

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6190119号  
(P6190119)

(45) 発行日 平成29年8月30日 (2017. 8. 30)

(24) 登録日 平成29年8月10日 (2017. 8. 10)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>HO 4 N</b>	<b>9/07</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>HO 4 N</b>	<b>9/07</b>	<b>A</b>
<b>GO 6 T</b>	<b>5/50</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>GO 6 T</b>	<b>5/50</b>	

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-23823 (P2013-23823)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年2月8日 (2013. 2. 8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-155071 (P2014-155071A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年8月25日 (2014. 8. 25)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成28年2月8日 (2016. 2. 8)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同一時間に同一被写体を異なる視点につき撮像して得られた複数の画像信号であって、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す画像信号を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された前記複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定する特定手段と、

前記特定手段により特定された前記対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を前記対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する生成手段と、を有し、

前記特定手段は、前記複数の画像信号間の像の位相差を検出することで、前記同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記生成手段は、前記画素に存在しない色成分の信号強度として、前記他の画素の該色成分の信号強度を使用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】

前記生成手段は、前記画素に存在しない色成分の信号強度を、前記他の画素の該色成分の信号強度を用いて補間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 4】

前記生成手段は、前記対応する画素のうちの1つの前記画像信号に含まれる画素について、該1つの画像信号の撮影位置の近傍で撮影された前記画像信号から前記特定手段により特定された画素の信号強度を用いて補間することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項5】

前記複数の画像信号は、撮像装置により撮像された原画像信号であって、画素の各々が、前記撮像装置の撮像光学系において通過した瞳領域及び入射方向の組み合わせが異なる光束に対応した、前記複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す原画像信号から、同一の瞳領域を通過した光束に対応する画素を結合させることで各々得られることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の画像処理装置。

10

【請求項6】

前記生成手段により前記画素に存在しない色成分の信号強度が生成された画像信号を記録する記録手段をさらに有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項7】

同一時間に同一被写体を異なる視点につき撮像し、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す複数の画像信号を出力する撮像手段と、

前記撮像手段により出力された前記複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定する特定手段と、

20

前記特定手段により特定された前記対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を前記対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する生成手段と、を有し、

前記特定手段は、前記複数の画像信号間の像の位相差を検出することで、前記同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】

画像処理装置の取得手段が、同一時間に同一被写体を異なる視点につき撮像して得られた複数の画像信号であって、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す画像信号を取得する取得工程と、

30

前記画像処理装置の特定手段が、前記取得工程において取得された前記複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定する特定工程と、

前記画像処理装置の生成手段が、前記特定工程において特定された前記対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を前記対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する生成工程と、を有し、

前記特定工程において、前記複数の画像信号間の像の位相差を検出することで、前記同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素が特定されることを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項9】

40

撮像装置の撮像手段が、同一時間に同一被写体を異なる視点につき撮像し、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す複数の画像信号を出力する撮像工程と、

前記撮像装置の特定手段が、前記撮像工程において出力された前記複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定する特定工程と、

前記撮像装置の生成手段が、前記特定工程において特定された前記対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を前記対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する生成工程と、を有し、

前記特定工程において、前記複数の画像信号間の像の位相差を検出することで、前記同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素が特定される

50

ことを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項 10】

コンピュータを、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【請求項 11】

コンピュータに、請求項 9 に記載の撮像装置の制御方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【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、制御方法、及びプログラムに関し、特に撮影後に出力データから任意の被写体距離に合焦した画像を生成する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラ等の撮像装置において、撮影時に光場の情報、即ち光の強度分布と進行方向とを出力データとして記録することで、記録後に該出力データから任意の被写体距離に合焦した画像を生成する技術が提案されている。このような撮像装置では、マイクロレンズアレイを介して撮像素子の各画素（光電変換素子）に撮像レンズの異なる瞳領域を通過した光束を結像させることにより、様々な方向から入射した光を分離して記録する方法等が用いられている（特許文献 1、2）。

【0003】

一方、撮像素子に 1 つの画素についてフルカラーの画像信号を取得するためには、例えば RGB の各色のフィルタが適用された光電変換素子が 1 画素内に設けられる必要がある。しかしながら、1 画素内に光電変換素子を複数設ける場合、使用される光電変換素子の数が増大してしまう。このため、光電変換素子の数の低減を目的として、一般的には所謂ベイア配列のような、撮像素子の隣り合う画素に異なる色のフィルタが使用される。そして、1 つの画素について取得されなかった色成分については、周辺の画素の出力信号から補間することで生成し、全画素についてフルカラーの画像信号を生成する方法（デモザイキング）が用いられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 004471 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 124213 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した特許文献 1 及び 2 においても、最終的な出力画像のためにデモザイキング処理が行われている。具体的には特許文献 1 では、1 つのマイクロレンズに割り当てられた画素群内で隣り合う画素に異なる色のフィルタが適用され、該画素群内でデモザイキング処理が行われる。また特許文献 2 では、1 つのマイクロレンズに割り当てられた画素群には同一色のフィルタが適用され、マイクロレンズアレイにおいて隣り合うマイクロレンズについて、割り当てられた画素群に異なる色のフィルタが適用されている。そして特許文献 2 では、各マイクロレンズに割り当てられた画素群から同一画素位置の画素の信号を位置関係に合わせて結合した際に生成されるベイア配列の画像についてデモザイキング処理が行われる。

【0006】

しかしながら、特許文献 1 及び 2 においてデモザイキング処理により得られる画像は、その補間方法に起因して、好適な画質とならないことがあった。

【0007】

特許文献 1 において適用されるデモザイキング処理では、1つのマイクロレンズに割り当てられた画素群の画素について、周辺画素の信号から補間により不足している色成分の信号が生成される。しかし、上述したように1つのマイクロレンズを介して割り当てられた画素群に結像される光束は、それぞれ異なる瞳領域を通過した光束である。つまり、1つのマイクロレンズに割り当てられた画素群の各々が出力する画像信号は、光線方向が異なるため厳密に対応しておらず、補間を行う画素とは異なる被写体に対応する隣接画素の信号を用いて補間が行われる可能性があった。

【0008】

また特許文献 2 において適用されるデモザイキング処理では、各マイクロレンズに割り当てられた画素群から、マイクロレンズとの相対的な位置関係が同一の画素の信号を結合して生成された画像において、周辺画素の信号から不足している色成分の信号を補間する。この場合、特許文献 1 とは異なり、生成される画像の画素は全て同一の瞳領域を通過した光束で生成される。しかし、生成された画像において、1つの画素に存在しない色成分の信号を生成するために周辺画素の信号を使用する場合、特にエッジや固定パターンが存在する領域で異なる被写体に対応する信号が参照され、偽色やモアレが発生する可能性があった。

