

(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
2016 年 11 月 17 日(17.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/181476 A1

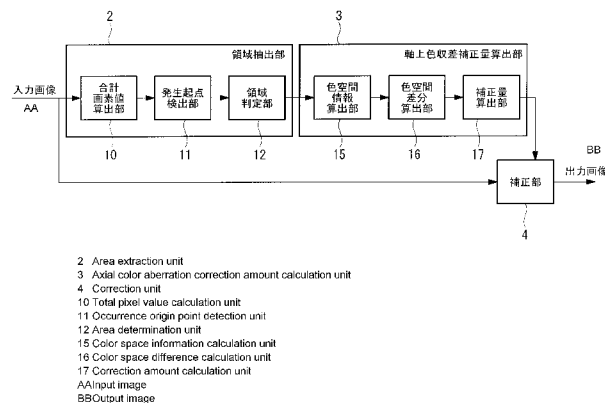
- (51) 国際特許分類:
H04N 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063540
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 12 日(12.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福富 武史 (FUKUTOMI, Takeshi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 朝倉 理子 (ASAKURA, Ayako); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 上田 邦生, 外 (UEDA, Kunio et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2 -

2-1 横浜ランドマークタワー 37F
Kanagawa (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),

[続葉有]

- (54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND IMAGE PROCESSING PROGRAM
- (54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法及び画像処理プログラム



(57) Abstract: An image processing device is provided with: a total pixel value calculation unit (10) for totaling, for each color, the pixel values of pixels aligned in one direction and another direction with a pixel of interest, among pixels aligned in one row, as a center; an occurrence origin point detection unit (11) for determining, on the basis of the calculation result by the total pixel calculation unit and/or the pixel value of the pixel of interest, whether the pixel of interest is the occurrence origin point for an axial color aberration, and detecting the occurrence origin point; an area determination unit (12) for determining that a prescribed surrounding area having the occurrence origin point as a center is the axial color aberration area; a color space information calculation unit (15) for calculating the color space information for a specified color space in both the one direction and the other direction, on the basis of the calculation result of the total pixel calculation unit for the occurrence origin point; a color space difference calculation unit (16) for calculating the difference between the color space information for the one direction and the color space information for the other direction; a correction amount calculation unit (17) for calculating the correction amount for the axial color aberration correction in accordance with the difference; and a correction unit (4) for correcting the axial color aberration area using the correction amount.

(57) 要約:

[続葉有]



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))

一列に並ぶ画素のうち注目画素を中心として一方向及び他方向に並ぶ画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出部 (10) と、合計画素値算出部による算出結果又は注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、注目画素が軸上色収差の発生起点であるかを判定し発生起点を検出する発生起点検出部 (11) と、発生起点を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定部 (12) と、発生起点に対して合計画素値算出部の算出結果に基づいて、一方向及び他方向につき特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出部 (15) と、一方向の色空間情報と他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出部 (16) と、差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出部 (17) と、補正量を用いて軸上色収差領域について補正する補正部 (4) とを備える画像処理装置である。

明 細 書

発明の名称：

画像処理装置、画像処理方法及び画像処理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理装置、画像処理方法及び画像処理プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 通常の光学系を通して撮影された画像には軸上色収差が発生することが知られている。ここで、軸上色収差とは、光学系、撮像系及び画像処理系に起因し、光軸上の焦点位置が波長によって異なるために生じる偽色、すなわち本来の被写体には生じない色付きをいう。そして、このような軸上色収差を画像処理で補正するための技術が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。。

特許文献1では、画像データ中の注目画素について、偽色可能性を示すパラメータとして、白とびへの近さ、彩度の大きさ及び特定色相への近さを評価し、これらの少なくともいずれかを適用して軸上色収差を補正している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4 5 3 9 2 7 8号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、軸上色収差を補正するに際し、特許文献1のように注目画素について評価し、これに基づいて補正を行うだけでは不十分である。すなわち、いくつかの注目画素が本来同一色であったとしても、当該注目画素に隣接する画素との関係によって、人間にはその視覚特性上それら注目画素が互いに異なる色であるように見える。このため、人間の視覚特性に鑑みると、注目画素のみを評価して軸上色収差を補正するだけでは不十分となる。

[0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、人間の視覚特性に基づいて軸上色収差を精度よく補正することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の一態様は、入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出部と、該合計画素値算出部による算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素が軸上色収差の発生起点であるか否かを判定し、発生起点を検出する発生起点検出部と、前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定部と、前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出部による算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出部と、該色空間情報算出部により算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出部と、該色空間差分算出部により算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出部と、前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正部と、を備える画像処理装置である。

[0007] 本態様によれば、注目画素を挟む両側に一直線上に配列されている画素の画素値の合計を合計画素値算出部により算出し、この算出結果又は注目画素の画素値に基づいて発生起点検出部により注目画素が軸上色収差の発生起点であるか判定し、発生起点を検出する。注目画素が軸上色収差の発生起点であるとして検出された場合、色空間情報算出部により、注目画素について、特定色空間上の色空間情報を一方向及び他方向について夫々算出し、色空間差分算出部によりこれらの差分を算出する。そして、この差分に基づいて算出された補正量を用いて、注目画素を中心とする周辺領域からなる軸上色収差領域について補正処理を行う。このように、注目画素だけでなく、注目画素を挟んで両側に一直線上に配列されている画素の画素値をも評価した補正

量を算出することで、人間の視覚特性に基づいて軸上色収差補正を行うことができる。

[0008] 上記態様においては、前記色空間情報算出部が、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、前記色空間差分算出部が、前記色空間情報算出部による算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、前記補正量算出部が、前記色空間差分算出部による算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、人間がその視覚特性上、軸上色収差を知覚しやすい隣接する領域の色の角度の差、色の強度の差、明るさの差に応じた最適な補正量を算出することができる。

[0009] また上記様態においては、前記補正量算出部が、前記色の角度の差分が180度に近いほど大きな補正量を算出し、180度から離れている程小さな補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、色空間の角度を色相環のように0度から360度で表した場合に、2つの色が対極となる180度のように、人間の視覚的に色付きが検知されやすい場合に適切な補正量を算出することができる。

[0010] また上記様態においては、前記補正量算出部が、前記色の強度の差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、色の強度の差分が大きく、人間の視覚的に色付きが検知されやすい場合に適切な補正量を算出することができる。

[0011] また上記様態においては、前記補正量算出部が、前記色の明るさの差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、色の明るさの差分が大きく、人間の視覚的に色付

きが検知されやすい場合にも適切な補正量を算出することができる。

[0012] また上記状態においては、前記補正量算出部が、前記色の角度が前記一方方向と前記他方向で同方向となる補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、補正後に色の角度の差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0013] また上記状態においては、前記補正量算出部が、前記色の強度が前記一方方向と前記他方向とで同一となる補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、補正後に色の強度の差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0014] また上記状態においては、前記補正量算出部が、前記色の明るさが前記一方方向と前記他方向とで同一となる補正量を算出することとしてもよい。

このようにすることで、補正後に色の明るさの差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0015] また上記状態においては、前記特定色空間が、HSV空間であることとしてもよい。

このようにすることで、比較的低い計算コストで色空間の算出を行うことができる。

[0016] また上記状態においては、前記特定色空間が、 $L^*a^*b^*$ 空間であることとしてもよい。

このようにすることで、人間の視覚的な感覚に近い色空間の算出を行うことができる。

[0017] また、上記状態においては、前記発生起点検出部が、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小

関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することとしてもよい。

このようにすることで、近飽和領域、近飽和以外の領域の少なくとも一方を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0018] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計である。

このようにすることで、フォーカス位置近傍における軸上色収差の発生起点を検出することができる。

[0019] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

このようにすることによっても、フォーカス位置近傍における軸上色収差の発生起点を検出することができる。

[0020] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

このようにすることで、他方向にパープルフリンジが発生し、一方向のRの画素値の合計が、Gの画素値の合計より小さく、色相環で反対色に近い色となってパープルフリンジが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0021] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

このようにすることによっても、他方向にパープルFRINGEが発生し、一方向のBの画素値の合計が、Gの画素値の合計より小さく、色相環で反対色に近い色となってパープルFRINGEが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0022] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[0023] このようにすることで、一方向にグリーンFRINGEが発生し、他方向のRの画素値の合計がGの画素値の合計より大きく、色相環で反対色に近い色となってグリーンFRINGEが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0024] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素の

Gの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[0025] このようにすることによっても、一方向にグリーンフリンジが発生し、他方向のBの画素値の合計がGの画素値の合計より大きく、色相環で反対色に近い色となってグリーンフリンジが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0026] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

$$P_{g_{D1}} + TH_{R1} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} - TH_{R2} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D1}} + TH_{B1} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} - TH_{B2} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計、 TH_{R1} 、 TH_{R2} 、 TH_{B1} 、 TH_{B2} は任意の定数である。

このようにすることで、 TH_{R1} 、 TH_{R2} 、 TH_{B1} 、 TH_{B2} を適当に選択することにより、ノイズの影響を低減し、軸上色収差の発生起点を安定して検出することができる。

[0027] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

。

$$P_{g_{D1}} + TH_R > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} + TH_R < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D1}} + TH_B > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} + TH_B < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計、 TH_R 、 TH_B は任意の定数である。

このようにすることで、 TH_R 、 TH_B を適当に選択することにより、無彩色ではなく、色付き被写体上に発生した軸上色収差の発生起点を検出することができる。

[0028] また、上記態様においては、前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定してもよい。

。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}} \times K_R$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}} \times K_R$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}} \times K_B$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}} \times K_B$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配

列している画素のBの画素値の合計、 K_R 、 K_B は任意の定数である。

このようにすることによっても、 K_R 、 K_B を適当に選択することにより、無彩色ではなく、色付き被写体上に発生した軸上色収差の発生起点を検出することができる。

[0029] また、上記態様においては、前記画像が、各画素にRGB全ての画素値を有していてもよい。

このようにすることで、各画素においてRGB全ての画素値を同時に取得する同時化された画像に対しても軸上色収差の発生起点を検出する処理を行うことができる。

[0030] また、上記態様においては、前記画像が、各画素においてRGBの少なくとも1つの画素値が欠落した画素値を有していてもよい。

このようにすることで、各画素においてRGB全ての画素値が同時に取得されない、同時化されていない画像に対しても軸上色収差の発生起点を検出することができ、検出時に同時化のための補間エラーの影響をなくすることができる。

[0031] また、本発明の他の態様は、入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出ステップと、該合計画素値算出ステップにおける算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する発生起点検出ステップと、前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定ステップと、前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出ステップにおける算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出ステップと、該色空間情報算出ステップにおいて算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出ステップと、該色空間差分算出ステップにおいて算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量

算出ステップと、前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正ステップと、を備える画像処理方法である。

[0032] 上記他の態様において、前記色空間情報算出ステップにおいて、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、前記色空間差分算出ステップにおいて、前記色空間情報算出ステップによる算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、前記補正量算出ステップにおいて、前記色空間差分算出ステップによる算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出することとしてもよい。

[0033] また、上記他の態様において、前記発生起点検出ステップにおいて、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することとしてもよい。

[0034] また、本発明の他の態様は、入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出ステップと、該合計画素値算出ステップにおける算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する発生起点検出ステップと、前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定ステップと、前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出ステップにおける

算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出ステップと、該色空間情報算出ステップにおいて算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出ステップと、該色空間差分算出ステップにおいて算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出ステップと、前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正ステップと、をコンピュータに実行させる画像処理プログラムである。

[0035] 上記他の態様において、前記コンピュータが、前記色空間情報算出ステップにおいて、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、前記色空間差分算出ステップにおいて、前記色空間情報算出ステップによる算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、前記補正量算出ステップにおいて、前記色空間差分算出ステップによる算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出することとしてもよい。

[0036] また、上記他の態様において、前記コンピュータが、前記発生起点検出ステップにおいて、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することとしてもよい。

発明の効果

[0037] 本発明によれば、近飽和領域もしくは近飽和領域以外の領域少なくとも一方においても軸上色収差を検出して人間の視覚特性に基づいて補正すること

ができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の一実施形態に係る画像処理装置を示すブロック図である。

[図2]図1の画像処理装置を適用する光学系と軸上色収差との関係を模式的に示す図である。

[図3]図1の画像処理装置を適用する光学系と軸上色収差との関係を模式的に示す図である。

[図4]図1の画像処理装置を用いた画像処理方法を説明するフローチャートである。

[図5]図1の画像処理装置において設定される注目画素とその周辺画素との座標関係を示す図である。

[図6]図1の画像処理装置において設定される注目画素とその周辺画素との座標関係を示す図であり、特に、補正前の注目画素とその周辺画素との座標関係を示す。

[図7]図1の画像処理装置において設定される注目画素とその周辺画素との座標関係を示す図であり、特に、補正後の注目画素とその周辺画素との座標関係を示す。

[図8]図1の画像処理装置において設定される注目画素とその周辺画素との座標関係を示す図であり、特に、注目画素の画素位置がD1方向として定まっている場合の補正前の注目画素とその周辺画素との座標関係を示す。

[図9]図1の画像処理装置において設定される注目画素とその周辺画素との座標関係を示す図であり、特に、注目画素の画素位置がD1方向として定まっている場合の補正後の注目画素とその周辺画素との座標関係を示す。

[図10]図2とは異なる態様で軸上色収差が発生している場合のステップエッジの第1の例を示す図である。

[図11]図2とは異なる態様で軸上色収差が発生している場合のステップエッジの第2の例を示す図である。

[図12]画像信号にノイズが含まれる場合の対応例をノイズのない場合及び対

応前の状態との比較で示す図である。

[図13]有彩色のステップエッジの場合の対応例を無彩色の場合及び対応前の状態との比較で示す図である。

[図14]有彩色のステップエッジの場合の他の対応例を無彩色の場合及び対応前の状態との比較で示す図である。

[図15]ベイヤ配列された撮像素子により取得された画像のRを注目画素とする場合の画素配列を示す図である。

[図16]ベイヤ配列された撮像素子により取得された画像のBを注目画素とする場合の画素配列を示す図である。

[図17]ベイヤ配列された撮像素子により取得された画像のG Rを注目画素とする場合の画素配列を示す図である。

[図18]ベイヤ配列された撮像素子により取得された画像のG Bを注目画素とする場合の画素配列を示す図である。

発明を実施するための形態

[0039] 本発明の一実施形態に係る画像処理装置及び画像処理方法について、図面を参照して以下に説明する。

ここで、本実施形態に係る画像処理装置は、カメラにより取得された入力画像に対して後述する画像処理を施すものである。そして、画像処理装置1の処理対象である入力画像は、図示しない撮像光学系を通して入射された光線が固体撮像素子において電気信号に変換され、固定ノイズパターン除去及びアナログゲイン調整等が行われた後に、A/D変換器でデジタル信号に変換され、各種画像処理が施された画像信号である。この入力画像は、各画素においてRGB全ての信号値が得られるフルカラー画像であり、三板撮像素子により取得された三板カラー画像、もしくは、単板撮像素子により取得された単板カラー画像を各画素でRGB値が得られるように補間処理された画像である。

