

(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
2011 年 10 月 27 日(27.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/132280 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/225 (2006.01) *H04N 5/232* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057103
- (22) 国際出願日: 2010 年 4 月 21 日(21.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 平井 由樹雄 (HIRAI, Yukio) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

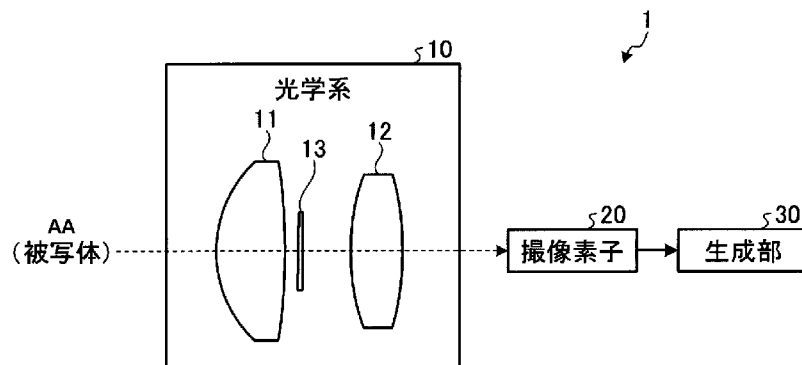
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: IMAGE CAPTURE DEVICE AND IMAGE CAPTURE METHOD

(54) 発明の名称: 撮像装置及び撮像方法

[図1]



AA Photographic subject
10 Optical system
20 Imaging element
30 Generation unit

(57) Abstract: Disclosed is an image capture device and image capture method that can generate photographic subject images with high precision. The image capture device, for example, diffuses light flux from a photographic subject in three or more directions of an imaging element by the use of a lens and an optical wavefront modulation element and uses the imaging element to form the diffused light flux into images and obtain a photographic subject. The image capture device then generates an image of the photographic subject by digitally processing the photographic subject image, based on an inverse filter, etc.

(57) 要約: 被写体画像を高精度に生成することができる撮像装置及び撮像方法を提供することを課題とする。かかる課題を解決するために、例えば、撮像装置が、被写体から発せられる光束をレンズ及び光波面変調素子により撮像素子に対して3方向以上に分散させ、分散された光束を撮像素子により結像して被写体像を取得する。そして、撮像装置が、逆フィルタ等に基づいて、かかる被写体像に対してデジタル処理を施すことにより被写体の画像を生成する。



WO 2011/132280 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 撮像装置及び撮像方法

技術分野

[0001] 本発明は、撮像装置及び撮像方法に関する。

背景技術

[0002] デジタルカメラや携帯電話機に搭載されているカメラ等の撮像装置は、一般に、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の二次元撮像素子上に被写体を結像することにより撮像処理を行う。近年、このような撮像装置には、WFC (Wavefront Coding) と呼ばれる技術が採用される場合がある。

[0003] ここで、図10を用いて、WFC技術が採用される撮像装置について説明する。図10は、WFC技術が採用される従来の撮像装置の光学系を模式的に示す図である。図10に示すように、従来の撮像装置は、光学系90と、撮像素子95とを有する。光学系90には、レンズ91～93と、光波面変調素子である位相板94とが配置される。

[0004] 図10に示した例において、仮に、位相板94が存在しない場合には、レンズ91～93は、撮影対象の被写体から発せられる光を収束させる。一方、図10に示した例のように、位相板94が配置されることにより、位相板94は、撮影対象の被写体から発せられる光束を規則的に分散し、撮像素子95の受光面への結像を変形させる。これにより、撮像素子95は、ピントがずれた状態の画像（以下、「中間画像」と表記する場合がある）を得ることになる。そして、撮像装置は、撮像素子95により撮像された中間画像に対して、逆フィルタ等のデジタル処理を施すことにより、被写体の画像を生成する。

[0005] WFC技術が採用される撮像装置によって得られる中間画像は、撮像装置と被写体との相対位置が変動した場合であっても、ボケ度合いの変動量が小さい。例えば、撮像装置と被写体との距離がH1である場合における中間画

像と、撮像装置と被写体との距離が $H_2 (> H_1)$ である場合における中間画像とは、ボケ度合いの変動量が小さい。WFC技術が採用される撮像装置は、このようなボケ度合いの変動量が小さい中間画像に対してデジタル処理を施して被写体画像を生成することにより、被写界深度を拡大することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2008-109542号公報

特許文献2：特開2003-235794号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：Edward R. Dowski, Jr., and W. Thomas Cathey, “Extended depth of field through wave-front coding”, Applied Optics, vol. 34, no 11, pp. 1859-1866, April, 1995.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記の従来技術には、被写体画像を高精度に生成できないおそれがあるという問題がある。かかる問題について、図11～図15を用いて具体的に説明する。図11及び図12は、図10に示した従来の位相板94の形状例を示す図である。なお、図12は、図11のZ軸方向から見た位相板94の形状を示す。一般に、WFC技術が採用される従来の撮像装置には、図11及び図12に例示した形状の位相板94が用いられる。このような従来の位相板94の形状は、例えば、以下の式(1)により表される。

[0009] [数1]

$$z = A(x^3 + y^3) \quad \dots (1)$$

[0010] 上記式(1)に示した「A」は、任意の係数である。上記式(1)で表される形状の位相板94は、X軸方向とY軸方向とに直交した位相分布を有する。具体的には、位相板94を通過した光は、撮像素子95の受光面のうち

、主にX軸方向とY軸方向とに直交した領域に結像される。このような位相板94の位相分布は、例えば、以下の式(2)により表される。

[0011] [数2]

$$P(x,y)=\exp(i\alpha(x^3+y^3)) \quad \dots(2)$$

[0012] すなわち、このような位相板94を含む光学系90のPSF(Point Spread Function: 点像分布関数)は、図13に示した例のように、X軸方向とY軸方向との2方向に分散されており、非対称となる。従来の撮像装置は、このようなPSFを有する光学系90を用いて中間画像を取得し、かかる中間画像に対してデジタル処理を施すことにより被写体画像を生成する。このとき、光学系90のPSFがX軸方向とY軸方向とに分散されていることが原因で、従来の撮像装置によって生成された被写体画像にはゴーストが含まれる場合がある。

[0013] この点について、具体的に説明する。まず、中間画像を「h」とし、PSFを「g」とし、被写体画像を「f」とした場合に、「h」、「g」及び「f」には以下の関係式(3)が成り立つ。

[0014] [数3]

$$f * g = h \quad \dots(3)$$

[0015] 上記式(3)に示した「*」は、畳み込み演算(convolution)を示す。そして、上記式(3)をフーリエ変換すると、以下の式(4)によって表される。

[0016] [数4]

$$F \cdot G = H \quad \dots(4)$$

[0017] 上記式(4)のうち、PSF「g」をフーリエ変換した結果である「G」は、OTF(Optical Transfer Function: 光学伝達関数)であり、結像光学系の空間周波数伝達特性を表す。なお、OTFの絶対値は、MTF(Modulation Transfer Function)と呼ばれる。

[0018] 従来の撮像装置は、中間画像「 h 」に対してデジタル処理を施して被写体画像「 f 」を求める場合に、例えば、中間画像「 h 」をフーリエ変換した結果である「 H 」に対して、OTF「 G 」の逆フィルタ「 H_{inv} 」を乗算し、乗算結果を逆フーリエ変換する。具体的には、従来の撮像装置は、以下の式（５）によって表される乗算を行うことにより、フーリエ変換後の被写体画像「 F 」を算出する。そして、従来の撮像装置は、被写体画像「 F 」を逆フーリエ変換することにより、被写体画像「 f 」を生成する。なお、以下の式（５）に示した逆フィルタ「 H_{inv} 」は、以下の式（６）により表される。

[0019] [数5]

$$F = H_{inv} \cdot H \quad \dots (5)$$

[0020] [数6]

$$H_{inv} \approx 1/G \quad \dots (6)$$

[0021] なお、従来の撮像装置は、逆フィルタ「 H_{inv} 」を逆フーリエ変換して、逆カーネル「 h_{inv} 」を求めて、被写体画像「 f 」を生成してもよい。具体的には、従来の撮像装置は、以下の式（７）に示すように、中間画像「 h 」と逆カーネル「 h_{inv} 」との畳み込み演算を行うことにより被写体画像「 f 」を生成してもよい。

