

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5968088号  
(P5968088)

(45) 発行日 平成28年8月10日(2016.8.10)

(24) 登録日 平成28年7月15日(2016.7.15)

(51) Int.Cl. F I  
**GO6T 5/20 (2006.01)** GO6T 5/20  
**HO4N 1/409 (2006.01)** HO4N 1/40 1 O 1 D

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-127381 (P2012-127381)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成24年6月4日(2012.6.4)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2013-250946 (P2013-250946A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成25年12月12日(2013.12.12)	(72) 発明者	菊地 智昭 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
審査請求日	平成27年6月4日(2015.6.4)	審査官	▲広▼島 明芳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、および、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像を撮像する際に用いた撮像光学系によって生じる非対称な光束の広がりを補正するための第1の画像処理を前記画像に施す第1画像処理実行手段と、

前記第1の画像処理による画像の補正の度合いであるゲインを設定するための調整値の入力を受け付ける入力手段と、

前記第1の画像処理が施された画像を表示する表示手段と、

前記入力手段で入力された調整値に応じて設定されたゲインと、実行可能なゲインの差分に応じて、前記第1の画像処理が施された画像に、前記第1の画像処理とは異なる鮮鋭度を高めるための第2の画像処理を施す第2画像処理実行手段と、  
を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記第1の画像処理は、前記撮像光学系の光学伝達関数の位相成分および振幅成分を補正することで、前記光束の非対称の広がりを補正することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記第2の画像処理は前記位相成分を補正しないことを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記画像の領域に応じて、前記実行可能なゲインが異なることを特徴とする請求項1乃

至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記第 2 画像処理実行手段は、前記入力手段で入力された調整値で設定されたゲインが、前記画像の領域に応じた前記実行可能なゲインのうち最も大きなゲインよりも大きい場合に、前記第 1 の画像処理が施された画像に前記第 2 の画像処理を施すことを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記第 2 画像処理実行手段は、前記画像のそれぞれの領域ごとに、前記入力手段で入力された調整値で設定されたゲインが、領域に応じた前記実行可能なゲインよりも大きい場合に、前記第 1 の画像処理が施された画像に前記第 2 の画像処理を施すことを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 7】

前記第 2 画像処理実行手段は、前記入力手段で入力された調整値で設定されたゲインと前記実行可能なゲインの差分に応じた補正量で、前記第 1 の画像処理が施された画像に前記第 2 の画像処理を施すことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記第 2 の画像処理は前記画像の鮮鋭度を高めるためのシャープネス処理であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

20

画像を撮像する際に用いた撮像光学系による画像の補正の度合いであるゲインを設定するための調整値の入力を受け付ける入力工程と、

前記調整値に応じて、前記撮像光学系によって生じる非対称な光束の広がりを補正するための第 1 の画像処理を前記画像に施す第 1 画像処理実行工程と、

前記入力工程で入力された調整値に応じて設定されたゲインと、実行可能なゲインの差分に応じて、前記第 1 の画像処理が施された画像に、前記第 1 の画像処理とは異なる鮮鋭度を高めるための第 2 の画像処理を施す第 2 画像処理実行工程と、

前記第 1 の画像処理が施された画像、または、前記第 1 の画像処理および前記第 2 の画像処理が施された画像を表示する表示工程と、

を有することを特徴とする画像処理方法。

30

【請求項 10】

コンピュータを、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像画像の画像処理に関するものであり、特に撮像光学系による撮像画像の劣化を低減する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

40

デジタルカメラ等の撮像装置により被写体を撮像して得られた画像には、撮像光学系の球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差等に起因する画像劣化成分としてのぼけ成分が含まれる。このような「ぼけ成分」は、無収差で回折の影響がない場合に被写体の一点から出た光束が撮像面上で再度一点に集まるべきものが、広がりをもって像を結ぶことで発生する。

【0003】

ここでいうぼけ成分は、光学的には、点像分布関数 (PSF: Point Spread Function) により表され、ピントのずれによるぼけとは異なる。

【0004】

この点像分布関数をフーリエ変換して得られる光学伝達関数 (OTF: Optical

50

Transfer Function) は、収差の周波数成分情報であり複素数で表される。光学伝達関数の絶対値、すなわち振幅成分をMTF (Modulation Transfer Function) といい、位相成分をPTF (Phase Transfer Function) という。MTFおよびPTFはそれぞれ収差による画像劣化の振幅成分および位相成分の周波数特性である。

【0005】

撮像光学系の光学伝達関数は画像の振幅成分と位相成分に影響を与え、撮像光学系を介して取得された被写体の画像は、各点がコマ収差のように非対称にぼけた画像になる。さらに、画像が有する色成分(例えば、赤、青、緑など)ごとにPSFが異なるため、色成分ごとに異なるぼけが発生し、色がにじんだような画像になる。

10

【0006】

このような撮像光学系による画像劣化を画像処理にて高精細に補正するためには、収差の位相成分と振幅成分の劣化を補正することが必要である。

【0007】

従来、振幅成分の劣化を補正する方法として、シャープネスに代表される画像中のエッジ部分を検出してエッジを強調するエッジ強調処理が知られており、位相成分の劣化を補正する方法として、画像の色成分ごとに像倍率を変更する幾何補正処理が知られている。

【0008】

さらに、振幅成分と位相成分の劣化を両方とも補正する方法として、撮像光学系の光学伝達関数の情報を用いて画像の劣化を補正する画像回復処理が知られている(例えば、特許文献1を参照)。

20

【0009】

以下に画像回復処理の概要を示す。

【0010】

劣化した画像の信号レベルを $g(x, y)$ 、もとの画像の信号レベルを $f(x, y)$ 、信号レベル $g(x, y)$ を取得するために用いた撮像系の点像分布関数を $h(x, y)$ としたとき、以下の式が成り立つ。ただし、 $*$ はコンボリューション(畳み込み積分、積和)を示し、 $(x, y)$ は実空間における画像の座標を示す。

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) \quad (\text{式1})$$

式1をフーリエ変換して周波数空間での表示形式に変換すると、式2のように表すことができる。

30

$$G(u, v) = H(u, v) \times F(u, v) \quad (\text{式2})$$

ここで、 $H(u, v)$ は点像分布関数 $h(x, y)$ をフーリエ変換した光学伝達関数である。 $G(u, v)$ 、 $F(u, v)$ はそれぞれ信号レベル $g(x, y)$ 、 $f(x, y)$ をフーリエ変換したものである。 $(u, v)$ は2次元周波数空間での周波数(座標)を示す。