【0009】

本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、好適に色再現した画像を再構成可能な LF データを生成する画像処理装置、撮像装置、制御方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前述の目的を達成するために、本発明の画像処理装置は、以下の構成を備えることを特徴とする。具体的には画像処理装置は、同一時間に同一被写体を異なる視点につき撮像して得られた複数の画像信号であって、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す画像信号を取得する取得手段と、取得手段により取得された複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定する特定手段と、特定手段により特定された対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する生成手段と、を有し、特定手段は、複数の画像信号間の像の位相差を検出することで、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

このような構成により本発明によれば、好適に色再現した画像を再構成可能な LF データを生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】本発明の実施形態に係るカメラシステムに含まれるデジタルカメラ 100 及びレンズ 200 の機能構成を示したブロック図

【図 2】本発明の実施形態に係る撮像部 102 の詳細構成を説明するための図

【図 3】本発明の実施形態に係るデジタルカメラ 100 において実行される LF データ生成処理を例示したフローチャート

【図 4】本発明の実施形態に係る輝度画像間の位相差検出を実現するハードウェア構成を示した図

【図 5】再構成画像の生成原理を説明するための図

【図 6】本発明の実施形態に係る撮像素子 109 において適用される色フィルタの分布を例示した図

【図 7】本発明の実施形態に係るデモザイキング処理の原理を説明するための図

【図 8】本発明を適用可能な他の光学系を説明するための図

## 【発明を実施するための形態】

## 【0013】

## [実施形態]

以下、本発明の例示的な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下に説明する一実施形態は、画像処理装置の一例としての、同一時間に同一被写体を異なる位置で撮像して得られた複数の画像信号を取得可能な撮像装置を有するカメラシステムに、本発明を適用した例を説明する。しかし、本発明は、同一時間に同一被写体を異なる位置で撮像して得られた複数の画像信号を取得可能な任意の機器に適用可能である。

## 【0014】

また、本明細書において、以下の用語を定義して説明する。

10

## 【0015】

## ・「RAW-LFデータ」

本実施形態のデジタルカメラ100が有する撮像部102から出力される原画像信号。画像信号の画素の各々は、通過した撮像光学系202の瞳領域及び入射方向の組み合わせが異なる光束に対応した信号強度を示す。また画像信号の各画素は、後述するように予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分についての信号強度を示す。RAW-LFデータは、光線空間情報とも呼ばれる。

## 【0016】

## ・「LFデータ」

RAW-LFデータに対してデモザイキング処理を適用することにより得られる画像信号。LFデータの各画素は、予め定められた複数の色成分の全てについての信号強度の情報を有する。LFデータの各画素は、RAW-LFデータの対応画素と瞳領域及び入射方向の組み合わせが同一の光束に対応しており、LFデータを光線空間情報と呼んでもよい。

20

## 【0017】

## ・「再構成画像」

LFデータから生成される、任意の焦点面の位置に合焦した画像。具体的にはLFデータから同一の瞳領域を通過した画素で生成される複数（瞳分割数）の画像について、生成する被写体距離に存在する被写体の像が一致するように位置合わせを行い、対応する画素の画素値を合算（重ね合わせ）することで得られる画像。

30

## 【0018】

## 《カメラシステムの構成》

図1は、本発明の実施形態に係るカメラシステムに含まれる、デジタルカメラ100及びレンズ200の機能構成を示すブロック図である。

## 【0019】

## デジタルカメラ100の構成

カメラ制御部101は、例えばCPUであり、不図示のROM及びRAMを内蔵する。カメラ制御部101は、デジタルカメラ100が有する各ブロックの動作プログラムをROMから読み出し、RAMに展開して実行することにより、デジタルカメラ100が有する各ブロックの動作制御を行う。またカメラ制御部101は、撮像部102から出力される画像信号の解析により決定した焦点位置の情報や、決定した露出設定に対応する絞り値等の情報を、電気接点107を介してレンズ200に送信する。

40

## 【0020】

撮像部102は、例えばCCDやCMOSセンサ等の撮像素子である。撮像部102は、設定された露出設定に基づいて、カメラ制御部101により生成されたタイミング信号に基づいて撮像素子が有する各光電変換素子（画素）の露光及び読み出しを行う。そして撮像部102は、得られたRAW-LFデータのアナログ画像信号を画像処理部103に出力する。具体的には撮像部102は、レンズ200の撮像光学系202により撮像素子の受光面に結像された光学像を光電変換し、アナログ画像信号を出力する。

## 【0021】

50

また本実施形態のデジタルカメラ100では、撮像素子109の表面には、図2(a)に示されるようにマイクロレンズ20が格子状に配列されたマイクロレンズアレイ108が配設される。マイクロレンズアレイ108の1つのマイクロレンズ20は、図2(b)に示されるように撮像素子109の複数の光電変換素子(画素)に対応付けられる。レンズ200の撮像光学系202を介して入射した光束は、各マイクロレンズ20により、対応付けられた撮像素子109の画素に結像されることで瞳分割される。即ち、対応付けられた撮像素子109の各画素には、対応付けられた画素位置に対応する撮像光学系202の瞳領域を通過した光束が結像される。図2(b)の例では、1つのマイクロレンズ20には $5 \times 5 = 25$ 個の画素が対応付けられており、撮像光学系202の瞳分割数は25となる。

10

#### 【0022】

図2(c)は、1つのマイクロレンズに対応付けられた画素と、各画素に結像される光束が通過する撮像光学系202の射出瞳の瞳領域の対応関係を示した図である。なお、図2(c)の例では簡単のため、1つのマイクロレンズ20に対して水平方向5つの画素21乃至25がマイクロレンズ20の中心を通る水平線上に並んで配置されているものとする。このとき、マイクロレンズ20により各画素は、射出瞳面上における瞳領域31乃至35と共役関係になるように設計される。図2(c)の例では、画素21は瞳領域31、画素22は瞳領域32、画素23は瞳領域33、画素24は瞳領域34、そして画素25は瞳領域35と共役関係にある。

#### 【0023】

20

また、本実施形態の撮像素子109では、撮像素子の各光電変換素子には予め定められた複数の色成分のフィルタのうち、いずれか1つの色成分のフィルタが適用されているものとする。例えば所謂ベイア配列に用いられるR、G、Bのフィルタが適用される場合、撮像素子全体においてR成分とB成分のフィルタは同数の画素に適用され、G成分のフィルタはそれらの2倍の数の画素に適用される。なお、各色成分のフィルタの配置については後述のデモザイキング処理の説明において詳述する。

