



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106469431 B

(45)授权公告日 2020.03.24

(21)申请号 201610687134.4

(51)Int.CI.

(22)申请日 2016.08.18

G06T 1/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G06T 1/20(2006.01)

申请公布号 CN 106469431 A

G06T 1/60(2006.01)

(43)申请公布日 2017.03.01

G06T 7/55(2017.01)

(30)优先权数据

审查员 于湃

2015-162888 2015.08.20 JP

2016-097910 2016.05.16 JP

(73)专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)发明人 森内优介 三岛直

(74)专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

代理人 徐颖聪

权利要求书2页 说明书17页 附图14页

(54)发明名称

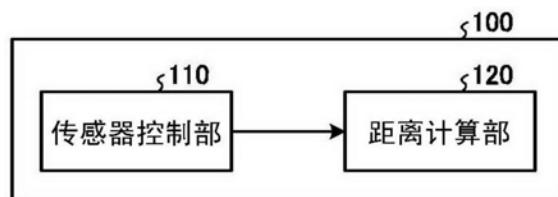
图像处理装置

(57)摘要

本发明涉及图像处理装置和摄影装置，能够进行高精度的距离测定。摄影装置具有传感器控制部和距离计算部。传感器控制部从图像传感器取得模糊函数被非点对称地表示的对象图像以及模糊函数被点对称地表示的基准图像。图像传感器生成作为传感器图像的所述对象图像以及作为与该对象图像不同的传感器图像的所述基准图像，所述对象图像是接收通过了将至少一种以上的传感器图像的模糊函数变更为非点对称的滤光区域的光，模糊函数由于所述滤光区域而变更为非点对称的传感器图像。距离计算部根据对象图像与基准图像的相关性，计算直至在图像中映现出的被摄体的距离。

B

CN 106469431



1. 一种图像处理装置,其特征在于,具有:

传感器控制部,其取得模糊函数被非点对称地表示的对象图像以及模糊函数被点对称地表示的基准图像;

距离计算部,其根据附加了不同的模糊的所述对象图像与所述基准图像的相关性,计算直至在图像中映现出的被摄体的距离;以及

图像传感器,其接收通过了将至少一种以上的传感器图像的模糊函数变更为非点对称的滤光区域的光,生成作为传感器图像的所述对象图像以及作为与该对象图像不同的传感器图像的所述基准图像,所述对象图像是模糊函数由于所述滤光区域而变更为非点对称的图像,

所述滤光区域具有非点对称的形状。

2. 根据权利要求1所述的图像处理装置,其特征在于,

所述距离计算部通过求出对所述对象图像附加不同的模糊的多个模糊校正核心中的、附加了不同的模糊的所述对象图像与所述基准图像的相关性更高的所述模糊校正核心,计算直至所述被摄体的距离。

3. 根据权利要求2所述的图像处理装置,其特征在于,

所述模糊校正核心是用于将所述对象图像的模糊校正为所述基准图像的模糊的卷积函数,

所述距离计算部根据所述对象图像的模糊函数和所述基准图像的模糊函数,求出校正任意的距离的所述被摄体的模糊的多个模糊校正核心。

4. 根据权利要求1所述的图像处理装置,其特征在于,

所述距离计算部根据对所述对象图像附加了模糊的校正图像与第2基准图像的相关性,计算直至所述被摄体的距离,所述第2基准图像是通过对传感器图像附加模糊而校正了模糊的所述基准图像。

5. 根据权利要求1所述的图像处理装置,其特征在于,

所述距离计算部具备:

生成部,其生成阶层数n的代价卷,所述代价卷分别包括一个方向的位置、与所述一个方向不同的其他方向的位置以及基于所述对象图像与所述基准图像之差的代价的3维的信息,所述阶层数n的代价卷使所述3维中的至少1维方向的分辨率越到上位阶层则越变小,其中n是2以上的整数;以及

正则化部,其将k阶层的代价卷修正为包括基于根据(k+1)阶层的代价卷求出的第1距离与根据所述k阶层的代价卷求出的第2距离之差的正则化项的修正代价卷,其中k是满足 $1 \leq k \leq n-1$ 的整数,

根据所述修正代价卷,计算直至所述被摄体的距离。

6. 根据权利要求5所述的图像处理装置,其特征在于,

所述正则化部将k阶层的代价卷修正为还包括基于所述第1距离与根据比所述k阶层上位的1个以上的阶层的代价卷求出的1个以上的第3距离之差的正则化项的修正代价卷,其中k是满足 $1 \leq k \leq n-1$ 的整数。

7. 根据权利要求5所述的图像处理装置,其特征在于,

所述生成部生成使所述一个方向的位置和所述其他方向的位置中的至少一方的维度

的分辨率阶梯状地变小的阶层数n的代价卷，

所述距离计算部根据所取得的图像，生成使与所述代价卷相同的维度的分辨率阶梯状地变小的阶层数n的图像群，针对所述修正代价卷，应用将所述图像群中的对应的阶层的图像作为引导的过滤处理，从而计算k阶层中的直至所述被摄体的距离。

8. 根据权利要求1所述的图像处理装置，其特征在于，

所述对象图像的模糊函数以开口部的光学中心作为点对称的中心变更为非点对称。

9. 根据权利要求1所述的图像处理装置，其特征在于，

所述图像传感器包括接收红色光的传感器、接收绿色光的传感器和接收蓝色光的传感器中的两个以上的传感器，两个以上的传感器中包括的第1传感器生成所述对象图像，两个以上的传感器中包括的所述第1传感器以外的第2传感器生成所述基准图像。

图像处理装置

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及图像处理装置和摄影装置。

背景技术

[0002] 以往,存在通过分割摄像光学系统的透镜、开口部、图像传感器的像素来生成对通过了透镜的不同区域的光进行摄像而得到的多个视点图像的技术。在该技术中,通过在多个视点图像之间探索映现出同一被摄体的像素,计算多个视点图像间的相位差量,根据相位差量求出直至在相应像素中映现出的被摄体的距离。多个视点图像的模糊的形状(模糊函数)分别不同。因此,在上述技术中,基于计算出的相位差量,将图像的模糊校正为圆形等自然的模糊。

发明内容

[0003] 然而,上述现有技术存在难以进行高精度的距离测定这样的问题。具体来说,在现有技术中,在用于计算相位差量的一致度计算中使用的多个视点图像的模糊函数分别不同,所以难以进行高精度的距离测定。

[0004] 本发明所要解决的课题在于,提供一种能够进行高精度的距离测定的图像处理装置和摄影装置。

[0005] 实施方式的图像处理装置具有传感器控制部和距离计算部。传感器控制部从图像传感器取得模糊函数被非点对称地表示的对象图像以及模糊函数被点对称地表示的基准图像。距离计算部根据附加了不同的模糊的对象图像与基准图像的相关性,计算直至在图像中映现出的被摄体的距离。

[0006] 根据上述图像处理装置,能够实现高精度的距离推测。

附图说明

[0007] 图1是示出第1实施方式的摄影装置的硬件构成的框图。

[0008] 图2是示出第1实施方式的摄影装置的功能构成的框图。

[0009] 图3是示出第1实施方式的图像处理的流程的流程图。

[0010] 图4是示出第1实施方式的滤光区域的结构的图。

[0011] 图5是示出第1实施方式的第1滤光区域的透射率特性的图。

[0012] 图6是说明第1实施方式的直至被摄体的距离与模糊函数的形状的关系的图。

[0013] 图7是示出第1实施方式的基准图像的模糊函数的图。

[0014] 图8是示出第1实施方式的对象图像的模糊函数的图。

[0015] 图9是示出第1实施方式的模糊校正核心(kernel)的图。

[0016] 图10是示出第2实施方式的摄影装置的功能构成的框图。

[0017] 图11是示出第2实施方式的图像处理的流程的流程图。

[0018] 图12是示出第2实施方式的滤光区域的结构的图。

- [0019] 图13是示出第2实施方式的滤光区域的透射率特性的图。
- [0020] 图14是示出第3实施方式的摄影装置的功能构成的框图。
- [0021] 图15是示出第3实施方式的图像处理的流程的流程图。
- [0022] 图16是示出第4实施方式的摄影装置的功能构成的框图。
- [0023] 图17是示出第4实施方式的图像处理的流程的流程图。
- [0024] 图18是示出第4实施方式的处理结果的一个例子的图。
- [0025] 图19是示出第4实施方式的处理结果的一个例子的图。
- [0026] 符号说明
- [0027] 10 滤光器
- [0028] 20 透镜
- [0029] 30 图像传感器
- [0030] 40 CPU
- [0031] 50 存储器
- [0032] 60 存储卡插槽
- [0033] 70 显示器
- [0034] 80 通信I/F
- [0035] 100 摄影装置
- [0036] 110 传感器控制部
- [0037] 120 距离计算部。

具体实施方式

- [0038] (第1实施方式)
- [0039] 图1是示出第1实施方式的摄影装置的硬件构成例的框图。如图1所示，摄影装置100具有滤光器10、透镜20、图像传感器30、CPU(Central Processing Unit, 中央处理单元)40、存储器50、存储卡插槽60、显示器70和通信I/F80。图像传感器30、CPU40、存储器50、存储卡插槽60、显示器70和通信I/F80通过总线而连接。摄影装置100对任意的映现出被摄体的图像进行摄影，生成表示直至被摄体的进深信息的距离图像。
- [0040] 在图1所示的例子中，朝向滤光器10的箭头表示光的入射。滤光器10设置于摄影装置100的某个光学系统即可。例如，摄影装置100的光学系统是指透镜20、图像传感器30等。即，滤光器10也可以设置于透镜20的内部、开口部、透镜20与图像传感器30之间。关于滤光器10，入射通过摄影而由被摄体反射了的光，并使所入射的光透过。由此，由图像传感器30进行摄影的多种传感器图像中的至少一种以上的传感器图像的模糊函数(PSF: Point Spread Function, 点扩散函数)成为变更为非点对称的函数。以下，以在透镜20的开口部具备滤光器10的情况为例进行说明。
- [0041] 透镜20在进行所入射的光的聚光时，根据在开口部具备的滤光器10的颜色，使特定的波长区域的光透过。通过了滤光器10和透镜20的光到达图像传感器30。图像传感器30接收通过了透镜20和设置于透镜20的开口部的滤光器10的光。例如，图像传感器30具有两个以上的传感器，光通过滤光器10，从而生成模糊函数被变更为非点对称的对象图像以及至少一种以上的作为传感器图像的基准图像。两个以上的传感器是指例如RGB传感器中的R

与G、G与B、R与B以及R、G与B等两个以上的组合。例如，两个以上的传感器中的某一个传感器(第1传感器)生成对象图像，其他传感器(第2传感器)生成基准图像。

[0042] 例如，图像传感器30是CCD(Charge Coupled Device，电荷耦合器件)图像传感器、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor，互补金属氧化物半导体)图像传感器等。作为一个方式，图像传感器30具有接收红色光的传感器(R传感器)、接收绿色光的传感器(G传感器)和接收蓝色光的传感器(B传感器)，通过各个传感器接收对应的波长区域的光，生成摄影图像(R图像、G图像、B图像)。

[0043] CPU40集中地控制摄影装置100的动作。具体来说，CPU40执行在存储器50等中存储的程序，控制摄影装置100整体的动作。存储器50是HDD(Hard Disk Drive，硬盘驱动器)、NAND型闪存等可改写的非易失性的存储设备。例如，存储器50存储与摄影装置100的控制有关的程序、在处理中使用的各种数据等。在存储卡插槽60中，能够插入SD存储卡、SDHC存储卡等移动式存储介质。显示器70是液晶显示器、触摸面板等。通信I/F80是控制与外部设备的通信、由用户实施的各种指示的输入的接口。

[0044] 图2是示出第1实施方式的摄影装置100的功能构成例的框图。如图2所示，摄影装置100具有传感器控制部110和距离计算部120。此外，传感器控制部110、距离计算部120的一部分或者全部可以通过软件(程序)来实现，也可以通过硬件电路来实现。

[0045] 传感器控制部110控制图像传感器30，取得模糊函数被非点对称地变更了的对象图像以及至少一种以上的作为传感器图像的基准图像。距离计算部120求出多个模糊校正核心中的、作为附加了模糊的对象图像的校正图像与基准图像的相关性更高的模糊校正核心，从而计算直至在图像中映现出的被摄体的距离，输出距离图像。多个模糊校正核心是对对象图像附加相互不同的模糊的函数。以下，使用流程图，说明第1实施方式的处理的详细情况。

[0046] 图3是示出第1实施方式的图像处理的流程的例子的流程图。此外，以下，以图像传感器30具有RGB传感器的情况为例进行说明，但图像传感器30的波长区域不限于此。

