

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 3月12日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500175

研究課題名（和文） バイラテラルフィルタの拡張と次世代カメラへの応用

研究課題名（英文） Extension of Bilateral Filter and Its Application to Next-Generation Cameras

研究代表者

浦濱 喜一 (URAHAMA KIICHI)

九州大学・大学院芸術工学研究院・教授

研究者番号：10150492

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ー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.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

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：画像情報処理

1. 研究開始当初の背景

デジタルカメラのフルハイビジョン化が達成され、成熟期を迎えている。今後は利

便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。computational photography という用語が

Steve Mann によって提唱されてから、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、IEEE Int. Conf. Computational Photography という国際会議も始められている。Computational photography とは従来のカメラでは撮影不可能な画像を生成する次世代カメラシステムに関する新技術の総称である。カメラは旧来の銀塩のアナログからデジタル化され、機能が格段に進歩したが、基本原理は旧来のままであり、依然として単一撮影による単一写真出力である。Computational photography はこの基本原理にブレイ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。従って computational photography の中核は多重モード画像の機能的融合技術であり、バイラテラルフィルタが多用される。

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、computational photography 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、基盤アルゴリズムであるバイラテラルフィルタについて、多重モード画像への拡張や高速化法を開発し、知的画像処理法に応用する。具体的には

①積空間係数分離によるバイラテラルフィルタの高速アルゴリズムを開発し、メモリ使用量と高速化率及び近似誤差のトレードオフ関係を明らかにする。

②多重モード画像を統合的に処理する複合バイラテラルフィルタを開発し、機能的画像融合への有効性を検証する。

③非局所バイラテラルフィルタやグラフ論的バイラテラルフィルタなどの新しいタイプのフィルタを開発し、従来のフィルタにはない新機能を実現する。

次に、これらの新規なバイラテラルフィルタを活用して

④Computational photography 技術に要求される多重モード画像の機能的融合による知的画像処理技法を開発する。

3. 研究の方法

初年度では本研究の基盤アルゴリズムである新しいタイプのバイラテラルフィルタを考案し、その高速化法を開発して、それに基づいて次年度以降では次世代カメラのための知的画像処理技法を開発する。具体的には

1. 非等方バイラテラルフィルタ

フィルタ係数が空間的に非等方なバイラ

テラルフィルタについて勾配テンソルの平滑化を改良して空間的コヒーレンスを向上させる。

2. 非対称バイラテラルフィルタ

フィルタ係数が画素値方向に非対称なバイラテラルフィルタを開発する。

3. 非一様バイラテラルフィルタ

フィルタ係数が画素の場所によって異なるバイラテラルフィルタを開発する。

4. クロスバイラテラルフィルタ

補助画像で制御されるフィルタ係数によって入力画像を平滑化するクロスバイラテラルフィルタを開発し、平滑化能力を検証する。

5. 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平滑化する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。

6. 固定係数反復バイラテラルフィルタ

入力画像にバイラテラルフィルタを反復してかけるときに、計算量を減らして階段効果を抑制するためにフィルタ係数を入力画像の値に固定する固定係数反復フィルタを開発する。

7. ウィンドウバイラテラルフィルタ

フィルタ係数に用いられる画素間類似度を、ブロック間類似度に拡張して平滑化能力を高めたウィンドウバイラテラルフィルタを開発する。

8. 係数の積空間分解による高速化

画像平面で直接フィルタ係数を空間分解するのではなく、画素値空間との直積空間においてフィルタ係数を分解する低誤差の高速化法を開発する。

9. グラフ論的バイラテラルフィルタ

グラフスペクトル法を応用した新しいタイプのバイラテラルフィルタを開発し、入力画像に加えて補助情報も入力されるときに、それらを機能的に統合して処理する新しいタイプの画像データ処理手法を開発する。

10. 単一画像の成分分離

バイラテラルフィルタの平滑化とエッジ保存性を利用して、単一画像を基調成分と詳細成分や照明成分とテクスチャ成分に分離する手法を開発する。

11. 複数画像の融合

多重画像の各画像を種々の構成成分に分離し、分離された各成分を独立に処理した後に再結合することによって以下のような機能的画像融合法を開発する。

11.1 通常撮影/フラッシュ撮影写真の融合

通常撮影写真に加えて多重ストロボフラッシュ写真を組み合わせて、エッジ検出、セグメンテーション、物体抽出、奥行き測定、物体色推定などコンピュータビジョンに必要な処理を安定高速に行うカメラシステム

を提案する。

11.2 多方向照明画像の融合

物体表面の3次元立体構造を把握し易くするために、照明の位置を変えた複数枚の写真を融合して、3次元形状を復元する手法を開発する。

11.3 多重露光写真の融合

露光の異なる複数の写真を撮影し、広ダイナミックレンジの写真を合成して、コントラスト強調や適応的露光写真を生成する技法を開発する。

11.4 多重スペクトル画像の融合

通常写真と赤外線撮影など種々のスペクトルバンドでの複数撮影写真を融合し、移動物体の検出や運動解析など監視カメラに有用な知的画像処理技術を開発する。

11.5 多重焦点距離画像の融合

焦点距離の異なる複数枚の写真を合成して全域合焦画像を生成する。また画素ごとに合焦度を適応的に調節して人工的な任意合焦画像を生成する。

11.6 マルチモーダル画像の融合

CTとPETなどのようにモードの異なる医用画像を合成して、体組織の視認性の高い画像を生成することにより、コンピュータ援用医療診断に役立つ知的画像処理技法を開発する。

12. 人工的任意撮影条件写真の生成

12.1 照明変換(relighting)

