

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年2月2日(02.02.2017)

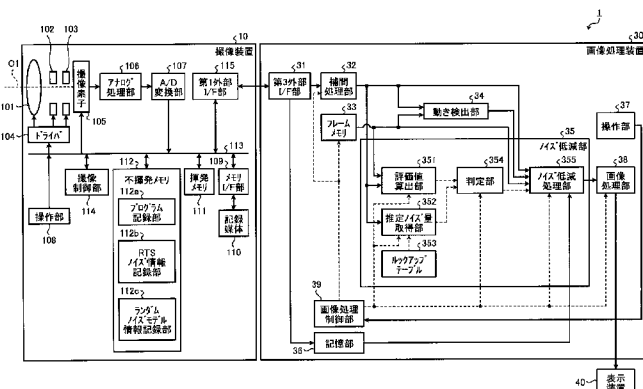


(10) 国際公開番号
WO 2017/017742 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) H04N 5/21 (2006.01)
H04N 1/409 (2006.01) H04N 5/367 (2011.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071175
 - (22) 国際出願日: 2015年7月24日(24.07.2015)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 丸山 裕輝 (MARUYAMA, Hiroki); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 市川 学 (ICHIKAWA, Manabu); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム



- | | |
|----------------------------------|--|
| 10 Imaging device | 107 A/D conversion unit |
| 30 Image processing device | 109 Memory I/F unit |
| 31 Third external I/F unit | 110 Recording medium |
| 32 Interpolation processing unit | 111 Volatile memory |
| 33 Frame memory | 112 Non-volatile memory |
| 34 Movement detection unit | 112a Program recording unit |
| 35 Noise reduction unit | 112b RTS noise information recording unit |
| 36 Storage unit | 112c Random noise model information recording unit |
| 37, 108 Operation unit | 114 Imaging control unit |
| 38 Image processing unit | 115 First external I/F unit |
| 39 Image processing control unit | 351 Evaluation value calculation unit |
| 40 Display device | 352 Estimated noise level acquisition unit |
| 104 Driver | 353 Look-up table |
| 105 Imaging element | 354 Evaluation unit |
| 106 Analog processing unit | 355 Noise reduction processing unit |

(57) Abstract: Provided are an image processing device, an image processing method, and a program, whereby image quality can be improved even if there is low correlation between pixel values for pixels of interest and pixel values for surrounding pixels. The image processing device 30 comprises: a third external I/F unit 31 that obtains noise information, including read circuit position information or position information for each of a plurality of pixels, and obtains a plurality of image data generated by an imaging element 105; and a noise reduction unit 35 that uses image data obtained by the third external I/F unit 31 as image data for correction and corrects pixel values for pixels of interest in image data for correction, on the basis of noise information and on the basis of reference image data on the basis of image data obtained at a time that differs from this image data for correction.

(57) 要約: 注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低い場合であっても、画質を向上させることができる画像処理装置、画像処理方法およびプログラムを提供する。画像処理装置30は、読み出し回路の位置情報または複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報を取得するとともに、撮像素子105が生成した複数の画像データを取得する第3外部I/F部31と、第3外部I/F部31が取得した画像データを補正対象画像データとし、この補正対象画像データと異なる時間に取得された画像データに基づく参照画像データと、ノイズ情報とに基づいて、補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正するノイズ低減部35と、を備える。

WO 2017/017742 A1

明 細 書

発明の名称：画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、2次元状に配置された複数の画素を有する撮像素子に生じるRTSノイズのような画素値が一定範囲内で変動する点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子は、画素および該画素から信号を読み出す読み出し回路の微細化が進んでいる。このような微細化された読み出し回路では、感度の低下および様々なノイズの増加が問題となっている。感度の低下に対しては、複数の画素を1つの読み出し回路で共有させて信号を読み出す共有画素構造を採用することで、撮像素子における回路に必要な面積を削減し、各画素の開口率（受光部の割合）を向上させることによって、感度を向上させている。

[0003] 一方、撮像素子で発生するノイズには、暗電流による暗電流ショットノイズおよび読み出し回路での熱雑音等に起因するランダムノイズ以外にも、画素値が常に異常値を示す欠陥画素、および画素値がランダムに変動する点滅欠陥ノイズ等がある。このような点滅欠陥ノイズの中には、読み出し回路に起因するRTS (Random Telegraph Signal) ノイズがある。このRTSノイズを補正する技術として、撮影された画像における注目画素の画素値、該注目画素の周辺画素の画素値および予め撮像素子の画素毎に検出したRTSノイズのノイズレベル（以下、「RTSノイズレベル」という）に基づいて、注目画素に対してRTSノイズの影響があるか否かを判定し、RTSノイズの影響があると判定された場合、この注目画素の画素値に対してRTSノイズレベルだけ加算または減算する技術が知られている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-105063号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、上述した特許文献1では、注目画素の画素値と該注目画像の周辺画素の画素値との相関が高い場合にはRTSノイズを低減することができる。しかしながら、上述した特許文献1では、輝点または微細構造物等の被写体によっては、注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低くなることで、画質を劣化させる場合があった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低い場合であっても、画質を向上させることができる画像処理装置、画像処理方法およびプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置であって、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取得する取得部と、前記取得部が取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づく参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正部と、を備えたことを特徴とする。

[0008] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正対象画像データと前記参照画像データとに基づいて、被写体の移動量を算出する移

動量算出部と、を備え、前記補正部は、前記移動量算出部が算出した前記移動量に基づいて、前記注目画素または前記注目画素近傍の画素と対応する前記参照画像データの参照画素を取得し、該参照画素の画素値に基づいて、前記注目画素の画素値を補正することを特徴とする。

[0009] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記注目画素において前記点減欠陥ノイズが発生する場合、前記点減欠陥ノイズが発生しない場合に比べ、前記注目画素におけるノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする。

[0010] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記注目画素において前記点減欠陥ノイズが発生する場合、前記参照画像データを用いた時間方向のノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする。

[0011] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記注目画素において前記点減欠陥ノイズが発生する場合、前記注目画素周辺の画素を用いた空間方向のノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする。

[0012] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記参照画素の画素値に基づいて、前記点減欠陥ノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出し、該代表値に基づいて、前記注目画素の画素値を補正することを特徴とする。

[0013] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記注目画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

[0014] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、前記点減欠陥ノイズが発生しない前記参照画素の画素値もしくは前記点減欠陥ノイズを補正した前記参照画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

[0015] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記補正部は、

前記点滅欠陥ノイズが発生しない前記注目画素における周辺の画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

[0016] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記注目画素周辺のランダムノイズ量を推定するノイズ量推定部と、をさらに備え、前記補正部は、前記ランダムノイズ量に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

[0017] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルを用いて前記注目画素の画素値を補正することを特徴とする。

[0018] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルが大きいほど、前記注目画素におけるノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする。

[0019] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルに基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

[0020] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記移動量算出部が算出した前記移動量の確からしさを表す信頼度を算出する信頼度算出部を備え、前記補正部は、前記信頼度に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする。

- [0021] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記参照画像データは、前記補正対象画像データに対応する前記画像データの直前に前記撮像素子が生成した前記画像データであることを特徴とする。
- [0022] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記参照画像データは、前記補正部が前記補正対象画像データに対する補正を行う直前に、前記補正部が補正を行った画像データであることを特徴とする。
- [0023] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記参照画像データは、前記補正対象画像データに対応する前記画像データの前に、前記撮像素子が生成した複数の前記画像データであることを特徴とする。
- [0024] また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記点滅欠陥ノイズは、ランダムテレグラフシグナルノイズであることを特徴とする。
- [0025] また、本発明に係る画像処理方法は、2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置が実行する画像処理方法であって、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取得する取得ステップと、前記取得ステップにおいて取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づく参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正ステップと、を含むことを特徴とする。
- [0026] また、本発明に係るプログラムは、2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置に、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取

得する取得ステップと、前記取得ステップにおいて取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づく参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正ステップと、を実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低い場合であっても、画質を向上させることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る撮像システムの構成を模式的に示すブロック図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置が備える撮像素子の要部の構成を模式的に示す概略図である。

[図3]図3は、本発明の実施の形態1に係る撮像素子に光が当たらないように遮光した場合において、RTSノイズが発生するときに、アンプ部から出力されるアンプ出力の変動の例を示す図である。

[図4]図4は、本発明の実施の形態1に係るRTSノイズが発生するアンプ部を用いて読み出された画素値の分布の例を示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置が実行する処理の概要を示すフローチャートである。

[図6]図6は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置が備えるルックアップテーブルが記憶するノイズモデルの一例を示す図である。

[図7]図7は、図5の時間方向NR処理の概要を示すフローチャートである。

[図8]図8は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置が備えるノイズ低減処理部が設定するRTS_Valueと係数Co_we_preとの関係を示す図である。

[図9]図9は、図5の空間方向NR処理の概要を示すフローチャートである。

[図10]図10は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置が備えるノイズ

低減処理部が設定する RTS_Value と係数 Co_Cb との関係を示す図である。

[図11]図11は、本発明の実施の形態2に係る撮像システムの構成を模式的に示すブロック図である。

[図12]図12は、本発明の実施の形態2に係る RTS ノイズ補正部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、本発明の実施の形態2に係る代表値算出部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、本発明の実施の形態2に係る補正值算出部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、本発明の実施の形態2に係る画像処理装置が実行する処理の概要を示すフローチャートである。

[図16]図16は、図15の代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図17]図17は、図15の補正值算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図18]図18は、本発明の実施の形態3に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図19]図19は、本発明の実施の形態3に係る RTS ノイズ補正部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図20]図20は、本発明の実施の形態3に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図21]図21は、本発明の実施の形態3の変形例に係る RTS ノイズ補正部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図22]図22は、本発明の実施の形態3の変形例に係る代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図23]図23は、本発明の実施の形態3の変形例に係る代表値決定部が算出するブレンド率の算出方法を模式的に示す図である。

[図24]図24は、本発明の実施の形態4に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図25]図25は、本発明の実施の形態4に係るRTSノイズ補正部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図26]図26は、本発明の実施の形態4に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図27]図27は、本発明の実施の形態4の変形例1に係るRTSノイズ補正部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図28]図28は、本発明の実施の形態4の変形例1に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図29]図29は、本発明の実施の形態4の変形例2に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図30]図30は、本発明の実施の形態4の変形例3に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[図31]図31は、本発明の実施の形態5に係る撮像システムの構成を模式的に示すブロック図である。

[図32]図32は、本発明の実施の形態5に係る撮像システムが実行する処理の概要を示すフローチャートである。

[図33]図33は、図30の画像処理の概要を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、「実施の形態」という）について説明する。なお、以下に説明する実施の形態によって本発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付して説明する。

[0030] （実施の形態1）

〔撮像システムの構成〕

図1は、本発明の実施の形態1に係る撮像システムの構成を模式的に示すブロック図である。図1に示す撮像システム1は、撮像装置10と、画像処

理装置30と、表示装置40と、を備える。

[0031] 〔撮像装置の構成〕

まず、撮像装置10の構成について説明する。撮像装置10は、図1に示すように、光学系101と、絞り102と、シャッタ103と、ドライバ104と、撮像素子105と、アナログ処理部106と、A/D変換部107と、操作部108と、メモリI/F部109と、記録媒体110と、揮発メモリ111と、不揮発メモリ112と、バス113と、撮像制御部114と、第1外部I/F部115と、を備える。

[0032] 光学系101は、単数または複数のレンズを用いて構成される。光学系101は、例えばフォーカスレンズとズームレンズとを用いて構成される。

[0033] 絞り102は、光学系101が集光した光の入射量を制限することで露出の調整を行う。絞り102は、後述する撮像制御部114の制御のもと、光学系101が集光した光の入射量を制限する。なお、絞り102を用いずに、シャッタ103や撮像素子105における電子シャッタを用いて光の入射量を制限するようにしてもよい。なお、光学系101、絞り102は、撮像装置10に対して着脱可能であってもよい。

[0034] シャッタ103は、撮像素子105の状態を露光状態または遮光状態に設定する。シャッタ103は、例えばフォーカルプレーンシャッタ等を用いて構成される。なお、シャッタ103を用いずに、撮像素子105における電子シャッタを用いてもよい。

[0035] ドライバ104は、後述する撮像制御部114の制御のもと、光学系101、絞り102およびシャッタ103を駆動する。例えば、ドライバ104は、光学系101を光軸O1に沿って移動させることによって、撮像装置10のズーム倍率の変更またはピント位置の調整を行う。

[0036] 撮像素子105は、後述する撮像制御部114の制御のもと、光学系101が集光した光を受光して画像データ（電気信号）に変換して出力する。撮像素子105は、複数の画素が2次元状に配置されたCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等を用いて構成される。この各画素の前

面には、ベイヤー配列のRGBフィルタが配置されている。なお、撮像素子105は、ベイヤー配列に限定されず、例えばFovionのような積層型の形式でも勿論かまわない。また、用いるフィルタはRGBに限定されず、補色フィルタ等任意のフィルタを適用できる。また、別途、異なるカラー光を時分割で照射可能な光源を配置し、撮像素子105には、フィルタを配置せず、照射する色を変更しながら順次取り込んだ画像を使用してカラー画像を構成できるようにしてもよい。また、撮像素子105は、受光量を電子的に制御可能な電子シャッタ機能を有する。

[0037] ここで、撮像素子105の構成について詳細に説明する。図2は、撮像素子105の要部の構成を模式的に示す概略図である。なお、図2に示す撮像素子105は、画素の開口率向上により感度を向上させるため、複数の画素で読み出し回路を共有している例を示している。なお、図2に示す撮像素子105は、水平方向（横方向）に2画素×垂直方向（縦方向）に4画素の8画素に対して、1つの読み出し回路が配置されている。なお、図2においては、水平方向（横方向）に2画素×垂直方向（縦方向）に4画素の8画素に対して、1つの読み出し回路を1グループとする例を説明したが、本実施の形態1の撮像素子105上には、上述した画素および読み出し回路が、水平方向および垂直方向に並んで配置されているものとする。

[0038] 図2に示すように、撮像素子105は、露光により光を受光し、光電変換を行うことによって、露光量に対応した電荷を発生する複数の画素105a（フォトダイオード）と、複数の画素105aの各々に設けられ、撮像制御部114の制御に応じて開閉する第1スイッチ105bと、複数の画素105aの各々から出力された信号（電荷）を垂直方向に転送する垂直転送線105cと、複数の画素105aの各々から出力された信号を蓄積するFD部105d（Floating Diffusion）と、FD部105dから出力された信号を増幅するアンプ部105eと、撮像制御部114の制御に応じて開閉する第2スイッチ105fと、第2スイッチ105fを制御する制御線105gと、アンプ部105eで増幅された電気信号を転送する転送線105hと、を

備える。

[0039] このように構成された撮像素子105は、画素105a(1)~105a(8)における露光量に対応する信号を画素値として読み出す場合、まず、FD部105dをリセット状態にして、撮像制御部114が第1スイッチ105b(1)のみをオンとすることで、画素105a(1)に発生した電荷をFD部105dに転送する。その後、撮像素子105は、撮像制御部114が第2スイッチ105fをオンとすることで、FD部105dに蓄積された電荷をアンプ部105eによって増幅させて画素値として読み出す(出力する)。次に、撮像素子105は、FD部105dをリセット状態にして、撮像制御部114が第1スイッチ105b(2)のみをオンとすることで、画素105a(2)に発生した電荷をFD部105dに転送する。その後、撮像素子105は、撮像制御部114が第2スイッチ105fをオンとすることで、FD部105dに蓄積された電荷をアンプ部105eによって増幅させて画素値として読み出す。撮像素子105は、このような読み出し動作を順次行うことによって、画素105a(1)~105a(8)における露光量に対応する信号を順次画素値として出力することができる。なお、本実施の形態1では、アンプ部105eが複数の画素105aの各々から電荷を読み出す読み出し回路として機能する。

[0040] 図1に戻り、撮像装置10の構成の説明を続ける。

アナログ処理部106は、撮像素子105から入力されるアナログ信号に対して、所定のアナログ処理を施してA/D変換部107へ出力する。具体的には、アナログ処理部106は、撮像素子105から入力されるアナログ信号に対して、ノイズ低減処理およびゲインアップ処理等を行う。例えば、アナログ処理部106は、アナログ信号に対して、リセットノイズ等を低減した上で波形整形を行い、さらに目的の明るさとなるようにゲインアップを行う。

[0041] A/D変換部107は、アナログ処理部106から入力されるアナログ信号に対して、A/D変換を行うことによってデジタルの画像データ(以下、

「RAW画像データ」という)を生成し、バス113を介して揮発メモリ111に出力する。なお、A/D変換部107は、後述する撮像装置10の各部に対してRAW画像データを直接出力するようにしてもよい。なお、上述したアナログ処理部106とA/D変換部107を撮像素子105に設け、撮像素子105がデジタルのRAW画像データを直接出力するようにしてもよい。

[0042] 操作部108は、撮像装置10の各種の指示を与える。具体的には、操作部108は、撮像装置10の電源状態をオン状態またはオフ状態に切り替える電源スイッチ、静止画撮影の指示を与えるリリーススイッチ、撮像装置10の各種設定を切り替える操作スイッチおよび動画撮影の指示を与える動画スイッチ等を有する。

[0043] 記録媒体110は、撮像装置10の外部から装着されるメモリカードを用いて構成され、メモリI/F部109を介して撮像装置10に着脱自在に装着される。また、記録媒体110は、後述する撮像制御部114の制御のもと、メモリI/F部109を介してプログラムおよび各種情報それぞれを不揮発メモリ112に出力してもよい。

[0044] 揮発メモリ111は、バス113を介してA/D変換部107から入力される画像データを一時的に記憶する。例えば、揮発メモリ111は、アナログ処理部106、A/D変換部107およびバス113を介して、撮像素子105が1フレーム毎に順次出力する画像データを一時的に記憶する。揮発メモリ111は、SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) 等を用いて構成される。

[0045] 不揮発メモリ112は、Flashメモリ等を用いて構成され、撮像装置10を動作させるための各種プログラム、プログラムの実行中に使用される各種データを記録する。また、不揮発メモリ112は、プログラム記録部112aと、画素値を読み出す読み出し回路(アンプ部105e)の位置情報または複数の画素105aの各々の位置情報と読み出し回路(アンプ部105e)に起因するRTSノイズに関する特徴量とを対応付けたRTSノイズ

位置情報を記録するRTSノイズ情報記録部112bと、一または複数のランダムノイズモデルを記録するランダムノイズモデル情報記録部112cと、を有する。ここで、特徴量とは、RTSノイズの振幅(RTS_Value)、点滅欠陥ノイズの発生頻度およびRTSノイズの振幅未満のRTSノイズにおける発生頻度のいずれかである。

[0046] バス113は、撮像装置10の各構成部位を接続する伝送路等を用いて構成され、撮像装置10の内部で発生した各種データを撮像装置10の各構成部位に転送する。

[0047] 撮像制御部114は、CPU (Central Processing Unit) 等を用いて構成され、操作部108からの指示信号やリリース信号に応じて撮像装置10を構成する各部に対する指示やデータの転送等を行って撮像装置10の動作を統括的に制御する。例えば、撮像制御部114は、操作部108からセカンドリリース信号が入力された場合、撮像装置10における撮影動作の制御を開始する。ここで、撮像装置10における撮影動作とは、撮像素子105の露光タイミング、アナログ信号の出力タイミング、および撮像素子105が出力したアナログ信号に対し、アナログ処理部106かつA/D変換部107が所定の処理を施す動作をいう。このように処理が施された画像データは、撮像制御部114の制御のもと、バス113およびメモリI/F部109を介して記録媒体110に記録される。

[0048] 第1外部I/F部115は、バス113を介して外部の機器から入力される情報を不揮発メモリ112または揮発メモリ111へ出力する一方、バス113を介して外部の機器へ揮発メモリ111が記憶する情報、不揮発メモリ112が記憶する情報および撮像素子105が生成した画像データを出力する。具体的には、第1外部I/F部115は、バス113を介して画像処理装置30に撮像素子105が生成したRAW画像データ、RTSノイズ情報およびランダムノイズモデル情報を出力する。

[0049] [画像処理装置の構成]

次に、画像処理装置30の構成について説明する。画像処理装置30は、

第3外部I/F部31と、補間処理部32と、フレームメモリ33と、動き検出部34と、ノイズ低減部35と、記憶部36と、操作部37と、画像処理部38と、画像処理制御部39と、を備える。

[0050] 第3外部I/F部31は、撮像装置10の第1外部I/F部115を介して撮像素子105によって生成された画像データ、不揮発メモリ112内のRTSノイズ情報記録部112bが記録するRTSノイズに関するRTSノイズ情報およびランダムノイズモデル情報記録部112cが記録するランダムノイズモデル情報を取得し、取得したRAW画像データ（補正対象画像データ）、RTSノイズ情報およびランダムノイズモデル情報を補間処理部32および記憶部36へ出力する。第3外部I/F部31および第1外部I/F部115は、例えば双方向に情報をやり取り可能な制御ケーブルや無線通信等を介して接続されている。なお、本実施の形態1では、第3外部I/F部31が取得部として機能する。

[0051] 補間処理部32は、第3外部I/F部31から入力された撮像素子105によって生成されたRAW画像データに対して補間処理を行う。具体的には、補間処理部32は、撮像素子105がベイヤー配列の場合、RAW画像データに対応するRAW画像（以下、「現画像」という）の各画素に対して補間処理を行うことによって、欠落している画素値（信号値）を補間し、各画素においてR、GおよびB信号の全ての画素値を有する現画像を生成し、この現画像をノイズ低減部35へ出力する。

[0052] フレームメモリ33は、ノイズ低減部35と双方向に接続され、表示装置40に表示するための画像のフレームデータを一時的に記憶する。

[0053] 動き検出部34は、補間処理部32から入力される現画像およびフレームメモリ33に記憶され、ノイズ低減部35によってノイズが補正された現画像と、この現画像と時間的に連続した補正後画像データに対応する補正後画像（以下、「過去画像」という）に基づいて、被写体の動きベクトル（移動量）を検出し、この検出結果をノイズ低減部35へ出力する。動き検出部34は、例えば公知のブロックマッチング処理等を用いて動きベクトルを検出

する。例えば、動き検出部 34 は、現画像の注目画素の特徴量と現画像の注目画素の特徴量位置に対応する過去画像の特徴量を検出後、この特徴量と現画像の注目画素の特徴量との距離が最小となる過去画像の画素を検出し、この検出した画素の位置と現画像の注目画素の画素位置とに基づいて、動きベクトルを検出する。ここで、現画像の注目画素の特徴量および現画像の注目画素の特徴量位置に対応する過去画像の特徴量とは、画素値や輝度値等である。なお、動き検出部 34 は、現画像の各画素について動きベクトルを検出してもよい。また、本実施の形態 1 では、動き検出部 34 が移動量算出部として機能する。

[0054] ノイズ低減部 35 は、補間処理部 32 から入力された現画像に対して、ノイズ低減処理（以下、「NR処理」という）を行う。具体的には、ノイズ低減部 35 は、現画像の各画素において静止状態と動作状態とを判別し、その判別結果に応じて NR 処理を切り替える。例えば、ノイズ低減部 35 は、現画像が静止状態と判別した場合、高周波成分を保持可能な時間方向におけるノイズを低減する第 1 の NR 処理（以下、「時間方向 NR 処理」という）を選択する一方、現画像が動作状態と判定した場合、空間方向におけるノイズを低減する第 2 の NR 処理（以下「空間方向 NR 処理」という）を選択する。ここで、時間方向 NR 処理とは、NR 処理の対象となる現画像と、その現画像とは異なる時間に取得された過去画像（参照画像データ）と、を用いた加重平均処理によりノイズを低減する。加重平均処理には、現画像の注目画素（処理対象画素）と現画像の注目画素の位置に対応する過去画像の画素（処理対象画素）が用いられる。また、空間方向 NR 処理とは、NR 処理の処理対象となる注目画素（処理対象画素）と、この注目画素の周辺の周辺画素とを用いた加重平均処理によってノイズを低減する。また、静止状態とは、撮像素子 105（撮像装置 10）と被写体との相対的な位置関係が時間的に変化しない状態を示す。さらにまた、動作状態とは、撮像素子 105（撮像装置 10）と被写体との相対的な位置関係が時間的に変化する状態を示す。なお、本実施の形態 1 では、ノイズ低減部 35 が補正部として機能する。ま

た、ノイズ低減部 35 は、被写体が移動していない場合、現画像の注目画素近傍の画素と対応する過去画像の画素の画素値を記憶部 36 から取得し、取得した過去画像の画素の画素値に基づいて、注目画素の画素値を補正してもよい。

[0055] ここで、ノイズ低減部 35 の詳細な構成について説明する。ノイズ低減部 35 は、評価値算出部 351 と、推定ノイズ量取得部 352 と、ルックアップテーブル 353 と、判定部 354 と、ノイズ低減処理部 355 と、を有する。

[0056] 評価値算出部 351 は、補間処理部 32 から入力された時間的に連続する現画像およびフレームメモリ 33 から入力された過去画像の各々に含まれる被写体がフレーム間において静止状態であるか否かを判定するための評価値を算出する。

[0057] 推定ノイズ量取得部 352 は、補間処理部 32 から入力された画像データに対応する画像で推定される推定ノイズ量を取得する。

[0058] ルックアップテーブル 353 は、推定ノイズ量取得部 352 がノイズ量を推定する際に用いられるノイズモデルを記憶する。

[0059] 判定部 354 は、評価値算出部 351 が算出した評価値と推定ノイズ量取得部 352 が取得した推定ノイズ量とに基づいて、補間処理部 32 から入力された現画像内における被写体が静止状態であるか否かを判定する。

[0060] ノイズ低減処理部 355 は、注目画素が RTS ノイズを発生しえるとき、ノイズ低減の強度を強くすることによって注目画素の画素値を補正して画像処理部 38 へ出力する。

[0061] 記憶部 36 は、揮発メモリや不揮発性メモリを用いて構成され、第 3 外部 I/F 部 31 から出力された RTS ノイズ情報および複数の過去画像を記憶する。

[0062] 操作部 37 は、画像処理装置 30 に関する各種操作信号の入力を受け付ける。操作部 37 は、例えば十字ボタン、プッシュボタンおよびタッチパネル等を用いて構成される。

