

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6739955号
(P6739955)

(45) 発行日 令和2年8月12日 (2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月28日 (2020.7.28)

(51) Int. Cl.	F I
G06T 5/00 (2006.01)	G06T 5/00 710
H04N 1/409 (2006.01)	H04N 1/409
H04N 5/232 (2006.01)	H04N 5/232

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-56259 (P2016-56259)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年3月18日 (2016.3.18)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-173920 (P2017-173920A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017.9.28)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	平成31年3月7日 (2019.3.7)		弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	荻野 洋
			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
		審査官	山田 辰美

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、画像処理プログラム、および記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像に基づいて点像分布関数を推定する推定手段と、
撮影条件ごとに、前記推定手段によって推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる記憶手段と、を有し、

前記記憶手段は、所定の条件を満たす場合に、前記撮影条件ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記撮影条件は、焦点距離、絞り値、および、撮像距離の少なくともいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 3】

画像に基づいて点像分布関数を推定する推定手段と、
前記画像の像高ごとに、前記推定手段によって推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる記憶手段と、を有し、

前記記憶手段は、所定の条件を満たす場合に、前記像高ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

画像の合焦領域に基づいて、前記画像の合焦領域における点像分布関数を推定する推定

20

手段と、

前記推定手段によって推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる記憶手段と、を有し、

前記記憶手段は、所定の条件を満たす場合に、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

前記合焦領域は、前記画像を撮像する装置から被写体までの距離に関する情報に基づいて検出される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】

前記所定の条件は、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報の信頼度が所定値より大きいことであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記所定の条件は、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報の信頼度よりも、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報の信頼度が高いことであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記信頼度は、前記画像を撮像する装置の変動量に関する情報、前記画像の移動体に関する情報、前記画像のエッジ強度、および前記画像の飽和画素の個数のうち少なくとも 1 つに基づいて判定されることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記記憶部が記憶させた点像分布関数に関する光学情報に基づいて、前記画像に対して鮮鋭化処理を実行する処理手段を更に有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、

前記画像を撮像する撮像手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 11】

画像に基づいて点像分布関数を推定する工程と、

撮影条件ごとに、推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる工程と、

所定の条件を満たす場合に、前記撮影条件ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新する工程と、を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 12】

画像に基づいて点像分布関数を推定する工程と、

前記画像の像高ごとに、推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる工程と、

所定の条件を満たす場合に、前記像高ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新する工程と、を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 13】

画像の合焦領域に基づいて、前記画像の合焦領域における点像分布関数を推定する工程と、

推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる工程と、

所定の条件を満たす場合に、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新する工程と、を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 14】

請求項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法の各工程をコンピュータに実行させるための画像処理プログラム。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の画像処理プログラムを記録するコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法、画像処理プログラム、および記録媒体に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、撮像装置によって撮影された画像に対して、光学伝達関数（OTF）に基づいて生成される点像分布関数（PSF）を用いて画像の鮮鋭化を行い、レンズ等の収差によって生じた画質劣化を低減する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。また、撮影された画像から PSF を推定し、推定した PSF を用いて画像の鮮鋭化を行うことで、焦点ボケやカメラブレ等の画質劣化を低減する技術が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 114740 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 155456 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に開示された従来技術では、レンズ等の光学伝達関数が未知の場合には PSF を生成できないため、鮮鋭化を行うことができない。また、光学伝達関数が既知の場合でも、レンズ等の光学系に製造誤差等による個体差が生じた場合には、設計情報に基づく光学伝達関数から生成した PSF と、実際の光学系に基づく PSF とで差異が生じるため、適切に鮮鋭化を行うことができない。また、特許文献 2 に開示された従来技術では、画像から PSF を推定することが可能であるが、意図的に撮影したブレやボケも合わせて鮮鋭化されるため、ユーザの意図通りの画像を生成できない。

30

【0005】

このような課題に鑑みて、本発明は、光学伝達関数が未知の場合や光学系に製造誤差等による個体差が生じた場合でも、実際の光学系に適した鮮鋭化を実行可能な画像処理装置、画像処理方法、画像処理プログラム、および記憶媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面としての画像処理装置は、画像に基づいて点像分布関数を推定する推定手段と、撮影条件ごとに、前記推定手段によって推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる記憶手段と、を有し、前記記憶手段は、所定の条件を満たす場合に、前記撮影条件ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、前記推定手段によって新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に更新することを特徴とする。