【0011】

劣化画像から元の画像(元画像)を得るためには、式2の両辺を $H(u, v)$ で除算すればよい。

$$G(u, v) / H(u, v) = F(u, v) \quad (\text{式3})$$

40

この $F(u, v)$ 、即ち $G(u, v) / H(u, v)$ を逆フーリエ変換して実空間に戻すことで元画像の信号レベル $f(x, y)$ を回復処理後の画像として得ることができる。

【0012】

式3の両辺を逆フーリエ変換すると、式4で表される。

$$g(x, y) * R(x, y) = f(x, y) \quad (\text{式4})$$

ここで、 $1 / H(u, v)$ を逆フーリエ変換したものを $R(x, y)$ として表しており、この $R(x, y)$ が回復フィルタである。この回復フィルタは光学伝達関数に基づいているため、振幅成分および位相成分の劣化を補正することができる。

【0013】

図14に、撮像光学系によってぼけ成分が生じた画像の空間周波数に対する振幅成分を

50

示す。図14(a)は、撮像光学系によって劣化した画像の振幅成分であり、図14(b)はこの劣化を完全に回復した状態の画像の振幅成分である。理想的な画像回復処理は、図14(a)に示す空間周波数に対する振幅成分の大きさを、図14(b)に示すように全ての空間周波数において1にすることである。しかしながら、実際には、画像にはノイズ成分が含まれているため、光学伝達関数(OTF)の逆数をとって作成された回復フィルタを用いると、画像を構成するために必要とされる信号だけではなく、ノイズのパワースペクトルも持ち上げてしまう。つまり、結果的に、振幅成分を持ち上げる度合(以下、回復ゲインと呼ぶ)に応じてノイズも増幅されてしまう。

【0014】

また、レンズの設計情報を基に想定した収差特性と、実際に撮像光学系で生じた収差特性とに相違が生じる可能性もあり、このような場合に、画像にリングングなどの弊害が発生することがある。あるいは、RGB(赤、緑、青)の色成分ごとに画像回復処理による回復度合が想定しているものと異なると、回復処理後の画像に偽色が発生してしまうことがある。このような回復処理に起因するアーティファクトに対処するため、回復ゲインを制限することで、ある程度はノイズ、リングング、および、偽色などのアーティファクトの増幅や発生を抑制することが可能となる。

【0015】

ここで、ノイズの増幅を抑えるための回復フィルタとして、例えば、下記の式5で表されるウィナーフィルタが知られている(例えば、特許文献2を参照)。

【0016】

【数1】

$$W(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \times \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + C} \quad (\text{式5})$$

【0017】

なお、Cは0もしくは正の値である。このウィナーフィルタを用いると、振幅成分が小さな周波数の信号ほど振幅成分が増幅されない。ノイズ成分は高周波成分に含まれることが多いため、結果的に、ノイズの増幅を抑えた回復フィルタとなる。

【0018】

このとき式5から、 $|W(u, v)| = 1 / |H(u, v)|$ という関係が理解できる。即ち回復フィルタを用いることで増幅できる周波数特性の最大値は $1 / |H(u, v)|$ であり、OTFの絶対値の逆数、所謂逆フィルタの特性と一致する。

【0019】

一般的なカメラ等で撮影された画像に対して、例えば式5のウィナーフィルタを用いて画像回復処理を行う場合、式中のCの値を制御することで回復処理の補正值を制御することができる。またウィナーフィルタに種々変形を施したものでも、画像回復処理の補正值を制御することが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0020】

【特許文献1】特開2011-123589号公報

【特許文献2】特開2011-124692号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

上述したように、画像回復処理の回復ゲインを大きくすれば、撮像光学系に起因するば

10

20

30

40

50

け成分の回復度合いが強くなるが、回復処理に起因するアーティファクトが発生しやすくなる。そこで、操作者（ユーザー）が実際に画像回復処理を施した画像を見ながら、アーティファクトによる影響を自身で確認しつつ、回復ゲインを任意に設定できるようにしたソフトウェアを提供することが望ましい。

【0022】

しかしながら、撮像光学系の種類や個体差、焦点距離、絞り値、あるいは、像高など、様々な条件に応じて、画像のそれぞれの領域に生じるぼけ成分は異なる。そのため、これらの条件に応じて、振幅成分と位相成分の劣化の程度も異なり、適用可能な回復ゲインの最大値も異なる。

【0023】

図15は、同一画像内の像高の異なる領域において適用可能な回復ゲインを比較するための図である。図15の太線は、ノイズやリングングなどをアーティファクト、および、撮像素子の画素のサイズなどによる画像の分解能を考慮して設定された、画像回復による増幅後の振幅成分の最大値である回復上限を示す曲線である。細線はそれぞれが像高1の領域における振幅成分を示す曲線と、それよりも高い像高である像高2の領域における振幅成分を示す曲線である。この図15から明らかなように、像高1における画像と像高2における画像とで、画質の劣化の程度が異なるため、適用可能な回復ゲインの範囲は異なる。ここでは異なる像高での違いを例にあげて説明を行ったが、これは、焦点距離や絞り値といった撮像条件の違いにおいても同様である。

【0024】

ゆえに、操作者が回復ゲインに対応する回復調整値を所定範囲内で任意に選択できるようなユーザーインターフェースを用いた場合、操作者が選択した回復調整値に応じた回復ゲインを必ずしも適用できるとは限らない。そのため、すでに適用可能な回復ゲインの最大値を超えていた場合、操作者が回復調整値を高める操作をしたとしても、表示される画像には見た目の変化が何ら生じないことになり、操作者に操作上の違和感を与える可能性がある。また、操作者が回復調整値を高める操作を行っているにも関わらず、適用可能な回復ゲインの最大値に達しているという理由により、それ以上画像の鮮鋭度を高めるための処理を行わないことは、使い勝手が良くないものになってしまう。

【課題を解決するための手段】

【0025】

上記課題を解決するため、本発明にかかる画像処理装置は、画像を撮像する際に用いた撮像光学系によって生じる非対称な光束の広がりを補正するための第1の画像処理を画像に施す第1画像処理実行手段と、第1の画像処理による画像の補正の度合いであるゲインを設定するための調整値の入力を受け付ける入力手段と、第1の画像処理が施された画像を表示する表示手段と、入力手段で入力された調整値に応じて設定されたゲインと、実行可能なゲインの差分に応じて、第1の画像処理が施された画像に、第1の画像処理とは異なる鮮鋭度を高めるための第2の画像処理を施す第2画像処理実行手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、操作者の意図するレベルの画像回復処理を画像に適用することができるとともに、画像回復処理による回復の上限を超えた場合であっても、操作者の指示に応じて鮮鋭度を高めた画像を見せることができるユーザーインターフェースを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の実施形態にかかる画像処理装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態にかかる画像処理装置が備える処理手段を模式的に示す図である。

