

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6213466号
(P6213466)

(45) 発行日 平成29年10月18日(2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日(2017.9.29)

(51) Int.Cl.		F I			
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	710
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	510
H04N	5/232	(2006.01)	H04N	5/232	

請求項の数 13 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-522548 (P2014-522548)	(73) 特許権者	000001270 コニカミノルタ株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(86) (22) 出願日	平成25年6月17日(2013.6.17)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/066580	(72) 発明者	浅野 基広 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
(87) 国際公開番号	W02014/002811		
(87) 国際公開日	平成26年1月3日(2014.1.3)		
審査請求日	平成28年6月2日(2016.6.2)	審査官	松田 直也
(31) 優先権主張番号	特願2012-142262 (P2012-142262)		
(32) 優先日	平成24年6月25日(2012.6.25)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも第1および第2の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得する取得部と、

前記入力画像における注目領域について、前記第1の色成分と前記第2の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出する相関度算出部と、

前記注目領域について、前記第1の色成分の高周波成分を算出する高周波成分算出部と、

前記相関度算出部によって算出された濃淡方向相関度に応じた方法で、前記高周波成分算出部によって算出された前記第1の色成分の高周波成分を用いて前記注目領域についての前記第2の色成分を補正する補正部とを備える、画像処理装置。

【請求項2】

前記補正部は、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第1の色成分と前記第2の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、前記第2の色成分に対して前記第1の色成分の高周波成分を加算し、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第1の色成分と前記第2の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、前記第1の色成分の高周波成分による前記第2の色成分の補正を行わない、請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記補正部は、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が所定値 (> 0) を超えるときに前記正相関と判断し、前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が所定値 (< 0) を下回るときに前記負相関と判断し、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が所定値 から所定値 の範囲にあるときに、前記正相関の場合と比較して低減された前記第 1 の色成分の高周波成分を前記第 2 の色成分に対して加算する、請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記補正部は、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、前記第 2 の色成分に対して前記第 1 の色成分の高周波成分を加算し、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、前記正相関の場合と比較して低減された前記第 1 の色成分の高周波成分を前記第 2 の色成分に対して加算する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記補正部は、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、前記第 2 の色成分に対して前記第 1 の色成分の高周波成分を加算し、

前記注目領域についての前記濃淡方向相関度が、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、前記第 2 の色成分に対して前記第 1 の色成分の高周波成分を減算する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記補正部は、

前記注目領域に高周波成分が多く含まれているか否かを判断し、

前記注目領域に高周波成分が多く含まれていない場合には、前記濃淡方向相関度に応じた方法で前記注目領域についての前記第 2 の色成分を補正する一方、

前記注目領域に高周波成分が多く含まれている場合には、前記濃淡方向相関度に依存せず、予め定められた方法で前記注目領域についての前記第 2 の色成分を補正する、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記補正部は、前記第 2 の色成分の MTF 特性のうち、前記第 1 の色成分の MTF 特性に比較して劣化している周波数帯域を補正する、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記相関度算出部は、前記第 1 の色成分および前記第 2 の色成分に含まれる高周波成分に基づいて、前記濃淡方向相関度を算出する、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記相関度算出部は、前記第 1 の色成分および前記第 2 の色成分に含まれる高周波成分をパターンマッチングして得られた相関値を用いて、前記濃淡方向相関度を算出する、請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記相関度算出部は、前記相関値に第 2 の色成分の濃淡変化の大きさを乗じることで、前記濃淡方向相関度を算出する、請求項 9 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記相関度算出部は、NCC法を用いて前記相関値を算出する、請求項 9 または 10 に

10

20

30

40

50

記載の画像処理装置。

【請求項 1 2】

少なくとも第 1 および第 2 の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得するステップと、

前記入力画像における注目領域について、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出するステップと、

前記注目領域について、前記第 1 の色成分の高周波成分を算出するステップと、

前記濃淡方向相関度に応じた方法で、前記第 1 の色成分の高周波成分を用いて、前記注目領域についての前記第 2 の色成分を補正するステップとを備える、画像処理方法。

【請求項 1 3】

コンピューターに画像処理を実行させる画像処理プログラムであって、前記画像処理プログラムは、前記コンピューターに、

少なくとも第 1 および第 2 の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得するステップと、

前記入力画像における注目領域について、前記第 1 の色成分と前記第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出するステップと、

前記注目領域について、前記第 1 の色成分の高周波成分を算出するステップと、

前記濃淡方向相関度に応じた方法で、前記第 1 の色成分の高周波成分を用いて、前記注目領域についての前記第 2 の色成分を補正するステップとを実行させる、画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像のぼけを補正する画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

レンズなどの光学系を通して撮像する場合には、レンズの軸上色収差などが生じ得る。そのため撮像によって得られた画像には、ぼけが生じ得る。そこで、例えば、特開 2007-028041 号公報（特許文献 1）は、光学系を通して撮像された画像の色収差補正を行なう方法を開示する。より具体的には、当該先行技術では、撮像面において少なくとも 2 つの色成分の間で MTF 特性が異なる第 1 の画像の少なくとも 2 つの色成分のうち、1 つの色成分に対して、平滑化ないしは先鋭化処理を行なって MTF を補正する処理を複数通り行ない、それら間での色応答を比較する。そして、色応答の比較結果に基づいて、複数通りの MTF 処理の中から 1 つの MTF 補正処理を決定し、少なくとも 2 つの色成分のうち 1 つの色成分の MTF 特性を他の色成分の MTF 特性に整合させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007-028041 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の先行技術に開示された方法で色収差によるぼけを補正しようとする、一部の領域で逆にぼけたり、エッジに不自然な画像処理がなされたりする。そこで、本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、その目的は、色収差によるぼけをより適切に補正できる画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

10

20

30

40

50

本発明のある実施の形態に従う画像処理装置は、少なくとも第1および第2の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得する取得部と、入力画像における注目領域について、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出する相関度算出部と、注目領域について、第1の色成分の高周波成分を算出する高周波成分算出部と、相関度算出部によって算出された濃淡方向相関度に応じた方法で、高周波成分算出部によって算出された第1の色成分の高周波成分を用いて注目領域についての第2の色成分を補正する補正部とを含む。

【0006】

好ましくは、補正部は、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、第2の色成分に対して第1の色成分の高周波成分を加算し、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、第1の色成分の高周波成分による第2の色成分の補正を行なわない。

10

【0007】

さらに好ましくは、補正部は、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 (> 0) を超えるときに正相関と判断し、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 (< 0) を下回るときに負相関と判断し、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 から所定値 の範囲にあるときに、正相関の場合と比較して低減された第1の色成分の高周波成分を第2の色成分に対して加算する。

【0008】

20

好ましくは、補正部は、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、第2の色成分に対して第1の色成分の高周波成分を加算し、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、正相関の場合と比較して低減された第1の色成分の高周波成分を第2の色成分に対して加算する。

【0009】

好ましくは、補正部は、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、第2の色成分に対して第1の色成分の高周波成分を加算し、注目領域についての濃淡方向相関度が、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、第2の色成分に対して第1の色成分の高周波成分を減算する。

30

【0010】

好ましくは、補正部は、注目領域に高周波成分が多く含まれているか否かを判断し、注目領域に高周波成分が多く含まれていない場合には、濃淡方向相関度に応じた方法で注目領域についての第2の色成分を補正する一方、注目領域に高周波成分が多く含まれている場合には、濃淡方向相関度に依存せず、予め定められた方法で注目領域についての第2の色成分を補正する。

【0011】

好ましくは、補正部は、第2の色成分のMTF特性のうち、第1の色成分のMTF特性と比較して劣化している周波数帯域を補正する。

40

【0012】

好ましくは、相関度算出部は、第1の色成分および第2の色成分に含まれる高周波成分に基づいて、濃淡方向相関度を算出する。

【0013】

さらに好ましくは、相関度算出部は、第1の色成分および第2の色成分に含まれる高周波成分をパターンマッチングして得られた相関値を用いて、濃淡方向相関度を算出する。

【0014】

さらに好ましくは、相関度算出部は、相関値に第2の色成分の濃淡変化の大きさを乗じることによって、濃淡方向相関度を算出する。

【0015】

50

さらに好ましくは、相関度算出部は、NCC法を用いて相関値を算出する。

本発明の別の実施の形態に従う画像処理方法は、少なくとも第1および第2の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得するステップと、入力画像における注目領域について、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出するステップと、注目領域について、第1の色成分の高周波成分を算出するステップと、濃淡方向相関度に応じた方法で、第1の色成分の高周波成分を用いて、注目領域についての第2の色成分を補正するステップとを含む。

【0016】

本発明のさらに別の実施の形態に従えば、コンピューターに画像処理を実行させる画像処理プログラムが提供される。画像処理プログラムは、コンピューターに、少なくとも第1および第2の色成分を含む複数の色成分で表現された入力画像を取得するステップと、入力画像における注目領域について、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出するステップと、注目領域について、第1の色成分の高周波成分を算出するステップと、濃淡方向相関度に応じた方法で、第1の色成分の高周波成分を用いて、注目領域についての第2の色成分を補正するステップとを実行させる。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、色収差によるぼけをより適切に補正できる。

【図面の簡単な説明】

20

【0018】

【図1】本発明の実施の形態に従う画像処理装置の基本的構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す画像処理装置を具現化したデジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【図3】図1に示す画像処理装置を具現化したパーソナルコンピューターの構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態に従う画像処理装置および画像処理方法が補正の対象とする色収差を説明するための図である。

【図5】本発明に関連する画像処理方法の手順を示すフローチャートである。

【図6】本発明に関連する画像処理方法の処理対象となる入力画像の一例を示す図である

30

。【図7】本発明に関連する画像処理方法の高周波成分の抽出処理を説明するための図である。

【図8】LPFの一例を示す図である。

【図9】本発明に関連する画像処理方法におけるYCrCb色空間への変換処理を説明するための図である。

【図10】本発明に関連する画像処理方法における入力画像に対する補正処理を説明するための図である。

【図11】本発明に関連する画像処理方法における入力画像に対する補正処理による効果を説明するための図である。

40

【図12】本発明に関連する画像処理方法におけるRGB色空間への変換処理を説明するための図である。

【図13】本発明に関連する画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。

【図14】図13に示す補正結果の拡大図である。

【図15】本発明に関連する画像処理方法による補正によって生じる課題を説明するための図である。

【図16】本発明に関連する画像処理方法による補正によって生じる課題を説明するための図である。

【図17】本発明の実施の形態において採用する濃淡方向相関度を説明するための図である。

50

【図 1 8】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法の手順を示すフローチャートである。

【図 1 9】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の概要を示す図である。

【図 2 0】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出処理の一過程を示す図である。

【図 2 1】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出処理の一過程を示す図である。

【図 2 2】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出結果の一例を示す図である。

10

【図 2 3】本発明の実施の形態 1 に従う補正用の高周波成分を算出するための処理を示す図である。

【図 2 4】本発明の実施の形態 1 に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。

【図 2 5】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における入力画像の補正処理を説明するための図である。

【図 2 6】図 2 5 に示す入力画像の補正処理による補正の効果を説明するための図である。

【図 2 7】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における RGB 色空間への変換処理を説明するための図である。

20

【図 2 8】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。

【図 2 9】図 2 8 に示す補正結果の拡大図である。

【図 3 0】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法による補正結果の別の例を示す図である。

【図 3 1】本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法による補正結果の別の例を示す図である。

【図 3 2】本発明の実施の形態 1 の変形例に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。

【図 3 3】本発明の実施の形態 2 に従う補正用の高周波成分を算出するための処理を示す図である。

30

【図 3 4】本発明の実施の形態 2 に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。

【図 3 5】本発明の実施の形態 2 に従う画像処理方法における入力画像の補正処理を説明するための図である。

【図 3 6】図 3 5 に示す入力画像の補正処理による補正の効果を説明するための図である。

【図 3 7】本発明の実施の形態 2 に従う画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。

【図 3 8】本発明の実施の形態 3 に従う画像処理方法の概要を説明するための図である。

40

【図 3 9】本発明の実施の形態 3 に従う画像処理方法において使用される補正係数の一例を示す図である。

【図 4 0】本発明の実施の形態 4 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出結果の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0020】

