

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)	要約
Type(English)	Outline

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

東京工業大学

大学院 理工学研究科
機械制御システム専攻

内田 和隆

本論文の要約

研究の背景と目的

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、動画像認識、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。

本論文の目的は、画像処理のうち画像劣化推定および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の新たな知見や適用手法を見出すことである。特に、本研究では、ネットワーク構成や学習方法といった畳み込みニューラルネットワークの応用レベルでの工夫、および畳み込みニューラルネットワークを構成する基本要素である活性化関数や畳み込み層といった要素レベルの改善という2つの側面から、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での課題解決や性能向上を行なうことを目的とする。

本論文の構成

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。

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。

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。

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．