

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-310999

(P2006-310999A)

(43) 公開日 平成18年11月9日(2006.11.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232 Z	5B057
HO4N 1/028 (2006.01)	HO4N 1/028 Z	5C051
GO6T 5/00 (2006.01)	GO6T 5/00 300	5C077
HO4N 1/409 (2006.01)	HO4N 1/40 101C	5C122
HO4N 101/00 (2006.01)	HO4N 101:00	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2005-128831 (P2005-128831)
 (22) 出願日 平成17年4月27日 (2005. 4. 27)

(71) 出願人 000002185
 ソニー株式会社
 東京都品川区北品川6丁目7番35号
 (74) 代理人 100082131
 弁理士 稲本 義雄
 (72) 発明者 光永 知生
 東京都品川区東五反田1丁目14番10号
 株式会社ソニー木原研究所内
 Fターム(参考) 5B057 BA02 CA08 CA12 CA16 CB08
 CB12 CB16 CC01 CE02 CE05
 CE06 DC23 DC32 DC36
 5C051 AA01 BA02 DA01 DB01 DB07
 DB09 DC02 DC03 DE13
 5C077 LL02 MM02 PP02 PP20 PP47
 PQ12 PQ19

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法、並びにプログラム

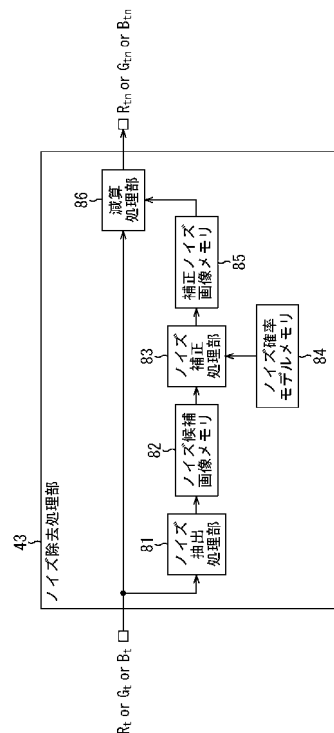
(57) 【要約】

【課題】 イメージセンサにおいて発生するランダムノイズ成分を効果的に除去し、高画質な画像出力を可能にする。

【解決手段】 ノイズ抽出処理部81は、入力画像よりノイズ成分を抽出する。ノイズ補正処理部83は、ノイズ確率モデルメモリ84のノイズ確率モデルに基づいて、抽出されたノイズ成分を補正する。減算処理部86は、入力画像よりノイズが補正されたノイズ成分を減算する。以上のようにしたので入力画像より適切にノイズを除去することが可能となり、結果として、高画質な画像を出力することが可能となる。本発明は、デジタルスチルカメラに適用することができる。

【選択図】 図4

図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段と、
所定のノイズ確率モデルに基づいて、前記ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正手段と、
前記入力画像より前記ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算手段と
を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記ノイズ補正手段は、
補正後のノイズ成分から得られるヒストグラム関数と、前記所定のノイズ確率モデルから得られる確率密度分布関数の形状が一致するように補正関数形状を決定する補正関数形状決定手段を備え、
前記補正関数形状決定手段により決定された補正関数形状の補正関数により、前記各画素値におけるノイズ成分を補正することを特徴とする前記請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 3】

前記補正関数形状決定手段は、
前記各画素値におけるノイズ成分より累積ヒストグラム関数を算出する累積ヒストグラム関数算出手段と、
前記累積ヒストグラム関数と、前記所定のノイズ確率モデルから得られる累積密度関数の逆関数との合成関数を算出する合成関数算出手段とを備え、
前記合成関数を前記補正関数形状の補正関数に決定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 4】

前記ノイズ補正手段は、
前記ノイズ成分を補正する注目画素について、前記注目画素の周辺の複数の画素におけるノイズ成分値の順位値を算出する順位値算出手段と、
前記所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、前記順位値でマッピングするマッピング手段とを備え、
前記マッピング手段により前記所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、前記順位値でマッピングすることにより前記ノイズ成分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。

30

【請求項 5】

前記ノイズ抽出手段は、
前記入力画像の各画素に平滑化フィルタを適用する平滑化手段と、
前記入力画像の各画素の画素値から、前記平滑化手段により平滑化された画素の画素値を差し引く平滑化成分減算手段と
を備え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 6】

前記平滑化フィルタは、
前記入力画像中の物体輪郭を平滑化しない特性を持つエッジ保存平滑化フィルタである
ことを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

40

【請求項 7】

入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、
所定のノイズ確率モデルに基づいて、前記ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正ステップと、
前記入力画像より前記ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと

50

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 8】

入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、
 所定のノイズ確率モデルに基づいて、前記ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正ステップと、
 前記入力画像より前記ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと
 を含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 9】

入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換手段と、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段と、
 前記ノイズ抽出手段により抽出された前記複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正手段と、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像について、前記ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算手段と、
 前記ノイズ成分減算手段によりノイズ成分が減算された、前記複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換手段と
 を備えることを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 10】

前記ノイズ成分抽出手段は、
 前記複数のレイヤの画像の各画素値をノイズ成分として抽出することを特徴とする請求項 9 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 11】

入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換ステップと、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、
 前記ノイズ抽出ステップの処理により抽出された前記複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正ステップと、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像について、前記ノイズ補正ステップの処理により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと、
 前記ノイズ成分減算ステップの処理によりノイズ成分が減算された、前記複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換ステップと
 を含むことを特徴とする画像処理方法。

30

【請求項 12】

入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換ステップと、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、
 前記ノイズ抽出ステップの処理により抽出された前記複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正ステップと、
 前記複数のレイヤのそれぞれの画像について、前記ノイズ補正ステップの処理により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと、
 前記ノイズ成分減算ステップの処理によりノイズ成分が減算された、前記複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換ステップと
 を含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

40

【請求項 13】

イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換手段と、
 前記非線形変換手段により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離す

50

るノイズ成分分離手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 14】

前記非線形変換手段は、

前記イメージセンサで発生する確率的なランダムノイズの標準偏差に基づいて、各輝度レベルにおけるノイズ標準偏差の逆数に比例するような傾きを持つ単調増加関数による輝度レベルのマッピングにより、前記ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する

ことを特徴とする請求項 13 に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記非線形変換手段は、

前記イメージセンサによって得られる画像の画素値を増幅し、ゲイン値として取得するゲイン値取得手段と、

前記イメージセンサの熱雑音のばらつき値を計測するばらつき値計測手段と、

前記ゲイン値と、前記熱雑音ばらつき値とをパラメータとして決定される前記非線形変換関数を算出する非線形変換関数算出手段とを備え、

前記非線形変換関数算出手段により算出された非線形変換関数により、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する

ことを特徴とする請求項 13 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換ステップと、

前記非線形変換ステップの処理により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離ステップと

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 17】

イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換ステップと、

前記非線形変換ステップの処理により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離ステップと

を含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置および方法、並びにプログラムに関し、特に、固体撮像素子などのイメージセンサを用いて得られた画像信号に混在するノイズ成分の中でも特にイメージセンサで生じるノイズ成分を除去できるようにした画像処理装置および方法、並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

ノイズを含んだ信号から信号成分とノイズ成分を分離する処理は信号処理の最大の関心事であり、非常に多種多様の技術がこれまでに開発されてきた。画像信号の場合では、特に撮像時にイメージセンサ内部で生じるランダムなノイズ成分が問題となっている。イメージセンサ起因のノイズにもいろいろな種類があるが、特に、フォトダイオードで光が電子に変換される際に生じる光ショットノイズと、主にイメージセンサ出力段にあるアンプに起因する熱雑音は、現在固体撮像素子で生じるノイズの中でも主要なものであり、これら除去することによって大きな効果が期待できる。

【0003】

光ショットノイズや熱雑音は、確率的（ランダム）に発生するものであるため、固定パ

10

20

30

40

50

ターンバイアスなどのように確定的に発生するものとは異なり、どんなに複雑な手法をもってしても確実に除去することはできない。従って、効果対費用の観点から、比較的簡単な平滑化フィルタ等を用いて比較的目立つ高周波域のランダムノイズを分離する手法が、実際の信号処理回路には多く採用されている。

【0004】

単純な平滑化フィルタでは、高周波成分を含む物体輪郭領域などの信号成分もいっしょに削られてしまう問題があるので、エッジ構造に反応し、エッジに関しては平滑化しないような特性を持たせた平滑化フィルタ(エッジ保存平滑化フィルタ)も数多く開発されている。

【0005】

例えば、エッジ保存の性質を持つ平滑化フィルタの例として、メディアンフィルタ、gradient inverse weighted smoothing法、サブ局所領域分割法などが提案されている。また、バイラテラルフィルタと呼ばれるエッジ保存平滑化フィルタなども提案されている。(例えば、非特許文献1, 2参照)。

【非特許文献1】“画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, 1991

【非特許文献2】“Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range IMAGES Proc. of ACM SIGGRAPH 2002, pp. 257-266

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述したような平滑化フィルタをベースとする従来のノイズ除去技術においては、細かいテクスチャ成分が除去されてしまうことがあった。すなわち、平滑化フィルタベースのノイズ除去手法では、除去しようとするノイズの高域成分と同じ帯域で細かいテクスチャがある場合、それらはノイズとともに除去されてしまうことになる。仮に、エッジ保存特性を備えたフィルタを用いたとしても、テクスチャの振幅がある程度大きくなければ、その効果が得られない。

【0007】

また、上述したような平滑化フィルタをベースとする従来のノイズ除去技術においては、中域乃至低域のノイズが適度に除去されないことがあった。すなわち、平滑化フィルタベースのノイズ除去手法は、基本的に低周波フィルタによって目立ちやすい高域のノイズを除去するものであり、中域乃至低域の信号はフィルタを通過してしまう。しかしながら、ここで問題とする光ショットノイズ、熱雑音は原理的に周波数依存性のないホワイトノイズであるので、高周波域のノイズばかりを除去すると、低周波のノイズ成分が、画像信号が平坦な領域で輝度のムラとしてかえって目立ってしまうことがある。

【0008】

さらに、上述したような平滑化フィルタをベースとする従来のノイズ除去技術においては、センサノイズの輝度値依存性に起因して、必ずしも適切なノイズ除去を実現できないことがあった。すなわち、前述のノイズ成分のうち、熱雑音は入射光量に依存して大きくなったりしないが、光ショットノイズは入射光量の平方根に比例して大きくなる性質がある。そのため、明るいところでも暗いところでも適切にノイズを除去するためには、入力画像の輝度に応じてノイズ除去オペレータのパラメータ(たとえばノイズ判定の閾値など)を調節する必要があるが適切にノイズを除去することができないことがあった。また、これらのパラメータを調節してノイズを除去することも考えられるが、通常カメラは暗所撮影や蛍光灯フリッカ対策など諸々の理由によりアンプによるセンサ出力のゲインを調節しながら動作しているので、センサ出力の輝度が同じであればいつでもノイズ量も同じとは限らないので、パラメータを調節して適切にノイズを除去することは、困難なことであった。

【0009】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、特に、イメージセンサで発生する光ショットノイズや熱雑音ノイズなどのランダムノイズを、細かいテクスチャなどに影

10

20

30

40

50

響を与えることなく、効果的に除去できるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の第1の画像処理装置は、入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段と、所定のノイズ確率モデルに基づいて、ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正手段と、入力画像よりノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算手段とを備えることを特徴とする。

【0011】

前記ノイズ補正手段には、補正後のノイズ成分から得られるヒストグラム関数と、所定のノイズ確率モデルから得られる確率密度分布関数の形状が一致するように補正関数形状を決定する補正関数形状決定手段を設けるようにさせることができ、補正関数形状決定手段により決定された補正関数形状の補正関数により、各画素値におけるノイズ成分を補正させるようにすることができる。

10

【0012】

前記補正関数形状決定手段には、各画素値におけるノイズ成分より累積ヒストグラム関数を算出する累積ヒストグラム関数算出手段と、累積ヒストグラム関数と、所定のノイズ確率モデルから得られる累積密度関数の逆関数との合成関数を算出する合成関数算出手段とを設けるようにさせることができ、合成関数を補正関数形状の補正関数に決定させるようにすることができる。

【0013】

前記ノイズ補正手段には、ノイズ成分を補正する注目画素について、注目画素の周辺の複数の画素におけるノイズ成分値の順位値を算出する順位値算出手段と、所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、前記順位値でマッピングするマッピング手段とを設けるようにさせることができ、マッピング手段により所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、順位値でマッピングすることによりノイズ成分を補正させるようにすることができる。

20

【0014】

前記ノイズ抽出手段には、入力画像の各画素に平滑化フィルタを適用する平滑化手段と、入力画像の各画素の画素値から、平滑化手段により平滑化された画素の画素値を差し引く平滑化成分減算手段とを設けるようにさせることができる。

30

【0015】

平滑化フィルタは、入力画像中の物体輪郭を平滑化しない特性を持つエッジ保存平滑化フィルタとするようにさせることができる。

【0016】

本発明の第1の画像処理方法は、入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、所定のノイズ確率モデルに基づいて、ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正ステップと、入力画像よりノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップとを含むことを特徴とする。

【0017】

本発明の第1のプログラムは、入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、所定のノイズ確率モデルに基づいて、ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正ステップと、入力画像よりノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップとを含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とする。

40

【0018】

本発明の第2の画像処理装置は、入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換手段と、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段と、ノイズ抽出手段により抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正手段と、複数のレイヤのそれぞれの画像について、ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算す

50

るノイズ成分減算手段と、ノイズ成分減算手段によりノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換手段とを備えることを特徴とする。

【0019】

前記ノイズ成分抽出手段には、複数のレイヤの画像の各画素値をノイズ成分として抽出させるようにすることができる。

【0020】

本発明の第2の画像処理方法は、入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換ステップと、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、ノイズ抽出ステップの処理により抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正ステップと、複数のレイヤのそれぞれの画像について、ノイズ補正ステップの処理により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと、ノイズ成分減算ステップの処理によりノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換ステップとを含むことを特徴とする。

10

【0021】

本発明の第2のプログラムは、入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換ステップと、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップと、ノイズ抽出ステップの処理により抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正ステップと、複数のレイヤのそれぞれの画像について、ノイズ補正ステップの処理により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップと、ノイズ成分減算ステップの処理によりノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換ステップとを含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とする。

20

【0022】

本発明の第3の画像処理装置は、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換手段と、非線形変換手段により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離手段とを備えることを特徴とする。

【0023】

前記非線形変換手段には、イメージセンサで発生する確率的なランダムノイズの標準偏差に基づいて、各輝度レベルにおけるノイズ標準偏差の逆数に比例するような傾きを持つ単調増加関数による輝度レベルのマッピングにより、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換させるようにすることができる。

30

【0024】

前記非線形変換手段には、イメージセンサによって得られる画像の画素値を増幅し、ゲイン値として取得するゲイン値取得手段と、イメージセンサの熱雑音のばらつき値を計測するばらつき値計測手段と、ゲイン値と、熱雑音ばらつき値とをパラメータとして決定される非線形変換関数を算出する非線形変換関数算出手段とを設けるようにさせることができ、非線形変換関数算出手段により算出された非線形変換関数により、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換させるようにすることができる。

40

【0025】

本発明の第3の画像処理方法は、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換ステップと、非線形変換ステップの処理により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離ステップとを含むことを特徴とする。

【0026】

本発明の第3のプログラムは、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換ステップと、非線形変換ステップの処理により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイ

50

ズ成分分離ステップとを含む処理をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0027】

本発明の第1の画像処理装置および方法、並びに第1のプログラムにおいては、入力画像よりノイズ成分が抽出され、所定のノイズ確率モデルに基づいて、抽出されたノイズ成分が補正され、入力画像より補正されたノイズ成分が減算される。