[0022] [数7]

$$f = h * h_{inv} \quad \dots (7)$$

[0023] ここで、図１１及び図１２に例示した形状の位相板９４が用いられるWFCでは、空間周波数が高域になるまでMTFが「０」にならず、焦点位置が変動した場合であってもMTFの変動量が小さいという特性がある。しかし、図１３に示した例のように、従来の光学系９０のPSFは、直交するＸ軸方向とＹ軸方向とに分散している。したがって、PSF「 g 」をフーリエ変換することにより算出されるOTF「 G 」の絶対値MTFは、Ｘ軸方向とＹ軸方向との間の領域において「０」に近い値となる場合がある。図１３に示

した例では、X軸方向とY軸方向との間の領域A 1 1等において、MTFは「0」に近い値になる場合がある。

[0024] このため、上記式(6)で表される逆フィルタ「 H_{inv} 」は、図14に示した例のように、X軸方向とY軸方向の間の領域において大きい値になる場合がある。その結果、X軸方向とY軸方向の間の領域はノイズの影響を受けやすくなるので、被写体画像「 f 」のX軸方向とY軸方向との間の領域にゴーストが生じる場合がある。図15に、図14に例示した逆フィルタを用いて生成された被写体画像の一例を示す。図15に示した例では、被写体画像の領域A 2 1～A 2 6等にゴーストが生じている。

[0025] 以上のように、WFC技術が採用される従来の撮像装置には、光学系のPSFがX軸方向とY軸方向との2方向に分散されるので、生成した被写体画像にゴーストが含まれる場合がある。すなわち、WFC技術が採用される従来の撮像装置には、被写体画像を高精度に生成できない場合がある。

[0026] 開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、被写体画像を高精度に生成することができる撮像装置及び撮像方法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

[0027] 本願の開示する撮像装置は、一つの態様において、被写体から発せられる光束を3方向以上に分散させる光波面変調素子と、前記光波面変調素子により分散された光束を受光して結像する撮像素子と、前記撮像素子により結像されて得られる被写体像に対して前記分散に対応する処理を施すことにより前記被写体の画像を生成する生成部とを備える。

発明の効果

[0028] 本願の開示する撮像装置の一つの態様によれば、被写体画像を高精度に生成することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0029] [図1] 図1は、実施例1に係る撮像装置の構成例を示すブロック図である。

[図2] 図2は、実施例2に係る撮像装置の構成例を示すブロック図である。

[図3] 図3は、実施例2における位相板の形状例を示す図である。

[図4] 図4は、実施例2における位相板の形状例を示す図である。

[図5] 図5は、実施例2における光学系が有するPSFの一例を示す図である。

[図6] 図6は、実施例2における逆フィルタの一例を示す図である。

[図7] 図7は、実施例2に係る撮像装置により生成される被写体画像の一例を示す図である。

[図8] 図8は、実施例2に係る撮像装置における被写界深度特性を示す図である。

[図9] 図9は、実施例2に係る撮像装置による撮像処理手順を示すフローチャートである。

[図10] 図10は、WFC技術が採用される従来の撮像装置の光学系を模式的に示す図である。

[図11] 図11は、図10に示した従来の位相板の形状例を示す図である。

[図12] 図12は、図10に示した従来の位相板の形状例を示す図である。

[図13] 図13は、従来の光学系が有するPSFの一例を示す図である。

[図14] 図14は、従来の逆フィルタの一例を示す図である。

[図15] 図15は、従来の被写体画像の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下に、本願の開示する撮像装置及び撮像方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例により本願の開示する撮像装置及び撮像方法が限定されるものではない。

実施例 1

[0031] まず、図1を用いて、実施例1に係る撮像装置について説明する。図1は、実施例1に係る撮像装置の構成例を示すブロック図である。図1に示すように、実施例1に係る撮像装置1は、光学系10と、撮像素子20と、生成部30とを有する。光学系10は、撮影対象の被写体から発せられる光を撮像素子20に入射する。具体的には、光学系10は、レンズ11及び12と

、光波面変調素子 13 とを有する。

[0032] レンズ 11 は、被写体から発せられる光を屈折させる。光波面変調素子 13 は、レンズ 11 を介して照射される被写体の光束を 3 方向以上に分散させ、分散させた光束をレンズ 12 を介して撮像素子 20 に入射する。例えば、光波面変調素子 13 は、撮像素子 20 の受光面のうち、任意の位置から 3 方向以上に分散した領域に対して、被写体の光束を結像させる。

[0033] 撮像素子 20 は、光波面変調素子 13 により分散された光束を受光して結像する。生成部 30 は、撮像素子 20 により結像されて得られる被写体像に対してデジタル処理を施すことにより被写体画像を生成する。言い換えれば、生成部 30 は、中間画像である被写体像から被写体画像を復元する。

[0034] このように、実施例 1 に係る撮像装置 1 は、被写体から発せられる光束を 3 方向以上に分散させ、分散させた光束を結像する。これにより、実施例 1 に係る撮像装置 1 は、図 13 に示した P S F が 2 方向に分散する撮像装置と比較して、デジタル処理時に M T F が「0」に近い値となる領域が少ない。すなわち、実施例 1 に係る撮像装置 1 は、逆フィルタ「 H_{inv} 」が大きい値になる領域が少ないので、ノイズの影響を受ける領域を少なくすることができる。その結果、被写体画像にゴーストが生じることを防止することができる。このようなことから、実施例 1 に係る撮像装置 1 は、被写体画像を高精度に生成することができる。

実施例 2

[0035] 次に、実施例 2 では、3 方向に分散した P S F を有する撮像装置の例について説明する。以下では、実施例 2 に係る撮像装置の構成例、実施例 2 に係る撮像装置の被写界深度特性、実施例 2 に係る撮像装置による撮像処理手順について順に説明する。

[0036] [実施例 2 に係る撮像装置の構成]

まず、図 2 を用いて、実施例 2 に係る撮像装置について説明する。図 2 は、実施例 2 に係る撮像装置の構成例を示すブロック図である。図 2 に示した撮像装置 100 は、例えば、デジタルカメラ、携帯電話機等の携帯情報端末

に搭載されるカメラ、画像検査装置に搭載されるカメラ、自動制御用産業カメラ等である。

[0037] 図2に示すように、実施例2に係る撮像装置100は、光学系110と、撮像素子120と、ADC (Analog To Digital Converter) 130と、タイミング制御部140と、画像処理部150と、信号処理部160と、制御部170とを有する。

[0038] 光学系110は、撮影対象の被写体から発せられる光を撮像素子120に入射する。具体的には、光学系110は、レンズ111～113と、位相板114とを有する。レンズ111及び112は、撮影対象の被写体から発せられる光を屈折させる。

[0039] 位相板114は、例えば光波面変調素子であり、レンズ111及び112を介して照射される被写体の光束を3方向に分散させる。そして、位相板114によって分散された光束は、レンズ113を介して、撮像素子120に結像される。具体的には、位相板114は、撮像素子120の受光面のうち、任意の位置から3方向に分散した領域に対して、被写体の光束を結像させる。

[0040] ここで、図3及び図4を用いて、位相板114の形状について説明する。図3及び図4は、実施例2における位相板114の形状例を示す図である。図3に示した位相板114は、位相板114のXY面とレンズ112やレンズ113とが対向するように配置される。言い換えれば、位相板114は、Z軸方向にレンズ112やレンズ113が配置されるように光学系110に挿入される。なお、図3に示した例では、図中の上方にレンズ111及び112が位置し、図中の下方にレンズ113や撮像素子120が位置するものとする。

[0041] 図3及び図4に示すように、位相板114の表面形状は、突起している凸部と窪んでいる凹部との組合せが3個形成される形状である。図3及び図4に示した例では、位相板114の表面形状は、XY面の周縁に、レンズ112が位置する方向に突起している凸部と、レンズ112が位置する方向に対

して窪んでいる凹部との組合せが３個形成される形状である。言い換えれば、位相板１１４は、ＸＹ面の周縁に、レンズ１１２に近づく方向に突起している凸部と、レンズ１１２から離れる方向に突起している凸部とが交互に繰り返して３組形成される形状である。このような位相板１１４の形状は、例えば、以下の式（８）により表される。

[0042] [数8]

$$z = A(x^3 + x^2y + xy^2 + y^3) \quad \dots (8)$$

[0043] 上記式（８）に示した「Ａ」は、任意の係数である。上記式（８）で表される形状の位相板１１４は、ＸＹ平面上における任意の位置から３方向に分散した位相分布を有する。具体的には、位相板１１４の位相分布は、例えば、以下の式（９）により表される。