40

【0007】

また、本発明の他の側面としての画像処理方法は、画像に基づいて点像分布関数を推定する工程と、撮影条件ごとに、推定された点像分布関数に関する光学情報を記憶部に記憶させる工程と、所定の条件を満たす場合に、前記撮影条件ごとに、前記記憶部に記憶させた点像分布関数に関する光学情報を、新たに推定された点像分布関数に関する光学情報に

50

更新する工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光学伝達関数が未知の場合や光学系に製造誤差等による個体差が生じた場合でも、実際の光学系に適した鮮鋭化を実行可能な画像処理装置、画像処理方法、画像処理プログラム、および記憶媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係る画像処理装置が搭載された撮像装置のブロック図である。

10

【図2】画像処理部のブロック図である。

【図3】画像回復部のブロック図である。

【図4】画像回復部により画像回復処理を示すフローチャートである。

【図5】信頼度算出部のブロック図である。

【図6】手振れ判定部の入出力特性の一例を示す図である。

【図7】移動体判定部の入出力特性の一例を示す図である。

【図8】エッジ判定部の入出力特性の一例を示す図である。

【図9】非飽和判定部の入出力特性の一例を示す図である。

【図10】鮮鋭化処理部のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0010】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0011】

図1は、本発明の実施形態に係る画像処理装置が搭載された撮像装置100の構成図である。撮像装置100は、光学系101、撮像素子102、A/D変換部103、画像処理部104、記録部105、制御部106、焦点検出部107、姿勢変化検出部108、画像メモリ109、表示部110、および操作部111を備える。

【0012】

光学系101は、フォーカスレンズ、絞り、およびシャッターを備える。光学系101は、撮影時にはフォーカスレンズを駆動し被写体のピント合わせを行い、絞りやシャッターを制御することで露光量を調節する。撮像素子102は、光学系101において結像された被写体像を光電変換によって電気信号に変換するCCDやCMOS等の光電変換素子であり、光学系101の収差を含む光学伝達関数により劣化した画像を撮像する。A/D変換部103は、入力された電気信号をデジタル化し、画像処理部104に出力する。画像処理部104は、A/D変換部103から出力された信号に対して、同時化処理、ホワイトバランス補正処理、色変換処理、ガンマ処理、および鮮鋭化処理等を実行し、処理後の信号を記録部105に出力する。記録部105は、画像処理部104から出力された画像情報をJPEG等の画像形式に変換し、記録する。制御部106は、撮像装置100全体の動作制御を行う。例えば、制御部106は、撮影画像に基づいて所定の評価値を算出し、画像処理部104で行う画像処理のパラメータを決定する。焦点検出部107は、撮影時の被写体までの距離情報を取得し、撮影画像の画素単位での被写体までの距離情報を示す二次元配列である距離マップを生成する。姿勢変化検出部108は、ジャイロセンサ等の検出装置で構成され、手振れ等の撮像装置100の動きや姿勢の変化（変動量）を検出する。画像メモリ109は、制御部106を介して画像処理部104で処理される画像情報等を一時的に記録する。表示部110は、例えば、カメラ背面に設置された液晶ディスプレイであり、撮影時の操作の補助を行うための画面や、記録部105に保存されている画像等を表示する。操作部111は、ユーザが画像処理部104に対し操作指示を行う部分である。

30

40

【0013】

50

図2を参照して、画像処理部104の構成について説明を行う。図2は、画像処理部104のブロック図である。画像処理部104は、同時化処理部201、ホワイトバランス補正処理部202、輝度信号生成部203、および輝度ガンマ処理部204を備える。また、画像処理部104は、色変換処理部205、色ガンマ処理部206、色差信号生成部207、および画像回復部208を備える。なお、画像処理部104により実行される画像処理は、ソフトウェアおよびハードウェア上で動作するコンピュータプログラムとしての画像処理プログラムにしたがって実行される。画像処理プログラムは、例えば、コンピュータが読み取り可能な記録媒体に記録されていてもよい。また、本実施例では画像処理部104が画像処理を実行するが、パーソナルコンピュータ(PC)や専用の装置が画像処理装置として本実施例の画像処理を実行してもよい。また、本実施例の画像処理のプログラムに対応する回路を設け、回路を動作させることで本実施例の画像処理を実行させてもよい。

10

【0014】

同時化処理部201は、入力されたベイヤRGBの画像データに対して同時化処理を行い、色信号RGBを生成する。ホワイトバランス補正処理部202は、制御部106が算出したホワイトバランスゲイン値に基づいて同時化処理部201が生成した色信号RGBにゲインをかけてホワイトバランスを調整する。輝度信号生成部203は、ホワイトバランス補正処理部202によりホワイトバランスが調整された色信号RGBに基づいて輝度信号Yを生成し、輝度ガンマ処理部204に出力する。輝度ガンマ処理部204は、輝度信号Yに対してガンマ補正を行い、ガンマ補正後の輝度信号Yを画像回復部208に出力する。

