

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5200645号
(P5200645)

(45) 発行日 平成25年6月5日(2013.6.5)

(24) 登録日 平成25年2月22日(2013.2.22)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4N	9/04	(2006.01)	HO4N	9/04	B
HO4N	1/48	(2006.01)	HO4N	1/46	A
HO4N	9/07	(2006.01)	HO4N	9/07	C
HO4N	1/60	(2006.01)	HO4N	1/40	D
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	510

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-113828 (P2008-113828)
 (22) 出願日 平成20年4月24日(2008.4.24)
 (65) 公開番号 特開2009-267690 (P2009-267690A)
 (43) 公開日 平成21年11月12日(2009.11.12)
 審査請求日 平成23年1月31日(2011.1.31)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100072718
 弁理士 古谷 史旺
 (74) 代理人 100116001
 弁理士 森 俊秀
 (72) 発明者 宇津木 暁彦
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内
 審査官 内田 勝久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像画像を取得する画像読込部と、
 前記撮像画像のうちで所定値以上の輝度を示す高輝度箇所を検出する高輝度箇所検出部と、

前記高輝度箇所を基準として前記撮像画像に第1領域を設定し、前記高輝度箇所に近い領域での彩度を示す第1彩度を前記第1領域の色情報を用いて抽出するとともに、前記撮像画像のうちで前記第1領域よりも前記高輝度箇所から離れた位置に第2領域を設定し、前記第1領域よりも前記高輝度箇所から離れた領域での彩度を示す第2彩度を前記第2領域の色情報を用いて抽出する彩度抽出部と、

前記第2彩度に対する前記第1彩度の値に基づいて、前記撮像画像に現れる色にじみの強さを推定する色にじみ推定部と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の画像処理装置において、
 前記彩度抽出部は、前記高輝度箇所からの距離がそれぞれ相違するように前記第1領域および前記第2領域の組み合わせを複数設定し、

前記色にじみ推定部は、前記第1領域および前記第2領域の組み合わせごとに前記色にじみの強さをそれぞれ求め、前記色にじみの強さを前記色にじみの幅ごとに推定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置において、
前記高輝度箇所を中心とする複数の方向で、前記高輝度箇所から周囲への輝度の勾配をそれぞれ求める輝度勾配算出部と、

前記複数の方向のうちで、前記高輝度箇所に対して前記輝度が小さくなるとともに、前記輝度の勾配が最大となる方向を指定方向とする方向指定部と、をさらに備え、

前記彩度抽出部は、前記高輝度箇所の位置および前記指定方向に基づいて、前記第 1 領域の位置および前記第 2 領域の位置をそれぞれ設定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の画像処理装置において、

前記彩度抽出部は、前記指定方向における前記輝度の勾配が所定の閾値よりも大きくなるときに、前記第 1 彩度および前記第 2 彩度の抽出処理を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置において、

前記彩度抽出部は、前記撮像画像に含まれる複数の前記高輝度箇所から抽出した前記第 1 彩度の値および前記第 2 彩度の値をそれぞれ積算し、

前記色にじみ推定部は、前記第 1 彩度の積算値および前記第 2 彩度の積算値を用いて、前記色にじみの強さを推定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の画像処理装置において、

前記撮像画像には、複数の分割領域が設定されるとともに、

前記彩度抽出部は、前記分割領域ごとに前記第 1 彩度の値および前記第 2 彩度の値をそれぞれ積算し、

前記色にじみ推定部は、前記第 1 彩度の積算値および前記第 2 彩度の積算値を用いて、前記分割領域ごとに前記色にじみの強さをそれぞれ推定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置において、

前記色にじみ推定部によって推定された色にじみの強さに基づいて、前記撮像画像における前記高輝度箇所の近傍に対して彩度低減処理および色差平滑化処理の少なくとも一方を施す色にじみ補正部をさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、

被写体を撮像して撮像画像を生成する撮像部と、

を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 9】

撮像画像を取得する画像読込ステップと、

前記撮像画像のうちで所定値以上の輝度を示す高輝度箇所を検出する高輝度箇所検出ステップと、

前記高輝度箇所を基準として前記撮像画像に第 1 領域を設定し、前記高輝度箇所に近い領域での彩度を示す第 1 彩度を前記第 1 領域の色情報を用いて抽出するとともに、前記撮像画像のうちで前記第 1 領域よりも前記高輝度箇所から離れた位置に第 2 領域を設定し、前記第 1 領域よりも前記高輝度箇所から離れた領域での彩度を示す第 2 彩度を前記第 2 領域の色情報を用いて抽出する彩度抽出ステップと、

前記第 2 彩度に対する前記第 1 彩度の値に基づいて、前記撮像画像に現れる色にじみの強さを推定する色にじみ推定ステップと、

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の画像処理方法の各ステップをコンピュータに実行させることを特徴と

10

20

30

40

50

するプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像画像の色にじみを補正するための画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、電子カメラで撮像された画像において、レンズの色収差に起因する色にじみを画像処理によって除去する方法が種々提案されている。一例として、特許文献1には、白トビした画素の近傍にある紫色の画素を偽色画素とみなして、パープルフリッジ（短波長光の色収差に起因する色にじみ）を除去する技術が開示されている。

【特許文献1】特開2006-14261号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、特許文献1の技術では、高輝度画素の近傍にある紫色の画素が一律に補正されてしまう。したがって、例えば、高輝度箇所近傍に紫色の被写体が存在する場合には被写体の色まで消されてしまい、必ずしも適切な色にじみの補正が行われない点で改善の余地があった。また、特許文献1の技術では、パープルフリッジ以外の色にじみには対応できない点でも改善の余地があった。

【0004】

そこで、本発明の目的は、被写体の本来の色構造を維持しつつ、より適切な色にじみの補正を行うための手段を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一の態様に係る画像処理装置は、撮像画像を取得する画像読込部と、高輝度箇所検出部と、彩度抽出部と、色にじみ推定部とを備える。高輝度箇所検出部は、撮像画像のうちで所定値以上の輝度を示す高輝度箇所を検出する。彩度抽出部は、高輝度箇所を基準として撮像画像に第1領域を設定し、高輝度箇所に近い領域での彩度を示す第1彩度を第1領域の色情報を用いて抽出する。また、彩度抽出部は、撮像画像のうちで第1領域よりも高輝度箇所から離れた位置に第2領域を設定し、第1領域よりも高輝度箇所から離れた領域での彩度を示す第2彩度を第2領域の色情報を用いて抽出する。色にじみ推定部は、第2彩度に対する第1彩度の値に基づいて、撮像画像に現れる色にじみの強さを推定する。

