

氏 名	李 強 ^{キョウ}
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 171 号
学位授与の日付	平成 10 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	Identification and Restoration for Motion and Gaussian Blurred Images
審 査 委 員	(主査) 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

この論文は劣化した画像の復元問題を扱っている。画像は計算機にとりこまれる過程においてさまざまな原因で劣化し、劣化過程を表す点拡がり関数にはその原因によりいくつかのタイプがある。天体写真のように光線が地球大気を通りぬけてくるときは点拡がり関数はガウス型であり、カメラと被写体の相対運動による劣化では 1 次元矩形関数である。この論文はこれらの劣化に加えて観測時に雑音が付加する場合の画像復元問題を取り扱う。

第 1 章は序論で、画像復元問題の背景等について述べている。第 2、3 章は 1 次元矩形関数による劣化に観測時雑音が付加した場合の復元問題を扱う。良好な復元画像を得るには劣化過程を正確に推定する必要があり、これを第 2 章で扱っている。ここではカメラと被写体の相対運動が任意の方向で起こるとして、その角度と劣化長、さらに付加白色雑音の分散を推定している。劣化長の推定のために、画像の 2 次元フーリエ変換より 2 次元パワースペクトルを求め、その運動方向の射影をとる。このとき、劣化長に応じた周波数位置に谷ができることより劣化長を求めている。付加雑音の分散はスペクトルの高周波成分の平均より求めている。運動方向の推定には射影方向を回転してもっとも深い谷を探す。さらに、スペクトルの谷が、したがって劣化長が、検出可能な最低の信号対雑音比を検討している。観測時付加白色雑音が大きいと谷が雑音分散値にもちあげられて検出困難になる。そのため、どの程度の信号対雑音比まで劣化長の検出が可能か、ガウス分布を用いて確率論で解析している。

第 3 章では、運動劣化画像に対して周波数領域ウィナーフィルターによる復元を行っている。ここでは、第 2 章で推定して得られた劣化に関する情報と劣化画像より推定した原画像のパワースペクトルを用いている。フーリエ変換の境界不連続による悪影響を避けるため、トレンドの除去と窓関数の適用を行っている。模擬劣化画像と実劣化画像の両方について復元処理を行い、ともに良好な画像が得られている。

第 4 章は、第 5、6 章に用いる拡散方程式とその逆時間方向の解を求める逆拡散過程について紹介する。拡散方程式は時間の経過とともにガウス型に拡がる物理現象を記述し、これは画像平滑化に当たって重要な役割を果たす。他方、拡散方程式を逆時間方向に解けば、ガウス関数によってぼけた画像を復元することに使える。ただし、そのまま逆拡散を解くことは不良設定問題となる。つまり、その解は雑音に著しく左右され、良好な画像復元とはなり得ないことを述べている。

第 5 章は、点拡がり関数をガウス関数とした劣化画像の復元問題に対し、多重スケール分解を用いて安定な解を得る方法を提案する。ガウス関数とその 2 階微分であるラプラシアン (LOG) を用いて画像を分解する。このとき LOG は異なるスケールパラメータをもつ数個を用いる。逆拡散過程による復元は、各スケールパラメータを拡散時間だけ、つまりガウス型劣化の大きさを与えるパラメータだけ、小さくす

ることによる分解となることを示す。このとき最高次の周波数成分をもつ被分解項はほとんど雑音なので捨てる。シミュレーションと実劣化画像を用いた実験で良好な結果を得ている。

第6章は医用の3次元CT画像の雑音除去とエッジ強調を目的として非等方拡散方程式の順逆両方向の解過程を利用している。処理の前半では非等方拡散過程を用いてエッジを保ちつつ雑音を除去する。すなわち、濃度勾配の大きいところはエッジと見なし平滑作用を小さくし、勾配の小さいところでは雑音があるとして平滑化を行う。後半ではエッジ検出をし、エッジ部分だけに逆拡散過程を用いてエッジ強調を行う。最後の第7章は結論である。

論文審査の結果の要旨

第2章の目的は任意方向のカメラと被写体の相対運動により劣化した画像のパラメータ推定である。ここの成果は、2次元パワースペクトルを1次元射影することにより劣化長検出時における付加雑音の影響を少なくしたこと、任意方向の劣化長が検出できること、検出可能な最小の信号対雑音比を解析的に求めたことであり、これらは従来行われていなかった実用的価値のあるものである。

第3章の画像復元では原画像のパワースペクトルの推定をする他に、フーリエ変換領域ウィーナーフィルタの境界不連続を避けるために線形トレンドを除去して、最後の復元画像にこのトレンドを付加している。これは線形トレンドは一樣劣化に影響されないということを利用した工夫である。模擬劣化画像のみならず実劣化画像に対しても実験を行い、主観的にも明瞭に良好な復元画像を得ている。

第5章では、ウェーブレット理論で注目されている多重スケール分解を基礎に、拡散方程式の逆時間方向の解を求めることにより復元を行っている。この求解に多重スケール分解を用いるアイデアは独創性があり、これにより不良設定問題を避けることができた。また、画像分解について、その収束性、それによる解の求め方、雑音の取扱等に新しい工夫がある。最後に、ガウス型点拡がり関数による劣化の場合に、模擬および実劣化画像について短時間で良好な復元画像を得ている。

第6章の目的とする画像のエッジを保存・強調して雑音を除去することはよく研究されてきた分野である。ここでは、雑音除去とエッジ強調を1つの非等方拡散方程式のみを用いて、時間の順方向と逆方向に操作しており、その統一的取扱に新規性と有効性がある。

以上の成果は下記のレフェリー制度の確立した学会誌に3編採択された。さらに、レフェリー付きの国際学会に2件採択された。いずれも申請者が筆頭著者である。

- (1) Q. Li, and Y. Yoshida, "Parameter estimation and restoration for motion blurred images", IEICE Trans. on Fundamentals (電子情報通信学会英文論文誌(A)), vol. E80-A, No. 8, pp. 1430-1437 (Aug. 1997).
- (2) Q. Li, Y. Yoshida and N. Nakamori, "Antidiffusion and restoration for Gaussian blurred images", IEICE Trans. on Fundamentals (電子情報通信学会英文論文誌(A)), vol. E81-A, No. 5, pp. 895-903 (May. 1998).
- (3) Q. Li, Y. Yoshida and N. Nakamori, "Multiscale 3-D image enhancement method based on diffusion equation", SPIE Image Processing, vol. 3338, (1998) (印刷中).