20

【0015】

色変換処理部205は、ホワイトバランス補正処理部202によりホワイトバランスが調整された色信号RGBに対してマトリクス演算などを行い、所望のカラーバランスに変換する。色ガンマ処理部206は、色信号RGBにガンマ補正を行う。色差信号生成部207は、色信号RGBから色差信号R-Y、B-Yを生成し、画像回復部208に出力する。

【0016】

画像回復部208は、輝度ガンマ処理部204から入力された輝度信号Y、および色差信号生成部207から入力された色差信号R-Y、B-Yに対して、光学系101の収差等による劣化を低減する画像回復処理を実行する。画像回復部208により画像回復処理が施された輝度信号Y、および色差信号R-Y、B-Yは、記録部105に出力され、記録される。

30

【0017】

図3および図4を参照して、画像回復部208による画像回復処理について説明する。図3は、画像回復部208のブロック図である。画像回復部208は、RGB信号変換部301、合焦領域検出部302、PSF推定部303、信頼度算出部304、PSF更新部305、PSF記憶部306、鮮鋭化処理部307、および輝度色差信号変換部308を備える。図4は、画像回復部208による画像回復処理を示すフローチャートである。なお、画像回復部208により実行される画像回復処理は、ソフトウェアおよびハードウェア上で動作するコンピュータプログラムとしての画像回復処理プログラムにしたがって実行される。画像回復処理プログラムは、例えば、コンピュータが読み取り可能な記録媒体に記録されていてもよい。また、本実施例では画像回復部208が画像回復処理を実行するが、パーソナルコンピュータ(PC)や専用の装置が画像処理装置として本実施例の画像回復処理を実行してもよい。また、本実施例の画像回復処理のプログラムに対応する回路を設け、回路を動作させることで本実施例の画像回復処理を実行させてもよい。

40

【0018】

ステップS401では、画像回復部208は、輝度ガンマ処理部204および色差信号生成部207からそれぞれ、輝度信号Yおよび色差信号R-Y、B-Yを取得する。輝度信号Yは、RGB信号変換部301、合焦領域検出部302、および信頼度算出部304

50

に入力される。色差信号 R - Y、B - Y は、RGB 信号変換部 301 に入力される。

【0019】

ステップ S402 では、RGB 信号変換部 301 は、輝度信号 Y および色差信号 R - Y、B - Y に基づいて色信号 RGB に変換し、鮮鋭化処理部 307 に出力する。

【0020】

ステップ S403 では、合焦領域検出部 302 は、焦点検出部 107 から制御部 106 を介して入力された距離マップに基づいて、輝度信号 Y から合焦領域を抽出する。具体的には、合焦領域検出部 302 は、まず、輝度信号 Y を所定のサイズのブロックに分割し、ブロックごとに距離マップの示す情報と、撮影時の光学系 101 のフォーカスレンズの状態から各ブロックが合焦領域か否かを判定する。次に、合焦領域検出部 302 は、合焦領域と判定したブロックの輝度信号 Y を PSF 推定部 303 に出力する。このように、合焦領域検出部 302 が合焦領域か否かを判定することで、非合焦領域によるボケ、つまりユーザが意図したボケか、光学系 101 の収差等によるボケかを判断することが可能である。

10

【0021】

ステップ S404 では、PSF 推定部 303 は、合焦領域検出部 302 から出力された合焦領域の輝度信号 Y からブロックごとに点像分布関数（以下、PSF という）を推定する。

【0022】

ここで、PSF の推定方法について説明する。PSF 推定部 303 に入力された画像 B は、以下の式（1）に示されるように、推定したい PSF を示す K と、ブレやボケのない画像（潜像）を示す L の畳み込み演算で表すことができる。

20



【0023】

は、畳み込み演算を表す。

【0024】

【数 1】

$$B = K \otimes L \quad (1)$$

30

【0025】

PSF を示す K と潜像 L は未知数であるが、潜像 L の初期値を設定することで、暫定的な PSF の推定が可能である。暫定的な PSF を用いて暫定的な潜像 L の推定を行い、その後暫定的な潜像 L を用いて暫定的な PSF を推定する。このように、PSF と潜像 L の推定および更新を繰り返すことで、PSF と潜像 L の推定精度を高めることができる。一定の条件を満たした暫定的な PSF を、最終的に PSF とする。