多重照明写真を機能的に合成して従来法では得られない人工的な照明写真を生成する。

12.2 合焦変換(refocusing)

多重焦点写真を機能的に融合して、人工的な被写界深度の調節や物体ごとの合焦調節などを任意に行える computational photography 技法を開発する。

12.3 イラスト風ビデオの生成

多重フラッシュ撮影による輪郭線検出とバイラテラルフィルタによるイラスト風トーン生成によりリアルタイムにイラスト風ビデオを生成するシステムを開発する。

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ー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

(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)

- ① 常セン, 浦浜喜一, シフト荷重バイラテラルフィルタによる画像鮮鋭化, 電子情報通信学会論文誌, J95-A, 2, pp.226-229, 2012, 査読有
- ② 井上光平, 原健二, 浦浜喜一, ロバストバイラテラルフィルタによる混合雑音除去, 電子情報通信学会論文誌, J95-D, 2, pp.339-341, 2012, 査読有
- ③ 郭冠華, 浦浜喜一, 非等方多値化によるスケッチ風イラスト画像の生成, 電子情報通信学会論文誌, J95-A, 2, pp.241-243, 2012, 査読有
- ④ 郭冠華, 浦浜喜一, 奥行知覚に基づく画像のリライティング多値化, 電子情報通信学会論文誌, J95-A, 2, pp.210-212, 2012, 査読有
- ⑤ 傅晓宇, 王濤, 浦浜喜一, 係数反転バイラテラルフィルタによる誤差拡散ハーフトーニング, 映像情報メディア学会誌, 65, 12, pp.1817-1820, 2011, 査読有
- ⑥ 胡忠英, 浦浜喜一, 非等方ポロノイ線画による画像のハーフトーニング, 電子情報通信学会論文誌, J94-D, 12, pp.2126-2129, 2011, 査読有
- ⑦ 郭冠華, 浦浜喜一, 非等方クロスバイラテラルフィルタによる非写実的 2 値化, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 5, pp.383-386, 2011, 査読有
- ⑧ 杜増コウ, 浦浜喜一, クロスアンシャープマスキングによる多重画像の鮮鋭化, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 9, pp.749-752, 2011, 査読有
- ⑨ 常セン, 浦浜喜一, 非等方多値モードフィルタによるセル画調イラストの NPR, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 8, pp.673-675, 2011, 査読有
- ⑩ 王富会, 王濤, 井上光平, 浦浜喜一, 非等方重心ポロノイ分割によるステンドグラス画像, 映像情報メディア学会誌, 65, 7, pp.1000-1002, 2011, 査読有
- ⑪ 胡忠英, 浦浜喜一, ポロノイ点描画の非等方最近傍接続による線描画, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 6, pp.445-448, 2011, 査読有
- ⑫ Y. Qiu, K. Urahama, Edge-preserving

cross-sharpening of multi-modal images, IEICE Trans. Inf. Syst., E94-D, 3, pp.718-720, 2011, 査読有

- ⑬ 胡忠英, 浦浜喜一, バイラテラル距離に基づく非等方 TSP アート, 電子情報通信学会論文誌, J94-D, 4, pp.746-749, 2011, 査読有
- ⑭ 胡忠英, 浦浜喜一, バイラテラル Lp 距離に基づく非等方ストローク生成, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 3, pp.226-229, 2011, 査読有
- ⑮ 王富会, 浦浜喜一, 非等方ポロノイ分割によるステンドグラス画像, 電子情報通信学会論文誌, J94-A, 2, pp.149-152, 2011, 査読有
- ⑯ 常せん, 王濤, 浦浜喜一, セグメントバイラテラルフィルタによる画像平滑化と雑音除去, 映像情報メディア学会誌, 65, 4, pp.554-556, 2011, 査読有
- ⑰ 王濤, 井上光平, 浦浜喜一, 逆アンシャープマスキングによる画像の非写実的鮮鋭化と 2 値化, 映像情報メディア学会誌, 65, 4, pp.550-553, 2011, 査読有
- ⑱ 常セン, 浦浜喜一, 重み付きウィンドウバイラテラルフィルタによる混合雑音除去, 電子情報通信学会論文誌, J93-A, 6, pp.430-432, 2010, 査読有
- ⑲ 井上光平, 小川真人, 原健二, 浦浜喜一, エッジ強調性を抑制する適応的バイラテラルフィルタ, 電子情報通信学会論文誌, J93-D, 1, pp.68-70, 2010, 査読有
- ⑳ 井上光平, 小川真人, 原健二, 浦浜喜一, 反復適応的バイラテラルフィルタによるエッジ保存平滑化, 電子情報通信学会論文誌, J93-d, 11, pp.2558-2560, 2010, 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① W. Du, K. Urahama, Error-correcting semi-supervised learning with extended mode filter on graphs, SCIS/ISIS, Okayama, 2010, 査読有
- ② C. Jian, K. Urahama, Window mode filter for image denoising, TENCON, Fukuoka, 2010, 査読有
- ③ Z. Hu, K. Urahama, Anisotropic super-ellipsoidal stippling with bilateral Lp distance, CJKPR, Fukuoka, 2010, 査読有
- ④ W. Du, K. Urahama, Error-Correcting semi-supervised pattern recognition with mode filter on graphs, ISAC 2010, Tainan, 2010, 査読有
- ⑤ Y. Qiu, F. Tian K. Urahama, A cross bilateral filter for image denoising based on undecimated wavelet

transform, FCV, Hiroshima, 2010, 査読有

- ⑥ C. Jian, K. Inoue, K. Urahama, Bootstrap denoising of images with self-cross bilateral filter, FCV, Hiroshima, 2010, 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・助教

研究者番号：70325570

研究者番号：