[0047] 首先，通过摄影而由被摄体反射了的光通过滤光器10，从而由图像传感器30观测的传感器图像中的至少一种以上的传感器图像的模糊函数被非点对称地变更。滤光器10的滤光区域通过使由图像传感器30接收的光中的任意种类的光衰减、使得光线的聚光的分布中产生偏斜，能够变更传感器图像的模糊函数。

[0048] 图4是示出第1实施方式的滤光区域的结构例的图。如图4所示，滤光器10的滤光区域中的第1滤光区域构成为在将作为光学中心的滤光区域的中心点(重心位置的点)设为对称点时不为点对称形状。在图4所示的例子中，将滤光区域中的黄色滤光器(Y滤光器)设为第1滤光区域，将不是第1滤光区域的滤光区域设为第2滤光区域。即，作为第1滤光区域的黄色滤光器(Y滤光器)在将光学中心设为对称点时，不为点对称形状。

[0049] 图5是示出第1实施方式的第1滤光区域(Y滤光器)的透射率特性的例子的图。如图5所示，第1滤光区域(Y滤光器)使红色光和绿色光透过，使蓝色光衰减。此外，第1滤光区域也可以是变更任意波长区域的透射率的滤光器、使任意方向的偏振光通过的偏振滤光器(偏振片)、使任意波长区域的聚光能力变更的微透镜。例如，变更任意波长区域的透射率的滤光器也可以是原色滤光器(RGB)、补色滤光器(CMY)、色彩校正滤光器(CC-RGB/CMY)、红外线/紫外线截止滤光器、ND滤光器、遮蔽板。在第1滤光区域是微透镜的情况下，由于透镜20

导致光线的聚光的分布产生偏斜,从而模糊函数变化。

[0050] 此外,在滤光器10中,如果不为点对称形状,则也可以存在任意的区域数量的滤光区域。另外,滤光器10也可以通过变更多个传感器图像的模糊函数的一个滤光区域而构成。

[0051] 另外,第1滤光区域优选是用任意的直线分割滤光器10而得到的形状,优选是通过光学中心的直线。只要是用任意的直线分割滤光器10而得到的形状,则能够削减在后面叙述的模糊校正滤光器的维度。另外,只要是通过光学中心的直线,则在被插入用于光量调整的遮蔽物等光阑机构的情况下,也能够做成能够变更传感器图像的模糊函数的结构。

[0052] 图像传感器30接收透过了滤光器10的滤光区域的光中的、在任意滤光区域中都不衰减地通过了的光,生成基准图像。由此,传感器控制部110取得由图像传感器30生成的基准图像(步骤S101)。任意滤光区域在图4所示的例子中是指第1滤光区域和第2滤光区域。基准图像的模糊函数在通过滤光区域的前后变化少。在图4所示的滤光区域的情况下,不衰减地通过了作为第1滤光区域的黄色滤光器(Y滤光器)的红色光和绿色光被图像传感器30接收,所以R图像和G图像成为基准图像。R图像和G图像具有圆形的模糊函数,模糊形状为圆形形状。

[0053] 另外,图像传感器30接收透过了滤光器10的滤光区域的光中的、由于通过第1滤光区域而模糊函数被变更的光,生成对象图像。由此,传感器控制部110取得由图像传感器30生成的对象图像(步骤S102)。对象图像的模糊函数由于第1滤光区域而变化成非点对称形状。在图4所示的滤光区域的情况下,由于作为第1滤光区域的黄色滤光器(Y滤光器)而衰减地通过了的蓝色光被图像传感器30接收,所以B图像成为对象图像。即,通过滤光器10的滤光区域的蓝色光中的、通过了第1滤光区域的蓝色光被吸收,通过了第2滤光区域的蓝色光不被吸收地通过。因此,在图4所示的滤光器10的情况下,对象图像的模糊函数在通过滤光区域的前后从圆形形状变更为半圆形形状,成为半圆形形状的模糊形状。

[0054] 图6是说明第1实施方式所涉及的直至被摄体的距离与模糊函数的形状的关系的图。如图6所示,在图像中映现出的被摄体的位置比焦点位置远“ $d > 0$ ”的情况下,对象图像与基准图像相比,偏向左侧的模糊被摄像。另外,在图像中映现出的被摄体的位置比焦点位置近“ $d < 0$ ”的情况下,对象图像与基准图像相比,偏向右侧的模糊被摄像。另外,在图像中映现出的被摄体的位置处于焦点位置“ $d = 0$ ”的情况下,在对象图像和基准图像中,都是没有模糊的图像被摄像。在本实施方式中,利用这样的特性来计算摄影场景的距离。

[0055] 另外,距离计算部120基于由传感器控制部110取得的对象图像和基准图像,对对象图像附加不同的模糊,从而生成校正了对象图像的模糊形状的校正图像(步骤S103)。如上所述,根据直至在图像中映现出的被摄体的距离d,对象图像和基准图像的模糊形状变化。在本实施方式中,假定直至在图像中映现出的被摄体的距离是任意的距离d,使用制成的多个模糊校正核心,生成校正了对象图像的模糊形状的校正图像,求出所生成的校正图像与基准图像的相关性更高的距离d,从而计算直至被摄体的距离。此外,关于计算校正图像与基准图像的相关性的方法,在后面叙述。

[0056] 此处,如果将从在摄影图像Ix中映现出的被摄体到相机的焦点位置的距离设为d,则摄影图像Ix能够使用模糊少的理想的摄影图像Iy和摄影图像的模糊函数f(d),由(式1)来表示。

[0057] 【式1】

[0058] $I_x = f(d) * I_y$

[0059] 摄影图像的模糊函数 $f(d)$ 根据摄影装置 100 的开口形状和距离 d 来确定。关于距离 d , 如上所述, 以焦点位置作为基准, 在被摄体比焦点位置远的情况下, 表示为 “ $d > 0$ ”, 在被摄体比焦点位置近的情况下, 表示为 “ $d < 0$ ”。图 7 是示出第 1 实施方式的基准图像的模糊函数的例子的图。如图 7 所示, 在图 4 所示的滤光区域的情况下, 开口形状是点对称形状即圆形形状, 所以模糊函数 $f(d)$ 的形状在焦点位置的前后不变化, 模糊函数 $f(d)$ 能够表现为模糊的宽度根据距离 d 的大小 $|d|$ 而变化的高斯函数。此外, 模糊函数 $f(d)$ 也可以表现为模糊的宽度根据距离 d 的大小 $|d|$ 而变化的抛物柱面函数。

[0060] 基准图像 I_{x_r} 与 (式 1) 同样地, 能够使用根据开口形状和滤光区域的特性而确定的模糊函数 $f_r(d)$, 由 (式 2) 来表示。

[0061] 【式 2】

[0062] $I_{x_r} = f_r(d) * I_y$

[0063] 另外, 对象图像 I_{x_o} 与 (式 1) 同样地, 能够使用根据开口形状和滤光区域的特性而确定的模糊函数 $f_o(d)$, 由 (式 3) 表示。

[0064] 【式 3】

[0065] $I_{x_o} = f_o(d) * I_y$

[0066] 在图 4 所示的滤光区域的情况下, 基准图像不受到第 1 滤光区域的影响, 所以, $f_r(d) = f(d)$ 。另外, $f_o(d)$ 由于第 1 滤光区域中的光衰减的影响, 在焦点位置即 $d=0$ 的前后变化为不同的形状。图 8 是示出第 1 实施方式的对象图像的模糊函数的例子的图。如图 8 所示, 在被摄体比焦点位置更处于远方的 $d > 0$ 的情况下, 对象图像的模糊函数 $f_o(d)$ 为与 $x > 0$ 的第 1 滤光区域中的光衰减相应地衰减了的模糊的宽度 $|d|$ 的高斯函数。另外, 在被摄体比焦点位置更处于近处的 $d < 0$ 的情况下, 对象图像的模糊函数 $f_o(d)$ 为与 $x < 0$ 的第 1 滤光区域中的光衰减相应地衰减了的模糊的宽度 $|d|$ 的高斯函数。

[0067] 此处, 将用于对对象图像 I_{x_o} 赋予模糊而使对象图像 I_{x_o} 的模糊形状与基准图像 I_{x_r} 的模糊形状一致的模糊函数定义为模糊校正核心 $f_c(d)$ 。模糊校正核心 $f_c(d)$ 能够由 (式 4) 表示。

[0068] 【式 4】

[0069] $I_{x_r} = f_c(d) * I_{x_o}$

[0070] (式 4) 的模糊校正核心 $f_c(d)$ 能够通过 (式 2) ~ (式 4), 使用基准图像 I_{x_r} 的模糊函数 $f_r(d)$ 和对象图像 I_{x_o} 的模糊函数 $f_o(d)$, 由 (式 5) 表示。

[0071] 【式 5】

[0072] $f_c(d) = f_r(d) * f_o^{-1}(d)$

[0073] (式 5) 的 $f_o^{-1}(d)$ 是对象图像的模糊函数 $f_o(d)$ 的反向滤光器。由此, 模糊校正核心 $f_c(d)$ 能够根据基准图像 I_{x_r} 和对象图像 I_{x_o} 的模糊函数进行解析来计算。另外, 对象图像 I_{x_o} 的模糊形状能够使用模糊校正核心 $f_c(d)$, 校正为设想了任意的距离 d 的各种模糊形状。

[0074] 图 9 是示出第 1 实施方式的模糊校正核心的例子的图。此外, 图 9 所示的模糊校正核心是使用图 4 所示的滤光区域的情况下模糊校正核心。如图 9 所示, 在将滤光区域设定为用任意的直线进行分割而得到的形状的情况下, 模糊校正核心 $f_c(d)$ 通过分割了的线段的中心点, 在与该线段垂直的方向的直线上 (直线附近) 分布。此处, 如果将对象图像 I_{x_o} 的模

糊形状设为使用任意的距离d处的模糊校正核心 $f_c(d)$ 来校正而得到的校正图像 $I\hat{x}_o(d)$,则校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 能够由(式6)表示。此外,“ $I\hat{x}$ ”是公式中的 Ix 头带 $\hat{\cdot}$ 符号($I\hat{x}_o$)。

[0075] 【式6】

$$[0076] I\hat{x}_o(d) = f_c(d) * Ix_o$$

[0077] 另外,距离计算部120对所生成的校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 进行比较,判定校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 的模糊形状是否一致(步骤S104)。距离计算部120在校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 的模糊形状一致的情况下(步骤S104:“是”),结束处理。另一方面,距离计算部120在校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 的模糊形状不一致的情况下(步骤S104:“否”),再次执行步骤S103的处理。即,距离计算部120在摄影图像的各像素中求出校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 的模糊形状最一致的距离d。一致不仅是指模糊形状完全一致,也可以包括例如一致度低于规定的阈值的情况(后述)。关于模糊形状的一致度,计算以各像素为中心的任意尺寸的矩形区域中的校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 与基准图像 Ix_r 的相关性即可。该模糊形状的一致度的计算使用既有的相似度评价方法即可。由此,距离计算部120求出在校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 和基准图像 Ix_r 之间相关性最高的距离d,计算直至在各像素中映现出的被摄体的距离。

[0078] 例如,既有的相似度评价方法利用SSD(Sum of Squared Difference,方差和)、SAD(Sum of Absolute Difference,绝对误差和),NCC(Normalized Cross-Correlation归一化互相关)、ZNCC(Zero-mean Normalized Cross-Correlation零均值归一化互相关)、Color Alignment Measure(颜色校准测量)等即可。在本实施方式中,采用Color Alignment Measure,其利用了自然图像的颜色成分具有局部地保持线性的关系的特性。

[0079] 在Color Alignment Measure中,根据以摄影图像的对象像素为中心的局部区域的颜色分布的方差,计算表示相关性关系的指标L。在以RGB图像的各像素为中心的局部区域中,计算指标L(d),该RGB图像根据由图像传感器30进行摄影而得到的基准图像 Ix_r 以及假定了距离d的校正图像 $I\hat{x}_o(d)$ 而生成。在是图4所示的滤光区域的情况下,针对由图像传感器30进行摄影而得到的R图像、G图像和B图像,在根据由距离d的模糊校正核心校正了的校正图像 $B^{\hat{\cdot}}(d)$ 而生成的彩色图像的各像素中,通过(式7)来计算指标L(d)。此外,“ $B^{\hat{\cdot}}$ ”设为公式中的B头带 $\hat{\cdot}$ 符号($B^{\hat{\cdot}}$)。

[0080] 【式7】

$$[0081] L(d) = \lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 / \sigma_R^2 \sigma_G^2 \sigma_B^2(d)$$

