

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4941332号
(P4941332)

(45) 発行日 平成24年5月30日 (2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日 (2012.3.9)

(51) Int.Cl.

F 1

H O 4 N 5/225 (2006.01)

H O 4 N 5/225 D

H O 4 N 5/232 (2006.01)

H O 4 N 5/232 Z

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-16716 (P2008-16716)
 (22) 出願日 平成20年1月28日 (2008.1.28)
 (65) 公開番号 特開2009-177727 (P2009-177727A)
 (43) 公開日 平成21年8月6日 (2009.8.6)
 審査請求日 平成22年3月17日 (2010.3.17)

(73) 特許権者 000002185
 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
 (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
 (72) 発明者 山本 健二
 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】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口絞りを有する撮像レンズ部と、
 受光した光に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、
 前記撮像レンズ部と前記撮像素子との間で撮像レンズ部の焦点面上に配置されると共に、
 前記撮像素子の複数の撮像画素に対して1つのマイクロレンズが対応するように配列され
 た複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイ部とを備え、

以下の(1)式を満たす

撮像装置。

$$p = (m \times s) \times \{L / (L + f)\} \quad \dots (1)$$

但し、

p : マイクロレンズ間のピッチ

s : 前記撮像画素における所定方向の画素サイズ

m : 各マイクロレンズにおいて前記所定方向に割り当てられる撮像画素の画素数 (整数)

L : 前記開口絞りと前記マイクロレンズアレイ部との間の距離

f : 各マイクロレンズの焦点距離

【請求項 2】

前記撮像素子から得られた撮像データに対して所定の画像処理を施すための画像処理部
 を備えた

請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

開口絞りを有する撮像レンズ部と、

受光した光に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、

前記撮像レンズ部と前記撮像素子との間で撮像レンズ部の焦点面上に配置されると共に、前記撮像素子の複数の撮像画素に対して1つのマイクロレンズが対応するように配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイ部と、

各マイクロレンズに対応して前記撮像素子上に結像する像の所定方向の大きさが、前記撮像画素における前記所定方向の画素サイズの整数倍となるように、前記撮像素子により得られた撮像データに対して像高補正を行う像高補正部と

を備え、

前記像高補正部は、前記撮像データに対し、以下の(2)式および(3)式で表される補正係数 k を用いて像高補正を行う

撮像装置。

$$k = \frac{x \{ L / (L + f) \}}{m \times s} \quad \dots (2)$$

$$= (m \times s) / p \quad \dots (3)$$

但し、

p : マイクロレンズ間のピッチ

s : 前記撮像画素における前記所定方向の画素サイズ

m : 各マイクロレンズにおいて前記所定方向に割り当てられる撮像画素の画素数 (整数)

L : 前記開口絞りと前記マイクロレンズアレイ部との間の距離

f : 各マイクロレンズの焦点距離

【請求項 4】

前記像高補正部による像高補正後の撮像データに対して所定の画像処理を施すための画像処理部を備えた

請求項 3 に記載の撮像装置。

【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。

【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、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、撮像レンズには中央部に単一の開口を有する開口絞りが設けられている。このような構成により、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、任意の視点や方向 (以下、単に視野という) からの観察画像を再構築できるようになっている。

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 06 / 039486 号パンフレット

【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】

【0005】

ところで、上記マイクロレンズアレイには、複数のマイクロレンズが設けられており、各マイクロレンズに対して撮像素子の複数の画素が割り当てられるようになっている。そ

10

20

30

40

50

して上記手法を利用した場合には、再構築された画像の画素数は、マイクロレンズアレイにおけるマイクロレンズ数と等しくなる。これは、再構築画像の２次元座標の情報が、マイクロレンズアレイの座標で決まるためである。従って、再構成画像の２次元座標の画素数は、撮像素子の全画素数を各マイクロレンズに割り当てられる画素数で割った数となる。一方、各マイクロレンズに割り当てられる画素数は、光線の角度情報の分解能に等しく、再構築画像の任意の視野における分解能、すなわち、どれだけ多くの視点や方向から画像が再構築されているかを決定する。このため、任意の視野における分解能と２次元座標の画素数とはトレードオフの関係にある。

【０００６】

ここで、上記手法を利用した場合、撮像データが、光の強度分布に加えてその光の進行方向の情報をも含んでいるため、各光線を分離して記述することが重要である。ところが、この手法において、撮像素子上に結像する個々のマイクロレンズに対応する個々の像（メインレンズの開口絞りを投影した像であり、例えば円形像である）は、メインレンズの開口絞り位置により、そのピッチが変動する。つまり、各マイクロレンズに割り当てられる画素数が変動するため、開口絞り位置によっては、上記手法に特有の画像であるリフォーカス画像や任意視点画像等の再構築画像を得ることができなくなってしまう場合があった。

【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、光の進行方向の情報を含むようにして撮像データを取得する場合において、適切な再構築画像の生成を可能とする撮像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】

本発明の第１の撮像装置は、開口絞りを有する撮像レンズ部と、受光した光に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、撮像レンズ部と撮像素子との間で撮像レンズ部の焦点面上に配置されると共に、撮像素子の複数の撮像画素に対して１つのマイクロレンズが対応するように配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイ部とを備え、以下の式を満たすようにしたものである。

$$p = (m \times s) \times \{L / (L + f)\}$$

但し、 p はマイクロレンズ間のピッチであり、 s は撮像画素における所定方向の画素サイズであり、 m は各マイクロレンズにおいて上記所定方向に割り当てられる撮像画素の画素数（整数）であり、 L は開口絞りとマイクロレンズアレイ部との間の距離であり、 f は各マイクロレンズの焦点距離である。