【図3】本発明の実施形態にかかるユーザーインターフェースの一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の実施形態にかかるスライダーの目盛りの値と入力ゲイン  $G_i$  との関係を示す図である。

【図5】本発明の第1実施形態にかかる画像補正処理のフローチャートである。

【図6】本発明の実施形態にかかる画像補正処理において、適用された画像回復処理の実行ゲイン  $G_e$  を求める像高領域を説明するための図である。

【図7】本発明の実施形態にかかる画像補正処理において、各像高領域内で実際に適用された画像回復処理の実効ゲイン  $G_e$  の例である。

【図8】本発明の実施形態にかかる画像補正処理において、回復フィルタの生成の一例を示す図である。

【図9】本発明の第1実施形態にかかる画像補正処理において、回復フィルタの一例を示す図である。 10

【図10】本発明の第1実施形態にかかる画像補正処理において、第2の画像処理の補正值を決定するため方法を説明する模式図である。

【図11】本発明の第1実施形態にかかる画像補正処理において、第2の画像処理としてのシャープネス処理を実行するために適用する補正フィルタの例である。

【図12】第2実施形態にかかる画像処理装置において、実行される画像補正処理のフローチャートである。

【図13】第2実施形態にかかる画像処理装置において、第2画像処理の補正值を決定するため方法を説明する模式図である。

【図14】撮像光学系によってぼけ成分が生じた画像の空間周波数に対する振幅成分を示す図である。 20

【図15】同一画像内の像高の異なる領域のそれぞれにおいて適用可能な回復ゲインの最大値を比較するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【0029】

図1は、本発明の実施形態にかかわる画像処理装置の概略構成を示すブロック図である。図1に示される画像処理装置の構成は、後述する第1実施形態および第2実施形態に共通する構成である。 30

【0030】

画像処理装置では、CPU100は、外部記憶装置103に記憶されたオペレーティングシステム(OS)や画像処理アプリケーションプログラムをメモリ102に展開し、実行することで、装置全体の動作が制御され、装置で実行される各種の処理が実現される。

【0031】

外部記憶装置103としては、例えば、ハードディスク等が用いられる。メモリ102としては、RAM等が用いられる。なお、OSや画像処理アプリケーションプログラムは、外部記憶装置103に代えて、ROM等の不揮発性メモリに記憶されていてもよい。

【0032】

外部記憶装置103には画像データ、および、撮像光学系に起因する非対称な光束の広がり補正のための画像回復処理に使用するレンズの光学伝達関数のデータであるOTFデータが格納されている。ここでは、外部記憶装置103に格納されている画像は、デジタルカメラを用いて撮影された撮影画像であるものとする。CPU100は、外部記憶装置103から補正対象となる画像のデータを読み出して表示メモリ101に展開し、画像を表示装置105に表示する。表示装置105としては、液晶ディスプレイやCRT等が用いられる。 40

【0033】

画像処理装置の操作者による操作は、キーボードやマウス等の入力装置104を介して、行われる。外部記憶装置103から読み出された撮影画像に対して補正を行うことにより生成される新しい画像の画像データは、外部記憶装置103に対して格納される。 50

## 【 0 0 3 4 】

(第1実施形態)

図2は本発明の第1の実施形態にかかる画像処理装置が備える処理手段を模式的に示す図である。図2に示される各種の処理手段はCPU100が外部記憶装置103に記憶された所定のアプリケーションプログラム等をメモリ102に展開、実行し、画像処理装置が備える各部がCPU100からの指令に基づいて所定の動作を行うことにより実現される。

## 【 0 0 3 5 】

画像処理装置は画像入力手段200、付帯情報取得手段201、画像表示手段202、回復調整値操作手段203、画像回復実効ゲイン取得手段204、本発明の全処理の制御を行う画像処理制御手段205、回復フィルタ作成手段206、第1画像処理実行手段207、第2画像処理実行手段208、第2画像処理補正量決定手段209を備える。さらに第1画像処理として利用される画像回復処理を行うために事前に撮像光学系であるレンズごとに用意されるOTFデータ210が外部記憶装置103に提供される。

10

## 【 0 0 3 6 】

画像入力手段200は外部記憶装置103から画像データをメモリ102に読み込む。付帯情報取得手段201はメモリ102に展開された画像データを解析して、レンズ情報、絞り、撮影距離などの画像回復処理に必要な付帯情報を取得する。画像表示手段202は画像を画像用メモリ102に展開し、表示装置105に表示する。回復調整値操作手段203は表示装置105に画像と共に表示され、操作者に本発明の画像の回復度合いを示す回復調整値(以下、入力ゲイン $G_i$ と呼ぶ)を設定させるユーザーインターフェースである。

20

## 【 0 0 3 7 】

図3に、このユーザーインターフェースの一例を示す。図3において、表示装置105の画面105aの左側に画像回復処理の対象となる画像105bが表示され、右側に入力ゲイン $G_i$ を設定するためのスライダー105cが表示される。スライダー105cの目盛りとして左端に1、右端に100と表示されており、スライダー105c上に表示されたマーク105dを左右に移動させることで、そのマーク105dが位置するスライダー105c上の目盛りの値に応じた入力ゲイン $G_i$ が設定される。この図3の例では、スライダー105c上の目盛りの値として「45」が選択されていることを示す。スライダー105cの左側には、マーク105dの位置に応じた回復ゲインによる画像回復処理がリアルタイムに実施された画像105bが表示されており、画像回復処理を行うことで画像105bがどのように変化するかが観察できるようになっている。

30

## 【 0 0 3 8 】

図4に、スライダー105cの目盛りの値と入力ゲイン $G_i$ との関係を示す。本実施形態では、スライダー105cで選択した値がそのまま入力ゲイン $G_i$ となっているわけではなく、スライダー105cでは1から100までの値を設定することができるのに対して、実際に設定される入力ゲイン $G_i$ は1から10までの値となる。

