



# Study on Image Dehazing with the Self-Adjustment of the Haze Degree

その他（別言語等）のタイトル	曇り度の自己調整によるヘイズ除去に関する研究
著者	MAO Jun
学位名	博士（工学）
学位の種別	課程博士
報告番号	甲第370号
学位授与年月日	2015-03-23
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/3797">http://hdl.handle.net/10258/3797</a>

氏名	マオ ジュン 毛 鈞
学位論文題目	Study on Image Dehazing with the Self-Adjustment of the Haze Degree (曇り度の自己調整によるヘイズ除去に関する研究)
論文審査委員	主査 教授 塩谷 浩之 准教授 渡邊 真也 教授 板倉 賢一

## 論文内容の要旨

産業活動の大規模化から大気環境における汚染粒子が増加して、これによって霧やスモッグなどのヘイズを引き起こしている。大気中の微粒子が介在するヘイズ要因による視界不良は、コンピュータービジョンにおける大きな問題の一つとなっている。視界不良の中で画像取得装置によって得られた風景画像においては、コントラストや輝度が不足し、さらには色情報が失われて、そのような画像からの物体抽出は難しくなる。例えば、悪天候下において取得された画像や動画におけるコントラスト調整を行うなど、ヘイズ除去は画質改善技術の向上にとって重要である。

ヘイズ除去の難しさは、ヘイズ要因とそれに隠された情景とを関係付ける不確定さにある。物理的な背景を持つモデルを基盤として、単一画像からのヘイズ除去法は良好な結果を示しているが、実時間内で計算処理を行えることを重要視する必要がある。さらには、色情報や空領域の扱いなどの配慮すべき条件もある。本研究の目的としては、まず単一画像からのヘイズ除去問題において、自己調整機能によってヘイズ度合いを推定する。その度合いを用いてヘイズ要因情報を目的画像に対応させ、自動的に行えるヘイズ除去の性能を評価する。

本研究では、既存手法よりも計算速度を向上させて、安定性と画像処理への応用を見据えた実用性のあるヘイズ除去手法を確立する。背景的要件となる環境散布モデルと風景画像の統計性は、次のようにまとめられる。快晴のときは悪天候よりは高いコントラストとなるが、ヘイズ画像における空に対応する領域では、ほとんどの

色チャンネルにおける画素の最小値が大きな値を示す。これらに基づいて、ヘイズ除去のパラメータが改善され、異なるヘイズ度合いを持つ様々な画像に対して総合的に改善されたヘイズ除去を提供する。改良された暗チャンネルの導入は、実時間での良質なヘイズ除去には重要となる。

アルゴリズムの計算量をピクセル数の線形オーダーに抑えていることが、既存手法との比較において本研究の大きな優位性となる。加えて、単一画像からのヘイズ除去に有用な暗チャンネルを導入していることにある。さらに、各種のヘイズ・非ヘイズ画像群から度合いの対応付けが事前に計算される機能を導入した。その結果、自然に見えるヘイズ除去画像が得られ、それらの処理は組み込み関数としてまとまった。数値シミュレーションの結果、高速計算で良好なヘイズ除去結果を安定的に示すなど、提案手法が実際の画像処理に実応用可能な手法であることを示した。

## ABSTRACT

With the increase in industrial production and human activities, the concentration of atmospheric particulate matter is increasing substantially, leading to more frequent occurrence of fog and haze. Limited visibility caused by suspended particles in the air, such as fog and haze, is a major problem for many computer vision applications. The scenes captured by such computer vision systems suffer from poor visibility, low contrast, dimmed brightness, low luminance, and distorted color, which makes detection of objects within a scene more difficult. Therefore, visibility improvement, contrast, and feature enhancement of images and videos captured in inclement weather, which is referred to as dehazing, is inevitable. Haze removal is a difficult problem due to the inherent ambiguity between haze and the underlying scene. Model-based single-image dehazing methods are physically sound and produce qualitatively good results; however, more attention to dehazing quality rather than applicability leads to real-time applications that may not always be sufficiently fast. And in addition, the certain limitations exist, such as color bias and an inability of dealing with the sky area. The objectives of this study are to estimate the degree of haze from a single image automatically, and label the image with a haze factor, to propose a self-adjustment dehazing method using

the degree of haze and evaluate the performance of the proposed dehazing method.