【0006】

上記の一の態様において、彩度抽出部は、高輝度箇所からの距離がそれぞれ相違するように第1領域および第2領域の組み合わせを複数設定してもよい。また、色にじみ推定部は、第1領域および第2領域の組み合わせごとに色にじみの強さをそれぞれ求め、色にじみの強さを色にじみの幅ごとに推定してもよい。

【0007】

上記の一の態様の画像処理装置は、輝度勾配算出部と、方向指定部とをさらに備えていてもよい。輝度勾配算出部は、高輝度箇所を中心とする複数の方向で、高輝度箇所から周囲への輝度の勾配をそれぞれ求める。また、方向指定部は、複数の方向のうちで、高輝度箇所に対して輝度が小さくなるとともに、輝度の勾配が最大となる方向を指定方向とする。そして、彩度抽出部は、高輝度箇所の位置および指定方向に基づいて、第1領域の位置および第2領域の位置をそれぞれ設定してもよい。

【0008】

このとき、彩度抽出部は、指定方向における輝度の勾配が所定の閾値よりも大きくなる

10

20

30

40

50

ときに、第 1 彩度および第 2 彩度の抽出処理を行うようにしてもよい。

【 0 0 0 9 】

上記の一の態様において、彩度抽出部は、撮像画像に含まれる複数の高輝度箇所から抽出した第 1 彩度の値および第 2 彩度の値をそれぞれ積算してもよい。また、色にじみ推定部は、第 1 彩度の積算値および第 2 彩度の積算値を用いて、色にじみの強さを推定してもよい。

【 0 0 1 0 】

このとき、撮像画像には、複数の分割領域が設定されていてもよい。また、彩度抽出部は、分割領域ごとに第 1 彩度の値および第 2 彩度の値をそれぞれ積算してもよい。そして、色にじみ推定部は、第 1 彩度の積算値および第 2 彩度の積算値を用いて、分割領域ごとに色にじみの強さをそれぞれ推定してもよい。

10

【 0 0 1 1 】

上記の一の態様の画像処理装置は、色にじみ補正部をさらに備えていてもよい。色にじみ補正部は、色にじみ推定部によって推定された色にじみの強さに基づいて、撮像画像における高輝度箇所の近傍に対して彩度低減処理および色差平滑化処理の少なくとも一方を施す。

【 0 0 1 2 】

ここで、一の態様の画像処理装置を備える撮像装置や、あるいは一の態様の画像処理装置の構成を画像処理方法、プログラムおよびプログラム記憶媒体に変換して表現したのも本発明の具体的態様として有効である。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明の画像処理装置は、被写体の本来の色構造を維持しつつより適切な色にじみの補正を行うことが可能となる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 4 】

< 一の実施形態の説明 >

図 1 は、一の実施形態の画像処理装置としての電子カメラの概略構成を示すブロック図である。電子カメラは、撮像素子 1 1 と、制御部 1 2 と、ROM 1 3 と、バッファメモリ 1 4 と、画像記憶部 1 5 と、操作部材 1 6 とを有している。ここで、撮像素子 1 1、ROM 1 3、バッファメモリ 1 4、画像記憶部 1 5 および操作部材 1 6 は、それぞれ制御部 1 2 に接続されている。

30

【 0 0 1 5 】

撮像素子 1 1 は、撮像光学系（不図示）によって結像される被写体像を撮像して撮像画像の画像信号を生成する。この撮像素子 1 1 の受光面には、複数の受光素子がマトリックス状に配列されている。また、撮像素子 1 1 の各受光素子には、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）のカラーフィルタが公知のベイア配列にしたがって配置されている。そのため、撮像素子 1 1 の各受光素子は、カラーフィルタでの色分解によってそれぞれの色に対応する画像信号を出力する。なお、撮像素子 1 1 から出力された画像信号は、A/D 変換回路（不図示）を介して制御部 1 2 に入力される。

40

【 0 0 1 6 】

制御部 1 2 は、電子カメラの動作を統括的に制御するプロセッサであって、画像処理部 1 7 を有している。この画像処理部 1 7 は、撮像画像のデータに対して各種の画像処理（色補間処理、階調変換処理、輪郭強調処理、ホワイトバランス調整、RGB 色空間から YCbCr 色空間への変換処理など）を施す。

【 0 0 1 7 】

また、制御部 1 2 は、色にじみ補正処理のプログラムの実行により、高輝度箇所検出部 2 1、輝度勾配算出部 2 2、方向指定部 2 3、彩度抽出部 2 4、色にじみ推定部 2 5 および色にじみ補正部 2 6 としても機能する。なお、上述した各部の説明についてはいずれも後述する。

50

【 0 0 1 8 】

ROM 13には、制御部 12によって実行される各種のプログラムが記憶されている。また、バッファメモリ 14は、揮発性の記憶媒体（SDRAMなど）で構成されており、制御部 12による画像処理の前工程や後工程で画像のデータを一時的に記憶する役目を果たす。さらに、バッファメモリ 14には、色にじみ補正処理で必要となる各種パラメータのデータも記憶する。

【 0 0 1 9 】

画像記憶部 15は、不揮発性の記憶媒体 18を接続するためのコネクタを有している。そして、画像記憶部 15は、コネクタに接続された記憶媒体 18に対して撮像画像のデータの書き込み／読み込みを実行する。上記の記憶媒体 18は、ハードディスクや、半導体メモリを内蔵したメモリカードなどで構成される。なお、図 1では記憶媒体 18の一例としてメモリカードを図示する。

10

【 0 0 2 0 】

操作部材 16は、電子カメラに対する各種の入力をユーザーから受け付ける。なお、操作部材 16は、例えば、リリース釦、十字状のカーソルキー、決定釦などで構成される。

