

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500208

研究課題名(和文)バイラテラル画像処理によるコンピューショナルフォトグラフィ

研究課題名(英文)Computational Photography by Bilateral Image Processing

研究代表者

浦濱 喜一(Urahama, Kiichi)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：10150492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、次世代カメラシステムの中核技術として注目されているコンピューショナルフォトグラフィの基盤アルゴリズムの一つであるバイラテラル画像処理について、画像平滑化や鮮鋭化の多重画像への拡張やノンフォトリアリスティックレンダリングへの応用を開発し、実装した。バイラテラル画像処理法としては、色相保存バイラテラルフィルタ、バイラテラル包絡フィルタ、逆バイラテラルフィルタ、バイラテラルポアソンディスクサンプリング、バイラテラルポロノイ分割などを開発し、これらをモアレ画像、イスラム模様画像、貼り絵画像、砂絵画像、和紙画像などのノンフォトリアリスティックレンダリングに応用した。

研究成果の概要(英文)：Throughout this research, we have developed various forms of bilateral filters and have devised its application to intelligent image processing with its implementation to computers. The bilateral filter has taken attention as a fundamental algorithm of the computational photography which is an emerging technology having central role for developing next-generation cameras. For the bilateral filter (BF), we have developed hue-preserving BF, bilateral envelope filter, inverse BF, bilateral Poisson disk sampling, bilateral Voronoi tessellation. We have applied them to non-photorealistic rendering techniques for generating moire image, Islamic pattern, paper mosaics, sand art, Japanese paper images.

研究分野：画像情報処理

キーワード：コンピューショナルフォトグラフィ ノンフォトリアリスティックレンダリング バイラテラルフィルタ ハーフトニング 色復元

1. 研究開始当初の背景

1995年に現れたデジタルカメラはフルハイビジョン化が達成され、成熟期を迎えている。今後は高機能性やインテリジェント化など次世代カメラに向けた研究が活発になると予想される。

そのような動向に鑑み、映像情報メディア学会誌で2008年1月号から「次世代デジタルカメラ/デジタルムービーを予測する」という講座が連載され、本申請の代表者も8月号において「バイラテラルフィルタによるノイズ除去とイラスト風画像の生成、映像情報メディア学会誌, vol.62, no.8, pp.1268-1273 (2008)」を執筆した。また、本講座は最終

回の12回目で、Ramesh Raskar氏によるコンピュータショナルフォトグラフィ技術の解説で締め括られている。コンピュータショナルフォトグラフィという用語はSteve Mannによって提唱され、以来Ramesh Raskarらが中心になって次世代カメラシステムの研究が活発に推し進められており、「R. Lukac: Computational Photography: Methods and Applications (Digital Imaging and Computer Vision) (Oct. 2010)」などの著書も刊行され、またIEEE Int. Conf. Computational Photographyという国際会議も2009年4月から毎年開催されている。ACM SIGGRAPHでは2005年から毎年courseが開講され、大きな関心を呼んでいる。国内においても広島市立大学の日浦慎作氏や大阪大学の佐藤宏介氏を始め、多くの大学や企業で研究開発が進められている。

コンピュータショナルフォトグラフィ技術とは、例えば1台のカメラで可視光写真と近赤外写真とを撮影し、それらを融合して高精細な写真を得るようなシステムである。

このようにコンピュータショナルフォトグ

ラフィ技術は、従来のカメラでの「単一撮影による単一写真出力」という基本原理にブレークスルーを与えるものであり、同一シーンを多重モードで複数撮影し、それらを機能的に統合することによって従来のカメラでは撮影不可能な画像を生成する新技術パラダイムである。

本研究では、上記のような国内・国外での研究動向に鑑みて、コンピュータショナルフォトグラフィの中核となる多重モード画像の機能的融合の基盤アルゴリズムとして、バイラテラル画像処理を提案する。バイラテラル画像処理とは、画像平面と画素値との積空間である高次元バイラテラル空間で画像を処理する技法の総称である。本研究はコンピュータショナルフォトグラフィ技術のための知的画像処理技法の開発を全体目標として、多機能バイラテラルフィルタやバイラテラル幾何アルゴリズムを開発し、多重モード画像の機能的融合やノンフォトリアリスティックレンダリングへ応用する。

