

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-104115
(P2024-104115A)

(43)公開日 令和6年8月2日(2024.8.2)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 N 23/60 (2023.01)	H 0 4 N 23/60 5 0 0	5 B 0 5 7
H 0 4 N 23/63 (2023.01)	H 0 4 N 23/63 1 0 0	5 C 1 2 2
G 0 6 T 5/73 (2024.01)	G 0 6 T 5/00 7 1 0	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全22頁)

(21)出願番号 特願2023-8181(P2023-8181)	(71)出願人 000001007
(22)出願日 令和5年1月23日(2023.1.23)	キャノン株式会社
(特許庁注：以下のものは登録商標)	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
1. H D M I	(74)代理人 110003281
	弁理士法人大塚国際特許事務所
	(72)発明者 関根 寿人
	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
	キャノン株式会社内
	F ターム (参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CA16
	CB01 CB08 CB12 CB16
	CE02 CE03 CE11 CE16
	CH07 CH16 DA16 DB02
	DB06 DB09
	5C122 EA12 EA55 FG03 FH01
	FH11 FH23 FK28 FK40
	最終頁に続く

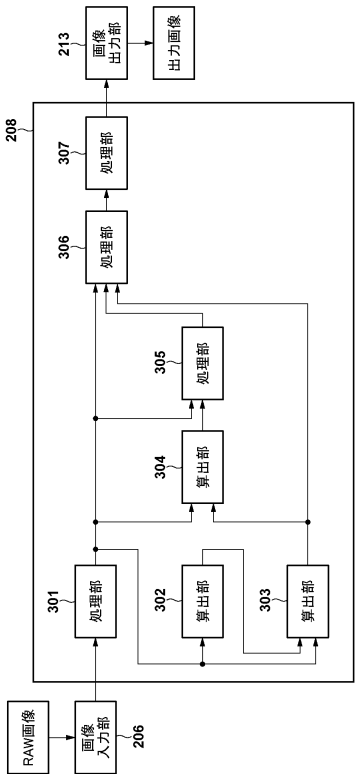
(54)【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法

(57)【要約】

【課題】 従来よりも少ない処理コストで画像の鮮明化処理を実行可能な技術を提供すること。

【解決手段】 入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出し、該透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、該入力画像の鮮明化を行う。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出する算出手段と、
前記透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、前記入力画像の鮮明化を行う
処理手段と
を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記算出手段は、
前記入力画像における局所領域のカラーチャンネルの最小値を画素値とするダークチャ
ンネル画像を、該入力画像に基づいて生成し、
前記ダークチャンネル画像に基づいて環境光を算出し、
前記入力画像と前記環境光とに基づいて前記透過率分布を算出する
ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 3】

前記処理手段は、
前記入力画像、前記環境光、霧除去処理の適用量、前記透過率分布に基づいて第 1 ゲイ
ンを算出し、
前記照明分布に基づいて第 2 ゲインを求め、
前記第 1 ゲインと前記第 2 ゲインと前記照明分布とに基づいて求めた第 3 ゲイン、前記
入力画像、前記透過率分布、前記適用量、前記環境光に基づいて前記入力画像の鮮明化を
行う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】

前記処理手段は、前記入力画像の輝度値に基づいて取得した霧の濃度を前記適用量とし
て用い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】

前記処理手段は、ユーザ操作に応じて設定された値を前記適用量として用いることを特
徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記処理手段は、前記鮮明化を行った入力画像に対してガンマ補正を行うことを特徴と
する請求項 1 に記載の画像処理装置。

30

【請求項 7】

さらに、
撮像手段と、
前記撮像手段による撮像で得られる RAW 画像に対して現像処理を行って前記入力画像
を生成する現像手段と
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 8】

さらに、
撮像装置により撮像された撮像画像を前記入力画像として取得する手段を備えることを
特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

40

【請求項 9】

画像処理装置が行う画像処理方法であって、
前記画像処理装置の算出手段が、入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出する算出
工程と、
前記画像処理装置の処理手段が、前記透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づい
て、前記入力画像の鮮明化を行う処理工程と
を備えることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 10】

コンピュータを、請求項 1 ないし 6, 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段
として機能させるためのコンピュータプログラム。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、入力画像の鮮明化を行うための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

監視カメラや車載カメラの分野において、カメラから被写体までの間に存在する霧などの影響により、撮像画像における視認性の低下が問題となっている。これは光が大気を通過する際に微小粒子成分によって光散乱することで、撮像画像のコントラストの低下が発生するためである。この現象は被写体までの距離によって散乱度合いが変化するため、被写体までの距離が混在するシーンの撮像画像は、画像領域ごとにコントラストの低下の度合いが異なる画像となる。このようなコントラストの低下を補正する手法として、特許文献1のような手法がある。特許文献1の手法では、霧などの影響によって黒浮きが発生すると仮定し、領域におけるカラーチャンネルの最小値（以下、ダークチャンネルと称する）から、大気の透過率分布を算出し、大気モデルに基づき、霧の影響を除去する（以下、霧除去と称する）。また、非特許文献1の手法では、ダークチャンネルを用いた霧除去に加え、Retinex理論に基づき、暗部補正、及び、明部補正を行うことで、視認性の向上を行う。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】米国特許第8,340,461号明細書

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Xinggang Liu, Sichuan University, "Dehaze Enhancement Algorithm Based on Retinex Theory for Aerial Images Combined with Dark Channel", Access Library Journal, 2020, Volume 7

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

しかしながら、特許文献1の手法では、霧除去後に黒つぶれや白飛びといった問題が発生してしまっていた。一方、非特許文献1の手法では、霧除去に用いる透過率分布を算出した後に、更に、Retinex理論に用いる照明分布を算出するため、処理コストが大きくなってしまっていた。本発明では、従来よりも少ない処理コストで画像の鮮明化処理を実行可能な技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一様態は、入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出する算出手段と、前記透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、前記入力画像の鮮明化を行う処理手段とを備えることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、従来よりも少ない処理コストで画像の鮮明化処理を実行可能な技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】システムの構成例を示す図。

【図2】カメラ100に適用可能なハードウェア構成例を示すブロック図。

【図3】画像処理部208の機能構成例を示すブロック図。

【図4】カメラ100が行う処理のフローチャート。

50

【図 5】 現像画像 J' からダークチャンネル画像を生成するための処理を示す図。

【図 6】 透過率分布の整形処理を示す図。

【図 7】 処理部 306 の機能構成例を示すブロック図。

【図 8】 ステップ S408 における処理の詳細を示すフローチャート。

【図 9】 霧濃度とコントラストの関係を説明するための図。

【図 10】 霧濃度算出を説明するための図。

【図 11】 暗部補正及び明部補正のゲイン値を説明するための図。

【図 12】 適用ゲインの最大値を説明するための図。

【図 13】 Retinex 理論に基づく暗部補正及び明部補正を説明するための図。

【図 14】 画像処理部 208 の機能構成例を示すブロック図。

【図 15】 カメラ 100 が行う処理のフローチャート。

【図 16】 GUI 1601 の表示例を示す図。

【図 17】 処理部 1406 の機能構成例を示すブロック図。

【図 18】 システムの構成例を示す図。

【図 19】 画像処理部 1857 の機能構成例を示すブロック図。

【図 20】 コンピュータ装置 1800 が行う処理のフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。尚、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、添付図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

【0010】

〔第 1 の実施形態〕

本実施形態では、入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出し、該透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、該入力画像の鮮明化を行う画像処理装置の一例について説明する。

【0011】

先ず、本実施形態に係るシステムの構成例について、図 1 を用いて説明する。図 1 に示す如く、本実施形態に係るシステムは、画像処理装置としてのカメラ 100 と、コンピュータ装置 102 と、ディスプレイ 103 と、を有する。そして、カメラ 100 とコンピュータ装置 102 との間、コンピュータ装置 102 とディスプレイ 103 との間、は、HDMI や SDI（シリアルデジタルインターフェース）ケーブルなどの映像伝送ケーブル 101 を介して互いに通信可能に接続されている。なお、カメラ 100 とコンピュータ装置 102 との間、コンピュータ装置 102 とディスプレイ 103 との間、の接続方法については特定の接続方法に限らず、たとえば、有線や無線の LAN で装置間を接続しても良い。