In this research, based on atmospheric scattering model analysis and statistics of various outdoor images, the following conclusions can be drawn. Clear-day images have higher contrast than images plagued by bad weather. In addition, in most local regions, including the sky, hazed images have larger minimum values for most color channel pixels. Relying on these two observations, an estimate function that is related to a haze removal constant parameter has been developed to label a foggy image with different degrees of haze. By modifying the dark channel in advance, the proposed method reduces computational cost while providing promising dehazed results for real-time applications. The transmission estimation is performed by obtaining the minimum value only from a relevant pixel, or the mean filter of the minimum values of its neighboring pixels.

The main advantage of the proposed algorithm compared to others is its processing speed. Its complexity is a linear function of the number of image pixels. Another advantage is similar image processing quality using the Dark Channel Prior method. Furthermore, labeling images with different haze-degree can make batch processing of an image set with hazy and haze-free images possible. Finally, the degree of haze removal can be adjusted adaptively with a built-in function that makes the dehazed images look more natural. The experimental results clearly indicate that the proposed approach achieves good performance for enhanced visibility, processing speed, and stability, which makes the proposed method applicable for real-time requirements.

#### 論文審査結果の要旨

産業活動の大規模化から大気環境における汚染粒子が増加して、霧やスモッグなどのヘイズを引き起こしている。大気中の微粒子が介在するヘイズ要因による視界不良は、コンピュータービジョンにおける大きな問題の一つとなっている。視界不良の中で画像取得装置によって得られた風景画像においては、コントラストや輝度が不足し色情報が失われることで、画像からの物体抽出は難しくなる。悪天候下において取得された画像からのヘイズ除去は、画質改善として重要である。改善の

方法を適切に定めるときには、気象条件は重要な情報となる。画像のみからのヘイズ除去においては、ヘイズ要因と気象など隠された情景とを関係付けるときに不確定が生じる。最近提案された物理的な背景を持つ単一画像からのヘイズ除去法においては、良好な結果を示している。しかしながら、計算量の問題があるため、実時間で処理を行うことが求められている。

本提出論文における研究の目的は、実時間で行える有用なヘイズ除去法の確立にある。単一画像からのヘイズ除去問題において、ヘイズ度合いを定める際のヒューリスティックな要素を排除して推定することを研究の方向性として挙げている。その度合いを用いてヘイズ要因情報を目的画像に対応させ、自動的にヘイズ除去の性能を評価している。さらに、既存手法よりも計算速度を向上させて、処理の安定性と画像処理への応用を見据えたヘイズ除去手法を確立している。色チャンネルの画素最小値に表れる環境散布モデルと風景画像の統計性に基づいて、ヘイズ除去のパラメータを改善し、異なるヘイズ度合いを持つ様々な画像に対して総合的に適合するヘイズ除去を提供している。

本研究における特色としては、平均値フィルターと伝播写像の推定を新規に導入したことにある。計算量をピクセル数の線形オーダーに抑えたことが、手法に大きな優位性を与えている。加えて、単一画像からのヘイズ除去に暗チャンネルを導入し、各種のヘイズ・非ヘイズ画像群からヘイズ度合いの対応付けが事前に計算される機能を実装している。その結果、組み込み関数によってまとまったヘイズ処理系が、自然に見えるヘイズ除去画像を与えている。数値実験においては、実風景の画像とシミュレーション画像を用いて提案手法と既存手法を比較し、高速計算で良好なヘイズ除去結果を安定的に示すなど、提案手法が実際の画像処理に実応用可能な手法であることを示している。以上から、本研究は情報工学における画像処理工学に貢献をしており、提出論文は学位論文として認められる。