

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-215707

(P2011-215707A)

(43) 公開日 平成23年10月27日(2011.10.27)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
<b>G06T</b>	<b>5/20</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G06T</b>	<b>5/20</b>	<b>B</b>	<b>5B057</b>	
<b>H04N</b>	<b>1/60</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04N</b>	<b>1/40</b>	<b>D</b>	<b>5C065</b>	
<b>H04N</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04N</b>	<b>1/46</b>	<b>Z</b>	<b>5C077</b>	
<b>H04N</b>	<b>9/04</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04N</b>	<b>9/04</b>	<b>B</b>	<b>5C079</b>	
<b>H04N</b>	<b>5/232</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04N</b>	<b>5/232</b>	<b>Z</b>	<b>5C122</b>	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-80747 (P2010-80747)  
 (22) 出願日 平成22年3月31日 (2010.3.31)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100110412  
 弁理士 藤元 亮輔  
 (74) 代理人 100104628  
 弁理士 水本 敦也  
 (72) 発明者 井上 智暁  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内  
 (72) 発明者 島山 弘至  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

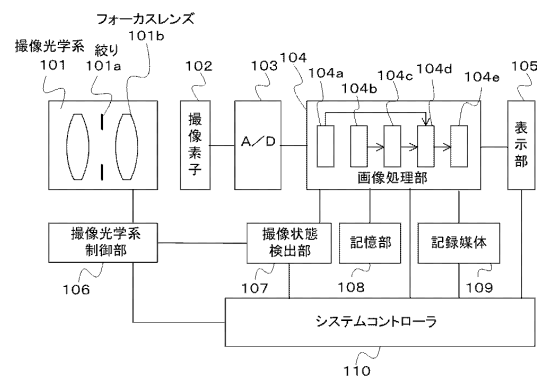
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラム

## (57) 【要約】

【課題】 高品位な画像回復を行う。

【解決手段】 画像処理装置は、被写体のRGBの各色成分に対応する第1フォーカス位置～第3フォーカス位置で撮像する際の各色成分ごとの複数の劣化画像を取得し、また、その撮像状態と撮像状態に対応する画像回復フィルタを各色成分ごとに取得し、フォーカス位置の撮像状態で得られた画像回復フィルタを使用して各色成分の劣化画像を回復して合成する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被写体を、光学系を介した複数の波長域の光のそれぞれのフォーカス位置において撮像することによって得られた各波長域の光ごとの複数の劣化画像を取得する劣化画像取得部と、

前記複数の劣化画像を取得した際のそれぞれの撮像状態を取得する撮像情報取得部と、  
前記撮像状態に対応する、前記光学系の光学伝達関数に対応する量を各波長域の光ごとに取得する光学伝達関数取得部と、

前記劣化画像と前記光学伝達関数に対応する量を使用して各波長域ごとに前記劣化画像を回復する画像回復部と、

前記複数の波長域の、回復された複数の画像を合成する画像合成部と、  
を有し、

画面内に第 1 被写体と第 2 被写体とがある場合、前記画像回復部は、前記第 1 被写体の各波長域の光に対応するフォーカス位置で撮像する際の各波長域の前記光学伝達関数に対応する量を、前記第 1 被写体と前記第 2 被写体の各波長域の劣化画像を回復するのに使用することを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 2】**

前記画像処理装置は、幾何変換によって前記光学系の倍率色収差を補正することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置を有することを特徴とする撮像装置。

**【請求項 4】**

被写体を、光学系を介した複数の波長域の光のそれぞれのフォーカス位置において撮像することによって得られた各波長域の光ごとの複数の劣化画像を取得するステップと、

前記複数の劣化画像を取得した際のそれぞれの撮像状態を取得する撮像情報取得部と、  
前記撮像状態に対応する、前記光学系の光学伝達関数に対応する量を各波長域の光ごとに取得するステップと、

前記劣化画像と前記光学伝達関数に対応する量を使用して各波長域ごとに前記劣化画像を回復する回復ステップと、

前記複数の波長域の、回復された複数の画像を合成するステップと、  
を有し、

画面内に第 1 被写体と第 2 被写体とがある場合、前記回復ステップは、前記第 1 被写体の各波長域の光に対応するフォーカス位置で撮像する際の各波長域の前記光学伝達関数に対応する量を、前記第 1 被写体と前記第 2 被写体の各波長域の劣化画像を回復するのに使用することを有することを特徴とする画像処理方法。

**【請求項 5】**

コンピュータを、

被写体を、光学系を介した複数の波長域の光のそれぞれのフォーカス位置において撮像することによって得られた各波長域の光ごとの複数の劣化画像を取得する手段と、

前記複数の劣化画像を取得した際のそれぞれの撮像状態を取得する手段と、  
前記撮像状態に対応する、前記光学系の光学伝達関数に対応する量を各波長域の光ごとに取得する手段と、

前記劣化画像と前記光学伝達関数に対応する量を使用して各波長域ごとに前記劣化画像を回復する回復手段と、

前記複数の波長域の、回復された複数の画像を合成する手段と、  
して機能させるためのプログラムであって、

画面内に第 1 被写体と第 2 被写体とがある場合、前記回復手段は、前記第 1 被写体の各波長域の光に対応するフォーカス位置で撮像する際の各波長域の前記光学伝達関数に対応する量を、前記第 1 被写体と前記第 2 被写体の各波長域の劣化画像を回復するのに使用することを特徴とするプログラム。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

