

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6103969号
(P6103969)

(45) 発行日 平成29年3月29日 (2017.3.29)

(24) 登録日 平成29年3月10日 (2017.3.10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/369 (2011.01)

H O 4 N 5/335 6 9 0

H O 4 N 5/225 (2006.01)

H O 4 N 5/225 D

G O 2 B 7/36 (2006.01)

G O 2 B 7/36

G O 2 B 7/28 (2006.01)

G O 2 B 7/28 N

G O 3 B 13/36 (2006.01)

G O 3 B 13/36

請求項の数 15 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-22436 (P2013-22436)
 (22) 出願日 平成25年2月7日 (2013.2.7)
 (65) 公開番号 特開2014-155008 (P2014-155008A)
 (43) 公開日 平成26年8月25日 (2014.8.25)
 審査請求日 平成28年2月4日 (2016.2.4)

(73) 特許権者 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 100094112
 弁理士 岡部 譲
 (74) 代理人 100096943
 弁理士 臼井 伸一
 (74) 代理人 100101498
 弁理士 越智 隆夫
 (74) 代理人 100107401
 弁理士 高橋 誠一郎
 (74) 代理人 100106183
 弁理士 吉澤 弘司
 (74) 代理人 100128668
 弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、その制御方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体の光学像を形成する撮影光学系と、
 複数の光電変換素子の2次元配列により、前記光学像の光電変換信号を出力する撮像素子と、

前記撮影光学系のピント状態を調整するピント調整手段と、

前記ピント調整手段によりピント状態を変化させながら、複数の異なるピント状態で光電変換信号を前記撮像素子から取得する撮像制御手段と、

前記撮像制御手段によって得られた複数の異なるピント状態での光電変換信号を用いて、前記光学像の光線空間情報である入射位置の情報と入射角度の情報を求める光線決定手段と、
 を備え、

前記光線決定手段は、前記入射角度の情報の分解能を光電変換素子の数として決定し、前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数に従って、前記入射位置の情報を演算するとともに、前記演算した前記入射位置の情報から逆畳み込みにより前記入射角度の情報を演算するための行列を生成することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記撮像制御手段は、前記複数の異なるピント状態の数を前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数よりも多くし、各ピント状態に対応した前記行列を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記光線決定手段は、前記ピント状態の変化幅を、前記入射角度の情報の分解能を N 、前記撮影光学系の F ナンバーを F_{no} 、前記撮像素子の画素ピッチを X 、フォーカスブラケット幅を Z とした場合に、

【数 1】

$$\Delta Z \leq N \cdot F_{no} \cdot \Delta X \quad \cdots \text{数 10}$$

の条件を満たすように制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記光線決定手段は、前記入射角度の情報の分解能である前記光電変換素子の数を、前記光線空間情報の用途に従って決定し、前記光線空間情報の用途は、少なくともリフォーカスおよび 3D 画像の取得であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の撮像装置。

10

【請求項 5】

前記撮像装置は、前記撮像制御手段が、ピントが合った状態で前記光学像を撮像するように前記ピント調整手段および前記撮像素子を制御し、前記光線決定手段が前記光線空間情報の取得を行わない撮影モードをさらに有し、前記撮影モードを選択するための手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記撮像装置は、前記光線決定手段が求めた前記入射位置の情報と前記入射角度の情報とを記録媒体に記録する記録手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の撮像装置。

20

【請求項 7】

撮影光学系のピント状態を調整するピント調整手段により被写体の光学像のピント状態を変化させながら、複数の異なるピント状態で撮像素子から得られた光電変換信号を取得する取得手段と、

前記複数の異なるピント状態での光電変換信号を用いて、前記光学像の光線空間情報である入射位置の情報と入射角度の情報を求める光線決定手段と、
を備え、

前記光線決定手段は、前記入射角度の情報の分解能を光電変換素子の数として決定し、
前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数に従って、前記入射位置の情報を演算するとともに、前記演算した前記入射位置の情報から逆畳み込みにより前記入射角度の情報を演算するための行列を生成することを特徴とする情報処理装置。

30

【請求項 8】

前記複数の異なるピント状態の数は、前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数よりも多く、前記光線決定手段は、各ピント状態に対応した前記行列を生成することを特徴とする請求項 7 に記載の情報処理装置。

【請求項 9】

前記光線決定手段は、前記入射角度の情報の分解能である前記光電変換素子の数を、前記光線空間情報の用途に従って決定し、前記光線空間情報の用途は、少なくともリフォーカスおよび 3D 画像の取得であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の情報処理装置。

40

【請求項 10】

前記情報処理装置は、前記光線決定手段が求めた前記入射位置の情報と前記入射角度の情報とを記録媒体に記録する記録手段を備えることを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

