



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104429056 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201380036470. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 08. 08

H04N 5/225(2006. 01)

(30) 优先权数据

H04N 5/369(2011. 01)

2012-179038 2012. 08. 10 JP

H04N 9/04(2006. 01)

H04N 13/02(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G03B 35/08(2006. 01)

2015. 01. 08

H01L 27/146(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/004798 2013. 08. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/024500 JA 2014. 02. 13

(71) 申请人 株式会社尼康

地址 日本东京都

(72) 发明人 石贺健一

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 陈伟 李文屿

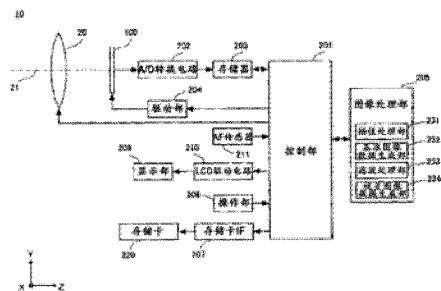
权利要求书3页 说明书39页 附图16页

(54) 发明名称

图像处理方法、图像处理装置、摄像装置及图像处理程序

(57) 摘要

图像处理方法,包括:使用第一图像的左视差像素的像素值在各像素生成临时左视点图像步骤,使用第一图像的右视差像素的像素值在各像素生成临时右视点图像的步骤,使用第一图像的至少无视差像素的像素值在各像素生成基准视点图像的步骤,对基准视点图像进行边缘增强处理并生成被边缘增强的基准视点图像的步骤,基于被边缘增强的基准视点图像和临时左视点图像和临时右视点图像分别在各像素生成左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像的步骤。



1. 一种图像处理方法,输入使用摄像元件经由一个光学系统输入将被拍体像以基准方向视点、左方向视点和右方向视点同时拍摄到各不相同像素中的第一图像,并将该第一图像转换为左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像,该摄像元件包括在一个像素具有一个开口掩模的多个像素,并包括配置有具备生成基准方向视点的开口掩模的无视差像素、具备相对于基准方向生成左方向视差的开口掩模的左视差像素、以及具备相对于基准方向生成右方向视差的开口掩模的右视差像素的至少三种像素的像素排列,其特征在于,图像处理方法包括:

使用所述第一图像的左视差像素的像素值在各像素生成临时左视点图像的步骤;

使用所述第一图像的右视差像素的像素值在各像素生成临时右视点图像的步骤;

使用所述第一图像的至少无视差像素的像素值在各像素生成基准视点图像的步骤;

对所述基准视点图像进行边缘增强处理,生成被边缘增强的基准视点图像的步骤;以

及

基于所述被边缘增强的基准视点图像、所述临时左视点图像和所述临时右视点图像,在各像素分别生成左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像的步骤。

2. 一种图像处理方法,输入使用摄像元件经由一个光学系统输入将被拍体像以基准方向视点、左方向视点和右方向视点同时拍摄到各不相同像素中的第一图像,并将该第一图像转换为左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像,该摄像元件包括在一个像素具有一个开口掩模的多个像素,并包括配置有具备生成基准方向视点的开口掩模的无视差像素、具备相对于基准方向生成左方向视差的开口掩模的左视差像素、以及具备相对于基准方向生成右方向视差的开口掩模的右视差像素的至少三种像素的像素排列,其特征在于,图像处理方法包括:

使用所述第一图像的左视差像素的像素值在各像素生成临时左视点图像的步骤;

使用所述第一图像的右视差像素的像素值在各像素生成临时右视点图像的步骤;

使用所述第一图像的无视差像素的像素值在各像素生成基准视点图像的步骤;

对所述基准视点图像进行噪音去除处理并生成噪音去除后的基准视点图像的步骤;

基于所述噪音去除后的基准视点图像、所述临时左视点图像和所述临时右视点图像,在各像素分别生成左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像的步骤。

3. 根据权利要求1或2所述的图像处理方法,其中,生成所述基准视点图像的步骤除了使用所述第一图像的无视差像素的像素值以外,还使用左视差像素的像素值和右视差像素的像素值生成基准视点图像的像素值。

4. 根据权利要求1所述的图像处理方法,其中,当所述第一图像具有多个色彩分量时,生成所述基准视点图像的步骤中对所述多个色彩分量生成基准视点图像,生成所述被边缘增强的基准视点图像的步骤中对所述基准视点图像的亮度分量进行边缘增强处理。

5. 根据权利要求2所述的图像处理方法,其中,当所述第一图像具有多个色彩分量时,生成所述基准视点图像的步骤中对所述多个色彩分量生成基准视点图像,生成所述噪音去除后的基准视点图像的步骤中对所述基准视点图像的亮度分量和色差分量进行噪音去除处理。

6. 根据权利要求2所述的图像处理方法,其中,所述第一图像是通过摄像元件进行拍摄而得到的图像,该摄像元件由像素排列构成,该像素排列配置成无视差像素的密度高于

与将左视差像素和右视差像素合在一起的像素密度。

7. 一种图像处理装置,包括:

视差图像数据取得部,取得相对于基准方向向第一方向错开的视点所对应的第一视差图像数据和相对于所述基准方向向与所述第一方向相反的第二方向错开的视点所对应的第二视差图像数据;

基准图像数据取得部,取得对应于所述基准方向且分辨率高于第一视差图像数据及第二视差图像数据的空间频率分辨率的基准图像数据;

滤波处理部,对所述基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少之一的滤波处理;以及

视差图像数据生成部,使用实施了所述滤波处理的所述基准图像数据、所述第一视差图像数据及所述第二视差图像数据,生成向所述第一方向错开的视点所对应的第三视差图像数据、向所述第二方向错开的视点所对应的第四视差图像数据。

8. 根据权利要求7所述的图像处理装置,其中,所述基准图像数据取得部取得缺失了部分像素值的临时基准图像数据,使用与所述基准方向对应的基准像素的像素值对所缺失的像素值进行插值,从而生成所述基准图像数据。

9. 根据权利要求7或8所述的图像处理装置,其中,所述基准图像数据取得部使用所述第一视差图像数据及所述第二视差图像数据的像素值对所缺失的像素值进行插值,从而生成所述基准图像数据。

10. 根据权利要求9所述的图像处理装置,其中,所述基准图像数据取得部根据对应于所述基准图像数据的基准像素、对应于所述第一视差图像数据的第一像素以及对应于所述第二视差图像数据的第二像素的数量实施加权。

11. 根据权利要求7~10中任一项所述的图像处理装置,其中,所述基准图像数据取得部针对与各个像素对应设置的彩色滤光片的每个色彩分量生成所述基准图像数据。

12. 根据权利要求7~11中任一项所述的图像处理装置,其中,所述视差图像数据生成部生成与所述第一视差图像数据的视点不同的视点的所述第三视差图像数据,生成与所述第二视差图像数据的视点不同的视点的所述第四视差图像数据。

13. 一种摄像装置,包括:

摄像元件,输出所述第一视差图像数据及所述第二视差图像数据的至少之一;以及  
权利要求7~12中任一项所述的图像处理装置。

14. 根据权利要求13所述的摄像装置,其中,所述摄像元件还输出所述基准图像数据。

15. 根据权利要求14所述的摄像装置,其中,所述摄像元件所具有的与所述基准图像数据对应的像素、与所述第一视差图像数据对应的像素、及与所述第二视差图像数据对应的像素中,与所述基准图像数据对应的像素最多。

16. 根据权利要求15所述的摄像装置,其中,所述滤波处理部不对所述第一视差图像数据及所述第二视差图像数据实施噪音去除的滤波处理。

17. 一种图像处理程序,使计算机执行:

视差图像数据取得步骤,取得相对于基准方向向第一方向错开的视点所对应的第一视差图像数据和相对于所述基准方向向与所述第一方向相反的第二方向错开的视点所对应的第二视差图像数据;

基准图像数据取得步骤,取得对应于所述基准方向且分辨率高于第一视差图像数据及第二视差图像数据的空间频率分辨率的基准图像数据;

滤波处理部,对所述基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少之一的滤波处理;  
以及

视差图像数据生成步骤,使用实施了所述滤波处理的所述基准图像数据、所述第一视差图像数据及所述第二视差图像数据,生成向所述第一方向错开的视点所对应的第三视差图像数据、和向所述第二方向错开的视点所对应的第四视差图像数据。

## 图像处理方法、图像处理装置、摄像装置及图像处理程序

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像处理方法、图像处理装置、摄像装置及图像处理程序。

### 背景技术

[0002] 已知的摄像装置利用单个摄像光学系统通过一次拍摄生成彼此具有视差的多个视差图像。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献 1 :日本特开 2003-7994 号公报

### 发明内容

[0005] 发明要解决的问题 :

[0006] 在专利文献 1 中并未公开当采用由一台相机完成的新的立体摄像方式时,实际上从摄像数据生成高清晰的立体彩色图像的具体方法。通常,已知在由一台相机进行 2D 摄像时的 2D 彩色图像生成过程中实施色彩插值、此后进行噪音去除、边缘增强等而得到高清晰 2D 图像的手法。然而,在新的 3D 摄像方式中,经过何种手续便能最终得到高清晰的立体图像仍处于未知的状态。例如,在这种摄像装置中,有时使用生成的视差图像生成高分辨率的视差图像。在此情形中,对所生成的多个视差图像单独实施边缘增强、噪音去除等滤波处理,伴随着各个视差像素采样密度的不足,反而会在各个视差图像中产生莫尔廐像。

[0007] 解决问题的方案 :

[0008] 本发明第一形态中的图像处理方法,输入使用摄像元件经由一个光学系统输入将被拍体像以基准方向视点、左方向视点和右方向视点同时拍摄到各不相同像素中的第一图像,转换为左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像,该摄像元件包括在一个像素具有一个开口掩模的多个像素,并包括配置有具备生成基准方向视点的开口掩模的无视差像素、具备相对于基准方向生成左方向视差的开口掩模的左视差像素、以及具备相对于基准方向生成右方向视差的开口掩模的右视差像素的至少三种像素的像素排列,该图像处理方法包括 :使用第一图像的左视差像素的像素值在各像素生成临时左视点图像的步骤 ;使用第一图像的右视差像素的像素值在各像素生成临时右视点图像的步骤 ;使用第一图像的至少无视差像素的像素值在各像素生成基准视点图像的步骤 ;对基准视点图像进行边缘增强处理,生成被边缘增强的基准视点图像的步骤 ;以及基于被边缘增强的基准视点图像、临时左视点图像和临时右视点图像,在各像素分别生成左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像的步骤。

[0009] 本发明第二形态中的图像处理方法输入使用摄像元件经由一个光学系统输入将被拍体像以基准方向视点、左方向视点和右方向视点同时拍摄到各不相同像素中的第一图像,并将该第一图像转换为左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像,该摄像元件包括在一个像素具有一个开口掩模的多个像素,并包括配置有具备生成基准方向视点的开口掩模的无视差像素、具备相对于基准方向生成左方向视差的开口掩模的左视差像素、以

及具备相对于基准方向生成右方向视差的开口掩模的右视差像素的至少三种像素的像素排列,该图像处理办法包括:使用第一图像的左视差像素的像素值在各像素生成临时左视点图像的步骤;使用第一图像的右视差像素的像素值在各像素生成临时右视点图像的步骤;使用第一图像的无视差像素的像素值在各像素生成基准视点图像的步骤;对基准视点图像进行噪音去除处理并生成噪音去除后的基准视点图像的步骤;基于噪音去除后的基准视点图像、临时左视点图像和临时右视点图像,在各像素分别生成左方向视点相关的图像和右方向视点相关的图像的步骤。

