

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6344934号
(P6344934)

(45) 発行日 平成30年6月20日(2018.6.20)

(24) 登録日 平成30年6月1日(2018.6.1)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 5/00 (2006.01)

G 0 6 T 5/00 7 0 5

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-41541 (P2014-41541)
 (22) 出願日 平成26年3月4日(2014.3.4)
 (65) 公開番号 特開2015-166979 (P2015-166979A)
 (43) 公開日 平成27年9月24日(2015.9.24)
 審査請求日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(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
 (74) 代理人 100110412
 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 楠美 祐一
 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 新井 則和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置、撮像装置、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】

光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、
 該入力画像に含まれる第1のノイズ量を取得するステップと、
 前記入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、
 前記入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するス
 テップと、

前記第1のノイズ量と前記高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、前記複数の画像
 のそれぞれにおいて領域ごとに第2のノイズ量を算出するステップと、

該第2のノイズ量に基づいて、前記複数の画像のそれぞれの前記領域ごとにノイズ低減
 処理を行うステップと、

該ノイズ低減処理が行われた前記複数の画像を合成するステップと、を有することを特
 徴とする画像処理方法。

【請求項2】

前記高解像度化処理は、前記光学系の光学特性に基づいて行われることを特徴とする請
 求項1に記載の画像処理方法。

【請求項3】

前記ノイズ低減処理は、前記複数の画像のそれぞれにおいて前記光学系の光学特性に基
 づいて分割された前記領域ごとに行われることを特徴とする請求項1または2に記載の画
 像処理方法。

10

20

【請求項 4】

前記第 1 のノイズ量は、前記複数の画像のうち最も高周波側の画像において取得されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

【請求項 5】

前記第 1 のノイズ量は、前記最も高周波側の画像において前記光学系の光学特性に基づいて分割された前記領域ごとに取得されることを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理方法。

【請求項 6】

前記第 1 のノイズ量は、前記撮像の条件に対するノイズ量を測定して得られたノイズ量データに基づいて、前記光学系の光学特性に基づいて分割された前記領域ごとの平均輝度値を用いて決定されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

10

【請求項 7】

前記撮像の条件は、ISO 感度と輝度レベルであることを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理方法。

【請求項 8】

前記第 2 のノイズ量は、前記光学系の光学特性に基づいて分割された前記領域ごとの前記高解像度化処理の周波数特性と前記周波数分解に用いる基底関数の周波数特性とに基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

【請求項 9】

20

前記第 2 のノイズ量は、前記光学系の光学特性に基づいて分割された前記領域ごとの前記高解像度化処理の周波数特性と前記周波数分解に用いる基底関数の周波数特性とに基づいて算出された、前記高解像度化処理における前記領域ごとに異なるノイズの増幅量に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

【請求項 10】

前記周波数分解は、離散ウェーブレット変換により行われることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

【請求項 11】

前記高解像度化処理は、前記複数の画像のそれぞれにおいて前記光学系の光学特性に基づいて分割された前記領域ごとに行われることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の画像処理方法。

30

【請求項 12】

光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、
該入力画像に含まれる第 1 のノイズ量を取得するステップと、
前記入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、
前記入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するステップと、

前記第 1 のノイズ量と前記高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、前記複数の画像のそれぞれにおいて領域ごとに第 2 のノイズ量を算出するステップと、

40

該第 2 のノイズ量に基づいて、前記複数の画像のそれぞれの前記領域ごとにノイズ低減処理を行うステップと、

該ノイズ低減処理が行われた前記複数の画像を合成するステップと、を含む処理を実行することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 13】

光学系を介した撮像により入力画像を生成する撮像素子と、
請求項 12 に記載の画像処理装置とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 14】

コンピュータに、
光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、

50

該入力画像に含まれる第 1 のノイズ量を取得するステップと、
前記入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、
前記入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するス
テップと、

前記第 1 のノイズ量と前記高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、前記複数の画像
のそれぞれにおいて領域ごとに第 2 のノイズ量を算出するステップと、

該第 2 のノイズ量に基づいて、前記複数の画像のそれぞれの前記領域ごとにノイズ低減
処理を行うステップと、

該ノイズ低減処理が行われた前記複数の画像を合成するステップと、を含む処理を実行
させることを特徴とする画像処理プログラム。

10

【請求項 15】

コンピュータに、

光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、

該入力画像に含まれる第 1 のノイズ量を取得するステップと、

前記入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、

前記入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するス
テップと、

前記第 1 のノイズ量と前記高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、前記複数の画像
のそれぞれにおいて領域ごとに第 2 のノイズ量を算出するステップと、

該第 2 のノイズ量に基づいて、前記複数の画像のそれぞれの前記領域ごとにノイズ低減
処理を行うステップと、

20

該ノイズ低減処理が行われた前記複数の画像を合成するステップと、を含む処理を実行
させることを特徴とする画像処理プログラムが記録された記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像により生成された画像のノイズを低減する画像処理技術に関し、特に高
解像度化処理を行った画像のノイズを低減する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

30

被写体の 1 点から出た光は、光学系を通ると、該光学系の回折や収差の影響によって 1
点に収束することができず、微小な広がりを持つ。このような微小な広がりを持った分布
を点像分布関数 (Point Spread Function: P S F) と呼ぶ。撮像光学系を用いた撮像に
より生成された画像は、理想的な被写体像にこの P S F が畳み込まれたものであるため、
該画像の解像度が劣化する (ぼける)。

【0003】

このため、このような劣化画像を補正する高解像度化処理が行われる場合がある。高解
像度化処理の 1 つとして、画像回復処理がある。画像回復処理は、例えば、撮像光学系の
光学伝達関数 (Optical Transfer Function: O T F) の逆特性を有する画像回復フィル
タを、補正対象画像 (入力画像) に対して畳み込むこと (コンボリューション) により行
われる。O T F は P S F をフーリエ変換することで得られる。

40

【0004】

ただし、画像回復処理を行うことで、撮像に用いられた撮像装置 (撮像素子) に起因し
て劣化画像に含まれていたノイズを増幅させたりリングングを発生させたりするおそれ
がある。このため、単純に O T F の逆特性を有する画像回復フィルタを用いた画像回復処理
による高解像度化処理では、良好な高解像度画像を得ることは困難である。このような問
題を解消することが可能な画像回復処理方法として、画像信号とノイズ信号の強度比 (S
N R) に応じて回復度合いを制御可能なウィナーフィルタを用いる方法が知られている。
ウィナーフィルタには、ノイズの増幅率を制御する調整項 (増幅率調整項) が設けられて
いる。

50

【 0 0 0 5 】

ところが、ウィナーフィルタにおいて増幅率調整項を増幅率が強くなるように設定すると、画像回復による高解像度化の効果は向上するが、ノイズが著しく増幅されてしまう。一方、増幅率調整項を増幅率が弱くなるように設定すると、ノイズの増幅は抑制できるが、高解像度化の効果も低下する。