【 0 0 2 1 】

次に、図 2の流れ図を参照しつつ、一の実施形態の電子カメラにおける色にじみ補正処理での動作例を説明する。この一の実施形態での色にじみ補正処理は、例えば、リリース釦の全押し操作に応じて、記録用の画像のデータを制御部 12が生成するときや、記憶媒体 18に記憶されている画像のデータを制御部 12が後処理でレタッチするときに行われる。

20

【 0 0 2 2 】

ステップ S1：制御部 12は、処理対象となる YCbCr 形式の画像のデータを取得する。

【 0 0 2 3 】

ここで、記録用の画像を生成するとき色にじみ補正処理が同時に行われる場合、制御部 12は、リリース釦の全押し操作に応じて、撮像素子 11を駆動させて被写体像を撮像する。そして、撮像素子 11から出力された画像のデータは、画像処理部 17によって一連の画像処理が施される。これにより、制御部 12が YCbCr 形式の画像のデータを取得する。

30

【 0 0 2 4 】

また、記憶媒体 18に記憶されている画像のデータに対して色にじみ補正処理が行われる場合、制御部 12は、画像記憶部 15を介して記憶媒体 18から画像のデータを取得する。なお、記憶媒体 18から読み出されるデータが RAW データの場合には、画像処理部 17が所定の画像処理を施すことで、YCbCr 形式の画像のデータを生成すればよい。

【 0 0 2 5 】

ステップ S2：制御部 12は、色にじみ補正処理に関する 9つのパラメータ（ n 、 $sumCb1 \sim sumCb4$ 、 $sumCr1 \sim sumCr4$ ）を初期化し、各パラメータの値をそれぞれ 0 値にする。

【 0 0 2 6 】

ここで、「 n 」には、高輝度箇所の周囲から彩度の情報を抽出した抽出箇所数が記憶される。一方、 $sumCb1 \sim sumCb4$ 、 $sumCr1 \sim sumCr4$ の 8つのパラメータは、画像の高輝度箇所の周囲から抽出された彩度の積算値を記憶するためのパラメータである。

40

【 0 0 2 7 】

具体的には、「 $sumCb1$ 」には、高輝度箇所からの距離が 1～2画素の領域における色差 Cb の絶対値の積算値が記憶される。「 $sumCb2$ 」には、高輝度箇所からの距離が 3～4画素の領域における色差 Cb の絶対値の積算値が記憶される。「 $sumCb3$ 」には、高輝度箇所からの距離が 5～8画素の領域における色差 Cb の絶対値の積算値が記憶される。「 $sumCb4$ 」には、高輝度箇所からの距離が 9～16画素の領域にお

50

る色差 C_b の絶対値の積算値が記憶される。

【0028】

同様に、「sumCr1」には、高輝度箇所からの距離が1~2画素の領域における色差 C_r の絶対値の積算値が記憶される。「sumCr2」には、高輝度箇所からの距離が3~4画素の領域における色差 C_r の絶対値の積算値が記憶される。「sumCr3」には、高輝度箇所からの距離が5~8画素の領域における色差 C_r の絶対値の積算値が記憶される。「sumCr4」には、高輝度箇所からの距離が9~16画素の領域における色差 C_r の絶対値の積算値が記憶される。

【0029】

ステップS3：制御部12は、処理対象の画像(S1)において最初の調査箇所となる画素の位置を指定する。具体的には、S3での制御部12は、処理対象の画像のうちの左上隅の画素を最初の調査箇所に指定する。なお、一の実施形態での制御部12は、左上隅の画素を起点として、1行ずつ左から右に全ての画素を調査箇所に順次指定するものとする。

10

【0030】

ステップS4：制御部12の高輝度箇所検出部21は、現在の調査箇所が高輝度箇所であるか否かを判定する。具体的には、高輝度箇所検出部21は、現在の調査箇所の輝度(Y)が所定の輝度閾値以上であるときに、現在の調査箇所が高輝度箇所であると判定する。上記要件を満たす場合(YES側)にはS5に移行する。一方、上記要件を満たさない場合(NO側)にはS8に移行する。

20

【0031】

ここで、画像の色にじみは、高輝度箇所の近傍において特に顕著に現れる。一の実施形態では、後述のように高輝度箇所の周囲の彩度を解析することで、効率よく色にじみの強さを推定できる。

【0032】

また、S4での輝度閾値は、画像のデータの階調範囲で約80%以上の値となるように設定される。一例として、処理対象の画像の階調が8ビット(0~255)の場合、輝度閾値は200以上の値に設定される。上記の場合において、好ましくは輝度閾値は220以上の値に設定され、より好ましくは輝度閾値は240程度の値に設定される。

【0033】

ステップS5：制御部12の輝度勾配算出部22は、現在の調査箇所から周囲への輝度の勾配(輝度の変化率)を複数の方向で求める。そして、制御部12の方向指定部23は、調査箇所に対して輝度が小さくなるとともに、輝度の勾配が最大となる方向を指定方向とする。

30

【0034】

一例として、輝度勾配算出部22は、輝度画像Y(処理対象のYチャンネルの画像)に対して、各々の検出方向が異なる8種類の勾配算出フィルタによってフィルタ演算を行う。これにより、輝度勾配算出部22は、調査箇所を中心とする8方向(上下左右、右上、左上、右下、左下)の輝度勾配をそれぞれ取得する。なお、図3(a)から図3(h)に、各方向に対応する勾配算出フィルタの例をそれぞれ示す。

40

【0035】

その後、方向指定部23は、輝度勾配算出部22が求めた8つの輝度勾配のうちで、調査箇所に対して輝度が小さくなる(符号が負となる)とともに、輝度勾配の絶対値が最大となるものを選択する。そして、方向指定部23は、選択された輝度勾配に対応する方向を指定方向とする。なお、上記処理で選択されたS5の指定方向は、高輝度被写体の中央から外縁に向かう方向と一致することとなる(図4参照)。

【0036】

ステップS6：制御部12の彩度抽出部24は、指定方向(S5)に対応する輝度勾配の絶対値が閾値以上か否かを判定する。一例として、処理対象の画像の階調が8ビット(0~255)の場合、S6での閾値は20程度の値に設定される。

50

【 0 0 3 7 】

上記要件を満たす場合（Y E S側）にはS 7に移行する。なお、S 6のY E S側の場合には、指定方向の隣接画素と調査箇所との間に一定以上の輝度差があり、現在の調査箇所が高輝度被写体の外縁に位置しているものと考えられる。