2. 研究の目的

本研究では、以上のような国内・国外での研究動向に鑑みて、研究の全体構想として、次世代カメラシステムの中核技術として注目されているコンピュータショナルフォトグラフィの基盤アルゴリズムの一つであるバイラテラル画像処理について、画像平滑化や鮮鋭化の多重画像への拡張やノンフォトリアリスティックレンダリングへの応用を開発し、実装する。具体的には

本研究の基盤技術の一つとして、クロスバイラテラルフィルタや複合バイラテラルフィルタなどによる複数写真のクロス平滑化やクロス鮮鋭化法を開発する。

多重モード画像を統合的に処理して機能的に融合する統合バイラテラルフィルタを開発し、画像融合による除霧や多重モード撮影による物体検出へ応用する。

測地距離平滑化に基づく画像のリライティングやリカラリング，測地距離ポロノイ分割によるハーフトーニングなどの新機能バイラテラル画像処理法を開発する．

次に，これらの新規なバイラテラル画像処理技法を活用して

測地距離フィルタや測地距離ポロノイ分割などによるノンフォトリアリスティックレンダリング技法を開発し，種々の非写実的写真を生成する次世代カメラに応用する．

3．研究の方法

初年度では基礎研究として，新しいタイプのバイラテラル画像処理技法を開発する．具体的には

1．非等方多値モードフィルタ

重要度に基づいて平滑化強度を調節して画像を非等方に多値化する重要度適応モードフィルタを開発し，セル画調イラスト画像の生成に応用する．

2．セグメントバイラテラルフィルタ

ウィンドウバイラテラルフィルタの類似画素選択性を向上させ，雑音能力の高いセグメントバイラテラルフィルタを開発する．

3．値域分割フィルタによる選択的平滑化と鮮鋭化

画像を値域で領域分割するフィルタによる値域選択的平滑化と鮮鋭化法を開発する．

4．クロスバイラテラルフィルタ，複合バイラテラルフィルタ

多重画像から求めた結合フィルタ係数によって各成分画像を相補的に平滑化する多重バイラテラルフィルタを開発し，多重モード画像の融合に応用する．

5．雑音抑制クロス鮮鋭化

雑音を抑制するクロスアンシャープマスキング法を開発し，マルチモーダル画像のクロス鮮鋭化やカラー画像の色相保存モノクロ化に応用する．

6．測地距離フィルタによる画像平滑化

バイラテラル空間での測地距離 (geodesic distance) の高速な計算法を開発し，画素間類似度を測地距離で測る非線形平滑化フィルタに応用する．

7．多重撮影による重要領域検出

近紫外から近赤外までの広周波数レンジ撮影に基づいて各画素の顕著度を算出し，重要度適応平滑化や重要物体の切り出し及び写真のリサイジングなどに利用する．

8．バイラテラルポアソンディスクサンプリング

非写実的ハーフトーニングの基礎技術であるポアソンディスクサンプリングについて，画素間バイラテラル L_p 距離による手法を開発し，非等方点描画や多値線描画に応用する．

9．バイラテラルポロノイ分割

Lloyd 緩和法をバイラテラル空間に拡張して非等方重み付きポロノイ分割法を開発し，カラスケッチやカラーイラスト画，スタンドグラス画像などの領域分割型ノンフォトリアリスティックレンダリングに応用する．

次年度からは，初年度に開発した種々のタイプのバイラテラル画像処理技法をコンピュータシヨナルフォトグラフィ技術に有用と思われる知的画像処理に応用する．

1．多モード撮影による写真の除霧

可視光撮影と近赤外撮影写真とをクロス鮮鋭化した後に融合することによって霧などを取り除いて鮮明な画像を得る高機能な除霧法を開発する．

4．研究成果

以上のような研究を行い，以下のような成果を得た．

(1) シフト荷重バイラテラルフィルタ

過大なハローを抑制して画像中の模様を鮮鋭化する手法としてシフト荷重バイラテラルフィルタによるアンシャープマスキングを提案した．

(2) ロバストバイラテラルフィルタ

バイラテラルフィルタをロバスト化して，インパルス雑音も除去可能なエッジ保存平

滑化フィルタを提案した。

(3) リライティング多値化
非等方フィルタによる離散化法で陰影画像を3値化するノンフォトリアリスティックレンダリング法を提案した。

(4) スケッチ風イラスト画
非等方フィルタで入力画像の詳細成分を多値化してスケッチ風イラスト画を生成するノンフォトリアリスティックレンダリング法を提案した。

(5) 係数反転バイラテラルフィルタ
誤差拡散による画像のハーフトーン化法として、画素をランダム順にスキャンし、係数反転バイラテラルフィルタで誤差を拡散する手法を提案した。

