

平成21年 6月24日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19500159
 研究課題名(和文) 新画像分解表現理論とその超高品質デジタルシネマ撮影用の高画質化処理への展開
 研究課題名(英文) New image decomposition theory and its development to take ultra high definition digital cinema
 研究代表者
 齊藤隆弘 (SAITO TAKAHIRO)
 神奈川大学・工学部・教授
 研究者番号：10150749

研究成果の概要：従来の加算型BV+G分解に対して、乗算型のBV×G分解法と提案し、加算型分解と乗算型分解との性能比較をおこなった。Wavelet Color Shrinkageを開発した。また、Wavelet Color Shrinkageを用いたTV-L1画像分解アルゴリズムを考案した。BV+G分解を用いて、デジタルカメラ用の新しいイメージプロセッシングパイプラインの開発し、その性能評価を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2000000	600000	2600000
2008年度	700000	210000	910000
年度			
年度			
年度			
総計	2700000	810000	2510000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像処理

1. 研究開始当初の背景

画像を骨格成分とテクスチャ成分とに分離表現する手法の研究は、最近 EU とくにフランスの応用数学分野の研究者を中心として盛んに研究され始めている。応用数学系の学会での発表が多く、これまで画像処理関係者の目に触れることが少なかったことと、高度な数学的記述が多く、難解なことも起因してか、我が国ではこの分野の研究を行っている画像工学研究者は研究代表者のグループ以外は皆無である。研究代表者らは、2004年からこの分野の研究に着手し、骨格成分とテクスチャ成分の乗算分離表現手法と、その種々な画像処理への応用に関する研究成果を国際会議や国内学会において発表してき

た。画像の骨格成分/テクスチャ成分分離、すなわち BV 空間成分と G 空間成分への分離手法は、物体の重なり合い等に由来して不連続な境界領域がしばしば現れる画像信号特有の性質を解析する上で極めて有効な手法である。この解析手法を種々な画像処理手法に導入することで、これまでのフーリエ変換に基づく信号処理手法の性能限界を超える高度かつ新規な画像処理方式を実現できる可能性がある。

2. 研究の目的

現在の映画は、撮影から編集加工、配信、上映までが全てフィルムベースで行われている。デジタルシネマは、これらの全ての

過程をデジタルデータベースで行うものである。デジタルシネマを実現する上でまず重要となる課題は、800万画素を超える空間解像度と、3Dシネマへの応用を考慮すると秒60フレーム程度の時間解像度を有する撮像システムの構築である。デバイス製造技術の進展とともに撮像素子の多画素化が実現されてきた。しかしながら、多画素化に伴い、1画素当たりの受光素子面積は次第に減少し、光電変換に伴うショットノイズの影響を無視できないレベルに達している。また、TV映像とは異なり、映画の場合には室内の薄暗いシーン等の入射光量が比較的少ない状況での撮影も可能でなければならない。よって、撮像システムを構築する上で、混入する信号依存性雑音を適切に処理可能な高度な画像処理技術の開発が重要である。

ここ数年の間、画像信号をBV空間成分とG空間成分に分離表現する方法と、種々な画像処理への応用の可能性を探る研究が盛んに行われ始めている。

BV空間は有界変動関数空間であり、不連続境界によって区分された複数の“滑らかな小部分領域”から構成された画像関数が存在する空間を意味している。一方、G空間は振動関数空間であり、BV空間の双対空間である。G空間は、いたる所で振動する成分を有する画像関数が存在する空間である。

画像を骨格成分画像とテクスチャ成分画像とに分割する新たな分離表現法は、画像を周波数成分に分解する従来の帯域分離表現法とは異なり、“異なる物体の重なり合いの生じた撮像対象”がその発生機構となっている画像のモデル化に適した分離表現法となっている。

画像を2つの成分に分離表現する際に、加算分離表現モデルと乗算分離表現モデルの二種類の分離表現法が考えられる。本研究では、加算分離表現モデルと乗算分離表現モデルの各々について、画像の骨格成分とテクスチャ成分への高精度な分離を実現する方法の開発を行い、加算と乗算分離表現モデルの利害得失を明らかにする。また、種々なタイプの信号依存性雑音が混入したデジタルカメラ画像に対して、開発した骨格/テクスチャ分離表現手法を適用し、骨格成分とテクスチャ成分の各々の性質に適した高度な雑音除去手法の開発を目的としている。

