(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3804880号
(P3804880)
(45)発行日　平成18年8月2日(2006.8.2)　(24)登録日　平成18年5月19日(2006.5.19)

(51)Int.Cl.			F I		
H04N	1/409	(2006.01)	H04N	1/40	101D
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	300
G06T	5/20	(2006.01)	G06T	5/20	B

請求項の数 3　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平9-62101
(22)出願日　平成9年2月28日(1997.2.28)
(65)公開番号　特開平10-243238
(43)公開日　平成10年9月11日(1998.9.11)
審査請求日　平成15年9月30日(2003.9.30)

(73)特許権者　000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼２１０番地
(74)代理人　100080159
弁理士　渡辺　望稔
(72)発明者　長　尾　公　俊
神奈川県南足柄市中沼２１０番地
富士写真フイルム株式会社内

審査官　仲間　晃

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

原画像データにシャープネス強調処理を行ってシャープネス強調画像データを作成し、
前記原画像データに平滑化処理を行って平滑化画像データを作成し、
前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算してエッジとノイズとの混在成分を抽出するとともに、
前記原画像データからエッジ検出を行ってエッジ領域およびノイズ領域の重み付けデータを求め、
前記エッジとノイズとの混在分成分にこのノイズ領域の重み付けデータを用いて重み付けを行った後に非線形変換を行ってノイズ成分を分離し、
得られたノイズ成分に細分化処理を行って、細分化ノイズ成分を得るとともに、
前記エッジとノイズとの混在成分に前記エッジ領域の重み付けデータを用いて重み付けを行ってエッジ強調成分を得、
前記シャープネス強調画像データから前記細分化ノイズ成分を変倍して除くとともに前記エッジ強調成分を変倍して付加して処理画像データを得ることを特徴とするディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。

【請求項２】

前記ノイズ成分を分離するための非線型変換は、ノイズの濃度変動の閾値より前記濃度変動が大きくなるにつれて連続的に指数関数的に減少する関数によって行われる請求項１に記載のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。

【請求項３】
前記細分化処理が、前記ノイズ成分に乱数を乗算する処理である請求項１または２に記載のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の技術分野】
本発明は、ディジタル画像の粒状などのノイズ（雑音）を抑制し、かつディジタル画像のシャープネスを強調するディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
写真等の画像を画像入力スキャナで収録し、画像出力プリンタで出力するようなディジタル画像では、スキャナとプリンタによる大幅なシャープネス劣化があり、それを回復するために従来からラプラシアンフィルタやアンシャープマスク（ＵＳＭ）によるシャープネス強調が行われている。しかし、画像のシャープネスが向上すると共に粒状などのノイズ（雑音）が悪化する副作用があるため、粒状のある画像においては粒状悪化が許容される範囲内で控え目なシャープネス強調しか行えず、原稿画像以上に画質を向上させることが困難であった。
【０００３】
ディジタル画像において、ノイズとなる粒状を除去しシャープネスを強調する画像処理法としては幾つか提案されているが、粒状を除去する方法として平均化したり、ぼかす方法を用いているため、ぼけた粒状パターンが視覚的には不快に感じられたり、微小な被写体構造が不自然に消されたりする等の問題点があり、写真のような審美的な画像には適さない。
【０００４】
写真、印刷、テレビジョン、各種複写機等の画像において、カメラ等の光学系による鮮鋭度劣化、写真感光材料に固有の粒状や鮮鋭度劣化、もしくは写真や印刷等の原稿画像を画像入力装置でディジタル化する際に付加されるノイズ（雑音）や鮮鋭度劣化を回復するため、ノイズを抑制したり、シャープネスを強調する画像処理法として種々の方法が考案されている。たとえば、従来の画像処理方法では、粒状除去処理方法としては平滑化やコアリングという方法が用いられ、シャープネス強調処理法としてはアンシャープマスク（ＵＳＭ；Unsharpness Mask）やラプラシアン、あるいはハイパスフィルタによる処理が用いられている。しかし、これらの従来の粒状除去処理方法では粒状を抑制すると不自然な違和感のあるアーチィファクトが生じたり、本来は抑制してはならない画像の微細構造を粒状と共に抑制してしまう等の望ましくない欠点を有していた。
【０００５】
たとえば、特表昭５７－５００３１１号公報、同５７－５００３５４号公報および「アンシャープで粒状の目立つ写真画像のディジタル強調方法」、電子画像処理国際会議録、１９８２年７月、第１７９～１８３頁（P.G.Powell and B.E.Bayer, “A Method for the Digital Enhancement of Unsharp,Grainy Photographic Images”, Proceedings of the International Conference on Electronic Image Processing,Jul.26-28,1982,pp.179-183)に開示されたポーウェルおよびバイヤーらの処理法では、粒状抑制方法として平滑化処理法（ローパスフィルタ）を用い、シャープネス強調方法としてアンシャープマスク（ハイパスフィルタ）による処理法を用いている。平滑化処理はｎ×ｎ画素の信号値にGaussian型等の重み付けを乗じて信号を平滑化することによって、粒状を抑制する処理である。シャープネス強調処理は、先ずｍ×ｍ画素の画像信号を用いて、中心画素から周囲画素の方向の微分値を求め、その値が設定した閾値より小さい場合は粒状や雑音と見做してコアリング処理で除去し、残った閾値より大きい微分値の和をとり、１．０以上の定数を乗じて上記の平滑化信号に加算することによりシャープネス強調を行う。
【０００６】

この処理法では、粒状パターンをぼかしているので、粒状パターンの濃淡コントラストは低下するが、粒状を構成する粒子の集落（モトル）からなる大きいむらパターンが視覚的には目立つようになったりするため、不快な粒状として見えるという欠点がある。また設定した閾値で粒状と画像の識別を行っている（コアリング処理）ので、コントラストの低い画像信号が粒状誤認され、粒状と共に抑制あるいは除去されてしまったり、除去した信号と強調した画像信号との境界で不連続性が生じ、画像に不自然なアーティファクトが見られるという欠点がある。特に、芝生や絨毯等の微細な画像、および布地等のテクスチャが描写されている画像においてこの欠点が現れ、視覚的には極めて不自然で望ましくないアーティファクトとなる。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来の粒状抑制・シャープネス強調画像処理方法では、シャープネスはアンシャープマスクで強調し、粒状はぼかしたり、平滑化によって抑制する手法を用い、原画像から粒状（ノイズ）信号と輪郭信号を信号レベルで分離して、輪郭信号はシャープネス強調し、平滑領域は粒状抑制することにより、小さい信号を粒状と見做して処理するので、粒状の信号レベルと近い画像細部信号、すなわち衣類のテクスチャや頭髪等の画像信号が粒状と共に抑制され、画像処理のアーティファクトとして視覚的に不快な画像となる欠点があるという問題があった。すなわち、このような従来法では、粒状抑制の方法としてぼけや平均化を用いており、ぼけた粒状パターンは濃度の揺らぎとしては小さくなって粒状が良くなったかのように見えるが、逆に濃度揺らぎ量は小さいがぼけて広がった粒状パターンが視覚的には不快なパターンと認識され、特に、ポートレート写真等の顔や肌、あるいは壁や空等の一様な被写体で目立つという問題があった。