[0010] 本发明第三形态中的图像处理装置包括:视差图像数据取得部,取得相对于基准方向向第一方向错开的视点所对应的第一视差图像数据和相对于基准方向向与第一方向相反的第二方向错开的视点所对应的第二视差图像数据;基准图像数据取得部,取得对应于基准方向且分辨率高于第一视差图像数据及第二视差图像数据的空间频率分辨率的基准图像数据;滤波处理部,对基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少之一的滤波处理;以及视差图像数据生成部,使用实施了滤波处理的基准图像数据、第一视差图像数据及第二视差图像数据生成向第一方向错开的视点所对应的第三视差图像数据、向第二方向错开的视点所对应的第四视差图像数据。

[0011] 本发明第四形态中的摄像装置包括:摄像元件,输出第一视差图像数据及第二视差图像数据的至少之一;以及上述图像处理装置。

[0012] 本发明第五形态中的图像处理程序使计算机执行:视差图像数据取得步骤,取得相对于基准方向向第一方向错开的视点所对应的第一视差图像数据和相对于基准方向向与第一方向相反的第二方向错开的视点所对应的第二视差图像数据;基准图像数据取得步骤,取得对应于基准方向且分辨率高于第一视差图像数据及第二视差图像数据的空间频率分辨率的基准图像数据;滤波处理部,对基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少之一的滤波处理;以及视差图像数据生成步骤,使用实施了滤波处理的基准图像数据、第一视差图像数据及第二视差图像数据生成向第一方向错开的的视点所对应的第三视差图像数据、向第二方向错开的视点所对应的第四视差图像数据。

[0013] 另外,上述发明内容并未列举出本发明的全部可能特征,所述特征组的子组合也有可能构成发明。

## 附图说明

[0014] 图 1 是说明数码相机 10 的结构的图。

[0015] 图 2 是说明摄像元件 100 的截面结构的图。

[0016] 图 3 是说明无视差像素中的散焦的示意图。

[0017] 图 4 是说明视差像素中的散焦的示意图。

[0018] 图 5 是表示无视差像素与视差像素的光强度分布图。

[0019] 图 6 是说明当有两种视差像素时开口部 104 的开口形状的图。

[0020] 图 7 是表示拜耳型 G 视差像素排列及该排列的频率空间中的分辨率的图。

[0021] 图 8 是说明视差图像的莫尔条纹的图。

[0022] 图 9 是表示像素排列图及该排列的频率空间中的分辨率的图。

[0023] 图 10 是表示像素排列图及该排列的频率空间中的分辨率的图。

- [0024] 图 11 是表示当有两种视差像素时重复图案 110 的变形的一例的图。
- [0025] 图 12 是用于说明计算增益值的图。
- [0026] 图 13 是用于说明增益校正的图。
- [0027] 图 14 是用于说明生成临时视差图像的图。
- [0028] 图 15 是用于说明计算增益值的图。
- [0029] 图 16 是用于说明本地增益校正的图。
- [0030] 图 17 是说明 G 分量的插值的图。
- [0031] 图 18 是说明色彩视差层数据的生成处理的图。
- [0032] 图 19 是表示像素值的插值的一例的图。

### 具体实施方式

[0033] 以下通过发明实施方式对本发明进行说明,但以下实施方式并非对权利要求书所涉及的发明进行限定。并且,实施方式中说明的特征组合也并非全部为本发明的必要特征。

[0034] 作为图像处理装置及摄像装置的一形态的本实施方式所述数码相机被构成为针对一个场景进行一次拍摄便能生成左视点及右视点的图像。将彼此视点各异的各个图像称为视差图像。

[0035] 图 1 为说明数码相机 10 的结构图。数码相机 10 具有作为拍摄光学系统的拍摄透镜 20,将沿光轴 21 入射的被拍体光束引导至摄像元件 100。拍摄透镜 20 也可以是相对于数码相机 10 可装卸的可换式透镜。数码相机 10 具备:摄像元件 100、控制部 201、A/D 转换电路 202、存储器 203、驱动部 204、图像处理部 205、存储卡 IF207、操作部 208、显示部 209、LCD 驱动电路 210 及 AF 传感器 211。

[0036] 另外,如图所示,将与朝向摄像元件 100 的光轴 21 相平行的方向定为 +Z 轴方向,将在与 Z 轴相正交的平面中朝向纸背面的方向定为 +X 轴方向、将纸面上方向定为 +Y 轴。与拍摄中的构图的关系成为:X 轴是水平方向、Y 轴是垂直方向。在此后的几个图中以图 1 的座标轴为基准来表示座标轴,使得各个图朝向易于理解。

[0037] 拍摄透镜 20 由多个光学透镜群构成,使来自于场景的被拍体光束在其焦点面附近成像。另外,在图 1 中为了便于说明拍摄透镜 20,以配置在光瞳附近的一片假想透镜为代表进行表示。摄像元件 100 配置于拍摄透镜 20 的焦点面附近。摄像元件 100 是二维排列有多个光电转换元件的例如 CCD、CMOS 传感器等图形传感器。摄像元件 100 由驱动部 204 进行定时控制,将在受光面上成像的被拍体像转换成图像信号并输出给 A/D 转换电路 202。

[0038] A/D 转换电路 202 将摄像元件 100 输出的图像信号转换成数字图像信号输出给存储器 203。图像处理部 205 将存储器 203 作为工作空间实施各种图像处理,生成图像数据。具体地,图像处理部 205 具有:插值处理部 231、基准图像数据生成部 232、滤波处理部 233、及视差图像数据生成部 234。

[0039] 插值处理部 231 基于摄像元件 100 的输出生成左视点的左视差图像数据及右视点的右视差图像数据。由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据是被用于进行基准图像数据生成部 232 及视差图像数据生成部 234 的処理的数据。由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据本身并不作为最终的左视差图像数据及右视差图像数据进行输出,该左视差图像数据及该右视差图像数据可以认为是用于生成最终的

视差图像数据的临时视差图像数据。由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据的空间频率分辨率低于由视差图像数据生成部 234 生成的左视差图像数据及右视差图像数据的空间频率分辨率。

[0040] 基准图像数据生成部 232 采用由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据的像素值生成基准图像数据。基准图像数据的详细内容如所述。基准图像数据的空间频率分辨率高于由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据的空间频率分辨率。

[0041] 滤波处理部 233 对由基准图像数据生成部 232 生成的基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少之一的滤波处理。在以下说明中,作为边缘调整,主要举了边缘增强为例进行说明。

[0042] 视差图像数据生成部 234 使用由插值处理部 231 生成的左视差图像数据及右视差图像数据以及由滤波处理部 233 实施了滤波处理的基准图像数据来生成比由视差图像数据生成部 234 生成的左视差图像数据及右视差图像数据理更高分辨的左视差图像数据及更高分辨的右视差图像数据。

[0043] 图像处理部 205 承担依照另外所选的图像格式调整图像数据等图像处理的一般功能。所生成的图像数据由 LCD 驱动电路 210 转换成显示信号显示在显示部 209 中。并保存在存储卡 IF207 上装设的存储卡 220 中。

[0044] AF 传感器 211 是相对于被拍体空间设定了多个测距点的相位差传感器,在各个测距点上检测被拍体像的散焦量。一连串的拍摄序列是从操作部 208 接收到用户操作并将操作信号输出给控制部 201 而开始的。拍摄序列所附带的 AF(自动调焦,Auto Focus)、AE(自动曝光,Auto Expose)等各种动作由控制部 201 控制执行。例如,控制部 201 解析 AF 传感器 211 的检测信号,使构成拍摄透镜 20 的一部分的聚焦透镜移动以执行对焦控制。

[0045] 以下针对摄像元件 100 结构进行详细说明。图 2 为表示摄像元件 100 的截面示意图。

[0046] 摄像元件 100 从被拍体侧开始依次顺排列有:微型透镜 101、彩色滤光片 102、开口掩模 103、布线层 105 及光电转换元件 108。光电转换元件 108 由将入射的光转换为电信号的光电二极管构成。光电转换元件 108 在基板 109 的表面上二维排列有多个。

[0047] 由光电转换元件 108 转换的图像信号、控制光电转换元件 108 的控制信号等通过在布线层 105 上设置的布线 106 进行收发。另外,相对于各光电转换元件 108 一对一地对应设置且具有二维重复排列的开口部 104 的开口掩模 103,与布线层相接触设置。开口部 104 如后所述与相应的光电转换元件 108 逐个偏移,相对位置被进行严格设定。详细内容如后所述,通过具有该开口部 104 的开口掩模 103 的作用,在由光电转换元件 108 受光的被拍体光束上产生视差。

[0048] 另一方面,在不产生视差的光电转换元件 108 上不存在开口掩模 103。换言之,并不限制相对于相应光电转换元件 108 入射的被拍体光束,即也可以认为设置有具有使全部入射光束通过的开口部 104 的开口掩模 103。虽然不产生视差,但实际上由于通过布线 106 所形成的开口 107 规定了入射的被拍体光束,因此也可以将布线 106 看作是使不产生视差的全部入射光束通过的开口掩模。开口掩模 103 既可以对应于各光电转换元件 108 分别独立排列,也可以与彩色滤光片 102 的制造工艺相同地相对于多个光电转换元件 108 一起形



成。

[0049] 彩色滤光片 102 设置于开口掩模 103 上。彩色滤光片 102 是使特定波段透过各光电转换元件 108 而被上色的、与光电转换元件 108 的每一个一对一对应设置的滤光片。为了输出彩色图像,只要排列彼此互异的至少两种彩色滤光片即可,但为了得到更高画质的彩色图像,最好排列三种以上的彩色滤光片。例如可以以网格状排列使红色波段透过的红色滤光片(R 滤光片)、使绿色波段透过的绿色滤光片(G 滤光片)、以及使蓝色波段透过的蓝色滤光片(B 滤光片)。彩色滤光片不仅可以为原色 RGB 的组合,也可以为 YCM 的补色滤光片组合。

[0050] 微型透镜 101 设置于彩色滤光片 102 上。微型透镜 101 是用于将入射的被拍体光束更多地引导至光电转换元件 108 的聚光透镜。微型透镜 101 与光电转换元件 108 的每一个一对一对应设置。微型透镜 101 最好考虑拍摄透镜 20 的光瞳中心与光电转换元件 108 的相对位置关系来使其光轴偏移,以使得更多的被拍体光束被引导至光电转换元件 108。进一步地,可以与开口掩模 103 的开口部 104 的位置一并调整配置位置,使得后述的特定被拍体光束更多地入射。

[0051] 如此一来,将与各个光电转换元件 108 一一对应设置的开口掩模 103、彩色滤光片 102 及微型透镜 101 的一个单位称为像素。具体地,将设置有产生视差的开口掩模 103 的像素称为视差像素,将未设置有产生视差的开口掩模 103 的像素称为无视差像素。例如,当摄像元件 100 的有效像素区域为  $24\text{mm} \times 16\text{mm}$  左右时,像素数量达到 1200 万左右。

