



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101605208 B

(45) 授权公告日 2013.08.21

(21) 申请号 200910147247.5

US 7058233 B2, 2006.06.06, 说明书第 0055

(22) 申请日 2009.06.12

段、附图 1、4、6.

(30) 优先权数据

CN 1744702 A, 2006.03.08, 全文.

2008-155460 2008.06.13 JP

CN 1860777 A, 2006.11.08, 全文.

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

审查员 侯冠华

(72) 发明人 田丸雅也

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 陈源 张天舒

(51) Int. Cl.

H04N 5/232 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2004/0080661 A1, 2004.04.29, 说明书第 0053、0064、0071 段、权利要求 1、摘要.

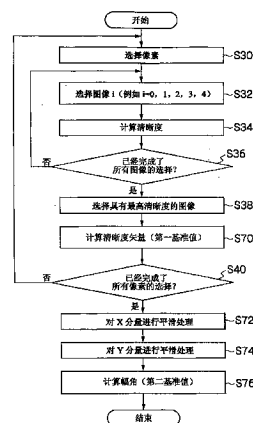
权利要求书2页 说明书15页 附图16页

(54) 发明名称

图像处理设备、成像设备及图像处理方法

(57) 摘要

本发明提供图像处理设备、成像设备、图像处理方法及程序。在像素的基础上在所有对焦包围图像中计算清晰度。随后,获取图像中每个像素的第一基准值,第一基准值表示多个图像中的相同位置处的像素中清晰度最高的像素属于多个图像的哪个图像,并且根据每个像素上的第一基准值,通过基于相邻像素上的第一基准值对每个像素上的第一基准值进行空间平滑,从而计算第二基准值。根据第二基准值处理对焦包围图像,从而产生全聚焦图像或模糊增强图像。于是,可以将具有较高对比度的区域判断为焦点对准区域,并获取具有平滑灰度合成图像。



1. 一种图像处理设备,其包括:

图像获取装置,其获取在改变透镜的聚焦位置的同时连续拍摄到的多个图像;

清晰度计算装置 (160),其计算所述图像获取装置所获取的多个图像的每个像素的清晰度;

第一基准值计算装置 (160),其针对图像的每个像素计算第一基准值,该第一基准值表示多个图像中的相同位置处的像素中由清晰度计算装置所计算出来的清晰度最高的像素属于多个图像中的哪个图像,第一基准值包括第一信息和第二信息,第一信息表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪个图像,第二信息表示清晰度水平;

第二基准值计算装置 (162),其针对图像的每个像素,通过基于相邻像素上的第一基准值对每个像素上的第一基准值进行空间平滑,从而根据第一基准值计算装置所计算出来的第一基准值来计算第二基准值;以及

图像处理装置 (164,166),其根据由第二基准值计算装置算出的第二基准值对由图像获取装置获取的多个图像进行图像处理,以便产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像,图像处理装置还根据由第二基准值计算装置算出的第二基准值对由图像获取装置获取的多个图像中的至少一个图像进行图像处理,以便产生模糊增强图像,在模糊增强图像中,主要对象之外的部分是模糊的;

其特征在于,第一基准值被表示为一个二维矢量,其中第一信息是幅角,第二信息是半径;

其特征还在于,第二基准值计算装置 (162) 将图像中的每个像素上的被表示成二维矢量的第一基准值分成 x 分量和 y 分量;对 x 分量和 y 分量进行空间平滑,并且将根据空间平滑后的 x 分量和 y 分量来获取的幅角用作第二基准值。

2. 如权利要求 1 所述的图像处理设备,其中第二基准值计算装置 (162) 包括用于产生图谱的图谱产生装置,在该图谱中根据每个像素的位置来布置第一基准值计算装置针对图像的每个像素所计算出来的第一基准值,并且第二基准值计算装置 (162) 通过对图谱产生装置所产生的图谱进行空间平滑来计算第二基准值。

3. 如权利要求 1 所述的图像处理设备,其中第二基准值计算装置 (162) 包括图谱产生装置 (168),该图谱产生装置将图像中的每个像素上的被表示成二维矢量的第一基准值分成 x 分量和 y 分量并产生 x 分量和 y 分量的图谱,在该图谱中根据每个像素的位置分别布置 x 分量和 y 分量,并且第二基准值计算装置 (162) 对该图谱产生装置所产生的 x 分量和 y 分量的图谱进行空间平滑,根据空间平滑后的 x 分量和 y 分量来获取幅角,并且将该幅角用作第二基准值。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的图像处理设备,其中所述图谱产生装置对规定区域中的第一基准值进行加权平均,并且产生样本数量少于所述图谱的样本数量的低分辨率图谱。

5. 如权利要求 1 至 3 之一所述的图像处理设备,进一步包括:

根据第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来确定所述多个图像中的相同位置处的每个像素的加权平均系数的装置;以及

通过根据所确定的加权平均系数来对所述多个图像中的相同位置处的像素进行加权平均从而产生全聚焦图像的装置 (164)。

6. 如权利要求 1 至 3 之一所述的图像处理设备,进一步包括:

确定模糊滤波器的滤波器系数的装置,该滤波器系数用于根据第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来调节所述多个图像中的基准图像的每个像素的模糊水平;以及

通过利用具有所确定的滤波器系数的模糊滤波器来对基准图像中的相应像素进行滤波处理来产生模糊增强图像的装置(166)。

7. 如权利要求1至3之一所述的图像处理设备,其中

图像处理装置(164,166)基于第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来对图像获取装置所获取的多个图像进行图像处理,以产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像。

8. 如权利要求1至3之一所述的图像处理设备,其中

图像处理装置(164,166)基于第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来对图像获取装置所获取的多个图像之一进行图像处理,以产生其中除了主要对象之外的部分是模糊的模糊增强图像。

9. 一种成像设备(1,2),其包括:

根据权利要求1至8之一所述的图像处理设备;

成像装置,其包括用于捕捉对象图像的图像传感器(124)以及用于在图像传感器上形成对象图像的成像光学系统(120);以及

控制装置(114,116,118),其对成像装置进行控制,使得在图像传感器上形成多个图像。

10. 一种图像处理方法,其包括:

获取在改变透镜的聚焦位置的同时连续拍摄(S14, S15, S16)到的多个图像的步骤(S30, S38, S40);

计算所获取的多个图像的每个像素的清晰度的步骤(S34);

针对图像的每个像素计算第一基准值的步骤(S38),该第一基准值表示多个图像中的相同位置处的像素中所计算出来的清晰度最高的像素属于多个图像的哪个图像,第一基准值包括第一信息和第二信息,第一信息表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪个图像,第二信息表示清晰度水平;

通过基于相邻像素上的第一基准值对每个像素上的第一基准值进行空间平滑,从而根据针对图像的每个像素所计算出来的第一基准值来计算第二基准值的步骤(S42);以及

根据第二基准值对所述多个图像中的至少一个图像进行图像处理的步骤(S22),该步骤包括根据第二基准值对多个图像进行处理,以便产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像,或者根据第二基准值对多个图像中的一个图像进行处理,以便产生模糊增强图像,在模糊增强图像中,主要对象之外的部分是模糊的;

其特征在于,第一基准值被表示为一个二维矢量,其中第一信息是幅角,第二信息是半径;

其特征还在于,计算第二基准值的步骤包括将图像中的每个像素上的被表示成二维矢量的第一基准值分成x分量和y分量;对x分量和y分量进行空间平滑,并且将根据空间平滑后的x分量和y分量来获取的幅角用作第二基准值。

图像处理设备、成像设备及图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理设备、成像设备、以及深度图像产生方法和程序,更具体地说,本发明涉及能够通过对焦包围 (focus bracketing) 来获取全聚焦 (omni-focus) 图像或模糊增强 (blur-enhanced) 图像的图像处理设备、成像设备、以及深度图像产生方法及程序。

[0002] 背景技术

[0003] 作为一种采用由对焦包围 (在改变透镜的聚焦位置的同时连续捕捉物像) 所获取的多个图像 (下文将其称为对焦包围图像) 来获取全聚焦图像的技术,日本专利申请公开 No. H06-311411 公开了一种用于通过下述步骤来产生毫不模糊的合成图像的技术:利用差分滤波器判断对焦包围图像中的每个像素的对比度 (参见图 17 中的 SA-SA2);将对比度等于或大于规定对比度并且“成对”的像素之间的区域确定作为高对比度焦点对准区域 (参见图 17 中的 SA3-SE);以及仅仅合成每个图像中的焦点对准区域中的像素。

[0004] 作为一种用于利用对焦包围图像来执行全聚焦处理以便获取图像 (全聚焦图像,其中帧中的每个对象都是焦点对准的)、或者执行模糊增强处理以便获取图像 (模糊增强图像,其中主要对象是焦点对准的,而其他对象则在远离实际景深处变得模糊) 的方法,采用了一种利用差分滤波器以图像为基础并以像素为基础计算出来的清晰度来以像素为基础判断对焦包围图像中哪个图像是聚焦最好的图像,并且据此计算用于全聚焦处理的合成加权系数或用于模糊增强处理的模糊量。

[0005] 发明内容

[0006] 但是,日本专利申请公开 No. H06-311411 所公开的发明将对比度等于或大于规定对比度并且“成对”的像素之间的区域用作焦点对准区域,这造成缺乏稳定性的问题。更具体地说,如果由于噪声等原因而检测到其上的信号应该被检测到以成对的像素之外的像素上的信号,而错误判断,则会出现没有将高对比度区域判断为焦点对准区域的问题。

[0007] 并且,在日本专利申请公开 No. H06-311411 所公开的发明中,在焦点对准区域和焦点未对准区域之间的边界处会突然发生像素值的变化,从而造成不连续的灰度级以及不自然的合成图像的问题。

[0008] 在利用差分滤波器等以图像为基础或像素为基础计算出来的清晰度来以像素为基础判断对焦包围图像中哪个图像是聚焦最好的图像、并且据此计算用于全聚焦处理的合成加权系数或用于模糊增强处理的模糊量的方法中,仅仅在像素的基础上根据清晰度来获取焦点对准判断结果,这就出现了焦点对准判断容易造成空间不连续的值并且通常不能获取期望值的问题。

[0009] 图 18 是示出了以像素为基础的对焦包围图像中的在边缘聚焦的图像 1 和未聚焦的图像 2 之间的变化 (注意对象的某一边缘)、通过将差分滤波器 $[1, -2, 1]$ 施加至图像 1 和图像 2 的每个像素并计算施加的绝对值作为清晰度而获取的结果、以及通过将像素上的清晰度较高的图像编号判断为焦点对准的而获取的结果 (深度图像) 的图表。

[0010] 由于在图像 1 中,像素值在边缘的变化点发生突变,所以清晰度变成了较高值

“8”。由于在边缘的变化点之外的像素中不会发生变化，所以清晰度变为“0”。另一方面，由于在图 2 中，像素值在边缘的变化点周围平缓地发生变化，所以像素的清晰度变为“1”。由于像素值中的变化速率在边缘的变化点上是恒定的，所以清晰度变为“0”。

[0011] 当然，会作出这样的判断，即，因为在边缘变化点（前一像素和后一像素）周围图像 1 的清晰度高于图像 2 的清晰度，所以图像 1 是聚焦的。但是，虽然可以认为在边缘变化点附近的区域中焦点落在图像 1 上，但是图像 2 的清晰度高于图像 1 的清晰度。因此，不同于实际情况，可以理解很容易作出认为焦点落在图像 2 上的错误判断。这是因为，在图像 2 中，模糊的边缘在空间上延展，从而对其计算清晰度的区域展宽，而在图像 1 中，对其计算清晰度的像素仅限于突变边缘的变化点的区域内。

[0012] 在边缘变化点周围的区域中或者在图像 1 和图像 2 中的像素值都不变的区域中，两者的清晰度值都等于“0”。但是，当图像传感器等中的小噪声使得清晰度变成“0”之外的值时，可能作出这样的错误判断，即其清晰度是“0”之外的值的图像是聚焦的。换句话说，由于噪声的影响，出现了不能确定哪张图像是焦点对准的情况。

[0013] 如上所述，参考每个像素上的清晰度而作出的焦点对准判断产生了处理在空间上的不连续或者错误判断，并且很容易导致不自然的全聚焦图像或模糊增强图像的问题。

[0014] 而且，由于仅仅像素上的清晰度较高的图像的编号被用于聚焦的判断，所以图像 1 中边缘变化点附近（该像素之前和之后的相邻像素）的高清晰度值“8”不会被反映出来。

[0015] 由于上述情况而制作出本发明。本发明旨在提供能稳定地将具有较高对比度的区域判断为焦点对准区域、并且能获取具有平滑的颜色层次的综合图像的图像处理设备、成像设备、以及图像处理方法和程序（以及记录介质）。