3. 研究の方法

初年度の研究目標は、画像を骨格成分とテクスチャ成分とに分離表現するための高精度な分離アルゴリズム法の開発であった。

加算分離表現モデルと乗算分離表現モデルとに対して、VeseとOsherの分離アルゴリズムや、ChambolleのProjection法による分離アルゴリズム等を適用し、二種類の画

像分離表現モデルの性質を明らかにするとともに、後に各分離成分に対して画像処理を行うことを考慮し、各々の画像処理課題により適した高精度な分離アルゴリズムの開発を行なった。

二年度目は、デジタルカメラ画像中に含まれる信号依存性雑音のモデル化と、画像の骨格成分とテクスチャ成分への分離表現手法を用いたデジタルカメラ用の高度なイメージプロセッシングパイプラインの開発を行った。

4. 研究成果

(1)画像の骨格成分とテクスチャ成分への高精度な分離を実現する方法の開発

画像の加算分離表現モデルと乗算分離表現モデルとに対して、VeseとOsherの分離アルゴリズムや、ChambolleのProjection法による分離アルゴリズム等を適用し、二種類の画像分離表現モデルの性質を明らかにするとともに、各々の画像処理課題により適した高精度な分離アルゴリズムの開発を行った。また、開発した分離アルゴリズムを用いた画像処理法の検討を行った。分離アルゴリズムを用いた雑音除去法では、画像分離により雑音成分が主にテクスチャ成分に含まれる性質を利用して効率的な雑音除去を実現した。分離アルゴリズムを用いた画像拡大補間法で各々の成分に適した拡大補間法を適用することでぼけの少ない画像拡大法を実現した。

(2)Wavelet Color Shrinkageを用いたTV-L1画像分解

ChambolleのProjection法を用いてカラー画像をTV-L1画像分解する場合、R,G,Bの各画像を各々独立に処理することになる。この場合、カラーエッジ周辺で色ずれを生じることがある。そこで、TV-L1非線形画像分解モデルと定義し、反復更新型の計算によって解くアルゴリズムに考案した。

(3)デジタルカメラ用のイメージプロセッシングパイプラインの開発

高ISO感度で撮像されたRAW画像データは信号依存性雑音により劣化したものとなっている。画像をデモザイクする際に、BV-GおよびBV-L1画像分解を適用し、分解成分各々に適したデモザイク法を適用することで、雑音を含む画像に対しても鮮鋭度を保ちつつ雑音を抑圧された良好なデモザイク処理が可能な方式の開発をおこなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

1) 小松隆, 齊藤隆弘, 「TV正則化法を用いたJPEG圧縮画像の超解像デコーディング」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J90-D, no. 7, pp. 1671-1674, 2007年7月。

- 2) 石井勇樹, 中川陽介, 小松隆, 齊藤隆弘, 「乗算型骨格/テクスチャ画像分離の画像処理への応用」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J90-D, no. 7, pp. 1682-1685, 2007年7月.
- 3) 武尾英哉, 小松隆, 齊藤隆弘, 「実用化に向けた経年劣化シネマ映像のデジタル修復に関する検討」, 画像電子学会誌, vol. 36, no. 4, pp. 465-470, 2007年7月.
- 4) 小松隆, 齊藤隆弘, 「Total-Variation 正則化を用いたシャープニングデモザイキング法」, 映像情報メディア学会誌, vol. 61, no. 11, pp. 1621-1632, 2007年11月.
- 5) 齊藤隆弘, 「サンプリング定理の壁を打ち破る: 一枚の画像からの超解像度オーバーサンプリング」, 映像情報メディア学会誌, vol. 62, no. 2, pp. 1621-1632, 2008年2月.
- 6) 石井勇樹, 相澤陽哉, 小松隆, 齊藤隆弘, 「乗算型 TV-G 画像分解に基づく画像拡大法」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J91-D, no. 8, pp. 1979-1982, 2008年8月.
- 7) 相澤陽哉, 石井勇樹, 小松隆, 齊藤隆弘, 「TV-L1 非線形画像分解による信号依存性雑音の除去」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J91-D, no. 8, pp. 1998-2001, 2008年8月.
- 8) 小松隆, 齊藤隆弘, 「色差と色和の TV を用いたカラー画像雑音除去法」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J91-D, no. 8, pp. 2002-2004, 2008年8月.
- 9) 齊藤隆弘, 小松隆, 「色間相関を利用した新しい Wavelet Shrinkage 雑音除去法の提案」, 電子情報通信学会論文誌, vol. J91-D, no. 8, pp. 2005-2008, 2008年8月.
- 10) T. Saito, T. Komatsu, “Image Processing Approach Based on Nonlinear Image-Decomposition,” IEICE Trans. Fundamentals, vol. E92-A, no. 3, pp. 696-707, Mar. 2009.