[0082] 在(式7)中, λ_0 、 λ_1 、 λ_2 是沿着图像的颜色分布的主成分轴的方差(图像的协方差矩阵的固有值)。另外,在(式7)中, σ_R^2 、 σ_G^2 、 σ_B^2 是沿着图像的颜色分布的R轴、G轴、B轴的方差。因此,指标L(d)越小,则表示彩色图像的一致度越高。由此,在步骤S104中,距离计算部120判定指标L(d)是否低于阈值,如果指标L(d)低于阈值,则结束对象像素中的距离推测。如果指标L(d)为阈值以上,则距离计算部120返回到步骤S103的处理,生成不同的距离d下的校正图像。此外,直至在各像素中映现出的被摄体的距离的计算也可以不是使用阈值的条件判定,而是计算假定的全部距离d下的指标L(d),求出指标L(d)最小的距离d。另外,例如,作为求出直至各被摄体的距离的结果,距离图像能够生成为越是存在于近前侧的被摄体则越

明亮、越是存在子里侧的被摄体则越暗那样的图像。

[0083] 如上所述,根据设置于摄影装置100的光学系统的滤光区域来变更对象图像的模糊形状,生成通过假定了距离d的模糊校正核心来校正所述变更后的对象图像的模糊形状而得到的校正图像,求出所生成的校正图像与基准图像的相关性更高的距离d,从而计算直至在图像中映现出的被摄体的距离。根据本实施方式,使用模糊函数与采样位置一致的图像的相关性来计算距离,所以能够实现高精度的距离推测。另外,根据本实施方式,利用作为空间信息的卷积结果的模糊信息,所以距离推测的结果是稳定的,不会产生重复图案、阴面问题,能够实现高精度的距离推测。

[0084] (第2实施方式)

[0085] 图10是示出第2实施方式的摄影装置200的功能构成例的框图。在第2实施方式中,有时针对与第1实施方式的摄影装置100相同的结构附加相同的符号,省略其详细说明。具体来说,以下说明的距离计算部220的功能与第1实施方式不同。此外,关于第2实施方式的摄影装置200的硬件构成,第1实施方式的摄影装置100的硬件构成中的滤光器10的滤光区域的结构不同。关于第2实施方式的滤光区域,在后面叙述。

[0086] 如图10所示,摄影装置200具有传感器控制部110和距离计算部220。此外,传感器控制部110、距离计算部220的一部分或者全部可以通过软件(程序)来实现,也可以通过硬件电路来实现。与第1实施方式同样地,摄影装置200对任意的映现出被摄体的图像进行摄影,生成表示直至被摄体的进深信息的距离图像。

[0087] 距离计算部220求出多个模糊校正核心中的、作为附加了模糊的对象图像的校正图像与第2基准图像的相关性更高的模糊校正核心,从而计算直至在图像中映现出的被摄体的距离,输出距离图像。第2基准图像是通过对多个传感器图像中的某一个传感器图像附加模糊而校正了模糊后的图像。以下,使用流程图,说明第2实施方式的处理的详细情况。

[0088] 图11是示出第2实施方式的图像处理的流程的例子的流程图。此外,以下,以图像传感器30具有RGB传感器的情况为例进行说明,但图像传感器30的波长区域不限于此。

[0089] 首先,通过摄影而由被摄体反射了的光通过滤光器10,从而由图像传感器30观测的传感器图像中的至少一种以上的传感器图像的模糊函数变更为非点对称。第2实施方式的滤光区域使由图像传感器30接收的光中的任意种类的光衰减、使得光线的聚光的分布产生偏斜,从而能够变更传感器图像的模糊函数。

[0090] 图12是示出第2实施方式的滤光区域的结构例的图。如图12所示,第2实施方式的滤光区域中的第1滤光区域构成为在将作为光学中心的滤光区域的中心点(重心位置的点)设为对称点时,不为点对称形状。同样地,第2实施方式的滤光区域中的第2滤光区域构成为在将作为光学中心的滤光区域的中心点设为对称点时,不为点对称形状。另外,第1滤光区域和第2滤光区域在图像传感器30的R、G、B传感器中的某一个的波长区域中,具有不同的透射率特性。在本实施方式中,以将第1滤光区域设为黄色的色彩校正滤光器(CC-Y)、将第2滤光区域设为青色的色彩校正滤光器(CC-C)的情况作为例子。

[0091] 图13是示出第2实施方式的第1滤光区域和第2滤光区域的透射率特性的例子的图。如图13所示,第1滤光区域(CC-Y)使红色光、绿色光、蓝色光的全部波长区域的光透过。另外,第2滤光区域(CC-C)使红色光、绿色光、蓝色光的全部波长区域的光透过。但是,在第1滤光区域和第2滤光区域中,各波长的透射率不同。此外,第1滤光区域和第2滤光区域也可

以是变更任意波长区域的透射率的滤光器、使任意方向的偏振光通过的偏振滤光器、使任意波长区域的聚光能力变更的微透镜。例如，变更任意波长区域的透射率的滤光器也可以是原色滤光器(RGB)、补色滤光器(CMY)、色彩校正滤光器(CC-RGB/CMY)、红外线/紫外线截止滤光器、ND滤光器、遮蔽板。在第1滤光区域、第2滤光区域是微透镜的情况下，由于透镜20导致光线的聚光的分布产生偏斜，从而模糊函数变化。

[0092] 图像传感器30接收通过了滤光区域的光中的、在第1滤光区域与第2滤光区域中模糊函数被变更的光，生成对象图像。由此，传感器控制部110取得由图像传感器30生成的对象图像(步骤S201)。对象图像的模糊函数由于滤光区域而变化为非点对称。其结果，在被摄体的位置存在于比焦点位置远的位置的情况下($d > 0$)以及被摄体的位置存在于比焦点位置近的位置的情况下($d < 0$)，对象图像的模糊成为非点对称形的模糊，另外，在焦点位置的前后成为不同的形状的模糊。具体来说，根据在R、G、B传感器的各波长区域中观测的光在第1滤光区域与第2滤光区域中的哪个区域更多地通过，确定对象图像的模糊形状的偏斜。此外，在被摄体的位置存在于焦点位置的情况下($d = 0$)，对象图像成为没有模糊的图像。在本实施方式中，利用对象图像的上述特性来计算摄影场景的距离。

[0093] 在图12所示的滤光区域的情况下，红色光、绿色光、蓝色光的全部衰减地通过而被图像传感器30接收，所以R图像、G图像、B图像全部成为对象图像。但是，也可以不将R图像、G图像、B图像的全部的图像设为对象图像。与CC-C滤光器(第2滤光区域)相比，通过滤光区域的光中的蓝色光由CC-Y滤光器(第1滤光区域)更多地吸收而衰减。因此，在被摄体的位置存在于比焦点位置远的位置的情况下($d > 0$)，与圆形形状相比，偏向左侧的模糊被摄影，在被摄体的位置存在于比焦点位置近的位置的情况下($d < 0$)，与圆形形状相比，偏向右侧的模糊被摄影。

[0094] 另外，与CC-Y滤光器(第1滤光区域)相比，通过滤光区域的光中的红色光由CC-C滤光器(第2滤光区域)更多地吸收而衰减。因此，在被摄体的位置存在于比焦点位置远的位置的情况下($d > 0$)，与圆形形状相比，偏向右侧的模糊被摄影，在被摄体的位置存在于比焦点位置近的位置的情况下($d < 0$)，与圆形形状相比，偏向左侧的模糊被摄影。

[0095] 另外，与CC-C滤光器(第2滤光区域)相比，通过滤光区域的光中的绿色光由CC-Y滤光器(第1滤光区域)更多地吸收而衰减。因此，在被摄体的位置存在于比焦点位置远的位置的情况下($d > 0$)，与圆形形状相比，偏向右侧的模糊被摄影，在被摄体的位置存在于比焦点位置近的位置的情况下($d < 0$)，与圆形形状相比，偏向左侧的模糊被摄影。

[0096] 另外，距离计算部220生成第2基准图像，该第2基准图像是将从由传感器控制部110取得的多个传感器图像选择出的某一个传感器图像(对象图像)的模糊校正为任意形状的模糊而得到的(步骤S202)。将传感器图像(对象图像)的模糊校正为任意形状的模糊的方法与上述步骤S103相同。另外，在步骤S101中，如上所述，传感器图像(对象图像)的模糊形状根据直至在图像中映现出的被摄体的距离d而变化。距离计算部220假定直至在图像中映现出的被摄体的距离是任意的距离d，生成使用所制成的第2模糊校正核心来校正传感器图像(对象图像)的模糊形状所得的第2基准图像。在本实施方式中，将第2基准图像的模糊形状作为圆形形状来说明，但第2基准图像的模糊形状既可以是任意的传感器图像(对象图像)的模糊形状，也可以是与其不同的其他任意的形状的模糊形状。以下，以图12所示的滤光区域为例，对传感器图像的全部是对象图像的情况进行举例说明。即，当在传感器图像中

包括基准图像的情况下,也能够通过同样的方法进行校正。

[0097] 校正任意选择出的对象图像 I_{x_o} 的模糊、并校正第2基准图像的模糊形状的第2模糊校正核心 $f'_c(d)$ 通过将上述(式5)中的基准图像的模糊函数 $f_r(d)$ 设为假定的第2基准图像的模糊函数 $f'_c(d)$,能够由(式8)表示。

[0098] 【式8】

$$f'_c(d) = f'_r(d) * f^{-1}_o(d)$$

[0100] 另外,使用通过(式8)求出的第2模糊校正核心 $f'_c(d)$ 校正对象图像 I_{x_o} 的模糊而得到的第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 能够由(式9)表示。由此,能够生成在假定直至被摄体的距离是d的情况下的第2基准图像。

[0101] 【式9】

$$\hat{I}_{x_r}(d) = f'_c(d) * I_{x_o}$$

[0103] 另外,距离计算部220生成将在步骤S202中选择出的传感器图像以外的传感器图像(对象图像)的模糊校正为第2基准图像的模糊而得到的校正图像(步骤S203)。将对象图像的模糊校正为校正图像的模糊的方法与上述步骤S103相同。距离计算部220通过上述(式8)求出校正任意选择出的对象图像 I_{x_o} 的模糊、并校正第2基准图像的模糊形状的模糊校正核心 $f'_c(d)$ 。然后,距离计算部220使用所求出的模糊校正核心 $f'_c(d)$,在步骤S203中生成校正了选择出的对象图像 I_{x_o} 的模糊的校正图像。此处,如果将对象图像 I_{x_o} 的模糊形状校正为第2基准图像的模糊形状而得到的校正图像设为 $\hat{I}_{x_o}(d)$,则校正图像能够由(式10)表示。由此,能够生成假定直至被摄体的距离是d的情况下的校正图像。

[0104] 【式10】

$$\hat{I}_{x_o}(d) = f'_c(d) * I_{x_o}$$

[0106] 另外,距离计算部220对所生成的校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 与第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 进行比较,判定校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 与第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 的模糊形状是否一致(步骤S204)。距离计算部220在校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 与第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 的模糊形状一致的情况下(步骤S204:“是”),结束处理。另一方面,距离计算部220在校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 与第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 的模糊形状不一致的情况下(步骤S204:“否”),再次执行步骤S202的处理。关于求出校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 与第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 的模糊形状最一致的距离d的方法,与上述步骤S104相同。例如,在本实施方式中,采用利用了自然图像的颜色成分具有局部地保持线性的关系的特性的Color Alignment Measure。

[0107] 在Color Alignment Measure中,根据以摄影图像的对象像素为中心的局部区域的颜色分布的方差来计算表示相关性关系的指标L。即,在以根据假定了距离d的第2基准图像 $\hat{I}_{x_r}(d)$ 和校正图像 $\hat{I}_{x_o}(d)$ 而生成的RGB图像的各像素为中心的局部区域中,计算指标L(d)。在是图12所示的滤光区域的情况下,针对彩色图像的各像素,通过(式11)计算指标L(d),彩色图像根据通过距离d的第2模糊校正核心来校正由图像传感器30拍摄到的R图像、G图像和B图像各图像而得到的第2基准图像、通过模糊校正核心来校正由图像传感器30拍摄到的R图像、G图像和B图像各图像而得到的校正图像即 $R^*(d)$ 、 $G^*(d)$ 、 $B^*(d)$ 而生成的。

[0108] 【式11】

$$[0109] L(d) = \lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 / \sigma_{\hat{A}(d)}^2 \sigma_{\hat{G}(d)}^2 \sigma_{\hat{B}(d)}^2$$

[0110] 由此,在步骤S204中,距离计算部220判定指标L(d)是否低于阈值,如果指标L(d)低于阈值,则结束对象像素的距离推测。如果指标L(d)为阈值以上,则距离计算部220返回到步骤S202的处理,生成不同的距离d下的第2基准图像和校正图像。此外,直至在各像素中映现出的被摄体的距离的计算方法不限于使用阈值的条件判定。距离计算部220也可以计算假定的全部的距离d下的指标L(d),求出指标L(d)最小的距离d。

[0111] 如上所述,在本实施方式中,生成将根据滤光区域而变更了的对象图像的模糊形状校正为假定了距离d的任意的模糊形状而得到的第2基准图像和校正图像。然后,求出所生成的第2基准图像与校正图像的相关性更高的距离d,从而计算直至在图像中映现出的被摄体的距离。根据本实施方式,使用模糊函数与采样位置一致的图像的相关性来计算距离,所以能够实现高精度的距离推测。另外,根据本实施方式,用于利用作为空间信息的卷积结果的模糊信息的距离推测的结果是稳定的,不会产生重复图案、阴面问题,能够实现高精度的距离推测。

