

(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2010-68018

(P2010-68018A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04N 13/00 (2006.01)	H04N 13/00	2H199
G06T 17/40 (2006.01)	G06T 17/40	F 5B050
G02B 27/22 (2006.01)	G02B 27/22	5C061

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-229679 (P2008-229679)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成20年9月8日 (2008.9.8)		ソニー株式会社
			東京都港区港南1丁目7番1号
		(74) 代理人	100098785
			弁理士 藤島 洋一郎
		(74) 代理人	100109656
			弁理士 三反崎 泰司
		(74) 代理人	100130915
			弁理士 長谷部 政男
		(74) 代理人	100155376
			弁理士 田名網 孝昭
		(72) 発明者	早坂 健吾
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

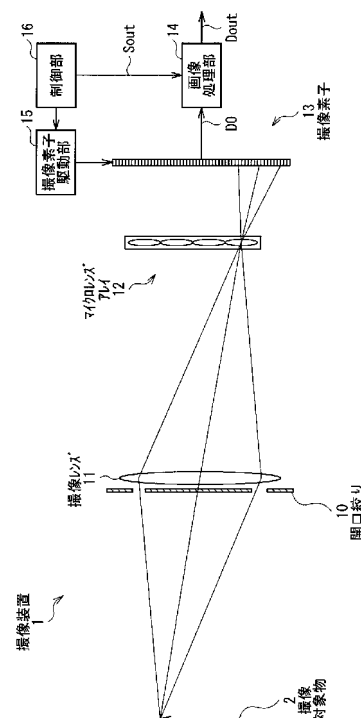
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置および表示装置

(57) 【要約】

【課題】 立体画像内の任意の奥行き方向に任意の2次元画像を挿入することが可能な画像処理装置を提供する。

【解決手段】 画像処理部14において、光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数 $\alpha 1$ を算出する。また、算出されたリフォーカス係数 $\alpha 1$ を用いて、撮像データD1に対して第1の並び替え処理を行う。そして、その第1の並び替え処理後の撮像データD2に対して、所定の2次元画像データ（挿入画像データD3）を挿入する画像合成処理を行い、合成画像データD4を生成する。これにより、撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数 $\alpha 1$ を用いて、挿入画像データD3の挿入処理（画像合成処理）を行うことができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像レンズと受光光線に基づいて撮像データを取得する撮像素子との間にこの撮像素子の複数画素に対して1つのマイクロレンズが割り当てられたマイクロレンズアレイを有する撮像光学系により光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出するリフォーカス係数算出部と、

前記リフォーカス係数算出部により算出されたりフォーカス係数を用いて、前記撮像データに対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理を行うことにより、合成画像データを生成する合成画像生成部と
を備えた画像処理装置。

10

【請求項 2】

前記リフォーカス係数算出部は、前記撮像データに基づいて、前記リフォーカス係数を算出する

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記リフォーカス係数算出部は、

前記撮像データに基づいて、前記撮像レンズから前記撮像画像内における任意の基準位置までの距離情報を抽出する距離情報抽出部と、

20

前記距離情報抽出部により抽出された距離情報に基づいて、前記リフォーカス係数を設定するリフォーカス係数設定部とを有する

請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記距離情報抽出部は、前記撮像データに基づいて互いに視差の異なる複数の視差画像を生成すると共に、これら複数の視差画像のうち少なくとも2つの視差画像間の位相差を検出し、検出された位相差に基づいて、前記距離情報を算出する

請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記リフォーカス係数算出部は、指定された前記撮像レンズから前記リフォーカス面までの距離情報に基づいて、前記リフォーカス係数を算出する

30

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記合成画像生成部は、前記第1の並び替え処理および前記画像合成処理の際に、前記2次元画像データ内の領域に応じて複数のリフォーカス係数を用いることにより、前記合成画像データを生成する

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記合成画像生成部は、前記フォーカス係数算出部により算出されたりフォーカス係数の逆数からなるリフォーカス係数を用いて、前記合成画像データに対して第2の並び替え処理を行う

40

請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記合成画像生成部は、前記撮像データ、前記第1の並び替え処理後の撮像データ、前記合成画像データ、または前記第2の並び替え処理後の合成画像データに対して、前記マイクロレンズの撮像領域ごとに、画像反転処理を行う

請求項7に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

撮像レンズと、

受光光線に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、

50

前記撮像レンズと前記撮像素子との間で撮像レンズの焦点面上に配置されると共に、前記撮像素子の複数の画素に対して1つのマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイと、

前記撮像素子により得られた撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出するリフォーカス係数算出部と、

前記リフォーカス係数算出部により算出されたリフォーカス係数を用いて、前記撮像データに対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理を行うことにより、合成画像データを生成する合成画像生成部と

を備えた撮像装置。

10

【請求項10】

撮像レンズと受光光線に基づいて撮像データを取得する撮像素子との間にこの撮像素子の複数の画素に対して1つのマイクロレンズが割り当てられたマイクロレンズアレイを有する撮像光学系により光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出するリフォーカス係数算出部と、

前記リフォーカス係数算出部により算出されたリフォーカス係数を用いて、前記撮像データに対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理を行うことにより、合成画像データを生成する合成画像生成部と、

20

前記合成画像生成部により生成された合成画像データに基づいて立体映像表示を行う表示部と

を備えた表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロレンズアレイを用いた撮像光学系に適用される画像処理装置、ならびにそのような画像処理装置を備えた撮像装置および表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、様々な撮像装置が提案され、開発されている。また、撮像して得られた撮像データに対し、所定の画像処理を施して出力するようにした撮像装置も提案されている。

30

【0003】

例えば、特許文献1および非特許文献1には、「Light Field Photography」と呼ばれる手法を用いた撮像装置が提案されている。この撮像装置は、開口絞りを有する撮像レンズと、マイクロレンズアレイと、撮像素子と、画像処理部とから構成されている。これにより、撮像素子から得られる撮像データが、受光面における光の強度分布に加えてその光の進行方向の情報をも含むようになっている。そして画像処理部において、任意の視野や焦点での観察画像を再構築できるようになっている。具体的には、例えば取得した撮像データに基づいて、焦点位置を決定する係数（以下、リフォーカス係数という）を用いたりリフォーカス（Refocus）演算処理を行うことにより、任意の焦点に設定された画像を再構築することができるようになっている。

40

【0004】

一方、撮像画像を用いた3次元表示方法（立体表示方法）として、左右の任意の2視差をとると共に偏光メガネ等を用いた立体表示方法や、撮像画像と、マイクロレンズアレイやレンチキュラーアレイとを組み合わせたインテグラルフォトグラフィー（IP）方式による裸眼立体表示方法などが挙げられる。また、そのような立体表示に用いる立体画像の作成手法としては、例えば特許文献2のように、CG（Computer Graphics）による作成手法などが研究されている。

【0005】

50

【特許文献1】国際公開第06/039486号パンフレット

【特許文献2】特開平5-234700号公報

【非特許文献1】Ren.Ng、他7名、「Light Field Photography with a Hand-Held Plenoptic Camera」, Stanford Tech Report CTSR 2005-02

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、立体表示の際に、立体画像内の任意の奥行き面に、任意の2次元画像を挿入して表示するような用途が考えられる。ところが、従来の立体画像の作成手法では、2次元画像を挿入する際に、実画像中の実距離と関連付けることは困難であった。したがって、立体画像内の任意の奥行き方向に任意の2次元画像を挿入することを可能とする立体画像の作成手法の実現が望まれていた。

10

【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、立体画像内の任意の奥行き方向に任意の2次元画像を挿入することが可能な画像処理装置、ならびにそのような画像処理装置を備えた撮像装置および表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の画像処理装置は、撮像レンズと受光光線に基づいて撮像データを取得する撮像素子との間にこの撮像素子の複数画素に対して1つのマイクロレンズが割り当てられたマイクロレンズアレイを有する撮像光学系により光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出するリフォーカス係数算出部と、このリフォーカス係数算出部により算出されたリフォーカス係数を用いて、撮像データに対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理を行うことにより、合成画像データを生成する合成画像生成部とを備えたものである。

20

【0009】

本発明の撮像装置は、撮像レンズと、受光光線に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、撮像レンズと撮像素子との間で撮像レンズの焦点面上に配置されると共に、撮像素子の複数の画素に対して1つのマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイと、撮像素子により得られた撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出するリフォーカス係数算出部と、上記合成画像生成部とを備えたものである。

30

【0010】

本発明の表示装置は、上記画像処理装置と、上記合成画像生成部により生成された合成画像データに基づいて立体映像表示を行う表示部とを備えたものである。

【0011】

本発明の画像処理装置、撮像装置および表示装置では、光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数が算出される。また、算出されたリフォーカス係数を用いて、撮像データに対して第1の並び替え処理が行われる。そして、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して、所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理が行われ、合成画像データが生成される。すなわち、撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を用いて2次元画像データの挿入処理（画像合成処理）がなされるため、生成された合成画像データに基づき、実画像中の実距離と関連付けられた2次元画像を含んだ立体画像の生成が可能となる。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明の画像処理装置、撮像装置および表示装置によれば、光線の進行方向を保持した