【０００９】

本発明の第１の撮像装置では、撮像レンズ部による撮像対象物の像は、マイクロレンズアレイ部上に結像する。そしてこのマイクロレンズアレイ部へ入射した光線が撮像素子へ到達し、各マイクロレンズに対応する複数の撮像画素で受光されることにより、光の進行方向の情報を含んだ撮像データが得られる。ここで、マイクロレンズ間のピッチが上記の式を満たすことにより、撮像素子により得られる撮像データにおいて、撮像素子の受光面における像高ずれの発生が回避される。

【００１０】

本発明の第２の撮像装置は、開口絞りを有する撮像レンズ部と、受光した光に基づいて撮像データを取得する撮像素子と、撮像レンズ部と撮像素子との間で撮像レンズ部の焦点面上に配置されると共に、撮像素子の複数の撮像画素に対して１つのマイクロレンズが対応するように配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイ部と、各マイクロレンズに対応して撮像素子上に結像する像の所定方向の大きさが、撮像画素における上記所定方向の画素サイズの整数倍となるように、撮像素子により得られた撮像データに対して像高補正を行う像高補正部とを備え、この像高補正部が、撮像データに対し、以下の２つの式で表される補正係数 k を用いて像高補正を行うようにしたものである。

$$k = \times \{L / (L + f)\}$$

10

20

30

40

50

$$= (m \times s) / p$$

但し、 p はマイクロレンズ間のピッチであり、 s は撮像素子における所定方向の画素サイズであり、 m は各マイクロレンズにおいて上記所定方向に割り当てられる撮像素子の画素数（整数）であり、 L は開口絞りとマイクロレンズアレイ部との間の距離であり、 f は各マイクロレンズの焦点距離である。

【0011】

本発明の第2の撮像装置では、撮像レンズ部による撮像対象物の像は、マイクロレンズアレイ部に結像する。そしてこのマイクロレンズアレイ部へ入射した光線が撮像素子へ到達し、各マイクロレンズに対応する複数の撮像素子で受光されることにより、光の進行方向の情報を含んだ撮像データが得られる。ここで、像高補正部によって、マイクロレンズに対応して撮像素子上に結像する像の所定方向の大きさが撮像素子における上記所定方向の画素サイズの整数倍となるように、撮像素子により得られた撮像データに対して像高補正がなされるため、そのような像高補正後の撮像データにおいて、開口絞りの位置によらず、撮像素子の受光面における像高ずれが生じなくなる。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明の第1の撮像装置によれば、マイクロレンズ間のピッチが上記の式を満たすようにしたので、撮像素子により得られる撮像データにおいて、撮像素子の受光面における像高ずれの発生を回避することができる。よって、そのような撮像データを用いて再構築画像を生成することにより、光の進行方向の情報を含むようにして撮像データを取得する場合において、適切な再構築画像の生成を可能とすることができる。

20

【0013】

また、本発明の第2の撮像装置によれば、像高補正部によって、マイクロレンズに対応して撮像素子上に結像する像の所定方向の大きさが撮像素子における上記所定方向の画素サイズの整数倍となるように、撮像素子により得られた撮像データに対して像高補正を行うようにしたので、そのような像高補正後の撮像データにおいて、開口絞りの位置によらず、撮像素子の受光面における像高ずれが生じないようにすることができる。よって、この像高補正後の撮像データを用いて再構築画像を生成することにより、光の進行方向の情報を含むようにして撮像データを取得する場合において、メインレンズの開口絞りの位置によらずに適切な再構築画像の生成を可能とすることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

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。

【0015】

[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）の全体構成を表したものである。この撮像装置1は、被写体2を撮像して撮像データDoutを出力するものであり、被写体2の側から、撮像レンズ11と、開口絞り10と、マイクロレンズアレイ12と、撮像素子13とを備えている。この撮像装置1はまた、画像処理部14と、撮像素子駆動部15と、制御部16とを備えている。

40

【0016】

撮像レンズ11は、被写体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る。

【0017】

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は、例えば図2に示したように、その中央部に一つの円形の開口部10Aを有している。これにより、詳細は後述するが、開口絞り10Aを通過した全ての光線が、その進行方向に関する情報を保持するようになっている。また、開口絞り10とマイクロレンズアレイ12との間は、距離Lとなるように配置されている。

【0018】

50

マイクロレンズアレイ 12 は、例えば図 3 に示したように、複数のマイクロレンズ 12 - 1 をマトリクス状に 2 次元配列（マイクロレンズ 12 - 1 のピッチ： p_{12} ）したものであり、撮像レンズ 11 の結像面上（図中の符号 f_1 は、撮像レンズ 11 の焦点距離を表している）に配置されている。各マイクロレンズ 12 - 1 は、その平面形状が円形となっており、固体レンズや液晶レンズ、液体レンズ、回折レンズなどにより構成される。

【0019】

また、このマイクロレンズアレイ 12 では、上記のように各マイクロレンズ 12 - 1 のピッチを p_{12} 、撮像素子 13 の撮像素（後述する画素 P）における一辺方向の画素サイズを s 、各マイクロレンズ 12 - 1 において一方向に割り当てられる画素 P の画素数を m （整数）、上記のように開口絞り 10 とマイクロレンズアレイ 12 との間の距離を L 、マイクロレンズアレイ 12 の焦点距離を f_2 とすると、各マイクロレンズ 12 - 1 のピッチ p_{12} は、以下の（11）式で表されるようになっている。これにより、詳細は後述するが、撮像素子 13 により得られる撮像データ（後述する撮像データ D_0 ）において、撮像素子 13 の受光面（マイクロレンズアレイ 12 側の面）における像高ずれの発生が回避されるようになっている。

$$p_{12} = (m \times s) \times \{L / (L + f_2)\} \dots\dots (11)$$

【0020】

撮像素子 13 は、マイクロレンズアレイ 12 からの光を受光して撮像データ D_0 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（図中の符号 f_2 は、マイクロレンズアレイ 12 の焦点距離を表している）に配置されている。この撮像素子 13 は、マトリクス状に 2 次元配列された複数の CCD（Charge Coupled Device；電荷結合素子）または CMOS（Complementary Metal-Oxide Semiconductor）などの 2 次元撮像素子などにより構成されている。