[0040] 本実施形態に係る画像処理装置は、図1に示すように、入力画像において軸上色収差が発生している軸上色収差領域を抽出する領域抽出部2と、領域

抽出部 2 により抽出された軸上色収差領域に対する補正量を算出する軸上色収差補正量算出部 3 と、軸上色収差領域の軸上色収差を補正した出力画像を出力する収差補正部 4 とを備えている。

[0041] 領域抽出部 2 は、合計画素値算出部 10、発生起点検出部 11、及び領域判定部 12 を備えている。

合計画素値算出部 10 は、入力画像中の注目画素を設定し、設定された注目画素を含んで一列に配列している複数の画素について、注目画素を中心として一方向（D1）及び他方向（D2）に配列している画素の画素値を夫々色毎に合計する。

[0042] 発生起点検出部 11 は、注目画素の画素値、又は合計画素値算出部 11 により算出された注目画素を挟んで一方向に並ぶ画素の合計画素値若しくは他方向に並ぶ画素の合計画素値の少なくとも一方に基づいて、注目画素が軸上色収差の発生起点であるかを判定し、発生起点となる注目画素を検出する。

[0043] 発生起点検出部 5 により検出する軸上色収差の発生起点とは、図 2 に示すように、例えば、注目画素の G 画素値の大きさが飽和レベルになる注目画素、又は図 3 に示すように、注目画素を挟んで一直線に並ぶ一方向及び他方向の色が異なる場合の注目画素の少なくとも一方を意味している。

すなわち、図 2 及び図 3 に示すように、通常の光学系 7 では、波長の異なる光は光軸の奥行き方向に結像位置が異なることが知られている。一般に G に対して長波長の R は光軸方向の奥側に結像し、G に対して短波長の B は光軸方向の手前側に結像する。この R G B の結像位置のずれが軸上色収差となって現れる。

[0044] 無彩色のステップエッジを撮影した場合、像面では G がステップエッジの形状を有するが、R、B は結像せずにステップエッジの形状が鈍っている。一方、像面奥では、G は結像しないためステップエッジの形状が鈍っているが、R が結像してステップエッジの形状を保持している。B は G よりさらに鈍った形状となる。

反対に、像面手前では、G は結像しないためステップエッジの形状が鈍り

、Bが結像してステップエッジの形状を保持している。RはGよりさらに鈍った形状となる。

[0045] 領域判定部12は、発生起点検出部5により検出された発生起点である注目画素の所定の周辺領域を軸上色収差領域として判定する。すなわち、注目画素が軸上色収差の発生起点として検出された場合には、軸上色収差の補正対象となるので、注目画素と注目画素を中心とする所定の周辺画素からなる領域を軸上色収差領域として判定する。軸上色収差領域としては、例えば、注目画素を中心とする 5×5 画素の領域や 7×7 画素の領域等、適宜設定することができる。

[0046] 軸上色収差補正量算出部3は、色空間情報算出部15と、色空間差分算出部16と、補正量算出部17とを備えている。

色空間情報算出部15は、発生起点検出部5により発生起点であると検出された注目画素について、特定色空間上の色空間情報を、注目画素に対する一方向及び他方向の夫々について算出する。特定色空間としては、例えば、HSV空間や l^*a^*b 空間などを適用することができる。そして、色空間情報は、合計画素値算出部10により算出された、注目画素を中心として一方向(D1)及び他方向(D2)に配列している画素についての色毎の画素値の合計に基づいて算出する。

[0047] 色空間差分算出部16は、色空間情報算出部15により算出された一方向の色空間情報と他方向の色空間情報との差分を算出する。

補正量算出部17は、色空間差分算出部16により算出された差分に応じて軸上色収差領域に対する補正量を算出する。

収差補正部4は、補正量算出部17により算出された補正量を用いて軸上色収差領域を補正する。

[0048] 以下に、このように構成された本実施形態に係る画像処理装置の作用としての画像処理方法について、図4のフローチャートを参照して説明する。

ステップS1において、合計画素値算出部10は、図5に示すように、入力画像中に注目画素(0, 0)を設定し、次のステップS2(合計画素値算

出ステップ)において、この注目画素を中心として、図5中の縦方向、横方向、右斜め方向及び左斜め方向の4方向について、注目画素を挟んで両側に並ぶ複数画素の画素値の合計を夫々算出する(ステップS2)。

具体的には、数1に示す式に従って、各方向の色毎の画素値の合計を算出する。

[0049] [数1]

$$\begin{aligned}
 P_{cL} &= \sum_{i=1}^m P_c(-i, 0) \\
 P_{cR} &= \sum_{i=1}^m P_c(i, 0) \\
 P_{cT} &= \sum_{i=1}^m P_c(0, -i) \\
 P_{cB} &= \sum_{i=1}^m P_c(0, i) \\
 P_{cLT} &= \sum_{i=1}^m P_c(-i, -i) \\
 P_{cLB} &= \sum_{i=1}^m P_c(-i, i) \\
 P_{cRT} &= \sum_{i=1}^m P_c(i, -i) \\
 P_{cRB} &= \sum_{i=1}^m P_c(i, i)
 \end{aligned}$$

[0050] ここで、 $P_c(x, y)$ は、座標 (x, y) に位置する画素の画素値、 P_{cL} は注目画素の左側の画素列の画素値の合計、 P_{cR} は注目画素の右側の画素列の画素値の合計、 P_{cT} は注目画素の上側の画素列の画素値の合計、 P_{cB} は注

目画素の下側の画素列の画素値の合計、 P_{cLT} は注目画素の左上側の画素列の画素値の合計、 P_{cLB} は注目画素の左下側の画素列の画素値の合計、 P_{cRT} は注目画素の右上側の画素列の画素値の合計、 P_{cRB} は注目画素の右下側の画素列の画素値の合計である。また、添字 c はカラーを意味し、 r 、 g 、 b に置き換えることができ、置き換えることにより色毎の画素値の合計を算出する。また、 i 、 m は正の整数である。

[0051] ステップS3（発生起点検出ステップ）において、発生起点検出部11は、以下の条件式（1）又は、合計画素値算出部10により算出された画素値の合計が、条件式（2）～（5）の全てを満たす場合に、注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する。

条件式（1）は、注目画素のG画素値の大きさが任意の飽和レベル閾値 TH_{sat} より大きい場合に、注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することを示す。

[0052] $P_g(0, 0) > TH_{sat} \quad \dots (1)$

$P_{gD1} > P_{rD1} \quad \dots (2)$

$P_{gD2} < P_{rD2} \quad \dots (3)$

$P_{gD1} > P_{bD1} \quad \dots (4)$

$P_{gD2} < P_{bD2} \quad \dots (5)$

[0053] ここで、 P_{gD1} は注目画素から一方向D1に配列している画素のGの画素値の合計、 P_{gD2} は注目画素から他方向D2に配列している画素のGの画素値の合計、 P_{rD1} は注目画素から一方向D1に配列している画素のRの画素値の合計、 P_{rD2} は注目画素から他方向D2に配列している画素のRの画素値の合計、 P_{bD1} は注目画素から一方向D1に配列している画素のBの画素値の合計、 P_{bD2} は注目画素から他方向D2に配列している画素のBの画素値の合計である。

[0054] 添字のD1は注目画素からの一方向であることを示し、例えば、数1におけるL、T、LT、LBが該当する。また、添字のD2は注目画素からの他方向であることを示し、例えば、R、B、RT、RBが該当する。方向の定

義は任意であるが、D 1としてL、T、LT、LBを選択した場合にはD 2はR、B、RT、RBとなる。

[0055] なお、条件式(1)において、注目画素と任意の飽和レベル閾値 $Thsat$ とを比較する際に、注目画素のG画素のみを用いることとしたが、必ずしもこれに限られない。例えば、飽和レベル閾値と輝度値とを比較することもできる他、その他公知の方法を用いることもできる。また、近飽和以外の領域の軸上色収差の発生起点を算出する方法についても上記した例に限られず、公知の方法を用いることができる。

[0056] ステップS4(検出情報生成ステップ)において、発生起点検出部11は、軸上色収差の発生起点であると検出された注目画素について「0」、発生起点ではないと検出された画素について「1」とする検出情報を生成する。発生起点検出部11は、注目画素が、軸上色収差の発生起点であると検出された場合、その画素位置に対応して $PrD1$ 、 $PrD2$ 、 $PgD1$ 、 $PgD2$ 、 $PbD1$ 、 $PbD2$ を保持する。

[0057] また、注目画素が、軸上色収差の発生起点であると検出された場合には、その画素位置と対応させて、図5中の縦方向、横方向、右斜め方向及び左斜め方向の4方向の何れかの方向が上記条件式(2)～(5)を満たしたのかを保持し、その方向についての一方向D1及び他方向D2を保持する。

つまり、発生起点検出部11は、検出情報に関連する情報として、D1が、L、T、LT、LBの何れであるのか、及びD2がR、B、RT、RBの何れであるのかを保持しておく。

[0058] ステップS5(領域判定ステップ)において、領域判定部12は、注目画素が軸上色収差の発生起点であると検出された場合、すなわち、注目画素について発生起点検出部11により生成された検出情報が「0」であった場合、当該注目画素とその所定の周辺画素を含む領域を軸上色収差領域と判定する。軸上色収差領域として、例えば、検出情報が「0」である画素を中心とした 7×7 画素を含む領域の等、適宜設定することができる。

[0059] ステップS6(色空間情報算出ステップ)において、色空間情報算出部1

5は、検出情報が「0」であった画素位置に対応する $P_r D 1$, $P_g D 1$, $P_b D 1$ 及び $P_r D 2$, $P_g D 2$, $P_b D 2$ から特定色空間の色空間情報を算出する。

例えば、特定色空間をHSV空間とすると、 $P_r D 1$, $P_g D 1$, $P_b D 1$ から $P_h D 1$, $P_s D 1$, $P_v D 1$ の少なくとも1つを、 $P_r D 2$, $P_g D 2$, $P_b D 2$ から $P_h D 2$, $P_s D 2$, $P_v D 2$ の内D1方向と同じ色空間情報を算出する。

[0060] なお、 $P_h D 1$, $P_h D 2$ は、発生起点であると検出された注目画素におけるD1方向、D2方向についての角度（色相）に関する色空間情報を示し、 $P_s D 1$, $P_s D 2$ は、発生起点であると検出された注目画素におけるD1方向、D2方向についての強度（彩度）に関する色空間情報を示し、 $P_v D 1$, $P_v D 2$ は、発生起点であると検出された注目画素におけるD1方向、D2方向についての明るさ（明度）に関する色空間情報を示す。

[0061] また、特定色空間を $L^*a^*b^*$ 空間とすると、 $P_r D 1$, $P_g D 1$, $P_b D 1$ から $P_l^* D 1$, $P_a^* D 1$, $P_b^* D 1$ の少なくとも1つを、 $P_r D 2$, $P_g D 2$, $P_b D 2$ から $P_l^* D 2$, $P_a^* D 2$, $P_b^* D 2$ の内D1方向と同じ色空間情報を算出する。なお、 $P_l^* D 1$, $P_l^* D 2$ は、発生起点であると検出された注目画素におけるD1方向、D2方向についての明るさ（明度）に関する色空間情報を示し、 $P_a^* D 1$, $P_b^* D 1$, $P_a^* D 2$, $P_b^* D 2$ は、補色に関する情報であって、角度及び強度に関する色空間情報として利用することができる。

[0062] ステップS7（色空間差分算出ステップ）において、色空間差分算出部16により、2つの方向の色空間情報から色空間の差分を算出する。色空間情報算出部16は、差分として、色の角度の差分、色の強度の差分、明るさの差分の少なくとも1つを算出する。

[0063] ステップS8（補正量算出ステップ）では、色空間差分算出部16により算出された差分に基づいて、補正量を算出し、次のステップS9において、全ての画素について処理が行われたか判定し、全ての画素についての処理が

完了していない場合には、ステップS 1に戻り、処理が未だ行われていない画素を注目画素としてステップS 2～S 7の工程が繰り返される。

[0064] 全ての画素について処理が行われた場合には、ステップS 10（収差補正ステップ）において、領域判定部12により設定された軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された補正量を用いて収差補正部4により補正処理を実施し、処理を終了する。

[0065] 上述したように、色空間情報として、色についての、角度、強度及び明るさの少なくとも一つを算出し、これらの色空間情報から角度の差分、強度の差分、明るさの差分の少なくとも一つを算出し、これら差分のうち何れか一又は複数を組み合わせた情報に基づいて補正量を算出し、軸上色収差領域の補正を行うことができる。

以下、角度の差分、強度の差分及び明るさの差分のうち、何れか1つまたは複数を組み合わせて補正量を算出する場合の具体例について説明する。

[0066]（角度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合）

色空間角度情報算出部15は、発生起点検出部11が検出情報に関連する情報として保持している2つの方向（D1，D2）について、角度に関する色空間情報を夫々算出する（ステップS6）。

色空間角度差分算出部16は、算出した角度に関する色空間情報からその差分を算出する（ステップS7）。

[0067] 具体的には、特定色空間がHSV空間である場合、角度に関する色空間情報として、PhD1，PhD2を算出し、これらの差分の絶対値Pangleを以下の式（6）に従って算出する。

$$Pangle = |PhD1 - PhD2| \quad \dots (6)$$

[0068] また、特定色空間がL*a*b*空間である場合、角度に関する色空間情報として、Pa*D1，Pb*D1，Pa*D2，Pb*D2を算出し、これらの差分の絶対値Pangleを以下の式（7）に従って算出する。

$$Pangle = |\tan^{-1}(Pb*D1/Pa*D1) - \tan^{-1}(Pb*D2/Pa*D2)| \quad \dots (7)$$

[0069] ここで、発生起点検出部 11 において、条件式 (1) を満たすことにより注目画素の G 画素値の大きさが任意の飽和レベル閾値 TH_{sat} より大きいとして、当該注目画素が発生起点と判定された場合は、特定方向の D_1 , D_2 が定まっていない。この場合には、例えば、上述した縦、横、斜めの計 4 つの全ての方向の D_1 , D_2 について $Pangle$ を算出し、 $Pangle$ が最も大きい値を採用することができる。また、全ての方向の D_1 , D_2 について $Pangle$ を算出し、これらの平均値を採用することもできる。