[0052] 另外,在聚光效率、光电转换效率良好的图形传感器的情形中,也可以不设置微型透镜 101。另外,在背面照射型图形传感器的情形中,布线层 105 设置于与光电转换元件 108 相反的一侧。而且,只要使开口掩模 103 的开口部 104 上具有色彩分量,也可以使彩色滤光片 102 与开口掩模 103 一体形成。另外,如果只输出黑白图像信号即可,则不设置彩色滤光片 102。

[0053] 另外,在本实施方式中,开口掩模 103 与布线 106 分体设置,但由布线 106 承担视差像素中的开口掩模 103 的功能也是可以的。即,由布线 106 形成所规定的开口形状,由该开口形状限制入射光束从而仅将特定部分光束引导至光电转换元件 108。此时,形成开口形状的布线 106 最好在布线层 105 中最靠近光电转换元件 108 侧。

[0054] 另外,开口掩模 103 也可以由重叠设置于光电转换元件 108 上的防透射膜形成。此时,开口掩模 103 例如将 SiN 膜和 SiO<sub>2</sub> 膜依次层叠作为防透射膜,将相当于开口部 104 的区域通过蚀刻去除而形成。

[0055] 以下示意性说明视差 Lt 像素及视差 Rt 像素受光时的散焦。首先是针对无视差像素中的散焦进行简单示意性说明的图。图 3 为说明无视差像素中的散焦的示意图。如图 3(a) 所示,当作为被拍体的物点位于焦点位置时,通过透镜光瞳到达摄像元件受光面的被拍体光束表现出以对应像点的像素为中心的陡峭的光强度分布。即,若接收到通过透镜光瞳的全部有效光束的无视差像素排列在像点附近,则与像点对应的像素的输出值最大,排列于周边的像素的输出值急剧下降。

[0056] 另一方面,如图 3(b) 所示,如果物点从焦点位置偏移,则与物点位于焦点位置的情形相比,被拍体光束在摄像元件受光面上表现出平缓的光强度分布。即,表现出对应像点的像素中的输出值下降、而且直到周边像素具有输出值的分布。

[0057] 而且,如图 3(c) 所示,如果物点从焦点位置进一步偏移,则被拍体光束在摄像元件受光面表现出更加平缓的光强度分布。即,表现出对应像点的像素中的输出值进一步下降、且直到更靠周边像素都具有输出值的分布。

[0058] 图 4 为说明视差像素中的散焦的示意图。视差 Lt 像素及视差 Rt 像素接收到从作为透镜光瞳的部分区域分别设定于光轴对象上的两个视差假想光瞳的任一到达的被拍体光束。在本说明书中,通过接收从单个透镜光瞳中的互不相同假想光瞳到达的被拍体光束而对视差图像进行摄像的方式被称为单眼光瞳分割摄像方式。

[0059] 如图 4(a) 所示,当作为被拍体的物点位于焦点位置时,通过任一视差假想光瞳的被拍体光束均表现出以对应像点的像素为中心的陡峭的光强度分布。在像点附近排列有视差 Lt 像素时,与像点对应的像素的输出值最大,排列在周边的像素的输出值急剧下降。另外,即使在像点附近排列有视差 Rt 像素,与像点对应的像素的输出值也最大,排列于周边的像素的输出值急剧下降。即,被拍体光束通过任一视差假想光瞳时均表现出像点对应像素的输出值最大,排列于周边的像素输出值急剧下降的分布,各个分布互相一致。

[0060] 另一方面,如图 4(b) 所示,当物点从焦点位置偏移时,与物点位于焦点位置的情形相比,视差 Lt 像素所表现出的光强度分布的峰值出现在从像点对应像素朝一方向离开的位置,且该输出值下降。而且,具有输出值的像素宽度也展宽。视差 Rt 像素所表现出的光强度分布的峰值出现在从像点对应像素朝着与视差 Lt 像素的一方向的相反方向且等距离地离开的位置,同样地,该输出值下降。而且,同样地,具有输出值的像素宽度也展宽。即,与物点位于焦点位置的情形相比变得平缓的同一光强度分布互相离开等距离地出现。而且,如图 4(c) 所示,如果物点从焦点位置进一步偏移,与图 4(b) 的状态相比,进一步变得平缓的同一光强度分布出现在更加远离的位置。也就是说,可以认为物点从焦点位置偏移的程度越大,模糊量和视差量就越增加。

[0061] 将图 3 所说明的光强度分布的变化与图 4 所说明的光强度分布的变化分别进行图形化后如图 5 所示。在图中,横轴表示像素位置,中心位置为像点对应像素的位置。纵轴表示各像素的输出值,该输出值实际上与光强度成正比,因此在图中作为光强度表示。

[0062] 图 5(a) 为表示图 3 所说明的光强度分布的变化图。分布曲线 1801 表示图 3(a) 所对应的光强度分布,表现出最陡峭的样子。分布曲线 1802 表现出与图 3(b) 对应的强度分布,而且,分布曲线 1803 表现出与图 3(c) 对应的光强度分布。与分布曲线 1801 相比,可以看到峰值缓慢下降并具有展宽的样子。

[0063] 图 5(b) 为表示图 4 所说明的光强度分布的变化图。分布曲线 1804 与分布曲线 1805 分别表示图 4(b) 的视差 Lt 像素的光强度分布及视差 Rt 像素的光强度分布。从图中可以看出,这些分布相对于中心位置呈线对称形状。而且,将他们相加的合成分布曲线 1806 表现出处于与图 4(b) 同等散焦状态的图 3(b) 所示分布曲线 1802 相似的形状。

[0064] 分布曲线 1807 和分布曲线 1808 分别表示图 4(c) 的视差 Lt 像素的光强度分布和视差 Rt 像素的光强度分布。从图中可以看出,这些分布相对于中心位置呈线对称形状。而且,将他们相加后的合成分布曲线 1809 表现出处于与图 4(c) 同等散焦状态的图 3(c) 所示分布曲线 1803 相似的形状。

[0065] 图 6 为说明当视差像素有两种时开口部 104 的开口形状的图。图 6(a) 表示视差 Lt 像素的开口部 104l 的形状和视差 Rt 像素的开口部 104r 的形状,与用中心线 322 分割无

视差像素的开口部 104n 的形状而得的各个形状相同的例子。也就是说,在图 6(a) 中,无视差像素的开口部 104n 的面积成为视差 Lt 像素的开口部 104l 的面积与视差 Rt 像素的开口部 104r 的面积之和。在本实施方式中,将无视差像素的开口部 104n 称为全开口的开口部,将开口部 104l 及开口部 104r 称为半开口的开口部。另外,当开口部位于光电转换元件的中央时,该开口部朝向基准方向。视差 Lt 像素的开口部 104l 及视差 Rt 像素的开口部 104r 相对于通过各自对应的光电转换元件 108 的中心(像素中心)的假想的中心线 322 彼此朝相反方向移位。因此,视差 Lt 像素的开口部 104l 及视差 Rt 像素的开口部 104r 分别在相对于基准方向的一方向以及与该一方向相反的另一方向上产生视差。

[0066] 图 6(b) 表示在具有图 6(a) 所示各开口部的像素中,物点从焦点位置偏移时的光强度分布。在图中,曲线 Lt 与图 5(b) 的分布曲线 1804 相当,曲线 Rt 与图 5(b) 的分布曲线 1805 相当。曲线 N 与无视差像素相对应,表现出与图 5(b) 的合成分布曲线 1806 相似的形状。另外,各个开口部 104n、开口部 104l、开口部 104r 具有孔径光阑的功能。因此,具有面积为开口部 104l(开口部 104r) 倍数的开口部 104n 的无视差像素的模糊宽度与以图 5(b) 的合成分布曲线 1806 所表示的将 Lt 像素与视差 Rt 像素相加后的曲线的模糊宽度的程度相同。

[0067] 图 6(c) 表示视差 Lt 像素的开口部 104l 的形状、视差 Rt 像素的开口部 104r 的形状、及视差 C 像素的开口部 104c 的形状均为相同形状的例子。此处,视差 C 像素称为无偏心像素。视差 C 像素在仅将光瞳的中心部分作为部分区域的被拍体光束引导至光电转换元件 108 这一点上,是严格地输出视差图像的视差像素。然而,此处,将具有基准方向所对应的开口部的像素定义为无视差像素。因此,作为基准方向,与图 6(a) 的无视差像素相同,在光电转换元件的中央具有开口部的图 6(c) 的视差 C 像素为无视差像素。另外,开口部 104l、开口部 104r、开口部 104c 为图 6(a) 所示开口部 104n 的一半的面积。与图 6(a) 的情形相同,开口部 104l 及 104r 的每一个均与通过光电转换元件 108 的中心(像素中心)的假想中心线 322 相接触。

[0068] 图 6(d) 表示在具有图 6(c) 所示各开口部的像素中,物点从焦点位置偏移时的光强度分布。在图中,曲线 Lt 相当于图 5(b) 的分布曲线 1804,曲线 Rt 相当于图 5(b) 的分布曲线 1805。另外,各个开口部 104c、开口部 104l、开口部 104r 具有孔径光阑的功能。因此,具有与开口部 104l、开口部 104r 相同形状且相同面积的开口部 104c 的视差 C 像素的模糊宽度与视差 Lt 像素及视差 Rt 像素的模糊宽度的程度相同。如上所述,通过单眼光瞳分割摄像方式,与通常的双眼式立体摄像相比,其特征在于,在模糊中包含视差,在对焦位置得到与 2D 摄像相同的光学像。

[0069] 在专利文献 1 中公开了由彩色滤光片与仅排列有左右视差像素的像素排列的组合构成的色彩视差排列。并不限于专利文献 1 所示色彩视差排列,例如,也可以使用除左右视差像素以外,排列有无视差像素的色彩视差排列。这些色彩视差排列所实现的摄像均可以被称为采用单眼光瞳分割摄像方式的立体摄像。

[0070] 作为立体图像的生成方法可以考虑,由图像处理部 205 仅收集左视差像素的采样点(网格点)并通过对空网格点进行插值来生成左视差图像,仅收集右视差像素的采样点并对空网格点进行插值从而生成右视差图像。然而,在对左右视差图像独立进行插值处理的方法中,必然存在无法得到超过各个视差像素的采样分辨率极限的分辨率的问题。

[0071] 另一方面,在使全开口的无视差像素共存的排列的情形中,通过生成无视差的 2D 图像作为中间图像(以下记为“2D 中间图像”),由此该 2D 中间图像能够在一定条件下在与进行全像素采样时的分辨率极限相等的奈奎斯特频率还具备分辨能力。即,如上所述,作为单眼光瞳分割摄像方式的固有特性,对焦位置处的被拍体像的点像分布函数成为无视差像素、左视差像素及右视差像素均相同的点像分布函数。因此,能够在对焦位置附近捕捉到与 2D 专用传感器相同的被拍体像,并将其分辨率导出到最大限度。

[0072] 采用这样得到的 2D 中间图像,相对于对左右视差像素独立进行临时插值的低分辨率的左视差图像和低分辨率的右视差图像,当通过后述的视差调制而重叠 2D 中间图像的高频分量时,能够得到超过各视差像素的采样极限的高分辨率的左视差图像和高分辨率的右视差图像。

[0073] 此处需要注意的是如下问题,在通过视差调制所得到的高分辨率的左视差图像和高分辨率的右视差图像中,尽管当成为偏离对焦位置的非对焦区域的被拍体像时反映出 2D 中间图像的高频分辨率,但在原本的分辨率低的左视差图像和分辨率低的右视差图像中存在的分辨率极限以上的高频分量成为低频莫尔条纹而显示出来。另一方面,在 2D 中间图像中,即使在非对焦区域也未出现这样的莫尔条纹分量。即,在 2D 中间图像能够实现稳定的高分辨率。