[学会発表] (計 31 件)

- 1) T. Saito, Y. Ishii, T. Komatsu, “Nonlinear decomposition-and-denoising approach for removal of signal-dependent noise of a digital color camera,” Proc. SPIE, vol. 6603, pp. 66031M:1-66031M:12, May 2007.
- 2) Y. Ishii, T. Saito, T. Komatsu, “Denoising via nonlinear image decomposition for a digital color camera,” Proc. 2007 IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. I-309~I-312, Sept. 2007.
- 3) I. Tsubaki, T. Komatsu, T. Saito, “Interframe motion deblurring using spatio-temporal regularization,” Proc. 2007 IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. IV-409~IV412, Sept. 2007.

- 4) A. Kubota, T. Saito, “A variational recovery method for virtual view synthesis,” Proc. 2007 IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. IV-421~IV-424, Sept. 2007.
- 5) 小松隆, 齊藤隆弘, 「Total Variation 正則化を用いたデモザイキングの一検討」, 2007年映像情報メディア学会年次大会, 7-2, 2007年8月.
- 6) 相澤陽哉, 石井勇樹, 小松隆, 齊藤隆弘, 「デジタルカメラ信号依存性雑音の非線形画像分解によるモデル化と除去」, 電子情報通信学会 2007年ソサイエティ大会, A-4-24, 2007年9月.
- 7) 小松隆, 齊藤隆弘, 「色差/色和の TV 正則化を用いた雑音除去法の一検討」, 電子情報通信学会 2007年ソサイエティ大会, A-4-23, 2007年9月.
- 8) 齊藤隆弘, 小松隆, 「色相関を利用した新しい Wavelet Shrinkage 雑音除去法の提案」, 映像メディア処理シンポジウム (IMPS2007), I2-16, 2007年11月.
- 9) 小松隆, 齊藤隆弘, 「色差と色和の TV を用いたカラー画像雑音除去法の検討」, 映像メディア処理シンポジウム (IMPS2007), I3-02, 2007年11月.
- 10) 石井勇樹, 小松隆, 齊藤隆弘, 「CFA モザイク画像の非線形画像分解とその応用」, 2007年映像情報メディア学会冬季大会, 4-8, 2007年12月.
- 11) T. Saito, Y. Ishii, H. Aizawa, T. Komatsu, “High-quality image interpolation via nonlinear image decomposition,” Proc. SPIE-IS&T, vol. 6812, pp. 681230:01-681230:12, Jan. 2008.
- 12) T. Saito, Y. Ishii, H. Aizawa, T. Komatsu, “Noise suppression approach with the BV-L1 nonlinear image decomposition,” Proc. SPIE-IS&T, vol. 6817, pp. 681708:01-681706:12, Jan. 2008.
- 13) T. Saito, T. Komatsu, “Demosaicing method using the extended color total-variation regularization,” Proc. SPIE-IS&, vol. 6817, pp. 681711:01-181711:12, Jan. 2008.
- 14) T. Saito, T. Komatsu, “Total-variation approach and wavelet shrinkage for color-image denoising with inter-channel cross-correlations”, Proc. the 3rd IEEE Int. Symposium on Communications, Control and Signal Processing, pp. 494-499, Mar. 2008.
- 15) 小松隆, 齊藤隆弘, 「視覚の時空間特性を利用した雑音除去静止画像の新表示法」, 電子情報通信学会 2008年総合大会, D-11-88, 2008年3月.
- 16) 齊藤隆弘, 小松隆, 「変換領域における

カラー画像雑音除去のための Color Shrinkage 法」, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, D-11-90, 2008 年 3 月.

17) 石井勇樹, 小松隆, 齊藤隆弘, 「CFA モザイクカラー画像の非線形画像分解に基づく雑音抑制型デモザイキング法」, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, D-11-85, 2008 年 3 月.