## 【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、スライダー105cの目盛りが1から50までの間では、目盛りが1のときに入力ゲイン $G_i$ が1となり、目盛りが50のときに入力ゲイン $G_i$ が2となるように、スライダー105cの目盛りに対する入力ゲイン $G_i$ の値が直線的に変化する。また、スライダー105cの目盛りが50から100までの間では、目盛りが50のときに入力ゲイン $G_i$ が2となり、目盛りが100のときに入力ゲイン $G_i$ が10となるように、スライダー105cの目盛りに対する入力ゲイン $G_i$ の値が直線的に変化する。これは、利用頻度がもっとも高くなるとされる入力ゲイン $G_i$ (この例では、 $G_i = 2$ )が、スライダー105cの中間の目盛りに位置するようにしたためである。

40

## 【 0 0 4 0 】

なお、入力ゲイン $G_i$ は、画像回復処理前の振幅成分(MTF)に対する画像回復処理後の振幅成分の比率を示す値であり、入力ゲイン $G_i$ が1のときは、画像回復処理によ

50

て振幅成分は回復しておらず、位相成分（PTF）のみが回復したことを示す。

【0041】

回復フィルタ作成手段206は付帯情報取得手段201より取得された撮影距離や絞り、レンズ種などの情報に基づいて、外部記憶装置103にレンズ毎にあらかじめ用意される離散的なOTFデータ(210)群から対象とする必要なOTFデータを選択する。そして、選択したOTFデータを用いて、画像の画像回復処理に必要な回復フィルタを補間により生成する。画像回復実効ゲイン取得手段204は、実際に生成された回復フィルタを使用して第1画像処理実行手段207によって画像回復処理が行われた結果から、実際に適用された像高領域ごとの回復ゲイン(以下、実効ゲイン $G_e$ と呼ぶ)を取得する。回復フィルタは、図6(a)に示すように画像を4分割した領域をさらに像高により小分割した図6(b)に示すような領域ごとに設定される。この例では、画像を4分割した領域をさらに縦横それぞれ7個の領域に分割している。

10

【0042】

この像高領域ごとの実効ゲイン $G_e$ の例が図7に示す適用ゲイン表である。図7(a)は、各像高領域において実際に画像回復処理で適用可能な実効ゲイン $G_e$ の上限の例を示す。この例では、右上の領域が最も像高が低い領域であり、左下の領域が最も像高が高い領域である。上述したように、像高が異なると振幅成分の劣化の程度が異なるため、実効ゲイン $G_e$ の上限にも差が生じる。振幅成分の劣化の程度が大きい領域ほど実効ゲイン $G_e$ の上限が大きくなり、振幅成分の劣化の程度が小さい領域ほど実効ゲイン $G_e$ の上限が小さくなる。図7(b)は、入力ゲイン $G_i$ が7であるときの各像高領域における実効ゲイン $G_e$ の例を示す。図7(b)からわかるように、実効ゲイン $G_e$ の上限が入力ゲイン $G_i$ よりも小さい領域では実効ゲイン $G_e$ は上限の値となり、実効ゲイン $G_e$ の上限が入力ゲイン $G_i$ 以上の領域では実効ゲイン $G_e$ は入力ゲイン $G_i$ の値と等しくなる。この図7に示す例では、入力ゲイン $G_i$ が10であるときは、全ての領域における実効ゲイン $G_e$ が入力ゲイン $G_i$ よりも小さくなる。

20

【0043】

第2画像処理補正量決定手段209は、実効ゲイン $G_e$ と回復調整値操作手段203で入力された入力ゲイン $G_i$ の差分に応じて、画像回復処理以外の画像の鮮鋭度を高める補正処理(例えば、シャープネス処理)の補正量を決定し、この補正処理を実行する。

【0044】

次に本実施形態にかかる画像処理装置を用いた画像処理の具体的なプロセスについて説明する。操作者(編集者)が入力装置104を通して画像処理アプリケーションを選択すると、CPU100は対応する画像処理アプリケーションプログラムを外部記憶装置103から読みだして実行する。これにより画像処理アプリケーション、この場合、画像回復処理のユーザーインターフェース画面105aが表示装置105に表示される。

30

【0045】

この画像処理アプリケーションは、入力された回復調整値に応じた第1の画像処理としての画像回復処理と、第2の画像処理としての鮮鋭化処理の2つをシームレスに行い、光学的かつ鑑賞にも良好な画像を得るものである。

【0046】

次に、上述したユーザーインターフェース、シーケンスに基づく画像処理を実現する画像処理プログラムの処理フローについて説明する。

40

【0047】

図5は、第1実施形態にかかる画像補正処理のフローチャートである。図5のフローチャートに示されるステップS300~S380を含めた全機能の処理は、本実施形態が具備する画像処理制御手段205が管理している。

【0048】

最初にステップS501において、補正をしたい画像を指定して画像を読み込む。撮像素子のカラーフィルタのそれぞれの色に対応する色信号ごとに点像分布関数が異なるため、画像回復処理を適切に行うためには、色信号ごとに回復フィルタを生成する必要がある

50

。そのため、このステップ 5 0 1 で読み込む画像は、現像処理を施す前の R A W 画像である。

【 0 0 4 9 】

そして、ステップ S 5 0 2 にて、この画像データに付属する撮影情報、レンズ情報、および、撮像素子の画素サイズ情報といった付帯情報を解析して、特にレンズ種や撮影距離などのデータを取得する。ステップ S 5 0 3 において、この解析された付帯情報から、事前に用意されている O T F データ群の中から利用する O T F データを、色信号ごとに設定する。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 5 0 4 において、操作者がユーザーインターフェース画面 1 0 5 a を見ながら操作したことによって設定された、その画像の回復度合いの回復調整値である入力ゲイン  $G_i$  を読み込む。

10

【 0 0 5 1 】

ステップ S 5 0 5 において、O T F データと入力した入力ゲイン  $G_i$ 、そして取得した付帯情報を使って回復フィルタを作成する。

【 0 0 5 2 】

図 8 は、回復フィルタの生成の一例を示す図であり、( a ) は画像全面の 4 分の 1 の領域における O T F データの設定を示す図、( b ) は画像全面の回復フィルタの生成を示す図である。回復フィルタ作成手段 2 0 6 は画像の中心からその周辺までの像高を例えば 1 0 分割し、この 1 0 分割した像高に対応する O T F データを回転処理して、画像全面の 4 分の 1 領域について離散点 8 0 2 の O T F データを設定する。

20

【 0 0 5 3 】

続いて、回復フィルタ作成手段 2 0 6 は、その画像を生成した撮像素子のナイキスト周波数で O T F データを切り出し、その画像を生成する際に用いられた光学ローパスフィルタや開口劣化特性などの撮影条件に基づく補正を行う。

