

(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
2013 年 9 月 12 日(12.09.2013)



(10) 国際公開番号

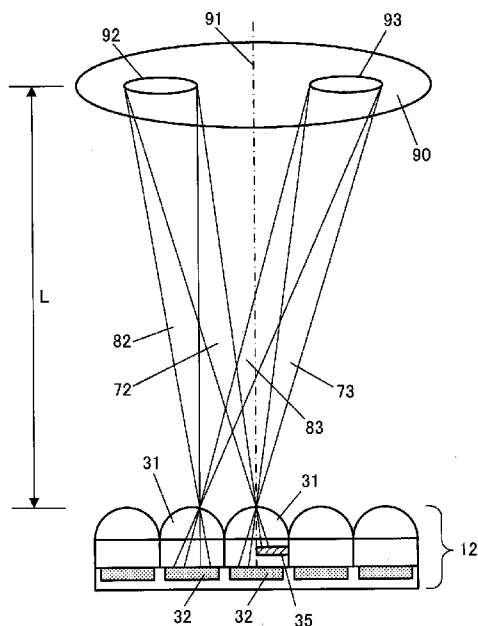
WO 2013/133115 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 7/34 (2006.01) H04N 5/232 (2006.01)
G03B 13/36 (2006.01) H04N 5/369 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/055332
- (22) 国際出願日: 2013 年 2 月 28 日(28.02.2013)
- (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 2012-049362 2012 年 3 月 6 日(06.03.2012) JP
特願 2013-037554 2013 年 2 月 27 日(27.02.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目
1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宇津木 暁彦(UTSUGI, Akihiko); 〒
1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1
号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永井 冬紀, 外(NAGAI, Fuyuki et al.); 〒
1000011 東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号
富国生命ビル 永井特許事務所 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, BN, 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, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, 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, RS, 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: DEFOCUS AMOUNT DETECTION DEVICE AND CAMERA

(54) 発明の名称: デフォーカス量検出装置およびカメラ

【図6】



(57) Abstract: The defocus amount detection device of the present invention is provided with an image shape correcting unit for correcting a difference in image shape between pupil division image data and full pupil image data by performing correction processing with respect to pupil division image data outputted from a first pixel for receiving one of a pupil-divided pair of luminous fluxes, and/or full pupil image data outputted from a second pixel for receiving a luminous flux that passes through a region including at least a pupil.

(57) 要約: デフォーカス量検出装置は、瞳分割した一対の光束の一方を受光する第1画素から出力される瞳分割像データと、少なくとも瞳を含む領域を通過した光束を受光する第2画素から出力される全瞳像データと、の少なくとも一方に対し瞳分割像データと全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う像形状補正部を備える。

明 細 書

発明の名称：デフォーカス量検出装置およびカメラ

技術分野

[0001] 本発明は、デフォーカス量検出装置およびカメラに関する。

背景技術

[0002] 従来、撮像面に配列した撮像素素のうち、一部を瞳分割型位相差検出方式の焦点検出画素に置き換え、撮像素素から得られる全瞳画素信号列と、焦点検出画素から得られる瞳分割画素信号列との間の位相差を検出することによりデフォーカス状態を検出する技術が知られている。例えば特許文献1には、正方形の光電変換部を有する全瞳画素と、その正方形を垂直二等分線で分割した左半分の光電変換部を有する瞳分割画素と、のそれぞれから得られる一対の像信号に対して像ずれ検出演算を行う位相差方式のデフォーカス量検出装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2009-141390号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来技術には、全瞳画素から得られる像信号と瞳分割画素から得られる像信号とで瞳の大きさの差によって像形状が異なり、位相差検出の精度が低下してしまうという問題があった。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の第1の態様によると、デフォーカス量検出装置は、瞳分割した一対の光束の一方を受光する第1画素から出力される瞳分割像データと、少なくとも瞳を含む領域を通過した光束を受光する第2画素から出力される全瞳像データと、の少なくとも一方に対し瞳分割像データと全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う像形状補正部を備える。

本発明の第2の態様によると、第1の態様のデフォーカス量検出装置において、像形状補正部は、瞳分割像データおよび全瞳像データの少なくとも一方に対し、所定の像形状補正フィルター係数を畳み込む補正処理を行うことが好ましい。

本発明の第3の態様によると、第2の態様のデフォーカス量検出装置において、第1画素は、第2画素の間隔よりも広い間隔で配列され、像形状補正部は、全瞳像データに対して像形状補正フィルター係数を畳み込むことが好ましい。

本発明の第4の態様によると、第2の態様のデフォーカス量検出装置において、像形状補正部により補正処理が行われる前の瞳分割像データおよび全瞳像データの位相差を検出する前段位相差検出部を備え、像形状補正部は、前段位相差検出部により検出された位相差に基づいて、複数の像形状補正フィルター係数からいずれか1つを選択し、瞳分割像データおよび全瞳像データの少なくとも一方に対して当該選択された像形状補正フィルター係数を畳み込むことが好ましい。

本発明の第5の態様によると、第2の態様のデフォーカス量検出装置において、像形状補正部により補正処理が行われる前の瞳分割像データおよび全瞳像データの位相差を検出する前段位相差検出部を備え、第1画素は、第2画素の間隔よりも広い間隔で配列され、像形状補正部は、前段位相差検出部により検出された位相差が所定のしきい値よりも大きい場合には、瞳分割像データに対して像形状補正フィルター係数を畳み込むことが好ましい。

本発明の第6の態様によると、第2の態様のデフォーカス量検出装置において、像形状補正部は、複数の像形状補正フィルター候補係数の各々について、瞳分割像データおよび全瞳像データの少なくとも一方に対して当該像形状補正フィルター候補係数を畳み込んだ後に該瞳分割像データと該全瞳像データとの相関値を演算し、相関値が最も小さくなる像形状補正フィルター候補係数を像形状補正フィルター係数として補正処理を行うことが好ましい。

本発明の第7の態様によると、第2の態様のデフォーカス量検出装置にお

いて、像形状補正フィルター係数は、撮影光学系により結像された所定のテストチャートの光像を第１画素および第２画素により受光することで得られた瞳分割像データおよび全瞳像データの少なくとも一方に対して、当該像形状補正フィルター係数を畳み込んだ場合に瞳分割像データおよび全瞳像データの像形状の差異が最小となる係数であることが好ましい。

本発明の第８の態様によると、デフォーカス量検出装置は、瞳分割した一对の光束の一方を受光する第１画素から出力される瞳分割像データに対し、少なくとも瞳を含む領域を通過した光束を受光する第２画素から出力される全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う像形状補正部を備える。

本発明の第９の態様によると、カメラは、第１～８のいずれか一態様のデフォーカス量検出装置を備える。

発明の効果

[0006] 本発明によれば、精度よくデフォーカス量を検出を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図１]本発明の第１の実施の形態に係るデジタルカメラの構成を示すブロック図である。

[図２]全瞳画素２１の構成を示す模式図である。

[図３]瞳分割画素２２の構成を示す模式図である。

[図４]撮像素子１２の撮像面を模式的に示す図である。

[図５]焦点検出領域Ｇ１とその周辺を拡大した部分拡大図である。

[図６]撮影光学系１１の測距瞳と各撮像画素との関係を模式的に示した図である。

[図７]いわゆる後ピンの状態における模式的な光路図である。

[図８]いわゆる前ピンの状態における模式的な光路図である。

[図９]焦点検出用データを出力する撮像画素を示す図である。

[図１０]カメラ制御部１４が備える、デフォーカス量を検出するための機能部を示すブロック図である。

[図11]フィルター選択部63が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。

[図12]カメラ制御部14が備える、デフォーカス量を検出するための機能部を示すブロック図である。

[図13]フィルター選択部63が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。

[図14]フィルター選択部63が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] (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デジタルカメラの構成を示すブロック図である。デジタルカメラ1は、撮影光学系11、撮像素子12、レンズ制御部13、カメラ制御部14、表示部15、および記憶媒体16を備える。

[0009] 撮影光学系11は、被写体像を所定の予定結像面に結像させる。なお、図1では撮影光学系11を便宜上1枚のレンズとして図示しているが、実際には焦点調節用のフォーカシングレンズを含む複数枚のレンズにより構成されている。撮像素子12は、例えばCCDやCMOS等の固体撮像素子であり、撮像面が撮影光学系11の予定結像面と略一致するように配置される。撮像素子12の撮像面には、複数の撮像素素（受光素子）が二次元状に配列されている。撮像素子12の撮像面の構成については後に詳述する。

[0010] 撮像素子12が有する複数の撮像素素の受光出力（撮像信号）は、カメラ制御部14に入力される。カメラ制御部14は、不図示のマイクロコンピュータおよびその周辺回路から構成され、所定の制御プログラムを実行することによりデジタルカメラ1の各部を制御する。

[0011] 焦点検出時、カメラ制御部14は撮像素子12から出力される撮像信号に基づいて、撮影光学系11のデフォーカス量を検出する。そして、検出したデフォーカス量に応じた駆動量だけフォーカシングレンズが駆動されるよう

に、レンズ制御部 13 を制御する。レンズ制御部 13 は、例えばステッピングモータや超音波モータ等のアクチュエータを備え、カメラ制御部 14 の制御に従って不図示のフォーカシングレンズを光軸方向に駆動する。

[0012] 撮影時、カメラ制御部 14 は撮像素子 12 から出力される撮像信号に対して種々の画像処理を実行し、被写体像の画像データを作成する。カメラ制御部 14 は、作成された画像データを表示部 15 に表示したり、記憶媒体 16 に記憶したりする。表示部 15 は、例えば液晶ディスプレイ等の表示装置である。記憶媒体 16 は、例えばフラッシュメモリ等により構成される可搬性の記憶媒体である。

[0013] (撮像素子 12 の撮像面の構成の説明)

撮像素子 12 の撮像面には、全瞳画素および瞳分割画素と称する 2 種類の撮像画素が二次元状に配列されている。以下、これら 2 種類の撮像画素について、順に説明する。

[0014] 図 2 (a) は全瞳画素 21 を被写体光の入射方向から見た平面図であり、図 2 (b) は全瞳画素 21 の断面図である。全瞳画素 21 はマイクロレンズ 31、光電変換部 32、および色フィルター 33 から構成される。全瞳画素 21 の光電変換部 32 は、マイクロレンズ 31 によって撮影光学系 11 の射出瞳 (たとえば F1.0) を通過する光束をすべて受光する形状に設計される。全瞳画素 21 は赤 (R)、緑 (G)、青 (B) のいずれかの色フィルター 33 を備えている。撮像素子 12 の撮像面には、それら 3 色の色フィルター 33 を備える全瞳画素 21 が、いわゆるベイヤー配列で 2 次元状に配置されている。