< A . 概要 >

50

本発明の実施の形態に従う画像処理装置は、典型的には、光学系の軸上色収差などにより入力画像がぼけを含む場合、最もMTF特性の良い色（例えば、G）の高周波成分を、他の色（例えば、R）の高周波成分を用いて補正するような画像補正処理に適している。

【0021】

本発明の実施の形態に従う画像処理装置は、複数の色成分で表現された入力画像に対して、同一の領域についての色間の濃淡方向相関度を算出するとともに、その算出した濃淡方向相関度に応じて、高周波成分を用いた補正方法を最適化する。

【0022】

< B . システム構成 >

まず、本発明の実施の形態に従う画像処理装置の構成について説明する。

10

【0023】

(b 1 : 基本的構成)

図1は、本発明の実施の形態に従う画像処理装置1の基本的構成を示すブロック図である。図1を参照して、画像処理装置1は、撮像部2と、画像処理部3と、画像出力部4とを含む。図1に示す画像処理装置1においては、撮像部2が被写体を撮像することで画像（以下、「入力画像」とも称す。）を取得し、画像処理部3がこの取得された入力画像に対して後述するような画像処理を行なうことで、当該入力画像に含まれるぼけを補正する。そして、画像出力部4は、この補正後の入力画像（以下、単に「補正後画像」とも称す。）を表示デバイスなどへ出力する。

【0024】

20

撮像部2は、対象物（被写体）を撮像して入力画像を生成する。より具体的には、撮像部2は、カメラ22と、カメラ22と接続されたA/D（Analog to Digital）変換部24とを含む。A/D変換部24は、カメラ22により撮像された被写体を示す入力画像を出力する。

【0025】

カメラ22は、被写体を撮像するための光学系であるレンズ22aと、レンズ22aにより集光された光を電気信号に変換するデバイスである撮像素子22bとを含む。A/D変換部24は、撮像素子22bから出力される被写体を示す映像信号（アナログ電気信号）をデジタル信号に変換して出力する。撮像部2はさらに、各部分を制御するための制御処理回路などを含み得る。

30

【0026】

画像処理部3は、撮像部2によって取得された入力画像に対して、本実施の形態に従う画像処理方法を実施することで、当該入力画像に含まれるぼけを補正する。より具体的には、画像処理部3は、LPF（Low Pass Filter：ローパスフィルタ）処理部30と、色空間変換部32と、濃淡方向相関度算出部34と、エッジ補正部36と、RGB補正画像生成部38とを含む。

【0027】

LPF処理部30は、処理対象の入力画像に対して低周波数成分を抽出する。

色空間変換部32は、処理対象の入力画像の色空間を変換する。具体的には、色空間変換部32は、RGB色空間の入力画像をYCrCb色空間の画像に変換する。

40

【0028】

濃淡方向相関度算出部34は、処理対象の入力画像についての濃淡方向相関度を算出する。この濃淡方向相関度の詳細については後述する。

【0029】

エッジ補正部36は、入力画像のぼけを補正するためのエッジ補正を行なう。

RGB補正画像生成部38は、エッジ補正後の入力画像をRGB色空間の画像に再度変換して出力する。

【0030】

画像出力部4は、画像処理部3によって生成される補正後画像の画像を表示デバイスなどへ出力する。

50

【0031】

各部の処理動作の詳細については、後述する。

図1に示す画像処理装置1は、各部を独立に構成することもできるが、汎用的には、以下に説明するデジタルカメラやパーソナルコンピュータなどとして具現化される場合が多い。そこで、本実施の形態に従う画像処理装置1の具現化例について説明する。

【0032】

(b2:具現化例1)

図2は、図1に示す画像処理装置1を具現化したデジタルカメラ100の構成を示すブロック図である。図2において、図1に示す画像処理装置1を構成するそれぞれのブロックに対応するコンポーネントには、図1と同一の参照符号を付している。

10

【0033】

図2を参照して、デジタルカメラ100は、CPU(Central Processing Unit)102と、デジタル処理回路104と、画像表示部108と、カードインターフェイス(I/F)110と、記憶部112と、ズーム機構114と、光学系120とを含む。

【0034】

CPU102は、予め格納されたプログラムなどを実行することで、デジタルカメラ100の全体を制御する。デジタル処理回路104は、本実施の形態に従う画像処理を含む各種のデジタル処理を実行する。デジタル処理回路104は、典型的には、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、LSI(Large Scale Integration)、FPGA(Field-Programmable Gate Array)などによって構成される。このデジタル処理回路104は、図1に示す画像処理部3が提供する機能を実現するための画像処理回路106を含む。

20

【0035】

画像表示部108は、光学系120により提供される入力画像、デジタル処理回路104(画像処理回路106)によって生成される出力画像、デジタルカメラ100に係る各種設定情報、および、制御用GUI(Graphical User Interface)画面などを表示する。

【0036】

カードインターフェイス(I/F)110は、画像処理回路106によって生成された画像データを記憶部112へ書き込み、あるいは、記憶部112から画像データなどを読み出すためのインターフェイスである。記憶部112は、画像処理回路106によって生成された画像データや各種情報(デジタルカメラ100の制御パラメータや動作モードなどの設定値)を格納する記憶デバイスである。この記憶部112は、フラッシュメモリ、光学ディスク、磁気ディスクなどからなり、データを不揮発的に記憶する。

30

【0037】

ズーム機構114は、ユーザー操作などに応じて、光学系120の撮像倍率を変更する機構である。ズーム機構114は、典型的には、サーボモーターなどを含み、光学系120を構成するレンズ群を駆動することで、焦点距離を変化させる。

40

【0038】

光学系120は、被写体を撮像することで入力画像を生成する。

図2に示すデジタルカメラ100は、本実施の形態に従う画像処理装置1の全体を単体の装置として実装したものである。すなわち、ユーザーは、デジタルカメラ100を用いて被写体を撮像することで、画像表示部108において当該被写体を立体的に視認することができる。

【0039】

(b3:具現化例2)

図3は、図1に示す画像処理装置1を具現化したパーソナルコンピュータ200の構成を示すブロック図である。図3に示すパーソナルコンピュータ200では、入力画像

50

を取得するための撮像部 2 が搭載されておらず、任意の撮像部 2 によって取得された入力画像が外部から入力される構成となっている。このような構成であっても、本発明の実施の形態に従う画像処理装置 1 に含まれ得る。なお、図 3 においても、図 1 に示す画像処理装置 1 を構成するそれぞれのブロックに対応するコンポーネントには、図 1 と同一の参照符号を付している。

【 0 0 4 0 】

図 3 を参照して、パーソナルコンピューター 2 0 0 は、パーソナルコンピューター本体 2 0 2 と、モニター 2 0 6 と、マウス 2 0 8 と、キーボード 2 1 0 と、外部記憶装置 2 1 2 とを含む。

【 0 0 4 1 】

パーソナルコンピューター本体 2 0 2 は、典型的には、汎用的なアーキテクチャーに従う汎用コンピューターであり、基本的な構成要素として、CPU、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) などを含む。パーソナルコンピューター本体 2 0 2 は、図 1 に示す画像処理部 3 が提供する機能を実現するための画像処理プログラム 2 0 4 が実行可能になっている。このような画像処理プログラム 2 0 4 は、CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory) などの記憶媒体に格納されて流通し、あるいは、ネットワークを介してサーバー装置から配信される。そして、画像処理プログラム 2 0 4 は、パーソナルコンピューター本体 2 0 2 のハードディスクなどの記憶領域内に格納される。

【 0 0 4 2 】

このような画像処理プログラム 2 0 4 は、パーソナルコンピューター本体 2 0 2 で実行されるオペレーティングシステム (OS) の一部として提供されるプログラムモジュールのうち必要なモジュールを、所定のタイミングおよび順序で呼出して処理を実現するように構成されてもよい。この場合、画像処理プログラム 2 0 4 自体には、OS が提供するモジュールは含まれず、OS と協働して画像処理が実現される。また、画像処理プログラム 2 0 4 は、単体のプログラムではなく、何らかのプログラムの一部に組み込まれて提供されてもよい。このような場合にも、画像処理プログラム 2 0 4 自体には、当該何らかのプログラムにおいて共通に利用されるようなモジュールは含まれず、当該何らかのプログラムと協働して画像処理が実現される。このような一部のモジュールを含まない画像処理プログラム 2 0 4 であっても、本実施の形態に従う画像処理装置 1 の趣旨を逸脱するものではない。

【 0 0 4 3 】

もちろん、画像処理プログラム 2 0 4 によって提供される機能の一部または全部を専用のハードウェアによって実現してもよい。

【 0 0 4 4 】

モニター 2 0 6 は、オペレーティングシステム (OS) が提供する GUI 画面、画像処理プログラム 2 0 4 によって生成される画像などを表示する。

【 0 0 4 5 】

マウス 2 0 8 およびキーボード 2 1 0 は、それぞれユーザー操作を受付け、その受付けたユーザー操作の内容をパーソナルコンピューター本体 2 0 2 へ出力する。

【 0 0 4 6 】

外部記憶装置 2 1 2 は、何らかの方法で取得された入力画像を格納しており、この入力画像をパーソナルコンピューター本体 2 0 2 へ出力する。外部記憶装置 2 1 2 としては、フラッシュメモリ、光学ディスク、磁気ディスクなどのデータを不揮発的に記憶するデバイスが用いられる。

【 0 0 4 7 】

図 3 に示すパーソナルコンピューター 2 0 0 は、本実施の形態に従う画像処理装置 1 の一部を単体の装置として実装したものである。

【 0 0 4 8 】

< C . 色収差 >

10

20

30

40

50

本実施の形態に従う画像処理装置および画像処理方法では、典型的には、光学系に生じる色収差（軸上色収差）を補正する。

【0049】

図4は、本発明の実施の形態に従う画像処理装置および画像処理方法が補正の対象とする色収差を説明するための図である。図4に示すように、色収差は、レンズを透過する光の屈折率が波長によって異なるために生じる現象である。例えば、撮像素子がR（赤色）、G（緑色）、B（青色）の3色に感度を有している場合に、Gでピント合わせしたとする。すなわち、Gに対応する波長でみれば、被写体の表面位置（目的とする位置）で合焦することになる（G合焦位置）。これに対して、RおよびBに対応する波長でみれば、レンズにおけるGに対応する波長の屈折率とは異なる屈折率が生じるため、被写体の表面位置とは異なる位置で合焦することになる（R合焦位置）。

10

【0050】

このように、光に含まれる波長成分によって合焦する位置が異なる状態を色収差といい、これによって、入力画像のG成分については、ぼけが生じないが、R成分については、ぼけが生じ得る。本実施の形態においては、このようなぼけを補正する画像処理方法を提供する。

【0051】

すなわち、本実施の形態においては、光学系の軸上色収差などのために、ある色成分（例えば、G）には、ぼけは発生していないが、他の色成分（例えば、RやB）には、ぼけが発生している画像について、その発生しているぼけを補正する処理を想定している。このぼけの補正は、GとRまたはBとの間のMTF（Modulation Transfer Function：光学伝達関数）特性の違いを補正することを意味する。

20

【0052】

< D . 関連する画像処理方法 >

まず、本実施の形態に従う画像処理方法の内容についての理解を容易にするために、本発明に関連する画像処理方法の内容について先に説明する。

【0053】

図5は、本発明に関連する画像処理方法の手順を示すフローチャートである。本発明に関連する画像処理方法（以下、単に「関連技術」とも称す。）においては、一例として、入力画像に含まれるGの高周波成分を、Y（輝度）の高周波成分として代用することで、ぼけを補正することを考える。

30

【0054】

より具体的には、図5を参照して、まず入力画像を取得する処理（ステップS1）が実行される。この入力画像は、それを構成する各画素がR濃淡値、G濃淡値、B濃淡値の3次元の濃淡値で定義されているとする。続いて、当該取得した入力画像に含まれる色成分（R、G、B）のうち基準となる色成分（典型的には、G）についての高周波成分を取得する処理（ステップS2）が実行される。

【0055】

続いて、入力画像のRGB色空間をYCrCb色空間へ変換する処理が実行される（ステップS3）。そして、ステップS2において取得された基準となる色成分についての高周波成分を用いて、ステップS3において取得されたYCrCb色空間の入力画像に対する補正処理が実行される（ステップS8）。そして、ステップS8による補正後の入力画像（YCrCb色空間）を再度RGB色空間へ変換する処理が実行され（ステップS9）、この処理によって得られた補正後画像が出力される（ステップS10）。そして、処理は終了する。