【 0 0 0 6 】

そこで、高解像度化処理により生成された高解像度画像に対してノイズ低減処理を行うことで高解像度のノイズが少ない画像を取得する方法として、ウェーブレット変換を用いる方法が特許文献 1 や非特許文献 1 にて開示されている。特許文献 1 には、高解像度化処理として振れ補正を行った場合において、ウェーブレット空間上でノイズを低減する方法が10
開示されている。また、非特許文献 1 には、画像全体に一樣に高解像度化処理としての画像回復処理を行った場合において、ウェーブレット空間上にて、高解像度化処理の周波数特性に基づいて画像全体に一樣にノイズ低減処理を行い、増幅されたノイズを低減する方法が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 米国特許公開 2 0 0 7 - 0 1 6 5 9 6 1 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 R. Neelamani et al. " ForWaRD: Fourier-Wavelet Regularized Deconvolution for Ill-Conditioned Systems " IEEE Transactions on signal processing, vol. 52, no. 2 (2004). 20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

しかしながら、特許文献 1 での高解像度化処理としての振れ補正は、画像全体に一樣に生じた振れを補正対象としているのに対して、撮像光学系による劣化は画像全体において一樣ではなく、それに対する高解像度化処理は画像内の領域ごとに行う必要がある。特許文献 1 には、画像内の領域ごとに高解像度化処理を行った場合において増幅されたノイズを低減する方法については開示されていない。 30

【 0 0 1 0 】

また、画像内の領域ごとに高解像度化処理を行った場合において、非特許文献 1 にて開示されているように画像全体に一樣にノイズ低減処理を行うと、領域ごとの高解像度化処理によるノイズの増幅量に応じて残留ノイズやぼけが発生する。

【 0 0 1 1 】

本発明は、画像の領域ごとに高解像度化処理を行った場合であっても、高解像度化処理により増幅されたノイズを効果的に低減することができるようにした画像処理方法、画像処理装置、撮像装置および画像処理プログラムを提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明の一側面としての画像処理方法は、光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、該入力画像に含まれる第 1 のノイズ量を取得するステップと、入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するステップと、第 1 のノイズ量と高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、複数の画像のそれぞれにおいて領域ごとに第 2 のノイズ量を算出するステップと、該第 2 のノイズ量に基づいて、複数の画像のそれぞれの該領域ごとにノイズ低減処理を行うステップと、該ノイズ低減処理が行われた複数の画像を合成するステップと、を有することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

10

20

30

40

50

また、本発明の他の一側面としての画像処理装置は、光学系を用いた撮像により入力画像を取得するステップと、該入力画像に含まれる第1のノイズ量を取得するステップと、入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するステップと、第1のノイズ量と高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、複数の画像のそれぞれにおいて領域ごとに第2のノイズ量を算出するステップと、該第2のノイズ量に基づいて、複数の画像のそれぞれの該領域ごとにノイズ低減処理を行うステップと、該ノイズ低減処理が行われた複数の画像を合成するステップと、を有することを特徴とする。

【0014】

なお、光学系を介した撮像により入力画像を生成する撮像素子と、上記画像処理装置とを有する撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

【0015】

また、本発明の一側面としての画像処理プログラムは、コンピュータに、光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、該入力画像に含まれる第1のノイズ量を取得するステップと、入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するステップと、第1のノイズ量と高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、複数の画像のそれぞれにおいて領域ごとに第2のノイズ量を算出するステップと、該第2のノイズ量に基づいて、複数の画像のそれぞれの領域ごとにノイズ低減処理を行うステップと、該ノイズ低減処理が行われた複数の画像を合成するステップと、を含む処理を実行させることを特徴とする。

さらに、本発明の他の一側面としての画像処理プログラムが記録された記録媒体は、コンピュータに、光学系を用いた撮像により生成された入力画像を取得するステップと、該入力画像に含まれる第1のノイズ量を取得するステップと、入力画像に対して高解像度化処理を行うステップと、入力画像をそれぞれ異なる周波数帯域成分としての複数の画像に周波数分解するステップと、第1のノイズ量と高解像度化処理の周波数特性とに基づいて、複数の画像のそれぞれにおいて領域ごとに第2のノイズ量を算出するステップと、該第2のノイズ量に基づいて、複数の画像のそれぞれの該領域ごとにノイズ低減処理を行うステップと、該ノイズ低減処理が行われた複数の画像を合成するステップと、を含む処理を実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明では、高解像度化処理により生成された第1の画像を周波数分解して得られた複数の第2の画像における各第2の画像の領域ごとにノイズ低減処理を行い、ノイズ低減処理が行われた複数の第2の画像を再合成して第3の画像を生成する。このため、本発明によれば、入力画像に対して領域ごとの高解像度化処理が行われた場合でも、高解像度化処理により増幅されたノイズを効果的に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施例1である画像処理方法を示すフローチャート。

【図2】実施例1における画像回復処理のシフトインバリエント領域と光学伝達関数を示す図。

【図3】実施例1における高解像度化処理を行った画像をウェーブレット変換により複数のサブバンド画像に周波数分解した一例を示す図。

【図4】実施例1におけるサブバンド画像の領域を示す図。

【図5】実施例1におけるサブバンド画像の領域ごとの増幅量を示す図。

【図6】本発明の実施例2において行うノイズ低減処理を示すフローチャート。

【図7】本発明の実施例3である画像処理装置を内蔵した撮像装置を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

まず、本発明の前提技術について説明する。撮像光学系（以下、単に光学系ともいう）を用いた撮像により得られた撮影画像（以下、入力画像ともいう）における該光学系の回折や収差に起因する劣化を補正するための高解像度化処理の1つとして、以下の画像回復処理が行われる。

【 0 0 2 0 】

実空間（ x, y ）上において光学系による劣化を受ける前の画像を $f(x, y)$ とし、光学系のPSFを $h(x, y)$ とし、劣化した画像を $g(x, y)$ とすると、これらの関係は以下に示す（1）式で表現することができる。

$$g(x, y) = \iint f(X, Y) \cdot h(x - X, y - Y) dX dY \quad \cdots (1)$$

10

そして、（1）式に対してフーリエ変換を行い、実空間（ x, y ）から周波数空間（ u, v ）への変換を行うと、

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v) \quad \cdots (2)$$

となる。 $F(u, v)$ は $f(x, y)$ のフーリエ変換であり、 $G(u, v)$ は $g(x, y)$ のフーリエ変換であり、 $H(u, v)$ は $h(x, y)$ のフーリエ変換である。すなわち、 $H(u, v)$ はOTF（光学伝達関数）である。

【 0 0 2 1 】

さらに、（2）式を変形すると、

$$F(u, v) = G(u, v) / H(u, v) \quad \cdots (3)$$

となる。これは周波数空間上で劣化画像 $g(x, y)$ のフーリエ変換 $G(u, v)$ をPSFである $h(x, y)$ のフーリエ変換 $H(u, v)$ で除することにより、劣化を受ける前の画像 $f(x, y)$ のフーリエ変換である $F(u, v)$ を得ることができることを意味する。したがって、 $F(u, v)$ に逆フーリエ変換を行うことにより、劣化前の画像 $f(x, y)$ を得ることができる。