[0015] 図 2 (b) に示すように、全瞳画素 21 において、光電変換部 32 の前方にマイクロレンズ 31 が配置され、マイクロレンズ 31 により光電変換部 32 が前方に投影される。光電変換部 32 は半導体回路基板 34 上に形成され、色フィルター 33 はマイクロレンズ 31 と光電変換部 32 の中間に配置される。

[0016] 図 3 (a) は瞳分割画素 22 を被写体光の入射方向から見た平面図であり

、図3（b）は瞳分割画素22の断面図である。瞳分割画素22は全瞳画素21と同様のマイクロレンズ31、光電変換部32、色フィルター33に加え、更に光電変換部32の一部を覆う遮光マスク35により構成される。本実施形態の遮光マスク35は、光電変換部32の右半分を覆う形状を有する。

[0017] 図4は、撮像素子12の撮像面を模式的に示す図である。撮像素子12の撮像面G上には、G1～G5の5つの焦点検出領域が設定されている。これらの各焦点検出領域には、それぞれの領域の長手方向LD1～LD5に、瞳分割画素22が直線状に配列されている。撮影者は、撮影構図に応じて焦点検出領域G1～G5の中から任意の焦点検出領域を手動で選択する。カメラ制御部14は、撮影者により選択された焦点検出領域の各撮像画素の受光出力に基づいてデフォーカス量を検出する。

[0018] 図5は、撮像面G上に設定された5つの焦点検出領域G1～G5のうち、一例として焦点検出領域G1とその周辺を拡大した部分拡大図である。撮像素子12の撮像面Gには、赤（R）、緑（G）、青（B）各色の色フィルター33を備えた全瞳画素21が二次元状にベイヤー配列される。本実施形態では、焦点検出領域G1の長手方向LD1に沿って、赤の色フィルター33を備えた全瞳画素21の一部が、緑の色フィルター33を備えた瞳分割画素22に置き換えられている。ここで、瞳分割画素22の色フィルター33を緑にしたのは、ベイヤー配列において緑の色フィルター33を備えた全瞳画素21が、他の色の色フィルター33を備えた全瞳画素21よりも数が多いのである。カメラ制御部14はデフォーカス量の算出に際し、瞳分割画素22が存在しない画素位置における受光出力（G成分）を補間生成する（詳細は後述する）が、緑の全瞳画素21は他の色の全瞳画素21よりも数が多いので、他の色よりも補間生成を精度よく行うことが可能である。また、位相差検出には同色同士の信号を比較することが望ましいが、ベイヤー配列では緑が多いため、この信号比較も他の色に比べて行いやすい。なお、瞳分割画素22の色フィルター33は、緑以外の色であってもよい。例えば赤の色フィルタ

ー 3 3 を設け、その画素出力を緑の成分に変換して比較を行ってもよい。

[0019] 瞳分割画素 2 2 は 3 画素分の間隔を空けて一列に配置されている。換言すれば、瞳分割画素 2 2 は 4 画素毎に 1 つ配置されている。瞳分割画素 2 2 は、入射した被写体光の一部が遮光マスク 3 5 により遮光される。このため、カメラ制御部 1 4 は、撮像素子 1 2 から出力される撮像信号に基づいて画像データを作成する際、瞳分割画素 2 2 に相当する画素を、その周囲の全瞳画素 2 1 の出力に基づいて補間する。このような画素補間については周知であるので説明を省略する。

[0020] (撮影動作の説明)

次に、デジタルカメラ 1 を用いた撮影の手順について説明する。撮影者が不図示のシャッターボタンを半押しすると、カメラ制御部 1 4 はこの操作に応じて自動焦点調節制御を実行する。自動焦点調節制御では、まず撮像素子 1 2 が撮影光学系 1 1 により結像された被写体像を光電変換し、撮像信号をカメラ制御部 1 4 に出力する。

[0021] カメラ制御部 1 4 は、焦点検出領域 G 1 ~ G 5 のうち、撮影者により選択された焦点検出領域内の、瞳分割画素 2 2 の受光出力およびその周囲の全瞳画素 2 1 の受光出力を、焦点検出用データとして抽出する。具体的には、図 9 に太線で示すように、(1) 一列に配列されている瞳分割画素 2 2 の出力と、(2) 瞳分割画素 2 2 と同一行に配列されている緑 (G) の色フィルター 3 3 を有する全瞳画素 2 1 の出力と、(3) 瞳分割画素 2 2 が配列されている列の両隣の列 (図 9 では、瞳分割画素 2 2 が配列されている列の上下の列) に配置されている、緑 (G) の色フィルター 3 3 を有する全瞳画素 2 1 と、の出力を抽出する。

[0022] カメラ制御部 1 4 は、抽出した焦点検出用データを用いて、後述する方法によりデフォーカス量を検出する。そして、検出したデフォーカス量に応じた駆動量だけフォーカシングレンズを駆動する指令をレンズ制御部 1 3 に送出する。レンズ制御部 1 3 はこの指令に応じて、不図示のアクチュエータによりフォーカシングレンズを駆動する。これにより、撮影者により指定され

た焦点検出領域内の被写体にピントが合わせられる。

[0023] その後、撮影者が不図示のシャッターボタンを全押しすると、撮像素子 12 は被写体像を撮像し、カメラ制御部 14 へ撮像信号を出力する。カメラ制御部 14 は、この撮像信号に対し、瞳分割画素 22 の補間処理を含む種々の画像処理を行い、被写体像の画像データを生成する。カメラ制御部 14 は、生成した画像データを表示部 15 に表示したり、記憶媒体 16 に記憶したりする。

[0024] (デフォーカス量の検出方法の説明)

まず、撮像素子 12 を用いたデフォーカス量の検出原理について説明し、その後に具体的なデフォーカス量の検出方法について説明する。

[0025] 図 6 は、撮影光学系 11 の測距瞳と各撮像画素との関係を模式的に示した図である。撮影光学系 11 の予定結像面に配置したマイクロレンズ 31 の前方の距離 L の位置に、撮影光学系 11 の射出瞳 90 を設定する。ここで、距離 L は、マイクロレンズ 31 の曲率、屈折率、マイクロレンズ 31 と光電変換部 32 との間の距離などに応じて決まる値である。

[0026] マイクロレンズ 31 は撮影光学系 11 の予定結像面に配置されており、瞳分割画素 22 のマイクロレンズ 31 によって、遮光マスク 35 に覆われた部位を除く光電変換部 32 の形状が、マイクロレンズ 31 から距離 L だけ離れた射出瞳 90 上に投影される。その投影形状は少なくとも測距瞳 93 を含むが、遮光マスク 35 に覆われた部位に対応する測距瞳 92 は含まない。一方、全瞳画素 21 のマイクロレンズ 31 によって光電変換部 32 の形状が距離 L だけ離れた射出瞳 90 上に投影され、その投影形状は測距瞳 92、93 を少なくとも含む。

[0027] 瞳分割画素 22 の光電変換部 32 は、測距瞳 93 を通過しマイクロレンズ 31 へ向う焦点検出光束 73 によってマイクロレンズ 31 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。他方、測距瞳 92 を通過しマイクロレンズ 31 へ向う焦点検出光束 72 は、遮光マスク 35 により遮られ、光電変換部 32 に入射しない。従って、瞳分割画素 22 の光電変換部 32 による受光

出力には、焦点検出光束 7 2 の成分が含まれない。その一方で、全瞳画素 2 1 の光電変換部 3 2 には、測距瞳 9 2、9 3 を通過しマイクロレンズ 3 1 へ向う焦点検出光束 8 2、8 3 の各々によってマイクロレンズ 3 1 上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。なお、瞳分割画素 2 2 の配列方向は一对の測距瞳 9 2、9 3 の分割方向と一致させる。

[0028] 以上のように、全瞳画素 2 1 と瞳分割画素 2 2 とは、受光する光束が通過する瞳の広さが異なる。これが原因で、全瞳画素 2 1 と瞳分割画素 2 2 とでは、受光出力の像形状に差異が生じてしまう。詳細は後述するが、本実施形態ではこのような像形状の差異を補正することにより、高精度なデフォーカス量の検出を実現している。なお、全瞳画素 2 1 は、便宜上「全瞳」と称しているが、必ずしも撮影光学系 1 1 の射出瞳 9 0 を通過する光束の全てを受光する必要はない。少なくとも、瞳分割画素 2 2 の光電変換部 3 2 が受光する光束を含み当該光束より大きな広がりを持つ光束を受光できればよい。つまり、瞳分割画素 2 2 に対応する測距瞳 9 3 を含み測距瞳 9 3 より大きな領域を通過する光束を受光できればよい。

[0029] 図 7 は、被写体より後側にピントが合っている、いわゆる後ピンの状態における模式的な光路図である。このとき、物点 P 1 からの光束は、撮像素子 1 2 の撮像面 G に一定の広がりを持って入射する。前述のように、瞳分割画素 2 2 の光電変換部 3 2 は、マイクロレンズ 3 1 の左側から入射した光を受光しない。従って、図 7 のように後ピンの状態では、瞳分割画素 2 2 の光電変換部 3 2 は、物点 P 1 から出射した光束のうち、測距瞳 9 3 からの光束を含む、主光線の右側に照射する光束のみを受光する。また、撮像面 G に一列に配列された全瞳画素 2 1 および瞳分割画素 2 2 の受光出力をそれぞれプロットすると、瞳分割画素 2 2 の受光出力 5 2 は、全瞳画素 2 1 の受光出力 5 1 に対して右側に表れることになる。

[0030] 図 8 は、被写体より前側にピントが合っている、いわゆる前ピンの状態における模式的な光路図である。このとき、物点 P 2 からの光束は、前述した後ピンの場合と同様に、撮像素子 1 2 の撮像面 G に一定の広がりを持って入

射する。ただし、後ピンの場合とは異なり、測距瞳 9 3 からの光束は、主光線の左側に照射する。従って、瞳分割画素 2 2 の光電変換部 3 2 は、物点 P 2 から出射した光束のうち、測距瞳 9 2 からの光束を含む、主光線の左側に照射する光束のみを受光する。また、撮像面 G に一列に配列された全瞳画素 2 1 および瞳分割画素 2 2 の受光出力をそれぞれプロットすると、瞳分割画素 2 2 の受光出力 5 2 は、全瞳画素 2 1 の受光出力 5 1 に対して左側に表れることになる。

[0031] 以上のように、前ピンの場合と後ピンの場合とでは、全瞳画素 2 1 の受光出力に対する瞳分割画素 2 2 の受光出力の出現位置が異なる。つまり、全瞳画素 2 1 の受光出力と瞳分割画素 2 2 の受光出力との位置関係を調べることで、デフォーカス量を検出することが可能である。

[0032] 次に、具体的なデフォーカス量の検出方法を説明する。図 10 は、カメラ制御部 1 4 が備える、デフォーカス量を検出するための機能部を示すブロック図である。デフォーカス量を検出する際、カメラ制御部 1 4 には、撮像素子 1 2 から全瞳画素 2 1 の受光出力と瞳分割画素 2 2 の受光出力とが入力される。以下の説明では、全瞳画素 2 1 の受光出力を「全瞳画素データ」と呼ぶ。また、瞳分割画素 2 2 の受光出力を「瞳分割画素データ」と呼ぶ。