[0074] 因此,基于这样的事实,如果要在 3D 图像进行边缘增强处理,能够得到如下结论。首先,并不对左视差图像和右视差图像单独地进行边缘增强处理,而是在一旦生成高分辨率的 2D 中间图像之后,对该 2D 图像进行边缘增强处理。此后,通过施加视差调制,生成完成了边缘增强处理的 3D 图像。经过了如此的图像处理工序后,能够得到高清晰且自然的边缘增强立体图像,而不会增强超过视差像素的采样极限的混叠·莫尔条纹。

[0075] 图 7 为表示拜耳型 G 视差像素排列及其排列的频率空间中的分辨率的图。在图 7 所示排列中,左视差像素(Lt)、右视差像素(Rt)及无视差像素(N)混在一起。彩色滤光片排列形成拜耳排列结构,在一方的 G 像素上设置有左开口的视差像素作为开口掩模,在另一方的 G 像素上设有右开口的视差像素作为开口掩模。进一步地,在 R 像素和 B 像素上设有全开口的无视差像素。这与在后述实施方式 1 中说明的排列相对应。另外,在图 7 中合并显示了各色彩分量及表示各个视差相对应的采样分辨率极限的频率空间图(k 空间图)。然而,在频率分辨率  $f$  [条/mm] 与波数  $k$  之间存在  $k = 2\pi f$  的关系。

[0076] 对焦位置处的单色被拍体(例如,圆形区域板),当上述 2D 中间图像生成时,得到高达最外侧的奈奎斯特频率极限的分辨率。另一方面,在非对焦区域中,在内侧的正方区域中频率分辨率基本不受限制。

[0077] 图 8 为说明视差图像的莫尔条纹的图。图 8(a) 表示无视差图像,图 8(b) 表示左视差图像,图 8(c) 表示右视差图像。图 8(b)、(c) 所示图像经过除了后述实施方式 1 所示边缘增强处理部分的过程后生成。关于从前述对焦位置稍微错开的被拍体像,在经由 2D 中间图像而得到 3D 图像的情形中,如图 8(b)、(c) 所示,伴随着视差像素的采样极限而产生的莫尔条纹分量出现在左右视差图像中。因此,在对左视差图像和右视差图像单独地进行边缘增强时,也会增加伪分辨率的莫尔条纹分量,从而有损画质。如果对 2D 中间图像进行边缘增强,则不会增强莫尔条纹分量,从而能够实现高清晰的 3D 边缘增强处理。

[0078] 作为左视差像素(Lt)、右视差像素(Rt)和无视差像素(N)混在一起的彩色视差排

列,也可以使用其他排列。例如可以使用:使后述实施方式 2 所说明的视差像素的密度变得稀疏后的排列、使后述实施方式 3 所说明的视差像素的密度变得稀疏且为单色的排列。

[0079] 在以下所示实施方式中,如上所述,首先生成高分辨率的 2D 中间图像,将所生成的 2D 中间图像重叠于 3D 图像上得到 2D、3D 均为高分辨率的输出图像。互相参照视差像素与无视差像素的色彩信息,想方设法地利用其相关关系。

[0080] 以下说明噪音去除。噪音去除滤波器随着图像的分辨率越高,越能够精确地判断是否需要保留边缘结构的区域。据此,在应当保留边缘结构的区域中,排除图像结构相关的信息变得困难。因此,与边缘增强的情形相同,最好对高分辨率的 2D 中间图像实施噪音去除处理。作为滤波器可以采用公知边缘保留平滑滤波器(edge-preserving smoothing filter)。

[0081] 另外,在噪音去除的情形中,与边缘增强的情形不同,临时插值的低分辨率的左视差图像与右视差图像中也同样出现噪音的波动分量。最好在视差调制之前的低分辨率的左视差图像与右视差图像的阶段中消除噪音的波动分量,以便在视差调制阶段不使噪音传播。

[0082] 不过,如果考虑后述实施方式 2 及实施方式 3 的稀疏的视差像素排列结构,无视差像素的数量最多,稀疏的视差像素仅存在于离散的位置。因此,通过对他们之间的点进行平均插值而算出的插值的值中具有不可能包含最初的高频噪音分量的特质。因此,在稀疏的视差像素排列的情形中,如果是 IS0800 ~ IS06400 程度的常用高敏感度区域程度,则只对中间 2D 图像进行噪音去除处理即可。具体将在后述实施方式 4 进行说明。在超高敏感度的 IS012800 ~ IS0409600 的区域中,即使是稀疏的视差像素,其波动分量也很明显。因此有必要去除波动分量。

[0083] 然而,也可以不对实际分辨率的全部像素进行去除波动分量的处理。在一个像素中仅包含一个由摄像元件采样的左视差像素或右视差像素的程度被进行下采样而成的缩小图像中提取出噪音分量,对其进行变倍放大处理恢复实际分辨率,进行减法处理即可。例如,可以使用与本申请同一发明人的特开 2006-309749 号公报中所示多分辨率噪音去除技术。具体地,通过多分辨率转换从高分辨率依次缩小到低分辨率,以这些各个分辨率提取出噪音分量,将他们进行连续积分恢复实际分辨率的噪音分量,进行该处理可以省略高分辨率侧的多个阶段。因此能够全部省略针对被临时插值的视差图像做出的噪音去除处理的运算规模最大的高分辨率侧的处理。因此,能够极为简单地运算,即当采用软件时能够进行高速运算,当采用硬件时能够减小电路规模。

[0084] <实施方式 1>

[0085] --- 拜耳型 G 视差像素排列、边缘增强 ---

[0086] 图像处理的顺序大致如下。

[0087] 1) 色彩视差复用马赛克图像数据输入

[0088] 2) 色彩视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0089] 3) 生成临时视差图像

[0090] 4) 由左右局部照度分布校正而生成无视差色马赛克图像(本地增益平衡校正)

[0091] 5) 生成无视差基准图像

[0092] 6) 对无视差基准图像进行边缘增强处理

[0093] 7) 生成实际的视差图像

[0094] 8) 向输出色彩空间转换

[0095] 以下依次说明。

[0096] 1) 输入色彩视差复用马赛克图像数据

[0097] 图 7 中对色彩和视差进行了复用的单板式马赛克图像 : $M(x, y)$

[0098] 灰度为通过 A/D 转换而输出的线性灰度。即, 具有与光量成正比的像素值。将其称为 RAW 数据。

[0099] 2) 色彩视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0100] 进入左视差像素的照度与进入右视差像素的照度随着光圈越是缩小, 不光是左右间的相对分布不同, 作为图像全体的平均信号电平也会产生很大的差从而成为实际的问题, 在此阶段进行使全体亮度取得整合的增益校正。为此, 原封不动地使用被拍摄的被拍体像, 算出左视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{L}_t$  与右视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{R}_t$ 。这是基于这样的假设, 例如即使认为有视差, 由于在左右视差像素捕捉到相同区域的被拍体像, 因此即使未对同一面进行拍摄也能够从被拍体像本身取得电平匹配所需的信号信息。作为左右间的基准点, 进行增益校正, 以使信号电平与平均值相匹配。此时, 关于基准点的取得方法可以考虑算术平均和几何平均这两种。

[0101] 出于方便起见, 在马赛克图像  $M(x, y)$  内, 将 G 分量的左视差图像的信号面表示为  $L_{t\_mosaic}(x, y)$ , 将 G 分量的右视差图像的信号面表示为  $R_{t\_mosaic}(x, y)$ 。

[0102] a) 算术平均的情形

[0103] 平均值

$$[0104] \quad \bar{m} = \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2}$$

[0105] 对左视差像素的增益值

$$[0106] \quad \bar{g}_{L_t} = \frac{\bar{m}}{\bar{L}_t} = \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{L}_t}$$

[0107] 对右视差像素的增益值

$$[0108] \quad \bar{g}_{R_t} = \frac{\bar{m}}{\bar{R}_t} = \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{R}_t}$$

[0109] 对左视差像素的全局增益校正

$$[0110] \quad L'_{t\_mosaic}(x, y) = L_{t\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{L_t} = L_{t\_mosaic}(x, y) \cdot \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{L}_t}$$

[0111] 对右视差像素的全局增益校正

$$[0112] \quad R'_{t\_mosaic}(x, y) = R_{t\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{R_t} = R_{t\_mosaic}(x, y) \cdot \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{R}_t}$$

[0113] b) 几何平均的情形

[0114] 平均值

$$[0115] \quad \bar{m} = \sqrt{\bar{L}_t \cdot \bar{R}_t}$$

[0116] 对左视差像素的增益值

$$[0117] \quad \bar{g}_{Lt} = \frac{\bar{m}}{\bar{L}_t} = \frac{\sqrt{\bar{L}_t \cdot \bar{R}_t}}{\bar{L}_t} = \sqrt{\frac{\bar{R}_t}{\bar{L}_t}}$$

[0118] 对右视差像素的增益值

$$[0119] \quad \bar{g}_{Rt} = \frac{\bar{m}}{\bar{R}_t} = \frac{\sqrt{\bar{L}_t \cdot \bar{R}_t}}{\bar{R}_t} = \sqrt{\frac{\bar{L}_t}{\bar{R}_t}}$$

[0120] 对左视差像素的全局增益校正

$$[0121] \quad Lt'_{mosaic}(x, y) = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Lt} = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_t}{\bar{L}_t}}$$

[0122] 对右视差像素的全局增益校正

$$[0123] \quad Rt'_{mosaic}(x, y) = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Rt} = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{L}_t}{\bar{R}_t}}$$

[0124] 在本实施方式中采用算术平均。这样一来输出通过一个增益系数对左视差像素进行校正并通过一个增益系数对右视差像素进行校正后的马赛克图像作为  $M'(x, y)$ 。另外，本步骤即使仅执行步骤 4 的本地增益校正也能够同时实现，因此可以根据情况省略。

[0125] 3) 生成临时视差图像

[0126] 生成空间频率分辨率的低分辨率的左视差图像和右视差图像。

[0127] 进行只收集左视差像素的 G 色面内的单纯平均插值。使用相邻的像素值，对应于距离之比进行线性插值。同样地，进行只收集右视差像素的 G 色面内的单纯平均插值。即，从  $Lt_{mosaic}(x, y)$  生成  $Lt(x, y)$ ，从  $Rt_{mosaic}(x, y)$  生成  $Rt(x, y)$ 。

[0128] 临时左视差图像： $Lt(x, y)$

[0129] 临时右视差图像： $Rt(x, y)$

[0130] 另外，在制作临时左视差图像  $Lt(x, y)$  和临时右视差图像  $Rt(x, y)$  时，也可以导入信号面内的方向判定以便高清晰地进行。

[0131] 4) 由左右照度分布校正生成无视差色马赛克图像

[0132] (本地增益平衡校正)

[0133] 然后，采用与在步骤 1 进行的全局增益校正相同的思路进行像素单位的本地增益校正，从而将画面内的左视差像素与画面内的右视差像素的照度相结合。这样一来完成了得到增益整合的新的拜耳面。这与置换平均值相等价，完成了消除了视差的拜耳面。将其写为  $MN(x, y)$ 。

