

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5020615号
(P5020615)

(45) 発行日 平成24年9月5日 (2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日 (2012.6.22)

(51) Int.Cl.
H04N 9/07 (2006.01)

F I
H04N 9/07 C

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2006-332611 (P2006-332611)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年12月8日 (2006.12.8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-147981 (P2008-147981A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成20年6月26日 (2008.6.26)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成21年12月4日 (2009.12.4)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(72) 発明者	小松 知
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置及び撮像装置及び画像処理方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別の色の滲み量を示す推定値を求める推定手段と、

前記複数のプレーンのうちのいずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減ずる除去手段と、を有し、

前記除去手段は、

着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記推定値を減じ

10

、前記着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記推定値を補正し、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から補正された前記推定値を減ずることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別に、第1のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第1の推定値と、第2のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第2の推定値を求める推定手段と、

前記第1のプレーンの信号の強度から前記第1の推定値を減ずるとともに、前記第2の

20

プレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減ずる除去手段と、を有し、

前記推定手段は、前記第 1 の推定値と前記第 2 の推定値を互いに異なる演算で求め、

前記除去手段は、

着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記第 1 の推定値を減じ、

前記着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 1 の推定値を補正し、前記第 1 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 1 の推定値を減じ、

10

前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記第 2 の推定値を減じ、かつ

前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 2 の推定値を補正し、前記第 2 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 2 の推定値を減ずることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

前記複数のプレーンは、緑、赤、および、青であり、前記いずれか一つの色プレーンは、赤または青であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 4】

前記複数のプレーンは、輝度および 2 つの色差であり、前記第 1 のプレーンと前記第 2 のプレーンは、ともに色差であ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 5】

前記領域は、ひとつの画素であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別の色の滲み量を示す推定値を求める推定工程と、

30

前記複数のプレーンのうちのいずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減ずる除去工程と、を有し、

前記除去工程では、

着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記推定値を減じ、

前記着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記推定値を補正し、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から補正された前記推定値を減ずることを特徴とする画像処理方法。

40

【請求項 7】

複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別に、第 1 のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第 1 の推定値と、第 2 のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第 2 の推定値を求める推定工程と、

前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減ずるとともに、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減ずる除去工程と、を有し、

前記推定工程では、前記第 1 の推定値と前記第 2 の推定値を互いに異なる演算で求め、

前記除去工程では、

着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に

50

、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記第 1 の推定値を減じ、

前記着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 1 の推定値を補正し、前記第 1 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 1 の推定値を減じ、

前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記第 2 の推定値を減じ、かつ

10

前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 2 の推定値を補正し、前記第 2 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 2 の推定値を減ずることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 8】

請求項 6 または 7 に記載の画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 9】

被写体像を光電変換する撮像手段と、

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、
を具備することを特徴とする撮像装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カラー撮影画像の色滲みを低減する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

カラー撮像系では結像光学系の色収差により、画像上で明るい部分の周囲に本来存在しない色が色滲みとして生じる。色滲みは結像光学系の中心波長から離れた部分で起きやすく、可視光カラー撮像系では、青や赤、或いは双方が混じった紫色のアーチファクトが滲み状に生じ、色滲み、パープルフリッジなどと呼ばれる。

30

【0003】

色収差は異なる分散を持つレンズを複数組み合わせることにより、ある程度光学的に抑えることができる。

【0004】

しかし近年デジタルカメラの小型化が進み、撮像センサの高解像度化と共に光学系の小型化に対する要求も高まり、色収差を光学系のみで十分に抑えることは困難となってきた。そこで画像処理によるこれらのアーチファクトの軽減が求められている。

【0005】

色収差は横色収差（倍率色収差）と縦色収差（軸上色収差）に大別される。横色収差は図 1 のように結像位置が波長によって像面に沿う方向にずれる現象であり、縦色収差は図 2 のように結像位置が波長によって光軸に沿う方向にずれる現象である。

40

【0006】

横色収差に対しては原色系のデジタル撮像系であれば、USP 6724702 B1（特許文献 1）に開示されているように、R（赤）、G（緑）、B（青）の各色プレーンに対し異なる歪曲を加える幾何変換により補正することができる。

【0007】

一方の縦色収差は、例えば可視光域の中心波長を担う G（緑）プレーンで合焦した画像においては、可視光域端部となる R（赤）プレーンや B（青）プレーンではピンボケ画像となる。これは横色収差のような幾何変換では補正できず、特開 2003 - 018407

50

号公報（特許文献２）に開示されているように、ＲＧＢの各色プレーンに対し、異なる輪郭強調処理を加えて補正する方法が提案されている。あるいは、特開２００１－１４５１１７号公報（特許文献３）に開示されているように、色滲みが生じる領域での彩度を下げることにより目立たなくする方法が提案されている。

【特許文献１】ＵＳＰ６７２４７０２Ｂ１

【特許文献２】特開２００３－０１８４０７号公報

【特許文献３】特開２００１－１４５１１７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

10

しかし特開２００３－０１８４０７号公報（特許文献２）に記載されるようなデコンボリューション及びその近似的な輪郭強調処理では、正確なボケ関数が分かっていないと適切な結果が得られない。カメラのように被写体距離や撮影条件が様々に変化する撮像装置においては、ズーム位置、絞り値、フォーカス位置といった結像光学系の状態も様々に変化するため、正確なボケ関数を得るのは困難である。また、デコンボリューションはイメージセンサの線形反応領域でしか用いることができず、飽和画素周囲の色滲みを軽減できない。

【０００９】

ところが、一般的なカラー撮像装置の光学系では、色収差に対する補正がある程度光学的に成されており、通常の輝度域で色滲みが目立つことは少ない。むしろ、画面内に極端に明るく画素が飽和するような被写体があった場合、補正しきれない僅かな比率の漏れ光が、有意な量となって色滲みを起こしていることが多い。即ち、特開２００３－０１８４０７号公報（特許文献２）に記載の技術では、このような色滲みを補正することができない。

20

【００１０】

一方、特開２００１－１４５１１７号公報（特許文献３）に記載されるような彩度を下げる処理は、色滲みの色を消し不自然さを減らす効果はあるが、被写体本来の色も影響を受け、色滲みの有無にかかわらずグレーがかってしまうという問題がある。

【００１１】

従って、本発明は上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、カラー画像における色滲みを、画像処理により、より効果的に抑制することである。

30

【課題を解決するための手段】

【００１２】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係わる画像処理装置は、複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別の色の滲み量を示す推定値を求める推定手段と、前記複数のプレーンのうちのいずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減ずる除去手段と、を有し、前記除去手段は、着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記推定値を減じ、前記着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記推定値を補正し、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から補正された前記推定値を減ずることを特徴とする。

40

また、本発明に係わる画像処理装置は、複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別に、第１のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第１の推定値と、第２のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第２の推定値を求める推定手段と、前記第１のプレーンの信号の強度から前記第１の推定値を減ずるとともに、前記第２のプレーンの信号の強度から前記第２の推定値を減ずる除去手段と、を有し、前記推定手段は、前記第１の推定値と前記第２の推定値を互いに異なる演算で求め、前記

50

除去手段は、着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記第 1 の推定値を減じ、前記着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 1 の推定値を補正し、前記第 1 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 1 の推定値を減じ、前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記推定手段によって推定された前記第 2 の推定値を減じ、かつ、前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 2 の推定値を補正し、前記第 2 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 2 の推定値を減ずることを特徴とする。

10

【 0 0 1 3 】

また、本発明に係わる画像処理方法は、複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別の色の滲み量を示す推定値を求める推定工程と、前記複数のプレーンのうちのいずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減ずる除去工程と、を有し、前記除去工程では、着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記推定値を減じ、前記着目する領域の前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から前記推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記推定値を補正し、前記いずれか一つのプレーンの信号の強度から補正された前記推定値を減ずることを特徴とする。