#### 【0024】

画像処理部103は、撮像部102から出力されたRAW-LFデータのアナログ画像信号に対して、所定の画像処理を実行する。具体的には画像処理部103は、入力されたアナログ画像信号に対するA/D変換処理、ホワイトバランス調整処理、ガンマ補正処理、デモザイキング処理等を行う。なお、本実施形態では画像処理部103は、得られたLFデータから再構成画像を生成する処理も行う。また画像処理部103は、上述した各工程で生成されるRAW-LFデータ、LFデータ、再構成画像や音声等のデータなどに、予め定められた符号化方式に応じて圧縮処理を実行する。また画像処理部103は、上述した各工程で生成されるRAW-LFデータ、LFデータ、再構成画像や音声等のデータをモードやユーザ指示に応じてメモリや記録媒体に記録するか、あるいは所定の形式に変換して外部に出力する。各種画像処理は、専用回路等により実現されてよい。

30

#### 【0025】

メモリ104は、記憶素子及び該記憶素子への読み書きを行う処理回路を有する。メモリ104は、記憶素子への出力を行うとともに、表示部105に出力する画像を保存する。またメモリ104は、符号化された画像、動画、音声データ等を保存する。

40

#### 【0026】

表示部105は、例えばLCD等のデジタルカメラ100が備える表示装置である。表示部105には、撮像により得られたLFデータから生成された再構成画像等が表示される。

#### 【0027】

操作検出部106は、デジタルカメラ100が有するリリースボタン等のユーザインタフェースになされた操作を検出する。具体的には操作検出部106は、ユーザにより例えばリリースボタンが操作されたことを検出すると、該操作に対応する制御信号をカメラ制御部101に出力する。

50

## 【 0 0 2 8 】

## レンズ 2 0 0 の構成

レンズ制御部 2 0 1 は、例えば CPU であり、不図示の ROM 及び RAM を内蔵する。レンズ制御部 2 0 1 は、ROM に格納されているレンズ 2 0 0 が有する各ブロックの動作プログラムを読み出し、RAM に展開して実行することにより、各ブロックの動作を制御する。レンズ制御部 2 0 1 は、電気接点 1 0 7 を介してカメラ制御部 1 0 1 より焦点位置や絞り値の情報を受信すると、該情報をレンズ駆動部 2 0 3 に伝送し、撮像光学系 2 0 2 の対応する光学部材を駆動させる。

## 【 0 0 2 9 】

撮像光学系 2 0 2 は、レンズ 2 0 0 が有するレンズ群や絞り等で構成される。本実施形態では撮像光学系 2 0 2 は、少なくともフォーカスレンズ、シフトレンズ、及び絞りを含む。レンズ駆動部 2 0 3 は、レンズ制御部 2 0 1 から入力された情報に従い、撮像光学系 2 0 2 のフォーカスレンズ、シフトレンズ、及び絞りの駆動制御を行う。なお、本実施形態のレンズ制御部 2 0 1 には不図示の手振れ検出センサが接続されており、レンズ駆動部 2 0 3 はレンズ制御部 2 0 1 より入力された該センサの出力に応じてシフトレンズを駆動する。

## 【 0 0 3 0 】

## 《 L F データ生成処理 》

このような構成をもつ本実施形態のデジタルカメラ 1 0 0 で行われる L F データ生成処理について、図 3 のフローチャートを用いて具体的な処理を説明する。該フローチャートに対応する処理は、カメラ制御部 1 0 1 が、例えば ROM に記憶されている対応する処理プログラムを読み出し、RAM に展開して実行することにより実現することができる。なお、本 L F データ生成処理は、例えばデジタルカメラ 1 0 0 を用いて撮影が行われた際に開始されるものとして説明する。

## 【 0 0 3 1 】

S 3 0 1 で、画像処理部 1 0 3 はカメラ制御部 1 0 1 の制御の下、撮影により撮像部 1 0 2 から出力された RAW - L F データのアナログ画像信号に対して、A / D 変換処理を適用し、RAW - L F データのデジタル画像信号を生成する。

## 【 0 0 3 2 】

S 3 0 2 で、画像処理部 1 0 3 はカメラ制御部 1 0 1 の制御の下、RAW - L F データを同一の瞳領域を通過した画素を位置関係に応じて結合し、瞳分割数の RAW 画像を生成する。即ち、本実施形態において画像処理部 1 0 3 は、マイクロレンズアレイ 1 0 8 の各マイクロレンズに対応付けられた撮像素子の画素から、マイクロレンズとの相対的な位置関係が同一の画素が出力した画像信号を各々結合することで瞳分割数の RAW 画像を生成する。具体的には図 2 ( b ) の例では、各マイクロレンズ 2 0 a、b、c、d に対応付けられた 5 × 5 の画素を、( 1 , 1 )、( 1 , 2 )、・・・、( 5 , 5 ) の座標ごとに分類し、RAW - L F データから同一の座標に分類された画素のみを用いて各画像を生成する。つまり、図 2 ( b ) の例では、2 5 種類の画像が生成される。このようにして生成された画像は、それぞれ異なる瞳領域を通過した画像に対応しているため、同一時間に同一被写体をそれぞれ異なる位置で撮影して得られた RAW 画像となっている。

## 【 0 0 3 3 】

S 3 0 3 で、画像処理部 1 0 3 はカメラ制御部 1 0 1 の制御の下、生成した瞳分割数の RAW 画像の各々に対応する輝度画像を生成する。輝度画像は、例えば各画素について近傍の R、G、及び B 成分の画素の画素値を重み付け加算することにより生成されてもよいし、G 成分の画素のみが代表値として使用されて生成されてもよい。

## 【 0 0 3 4 】

なお、各画素に適用されるフィルタの分布によっては、輝度画像を生成不可能な色成分の組み合わせとなる場合がある。この場合、本ステップで生成される輝度画像の数は瞳分割数より少なくてもよい。