被写体の光学像を形成する撮影光学系と、複数の光電変換素子の 2 次元配列により、前記光学像の光電変換信号を出力する撮像素子とを用いた撮影方法において、

前記撮影光学系のピント状態を調整するピント調整ステップと、

50

前記ピント調整ステップによりピント状態を変化させながら、複数の異なるピント状態で光電変換信号を前記撮像素子から取得する撮像制御ステップと、

前記撮像制御ステップによって得られた複数の異なるピント状態での光電変換信号を用いて、前記光学像の光線空間情報である入射位置の情報と入射角度の情報を求める光線決定ステップと、
を備え、

前記光線決定ステップにおいて、前記入射角度の情報の分解能を光電変換素子の数として決定し、前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数に従って、前記入射位置の情報を演算するとともに、前記演算した前記入射位置の情報から逆畳み込みにより前記入射角度の情報を演算するための行列を生成することを特徴とする撮像方法

10

【請求項 1 2】

被写体の光学像を形成する撮影光学系と、複数の光電変換素子の 2 次元配列により、前記光学像の光電変換信号を出力する撮像素子とを有する撮像装置を制御するプログラムであり、

コンピュータを、

前記撮影光学系のピント状態を調整するピント調整手段、

前記ピント調整手段によりピント状態を変化させながら、複数の異なるピント状態で光電変換信号を前記撮像素子から取得する撮像制御手段、

前記撮像制御手段によって得られた複数の異なるピント状態での光電変換信号を用いて、前記光学像の光線空間情報である入射位置の情報と入射角度の情報を求める光線決定手段、

20

として機能させ、

前記光線決定手段は、前記入射角度の情報の分解能を光電変換素子の数として決定し、前記入射角度の情報の分解能として決定した前記光電変換素子の数に従って、前記入射位置の情報を演算するとともに、前記演算した前記入射位置の情報から逆畳み込みにより前記入射角度の情報を演算するための行列を生成することを特徴とするプログラム。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 のプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 1 4】

30

コンピュータを、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載された撮像装置の各手段として機能させるプログラム。

【請求項 1 5】

コンピュータを、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載された撮像装置の各手段として機能させるプログラムを格納した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光電変換により画像を取得する撮像装置に関し、特に、いわゆる光線空間情報を取得可能なカメラ（ライトフィールドカメラとも呼ばれる 以下 L F C ）である撮像装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、新しい撮像機能の実現のために L F C の研究が盛んにおこなわれている。L F C においては、光線の位置情報に加えて角度情報を同時に取得するため、位置情報の分解能（画像においては解像度）が低下するという問題がある。

【0003】

この問題を解決するため、例えば、特許文献 1 では印加電圧に応じてパワーをコントロール可能な光学素子を利用して L F C としての撮像と通常の撮像を両立させる技術が開示されている。特許文献 2 ではマイクロレンズアレイを撮影光路中に進退可能に設けること

50

により、ＬＦＣとしての撮像と通常の撮像を両立させる技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００８－１６７３９５号公報

【特許文献２】特開２００８－３１２０８０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、上述の特許文献に開示されている従来技術では、高価な光学素子を設けたり、複雑な進退機構を設けたりする必要があるため、装置が高価且つ大型化してしまう。

【０００６】

そこで、本発明の目的は、簡易な構成でＬＦＣとしての撮像と通常の撮像を両立させることを可能にする撮像装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記目的を達成するため、本発明によれば、撮像装置は、被写体の光学像を形成する撮影光学系と、複数の光電変換素子の２次元配列により、光学像の光電変換信号を出力する撮像素子と、撮影光学系のピント状態を調整するピント調整手段と、ピント調整手段によりピント状態を変化させながら、複数の異なるピント状態で光電変換信号を撮像素子から取得する撮像制御手段と、撮像制御手段によって得られた複数の異なるピント状態での光電変換信号を用いて、光学像の光線空間情報である入射位置の情報と入射角度の情報を求める光線決定手段と、を備え、光線決定手段は、入射角度の情報の分解能を光電変換素子の数として決定し、入射角度の情報の分解能として決定した光電変換素子の数に従って、入射位置の情報を演算するとともに、演算した入射位置の情報から逆畳み込みにより入射角度の情報を演算するための行列を生成する。

【発明の効果】

【０００８】

本発明によれば、簡易な構成でＬＦＣとしての撮像と通常の撮像を両立させることを可能にする撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】本発明の実施例に係わる撮像装置によって撮像される光線を模式的に示す図