20

また、本発明に係わる画像処理方法は、複数のプレーンの信号を含むカラー画像に基づいて、前記カラー画像における領域別に、第 1 のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第 1 の推定値と、第 2 のプレーンの信号に基づく色の滲み量を示す第 2 の推定値を求める推定工程と、前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減ずるとともに、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減ずる除去工程と、を有し、前記推定工程では、前記第 1 の推定値と前記第 2 の推定値を互いに異なる演算で求め、前記除去工程では、着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記第 1 の推定値を減じ、前記着目する領域の前記第 1 のプレーンの信号の強度から前記第 1 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 1 の推定値を補正し、前記第 1 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 1 の推定値を減じ、前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化しないのであれば、前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記推定工程によって推定された前記第 2 の推定値を減じ、かつ、前記着目する領域の前記第 2 のプレーンの信号の強度から前記第 2 の推定値を減じた場合に、前記着目する領域の色相が予め定めた範囲を超えて変化するのであれば、色相が予め定めた範囲を超えて変化しないように前記第 2 の推定値を補正し、前記第 2 のプレーンの信号の強度から補正された前記第 2 の推定値を減ずることを特徴とする。

30

40

【 0 0 1 4 】

また、本発明に係わるプログラムは、上記の画像処理方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

50

また、本発明に係わる撮像装置は、被写体像を光電変換する撮像手段と、上記の画像処理装置と、を具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、カラー画像における色滲みを、画像処理により、より効果的に抑制することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の好適な実施形態について説明する。

【0019】

まず、本発明の実施形態の概要について説明する。

【0020】

本発明の実施形態では、カラー撮像装置で撮影され色滲みの発生しているカラー画像に対し、飽和画素周囲の色滲みを効果的に除去し、なおかつ本来の色を再現可能な画像処理装置、方法およびプログラムを提供する。

【0021】

まず、本発明の実施形態の画像処理装置は、撮像系において撮影された複数の色プレーンからなるカラー画像に対して、画像処理を行う画像処理装置である。そして、カラー画像に従って色滲みの画像強度を推定する推定部と、その推定値を元のカラー画像から差し引く除去部とを備える。除去部は、画像撮影時に用いられた結像光学系において色収差が残存する波長域の強度を示す色プレーンを除去対象とし、除去対象となる色プレーンの滲み部分の画像強度を減算する。

【0022】

しかしこの推定値は必ずしも正確ではなく、過不足が存在する。推定値が不足する場合、完全には除去されず、若干の色滲みが残る。一方、推定値が過大となると、過除去となり色滲みの色相が反転してしまう。本願発明者らの実験によると、前者の除去不足に比べ、後者の過除去は著しく不自然な画像となる。そこでこのような色相反転を抑制するために過除去抑制部が備えられ、一定領域の色域の画素のみを除去部の除去対象とし、変化後の色域も一定領域に制限する。この2つの一定領域は同一である。特に、除去対象とする色プレーンを、その強度が参照する色プレーン強度より大きい領域とすることもできる。また、色相変化の抑制としては除去部による色相角の変化を一定角度以内に抑える手法もある。

【0023】

上記のような画像処理装置によれば色滲みを軽減した画像を得ることができる。

【0024】

このため、本発明の実施形態の画像処理装置を備えたカラー撮像装置は、少なくとも一つの色プレーンに対応する波長域においてのみ色収差を抑えた光学系を備えればよく、その他の色プレーンに対しては光学系に対する色収差の制限を緩和することができる。

【0025】

一般的にカラー撮像装置に装着される結像光学系は、サイズ、コスト、種々の収差補正のトレードオフの中で一定の色収差補正が成されているが、本発明の実施形態により色収差に対する制約を緩めることができる。この結果、結像光学系はその他の収差補正や、小型化、低コスト化をより高い水準で達成することができる。

【0026】

以下、本発明の実施形態について、具体的に説明する。

【0027】

(第1の実施形態)

以下、添付図面を参照して、本発明の第1の実施形態の画像処理方法について説明する。なお、各図において同一の参照符号は同一部材を示している。

【0028】

まず、本実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置 100 の例を図 3 に示す。

【0029】

カラー撮像装置 100 は結像光学系 110、イメージセンサ 120、A/D 変換部 130、デモザイク部 140、色滲み除去部 150、視覚補正部 160、圧縮部 170、記録部 180 を有する。なお、図 2 中に記した被写界（被写体） f 及び R（赤）、G（緑）、B（青）の光線はカラー撮像装置 100 の構成要素ではないが説明のため図 3 中に記す。

【0030】

図 3 において、被写界 f は結像光学系 110 を経て、被写体像を光電変換するイメージセンサ 120 上に結像する。一般的にカラー撮像装置に装着される結像光学系は、サイズ、コスト、種々の収差補正のトレードオフの中で一定の色収差補正が成されている。しかし、本実施形態の結像光学系 110 は R ~ G の波長域においてのみ縦色収差が良好に補正され、B バンドでは縦色収差が残存するものとする。このように「B バンドの縦色収差」というトレードオフの制限を一つ外すことにより、その他の収差補正や、小型化、低コスト化をより高い水準で実現できる。

【0031】

イメージセンサ 120 は一般的な原色カラーフィルタを備える単板カラーイメージセンサとする。原色カラーフィルタは、図 4 のように各々 650 nm、550 nm、450 nm 近傍に透過主波長帯を持つ 3 種類の色フィルタからなり、各々 R（赤）、G（緑）、B（青）の各バンドに対応する色プレーンを撮影する。単板カラーイメージセンサでは、この色フィルタを図 5 のように画素毎に空間的に配列し、各画素では各々単一の色プレーンにおける強度を得ることしかできない。このためイメージセンサからは色モザイク画像が出力される。

【0032】

A/D 変換部 130 ではイメージセンサからアナログ電圧として出力される色モザイク画像を、以降の画像処理に適するデジタルデータへと変換する。

【0033】

デモザイク部 140 では色モザイク画像を補間することによって、全ての画素において R、G、B の色情報が揃ったカラー画像を生成する。なお、この補間手法には単純な線形補間から、「E.Chang, S.Cheung, and D.Pan, "Color filter array recovery using a threshold-based variable number of gradients," Proc. SPIE, vol. 3650, pp. 36-43, Jan.1999」のように複雑な手法まで、多くの方式が提案されているが、本発明は補間手法を限定するものでない。

【0034】

ここで生成されたカラー画像は結像光学系 110 の色収差によって、R や G プレーンに比して B プレーンの解像度が劣る画像となる。このため明暗の境界部では図 6 のように青がぼやけ、明部の周囲に青い縁取りのようなアーチファクトが生じる。

【0035】

なお、上記ではイメージセンサ 120 のカラーフィルタを R、G、B からなる原色系としたが、補色系カラーフィルタであっても色変換処理によって同様に R、G、B の色プレーンからなるカラー画像が得られる。

【0036】

色滲み除去部 150 では、画像処理によりカラー画像よりこの青色のアーチファクトを除去する。本実施形態の画像処理方法はこの除去処理にかかるものであり、後に詳しく説明する。

【0037】

次に視覚補正部 160 による処理が行われる。視覚補正部 160 では主として画像の見栄えを改善するための処理がカラー画像に対し行われ、例えばトーンカーブ（ガンマ）補正、彩度強調、色相補正、エッジ強調といった画像補正が行われる。