【 0 0 3 8 】

一方、上記要件を満たさない場合（N O側）にはS 8に移行する。S 6のN O側の場合には、指定方向の隣接画素と調査箇所との間に輝度差が少なく、現在の調査箇所が高輝度被写体の内側に位置しているものと考えられる。このとき、現在の調査箇所を起点として周囲の画素の彩度を抽出すると、色にじみの推定の精度が大きく低下してしまう。そのため、S 6のN O側の場合には、彩度抽出部2 4は、現在の調査箇所の周囲の画素から彩度を抽出せずに次の処理に移行する。

10

【 0 0 3 9 】

ステップS 7：制御部1 2の彩度抽出部2 4は、高輝度箇所の周囲の色にじみを解析するために、調査箇所から指定方向に延長する直線上の画素から彩度を抽出する。具体的には、S 7での彩度抽出部2 4は以下の処理を実行する。

【 0 0 4 0 】

第1に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から1～2画素離れた2つの画素から色差C bの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C b 1に加算する。同様に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から1～2画素離れた2つの画素から色差C rの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C r 1に加算する。

20

【 0 0 4 1 】

第2に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から3～4画素離れた2つの画素から色差C bの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C b 2に加算する。同様に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から3～4画素離れた2つの画素から色差C rの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C r 2に加算する。

【 0 0 4 2 】

第3に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から5～8画素離れた4つの画素から色差C bの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C b 3に加算する。同様に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から5～8画素離れた4つの画素から色差C rの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C r 3に加算する。

30

【 0 0 4 3 】

第4に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から9～16画素離れた8つの画素から色差C bの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C b 4に加算する。同様に、彩度抽出部2 4は、上記の画素のうち、調査箇所から9～16画素離れた8つの画素から色差C rの絶対値をそれぞれ抽出し、その平均値をs u m C r 4に加算する。

【 0 0 4 4 】

そして、彩度抽出部2 4は、彩度の情報を抽出した抽出箇所の数を示すnの値をインクリメントする。

【 0 0 4 5 】

なお、調査箇所から指定方向に延長する直線は、高輝度被写体の中央から外縁に向かう方向と一致する。そのため、指定方向における色にじみの幅は、指定方向以外の方向と比べて小さくなり、実際よりも色にじみの幅が大きく判断されるおそれが抑制される（図4参照）。

40

【 0 0 4 6 】

ステップS 8：制御部1 2は、現在の調査箇所の位置が最後の調査箇所の位置（画像の右下隅の画素）であるか否かを判定する。上記要件を満たす場合（Y E S側）にはS 1 0に移行する。一方、上記要件を満たさない場合（N O側）にはS 9に移行する。

【 0 0 4 7 】

ステップS 9：制御部1 2は、調査箇所の位置を次の画素へシフトさせる。例えば、制御部1 2は、調査箇所の位置を1つ右の画素に変更する。なお、現在の調査箇所が画像右

50

端の画素である場合、制御部 12 は、1つ下の行の左端の画素を次の調査箇所とする。その後、制御部 12 は、S 4 に戻って上記動作を繰り返す。

【0048】

ステップ S 10 : 制御部 12 の色にじみ推定部 25 は、高輝度箇所の周囲における色にじみの強さを、色にじみの幅ごとに推定する。具体的には、S 10 での色にじみ推定部 25 は、以下の処理を実行する。

【0049】

第 1 に、色にじみ推定部 25 は、Cb 成分について幅 2 画素分の色にじみの強さを示す「strCb1」を下式(1)で求める。また、色にじみ推定部 25 は、Cr 成分について幅 2 画素分の色にじみの強さを示す「strCr1」を下式(2)で求める。

10

【0050】

$$\text{strCb1} = \max(\{\text{sumCb1} - \text{sumCb2}\} / n, 0) \quad \dots(1)$$

$$\text{strCr1} = \max(\{\text{sumCr1} - \text{sumCr2}\} / n, 0) \quad \dots(2)$$

第 2 に、色にじみ推定部 25 は、Cb 成分について幅 4 画素分の色にじみの強さを示す「strCb2」を下式(3)で求める。また、色にじみ推定部 25 は、Cr 成分について幅 4 画素分の色にじみの強さを示す「strCr2」を下式(4)で求める。

【0051】

$$\text{strCb2} = \max(\{\text{sumCb2} - \text{sumCb3}\} / n, 0) \quad \dots(3)$$

$$\text{strCr2} = \max(\{\text{sumCr2} - \text{sumCr3}\} / n, 0) \quad \dots(4)$$

第 3 に、色にじみ推定部 25 は、Cb 成分について幅 8 画素分の色にじみの強さを示す「strCb3」を下式(5)で求める。また、色にじみ推定部 25 は、Cr 成分について幅 8 画素分の色にじみの強さを示す「strCr3」を下式(6)で求める。

20

【0052】

$$\text{strCb3} = \max(\{\text{sumCb3} - \text{sumCb4}\} / n, 0) \quad \dots(5)$$

$$\text{strCr3} = \max(\{\text{sumCr3} - \text{sumCr4}\} / n, 0) \quad \dots(6)$$

なお、本明細書において、「 $\max(A, 0)$ 」は、A または 0 のうちの最大値を返す関数を示すものとする。したがって、 $\max(A, 0)$ の値は、A が正のときは A となり、A が負または 0 値のときは 0 値となる。

【0053】

ここで、処理対象の画像に幅 2 画素分の色にじみが生じている場合を前提として、S 10 での処理を説明する。上述のケースでは、高輝度箇所からの距離が 1 ~ 2 画素の領域において画像の彩度が大きくなる。その結果、高輝度箇所からの距離が 1 ~ 2 画素の領域での彩度を示す sumCb1 、 sumCr1 の値がそれぞれ大きくなる。一方、高輝度箇所からの距離が 3 ~ 4 画素の領域での彩度を示す sumCb2 、 sumCr2 の値は、 sumCb1 、 sumCr1 の値と比べて相対的に小さくなる。よって、 sumCb1 と sumCb2 との差(同様に sumCr1 と sumCr2 との差)を求めると、幅 2 画素分の色にじみの強さを推定できる。