## 【 0 0 3 5 】

S 3 0 4 で、カメラ制御部 1 0 1 は、S 3 0 2 において生成された瞳分割数の輝度画像から輝度画像（注目輝度画像）を選択し、該画像を分割した各領域について他の輝度画像との画像信号間の位相差を検出する。即ち、本ステップにおいてカメラ制御部 1 0 1 は、注目輝度画像を分割した各領域に存在する被写体像について、注目輝度画像と他の輝度画像とのデフォーカス量を位相差検出方式で取得する。被写体が強い鏡面反射成分を有さないランバート面とみなせる場合、輝度画像において該被写体に対応する像は、光束が通過する分割瞳領域に依らず、即ち光束の入射方向に依らず同じ輝度値を示す。このためカメラ制御部 1 0 1 は、同一の被写体距離に存在する被写体が各 R A W 画像においてどの位置に存在するかを把握することができる。

【 0 0 3 6 】

10

図 4 は、本ステップの処理をハードウェアとして実現する場合の例を示している。図 4 ( a ) に示されるように、比較対象となる注目輝度画像 4 0 1 と他の輝度画像 4 0 2 とが、位相差を検出する比較器 4 0 3 に入力される。そして比較器 4 0 3 は、注目輝度画像 4 0 1 を分割した各領域が他の輝度画像 4 0 2 においていずれの位置に存在するかを、位相を変更しながら、即ち比較対象とする領域を移動させながら探索する。図 4 ( b )、( c )、及び ( d ) はそれぞれ位相を変更しながら探索を行っている際の、探索方向のラインにおける注目輝度画像 4 0 1 と他の輝度画像 4 0 2 との信号レベル分布のずれを示している。ここで、図 4 ( c ) は探索対象の領域について、ノイズの影響により多少のばらつきは生じるが、注目輝度画像 4 0 1 と他の輝度画像 4 0 2 の位相が一致したと判断する場合の例を示している。

20

【 0 0 3 7 】

なお、瞳分割数の輝度画像の中から位相差検出を行う画像の組み合わせは、光束が通過した瞳領域が同一の水平座標あるいは垂直座標を有する画像に限定してもよい。即ち、図 2 ( b ) の分類における座標 ( 1 , 1 ) と ( 1 , 5 ) に分類された画像、あるいは座標 ( 1 , 1 ) と ( 5 , 1 ) に分類された画像を比較対象としてもよい。これらの画像はそれぞれ水平視差と垂直視差を有する関係にある画像である。

【 0 0 3 8 】

またこのように選択された視差を有する関係にある画像間ではエピポーラ拘束が生じるため、探索方向を限定することができる。即ち、水平視差を有する関係にある画像間では、注目輝度画像 4 0 1 の探索対象の領域 4 1 1 と同一の垂直座標を有する他の輝度画像 4 0 2 内の領域 4 1 2 について位相差検出を行えばよい。また垂直視差を有する関係にある画像間では、注目輝度画像 4 0 1 の探索対象の領域 4 1 1 と同一の水平座標を有する他の輝度画像 4 0 2 内の領域 4 1 2 について位相差検出を行えばよい。

30

【 0 0 3 9 】

比較器 4 0 3 は、例えば図 4 ( a ) に示されるように、注目輝度画像 4 0 1 の領域 4 1 1 について、他の輝度画像 4 0 2 の同一位置から x 方向に領域 4 1 2 を移動させながら位相差が最も小さくなる位置を探索する。位相差が最も小さくなる位置の探索は、例えば差分絶対値の積分値 S A D ( Sum of Absolute Difference ) が最小となる箇所を探索することにより行われてよい。S A D は、注目輝度画像 4 0 1 の領域 4 1 1 内の画素を A ( i , j )、他の輝度画像 4 0 2 において領域 4 1 1 の座標から x 方向に x だけ移動した位置に設定される探索対象の領域 4 1 2 内の画素を B ( i + x , j ) とすると、

40

$$SAD(\Delta x) = \sum_i |A(i, j) - B(i + \Delta x, j)|$$

で算出することができる。このとき、S A D が最小となる x が、最小となる位相差に相当する。なお、探索は画素単位で行われる必要はない。

【 0 0 4 0 】

また本実施形態では、各マイクロレンズ 2 0 に割り当てられた画素群から 1 つずつ画素を抽出して輝度画像を生成している。このようにして生成された輝度画像は、撮像光学系 2 0 2 をマイクロレンズ 2 0 に割り当てられた画素の数に分割した限定的な瞳領域を通過

50

する、所謂絞り状態で得られた光束に対応している。即ち、被写界深度が深いため、様々な被写体距離に存在する被写体像について位相差が検出できる。しかしながら、本発明の実施において各被写体の位相差検出のために生成される輝度画像はこれに限られず、少なくとも２種類の瞳領域に対応する輝度画像が位相差検出のために用いられればよい。

【 0 0 4 1 】

S 3 0 5 で、カメラ制御部 1 0 1 は、S 3 0 4 において検出した位相差を考慮して画像処理部 1 0 3 にデモザイキング処理を行わせる。

【 0 0 4 2 】

(再構成画像の生成原理)

ここで、まず本実施形態のデモザイキング処理の説明を行う前に、デモザイキング処理後に得られる L F データから再構成画像を生成する際の概要について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、マイクロレンズアレイ 1 0 8 において水平方向に並んだマイクロレンズ 2 0 について、図 2 ( b ) に示した画素 2 1 乃至 2 5 の各々に対応する画素を連結させて L F データから生成された画像の画素列 ( 水平 1 ライン × 5 種類 ) を示している。

【 0 0 4 3 】

図において横軸はマイクロレンズアレイ 1 0 8 におけるマイクロレンズ 2 0 の水平座標に対応しており、分割瞳領域に対応する画像における水平方向に並ぶ画素を座標順に示している。即ち、図示されるライン 5 0 1 は、１つの瞳領域を通過した光束で形成される画像の水平 1 ラインを示している。また図において縦軸は１つのマイクロレンズ 2 0 に対応する画素群における水平方向の画素位置、即ち瞳領域の空間座標に対応している。なお、本例示では再構成画像の水平 1 ラインの生成について説明するが、他の水平ラインや垂直方向についても同様に処理すればよいことは容易に理解されよう。

【 0 0 4 4 】

再構成画像の水平 1 ラインの各画素は、このような 5 種類の水平ラインから適切な画素の画素値を積算することで生成される。積算に用いられる画素は、生成する再構成画像に対応する被写体距離 ( 再構成画像において合焦する被写体に対応する距離 ) に応じて異なる。