[0134] 此时，在作为各像素的基准点而统一的目标值的设定方法中，存在选择算术平均方法和选择几何平均方法这两种。

[0135] a) 算术平均的情形

[0136] 各像素的平均值

$$[0137] \quad m(x, y) = \frac{Lt(x, y) + Rt(x, y)}{2}$$

[0138] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0139] \quad g_{Lt}(x,y) = \frac{m(x,y)}{Lt(x,y)} = \frac{Lt(x,y) + Rt(x,y)}{2Lt(x,y)}$$

[0140] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0141] \quad g_{Rt}(x,y) = \frac{m(x,y)}{Rt(x,y)} = \frac{Lt(x,y) + Rt(x,y)}{2Rt(x,y)}$$

[0142] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0143] \quad Lt(x,y) \cdot g_{Lt}(x,y) = m(x,y)$$

[0144] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0145] \quad Rt(x,y) \cdot g_{Rt}(x,y) = m(x,y)$$

[0146] 几何平均的情形

[0147] 各像素的平均值

$$[0148] \quad m(x,y) = \sqrt{Lt(x,y) \cdot Rt(x,y)}$$

[0149] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0150] \quad g_{Lt}(x,y) = \frac{m(x,y)}{Lt(x,y)} = \sqrt{\frac{Rt(x,y)}{Lt(x,y)}}$$

[0151] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0152] \quad g_{Rt}(x,y) = \frac{m(x,y)}{Rt(x,y)} = \sqrt{\frac{Lt(x,y)}{Rt(x,y)}}$$

[0153] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0154] \quad Lt(x,y) \cdot g_{Lt}(x,y) = m(x,y)$$

[0155] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0156] \quad Rt(x,y) \cdot g_{Rt}(x,y) = m(x,y)$$

[0157] 对各像素实施本地增益校正的处理实际只要代入最初求得各像素的平均值即可。这就意味着,本地增益校正也就是用于使视差消除的调制处理。在本实施方式中采用算术平均。如此,将左视点图像和右视点图像的平均值作为新的 G 像素位置的无视差像素值对拜耳面数据进行改写,输出无视差拜耳面的图像  $M_N(x,y)$ 。

[0158] 5) 生成无视差基准图像

[0159] 这样一来, G 分量的照度平衡统一,可以使用以往的色彩插值技术,从视差被消除后的拜耳面  $M_N(x,y)$  生成在传感器所具备的像素数相当的奈奎斯特频率还具有分辨率的无视差彩色图像作为中间图像。例如,作为公知的拜耳插值技术的最优例,有与本申请同一发明人的 US 公开 2010/021853 所示的插值算法。在该技术中导入了最优高性能去马赛克技术,综合地适用与本申请同一发明人做出的、提高方向判定的分辨率并对纵横的奈奎斯特频率进行解像的技术 USP6,836,572、提高插补值算出时的斜方向分辨率的技术 USP7,236,628、提高色彩判定法的自适应伪彩对策技术和方向判定分辨率的技术 USP7,565,007、提高色彩渐变判定法的自适应伪彩对策技术 USP7,391,903 和方向判定分辨率的技术。

[0160] 以下未进行全部显示,而是仅取出使用色差插值的部分进行记述,该部分的目的



是提高负责亮度的 G 分量的纵横奈奎斯特分辨率以及斜分辨率的部分与 R, B 分量的分辨率。

[0161] 5-1) 由灰度转换向伽马空间迁移

[0162] 以进行上述高分辨拜耳插值为目的, 进一步进行实现均等噪音空间的灰度转换, 在插值用伽马空间 (图像处理空间) 中进行插补值的预测。这是通过与本申请同一发明人的 USP7, 957, 588 而导入的方法。

[0163] 以输入信号为  $x$ , 以输出信号为  $y$ , 输入信号的灰度与输出信号的灰度均定义在  $[0, 1]$  的范围内。输入输出特性定义为通过  $(x, y) = (0, 0)$  和  $(1, 1)$  的灰度曲线 (伽马曲线)。以实际的输入灰度  $X$  的最大值为  $X_{\max}$ , 以输出灰度  $Y$  的最大值为  $Y_{\max}$ ,  $x = X/X_{\max}$ ,  $y = Y/Y_{\max}$ , 灰度转换为:

$$[0164] \quad Y = Y_{\max} \cdot f\left(\frac{X}{X_{\max}}\right)$$

[0165] 其中,  $y = f(x)$  的灰度特性为:

$$[0166] \quad y = \frac{\sqrt{x + \varepsilon} - \sqrt{\varepsilon}}{\sqrt{1 + \varepsilon} - \sqrt{\varepsilon}}$$

[0167] 越是暗电流噪音分量增加的高敏感度的拍摄条件, 越要将正补偿值  $\varepsilon$  设定为大的值。

[0168] 5-2) 色彩插值处理

[0169] 关于色彩插值处理的部分, 仅对与本申请同一发明人的 USP7, 957, 588 (W02006/006373) 所示的简易处理再一次进行改写。其中,  $(x, y)$  使用标记  $[i, j]$  进行说明。另外, 灰度转换后的  $M_N$  面上的 G 分量用 G 标记, R, B 分量用 Z 标记进行参照。

[0170] 在步骤 S4 中, CPU 如下所述进行插值处理。此处, 将具有 R 分量的色彩信息的像素称为 R 像素, 将具有 B 分量的色彩信息的像素称为 B 像素, 将具有 G 分量的色彩信息的像素称为 G 像素, 将插值处理用空间中的像素位置  $[i, j]$  所示像素对应的 R 分量信号值表示为  $R[i, j]$ , 将 G 分量信号值表示为  $G[i, j]$ , 将 B 分量信号值表示为  $B[i, j]$ 。

[0171] (方向判定)

[0172] 关于像素位置  $[i, j]$  所示的非 G 像素的像素 (R 像素或 B 像素), CPU 通过下式 (3)、(4) 分别算出纵方向的相似度  $CvN[i, j]$  及横方向的相似度  $ChN[i, j]$ 。

[0173] 【式 A】

$$[0174] \quad Cv[i, j] = \{ |G[i, j-1] - G[i, j+1]| + (|G[i, j-1] - Z[i, j]| + |G[i, j+1] - Z[i, j]|) / 2 \} / 2 \dots (3)$$

$$[0175] \quad Ch[i, j] = \{ |G[i-1, j] - G[i+1, j]| + (|G[i-1, j] - Z[i, j]| + |G[i+1, j] - Z[i, j]|) / 2 \} / 2 \dots (4)$$

[0176] 其中,  $Z[i, j]$  为像素位置  $[i, j]$  所示的 R 分量或 B 分量的信号值。第一项为表示两像素间隔的同色之间的相似度的同色间相似度, 第二项为表示相邻像素间隔的异色之间的相似度的异色间相似度。异色间相似度具有分辨纵横奈奎斯特频率的能力。

[0177] 上式 (3)、(4) 中的第一项的绝对值在 G 色彩分量之间进行比较, 检测大致的方向

性。上式 (3)、(4) 的第二项及第三项的绝对值检测不能由第一项检测到的细微的类似性。CPU 依各个座标算出由上式 (3)、(4) 得到的纵方向相似度及横方向相似度, 基于作为对象的座标  $[i, j]$  中的纵横相似度通过下式 (5) 来判定类似性的方向。

[0178] 【式 B】

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{if } |Cv[i, j] - Ch[i, j]| \leq Th \quad HV[i, j] = 0 \\
 \text{elseif } Cv[i, j] < Ch[i, j] \quad HV[i, j] = 1 \\
 \text{else} \quad HV[i, j] = -1
 \end{array} \right\} \dots (5)$$

[0180] 其中,  $Th$  是为了避免信号值中包含的噪音的误判定而使用的判定阈值, 对应于上述 ISO 感光度进行变化。 $HV[i, j]$  表示像素位置  $[i, j]$  所涉及的类似性的方向, 当  $HV[i, j] = 0$  时, 纵横两方向类似, 当  $HV[i, j] = 1$  时, 纵方向类似, 当  $HV[i, j] = -1$  时, 横方向类似。

[0181] (G 插值)

[0182] CPU 基于判定的类似方向, 利用 R 分量或 B 分量的凸凹信息进行 G 分量的插值。即, 仅通过对周边的 G 分量进行内分点插值, 观察位于插值对象位置的其他色彩分量信息与位于附近的与其相同的色彩分量信息, 通过判断图像结构是向上凸还是向下凸而得到是否要对无法预测的外分点进行插值的信息。即, 将通过对其他色彩分量的采样而得到的高频分量信息重叠于插值对象色彩分量。关于 G 色的补色, 相对于 W02006/006373 的例如图 4 所示中央的 R 像素的位置  $[i, j]$ , 如果纵方向为类似则由下式 (6) 及 (9) 算出, 如果横方向为类似则由下式 (7) 及 (10) 算出。相对于 B 像素的位置, 进行 G 色彩插值时的像素位置由 W02006/006373 的图 5 表示。

[0183] 【式 C】

$$[0184] \quad HV[i, j] = 1 \text{ 时, } G[i, j] = Gv[i, j] \quad (6)$$

$$[0185] \quad HV[i, j] = -1 \text{ 时, } G[i, j] = Gh[i, j] \quad (7)$$

$$[0186] \quad HV[i, j] = 0 \text{ 时, } G[i, j] = (Gv[i, j] + Gh[i, j]) / 2 \quad (8)$$

$$[0187] \quad Gv[i, j] = (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2 + (2 \times Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 4 \quad (9)$$

$$[0188] \quad Gh[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 + (2 \times Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 4 \dots (10)$$

[0189] 其中,  $Z[i, j]$  为像素位置  $[i, j]$  所示 R 分量或 B 分量的信号值。对第一项的插值对象的色彩分量的平均值加上第二项的另一色彩分量的二次微分校正项, 从而起到提高斜方向的空间分辨率的作用。

[0190] 上式 (9) 中的第一项表示对像素位置  $[i, j]$  从纵向排列的 G 分量信号值  $G[i, j-1]$  及  $G[i, j+1]$  算出的平均值。上式 (9) 中的第二项表示从纵向排列的 R 分量信号值  $R[i, j]$ 、 $R[i, j-2]$  及  $R[i, j+2]$  算出的变化量。通过在 G 分量信号值的平均值上加上 R 分量信号值的变化量, 从而得到 G 分量的插补值  $G[i, j]$ 。由于这种插值在 G 分量的内分点以外也能够预测, 因为简单地称为外插插值。

[0191] 与上述纵方向的外插插值的情形相同, 上式 (10) 使用横向排列的像素信号值对像素位置  $[i, j]$  沿横方向进行外插插值。当类似方向分为纵横两个方向时, CPU 由上式 (9) 及 (10) 分别算出 G 色彩插补值, 算出的两个 G 色彩插补值取平均作为 G 色彩插补值。

[0192] (R 插值)

[0193] R 色彩插值对 W02006/006373 的例如图 6 所示 R 像素的位置  $[i, j]$  以外的像素位置  $[i+1, j]$ 、 $[i, j+1]$ 、 $[i+1, j+1]$  分别通过下式 (11) ~ (13) 算出。此时, 利用由上述 G 插值得到的全部像素位置所对应的 G 分量信号值 (W02006/006373 的图 7) 的凸凹信息。

[0194] 【式 D】

$$[0195] \quad R[i+1, j] = (R[i, j] + R[i+2, j]) / 2 + (2 \times G[i+1, j] - G[i, j] - G[i+2, j]) / 2 \quad (11)$$

$$[0196] \quad R[i, j+1] = (R[i, j] + R[i, j+2]) / 2 + (2 \times G[i, j+1] - G[i, j] - G[i, j+2]) / 2 \quad (12)$$