30

【0054】

また、上述のケースにおいて、高輝度箇所からの距離が 3 画素以上離れた領域では、色にじみによって画像の彩度が変化することはない。そのため、 $\text{sumCb2} \sim \text{sumCb4}$ の 3 つ(同様に $\text{sumCr2} \sim \text{sumCr4}$ の 3 つ)はいずれも値が近くなり、式(3)から式(6)の演算結果は非常に小さな値となる。このことから、一の実施形態では、色にじみの幅ごとに色にじみの強さを精度よく推定できることが分かる。なお、画像の色にじみの幅が異なる場合でも、上述のケースと同様の考え方によって、色にじみの幅ごとに色にじみの強さを推定できることはいうまでもない。

40

【0055】

さらに、上述のケースにおいて、高輝度箇所の近傍に彩度の高い被写体が存在する場合を考える。この場合には sumCb1 (または sumCr1) が大きな値となるが、同様に sumCb2 (または sumCr2) も大きな値となる。そのため、幅 2 画素分の色にじみの強さを示す strCb1 (または strCr1) の値はほぼ 0 値となる。これによ

50

り、後述する色にじみ補正部 26 での処理のときに、高輝度箇所近傍に位置する被写体の色が消されてしまうことを抑制できることが分かる。

【0056】

ステップ S11：制御部 12 の色にじみ補正部 26 は、色にじみ補正マップを生成する。具体的には、S11 での色にじみ補正部 26 は、以下の(イ)から(へ)の処理を実行する。

【0057】

(イ)色にじみ補正部 26 は、輝度画像 Y における各々の高輝度箇所の輝度値を N 倍して、輝度画像 Y0 を生成する。上記の N の値は、例えば「4」程度に設定される。

【0058】

ここで、輝度画像 Y0 において、高輝度箇所の輝度値を N 倍するのは以下の理由による。一般的に、撮像画像の高輝度箇所は白トビの状態にある場合が多く、高輝度箇所の輝度値は実際の被写体の明るさと比べて小さい値となっていることが多い。上記のような高輝度箇所の本来の明るさは、輝度値で表された明るさの数倍以上となる。そして、撮像画像の色にじみは光を放っている被写体の周囲で特に強くなる。

【0059】

そのため、一の実施形態では、高輝度箇所の輝度値を N 倍にすることで、輝度画像 Y0 を被写体の本来の明るさに近づけている。これにより、高輝度箇所の周囲における画像の状態も本来の状態により近づけることができる。

【0060】

(ロ)色にじみ補正部 26 は、輝度画像 Y0 を半径 3 画素のガウシアン型フィルタで平滑化して、輝度画像 Y1 を生成する。

【0061】

(ハ)色にじみ補正部 26 は、輝度画像 Y0 を半径 6 画素のガウシアン型フィルタで平滑化して、輝度画像 Y2 を生成する。

【0062】

(ニ)色にじみ補正部 26 は、輝度画像 Y0 を半径 9 画素のガウシアン型フィルタで平滑化して、輝度画像 Y3 を生成する。

【0063】

(ホ)色にじみ補正部 26 は、撮像画像の注目画素 (x, y) について、下式(7)の演算を行って、Cb 成分の色にじみ補正マップにおける注目画素 (x, y) での階調値「mapCb(x, y)」を求める。なお、色にじみ補正部 26 は、処理対象の画像の全画素でそれぞれ mapCb(x, y) の値を求めて、Cb 成分の色にじみ補正マップを生成する。

【0064】

【数 1】

$$\text{mapCb}(x, y) = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{strCb1} \times |Y0(x, y) - Y1(x, y)| \\ + \text{strCb2} \times |Y0(x, y) - Y2(x, y)| \\ + \text{strCb3} \times |Y0(x, y) - Y3(x, y)| \end{array} \right\}}{N \times 256} \quad \dots(7)$$

(ヘ)色にじみ補正部 26 は、撮像画像の注目画素 (x, y) について、下式(8)の演算を行って、Cr 成分の色にじみ補正マップにおける注目画素 (x, y) での階調値「mapCr(x, y)」を求める。なお、色にじみ補正部 26 は、処理対象の画像の全画素でそれぞれ mapCr(x, y) の値を求めて、Cr 成分の色にじみ補正マップを生成する。

【0065】

10

20

30

40

【数2】

$$\text{mapCr}(x, y) = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{strCr1} \times |Y0(x, y) - Y1(x, y)| \\ + \text{strCr2} \times |Y0(x, y) - Y2(x, y)| \\ + \text{strCr3} \times |Y0(x, y) - Y3(x, y)| \end{array} \right\}}{N \times 256} \quad \dots(8)$$

なお、上記の式(7)、式(8)は、処理対象の画像の階調が8ビットの場合の例である。例えば、処理対象の画像の階調が16ビットの場合には、上記の式(7)、式(8)の分母は(N × 65536)となる。

10

【0066】

上記のように、S11での色にじみ補正部26は、色にじみの幅に対応するフィルタサイズの平滑化フィルタによって輝度画像Y0を平滑化し、輝度画像Y1～Y3をそれぞれ生成している。なお、色にじみ除去効果を十分確保するために、上記の平滑化フィルタのサイズは、色にじみの幅よりもそれぞれ若干大きく設定されている。

【0067】

また、色にじみ補正部26は、元の輝度画像Y0と、各輝度画像Y1～Y3とのそれぞれの差を用いて色にじみ補正マップを生成している。

【0068】

ここで、撮像画像の色にじみは、高輝度箇所の色成分がボケて周囲ににじみだすことで生じる。例えば、RGBのボケ具合の相違によってR成分の色にじみが生じると、色差Crの階調値の状態は図5(a)に示すようになる。

20

【0069】

一方、元の輝度画像Y0と輝度画像Y1との差分の絶対値は、ボケによる画像の変化に相当し、その波形は図5(a)のものに近似する(図5(b)参照)。そして、輝度画像Y0と輝度画像Y1との差分の絶対値に、色にじみの推定値(例えば、strCr1)を乗算すれば、色にじみの状態を十分に再現しうることが分かる。そのため、一の実施形態のS11では、輝度成分を平滑化してその差を求めることで色成分のボケを再現している。