(6) 非等方ポロノイ線画
非等方ポアソンディスクサンプリングに基づく非等方ポロノイ線画による画像のハーフトーン化法を提案した。

(7) 非等方クロスバイラテラルフィルタ
入力画像の詳細成分を非等方クロスバイラテラルフィルタで平滑化してからしきい値処理するNPR2値化法を提案した。

(8) クロスアンシャープマスキング
成分画像間の情報を相互利用して多重画像を鮮鋭化する手法としてクロスアンシャープマスキングを提案した。

(9) 非等方多値モードフィルタ
入力画像を減色簡略化してエッジを重ね描きするNPR法を提案した。

(10) 非等方重心ポロノイ分割
入力カラー画像を非等方重心ポロノイ分割してスタンドグラス画像を生成するノンフォトリアリスティックレンダリング法を提案した。

(11) ポロノイ点描画
ポロノイ分割で点描画を生成し、各点と最近傍点との間に線を引いて線描画を生成するノンフォトリアリスティックレンダリング法を提案した。

(12) エッジ保存クロスシャープニング
多重画像の鮮鋭化法として、他の成分画像での鮮明なエッジを利用して各成分画像をクロスシャープニングする手法を提案した。

(13) 非等方TSPアート
線分の向きが濃淡の等高線に沿うようなTSP線画を求める手法としてバイラテラル距離に基づく非等方TSPアートを提案した。

(14) バイラテラルLp距離
バイラテラルLp距離に基づくポアソンディスクサンプリングによる簡単な非等方ストローク生成法を提案した。

(15) セグメントバイラテラルフィルタ
注目画素と同じセグメントに含まれる画素をウィンドウのなかで選択して、それらの画素間の類似度だけを用いるセグメントバイラテラルフィルタを提案し、ウィンドウバイラテラルフィルタよりも輪郭形状の保存性や雑音除去能力が高いことを実験で示した。

(16) 逆アンシャープマスキング
色相ハローに似た画像鮮鋭化法として、アンシャープマスキングの詳細成分の符号を反転して基調成分に加える逆アンシャープマスキングを提案し、2値化にも応用した。

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20件)

平岡透, 西本雅也, 浦濱喜一, モアレ風画像への複雑な別モアレの合成法, 映像情報メディア学会誌, 70, 4, pp.94-97, 2016, 査読有

平岡透, 熊野稔, 浦濱喜一, 逆線集中度平均フィルタによる石垣模様風画像の生成, 芸術科学会論文誌, 15, 1, pp.14-19, 2016, 査読有

C.Zhou, K.Inoue, K.Urahama, Band-Amplifying Unsharp-Masking for Hue-Preserving Motion Magnification of Video, J. Inst. Indust. Appl. Engineers, 4, 1, pp.40-44, 2016, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, バイラテラル包絡フィルタによるモアレ風画像の生成, 映像情報メディア学会誌, 70, 1, pp.53-55, 2016, 査読有

雷航, 浦濱喜一, 情景観測モデルに基づく物体色復元, 電子情報通信学会論文誌, J98-A, 12, pp.695-699, 2015, 査読有

王富会, 浦濱喜一, 誤差拡散による竹編みハーフトーン化, 電子情報通信学会論文誌, J98-D, 11, pp.1423-1426, 2015, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, バイラテラル最小値/最大値フィルタによるストーン縞模様画像の生成, 画像電子学会誌, 44, 4, pp.665-670, 2015, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, 4分木分割と係数シフトカラーバイラテラルフィルタによるイスラム模様風画像の生成, 画像電子学会誌, 44, 4, pp.671-674, 2015, 査読有

