

氏名	横山 靖樹
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	乙 第 248 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 20 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	デジタル画像に含まれる雑音の効果的な検出法と 画像の復元に関する研究
論文審査委員	主査 山本 博章 宮尾 秀俊 白井 啓一郎 山崎 公俊 岩橋 政宏（長岡技術科学大学大学院）

論 文 内 容 の 要 旨

デジタル画像を取得する際や伝送する際に、様々な要因で雑音が付加される。例えば、外部で発生した電磁波や放射線による影響、CMOSなどのイメージセンサを構成する個々の撮像素子のばらつき、回路の熱雑音などが雑音の要因となる。本研究ではそれらの雑音のうち、インパルス性雑音を効率的に除去するフィルタを開発することを目的とする。インパルス性雑音は、画像中のランダムな位置に現れ、画素値について大振幅の階調値の範囲の中からランダムな値をとる雑音である。

雑音除去フィルタに求められる最も重要な性能として、元の画像情報を劣化させずに雑音だけを可能な限り除去する能力が求められる。インパルス性雑音を除去する代表的な方法として、メディアンフィルタ(MF)による平滑化がよく用いられるが、MFは画像中の全ての画素に雑音除去(復元)処理を適用するため、雑音でない画素にも処理を適用し、画像本来の信号画素を劣化させる短所がある。

この問題の改善のため、“荷重型”や“スイッチング型”などの MF が提案され、更に様々な拡張型の雑音除去フィルタも提案されている。特に、スイッチング型の雑音除去フィルタは、雑音判定処理を行い、雑音と判定した画素のみに雑音除去処理を適用する方法で、画像本来の信号画素の保存性に優れる点から非常に有効な方法である。しかし、これまでの手法は、処理の複雑化やフィルタ窓の拡大と引き換えに、画質の改善を得る傾向にあった。

本研究ではこの傾向に対し、小さなフィルタ窓と簡潔な処理で優れた性能を持つフィルタを設計することを目標とする。これまでのフィルタより小さい 2×2 画素の雑音検出用のフィルタ窓を用いた“多方向 SMF”を提案し、さらにその発展型のフィルタとして“画像分割型多方向 SMF”，及び，“適応的閾値を用いた多方向 SMF”を提案する。これらの 3 つのフィルタの概要を以下で説明する。

1. 多方向 SMF

本方法は、2 つのステップで構成される手法である。第 1 ステップでは、劣化画像を走査方向ごとに複製し、 2×2 画素の微分フィルタを雑音検出に用いた SMF を複数の走査方向で適用する。ラスター走査方向ごとの雑音除去画像を取得した後、第 2 ステップでは走査方向ごとの雑音除去画像を平均により統合し、より改善された結果画像を取得する。本手法で用いる窓サイズの小さい 2×2 雑音検出オペレータは、少ない画素数で雑音検出処理を行うことで計算量を抑制する。小さい窓サイズは、注目画素から遠い位置にある線やエッジ等の濃度変化の影響も抑制する。また、多方向走査と雑音除去画像の統合処理は、雑音検出率の向上と雑音の可能性に応じた画素の復元を可能とする。なお、これらの処理は個々に独立して機能するのではなく、提案法の一連の処理の中で相互に関連して機能する。

2. 画像分割型多方向 SMF

スイッチング型のフィルタの多くは、注目画素と周辺画素の濃度差を何らかの形で計算し、予め設定した閾値より濃度差が大きい場合、注目画素を雑音と判定し、雑音除去処理を適用する。画像や雑音によって最適な閾値は異なる。基本的な原理を同じとする前述の多方向 SMF も同様の性質がある。

自然画像は 1 枚の画像であっても、画像中の位置によって線やエッジ、テクスチャ等が多い箇所と平坦な箇所では、濃度変化の大きさが異なる。多方向型 SMFにおいて、画像ごとの最適な閾値は、濃度変化量が多い画像ほど高い傾向があることから、画像の場所ごとにおいても同様に、濃度変化量が多い箇所ほど閾値が高い傾向が表れる。したがって、画僧の領域ごとの濃度変化量に応じた閾値を設定し、それを用いて多方向 SMF を適用すれば、画質の改善が可能となる。そこで、画像を格子状に分割し、分割画像ごと濃度変化量に応じた閾値を設定する画像分割型多方向型 SMF を提案する。

3. 適応的閾値を用いた多方向 SMF

多方向型 SMF の画質を改善する方法として、分割画像ごとの濃度変化量に応じた閾値を設定することで画質を改善する画像分割型多方向 SMF を提案したが、画質の改善が得られる反面、処理数が増え、処理時間が長くなる問題が生じた。

そこで、画像分割型多方向 SMF と同等以上の画質と、より短時間の処理を可能とする多方向 SMF に基づく方法を新たに提案する。前述のように、多方向 SMF では濃度変化の多い画像ほど適切な閾値が高い傾向があるため、提案法では、注目画素近傍の隣接画素間の濃度差（エッジの強さ）として、局所的な全変動 (total variation: TV) 値を閾値に反映させる。注目画素ごとの TV 値を周辺画素数で割り正規化した値を画素ごとの濃度変化量とする。画素ごとの雑音検出の際、濃度変化量に応じた適応的閾値を計算し、その値を用いて雑音検出を行う。TV 値は雑音の生じた画像では雑音の影響を強く受けるが、提案法は雑音除去された画素値を劣化画像に上書きすることで、雑音の影響を抑制した TV 値を取得する。これによって、より精度の高い閾値を用いた雑音除去を可能とする。また、雑音除去済み画素の上書き処理により、一回のラスタ走査の中に閾値の計算処理と雑音検出処理をまとめ、処理時間の改善も可能とする。