【０００８】

また、原画像から粒状（雑音）領域と輪郭領域を信号レベルで分離する従来法では、原画像とぼけ画像の差分信号から輪郭領域と平坦領域を識別し、それぞれの領域に対してアンシャープマスクやラプラシアン等の異なる係数を用いて処理することによって、平坦領域では粒状を抑制しつつ、輪郭領域ではシャープネスを強調してエッジをぼかすことなく粒状抑制をしているが、輪郭領域と粒状領域の認識・分離が閾値となる信号レベルで一律に行われるため、その境界で不連続性が生じるという問題があった。

さらに、このような従来法では、エッジ強調あるいはシャープネス強調方法としてアンシャープマスクやラプラシアンが用いられているが、画像の輪郭・エッジ部にマッキーラインのような縁取りが発生し易く、視覚的に不自然な印象を与えるという問題があった。

【０００９】

本発明は、上記従来技術の現状を鑑みてなされたものであって、写真、印刷、テレビジョン、電子スチル写真、各種複写機等の画像において、カメラによるぼけ、写真感光材料の粒状やぼけ等の原稿画像に固有のノイズ（雑音）と鮮鋭度劣化、もしくはその原稿画像を画像入力装置でディジタル化する際に付加されるノイズと鮮鋭度劣化を回復する処理を行う際に、上記従来技術の問題点、すなわち、平滑化による粒状抑制を行うと粒状がぼけて大きいむらが視覚的に不快に見えるという問題点、コントラストの低い画像信号が粒状と誤認され、抑制あるいは除去される問題点、粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーティファクトが見られるという問題点を生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを強調する処理を行うディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を提供することを目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行ってシャープネス強調画像データを作成し、

前記原画像データに平滑化処理を行って平滑化画像データを作成し、

前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算してエッジとノイズとの混在成分を抽出するとともに、前記原画像データからエッジ検出を行ってエッジ領域お

よびノイズ領域の重み付けデータを求め、
前記エッジとノイズとの混在分成分にこのノイズ領域の重み付けデータを用いて重み付けを行った後に非線形変換を行ってノイズ成分を分離し、
得られたノイズ成分に細分化処理を行って、細分化ノイズ成分を得るとともに、
前記エッジとノイズとの混在成分に前記エッジ領域の重み付けデータを用いて重み付けを行ってエッジ強調成分を得、
前記シャープネス強調画像データから前記細分化ノイズ成分を変倍して除くとともに前記エッジ強調成分を変倍して付加して処理画像データを得ることを特徴とするディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を提供するものである。

【００１１】

ここで、前記シャープネス強調処理が、ガウシャン型アンシャープマスク処理であるのが好ましく、前記平滑化処理が、ガウシャン型ぼけマスク処理であるのが好ましい。また、前記ノイズ成分を分離するための非線型変換は、ノイズの濃度変動の閾値より前記濃度変動が大きくなるにつれて連続的にガウシャン関数的に減少する関数によって行われるのが好ましい。また、前記細分化処理が、ノイズモトルの細分化処理であるのが好ましい。

【００１２】

また、前記細分化処理が、前記ノイズ成分に乱数を乗算する処理であるのが好ましい。また、前記重み付けデータを求めるためのエッジ検出は、局所分散方式によるものであるのが好ましい。

【００１３】

【作用】

本発明のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法は、処理前の原画像にシャープネス強調の処理を行い、画像を鮮鋭化すると共に画像中に含まれている粒状・ノイズ（雑音）を共に鮮鋭化しておき、画像のエッジ部と平坦部を領域分割し、平坦部を粒状領域と見做して粒状の信号を検出し、その粒状を細分化して選択的に除去するものである。本発明法では、こうすることにより、エッジ部ではシャープネス強調画像、粒状領域では粒状が抑制された画質の良い画像を得ることができる。
また、本発明の粒状抑制法では、シャープネス強調された粒状成分を識別し、その粒状成分にさらにランダムな変調を掛けた微細化粒状成分を前記シャープネス強調画像から差し引く方法で粒状を抑制することにより、元の粒状より空間的に細かく且つ濃淡変化の小さい粒状を実現することができる。粒状をシャープネス強調し、且つ空間的に微細化するので、銀塩写真感材で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状にすることができる。

【００１４】

【発明の実施の形態】

本発明に係るディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を添付の図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

【００１５】

図１は、本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。以下の説明では、ディジタル画像のノイズとして粒状を代表例として説明する。
本発明においては、図１に示すように、各画素毎に先ず、原画像I_0からシャープネス強調画像I_Sと平滑化画像I_{AV}を作成し、エッジと粒状（ノイズ）との混在成分を抽出する、すなわちエッジ・粒状混在の微細画像データΔI_{EG}を作成する。一方、原画像から直接原画像中の被写体エッジE_0の検出を行い、エッジ領域と粒状領域の重み付けデータW_EとW_Gを求める。

【００１６】

この後、これらの重み付けデータW_EとW_Gを用いて、先に求めたエッジ・粒状混在の微細画像データΔI_{EG}から非線形変換（ＮＬＧ）によりエッジと粒状を分離する。すなわち、エッジ・粒状混在成分ΔI_{EG}に粒状領域の重み付けデータW_Gを乗算して重み付けをして粒状領域のエッジ情報を含む粒状成分G_0を求め、この粒状成分G_0をモトル細分化処

理で微粒子化して、細分化粒状成分、すなわち粒状抑制成分G_1を作成する。一方、エッジ成分の方は、エッジ・粒状混在成分ΔI_{EG}にエッジ領域の重み付けデータW_Eを乗算して重み付けしてエッジ領域のエッジ強調成分E_1を作成する。
最後に、はじめに求めたシャープネス強調画像I_Sからこうして作成された粒状抑制成分G_1を定数倍、例えばα倍して減算して除くとともに、エッジ強調成分E_1を定数倍、例えばβ倍して加算して付加することにより、画像のエッジ領域がシャープネス強調され、平坦領域が粒状抑制された処理画像I_1が作成される。

【００１７】

本発明法の特徴は、粒状を微粒子化手法で抑制し、画像エッジ（輪郭）と粒状の領域を非線形変換で識別することにより、粒状抑制処理とシャープネス強調処理をファジー(Fuzzy)に配分した点である。すなわち、粒状領域とエッジ領域の境界はｏｎ／ｏｆｆ的なものではなく、両領域がオーバーラップしていて、その比率が徐々に変わっていくようなものなので、境界が不自然に目立つことなく、極めて自然なものとなる。本発明法において、粒状抑制の程度を決めるパラメータは、粒状・エッジ成分の濃度変動ΔＤの平方自乗平均（ＲＭＳ）に基づいて自動設定することもできる。
また、粒状・雑音を抑制し、かつシャープネスを強調する本発明法のアルゴリズムを、ディジタル化された画像データに対して、コンピュータあるいは専用処理装置を使用して処理することができる。