【0012】

先ず、カメラ 100 について説明する。カメラ 100 は、コンピュータ装置 102 からの指示に応じて、もしくは自立的に自身のパン、チルト、ズームを制御可能な撮像装置の一例であり、動画像もしくは静止画像を撮像する。カメラ 100 は、動画像を撮像する場合には、該動画像における各フレームの画像に対して後述の鮮明化処理を行った画像を撮像画像として出力する。また、カメラ 100 は、静止画像を撮像する場合には、定期的もしくは不定期的に撮像した静止画像に対して後述の鮮明化処理を行った画像を撮像画像として出力する。カメラ 100 から出力された撮像画像は、映像伝送ケーブル 101 を介してコンピュータ装置 102 に入力される。なお、カメラ 100 から出力された撮像画像は、不図示の通信路を介してディスプレイ 103 に出力して該ディスプレイ 103 に該撮像画像を表示しても良い。

【0013】

次に、ディスプレイ１０３について説明する。ディスプレイ１０３は、液晶画面やタッチパネル画面を有し、コンピュータ装置１０２やカメラ１００から出力された画像や文字を表示する。また、ディスプレイ１０３がタッチパネル画面を有している場合には、該タッチパネル画面に対するユーザからの操作入力は、不図示の通信路を介してコンピュータ装置１０２に通知される。

【００１４】

次に、コンピュータ装置１０２について説明する。コンピュータ装置１０２は、ＰＣ（パーソナルコンピュータ）、スマートフォン、タブレット端末装置、などのコンピュータ装置である。コンピュータ装置１０２は、カメラ１００に対して撮像指示を送信したり、カメラ１００のパラメータをセットしたり、また、カメラ１００から出力された撮像画像を保持したり他の装置に対して転送したりする。

10

【００１５】

次に、上記のカメラ１００に適用可能なハードウェア構成例について、図２のブロック図を用いて説明する。ＣＰＵ２０１は、ＲＡＭ２０２に格納されているコンピュータプログラムやデータを用いて各種の処理を実行する。これによりＣＰＵ２０１は、カメラ１００全体の動作制御を行うと共に、カメラ１００が行う処理として説明する各種の処理を実行もしくは制御する。

【００１６】

ＲＡＭ２０２は、ＲＯＭ２０３や記録媒体２０４からロードされたコンピュータプログラムやデータを格納するためのエリア、通信Ｉ／Ｆ２０５を介してコンピュータ装置１０２から受信したコンピュータプログラムやデータを格納するためのエリア、を有する。さらにＲＡＭ２０２は、画像入力部２０６が撮像センサ２１２から取得したＲＡＷ画像を格納するためのエリア、を有する。さらにＲＡＭ２０２は、ＣＰＵ２０１や画像処理部２０８が各種の処理を実行する際に用いるワークエリアを有する。このようにＲＡＭ２０２は、各種のエリアを適宜提供することができる。

20

【００１７】

ＲＯＭ２０３には、カメラ１００の設定データ、カメラ１００の起動に係るコンピュータプログラムやデータ、カメラ１００の基本動作に係るコンピュータプログラムやデータ、などが格納されている。

【００１８】

記録媒体２０４は、ＳＳＤ、ＳＤカード、ＵＳＢメモリなどのメモリ装置であり、カメラ１００による処理結果や通信Ｉ／Ｆ２０５を介してコンピュータ装置１０２から受信したコンピュータプログラムやデータを格納することができる。記録媒体２０４に格納されているコンピュータプログラムやデータは、ＣＰＵ２０１による制御に従って適宜ＲＡＭ２０２にロードされ、ＣＰＵ２０１による処理対象となる。

30

【００１９】

通信Ｉ／Ｆ２０５は、ＨＤＭＩやＳＤＩといったインターフェースであり、映像伝送ケーブル１０１を介してコンピュータ装置１０２やディスプレイ１０３との間のデータ通信を行うためのインターフェースである。

【００２０】

外界からの光はレンズ２１１を介して撮像センサ２１２に入光する。撮像センサ２１２は該入光した光を光電変換してＲＡＷ画像を生成し、該生成したＲＡＷ画像を出力する。画像入力部２０６は、撮像センサ２１２から出力されたＲＡＷ画像を取得する。撮像制御部２０７は、ＣＰＵ２０１による制御の元、レンズ２１１の駆動制御や撮像センサ２１２の動作制御を行う。

40

【００２１】

画像処理部２０８は、ＣＰＵ２０１による制御の元、画像入力部２０６が取得したＲＡＷ画像に基づいて、霧除去処理、明部および暗部の補正処理、が施された画像を鮮明化画像として生成するための各種の処理を行うハードウェア回路である。

【００２２】

50

操作部 210 は、ボタン、スイッチ、タッチパネルなどのユーザインターフェースであり、ユーザが操作することで各種の指示を CPU 201 に対して入力することができる。画像出力部 213 は、画像処理部 208 によって生成された鮮明化画像を通信 I/F 205 を介してコンピュータ装置 102 やディスプレイ 103 に対して出力する。

【0023】

CPU 201、RAM 202、ROM 203、記録媒体 204、通信 I/F 205、画像入力部 206、撮像制御部 207、画像処理部 208、操作部 210、画像出力部 213、はいずれもシステムバス 214 に接続されている。

【0024】

つぎに、画像処理部 208 の機能構成例を図 3 のブロック図に示す。以下では図 3 に示した機能部はいずれもハードウェアで実装されているものとして説明する。しかし、図 3 に示した機能部のうち 1 以上の機能部をソフトウェア（コンピュータプログラム）で実装しても良く、その場合、該 1 以上の機能部に対応するコンピュータプログラムを CPU 201 が実行することで、該 1 以上の機能部の機能が実現される。

【0025】

画像入力部 206 が撮像センサ 212 から取得した RAW 画像に基づいて鮮明化画像を生成するためにカメラ 100 が行う処理について、図 4 のフローチャートに従って説明する。

【0026】

ステップ S401 では、CPU 201 は、ROM 203 や記録媒体 204 に格納されている「以降の処理において用いる各種のパラメータ」を RAM 202 にロードして設定する。

【0027】

撮像制御部 207 により駆動制御されたレンズ 211 を介して入光した光を受光した撮像センサ 212 は、撮像制御部 207 による制御の元、該受光した光に基づく RAW 画像を生成し、該生成した RAW 画像を出力する。然るにステップ S402 では、画像入力部 206 は、撮像センサ 212 から出力された RAW 画像 J を取得し、該取得した RAW 画像 J を画像処理部 208 に入力する。ここで、 $J(x, y)$ は、RAW 画像 J における画素位置 (x, y) の画素の画素値を表す。RAW 画像 J では、各画素に R, G, B のいずれかの色がベイア配置となっている。

【0028】

ステップ S403 では、処理部 301 は、RAW 画像 J に対して現像処理を行うことで現像画像（入力画像）J' を生成する。ここで、 $J'(x, y, c)$ は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) の画素の、カラーチャンネル c ($c = R, G, B$) の画素値を表す。処理部 301 は、このような RAW 画像 J に対してホワイトバランス、ディベイヤ、ノイズリダクション、シャープネス、色変換などの画像処理を行う。

【0029】

ステップ S404 では、算出部 302 は、現像画像 J' から、該現像画像 J' における局所領域のカラーチャンネルの最小値を画素値とするダークチャンネル画像を生成する。ここで、現像画像 J' からダークチャンネル画像を生成するための処理について、図 5 を用いて説明する。算出部 302 は、現像画像 J' からダークチャンネル画像を生成するためには、現像画像 J' における着目画素を中心とする 3 画素 × 3 画素の画像領域を探索範囲として設定する。図 5 (a) は、探索範囲に含まれるそれぞれの画素の R (赤) の画素値を示しており、図 5 (b) は、探索範囲に含まれるそれぞれの画素の G (緑) の画素値を示しており、図 5 (c) は、探索範囲に含まれるそれぞれの画素の B (青) の画素値を示している。算出部 302 は、探索範囲に含まれるそれぞれの画素の R の画素値、G の画素値、B の画素値のうち最小の画素値を特定し、該特定した画素値を、ダークチャンネル画像において該着目画素に対応する画素の画素値に設定する。図 5 の場合、探索範囲に含まれるそれぞれの画素の R の画素値、G の画素値、B の画素値のうち最小の画素値は「115」である。然るに、算出部 302 は、図 5 (d) に示す如く、画素値「115」を、ダ