【 0 0 5 4 】

O T F データは撮影された画像の各点における特性を示したものであるので、回復フィルタを生成するためには、補正後の O T F データの逆特性を求め、この逆特性データを逆フーリエ変換することで回復フィルタが得られる。補正後の O T F データは位相成分を含むため複素数データであるが、回復フィルタは図 9 ( a ) に示すような実数の二次元フィルタであり、図 9 ( a ) の破線に沿った一軸上では図 9 ( b ) のような形状をしている。回復フィルタは一般的なエッジ強調フィルタなどとは異なり、タップ数が大きく、フィルタの係数が非対称に分布しているという特徴がある。

30

【 0 0 5 5 】

図 8 ( a ) に示すように、画像全面の 4 分の 1 の領域で回復フィルタを求めたら、この回復フィルタを図 8 ( b ) に示すようにコピーして折り返すことで、画像全面の回復フィルタを生成することができる。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 5 0 6 において、作成された回復フィルタを第 1 画像処理実行手段 2 0 7 が画像回復処理として実際に画像に適用する。

40

【 0 0 5 7 】

適用処理完了後、ステップ S 5 0 7 において、画像回復実効ゲイン取得手段 2 0 4 が像高ごとの適用された実効ゲイン  $G_e$  を取得し、実効ゲイン  $G_e$  の中で最も大きな値  $G_{max}$  を決定する。例えば、図 7 ( a ) では  $G_{max}$  は 9 となる。

【 0 0 5 8 】

ここで、入力ゲイン  $G_i$  がこの  $G_{max}$  を超えた場合の、ユーザーインターフェースの動作について説明する。

【 0 0 5 9 】

例えば、操作者が表示装置 1 0 5 の画面 1 0 5 a に表示されたスライダー 1 0 5 c 上に表示されたマーク 1 0 5 d を、左端の目盛り 1 から右端の目盛り 1 0 0 まで操作すること

50

により、入力ゲイン  $G_i$  を 1 から 10 まで連続的に変化させたとする。図 7 ( a ) に示すように  $G_{max}$  が 9 である場合は、入力ゲイン  $G_i$  が 9 に達するまではスライダー 105 c 上のマーク 105 d の移動に連動して、画像の少なくともいずれかの領域では回復ゲインが変化する。しかしながら、入力ゲイン  $G_i$  が 9 を超えてしまうと回復ゲインは変化せず、スライダー 105 c 上のマーク 105 d を移動させたとしてもスライダー 105 c の左側に表示されている画像の見た目の変化が生じない。つまり、操作者が画像の見た目を変化させようとしてスライダー 105 c 上のマーク 105 d を移動させているにも関わらず、表示されている画像 105 b の見た目が変化しないという状況が生じてしまう。そして、 $G_{max}$  の値が小さい場合ほど、マーク 105 d を移動させたとしても画像 105 b の見た目の変化が生じないスライダー 105 c 上の範囲が増えてしまう。

10

【 0060 】

そこで、最大値  $G_{max}$  以上の入力ゲイン  $G_i$  が指示された場合には、さらなる解像感向上のため、画像回復処理を施した画像に対して、さらに画像のコントラストや鮮鋭度の改善を行うためのシャープネス処理に代表される第 2 の画像処理を追加して行う。

【 0061 】

図 10 は画像回復結果から  $G_{max}$  が 9 であるときに、第 2 の画像処理に適用する補正量がどのようにして決定されるかを模式的に表した図である。

【 0062 】

ステップ S 508 において、第 2 画像処理補正量決定手段 209 は入力ゲイン  $G_i$  と最大値  $G_{max}$  の差分を計算し、入力ゲイン  $G_i$  より最大値  $G_{max}$  が小さいならば、操作者が所望する調整量として期待しているような補正量になっていないものと判断する。

20

【 0063 】

ステップ S 509 において、第 2 画像処理補正量決定手段 209 は、この差分に相当する値 ( この例においては、 $G_i - G_{max} = 1$  ) を第 2 の画像処理に適用する補正量として決定する。

【 0064 】

そして、ステップ S 510 において、第 2 画像処理実行手段 208 がステップ S 509 で求めた補正量に基づいて、画像全体に対して第 2 の画像処理を実行する。このような処理により、入力ゲイン  $G_i$  の増加に伴い、2 つの画像処理をシームレスに切り替えることができる。

30

【 0065 】

なお、実効ゲイン  $G_e$  の最大値である  $G_{max}$  が入力ゲイン  $G_i$  以上であれば、操作者が所望する回復度合いが得られたものとして、第 2 の画像処理は実行しない。

【 0066 】

ステップ S 511 にて、最大 2 つの画像の劣化を回復する処理を実行して得られた画像 105 b を表示装置 105 に出力する。

【 0067 】

以下、本第実施形態で用いられている第 2 の画像処理として利用されるシャープネス処理について説明する。

【 0068 】

40

補正対象の画像は、光学伝達関数に基づく画像回復処理が完了している。そのため、位相成分の劣化は補正され、振幅成分の劣化もアーティファクトの影響を考慮した分を除けば、改善されている。第 2 の画像処理として適用するシャープネス処理は、この画像回復処理が完了している画像のエッジを検出し、そのエッジ部分のデータを第 2 画像処理補正量決定手段 209 が決定した補正量に応じて、これを強調する処理である。たとえば、所定幅のエッジ部分の輝度を調整量に応じて増大させることで可能である。したがって、シャープネス処理を実行する前に、まず第 2 画像処理実行手段 208 が画像回復処理を施された画像に現像処理を行い、輝度信号および色差信号で構成された画像に変換する。

【 0069 】

図 11 はシャープネス処理を実行するために適用する補正フィルタの例である。

50

## 【 0 0 7 0 】

まず画像の輝度信号に対して図 1 1 ( a ) に示すエッジ検出用のフィルタを適用し、予め設定した閾値以上の値が得られた画素をエッジ部として抽出する。ただし、このエッジ検出用のフィルタを適用した後の着目画素で得られた値が閾値を超えていたとしても、隣接する全ての画素で得られた値が閾値を超えていないのであれば、その着目画素はノイズである可能性が高いと判断し、エッジ部ではないものとする。この図 1 1 ( a ) に示すフィルタのタップ数を増やせば、より幅の広いエッジ部も抽出することができる。

