

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7630973号
(P7630973)

(45)発行日 令和7年2月18日(2025.2.18)

(24)登録日 令和7年2月7日(2025.2.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 7/80 (2017.01)

G 0 6 T 7/80

H 0 4 N 23/67 (2023.01)

H 0 4 N 23/67

H 0 4 N 23/60 (2023.01)

H 0 4 N 23/60 5 0 0

請求項の数 35 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-195548(P2020-195548)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和2年11月25日(2020.11.25)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2022-83913(P2022-83913A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和4年6月6日(2022.6.6)	(74)代理人	100126240
審査請求日	令和5年11月22日(2023.11.22)		弁理士 阿部 琢磨
		(74)代理人	100223941
			弁理士 高橋 佳子
		(74)代理人	100159695
			弁理士 中辻 七朗
		(74)代理人	100172476
			弁理士 富田 一史
		(74)代理人	100126974
			弁理士 大朋 靖尚
		(72)発明者	南 佳岳
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データと、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報と、を取得する取得手段と、

前記空間周波数特性及び前記区間情報に基づいて処理周波数を決定する決定手段と、
前記画像データに基づき、決定された処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出手段と、

前記区間情報及び前記特徴量に基づき、前記画像データに関するデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出手段と、

を備え、

前記決定手段は、前記区間に含まれる第1のデフォーカス量に対応する第1のコントラスト値と、前記区間に含まれ且つ前記第1のデフォーカス量とは異なる第2のデフォーカス量に対応する第2のコントラスト値と、の差が所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記決定手段は、前記区間に含まれる複数のデフォーカス量において、連続する2つのデフォーカス量にそれぞれ対応する2つのコントラスト値の差が前記所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定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】

前記特徴量算出手段は、前記画像データから前記処理周波数に相当する周波数成分のエッジの二次微分値を算出し、前記画像データを少なくとも一つ以上の小領域に分割し、前記小領域の夫々に含まれる前記エッジの二次微分値の分散値を、前記特徴量として算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

算出された前記デフォーカス量に基づいて、前記画像データに対する画像処理を実行する画像処理手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記画像処理手段は、デフォーカス量が大きくなるに従って鮮鋭度が単調減少する画像処理を実行す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】

前記画像処理手段は、デフォーカス量が大きくなるに従ってコントラストが単調減少する画像処理を実行す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 7】

前記画像処理手段は、デフォーカス量が所定の値よりも小さい画像領域を検出する画像処理を実行す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 8】

前記取得手段は、出力装置に起因して鮮鋭性に影響する空間周波数特性に基づいて前記区間情報を取得することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記撮像装置に起因する空間周波数特性及び前記出力装置に起因して鮮鋭性に影響する空間周波数特性は、MTFであることを特徴とする請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記撮像装置に起因する空間周波数特性及び前記出力装置に起因して鮮鋭性に影響する空間周波数特性は、CTFであることを特徴とする請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記画像データの撮影時に合焦した合焦領域を示す合焦領域情報を取得する合焦領域取得手段をさらに備え、

前記デフォーカス量算出手段は、前記合焦領域のデフォーカス量が最小値となるように、前記画像データに関するデフォーカス量を算出することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記合焦領域取得手段は、撮影時の付帯情報を保持するEXIF中のタグから前記合焦領域情報を取得することを特徴とする請求項 11 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記合焦領域取得手段は、ユーザーが指示する領域を前記合焦領域として取得することを特徴とする請求項 11 に記載の画像処理装置

【請求項 14】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データと、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報と、を取得する取得手段と、

前記空間周波数特性及び前記区間情報に基づいて処理周波数を決定する決定手段と、

前記画像データに基づき、決定された処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出手段と、

前記区間情報及び前記特徴量に基づき、前記画像データに関するデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出手段と、

を備え、

10

20

30

40

50

前記決定手段は、前記区間に含まれる複数のデフォーカス量において、連続する２つのデフォーカス量にそれぞれ対応する２つのコントラスト値の差が所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項１５】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データに基づいて、所定の区間のデフォーカス量を算出するための画像処理装置であって、

前記画像データに基づき、所定の処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出手段と、

前記特徴量に基づき、前記所定の区間のデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出手段と、

を備え、

前記所定の処理周波数は、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、前記所定の区間を示す区間情報と、に基づいて決定された周波数であって、前記所定の区間に含まれる第１のデフォーカス量に対応する第１のコントラスト値と、前記所定の区間に含まれ且つ前記第１のデフォーカス量とは異なる第２のデフォーカス量に対応する第２のコントラスト値と、の差が所定の閾値よりも大きくなるような周波数であることを特徴とする画像処理装置。

【請求項１６】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データと、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報と、を取得する取得工程と、

前記空間周波数特性及び前記区間情報に基づいて処理周波数を決定する決定工程と、

前記画像データに基づき、決定された処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出工程と、

前記区間情報及び前記特徴量に基づき、前記画像データに関するデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出工程と、

を備え、

前記決定工程において、前記区間に含まれる第１のデフォーカス量に対応する第１のコントラスト値と、前記区間に含まれ且つ前記第１のデフォーカス量とは異なる第２のデフォーカス量に対応する第２のコントラスト値と、の差が所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする画像処理方法。

【請求項１７】

前記決定工程において、前記区間に含まれる複数のデフォーカス量において、連続する２つのデフォーカス量にそれぞれ対応する２つのコントラスト値の差が前記所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする請求項１６に記載の画像処理方法。

【請求項１８】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データと、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報と、を取得する取得工程と、

前記空間周波数特性及び前記区間情報に基づいて処理周波数を決定する決定工程と、

前記画像データに基づき、決定された処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出工程と、

前記区間情報及び前記特徴量に基づき、前記画像データに関するデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出工程と、

を備え、

前記決定工程において、前記区間に含まれる複数のデフォーカス量において、連続する２つのデフォーカス量にそれぞれ対応する２つのコントラスト値の差が所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする画像処理方法。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データに基づいて、所定の区間のデフォーカス量を算出するための画像処理方法であって、

前記画像データに基づき、所定の処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出工程と、

前記特徴量に基づき、前記所定の区間のデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出工程と、

を備え、

前記所定の処理周波数は、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、前記所定の区間を示す区間情報と、に基づいて決定された周波数であって、前記所定の区間に含まれる第1のデフォーカス量に対応する第1のコントラスト値と、前記所定の区間に含まれ且つ前記第1のデフォーカス量とは異なる第2のデフォーカス量に対応する第2のコントラスト値と、の差が所定の閾値よりも大きくなるような周波数であることを特徴とする画像処理方法。

10

【請求項 20】

請求項 16 から 19 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プログラム。

【請求項 21】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データに基づき、予め定められた処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を取得する第1取得工程と、

20

前記エッジ鮮鋭度に基づき、前記画像データの各画素に対応するデフォーカス量を取得する第2取得工程と、

を備え、

前記処理周波数は、デフォーカス量毎の空間周波数に対するコントラストを示す前記撮像装置の空間周波数特性に基づいて決定された周波数であり、

前記空間周波数特性において、前記処理周波数の第1のデフォーカス量に対応する第1のコントラスト値と、前記処理周波数の前記第1のデフォーカス量とは異なる第2のデフォーカス量に対応する第2のコントラスト値と、の差は、所定の閾値よりも大きいことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 22】

30

前記第2取得工程において取得されるデフォーカス量は、所定の範囲内であることを特徴とする請求項 21 に記載の画像処理方法。

【請求項 23】

前記空間周波数特性において、前記所定の範囲内に含まれる連続する2つのデフォーカス量にそれぞれ対応する前記処理周波数における2つのコントラスト値の差が前記所定の閾値よりも大きいことを特徴とする請求項 22 に記載の画像処理方法。

【請求項 24】

前記第1取得工程において、前記画像データから前記処理周波数に相当する周波数成分のエッジの二次微分値が取得され、前記画像データが少なくとも一つ以上の小領域に分割され、前記小領域の夫々に含まれる前記エッジの二次微分値の分散値が前記エッジ鮮鋭度として取得されることを特徴とする請求項 21 に記載の画像処理方法。

40

【請求項 25】

前記第2取得工程において取得された前記デフォーカス量に基づき、前記画像データに対する画像処理を実行する工程をさらに備えることを特徴とする請求項 21 に記載の画像処理方法。