【0026】

PSF と潜像 L は、式（1）の両辺の差を表す項を含むエネルギー関数を最小化することで推定される。それぞれのエネルギー関数は、以下の式（2）と式（3）で表される。式（2）と式（3）の は、正則化項を表す。正則化項 の例として、画像および PSF をベクトルとして扱ったときに要素の二乗和となる L2 ノルムなどがある。エネルギー関数の最小化の方法として、例えば共役勾配法を用いる方法がある。

40

【0027】

【数 2】

$$E(K) = \arg \min_K \left(\|B - K \otimes L\|^2 + \delta_K^2 \right) \quad (2)$$

$$E(L) = \arg \min_L \left(\|B - K \otimes L\|^2 + \delta_L^2 \right) \quad (3)$$

50

【 0 0 2 8 】

また、P S Fは、画像のエッジ情報を用いても高精度に推定される。具体的には、P S Fは、入力画像Bのエッジ情報をB'、潜像Lのエッジ情報L'とする以下の式(4)のエネルギー関数を最小化することで推定される。

【 0 0 2 9 】

【 数 3 】

$$E(K) = \arg \min_k \left(\|B' - K \otimes L'\|^2 + \delta_k^2 \right) \quad (4)$$

【 0 0 3 0 】

最初にP S Fを推定する際の潜像Lのエッジ情報L'の初期値として、入力画像Bにショックフィルタをかけた画像のエッジ情報を用いる。

【 0 0 3 1 】

ステップS 4 0 5では、信頼度算出部3 0 4は、輝度信号Yと、姿勢変化検出部1 0 8から制御部1 0 6を介して入力された撮像装置の動きや姿勢の変化(変動量)の情報から、P S F推定部3 0 3で推定されたP S Fの信頼度Rを算出し、P S F更新部に出力する。

【 0 0 3 2 】

図5を参照して、信頼度の算出方法について説明する。図5は、信頼度算出部3 0 4のブロック図である。信頼度算出部3 0 4は、手振れ判定部5 0 1、移動体判定部5 0 2、エッジ判定部5 0 3、非飽和判定部5 0 4、乗算器5 0 5、乗算器5 0 6、および乗算器5 0 7を備える。

【 0 0 3 3 】

手振れ判定部5 0 1は、姿勢変化検出部1 0 8から入力された撮像装置1 0 0の動きや姿勢の変化などの変動量(変動量情報)Mに基づいて取得した手振れ判定信号D mを乗算器5 0 5に出力する。本実施例では、手振れ判定部5 0 1は、図6に示される入出力特性を用いて手振れ判定信号D mを出力する。図6は、手振れ判定部5 0 1の入出力特性の一例を示す図である。図6の横軸は変動量M、縦軸は手振れ判定信号D mである。手振れ判定部5 0 1は、変動量Mが所定の閾値T h 0より小さい場合、P S Fの推定に手振れは影響しないと判定し、手振れ判定信号D mとして1 . 0を出力する。また、手振れ判定部5 0 1は、姿勢変化量Mが所定の閾値T h 1より大きい場合、P S Fの推定に手振れは影響すると判定し、手振れ判定信号D mとして0 . 0を出力する。また、手振れ判定部5 0 1は、姿勢変化量Mが所定の閾値T h 0より大きく所定の閾値T h 1より小さい場合、変動量Mに応じて0 . 0 ~ 1 . 0の間の値を手振れ判定信号D mとして出力する。

【 0 0 3 4 】

移動体判定部5 0 2は、輝度ガンマ処理部2 0 4から入力された輝度信号Yと、画像メモリ1 0 9に記録されている直前に撮影した画像の輝度信号Yの差分の絶対値に基づいて取得した移動体判定信号D sを乗算器5 0 5に出力する。具体的には、移動体判定部5 0 2は、まず、各ブロックにおいて画素ごとに、輝度ガンマ処理部2 0 4から入力された輝度信号Yと、画像メモリ1 0 9に記録されている直前に撮影した画像の輝度信号Yとの差分の絶対値を算出する。次に、全画素の差分の絶対値を積算することで輝度差分信号Sを算出した後、輝度差分信号Sに基づいて各ブロックに対する移動体判定信号D sを取得し、乗算器5 0 5に出力する。本実施例では、移動体判定部5 0 2は、図7に示される入出力特性を用いて移動体判定信号D sを出力する。図7は、移動体判定部5 0 2の入出力特性の一例を示す図である。図7の横軸は輝度差分信号S、縦軸は移動体判定信号D sである。移動体判定部5 0 2は、輝度差分信号Sが所定の閾値T h 2より小さい場合、直前に撮影した画像との差分が小さくP S Fの推定に移動体は影響しないと判定し、移動体判定信号D sとして1 . 0を出力する。また、移動体判定部5 0 2は、輝度差分信号Sが所定の閾値T h 3より大きい場合、P S Fの推定に移動体は影響すると判定し、移動体判定信号D sとして0 . 0を出力する。また、移動体判定部5 0 2は、輝度差分信号Sが所定の