## 【 0 0 7 1 】

続いて、第 2 画像処理実行手段 2 0 8 は、エッジ部であると判定された画素に対して、図 1 1 ( b ) 乃至図 1 1 ( d ) に例示するような  $3 \times 3$  画素の補正フィルタを適用することで、着目画素の輝度信号の振幅成分を増幅する。図 1 1 ( b ) に示す補正フィルタよりも図 1 1 ( c ) に示す補正フィルタのほうが増幅率は高く、図 1 1 ( c ) に示す補正フィルタよりも図 1 1 ( d ) に示す補正フィルタのほうが増幅率は高い。このように、2 画像処理補正量決定手段 2 0 9 が決定した補正量が大きいほど、輝度信号の振幅成分を増幅率の大きい補正フィルタを適用することで、エッジ部を強調する。なお、この図 1 1 ( b ) 乃至図 1 1 ( d ) に示すフィルタはあくまで一例である。例えば、図 1 1 ( d ) に示す  $5 \times 5$  画素の補正フィルタを用いることにより、2 画素分の幅を有するエッジ部の振幅成分を増幅することができる。

## 【 0 0 7 2 】

第 2 の画像処理でのシャープネスにかける調整量は、振幅成分の強さに対しての調整量であってもよいし、あるいは抽出するエッジの大きさと振幅成分の強さの両方を調整するものであってもかまわない。

## 【 0 0 7 3 】

なお、本実施形態では、第 2 画像処理実行手段 2 0 8 はシャープネス処理を行うものであるとして説明を行ったが、コントラストを高めたり、エッジ部を強調したりするなど、画像をより鮮鋭化するための画像処理であれば、他の公知の方法であってもよい。

## 【 0 0 7 4 】

ここで、第 1 の画像処理である画像回復処理で用いられる回復フィルタと、第 2 の画像処理で用いられる補正フィルタは、ともに実数のフィルタであるという点で共通しているが、その特性には差がある。例えば、第 1 の画像処理である画像回復処理で用いられる回復フィルタは、ぼけによる位相成分の劣化を補正することができることにに対して、第 2 の画像処理で用いられる補正フィルタには位相成分の劣化を補正する作用がないという点で、大きく異なる。

## 【 0 0 7 5 】

また、画像回復処理で用いられる回復フィルタは、撮像素子のカラーフィルタのそれぞれの色に対応する色信号ごとに設ける必要があるが、第 2 の画像処理で用いられる補正フィルタはこれに限定されない。さらに、画像回復処理で用いられる回復フィルタは、撮像光学系の光学伝達関数に関連して設定可能な回復ゲインに上限が存在するが、第 2 の画像処理で用いられる補正フィルタにはこのような上限は存在せず、振幅成分を増幅率を自由に拡大できる。

## 【 0 0 7 6 】

以上のように、本実施形態の画像処理装置によれば、操作者から画像回復処理の上限を超える入力ゲインの指示があった場合には、画像回復処理からそれとは異なるシャープネス等の補正処理に速やかに移行する。このように構成することで、操作者の意図するレベルの画像回復処理を画像に適用できるとともに、画像回復処理による回復の上限を超えた場合であっても、操作者の意図するレベルまで鮮鋭度を高めた画像を見せることができる。

## 【 0 0 7 7 】

( 第 2 実施形態 )

第 1 実施形態では、操作者の指示に応じた入力ゲイン  $G_i$  と、実際に適用された画像回

10

20

30

40

50

復処理での実効値  $G_e$  の最大値である  $G_{max}$  を比較し、入力ゲイン  $G_i$  のほうが大きい場合には、その差分に応じた補正量でシャープネス処理等の第2の画像処理を行っていた。

【0078】

これに対し、第2実施形態では、画像回復処理の像高領域ごとに実効ゲイン  $G_e$  と入力ゲイン  $G_i$  を比較し、入力ゲイン  $G_i$  のほうが大きい場合には、像高領域ごとにその差分に応じた補正量でシャープネス処理等の第2の画像処理を行うものである。

【0079】

第2実施形態にかかる画像処理装置は、図1および図2に示す第2実施形態にかかる画像処理装置と同じ構成を有しているが、第2画像処理実行手段208および第2画像処理補正量決定手段209による処理が異なる。

10

【0080】

図12は、第2実施形態にかかる画像補正処理のフローチャートである。図12のステップS1201乃至ステップS1206の処理は、図5のステップS501乃至ステップS506の処理と等しいため、説明を省略する。

【0081】

ステップS1207において、画像回復実効ゲイン取得手段204が像高領域ごとの適用された実効ゲイン  $G_e$  を取得する。

【0082】

第1実施形態では、入力ゲイン  $G_i$  と実効ゲイン  $G_e$  の最大値  $G_{max}$  を超えた場合のみ、第2の画像処理によるシャープネス処理が実行されていた。例えば、図5(a)に示す像高領域のうち、最も実効ゲイン  $G_e$  が小さいのは右上端の像高領域であり、その実効ゲイン  $G_e$  の値は2である。すなわち、第1の実施形態では、この右上端の像高領域は入力ゲイン  $G_i$  が2を越えた時点で見え目の変化がなくなり、入力ゲイン  $G_i$  が  $G_{max}$  である9を越えると、再び第2の補正処理によって画像105bの見え目が変化していた。このように第1実施形態では、像高領域ごとに画像の見え目が変化しない入力ゲイン  $G_i$  の範囲が異なっており、実効ゲイン  $G_e$  の値が小さい像高領域ほど、この範囲が広がっていた。そのため、実効ゲイン  $G_e$  の値が小さい像高領域では、操作者が画像105bの見え目を変化させようとしてスライダー105c上のマーク105dを移動させているにも関わらず、表示されている画像105bの見え目が変化しないという状況が生じやすい。

20

30

【0083】

そこで、本実施形態では、入力ゲイン  $G_i$  が実効ゲイン  $G_e$  を超えた像高領域については、入力ゲイン  $G_i$  が実効ゲイン  $G_e$  の最大値  $G_{max}$  を超えていなくとも、入力ゲイン  $G_i$  が実効ゲイン  $G_e$  の差分に応じた補正量で、第2の補正処理を行う。

【0084】

ステップS1208において、第2画像処理補正量決定手段209は入力ゲイン  $G_i$  よりも実効ゲイン  $G_e$  が小さい像高領域が存在するか判断する。

【0085】

ステップS1209において、第2画像処理補正量決定手段209は、入力ゲイン  $G_i$  よりも実効ゲイン  $G_e$  が小さい像高領域ごとに、この差分に相当する値を第2の画像処理に適用する補正量として決定する。