10

20

30

40

50

ークチャンネル画像において該着目画素に対応する画素の画素値に設定する。現像画像 J' における各画素を着目画素として上記の処理を行うことで、ダークチャンネル画像における各画素の画素値を確定することができる。

【0030】

ステップ S 405 では、算出部 303 は、ステップ S 404 で生成したダークチャンネル画像を用いてカラーチャンネル c の環境光 A (c) を算出 (推定) する。環境光とは、太陽や空などからの光が霧によって散乱された光の成分である。ここで、A (c) は、カラーチャンネル c に対応する光の成分である。画像から環境光を算出する方法は周知であり、例えば、特許文献 1 に記載の方法を用いて環境光を算出することが可能である。具体的には、ダークチャンネル画像のうち画素値の大きさが上位 0.1% となる領域を抽出し、その領域に対して、ステップ S 403 にて現像した現像画像 J' の平均 RGB から環境光 A (c) を得る。

10

【0031】

ステップ S 406 では、算出部 304 は、現像画像 J' と環境光 A (c) とを用いて、以下の (式 1) に従って大気の透過率分布 t を算出する。ここで、t (x, y) は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する大気の透過率を表す。

【0032】

【数 1】

$$t(x, y) = 1.0 - \omega \cdot D \left(\frac{J'(x, y, c)}{A(c)} \right)$$

20

【0033】

… (式 1)

ここで、D (・) はダークチャンネル画像を算出するための関数で、ステップ S 404 におけるダークチャンネル画像の生成を行う関数である。また、ω は 0 ~ 1 の範囲内で設定される実数のパラメータ (遠方にある被写体の透過率が大きくなりすぎるのを制御するためのパラメータ) であり、ステップ S 401 にて設定される。ω は値が低いほど、遠方の被写体の透過率が大きくなることを強く制御し、補正量が低下する。本実施形態では ω = 0.95 とする。

30

【0034】

ステップ S 407 では、処理部 305 は、透過率分布 t に対して、現像画像 J' を用いて整形処理を行って、整形済み透過率分布 t' を生成する。ここで、t' (x, y) は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する大気の透過率を表す。ここで、透過率分布の整形処理について、図 6 を用いて説明する。透過率分布 t では、矩形の領域ごとに算出するため領域のブロック形状が残ってしまう。そこで、整形処理では、現像画像 J' をガイド画像として、透過率分布 t のブロック形状を軽減した整形済み透過率分布 t' を生成する。この整形処理では、ガイデッドフィルタを用いて、ブロック形状の軽減を行うが、クロスバイラテラルフィルタなどを用いても構わず、整形処理は特定の手法に限らない。

40

【0035】

ステップ S 408 では、処理部 306 は、環境光 A (c) および整形済み透過率分布 t' を用いて、現像画像 J' に対して鮮明化処理を行って、鮮明化画像 I を生成する。ここで、I (x, y, c) は、鮮明化画像 I における画素位置 (x, y) の画素の、カラーチャンネル c (c = R, G, B) の画素値を表す。ステップ S 408 における処理の詳細については後述する。

【0036】

ステップ S 409 では、処理部 307 は、ステップ S 408 で生成された鮮明化画像 I に対してガンマ補正を行って出力画像 (ガンマ補正が施された鮮明化画像) I' を生成す

50

る。ステップS 4 1 0では、画像出力部2 1 3は、ステップS 4 0 9で生成された出力画像I'を、通信I/F 2 0 5を介してコンピュータ装置1 0 2に対して出力する。

【0 0 3 7】

ステップS 4 1 1では、CPU 2 0 1は、処理の終了条件が満たされたか否かを判断する。処理の終了条件には様々な条件が適用可能である。たとえば、「カメラ1 0 0の電源がオフになったことを検知した」、「画像入力部2 0 6がRAW画像を取得していない期間の長さが一定期間長以上となった」、「ユーザが操作部2 1 0を操作して処理の終了指示を入力したことを検知した」、などがある。

【0 0 3 8】

このような判断の結果、処理の終了条件が満たされた場合には、図4のフローチャートに従った処理は終了し、処理の終了条件が満たされていない場合には、処理はステップS 4 0 1に進む。

【0 0 3 9】

次に、上記のステップS 4 0 8における処理の詳細について、図8のフローチャートに従って説明する。また、処理部3 0 6の機能構成例を図7のブロック図に示す。本実施形態では、処理部3 0 6は鮮明化処理において、霧除去処理に加え、Retinex理論による暗部補正および明部補正を行うことで、現像画像の視認性を向上させた鮮明化画像を生成する。

【0 0 4 0】

ここでRetinex理論について説明する。Retinex理論とは人の視覚をモデル化したもので、撮像画像のダイナミックレンジの圧縮などに用いられる手法である。Retinex理論において、画像IIは、以下の(式2)に示す如く、反射光分布RRと照明光分布LLに分けて考える。

【0 0 4 1】

$$II = LL \cdot RR \quad \dots \quad (式2)$$

この時、人の視覚特性は照明光分布LLに鈍感であることを利用し、LLのみを圧縮する。ここで、図13のように、入力LLに対して、暗部に対しては明るくし(以下、暗部補正)、明部に対しては暗く(以下、明部補正)するようなLL'に変換する。この時、補正後の画像II'は以下の(式3)に従って生成することができる。

【0 0 4 2】

$$II' = LL' \cdot RR \quad \dots \quad (式3)$$

(式3)は(式2)を用いて以下の(式4)に示す如く表すことができる。

【0 0 4 3】

$$II' = II \cdot LL' / LL \quad \dots \quad (式4)$$

以上がRetinex理論を用いた補正方法である。

【0 0 4 4】

ステップS 8 0 1では、推定部7 0 1は、現像画像J'に基づいて霧の濃度(霧濃度)sを推定する。図9に示す如く、一般的に霧が発生したシーンの画像のコントラストは、霧の濃度が濃いほど低く、霧の濃度が低いほど高くなる。そこで、推定部7 0 1は、現像画像J'における輝度値の最大値Ymaxおよび輝度値の最小値Yminを特定し、該特定した輝度値の最大値Ymaxおよび最小値Yminを用いて以下の(式5)に従って該現像画像J'のコントラストCを求める。

【0 0 4 5】

$$C = (Ymax - Ymin) / (Ymax + Ymin) \quad \dots \quad (式5)$$

次に推定部7 0 1は、(式5)に従って求めたコントラストCに対応する霧濃度sを、図10に示す「コントラストCと霧濃度sとの対応関係」を用いて特定(推定)する。図10に示す対応関係は、「コントラストCが低いほど霧濃度sが高く、コントラストCが高いほど霧濃度sが低い」というコントラストCと霧濃度sとの対応関係の一例である。図10の対応関係は、ルックアップテーブルとして実装しても良いし、関数として実装しても良い。

10

20

30

40

50

【0046】

ステップS802では、推定部702は、整形済み透過率分布 t' を用いて照明分布 L を求める。ここで、 $L(x, y)$ は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する照明光の強度を表す。一般的に被写体を照らす照明の分布の値は、照明が強いほど暗部における分布の値も大きい傾向にあり、照明が弱いほど暗部における分布の値も小さい傾向にある。従って、推定部702は以下の(式6)に示す如く、霧による黒浮き量から算出した整形済み透過率分布 t' を反転することで照明分布 L を算出する。

【0047】

$$L(x, y) = 1.0 - \alpha \cdot t'(x, y) \quad \dots \quad (式6)$$

ここで、 α は照明分布を調整するためのパラメータであり、0から1.0の実数値をとるパラメータである。 α が0に近づくほど、照明分布 L は一様な照明分布とすることができる。