[0070] 補正量算出部 17 は、 $Pangle$ から補正量 Ca を算出する。補正量 Ca は、例えば、 $Pangle$ が 0 から 360 度の値の場合、 $Pangle$ が 180 度に近い程補正量を大きくし、 $Pangle$ が 180 度から離れている程補正量を小さくする。色空間の角度を色相環のように 0 度から 360 度で表した場合に、2 つの色が対極となる 180 度のように、人間の視覚的に色付きが検知されやすい場合に適切な補正量を算出することができる。色の角度が一方向と他方向で同方向となるような補正量を算出することで、補正後に色の角度の差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0071] そして、全ての画素について補正量が算出されると、角度に関する色空間情報から算出された補正量に基づく収差補正部の補正処理は、例えば、図 6 に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図 7 に示すように補正後の画素値を P_r' , P_g' , P_b' として以下の式 (8) ~ (10) に従って行われる。

$$[0072] \quad P_r' = P_r - Ca \quad \dots (8)$$

$$P_g' = P_g \quad \dots (9)$$

$$P_b' = P_b - Ca \quad \dots (10)$$

[0073] また、補正前の画素値の角度を Pa 、補正後の画素値の角度を Pa' として、以下の式 (11) に従って補正を行うこともできる。

$$Pa' = Pa - Ca \quad \dots (11)$$

[0074] 以下、角度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例につい

て説明する。

色空間情報算出部 15 は、例えば、特定色空間が HSV 空間である場合には、角度に関する色空間情報としての $Pangle1$, $Pangle2$ を以下の式 (12) 及び式 (13) に従って算出する。

$$Pangle1 = PhD1 \quad \dots (12)$$

$$Pangle2 = PhD2 \quad \dots (13)$$

[0075] また、特定色空間が $L^*a^*b^*$ 空間である場合、角度に関する色空間情報として $Pangle1$, $Pangle2$ を以下の式 (14) 及び式 (15) に従って算出する。

$$Pangle1 = \tan^{-1}(Pb*D1/Pa*D1) \quad \dots (14)$$

$$Pangle2 = \tan^{-1}(Pb*D2/Pa*D2) \quad \dots (15)$$

[0076] ここで、発生起点検出部 11 において、条件式 (1) を満たすことにより注目画素が発生起点と判定された場合には、特定方向の $D1$, $D2$ が定まっていない。この場合には、色空間情報算出部 15 は、例えば、上述した縦、横、斜めの計 4 つの全ての方向の $D1$, $D2$ で $Pangle1$, $Pangle2$ を算出し、色空間差分算出部 16 は、 $Pangle1$ と $Pangle2$ の差の絶対値の最大値を、角度に関する色空間情報の差分として採用し、最大の絶対値を示す $D1$, $D2$ を特定方向とすることができる。

例えば、角度に関する色空間情報の差分の絶対値 $Pangle$ は式 (16) により算出する。

$$Pangle = |Pangle1 - Pangle2| \quad \dots (16)$$

[0077] 補正量算出部 17 は $Pangle$, $Pangle1$, $Pangle2$ から補正量 $Ca1$, $Ca2$ を、例えば、以下の式 (17) ~ (20) に従って算出する。

$Pangle1$ が $Pangle2$ より大きい場合

$$Ca1 = Pangle \quad \dots (17)$$

$$Ca2 = 0 \quad \dots (18)$$

$Pangle2$ が $Pangle1$ より大きい場合

$$Ca1=0 \quad \dots (19)$$

$$Ca2=Pangle \quad \dots (20)$$

[0078] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された角度に基づく補正量を用いて収差補正部4により補正処理を実施する。

収差補正部4による角度に基づく補正処理は、例えば、図8に示すように補正対象の画素位置がD1方向の場合、補正前の画素値を P_{r1} , P_{g1} , P_{b1} (図8)、補正後の画素値を $P_{r1'}$, $P_{g1'}$, $P_{b1'}$ (図9)として、以下の式(21)～(23)で表すことができる。

$$Pr1' = Pr - Ca1 \quad \dots (21)$$

$$Pg1' = Pg \quad \dots (22)$$

$$Pb1' = Pb - Ca1 \quad \dots (23)$$

[0079] なお、補正前の画素値の角度を $Pangle1$ 、補正後の画素値の角度を $Pangle1'$ とし、次の式(24)に従って補正処理を行うこともできる。。

$$Pangle1' = Pangle1 - Ca1 \quad \dots (24)$$

同様に、補正対象の画素位置がD2方向の場合、補正前の画素値を P_{r2} , P_{g2} , P_{b2} 、補正後の画素値を $P_{r2'}$, $P_{g2'}$, $P_{b2'}$ とし、次の式(25)～(27)に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Ca2 \quad \dots (25)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (26)$$

$$Pb2' = Pb - Ca2 \quad \dots (27)$$

[0080] また、補正前の画素値の角度を $Pangle2$ 、補正後の画素値の角度を $Pangle2'$ として、次の式(28)で補正処理を行うこともできる。

$$Pangle2' = Pangle2 - Ca2 \quad \dots (28)$$

[0081] 角度に基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理等により色空間上で特定の色について角度の差が広がるような処理が行われる

場合に特に有効である。

[0082] (強度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部 15 は、発生起点検出部 11 が検出情報に関連する情報として保持している 2 つの方向 (D1, D2) について、強度に関する色空間情報を夫々算出する (ステップ S6)。

色空間角度差分算出部 16 は、算出した強度に関する色空間情報からその差分を算出する (ステップ S7)。

具体的には、特定色空間が HSV 空間である場合、強度に関する色空間情報として、 P_{sD1} , P_{sD2} を算出し、これらの差分の絶対値 $P_{strength}$ を以下の式 (29) に従って算出する。

$$P_{strength} = |P_{sD1} - P_{sD2}| \quad \dots (29)$$

また、特定色空間が $L^*a^*b^*$ 空間である場合、強度に関する色空間情報として、 P_{aD1} , P_{bD1} , P_{aD2} , P_{bD2} を算出し、これらの差分の絶対値 $P_{strength}$ を以下の式 (30) に従って算出する。

$$P_{strength} = |\sqrt{(P_{aD1}^2 + P_{bD1}^2)} - \sqrt{(P_{aD2}^2 + P_{bD2}^2)}| \quad \dots (30)$$

[0083] 発生起点検出部 11 において、条件式 (1) を満たすことにより注目画素が発生起点と判定され、特定方向の D1, D2 が定まっていない場合には、例えば、上述した縦、横、斜めの計 4 つの全ての方向の D1, D2 で $P_{strength}$ を算出し、 $P_{strength}$ の最大値を採用し、その最大値を示す D1, D2 を特定方向とすることができる。

補正量算出部 17 は、 $P_{strength}$ から以下の式 (31) に従って、補正量 C_b を算出する。K は任意の定数とする。

$$C_b = K * P_{strength} \quad \dots (31)$$

[0084] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部により算出された強度に基づく補正量を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。収差補正部 4 の強度に基づく補正処理は、例えば、図 6 に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図 7 に示す

ように補正後の画素値を $P_{r'}$, $P_{g'}$, $P_{b'}$ とし、以下の式 (32) ~ (34) で表すことができる。

$$P_{r'} = P_r - C_b \quad \dots (32)$$

$$P_{g'} = P_g \quad \dots (33)$$

$$P_{b'} = P_b - C_b \quad \dots (34)$$

[0085] また、補正前の画素値の強度を P_s 、補正後の画素値の強度を $P_{s'}$ とし、次の式 (35) に従って補正処理を行うこともできる。

$$P_{s'} = P_s - C_b \quad \dots (35)$$

[0086] 色の強度の差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出することで、色の強度の差分が大きく、人間の視覚的に色付きが検知されやすい場合に適切な補正量を算出することができる。

また、色の強度が一方向と他方向とで同一となる補正量を算出することで、補正後に色の強度の差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0087] 続いて、強度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。色空間情報算出部 15 は、例えば、特定色空間が HSV 空間である場合には、強度に関する色空間情報としての $P_{strength1}$, $P_{strength2}$ を以下の式 (36) 及び式 (37) に従って算出する

$$P_{strength1} = P_{sD1} \quad \dots (36)$$

$$P_{strength2} = P_{sD2} \quad \dots (37)$$

また、特定色空間が $L^*a^*b^*$ 空間である場合、強度に関する色空間情報として $P_{strength1}$, $P_{strength2}$ を以下の式 (38) 及び式 (39) に従って算出する。

$$P_{strength1} = \sqrt{(P_a * D1^2 + P_b * D1^2)} \quad \dots (38)$$

$$P_{strength2} = \sqrt{(P_a * D2^2 + P_b * D2^2)} \quad \dots (39)$$

[0088] ここで、発生起点検出部 11 において、条件式 (1) を満たすことにより注目画素が発生起点と判定され、特定方向の $D1$, $D2$ が定まっていない場

合、例えば、色空間情報算出部 15 が上述した縦、横、斜めの計 4 つの全ての方向の $D1$ 、 $D2$ で $Pstrength1$ 、 $Pstrength2$ を算出し、色空間差分算出部 16 が $Pstrength1$ と $Pstrength2$ の差の絶対値の最大値を強度に関する色空間情報の差分として採用し、最大の絶対値を示す $D1$ 、 $D2$ を特定方向とすることができる。

例えば、強度に関する色空間情報の差分の絶対値 $Pstrength$ は次の式 (40) により算出する。

$$Pstrength = |Pstrength1 - Pstrength2| \quad \dots (40)$$

[0089] 補正量算出部 17 は $Pstrength$ 、 $Pstrength1$ 、 $Pstrength2$ から補正量 $Cb1$ 、 $Cb2$ を、例えば、以下の式 (41) ~ (44) に従って算出する。

$Pstrength1$ が $Pstrength2$ より大きい場合

$$Cb1 = Pstrength \quad \dots (41)$$

$$Cb2 = 0 \quad \dots (42)$$

$Pstrength2$ が $Pstrength1$ より大きい場合

$$Cb1 = 0 \quad \dots (43)$$

$$Cb2 = Pstrength \quad \dots (44)$$

[0090] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部 17 により算出された強度に基づく補正量を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。

[0091] 収差補正部 17 による強度に基づく補正処理は、例えば、図 8 に示すように補正対象の画素位置が $D1$ 方向の場合、補正前の画素値を $Pr1$ 、 $Pg1$ 、 $Pb1$ (図 8)、補正後の画素値を $Pr1'$ 、 $Pg1'$ 、 $Pb1'$ (図 9) として、以下の式次の式 (45) ~ (47) で表すことができる。

$$Pr1' = Pr - Cb1 \quad \dots (45)$$

$$Pg1' = Pg \quad \dots (46)$$

$$Pb1' = Pb - Cb1 \quad \dots (47)$$

[0092] なお、補正前の画素値の強度を $Pstrength1$ 、補正後の画素値の

強度を $P_{strength1'}$ とし、次の式 (48) に従って補正処理を行うこともできる。

$$P_{strength1'} = P_{strength1} - Cb1 \quad \dots (48)$$

[0093] 同様に、補正対象の画素位置が D2 方向の場合、補正前の画素値を P_{r2} , P_{g2} , P_{b2} 、補正後の画素値を $P_{r2'}$, $P_{g2'}$, $P_{b2'}$ とし、次の式 (49) ~ (51) に従って補正処理を行うことができる。

$$P_{r2'} = P_{r2} - Cb2 \quad \dots (49)$$

$$P_{g2'} = P_{g2} \quad \dots (50)$$

$$P_{b2'} = P_{b2} - Cb2 \quad \dots (51)$$

[0094] また、補正前の画素値の強度を $P_{strength2}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{strength2'}$ とし、次の式 (52) で補正処理を行うこともできる。

$$P_{strength2'} = P_{strength2} - Cb2 \quad \dots (52)$$

[0095] 強度に基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理等により色空間上で特定の色の強度の差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0096] (明度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部 15 は、発生起点検出部 11 が検出情報に関連する情報として保持している 2 つの方向 (D1, D2) について、明るさに関する色空間情報を夫々算出する (ステップ S6)。

色空間角度差分算出部 16 は、算出した明るさに関する色空間情報からその差分を算出する (ステップ S7)。

[0097] 具体的には、特定色空間が HSV 空間である場合、明るさに関する色空間情報として、 P_{vD1} , P_{vD2} を算出し、これらの差分の絶対値 $P_{lightness}$ を以下の式 (53) に従って算出する。

色空間の 2 つの明るさの差の絶対値 $P_{lightness}$ は次式で表される。

$$P_{lightness} = |P_{vD1} - P_{vD2}| \quad \dots (53)$$

[0098] また、特定色空間が $L * a * b$ 空間である場合、強度に関する色空間情報として、 $Pl * D1$ 、 $Pl * D2$ を算出し、これらの差分の絶対値 $Plightness$ を次の式 (54) に従って算出する。

$$Plightness = |Pl * D1 - Pl * D2| \quad \dots (54)$$

[0099] 発生起点検出部 11 において、条件式 (1) を満たすことにより注目画素が発生起点と判定され、特定方向の $D1$ 、 $D2$ が定まっていない場合には、例えば、上述した縦、横、斜めの計 4 つの全ての方向の $D1$ 、 $D2$ で $Plightness$ を算出し、 $Plightness$ の最大値を採用し、その最大値を示す $D1$ 、 $D2$ を特定方向とすることができる。

[0100] 補正量算出部 17 は、 $Plightness$ から以下の式に従って、補正量 Cc を算出する。 K は任意の定数とする。

$$Cc = K * Plightness \quad \dots (55)$$

[0101] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部により算出された明るさに基づく補正量を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。

収差補正部の補正処理は、図 7 に示すように補正後の画素値を Pr' 、 Pg' 、 Pb' とし、以下の式 (56) ~ (58) で表すことができる。

$$Pr' = Pr - Cc \quad \dots (56)$$

$$Pg' = Pg \quad \dots (57)$$

$$Pb' = Pb - Cc \quad \dots (58)$$

[0102] また、補正前の画素値の明度を Pl 、補正後の画素値の強度を Pl' とし、次の式 (59) に従って補正処理を行うこともできる。

$$Pl' = Pl - Cc \quad \dots (59)$$

[0103] 色の明るさの差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出することで、色の明るさの差分が大きく、人間の視覚的に色付きが検知されやすい場合にも適切な補正量を算出することができる。