【0021】

このような撮像素子 13 の受光面（マイクロレンズアレイ 12 側の面）には、 $M \times N$ （ M, N ：整数）個の撮像素（後述する画素 P）がマトリクス状に 2 次元配置され、複数の画素 P に対してマイクロレンズアレイ 12 内の 1 つのマイクロレンズ 12 - 1 が割り当てられるようになっている。この受光面上の画素 P の個数は、例えば、 $M \times N = 3720 \times 2520 = 9374400$ 個である。ここで、各マイクロレンズ 12 - 1 に割り当てられる画素数（ $m \times n$ ）は、再構築画像の任意の視野での分解能と関連しているため、これら m, n の値が大きくなるに従って、再構築画像の任意の視野での分解能が高くなる。一方、 $(M/m), (N/n)$ は、再構築画像の画素数（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、再構築画像の画素数が高くなる。したがって、再構築画像の任意の視野での分解能と画素数とはトレードオフの関係となっている。

【0022】

撮像素子 13 の受光面上には、例えば図 4 に示したようなカラーフィルタ 17 が画素 P 単位で 2 次元配置されている（図 1 中には図示せず）。このカラーフィルタ 17 は、赤（R）、緑（G）および青（B）の 3 原色のカラーフィルタ（赤色カラーフィルタ 17 R、緑色カラーフィルタ 17 G および青色カラーフィルタ 17 B）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）である。このようなカラーフィルタ 17 が撮像素子 13 の受光面上に設けられていることにより、撮像素子 13 により得られた撮像データ D_0 が、カラーフィルタ 17 の色に対応した複数の色（この場合、3 原色）の画素データ（カラーの画素データ）となる。

【0023】

画像処理部 14 は、撮像素子 13 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（並び替え処理を含む画像処理）を施し、画像処理後の撮像データ D_{out} を出力するものである。具体的には、例えば「Light Field Photography」と呼ばれる手法を用いたリフォーカス（Refocusing）演算処理を行い、これにより任意の焦点に設定した画像（撮像データ D_{out} に基づく再構築画像）を合成できるようになっている。なお、この画像

10

20

30

40

50

処理部 14 の詳細構成およびリフォーカス演算処理動作の詳細については、後述する。

【0024】

撮像素子駆動部 15 は、撮像素子 13 を駆動してその受光動作の制御を行うものである。

【0025】

制御部 16 は、画像処理部 14 および撮像素子駆動部 15 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 5 を参照して画像処理部 14 の詳細構成について説明する。図 5 は、画像処理部 14 の機能ブロック構成を表したものである。

10

【0027】

画像処理部 14 は、欠陥補正部 141 と、クランプ処理部 142 と、補間処理部 143 と、並び替え処理部 144 と、ノイズ低減部 145 と、輪郭強調部 146 と、ホワイトバランス調整部 147 と、ガンマ補正部 148 とから構成されている。

【0028】

欠陥補正部 141 は、撮像データ D0 に含まれる黒とび等の欠陥（撮像素子 13 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。クランプ処理部 142 は、欠陥補正部 142 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。

【0029】

20

補間処理部 143 は、クランプ処理部 142 により供給される撮像データに対し、例えば、一般的な Bayer 配列に対するデモザイク処理などの補間処理を施すことにより、補間処理後の撮像データ D1 を生成するものである。

【0030】

並び替え処理部 144 は、補間処理部 143 により供給される撮像データ D1 に対して所定の並び替え処理（各画素データの並び替え処理）を施すことにより、撮像データ D2 を生成するものである。このような並び替え処理を行うことにより、前述した任意焦点に設定された再構築画像の合成が可能となっている。なお、並び替え処理部 144 による並び替え処理動作の詳細については、後述する。

【0031】

30

ノイズ低減部 145 は、並び替え処理部 144 により供給される撮像データ D2 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。輪郭強調部 146 は、ノイズ低減部 145 により供給される撮像データに対し、映像の輪郭を強調する輪郭強調処理を行うものである。

【0032】

ホワイトバランス調整部 147 は、輪郭強調部 146 により供給される撮像データ（赤色画素データ、緑色画素データおよび青色画素データの個数がそれぞれ等しくなるように設定された撮像データ）に対し、カラーフィルタ 17 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（ホワイトバランス調整処理）を行うものである。

40

【0033】

ガンマ補正部 148 は、ホワイトバランス調整部 147 により供給される撮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、撮像データ D out を生成するものである。