[0112] (第3实施方式)

[0113] 图14是示出第3实施方式的摄影装置300的功能构成例的框图。在第3实施方式中,有时针对与第1实施方式的摄影装置100相同的结构附加相同的符号,省略其详细说明。具体来说,以下说明的距离计算部320、图像生成部330的功能与第1实施方式不同。此外,第3实施方式的摄影装置300的硬件构成与第1实施方式的摄影装置100的硬件构成相同。

[0114] 如图14所示,摄影装置300具有传感器控制部110、距离计算部320、图像生成部330。此外,传感器控制部110、距离计算部320和图像生成部330的一部分或者全部既可以通过软件(程序)来实现,也可以通过硬件电路来实现。摄影装置300对任意的映现出被摄体的图像进行摄影,生成用于向使用者显示的显示图像。

[0115] 除了表示直至在图像中映现出的被摄体的距离的距离图像之外,距离计算部320还对图像生成部330输出模糊校正图像,该模糊校正图像是由使用与基准图像的相关性最高的模糊校正核心对对象图像附加了模糊后的校正图像和基准图像生成的。图像生成部330使用由距离计算部320输出的距离图像以及传感器图像的模糊形状被校正后的校正图像,生成用于向使用者显示的显示图像。将通过图像生成部330生成的显示图像显示输出到显示器70等。

[0116] 图15是示出第3实施方式的图像处理的流程的例子的流程图。此外,步骤S301~步骤S304的处理与上述步骤S101~步骤S104的处理相同,所以省略这些详细处理的说明。

[0117] 如图15所示,图像生成部330根据由距离计算部320输出的表示各像素的进深信息的距离图像以及传感器图像的模糊形状一致了的校正图像,生成用于向使用者显示的显示图像(输出图像)(步骤S305)。显示图像既可以是距离图像,也可以是将距离图像进行伪彩色显示而得到的图像。另外,显示图像也可以是校正图像、传感器图像。校正图像是将对象图像的模糊校正为基准图像的模糊而得到的图像。另外,显示图像也可以是根据距离图像和校正图像并基于被摄体的距离而去除了校正图像的各像素的焦点模糊所得的全焦点图像。另外,显示图像也可以是根据校正图像和距离图像并基于被摄体的距离而去除或者附加了校正图像的任意距离的被摄体的模糊而得到的模糊强调图像。

[0118] (第4实施方式)

[0119] 提出了如下的技术:通过应用代价卷过滤(cost volume filtering),在基于马尔可夫随机场的一般的离散值的标示问题中,快速地解出高精度的近似解。采用应用这样的技术的距离测定方法的话,有时在没有线索的平坦区域中求不出距离。

[0120] 在第4实施方式中,能够应用代价卷过滤,更高精度地测定距离。在本实施方式中,将在阶层化了的代价卷的上位阶层中确定了的标记(例如距离)与下位阶层的标记之差设为下位阶层的标记选择的正则化项,从而将在上位阶层中最佳化了的标记作为空间上的制约,对下位阶层的标记进行最佳化。由此,能够例如在补偿被摄体细的凹凸形状的同时,确定平坦区域的距离。另外在本实施方式中,实施使用在各阶层中最佳化了的结果的正则化,能够提高针对摄像噪声等干扰的稳健性。

[0121] 以下,主要以对第1实施方式应用代价卷过滤的情况为例进行说明。对第2和第3实施方式也能够应用同样的方法。

[0122] 图16是示出第4实施方式的摄影装置400的功能构成例的框图。在本实施方式中,有时针对与第1实施方式的摄影装置100相同的结构附加相同的符号,省略其详细说明。在本实施方式中,距离计算部420的功能与第1实施方式不同。此外,本实施方式的摄影装置400的硬件构成与第1实施方式的摄影装置100的硬件构成相同。

[0123] 如图16所示,摄影装置400具有传感器控制部110和距离计算部420。此外,传感器控制部110、距离计算部420的一部分或者全部既可以通过软件(程序)来实现,也可以通过硬件电路来实现。与第1实施方式同样地,摄影装置400对任意的映现出被摄体的图像进行摄影,生成表示直至被摄体的进深信息的距离图像。

[0124] 距离计算部420具有CV(代价卷)生成部421和正则化部422。

[0125] CV生成部421生成3维的代价卷。代价卷是除了图像的一个方向(例如水平方向)和与图像的一个方向不同的其他方向(例如垂直方向)之外还包括标记方向的信息的3维的数据。代价卷包括图像的水平方向的位置、图像的垂直方向的位置和基于对象图像和基准图像之差的代价的3维的信息。例如针对直至在各像素中映现出的被摄体的所设想的每个距离(标记)而计算代价。对象图像和基准图像之差是例如信号值之差、通过相似度评价法计算出的值之差。在该情况下,距离相当于标记,但标记不限于距离。例如,也可以将表示根据距离而变化的模糊的程度的信息设为标记。标记也可以是例如视差方向。

[0126] 另外,CV生成部421生成使代价卷的至少1维方向的分辨率变低而得到的代价卷。例如CV生成部421生成使上述3维的信息中的至少1维方向的分辨率越到上位阶层则越变小而得到的阶层数n(n是2以上的整数)的代价卷(代价卷金字塔)。阶层数n是任意的,只要是2以上即可。

[0127] 以下,以使主要代价卷的水平方向与垂直方向的分辨率降低的情况为例进行说明,但也可以使这以外的任意的1个以上的方向的分辨率降低。例如,除了水平方向和垂直方向之外,也可以还使标记方向的分辨率降低。根据这样的结构,能够使处理高速化。

[0128] 正则化部422将k阶层(k是满足 $1 \leq k \leq n-1$ 的整数)的代价卷修正为包括正则化项的代价卷(修正代价卷)。正则化项被求出为基于根据(k+1)阶层的代价卷求出的距离(第1距离)与根据k阶层的代价卷求出的距离(第2距离)之差的项。例如正则化部422根据分辨率低的代价卷((k+1)阶层的代价卷)确定直至在各像素中映现出的被摄体的距离,计算将根据分辨率低的代价卷求出的距离与根据分辨率高的代价卷(k阶层的代价卷)求出的距离之

差作为正则化项添加到分辨率高的代价卷 (k阶层的代价卷) 而得到的代价卷C' (修正代价卷)。

[0129] 距离计算部420根据通过正则化部422计算出的代价卷C' 来计算距离图像。

[0130] 接下来,说明本实施方式的摄像装置400的动作的详细情况。图17是示出第4实施方式的图像处理的流程的例子的流程图。

[0131] 传感器控制部110取得由图像传感器30生成的基准图像(步骤S401)。另外,传感器控制部110取得由图像传感器30生成的对象图像(步骤S402)。距离计算部420通过对对象图像附加根据设想距离而不同的模糊,生成校正了对象图像的模糊形状的多个校正图像(步骤S403)。

[0132] CV生成部421根据基准图像和校正图像而生成代价卷(步骤S404)。例如CV生成部421将附加不同的模糊而生成的校正图像与基准图像之差计算为匹配代价(代价)。CV生成部421与例如上述步骤S104同样地,将以各像素为中心的任意尺寸的矩形区域中的校正图像和基准图像的一致度作为该像素的代价而求出。关于各像素,计算与根据距离而生成的多个校正图像对应的多个代价。CV生成部421根据计算出的多个代价来计算代价卷。例如CV生成部421生成包括像素的水平方向的位置、像素的垂直方向的位置和针对像素求出的代价的3维的代价卷。

[0133] CV生成部421进而基于代价卷而生成代价卷金字塔(步骤S405)。CV生成部421通过生成使3维的代价卷的至少1维方向的分辨率阶梯状地变低而得到的代价卷,从而生成代价卷金字塔。

[0134] 例如CV生成部421使代价卷的水平方向与垂直方向的分辨率降低。CV生成部421通过既有的缩小方法(面积平均法、三次卷积法、最邻近法和双线性法等)来使代价卷的各切片(slice)缩小。CV生成部421生成包括使水平方向与垂直方向的分辨率降低了的代价卷切片群的低分辨率的代价卷。代价卷金字塔包括通过这样阶梯状地缩小至任意的阶层数n而得到的代价卷。

[0135] 正则化部422从最上位的阶层(分辨率最低的阶层)向下位的阶层地执行以下的处理,计算直至被摄体的距离。首先,正则化部422判定当前的处理阶层(k阶层)是否为最上位阶层(步骤S406)。在k阶层是最上位阶层的情况下(步骤S406:“是”),正则化部422将k阶层的代价卷C^k设为C'^k而前进到步骤S408。这样在最上位阶层的情况下,不求出与在上位的阶层求出的距离之差,所以,不执行使代价卷正则化的处理。

[0136] 在k阶层不是最上位阶层的情况下(步骤S406:“否”),正则化部422对代价卷C^k进行正则化(步骤S407)。例如正则化部422生成通过向代价卷C^k追加正则化项而修正了的代价卷C'^k。正则化部422如(式12)所示,将k阶层的代价卷C^k设为数据项,将在上位阶层求出的距离bⁱ^(k+1)与在k阶层求出的距离b之差作为正则化项而计算k阶层的修正代价卷C'^k。

[0137] 【式12】

$$C_i^{k+1}(b) = C_i^k(b) + \lambda \|b - \hat{b}_i^{k+1}\|_{L1}$$

[0139] 此外,λ是正则化参数。λ既可以是常数,也可以越是上位阶层则使强度越弱。“L1”表示作为正则化方法而应用L1正则化。正则化方法不限于L1正则化,也可以使用例如L2正则化等其他正则化方法。i表示像素,b表示距离。(式12)表示针对距离b的每个像素i而应用

(式12)并对代价卷进行正则化。有时将对各距离 b 和各像素 i 进行正则化而得到的代价卷整体表示为 $C'{}^k$ 。

[0140] 距离计算部420对代价卷 $C'{}^k$ 实施代价卷过滤(CVF)(步骤S408)。CVF是适合于代价卷的各切片的图像过滤处理。在CVF中,针对代价卷的各切片应用采用边缘保存型的FGWLS(Fast Global Image Smoothing Based on Weighted Least Squares,基于加权最小二乘的快速总体图像平滑)滤波器、高斯滤波器、双边滤光器、盒式滤波器、引导滤波器和 ϵ -滤波器等的过滤处理。以下,以使用FGWLS滤波器的情况为例进行说明。

[0141] 距离计算部420如(式13)所示,对代价卷 $C'{}^k$ 应用FGWLS滤波器,计算代价卷 $C''{}^k$ 。

[0142] 【式13】

$$[0143] C''{}^k_i(b) = F_{FGWLS} \{C'{}^k_i(b)\}$$

[0144] 距离计算部420根据代价卷 $C''{}^k$,计算直至在各像素中映现出的被摄体的距离 $\hat{b}_i{}^k$ (步骤S409)。例如距离计算部420如(式14)所示,关于各像素*i*,选择代价卷 $C_i''{}^k(b)$ 中的代价最小的距离 $\hat{b}_i{}^k$ 。距离不需要是整数值,也可以根据距离和代价的值计算加权平均,保持为小数值。

[0145] 【式14】

$$[0146] \hat{b}_i{}^k = \arg \min_b \{C_i''{}^k(b)\}$$

[0147] 距离计算部420判定是否处理至通过用户等指定了的阶层(指定阶层)(步骤S410)。在处理未完成的情况下(步骤S410:“否”),返回到步骤S407而重复进行处理。在处理完成的情况下(步骤S410:“是”),距离计算部420结束图像处理。此外,距离的计算不需要执行至最下位的阶层。根据所要求的精度等,也可以在中途的阶层(指定阶层)结束处理。

[0148] 距离计算部420也可以生成并输出表示计算出的距离的距离图像。图18是示出摄影图像的一个例子的图。图19是示出根据图18的摄影图像来生成的距离图像的一个例子的图。图19的距离图像表示根据图18所示的摄影图像来求出直至被摄体的距离的结果。在图19中,示出越是处于近前侧的被摄体则越暗,越是处于里侧的被摄体则越明亮。距离图像可以与指定阶层相应的分辨率来生成,也可以以更高分辨率(与最下位阶层对应的分辨率等)来生成。

[0149] 如上所述,根据本实施方式,通过将与在阶层化了的代价卷的上位阶层确定了的距离之差设为下位阶层的距离选择的正则化项,将在上位阶层中最佳化了的距离设为空间上的制约,能够对下位阶层的距离进行最佳化。其结果,能够在补偿被摄体细的凹凸形状的同时,确定平坦区域的距离。在本实施方式中,通过实施使用在各阶层中最佳化的结果的正则化,能够提高针对摄像噪声等干扰的稳健性。