また、色の明るさが一方向と他方向とで同一となるような補正量を算出す

ることで、補正後に色の明るさの差分がなくなり、人間の視覚的に色付きに対する望ましい補正量を算出することができる。

[0104] 続いて、明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。色空間情報算出部15は、例えば、特定色空間がHSV空間である場合には、明るさに関する色空間情報としての $Plightness1$ 、 $Plightness2$ を以下の式(60)及び式(61)に従って算出する。

$$Plightness1 = PvD1 \quad \dots (60)$$

$$Plightness2 = PvD2 \quad \dots (61)$$

[0105] また、特定色空間が $L^*a^*b^*$ 空間である場合、明るさに関する色空間情報として $Plightness1$ 、 $Plightness2$ を以下の式(62)及び式(63)に従って算出する。

$$Plightness1 = Pl * D1 \quad \dots (62)$$

$$Plightness2 = Pl * D2 \quad \dots (63)$$

[0106] ここで、発生起点検出部11において、条件式(1)を満たすことにより注目画素が発生起点と判定され、特定方向の $D1$ 、 $D2$ が定まっていない場合、例えば、色空間情報算出部15が上述した縦、横、斜めの計4つの全ての方向の $D1$ 、 $D2$ で $Plightness1$ 、 $Plightness2$ を算出し、色空間差分算出部16が $Plightness1$ と $Plightness2$ の差分の絶対値の最大値を明るさに関する色空間情報の差分として採用し、最大の絶対値を示す $D1$ 、 $D2$ を特定方向とすることができる。

例えば、明るさに関する色空間情報差分の絶対値 $Plightness$ は次の式(64)で表される。

$$Plightness = |Plightness1 - Plightness2| \quad \dots (64)$$

[0107] 補正量算出部17は $Plightness$ 、 $Plightness1$ 、 $Plightness2$ から補正量 $Cc1$ 、 $Cc2$ を、例えば、以下の式(65)～(68)に従って算出する。

$Plightness1$ が $Plightness2$ より大きい場合

$$Cc1 = Plightness \quad \dots (65)$$

$$Cc2 = 0 \quad \dots (66)$$

$Plightness2$ が $Plightness1$ より大きい場合

$$Cc1 = 0 \quad \dots (67)$$

$$Cc2 = Plightness \quad \dots (68)$$

[0108] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部 17 により算出された明るさに基づく補正量を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。収差補正部 17 による明るさに基づく補正処理は、例えば、図 8 に示すように補正対象の画素位置が D1 方向の場合、補正前の画素値を $Pr1$, $Pg1$, $Pb1$ (図 8)、補正後の画素値を $Pr1'$, $Pg1'$, $Pb1'$ (図 9) として、以下の式 (69) ~ (71) で表すことができる。

$$Pr1' = Pr - Cc1 \quad \dots (69)$$

$$Pg1' = Pg \quad \dots (70)$$

$$Pb1' = Pb - Cc1 \quad \dots (71)$$

[0109] また、補正前の画素値の明度を $Plightness1$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness1'$ とし、次の式 (72) に従って補正処理を行うこともできる。

$$Plightness1' = Plightness1 - Cc1 \quad \dots (72)$$

[0110] 同様に、補正対象の画素位置が D2 方向の場合、補正前の画素値を $Pr2$, $Pg2$, $Pb2$ 、補正後の画素値を $Pr2'$, $Pg2'$, $Pb2'$ とし、次の式 (73) ~ (75) に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Cc2 \quad \dots (73)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (74)$$

$$Pb2' = Pb - Cc2 \quad \dots (75)$$

また、補正前の画素値の明度を $Plightness2$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness2'$ として、次の式 (76) で補正処理を行うこともできる。

$$\text{Plightness2}' = \text{Plightness2} - \text{Cc2} \quad \dots (76)$$

[0111] 明るさに基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理などにより色空間上で特定の色の明るさの差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0112] (角度及び強度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部 15 は、発生起点検出部 11 が検出情報に関連する情報として保持している 2 つの方向 (D1, D2) について、角度及び強度に関する色空間情報を夫々算出する (ステップ S6)。

色空間角度差分算出部 16 は、算出した角度及び強度に関する色空間情報からそれらの差分を夫々算出する (ステップ S7)。

[0113] 補正量算出部 17 は、上記した角度に基づく補正量 C_a 及び強度に基づく補正量 C_b を算出し、これら 2 つの補正量に基づいて角度及び強度に基づく補正量 C_{ab} を、例えば、以下の式 (77) に従って算出する。

$$C_{ab} = C_a + C_b \quad \dots (77)$$

[0114] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部 17 により算出された角度及び強度に基づく補正量 C_{ab} を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。収差補正部 4 の補正処理は、図 6 に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図 7 に示すように補正後の画素値を P_r' , P_g' , P_b' として以下の式 (78) ~ (80) に従って行われる。

$$P_r' = P_r - C_{ab} \quad \dots (78)$$

$$P_g' = P_g \quad \dots (79)$$

$$P_b' = P_b - C_{ab} \quad \dots (80)$$

[0115] なお、補正前の画素値の角度を P_a 、補正後の画素値の角度を P_a' として、次の式 (81) に従って補正を行うこともできる。

$$P_a' = P_a - C_a \quad \dots (81)$$

また、補正前の画素値の強度を P_s 、補正後の画素値の強度を P_s' として、以下の式 (82) に従って補正を行うこともできる。

$$P_{s'} = P_s - C_b \quad \dots (82)$$

[0116] 続いて、角度に関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。

補正量算出部 17 により、例えば式 (17) ~ (20) に従って補正量 C_{a1} , C_{a2} 及び C_{b1} , C_{b2} を算出し、これらを用いて角度及び強度に基づく補正量 C_{ab1} , C_{ab2} を、例えば、以下の式 (83) 及び (84) に従って算出することができる。算出方法は例えば次のようにする。

$$C_{ab1} = C_{a1} + C_{b1} \quad \dots (83)$$

$$C_{ab2} = C_{a1} + C_{b2} \quad \dots (84)$$

[0117] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部 17 により算出された角度に基づく補正量を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。

収差補正部 17 による角度に基づく補正処理は、例えば、図 8 に示すように補正対象の画素位置が D1 方向の場合、補正前の画素値を P_{r1} , P_{g1} , P_{b1} (図 8)、補正後の画素値を $P_{r1'}$, $P_{g1'}$, $P_{b1'}$ (図 9) として、以下の式 (85) ~ (87) で表すことができる。

$$P_{r1'} = P_r - C_{ab1} \quad \dots (85)$$

$$P_{g1'} = P_g \quad \dots (86)$$

$$P_{b1'} = P_b - C_{ab1} \quad \dots (87)$$

[0118] なお、補正前の画素値の角度を P_{angle1} 、補正後の画素値の角度を $P_{angle1'}$ とし、次の式 (88) に従って補正処理を行うこともできる。

$$P_{angle1'} = P_{angle1} - C_{b1} \quad \dots (88)$$

また補正前の画素値の強度を $P_{strength1}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{strength1'}$ とし、次の式 (89) に従って補正処理を行うこともできる。

$$P_{strength1'} = P_{strength1} - C_{b1} \quad \dots (89)$$

[0119] 同様に、補正対象の画素位置が D2 方向の場合、補正前の画素値を P_{r2}

、 $Pg2$ 、 $Pb2$ 、補正後の画素値を $Pr2'$ 、 $Pg2'$ 、 $Pb2'$ とし、次の式(90)～(92)に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Cab2 \quad \dots (90)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (91)$$

$$Pb2' = Pb - Cab2 \quad \dots (92)$$

[0120] また、補正前の画素値の角度を $Pangle2$ 、補正後の画素値の角度を $Pangle2'$ として、次の式(93)で補正処理を行うこともできる。

$$Pangle2' = Pangle2 - Cb2 \quad \dots (93)$$

さらに、補正前の画素値の強度を $Pstrength2$ 、補正後の画素値の強度を $Pstrength2'$ として、次の式(94)で補正処理を行うこともできる。

$$Pstrength2' = Pstrength2 - Cb2 \quad \dots (94)$$

[0121] 角度及び強度に基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、その他画像処理などにより色空間上で特定の色の角度の差及び強度の差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0122] (角度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部15は、発生起点検出部11が検出情報に関連する情報として保持している2つの方向($D1$ 、 $D2$)について、角度及び明るさに関する色空間情報を夫々算出する(ステップS6)。

色空間角度差分算出部16は、算出した角度及び明るさに関する色空間情報からそれらの差分を夫々算出する(ステップS7)。

[0123] 補正量算出部17で算出した角度に基づく補正量 Ca 及び明るさに基づく補正量 Cc を用いて角度及び明るさに基づく補正量 Cac を、例えば、以下の式(95)に従って算出する。

$$Cac = Ca + Cc \quad \dots (95)$$

[0124] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された角度及び強度に基づく補正量 Cab を用いて収差補正部4により補正処理を実施する。収差補正部4の補正処

理は、図6に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図7に示すように補正後の画素値を $P_{r'}$, $P_{g'}$, $P_{b'}$ として以下の式(78)～(80)に従って行われる。

$$P_{r'} = P_r - C_{ac} \quad \dots (96)$$

$$P_{g'} = P_g \quad \dots (97)$$

$$P_{b'} = P_b - C_{ac} \quad \dots (98)$$

[0125] なお、補正前の画素値の角度を P_a 、補正後の画素値の角度を $P_{a'}$ として、以下の式(99)に従って補正を行うこともできる。

$$P_{a'} = P_a - C_a \quad \dots (99)$$

また、補正前の画素値の明度を P_l 、補正後の画素値の強度を $P_{l'}$ として、以下の式(100)に従って補正を行うこともできる。

$$P_{l'} = P_l - C_c \quad \dots (100)$$

[0126] 続いて、角度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。補正量算出部17により、角度に基づく補正量 C_{a1} 、 C_{a2} 及び明るさに基づく補正量 C_{c1} 、 C_{c2} を算出し、これらを用いて角度及び明るさに基づく補正量 C_{ac1} 、 C_{ac2} を、例えば、以下の式に従って算出することができる。

$$C_{ac1} = C_{a1} + C_{c1} \quad \dots (101)$$

$$C_{ac2} = C_{a2} + C_{c2} \quad \dots (102)$$

[0127] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された角度に基づく補正量を用いて収差補正部4により補正処理を実施する。収差補正部17による角度に基づく補正処理は、例えば、図8に示すように補正対象の画素位置がD1方向の場合、補正前の画素値を P_{r1} , P_{g1} , P_{b1} (図8)、補正後の画素値を $P_{r1'}$, $P_{g1'}$, $P_{b1'}$ (図9)として、以下の式(103)～(105)で表すことができる。

$$P_{r1'} = P_{r1} - C_{ac1} \quad \dots (103)$$

$$P_{g1'} = P_{g1} \quad \dots (104)$$

$$Pb1' = Pb - Cac1 \quad \dots (105)$$

[0128] なお、補正前の画素値の角度を $Pangle1$ 、補正後の画素値の角度を $Pangle1'$ とし、次の式 (106) に従って補正処理を行うこともできる。

$$Pangle1' = Pangle1 - Cb1 \quad \dots (106)$$

[0129] また、補正前の画素値の明度を $Plightness1$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness1'$ とすると次式で補正を行っても良い。

$$Plightness1' = Plightness1 - Cc1 \quad \dots (107)$$

[0130] 同様に、補正対象の画素位置が $D2$ 方向の場合、補正前の画素値を $Pr2$ 、 $Pg2$ 、 $Pb2$ 、補正後の画素値を $Pr2'$ 、 $Pg2'$ 、 $Pb2'$ とし、次の式 (108) ~ (110) に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Cac2 \quad \dots (108)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (109)$$

$$Pb2' = Pb - Cac2 \quad \dots (110)$$

[0131] また、補正前の画素値の角度を $Pangle2$ 、補正後の画素値の角度を $Pangle2'$ とし、次の式 (111) に従って補正処理を行うことができる。

$$Pangle2' = Pangle2 - Cb2 \quad \dots (111)$$

また、補正前の画素値の明度を $Plightness2$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness2'$ とし、次の式 (112) に従って補正処理を行うことができる。

$$Plightness2' = Plightness2 - Cc2 \quad \dots (112)$$

[0132] 角度及び明るさに基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理などにより色空間上で特定の色の角度の差及び明るさの差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0133] (強度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部 15 は、発生起点検出部 11 が検出情報に関連する情報として保持している 2 つの方向 ($D1$ 、 $D2$) について、強度及び明る

さに関する色空間情報を夫々算出する（ステップS6）。

色空間角度差分算出部16は、算出した強度及び明るさに関する色空間情報からそれらの差分を夫々算出する（ステップS7）。

[0134] 補正量算出部17で算出した強度に基づく補正量 C_b 及び明るさに基づく補正量 C_c を用いて強度及び明るさに基づく補正量 C_{bc} を、例えば、以下の式（95）に従って算出する。

$$C_{bc}=C_b+C_c \quad \dots (113)$$

[0135] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された角度及び強度に基づく補正量 C_a b を用いて収差補正部4により補正処理を実施する。