50

状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数を算出し、算出されたリフォーカス係数を用いて撮像データに対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データに対して所定の2次元画像データを挿入する画像合成処理を行うことによって、合成画像データを生成するようにしたので、この合成画像データに基づいて、実画像中の実距離と関連付けられた2次元画像を含む立体画像の生成が可能となる。よって、立体画像内の任意の奥行き方向に、任意の2次元画像を挿入することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

10

【0014】

[第1の実施の形態]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る撮像装置（撮像装置1）の全体構成を表すものである。この撮像装置1は、撮像対象物2を撮像して画像処理を施すことにより画像データ（合成画像データ）Doutを出力するものであり、開口絞り10を有する撮像レンズ11と、マイクロレンズアレイ12と、撮像素子13と、画像処理部14と、撮像素子駆動部15と、制御部16とから構成されている。なお、画像処理部14が、本発明における「画像処理装置」の一具体例に対応している。

【0015】

また、本発明の画像処理プログラムは、画像処理部14における各画像処理機能をソフトウェア的に実現したものである。この場合、そのソフトウェアは、各画像処理機能をコンピュータにより実行させるためのプログラム群で構成される。各プログラムは、例えば、専用のハードウェアに予め組み込まれて用いられてもよいし、汎用のパーソナルコンピュータなどにネットワークや記録媒体からインストールして用いられてもよい。

20

【0016】

開口絞り10は、撮像レンズ11の光学的な開口絞りである。この開口絞り10の開口の形状（例えば円形状）に相似形となる撮像対象物2の像（後述のユニット像）が、撮像素子13上にマイクロレンズごとに形成されるようになっている。

【0017】

撮像レンズ11は、撮像対象物2を撮像するためのメインレンズであり、例えば、ビデオカメラやスチルカメラ等で使用される一般的な撮像レンズにより構成されている。

30

【0018】

マイクロレンズアレイ12は、複数のマイクロレンズが2次元配列したものであり、撮像レンズ11の焦点面（結像面）に配置されている。各マイクロレンズは、例えば円形の平面形状を有しており、例えば固体レンズや液晶レンズ、回折レンズなどにより構成されている。

【0019】

また、撮像レンズ11のFナンバー F_{ML} と、マイクロレンズアレイ12のFナンバー F_{MLA} とは、概ね等しくなっていることが好ましい。これは、図2（A）に示したように、撮像レンズ11のFナンバー F_{ML} がマイクロレンズアレイ12のFナンバー F_{MLA} よりも小さい場合（ $F_{ML} < F_{MLA}$ の場合）には、隣接するマイクロレンズによる撮像光線間で重なりが生じ、これによりクロストークが発生するため、再構築画像の画質が劣化してしまうからである。また一方で、図2（B）に示したように、撮像レンズ11のFナンバー F_{ML} がマイクロレンズアレイ12のFナンバー F_{MLA} よりも大きい場合（ $F_{ML} > F_{MLA}$ の場合）には、マイクロレンズによる撮像光線が受光されない撮像素子が生じるため、撮像素子を十分に利用することができず、再構築画像の画素数が低下してしまうからである。

40

【0020】

撮像素子13は、マイクロレンズアレイ12からの光線を受光して複数の画素データを含む撮像データD0を取得するものであり、マイクロレンズアレイ12の焦点面（結像面

50

）に配置されている。この撮像素子 1 3 は、マトリクス状に配列された複数の C C D (Charge Coupled Device；電荷結合素子) または C M O S (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) などの 2 次元固体撮像素子により構成されている。

【0021】

このような撮像素子 1 3 の受光面（マイクロレンズアレイ 1 2 側の面）には、 $M \times N$ （ M, N ：整数）個の撮像素素（以下、単に画素という）がマトリクス状に配置され、複数の画素に対してマイクロレンズアレイ 1 2 内の 1 つのマイクロレンズが割り当てられるようになっている。例えば、受光面上の画素数は $M \times N = 3720 \times 2520 = 9374400$ 個であり、このうち $m \times n = 12 \times 12 = 144$ 個の画素に対して一つのマイクロレンズが割り当てられるようになっている。ここで、各マイクロレンズに対する画素の割り当て個数 m, n の値が大きくなるに従って、後述する再構築画像の分解能、例えば任意の視野での分解能やリフォーカス演算処理に基づく奥行き方向の分解能（任意の焦点での分解能）などが高くなる。一方、 (M/m) 、 (N/n) は、再構築画像の解像度と関連しているため、これら (M/m) 、 (N/n) の値が大きくなるに従って、再構築画像の解像度が高くなる。このように、再構築画像の分解能と解像度とはトレードオフの関係にあるが、分解能および解像度の両者をできるだけ高い値で両立させることが望ましい。

10

【0022】

なお、撮像素子 1 3 の受光面上には、例えば図示しないカラーフィルタを、撮像素素単位で 2 次元配置するようにしてもよい。カラーフィルタとしては、例えば、赤（R）、緑（G）および青（B）の 3 原色のカラーフィルタが $R : G : B = 1 : 2 : 1$ の比率で市松状に配置された Bayer 配列のカラーフィルタ（原色フィルタ）を用いることができる。このようなカラーフィルタを設けるようにすれば、撮像素子 1 3 により得られた撮像データを、カラーフィルタの色に対応した複数の色（この場合、3 原色）の画素データとすることができる。

20

【0023】

画像処理部 1 4 は、撮像素子 1 3 で得られた撮像データ D_0 に対して、後述する所定の画像処理を施すことにより、所定の 2 次元画像データが挿入された合成画像データ D_{out} を生成するものである。なお、この画像処理部 1 4 の詳細な構成については後述する。

【0024】

撮像素子駆動部 1 5 は、撮像素子 1 3 を駆動してその受光動作の制御を行うものである。

30

【0025】

制御部 1 6 は、画像処理部 1 4 および撮像素子駆動部 1 5 の動作を制御するものであり、例えばマイクロコンピュータなどにより構成される。

【0026】

次に、図 3 を参照して、画像処理部 1 4 の詳細構成について説明する。図 3 は、画像処理部 1 4 の機能ブロック構成を表したものである。この画像処理部 1 4 は、欠陥補正部 1 4 1、クランプ処理部 1 4 2、リフォーカス係数算出部 1 4 3、合成画像生成部 1 4 4、ノイズ低減処理部 1 4 5、輪郭強調処理部 1 4 6、ホワイトバランス処理部 1 4 7 およびガンマ補正処理部 1 4 8 から構成されている。

40

【0027】

欠陥補正部 1 4 1 は、撮像データ D_0 に含まれる黒とび等の欠陥（撮像素子 1 3 の素子自体の異常に起因した欠陥）を補正するものである。

【0028】

クランプ処理部 1 4 2 は、欠陥補正部 1 4 1 による欠陥補正後の撮像データにおいて、各画素データの黒レベルの設定処理（クランプ処理）を行うものである。また、クランプ処理がなされた撮像データに対して、デモザイク処理などのカラー補間処理を施すようにしてもよい。

【0029】

リフォーカス係数算出部 1 4 3 は、クランプ処理部 1 4 2 から供給される撮像データ D

50

1に基づいて、合成画像生成部144における並び替え処理に用いられるリフォーカス係数 α を算出するものである。このリフォーカス係数 α は、撮像データD1に対応する撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面としたものに対応するようになっている。なお、このリフォーカス係数算出部143の詳細動作については、後述する。

【0030】

合成画像生成部144は、リフォーカス係数算出部143により算出されたリフォーカス係数 α を用いて、クランプ処理部142から供給される撮像データD1に対して、所定の並び替え処理を施すことにより、所定の2次元画像データ（挿入画像データD3）との合成画像データD5を生成するものである。具体的には、リフォーカス係数 α を用いて撮像データD1に対して並び替え処理（第1の並び替え処理）を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データ（後述する撮像データD2）に対して挿入画像データD3を挿入する画像合成処理を行うことにより、合成画像データ（後述する合成画像データD4）を生成するようになっている。また、それと共に、リフォーカス係数 α の逆数からなるリフォーカス係数（ $1/\alpha$ ）を用いて、合成画像データD4に対して並び替え処理（第2の並び替え処理）を行うと共に、そのような第2の並び替え処理後の合成画像データに対して、マイクロレンズアレイ12におけるマイクロレンズの撮像領域ごとに画像反転処理を行うことにより、合成画像データ（後述する合成画像データD5）を生成・出力するようになっている。なお、合成画像生成部144の詳細動作については、後述する。