[0044] [数9]

$$P(x, y) = \exp(i(\alpha_1 x^3 + \alpha_2 x^2 y + \alpha_3 x y^2 + \alpha_4 y^3)) \quad \dots (9)$$

[0045] 上記式（９）に示した α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 は、任意の係数である。例えば、 α_1 は「０．０１９６」であり、 α_2 は「－０．１３６３」であり、 α_3 は「－０．０２８８」であり、 α_4 は「０．０３７３」である。

[0046] 実施例２における位相板１１４は、図３及び図４に例示したような形状であり、上記式（８）に例示する位相分布を有するので、被写体から発せられる光束を３方向に分散させることができる。

[0047] 図２の説明に戻って、撮像素子１２０は、光学系１１０から入射される光束を結像する。具体的には、撮像素子１２０は、位相板１１４によって分散された光束をレンズ１１３を介して受光して結像する。かかる撮像素子１２０は、例えば、ＣＣＤやＣＭＯＳ等である。なお、撮像素子１２０によって結像されて得られる被写体像は、位相板１１４によって光束が分散されているので、ピントがずれた状態のボケた画像であり、中間画像となる。

[0048] ＡＤＣ１３０は、撮像素子１２０から入力されるアナログ信号の中間画像をデジタル信号に変換し、デジタル信号に変換後の中間画像を画像処理部１

50に出力する。タイミング制御部140は、信号処理部160による指示に従って、撮像素子120やADC130の駆動タイミングを制御する。

[0049] 画像処理部150は、ADC130から入力されるデジタル信号の中間画像に対して、デジタル処理を施すことにより、被写体画像を生成する。具体的には、画像処理部150は、図2に示すように、バッファ151と、記憶部152と、畳み込み演算制御部153と、畳み込み演算部154とを有する。

[0050] バッファ151は、ADC130から入力されるデジタル信号の中間画像を記憶する。記憶部152は、光学系110のPSFにより決定される畳み込み演算用のカーネルデータを記憶する。具体的には、記憶部152は、PSF「 g 」をフーリエ変換した結果であるOTF「 G 」の逆フィルタ「 H_{inv} 」を逆フーリエ変換して得られるカーネルデータ「 h_{inv} 」を記憶する。例えば、記憶部152は、光学倍率に対応付けてカーネルデータ「 h_{inv} 」を記憶する。また、例えば、記憶部152は、撮像装置100と被写体との距離情報に対応付けてカーネルデータ「 h_{inv} 」を記憶する。

[0051] 畳み込み演算制御部153は、制御部170による制御に従って、畳み込み演算に用いられるカーネルデータの入れ替え制御等を行う。具体的には、畳み込み演算制御部153は、後述する制御部170によって露出設定時に決定される露出情報等に基づいて、記憶部152に記憶されているカーネルデータのうち、畳み込み演算に用いるカーネルデータを選択する。

[0052] 畳み込み演算部154は、畳み込み演算制御部153によって選択されたカーネルデータに基づいて、バッファ151に記憶されているデジタル信号の中間画像に対して畳み込み演算を行うことにより、被写体画像「 f 」を生成する。例えば、中間画像を「 h 」とし、畳み込み演算制御部153によって選択されたカーネルデータを「 h_{inv} 」とした場合に、畳み込み演算部154は、上記式(7)に示した畳み込み演算を行うことにより、被写体画像「 f 」を生成する。

[0053] なお、図2では、畳み込み演算部154が、記憶部152に記憶されてい

るカーネルデータに基づいて、中間画像のデジタル信号に対して畳み込み演算を行うことにより被写体画像を生成する例を示した。しかし、実施例 2 における画像処理部 150 は、上記例以外の処理を行うことにより、被写体画像を生成してもよい。

[0054] 例えば、記憶部 152 は、光学倍率等に対応付けて、上記式 (6) に示した逆フィルタ「 H_{inv} 」を記憶してもよい。そして、畳み込み演算制御部 153 は、制御部 170 によって決定される露出情報等に基づいて、記憶部 152 に記憶されている逆フィルタから演算用の逆フィルタを選択する。そして、畳み込み演算部 154 は、畳み込み演算制御部 153 によって選択された逆フィルタと、バッファ 151 に記憶されているデジタル信号の中間画像とを用いて、上記式 (5) に示した乗算を行う。そして、畳み込み演算部 154 は、かかる乗算結果を逆フーリエ変換することにより、被写体画像「 f 」を生成してもよい。

[0055] 信号処理部 160 は、画像処理部 150 によって生成された被写体画像に対して、カラー補間処理、ホワイトバランス、 $YCbCr$ 変換処理等を行う。また、信号処理部 160 は、カラー補間処理等を行った被写体画像を、図示しないメモリ等に格納したり、図示しない表示部に表示制御したりする。なお、信号処理部 160 は、例えば、DSP (Digital Signal Processor) である。

[0056] 制御部 170 は、撮像装置 100 を全体制御する。具体的には、制御部 170 は、撮像素子 120 に光を与える露出を制御したり、図示しない操作部等に入力された操作内容に応じて、ADC 130、画像処理部 150、信号処理部 160 の動作を制御したりする。

[0057] ここで、図 5 ~ 図 7 を用いて、図 2 に示した画像処理部 150 によって生成される被写体画像について説明する。図 5 は、実施例 2 における光学系 110 が有する PSF の一例を示す図である。図 6 は、実施例 2 における逆フィルタの一例を示す図である。図 7 は、実施例 2 に係る撮像装置 100 により生成される被写体画像の一例を示す図である。

[0058] 図5に示した例のように、光学系110のPSFは、3方向に分散している。このようなPSFをフーリエ変換した結果であるMTFは、直交する2方向に分散するPSFをフーリエ変換したMTFと比較して、対称性を有し、「0」に近い値になる領域が少ない。その結果、実施例2に係る撮像装置100によって用いられる逆フィルタ「 H_{inv} 」は、図6に示した例のように、対称性を有する。このため、実施例2に係る撮像装置100によって用いられる逆フィルタ「 H_{inv} 」は、図14に示した例と比較して、ノイズの影響を受けやすい領域が少ない。

[0059] このようなことから、畳み込み演算部154により生成される被写体画像にゴーストが含まれる可能性は低い。図7に、畳み込み演算部154により生成される被写体画像の一例を示す。図7に示すように、畳み込み演算部154により生成される被写体画像は、図15に示した被写体画像と比較して、ゴーストが生じていない。以上のことから、実施例2に係る撮像装置100は、被写体画像を高精度に生成することができる。

[0060] [被写界深度特性]

次に、図8を用いて、実施例2に係る撮像装置100における被写界深度特性について説明する。図8は、実施例2に係る撮像装置100における被写界深度特性を示す図である。ここでは、実施例2に係る撮像装置100と、PSFが2方向に分散する撮像装置とを比較して、被写界深度特性について説明する。

[0061] 図8に示した例では、撮像装置と被写体との距離を「 z_1 」と「 z_2 」に変動させて、OTFの差分の二乗和を評価関数としている。具体的には、かかる評価関数EF (Error Function) は、以下の式(10)により求められる。

[0062] [数10]

$$Ef = \sum \sum (OTF(z) - OTF(z_{\infty}))^2 / \sum \sum (OTF(z_{\infty}))^2 \quad \dots (10)$$

[0063] 図8に示した例のように、実施例2における光学系110のように3方向

に分散するPSFの方が、直交する2方向に分散するPSFよりも被写体距離に応じたMTFの差が小さい。すなわち、実施例2に係る撮像装置100は、PSFが2方向に分散する撮像装置よりも、被写界深度特性を向上させることができる。

[0064] 次に、図9を用いて、実施例2に係る撮像装置100による撮像処理の手順について説明する。図9は、実施例2に係る撮像装置100による撮像処理手順を示すフローチャートである。

[0065] 図9に示すように、撮像装置100は、利用者等によって撮影操作が行われた場合に（ステップS101肯定）、制御部170が撮像素子120に対して露出制御を行うとともに、ADC130、画像処理部150及び信号処理部160の動作を制御する。

