

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560443

研究課題名(和文)凸最適化による統合型画像伝送システムに関する研究

研究課題名(英文)Joint image transmission via convex optimization

研究代表者

宮田 高道 (Miyata, Takamichi)

千葉工業大学・工学部・准教授

研究者番号：90431999

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)：画像処理の分野において、望ましい出力結果が備えていると先験的に知られている情報を表現し、かつ凸性を備えるような目的関数を最小化することで種々の課題を解決する凸最適化をもちいた手法が数多く提案されている。本研究課題では、この凸最適化の適用範囲を、エンドツーエンドの画像伝送の構成要素である画像インペインティング、画像リターゲティング、画像符号化の3つの分野へと拡張することを目的とした。インペインティングに関しては画像の低ランク性を利用した手法を、リターゲティングに関しては重要領域の移動に着目した手法を、画像符号化においては輝度と色差の関係を利用した後処理手法をそれぞれ提案した。

研究成果の概要(英文)：Convex optimization based methods are widely proposed in image processing research field. Such methods utilize prior information of desired result by representing the information as a convex objective function. In this research project, we tried to push the boundary of the convex optimization based methods towards three important problems --- image inpainting, image retargeting and image coding--- which are the building blocks of end-to-end image transmission system. We proposed a low-rank matrix based image inpainting method, an image retargeting method by focusing on ROI (region of interest) movement, and a post processing method for coded chrominance component by using the luminance-chrominance correlation.

研究分野：画像処理

キーワード：凸最適化 画像符号化 画像処理

1. 研究開始当初の背景

画像処理の分野においては、画像のノイズ除去やぼけ除去などの比較的基礎的な課題を解くために、凸最適化を応用することが一般的になっている。このようなアプローチは、課題に対する望ましい出力結果が備えているべき条件（先験情報）を、凸性を備える目的関数の形で表現し、当該目的関数を最小化するというものであり、そのようなアプローチに従う手法を提案する研究成果は、学術誌論文、国際会議において数多く発表されている。しかしながら、凸最適化をより複雑な画像処理のタスクに対して適用した結果については、検討がされていないか、いまだ十分な成果が得られていないのが現状である。

これに対して本研究課題は、凸最適化を用いた画像処理の枠組みを、画像インペインティング（以下、インペインティング）や画像リターゲットティング（以下、リターゲットティング）などの、より一般の画像処理のタスクや画像符号化、さらには画像伝送という様々な課題に応用するものであり、これによってこれまでは発見的なアプローチのみが取られてきた課題に対しても、凸最適化の知識を用いることによって、大域的な最小解が得られることを保証できる優れたアルゴリズムを提案することが可能となる。

また、これらの成果を、これまでに検討してきた圧縮符号化された画像の最適復号手法、ノイズ除去手法等と組み合わせることにより、画像伝送に必要な全てのプロセス、すなわち画像の取得と符号化、復号、欠損部の補修やノイズ除去、提示というすべてのプロセスを凸最適化の枠組み内で表現することができ、プロセスごとに開発されたヒューリスティックな手法を組み合わせる既存のアプローチに対して、分割による損失を大幅に抑えることで、大幅な伝送効率の向上が目指せると考えられる。

2. 研究の目的

本課題の目的は、画像内の欠損領域を周囲の画素値から予想して埋めるインペインティングや、入力画像から、解像度やアスペクト比が異なるが入力画像中の重要な情報を保存した出力画像を得るリターゲットティングなどのより高度な画像処理の課題、さらには画像符号化や画像伝送にも、前述するような凸最適化の枠組みに基づくアルゴリズムを提案しようと試みるものである。

3. 研究の方法

本研究計画は、

- (1) 凸最適化によるインペインティングの基礎検討と性能評価
- (2) 凸最適化によるリターゲットティングの基礎検討と性能評価
- (3) 凸最適化による画像符号化の基礎検討と性能評価

の3段階からなっている。特に(1)から(3)の各課題に対して、既存のヒューリスティック（発見的）に得られた手法を凸最適化を用いた手法と置き換え、最終的な統合型画像伝送システム提案のための基礎検討を行う。