10

【0031】

ノイズ低減処理部145は、合成画像生成部144により供給される合成画像データD5に含まれるノイズ（例えば、暗い場所や感度の足りない場所で撮像したときに発生するノイズ）を低減する処理を行うものである。

20

【0032】

輪郭強調処理部146は、ノイズ低減処理部145により供給される合成画像データに対し、映像の輪郭を強調する輪郭強調処理を行うものである。

【0033】

ホワイトバランス処理部147は、輪郭強調処理部146により供給される合成画像データに対し、カラーフィルタの通過特性や撮像素子13の分光感度などのデバイスの個体差や照明条件などの影響に起因した色バランスの調整処理（ホワイトバランス処理）を行うものである。

30

【0034】

ガンマ補正処理部148は、ホワイトバランス処理部147により供給される合成画像データに対して所定のガンマ補正（明暗やコントラストの補正）を行うことにより、合成画像データDoutを生成するものである。

【0035】

次に、図1～図11を参照して、本実施の形態の撮像装置1の作用および効果について説明する。

【0036】

この撮像装置1では、撮像レンズ11による撮像対象物2の像は、マイクロレンズアレイ12上に結像する。そして、マイクロレンズアレイ12への入射光線がこのマイクロレンズアレイ12を介して撮像素子13で受光される。このとき、マイクロレンズアレイ12への入射光線は、その進行方向に応じて撮像素子13上の異なる位置で受光され、例えば図4に示したように、開口絞り10の開口形状に相似形となる撮像対象物2の像（ユニット像）13-1がマイクロレンズごとに結像する。なお、このユニット像13-1、すなわち一つのマイクロレンズに割り当てられた画素Pによって構成される領域（再構築画素領域13D）が、再構築される画像の画素分に相当する。

40

【0037】

ここで、撮像素子13で受光される光線について図5を参照して説明する。このように、撮像レンズ11の撮像レンズ面上において直交座標系（ u , v ）を、撮像素子13の撮像面上において直交座標系（ x , y ）をそれぞれ考え、撮像レンズ11の撮像レンズ面と

50

撮像素子 1 3 の撮像面との距離を F とする。すると、図中に示したような撮像レンズ 1 1 および撮像素子 1 3 を通る光線 $L 1$ は、4 次元関数 $L_F(x, y, u, v)$ で表されるため、光線の位置情報に加え、光線の進行方向が保持された状態で撮像素子 1 3 に記録される。すなわち、各マイクロレンズに割り当てられた複数の画素 P の配置によって光線の入射方向が決まることとなる。

【0038】

このようにして、撮像素子 1 3 で受光がなされると、撮像素子駆動部 1 5 による駆動動作に従って撮像データ $D 0$ が得られ、この撮像データ $D 0$ が画像処理部 1 4 へ入力される。

【0039】

撮像データ $D 0$ が画像処理部 1 4 へ入力されると、欠陥補正部 1 4 1 が欠陥補正を行ったのち、クランプ処理部 1 4 2 がクランプ処理を施す。これにより、クランプ処理後の撮像データ $D 1$ が、リフォーカス係数算出部 1 4 3 へ入力される。

【0040】

ここで、図 6～図 1 1 を参照して、本発明の特徴的部分の 1 つである、リフォーカス係数の算出処理および画像合成処理（リフォーカス係数算出部 1 4 3 および合成画像生成部 1 4 4 の動作）について詳細に説明する。図 6 は、本実施の形態のリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理の流れ図で表したものである。また、図 7～図 1 1 は、このようなリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を説明するための一例を写真図で表したものである。

【0041】

まず、リフォーカス係数算出部 1 4 3 は、撮像データ $D 1$ に対応する撮像画像内の基準位置のリフォーカス係数 $\alpha 0$ を求める（図 6 のステップ $S 1 0 1$ ）。具体的には、以下のようにして行う。なお、ここでは、例えば図 7（A）～図 7（D）に示したように、撮像画像内の基準位置である地球儀よりも距離 Z だけ手前側（撮像画像データ $D 1$ に対して、リフォーカス係数 $\alpha 1$ を用いて後述するリフォーカス演算処理を施した場合のリフォーカス面上；図 7（D）に示したリフォーカス面上に対応）における所定の位置に、2 次元画像データである挿入画像データ $D 3$ を挿入して合成画像データを生成する場合を想定するものとする。この場合、具体的にはコントラスト方式等の合焦判定処理を用いて、例えば図 7（C）に示したように、撮像画像内の基準位置である地球儀に合焦するリフォーカス面に対応するリフォーカス係数 $\alpha 0$ を求める。より具体的には、コントラスト方式による合焦判定処理では、リフォーカス係数を逐次変化させながらリフォーカス演算処理（積分処理までを行って合焦判定を行う）を繰り返すことにより、撮像画像内の基準位置である地球儀においてコントラストが最大となるようなリフォーカス係数を求めるようになっている。なお、挿入画像データ $D 3$ としては、実写による画像データや CG により作成した画像データの他、本実施の形態の撮像装置 1（Light Field カメラ）により撮像された立

【0042】

次に、リフォーカス係数算出部 1 4 3 は、挿入画像データ $D 3$ の挿入位置（例えば、ユーザによって指定された任意の奥行き面）のリフォーカス係数 α を求める（ステップ $S 1 0 2$ ）。ここでは、図 7（D）に示したように、地球儀よりも距離 Z だけ手前側にある奥行き面（挿入画像データ $D 3$ を挿入したい奥行き面）のリフォーカス係数 $\alpha 1$ を求める。具体的には、まず、以下の（1）式を用いて、上記合焦判断処理により得られたリフォーカス係数 $\alpha 0$ に対応するリフォーカス面（撮像データ $D 1$ に対応する撮像画像内の基準位置）から撮像レンズ 1 1 までの距離 d を算出する。そして、以下の（2）式を用いて、地球儀よりも距離 Z だけ手前側にある奥行き面（撮像レンズ 1 1 との距離 = $(d - Z)$ ）のリフォーカス係数 $\alpha 1$ を算出する。これにより、光線の進行方向を保持してなる撮像データ $D 1$ に基づいて、この撮像データ $D 1$ に対応する撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面とする、リフォーカス係数 $\alpha 1$ が算出される。

$$(1/F) = (1/d) + (1/\alpha 0 \cdot f) \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

$$(1/F) = \{1/(d-Z)\} + (1/\alpha_1 \cdot f) \quad \dots (2)$$

【0043】

次に、合成画像生成部144は、リフォーカス係数算出部143により求められたリフォーカス係数 α_1 を用いて、撮像データD1に対して並べ替え処理（第1の並び替え処理）を行う（ステップS103）。これにより、例えば図8に示したように、リフォーカス係数 α_1 に対応するリフォーカス面上に合焦する撮像データD2が生成される。

【0044】

次に、合成画像生成部144は、この撮像データD2内の所定位置に挿入画像データD3を挿入する画像合成処理を行う（ステップS104）。具体的には、例えば図8に示したように、撮像データD2内の領域P1内の所定位置P2上に、挿入画像データD3を挿入する（ステップS104）。これにより、例えば図9（A）に示したような合成画像データD4（合成画像）が生成される。

10

【0045】

次に、合成画像生成部144は、フォーカス係数算出部143により求められたリフォーカス係数 α_1 の逆数からなるリフォーカス係数 $(1/\alpha_1)$ を用いて、合成画像データD4に対して並び替え処理（第2の並び替え処理）を行う（ステップS105）。これにより、撮像時の基準焦点位置であるフォーカス面に合焦する合成画像データが生成される。

【0046】

そして、次に合成画像生成部144は、そのような第2の並び替え処理後の合成画像データに対して、マイクロレンズアレイ12におけるマイクロレンズの撮像領域（図3に示した再構築画素領域13Dに対応）ごとに、上下左右方向の画像反転処理を行う（ステップS106）。これにより、例えば図9（B）に示したような合成画像データD5（合成画像）が生成される。

20

【0047】

このようにして生成された合成画像データD5では、以下説明するリフォーカス演算処理（積分処理）がなされることにより、任意の焦点（リフォーカス係数 α によって規定されるリフォーカス面）に設定された画像（再構築画像）が生成される。すなわち、例えば図10（A）～図10（D）に示したように、リフォーカス係数 α_0 、 α_1 、 α_2 を用いたリフォーカス演算処理により、それぞれのリフォーカス係数に対応するリフォーカス面上に合焦する再構築画像が生成される。ここでは、例えば図10（D）に示したように、確かに、リフォーカス係数 α_1 に対応するリフォーカス面上において、挿入画像データD3の画像が合焦していることが分かる。

30

【0048】

このリフォーカス演算処理は、具体的には、図11に示したようにしてなされる。すなわち、まず、リフォーカス係数 α によって規定されるリフォーカス面120上の座標 (s, t) の撮像面130上における検出強度 L_F は、以下の（3）式のように表される。また、リフォーカス面120で得られるイメージ E_F は、上記検出強度 L_F をレンズ口径に関して積分したものとなるので、以下の（4）式のように表される。したがって、この（4）式からリフォーカス演算処理を行うことにより、任意の焦点（リフォーカス係数 α によって規定されるリフォーカス面120）に設定された画像が再構築される。