【請求項 26】

前記画像処理は、デフォーカス量が大きくなるに従って鮮鋭度が単調減少する処理であることを特徴とする請求項 25 に記載の画像処理方法。

【請求項 27】

前記画像処理は、デフォーカス量が大きくなるに従ってコントラストが単調減少する処

50

理であることを特徴とする請求項 2 5 に記載の画像処理方法。

【請求項 2 8】

前記画像処理は、デフォーカス量が所定の値よりも小さい画像領域を検出する処理であることを特徴とする請求項 2 5 に記載の画像処理方法。

【請求項 2 9】

前記第 1 取得工程において、出力装置の空間周波数特性に基づき、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報がさらに取得され、

前記第 2 取得工程において、前記区間情報にさらに基づき、前記画像データの各画素に対応するデフォーカス量が取得されることを特徴とする請求項 2 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 0】

前記撮像装置の空間周波数特性は M T F であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 1】

前記撮像装置の空間周波数特性は C T F であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 2】

前記画像データの撮影時に合焦した合焦領域を示す合焦領域情報を取得する合焦領域取得工程をさらに備え、

前記第 2 取得工程において取得される前記画像データの各画素のデフォーカス量の最小値は、前記合焦領域の画素であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 3】

前記合焦領域は、撮影時の付帯情報を保持する E X I F 中のタグから取得されることを特徴とする請求項 3 2 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 4】

前記合焦領域は、ユーザーの指示により取得されることを特徴とする請求項 3 2 に記載の画像処理方法。

【請求項 3 5】

撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データに基づき、予め定められた処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を取得する第 1 取得手段と、

前記エッジ鮮鋭度に基づき、前記画像データの各画素に対応するデフォーカス量を取得する第 2 取得手段と、
を備え、

前記処理周波数は、デフォーカス量毎の空間周波数に対するコントラストを示す前記撮像装置の空間周波数特性に基づいて決定された周波数であり、

前記空間周波数特性において、前記処理周波数の第 1 のデフォーカス量に対応する第 1 のコントラスト値と、前記処理周波数の前記第 1 のデフォーカス量とは異なる第 2 のデフォーカス量に対応する第 2 のコントラスト値と、の差は、所定の閾値よりも大きいことを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、記録媒体上に画像を記録するための画像処理装置、画像処理方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

撮像装置で撮影した画像のデフォーカス量を用いた画像処理技術が知られている。デフォーカス量とは、撮像面とデフォーカスした撮像面位置との差、すなわち、予定結像面と実際の結像面との差であり、画像のボケ量に比例する物理量である。

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、入力画像のデフォーカス量に応じて鮮鋭性を制御するパラメータを変

10

20

30

40

50

化させることにより、印刷装置で出力した画像の立体感補正処理を実施する技術が開示されている。このような技術を用いるためには、単一の画像からデフォーカス量を正しく取得することが求められる。フォーカス領域（合焦領域）では画像中のエッジの鮮鋭度が高くなり、デフォーカス領域（非合焦領域）では画像中のエッジの鮮鋭度が低くなることが知られている。画像中のエッジの鮮鋭度はデフォーカス量だけでなく被写体によっても変化するため、必ずしも画像中のエッジの鮮鋭度からデフォーカス量を一意に決定できるものではないが、デフォーカス量を算出する際の有効な特徴量として用いられることが多い。例えば、非特許文献1には、画像から検出したエッジに対してブラー処理を行った際の変化量から、エッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出し、得られた特徴量に基づいてデフォーカス量を算出する技術が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2019-146149号公報

【非特許文献】

【0005】

【文献】Chen, D. J., et al. "FAST DEFOCUS MAP ESTIMATION." 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, 2016.

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一方、非特許文献1に開示の技術では、エッジ検出を行う周波数成分が考慮されていない。ここで、画像中のエッジの鮮鋭度と空間周波数の関係を説明する。図4は、撮像装置で撮影された画像データの鮮鋭性に影響する空間周波数特性を表すMTF (Modulation Transfer Function) と呼ばれるグラフである。横軸は空間周波数であり、縦軸は被写体のもつコントラストをどの程度忠実に再現できるかを表すコントラスト値を示している。図4に示すように、撮像装置で撮影された画像において、コントラスト値は空間周波数に依存する。即ち、デフォーカス量の算出処理において、デフォーカス量を算出する区間におけるコントラスト値の差が小さい周波数成分を用いた場合、検出されるエッジの鮮鋭度の差が小さくなるため、デフォーカス量の算出精度が低下してしまう。

30

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、算出するデフォーカス量の区間においてコントラスト値の差が大きい周波数成分を選択することにより、デフォーカス量の算出精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、撮像装置を用いて撮像することにより得られた画像データと、空間周波数とコントラスト値との対応を示し前記撮像装置に起因する空間周波数特性と、デフォーカス量を算出するための区間を示す区間情報と、を取得する取得手段と、前記空間周波数特性及び前記区間情報に基づいて処理周波数を決定する決定手段と、前記画像データに基づき、決定された処理周波数に相当する周波数成分のエッジ鮮鋭度を表す特徴量を算出する特徴量算出手段と、前記区間情報及び前記特徴量に基づき、前記画像データに関するデフォーカス量を算出するデフォーカス量算出手段と、を備え、前記決定手段は、前記区間に含まれる第1のデフォーカス量に対応する第1のコントラスト値と、前記区間に含まれ且つ前記第1のデフォーカス量とは異なる第2のデフォーカス量に対応する第2のコントラスト値と、の差が所定の閾値よりも大きいことを満たす周波数を、前記処理周波数として決定することを特徴とする。

40

【発明の効果】

50

【 0 0 0 9 】

本発明は、デフォーカス量を算出する区間においてコントラスト値の差が十分に大きい周波数成分を用いてデフォーカス量の算出処理を行うことで、デフォーカス量の算出精度を向上させる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】 レンズとデフォーカス量の関係を示す図

【図 2】 デフォーカスマップと各領域を例示した図

【図 3】 画像処理システムの構成を示すブロック図

【図 4】 特定のデフォーカス量における画像の合焦領域と非合焦領域の撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を例示した図

10

【図 5】 画像処理のフローチャート

【図 6】 デフォーカス量算出処理に用いられる処理周波数の説明図

【図 7】 鮮鋭度を表す特徴量からデフォーカス量へ変換する LUT を例示した図

【図 8】 デフォーカス量と鮮鋭化強度の制御パラメータの関係を示す図

【図 9】 特定のデフォーカス量における画像の合焦領域と非合焦領域の出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を例示した図

【図 10】 画像処理のフローチャート

【図 11】 出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性に基づいてデフォーカス量算出区間を設定する方法を説明する図

20

【図 12】 制御部の構成を示すブロック図

【図 13】 画像処理のフローチャート

【図 14】 分割されたデフォーカス量の算出区間夫々で処理周波数を選択するための模式図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

(第 1 の実施形態)

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態を説明する。

【 0 0 1 2 】

本実施形態では、出力装置の一例としてインクジェットプリンタを使用した場合を例に挙げて説明する。本実施形態に係る画像処理装置は、撮像装置で撮影された画像中のエッジを検出し、その鮮鋭度に基づいて、後述するデフォーカス量の算出と、デフォーカス量を入力画像データ上の複数個所でマップ化したデフォーカスマップを生成する。次にデフォーカスマップを参照しながら画像の対応画素に対して、鮮鋭化強度制御パラメータに基づいた鮮鋭化処理を実行し、得られた処理画像を出力装置（インクジェットプリンタ）に出力する。この際、デフォーカスマップを算出する区間において、後述する撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性上のコントラスト値の差が十分に大きい周波数を処理周波数として用いることで、デフォーカス量の算出精度の低下を抑制することができる。

30

【 0 0 1 3 】

(デフォーカス量とデフォーカスマップ)

40

図 1 及び図 2 を用いて、デフォーカス量とデフォーカスマップについて説明する。図 1 において、合焦面 101 は、撮像装置において像面（撮像面）103 と平行で、且つ、ピントの合う平面のことである。デフォーカス量 105 は、撮像面 103 と、デフォーカスした撮像面位置 104 と、の差、すなわち、予定結像面と実際の結像面との差であり、画像のボケ量に比例する。

【 0 0 1 4 】

図 2 (a) は、2 つの立方体 (201、202) を撮影した入力画像データに対するデフォーカスマップである。上述のデフォーカス量を入力画像データ上の複数個所でマップ化したものであり、入力画像データの各画素に対応するデフォーカス量の情報を保持している。図 2 (b) は、デフォーカス量と各領域を示す図である。