【 0 0 4 5 】

例えば、L F データの撮影時に合焦していた被写体距離に存在する被写体については、光束が通過する撮像光学系 2 0 2 の瞳領域によらず、各マイクロレンズ 2 0 に対応する画素群において同一の座標に結像される。即ち、該被写体については合焦しているため、瞳領域ごとに画像を生成したとしても該被写体の像に位相差は生じない。このため、撮影時に設定されていた被写体距離に合焦した再構成画像を生成する場合、各画素はマイクロレンズ 2 0 に対応する画素群のうちの同一位置関係にある画素を足し合わせる、即ち図 5 において縦方向に並んだ画素群 5 0 2 が 1 画素の生成のために積算される。つまり、画素群 5 0 2 は、撮像時の焦点位置において合焦している被写体像の同一部分に対応する光束が通過する画素群である。図では画素群 5 0 2 についてのみ枠を用いて示したが、撮影時に設定された焦点位置に合焦した再構成画像の水平 1 ラインを生成するためには、横軸に並んだ他の画素についても同様に縦方向に並んだ画素群を積算すればよい。

【 0 0 4 6 】

一方、図 2 ( b ) の画素 2 1 に対応して生成された水平ラインと画素 2 5 に対応して生成された水平ラインとにおいて、2 画素分の位相差が生じている被写体に合焦した再構成画像を生成する場合、図 5 に示した画素群 5 0 3 が 1 画素の生成のために積算される。即ち、該被写体について合焦する被写体距離においては位相差がなくなるため、図示されたように画素群 5 0 3 の画素 5 0 4 と画素 5 0 5 は、該被写体距離に合焦した再構成画像において合焦する同一の被写体像についての光束に対応している。図では画素群 5 0 3 についてのみ枠を用いて示したが、撮影時に設定された焦点位置に合焦した再構成画像の水平 1 ラインを生成するためには、各画素について設定された同様の傾き ( 画像の位相差によって決まる ) を有する枠に含まれる画素群を積算すればよい。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

なお、再構成画像の生成において積算される画素群を示す枠の傾きは、生成する再構成画像に対応する焦点面の位置が、L F データの撮影時に設定されていた焦点位置から遠いか小さいかによって正負が異なる。

【 0 0 4 8 】

( デモザイキング処理の原理 )

次に、本実施形態のデジタルカメラ 1 0 0 の画像処理部 1 0 3 で行われるデモザイキング処理について図を参照して説明する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態の撮像部 1 0 2 において撮像素子 1 0 9 の各画素に適用される色フィルタの分布は、例えば図 6 のようにされる。図 6 の ( a ) 及び ( b ) は各々、図 2 ( b ) と同様に各マイクロレンズ 2 0 に対して 5 × 5 の画素が割り当てられているものとする。

10

【 0 0 5 0 】

図 6 ( a ) の例では、撮像素子 1 0 9 の各画素には隣接する画素と異なる色フィルタが、所謂ベイア配列に従って適用されている。即ち、図示されるように撮像素子 1 0 9 において、行方向に G 成分のフィルタと R 成分のフィルタとが繰り返し適用される行と、行方向に B 成分のフィルタと G 成分のフィルタとが繰り返し適用される行とが、列方向に繰り返し設けられている。適用する色フィルタの配置をこのようにすることで、各分割瞳領域についての R A W 画像において、ベイア配列が形成される。即ち、図 6 ( a ) に示されるように、図 2 ( b ) における画素 2 1 に対応する位置に分類された画素を各マイクロレンズ 2 0 から抽出して生成された R A W 画像において 2 × 2 の画素群に注目すると、画素群 6 0 1 のようにベイア配列となる。また同様に、図 2 ( b ) における画素 2 5 に対応する位置に分類された画素を各マイクロレンズ 2 0 から抽出して生成された R A W 画像において 2 × 2 の画素群に注目すると、画素群 6 0 2 のようにベイア配列となる。

20

【 0 0 5 1 】

なお、図 6 ( a ) の例については、マイクロレンズ 2 0 について割り当てられる撮像素子 1 0 9 の画素が、奇数行 × 奇数列となっていることが必要である。即ち、瞳領域が奇数行 × 奇数列の領域に分割される場合にのみ、各分割瞳領域についての R A W 画像をベイア配列とすることができる。

【 0 0 5 2 】

一方、図 6 ( b ) の例では、レンズ 2 0 0 について割り当てられる撮像素子 1 0 9 の画素についての条件はない。図 6 ( b ) の例では、隣接するマイクロレンズ 2 0 について異なる色フィルタが、あるいは隣接するマイクロレンズ 2 0 に割り当てられた画素について異なる色フィルタが適用されている例を示している。図示されるように、マイクロレンズ 2 0 に対応する画素群ごとに適用される色フィルタをベイア配列に従って規定することで、各分割瞳領域についての R A W 画像において注目した 2 × 2 の画素群は、画素群 6 1 1 及び 6 1 2 のようにベイア配列となる。

30

【 0 0 5 3 】

なお、以下の説明において撮像素子 1 0 9 の各画素に適用される色フィルタは、図 6 ( a ) や図 6 ( b ) のように設定されるものとして説明するが、本発明の実施はこれに限られるものではない。即ち、撮像素子 1 0 9 における各色成分のフィルタの分布は、同一の瞳領域に対応する R A W 画像を生成した際に異なる色成分の信号強度を示す画素が隣接していればよい。

40

【 0 0 5 4 】

このような各分割瞳領域についてのベイア配列を有する R A W 画像を用いて、画像処理部 1 0 3 は各画素について不足する色成分の信号強度を取得する。

【 0 0 5 5 】

例えば図 7 ( a ) 及び ( b ) に示されるように、撮影時にデジタルカメラ 1 0 0 からの距離が異なる被写体 7 0 1 及び 7 0 2 が画角に含まれる場合について考える。また、該状況についての R A W - L F データが、被写体 7 0 1 と被写体 7 0 2 の中間にある任意の距離 7 0 3 の被写体に合焦する設定で取得されたとする。このとき、R A W - L F データが

50

ら生成した各分割瞳領域についてのRAW画像は、再構成画像を生成する際と同様に、特定の被写体距離で位相差がなくなる被写体に注目することで、各画素に不足している色成分の信号強度を補間することができる。