【００１８】

次に、本発明の画像処理方法の各工程について図１を参照して簡単に説明する。
１）シャープネス強調工程
ガウシアン型アンシャープマスク(Gaussian USM)を用いて、原画像I_0に画像入出力系のぼけ回復と共に、光学プリントを凌ぐためにかなり大幅なシャープネス強調を行い、シャープネス強調画像I_Sを作成する。
２）平滑化工程およびエッジ・粒状混在成分の抽出工程、
例えば、平均化やぼけマスクを用いて原画像I_0の平滑化画像I_{AV}を作成し、シャープネス強調画像I_Sから下記式（１）によってエッジ・粒状混在の微細画像データΔI_{EG}を作成する。

$$\Delta I_{EG} = I_S - I_{AV} \quad (1)$$

【００１９】

３）エッジ領域と粒状領域の重み付け係数の算出工程、
原画像I_0から直接、例えば局所分散方式によって原画像I_0中の被写体エッジE_0を検出し、このエッジE_0を用いて、エッジ領域と粒状領域の重み付け関数（データ）W_EとW_Gを求める。ここで$W_E + W_G = 1.0$であるので、粒状領域の重み付けデータW_Gのみを求め、エッジ領域の重み付けデータは$1.0 - W_G$を用いるようにしてもよいし、また、逆を行ってもよい。
４）エッジと粒状の識別・分離工程、
粒状領域の重み付けデータW_Gとエッジ領域の重み付けデータW_Eとを用いて、エッジ・粒状混在微細画像データΔI_{EG}から非線形変換関数（ＮＬＧ）によりエッジと粒状を分離する。粒状成分G_0およびエッジ成分E_1は下記式（２）および（３）によって求められることができるが、エッジ成分E_1は、エッジ強調成分E_1として求められる。

$$G_0 = NLG(\Delta I_{EG} \times W_G) \quad (2)$$

$$E_1 = \Delta I_{EG} \times W_E \quad (3)$$

【００２０】

５）粒状モトル細分化工程、
粒状成分G_0は、下記式（４）によって示されるガウシアン(Gaussian)乱数R_Gを用いたモトル細分化処理で微粒子化されて、粒状抑制成分G_1が作成される。

$$G_1 = \Phi(G_0, R_G) \quad (4)$$

６）粒状抑制およびエッジ強調（シャープネス強調）工程（最終処理画像の算出工程）、
先に求められたシャープネス強調画像I_Sと、ここで求められた粒状抑制成分G_1とエッ

ジ強調成分E_1から下記式によって、原画像I_0のエッジ領域がシャープネス強調され、粒状領域などの平坦領域は粒状抑制された処理画像I_1を得ることができる。ここで、α、βは、処理の強さを調節するパラメータである。

$$I_1 = I_S - \alpha G_1 + \beta E_1 \qquad (5)$$

【００２１】

ところで、上述した例では、４）エッジと粒状の識別・分離工程で粒状成分G_0とエッジ強調成分E_1を作成しているが、本発明はこれに限定されず、この識別・分離工程では粒状成分G_0のみを作成し、エッジ強調成分E_1は終段の６）エッジ強調工程で作成するようにしてもよい。

また、上述した例では、最終の粒状抑制およびエッジ強調工程で粒状抑制成分G_1とエッジ強調成分E_1とをシャープネス強調画像I_Sに対して同時に演算しているけれども、本発明はこれに限定されず、別々にそれぞれ減算および加算を行うようにしてもよい。

【００２２】

本発明の画像処理方法において対象とする画像としては、特に制限的ではないが、写真、印刷、電子スチル写真、各種複写機等のハードコピー画像のみならず、テレビジョン、コンピュータのＣＲＴ、液晶などの表示装置に表示されるソフトコピー画像であってもよい。

また、以上の説明では、これらの画像において抑制すべきノイズとして粒状を代表例として説明しているが、本発明はこれに限定されず、カメラによるボケ、写真感光材料の粒状やぼけ等に起因する原稿画像に固有のノイズ、もしくはこれらの原稿画像をスキャナ等の画像入力装置で読み取ってディジタル画像化する際に付加されるノイズ、あるいはビデオカメラや電子スチルカメラやディジタルカメラで撮影してディジタル画像化する時に混入するノイズなど、画像再現においてざらついて見える抑制の対象となるノイズであればどのようなものでもよい。

【００２３】

次に、本発明の画像処理方法の各工程について詳細に説明する。

１）まず、シャープネス強調工程について説明する。

ここで、画像のシャープネスを強調する方法としては、アンシャープマスク(Unsharp mask, USM) またはラプラシアン(Laplacian) が良く知られている。本発明においても、これらを用いることにより、画像のシャープネス劣化が軽度なものであれば、画像のシャープネスを強調することができる。

アンシャープマスクは、次式のように原画像$I_0(x,y)$から、$I_0(x,y)$を平均化あるいはぼかした画像$<I_0(x,y)>$を引いて求めたエッジ強調成分$I_0(x,y)-<I_0(x,y)>$に係数ａを掛けて原画像$I_0(x,y)$に加算することによって、シャープネス強調画像$I_S(x,y)$を求める方法である。

$$I_S(x,y) = I_0(x,y) + a\{I_0(x,y) - <I_0(x,y)>\} \qquad (6)$$

ここで、ａはシャープネス強調の程度を調節する定数であり、ｘ，ｙは、画像中の注目画素の位置を示す。

ラプラシアンは、画像$I_0(x,y)$の二次微分（ラプラシアン）$\nabla^2 I_0(x,y)$を原画像から引くことによって、シャープネス強調する方法で、次式で表される。

$$I_S(x,y) = I_0(x,y) - \nabla^2 I_0(x,y) \qquad (7)$$

ラプラシアンによるシャープネス強調の具体的な例としては、下記のような３×３の係数配列が良く用いられる。

$$\begin{matrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{matrix} \qquad (8)$$

【００２４】

この係数配列では、特に強いシャープネス強調を掛けたときに、画像のエッジに不自然な

輪郭が発生し易い。そこで、そのような欠点を少なくするために、本発明では式（９）に示したような正規分布型(Gaussian)のぼけ関数を用いたアンシャープマスクを用いるのが好ましい。

$$G(x,y)=(1/2\pi\sigma^2)\exp[-(x^2+y^2)/2\sigma^2] \quad (9)$$

ここで、σ^2 は正規分布関数の広がりを表すパラメータであり、マスクの端$x=x_1$における値とマスクの中心$x=0$における値の比、

$$G(x_1,0)/G(0,0)=\exp[-x_1^2/2\sigma^2] \quad (10)$$

が０．１～１．０となるように調節することによって、３×３のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。式（１０）の値を１．０に近い値にすると、式（８）の中央のラプラシアンフィルタとほぼ同じマスクを作ることができる。

マスクのシャープさを変更するには、この他にマスクの大きさを変更する方法があり、たとえば５×５、７×７、９×９等のマスクを用いることによって、シャープネス強調の空間周波数域の大幅な変更が可能となる。

【００２５】

また、マスクの関数形としても、上記の正規分布型以外のもの、たとえば、下記式（１１）のような指数関数型のマスクを用いることができる。

$$E(x,y)=\exp[-(x^2+y^2)^{1/2}/a] \quad (11)$$

ここで、ａは式（９）のσ^2と同様にアンシャープマスクの広がりを表すパラメータであり、マスクの端の値とマスクの中心値の比、

$$E(x_1,0)/E(0,0)=\exp[-x_1/a] \quad (12)$$

が０．１～１．０となるように調節することによって、３×３のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。式（１３）に、$E(x_1,0)/E(0,0)=0.3$としたときの式（１１）の指数関数のマスクの数値例を示す。

$$\begin{matrix} 0.18 & 0.30 & 0.18 \\ 0.30 & 1.00 & 0.30 \\ 0.18 & 0.30 & 0.18 \end{matrix} \quad (13)$$

このマスクから、アンシャープマスクの１例を計算すると、次式（１４）のようになる。

$$\begin{matrix} -0.12 & -0.22 & -0.12 \\ -0.21 & 2.32 & -0.21 \\ -0.12 & -0.21 & -0.12 \end{matrix} \quad (14)$$