【0028】

本発明の第2の画像処理装置および方法、並びに第2のプログラムにおいては、入力画像が多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換され、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分が抽出され、抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分が、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正され、複数のレイヤのそれぞれの画像について、補正されたノイズ成分が減算され、ノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像が多重解像度逆変換される。

10

【0029】

本発明の第3の画像処理装置および方法、並びに第3のプログラムにおいては、イメージセンサによって得られる画像の画素が、ノイズ成分の輝度値依存性が打ち消されるように非線形変換され、非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分が分離される。

【0030】

本発明の画像処理装置は、独立した装置であっても良いし、画像処理を行うブロックであっても良い。

【発明の効果】

20

【0031】

本発明によれば、入力された画像より適切にノイズを除去することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下に本発明の実施の形態を説明するが、本明細書に記載の発明と、発明の実施の形態との対応関係を例示すると、次のようになる。この記載は、本明細書に記載されている発明をサポートする実施の形態が本明細書に記載されていることを確認するためのものである。従って、発明の実施の形態中には記載されているが、発明に対応するものとして、ここには記載されていない実施の形態があったとしても、そのことは、その実施の形態が、その発明に対応するものではないことを意味するものではない。逆に、実施の形態が発明に対応するものとしてここに記載されていたとしても、そのことは、その実施の形態が、その発明以外の発明には対応しないものであることを意味するものでもない。

30

【0033】

さらに、この記載は、本明細書に記載されている発明の全てを意味するものではない。換言すれば、この記載は、本明細書に記載されている発明であって、この出願では請求されていない発明の存在、すなわち、将来、分割出願されたり、補正により出現、追加される発明の存在を否定するものではない。

【0034】

即ち、本発明の第1の画像処理装置は、入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段（例えば、図4のノイズ抽出処理部81）と、所定のノイズ確率モデル（例えば、図4のノイズ確率モデルメモリ84）に基づいて、ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正手段（例えば、図4のノイズ補正処理部83）と、入力画像よりノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算手段（例えば、図4の減算処理部86）とを備えることを特徴とする。

40

【0035】

前記ノイズ補正手段には、補正後のノイズ成分から得られるヒストグラム関数と、所定のノイズ確率モデルから得られる確率密度分布関数の形状が一致するように補正関数形状を決定する補正関数形状決定手段（例えば、図6の補正関数算出処理部121）を設けるようにさせることができ、補正関数形状決定手段により決定された補正関数形状の補正関数により、各画素値におけるノイズ成分を補正させるようにすることができる。

50

【0036】

前記補正関数形状決定手段には、各画素値におけるノイズ成分より累積ヒストグラム関数を算出する累積ヒストグラム関数算出手段（例えば、図7の累積ヒストグラム算出処理部141）と、累積ヒストグラム関数と、所定のノイズ確率モデルから得られる累積密度関数の逆関数との合成関数を算出する合成関数算出手段（例えば、図7の合成関数算出部142）とを設けるようにさせることができ、合成関数を補正関数形状の補正関数に決定させるようにすることができる。

【0037】

前記ノイズ補正手段には、ノイズ成分を補正する注目画素について、注目画素の周辺の複数の画素におけるノイズ成分値の順位値を算出する順位値算出手段（例えば、図18の順位値算出処理部181）と、所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、前記順位値でマッピングするマッピング手段（例えば、図18の逆マッピング処理部182）とを設けるようにさせることができ、マッピング手段により所定のノイズ確率モデルから得られるノイズ成分値の累積密度関数に対して、順位値でマッピングすることによりノイズ成分を補正させるようにすることができる。

10

【0038】

前記ノイズ抽出手段には、入力画像の各画素に平滑化フィルタを適用する平滑化手段（例えば、図5の平滑化処理部101）と、入力画像の各画素の画素値から、平滑化手段により平滑化された画素の画素値を差し引く平滑化成分減算手段（例えば、図5の減算部102）とを設けるようにさせることができる。

20

【0039】

平滑化フィルタ（例えば、図5の平滑化処理部101）は、入力画像中の物体輪郭を平滑化しない特性を持つエッジ保存平滑化フィルタとするようにさせることができる。

【0040】

本発明の第1の画像処理方法は、入力画像よりノイズ成分を抽出するノイズ抽出ステップ（例えば、図11のフローチャートにおけるステップS52の処理）と、所定のノイズ確率モデルに基づいて、ノイズ抽出手段により抽出されたノイズ成分を補正するノイズ補正ステップ（例えば、図11のフローチャートにおけるステップS53の処理）と、入力画像よりノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップ（例えば、図11のフローチャートにおけるステップS54の処理）とを含むことを特徴とする。

30

【0041】

本発明の第2の画像処理装置は、入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換手段（例えば、図20の多重解像度変換処理部201）と、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽出手段（例えば、図20のノイズ除去処理部206における図4のノイズ抽出処理部81）と、ノイズ抽出手段により抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正手段（例えば、図20のノイズ除去処理部206における図4のノイズ補正処理部83）と、複数のレイヤのそれぞれの画像について、ノイズ補正手段により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算手段（例えば、図20のノイズ除去処理部206における図4の減算処理部86）と、ノイズ成分減算手段によりノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換手段（例えば、図20の多重解像度逆変換処理部211）とを備えることを特徴とする。

40

【0042】

前記ノイズ成分抽出手段には、複数のレイヤの画像の各画素値をノイズ成分として抽出させるようにすることができる。

【0043】

本発明の第2の画像処理方法は、入力画像を多重解像度からなる複数のレイヤの画像に変換する多重解像度変換ステップ（例えば、図24のフローチャートにおけるステップS162の処理）と、複数のレイヤのそれぞれの画像より、ノイズ成分を抽出するノイズ抽

50

出ステップ（例えば、図 2 4 のフローチャートにおけるステップ S 1 6 3 の処理における図 1 1 のフローチャートのステップ S 5 2 の処理）と、ノイズ抽出ステップの処理により抽出された複数のレイヤのそれぞれの画像のノイズ成分を、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正するノイズ補正ステップ（例えば、図 2 4 のフローチャートにおけるステップ S 1 6 3 の処理における図 1 1 のフローチャートのステップ S 5 3 の処理）と、複数のレイヤのそれぞれの画像について、ノイズ補正ステップの処理により補正されたノイズ成分を減算するノイズ成分減算ステップ（例えば、図 2 4 のフローチャートにおけるステップ S 1 6 3 の処理における図 1 1 のフローチャートのステップ S 5 4 の処理）と、ノイズ成分減算ステップの処理によりノイズ成分が減算された、複数のレイヤの画像を多重解像度逆変換する多重解像度逆変換ステップ（例えば、図 2 4 のフローチャートにおけるステップ S 1 6 4 の処理）とを含むことを特徴とする。 10

【0044】

本発明の第 3 の画像処理装置は、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換手段（例えば、図 2 の非線形変換処理部 4 2）と、非線形変換手段により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離手段（例えば、図 2 のノイズ除去処理部 4 3）とを備えることを特徴とする。

【0045】

前記非線形変換手段（例えば、図 2 の非線形変換処理部 4 2）には、イメージセンサで発生する確率的なランダムノイズの標準偏差に基づいて、各輝度レベルにおけるノイズ標準偏差の逆数に比例するような傾きを持つ単調増加関数による輝度レベルのマッピングにより、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換させるようにすることができる。 20

【0046】

前記非線形変換手段には、イメージセンサによって得られる画像の画素値を増幅し、ゲイン値として取得するゲイン値取得手段（例えば、図 3 のゲイン値獲得処理部 6 2）と、イメージセンサの熱雑音のばらつき値を計測するばらつき値計測手段（例えば、図 3 の熱雑音ばらつき計測処理部 6 1）と、ゲイン値と、熱雑音ばらつき値とをパラメータとして決定される非線形変換関数を算出する非線形変換関数算出手段（例えば、図 3 の線形曲線算出処理部 6 3）とを設けるようにさせることができ、非線形変換関数算出手段により算出された非線形変換関数により、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換させるようにすることができる。 30

【0047】

本発明の第 3 の画像処理方法は、イメージセンサによって得られる画像の画素を、ノイズ成分の輝度値依存性を打ち消すように非線形変換する非線形変換ステップ（例えば、図 9 のフローチャートにおけるステップ S 4 の処理）と、非線形変換ステップの処理により非線形変換された画素からなる画像よりノイズ成分を分離するノイズ成分分離ステップ（例えば、図 9 のフローチャートにおけるステップ S 5 の処理）とを含むことを特徴とする。

【0048】

尚、プログラムについては、画像処理方法と同様であるので、その説明は省略する。 40

【0049】

以下、図を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0050】

図 1 は、本発明を適用した演算処理を実行するデジタルスチルカメラ 1 の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【0051】

図 1 に示すように、デジタルスチルカメラ 1 は、レンズ 1 1、絞り 1 2、イメージセンサ 1 3、相関 2 重サンプリング（CDS: Correlated Double Sampling）回路 1 4、A/D（Analog/Digital）コンバータ 1 5、DSP（Digital Signal Processor）ブロック 1 6、タイ 50

ミングジェネレータ 17、D/A (Digital / Analog) コンバータ 18、ビデオエンコーダ 19、表示部 20、コーデック (CODEC: COmpression / DECompression) 処理部 21、メモリ 22、CPU (Central Processing Unit) 23、および、操作入力部 24 から構成される。

【0052】

イメージセンサ 13 は、光情報を電気信号に変換する CCD (Charge Coupled Devices) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などに代表される (光電変換) 半導体素子であり、光を電気に変換する受光素子 (画素) を複数個並べ、光の変化を画素ごとに独立して電気信号に変換するものである。相関 2 重サンプリング回路 14 は、イメージセンサ 13 の出力信号に含まれるノイズのうち、リセットノイズを、出力の各画素信号のうち、映像信号期間をサンプリングしたものと、基準期間をサンプリングしたものとを引き算することにより除去する回路である。A/D コンバータ 15 は、供給されたノイズ除去後のアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【0053】

DSP ブロック 16 は、信号処理用プロセッサと画像用 RAM (Random Access Memory) を持つブロックで、信号処理用プロセッサが画像用 RAM に格納された画像データに対して、予めプログラムされた画像処理、または、ハードウェアによる演算処理として構成された画像処理を行うものである。タイミングジェネレータ 17 は、イメージセンサ 13 を駆動するために必要な、水平および垂直の各種駆動パルス、並びに、アナログフロント処理で用いるパルスを、基準クロックに同期して発生させるロジック回路である。また、タイミングジェネレータ 17 により発生されるタイミングクロックは、バス 25 を介して、コーデック処理部 21、メモリ 22、および、CPU 23 にも供給されている。

【0054】

D/A コンバータ 18 は、供給されたデジタル信号をアナログ信号に変換して出力する。ビデオエンコーダ 19 は、供給されたアナログ信号を、表示部 20 において表示可能な形式のビデオデータにエンコードする。表示部 20 は、例えば、LCD (Liquid Crystal Display) などで構成され、ビデオエンコーダ 19 から供給されたビデオ信号を表示する。

【0055】

コーデック処理部 21 は、例えば JPEG (Joint Picture Experts Group) などの、デジタル画像データの圧縮または伸張アルゴリズムによる処理を実行する。メモリ 22 は、例えば、半導体メモリ、磁気ディスク、光磁気ディスク、または、光ディスクなどにより構成され、CPU 23 の制御に基づいて、供給されたデータを記憶したり、または、記憶しているデータを出力する。なお、メモリ 22 は、デジタルスチルカメラ 1 に対して着脱可能なようになされていても良い。

【0056】

CPU 23 は、バス 25 を介して、操作入力部 24 から供給されたユーザの操作入力に基づき、デジタルスチルカメラ 1 の各部を制御する。操作入力部 24 は、録画を指令する場合のボタンをはじめとして、例えば、ジョグダイヤル、キー、レバー、ボタン、またはタッチパネルなどにより構成され、ユーザによる操作入力を受ける。

【0057】

次に、図 1 のデジタルスチルカメラ 1 の動作について説明する。

【0058】

レンズ 11 および絞り 12 を介して入力された光は、イメージセンサ 13 に入射され、受光素子での光電変換によって電気信号に変換され、相関 2 重サンプリング回路 14 に供給される。相関 2 重サンプリング回路 14 は、イメージセンサ 13 の出力の各画素信号のうち、映像信号期間をサンプリングしたものと、基準期間をサンプリングしたものとを引き算することによりノイズを除去し、A/D コンバータ 15 に供給する。A/D コンバータ 15 は、供給されたノイズ除去後のアナログ信号をデジタル信号に変換し、DSP ブロック 16 の画像用 RAM に一時格納する。

【0059】

10

20

30

40

50

タイミングジェネレータ17は、撮像中の状態において、一定のフレームレートによる画像取り込みを維持するように、イメージセンサ13、相関2重サンプリング回路14、A/Dコンバータ15、および、DSPブロック16を制御する。

【0060】

DSPブロック16は、一定のレートで画素のストリームデータの供給を受け、画像用RAMに一時格納し、信号処理用プロセッサにおいて、一時格納された画像データに対して、後述する画像処理を実行する。DSPブロック16は、画像処理の終了後、CPU23の制御に基づいて、その画像データを表示部20に表示させる場合は、D/Aコンバータ18に、メモリ22に記憶させる場合は、コーデック処理部21に画像データを供給する。

【0061】

D/Aコンバータ18は、DSPブロック16から供給されたデジタルの画像データをアナログ信号に変換し、ビデオエンコーダ19に供給する。ビデオエンコーダ19は、供給されたアナログの画像信号を、ビデオ信号に変換し、表示部20に出力して表示させる。すなわち、表示部20は、デジタルスチルカメラ1において、カメラのファインダの役割を担っている。コーデック処理部21は、DSPブロック16から供給された画像データに対して、所定の方式の符号化を施し、符号化された画像データをメモリ22に供給して記憶させる。

【0062】

また、コーデック処理部21は、操作入力部24からユーザの操作入力を受けたCPU23の制御に基づいて、メモリ22に記憶されているデータのうち、ユーザに指定されたデータを読み取り、所定の復号方法で復号し、復号した信号をDSPブロック16に出力する。これにより、復号された信号が、DSPブロック16を介してD/Aコンバータ18に供給され、アナログ変換された後、ビデオエンコーダ19によりエンコードされて、表示部20に表示される。

【0063】

次に、図2を参照して、DSPブロック16により実現される機能の一実施の形態の構成について説明する。

【0064】

デモザイク処理部41は、入力されたモザイク画像の各画素位置のRGB (Red, Green, Blueの光の3原色)の画像信号の全ての強度を揃え、それぞれ非線形変換処理部42-1乃至42-3に供給する。尚、ここでいうモザイク画像は、図1のA/Dコンバータ15によってデジタル化され、DSPブロック16に入力される画像信号である。モザイク画像は各画素にRGBのどれかの色に対応する強度信号が格納されており、通常、Bayer配列と呼ばれる色配列に従って配置されている。尚、非線形変換処理部42-1乃至42-3については、特に区別する必要がない場合、単に、非線形変換処理部42と称するものとし、その他の構成についても同様に称するものとする。

【0065】

非線形変換処理部42-1乃至42-3は、それぞれRGBの画像信号について、非線形変換関数を用いて変換処理し、それぞれノイズ除去処理部43-1乃至43-3に供給する。尚、非線形変換処理部42-1乃至42-3については、詳細を後述する。