【0038】

10

20

30

40

50

処理の最後では、圧縮部 170 で、補正されたカラー画像を J P E G 等の方法で圧縮し、記録時のサイズを小さくする。

【 0 0 3 9 】

これらのイメージセンサ 120 から記録部 170 間での構成は、実際には別体のデバイスとは限らず。単一のマイクロプロセッサが複数の部分に対応する処理を行うこともある。

【 0 0 4 0 】

処理が行われたデジタル画像信号は記録部 180 にてフラッシュメモリ等の記録媒体に記録される。

【 0 0 4 1 】

このような構成のカラー撮像装置 100 における、画像処理による色滲み除去の動作のフローチャートを図 7 に示す。

【 0 0 4 2 】

図 7 に示すように、色滲み除去部 150 の処理は、空間演算ステップ S 151、領域判定ステップ S 152、推定ステップ S 153、過除去抑制ステップ S 154、及び除去ステップ S 155 からなる。

【 0 0 4 3 】

本色滲み除去動作では B プレーンを除去対象とし、基準プレーンとして G プレーンを用いる。

【 0 0 4 4 】

ここで、高輝度な被写体に対する B プレーン及び G プレーンの典型的なプロファイルを図 8 に示す。

【 0 0 4 5 】

図 8 において、横軸は画像上の断面であり、縦軸は B プレーン及び G プレーンの強度である。図 8 では中心部に飽和輝度を超える高輝度被写体が存在する。そして本来明るくない高輝度被写体周囲も、収差やフレアにより高輝度被写体から滲んだ光によって、プロファイルの裾が広がる。この滲みの強さは高輝度被写体の輝度に依存し、また高輝度被写体から離れるに従い、指数関数的に弱くなる。G プレーンであっても滲みは全くないわけではなく、ある程度の広がりが存在するが、それは B プレーンに比べると小さい。また、イメージセンサは一定の飽和レベル以上の強度を測定することはできず、頭が切られてしまう。このため、撮影画像としては本来の高輝度被写体より一回り大きく G も B も飽和し、白く飽和した領域ができる。なお、R は G と同じプロファイルとする。この先、G は減衰していくが B の飽和半径は更に広いため、徐々に G との画像強度差は大きくなり、水色として青みを増していく。しかし、B の飽和半径に達すると B も減衰を初め、この先では G と B の画像強度差は小さくなっていく。あるところで、G の裾の端に達すると、その先は B プレーンのみが強度を持ち、真っ青の滲みとなる。

【 0 0 4 6 】

このうち、水色部分の滲みと真っ青な滲みが青滲みとして不自然なものとなる。仮に、B の滲みが G と同程度であれば、滲みは高輝度被写体の色と認識され、自然な滲みとなる。このような滲みは飽和輝度を超えた高輝度被写体の明るさを示す有益な画像表現である。

【 0 0 4 7 】

このため、空間演算ステップ S 151 では、G、B 双方の色プレーンに対し、強度が一定の閾値以上となる飽和画素領域を抽出し、各画素のこの飽和画素領域からの距離 d_G 、 d_B を画素幅単位で算出する。例えば図 9 A において斜線部分が飽和画素だとすれば、距離は各画素に記した数値のようになる。

【 0 0 4 8 】

閾値としては、A/D 変換部の出力値と入射光強度の関係が比例関係から外れる出力値とする。これ以上の出力値を持つ状態を飽和していると呼ぶ。距離の算出は一般に画像距離変換と呼ばれる。なお、この距離は正確なユークリッド距離に限らず、準ユークリッド

10

20

30

40

50

(quansi-Euclidean) 距離や、チェスボード距離、シティブロック距離で代用してもよい。この画像距離変換により飽和画素は 0、非飽和画素は正值となる。B プレーンに対するこの符号により各画素は、B が飽和している領域 A 1、B が飽和していない領域 A 2、に区分される (図 8 参照)。

【 0 0 4 9 】

また、このステップでは、少なくとも領域 A 1 に対して B が非飽和の領域からの距離 $d_n B$ を同様に算出する。 d_B が図 9 A のように表わされるのに対し、 $d_n B$ は図 9 B のように表わされる。なお、 $d_n B$ は d_B における負値として表すこともできる。

【 0 0 5 0 】

領域判定ステップ S 1 5 2 では上記の算出結果に応じて、推定ステップ S 1 5 3 の複数の処理方法 S 1 5 3 a, S 1 5 3 b に処理を振り分ける。本実施形態では B が飽和している領域 A 1 を S 1 5 3 a, 飽和していない領域 A 2 を S 1 5 3 b に割り振る。

10

【 0 0 5 1 】

推定ステップ S 1 5 3 ではカラー画像の各画素に対して、色滲みとなっている余計な B プレーンの強度を推定する。推定手法は B が飽和しているかしていないかによって異なり、S 1 5 3 a, S 1 5 3 b で推定の計算を行う。これは各々図 8 の領域 A 1、領域 A 2 に対応している。

【 0 0 5 2 】

前述のように、除去すべき B プレーンの画像強度は B プレーンと G プレーンの差であり、領域 A 1 では G が飽和している領域から離れるに従い、推定量は増加し、領域 A 2 では領域 A 1 から離れるに従い推定量は減少する。

20

【 0 0 5 3 】

また、この推定量は高輝度被写体の明るさに依存するが、飽和のため、これを直接得ることはできない。そこで、本実施形態では、B と G の飽和半径の差 $d_G - d_B$ あるいは $d_G + d_n B$ で代用する。このような推定量として、領域 A 1 を担うステップ S 1 5 3 a では推定滲み量 E を、

$$E = (k_1 (d_G + d_n B) + k_0) \times d_G / (d_G + d_n B)$$

と算出する。

【 0 0 5 4 】

他方、領域 A 2 を担うステップ S 1 5 3 b では推定滲み量 E を、

30

$$E = (k_1 (d_G - d_B) + k_0) \exp(-k_2 d_B)$$

と算出し、過除去抑制ステップ S 1 5 4 に渡す。このとき両者は領域 A 1 と領域 A 2 の境界線上では $E_0 = (k_1 d_G + k_0)$ と一致するためマッハバンドを生じない。

【 0 0 5 5 】

k_0 , k_1 , k_2 は定数であり、結像光学系やイメージセンサの画素ピッチによって異なるため、撮影画像から滲み量を近似するのに好適な値を求めるのが望ましい。

【 0 0 5 6 】

厳密には、結像光学系の特性はズーム位置、絞り値、フォーカス位置、レンズ交換といった状態や像高によって変化するため、これらに従い定数 k_0 , k_1 , k_2 を変えるのも有効である。或いは、後述の過除去抑制ステップの存在を考慮し、滲み量を近似するのに好適な値より過大な滲み量を推定する定数を設定するのが望ましい。あるいは、後述の過除去抑制ステップの存在を考慮し、結像光学系の特性変化に対応できるよう、過大な滲み量を推定する定数を設定しても良い。

40

【 0 0 5 7 】

過除去抑制ステップ S 1 5 4 では、上記の推定量 E を修正し、実際に除去する量 E' を決める。ステップ S 1 5 3 で推定した除去量は一定のモデルに沿ったものであり、実際の滲み量とは必ずしも一致しない。例えば同じ B プレーンに検出される光であっても波長 450 nm の光と波長 400 nm の光では滲み方が変化するが、ステップ S 1 5 3 ではこれを考慮していない。除去量が過小である場合、除去後も若干の青みが残る。一方、除去量が過大であると、灰色の背景に対して B を減らしすぎ、黄緑色になってしまったりする。

50

特に後者は不自然で観察者に大きな違和感を与える。そこで本ステップは、一定の色相範囲内でのみ滲み除去が作用するよう制限する。このため、まず、画素の色度を計算する。

R, G, B の各プレーンの強度に対し、

【 0 0 5 8 】

【 数 1 】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.18 \\ 0.21 & 0.75 & 0.07 \\ 0.02 & 0.12 & 0.95 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