収差補正部4の補正処理は、図6に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図7に示すように補正後の画素値を $P_{r'}$, $P_{g'}$, $P_{b'}$ として以下の式（114）～（116）に従って行われる。

$$P_{r'}=P_r-C_{bc} \quad \dots (114)$$

$$P_{g'}=P_g \quad \dots (115)$$

$$P_{b'}=P_b-C_{bc} \quad \dots (116)$$

[0136] なお、補正前の画素値の強度を P_s 、補正後の画素値の強度を $P_{s'}$ として、以下の式（117）に従って補正を行うこともできる。

$$P_{s'}=P_s-C_b \quad \dots (117)$$

また、補正前の画素値の明度を P_l 、補正後の画素値の強度を $P_{l'}$ として、以下の式（118）に従って補正を行うこともできる。

$$P_{l'}=P_l-C_c \quad \dots (118)$$

[0137] 続いて、強度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。補正量算出部17により、強度に基づく補正量 C_{b1} , C_{b2} 及び明るさに基づく補正量 C_{c1} , C_{c2} を算出し、これらを用いて強度及び明るさに基づく補正量 C_{bc1} , C_{bc2} を例えば、以下の式（119）及び（120）に従って算出する。

$$C_{bc1}=C_{b1}+C_{c1} \quad \dots (119)$$

$$Cbc2 = Cb2 + Cc2 \quad \dots (120)$$

[0138] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部17により算出された角度に基づく補正量を用いて収差補正部4により補正処理を実施する。収差補正部17による角度に基づく補正処理は、例えば、図8に示すように補正対象の画素位置がD1方向の場合、補正前の画素値を P_{r1} , P_{g1} , P_{b1} (図8)、補正後の画素値を $P_{r1'}$, $P_{g1'}$, $P_{b1'}$ (図9)として、以下の式(121)～(123)で表すことができる。

$$Pr1' = Pr - Cbc1 \quad \dots (121)$$

$$Pg1' = Pg \quad \dots (122)$$

$$Pb1' = Pb - Cbc1 \quad \dots (123)$$

[0139] なお、補正前の画素値の強度を $P_{strength1}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{strength1'}$ とし、次の式(124)に従って補正処理を行うこともできる。

$$P_{strength1'} = P_{strength1} - Cb1 \quad \dots (124)$$

[0140] また、補正前の画素値の明度を $P_{lightness1}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{lightness1'}$ とし、次の式(125)に従って補正処理を行うこともできる。

$$Plightness1' = Plightness1 - Cc1 \quad \dots (125)$$

[0141] 同様に、補正対象の画素位置がD2方向の場合、補正前の画素値を P_{r2} , P_{g2} , P_{b2} 、補正後の画素値を $P_{r2'}$, $P_{g2'}$, $P_{b2'}$ とし、次の式(126)～(128)に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Cbc2 \quad \dots (126)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (127)$$

$$Pb2' = Pb - Cbc2 \quad \dots (128)$$

[0142] なお、補正前の画素値の強度を $P_{strength2}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{strength2'}$ とし、次の式(129)に従って補正処理を行うことができる。

$$P_{strength2}' = P_{strength2} - C_{b2} \quad \dots (129)$$

さらに、補正前の画素値の明度を $P_{lightness2}$ 、補正後の画素値の強度を $P_{lightness2}'$ とし、次の式 (130) に従って補正処理を行うことができる。

$$P_{lightness2}' = P_{lightness2} - C_{c2} \quad \dots (130)$$

[0143] 強度及び明るさに基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理等により色空間上で特定の色の強度の差及び明るさの差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0144] (強度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合)

色空間角度情報算出部 15 は、発生起点検出部 11 が検出情報に関連する情報として保持している 2 つの方向 ($D1$, $D2$) について、角度、強度及び明るさに関する色空間情報を夫々算出する (ステップ S6)。

色空間角度差分算出部 16 は、算出した角度、強度及び明るさに関する色空間情報からそれらの差分を夫々算出する (ステップ S7)。

[0145] 補正量算出部で算出した角度に基づく補正量 C_a 、強度に基づく補正量 C_b 、明るさに基づく補正量 C_c を用いて角度、強度及び明るさ補正量 C_{abc} 、例えば、以下の式 (131) に従って算出する。

$$C_{abc} = C_a + C_b + C_c \quad \dots (131)$$

[0146] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部 17 により算出された角度及び強度に基づく補正量 C_a 、 C_b を用いて収差補正部 4 により補正処理を実施する。収差補正部 4 の補正処理は、図 6 に示すように補正前の画素値を P_r , P_g , P_b 、図 7 に示すように補正後の画素値を P_r' , P_g' , P_b' とし、以下の式 (132) ~ (134) に従って行われる。

$$P_r' = P_r - C_{abc} \quad \dots (132)$$

$$P_g' = P_g \quad \dots (133)$$

$$P_b' = P_b - C_{abc} \quad \dots (134)$$

[0147] なお、補正前の画素値の角度を P_a 、補正後の画素値の強度を P_a' とし

て、以下の式（１３５）に従って補正を行うこともできる。

$$Pa' = Pa - Ca \quad \dots (135)$$

また、補正前の画素値の強度を Ps 、補正後の画素値の強度を Ps' として、以下の式（１３６）に従って補正を行うこともできる。

$$Ps' = Ps - Cb \quad \dots (136)$$

さらに、補正前の画素値の明度を Pl 、補正後の画素値の強度を Pl' として、以下の式（１３７）に従って補正を行うこともできる。

$$Pl' = Pl - Cc \quad \dots (137)$$

[0148] 続いて、角度、強度及び明るさに関する色空間情報に基づいて補正を行う場合の他の例について説明する。補正量算出部１７で算出した明るさに基づく補正量 $Ca1$ 、 $Ca2$ 、強度に基づく補正量 $Cb1$ 、 $Cb2$ 、明るさに基づく補正量 $Cc1$ 、 $Cc2$ を用いて角度、強度及び明るさに基づく補正量 $Cabc1$ 、 $Cabc2$ を、例えば、以下の式（１３８）及び（１３９）に従って算出する。

$$Cabc1 = Ca1 + Cb1 + Cc1 \quad \dots (138)$$

$$Cabc2 = Ca2 + Cb2 + Cc2 \quad \dots (139)$$

[0149] 入力画像中の全ての画素について処理が完了したら、軸上色収差領域について、補正量算出部１７により算出された角度に基づく補正量を用いて収差補正部４により補正処理を実施する。収差補正部１７による角度に基づく補正処理は、例えば、図８に示すように補正対象の画素位置が $D1$ 方向の場合、補正前の画素値を $Pr1$ 、 $Pg1$ 、 $Pb1$ （図８）、補正後の画素値を $Pr1'$ 、 $Pg1'$ 、 $Pb1'$ （図９）として、以下の式（１４０）～（１４２）で表すことができる。

$$Pr1' = Pr - Cabc1 \quad \dots (140)$$

$$Pg1' = Pg \quad \dots (141)$$

$$Pb1' = Pb - Cabc1 \quad \dots (142)$$

[0150] なお、補正前の画素値の角度を $Pangle1$ 、補正後の画素値の強度を $Pangle1'$ とし、次の式（１４３）に従って補正処理を行うこともで

きる。

$$Pangle1' = Pangle1 - Ca1 \quad \dots (143)$$

[0151] また、補正前の画素値の強度を $Pstrength1$ 、補正後の画素値の強度を $Pstrength1'$ とし、次の式 (144) に従って補正処理を行うこともできる。

$$Pstrength1' = Pstrength1 - Cb1 \quad \dots (144)$$

[0152] さらに、補正前の画素値の明度を $Plightness1$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness1'$ とし、次の式 (145) に従って補正処理を行うこともできる。

$$Plightness1' = Plightness1 - Cc1 \quad \dots (145)$$

[0153] 同様に、補正対象の画素位置が D2 方向の場合、補正前の画素値を $Pr2$ 、 $Pg2$ 、 $Pb2$ 、補正後の画素値を $Pr2'$ 、 $Pg2'$ 、 $Pb2'$ とし、次の式 (146) ~ (148) に従って補正処理を行うことができる。

$$Pr2' = Pr - Cabc2 \quad \dots (146)$$

$$Pg2' = Pg \quad \dots (147)$$

$$Pb2' = Pb - Cabc2 \quad \dots (148)$$

[0154] なお、補正前の画素値の角度を $Paangle2$ 、補正後の画素値の強度を $Paangle2'$ とし、次の式 (149) に従って補正処理を行うことができる。

。

$$Paangle2' = Paangle2 - Ca2 \quad \dots (149)$$

また補正前の画素値の強度を $Pstrength2$ 、補正後の画素値の強度を $Pstrength2'$ とし、次の式 (150) に従って補正処理を行うことができる。

$$Pstrength2' = Pstrength2 - Cb2 \quad \dots (150)$$

[0156] また、補正前の画素値の明度を $Plightness2$ 、補正後の画素値の強度を $Plightness2'$ とし、次の式 (151) に従って補正処理を行うことができる。

$$\text{Plightness2}' = \text{Plightness2} - \text{Cc2} \quad \dots (151)$$

[0157] 角度、強度及び明るさに基づく色空間情報に従って軸上色収差を補正する場合、画像処理などにより色空間上で特定の色の角度の差、強度の差及び明るさの差が広がるような処理が行われる場合に特に有効である。

[0158] このように、本実施形態に係る画像処理装置及び画像処理装置によって実施される画像処理方法によれば、近飽和領域もしくは近飽和領域以外の領域少なくとも一方においても軸上色収差を検出して人間の視覚特性に基づいて補正することができる。

[0159] なお、本実施形態に係る画像処理装置 1 においては、上述した条件式 (2) ~ (5) 全てを満たす場合に軸上色収差の発生起点であるとして検出することとしたが、これに代えて、図 10 及び図 11 に示されるように、条件式 (2) 及び条件式 (3) を満たす場合、または、条件式 (4) 及び条件式 (5) を満たす場合に、注目画素を軸上色収差の発生起点であるとして検出することにしてもよい。

このようにすることで、フォーカス位置より広い奥行き範囲で軸上色収差の発生起点を検出することができるという利点がある。

[0160] また、条件式 (2)、(3)、(5) を全て満たす場合、または、条件式 (3)、(4)、(5) を全て満たす場合に、注目画素を軸上色収差の発生起点として検出してもよい。

このようにすることで、他方向 D2 にパープルフリンジが発生し、一方向 D1 の R の画素値の合計または B の画素値の合計が、G の画素値の合計より小さく、色相環で反対色に近い色となってパープルフリンジが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0161] また、条件式 (2)、(3)、(4) を全て満たす場合、または、条件式 (2)、(4)、(5) を全て満たす場合に、注目画素を軸上色収差の発生起点として検出してもよい。

このようにすることで、一方向 D1 にグリーンフリンジが発生し、他方向 D2 の R の画素値の合計または B の画素値の合計が、G の画素値の合計より

大きく、色相環で反対色に近い色となってグリーンFRINGEが目立つ場所を軸上色収差の発生起点として検出することができる。

[0162] また、数1で算出された画素値の合計が、次の条件式(152)～(155)を全て満たす場合に注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することにしてもよい。

$$P_{g_{D1}} + T_{H_{R1}} > P_{r_{D1}} \quad \dots (152)$$

$$P_{g_{D2}} - T_{H_{R2}} < P_{r_{D2}} \quad \dots (153)$$

$$P_{g_{D1}} + T_{H_{B1}} > P_{b_{D1}} \quad \dots (154)$$

$$P_{g_{D2}} - T_{H_{B2}} < P_{b_{D2}} \quad \dots (155)$$

ここで、 $T_{H_{R1}}$ 、 $T_{H_{R2}}$ 、 $T_{H_{B1}}$ 、 $T_{H_{B2}}$ は任意の定数である。

[0163] $T_{H_{R1}}$ 、 $T_{H_{R2}}$ 、 $T_{H_{B1}}$ 、 $T_{H_{B2}}$ としては、図12に示すように、例えば、処理対象の画素位置におけるGとR、または、GとBのノイズ量を示す標準偏差の差を例示することができる。一方向D1及び他方向D2のR、G、B夫々のノイズ量を $N_{r_{D1}}$ 、 $N_{g_{D1}}$ 、 $N_{b_{D1}}$ 、 $N_{r_{D2}}$ 、 $N_{g_{D2}}$ 、 $N_{b_{D2}}$ として、以下の式(156)～式(159)で示することができる。

$$T_{H_{R1}} = N_{r_{D1}} - N_{g_{D1}} \quad \dots (156)$$

$$T_{H_{R2}} = N_{r_{D2}} - N_{g_{D2}} \quad \dots (157)$$

$$T_{H_{B1}} = N_{b_{D1}} - N_{g_{D1}} \quad \dots (158)$$

$$T_{H_{B2}} = N_{b_{D2}} - N_{g_{D2}} \quad \dots (159)$$

このようにすることで、ノイズの影響を低減し、安定して軸上色収差の発生起点を検出することができるという利点がある。

[0164] また、数1で算出された画素値の合計が、次の条件式(160)～(163)を全て満たす場合に注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することにしてもよい。

$$P_{g_{D1}} + T_{H_R} > P_{r_{D1}} \quad \dots (160)$$

$$P_{g_{D2}} + T_{H_R} < P_{r_{D2}} \quad \dots (161)$$

$$P_{g_{D1}} + T_{H_B} > P_{b_{D1}} \quad \dots (162)$$

$$P_{g_{D2}} + T_{H_B} < P_{b_{D2}} \quad \dots (163)$$

ここで、 TH_R 、 TH_B は任意の定数である。

- [0165] 定数 TH_R 、 TH_B としては、図13に示されるように、例えば、処理対象の画素位置におけるGとR、または、GとBの画素値の差分を例示することができる。注目画素のR、G、Bの夫々の画素値を $P_r(0, 0)$ 、 $P_g(0, 0)$ 、 $P_b(0, 0)$ とすると、以下の式(164)及び式(165)となる。

$$TH_R = P_g(0, 0) - P_r(0, 0) \quad \dots (164)$$

$$TH_B = P_g(0, 0) - P_b(0, 0) \quad \dots (165)$$

このようにすることで、無彩色ではなく、色つきの被写体上に発生した軸上色収差の発生起点を検出することができるという利点がある。

- [0166] また、数1で算出された画素値の合計が、次の条件式(166)～(169)を全て満たす場合に注目画素を軸上色収差の発生起点として検出することにしてもよい。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}} \times K_R \quad \dots (166)$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}} \times K_R \quad \dots (167)$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}} \times K_B \quad \dots (168)$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}} \times K_B \quad \dots (169)$$

ここで、 K_R 、 K_B は任意の定数である。

- [0167] 定数 K_R 、 K_B としては、図14に示されるように、例えば、処理対象の画素位置におけるGとR、または、GとBの画素値の比率を例示することができる。注目画素のR、G、Bの夫々の画素値を $P_r(0, 0)$ 、 $P_g(0, 0)$ 、 $P_b(0, 0)$ とすると、以下の式(170)及び式(171)となる。

$$K_R = P_g(0, 0) / P_r(0, 0) \quad \dots (170)$$

$$K_B = P_g(0, 0) / P_b(0, 0) \quad \dots (171)$$

このようにすることによっても、無彩色ではなく、色つきの被写体上に発生した軸上色収差の発生起点を検出することができるという利点がある。

- [0168] また、本実施形態においては、各画素においてRGB全ての信号値が得ら

れるフルカラー画像が入力画像として入力される場合について例示したが、これに代えて、いわゆるベイヤ画像である場合に適用することにしてもよい。この場合、一方向D1の合計画素値算出部4における合計画素値の算出方法は数2～数4の通りとなる。