【0066】

ノイズ除去処理部43-1乃至43-3は、それぞれ非線形変換処理部42-1乃至42-3より供給されたRGBの画像信号についてノイズを除去し、非線形逆変換処理部44-1乃至44-3に供給する。尚、ノイズ除去処理部43-1乃至43-3については、詳細を後述する。

【0067】

非線形逆変換処理部44-1乃至44-3は、それぞれノイズ除去処理部43-1乃至43-3より供給されてくる、ノイズが除去されたRGBの画像信号を、非線形変換処理部42-1乃至42-3の変換で利用した非線形変換関数により逆変換し、ホワイトバランス処理部45に供給する。尚、非線形逆変換処理部44-1乃至44-3については、詳

10

20

30

40

50

細を後述する。

【0068】

ホワイトバランス処理部45は、非線形変換処理部42、ノイズ除去処理部43、および非線形逆変換処理部44によりノイズ除去されたRGBのそれぞれの画像信号に適切な係数を掛けることで、被写体領域の色バランスが無彩色になるように処理し、ガンマ補正処理部46に供給する。

【0069】

ガンマ補正処理部46は、ホワイトバランス処理部45によりホワイトバランスが調整されたRGBのそれぞれの画像信号の各画素強度をガンマ補正し、YC変換処理部47に出力する。YC変換処理部47は、ガンマ補正された3チャンネル画像信号にYCマトリックス処理を施すと共に、クロマ成分に対する帯域制限を掛けてY画像およびC画像を生成し、コーデック処理部21に対してYCbCr画像信号として出力する。

10

【0070】

尚、図2においては、デモザイク処理部41の後段に非線形変換処理部42、ノイズ除去処理部43、および非線形逆変換処理部44を配置する構成となっているが、これらの配置順序は、図2で示されるものに限らず、例えば、デモザイク処理部41の前段に非線形変換処理部42、ノイズ除去処理部43、および非線形逆変換処理部44を配置し、モザイク画像のノイズ除去を行った後、デモザイク処理を実行するようにしても良い。ただし、この場合、モザイク画像の各画素はRGBのうちのいずれか1色の値しかもたないため、RGB毎の非線形変換処理部42、ノイズ除去処理部43、および非線形逆変換処理部44を設け、各画素毎の処理を色によって振り分けるようにする必要がある。

20

【0071】

また、非線形変換処理部42、ノイズ除去処理部43、および非線形逆変換処理部44は、それぞれ単独でもノイズ除去処理を実行することは可能である。すなわち、例えば、図2の構成から非線形変換処理部42、および非線形逆変換処理部44を省き、ノイズ除去処理部43のみの構成でもノイズを除去することは可能である。また、非線形変換処理部42、および非線形逆変換処理部44は、ノイズ除去処理部43以外のノイズ除去処理能力を持った構成と組み合わせるようにしてもノイズを除去する効果がある。

【0072】

次に、図3を参照して、非線形変換処理部42の機能の一実施の形態の構成について説明する。尚、非線形変換処理部42-1乃至42-3は、RGB画像信号のいずれについてもその構成は同様である。

30

【0073】

ゲイン値獲得処理部62は、CPU23と通信することにより、CPU23で制御されるイメージセンサ13の出力段におけるゲイン値を獲得すると共に、熱雑音ばらつき計測処理部61および変換曲線算出処理部63に対してセンサ出力段ゲイン値を供給する。

【0074】

熱雑音ばらつき計測処理部61は、デモザイク処理部41より供給されてくる画像信号に基づいて、イメージセンサ13の出力段における熱雑音の大きさを測定する。通常、イメージセンサ13には光学的に遮蔽された画素の領域（オプティカルブラック領域：OPB領域とも称する）が存在し、その領域の画素値を計測することにより、そのイメージセンサ13の黒レベルを得ることができるようになっている。熱雑音は入射光強度に依存しないので、熱雑音ばらつき計測処理部61は、このOPB領域の画素値のばらつき値を計測することにより熱雑音のばらつき値を計測し、計測結果を変換曲線算出処理部63に供給する。熱雑音は入射光強度には依存しないが回路温度に依存するので、撮像時にその都度計測することが望ましい。そこで、非線形変換処理部42の前段の構成（例えば、絞り12など）により、熱雑音ばらつき計測処理部61に供給される画像にOPB領域が含まれるように設定されている。そこで、熱雑音ばらつき計測処理部61は、デモザイク処理部41より供給される画像信号のうちOPB領域の画素値の標準偏差値を熱雑音ばらつき値として算出する。このとき、非線形変換処理部42に供給される画像信号にはイメージセンサ1

40

50

3における出力段のゲインがかかっているため、熱雑音ばらつき計測処理部61は、ゲイン値獲得処理部62より供給されるゲイン値に基づいて、OPB領域の画素値におけるゲインを全て補償した値を算出し、その補償した値を用いて標準偏差値を算出し、熱雑音のばらつき値として出力する。

【0075】

変換曲線算出処理部63は、ゲイン値獲得処理部62からのゲイン値、および熱雑音ばらつき計測処理部61より供給される熱雑音ばらつき値に基づいて非線形変換関数の形状を算出し、算出した非線形変換関数形状を変換曲線LUT(Look Up Table)64にLUT(入力値毎に変換曲線により変換された出力値が規定されたテーブル)の形式で保存する。

【0076】

マッピング処理部65は、変換曲線LUT64に保存されたLUTに基づき、入力された各画素値にLUT参照による非線形変換処理を適用する。マッピング処理部65によるマッピング処理には、熱雑音ばらつき値の計測に1フレーム分の画像入力が必要となるため、適用する変換曲線LUT64に保存されるLUTは、時刻的には1つ前のフレームから算出されたものとなる。しかしながら、通常のデジタルスチルカメラにおいて、イメージセンサ13の出力段のゲイン値や熱雑音は、フレーム単位では大きく変化することはないので問題は生じない。

【0077】

次に、図4を参照して、ノイズ除去処理部43の機能の一実施の形態の構成について説明する。ノイズ除去処理部43-1乃至43-3は、RGBの画像信号のどのチャンネルに対しても同じ構成である。ノイズ除去処理部43は、一時的な画像メモリとしてノイズ候補画像メモリ82と補正ノイズ画像メモリ85を備えている。また、ノイズ除去処理部43は、固定的で読み出しのみをおこなうメモリとしてノイズ確率モデルメモリ84を備えている。

【0078】

ノイズ抽出処理部81はRGBの画像信号のチャンネルのうち、いずれか1つの非線形変換された画像からノイズ成分を抽出したノイズ候補画像を生成し、ノイズ候補画像メモリ82に格納する。ノイズ補正処理部83は、ノイズ確率モデルメモリ84よりノイズ確率モデルの情報を読み出し、ノイズ抽出処理部81により抽出され、ノイズ候補画像メモリ82に格納されているノイズ候補画像を適切に補正し、補正ノイズ画像メモリ85に格納する。減算処理部86は、補正ノイズ画像メモリ85に格納されている補正ノイズ画像を読み出し、入力画像から補正ノイズ画像を差し引く演算により、適切にノイズを除去した画像を生成し、非線形逆変換処理部44に出力する。

【0079】

次に、図5を参照して、図4のノイズ除去処理部43におけるノイズ抽出処理部81の機能の一実施の形態の構成について説明する。

【0080】

ノイズ抽出処理部81の平滑化処理部101は、非線形変換処理部42より供給された画像に対してローパスフィルタを適用することにより、平滑化された画像信号を生成し、減算処理部102に供給する。減算処理部102は、非線形変換処理部42より供給された画像の各画素値について、平滑化処理部101により平滑化された画像の対応する画素値を減算することによりノイズ成分値を算出し、ノイズ候補画像メモリ82に格納する。

【0081】

尚、図5においては、ノイズ抽出処理部81の一実施の形態の構成として平滑化フィルタを用いた場合の構成が示されているが、ノイズ抽出処理部81の構成としては、ノイズ成分が抽出されるものであればよいので、その構成は、図5で示される構成に限定されるものでなく、既存のその他の手法であってもよい。

【0082】

次に、図6を参照して、図4のノイズ除去処理部43におけるノイズ補正処理部83の機能の一実施の形態の構成について説明する。

10

20

30

40

50

【0083】

補正関数算出処理部121は、ノイズ候補画像メモリ82に格納されたノイズ候補画像と、ノイズ確率モデルメモリ84に格納されているノイズ確率モデルの情報とに基づいて、ノイズを補正するための補正関数を生成し、LUTとして補正関数LUT122に格納する。

【0084】

補正関数適用処理部123は、補正関数LUT122に格納されている補正関数算出処理部121により算出された補正関数LUTを読み出し、ノイズ候補画像の各画素に適用することで、ノイズの強度値を補正し、補正ノイズ画像メモリ85に格納する。

【0085】

次に、図7を参照して、図6のノイズ補正処理部83における補正関数算出処理部121の機能の一実施の形態の構成について説明する。 10

【0086】

累積ヒストグラム算出処理部141は、ノイズ候補画像メモリ82よりノイズ候補画像を読み出し、各画素値の強度の累積ヒストグラムを算出する。より具体的には、累積ヒストグラム算出処理部141は、ヒストグラム関数を積分することにより、累積ヒストグラム関数を算出し、合成関数算出処理部142に供給する。

【0087】

合成関数算出処理部142は、ノイズ確率モデル84に格納されているノイズ確率モデルの情報である累積密度関数を読み出し、その逆関数を、累積ヒストグラム算出処理部141により算出された累積ヒストグラム関数に合成した関数を補正関数として算出し、補正関数LUT122に格納させる。 20

【0088】

次に、図8を参照して、非線形逆変換処理部44の機能の一実施の形態の構成について説明する。非線形逆変換処理部44-1乃至44-3は、RGBの画像信号のいずれのチャンネルに対しても同じ構成である。

【0089】

非線形逆変換処理部44は、非線形変換変換手段42における変換処理の逆変換処理を実行するものであるため、基本的な構成は、同様であるが、非線形変換変換処理部42におけるマッピング処理部65に代えて非線形逆変換処理部44においては逆マッピング処理部165となっている点が異なる。逆マッピング処理部165は、変換曲線LUT164のLUTを用いて、逆変換を実行する。 30

【0090】

尚、図8における熱雑音ばらつき計測処理部161、ゲイン値獲得処理部162、変換曲線算出処理部163、および変換曲線LUT164については、図3の非線形変換処理部42における計測処理部61、ゲイン値獲得処理部62、変換曲線算出処理部63、および変換曲線LUT64と同様であるので、その説明は省略する。また、熱雑音ばらつき計測処理部161、ゲイン値獲得処理部162、変換曲線算出処理部163、および変換曲線LUT164については、図3の非線形変換処理部42における計測処理部61、ゲイン値獲得処理部62、変換曲線算出処理部63、および変換曲線LUT64と同様であるので、共有するような構成としても良い。 40

【0091】

次に、図9のフローチャートを参照して、図2のDSPブロック16による画像処理について説明する。

【0092】

デモザイク処理部41は、モザイク画像が入力されたか否か（フレームメモリから読み込まれたか否か）を判定し、入力されるまで、その処理を繰り返す。例えば、画像が入力されたと判定された場合、ステップS2において、デモザイク処理部41は、入力されたモザイク画像からRGBの3チャンネルの画像信号を生成するデモザイク処理を実行し、生成したRGBの画像信号をそれぞれ非線形変換処理部42-1乃至42-3に供給する。

【0093】

ステップS3において、非線形変換処理部44は、非線形変換処理を実行し、1つのチャンネル画像の各画素の輝度値を非線形な特性カーブによって強度変換し、ノイズ除去部43に供給する。尚、非線形変換処理については、図10を参照して、その詳細を後述する。

【0094】

ステップS4において、ノイズ除去部43は、ノイズ除去処理を実行し、供給された1つのチャンネル画像の各画素についてノイズを除去し、非線形逆処理部44に供給する。尚、ノイズ除去処理については、図11を参照して、その詳細を後述する。

【0095】

ステップS5において、非線形逆変換処理部44は、非線形逆変換処理を実行し、ステップS3の非線形変換処理により適用した非線形特性を打ち消すように強度変換し、ホワイトバランス処理部45に供給する。 10

【0096】

尚、ステップS3乃至S5の処理については、RGBの各画像信号に対して、非線形変換処理部42-1乃至42-3、ノイズ除去処理部43-1乃至43-3、および非線形逆変換処理部44-1乃至44-3が並列処理するようにしても良いし、各チャンネルに対して、順次処理するようにしても良い。

【0097】

ステップS6において、ホワイトバランス処理部45は、ノイズが除去され、非線形特性が解除されたRGB3チャンネル画像に対してそれぞれの画像信号に適切な係数を掛けることで、被写体領域の色バランスが無彩色になるようにホワイトバランス処理を施し、ガンマ補正処理部46に供給する。 20

【0098】

ステップS7において、ガンマ補正処理部46は、ホワイトバランス処理部45によりホワイトバランスが調整されたRGBのそれぞれの画像信号の各画素強度をガンマ補正し、YC変換処理部47に出力する。

【0099】

ステップS8において、YC変換処理部47は、ガンマ補正処理部46によりガンマ補正処理されたRGBの画像信号にYCマトリクス処理を施すYC変換処理を実行し、Y画像とC画像に変換し、ステップS9において、Y画像とC画像を出力(フレームメモリに書き込む)する 30

【0100】

以上の処理により、ノイズが除去されたYC画像が生成されることになる。

【0101】

次に、図10のフローチャートを参照して、図9のフローチャートにおけるステップS3の処理である非線形変換処理について説明する。

【0102】

ステップS31において、マッピング処理部65は、デモザイク処理部41によって生成されたRGBの画像信号のうち1チャンネルの画像のいずれかが入力されたか否か(読み取られたか否か)を判定し、入力されたと判定されるまで、その処理を繰り返す。例えば 40、ステップS31において、入力されたと判定された場合、ステップS32において、マッピング処理部65は、変換曲線LUT64よりLUTを読み出し、読み出したLUTに基づいて、全ての画素値の階調を非線形変換し、ステップS33において、ノイズ除去部43に出力する。尚、非線形変換処理に用いられるLUTは、1フレーム前の画像に基づいて、生成されたものである。したがって、最初の処理においては、例えば、デフォルトで設定されたLUTが使用されることになる。

【0103】

ステップS34において、ゲイン値獲得処理部62は、CPU23との通信によりイメージセンサ13の出力段のゲイン値を獲得し、熱雑音ばらつき計測処理部61、および変換曲線算出処理部63に供給する。 50

【0104】

ステップS35において、熱雑音ばらつき計測処理部61は、ゲイン値獲得処理部62より供給されたゲイン値に基づいて、入力画像中のOPB領域中の全ての画素から、ゲイン値をキャンセルし（ゲイン値で除算し）、変換曲線算出部63に供給する。

【0105】

ステップS36において、熱雑音ばらつき計測処理部61は、ゲイン値がキャンセルされている（ゲイン値で除算されている）OPB領域画素を用いて標準偏差値を算出し、求められた標準偏差値を熱雑音ばらつき値として変換曲線算出処理部63に供給する。

【0106】

ステップS37において、変換曲線算出処理部63は、ゲイン値獲得処理部61より供給されたゲイン値と、熱雑音ばらつき計測処理部61より供給された熱雑音ばらつき値に基づいて、変換曲線を算出する。 10

【0107】

ステップS38において、変換曲線算出処理部63は、算出した変換曲線をLUTとして変換曲線LUT64に格納させる。ここで格納された変換曲線LUTは、次のフレームにおける非線形変換処理時に利用される。

【0108】

ここで、ステップS37の処理における変換曲線の算出方法について説明する。

【0109】

イメージセンサ13によって獲得された画像信号Mは、元信号Sと獲得時に生じたイメージセンサ13におけるノイズ成分Nによって、以下の式(1)で表現されるものと仮定する。 20