[0066] そして、位相板114は、レンズ111及び112を介して照射される被写体の光束を3方向に分散させる（ステップS102）。そして、位相板114によって分散された光束は、レンズ113を介して、撮像素子120に結像される（ステップS103）。これにより、撮像装置100は、撮影対象の被写体画像に対応する中間画像を得ることができる。続いて、画像処理部150は、カーネルデータに基づいて、デジタル信号の中間画像に対して畳み込み演算を行うことにより、被写体画像を生成する（ステップS104）。

[0067] [実施例2の効果]

上述してきたように、実施例2に係る撮像装置100は、PSFが3方向に分散する光学系110を有するので、デジタル処理時にMTFが「0」に近い値となる領域が少ない。すなわち、実施例2に係る撮像装置100は、逆フィルタが大きい値になる領域が少ないので、ノイズの影響を受ける領域を少なくすることができ、その結果、被写体画像にゴーストが生じることを防止することができる。このようなことから、実施例2に係る撮像装置100は、被写体画像を高精度に生成することができる。

[0068] また、実施例2に係る撮像装置100の位相板114は、図3及び図4に

例示した形状であるので、被写体から発せられる光束を3方向に分散させることができる。

[0069] また、実施例2に係る撮像装置100の位相板114は、上記式(9)によって表される位相分布を有するので、被写体から発せられる光束を3方向に分散させることができる。

[0070] なお、上記実施例2では、被写体から発せられる光束を3方向に分散させる位相板114の例を示した。しかし、位相板114は、被写体から発せられる光束を4方向以上に分散させてもよい。このことは、例えば、位相板114の表面形状が、XY面の周縁に、レンズ112が位置する方向に突起している凸部と、レンズ112が位置する方向に対して窪んでいる凹部との組合せが4個以上形成されることで実現できる。

[0071] また、上記実施例2では、位相板114を図3及び図4に例示した形状にすることで、被写体から発せられる光束を3方向に分散させる例を示した。しかし、位相板114は、波面を変形させるものであればいかなるものでもよい。例えば、位相板114は、屈折率が変化する屈折率分布型波面変調レンズのような光学素子であってもよい。

[0072] また、上記実施例2では、光学系110が位相板114を有する例を示した。しかし、光学系110のレンズ111やレンズ112等が、位相板114と一体となることで、被写体から発せられる光束を3方向に分散させることを実現してもよい。例えば、レンズ表面が加工されたことで屈折率が変化する波面変調ハイブリッドレンズ等をレンズ112の代わりに用いることで、被写体から発せられる光束を3方向に分散させることを実現してもよい。

符号の説明

- [0073] 1 撮像装置
10 光学系
11、12 レンズ
13 光波面変調素子
20 撮像素子

- 3 0 生成部
- 9 0 光学系
- 9 1 レンズ
- 9 4 位相板
- 9 5 撮像素子
- 1 0 0 撮像装置
- 1 1 0 光学系
- 1 1 1、1 1 2、1 1 3 レンズ
- 1 1 4 位相板
- 1 2 0 撮像素子
- 1 3 0 A D C
- 1 4 0 タイミング制御部
- 1 5 0 画像処理部
- 1 5 1 バッファ
- 1 5 2 記憶部
- 1 5 3 畳み込み演算制御部
- 1 5 4 畳み込み演算部
- 1 6 0 信号処理部
- 1 7 0 制御部

請求の範囲

- [請求項1] 被写体から発せられる光束を3方向以上に分散させる光波面変調素子と、
前記光波面変調素子により分散された光束を受光して結像する撮像素子と、
前記撮像素子により結像されて得られる被写体像に対して前記分散に対応する処理を施すことにより前記被写体の画像を生成する生成部と
を備えたことを特徴とする撮像装置。
- [請求項2] 前記光波面変調素子の表面形状は、
前記被写体から発せられる光束を受光する受光面の周縁に、突起している凸部と窪んでいる凹部との組合せが3個以上形成される形状であることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。
- [請求項3] 前記光波面変調素子により分散された光束を受光する前記撮像素子の受光面上において直交する2方向をx方向及びy方向とすると、
前記光波面変調素子は、
位相分布 $P(x, y)$ が、

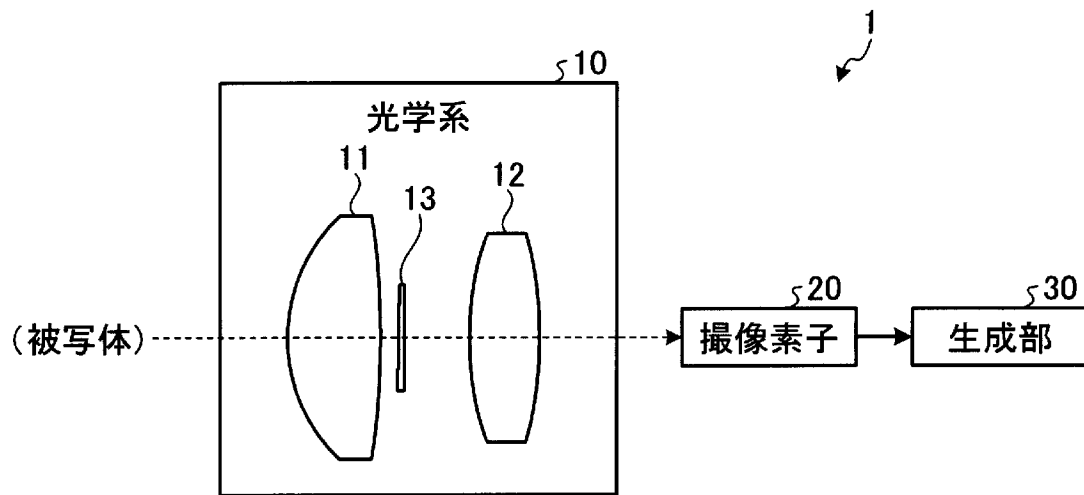
$$P(x, y) = \exp(i(\alpha_1 x^3 + \alpha_2 x^2 y + \alpha_3 x y^2 + \alpha_4 y^3))$$
ただし、 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 は任意の値
であることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。
- [請求項4] 前記生成部は、
前記光波面変調素子を含む光学系の点像分布関数をフーリエ変換した光学伝達関数の逆フィルタに基づいて、前記撮像素子により結像されて得られる被写体像に対してデジタル処理を施すことにより前記被写体の画像を生成する
ことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の撮像装置。
- [請求項5] 前記生成部は、

前記光波面変調素子を含む光学系の点像分布関数をフーリエ変換した光学伝達関数の逆フィルタを逆フーリエ変換した結果である逆カーネルに基づいて、前記撮像素子により結像されて得られる被写体像に対して畳み込み演算を行うことにより前記被写体の画像を生成することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の撮像装置。

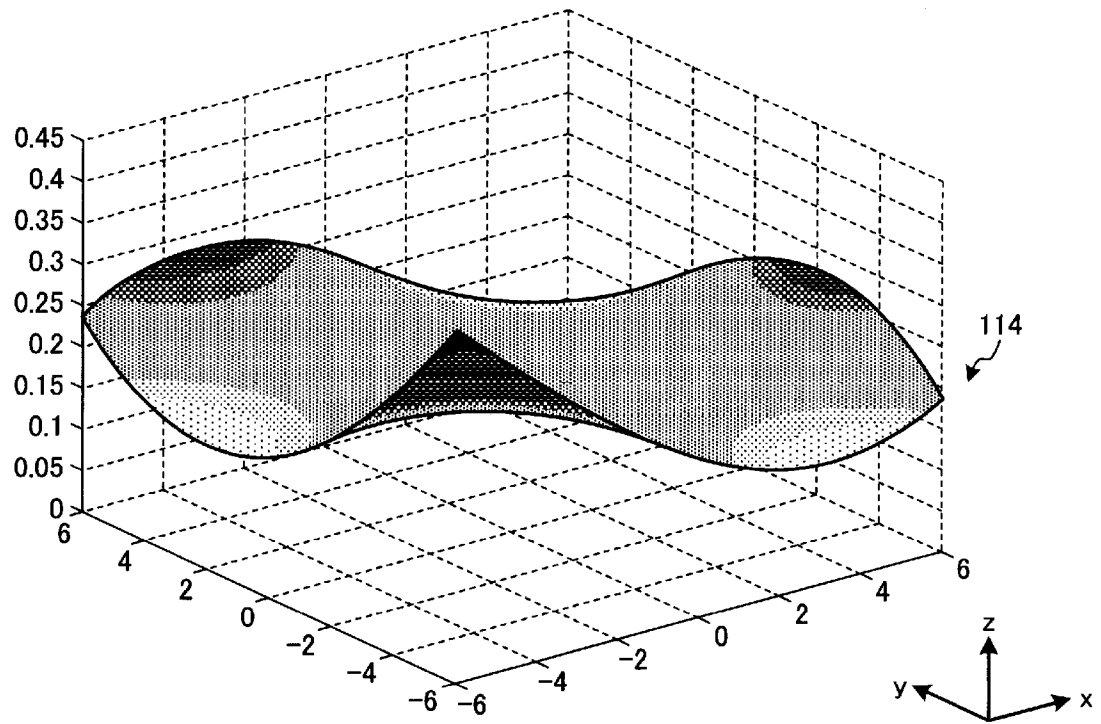
[請求項6]