撮像光学系の光学伝達関数（OTF）や点像分布関数（PSF）に基づいて画像回復（画像復元）を行う方法は知られている（特許文献1）。その他の従来技術としては特許文献2及び3がある。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2008-211679号公報

【特許文献2】特開2008-85773号公報

【特許文献3】特開平10-319518号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

従来の画像回復では色収差に起因して偽色が発生する場合がある。例えば、画面内に第1被写体と第2被写体とがあり、第1被写体ではRGBの各波長域の光のうちG光がフォーカスしてR光が色収差によりデフォーカスし、第2被写体ではR光がフォーカスしてG光が色収差によりデフォーカスしているものとする。

## 【0005】

従来の画像回復では第1被写体の撮像状態のRGBの各光のOTFを第1被写体と第2被写体の画像回復に使用していた。この結果、第1被写体の画像は適切に画像回復されるのに対し、第2被写体の画像は画像回復によって緑色を帯びてしまう可能性があった（偽色が発生する可能性があった）。これは第1被写体においてG光がフォーカスしてR光がデフォーカスしている関係が第2被写体では逆転しているにも拘らず、第2被写体に対して逆転前の関係を反映したOTFを使用していることによる。

## 【0006】

そこで、本発明は、高品位な画像回復を行うことが可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラムを提供することを例示的な目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明の画像処理装置は、被写体を、光学系を介した複数の波長域の光のそれぞれのフォーカス位置において撮像することによって得られた各波長域の光ごとの複数の劣化画像を取得する劣化画像取得部と、前記複数の劣化画像を取得した際のそれぞれの撮像状態を取得する撮像情報取得部と、前記撮像状態に対応する、前記光学系の光学伝達関数に対応する量を各波長域の光ごとに取得する光学伝達関数取得部と、前記劣化画像と前記光学伝達関数に対応する量とを使用して各波長域ごとに前記劣化画像を回復する画像回復部と、前記複数の波長域の、回復された複数の画像を合成する画像合成部と、を有し、画面内に第1被写体と第2被写体とがある場合、前記画像回復部は、前記第1被写体の各波長域の光に対応するフォーカス位置で撮像する際の各波長域の前記光学伝達関数に対応する量を、前記第1被写体と前記第2被写体の各波長域の劣化画像を回復するのに使用することを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、高品位な画像回復を行うことが可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラムを提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 図 1 は、本実施例の撮像装置のブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 に示すシステムコントローラの動作を説明するためのフローチャートである。

【 図 3 】 図 3 は、各波長域の光の画像信号を取得する際の図 1 に示すフォーカスレンズのフォーカス位置を示す断面図である。

【 図 4 】 図 4 ( a ) は、図 1 に示す撮像装置で立体被写体を撮像している状態の斜視図であり、図 4 ( b ) は図 4 ( a ) の状態において撮像装置が撮像した画像である。

【 図 5 】 図 5 ( a ) は、図 4 ( b ) に示す被写体 1、3、5 の矢印部分の画像回復前の断面図であり、図 5 ( b ) はその画像回復後の断面図である。

10

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 0 】

図 1 は本実施例の撮像装置のブロック図である。撮像装置は、撮像光学系 1 0 1、撮像素子 1 0 2、A / D コンバータ 1 0 3、画像処理部 1 0 4、表示部 1 0 5、撮像光学系制御部 1 0 6、撮像状態検出部 1 0 7、記憶部 1 0 8、記録媒体 1 0 9、システムコントローラ 1 1 0 を有する。

【 0 0 1 1 】

撮像装置は、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなど種類を問わず、また、撮像光学系 1 0 1 は撮像装置と一体でもよいし、交換式（一眼レフカメラ）でもよい。本実施例では、画像の各画素が R（赤色）、G（緑色）、B（青色）として色成分ごとの信号値を有するが、本発明の画像処理方法は二色以上の多色からなる画像を形成するものであれば適用することができる。

20

【 0 0 1 2 】

撮像光学系 1 0 1 は、被写体の光学像を形成するが、軸上色収差、色の球面収差、色のコマ収差などの収差を有するため、被写体の光学像は収差によって劣化している。撮像光学系 1 0 1 は、変倍用の変倍レンズ（ズームレンズ）、絞り 1 0 1 a、焦点調節用のフォーカスレンズ 1 0 1 b を含む。

【 0 0 1 3 】

絞り 1 0 1 a は開口径を変更する。変倍レンズとフォーカスレンズ 1 0 1 b はそれぞれ不図示の駆動手段によって光軸方向に沿って移動可能に構成され、その駆動手段（ステップモータなど）は撮像光学系制御部 1 0 6 によって制御される。なお、図 1 では、フォーカスレンズ 1 0 1 b など 1 枚のレンズとして単純化して示している。

30

【 0 0 1 4 】

撮像素子 1 0 2 は、被写体の光学像をアナログ電気信号に光電変換する C C D や C M O S である。A / D コンバータ 1 0 3 は、撮像素子 1 0 2 が変換したアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【 0 0 1 5 】

画像処理部 1 0 4 は、画像回復を含む所定の処理を行い、劣化画像取得部 1 0 4 a、撮像情報取得部 1 0 4 b、フィルタ選択部 1 0 4 c、画像回復部（回復手段）1 0 4 d、画像合成部 1 0 4 e を有する。

