(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 5 月 14 日(14.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/053178 A1

(51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) *H04N 5/335* (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069053

(22) 国際出願日: 2009 年 11 月 9 日(09.11.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-286800 2008 年 11 月 7 日(07.11.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩根　透 (IWANE, Toru) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号　株式会社ニコン知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 永井　冬紀, 外(NAGAI, Fuyuki et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目１番３号　東京桜田ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

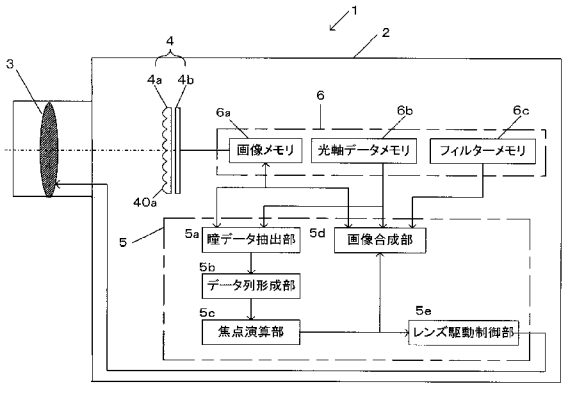
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: DEVICE FOR IMAGE CAPTURE AND METHOD OF IMAGE PROCESSING

(54) 発明の名称 : 撮像装置および画像処理方法

[図1]

【図1】



5a PUPIL DATA EXTRACTION UNIT
5b DATA ARRAY FORMATION UNIT
5c FOCUS COMPUTATION UNIT
5d IMAGE COMPOSITION UNIT
5e LENS DRIVE CONTROL UNIT
6a IMAGE MEMORY
6b OPTICAL AXIS DATA MEMORY
6c FILTER MEMORY

(57) **Abstract**: Disclosed is a device for image capture, comprising an optical photographic assembly, a photoelectric conversion element array, which positions, in a row, a plurality of photoelectric conversion elements, which receive a beam of light that passes through the optical photographic assembly and output a signal, a microlens array, which is positioned between the optical photographic assembly and the photoelectric conversion element array, wherein a plurality of microlenses are positioned in a row, and the plurality of photoelectric conversion elements are positioned in the photoelectric conversion element array behind each of the plurality of microlenses, a data creation unit, which causes a filter matrix data to act upon the outputted signal of the plurality of photoelectric conversion elements, and creates, for each of the plurality of microlenses, a pixel data from a plurality of pixels upon a predetermined image formation surface that is formed by the optical photographic assembly, and an image composition unit, which composites, based on the pixel data that the data creation unit creates, an image upon the predetermined image formation surface, at an arbitrary location in the direction of the optical axis of the optical photographic assembly, wherein the filter matrix data further comprises a two-dimensional data array that complies with a predetermined density distribution that treats, as a center of the distribution, an element that corresponds to a center location of each respective captured image of the plurality of pixels, which is formed upon the photoelectric conversion element array by each of the plurality of microlenses.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/053178 A1

撮像装置は、撮影光学系と、撮影光学系を透過した光束を受光して信号を出力する複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、撮影光学系と光電変換素子アレイとの間に配置され、かつ複数のマイクロレンズが配列され、複数のマイクロレンズの各々の背後に複数の光電変換素子が光電変換素子アレイに配列されているマイクロレンズアレイと、複数の光電変換素子の出力信号にフィルターマトリクスデータを作用させて、複数のマイクロレンズの各々について撮影光学系による所定の結像面における複数の画素の画素データを作成するデータ作成部と、データ作成部の作成した画素データに基づいて撮影光学系の光軸方向の任意の位置における所定の結像面上の画像を合成する画像合成部とを有し、フィルターマトリクスデータは、複数のマイクロレンズの各々によって光電変換素子アレイ上に形成される複数の画素の各々の投影像の中心位置に対応する要素を分布中心とする所定の強度分布に従った二次元データ配列を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 撮像装置および画像処理方法

技術分野

[0001] 本発明は画像合成を行う撮像装置および画像処理方法に関する。

背景技術

[0002] 撮影光学系と、複数のマイクロレンズの各々の背後に複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、その撮影光学系とその光電変換素子アレイとの間に配置され、その複数のマイクロレンズを配列したマイクロレンズアレイとを用いて撮影光学系の光軸方向の任意の位置に焦点の合った画像を合成するようにした画像合成カメラが知られている（特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２００７－００４４７１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述した従来の画像合成カメラでは、マイクロレンズアレイと光電変換素子アレイとからなる撮像素子を用いており、撮影光学系によりマイクロレンズアレイの略マイクロレンズ頂点面に被写体像を結像し、各マイクロレンズからの光をそのほぼ焦点位置に配列した光電変換素子上で受光し、デジタル画像データを生成する。その結果、上述した従来の画像合成カメラでは、撮像画像がマイクロレンズの大きさの画素を有することになり、画像の最小分解能はマイクロレンズの大きさになる。

[0005] また、上述した従来の画像合成カメラは、撮像画像の奥行き方向の画像合成面の位置、つまり撮影光学系の光軸と垂直に交わる画像合成面の位置は、マイクロレンズアレイ上の各マイクロレンズに対応する光電変換素子の数が多いほど微調整が可能になる。しかし、マイクロレンズを小さくし、かつ光電変換素子アレイ上の各光電変換素子の大きさを縮小してマイクロレンズ１

個当たりの光電変換素子数を多くするには限界がある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第１の態様によると、撮像装置は、撮影光学系と、撮影光学系を透過した光束を受光して信号を出力する複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、撮影光学系と光電変換素子アレイとの間に配置され、かつ複数のマイクロレンズが配列され、複数のマイクロレンズの各々の背後に複数の光電変換素子が光電変換素子アレイに配列されているマイクロレンズアレイと、複数の光電変換素子の出力信号にフィルターマトリクスデータを作用させて、複数のマイクロレンズの各々について撮影光学系による所定の結像面における複数の画素の画素データを作成するデータ作成部と、データ作成部の作成した画素データに基づいて撮影光学系の光軸方向の任意の位置における所定の結像面上の画像を合成する画像合成部とを有し、フィルターマトリクスデータは、複数のマイクロレンズの各々によって光電変換素子アレイ上に形成される複数の画素の各々の投影像の中心位置に対応する要素を分布中心とする所定の強度分布に従った二次元データ配列を有する。

本発明の第２の態様によると、第１の態様の撮像装置において、中心位置は、所定の結像面の光軸方向の位置に依存し、所定の強度分布は、中心位置に応じて異なるのが好ましい。

本発明の第３の態様によると、第１または第２の態様による撮像装置において、撮影光学系は、被写体像を合焦させる所定の結像面の光軸方向の位置を変化させる焦点調節機能を有しているのが好ましい。

本発明の第４の態様によると、第１または第２の態様による撮像装置において、所定の強度分布は、分布中心における強度が最大となるガウス分布であるのが好ましい。

本発明の第５の態様によると、第３の態様による撮像装置において、撮影光学系は、所定の結像面の光軸方向の位置とマイクロレンズアレイとの距離が、複数のマイクロレンズの各々の焦点距離の略１～３倍の範囲に含まれるように、焦点調節機能により、所定の結像面の光軸方向の位置を変化させる

のが好ましい。

本発明の第６の態様によると、第１の態様による撮像装置において、画像合成部は、所定の結像面の位置を変化させる結像位置可変部を有し、データ作成部は、所定の結像面の位置に応じて変化する中心位置に合わせて所定の強度分布を異ならせるのが好ましい。

本発明の第７の態様によると、第６の態様による撮像装置において、結像位置可変部は、所定の結像面の位置とマイクロレンズアレイとの距離が、複数のマイクロレンズの各々の焦点距離の略１～３倍の範囲に含まれるように、所定の結像面の位置を変化させるのが好ましい。

本発明の第８の態様によると、撮影光学系と、撮影光学系を透過した光束を受光して信号を出力する複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、撮影光学系と光電変換素子アレイとの間に配置され、複数のマイクロレンズを配列したマイクロレンズアレイとを有する撮像装置により撮像した画像を処理する画像処理方法は、複数のマイクロレンズの各々によって光電変換素子アレイ上に形成される複数の画素の各々の投影像の中心位置に対応する要素を分布中心とする所定の強度分布に従った二次元データ配列を有するフィルターマトリクスデータを、複数の光電変換素子の出力信号に作用させて、複数のマイクロレンズの各々について撮影光学系による所定の結像面における複数の画素の画素データを作成し、画素データに基づいて撮影光学系の光軸方向の任意の位置における所定の結像面上の画像を合成する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、一実施の形態のデジタルカメラの構成を示す図である。

[図2]図２は、マイクロレンズアレイの一つのマイクロレンズの外周を光電変換素子アレイ上に投影した図である。

[図3]図３は、マイクロレンズアレイと光電変換素子アレイの一部分を、撮影レンズの光軸を含む面で切った断面図である。

[図4]図４は、二次元フィルターマトリクスの一例を示す図である。

[図5]図５は、二次元フィルターマトリクスの一例を示す図である。

[図6]図６は、二次元フィルターマトリクスの一例を示す図である。

[図7]図７は、焦点面上の仮想画素とマイクロレンズを介して光電変換素子アレイ上に投影される投影像との位置関係を示す図である。

[図8]図８は、焦点検出演算における三点内挿処理の原理を説明する図である。

[図9]図９は、変形例の二次元フィルターマトリクスの一例を示す図である。

[図10]図１０は、六方稠密配列のマイクロレンズアレイのマイクロレンズと、マイクロレンズに対応する光電変換素子との関係を示す図である。

[図11]図１１は、六方稠密配列のマイクロレンズアレイを用いた場合の、マイクロレンズに対応する光電変換素子出力マトリクスを求めるマスクマトリクスの一例を示す図である。