【0110】

【数1】

$$M(x, y) = S(x, y) + N(x, y)$$

・・・(1)

ここで、式(1)における(x, y)は、画像中の画素位置を示す座標である。また、CCDやCMOSなどに代表される固体撮像素子においては、Gauss分布に従う熱雑音とPoisson分布に従う光ショットノイズが主要なノイズ成分であるといわれている。そこで、ここでは、ノイズ成分Nは、熱雑音と光ショットノイズのみからなるものとして説明する。このとき、このノイズ成分Nの確率モデルの期待値は0であり、ノイズの分散は信号成分Sの強度に依存するので、ノイズ成分Nの分散V{N}は、以下の式(2)で表現されることになる。 30

【0111】

【数2】

$$V\{N\} = V_N(S) = S + \sigma_T^2$$

・・・(2)

ここで、式(2)における σ_T は、熱雑音の標準偏差を示す。また、元信号Sは、確定的（確率的にゆらがない）とする。従って、入力された画像信号Mの分散V{M}は、以下の式(3)で表現されることになる。 40

【0112】

【数3】

$$\begin{aligned} V\{M\} &= V\{S\} + V\{N\} \\ &= V_N(S) \\ &= S + \sigma_T^2 \end{aligned}$$

・・・(3)

【0113】

ここで、式(3)における画像信号Mを非線形変換fによって非線形な階調に変換した画像Iを、以下の式(4)で示されるものとして考える。

【0114】

【数4】

$$I(x, y) = f(M(x, y))$$

・・・(4)

【0115】

ステップS37の処理において求めようとする非線形変換関数fは、非線形変換後の画像Iの分散が強度値に対して依存しない非線形変換関数である。

【0116】

そこで、まず、以下の式(5)で示されるように、非線形変換関数fを $M=M_a$ のまわりで1次のTaylor展開により近似式を求める。

【0117】

【数5】

$$\begin{aligned} f(M(x, y)) &= f(M_a) + \frac{df(M_a)}{dM} (M - M_a) + R_2 \\ &\approx f(M_a) + \frac{df(M_a)}{dM} (M - M_a) \end{aligned}$$

・・・(5)

【0118】

ここで、 R_2 は2次の項以降の和を示しており、ここでは0と近似するものとしている。従って、式(5)の近似を用いることにより、 $I_a = f(M_a)$ のまわりの非線形変換画像Iの分散 $V\{I\}$ は、以下の式(6)として表現されることになる。

【0119】

【数6】

$$\begin{aligned} V\{I\} &= V\{f(M)\} \\ &\approx V\left\{f(M_a) + \frac{df(M_a)}{dM} (M - M_a)\right\} \\ &= \left(\frac{df(M_a)}{dM}\right)^2 V\{M\} \end{aligned}$$

但し、 $I \in I_a$ 近傍、 $M \in M_a$ 近傍

・・・(6)

【0120】

ここで、 c_0 は定数である。

【0121】

さらに、全ての M_a に対して、非線形変換画像Iの分散 $V\{I\}$ が、 $V\{I\} = c_0^2$ (一定)となるように非線形変換関数fの傾きを計算すると、以下の式(7)で表現される。

【0122】

10

20

30

40

$$\frac{df(M_a)}{dM} = \frac{\sigma_c}{V^{\frac{1}{2}}\{M|M=M_a\}}$$

・・・(7)

【0123】

すなわち、全ての M_a に対して、非線形変換画像 I の分散 $V\{I\}$ が、一定であるということは、強度に対して一定であり、強度依存しないことを示す拘束条件となる。結果として、式(7)で求められる傾きは、求めようとする非線形変換関数 f の傾きであるとも言える。

10

【0124】

さらに、式(7)に式(3)の関係を代入することにより、求めようとする非線形変換関数 f の傾きは、以下の式(8)で表現されることになる。

【0125】

$$\begin{aligned} \frac{df(M_a)}{dM} &= \frac{\sigma_c}{V^{\frac{1}{2}}\{M|M=M_a\}} \\ &= \sigma_c (M_a + \sigma_I^2)^{-\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

20

・・・(8)

【0126】

ただし、 $E\{M|M=M_a\}=M_a$ とした。非線形変換関数 f の形状は、式(8)を M_a について積分することにより、例えば、以下の式(9)で示される非線形変換関数 f として求められることになる。

【0127】

【数9】

$$\begin{aligned} f(M) &= \sigma_c \int_0^M (M_a + \sigma_I^2)^{-\frac{1}{2}} dM_a \\ &= 2\sigma_c \left[(M_a + \sigma_I^2)^{-\frac{1}{2}} - \sigma_I \right] \end{aligned}$$

30

・・・(9)

【0128】

定数 σ_c については、たとえば、画像信号 M の最大値が非線形変換処理画像 I の最大値にマップされるというような拘束条件を設定することにより算出することができる。また、熱雑音のばらつき値 σ_I は、ステップS36の処理により計測される、イメージセンサ13の遮光した領域にある画素(OPB領域画素)からの出力値のばらつき値を用いることで算出することができる。

40

【0129】

また、通常のデジタルスチルカメラなどにおいては露出調整やISO感度調整等の目的で、イメージセンサ13の出力段に可変のゲイン A をかけられるようになっている場合が多い。その場合、画像信号 M は以下の式(10)で表現されるが、ゲイン A はその時点におけるカメラ制御の設定から獲得できる情報なので、ゲイン A を考慮した非線形変換 f を算出するため、ステップS36の処理により、ゲイン A がキャンセルされている。また、ノイズ

50

除去処理をイメージセンサ 13 からの画像信号に施した後に、ゲインAを乗じるようにしてもよい。

【0130】

【数10】

$$M(x, y) = A(S(x, y) + N(x, y))$$

・・・(10)

【0131】

すなわち、以上の非線形変換処理により、入力された画像の各画素のそれぞれについて、輝度に依存しない非線形変換画像に変換させるための非線形変換関数が求められ、求められた非線形変換関数によりフレーム毎に画像が変換されるため、ノイズの輝度依存性が打ち消された画像が得られることになる。結果として、後段のノイズ除去処理において、輝度依存性が打ち消されたノイズを画像から除去すればよいことになるので、適正なノイズ除去処理を実現させることが可能となる。

【0132】

次に、図11のフローチャートを参照して、ノイズ除去処理について説明する。

【0133】

ステップS51において、ノイズ抽出処理部81は、非線形変換処理部42により生成された非線形変換処理された1チャンネル分の画像が入力されたか否か(1チャンネル分の画像が読み取られたか否か)を判定し、入力されたと判定されるまで、その処理を繰り返し、入力されたと判定された場合、その処理は、ステップS52に進む。

【0134】

ステップS52において、ノイズ抽出処理部81は、ノイズ抽出処理を実行し、入力された画像よりノイズ成分を抽出したノイズ候補画像を生成し、ノイズ候補画像メモリ82に格納する。

【0135】

ここで、図12のフローチャートを参照して、ノイズ抽出処理について説明する。

【0136】

ステップS71において、平滑化処理部101および減算処理部102は、画像が入力されてきたか否かを判定し、入力されたと判定されるまで、その処理を繰り返し、例えば、入力されたと判定された場合、その処理は、ステップS72に進む。

【0137】

ステップS72において、平滑化処理部101および減算処理部102は、入力された画像を構成する画素のうち、いずれか未処理の画素を注目画素として選択する。

【0138】

ステップS73において、平滑化処理部101は、注目画素に対してローパスフィルタを適用することにより平滑化された画像信号を生成し、減算処理部102に供給する。

【0139】

ステップS74において、減算処理部102は、注目画素の画素値から、平滑化処理部101より供給された平滑化されている画素の画素値を減算することによりノイズ成分値を算出する。

【0140】

ステップS75において、平滑化処理部101および減算処理部102は、未処理の画素が存在するか否かを判定し、未処理の画素があると判定した場合、その処理は、ステップS72に戻り、それ以降の処理が繰り返される。すなわち、供給された画像の全ての画素について、処理されたと判定されるまで、ステップS72乃至S75の処理が繰り返される。

【0141】

ステップS75において、未処理の画素がない、すなわち、全ての画素についてノイズ抽出処理が完了したと判定された場合、ステップS76において、減算処理部102は、

算出されたノイズ成分値の画像からなるノイズ候補画像をノイズ候補画像メモリ82に格納する。

【0142】

尚、平滑化処理部101は、例えば、非線形なフィルタであってもよく、ノイズの除去に有効な非線形平滑化フィルタとしてエッジ保存の性質があるフィルタを用いるようにしてもよい。

【0143】

より具体的には、平滑化処理部101としては、以下の式(11)で示される演算を実行するバイラテラルフィルタと呼ばれるフィルタを利用するようにしてもよい。

【0144】

【数11】

$$I_s(p) = \frac{\sum_{q \in \Omega_p} \psi(q-p) \cdot \phi(I(q) - I(p)) \cdot I(q)}{\sum_{q \in \Omega_p} \psi(q-p) \cdot \phi(I(q) - I(p))}$$

・・・(11)

【0145】

式(11)において、pは注目する画素位置、qはpの近傍Ω_pに存在する画素位置、Iは画素値、I_sはバイラテラルフィルタによって算出される平滑化された画素値、ψ、φはそれぞれ重み関数である。通常、線形平滑化フィルタが注目画素からの位置関係によって決定された重み値(重み関数φに相当)を近傍の各画素値に掛けて、全近傍画素の積和計算を実行するのに対して、バイラテラルフィルタでは、さらに、注目画素の画素値I(p)と各近傍画素の画素値I(q)との差分に応じて決定される重み値(重み関数ψに相当)を掛けて積和計算を実行する。この画素値の差分に応じて決まる重みを決定する重み関数ψは、0を中心として左右に次第に減少していくような関数が設定されることにより、注目画素から大きく離れた画素値を持つ画素の平滑化への寄与を小さくすることができ、逆に、注目画素から近い画素値を持つ画素の平滑化への寄与を大きくすることができる。

【0146】

このため、エッジのような画素値が大きく変化する部分は、平滑化の程度が小さいため、エッジを残しやすくすることができるが、ノイズによる微小な画素値の変動に対しては平滑化の程度を大きくすることができるのでノイズは除去することができる。結果として、エッジを保存したまま、ノイズのみを適正に除去することができる。さらに、本発明とともに用いる非線形平滑化フィルタとして、バイラテラルフィルタだけでなく、メディアンフィルタなどその他のフィルタを用いるようにしてもよい。

【0147】

以上のように、ノイズ抽出処理によりノイズのみを抽出し、ノイズのみの画素値からなるノイズ候補画像を生成して、ノイズ候補画像メモリ82に格納することが可能となる。

【0148】

ここで、図11のフローチャートの説明に戻る。

【0149】

ステップS53において、ノイズ補正処理部83は、ノイズ補正処理を実行し、ノイズ確率モデルメモリ84よりノイズ確率モデルの情報を読み出し、ノイズ候補画像メモリ82に格納されている、ノイズ抽出処理部81により抽出されたノイズ候補画像を適切に補正し、ノイズ候補画像が補正された補正ノイズ画像を補正ノイズ画像メモリ85に格納する。

【0150】

ここで、図13のフローチャートを参照して、ノイズ補正処理について説明する。

【0151】

ステップS91において、補正関数算出処理部121および補正関数適用処理部123

10

20

30

40

50

は、ノイズ候補画像がノイズ候補画像メモリ82に入力されてきたか否か（格納されたか否か）を判定し、画像が入力されてくるまで、その処理を繰り返し、画像が入力されてくると、その処理は、ステップS92に進む。

【0152】

ステップS92において、補正関数算出処理部121の累積ヒストグラム算出処理部141は、ノイズ候補画像の画素強度の累積ヒストグラムを算出し、合成関数算出処理部142に供給する。

【0153】

ステップS93において、補正関数算出処理部121の合成関数算出処理部142は、累積ヒストグラム算出処理部141が算出した累積ヒストグラム関数と、ノイズ確率モデルメモリ84より読み出されるノイズ確率モデルの情報（ノイズ確率モデルの累積密度関数）の逆関数を合成した関数を算出する。

10

【0154】

ステップS94において、合成関数算出処理部142は、算出した合成関数を補正関数として補正関数LUT122に格納する。

【0155】

ステップS95において、補正関数適用処理部123は、ノイズ候補画像メモリ82より読み出した画像のうち未処理の画素を注目画素として選択する。

【0156】

ステップS96において、補正関数適用処理部123は、補正関数LUT122より補正関数を読み出して、ノイズ候補画像の注目画素に対して適用し、ノイズ成分値を補正する。

20

【0157】

ステップ97において、補正関数適用処理部123は、ノイズ候補画像メモリ82より読み出した画像のうち未処理の画素が存在するか否かを判定し、未処理の画素が存在すると判定した場合、その処理は、ステップS95に戻り、それ以降の処理が繰り返される。すなわち、全ての画素が補正されるまで、ステップS95乃至S97の処理が繰り返される。

【0158】

そして、ステップS97において、未処理の画素が存在しないと判定された場合、ステップS98において、補正関数適用処理部123は、補正されたノイズ成分値からなるノイズ候補画像を、補正ノイズ画像として補正ノイズ画像メモリ85に格納する。

30

【0159】

以上のノイズ補正処理により、画像信号に含まれているノイズを本来のノイズ確率分布に沿ったものに補正することが可能となる。

【0160】

すなわち、入力される画像信号Mが、元信号Sとノイズ成分Nとの和で表現されるものと仮定し、さらに、ノイズ成分Nが理想的な確率分布に従うランダムノイズである仮定すれば、CCDやCMOSなどに代表される固体撮像素子により発生するのノイズ成分Nの主要部分は、Gauss分布に従う熱雑音とPoisson分布に従う光ショットノイズが占めるものといわれている。

40

【0161】

したがって、ノイズ成分Nが画像信号Mから理想的な状態で抽出されれば、ノイズ成分Nのヒストグラムは、本来のノイズ成分Nの律則となる確率密度関数と同じ分布で抽出されるはずである。しかしながら、例えば、平滑化フィルタ（非線形平滑化も含む）を用いる上述したステップS52のノイズ抽出処理により抽出されるノイズ成分 N_0 は、元信号Sである成分の一部がノイズ成分Nに混入したものであり、そのヒストグラム形状は必ずしもノイズ成分Nの理想的な確率密度関数形状とは一致しない。

【0162】

そこで、上述の処理では、ステップS52の処理で示される既存のノイズ抽出処理（以

50

上の例においては平滑化)により、ノイズ成分 N_e が抽出され、ステップS53で示されるノイズ補正処理により、ノイズ成分 N_e のヒストグラム形状がノイズ確率密度関数形状に一致するように補正されている。結果として、ノイズ成分 N_e に混入されている元信号Sの一部の成分が低減されることになるので、正確に元信号Sとノイズ成分Nとを分離させることが可能となっている。

【0163】

また、このノイズ成分 N_e のヒストグラム形状の補正では、ステップS92, S93の処理のより求められる補正関数に基づいたヒストグラムマッチングが用いられている。

【0164】

例えば、コントラストがあまり大きくないストライプ状の縞模様を入力画像を考える。このとき本来の信号であるストライプ画像のヒストグラム形状は、図14で示されるように、2つの細いピークを持つような形状となる。尚、図14においては、横軸が強度であり、縦軸が強度の頻度であり、この例においては、ストライプのコントラストはあまり大きくないので、ヒストグラムの2つのピークの間隔もあまり大きくないものとしている。