[0150] (变形例1)

[0151] 在(式12)中,将与在1个上位阶层中求出的距离之差设为正则化项。也可以将与在2个以上的上位阶层中求出的各距离之差分别设为正则化项。例如,也可以不仅将k阶层的距离 b 与(k+1)阶层的距离 $\hat{b}_i{}^{(k+1)}$ 之差,还将k阶层的距离 b 与(k+2)阶层的距离 $\hat{b}_i{}^{(k+2)}$ (第3距离)之差作为正则化项而追加。在该情况下,针对各差而使用相同或者不同的正则化参数即可。

[0152] (变形例2)

[0153] 过滤处理(步骤S408等)也可以设为将摄影图像作为引导的过滤处理。在该情况下,例如CV生成部421进一步输入摄影图像,生成使摄影图像的水平方向和垂直方向的分辨率阶梯状地变低到与代价卷金字塔相同的分辨率的阶层数n的图像金字塔(图像群)。距离计算部420针对代价卷C' ^k的各切片,应用将图像金字塔中的k阶层的图像作为引导的过滤处理,计算代价卷C" ^k。

[0154] (变形例3)

[0155] 在使代价卷的分辨率降低的情况下,也可以使用将特定的信息设为权重的加权平均。例如,能够将“1-相应像素的代价的最小值”、相应像素的饱和评价值、相应像素的边缘强度(例如水平方向的边缘强度)和相应像素的边缘梯度方向等信息用作加权 α 。也可以将这些信息中的2个以上的组合用作加权 α 。另外,在使代价卷的分辨率降低的情况下,也可以使用将摄影图像的图像金字塔缩小成引导的方法。

[0156] (变形例4)

[0157] 到此为止,说明了使用通过1个摄像部(图像传感器)得到的来自1个视点的摄影图像来计算距离的实施方式。使用第4实施方式那样的代价卷过滤的方法也能够应用于使用来自多个视点的摄影图像来计算距离的方式。本变形例的摄影装置例如输入视点不同的至少2张以上的摄影图像,将至少1张以上的摄影图像作为对象图像,生成按与设想距离相应的视差移动量校正了对象图像的多个校正图像。本变形例的摄影装置将所生成的校正图像群与作为对象图像以外的摄影图像的基准图像之差计算为代价。本变形例的摄影装置使用通过这样计算出的代价来生成代价卷。以后的处理与第4实施方式相同。

[0158] (变形例5)

[0159] 输出不限于距离图像,也可以构成为输出以下那样的信息。

[0160] • 表示距离与位置的对应关系的信息(表等)

[0161] • 距离的最大值、最小值、中心值和平均值中的至少1个

[0162] • 与距离相应的区域分割结果(表示分割了的区域的图像等)

[0163] 也可以通过使用计算出的距离来对摄影图像进行处理,输出以下那样的信息。

[0164] • 全焦点图像(在所有的距离下使焦点对准的图像)

[0165] • 重新聚焦图像(在指定的距离下使焦点对准的图像)

[0166] • 处于任意距离的图像的提取结果

[0167] • 使用图像和距离的物体识别结果或者行动识别结果

[0168] 包括在上述文档中、附图中等示出的处理步骤、控制步骤、具体的名称、各种的数据、参数等的信息除了特别说明的情况之外,能够任意变更。另外,所图示出的装置的各构成要素是功能概念性的要素,不一定需要在物理上如图所示地构成。即,装置的分散或者统合的具体方式不限于图示,能够根据各种负担、使用状况等,按任意的单位在功能上或者物理上对其全部或者一部分进行分散或者统合。

[0169] 另外,上述实施方式的摄影装置的图像处理的功能例如能够将通用的计算机装置用作基本硬件来实现。所执行的图像处理程序为包括上述各功能的模块构成。另外,所执行的图像处理程序既可以以能够安装的形式或者能够执行的形式的文件存储在CD-ROM、CD-R、DVD等计算机可读的存储介质中来提供,也可以预先并入到ROM等来提供。

[0170] 另外,上述实施方式是作为例子而提出的,并非旨在限定发明的范围。这些新颖的实施方式能够按其他各种方式来实施,在不脱离发明的主旨的范围内,能够进行各种的省略、置换、变更。另外,各实施方式在不矛盾的范围能够将内容适当组合。另外,各实施方式、其变形包含在发明的范围、主旨中,并且包含在权利要求书所记载的发明及其均等范围内。

[0171] 此外,能够将上述实施方式归纳为以下的技术方案。

[0172] 技术方案1

[0173] 一种图像处理装置,具有:

[0174] 传感器控制部,其取得模糊函数被非点对称地表示的对象图像以及模糊函数被点对称地表示的基准图像;以及

[0175] 距离计算部,其根据附加了不同的模糊的所述对象图像与所述基准图像的相关性,计算直至在图像中映现出的被摄体的距离。

[0176] 技术方案2

[0177] 在技术方案1所记载的图像处理装置中,

[0178] 所述距离计算部通过求出对所述对象图像附加不同的模糊的多个模糊校正核心中的、附加了不同的模糊的所述对象图像与所述基准图像的相关性更高的所述模糊校正核心,计算直至所述被摄体的距离。

[0179] 技术方案3

[0180] 在技术方案2所记载的图像处理装置中,

[0181] 所述模糊校正核心是用于将所述对象图像的模糊校正为所述基准图像的模糊的卷积函数,

[0182] 所述距离计算部根据所述对象图像的模糊函数和所述基准图像的模糊函数,求出校正任意的距离的所述被摄体的模糊的多个模糊校正核心。

[0183] 技术方案4

[0184] 在技术方案1所记载的图像处理装置中,

[0185] 所述距离计算部根据对所述对象图像附加了模糊的校正图像与第2基准图像的相关性,计算直至所述被摄体的距离,所述第2基准图像是通过对传感器图像附加模糊而校正了模糊的所述基准图像。

[0186] 技术方案5

[0187] 在技术方案1所记载的图像处理装置中,

[0188] 所述距离计算部具备:

[0189] 生成部,其生成阶层数n(n是2以上的整数)的代价卷,所述代价卷分别包括一个方向的位置、与所述一个方向不同的其他方向的位置以及基于所述对象图像与所述基准图像之差的代价的3维的信息,所述阶层数n的代价卷使所述3维中的至少1维方向的分辨率越到上位阶层则越变小;以及

[0190] 正则化部,其将k阶层(k是满足 $1 \leq k \leq n-1$ 的整数)的代价卷修正为包括根据(k+1)阶层的代价卷求出的第1距离与根据所述k阶层的代价卷求出的第2距离之差的正则化项的修正代价卷,

[0191] 根据所述修正代价卷,计算直至所述被摄体的距离。

[0192] 技术方案6

- [0193] 在技术方案5所记载的图像处理装置中，
- [0194] 所述正则化部将k阶层 (k 是满足 $1 \leq k \leq n-1$ 的整数) 的代价卷修正为还包括基于所述第1距离与根据比所述k阶层上位的1个以上的阶层的代价卷求出的1个以上的第3距离之差的正则化项的修正代价卷。
- [0195] 技术方案7
- [0196] 在技术方案5所记载的图像处理装置中，
- [0197] 所述生成部生成使所述一个方向的位置和所述另一个方向的位置中的至少一方的维度的分辨率阶梯状地变小的阶层数n的代价卷，
- [0198] 所述距离计算部根据所取得的图像，生成使与所述代价卷相同的维度的分辨率阶梯状地变小的阶层数n的图像群，针对所述修正代价卷，应用将所述图像群中的对应的阶层的图像作为引导的过滤处理，从而计算k阶层中的直至所述被摄体的距离。
- [0199] 技术方案8
- [0200] 一种摄影装置，具有：
- [0201] 技术方案1~7中的任一方案所记载的图像处理装置；以及
- [0202] 图像传感器，其接收通过了将至少一种以上的传感器图像的模糊函数变更为非点对称的滤光区域的光，生成作为传感器图像的所述对象图像以及作为与该对象图像不同的传感器图像的所述基准图像，所述对象图像是模糊函数由于所述滤光区域而变更为非点对称的图像。
- [0203] 技术方案9
- [0204] 在技术方案8所记载的摄影装置中，
- [0205] 所述对象图像的模糊函数以开口部的光学中心作为点对称的中心变更为非点对称。
- [0206] 技术方案10
- [0207] 在技术方案8所记载的摄影装置中，
- [0208] 所述图像传感器包括接收红色光的传感器、接收绿色光的传感器和接收蓝色光的传感器中的两个以上的传感器，两个以上的传感器中包括的第1传感器生成所述对象图像，两个以上的传感器中包括的所述第1传感器以外的第2传感器生成所述基准图像。
- [0209] 技术方案11
- [0210] 在技术方案8~10中的任一方案所记载的摄影装置中，
- [0211] 所述滤光区域是作为变更任意波长区域的透射率的滤光器的原色滤光器、补色滤光器、色彩校正滤光器、红外线截止滤光器、紫外线截止滤光器、ND滤光器或者遮蔽板。
- [0212] 技术方案12
- [0213] 在技术方案8~10中的任一方案所记载的摄影装置中，
- [0214] 所述滤光区域是使任意方向的偏振的光通过的偏振片、或者变更任意波长区域的聚光能力的微透镜。
- [0215] 技术方案13
- [0216] 在技术方案8~12中的任一方案所记载的摄影装置中，
- [0217] 所述距离计算部生成表示在所述传感器图像的各像素中计算出的距离的距离图像，根据附加了不同的模糊的所述对象图像和所述基准图像，生成校正了该对象图像的模