10

【 0 0 5 9 】

$$a = 5 (x - y)$$

$$b = 2 (y - z)$$

とする。この色度座標 a b 面を図 10 に記すと、青色は第 4 象限にあり、B 強度から推定量 E を除去すると、点線矢印のように左上方向へ移動する。矢印の始点が除去前の色度であり、先端が推定量 E の除去後の色度である。このことから作用する色相範囲を $a' > 0$ かつ $b' < 0$ に制限する。

【 0 0 6 0 】

$$B > 0.22R + 0.68G \text{ かつ } B > -1.84R + 3.30G$$

となる。このため、ステップ S 154 ではまずこの条件を満たさない画素に対し $E' = 0$ とし、除去対象から外す。これにより、これらの画素は除去ステップ S 155 によって変化せず、色滲みの除去ステップ S 155 によって画素値が影響を受けることがない。すなわち、この条件を満たす画素のみが除去対象となる。

20

【 0 0 6 1 】

さらに条件を満たす画素に対しても除去量を、

$$E' = \min (E, B - (0.22R + 0.68G), B - (-1.84R + 3.30G))$$

として、除去ステップ S 155 に渡す。この E' の除去による色度変化は図 10 に実線矢印で記したように、第 4 象限内に留まるようになる。これにより、除去ステップにより色相制限範囲を超えて B が減少するのを防ぐことができる。

30

【 0 0 6 2 】

除去ステップ S 155 では上記の除去量 E' を B プレーンの強度から減じ、新たな B プレーン強度を、

$$B = B - E'$$

とする。このように B プレーンを修正したカラー画像を色滲み除去部 150 の出力として視覚補正部 160 に渡す。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施形態では、結像光学系 110 から記録部 180 までを備えたカラー撮像装置として説明したが、これらの内色滲み除去部 150 を除く一部或いは全部を別の装置として設け、色滲み除去のみを行う画像処理装置として構成してもよい。この場合、画像処理装置をカラー撮像装置と別体に設け、カラー撮像装置で撮影され、半導体メモリ・磁気 / 光ディスクなどの記録媒体に格納されたカラー画像を画像処理装置で読み込み（入力）可能とするようにすればよい。

40

【 0 0 6 4 】

このように本実施形態の青滲み除去部を備えたカラー撮像系によれば、青滲みが効果的に除去され、また自然で違和感のない撮影画像が得られる。また、付随する結像光学系においては B バンドにおける縦色収差の制限を緩めることができ、その他の収差補正や、小型化、低コスト化をより高い水準で実現できる。

【 0 0 6 5 】

（第 2 の実施形態）

50

次に、本発明の第２の実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置２００の例を図１１に示す。なお、図１１では、図３と同じ機能部分には同じ符号を付している。

【００６６】

カラー撮像装置２００は、結像光学系２１０、色分解プリズム２１５、イメージセンサ２２０、Ａ／Ｄ変換部２３０、色変換部２３５、色滲み除去部２５０、視覚補正部１６０、圧縮部１７０、記録部１８０を有する。

【００６７】

本実施形態のイメージセンサ２２０は第１の実施形態とは異なり３板式であり、それに伴い色分解プリズム２１５が追加され、第１の実施形態に存在していたデモザイク部１４０は不要となる。

【００６８】

図１１において、被写体からの光線は結像光学系２１０及び色分解プリズム２１５を経てイメージセンサ２２０上に結像する。色分解プリズム２１５では、光の波長によって光線の進行方向が異なるため、Ｒ（赤）、Ｇ（緑）、Ｂ（青）の波長域の異なるそれぞれの光線は、異なるイメージセンサ２２０に到達する。このため、イメージセンサ２２０はカラーフィルタを備えず、各々ＲＧＢの各色プレーンに対応する像を得る。

【００６９】

また、本実施形態の結像光学系２１０はＧバンド内の波長域においてのみ縦色収差が良好に補正され、Ｒ／Ｂバンドでは縦色収差が残存するものとする。なお、３板式では各イメージセンサの前後位置を調整することにより、縦色収差を補正することも可能であるが、光学系のズーム位置などによる収差変動に対応できないため、本実施形態ではそのような調整は考慮しない。このため、Ｇプレーンに比してＲ、Ｂプレーンの解像度が劣り、３つのプレーンを合成したカラー画像においては明暗の境界部で赤や青がぼやけ、明部の周囲に赤や青、或いは紫色の縁取りのようなアーチファクトが生じる。

【００７０】

Ａ／Ｄ変換部２３０では、３枚のイメージセンサ２２０からアナログ電圧として出力されるＲＧＢ各色プレーンの画像を、以降の画像処理に適するデジタルデータへと変換する。

【００７１】

色変換部２３５では色表現をＲＧＢからＹＵＶに変換する。これにはマトリクス演算が用いられ、

【００７２】

【数２】

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ -0.15 & -0.29 & 0.44 \\ 0.61 & -0.52 & 0.10 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

【００７３】

として、Ｙ、Ｕ、Ｖの３つのプレーンが得られる。このＹは輝度を、Ｕは青みを、Ｖは赤みを示す。

【００７４】

色滲み除去部２５０では画像処理によりカラー画像よりこのアーチファクトを除去する。本実施形態の画像処理方法はこの除去処理にかかるものであり、後に詳しく説明する。

【００７５】

視覚補正部１６０、圧縮部１７０、記録部１８０は第１の実施形態と同様である。

【００７６】

このような構成のカラー撮像装置２００における、画像処理による色滲み除去の動作のフローチャートを図１２に示す。

【 0 0 7 7 】

図 1 2 に示すように、色滲み除去部 2 5 0 の処理は、空間演算ステップ S 2 5 1、推定ステップ S 2 5 3、過除去抑制ステップ S 2 5 4、除去ステップ S 2 5 5 からなる。色滲み除去部 2 5 0 では、R プレーン、B プレーンを除去対象とし、基準プレーンとして Y プレーンを用いる。

【 0 0 7 8 】

空間演算ステップ S 2 5 1 では、Y プレーンの強度に対する非線形変換を行うことで各画素に対する飽和度 S を計算し、これに対するコンボリューション処理を行う。この非線形変換は飽和によって高輝度被写体の輝度が過小に表されているのを補正するものである。この変換の結果、図 1 3 の様に、Y の強度は、Y の強度が飽和している領域近傍で急激に増加し、非飽和領域における Y 強度と飽和度の比例関係に比して大きい値を示す。図 1 3 では、この最大値を 4 にしている。但し、以下ではこの飽和度の最大値を 1 となるよう正規化して説明する。これによって、図 1 4 の点線のような Y 強度プロファイルに対して、飽和度 S のプロファイルは図 1 4 の実線のようになる。

【 0 0 7 9 】

なお、このような非線形変換の簡単な例としては Y の強度が飽和している領域近傍（例えば $Y > 0.8$ ）では 1 とし、非飽和領域（ $Y < 0.8$ ）では 0 とする 2 値にすることもできる。

【 0 0 8 0 】

この飽和度 S に対してコンボリューション処理を行い、 S_R 、 S_B を求める。これは B（青）、R（赤）バンドにおける滲み方とも考えられるため、ここでは対応する 2 種類のコンボリューション処理を次式のように行う。