【図２】本発明の実施例に係る撮像装置の中央断面図とブロック図

【図３】本発明の実施例に係わる光線空間情報取得撮影の動作のフローチャートを示す図

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例１】

【００１１】

以下、図１から図３を参照して、本発明の第１の実施例に係る撮像装置について説明する。

【００１２】

図１は、本発明の実施形態にかかわる撮像装置で撮像される光線を模式的に示す図である。図２（ａ）は、本実施例に係る撮像装置であるデジタルカメラおよびレンズの中央断面図、図２（ｂ）は撮像装置の電氣的構成を示すブロック図である。図２（ａ）および図２（ｂ）で同一の部分は、同一の符号を付して示してある。

【００１３】

図２（ａ）において、２０１は撮像装置、２０２は撮像装置２０１に装着するレンズユ

10

20

30

40

50

ニット、203は撮影光学系を形成するレンズ、204は撮影光学系の光軸、206は光電変換素子の2次元配列を有する撮像素子、209は背面表示装置をそれぞれ示す。また、211は撮像装置1とレンズユニット202の電気接点を、212はレンズユニット202に設けられたレンズシステム制御部を、214はクイックリターン機構を、215は測距部を、216は撮像装置201に設けられたファインダ表示部をそれぞれ示す。

【0014】

図2(b)に示すカメラ201およびレンズ202からなるカメラシステムは、撮像系、画像処理系、記録再生系、制御系を有する。撮像系は、撮影光学系203、撮像素子206、クイックリターン機構214(クイックリターン機構214は光路分割を行うハーフミラーを含む)を含み、画像処理系は、画像処理部207を含む。また、記録再生系は、メモリ部208、表示部209を含み、制御系は、カメラシステム制御部205、操作検出部210、レンズシステム制御部212、レンズ駆動部13、および測距部215を含む。レンズ駆動部213は、焦点レンズ、ブレ補正レンズ、絞りなどを駆動することができる。

10

【0015】

撮像系は、物体からの光を、撮影光学系203を介して撮像素子206の撮像面に結像する光学処理系である。また、測距部215の信号に基づいて撮影光学系203の状態をレンズ駆動部213によって変化させることで適当なピント位置を調整する(いわゆるAF動作)ピント調整手段を有する。また、撮像素子206または不図示の測光センサからの信号に基づいて露光状態の設定を行う(いわゆるAE動作)。ここでいう露光状態とは、撮像素子206への露光時間、撮影光学系203の絞り値、撮像素子206からの光電変換信号の増幅率などのことである。

20

【0016】

画像処理部207は、内部にA/D変換器、ホワイトバランス回路、ガンマ補正回路、補間演算回路等を有しており、記録用の画像を生成することができる。また、本発明の要部の一つである、光線決定部を含めることもできる。なお、本実施例では、これらの要素は画像処理部207に配置する場合を想定して説明する。

【0017】

メモリ部208は、実際の記憶部に加えて記録に必要な処理回路を備えている。メモリ部は、記録部へ出力を行うとともに、背面表示部209に出力する像を生成、保存する。また、メモリ部208は、予め定められた方法を用いて画像、動画、音声などの圧縮を行う。また、図2(b)においては、メモリ部208は概念的に書かれており、外部から挿入される記憶メディアに相当するよう見えるが、撮像装置201が制御プログラムやデータなど記憶するために備える、揮発/不揮発メモリを含んでいる。

30

【0018】

カメラシステム制御部205は、撮像の際のタイミング信号などを生成して出力するとともに、撮影モード指示などの外部操作を操作検出部210が検出したことに応動して制御プログラムを実行することで、撮像系、画像処理系、記録再生系をそれぞれ制御する。例えば、不図示のシャッターリリース釦の押下を操作検出部210が検出して、撮像素子206の駆動、画像処理部7の動作、メモリ部208の圧縮処理などを制御する。さらに背面表示部209によって液晶モニタ等に情報表示を行う情報表示装置の各セグメントの状態を制御する。

40

【0019】

制御系の光学系の調整動作について説明する。カメラシステム制御部205には画像処理部7および測距部215が接続されており、撮像素子206および測距部215からの信号等に基づいて適切な焦点位置、絞り位置を求める。カメラシステム制御部205は、電気接点211を介してレンズシステム制御部212に指令を出し、レンズシステム制御部212はレンズ駆動部213を適切に制御する。さらにレンズシステム制御部212には不図示の手ぶれ検出センサが接続されており、手ぶれ補正を行うモードにおいては、手ぶれ検出センサの信号に基づいてレンズ駆動部213を介してブレ補正レンズを適切に制

50

御する。

【 0 0 2 0 】

本実施例では、光学ファインダ 2 1 6 を介して被写体の観察を行うことや、撮像素子 2 0 6 で被写体の光学像の電子画像を撮影しながら電子ビューファインダ 2 1 6 での被写体観察を行うこと（いわゆるライブビュー撮影）が可能な構成となっている。