40

【 0 0 1 6 】

劣化画像取得部 1 0 4 a は、被写体を複数の波長域の光のそれぞれでフォーカス位置において撮像光学系 1 0 1 を介して撮像することによって得られた各波長域の光ごとの複数の劣化画像を A / D コンバータ 1 0 3 から取得する。ここで、「劣化画像」は、撮像光学系 1 0 1 の収差によって本来の被写体の画像である原画像（画像回復後の画像）が劣化している画像回復前の画像を意味している。

【 0 0 1 7 】

撮像情報取得部 1 0 4 b は、複数の劣化画像を取得した際のそれぞれの撮像装置の撮像状態の情報を、撮像状態検出部 1 0 7 から取得する。撮像状態は、変倍位置、焦点距離、絞り値（F ナンバー）、撮影距離、I S O 感度、ホワイトバランスを含む。

50

## 【 0 0 1 8 】

フィルタ選択部 1 0 4 c は記憶部 1 0 8 に保持されている複数の画像回復フィルタの一つを選択する。なお、本実施例では、画像回復に画像回復フィルタを使用しているが、画像回復では光学伝達関数 ( O T F ) やその他の関数であってもよい。

## 【 0 0 1 9 】

このため、フィルタ選択部 1 0 4 c は、撮像状態に対応する撮像光学系 1 0 1 の O T F またはこれに対応する量 ( P S F や収差情報を含む他、後述する広義の O T F であってもよい) を各波長域の光ごとに取得する光学伝達関数取得部の一例として機能する。この場合、O T F は撮像状態に対応して光学設計値として記憶部 1 0 8 に予め格納されている。

## 【 0 0 2 0 】

画像回復においては、劣化画像を  $g(x, y)$ 、原画像を  $f(x, y)$ 、点像分布関数 ( P S F ) を  $h(x, y)$  とすると次式の関係が成立する。ここで、 $*$  はコンボリューション ( 畳み込み ) であり、 $(x, y)$  は画像上の座標である。

## 【 0 0 2 1 】

## 【 数 1 】

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$$

## 【 0 0 2 2 】

数式 1 をフーリエ変換すると次式のように周波数ごとの積の形式になる。ここで、 $H$  は O T F であり、 $(u, v)$  は 2 次元周波数面での座標、即ち周波数である。

## 【 0 0 2 3 】

## 【 数 2 】

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v)$$

## 【 0 0 2 4 】

数式 2 の両辺を  $H$  で除算して  $F(u, v)$  を逆フーリエ変換して実面に戻すことによって原画像  $f(x, y)$  が回復像として得られる。

## 【 0 0 2 5 】

ここで、 $H^{-1}$  を逆フーリエ変換したものを  $R$  とすると次式が成立する。このため、実面での画像に対するコンボリューションを行うことで同様に原画像を得ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

## 【 数 3 】

$$g(x, y) * R(x, y) = f(x, y)$$

## 【 0 0 2 7 】

$R(x, y)$  が画像回復フィルタである。実際の画像に含まれるノイズ成分を考慮して画像回復フィルタはウィーナーフィルタを使用してもよい。画像の色にじみ成分の劣化を補正する方法として、ボケ成分の補正により画像の色成分ごとのボケ量が均一にするものがある。なお、変倍位置や絞り径等の撮影状態に応じて O T F は変動するため、画像回復フィルタもこれに応じて変更する。

## 【 0 0 2 8 】

なお、O T F には画像処理部 1 0 4 に入力される画像に対して O T F を劣化させる要因を含めることができる。例えば、ローパスフィルタは O T F の周波数特性に対して高周波成分を抑制し、撮像素子 1 0 2 の画素開口の形状や開口率、光源の分光特性や各種波長フィルタの分光特性も周波数特性に影響する。本実施例では、これらを含めた広義の O T F に基づいて画像回復フィルタを作成している。

## 【 0 0 2 9 】

画像回復部 1 0 4 d は、本実施例では選択された画像回復フィルタを使用して画像回復を行う。画像回復フィルタは、O T F の逆関数に基づいて生成された関数を逆フーリエ変換して得られる 2 次元フィルタであってもよい。この場合、画像回復部 1 0 4 d は、劣化

10

20

30

40

50

画像（画像信号）に対して画像回復フィルタをコンボリューションする。

【0030】

画像回復フィルタは撮像光学系101の収差量に応じてタップ数を決めることができ、各タップは画像の1画素に対応して画像回復でコンボリューションされる。画像回復フィルタに縦横に100以上に分割した2次元フィルタとすると、撮像光学系101の結像位置から大きく広がる収差に対しても画像を回復することができる。実空間での画像回復フィルタを入力画像に対してコンボリューションすることによって撮像装置中でフーリエ変換を行うことなく画像を回復することができる。なお、画像回復フィルタの縦横のタップ数は正方配列でなくてもよい。

【0031】

画像回復は、画像中の収差による劣化成分を補正することであり、MTFを向上させることに対応する。画像回復フィルタは、実面のコンボリューションフィルタであるが、その周波数面での効果はMTF、実際にはOTFの振幅成分を向上し、OTFの位相ズレ成分も補正する。

【0032】

但し、本発明の画像回復においては画像回復フィルタが必ずしも使用されない場合があるので、画像回復部104dは、劣化画像とOTFに対応する量と原画像との関係に基づいて各波長域ごとに劣化画像を原画像に回復できれば足りる。なお、OTFに広義のOTFを使用する場合には数式1～3に示す関係とは異なる関係になる場合がある。