[0063] 画像処理部38は、ノイズ低減されたRAW画像データに対して、所定の画像処理を行って表示装置40へ出力する。ここで、所定の画像処理とは、少なくともホワイトバランス調整処理、 γ 補正処理、色再現処理およびエッジ強調処理等を含む基本の画像処理を行う。また、画像処理部38は、予め設定された各画像処理のパラメータに基づいて、自然な画像を再現する画像処理を行う。ここで、各画像処理のパラメータとは、コントラスト、シャープネス、彩度、ホワイトバランスおよび階調の値である。

[0064] 画像処理制御部39は、画像処理装置30を構成する各部を統括的に制御する。画像処理制御部39は、CPU (Central Processing Unit) 等を用いて構成される。画像処理制御部39は、画像処理装置30を構成する各部の指示やデータ等の転送を制御する。

[0065] [表示装置の構成]

次に、表示装置40の構成について説明する。表示装置40は、画像処理装置30から入力される画像データに対応する画像を表示する。表示装置40は、液晶または有機EL (Electro Luminescence) 等の表示パネル等を用いて構成される。

[0066] 以上の構成を有する撮像システム1は、画像処理装置30が撮像素子105において発生するRTSノイズを補正し、表示装置40が画像処理装置30によって画像処理が施された画像データに対応する画像を表示する。

[0067] [RTSノイズの発生原因と特性]

次に、RTSノイズの発生原因とRTSノイズの特性について説明する。

図3は、撮像素子105に光が当たらないように遮光した場合において、RTSノイズが発生するときに、アンプ部105eから出力されるアンプ出力の変動の例を示す図である。図4は、RTSノイズが発生するアンプ部105eを用いて読み出された画素値の分布の例を示す図である。

[0068] RTSノイズは、アンプ部105eにおけるゲート酸化膜にトラップ準位が存在した場合、ランダムなタイミングで、このトラップ準位に電荷が捕獲されたり、放出されたりすることで発生する。このため、図3に示すように

、RTSノイズが発生するアンプ部105eでは、アンプ出力が約 V_{rts} の範囲でランダムに変動する。また、電位の変動は、一瞬で起こらず、わずかな時間 τ を要する。

[0069] 一般に、撮像素子105では、画素105aから読み出した画素値からノイズを低減するため、相関二重サンプリング処理（以下、「CDS処理」という）が行われる。CDS処理では、撮像制御部114が撮像素子105のリセットスイッチ（図示せず）をオンにして、FD部105dの電荷をリセットさせ、さらに、撮像制御部114が第2スイッチ105fをオンにして、リセット状態を作り、リセット状態の信号（基準信号）を読み出す（出力する）。次に、CDS処理では、撮像制御部114が第1スイッチ105b（または第1スイッチ105b(1)～105b(8)のいずれか）のみをオンにして、画素105aで発生した電荷をFD部105dに転送し、さらに第2スイッチ105fをオンにした読み出し状態（出力状態）を作り、読み出し状態の信号を読み出す（出力する）。続いて、CDS処理では、読み出し状態の信号からリセット状態の信号（基準信号）を減算することで得られる信号を画素値として変換する。

[0070] 図3に示すように、撮像素子105は、CDS処理により、時間 t_{r1} （リセット状態）および時間 t_{s1} （読み出し状態）それぞれの信号を読み出すと、時間 t_{r1} および時間 t_{s1} それぞれのアンプ出力 V がほぼ同様であるため、主にランダムノイズによる影響を受け、読み出された画素値が図4に示す分布Aのような0を中心とした分布となる。同様に、撮像素子105は、時間 t_{r2} （リセット状態）と時間 t_{s2} （読み出し状態）でも、時間 t_{r2} および時間 t_{s2} それぞれのアンプ出力 V がほぼ同様であるため、読み出された画素値が図4に示す分布Aのようになる。

[0071] 一方、撮像素子105は、CDS処理により、時間 t_{r3} （リセット状態）および時間 t_{s3} （読み出し状態）それぞれの信号を読み出すと、時間 t_{r3} のアンプ出力と比べ時間 t_{s3} のアンプ出力が約 V_{rts} 低いため、2つの信号の差をとると、アンプ出力の変化量である V_{rts} に対応する画素

値である RTS_Value 分マイナス方向にシフトし、読み出された画素値が $-RTS_Value$ を中心とした分布 B となる。

[0072] これに対して、撮像素子 105 は、CDS 処理により、時間 t_{r4} (リセット状態) および時間 t_{s4} (読み出し状態) それぞれの信号を読み出すと、時間 t_{r4} のアンプ出力に比べて時間 t_{s4} のアンプ出力が約 V_{rts} 高いため、2つの信号の差をとるとアンプ出力の変化量である V_{rts} に対応する画素値である RTS_Value 分プラス方向にシフトし、読み出された画素値が RTS_Value を中心とした分布 C となる。

[0073] ここで、図3のアンプ出力の変動は、時間 τ を要して生じるため、電位が変動している途中で信号を読み出す場合もある。この場合、リセット状態の読み出し時間および読み出し状態の読み出し時間の間で、アンプ出力差が $-V_{rts}$ より大きく、 V_{rts} より小さい。この結果、撮像素子 105 から読み出された画素値も、 $-RTS_Value$ より大きく、 RTS_Value より小さな値となる。時間 τ は、撮像素子 105 の条件 (例えば温度や駆動電圧等) が一定であれば、ほぼ一定になると考えられるため、 $-RTS_Value$ より大きく RTS_Value より小さな画素値が同様の確率で発生する。ここでは、これらの画素値の発生頻度を α_{noise} と定義する。また、分布 B および分布 C の各々は、中央値のみ異なるが、それ以外は同様の分布となる。このため、以下においては、分布 A に対する分布 B または分布 C の割合を α_{rts} と定義する。この α_{rts} は、アンプ部 105 e のアンプ出力の変動周期が短いほど、大きくなる。

[0074] このように、CDS 処理により RTS ノイズが発生するアンプ部 105 e を用いて読み出された画素値は、図4のような分布となる。なお、撮像素子 105 に光が当たっている条件では、読み出し状態の電位が露光量に応じて変化する。しかしながら、RTS ノイズによる電位の変化は、露光量によらず一定である。即ち、RTS ノイズは、露光量に依存せず、 $-RTS_Value$ 以上、 RTS_Value 以下の範囲で正常な画素値に対してランダムに変動する特性を有する。なお、図4において、分布 A、分布 B、分布 C

を模式的に示したが、一般には正規分布となる。

[0075] また、RTSノイズは、読み出し回路（アンプ部105e）に起因するノイズであるため、図2に示すように、複数の画素105aの各々が1つの読み出し回路を共有している場合、全ての共有画素（画素105a（1）～105a（8））において同様の特性のRTSノイズが発生する。

[0076] また、図2に示した読み出し回路（アンプ部105e）以外にも、撮像素子105の列方向で共有しているカラムアンプやソースフォロア等においても、RTSノイズが発生する場合がある。この場合、同じカラムアンプおよびソースフォロアを共有する列方向の全ての画素においても同様の特性のRTSノイズが発生する。本実施の形態では、読み出し回路（アンプ部105e）以外の回路で発生したRTSノイズにも適用することができる。

[0077] このようにRTSノイズは、被写体を固定して同じ条件で撮影した場合、撮影により得られた画像の画素値が一定範囲内（ $-RTS_Value$ 以上、 RTS_Value 以下）で振幅（変動）するような点滅欠陥ノイズの一種となる。

[0078] [画像処理装置の処理]

次に、画像処理装置30が実行する処理について説明する。図5は、画像処理装置30が実行する処理の概要を示すフローチャートであり、画像処理装置30が実行するメインルーチンのフローチャートである。

[0079] 図5に示すように、まず、評価値算出部351は、補間処理部32から出力された現画像（現フレーム）と、フレームメモリ33に記憶された過去画像（過去フレーム）と、を用いて差分平均値mSAD（フレーム間差分値）を算出する（ステップS1）。ここで、過去画像とは、補間処理部32から入力される現画像より1フレーム前の時点において、ノイズ低減部35から出力されたNR処理済みの画像である。具体的には、評価値算出部351は、NR処理の対象となる画素である注目画素の座標を（ x ， y ）とした場合、差分平均値mSADを以下の式（1）を用いて算出し、式（1）のSAD（ m ， n ）が最小となる（ m ， n ）の値をノイズ低減処理部355および判

定部354へ出力する。なお、以下においては、G信号についての処理を説明するが、R信号およびB信号についても同一の処理を行う。

[数1]

$$mSAD = \min \left\{ \begin{array}{l} SAD(-1,-1), \quad SAD(0,-1), \quad SAD(1,-1), \\ SAD(-1,0), \quad SAD(0,0), \quad SAD(1,0), \\ SAD(-1,1), \quad SAD(0,1), \quad SAD(1,1), \end{array} \right\}, \quad \dots (1)$$

$$SAD(m,n) = \frac{1}{(2k+1)^2} \sum_{j=-k}^k \sum_{i=-k}^k |F_{G_cur}(x+i,y+j) - F_{G_pre}(x+i,y+j+n)|$$

[0080] ここで、上式(1)において、 $\min \{ \}$ は、括弧内の値の最小値を取得する処理を表す。また、 $m = -1, 0, 1, n = -1, 0, 1$ の場合を示すが、これに限定されず、 $m = -10, -9, \dots, 9, 10, n = -10, -9, \dots, 9, 10$ などより広い範囲を設定してもよい。また、 $F_{G_cur}(x, y)$ は、現画像(RGB画像)の座標 (x, y) におけるG信号値であり、 $F_{G_pre}(x, y)$ は、過去画像の座標 (x, y) におけるG信号値である。また、 k は、自然数であり、 $(2k+1)$ は、差分平均値mSADを算出する際のカーネルサイズに相当する。なお、 k は、予め一定の値を設定しておくこともできるし、操作部37を介してユーザが任意の値を設定する構成としてもよい。また、 $|A|$ は、実数Aの絶対値を取得する処理を表す。

[0081] また、上式(1)で説明した (m, n) は、フレーム間の動きベクトルに相当し、この動きベクトルの探索範囲は、 $m = -1, 0, 1, n = -1, 0, 1$ の場合 ± 1 画素である。上式(1)では、探索範囲の中で最も小さいSADをmSADとして選択する。

[0082] 続いて、推定ノイズ量取得部352は、ルックアップテーブル353を参照して、現画像における注目画素の画素値(信号値)に対応する推定ノイズ量Nを取得する(ステップS2)。

[0083] 図6は、ルックアップテーブル353が記憶するノイズモデルの一例を示す図である。図6において、縦軸がノイズ量を示し、横軸が画素値を示す。なお、図6においては、縦軸のノイズ量として画素値の標準偏差を用い、撮像素子105の特性に応じたノイズモデルを示す。

- [0084] 図6の曲線 $L_x 1$ に示すように、撮像素子105におけるノイズ量は、画素値が大きくなるに従って増加する。このため、本実施の形態1では、推定ノイズ量取得部352は、図6の曲線 $L_x 1$ のノイズモデルを参照して、現画像の注目画素の画素値に対応する推定ノイズ量 N を取得する。なお、図6に示した曲線以外にも、ノイズモデルを近似式や折れ線で近似した特性であってもよい。
- [0085] その後、判定部354は、評価値算出部351によって算出された差分平均値 $mSAD$ が推定ノイズ量取得部352によって取得されたノイズ量 N 以下($mSAD \leq N$)であるか否かを判定することによって、静止状態であるか動作状態であるか否かの判別処理を行う(ステップS3)。判定部354が評価値算出部351によって算出された差分平均値 $mSAD$ が推定ノイズ量取得部352によって取得されたノイズ量 N 以下であると判定した場合(ステップS3: Yes)、画像処理装置30は、後述するステップS4へ移行する。これに対して、判定部354が評価値算出部351によって算出された差分平均値 $mSAD$ が推定ノイズ量取得部352によって取得されたノイズ量以下でないと判定した場合(ステップS3: No)、画像処理装置30は、後述するステップS5へ移行する。
- [0086] ステップS4において、ノイズ低減処理部355は、現画像における注目画素に対して時間方向NR処理を実行する。なお、時間方向NR処理の詳細は、後述する。ステップS4の後、画像処理装置30は、後述するステップS6へ移行する。
- [0087] ステップS5において、ノイズ低減処理部355は、現画像における注目画素に対して空間方向NR処理を実行する。なお、空間方向NR処理の詳細は、後述する。ステップS5の後、画像処理装置30は、後述するステップS6へ移行する。
- [0088] 続いて、画像処理制御部39が現画像の全画素に対してNR処理が実行されたと判断した場合(ステップS6: Yes)、画像処理装置30は、後述するステップS7へ移行する。これに対して、画像処理制御部39が現画像

の全画素に対してNR処理が実行されていないと判断した場合（ステップS6：No）、画像処理装置30は、上述したステップS1へ戻る。

[0089] ステップS7において、ノイズ低減処理部355は、NR画像をフレームメモリ33および画像処理部38へ出力する。ステップS7の後、画像処理装置30は、本処理を終了する。

[0090] 判定部354は、評価値算出部351によって算出された差分平均値mSADがノイズ量N以下であるかを判定することによって、ノイズ低減処理部355が時間方向NR処理を行うか空間方向NR処理を行うか切替えていたが、ノイズ低減処理部355が時間方向NR処理と空間方向NR処理の両方を行い、差分平均値mSADの大きさ（または動きベクトルの確からしさを示す信頼度の大きさ）に応じて設定されるブレンド値に基づいて各NR処理の結果をブレンドするようにしてもよい。

[0091] 〔時間方向NR処理の概要〕

次に、上述した図5のステップS4の時間方向NR処理について詳細に説明する。図7は、時間方向NR処理の概要を示すフローチャートである。

[0092] 図7に示すように、ノイズ低減処理部355は、記憶部36からRTSノイズ情報を取得し、このRTSノイズ情報に基づいて、現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるか否かを判断する（ステップS10）。ノイズ低減処理部355が現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるかと判断した場合（ステップS10：Yes）、画像処理装置30は、後述するステップS11へ移行する。これに対して、ノイズ低減処理部355が現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性がないと判断した場合（ステップS10：No）、画像処理装置30は、後述するステップS12へ移行する。

[0093] ステップS11において、ノイズ低減処理部355は、記憶部36から取得したRTSノイズ情報に含まれるRTS_Valueに応じて、時間方向NR処理で用いる係数Co_we_preを設定する。ステップS11の後、画像処理装置30は、後述するステップS13へ移行する。

[0094] 図8は、ノイズ低減処理部355が設定するRTS__Valueと係数Co__we__preとの関係を示す図である。図8において、横軸がRTS__Valueの大きさを示し、縦軸が係数Co__we__preを示す。

[0095] 図8に示すように、ノイズ低減処理部355は、直線L1、曲線L2および折れ線L3に示すように、RTS__Valueの大きさに応じて、係数Co__we__preを設定する。例えば、ノイズ低減処理部355は、RTS__Valueの大きさに応じて、直線L1に示すように直線的に大きくなるように係数Co__we__preを設定してもよいし、曲線L2に示すように指数的に大きくなるように係数Co__we__preを設定してもよいし、折れ線L3に示すように段階的に大きくなるように係数Co__we__preを設定してもよい。このように、ノイズ低減処理部355は、注目画素にRTSノイズが発生する可能性がある場合、注目画素にRTSノイズが発生しない場合と比べて、時間方向NR処理で用いる係数Co__we__preを大きくする。

[0096] 図7に戻り、ステップS12以降の説明を続ける。

ステップS12において、ノイズ低減処理部355は、係数Co__we__preを1（係数Co__we__pre=1）に設定する。ステップS12の後、画像処理装置30は、後述するステップS13へ移行する。

[0097] 続いて、ノイズ低減処理部355は、上述したステップS11またはステップS12で設定した係数Co__we__preを用いて、重み係数we__preを算出する（ステップS13）。具体的には、ノイズ低減処理部355は、以下の式（2）によって、重み係数we__preを算出する。

$$we_per = Co_we_pre \times we_pre \quad \dots (2)$$

[0098] その後、ノイズ低減処理部355は、上述したステップS13で算出した重み係数we__preを用いて、時間方向NR処理を実行し（ステップS14）、画像処理装置30は、図5のメインルーチンへ戻る。具体的には、ノイズ低減処理部355は、以下の式（3）を用いて時間方向NR処理を実行する。

[数2]

$$F_{G_NR}(x,y) = \frac{we_cur \times F_{G_cur}(x,y) + we_pre \times F_{G_pre}(x+m,y+n)}{we_cur + we_pre} \quad \dots (3)$$

[0099] ここで、上述(3)において、 $F_{G_NR}(x,y)$ は、NR画像の座標(x,y)における現画像の画素値である。また、 we_cur および we_pre は、加重平均処理時の重み係数である。なお、本実施の形態1では、 we_pre を we_cur と比較して大きくすることによって、ノイズ低減量を大きくしてもよい。また、本実施の形態1では、 we_pre を予め一定の値に設定しておいてもよいし、操作部37を介してユーザが任意の値を設定可能な構成としてもよい。

[0100] [空間方向NR処理の概要]

次に、図5のステップS5において説明した空間方向NR処理について詳細に説明する。図9は、空間方向NR処理の概要を示すフローチャートである。

[0101] 図9に示すように、ノイズ低減処理部355は、記憶部36からRTSノイズ情報を取得し、このRTSノイズ情報に基づいて、現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるか否かを判断する(ステップS21)。ノイズ低減処理部355が現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があると判断した場合(ステップS21:Yes)、画像処理装置30は、後述するステップS22へ移行する。これに対して、ノイズ低減処理部355が現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性がないと判断した場合(ステップS21:No)、画像処理装置30は、後述するステップS22へ移行する。

[0102] ステップS21において、ノイズ低減処理部355は、記憶部36から取得したRTSノイズ情報に含まれるRTS_Valueに応じて、空間方向NR処理で用いる係数Co_Cbを設定する。ステップS21の後、画像処理装置30は、後述するステップS23へ移行する。

[0103] 図10は、ノイズ低減処理部355が設定するRTS_Valueと係数

$C_o_C_b$ との関係を示す図である。図10において、横軸がRTS_Valueの大きさを示し、縦軸が係数 $C_o_C_b$ を示す。

[0104] 図10に示すように、ノイズ低減処理部355は、直線L11、曲線L12および折れ線L13に示すように、RTS_Valueの大きさに応じて、係数 $C_o_C_b$ を設定する。例えば、ノイズ低減処理部355は、RTS_Valueの大きさに応じて、直線L11に示すように直線的に大きくなるように係数 $C_o_C_b$ を設定してもよいし、曲線L12に示すように指数的に大きくなるように係数 $C_o_C_b$ を設定してもよいし、折れ線L13に示すように段階的に大きくなるように係数 $C_o_C_b$ を設定してもよい。このように、ノイズ低減処理部355は、注目画素にRTSノイズが発生する可能性がある場合、注目画素にRTSノイズが発生しない場合と比べて、空間方向NR処理で用いる係数 $C_o_C_b$ を大きくする。

[0105] 図9に戻り、ステップS22以降の説明を続ける。

ステップS22において、ノイズ低減処理部355は、係数 $C_o_C_b$ を1（係数 $C_o_C_b=1$ ）に設定する。ステップS22の後、画像処理装置30は、後述するステップ23へ移行する。

[0106] 続いて、ノイズ低減処理部355は、上述したステップS21またはステップS22で設定した係数 $C_o_C_b$ を用いて、重み係数 C_b を算出する（ステップS24）。具体的には、ノイズ低減処理部355は、以下の式（4）によって、重み係数 C_b を算出する。

$$C_b = C_o_C_b \times C_b \quad \dots (4)$$

[0107] その後、ノイズ低減処理部355は、上述したステップS23で算出した重み係数 C_b を用いて、空間方向NR処理を実行し（ステップS24）、画像処理装置30は、図5のメインルーチンへ戻る。具体的には、ノイズ低減処理部355は、以下の式（5）を用いて空間方向NR処理を実行する。

[数3]

$$F_{G_NR}(x,y) = \frac{\sum_{j=-li=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 \{we_diff_cur(x+i,y+j) \times F_{G_cur}(x+i,y+j)\} + \sum_{j=-li=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 \{we_diff_pre(x+i,y+j) \times F_{G_pre}(x+i,y+j+n)\}}{\sum_{j=-li=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 we_diff_cur(x+i,y+j) + \sum_{j=-li=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 we_diff_pre(x+i,y+j)} \dots (5)$$

[0108] ここで、上式（5）において、we_diff_cur(x+i, y+j) およびwe_diff_pre(x+i, y+j) は、加重平均処理時の重み係数に相当する。この係数は、以下の式（6）に示すように、ガウス分布によって与えられる。また、i および j は、自然数である。さらに、m および n は、上述した式（1）において差分平均値 m SAD として選択された SAD (m, n) である。

[数4]

$$we_diff_cur(x+i,y+j) = \exp\left[-\frac{\{F_{G_cur}(x+i,y+j) - F_{G_cur}(x,y)\}^2}{2\sigma^2}\right], \dots (6)$$

$$we_diff_pre(x+i,y+j) = \exp\left[-\frac{\{F_{G_pre}(x+i,y+j+n) - F_{G_cur}(x,y)\}^2}{2\sigma^2}\right]$$

[0109] 上述した式（6）に示すように、本実施の形態1で用いられる空間方向NR処理では、現画像の注目画素の画素値と、この注目画素の周辺画素の画素値との差分の大きさに応じて、適応的に重み係数が設定される。具体的には、現画像の注目画素の画素値と、この注目画素の周辺画素の画素値との差分が大きい場合、加重平均処理時の重みが小さくなる。従って、エッジ部等の画素値が急に変化する領域の画素は、加重平均処理に寄与しなくなるため、エッジ部を保持してノイズ成分のみを低減することができる。しかしながら、この空間方向NR処理では、現画像の注目画素の画素値と、この注目画素の周辺画素の画素値との差分に応じた重み係数が制御されているため、ノイズ低減の程度（平滑化の強度）が画像に含まれるノイズ量に依存する。具体的には、ノイズが大きいほど差分が大きくなるため、重み係数が小さくなり

、上式（３）の加重平均における寄与が小さくなる。そのため、ノイズが大きいほどノイズ低減の程度は、弱くなり、ノイズが低減されなくなってしまう。

[0110] そこで、本実施の形態１では、ノイズ低減処理部３５５は、上式（６）のガウス分布の標準偏差 σ を、図５のステップＳ２で出力されるノイズ量 N に基づいて算出する。具体的には、ノイズ低減処理部３５５は、以下の式（７）を用いて標準偏差 σ を算出する。

$$\sigma = C_b \times N \quad \dots (7)$$

[0111] ここで、上式（７）において、重み係数 C_b は、正の実数である。なお、重み係数 C_b は、予め一定の値を設定してもよいし、操作部３７を介してユーザが任意の値に設定可能な構成としてもよい。

[0112] このように、ノイズ低減処理部３５５は、ノイズ量 N に基づいて、ガウス分布の標準偏差 σ を算出することによって、ノイズ量に対して適応的なノイズ低減処理を実行することができる。即ち、ノイズ低減処理部３５５は、ノイズ量が大きいほど、標準偏差 σ が大きくなるため、上式（６）において差分（例えば $F_{G_cur}(x+i, y+j) - F_{G_cur}(x, y)$ ）がノイズにより大きくなった場合でも、標準偏差 σ が推定ノイズ量 N に依存しない場合に比べて、重み係数を大きくできる。このため、ノイズが大きい場合でも、平滑化の強度を維持することができる。

[0113] 以上説明した本発明の実施の形態１によれば、ノイズ低減部３５が第３外部Ｉ／Ｆ部３１から入力されたＲＴＳノイズ情報に基づいて、現画像の注目画素においてＲＴＳノイズが発生する可能性がある場合、注目画素の画素値に対して、NR処理の係数をＲＴＳノイズが発生しない画素に対して行うNR処理の係数と比べて大きくすることによって、注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低い場合であっても、動画に発生する可能性があるＲＴＳノイズを低減することができるので、画質を向上させることができる。

[0114] さらに、本発明の実施の形態１によれば、現画像の注目画素においてＲＴＳノイズが発生する可能性がある場合、注目画素の画素値に対して、従来の

撮像装置等に備えられたNR機能の係数を大きくするだけでよいため、簡易な構成でRTSノイズを低減することができる。

[0115] なお、本発明の実施の形態1では、動き検出部34が動きベクトル(m、n)を算出するためにSADを用いたが、その他SSD (Sum of Squared Difference) やNCC (Normalized Cross-Correlation) など既存の方法によって算出してもよい。

[0116] (実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2について説明する。本実施の形態2に係る撮像システムは、上述した実施の形態1に係る画像処理装置30と構成が異なるうえ、本実施の形態2に係る画像処理装置が実行する処理も異なる。具体的には、本実施の形態2に係る画像処理装置は、現画像から算出した代表値および過去画像で算出した代表値に基づいて、注目画素を補正する際の代表値を算出し、この代表値に基づいて注目画素の画素値を補正する。以下においては、本実施の形態2に係る撮像システムの構成を説明後、本実施の形態2に係る画像処理装置が実行する処理について説明する。なお、上述した実施の形態1に係る撮像システム1と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0117] [撮像システムの構成]

図11は、本発明の実施の形態2に係る撮像システムの構成を模式的に示すブロック図である。図11に示す撮像システム1aは、上述した実施の形態1に係る撮像システム1の画像処理装置30に換えて、画像処理装置30aを備える。

[0118] [画像処理装置の構成]

画像処理装置30aは、上述した実施の形態1に係る画像処理装置30から補間処理部32、フレームメモリ33および動き検出部34の構成を省略するとともに、ノイズ低減部35に換えてノイズ低減部35aを備える。

[0119] ノイズ低減部35aは、第3外部I/F部31から入力された現画像に対して、RTSノイズを補正して画像処理部38へ出力する。ノイズ低減部3

5 aは、RTSノイズ補正部320を有する。

[0120] RTSノイズ補正部320は、第3外部I/F部31から入力された現画像に対して、RTSノイズを補正するRTSノイズ補正処理を行い、このRTSノイズ補正を行った現画像を画像処理部38へ出力する。

[0121] ここで、RTSノイズ補正部320の詳細な構成について説明する。図12は、RTSノイズ補正部320の詳細な構成を示すブロック図である。

[0122] 図12に示すように、RTSノイズ補正部320は、RTSノイズ画素判定部321と、候補値算出部322と、代表値算出部323と、ランダムノイズ量推定部324と、補正值算出部325と、を有する。