【0048】

ステップS803では、算出部703は、以下の(式7)に示す如く、現像画像 J' 、環境光 $A(c)$ 、霧濃度 s 、整形済み透過率分布 t' を用いて、霧除去処理において適用される最大ゲイン g_d を求める。

【0049】

【数2】

$$g_d(x, y) = s \cdot \max_c \left| \frac{J'(x, y, c) - A(c)}{\min(t_{min}, t'(x, y))} \right| \quad 20$$

【0050】

…(式7)

ここで、 $g_d(x, y)$ は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する最大ゲインを表す。また、 t_{min} はゼロ割を防ぐための係数で、本実施形態では $t_{min} = 0.01$ とする。ここで、霧濃度 s を用いることで、霧除去に適用される最大ゲインを調整することができる。

【0051】

ステップS804では、算出部704は、ステップS802で求めた照明分布 L に対応する暗部補正・明部補正ゲイン g_r を、図11に示す「照明分布 L と暗部補正・明部補正ゲイン g_r との対応関係」を用いて特定する。ここで、 $g_r(x, y)$ は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する暗部補正・明部補正ゲインを表す。また、図11に示す対応関係は一例である。図11の対応関係は、ルックアップテーブルとして実装しても良いし、関数として実装しても良い。

【0052】

ステップS805では、調整部705は、照明分布 L 、最大ゲイン g_d 、暗部補正・明部補正ゲイン g_r を用いて、暗部の補正および明部の補正に適用する適用ゲイン g_r' を求める。

【0053】

霧除去や暗部補正・明部補正はデジタルゲインである。そのため、適用後にはノイズが増幅される。本処理では、増幅されるノイズ量を制御することで、ノイズ増幅による視認性低下を低減する。調整部705は、霧除去及び暗部補正・明部補正によって適用される合成ゲイン g_{total} を以下の(式8)に従って求める。

【0054】

$$g_{total}(x, y) = g_d(x, y) * g_r(x, y) \quad \dots \quad (式8)$$

また、調整部705は、照明分布 L に対応するゲイン g_{max} を、図12に示す「照明分布 L とゲイン g_{max} との対応関係」を用いて特定する。図12に示す対応関係は一例である。図12の対応関係は、ルックアップテーブルとして実装しても良いし、関数とし

10

20

30

40

50

て実装しても良い。そして、調整部 705 は、以下の（式 9）に従って、暗部補正および明部補正において適用する適用ゲイン g_r' を求める。

【0055】

【数 3】

$$\begin{cases} g_r'(x, y) = g_r(x, y) (g_{total}(x, y) \leq g_{max}(L(x, y))) \\ g_r'(x, y) = \frac{g_{max}(L(x, y))}{g_r} (g_{total}(x, y) > g_{max}(L(x, y))) \end{cases} \quad 10$$

【0056】

…（式 9）

ここで、 $g_{max}(L(x, y))$ は、 $L(x, y)$ に対応するゲイン g_{max} を表す。また、 $g_r'(x, y)$ は、現像画像 J' における画素位置 (x, y) に対応する適用ゲインを表す。

【0057】

ステップ S806 では、補正適用部 706 は、以下の（式 10）に従って、現像画像 J' 、整形済み透過率分布 t' 、霧濃度 s 、適用ゲイン g_r' 、環境光 $A(c)$ 、を用いて、現像画像 J' の鮮明化処理を行って鮮明化画像 I を生成する。 20

【0058】

【数 4】

$$I(x, y, c) = g_r'(x, y) \cdot \left((1 - s) \cdot J'(x, y, c) + s \left(\frac{J'(x, y, c) - A(c)}{\min(t_{min}, t'(x, y))} + A(c) \right) \right) \quad 30$$

【0059】

…（式 10）

このように、本実施形態では、整形済み透過率分布 t' を反転させるという簡便な算出方法をもって暗部補正・明部補正の照明分布を求め、該求めた照明分布を用いることで、霧除去処理によって発生する黒つぶれや白飛びを低減することができる。加えて、適用するゲインを抑制することでノイズ増幅を抑制する。また、霧濃度によって、霧除去処理の適用量を調整することが可能となる。

【0060】

〔第 2 の実施形態〕

本実施形態を含む以降の各実施形態では、第 1 の実施形態との差分について説明し、以下で特に触れない限りは第 1 の実施形態と同様であるものとする。第 1 の実施形態では、推定した霧濃度を霧除去処理の適用量として用いたが、本実施形態では、ユーザ操作に応じて設定された値を霧除去処理の適用量として用いる。 40

【0061】

本実施形態に係る画像処理部 208 の機能構成例を図 14 のブロック図に示す。図 14 において、図 3 に示した機能部と同じ機能部には同じ参照番号を付しており、該機能部に係る説明は省略する。以下では図 14 に示した機能部はいずれもハードウェアで実装されているものとして説明する。しかし、図 14 に示した機能部のうち 1 以上の機能部をソフトウェア（コンピュータプログラム）で実装しても良く、その場合、該 1 以上の機能部に対応するコンピュータプログラムを CPU 201 が実行することで、該 1 以上の機能部の 50

機能の実現される。

【0062】

画像入力部206が撮像センサ212から取得したRAW画像に基づいて鮮明化画像を生成するためにカメラ100が行う処理について、図15のフローチャートに従って説明する。図15において図4に示した処理ステップを同じ処理ステップには同じステップ番号を付しており、該処理ステップに係る説明は省略する。

【0063】

ステップS1501では、CPU201は、上記のステップS401の処理に加え、コンピュータ装置102から送信された「霧除去処理の適用量（霧除去適用量）」を通信I/F205を介して受信する。

10

【0064】

たとえば、コンピュータ装置102の表示画面に図16に例示するGUI1601が表示されている場合、ユーザはキーボードやマウスなどのユーザインターフェースを操作して指示部1602を左右に移動させることで霧除去適用量を増減させることができる。ユーザがユーザインターフェースを操作して指示部1602をより左に移動させることでより0に近い霧除去適用量を指定することができ、指示部1602をより右に移動させることでより1に近い霧除去適用量を指定することができる。そしてユーザがユーザインターフェースを操作して決定指示を入力すると、コンピュータ装置102は、指示部1602の現在位置に対応する霧除去適用量をカメラ101に対して送信する。

【0065】

20

ステップS1508では、処理部1406は、環境光A(c)および整形済み透過率分布 t' を用いて、現像画像 J' に対して鮮明化処理を行って、鮮明化画像Iを生成する。処理部1406の機能構成例を図17のブロック図に示す。図17において、図7に示した機能部と同じ機能部には同じ参照番号を付しており、該機能部に係る説明は省略する。

【0066】

推定部702は、整形済み透過率分布 t' を用いて照明分布Lを求める。算出部1703は、霧濃度sの代わりに、コンピュータ装置102から受信した霧除去処理の適用量を用いて（式7）に従った演算処理を行うことで最大ゲイン g_d を求める。算出部704は、照明分布Lに対応する暗部補正・明部補正ゲイン g_r を特定する。調整部705は、最大ゲイン g_d と暗部補正・明部補正ゲイン g_r と照明分布Lとを用いて適用ゲイン g_r' を求める。補正適用部1706は、霧濃度sの代わりに、コンピュータ装置102から受信した霧除去処理の適用量を用いて（式10）に従った演算処理を行うことで鮮明化画像Iを生成する。

30

【0067】

このように、本実施形態によれば、第1の実施形態に係る効果を達成できることに加えて、霧除去処理の適用量をユーザ操作に応じて調整することができ、ユーザ操作に応じた鮮明化画像を生成することができる。

【0068】

〔第3の実施形態〕

本実施形態に係るシステムの構成例について、図18を用いて説明する。図18に示す如く、本実施形態に係るシステムは、カメラ1801と、画像処理装置としてのコンピュータ装置1800と、を有する。そして、カメラ1801とコンピュータ装置1800との間は、映像伝送ケーブル101を介して互いにデータ通信が可能のように構成されている。