【0165】

実際に入力される画像信号(元信号)Mは、例えば、理想的な確率密度分布形状に従うノイズ成分Nが、元信号Sに加わったものであるので、入力される画像信号Mのヒストグラム形状は、図14のヒストグラム形状に図15の確率密度分布形状が重畳された、図16で示されるようなヒストグラム形状となる。

【0166】

仮に、入力される画像信号Mのストライプ模様のピッチが狭い、すなわち周波数が高いものであると、通常の平滑化ではノイズ成分Nのばらつきと共にストライプ模様も取り除かれることになるので、正しくノイズが除去されないことになる。すなわち、この場合、画像信号から抽出されるノイズ成分 N_e のヒストグラムは図16で示されるものとほぼ同じものとなる。

【0167】

そこで、上述したステップS53のノイズ補正処理におけるステップS96においては、通常のノイズ抽出処理により抽出された(ノイズ成分Nに元信号Sが混入している)ノイズ成分 N_e をヒストグラムマッチングによって補正している。ここで、ヒストグラムマッチングとは、入力画像のノイズ成分 N_e のヒストグラムが、元信号Sが混入していない理想的な状態のノイズ成分Nのヒストグラムと一致するようにノイズ候補画像の各画素の強度値を変換する処理である。

【0168】

すなわち、ステップS96の処理において、補正関数適用処理部123は、入力された画像信号より抽出されたノイズ成分 N_e の累積ヒストグラム関数を第1のマッピング関数(累積ヒストグラム算出処理部141によりノイズ候補画像より生成される関数)とし、理想的な確率密度分布のノイズ成分Nのヒストグラムの累積ヒストグラム関数の逆関数(ノイズ確率モデルである累積密度関数の逆関数)を第2のマッピング関数として、第1のマッピング関数と第2のマッピング関数との合成関数からなる補正関数により、実質的に2回の画素強度のマッピング処理により所望の画素強度に変換(補正)している。

【0169】

図17は、図14乃至図16で示されているヒストグラムの例に、上述した2段階のマッピング処理をおこなう過程を示したものである。

【0170】

図17において、曲線L1は平滑化処理によって抽出されたノイズ成分 N_e のヒストグラム形状を示す。曲線L2は抽出されたノイズ成分 N_e の累積ヒストグラム形状を示す。曲線L4はノイズ成分Nが本来従う確率密度関数を示す。曲線L3はノイズ成分Nの確率分布の累積密度関数を示す。

【0171】

例えば、抽出されたノイズ成分画像 N_e において図中Iで示されたノイズ強度を持つ画素

10

20

30

40

50

を補正する場合、ノイズ強度 I は抽出されたノイズ成分 N_0 のヒストグラムの暗い方のピークに相当する値であるが、このピークは本来、元信号 S であったストライプ模様の強度がノイズ成分 N に混入してしまったために生じたものであり、本来はノイズ強度が I に相当するような画素の頻度はもっと少ないはずである。そこで、累積ヒストグラム関数からなる曲線 L_2 を用いてノイズ強度 I を暗い方から数えた順位値 H に変換する。そして、累積確率密度関数からなる曲線 L_3 を逆にたどることによって、本来の順位値 H に相当するノイズ強度 I_m を求めることができる(曲線 L_3 の関数を逆関数に見立てれば、順位値からノイズ強度が求められる)。このようにして抽出された各ノイズ強度 I に対する補正したノイズ強度 I_m を求めると、そのヒストグラム形状はノイズ成分 N の本来の確率密度関数からなる曲線 L_4 とほぼ同じ形状になる。

10

【0172】

したがって、図14乃至図17の場合、ステップS92において、累積ヒストグラム算出処理部141は、ノイズ候補画像の画素強度の累積ヒストグラムを算出することで、曲線 L_2 で表現される関数を求める。

【0173】

ステップS93において、合成関数算出処理部142は、ノイズ確率モデル(曲線 L_4)の情報に基づいて、累積密度関数となる曲線 L_3 の関数を求めた後、曲線 L_2 で表現される関数と、曲線 L_3 で表現される関数の逆関数とを合成して、上述したノイズ強度 I をノイズ強度 I_m に変換する合成関数を求める。

【0174】

さらに、ステップS94において、合成関数算出処理部142は、この合成関数を、補正関数として補正関数LUT122に格納することになる。

20

【0175】

ここで、図11のフローチャートの説明に戻る。

【0176】

ステップS54において、減算処理部86は、補正ノイズ画像メモリ85より補正ノイズ画像を読み出し、入力された画像から差し引くことにより、適切にノイズ除去された画像を生成する。

【0177】

ステップS55において、減算処理部86は、ノイズ除去された画像を非線形逆変換処理部44に出力する。

30

【0178】

以上の処理により、入力されたRGBの画像信号の各チャネルのそれぞれにおいて、ノイズ成分のばらつき輝度依存性がなくなるような非線形変換を施した後に、ノイズ成分を抽出し、抽出したノイズ成分を、確率的な出現頻度がノイズ確率モデルに合致するように補正し、非線形逆変換を施すことによって、従来よりも好適なノイズ除去を実現させるようにすることができる。

【0179】

尚、上述したステップS5の非線形逆変換処理については、非線形変換処理におけるマッピングに用いられる関数が、非線形逆変換関数となるのみであり、その他の処理については同様である。

40

【0180】

すなわち、熱雑音ばらつき計測処理部161、ゲイン値獲得処理部162、変換曲線算出処理部163、変換曲線LUT164は、図10のフローチャートにおけるステップS34乃至S38の処理については、それぞれ熱雑音ばらつき計測処理部61、ゲイン値獲得処理部62、変換曲線算出処理部63、変換曲線LUT64と同様の処理を実行する。また、ステップS31乃至S33の処理については、逆変換マッピング処理部165が実行するが、ステップS32の処理においては、非線形変換関数の逆関数を用いてマッピング処理を実行する。

【0181】

50

尚、以上に説明したノイズ補正処理部 8 3 は、さらに以下に説明する構成によって、より簡易な計算で実現することができる。累積ヒストグラムを画素強度に適用することは、その画素の画素強度の順位値を求めることに等しい。このことから、画素ごとの処理において、その都度累積ヒストグラムを算出しなくとも、注目画素の画素強度の順位値がわかればよいので、累積ヒストグラムの算出および累積ヒストグラム関数によるマッピングを順位値算出処理に置き換えることができる。

【 0 1 8 2 】

図 1 8 は、累積ヒストグラムの算出および累積ヒストグラム関数によるマッピングを順位値算出処理に置き換える場合のノイズ補正処理部 8 3 の機能の一実施の形態の構成を示している。

10

【 0 1 8 3 】

順位値算出処理部 1 8 1 は、ノイズ候補画像メモリ 8 2 に格納されているノイズ抽出処理部 8 1 により抽出されたノイズ候補画像を読み出し、注目画素について、その周辺画素の中での画素強度の順位値を算出する。

【 0 1 8 4 】

逆マッピング処理部 1 8 2 は、ノイズ確率モデルメモリ 8 4 よりノイズ確率モデルの情報に基づいて、順位値算出処理部 1 8 1 により求められた注目画素の順位値の累積密度関数を逆にマッピングしてノイズの画素強度値を補正する。すなわち、逆マッピング処理部 1 8 2 は、ノイズ候補画像の各画素の順位値を、累積密度関数を用いて逆マッピング（累積密度関数の逆関数によりマッピング）することにより、各画素のノイズ成分を補正する。

20

【 0 1 8 5 】

次に、図 1 9 のフローチャートを参照して、図 1 8 のノイズ補正処理部 8 3 によるノイズ補正処理について説明する。尚、ステップ S 1 1 1 , S 1 1 2 , S 1 1 5 , S 1 1 6 の処理については、図 1 3 のフローチャートにおけるステップ S 9 1 , S 9 5 , S 9 7 , S 9 8 の処理と同様であるので、その説明は省略する。

【 0 1 8 6 】

ステップ S 1 1 3 において、順位値算出処理部 1 8 1 は、注目画素のノイズ成分値の、注目画素周辺における順位値を算出し、逆マッピング処理部 1 8 2 に供給する。

【 0 1 8 7 】

ステップ S 1 1 4 において、逆マッピング処理部 1 8 1 は、ノイズ確率モデルメモリ 8 4 よりノイズの累積密度関数を読み出し、順位値算出処理部 1 8 1 により算出された注目画素の順位値に基づいて、逆マッピングしてノイズ成分を補正する。

30

【 0 1 8 8 】

以上の処理により、補正関数を演算することなく、累積密度関数のみを用いてノイズ成分を補正することができるので、演算に掛かる負荷を抑制しつつ、ノイズ成分を適正に補正することが可能となる。

【 0 1 8 9 】

以上においては、単一の解像度の画像に対してのノイズ除去処理について説明してきたが、例えば、多重解像度画像処理と組み合わせることにより、さらに効果的なノイズ除去を実現することができる。

40

【 0 1 9 0 】

図 2 0 は、多重解像度処理を組み合わせた場合のノイズ除去処理部 4 3 の機能の一実施の形態の構成を説明する図である。

【 0 1 9 1 】

多重解像度変換処理部 2 0 1 は、非線形変換処理部 4 2 により非線形変換処理されたデモザイク画像を多重解像度の表現形式による複数の画像データに変換し、解像度毎にそれぞれ対応するレイヤ 0 画像メモリ 2 0 2、レイヤ 1 画像メモリ 2 0 3、レイヤ 2 画像メモリ 2 0 4、およびレイヤ 3 画像メモリ 2 0 5 に格納させる。多重解像度の表現形式としては、様々な表現形式を利用することができるが、例えば、Laplacian Pyramid形式や、wav

50

elet変換を用いた多重解像度形式を利用するようにしても良い。尚、以降においては、多重解像度の表現形式として、Laplacian Pyramid形式を用いた例について説明するものとする。また、図20においては、多重解像度変換によりレイヤ0乃至3の合計4種類の解像度の画像を扱う例について説明するものとするが、レイヤ数は任意に設定することが可能であり、その他のレイヤ数であっても良いことは言うまでもない。

【0192】

ノイズ除去処理部206-1乃至206-4は、図4のノイズ除去処理部43と同様の構成であり、それぞれレイヤ0画像メモリ202、レイヤ1画像メモリ203、レイヤ2画像メモリ204、およびレイヤ3画像メモリ205より、各レイヤの画像を読み出し、ノイズを除去し、それぞれレイヤ0ノイズ除去画像メモリ207、レイヤ1ノイズ除去画像メモリ208、レイヤ2ノイズ除去画像メモリ209、およびレイヤ3ノイズ除去画像メモリ210に供給し格納させる。

10

【0193】

多重解像度逆変換処理部211は、レイヤ0ノイズ除去画像メモリ207、レイヤ1ノイズ除去画像メモリ208、レイヤ2ノイズ除去画像メモリ209、およびレイヤ3ノイズ除去画像メモリ210に格納されているノイズが除去された、各レイヤの画像を統合し、すなわち、多重解像度変換処理部201と逆変換処理を実行して、後段の非線形逆変換処理部44に出力する。

【0194】

次に、図21を参照して、Laplacian pyramid形式の多重解像度画像を生成する多重解像度変換処理部201の機能の一実施の形態の構成について説明する。

20

【0195】

多重解像度変換処理部201の縮小処理部231-1乃至231-3は、サブサンプリングによって入力された画像の画像サイズを例えば半分に縮小し（例えば、半分の解像度の画像に変換し）、後段に出力する。

【0196】

拡大処理部233-1乃至233-3は、スーパーサンプリングによって入力された画像の画像サイズを例えば2倍に拡大し（例えば、2倍の解像度の画像に変換し）、後段に出力する。

【0197】

減算処理部222-1乃至222-3は、縮小処理部231により縮小された後、拡大処理部233により拡大された画像と、その元画像のそれぞれの各画素について差分を求め、その差分からなる画像をレイヤごとの画像として出力する。すなわち、減算処理部232-1乃至232-3は、それぞれレイヤ0乃至3の画像を生成し、それぞれレイヤ0画像メモリ202、レイヤ1画像メモリ203、レイヤ2画像メモリ204、およびレイヤ3画像メモリ205に格納させる。

30

【0198】

縮小処理部231により縮小された後、拡大処理部233により拡大された画像は、元画像の高周波成分が除去されることになるため、元画像との差分が計算されることにより、高周波成分のみが抽出された画像が生成されることになる。

40

【0199】

このため、減算処理部232-1は、それぞれ入力された画像の高周波成分のみからなる画像をレイヤ0画像として生成し、減算処理部232-2は、入力された画像のレイヤ0画像よりも低い周波数成分の画像をレイヤ1画像として生成する。また、減算処理部232-3は、入力された画像のレイヤ1画像よりも低い周波数成分の画像をレイヤ2画像として生成する。尚、縮小処理部231より出力される画像は、レイヤ2以下の帯域成分を備えたレイヤ3画像となる。すなわち、多重解像度変換処理部201は入力された画像を、帯域分離して各レイヤ0乃至3の画像を出力しているとも言える。

【0200】

次に、図22を参照して、多重解像度逆変換処理部211の機能の一実施の形態の構成

50

について説明する。

【0201】

拡大処理部252-1乃至252-3は、多重解像度変換処理部201の拡大処理部233と同様のものであり、スーパーサンプリングによって入力された画像の画像サイズを例えば2倍に拡大し（例えば、2倍の解像度の画像に変換し）、後段に出力する。

【0202】

加算処理部251-1乃至251-3は、それぞれレイヤ0ノイズ除去画像メモリ207、レイヤ1ノイズ除去画像メモリ208、レイヤ2ノイズ除去画像メモリ209、およびレイヤ3ノイズ除去画像メモリ210に格納されたレイヤ0ノイズ除去画像乃至レイヤ3ノイズ除去画像を読み出し、拡大処理部251-1乃至251-3のそれぞれより供給されてくる画像とを加算して、後段に出力する。

10

【0203】

すなわち、拡大処理部252-3は、最低周波成分のレイヤ3ノイズ除去画像を拡大し、レイヤ2ノイズ除去画像と同じサイズの画像にして、加算処理部251-3に供給する。そして加算処理部251-3は、拡大されたレイヤ3ノイズ除去画像とレイヤ2ノイズ除去画像とを加算することにより、レイヤ3乃至レイヤ2までの帯域を持つ画像を生成し、拡大処理部252-2に供給する。

【0204】

同様に、拡大処理部252-2は、レイヤ3乃至レイヤ2のノイズ除去画像を拡大し、レイヤ1ノイズ除去画像と同じサイズの画像にして、加算処理部251-2に供給する。そして加算処理部251-2は、拡大されたレイヤ3乃至レイヤ2までのノイズ除去画像とレイヤ1ノイズ除去画像とを加算することにより、レイヤ3乃至レイヤ1までの帯域を持つ画像を生成し、拡大処理部252-1に供給する。

20

【0205】

さらに、拡大処理部252-1は、レイヤ3乃至レイヤ1のノイズ除去画像を拡大し、レイヤ0ノイズ除去画像と同じサイズの画像にして、加算処理部251-1に供給する。そして加算処理部251-1は、拡大されたレイヤ3乃至レイヤ1までのノイズ除去画像とレイヤ0ノイズ除去画像とを加算することにより、レイヤ3乃至レイヤ0までの帯域の画像を統合し、最終的に元画像に等しい解像度と帯域を持つ画像を出力する

【0206】

次に、図23のフローチャートを参照して、図20で示されるノイズ除去処理部43を備えたDSPブロック16による画像処理について説明する。尚、図23のフローチャートにおけるステップS131乃至S133の処理、および、ステップS135乃至S139の処理については、図9のフローチャートにおけるステップS1乃至S3の処理、および、ステップS5乃至S9の処理と同様であるので、その説明は省略する。