被写体を撮像する撮像装置による撮像方法であって、
前記撮像装置が、
前記被写体から発せられる光束を 3 方向以上に分散させ、
分散された光束を結像して被写体像を取得し、
前記被写体像に対して前記分散に対応する処理を施すことにより前記被写体の画像を生成することを特徴とする撮像方法。

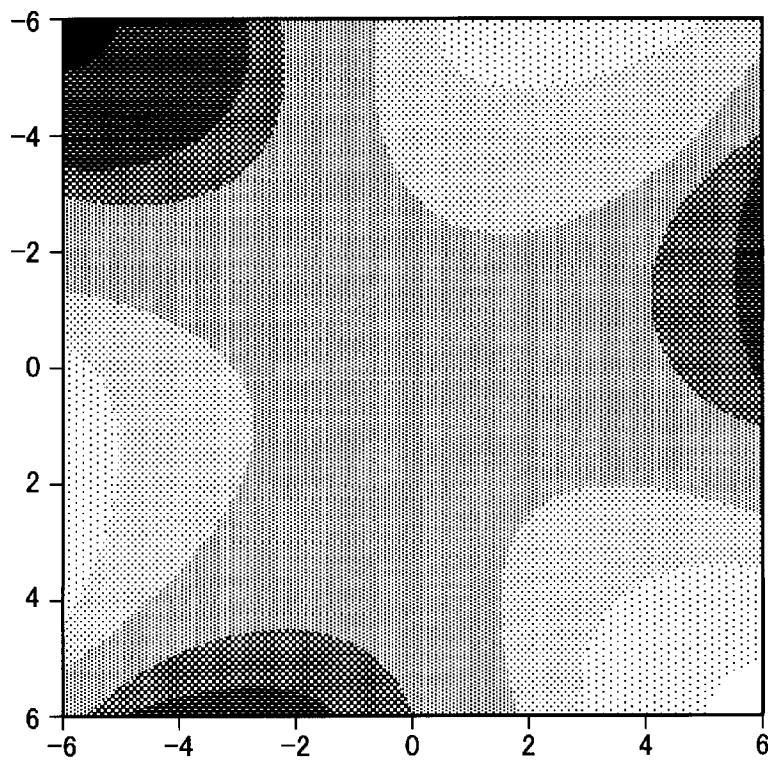
[図1]



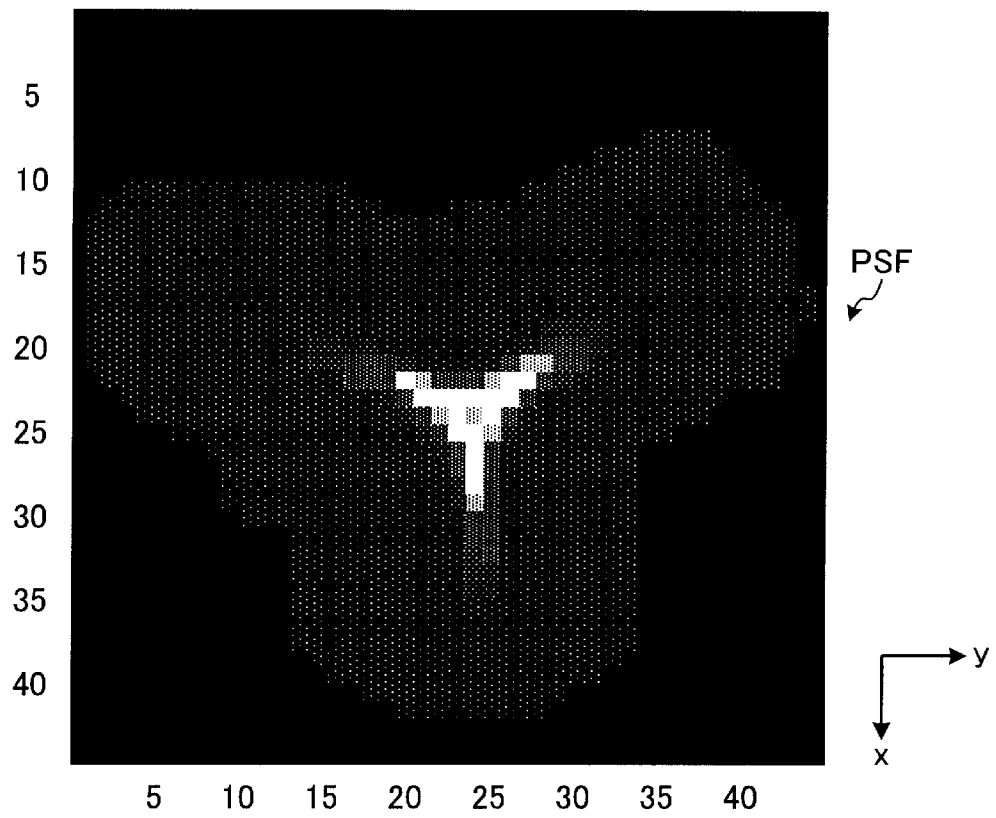
[図3]



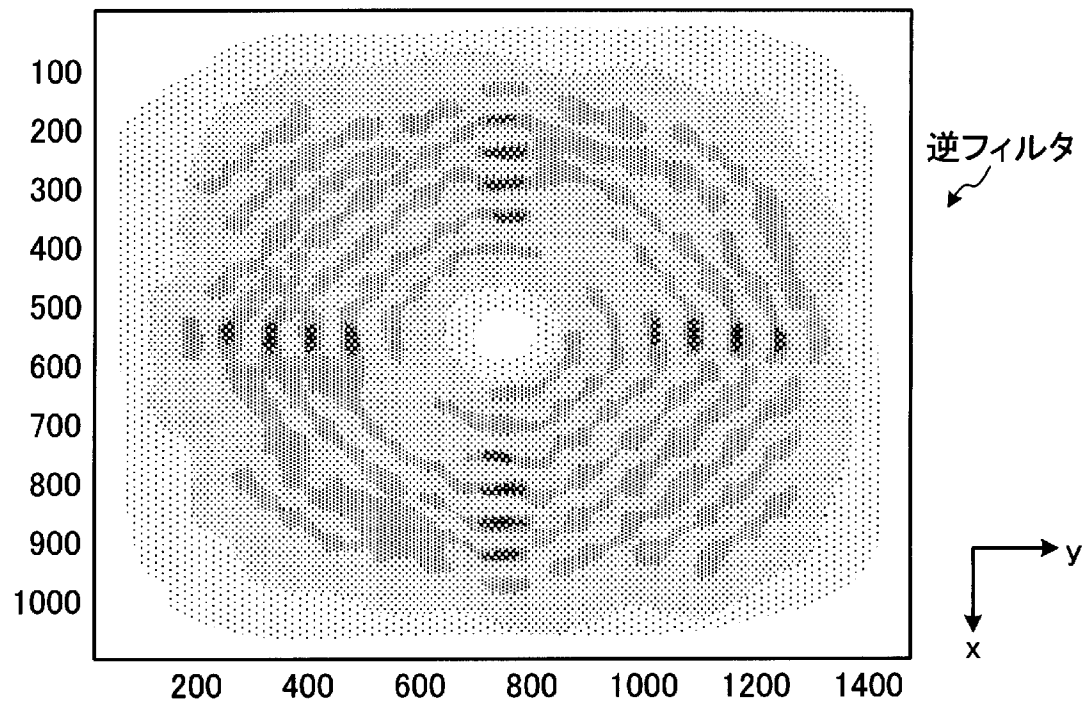
[図4]