[0016] 为了实现上述目的，根据本发明第一方面的图像处理设备包括：图像获取装置，其获取在改变透镜的聚焦位置的同时连续拍摄到的多个图像；清晰度计算装置，其计算所述图像获取装置所获取的多个图像的每个像素的清晰度；第一基准值计算装置，其针对图像的每个像素计算第一基准值，该第一基准值表示多个图像中的相同位置处的像素中由清晰度计算装置所计算出来的清晰度最高的像素属于多个图像的哪个图像；第二基准值计算装置，其针对图像的每个像素，通过基于相邻像素上的第一基准值对每个像素上的第一基准值进行空间平滑，从而根据第一基准值计算装置所计算出来的第一基准值来计算第二基准值；以及图像处理装置，其根据第二基准值对多个图像中的至少一个进行图像处理。

[0017] 根据本发明的第一方面，在改变透镜的聚焦位置的同时获取了多个图像，并且计算所获取的多个图像的每个像素的清晰度。基于像素计算第一基准值，该第一基准值表示多个图像中的包括清晰度最高的像素的那个图像。通过基于相邻像素上的第一基准值对所计算出来的第一基准值进行空间平滑，来计算第二基准值。根据所计算出来的第二基准值来对多个图像进行图像处理。这使得表示焦点对准分布的第二基准值之间的过渡变得更平滑。换言之，能获得灰度级方向上和 / 或空间方向上的平滑。因此，可以获取一个经过自然处理的图像。

[0018] 在此，图像处理装置可基于第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值对图像获取装置所获取的多个图像进行图像处理，以产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像。因此，能获得自然的全聚焦图像。“产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像”意味着通过将图像获取装置所获取的各个图像中获得聚焦的部分（焦点对准的

部分) 进行结合来产生合成的图像。在本发明中, 不要求对所获取的所有多个图像中都没有获得聚焦的部分(焦点没有对准的部分) 进行聚焦。即, 当部分 A 在所有图像中都为焦点没有对准时, 即使执行了全聚焦处理, 部分 A 也保持为焦点没有对准。

[0019] 另外, 图像处理装置可根据第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来对图像获取装置所获取的多个图像中的一个图像进行图像处理, 以产生模糊增强图像, 在模糊增强图像中, 主要对象之外的部分是模糊的。因此, 能获取自然的模糊增强图像。

[0020] 根据本发明的第二方面, 在根据本发明的第一方面的图像处理设备中, 第二基准值计算装置包括用于产生图谱的图谱产生装置, 在图谱中根据每个像素的位置布置了第一基准值计算装置针对图像的每个像素所计算出来的第一基准值, 并且第二基准值计算装置通过对图谱产生装置所产生的图谱进行空间平滑来计算第二基准值。

[0021] 在第二方面的图像处理设备中, 通过根据每个像素的位置对与图像的每个像素有关的第一基准值进行布置, 从而产生了图谱。通过对所产生的图像进行空间平滑来计算第二基准值。因此, 可以获得在灰度级方向上和 / 或空间方向上的第二基准值的平滑。

[0022] 根据本发明的第三方面, 在根据本发明的第一方面的图像处理设备中, 第一基准值包括第一信息和第二信息, 第一信息表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪一个图像, 第二信息表示清晰度水平。

[0023] 在第三方面的图像处理设备中, 第一基准值包括第一信息和第二信息, 第一信息表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪一个图像, 第二信息表示清晰度水平。因此, 可以使焦点对准判断反映出清晰度水平。

[0024] 根据本发明的第四方面, 在根据本发明的第三方面的图像处理设备中, 第一基准值被表示为一个二维矢量, 其中第一信息是幅角, 第二信息是半径。

[0025] 在第四方面的图像处理设备中, 第一基准值被表示为一个二维矢量, 其中表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪一个图像的第一信息是幅角, 表示清晰度水平的第二信息是半径。因此, 可以使焦点对准判断反映出清晰度水平。

[0026] 根据本发明的第五方面, 在根据本发明的第四方面的图像处理设备中, 第二基准值计算装置包括图谱产生装置, 该图谱产生装置将图像中的每个像素上的被表示成二维矢量的第一基准值分成 x 分量和 y 分量并产生 x 分量和 y 分量的图谱, 其中根据每个像素的位置分别布置 x 分量和 y 分量, 并且第二基准值计算装置对该图谱产生装置所产生的 x 分量和 y 分量的图谱进行空间平滑, 根据空间平滑后的 x 分量和 y 分量来获取幅角, 并且将幅角用作第二基准值。

[0027] 在第五方面的图像处理设备中, 表示为二维矢量的第一基准值被分成 x 分量和 y 分量。通过根据每个像素的位置分别布置分离的 x 分量和 y 分量来产生 x 分量和 y 分量的图谱。根据通过对各个 x 分量和 y 分量的图谱进行空间平滑而获取的 x 分量和 y 分量来获取二维矢量的幅角。幅角被用作第二基准值。这就实现了空间平滑, 其不仅强调了表示清晰度最高的像素属于多个图像中的哪一个图像的信息, 而且强调了清晰度水平。因此, 能获取更准确的焦点对准分布。

[0028] 根据本发明的第六方面, 在根据本发明的第二方面或第五方面 的图像处理设备中, 所述图谱产生装置对规定区域中的第一基准值进行加权平均, 并且产生样本数量少于所述图谱的样本数量的低分辨率图谱。

[0029] 在第六方面的图像处理设备中,通过对规定区域中的第一基准值进行加权平均,产生样本数量较少的低分辨率图谱,并且通过对所产生的低分辨率图谱进行空间平滑来计算第二基准值。这使得处理变得很快,并节省了存储器。

[0030] 根据本发明的第七方面,根据第一至第六方面之一的图像处理设备进一步包括:根据第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来确定所述多个图像中的相同位置处的每个像素的加权平均系数的装置;以及通过根据所确定的加权平均系数来对所述多个图像中的相同位置处的像素进行加权平均从而产生全聚焦图像的装置。

[0031] 在第七方面的图像处理设备中,根据第二基准值确定了多个图像中的相同位置处的每个像素的加权平均系数,并且根据所确定的加权平均系数来对所述多个图像进行加权平均,从而产生全聚焦图像。

[0032] 根据本发明的第八方面,根据第一至第七方面之一的图像处理设备进一步包括:确定模糊滤波器的滤波器系数的装置,该滤波器系数用于根据第二基准值计算装置所计算出来的第二基准值来调节所述多个图像中的基准图像的每个像素的模糊水平;以及通过利用具有所确定的滤波器系数的模糊滤波器来对基准图像中的相应像素进行滤波处理以便产生模糊增强图像的装置。

[0033] 在第八方面的图像处理设备中,根据第二基准值来确定滤波器系数,该滤波器系数用于调节所述多个图像中的基准图像的每个像素上的模糊水平,并且利用具有所确定的滤波器系数的模糊滤波器来对基准图像中的相应像素进行滤波处理,从而产生模糊增强图像。因此,可以获得模糊增强图像,在该模糊增强图像中焦点仅落在主要对象上而适当的模糊量将其它区域变得模糊。

[0034] 一种根据本发明的第九方面的成像设备包括:根据本发明的第一方面至第八方面之一的图像处理设备;成像装置,其包括用于捕捉对象图像的图像传感器以及用于在图像传感器上形成对象图像的成像光学系统;以及控制装置,其控制成像装置以便在图像传感器上形成多个图像。

[0035] 一种根据本发明的第十方面的图像处理方法,其包括:获取在改变透镜的聚焦位置的同时连续拍摄到的多个图像的步骤;计算所获取的多个图像的每个像素的清晰度的步骤;针对图像的每个像素计算第一基准值的步骤,该第一基准值表示多个图像中的相同位置处的像素中清晰度最高的像素属于多个图像的哪个图像;通过基于相邻像素上的第一基准值对每个像素上的第一基准值进行空间平滑,从而根据针对图像的每个像素计算出来的第一基准值来计算第二基准值的步骤;以及根据第二基准值对所述多个图像中的至少一个图像进行图像处理的步骤。

[0036] 根据本发明的第十一方面,在根据本发明的第十方面的图像处理方法中,图像处理的步骤包括根据第二基准值来对多个图像进行处理,以便产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像,或者,根据第二基准值来对多个图像中的一个图像进行处理,以便产生其中主要对象之外的部分是模糊的模糊增强图像。

[0037] 一种根据本发明的第十二方面的程序用于使处理器执行根据本发明的第十方面或根据本发明的第十一方面所述的图像处理方法。

[0038] 根据本发明,具有较高对比度的区域可稳定地被判断为焦点对准区域,从而可以获得具有平滑灰度的合成图像。

附图说明

- [0039] 图 1 是示出了应用了本发明的数码相机 1 的电子结构的框图；
- [0040] 图 2 是示出了数码相机 1 的全聚焦图像 / 模糊增强图像拍摄模式下的整个处理流程的流程图；
- [0041] 图 3 是示出了基准值计算处理（步骤 S20）的整个处理流程的流程图；
- [0042] 图 4 是用于计算清晰度的拉普拉斯滤波器的示例；
- [0043] 图 5 是针对一个帧的图谱，该图谱示出了通过根据各个像素位置对已经计算出来的各个像素的第一基准值进行布置而形成的第一基准值的空间分布；
- [0044] 图 6 是用户空间平滑的平滑滤波器的示例；
- [0045] 图 7 是空间平滑之后的基准值（第二基准值）的图谱的示例；
- [0046] 图 8 是示出了全聚焦处理（步骤 S22）的处理流程的流程图；
- [0047] 图 9 是示出了模糊增强处理（步骤 S22）的处理流程的流程图；
- [0048] 图 10 示出了用于模糊增强处理的高斯滤波器的示例；
- [0049] 图 11 是在第二基准值的图谱中对相邻的四个像素 2×2 进行平均的低分辨率图谱的示例；
- [0050] 图 12 是示意性地示出了根据第二示例实施例而应用了本发明的数码相机 2 的内部结构的框图；
- [0051] 图 13 是示出了数码相机 2 的全聚焦图像 / 模糊增强图像拍摄模式中的整个处理流程的流程图；
- [0052] 图 14 是示出了计算基准值（步骤 S26）的处理流程的流程图；
- [0053] 图 15 示出了对焦包围数为 5 时清晰度矢量的单位矢量；
- [0054] 图 16 示出了对清晰度矢量进行空间平滑的概念；
- [0055] 图 17 图示了获取焦点对准判断区域的传统方法；以及
- [0056] 图 18 图示了传统的焦点对准判断方法。

具体实施方式

[0057] 下文将详细描述用于实现应用了本发明的图像处理设备、成像设备、图像处理方法和程序的优选实施例的最佳模式。

[0058] < 第一示例实施例 >

[0059] 图 1 是示意性地示出了根据第一示例实施例的数码相机 1 的内部结构的框图。

[0060] 如图所示，数码相机 1 主要包括：CPU110、操作单元（快门释放按钮、电源 / 模式选择器开关、模式选择器盘、缩放按钮、十字按钮、菜单 / 确定按钮、显示按钮、返回按钮等）112、可变光圈驱动器 114、聚焦透镜驱动器 116、图像传感器驱动器 118、透镜单元 120、光学低通滤波器（LPF）122、图像传感器 124、模拟信号处理器（CDS/AMP）126、A/D 转换器 128、存储器控制器 130、主存储器 132、数字信号处理器 134、压缩 / 解压处理器 136、积分器 138、存储器控制器 140、记录介质 142、显示控制器 144、显示单元 146、闪光单元 150、光电探测器 152、基准值计算单元 160、基准值平滑单元 162、全聚焦处理器 164、以及模糊增强处理器 166。

[0061] CPU110 根据通过操作单元 112 输入的操作信号按照规定控制程序来控制数码相机 1 的整体操作。

[0062] 透镜单元 120 主要包括可变光圈 120a 和聚焦透镜 120b。可变光圈 120a 由包含电动机和电动机驱动器的可变光圈驱动器 114 所驱动。可变光圈驱动器 114 根据从 CPU110 输出的光圈值数据 (f stopnumber, 光圈数) 来调节光圈孔径。包括电动机和电动机驱动器的聚焦透镜驱动器 116 沿着光轴方向驱动聚焦透镜 120b。聚焦透镜驱动器 116 根据从 CPU110 输出的驱动量数据来控制每个透镜的移动。

[0063] 图像传感器 124 包括具有光接收表面的彩色 CCD, 多个光电二极管 (光接收元件) 经由根据规定布置结构 (例如 Bayer、G 带等) 布置的红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 的彩色滤光片而以二维方式布置在光接收表面上。通过透镜单元 120 和光学 LPF122 的物体光线被每个光电二极管所检测, 并根据入射光的量而被转换成信号电荷。

[0064] 根据来自 CPU110 的指令, 图像传感器驱动器 118 输出用于驱动图像传感器 124 的定时信号。

[0065] 模拟信号处理器 126 对图像传感器 124 所输出的图像信号中与每个像素有关的 R、G 和 B 信号进行采样保持 (相关二次采样处理), 并且将这些信号放大后输出至 A/D 转换器 128。

[0066] A/D 转换器 128 将从模拟信号处理器 126 输出的模拟 R、G 和 B 信号转换成数字 R、G 和 B 信号, 并将转换后的信号输出。

[0067] 存储器控制器 130 将从 A/D 转换器 128 输出的数字 R、G 和 B 信号输出至主存储器 132。存储在主存储器 132 中的成像信号经由数据总线 140 被发送至数字信号处理器 134。