50

【 0 0 1 5 】

図 2 (a) において、最も黒い色である領域 2 0 3 が、撮影時にピントが合っている面 (合焦面) であり、そのデフォーカス量は 0 である。図 2 (b) において、ピントが合っている領域を、合焦領域 2 0 3 とする。そして、合焦面から離れるにつれて画像の色が白くなり、デフォーカス量が変化する。合焦領域 2 0 3 以外の領域を、デフォーカスマップ上で合焦面に対応しない領域として、非合焦領域 2 0 4 とする。さらに、ピントが合っていると許容する領域を、許容合焦領域 2 0 5 とする。許容合焦領域 2 0 5 は、被写界深度としてその範囲を定義してもよく、被験者実験によって任意に定義してもよい。また、本実施形態では、許容合焦領域 2 0 5 以外の領域を、非許容合焦領域 2 0 6 とする。

【 0 0 1 6 】

(システムの構成)

図 3 は、本実施形態の画像処理装置を適用した画像処理システムの構成を示す図である。本図に示すように、本実施形態の画像処理装置 3 0 は、撮像装置 3 1 及び出力装置 3 2 と接続されている。

【 0 0 1 7 】

撮像装置 3 1 は、デジタルカメラ等の画像入力装置であり、対象物体を含む 2 次元画像の画像データを取得し、画像処理装置 3 0 に出力する。例えば、被写体を撮影する撮像センサや、撮影した画像データを記憶するメモリ等によって構成される。

【 0 0 1 8 】

画像処理装置 3 0 は、撮像装置 3 1 からデータを取得し、出力装置 3 2 への制御指示、必要な情報およびデータの転送等を実施する。記憶部 3 0 5 には、OSをはじめ、本実施形態のシステムプログラムや各種アプリケーションソフト及び各種処理に必要なパラメータデータを記憶管理している。この記憶部 3 0 5 は、ハードディスクやフラッシュROMに代表される手段で構成可能である。制御部 3 0 2 は、CPU (C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t) 等により構成され、記憶部 3 0 5 に格納された前記ソフトウェアを作業メモリ 3 0 4 に展開して実行することで画像処理装置 3 0 における処理を統括制御する。制御部 3 0 2 の機能的な構成は、図 3 (b) を用いて後述する。ユーザーインターフェースとなる操作部 3 0 3 (以下、「UI」とも呼ぶ) は、上記処理の実行に関して、使用者による入力や使用者に対する表示に関する処理を行い、キーボードやマウス等の入力機器やディスプレイ等の表示機器を含むものである。データ入出力部 3 0 1 は、撮像装置 3 1 や出力装置 3 2 とのデータの受け渡しを行う。このデータ入出力部 3 0 1 は、撮像装置 3 1 や出力装置 3 2 との接続を行わず、SDカード等の外部記録媒体とのデータの入出力を行ってもよい。

【 0 0 1 9 】

出力装置 3 2 は、例えばインクジェットプリンタであり、データ転送部やプリンタ制御部、プリント部等から構成される。出力装置 3 2 は、画像処理装置 3 0 から取得した画像をインクジェット記録方式により紙などの媒体に画像をプリントする。本実施形態では、出力装置 3 2 がインクジェットプリンタである場合について述べるが、ディスプレイやプロジェクタ等の各種出力装置を用いることができる。

【 0 0 2 0 】

図 3 (b) は、本実施形態における制御部 3 0 2 を示す構成図である。制御部 3 0 2 は、以下の構成要素により構成される。画像取得部 3 0 6 は、撮像装置 3 1 によって撮影され、画像処理装置 3 0 のデータ入出力部 3 0 1 に入力される入力画像を取得する。特性情報取得部 3 0 7 は、撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を、画像処理装置 3 0 の記憶部 3 0 5 から取得する。さらに、特性情報取得部 3 0 7 は、デフォーカス量を算出する区間を示す区間情報を取得する。区間情報は、ユーザーが入力した情報を取得してもよく、予め記憶部 3 0 5 に記憶された情報を取得してもよい。

【 0 0 2 1 】

処理周波数選択部 3 0 8 は、処理周波数を選択する。ここでは、デフォーカス量を算出する区間において、撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性上でコントラスト

10

20

30

40

50

ト値の差が十分に大きい周波数を選択する。特徴量算出部 309 は、処理周波数選択部 308 から取得した処理周波数に相当する周波数成分のエッジを入力画像から検出し、検出されたエッジの鮮鋭度を表す特徴量を算出する。

【0022】

デフォーカス量算出部 310 は、エッジの鮮鋭度を表す特徴量に基づき、入力画像上の複数個所でデフォーカス量を算出することでデフォーカスマップを生成する。画像処理部 311 は、デフォーカスマップのデフォーカス量を参照しながら、入力画像の対応画素に対してデフォーカス量に応じたパラメータを用いて鮮鋭化処理を実行する。

【0023】

尚、制御部 302 の構成要素の一部又は全ての機能は、専用の回路を用いることで実現されてもよい。また、制御部 302 の構成要素の一部の機能は、クラウドコンピュータを用いることで実現されてもよい。

【0024】

(撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性)

図 4 は、撮像装置 31 で撮影された画像データの鮮鋭性に影響する空間周波数特性を表すグラフである。鮮鋭性に影響する空間周波数特性とは、横軸に空間周波数、縦軸にコントラスト値を有する特性を指す。コントラスト値は、被写体のもつコントラストをどの程度忠実に再現できるかを表す値である。このような特性として、例えば MTF (Modulation Transfer Function) や CTF (Contrast Transfer Function) が挙げられる。コントラストをどの程度忠実に再現できるかを表す指標であれば、上記例に限られない。

【0025】

図 4 (a) は、デフォーカス量が 0 である合焦領域の特性であり、図 4 (b) は、非合焦領域の特定のデフォーカス量での特性を例示している。これらの特性は、撮像光学系における画質の低下、撮像装置に起因する設定、撮像装置内の画像処理等によって変化する。そのため、同一のデフォーカス量であっても、上記の条件によって空間周波数特性が異なる。また、これらの空間周波数特性は、撮像装置に起因する MTF 等で知られるように既知の方法で算出されるため、詳細な説明は省略する。

【0026】

撮像光学系における画質の低下とは、撮像光学系を介して撮像素子で受光することで得られる画像データにおいて、レンズと各種の光学フィルタを含む OTF (Optical Transfer Function: 光学伝達関数) によるものである。この撮像光学系は、レンズだけでなく曲率を有するミラー (反射面) を用いて構成されることもある。上述の OTF は、撮像条件である撮像光学系の絞り値や焦点距離等に応じて変化するのに加え、画像の位置や被写体に対する撮像光学系の焦点状態によっても変化する。このように撮像光学系における画質の低下によって、上述の空間周波数特性が変化する場合がある。

【0027】

本実施形態では、撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性として、撮像光学系の中心像高の MTF を例に説明する。実際には、撮影時には撮像光学系における画質の低下を含めて画像の位置毎に MTF が異なるため、画像の位置毎の MTF を取得することが望ましい。ただし、画像の位置毎の MTF を使用する場合と、画像の一部 (例えば撮像光学系の中心像高) を使用する場合とで処理結果に影響がないのであれば、画像の一部の MTF をもとに画像全体を処理してもよい。また、処理結果に影響しないような MTF に影響する微小な要因は反映せずに、ターゲットとなる MTF を設定してもよい。

【0028】

(処理フローの説明)

図 5 は、制御部 302 が行う全体の処理手順のフローチャートである。本実施形態においては、画像処理装置 30 中に制御部 302 がある例を示すが、撮像装置 31 中、または、出力装置 32 中にあっても良い。本処理は、制御部 302 が記憶部 305 に記憶されたプログラムを読み出して実行することによって行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

(画像の取得)

まず、ステップ S 5 0 0 において、画像取得部 3 0 6 が、画像処理装置 3 0 に入力された入力画像を取得する。取得された入力画像は、特徴量算出部 3 0 9 及び画像処理部 3 1 へ出力される。

【 0 0 3 0 】

(空間周波数特性の取得)

ステップ S 5 0 1 において、特性情報取得部 3 0 7 は、記憶部 3 0 5 から撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性として、撮像光学系の M T F を取得する。さらに、デフォーカス量を算出する区間を示す区間情報を取得する。そして、取得した M T F 及び区間情報を処理周波数選択部 3 0 8 へと出力する。尚、記憶部 3 0 5 から M T F を取得する例を示したが、撮像装置 3 1 が自身の M T F を記憶している場合には、データ入出力部 3 0 1 を介して撮像装置 3 1 から M T F を取得してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