40

【0049】

【数 1】

$$L_{F'}(s, t, u, v) = L_{(\alpha \cdot F)}(s, t, u, v)$$

$$= L_F\left(u + \frac{s-u}{\alpha}, v + \frac{t-v}{\alpha}, u, v\right)$$

$$= L_F\left\{u\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{s}{\alpha}, v\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{t}{\alpha}, u, v\right\}$$

..... (3)

10

$$E_{F'}(s, t) = \frac{1}{F'^2} \iint L_{F'}(s, t, u, v) du dv$$

$$= \frac{1}{\alpha^2 F^2} \iint L_F\left\{u\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{s}{\alpha}, v\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{t}{\alpha}, u, v\right\} du dv$$

..... (4)

20

【0050】

なお、その後は、合成画像生成部144から出力される合成画像データD5に対して、ノイズ低減処理部145、輪郭強調処理部146、ホワイトバランス処理部147およびガンマ補正処理部148により上述のような所定の処理が施され、これにより合成画像データDoutが生成・出力される。

【0051】

以上のように本実施の形態では、画像処理部14において、光線の進行方向を保持した状態で取得された撮像データに対応する撮像画像内における指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数 α_1 を算出し、算出されたリフォーカス係数 α_1 を用いて撮像データD1に対して第1の並び替え処理を行うと共に、その第1の並び替え処理後の撮像データD2に対して所定の2次元画像データ（挿入画像データD3）を挿入する画像合成処理を行うことによって、合成画像データD4を生成するようにしたので、撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数 α_1 を用いて、挿入画像データD3の挿入処理（画像合成処理）を行うことができる。よって、この合成画像データD4に基づいて、実画像中の実距離と関連付けられた2次元画像を含む立体画像（例えば、合成画像データD5）の生成が可能となり、立体画像内の任意の奥行き方向に、任意の2次元画像を挿入することができる。

30

【0052】

すなわち、そのような立体画像に基づいて立体映像表示を行う場合に、立体像よりも手前側や奥側といったあいまいな基準ではなく、対象物からの相対距離により規定された正確な位置（実画像中の実距離により規定された位置）に2次元画像を挿入することができ、新しい立体映像の表現が可能となる。

40

【0053】

また、具体的には、リフォーカス係数算出部143において、撮像データD1に基づいてこの撮像データD1に対応する撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面とするリフォーカス係数 α_1 を算出するようにしたので、上記のような効果が得られる。

【0054】

また、実際の立体画像と所望の位置に挿入する2次元画像とを関連付けることにより、新しい3次元入力インターフェースや新しい立体映像の演出が可能になる。

50

【0055】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。なお、第1の実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0056】

図12は、本実施の形態の画像処理部14Aの機能ブロック構成を表したものである。この画像処理部14Aは、第1の実施の形態で説明したリフォーカス係数算出部143の代わりに、リフォーカス係数算出部143-1を設けるようにしたものである。

【0057】

リフォーカス係数算出部143-1は、第1の実施の形態のリフォーカス係数算出部143と同様に、クランプ処理部142から供給される撮像データD0に基づいて、合成画像生成部144における並び替え処理に用いられるリフォーカス係数 α を算出するものである。ただし、このリフォーカス係数算出部143-1は、距離情報抽出部143Aと、リフォーカス係数設定部143Bとを有している。

【0058】

距離情報抽出部143Aは、撮像データD1に基づいて、所定の距離情報d（撮像レンズ11から、撮像データD1に対応する撮像画像内における任意の基準位置までの距離dの情報）を抽出するものである。この距離情報抽出部143Aは、例えば、以下のような位相差検出部および距離情報算出部（いずれも図示せず）を含んで構成されている。

【0059】

位相差検出部は、クランプ処理部142により供給される撮像データD1に基づいて、互いに視差の異なる複数の視差画像（異なる視点による任意視点画像）を生成し、これら複数の視差画像のうち少なくとも2枚の視差画像間の位相差を検出するものである。なお、位相差を検出するための視差画像は、撮像素子13上で受光したユニット像同士の間で、同一の位置に配置された画素Pで取得された画素データを抽出して合成することにより生成することができる。このため、生成される視差画像の数は、1つのマイクロレンズに割り当てられた画素と同数となる。

【0060】

距離情報算出部は、位相差検出部によって検出された位相差に基づいて、撮像レンズ11と合焦させたいリフォーカス面との間の距離情報d（撮像レンズ11から上記基準位置までの距離dの情報）、すなわち、リフォーカス時の撮像レンズの物体側の焦点距離を算出するものである。

【0061】

リフォーカス係数設定部143Bは、距離情報抽出部143Aにより抽出された距離情報dに基づいて、合成画像生成部144における並び替え処理に用いられるリフォーカス係数 α （挿入画像データD3を挿入したい奥行き面に対応するリフォーカス係数）を設定するものである。

【0062】

次に、図12～図17を参照して、本実施の形態の撮像装置の作用および効果について説明する。なお、撮像装置の基本動作については第1の実施の形態と同様であるため、リフォーカス係数の算出処理および画像合成処理（リフォーカス係数算出部143-1および合成画像生成部144の動作）について詳細に説明する。ここで、図13は、本実施の形態のリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を流れ図で表したものである。

【0063】

まず、距離情報抽出部143Aが、撮像データD1に基づいて距離情報dを求め（図13のステップS201）、次にリフォーカス係数設定部143Bが、この距離情報dに基づいて、挿入画像データD3の挿入位置（例えば、ユーザによって指定された任意の奥行き面）のリフォーカス係数 α を求める（ステップS202）。これにより、第1の実施の形態と同様にして、光線の進行方向を保持してなる撮像データD1に基づいて、この撮像データD1に対応する撮像画像内の指定された奥行き面をリフォーカス面（例えば、地

10

20

30

40

50

球儀よりも距離 Z だけ手前側にある奥行き面（撮像レンズ 11 との距離 = (d - Z)）とする、リフォーカス係数 $\alpha 1$ が算出される。

【0064】

ここで、図 14～図 17 を参照して、距離情報抽出部 143A およびリフォーカス係数設定部 143B の動作の詳細について説明する。

【0065】

距離情報抽出部 143A では、まず、位相差検出部が、クランプ処理部 142 により供給される撮像データ D1 に基づいて、互いに視差の異なる複数の視差画像を生成する。そして、生成された複数の視差画像のうち少なくとも 2 つの視差画像間の位相差、例えば図 14 に示したような、2 つの視差による光線 LR による視差画像と光線 LL による視差画像との間の位相差 $\Delta\phi$ （光線 LR による視差画像の位相 ϕR と、光線 LL による視差画像の位相 ϕL との間の位相差）を検出する。

【0066】

具体的には、光線 LR による視差画像 DR と光線 LL による視差画像 DL との位相差は、例えば以下のような Disparity として算出される。例えば、図 15 (A) に示したように、位相差検出部はまず、視差画像 DR 内の小領域の部分画像 A1（中心座標：(x1, y1)）を取り出す。次に、図 15 (B) に示したように、部分画像 A1 と同じ小領域の部分画像 B1（中心座標：(x1, y1)）を視差画像 DL の中から取り出し、この部分画像 B1 の位置を移動させつつ、以下の (11) 式による画素相関値を逐次計算する。そして、この画素相関値が最大となる位置の部分画像 B1 の中心点が、部分画像 A1 の中心点に対応する点として検出される。このときの Pixel ずれが、上記した Disparity に対応する。また、このような演算処理が、小領域の部分画像 A1 の取り出し位置を変化させつつ、視差画像 DR の全面についてなされることにより、Disparity Map (Disparity の集合) が得られる。

【0067】

【数 2】

$$\text{画素相関値 (水平方向)} = \frac{\iint \left\{ \text{画像DR}(x, y) \times \text{画像DL}(x-x', y) \right\} dx dy}{\text{Sqrt} \left\{ \iint \text{画像DR}(x, y)^2 dx dy \right\} \times \text{Sqrt} \left\{ \iint \text{画像DL}(x, y)^2 dx dy \right\}} \dots\dots (11)$$

（積分範囲は小領域の全範囲であり、x' は小領域画像 B1 の移動 Pixel）

【0068】

次に、距離情報算出部が、位相差検出部により検出された 2 つの視差画像 DR, DL 間の位相差 (Disparity) を用いて、以下の (14)～(19) 式により、測定対象までの距離 d（距離情報 d）を算出する。ここでは、図 16 に示したように、撮像レンズ 11 の物体側焦点面を D、撮像レンズ 11 の焦点距離を F、Disparity を求めたときの撮像レンズの開口の大きさを v、距離 D の物体を撮像したときの撮像レンズ 11 の像側焦点面を f、撮像レンズ 11 から距離 d にある物体を撮像したときの撮像レンズ 11 の像側焦点面を g、距離 d の物体を開口の大きさ v を用いて計算した ((Disparity) × (撮像素子 13 の画素 P の大きさ) × (マイクロレンズアレイ 12 の一辺の長さに割り当てられた画素数)) の値を h としている。