[0033] まず G 補間部 6 1 が、瞳分割画素 2 2 と同一行に配列されている各撮像素子のうち、「緑 (G) の色フィルター 3 3 を有する全瞳画素 2 1」ではない全ての画素位置について、G 成分を補間生成する。補間生成は以下のように行われる。まず、生成対象の画素位置の上下に配置されている 2 つの全瞳画素 2 1 の出力値について、その差分の絶対値を計算する。次に、生成対象の画素位置の左右に配置されている 2 つの全瞳画素 2 1 の出力値について、その差分の絶対値を計算する。そして、計算されたそれら 2 つの値を比較し、上下の差分の絶対値の方が小さければ、上下の全瞳画素 2 1 の出力値の平均値を補間値とする。他方、左右の差分の絶対値の方が小さければ、左右の全瞳画素 2 1 の出力値の平均値を補間値とする。G 補間部 6 1 は以上の手順で G 成分を補完生成し、瞳分割画素 2 2 がある行について、あたかも緑 (

G)の色フィルター33を有する全瞳画素21が隙間無く存在しているかのような全瞳画素データを生成して出力する。なお、G補間部61が、上述したものとは異なる手順でG成分の補間生成を行うようにしてもよい。

[0034] 次に、前段位相差検出部62が、瞳分割画素データと、G補間部61により補間された全瞳画素データとの位相差を検出する。座標xの画素位置の瞳分割画素データをP(x)、座標xの画素位置の全瞳画素データをQ(x)として、シフト数dを例えば-70~70の範囲で変化させながら、次式(1)により評価値E(d)を算出する。

[0035] [数1]

$$E(d) = \sum_x |P(x) - Q(x+d)| \quad \cdots (1)$$

[0036] ここで、瞳分割画素データP(x)には、予め約2倍のゲイン補正が為されているものとする。これは、図2および図3から明らかなように、瞳分割画素22の光電変換部32は、全瞳画素21の光電変換部32に比べて、略半分の光束しか受光できないことに拠る。つまり、同一光量の光束が照射されたとき、瞳分割画素22の受光出力は全瞳画素21の受光出力の半分程度になるため、評価値E(d)を算出するに際し、予め瞳分割画素データP(x)と全瞳画素データQ(x)とのスケールを合わせ込んでおく。上式(1)においてxは、焦点検出対象の焦点検出領域に一系列に配列されている全ての瞳分割画素22の座標である。つまり上式(1)は、全ての瞳分割画素22について、その画素の瞳分割画素データと、そこからdだけずれた位置に相当する全瞳画素データとの差の絶対値を合計する式である。

[0037] 前段位相差検出部62は、このようにして算出したE(-70)~E(70)の値のうち、最小となるE(d)を与えるdの値を、前段位相差daとしてフィルター選択部63に出力する。

[0038] カメラ制御部14が有する不図示のメモリには、予め11個の像形状補正フィルターが記憶されている。各々の像形状補正フィルターには、複数個(例えば100個程度)のフィルター係数が含まれる。フィルター選択部63は、前段位相差検出部62から出力された前段位相差に応じて、11個の像

形状補正フィルター f_A 、 f_B 、 f_C 、…、 f_K からいずれか 1 つを選択し、像形状差補正部 64 に出力する。以下、フィルター選択部 63 が出力する像形状補正フィルターを $f(i)$ ($i = -W \sim W$) と称する。なお、予めメモリに記憶しておく像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ の算出方法については、後に詳述する。

[0039] 図 11 は、フィルター選択部 63 が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。例えば前段位相差 d_a が -60 を下回るようであれば、フィルター選択部 63 は像形状補正フィルター f_A を $f(i)$ として出力する。また、図 11 に示すように、像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ には、予め補正対象のデータが指定されている。像形状補正フィルター f_A 、 f_B 、 f_C 、 f_D 、 f_H 、 f_I 、 f_J 、 f_K は瞳分割画素データを補正するためのフィルターであり、像形状補正フィルター f_E 、 f_F 、 f_G は全瞳画素データを補正するためのフィルターである。

[0040] 次に、像形状差補正部 64 が、フィルター選択部 63 から出力された像形状補正フィルターを瞳分割画素データまたは全瞳画素データに畳み込むことによって、瞳分割画素データと全瞳画素データの像形状の差を補正する。像形状差補正部 64 は、フィルター選択部 63 が瞳分割画素データを補正するための像形状補正フィルター $f(i)$ を出力した場合、像形状補正後の瞳分割画素データ $T(x)$ と、像形状補正後の全瞳画素データ $U(x)$ を、次式 (2)、(3) により演算して出力する。

[0041] [数2]

$$T(x) = \sum_{i=-W}^W P(x + 4 \times i) \times f(i) \quad \cdots (2)$$

$$U(x) = Q(x) \quad \cdots (3)$$

[0042] すなわち像形状差補正部 64 は、全瞳画素データについては手を加えずにそのまま出力し、瞳分割画素データについては像形状補正フィルター $f(i)$ による補正を加えて出力する。

[0043] 他方、フィルター選択部 63 が全瞳画素データを補正するための像形状補正フィルター $f(i)$ を出力した場合、 $T(x)$ および $U(x)$ 、次式 (4

）、（５）により演算して出力する。

[0044] [数3]

$$T(x) = P(x) \quad \dots(4)$$

$$U(x) = \sum_{i=-W}^W Q(x+i) \times f(i) \quad \dots(5)$$

[0045] すなわち像形状差補正部 64 は、全瞳画素データについては像形状補正フィルタ $f(i)$ による補正を加えて出力し、瞳分割画素データについては手を加えずにそのまま出力する。なお、上式（５）における「 $Q(x+i)$ 」を、上式（２）に合わせ「 $Q(x+4 \times i)$ 」としてもよい。

[0046] 像形状差補正部 64 が出力した瞳分割画素データ $T(x)$ および全瞳画素データ $U(x)$ は、位相差検出部 65 に入力される。位相差検出部 65 は、これら 2 つのデータの位相差を検出して出力する。位相差の検出方法は前段位相差検出部 62 と同様であるので、説明を省略する。ただし、位相差検出部 65 は、周知の内挿法などを用いて、位相差を小数精度で算出する。

[0047] 最後に、デフォーカス量換算部 66 が、位相差検出部 65 により出力された位相差に対し所定のデフォーカス量換算係数 K を掛け合わせ、デフォーカス量 D_f を算出する。デフォーカス量換算係数 K の決定方法は後に詳述する。

[0048] なお、図 11 に示すように、本実施形態では多数の像形状補正フィルタ $f_A \sim f_K$ を用意しておき、前段位相差検出部 62 により検出された前段位相差 d_a に応じてそれらを切り替えて利用している。これは、適切な像形状補正フィルタが位相差に応じて異なるためである。

[0049] また、前段位相差 d_a に応じて瞳分割画素データと全瞳画素データのどちらを補正するかを切り替えているが、これは瞳分割画素 22 の間隔が全瞳画素 21 の間隔よりも広いためである。瞳分割画素データの方が全瞳画素データよりも個数が少ないため、演算量の観点から、像形状補正フィルタによる畳み込み演算は可能であれば瞳分割画素データに対して行うことが望ましい。瞳分割画素 22 の間隔に対して前段位相差 d_a の絶対値が大きい場合、被写体像のぼけ量は十分に大きい。つまり、被写体像の輝度は瞳分割画素 2

2の配列方向に対してある程度なだらかに変化している。よって、4画素毎にしか配置されていない瞳分割画素22であっても、被写体像の輝度変化を十分に捉えることが可能である。換言すれば、瞳分割画素22は光学像を解像している。そのため、瞳分割画素データに対して適切に像形状の補正を行うことができる。

[0050] 一方、前段位相差 d_a の絶対値が瞳分割画素の間隔よりも小さい場合とはすなわち、撮影光学系11により結像される被写体像のぼけ量が小さい場合である。このとき、被写体像は先鋭なエッジを有している。つまり、瞳分割画素22の配列方向に対して被写体像の輝度は急峻に変化している。よって、4画素毎にしか配置されていない瞳分割画素22では、被写体像のエッジの位置を特定することは困難であり、被写体像の輝度変化を十分に捉えることができない。換言すれば、瞳分割画素22は細かい光学像を再現できていない。そのため、補正後の像形状が本来の像形状に比べ不正確なものになる可能性が高く、瞳分割画素データに対して像形状の補正を行う（像形状補正フィルターを畳み込む）のは不適切である。そこで本実施形態では、前段位相差 d_a の絶対値が比較的小さい場合には、全瞳画素データの補正を行うようにしている。

[0051] （像形状補正フィルターおよびデフォーカス量換算係数の決定方法の説明）

カメラ制御部14が有する不図示のメモリには、予め演算された像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ およびデフォーカス量換算係数 K が記憶されている。デジタルカメラ1のメーカーは、以下で説明する処理を行って像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ およびデフォーカス量換算係数 K を算出しておき、デジタルカメラ1の出荷時に上記のメモリへこれらの各データを記憶させておく。

[0052] まず、A3用紙程度のサイズのテストチャートを作成する。このテストチャートには、それぞれが数ミリメートル～数センチメートル程度の互いに異なる太さを有する黒い縦線を描写する。このテストチャートを、出荷するデジタルカメラ1そのものか、あるいはそのデジタルカメラ1と同様の光学特

性を有するカメラにより、以下に説明する手順で撮影する。なお、以下の説明では、テストチャートの作成に用いるカメラをサンプルカメラと呼ぶ。

[0053] 次に、テストチャートとサンプルカメラの位置関係を設定する。例えば、テストチャートをサンプルカメラの撮像面から１メートルの位置に固定し、撮影光学系１１のフォーカシングレンズを特定の位置に固定する。そして、テストチャートを光軸方向の前後に１ｃｍずつ移動させながら、サンプルカメラによる撮影を行う。このとき、各々の撮影において撮像素子１２から出力された撮像信号について、デフォーカス量の算出と、前段位相差検出部６２と同様の位相差の検出とを行う。なお、デフォーカス量の算出は、例えば最もコントラストの高い撮影結果が得られたときのデフォーカス量を０とし、そこから前後にテストチャートを移動させた量に撮影光学系１１の撮影倍率を加味した量をデフォーカス量とする。

[0054] 以上の手順で撮影を行うことにより、デフォーカス量と位相差との対応関係を得ることができる。例えば、デフォーカス量と位相差量とに比例関係を仮定して、比例式で近似すればよい。

[0055] 次に、－７０画素の位相差に対応するデフォーカス量で撮影した際の瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ とを用いて、次式（６）、（７）により係数 S_{ij} 、 R_j を算出する。

