

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	制約付き凸最適化による ロバストな画像復元・合成に関する研究
Title(English)	A study of robust image restoration and fusion via constrained convex optimization
著者(和文)	武山彩織
Author(English)	Saori Takeyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11939号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:熊澤 逸夫,小野 峻佑,山口 雅浩,山田 功,篠崎 隆宏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11939号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	武山 彩織	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	熊澤 逸夫	教授	篠崎 隆宏	准教授
	審査員	小野 峻佑	准教授		
		山口 雅浩	教授		
山田 功		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“A study of robust image restoration and fusion via constrained convex optimization (制約付き凸最適化によるロバストな画像復元・合成に関する研究)”と題し、英文5章よりなっている。

第1章 “Introduction (序論)” では、本研究の主軸である画像復元という技術とそれが持つ課題について論じている。画像復元は様々な劣化やノイズの影響を受けた画像から高精細な画像を復元する技術であり、それらの劣化に対してロバストであることが必要不可欠である。これを実現するため、既存法の多くは最適化に基づくアプローチを行っており、高い復元精度を達成している。しかし、それらの手法は、画像の持つ本質的な特徴を十分に評価できていない、劣化作用素の推定誤差や外れ値を十分に考慮していないため、強い劣化条件下では過度な平滑化やアーティファクトが発生してしまう。これに対して、本研究では(i)画像の先験的情報を効果的に評価する、(ii)外れ値のスパース性を考慮する、(iii)異なる特徴を持つ複数枚の画像を合成する(画像合成)、という三つのアプローチを行なっている。これより、ノイズや劣化、外れ値、劣化作用素の推定誤差などに対してロバストな画像復元を実現している。

第2章 “Preliminaries (準備)” では、本論文で使用する数式表現や、略称、近接写像、凸最適化問題を解く際に利用されるアルゴリズムについて説明している。

第3章 “Image Restoration (画像復元)” では、本研究で新たに提案したロバストなハイパースペクトル画像復元手法について説明している。まず、ハイパースペクトル画像が持つ先験的情報を効果的に評価するため、新しい正則化関数を提案している。この正則化関数は、ハイパースペクトル画像が持つ空間・波長方向の区分的滑らかさを効果的に評価するよう設計されているため、ロバストな画像復元の実現に対して重要な役割を担う。次に、ノイズ除去と圧縮センシング再構成という二つの画像復元問題に対して新しい復元手法を提案している。具体的には、前述の提案正則化関数とデータ忠実性を評価する制約条件、外れ値のスパース性を評価する制約条件から成る最適化問題を定式化し、これを適切なアルゴリズムを用いることで高精細な画像の復元を行なっている。この時、高精細なハイパースペクトル画像だけでなく、外れ値も同時に推定することで、よりロバストな復元を達成できる。また、データ忠実性と外れ値のスパース性を制約条件で評価することによって、最適化問題内に存在するパラメータの設定を既存法と比較して容易に行えるという利点を持つ。ノイズ除去と圧縮センシング再構成に対してシミュレーション実験を行い、様々な条件下で提案法が既存法より高精細な復元が可能であることを示している。また、ノイズ除去に関しては、実際の観測に含まれるノイズに対しても実験を行い、提案法が最も好ましいハイパースペクトル画像を復元可能であることを示している。

第4章 “Image Fusion (画像合成)” では、第1章で述べた(iii)のアプローチに対して本研究で新たに提案した手法を説明している。画像合成とは、異なる特徴を持った画像を複数枚利用することで、それぞれが持つ有用な情報を生かした高精細な画像推定を行う技術である。本論文では、(1)ボケ画像とノイズ画像の合成と(2)解像度の異なる二枚の画像を用いた超解像の二つに対する研究について述べている。(1)では、ボケ画像が持つ輝度情報とノイズ画像が持つエッジ情報を効果的に利用することで、どちらか単体の場合では成し得なかったエッジを保持した高精細な画像復元を達成することを目的としており、(2)は、空間方向に低解像度な情報しか取得できないハイパースペクトル画像に対して、高解像度な空間情報を保持するガイド画像を用いることで、空間・波長方向共に高解像度なハイパースペクトル画像を推定するというものである。この時、二枚の観測画像両方にノイズが重畳されていることを仮定し、ノイズに対してロバストで、且つ観測画像の持つ情報を効果的に利用した推定手法を設計している。具体的には、二枚の画像のデータ忠実性を評価する制約条件を含む推定問題を定式化し、それを適切なアルゴリズムを用いて解くことで所望の画像を推定している。(2)の場合では、正則化関数とデータ忠実性に加えて、ガイド画像と推定画像の間のエッジ類似度を評価することで、ガイド画像が持つ高精細な空間情報をより有効に活用できる設計となっている。これらの手法の有用性を検証するシミュレーション実験では、既存法と比較して提案法はアーティファクトや過度な平滑化の抑えられた高精細な画像推定を行えることが示されている。また、提案法は二枚の観測画像が持つ異なる特性を効果的に利用できる設定であるため、劣化作用素の

推定誤差に対してロバストであることも実験的に示されている。

第5章“Conclusion（結論）”では、本論文で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文は、ハイパースペクトル画像処理分野で様々な応用の基盤となる画像復元問題に対して、ノイズや劣化、外れ値、劣化作用素の推定誤差などに対してロバストな画像復元を実現する制約付き凸最適化の手法を開発したものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。