40

【0086】

ステップS1210において、第2画像処理実行手段208がステップS1209で求めた補正量に基づいて、像高領域ごとに、画像回復処理を施した画像のコントラストや鮮鋭度の改善を行うためのシャープネス処理に代表される第2の画像処理を追加して行う。

【0087】

図13は像高領域ごとに、第2の画像処理に適用する補正量がどのようにして決定されるかを模式的に表した図である。この図からわかるように、実効ゲイン  $G_e$  の上限の値が異なる像高領域ごとに、画像回復処理から、シャープネス処理に移行する入力ゲイン  $G_i$

50

の値が異なる。

【0088】

なお、適用可能な実効ゲイン値  $G_e$  が小さい像高領域ほど、第2の画像処理による補正量が大きくなるが、このような像高領域はもともと劣化の少ない像高領域であるため、第2の画像処理の補正量が大きくとも、弊害はそれほど大きくはならない。

【0089】

また、第1実施形態と異なり、スライダー105c上のマーク105dを移動させているにも関わらず、表示されている画像105bの見た目が変化しない領域が存在するということが生じない。ただし、画像回復処理を完了した領域に対して鮮鋭度の改善を行う第2の画像処理を行うため、実効ゲイン値  $G_e$  が小さい像高領域ほど、過補正となり不自然な画像となりやすい。

10

【0090】

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳述してきたが、本発明はこれら特定の実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の様々な形態も本発明に含まれる。上述の実施形態の一部を適宜組み合わせてもよい。

【0091】

また、上述の実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムを、記録媒体から直接、或いは有線/無線通信を用いてプログラムを実行可能なコンピュータを有するシステム又は装置に供給し、そのプログラムを実行する場合も本発明を含む。

【0092】

20

従って、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、該コンピュータに供給、インストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も本発明に含まれる。

【0093】

その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、OSに供給するスクリプトデータ等、プログラムの形態を問わない。

【0094】

プログラムを供給するための記録媒体としては、例えば、ハードディスク、磁気テープ等の磁気記録媒体、光/光磁気記憶媒体、不揮発性の半導体メモリでもよい。

30

【0095】

また、プログラムの供給方法としては、コンピュータネットワーク上のサーバに本発明を形成するコンピュータプログラムを記憶し、接続のあったクライアントコンピュータはがコンピュータプログラムをダウンロードしてプログラムするような方法も考えられる。

【符号の説明】

【0096】

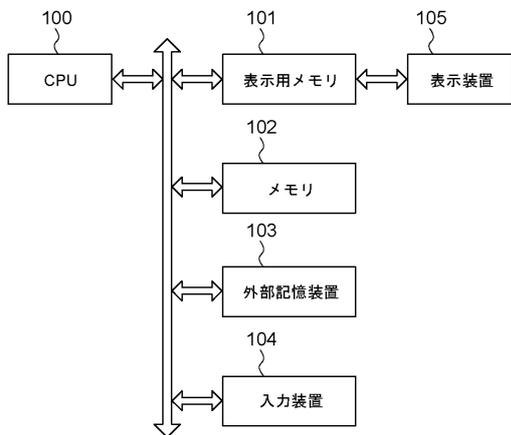
- 100 CPU
- 101 表示用メモリ
- 102 メモリ
- 103 外部記憶装置
- 104 入力装置
- 105 表示装置
- 200 画像入力手段
- 201 付帯情報取得手段
- 202 画像表示装置
- 203 回復調整値操作手段
- 204 画像回復実行ゲイン取得手段
- 205 画像処理制御手段
- 206 回復フィルタ作成手段
- 207 第1画像処理実行手段