[0123] RTSノイズ画素判定部321は、第3外部I/F部31から入力されたRTSノイズ情報に基づいて、第3外部I/F部31から入力された現画像の注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるか否かを判定し、判定結果を候補値算出部322および代表値算出部323へ出力する。具体的には、RTSノイズ画素判定部321に対して画素が位置を入力されると、その画素（注目画素）に対応するRTSノイズ情報があるか否かを判定し、RTSノイズ情報がある場合、このRTSノイズ情報（RTSノイズが有りを示す情報）を出力する一方、RTSノイズ情報がない場合、RTSノイズが発生しない画素と見なし、RTSノイズ情報を出力しない。

[0124] 候補値算出部322は、注目画素の画素値と、RTSノイズ画素判定部321の判定結果とに基づいて、RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるかと判定されている場合、注目画素の画素値に対する補正量の候補値を複数算出し、注目画素の画素値と、算出した複数の候補値を代表値算出部323、ランダムノイズ量推定部324および補正值算出部325それぞれへ出力する。

[0125] 代表値算出部323は、RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるかと判定されている場合には、注目画素における周囲の少なくともRTSノイズ画素判定部321によってRTSノイズが発生しないと判定されている画素と、後述するランダムノイ

ズ量推定部 324 が算出した注目画素に対応するランダムノイズ量とに基づいて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出する。また、代表値算出部 323 は、第 3 外部 I / F 部 31 から入力された現画像と記憶部 36 に記憶された過去画像とに基づいて、現画像の代表値を算出して補正值算出部 325 へ出力する。

- [0126] ここで、代表値算出部 323 の詳細な構成について説明する。図 13 は、代表値算出部 323 の詳細な構成を示すブロック図である。
- [0127] 図 13 に示すように、代表値算出部 323 は、第 1 参照値算出部 323 a と、第 1 ランダムノイズ量推定部 323 b と、許容範囲算出部 323 c と、代表値決定部 323 d と、を有する。
- [0128] 第 1 参照値算出部 323 a は、ランダムノイズ量を推定する際に用いる参照値を算出する。具体的には、第 1 参照値算出部 323 a は、注目画素の画素値に RTS_Value を加算した値、または注目画素の画素値に補正量の候補値のうち最大値を加算した値を参照値として算出する。
- [0129] 第 1 ランダムノイズ量推定部 323 b は、第 3 外部 I / F 部 31 から入力されたランダムノイズモデルと第 1 参照値算出部 323 a が算出した参照値とに基づいて、ランダムノイズ量を算出する。
- [0130] 許容範囲算出部 323 c は、注目画素を基準に設定した算出範囲内にある画素の画素値と第 1 ランダムノイズ量推定部 323 b で算出したランダムノイズ量とに基づいて、代表値算出処理に使用可能な画素値の範囲である許容範囲（有効範囲）を算出する。
- [0131] 代表値決定部 323 d は、算出範囲内における注目画素以外の画素値に対して、許容範囲内（有効範囲内）に含まれている画素値（カラーフィルタを用いた撮像素子 105 の場合、注目画素と同色の画素値）を選択し、選択した画素値が所定の値以上の場合、この選択した画素値の中央値を代表値として決定する。また、代表値決定部 323 d は、現画像と記憶部 36 に記憶された過去画像とに基づいて、現画像の代表値を決定する。
- [0132] 図 12 に戻り、RTSノイズ補正部 320 の構成の説明を続ける。

ランダムノイズ量推定部324は、第3外部I/F部31から入力されたランダムノイズモデルに基づいて、画素値に対応するランダムノイズ量を推定し、推定結果を候補値算出部322、代表値算出部323および補正值算出部325それぞれへ出力する。即ち、ランダムノイズ量推定部324に対して画素値を入力すると、その画素値に対応するランダムノイズ量が出力される。

[0133] 補正值算出部325は、RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生する可能性がある画素と判定されている場合、候補値算出部322が算出した複数の候補値に基づいて、注目画素の画素値を補正する。具体的には、補正值算出部325は、注目画素の画素値と、候補値算出部322によって算出された複数の候補値と、代表値算出部323によって算出された代表値と、に基づいて、RTSノイズを補正した画素値を算出して画像処理部38へ出力する。より具体的には、補正值算出部325は、候補値算出部322が算出した複数の候補値の中から、代表値算出部323が算出した代表値に補正結果が最も近くなるような候補値に基づいて、注目画素の画素値を補正する。これに対して、補正值算出部325は、RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生しない画素と判定されている場合、注目画素の画素値をそのまま出力する。なお、本実施の形態2では、補正值算出部325が補正部として機能する。

[0134] ここで、補正值算出部325の詳細な構成について説明する。図14は、補正值算出部325の詳細な構成を示すブロック図である。

[0135] 図14に示すように、補正值算出部325は、第2参照値算出部325aと、第2ランダムノイズ量推定部325bと、補正量決定部325cと、画素値補正部325dと、を有する。

[0136] 第2参照値算出部325aは、注目画素の画素値からRTS_Valueを減算した値または注目画素の画素値から補正量の候補値のうち最大値を減算した値を参照値として算出する。

[0137] 第2ランダムノイズ量推定部325bは、第3外部I/F部31から入力

されたランダムノイズモデルと第2参照値算出部325aが算出した参照値とに基づいて、ランダムノイズ量を算出する。

[0138] 補正量決定部325cは、第2ランダムノイズ量推定部325bが算出したランダムノイズ量に、一定の係数を乗じた値を閾値として算出し、候補値算出部322によって算出された補正量の候補値の中における最大候補値が閾値以上であるか否かを判定後、代表値算出部323が算出した代表値と、注目画素の絶対値に最も近い補正量の候補値を、補正量として選択する。

[0139] 画素値補正部325dは、代表値に近づくように、注目画素の画素値に対して補正量分加算または減算することによって、補正した注目画素の画素値を算出する。

[0140] [画像処理装置の処理]

次に、画像処理装置30aが実行する処理について説明する。図15は、画像処理装置30aが実行する処理の概要を示すフローチャートであり、画像処理装置30aが実行するメインルーチンのフローチャートである。

[0141] 図15に示すように、まず、RTSノイズ補正部320は、後述するステップS102～ステップS105の処理を順次行うための注目画素を設定する(ステップS101)。なお、RTSノイズ補正部320は、画素毎に左上から右下に向かってラスタ順に、0より大きい整数を1、2、3、・・・と順にインデックスとして割り当てる。次に、RTSノイズ補正部320は、ステップS101が実行される毎に、カウンタを1ずつ増加させる(図15の処理が開始される時点でカウンタは0にリセットする)。RTSノイズ補正部320は、カウンタが示しているインデックスが割り当てられている画素を注目画素として設定する。即ち、RTSノイズ補正部320によってステップS101が最初に実行されると、RTSノイズ補正部320が0にリセットされたカウンタを1増加させるため、カウンタが1を示し、左上の画素が注目画素となる。RTSノイズ補正部320がステップS101の処理を2回(2回目)実行すると、カウンタが2を示すため、左上の画素の右側の画素が注目画素となる。

[0142] 続いて、RTSノイズ画素判定部321は、第3外部I/F部31、第1外部I/F部115およびバス113を介して、撮像装置10の不揮発メモリ112のRTSノイズ情報記録部112bが記録するRTSノイズ情報を取得し、取得したRTSノイズ情報に基づいて、注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があるか否かを判定する（ステップS102）。即ち、RTSノイズ画素判定部321は、注目画素が含まれる共有画素ブロックの位置情報が、RTSノイズ情報に含まれているか否かを判定する。具体的には、RTSノイズ画素判定部321は、注目画素が含まれる共有画素ブロックの位置情報が、RTSノイズが発生する可能性がある共有画素ブロックとしてRTSノイズ情報に含まれているか否かを判定する。RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生する可能性があると判定（注目画素が含まれる共有画素ブロックの位置情報が、RTSノイズ情報に含まれていると判定）された場合（ステップS102：Yes）、画像処理装置30aは、後述するステップS103へ移行する。これに対して、RTSノイズ画素判定部321によって注目画素においてRTSノイズが発生する可能性がないと判定（注目画素が含まれる共有画素ブロックの位置情報が、RTSノイズ情報に含まれていないと判定）された場合（ステップS102：No）、画像処理装置30aは、後述するステップS106へ移行する。この場合において、RTSノイズ画素判定部321は、注目画素においてRTSノイズが発生する可能性がないと判定した場合、この注目画素の画素値をそのまま補正後の画素値として代表値算出部323へ出力する。

[0143] ステップS103において、候補値算出部322は、RTSノイズを補正するための補正量の候補値を複数算出する。具体的には、候補値算出部322は、注目画素に対応するRTS_Value（RTSノイズ画素判定部321から出力されるRTSノイズ情報に含まれている）に基づいて、0以上RTS_Value以下の画素値として取り得る値全て（RAW画像として整数のみを取り得る場合、0以上RTS_Value以下の全ての整数）を

候補値とする。なお、候補値算出部322は、撮像制御部114によって撮像素子105のカラムアンプ等に設定されたアンプゲイン値が、RTSノイズ検出時（アンプゲイン値=G0とする）と、RTSノイズ補正時（アンプゲイン値=G1とする）とで異なる場合、RTS_Valueを、RTSノイズ補正時のアンプゲイン値とRTSノイズ検出時のアンプゲイン値との比（ $G=G1/G0$ ）に対してRTS_Valueを乗算した値に置き換えてもよい。また、候補値算出部322は、予め設定しうるアンプゲイン値毎のRTS_ValueをRTSノイズ情報に持たせ、この設定しているアンプゲイン値に応じたRTS_Valueを用いてもよい。

[0144] 続いて、代表値算出部323は、記憶部36が記憶する過去画像と現画像の注目画素の周辺画素の画素値に基づいて、代表値（注目画素において、RTSノイズが発生していない場合における予測される画素値）を算出する代表値算出処理を実行する（ステップS104）。なお、代表値算出部323は、RTSノイズが発生する画素を含めるようにしてもよい。

[0145] 〔代表値算出処理の概要〕

図16は、図15のステップS104の代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0146] 図16に示すように、まず、代表値算出部323は、注目画素を基準に、代表値算出の対象とする最小の算出範囲を設定する（ステップS201）。具体的には、代表値算出部323は、例えば注目画素を中心として対象の範囲で最大7×7の範囲を算出範囲とする場合、7×7以下の最小の範囲である3×3を最小の算出範囲として設定する。

[0147] 続いて、第1参照値算出部323aは、注目画素の画素値に、RTS_Valueを加算した値または注目画素の画素値に補正量候補値の最大値を加算した値を参照値として算出する（ステップS202）。

[0148] その後、第1ランダムノイズ量推定部323bは、第3外部I/F部31から入力されたランダムノイズモデルとステップS202で第1参照値算出部323aが算出した参照値とに基づいて、ランダムノイズ量を算出する（

ステップS203)。本実施の形態2における第1ランダムノイズ量推定部323bは、上述した図6の曲線 L_x 1のノイズモデル（ランダムノイズモデル）と第1参照値算出部323aが算出した参照値とに基づいて、ランダムノイズ量を算出する（標準偏差を算出する）。なお、図6に示した曲線以外にも、ランダムノイズモデルを近似式や折れ線で近似した特性であってもよい。

[0149] ステップS203の後、許容範囲算出部323cは、算出範囲内にある画素の画素値に基づいて、代表値算出処理に使用可能な画素値の範囲である許容範囲（有効範囲）を算出する（ステップS204）。具体的には、許容範囲算出部323cは、許容範囲（有効範囲）の上限を以下の式（8）によって算出する。

$$\text{参照値} + \text{ランダムノイズ量 (標準偏差)} \times R + \text{RTS_Value} \quad \dots (8)$$

[0150] ここで、Rは、所定の係数であり、ランダムノイズに対してRTSノイズが視覚的にどの程度把握できるかに応じて設定する。例えばRの係数としては、2前後の値が好ましい。また、代表値算出部323は、許容範囲の下限を以下の式（9）によって算出する。

$$\text{参照値} - \text{ランダムノイズ量 (標準偏差)} \times R - \text{RTS_Value} \quad \dots (9)$$

[0151] なお、RTS_Valueに代えて、複数の候補値の最大値を用いてもよい。また、式（8）および式（9）における参照値は、上述したステップS203において第1ランダムノイズ量推定部323bによるランダムノイズ量を推定するために使用された参照値と異なる参照値方法により得られた参照値としてもよい。このように、許容範囲算出部323cは、注目画素のRTSノイズと、この注目画素周辺のランダムノイズを考慮した許容範囲を算出することができる。

[0152] その後、許容範囲算出部323cは、算出範囲内において注目画素以外の画素の画素値（カラーフィルタを用いた撮像素子105の場合、注目画素と

同色の画素値)の各々に対して、上述したステップS204で算出した許容範囲内であるか否かを判定し、この許容範囲内の画素値の個数をカウントする(ステップS205)。このステップS205で得られるカウント値は、平坦な被写体の場合ほど大きく、エッジを含む被写体の場合ほど小さくなる傾向がある。なお、算出範囲内においてRTSノイズが発生する可能性がある画素は、カウントしないようにしても良い。

[0153] 続いて、上述したステップS205でカウントしたカウント値(画素数)が所定の値ThRefより大きい場合(ステップS206:Yes)、画像処理装置30aは、後述するステップS209へ移行する。ここで、所定の値ThRefは、代表値算出部323が注目画素の周辺画素から代表値を算出するため、1以上とすることが好ましい。これに対して、上述したステップS205でカウントしたカウント値が所定の値ThRefより大きくない場合(ステップS206:No)、画像処理装置30aは、後述するステップS207へ移行する。

[0154] ステップS207において、代表値算出の対象とする算出範囲が最大である場合(ステップS207:Yes)、画像処理装置30aは、後述するステップS209へ移行する。これに対して、代表値算出の対象とする算出範囲が最大でない場合(ステップS207:No)、画像処理装置30aは、後述するステップS208へ移行する。

[0155] ステップS208において、許容範囲算出部323cは、代表値を算出する算出範囲を拡大する(ステップS208)。具体的には、許容範囲算出部323cは、代表値算出の対象とする算出範囲を最大の範囲内に収まる範囲で、水平または垂直方向に1画素以上拡大する。例えば、許容範囲算出部323cは、算出範囲として注目画素を中心とした3×3の範囲を設定している場合、注目画素を中心とした5×5の範囲を算出範囲に設定し直す。ステップS208の後、画像処理装置30aは、ステップS202へ戻る。なお、ステップS208においては、許容範囲算出部323cは、3×3または5×5の範囲を算出範囲に設定していたが、例えば、水平または垂直だけ拡

大し、 5×3 や 3×5 の範囲を算出範囲に設定するようにしても良い。

[0156] ステップS209において、代表値決定部323dは、現画像の代表値を算出する。具体的には、代表値決定部323dは、まず、算出範囲内における注目画素以外の画素の画素値に対して、許容範囲内（有効範囲内）に含まれている画素値（カラーフィルタを用いた撮像素子105の場合、注目画素と同色の画素値）を選択する。その後、代表値決定部323dは、選択した画素数が所定の値ThRef以上の場合、この選択した画素値の中央値を現画像の代表値として算出する。なお、代表値決定部323dは、選択した画素値の数が偶数の場合、注目画素の画素値に近い側の中央値を現画像の代表値として算出する。この場合、過補正を防止することができる。また、代表値決定部323dは、選択した画素数が所定の値ThRef未満の場合、注目画素の画素値に最も近い画素値を有する算出範囲内における注目画素以外の画素の画素値を現画像の代表値として算出する。なお、代表値決定部323dは、中央値を用いて代表値を算出していたが、例えば平均や分布の中間値等の他の方法で算出するようにしてもよい。また、代表値決定部323dは、算出範囲内のエッジ方向判別を行い、このエッジ方向判別の結果に基づいて、最も相関の高い方向の周辺画素値を現画像の代表値として算出してもよい。さらに、代表値決定部323dは、注目画素以外の算出範囲内の画素においてRTSノイズが発生する可能性がある画素は除外するようにしてもよい。このとき、代表値決定部323dは、ステップS209が実行される時点での算出範囲内において、RTSノイズが発生する可能性がない画素が全くない場合には、注目画素の現画像における画素値を現画像の代表値とする。

[0157] 続いて、現画像が代表値を算出する最初の画像データである場合（ステップS210：Yes）、代表値決定部323dは、上述したステップS209で算出した現画像の代表値を代表値に決定する（ステップS211）。ステップS211の後、画像処理装置30aは、上述した図15のメインルーチンへ戻る。

[0158] ステップS 2 1 0において、現画像が代表値を算出する最初の画像データでない場合（ステップS 2 1 0 : N o）、代表値決定部3 2 3 dは、現画像の代表値と、記憶部3 6が記憶する過去画像の代表値との平均値を代表値として決定する（ステップS 2 1 2）。この場合、代表値決定部3 2 3 dは、記憶部3 6に複数の過去画像それぞれの代表値を用いて平均値を算出してもよい。また、代表値決定部3 2 3 dは、現画像の代表値と過去画像の代表値との平均値を代表値として決定していたが、重み付け平均や中央値を代表値として決定してもよい。さらに、代表値決定部3 2 3 dは、記憶部3 6に複数の過去画像が記憶されている場合、この複数の過去画像（例えば3枚以上）の各々の代表値と現画像の代表値とに基づいて代表値を決定してもよい。さらにまた、代表値決定部3 2 3 dは、前の結果の一定範囲内で変動しないように防止するため、記憶部3 6が記憶する過去画像の代表値に基づいて、所定の範囲を設定し、この範囲内に現画像の代表値が入るように現画像の代表値を決定してもよい。ステップS 2 1 2の後、画像処理装置3 0 aは、上述した図1 5のメインルーチンへ戻る。

[0159] このように、代表値算出部3 2 3は、上述した代表値算出処理において、現画像の代表値を算出した後、現画像が最初の画像データである場合（記憶部3 6に過去画像が記憶されていない場合）、現画像の代表値を代表値として算出する一方、現画像が最初の画像データでない場合（記憶部3 6に過去画像が記憶されている場合）、現画像の代表値と過去画像の代表値の平均値を代表値として算出する。

[0160] なお、代表値算出部3 2 3は、記憶部3 6に現画像と、この現画像と時間的に連続した補正前の画像（以下「補正前の過去画像」）とを記憶し、補正前の過去画像の代表値と現画像の代表値から代表値を算出してもよい。

[0161] 図1 5に戻り、ステップS 1 0 5以降の説明を続ける。

ステップS 1 0 5において、補正值算出部3 2 5は、上述したステップS 1 0 3で候補値算出部3 2 2によって算出された複数の候補値と、上述したステップS 1 0 4で代表値算出部3 2 3によって算出された代表値とに基づ

いて、注目画素におけるRTSノイズが補正された画素値を算出する補正值算出処理を実行する。ステップS105の後、画像処理装置30aは、後述するステップS106へ移行する。

[0162] 〔補正值算出処理の概要〕

図17は、図15のステップS105の補正值算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0163] 図17に示すように、まず、第2参照値算出部325aは、注目画素の画素値からRTS_Value（補正量候補値の最大値）を減算した値を参照値として算出する（ステップS301）。

[0164] 続いて、第2ランダムノイズ量推定部325bは、第3外部I/F部31、第1外部I/F部115およびバス113を介してランダムノイズモデル情報記録部112cに記録されているランダムノイズモデルを取得し、取得したランダムノイズモデルとステップS301で第2参照値算出部325aが算出した参照値とに基づいて、ランダムノイズ量を算出する（ステップS302）。

[0165] その後、補正量決定部325cは、上述したステップS302で第2ランダムノイズ量推定部325bが算出したランダムノイズ量に、一定の係数を乗じた値を閾値として算出する（ステップS303）。ここで、閾値は、以下の式（10）によって算出する。

$$\text{ランダムノイズ量} \times R_m \quad \dots (10)$$

R_mは、ランダムノイズに対してRTSノイズが視覚的にどの程度見えるかに応じて決定される。例えば、R_mの値は、2前後が好ましい。

[0166] 続いて、補正量決定部325cは、上述した図15のステップS103で候補値算出部322によって算出された補正量の候補値の中における最大候補値が上述したステップS303で算出した閾値以上であるか否かを判定する（ステップS304）。補正量決定部325cが上述した図15のステップS103で候補値算出部322によって算出された補正量の候補値の中における最大候補値が閾値以上であると判定した場合（ステップS304：Y

es)、画像処理装置30aは、後述するステップS305へ移行する。これに対して、補正量決定部325cが上述した図15のステップS103で候補値算出部322によって算出された補正量の候補値の中における最大候補値が閾値以上でないと判定した場合(ステップS304:No)、画像処理装置30aは、後述するステップS306へ移行する。

[0167] ステップS305において、補正量決定部325cは、上述した図15のステップS104で代表値算出部323が算出した代表値と注目画素の画素値との差の絶対値に最も近い補正量の候補値を、補正量として選択する。ステップS305の後、画像処理装置30aは、後述するステップS307へ移行する。

[0168] ステップS306において、補正量決定部325cは、補正量として0を設定する。ステップS306の後、画像処理装置30aは、ステップS307へ移行する。

[0169] 続いて、画素値補正部325dは、代表値に近づくように、注目画素の画素値に対して補正量分加算または減算することによって、補正した注目画素の画素値を補正する(ステップS307)。ステップS307の後、画像処理装置30aは、図15のメインルーチンへ戻る。

[0170] 図15に戻り、ステップS106以降の説明を続ける。

ステップS106において、RTSノイズ補正部320は、全画素に対して上述したステップS101～ステップS105の処理が終了したか否かを判定する。RTSノイズ補正部320が全画素に対して上述したステップS101～ステップS105の処理が終了したと判定した場合(ステップS106:Yes)、画像処理装置30aは、本処理を終了する。これに対して、RTSノイズ補正部320が全画素に対して上述したステップS101～ステップS105の処理が終了していないと判定した場合(ステップS106:No)、画像処理装置30aは、上述したステップS101へ戻る。

[0171] 以上説明した本発明の実施の形態2によれば、代表値算出部323が第3外部I/F部31から入力された現画像の代表値と記憶部36が記憶する過

去画像の代表値に基づいて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出し、補正值算出部325が代表値算出部323によって算出された代表値に基づいて、現画像の注目画素の画素値を補正するので、注目画素の画素値が一定で、注目画素の周辺画素の画素値が現画像毎に大小変化する場合であっても、過去画像の代表値を含めて代表値を算出することで、補正後の注目画素の画素値の変動を軽減することができる。この結果、注目画素の画素値と周辺画素の画素値との相関が低い場合であっても、画質を向上させることができる。

[0172] (実施の形態3)

次に、本発明の実施の形態3について説明する。本実施の形態3に係る撮像システムは、上述した実施の形態2に係る画像処理装置30aのノイズ低減部35aの構成が異なるうえ、本実施の形態3に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理が異なる。具体的には、本実施の形態3は、現画像の注目画素と現画像の注目画素に対応する過去画像の画素の位置合わせを行った後に、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出する。以下においては、本実施の形態3に係るノイズ低減部の構成を説明後、本実施の形態3に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理について説明する。なお、上述した実施の形態1に係る撮像システム1と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0173] 図18は、本実施の形態3に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。図18に示すノイズ低減部35bは、上述した実施の形態1に係る動き検出部34と、RTSノイズ補正部320bと、を備える。

[0174] RTSノイズ補正部320bは、第3外部I/F部31から入力された現画像(RAW)に対してRTSノイズを補正するRTSノイズ補正処理を行い、この補正を行ったRAW画像を画像処理部38へ出力する。

[0175] ここで、RTSノイズ補正部320bの詳細な構成について説明する。図19は、RTSノイズ補正部320bの詳細な構成を示すブロック図である。

[0176] 図19に示すように、RTSノイズ補正部320bは、上述した実施の形態2に係る代表値算出部323に換えて、代表値算出部326を有する。

[0177] 代表値算出部326は、動き検出部34が検出した動きベクトル、第3外部I/F部31から入力された現画像(RAW画像)の注目画素の画素値および記憶部36が記憶する現画像(RAW画像)の注目画素と対応する過去画像の注目画素の画素値に基づいて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出する。具体的には、代表値算出部326は、動き検出部34が検出した動きベクトルを用いて、現画像の注目画素と現画像の注目画素に対応する過去画像の画素の位置合わせを行った後に、現画像の注目画素の画素値と過去画像の注目画素の画素値とに基づいて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出する。

[0178] [代表値算出処理の概要]

次に、本実施の形態3に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理について説明する。図20は、本実施の形態3に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0179] 図20において、第3外部I/F部31から入力された現画像が代表値を算出する最初の画像データである場合(ステップS311:Yes)、画像処理装置30aは、後述するステップS312へ移行する。これに対して、第3外部I/F部31から入力された現画像が代表値を算出する最初の画像データでない場合(ステップS311:No)、画像処理装置30aは、後述するステップS321へ移行する。

[0180] ステップS312～ステップS320は、上述した図16のステップS201～ステップS209にそれぞれ対応する。ステップS320の後、画像処理装置30aは、上述した図15のメインルーチンへ戻る。

[0181] ステップS321において、代表値算出部326は、記憶部36に記憶された過去画像と現画像とに基づいて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を決定する。具体的には、代表値算出部326は、動き検出部34が検出した動きベクトルに基づいて、現画像の注目画素と現画像

の注目画素の位置に対応する過去画像の画素の位置合わせを行った後に、現画像の注目画素の位置に相当する過去画像の画素値を代表値として決定する。なお、代表値算出部326は、動きベクトルとしてローカルベクトルを用いることが望ましい。また、代表値算出部326は、グローバルベクトルを用いてもよい。この場合、手ブレ等の画像全体の動きに対する位置合わせを行うことができる。ステップS321の後、画像処理装置30aは、上述した図15のメインルーチンへ戻る。

[0182] 以上説明した本発明の実施の形態3によれば、代表値算出部326は、動き検出部34が検出した動きベクトルに基づいて、現画像の注目画素と現画像の注目画素の位置に対応する過去画像の画素の位置合わせを行った後に、現画像の注目画素の位置に相当する過去画像の画素値を代表値として算出するので、現画像の注目画素の周辺画素が大小変化する場合であっても、この大小変化を軽減することができるので、画質を劣化させることなく、RTSノイズを低減することができる。

[0183] また、本発明の実施の形態3によれば、注目画素の画素値のみが大小変化する場合であっても、画質を劣化させることなく、RTSノイズを低減することができる。

[0184] (実施の形態3の変形例)

次に、本発明の実施の形態3の変形例について説明する。本実施の形態3の変形例は、ノイズ低減部の構成が異なるうえ、画像処理装置が実行する代表値算出処理が異なる。具体的には、本実施の形態3の変形例に係るノイズ低減部は、動きベクトルの信頼度を算出する信頼度算出部を有する。さらに、本実施の形態3の変形例では、現画像の注目画素の画素値および現画像の注目画素に対応する過去画像の画素の画素値を用いて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出する。以下においては、本実施の形態3の変形例に係るノイズ低減部の構成を説明後、本実施の形態3の変形例に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理について説明する。なお、上述した実施の形態と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する