20

【 0 0 2 2 】

しかし、実際にこのような処理を行って劣化前の画像を得ようとする、撮像素子によって生じるノイズを著しく増幅させたり画像にリングングを発生させたりする可能性が高い。このため、このような画像処理による弊害の発生により、単純な逆特性で除算する手法では良好な画像を得ることが困難である。そこで、ノイズの増幅を抑制するための画像回復方法として、（4）式で表されるウィナーフィルタを用いることが知られている。

30

【 0 0 2 3 】

上述したように $H(u, v)$ は光学系のOTFであり、 Γ はノイズの増幅量を低減するための定数である。換言すれば、画像回復処理の対象画像に全くノイズが発生していなくても、増幅率が大きくなりすぎると、リングングやその他のエッジの掘り込み（アンダーシュート）のような弊害が発生し易くなる。このため、 Γ は増幅率を制御する調整項として利用することが可能であると言える。また、 Γ を定数とせずに、 $\Gamma(u, v)$ として、周波数特性を考慮した調整項としてもよい。以下の説明では、 $\lambda^f(u, v)$ を高解像度化処理の周波数特性といい、 Γ を増幅率調整項という。

【 0 0 2 4 】

【 数 1 】

40

$$\lambda^f(u, v) = \frac{1}{H(u, v) \left(\frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \Gamma} \right)} \cdots (4)$$

【 0 0 2 5 】

また、光学系の光学伝達関数 $H(u, v)$ は像面、つまりは入力画像における領域（以下、画像領域という）ごとに異なる。したがって、（4）式で示す高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f(u, v)$ も画像領域ごとに異なる特性としてもよい。ただし、ここでいう画像領域とは、画素単位の領域も含む。

【 0 0 2 6 】

50

(4) 式を、劣化画像 $g(x, y)$ のフーリエ変換 $G(u, v)$ に乗算すれば、光学系の回折や収差によって発生した P S F の位相成分を 0 とし、振幅成分の周波数特性を増幅することで高解像度かつ良好な画像を得ることができる。すなわち、ウィナーフィルタを用いた画像回復処理により回復された画像の周波数空間情報を $R(u, v)$ とすると、
 $R(u, v) = G(u, v) \cdot \lambda^f(u, v) \cdots (5)$
 が得られる。

【0027】

ウィナーフィルタにおいて、 Γ を調節して増幅率を強くすると、高解像度化処理の効果は向上するが、ノイズが著しく増幅されてしまう。また、 Γ を調節して増幅率を弱くすると、ノイズの増幅を抑制することができるが、同時に高解像度化処理の効果が低下してしまう。

10

【0028】

そこで、高解像度化処理を行って取得した高解像度画像に対してノイズ低減処理を行うことによって、高解像度かつ良好な画像を取得できる。その方法として、前述したウェーブレット変換を用いた方法が知られている。

【0029】

ウェーブレット変換とは、局在する小さな波（ウェーブレット）を用いて画像の位置ごとに周波数解析を行い、信号を高周波成分と低周波成分に分解していく手法である。画像位置ごとに周波数解析を行うため、周波数領域と空間領域の両方で情報の表現が可能であり、画像位置ごとに異なる処理に対して有効である。

20

【0030】

ウェーブレット変換では、(6) 式のように、信号 $f(x)$ と空間的に局在する基底関数 $\psi(x)$ との畳み込み積分を行う。

【0031】

【数2】

$$w(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \cdots (6)$$

【0032】

30

(7) 式に示す基底関数 $\psi(x)$ には、スケールパラメータ a とシフトパラメータ b とが含まれており、それぞれ周波数方向および空間方向の位置に対応している。

【0033】

【数3】

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \cdots (7)$$

【0034】

離散ウェーブレット変換は、(8) 式のようなスケールパラメータ a とシフトパラメータ b とを離散化した基底関数 $\psi(x)$ を用いることで行われる。

40

【0035】

【数4】

$$\psi_{j,k}(x) = 2^{j/2} \psi(2^j x - k) \cdots (8)$$

【0036】

ただし、 j はウェーブレット変換レベルであり、 k は位置パラメータを示す。

【0037】

また、(9) 式に示す離散ウェーブレット変換では、正規直交基底を構成するスケーリ

50

ング関数 ϕ とウェーブレット関数 ψ との組からなる基底関数を用いて情報を表現する。スケーリング関数 ϕ とウェーブレット関数 ψ は数列で与えられ、スケーリング数列 p_k とウェーブレット数列 q_k を用いて情報を表現する。

【 0 0 3 8 】

【数 5】

$$s_{j,k} = \sum_n p_{n-2k} s_{j-1,n}$$

$$w_{j,k} = \sum_n q_{n-2k} s_{j-1,n} \quad \cdots (9)$$

10

【 0 0 3 9 】

ただし、 $s_{j,k}$ は低周波成分であるスケーリング係数であり、 $w_{j,k}$ は高周波成分であるウェーブレット係数である。基底関数については多数提案されており、使用したい関数を選択し、そのスケーリング数列 p_k を用いてウェーブレット変換を行う。ウェーブレット数列 q_k は、スケーリング数列 p_k を用いて、(1 0) 式のようなツースケール関係によって導くことができる。

【 0 0 4 0 】

【数 6】

$$q_k = (-1)^k p_{1-k} \quad \cdots (10)$$

20

【 0 0 4 1 】

画像のウェーブレット変換では、画像の水平方向に対してウェーブレット変換を行って低周波成分と高周波成分に分解し、さらに分解して得られた低周波成分と高周波成分の垂直方向に対してウェーブレット変換を行う。ウェーブレット変換により、画像は4分割され、周波数帯域が互いに異なる4つのサブバンド画像に周波数分解される。このとき、左上の低周波帯域成分（スケーリング係数）のサブバンド画像をLL1とし、右下の高周波帯域成分（ウェーブレット係数）のサブバンド画像をHH1という。また、右上（HL1）と左下（LH1）のサブバンド画像はそれぞれ、水平方向に高周波帯域成分をとって垂直方向に低周波帯域成分を取り出したもの、および水平方向に低周波帯域成分をとって垂直方向に高周波帯域成分を取り出したものである。

30

【 0 0 4 2 】

さらに、LL1をウェーブレット変換すると、画像サイズを縦横半分にして、LL2, HL2, LH2, HH2のサブバンド画像に分解することができ、分解して得られたLL1に対して変換レベル（変換回数）だけ分解することができる。