【0070】

ステップS12: 色にじみ補正部26は、色にじみ補正マップ(S11)に基づいて、色差画像Cb, Cr(処理対象のCb, Crチャンネルの画像)の彩度をそれぞれ低減する。具体的には、色にじみ補正部26は、色にじみ補正マップの値の分だけ、色差画像Cb, Crから色差の絶対値を低減させる。これにより、色にじみ補正部26は色差画像Cb2, Cb2を生成する。

30

【0071】

例えば、色にじみ補正部26は、下式(9)または下式(10)のいずれかの演算によって、色差画像Cb2の注目画素(x, y)での階調値「Cb2(x, y)」を求める。

【0072】

【数3】

Cb(x, y) < 0のとき

$$\text{Cb2}(x, y) = \min(\text{Cb}(x, y) + \text{mapCb}(x, y), 0) \quad \dots(9)$$

Cb(x, y) ≥ 0のとき

$$\text{Cb2}(x, y) = \max(\text{Cb}(x, y) - \text{mapCb}(x, y), 0) \quad \dots(10)$$

また、色にじみ補正部26は、下式(11)または下式(12)のいずれかの演算によって、色差画像Cr2の注目画素(x, y)での階調値「Cr2(x, y)」を求める。

【0073】

40

【数4】

$C_r(x, y) < 0$ のとき

$$Cr2(x,y) = \min(Cr(x,y) + \text{map}Cr(x,y), 0) \quad \dots(11)$$

$C_r(x, y) \geq 0$ のとき

$$Cr2(x,y) = \max(Cr(x,y) - \text{map}Cr(x,y), 0) \quad \dots(12)$$

ここで、S12での色にじみ補正部26は、処理対象の画像の全画素でそれぞれ $C_b2(x, y)$ 、 $C_r2(x, y)$ の値を求めるものとする。なお、本明細書において、「 $\min(A, 0)$ 」は、 A または0のうちの最小値を返す関数を示すものとする。

10

【0074】

ステップS13：色にじみ補正部26は、色差画像 C_b2 、 C_r2 をそれぞれ半径12画素程度のガウシアン型フィルタで平滑化する。この平滑化後の各画像を色差画像 C_b3 、 C_r3 と称する。その後、色にじみ補正部26は、色差画像 C_b3 、 C_r3 を用いて、色差画像 C_b4 、 C_r4 を生成する。

【0075】

具体的には、色にじみ補正部26は、下式(13)または下式(14)のいずれかの演算によって、色差画像 C_b4 の注目画素 (x, y) での階調値「 $C_b4(x, y)$ 」を求める。

【0076】

20

【数5】

$C_b2(x, y) < C_b3(x, y)$ のとき

$$Cb4(x,y) = \min(Cb2(x,y) + \text{map}Cb(x,y), Cb3(x,y)) \quad \dots(13)$$

$C_b2(x, y) \geq C_b3(x, y)$ のとき

$$Cb4(x,y) = \max(Cb2(x,y) - \text{map}Cb(x,y), Cb3(x,y)) \quad \dots(14)$$

また、色にじみ補正部26は、下式(15)または下式(16)のいずれかの演算によって、色差画像 C_r4 の注目画素 (x, y) での階調値「 $C_r4(x, y)$ 」を求める。

【0077】

30

【数6】

$C_r2(x, y) < C_r3(x, y)$ のとき

$$Cr4(x,y) = \min(Cr2(x,y) + \text{map}Cr(x,y), Cr3(x,y)) \quad \dots(15)$$

$C_r2(x, y) \geq C_r3(x, y)$ のとき

$$Cr4(x,y) = \max(Cr2(x,y) - \text{map}Cr(x,y), Cr3(x,y)) \quad \dots(16)$$

なお、S13での色にじみ補正部26は、処理対象の画像の全画素でそれぞれ $C_b4(x, y)$ 、 $C_r4(x, y)$ の値を求めるものとする。

【0078】

40

S13での色にじみ補正部26は、色差画像 C_b2 、 C_r2 をさらに平滑化して、色差画像 C_b3 、 C_r3 を生成する。そして、色にじみ補正部26は、色差画像 C_b3 、 C_r3 での平滑化による色差の変化が色にじみ補正マップの値以下となるように、式(13)から式(16)で平滑化の効果を制限している。このS13での平滑化によって、色にじみ補正部26は、S12での彩度低減処理で残った色にじみをさらに除去するとともに、彩度の過剰な低減により生じた補正痕を修正する。これにより、色差画像 C_b4 、 C_r4 では、自然な色構造を再現することができる。

【0079】

なお、上記のS13での平滑化の効果は、色にじみ補正マップが値をもつ箇所のみ適用されるので、色にじみのない箇所の色構造はそのまま保存される。

50

【 0 0 8 0 】

ステップ S 1 4 : 色にじみ補正部 2 6 は、初期状態の輝度画像 Y と、色差画像 C b 4 , C r 4 (S 1 3 で取得したもの) とからなる画像のデータを、色にじみ補正処理後の画像のデータとして出力する。以上で、図 2 の流れ図の説明を終了する。

【 0 0 8 1 】

上述した一の実施形態の電子カメラでは、高輝度箇所からの距離が異なる 2 つの領域から抽出した彩度の大きさの違いに基づいて、撮像画像に現れる色にじみの強さを推定する。そして、電子カメラは、推定した色にじみの強さに基づいて色にじみ補正マップを生成し、この色にじみ補正マップを用いて彩度低減処理および色差平滑化処理を実行する。

【 0 0 8 2 】

これにより、一の実施形態では、色にじみの強さに応じた撮像画像の補正が行われるとともに、色にじみのない箇所では色補正がほとんど行われなくなる。よって、被写体の本来の色構造を維持しつつ、より適切な色にじみの補正を行うことが可能となる。

【 0 0 8 3 】

< 他の実施形態の説明 >

図 6 は、他の実施形態に係る画像処理装置の構成例を示すブロック図である。他の実施形態では、コンピュータ 3 0 に画像処理プログラムを実行させることで画像処理装置の機能を実現する。よって、他の実施形態の構成においても、上述の一の実施形態とほぼ同様の効果を奏することができる。