[0197]

$$R[i+1, j+1] = (R[i, j] + R[i+2, j] + R[i, j+2] + R[i+2, j+2]) / 4 + (2 \times G[i+1, j+1] - G[i, j] - G[i+2, j] - G[i, j+2] - G[i+2, j+2]) / 4 \quad (13)$$

[0198] 上式 (11) ~ (13) 中的第一项表示从作为 R 分量插值对象的座标所相邻的 R 分量信号值算出的平均值, 上式 (11) ~ (13) 中的第二项表示从作为 R 分量插值对象的座标及与该座标相邻的 G 分量信号值算出的变化量。即, 与通过 G 插值进行的外插插值相同, 在 R 分量信号值的平均值上加上 G 分量信号值的变化量, 得到 R 分量的插补值。这与在 R 位置生成色差  $Cr = R - G$  并在该色差面内进行平均插值的方式相等价。

[0199] (B 插值)

[0200] 针对 B 分量插值也与 R 分量相同地进行插值处理。针对 W02006/006373 的例如图 8 所示 B 像素的位置  $[i, j]$  以外的像素位置  $[i+1, j]$ 、 $[i, j+1]$ 、 $[i+1, j+1]$ , 分别通过下式 (14) ~ (16) 算出。此时利用由上述 G 插值得到的全部像素位置所对应的 G 分量信号值 (W02006/006373 的图 9) 的凸凹信息。

[0201] 【式 E】

$$[0202] \quad B[i+1, j] = (B[i, j] + B[i+2, j]) / 2 + (2 \times G[i+1, j] - G[i, j] - G[i+2, j]) / 2 \quad (14)$$

$$[0203] \quad B[i, j+1] = (B[i, j] + B[i, j+2]) / 2 + (2 \times G[i, j+1] - G[i, j] - G[i, j+2]) / 2 \quad (15)$$

$$[0204] \quad B[i+1, j+1] = (B[i, j] + B[i+2, j] + B[i, j+2] + B[i+2, j+2]) / 4 \quad (16)$$

$$[0205] \quad + (2 \times G[i+1, j+1] - G[i, j] - G[i+2, j] - G[i, j+2] - G[i+2, j+2]) / 4$$

[0206] 通过上式 (14) ~ (16), 在 B 分量信号值的平均值上加上 G 分量信号值的变化量得到 B 分量的插补值。这与在 B 位置生成色差  $Cb = B - G$  并在该色差面内进行平均插值的方式相等价。R 分量及 B 分量与 G 分量相比采样频率更低, 因此利用色差  $R - G$ 、色差  $B - G$  来反映 G 分量信号值所具有的高频率分量。因此, 将这种相对于色度分量的插值简单地称为色差插值。

[0207] 6) 对无视差基准图像进行的边缘增强处理

[0208] 6-1) 色彩空间转换处理

[0209] 通过步骤 5 的拜耳插值所得到的无视差 RGB 彩色图像通过  $R_N^\Gamma(x, y)$ 、 $G_N^\Gamma(x, y)$ 、 $B_N^\Gamma(x, y)$  表示。这些是由插值伽马空间的灰度表示的 RGB 数据。将这些 RGB 数据转换为由亮度和色差表示的颜色体系的 YCbCr 空间。

$$[0210] \quad Y(x, y) = 0.2990R_N^\Gamma(x, y) + 0.5870G_N^\Gamma(x, y) + 0.1140B_N^\Gamma(x, y)$$

$$[0211] \quad Cb(x, y) = -0.1684R_N^\Gamma(x, y) - 0.3316G_N^\Gamma(x, y) + 0.5000B_N^\Gamma(x, y)$$

$$[0212] \quad Cr(x, y) = 0.5000R_N^\Gamma(x, y) - 0.4187G_N^\Gamma(x, y) - 0.0813B_N^\Gamma(x, y)$$

[0213] 6-2) 边缘增强处理

[0214] 对亮度 Y 面进行边缘增强处理。

[0215]  $Y'(x, y) = Y(x, y) + k * \Delta Y(x, y)$

[0216] 其中,  $\Delta$  表示代表二次微分的拉普拉斯滤波。常量  $k$  为调整边缘增强程度的参数。作为拉普拉斯滤波例如考虑如下的滤波系数,但并不限于此。

[0217]

$$\Delta = \frac{1}{144} \cdot \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline -1 & -3 & -4 & -3 & -1 \\ \hline -3 & -10 & -15 & -10 & -3 \\ \hline -4 & -15 & 144 & -15 & -4 \\ \hline -3 & -10 & -15 & -10 & -3 \\ \hline -1 & -3 & -4 & -3 & -1 \\ \hline \end{array}$$

[0218] 6-3) 逆色彩空间转换处理

[0219] 使用被边缘增强的亮度分量  $Y'(x, y)$  与原封未动的色差分量  $Cb(x, y)$ 、 $Cr(x, y)$ , 从 YCbCr 空间返回 RGB 空间。只要乘以步骤 6-1) 的逆矩阵即可。由于与 JPEG 所采用的定义相同,因此此处省略说明。

[0220] 6-4) 由逆灰度转换迁移到最初的线性灰度空间

[0221] 对被进行了拜耳 (Bayer) 插值和边缘增强处理的 RGB 各色面实施步骤 5-1 的逆灰度转换,恢复线性灰度的 RGB 数据。

[0222] 
$$X = X_{\max} \cdot \left( \frac{Y}{Y_{\max}} \right)$$

[0223] 这样,用  $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$  表示所得到的无视差 RGB 彩色图像。这些为由线性灰度表示的 RGB 数据。

[0224] 7) 生成实际的视差图像

[0225] 使用在步骤 3 生成的低分辨能力的临时左视差图像  $Lt(x, y)$  与在步骤 5 作为中间处理而生成的高分辨能力的无视差彩色图像  $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$ , 生成实际输出的高分辨能力的左视差彩色图像  $R_{Lt}(x, y)$ 、 $G_{Lt}(x, y)$ 、 $B_{Lt}(x, y)$ 。同样地,使用在步骤 3 生成的低分辨能力的临时右视差图像  $Rt(x, y)$  和在步骤 5 作为中间处理生成的高分辨能力的无视差彩色图像  $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$ , 生成实际输出的高分辨能力的右视差彩色图像  $R_{Rt}(x, y)$ 、 $G_{Rt}(x, y)$ 、 $B_{Rt}(x, y)$ 。由于通过重叠临时视差图像所具有的视差分量而实现变位处理,这可以称为视差调制。

[0226] 作为视差调制方式,可以考虑以算术平均为基准点的方法和以几何平均为基准点的方法这两种方法。每一种均能够得到视差调制效果,但在摄像元件的无视差像素的开口掩模为全开口时最好采用以算术平均为基准点的方式,在无视差像素的开口掩模为与有视差像素相同的半开口时最好采用以几何平均为基准点的方式。因此,在本实施方式中采用以算术平均为基准点的方式。

[0227] a) 以算术平均为基准点的视差调制

[0228] 左视差调制

[0229] 
$$R_{Ll}(x, y) = R_N(x, y) \frac{2Lt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

$$[0230] \quad G_{Lt}(x, y) = G_N(x, y) \frac{2Lt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

$$[0231] \quad B_{Lt}(x, y) = B_N(x, y) \frac{2Lt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

[0232] 右视差调制

$$[0233] \quad R_{Rt}(x, y) = R_N(x, y) \frac{2Rt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

$$[0234] \quad G_{Rt}(x, y) = G_N(x, y) \frac{2Rt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

$$[0235] \quad B_{Rt}(x, y) = B_N(x, y) \frac{2Rt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

[0236] b) 以几何平均为基准点的视差调制

[0237] 左视差调制

$$[0238] \quad R_{Lt}(x, y) = R_N(x, y) \frac{Lt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = R_N(x, y) \sqrt{\frac{Lt(x, y)}{Rt(x, y)}}$$

$$[0239] \quad G_{Lt}(x, y) = G_N(x, y) \frac{Lt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = G_N(x, y) \sqrt{\frac{Lt(x, y)}{Rt(x, y)}}$$

$$[0240] \quad B_{Lt}(x, y) = B_N(x, y) \frac{Lt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = B_N(x, y) \sqrt{\frac{Lt(x, y)}{Rt(x, y)}}$$

[0241] 右视差调制

$$[0242] \quad R_{Rt}(x, y) = R_N(x, y) \frac{Rt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = R_N(x, y) \sqrt{\frac{Rt(x, y)}{Lt(x, y)}}$$

$$[0243] \quad G_{Rt}(x, y) = G_N(x, y) \frac{Rt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = G_N(x, y) \sqrt{\frac{Rt(x, y)}{Lt(x, y)}}$$

$$[0244] \quad B_{Rt}(x, y) = B_N(x, y) \frac{Rt(x, y)}{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}} = B_N(x, y) \sqrt{\frac{Rt(x, y)}{Lt(x, y)}}$$

[0245] 如此可以看到,乘以在步骤7中定义的视差调制运算式与在步骤4定义的用于校正左右间照度不均的视差消除运算式(本地增益平衡校正)正好为反比关系的项来施加调制。因此,在步骤7中,在赋予视差的方向上有效,在步骤4中,在视差消除的方向上有效。

[0246] 8) 转换到输出色彩空间

[0247] 将如此得到的高分辨率的无视差中间彩色图像  $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$  和高分辨的左视差彩色图像  $R_{Lt}(x, y)$ 、 $G_{Lt}(x, y)$ 、 $B_{Lt}(x, y)$ 、高分辨的右视差彩色图像  $R_{Rt}(x, y)$ 、 $G_{Rt}(x, y)$ 、 $B_{Rt}(x, y)$  的每一个,从传感器的分光特性相机 RGB 向标准的 sRGB 色彩空间进行色彩矩阵转换和伽马转换,作为输出色彩空间的图像进行输出。通过以上过程得到被进行了边缘增强的高清晰的 2D 图像及 3D 图像。

[0248] <实施方式 1 的补充说明>

[0249] 图 11 为表示当视差像素有两种时重复图案 110 的一例的图。数码相机 10 的座标系以 X 轴、Y 轴、Z 轴来定义,但在摄像元件 100 中,以左端且上端的像素为基准在右方向上定义 x 轴,在下方向上定义 y 轴。在图中所示例子中,与拜耳排列相同,以四个像素为重复图案 110。该重复图案 110 中,摄像元件 100 的有效像素区域沿上下左右方向周期性排列。即,摄像元件 100 以图中粗线表示的重复图案 110 为基本网格。R 像素与 B 像素为无视差像素,将 Gb 像素分配给视差 L 像素,将 Gr 像素分配给视差 R 像素。此时,开口部 104 被设定为使得同一重复图案 110 中包含的视差 Lt 像素和视差 Rt 像素在被拍体位于对焦位置时接收从同一微小区域放射的光束。另外,在该例中,如图 6(a) 所说明的那样,认为无视差像素为全开口的开口部,视差 Lt 像素及视差 Rt 像素为半开口的开口部。另外,像素间距为 a。

[0250] 在图中所示例子中,由于将作为视觉敏感度高的绿像素的 Gb 像素及 Gr 像素用作视差像素,因此可望能够得到对比度高的视差图像。另外,由于将作为同一绿色像素的 Gb 像素及 Gr 像素用作视差像素,因此,从这两个输出到无视差输出的转换运算比较容易,能够与作为无视差像素的 R 像素及 B 像素的输出共同生成高画质的 2D 图像数据。