40

【0056】

（d1：入力画像の取得（ステップS1））

画像処理装置は、カメラで被写体を撮像するなどして、入力画像を取得する。図6は、本発明に関連する画像処理方法の処理対象となる入力画像の一例を示す図である。図6（a）には、RGB色空間で表現した入力画像（RGB0）の一例を示し、図6（b）、（

50

c)、(d)には、R、G、Bの各濃淡画像(R0、G0、B0)の一例を示す。

【0057】

なお、図6には、一例として、750×500画素のサイズの画像を示す。

(d2:高周波成分の取得(ステップS2))

画像処理装置は、処理対象の入力画像に含まれる色成分(R、G、B)のうち基準となる色成分(典型的には、G)についての高周波成分を取得する。具体的には、入力画像に対してLPF(ローパスフィルタ)をかけて低周波成分を抽出するとともに、入力画像からこの抽出した低周波成分を減算することで、高周波成分を抽出する。

【0058】

なお、補正に用いる高周波成分の波長範囲については、予め定めておくことができる。このような波長範囲としては、補正対象の色成分のMTF特性のうち、基準となる色成分のMTF特性に比較して劣化している周波数帯域と設定することができる。すなわち、補正の対象となる高周波成分としては、少なくとも2色間で比較し、MTF特性がより悪い周波数帯域に設定することができる。

10

【0059】

図7は、本発明に関連する画像処理方法の高周波成分の抽出処理を説明するための図である。図8は、LPFの一例を示す図である。

【0060】

図7(a)を参照して、まず、画像処理装置は、入力画像(RGB0)に対してLPFをかける。LPFとしては、例えば、図8に示すような11画素×11画素での平均化フィルタを採用することができる。なお、LPFとしては、抽出したい周波数や画像サイズなどの条件に応じて、フィルタサイズを変更してもよいし、ガウシアンフィルタなどの重み付け平均を用いる方式であってもよい。

20

【0061】

このLPF処理によって、図7(a)に示すような、入力画像の低周波成分(RGBL)が取得される。図7(a)には、説明の便宜上、RGB色空間で表現した入力画像(RGB0)の低周波成分(RGBL)を示すが、目的とする色(本例では、G)の濃淡画像に対してのみ、LPFをかけてもよい。

【0062】

次に、図7(b)に示すように、入力画像のG(G0)から当該Gの低周波成分(GL)を減算することで、入力画像のGの高周波成分(GH)が取得される。すなわち、入力画像からGの高周波成分が取り出される。

30

【0063】

(d3:YCrCb色空間への変換処理(ステップS3))

画像処理装置は、RGB色空間の入力画像およびその低周波成分のそれぞれを、事後の補正処理のために、YCrCb色空間へ変換する。

【0064】

図9は、本発明に関連する画像処理方法におけるYCrCb色空間への変換処理を説明するための図である。図9(a)に示すように、RGB色空間の入力画像(RGB0)がYCrCb色空間へ変換される。この色変換処理によって、輝度成分(Y0)および2つの色相成分(Cr0、Cb0)が生成される。

40

【0065】

また、図9(b)に示すように、入力画像の低周波成分(RGBL)についても、YCrCb色空間へ変換される。この色変換処理によって、輝度成分(YL)および2つの色相成分が生成されるが、事後の処理では、入力画像の低周波成分(RGBL)の輝度成分(YL)のみが必要となるため、それ以外については図示していない。

【0066】

(d4:YCrCb色空間の入力画像に対する補正処理(ステップS8))

次に、画像処理装置は、YCrCb色空間の入力画像に対して補正処理を行なう。すなわち、画像処理装置は、入力画像のGの高周波成分(GH)を入力画像のY(輝度)へ移

50

植する。

【0067】

図10は、本発明に関連する画像処理方法における入力画像に対する補正処理を説明するための図である。図11は、本発明に関連する画像処理方法における入力画像に対する補正処理による効果を説明するための図である。

【0068】

図10に示すように、画像処理装置は、入力画像のY（輝度）の高周波成分の代わりに、入力画像のGの高周波成分（GH）を代用して、入力画像のY（輝度）を補正する。入力画像のY（輝度）の高周波成分を差し替えるため、入力画像のY（輝度）から高周波成分を取り除いた低周波成分（YL）に、入力画像のGの高周波成分（GH）を加算し、補正後の入力画像の輝度である補正後Y（Y'）を生成する。

10

【0069】

図11（a）と図11（b）とを比較するとわかるように、上述した入力画像に対する補正処理によって、入力画像の元のY（輝度）に比較して、文字部やパッチの境界部などで、エッジがシャープに補正されていることがわかる。

【0070】

（d5：RGB色空間への色変換処理（ステップS9））

最後に、画像処理装置は、補正後Y（Y'）を用いて、YCrCb色空間からRGB色空間へ戻すことで、補正後のRGB画像を生成する。

【0071】

20

図12は、本発明に関連する画像処理方法におけるRGB色空間への色変換処理を説明するための図である。図12（a）および図12（b）に示すように、画像処理装置は、補正後Y（Y'）と元のCrおよびCbをそれぞれ加算することで、補正後のRおよびBを生成する。なお、Gについては、もともと基準となる色成分であり、補正の必要がないため、入力画像の元の値がそのまま使用される。

【0072】

（d6：関連技術による補正結果）

図13は、本発明に関連する画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。図14は、図13に示す補正結果の拡大図である。

【0073】

30

図13には、関連技術によって入力画像を補正して得られる結果の画像を示す。図13に示す補正後画像をみると概ねシャープ化されているように見えるが、図14に示すように、補正後画像を部分的に拡大すると、赤のパッチ部は、高周波成分を補正したにもかかわらず、逆にぼけてしまっていることがわかる。これは、図14の中段に示すように、補正によってR成分がぼけてしまうことにより生じる。

【0074】

< E . 本実施の形態における解決手段 >

本願発明者は、上述した関連技術において、図14に示すような課題が生じることを見出すとともに、その原因について新たな知見を得た。その上で、本願発明者は、この新たな知見に基づいて、本願の技術思想に想到したものである。以下、これらの内容について説明する。

40

【0075】

図15および図16は、本発明に関連する画像処理方法による補正によって生じる課題を説明するための図である。図17は、本発明の実施の形態において採用する濃淡方向相関度を説明するための図である。

【0076】

図15（a）に示すように、関連技術による補正の結果得られる補正後画像（RGB'）についてみれば、グレイのパッチ部については、補正によってシャープ（ぼけが解消）になっているが、赤のパッチ部については、補正によってぼけの度合いが増している。

【0077】

50

図15(b)に示すように、入力画像のR成分およびG成分において、それぞれの色について、パッチ部とその周辺部とを比較する。まず、グレイについては、R成分およびG成分とも、パッチ部の内部が薄い一方で、その周辺部は濃くなっており、濃淡変化についての関係が同じである。これに対して、赤については、R成分では、パッチ部の内部が濃い一方で、その周辺部は薄くなっており、G成分では、パッチ部の内部が薄い一方で、その周辺部は濃くなっている。すなわち、赤については、パッチ部とその周辺との間の濃淡変換の関係がR成分とG成分との間で逆転している。

【0078】

本実施の形態において、入力画像の同一範囲における、異なる色成分の間での濃淡変化の関係を「濃淡方向相関度」と称す。そして、上述のグレイのように、異なる色成分の間での濃淡変化が同一または類似している状態を「正相関」と称し、上述の赤のように、異なる色成分の間での濃淡変化が異なっているまたは反対になっている状態を「負相関」と称す。すなわち、本実施の形態に従う解決手段は、入力画像における注目領域について、第1の色成分と第2の色成分の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出する処理を含む。

10

【0079】

図16(a)に示すように、「濃淡方向相関度」が高い、つまり色成分の間で「正相関」があるときには、補正によって、エッジを立てて、シャープになるように働く。これに対して、図16(b)に示すように、「濃淡方向相関度」が低い、つまり色成分の間で「負相関」があるときには、補正によって逆にエッジを鈍らせてしまう。

20

【0080】

濃淡方向相関度に係る正相関および負相関の概念図を図17に示す。図17(a)に示すように、R成分およびG成分の両方において、対応する部分が濃い状態から薄い状態へ変化するような場合は、正相関となる。これに対して、図17(b)に示すように、R成分において、対応する部分が濃い状態から薄い状態へ変化する一方で、G成分において、対応する部分が薄い状態から濃い状態へ変化するような場合は、負相関となる。

【0081】

本実施の形態においては、このような濃淡方向相関度を用いて、補正によってぼけを生じさせないように、補正に用いる高周波成分を適宜修正する。すなわち、本実施の形態に従う画像処理方法は、高周波成分を他の色成分(チャンネル)の高周波成分として代用する方法を採用した場合に生じる課題に向けられている。なお、上述の関連技術においては、入力画像のGの高周波成分をY(輝度)の高周波成分として用いることで、GをRとして代用することに相当している。

30

【0082】

< F . 実施の形態 1 >

次に、上述のような解決手段を用いた実施の形態1について説明する。実施の形態1に従う画像処理方法においても、一例として、入力画像に含まれるGの高周波成分をY(輝度)の高周波成分として代用する方法を想定する。

【0083】

本発明の実施の形態1に従う画像処理装置は、複数の色成分で表現された入力画像を取得する機能と、入力画像における注目領域について、第1の色成分(典型的には、G)と第2の色成分(典型的には、R)の濃淡方向が同一方向であるか逆方向であるかを示す濃淡方向相関度を算出する機能と、注目領域について、第1の色成分の高周波成分を算出する機能とを有する。そして、画像処理装置は、高周波成分を用いて、算出された濃淡方向相関度に応じた方法で、注目領域についての補正対象の色成分を補正する。つまり、画像処理装置は、相関度算出部によって算出された濃淡方向相関度に応じた方法で、高周波成分算出部によって算出された第1の色成分の高周波成分を用いて注目領域についての第2の色成分を補正する。すなわち、本実施の形態1に従う画像処理装置は、少なくとも2色間の濃淡方向相関度を算出し、領域毎に高周波成分の使い方を切り替えて、ぼけを補正する。

40

50

【 0 0 8 4 】

(f 1 : 全体手順)

図 1 8 は、本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法の手順を示すフローチャートである。図 1 8 を参照して、まず入力画像を取得する処理 (ステップ S 1) が実行される。続いて、当該取得した入力画像に含まれる色成分 (R、G、B) のうち基準となる色成分 (典型的には、G) についての高周波成分を取得する処理 (ステップ S 2) が実行される。さらに、入力画像の R G B 色空間を Y C r C B 色空間へ変換する処理が実行される (ステップ S 3)。このステップ S 1 ~ S 3 の処理は、図 5 に示すステップ S 1 ~ S 3 の処理と同様である。

【 0 0 8 5 】

続いて、濃淡方向相関度の算出処理 (ステップ S 4) が実行される。そして、基準となる色成分 (典型的には、G) についての高周波成分から補正値を算出する処理 (ステップ S 5) が実行される。そして、ステップ S 5 において算出された基準となる色成分についての高周波成分を用いて、ステップ S 3 において取得された Y C r C B 色空間の入力画像に対する補正処理が実行される (ステップ S 6)。そして、ステップ S 6 による補正後の入力画像 (Y C r C B 色空間) を再度 R G B 色空間へ変換する処理が実行され (ステップ S 7)、この処理によって得られた補正後画像が出力される (ステップ S 1 0)。そして、処理は終了する。

【 0 0 8 6 】

以下、主として、図 1 8 に示すステップ S 4 ~ S 7 の処理内容について詳述する。なお、ステップ S 1 ~ S 3 および S 1 0 の処理内容については、上述の関連技術において説明した内容と同様であるので、詳細な説明は繰り返さない。

【 0 0 8 7 】

(f 2 : 濃淡方向相関度の算出処理 (ステップ S 4))

次に、濃淡方向相関度の算出処理の詳細について説明する。

【 0 0 8 8 】

図 1 9 は、本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の概要を示す図である。図 2 0 および図 2 1 は、本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出処理の一過程を示す図である。図 2 2 は、本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出結果の一例を示す図である。