【 0 0 8 4 】

画像処理装置を構成するコンピュータ 3 0 は、CPU 3 1、記憶装置 3 2、画像入力部 3 3 および入出力インターフェース 3 4、バス 3 5 を有している。CPU 3 1、記憶装置 3 2、画像入力部 3 3 および入出力インターフェース 3 4 は、バス 3 5 を介して相互に接続されている。さらに、入出力インターフェース 3 4 を介して、入力装置 3 6 とモニタ 3 7 とがコンピュータに接続されている。そして、入出力インターフェース 3 4 は、入力装置 3 6 からの各種入力を受け付けるとともに、モニタ 3 7 に対して表示用のデータを出力する。

【 0 0 8 5 】

CPU 3 1 は、画像処理プログラムを実行するプロセッサである。他の実施形態では、CPU 3 1 が画像処理プログラムを実行することで、一の実施形態の制御部 1 2、画像処理部 1 7、高輝度箇所検出部 2 1、輝度勾配算出部 2 2、方向指定部 2 3、彩度抽出部 2 4、色にじみ推定部 2 5 および色にじみ補正部 2 6 の各動作がソフトウェア的に実現される。

【 0 0 8 6 】

記憶装置 3 2 は、上記の画像処理プログラムと、プログラムの実行に必要な各種のデータを保持する。なお、他の実施形態での記憶装置 3 2 は、ハードディスクや、不揮発性の半導体メモリなどで構成される。

【 0 0 8 7 】

画像入力部 3 3 は、処理対象となる画像のデータや、記憶装置 3 2 に記憶されるプログラムを外部から読み込むときに用いられる。例えば、画像入力部 3 3 は、着脱可能な記憶媒体からデータを取得する読込デバイス（光ディスクの読込装置など）や、公知の通信規格で外部の装置との通信を行う通信デバイス（USB インターフェースや、無線 LAN モジュールなど）で構成される。

【 0 0 8 8 】

< 実施形態の補足事項 >

(1) 上述の一の実施形態では、色にじみ補正部 2 6 が彩度低減処理および色差平滑化処理の両方を行う例を説明した。しかし、画像処理装置は、彩度低減処理 (S 1 2) および色差平滑化処理 (S 1 3) のいずれか一方のみを行うようにしてもよい。

【 0 0 8 9 】

例えば、画像処理装置が彩度低減処理を行なう一方で、色差平滑化処理を省略する場合

10

20

30

40

50

には、以下のようにすればよい。この場合、画像処理装置は、図2のS1からS12までの処理を実行した後、S13の処理を省略する。その後、S14での画像処理装置は、初期状態の輝度画像Yと、色差画像Cb2, Cr2(S12で取得したもの)とからなる画像のデータを、色にじみ補正処理後の画像のデータとして出力すればよい。

【0090】

例えば、画像処理装置が色差平滑化処理を行なう一方で、彩度低減処理を省略する場合には、以下のようにすればよい。この場合、画像処理装置は、図2のS1からS11までの処理を実行した後、S12の処理を省略する。その後、S13での画像処理装置は、初期状態の色差画像Cb, Crを平滑化して、色差画像Cb3, Cr3を生成する。そして、S13での画像処理装置は、式(13)から式(16)に代えて、下式(17)から下式(20)によって、Cb4(x, y)およびCr4(x, y)を求めればよい。

10

【0091】

【数7】

Cb(x, y) < Cb3(x, y) のとき

$$Cb4(x,y) = \min(Cb(x,y) + \text{map}Cb(x,y), Cb3(x,y)) \quad \dots(17)$$

Cb(x, y) ≥ Cb3(x, y) のとき

$$Cb4(x,y) = \max(Cb(x,y) - \text{map}Cb(x,y), Cb3(x,y)) \quad \dots(18)$$

Cr(x, y) < Cr3(x, y) のとき

$$Cr4(x,y) = \min(Cr(x,y) + \text{map}Cr(x,y), Cr3(x,y)) \quad \dots(19)$$

20

Cr(x, y) ≥ Cr3(x, y) のとき

$$Cr4(x,y) = \max(Cr(x,y) - \text{map}Cr(x,y), Cr3(x,y)) \quad \dots(20)$$

(2) 上述の一の実施形態では、高輝度箇所から各距離の彩度を画像全体で積分することで、画像の全体的な色にじみの強さを推定した。しかし、画像処理装置は、処理対象の画像に複数の分割領域を設定するとともに、各々の分割領域ごとに高輝度箇所から各距離の彩度をそれぞれ積算し、上述の色にじみ補正処理を別々に行うようにしてもよい。この場合、分割領域ごとに適切な色にじみ補正が行われうる。なお、上記の分割領域は、適宜設定することが可能である。例えば、画像処理装置は、画像の中央領域と画像の周辺領域とで別々に色にじみ補正処理を行ってもよい。あるいは、画像処理装置は、3×3の格子状に画像を分割し、各分割領域で別々に色にじみ補正処理を行ってもよい。

30

【0092】

(3) 上述の一の実施形態において、S11での画像処理装置は、以下の要領で色にじみ補正マップを生成してもよい。

【0093】

まず、画像処理装置は、ガンマ変換後の画像のデータに対して逆のガンマ変換を施し、画素値が露光量に比例する状態の輝度画像Y0'を生成する。次に、画像処理装置は、上記の逆のガンマ変換後の画像に対して、S11の(ロ)から(ニ)と同様の平滑化を行って輝度画像Y1'~Y3'を生成する。その後、輝度画像Y1'~Y3'をガンマ変換してからS11の(ホ), (ヘ)の各演算を行い、元の輝度画像Y0とガンマ変換後の輝度画像Y1'~Y3'との差を求めるようにしてもよい。

40

【0094】

この場合には、演算量は増加するものの、実際の色収差による光量のボケを精度よく再現することができる。

【0095】

(4) 上述の一の実施形態の画像処理装置は、S7において、高輝度箇所を起点として指定方向に延長する直線上の画素から彩度を抽出している。しかし、画像処理装置は、逆に、低輝度の調査箇所から高輝度箇所を終点として領域の指定を行い、S7の場合と同様な直線上の画素から彩度を抽出してもよい。

【0096】

50

(5) 図1に示した一の実施形態の画像処理装置では、高輝度箇所検出部21、輝度勾配算出部22、方向指定部23、彩度抽出部24、色にじみ推定部25および色にじみ補正部26の機能をプログラムによってソフトウェア的に実現する例を説明したが、これらの構成をASICを用いてハードウェア的に実現しても勿論かまわない。