【0034】

次に、図 1 ～ 図 14 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詳細に説明する。

【0035】

まず、図 1 ～ 図 12 を参照して、撮像装置 1 の基本的な作用について説明する。

【0036】

50

この撮像装置 1 では、撮像レンズ 1 1 による被写体 2 の像は、例えば図 6 (A) に示したように、各マイクロレンズ 1 2 - 1 の形状 (円形状) に応じて、マイクロレンズアレイ 1 2 上に結像する。そして、マイクロレンズアレイ 1 2 への入射光線がこのマイクロレンズアレイ 1 2 を介して撮像素子 1 3 へ到達し、例えば図 6 (B) に示したように、開口絞り 1 0 の円形状が投影された受光領域 1 3 - 1 において受光がなされ、撮像素子 1 3 により撮像データ D 0 が得られる。このとき、マイクロレンズアレイ 1 2 への入射光線は、その入射方向に応じて、撮像素子 1 3 の異なる位置で受光される。具体的には、各マイクロレンズ 1 2 - 1 に割り当てられた画素 P の位置により、光線の入射方向が決定される。なお、この各マイクロレンズ 1 2 - 1 に割り当てられる画素 P が配置された領域 (再構築画素領域 1 3 D) が、再構築画像の一画素分に相当する。

10

【 0 0 3 7 】

次に、撮像素子 1 3 で得られた撮像データは、画像処理部 1 4 へ入力する。そして画像処理部 1 4 では、撮像データ D 0 に対して所定の画像処理 (例えば、前述のリフォーカス演算処理) が施され、これにより画像処理後の撮像データ D out が、撮像装置 1 の出力データ (再構築画像の画像データ) として出力される。

【 0 0 3 8 】

ここで、図 7 ~ 図 1 2 を参照して、画像処理部 1 4 による画像処理動作 (リフォーカス演算処理動作) の基本部分について説明する。

【 0 0 3 9 】

まず、図 7 に示したように、撮像レンズ 1 1 の撮像レンズ面上において直交座標系 (u , v) を、撮像素子 1 3 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 1 1 の撮像レンズ面と撮像素子 1 3 の撮像面との距離を F とすると、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 1 2 - 1 に割り当てられた複数の画素 P の配置により、光線の入射方向が決まる。

20

【 0 0 4 0 】

また、この場合において図 8 に示したように、撮像レンズ面 1 1 0、撮像面 1 3 0 およびリフォーカス面 1 2 0 間の位置関係を設定 ($F' = F$ となるようにリフォーカス面 1 2 0 を設定) した場合、リフォーカス面 1 2 0 上の座標 (s , t) の撮像面 1 3 0 上における検出強度 $L_{F'}$ は、以下の (1 2) 式のように表される。また、リフォーカス面 1 2 0 で得られるイメージ $E_{F'} (s , t)$ 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 (1 3) 式のように表される。したがって、この (1 3) 式からリフォーカス演算を行うことにより、画像処理後の撮像データ D out に基づいて、任意の焦点 (リフォーカス面 1 2 0) に設定した画像が再構築される。

30

【 0 0 4 1 】

【数 1】

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

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

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

10

..... (12)

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

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

20

..... (13)

【0042】

具体的には、画像処理部 14 では、図 5 に示したように、撮像素子 13 により供給される撮像データ D0 が、欠陥補正部 141 により欠陥補正され、クランプ処理部 142 によりクランプ処理がなされ、補間処理部 143 により補間処理がなされたのち、並び替え処理部 144 により画素データ D1 の並び替え処理がなされることより、撮像データ D1 から撮像データ D2 が生成される。

【0043】

30

ここで、画像処理部 14 によるリフォーカス演算処理により、撮影時の設定焦点位置（マイクロレンズアレイ 12 の位置）よりも奥側（遠く）に焦点位置が設定された再構築画像を生成する際には、例えば図 9 に示したような光線が選択的に抽出されるような並び替え処理がなされる。すなわち、撮影時の設定焦点位置よりも奥側に焦点位置が存在する被写体は、撮像レンズ 11 とマイクロレンズアレイ 12 との間で結像することから、一旦集光した光線は再び離散し、その進行方向ごとに異なるマイクロレンズアレイを通過して撮像素子 13 上に到達する。したがって、例えば図 11 に示したように、互いに異なる複数の再構築画素領域 13D からそのような光線に対応する画素データ D10 が選択的に抽出されるように、各画素データの並び替え処理がなされる。

【0044】

40

一方、画像処理部 14 によるリフォーカス演算処理により、撮影時の設定焦点位置（マイクロレンズアレイ 12 の位置）よりも手前側（近く）に焦点位置が設定された再構築画像を生成する際には、例えば図 10 に示したような光線が選択的に抽出されるような並び替え処理がなされる。すなわち、撮影時の設定焦点位置よりも手前側に焦点位置が存在する被写体は、マイクロレンズアレイ 12 よりも後方で結像することから、撮像装置 1 内で結像することなく、進行方向ごとに異なるマイクロレンズアレイを通過して撮像素子 13 上に到達する。したがって、例えば図 12 に示したように、互いに異なる複数の再構築画素領域 13D からそのような光線に対応する画素データ D10 が選択的に抽出されるように、各画素データの並び替え処理がなされる。

50

【 0 0 4 5 】

次に、このような並び替え処理後の撮像データD2は、図5に示したように、さらにノイズ低減部145によりノイズ低減処理がなされ、輪郭強調部146により輪郭強調処理がなされ、ホワイトバランス調整部147へ供給される。これにより、色バランス調整がなされた撮像データが得られる。そしてホワイトバランス調整部147から供給された撮像データは、ガンマ補正部148によりガンマ補正がなされることにより、撮像データDoutとして画像処理部14から出力される。これにより、この撮像データDoutに基づいて、任意の焦点（リフォーカス面120）に設定した画像が再構築される。

【 0 0 4 6 】

次に、図13および図14を参照して、本実施の形態の撮像装置1の特徴的な作用について、比較例と比較しつつ詳細に説明する。ここで、図13および図14は、比較例に係る撮像装置（撮像装置1におけるマイクロレンズアレイ12の代わりに、各マイクロレンズ12-1のピッチp12が前述の（1）式を満たさないマイクロレンズアレイ102を設けたもの）において、像高ずれが生ずる場合（像高ずれ量 > 0の場合）の撮像の様子を表したものである。