40

【0069】

カメラ1801は、動画像もしくは静止画像を撮像する撮像装置の一例である。カメラ1801は、動画像を撮像する場合には、該動画像における各フレームの画像を撮像画像として出力する。また、カメラ1801は、静止画像を撮像する場合には、定期的もしくは不定期的に撮像した静止画像を撮像画像として出力する。カメラ1801から出力された撮像画像は、映像伝送ケーブル101を介してコンピュータ装置1800に入力される

50

。

【0070】

コンピュータ装置1800は、カメラ1801から出力された撮像画像に対して上記の鮮明化処理を含む各種の画像処理を行って出力画像を生成し、該生成した出力画像を出力する。

【0071】

CPU1850は、RAM1851やROM1852に格納されているコンピュータプログラムやデータを用いて各種の処理を実行する。これによりCPU1850は、コンピュータ装置1800全体の動作制御を行うと共に、コンピュータ装置1800が行う処理として説明する各種の処理を実行もしくは制御する。

10

【0072】

RAM1851は、ROM1852や記憶装置1855からロードされたコンピュータプログラムやデータを格納するためのエリア、I/F1856を介してカメラ1801から受信した撮像画像を含む各種のデータを格納するためのエリア、を有する。さらにRAM1851は、CPU1850や画像処理部1857が各種の処理を実行する際に用いるワークエリアを有する。このようにRAM1851は、各種のエリアを適宜提供することができる。

【0073】

ROM1852には、コンピュータ装置1800の設定データ、コンピュータ装置1800の起動に係るコンピュータプログラムやデータ、コンピュータ装置1800の基本動作に係るコンピュータプログラムやデータ、などが格納されている。

20

【0074】

操作部1853は、キーボード、マウス、タッチパネルなどのユーザインターフェースであり、ユーザが操作することで各種の指示をCPU1850に対して入力することができる。

【0075】

表示部1854は、液晶画面やタッチパネル画面を有し、CPU1850や画像処理部1857による処理結果を画像や文字などでもって表示することができる。なお、表示部1854は、画像や文字を投影するプロジェクタなどの投影装置であっても良い。

【0076】

30

記憶装置1855は、不揮発性メモリである大容量情報記憶装置である。記憶装置1855には、OS（オペレーティングシステム）、コンピュータ装置1800が行う処理として説明する各種の処理をCPU1850や画像処理部1857に実行もしくは制御させるためのコンピュータプログラムやデータ、などが保存されている。記憶装置1855に保存されているコンピュータプログラムやデータは、CPU1850による制御に従って適宜RAM1851にロードされ、CPU1850や画像処理部1857による処理対象となる。I/F1856は、上記の映像伝送ケーブル101を介してカメラ1801との間のデータ通信を行うための通信インターフェースである。

【0077】

画像処理部1857は、カメラ1801から受信した撮像画像に対して上記の鮮明化処理を含む各種の処理を行って出力画像を生成する。画像処理部1857の機能構成例を図19のブロック図に示す。図19において図3に示した機能部と同じ機能部には同じ参照番号を付しており、該機能部に係る説明は省略する。

40

【0078】

以下では図19に示した機能部はいずれもハードウェアで実装されているものとして説明する。しかし、図19に示した機能部のうち1以上の機能部をソフトウェア（コンピュータプログラム）で実装しても良く、その場合、該1以上の機能部に対応するコンピュータプログラムをCPU1850が実行することで、該1以上の機能部の機能が実現される。

。

【0079】

50

CPU1850、RAM1851、ROM1852、操作部1853、表示部1854、記憶装置1855、I/F1856、画像処理部1857、はいずれもシステムバス1858に接続されている。

【0080】

カメラ1801から受信した撮像画像（カメラ1801がRAW画像に対して現像処理を行うことで生成した現像画像（入力画像））に基づいて鮮明化画像を生成するためにコンピュータ装置1800が行う処理について、図20のフローチャートに従って説明する。

【0081】

ステップS2001では、CPU1850は、ROM1852や記憶装置1855に格納されている「以降の処理において用いる各種のパラメータ」をRAM1851にロードして設定する。

【0082】

ステップS2002では、CPU1850は、カメラ1801から送信された現像画像J'をI/F1856を介して受信し、該受信した現像画像J'をRAM1851や記憶装置1855に格納する。

【0083】

ステップS2003では、処理部2001は、ステップS2002で受信した現像画像J'に対して、該現像画像J'をリニア化するための処理であるデガンマ処理を行う。以降の現像画像J'は、ステップS2002で受信した現像画像J'に対してデガンマ処理を行ったデガンマ画像である。

【0084】

ステップS2004では、算出部302は第1の実施形態と同様にして、現像画像J'からダークチャンネル画像を生成する。ステップS2005では、算出部303は第1の実施形態と同様にして、ステップS2004で生成したダークチャンネル画像を用いてカラーチャンネルcの環境光A(c)を算出（推定）する。

【0085】

ステップS2006では、算出部304は第1の実施形態と同様にして、現像画像J'と環境光A(c)とを用いて大気の透過率分布tを算出する。ステップS2007では、処理部305は第1の実施形態と同様にして、透過率分布tに対して、現像画像J'を用いて整形処理を行って、整形済み透過率分布t'を生成する。

【0086】

ステップS2008では、処理部306は第1の実施形態と同様にして、環境光A(c)および整形済み透過率分布t'を用いて、現像画像J'に対して鮮明化処理を行って、鮮明化画像Iを生成する。

【0087】

ステップS2009では、処理部307は第1の実施形態と同様にして、ステップS2008で生成された鮮明化画像Iに対してガンマ補正を行って出力画像（ガンマ補正が施された鮮明化画像）I'を生成する。

【0088】

ステップS2010では、処理部307は、ステップS2009で生成された出力画像I'を表示部1854に表示させる。なお、出力画像の出力先は表示部1854に限らない。

【0089】

ステップS2011では、CPU1850は、処理の終了条件が満たされたか否かを判断する。このような判断の結果、処理の終了条件が満たされた場合には、図20のフローチャートに従った処理は終了し、処理の終了条件が満たされていない場合には、処理はステップS2001に進む。

【0090】

〔第4の実施形態〕

10

20

30

40

50

第 1 の実施形態および第 2 の実施形態では、カメラ 100 とコンピュータ装置 102 とを別個の装置としていた。しかし、カメラ 100 とコンピュータ装置 102 とを一体化させて、カメラ 100 の機能とコンピュータ装置 102 の機能とを有する 1 台の画像処理装置を構成しても良い。これは第 3 の実施形態についても同様であり、カメラ 1801 とコンピュータ装置 1800 とを一体化させて、カメラ 1801 の機能とコンピュータ装置 1800 の機能とを有する 1 台の画像処理装置を構成しても良い。また、1 台の装置を複数台の装置で実装し、該複数台の装置による分散処理でもって、該 1 台の装置が行う処理として説明した処理を実行するようにしても良い。

【0091】

また、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態では、鮮明化画像 I の出力先はディスプレイ 103 としたが、鮮明化画像 I の出力先はディスプレイ 103 に限らない。例えば、鮮明化画像 I は LAN やインターネットなどのネットワーク回線を介して外部装置に対して送信しても良いし、コンピュータ装置 102 や他の装置におけるメモリに格納しても良い。

【0092】

また、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態では、画像処理部 208 は、撮像センサ 212 から出力された RAW 画像に対して現像処理を行うことで得られる現像画像を鮮明化処理の対象（入力画像）として取得していた。しかし、入力画像の取得方法は特定の取得方法に限らない。例えば、画像処理部 208 は、記録媒体 204 に格納されている画像や、通信 I/F 205 を介してコンピュータ装置 102 などの外部装置から受信した画像を入力画像として取得しても良い。これは第 3 の実施形態についても同様であり、入力画像の取得方法は特定の取得方法に限らない。

【0093】

また、上記の各実施形態で使用した数値、処理タイミング、処理順、処理の主体、データ（情報）の取得方法／送信先／送信元／格納場所などは、具体的な説明を行うために一例として挙げたもので、このような一例に限定することを意図したものではない。