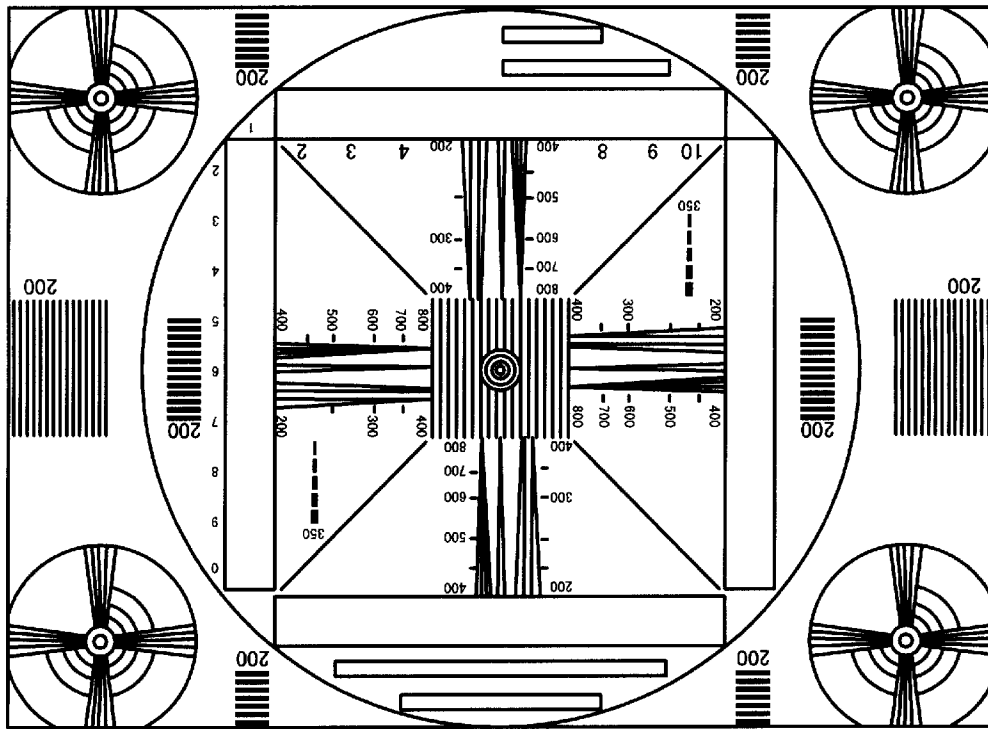
[図5]



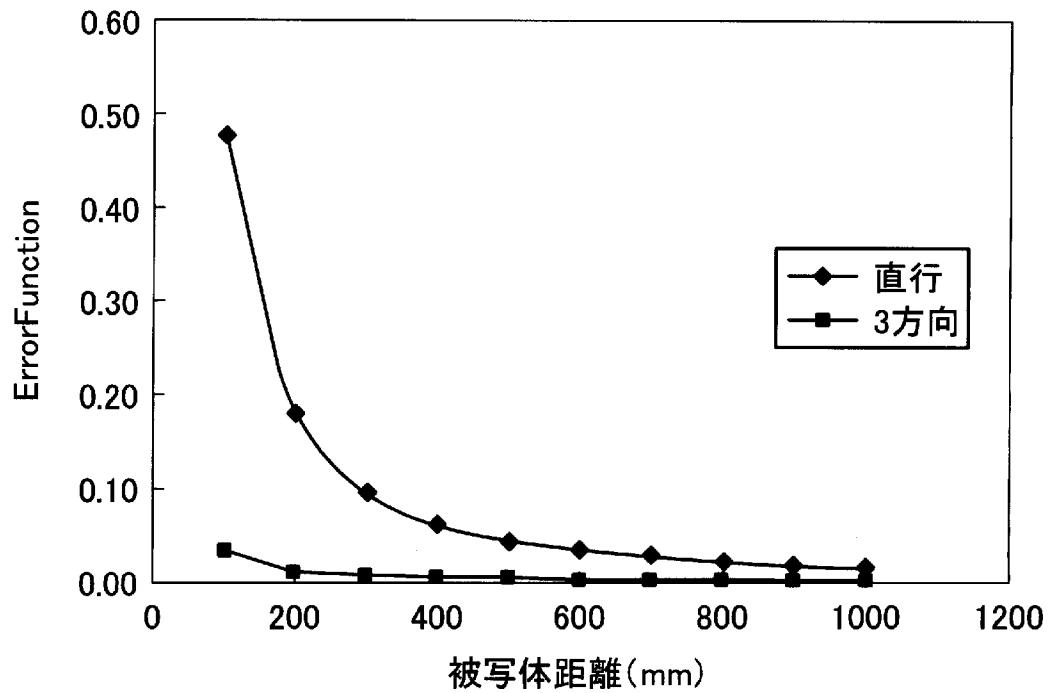
[図6]



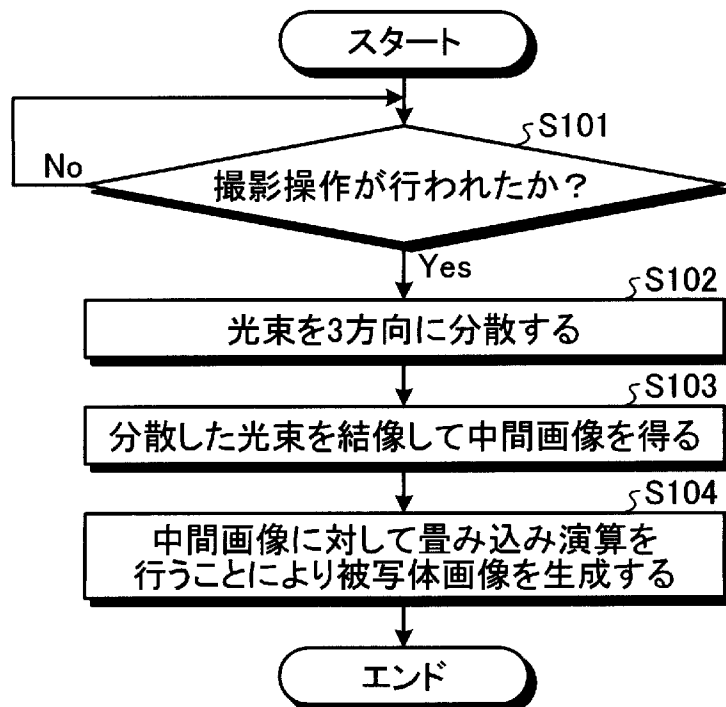
[図7]



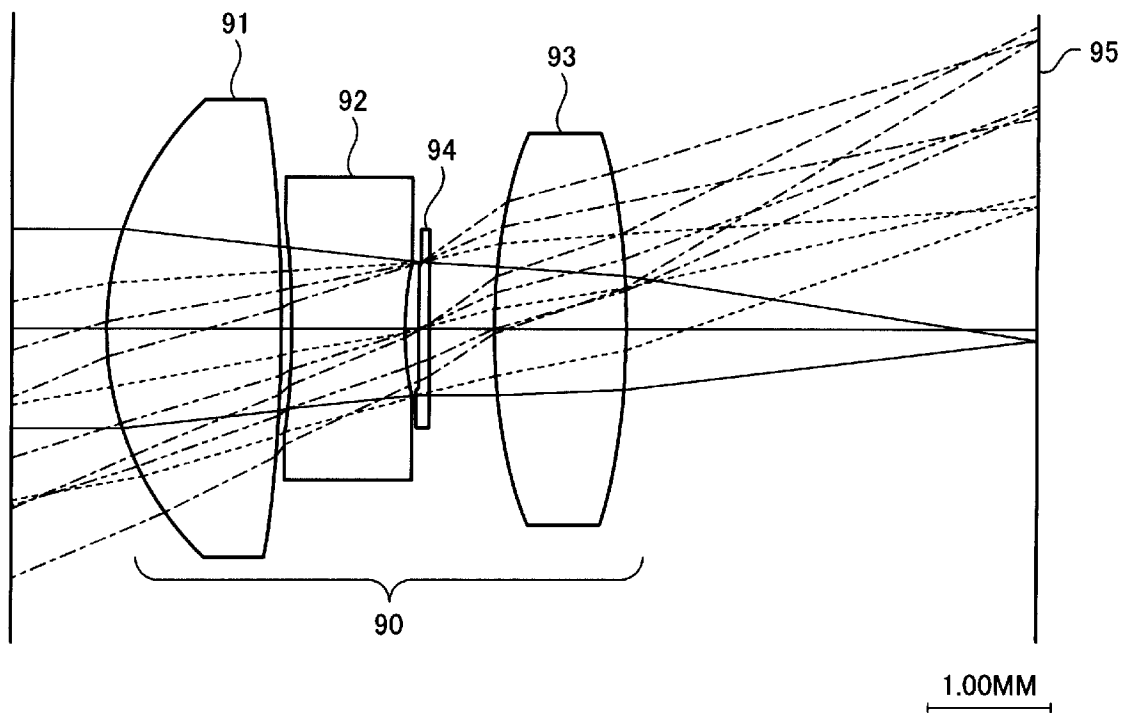
[図8]