【 0 0 8 9 】

図 1 8 のステップ S 4 においては、図 1 9 (a) に示すような、補正によってぼけが生じる領域の発生を回避するために、濃淡方向相関度を算出する。ここでは、入力画像の R についての濃淡方向相関度を算出するものとする。

【 0 0 9 0 】

上述したように、本実施の形態において「濃淡方向相関度」は、図 1 9 (b) に示すように、エッジ (濃淡変化が大きな部分) に正相関または負相関があるかを判断できるようなデータである。図 1 9 (b) には、濃淡方向相関度を 2 次元画像として表現している。この濃淡方向相関度において、「白」の部分は、エッジであって正相関が強いほど、データとしては正の大きな値をとる。一方、「黒」の部分は、エッジであって負相関が強いほど、データとしては負の大きな値をとる。また、「グレイ」の部分は、エッジでない部分か、あるいはエッジであっても相関がほとんどない部分となり、データとしては 0 近傍の値をとる。

【 0 0 9 1 】

以下、図 2 0 ~ 図 2 2 を参照して、濃淡方向相関度の算出処理の詳細について説明する。まず、図 2 0 に示すように、画像処理装置 1 は、入力画像の R および G の高周波成分 (R H および G H) をそれぞれ算出する。この高周波成分の算出方法については、図 7 および図 8 を参照して説明したので、詳細な内容については繰り返さない。

【 0 0 9 2 】

次に、画像処理装置 1 は、R の高周波成分 (R H) と G の高周波成分 (G H) との間で

10

20

30

40

50

、相関値を算出する。すなわち、画像処理装置 1 は、2 色の高周波成分を用いて濃淡方向相関度を算出する。このとき、濃淡方向相関度は、2 色の高周波成分をパターンマッチングして得られた相関値を用いて算出される。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態においては、一例として、R の高周波成分 (R H) と G の高周波成分 (G H) とに対し、N C C (N o r m a l i z e d C r o s s C o r r e l a t i o n) 法を用いて、高周波成分の相関値として N C C 値が算出される。ここで、N C C 法は、パターンマッチングの一種である。

【 0 0 9 4 】

ここで、図 8 に示す L P F と同じく、1 1 画素 × 1 1 画素のサイズであれば、以下の (1 0) 式に従って、N C C 値が算出される。

【 0 0 9 5 】

【 数 1 】

$$NCC = \frac{\sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 RH(i, j) \cdot GH(i, j)}{\sqrt{\sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 RH(i, j)^2 \times \sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 GH(i, j)^2}} \quad \dots (1)$$

【 0 0 9 6 】

図 2 0 に示される高周波成分 (R H および G H) についての N C C 値の結果は、図 2 1 に示すようになる。図 2 1 に示す N C C 値の結果において、濃淡方向が同じところほど白っぽく表示されて、1 . 0 に近い値を示し、逆の、濃淡方向が異なるところほど黒っぽく、- 1 . 0 に近い値を示すことになる。

【 0 0 9 7 】

上述の (1) 式に示すような 1 1 画素 × 1 1 画素のすべて処理を行なう代わりに、2 画素毎に計算を行なうなど、高速化のため処理を簡略化してもよい。また、処理サイズについても、L P F のサイズと同じである必要はなく、目的とするエッジの濃淡についての相関が適切に算出できるように、フィルタサイズを調整してよい。

【 0 0 9 8 】

このように、本実施の形態に従う画像処理装置は、基準となる色成分 (典型的には、G) および補正対象の色成分 (典型的には、R) に含まれる高周波成分に基づいて、濃淡方向相関度を算出する。より具体的には、本実施の形態に従う画像処理装置は、N C C 法を用いて濃淡方向相関度を算出する。

【 0 0 9 9 】

図 2 1 に示す高周波成分の相関値 (N C C 値の結果) には、エッジであるか否か (すなわち、濃淡変化が大きいかわか) の情報は含まれないので、R H の絶対値を掛け合わせることで、濃淡方向相関度が算出される。

【 0 1 0 0 】

すなわち、図 2 2 に示すように、「高周波成分の相関値」と「R H の絶対値」(R のエッジであるか否か (濃淡変化が大きいかわか) の情報) とを各画素について掛け合わせる処理が実行される。より具体的には、画像処理装置は、以下の (2) 式に従って、高周波成分の相関値に R H の絶対値を掛け合わせることで、濃淡方向相関度を算出する。

【 0 1 0 1 】

$$\text{濃淡方向相関度} = NCC \times |RH| \quad \dots (2)$$

ここでは、R のエッジが G のエッジに対してどのような相関があるかを算出しているため、R H の絶対値を用いている。すなわち、R の高周波成分の絶対値が R の濃淡変化の大きさに相当する。

【 0 1 0 2 】

このように、本実施の形態に従う画像処理装置は、相関値に第 2 の色成分 (典型的には

、 R) の濃淡変化の大きさを乗じることで、濃淡方向相関度を算出する。

【 0 1 0 3 】

(f 3 : 高周波成分から補正值の算出処理 (ステップ S 5))

次に、基準となる色成分 (典型的には、 G) についての高周波成分から補正值を算出する処理 (ステップ S 5) が実行される。

【 0 1 0 4 】

図 2 3 は、本発明の実施の形態 1 に従う補正用の高周波成分を算出するための処理を示す図である。図 2 4 は、本発明の実施の形態 1 に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。

【 0 1 0 5 】

図 2 3 (a) に示すような濃淡方向相関度が算出されると、この算出された濃淡方向相関度を用いて、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) が算出される。より具体的には、図 2 3 (b) に示すような入力画像の G の高周波成分 (G H) のうち、正相関を有する部分では高周波成分を残し、負相関を有する部分では高周波成分を加算しないように、G の高周波成分 (G H) を補正することで、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) を生成する。この G の高周波成分 (G H r e d) の生成には、図 2 4 に示すような補正係数 c を用いて、以下の (3) 式に従って算出する。

【 0 1 0 6 】

$$G H r e d = G H \times c \quad \dots (3)$$

図 2 4 に示す補正係数 c に関して、正相関のところは G の高周波成分をそのまま残すために、濃淡方向相関度が (> 0) を超える場合には、補正係数 c = 1 を採用する。一方、負相関のところは G の高周波成分を加算しないために、濃淡方向相関度が - を下回る場合には、補正係数 c = 0 を採用する。正相関と負相関との間で急激な変化を避けるために、濃淡方向相関度が - から の範囲にある場合には、補正係数を濃淡方向相関度についての一次関数に設定して、補正係数の変化を滑らかにしている。なお、ここでは濃淡方向相関度の閾値として と - の絶対値が同じ値を用いたが、負相関の閾値としては、 - に限らず、任意の値 (< 0) を用いても構わない。

【 0 1 0 7 】

つまり、本実施の形態に従う補正処理においては、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、第 2 の色成分に対して第 1 の色成分の高周波成分を加算し、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、第 1 の色成分の高周波成分による第 2 の色成分の補正を行なわない。

【 0 1 0 8 】

より具体的には、本実施の形態に従う補正処理においては、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 (> 0) を超えるときに正相関と判断し、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 (< 0) を下回るときに相関と判断し、注目領域についての濃淡方向相関度が所定値 から所定値 の範囲にあるときに、正相関の場合と比較して低減された第 1 の色成分の高周波成分を第 2 の色成分に対して加算する。

【 0 1 0 9 】

(f 4 : 入力画像に対する補正処理 (ステップ S 6))

次に、上述のような処理によって算出された、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) を用いて、入力画像に対する補正処理が実行される。

【 0 1 1 0 】

図 2 5 は、本発明の実施の形態 1 に従う画像処理方法における入力画像の補正処理を説明するための図である。図 2 6 は、図 2 5 に示す入力画像の補正処理による補正の効果を説明するための図である。

【 0 1 1 1 】

図 2 5 を参照して、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) が入力画像の R の輝度 (Y ' r e d) へ移植される。すなわち、入力画像の R については、G

10

20

30

40

50

の高周波成分 (GHred) を用いて、R用の補正後の輝度 (Y' red) が算出される。より具体的には、入力画像の輝度の低周波成分 (YL) にGの高周波成分 (GHred) が加算されることで、輝度 (Y' red) が算出される。

【0112】

図26に示すように、このような補正方法を採用することで、図15に示すような負相関が原因でぼけが発生していた赤のパッチ部のエッジに対しては、補正が行なわれず、上述のような問題は発生しない。すなわち、負相関の部分は、エッジが強調されない。

【0113】

入力画像のGは補正の基準であるので、何らの補正もなされない。これに対して、入力画像のBについては、上述の関連技術と同様に、Gの高周波成分 (GH) を用いて補正される。

10

【0114】

但し、入力画像のBについても、上述の実施の形態1におけるRと同様に、入力画像のGとBとの間で濃淡方向相関度を算出するとともに、算出した濃淡方向相関度に基づいて、入力画像のBを補正するためのGの高周波成分 (GHblue) を算出する。そして、この算出されたGの高周波成分 (GHblue) を用いて、補正を行なうようにしてもよい。その手順の詳細は、上述したので繰り返さない。

【0115】

(f5: RGB色空間への変換処理(ステップS7))

最後に、画像処理装置は、R用の補正後の輝度 (Y' red) を用いて、YCrCb色空間からRGB色空間へ戻すことで、補正後のRGB画像を生成する。

20

【0116】

図27は、本発明の実施の形態1に従う画像処理方法におけるRGB色空間への変換処理を説明するための図である。図27に示すように、画像処理装置1は、R用の補正後の輝度 (Y' red) と元のCrとを加算することで、補正後のR (R'') を生成する。

【0117】

なお、Gについては、もともと基準となる色成分であり、補正の必要がないため、入力画像の元の値がそのまま使用される。また、Bについては、基本的には、図12(b)に示す関連技術と同様の手順で、輝度 (Y') と元のCbとを加算することで、補正後のB (B') が生成される。但し、濃淡方向相関度に基づいて、入力画像のBを補正するためのGの高周波成分 (GHblue) が算出された場合には、図27と同様の手順で、補正後のB (B'') が生成される。

30

【0118】

(f6: 実施の形態1による補正結果)

図28は、本発明の実施の形態1に従う画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。図29は、図28に示す補正結果の拡大図である。

【0119】

図28および図29に示すように、関連技術による画像処理方法では、ぼけが生じてしまっていた部分 (負相関をもつ赤のパッチ部) について、本実施の形態に従う画像処理方法では、ぼけの発生を防止できる。すなわち、本実施の形態に従う画像処理方法では、補正に問題が生じる領域 (負相関をもつ領域) については、誤ってぼかしてしまわないように、補正内容を修正できていることがわかる。

40

【0120】

上述の説明では、説明の便宜上、複数の色を有する複数のパッチ部 (人工物) を被写体とした入力画像に本実施の形態に従う画像処理方法を提供した例を示したが、通常の被写体を写した自然な入力画像に対しても、同様の効果が得られる。

【0121】

図30および図31は、本発明の実施の形態1に従う画像処理方法による補正結果の別の例を示す図である。

50

【 0 1 2 2 】

図 3 0 において、(a) は、処理対象の入力画像を示し、(b) は、関連技術に従う画像処理方法によって得られる補正後画像を示し、(c) は、本実施の形態に従う画像処理方法によって得られる補正後画像を示す。

【 0 1 2 3 】

図 3 0 (b) に示すように、関連技術に従う画像処理方法では、服の端部や襟の部分において、誤った補正がなされていたが、図 3 0 (c) に示すように、本実施の形態に従う画像処理方法では、このような誤った補正が生じないように処理がなされていることがわかる。

【 0 1 2 4 】

より具体的には、図 3 1 (a) に示すような濃淡方向相関度を算出するとともに、図 3 1 (b) に示すように、この算出された濃淡方向相関度に基づいて、入力画像の G の高周波成分 (G H) を補正することで、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) が適切に算出される。

【 0 1 2 5 】

(f 7 : 変形例)

上述の説明においては、入力画像の R について、濃淡方向相関度を算出するとともに、当該算出した濃淡方向相関度に基づいて入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d) を算出した上で、入力画像の R を補正する例を記載した。これに代えて、あるいは、これに代えて、入力画像の B に対しても同様の画像処理方法を適用できることは自明である。この場合においても、同様の効果が得られることも自明である。

