

論文 / 著書情報  
 Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study of Priors and Algorithms for Signal Recovery by Convex Optimization Techniques
著者(和文)	小野峻佑
Author(English)	Shunsuke Ono
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9635号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山田 功,植松 友彦,山岡 克式,松本 隆太郎,熊澤 逸夫,田中 聡久
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9635号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	集積システム	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	小野 峻佑		指導教員 (主)： 山田 功
			指導教員 (副)：
			Academic Advisor(sub)

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は“A Study of Priors and Algorithms for Signal Recovery by Convex Optimization Techniques” (凸最適化に基づく信号復元のための先験情報とアルゴリズムに関する研究)と題し、英文 8 章よりなっている。

第 1 章 “General introduction” (序論)では、信号復元問題を大規模な凸最適化問題として解決するには、個々の問題の特徴を分析し、「先験情報との整合性を評価する指標 (Prior とよばれる)」と「最適化アルゴリズム」を周到に設計する必要があることを述べ、本研究の目的を明らかにしている。

第 2 章 “Preliminaries” (準備)では、凸最適化と不動点理論に関する基本事項を紹介している。

第 3 章 “Image restoration with component-wise use of priors” (成分分離型指標を利用した画像復元)では、単一画像を特徴的な 3 成分に分離しながら同時に復元する手法を提案している。具体的には、全変動量と 2 種類のフレーム変換に基づく Prior を用いることにより、「3 成分の推定問題」を直積空間上の凸最適化問題として定式化し、交互方向乗数法 (ADMM) を用いて、最適解を逐次近似している。実験結果は、提案法が従来法に比べて復元性能を大きく向上させることを示している。

第 4 章 “Blockwise low-rank prior for cartoon-texture image decomposition” (構成成分とテクスチャ成分への成分分解のためのブロック低階数指標)では、画像を構成成分とテクスチャ成分に分解する方法を提案している。まず、「適切な回転を経たテクスチャ成分は局所的に低階数行列で近似できる」ことに注目し、「テクスチャ成分らしさ」を評価するブロック低階数指標を提案している。次に、この指標を用いて成分分解問題を凸最適化問題に帰着し、最適解を交互方向乗数法で逐次近似している。実験結果は、提案法によって成分分解の性能が大きく向上されることを明らかにしている。

第 5 章 “Priors for color artifact reduction in image restoration” (画像復元における擬色除去のための指標)では、画像復元における擬色を効率的に抑圧するための 2 種類の指標を提案している。一つ目は、色線形性 (Color-line) と呼ばれる性質を促進させる指標である。二つ目は、色差の全変動を輝度の全変動に比べて優先的に抑圧する指標である。実際に提案する指標の利用によって、擬色が効果的に抑圧されることを実験により確認している。

第 6 章 “Hierarchical convex optimization with primal-dual splitting” (主双対分離を用いた階層型凸最適化)では、凸最適化問題の解集合上で新たな凸関数を最小化する問題 (階層型凸最適化問題) を効率的に解決するアルゴリズムを提案している。まず、主双対分離法 (primal-dual splitting method) の解集合を不動点集合に持つ非拡大写像に注目し、これをハイブリッド最急降下法に組み込むことにより、階層型凸最適化の適用範囲を著しく拡大することに成功している。さらに、典型的な信号復元問題の解集合の中から新しい指標に基づく最適解を選択する問題を階層型最適化問題として定式化し、実験によって、提案アルゴリズムの有効性を確認している。

第 7 章 “Signal recovery with certain involved data-fidelity constraints” (ある種の複雑なデータ忠実制約が課された信号復元)では、非ガウス性雑音環境下の信号復元問題に課されるデータ忠実性制約集合が、効率的な凸射影計算を持たないことに注目し、この種の制約条件下の最適解を効率的に逐次近似するためのアルゴリズムを提案している。提案アルゴリズムは、制約集合を不動点集合に持つ準非拡大写像を構成し、ハイブリッド最急降下法に組み込むことにより実現されている。実験によって、提案アルゴリズムの有効性を確認している。

第 8 章 “General conclusions” (結論)では本論文で得られた成果と今後の課題を総括している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 集積システム 専攻  
Department of  
学生氏名： 小野 峻佑  
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員(主)： 山田 功  
Academic Advisor(main)  
指導教員(副)：  
Academic Advisor(sub)

要旨(英文300語程度)  
Thesis Summary (approx.300 English Words)

We study the design of two key ingredients for signal recovery, that is, priors and algorithms, in the framework of convex optimization. Specifically, we provide mathematical preliminaries necessary for the discussions in this study in Chapter 2, where we introduce minimal elements in convex analysis and fixed point theory and explain several algorithms. In Chapter 3, we will develop an image restoration framework in which the image to be estimated is modeled as the sum of three meaningful components, namely, smooth, edge, and texture components, and each component is characterized by a different prior. Chapter 4 will provide the design of a novel convex prior suitable for repetitive textures based on blockwise low-rank characterization, with its rigorous theoretical properties and applications to the extraction and restoration of textures. We are interested in removing color artifacts in color image restoration in Chapter 5, where we will newly introduce two convex priors that exploit inter-channel dependency of color images for the said purpose. In Chapter 6, we will propose a hierarchical convex optimization algorithm that can automatically select a desired solution among all the solutions of a given convex optimization problem, by leveraging the fixed point set characterization behind a proximal splitting method called the primal-dual splitting method. The algorithm is successfully applied to signal interpolation based on total variation minimization. Chapter 7 will establish a computationally efficient algorithm for solving convex optimization problems with sophisticated data-fidelity constraints, where we activate certain quasi-nonexpansive mappings to characterize the constraints as their fixed point sets. Its applications to image restoration under non-Gaussian noise contamination are also presented. In Chapter 8, we summarize the results obtained in this dissertation and give an outlook on future research.

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).