【0094】

また、以上説明した各実施形態の一部若しくは全部を適宜組み合わせて使用しても構わない。また、以上説明した各実施形態の一部若しくは全部を選択的に使用しても構わない。

【0095】

（その他の実施形態）

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

【0096】

本明細書の発明は、以下の画像処理装置、画像処理方法、コンピュータプログラムを含む。

（項目 1）

入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出する算出手段と、
前記透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、前記入力画像の鮮明化を行う処理手段と
を備えることを特徴とする画像処理装置。

（項目 2）

前記算出手段は、
前記入力画像における局所領域のカラーチャンネルの最小値を画素値とするダークチャンネル画像を、該入力画像に基づいて生成し、
前記ダークチャンネル画像に基づいて環境光を算出し、
前記入力画像と前記環境光とに基づいて前記透過率分布を算出する

ことを特徴とする項目 1 に記載の画像処理装置。

(項目 3)

前記処理手段は、

前記入力画像、前記環境光、霧除去処理の適用量、前記透過率分布に基づいて第 1 ゲインを算出し、

前記照明分布に基づいて第 2 ゲインを求め、

前記第 1 ゲインと前記第 2 ゲインと前記照明分布とに基づいて求めた第 3 ゲイン、前記入力画像、前記透過率分布、前記適用量、前記環境光に基づいて前記入力画像の鮮明化を行うことを特徴とする項目 2 に記載の画像処理装置。

(項目 4)

前記処理手段は、前記入力画像の輝度値に基づいて取得した霧の濃度を前記適用量として用いることを特徴とする項目 3 に記載の画像処理装置。

(項目 5)

前記処理手段は、ユーザ操作に応じて設定された値を前記適用量として用いることを特徴とする項目 3 に記載の画像処理装置。

(項目 6)

前記処理手段は、前記鮮明化を行った入力画像に対してガンマ補正を行うことを特徴とする項目 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

(項目 7)

さらに、

撮像手段と、

前記撮像手段による撮像で得られる RAW 画像に対して現像処理を行って前記入力画像を生成する現像手段と

を備えることを特徴とする項目 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

(項目 8)

さらに、

撮像装置により撮像された撮像画像を前記入力画像として取得する手段を備えることを特徴とする項目 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

(項目 9)

画像処理装置が行う画像処理方法であって、

前記画像処理装置の算出手段が、入力画像に基づいて大気の透過率分布を算出する算出工程と、

前記画像処理装置の処理手段が、前記透過率分布に基づいて算出した照明分布に基づいて、前記入力画像の鮮明化を行う処理工程と

を備えることを特徴とする画像処理方法。

(項目 10)

コンピュータを、項目 1 ないし 6, 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのコンピュータプログラム。

【0097】

発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

【符号の説明】

【0098】

301：処理部 302：算出部 303：算出部 304：算出部 305：処理部
306：処理部 307：処理部

10

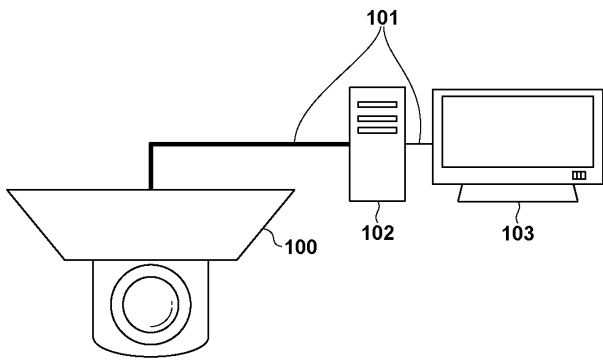
20

30

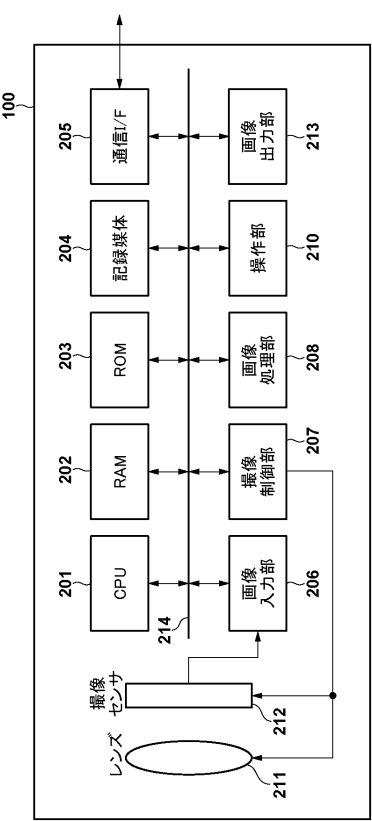
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



10

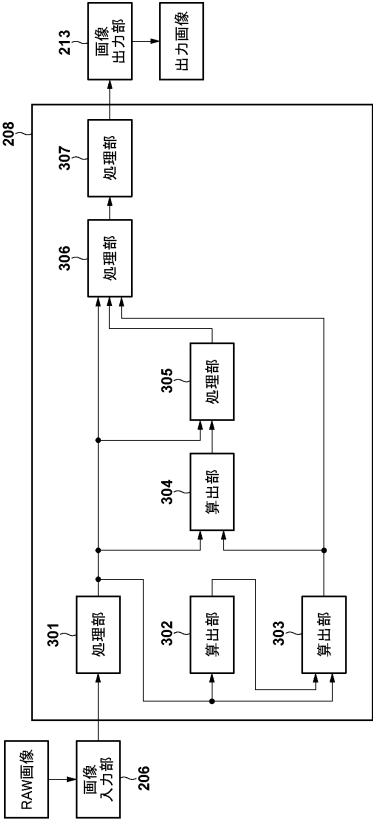
20

30

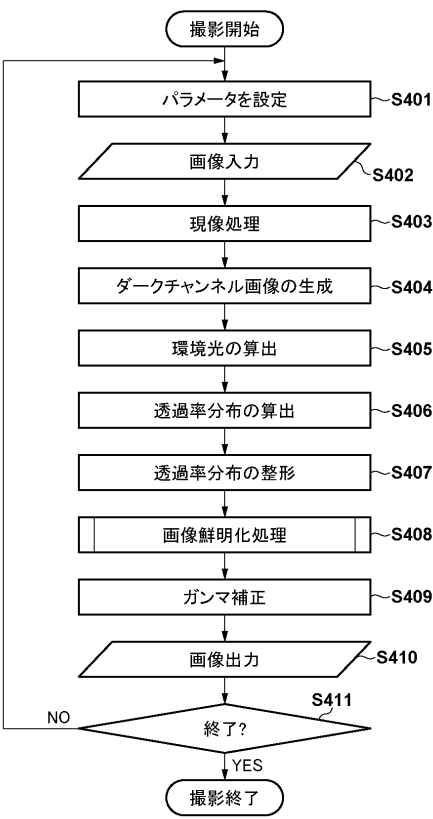
40

50

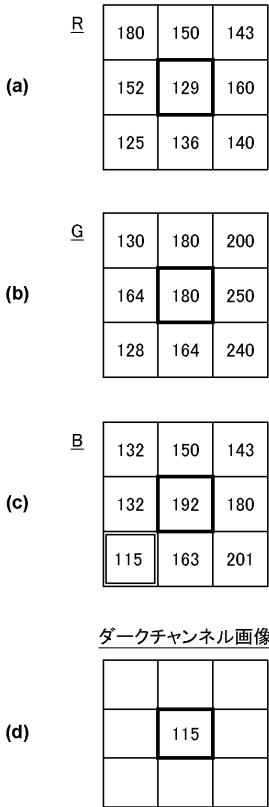
【図 3】



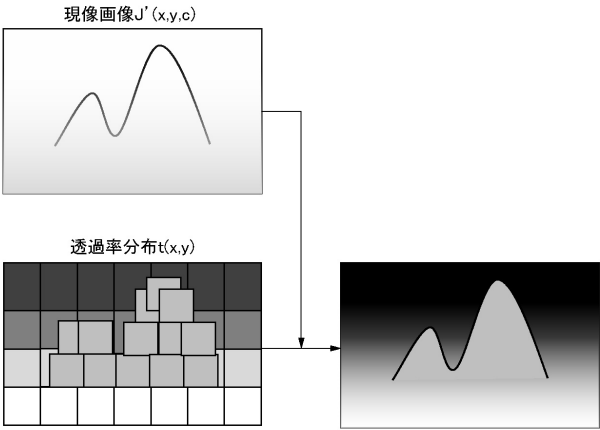
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