【 0 0 2 1 】

本実施例では前述した A F 動作のように、撮像装置 2 0 1 が指示するピント状態での撮影が可能である。すなわちピントを主被写体に対して合わせて撮影することもできるし、適宜ピントを外して（意図したデフォーカス状態で）撮影することも可能である。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、本実施例における撮影から記録までの動作のフローチャートを示す。図 3 (a) は光線空間情報取得撮影の動作全体のフローチャートを示し、図 3 (b) は光線決定部の動作のフローチャートを示している。以下、図 3 のフローチャートを用いて、本実施例に係る光線空間情報取得撮影の動作を説明する。ここでいう光線空間情報取得撮影とは、通常の撮影（従来のカメラと同様の情報を得る撮影）と区別するために付けた呼称であり、いわゆる光線空間情報を得るための撮影をユーザーが指示により選択した場合に、撮像装置は当該モードでの撮影を行う。光線空間情報を取得しない従来のカメラと同じ撮影動作については図 2 において説明したので、図 3 では光線空間情報取得撮影の動作に絞って説明する。

【 0 0 2 3 】

ステップ S 3 0 1 で、ユーザー指示に応じてカメラシステム制御部 5 は光線空間情報取得撮影の動作を開始する。

【 0 0 2 4 】

ステップ S 3 0 2 は、カメラシステム制御部 2 0 5 が撮影条件を決定するための処理である。後述するように本実施例に係る撮像装置においては、フォーカス位置を変化させながらの撮影（以下 フォーカスブラケット撮影、図 3 中では F o ブラケット撮影）を行い、そのデータをもとに光線空間情報を取得する。この時、望ましいフォーカスブラケットの条件をステップ S 3 0 2 で設定する。詳細は光線決定手段の説明において述べるが、光線空間の角度の分割数(角度の分解能)等によって望ましいフォーカスブラケットの撮影間隔（ピント状態の変化幅）とフォーカスブラケットの撮影枚数が決定される。

【 0 0 2 5 】

ステップ S 3 0 3 からステップ S 3 0 6 はループを形成しており、ステップ S 3 0 2 での決定に従ったカメラシステム制御部 2 0 5 による制御の下で、フォーカスブラケット撮影を行う撮像制御を行う。具体的には、ステップ S 3 0 4 でピント位置を変更して、ステップ S 3 0 5 でセンサ信号の取得（＝撮像）を行い、これをステップ S 3 0 2 で設定した条件で繰り返す。

【 0 0 2 6 】

ステップ S 3 0 7 で、カメラシステム制御部 2 0 5 は光線決定部を呼び出して、ステップ S 3 0 6 までで取得した複数枚の画像から光線空間情報への変換を行う。

ステップ S 3 0 8 で、得られた光線空間情報を記録する。

ステップ S 3 0 9 で、光線空間情報取得撮影の動作を終了する。

【 0 0 2 7 】

図 3 (b) を用いて光線決定部の動作について説明する。

ステップ S 3 1 1 で光線決定部の動作を開始する。

【 0 0 2 8 】

ステップ S 3 1 2 において、逆畳込み演算のための行列を決定する。図 1 を用いて後述するように、フォーカスブラケット撮影においては、光線空間情報が角度情報に関して畳み込まれた状態で取得される。瞳通過領域について畳み込まれているという見方も出来る。本実施例では光線空間情報を入射位置（画素）と入射角度(画素を構成する各光電変換素子であるセルに対応)という形での表現を用いた方が、説明が容易なので角度情報とい

10

20

30

40

50

う説明を行う。逆畳込みのための行列の求め方は後述するが、求めたい角度の分割数(分解能)やフォーカスプラケット条件等によって決定される。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 3 1 3 において、ステップ S 3 1 2 で決定した行列と取得画像での演算を行うことで光線空間情報への展開を行う。この処理を行うことで、複数の通常撮影された画像から光線空間情報への変換が行われる。

【 0 0 3 0 】

ステップ S 3 1 4 において呼び出し元のステップ S 3 0 7 に戻る。

【 0 0 3 1 】

図 1 を用いて本実施例で取得される光線空間情報について説明する。

10

図 1 において、図中縦方向は光軸方向であり、センサ面 1、センサ面 2、センサ面 3 はそれぞれピント状態が異なる面を示しており、横方向は空間的な広がりを示しており、センサ上にある画素の位置に対応している。なお、簡便のため、図 1 では横方向に画素 $i - 2$ 、 $i - 1$ 、 i 、 $i + 1$ 、 $i + 2$ がこの順に一次元に並んでいるものとする。二次元への拡張は容易である。