[図12]図１２は、仮想的な光電変換素子を説明するための図である。

[図13]図１３は、焦点面における仮想的な画素の位置、および光電変換素子アレイ上におけるその仮想的な画素のボケ像の中心位置を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 本発明の撮像装置をデジタルカメラに適用した一実施の形態を説明する。図１は一実施の形態のデジタルカメラの構成を示す図であり、この図により一実施の形態の構成を説明する。なお、図１では本発明に直接関係のある装置およびユニットのみを図示する。

[0009] 一実施の形態のデジタルカメラ１には、カメラボディ２に撮影レンズ３が装着されている。カメラボディ２は撮像素子４、駆動制御装置５、メモリ６などを備えている。撮像素子４は、微小なマイクロレンズ４０ａを平面上に稠密に配列したマイクロレンズアレイ４ａと、微小な光電変換素子を平面上に稠密に配列した光電変換素子アレイ４ｂとから構成される。

[0010] 一実施の形態のマイクロレンズアレイ４ａでは、マイクロレンズが二次元状に稠密に正方格子配列されている。なお、マイクロレンズの配列は正方配列に限定されず、千鳥状配列やハニカム状配列（六方稠密配列）としてもよい。

[0011] 図２は、マイクロレンズアレイ４ａの一つのマイクロレンズ４０ａの外周を光電変換素子アレイ４ｂ上に投影した図である。一実施の形態の光電変換素子アレイ４ｂでは、微小な光電変換素子４０ｂがマイクロレンズ４０ａの焦点距離の位置にある受光面に正方格子状に配列されている。マイクロレンズアレイ４ａの各マイクロレンズ４０ａは、図２に示すように光電変換素子アレイ４ｂを構成する複数の光電変換素子４０ｂをその外周範囲内に包含している。すなわち、一つのマイクロレンズを通った光束は複数の光電変換素子４０ｂで受光される。

[0012] この一実施の形態では、マイクロレンズ４０ａの直径を光電変換素子１１個分の長さとし、マイクロレンズ１個に対し縦１１個、横１１個の正方格子状に配列された光電変換素子マトリクスを対応させている。なお、１個のマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子４０ｂの個数はこの一実施の形態の１１×１１個に限定されない。また、図２の中に記載した“右瞳”、“左瞳”および“マイクロレンズ光軸Ｌ”については後述する。

[0013] 図１において、駆動制御装置５は、図示しないマイクロコンピューターとメモリ、Ａ／Ｄコンバーター、および駆動回路などの周辺部品を含み、カメラ１の種々の演算制御、シーケンス制御、レンズ駆動制御、絞り駆動制御、およびミラー駆動制御などを実行する。駆動制御装置５は、マイクロコンピューターのソフトウエアにより機能的に実現された瞳データ抽出部５ａ、データ列形成部５ｂ、焦点演算部５ｃ、画像合成部５ｄ、およびレンズ駆動制御部５ｅなどを有している。これらの各部５ａ～５ｅの詳細については後述する。

[0014] メモリ６は種々のデータや画像を記憶する。画像メモリ６ａは撮像素子４により撮像された画像を記憶する。光軸データメモリ６ｂは、図２に示すように、マイクロレンズアレイ４ａを構成する各マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌの位置データを記憶するメモリである。このマイクロレンズ４０ａの光軸Ｌの光軸位置データは、各マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌが位置する光電変換素子アレイ４ｂにおける光電変換素子４０ｂの位置で表される座標を小数

のオーダで表したものである。つまり、１個の光電変換素子４０ｂを１とした単位よりも小さい値、例えば０．５個の光電変換素子４０ｂを０．５というようにして、光軸Ｌの位置を正確に表したものである。

[0015] なお、一実施の形態を示す図２では、縦１１個、横１１個の正方格子配列の光電変換素子アレイ４ｂの中心（図２において、×印を付与した位置）、すなわち光電変換素子アレイ４ｂの中央にある光電変換素子４０ｂの中心を、マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌの位置とする例を示す。しかし、実際にはマイクロレンズ４０ａの光軸Ｌが光電変換素子４０ｂの中心に位置するようにマイクロレンズアレイ４ａと光電変換素子アレイ４ｂを製作することは難しい。

[0016] そこで、図１２に示すように、光軸データメモリ６ｂに記憶されている各マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌの光軸位置データに基づいて、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子４０ｂの出力する信号から、マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌが中心を通る仮想的な光電変換素子４００ｂの出力を演算により求める。これらの仮想的な光電変換素子４００ｂの出力を有する縦１１個、横１１個の正方格子配列の仮想的な光電変換素子出力のマトリクスを作成し、後述する一実施の形態の画像合成に用いる。なお、こうして求めた仮想的な光電変換素子出力のマトリクスを以下の説明における光電変換素子マトリクスに含まれるものとすれば、図２に示すようなマイクロレンズ４０ａの光軸Ｌが光電変換素子４０ｂの中心に位置する例と同様に理解することができる。以下においては、説明を簡単にするため、マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌは光電変換素子４０ｂの中心に位置するものとする。

[0017] フィルターメモリ６ｃは、撮影レンズ３の光軸に対して垂直な面において画像を合成する際に、光電変換素子マトリクスに作用させるための二次元フィルターを記憶するメモリである。この二次元フィルターについては後述する。

[0018] 次に、高分解能な画像を合成する原理について説明する。上述したように、従来の画像合成カメラでは、合成された画像がマイクロレンズの大きさの

画素を有し、画像の最小分解能はマイクロレンズの大きさになっていた。この一実施の形態では、マイクロレンズの大きさよりも小さい画素を有し、最小分解能がマイクロレンズよりも小さい高精細な画像を合成する。

[0019] 図３は、マイクロレンズアレイ４ａと光電変換素子アレイ４ｂの一部分を、撮影レンズ３の光軸を含む平面で切った断面図である。図３において、撮影レンズ３の結像面、すなわち焦点面Ｓがマイクロレンズアレイ４ａに含まれるマイクロレンズ４０ａの頂点の属する平面（以下、「マイクロレンズ頂点面」という）から距離ｙの位置にある場合を示す。この例では、距離ｙがマイクロレンズアレイ４ａに含まれるマイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆよりわずかに長い距離（ｙ＞ｆ）とした場合を示す。マイクロレンズ４０ａは極めて薄いため、以下の説明においては、マイクロレンズ４０ａの厚さはほぼ０として無視できるものとして説明する。この一実施の形態では、焦点面Ｓに結像された撮影レンズ３による被写体像を、光電変換素子アレイ４ｂの出力に基づいて合成する。なお、焦点面Ｓに結像された被写体像は、焦点面Ｓにおいて二次元的な広がりを有するが、図３では撮影レンズ３の光軸を含む一つの平面（以下、「図３に示す平面」という）上においてのみ、一実施の形態の画像合成法を概念的に説明する。撮影レンズ３の焦点距離は、マイクロレンズ４０ａの焦点距離と略等しいものとする。

[0020] 焦点面Ｓと各マイクロレンズの光軸Ｌとが交わる点をＰ１とすると、各点Ｐ１を通り、各マイクロレンズ４０ａを介して光電変換素子アレイ４ｂへ導かれた光束は、光電変換素子アレイ４ｂ上において各マイクロレンズ４０ａごとにボケ像を結像する。このボケ像の中心位置は各マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’（マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌが光電変換素子アレイ４ｂの受光面と交わる位置）であり、点Ｐ１’の位置にある光電変換素子４０ｂを分布中心とした光量分布を有する。光電変換素子アレイ４ｂは各マイクロレンズ４０ａごとに光量分布に応じた画像信号を出力する。上述した従来の画像合成カメラでは、各マイクロレンズ４０ａごとの画像信号により焦点面Ｓ上に結像された各点Ｐ１の像を合成する。これにより、焦点面Ｓ上の各

点Ｐ１を中心としたマイクロレンズ４０ａ単位の画素を有する被写体像が合成される。

[0021] これに対しこの一実施の形態では、図３に示すように焦点面Ｓ上に複数の点、ここでは２個の点Ｐ２、Ｐ３を等間隔に、かつ、各マイクロレンズ４０ａの光軸Ｌに対して対称な位置に配置する。また、この一実施の形態では、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転させた平面（不図示）で、マイクロレンズアレイ４ａと光電変換素子アレイ４ｂの一部分を切った断面において、焦点面Ｓ上に複数の点、ここでは２個の点Ｐ４、Ｐ５を等間隔に、かつ、各マイクロレンズの光軸Ｌに対して対称な位置に配置する。図１３（ａ）に焦点面Ｓ上における点Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５の関係を示す。図１３（ａ）において、焦点面Ｓはその一部分のみを図示している。説明の便宜上、焦点面Ｓの背後に位置するマイクロレンズ４０ａの外縁をも図示している。これらの点Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５を仮想的な画素とし、マイクロレンズ４０ａごとに４個の画素を有する被写体像を合成する。

[0022] 上述した従来の画像合成カメラでは、マイクロレンズ４０ａごとに１個の点Ｐ１を画素とする画像を合成するのに対し、この一実施の形態では、マイクロレンズ４０ａごとに４個の点Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５を仮想的な画素とする画像を合成する。したがって、この一実施の形態によれば、従来の画像合成カメラに比べ画素数が４倍になり、４倍の分解能の画像を合成することができる。なお、以下では、図３に示す平面における画像合成法を説明するが、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転した平面における画像合成法も同様である。

[0023] 図３において、焦点面Ｓ上の点Ｐ２を通り、各マイクロレンズ４０ａを介して光電変換素子アレイ４ｂへ導かれた光束は、光電変換素子アレイ４ｂ上の位置Ｐ２’に各マイクロレンズ４０ａごとにボケ像を結ぶ。また、焦点面Ｓ上の点Ｐ３を通り、各マイクロレンズ４０ａを介して光電変換素子アレイ４ｂへ導かれた光束は、光電変換素子アレイ４ｂ上の位置Ｐ３’に各マイクロレンズ４０ａごとにボケ像を結ぶ。これらのボケ像は、それらの中心位置