【0097】

以上の詳細な説明により、実施形態の特徴点および利点は明らかになるであろう。これは、特許請求の範囲が、その精神および権利範囲を逸脱しない範囲で前述のような実施形態の特徴点および利点にまで及ぶことを意図するものである。また、当該技術分野において通常の知識を有する者であれば、あらゆる改良および変更に容易に想到できるはずであり、発明性を有する実施形態の範囲を前述したものに限定する意図はなく、実施形態に開示された範囲に含まれる適当な改良物および均等物によることも可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】一の実施形態の電子カメラの概略構成を示すブロック図

【図2】一の実施形態における色にじみ補正処理での動作例を説明する流れ図

【図3】(a)～(h)勾配算出フィルタの例を示す図

【図4】高輝度箇所の周囲において彩度を抽出する領域を説明する図

【図5】(a)色にじみの状態を示す図、(b)輝度画像Y0とY1との差分を示す図

【図6】他の実施形態に係る画像処理装置の構成例を示すブロック図

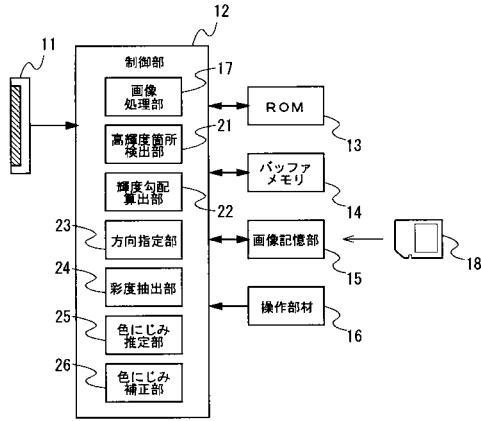
【符号の説明】

20

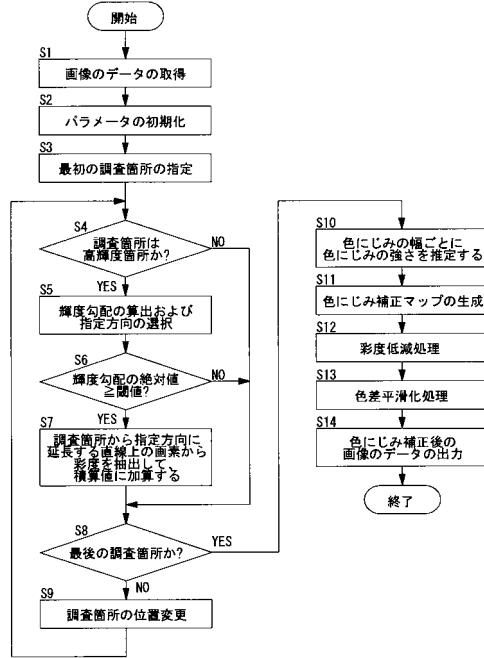
【0099】

11...撮像素子、12...制御部、13...ROM、15...画像記憶部、17...画像処理部、
21...高輝度箇所検出部、22...輝度勾配算出部、23...方向指定部、24...彩度抽出部、
25...色にじみ推定部、26...色にじみ補正部、30...コンピュータ、31...CPU、
32...記憶装置、33...画像入力部

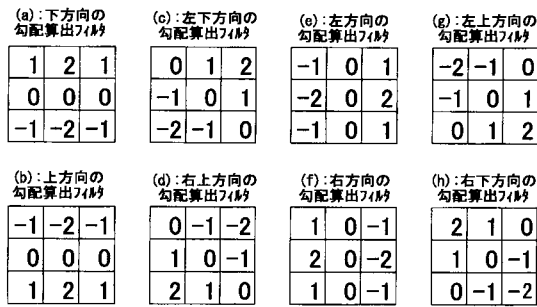
【図1】



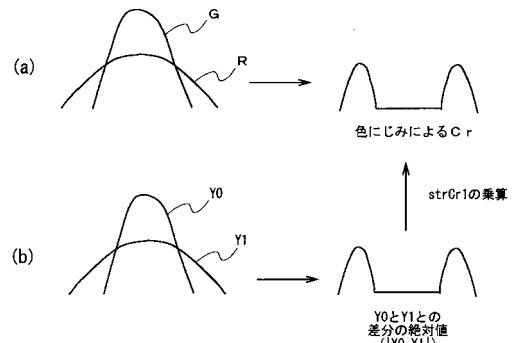
【図2】



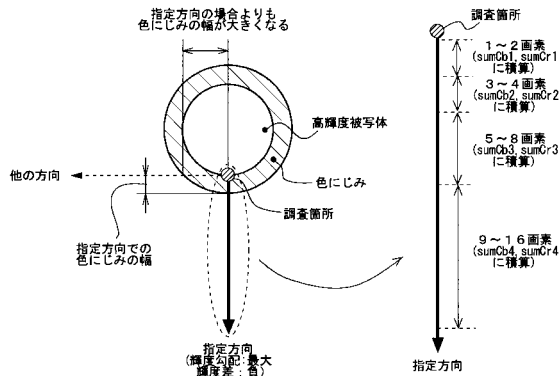
【図3】



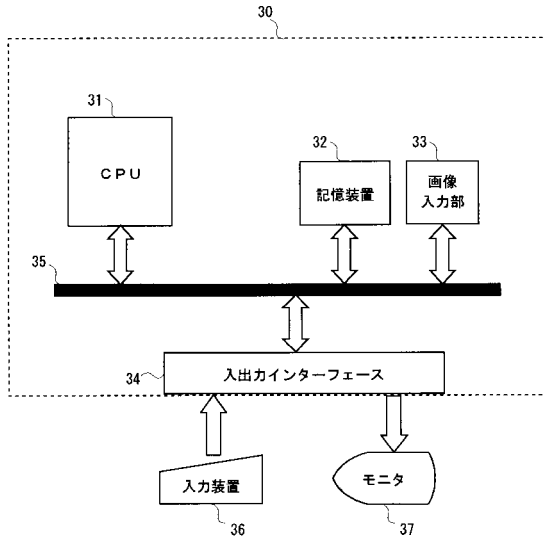
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-135745(JP,A)
特開2006-115039(JP,A)
特開2007-133591(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 9/04 ~ 9/11
H04N 1/48