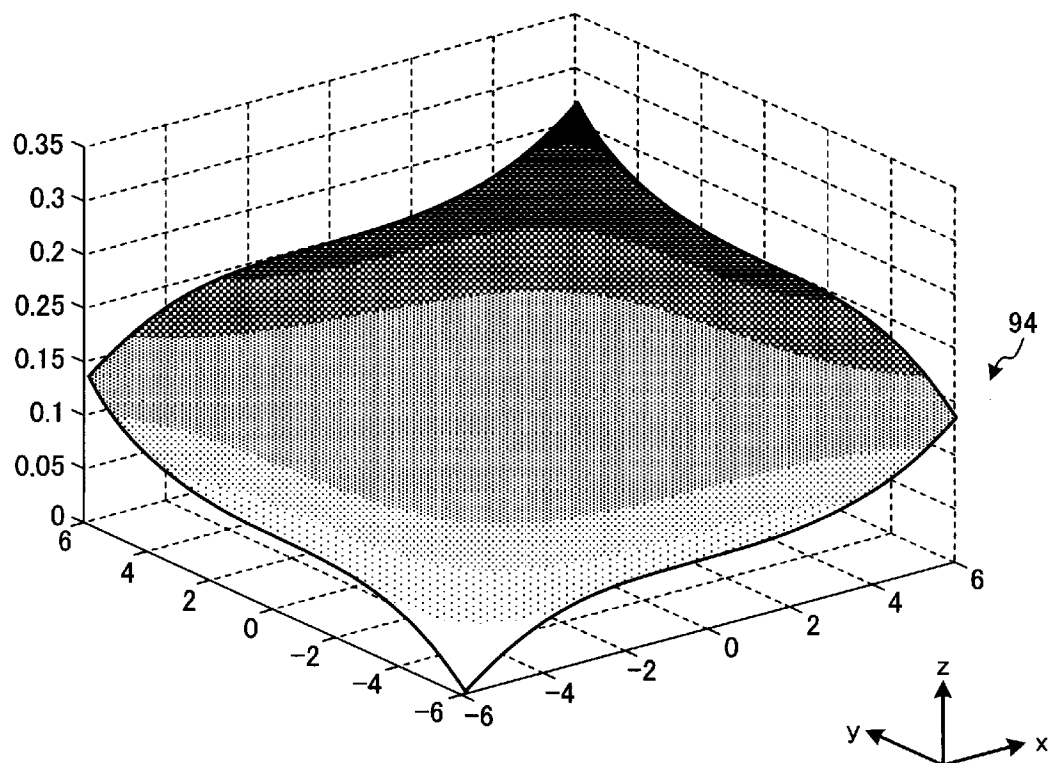
[図9]



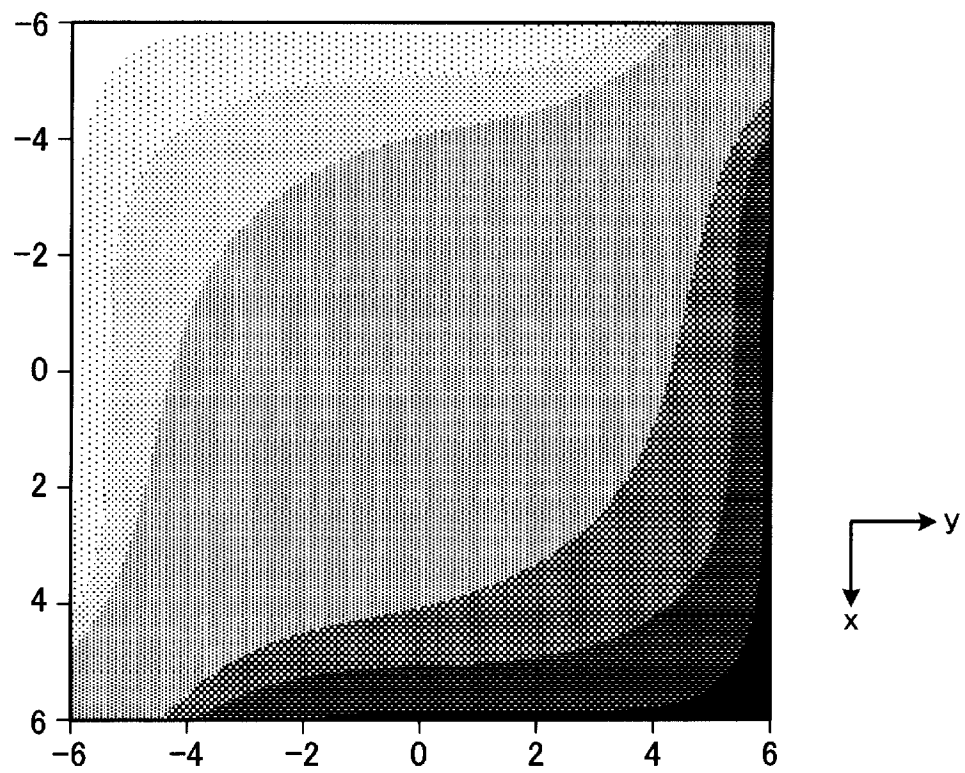
[図10]



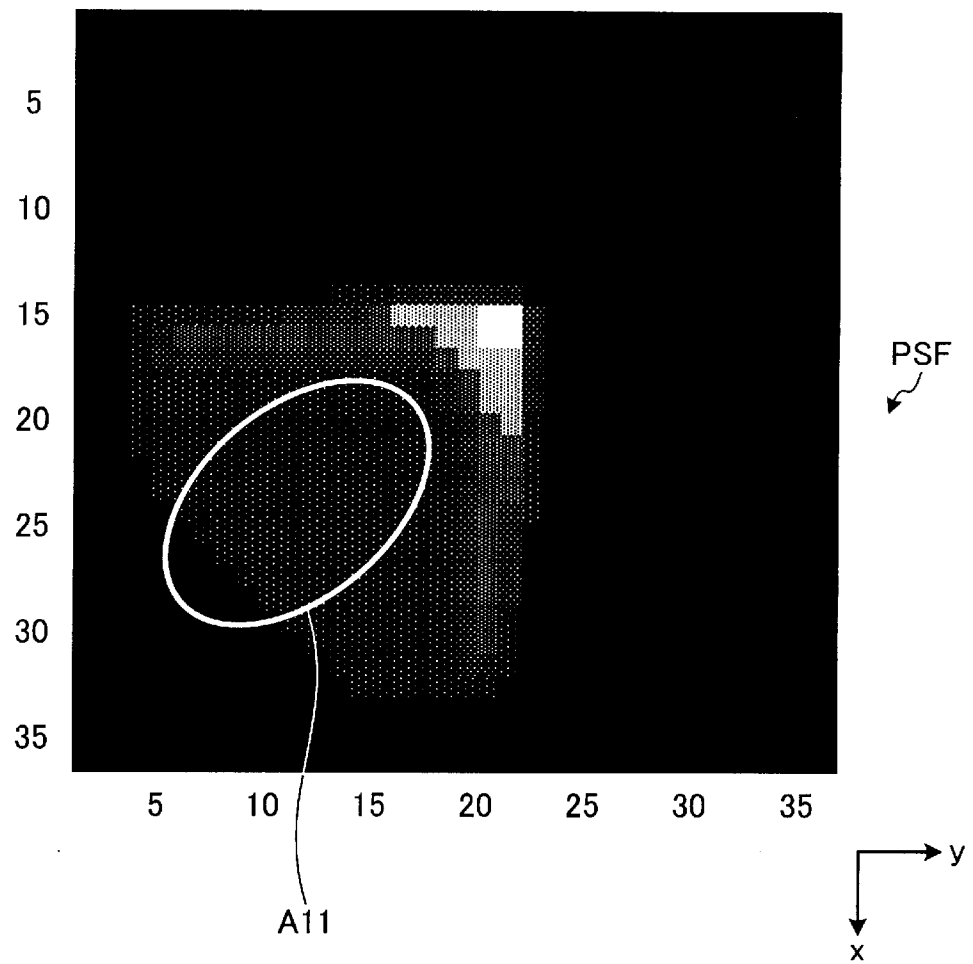
[図11]