[0056] [数４]

$$S_{ij} = \sum_x Q(x+4 \times i) \times Q(x+4 \times j) \quad \dots(6)$$

$$R_j = \sum_x Q(x+4 \times j) \times P(x) \quad \dots(7)$$

[0057] なお、上式（６）、（７）において x は、式（１）と同様に、焦点検出対象の焦点検出領域に一行に配列されている全ての瞳分割画素２２の座標である。また、 S_{ij} は各像形状補正フィルターに含まれるフィルター係数の個数と同一の行数および列数を有する正方行列であり、 R_j はその個数と同一の要素を有するベクトルである。 S_{ij} および R_j が算出されれば、次式（８）に示す連立一次方程式を解くことにより、重心位置を補正する前の像形

状補正フィルター $fAr(i)$ が得られる。

[0058] [数5]

$$\sum_{i=-W}^W S_{ij} \times fAr(i) = R_j \quad \cdots(8)$$

[0059] 次に、像形状補正フィルター $fAr(i)$ の重心位置 C を次式 (9) で求めた後、重心位置を 0 に補正した最終的な像形状補正フィルター $fA(i)$ を次式 (10) で生成する。

[0060] [数6]

$$C = \sum_{i=-W}^W fAr(i) \times i \quad \cdots(9)$$

$$fA(i) = fAr(i + C) \quad \cdots(10)$$

[0061] なお、重心位置 C が整数でない場合には、例えば $(i + C)$ の前後の整数に対応する像形状補正フィルター fAr の値から、周知の線型補間等によって $fAr(i + C)$ を求めればよい。

[0062] 以上の手順によって、像形状補正フィルター fA が求まる。−50、−30、−15、15、30、50、70画素の位相差にそれぞれ対応するデフォーカス量でテストチャートを撮影した際の瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ とを用いて、同様の手順で演算を行うことにより、それぞれ像形状補正フィルター fB 、 fC 、 fD 、 fH 、 fI 、 fJ 、 fK が求まる。

[0063] 次に、−6画素の位相差に対応するデフォーカス量でテストチャートを撮影した際の瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ とを用いて、次式 (11)、(12) により係数 R_{ij} 、 S_j を算出する。

[0064] [数7]

$$R_{ij} = \sum_x Q(x+i) \times Q(x+j) \quad \cdots(11)$$

$$S_j = \sum_x Q(x+j) \times P(x) \quad \cdots(12)$$

[0065] なお、上式 (11)、(12) において x は、全ての全瞳画素データに対応する座標である。ここで算出された係数 R_{ij} 、 S_j に上式 (8)、(9)

）、（１０）を適用することにより、像形状補正フィルター f_E が求まる。
０、６画素の位相差にそれぞれ対応するデフォーカス量でテストチャートを撮影した際の瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ とを用いて、同様の手順で演算を行うことにより、それぞれ像形状補正フィルター f_F 、 f_G が求まる。

[0066] 次に、以上の手順で導出された像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ を、サンプルカメラのカメラ制御部 １４内の不図示のメモリに記憶させ、フィルター選択部 ６３から利用できるようにする。そして、各デフォーカス量でテストチャートを撮影した際に撮像素子 １２から出力された撮像信号について、図 １０の G 補間部 ６１による補間処理から位相差検出部 ６５による位相差検出処理までを実行する。これにより得られる、像形状の差異が補正されている位相差と、デフォーカス量との間に、比例関係を仮定し、位相差とデフォーカス量の間の比例係数を導出する。この比例係数が、上述したデフォーカス量換算係数 K である。

[0067] 以上の手順により導出された像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ とデフォーカス量換算係数 K が、出荷されるデジタルカメラ １のカメラ制御部 １４内の不図示のメモリに記憶される。

[0068] なお、このようにして導出される像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ によって、瞳分割画素データ $P(x)$ と全瞳画素データ $Q(x)$ との像形状の差異が補正できる理由は以下の通りである。

[0069] 図 １１より、前段位相差検出部 ６２により検出される前段位相差の絶対値が大きくない場合には、像形状差補正部 ６４は像形状補正フィルター $f_E \sim f_G$ のいずれかを用いて、上式（４）、（５）により全瞳画素データ $Q(x)$ を補正する。像形状補正フィルター f_E を例に挙げて説明すると、ここで像形状補正フィルター $f_E(i)$ の各フィルター係数を適切に調整すれば、補正後の $T(x)$ と $U(x)$ の形状を略一致させることができる。そのためには、 $T(x)$ と $U(x)$ の二乗誤差 e を次式（１３）で定義し、この e を最小にするような $f_E(i)$ を求めればよい。

[0070] [数8]

$$e = \sum_x (T(x) - U(x))^2$$

$$= \sum_x \left\{ P(x) - \sum_{i=-W}^W Q(x+i) \times fE(i) \right\}^2 \quad \dots(13)$$

[0071] 二乗誤差 e は $f(i)$ について下に凸の二次関数なので、 e を各フィルタ一係数 $fE(i)$ で偏微分した値が 0 になることが e を最小とする条件である。つまり、条件式は次式 (14) のようになる。

[0072] [数9]

$$\frac{\partial e}{\partial fE(j)} = \sum_x Q(x+j) \times \left\{ P(x) - \sum_{i=-W}^W Q(x+i) \times fE(i) \right\} = 0 \quad \dots(14)$$

[0073] 上式 (14) より、次式 (15)、(16)、(17) が導かれる。

[0074] [数10]

$$\sum_{i=-W}^W S_{ij} \times fE(i) = R_j \quad \dots(15)$$

$$S_{ij} = \sum_x Q(x+i) \times Q(x+j) \quad \dots(16)$$

$$R_j = \sum_x Q(x+j) \times P(x) \quad \dots(17)$$

[0075] 上式 (15)、(16)、(17) に、具体的な瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ を与えれば、係数 S_{ij} および R_j が決まり、連立一次方程式を解くことにより像形状補正フィルタ一 $fE(i)$ が算出される。像形状補正フィルタ一 $fE(i)$ は撮影光学系 11 の光学条件と撮像素子 12 の特性によって決まり、被写体の形状には依存しない。従って、テストチャートを撮影した際に撮像素子 12 から出力される瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ を上式 (15)、(16)、(17) に与えれば、一般的な被写体に適用可能な像形状補正フィルタ一 $fE(i)$ を求めることができる。その他の像形状補正フィルタ一 fF 、 fG 、および瞳分割画素データを補正する像形状補正フィルタ一 $fA \sim fD$ 、 $fH \sim fK$ についても同様である。

[0076] 上述した第 1 の実施の形態によるデジタルカメラによれば、次の作用効果を得られる。

(1) 位相差検出部 65 は、瞳分割した一对の光束の一方を受光し他方を受光しない瞳分割画素 22 から出力される瞳分割像データと、瞳分割画素 22 の周辺に配列され撮影光学系 11 の全瞳領域を通過した光束を受光する全瞳画素 21 から出力される全瞳像データと、の位相差を検出する。デフォーカス量換算部 66 は、この位相差に基づいてデフォーカス量を検出する。像形状補正部 64 は、位相差検出部 65 が位相差の検出に用いる瞳分割像データと全瞳像データとの少なくとも一方に対し、瞳分割像データと全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う。このようにしたので、精度よくデフォーカス量を検出することができる。

[0077] (2) 像形状差補正部 64 は、瞳分割画素データおよび全瞳画素データの一方に対し、所定の像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ を畳み込む補正処理を行う。このようにしたので、一对のデータの像形状の差異が確実に補正される。

[0078] (3) 撮像素子 12 には、全瞳画素 21 の間隔よりも広い間隔で瞳分割画素 22 が配列されており、像形状差補正部 64 は、全瞳画素データに対して像形状補正フィルター $f_E \sim f_G$ を畳み込む。このようにしたので、前段位相差 d_a が小さく、瞳分割画素 22 が細かい光学像を再現できない場合であっても、像形状の差異を確実に補正することが可能となる。

[0079] (4) 前段位相差検出部 62 は、像形状差補正部 64 により補正処理が行われる前の瞳分割画素データおよび全瞳画素データの前段位相差 d_a を検出する。像形状差補正部 64 は、前段位相差検出部 62 により検出された前段位相差 d_a に基づいて、複数の像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ からいずれか 1 つを選択し、瞳分割画素データおよび全瞳画素データの一方に対して選択された像形状補正フィルターを畳み込む。このようにしたので、瞳分割画素データおよび全瞳画素データのずれ量の大きさに応じた適切な像形状補正フィルターを利用することが可能となり、像形状の差異を精度よく補正することができる。

[0080] (5) 前段位相差検出部 62 は、像形状差補正部 64 により補正処理が行わ

れる前の瞳分割画素データおよび全瞳画素データの前段位相差 d_a を検出する。また、撮像素子 12 には、全瞳画素 21 の間隔よりも広い間隔で瞳分割画素 22 が配列されている。像形状差補正部 64 は、前段位相差検出部 62 により検出された前段位相差 d_a の絶対値が 10 よりも大きい場合には、瞳分割画素データに対して像形状補正フィルターを畳み込む。瞳分割画素データは全瞳画素データよりも個数が少ないので、畳み込み演算に必要な演算量を削減することができる。

[0081] (6) 像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ は、撮影光学系 11 により結像された所定のテストチャートの像を撮像素子 12 により撮像することにより得られた瞳分割画素データおよび全瞳画素データの一方に対して、その像形状補正フィルターを畳み込んだ場合に瞳分割画素データおよび全瞳画素データの像形状の差異が最小となるフィルターである。このようにしたので、像形状の差異が確実に補正される。

[0082] (第 2 の実施の形態)

本実施形態のデジタルカメラは、第 1 の実施の形態と同様の構成を有するが、カメラ制御部 14 によるデフォーカス量の検出方法が第 1 の実施の形態とは異なる。以下、第 2 の実施の形態におけるデフォーカス量の検出方法について詳述する。なお、以下の説明において、第 1 の実施の形態と同一の箇所については、第 1 の実施の形態と同一の符号を付して説明を省略する。

[0083] 図 12 は、第 2 の実施の形態に係るカメラ制御部 14 が備える、デフォーカス量を検出するための機能部を示すブロック図である。まず G 補間部 61 が、第 1 の実施の形態と同様に、瞳分割画素 22 がある行について、あたかも緑 (G) の色フィルター 33 を有する全瞳画素 21 が隙間無く存在しているかのような全瞳画素データを生成して出力する。フィルター選択部 163 は、第 1 の実施の形態とは異なり、不図示のメモリに記憶されている像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ を全て出力する。

[0084] フィルター選択部 163 から出力された像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ と、G 補間部 61 から出力された全瞳画素データと、瞳分割画素データと、

は像形状差補正部 164 に入力される。像形状差補正部 164 は、フィルター選択部 163 から入力された像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ の各々について、その像形状補正フィルターを用いた像形状差の補正を行う。つまり像形状差補正部 164 は、補正後の瞳分割画素データ $T(x)$ および補正後の全瞳画素データ $U(x)$ の組を、像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ のそれぞれに対応して 11 組作成する。作成された 11 組の瞳分割画素データ $T(x)$ および全瞳画素データ $U(x)$ は、全て位相差検出部 165 に出力される。