【0033】

例えば、画像回復部104dが画像回復フィルタの代わりにOTFの逆関数に基づいて生成された関数を使用する場合、画像回復部104dは劣化画像のフーリエ変換に対して周波数空間でデコンボリューションすればよい。

【0034】

画像回復部104dは、画面内に第1被写体と第2被写体とがあり、第1被写体ではRGBの各波長域の光についてフォーカス位置にある画像を取得している場合、第1被写体に関するRGBの各光のOTFを第1被写体と第2被写体の画像回復に使用する。本実施例の効果は、第1被写体と第2被写体の被写体距離が異なる場合に特にその効果が顕著となる。

【0035】

従来の画像回復は、第1被写体にはG光がフォーカスしてR光がデフォーカスし、第2被写体にはR光がフォーカスしてG光がデフォーカスしている場合に、第1被写体に関するRGBの各光のOTFを第1被写体と第2被写体の画像回復に使用していた。しかし、これでは第1被写体についてG光がフォーカスしてR光がデフォーカスしている関係が第2被写体では逆転しているにも拘らず、第2被写体に対して逆転前の関係を反映したOTFを使用しているために偽色が発生してしまう。

【0036】

これに対して、本実施例の画像回復は、第1被写体ではRGBの各光がフォーカスしており、第2被写体ではRGBの各光がデフォーカスしており、フォーカス（焦点）/デフォーカス（非焦点）の関係が第1被写体と第2被写体で逆転しないので偽色が発生しない。

【0037】

なお、本実施例は、画像回復において各波長域に対して異なる画像回復フィルタを使用している。しかし、撮像光学系101の収差の影響が異なる2つの波長域（例えば、B光とR光）に対してほぼ同じであれば、画像回復においてそれらの2つの波長域に対して共通の画像回復フィルタを使用してもよい。

【0038】

画像合成部104eは、RGBの波長域の、回復された複数の原画像を合成してカラー画像を生成する。

【0039】

10

20

30

40

50

表示部 105 は液晶ディスプレイから構成され、画像（劣化画像、原画像（回復画像））、その他の処理された画像）を表示する。

【0040】

撮像光学系制御部 106 は、撮像光学系 101 の変倍レンズとフォーカスレンズ 101b を駆動する不図示の駆動手段（ステップモータなど）の動作（駆動タイミング、駆動量、駆動方向）を制御する。

【0041】

撮像状態検出部 107 は撮像装置の撮像状態を検出する。撮像状態検出部 107 はシステムコントローラ 110 から直接に撮像状態の情報を得てもよいし、撮像光学系 101 に関する情報は撮像光学系制御部 106 から得てもよい。

10

【0042】

記憶部 108 は、画像回復に使用される複数の画像回復フィルタ（デジタルフィルタ）とその他の情報を記憶している。記録媒体 109 はメモリカードなどである。なお、画像処理装置が PC などである場合には、記憶媒体はハードディスクドライブ（HDD）、半導体メモリ、各種記憶用のディスクなどである。

【0043】

システムコントローラ 110 は、撮像装置の各部の動作を制御する制御手段として機能し、マイクロコンピュータ（プロセッサ）から構成される。

【0044】

図 2 は、システムコントローラ 110 の行う撮影動作を説明するためのフローチャートであり、「S」はステップ（工程）の略である。本実施例の画像処理方法はコンピュータが実行可能なプログラムとして具現化が可能である。

20

【0045】

まず、システムコントローラ 110 は、主被写体の特定面からの第 1 波長域の光（G 光）が撮像素子 102 の撮像面に結像するように、撮像光学系制御部 106 を介してフォーカスレンズ 101b を第 1 フォーカス位置に移動させる（S10）。なお、フォーカス位置の検出手段はコントラスト検出方式や位相差検出方式などの方法を使用することができる。

【0046】

次に、システムコントローラ 110 は、画像処理部 104 内の撮像情報取得部 104b を介して撮像状態検出部 107 から撮像状態の情報を取得する（S11）。

30

【0047】

次に、システムコントローラ 110 は、撮像状態に適した撮影回数と第 2 波長域の光（R 光）、第 3 波長域の光（B 光）を撮像素子 102 上に結像させるためのフォーカスレンズ 101b の移動量を取得する（S12）。

【0048】

撮影回数の決定に際しては、色成分の数、ノイズ量やダイナミックレンジなど最終的な画質を最適にする項目を指標とすることができる。また、フォーカスレンズ 101b の移動量は撮像光学系 101 の軸上色収差を補正する量であり、撮像状態に応じて固有の値をとるので記憶部 108 に予めテーブルとして用意されていてもよい。

40

【0049】

次に、システムコントローラ 110 は第 1 波長域の光の画像信号（劣化画像）を取得する（S13）。

【0050】

次に、システムコントローラ 110 は、既に算出されている第 2 波長域の光に対応する第 2 フォーカス位置にフォーカスレンズ 101b を移動させ（S14）、第 2 波長域の光の画像信号（劣化画像）を取得する（S15）。

【0051】

同様に、システムコントローラ 110 は、第 3 波長域の光に対応する第 3 フォーカス位置にフォーカスレンズ 101b を移動させ、第 3 波長域の光の画像信号（劣化画像）を取

50

得する。

【 0 0 5 2 】

本実施例では R G B 構成であるが、4 色以上の多色の画像信号の場合にはシステムコントローラ 1 1 0 は同様の動作を繰り返す ( S 1 6、S 1 7 )。なお、本実施例では、この「複数の波長域の光」は R G B の各波長域の光であるが、撮像光学系 1 0 1 の収差の影響が R 光と B 光でほぼ同じ場合は R 光と B 光の一方について S 1 6 と S 1 7 を行えばよい。即ち、S 1 6 と S 1 7 は必ずしも全ての波長域の光に対して行わなくてもよい。