。

[0185] 図21は、本発明の実施の形態3の変形例に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。図21に示すノイズ低減部35b1は、上述した実施の形態3に係るノイズ低減部35bの構成に加えて、信頼度算出部34aをさらに備える。

[0186] 信頼度算出部34aは、動き検出部34が算出した被写体の移動量の確からしさを表す信頼度を算出する。

[0187] 〔代表値算出処理の概要〕

図22は、本発明の実施の形態3の変形例に係る代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0188] 図22において、ステップS401～ステップS410は、上述した図20のステップS311～ステップS320にそれぞれ対応する。また、ステップS411～ステップS418は、上述した図20のステップS312～ステップS319それぞれに対応する。

[0189] ステップS419において、代表値算出部326は、代表値 Rep_i を決定する。具体的には、代表値算出部326は、ステップS410と同様の処理を行うことによって、代表値 Rep_i を決定する。ステップS419の後、画像処理装置30aは、後述するステップS421へ移行する。

[0190] ステップS420において、代表値算出部326は、過去画像の画素値を代表値 Rep_r として算出する。ステップS420の後、画像処理装置30aは、後述するステップS421へ移行する。

[0191] 続いて、代表値算出部326は、現画像の代表値 Rep_i と過去画像の代表値 Rep_r との類似度を算出する（ステップS421）。具体的には、代表値算出部326は、現画像の代表値 Rep_i と過去画像の代表値 Rep_r の差（ $|Rep_i - Rep_r|$ ）を算出する。

[0192] その後、代表値算出部326は、動き検出部34から入力された動きベクトルの大きさや信頼度算出部34aが算出した信頼度およびステップS421で算出した現画像の代表値 Rep_i と過去画像の代表値 Rep_r の差（ $|$

$|Rep_i - Rep_r|$) に基づいて類似度を算出し、その類似度に基づいて現画像の代表値 Rep_i および過去画像の代表値 Rep_r の各々のブレンド率 b を算出する (ステップ S 4 2 2)。具体的には、現画像の代表値 Rep_i と過去画像の代表値 Rep_r の類似度を動きベクトルの大きさ $|Vec|$ で除算した値 ($|Rep_i - Rep_r| / |Vec|$) を類似度として算出し、類似度が大きい場合に、ブレンド率 b が大きくなるように算出する。

[0193] 図 2 3 は、代表値算出部 3 2 6 が算出するブレンド率 b の算出方法を模式的に示す図である。図 2 3 において、横軸が類似度を示し、縦軸がブレンド率 b を示す。また、図 2 3 において、直線 LB 1、曲線 LB 2 および折れ線 LB 3 の各々は、ブレンド率の一例を示す。

[0194] 図 2 3 に示す場合、代表値算出部 3 2 6 は、類似度が大きくなる時現画像の状態は、同画素で画素値が急激に変化した場合であるため、過去画像の画素値よりも現画像の画素値に重み付けを行う。

[0195] また、代表値算出部 3 2 6 は、現画像の代表値 Rep_i と過去画像の代表値 Rep_r の類似度を、信頼度算出部 3 4 a によって算出された動きベクトルの信頼度 Rel で乗算した値 ($|Rep_i - Rep_r| * Rel$) を類似度として算出してもよい。この場合、類似度が大きくなる時、信頼度算出部 3 4 a によって算出された動きベクトルの信頼度が高く、かつ過去画像が正常画像の画素値である可能性が高いため、過去画像の画素値 (代表値) に重み付けを行う。なお、過去画像の注目画素が正常画像の画素値であることを前提としてもよい。また、信頼度 Rel は、画像間に位置合わせを行った画像に基づいて、各動きベクトルの確からしさを表す値である。この信頼度 Rel は、上述した実施の形態 1 の差分平均値 $mSAD$ や公知の SSD 、 MCC および $ZMCC$ 等によって算出される。

[0196] 図 2 2 に戻り、ステップ S 4 2 3 以降の説明を続ける。

ステップ S 4 2 3 において、代表値算出部 3 2 6 は、代表値 Rep を決定する。ステップ S 4 2 3 の後、画像処理装置 3 0 a は、図 1 5 のメインルーチンへ戻る。具体的には、代表値決定部 3 2 3 d は、以下の式 (1 1) によ

って、代表値 R_{ep} を決定する。

$$R_{ep} = R_{epi} \times b + R_{ep r} \times (1 - b) \quad \dots (11)$$

なお、代表値算出部 326 は、の現画像の画素値 V_{ali} と過去画像の画素値 V_{alr} を用いて、以下の式 (12) から代表値 R_{ep} を決定してもよい。

$$R_{ep} = V_{ali} \times b + V_{alr} \times (1 - b) \quad \dots (12)$$

[0197] なお、代表値算出部 326 は、記憶部 36 に現画像と、補正前の過去画像とを記憶し、過去画像の代わりに補正前の過去画像を用いてもよい。

[0198] 以上説明した本発明の実施の形態 3 の変形例によれば、上述した実施の形態 3 と同様の効果を奏する。

[0199] (実施の形態 4)

次に、本発明の実施の形態 4 について説明する。本実施の形態 4 に係る撮像システムは、上述した実施の形態 2 に係る画像処理装置 30a のノイズ低減部 35a の構成が異なるうえ、本実施の形態 4 に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理が異なる。具体的には、本実施の形態 4 では、現画像と複数の過去画像とを用いて、RTS ノイズが発生しない場合の注目画素の画素値に相当する代表値を算出する。以下においては、本実施の形態 4 に係るノイズ低減部の構成を説明後、本実施の形態 4 に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理について説明する。なお、上述した実施の形態 1 に係る撮像システム 1 と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0200] 図 24 は、本実施の形態 4 に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。図 24 に示すノイズ低減部 35c は、上述した実施の形態 1 に係る動き検出部 34 と、RTS ノイズ補正部 320c と、を備える。

[0201] RTS ノイズ補正部 320c は、第 3 外部 I/F 部 31 から入力される現画像に対して RTS ノイズを補正する RTS ノイズ補正処理を行い、この補正を行った RAW 画像を画像処理部 38 へ出力する。

[0202] ここで、RTS ノイズ補正部 320c の詳細な構成について説明する。図 24 は、RTS ノイズ補正部 320c の詳細な構成を示すブロック図である

- 。
- [0203] 図25に示すように、RTSノイズ補正部320cは、上述した実施の形態2に係る代表値算出部323に代えて、代表値算出部327を有する。
- [0204] 代表値算出部327は、動き検出部34が検出する動きベクトル、現画像および記憶部36が記憶する現画像と時間的に連続する複数の過去画像に基づいて、RTSノイズが発生しない場合の注目画素の画素値に相当する代表値を算出する。
- [0205] 〔代表値算出処理の処理〕
次に、画像処理装置30aが実行する代表値算出処理について説明する。
図26は、本実施の形態4に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。
- [0206] 図26に示すように、代表値算出部327は、現画像における注目画素の画素値と複数の過去画像の各々の注目画素の画素値の平均値Aveを算出する（ステップS500）。なお、代表値算出部327は、平均値以外に、現画像における注目画素の画素値と複数の過去画像の各々の注目画素の画素値の中央値等の統計値を用いて算出してもよい。
- [0207] 続いて、代表値算出部327は、上述したステップS500で算出した平均値Aveを代表値に決定する（ステップS501）。ステップS501の後、画像処理装置30aは、上述した図15のメインルーチンへ戻る。
- [0208] 以上説明した本発明の実施の形態4によれば、代表値算出部323が第3外部I/F部31から入力された現画像と記憶部36が記憶する複数の過去画像とを用いて、RTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出するので、現画像の注目画素の周辺画素が大小変化する場合する場合であっても、この大小変化を軽減することができるので、画質を劣化させることなく、RTSノイズを低減することができる。
- [0209] なお、本発明の実施の形態4では、代表値算出部323が現画像と複数の過去画像とを用いてRTSノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出していたが、例えば現画像の撮影時刻（生成タイミング）と前後す

る過去画像または未来（新しい）の画像データに対応する画像（以下、「未来画像」）を用いて代表値を算出してもよい。この場合、過去画像および未来画像を m 枚用いる場合、この m 枚のうち n 枚を過去画像とし、 $m - n$ 枚を未来画像とすればよい。この未来画像を用いる場合、フレーム遅延が発生する可能性があるので、フレーム遅延を許容できる範囲で未来画像を用いることが好ましい。

[0210] また、本発明の実施の形態4では、代表値算出部323が記憶部36に現画像と時間的に連続した補正前の画像を記憶し、過去画像の代わりに補正前の過去画像を用いてもよい。

[0211] （実施の形態4の変形例1）

次に、本発明の実施の形態4の変形例1について説明する。本実施の形態4の変形例1は、ノイズ低減部の構成が異なるうえ、画像処理装置が実行する代表値算出処理が異なる。具体的には、本実施の形態4の変形例1に係る画像処理装置は、現画素と、補正前の過去画像を用いて代表値を算出する。以下においては、本実施の形態4の変形例1に係るノイズ低減部の構成を説明後、本実施の形態4の変形例1に係る画像処理装置が実行する代表値算出処理について説明する。なお、上述した実施の形態と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0212] 図27は、本発明の実施の形態4の変形例1に係るノイズ低減部の詳細な構成を示すブロック図である。図27に示すノイズ低減部35c1は、上述した実施の形態4に係るノイズ低減部35cの構成に加えて、信頼度算出部34aをさらに備える。

[0213] 〔代表値算出処理の概要〕

図28は、本実施の形態4の変形例1に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0214] 図28に示すように、許容範囲算出部323cは、注目画素のRTSノイズ情報に基づいて、代表値算出処理に使用可能な画素値の範囲である許容範囲 T_h （有効範囲）を算出する（ステップS511）。具体的には、許容範

囲算出部323cは、許容範囲 T_h （有効範囲）を以下の式（13）によって算出する。

$$T_h = \text{注目画素のRTS_Value} \times C_o \quad \dots (13)$$

[0215] ここで、 C_o は、所定の係数であり、例えば1以上の値が好ましい。なお、 C_o は、予め一定の値を設定してもよいし、ユーザが任意の値を設定するようにしてもよい。

[0216] 続いて、代表値算出部327は、カウンタを初期化（ $i=0$ ）し（ステップS512）、記憶部36から入力された複数の補正前の過去画像における i 番目画像の注目画素の画素値 $V_a l(i)$ を抽出する（ステップS513）。具体的には、代表値算出部327は、記憶部36から入力された m 枚の補正前の過去画像を時系列順に、0、1、 \dots 、 $m-1$ 番目（値が大きい方が過去）の補正前の過去画像とする。なお、ステップS513で記憶部36から入力された複数の補正前の過去画像の各々は、注目画素の位置合わせの処理が施されているものとする。また、0番目の過去画像は現画像と同じである。

[0217] その後、代表値算出部327は、現画像の注目画素の画素値 $V_a l$ と i 番目の補正前の過去画像の注目画素の画素値 $V_a l(i)$ との差が許容範囲 T_h 以下（ $|V_a l(i) - V_a l| \leq T_h$ ）であるか否かを判断する（ステップS514）。代表値算出部327が現画像の注目画素の画素値 $V_a l$ と i 番目の補正前の過去画像の注目画素の画素値 $V_a l(i)$ との差が許容範囲 T_h 以下であると判断した場合（ステップS514：Yes）、画像処理装置30aは、後述するステップS515へ移行する。これに対して、代表値算出部327が現画像の注目画素の画素値 $V_a l$ と i 番目の補正前の過去画像の注目画素の画素値 $V_a l(i)$ との差が許容範囲 T_h 以下でないと判断した場合（ステップS514：No）、画像処理装置30aは、後述するステップS517へ移行する。

[0218] ステップS515において、代表値算出部327は、信頼度算出部34aによって算出された i 番目の補正前の過去画像の動きベクトルの信頼度 $R_e l$

(i) が所定の閾値 Rel_Th 以上 ($Rel(i) \geq (Rel_Th)$) であるか否かを判断する。ここで、閾値 Rel_Th は、予め一定の値を設定してもよいし、ユーザが任意の値を設定する構成としてもよい。代表値算出部 327 が信頼度算出部 34a によって算出された i 番目の補正前の過去画像の動きベクトルの信頼度 $Rel(i)$ が所定の閾値 Rel_Th 以上であると判断した場合 (ステップ S515: Yes)、画像処理装置 30a は、後述するステップ S516 へ移行する。これに対して、代表値算出部 327 が信頼度算出部 34a によって算出された i 番目の補正前の過去画像の動きベクトルの信頼度 $Rel(i)$ が所定の閾値 Rel_Th 以上でないと判断した場合 (ステップ S515: No)、画像処理装置 30a は、後述するステップ S517 へ移行する。

[0219] ステップ S516 において、代表値算出部 327 は、記憶部 36 の $mVal[]$ に i 番目の補正前の過去画像の注目画素の画素値 $Val(i)$ を記憶する。

[0220] 続いて、代表値算出部 327 は、カウンタ i が記憶部 36 から入力された補正前の過去画像の枚数 m より小さい ($i < m$) か否かを判断する (ステップ S517)。代表値算出部 327 によってカウンタ i が記憶部 36 から入力された補正前の過去画像の枚数 m より小さいと判断した場合 (ステップ S517: Yes)、代表値算出部 327 は、カウンタをインクリメント ($i = i + 1$) し (ステップ S518)、ステップ S513 へ戻る。これに対して、代表値算出部 327 によってカウンタ i が記憶部 36 から入力された補正前の過去画像の枚数 m より小さくないと判断した場合 (ステップ S517: No)、画像処理装置 30a は、ステップ S519 へ移行する。

[0221] ステップ S519 において、代表値算出部 327 は、記憶部 36 の $mVal[]$ に現画像の注目画素の画素値 Val を記憶する。

[0222] 続いて、代表値算出部 327 は、記憶部 36 の $mVal[]$ に記憶されている全ての画素値の平均値 Ave を算出する (ステップ S520)。なお、代表値算出部 327 は、各画像の注目画素の画素値に対して重み付けを行っ

て平均値を算出してもよい。この重み付け係数の算出方法として、動きベクトルの信頼度が大きい場合に重み付け係数も大きくなるようにしてもよいし、 $|Val(i) - Val|$ が小さい場合に重み付け係数を小さくするようにしてもよいし、複数のパラメータ（例えば動きベクトルの信頼度や差等）の組み合わせから重み付けを算出するようにしてもよい。また、代表値算出部 327 は、平均値や重み付けを行った平均値以外に、中央値や最頻値等の他の統計値を用いてもよい。

[0223] その後、代表値算出部 327 は、ステップ S520 で算出した平均値 Ave を代表値に決定する（ステップ S521）。ステップ S521 の後、画像処理装置 30a は、図 115 のメインルーチンへ戻る。

[0224] 以上説明した本発明の実施の形態 4 の変形例 1 によれば、代表値算出部 327 が現画像における注目画素の画素値に基づいて、現画像における注目画素の位置に対応する補正前の複数の過去画像の各々の画素の画素値から抽出して算出した値を代表値として決定する。これにより、被写体の輝度値が変化した場合であっても、現画像の画素値に類似する画素値のみから代表値を算出するので、代表値の信頼性を向上させることができる。

[0225] （実施の形態 4 の変形例 2）

次に、本発明の実施の形態 4 の変形例 2 について説明する。本実施の形態 4 の変形例 2 は、上述した実施の形態 4 に係る画像処理装置 30a が実行する代表値算出処理のみが異なる。具体的には、本実施の形態 4 の変形例 2 に係る画像処理装置 30a は、補正前の過去画像と、過去画像と、を用いて代表値を算出する。以下においては、本実施の形態 4 の変形例 2 に係る画像処理装置 30a が実行する代表値算出処理について説明する。

[0226] 〔代表値算出処理の概要〕

図 29 は、本実施の形態 4 の変形例 2 に係る画像処理装置 30a が実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0227] 図 29 において、ステップ S601～ステップ S607 は、上述した図 26 のステップ S511～ステップ S518 にそれぞれ対応する。なお、ステ

ップS602においては、 $i = 0$ の必要がなく、 $i = 1$ とし、補正前の過去画像のみを使って代表値を算出するようにしてもよい。

[0228] ステップS608において、代表値算出部327は、記憶部36のmVal[]に記憶された画素数が閾値ThRefより大きいか ($mVal[] > ThRef$) 否かを判断する。代表値算出部327が記憶部36のmVal[]に記憶された画素数が閾値ThRefより大きいと判断した場合（ステップS608：Yes）、画像処理装置30aは、後述するステップS611へ移行する。これに対して、代表値算出部327が記憶部36にmVal[]に記憶された画素数が閾値ThRefより大きくないと判断した場合（ステップS608：No）、画像処理装置30aは、後述するステップS609へ移行する。

[0229] ステップS609において、代表値算出部327は、現画像の注目画素の画素値Valと過去画像の注目画素の画素値Val(i)との差が許容範囲Th以下 ($|Val(i) - Val| \leq Th$) であるか否かを判断する（ステップS609）。代表値算出部327が現画像の注目画素の画素値Valと過去画像の注目画素の画素値Val(i)との差が許容範囲Th以下であると判断した場合（ステップS609：Yes）、画像処理装置30aは、後述するステップS610へ移行する。これに対して、代表値算出部327が現画像の注目画素の画素値Valと過去画像の注目画素の画素値Val(i)との差が許容範囲Th以下でないとして判断した場合（ステップS609：No）、画像処理装置30aは、後述するステップS611へ移行する。

[0230] ステップS610において、代表値算出部327は、記憶部36のmVal[]に過去画像の注目画素の画素値Val(i)を記憶する。ステップS610の後、画像処理装置30aは、ステップS611へ移行する。

[0231] ステップS611～ステップS613は、上述した図26のステップS519～ステップS521それぞれに対応する。ステップS613の後、画像処理装置30aは、図15のメインルーチンへ戻る。

[0232] 以上説明した本発明の実施の形態4の変形例2によれば、代表値算出部3

27が補正前の過去画像における注目画素から類似する画素値が少ない場合、過去画素の画素値を参照して代表値を算出するので、代表値の信頼性を向上させることができる。

[0233] (実施の形態4の変形例3)

次に、本発明の実施の形態4の変形例3について説明する。本実施の形態4の変形例3は、上述した実施の形態4に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理が異なる。具体的には、本実施の形態4の変形例3に係る画像処理装置30aは、過去画像の周辺画素の画素値を用いて代表値を算出する。以下においては、本実施の形態4の変形例3に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理について説明する。

[0234] [代表値算出処理の処理]

図30は、本実施の形態4の変形例3に係る画像処理装置30aが実行する代表値算出処理の概要を示すフローチャートである。

[0235] 図30において、ステップS701～ステップS704は、上述した図16のステップS201～ステップS204にそれぞれ対応する。

[0236] ステップS705において、カウンタを初期化 ($i = 0$) し (ステップS705)、許容範囲Th内の周辺画素の画素値を記憶部36のmVal [] に記憶する (ステップS706)。

[0237] 続いて、記憶部36に記憶したmVal [] の画素数が予め設定した閾値ThRefより多い場合 (ステップS707: Yes) または、カウンタiが記憶部36から入力された過去画像の枚数mより多い場合において、画像処理装置30aは、後述するステップS709へ移行する。

[0238] ステップS707において、記憶部36に記憶したmVal [] の画素数が予め設定した閾値ThRefより多くない場合かつ、カウンタiが記憶部36から入力された過去画像の枚数mより多くない場合 (ステップS707: No)、画像処理装置30aは、後述するステップS708へ移行する。

[0239] ステップS708において、代表値算出部327は、カウンタをインクリメント ($i = i + 1$) する。ステップS708の後、画像処理装置30aは

、ステップS706へ戻る。

[0240] ステップS709およびステップS710は、上述した図27のステップS612およびステップS613それぞれに対応する。

[0241] また、代表値算出部327が記憶部36に現画像と時間的に連続した補正前の画像を記憶し、過去画像の代わりに補正前の過去画像を用いてもよい。

[0242] 以上説明した本発明の実施の形態4の変形例3によれば、代表値算出部327が過去画像の周辺画素の画素値を用いて代表値を算出するので、代表値の信頼性を向上させることができる。

[0243] (実施の形態5)

次に、本発明の実施の形態3について説明する。上述した実施の形態1は、画像処理装置30が個別に設けられていたが、本実施の形態5では、撮像装置本体に画像処理装置を設ける。このため、以下においては、上述した実施の形態1に係る撮像システム1と同様の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0244] [撮像システムの構成]

図31は、本発明の実施の形態5に係る撮像システム2の構成を模式的に示すブロック図である。図31に示す撮像システム2は、本体部3と、本体部3に着脱自在に接続可能なレンズ部4と、を備える。

[0245] [本体部の構成]

本体部3は、シャッタ103と、撮像素子105と、アナログ処理部106と、A/D変換部107と、操作部108と、メモリI/F部109と、記録媒体110と、揮発メモリ111と、不揮発メモリ112と、バス113と、撮像制御部114と、AE処理部116と、AF処理部117と、外部I/F部118と、表示部119と、ドライバ120と、RTSノイズ補正部320と、を備える。ドライバ120は、撮像制御部114の制御のもと、シャッタ103を駆動する。

[0246] AE処理部116は、バス113を介して揮発メモリ111に記憶された画像データを取得し、この取得した画像データに基づいて、静止画撮影また

は動画撮影を行う際の露出条件を設定する。具体的には、A E 処理部 1 1 6 は、画像データから輝度を算出し、算出した輝度に基づいて、例えば絞り値、露光時間、I S O 感度等を決定することで撮像システム 2 の自動露出 (A u t o E x p o s u r e) を行う。

[0247] A F 処理部 1 1 7 は、バス 1 1 3 を介して揮発メモリ 1 1 1 に記憶された画像データを取得し、取得した画像データに基づいて、撮像システム 2 の自動焦点の調整を行う。例えば、A F 処理部 1 1 7 は、画像データから高周波成分の信号を取り出し、高周波成分の信号に対して A F (A u t o F o c u s) 演算処理を行うことによって、撮像システム 2 の合焦評価を決定することで撮像システム 2 の自動焦点の調整を行う。なお、撮像システム 2 の自動焦点の調整方法は、撮像素子 1 0 5 で位相差信号を取得するものであってもよい。

[0248] 外部 I / F 部 1 1 8 は、本体部 3 における各種ブロックにおけるデータの読み書きや、専用のコマンド等による制御などを行える。外部 I / F 部 1 1 8 は、F P G A、D S P または G P U 等を搭載した専用の回路やパーソナルコンピュータ (P C) 等の外部機器を接続することで、本体部 3 における各種ブロックを制御が可能なインターフェースである。

[0249] 表示部 1 1 9 は、液晶または有機 E L (Electro Luminescence) 等からなる表示パネルを用いて構成される。表示部 1 1 9 は、撮像素子 1 0 5 が生成した画像データに対応する画像を表示する。

[0250] [レンズ部の構成]

図 3 1 に示すように、レンズ部 4 は、所定の視野領域から集光した被写体像を撮像素子 1 0 5 に結像する。光学系 1 0 1 と、絞り 1 0 2 と、ドライバ 1 0 4 と、を備える。

[0251] [撮像システムの処理]

次に、撮像システム 2 が実行する処理について説明する。図 3 2 は、撮像システム 2 が実行する処理の概要を示すフローチャートである。

[0252] 図 3 2 に示すように、まず、ユーザによって操作部 1 0 8 の電源ボタン (

図示せず)が操作されて、本体部3の電源がオンになると、撮像制御部114は、撮像システム2の初期化を行う(ステップS801)。具体的には、撮像制御部114は、動画の記録中を示す記録中フラグをオフ状態にする初期化を行う。この記録中フラグは、動画の撮影中にオン状態になり、動画を撮影していないときにオフ状態となるフラグであり、揮発メモリ111に記憶されている。

[0253] 続いて、操作部108の動画ボタンが押された場合(ステップS802: Yes)、撮像制御部114は、オン状態で動画の記録中であることを示す記録中フラグを反転し(ステップS803)、撮像制御部114は、撮像システム2が動画記録中であるか否かを判断する(ステップS804)。具体的には、撮像制御部114は、揮発メモリ111に記憶された記録中フラグがオン状態であるか否かを判定する。撮像制御部114によって撮像システム2が動画記録中であると判断された場合(ステップS804: Yes)、撮像システム2は、後述するステップS805へ移行する。これに対して、撮像制御部114によって撮像システム2が動画記録中でないと判断された場合(ステップS804: No)、撮像システム2は、後述するステップS806へ移行する。

[0254] ステップS805において、撮像制御部114は、記録媒体110に画像データを時系列に沿って記録するための動画ファイルを生成する。ステップS805の後、撮像システム2は、後述するステップS806へ移行する。

[0255] ステップS802において、操作部108の動画ボタンが押されていない場合(ステップS802: No)、撮像システム2は、ステップS806へ移行する。

[0256] 続いて、撮像制御部114は、撮像システム2が動画の記録中であるか否かを判断する(ステップS806)。撮像制御部114によって撮像システム2が動画の記録中であると判断された場合(ステップS806: Yes)、撮像システム2は、後述するステップS817へ移行する。これに対して、撮像制御部114によって動画の記録中でないと判断された場合(ステッ

プS806:No)、撮像システム2は、後述するステップS807へ移行する。

[0257] ステップS807において、操作部108の再生ボタンが押された場合(ステップS807:Yes)、撮像システム2は、記録媒体110に記録された画像データに対応する画像を表示部119に再生させて表示させる(ステップS808)。ステップS808の後、撮像システム2は、後述するステップS809へ移行する

[0258] ステップS807において、操作部108の再生ボタンが押されていない場合(ステップS807:No)、撮像システム2は、ステップS809へ移行する。

[0259] 続いて、操作部108のメニューボタンが押された場合(ステップS809:Yes)、撮像システム2は、各種設定を行う設定処理を実行する(ステップS810)。ステップS810の後、撮像システム2は、後述するステップS811へ移行する。

[0260] ステップS809において、操作部108のメニューボタンが押されていない場合(ステップS809:No)、撮像システム2は、ステップS811へ移行する。

[0261] ステップS811において、操作部108のリリースボタンがオフ状態から1st状態に遷移した場合(ステップS811:Yes)、撮像制御部114は、AE処理部116に露出を調整するAE処理およびAF処理部117にピントを調整するAF処理のそれぞれを実行させる(ステップS812)。その後、撮像システム2は、後述するステップS824へ移行する。

