

非線形フィルタを用いた高精度画像復元に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、非線形フィルタを用いた高精度画像復元に関する研究成果をまとめたものである。

近年、インターネットを始めとする通信技術の発展は目覚ましく、特に、高速通信が望まれているデジタル画像に関する処理技術の開発は、急務とされている。その中でも、高速通信下で劣化した画像の復元技術の開発は重要とされている。実際にデジタル画像を伝送する際、A/D変換、撮像時のセンサーエラー、通信経路において雑音が入ることから、劣化は避けられない。また、劣化の程度は、高速化が進めば進むほど激しくなり、高速通信を実現するためには、より高精度な復元技術が必要とされている。

このような背景から、画像上に情報の欠損として現れるインパルス性雑音を除去する手法が種々提案されている。インパルス性雑音によって劣化した画像の復元には、非線形フィルタが優れた効果を示すことが知られている。これら非線形フィルタの中でも、メディアンフィルタは、エッジを鮮明に保ったままインパルス性雑音を除去することが可能である。しかしながら、メディアンフィルタは、原信号の画素に対しても、雑音が付加した画素と同様の処理を行うため、画像の細部を劣化させるという問題をもつ。

そこで、この問題を回避する手法として、原信号の画素には、フィルタ処理を施さず、そのまま出力するという復元手法が提案されている。この手法は、まず、雑音検出器でインパルス性雑音の位置を検出し、次に、雑音除去フィルタで雑音と判定された画素のみに雑音除去処理を行う。このような2段階の処理において、雑音除去処理は雑音検出結果を用いて行われるため、雑音検出精度が雑音除去の性能を決定づける重要な要素となる。しかしながら、従来の復元手法が行う雑音検出は、十分な復元効率が期待できず、実用面では問題があった。

そこで、本論文では、高精度な画像復元を実現することを目的とした雑音検出器の提案を行っている。また、復元画像の更なる高品質化を目的として、雑音除去フィルタの提案を行っている。本論文では、従来の雑音検出器では、

エッジ部分を高精度に復元できないという性質上の問題があることに着眼し、劣化画像から画像の特徴であるエッジを抽出し、それに基づいて、複数の異なる雑音検出器を切り替えて用いることによって、高精度な雑音検出器の実現を可能とした。さらに、提案する雑音検出器は、一度検出した雑音検出結果に対して、再度雑音か否かを検証するという新しいアプローチを導入することにより、更に雑音検出率の高精度化を実現している。また、画像の自己相似性に基づいた雑音除去フィルタについて提案しており、復元画像の品質向上を可能としている。

本論文では、まず第2章で、提案する雑音検出器が検出対象とするインパルス性雑音の発生モデルについて説明する。また、インパルス性雑音によって劣化した画像の復元において、優れた効果を示す非線形フィルタについて説明する。第3章では、雑音検出器と雑音除去フィルタの2つの処理によって画像復元を行う場合において、既に提案されている手法を取り上げ、その概要と解決すべき問題点について述べる。第4章では、インパルス性雑音の発生モデルの一つである固定値インパルス性雑音における高精度な雑音検出器を提案する。第5章では、固定値インパルス性雑音だけでなく、もう一つのインパルス性雑音の発生モデルであるランダム値インパルス性雑音においても、精度良く雑音の位置を検出する雑音検出器を提案する。第6章では、第4章で述べた雑音検出器に対し、ベクトル信号の概念を導入し、カラー画像においても適用可能な手法を提案する。第7章では、画像の自己相似性に基づいた反復関数系 (Iterated Function System: IFS) を用いた雑音除去フィルタについて提案する。提案する雑音除去フィルタを用いることにより、高品質な復元画像を得ることができる。最後に第8章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本論文は、非線形フィルタを用いた画像復元について提案を行っている。また、本手法を実際の画像に適用した実験を行うことにより、その有効性および有用性を示している。