10

20

30

40

50

閾値 T_{h2} より大きく所定の閾値 T_{h3} より大きい場合、輝度差分信号 S に応じて $0.0 \sim 1.0$ の間の値を移動体判定信号 D_s として出力する。

【0035】

エッジ判定部 503 は、輝度ガンマ処理部 204 から入力された輝度信号 Y からブロックごとに算出したエッジ強度 E に基づいて取得したエッジ判定信号 D_e を乗算器 505 に出力する。具体的には、エッジ判定部 503 は、まず、各ブロックにおいて画素ごとにバンドパスフィルタ等を用いてエッジ信号を算出する。次に、全画素のエッジ信号の絶対値を積算することでエッジ強度 E を算出し、エッジ強度 E に基づいて各ブロックに対するエッジ判定信号 D_e を取得し、乗算器 506 に出力する。本実施例では、エッジ判定部 503 は、図 8 に示される入出力特性を用いてエッジ判定信号 D_e を出力する。図 8 は、エッジ判定部 503 の入出力特性の一例を示す図である。図 8 の横軸はエッジ強度 E 、縦軸はエッジ判定信号 D_e である。エッジ判定部 503 は、エッジ強度 E が所定の閾値 T_{h4} より小さい場合、エッジ部を含まない非エッジ領域であると判定し、エッジ判定信号 D_e として 0.0 を出力する。また、エッジ判定部 503 は、エッジ強度 E が所定の閾値 T_{h5} より大きい場合、エッジ部を含むエッジ領域であると判定し、移動体判定信号 D_s として 0.0 を出力する。また、エッジ判定部 503 は、エッジ強度 E が所定の閾値 T_{h4} より大きく所定の閾値 T_{h5} より大きい場合、エッジ部の強度に応じて $0.0 \sim 1.0$ の間の値を移動体判定信号 D_s として出力する。

【0036】

非飽和判定部 504 は、輝度ガンマ処理部 204 から入力された輝度信号 Y からブロックごとにブロック内の飽和画素の個数 K に基づいて取得した非飽和判定信号 D_k を乗算器 506 に出力する。本実施例では、非飽和判定部 504 は、図 9 に示される入出力特性を用いて非飽和判定信号 D_k を出力する。図 9 は、非飽和判定部 504 の入出力特性の一例を示す図である。図 9 の横軸は飽和画素の個数 K 、縦軸は非飽和判定信号 D_k である。非飽和判定部 504 は、飽和画素の個数 K が所定の閾値 T_{h6} より少ない場合、飽和領域でない（非飽和領域である）と判定し、非飽和判定信号 D_k として 1.0 を出力する。また、非飽和判定部 504 は、飽和画素の個数 K が所定の閾値 T_{h7} より多い場合、飽和領域であると判定し、非飽和判定信号 D_k として 0.0 を出力する。また、非飽和判定部 504 は、飽和画素の個数 K が所定の閾値 T_{h6} より多く所定の閾値 T_{h7} より少ない場合、飽和画素の個数 K の個数に応じて $0.0 \sim 1.0$ の間の値を非飽和判定信号 D_k として出力する。

【0037】

乗算器 505 は、手振れ判定部 501 から出力される手振れ判定信号 D_m と、移動体判定部 502 から出力される移動体判定信号 D_s を乗算し、乗算結果 $Mul1$ を乗算器 507 に出力する。乗算結果 $Mul1$ は、手振れや移動体による影響、または光学系 101 の収差を含む光学伝達関数による劣化のどちらが各ブロックごとに推定された PSF の形状に対して支配的であることを示す基準である。乗算結果 $Mul1$ が 1.0 に近いほど、光学系 101 の収差を含む光学伝達関数による劣化が支配的であり、乗算結果 $Mul1$ が 0.0 に近いほど、手振れや移動体による影響が支配的である。