[0262] ステップS811において、操作部108のリリースボタンがオフ状態から1st状態に遷移していない場合(ステップS811:No)、撮像システム2は、ステップS813へ移行する。

[0263] 続いて、操作部108のリリースボタンが2nd状態に遷移した場合(ステップS813:Yes)、撮像制御部114は、メカシャッタによる撮影を実行する(ステップS814)。具体的には、撮像制御部114は、シャ

ッタ103を制御することによって、撮像素子105に撮影を実行させる。

[0264] 続いて、撮像システム2は、撮像素子105が生成した画像データに対して、RTSノイズの補正を行った後に、所定の処理を行う画像処理を実行する（ステップS815）。なお、画像処理の詳細は後述する。

[0265] その後、撮像制御部114は、画像処理部303が画像処理を施した画像データを記録媒体110に記録する（ステップS816）。ステップS816の後、撮像システム2は、後述するステップS824へ移行する。

[0266] ステップS813において、操作部108のリリースボタンが2nd状態に遷移していない場合（ステップS813：No）、撮像システム2は、ステップS817へ移行する。

[0267] 続いて、撮像制御部114は、AE処理部116に露出を調整するAE処理を実行させ（ステップS817）、AF処理部117にピントを調整するAF処理を実行させる（ステップS818）。

[0268] その後、撮像制御部114は、ドライバ120を介して撮像素子105に露光時間を電子的に制御する、所謂、電子シャッタによる撮影を実行させる（ステップS819）。電子シャッタによる撮影によって撮像素子105が生成した画像データは、アナログ処理部106およびA/D変換部107およびバス113を介して揮発メモリ111に出力される。

[0269] 続いて、撮像システム2は、ステップS815と同様の画像処理を実行する（ステップS820）。なお、画像処理の詳細は後述する。

[0270] その後、撮像システム2は、電子シャッタによる撮影によって撮像素子105が生成した画像データに対応するライブビュー画像を表示部119に表示させる（ステップS821）。

[0271] 続いて、撮像システム2が動画記録中である場合（ステップS822：Yes）、撮像制御部114は、画像データをステップS810の設定処理により設定した記録形式で図示しない画像圧縮展開部に圧縮させ、この圧縮した画像データを記録媒体110に作成された動画ファイルに動画として記録させる（ステップS823）。ステップS823の後、撮像システム2は、

ステップS 8 2 4へ移行する。

[0272] ステップS 8 2 2において、撮像システム2が動画記録中でない場合（ステップS 8 2 2：N o）、撮像システム2は、ステップS 8 2 4へ移行する。

[0273] 続いて、操作部1 0 8の電源ボタンが押されて撮像システム2の電源がオフ状態になった場合（ステップS 8 2 4：Y e s）、撮像システム2は、本処理を終了する。これに対して、撮像システム2の電源がオフ状態になっていない場合（ステップS 8 2 4：N o）、撮像システム2は、ステップS 8 0 2へ戻る。

[0274] 〔画像処理の概要〕

次に、図3 2のステップS 8 1 5およびステップS 8 2 0で説明した画像処理について説明する。図3 3は、画像処理の概要を示すフローチャートである。

[0275] 図3 3に示すように、R T Sノイズ補正部3 2 0は、撮像素子1 0 5が生成した画像データに対してR T Sノイズを補正するR T Sノイズ補正処理を実行する（ステップS 9 0 1）。ここで、R T Sノイズ補正処理は、上述した実施の形態1に係る画像処理装置3 0が実行する処理または上述した実施の形態2～4に係る画像処理装置3 0 aが実行する処理に対応するため、説明を省略する。

[0276] 続いて、画像処理部3 0 3は、R T Sノイズ補正部3 2 0がR T Sノイズを補正した画像データに対して基本画像処理を実行する（ステップS 9 0 2）。ステップS 9 0 2の後、撮像システム2は、図3 2のメインルーチンへ戻る。

[0277] 以上説明した本発明の実施の形態5によれば、上述した実施の形態1と同様の効果を有する。

[0278] （その他の実施の形態）

本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。例えば、本発明の説

明に用いた撮像装置以外にも、携帯電話やスマートフォンにおける撮像素子を備えた携帯機器、ビデオカメラ、内視鏡、監視カメラ、顕微鏡のような光学機器を通して被写体を撮影する撮像装置等、被写体を撮像可能ないずれの機器にも適用できる。

[0279] 本発明では、ランダムノイズモデルの参照値、もしくは参照するノイズモデルを、RTSノイズの特徴量であるRTS__Valueや、RTS__Valueに基づく値である候補値の最大値に応じて変更していたが、これらを組み合わせ、RTSノイズの特徴量に応じてランダムノイズモデルを選択し、さらに参照値を変更してランダムノイズ量を推定するようにしてもよい。また、温度に応じてランダムノイズ量が異なるため、画像データを撮影した際の撮像素子の温度に応じてランダムノイズモデルを選択し、さらに上記の方法を適用するようにしてもよい。

[0280] また、本発明では、RTSノイズ情報記録部が撮像装置内に設けられているが、上述した画像処理装置内に設けられていてもよいし、ネットワークを介して双方向に通信可能なサーバ内にRTSノイズ情報記録部を設け、ネットワークを介してRTSノイズ情報を取得するようにしてもよい。

[0281] また、本発明は、表示または記録に用いる画像データ以外の画像データ、例えばOB領域の画像データまたは光学的に設計保証されていないイメージサークル外の領域の画像データ等の画像データであっても適用可能である。

[0282] また、本明細書において、前述の各動作フローチャートの説明において、便宜上「まず」、「次に」、「続いて」、「その後」等を用いて動作を説明しているが、この順で動作を実施することが必須であることを意味するものではない。

[0283] また、上述した実施の形態における画像処理装置による各処理の手法、即ち、各フローチャートに示す処理は、いずれもCPU等の制御部に実行させることができるプログラムとして記憶させておくこともできる。その他、メモリカード（ROMカード、RAMカード等）、磁気ディスク（フロッピーディスク（登録商標）、ハードディスク等）、光ディスク（CD-ROM、

DVD等)、半導体メモリ等の外部記憶装置の記憶媒体に格納して配布することができる。そして、CPU等の制御部は、この外部記憶装置の記憶媒体に記憶されたプログラムを読み込み、この読み込んだプログラムによって動作が制御されることにより、上述した処理を実行することができる。

[0284] また、本発明は、上述した実施の形態および変形例そのままに限定されるものではなく、実施段階では、発明の要旨を逸脱しない範囲内で構成要素を変形して具体化することができる。また、上述した実施の形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明を形成することができる。例えば、上述した実施の形態および変形例に記載した全構成要素からいくつかの構成要素を削除してもよい。さらに、各実施の形態および変形例で説明した構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0285] また、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能である。

符号の説明

- [0286] 1, 1 a, 2 撮像システム
- 3 本体部
 - 4 レンズ部
 - 10 撮像装置
 - 30, 30 a 画像処理装置
 - 31 第3外部I/F部
 - 32 補間処理部
 - 33 フレームメモリ
 - 34 動き検出部
 - 34 a 信頼度算出部
 - 35, 35 a, 35 b, 35 c, 35 b 1, 35 c 1 ノイズ低減部
 - 36 記憶部

- 37 操作部
- 38 画像処理部
- 39 画像処理制御部
- 40 表示装置
- 101 光学系
- 102 絞り
- 103 シャッタ
- 104 ドライバ
- 105 撮像素子
- 105 a 画素
- 105 b 第1スイッチ
- 105 c 垂直転送線
- 105 d FD部
- 105 e アンプ部
- 105 f 第2スイッチ
- 105 h 転送線
- 106 アナログ処理部
- 107 A/D変換部
- 108 操作部
- 109 メモリI/F部
- 110 記録媒体
- 111 揮発メモリ
- 112 不揮発メモリ
- 112 a プログラム記録部
- 112 b RTSノイズ情報記録部
- 112 c ランダムノイズモデル情報記録部
- 113 バス
- 114 撮像制御部

- 1 1 5 第1外部I/F部
- 1 1 6 AE処理部
- 1 1 7 AF処理部
- 1 1 8 外部I/F部
- 1 1 9 表示部
- 1 2 0 ドライバ
- 3 0 3 画像処理部
- 3 1 0 補間処理部
- 3 2 0, 3 2 0 b, 3 2 0 c RTSノイズ補正部
- 3 2 1 RTSノイズ画素判定部
- 3 2 2 候補値算出部
- 3 2 3, 3 2 6, 3 2 7 代表値算出部
- 3 2 3 a 第1参照値算出部
- 3 2 3 b 第1ランダムノイズ量推定部
- 3 2 3 c 許容範囲算出部
- 3 2 4 ランダムノイズ量推定部
- 3 2 5 補正值算出部
- 3 2 5 a 第2参照値算出部
- 3 2 5 b 第2ランダムノイズ量推定部
- 3 2 5 c 補正量決定部
- 3 2 5 d 画素値補正部
- 3 5 1 評価値算出部
- 3 5 2 推定ノイズ量取得部
- 3 5 3 ルックアップテーブル
- 3 5 4 判定部
- 3 5 5 ノイズ低減処理部

請求の範囲

- [請求項1] 2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置であって、
- 前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取得する取得部と、
- 前記取得部が取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づき参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正部と、
- を備えたことを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 前記補正対象画像データと前記参照画像データとに基づいて、被写体の移動量を算出する移動量算出部と、
- を備え、
- 前記補正部は、前記移動量算出部が算出した前記移動量に基づいて、前記注目画素または前記注目画素近傍の画素と対応する前記参照画像データの参照画素を取得し、該参照画素の画素値に基づいて、前記注目画素の画素値を補正することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記補正部は、前記注目画素において前記点滅欠陥ノイズが発生する場合、前記点滅欠陥ノイズが発生しない場合に比べ、前記注目画素におけるノイズ低減処理の強度を大きく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] 前記補正部は、前記注目画素において前記点滅欠陥ノイズが発生する場合、前記参照画像データを用いた時間方向のノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

- [請求項5] 前記補正部は、前記注目画素において前記点滅欠陥ノイズが発生する場合、前記注目画素周辺の画素を用いた空間方向のノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記補正部は、前記参照画素の画素値に基づいて、前記点滅欠陥ノイズが発生しない場合の画素値に相当する代表値を算出し、該代表値に基づいて、前記注目画素の画素値を補正することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項7] 前記補正部は、前記注目画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。
- [請求項8] 前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズが発生しない前記参照画素の画素値もしくは前記点滅欠陥ノイズを補正した前記参照画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。
- [請求項9] 前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズが発生しない前記注目画素における周辺の画素の画素値に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする請求項6～8のいずれか一つに記載の画像処理装置。
- [請求項10] 前記注目画素周辺のランダムノイズ量を推定するノイズ量推定部と、
をさらに備え、
前記補正部は、前記ランダムノイズ量に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする請求項6～9のいずれか一つに記載の画像処理装置。
- [請求項11] 前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、
前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルを用いて前記注目画素の

画素値を補正することを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、

前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルが大きいほど、前記注目画素におけるノイズ低減処理の強度を大きくすることを特徴とする請求項3～5のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項13] 前記ノイズ情報は、前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報と対応づけられた、前記点滅欠陥ノイズのノイズレベルである点滅欠陥ノイズレベルをさらに含み、

前記補正部は、前記点滅欠陥ノイズレベルに基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする請求項6～10のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項14] 前記移動量算出部が算出した前記移動量の確からしさを表す信頼度を算出する信頼度算出部を備え、

前記補正部は、前記信頼度に基づいて、前記代表値を算出することを特徴とする、請求項6～10のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項15] 前記参照画像データは、前記補正対象画像データに対応する前記画像データの直前に前記撮像素子が生成した前記画像データであることを特徴とする請求項1～14のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項16] 前記参照画像データは、前記補正部が前記補正対象画像データに対する補正を行う直前に、前記補正部が補正を行った画像データであることを特徴とする請求項1～14のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項17] 前記参照画像データは、前記補正対象画像データに対応する前記画像データの前に、前記撮像素子が生成した複数の前記画像データであることを特徴とする請求項1～15のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項18] 前記点滅欠陥ノイズは、ランダムテレグラフシグナルノイズであることを特徴とする請求項1～17のいずれか一つに記載の画像処理装置。

[請求項19] 2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置が実行する画像処理方法であって、

前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにおいて取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づく参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正ステップと、

を含むことを特徴とする画像処理方法。

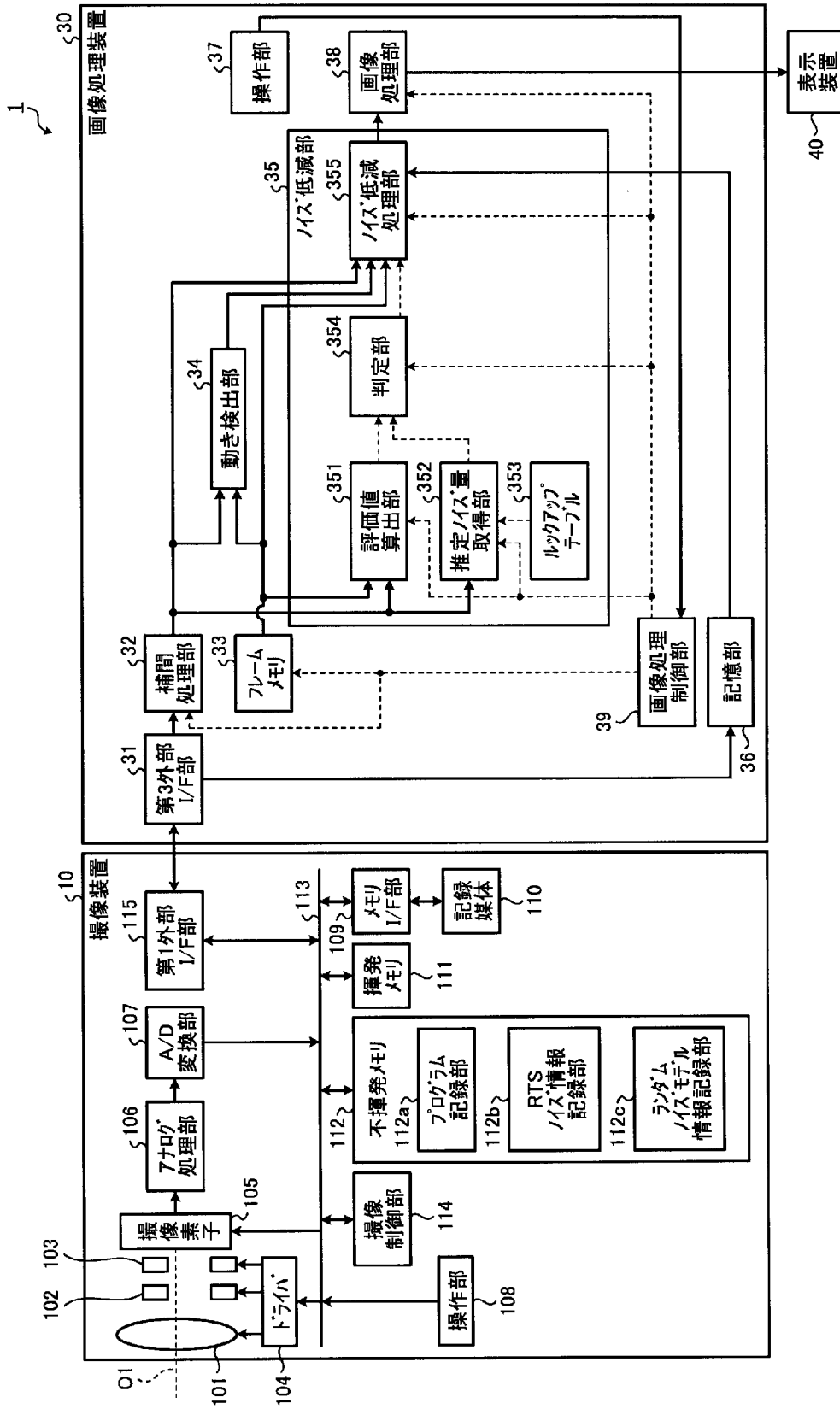
[請求項20] 2次元状に配置され、外部から光を受光し、受光量に応じた信号を生成する複数の画素と、前記信号を画素値として読み出す複数の読み出し回路と、を有する撮像素子が生成した画像データに含まれる点滅欠陥ノイズを補正する画像処理装置に、

前記読み出し回路に起因する点滅欠陥ノイズが発生する前記読み出し回路の位置情報または前記複数の画素の各々の位置情報を含むノイズ情報と、前記画像データと、を取得する取得ステップと、

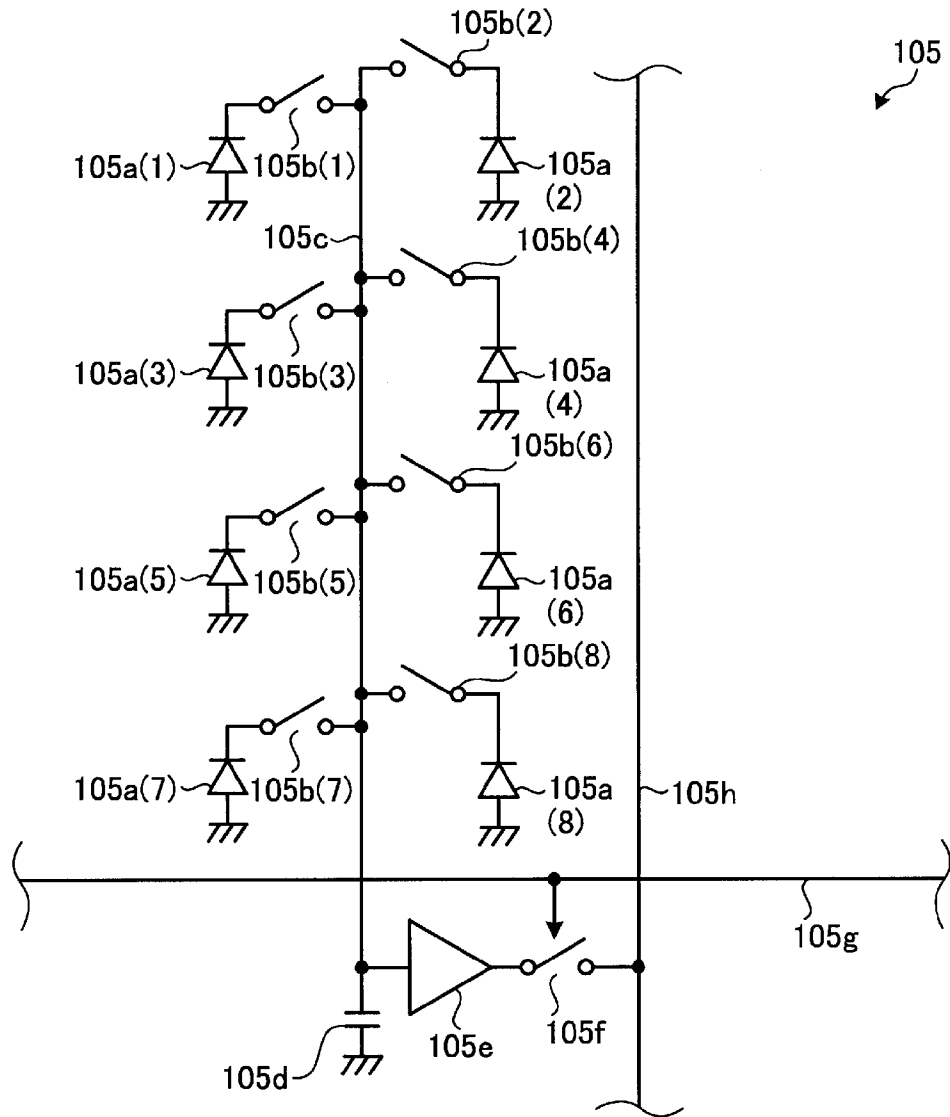
前記取得ステップにおいて取得した前記画像データを補正対象画像データとし、該補正対象画像データと異なる時間に取得された前記画像データに基づく参照画像データと、前記ノイズ情報とに基づいて、前記補正対象画像データにおける注目画素の画素値を補正する補正ステップと、

を実行させることを特徴とするプログラム。

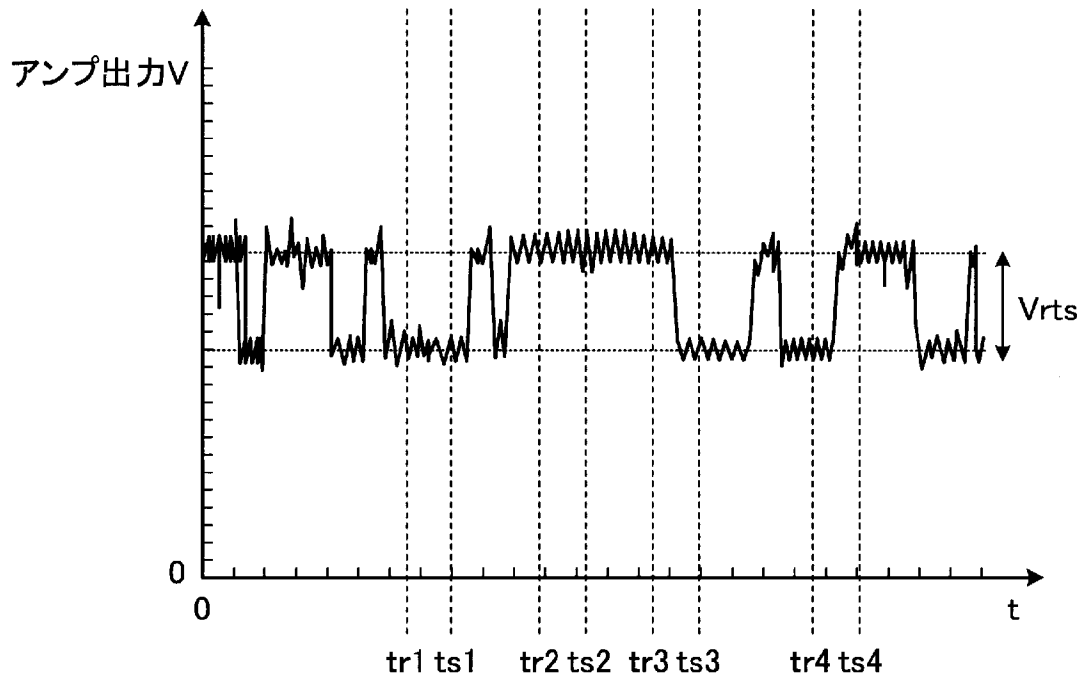
図1



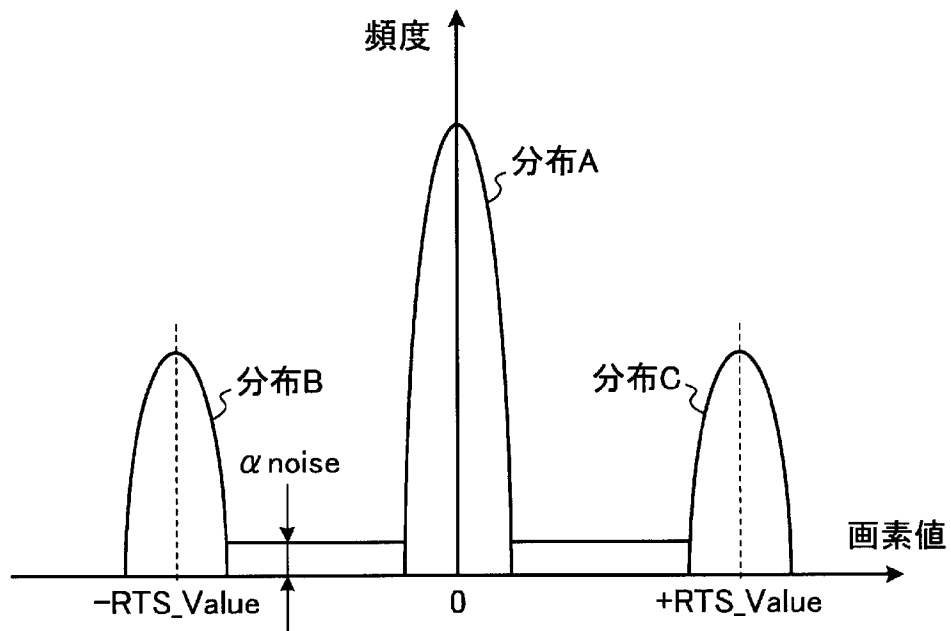
[図2]



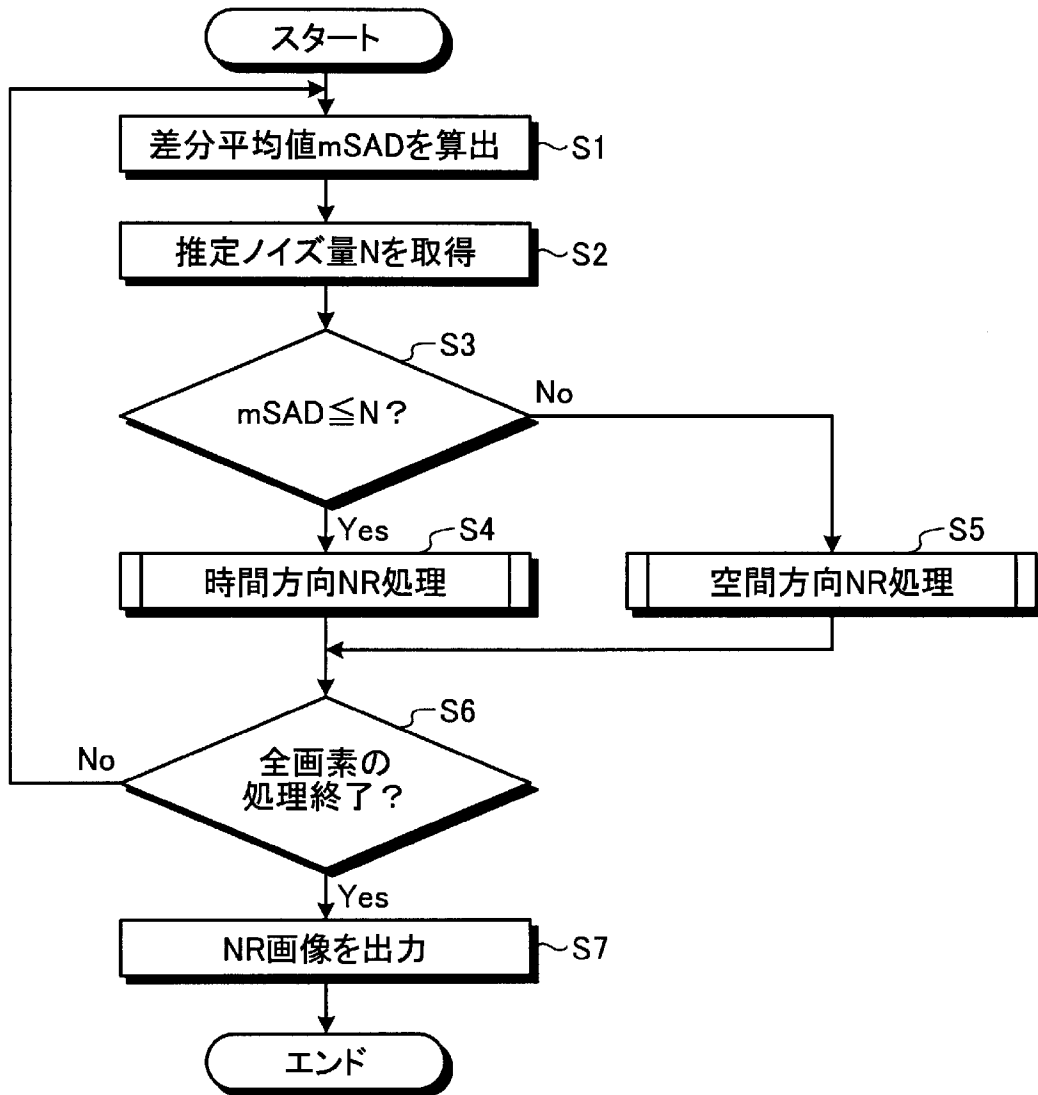
[図3]