[0068] 数字信号处理器 134 包括: 同步电路 (一种处理电路, 其通过将空间偏差插值到由于单个 CCD 的彩色滤光片布置而引起的彩色信号中来将彩色信号转换成同步信号)、白平衡校正电路、伽玛校正电路、边缘校正电路、亮度及色差信号产生电路等, 数字信号处理器 134 根据来自 CPU110 的指令通过对所输入的图像信号执行所需要的信号处理来产生图像数据 (YUV 数据), 该图像数据包括亮度数据 (Y 数据) 和色差数据 (Cr 和 Cb 数据)。

[0069] 压缩/解压处理器 136 根据来自 CPU110 的指令通过对所输入的图像数据执行规定的一系列压缩处理来产生压缩图像数据, 并且根据来自 CPU110 的指令通过对所输入的压缩图像数据执行规定的一系列解压处理来产生解压图像数据。经由存储器控制器 130 将压缩/解压处理器 136 所产生的数据存储在主存储器 132 中。

[0070] 积分器 138 根据来自 CPU110 的指令而删掉 AF 区域 (例如, 帧的中央部分) 中的信号, 并且对 AF 区域中的数据的绝对值进行积分。积分器 138 还根据来自 CPU110 的指令将帧分成多个区域 (例如 16×16), 并且计算每个分区中的 R、G 和 B 图像信号的积分值来作为 AF 控制所需的物理量。

[0071] 存储器控制器 140 根据来自 CPU110 的指令来控制对插入介质插槽的记录介质 142 进行的数据读写。

[0072] 显示控制器 144 根据来自 CPU110 的指令控制显示单元 146 上的显示。更具体地说, 显示控制器 144 根据来自 CPU110 的指令将所输入的图像信号转换成将被显示在显示单元 146 上的视频信号 (例如 NTSC (美国国家电视系统委员会) 信号、PAL (逐行倒相) 信号或 SECAM (顺序传送与存储) 信号), 并且将视频信号输出至显示单元 146 上。

[0073] 闪光单元 150 配置有（例如）作为光源的氙气管，并且闪光单元 150 被制作成亮度可调。也可以采用光源为高强度 LED 而非氙气管的闪光。当光电检测器 152 所接收的光量达到预定量，则 CPU110 就关断通向闪光单元 150 的电流，并终止从闪光单元 150 发出的发射。

[0074] 基准值计算单元 160 以像素为基础计算第一基准值。第一基准值表示通过对焦包围所获取的多个图像中相同位置处的像素中清晰度最高的像素所属于的图像。基准值计算单元 160 通过将以像素为基础计算出来的第一基准值布置在像素的各个位置而创建了一个图谱，该图谱示出了第一基准值的空间分布。后面将详细描述基准值计算单元 160。

[0075] 基准值平滑单元 162 通过对基准值计算单元 160 所创建的图谱执行空间平滑处理（平滑滤波器的应用）来计算第二基准值。后面将详细描述基准值平滑单元 162。

[0076] 全聚焦处理器 164 根据基准值平滑单元 162 所计算出来的第二基准值来执行全聚焦处理。全聚焦处理用于根据对焦包围图像创建一个其中帧中的每个对象均是焦点对准的图像（全聚焦图像）。后面将详细描述全聚焦处理器 164。

[0077] 模糊增强处理器 166 执行模糊增强处理以便创建图像（模糊增强图像），该图像中主要对象是焦点对准的，而其他对象则在远离实际景深处变得模糊。后面将详细描述模糊增强处理器 166。

[0078] 将对如上配置的根据示例实施例的数码相机 1 的操作进行描述。首先将描述普通拍摄处理。

[0079] 通过将电源 / 模式选择器开关设置在拍摄位置，来将数码相机 1 设置成拍摄模式，从而使相机能进行拍摄。拍摄模式的设置使透镜单元 120 突出，并且相机进入拍摄等待状态。

[0080] 在该拍摄模式下，通过透镜单元 120 的物体光线在图像传感器 124 的光接收表面形成了图像，并且根据入射光的光量被转换成信号电荷。基于图像传感器驱动器 118 所提供的驱动脉冲来将每个光电二极管中所积累的信号电荷顺序读出作为根据信号电荷的电压信号（图像信号），并且将其提供给模拟信号处理器（CDS/AMP）126。

[0081] 模拟信号处理器 126 所输出的模拟 R、G 和 B 信号被 A/D 转换器 128 转换成数字 R、G 和 B 信号，并被提供给存储器控制器 130。存储器控制器 130 将 A/D 转换器 128 所输出的数字 R、G 和 B 信号输出给存储器 132。

[0082] 当所拍摄的图像被输出至显示单元 146 时，数字信号处理器 134 根据存储器控制器 130 输出给存储器 132 的图像信号来产生亮度及色差信号，并且信号被发送至显示控制器 144。显示控制器 144 将输入的亮度及色差信号转换成用于显示的信号系统（例如 NTSC 系统的彩色合成视频信号），并且将所转换而成的信号输出至显示单元 146。因此，图像传感器 124 所捕获的图像被显示在显示单元 146 上。

[0083] 图像传感器 124 以规律的时间间隔捕获图像信号，利用根据图像信号产生的亮度及色差信号以规律的时间间隔对主存储器 132 中的图像数据进行重写，并将其输出至显示单元 146，从而实时地显示了图像传感器 146 所捕获的图像。用户可通过查看实时显示在显示单元 146 上的图像（直通图像）来识别拍摄视角。

[0084] 通过按下快门释放按钮来进行拍摄。快门释放按钮的半按将 S1 开启信号输入至 CPU110。

[0085] 首先,经由存储器控制器 130 从图像传感器 124 捕获的图像信号进入积分器 138。CPU110 在根据积分器 138 所计算出来的 AF 区域中的绝对值数据控制聚焦透镜驱动器 116 以使得聚焦透镜 120b 起动的同时,计算各个 AF 检测点处的焦点评估值 (AF 评估值),并且将使得评估值最大的透镜位置确定为焦点对准位置。聚焦透镜驱动器 116 被控制成使得聚焦透镜组移动至所获取的焦点对准位置。

[0086] CPU110 根据积分器 138 所计算出来的 R、G 和 B 图像信号的积分值检测对象的亮度 (对象亮度),并且计算适合于拍摄的曝光值 (拍摄 EV)。CPU110 随后根据所获取的拍摄 EV 和规定的程序图来确定光圈孔径和快门速度,据此,CPU110 通过控制图像传感器 124 的电子快门和可变光圈驱动器 114 来获取合适的曝光值。同时,CPU110 根据所检测到的对象亮度来判断是否需要开启闪光。

[0087] CPU110 积分器 138 所计算出来的 R 的积分值、B 的积分值、和 G 的积分值来以划分区域为基础计算比值 R/G 和 B/G,并且根据所获取的色彩空间中的 R/G 和 B/G 值等的分配来确定光源类型。根据适合于所确定的光源类型的白平衡调节值,CPU110 控制白平衡校正电路中与 R、G 和 B 信号相关的增益值 (白平衡校正值),从而校正每个色彩通道的信号,以便例如使得每个比值均变成约等于 1 (即,帧中 R、G 和 B 的积分比值为 $R : G : B \approx 1 : 1 : 1$)。

[0088] 如上所述,快门释放按钮的半按执行了 AE 处理、AF 处理以及 AWB 处理,在此期间,用户按需操作缩放按钮以便通过对透镜单元 120 进行缩放来调节视角,并且 CPU110 继续执行 AE/AF 处理和 AWB 处理。

[0089] 此后,快门释放按钮的全按将 S2 开启信号输入 CPU110,并且 CPU110 开始拍摄和记录处理。更具体地说,利用根据光度计结果所确定的快门速度和光圈孔径来对图像传感器 124 进行曝光。这时,CPU110 可根据需要来开启闪光单元 150。

[0090] 经由模拟信号处理器 126、A/D 转换器 128 和存储器控制器 130 将从图像传感器 124 输出的图像信号捕获至存储器 132 中,并通过数字信号处理器 134 将其转换成亮度及色差信号,随后存储至存储器 132 中。

[0091] 存储在存储器 132 中的图像数据被提供给压缩/解压处理器 136,以便根据规定的压缩格式 (例如 JPEG 系统) 进行压缩,随后被存储至存储器 132 中。所存储的数据随后被转换成规定的图像记录格式 (例如 Exif 系统) 的图像文件,随后经由存储器控制器 140 被记录在记录介质 142 上。

[0092] 接下来,下文将描述全聚焦图像或模糊增强图像的拍摄处理。图 2 是示出了用于拍摄全聚焦图像或模糊增强图像的全聚焦图像/模糊增强图像拍摄模式下的整个处理流程的流程图。在已经利用电源/模式选择器开关设置了拍摄描述的状态下,通过对操作单元 112 的模式选择器盘进行操作来设置全聚焦图像/模糊增强图像拍摄模式。

[0093] 当在全聚焦图像/模糊增强图像拍摄模式下的操作单元 112 的快门释放按钮的半按将 S1 开启信号输入 CPU110 时,CPU 在对焦包围之前执行自动聚焦控制 (AF) (步骤 S10)。

[0094] 更具体地说,CPU110 在通过控制聚焦透镜驱动器 116 来对聚焦透镜 120b 进行致动的同时,使得图像传感器 124 在各个 AF 检测点通过图像传感器驱动器 118 来捕获光学图像。积分器 138 根据输出信号计算 AF 评估值 (例如带通滤波器的输出值),并且 CPU110 将使得 AF 评估值局部最大的透镜位置点确定为焦点对准位置。

[0095] CPU110 对将在对焦包围中设置的多个聚焦位置进行设置,从而使得这些聚焦位置

包括了在步骤 S10 中计算出来的焦点对准位置（步骤 S12）。当在步骤 S22（后面将对该步骤进行描述）执行全聚焦处理时，聚焦位置被设置成使得至少一副图像中的每个对象都变成是焦点对准的。这时，更有效的是根据拍摄时的光圈孔径、焦距等来改变聚焦位置。

[0096] 接下来，在步骤 S12 所确定的聚焦位置处执行对焦包围（步骤 S14 至步骤 S18）。首先，CPU110 通过聚焦透镜驱动器 116 将聚焦透镜 120b 驱动至步骤 S12 中所确定的多个聚焦位置中的一个期望的聚焦位置处（步骤 S14），并且通过图像传感器驱动器 118 来控制图像传感器 124 以便捕获对象图像（步骤 S16）。步骤 S16 中所捕获的图像通过存储器控制器 130 而被暂时地存储在主存储器 132 中。

[0097] CPU110 判断是否已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行了拍摄，更具体地说，判断是否已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行了步骤 S14 至步骤 S16 的处理（步骤 S18）。

[0098] 如果还未在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行步骤 S14 至步骤 S16 的处理（步骤 S18：否），则聚焦透镜 120b 被驱动至另一聚焦位置（步骤 S14）并且捕获该聚焦位置的对象图像（步骤 S16）。

[0099] 如果已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处都执行了步骤 S14 至步骤 S16 的处理（步骤 S18：是），则 CPU110 终止对焦包围。将图像编号赋给对焦包围图像，其中每个图像编号表示在关于聚焦位置来布置对焦包围图像时，对焦包围所获取的图像（下文将其称为对焦包围图像）在序列中所处的位置。例如，就聚焦位置而言，其聚焦位置是最近的那个图像的图像编号被设置为 0（第 0 个图像），而最远的图像的图像编号被设置为 N-1（第 N-1 个图像）。此处，N 表示对焦包围所获取的图像的数量（图像数）。例如，如果 N 等于 5，那么最远图像的图像编号为 4。

[0100] 在完成了对焦包围（步骤 S14 至步骤 S18）之后，CPU110 根据对焦包围图像来确定基准值（步骤 S20）。图 3 是示出了计算第一基准值（步骤 S20）的处理的流程的流程图。

[0101] 首先，CPU110 将存储在主存储器 132 中的图像输入到基准值计算单元 160 中，并且基准值计算单元 160 选择所输入的图像中的目标像素（步骤 S30）。例如，基准值计算单元 160 在图像上建立 xy 坐标系，其中原点位于图像的左上部，水平方向为 x 轴方向而垂直方向为 y 轴方向，并且基准值计算单元 160 通过利用 xy 坐标指定目标像素的位置来选择目标像素。

[0102] 基准值计算单元 160 从对焦包围图像中选择第 i 个图像（下文将其称为图像 i）（步骤 S32）。如果对焦包围图像的数量为 5，则 i 为 0 至 4 中的一个。

[0103] 计算根据步骤 S32 中所选择的图像 i 的在步骤 S30 中选择的目标像素的清晰度（步骤 S34）。利用诸如图 4 所示的拉普拉斯滤波器之类的滤波器来执行清晰度的计算。由于拉普拉斯滤波器的输出值包括正值和负值，所以将通过将拉普拉斯滤波器应用至目标像素而获取的结果的绝对值用作清晰度。如果清晰度较高，则与该像素相对应的对象是焦点对准的可能性较大。该示例不限于使用拉普拉斯滤波器。也可以使用拉普拉斯滤波器之外的其它清晰度计算滤波器。