平岡透, 熊野稔, 浦濱喜一, 逆アイリスフィルタによるチェッカー模様画像の生成, 芸術科学会論文誌, 14, 4, pp.165-169, 2015, 査読有

平岡透, 熊野稔, 浦濱喜一, 逆ラブラシアフィルタによるエッジハッチングオブアートの生成, 芸術科学会論文誌, 14, 4, pp.61-64, 2015, 査読有

沖野弘基, 平岡透, 浦濱喜一, 曲線延伸セル分割による貼り絵画像の生成, 画像電子学会誌, 44, 3, pp.457-461, 2015, 査読有

陶俊晟, 浦濱喜一, 色相を保存するカラー画像の融合, 電子情報通信学会論文誌, J98-D, 7, pp.1184-1187, 2015, 査読有

井上光平, 猪口弘康, 原健二, 浦濱喜一,

円形ピクセルアート, 電子情報通信学会論文誌, J98-D, 7, pp.1122-1125, 2015, 査読有

于子涵, 浦濱喜一, バイラテラル包絡フィルタによる物体色の強調復元, 電子情報通信学会論文誌, J98-A, 7, pp.479-482, 2015, 査読有

雷航, 井上光平, 浦濱喜一, 局所射影明度による色相保存アンシャープマスキング, 映像情報メディア学会誌, 69, 6, pp.217-220, 2015, 査読有

雷航, 浦濱喜一, バイラテラルフィルタによる色相保存平滑化と鮮鋭化, 電子情報通信学会論文誌, J98-A, 5, pp.402-405, 2015, 査読有

張宇, 浦濱喜一, 制約付きバイラテラルフィルタによる色相コントラスト強調, 電子情報通信学会論文誌, J98-D, 4, pp.724-726, 2015, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, 逆ソーベルフィルタによる波紋風画像の生成, 画像電子学会誌, 44, 2, pp.349-352, 2015, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, 反復強調バイラテラルフィルタによる砂絵風画像の生成, 芸術科学会論文誌, 14, 1, pp.20-25, 2015, 査読有

K.Inoue, K.Hara, K.Urahama, On Hue-Preserving Saturation Enhancement in Color Image Enhancement, IEICE Trans. Fund., E98-A, 3, pp.927-931, 2015, 査読有

[学会発表](計10件)

K.Inoue, K.Urahama, A Unilateral Filter for Color Transform, FCV, Gifu, 2016, 査読有

A. Yu, K. Hara, K. Inoue, K. Urahama, Corner Detection Approach for Fisheye Images, IWAIT, Pukyong, 2016, 査読有
N. Ono, K. Urahama, Sharpening Interpolated Image by Using Cube of Pixel Difference, ICISIP, Fukuoka, 2015, 査読有

H. Yu, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Piecewise Constant Histogram Specification for False Contour-Free Contrast Enhancement, ICISIP, Fukuoka, 2015, 査読有

K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, A Linear-Time Method for Multi-Exposure Image Fusion ICAI, Tokyo, 2015, 査読有

L. Hang, K. Inoue, K. Urahama, Hue-Preserving Unsharp-Masking with Locally-Projected Brightness, ICAI, Tokyo, 2015, 査読有

R. Sato, T. Hiraoka, K. Urahama, Generating Stone-Stripe-like Color Images by Bilateral Minimum and Maximum Filters, ICAI, Tokyo, 2015, 査

読有

A. Yu, K. Hara, K. Inoue, K. Urahama, Spatially-Variable Laplacian Edge Detector for Fisheye Images, IWAIT, Tainan, 2015, 査読有

L. Hang, K. Inoue, K. Urahama, Inverse Cross-Bilateral Filter for Cross-Sharpener of Images, GCCE, Chiba, 2014, 査読有

T. Hiraoka, K. Urahama, Generation of Striped Color Images by Using Inverse Line Convergence Index Filter Generation of Striped Color Images by Using Inverse Line Convergence Index Filter, ICAICTA, Bandung, 2014, 査読有

[その他]

ホームページ

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K002293/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浦濱 喜一 (URAHAMA KIICHI)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号: 10150492

(2) 研究分担者

原 健二 (HARA KENJI)

九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授

研究者番号: 50380712

井上 光平 (INOUE KOUHEI)

九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授

研究者番号: 70325570