Ｐ２’、Ｐ３’を分布中心とした光量分布Ｇを有し、光電変換素子アレイ４ｂは各マイクロレンズ４０ａごとにこれらの光量分布Ｇに応じた画像信号を出力する。

[0024] 各マイクロレンズ４０ａにより光電変換素子アレイ４ｂ上に投影される点Ｐ２、Ｐ３のボケ像の光量分布は、マイクロレンズ４０ａの曲面の状態により異なる点像分布を示すが、この一実施の形態では説明を解りやすくするためにガウス分布の光量分布を有するボケ像とみなして説明する。

[0025] 焦点面Ｓが、例えばマイクロレンズ頂点面からマイクロレンズの焦点距離ｆだけ離れた位置までの間にある場合には（０＜ｙ＜ｆ）、焦点面Ｓが図３に示した例よりもマイクロレンズアレイ４ａに近づいてくる。その結果、点Ｐ２、Ｐ３を出た光束の中心のなす角度αが図３に示した例よりも徐々に大きくなる。したがって、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像は図２に示す各マイクロレンズ４０ａが覆う光電変換素子４０ｂの範囲を超えて、隣接するマイクロレンズ４０ａが覆う光電変換素子４０ｂにまで拡散するため、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像を合成することが困難になる。

[0026] 一方、焦点面Ｓが、マイクロレンズ頂点面から撮影レンズ３側に、マイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆよりも離れた位置にある場合には（ｙ＞ｆ）、離れる量（ｙ）が大きくなるにつれ、点Ｐ２、Ｐ３を出た光束の中心のなす角度αは図３に示した例よりも徐々に小さくなる。したがって、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像は縮小し、光電変換素子アレイ４ｂ上で近づいてくるが、図２に示す各マイクロレンズ４０ａが覆う光電変換素子４０ｂの範囲に収まっていて、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像を合成することが可能である。離れる量（ｙ）がさらに大きくなると、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像は光電変換素子アレイ４ｂ上で近づきすぎ、両者を分離できなくなる。したがって、焦点面Ｓの位置には合成できる最適な範囲がある。この点については詳細を後述する。

[0027] マイクロレンズ４０ａの配列ピッチをｄとすると、上述したように、点Ｐ２および点Ｐ３は、図３に示す焦点面Ｓ上において交互にかつ等間隔に位置するので、その間隔はｄ／２となる。したがって、点Ｐ２または点Ｐ３と点

Ｐ１（光軸Ｌ）との距離は、ともにｄ／４である。マイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙが、マイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆと等しい（ｙ＝ｆ）場合、点Ｐ２または点Ｐ３の光電変換素子アレイ４ｂ上のボケ像の光量分布の中心Ｐ２’または中心Ｐ３’からマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’までの距離ｘは、ともにｄ／４となる。マイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙが変化する場合、点Ｐ２、Ｐ３の光電変換素子アレイ４ｂ上のボケ像の光量分布の中心Ｐ２’またはＰ３’からマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’までの距離ｘは、上述したようにマイクロレンズ４０ａの厚さを０とみなすと、式（１）で表される。

ｘ＝ｄ・ｆ／（４・ｙ）　　（１）

[0028] つまり、撮影レンズ３により焦点面Ｓ上の点Ｐ２、Ｐ３に結像された像は、各マイクロレンズ４０ａによって光電変換素子アレイ４ｂ上のマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’から距離ｘの位置Ｐ２’、Ｐ３’を中心とする光量分布Ｇのボケ像として投影される。換言すれば、撮像素子４により撮像された被写体像の画像データの内の、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子出力マトリクスから、各マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’から距離ｘの位置Ｐ２’，Ｐ３’を分布中心とするガウス分布に相当する画像データを抽出すれば、その画像データはマイクロレンズ頂点面から距離ｙの位置にある焦点面Ｓ上の点Ｐ２、Ｐ３に結像された像に対応する画像データとなる。

[0029] ここで、マイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙ、すなわち焦点位置の取り得る範囲について考察する。上述したように、距離ｙがマイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆより小さい場合には、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像が各マイクロレンズ４０ａが覆う光電変換素子４０ｂの範囲を超えて拡散するため、画像合成が不可能になる。逆に、距離ｙを焦点距離ｆより大きくしていくと、点Ｐ２、Ｐ３のボケ像が小さくなって各マイクロレンズ４０ａの光軸付近の光電変換素子４０ｂ上に重なり、ボケ像の光量分布Ｇが光軸付近に集中して光電変換素子４０ｂ単位での分離と解析が困難になる。したがって、

一実施の形態による画像合成法は、距離ｙがマイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆを単位とする略ｆから３ｆまでの所定範囲内にある場合に有効である。

[0030] なお、この所定範囲（ｆ～３ｆ）は必ずしも一義的に決定されるものではなく、マイクロレンズ４０ａの径や曲率などの仕様、撮影レンズ３の仕様などに応じて決定されるものである。

[0031] マイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙが略上記所定範囲（ｙ≒ｆ～３ｆ）内にある場合には、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子マトリクスの範囲内において、マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’から点Ｐ２、Ｐ３のボケ像の光量分布Ｇの分布中心Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘを上記式（１）により決定する。そして、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子出力マトリクスから位置Ｐ２’，Ｐ３’を中心とするガウス分布に相当する画像データを抽出すれば、焦点面Ｓ上の点Ｐ２、Ｐ３の像を合成することができる。

[0032] しかし、焦点面Ｓの位置が上記所定範囲（ｙ≒ｆ～３ｆ）を超える場合には、撮影レンズ３を駆動して焦点面Ｓが上記所定範囲（ｙ≒ｆ～３ｆ）内に入るようにしなければならない。なお、光電変換素子アレイ４ｂの光電変換素子出力に基づいて撮影画面内の任意の位置の撮影レンズ３の焦点調節状態を検出する方法については、詳細を後述する。

[0033] 次に、図１に示す画像合成部５ｄによる画像合成の具体的な方法について説明する。ここでは、ある一つのマイクロレンズ４０ａとそのマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子マトリクスに対する画像合成処理を説明するが、他のマイクロレンズ４０ａと対応する光電変換素子マトリクスに対する処理も同様である。

[0034] この一実施の形態では、一つのマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子出力マトリクスに対して二次元フィルター処理を施し、図３に示すような光量分布Ｇに相当する出力マトリクスを抽出する。二次元フィルター処理に用いられるフィルターマトリクスデータ（以下、単にフィルターマトリクスという）は、例えば図４に示すように、中心から周辺に向かって各要素の

値がガウス分布に沿って斬減するマトリクスであって、要素の値が０～２５５の２５６段階に正規化されたマトリクスを用いる。換言すると、フィルター―マトリクスは重み係数の分布を表しており、フィルター―マトリクスの各要素は重み係数を表している。上述したように、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子出力マトリクスは縦１１個、横１１個の要素から構成されているので、二次元フィルター―のマトリクスも縦１１個、横１１個の要素を有するものを用いる。

[0035] このような二次元フィルター―のマトリクスを、一つのマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子出力マトリクスに作用させ、要素ごとに積算した後、画素の出力レベルに正規化すれば、焦点面Ｓ上の対応する点、すなわち仮想的な画素の像を合成することができる。

[0036] 例えば図４に示す二次元フィルター―のマトリクスは、図３に示すマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’にボケ像の光量分布の分布中心があり、このフィルター―マトリクスをマイクロレンズ４０ａごとの光電変換素子出力マトリクスに作用させると、焦点面Ｓ上の点Ｐ１の像を合成することができる。つまり、上述した従来の画像合成カメラによる合成画像を得ることができる。

[0037] この一実施の形態では、図３に示す焦点面Ｓ上の点Ｐ２(図１３（ａ）参照)を仮想的な画素とする合成画像を生成するために、図５(ａ)に示す二次元フィルター―マトリクスを用いる。また、図３に示す焦点面Ｓ上の点Ｐ３(図１３（ａ）参照)を仮想的な画素とする合成画像を生成するために、図５(ｂ)に示す二次元フィルター―マトリクスを用いる。一方、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転した平面(不図示)において、焦点面Ｓ上の点Ｐ４(図１３（ａ）参照)を仮想的な画素とする合成画像を生成するために、図６(ａ)に示す二次元フィルター―マトリクスを用いる。また、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転した平面において、焦点面Ｓ上の点Ｐ５(図１３（ａ）参照)を仮想的な画素とする合成画像を生成するために、図６(ｂ)に示す二次元フィルター―マトリクスを用いる。

[0038] 図１３（ｂ）に光電変換素子アレイ４ｂ上における点Ｐ１’、Ｐ２’、Ｐ３’、Ｐ４’、Ｐ５’の関係を示す。図１３（ｂ）において、光電変換素子アレイ４ｂはその一部分のみを図示している。説明の便宜上、光電変換素子アレイ４ｂを覆うマイクロレンズアレイ４ａに含まれるマイクロレンズ４０ａの外縁をも図示している。図５（ａ）、（ｂ）に示す二次元フィルターは、図３において光電変換素子アレイ４ｂ上のマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’から距離ｘだけ離れた位置Ｐ２’、Ｐ３’に対応する要素が最大値２５５を有し、位置Ｐ２’、Ｐ３’から周辺に遠ざかるにしたがって各要素の値がガウス分布に沿って斬減するマトリクスのフィルターである（図１３（ｂ）参照）。図５（ｂ）に示すマトリクスは、マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’を中心に図５（ａ）に示すマトリクスを１８０度回転させたものである。