30

【0207】

すなわち、図23のフローチャートにおいて、図9のフローチャートで異なるのは、ステップS134において、ノイズ除去処理に代えて、多重解像度ノイズ除去処理が実行される点である。

【0208】

ここで、図24のフローチャートを参照して、多重解像度ノイズ除去処理について説明する。

40

【0209】

ステップS161において、多重解像度変換処理部201は、画像が入力されてくるか否かを判定し、入力されてくるまで、その処理を繰り返し、入力されてきた場合、その処理は、ステップS162に進む。

【0210】

ステップS162において、多重解像度変換処理部201は、入力されてきた画像を多重解像度変換処理し、複数の帯域が異なる複数の画像に変換し、それぞれレイヤごとに、レイヤ0画像メモリ202、レイヤ1画像メモリ203、レイヤ2画像メモリ204、お

50

よびレイヤ3画像メモリ205に格納する。

【0211】

ステップS163において、ノイズ除去処理部206-1乃至206-4は、それぞれが、それぞれの帯域の画像についてノイズ除去処理を実行し、ノイズ除去画像を、各レイヤ毎に、レイヤ0ノイズ除去画像メモリ207、レイヤ1ノイズ除去画像メモリ208、レイヤ2ノイズ除去画像メモリ209、およびレイヤ3ノイズ除去画像メモリ210に格納する。尚、それぞれのノイズ除去処理については、図11を参照して説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。

【0212】

ステップS164において、多重解像度逆変換処理部211は、レイヤ0ノイズ除去画像メモリ207、レイヤ1ノイズ除去画像メモリ208、レイヤ2ノイズ除去画像メモリ209、およびレイヤ3ノイズ除去画像メモリ210に格納されている、レイヤ0乃至3のノイズ除去画像を読み出し、統合し、ステップS165において、非線形変換処理部44に出力する。

10

【0213】

次に、図25のフローチャートを参照して、図24のフローチャートにおけるステップS162の処理である多重解像度変換処理について説明する。

【0214】

ステップS181において、多重解像度変換処理部201は、図示せぬカウンタNを0に設定し初期化する。

20

【0215】

ステップS182において、縮小処理部231は、N回縮小された画像を縮小する。すなわち、最初の処理では、Nは0、すなわち、入力された画像が、縮小処理部231-1により縮小される。

【0216】

ステップS183において、多重解像度変換処理部201は、図示せぬカウンタNを1インクリメントする。

【0217】

ステップS184において、多重解像度変換処理部201は、カウンタNが、カウンタNの最大値(Nmax-1)であるか否かを判定する。ここで、Nmaxは、入力された画像を多重解像度画像に変換するレイヤ数である。従って、図20で示されるように、レイヤ数は4となる。

30

【0218】

例えば、ステップS184において、カウンタNが、カウンタNの最大値(Nmax-1)ではないと判定された場合、ステップS185において、縮小処理部231は、N回縮小された画像を減算処理部232および拡大処理部233に出力する。すなわち、最初の処理では、縮小処理部231-1が、減算処理部232-2および拡大処理部233-1に1回縮小された画像を出力する。

【0219】

ステップS186において、拡大処理部233は、N回縮小された画像を拡大し、減算処理部232に出力する。すなわち、最初の処理においては、拡大処理部233-1が、縮小処理部231-1より供給されてきた1回縮小された画像を拡大し、減算処理部232-1に供給する。

40

【0220】

ステップS187において、減算処理部232は、(N-1)回縮小された画像から、N回縮小されて、かつ、1回拡大された画像を減算する。すなわち、最初の処理では、減算処理部232-1が、入力された画像から拡大処理部233-1より供給された画像を減算する。

【0221】

ステップS188において、減算処理部232は、ステップS187の処理により求め

50

られたレイヤ ($N - 1$) の画像をレイヤ ($N - 1$) 画像メモリに格納させ、その処理は、ステップ S 1 8 2 に戻る。すなわち、最初の処理においては、減算処理部 2 3 2 - 1 は、減算処理により得られた画像をレイヤ 0 画像メモリ 2 0 2 に格納させる

【 0 2 2 2 】

すなわち、ステップ S 1 8 4 の処理において、カウンタ N が最大値 ($N_{max} - 1$) であると判定されるまで、ステップ S 1 8 2 乃至 S 1 8 8 の処理が繰り返される。結果として、順次、縮小処理部 2 3 1 - 2 が、1 回縮小された画像を縮小して、拡大処理部 2 3 3 - 2 および減算処理部 2 3 3 - 3 に供給し、拡大処理部 2 3 3 - 2 が、供給された 2 回縮小された画像を拡大して減算処理部 2 3 2 - 2 に供給し、減算処理部 2 3 2 - 2 が、1 回縮小された画像から、2 回縮小されて、かつ、拡大されたた画像を減算し、レイヤ 1 画像を生成して、レイヤ 1 画像メモリ 2 0 3 に格納する。

10

【 0 2 2 3 】

ステップ S 1 8 4 の処理において、カウンタ N が最大値 ($N_{max} - 1$) であると判定された場合、ステップ S 1 8 9 において、縮小処理部 2 3 1 は、 N 回縮小された画像をレイヤ N 画像メモリおよび拡大処理部 2 3 3 に出力する。すなわち、ここで N_{max} は、4 であるので、縮小処理部 2 3 1 - 3 が、減算処理部 2 3 2 - 3 およびレイヤ 3 メモリ 2 0 5 に 3 回縮小された画像を出力する。

【 0 2 2 4 】

ステップ S 1 9 0 において、拡大処理部 2 3 3 は、 N 回縮小された画像を拡大し、減算処理部 2 3 2 に出力する。すなわち、ここでは、拡大処理部 2 3 3 - 3 が、縮小処理部 2 3 1 - 3 より供給されてきた 3 回縮小された画像を拡大し、減算処理部 2 3 2 - 3 に供給する。

20

【 0 2 2 5 】

ステップ S 1 9 1 において、減算処理部 2 3 2 は、($N - 1$) 回縮小された画像から、 N 回縮小されて、かつ、1 回拡大された画像を減算する。すなわち、ここでは、減算処理部 2 3 2 - 3 が、2 回縮小された画像から拡大処理部 2 3 3 - 3 より供給された画像を減算する。

【 0 2 2 6 】

ステップ S 1 9 2 において、減算処理部 2 3 2 は、ステップ S 1 9 1 の処理により求められたレイヤ ($N - 1$) の画像をレイヤ ($N - 1$) 画像メモリに格納させ、その処理は、終了する。すなわち、ここでは、減算処理部 2 3 2 - 3 は、減算処理により得られた画像をレイヤ 2 画像メモリ 2 0 4 に格納させる

30

【 0 2 2 7 】

以上の処理により、帯域別に入力された画像が分離され、それぞれレイヤ毎に、レイヤ 0 画像メモリ 2 0 2、レイヤ 1 画像メモリ 2 0 3、レイヤ 2 画像メモリ 2 0 4、およびレイヤ 3 画像メモリ 2 0 5 に格納されることになる。

【 0 2 2 8 】

次に、図 2 6 のフローチャートを参照して、図 2 4 のフローチャートにおけるステップ S 1 6 4 の処理である多重解像度逆変換処理について説明する。

【 0 2 2 9 】

ステップ S 2 1 1 において、多重解像度逆変換処理部 2 1 1 は、図示せぬカウンタ N を $N_{max} - 1$ に設定する。このカウンタは、複数の多重解像度画像のレイヤ数により設定されるものであり、図 2 0 の多重解像度逆変換処理部 2 1 1 においては、レイヤ 0 乃至 3 であるので、 N_{max} は、4 となる。

40

【 0 2 3 0 】

ステップ S 2 1 2 において、拡大処理部 2 5 2 は、最低レイヤの画像を拡大する。すなわち、図 2 2 の場合、拡大処理部 2 5 2 - 3 が、最低レイヤであるレイヤ 3 画像メモリ 2 1 0 に格納されている画像を拡大し、加算処理部 2 5 1 - 3 に供給する。

【 0 2 3 1 】

ステップ S 2 1 3 において、多重解像度逆変換処理部 2 1 1 は、カウンタ N を 1 デクリ

50

メントする。

【0232】

ステップS214において、多重解像度逆変換処理部211は、カウンタNが0であるか否かを判定する。例えば、カウンタNが0ではない場合、ステップS215において、加算処理部251は、拡大処理部252により拡大された画像に、レイヤN修正画像を加算し、1レイヤ上の拡大処理部252に出力する。すなわち、最初の処理では、加算処理部251-3が、拡大処理部252-3より供給された画像に、レイヤ2修正画像メモリ209に格納されているレイヤ2修正画像を加算し、拡大処理部252-2に供給する。

【0233】

ステップS215において、拡大処理部252は、加算処理部251より供給されたレイヤN修正画像が加算された画像を拡大し、1レイヤ上の加算処理部251に供給し、ステップS214の処理に戻る。すなわち、最初の処理の場合、拡大処理部252-2が、加算処理部251-3より供給された画像を拡大し、加算処理部251-2に供給する。

【0234】

すなわち、ステップS214において、カウンタNが0であると判定されるまで、ステップS213乃至S216の処理が繰り返される。図22の場合、さらに、加算処理部251-2が、拡大処理部252-2より供給された画像に、レイヤ1修正画像メモリ208に格納されているレイヤ1修正画像を加算し、拡大処理部252-1に供給する。

【0235】

さらに、拡大処理部252-1は、加算処理部251-2より供給された画像を拡大し、加算処理部251-1に供給する。この処理の後、カウンタNは0となるため、ステップS214において、カウンタNは0であると判定され、ステップS217において、加算処理部251は、レイヤN、すなわち、レイヤ0修正画像をレイヤ修正画像メモリ207より読み出し、拡大処理部252により拡大された画像を加算する。すなわち、ここでは、加算処理部251-1が、最上位レイヤであるレイヤ0修正画像を拡大処理部252-1により拡大された画像に加算し、ステップS218において、出力する。

【0236】

以上の処理により、レイヤ0修正画像、レイヤ1修正画像、レイヤ2修正画像、およびレイヤ3画像を多重化解像度画像逆変換することで、元の解像度の画像に統合することが可能となる。

【0237】

以上によれば、図20のノイズ除去処理部43を備えたDSPブロック16による画像処理により、入力されたRGBの画像信号の各チャネルのそれぞれにおいて、ノイズ成分のばらつき輝度依存性がなくなるような非線形変換を施した後に、多重化解像度変換し、解像度毎にノイズ成分を抽出し、抽出したノイズ成分を、確率的な出現頻度がノイズ確率モデルに合致するように補正し、複数の解像度の画像を統合し、非線形逆変換を施すことによって、従来よりも好適なノイズ除去を実現させるようにすることができる。

【0238】

さらに、平滑化処理部101は、平滑化フィルタを用いてノイズを抽出しているが、平滑化フィルタは主に高周波成分に存在するノイズ成分を抽出する特性がある。したがって、平滑化処理部101は、低周波成分のノイズ成分を抽出することが困難である。また、イメージセンサ16においては、アンプの熱雑音のような白色性、すなわち広帯域に存在するノイズ成分がある。このような広帯域のノイズ成分については、1つの平滑化フィルタによるノイズ抽出では不十分なことがある。

【0239】

しかしながら、図20のノイズ除去処理部43においては、一旦入力された画像が多重化解像度画像として帯域分離され、各レイヤごとにノイズ抽出処理、およびノイズ補正処理が実行されることになる。結果として、平滑化フィルタの特性を帯域別に設定することにより、ノイズ成分を全帯域にわたって効果的に除去することが可能になる。

【0240】

さらに、多重解像度変換処理部 2 0 1 の構成は、縮小処理部 2 3 1、拡大処理部 2 3 3、および減算処理部 2 2 2 のセットで、実質的に高域フィルタが構成されることになり、減算部 2 2 2 の減算処理によって、順次低域のレイヤの画像が生成される。したがって、これらの高域フィルタをノイズ抽出処理部と捉えることも可能であることから、例えば、図 4 のノイズ抽出処理部 8 1 を代用するものと捉えることも可能である。従って、図 2 0 におけるノイズ除去処理部 2 0 6 は、例えば、図 2 7 で示されるように、図 4 のノイズ除去処理部 4 3 よりノイズ抽出処理部 8 1 を省略した構成とするようにしても良い。

【0241】

以上によれば、入力画像から抽出したノイズ成分に対して、所定のノイズ確率モデルに基づいて補正し、補正したノイズ成分が入力画像から差し引かれることにより、分離するノイズ成分を理想的なノイズ確率モデルで推定される量に一致させるようにすることが可能となり、本来の元信号がノイズとして過度に削られ過ぎず、細かいテクスチャなどへの影響を減らしつつ効果的なノイズ除去が可能となる。

10

【0242】

また、ノイズ確率モデルに基づいたノイズ成分をヒストグラムマッチングにより補正するようにしたので、比較的簡易な演算により、効果的なノイズ補正が可能となる。

【0243】

さらに、ノイズ除去処理前に、ノイズの輝度依存性が除去されるように非線形変換するようにしたので、よりシンプルなノイズ確率モデルを用いてノイズ除去をすることが可能となる。

20

【0244】

また、入力画像を多重解像度画像に変換し、その各レイヤについて、ノイズ除去処理するようにしたので、白色ノイズのように広帯域のノイズに対しても、全ての帯域に対して適切にノイズを除去することが可能となり、効果的なノイズ除去を実現することが可能となる。

【0245】

さらに、CCDやCMOSに代表されるイメージセンサにおいて発生するランダムなノイズ成分を効果的に除去することが可能となるため、結果として、高画質な画像を生成することが可能となる。

【0246】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行させることが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに記録媒体からインストールされる。

30

【0247】

図 2 8 は、図 2 の DSP ブロック 1 6 の電気的な内部構成をソフトウェアにより実現する場合のパーソナルコンピュータの一実施の形態の構成を示している。パーソナルコンピュータの CPU 4 0 1 は、パーソナルコンピュータの全体の動作を制御する。また、CPU 4 0 1 は、バス 4 0 4 および入出力インタフェース 4 0 5 を介してユーザからキーボードやマウスなどからなる入力部 4 0 6 から指令が入力されると、それに対応して ROM (Read Only Memory) 4 0 2 に格納されているプログラムを実行する。あるいはまた、CPU 4 0 1 は、ドライブ 4 1 0 に接続された磁気ディスク 4 2 1、光ディスク 4 2 2、光磁気ディスク 4 2 3、または半導体メモリ 4 2 4 から読み出され、記憶部 4 0 8 にインストールされたプログラムを、RAM (Random Access Memory) 4 0 3 にロードして実行する。これにより、上述した図 2 の DSP ブロック 1 6 の機能が、ソフトウェアにより実現されている。さらに、CPU 4 0 1 は、通信部 4 0 9 を制御して、外部と通信し、データの授受を実行する。

40

【0248】

プログラムが記録されている記録媒体は、図 2 8 に示すように、コンピュータとは別に

50

、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク 4 2 1 (フレキシブルディスクを含む)、光ディスク 4 2 2 (CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory), DVD(Digital Versatile Disk)を含む)、光磁気ディスク 4 2 3 (MD(Mini-Disc)を含む)、もしくは半導体メモリ 4 2 4 などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROM 4 0 2 や、記憶部 4 0 8 に含まれるハードディスクなどで構成される。

【0249】

尚、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理は、もちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理を含むものである。

10

【図面の簡単な説明】

【0250】

【図1】本発明を適用したデジタルスチルカメラの一実施の形態の構成を説明するブロック図である。

【図2】図1のDSPブロックにより実現される機能の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図3】図2の非線形変換処理部の詳細な機能の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図4】図2のノイズ除去処理部の詳細な機能の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

