

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	畳み込みニューラルネットワークによる画像劣化推定および画像復元に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	内田和隆
Author(English)	Kazutaka Uchida
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11091号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:奥富 正敏,蜂屋 弘之,倉林 大輔,大山 真司,塚越 秀行,田中 正行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11091号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

Dissertation Summary (approx. 2000 characters in Japanese)

報告番号 For administrative use only	乙 第 号	氏 名 Name	内田 和隆
<p>(要 旨) (Summary)</p> <p>近年、特に画像処理分野において深層学習に高い有用性が見出され、学术界や産業界に留まらず深層学習に世間の注目が集まっている。深層学習の応用例は多岐に渡っており、画像認識、セグメンテーション、動画認識、高画質化、カラー化、画像生成などにおいて、深層学習の性能向上や適用手法に関する研究が盛んに行われている。</p> <p>本論文では、画像処理のうち劣化画像からの画像復元の分野において、従来手法での課題解決や性能向上につながる畳み込みニューラルネットワークを提案する。具体的に、ノンブラインド型画像復元ネットワーク、画像劣化パラメータ推定ネットワーク、および画像撮像系の一連の劣化を考慮した画像復元ネットワークを、それぞれ提案する。さらに、畳み込みニューラルネットワークの性能向上を目的に、ヒトの視覚特性を模倣したパラメータ拘束型の畳み込み層を提案する。畳み込みニューラルネットワークに基づいた画像復元技術および、性能向上は、画像処理分野の発展に大いに有益である。</p> <p>本論文は全6章から構成され、各章の概要は以下の通りである。</p> <p>第1章「緒言」において、本研究の背景や目的、そして本論文の構成について述べた。</p> <p>第2章「ノンブラインド型画像復元ネットワーク」では、劣化画像の画像復元を行う畳み込みニューラルネットワークにおいて、ノンブラインド型の画像復元ネットワークを提案した。多くの畳み込みニューラルネットワークに基づく画像復元では、ブラインド型画像復元が用いられている。しかし、劣化パラメータを暗に推定するブラインド型画像復元では、劣化モデルの摂動に対して画像復元性能が著しく低下する問題があることを提示した。次に、畳み込みニューラルネットワークに基づく画像復元において、劣化パラメータをユーザーが設定するノンブラインド型画像復元ネットワークを提案した。ノンブラインド型画像復元では、画像劣化パラメータを処理に設定する必要があるが、劣化モデルの摂動に対して頑健に復元できることを示す。さらに、提案のノンブラインド型画像復元ネットワークが、さまざまな劣化の揺動や学習時に用いていない劣化パターンに対しても、頑健に画像復元が正しく行われることを実験により示した。加えて、提案の画像復元ネットワークでは、画像復元の処理種別やその強弱を外部パラメータにより制御できることを実験的に示し、ユーザー対話型の画像復元において有用な性質があることを明らかにした。</p> <p>第3章「画像劣化パラメータ推定ネットワーク」では、入力された劣化画像の劣化パラメータを推定するための畳み込みニューラルネットワークを提案した。具体的な劣化としてJPEG圧縮による劣化を対象とし、JPEG品質およびJPEG圧縮の有無を推定する畳み込みニューラルネットワークを学習</p>			

させ、性能評価を行った。これにより、**JPEG**圧縮の有無および**JPEG**品質を精度良く推定できることを示した。さらに、改ざん画像判定への適用、および、評価用に広く利用されている画像データセットに存在する**JPEG**圧縮による劣化の推定を行い、画像の品質評価を行った。実験を通じて提案のネットワークが様々な用途に有用であることを示した。また、ブラインド型画像復元ネットワークにおける劣化パラメータ推定手法を提案し、実験により、画像復元ネットワークの内部で暗に推定された劣化パラメータを可視化できることを示した。