【 0 0 5 3 】

図 3 は、各波長域の光の画像信号を取得する際のフォーカスレンズ 1 0 1 b のフォーカス位置 ( 第 1 フォーカス位置 ~ 第 3 フォーカス位置 ) を示す断面図である。撮像光学系 1 0 1 は軸上色収差を有するために、図 3 に示すように、異なる波長域毎に結像位置は光軸方向 0 において異なっている。本実施例は、フォーカスレンズ 1 0 1 b を光軸方向に駆動することによって各波長域の光を撮像素子 1 0 2 の撮像面に結像させた状態で各波長域の光の画像信号を取得する ( S 1 3、S 1 5、S 1 7 )。

10

【 0 0 5 4 】

次に、システムコントローラ 1 1 0 は、画像処理部 1 0 4 のフィルタ選択部 1 0 4 c を介して、記憶部 1 0 8 が保持している複数の画像回復フィルタの中から、撮像状態に適した各波長域の光に対するフォーカス位置での画像回復フィルタを選択する ( S 1 8 )。

【 0 0 5 5 】

本実施例では、R G B 形式のカラー画像に対し、システムコントローラ 1 1 0 は、R G B の各色成分に対応した 3 つの画像回復フィルタを作成する。撮像光学系 1 0 1 には色収差があり、色成分ごとにボケ方が異なるため、各色成分の画像回復フィルタは色収差に基づいて特性 ( 断面 ) が異なる。

20

【 0 0 5 6 】

なお、システムコントローラ 1 1 0 は、選択された画像回復フィルタを必要に応じて補正 ( 補間 ) してもよい。例えば、システムコントローラ 1 1 0 は、記憶部 1 0 8 に離散的な撮像状態のデータを保持させて、画像回復時に画像回復フィルタを補完することによって、記憶部 1 0 8 が保持する画像回復フィルタの容量を低減することができる。

【 0 0 5 7 】

次に、システムコントローラ 1 1 0 は、画像処理部 1 0 4 の画像回復部 1 0 4 d を介して S 1 8 で選択した各波長域に対するフォーカス位置での画像回復フィルタを用いて各画像信号に対して画像回復を順次行う ( S 1 9 )。このように、S 1 9 は回復ステップである。

30

【 0 0 5 8 】

図 4 ( a ) は、近点から遠点に配置された黒い棒である被写体 1 ~ 5 を撮像装置で撮像している斜視図であり、撮像装置は被写体 3 にフォーカスしている。このため、被写体 1、2 が近距離、被写体 4、5 が遠距離である。また、被写体 1 ~ 5 は横方向の位置がずれている。

【 0 0 5 9 】

図 4 ( b ) は、図 4 ( a ) に示す状態で撮像装置が被写体 1 ~ 5 を撮像した画像であり、被写体 3 が R G B の色成分のそれぞれについてフォーカス位置にある時の画像の一つである。

40

【 0 0 6 0 】

図 5 ( a ) は、図 4 ( b ) に示す被写体 1、3、5 の矢印部分の画像回復前の断面図である。この画像は、R G B の各色成分について被写体 3 をフォーカス位置において撮像した結果得られる 3 つの画像合成したものである。即ち、図 5 ( a ) は、図 3 において、第 1 フォーカス位置 ~ 第 3 フォーカス位置で撮像された画像の合成画像であり、R G B 成分とも撮像素子 1 0 2 の撮像面上に結像している。

【 0 0 6 1 】

図 5 ( a ) において、被写体 3 の断面は R G B 光がそれぞれフォーカスしているため、

50



各成分のエッジがほぼ同一でボケが最も少ない。一方、被写体 1（近距離）と被写体 5（遠距離）の場合には、R G B 成分は撮像素子 102 の撮像面において同程度の広がりを持つ。これは、軸上色収差の説明であるが、画角のついた位置においても基本の結像特性に非対称性が発生するものの色の変動については同様の現象が発生する。

【0062】

一方、従来の画像回復前の被写体 3（第 1 被写体）の断面では G 成分のみがフォーカスしているが、R 成分と B 成分はほぼ同じ量で G に比べてボケている。これは、図 3 において、第 1 フォーカス位置にあるので G 成分は撮像素子 102 の撮像面上で結像しているが、R B 成分は撮像素子 102 の撮像面上では広がりをもっている状態に対応する。

【0063】

また、従来の画像回復前の被写体 1（近距離）（第 2 被写体）の断面では、B 成分が撮像素子 102 の撮像面上で結像状態に近くなり、G R 成分は撮像素子 102 の撮像面上で広がりをもつ。更に、従来の画像回復前の被写体 5（遠距離）（第 2 被写体）の断面では、R 成分が撮像素子 102 の撮像面上で結像状態に近くなり、G B 成分は撮像素子 102 の撮像面で広がりをもつ。

【0064】

図 5（b）は、図 4（b）に示す被写体 1、3、5 の矢印部分の画像回復前の断面図である。本実施例では、画像回復に使用する画像回復フィルタは、各色成分の第 1 フォーカス位置～第 3 フォーカス位置に最適に設計されている。このため、画像回復後は、収差が補正されてエッジのボケが各位置で良好に補正される。

