

令和元年6月10日現在

機関番号：17102
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2016～2018
課題番号：16K00241
研究課題名(和文) コンピュータショナルカメラのためのバイラテラル画像処理

研究課題名(英文) Bilateral Image Processing for Computational Camera

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
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000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computational photographyの基盤アルゴリズムの一つであるバイラテラルフィルタについて、多重画像への拡張や高速化法を開発し、知的画像処理への応用を考案し、実装した。バイラテラルフィルタ(BF)については、シフト荷重BF、係数反転BF、セグメントBF、非等方BFなどを開発し、それらを点描画や線描画、ステンドグラス画像や多値ハーフトニング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。

研究成果の学術的意義や社会的意義

写真の色合いを変えたり、絵画風に変換したりする機能が装備されたカメラはコンピュータショナルカメラと総称され、市販もされている。本課題研究は、そのコンピュータショナルカメラの中核技術であるバイラテラル画像処理について、基礎から応用にわたる研究を行ったものである。本研究の成果は、これからのコンピュータショナルカメラの発展に貢献できると考えられ、さらに広範なコンピュータショナルイメージング技術の進展に寄与できると期待される。

研究成果の概要(英文)：Throughout this research, we have developed an extension of the bilateral filter to multimodal images and high-speed computational algorithms 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 a shift-weighted BF, coefficient-inverted BF, segment BF and anisotropic BF. We have applied them to non-photorealistic rendering techniques such as stippling, line drawings, stained glass images and multi-valued half-toning.

研究分野：画像情報処理

キーワード：バイラテラルフィルタ フィルタ 画像処理 ノンフォトリアリスティックレンダリング コンピュータショナルフォトグラ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

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押し進められており、「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、大きな関心と呼んでいる。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、次世代カメラのためのコンピューショナルフォトグラフィ技術に用いるバイラテラル画像処理技法の開発を全体構想として、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

まず始めに基礎研究として、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) バイラテラル包絡フィルタ

包絡画像を求めるバイラテラル包絡フィルタを開発し、除霧や物体色復元などのトーンリプロダクションに応用する。

(2) グラフスペクトルフィルタ

多項バイラテラルフィルタを含むグラフスペクトルフィルタを開発し、画像のリライティングやリカラリングに応用する。

(3) L_p バイラテラルフィルタ

バイラテラルフィルタの重み係数のユークリッド距離を L_p 距離に一般化し、画像を非等方適応的に平滑化するノンフォトリアリスティックレンダリングに応用する。

(4) 逆バイラテラルフィルタ

バイラテラルフィルタの入出力逆問題を解く逆フィルタ処理による画像強調法を開発す

る。

(5) 測地距離フィルタによる高速画像平滑化

バイラテラル空間での測地距離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グラフィックスペクトルフィルタに応用する。

(6) 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。

(7) 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Lp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。

(8) 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、カラースケッチやカラーイラスト画、ステ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。

引き続き、以上で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ョ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し、以下の研究を行う。

(9) 一般化画像生成モデルによるトーンリプロダクション

ヘイズや水中での色の変化をモデル化し、それに基づいて観測色から物体色を復元する手法を除霧や水中写真復元、露光補正などに応用する。

(10) 順/逆非線形フィルタによる多様な新機能画像処理

非線形画像フィルタの逆処理を行う反復法を開発し、画像強調や NPR 画像からの画像復元、多重モード画像の融合などに応用する。

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ニング法として、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ニング法を提案した。

(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テ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

[雑誌論文](計 19 件)

N. Ono, K. Urahama, Comparing interpolations in frequency domain and improvement of interpolated images by using cube of pixel differences, J. Inst. Indust. Appl. Engineers, 6, 1, pp.9-16, 2018, 査読有

A. Yu, N. Ono, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Backward filtering of images by iterating forward filters, J. Inst. Indust. Appl. Engineers, 5, 4, pp.197-203, 2017, 査読有

T. Hiraoka, K. Urahama, Generation of Stripe-Patchwork Images by Entropy and Inverse Filter, ICIC Express Letters, 11, 12, pp.1787-1793, 2017, 査読有

T. Hiraoka, K. Urahama, Moire-Like Images Using Binarized-Weight Bilateral Filter for Higher Quality and Speed, ICIC Express Letters, 11, 11, pp.1685-1691, 2017, 査読有

野中文博, 浦濱喜一, 反復法による画像の逆フィルタの収束性, 電子情報通信学会論文誌, J100-A, 10, pp.393-396, 2017, 査読有

原健二, 井上光平, 浦濱喜一, 正則化回帰によるブラインド BM3D デノイジング, 電子情報通信学会論文誌, J9100D, 9, pp.866-869, 2017, 査読有

原健二, 井上光平, 浦濱喜一, カラー事前分布を用いたノンローカルミーデノイジングのパラメータ最適化, 電子情報通信学会論文誌, J9100A, 9, pp.346-349, 2017, 査読有

A. Yu, N. Ono, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Isoluminant Color Halftoning for Generating Pointillistic Tile Images and Photomosaics, J. Inst. Indust. Appl. Engineers, 5, 3, pp.104-110, 2017, 査読有