位相差検出部 165 は、像形状差補正部 164 から出力された 11 組の瞳分割画素データ $T(x)$ および全瞳画素データ $U(x)$ の各々について、第 1 の実施の形態と同様の位相差検出処理を行う。例えばシフト数 d を $-70 \sim 70$ の範囲で変化させながら、次式 (18) により相関値 $E(d)$ を算出する。

[0085] [数11]

$$E(d) = \sum_x |T(x) - U(x+d)| \quad \dots(18)$$

[0086] 上式 (18) において x は、焦点検出対象の焦点検出領域に一例に配列されている全ての瞳分割画素 22 の座標である。つまり上式 (1) は、全ての瞳分割画素 22 について、その画素の瞳分割画素データと、そこから d だけずれた位置に相当する全瞳画素データとの差の絶対値を合計する式である。

[0087] 位相差検出部 165 は、このようにして算出した $E(-70) \sim E(70)$ の値のうち、最小となる $E(d)$ を与える d の値を位相差とする。位相差検出部 165 はこの演算を 11 組の瞳分割画素データ $T(x)$ および全瞳画素データ $U(x)$ の各々について行い、11 組の位相差 d およびそのときの相関値 $E(d)$ を得る。そして、それら 11 組の値のうち、最も小さな相関値 $E(d)$ を (すなわち最も像形状の差異が小さい組を) 選択し、その $E(d)$ を与える位相差 d をデフォーカス量換算部 66 に出力する。

[0088] 以上のように、本実施形態のカメラ制御部 14 は、全ての像形状補正フィ

ルター $f_A \sim f_K$ について実際に像形状差の補正および位相差の検出を行い、像形状の差異が最も小さくなる結果を最終的な位相差検出の結果として採用する。

[0089] 上述した第2の実施の形態によるデジタルカメラによれば、次の作用効果を得られる。(1) 像形状補正部164は、複数の像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ の各々について、瞳分割像データおよび全瞳像データの一方に対してその像形状補正フィルターを畳み込み、位相差検出部165はその後に該瞳分割像データと該全瞳像データとの位相差 d および相関値 $E(d)$ を演算する。デフォーカス量換算部66は、相関値が最も小さくなる像形状補正フィルター係数により補正処理が行われた場合における位相差 d に基づいて、デフォーカス量を検出する。このようにしたので、あらかじめ前段位相差検出部62により前段位相差 d_a を検出しておかずとも、最適な像形状補正フィルターを用いた像形状の補正を位相差検出に反映させることが可能となる。

[0090] (第3の実施の形態)

本実施形態のデジタルカメラは、第1の実施の形態と同様の構成を有するが、前段位相差 d_a に対する11個の像形状補正フィルターの適用パターンが、第1の実施の形態とは異なる。以下、第3の実施の形態における11個の像形状補正フィルターの適用パターンについて詳述する。なお、以下の説明において、第1の実施の形態と同一の箇所については、第1の実施の形態と同一の符号を付して説明を省略する。

[0091] 図13は、第3の実施の形態に係るフィルター選択部63が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。本実施形態のフィルター選択部63は、前段位相差検出部62から出力された前段位相差に応じて、11個の像形状補正フィルター f_A 、 f_B 、 f_C 、…、 f_K からいずれか1つを選択し、像形状差補正部64に出力する。

[0092] 前段位相差 d_a が -12 を下回る場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルター f_A を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が -12 以上

− 8 未満である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f B を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が − 8 以上 − 4 未満である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f C を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が − 4 以上 − 2 未満である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f D を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が − 2 以上 − 1 未満である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f E を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が − 1 以上 1 以下である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f F を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 1 を上回り 2 以下である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f G を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 2 を上回り 4 以下である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f H を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 4 を上回り 8 以下である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f I を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 8 を上回り 12 以下である場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f J を $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 12 を上回る場合、フィルター選択部 6 3 は像形状補正フィルター f K を $f(i)$ として出力する。

[0093] なお、本実施形態における像形状補正フィルター f A ~ f K は、− 14、− 10、− 6、− 3、− 1.5、0、1.5、3、6、10、14 画素の位相差にそれぞれ対応するデフォーカス量でテストチャートを撮影した際の瞳分割画素データ $P(x)$ および全瞳画素データ $Q(x)$ とを用いて求められたものである。

[0094] 上述した第 3 の実施の形態によるデジタルカメラによれば、第 1 の実施の形態と同様の作用効果が得られる。

[0095] (第 4 の実施の形態)

本実施形態のデジタルカメラは、第 3 の実施の形態と同様の構成を有するが、前段位相差 d_a が十分に小さい場合には、瞳分割画素データにも全瞳画素データにも補正を行わない点で、第 3 の実施の形態とは異なる。以下、第

4の実施の形態における像形状補正フィルターの適用パターンについて詳述する。なお、以下の説明において、第3の実施の形態と同一の箇所については、第3の実施の形態と同一の符号を付して説明を省略する。

[0096] 図14は、第4の実施の形態に係るフィルター選択部63が出力する像形状補正フィルターの決定方法を示す図である。カメラ制御部14が有する不図示のメモリには、予め8個の像形状補正フィルターfA、fB、fC、fD、fH、fI、fJ、fKが記憶されている。つまり本実施形態では、第3の実施の形態で挙げた11個の像形状補正フィルターのうち、fE、fF、fGがメモリに記憶されていない。

[0097] 前段位相差 d_a が -12 を下回る場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfAを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が -12 以上 -8 未満である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfBを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が -8 以上 -4 未満である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfCを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が -4 以上 -2 未満である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfDを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 2 を上回り 4 以下である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfHを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 4 を上回り 8 以下である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfIを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 8 を上回り 12 以下である場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfJを $f(i)$ として出力する。前段位相差 d_a が 12 を上回る場合、フィルター選択部63は像形状補正フィルターfKを $f(i)$ として出力する。

[0098] 他方、前段位相差 d_a が -2 以上 2 以下である場合（すなわち被写体像のぼけ量が十分に小さい場合）、フィルター選択部63は像形状補正フィルター $f(i)$ を出力しない。像形状差補正部64は、フィルター選択部63が像形状補正フィルター $f(i)$ を出力しなかった場合、瞳分割画素データ $T(x)$ と、全瞳画素データ $U(x)$ を、次式(19)、(20)により演算

して出力する。

$$T(x) = P(x) \quad \dots (19)$$

$$U(x) = Q(x) \quad \dots (20)$$

[0099] つまり像形状差補正部64は、前段位相差 d_a が -2 以上 2 以下である場合（すなわち被写体像のぼけ量が十分に小さい場合）、全瞳画素データと瞳分割画素データとを、共に手を加えずにそのまま出力する。

[0100] 上述した第4の実施の形態によるデジタルカメラによれば、次の作用効果を得られる。

（1）像形状補正部64は、瞳分割した一对の光束の一方を受光する瞳分割画素から出力される瞳分割像データに対し、撮影光学系11の全瞳領域を通過した光束を受光する全瞳画素21から出力される全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う。このようにしたので、精度よくデフォーカス量を検出することができる。

[0101] 次のような変形も本発明の範囲内であり、変形例の一つ、もしくは複数を上述の実施形態と組み合わせることも可能である。

[0102] （変形例1）

上述の各実施形態では、像形状補正フィルターに応じて瞳分割画素データと全瞳画素データのうち、一方のみを補正することにより、それら2つのデータの像形状の差異を補正していた。これを、両方のデータを補正するようにしてもよい。例えば、一方に像形状補正フィルターを畳み込む補正処理を行い、他方に平滑化を行う周知のフィルターを適用する補正処理を行ってもよい。このようにすることで、より正確な位相差の検出を行うことが可能となる。

[0103] （変形例2）

瞳分割画素22の配置間隔は、図5に示した4画素毎のものに限定されない。これより広くても狭くてもよい。

[0104] （変形例3）

遮光マスク35による光電変換部32の覆い方は、上述の各実施形態のも

のに限定されない。例えば、遮光マスク 3 5 が瞳分割画素 2 2 の左半分を覆うようにしてもよい。

[0105] (変形例 4)

光電変換部 3 2 の形状は、上述した各実施形態のように正方形でなくてもよい。例えば、マイクロレンズ 3 1 の形状に沿った円形にしてもよい。また、撮像素子 1 2 を、1 つのマイクロレンズ 3 1 の後側に光電変換部 3 2 を多数配列して構成してもよい。このような構成を採用する場合、遮光マスク 3 5 は不要であり、且つ、デフォーカス量の検出に用いる光電変換部 3 2 を任意に選択することができる。すなわち、測距瞳 9 2、9 3 の位置を任意に選択することができる。

[0106] (変形例 5)

測距瞳 9 2、9 3 の位置は上述した実施形態に限定されない。全瞳画素 2 1 が一对の測距瞳をそれぞれ通過した一对の光束の両方を少なくとも受光し、瞳分割画素 2 2 が一对の光束の一方を受光し他方を受光しないようにさえ構成されていれば、本発明を適用することが可能である。

[0107] (変形例 6)

焦点検出領域 G 1 ~ G 5 は、図 4 に例示したものと異なってもよい。例えば、図 4 とは違う場所にあってもよいし、より多数（もしくは少数）であってもよい。また、全ての焦点検出領域 G 1 ~ G 5 について、同時にデフォーカス量の検出が行われるようにしてもよい。更に、焦点検出領域 G 1 ~ G 5 を定めてそこに瞳分割画素 2 2 を配列するのではなく、撮像面 G の全域に渡って瞳分割画素 2 2 が配列されるようにしてもよい。瞳分割画素 2 2 をこのように配列した場合、撮像面 G の任意の位置でデフォーカス量の検出を行うことが可能になる。

[0108] (変形例 7)

像形状補正フィルターに含まれるフィルター係数の個数は、上述した数に限定されない。また、図 1 1 に示した前段位相差 d_a の値と各像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ との対応関係は一例であり、他の対応関係を設定しても

よい。更に、像形状補正フィルターは $f_A \sim f_K$ の 1 個でなくてもよく、より多数の像形状補正フィルターを用意してもよいし、より少数であってもよい。各像形状補正フィルター $f_A \sim f_K$ が補正の対象とするデータ（瞳分割画素データおよび全瞳画素データのいずれか）についても、図 11 に例示したものに限定されない。例えば、常に一方のデータのみを補正するように像形状差補正部 64 を構成してもよい。

[0109] （変形例 8）

上述した各実施形態では、本発明のデフォーカス量検出装置を適用したデジタルカメラについて説明したが、本発明はこのような実施形態に限定されない。例えば、デフォーカス量の検出のみを行い撮影画像の記憶を行わない装置に本発明を適用することが可能である。また、撮影光学系 11 や撮像素子 12 を持たず、装置の外部から入力された瞳分割画素データおよび全瞳画素データに基づいてデフォーカス量を検出するデフォーカス量検出装置に本発明を適用することも可能である。