【 0 0 4 3 】

ウェーブレット変換を用いてノイズ低減処理を行う方法として、しきい値処理が知られている。しきい値処理とは、設定したしきい値より小さい量の成分をノイズとみなし、そのノイズを低減する方法である。ウェーブレット空間上でのしきい値処理は、LL以外のサブバンド画像に対して行われ、(1 1) 式に示すように、しきい値以下の絶対値を持つウェーブレット係数 $w_{\text{subband}}(x, y)$ を0に置き換える。これにより、ノイズ成分が低減される。

40

【 0 0 4 4 】

【数 7】

$$w_{\text{subband}}(x, y) = \begin{cases} w_{\text{subband}}(x, y) & \text{if } |w_{\text{subband}}(x, y)| > \rho_{\text{subband}} \sigma_{\text{subband}} \\ 0 & \text{if } |w_{\text{subband}}(x, y)| \leq \rho_{\text{subband}} \sigma_{\text{subband}} \end{cases} \quad \cdots (11)$$

【 0 0 4 5 】

上記しきい値は高解像度画像に含まれるノイズ量に基づいて設定され、具体的には標準偏差が用いられる。 ρ_{subband} は重みパラメータである。

50

高解像度画像をウェーブレット変換により周波数分解することで得られたサブバンド画像におけるノイズ量 σ_{subband} は、(12)式から求められる。すなわち、高解像度化処理を行う前の入力画像に含まれるノイズ量 σ_0 と、高解像度化処理によるサブバンド画像ごとの増幅量 A_{subband} とから求めることができる。

【0046】

【数8】

$$\sigma_{\text{subband}} = \sqrt{\sigma_0^2 \times A_{\text{subband}}} \quad \dots (12)$$

【0047】

【数9】

$$A_{\text{subband}} = \frac{1}{N} \sum \sum |\lambda^f(u, v)|^2 \cdot |\Psi_{\text{subband}}(u, v)|^2 \dots (13)$$

【0048】

入力画像に含まれるノイズ量 σ_0 は、該入力画像から測定または推定することにより求められる。ノイズが実空間および周波数空間において一様なホワイトガウシアンノイズであるとき、入力画像に含まれるノイズを、(14)式に示すようなMAD (Median Absolute Deviation) から推定する手法が知られている。

$$\text{MAD} = \text{median}(|w_{HH1} - \text{median}(w_{HH1})|) \quad \dots (14)$$

MADは入力画像をウェーブレット変換して得られたHH1のサブバンド画像におけるウェーブレット係数 w_{HH1} のメディアン(中央値)を用いて求められ、標準偏差とMADが(15)式の関係であることからノイズ成分の標準偏差を推定することができる。

$$\sigma_0 = \text{MAD} / 0.6745 \quad \dots (15)$$

高解像度化処理によるサブバンド画像ごとの増幅量 A_{subband} は、(13)式より求められ、高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f(u, v)$ に基づいて決定される。上記したように、高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f(u, v)$ は、光学伝達関数 $H(u, v)$ から決定される。 $\Psi_{\text{subband}}(u, v)$ はウェーブレット変換による周波数分解の周波数特性であり、ウェーブレット変換時に使用した基底関数から一意に決定される。Nは $\lambda^f(u, v)$ のデータ数である。

【0049】

上記の方法により算出した高解像度画像をウェーブレット変換により分解したサブバンド画像のノイズ量 σ_{subband} は、高解像度化処理による増幅量 A_{subband} に基づいたものである。つまり、該ノイズ量 σ_{subband} に基づいたしきい値は、高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f(u, v)$ に対して適切に設定される。したがって、該しきい値をしきい値処理に適用することによって、高解像度化処理によって増幅されたノイズを効果的に低減することができる。

【0050】

さらに、しきい値処理によるノイズ低減処理を行って取得した画像を用いてノイズ低減フィルタを作成し、ウェーブレット空間上で適用する手法が知られている。

【0051】

ノイズ低減フィルタ $\lambda_{\text{subband}}(x, y)$ は、しきい値処理によるノイズ低減処理を行って取得した画像をウェーブレット変換して得られるサブバンド画像 $w_{\text{subband}}(x, y)$ と、上記してきたノイズ量 σ_{subband} に基づいて(16)式により作成される。

【0052】

10

20

30

40

【数 10】

$$\lambda_{\text{subband}}(x, y) = \frac{|w_{\text{subband}}(x, y)|^2}{|w_{\text{subband}}(x, y)|^2 + \sigma_{\text{subband}}^2} \quad \dots (16)$$

【0053】

上記ノイズ低減フィルタはしきい値処理と同様に、高解像度画像をウェーブレット変換により分解したL1以外のサブバンド画像に対して適用することで、高解像度化処理によって増幅されたノイズを低減することができる。

10

【0054】

さらに、ノイズ低減処理を行ったサブバンド画像をウェーブレット逆変換により再合成することで、ノイズを低減した画像を生成する。このノイズ低減画像は、高解像度化処理の周波数特性に基づいて、高解像度化処理により増幅されたノイズが効果的に低減されたものである。

【0055】

各実施例では、高解像度画像を以上説明したウェーブレット変換により周波数分解して得られた複数のサブバンド画像における各サブバンド画像にて分割された領域ごとにノイズ量を推定し、ノイズ低減処理を行う。そして、ノイズが低減された複数のサブバンド画像を再合成することで、高解像度化処理により増幅されたノイズが低減された画像を生成する。

20

【実施例1】

【0056】

図1には、本発明の実施例1である画像処理方法の流れを示している。この画像処理方法は、画像処理装置に含まれるCPU等により構成されるコンピュータがコンピュータプログラムとして画像処理プログラムにしたがって実行する。

【0057】

本実施例の画像処理方法は、撮像光学系を用いた撮像により生成された入力画像に対して高解像度化処理を行い、その後、高解像度化処理の周波数特性に基づいてノイズ低減処理を行う。本実施例では、高解像度化処理として、画像回復処理を行う場合について説明する。

30

【0058】

ステップS101において、コンピュータは、入力画像取得手段を制御し、カメラ等の撮像装置から撮影画像を入力画像として取得する。撮像装置からの入力画像の取得は、該撮像装置と画像処理装置とを有線または無線による通信を介して行ってもよいし、半導体メモリや光ディスク等の記憶媒体を介して行ってもよい。入力画像には、撮像時における撮像光学系の焦点距離、F値および撮像距離（フォーカスレンズ位置）と、撮像装置に設けられた撮像素子の画素サイズ等の撮像条件を示す情報（以下、撮像条件情報という）が付加されている。

【0059】

40

図2は、入力画像を水平方向にM分割し、垂直方向にN分割したときの複数（ $M \times N$ 個）のシフトインバリエント領域を示している。撮像光学系の光学特性は画像（撮像面）全体において一様ではない。しかし、画像中の狭い領域であればその中の光学特性は一様であるとみなすことができる。本実施例では、この狭い領域をシフトインバリエント(shift-invariant)領域といい、シフトインバリエント領域（ m, n ）ごとに処理を行う。なお、シフトインバリエント領域は、予め撮像光学系の光学特性を考慮して決定しておくことが好ましい。分割数を増やしてシフトインバリエント領域を細かくすると、後述する画像回復処理等の精度は向上するが、一方で処理速度やデータ量は増えることになる。したがって、処理精度、処理速度およびデータ量のバランスを考慮してシフトバリエント領域の領域数を決定するとよい。