4. 研究成果

(1) 凸最適化によるインペインティングに関する研究成果

インペインティングとは、画像内の一部の画素の情報完全に失われている状況において、周囲の画素の情報やその他の先験情報を利用することで、失われた画素の情報を推定する問題である。インペインティングに対しては、これまでに多種多様な手法が提案されているが、その多くは直感に基づくヒューリスティックな手順を採用している。これらの手法は主観的に良好な結果を示す一方で、大域的な最小解の存在や、最小解に収束するアルゴリズム等の検討については不十分であるのが現状である。これに対して、画像を小さなブロックに分割した画像を行列とみなし、当該行列のランクに着目することで、ヒューリスティックな手法にみられる良好な復元性能と、凸解析の知識を利用したことによる大域的な最小解への収束の保証といった両方の利点を合わせ持つ新しいインペインティング手法の実現について検討した。

結果として、画像全体を重複を許すブロックに分割し、それらの各ブロックのランクを測るブロック核ノルムを定義し、その性質を調査するとともに種々の応用を検討した。提案したブロック核ノルムは、本来目的としていたインペインティングのみならず、画像からのテキストチャの取り出しにおいても高い性能を示すことなどが明らかとなった。また、入力された観測画像を、構成成分、テキストチャ成分に分離したのち、各々の成分に適切な正則化を施す手法を提案し、これについてはインペインティングへの応用を検討した。本成果と関係する雑誌論文は[3, 4]である。

(2) 凸最適化によるリターゲッティングに関する研究成果

リターゲッティングとは、入力として与えられた画像（以下、原画像）を、当該画像が本来持っている重要な情報を保ったまま、異なる形状やサイズの出画像へと変換する手法であり、ディスプレイの多様化に伴って活発に検討が進められるようになった。既存の研究の多くは、入力画像とは縦横比の異なる矩形の画像への変換を目的としているが、これらの手法の多くは、直感的なアイデアに基づくヒューリスティックを採用していることが多く、問題の定式化は行われているものの、大域的最小解への収束の保証がされていない。申請者は本課題の申請の段階において、既存の手法が対象としていなかった、矩形に限らない自由な形状（非矩形）へのリターゲッティングについて、ヒューリスティックな手法を既に提案していた。

これに対して本検討課題では、「任意形の表示領域の形状に合わせた重要領域 (Region of Interest, ROI) の移動」と「歪みのない画像生成」、ならびに「定められた基準における大域最適性の保証」を同時に実現するために、凸最適化を用いた ROI 移動の大域最適化による任意形リターゲッティングを提案した。提案手法のキーアイデアは、原画像における全 ROI の座標から各 ROI の移動可能領域をあらかじめ算出し、各 ROI の移動範囲を当該領域内に制限したことである。これにより、表示領域の形状にあわせた ROI の移動問題を凸関数として定式化し、この問題の大域的最適解として、ROI の移動先座標を得ることが可能となる。導出された ROI の座標をもとに、ワーピングベースと呼ばれる既存のリターゲッティングの枠組みに従い、画像全体を再構成することで出力画像を得た。本成果と関係する雑誌論文は [2, 5] である。

(3) 凸最適化による画像符号化に関する研究成果

画像符号化における既存の標準である H.265 においては、カラー画像を構成する輝度成分と色差成分を独立に符号化している。その一方で、輝度と色差の間にはある種の相関関係が成り立つことがわかっており、これまでに種々の検討が行われている。申請者らは、符号化の枠組みそのものを提案するのではなく、既存の H.265 によって圧縮された符号化画像の色差成分に対して輝度をガイド画像とした重み付き最小二乗フィルタを適用することを提案した。この手法では、処理負荷を低減するために画像をブロック分割しているが、このとき各ブロック内

の色差に対してブロック境界における不連続性を防ぐため、ブロック境界をすでに後処理された画像とわずかにオーバーラップさせ、処理済みの色差を拘束条件とすることもあわせて提案した。以上より、復号された画像の客観品質ならびに主観品質を向上できることを示した。本成果と関係する雑誌論文は [1] である。

5. 主な発表論文等

【雑誌論文】 (5 件)

- [1] Takamichi Miyata, Tomonobu Yoshino, Sei Naito, "Constrained Weighted Least Square Filter for Chrominance Recovery of High Resolution Compressed Image", IEICE Transaction on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.E98-A, no. 8, 2015, 査読有。
- [2] 野中 敬介, 宮田 高道, 羽鳥 好律, "ROI 移動の大域最適化による任意形イメージリターゲッティングの提案", 電子情報通信学会論文誌, vol. J97-D, no.11, pp. 1625-1640, 2014, 査読有。
- [3] Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, and Isao Yamada: "Cartoon-Texture Image Decomposition Using Blockwise Low-Rank Texture Characterization" IEEE Transactions on Image Processing 23. 1128-1142 (2014), 査読有。
- [4] Shunsuke Ono, Takamichi Miyata, Isao Yamada, Katsunori Yamaoka: "Image Recovery by Decomposition with Component-wise Regularization" IEICE Transactions on Fundamentals vol. 95-A no. 12. 2470-2478 (2012), 査読有。
- [5] 野中 敬介, 宮田 高道, 羽鳥 好律: "任意形ディスプレイのための Image Retargeting 手法の提案" 映像情報メディア学会誌 vol. 66 no. 12. 524-534 (2012), 査読有。