【 0 0 8 1 】

【 数 3 】

$$\begin{aligned} S_R &= k_R \otimes S \\ S_B &= k_B \otimes S \end{aligned}$$

【 0 0 8 2 】

図 1 4 に示した飽和度 S に対するコンボリューションカーネル k_R および S_R の例を図 1 5 及び図 1 6 に示す。

【 0 0 8 3 】

この際のコンボリューションカーネル k_R 、 k_B は結像光学系 2 1 0 における解像度の劣化を模したものであり、R、B 各バンドにおける代表的な波長の P S F（点拡がり関数）を用いることができる。B バンドにおける代表的な波長の有効な例としては夜景に多く含まれる水銀灯輝線（405 nm）がある。P S F 及び結像光学系の特性はズーム位置、絞り値、フォーカス位置、レンズ交換といったレンズの状態や像位置によって変化するため、これらに従いコンボリューションカーネルを変化させるのが望ましい。

【 0 0 8 4 】

あるいは、後述の過除去抑制ステップ S 2 5 4 の存在を考慮し、結像光学系の特性変化に対応できるよう、変化する複数の P S F を包絡し過大な滲み量を推定するコンボリューションカーネルを設定しても良い。特に、像位置により異なるカーネルでのコンボリューション処理は計算負荷が大きいため、像面全体或いは像面内の一定領域内に対して、像方向による P S F の変化を包絡して軸対象なコンボリューションカーネルにすることは計算負荷の削減に有効である。また、像高による変化も包絡してシフトインバリアントなコンボリューションカーネルにするのも、計算負荷の削減に有効である。この際更にコンボリューションカーネルを指数関数型やガウス関数型とすることもできる。

【 0 0 8 5 】

また同様に R、B 各バンド内の波長によって変化する複数の P S F を包絡するコンボリューションカーネルを設定しても良い。特にこの際、B バンドに対しては水銀灯輝線（4

10

20

30

40

50

0.5 nm) を含めるのが有効である。

【0086】

なお、これらのコンボリューションカーネルは中心からの距離に従い減少するようにするのが望ましい。

【0087】

推定ステップ S 2 5 3 では、色滲みとなっている余計な U プレーン、V プレーンの強度 E_U 、 E_V を推定する。ここでは E_B 、 E_R を単純に S_R 、 S_B の定数倍とする。

【0088】

$$E_U = 0.424 f_B \cdot S_B$$

$$E_V = 0.877 f_R \cdot S_R$$

10

この f_B 、 f_R は飽和部の本来の画像強度に相当し、1 ~ 10 程度の値となるが、例えば 4 とおけば概ね良好な結果を得られる。

【0089】

過除去抑制ステップ S 2 5 4 では、上記の推定量 E_U 、 E_V を修正し、U プレーン、V プレーンにおいて実際に除去する量 E' を決める。ここでは第 1 の実施形態と同様、色度座標に注目する。UV 面の色度座標を図 1 7 に示すと、青色は $U > 0$ 、赤色は $V > 0$ となる。U、V の強度から E_U 、 E_V を除去すると、点線矢印のように左下方向に移動する。この向きは E_U 、 E_V の比率で変化する。矢印の始点が除去前の色度であり、先端が推定量 E_U 、 E_V の除去後の色度である。このことから、 $U > 0$ 、 $V > 0$ を色相制限範囲とし、まず、 $U = 0$ の画素に対しては $E_U' = 0$ 、 $V = 0$ の画素に対しては $E_V' = 0$ とする。

20

【0090】

更に、 $U > 0$ の画素に対しては、

$$E_U' = \min(E_U, U)$$

$V > 0$ の画素に対しては、

$$E_V' = \min(E_V, V)$$

として除去ステップ S 2 5 5 に渡す。この E_U' 、 E_V' の除去に依る色度変化は図 1 6 に実線矢印で記したように、各象限内に留まるようになる。更に第二象限では V のみが変わり、第 4 象限では U のみが変わり、第三象限では無変化となる。これは R 、 B の変化で言うと、 R 、 B の強度が輝度 Y を下回って減少することではなく、また、元々 Y の下にある R 、 B は変化しないことを示す。

30

【0091】

除去ステップ S 2 5 5 では上記の除去量 E_U' 、 E_V' を U プレーン、V プレーンの値から差し引き、新たな U プレーン値、V プレーン値を、

$$U = U - E_U'$$

$$V = V - E_V'$$

とする。

【0092】

このように U プレーン、V プレーンを修正したカラー画像を色滲み除去部 2 5 0 の出力として視覚補正部 1 6 0 に渡す。

40

【0093】

本実施形態においては、Y プレーンに B プレーンや R プレーンの滲みが混入するため、白く残る滲みの量は G プレーンを基準プレーンとした場合に比べやや大きくなる。しかし、主な計算を高い精度が不要な U プレーン、V プレーンにおいて行うことで処理装置のコストを抑えることができる。また、本実施形態に用いる光学系では、G バンド内でのみ高い解像度が要求され、R バンド、B バンド双方に対する色収差の制限を緩めることができる。

【0094】

(第 3 の実施形態)

次に、本発明の第 3 の実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置 3 0 0 の例

50

を図 18 に示す。なお、図 18 では、図 3 と同じ機能部分には同じ符号を付している。

【0095】

カラー撮像装置 300 は結像光学系 310、イメージセンサ 120、A/D 変換部 130、デモザイク部 140、色滲み除去部 350、視覚補正部 160、圧縮部 170、記録部 180 を有する。

【0096】

本実施形態の結像光学系 310 は、被写体からの光線をイメージセンサ 120 上に結像させるが、G～B バンドの波長域において縦色収差が良好に補正され、R バンドでは縦色収差が残存するものとする。

【0097】

このような結像光学系 310 で結像され、イメージセンサ 120、A/D 変換部 130、デモザイク部 140 を経て生成されるカラー画像の R、G、B プレーンにおいては、次のようなことが起こる。即ち、結像光学系 310 の色収差の影響により G プレーン、B プレーンに比べて R プレーンの解像度が劣り、3 つのプレーンを合成したカラー画像においては明暗の境界部で赤がぼやけ、明部の周囲に赤い縁取りのようなアーチファクトが生じる。

【0098】

色滲み除去部 350 では、画像処理によりカラー画像からこの赤色のアーチファクトを除去する。本実施形態の画像処理方法はこの除去処理にかかるものであり、後に詳しく説明する。

【0099】

イメージセンサ 120、A/D 変換部 130、デモザイク部 140、視覚補正部 160、圧縮部 170、記録部 180 は第 1 の実施形態と同様である。

【0100】

このような構成のカラー撮像装置 300 における、画像処理による色滲み除去の動作のフローチャートを図 19 に示す。

【0101】

図 19 に示すように、色滲み除去部 350 の処理は、空間演算ステップ S351、推定ステップ S353、領域判定ステップ S352、過除去抑制ステップ S354、除去ステップ S355 からなる。

【0102】

色滲み除去部 350 では R プレーンを除去対象とし、基準プレーンとして G プレーンを用いる。

【0103】

空間演算ステップ S351 では R プレーン、G プレーンに対する輝度傾斜マップ Rlea、Glea を、次のように計算する。

【0104】

【数 4】

$$Rlea = \left(\frac{dR}{dx}, \frac{dR}{dy} \right) \equiv \left(\frac{R(x+1, y) - R(x-1, y)}{2}, \frac{R(x, y+1) - R(x, y-1)}{2} \right)$$

$$Glea = \left(\frac{dG}{dx}, \frac{dG}{dy} \right) \equiv \left(\frac{G(x+1, y) - G(x-1, y)}{2}, \frac{G(x, y+1) - G(x, y-1)}{2} \right)$$