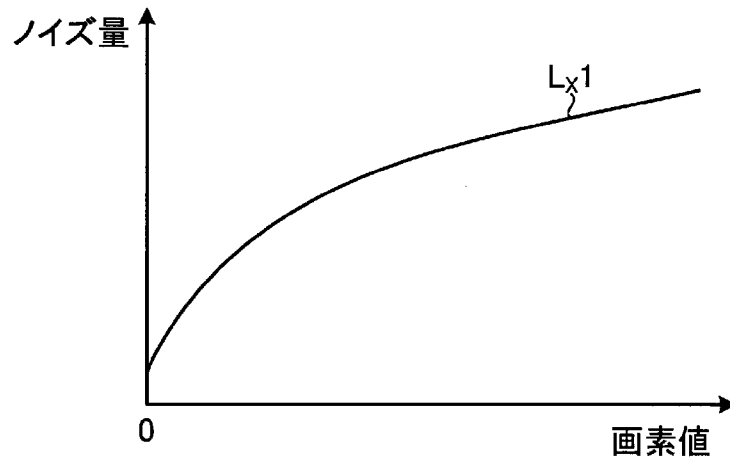
[図4]



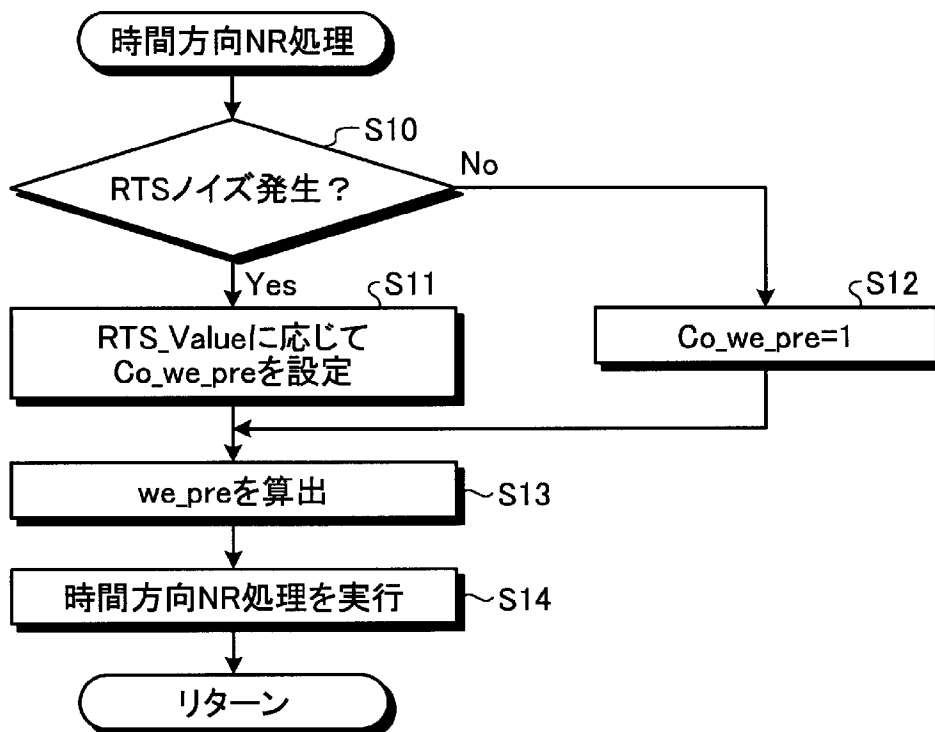
[図5]



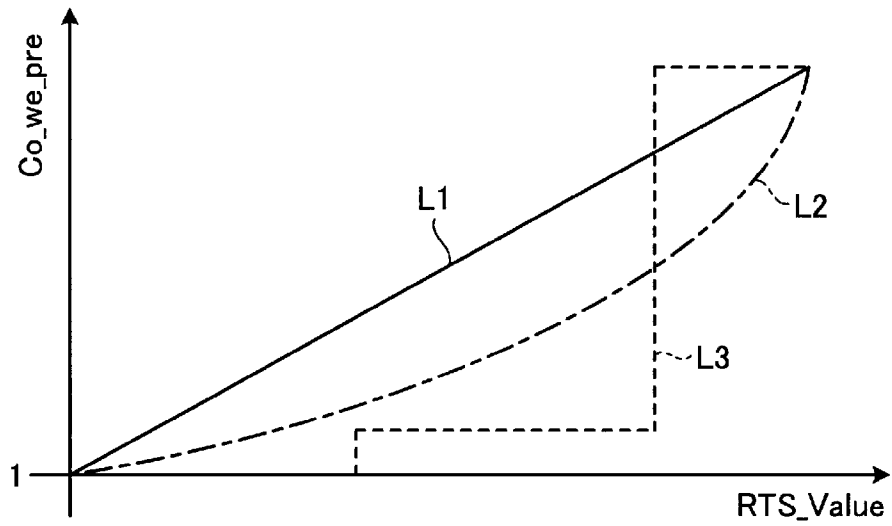
[図6]



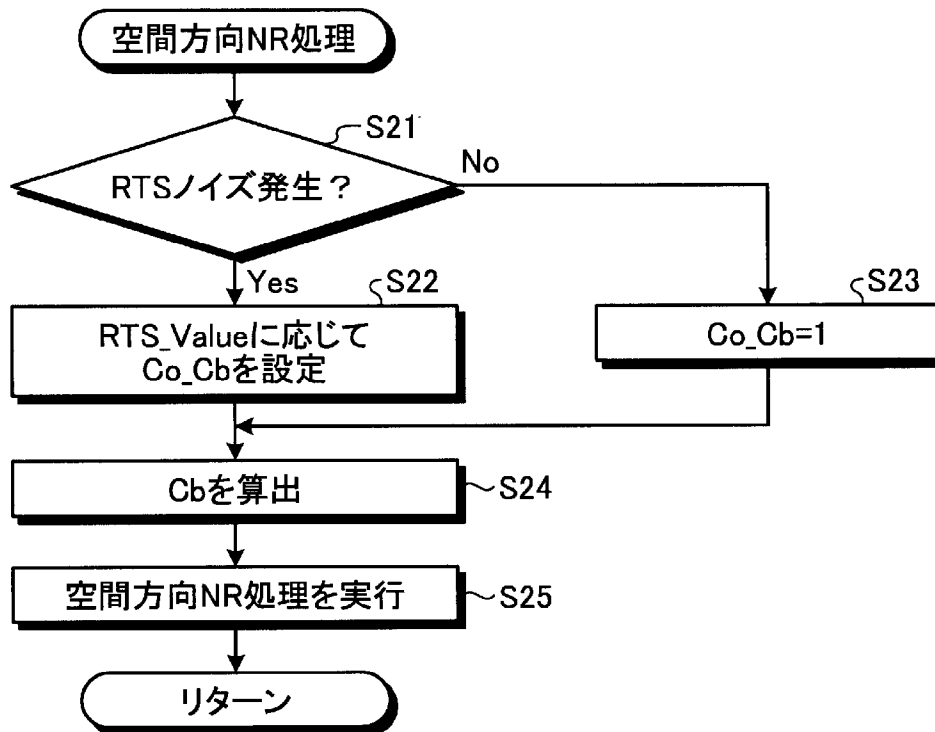
[図7]



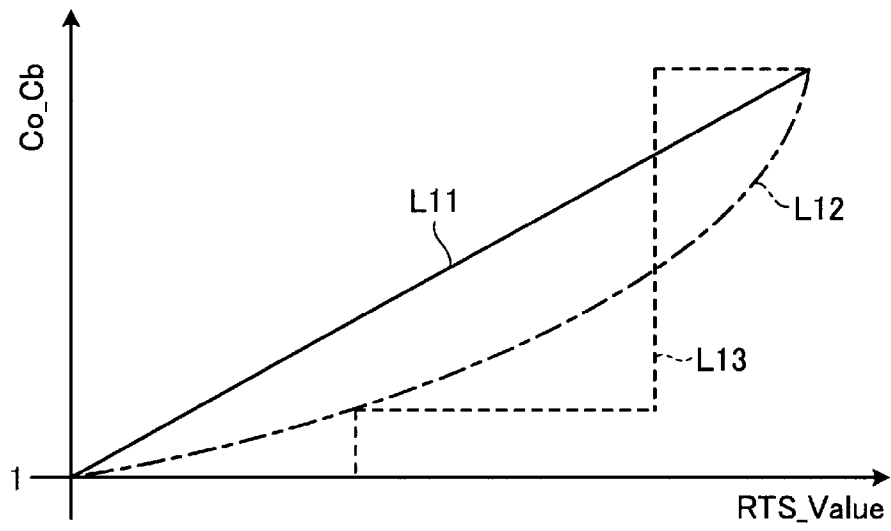
[図8]



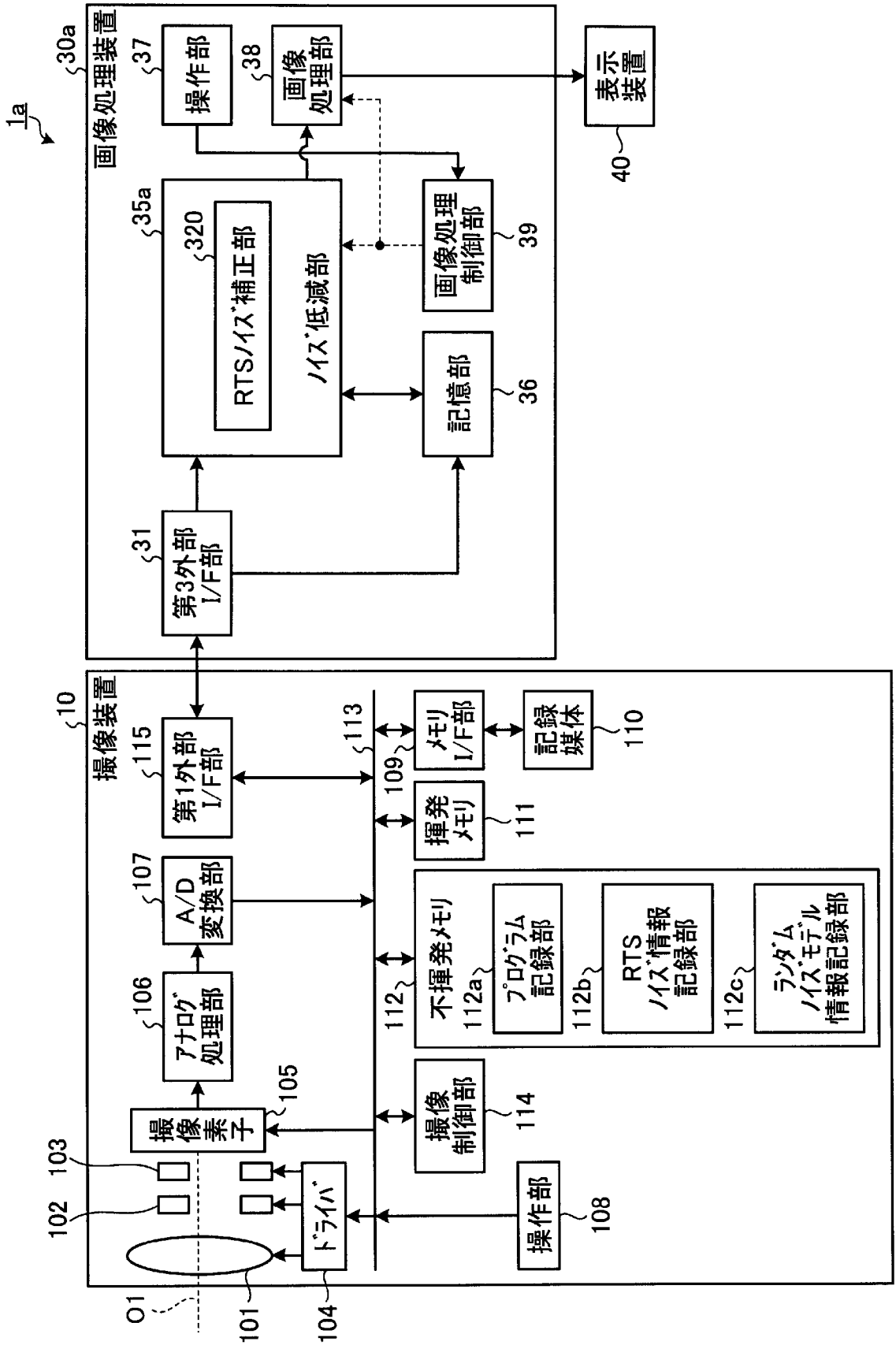
[図9]



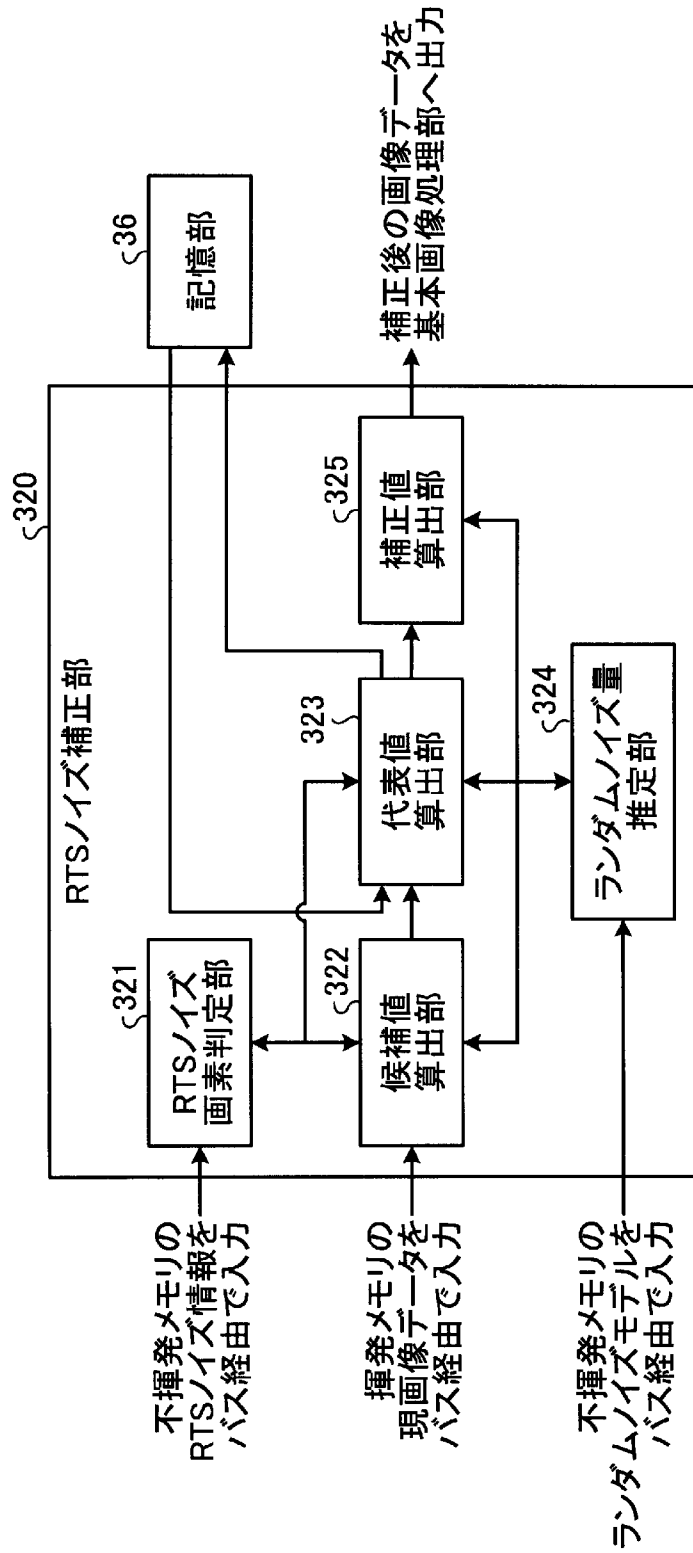
[図10]



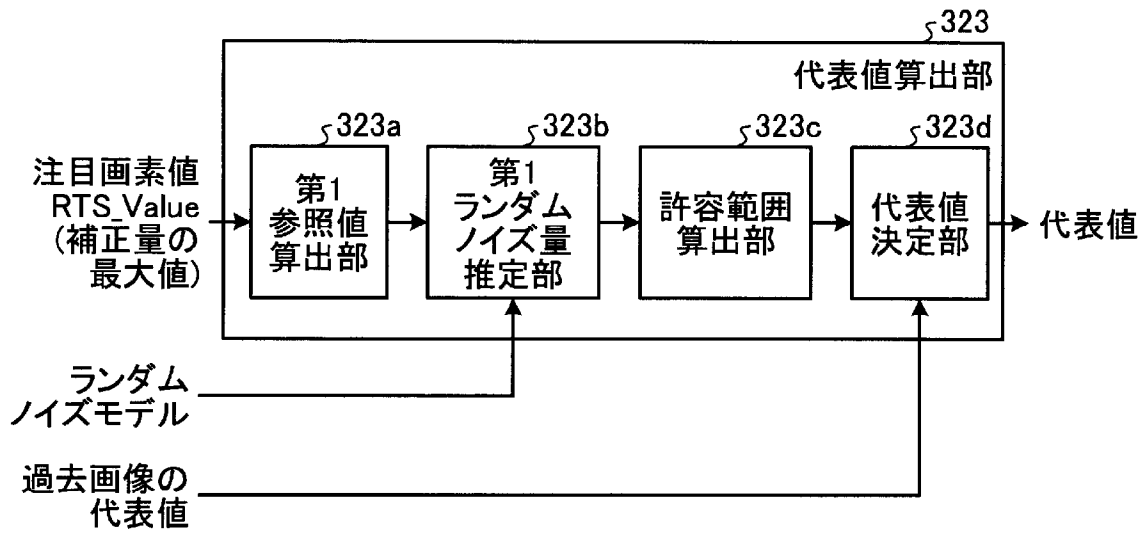
[図11]



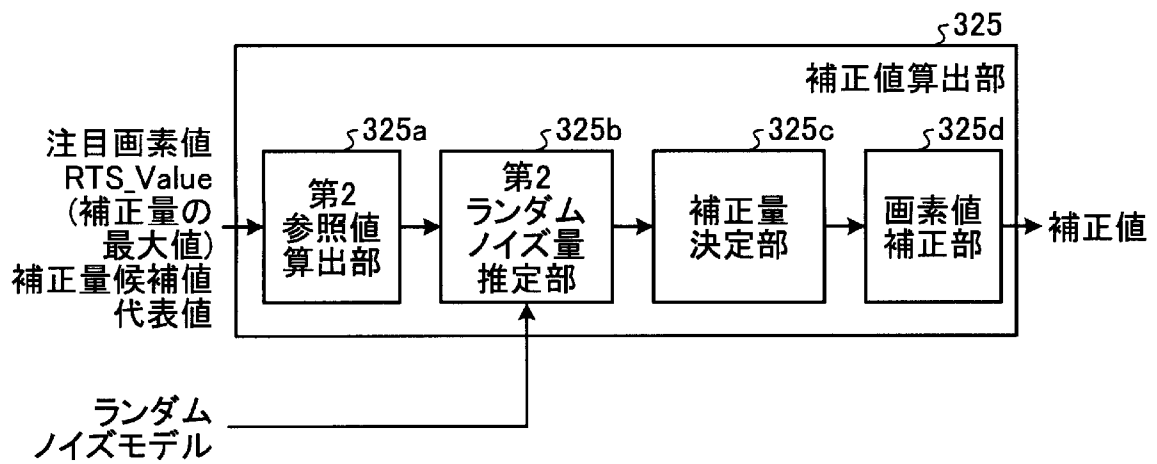
[図12]



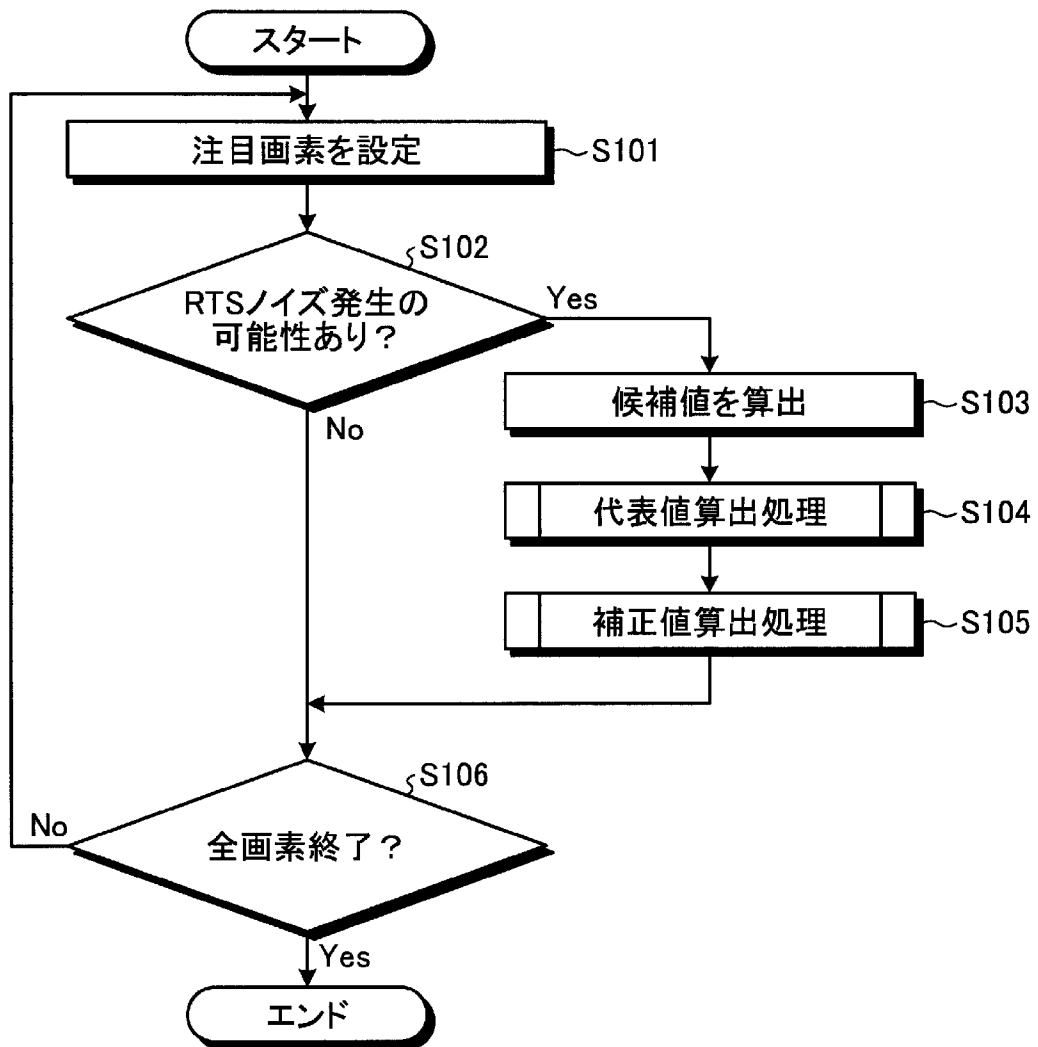
[図13]