(処理周波数を選択)

ステップ S 5 0 2 において、処理周波数選択部 3 0 8 は、処理周波数を選択する。ここで選択される処理周波数は、デフォーカス量を算出する区間の各デフォーカス量に対し、ステップ S 5 0 1 で取得した M T F 上でのコントラスト値の差が十分に大きい周波数である。そして、選択された処理周波数は、特徴量算出部 3 0 9 へと出力される。

【 0 0 3 2 】

図 6 は、処理周波数選択部 3 0 8 が選択する処理周波数について説明するための図である。図 6 (a) 及び (b) は、異なる周波数における、デフォーカス量毎のコントラスト値を示している。本実施形態では、デフォーカス量を算出する区間として、 $[d_0, d_x]$ ($d_0, d_1, \dots, d_{x-1}, d_x$) が設定されたものとする。

20

【 0 0 3 3 】

図 6 (a) は、デフォーカス量 $d_0, d_1, \dots, d_{x-1}, d_x$ のそれぞれに対する、周波数 f_a におけるコントラスト値 $c_0, c_1, \dots, c_{x-1}, c_x$ を示している。同様に、図 6 (b) は、デフォーカス量 $d_0, d_1, \dots, d_{x-1}, d_x$ のそれぞれに対する、周波数 f_b におけるコントラスト値 $c'_0, c'_1, \dots, c'_{x-1}, c'_x$ を示している。

【 0 0 3 4 】

周波数 f_a において、算出するデフォーカス量の区間でのコントラスト値は、 $c_0 > c_1 > \dots > c_{x-1} > c_x$ の関係となっている。すなわち、デフォーカス量 $d_0, d_1, \dots, d_{x-1}, d_x$ において、連続する 2 つのデフォーカス量に対応する M T F 上のコントラスト値の差が十分に大きい。

30

【 0 0 3 5 】

一方、周波数 f_b において、デフォーカス量 d_{x-1} に対応するコントラスト値 c_{x-1}' と、デフォーカス量 d_x に対応するコントラスト値 c_x' は、 $c_{x-1}' = c_x'$ である。すなわち、異なる 2 つのデフォーカス量に対応する M T F 上のコントラスト値の差が生じていない。

【 0 0 3 6 】

ここで、処理周波数選択部 3 0 8 がデフォーカス量を算出するための処理周波数として周波数 f_b を選択した場合について説明する。図 6 (b) からわかるように、撮影時のデフォーカス量が異なる領域であっても、周波数 f_b におけるコントラスト値の差がなくなってしまう。このため、周波数 f_b に相当する周波数成分で検出されたエッジの鮮鋭度においても差が生じず、デフォーカス量が一意に算出できない。一方、図 6 (a) に示すように、周波数 f_a では、異なる 2 つのデフォーカス量に対応した 2 つのコントラスト値の差を検出することができ、鮮鋭度の差を検出することができる。従って、本実施形態の処理周波数選択部 3 0 8 は、周波数 f_a のように、撮像装置の M T F 上でコントラスト値に差が生じる周波数を処理周波数として選択する。

40

【 0 0 3 7 】

50

尚、処理周波数を選択する方法としては、例えば、連続する2つのデフォーカス量のM T F上のコントラスト値の差が、予め定められた閾値よりも大きくなるような周波数を検出すればよい。このとき、デフォーカス量を算出する区間において予め定められた複数のデフォーカス量に対し、連続する2つのデフォーカス量に対応する2つのコントラスト値の差が、所定の閾値T hよりも大きいことを満たす周波数を決定することが好ましい。すなわち、 $n = 0 \sim x$ とした場合に、 $(c_n - 1) - (c_n) > T h$ となることが好ましい。

【0038】

そして、複数の周波数が検出された場合には、検出された周波数の中央値を処理周波数として選択してもよく、算出するデフォーカス量の最大値と最小値のコントラスト値の差 $c_0 - c_x$ が最大となる周波数を選択してもよい。また、各デフォーカス量のM T F上のコントラスト値の差を算出し、それらの分散値が最小となる周波数を処理周波数として選択してもよい。尚、各デフォーカス量のM T F上のコントラスト値の差が生じる周波数を処理周波数として選択できるのであれば、処理周波数の選択方法は上記の方法に限られない。

【0039】

(特徴量を算出)

図5に戻る。ステップS 5 0 3において、特徴量算出部3 0 9は、ステップS 5 0 2にて選択された処理周波数に相当する周波数成分のエッジを検出し、鮮鋭度を表す特徴量を算出する。そして、得られた鮮鋭度を表す特徴量をデフォーカス量算出部3 1 0へと出力する。

【0040】

画像における周波数fは、ラインペアと呼ばれる白黒の画素のペアが1 mmあたりに何本解像できるかによって決まり、式(1)で表すことができる。

【0041】

【数1】

$$f = \frac{S_{raw} / 2P}{S_{sensor}} \quad \dots \text{式 (1)}$$

【0042】

ここで、 S_{raw} はraw画像のサイズ、 S_{sensor} は撮像装置のセンササイズ、Pはラインペアにおける画素ピッチを表している。例えば、2画素のラインペア、即ち白黒夫々が1画素ずつのラインペアの場合に画素ピッチ $P = 1$ となり、4画素のラインペア、即ち白黒夫々が2画素ずつのラインペアの場合に画素ピッチ $P = 2$ となる。式(1)を変形すると画素ピッチPは式(2)と表される。

【0043】

【数2】

$$P = \frac{S_{raw}}{2 \times f \times S_{sensor}} \quad \dots \text{式 (2)}$$

【0044】

即ち、画像中の処理周波数に相当する周波数成分のエッジを検出するためには、式(2)において $f =$ 処理周波数となる画素ピッチに相当するエッジから鮮鋭度を表す特徴量を算出すればよい。例えば、縮小率 $=$ (処理周波数) $/$ (画像が表現可能な最大周波数)となるように、即ち、式(1)において $P = 1$ の場合の f となるような画像サイズになるよう、入力画像を縮小する。これによって、処理周波数に相当する周波数成分が1画素ピッチへと変換されるため、SobelフィルタやPrewittフィルタ等の一般的なエッジ検出フィルタを用いることで、処理周波数に相当する周波数成分のエッジを検出することができる。

【0045】

本実施形態では、非特許文献1「Pech-Pacheco, Jose Luis, et al. "Diatom autofocusing in brightfield microscopy: a comparative study." Proceedings 15th International Conference on Pattern Recognition. ICPR-2000. Vol. 3. IEEE, 2000.」において開示されている、二次微分値の分散値を使用する方法に基づいて、鮮鋭度を表す特徴量を算出する。ある領域中の二次微分値の分散値は、当該領域の鮮鋭度が高い場合には値が大きくなり、鮮鋭度が低い場合には値が小さくなるため、鮮鋭度を表す特徴量として利用することができる。とされている。

10

【0046】

まず、縮小画像に対して領域分割処理を実施し、少なくとも1つ以上の小領域に分割する。領域分割処理の手法にはSLIC (Simple Linear Iterative Clustering) 等の公知の技術を用いてもよく、単純に矩形形状に分割してもよく、領域分割の手法は限定されない。次に、縮小画像の各画素に対してラプラシアンフィルタを適用し、二次微分値を算出する。そして、小領域中における二次微分値の分散値を該小領域の値とし、鮮鋭度を表す特徴量とする。尚、本実施形態では鮮鋭度を表す特徴量として二次微分値の分散値を使用する例を示したが、一次微分値の平均値や中央値等を用いてもよく、使用する特徴量は限定されない。

20

【0047】

また、画像をフーリエ変換して得られた周波数空間上で、処理周波数の信号のみを抽出するバンドパスフィルタを適用した後、逆フーリエ変換することによって処理周波数成分のエッジを検出してもよい。この場合、鮮鋭度を表す特徴量として検出されたエッジの強度値を用いることができる。

【0048】

(デフォーカス量を算出)

次にステップS504において、デフォーカス量算出部310は、ステップS503において算出された鮮鋭度を表す特徴量に基づいて入力画像上の複数個所でデフォーカス量を算出し、デフォーカスマップを生成する。そして、得られたデフォーカスマップを画像処理部311へと出力する。