[0039] 同様に、図６（ａ）、（ｂ）に示す二次元フィルターは、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転させた平面（不図示）おいて、光電変換素子アレイ４ｂ上のマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’から距離ｘだけ離れた位置Ｐ４’、Ｐ５’（ともに不図示）に対応する要素が最大値２５５を有し、位置Ｐ４’、Ｐ５’から周辺に遠ざかるにしたがって各要素の値がガウス分布に沿って斬減するマトリクスのフィルターである。図６（ｂ）に示すマトリクスは、マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’を中心に図６（ａ）に示すマトリクスを１８０度回転させたものである。

[0040] この一実施の形態では、各マイクロレンズ４０ａに対して４個の仮想的な画素を均等に配置しているので、互いに対照的な４個の二次元フィルターマトリクスが必要になる。つまり、一実施の形態の二次元フィルターマトリクスは、１つのマトリクスを図５（ａ）、図６（ｂ）、図５（ｂ）、図６（ａ）の順にマイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｐ１’を中心にして９０度ずつ回転させたものである。マトリクスの要素が最大値２５５になる位置、つまりボケ像分布の分布中心になる位置は、焦点面の位置、すなわちマイクロレンズ頂点面から焦点面までの距離ｙに応じて上記式（１）により求められる。

[0041] 換言すれば、仮想的な画素の配置と個数、および焦点面の位置ごとに二次元フィルターマトリクスが異なることになり、予め仮想的な画素の配置と個数、および焦点面の位置ごとの二次元フィルターをフィルターメモリ６ｃ（図１参照）に記憶させておく必要がある。これにより、上述した距離ｙが略所定範囲（ｙ≒ｆ～３ｆ）内において、焦点の位置を想定するとそれに応じた画素出力が得られ、その焦点位置における高精細な、つまり高分解能な画像を合成することができる。

[0042] なお、この一実施の形態では、各マイクロレンズ４０ａに対して任意の焦点面Ｓ上に４個の仮想的な画素を均等に配置する例を示すが、仮想画素の個数と配置はこの一実施の形態に限定されるものではない。

[0043] 図１において、駆動制御装置５の画像合成部５ｄは、撮像素子４により撮像され画像メモリ６ａに記憶された画像データを読み出し、各マイクロレンズごとに対応する光電変換素子の出力マトリクスを作成する。一方、駆動制御装置５の瞳データ抽出部５ａ、データ列形成部５ｂおよび焦点演算部５ｃは、撮像画像の中の手動または自動で設定された焦点検出位置における撮影レンズ３の焦点調節状態を検出する。

[0044] なお、この焦点検出位置はカメラ背面のモニター(不図示)に写し出された上記撮像画像を見ながら、撮影者が操作部材を操作してピントを合わせたい任意の被写体位置にカーソルを移動して手動で設定してもよい。あるいは、撮像画像を処理して画像内から人物の顔の部分を認識し、顔の部分をピントを合わせたい位置として自動で設定するものであってもよい。

[0045] 画像合成部５ｄは、画像内の焦点検出位置における焦点検出結果に基づいて、焦点面の位置すなわちマイクロレンズ頂点面からの距離ｙを検出し、距離ｙがマイクロレンズの焦点距離ｆに関して略所定範囲（ｙ≒ｆ～３ｆ）内にあるか否かを判別する。当該所定範囲内にない場合には、駆動制御装置５のレンズ駆動制御部５ｅにより撮影レンズ３のモータを駆動させる等の制御により撮影レンズ３の焦点調節を行い、焦点検出位置の焦点面が上記所定範囲内に入るようにする。

[0046] 設定された焦点検出位置の焦点面の位置が上記所定範囲内にある場合には、フィルターメモリ６ｃに記憶されている二次元フィルターの中から、仮想的な画素と焦点面の位置に対応するフィルターを検索する。そして、各マイクロレンズごとに対応する光電変換素子出力マトリクスに対して二次元フィルターマトリクスを作用させ、要素ごとの積を積算した後、積算値を画素出力にふさわしいレベルに正規化する。

[0047] 画像合成部５ｄは、以上の処理を各マイクロレンズの仮想画素ごとに行い、マイクロレンズごとに４個の仮想画素出力を得る。最後に、これらのマイクロレンズごとの４個の仮想画素出力をマイクロレンズと仮想画素の配置にしたがって二次元平面上に展開し、合成画像を生成する。

[0048] マイクロレンズごとの４個の仮想画素出力を平面上に展開して合成画像を生成する際には、次のような仮想画素出力の整列処理を行う。図３に示すように、焦点面Ｓ上の点Ｐ２、Ｐ３と、マイクロレンズアレイ４ｂ上の位置Ｐ２’、Ｐ３’に投影されるボケ像とは、マイクロレンズごとに位置関係が反転している。そのため、図７（ａ）に示す光電変換素子アレイ４ｂ上の位置Ｐ２’、Ｐ３’，Ｐ４’，Ｐ５’のボケ像の配列を、図７（ｂ）に示すように焦点面Ｓ上の点Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５の配列に合わせて整列させる。なお、図７において、Ｐ４、Ｐ４’、Ｐ５、Ｐ５’は、図３に示す平面を撮影レンズ３の光軸を中心にして９０度回転させた平面で、マイクロレンズアレイ４ａと光電変換素子アレイ４ｂの一部分を切った断面における点である（図１３参照）。

[0049] 次に、図１に示す瞳データ抽出部５ａ、データ列形成部５ｂおよび焦点演算部５ｃによる焦点検出方法を説明する。図２において、マイクロレンズ４０ａの光軸位置Ｌに対して左右対称位置にあるそれぞれ３個の光電変換素子４０ｂからなる領域Ｒ１、Ｒ２は、対応するマイクロレンズ４０ａにより撮影レンズ３の射出瞳上に投影され、射出瞳上に一対の投影領域を形成する。撮影レンズ３の射出瞳上のこの一対の投影領域を通過する一対の光束は、撮影レンズ３およびマイクロレンズを介してマイクロレンズ光軸位置を中心と

する左右対称位置にあるそれぞれ３個の光電変換素子４０ｂからなる領域Ｒ１、Ｒ２へ導かれ、それぞれ領域Ｒ１、Ｒ２上に一対の瞳（右瞳および左瞳）の像が結像される。

[0050] この一対の瞳の像の位相差、すなわち像ずれ量は撮影レンズ３の焦点調節状態に応じて変化する。そのため、領域Ｒ１、Ｒ２に含まれるそれぞれ３個の光電変換素子４０ａから出力される一対の瞳の像に対応する一対の画像データ（一対の瞳データ）に基づいて像ずれ量を演算すれば、いわゆる瞳分割位相差検出方式により撮影レンズ３の焦点調節状態、つまり予定焦点面からの焦点の外れ量を検出することができる。

[0051] なお、左右一対の瞳データを抽出する光電変換素子の位置および個数は、図２に示す一実施の形態の位置および個数に限定されない。また、一対の瞳データの上記抽出例では左右対称位置の光電変換素子から画像データを抽出する例を示したが、焦点検出方向に応じて上下対称位置の光電変換素子、あるいは斜め対称位置の光電変換素子などから画像データを抽出することができる。

[0052] 駆動制御装置５のデータ列形成部５ｂは、左右方向に配列されている所定数のマイクロレンズに対応する左右一対の瞳データを、右瞳データと左瞳データに分けてマイクロレンズの順に並べ、右瞳データ列と左瞳データ列を構成する。

[0053] 駆動制御装置５の焦点演算部５ｃは、画像メモリ６ａから左右一対の瞳データ列を読み出し、上述した瞳分割位相差検出方式により焦点検出演算（相関演算）を行い、撮影レンズ３の焦点調節状態を検出する。

[0054] 一対のデータ列に基づく焦点検出演算については周知であるが、ここでその概要を説明する。上述した左右一対の瞳データ列をＡ{a_i}、Ｂ{b_i}とし、データの個数をそれぞれＮ個（ｉ＝１，２，・・・，Ｎ）とする。一対のデータ列Ａ、Ｂのずらし量をｋとしたとき、データ列ＡとＢの差分Ｄ（ｋ）は式（２）で表される。

$$D(k)=\Sigma\left|a_{i+k}-b_i\right| \qquad (2)$$

[0055] 式(２)により差分Ｄ（ｋ）が最も小さくなるずらし量ｋを求める。一対のデータ列Ａ、Ｂは離散的な数列であるから、マイクロレンズの間隔以上の分解能で差分Ｄ（ｋ）が最小値となる真のずらし量ｋを得ることはできない。

[0056] ここで、一対のデータ列Ａ、Ｂを正弦波の合成とみなすことができ、その内のある空間周波数ωを持つ正弦波信号に注目すると、式（２）は次式（３）とみなすことができる。

$$D(\theta)=K\int|\sin(\omega x+\theta)-\sin\omega x|\,dx \qquad (3)$$

[0057] さらに式(３)を変形すると次式が得られる。

$$D(\theta)=K'\,|\sin(\theta/2)\cdot\sin(\omega x+\phi)| \qquad (4)$$

[0058] 式(４)は他の空間周波数にも適用でき、これらもすべてθに関する項が独立に乗ぜられていることから、差分式は正弦波の絶対値で変化することがわかる。また、θが０付近では正弦波は線形であるから、図８に示すように左右同じ傾きの直線に挟まれた、谷間の底が最小値であると見なせる。