糊形状的校正图像，

[0218] 所述摄影装置还具有图像生成部，该图像生成部根据所述距离图像的距离信息，生成去除所述校正图像的模糊或者附加模糊而得到的输出图像。

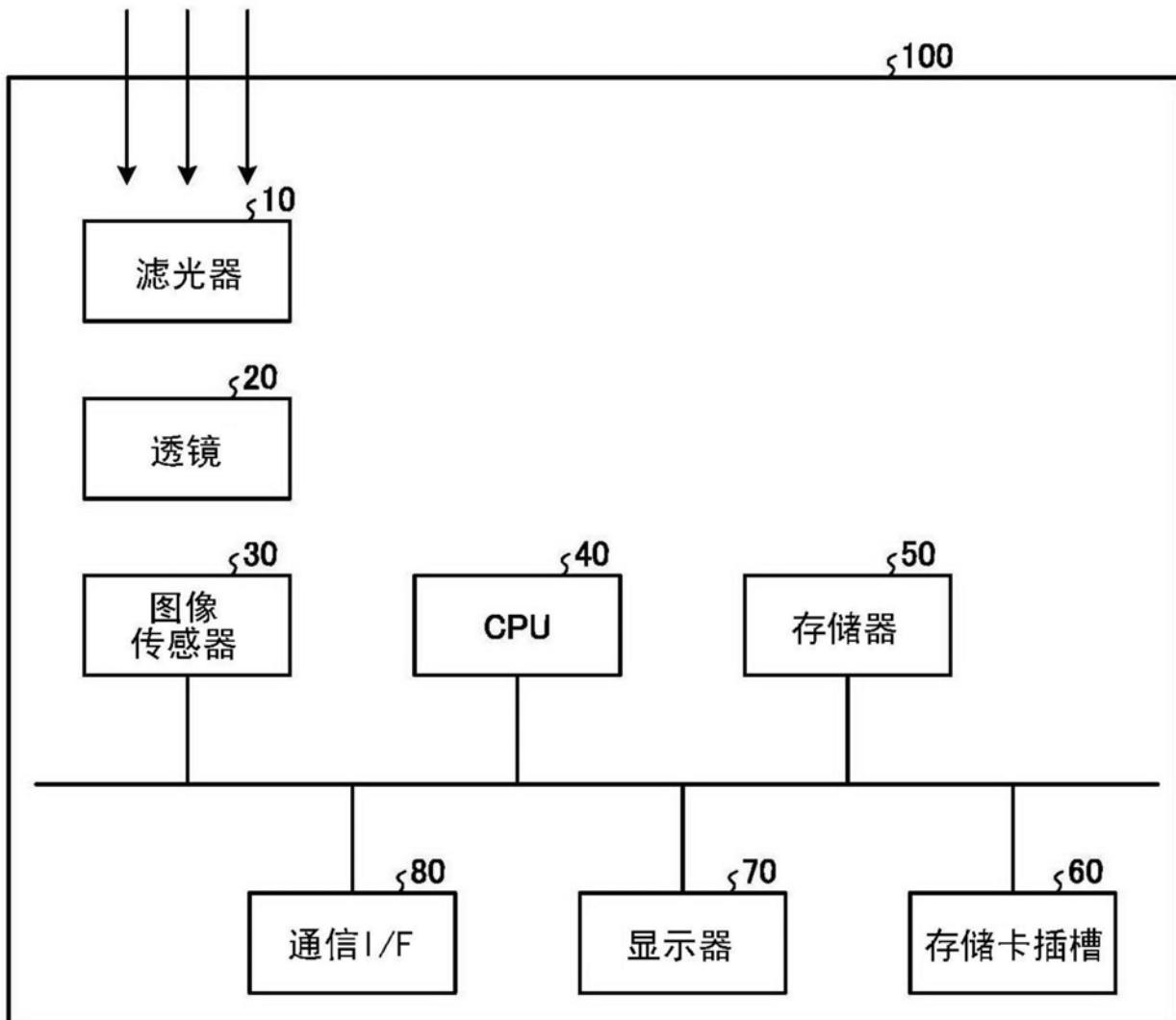


图1

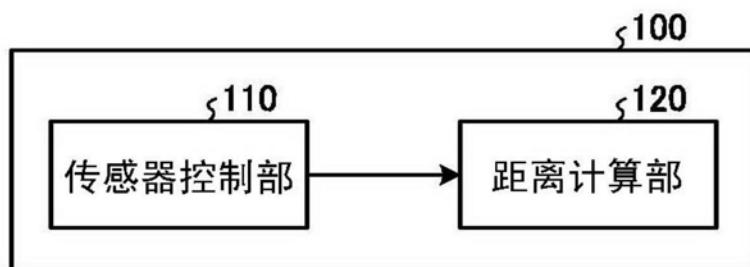


图2

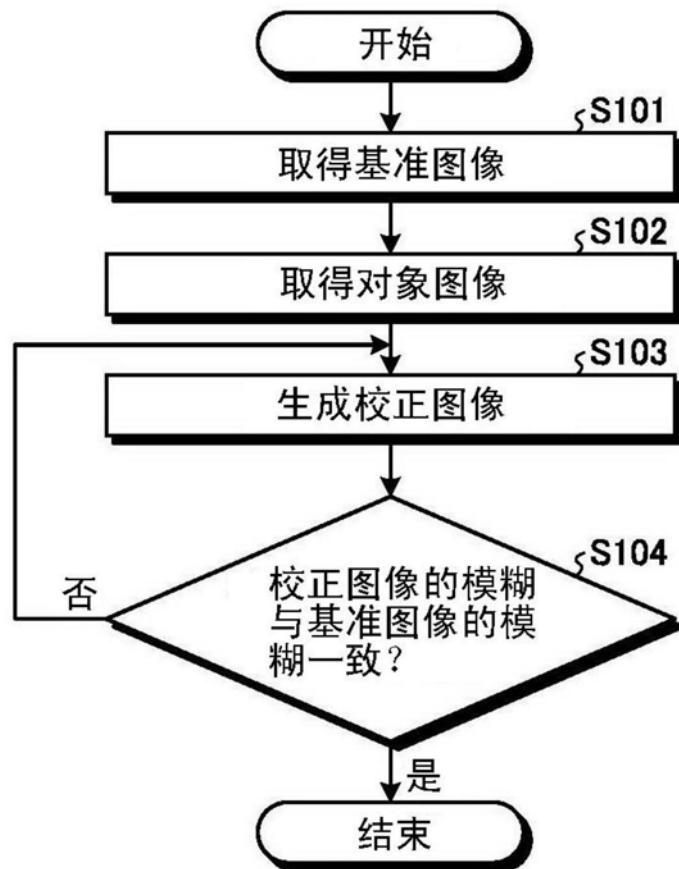


图3

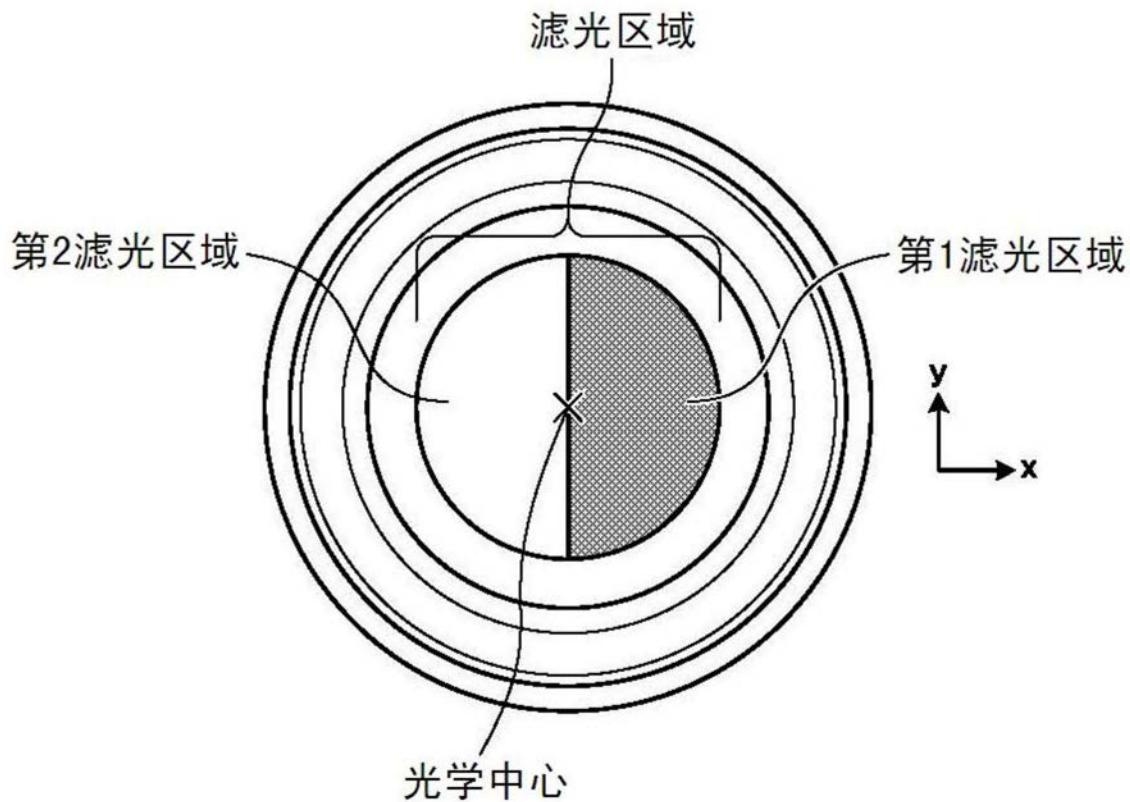


图4

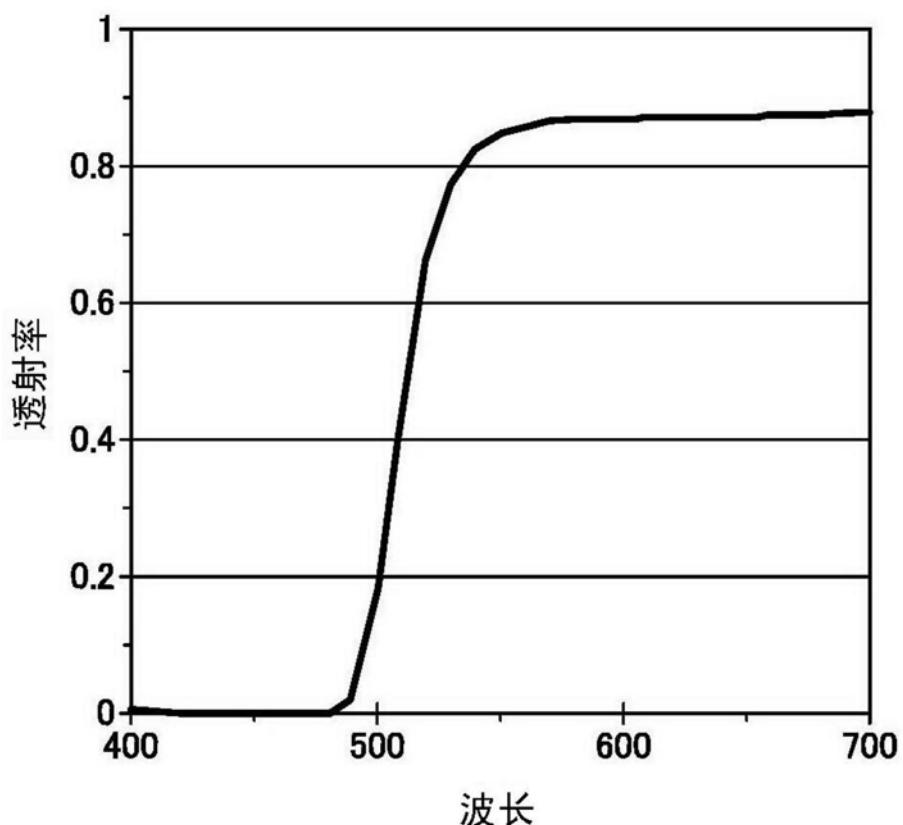
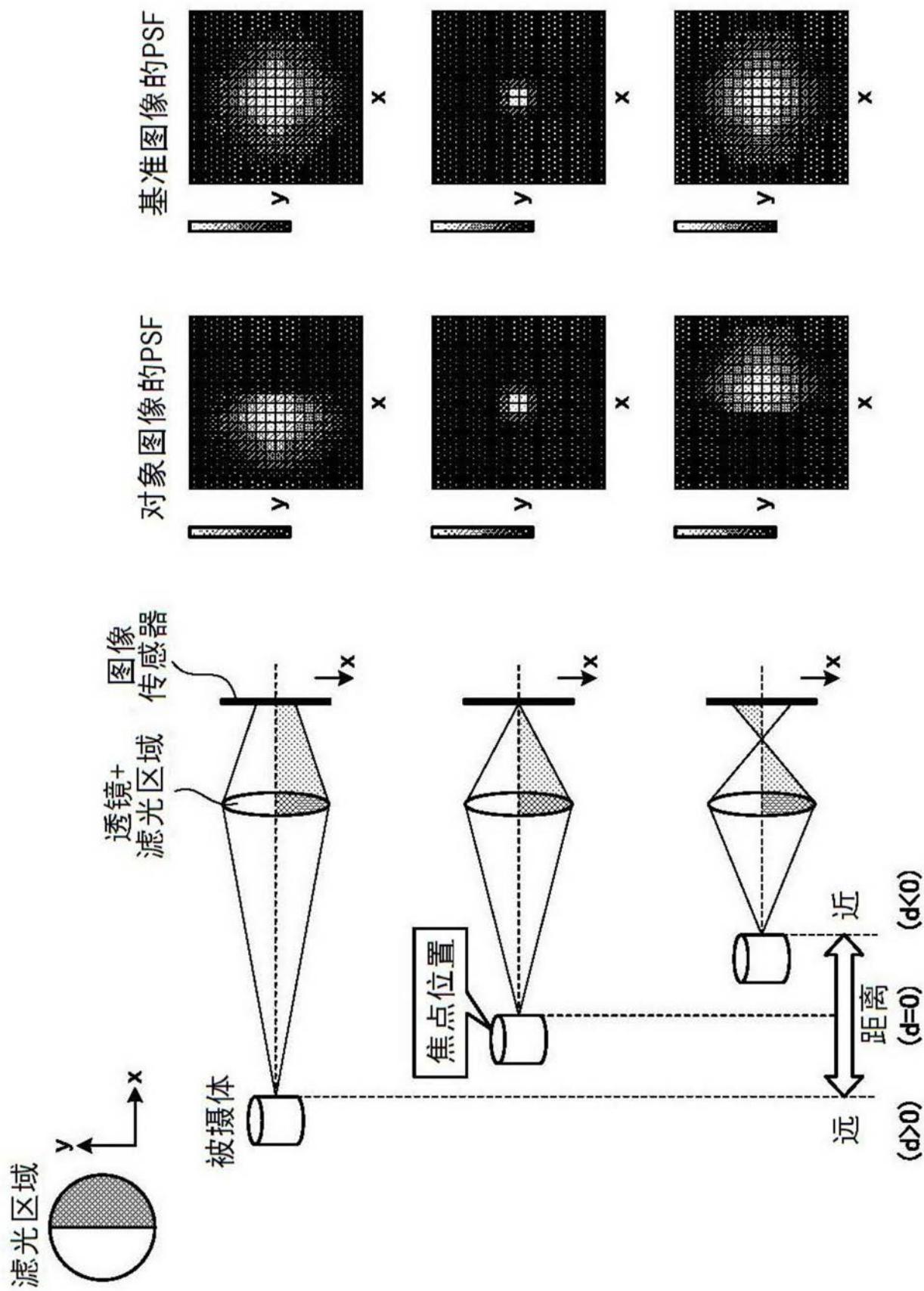