[0169] 図15に示すように、注目画素がR（斜線部分）である場合には、数2及び数3に示す数式により合計画素値が算出される。

[数2]

$$P_{rL} = \sum_{i=1}^m P(-2i, 0),$$

$$P_{gL} = \{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 0) + \sum_{i=1}^m P(-2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(-2i, 1) \} / 3,$$

$$P_{bL} = \{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 1) \} / 2$$

$$P_{rR} = \sum_{i=1}^m P(2i, 0),$$

$$P_{gR} = \{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), 0) + \sum_{i=1}^m P(2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(2i, 1) \} / 3,$$

$$P_{bR} = \{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 1) \} / 2$$

$$P_{rT} = \sum_{i=1}^m P(0, -2i),$$

$$P_{gT} = \{ \sum_{i=1}^m P(0, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, -2i) + \sum_{i=1}^m P(-1, -2i) \} / 3,$$

$$P_{bT} = \{ \sum_{i=1}^m P(-1, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, -(2i-1)) \} / 2$$

$$P_{rB} = \sum_{i=1}^m P(0, 2i),$$

$$P_{gB} = \{ \sum_{i=1}^m P(0, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, 2i) + \sum_{i=1}^m P(-1, 2i) \} / 3,$$

$$P_{bB} = \{ \sum_{i=1}^m P(-1, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, (2i-1)) \} / 2$$

[数3]

$$\begin{aligned}
P_{rLT} &= \sum_{i=1}^m P(-2i, -2i), \\
P_{gLT} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-i, -(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(i-1), -i) \right\} / 2, \\
P_{bLT} &= \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -(2i-1)) \\
P_{rLB} &= \sum_{i=1}^m P(-2i, 2i), \\
P_{gLB} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-i, (i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(i-1), i) \right\} / 2, \\
P_{bLB} &= \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), (2i-1)) \\
P_{rRT} &= \sum_{i=1}^m P(2i, -2i), \\
P_{gRT} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(i, -(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((i-1), -i) \right\} / 2, \\
P_{bRT} &= \sum_{i=1}^m P((2i-1), -(2i-1)) \\
P_{rRB} &= \sum_{i=1}^m P(2i, 2i), \\
P_{gRB} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(i, (i-1)) + \sum_{i=1}^m P((i-1), i) \right\} / 2, \\
P_{bRB} &= \sum_{i=1}^m P((2i-1), (2i-1))
\end{aligned}$$

[0170] 図16に示されるように、注目画素がB（斜線部分）である場合には、数4及び数5に示される数式により合計画素値が算出される。

[数4]

$$P_{rL} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 1) \right\} / 2,$$

$$P_{gL} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 0) + \sum_{i=1}^m P(-2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(-2i, 1) \right\} / 3,$$

$$P_{bL} = \sum_{i=1}^m P(-2i, 0)$$

$$P_{rR} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 1) \right\} / 2,$$

$$P_{gR} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), 0) + \sum_{i=1}^m P(2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(2i, 1) \right\} / 3,$$

$$P_{bR} = \sum_{i=1}^m P(2i, 0)$$

$$P_{rT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, -(2i-1)) \right\} / 2,$$

$$P_{gT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, -2i) + \sum_{i=1}^m P(-1, -2i) \right\} / 3,$$

$$P_{bT} = \sum_{i=1}^m P(0, -2i)$$

$$P_{rB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, (2i-1)) \right\} / 2,$$

$$P_{gB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(1, 2i) + \sum_{i=1}^m P(-1, 2i) \right\} / 3,$$

$$P_{bB} = \sum_{i=1}^m P(0, 2i)$$

[数5]

$$P_{rLT} = \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -(2i-1)) \quad ,$$

$$P_{gLT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-i, -(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(i-1), -i) \right\} / 2,$$

$$P_{bLT} = \sum_{i=1}^m P(-2i, -2i)$$

$$P_{rLB} = \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), (2i-1)) \quad ,$$

$$P_{gLB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-i, (i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(i-1), i) \right\} / 2,$$

$$P_{bLB} = \sum_{i=1}^m P(-2i, 2i)$$

$$P_{rRT} = \sum_{i=1}^m P((2i-1), -(2i-1)) \quad ,$$

$$P_{gRT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(i, -(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((i-1), -i) \right\} / 2,$$

$$P_{bRT} = \sum_{i=1}^m P(2i, -2i)$$

$$P_{rRB} = \sum_{i=1}^m P((2i-1), (2i-1)) \quad ,$$

$$P_{gRB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(i, (i-1)) + \sum_{i=1}^m P((i-1), i) \right\} / 2,$$

$$P_{bRB} = \sum_{i=1}^m P(2i, 2i)$$

[0171] 図17に示されるように、注目画素がGR（斜線部分）である場合には、数6及び数7に示される数式により合計画素値が算出される。

[数6]

$$\begin{aligned}
 P_{rL} &= \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 0), \\
 P_{gL} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, 0) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 1) \right\} / 3, \\
 P_{bL} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(-2i, 1) \right\} / 2 \\
 P_{rR} &= \sum_{i=1}^m P((2i-1), 0), \\
 P_{gR} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, 0) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 1) \right\} / 3, \\
 P_{bR} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(2i, 1) \right\} / 2 \\
 P_{rT} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, -2i) + \sum_{i=1}^m P(1, -2i) \right\} / 2, \\
 P_{gT} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, -2i) + \sum_{i=1}^m P(1, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-1, -(2i-1)) \right\} / 3, \\
 P_{bT} &= \sum_{i=1}^m P(0, -(2i-1)) \\
 P_{rB} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, 2i) + \sum_{i=1}^m P(1, 2i) \right\} / 2, \\
 P_{gB} &= \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, 2i) + \sum_{i=1}^m P(1, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-1, (2i-1)) \right\} / 3, \\
 P_{bB} &= \sum_{i=1}^m P(0, (2i-1))
 \end{aligned}$$

[数7]

$$P_{rLT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -2i) \right\} / 2,$$

$$P_{gLT} = \sum_{i=1}^m P(-i, -i) ,$$

$$P_{bLT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-2(i-1), -(2i-1)) \right\} / 2$$

$$P_{rLB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 2i) \right\} / 2,$$

$$P_{gLB} = \sum_{i=1}^m P(-i, i) ,$$

$$P_{bLB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-2(i-1), (2i-1)) \right\} / 2$$

$$P_{rRT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), -2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), -2i) \right\} / 2,$$

$$P_{gRT} = \sum_{i=1}^m P(i, -i) ,$$

$$P_{bRT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(2(i-1), -(2i-1)) \right\} / 2$$

$$P_{rRB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), 2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 2i) \right\} / 2,$$

$$P_{gRB} = \sum_{i=1}^m P(i, i) ,$$

$$P_{bRB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(2(i-1), (2i-1)) \right\} / 2$$

[0172] 図 18 に示されるように、注目画素が G B (斜線部分) である場合には、数 8 及び数 9 に示される数式により合計画素値が算出される。

[数8]

$$P_{rL} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(-2i, 1) \right\} / 2,$$

$$P_{gL} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, 0) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 1) \right\} / 3,$$

$$P_{bL} = \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 0)$$

$$P_{rR} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, -1) + \sum_{i=1}^m P(2i, 1) \right\} / 2,$$

$$P_{gR} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, 0) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), -1) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 1) \right\} / 3,$$

$$P_{bR} = \sum_{i=1}^m P((2i-1), 0)$$

$$P_{rT} = \sum_{i=1}^m P(0, -(2i-1)) ,$$

$$P_{gT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, -2i) + \sum_{i=1}^m P(1, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-1, -(2i-1)) \right\} / 3,$$

$$P_{bT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, -2i) + \sum_{i=1}^m P(1, -2i) \right\} / 2$$

$$P_{rB} = \sum_{i=1}^m P(0, (2i-1)) ,$$

$$P_{gB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(0, 2i) + \sum_{i=1}^m P(1, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-1, (2i-1)) \right\} / 3,$$

$$P_{bB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-1, 2i) + \sum_{i=1}^m P(1, 2i) \right\} / 2$$

[数9]

$$P_{rLT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-2(i-1), -(2i-1)) \right\} / 2 ,$$

$$P_{gLT} = \sum_{i=1}^m P(-i, -i) ,$$

$$P_{bLT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), -2i) \right\} / 2$$

$$P_{rLB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-2i, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-2(i-1), (2i-1)) \right\} / 2 ,$$

$$P_{gLB} = \sum_{i=1}^m P(-i, i) ,$$

$$P_{bLB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P(-(2i-1), 2i) \right\} / 2$$

$$P_{rRT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, -(2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(2(i-1), -(2i-1)) \right\} / 2 ,$$

$$P_{gRT} = \sum_{i=1}^m P(i, -i) ,$$

$$P_{bRT} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), -2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), -2i) \right\} / 2$$

$$P_{rRB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P(2i, (2i-1)) + \sum_{i=1}^m P(2(i-1), (2i-1)) \right\} / 2 ,$$

$$P_{gRB} = \sum_{i=1}^m P(i, i) ,$$

$$P_{bRB} = \left\{ \sum_{i=1}^m P((2i-1), 2(i-1)) + \sum_{i=1}^m P((2i-1), 2i) \right\} / 2$$

[0173] このようにすることで、同時化されていない画像に対しても軸上色収差の発生起点を検出することができ、検出時に同時化のための補間エラーの影響をなくすることができる。

本実施形態に係る画像処理装置 1 は、放送用据え置き型カメラ、ENGカメラ、民生用ハンディカメラ、デジタルカメラ等の製品に搭載して使用される。また、動画を扱う画像信号補正プログラム（CGプログラム）や画像編集装置等にも用いることができる。また、本実施形態に係る画像処理方法をコンピュータ（例えば、パーソナルコンピュータ）に実行させる画像処理プログラムとして用いることもできる。

符号の説明

- [0174]
- 2 領域抽出部
 - 3 軸上色収差補正量算出部
 - 4 収差補正部
 - 10 合計画素値算出部
 - 11 発生起点検出部
 - 12 領域判定部
 - 15 色空間情報算出部
 - 16 色空間差分算出部
 - 17 補正量算出部

請求の範囲

[請求項1]

入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出部と、

該合計画素値算出部による算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素が軸上色収差の発生起点であるか否かを判定し、発生起点を検出する発生起点検出部と、

前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定部と、

前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出部による算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出部と、

該色空間情報算出部により算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出部と、

該色空間差分算出部により算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出部と、

前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正部と、
を備える画像処理装置。

[請求項2]

前記色空間情報算出部が、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、

前記色空間差分算出部が、前記色空間情報算出部による算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、

前記補正量算出部が、前記色空間差分算出部による算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出する請求項1記載の画像処理装置

。

- [請求項3] 前記補正量算出部が、前記色の角度の差分が180度に近いほど大きな補正量を算出し、180度から離れている程小さな補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記補正量算出部が、前記色の強度の差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記補正量算出部が、前記色の明るさの差分の絶対値が大きいほど大きな補正量を算出し、絶対値が小さいほど小さな補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記補正量算出部が、前記色の角度が前記一方向と前記他方向で同方向となる補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項7] 前記補正量算出部が、前記色の強度が前記一方向と前記他方向とで同一となる補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項8] 前記補正量算出部が、前記色の明るさが前記一方向と前記他方向とで同一となる補正量を算出する請求項2記載の画像処理装置。
- [請求項9] 前記特定色空間が、HSV空間である請求項1乃至請求項7の何れか1項記載の画像処理装置。
- [請求項10] 前記特定色空間が、 $L^*a^*b^*$ 空間である請求項1乃至請求項7の何れか1項記載の画像処理装置。
- [請求項11] 前記発生起点検出部が、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差

の発生起点として検出する請求項 1 乃至請求項 10 の何れか 1 項記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項 1 から請求項 10 の何れか 1 項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計である。

[請求項13] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項 1 から請求項 10 の何れか 1 項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、

$P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[請求項14] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項 1 から請求項 10 の何れか 1 項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、

$P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[請求項15] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[請求項16] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、である。

[請求項17] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計である。

[請求項18] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} + TH_{R1} > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} - TH_{R2} < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D1}} + TH_{B1} > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} - TH_{B2} < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計、 TH_{R1} 、 TH_{R2} 、 TH_{B1} 、 TH_{B2} は任意の定数である。

[請求項19] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} + TH_R > P_{r_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} + TH_R < P_{r_{D2}}$$

$$P_{g_{D1}} + TH_B > P_{b_{D1}}$$

$$P_{g_{D2}} + TH_B < P_{b_{D2}}$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計、 TH_R 、 TH_B は任意の定数である。

[請求項20] 前記発生起点検出部が、以下の条件式を満足する場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点であると判定する請求項1から請求項10の何れか1項記載の画像処理装置。

$$P_{g_{D1}} > P_{r_{D1}} \times K_R$$

$$P_{g_{D2}} < P_{r_{D2}} \times K_R$$

$$P_{g_{D1}} > P_{b_{D1}} \times K_B$$

$$P_{g_{D2}} < P_{b_{D2}} \times K_B$$

ここで、 $P_{g_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{g_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計、 $P_{r_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{r_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のRの画素値の合計、 $P_{b_{D1}}$ は前記注目画素から前記一方向に配列している画素のBの画素値の合計、 $P_{b_{D2}}$ は前記注目画素から前記他方向に配列している画素のBの画素値の合計、 K_R 、 K_B は任意の定数である。

[請求項21] 前記画像が、各画素にRGB全ての画素値を有する請求項1から20の何れか1項記載の画像処理装置。

[請求項22] 前記画像が、各画素においてRGBの少なくとも1つの画素値が欠落した画素値を有する請求項1から請求項20の何れか1項記載の画像処理装置。

[請求項23] 入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出ステップと、

該合計画素値算出ステップにおける算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する発生起点検出ステップと、

前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定ステップと、

前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出ステップにおける算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算

出ステップと、

該色空間情報算出ステップにおいて算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出ステップと、

該色空間差分算出ステップにおいて算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出ステップと、

前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正ステップと、

を備える画像処理方法。

[請求項24]

前記色空間情報算出ステップにおいて、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、

前記色空間差分算出ステップにおいて、前記色空間情報算出ステップによる算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、

前記補正量算出ステップにおいて、前記色空間差分算出ステップによる算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出する請求項23記載の画像処理方法。

[請求項25]

前記発生起点検出ステップにおいて、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する請求項23又は請求項24記

載の画像処理方法。

[請求項26]

入力画像中の注目画素を含み一列に配列する複数の画素について、該注目画素を挟んで一方向及び他方向に配列する画素の画素値を夫々色毎に合計する合計画素値算出ステップと、

該合計画素値算出ステップにおける算出結果又は前記注目画素の画素値の少なくとも一方に基づいて、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する発生起点検出ステップと、

前記発生起点として検出された注目画素を中心とする所定の周辺領域を軸上色収差領域と判定する領域判定ステップと、

前記発生起点として検出された前記注目画素に対し、前記合計画素値算出ステップにおける算出結果に基づいて、前記一方向及び前記他方向について特定色空間上の色空間情報を夫々算出する色空間情報算出ステップと、