【0105】

ここで、

$R(x+1, y)$ 、 $G(x+1, y)$ は、R プレーン、G プレーンにおける注目画素の右隣の画素値である。

【 0 1 0 6 】

$R(x-1, y)$ 、 $B(x-1, y)$ は、R プレーン、B プレーンにおける注目画素の左隣の画素値である。

【 0 1 0 7 】

$R(x, y+1)$ 、 $B(x, y+1)$ は、R プレーン、B プレーンにおける注目画素の下隣の画素値である。

【 0 1 0 8 】

$R(x, y-1)$ 、 $B(x, y-1)$ は、R プレーン、B プレーンにおける注目画素の上隣の画素値である。

【 0 1 0 9 】

推定ステップ S 3 5 3 ではカラー画像の各画素に対して、色滲みとなっている余計な R プレーンの強度を推定する。推定手法は R が飽和しているかしていないかによって異なるが、双方の場合に備えて S 3 5 3 a、S 3 5 3 b により 2 種類の推定量 E_1 、 E_2 を計算する。

【 0 1 1 0 】

図 2 0 に、赤滲みの典型的な強度プロファイルを示す。

【 0 1 1 1 】

図 2 0 において、横軸は画像上の断面であり、縦軸は R プレーン及び G プレーンの強度である。図 2 0 では中心部に飽和輝度を超える高輝度被写体が存在する。そして本来明るくない光源周囲も、収差やフレアにより光源から滲んだ光によって、プロファイルの裾が指数関数的に広がる。G プレーンであっても滲みは全くないわけではなく、ある程度の広がりが存在するが、それは R プレーンに比べると小さい。また、イメージセンサは一定の飽和レベル以上の強度を測定することはできず、頭が切られてしまう。このようなプロファイルにおいて、R の強度が G の強度を上回ると赤滲みとなる。

【 0 1 1 2 】

これに鑑み、本実施形態においては、この R の輝度プロファイルの傾きによって R の滲み量を推定する。そこで、S 3 5 3 a では R の傾き R_{lea} の絶対値に係数 k_1 を乗じて第一の推定滲み量 E_1 とする。

【 0 1 1 3 】

$$E_1 = k_1 |R_{lea}|$$

ここで、 k_1 は正值であり、3 前後が好適である。

【 0 1 1 4 】

ただし、R が飽和している領域 A 1 では輝度傾斜は 0 になってしまい飽和前の輝度傾斜が得られない。そこで、このような領域に対する推定滲み量 E_2 を S 3 5 3 b により算出する。このため S 3 5 3 b では G の傾き G_{lea} によって推定滲み量 E_2 を定める。例えば、次のようにする。

【 0 1 1 5 】

$$E_2 = k_2 |G_{lea}|$$

ここで、 k_2 は正值であり、3 前後が好適である。

【 0 1 1 6 】

領域判定ステップ S 3 5 2 では、まず、R プレーンの強度に対する非線形変換を行い、飽和度 S を生成する。この非線形変換は R が飽和しているかどうかを示すものであり、R の強度が飽和している領域では 1 を、R の強度が小さい領域では 0 となる。 S は 0、1 の 2 値でも良いが、図 2 1 のように、0 ~ 1 にかけて連続的に変化する値としても良い。そしてこの飽和度 S によって S 3 5 3 で算出した E_1 又は E_2 を選択する。すなわち、 S が 0、1 の 2 値であれば新たな推定量 E を、

$$E = E_1 \quad (S = 0 \text{ の場合})$$

$$E = E_2 \quad (S = 1 \text{ の場合})$$

とする。

【 0 1 1 7 】

また、 S が $0 \sim 1$ にかけて連続的に変化する値であれば、新たな推定量 E を、

$$E = (1 - S) E_1 + S E_2$$

とする。

【0118】

過除去抑制ステップ $S354$ では、上記の推定量 E を修正し、 R プレーンにおいて実際に除去する量 E' を決める。ここでは除去による色相 H の変化を一定角度 以内にする。色相 - 彩度面は図 22 に示すようになっており、 R 強度から推定量 E を除去すると、矢印点線のように下方に移動する。これに対し色相の変化を一定角度 以内にするには、先ず除去前の色相

$$H_{ori} = H(R, G, B)$$

10

を求め、その前後一定角 の変化を与える R の除去量 E_r 、 E_l を計算する。

【0119】

$$H(R - E_r, G, B) = H_{ori} -$$

$$H(R - E_l, G, B) = H_{ori} +$$

としては $10 \sim 45$ 度程度にするのが好適である

これらの E_r 、 E_l と領域判定ステップ $S353$ から除去量 E' を、

$$E' = \min(E, \max(E_r, E_l, 0))$$

とし、除去ステップ $S355$ に渡す。

【0120】

図 22 においては $E' = E_r$ となる。

20

【0121】

除去ステップ $S355$ では上記の除去量 E' を R プレーンの強度から差し引き新たな R プレーン強度

$$R = R - E'$$

とする。

【0122】

このように R プレーンを修正したカラー画像を色滲み除去部 350 の出力として視覚補正部 160 に渡す。

【0123】

本実施形態では色滲み除去において、除去対象画素に対し上下左右隣接画素のみを参照している。このため巨大なフレームメモリを必要とせず、2 ライン分のバッファメモリさえあればラスタ走査によって画像全体を処理することができる。このため高速でコンパクトな回路として画像処理装置を実装することが可能となる。

30

【0124】

以上説明したように、本実施形態によれば画像処理によって効果的に色滲みを除去することができる。

【0125】

なお、全く滲みが無くなると、飽和輝度を超えた高輝度被写体の明るさや色が識別不能となってしまう。このため、上記の実施形態では、基準プレーンを設定することで、滲みが大きく発生している色プレーンを基準プレーンと同等にまで減少させることを主眼とし、それ以上に滲みを減少させることは目的としていない。このため色滲み除去処理後の画像であっても、若干の滲みは残し、高輝度被写体の明るさや色を識別することができる。

40

【0126】

また上記の実施形態の画像処理を前提とすることで、カラー撮像装置の結像光学系は少なくとも一つの色バンドについて収差が除去されていれば良く、結像光学系に求められるその他の収差補正や小型化・低コスト化をより高い水準で実現可能となる。

【0127】

(他の実施形態)

また、各実施形態の目的は、次のような方法によっても達成される。すなわち、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体(また

50

は記録媒体)を、システムあるいは装置に供給する。そして、そのシステムあるいは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行する。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、本発明には次のような場合も含まれる。すなわち、プログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

【0128】

10

さらに、次のような場合も本発明に含まれる。すなわち、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

【0129】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には、先に説明した手順に対応するプログラムコードが格納されることになる。