【0069】

すなわち、まず、相似関係により、以下の (12) 式が得られる。また、図 16 により、 $e = (g - f)$ であるため、これを (12) 式に代入することにより、以下の (13) 式が得られ、この (13) 式により以下の (14) 式が得られる。また、撮像レンズ 11

の結像式により、以下の(15)式および(16)式が得られるため、(15)式を(14)式に代入することにより以下の(17)式が得られ、(16)式により以下の(18)式が得られる。したがって、(18)式を(17)式に代入することにより、以下の(19)式が得られるため、この(19)式中においてF、D、vの値が既知のものであれば、Disparityに基づいて距離dが算出される。

$$\begin{aligned}
 (h/e) &= (v/g) && \cdots (12) \\
 \{h/(g-f)\} &= (v/g) && \cdots (13) \\
 (1/g) &= (1/f) \times \{1 - (h/v)\} && \cdots (14) \\
 (1/F) &= (1/g) + (1/d) && \cdots (15) \\
 (1/F) &= (1/D) + (1/f) && \cdots (16) \\
 (1/d) &= (1/F) - [(1/f) \times \{1 - (h/v)\}] && \cdots (17) \\
 f &= F \times \{D/(D-F)\} && \cdots (18) \\
 (1/d) &= (1/F) - [1/\{F \times D/(D-F)\} \times \{1 - (h/v)\}] && \cdots (19)
 \end{aligned}$$

【0070】

このようにしてDisparityを用いて算出された距離dについての情報(距離情報d)は、リフォーカス係数設定部143Bに入力される。そして、リフォーカス係数設定部143Bは、この距離dに基づいて、リフォーカス係数α(例えば、地球儀よりも距離Zだけ手前側にある奥行き面(撮像レンズ11との距離=(d-Z))に対応するリフォーカス係数α1)を決定する。具体的には、図17(A)に示したように、撮像レンズ11の物体側焦点面が距離Dだけ離れた位置にある状態で撮像された場合、図17(B)に示したように、撮像レンズ11から距離(d-Z)だけ離れた位置にある平面のリフォーカス像を得るためのリフォーカス係数α1は、上記(16)式および前述の(2)式を用いて算出される。このようにして算出されたリフォーカス係数α(例えば、リフォーカス係数α1)は、撮像データD1および挿入画像データD3と共に、合成画像生成部144へ入力される。

【0071】

なお、その後は、第1の実施の形態で説明したステップS103～S106と同様に、第1の並び替え処理、画像合成処理、第2の並び替え処理および画像反転処理がこの順に行われることにより、合成画像データD5が生成される(ステップS203～S206)。

【0072】

以上のように本実施の形態では、リフォーカス係数算出部143-1において、撮像データD1に基づいて、撮像レンズ11から所定の基準位置までの距離情報dを抽出すると共に、この距離情報dに基づいて、指定されたリフォーカス面に対応するリフォーカス係数αを設定するようにしたので、合焦させたいリフォーカス面への焦点移動を、リフォーカス係数の逐次変更によって繰り返し行うことなく、適切なリフォーカス係数αを瞬時に求めることができる。これにより、第1の実施の形態と同様に、対象物からの相対距離により規定された正確な位置(実画像中の実距離により規定された位置)に2次元画像を挿入する際に、2次元画像を素早く挿入することが可能となる。

【0073】

なお、本実施の形態では、距離情報抽出部143Aにおいて、互いに視差の異なる2つの視差画像に基づいてその間の位相差を検出するようにしたが、これに限定されず、3つ以上の視差画像に基づいて位相差を検出するようにしてもよい。

【0074】

[第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。なお、第1または第2の実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0075】

図18は、本実施の形態の画像処理部14Bの機能ブロック構成を表したものである。

また、図 19 は、本実施の形態のリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を流れ図で表したものである。この画像処理部 14 B は、第 2 の実施の形態で説明したリフォーカス係数算出部 143-1 の代わりに、リフォーカス係数算出部 143-2 を設けるようにしたものである。

【0076】

リフォーカス係数算出部 143-2 は、第 1 の実施の形態のリフォーカス係数算出部 143 および第 2 の実施の形態のリフォーカス係数算出部 143-1 とは異なり、例えばユーザによって指定された距離情報 Md（撮像レンズ 11 からリフォーカス面（挿入画像データ D3 を挿入したい奥行き面）までの距離（絶対距離）Md の情報）に基づいて、合成画像生成部 144 における並び替え処理に用いられるリフォーカス係数 α を算出するものである。このリフォーカス係数算出部 143-2 は、第 2 の実施の形態のリフォーカス係数算出部 143-1 とは異なり、リフォーカス係数設定部 143 B のみを有している。

10

【0077】

リフォーカス係数設定部 143 B は、指定された距離情報 Md に基づいて、合成画像生成部 144 における並び替え処理に用いられるリフォーカス係数 α （挿入画像データ D3 を挿入したい奥行き面に対応するリフォーカス係数）を設定するものである。具体的には、この距離 Md に基づいて、以下の（20）式を用いることにより、リフォーカス係数 α （例えば、リフォーカス係数 $\alpha 1$ ）を算出するようになっている（図 19 のステップ S301）。

$$(1/F) = (1/Md) + (1/\alpha 1 \cdot f) \quad \dots (20)$$

20

【0078】

なお、その後は、第 1 の実施の形態で説明したステップ S103～S106、および第 2 の実施の形態で説明したステップ S203～S206 と同様にして、第 1 の並び替え処理、画像合成処理、第 2 の並び替え処理および画像反転処理がこの順に行われることにより、合成画像データ D5 が生成される（ステップ S302～S305）。

【0079】

以上のように本実施の形態では、リフォーカス係数算出部 143-2 において、指定された距離情報 Md に基づいてリフォーカス係数 α を設定するようにしたので、第 1 および第 2 の実施の形態とは異なり、絶対距離により規定された正確な位置（実画像中の実距離により規定された位置）に 2 次元画像を挿入することができ、新しい立体画像の表現が可能となる。

30

【0080】

（適用例）

本発明の撮像装置は、例えば、以下説明するような立体表示装置の他、カムコーダや位置センサ、生体センサ、光学顕微鏡および FTV（Free viewpoint TV）などの用途の撮像装置に適用することができる。

【0081】

図 20 は、上記実施の形態の撮像装置を搭載した立体表示装置（立体表示装置 4）のブロック構成を表したものである。この立体表示装置 4 は、被写体 2 の立体像（3D 映像）を表示するものであり、撮像装置 1 と、この撮像装置 1 から出力される合成画像データ D_{out} に基づいて画像表示を行う表示パネル 41 と、この表示パネル 41 の前面（表示パネル 4 と視聴者 5 との間）に配置されたマイクロレンズアレイ 42 とを備えている。ここで、表示パネル 41 としては、例えば液晶パネルや有機 EL（Electro Luminescence）パネルなどが用いられる。なお、表示パネル 41 およびマイクロレンズアレイ 42 が、合成画像データ D_{out} に基づいて立体映像表示を行う「表示部」の一具体例に対応する。

40

【0082】

この立体表示装置 4 では、被写体 2 の各点からあらゆる方向に発せられる光線を記録しておくことにより、表示の際に、被写体 2 が発する光線と同じ光線場が再現される。これにより、視聴者 5 には、実際に被写体 2 を見ている時と同じ光線が目に入るため、立体映像として視聴可能となる。なお、この立体表示装置 4 では、撮影時と表示時とでは、レン

50

ズアレイ（マイクロレンズアレイ 12, 42）が逆側となるため、要素画像ごとに、上下左右の位置を反転する処理（上記実施の形態で説明した画像反転処理）が必要となる。

【0083】

また、上記実施の形態の撮像装置 1 により生成された合成画像データ Dout が表示されるため、実画像中の実距離と関連付けられた 2 次元画像を含む立体画像を、実際に立体映像表示することが可能となる。

【0084】

なお、本適用例では、立体映像表示方法の一例として IP 方式を用いて説明したが、その他、左右の眼にそれぞれ異なる画像を提示するようにしてもよい。

【0085】

以上、第 1～第 3 の実施の形態、ならびにそれらの適用例を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態等に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

【0086】

例えば、上記実施の形態等で説明した画像反転処理は、第 2 の並び替え処理後だけでなく、合成画像生成部 144 における任意の処理段階で行うことが可能である。すなわち、合成画像生成部 144 は、撮像データ D1、第 1 の並び替え処理後の撮像データ D2、合成画像データ D4、または第 2 の並び替え処理後の合成画像データ D5 に対して、画像反転処理を行うことが可能である。また、このような画像反転処理は、上記適用例で説明したような立体映像表示を目的としない場合には、行わないようにしてもよい。