30

【0049】

鮮鋭度を表す特徴量 $[s_0, s_x]$ からデフォーカス量 $[0, d_x]$ を算出する方法としては、LUT (Look Up Table) を作成し、適用する方法がある。例えば、図7に示すように、算出した鮮鋭度を表す特徴量の最大値 s_x がデフォーカス量 $= 0$ (合焦) となるように変換し、最小値 s_0 がデフォーカス量 $= d_x$ (非合焦) となるように変換するようなLUTを作成する。このようなLUTを適用することにより、鮮鋭度を表す特徴量からデフォーカス量を算出することができる。ここでは、入力画像から得られた鮮鋭度を表す特徴量の最大値、最小値をLUTの作成に用いたが、デフォーカス量 0 (合焦) とデフォーカス量 d_x (非合焦) に夫々対応する鮮鋭度を表す特徴量をあらかじめ設定したLUTを用いてもよい。LUTを適用した際、算出区間外のデフォーカス量に変換された値 (例えば負値) は、デフォーカス量算出区間の値に丸め込むことができる。また、デフォーカス量 0 、 d_x の2点のLUTに限らず、より大きなLUTを作成して適用してもよい。

40

【0050】

また、本実施形態ではLUTを使用したデフォーカス量の算出手段を説明したが、LUTを使用せずに鮮鋭度を表す特徴量とデフォーカス量の関係式を作成して用いてもよい。

【0051】

尚、エッジの鮮鋭度を表す特徴量からデフォーカス量を算出する方法は、ステップS503およびステップS504に記載した方法に限られない。例えば、前述の非特許文献1に記載されているデフォーカス量の算出方法を処理周波数成分のエッジに対して適用して

50

デフォーカス量を算出してもよい。また、エッジの鮮鋭度に基づいてデフォーカス量を算出する手法であれば、上記以外の方法でも構わない。

【 0 0 5 2 】

(鮮鋭化処理)

次に、ステップ S 5 0 5 において、画像処理部 3 1 1 は、記憶部 3 0 5 から画像処理制御パラメータを取得する。この画像処理制御パラメータは、デフォーカス量に応じて異なるパラメータが設定されている。取得した画像処理制御パラメータを用いて、デフォーカス量算出部 3 1 0 によって算出されたデフォーカスマップを参照しながら、入力画像の対応画素に画像処理を実行する。そして、本画像処理によって得られた画像が出力装置 3 2 に出力される。

10

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、上記の画像処理として鮮鋭化処理を実行する例を詳説する。鮮鋭化処理では、例えば、Laplacian Of Gaussian フィルタ (以下の式 (3)) や、アンシャープマスクを用いる。式 (4) に、Laplacian Of Gaussian フィルタを用いた際の入力画像データの輝度情報の変換式を示す。Out (x , y) は画素 (x , y) における鮮鋭化処理後の画像データ、 σ はガウス関数の標準偏差の制御パラメータ、 h は鮮鋭化強度の制御パラメータである。

【 0 0 5 4 】

【 数 3 】

20

$$h(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad \dots \text{式 (3)}$$

【 0 0 5 5 】

$$\text{Out}(x, y) = \text{I}(x, y) + (\text{I}(x, y) - h(x, y)) \times \dots \text{式 (4)}$$

このガウス関数の標準偏差の制御パラメータと鮮鋭化強度の制御パラメータを画像処理パラメータとして、デフォーカス量毎に異なる値を設定しておくことで、入力画像のデフォーカス量に応じて鮮鋭性を制御する画像処理が可能となる。

【 0 0 5 6 】

30

図 8 は、鮮鋭化強度の制御パラメータの設定例である。図 8 において、デフォーカス量 $d = 0$ での $h = 1$ は、入力画像の合焦領域に対する制御量を示す。また、デフォーカス量 $d 1$ は、図 2 (b) に示す許容合焦領域と非許容合焦領域の境界の値である。さらに、デフォーカス量 $d 2$ は、デフォーカスマップに含まれる最大のデフォーカス量である。本図に示すように、合焦領域、すなわちデフォーカス量 = 0 において最大、且つ、デフォーカス量が増加するにつれて単調減少するような h を制御パラメータとして設定する。これにより、鮮鋭化処理によって合焦領域と非合焦領域の鮮鋭度の差を大きくすることができ、立体感が向上した画像を生成することができる。

【 0 0 5 7 】

尚、鮮鋭化処理に用いるフィルタは、Laplacian Of Gaussian フィルタだけでなく、特定フィルタの強度を鮮鋭性制御量で調整する方法もある。特定フィルタとは、例えば、出力装置の鮮鋭性の低下情報の逆特性を求めて作成されたフィルタである。

40

【 0 0 5 8 】

上記では、画像処理制御パラメータとして、鮮鋭化強度の制御パラメータを持ち、入力画像に対して鮮鋭化処理を行う例を示した。画像処理制御パラメータとして、コントラストを制御するパラメータを持ち、入力画像に対してコントラスト処理を実行する方法であってもよい。また、鮮鋭化処理とコントラスト処理のどちらかの処理を選択する、あるいは 2 つの処理を組み合わせる形態であってもよい。

【 0 0 5 9 】

50

また、入力画像の合焦領域の検出に利用することもできる。例えば、図 2 (b) に示した許容合焦領域 2 0 5 に対応するデフォーカス量を閾値として、デフォーカスマップにおいて閾値より大きいデフォーカス量を有する場合は、入力画像の対応画素の出力を 0 にするような画像処理制御パラメータを設定する。これにより、デフォーカス量が閾値よりも小さい画像領域を検出する合焦領域検出処理を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

本実施形態では、入力画像に対して鮮鋭化処理を実施する例を示したが、デフォーカス量に応じた異なるパラメータを用いた画像処理が実行されるのであれば上記処理に限られない。

【 0 0 6 1 】

以上のように本実施形態では、デフォーカス量を算出する区間において撮像装置の M T F 上でコントラスト値の差が十分に大きい周波数を、処理周波数として選択する。そして、画像中で、選択された処理周波数成分のエッジ鮮鋭度に基づき、デフォーカス量を算出する。このような構成により、画像データからデフォーカス量を算出する際の算出精度を向上させることができる。

【 0 0 6 2 】

尚、上記の実施形態では、特性情報取得部 3 0 7 が撮像装置の M T F を取得し、処理周波数選択部 3 0 8 がデフォーカス量を算出する区間において M T F 上でコントラスト値の差が十分に大きい周波数を処理周波数として選択した。一方、撮像装置の M T F を予め取得できる場合には、以下のような方法であってもよい。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 5 0 1 の空間周波数特性及び区間情報の取得処理とステップ S 5 0 2 の処理周波数の選択処理を行わず、予め処理周波数とを算出しておく。そして、画像データに対して、ステップ S 5 0 3 のエッジ鮮鋭度を表す特徴量の算出処理を行う。ここで、特徴量算出部 3 0 9 は、記憶部 3 0 5 に予め保持されている処理周波数情報及び区間情報を取得し、特徴量を算出する。これにより、処理時間を短縮することができる。

【 0 0 6 4 】

また、上記実施形態では、画像処理部 3 1 1 は、算出したデフォーカスマップを参照し、画像の対応画素に対してデフォーカス量に応じて異なる画像処理パラメータに基づいた処理を実行したが、必ずしも画像処理を実行しなくてもよい。画像のデフォーカス量を取得したい場合、デフォーカスマップさえ得られればよく、ステップ S 5 0 5 の鮮鋭化処理の実施処理を行わなくてもよい。これにより、処理時間を短縮することができる。

【 0 0 6 5 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態に係る画像処理装置は、撮像装置で撮影された画像を出力装置で出力することによって生じる鮮鋭性の低下を補正するための画像処理を実行する。ここでは、インクジェットプリンタでプリントする際に生じるプリント物の鮮鋭性 (以下「プリント物の鮮鋭性」と呼ぶ) の低下を補正する画像処理を実行する例について説明する。

【 0 0 6 6 】

まず、プリント物の鮮鋭性に影響する空間周波数特性を取得する。次に、取得した空間周波数特性に基づいて、プリント物の鮮鋭性の低下が大きいデフォーカス量を特定し、この区間を、デフォーカス量を算出する区間とする。以下、図 9 ~ 図 1 1 を用いて、本実施形態の処理について説明する。