【0065】

そして、R G B 各成分の補正量の相対関係がほぼ維持されるように画像回復がされているので、偽色の原因となる各色成分のボケ量の差異が大きくなり、偽色は効果的に抑制されている。

【0066】

一方、従来の画像回復においては、被写体 3 については本実施例と同様にエッジのぼけが良好に補正されている。また、被写体 1 は B 成分が多少補正されているが、G R 成分には補正効果が現れていない。これは、近距離では B 成分は結像状態に近いのに対して R G 成分は広がりを持っているため、MTF は R G 成分が劣化した状態となっていることによる。更に、被写体 5 は R 成分が多少補正されているが、G B 成分には補正効果が現れていない。遠距離では R 成分は結像状態に近いのに対して B G 成分は広がりを持っているため、MTF は B G 成分が劣化した状態となっていることによる。

【0067】

従来の画像回復に使用する画像回復フィルタは被写体 3 のフォーカス位置における M T F の向上に最適に設計されているため、これを近距離や遠距離の非フォーカス距離に適用すると偽色が発生してしまう可能性がある。即ち、被写体 3 の位置以外では、画像回復後に各色成分のボケ量の差異が大きくなってエッジ部の偽色となる可能性がある。

【0068】

次に、システムコントローラ 110 は、各色成分の回復された画像信号を画像処理部 104 の画像合成部 104 e を介して合成して最終的に鮮明なカラー画像を生成する（S 200）。

【0069】

その後、システムコントローラ 110 は、回復された画像を記録媒体 109 に保存する。また、システムコントローラ 110 は、表示部 105 に、処理済の画像を表示してもよいし、処理前の画像あるいは簡易的な画像処理を行った画像を表示してもよい。

【0070】

本実施例では、図 3 を参照して説明したように、フォーカスレンズ 101 b を駆動するが、焦点調節においては撮像素子 102 を駆動してもよい。この場合には、S 12 ではシステムコントローラ 110 は撮像素子 102 の移動量を決定してもよい。

【0071】

10

20

30

40

50

また、S 1 8 の代わりにシステムコントローラ 1 1 0 は、基準波長の回復フィルタを記憶部 1 0 8 において選択してもよい。基準波長は、例えば、第 1 波長域である G 成分となる緑色波長域とする。図 5 に示すように、本実施例の画像信号においては、軸上色収差が補正され、各色成分の画像信号がほぼ同様のボケ特性を有しているため、基準波長に対するフォーカス位置での画像回復フィルタを第 2 波長域と第 3 波長域の画像信号にも適応させることが可能となる。画像回復フィルタの共通化によりフィルタ数の低減を実現でき、記憶部 1 0 8 の容量を低減することができる。そして、S 1 9 において、システムコントローラ 1 1 0 は、基準波長に対するフォーカス位置での画像回復フィルタを用いて各波長域の画像信号の画像回復を順次行う。これにより、図 5 とほぼ同様の効果が得られる。

【 0 0 7 2 】

10

また、S 1 9 と S 2 0 の間で、システムコントローラ 1 1 0 は、各波長域の回復画像に対して幾何変換処理を実行し、倍率色収差や歪曲収差を補正してもよい。

【 0 0 7 3 】

更に、本実施例の画像処理方法は、撮像装置のシステムコントローラ 1 1 0 が行うものに限定されず、撮像装置が不図示の U S B ケーブルなどで接続されるパーソナルコンピュータ ( P C ) 上で行われてもよい。即ち、本実施例の画像処理方法を実行する画像処理装置は撮像装置でもよいし、P C でもよいし、更には、撮像装置に接続されたプリンタなどの出力装置であってもよい。

【 0 0 7 4 】

画像処理方法は、P C の不図示のメモリや、P C にネットワーク接続された記憶装置 (例えば、インターネットを介して接続されたサーバーの H D D ) に格納されていればよい。なお、画像処理方法は、画像回復処理だけでなく現像やその他の画像処理機能を含んでいる。

20

【 0 0 7 5 】

例えば、不図示の P C は、各波長の画像信号とその時の撮影条件の情報を撮像装置または記憶媒体 (あるいは外部の記憶装置) から取得してもよい。撮影条件の情報は画像信号の情報と別の情報でもよいし画像信号に埋め込まれた情報でもよい。その後、P C にて S 1 8 ~ S 2 0 の画像処理方法を実行する。

【 0 0 7 6 】

必要があれば、P C は不図示のディスプレイに画像回復前または後の画像やその他の処理が施された画像を表示したり、不図示のプリンタに印刷したりすることができる。

30

【 0 0 7 7 】

撮像装置、P C および出力装置が接続されたネットワークにおいて、撮像装置、P C および出力装置のいずれもが本実施例の画像処理方法を実行することができる画像処理システムを考える。この場合、画像処理方法を実行する装置は補正データを利用する。

【 0 0 7 8 】

補正データは、実行装置の識別情報、撮像装置の識別情報と個別情報、(撮像状態検出部 1 0 7 が検出する)撮像状態の情報、(記憶部 1 0 8 が保持する)複数の画像回復フィルタの情報、ユーザ設定情報などを含んでいる。

【 0 0 7 9 】

40

実行装置の識別情報は、撮像装置、P C および出力装置のうち画像回復を実行する装置の識別情報と、これに伴い転送すべきデータの情報である。例えば、撮像装置が画像回復を実行する場合は画像回復前の画像と画像回復フィルタを転送する必要はない。P C が画像回復を実行する場合、P C は撮像装置から、画像回復前の画像、画像回復フィルタ、撮像状態の情報などを取得する。この場合、P C は、撮像装置によって予め選択された画像回復フィルタを取得してもよいし、撮像装置から複数の画像回復フィルタを取得して P C 内で画像回復に使用する画像回復フィルタを選択してもよい。

