングの際の彩度変化を抑制する新たな手法を提案する。

3. 研究の方法

ノイズ除去、暗部の色再現など、高ダイナミックレンジ監視カメラシステムの実現に不可欠となる画像復元手法を主に開発する。ノイズの発生はダイナミックレンジの低下につながり、また暗所の撮影は正確な輝度や色度情報が失われる。本研究では、ノイズ除去に代表される様々な劣化を復元する機能を有する多重露光画像の統合手法を提案する。さらに固有画像分解を用いたホワイトバランス手法、彩度劣化のないトーンマッピング手法をそれぞれ提案する。

4. 研究成果

研究成果は以下の通り大別できる。

(1) ノイズ除去

暗部と明部両方において高いコントラストで画像を復元し、ダイナミックレンジを向上させるためには、暗部のノイズ除去が不可欠となる。ここではノイズ除去を目的とした高ダイナミックレンジ画像の復元手法を提案している。量子化雑音とセンサーノイズを選択的に削減できる重み関数の設計法を考案し、その有効性を検証した。またWavelet領域で高ダイナミックレンジ画像を復元することで、センサーノイズを低減することに成功した。また、それを更に発展させ、高速かつ高精度に復元が可能な高ダイナミックレンジ画像生成アルゴリズムを開発した。さらに同一シーンにおけるボケのある画像とボケの無い画像とのマッチングをとり、色変換することで位置ずれのある画像間でも良好に色転送ができる技術を開発した。

(2) 参照画像を用いた画像統合

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、暗部のノイズを低減する手法を提案した。画像統合問題をコスト関数の最小化問題として定式化し、効果的に最適化を求めることに成功した。結果、従来の手法よりも高速で、かつノイズが少なく、ハロー等のアーティファクトも低減できることを実験により確認した。

さらに画像間の画素対応がとれていない場合のフラッシュ・ノンフラッシュ画像の統合手法について取り組んだ。色変換問題を凸最適化問題として定義し、新しいアルゴリズムの考案により、従来では困難であった暗所撮影時に動きのある画像や手ぶれのある画像においてもブレのない鮮明な画像を取得することが可能となった。またノイズ除去やホワイトバランス補正などにも応用が可能であることを確かめた。またフラッシュ・ノンフラッシュ画像に限定しない一般的な画像統合アルゴリズムの考案にも着手し、一定の成果が得られている。

(3) 固有画像分解

さらに26年度は画像を固有画像に分解することで光源色の影響を削減する新たな手法を提案した。一般に高ダイナミックレンジ画像をトーンマッピングすると、彩度に大きな変化が加わり、不自然な画像になる現象がしばしば起こる。これを固有画像分解により軽減する手法を開発した。複数枚の多重露光画像を入力とし、画像分解問題を凸最適化問題として定式化することで、従来法よりも高い精度で分解ができることを確認した。またそれをトーンマッピングに応用することで彩度の変化が軽減されることを確認した。

(4) 結果

劣化画像を復元する手法に関する結果と従来法との比較を以下に述べる。(a)(b)が入力画像である。これは体育館内でのシーンを撮影した画像であり、光量不足のため入力画像2は手ぶれが生じ、画像が劣化している(b)。入力画像1はフラッシュを用いて撮影した画像であり(a)、手ぶれは無いが、自然な色味が失われている。この入力画像2の色を入力画像1に転送することで劣化のない画像を得るのが目的となる。ここでは(c)Pitieの手法[1]および(d)Hacohenの手法[2]と比較をしている。提案手法で得られた結果を(e)に示している。

RGB色空間で入力画像のヒストグラムをガイド画像に近似する[1]の手法ではコントラストの高い結果となっているが、入力画像の輝度の画像外側へ向かう輝度の広がりが大きく反映され不自然な結果となる。また、画像ペア間での堅牢な対応を探索し、対応に基づいた色変換曲線で入力画像を補正する[2]の手法では画像間の色彩変化が大きい

と対応を探索できない。また、いくつかのシーンでは画像のコントラストが低下する傾向にある。一方で提案法は、コントラストの高い入力画像を局所的に構造変換させた色彩変換であるためコントラストの高い結果であり、同一のオブジェクト間で色彩変換できているため自然な色彩をもつ。



(a) 入力画像 1

(b) 入力画像 2



(c) Pitie [1]

(d) HaCohen [2]



(e) 提案手法

【参考文献】

[1] F. Pitie, A. Kokaram, and R. Dahyot, "Automated colour grading using colour distribution transfer," Elsevier J. Comput. Vision Image Understanding, vol.107, no.1-2, pp.123-137, 2007.

[2] Y. HaCohen, E. Shechtman, D.B. Goldman, and D. Lischinski, "Non-rigid dense correspondence with applications for image enhancement," ACM TOG (Proc. SIGGRAPH), vol.30, no.4, pp.70:1-70:10, 2011.

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 5 件)

- ① Ryo Matsuoka, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "White Balancing by Using Multiple Images via Intrinsic Image Decomposition", IEICE Transactions on Information

and Systems, , 査読有 Vol.E98-D,No.8, 掲載確定 (ページ数未確定), Aug. 2015.

- ② 馬場達也, 松岡諒, 小野峻佑, 白井啓一郎, 奥田正浩, "フラッシュ画像とノンフラッシュ画像の凸最適化による画像合成", 電子情報通信学会論文誌 D, 査読有 vol.J97-D No.9, pp.1406-1415, 2014
- ③ 松岡 諒, 神納 貴生, 奥田 正浩, "HDR 画像生成のためのノイズの低減を考慮した多重露光画像統合法", 電子情報通信学会論文誌 A, 査読有 Vol.J97-A No.3 pp.209-220, 2014

〔学会発表〕(計 4 4 件)

- ① Masao Yamagishi, Seisuke Kyochi, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda, "Regularization Approach for Bayer Reconstruction in Lossy Image Coding by Inverse Demosaicing," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Sept. 2015, Quebec, Canada, accepted
- ② Ryo Matsuoka, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "Multiple Exposure Integration for Restoring All In-Focus Images", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Sept. 2015, Quebec, Canada, accepted
- ③ Ryo Matsuoka, Tatsuya Baba, Masahiro Okuda, "Reflectance Estimation and White Balancing Using Multiple Images", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Sept. 2015, Quebec, Canada, accepted
- ④ Yusuke Tatesumi, Keisuke Iwata, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda, "Color transform between image pair using covariance correspondences of local color distributions", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), IVMS-P3.10, May 4-9, 2014, Florence, Italy
- ⑤ Ryo Kuroiwa, Ryo Matsuoka, Seisuke Kyochi, Keiichiro Shirai, Masahiro Okuda, "Lossless/Near-Lossless Color Image Coding by Inverse Demosaicing", IEEE International

Conference on Acoustics, Speech, and
Signal Processing (ICASSP),
IVMSP-P5.9, May 4-9, 2014 , Florence,
Italy

〔図書〕（計 0件）

〔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：
出願年月日：
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/Japanese/work.html>

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：