[0104] 基准值计算单元 160 判断是否已经针对输入的所有对焦包围图像执行了步骤 S34 所示的清晰度计算处理（步骤 S36）。在还未对输入的所有对焦包围图像执行完步骤 S34 所示的清晰度计算处理时（步骤 S36：否），基准值计算单元 160 从对焦包围图像中选择另一

图像（步骤 S32），并计算目标像素的清晰度（步骤 S34）。

[0105] 在已经对输入的所有对焦包围图像执行完步骤 S34 所示的清晰度计算处理时（步骤 S36：是），步骤 S34 所计算出来的清晰度中清晰度最高的图像的图像编号被输出为目标像素的第一基准值（步骤 S38）。例如，对焦包围图像的数量为 5，那么第一基准值通常为 0 至 4 的五级灰度之一。应该注意的是，在这种情况下，为了便于与后面的部分（步骤 S42 和 S44）进行比较，将 0 至 4 的五级灰度值乘以 $255/4$ ，随后对其进行积分，并将其归一化为 0 至 255 中的数值之一。归一化数值被确定为第一基准值。应该注意的是，灰度的级数仍为 5 级（0, 64, 128, 191, 255）。

[0106] 基准值计算单元 160 判断是否已经针对所有像素执行了上述处理，换句话说，判断关于所有像素的第一基准值是否都被输出（步骤 S40）。在未输出关于所有像素的第一基准值时（步骤 S40：否），基准值计算单元 160 选择另一目标像素（步骤 S30），并输出关于该目标像素的第一基准值（步骤 S32 至 S38）。

[0107] 在输出了关于所有像素的第一基准值时（步骤 S40：是），基准值计算单元 160 于是通过对已经以像素为基础在各个像素位置计算出来的第一基准值进行布置创建一个帧图谱（参见图 5），该图谱示出了第一基准值的空间分布。CPU110 通过存储器控制器 130 将基准值计算单元 160 所创建的图谱暂时地存储在主存储器 132 中。CPU110 将存储在主存储器 132 中的图谱输入至基准值平滑单元 162 中。基准值平滑单元 162 对图谱执行空间平滑处理，获取经空间平滑过的图谱（步骤 S42）。

[0108] 通过将例如图 6 所示平滑滤波器运用到图 5 所示的图谱来执行空间平滑处理。图 6 仅仅示出了平滑滤波器的一个元素。由于图 6 中的总和是 16，所以，通过计算图 6 所示的平滑滤波器的系数与图 5 所示的图谱的各个数值的乘积，并计算这些乘积相加的总和，之后再该乘积之和除以 16，来获取图 7 所示的经空间平滑过的图谱。

[0109] 将图 5 与图 7 进行相互比较，可以理解的是，图 7 所示的经过平滑处理之后的基准值是通过将图 5 所示的第一基准值进行逐步地空间平滑处理而产生的。因此，为基准值获取了沿着灰度方向的平滑。并且，平滑处理降低了由于噪声而产生的微小变化，从而获取了沿着空间方向的平滑。

[0110] 基准值平滑单元 162 将平滑之后基准值用作第二基准值，并且将第二基准值的图谱（即表示焦点对准分布的深度图像）输出至 CPU110（步骤 S44）。

[0111] 因此，根据对焦包围图像来确定基准值的处理（步骤 S20）完成。CPU110 通过存储器控制器 130 将基准值计算单元 160 所获取的深度图像暂时地存储在主存储器 132 中。

[0112] 接下来，根据存储在主存储器 132 中的第二基准值，全聚焦处理器 164 执行全聚焦处理，而模糊增强处理器 166 则执行模糊增强处理（步骤 S22）。

[0113] 图 8 是示出了全聚焦处理器 164 执行全聚焦处理的处理流程的流程图。

[0114] 首先，全聚焦处理器 164 选择期望像素（步骤 S50），并且确定所选像素的加权系数，换句话说，确定以何种比例对哪个图像进行加权平均（步骤 S52）。更具体地说，全聚焦处理器 164 参照主存储器 132 中所存储的图谱，并且获取与步骤 S50 中所选择的像素有关的第二基准值，将所获取的第二基准值乘以 $4/255$ 以便使数值回到 0 至 4 的范围，并将所返回的值用作加权系数。

[0115] 针对步骤 S52 中所选的像素基于步骤 S52 所确定的加权系数将对焦包围图像进行

加权平均（步骤 S54）。例如，步骤 S52 中所确定的加权系数为 1.5，以 0.5 比 0.5 的比例对图像 1 和图像 2 进行加权平均。步骤 S52 中所确定的加权系数是 2.8，以 0.2 比 0.8 的比例对图像 2 和图像 3 进行加权平均。

[0116] 全聚焦处理器 164 判断是否针对所有像素执行了对焦包围图像的加权平均（步骤 S56）。在还未针对所有像素执行完对焦包围图像的加权平均时（步骤 S56：否），全聚焦处理器 164 选择另一像素（步骤 S50），确定加权系数（步骤 S52），并且对对焦包围图像进行加权平均（步骤 S54）。

[0117] 在已经对所有像素执行完对焦包围图像的加权平均时（步骤 S56：是），全聚焦处理完成。因此，产生了图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像。在此，“产生其中图像的每个部分都是焦点对准的全聚焦图像”意味着通过将图像获取装置所获取的各个图像中获得聚焦的部分（焦点对准的部分）进行结合来产生合成的图像。在这个实施例中，不要对获取的所有多个图像中都没有获得聚焦的部分（焦点没有对准的部分）进行聚焦。即，当部分 A 在所有图像中都为焦点没有对准时，则即使执行了全聚焦处理，部分 A 也保持为焦点没有对准。

[0118] 图 9 是示出了模糊增强处理器 166 执行模糊增强处理的处理流程的流程图。

[0119] 首先，模糊增强处理器 166 选择期望像素（步骤 S60），针对所选像素确定用于模糊的滤波器系数（步骤 S62）。更具体地说，模糊增强处理器 166 参照存储在主存储器 132 中的图谱，并且获取与步骤 S60 中所选的像素相关的第二基准值，将所获取的第二基准值乘以 $4/255$ 以便使该数值回到 0 至 4 的范围，并根据通过返回至 0 至 4 的范围而从第二基准值获取的数值与步骤 S10 中从步骤 S16 所捕获的对焦包围图像中确定的焦点对准位置处捕获的图像（下文将其称为基准图像）的图像编号之差，来确定用于模糊的滤波器系数 σ （参见公式 1）。

[0120] [公式 1]

[0121] $\sigma = |(\text{通过返回至 0 至 4 的范围而从第二基准值获取的数值}) - (\text{基准图像的图像编号})|$

[0122] 当（例如）五个对焦包围图像中的基准图像的图像标号是 2 并且步骤 S62 中确定的用于模糊的滤波器系数是 1.4 时，具有特性 $\sigma = 0.6$ 的高斯滤波器被用作用于模糊的滤波器系数。当基准图像的图像编号为 2 并且步骤 S62 中确定的用于模糊的滤波器系数是 3.5 时，具有特性 $\sigma = 1.5$ 的高斯滤波器被用作用于模糊的滤波器系数。

[0123] 高斯滤波器是具有例如图 10 所示的滤波器系数的低通滤波器，其具有这样的特性，即滤波器系数 σ 越大，则模糊量变得越大。滤波器系数 σ 不限于该示例。相反，可使用根据实际拍摄的模糊量将利用公式 1 得到的数值乘以一定常数而得到的值。

[0124] 采用具有在步骤 S62 中计算出来的滤波器系数 σ 的特性的高斯滤波器，对基准图像中在步骤 S60 中选择出来的像素执行滤波处理（步骤 S64）。因此，能以像素为基础根据各自的第二基准值来改变模糊程度。

[0125] 模糊增强处理器 166 判断是否对所有像素执行了滤波处理（步骤 S66）。在还未对所有像素执行完滤波处理时（步骤 S66：否），模糊增强处理器 166 选择另一像素（步骤 S60），确定滤波器系数 σ （步骤 S62），并且对所选像素执行滤波处理（步骤 S64）。

[0126] 在已经针对所有像素执行完滤波处理时（步骤 S66：是），模糊增强处理完成。因

此,产生了模糊增强图像。

[0127] 因此,完成了执行全聚焦处理或模糊增强处理的步骤(步骤 S22)。CPU110 将步骤 S22 中所产生的全聚焦图像和模糊增强图像 提供给压缩 / 解压处理器 136。压缩 / 解压处理器 136 根据规定压缩格式(例如 JPEG 系统)来压缩全聚焦图像和模糊增强图像,随后图像被存储至存储器 132 中。所存储的数据随后被转换成规定图像记录格式(例如,Exif 系统)的图像文件,并且经由存储器控制器 140 被记录至记录介质 142 上(步骤 S24)。

[0128] 根据该示例实施例,对清晰度最高的图像的图像编号的平滑处理能够获得更加精确且过渡平滑的焦点对准判断。平滑处理缓和了噪声的影响。所以,对基于平滑过的基准值的焦点对准判断的结果进行参考能够执行更加自然的全聚焦处理和模糊增强处理。

[0129] 根据该示例实施例,在计算基准值的步骤(步骤 S20)中,通过对基于像素计算出来的第一基准值布置在像素的各个位置,创建了表示第一基准值的空间分布的帧图谱,并且对图谱实施了空间平滑处理(步骤 S42)。但是,没有必要创建所有像素的图谱。相反,有效的是保持一个至少支持了空间平滑滤波器的抽头数的图谱。当比如利用 3×3 的滤波器来执行处理时,可利用 3×3 的存储器(而不是创建所有像素的图谱)来执行空间平滑处理。

[0130] 根据该示例实施例,在计算基准值的步骤(步骤 S20)中,创建了分辨率与对焦包围图像的分辨率相同的图谱(步骤 S42)。图谱没有必要具有与图像相同的分辨率。相反,例如,可以采用图 11 中所示的在相邻的 2×2 的四个像素上进行平均的低分辨率图谱。这不仅节省了用于制图的存储器空间,而且提高了空间平滑处理的速度。在这种情况下,在全聚焦处理或模糊增强处理中,有必要参考低分辨率图谱中与原始图像的坐标相对应的基准值(步骤 S22)。

[0131] 根据该示例实施例,在设置对焦包围时的聚焦位置的步骤(步骤 S12)中,将多个位置设置为包括步骤 S10 中所计算出来的焦点对准位置。但是,可将焦包围曝光时的聚焦位置设置成不包括焦点对准位置。

[0132] 根据该示例实施例,在全聚焦处理 / 模糊增强处理中执行全聚焦处理和模糊增强处理(步骤 S22)。这两个处理没有必要都执行。还有效的是仅仅执行全聚焦处理和模糊增强处理之一。

[0133] 根据该示例实施例,在焦点对准位置处捕捉到的图像被用作模糊增强处理中的基准图像(步骤 S62 和 S64)。但是,也可以将用户随意设置的一个图像用作基准图像。

[0134] 同时,当相机与拍摄对象之间的距离非常近时,可行的是多个图像(对焦包围图像)中的任意一个的任何部分中都没有获得聚焦。在这种情况下,即使没有获得聚焦,也能基于第二基准值来选择各个图像中获得了拍摄对象更好聚焦的部分,并且所选部分被结合来产生合成的图像。而且,能基于第二基准值对对焦包围图像进行加权平均以获得全聚焦图像,从而全聚焦图像尽可能地接近聚焦。

[0135] < 第二示例实施例 >

[0136] 由于根据第一示例实施例而将清晰度最高的图像编号用作第一基准值,不管清晰度的水平如何(假设该清晰度是最高的),都获得同样的结果。例如,在图 18 所示的边界的变化点中,图 1 的清晰度是 8。但是,即使清晰度是 16 或 1,在与图 2 的清晰度进行比较时,图 1 的清晰度仍旧是最高的。

[0137] 但是,在实际的图像中,边界越强,在像素附件焦点对准的可能性越大。因此,为了执行更精确的焦点对准判断,最好在考虑清晰度水平的情况下进行空间平滑。

[0138] 根据第二示例实施例,通过将第一基准值表示为包括清晰度最高的图像编号以及清晰度的二维矢量(清晰度矢量),而不是表示为清晰度最高的图像编号这一标量,从而在考虑了清晰度水平的情况下进行空间平滑。下文中将描述第二示例实施例。与第一示例实施例相同的部分将标有相同的参考符号,并省略对这些部分的描述。