[0059] 以下の三点内挿演算により差分Ｄが最小となる真のずらし量ｋを求める。まず、式(２)により差分Ｄ（ｋ）の最小値Ｄ（ｊ）とその時のずらし量ｋ＝ｊを求める。次に、最小値Ｄ（ｊ）を与えるずらし量ｋ＝ｊに隣接するずらし量ｋ＝(ｊ－１)とｋ＝(ｊ＋１）とに対する差分Ｄ（ｊ－１）、Ｄ（ｊ＋１）の内、差分Ｄが大きい方が、たとえばＤ（ｊ－１）であるとする。この場合において、二点(ｋ，Ｄ（ｋ）)＝（ｊ，Ｄ（ｊ））,（ｊ－１，Ｄ（ｊ－１））を結ぶ直線を引き、この直線の傾きをａとする。二番目に小さい差分Ｄ（ｊ＋１）を与えるずらし量ｋ＝（ｊ＋１）に対応する点(ｊ＋１，Ｄ（ｊ＋１））を通る傾き(－ａ）の直線を引き、２本の直線の交点を差分Ｄ（ｋ）の真の最小値D_{min}とし、その真の最小差分D_{min}を与えるずらし量ｋを真のずらし量k_{min}とする。

[0060] この真のずらし量k_{min}に所定の変換係数ｍを乗じ、撮影レンズ３による被写体像面の予定焦点面（マイクロレンズ頂点面）からの焦点の外れ量、すなわちデフォーカス量ＤＥＦを式（５）により求める。

$$DEF=m\cdot k_{min} \qquad (5)$$

[0061] 以上の方法により、撮像画像の中の手動または自動で設定された焦点検出位置における撮影レンズ３の焦点調節状態を検出することができる。

[0062] 次に、仮想的な画素に対するボケ像について説明する。図３に示すように、焦点面Ｓの位置、すなわちマイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙに応じて、光電変換素子アレイ４ｂ上のマイクロレンズ光軸位置Ｐ１’から仮想画素のボケ像の中心位置Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘと、二次元フィルターマトリクスの要素の最大値の位置とが変化する。この一実施の形態では、仮想的な画素（Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５）と焦点面Ｓの位置に応じた二次元フィルターをフィルターメモリ６ｃ（図１参照）に予め記憶しておく例を示したが、仮想的な画素と焦点面の位置に応じてその都度演算により求めてもよい。

[0063] ところで、焦点面Ｓの位置が移動すると、仮想画素のボケ像のボケ状態が変化する。焦点面Ｓがマイクロレンズアレイ４ａから遠ざかる、つまり距離ｙが大きくなるほど、各マイクロレンズ４０ａにより光電変換素子アレイ４ｂ上に投影される点Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ５の像はボケが小さくなってボケの無い結像状態に近づいていく。したがって、二次元フィルターマトリクスの要素の最大値の位置をマイクロレンズの光軸位置Ｐ１’に近づくように変えると同時に、ガウス分布に応じて設定された要素の値の分布の大きさを小さくする必要がある。二次元フィルターマトリクス上のガウス分布に応じた要素の値の分布の大きさは、マイクロレンズ光軸位置Ｐ１’から分布中心Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘが０とみなされる焦点面の位置、すなわちマイクロレンズ頂点面から焦点面Ｓまでの距離ｙが無限とみなされる焦点面の位置において最小になる。

[0064] ボケ像の径Ｄは回折限界で決まると考え、光の波長を５４０ｎｍ、マイクロレンズのＦナンバーをＦ／２．８とすると、ボケ像の径Ｄは、式（６）により求められる。

Ｄ＝２．４４・λ・Ｆ （６）

[0065] 式（６）によると、最小の径Ｄは３．７μｍとなり、想定している光電変

換素子アレイ４ｂの光電変換素子程度の大きさになる。マイクロレンズ光軸位置Ｐ１’から分布中心Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘが０とみなされる焦点位置においてボケがなくなるとし、このときの二次元フィルターのマトリクスは、値が２５５の要素が分布の中心に一つあって残りの要素はすべて０とすることができる。つまり、マイクロレンズ光軸位置Ｐ１’から分布中心Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘが０のときのボケ像の径Ｄを０とし、距離ｘが大きくなるにしたがってボケ像の径Ｄを大きくすれば、より正確な仮想画素出力を得る二次元フィルターを設定することができ、このような二次元フィルターを用いて合成画像の画質を向上させることができる。

[0066] なお、マイクロレンズ光軸位置Ｐ１’から分布中心Ｐ２’、Ｐ３’までの距離ｘが変化してもボケ像の径Ｄを変えずに一定とするか、あるいは、さらに簡略化してボケがないものとしても、ある程度の画質の合成画像を得ることができる。つまり、図３において点Ｐ２、Ｐ３がマイクロレンズ４０ａにより投射される位置Ｐ２’、Ｐ３’の光電変換素子出力のみを点Ｐ２、Ｐ３に対応する仮想画素出力としてもよい。この場合、図９（ａ）、（ｂ）に示すようなマトリクス、つまり点Ｐ２、Ｐ３がマイクロレンズ４０ａにより投射される位置Ｐ２’、Ｐ３’に対応する要素のみ０以外の値を持ち、他の要素の値をすべて０としたマトリクスの二次元フィルターとする。

[0067] 次に、マイクロレンズ４０ａの外径形状とマトリクスとの整合について説明する。マイクロレンズ４０ａの光学的に有効な形状は円形であり、一方、マトリクスは矩形（正方形または長方形）であるから、マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子マトリクスを考える場合に両者の間の形状は一致しない。マイクロレンズ４０ａを正方配列とした場合には、マイクロレンズと光電変換素子マトリクスとを対応づけることができる。

[0068] しかし、マイクロレンズ４０ａをハニカム状配列（六方稠密配列）とする場合には、マイクロレンズ４０ａと光電変換素子４０ｂとの対応関係によっては、あるマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子マトリクスが、隣接するマイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子マトリクスの要素を含

んでしまうことがある。このような不具合をなくすために、各マイクロレンズ４０ａに対応する光電変換素子４０ｂの範囲を、図１０に示すようなマイクロレンズ４０ａを包含する六角形４ｃの枠内に内接する範囲とし、図１１に示すようなマスクマトリクスを光電変換素子出力マトリクスに作用させる。図１１に示すマスクマトリクスでは、値が１の要素の領域がマイクロレンズ４０ａの光学的な有効領域を示す。

[0069] なお、上述した実施の形態とそれらの変形例において、実施の形態と変形例とのあらゆる組み合わせが可能である。

[0070] 上述した実施の形態とその変形例によれば、デジタルカメラ１は以下のような作用効果を奏することができる。

[0071] （１）デジタルカメラ１は、撮影レンズ３と、撮像素子４と、画像合成部５ｄとを有する。撮像素子４は、複数のマイクロレンズ４０ａを平面上に配列したマイクロレンズアレイ４ａと、複数の光電変換素子４０ｂを平面上に配列した光電変換素子アレイ４ｂとを含む。光電変換素子アレイ４ｂは、撮影レンズ３を透過した被写体からの光束をマイクロレンズアレイ４ａを介して受光し、画像信号を出力することにより、。こうして撮像素子４により撮像した画像データに基づいて、画像合成部５ｄは撮影レンズ３の任意の焦点面Ｓにおける画像を合成する。焦点面Ｓにおいて、マイクロレンズ４０ａごとに複数の仮想画素Ｐ２～Ｐ４を規定し、複数の仮想画素Ｐ２～Ｐ４のそれぞれに対する二次元フィルターを予めフィルターメモリ６ｃに記憶させておく。それぞれのマイクロレンズ４０ａに対応する複数の光電変換素子４０ｂの出力マトリクスに対して二次元フィルターによるフィルター処理を施し、それぞれの仮想画素Ｐ２～Ｐ４の出力を算出して焦点面Ｓにおける画像を合成するようにした。これにより、一枚の撮像画像のデータに基づいて撮影レンズ３の任意の焦点面Ｓにおける分解能の高い高精細な画像を合成することができる。

[0072] （２）二次元フィルターは、焦点面Ｓごとにマトリクスの要素分布が異なり、マトリクス上の要素分布の分布中心位置と光電変換素子アレイ４ｂ上のマ

イクロレンズ４０ａの光軸位置との距離ｘを焦点面Ｓに応じて変えるようにした。これにより、任意の焦点面Ｓ上における各仮想画素Ｐ２～Ｐ４の光電変換素子アレイ４ｂ上の投影像を正確に求めることができ、分解能の高い高精細な画像を正確に合成することができる。

[0073] （３）瞳データ抽出部５ａ、データ列形成部５ｂおよび焦点演算部５ｃは、それぞれのマイクロレンズ４０ａに対応する複数の光電変換素子４０ｂの内の一対の光電変換素子の出力に基づいて、撮影レンズ３の瞳を通過した一対の光束による一対の像のズレ量を検出する。検出した一対の像のズレ量に基づき、撮像素子４により撮像された画像における撮影レンズ３の焦点面Ｓの位置を検出する。なお、焦点面Ｓは任意の位置を取り得る。画像合成部５ｄは、こうして検出された焦点面Ｓの位置に対応する画像を合成する。したがって、１枚の撮像画像のデータに基づいて、任意の位置を取り得る撮影レンズ３の焦点面Ｓに対応する画像を合成することができる。

[0074] （４）レンズ駆動制御部５ｅは、瞳データ抽出部５ａ、データ列形成部５ｂおよび焦点演算部５ｃによる焦点検出結果に基づいて撮影レンズ３の焦点調節を行う。上記焦点検出により検出された焦点面Ｓの位置が所定範囲(例えばマイクロレンズ４０ａの焦点距離ｆに対して、ｆ～３ｆの範囲)にない場合には、焦点面Ｓがその所定範囲内に入るように撮影レンズ３の焦点調節を行う。したがって、画像合成部５ｄは、１枚の撮像画像のデータに基づいて、任意の位置を取り得る撮影レンズ３の焦点面Ｓに対応する高分解能な画像を合成することができる。

[0075] （５）二次元フィルターのマトリクスは、それぞれの仮想画素Ｐ２～Ｐ４のマイクロレンズ４０ａによる光電変換素子アレイ４ｂ上の投影位置を分布中心とするガウス分布の要素値を有するマトリクスとした。これにより、任意の焦点面Ｓ上における各仮想画素Ｐ２～Ｐ４の光電変換素子アレイ４ｂ上における投影像を正確に求めることができ、分解能の高い高精細な画像を正確に合成することができる。