[0251] 图 7(下段)为表示由采用图 11 所示重复图案 110 的摄像元件拍摄的图像的空间频率相关的分辨率的图。在图 7(下段)中,空间频率相关的分辨率记述为以  $k = 2\pi f$  表示的波数 k 的 k 空间(k-space)。然而,f 表示频率。频率分辨率范围记述为表示逆网格空间的单位胞(维格纳-赛兹原胞)的第一布里渊区。

[0252] 如上所述,以 a 为像素间距,如果没有配置彩色滤光片及开口掩模,则所拍摄的图像具有用虚线包围的奈奎斯特频率  $k_x = [-\pi/a, +\pi/a]$ 、 $k_y = [-\pi/a, +\pi/a]$  的范围的分辨能力。也就是说,用虚线包围的范围成为图像所具有极限频率分辨率。然而,在本实施方式中,彩色滤光片与开口掩模重合配置于一个传感器面上。由于一个传感器面所捕捉到的信息是一定的,因此通过区分功能来减少各自的信息量。例如,通过由开口掩模形成视差像素来相对减少无视差像素数,因此,由无视差像素得到的信息量减少。针对彩色滤光片也一样,只要分为 R, G, B 这三个,就可减少各自的信息量。

[0253] 因此,如果关注特定开口掩模中的特定色彩图像,则该图像的极限频率分辨率未达到本来具有的奈奎斯特频率。具体地,如图所示,例如,左侧视点的 G 分量的图像  $G_{Lt}$  相对于  $k_x$  轴、 $k_y$  轴这两个方向,仅具有成为本来具有的奈奎斯特频率的一半区域的  $k_x = [-\pi/(2a), +\pi/(2a)]$ 、 $k_y = [-\pi/(2a), +\pi/(2a)]$  的范围的分辨能力。关于右侧视点的 G 分量图像  $G_{Rt}$ 、无视差中间视点的 R 分量图像  $R_N$ 、无视差中间视点的 B 分量图像  $B_N$  也一样。

[0254] 因此,这样一来,即使认为生成了左侧视点的 RGB 彩色图像和右侧视点的 RGB 彩色图像,这些图像的分辨能力为  $k_x = [-\pi/(2a), +\pi/(2a)]$ 、 $k_y = [-\pi/(2a), +\pi/(2a)]$  的范围。也就是说,这些图像不具有本来所具有的奈奎斯特频率  $k_x = [-\pi/a, +\pi/a]$ 、 $k_y = [-\pi/a, +\pi/a]$  的范围的分辨能力。

[0255] 在本实施方式中,图像处理部 205 为了补偿通过区分功能而减少的信息量,进行用以提高分辨率的处理。具体地,通过用假想的无视差像素  $G_N$  来替换作为视差像素的  $G_{Lt}$  像素及  $G_{Rt}$  像素,生成仅由无视差像素构成的拜耳排列。这样一来,能够利用现有的拜耳插值技术生成具有本来的奈奎斯特频率  $k_x = [-\pi/a, +\pi/a]$ 、 $k_y = [-\pi/a, +\pi/a]$  的范围的分辨能力的彩色图像作为无视差的中间图像。进一步地,此后,通过将频率空间中仅具有小分

辨能力的左侧视点图像和无视差中间图像进行重叠,最终能够生成具有本来的奈奎斯特频率范围的分辨能力的左侧视点的彩色图像。可以说针对右侧视点的彩色图像也一样。

[0256] 另外,图 11 所示像素排列中的各像素的特征在于,着眼于开口部 104 时的视差像素和无视差像素、以及着眼于彩色滤光片 102 时的 R 像素、G 像素、B 像素进行各种各样的组合。因此,即使使摄像元件 100 的输出与其像素排列相一致地进行罗列,也成不了表示特定像的图像数据。即,对摄像元件 100 的像素输出按照附有相同特征的像素组逐个相分离地进行收集,才会生成表示遵循该特征的一个像的图像数据。例如,如果对视差像素的输出按照开口部种类逐个进行收集,则能够得到互相具有视差的多个视差图像数据。如此,将按照附有相同特征的像素组逐个相分离地进行收集的各个图像数据称为层数据(plane data)。

[0257] 图像处理部 205 的插值处理部 231 按照摄像元件 100 的像素排列的顺序接收作为罗列有其输出值的 RAW 元图像数据的马赛克图像数据  $M_{\text{mosaic}}(x, y)$ 。此处,将各像素中缺少 R、G、B 的至少一个信息的图像称为马赛克图像,将形成马赛克图像的数据称为马赛克图像数据。然而,即使在各像素中缺少 R、G、B 的至少一个信息,原本不作为图像处理时,例如当图像数据通过单色像素的像素值构成时,不作为马赛克图像处理。另外,各输出值为与摄像元件 100 的各光电转换元件接收到的受光量成正比的线性灰度值。

[0258] 在本实施方式中,图像处理部 205 的插值处理部 231 在该阶段进行用于使左右间的全体亮度取得整合的增益校正。这是因为,越是缩小孔径光阑,在入射到左视差像素的光照度与入射到右视差像素的光照度上,不仅是左右间的相对分布,作为图像全体的平均信号电平也越会产生较大的差异。在本实施方式中,将用于使左右间的全体亮度得到整合的增益校正称为全局增益校正。

[0259] 图 12 为用于说明计算增益值的图。出于方便,在马赛克图像数据  $M_{\text{mosaic}}(x, y)$  中,将 G 分量的左视差像素的马赛克图像数据表示为  $Lt_{\text{mosaic}}(x, y)$ ,将 G 分量的右视差像素的马赛克图像数据表示为  $Rt_{\text{mosaic}}(x, y)$ ,在图 12 中也图示了仅提取出左右视差像素。然而,在图中,遵照图 11 的例子进行记载以理解像素种类,但实际上各像素所对应的输出值是并列的。

[0260] 图 13 为用于说明增益校正的图。图像处理部 205 的插值处理部 231 当算出相对于左右视差像素的增益值时,如图所示,使用算出的增益值对  $Lt_{\text{mosaic}}(x, y)$  及  $Rt_{\text{mosaic}}(x, y)$  的各像素进行增益校正。具体地,通过以下的(式 1)对左视差像素进行增益校正,通过(式 2)对右视差像素进行增益校正。另外,出于方便考虑,在马赛克图像数据  $M'_{\text{mosaic}}(x, y)$  中,将 G 分量的左视差像素的马赛克图像数据表示为  $Lt'_{\text{mosaic}}(x, y)$ 、将 G 分量的右视差像素的马赛克图像数据表示为  $Rt'_{\text{mosaic}}(x, y)$ 。

[0261] 【式 1】

$$[0262] \quad Lt'_{\text{mosaic}}(x, y) = Lt_{\text{mosaic}}(x, y) \cdot \bar{g}_{Lt} = Lt_{\text{mosaic}}(x, y) \cdot \frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{Lt}}$$

[0263] 【式 2】

$$[0264] \quad Rt'_{\text{mosaic}}(x, y) = Rt_{\text{mosaic}}(x, y) \cdot \bar{g}_{Rt} = Rt_{\text{mosaic}}(x, y) \cdot \frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{Rt}}$$

[0265] 据此,如图所示,图像处理部 205 的插值处理部 231 能够生成  $M_{\text{mosaic}}(x, y)$  内的左视

差像素及右视差像素被分别通过一个增益系数进行校正的马赛克图像数据  $M'_{\text{mosaic}}(x, y)$ 。然后,图像处理部 205 的插值处理部 231 生成空间频率分辨率低的左视差图像和右视差图像作为临时视差图像。

[0266] 图 14 为用于说明生成临时视差图像的图。图像处理部 205 的插值处理部 231 首先将马赛克图像数据  $M'_{\text{mosaic}}(x, y)$  分离成多个层数据。此时的各层数据仅在 RAW 元图像数据存在输出值的像素位置存在输出值。因此,图像处理部 205 的插值处理部 231 以各层数据为基础进行插值处理,生成填充空网格的层数据。

[0267] 在图 14 中,上图的左侧为表示作为从马赛克图像数据  $M'_{\text{mosaic}}(x, y)$  仅提取出左视差像素的层数据的  $Lt'_{\text{mosaic}}(x, y)$  的图,右侧为表示作为仅提取出右视差像素的层数据的  $Rt'_{\text{mosaic}}(x, y)$  的图。在各图中,遵照图 11 的例子而记载以便理解像素种类,但实际上对应于各像素的输出值是并列的。

[0268] 在生成作为空间频率分辨率低的左视差图像数据的  $Lt'(x, y)$  时,图像处理部 205 的插值处理部 231 使用周边的左视差像素的像素值通过插值处理算出成为空网格的像素值。例如,空网格  $P_{L1}$  的像素值通过对在斜方向相邻的四个左视差像素的像素值进行平均化运算而算出。图像处理部 205 的插值处理部 231 通过对全部空网格进行周边左视差像素的像素值的平均化运算并进行插值处理,如图 14 的下左图所示,生成作为填充空网格的层数据的  $Lt'(x, y)$ 。另外,图像处理部 205 的插值处理部 231 既可以使用由插值处理算出的像素值进一步进行插值处理,也可以仅利用在 RAW 元图像数据的阶段存在的输出值进行插值处理。

[0269] 同样地,在生成作为空间频率分辨率低的右视差图像数据的  $Rt'(x, y)$  时,图像处理部 205 的插值处理部 231 使用周边右视差像素的像素值通过插值处理而算出成为空网格的像素值。例如,空网格  $PR1$  的像素值是通过在斜方向上相邻四个右视差像素的像素值进行平均化运算而算出。图像处理部 205 的插值处理部 231 通过对全部空网格进行周边右视差像素的像素值的平均化运算并进行插值处理,如图 14 的下右图所示,生成作为填充空网格的层数据的  $Rt'(x, y)$ 。

[0270] 然后,图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 使用分别算出的增益值对  $Lt'(x, y)$  的各像素进行增益校正,同样地,使用分别算出的增益值对  $Rt'(x, y)$  的各像素进行增益校正。从而使同一像素位置处的左视差像素与右视差像素的照度相匹配。在本实施方式中,如此,将使用由像素单位算出的增益值的增益校正相对于上述全局增益校正称为本地增益校正。

[0271] 图 15 为用于说明算出增益值的图。如图所示,图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 从  $Lt'(x, y)$  及  $Rt'(x, y)$  算出各个像素的平均值。在进行本地增益校正时,这里也可以考虑算术平均和几何平均这两种作为平均值的算出方法。此处,为了使消除了视差的 G 分量的无视差像素中的被拍体像的模糊宽度与无视差像素的被拍体像的模糊宽度相一致,采用算术平均。此时,具体地,图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 通过以下的(式 3)算出平均值。

[0272] 【式 3】

$$[0273] \quad m(x, y) = \frac{Lt'(x, y) + Rt'(x, y)}{2}$$



[0274] 图 16 为用于说明本地增益校正的图。如上所述,通过对各像素进行本地增益校正的处理而得到平均值。因此,如图所示,图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 仅通过将重复图案 110 的左右视差像素的像素值分别替换为由(式 3)算出的  $m(x_m, y_n)$ 、 $m(x_{m+1}, y_{n+1})$  便能够进行本地增益校正。这意味着,本地增益校正可以说是用于使视差消除的调制处理。据此能够得到视差 Gb 像素及视差 Gr 像素的像素值被无视差 G 像素的像素值替换后的拜耳排列。