图5



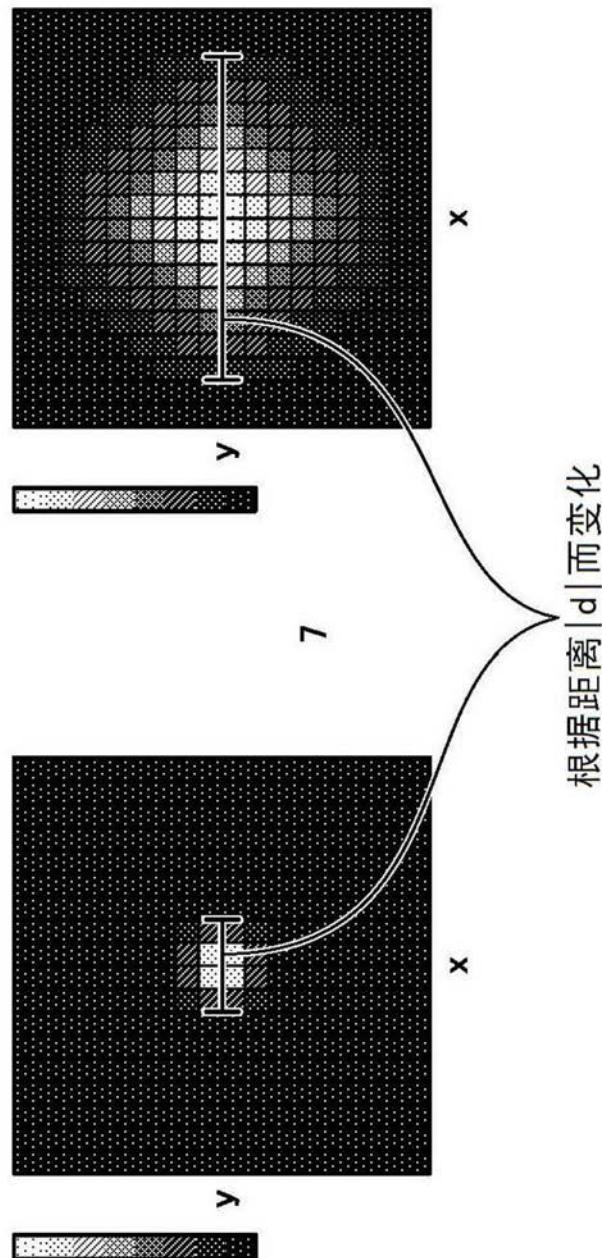


图7

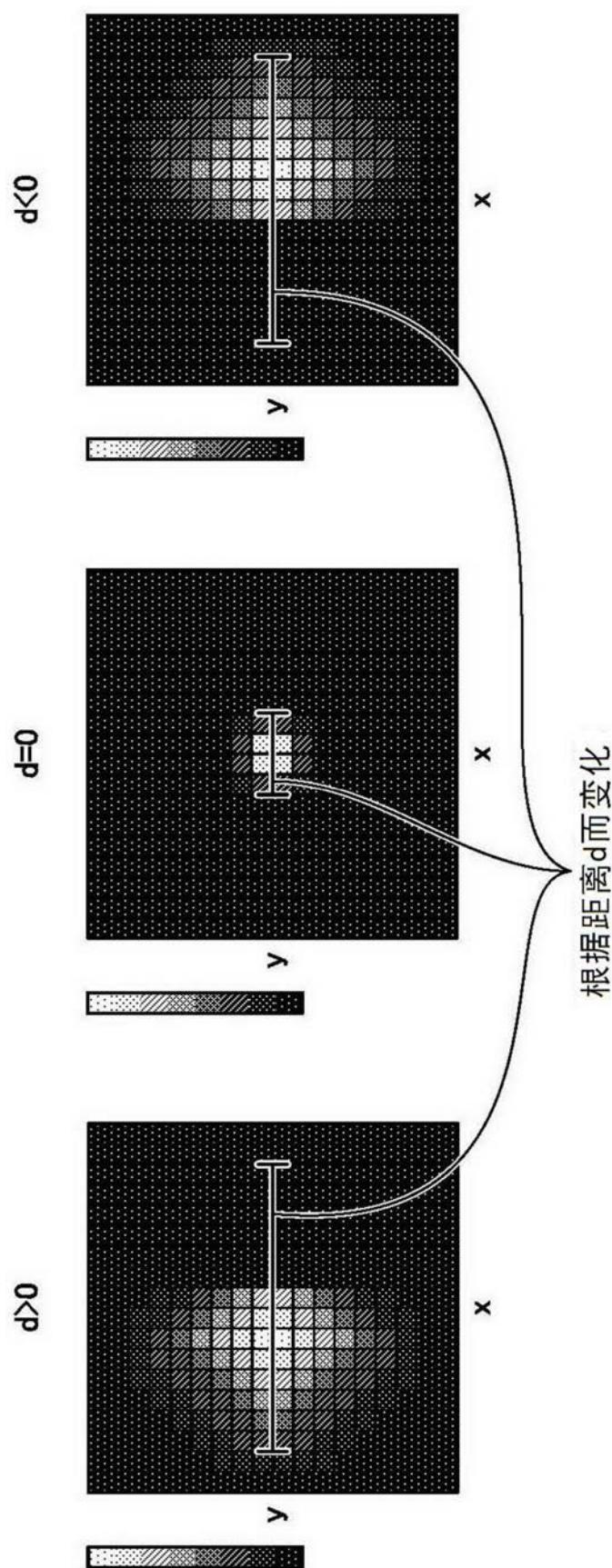


图8

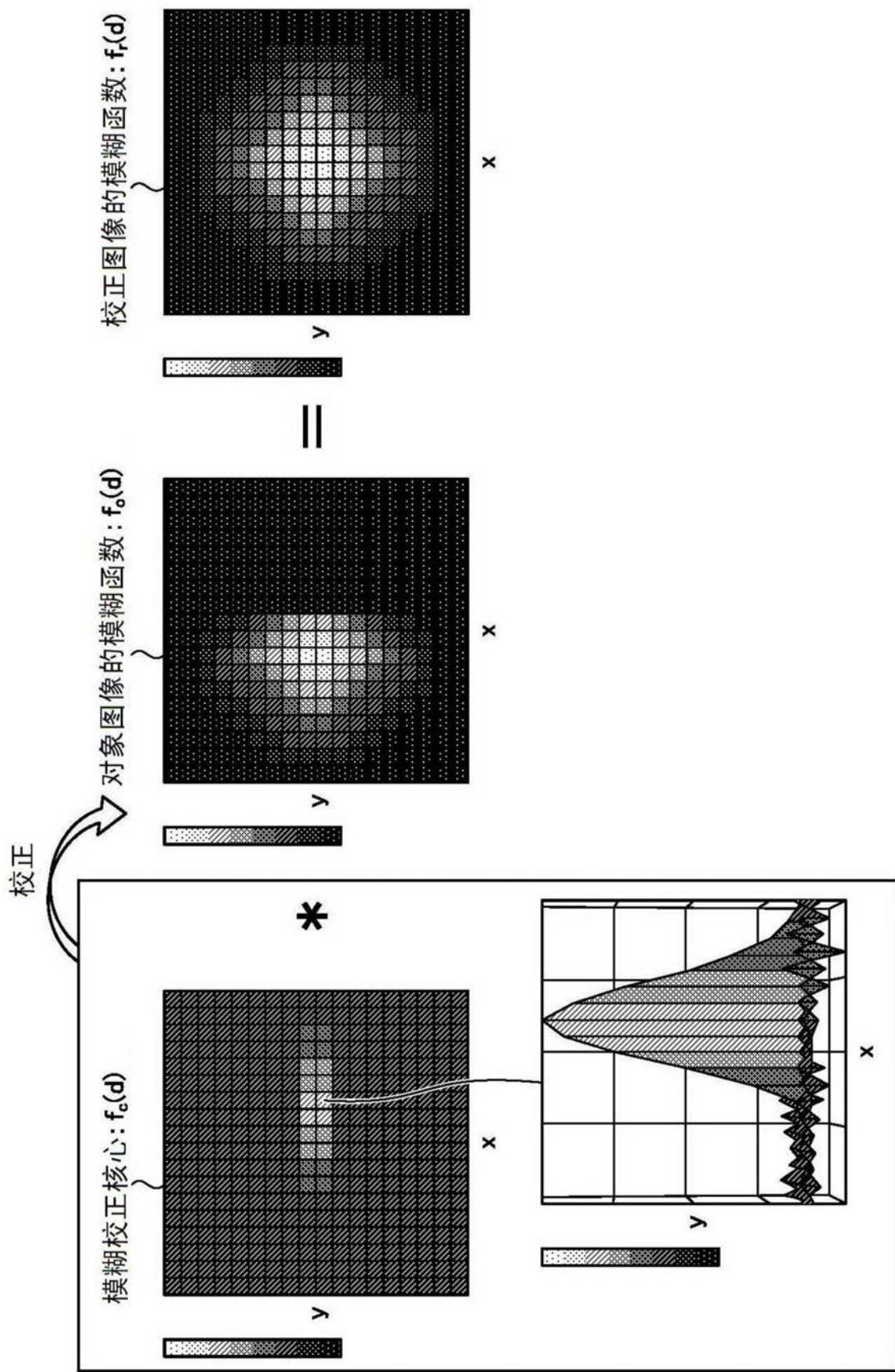


图9

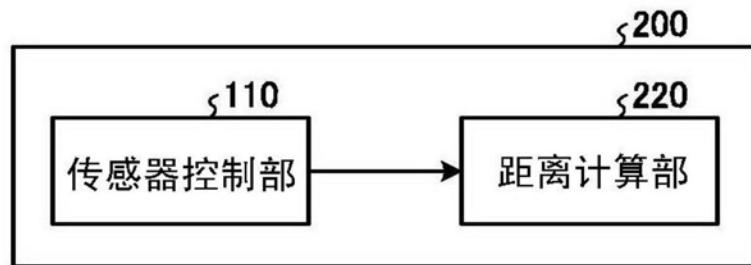


图10

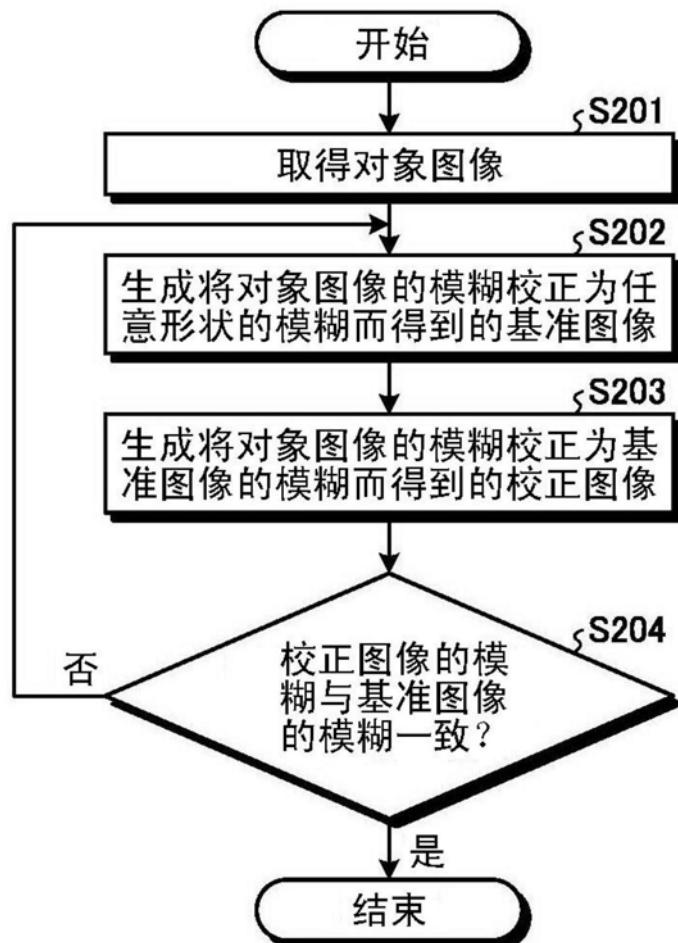


图11

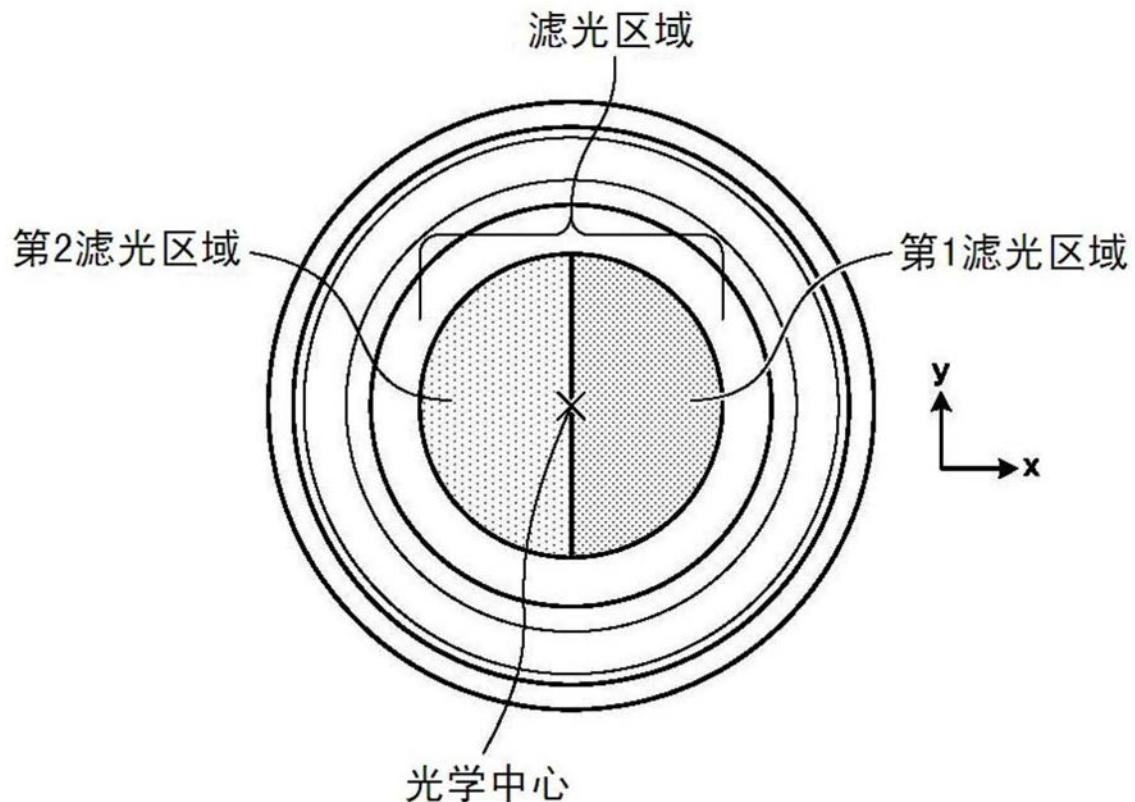