[0110] 本発明の特徴を損なわない限り、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含まれる。

[0111] 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 2012 年第 49362 号（2012 年 3 月 6 日出願）

日本国特許出願 2013 年第 37554 号（2013 年 2 月 27 日出願）

請求の範囲

- [請求項1] 瞳分割した一对の光束の一方を受光する第1画素から出力される瞳分割像データと、少なくとも前記瞳を含む領域を通過した光束を受光する第2画素から出力される全瞳像データと、の少なくとも一方に対し前記瞳分割像データと前記全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う像形状補正部を備えるデフォーカス量検出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のデフォーカス量検出装置において、
前記像形状補正部は、前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの少なくとも一方に対し、所定の像形状補正フィルター係数を畳み込む前記補正処理を行うデフォーカス量検出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のデフォーカス量検出装置において、
前記第1画素は、前記第2画素の間隔よりも広い間隔で配列され、
前記像形状補正部は、前記全瞳像データに対して前記像形状補正フィルター係数を畳み込むデフォーカス量検出装置。
- [請求項4] 請求項2に記載のデフォーカス量検出装置において、
前記像形状補正部により前記補正処理が行われる前の前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの位相差を検出する前段位相差検出部を備え、
前記像形状補正部は、前記前段位相差検出部により検出された位相差に基づいて、複数の前記像形状補正フィルター係数からいずれか1つを選択し、前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの少なくとも一方に対して当該選択された像形状補正フィルター係数を畳み込むデフォーカス量検出装置。
- [請求項5] 請求項2に記載のデフォーカス量検出装置において、
前記像形状補正部により前記補正処理が行われる前の前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの位相差を検出する前段位相差検出部を備え、
前記第1画素は、前記第2画素の間隔よりも広い間隔で配列され、

前記像形状補正部は、前記前段位相差検出部により検出された位相差が所定のしきい値よりも大きい場合には、前記瞳分割像データに対して前記像形状補正フィルター係数を畳み込むデフォーカス量検出装置。

[請求項6] 請求項2に記載のデフォーカス量検出装置において、

前記像形状補正部は、複数の像形状補正フィルター候補係数の各々について、前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの少なくとも一方に対して当該像形状補正フィルター候補係数を畳み込んだ後に該瞳分割像データと該全瞳像データとの相関値を演算し、相関値が最も小さくなる前記像形状補正フィルター候補係数を前記像形状補正フィルター係数として前記補正処理を行うデフォーカス量検出装置。

[請求項7] 請求項2に記載のデフォーカス量検出装置において、

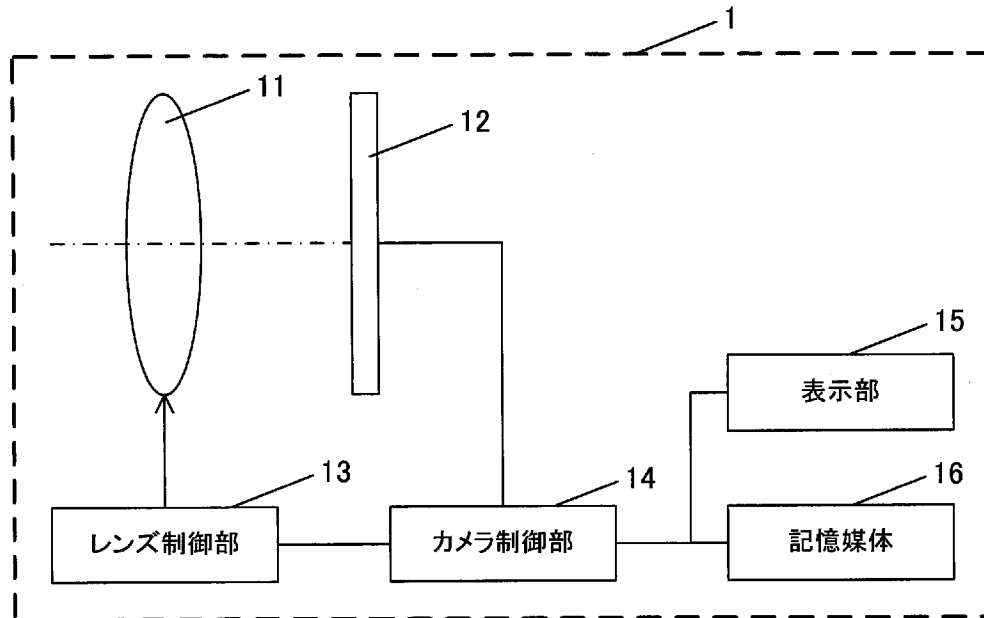
前記像形状補正フィルター係数は、前記撮影光学系により結像された所定のテストチャートの光像を前記第1画素および前記第2画素により受光することで得られた前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの少なくとも一方に対して、当該像形状補正フィルター係数を畳み込んだ場合に前記瞳分割像データおよび前記全瞳像データの像形状の差異が最小となる係数であるデフォーカス量検出装置。

[請求項8] 瞳分割した一对の光束の一方を受光する第1画素から出力される瞳分割像データに対し、少なくとも前記瞳を含む領域を通過した光束を受光する第2画素から出力される全瞳像データとの像形状の差異を補正する補正処理を行う像形状補正部を備えるデフォーカス量検出装置。

[請求項9] 請求項1～8のいずれか一項に記載のデフォーカス量検出装置を備えるカメラ。

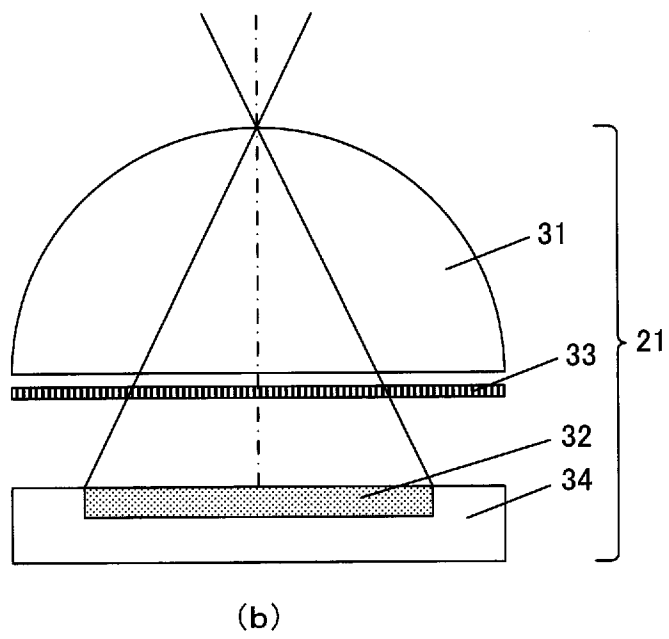
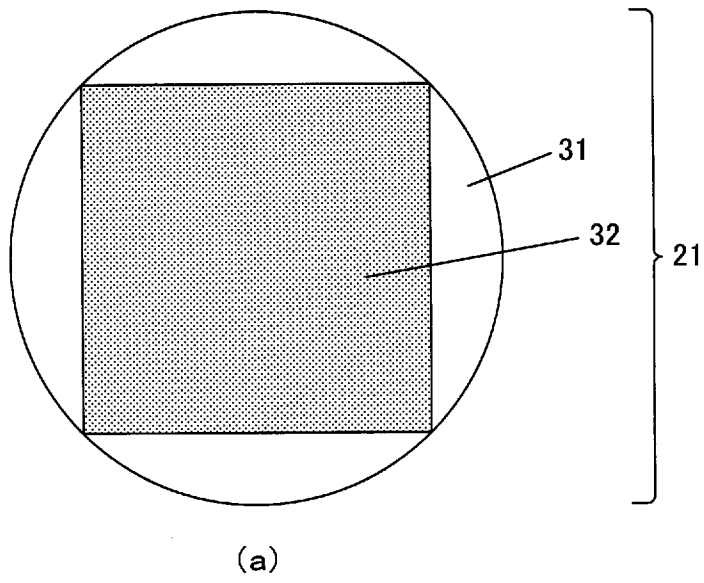
[図1]

【図1】



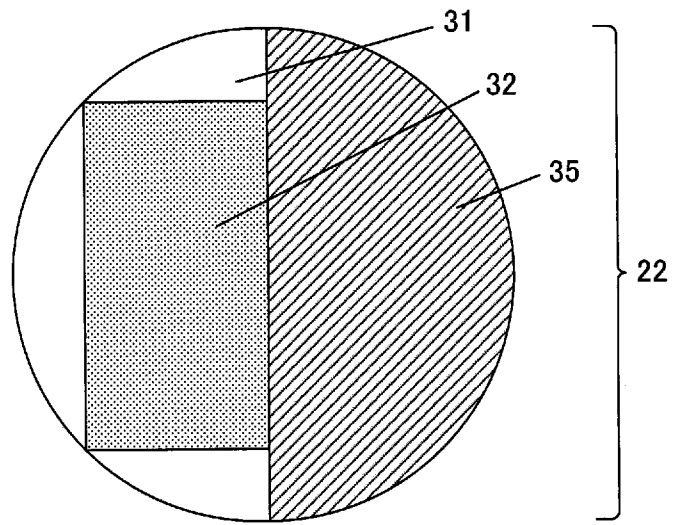
[図2]

【図2】

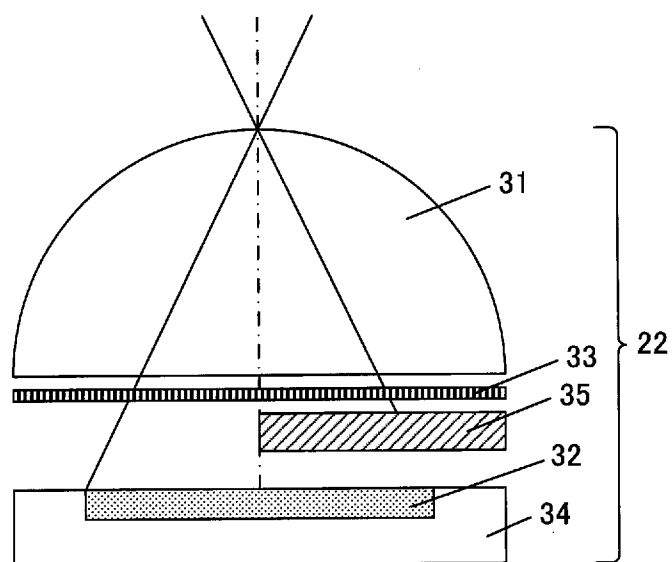


[図3]