【 0 0 6 7 】

尚、画像処理装置の構成は第 1 の実施形態と同様であるが、制御部 3 0 2 中の特性情報取得部 3 0 7 及び処理周波数選択部 3 0 8 は、第 1 の実施形態とは機能が異なるため、以下でその機能を説明する。その他の構成は、第 1 の実施形態と機能が同じであるため、説明を省略する。以下、図 3 (b) との相違部分のみを説明する。

【 0 0 6 8 】

特性情報取得部 3 0 7 は、図 3 (a) に示す画像処理装置 3 0 中の記憶部 3 0 5 から、

10

20

30

40

50

撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性と出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を取得する。処理周波数選択部 308 は、まず、出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性に基づき、出力装置による鮮鋭性の低下が大きいデフォーカス量の区間を特定する。そして、特定された該区間を、デフォーカス量を算出する区間として設定する。次に、取得したデフォーカス量を算出する区間において、撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性上でコントラスト値に差が生じる周波数を処理周波数として選択する。

【0069】

出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性とは、上述した撮像装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性と同様に、コントラストをどの程度忠実に再現できるかを表す指標である。プリンタなどの出力装置を通して画像を出力した場合、記録媒体やインクの滲み等の出力特性に起因する画像の鮮鋭性の低下や、入力画像データを記録媒体サイズ（プリントサイズ）に変倍する解像度変換処理に起因する画像の鮮鋭性の低下が生じる。ディスプレイやプロジェクタでも同様に、出力された画像において鮮鋭性の低下が生じる。

【0070】

図9は、入力画像のデフォーカス量に応じて出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数を示す図である。図9(a)は、合焦領域（デフォーカス量 = 0）における出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性、図9(b)は、非合焦領域の特定のデフォーカス量での出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を例示している。

【0071】

出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性に基づいた入力画像の鮮鋭性の変化は、入力データとして鮮鋭性の高い領域、即ち、デフォーカス量が小さな許容合焦領域では大きく変化する。一方、入力データとして鮮鋭性の低い領域、即ち、デフォーカス量が大きい非許容合焦領域では、殆ど変化しない。従って、図9に図示するように、入力画像のデフォーカス量に応じて、出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数は異なる特性を示す。

【0072】

本実施形態では、出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性としてインクジェットプリンタのMTFを例に説明する。

【0073】

図10は、本実施形態において制御部302が行う全体の処理手順のフローチャートである。尚、ステップS1000、ステップS1001、ステップS1004～ステップS1006は、夫々、第1実施形態のステップS500、ステップS501、ステップS502～ステップS504と同様の処理を行うため、説明を省略する。以下、図5のフローチャートとの相違部分のみ説明する。

【0074】

ステップS1002において、特性情報取得部307は、記憶部305から出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性として、インクジェットプリンタのMTFを取得する。そして、取得したMTFを処理周波数選択部308へと出力する。本実施形態では、記憶部305からMTFを取得する例を示したが、出力装置32が自身のMTFを記憶している場合、データ入出力部301を介して出力装置32からMTFを取得してもよい。

【0075】

ステップS1003において、処理周波数選択部308は、ステップS1002で取得した出力装置のMTFに基づいて、出力装置による鮮鋭性の低下が大きいデフォーカス量区間を特定する。そして、特定されたデフォーカス量区間を、本実施形態におけるデフォーカス量を算出する区間として設定する。次に、取得したデフォーカス量を算出する区間においてステップS1001で取得した撮像装置のMTF上でコントラスト値の差が大きい周波数を、処理周波数として選択する。そして、選択した処理周波数を特徴量算出部3

10

20

30

40

50

09へと出力する。

【0076】

図11は、出力装置のMTFを示す図である。本図を用いて、ステップS1002において取得された出力装置のMTFに基づき、出力装置による鮮鋭性の低下が大きいデフォーカス量区間を特定する方法の一例について説明する。

【0077】

まず、基準となる周波数 f_p を設定する。例えば、300dpiや600dpiが考えられるが、周波数 f_p はこれに限られない。周波数 f_p におけるデフォーカス量 d_0 （合焦）、 d_1 、 d_2 、 d_3 （非合焦）に夫々対応するコントラスト値を、 c_0 、 c_1 、 c_2 、 c_3 で示している。次に、これらのコントラスト値を、あらかじめ設定しておいた鮮鋭性の低下を許容できるコントラスト値である閾値 c_t と比較する。閾値 c_t よりもコントラスト値が小さいデフォーカス量においては、出力装置による鮮鋭性の低下が大きいデフォーカス量であると判断し、本実施形態におけるデフォーカス量を算出する区間として設定する。図11では、 $c_0 \sim c_2$ が閾値 c_t より小さな値を示しているため、デフォーカス量算出区間を $[d_0, d_2]$ として設定することができる。

10

【0078】

上記のデフォーカス量算出区間の設定方法は一例であり、他の方法でデフォーカス量の算出区間を設定してもよい。例えば、図11における各デフォーカス量に対応したボケ量に相当する画像を作成し、実際の出力装置による出力物を入力画像と比較することによって、鮮鋭性の低下が大きく感じられる区間をデフォーカス量の算出区間として設定してもよい。また、出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性に基づいて決定されたデフォーカス量を算出区間とするのであれば、上記のデフォーカス量算出区間の設定方法は限定されない。

20

【0079】

取得されたデフォーカス量を算出する区間において、MTF上でコントラスト値に差が生じる周波数を選択する方法は、前述の第1の実施形態と同じであるため、説明を省略する。

【0080】

ステップS1007において、画像処理部311は、記憶部305から、画像処理パラメータとして鮮鋭化強度制御パラメータを取得する。そして、取得した鮮鋭化強度制御パラメータを用い、デフォーカス量算出部310によって算出されたデフォーカスマップを参照しながら、入力画像の対応画素に鮮鋭化処理を実行する。そして、処理によって得られた鮮鋭化画像は出力装置32に出力される。

30

【0081】

画像処理パラメータの設定方法以外の処理は第1の実施形態のステップS505と同じであるため、説明を省略し、ステップS505との相違部分のみ説明する。

【0082】

本実施形態では、上述した鮮鋭化強度の制御パラメータとして、出力装置のMTFに基づいた入力画像の鮮鋭度を復元するパラメータを設定する。例えば、特定周波数における出力画像の合焦領域の鮮鋭性、周波数特性を入力画像の鮮鋭性、あるいは、周波数特性に鮮鋭化処理によって復元する鮮鋭化強度の制御パラメータを、撮像装置および出力装置のMTFから設定する。同様に非合焦領域に対しても、デフォーカス量毎に得られる撮像装置および出力装置のMTFから復元量を算出し、鮮鋭化強度の制御パラメータとする。これによって、出力装置による鮮鋭性の低下を補正する画像処理を実行する。

40

【0083】

以上のように、本実施形態では、出力装置であるインクジェットプリンタに起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性を取得し、該空間周波数特性に基づいてインクジェットプリンタによる鮮鋭性の低下が大きい区間をデフォーカス量の算出区間として設定する。これにより、インクジェットプリンタによる鮮鋭性の低下を補正するのに適切なデフォーカス量を算出することができる。算出したデフォーカス量と、インクジェットプリンタのM

50

T F に基づいた鮮鋭化強度の制御パラメータとを用いて、インクジェットプリンタによる鮮鋭性の低下を適切に補正することができ、プリント物の鮮鋭性を改善することができる。

【 0 0 8 4 】

尚、上記の実施形態では、特性情報取得部 3 0 7 が出力装置の M T F を取得し、処理周波数選択部 3 0 8 が出力装置の M T F に基づいてデフォーカス量を算出する区間を設定した。しかし、出力装置の M T F を事前に取得できる場合には、必ずしもこれに限られない。即ち、ステップ S 1 0 0 1 の出力装置に起因する鮮鋭性に影響する空間周波数特性の取得処理とステップ S 1 0 0 2 のデフォーカス量を算出する区間の設定処理を行わず、デフォーカス量を算出する区間をあらかじめ算出しておいてもよい。このとき、ステップ S 1 0 0 4 の処理周波数の選択処理において特徴量算出部 3 0 9 は、記憶部 3 0 5 にあらかじめ保存されているデフォーカス量を算出する区間情報を取得して処理を行う。これによって、処理時間を短縮することができる。

10

【 0 0 8 5 】

また、本実施形態では、出力装置としてインクジェットプリンタを例に挙げ、鮮鋭性の低下を補正するシステムを説明したが、出力装置はインクジェットプリンタに限らず、ディスプレイやプロジェクタであってもよい。ディスプレイやプロジェクタでも同様に、出力媒体サイズに変倍する解像度変換処理等によって画像の鮮鋭性が低下する可能性がある。本システムを適用することで、インクジェットプリンタの場合と同様に、出力装置における鮮鋭性を適切に補正することができる。