[0139] 图 12 是示意性地示出了根据第二示例实施例的数码相机 2 的内部结构的框图。

[0140] 如图所示,数码相机 2 主要包括:CPU110、操作单元(快门释放按钮、电源/模式选择器开关、模式选择器盘、缩放按钮、十字按钮、菜单/确定按钮、显示按钮、返回按钮等)112、可变光圈驱动器 114、聚焦透镜驱动器 116、图像传感器驱动器 118、透镜单元 120、光学低通滤波器(LPF)122、图像传感器 124、模拟信号处理器(CDS/AMP)126、A/D 转换器 128、存储器控制器 130、主存储器 132、数字信号处理器 134、压缩/解压处理器 136、积分器 138、存储器控制器 140、记录介质 142、显示控制器 144、显示单元 146、闪光单元 150、光电探测器 152、基准值计算单元 160、基准值平滑单元 162、全聚焦处理器 164、模糊增强处理器 166、以及幅角计算单元 168。

[0141] 幅角计算单元 168 计算在极坐标系统中表示的清晰度矢量的幅角。随后将详细描述清晰度矢量以及幅角的计算方法。

[0142] 将描述如上所述进行配置的根据本示例实施例的数码相机 2 的操作。由于普通拍摄处理等同于第一示例实施例的拍摄处理,所以将描述全聚焦图像或模糊增强图像的拍摄处理。图 13 是示出了在全聚焦图像/模糊增强图像拍摄模式下拍摄全聚焦图像或模糊增强图像的整个处理流程的流程图。

[0143] 当在全聚焦图像/模糊增强图像拍摄模式下对操作单元 12 的快门释放按钮的半按将 S1 开启信号输入 CPU110 时,CPU110 在对焦包围之前执行自动聚焦控制(AF)(步骤 S10),并对将在对焦包围中设置的多个聚焦位置进行设置,从而使得这些聚焦位置包括了在步骤 S10 中计算出来的聚焦位置(步骤 S12)。

[0144] 接下来,在步骤 S12 所确定的聚焦位置处执行对焦包围(步骤 S14 至步骤 S18)。首先,CPU110 通过聚焦透镜驱动器 116 将聚焦透镜 120b 驱动至步骤 S12 中所确定的多个聚焦位置中的一个期望的聚焦位置处(步骤 S14),并且通过图像传感器驱动器 118 来控制图像传感器 124 以便捕获对象图像(步骤 S16)。步骤 S16 中所捕获的图像通过存储器控制器 130 而被暂时地存储在主存储器 132 中。

[0145] CPU110 判断是否已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行了拍摄,更具体地说,判断是否已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行了步骤 S14 至步骤 S16 的处理(步骤 S18)。

[0146] 在还未在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处执行步骤 S14 至步骤 S16 的处理时(步骤 S18:否),则聚焦透镜 120b 被驱动至另一聚焦位置(步骤 S14)并且在该聚焦位置捕获对象图像(步骤 S16)

[0147] 在已经在步骤 S12 中所确定的所有聚焦位置处都执行了步骤 S14 至步骤 S16 的处理时(步骤 S18:是),则 CPU110 终止对焦包围,并且根据对焦包围图像来确定基准值(步骤 S28)。图 14 是示出了计算基准值(步骤 S26)的处理流程的流程图。

[0148] 首先,CPU110将存储在主存储器132中的图像输入到基准值计算单元160中,并且例如,基准值计算单元160通过在图像上建立xy坐标系(其中原点位于图像的左上部,水平方向为x轴方向而垂直方向为y轴方向)并且通过利用xy坐标指定目标像素的位置,从而在所输入的图像中选择目标像素(步骤S30)。从对焦包围图像中选择图像i(步骤S32)。计算步骤S32中所选择的图像i上的在步骤S30中选择的目标像素的清晰度(步骤S34)。

[0149] 基准值计算单元160判断是否已经对输入的所有对焦包围图像执行了步骤S34所示的清晰度计算处理(步骤S36)。在还未对输入的所有对焦包围图像执行完步骤S34所示的清晰度计算处理时(步骤S36:否),基准值计算单元160从对焦包围图像中选择另一图像(步骤S32),并计算目标像素的清晰度(步骤S34)。

[0150] 在已经对输入的所有对焦包围图像执行完步骤S34所示的清晰度计算处理时(步骤S36:是),步骤S34中所计算出来的清晰度中清晰度最高的图像的图像编号被选择(步骤S38),根据图像编号和清晰度来获取清晰度矢量,并将其输出为第一基准值(步骤S70)。

[0151] 当比如对焦包围图像的数量(图像数)为5时,预先准备与各个图像编号0至4相对应的单位矢量 u_0 至 u_4 ,如图15所示。在极坐标表达方式中,每个单位矢量 u_0 至 u_4 的半径r都是1,最近图像(图像0)的单位矢量 u_0 的幅角 θ 是0[rad],最远图像(图像4)的单位矢量 u_4 的幅角 θ 是 π [rad],这两个图像之间的图像(图像1至3)的单位矢量 u_1 至 u_3 的幅角 θ 是将0至 π [rad]的范围进行等分所得到的值,具体地说,图像1的单位矢量 u_1 的幅角 θ 是 $\pi/4$ [rad],图像2的单位矢量 u_2 的幅角 θ 是 $\pi/2$ [rad],图像3的单位矢量 u_3 的幅角 θ 是 $3\pi/4$ [rad]。

[0152] 清晰度矢量是一个清晰度被赋值为单位矢量半径的单位矢量。例如,如果在某个像素上图像1的清晰度为8(它是所有图像中清晰度最高的),那么清晰度矢量的半径r是8而幅角 θ 是 $\pi/4$ [rad]。

[0153] 如上所述获取的每个像素的清晰度矢量被从极坐标表达方式下的清晰度矢量转换成xy坐标表达方式下的清晰度矢量,并被输出为第一基准值,以便执行后面提到的空间平滑处理(步骤S72至S74,这将在后面予以详细描述)。例如,r是8而幅角 θ 是 $\pi/4$ [rad]的清晰度矢量的第一基准值即等于: $\sqrt{2}$

[0154] 基准值计算单元160判断是否已经对所有像素执行了上述处理,换句话说,判断关于所有像素的第一基准值是否都被输出(步骤S40)。在未输出关于所有像素的第一基准值时(步骤S40:否),基准值计算单元160选择另一目标像素(步骤S30),并输出关于该目标像素的第一基准值(步骤S32至S70)。

[0155] 在输出了关于所有像素的第一基准值时(步骤S40:是),基准值计算单元160于是创建与两个帧相对应的图谱。图谱分别表示x分量和y分量的空间分布。CPU110通过存储器控制器130将基准值计算单元160所创建的图谱暂时地存储在主存储器132中。CPU110将存储在主存储器132中的图谱输入至基准值平滑单元162中。基准值平滑单元162根据几乎等同于第一示例实施例的方法对x分量的图谱执行空间平滑处理(步骤S72),并且根据几乎等同于第一示例实施例的方法对y分量的图谱执行空间平滑处理(步骤S74)。

[0156] 图16示出了在对x分量和y分量分别执行了空间平滑处理之后已经从xy坐标表达方式变回极坐标表达方式的清晰度矢量的示例。如图16所示,以像素为基础执行了空间平滑处理之后的清晰度矢量的方向(幅角)在长矢量的影响下接近半径长的近似矢量的方

向。这实现了清晰度矢量之间的平滑过渡。

[0157] 这样实施了空间平滑处理之后的清晰度矢量的图谱（空间平滑处理之后 x 分量和 y 分量的图谱）通过存储器控制器 130 被再次存储在主存储器 132 中，并且被输入至幅角计算单元 168。幅角计算单元 168 根据所输入的图谱按照公式 2 来计算幅角 θ 。在公式 2 中，x 和 y 分别是平滑后的清晰度矢量的 x 分量和 y 分量。

[0158] [公式 2]

[0159] $\theta = \arctan(y/x)$

[0160] 由于幅角 θ 是与图像编号相对应的度量，所以所计算出来的幅角变为第二基准值。所获取的幅角乘以 $4/\pi$ 就能使幅角 θ 变回 0 至 4 的范围内的值（图像的编号），从而获取了第二基准值的多个灰度级的图谱，即表示焦点对准分布的深度图像，这与第一示例实施例一样（步骤 S76）。

[0161] 因此，完成了根据对焦包围图像来确定基准值的处理（步骤 S26）。CPU110 通过存储器控制器 130 暂时将幅角计算单元 168 所计算出来的深度图像存入主存储器 132。

[0162] 接下来，根据存储在主存储器 132 中的第二基准值，全聚焦处理器 164 执行全聚焦处理，而模糊增强处理器 166 则执行模糊增强处理（步骤 S22）。CPU110 通过存储器控制器 140 将步骤 S22 中所产生的全聚焦图像和模糊增强图像记录至记录介质 142 上（步骤 S24）。

[0163] 该示例实施例不仅强调了清晰度最高的图像编号，而且强调了清晰度水平（或者清晰边缘的影响），从而能够获得更精确的深度图像。这使得根据深度图像而合成的全聚焦图像更平滑自然。此外，由于获得了更精确的焦点对准判断结果，所以可以产生具有更精确的模糊量的模糊增强图像。

[0164] 本发明的应用不限于数码相机。相反，本发明可以应用至诸如照相手机或摄影机之类的成像设备，并且可应用至诸如 PC（个人计算机）之类的对成像设备所获取的图像进行处理的图像处理设备。本发明可被提供为可在诸如 PC 之类的设备上实施的程序。