【 0 1 2 6 】

上述の実施の形態 1 においては、入力画像の G の高周波成分 (G H) を入力画像の Y (輝度) へ移植する処理例について記載したが、 R G B 色空間や Y C r C b 色空間といった異なる色空間の間で、高周波成分を移植する処理においても同様の効果を得ることができる。例えば、上述の特開 2 0 0 7 - 0 2 8 0 4 1 号公報 (特許文献 1) に開示されるように、入力画像の R および / または B に対して、G の高周波成分を直接的に加算するという処理例を採用した場合であって、本実施の形態に従う画像処理方法を同様に適用でき、かつ同様の効果を奏する。

【 0 1 2 7 】

補正係数 c については、負相関の部分については補正を全く止めるのではなく、補正度合いを弱めるだけでもよい。図 3 2 は、本発明の実施の形態 1 の変形例に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。図 3 2 に示す補正係数 c では、負相関のところは G の高周波成分の補正度合いを弱めるために、濃淡方向相関度が - を下回る場合には、一例として補正係数 $c = 0.2$ を採用する。この負相関における補正係数 c は、0 から 1.0 の範囲にあるいずれかの値を採用し得る。

【 0 1 2 8 】

このように、本実施の形態に従う画像処理装置は、負相関の領域に対して、高周波成分を加算しない、または弱める。すなわち、本実施の形態に従う画像処理装置は、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、補正対象の色成分に対して高周波成分を加算する一方で、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、正相関の場合と比較して低減された第 1 の色成分の高周波成分を補正対象の色成分に対して加算する高周波成分の大きさを正相関の場合に比較して低減する。

【 0 1 2 9 】

(f 8 : 利点)

光学系の軸上色収差などにより入力画像がぼけを含む場合、最も M T F 特性の良い色 (例えば、G) の高周波成分を、他の色 (例えば、R) の高周波成分に単純に移植 (加算) することで、このようなぼけを補正しようとする、一部の領域で逆にぼけたり、エッジに不自然な画像処理がかかったりすることがある。これに対して、本実施の形態において

10

20

30

40

50

は、色毎に濃淡変化の方向が同じであるか否か、すなわち濃淡方向相関度を評価することで、このような他の色の高周波成分に移植（加算）してよいか否かを判断することで、ぼけの発生といった副作用が生じないように、画像補正を行なうことができる。

【0130】

< G . 実施の形態 2 >

上述の実施の形態 1 においては、濃淡方向相関度が負相関の場合に、高周波成分を加算しない、または弱める処理例について説明した。これに対して、実施の形態 2 においては、濃淡方向相関度が負相関の場合に、高周波成分を減算する処理例について説明する。

【0131】

実施の形態 2 に従う画像処理方法は、図 1 8 に示す実施の形態 1 に従う画像処理方法の手順を示すフローチャートに比較して、基準となる色成分（典型的には、G）についての高周波成分から補正値を算出する処理（ステップ S 5）の処理内容が異なっているだけであるので、それ以外の処理の詳細な説明は繰り返さない。以下、主として、実施の形態 1 との相違点について説明する。

【0132】

図 3 3 は、本発明の実施の形態 2 に従う補正用の高周波成分を算出するための処理を示す図である。図 3 4 は、本発明の実施の形態 2 に従う補正用の高周波成分を算出するための補正係数の一例を示す図である。

【0133】

図 3 3 (a) に示すような濃淡方向相関度が算出されると、この算出された濃淡方向相関度を用いて、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d 2) が算出される。より具体的には、図 3 3 (b) に示すような入力画像の G の高周波成分 (G H) のうち、正相関を有する部分では高周波成分を残し、負相関を有する部分では高周波成分を減算するような、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d 2) を生成する。この G の高周波成分 (G H r e d) の生成には、図 3 4 に示すような補正係数 c を用いる。

【0134】

図 3 4 に示す補正係数 c に関して、正相関のところは G の高周波成分をそのまま残すために、濃淡方向相関度が α を超える場合には、補正係数 $c = 1$ を採用する。一方、負相関のところは G の高周波成分を減算（符号を逆にして加算）するために、濃淡方向相関度が $-\alpha$ を下回る場合には、補正係数 $c = -1$ を採用する。正相関と負相関との間で急激な変化を避けるために、濃淡方向相関度が $-\alpha$ から α の範囲にある場合には、補正係数を濃淡方向相関度についての一次関数に設定して、補正係数の変化を滑らかにしている。

【0135】

このような補正係数 c を用いて入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d 2) を生成することで、Y に対して負相関のところでは、関連技術に従う画像処理方法とは逆向きにエッジが立つことになる。

【0136】

図 3 5 は、本発明の実施の形態 2 に従う画像処理方法における入力画像の補正処理を説明するための図である。図 3 6 は、図 3 5 に示す入力画像の補正処理による補正の効果を説明するための図である。図 3 7 は、本発明の実施の形態 2 に従う画像処理方法による補正結果の一例を示す図である。

【0137】

図 3 5 を参照して、入力画像の R を補正するための G の高周波成分 (G H r e d 2) が入力画像の R の輝度 (Y ' r e d) へ移植される。すなわち、入力画像の R については、G の高周波成分 (G H r e d 2) を用いて、R 用の補正後の輝度 (Y ' r e d 2) が算出される。より具体的には、入力画像の輝度の低周波成分 (Y L) に G の高周波成分 (G H r e d 2) が加算されることで、輝度 (Y ' r e d 2) が算出される。

【0138】

図 3 6 に示すように、このような補正方法を採用することで、図 1 5 に示すような負相

10

20

30

40

50

関が原因でぼけが発生していた赤のパッチ部のエッジに対しては、図 15 に示す例とは逆向きにエッジが補正される。これによって、図 37 に示すように、赤のパッチ部をよりシャープになるように補正することが可能になる。

【 0 1 3 9 】

このように、本実施の形態に従う画像処理装置は、負相関の領域に対して、高周波成分を減算する。すなわち、本実施の形態に従う画像処理装置は、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が同一方向である正相関を示すときに、補正対象の色成分に対して第 1 の色成分の高周波成分を加算する一方で、注目領域についての濃淡方向相関度が、第 1 の色成分と第 2 の色成分の濃淡方向が逆方向である負相関を示すときに、補正対象の色成分に対して第 1 の色成分の高周波成分を減算する。

10

【 0 1 4 0 】

本実施の形態においては、色毎に濃淡変化の方向が同じであるか否か、すなわち濃淡方向相関度を評価することで、このような他の色の高周波成分に加算すべきか、減算すべきかを判断することで、ぼけの発生といった副作用が生じないように、画像補正を行なうことができる。

【 0 1 4 1 】

< H . 実施の形態 3 >

上述の実施の形態 1 および 2 においては、画像全体に対して、濃淡方向相関度が負相関であるか否かに応じて、高周波成分を用いた補正方法を変更する（高周波成分を加算しない、弱める、逆に加算する）処理例について説明した。

20

【 0 1 4 2 】

しかしながら、実際には空間周波数が高い画像領域（典型的には、ごちゃごちゃした画像領域）では、エッジの濃淡変化方向が意図したものと異なっても、そのままエッジを立てた方が、画像として見栄えよく補正できる場合もある。そこで、実施の形態 3 においては、高周波成分が少ない画像領域についてのみ、濃淡方向相関度に依存して補正方法を変更する処理例について説明する。

【 0 1 4 3 】

本実施の形態に従う画像処理方法では、まず、処理対象の入力画像を複数の部分領域に区分するとともに、各部分領域について、高周波成分が多い領域であるか、あるいは少ない領域であるかを判断する。そして、高周波成分が多い領域については、上述した関連技術に従う画像処理方法を適用し、濃淡方向相関度とは無関係に、入力画像の高周波成分を用いて補正を行なう。これに対して、高周波成分が少ない領域については、上述した実施の形態 1 または 2 に従う画像処理方法を適用し、濃淡方向相関度に依存して、高周波成分を用いた補正方法を変更する。

30

【 0 1 4 4 】

図 38 は、本発明の実施の形態 3 に従う画像処理方法の概要を説明するための図である。図 39 は、本発明の実施の形態 3 に従う画像処理方法において使用される補正係数の一例を示す図である。

【 0 1 4 5 】

図 38 を参照して、画像処理装置 1 は、まず、入力画像を複数の部分領域（赤点線の領域）に分割する。各部分領域は、例えば 50 画素 × 50 画素のサイズに設定される。続いて、画像処理装置 1 は、部分領域毎に、高周波成分が多い領域であるか、高周波成分が少ない領域であるかを判定する。そして、画像処理装置 1 は、高周波成分が多い領域については、図 5 に示す関連技術に従う画像処理方法を適用し、高周波成分が少ない領域については、上述の実施の形態 1 または 2 に従う画像処理方法を適用する。すなわち、画像処理装置 1 は、高周波成分が少ない領域に対してのみ、濃淡方向相関度に応じて高周波成分の処理を変更する（高周波成分を加算しない、弱める、逆に加算する）。

40

【 0 1 4 6 】

言い換えれば、画像処理装置 1 は、入力画像のうち高周波成分が少ない領域については、図 39 (a) または図 39 (b) に示す補正係数 c を用いて補正を行ない、入力画像の

50

うち高周波成分が多い領域については、図39(c)に示す補正係数cを用いて補正を行なう。この図39(c)に示す補正係数cは、濃淡方向相関度に依存することなく常に「1」となっている。

【0147】

入力画像に設定される部分領域の高周波成分が多いのか、あるいは少ないのかという判断は、例えば、上述の実施の形態1または2において説明したように、入力画像のRを補正する場合には、Rの高周波成分(RH)の絶対値がしきい値(例えば、10)以上であるか否かに基づいて判断すればよい。この判断方法によれば、Rの高周波成分(RH)の絶対値がしきい値以上である領域をRの高周波領域と判定し、部分領域に占める高周波領域の割合が一定値以下の場合(例えば、50%以下)なら、高周波成分が少ない領域と判定する。これに対して、部分領域に占める高周波領域の割合が当該一定値を超えている場合(例えば、50%超)なら、高周波成分が多い領域と判定する。

10

【0148】

このように、本実施の形態に従う画像処理装置は、注目領域に高周波成分が多く含まれているか否かを判断し、注目領域に高周波成分が多く含まれていない場合には、濃淡方向相関度に応じた方法で注目領域についての第2の色成分を補正する一方、注目領域に高周波成分が多く含まれている場合には、濃淡方向相関度に依存せず、予め定められた方法で注目領域についての補正対象の色成分を補正する。すなわち、負相関を有する領域であって、かつ低周波領域(高周波成分が少ない領域)についてのみ、高周波成分による補正方法を変更(加算しない/弱める/減算する)する。

20

【0149】

本実施の形態においては、濃淡方向相関度に応じた補正を適用するか否かを判断した上で、関連技術に従う画像処理方法を適用して一律にエッジを強調するのか、濃淡方向相関度に依存させて高周波成分の適用方法を変更するのかを切り替える。これによって、処理を高速化できるとともに、画像全体としてより自然な補正を行なうことができる。

【0150】

< I . 実施の形態 4 >

上述の実施の形態1~3においては、濃淡方向相関度の算出にNCC法を用いる例について説明したが、これ以外の方法を用いて濃淡方向相関度を算出することもできる。

【0151】

すなわち、上述の(1)式では、NCC法を用いて濃淡方向相関度を算出したが、以下の(4)式に従って、高周波成分の相関値(RHとGHとの相関値)を算出してもよい。この(4)式は、平方根演算を含まないので、演算処理を高速化できる。

30

【0152】

【数2】

$$A = \sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 RH(i, j) \cdot GH(i, j)$$

$$B = \sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 RH(i, j)^2 \times \sum_{j=-5}^5 \sum_{i=-5}^5 GH(i, j)^2 \quad \dots (4)$$

40

A > 0のとき：高周波成分の相関値 = A × A / B

それ以外のとき：高周波成分の相関値 = -A × A / B

【0153】

この(4)式によって得られる結果に、実施の形態1と同様に、以下の(5)式に従って、RHの絶対値(Rのエッジであるかどうか(濃淡変化が大きい))の情報)を掛け合わせることで、濃淡方向相関度を算出する。