【００２６】

このようなアンシャープマスクを用いて、原画像$I_0(x,y)$からシャープネス強調画像$I_S(x,y)$を求めることができる。なお、本発明に用いられるアンシャープマスクおよびシャープネス強調方法は、上述したものに限定されるわけではなく、この他の従来公知のアンシャープマスクや空間周波数フィルタリング等によるシャープネス強調方法を適用可能なことはもちろんである。

【００２７】

２）次に平滑化工程について説明する。

平滑化を行う方法としては、実空間領域の処理と空間周波数領域の処理を挙げることができる。実空間領域処理では、隣接する画素全体の和を求め平均値を計算してその値に置き換える方法、各画素に重み係数、たとえば正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法、メディアンフィルタのような非線型な処理を行う方法等の種々の方法がある。一方、空間周波数領域の処理では、ローパスフィルタを掛ける方法がある。たとえば、重み係数を用いる平均化の方法では下記式（１５）を挙げることができる。

【００２８】

【数１】

$$I_{AV}(x,y)=\frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w(i,j)I_0(x+i-n/2-1/2,y+j-n/2-1/2) \qquad (15)$$

【００２９】
ただし、ｎは平均化のマスクサイズ、ｗは重み係数である。ｗ＝１．０とすると、単純平均となる。
本発明では、実空間領域処理の中で、正規分布型の重み係数を掛けて平均値を求める方法を用いることにするが、これに限定されない。この時、処理のマスクとしては、下記のようなｎ×ｎ画素のマスクを用いるのが好ましい。具体的には３×３から５×５、７×７、９×９程度のものを用いるのが好ましい。

$$\begin{matrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \cdots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & \cdots & w_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \cdots & w_{nn} \end{matrix} \qquad (16)$$

【００３０】
式（１７）に９×９画素のマスクの一例を示す。この式（１７）では中心の値を１．０に正規化した値で示しているが、実際の処理ではマスク全体の和が１．０になるようにする。

$$\begin{matrix} 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.30 & 0.51 & 0.74 & 0.93 & 1.00 & 0.93 & 0.74 & 0.51 & 0.30 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \end{matrix} \qquad (17)$$

【００３１】
このようなマスクを用いて、原画像$I_0(x,y)$から平滑化画像$I_{AV}(x,y)$を求めることができる。なお、本発明に用いられる平滑化方法としては、上述した種々の方法に限定されるわけではなく、従来公知の平滑化方法はいずれも適用可能なことはいうまでもない。
【００３２】
３）次いで、粒状とエッジの混在成分の抽出工程について説明する。
こうして得られたシャープネス強調画像$I_S(x,y)$と平滑画像$I_{AV}(x,y)$から、両者の差を計算し粒状とエッジとの混在成分$\Delta I_{EG}(x,y)$として抽出する。
$$\Delta I_{EG}(x,y)=I_S(x,y)-I_{AV}(x,y) \qquad (18)$$
【００３３】
４）エッジ検出およびエッジ領域と粒状領域の重み付け係数の算出工程について説明する。ここでは、一例として局所分散方式によるエッジ検出を代表例として説明するが、本発明はこれに限定されるわけではない。
【００３４】
▲１▼前処理：濃度変換、

エッジ検出を行う際に先ず、式（１９）に示したように、原画像$I_0(x,y)$のＲ，Ｇ，Ｂの３色の濃度値D_R，D_G，D_Bに重み係数ｒ，ｇ，ｂを掛けて視覚濃度(Visual density)D_Vに変換する。

D_V＝（ｒD_R＋ｇD_G＋ｂD_B）／（ｒ＋ｇ＋ｂ）　　（１９）

重み係数としては、例えば、ｒ：ｇ：ｂ＝４：５：１のような値を用いる。この変換を行うのは、Ｒ，Ｇ，Ｂで相関の無い粒状やノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させるためである。前処理の配列の大きさは範囲は５×５、あるいは７×７画素程度のものを用いるのがよいが、それは、次の処理▲２▼で配列内の画像濃度の変動を、配列内で小さい配列、例えば、図２に示すように、３×３程度の配列を用いて、移動しながら計算するためである。

【００３５】

なお、エッジ検出における重み係数ｒ，ｇ，ｂは以下のようにして求めることができる。重み係数については、視覚で観察したときに目立つ（これは、分光的な視感度分布に対応するという見方もあるが）、すなわち寄与の大きい色の画像データの重み係数が大きいという考えに基づいて最適な値に設定するのが好ましい。一般には、視覚評価実験等に基づいて経験的な重み係数が求められており、下記のような値が一般的な知見として知られている（公知文献としては、野口高史、「心理対応の良い粒状評価法）、日本写真学会誌，５７（６），４１５（１９９４）があり、色によって異なるが、下記の比に近い数値が示されている）。

ｒ：ｇ：ｂ＝３：６：１

ｒ：ｇ：ｂ＝４：５：１

ｒ：ｇ：ｂ＝２：７：１

ここで、係数の比ｒ：ｇ：ｂとして好ましい値の範囲を規定するとすれば、ｒ＋ｇ＋ｂ＝１０．０でｂを１．０としたときに、ｇの値として、

ｇ＝５．０～７．０

の範囲の値が好ましい。ただし、ｒ＝１０．０－ｂ－ｇである。

【００３６】

▲２▼局所分散によるエッジ検出、

エッジの検出は、図２に示すように、上記視覚濃度D_Vの画像データから$n_E \times n_E$画素の配列を移動しつつ、配列内の画像濃度変動を式（２０）を用いて、その位置毎の局所的な標準偏差σを順次局所分散として計算することによって、画像中の被写体エッジの検出を行う。画素配列の大きさ（$n_E \times n_E$）は、検出精度および計算負荷を考慮して適宜決めればよいが、例えば３×３、あるいは５×５程度の大きさを用いるのが好ましい。

【００３７】

【数２】

$$\sigma(x,y)=\left\{\frac{1}{n_E^{\,2}}\sum_i\sum_j (D_{ij}-<D>)^2\right\}^{1/2} \qquad (20)$$

ただし、D_{ij}は局所分散を計算する$n_E \times n_E$の画素配列の濃度で、＜Ｄ＞はその配列の平均濃度で、

【数３】

$$<D>=\frac{1}{n_E^{\,2}}\sum_i\sum_j D_{ij} \qquad (21)$$

である。

【００３８】

▲３▼エッジ領域と粒状領域の重み付け係数の算出、
上記式（２０）および（２１）に示す局所分散σ(x,y) から、エッジ領域の重み付けW_E (x,y) と粒状領域の重み付けW_G (x,y) を求めるために下記のような指数関数を用いた式（２２）および（２３）を用いた。
$W_E(x,y) = 1 - \exp[-\sigma(x,y) / a_E]$ （２２）
$W_G(x,y) = 1 - W_E(x,y)$ （２３）
ただし、a_E は局所分散σ(x,y) の値を重み付けW_E (x,y) に変換する際の係数で、W_E ＝０．５に割り付けるσ(x,y) の閾値σ_T とすると、
$a_E = -\sigma_T / \log_e(0.5)$
である。σ_T の値は、粒状と被写体輪郭の信号の大きさによって適切な値にする必要があるが、各色８ｂｉｔ（２５６階調）のカラー画像では１０～１００の範囲の値が好ましい。この変換は、LUT(Look up table)として作成しておくと、変換に要する計算時間を短縮することができる。