50

【 0 0 6 0 】

次に、ステップ S 1 0 2 において、コンピュータは、第 1 のノイズ量取得手段を制御し、入力画像に含まれるノイズ量（第 1 のノイズ量） σ_0 を算出する。入力画像に含まれるノイズ量 σ_0 は、入力画像をウェーブレット変換して取得した複数のサブバンド画像のうち最も高周波側のサブバンド画像 H H 1 における M A D を（ 1 4 ）式により求めることで算出する。また、サブバンド画像 H H 1 におけるシフトインバリエント領域ごとに M A D を求めることで、シフトインバリエント領域（ m, n ）ごとに入力画像のノイズ量を算出してもよい。また、撮像装置の I S O 感度や輝度レベル等の撮像条件に対するノイズ量を予め測定して得られたノイズ量データをメモリに記憶させ、入力画像の撮像条件情報とシフトインバリエント領域の平均輝度値に合致するノイズ量を入力画像のノイズ量として取得してもよい。

10

【 0 0 6 1 】

なお、ステップ S 1 0 2 は、ステップ S 1 0 5 を実行する前であれば、ステップ S 1 0 3 およびステップ S 1 0 4 を実行した後に実行してもよい。

【 0 0 6 2 】

次に、ステップ S 1 0 3 において、コンピュータは、撮像光学系の光学特性である光学伝達関数を取得する。光学伝達関数とは、 $H(u, v)$ で表されるように、2 次元空間における P S F の周波数特性である。すなわち、光学伝達関数は P S F によってその特性が変化する。光学伝達関数は撮像光学系の状態によって膨大な量のバリエーションがある。例えば、焦点距離が可変であるズームレンズにおいては、焦点距離、F 値、撮像距離、撮像素子（撮像面）上での位置、色（波長）等の組み合わせ分だけ光学伝達関数が存在する。さらに、撮像素子の画素サイズ等の撮像素子の特性と組み合わせた場合にもバリエーションがある。したがって、現実的には、多数の組み合わせの中から画像回復処理に必要なものだけを保持しておけばよい。なお、保持している撮像条件以外の撮像条件での光学伝達関数は、補間処理によって生成してもよい。これら光学伝達関数データは予め光学 C A D 等で計算しておき、画像回復処理に適したデータベースにしてメモリに保持しておく。光学伝達関数データベースの撮像面上での位置は、図 2 に示した各シフトインバリエント領域に対応するようにしておくことが望ましい。また、光学伝達関数は測定によって求め、データとして保持しておき、取得してもよい。

20

【 0 0 6 3 】

そして、取得した入力画像から撮像時の焦点距離、F 値、撮像距離、画素サイズ等の情報を取得し、予め保持された光学伝達関数データベースの中から上記に合致した光学伝達関数を取得する。

30

【 0 0 6 4 】

次に、ステップ S 1 0 4 において、コンピュータは、高解像度化処理手段を制御し、高解像度化処理の周波数特性を算出する。ユーザは画像回復処理の強さを指定し、取得した光学伝達関数を用いて（ 4 ）式により高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f(u, v)$ を算出する。

【 0 0 6 5 】

図 2 に示すシフトインバリエント領域（ m, n ）を代表する光学伝達関数を、

40

$H_{m, n}(u, v)$

とする。このとき、（ 4 ）式は、

【 0 0 6 6 】

【数 1 1】

$$\lambda_{m,n}^f(u, v) = \frac{1}{H_{m,n}(u, v)} \frac{|H_{m,n}(u, v)|^2}{(|H_{m,n}(u, v)|^2 + \Gamma_{m,n})} \dots (17)$$

【 0 0 6 7 】

と書き換えることができる。

50

【 0 0 6 8 】

(1 7) 式により、シフトインバリエント領域 (m, n) ごとに高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$ を算出することができる。

【 0 0 6 9 】

画像回復処理の強さはユーザが分かりやすい 0 ~ 1 0 0 等のような数値範囲でよい。このとき、ユーザが指定した値に対して、実際に適用する画像回復処理の信号増幅量を設定する。この信号増幅量は、(1 7) 式の絶対値 ($|\lambda^f_{m, n}(u, v)|$) として計算され、 $\Gamma_{m, n}$ によって制御を行う。

【 0 0 7 0 】

信号増幅量は、例えば特定の周波数位置 (U, V) における値 $|\lambda_{m, n}^f(U, V)|$ としてもよいし、 $|\lambda^f_{m, n}(u, v)|$ の帯域内の最大値や平均値としてもよい。

10

【 0 0 7 1 】

次に、ステップ S 1 0 5 において、コンピュータは、入力画像に対して、算出した高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$ に基づいて画像回復処理を行い、高解像度画像 (第 1 の画像) を取得 (生成) する。このとき、シフトインバリエント領域 (m, n) ごとに算出した高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$ を用いることによって、シフトインバリエント領域 (m, n) ごとに最適な画像回復処理を行うことが可能となる。さらに言えば、シフトインバリエント領域の切り替わりでブロックノイズ等が発生しないような補間処理を用いると、より良好な画像回復処理による高解像度化処理を行うことが可能となる。また、画像回復処理は、(1 7) 式をフーリエ逆変換して得られる実空間のフィルタを用いて、入力画像に畳み込む (コンボリューションする) ことで行ってもよい。この場合、予め生成された実空間のフィルタを光学伝達関数データベースに格納して用いることも可能である。

20

【 0 0 7 2 】

次に、ステップ S 1 0 6 において、コンピュータは、周波数分解手段を制御し、高解像度画像に対してウェーブレット変換 (離散ウェーブレット変換) を行う。これにより、高解像度画像は、図 3 に示すような互いに異なる複数の周波数帯域成分 HH, HL, LH, LL としての複数のサブバンド画像 (第 2 の画像) に周波数分解される。ウェーブレット変換で用いる基底関数は予め数列データとしてメモリに記憶しておき、選択した基底関数の数列を取得してウェーブレット変換を行う。本実施例では、変換レベルを 3 としたときの処理の例について説明するが、変換レベルは 3 に限定されるものではなく、変更が可能である。

30

【 0 0 7 3 】

ウェーブレット変換により分解して得られた複数のサブバンド画像は、図 4 に示すように、画像回復処理時に入力画像を分割して処理したときと同様に、水平方向に M 分割され、垂直方向に N 分割される。サブバンド画像における各分割領域は、撮像光学系の光学特性 (光学伝達関数 : OTF) に基づいて分割された領域に相当する。そして、各サブバンド画像における $M \times N$ 個の分割領域における分割領域 (m, n) ごとに処理を行う。