【0038】

乗算器 506 は、エッジ判定部 503 から出力されるエッジ判定信号 D_e と、非飽和判定部 504 から出力される非飽和判定信号 D_k を乗算し、乗算結果 $Mul2$ を乗算器 507 に出力する。乗算結果 $Mul2$ は、判定したブロックが PSF の推定に適切な領域であるかどうかを示す基準である。乗算結果 $Mul2$ が 1.0 に近いほど、判定したブロックは PSF の推定に適したエッジ領域、かつ非飽和領域であり、乗算結果 $Mul2$ が 0.0 に近いほど、判定したブロックは PSF の推定に適さない領域である。

【0039】

乗算器 507 は、乗算器 505 から出力される乗算結果 $Mul1$ と、乗算器 506 から出力される乗算結果 $Mul2$ を乗算することで信頼度 R を算出し、 PSF 更新部 305 に出力する。信頼度 R は、光学系 101 の収差を含む光学伝達関数による劣化に基づいて P

10

20

30

40

50

S F が推定可能な場合を 1 . 0 として、その信頼度に応じて 0 . 0 ~ 1 . 0 の値となる。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 4 0 6 では、P S F 更新部 3 0 5 は、信頼度算出部 3 0 4 から入力された信頼度 R を所定値より大きいかどうかを判定する。信頼度 R が所定値より大きい場合、ステップ S 4 0 7 へ進み、信頼度 R が所定値より小さい場合、ステップ S 4 0 8 に進む。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 4 0 7 では、P S F 更新部 3 0 5 は、P S F 記憶部 3 0 6 に記憶されている光学情報を、P S F 推定部 3 0 3 が推定した P S F に関する光学情報に更新する。P S F 記憶部 3 0 6 は、撮影条件（例えば、焦点距離、絞り値、撮像距離）ごとに P S F を記憶する。また、P S F 記憶部 3 0 6 は、像高ごとに P S F を記憶する。例えば、P S F 推定部 3 0 3 が像高が同じ複数のブロックで P S F を推定した場合、P S F 更新部 3 0 5 は信頼度 R が高いブロックで推定された P S F に関する光学情報に更新する。また、P S F 記憶部 3 0 6 は、P S F を光軸に対して所定の方向、例えば水平方向に対する P S F として記憶するため、所定の方向以外の P S F を、光軸に対して所定の方向からの角度だけ逆回転して記憶する。また、P S F 記憶部 3 0 6 は、P S F に対応する信頼度を含む光学情報を記憶していてもよい。この場合、P S F 更新部 3 0 5 は、まず、P S F 推定部 3 0 3 が推定した P S F に対応する信頼度 R が P S F 記憶部 3 0 6 に記憶されている信頼度より大きいかどうかを判断する。信頼度 R のほうが大きい場合、P S F 更新部 3 0 5 は、P S F 記憶部 3 0 6 に記憶されている信頼度を含む光学情報を、P S F 推定部 3 0 3 が推定した P S F に関する情報および信頼度 R を含む光学情報に更新するようにしてもよい。また、P S F 記憶部 3 0 6 は、推定した P S F から変換された光学伝達関数（O T F）を記憶してもよい。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 4 0 8 では、鮮鋭化処理部 3 0 7 は、R G B 信号変換部 3 0 1 から入力される色信号 R G B 信号に対して、P S F 記憶部 3 0 6 に記憶されている P S F に基づいて鮮鋭化処理を行う。ステップ S 4 0 7 から本ステップに進んだ場合、鮮鋭化処理部 3 0 7 は、P S F 推定部 3 0 3 が推定した P S F を使用する。また、ステップ S 4 0 6 から直接本ステップに進んだ場合、鮮鋭化処理部 3 0 7 は、P S F 記憶部 3 0 6 にあらかじめ記憶されている P S F を使用する。P S F 記憶部 3 0 6 にあらかじめ記憶されている P S F は、光学系 1 0 1 の設計情報に基づいた P S F であってもよい。また、光学系 1 0 1 の設計情報が未知の場合、デルタカーネル（中心のみ 1、それ以外は 0 の値をとる P S F）であってもよい。この場合、鮮鋭化処理部 3 0 7 による鮮鋭化処理は、事実上実行されない。また、本実施例では、ステップ S 4 0 6 から直接本ステップに進んだ場合、鮮鋭化処理が実行されるが、鮮鋭化処理を実行しないように制御してもよい。