18) T. Saito, Y. Ishii, H. Aizawa, D. Yamada, T. Komatsu, “Nonlinear decomposition- and- demosaicing approach for a digital color camera,” Proc. the 16th European Signal Process. Conf., 1569098794.pdf, Aug. 2008.

19) T. Saito, N. Fujii, S. Yoshioka, T. Komatsu, “Spatially-adaptive wavelet denoising scheme with linear color shrinkage,” Proc. 16th European Signal Process. Conf., 1569098800.pdf, Aug. 2008.

20) 山田大介, 小松隆, 齊藤隆弘, 「加算型非線形画像分解を用いたデジタルカラーカメラ IP パイプライン」, 電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会, A-4-12, 2008 年 9 月.

21) 小松隆, 齊藤隆弘, 「TV 正則化を用いた Alleysson の線形デモザイキング法の改善」, 電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会, A-4-16, 2008 年 9 月.

22) T. Saito, T. Komatsu, “Demosaicing approach based on extended color total-variation regularization,” Proc. of 2008 IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. 885-888, Oct. 2008.

23) T. Saito, Y. Ishii, H. Aizawa, D. Yamada, T. Komatsu, “Image-processing approach via nonlinear image-decomposition for a digital color camera,” Proc. of 2008 IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. 905-908, Oct. 2008.

24) 齊藤隆弘, 小松隆, 「色間相関を考慮した非線形画像分解法」, 映像メディア処理シンポジウム (IMPS2008), I1-03, 2008 年 10 月.

25) 山田大介, 小松隆, 齊藤隆弘, 「色間相関を利用した非線形画像分解に基づくデジタルカメラ IP パイプライン」, 映像メディア処理シンポジウム (IMPS2008), I4-01, 2008 年 10 月.

26) T. Saito, D. Yamada, H. Aizawa, T. Komatsu, “New Architectures of an image-processing pipeline based on nonlinear image-decomposition,” Proc. SPIE-IS&T, vol. 7250, pp. 7250A:01-7250A:12, Jan. 2009.

27) T. Saito, H. Aizawa, D. Yamada, T. Komatsu, “Nonlinear Color-Image Decomposition for image processing of a

digital color camera,” Proc. SPIE-IS&T, vol. 7250, pp. 72500R:01-72500R:12, Jan. 2009.

28) 小松隆, 齊藤隆弘, 「多重解像度離散化を用いた BV-G 分解法の一検討」, 映像メディア処理シンポジウム (IMPS2008), I6-02, 2008 年 10 月.

29) 小松隆, 齊藤隆弘, 「冗長 Haar wavelet 変換を用いた新しい反復型画像ぼけ復元法」, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, D-11-79, 2009 年 3 月.

30) 山田大介, 小松隆, 齊藤隆弘, 「テクスチャ調整による DSC-IP パイプラインの画質制御」, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, D-11-93, 2009 年 3 月.

31) 齊藤隆弘, 小松隆, 「不均一標本画像場のための偏微分近似作用素」, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, D-11-96, 2009 年 3 月.

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 成分抽出補正装置, 成分抽出補正方法, 成分抽出補正プログラム, 又は電子機器

発明者: 新垣英哉, 齊藤隆弘

権利者: 新垣英哉, 齊藤隆弘

種類: 特許出願

番号: 2008-196814

出願年月日: 2008 年 7 月 30 日

国内外の別: 国内

名称: ノイズ除去装置, ノイズ除去方法及びノイズ除去プログラム

発明者: 齊藤隆弘, 小松隆, 新垣英哉

権利者: 齊藤隆弘, 小松隆, 新垣英哉

種類: 特許出願

番号: 2008-222369

出願年月日: 2008 年 8 月 29 日

国内外の別: 国内

名称: 画像処理装置及び画像処理プログラム

発明者: 新垣英哉, 齊藤隆弘, 石井勇樹

権利者: 新垣英哉, 齊藤隆弘, 石井勇樹

種類: 特許出願

番号: 2007-303551

出願年月日: 2007 年 11 月

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齊藤 隆弘 (SAITO TAKAHIRO)

神奈川大学・工学部・教授

研究者番号: 10150749

(2) 研究分担者

小松 隆 (KOMATSU TAKASHI)

神奈川大学・工学部・助手

研究者番号: 80241115