【 0 0 4 7 】

まず、例えば図13に示したように、メインレンズである撮像レンズ11の開口絞り10の位置が撮像レンズ11の主点P0からある程度離れている場合において、マイクロレンズアレイ12への入射光の主光線L0が光軸に対してある程度傾いているとき（撮像レンズ11の主点P0上に主光線L0がないとき）、開口絞り10の位置に依存して、各マイクロレンズ12-1の形状（円形状）に応じて撮像素子13上に結像する像（ユニット像）のピッチが、図中の矢印で示したように、符号P1の位置から符号P2の位置へとシフトする。

【 0 0 4 8 】

これにより、例えば図14に示したように、撮像素子13の受光面（マイクロレンズアレイ12側の面）において、像高ずれ量（点Pdと点Peとの間の距離）による像高ずれが発生する。この像高ずれ量は、光軸と主光線L0との間の傾斜角を、主光線L0がマイクロレンズアレイ102上に結像する像高（点Pbと点Pfとの間の距離）をy、開口絞り10とマイクロレンズアレイ12との間の距離（点Paと点Pbとの間の距離）をL、マイクロレンズアレイ12の焦点距離（点Pbと点Pcとの間の距離）をf2とすると、以下の（14）式および（15）式により表される。また、マイクロレンズアレイ12上での像高yと、撮像素子13上に結像するユニット像の像高（点Pcと点Peとの間の距離）との比率は、以下の（16）式により表される。

$$\tan = (y / L) = (\quad / f2) \quad \dots (14)$$

$$= \{ (y \times f2) / L \} \quad \dots (15)$$

$$(y + \quad) / y = (L + f2) / L \quad \dots (16)$$

【 0 0 4 9 】

このようにして、図13および図14に示した比較例に係る撮像装置では、マイクロレンズアレイ102において、各マイクロレンズ12-1のピッチp12が、前述の（11）式を満たしていないため、上記（14）式および（15）式で表される像高ずれ量による像高ずれが発生してしまっている。言い換えると、前述したように、撮像素子13により得られる撮像データD0が、光の強度分布に加えてその光の進行方向の情報を含んでいる場合であっても、各マイクロレンズ12-1のピッチp12が撮像素子13の画素Pの整数倍になっていないため、各マイクロレンズ12-1において一方向に割り当てられる画素Pの画素数が変動し、画像処理部14において、リフォーカス画像や任意視点画像等の再構築画像が得られなくなってしまう場合がある。

【 0 0 5 0 】

これに対し、本実施の形態の撮像装置1では、マイクロレンズアレイ12において、各マイクロレンズ12-1のピッチp12が、前述の（11）式を満たすようになっている。これにより、上記比較例に係る像高補正係数（上記（16）式の逆数に対応する）の値

10

20

30

40

50

が常に「１」となるため、撮像素子１３により得られる撮像データＤ０において、撮像素子１３の受光面（マイクロレンズアレイ１２側の面）における像高ずれ（像高ずれ量 による像高ずれ）の発生が回避される。

【００５１】

以上のように本実施の形態では、各マイクロレンズ１２－１のピッチ p_{12} が上記（１１）式を満たすようにしたので、撮像素子１３により得られる撮像データＤ０において、撮像素子１３の受光面における像高ずれの発生を回避することができる。よって、そのような撮像データＤ０を用いて画像処理部１４により再構築画像を生成するようにすれば、光の進行方向の情報を含むようにして撮像データを取得する場合において、適切な再構築画像の生成を可能とすることができる。

10

【００５２】

また、以下説明する第２の実施の形態のように、像高補正を行う像高補正部（後述する像高補正部１４９）を設ける必要がなく、各マイクロレンズ１２－１のピッチ p_{12} の設定のみによって実現することができるため、マイクロレンズアレイ１２のピッチ設計時に想定した開口絞り１０の位置が変位しない限り、簡易に適切な再構築画像の生成を可能とすることができる。

【００５３】

〔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。本実施の形態の撮像装置は、第１の実施の形態の撮像装置１において、画像処理部１４の代わりに以下説明する画像処理部１４Ａを設けると共に、マイクロレンズアレイ１２の代わりに、各マイクロレンズ１２－１のピッチ p_{12} が前述の（１）式を満たさないマイクロレンズアレイ（前述のマイクロレンズアレイ１０２に対応）を設けるようにしたものである。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。

20

【００５４】

図１５は、本実施の形態に係る撮像装置に用いられる画像処理部（画像処理部１４Ａ）の機能ブロック構成を表すものである。この画像処理部１４Ａは、第１の実施の形態で説明した画像処理部１４において、補間処理部１４３と並び替え処理部１４４との間に、像高補正部１４９を設けるようにしたものである。

【００５５】

像高補正部１４９は、各マイクロレンズ１２－１に対応して撮像素子１３上に結像する像（ユニット像）の一边方向の大きさ（各マイクロレンズ１２－１のピッチ p_{12} に対応する）が、撮像素子１３の画素Ｐにおける一边方向の画素サイズ s の整数倍となるように、撮像素子１３により得られた撮像データ（具体的には、補間処理部１４３による補間処理後の撮像データＤ１）に対して像高補正を行うことにより、像高補正後の撮像データＤ３を生成し、この撮像データＤ３を並び替え処理部１４４へと供給するものである。具体的には、この像高補正部１４９は、撮像データＤ１に対し、以下の（１７）式および（１８）式で表される補正係数 k を用いて像高補正を行う（撮像データＤ１に対して補正係数 k を乗ずることにより、撮像データＤ３を生成する）ようになっている。なお、 $\gamma = 1$ のときは、（１８）式により、 $p_{12} = m \times s$ となる。