第4章「画像撮像系の一連の劣化を考慮した画像復元ネットワーク」では、第2章および第3章で提案した手法に基づき、画像撮像系を想定した一連の劣化モデルに対する画像復元ネットワークを提案した。まず、画像撮像系における代表的な画像劣化要因をモデル化し、画像劣化が逐次的に発生する劣化モデルを構築した。さらに、各劣化要因の劣化パラメータを推定する画像劣化パラメータ推定ネットワークと、推定された劣化パラメータに基づいて画像復元を行うネットワークとを連結し、2つのサブネットワークからなるブラインド型画像復元ネットワークを提案した。次に、2つのサブネットワークの性能評価、および、これらを統合したブラインド型画像復元ネットワークにおける復元性能の評価を行い、従来の画像復元手法の組み合わせでは復元困難であった複合劣化を含む画像の復元が高性能に行えることを示した。提案手法では、従来の画像復元ネットワークとは異なり、ネットワーク内部で推定された劣化パラメータが可視化でき、また、画像復元サブネットワークに入力するパラメータを上書きして復元の強弱を制御することができるメリットがあることを述べ、これらの優位性も実験により示した。

第5章「パラメータ拘束型畳み込み層」では、畳み込みニューラルネットワーク自体の性能向上を目的とし、新しい畳み込み層の提案を行った。まずヒトの視細胞構造に着目して、ヒトの視細胞構造をモデル化し、活性化関数としてモジュール化することを提案した。さらに、その概念を一般化させ、チャンネル間のフィルタ係数がお互いに拘束関係にある畳み込み層を提案した。次に、効果的な拘束条件を特定するため、既存の学習済みネットワークにおけるフィルタ係数の解析を実施し、効果の高い拘束条件および導入すべき層の位置についての決定を行った。さらに、提案の畳み込み層を用いて画像分類タスクでの性能評価を行い、一般的な畳み込み層に比べて高い性能が得られることを示すとともに、従来の畳み込み層よりも大幅にパラメータ数を削減できることを示した。最後に、画像劣化パラメータ推定ネットワークや画像復元ネットワークにおいても、提案の畳み込み層を適用することによりパラメータを削減しながら性能向上が図れる可能性を示した。

最後に、第6章「結言」では、研究成果のまとめと将来展望について述べた。

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: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、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。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

## 論 文 要 旨 ( 英 文 )

(300語程度)

### Dissertation Summary (approx. 300 words in English)

報告番号 For administrative use only	乙 第 号	氏 名 Name	内田 和隆
<p>( 要 旨 ) (Summary)</p> <p>In this dissertation, novel methods based on convolutional neural network (CNN) for image restoration and degradation estimation are proposed. The organization of this dissertation is as follows.</p> <p>Chapter 1, Introduction. In this chapter, the background and the purpose of this research is presented.</p> <p>Chapter 2, Nonblind Image Restoration Network. In this chapter, a nonblind CNN-based image restoration network is proposed, aiming to be robust against a perturbation of the degradation model compared to blind restoration networks. Experimental comparisons demonstrate that the proposed nonblind image restoration network can robustly restore images compared to existing blind CNN-based image restoration networks.</p> <p>Chapter 3, Degradation Estimation Network. In this chapter, CNN-based pixelwise detection of JPEG-compression degradation and estimation of JPEG quality factor is proposed. Experimental results show that the proposed network successfully infers the quality factors and discriminates between non-JPEG-compressed images and JPEG-compressed images. It is also demonstrated that the proposed network is applicable for image forensics and image assessment usages.</p> <p>Chapter 4, Image Restoration Network for Image Capturing Pipeline. In this chapter, a blind image restoration processor with a combination of the nonblind image restoration network and the degradation estimation network presented in the previous chapters. As for the degradation model, compositional degradation along an image capturing pipeline is assumed. Experimental results show that the proposed model can successfully infer the degradation properties of compositionally degraded images and restore the images.</p> <p>Chapter 5, Coupled Convolution Layer. In this chapter, a coupled convolution layer comprising multiple parallel convolutions with mutually constrained filters is proposed, aiming to improve performance of CNN networks. Experimental comparisons demonstrate that the proposed coupled convolution layer performs slightly better than the original layer while decreasing the number of parameters. It is also shown that the proposed layer is effective for the networks presented in the previous chapters.</p> <p>Chapter 6, Conclusion. In this chapter, a conclusion and a brief discussion on future works are given.</p>			

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: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、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。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.