該色空間情報算出ステップにおいて算出された前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分を算出する色空間差分算出ステップと、

該色空間差分算出ステップにおいて算出された差分に応じて軸上色収差補正の補正量を算出する補正量算出ステップと、

前記軸上色収差領域について前記補正量を用いて補正する補正ステップと、

をコンピュータに実行させる画像処理プログラム。

[請求項27]

前記コンピュータが、

前記色空間情報算出ステップにおいて、特定色空間上の色空間情報として、色の角度に関する情報、色の強度に関する情報、及び色の明るさに関する情報の少なくとも1つを算出し、

前記色空間差分算出ステップにおいて、前記色空間情報算出ステップによる算出結果に基づいて、前記一方向の色空間情報と前記他方向の色空間情報との差分として、前記色の角度の差分、前記色の強度の

差分、及び前記色の明るさの差分のうち少なくとも1つを算出し、

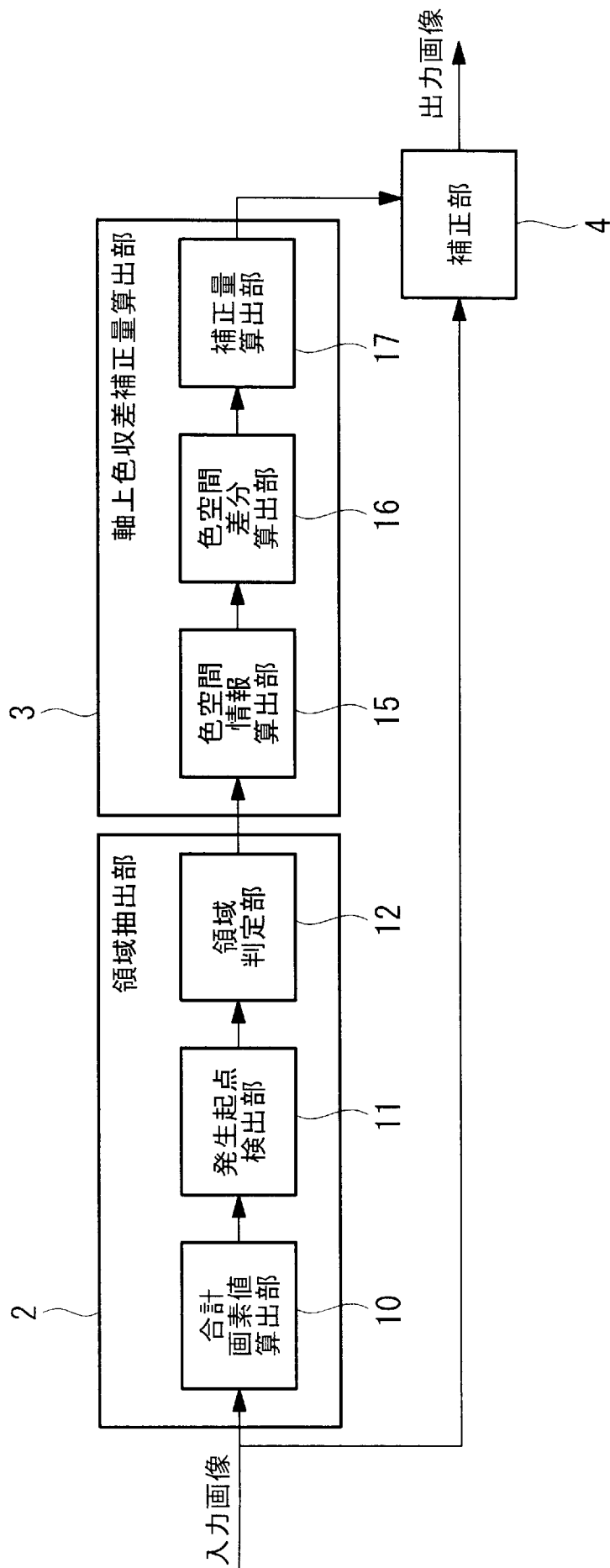
前記補正量算出ステップにおいて、前記色空間差分算出ステップによる算出結果に基づいて軸上色収差補正の補正量を算出する請求項27記載の画像処理プログラム。

[請求項28]

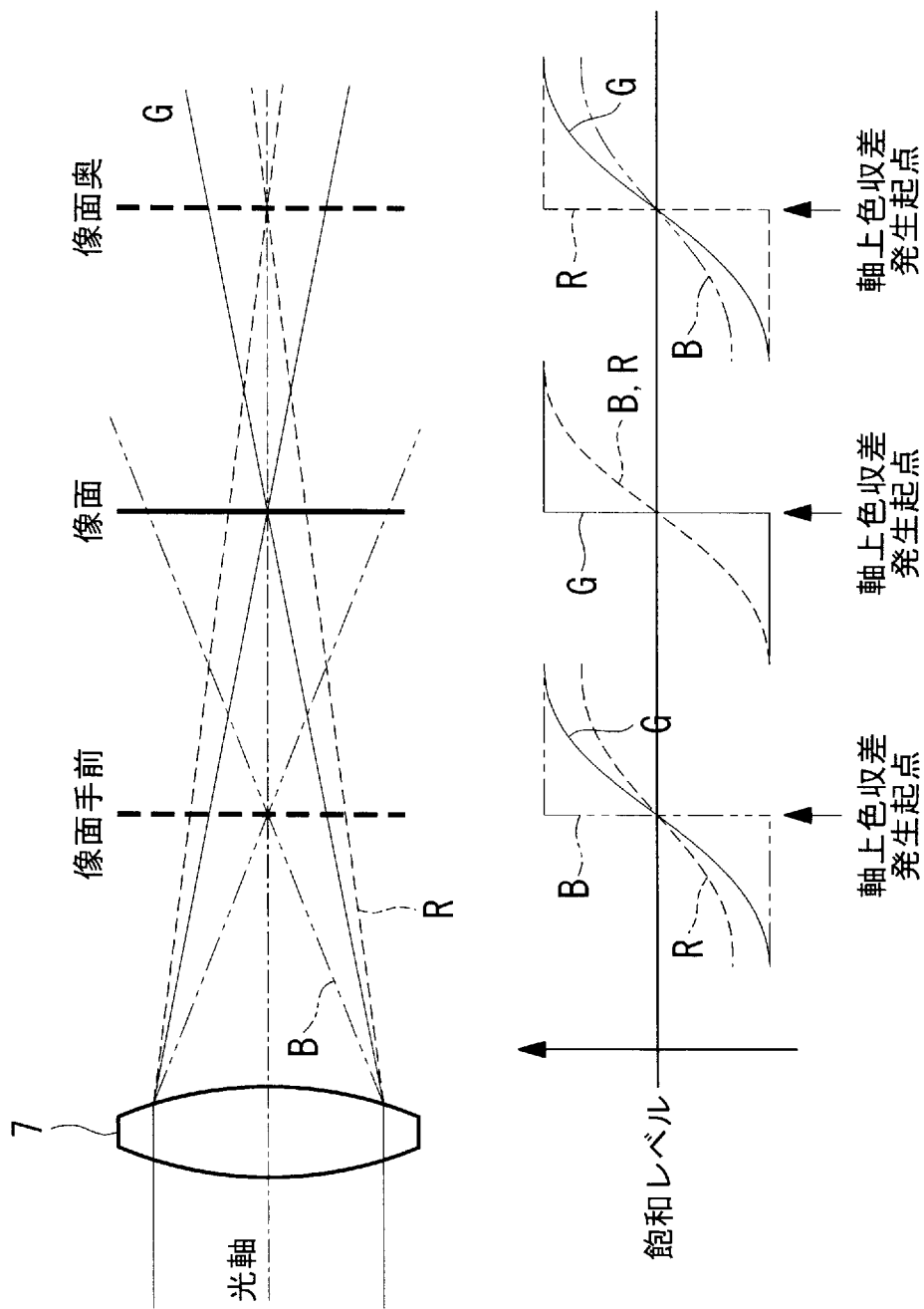
前記コンピュータが、

前記発生起点検出ステップにおいて、前記注目画素の画素値が所定の閾値よりも大きい場合、又は、前記合計画素値算出部により算出された前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とRの画素値の合計との大小関係と逆である場合、若しくは、前記一方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係が、前記他方向に配列している画素のGの画素値の合計とBの画素値の合計との大小関係と逆である場合に、前記注目画素を軸上色収差の発生起点として検出する請求項26又は請求項27記載の画像処理プログラム。

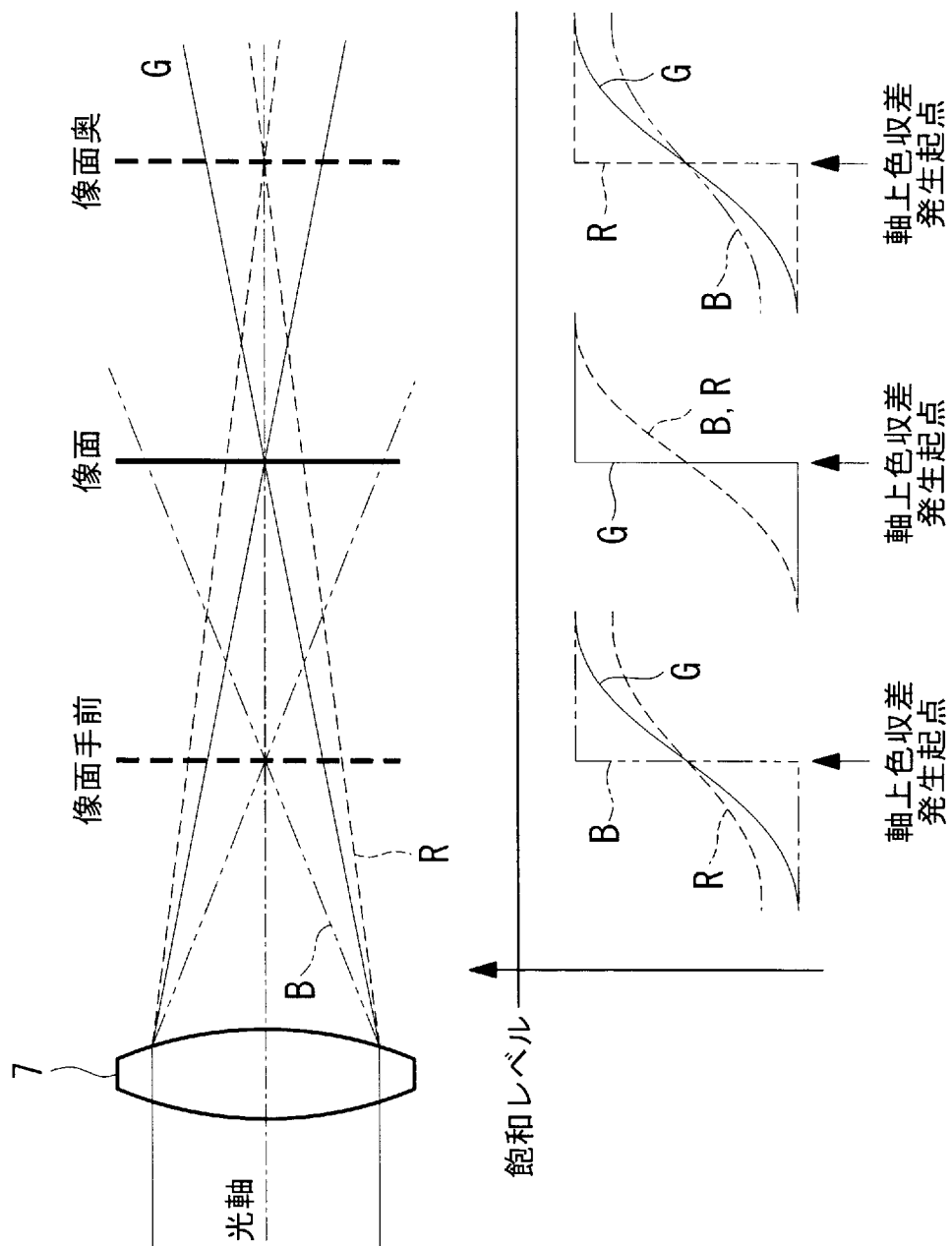
[図1]



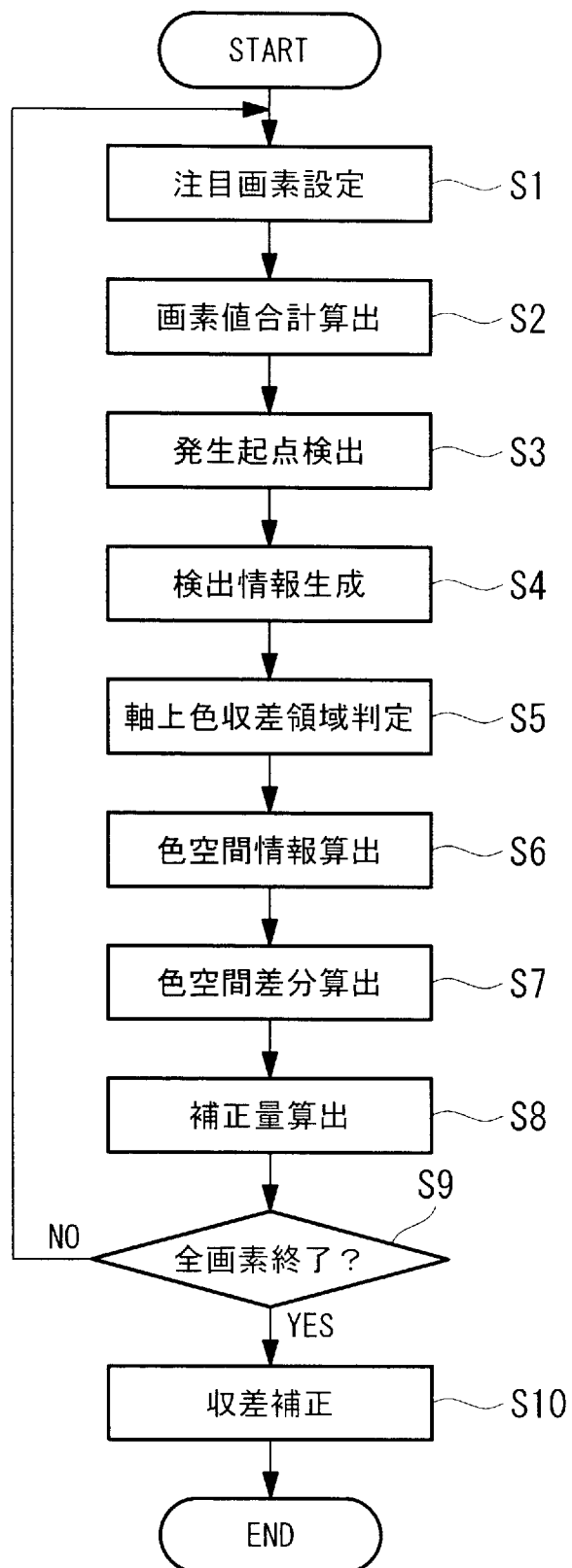
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