【００３９】
エッジ領域の重み付けW_E (x,y) を求める変換式としては、上記式に限定されるものではなく、他の式を用いることもできる。たとえば、下記のようなガウシャン型の関数を用いても良い。
$W_E(x,y) = 1 - \exp\{-[\sigma(x,y)]^2 / a_{E1}^2\}$
ただし、a_{E1}はσ(x,y) からW_E (x,y) に変換する際の係数で、W_E ＝０．５に割り付けるσ(x,y) の閾値をσ_T とすると、
$a_{E1}^2 = -\sigma_T^2 / \log_e(0.5)$
である。σ_T の値は、各色８ｂｉｔ（２５６階調）のカラー画像では１０～１００の範囲の値が好ましい。

【００４０】
ところで、本発明においてエッジ検出法としては、上記局所分散方式のエッジ検出法に限定されるわけではなく、他のエッジ検出法も利用可能である。上記局所分散方式以外のエッジ検出法には、一次微分や二次微分に基づく方法があり、それぞれに、更に幾つかの方法がある。
まず、空間的な一次微分に基づく方法としては、下記の２つのオペレータがある。
差分型エッジ抽出オペレータとして、 Prewittのオペレータ、 Sobelのオペレータ、 Robertsのオペレータなどがある。 Robertsのオペレータは下記式で表わすことができる。
$g(i,j) = \{[f(i,j) - f(i+1,j+1)]^2 + [f(i+1,j) - f(i,j+1)]^2\}^{1/2}$
テンプレート型オペレータとして、８方向のエッジパターンに相当する３×３テンプレートを用いる Robinson のオペレータや Kirshのオペレータがある。
次に、空間的な二次微分に基づく方法としては、ラプラシアンを用いた方法がある。この場合、雑音を強調してしまうので、先ず正規分布型のぼかし処理をしてからエッジ検出する方法が良く用いられる。

【００４１】
５）次に、エッジと粒状の識別・分離工程における粒状とエッジの重み付けについて説明する。
ここでは、粒状成分とエッジ成分を識別し、分離するには、粒状とエッジの特徴を利用する。先ず、空間的な領域では、粒状はフィルム全体すなわち画像全体にあるが、被写体の輪郭やエッジの部分よりも平坦な部分で目立つ。一方、エッジは画像中の主として被写体の輪郭部分と被写体表面の微細構造のある部分にある。また、濃度領域では、図３に示すように、粒状は主として撮影に用いた写真感光材料の粒状で構成されているので、図中点線で示されるように、濃度差は小さいものが多いが、エッジは被写体のコントラストに依存しており、画像によって大きく異なるが図中実線で示されるように、濃度差は微小なものから非常に大きいものまで変化に富んだものとなっている。

【００４２】
６）次に、粒状とエッジの識別・分離工程について説明する。

粒状とエッジを識別・分離するために、先ず両者の空間的な特徴を利用して、粒状とエッジの領域分割を行う。原画像から検出した被写体のエッジを用いて求めた粒状領域の重み付け$W_G(x,y)$を、粒状とエッジの混在濃度値$\Delta I_{EG}(x,y)$に掛けることによって、エッジ情報を減少させ、粒状情報の比率の高い信号$\Delta I_G(x,y)$にすることができる。

$$\Delta I_G(x,y) = W_G(x,y) \times \Delta I_{EG}(x,y) \quad (24)$$

【００４３】

次に、濃度領域での特徴を利用して、粒状とエッジの画像情報の分離を行う。図３に示したように、濃度差の小さい信号は主として粒状成分で、エッジ信号も幾分混在し、濃度差の大きい信号は主としてエッジ成分で、濃度差の大きめの粒状成分が混在しているので、濃度差の大小を用いて粒状とエッジの分離を行うことができる。粒状成分$G(x,y)$の分離は、下記の式（２５）で表す非線形変換のＬＵＴを用いて行う。粒状成分の分離に用いられる非線形変換ＬＵＴの一例を図４に示す。

$$G(x,y) = LUT(\Delta D(x,y)) \quad (25)$$

ただし、ＬＵＴは

$$LUT(\Delta D) = \Delta D \times \exp[-(\Delta D)^2 / a_G^2] \quad (26)$$

で、a_G^2は粒状の濃度変動の閾値G_Tから決まる定数で、

$$a_G^2 = -G_T^2 / \log_e(1/2) \quad (27)$$

である。

【００４４】

ここで、粒状の濃度変動の閾値G_Tは、粒状とエッジの混在濃度変動$\Delta I_{EG}(x,y)$の中で、この値以下の濃度変動は粒状であると見做すものであるが、式（２６）と図４から容易に判るように、この閾値を境にｏｎ／ｏｆｆ的に分離するのではなく、濃度変動が大きくなるにつれて徐々に小さくなるＬＵＴ形状に従って、分離する粒状が減少していくようにしている。従って、粒状と共にエッジも混入するが、その割合も徐々に減少する。

このような非線型変換ＬＵＴを非線型変換関数ＮＬＧとして表わし、エッジ・粒状混在成分を$\Delta I_{EG}(x,y)$で表わすと、粒状成分$G_0(x,y)$は、上記式（２４）および（２５）より、

$$G_0(x,y) = NLG\{\Delta I_{EG}(x,y) \times W_G(x,y)\} \quad (28)$$

として表わすことができる。こうして粒状成分$G_0(x,y)$を求めることができる。

なお、本工程で行なうエッジ成分の算出は後述する。

【００４５】

ところで、粒状の識別閾値G_Tの値は、処理する画像の粒状やノイズの大きさとシャープネス強調処理の程度によって、最適な値を選択するのが好ましい。粒状の識別は、シャープネス強調処理を行った画像で行うので、その粒状は元の画像の粒状がシャープネス強調処理でシャープになり、かつ濃度変動が大きくなった粒状である。したがって、粒状抑制処理を行う際に、周辺のｎ×ｎ画素の濃度変動を参照して、シャープネス強調処理後の粒状の大きさをＲＭＳ粒状度σ等の物理値で表し、それに基づいて粒状の識別閾値G_Tを決めることになる。以下に、その決定方法について説明する。

【００４６】

カラー写真感光材料の粒状は、通常、マイクロデンシトメータを用いて、４８μφの測定開口を用いてＲＭＳ粒状度で測定されており、一般的あるいは典型的なカラーネガフィルム、例えばSuper G ACE 100, 200, 400, 800（いずれも富士写真フイルム社製）などでは４～５の値（ＲＭＳ粒状度σ_{48}を１０００倍した値で表示したもの）となっている。このフィルムを開口面積Ａでスキャニングすることによってディジタル化すると、その開口面積でのフィルムの粒状度σ_{sc}は、良く知られたSelwynの粒状度の式$S = \sigma\sqrt{A}$を用いて、上記４８μφの開口で測定したＲＭＳ粒状度σ_{48}から次式（２９）で換算することができる。

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48}\sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{sc}} \quad (29)$$