【学会発表】 (16 件)

- [1] Takamichi Miyata. Inter-Channel Relation based Vectorial Total Variation for Color Image Recovery, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2015 年 09 月 27 日～30 日, Quebec city (Canada).
- [2] 宮田 高道, "無相関化色空間における色チャンネル間の関係性を考慮したベクトル型全変動

- の一検討”, 映像メディア処理シンポジウム, 映像メディア処理シンポジウム, 2014年11月14日, ラフォーレ修善寺 (静岡県伊豆市).
- [3] 宮田 高道, 吉野 知伸, 内藤 整, “H.265 イントラ符号化画像に対するポスト処理による色差成分およびテクスチャの復元について”, 映像メディア処理シンポジウム, 2014年11月12日, ラフォーレ修善寺 (静岡県伊豆市).
- [4] Takamichi Miyata, Tomonobu Yoshino, Sei Naito, Post Processing for Chrominance Component of Coded Image by Block Wise Weighted Least Square Filter, International Workshop on Image Media Quality and its Application, 2014年9月3日, 千葉大学 (千葉県千葉市).
- [5] 宮田 高道, 吉野 知伸, 内藤 整: ”ブロック分割型 Colorization 符号化に関する基礎検討” 電子情報通信学会 総合大会, 新潟大学五十嵐キャンパス (新潟県新潟市), 2014年3月19日.
- [6] 宮田 高道: ”画像再構成のための先見情報の利用と凸最適化問題について” 映像情報メディア学会 情報センシング研究会 (招待講演), 2013年11月15日, 静岡大学 佐鳴会館 (静岡県浜松市).
- [7] 野中 敬介, 宮田 高道, 羽鳥 好律: ”複数領域の効果的表示のためのマルチイメージリタゲティングに関する基礎検討” 画像メディア処理シンポジウム, 2013年11月8日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県熱海市).
- [8] 宮田 高道: ” L^∞ ノルム型 Total Generalized Variation とその色画像復元問題における応用について” 画像メディア処理シンポジウム (IMPS 優秀論文賞), 2013年11月8日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県熱海市).
- [9] Keisuke Nonaka, Takamichi Miyata, Yoshinori Hatori: ”Generalized Image Retargeting via Convex Optimization” IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2013年9月17日, Melbourne(Australia).
- [10] Takamichi Miyata: ”L Infinity Total Generalized Variation for Color Image Recovery” IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2013年9月16日, Melbourne(Australia).
- [11] Takamichi Miyata: ” $l_{2,1}$ Mixed Norm Projection and Its Application to Image Denoising Problem” 電子情報通信学会 信号処理研究会, 2013年8月30日, 東京農工大学 小金井キャンパス 科学博物館 (東京都小金井市).
- [12] Keisuke Nonaka, Takamichi Miyata, Yoshinori Hatori: ”Image Retargeting for Arbitrary-shaped Display via Convexification of ROIs Positioning Problem” Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology vol. 1. on CD-ROM, 2013年1月8日, 名古屋大学 (愛知県名古屋市).
- [13] 宮田 高道: ”重み付き L^∞ ノルム型 Total Variation による色画像のノイズ除去” 映像メディア処理シンポジウム, 2012年10月26日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県熱海市).
- [14] 小野 峻佑, 宮田 高道, 山田 功: ”ブロック核ノルムの提案とその画像処理応用” 映像メディア処理シンポジウム, 2012年10月26日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県熱海市).
- [15] 野中 敬介, 宮田 高道, 羽鳥 好律: ”Image Retargeting における重要領域移動問題の移動可能領域限定による凸化に関する検討” 映像メディア処理シンポジウム, 2012年10月25日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県熱海市).
- [16] Takamichi Miyata, Yoshinori Sakai: ”Vectorized Total Variation Defined by Weighted L infinity Norm for Utilizing Inter Channel Dependency” Proceedings of IEEE ICIP2012, pp.3057-3060, 2012年10月2日, Orlando (USA).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 高道 (Miyata Takamichi)
 千葉工業大学・教授
 研究者番号: 90431999