【 0 0 7 4 】

次に、ステップ S 1 0 7 において、コンピュータは、入力画像のシフトインバリエント領域 (m, n) で行った高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$ を取得し、サブバンド画像の分割領域 (m, n) における増幅量 $A_{subband}(m, n)$ を算出する。光学伝達関数データベースに実空間のフィルタを格納した場合の増幅量は、予め実空間のフィルタとともに格納したものをを用いてもよいし、実空間のフィルタをフーリエ変換して求めてもよい。

40

【 0 0 7 5 】

上述したように撮像光学系の光学伝達関数 $H_{m, n}(u, v)$ はシフトインバリエント領域ごとに異なるため、高解像度化処理は入力画像におけるシフトインバリエント領域ごとの周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$ に基づいて行われる。このため、高解像度画像には、シフトインバリエント領域における高解像度化処理の周波数特性 $\lambda^f_{m, n}(u, v)$

50

に基づいて増幅されたノイズを含んでいる。つまり、高解像度化処理によるノイズの増幅量は、各サブバンド画像の複数の分割領域において一様ではなく、分割領域ごとに異なる。

【 0 0 7 6 】

したがって、サブバンド画像の分割領域 (m , n) における増幅量 $A_{subband}(m, n)$ を算出する。このとき、(1 3) 式は、

【 0 0 7 7 】

【 数 1 2 】

$$A_{subband}(m, n) = \frac{1}{N_{m, n}} \sum \sum |\lambda_{m, n}^f(u, v)|^2 \cdot |\Psi_{subband}(u, v)|^2 \cdots (18) \quad 10$$

【 0 0 7 8 】

と書き換えることができる。

【 0 0 7 9 】

図 5 には、サブバンド画像の分割領域 (m , n) における増幅量 $A_{subband}(m, n)$ の算出結果の例を示している。

【 0 0 8 0 】

なお、周波数分解の周波数特性 $\Psi_{subband}(u, v)$ は、ウェーブレット変換時に取得した基底関数の数列をフーリエ変換することで取得する。また、予めウェーブレット変換の各基底関数の数列からサブバンドの周波数特性 $\Psi_{subband}(u, v)$ を算出して、メモリに記憶しておき、これを取得してもよい。 20

【 0 0 8 1 】

また、後述するノイズ低減処理 (ステップ S 1 0 9) は LL 以外のサブバンド画像に対して行われるため、LL におけるノイズの増幅量の算出 (ステップ S 1 0 7) と後述するノイズ量の算出 (ステップ S 1 0 8) は省略することができる。

【 0 0 8 2 】

次に、ステップ S 1 0 8 において、コンピュータは、第 2 のノイズ量算出手段を制御し、サブバンド画像の各分割領域 (m , n) におけるノイズ量 (第 2 のノイズ量) を取得する。ここにいうノイズ量とは、ノイズ分布の標準偏差である。上述したように入力画像のシフトインバリエント領域 (m , n) ごとに行った高解像度化処理の周波数特性 $\lambda_{m, n}^f(u, v)$ は、シフトインバリエント領域ごとの撮像光学系の光学伝達関数 $H_{m, n}(u, v)$ に基づいて算出される。このため、サブバンド画像の分割領域ごとにノイズ量が異なる。よって、高解像度化処理の周波数特性に基づいて、サブバンド画像の分割領域 (m , n) ごとのノイズ量 $\sigma_{subband}(m, n)$ を取得する必要がある。 30

【 0 0 8 3 】

サブバンド画像の分割領域 (m , n) ごとのノイズ量 $\sigma_{subband}(m, n)$ は、ステップ S 1 0 2 で取得した入力画像に含まれるノイズ量 σ_0 と、ステップ S 1 0 7 で算出したサブバンド画像の分割領域ごとの増幅量 $A_{subband}(m, n)$ とを用いて算出する。このとき、(1 2) 式は、

【 0 0 8 4 】

【 数 1 3 】

$$\sigma_{subband}(m, n) = \sqrt{\sigma_0^2 \times A_{subband}(m, n)} \cdots (19) \quad 40$$

【 0 0 8 5 】

と書き換えることができる。

【 0 0 8 6 】

次に、ステップ S 1 0 9 において、コンピュータは、ノイズ低減処理手段を制御し、サブバンド画像の分割領域 (m , n) ごとに取得したノイズ量に基づいて、該分割領域ごとにノイズ低減処理を行う。本実施例では、ノイズ低減処理として、しきい値処理を用いる 50

。

【 0 0 8 7 】

しきい値処理では、まずコンピュータは、しきい値を設定する。しきい値の設定は、重みパラメータとして $(2 \log(Q_{\text{subband}}))^{1/2}$ を用い、算出したノイズ量に基づいて設定する。 Q_{subband} はサブバンド画像ごとのデータ数である。

【 0 0 8 8 】

次に、コンピュータは、LL以外のサブバンド画像において、取得したしきい値に基づいて、サブバンド画像の分割領域 (m, n) 内の位置 (i, j) ごとのウェーブレット係数 $w_{m,n}^{\text{subband}}(i, j)$ のうち、しきい値以下の係数を 0 に置き換える。これにより、しきい値処理を行う。このとき、(11) 式は、

【 0 0 8 9 】

【 数 1 4 】

$$w_{m,n}^{\text{subband}}(i, j) = \begin{cases} w_{m,n}^{\text{subband}}(i, j) & \text{if } |w_{m,n}^{\text{subband}}(i, j)| > \sqrt{2 \log(Q_{\text{subband}})} \sigma_{\text{subband}}(m, n) \\ 0 & \text{if } |w_{m,n}^{\text{subband}}(i, j)| \leq \sqrt{2 \log(Q_{\text{subband}})} \sigma_{\text{subband}}(m, n) \end{cases} \dots (20)$$

【 0 0 9 0 】

と書き換えることができる。

【 0 0 9 1 】

設定したしきい値は、ステップ S 1 0 8 で算出したサブバンド画像の分割領域 (m, n) におけるノイズ量に基づくものである。つまり、しきい値処理によるノイズ低減処理は、入力画像のシフトインバリエント領域ごとの高解像度化処理によるノイズの増幅量に対して適切に設定されている。したがって、取得したしきい値を用いてしきい値処理を行うことで、シフトインバリエント領域ごとの高解像度化処理の周波数特性に基づいて、増幅ノイズを効果的に低減することができる。

【 0 0 9 2 】

次に、ステップ S 1 1 0 において、コンピュータは、再合成手段を制御し、ノイズ低減処理後の複数のサブバンド画像 HH, HL, LH, LL をウェーブレット逆変換により再合成する。これにより、ステップ S 1 1 1 において、ノイズ低減処理後の画像（第 3 の画像）を取得する。ノイズ低減処理後の画像は、シフトインバリエント領域ごとの高解像度化処理の周波数特性に基づいて、高解像度化処理により増幅されたノイズが効果的に低減されたものである。