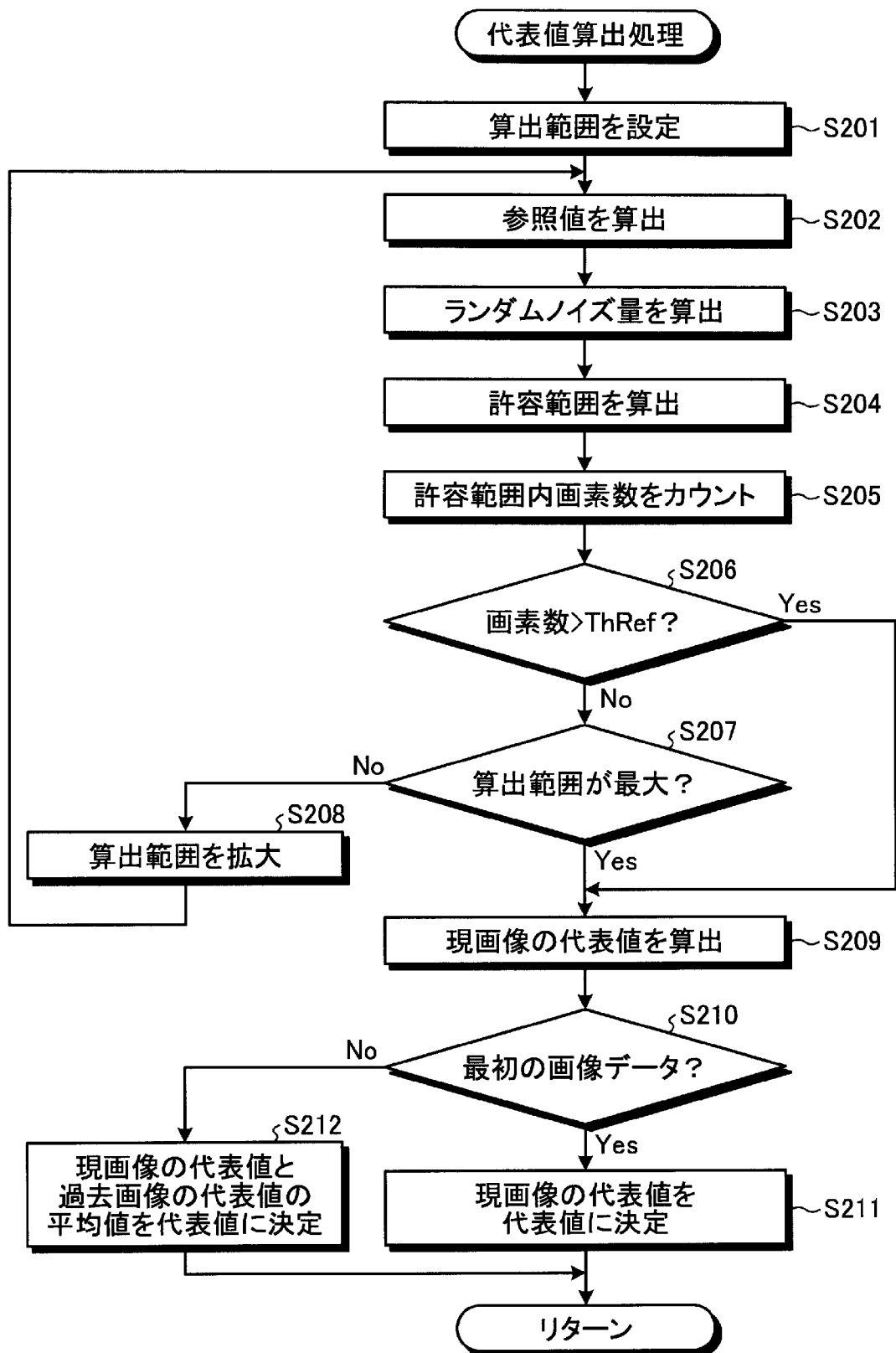
[図14]



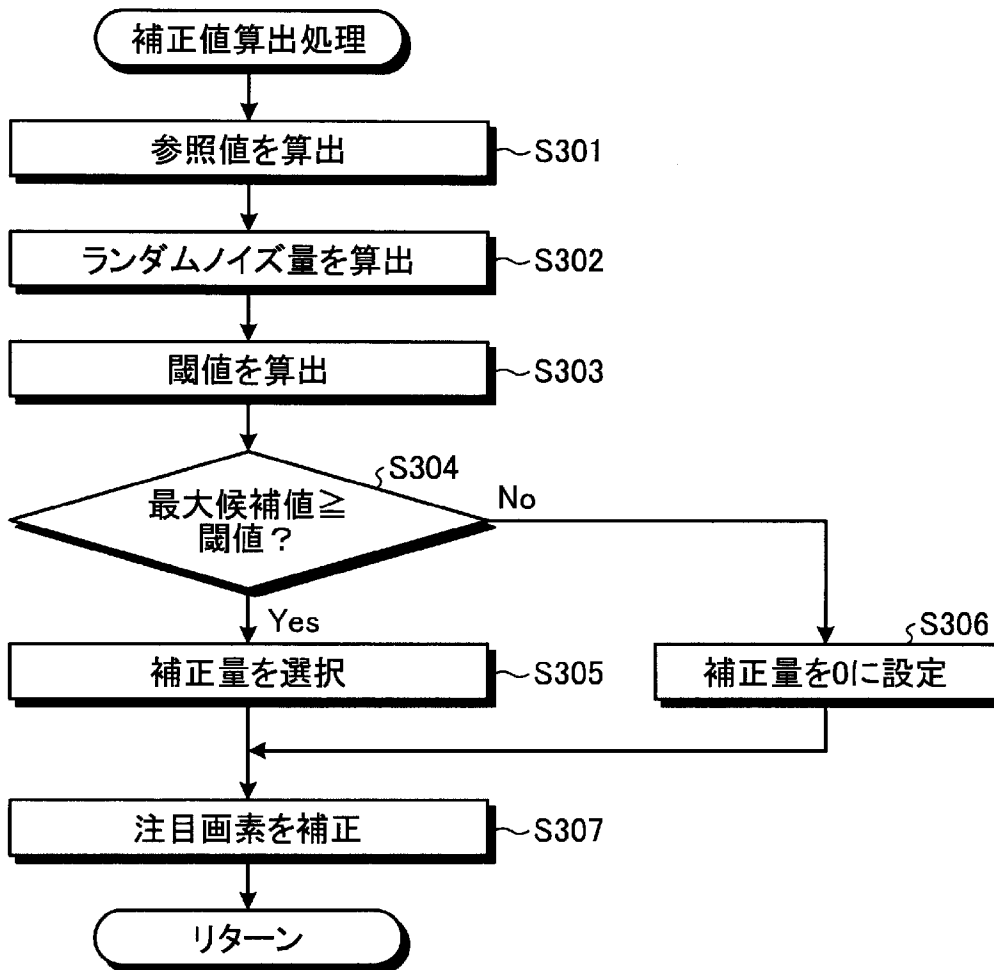
[図15]



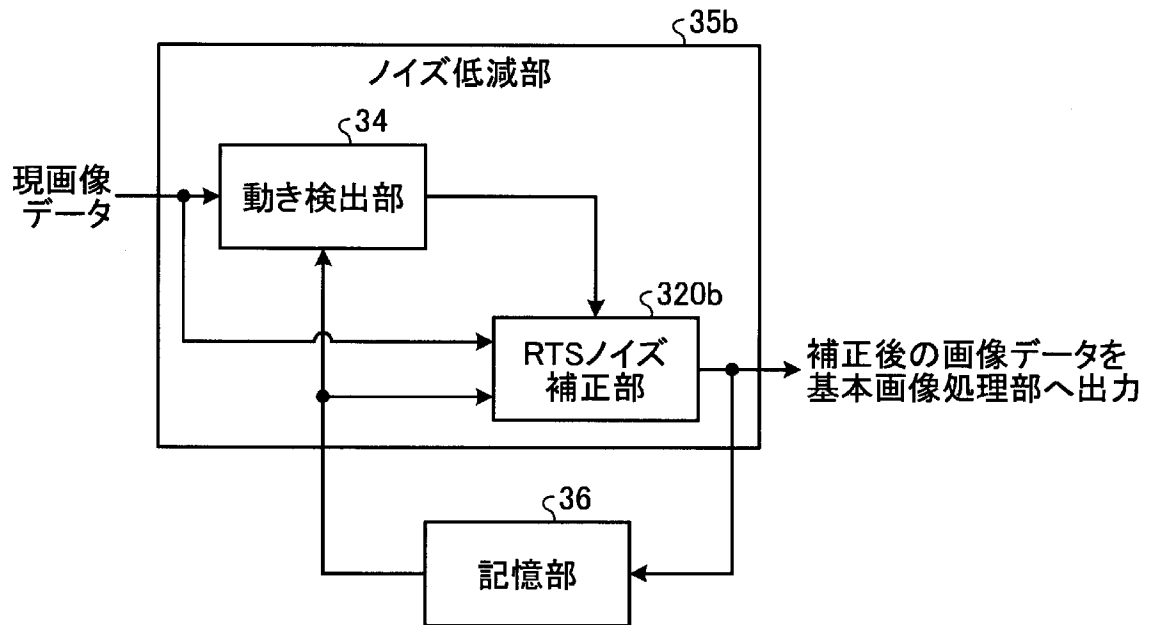
[図16]



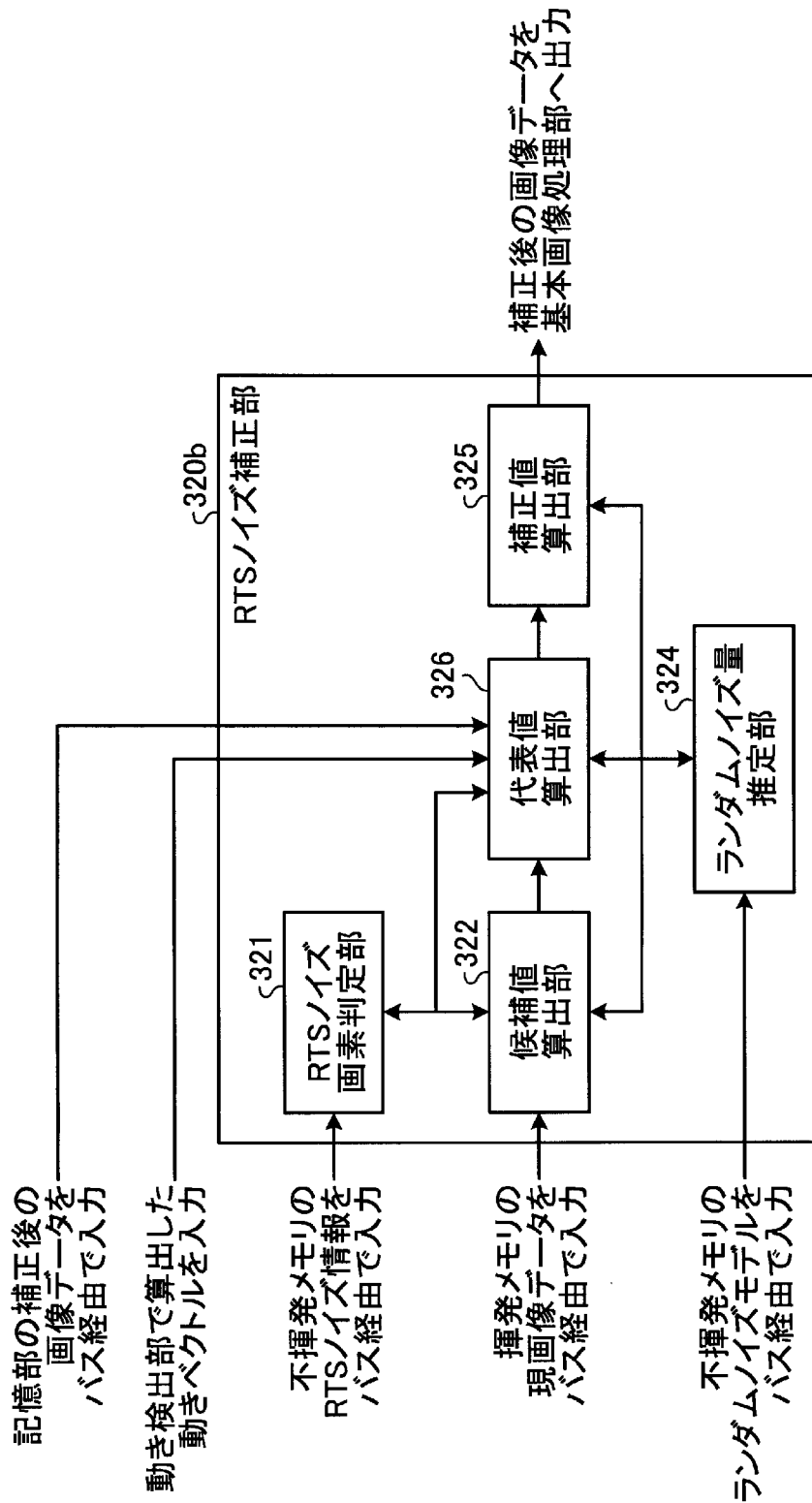
[図17]



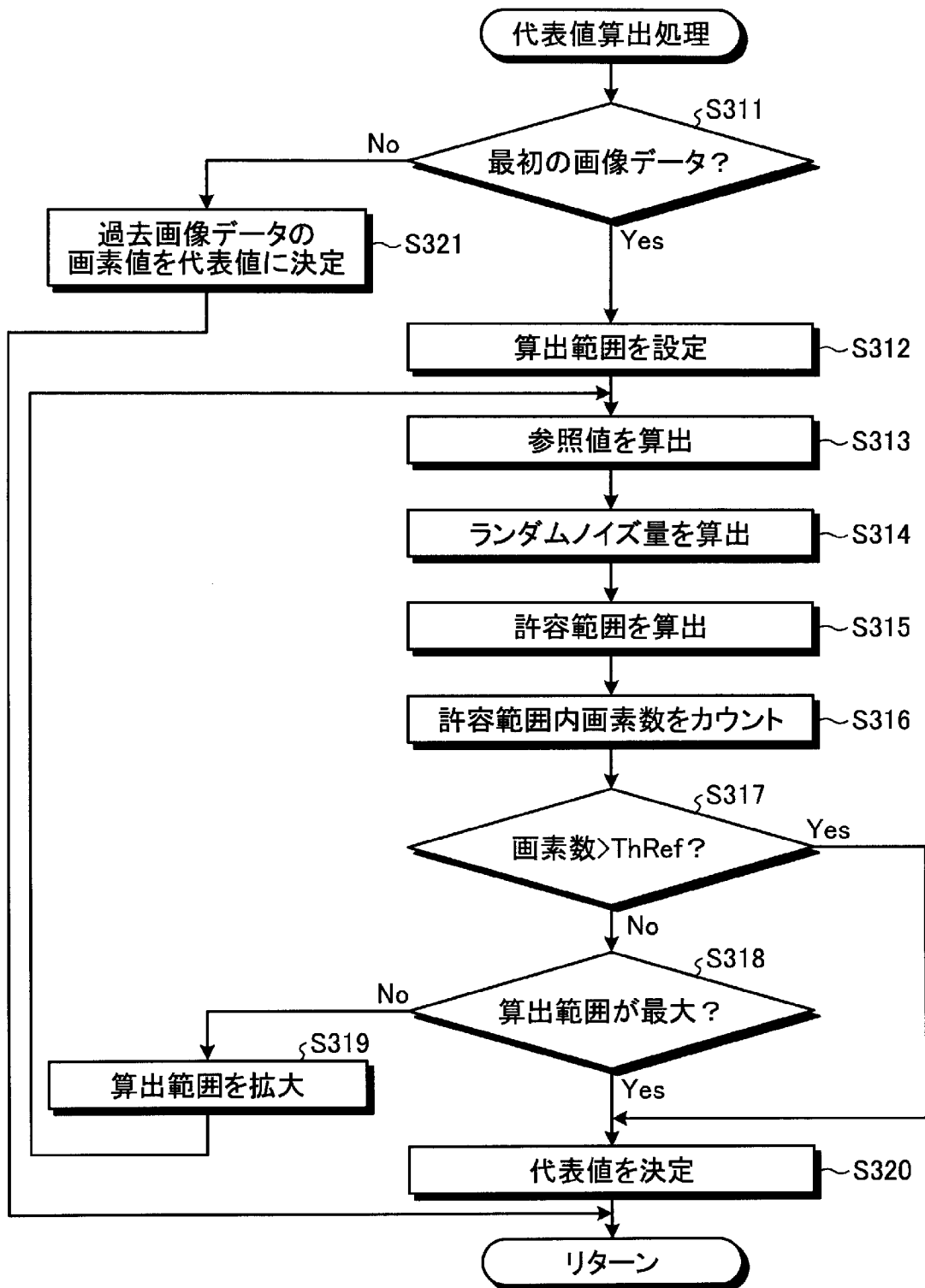
[図18]



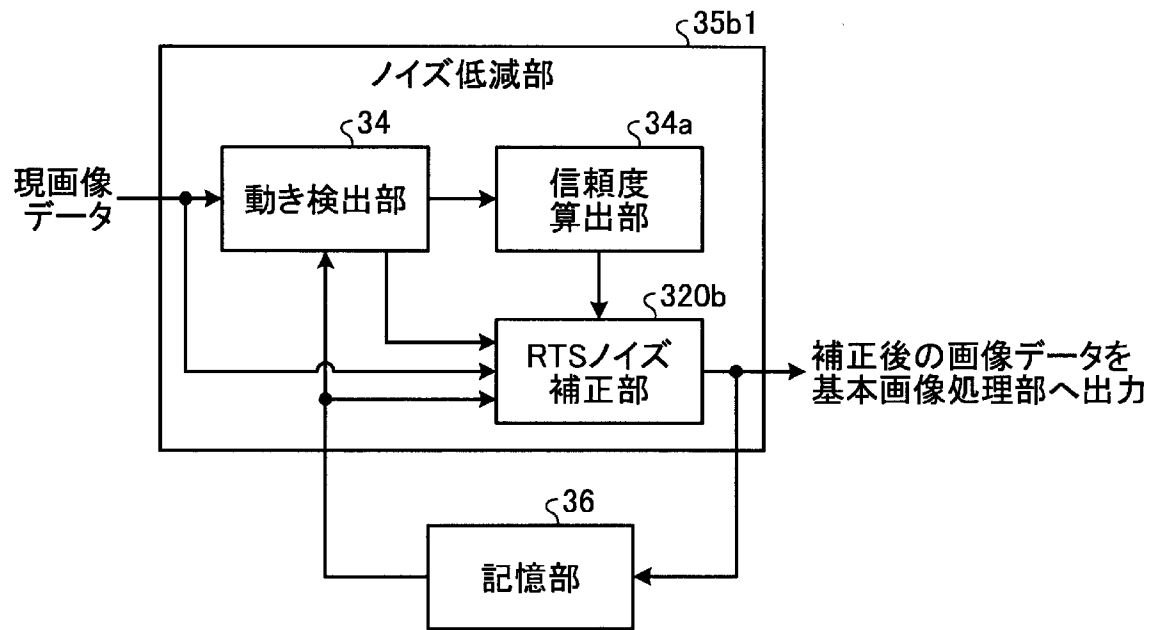
[図19]



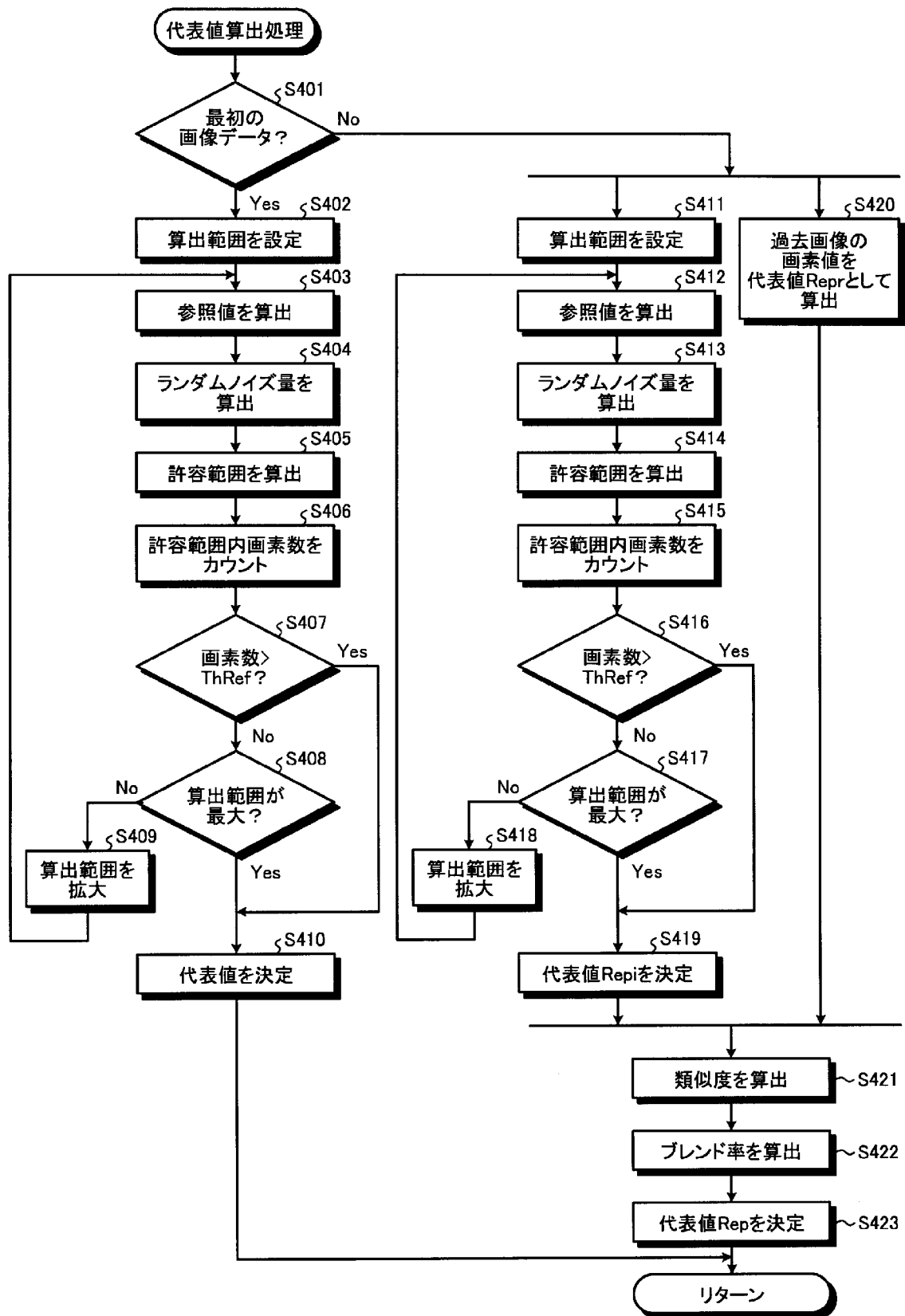
[図20]



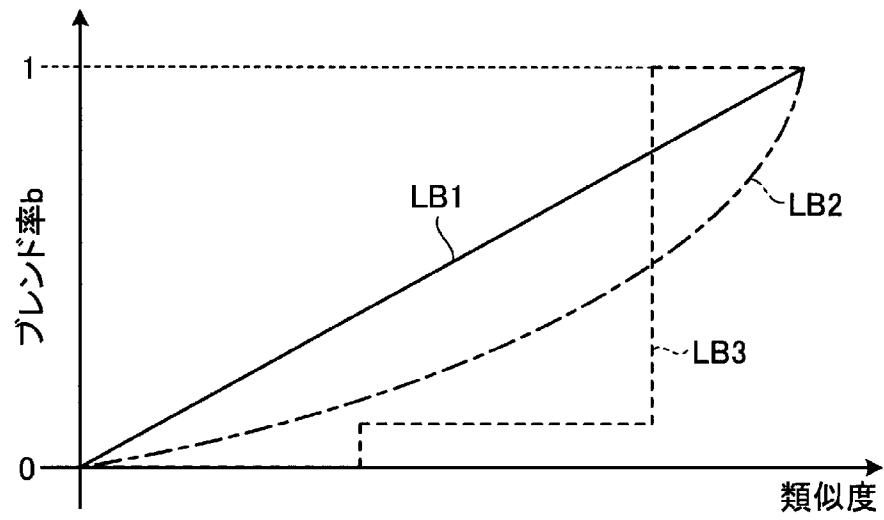
[図21]



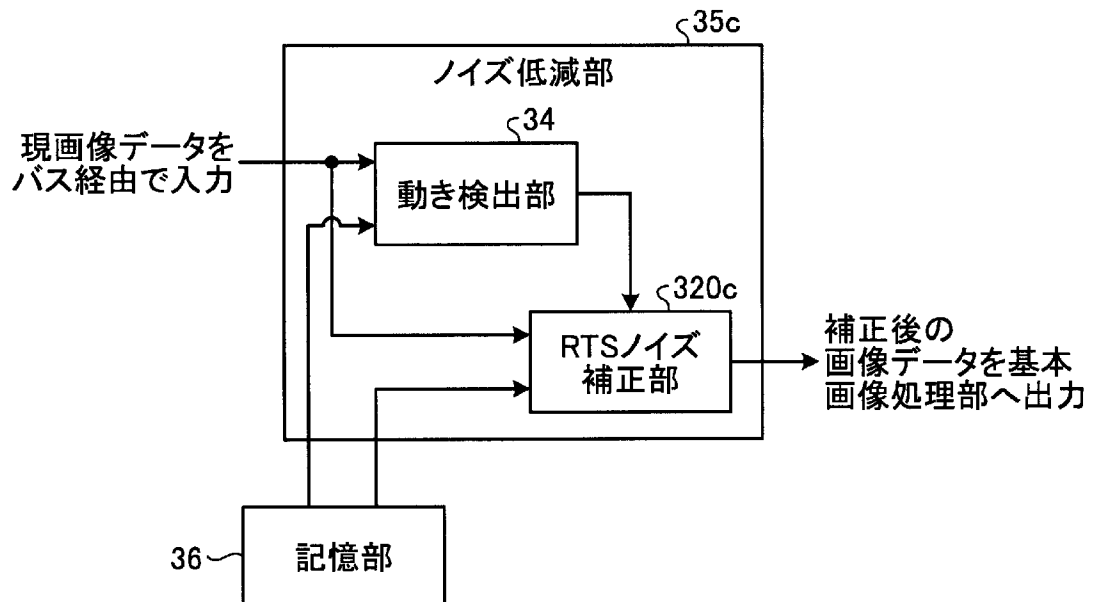
[図22]