【0154】

濃淡方向相関度 = 高周波成分の相関値 × |RH| ... (5)

図40は、本発明の実施の形態4に従う画像処理方法における濃淡方向相関度の算出結

50

果の一例を示す図である。図40に示すように、NCC法を用いて算出した濃淡方向相関度(図22参照)と同様の結果が得られることがわかる。

【0155】

上述のように、濃淡方向相関度を算出する際に利用する「高周波成分の相関値」の算出方法としては、NCC法に限定されるものではなく、エッジの濃淡変化方向が同じ場合と逆である場合との間で、符号が逆転するような相関値を計算できれば、他のどのような方法または処理であっても採用できる。

【0156】

< J . 利点 >

本発明の実施の形態によれば、光学系の軸上色収差などにより入力画像がぼけを含む場合、最もMTF特性の良い色(例えば、G)の高周波成分を、他の色(例えば、R)の高周波成分に単純に移植(加算)することで、このようなぼけを補正しようとする、一部の領域で逆にぼけたり、エッジに不自然な画像処理がかかったりすることがある。これに対して、本実施の形態によれば、より自然なかたちでぼけを補正できる。

【0157】

また、このようなぼけを有効に補正できるため、MTF特性を必ずしも良好にしなくとも、被写体を写したより自然な入力画像を取得できる。これによって、デジタルカメラなどに実装した場合には、レンズの光学特性を過度に高める必要がなく、装置全体の簡素化やコスト低減を実現し得る。

【0158】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0159】

1 画像処理装置、2 撮像部、3 画像処理部、4 画像出力部、22 カメラ、22a レンズ、22b 撮像素子、24 A/D変換部、30 LPF処理部、32 色空間変換部、34 濃淡方向相関度算出部、36 エッジ補正部、38 補正画像生成部、100 デジタルカメラ、102 CPU、104 デジタル処理回路、106 画像処理回路、108 画像表示部、112 記憶部、114 ズーム機構、120 光学系、200 パーソナルコンピューター、202 パーソナルコンピューター本体、204 画像処理プログラム、206 モニター、208 マウス、210 キーボード、212 外部記憶装置。