K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, RGB Color Cube-Based Histogram Specification for Hue-Preserving Color Image Enhancement, J. Imaging, 3, 24, 2017, 査読有

于安水, 原健二, 浦濱喜一, 明度保存カラー量子化による点描風モザイクアート, 電子情報通信学会論文誌, J100A, 6, pp.255-258, 2017, 査読有

Y. Gao, K. Ono, K. Urahama, Real-time Rendering of 3D Ink-wash Painting Based on Geometry Buffers, J. Inst. Indust. Appl. Engineers, 44, 3, pp.457-461, 2017, 査読有

魏富彬, 小野直樹, 浦濱喜一, 2 値画像の平滑化誤差に基づくハーフトーニング, 電子情報通信学会論文誌, J100-D, 5, pp.613-615, 2017, 査読有

井上光平, 浦濱喜一, 平滑化に基づくカラー編み込み量子化, 映像情報メディア学会誌, 71, 4, pp.159-161, 2017, 査読有

原健二, 井上光平, 浦濱喜一, 一般化ガウス事前モデルによるバイラテラルフィルタのパラメータ最適化, 電子情報通信学会論文誌, J100-D, 3, pp.451-454, 2017, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, フーリエ変換による反応拡散模様風画像の生成, 画像電子学会誌, 46, 1, pp.218-221, 2017, 査読有

H. Yu, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Histogram Interpolation Methods for Image Contrast Enhancement, 電子情報通信学会論文誌, 5, 1, pp.7-14, 2017, 査読有

井上光平, 浦濱喜一, 物体欠損が少ない任意形状フレームのフォトコラージュ, 映像情報メディア学会誌, 71, 2, pp.106-109, 2017, 査読有

T. Hiraoka, M. Hirota, K. Inoue, K. Urahama, Generating Cell-Like Color Images by Inverse Iris Filter, ICIC Express Letters, 11, 2, pp.399-404, 2017, 査読有

平岡透, 浦濱喜一, 輪郭線画像と線形回帰分析を用いた写真画像からのハッチング画像の生成, 映像情報メディア学会誌, 70, 12, pp.275-280, 2016, 査読有

[学会発表](計 19 件)

小野直樹, 浦濱喜一, バイラテラルフィルタを用いたエッジ歪抑制画像鮮鋭化, 電子情報通信学会全国大会, 2018

敷田麻依, 井上光平, 原健二, 浦濱喜一, ガウシアンメディアンフィルタによる画像の平滑化, 信号処理シンポジウム, 2017

于安水, 井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 改訂誤差拡散法による等明度タイル画像, VC シンポジウム, 2017

岡崎大暉, 原健二, 井上光平, 浦濱喜一, 重合格子を用いた全天周画像の顕著性マップ, 映像情報メディア学会年次大会, 2017
H. Yu, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Reflectance Spectra Recovery with Non-negativity Constraints, ISPACS, Phuket, Thailand, 2016, 査読有
H. Yu, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Image Contrast Enhancement by Interpolated Histogram Specification, ICISIP, Kyoto, 2016, 査読有
Y. Gu, N. Ono, K. Urahama, Ink-painting Animation by Geometry Buffer Based Real-time 3D Rendering, ICISIP, Kyoto, 2016, 査読有
Z. Zhang, K. Inoue, K. Hara, K. Urahama, Image Downscaling Based on Neugebauer Model, ICISIP, Kyoto, 2016, 査読有
N. Ono, K. Urahama, Comparing Interpolations in Frequency Domain and Improvement of Interpolated Images by Using Cube of Pixel Difference, ICISIP, Kyoto, 2016, 査読有
原田葵, 井上光平, 浦濱喜一, 浮動長を制限するカラーテープ編み画像, 映像情報メディア学会年次大会, 2016
井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 任意形状フレームのフォトコラージュ, VC シンポジウム, 2016
井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 任意形状フレームのフォトコラージュ, VC シンポジウム, 2016
井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 浮動ヒゴ長を制限する竹編み風画像, VC シンポジウム, 2016
井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 糸を最短にするクロスステッチの刺し方, VC シンポジウム, 2016
井上光平, 原健二, 浦濱喜一, waifu2x に基づく画像縮小, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2016
余衡鈞, 井上光平, 原健二, 浦濱喜一, 補間ヒストグラム指定法による画像のコントラスト強調, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2016
王少豪, 浦濱喜一, RYB 色空間画像処理による水彩画の生成, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2016
雷航, 原健二, 浦濱喜一, 明領域灰色仮説による物体色復元, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2016
K. Inoue, K. Suenaga, K. Hara, K. Urahama, A Unilateral Filter for Color Transform, FCV, 2016, 査読有

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 原 健二

ローマ字氏名: HARA, kenji

所属研究機関名: 九州大学

部局名: 芸術工学研究院

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 50380712

研究分担者氏名: 井上 光平

ローマ字氏名: INOUE, kohei

所属研究機関名: 九州大学

部局名: 芸術工学研究院

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 70325570

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。