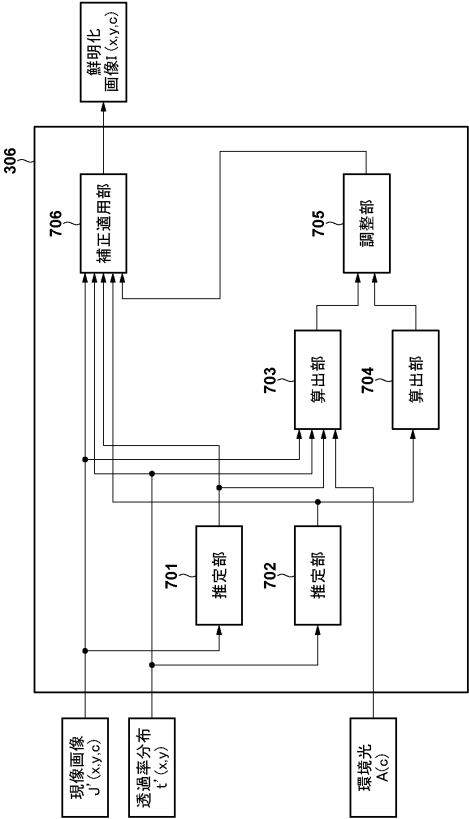
20

30

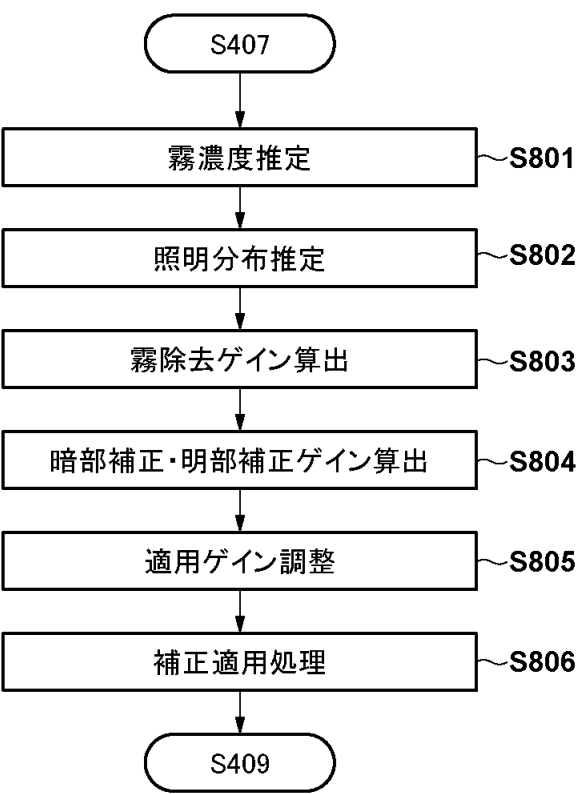
40

50

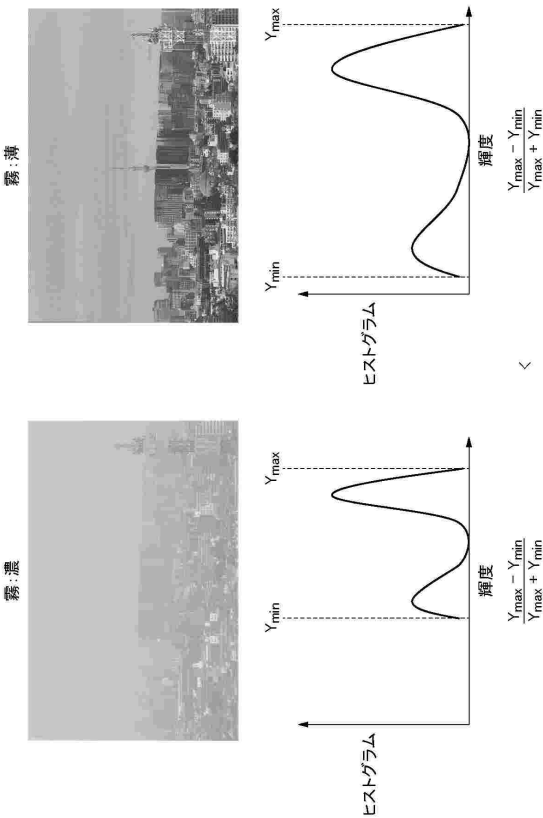
【図 7】



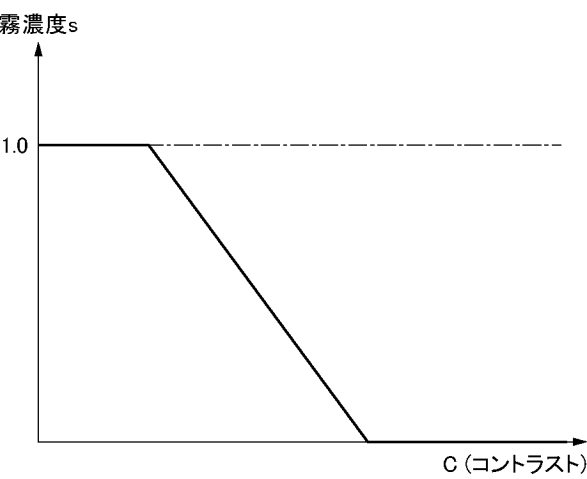
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