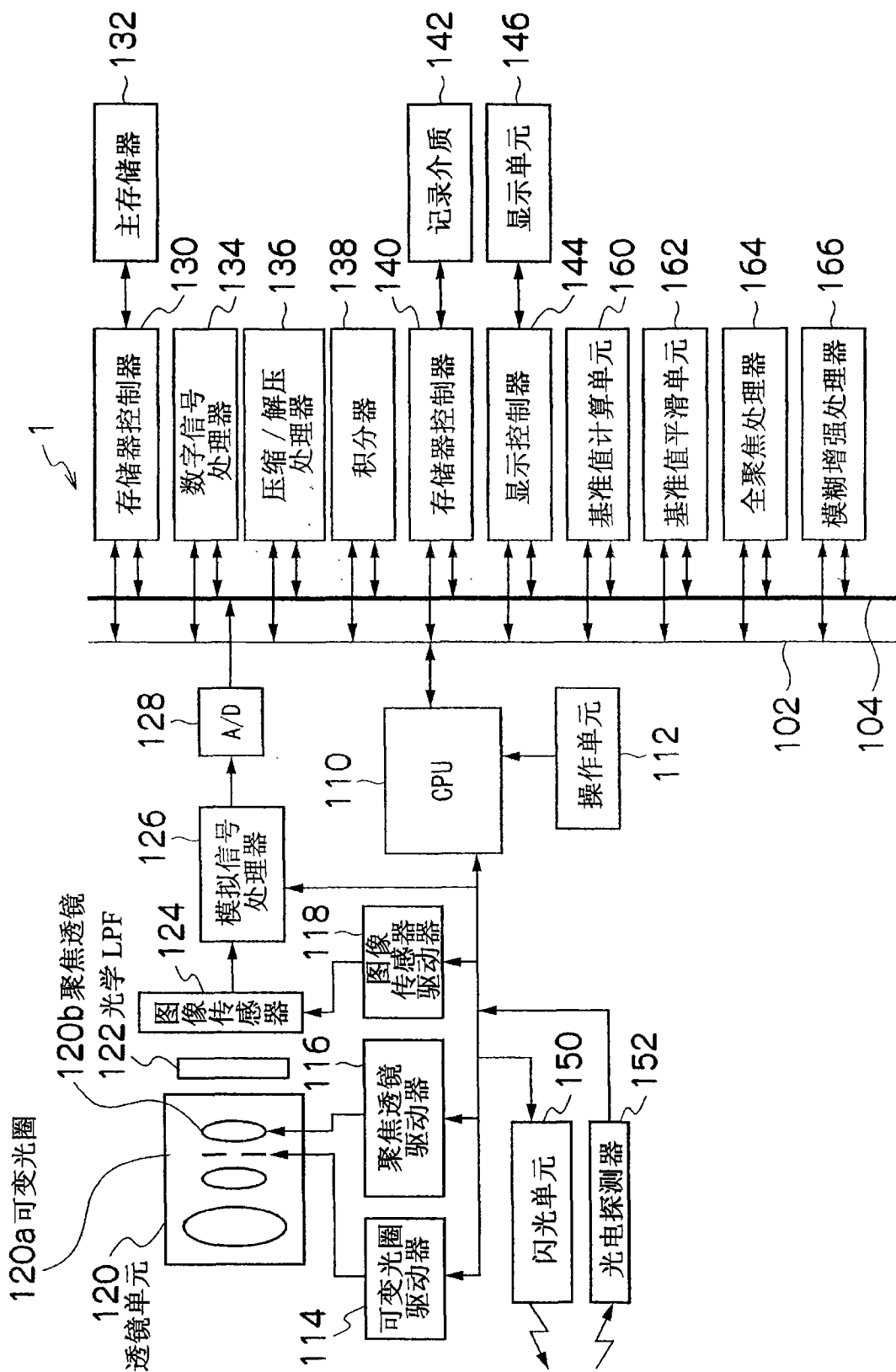


图 1

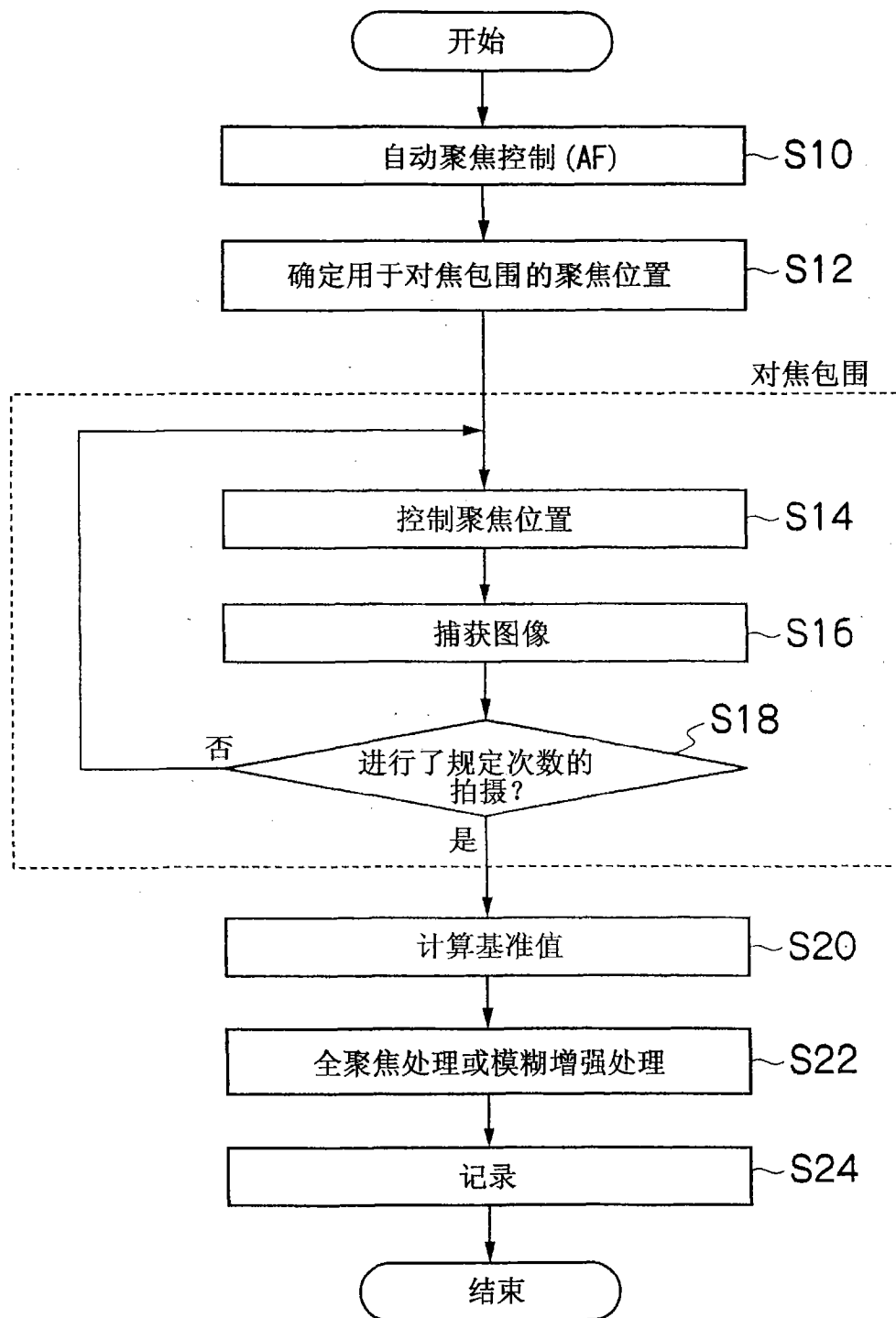


图 2

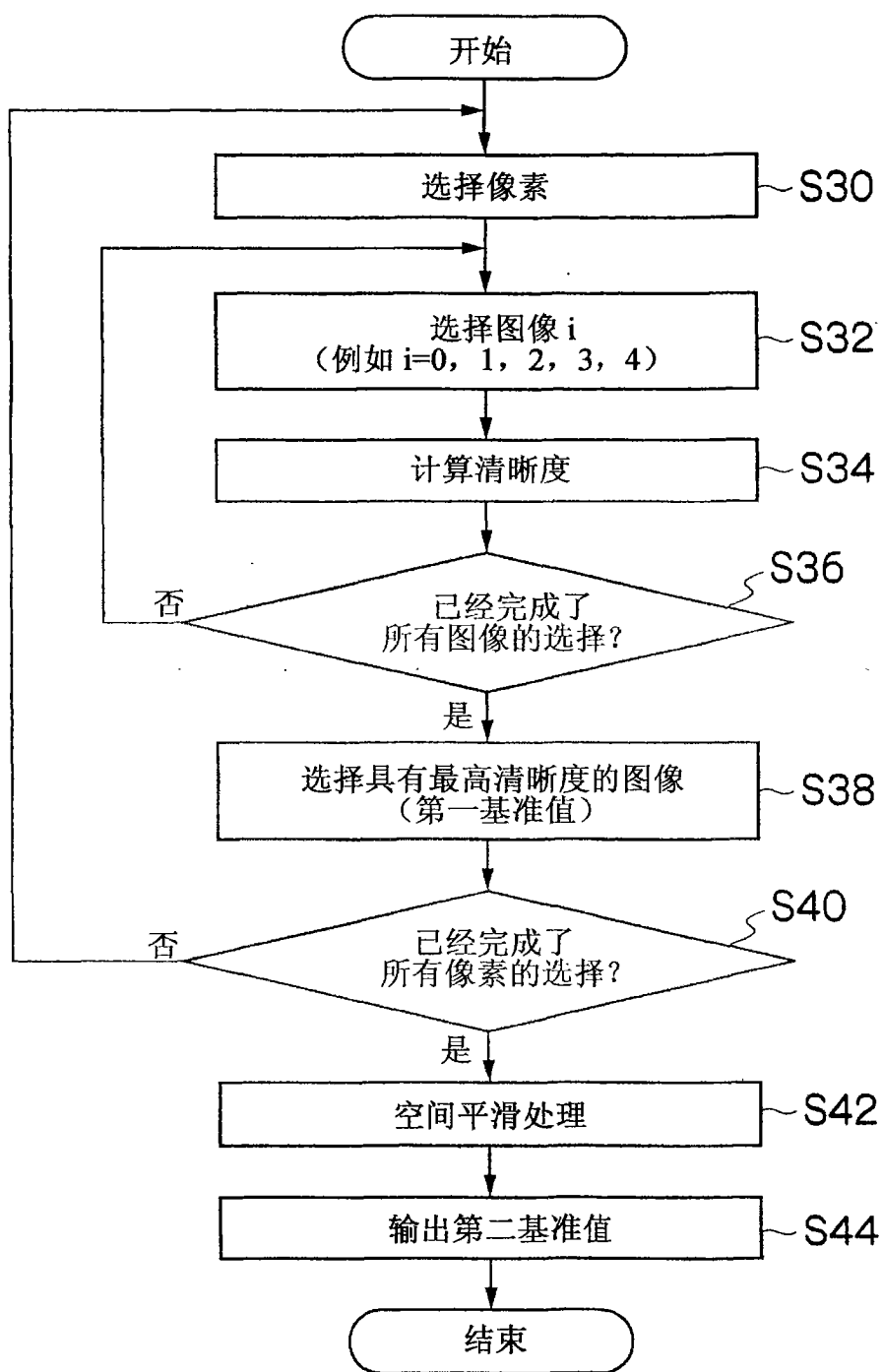


图 3

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

图 4

0	128	64	0	191	128
128	191	255	128	64	64
64	0	64	128	191	0
128	255	0	64	128	191
64	255	191	64	191	128

.....
.....

.....