【0087】

また、合成画像生成部 144 は、第 1 の並び替え処理および画像合成処理の際に、挿入画像データ D3 内の領域に応じて複数のリフォーカス係数（例えば、リフォーカス係数 α_1 , α_2 , α_3 , ...）を用いて、合成画像データ D4, D5 を生成するようにしてもよい。具体的には、挿入画像データ D3 を部分的に順次挿入することにより、挿入画像データ D3 内でリフォーカス係数を変化させるようにしてもよい。このように構成した場合、挿入画像データ D3 内で、任意の奥行き分布をつけることが可能となる。

【0088】

また、上記実施の形態等では、開口絞り 10 の位置を撮像レンズ 11 の撮像対象物側（入射側）に配置した構成としているが、これに限定されず、撮像レンズ 11 の像側（出射側）あるいは、撮像レンズ 11 内部に設けられた構成であってもよい。

【0089】

さらに、上記実施の形態等では、画像処理部 14, 14A, 14B を、撮像装置 1 の構成要素の一つとして説明したが、必ずしもこれらの画像処理部 14, 14A, 14B が撮像装置の内部に設けられている必要はない。具体的には、例えば立体表示装置 4 において、画像処理部を撮像装置とは別に設けておくと共に、その画像処理部によって、撮像装置で得られた撮像データに対して画像処理を施すようにすることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る撮像装置の全体構成を表す図である。

【図 2】マイクロレンズアレイの F ナンバーを説明するための図である。

【図 3】図 1 に示した画像処理部の概略構成を表す機能ブロック図である。

【図 4】図 1 に示した撮像素子上の受光領域を表す平面図である。

【図 5】撮像素子上で受光される光線について説明するための図である。

【図 6】第 1 の実施の形態に係るリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を表す流れ図である。

【図 7】撮像データ D1 とリフォーカス係数との関係について説明するための図である。

【図 8】撮像画像データ D2 と挿入画像データ D3 との画像合成処理について説明するための図である。

【図 9】合成画像データ D4 に対する並び替え処理および画像反転処理について説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 10】合成画像データ D 5 とリフォーカス係数との関係について説明するための図である。

【図 11】リフォーカス演算処理について説明するための図である。

【図 12】第 2 の実施の形態に係る画像処理部の概略構成を表す機能ブロック図である。

【図 13】第 2 の実施の形態に係るリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を表す流れ図である。

【図 14】2 つの視差画像に基づく位相差検出動作について説明するための模式図である。

【図 15】2 つの視差画像による画素相関演算について説明するための模式図である。

【図 16】撮像レンズから測定対象までの距離の算出方法について説明するための図である。

10

【図 17】距離情報とリフォーカス係数との関係について説明するための図である。

【図 18】第 3 の実施の形態に係る画像処理部の概略構成を表す機能ブロック図である。

【図 19】第 3 の実施の形態に係るリフォーカス係数の算出処理および画像合成処理を表す流れ図である。

【図 20】本発明の撮像装置の一適用例に係る表示装置（立体表示装置）の全体構成を表す図である。

【符号の説明】

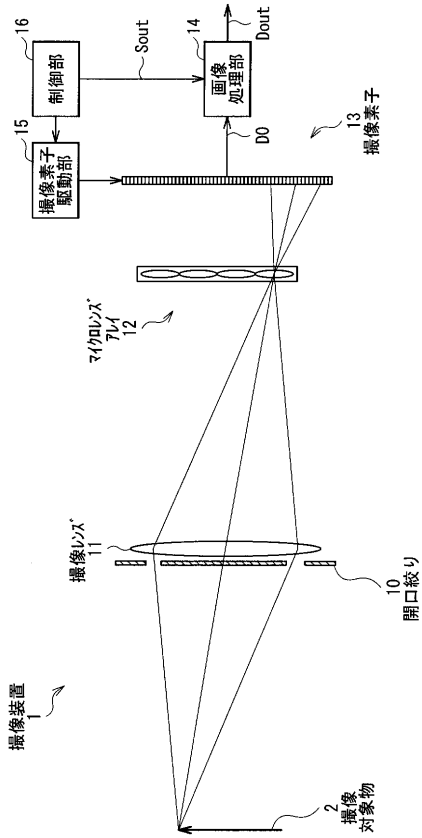
【0091】

1…撮像装置、10…開口絞り、11…撮像レンズ、110…撮像レンズ面、12…マイクロレンズアレイ、120…リフォーカス面、13…撮像素子、13-1…受光領域、13D…再構築画素領域、130…撮像面、14、14A、14B…画像処理部、141…欠陥補正部、142…クランプ処理部、143、143-1、143-2…リフォーカス係数算出部、143A…距離情報抽出部、143B…リフォーカス係数設定部、144…合成画像生成部、145…ノイズ低減処理部、146…輪郭強調処理部、147…ホワイトバランス処理部、148…ガンマ補正処理部、15…撮像素子駆動部、16…制御部、2…撮像対象物（被写体）、4…立体表示装置、41…表示パネル、42…マイクロレンズアレイ、5…視聴者、 f_1 、 f_2 …焦点距離、Sout…制御信号、D0、D1～D2…撮像データ、D3…挿入画像データ、D4、D5、Dout…合成画像データ、d…距離情報、 α 、 $\alpha_0 \sim \alpha_2$ 、 $(1/\alpha)$ 、 $(1/\alpha_1)$ …リフォーカス係数、P…画素、 F_M 、 F_{MLA} …Fナンバー（F 値）、DR、DL…視差画像（任意視点画像）、A1、B1…部分画像、LO…光軸、L1…光線、LR、LL…視差画像の光線、 ϕ_R 、 ϕ_L …視差画像の位相、 $\Delta\phi$ …位相差。