【 0 0 4 3 】

以下、図 1 0 を参照して、鮮鋭化処理の方法について説明する。図 1 0 は、鮮鋭化処理部 3 0 7 のブロック図である。鮮鋭化処理部 3 0 7 は、P S F 回転部 1 0 0 0、R 信号処理部 1 0 0 1、G 信号処理部 1 0 0 6、および B 信号処理部 1 0 0 7 を備える。R 信号処理部 1 0 0 1 は、畳み込み演算器 1 0 0 2、減算器 1 0 0 3、乗算器 1 0 0 4、および加算器 1 0 0 5 を備える。G 信号処理部 1 0 0 6 および B 信号処理部 1 0 0 7 も R 信号処理部 1 0 0 1 と同様の構成を備える。

【 0 0 4 4 】

P S F 回転部 1 0 0 0 は、P S F 記憶部 3 0 6 から像高に応じた P S F を取得し、光軸に対して所定の方向からの角度に応じて P S F を回転し、R 信号処理部 1 0 0 1、G 信号処理部 1 0 0 6、B 信号処理部 1 0 0 7 に回転した P S F を出力する。

【 0 0 4 5 】

R 信号処理部 1 0 0 1 は、R G B 信号変換部 3 0 1 から入力された元の R 信号に、P S F 回転部 1 0 0 0 から入力された回転した P S F に基づいて鮮鋭化処理が施された R s 信号を生成し、輝度色差信号変換部 3 0 8 に出力する。具体的には、畳み込み演算器 1 0 0 2 は、元の R 信号に P S F 回転部 1 0 0 0 から入力された回転した P S F を畳み込むこと

10

20

30

40

50

で、光学系 101 の収差を含む光学伝達関数による劣化を示す P S F を畳み込んだ R ' 信号を算出し、減算器 1003 に出力する。減算器 1003 は、元の R 信号から畳み込み演算器 1002 から入力された R ' 信号を減算することで高周波成分である R s u b 信号を算出し、乗算器 1004 に出力する。乗算器 1004 は、減算器 1003 から入力された R s u b 信号に対して、鮮鋭化処理の強度を調整する所定の定数 m を乗算することで R m 信号を算出し、加算器 1005 に出力する。加算器 1005 は、元の R 信号に乗算器 1004 から入力された R m 信号を加算することで鮮鋭化処理が施された R s 信号を算出し、輝度色差信号変換部 308 に入力する。以上説明したように、R 信号処理部 1001 は、光学系 101 の収差を含む光学伝達関数による劣化の特性に合わせた鮮鋭化処理を実行することができる。

10

【0046】

同様に、また、G 信号処理部 1006 および B 信号処理部 1007 は、R G B 信号変換部 301 から入力された G 信号および B 信号に対して、P S F 回転部 1000 から入力された回転した P S F に基づいて鮮鋭化処理が施された G s 信号および B s 信号を生成する。G s 信号および B s 信号は、輝度色差信号変換部 308 に出力される。

【0047】

ステップ S 409 は、輝度色差信号変換部 308 は、鮮鋭化処理部 307 から入力された R s G s B s 信号から画像回復部処理が施された輝度信号 Y および色差信号 R - Y、B - Y を生成し、記録部 105 に出力する。

【0048】

20

以上説明したように、本発明は、レンズ等の光学伝達関数が未知の場合でも、画像から P S F を推定し実際の光学伝達関数に基づいた鮮鋭化処理を実行することが可能である。

【0049】

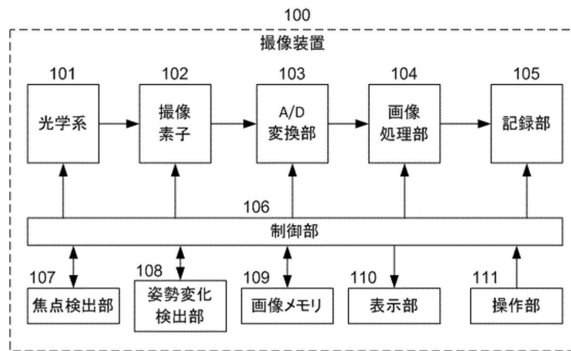
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】**【0050】**

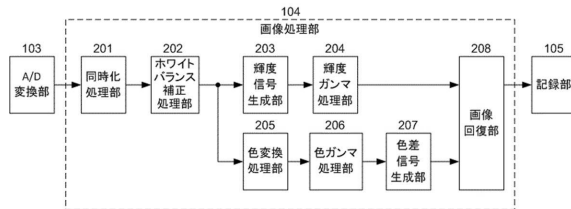
- 208 画像回復部（画像回復装置）
- 302 合焦領域検出部（検出部）
- 303 P S F 推定部（推定部）
- 304 信頼度算出部（算出部）
- 305 P S F 更新部（更新部）
- 306 P S F 記憶部（記憶部）