[0076] （６）二次元フィルターのマトリクスにおいては、それぞれの仮想画素Ｐ２

～Ｐ４のマイクロレンズ４０ａによる光電変換素子アレイ４ｂ上の投影位置の要素のみが１以上の値を有し、他の要素の値は０であることとした。これにより、フィルター処理を簡略化して画像合成時間を短縮しながら、高分解能な画像を合成することができる。

[0077] （７）画像合成部５ｄは、それぞれのマイクロレンズ４０ａの光学的な有効領域内の光電変換素子４０ｂに対応する要素を１とし、有効領域外の光電変換素子４０ｂに対応する要素を０とするマトリクスのマスクフィルターを有する。二次元フィルターによるフィルター処理に先立ち、それぞれのマイクロレンズ４０ａに対応する複数の光電変換素子４０ｂの出力マトリクスに対してマスクフィルターによるフィルター処理を施すようにした。したがって、マイクロレンズ４０ａの外径形状に拘わらず、マイクロレンズ４０ａの光学的な有効領域内の光電変換素子４０ｂを正確に抽出して光電変換素子出力マトリクスを得ることができ、任意の焦点面Ｓ上における各仮想画素Ｐ２～Ｐ４の光電変換素子アレイ４ｂ上の投影像を正確に求めることができる。

[0078] （８）二次元フィルターを記憶するフィルターメモリ６ｃを設けたので、焦点面Ｓと仮想画素Ｐ２～Ｐ４ごとに二次元フィルターを演算により求める必要がなく、画像合成処理の簡略化を図ることができる。

[0079] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願２００８年第２８６８００号（２００８年１１月７日出願）

請求の範囲

[請求項1] 撮像装置であって、

撮影光学系と、

前記撮影光学系を透過した光束を受光して信号を出力する複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、

前記撮影光学系と前記光電変換素子アレイとの間に配置され、かつ複数のマイクロレンズが配列され、前記複数のマイクロレンズの各々の背後に前記複数の光電変換素子が前記光電変換素子アレイに配列されているマイクロレンズアレイと、

前記複数の光電変換素子の出力信号にフィルターマトリクスデータを作用させて、前記複数のマイクロレンズの各々について前記撮影光学系による所定の結像面における複数の画素の画素データを作成するデータ作成部と、

前記データ作成部の作成した前記画素データに基づいて前記撮影光学系の光軸方向の任意の位置における前記所定の結像面上の画像を合成する画像合成部とを有し、

前記フィルターマトリクスデータは、前記複数のマイクロレンズの各々によって前記光電変換素子アレイ上に形成される前記複数の画素の各々の投影像の中心位置に対応する要素を分布中心とする所定の強度分布に従った二次元データ配列を有する撮像装置。

[請求項2] 請求項１に記載の撮像装置において、

前記中心位置は、前記所定の結像面の光軸方向の位置に依存し、

前記所定の強度分布は、前記中心位置に応じて異なる撮像装置。

[請求項3] 請求項１または請求項２に記載の撮像装置において、

前記撮影光学系は、被写体像を合焦させる前記所定の結像面の光軸方向の位置を変化させる焦点調節機能を有している撮像装置。

[請求項4] 請求項１または請求項２に記載の撮像装置において、

前記所定の強度分布は、前記分布中心における強度が最大となるガ

ウス分布である撮像装置。

[請求項5] 請求項３に記載の撮像装置において、

前記撮影光学系は、前記所定の結像面の光軸方向の位置と前記マイクロレンズアレイとの距離が、前記複数のマイクロレンズの各々の焦点距離の略１～３倍の範囲に含まれるように、前記焦点調節機能により、前記所定の結像面の光軸方向の位置を変化させる撮像装置。

[請求項6] 請求項１に記載の撮像装置において、

前記画像合成部は、前記所定の結像面の位置を変化させる結像位置可変部を有し、

前記データ作成部は、前記所定の結像面の位置に応じて変化する前記中心位置に合わせて前記所定の強度分布を異ならせる撮像装置。

[請求項7] 請求項６に記載の撮像装置において、

前記結像位置可変部は、前記所定の結像面の位置と前記マイクロレンズアレイとの距離が、前記複数のマイクロレンズの各々の焦点距離の略１～３倍の範囲に含まれるように、前記所定の結像面の位置を変化させる撮像装置。

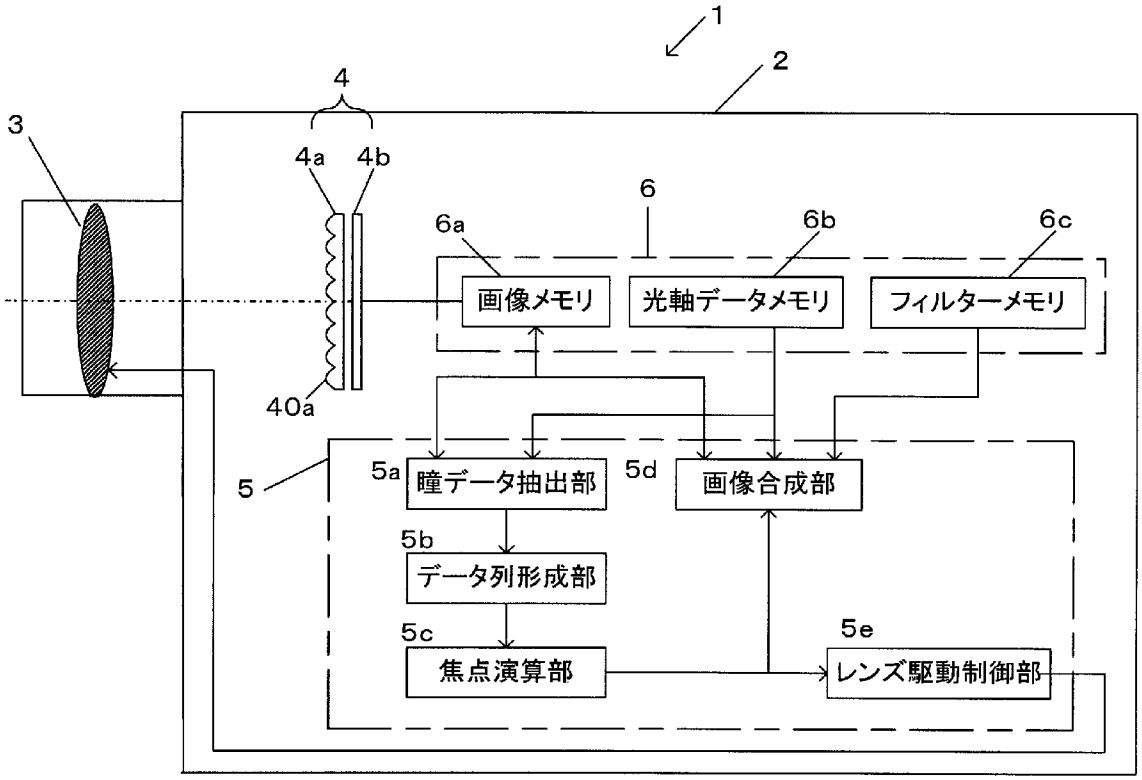
[請求項8] 撮影光学系と、前記撮影光学系を透過した光束を受光して信号を出力する複数の光電変換素子を配列した光電変換素子アレイと、前記撮影光学系と前記光電変換素子アレイとの間に配置され、複数のマイクロレンズを配列したマイクロレンズアレイとを有する撮像装置により撮像した画像を処理する画像処理方法であって、

前記複数のマイクロレンズの各々によって前記光電変換素子アレイ上に形成される前記複数の画素の各々の投影像の中心位置に対応する要素を分布中心とする所定の強度分布に従った二次元データ配列を有するフィルターマトリクスデータを、前記複数の光電変換素子の出力信号に作用させて、前記複数のマイクロレンズの各々について前記撮影光学系による所定の結像面における複数の画素の画素データを作成し、

前記画素データに基づいて前記撮影光学系の光軸方向の任意の位置における前記所定の結像面上の画像を合成する画像処理方法。

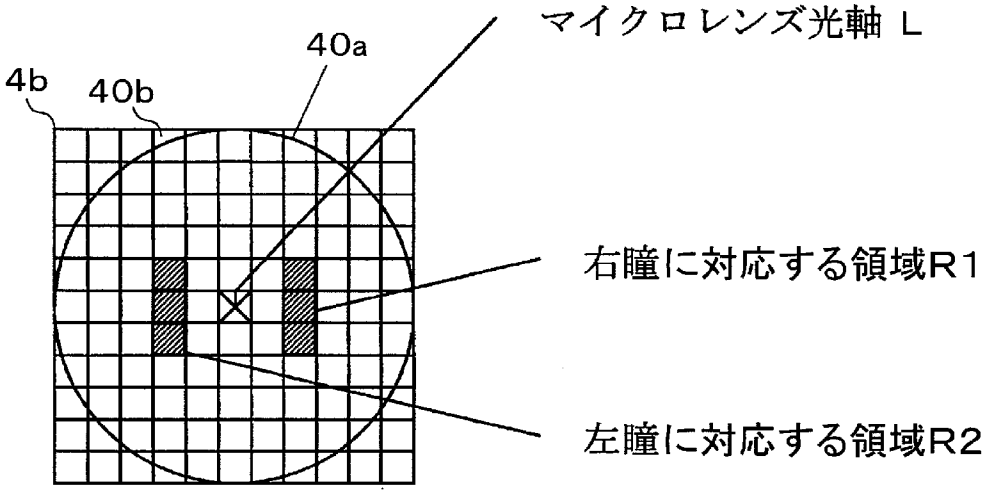
[図1]