【図3】



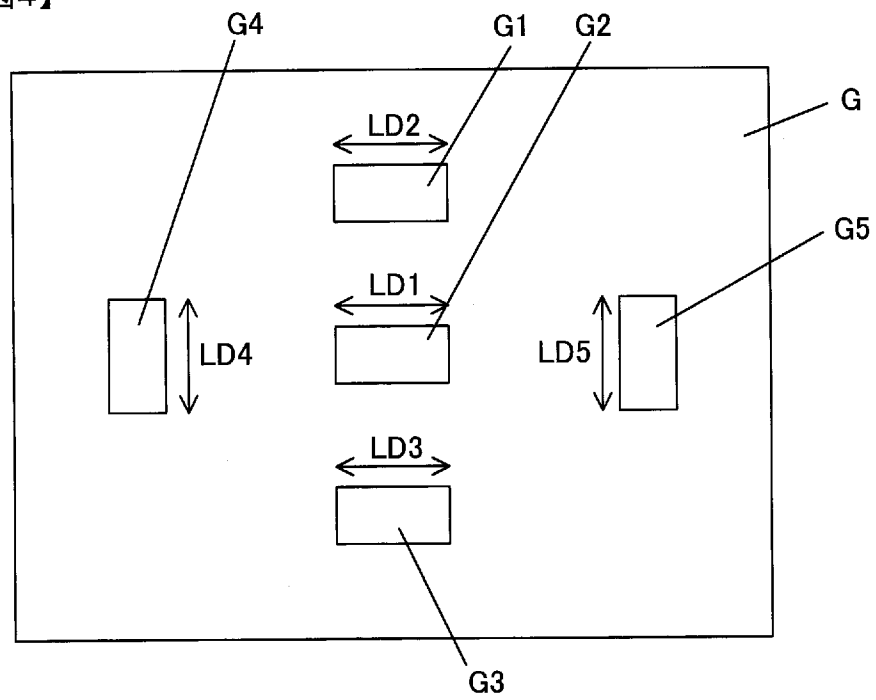
(a)



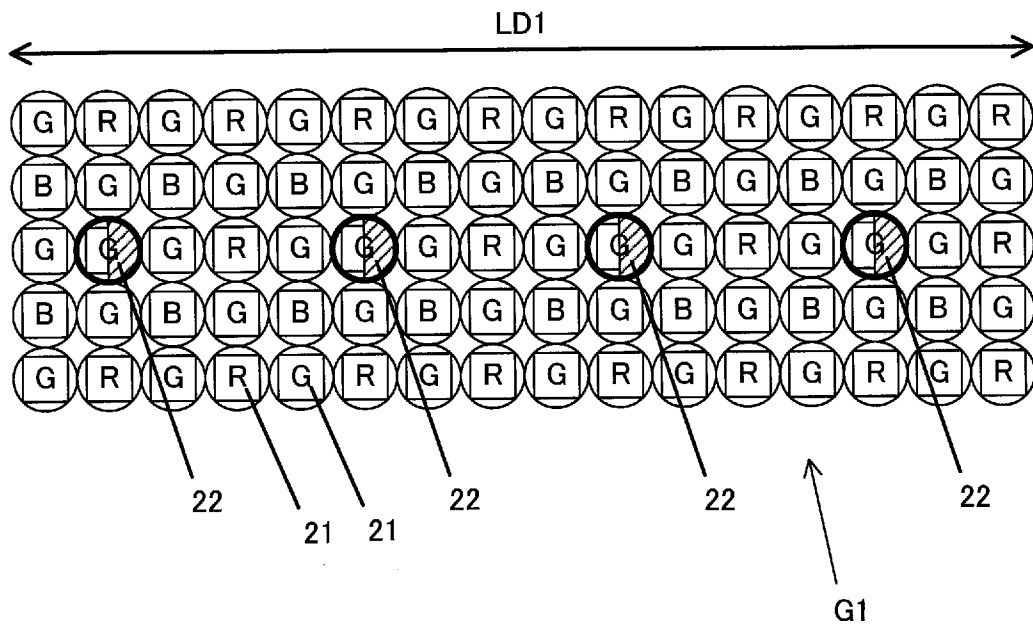
(b)

[図4]

【図4】

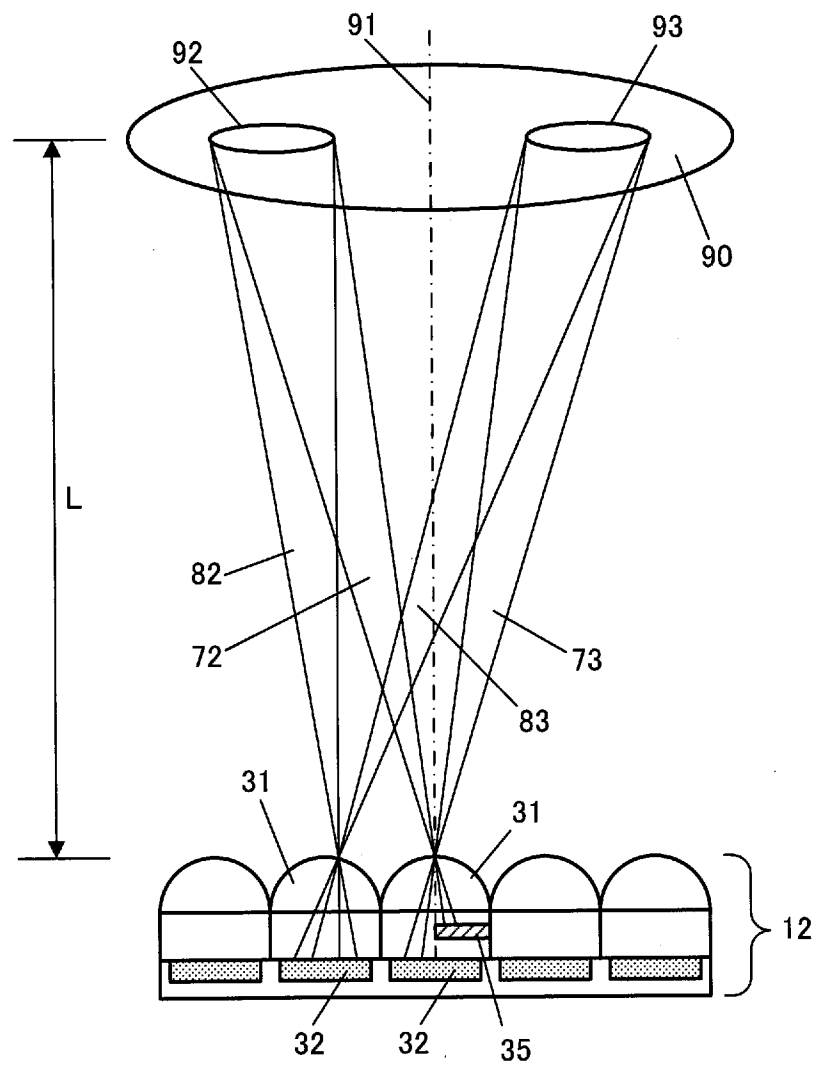


【図5】



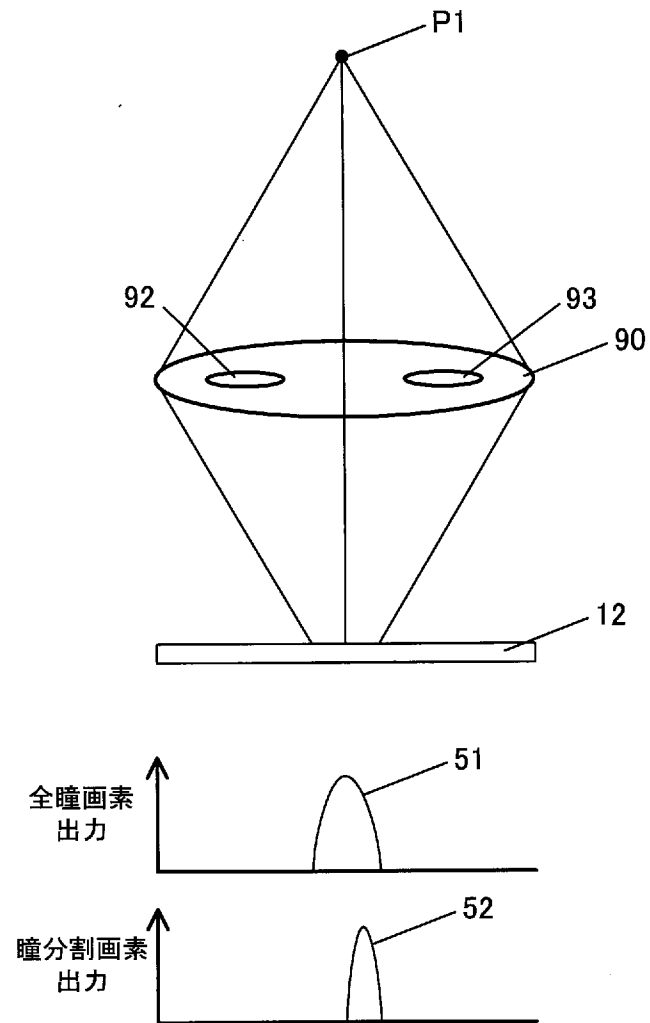
[図6]

【図6】



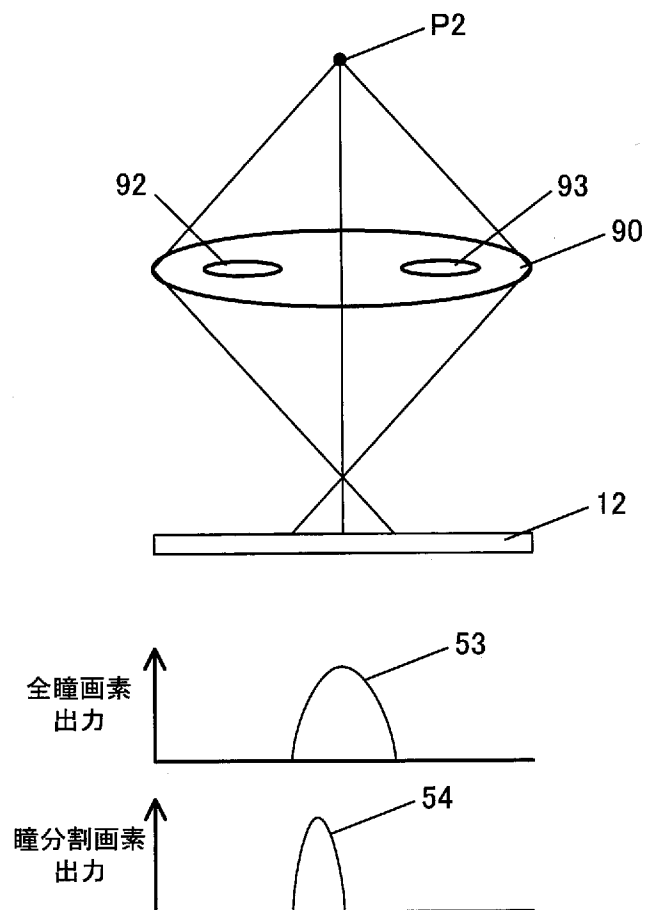
[図7]