$(-m, -m)$			$(0, -m)$			$(m, -m)$
			$\vdots$			
		$(-1, -1)$	$(0, -1)$	$(1, -1)$		
$(-m, 0)$	$\cdots$	$(-1, 0)$	$(0, 0)$	$(1, 0)$	$\cdots$	$(m, 0)$
		$(-1, 1)$	$(0, 1)$	$(1, 1)$		
			$\vdots$			
$(-m, m)$			$(0, m)$			(m, m)

[図6]

P_c (-m, -m)			P_c (0, -m)			P_c (m, -m)
			$\vdots$			
		P_c (-1, -1)	P_c (0, -1)	P_c (1, -1)		
P_c (-m, 0)	...	P_c (-1, 0)	P_c (0, 0)	P_c (1, 0)	...	P_c (m, 0)
		P_c (-1, 1)	P_c (0, 1)	P_c (1, 1)		
			$\vdots$			
P_c (-m, m)			P_c (0, m)			P_c (m, m)

[図7]

$P_{C'}$ (-m, -m)			$P_{C'}$ (0, -m)			$P_{C'}$ (m, -m)
			$\vdots$			
		$P_{C'}$ (-1, -1)	$P_{C'}$ (0, -1)	$P_{C'}$ (1, -1)		
$P_{C'}$ (-m, 0)	...	$P_{C'}$ (-1, 0)	$P_{C'}$ (0, 0)	$P_{C'}$ (1, 0)	...	$P_{C'}$ (m, 0)
		$P_{C'}$ (-1, 1)	$P_{C'}$ (0, 1)	$P_{C'}$ (1, 1)		
			$\vdots$			
$P_{C'}$ (-m, m)			$P_{C'}$ (0, m)			$P_{C'}$ (m, m)

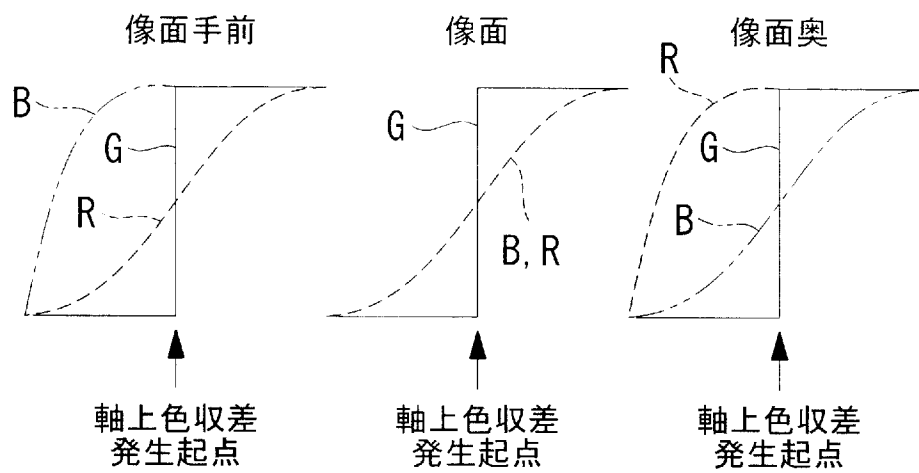
[図8]

P_{c1} $(-m, -m)$			P_{c1} $(0, -m)$			P_{c2} $(m, -m)$
			$\vdots$			
		P_{c1} $(-1, -1)$	P_{c1} $(0, -1)$	P_{c2} $(1, -1)$		
P_{c1} $(-m, 0)$	...	P_{c1} $(-1, 0)$	P_{c1} $(0, 0)$	P_{c2} $(1, 0)$	...	P_{c2} $(m, 0)$
		P_{c1} $(-1, 1)$	P_{c1} $(0, 1)$	P_{c2} $(1, 1)$		
			$\vdots$			
P_{c1} $(-m, m)$			P_{c1} $(0, m)$			P_{c2} (m, m)

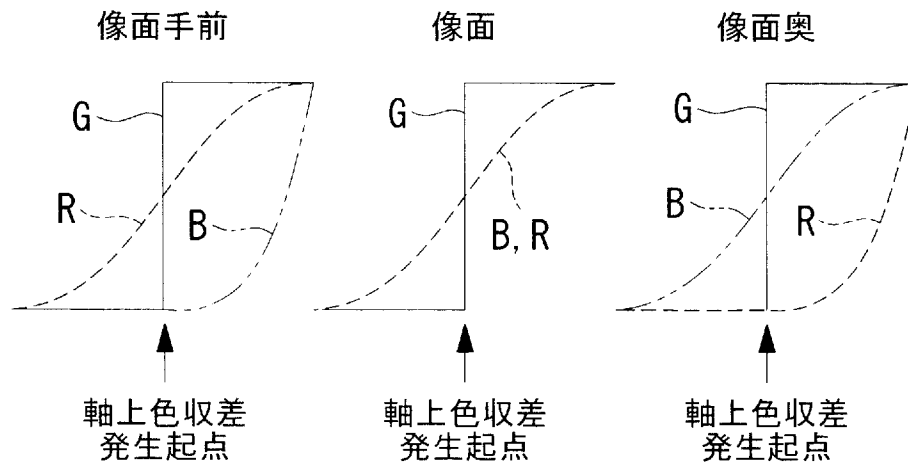
[図9]

$Pc1'$ $(-m, -m)$			$Pc1'$ $(0, -m)$			$Pc2'$ $(m, -m)$
			$\vdots$			
		$Pc1'$ $(-1, -1)$	$Pc1'$ $(0, -1)$	$Pc2'$ $(1, -1)$		
$Pc1'$ $(-m, 0)$	...	$Pc1'$ $(-1, 0)$	$Pc1'$ $(0, 0)$	$Pc2'$ $(1, 0)$	...	$Pc2'$ $(m, 0)$
		$Pc1'$ $(-1, 1)$	$Pc1'$ $(0, 1)$	$Pc2'$ $(1, 1)$		
			$\vdots$			
$Pc1'$ $(-m, m)$			$Pc1'$ $(0, m)$			$Pc2'$ (m, m)

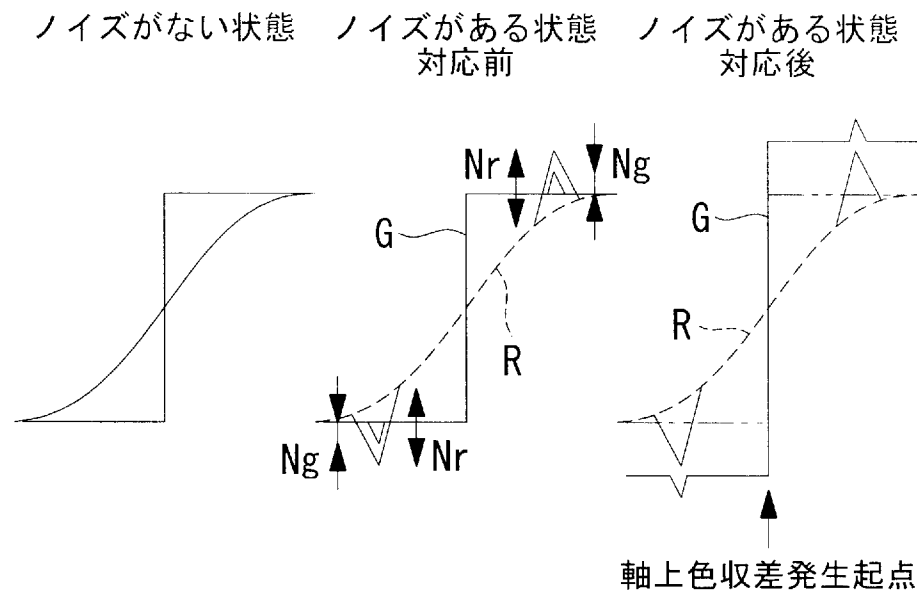
[図10]



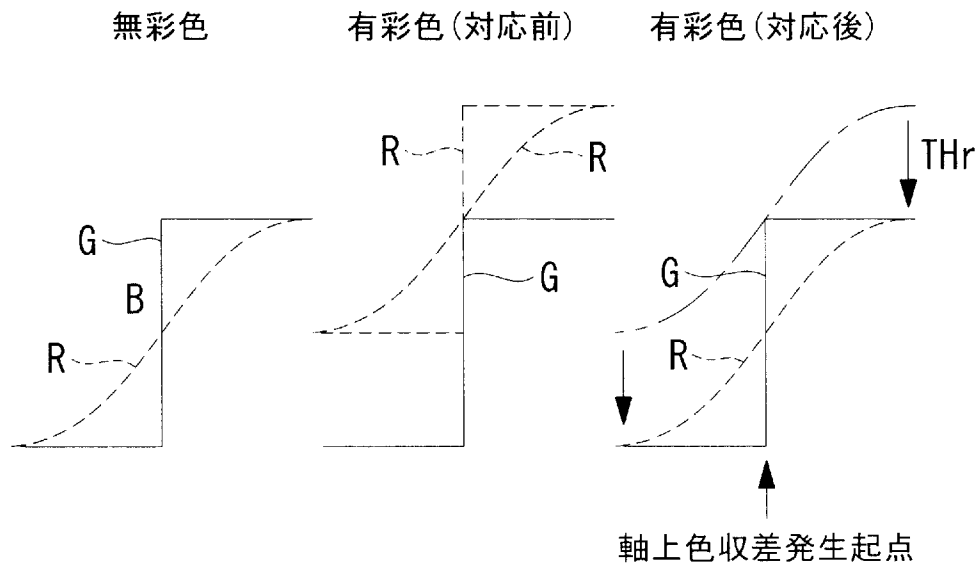
[図11]



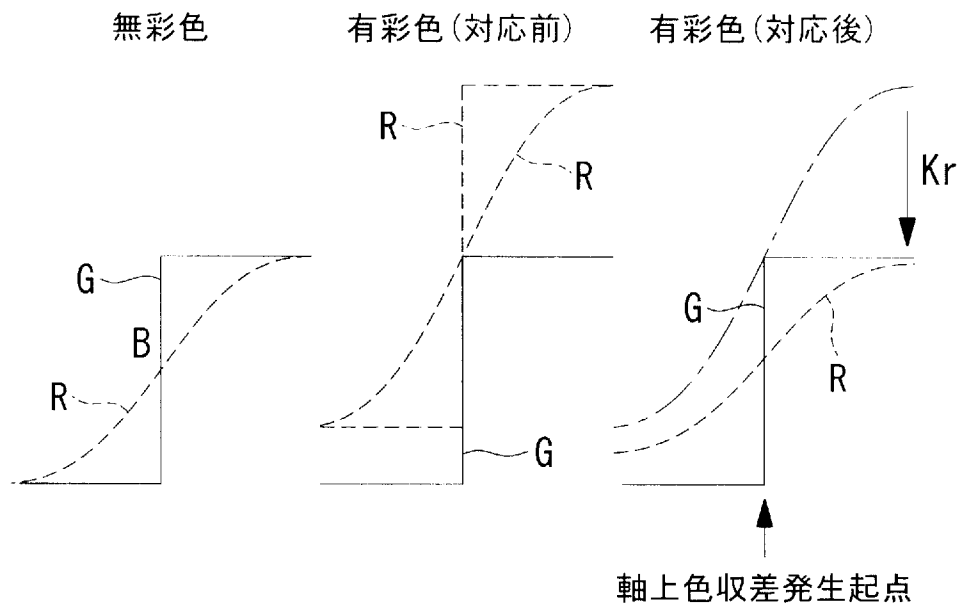
[図12]



[図13]



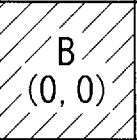
[図14]



[図15]

B	GB	B	GB	B	GB	B
GR	R	GR	R	GR	R	GR
B	GB	B	GB	B	GB	B
GR	R	GR		GR	R	GR
B	GB	B	GB	B	GB	B
GR	R	GR	R	GR	R	GR
B	GB	B	GB	B	GB	B

[図16]

R	GR	R	GR	R	GR	R
GB	B	GB	B	GB	B	GB
R	GR	R	GR	R	GR	R
GB	B	GB		GB	B	GB
R	GR	R	GR	R	GR	R
GB	B	GB	B	GB	B	GB
R	GR	R	GR	R	GR	R

[図17]

GB	B	GB	B	GB	B	GB
R	GR	R	GR	R	GR	R
GB	B	GB	B	GB	B	GB
R	GR	R	GR (0, 0)	R	GR	R
GB	B	GB	B	GB	B	GB
R	GR	R	GR	R	GR	R
GB	B	GB	B	GB	B	GB

[図18]

GR	R	GR	R	GR	R	GR
B	GB	B	GB	B	GB	B
GR	R	GR	R	GR	R	GR
B	GB	B	GB (0, 0)	B	GB	B
GR	R	GR	R	GR	R	GR
B	GB	B	GB	B	GB	B
GR	R	GR	R	GR	R	GR

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N9/04(2006.01)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)

H04N9/04

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.
A	JP 2013-172402 A (Nikon Corp.), 02 September 2013 (02.09.2013), paragraphs [0023] to [0094] & WO 2013/125198 A1	1-28
A	WO 2007/007878 A1 (Nikon Corp.), 18 January 2007 (18.01.2007), paragraphs [0010] to [0105] & US 2009/0074324 A1	1-28
A	US 2012/0106841 A1 (Zoran Corp.), 03 May 2012 (03.05.2012), paragraphs [0002] to [0017], [0061] to [0063] (Family: none)	1-28

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 July 2015 (08.07.15)

Date of mailing of the international search report
21 July 2015 (21.07.15)

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（I P C））

Int.Cl. H04N9/04(2006.01)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（I P C））

Int.Cl. H04N9/04

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
A	JP 2013-172402 A（株式会社ニコン）2013.09.02, 段落 [0023]-[0094] & WO 2013/125198 A1	1-28
A	WO 2007/007878 A1（株式会社ニコン）2007.01.18, 段落 [0010]-[0105] & US 2009/0074324 A1	1-28
A	US 2012/0106841 A1（Zoran Corporation）2012.05.03, 段落 [0002]-[0017][0061]-[0063]（ファミリーなし）	1-28

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

の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

0 8 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

松永 隆志

5 V

4 2 2 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 1