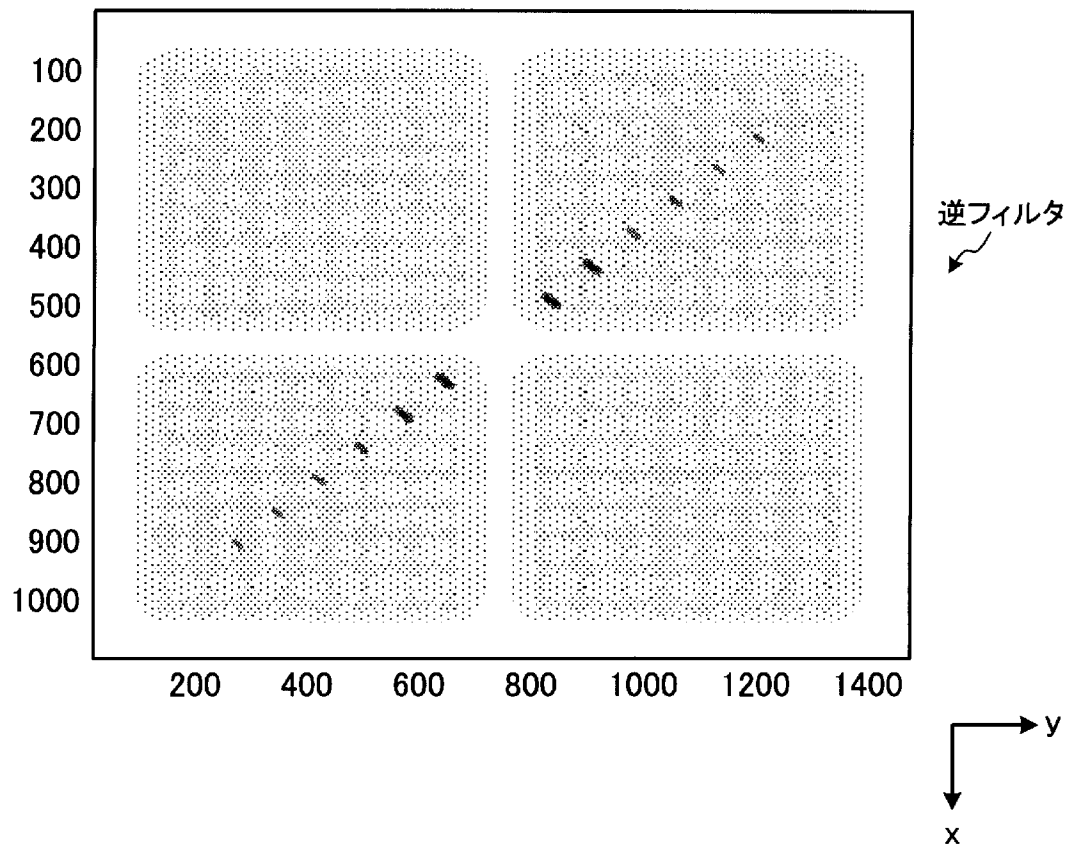
[図12]



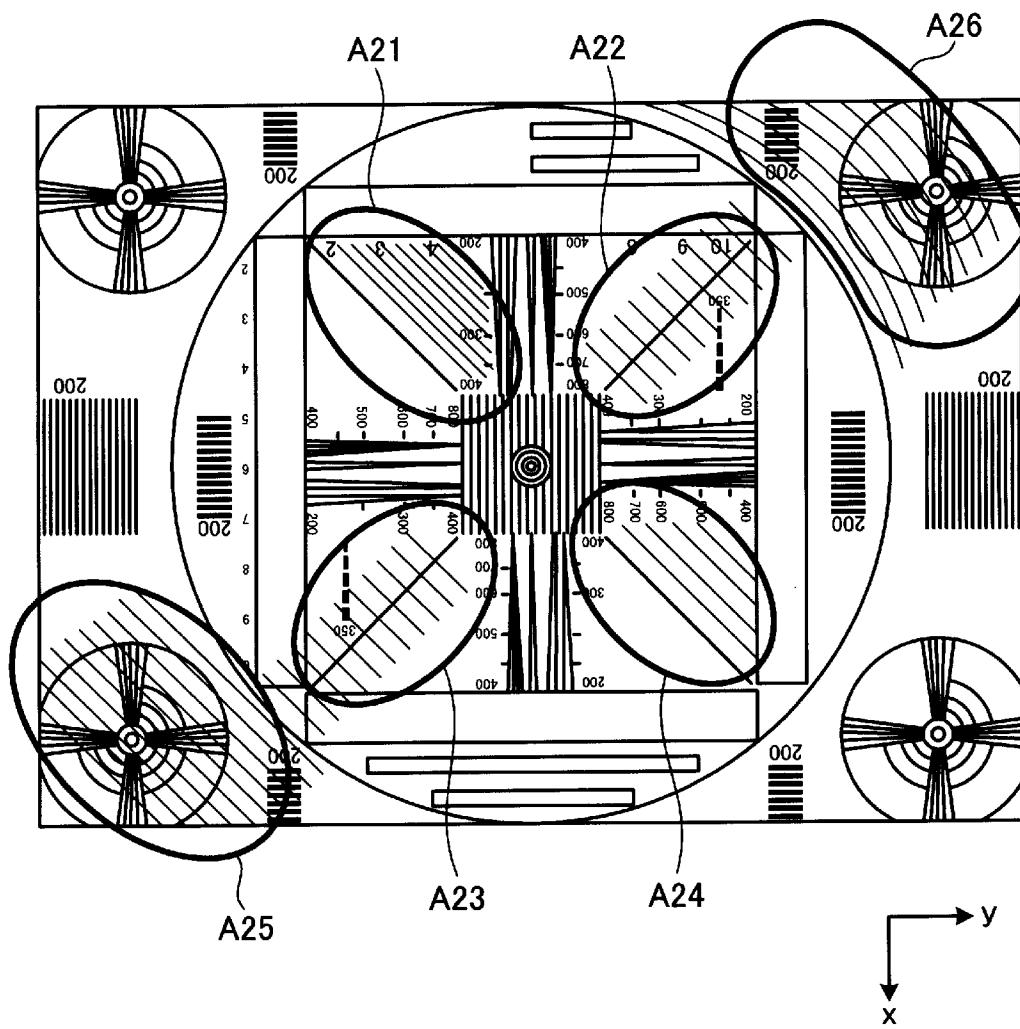
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057103

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/225 (2006.01) i, H04N5/232 (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)

H04N5/225, H04N5/232

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.
X	JP 2010-085487 A (Kyocera Corp.),	1, 6
Y	15 April 2010 (15.04.2010),	2
A	paragraphs [0009] to [0063]; fig. 1 to 18 (Family: none)	3
X	JP 2008-245157 A (Kyocera Corp.),	1, 4-6
Y	09 October 2008 (09.10.2008),	2
A	paragraphs [0007] to [0108]; fig. 1 to 39 (Family: none)	3
A	Shin'ichi KOMATSU, "Takinoka suru Imaging Gijutsu no Saishin Doko to Sono Oyo", The Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, 01 March 2009 (01.03.2009), vol.63, no.3, pages 279 to 283	3



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

18 May, 2010 (18.05.10)

Date of mailing of the international search report

01 June, 2010 (01.06.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04N5/225 (2006.01)i, H04N5/232 (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（I P C））

Int.Cl. H04N5/225, H04N5/232

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
X	JP 2010-085487 A（京セラ株式会社）	1, 6
Y	2010.04.15, 段落【0009】 - 【0063】, 第1-18 図	2
A	（ファミリーなし）	3
X	JP 2008-245157 A（京セラ株式会社）	1, 4 - 6
Y	2008.10.09, 段落【0007】 - 【0108】, 第1-39 図	2
A	（ファミリーなし）	3

☒ 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 8 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 0

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）

藤原 敬利

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

5 P

3 3 5 4

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
A	小松 進一, 多機能化するイメージング技術の最新動向とその応用, 映像情報メディア学会誌, 2009. 03. 01, 第63巻, 第3号, p. 279-283	3