【 0 0 9 3 】

なお、本実施例では、高解像度化処理として画像回復処理を行う場合について説明したが、高解像度化処理の周波数特性を取得できれば、エッジ強調処理や超解像処理等の高解像度化処理においても、本実施例と同様の画像処理方法を適用することができる。

【 実施例 2 】

【 0 0 9 4 】

次に、本発明の実施例 2 について説明する。実施例 1 では、図 1 のステップ S 1 0 9 におけるノイズ低減処理としてしきい値処理を用いたが、本実施例では、高解像度画像に対して、ノイズ低減フィルタを用いたノイズ低減処理を行う。本実施例における画像処理方法は、コンピュータが、図 6 のフローチャートに示した順序で画像処理プログラムに従って実行する。

【 0 0 9 5 】

ノイズ低減フィルタは、予めしきい値処理によるノイズ低減処理を行った画像を用いて作成する。したがって、まずコンピュータは、ステップ S 2 0 1 ~ S 2 1 1 において、シフトインバリエント領域ごとに高解像度化処理を行って取得した高解像度画像に対して、しきい値処理によるノイズ低減処理を行い、ノイズ低減処理後の画像を取得する。ここにいるしきい値処理とは、実施例 1 で詳細に説明したように、シフトインバリエント領域ご

10

20

30

40

50

との高解像度化処理の周波数特性に基づいて、増幅ノイズを効果的に低減したものである。

【0096】

次に、ステップS212において、コンピュータは、しきい値処理によるノイズ低減処理を行って取得した画像に対してウェーブレット変換を行い、複数の周波数帯域成分HH、HL、LH、LLとしての複数のサブバンド画像に周波数分解する。このとき、ウェーブレット変換の基底関数は後述するステップS213で用いるものを用いる。なお、ステップS212は、ステップS211を実行した後からステップS216を実行する前であればいつ行ってもよい。また、ステップS206とステップS213で用いる基底関数が同じである場合にはステップS210～S212およびステップS214、S215を省略してもよい。

10

次に、ステップS213において、コンピュータは、高解像度画像に対してウェーブレット変換を行い、複数の周波数帯域成分HH、HL、LH、LLとしての複数のサブバンド画像に周波数分解する。

次に、ステップS214～S215において、コンピュータは、高解像度化処理の周波数特性に基づいて、ステップS213で取得したサブバンド画像の分割領域(m, n)における増幅量 $A_{subband}(m, n)$ を算出し、ノイズ量 $\sigma_{subband}(m, n)$ を取得する。本実施例における図6のステップS214～S215は実施例1における図1のステップS107～S108と同様の処理であるため、詳細な説明は省略する。

【0097】

20

次に、ステップS216では、コンピュータは、ノイズ低減フィルタ $\lambda_{m,n}^{subband}(i, j)$ を作成する。具体的には、サブバンド画像のウェーブレット係数 $w_{m,n}^{subband}(i, j)$ と、ステップS215で算出したサブバンド画像の分割領域(m, n)におけるノイズ量 $\sigma_{subband}(m, n)$ とを用いて作成する。このとき、(16)式は、

【0098】

【数15】

$$\lambda_{m,n}^{subband}(i, j) = \frac{|w_{m,n}^{subband}(i, j)|^2}{|w_{m,n}^{subband}(i, j)|^2 + \sigma_{subband}^2(m, n)} \quad \dots (21)$$

30

【0099】

と書き代えることができる。この際、ステップS206とステップS213で用いる基底関数が同じである場合には、ステップS208で算出したノイズ量を用いてノイズ低減フィルタを作成してもよい。なお、ノイズ低減処理はLL以外のサブバンド画像に対して行うため、LLにおけるノイズ低減フィルタの作成は省略することができる。

【0100】

次に、ステップS217において、コンピュータは、上記の手法により作成したノイズ低減フィルタを、ステップS213で取得したLL以外のサブバンド画像の分割領域ごとに適用し、ノイズ低減処理を行う。

40

次に、ステップS218において、コンピュータは、ノイズ低減処理後の複数のサブバンド画像HH、HL、LH、LLをウェーブレット逆変換により再合成する。これにより、ステップS219において、コンピュータは、ノイズ低減処理後の画像を取得する。

【0101】

作成したノイズ低減フィルタは、算出したサブバンド画像の分割領域(m, n)におけるノイズ量に基づいたものである。つまり、上記したノイズ低減フィルタによるノイズ低減処理は、入力画像のシフトインバリエント領域ごとの高解像度化処理によるノイズの増幅量に対して適切に設定されている。したがって、作成したノイズ低減フィルタを用いてノイズ低減処理を行うことで、シフトインバリエント領域ごとの高解像度化処理の周波数

50

特性に基づいて、高解像度化処理により増幅されたノイズを効果的に低減することができる。

【実施例 3】

【0102】

次に、本発明の実施例 3 として、上述した実施例 1 または実施例 2 の画像処理方法（画像処理プログラム）を実行する画像処理装置（コンピュータ）を内蔵した撮像装置について説明する。図 7 には、該撮像装置の構成を示している。

【0103】

撮像光学系 201 により形成された被写体の光学像を撮像する撮像素子 202 は、該光学像を電気信号にして変換してアナログ信号を出力する。撮像素子 202 から出力されたアナログ信号は、A/D 変換器 203 によりデジタル信号に変換される。該デジタル信号は、画像処理部 204 に入力される。

10

【0104】

画像処理部 204 は、入力されたデジタル信号に対して各種画像処理を行うことにより撮影画像（入力画像）を生成する。

【0105】

また、画像処理部 204 は、表示部 205 に、ユーザが高解像度化処理およびノイズ低減処理を行うか否かを決定するための GUI と、高解像度化処理の強さを決定するための GUI とを表示する。GUI においてユーザが高解像度化処理およびノイズ低減処理を実行すると決定し、さらに高解像度化処理の強さを決定すると、画像処理部 204 は、入力画像に対して実施例 1 または実施例 2 で説明した高解像度化処理およびノイズ低減処理を実行する。また、予めユーザが高解像度化処理およびノイズ低減処理を実行すると決定するとともに高解像度化処理の強さを決定しておき、取得した入力画像に対して自動的に高解像度化処理およびノイズ低減処理を実行するようにしてもよい。

20

【0106】

画像処理部 204 に高解像度化処理を行わせるために、状態検知部 207 は、入力画像を生成する際における撮像条件情報を得る。状態検知部 207 は、撮像条件情報をシステムコントローラ 210 から得てもよい。また、撮像光学系に関する撮像条件情報については、撮像光学系 201 の絞り 201a の動作やズームレンズ（図示せず）およびフォーカスレンズ 201b の移動を制御する撮像光学系制御部 206 から得てもよい。撮像条件情報は入力画像に付加され、該入力画像は画像処理部 204 に接続されている画像記録媒体 209 に記録される。

30

【0107】

記憶部 208 は、撮像光学系 201 の焦点距離、F 値および撮像距離と、撮像素子 202（撮像面）上での位置と、撮像素子 202 の画素サイズ等の撮像条件の組み合わせごとに光学伝達関数の情報を保持している。