20

【図5】図4のノイズ除去処理部におけるノイズ抽出処理部の機能の詳細な一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図6】図4のノイズ除去処理部におけるノイズ補正処理部の機能について詳細な一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図7】図6のノイズ補正処理部における補正関数算出処理部の機能について詳細な一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図8】図3の非線形逆変換処理部の機能の詳細な一実施の形態の構成を説明するブロック図である。

【図9】図3のDSPブロックによる画像処理を説明するフローチャートである。

30

【図10】非線形変換処理を説明するフローチャートである。

【図11】ノイズ除去処理を説明するフローチャートである。

【図12】ノイズ抽出処理を説明するフローチャートである。

【図13】ノイズ補正処理を説明するフローチャートである。

【図14】画像信号成分のヒストグラム形状の例を示す図である。

【図15】ノイズ成分のヒストグラム形状の例を示す図である。

【図16】ノイズ成分を含んで計測された画像信号のヒストグラム形状の例を示す図である。

【図17】ヒストグラムマッチングに基づくノイズ成分補正処理の動作原理を説明する図である。

40

【図18】累積ヒストグラムの算出および累積ヒストグラム関数によるマッピングを順位値算出処理に置き換える場合のノイズ補正処理部の機能の一実施の形態の構成を示す図である。

【図19】図18のノイズ補正処理部によるノイズ補正処理を説明するフローチャートである。

【図20】多重解像度処理を組み合わせた場合のノイズ除去処理部の機能の一実施の形態の構成を説明するブロック図である。

【図21】多重解像度変換処理部の機能の一実施の形態の構成を説明するブロック図である。

【図22】多重解像度逆変換処理部の機能の一実施の形態の構成について説明する図であ

50

る。

【図23】図20で示されるノイズ除去処理部を備えたDSPブロックによる画像処理を説明するフローチャートである。

【図24】多重解像度ノイズ除去処理を説明するフローチャートである。

【図25】多重解像度変換処理を説明するフローチャートである。

【図26】多重解像度逆変換処理を説明するフローチャートである。

【図27】図4のノイズ除去処理部よりノイズ抽出処理部を省略したノイズ除去処理部の一実施の形態の構成を説明する図である。

【図28】記録媒体を説明する図である。

【符号の説明】

【0251】

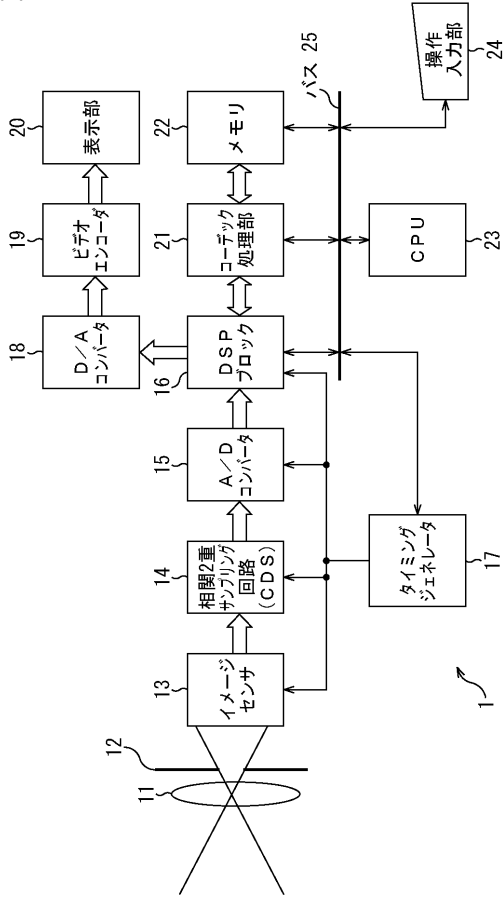
11 レンズ, 12 絞り, 13 イメージセンサ, 14 相関2重サンプリング回路, 15 A/Dコンバータ, 16 DSPブロック, 17 タイミングジェネレータ, 18 D/Aコンバータ, 19 ビデオエンコーダ, 20 表示部, 21 コーデック処理部, 22 メモリ, 23 CPU, 24 操作入力部, 25 バス, 41 デモザイク処理部, 42, 42-1乃至42-3 非線形変換処理部, 43, 43-1乃至43-3 ノイズ除去処理部, 44, 44-1乃至44-3 非線形逆変換処理部, 45 ホワイトバランス処理部, 46 ガンマ補正処理部, 47 YC変換処理部, 61 熱雑音ばらつき計測処理部, 62 ゲイン値獲得処理部, 63 変換曲線算出処理部, 64 変換曲線LUT, 65 マッピング処理部, 81 ノイズ抽出処理部, 82 ノイズ候補画像メモリ, 83 ノイズ補正処理部, 84 ノイズ確率モデルメモリ, 85 補正ノイズ画像メモリ, 86 減算処理部, 101 平滑化処理部, 102 減算処理部, 121 補正関数算出処理部, 122 補正関数LUT, 123 補正関数適用処理部, 141 累積ヒストグラム算出処理部, 142 合成関数算出処理部, 161 熱雑音ばらつき計測処理部, 162 ゲイン値獲得処理部, 163 変換曲線算出処理部, 164 変換曲線LUT, 165 逆マッピング処理部, 181 順位値算出処理部, 182 逆マッピング処理部, 201 多重解像度変換処理部, 202 レイヤ0画像メモリ, 203 レイヤ1画像メモリ, 204 レイヤ2画像メモリ, 205 レイヤ3画像メモリ, 206, 206-1乃至206-4 ノイズ除去処理部, 207 レイヤ0ノイズ除去画像, 208 レイヤ1ノイズ除去画像, 209 レイヤ2ノイズ除去画像, 210 レイヤ3ノイズ除去画像, 211 多重解像度逆変換処理部, 231, 231-1乃至231-3 縮小処理部, 232, 232-1乃至232-3 減算処理部, 233, 233-1乃至233-3 拡大処理部, 251, 251-1乃至251-3 加算処理部, 252, 252-1乃至252-3 拡大処理部