ここで、A_{48}は４８μφの開口の面積である。たとえば、フィルムの粒状度が４で、ディジタル化のスキャニング開口を１２μφ（開口面積はA_{12}）とすると、

$\sigma_{sc}=\sigma_{48}\sqrt{A_{48}}/\sqrt{A_{12}}=0.016$ （３０）

となる。ただし、いずれの場合も光学系とスキャニング開口によるぼけは同じとする。

【００４７】

シャープネス強調を行ったときに粒状度σ_{sc}がｐ倍に大きくなったとすると、

$\sigma_{sc}'=p\sigma_{sc}$ （３１）

となる。

粒状の識別閾値G_Tの値は、処理すべき画像の粒状度に比例する値、すなわち$G_T=k_G\sigma_{sc}'$が好ましい。ただし、k_Gは定数で、１．０～３．０の値が好ましい。G_Tの値をσより大きくすればするほど粒状はより完全に識別できるようになる反面、粒状の濃度変動に近い低コントラストの被写体情報が粒状として誤認される確率が高まる。逆にσより小さくすると被写体情報は誤認されにくくなるが、粒状の中で濃度変動の大きい粒状が捕らえられなくなってしまい、画像の中に粗い粒状が残ることになる。

【００４８】

７）次に、粒状モトルの細分化工程について説明する。

粒状パターンは画像中で細かい濃度変動から成っているが、その濃度変動は濃度値の振幅の変動と空間的な変動の大きさに分けて考えることができる。粒状抑制の画像処理の目的は、この粒状を視覚的に目立たないようにすることである。そのためには、上記の濃度振幅と空間的な大きさの両方を小さくすると粒状を抑制することができるが、振幅も大きさもある程度以下に小さくなると視覚的な改良効果が認識できなくなる。しかし、ディジタル画像では、空間的には画素の大きさが最小単位となり、濃度振幅ではデータの濃度分解能（たとえば、８bit の画像データならば、１bit の濃度差）が最小単位となるので、物理的にこれ以下にはできない。

【００４９】

粒状モトルは空間的に大きいものから小さいものまであり、小さいモトルでは画素単位で細かく信号や濃度が変動するが、大きいモトルでは周辺の幾つかの画素に跨がって信号や濃度が変動する。画素単位で変動する信号については、それ以上細かくすることはできないが、複数の画素に跨がる大きい粒状モトルについては、小さくすることによって視覚的に目立たないようにできる。

粒状モトルを小さくする処理は、先ず粒状$G_0(x,y)$を検出し、その粒状$G_0(x,y)$に細分化するための乱数や格子等の細かいパターンから成る細分化マスクR(x,y) を掛けて、粒状抑制成分、

$G_1(x,y)=R(x,y)\times G_0(x,y)$ （３２）

を求める。次に、粒状を抑制したい画像$I_S(x,y)$から、下記式（３３）のように引くことによって、粒状を抑制することができる。

$I_{10}(x,y)=I_s(x,y)-\alpha G_1(x,y)$ （３３）

【００５０】

以上の粒状抑制処理の工程は、以下のように、粒状細分化マスクの生成工程と粒状の細分化工程の二段階に分けることができる。

▲１▼粒状細分化マスクの生成工程、

マスクとしては、乱数パターンの他に網点状パターン（通常の二次元の網点、一次元の万線スクリーン、ＦＭスクリーン等）や誤差拡散のようなパターンでも良いがモアレ等のアーティファクトの無い乱数パターンが好ましい。

乱数も一様乱数、正規乱数、Poisson 乱数、二項乱数等があるが、自然界の揺らぎ現象に近い正規乱数が好ましい。また、自然界の揺らぎを最も良く表していると言われている１／ｆ揺らぎもこの目的に適している。

【００５１】

乱数の生成は、次式のように、画像の各画素に対して一個の乱数を発生させる。

$R(x,y)=Ran(i)$ （３４）

ただし、Ｒａｎ(i) は乱数、ｉ＝１，２,..., Ｎで、Ｎは処理する画像の総画素数である。正規乱数の確率密度分布は、下記式（３５）のようになり、平均値μのとき分散がσ^2

となる。粒状の細分化マスクの特性は、この乱数の平均値μの値を調節することによって、粒状の細分化の程度、特にマスクの振幅の変動量を制御することができる。μの値としては１０～１０００程度の範囲のものが好ましい。

【００５２】

【数４】

$$f(p) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}\sigma} \exp\left[-(p-\mu)^2 / 2\sigma^2\right] \qquad (35)$$

【００５３】

▲２▼粒状の濃度変動パターンの細分化

検出した粒状データ$G_0(x,y)$に上記の乱数$R(x,y)$を掛けて、細分化粒状データ（粒状抑制成分）、$G_1(x,y)$を計算する。なお、ここで、$R_G(x,y)$は正規乱数を表わす。

$$G_1(x,y) = R_G(x,y) \times G_0(x,y) \qquad (36)$$

こうして、細分化粒状成分$G_1(x,y)$を求めることができる。

【００５４】

８）次に、最後の粒状抑制およびエッジ強調工程における粒状の抑制・除去工程について説明する。

シャープネス強調した画像$I_S(x,y)$から、次式（３７）のように式（３６）で得られた細分化粒状成分$G_1(x,y)$を引くことによって、粒状を抑制する。

$$I_{10}(x,y) = I_S(x,y) - \alpha G_1(x,y) \qquad (37)$$

ただし、αは粒状抑制の程度を調節する係数である。この処理により、シャープネス強調によって悪化した粒状を抑制することができる。ここでの粒状抑制は粒状モトルのような粗いパターンが除去され、細分化されたパターンのみが残り、視覚的には微細化、あるいは微粒子化されたような粒状となる。

【００５５】

９）最後に、エッジ強調工程について説明する。

エッジ・粒状混在成分の抽出工程において得られた式（１８）で示した粒状成分とエッジ成分の混在成分$\Delta I_{EG}(x,y)$にエッジ領域の重み付け$W_E(x,y)$を乗じて、エッジ強調成分$E_1(x,y)$を計算する。

$$E_1(x,y) = W_E(x,y) \times \Delta I_{EG}(x,y) \qquad (38)$$

こうして得られたエッジ強調成分$E_1(x,y)$を上記式（３７）で得られた粒状抑制画像$I_{10}(x,y)$に加えることにより、最終的な処理画像$I_1(x,y)$を求める。ただし、βはエッジ強調成分を付加する程度を調節する係数である。

$$I_1(x,y) = I_{10}(x,y) + \beta E_1(x,y) \qquad (39)$$

シャープネス強調は式（９）で行う処理でほぼ目的を達しているが、このエッジ強調を行う意味は、粒状抑制処理によって粒状と共に若干抑制されるエッジ成分を修復するために行うものであり、通常は僅かな量で良い。

【００５６】

こうして、原画像$I_0(x,y)$から粒状などのノイズが抑制されかつ十分にシャープネスが強調された最終処理画像$I_1(x,y)$を得ることができる。なお、エッジ強調工程で求めたエッジ強調成分$E_1(x,y)$を先の工程で求めておき、粒状抑制とエッジ強調とを同時に行ってもよい。この場合には、式（３７）および（３９）から、下記式（４０）として表わすことができる。

$$I_1(x,y) = I_S(x,y) - \alpha G_1(x,y) + \beta E_1(x,y) \qquad (40)$$

本発明の画像処理方法は基本的に以上のように構成される。

【００５７】

【実施例】

本発明のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を実

施例に基づいて具体的に説明する。
３５ｍｍカラーネガフィルム FUJICOLOR SUPER G ACE 400（富士写真フィルム社製）に撮影された写真画像をスキャナ SCANNER & IMAGE PROCESSOR SP-1000（画素数：２７６０×１８４０、富士写真フイルム社製）で読み取って、Ｒ，Ｇ，Ｂ各色８ｂｉｔでディジタル化した画像を原画像として、図１に示すフローに従って本発明の画像処理方法を行った。