【図1】


1
2
3
4
4a
4b
40a
6
6a
6b
6c
画像メモリ
光軸データメモリ
フィルターメモリ
5
5a
瞳データ抽出部
5b
データ列形成部
5c
焦点演算部
5d
画像合成部
5e
レンズ駆動制御部

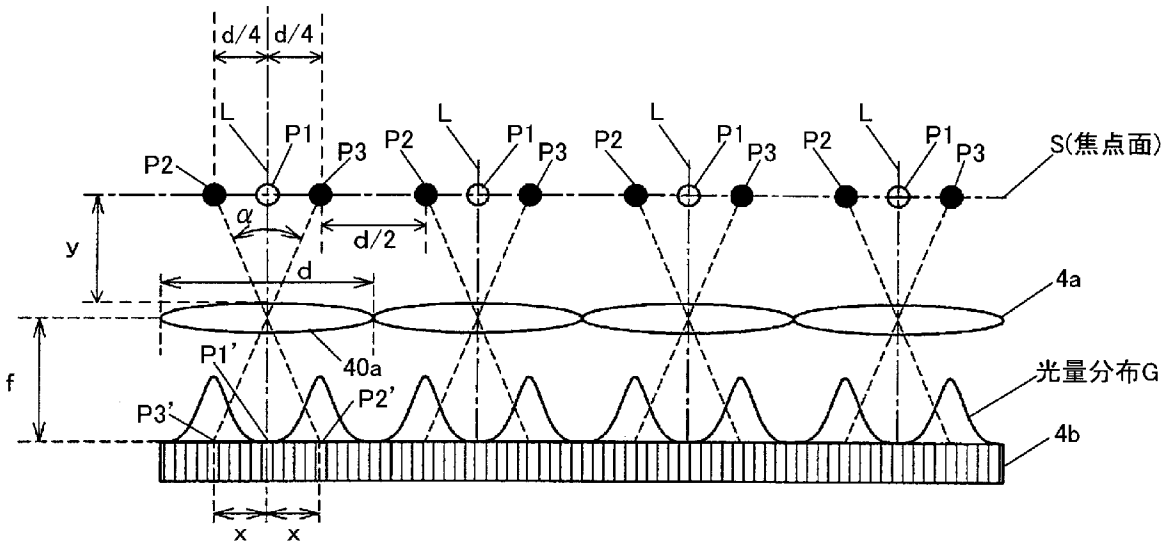
[図2]

【図2】



[図3]

【図3】



[図4]

【図4】

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	4	5	4	2	0	0	0
0	0	3	10	21	27	21	10	3	0	0
0	2	10	35	73	94	73	35	10	2	0
0	4	21	73	155	199	155	73	21	4	0
0	5	27	94	199	255	199	94	27	5	0
0	4	21	73	155	199	155	73	21	4	0
0	2	10	35	73	94	73	35	10	2	0
0	0	3	10	21	27	21	10	3	0	0
0	0	0	2	4	5	4	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[図5]

【図5】

3	10	21	27	21	10	3	0	0	0	0
10	35	73	94	73	35	10	2	0	0	0
21	73	155	199	155	73	21	4	0	0	0
27	94	199	255	199	94	27	5	0	0	0
21	73	155	199	155	73	21	4	0	0	0
10	35	73	94	73	35	10	2	0	0	0
3	10	21	27	21	10	3	0	0	0	0
0	2	4	5	4	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	4	5	4	2	0
0	0	0	2	3	10	21	27	21	10	3
0	0	0	4	10	35	73	94	73	35	10
0	0	0	5	21	73	155	199	155	73	21
0	0	0	4	27	94	199	255	199	94	27
0	0	0	2	21	73	155	199	155	73	21
0	0	0	0	10	35	73	94	73	35	10
0	0	0	0	3	10	21	27	21	10	3

(b)

[図6]

【図6】

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	4	5	4	2	0	0	0	0	0
3	10	21	27	21	10	3	0	0	0	0
10	35	73	94	73	35	10	2	0	0	0
21	73	155	199	155	73	21	4	0	0	0
27	94	199	255	199	94	27	5	0	0	0
21	73	155	199	155	73	21	4	0	0	0
10	35	73	94	73	35	10	2	0	0	0
3	10	21	27	21	10	3	0	0	0	0

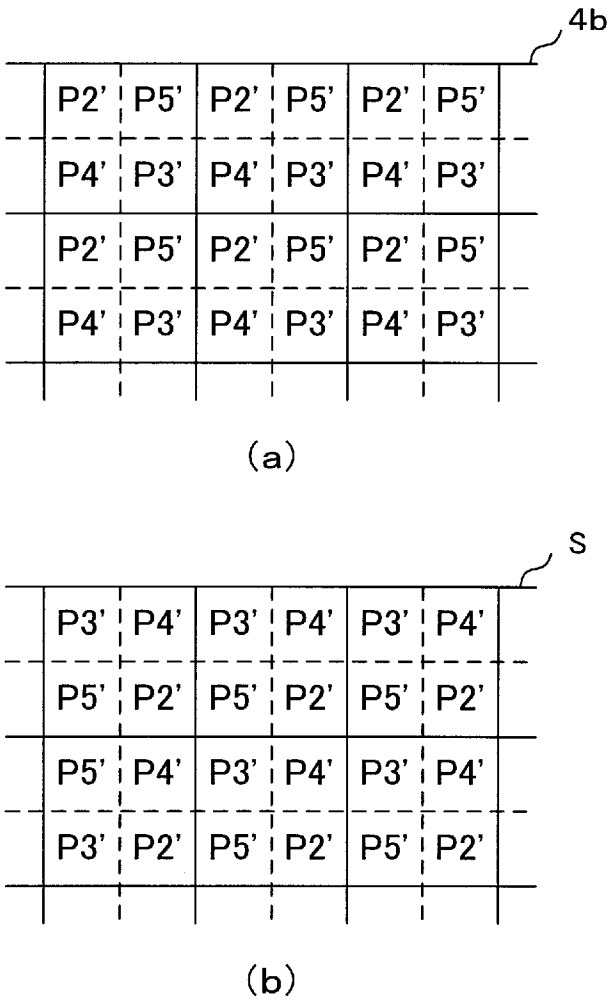
(a)

0	0	0	0	3	10	21	27	21	10	3
0	0	0	2	10	35	73	94	73	35	10
0	0	0	4	21	73	155	199	155	73	21
0	0	0	5	27	94	199	255	199	94	27
0	0	0	4	21	73	155	199	155	73	21
0	0	0	2	10	35	73	94	73	35	10
0	0	0	0	3	10	21	27	21	10	3
0	0	0	0	0	2	4	5	4	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

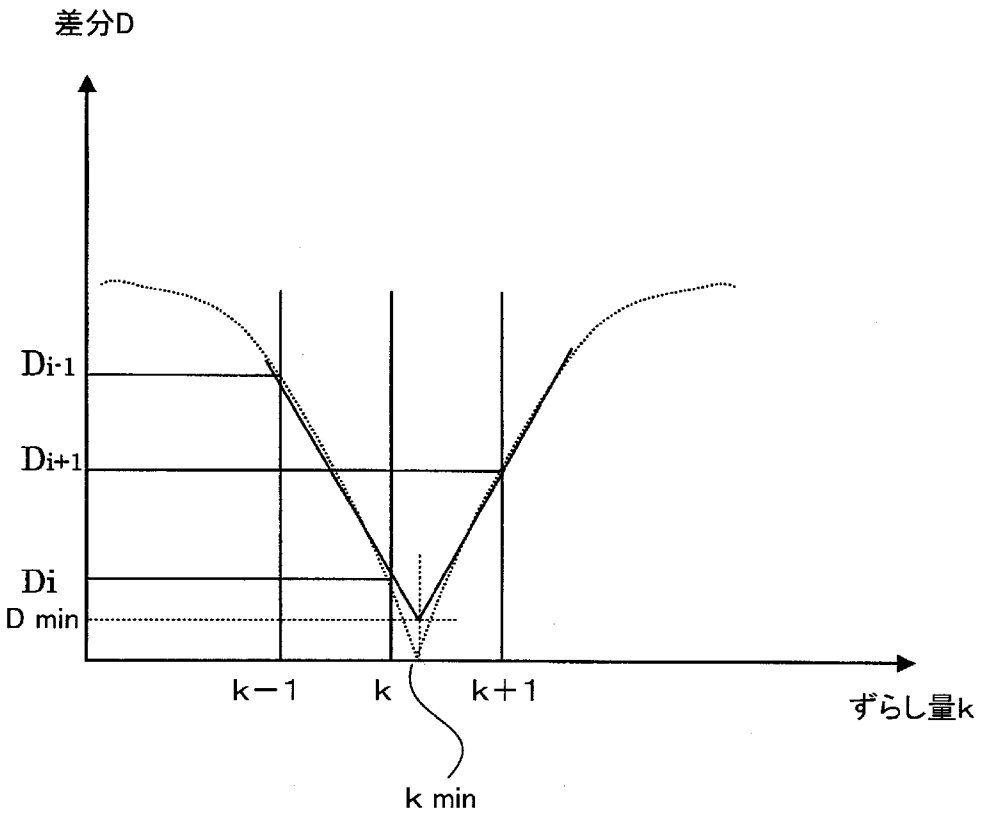
[図7]

【図7】


4b
P2' P5' P2' P5' P2' P5'
P4' P3' P4' P3' P4' P3'
P2' P5' P2' P5' P2' P5'
P4' P3' P4' P3' P4' P3'
(a)
S
P3' P4' P3' P4' P3' P4'
P5' P2' P5' P2' P5' P2'
P5' P4' P3' P4' P3' P4'
P3' P2' P5' P2' P5' P2'
(b)

[図8]

【図8】



[図9]