图12

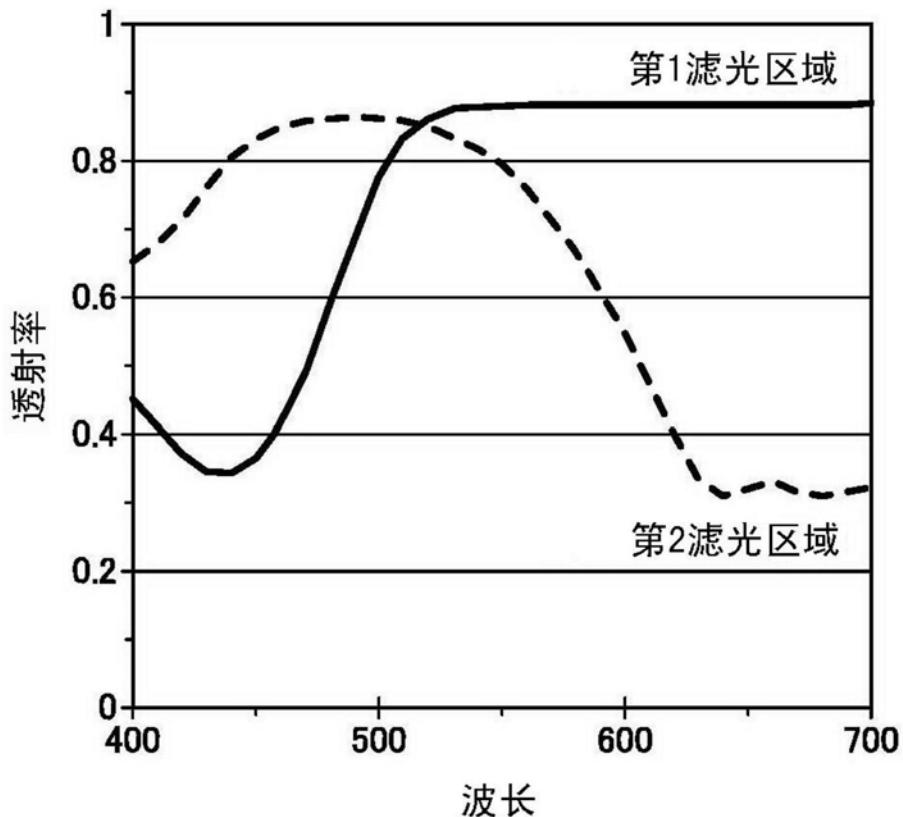


图13

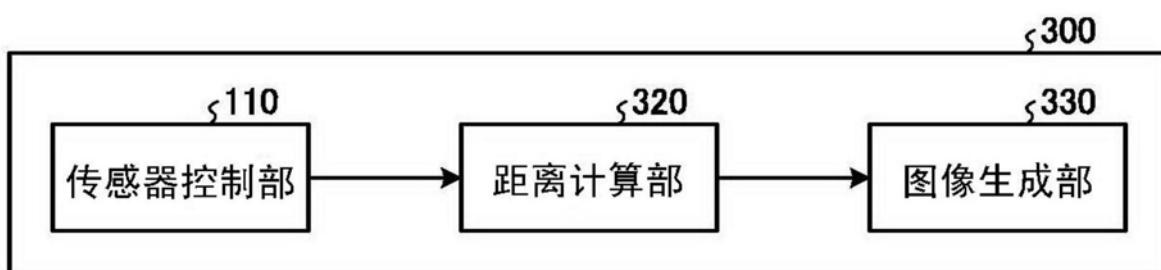


图14

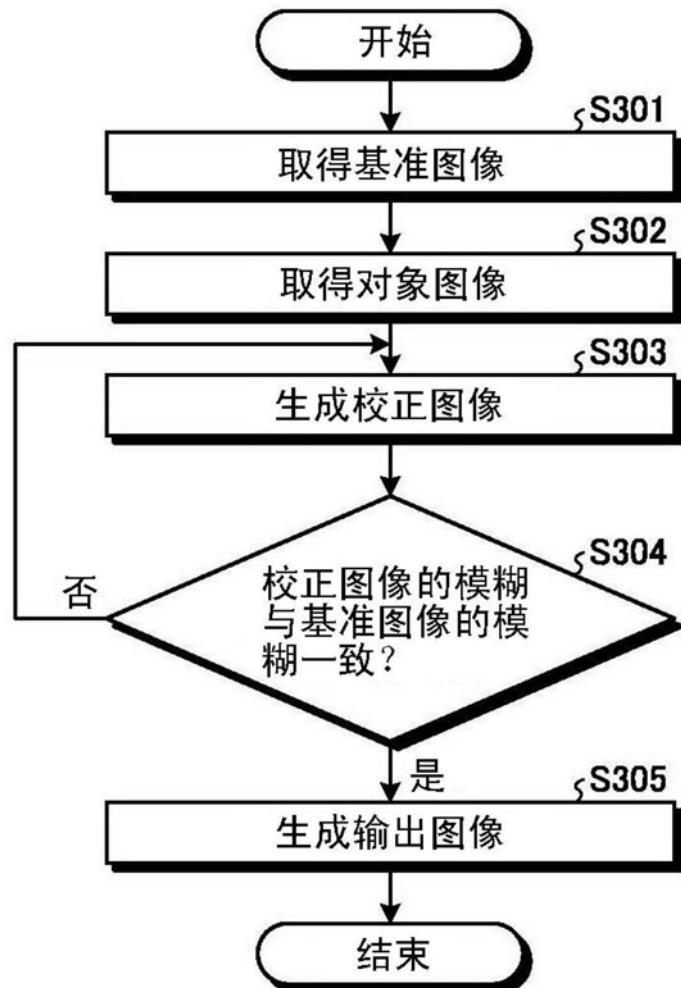


图15

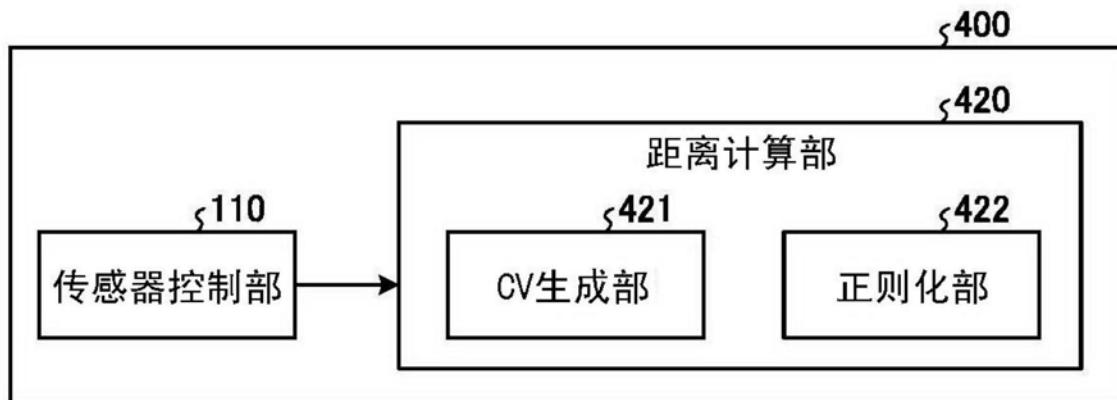


图16

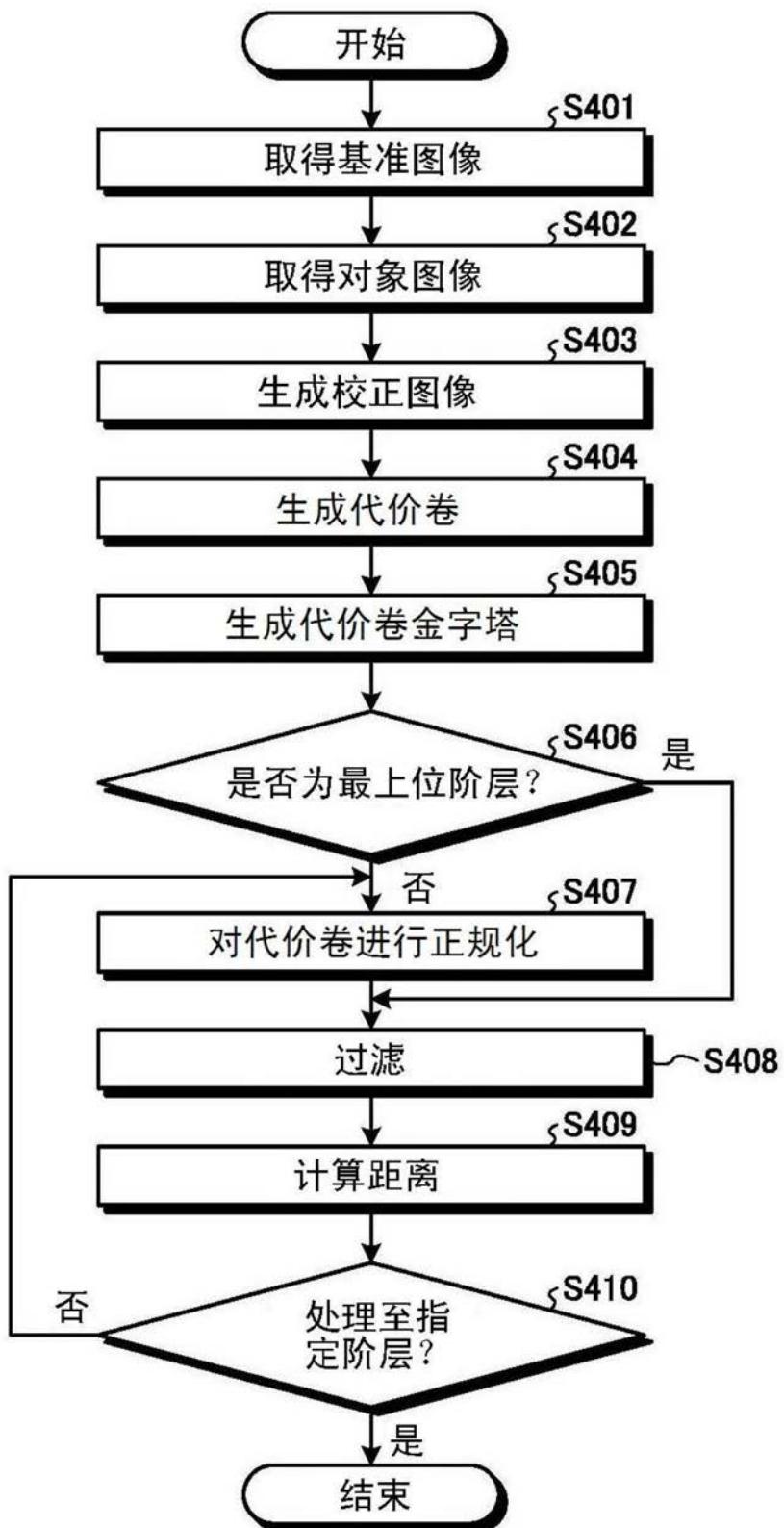


图17



图18



图19