【 0 0 3 2 】

図 1 では、1つの画素が5つのセルから構成されているように図示している。すなわち $X_{1,i}$ 、 $X_{2,i}$ 、 $X_{3,i}$ 、 $X_{4,i}$ 、 $X_{5,i}$ が画素を構成するセルである。添え字のうち、前の数字は入射角度に対応しており、後の数字は入射位置(この場合は画素の番号である i)に対応している。また入射角度に関する添え字は、右上から左下に向かう方向に傾きが大きいものに1、傾きが小さいものに2、傾きがなく図で垂直方向のものに3、左上から右下に向かう方向に傾きが小さいものに4、傾きが大きいものに5を付した。これは説明のための便宜的なものである。

20

【 0 0 3 3 】

また、図ではセルを重ねて表示しては分かりにくくなるため、センサ面においてセルをずらして表示している。すなわち、センサ面から少し離れた個所で光線が集まっている(ピント位置が図1で上方向にずれている)ように見えるがこれも説明を分かりやすくするための便宜的なものである。

【 0 0 3 4 】

上述のように、図1においては、説明を簡単にするために1次元で説明を行うが、容易に2次元の画像に対しても拡張できる。さらに、取得したい角度の分割数は5として図示しているが、これはユーザーが光線空間情報を利用するアプリケーションに応じて適宜設定すれば良い。具体的には、用途をユーザーに例示して撮像装置1が用途に応じて設定しても良い。例えば、リフォーカス用途であれば分割数を多く、3D画像の取得であれば少なく、等とすればよい。

30

【 0 0 3 5 】

図1において、縦や斜め方向に延びる点線は光線を模式的に示している。

【 0 0 3 6 】

近年提案されている L F C においては、 $X_{1,i}$ 、 $X_{2,i}$ 、 $X_{3,i}$ 、 $X_{4,i}$ 、 $X_{5,i}$ を分離して取得するために、撮影光路に何らかの光学素子を配置している。一方で、本実施例では光学素子を配置していないので、入射角度に関する情報は積分された状態でしか観測することが出来ない。なお、図1では入射角度を離散化しているので和で表現される。

40

【 0 0 3 7 】

レンズシステム制御 2 1 2 を介してピント調節を行ってしてセンサ面 2 にピントを合わせて撮影を行う場合を考える。この時センサ面 2 における画素 i の輝度を I_i とすると

【数 1】

$$I_i = \sum_{j=1}^5 X_{j,i} \quad \cdots \text{数 1}$$

となる。画素信号 I は、画素内の各セルの光電変換信号 X の加算で与えられる。さらに画像全体を考えると以下のように記述することが出来る。

50

【数 2】

$$\begin{pmatrix} \vdots \\ I_{i-1} \\ I_i \\ I_{i+1} \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vdots \\ X_{1,j-1} \\ X_{2,j-1} \\ X_{3,j-1} \\ X_{4,j-1} \\ X_{5,j-1} \\ X_{1,j} \\ X_{2,j} \\ X_{3,j} \\ X_{4,j} \\ X_{5,j} \\ X_{1,j+1} \\ X_{2,j+1} \\ X_{3,j+1} \\ X_{4,j+1} \\ X_{5,j+1} \\ \vdots \end{pmatrix} \cdots \text{数 2}$$

【0038】

ここでピント状態を変化させて撮影した時を考える。ピントを、図1のセンサ面1と書いた位置に変更して撮影を行った場合を考える。図1では、実センサ面において画素*i*で得られる光線に対応するセルをグレーで塗って示している。すなわち、センサ面1にピントを合わせた場合には、セル $X_{1,i+2}$ に対応する光線がセル $X_{1,i}$ に、セル $X_{2,i+1}$ に対応する光線がセル $X_{2,i}$ に、セル $X_{3,i}$ に対応する光線がセル $X_{3,i}$ に入射している。また、セル $X_{4,i-1}$ に対応する光線がセル $X_{4,i}$ に、セル $X_{5,i-2}$ に対応する光線がセル $X_{5,i}$ にそれぞれ入射している。

【0039】

これを数1および数2と同じ形式で表現すると、数3および数4のようになる。

【数3】

$$I_i = \sum_{j=1}^5 X_{j,i+3-j} \cdots \text{数 3}$$

【数 4】

$$\begin{pmatrix} \vdots \\ I_{i-1} \\ I_i \\ I_{i+1} \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ \cdots & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vdots \\ X_{1,j-1} \\ X_{2,j-1} \\ X_{3,j-1} \\ X_{4,j-1} \\ X_{5,j-1} \\ X_{1,j} \\ X_{2,j} \\ X_{3,j} \\ X_{4,j} \\ X_{5,j} \\ X_{1,j+1} \\ X_{2,j+1} \\ X_{3,j+1} \\ X_{4,j+1} \\ X_{5,j+1} \\ \vdots \end{pmatrix} \quad \cdots \text{数 4}$$