【0108】

画像処理部 204 は、高解像度化処理およびノイズ低減処理により生成した出力画像（第 3 の画像）を半導体メモリや光ディスク等の画像記録媒体 209 に出力して記録させたり、表示部 205 に出力して表示させたりする。

40

【0109】

以上説明した一連の動作は、CPU や MPU 等によって構成されるシステムコントローラ 210 により制御される。

【0110】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0111】

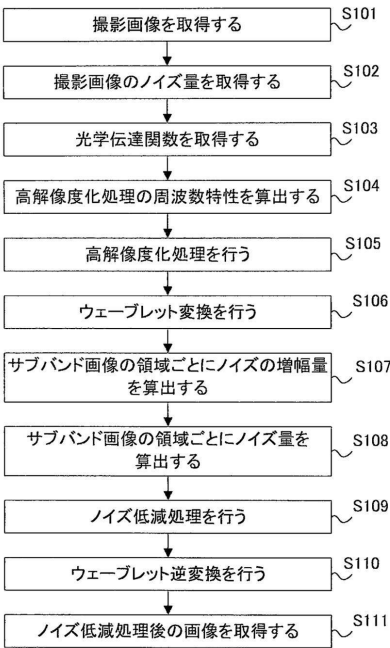
ノイズが少ない高解像度の画像を生成可能な画像処理装置や撮像装置を提供できる。

【符号の説明】

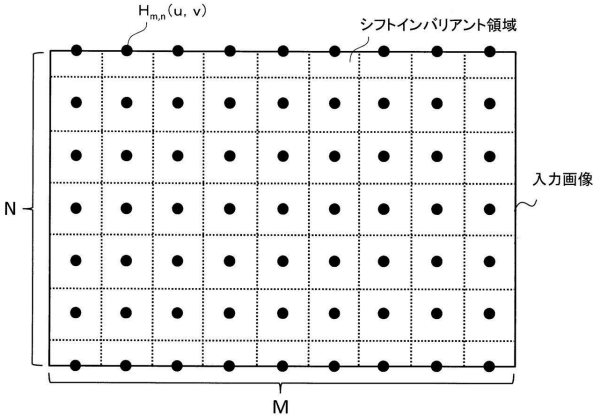
50

【 0 1 1 2 】
2 0 1 撮像光学系
2 0 2 撮像素子
2 0 4 画像処理部

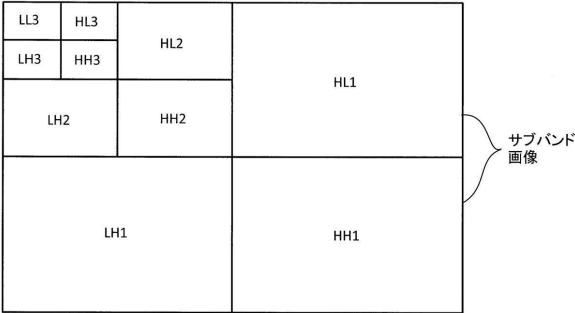
【 図 1 】



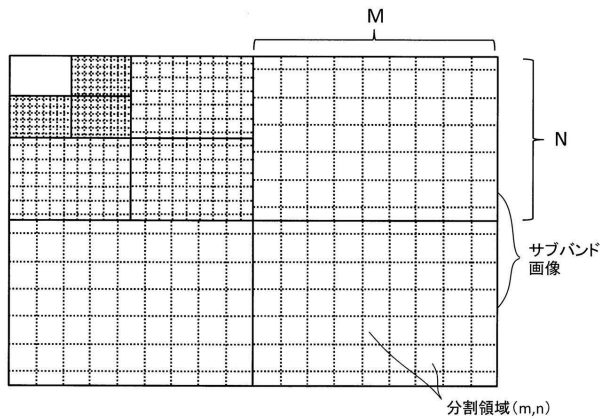
【 図 2 】



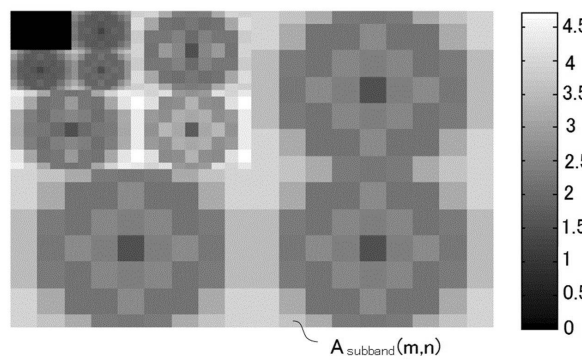
【 図 3 】



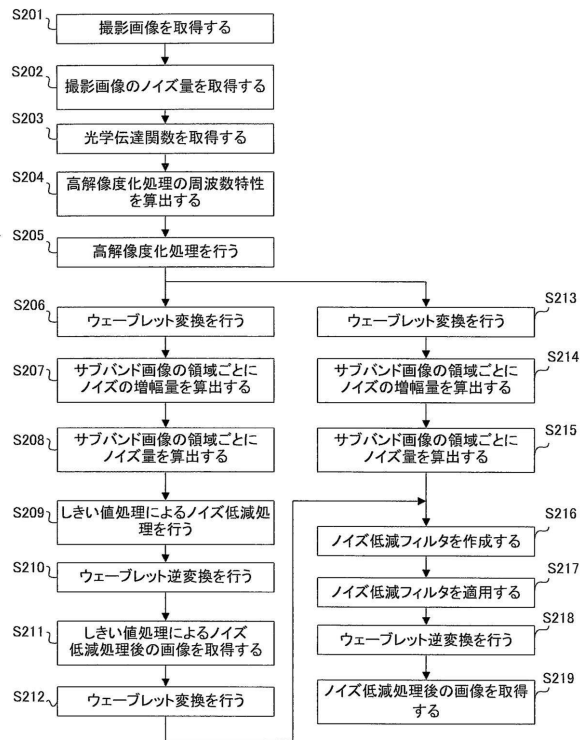
【図4】



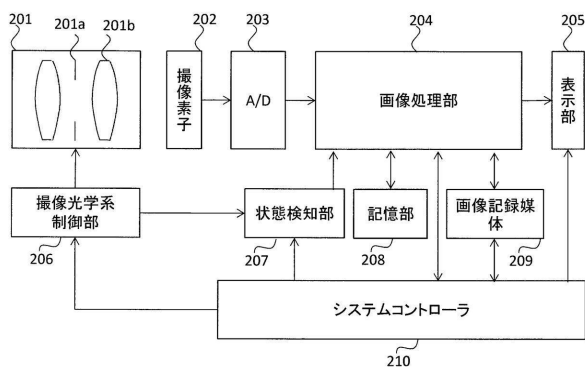
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 8 8 4 9 3 (J P , A)
特許第 4 9 7 9 5 9 5 (J P , B 2)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 T 3 / 0 0 - 5 / 5 0