【0056】

図7(c)及び(d)は、図5と同様に、図2(b)の画素21乃至25に対応する分割瞳領域についてのRAW画像の水平1ラインを、G成分に注目して示している。

【0057】

例えば被写体701について、画素21に対応して生成された水平ラインと画素25に対応して生成された水平ラインにおいて4画素分の位相差が検出されたとする。このとき図7(c)に示されるような画素群710が、被写体701の像の同一部分に対応している場合、画素群710に含まれる画素711乃至715は、原理的に同一のG成分を有することになる。即ち、例えばG成分の信号強度を示さない画素712及び714のそれぞれについて、画素711と713、画素713と715のG成分の信号から補間してG成分の信号を生成することで、不自然な色補間の発生を回避することができる。つまり、少なくとも被写体701については、該被写体に焦点があった再構成画像を生成した場合に、再構成画像において該被写体の像の偽色やモアレの発生を低減することができる。このとき、補間に用いられる画素は視点位置が近い、即ち光束が通過した瞳領域が近い画素を用いることで、遮蔽等の影響を受けない、より自然な色補間とすることができる。

【0058】

また例えば被写体702について、画素21に対応して生成された水平ラインと画素25に対応して生成された水平ラインにおいて被写体701とは逆方向に4画素分の位相差が検出されたとする。このとき図7(d)に示されるような画素群720が、被写体702の像の同一部分に対応している場合、画素群720に含まれる画素721乃至725は、原理的に同一のG成分を有することになる。即ち、例えばG成分の信号強度を示さない画素722及び724のそれぞれについて、画素721と723、画素723と725のG成分の信号から補間してG成分の信号を生成することで、不自然な色補間の発生を回避することができる。つまり、少なくとも被写体702については、該被写体に焦点があった再構成画像を生成した場合に、再構成画像において該被写体の像の偽色やモアレの発生を低減することができる。

【0059】

このように、本実施形態の画像処理部103では、位相差が検出できた被写体については、該被写体像に対応する画素において不足している色成分の信号強度を、同一の像についての光束が結像された、他の画素の信号を利用して補間することができる。

【0060】

なお、本実施形態では特定の画素について不足している色成分の信号強度を、同一の像についての光束が結像された複数の画素の信号から生成するものとして説明した。しかしながら、原理的にはこれらの画素は同一の信号強度を示すはずであるので、不足している色成分の信号強度については、同一の像に対応するいずれかの画素の該色成分の信号強度を代入してもよい。

【0061】

また位相差が検出できなかった被写体については従来の手法と同様に、分割瞳領域の各々についてのRAW画像内で、該被写体に対応する画素の周囲の画素を用いて不足している色成分の信号強度を補間すればよい。この際、位相差が検出できた被写体についての色成分を先行して補間しておくことで、偽色やモアレの発生をある程度低減することが可能である。

【0062】

S305におけるデモザイキング処理が完了した後、カメラ制御部101は出力されたLFデータを不図示の記録媒体に記録し、本LFデータ生成処理を完了する。

【0063】

なお、本実施形態ではデモザイキング処理において、被写体の位相差が検出可能か否か

10

20

30

40

50

に応じて不足している色成分の補間を同一の分割瞳領域についてのRAW画像内で行うか否かを分けるものとして説明した。しかしながら、他の分割瞳領域についてのRAW画像の画素を用いて補間を行う場合は上述したように、少なくとも位相差の検出対象とする2つの輝度画像において検出対象の被写体がランバート面であることが条件となる。このため、位相差検出を行う際にSADの極小値が予め定められた値よりも大きく、ランバート面とみなすことができない類似度である場合は、該被写体については同一の分割瞳領域についてのRAW画像内の周辺画素を用いて補間を行うようにしてもよい。

【0064】

また、本発明は図8に示すような他の光学系についても適用可能である。図8は物体（被写体）からの光束が撮像素子109上に結像する状態を模式的に示した図である。図8（a）は図2で説明した光学系と対応しており、撮像光学系202の結像面近傍にマイクロレンズアレイ108を配置した例である。図8（b）は撮像光学系202の結像面よりも物体寄りにマイクロレンズアレイ108を配置した例である。図8（c）は撮像光学系202の結像面よりも物体から遠い側にマイクロレンズアレイ108を配置した例である。

10

【0065】

図8において、図2と共通する構成については同じ参照数字を付し、重複する説明を省略する。51は物体平面であり、51a、51bは物体平面上の任意の点である。52は撮像光学系202の瞳平面を、61、62、71、72、73、81、82、83、84はマイクロレンズアレイ108上の特定のマイクロレンズをそれぞれ示している。

20

【0066】

また、図8（b）および（c）においては、図8（a）との対応関係を明確にするために、仮想的な撮像素子109a及び仮想的なマイクロレンズアレイ108aを示した。また、物体平面上の点51aから瞳平面52の瞳領域31および33を通過する光束を実線で、物体平面上の点51bから瞳平面52の瞳領域31および33を通過する光束を破線で図示した。

【0067】

図8（a）の例では、図3でも説明したように、撮像光学系202の結像面近傍にマイクロレンズアレイ108を配置することで、撮像素子109と撮像光学系の瞳平面52が共役の関係にある。さらに、物体平面51とマイクロレンズアレイ108が共役の関係にある。このため物体平面51上の点51aからの光束はマイクロレンズ61に、点51bからの光束はマイクロレンズ62に到達し、瞳領域31から35それぞれを通過した光束はマイクロレンズに対応するように設けられた画素に到達する。

30

【0068】

図8（b）の例では、マイクロレンズアレイ108によって撮像光学系202からの光束を結像させ、その結像面に撮像素子109を設けている。このように配置することで、物体平面51と撮像素子109とは共役の関係になる。物体平面51上の点51aから瞳平面52の瞳領域31を通過した光束はマイクロレンズ71に到達し、点51aから瞳平面上の瞳領域33を通過した光束はマイクロレンズ72に到達する。また、物体平面51上の点51bから瞳平面52の瞳領域31を通過した光束はマイクロレンズ72に到達し、点51bから瞳平面52の瞳領域33を通過した光束はマイクロレンズ73に到達する。各マイクロレンズを通過した光束は、マイクロレンズに対応するように設けられた画素に到達する。このように、物体平面からの光束は、その出射位置と、通過する瞳領域に応じて撮像素子109の撮像面における異なる位置に結像する。これらを、仮想的な撮像面50における位置に並べなおせば、図8（a）の撮像面で得られる情報と同様の情報を得ることができる。即ち、通過した瞳領域（入射角度）と撮像素子109上の位置の情報を得ることができる。