128
0
0

图 5

1	2	1
2	4	2
1	2	1

图 6

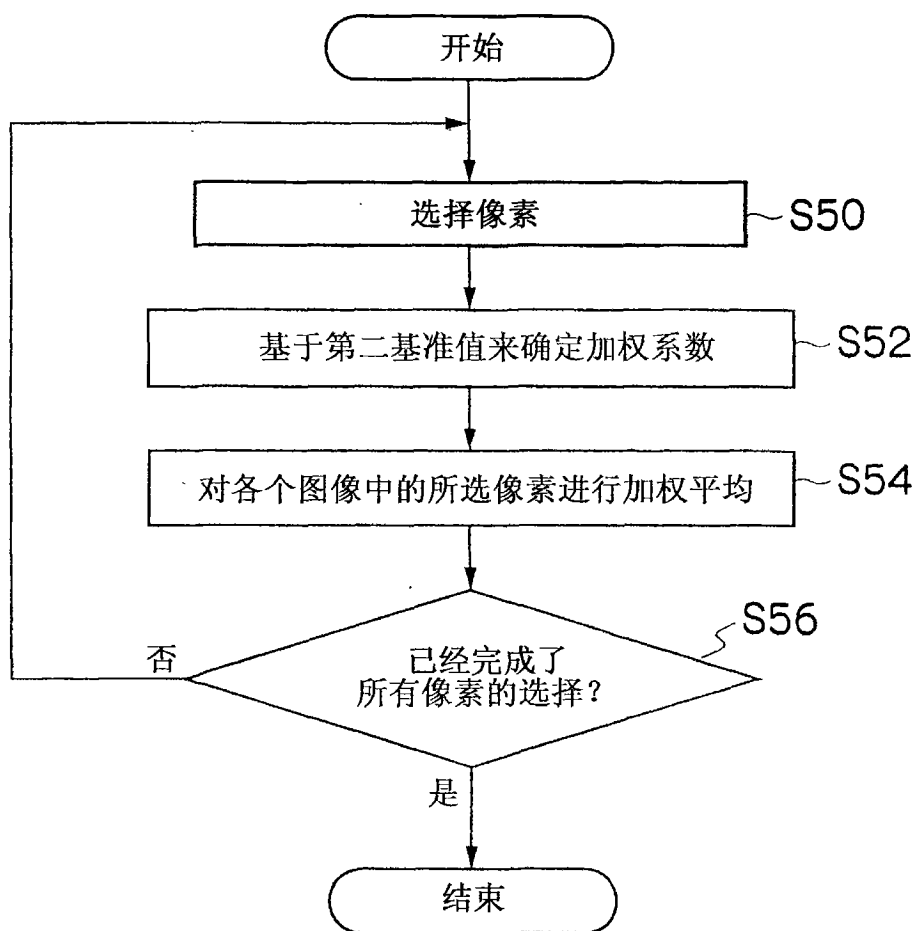


图 8

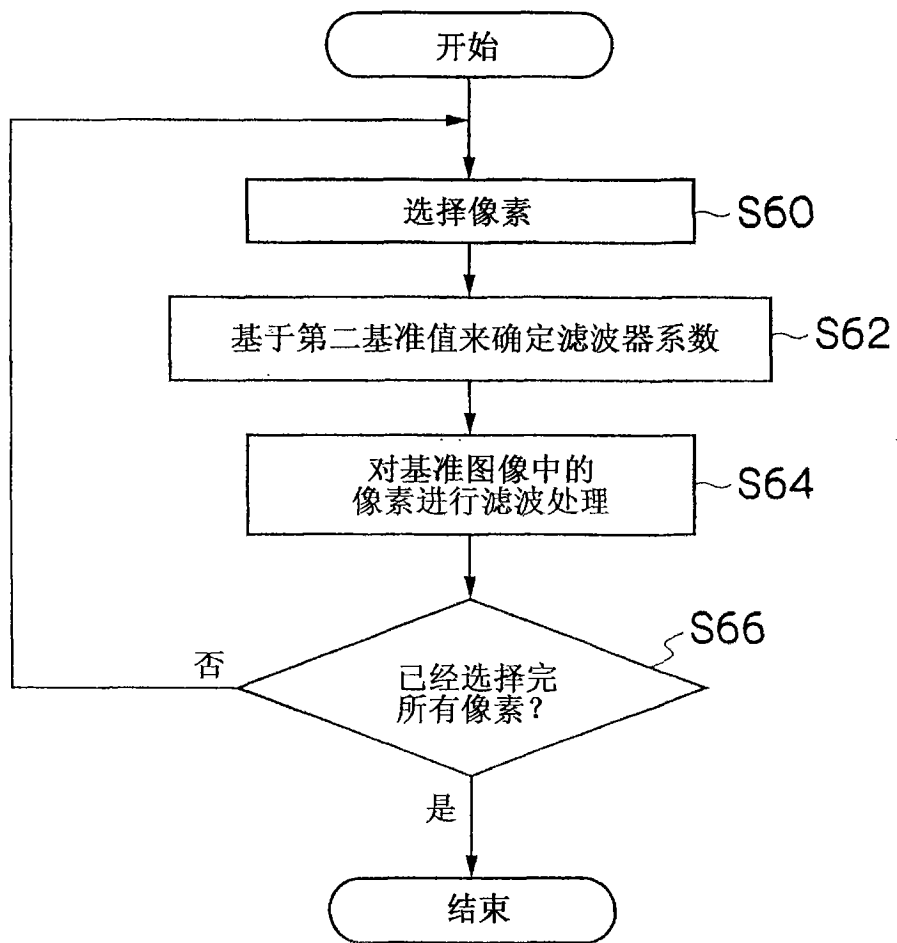


图 9

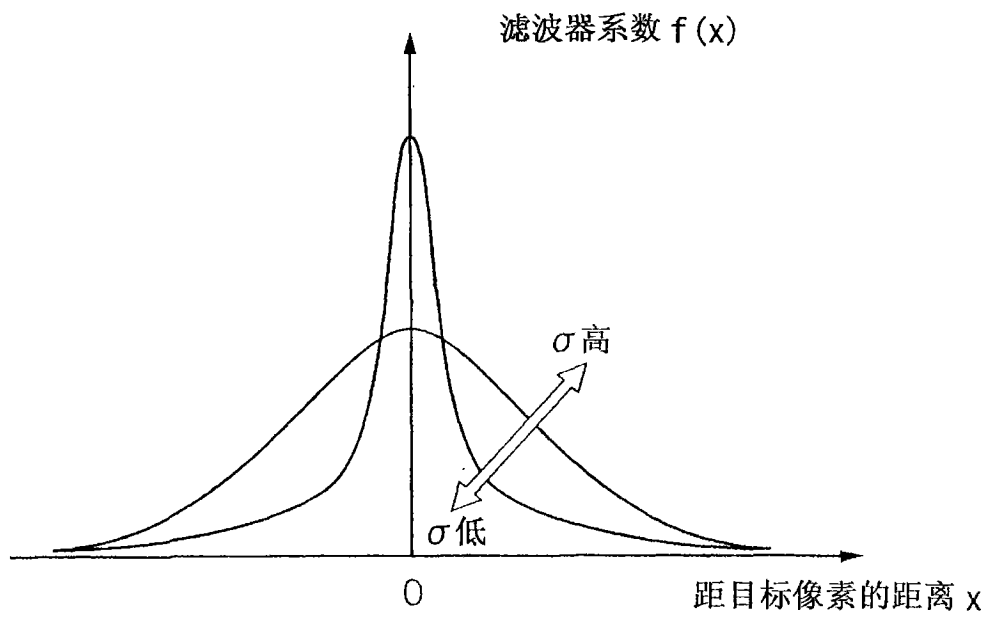


图 10

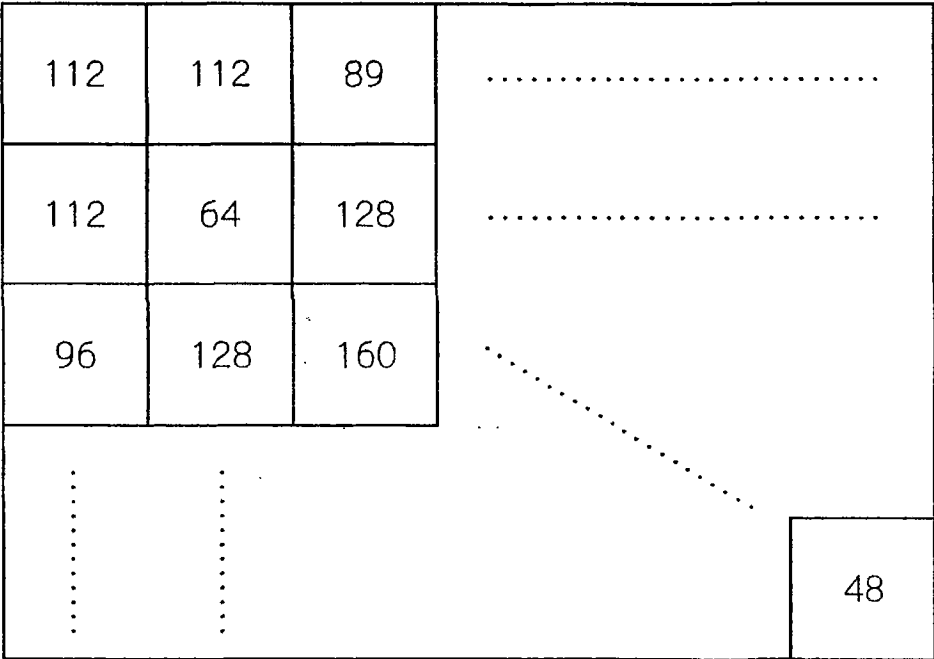


图 11

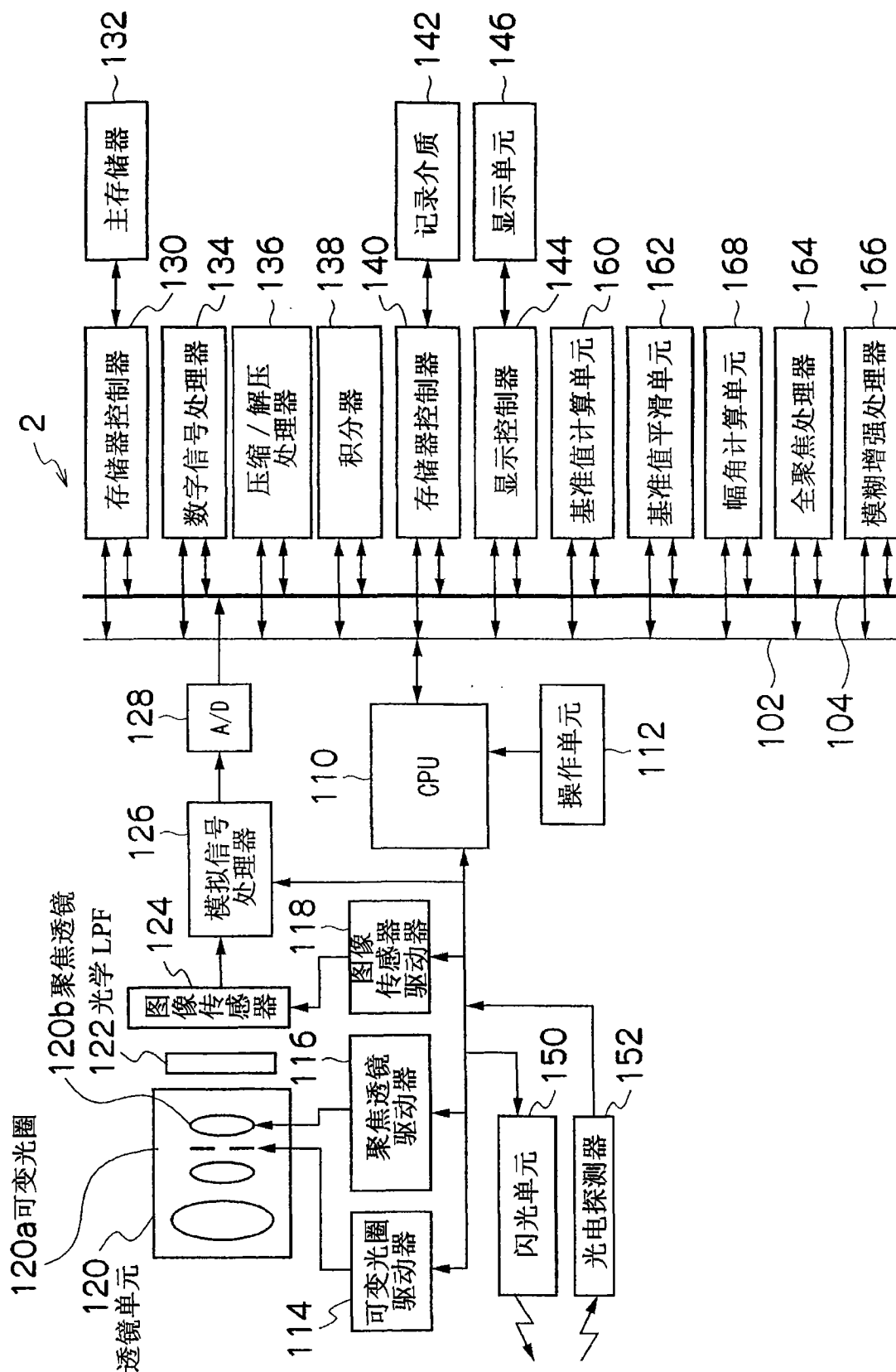


图 12