30

$$k = \gamma \times \{ L / (L + f_2) \} \quad \dots (17)$$

$$= (m \times s) / p_{12} \quad \dots (18)$$

40

【００５６】

このような構成により本実施の形態では、像高補正部１４９によって、マイクロレンズ１２－１に対応して撮像素子１３上に結像する像（ユニット像）の一边方向の大きさ（各マイクロレンズ１２－１のピッチ p_{12} に対応する）が、画素Ｐにおける一边方向の画素サイズ s の整数倍となるように、撮像データＤ１に対して像高補正がなされるため、そのような像高補正後の撮像データＤ３において、開口絞り１０の位置（（開口絞り１０とマイクロレンズアレイ１２との間の距離 L ）によらず、撮像素子１３の受光面（マイクロレンズアレイ１２側の面）における像高ずれ（像高ずれ量 による像高ずれ）が生じなくな

50

る。よって、この像高補正後の撮像データD3を用いて画像処理部14Aにより再構築画像を生成するようにすれば、上記第1の実施の形態と同様に、光の進行方向の情報を含むようにして撮像データを取得する場合において、メインレンズ（撮像レンズ11）の開口絞り10の位置によらずに適切な再構築画像の生成を可能とすることができる。

【0057】

以上、第1および第2の実施の形態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に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

【0058】

例えば、上記第1の実施の形態では、各マイクロレンズ12-1のピッチ p_{12} が上記(11)式を満たすようにした場合について説明する一方、上記第2の実施の形態では、
10
像高補正部149により像高補正を行う場合について説明したが、例えば、これら第1および第2の実施の形態において説明した構成を両方とも兼ね備えるようにしてもよい。すなわち、各マイクロレンズ12-1のピッチ p_{12} が上記(11)式を満たすようにすると共に、像高補正部149により像高補正を行うようにしてもよい。

【0059】

また、上記実施の形態では、画像処理部14、14Aを、撮像装置の構成要素の一つとして説明したが、必ずしもこの画像処理部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、画像処理部を、撮像装置とは別の装置、例えばPC（Personal Computer：パーソナルコンピュータ）などに設けておき、撮像装置で得られた撮像データをPCへ
20
転送し、PCにおいて画像処理を施すようにすることも可能である。

【0060】

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

【0061】

また、上記実施の形態では、カラーフィルタの一例として、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）を挙げて説明したが、他の配列のカラーフィルタを用いるようにしてもよい。例えば、黄（Y）、マゼンダ（M）、シアン（C）および緑（G）の4補色のカラーフィルタ（黄色カラーフィルタ、マゼンダカラー
30
フィルタ、シアンカラーフィルタおよび緑色カラーフィルタ）が $Y : M : C : G = 1 : 1 : 1 : 1$ の比率で市松状に配置されたカラーフィルタ（補色フィルタ）を用いるようにしてもよい。

【0062】

また、上記実施の形態では、撮像データ内の画素データの補間処理の一例としてデモザイク処理を挙げて説明したが、他の補間処理を行うようにしてもよい。

【0063】

さらに、上記実施の形態では、画像処理部14において行われる並び替え処理を含む画像処理の一例として、「Light Field Photography」を利用したリフォーカス演算処理について説明したが、そのような並び替え処理を含む画像処理としてはこれには限られず、
40
例えば、焦点ぼかし処理や被写体深度調整処理などに対して適用するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【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】図1に示した開口絞りの概略構成を表す平面図である。