10

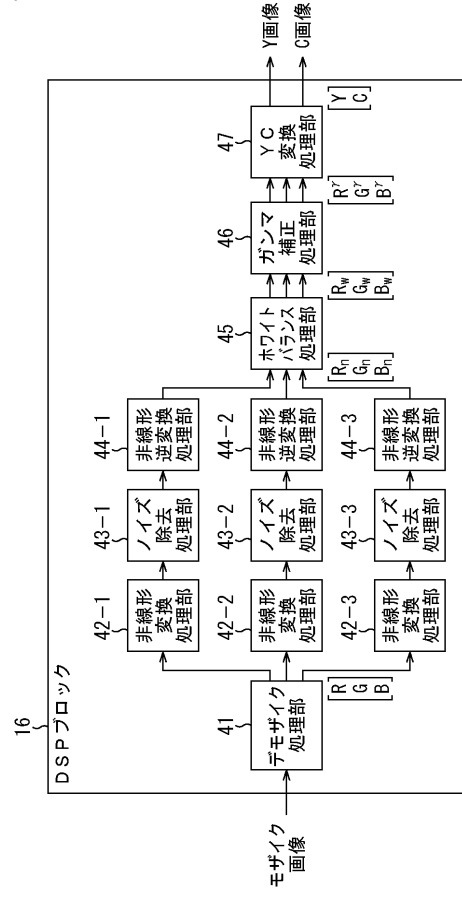
20

30

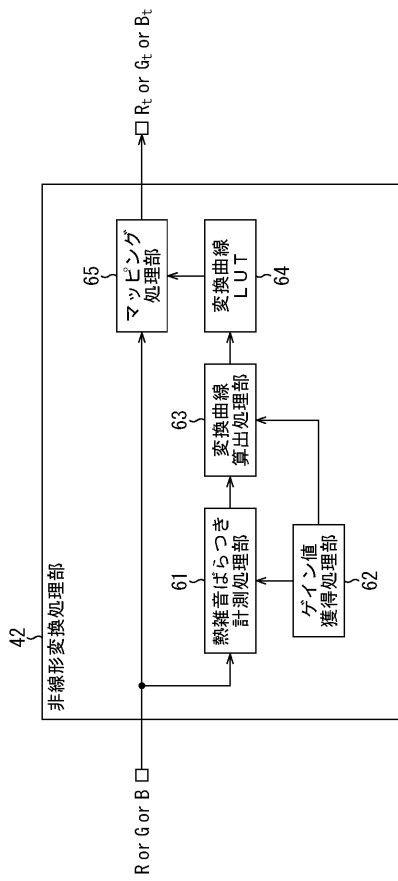
【図1】



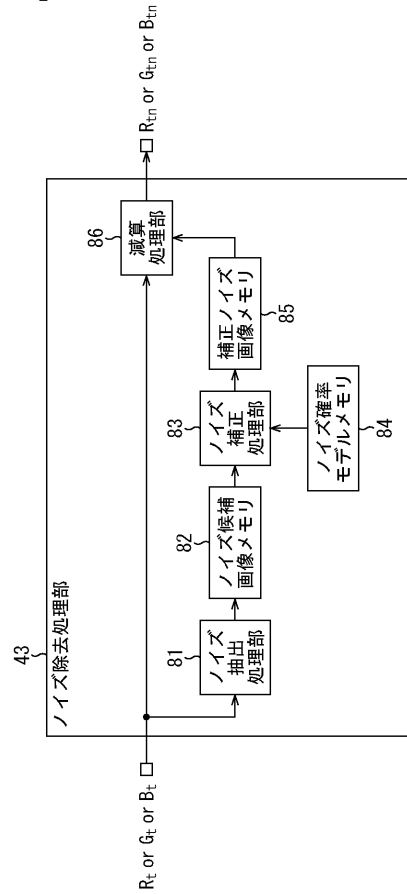
【図2】



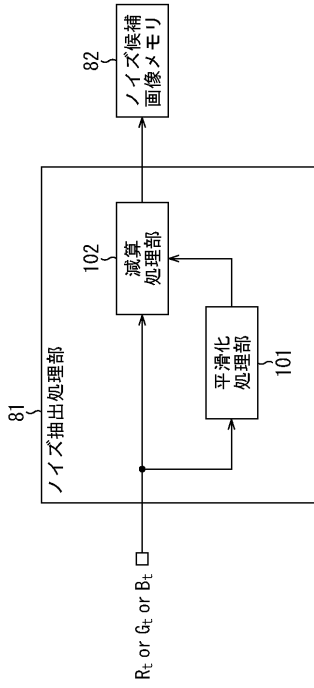
【図3】



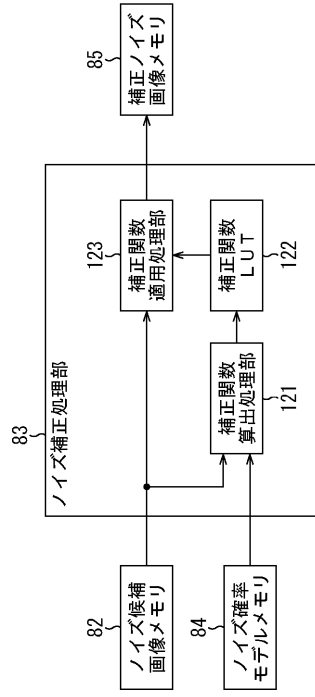
【図4】



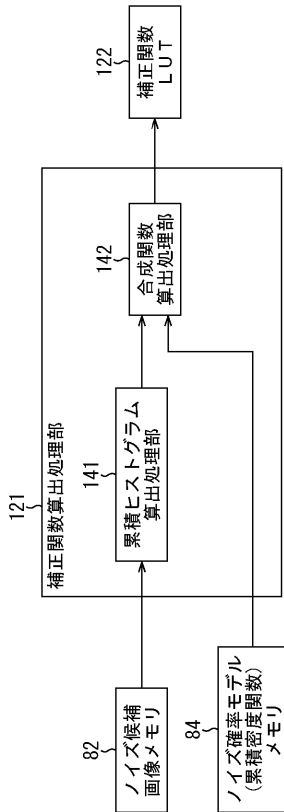
【図5】



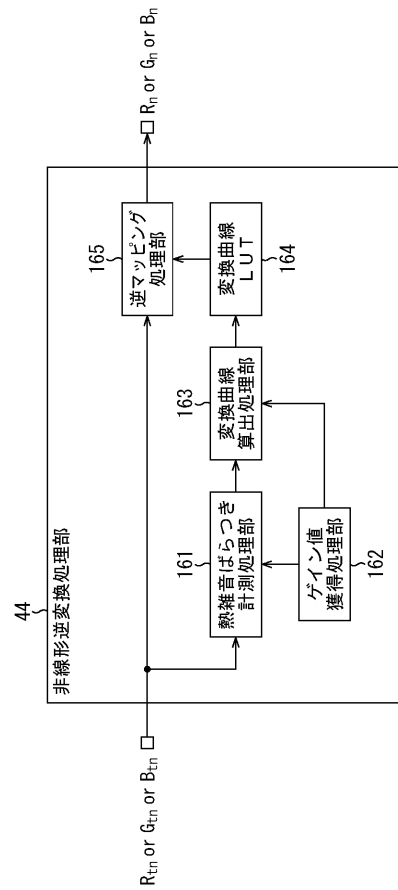
【図6】



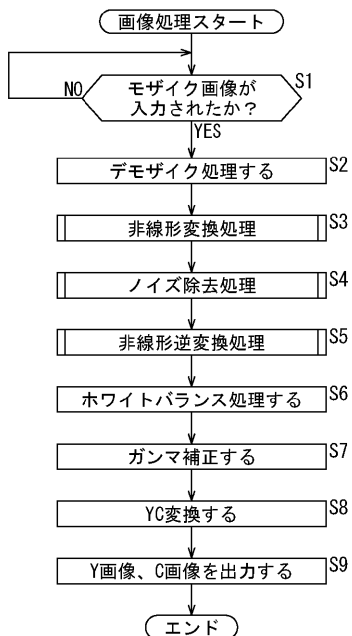
【図7】



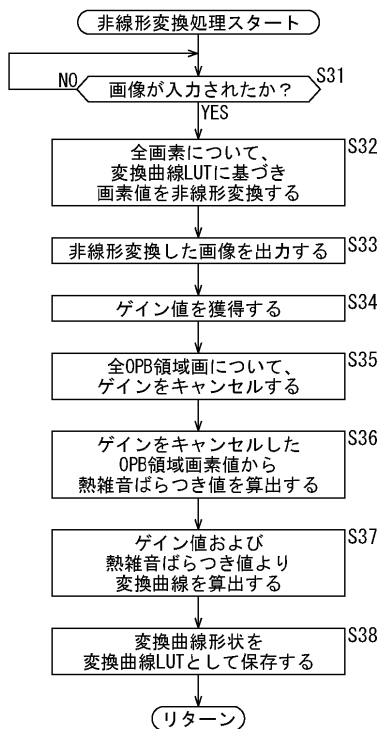
【図8】



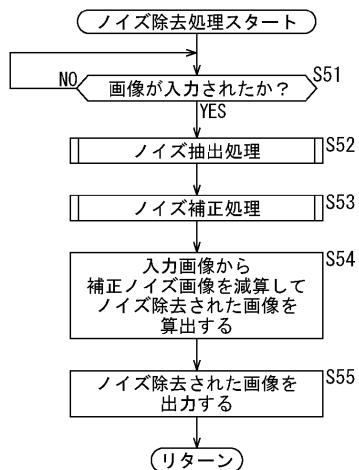
【 図 9 】
図9



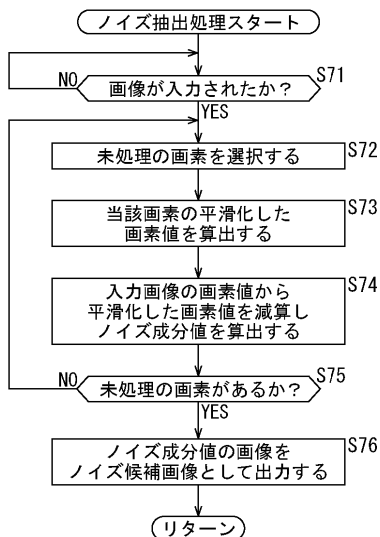
【 図 1 0 】
図10



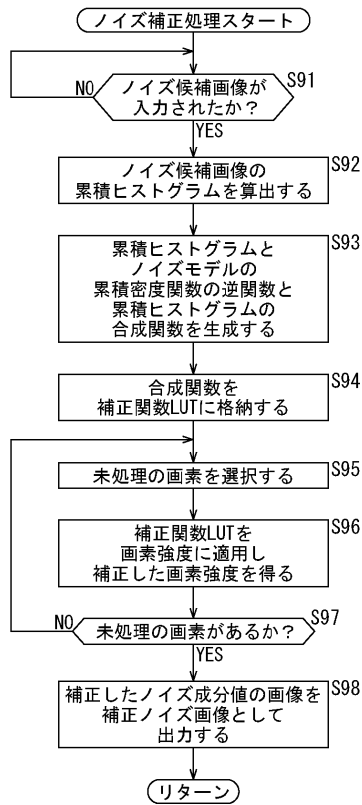
【 図 1 1 】
図11



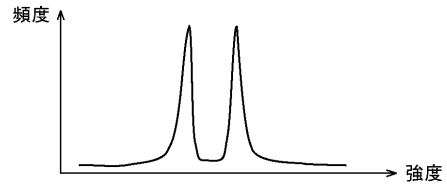
【 図 1 2 】
図12



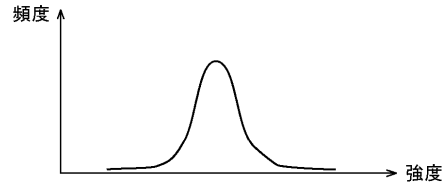
【図13】
図13



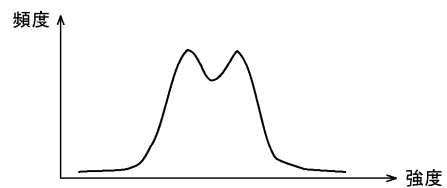
【図14】
図14



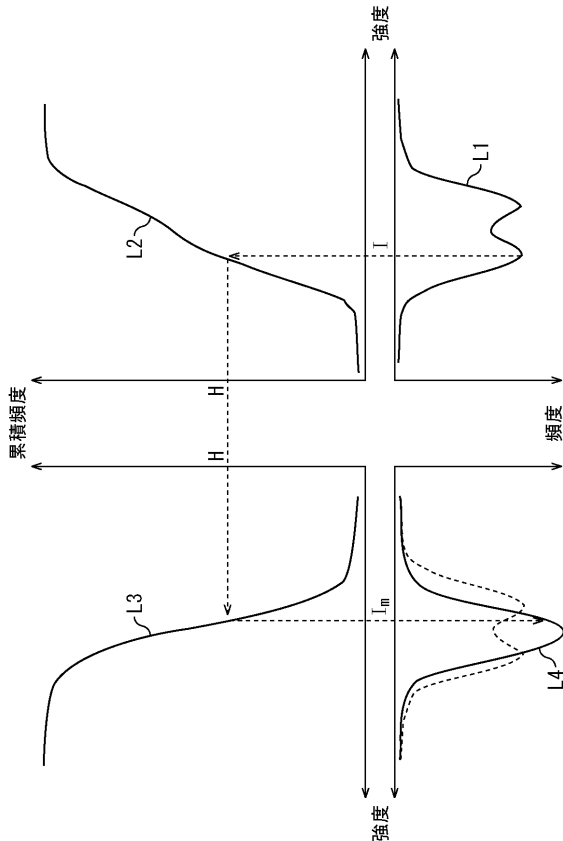
【図15】
図15



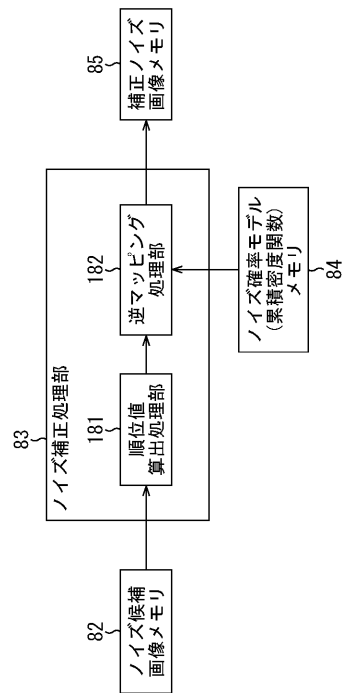
【図16】
図16



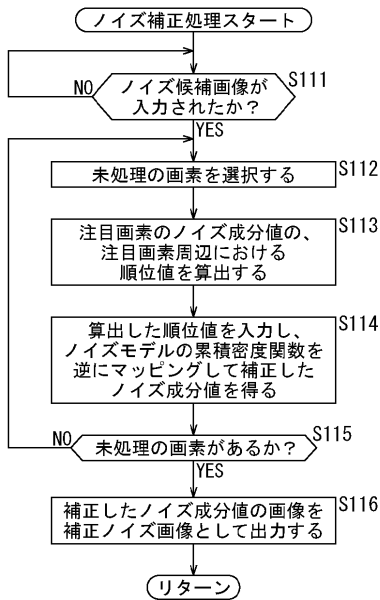
【図17】
図17



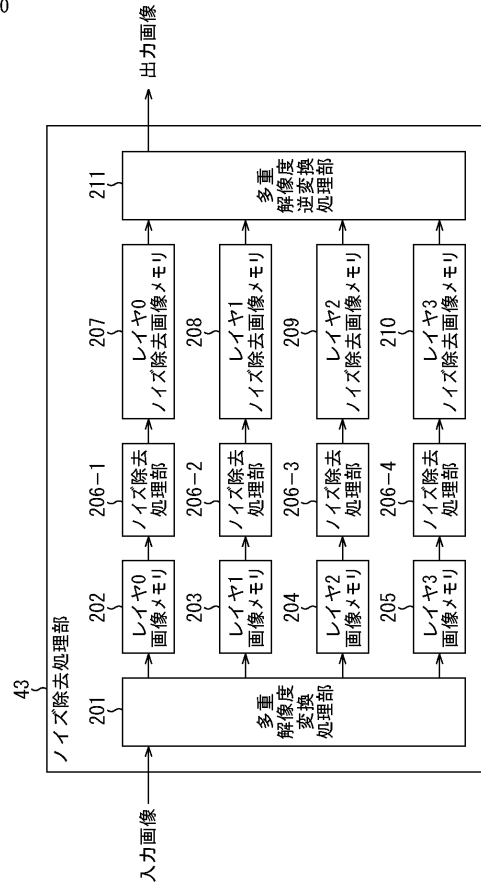
【図18】
図18



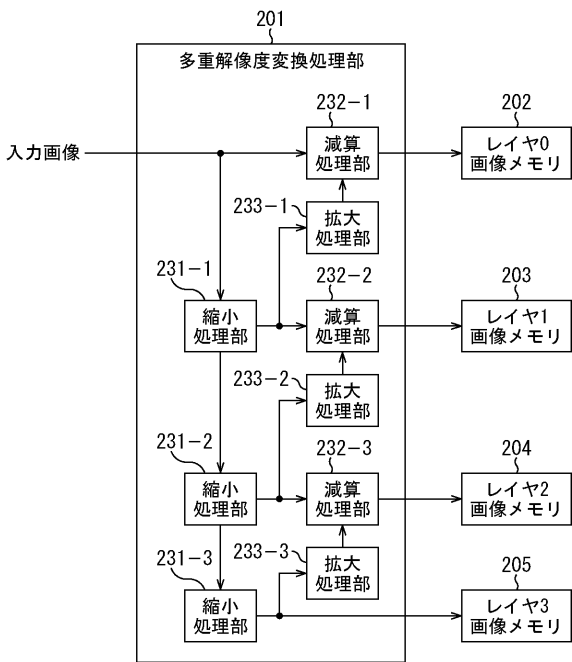
【図 19】
図19



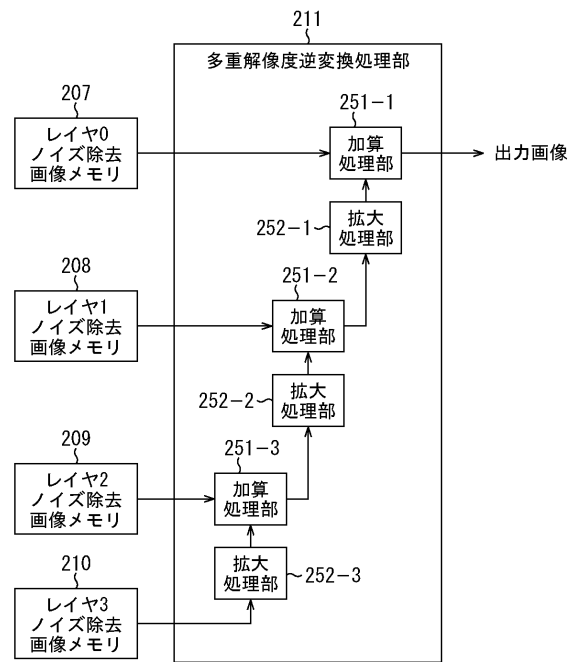
【図 20】
図20



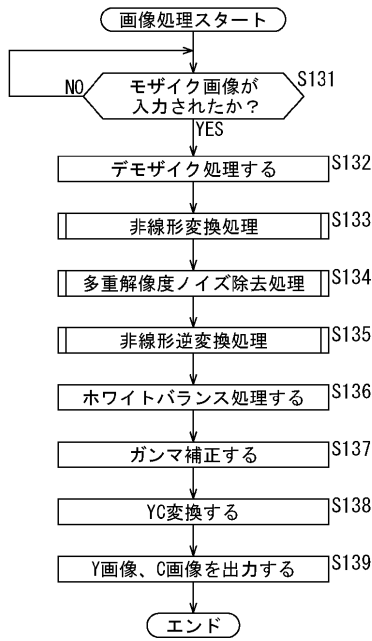
【図 21】
図21



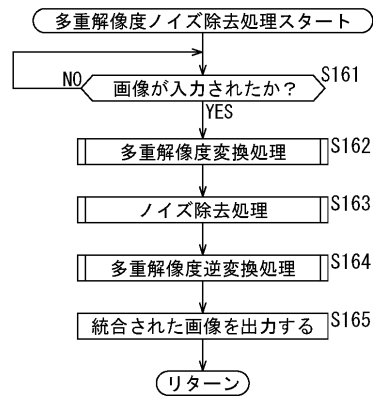
【図 22】
図22



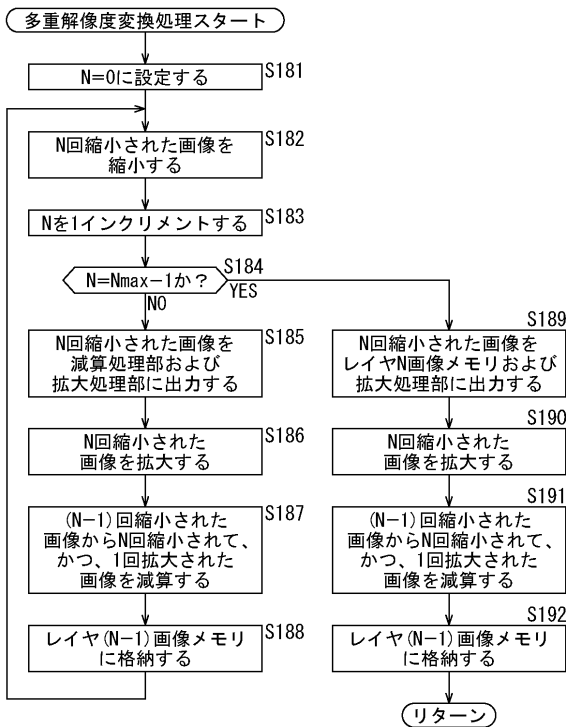
【図 2 3】
図23



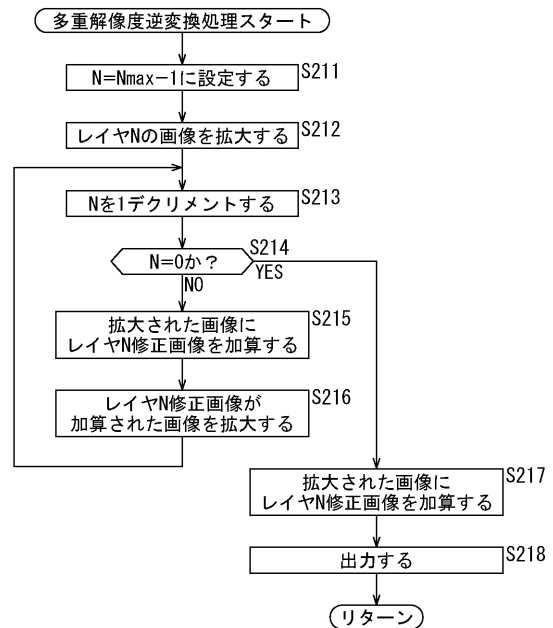
【図 2 4】
図24



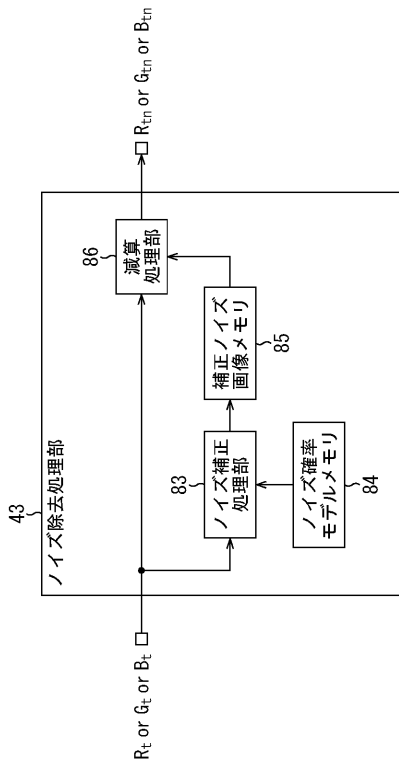
【図 2 5】
図25



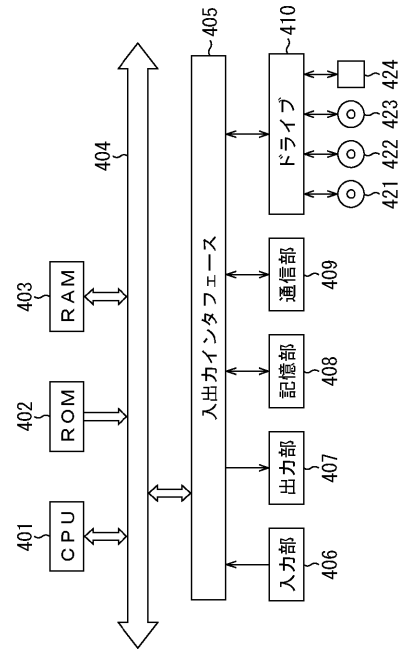
【図 2 6】
図26



【図27】



【図28】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C122 DA04 EA22 FH03 FH23 FH24 HA47 HA88 HB01