【 0 0 8 0 】

撮像装置の識別情報は、画像を撮像した撮像装置の識別情報であり、撮影レンズ (撮像光学系 1 0 1 ) とカメラ本体が交換可能な場合はその組み合わせを含む。撮像装置の個別

50

情報は、撮像装置の識別情報に対して個別的な情報である。製造誤差のばらつきにより撮像装置のOTFは個体ばらつきがあるため、撮像装置の個別情報は最適な画像回復フィルタを設定するために使用される。

【0081】

ユーザ設定情報は、ユーザが設定したパラメータである。ユーザ設定情報を用いれば常に初期値として好みの出力画像を得ることができる。また、ユーザ設定情報は、ユーザが調整パラメータを決定した履歴から最も好むパラメータを学習機能により更新することもできる。さらに、撮像装置メーカーがいくつかの先鋭度パターンに応じたプリセット値をネットワーク等を介して提供してもよい。

【0082】

補正データは、個々の画像信号に付帯または関連付けされてもよい。また、補正データの内容は自動または手動で変更が可能である。

【0083】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0084】

撮像装置は被写体を撮像する用途に適用することができる。

【符号の説明】

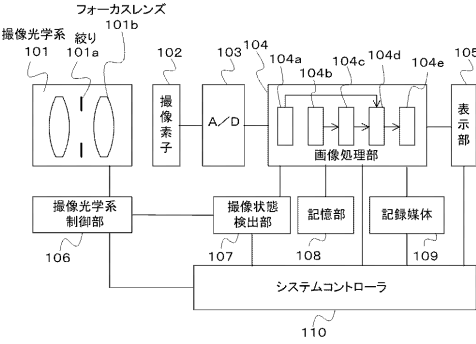
【0085】

101	撮像光学系
104	画像処理部（画像処理装置）
104a	劣化画像取得部
104b	撮像情報取得部
104c	フィルタ選択部（光学伝達関数取得部）
104d	画像回復部（回復手段）
104e	画像合成部