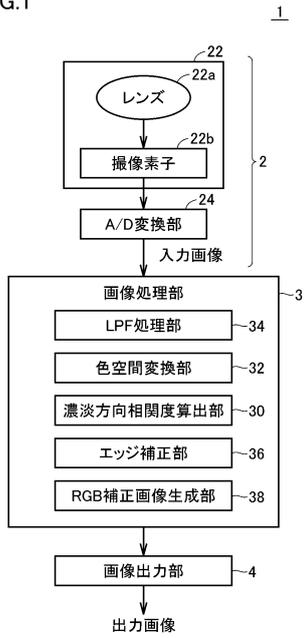
10

20

30

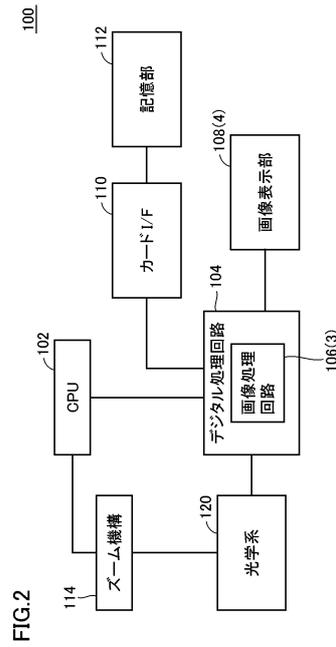
【 図 1 】

FIG.1



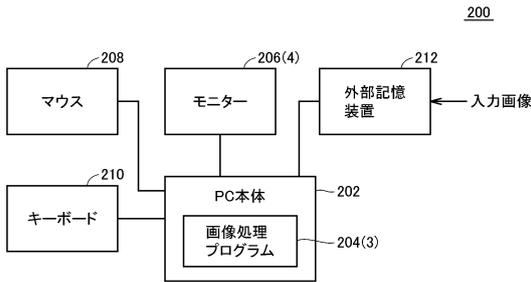
【 図 2 】

FIG.2



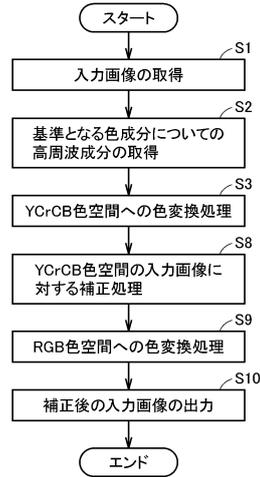
【 図 3 】

FIG.3



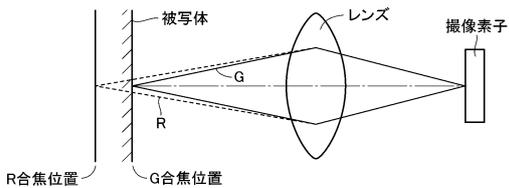
【 図 5 】

FIG.5



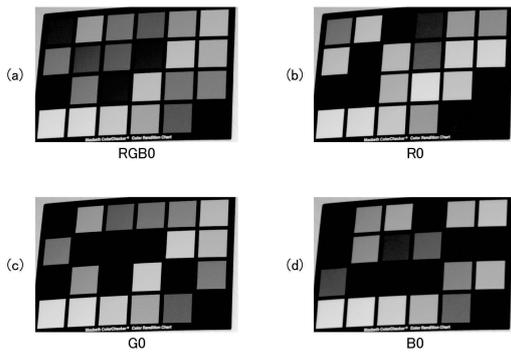
【 図 4 】

FIG.4



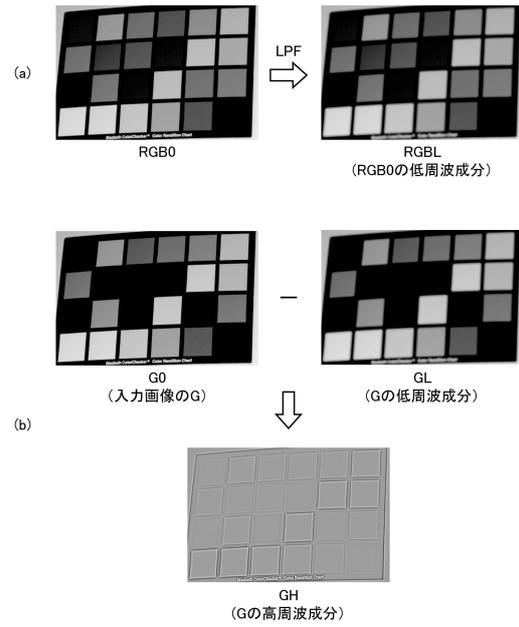
【 図 6 】

FIG.6



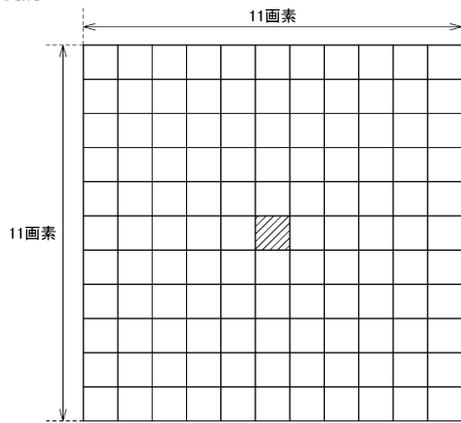
【 図 7 】

FIG.7



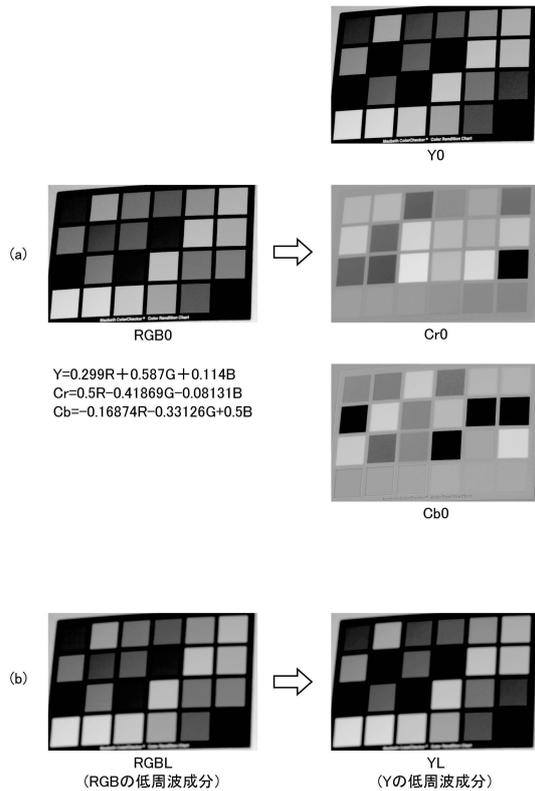
【 図 8 】

FIG.8



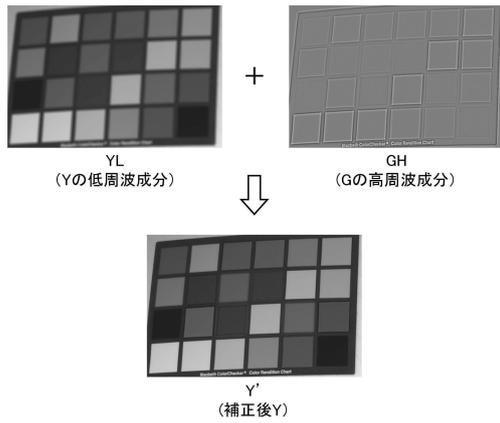
【 図 9 】

FIG.9



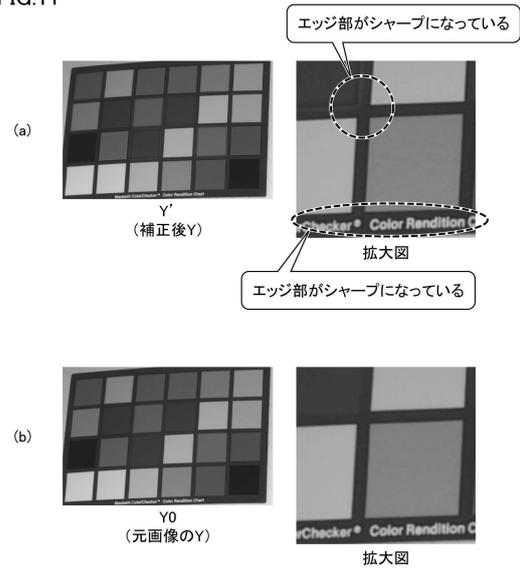
【 図 1 0 】

FIG.10



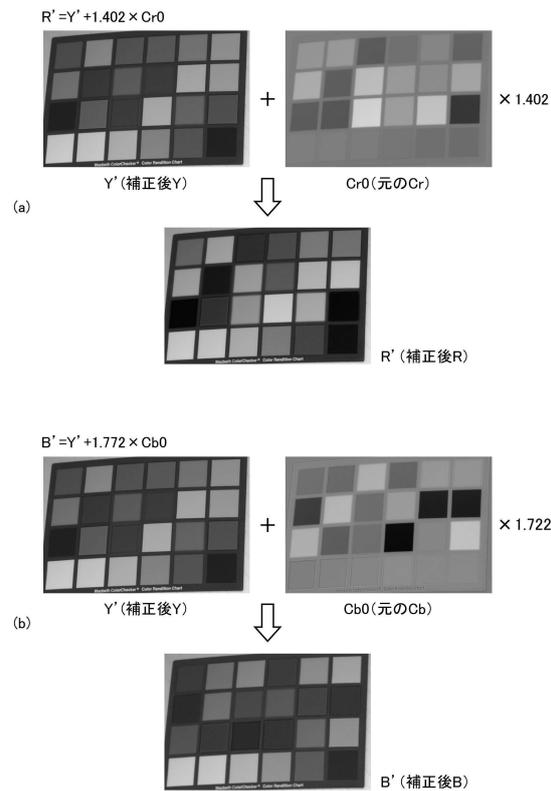
【 図 1 1 】

FIG.11



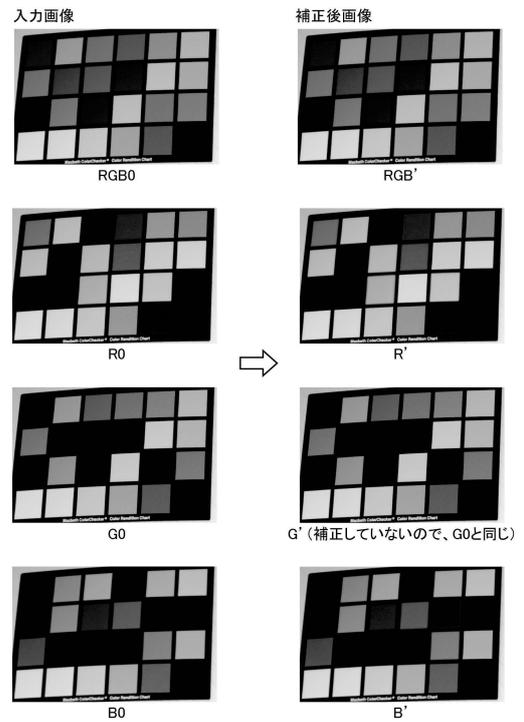
【 図 1 2 】

FIG.12



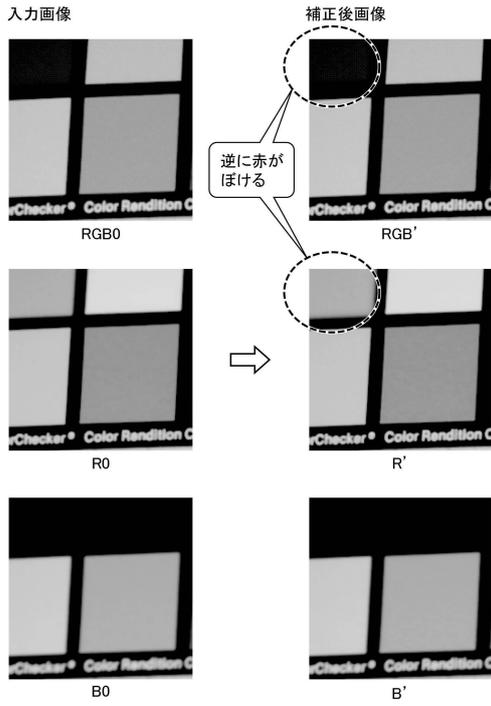
【 図 1 3 】

FIG.13



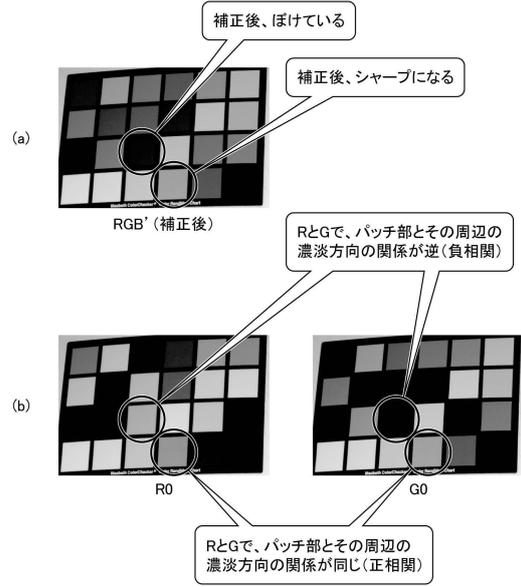
【 図 1 4 】

FIG.14



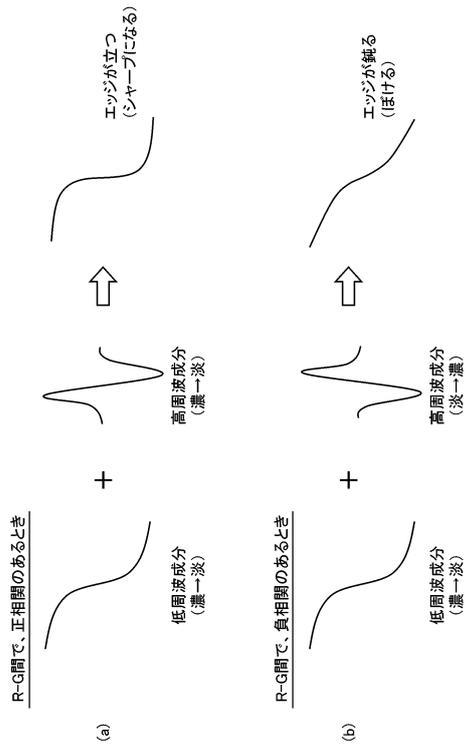
【 図 1 5 】

FIG.15



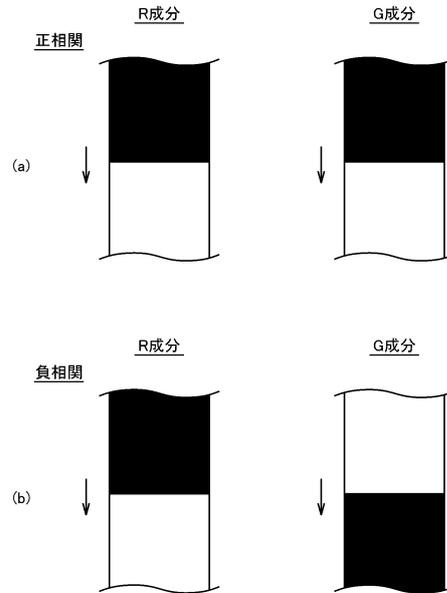
【 図 1 6 】

FIG.16



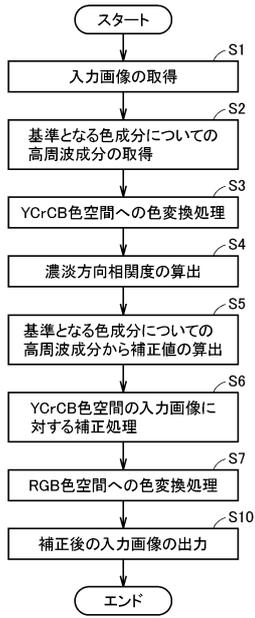
【 図 1 7 】

FIG.17



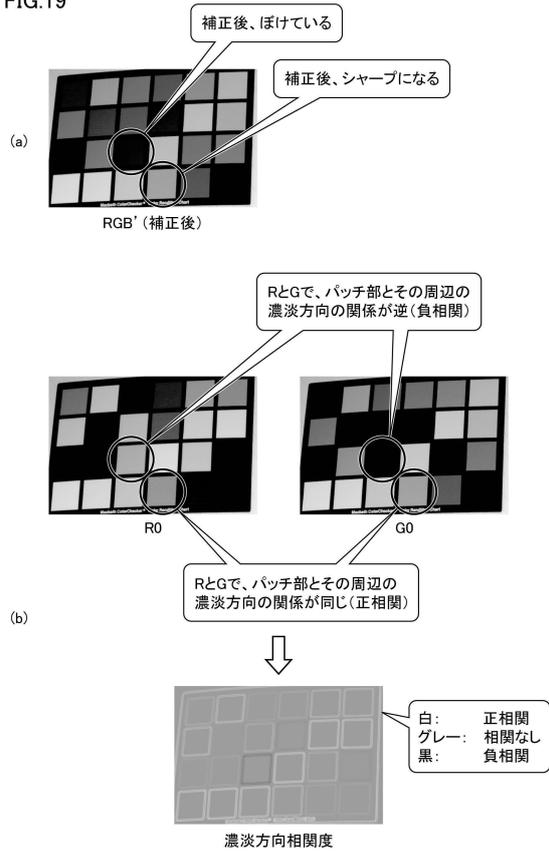
【 図 1 8 】

FIG.18



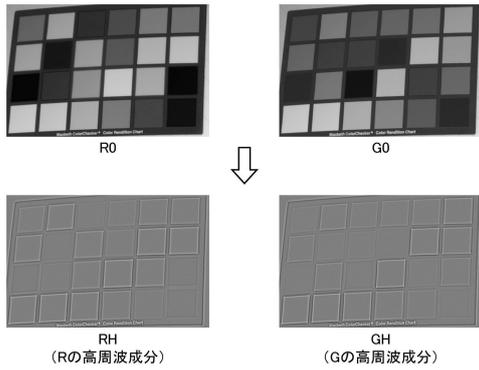
【 図 1 9 】

FIG.19



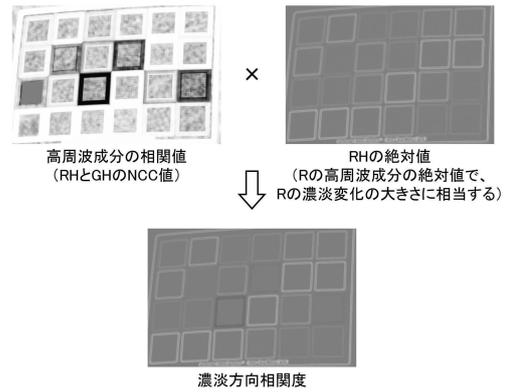
【 図 2 0 】

FIG.20



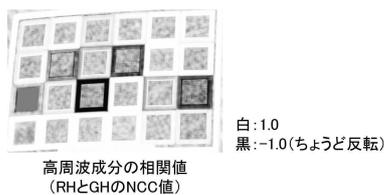