【００５８】
ここで、シャープネス強調処理は、式（９）で示されるガウシアン型アンシャープマスキングを行ない、アンシャープマスクとしては、下記式のような３×３のマスクを用いた。

－０．５０　－０．８２　－０．５０
－０．８２　　６．２７　－０．８２
－０．５０　－０．８２　－０．５０

【００５９】
平滑化処理は、正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法を用い、処理マスクとしては上記式（１７）で表わされる９×９画素のマスクをマスク全体の和が１．０になるようにして用い、ローパスフィルタ処理と同様の効果を得た。
エッジ検出は図２に示す３×３画素の配列を用い、上記式（２０）による局所分散方式で行い、エッジ領域の重み付け係数W_E (x,y) は上記式（２２）を用いて非線形変換を行った。W_E を計算する際のエッジ局所分散の閾値σ_T の値は３０とした。

【００６０】
粒状とエッジの識別・分離処理では、図４に示す非線形変換ＬＵＴを用い、粒状の識別閾値G_T の値は５０（８ｂｉｔの０～２５５の階調ステップ単位で、濃度値の約１００倍）とした。粒状モトル細分化処理では、ガウシアン乱数を用いた。また、最終処理画像を得るための上記式（４０）のパラメータαおよびβの値は、それぞれα＝０．７およびβ＝０．３とした。

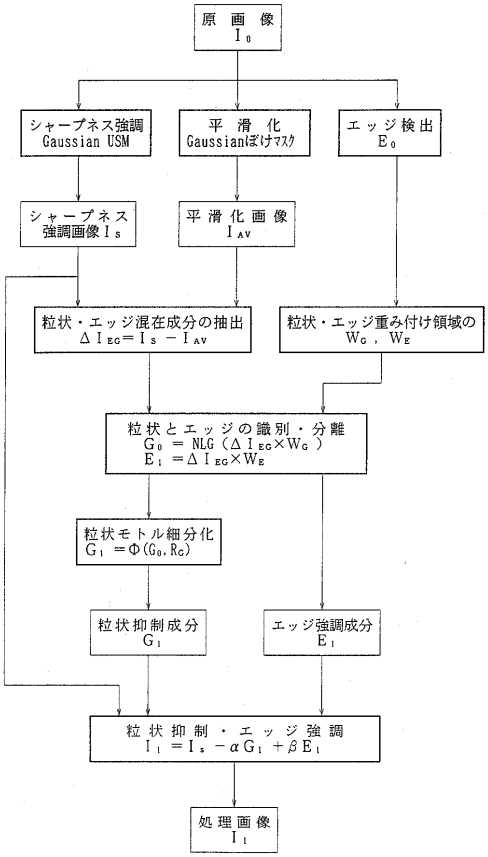
【００６１】
このように本発明の画像処理方法が適用された画像の３次元濃度プロファイルを原画像I_0 から最終処理画像I_1 までにわたって１つのシーンについて図５（ａ）～図９（ｂ）に示す。図５（ａ）は原画像I_0 、図５（ｂ）は被写体エッジE_0 の検出画像、図６（ａ）はシャープネス強調画像I_S 、図６（ｂ）は平滑化画像I_{AV}、図７（ａ）は粒状・エッジ混在成分ΔI_{EG}、図７（ｂ）は粒状領域の重み付けデータW_G 、図８（ａ）は粒状・エッジ混在成分から分離された粒状成分G_0 、図８（ｂ）は細分化粒状成分G_1 、図９（ａ）はエッジ領域の重み付けデータW_E 、図９（ｂ）は最終処理画像I_1 の３次元濃度プロファイルを示す。

【００６２】
これらの図から明らかなように、図９（ｂ）に示す最終処理画像I_1 は、図５（ａ）に示す原画像I_0 に比べ、エッジ部が図６（ａ）に示すシャープネス強調画像I_S とほぼ同程度にシャープに強調されているにもかかわらず、粒状はシャープネス強調画像I_S に比べ格段に原画像I_0 とほぼ同程度まで抑制されていることがわかる。すなわち、本発明の画像処理方法が、粒状のみを抑制し、エッジ部のみをシャープネス強調した高品質な画像であることがわかる。

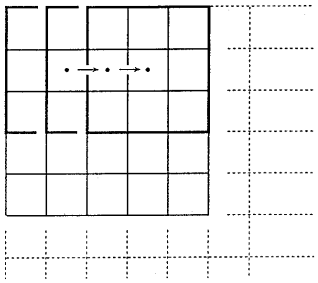
【００６３】
また、本発明の画像処理方法を主な銀塩カラー写真感光材料、すなわち、カラーフィルムおよび黒白フィルムに撮影した写真画像（３５ｍｍ、新写真システムＡＰＳ（アドバンスフォトシステム）、ＬＦパノラマ、インスタント）等に適用したところ、粒状とシャープネス共に一見して判る程の顕著な改善効果を得ることができた。
特に粒状については感材の微粒子化による粒状改良に匹敵する処理効果を持つため、従来の平均化や揺らぎの減少に基づく各種の粒状除去処理法の欠点であった「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感はなかった。また、シャープネスについては、上記の粒状抑制と組み合わせることにより、従来のアンシャープマスクやラプラシアンフィルタよりかなり大幅な強調効果が得られた。

【００６４】
本発明に係るディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法について実施例を挙げて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良および設計の変更を行ってよいことはもちろんである。
【００６５】
【発明の効果】
以上詳述したように、本発明によれば、原画像からシャープネス強調して得られたシャープネス強調画像のシャープネス強調された粒状成分を識別し、その粒状成分にさらにランダムな変調もしくは微細規則パターンによる変調を掛けた微細化粒状成分をシャープネス強調画像から差し引く方法で粒状を抑制しているので、元の粒状より空間的に細かく且つ濃淡変化の小さい、視覚的にも自然な粒状抑制を実現することができる。また、本発明によれば、粒状はシャープネス強調され、且つ空間的に微細化されるので、銀塩写真感材では微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状となり、平滑化を用いた従来法の欠点であるぼけ粒状のような視覚的な違和感や不快感の無い自然な粒状抑制効果が得られる。
また、本発明法を銀塩カラー写真感光材料へ適用することにより、従来の粒状抑制シャープネス強調処理法の欠点であった、いわゆる「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がなく、粒状抑制とシャープネス強調とが同時に改善され、極めて顕著な改善効果を得ることができ、産業上大きな効果を奏する。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明に係るディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法の一実施例を示すフローチャートである。
【図２】　本発明の画像処理方法の局所分散方式によるエッジ検出における正方画素配列の移動の一例を説明する説明図である。
【図３】　本発明の画像処理方法の粒状とエッジの識別・分離を説明するのに用いられる粒状とエッジの濃度差成分の頻度分布の特徴の一例を示す説明図である。
【図４】　本発明の画像処理方法において粒状成分の分離に用いられるルックアップテーブル（ＬＵＴ）関数の一例を示す説明図である。
【図５】　（ａ）および（ｂ）は、それぞれ本発明の実施例で得られたあるシーンの原画像およびエッジ検出画像の３次元濃度プロファイルの一例を示す図である。
【図６】　（ａ）および（ｂ）は、それぞれ本発明の実施例で得られたあるシーンのシャープネス強調画像および平滑化画像の３次元濃度プロファイルの一例を示す図である。
【図７】　（ａ）および（ｂ）は、それぞれ本発明の実施例で得られたあるシーンの粒状・エッジ混在成分および粒状領域の重み付けデータの３次元濃度プロファイルの一例を示す図である。
【図８】　（ａ）および（ｂ）は、それぞれ本発明の実施例で得られたあるシーンの粒状成分および細分化粒状成分の３次元濃度プロファイルの一例を示す図である。
【図９】　（ａ）および（ｂ）は、それぞれ本発明の実施例で得られたシーンのエッジ領域の重み付けデータおよび最終処理画像の３次元濃度プロファイルの一例を示す図である。