20

【 0 0 8 6 】

(第 3 の実施形態)

本実施形態に係る画像処理装置は、入力画像の合焦領域情報を取得し、取得した合焦領域におけるデフォーカス量が最小値 (= 0) となるように処理を行う。図 1 2 は、本実施形態における画像処理装置の制御部 3 0 2 の構成図である。本実施形態における画像取得部 3 0 6、特性情報取得部 3 0 7、処理周波数選択部 3 0 8、特徴量算出部 3 0 9、デフォーカス量算出部 3 1 0、画像処理部 3 1 1 の機能は、夫々、第 1 実施形態における機能と同じであるため、説明を省略する。以下、図 3 (a) との相違部分のみを説明する。

【 0 0 8 7 】

図 1 3 は、本実施形態において制御部 3 0 2 が行う全体の処理手順のフローチャートである。尚、ステップ S 1 3 0 0 ~ ステップ S 1 3 0 3、ステップ S 1 3 0 6 は、夫々、第 1 実施形態のステップ S 5 0 0 ~ ステップ S 5 0 3、ステップ S 5 0 5 と同様の処理を行うため、説明を省略する。以下、図 5 のフローチャートとの相違部分のみを説明する。

30

【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 3 0 4 において、合焦領域取得部 1 2 0 1 は、撮影時の付帯情報から入力画像中で撮影時に合焦していた部分を示す合焦領域情報を取得する。そして、取得した合焦領域情報を、デフォーカス量算出部 3 1 0 へと出力する。

【 0 0 8 9 】

本実施形態では、撮影時のメタデータを含む画像ファイルフォーマットである E X I F (E x c h a n g e a b l e I m a g e F i l e F o r m a t) から合焦領域情報を取得する例を示す。合焦領域情報とは、画像中の合焦した領域を特定できる情報、例えば、矩形領域の始点とその高さや幅等を指す。E X I F 中には撮影時の A F (A u t o F o c u s) に利用された測距点の位置情報を記録したタグが存在する。それらの中から撮影時にフォーカスが合った測距点位置情報が記録されたタグを参照することで合焦領域情報の取得が可能である。

40

【 0 0 9 0 】

尚、1つのタグを参照するだけでは合焦領域情報を取得できない場合、E X I F 中の複数のタグを参照することで合焦領域情報を取得してもよい。また、合焦領域が複数の領域に分かれて存在する場合、全ての領域情報を取得してもよいし、1領域のみを取得してもよい。

【 0 0 9 1 】

50

また、合焦領域情報の取得方法は、撮影時の付帯情報である E X I F から合焦領域情報を取得する方法に限られない。例えば、ユーザーが U I 3 0 3 を使用して入力画像における合焦領域情報を指示してもよく、画像を解析することによって合焦領域情報を推定してもよい。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 1 3 0 5 において、デフォーカス量算出部 3 1 0 は、ステップ S 1 3 0 3 で算出した鮮鋭度を表す特徴量に基づいて、入力画像上の複数個所でデフォーカス量を算出し、デフォーカスマップを生成する。この時、ステップ S 1 3 0 4 で取得した合焦領域情報を用いて、入力画像中の合焦領域における特徴量の値がデフォーカス量の最小値 (= 0) に変換されるように、デフォーカス量を算出する。そして、得られたデフォーカスマップを画像処理部 3 1 1 へと出力する。

10

【 0 0 9 3 】

ステップ S 1 3 0 3 において算出された鮮鋭度を表す特徴量からデフォーカス量へと変換する L U T 作成時に、ステップ S 1 3 0 4 で取得した合焦領域情報を用いる。まず、画像の合焦領域中における鮮鋭度を表す特徴量の代表値 (例えば、平均値や中央値) を算出する。次に、得られた代表値がデフォーカス量の最小値 (= 0) に変換されるような L U T を作成する。尚、合焦領域情報が複数存在する場合には、全ての合焦領域を用いて鮮鋭度を表す特徴量の代表値を算出してもよく、ある 1 領域における代表値を算出してもよい。

【 0 0 9 4 】

デフォーカス量の最小値 (= 0) に対応する L U T の作成方法以外の処理については第 1 の実施形態と同じであるため、ここでは説明を省略する。

20

【 0 0 9 5 】

以上のように、画像中の合焦領域を取得することで、合焦領域におけるデフォーカス量を正しく 0 と算出することが可能となる。つまり、ノイズ量が多く、合焦領域外で鮮鋭度を表す特徴量が高く算出されてしまう画像においても、デフォーカス量を精度よく算出することができる。この結果、算出されたデフォーカス量を用いて実行される画像処理の精度が向上することになる。

【 0 0 9 6 】

(その他の実施形態)

上述の実施形態では、デフォーカス量を算出する区間において区間を分割し、分割された区間夫々に対してデフォーカスマップを算出し、取得された各分割区間のデフォーカスマップを合成することで算出区間のデフォーカスマップを作成した。例えば、図 1 4 に示すように、周波数 f_1 はデフォーカス量 $d_0 \sim d_2$ において大きなコントラスト値の差を有し、デフォーカス量間の分解能が高い。しかしながら、 $d_2 \sim d_4$ においてはコントラスト値が等しく、デフォーカス量間の区別ができない。一方、周波数 f_2 は、デフォーカス量 $d_0 \sim d_2$ においてコントラスト値の差が小さく、デフォーカス量間の分解能が低い。が、デフォーカス量 $d_2 \sim d_4$ においてはコントラスト値の差が十分に大きく、デフォーカス量間の分解能が高い。ここで、 f_1 を第一の処理周波数として第一のデフォーカスマップを算出し、 f_2 を第二の処理周波数として第二のデフォーカスマップを算出する。そして、第一のデフォーカスマップにおける $d_0 \sim d_2$ と第二のデフォーカスマップにおける $d_2 \sim d_4$ の領域を合成することで、デフォーカス量を算出する区間におけるデフォーカスマップを作成することができる。尚、デフォーカス量を算出する区間を 2 つに分割する例を示したが、分割数はこれに限らない。

30

40

【 0 0 9 7 】

以上のように、デフォーカス量を算出する区間を分割して、分割区間毎に算出されたデフォーカスマップを合成することで、デフォーカス量の算出精度を向上することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

3 1 撮像装置

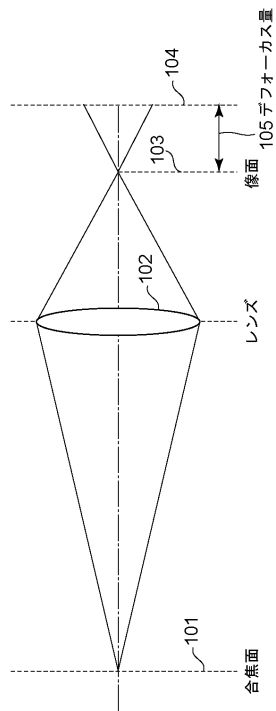
3 1 画像処理装置

50

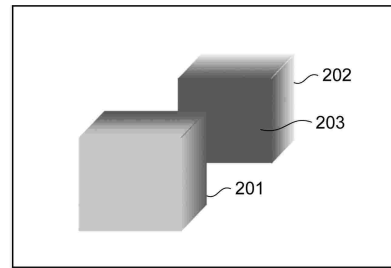
3 2 出力装置

【図面】

【 図 1 】

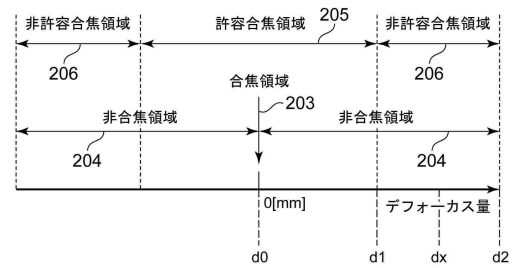


【 図 2 】



(a)

10



(b)