【図9】

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

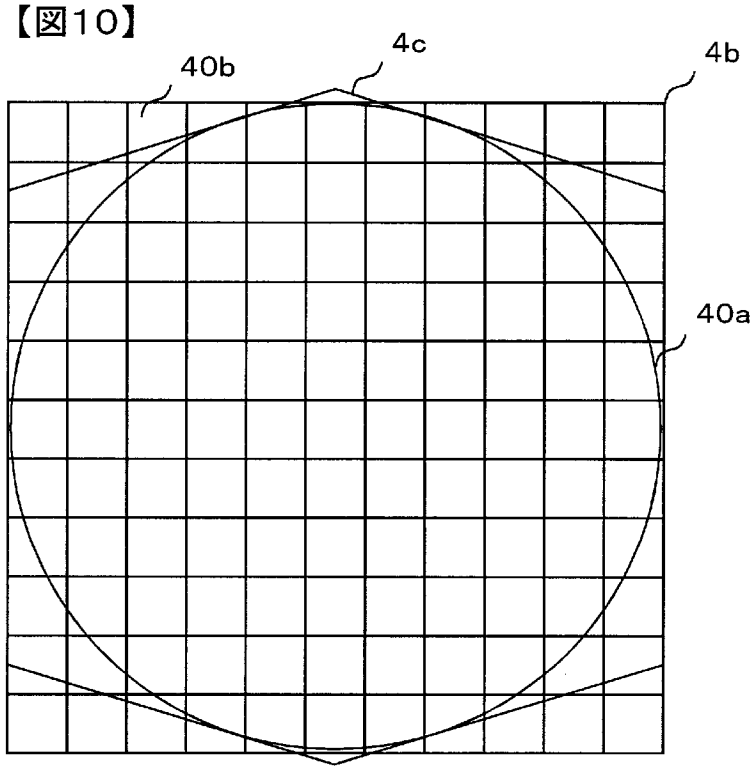
(a)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

[図10]

【図10】



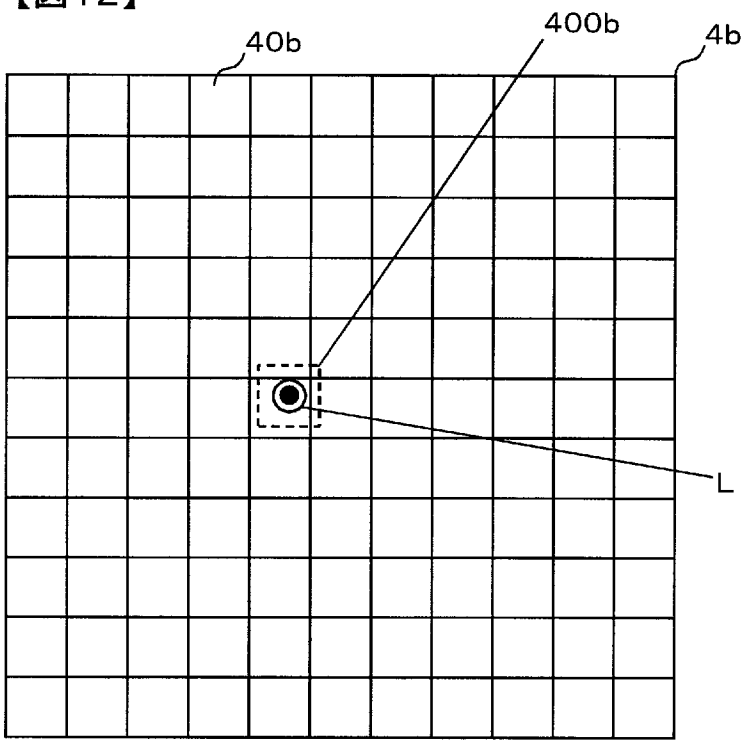
[図11]

【図１１】

0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

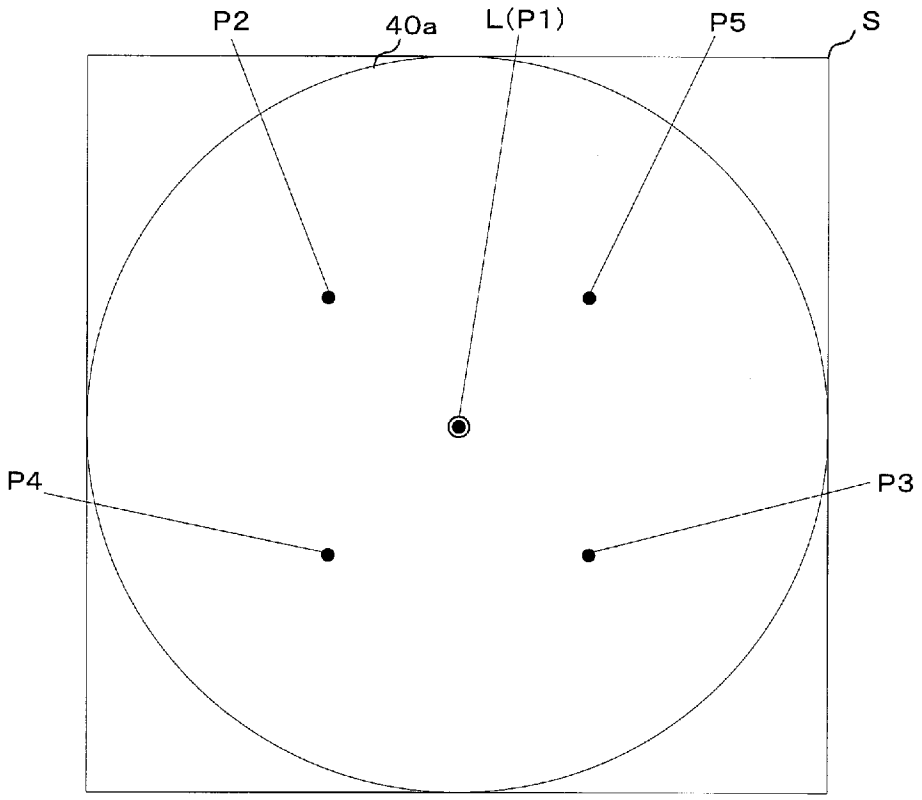
[図12]

【図12】

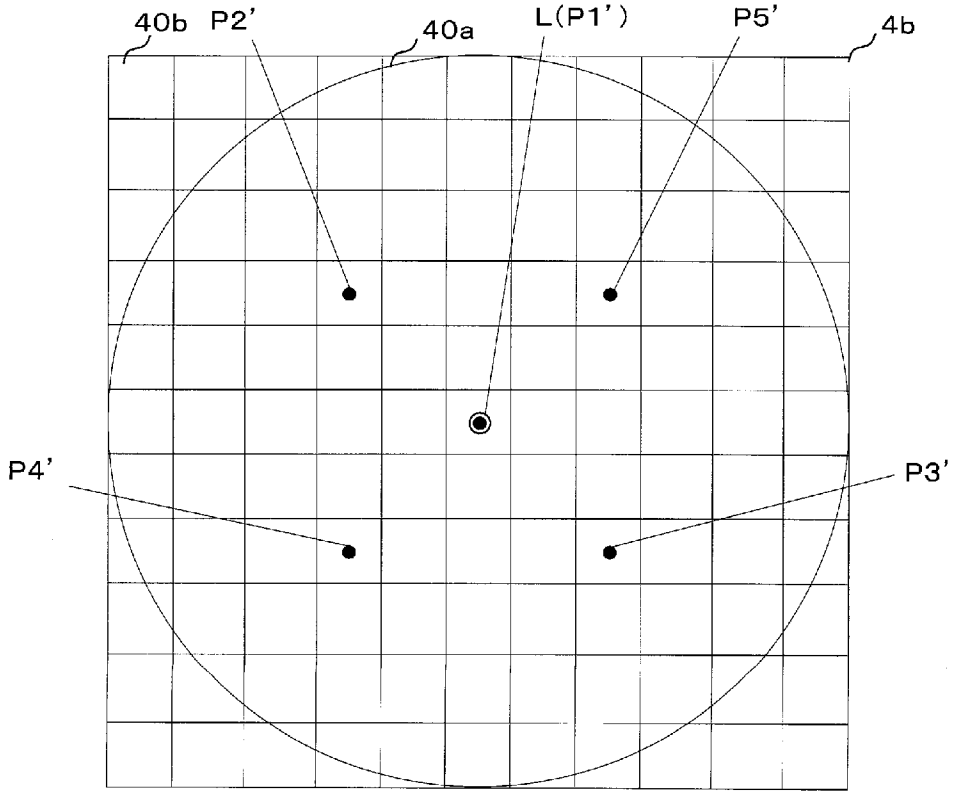


[図13]

【図13】



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/069053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/232(2006.01)i, *G06T1/00*(2006.01)i, *H04N5/335*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04N5/232, G06T1/00, H04N5/335, H04N9/07

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/137481 A1 (Nikon Corp.), 28 December 2006 (28.12.2006), paragraphs [0073] to [0082], [0085] to [0086]; fig. 14 to 17 & JP 2007-4471 A & US 2009/0140131 A	1-8
A	JP 2007-74079 A (Ricoh Co., Ltd.), 22 March 2007 (22.03.2007), paragraphs [0022] to [0031], [0049] to [0052]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
03 February, 2010 (03.02.10)	16 February, 2010 (16.02.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６９０５３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04N5/232(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, H04N5/335(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04N5/232, G06T1/00, H04N5/335, H04N9/07

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2006/137481 A1 (株式会社ニコン) 2006.12.28, [0073] - [0082], [0085] - [0086], [図 14] - [図 17] & JP 2007-4471 A & US 2009/0140131 A	1 - 8
A	JP 2007-74079 A (株式会社リコー) 2007.03.22, [0022] - [0031], [0049] - [0052], [図 1] - [図 6] (ファミリーなし)	1 - 8

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０３．０２．２０１０	国際調査報告の発送日 １６．０２．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｐ　９６５１ 吉川　潤 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５８１