40

【0069】

図8（c）の例では、マイクロレンズアレイ108で撮像光学系202からの光束を再結像させ（一度結像した光束が拡散する状態にあるものを結像させるので再結像と呼ぶ）

50

、その再結像面に撮像素子109の撮像面を配置する。このように配置することで、物体平面51と撮像素子109は共役の関係となる。物体平面51上の点51aから瞳平面52の瞳領域31を通過した光束はマイクロレンズ82に到達し、点51aから瞳平面52の瞳領域33を通過した光束はマイクロレンズ81に到達する。また、物体平面51の点51bから瞳平面52の瞳領域31を通過した光束はマイクロレンズ84に到達し、点51bから瞳平面52の瞳領域33を通過した光束はマイクロレンズ83に到達する。各マイクロレンズを通過した光束は、マイクロレンズに対応するように設けられた画素に到達する。

#### 【0070】

図8(b)の場合と同様に、撮像素子109で得られた画素の信号を、仮想的な撮像面50における位置に並び替えれば、図8(a)の撮像面で得られる情報と同様の情報を得ることができる。即ち、通過した瞳領域(入射角度)と撮像素子109上の位置の情報を得ることができる。

#### 【0071】

なお、図8ではマイクロレンズアレイ108(位相変調素子)を用いて瞳分割を行い、光束の位置情報と角度情報を取得する構成例を示したが、位置情報と角度情報(瞳の通過領域を制限することと等価)を取得可能なものであれば他の構成も利用可能である。例えば、基本パターンの繰り返しから構成されるパターンマスク(ゲイン変調素子)をマイクロレンズアレイ108の代わりに用いる構成であってもよい。また図8(d)に示すような多眼光学系(カメラアレイ)にも、本発明は適用可能である。図8(d)において、各多眼光学系の各カメラは、図8(a)乃至(c)における瞳領域31乃至35に対応する位置に撮像光学系を配置し、各撮像素子109a乃至cに像を結像させる。このようにして各撮像素子から得られる画像は、撮影位置が異なっており、上述した各分割瞳領域についてのRAW画像に対応している。このため、各カメラの位置関係に応じて同一の被写体像が結像される画素を特定することで、各画素について不足している色成分の信号強度を好適に補間することができる。

#### 【0072】

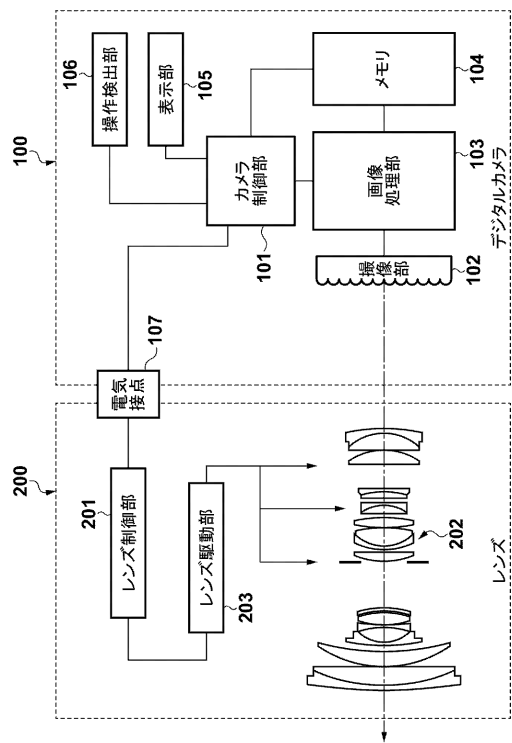
以上説明したように、本実施形態の画像処理装置は、好適に色再現した画像を再構成可能なLFデータを生成することができる。具体的には画像処理装置は、同一時間に同一被写体を異なる位置で撮像して得られた複数の画像信号であって、各画素が予め定められた複数の色成分のうちのいずれか1つの色成分の信号強度を示す画像信号を取得する。そして取得した複数の画像信号のうち、同一被写体距離に存在する同一の被写体像に対応する画素を特定し、該対応する画素の各々について、画素に存在しない色成分の信号強度を対応する画素のうちの他の画素の該色成分の信号強度を用いて生成する。

#### 【0073】

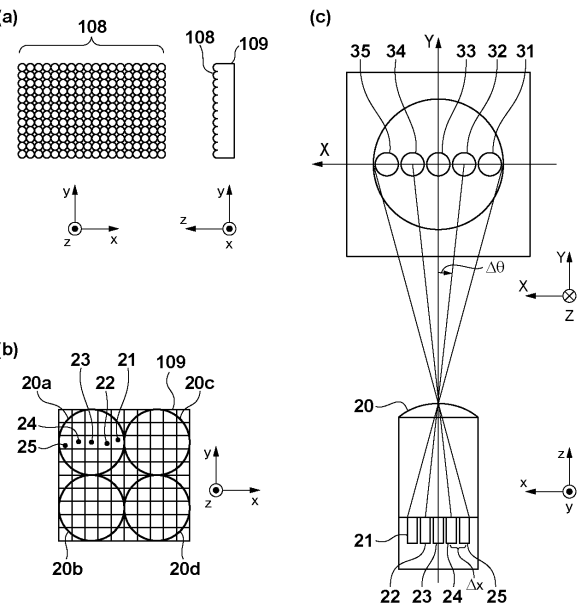
##### [その他の実施形態]