【図3】図1に示したマイクロレンズアレイの概略構成を表す平面図である。

【図4】撮像素子の受光面上に配置されるカラーフィルタの概略構成を表す平面図である。

。

【図5】図1に示した画像処理部の構成例を表す機能ブロック図である。

【図6】マイクロレンズアレイおよび撮像素子における撮像パターンについて説明するた
50

めの平面図である。

【図 7】画像処理部による画像処理の一例を説明するための模式斜視図である。

【図 8】画像処理部によるリフォーカス演算処理を説明するための模式断面図である。

【図 9】リフォーカス演算処理におけるリフォーカス面の設定位置の一例を表す模式断面図である。

【図 10】リフォーカス演算処理におけるリフォーカス面の設定位置の他の例を表す模式断面図である。

【図 11】図 9 に示したリフォーカス演算処理の際の並び替え処理の一例を表す模式平面図である。

【図 12】図 10 に示したリフォーカス演算処理の際の並び替え処理の他の例を表す模式平面図である。

【図 13】比較例に係る撮像装置における像高ずれについて説明するための図である。

【図 14】比較例に係る撮像装置における像高ずれについて説明するための模式図である。

。

【図 15】第 2 の実施の形態に係る画像処理部の構成例を表す機能ブロック図である。

【符号の説明】

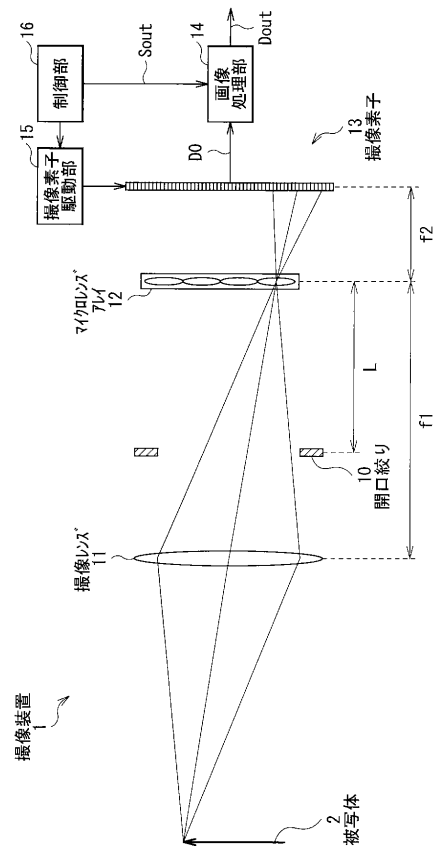
【0065】

1 ... 撮像装置、10 ... 開口絞り、10A ... 開口部、11 ... 撮像レンズ、110 ... 撮像レンズ面、12 ... マイクロレンズアレイ、12-1 ... マイクロレンズ、120, 120A, 120B ... リフォーカス面、13 ... 撮像素子、13D ... 再構築画素領域、13-1 ... 受光領域、130 ... 撮像面、14, 14A ... 画像処理部、141 ... 欠陥補正部、142 ... クランプ処理部、143 ... 補間処理部、144 ... 並び替え処理部、145 ... ノイズ低減部、146 ... 輪郭強調部、147 ... ホワイトバランス調整部、148 ... ガンマ補正部、149 ... 像高補正部、15 ... 撮像素子駆動部、16 ... 制御部、17, 17R, 17G, 17B ... カラーフィルタ、2 ... 撮像対象物（被写体）、 f_1 , f_2 ... 焦点距離、L ... 開口絞りとマイクロレンズアレイとの間の距離、P ... 画素、P0 ... 主点、 p_{12} ... マイクロレンズのピッチ、s ... 画素の一辺の画素サイズ、y ... 像高、... 像高ずれ量、D0, D1, D10, D2, D3, Dout ... 撮像データ、Sout ... 制御信号、L0 ... 主光線。

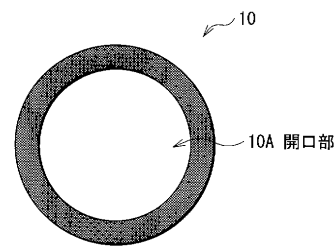
10

20

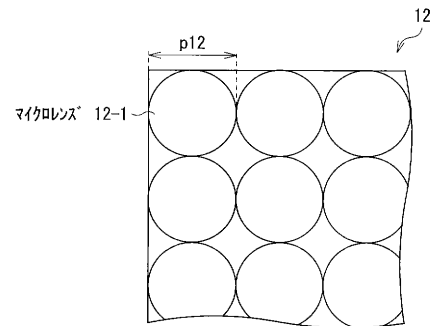
【図 1】



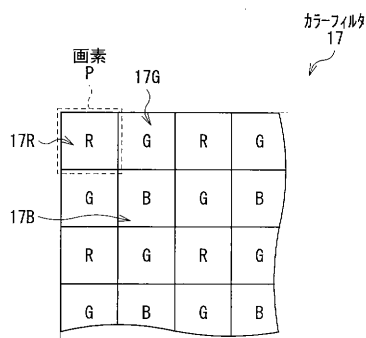
【図 2】



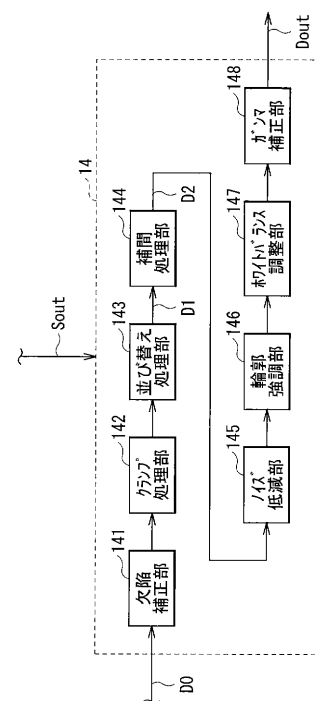
【図 3】



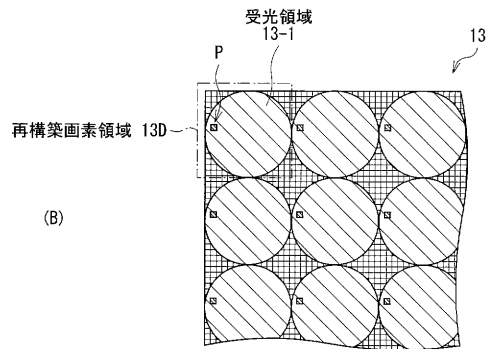
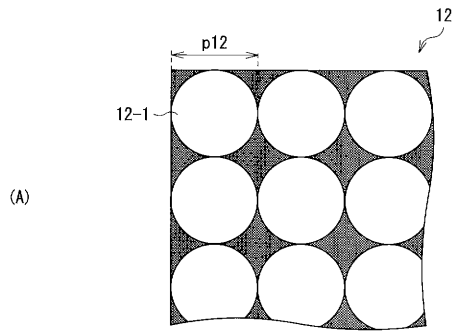
【図 4】