【 0 0 4 0 】

ここでは、センサ面 1 に関して具体的に対応関係とそれを表記する式について説明したが、明らかにセンサ面 3 に対しても同様に対応付けと数式での表現が可能である。

【 0 0 4 1 】

数 2 および数 4 の表現を簡易的に数 5 のように記載することにする。

【数 5】

$$I_p = M_p X \quad \cdots \text{数 5}$$

【 0 0 4 2 】

ここで I_p は撮像面から得られる輝度信号であり添え字の p はピント状態に対応している。 I_p は撮像素子 2 0 6 の情報を読み出すことによって得ることが出来る。 M_p はピント状態を示す行列であり I_p と同じく添え字の p はピント状態に対応している。 M_p はピント位置が決まれば分かるので、測距部 2 1 5 の情報とレンズ駆動部 2 1 3 を用いて焦点レンズを停止させた位置に応じて知ることが出来る。 X は光線空間情報を示すベクトルであり、これはピント状態とは無関係である。 X は未知でありこれを求める必要がある。

【 0 0 4 3 】

光線空間情報を得る処理は数 5 の X を得る処理であるが、これは数 2 および数 4 を見ると明らかなように、 M_p に逆行列が存在しない為に、このままでは解けない。(元の情報よりも多い情報を取り出そうとしているために解が不定になる。)

そこで本実施例に係る撮像装置においては、ピント状態を変化させながら複数の画像を取得して数 5 の X を得ることを考える。

【 0 0 4 4 】

ピント状態を p_1, p_2, \dots, p_n と変化させて画像を取得した時に (ピント状態を変化させて画像を取得するのでフォーカスブラケット撮影に対応する。)、それぞれ数 5 を立てておきこれらを合成する。すなわち数 6 のように処理する。

【数 6】

$$\begin{pmatrix} I_{p1} \\ I_{p2} \\ \vdots \\ \vdots \\ I_{pn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{p1} \\ M_{p2} \\ \vdots \\ \vdots \\ M_{pn} \end{pmatrix} X \quad \cdots \text{数 6}$$

【0 0 4 5】

10

さらに標記を簡単にするために数 6 を数 7 のように書きなおす。

【数 7】

$$I = MX \quad \cdots \text{数 7}$$

【0 0 4 6】

前述した角度の分割数（図 1 では 5 として説明を行っている）と同数のピント状態で画像を取得して数 7 の式をたてた場合は、M は正方行列になる。M に逆行列が存在すれば数 8 として X を求めることが出来る。

【数 8】

$$X = M^{-1}I \quad \cdots \text{数 8}$$

20

ここで M^{-1} は M の逆行列を示す。

【0 0 4 7】

数 8 における M の行列式の値は、どのようなピント状態で複数枚の画像を得たかによって変化してくる。行列式の値が 0 に近くなった場合には、ノイズを増幅しかつ、得られる解はノイズの影響を受けやすくなるので、さらに冗長な画像を得ることもできる。

【0 0 4 8】

前述した角度の分割数（図 1 では 5 として説明を行っている）よりも多い数の画像を取得して数 7 の式をたてた場合は、M は縦長の行列になる。この場合は情報が冗長であるので適当な方法で X を得ることが出来る。ここでは最小 2 乗法的な解を得る疑似逆行列を使って X を得る方法を数 9 として具体的に示す。

30

【数 9】

$$X = (M^t M)^{-1}I \quad \cdots \text{数 9}$$

ここで M^t は M の転置行列を示す。

【0 0 4 9】

このように得たい角度の分割数以上の画像を得ておいて、適当な逆畳込み演算を行うことで光線空間情報を得ることが出来る。

【0 0 5 0】

以上で説明した数式と、図 3 との対応について簡単に述べる。数 5 および数 6 に示したようにピント状態撮影を行うが、このピント状態を決定するステップがステップ S 3 0 2 である。複数の画像 $I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_{pn}$ を取得する動作がステップ S 3 0 3 からステップ S 3 0 6 のフォーカスブラケット撮影に対応する。数 8 および数 9 の逆行列 M^{-1} 、疑似逆行列 $(M^t M)^{-1}$ を求める動作がステップ S 3 1 2 に対応する。数 8 および数 9 を解いて複数画像からなる I から X を求める動作がステップ S 3 1 3 に対応する。

40

【0 0 5 1】

また、フォーカスブラケット撮影を行う場合のブラケット幅には、望ましい値がある。一つの光線を決定する場合になるべく多数の輝度情報を参照する方が、ノイズに強くなるなどの望ましい結果が得られる。これを実現するためには、数 2 および数 4 で示した M_p の状態が大切である。すなわち、数 6、数 7 の形にして行列 M の成分を縦方向に観察した時

50

にゼロではない個所を増やせばよいことに対応する。反対にあまりにもフォーカスブラケット幅が大きいと光線空間情報が疎にしか得られず、数 8 や数 9 において、逆行列が存在しない状態になってしまう。

