

氏 名	りく けんぎん
学位(専攻分野)	陸 建銀
学 位 記 番 号	博 士 (学 術)
学位授与の日付	博 甲 第 2 7 9 号
学位授与の要件	平成 14 年 3 月 25 日
研 究 科 ・ 専 攻	学位規程第 3 条第 3 項該当
学 位 論 文 題 目	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
	Blurred Images: Restoration Using Wavelets and Recognition Using Invariants
	(主査)
審 査 委 員	教 授 吉田 靖夫
	教 授 塩山 忠義 教 授 中山 純一
	助教授 中森 伸行

論文内容の要旨

本論文は、劣化画像の復元問題と認識問題を扱っている。劣化画像復元は画像処理の重要な一分野である。画像は形成される段階でさまざまな原因によって画質が劣化する。劣化画像から、それらの劣化を出来るだけ取り除き、元の綺麗な画像に戻るのが画像復元の目的である。また、劣化現象の普遍性から、劣化画像に適した認識方法の検討も意義がある。

第 1 章は序論で、劣化画像復元の背景について述べている。まず、数学的な劣化画像の観測モデルを確立し、劣化とノイズの扱いについて述べる。次に、これまでの代表的な画像復元方法をいくつか取り上げ、それらの方法の欠点とされている定常性仮定を分析する。本研究は、ウェーブレット変換を用いて画像復元に非定常性を取り入れる。また、劣化画像の認識において、劣化不変量を利用して劣化画像を直接扱う認識方法と復元を前処理とする一般的な認識方法の長所と短所について説明する。

第 2 章はウェーブレット変換による雑音除去を利用した正則化復元法について述べている。正則化復元は、不良設定問題を解くために、復元画像の高周波成分を制限する条件を設けている。また正則化パラメータを調節することで、正則条件の効く度合もコントロールできる。しかし、一つのパラメータの調節だけでは、エッジの平滑化問題と平坦領域でのノイズ問題を同時に解決できない。そのため、正則パラメータを調節し正則化を弱めてシャープなエッジを得たあとに、平坦領域のノイズをウェーブレット領域で除去することによって、最後に望ましい復元画像を得る。ウェーブレット領域でノイズ除去を行う理由は、そのエッジ適応化の容易さとパフォーマンスの高さにある。今回の隣接スケールの係数関係によるノイズ除去法には、ノイズの分散などの情報を必要としない便利さもある。隣接スケールの係数関係によるノイズ除去法は、ウェーブレット領域において低周波にいくにつれノイズ係数が画像信号係数より速く減衰する性質に基づいている。正確な減衰度合は信号の局所特異性分析によって与えられる。隣接スケールの比と差の値をしきい値処理すれば、特異性分析する必要なくノイズ除去ができる。異なる性質をもつ複数の画像を用いた計算機シミュレーション実験では、Legendijk らによる反復的空間適応法より良い結果を得た。また、反復法と比べると、提案方法は計算時間の面においてもずいぶん有利である。

第 3 章は、画像復元の定常性仮定を弱めるために、ウェーブレット分解を使って、単チャンネル Wiener 復元を多チャンネル Wiener 復元に変えるアプローチについて述べている。多チャンネル Wiener 復元は、もともとカラー画像やビデオなどを処理する場合に提案された方法である。チャンネル間の相関を積極的に利用する目的で、各チャンネル内だけ定常性を仮定する。ウェーブレット分解を使えば、単チャンネル Wiener 復元が多チャンネル Wiener 復元に変えられることを定式化する。ウェーブレットスケールをチャンネルと見なして多チャンネル復元を適用することで、単チャンネル Wiener の画像全体の定常性仮定が各スケール内の定常性仮定に変わる。さ

らに、多チャンネル復元を適用するには、チャンネル間に強い相関があることが一つの条件である。広く使われている行、列分離型正規直交ウェーブレットによる分解はデータの相関を弱める作用を有することから、このマルチスケール復元に適切とはいえない。そこで、非分離かつ冗長な Atrous 分解を用いた。Atrous 分解は、ダウンサンプリングをしないことや、二次元のフィルタを直接使うことから、データ間の相関を保ち、このマルチスケール復元に適していると考えられる。計算機実験では、マルチスケール Wiener 復元は普通の Wiener より良い結果がえられることを確認した。

第4章は、位相不変量を用いた劣化画像認識について述べている。劣化画像を復元して認識する従来の方法に対して、劣化不変な位相特徴量を用いて、劣化画像を復元せずに認識する方法を提案し、その有効性を示す。この方法は、劣化関数の情報不足で復元がうまく行かない場合や、画像復元に時間がかかりすぎ、認識時間を短縮したい場合に有効である。劣化システムの点広がり関数が180度回転対称であれば、画像をフーリエ変換した位相が劣化不変である。Gauss 劣化、焦点ぼけ、運動劣化のいずれもこの条件を満たしている。この性質を用いて、標準画像と入力画像の位相の差を逆フーリエ変換する位相相関関数を導入する。標準画像と入力画像が一致するかどうかは、位相相関関数の原点におけるピークの有無で分かる。また、フーリエ領域で適切な低周波フィルタを用いることによって、ノイズに対する頑健さを向上できる。10種類の自動車ナンバープレート数字画像を用いて認識実験を行い、計算機合成の劣化画像に対しても、実際のカメラ焦点ぼけ画像に対しても、良好な認識結果が得られた。

論文審査の結果の要旨

デジタル画像は入力時に、被写体とカメラの相對運動、光線通過媒体のゆらぎ、焦点ずれ、観測時付加雑音等のために劣化する事がよくある。このような劣化画像を復元し、認識することは画像処理として重要な問題であり、本論文では、これらの問題の解決のために新しい手法が提案されている。

最初に、焦点ずれと雑音付加の両方ある劣化画像の復元を扱っている。この問題の困難さは、エッジ領域の平滑化を避けながら、平坦部分の雑音除去を行う必要があることであるが、2段階の処理をすることでその解決法を提案している。最初に、正則パラメータを調節して鋭いエッジを得て、次に雑音除去をウェーブレット変換領域で行っている。

さらに、同じ復元問題に対し別の解法を提案している。ここでもウェーブレット変換を用い、本来の単チャンネル復元問題を多チャンネル復元問題として、チャンネル間相関を利用して効率を上げている。この際使用するウェーブレット関数に工夫がみられる。以上の2つは、ウェーブレット変換による適応的復元処理として新しい方法である。

最後に、劣化画像の認識に関して、復元画像を作らずに認識をするという方法を提案している。コンピュータ認識応用の場合で復元画像出力がいらなときは、この方法は有効である。実験として、劣化により視覚的に認識不可能な自動車プレートナンバーの認識ができることを示している。劣化があっても不変な量として、フーリエ変換後の位相成分に着目したことにこの手法の新しさがある。

本論文の内容は、査読付きの論文誌に以下の2編が採録されている。いずれも申請者が筆頭著者である。

1. Jiangyin Lu and Yasuo Yoshida, "Blurred image recognition on phase invariants", IEICE (The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science, Vol.E82-A, No.8, pp.1450-1455, Aug. 1999.
2. Jiangyin Lu and Yasuo Yoshida, "Region-adaptive image restoration using image denoising technique", IEICE trans. on Information and Systems, Vol.E85-D, No.1, pp.286-290, Jan. 2002.