40

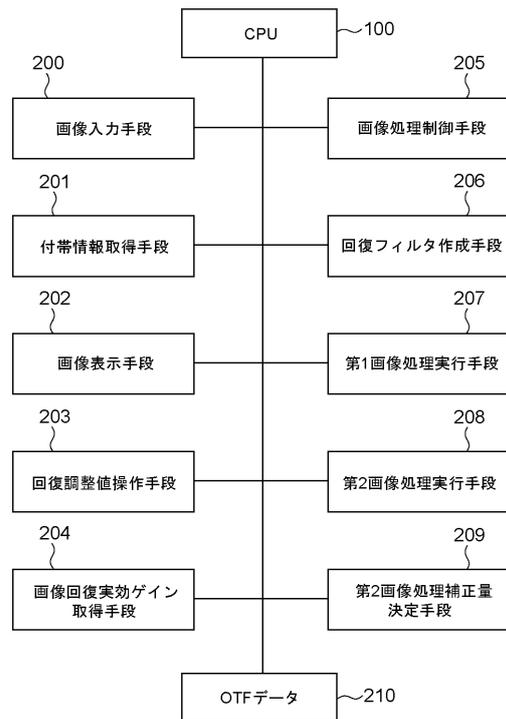
50

- 208 第2画像処理実効手段
- 209 第2画像処理補正量決定手段
- 210 OTFデータ

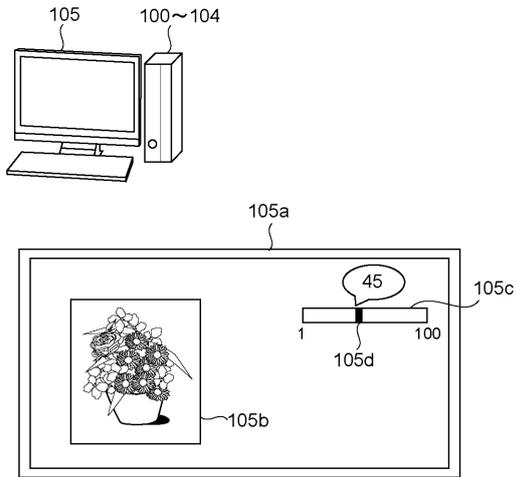
【図1】



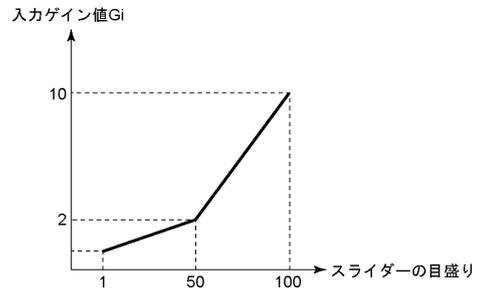
【図2】



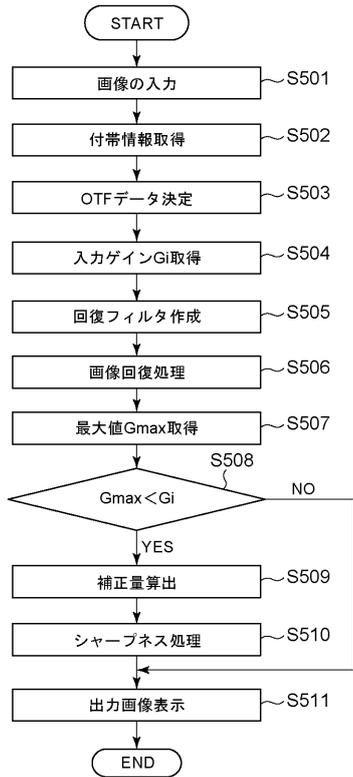
【図3】



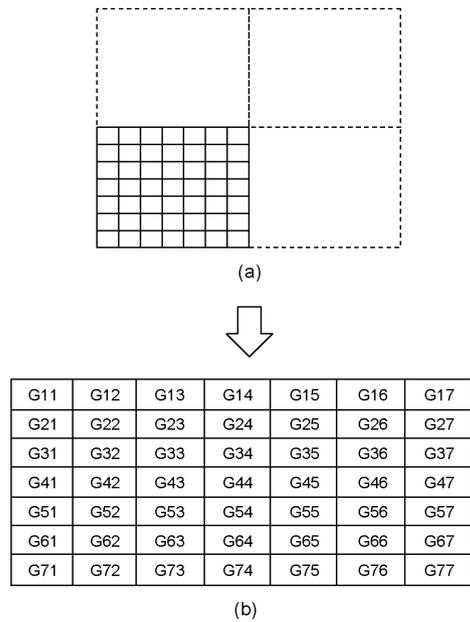
【図4】



【図5】



【図6】



【 図 7 】

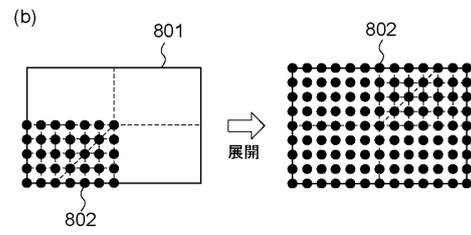
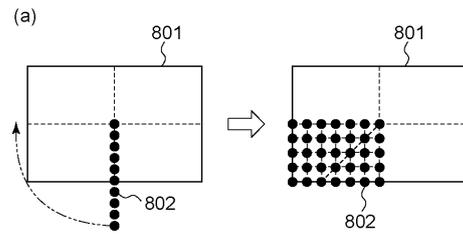
9	9	9	7	5	3	2
9	9	9	8	6	3	3
9	9	9	9	8	6	5
9	9	9	9	9	8	7
9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9

(a)

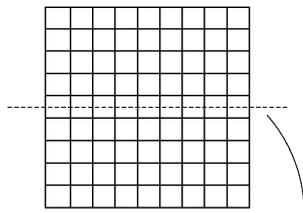
7	7	7	7	5	3	2
7	7	7	7	6	3	3
7	7	7	7	7	6	5
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7

(b)

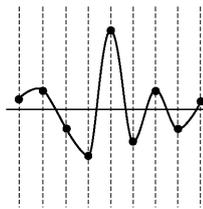
【 図 8 】



【 図 9 】

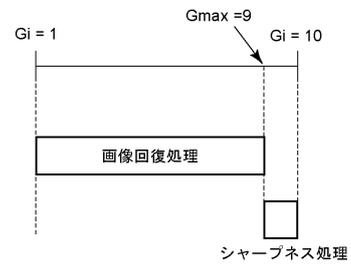


(a)



(b)

【 図 10 】



【図11】

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

(a)

0	-1.8	0
-1.8	10	-1.8
0	-1.8	0

(b)

0	-2.0	0
-2.0	10	-2.0
0	-2.0	0

(c)

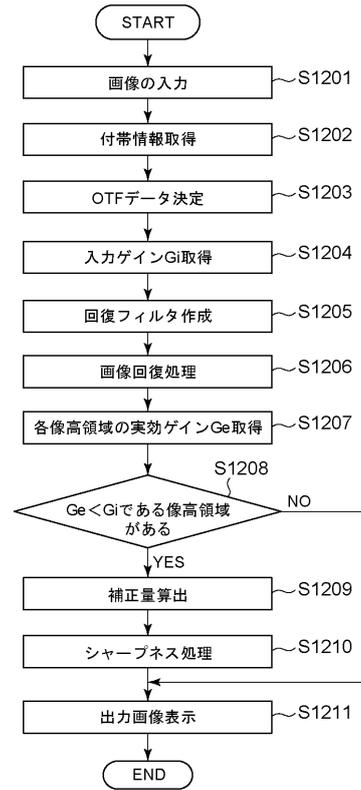
0	-2.2	0
-2.2	10	-2.2
0	-2.2	0

(d)

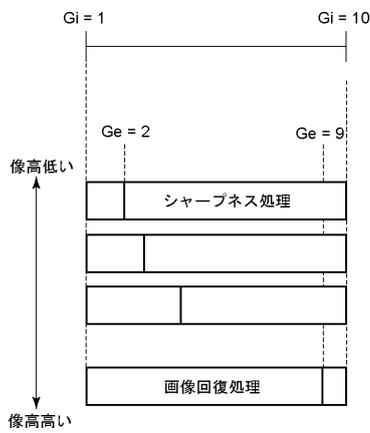
0	0	-2.0	0	0
0	0	0	0	0
-2.0	0	10	0	-2.0
0	0	0	0	0
0	0	-2.0	0	0

(e)

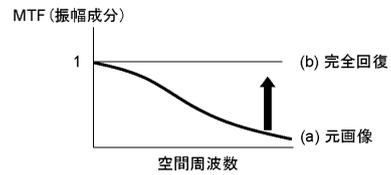
【図12】



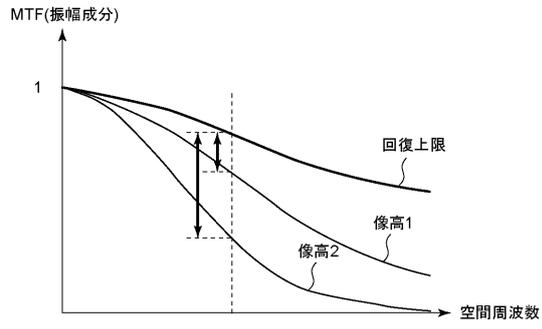
【図13】



【図14】



【 図 1 5 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-124692(JP, A)  
国際公開第2011/122284(WO, A1)

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