【 0 0 5 2 】

さらに図 1 を用いて具体的にフォーカスブラケット幅について言及する。前述した様に、M のゼロではない個所を増やせばよいが、このためには図 1 におけるセンサ面を光線が 1 画素より大きなずれが生じないようにしながら複数の画像を取得する。これは取得する角度の分割数 N、撮影時の F ナンバー F_{no} 、画素ピッチ X 等によって決定される。具体的にはフォーカスブラケット幅を Z とすると、

【 数 1 0 】

$$\Delta Z \leq N \cdot F_{no} \cdot \Delta X \quad \cdots \text{数} 10$$

となるような条件とすればよい。(この条件を満たすように適当にブラケット幅がステップ S 3 0 2 で設定される。)

【 0 0 5 3 】

以上説明したように X を求めておくことにより、フォーカスブラケット撮影のピント位置以外のところでの画素の輝度値を、その位置に対応した M を X に演算することにより得ることが可能となる。

【 0 0 5 4 】

本実施例では、フォーカスブラケット撮影を行って、光線空間情報を記録する撮像装置について説明した。しかし、フォーカスブラケット撮影と撮影条件の記録までを撮像装置において行い、情報処理装置に光線決定部を備えて、光線空間情報に変換するように構成することもできる。この場合は、撮像装置に大きなメモリ空間や、大規模な処理装置を備える必要が無く、撮像装置を簡略化することが出来る。

【 0 0 5 5 】

以上説明した様に、本発明によれば、特殊な光学系や駆動装置など必要とせず、従来のカメラと同様の撮影と光線空間情報の取得撮影を可能としたカメラを提供することが出来る。

【 0 0 5 6 】

また、上述した実施形態において図 3 に示した各処理は、各処理の機能を実現する為のプログラムをメモリ (メモリ部 8 など) から読み出してカメラシステム制御部 5 が実行することによりその機能を実現させるものである。

【 0 0 5 7 】

尚、上述した構成に限定されるものではなく、図 3 に示した各処理の全部または一部の機能を専用のハードウェアにより実現してもよい。また、上述したメモリは、光磁気ディスク装置、フラッシュメモリ等の不揮発性のメモリや、CD-ROM 等の読み出しのみが可能な記憶媒体、RAM 以外の揮発性のメモリであってもよい。さらには、それらの組合せによるコンピュータ読み取り、書き込み可能な記憶媒体より構成されてもよい。

【 0 0 5 8 】

また、図 3 に示した各処理の機能を実現する為のプログラムをコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記録して、この記憶媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各処理を行っても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。具体的には、記憶媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。その後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わる CPU などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含む。

【 0 0 5 9 】

また、「コンピュータ読み取り可能な記憶媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気

10

20

30

40

50

ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記憶媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発メモリ(RAM)を含む。これらは、一定時間プログラムを保持する記憶媒体である。

【0060】

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク(通信網)や電話回線等の通信回線(通信線)のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

10

【0061】

また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現する為のものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組合せで実現できるもの、いわゆる差分ファイル(差分プログラム)であっても良い。

【0062】

また、上記のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等のプログラムプロダクトも本発明の実施形態として適用することができる。上記のプログラム、記録媒体、伝送媒体およびプログラムプロダクトは、本発明の範疇に含まれる。