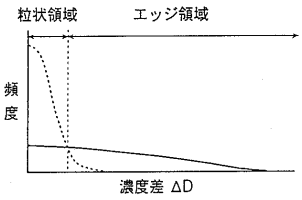
【図１】



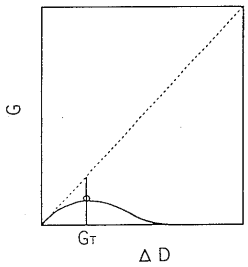
【図２】



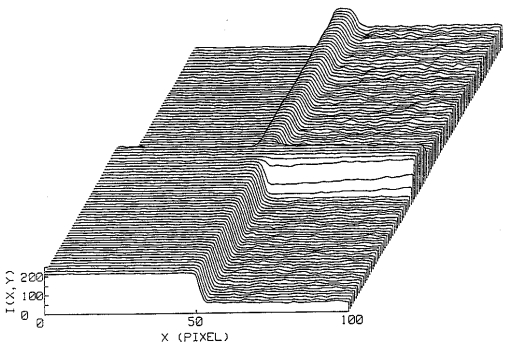
【図３】



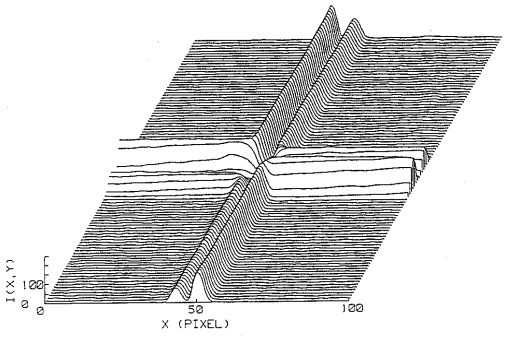
【図４】



【図５】

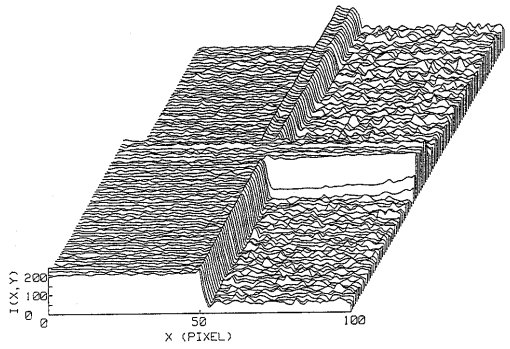


(a)

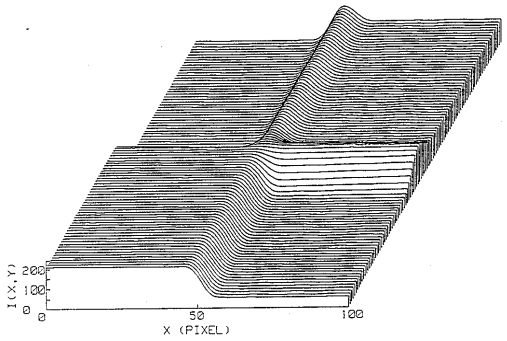


(b)

【図６】

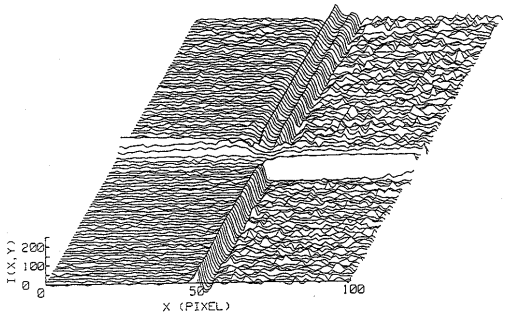


（ａ）

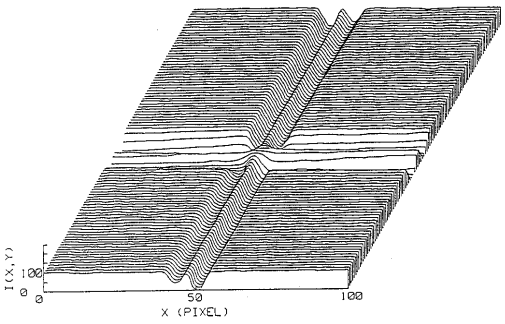


（ｂ）

【図７】

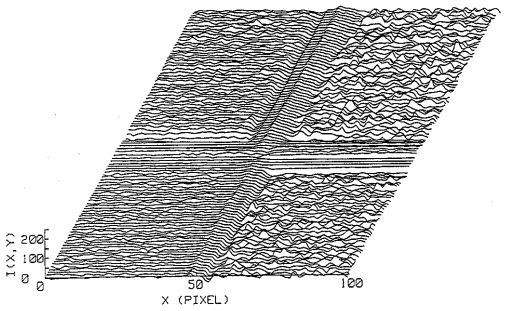


（ａ）

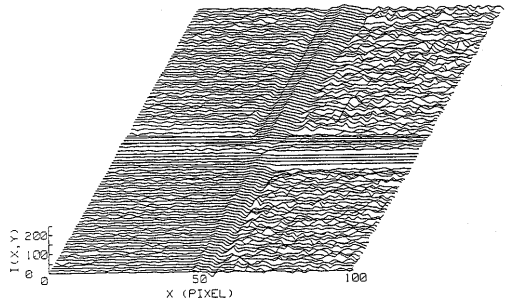


（ｂ）

【図８】

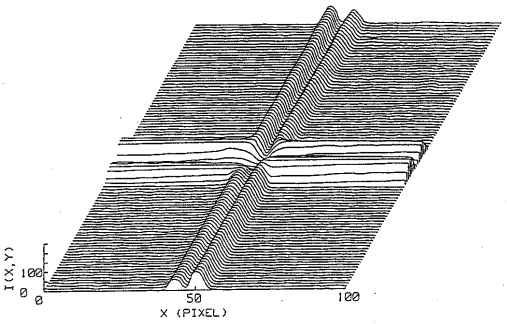


（ａ）

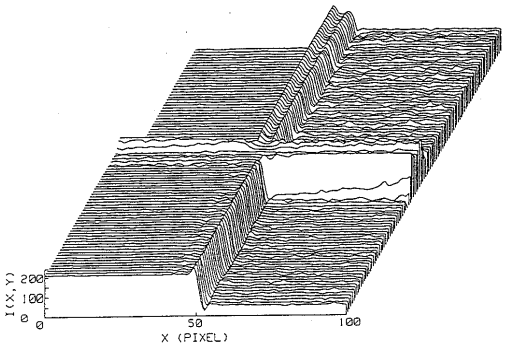


（ｂ）

【図９】



（ａ）



（ｂ）

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０３－２９３８６４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３４４３４０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２２３４２５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３３１６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04N 1/409
G06T 5/00
G06T 5/20