【図面の簡単な説明】

【0130】

20

【図1】横色収差の発生原理を示す図である。

【図2】縦色収差の発生原理を示す図である。

【図3】第1の実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置の構成を示す図である。

【図4】原色カラーフィルタの分光透過率を示す図である。

【図5】原色カラーフィルタにおける色要素の並びを示す図である。

【図6】明暗の境界部における青色の滲みを示す図である。

【図7】第1の実施形態のカラー撮像装置における、画像処理による色滲み除去の動作を示すフローチャートである。

【図8】高輝度な被写体に対するBプレーン及びGプレーンの典型的なプロファイルを示す図である。

30

【図9A】飽和画素から周囲の各画素までの距離を示す図である。

【図9B】周囲の画素から飽和画素までの距離を示す図である。

【図10】色度座標を示す図である。

【図11】第2の実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置の構成を示す図である。

【図12】第2の実施形態のカラー撮像装置における、画像処理による色滲み除去の動作を示すフローチャートである。

【図13】非線形変換の特性を示す図である。

【図14】飽和度プロファイルを示す図である。

40

【図15】コンボリューションカーネルを示す図である。

【図16】コンボリューション結果を示す図である。

【図17】UV面の色度座標を示す図である。

【図18】第3の実施形態の画像処理方法を適用可能なカラー撮像装置の構成を示す図である。

【図19】第3の実施形態のカラー撮像装置における、画像処理による色滲み除去の動作を示すフローチャートである。

【図20】赤滲みの典型的な強度プロファイルを示す図である。

【図21】非線形変換の特性を示す図である。

【図22】過除去抑制の原理を示す図である。

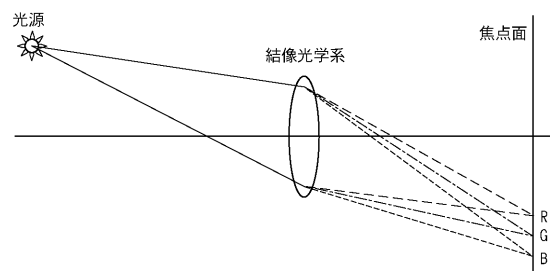
50

【符号の説明】

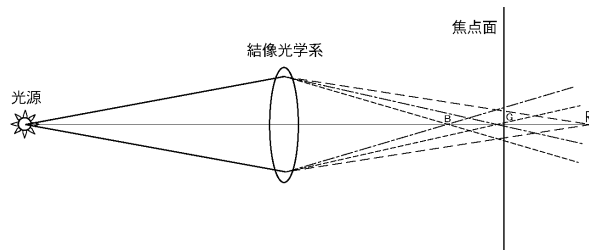
【0131】

- 100 カラー撮像装置
- 110 結像光学系
- 120 イメージセンサ
- 130 A/D変換部
- 140 デモザイク部
- 150 色滲み除去部
- 160 視覚補正部
- 170 圧縮部
- 180 記録部

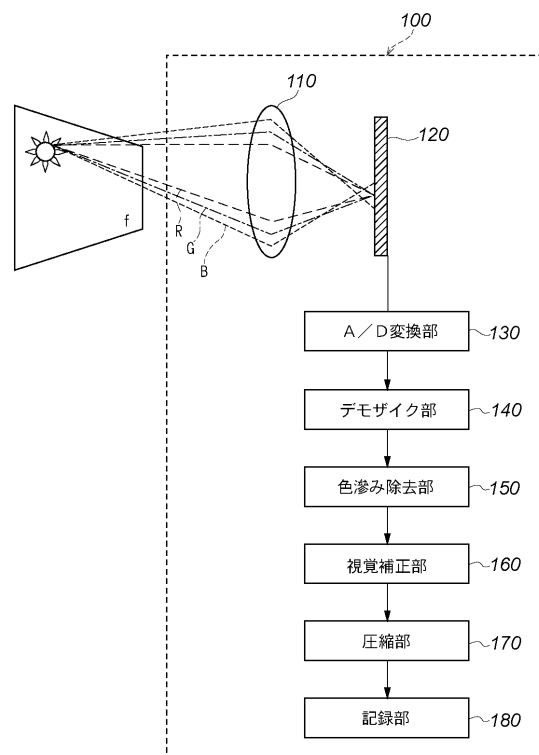
【図1】



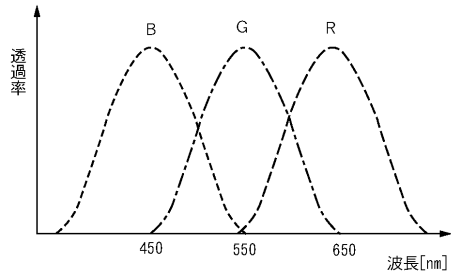
【図2】



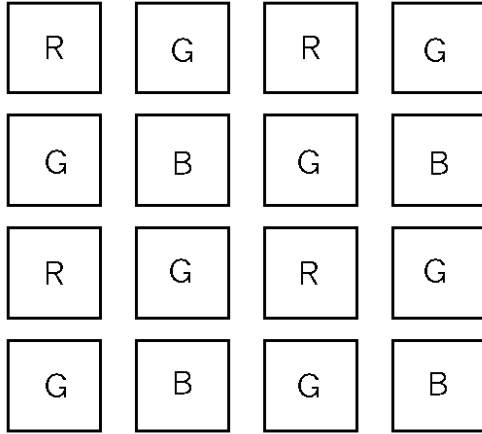
【図3】



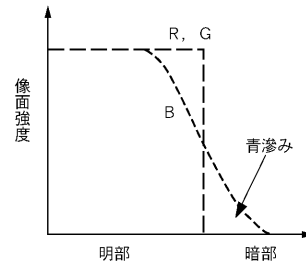
【図 4】



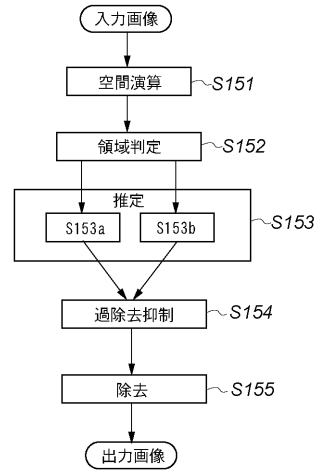
【図 5】



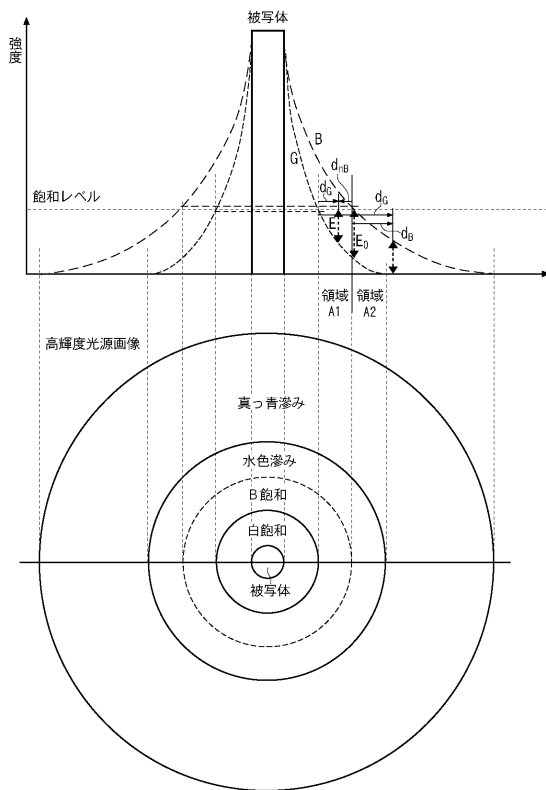
【図 6】



【図 7】



【図 8】



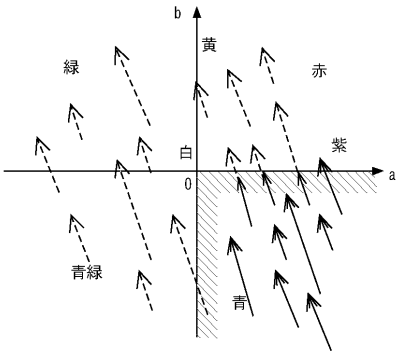
【図 9 A】

0	0	0	1	2	3
0	0	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{10}$
0	0	1	2	$\sqrt{8}$	$\sqrt{13}$
0	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{10}$	$\sqrt{17}$
1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{8}$	$\sqrt{13}$	$\sqrt{20}$
2	$\sqrt{5}$	$\sqrt{8}$	$\sqrt{13}$	$\sqrt{18}$	5