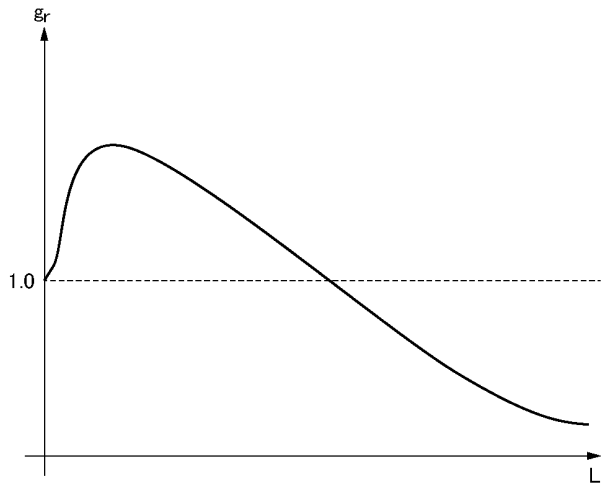
20

30

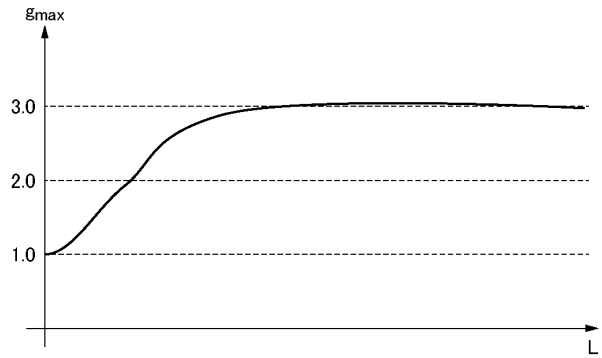
40

50

【図 1 1】

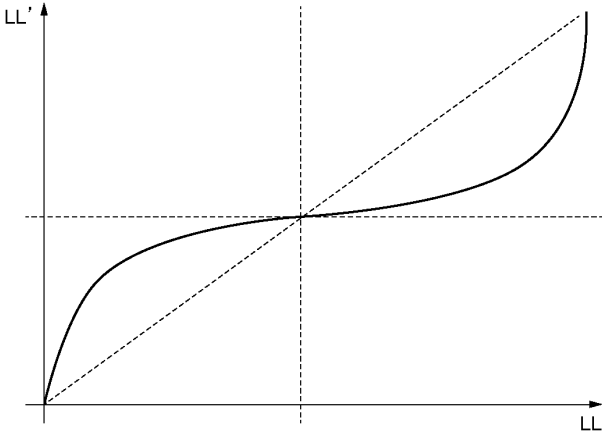


【図 1 2】

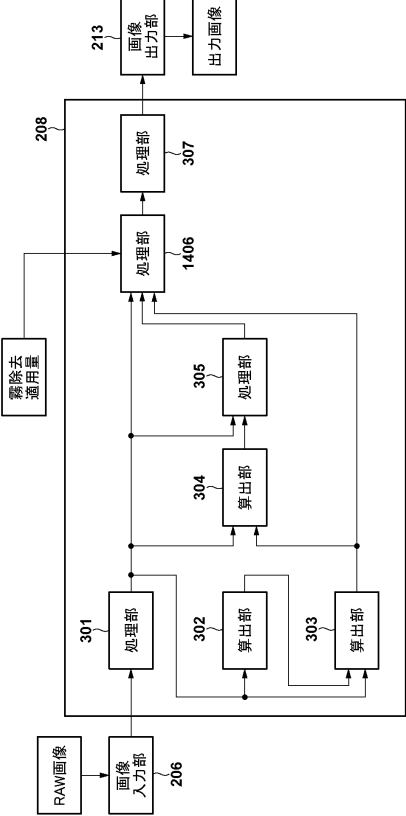


10

【図 1 3】



【図 1 4】



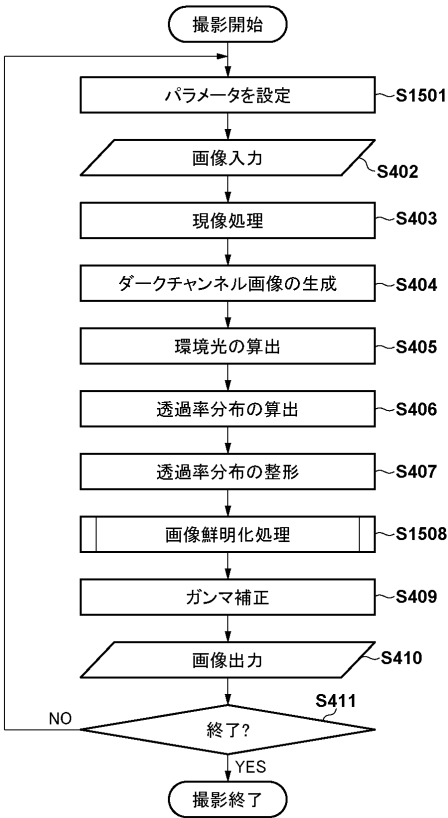
20

30

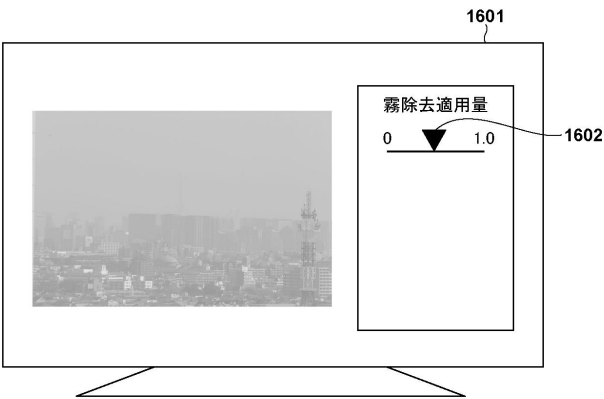
40

50

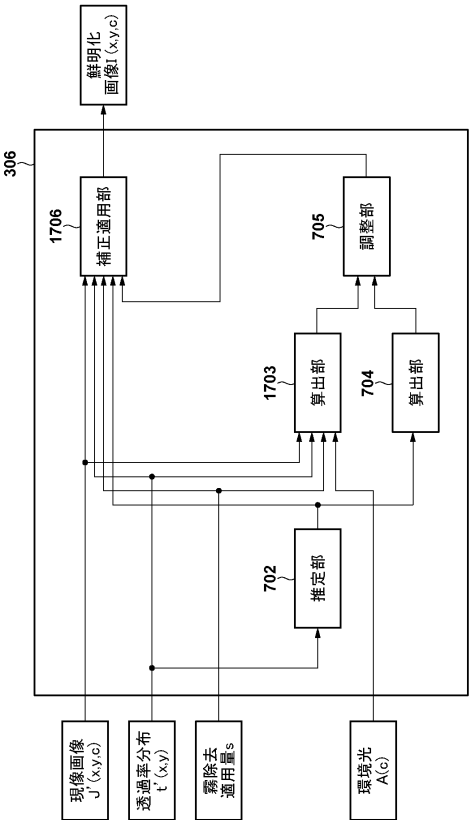
【図 1 5】



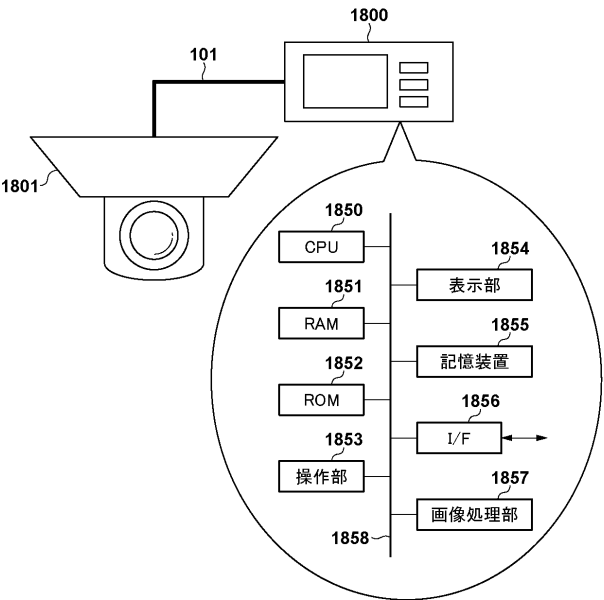
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】



10

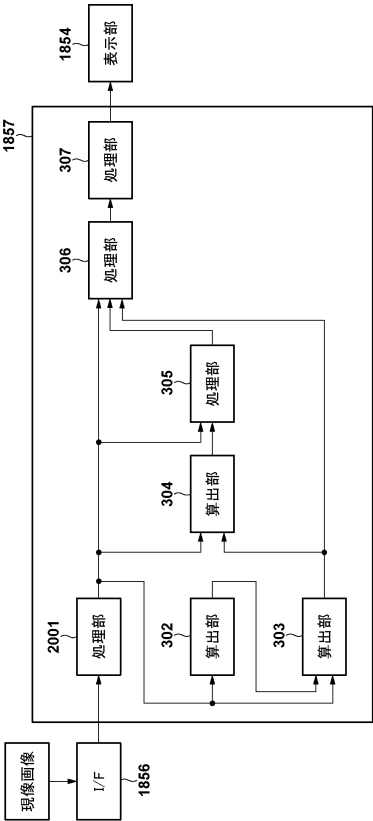
20

30

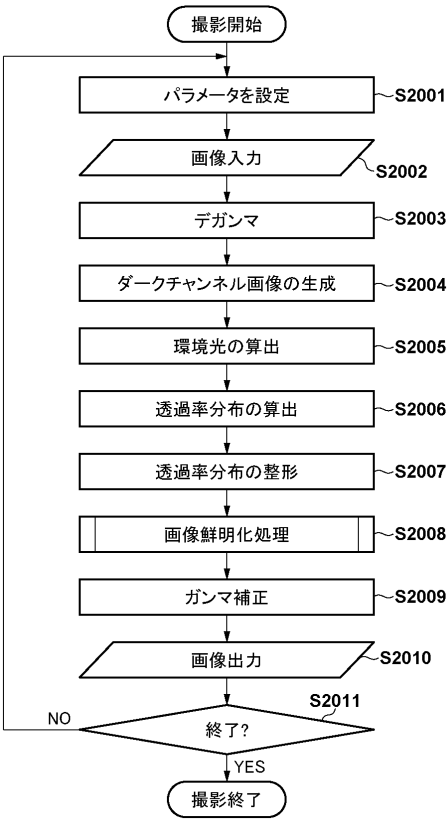
40

50

【図 19】



【図 20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) FK41 FL08 HB01 HB05