【0063】

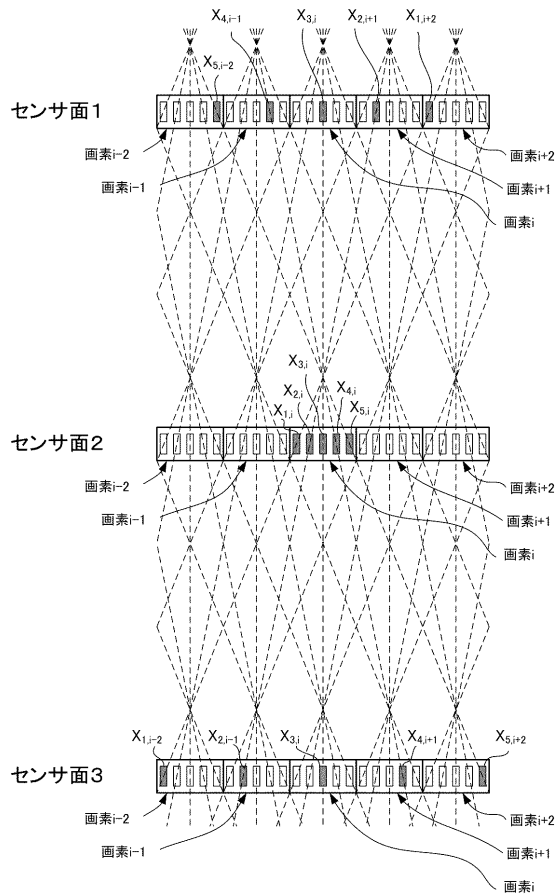
20

以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

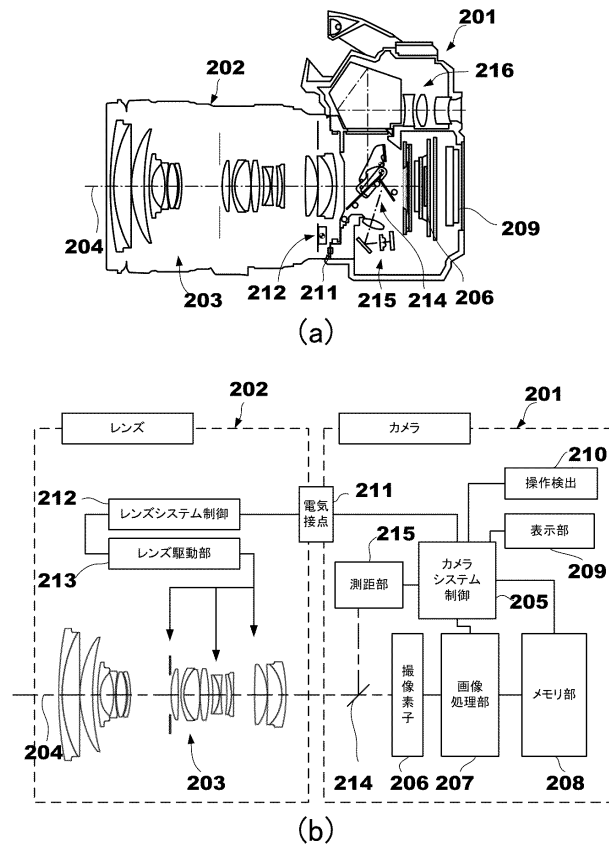
【0064】

以上、本発明を好ましい実施例により説明したが、本発明は上述した実施例に限ることなくクレームに示した範囲で種々の変更が可能である。

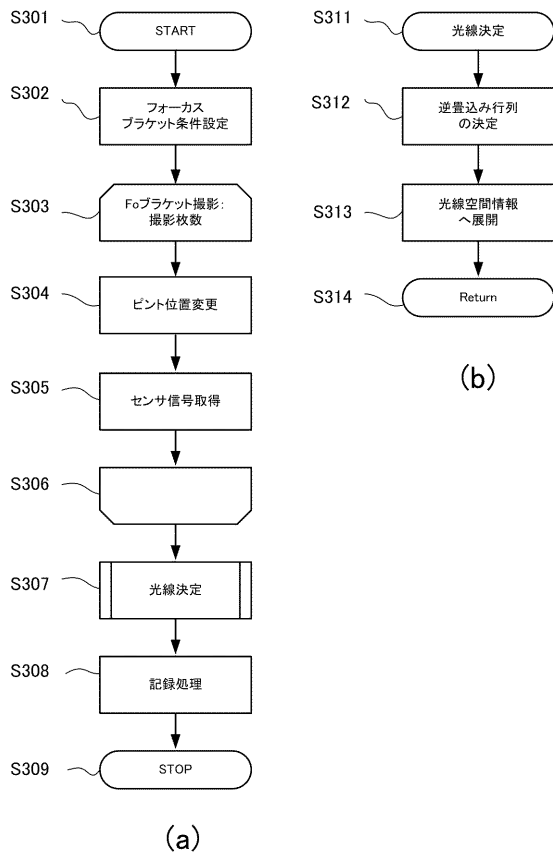
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 N 101/00 (2006.01) H 0 4 N 101:00

(74)代理人 100134393
弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230
弁理士 田中 尚文

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

審査官 鈴木 肇

(56)参考文献 特開2010-197551(JP,A)
特開2008-312080(JP,A)
特開2001-223874(JP,A)
特表2008-515110(JP,A)
特開平11-295826(JP,A)
特開2008-219878(JP,A)
特開2011-010194(JP,A)
特開2007-128009(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 N	5 / 3 0	-	5 / 3 7 8
H 0 4 N	5 / 2 2 2	-	5 / 2 5 7
G 0 2 B	7 / 2 8	-	7 / 4 0
G 0 3 B	3 / 0 0	-	3 / 1 2
G 0 3 B	1 3 / 3 0	-	1 3 / 3 6
G 0 3 B	2 1 / 5 3		
G 0 6 T	1 / 0 0	-	1 / 4 0
G 0 6 T	3 / 0 0	-	5 / 5 0
G 0 6 T	9 / 0 0	-	9 / 4 0