【 図 2 2 】

FIG.22



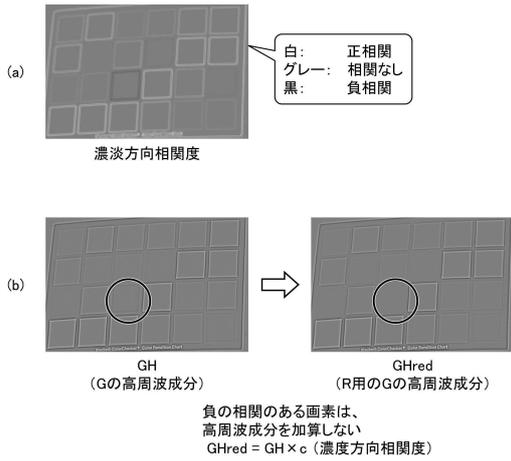
【 図 2 1 】

FIG.21



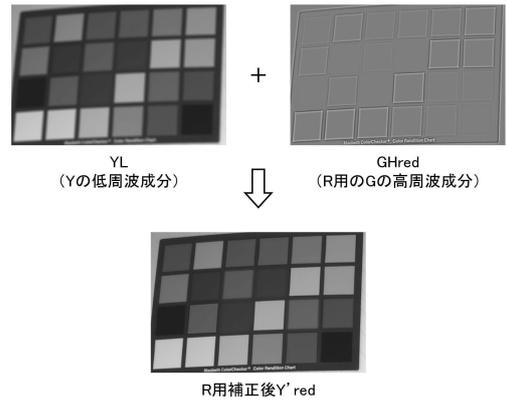
【図 2 3】

FIG.23



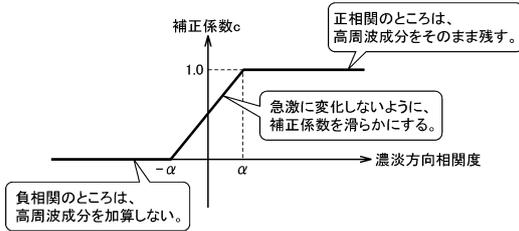
【図 2 5】

FIG.25



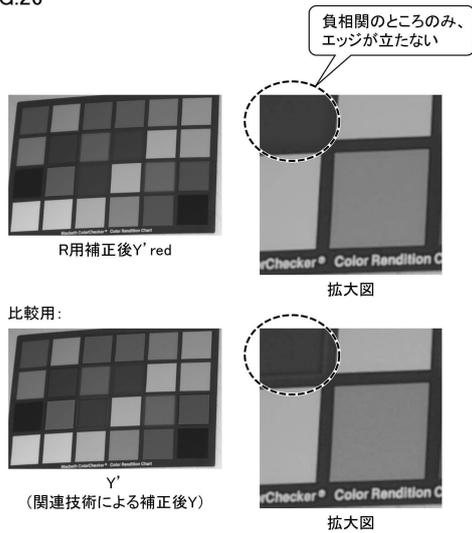
【図 2 4】

FIG.24



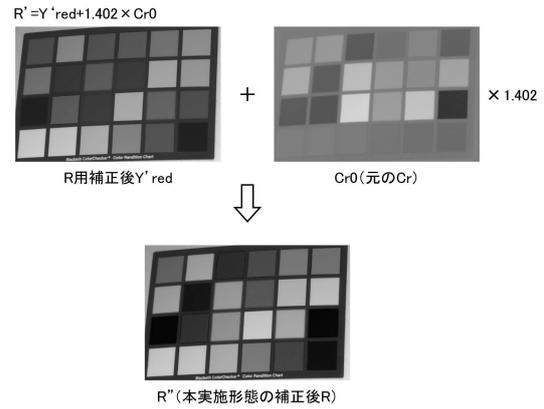
【図 2 6】

FIG.26



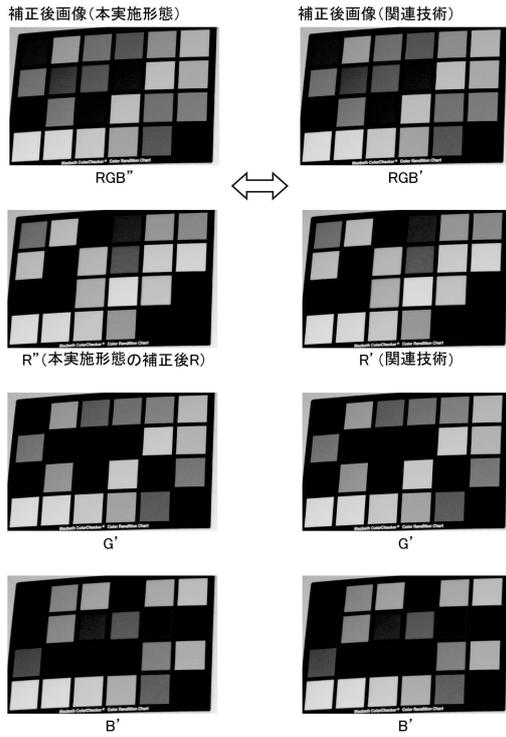
【図 2 7】

FIG.27



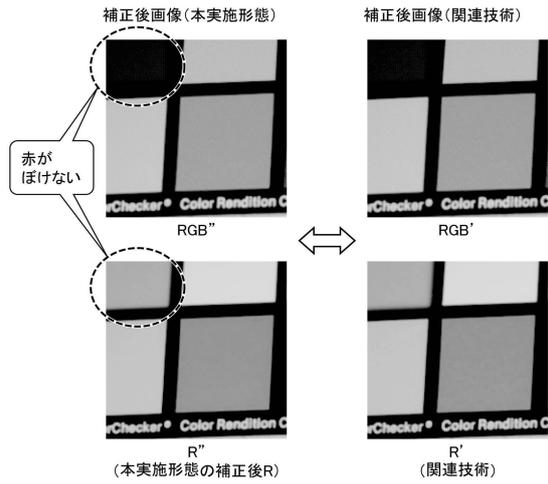
【図28】

FIG.28



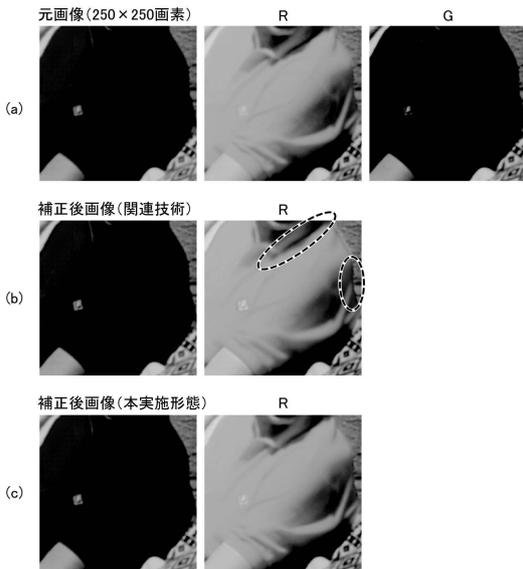
【図29】

FIG.29



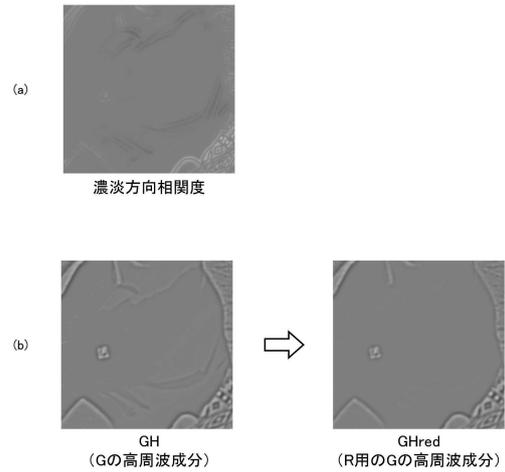
【図30】

FIG.30



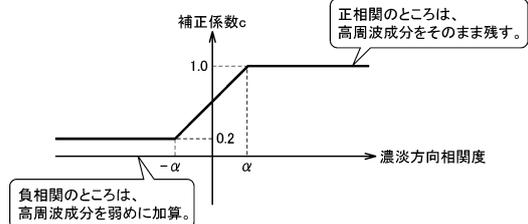
【図31】

FIG.31



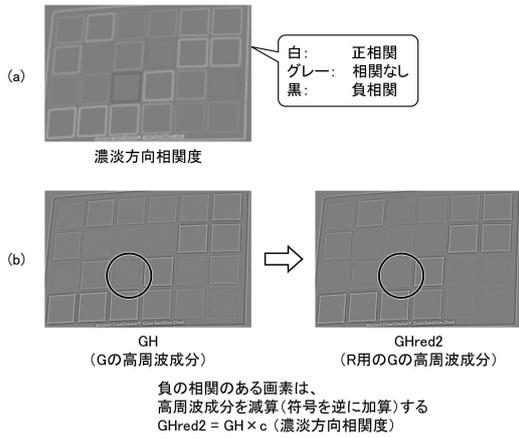
【図32】

FIG.32



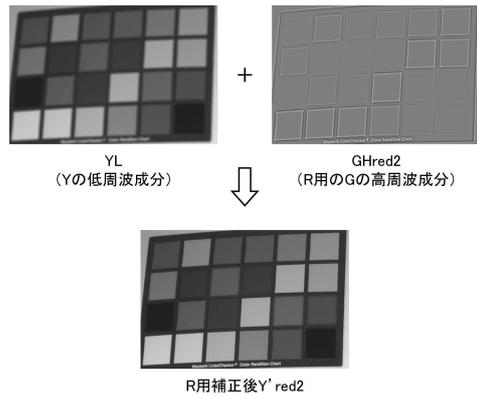
【図33】

FIG.33



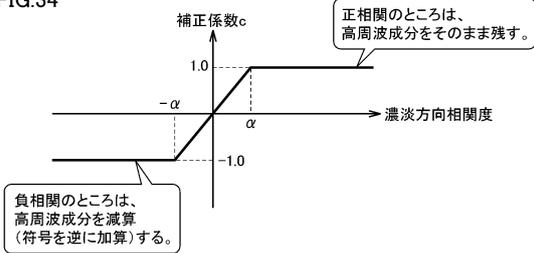
【図35】

FIG.35



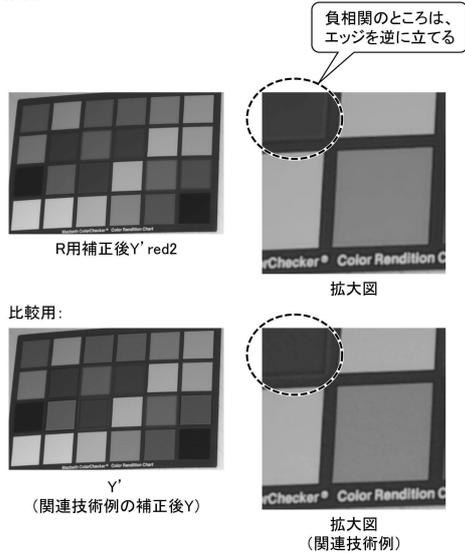
【図34】

FIG.34



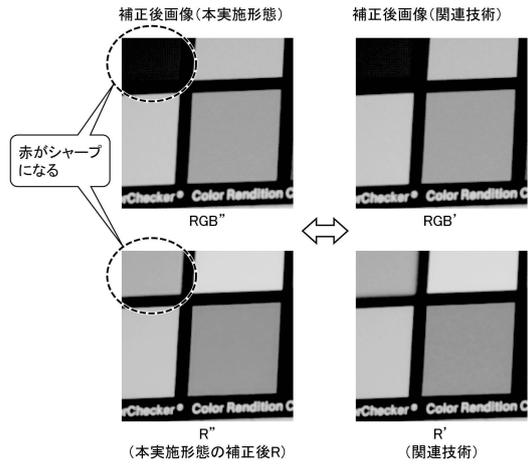
【図36】

FIG.36



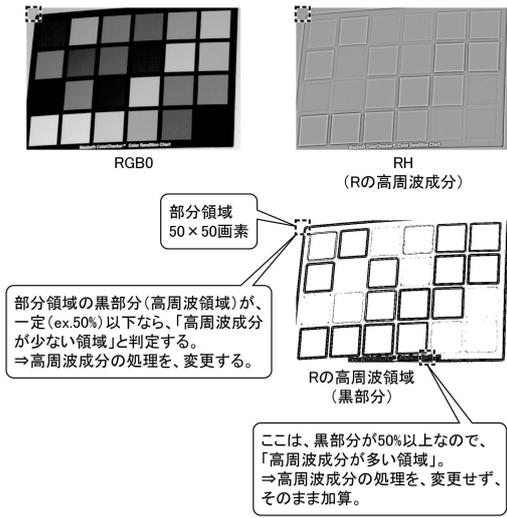
【図37】

FIG.37



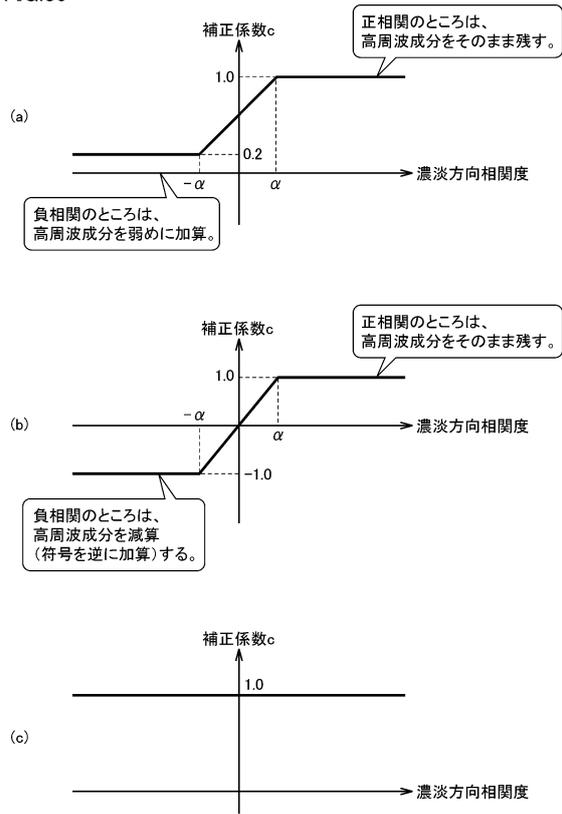
【 図 3 8 】

FIG.38



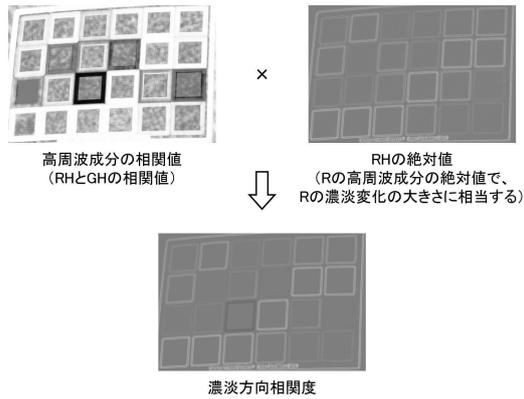
【 図 3 9 】

FIG.39



【 図 4 0 】

FIG.40



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-206552(JP,A)
特開平05-344338(JP,A)
特開2010-028374(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T	5/00
G06T	1/00
H04N	5/232