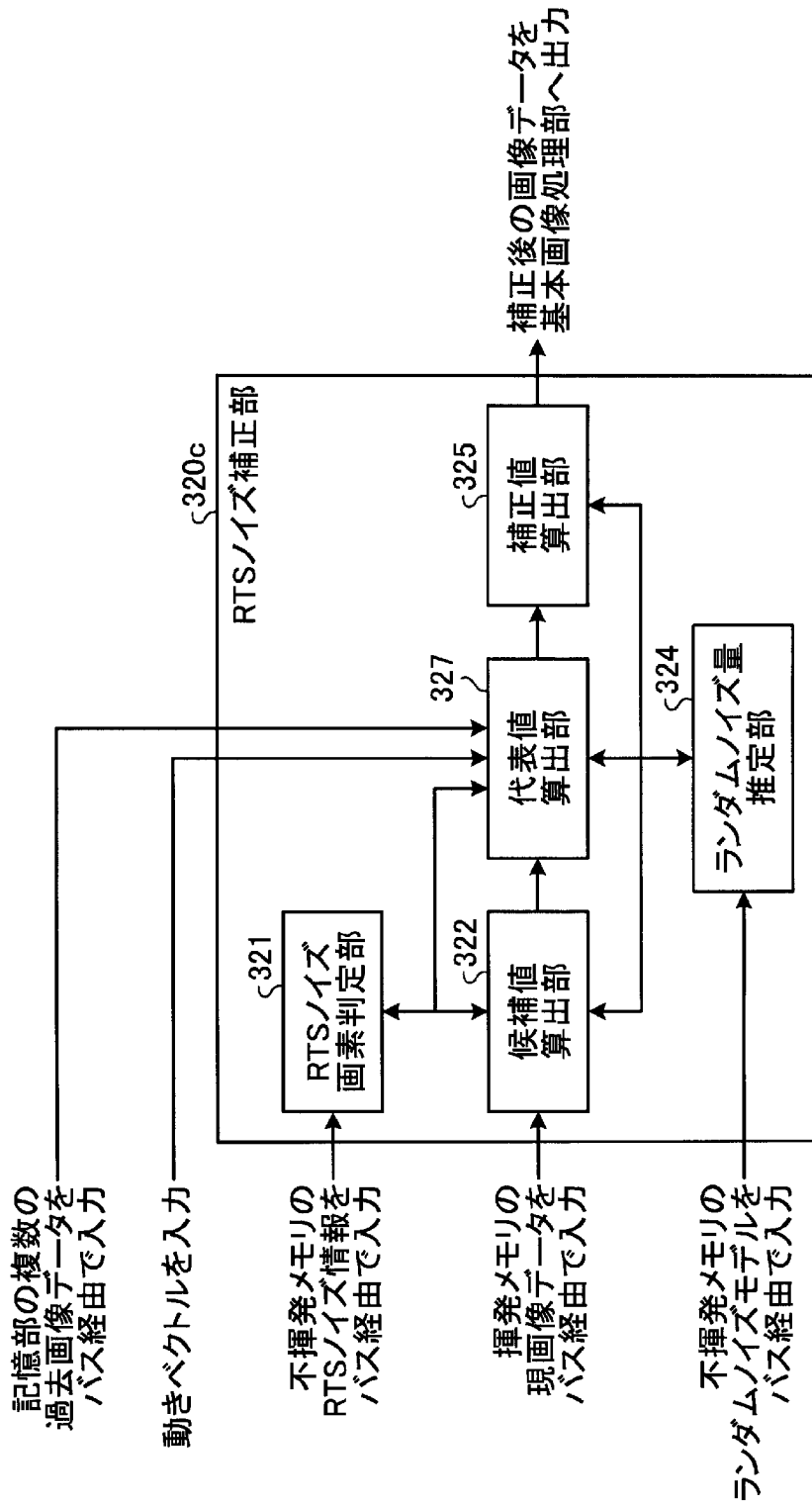
[図23]



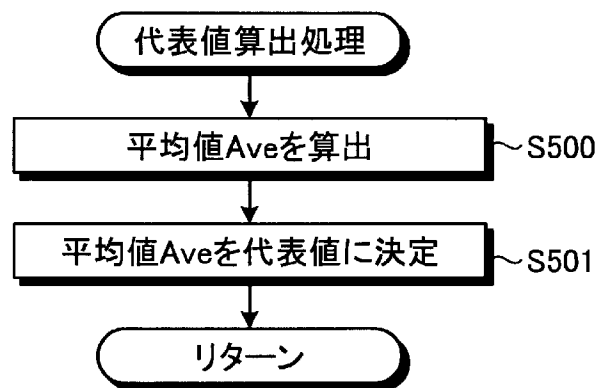
[図24]



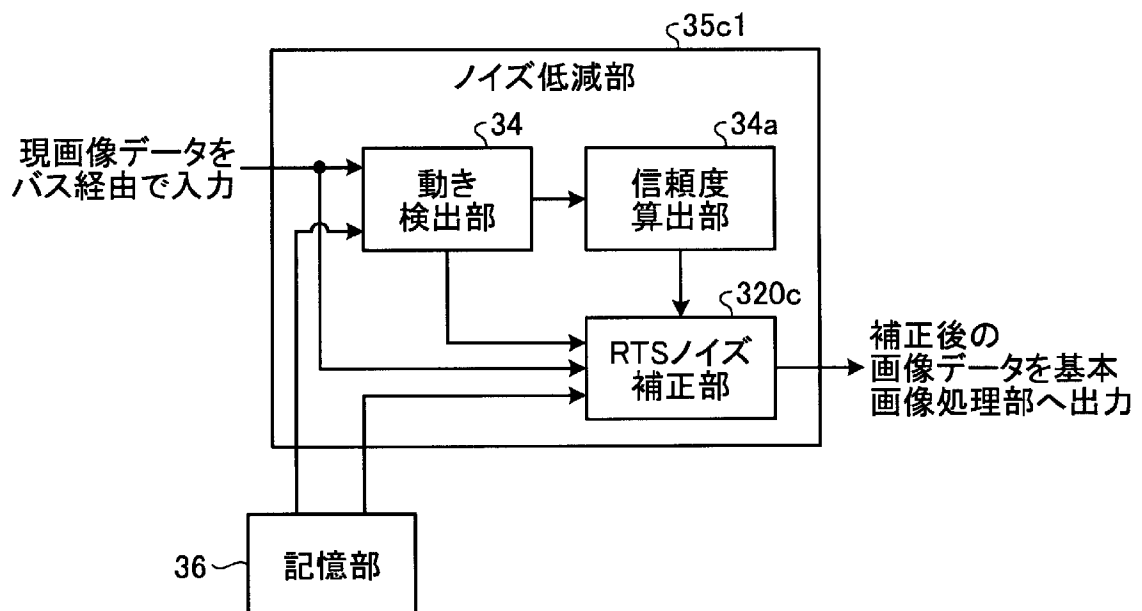
[図25]



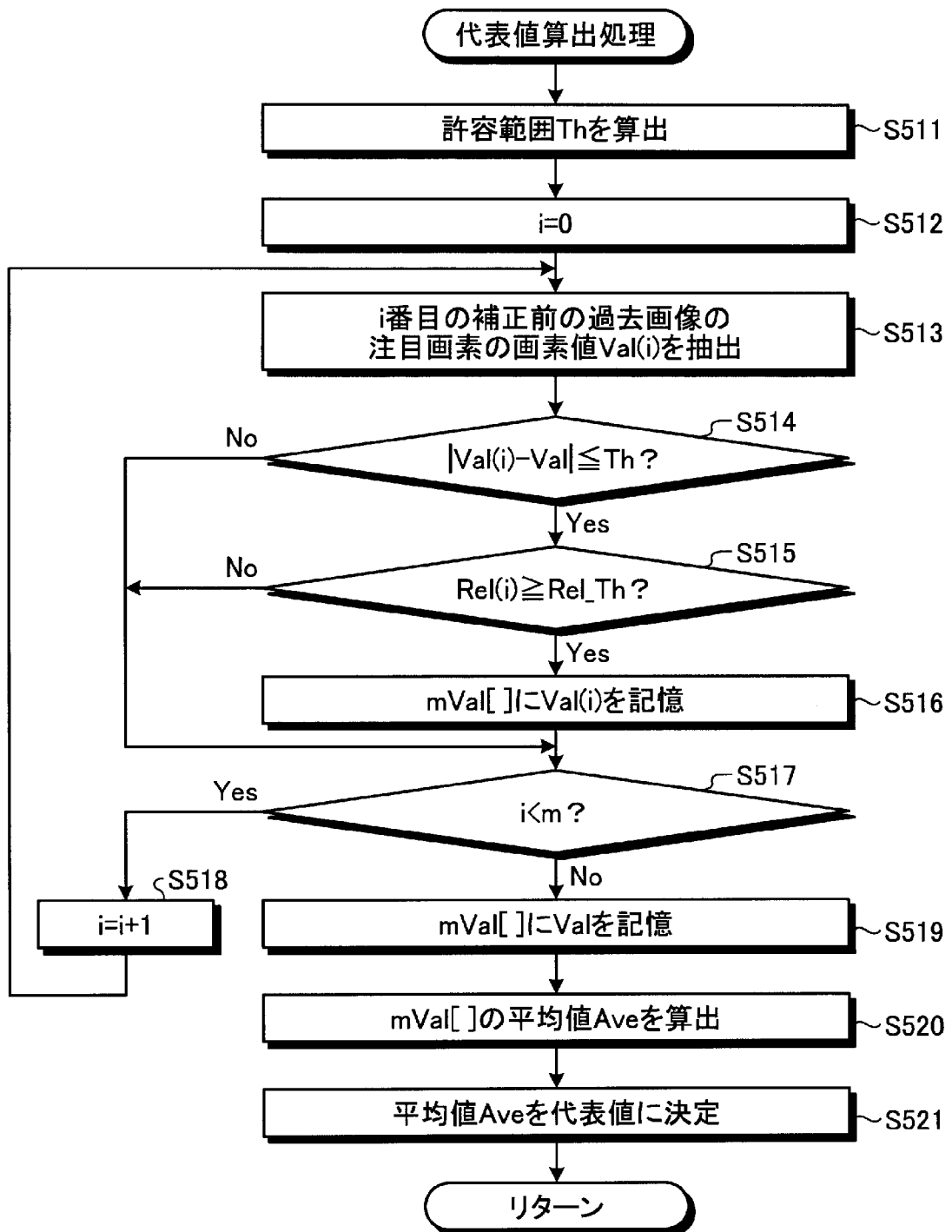
[図26]



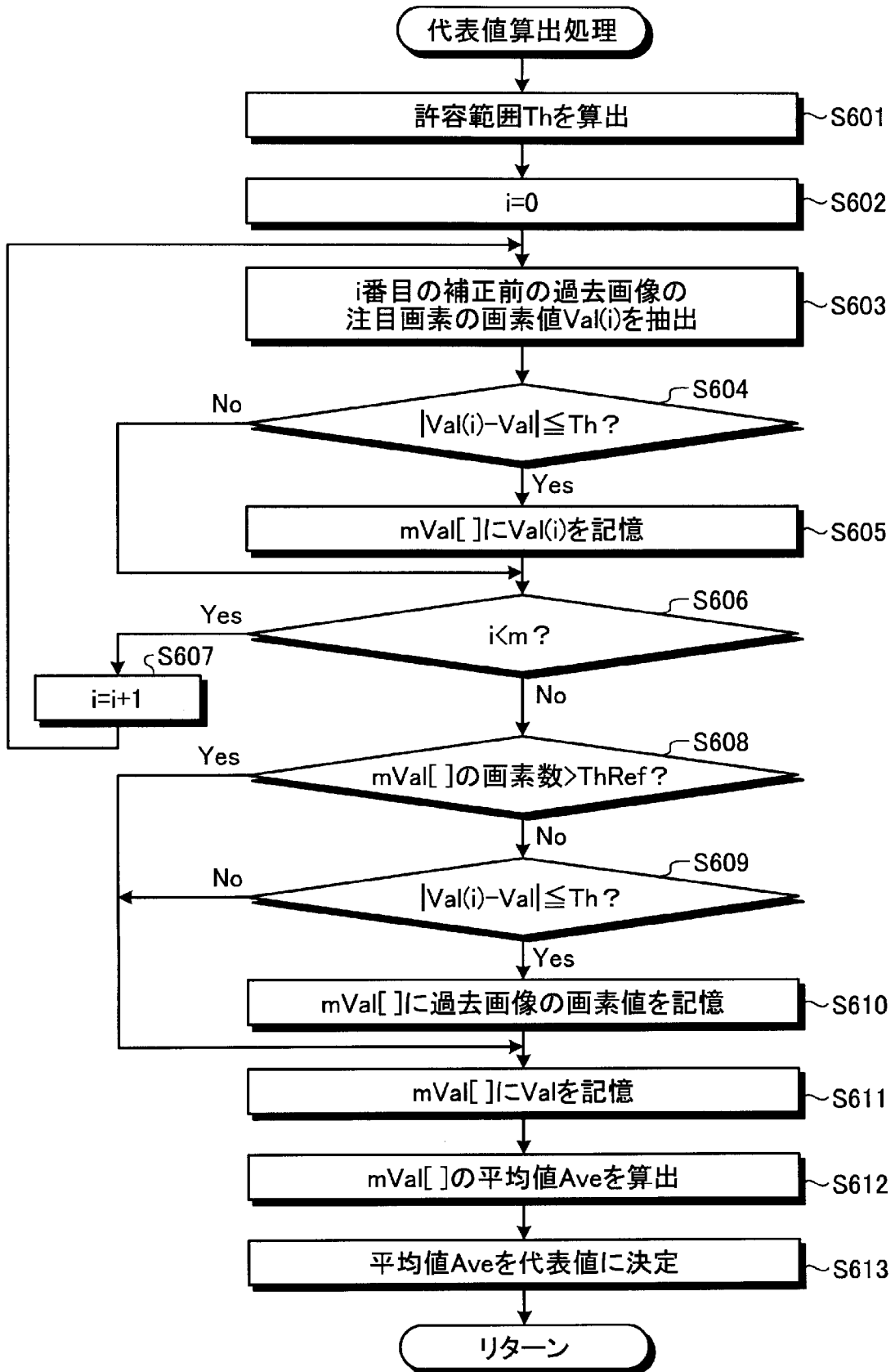
[図27]



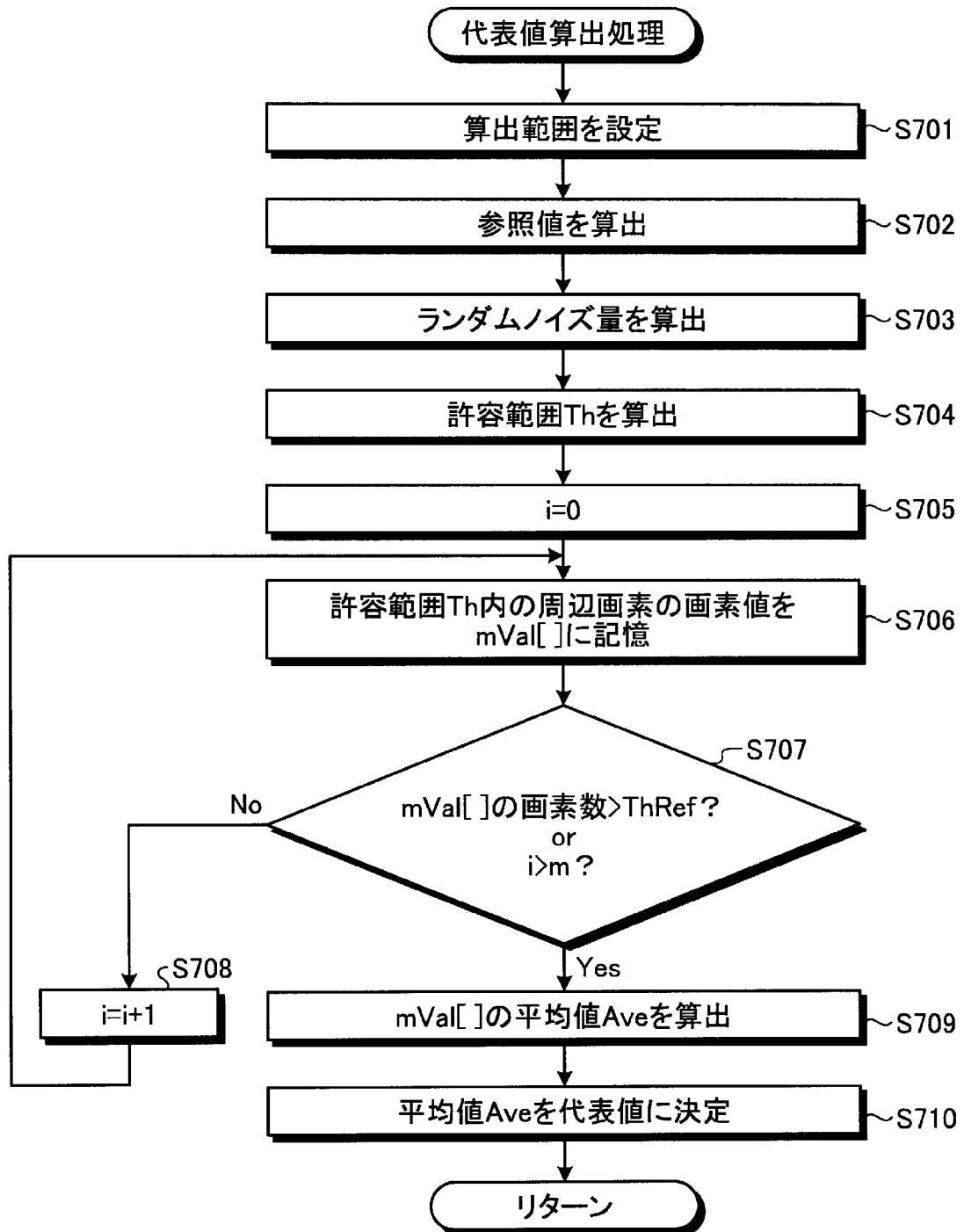
[図28]



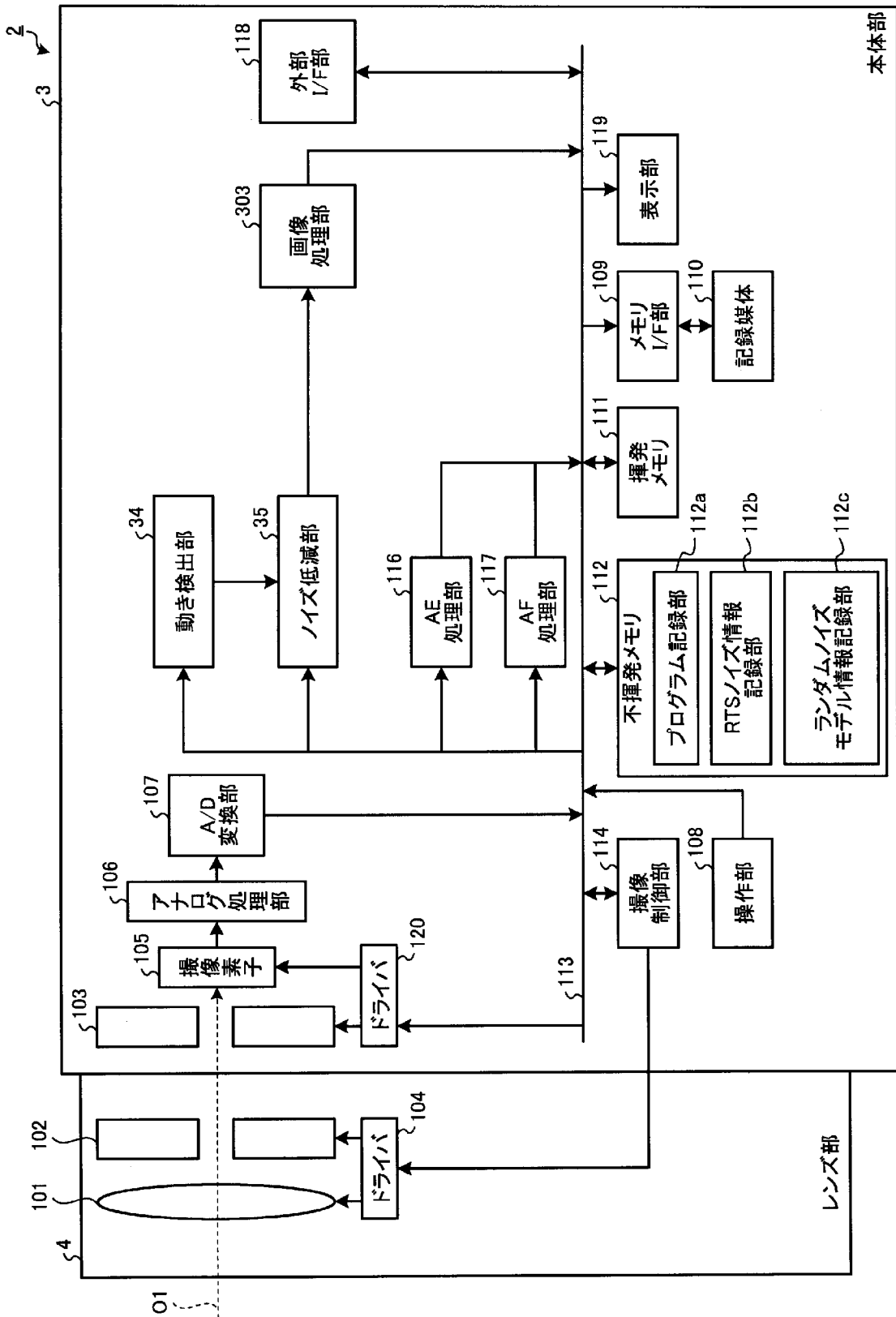
[図29]



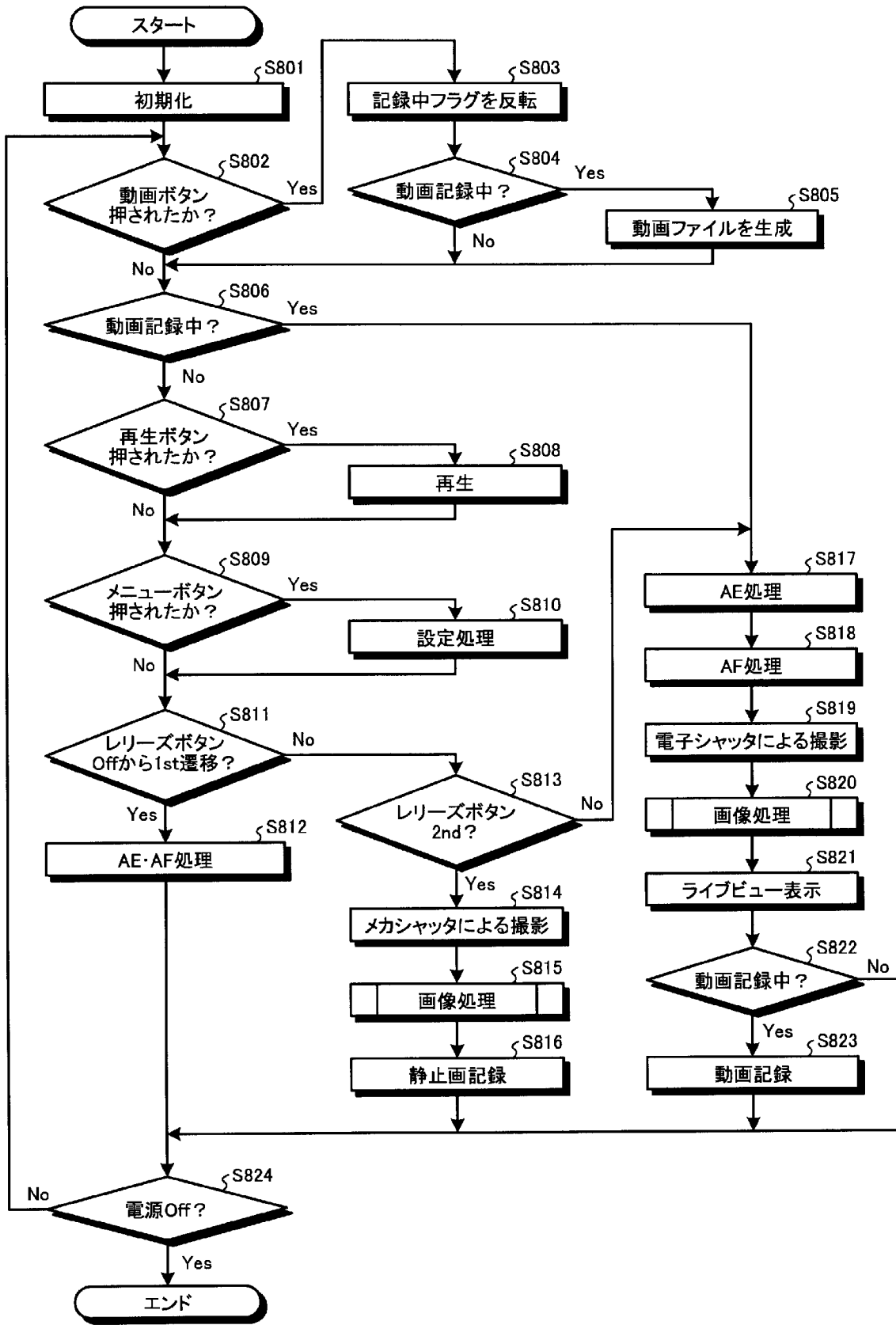
[図30]



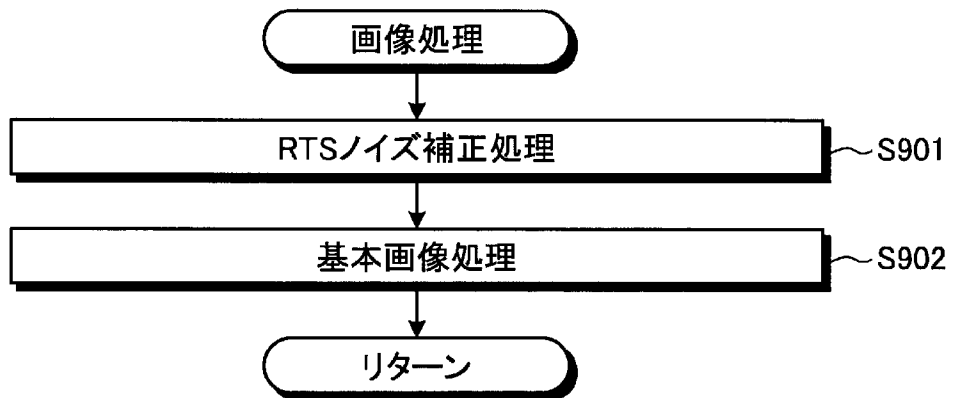
[図31]



[図32]



[図33]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/071175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/232(2006.01)i, H04N1/409(2006.01)i, H04N5/21(2006.01)i, H04N5/367(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04N5/232, H04N1/409, H04N5/21, H04N5/367

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-107611 A (Toshiba Digital Media Engineering Corp.),	1-4, 6-8, 10-20
Y	09 June 2014 (09.06.2014), paragraphs [0018] to [0019], [0039] to [0041]; fig. 1, 4 (Family: none)	5, 9
Y	JP 2010-124321 A (Olympus Corp.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraph [0026]; fig. 1A (Family: none)	5, 9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 13 October 2015 (13.10.15)	Date of mailing of the international search report 27 October 2015 (27.10.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04N5/232(2006.01)i, H04N1/409(2006.01)i, H04N5/21(2006.01)i, H04N5/367(2011.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04N5/232, H04N1/409, H04N5/21, H04N5/367		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2014-107611 A (東芝デジタルメディアエンジニアリング株式会社) 2014.06.09, [0018]-[0019], [0039]-[0041], 図 1, 4 (ファミリーなし)	1-4, 6-8, 10-20
Y		5, 9
Y	JP 2010-124321 A (オリンパス株式会社) 2010.06.03, [0026], 図 1 A (ファミリーなし)	5, 9
<input type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 13.10.2015	国際調査報告の発送日 27.10.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 村山 絢子 電話番号 03-3581-1101 内線 3581	5 P 4450