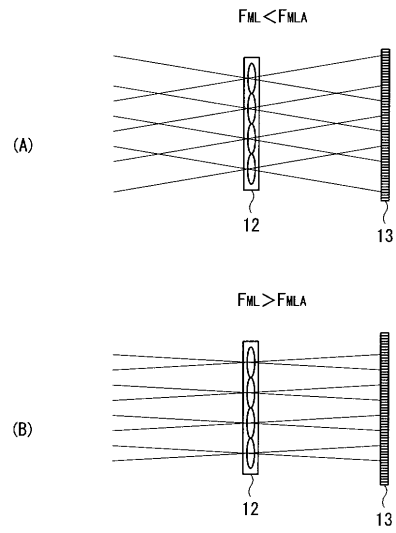
20

30

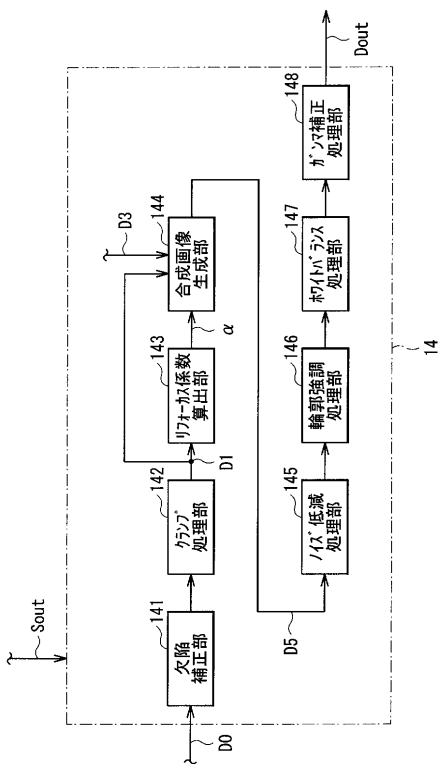
【図 1】



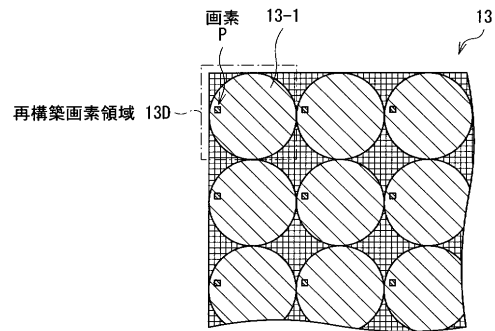
【図 2】



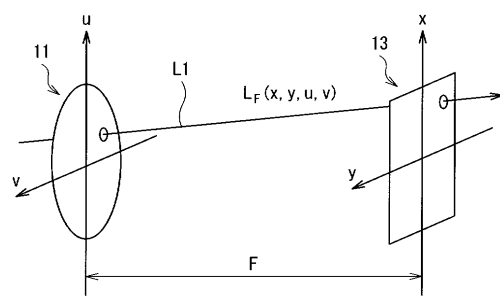
【図 3】



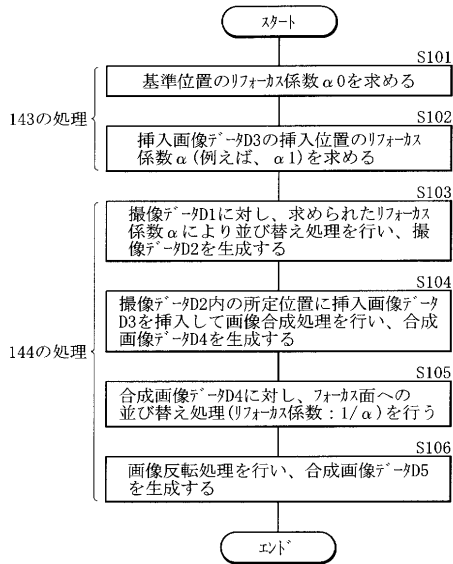
【図 4】



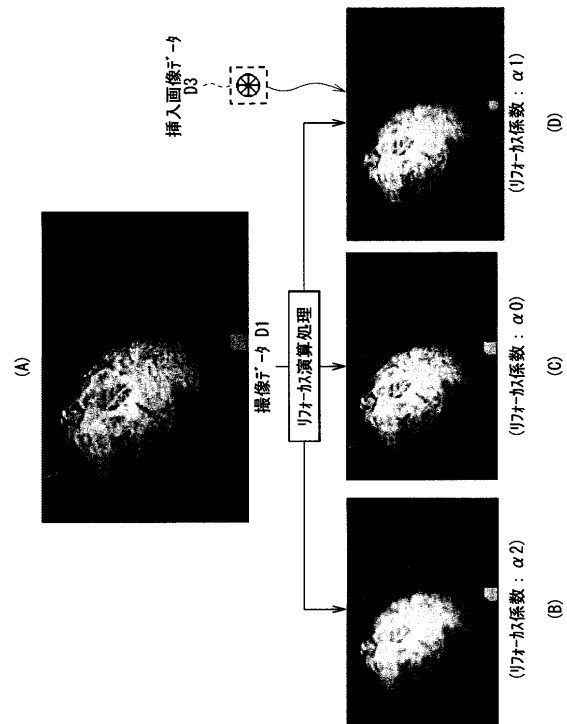
【図 5】



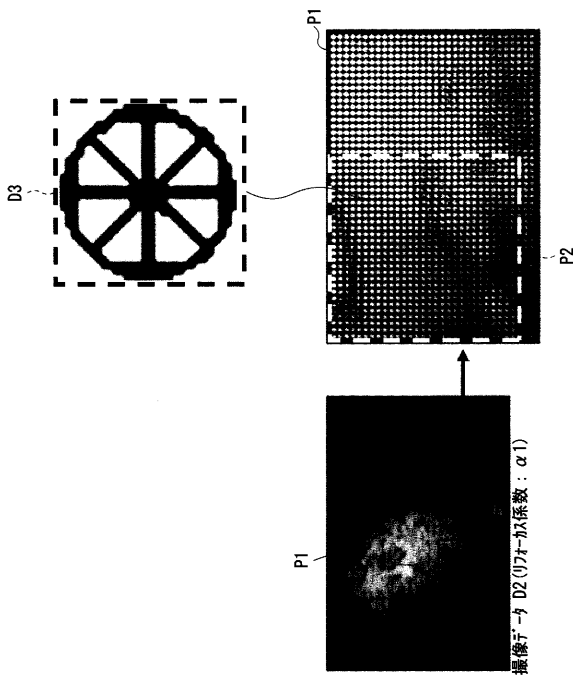
【図 6】



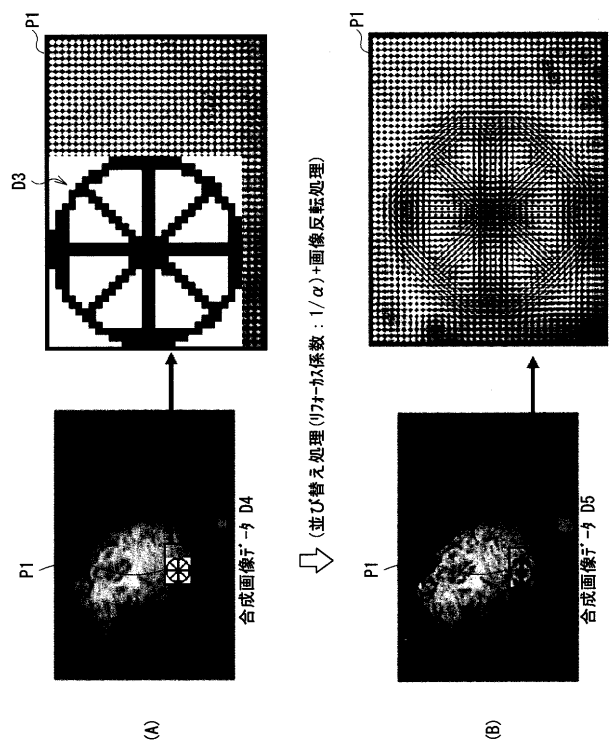
【図 7】



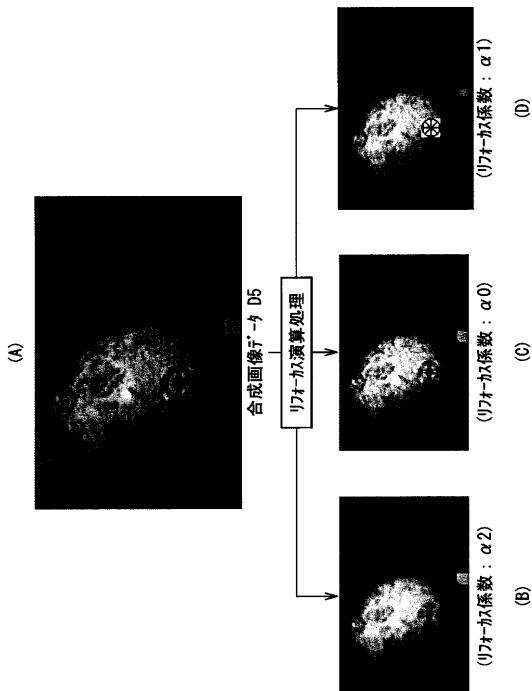
【図 8】



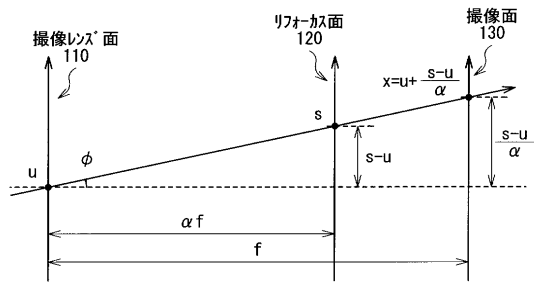
【図 9】



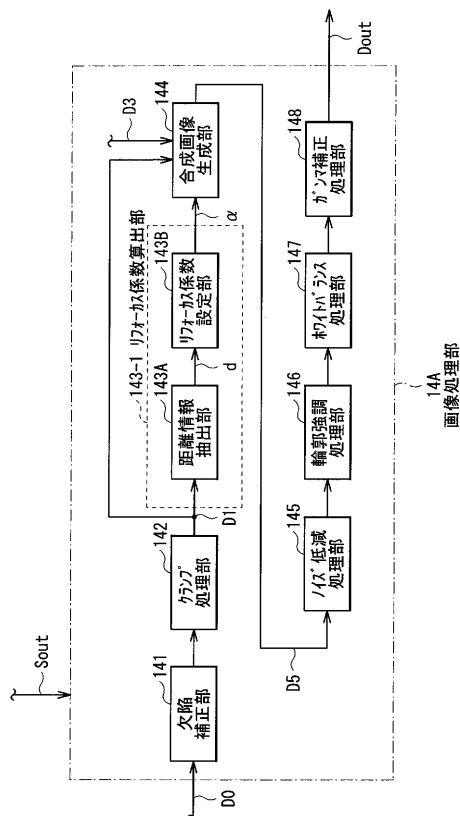
【 図 1 0 】