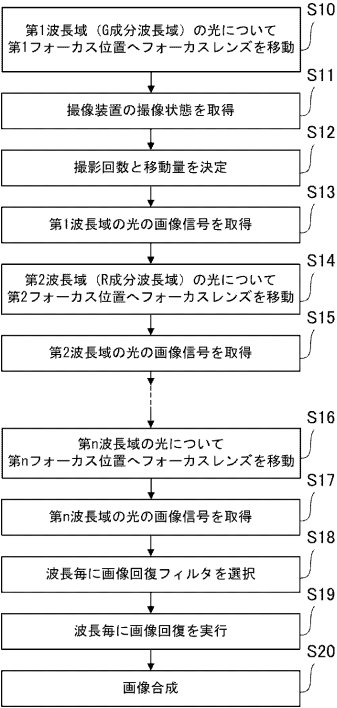
10

20

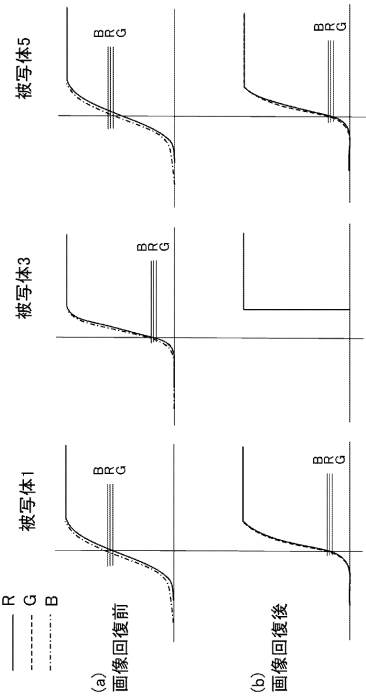
【 図 1 】



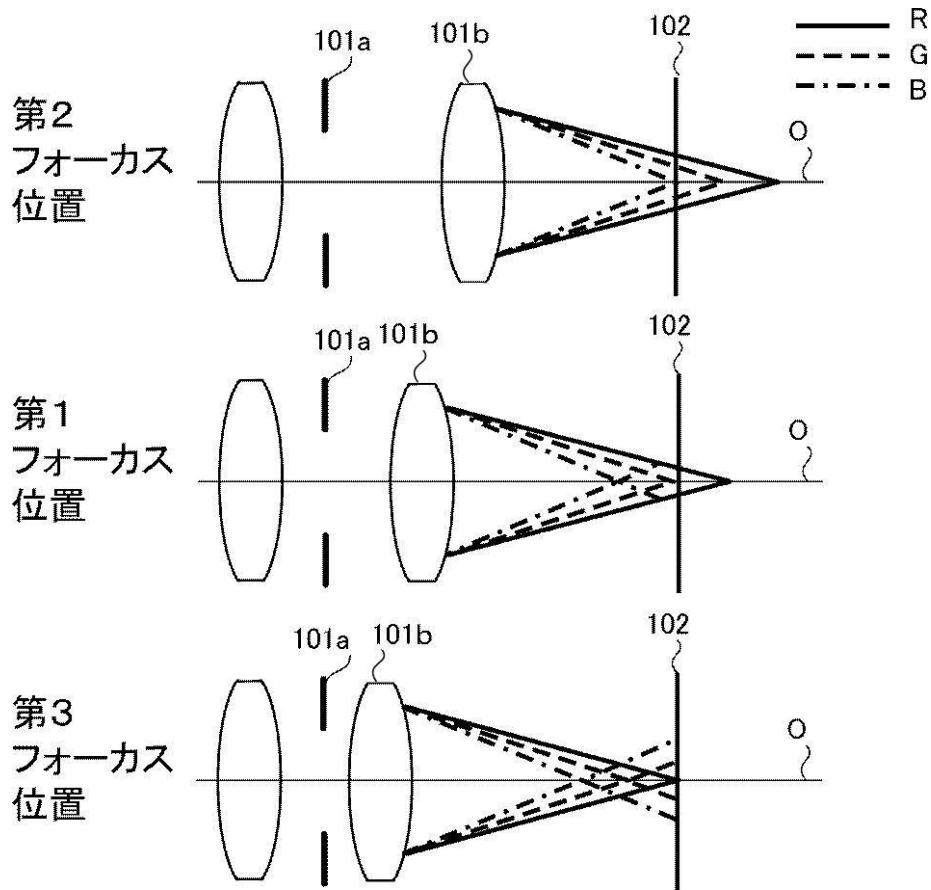
【 図 2 】



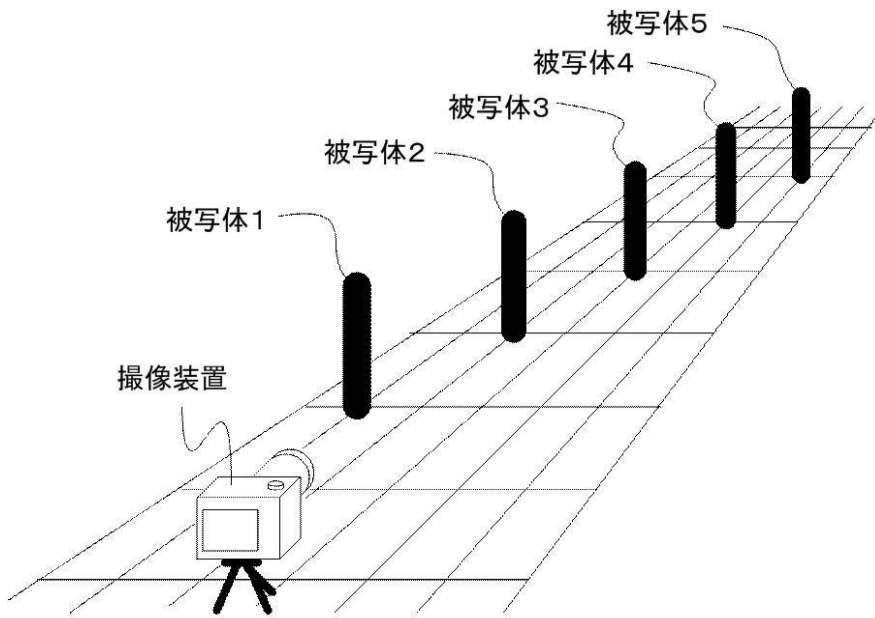
【 図 5 】



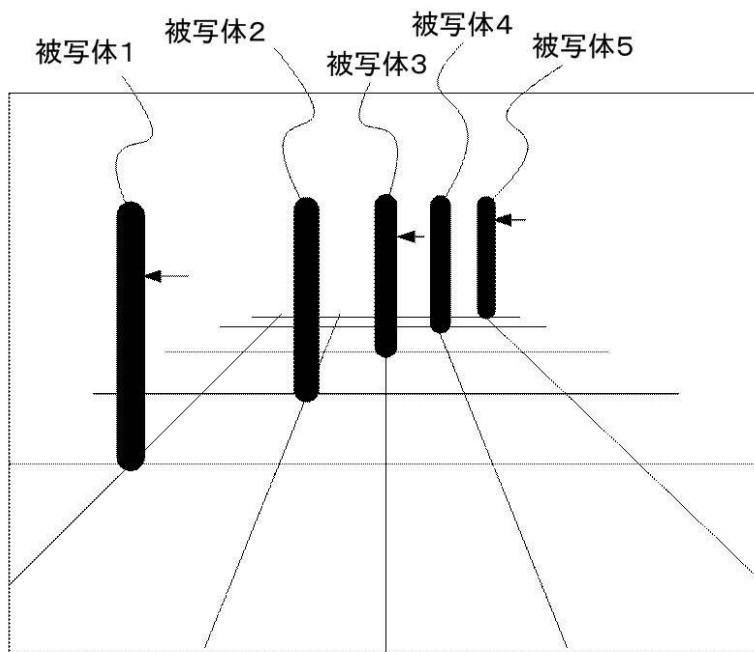
【図3】



【 図 4 】



(a)



(b)

---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA02 BA15 BA17 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01 CB08 CB12  
CB16 CE03 CE06 CE08 CE17 CH09 CH18 DA16 DB02 DB06  
DB09  
5C065 AA01 AA03 BB35 CC01 DD17 EE06 GG21 GG22 GG23 GG24  
5C077 LL19 MP08 PP01 PP32 PP37 PP39 SS01 SS04  
5C079 HB01 JA03 JA12 LA14 LA23 NA03  
5C122 EA31 FB16 FD00 HA88 HB01 HB03 HB06