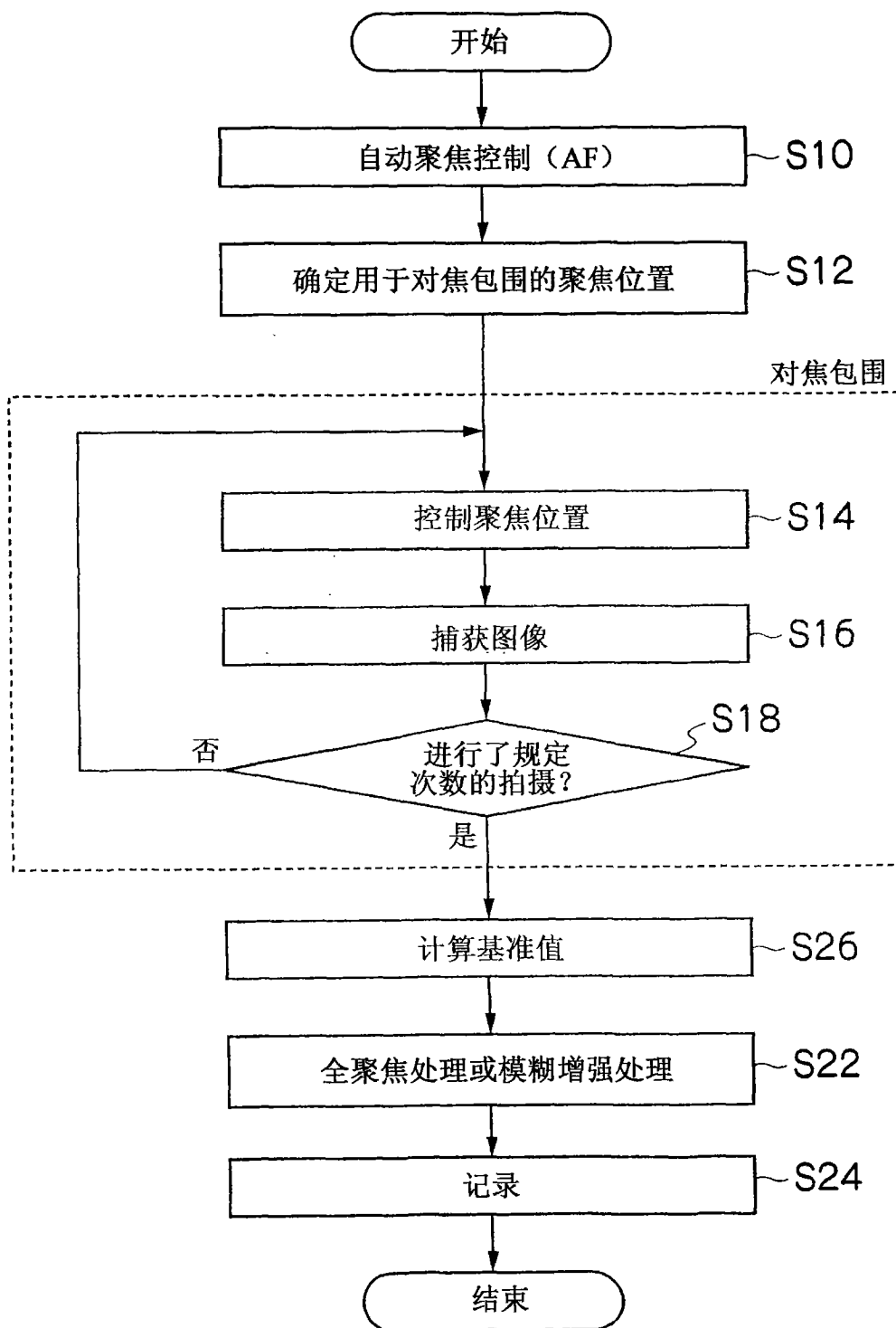


图 13

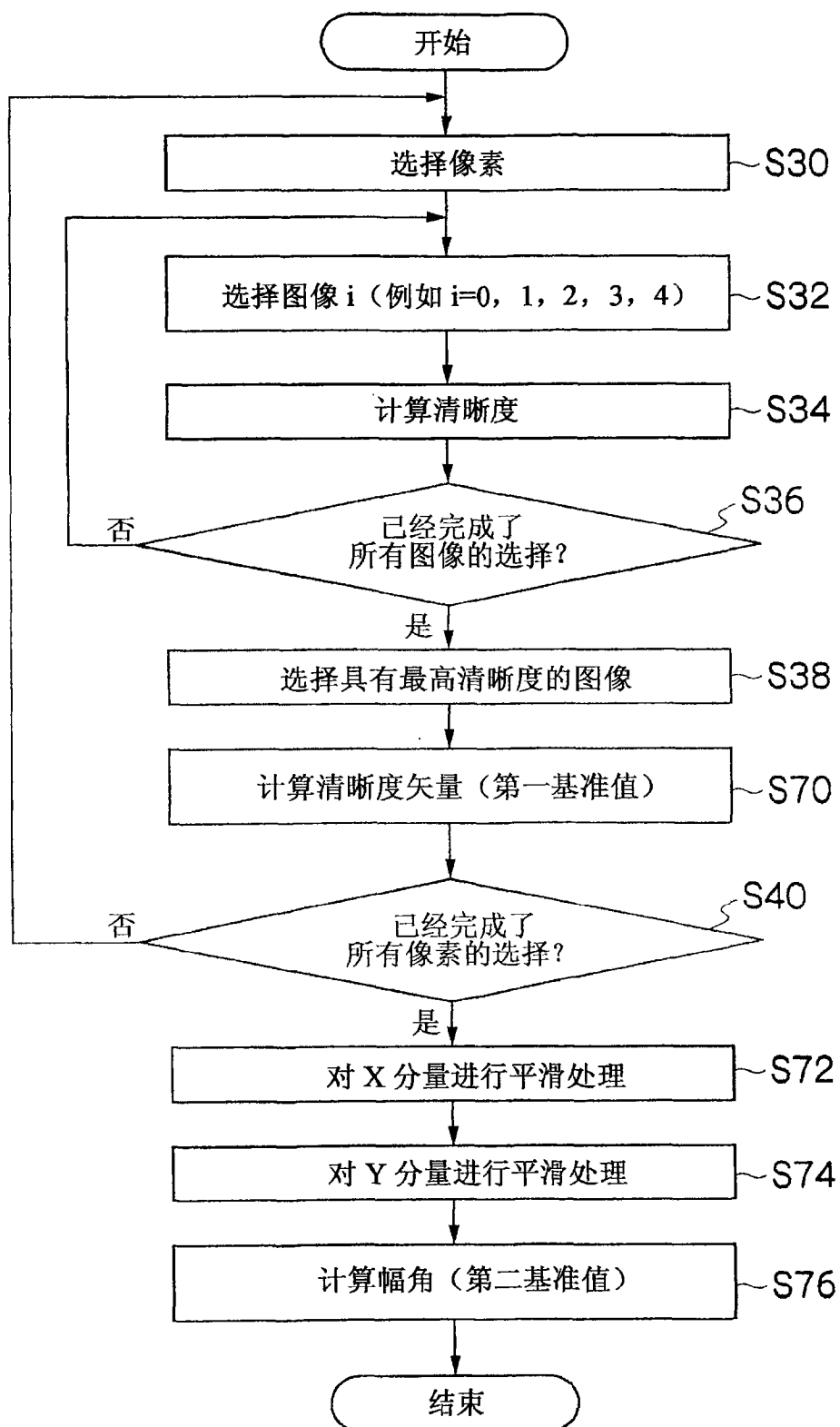


图 14

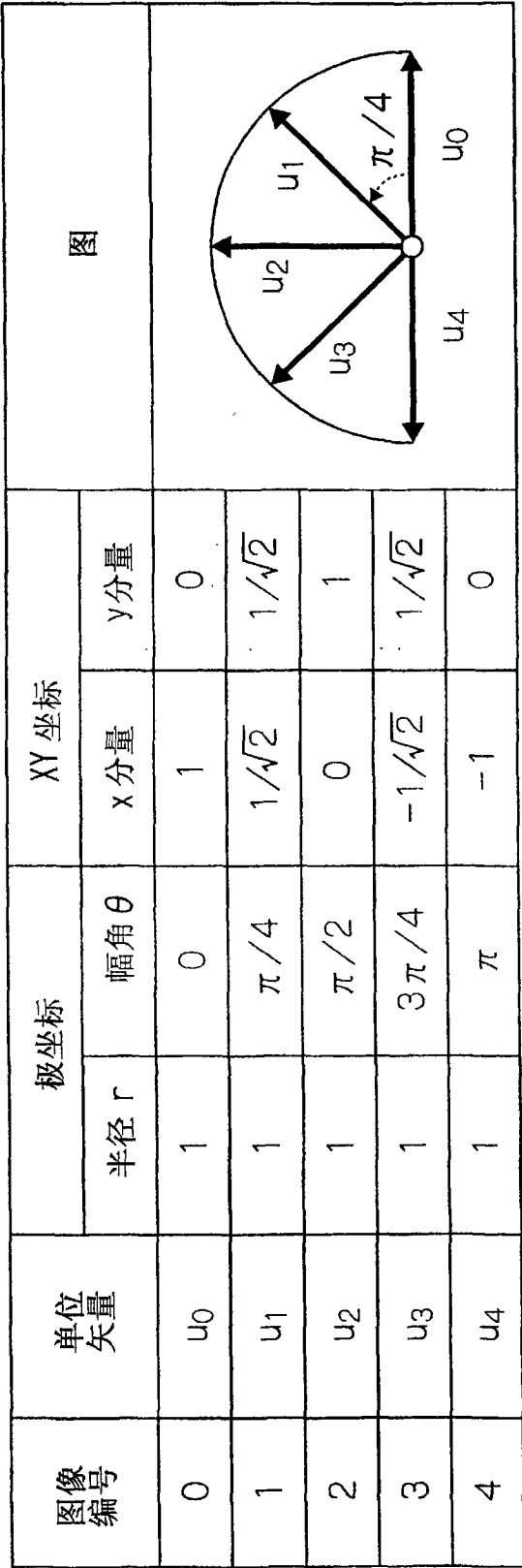


图 15

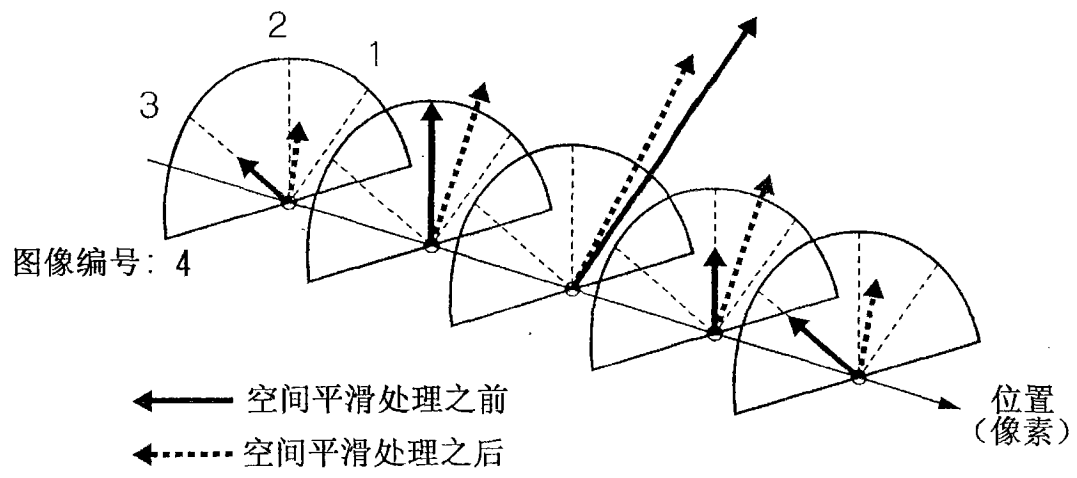


图 16

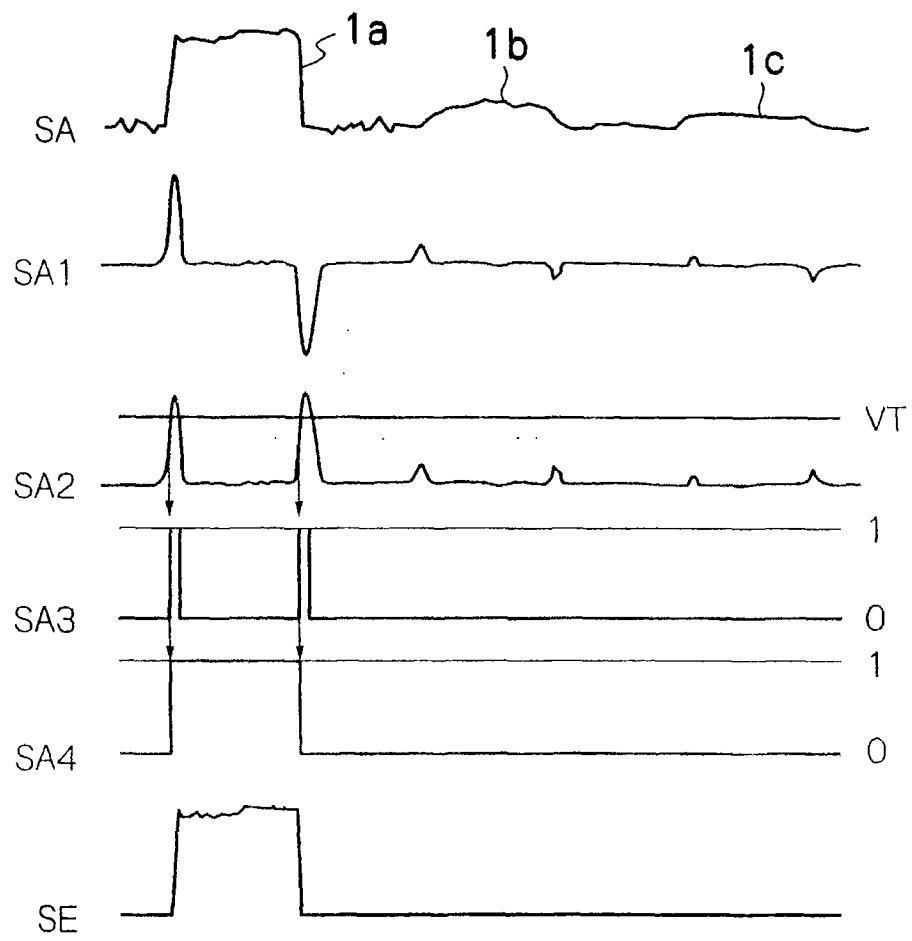


图 17

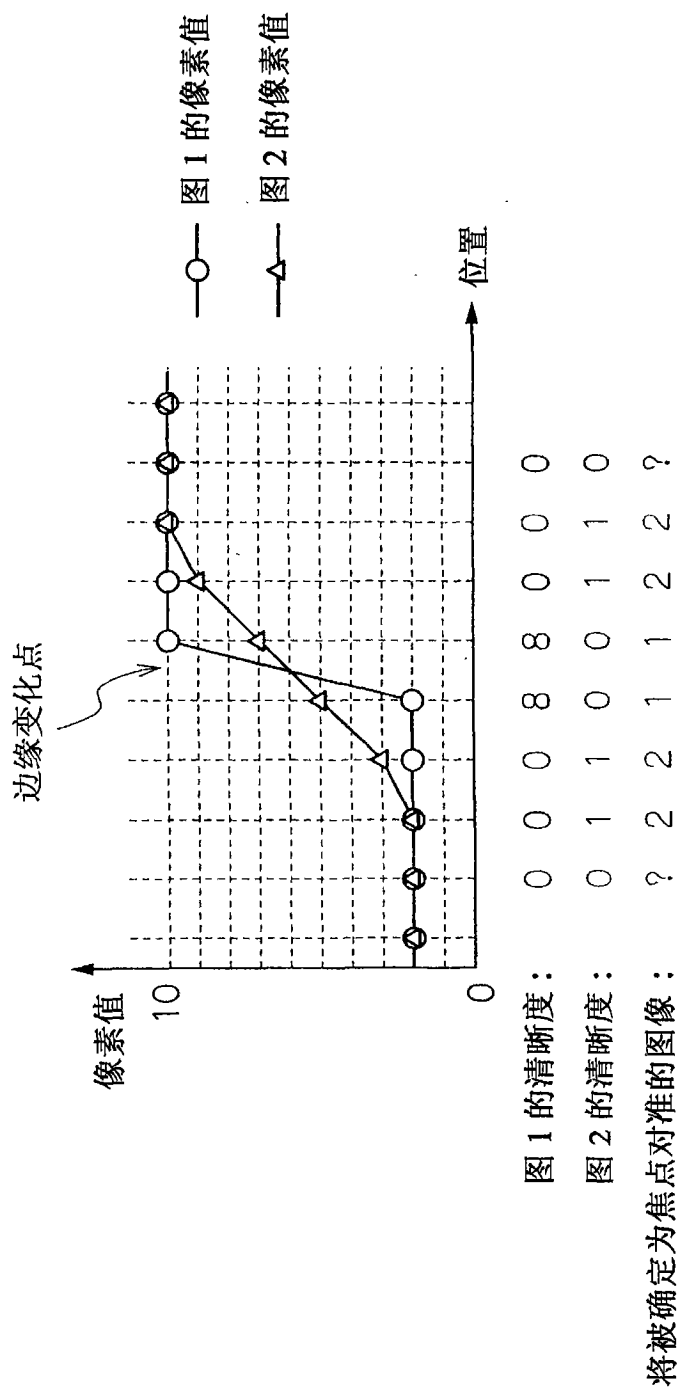


图 18