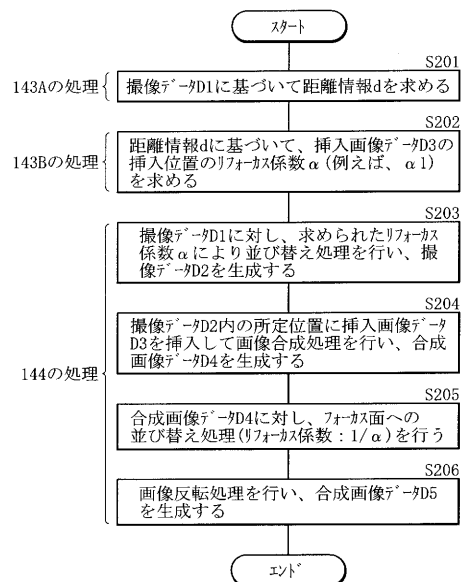
【 図 1 1 】



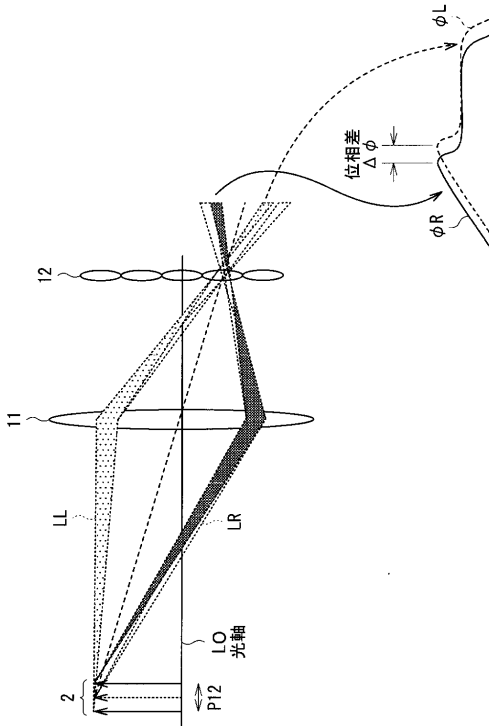
【图 1 2】



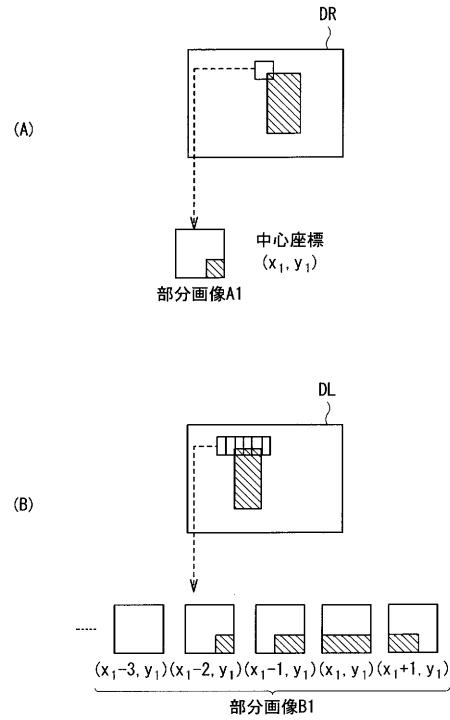
【图 13】



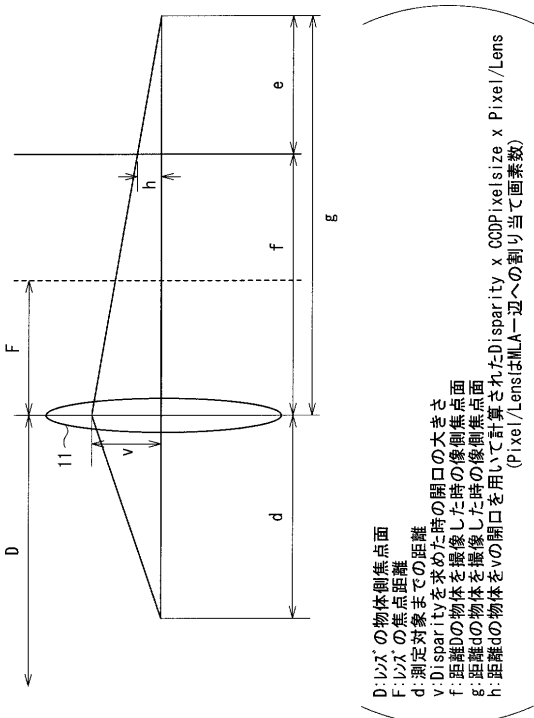
【図 1 4】



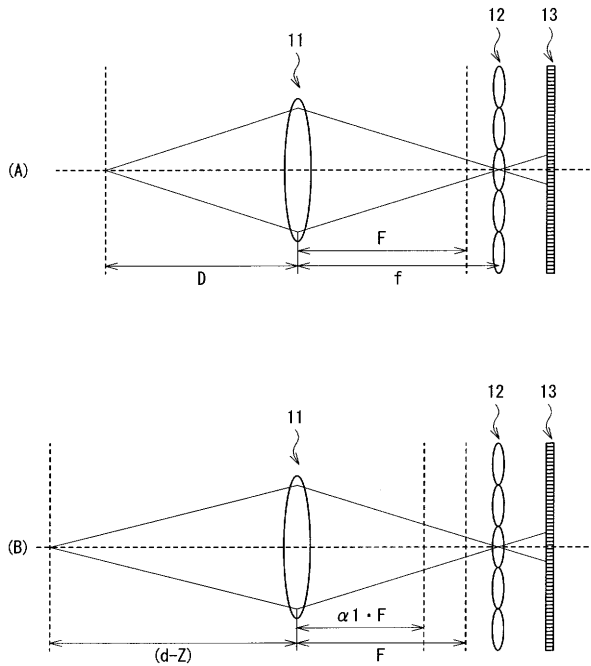
【図 1 5】



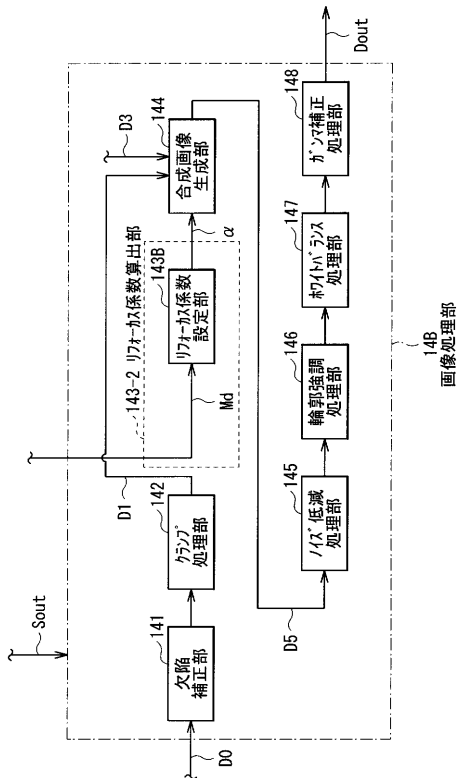
【図 1 6】



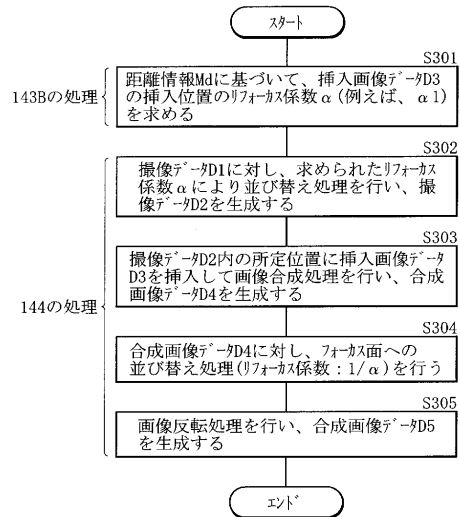
【図 1 7】



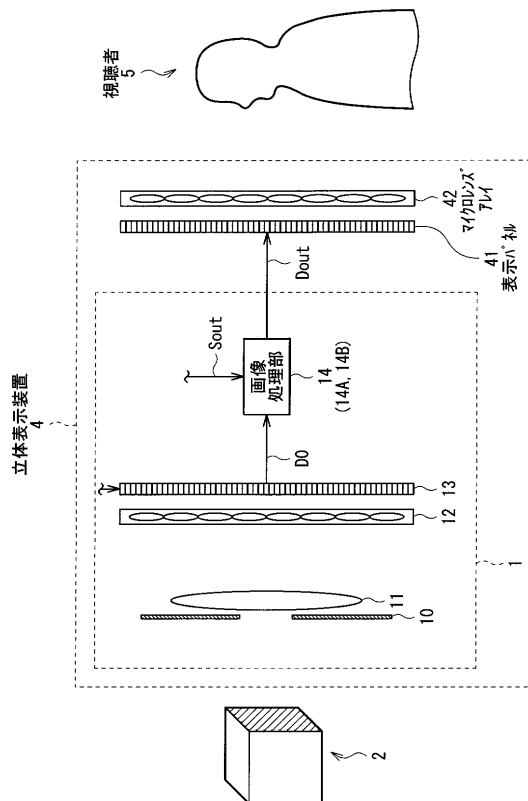
【図 18】



【 図 1 9 】



【图 20】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H199 BA19 BA43 BA49 BB05 BB52 BB65 BB66
5B050 BA08 BA15 EA19 EA26 FA06
5C061 AB02 AB03 AB06 AB08 AB14 AB17