【図7】



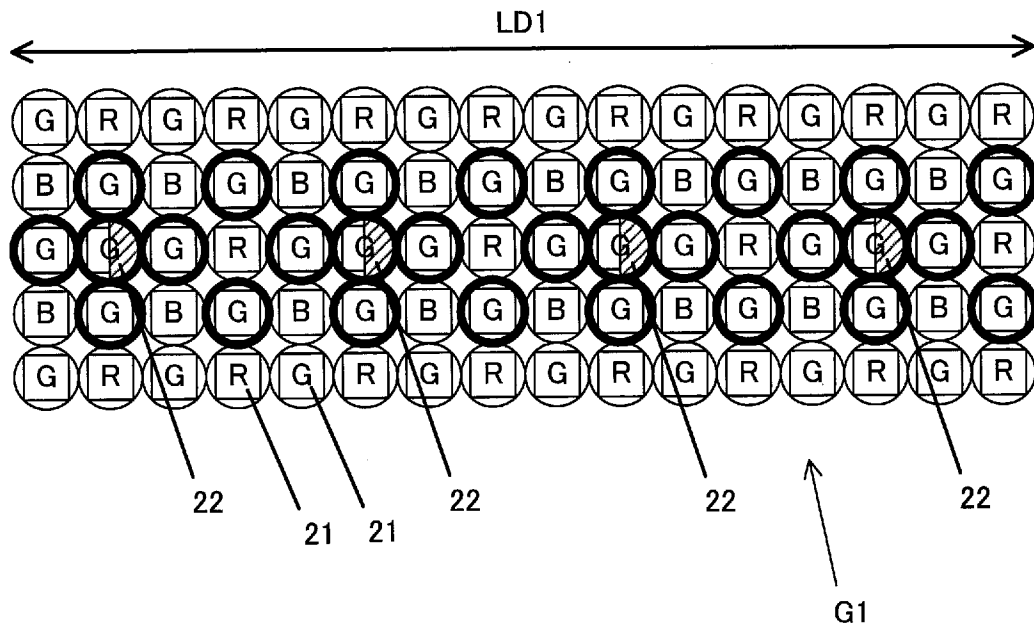
[図8]

【図8】



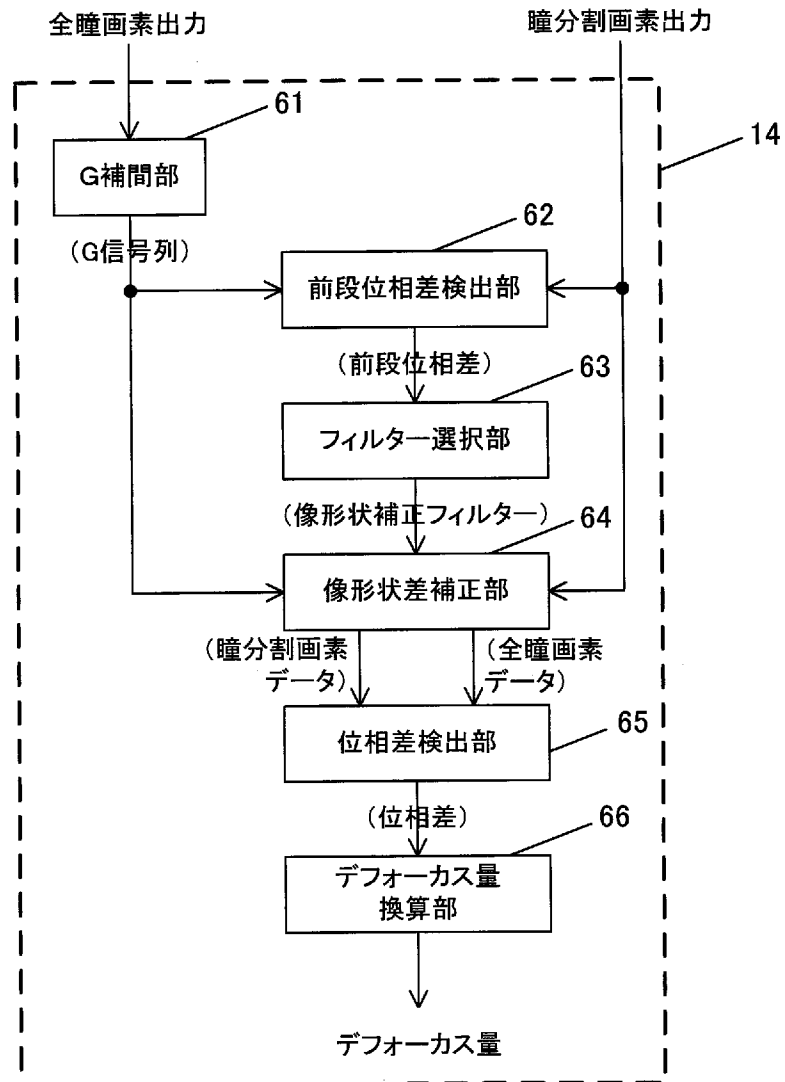
[図9]

【図9】



[図10]

【図10】



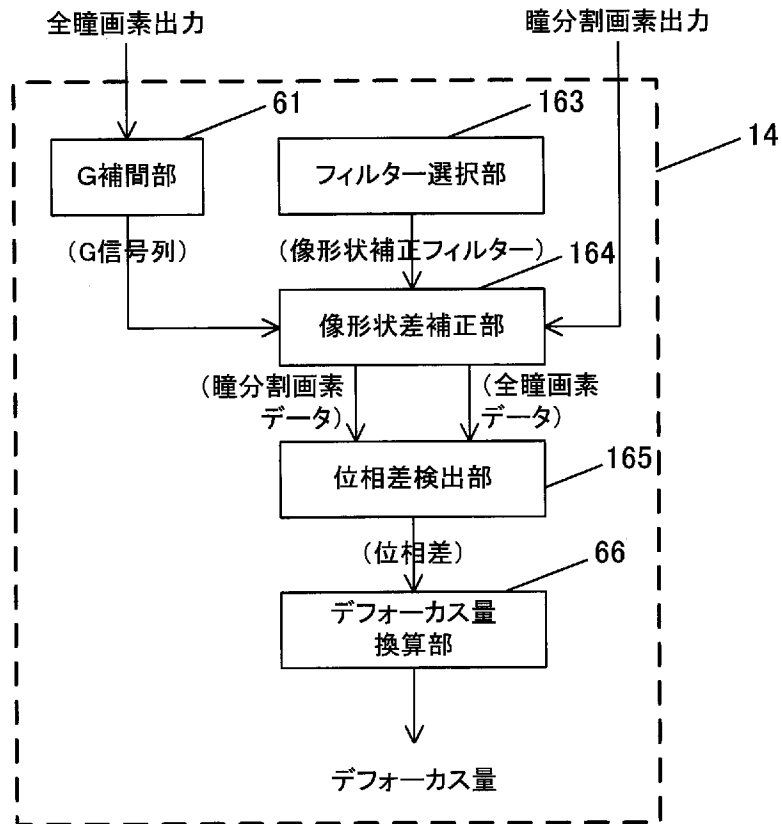
[図11]

【図11】

前段位相差 d_a	$f(i)$	補正対象
$d_a < -60$	fA	瞳分割画素データ
$-60 \leq d_a < -40$	fB	
$-40 \leq d_a < -20$	fC	
$-20 \leq d_a < -10$	fD	
$-10 \leq d_a < -2$	fE	全瞳画素データ
$-2 \leq d_a \leq 2$	fF	
$2 < d_a \leq 10$	fG	
$10 < d_a \leq 20$	fH	瞳分割画素データ
$20 < d_a \leq 40$	fI	
$40 < d_a \leq 60$	fJ	
$d_a > 60$	fK	

[図12]

【図12】



[図13]

【図13】

前段位相差 d_a	$f(i)$	補正対象
$d_a < -12$	fA	瞳分割画素データ
$-12 \leq d_a < -8$	fB	
$-8 \leq d_a < -4$	fC	
$-4 \leq d_a < -2$	fD	
$-2 \leq d_a < -1$	fE	全瞳画素データ
$-1 \leq d_a \leq 1$	fF	
$1 < d_a \leq 2$	fG	
$2 < d_a \leq 4$	fH	瞳分割画素データ
$4 < d_a \leq 8$	fI	
$8 < d_a \leq 12$	fJ	
$d_a > 12$	fK	

[図14]

【図14】

前段位相差da	f(i)	補正対象
da < -12	fA	瞳分割画素データ
-12 ≦ da < -8	fB	
-8 ≦ da < -4	fC	
-4 ≦ da < -2	fD	
-2 ≦ da ≦ 2	補正しない	
2 < da ≦ 4	fH	瞳分割画素データ
4 < da ≦ 8	fI	
8 < da ≦ 12	fJ	
da > 12	fK	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B7/34(2006.01)i, G03B13/36(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)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)

G02B7/09-7/11, G02B7/28-7/40, G03B13/36, H04N5/232, H04N5/369

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y A	JP 2009-141390 A (Nikon Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0015] to [0043]; fig. 3 to 5, 8 to 10, 14 (Family: none)	1-4, 7-9 5-6
Y A	JP 2012-37551 A (Canon Inc.), 23 February 2012 (23.02.2012), paragraphs [0051] to [0072]; all drawings & WO 2012/018101 A1	1-4, 7-9 5-6
Y A	JP 2007-121896 A (Nikon Corp.), 17 May 2007 (17.05.2007), paragraphs [0044] to [0063]; all drawings (Family: none)	1-4, 7-9 5-6



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
17 May, 2013 (17.05.13)Date of mailing of the international search report
04 June, 2013 (04.06.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055332

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-191629 A (Canon Inc.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0030] to [0056]; all drawings & US 2004/0179128 A1	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B7/34(2006.01)i, G03B13/36(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)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 (I P C))

Int.Cl. G02B7/09-7/11, G02B7/28-7/40, G03B13/36, H04N5/232, H04N5/369

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
Y A	JP 2009-141390 A (株式会社ニコン) 2009.06.25, 【0015】 - 【0043】, 図 3-5, 8-10, 14 (ファミリーなし)	1-4, 7-9 5-6
Y A	JP 2012-37551 A (キヤノン株式会社) 2012.02.23, 【0051】 - 【0072】, 全図 & WO 2012/018101 A1	1-4, 7-9 5-6

☒ 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

1 7 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

居島 一仁

2 V

9 2 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 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
Y A	JP 2007-121896 A (株式会社ニコン) 2007. 05. 17, 【0044】 - 【0063】 , 全図 (ファミリーなし)	1-4, 7-9 5-6
A	JP 2004-191629 A (キヤノン株式会社) 2004. 07. 08, 【0030】 - 【0056】 , 全図 & US 2004/0179128 A1	1-9