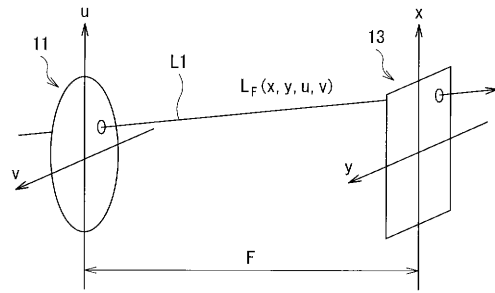
【図 5】



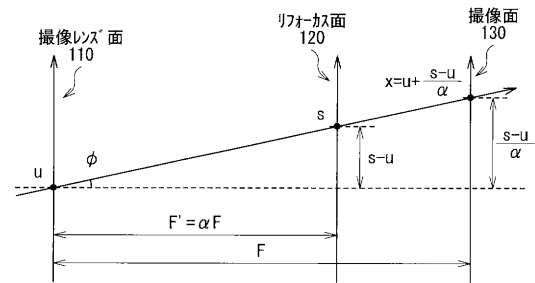
【図 6】



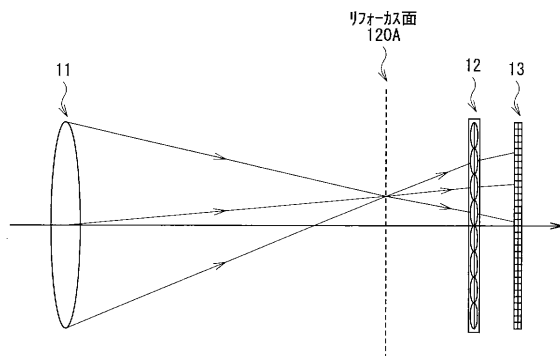
【図 7】



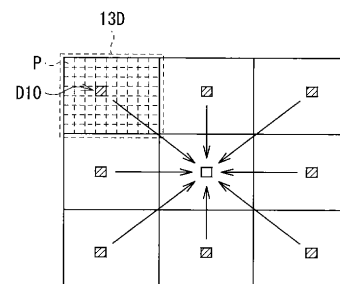
【図 8】



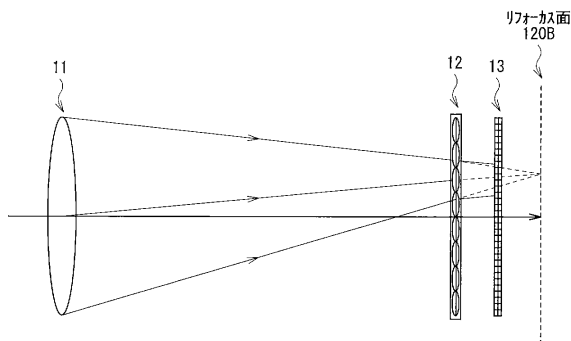
【図 9】



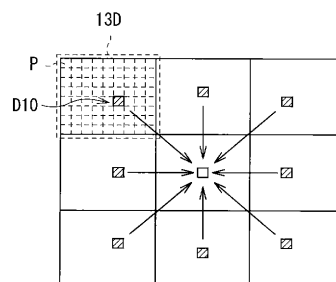
【図 11】



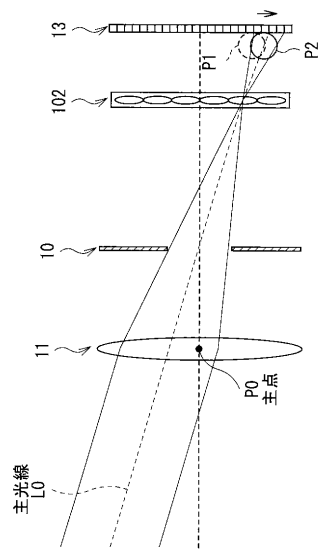
【図 10】



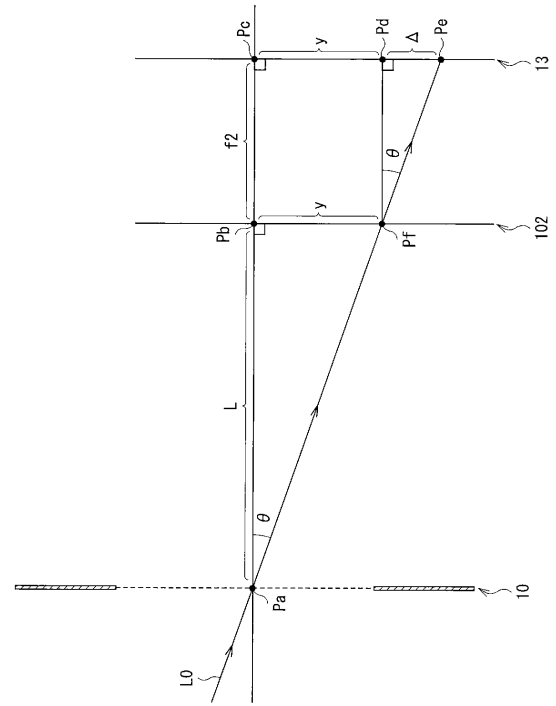
【図 12】



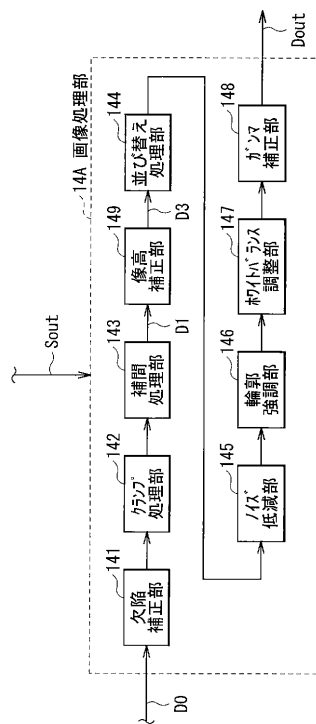
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

審査官 高野 美帆子

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 3 1 6 5 2 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N 5 / 2 2 5

H 0 4 N 5 / 2 3 2

H 0 4 N 5 / 3 3 5