30

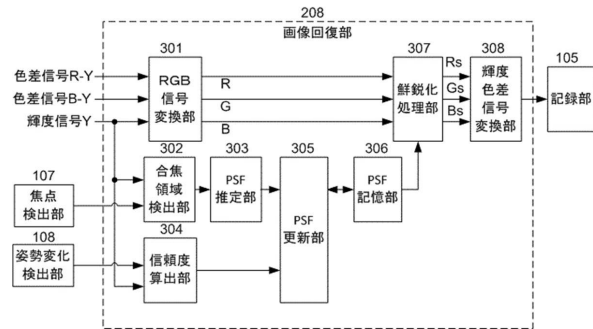
【図 1】



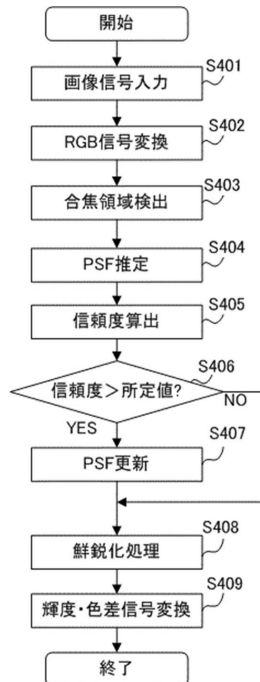
【図 2】



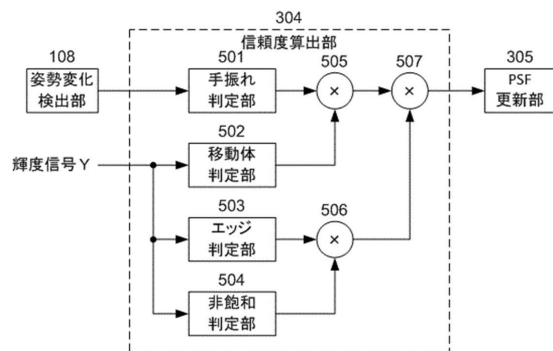
【図 3】



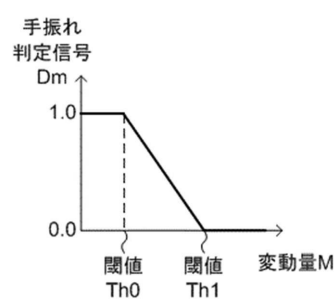
【図 4】



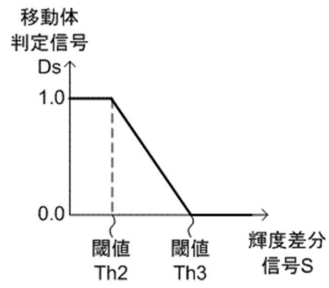
【図 5】



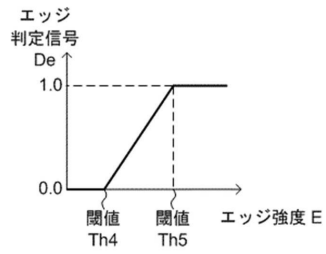
【図 6】



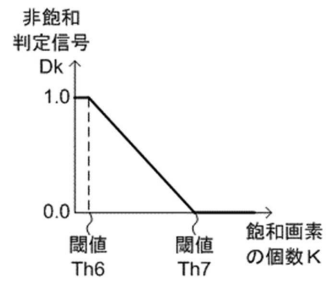
【図 7】



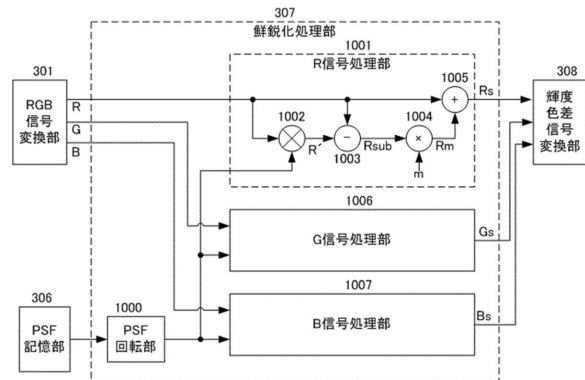
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 6 4 8 9 0 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 5 5 4 5 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 T	5 / 0 0
H 0 4 N	1 / 4 0 9
H 0 4 N	5 / 2 3 2