学位論文審査の要旨

主 査	助教授	長谷山 美 紀
副 査	教 授	北 島 秀 夫
副 査	教 授	山 本 強
副 査	教 授	荒 木 健 治

学 位 論 文 題 名

非線形フィルタを用いた高精度画像復元に関する研究

本論文は、著者が行った非線形フィルタを用いた高精度画像復元に関する研究成果をまとめたものである。近年、インターネットを始めとする通信技術の発展は目覚ましく、特に、高速通信が望まれているデジタル画像に関する処理技術の開発は、急務とされている。その中でも、高速通信下で劣化した画像の復元技術の開発は重要とされている。実際にデジタル画像を伝送する際、A/D変換、撮像時のセンサーエラー、通信経路においてノイズが混入することから、劣化は避けられない。また、劣化の程度は、高速化が進めば進むほど激しくなり、高速通信を実現するためには、より高精度な復元技術が必要とされている。

このような背景から、著者は、画像上に情報の欠損として現れるインパルス性ノイズを効果的に除去する復元手法に注目した。インパルス性ノイズによって劣化した画像の復元には、原信号の画素には、フィルタ処理を施さず、そのまま出力するという復元手法が優れた効果を示すことが知られている。この手法は、まず、ノイズ検出器でインパルス性ノイズの位置を検出し、次に、ノイズ除去フィルタでノイズと判定された画素のみにノイズ除去処理を行う。このような2段階の処理において、ノイズ除去処理はノイズ検出結果を用いて行われるため、ノイズ検出精度がノイズ除去の性能を決定づける重要な要素となる。しかしながら、従来の復元手法が行うノイズ検出は、十分な復元効率が期待できず、実用面では問題があった。

著者は、本論文においてこの問題を解決すべく、高精度な画像復元を実現することを目的としたノイズ検出器の提案を行っている。また、復元画像の更なる高品質化を目的として、ノイズ除去フィルタの提案を行っている。著者は、従来のノイズ検出器では、エッジ部分を高精度に復元できないという性質上の問題があることに着眼し、劣化画像から画像の特徴であるエッジを抽出し、それに基づいて、複数の異なるノイズ検出器を切り替えて用いることによって、高精度なノイズ検出器の実現を可能とした。

さらに、提案するノイズ検出器は、一度検出したノイズ検出結果に対して、再度ノイズか否かを検証するという新しいアプローチを導入することにより、更にノイズ検出率の高精度化を実現している。また、画像の自己相似性に基づいたノイズ除去フィルタについて提案しており、復元画像の品質向上を可能としている。

以下、章を追って論点を述べる。まず論文第2章で、提案するノイズ検出器が検出対象とするインパルス性ノイズの発生モデルについて説明を行った。また、インパルス性ノイズによって劣化した画像の復元において、優れた効果を示す非線形フィルタについて説明を行った。第3章では、ノイズ検出器とノイズ除去フィルタの2つの処理によって画像復元を行う場合において、既に提案されている手法を取り上げ、その概要と解決すべき問題点について指摘した。第4章では、インパルス性ノイズの発生モデルの一つである固定値インパルス性ノイズにおける高精度なノイズ検出器を提案した。第5章では、固定値インパルス性ノイズだけでなく、もう一つのインパルス性ノイズの発生モデルであるランダム値インパルス性ノイズにおいても、精度良くノイズの位置を検出するノイズ検出器の提案した。第6章では、第4章で述べたノイズ検出器に対し、ベクトル信号の概念を導入し、カラー画像においても適用可能な手法を提案した。第7章では、画像の自己相似性に基づいた反復関数系 (Iterated Function System: IFS) を用いたノイズ除去フィルタについて提案した。提案するノイズ除去フィルタを用いることにより、高品質な復元画像を得ることを示した。最後に第8章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめを行った。

以上を要約すると、著者は、高精度な画像復元手法を実現するために、ノイズ検出とノイズ除去の2つの処理から復元を行う手法に着眼し、従来手法が抱える問題点を定性的に分析し、その結果、精度良くノイズを検出する検出器およびノイズ除去フィルタについての提案を行った。本研究を通じて情報メディア工学・通信工学への大きな貢献をしたので、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。