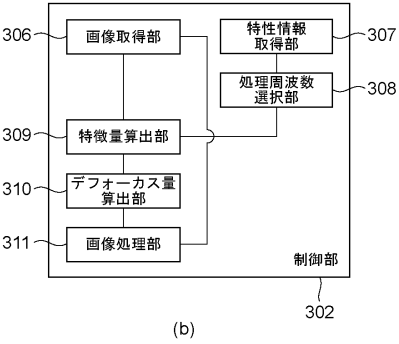
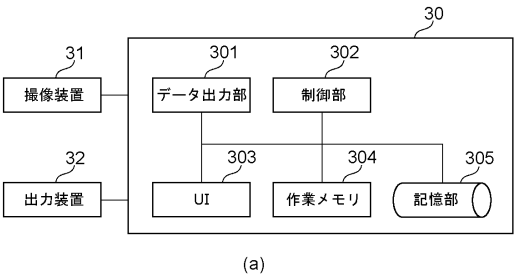
20

30

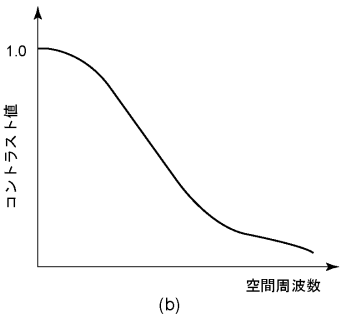
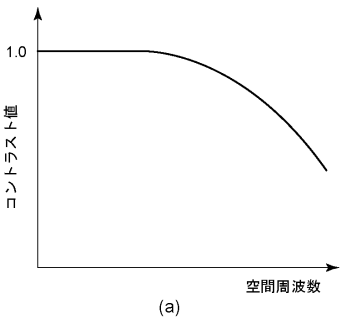
40

50

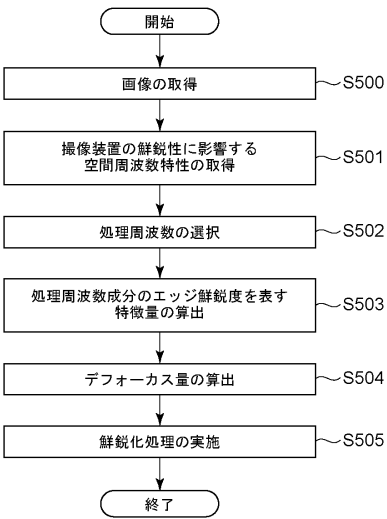
【図 3】



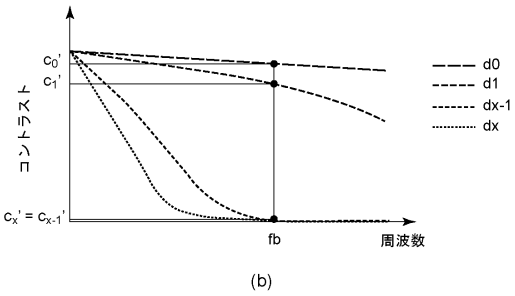
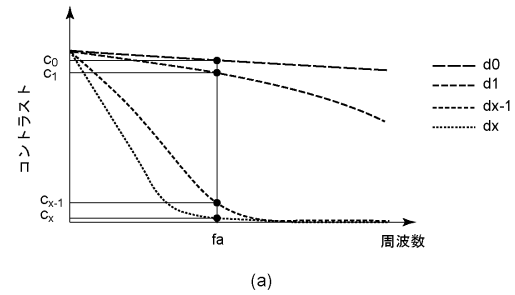
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

20

30

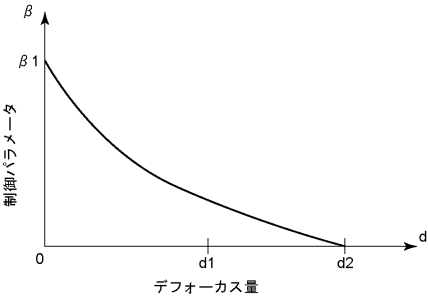
40

50

【図 7】

鮮鋭度を表す特徴量	デフォーカス量
$S_0 = 0$	d_x
S_1	d_{x-1}
⋮	
S_x	$d_0 = 0$

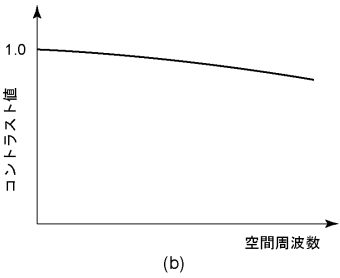
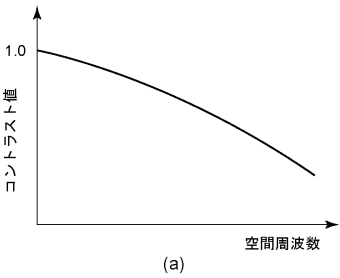
【図 8】



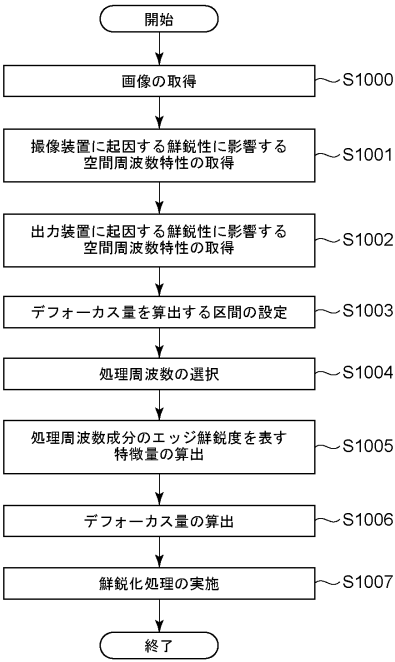
10

20

【図 9】



【図 10】

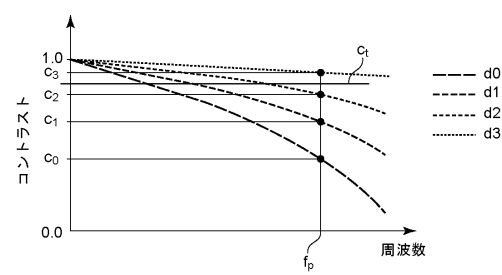


30

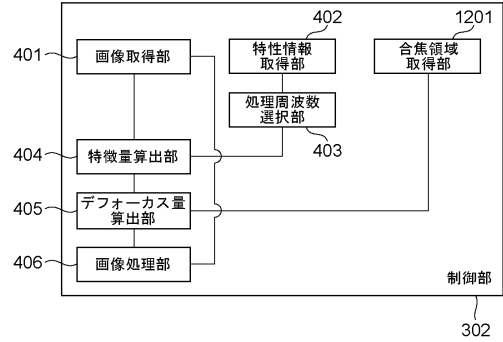
40

50

【図 1 1】



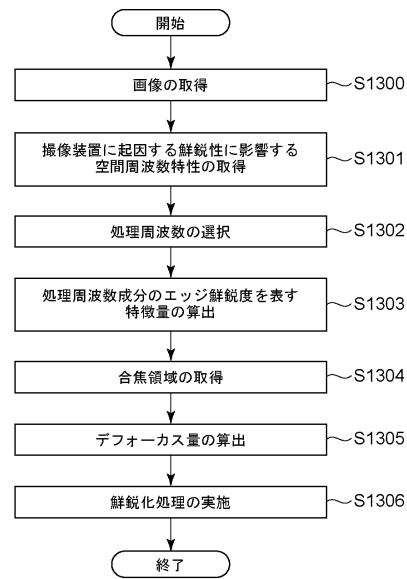
【図 1 2】



10

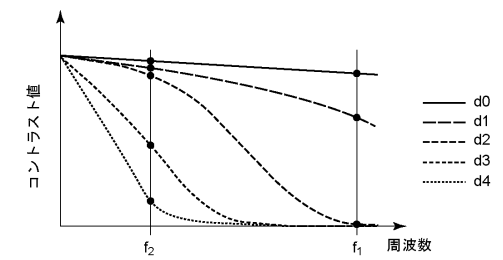
20

【図 1 3】



30

【図 1 4】



40

50

フロントページの続き

- ヤノン株式会社内
- (72)発明者 宮 崎 真一
- 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 村山 絢子
- (56)参考文献 特開2020-141226(JP,A)
- Xiang Zhu, Scott Cohen, Stephen Schiller, Peyman Milanfar , Estimating Spatially Varying Defocus Blur From A Single Image , IEEE Transactions on Image Processing , 2013年08月21日 , Vol. 22, No. 12 , pp. 4879-4891
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G 0 6 T 7 / 0 0 - 7 / 9 0
- H 0 4 N 2 3 / 0 0 - 2 3 / 9 5 9
- H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7