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

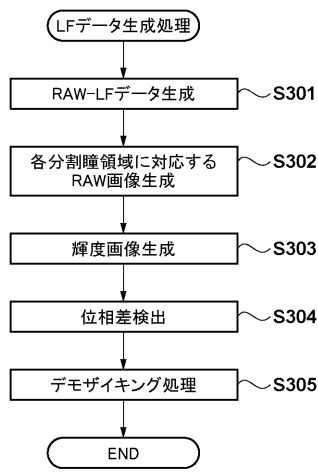
【図 1】



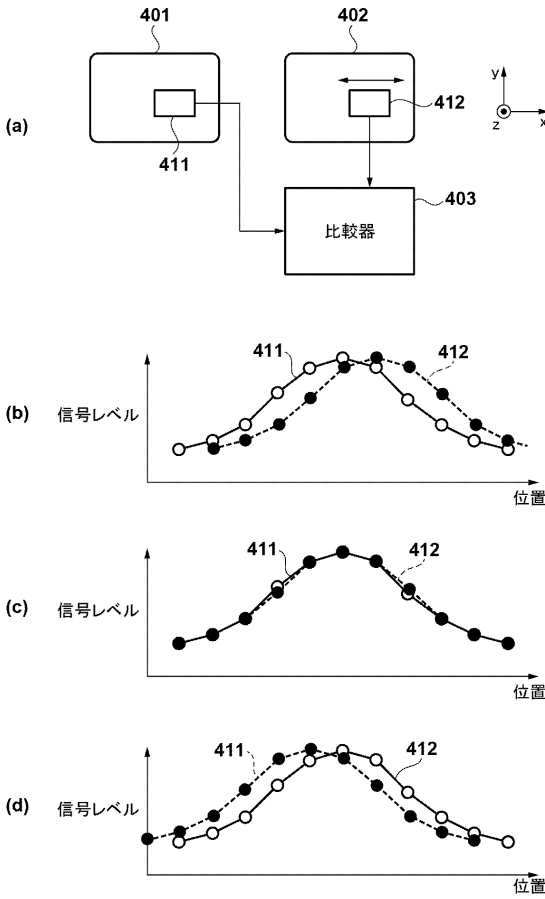
【図 2】



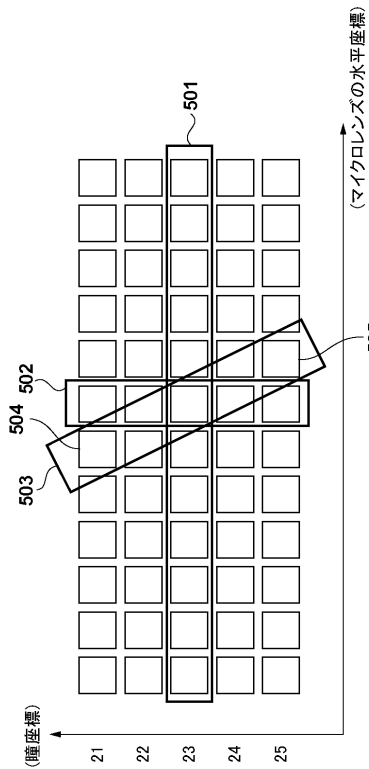
【図 3】



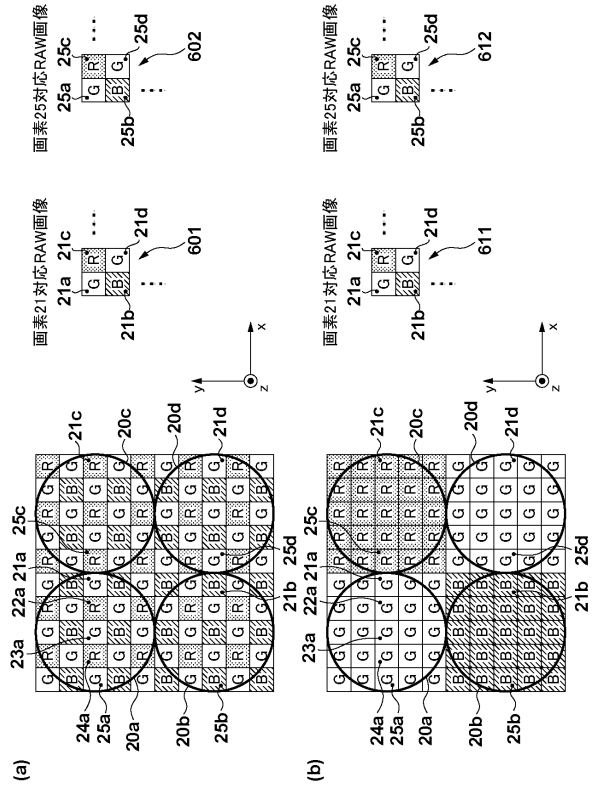
【図 4】



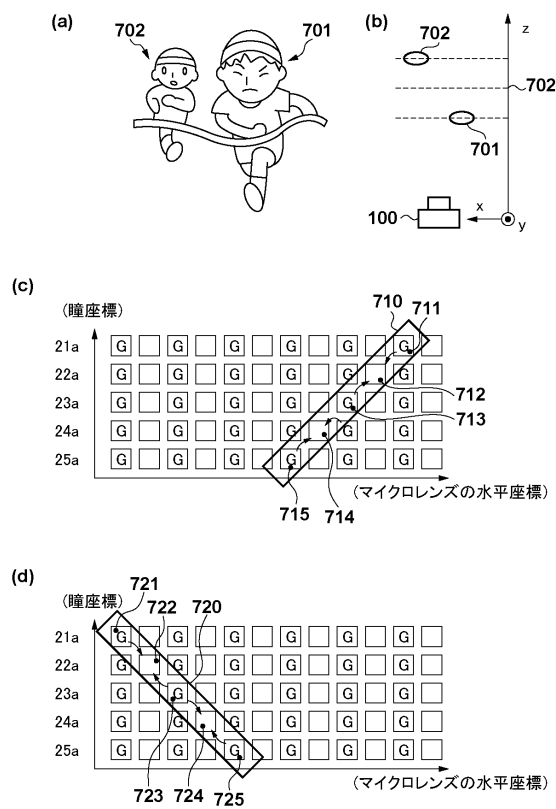
【図 5】



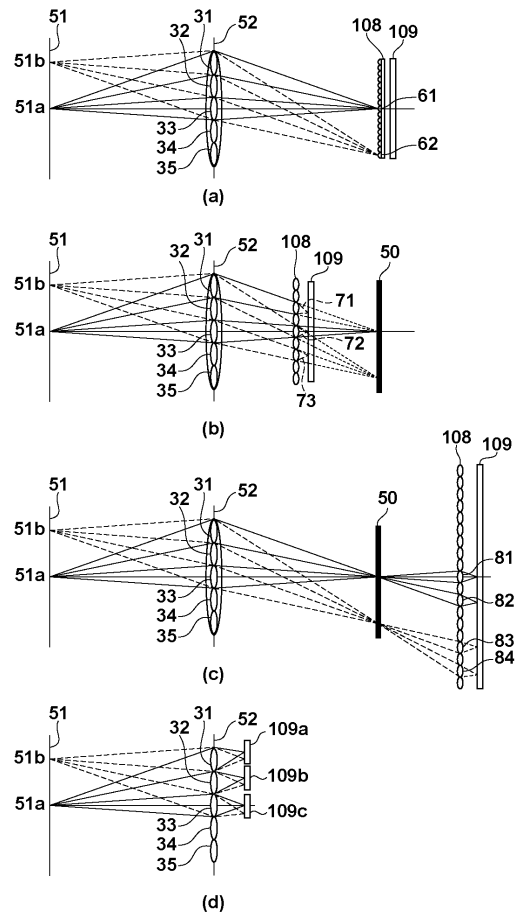
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(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 西谷 憲人

(56)参考文献 特開2009-021683(JP,A)  
特開2012-168246(JP,A)  
特開2009-124213(JP,A)  
特開2007-158597(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04N 9/07  
G06T 5/50