

氏名	馬 瑞 強				
学位の種類	博士 (理学)				
学位記番号	博甲第 251 号				
学位授与の日付	2020 年 3 月 31 日				
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当				
学位論文の題目	Single Image Dehaze Processing and Evaluation Based on Dark Channel Prior and Deep Learning				
論文審査委員	主査	神奈川大学	教授	張	善 俊
	副査	神奈川大学	教授	桑	原 恒 夫
	副査	神奈川大学	教授	斉	藤 和 巳
	副査	神奈川大学	教授	永	松 礼 夫
	副査	神奈川大学	教授	松	尾 和 人

## 【論文内容の要旨】

屋外のカメラで写真を撮影する時、大気中に靄や霧やスモッグなどがあると、撮られた画像の視認性が低く、ぼやけたものや境界がはっきりしないものになってしまう。このような画像はヘーズ画像と呼ばれている。大気中にある霧などによってカメラのレンズに入るライトが散乱されるため、結果的に画像全体は白っぽくなってしまい、画像のコントラストが低下してシーンの中にある対象物体の識別が困難になる。自動運転や高度映像監視へのニーズが高まっている中、このようなヘーズ画像からヘーズを取り除き、高品質の映像を安定的に取得することが重要である。ヘーズありの画像からヘーズフリーの画像を求めるために、未知の大気散乱関数と環境光の推定が必要である。一般的にディヘーズの問題は不良設定問題として扱われている。従来はヘーズフリー画像の統計的な画素値の分布からダークチャンネルプライアやカラー減衰プライアなどの制約条件を導入してヘーズ除去を行われていたが、明領域の誤修復や画像全体の色減衰などの問題がある。

本論文は二つの提案をしてヘーズ除去を行った。まずは、敵対生成ネットワークにターゲットマップを導入し、DCP で処理したイメージとヘーズフリーイメージを利用した DbGAN を提案した。次に、拡張畳み込みニューラルネットワークを設計し、色減衰問題に対応する深層学習のネットワーク DhNet を考案した。従来法より勾配消失問題と明領域の誤修復問題を抑制しつつ理想的な結果を得た。

本論文は、以下の 7 章より構成されている。

第 1 章 総論

第 2 章 二つのプライアとその制約

第 3 章 従来法と関連研究

第 4 章 ダークチャンネルプライアに基づく DbGAN 法

第 5 章 ディープラーニングを用いる DhNet 法

第 6 章 検証ツールの開発

第 7 章 結論

第1章は本研究に関する背景を述べながら、論文全体の構成を述べている。

第2章では、ディヘーズ処理における正則化の先験知識として、従来研究でよく利用されているダークチャンネルプライアとカラーアテニュエーションプライアを説明し、シングルイメージディヘーズに適用した際の制約を述べた。

第3章はヘーズあり画像のローカルな特徴を分析しながら、従来法の紹介をした。不均一なヘーズイメージからダークチャンネルモデルを使用して、飽和度抽出技術を強化する提案方法を述べている。

第4章は敵対的な生成ニューラルネットワークを利用し、ダークチャンネルプライアで対応できなかったイメージの明領域の誤修復を改良した。本章で提案する DbGAN(Dark Channel Prior based GAN)の処理方法は、通常の DCP の処理結果に加えて、人間の注視特性を利用したターゲットマップを導入し生成ネットワークの改善を図った。この方法では、二つの効果をもたらす。1) 従来研究の天空明部領域の誤修復問題を対応できた。2) 受容野が広がる為、処理時間が短縮できた。評価実験を通して、PSNR と SSIM 指標では提案手法は従来法同等あるいはそれ以上の処理結果が得られていることを示した。

第5章は拡張畳み込みニューラルネットワークを利用してシングルイメージのディヘーズ処理方法を提案した。本章で提案する処理方法は、拡張畳み込みネットワーク構築し、二つの効果をもたらすように工夫した。1) フィルタリングを行う時に対応する画素間の間隔をあけて畳み込みを行うことで受容野を広げる。2) より少ないレイヤとより少ない結合で遠いエリアの相関モデルを確立する。評価実験では、提案手法は従来法同等あるいはそれ以上の処理結果が得られていることを示した。

第6章は、提案手法と従来研究を比較するためのツールについてまとめた。

第7章は、本研究の結論と今後の課題について述べた。

## 【論文審査の結果の要旨】

本論文は、シングルイメージヘーズの除去によく使われたダークチャンネルプライアやカラーアテニュエーションプライアを利用し、ニューラルネットワークのアルゴリズムを改良し、従来法より良い処理結果を達成している。

馬瑞強氏の研究では、従来のダークチャンネルプライア提案法のみでは解決できなかった明領域のヘーズ画像の誤修復問題について、ターゲットマップを導入した新しい敵対生成ネットワーク DbGAN を提案した。広がる受容野よりフィルター処理時間を減らし、明部領域を確定させることが可能となる。また、拡張畳み込みニューラルネットワークを提案し、より少ないレイヤとより少ない結合で遠いエリアとの相関モデルを確立させ、エンドツーエンドでディヘーズ処理を実現できた。目視および PSNR と SSIM による検証実験の結果から提案手法の改善は認められた。自動運転や高度映像監視へのニーズが高まっている中、ディヘーズ処理による画像の視認性の改善は益々求められるので、広い範囲で応用される可能性がある。

馬瑞強氏は本学の博士後期課程在学中に、2編の査読付き論文を国際会議で発表し、また2編の査読付き論文をジャーナルに掲載している。馬瑞強氏は情報領域の課程博士の審査内規を満たし、また2月17日の最終試験を通過した。今後本研究で扱われている課題は高度化情報科社会においてさらに応用面での発展が期待される。よって本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。