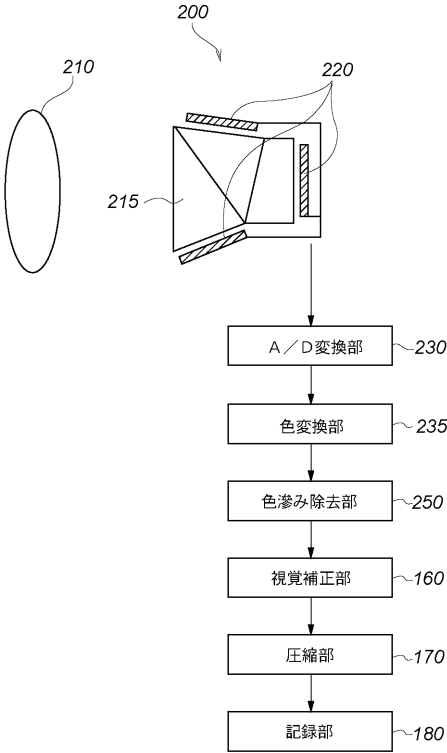
【図 9 B】

$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0
$\sqrt{2}$	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

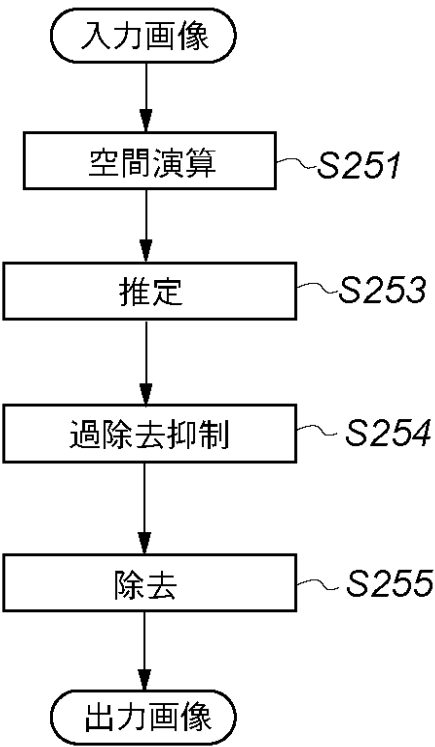
【図 1 0】



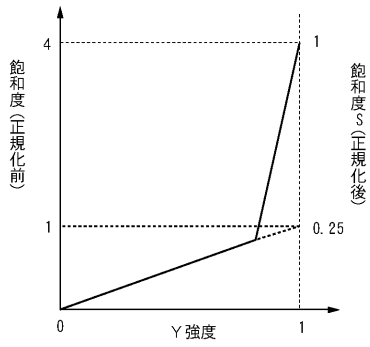
【図 1 1】



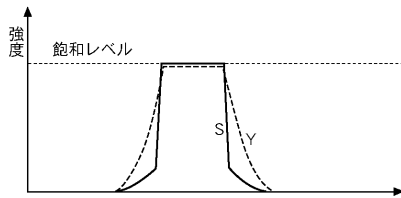
【図 1 2】



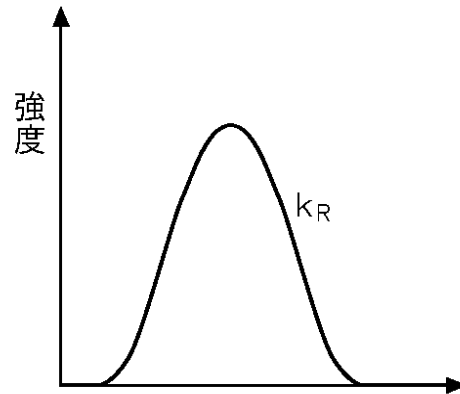
【図 13】



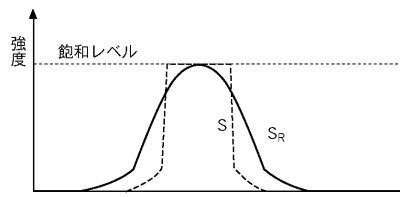
【図 14】



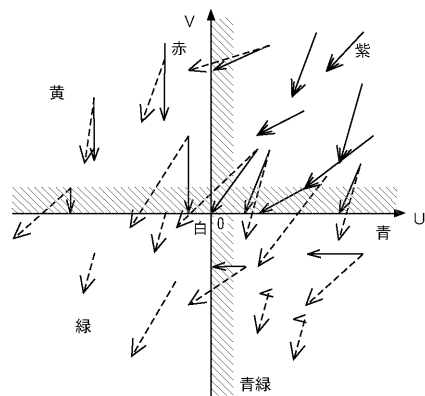
【図 15】



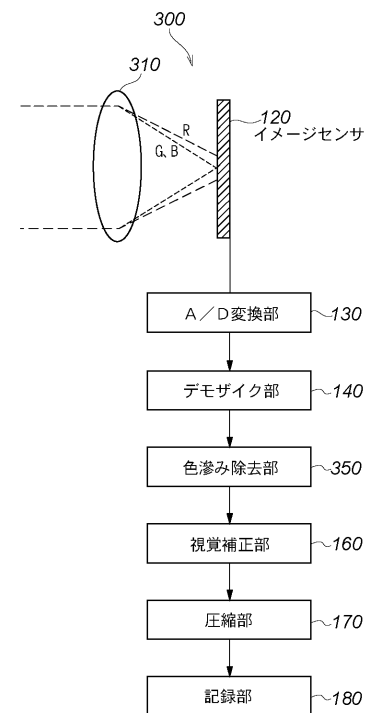
【図 16】



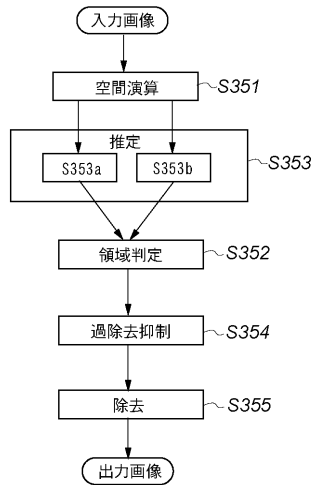
【図 17】



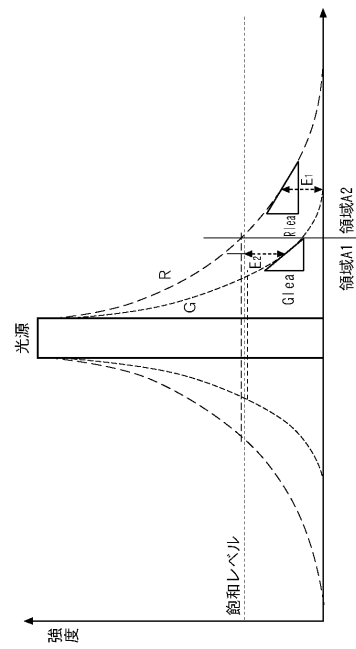
【図 18】



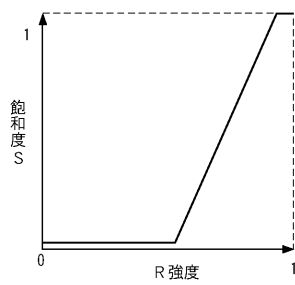
【図 19】



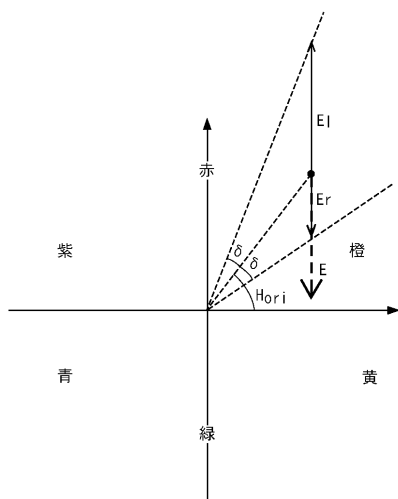
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(72)発明者 沢田 保宏
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 内田 勝久

(56)参考文献 特開2006-135745(JP,A)
特開2005-136852(JP,A)
特開2005-123684(JP,A)
特開2001-177731(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 9/04 ~ 9/11