[0275] 图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 通过将全部左右视差像素的像素值替换为由(式 3)算出的对应平均值从而生成  $M_N(x, y)$ 。另外,本地增益校正也可以并不针对  $Lt'(x, y)$  及  $Rt'(x, y)$  的全部像素,而是针对拜耳排列中的左视差像素及右视差像素的位置所对应的像素进行。

[0276] 然后,图像处理部 205 的基准图像数据生成部 232 使用现有的色彩插值技术从  $M_N(x, y)$  生成各像素具有达到奈奎斯特频率的分辨率的无视差彩色图像数据作为中间图像数据。

[0277] 图 17 为说明 G 分量的插值的图。G 色彩插值是针对图 17 的左图所示中央 R 像素的位置  $[i, j]$  参照图中的像素而算出。针对 B 像素的位置进行 G 色彩插值时的像素位置如图 17 的右图所示。

[0278] 在本实施方式中,图像处理部 205 的滤波处理部 233 对中间图像数据实施边缘增强处理。图像处理部 205 的视差图像数据生成部 234 使用  $Lt'(x, y)$ 、 $Rt'(x, y)$ 、 $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$  的五个层数据生成左侧视点的彩色图像数据及右侧视点的彩色图像数据。具体地,图像处理部 205 的视差图像数据生成部 234 通过将临时视差图像所具有的视差分量重叠于无视差图像上来生成左右彩色图像数据。将该生成处理称为视差调制处理。

[0279] 左侧视点的彩色图像数据由侧视点所对应的作为红色层数据的  $R_{Lt}(x, y)$ 、作为绿色层数据的  $G_{Lt}(x, y)$ 、及作为蓝色层数据的  $B_{Lt}(x, y)$  这三个色彩视差层数据构成。同样地,右侧视点的彩色图像数据由右侧视点所对应的作为红色层数据的  $R_{Rt}(x, y)$ 、作为绿色层数据的  $G_{Rt}(x, y)$ 、以及作为蓝色层数据的  $B_{Rt}(x, y)$  这三个色彩视差层数据构成。

[0280] 图 18 为说明色彩视差层数据的生成处理的图。尤其是针对在色彩视差平面中作为红色视差平面的  $R_{Lt}(x, y)$  和  $R_{Rt}(x, y)$  的生成处理进行显示。

[0281] 如上所述,根据本实施方式的数码相机 10,通过对高分辨的无视差 2D 中间图像进行边缘增强,在立体图像中,莫尔条纹分量(混叠)未被增强,在实际分辨的高频分辨率的原封不同的状态下对视差图像的高频分量进行边缘增强。进一步地,通过对高分辨的无视差 2D 中间图像进行噪音去除,得到边缘保留(edge preserving)性能高的噪音去除结果。由于能够抑制伴随着视差像素的采样密度的莫尔条纹的影响,因此避免在多个视差图像间显著出现同一被拍体像不一致这样的不统一的缺陷。

[0282] <实施方式 2>

[0283] --- 拜耳型 RGB 稀疏的视差像素排列、边缘增强 ---

[0284] 以图 9 上段的排列图为基本网格,表示使用周期性配置的摄像元件的例子。该逆网格空间的频率分辨率区域也是将各颜色与各视差进行组合显示。该排列是利用仅在单眼光瞳分割方式的模糊的被拍体区域产生视差的性质,将视差像素的密度稀疏地配置,将剩下的像素尽量分配为无视差像素的结构摄像元件。无视差像素与有视差像素均以拜耳排

列为基本结构,在左视差像素及右视差像素中均形成配置了 R:G:B = 1:2:1 的彩色滤光片的结构。即,比实施方式 1 更加重视由原信号捕捉的无视差中间图像的分辨能力,通过视差调制使该高频分量与左视差像素和右视差像素相重叠从而得到高分辨的立体图像。因此,在非对焦区域内也是具有得到高分辨 2D 图像和 3D 图像的能力的色彩视差排列。

[0285] 图像处理的步骤与实施方式 1 相同。以下依序说明。

[0286] 1) 色彩视差复用马赛克图像数据输入

[0287] 图 9 的色彩和视差被复用的单板式马赛克图像 :M(x, y)

[0288] 灰度为通过 A/D 转换而输出的线性灰度。

[0289] 2) 色彩视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0290] 原封不动地使用被拍摄的被拍体像,算出无视差像素的像素值的像素整体的平均值  $\bar{R}_N$ 、左视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{R}_{Lt}$ 、以及右视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{R}_{Rt}$ 。与实施例 1 不同,存在三个信号电平。首先,作为左右间的基准点,进行增益校正以使信号电平与平均值相匹配,此时,基准点的取得方法可以考虑算术平均和几何平均这两种。此后,进行了左右平均的信号电平与无视差像素的信号电平之间取几何平均,进行增益校正以使信号电平与该平均值相匹配。针对 RGB 的各个色彩分量进行该操作。根据正式分别改写对应的平均值 :

$$[0291] \quad \bar{R}_N, \bar{R}_{Lt}, \bar{R}_{Rt},$$

$$[0292] \quad \bar{G}_N, \bar{G}_{Lt}, \bar{G}_{Rt},$$

$$[0293] \quad \bar{B}_N, \bar{B}_{Lt}, \bar{B}_{Rt}$$

[0294] 出于方便,在马赛克图像 M(x, y) 内,

[0295] 将 R 分量的无视差像素的信号面表示为  $R_{N\_mosaic}(x, y)$ 、

[0296] 将 R 分量的左视差像素的信号面表示为  $R_{Lt\_mosaic}(x, y)$ 、

[0297] 将 R 分量的右视差像素的信号面表示为  $R_{Rt\_mosaic}(x, y)$ 、

[0298] 将 G 分量的左视差像素的信号面表示为  $G_{N\_mosaic}(x, y)$ 、

[0299] 将 G 分量的无视差像素的信号面表示为  $G_{Lt\_mosaic}(x, y)$ 、

[0300] 将 G 分量的右视差像素的信号面表示为  $G_{Rt\_mosaic}(x, y)$ 、

[0301] 将 B 分量的无视差像素的信号面表示为  $B_{N\_mosaic}(x, y)$ 、

[0302] 将 B 分量的左视差像素的信号面表示为  $B_{Lt\_mosaic}(x, y)$ 、

[0303] 将 B 分量的右视差像素的信号面表示为  $B_{Rt\_mosaic}(x, y)$ 。

[0304] a) 左右间为算术平均的情形

[0305] 平均值

$$[0306] \quad \bar{m}_R = \sqrt{\bar{R}_N \cdot \frac{\bar{R}_{Lt} + \bar{R}_{Rt}}{2}}$$

$$[0307] \quad \bar{m}_G = \sqrt{\bar{G}_N \cdot \frac{\bar{G}_{Lt} + \bar{G}_{Rt}}{2}}$$

$$[0308] \quad \bar{m}_B = \sqrt{\bar{B}_N \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2}}$$

[0309] 对无视差像素的增益值

$$[0310] \quad \bar{g}_{R_N} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_N} = \sqrt{\frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_N}}$$

$$[0311] \quad \bar{g}_{G_N} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_N} = \sqrt{\frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_N}}$$

$$[0312] \quad \bar{g}_{B_N} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_N} = \sqrt{\frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_N}}$$

[0313] 对左视差像素的增益值

$$[0314] \quad \bar{g}_{R_{Ll}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Ll}}}$$

$$[0315] \quad \bar{g}_{G_{Ll}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Ll}}}$$

$$[0316] \quad \bar{g}_{B_{Ll}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Ll}}}$$

[0317] 对右视差像素的增益值

$$[0318] \quad \bar{g}_{R_{Rl}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Rl}}}$$

$$[0319] \quad \bar{g}_{G_{Rl}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Rl}}}$$

$$[0320] \quad \bar{g}_{B_{Rl}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Rl}}}$$

[0321] 对无视差像素的全局增益校正

$$[0322] \quad R'_{N\_mosaic}(x, y) = R_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{R_N} = R_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_N}}$$

$$[0323] \quad G'_{N\_mosaic}(x, y) = G_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{G_N} = G_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_N}}$$

$$[0324] \quad B'_{N\_mosaic}(x, y) = B_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{B_N} = B_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_N}}$$

[0325] 对左视差像素的全局增益校正

$$[0326] \quad R'_{Ll\_mosaic}(x,y) = R_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{R_{Ll}} = R_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Ll}}}$$

$$[0327] \quad G'_{Ll\_mosaic}(x,y) = G_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{G_{Ll}} = G_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Ll}}}$$

$$[0328] \quad B'_{Ll\_mosaic}(x,y) = B_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{B_{Ll}} = B_{Ll\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Ll}}}$$

[0329] 对右视差像素的全局增益校正

$$[0330] \quad R'_{Rl\_mosaic}(x,y) = R_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{R_{Rl}} = R_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Rl}}}$$

$$[0331] \quad G'_{Rl\_mosaic}(x,y) = G_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{G_{Rl}} = G_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Rl}}}$$

$$[0332] \quad B'_{Rl\_mosaic}(x,y) = B_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{B_{Rl}} = B_{Rl\_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Rl}}}$$

[0333] b) 左右间为几何平均的情形

[0334] 平均值

$$[0335] \quad \bar{m}_R = \sqrt{\bar{R}_N \cdot \sqrt{\bar{R}_{Ll} \cdot \bar{R}_{Rl}}}$$

$$[0336] \quad \bar{m}_G = \sqrt{\bar{G}_N \cdot \sqrt{\bar{G}_{Ll} \cdot \bar{G}_{Rl}}}$$

$$[0337] \quad \bar{m}_B = \sqrt{\bar{B}_N \cdot \sqrt{\bar{B}_{Ll} \cdot \bar{B}_{Rl}}}$$

[0338] 相对于左视差像素的增益值

$$[0339] \quad \bar{g}_{R_{Ll}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Ll}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Rl}}{\bar{R}_{Ll}}}}$$

$$[0340] \quad \bar{g}_{G_{Ll}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Ll}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Rl}}{\bar{G}_{Ll}}}}$$

$$[0341] \quad \bar{g}_{B_{Ll}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Ll}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Rl}}{\bar{B}_{Ll}}}}$$

[0342] 相对于右视差像素的增益值

$$[0343] \quad \bar{g}_{R_{Rl}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rl}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Ll}}{\bar{R}_{Rl}}}}$$

$$[0344] \quad \bar{g}_{G_{Rt}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Rt}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Lt}}{\bar{G}_{Rt}}}$$

$$[0345] \quad \bar{g}_{B_{Rt}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Rt}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Lt}}{\bar{B}_{Rt}}}$$

[0346] 相对于无视差像素的全局增益校正

$$[0347] \quad R'_{N\_mosaic}(x, y) = R_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{R_N} = R_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{\bar{R}_{Lt}} \cdot \bar{R}_{Rt}}{\bar{R}_N}}$$

$$[0348] \quad G'_{N\_mosaic}(x, y) = G_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{G_N} = G_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{\bar{G}_{Lt}} \cdot \bar{G}_{Rt}}{\bar{G}_N}}$$

$$[0349] \quad B'_{N\_mosaic}(x, y) = B_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{B_N} = B_{N\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{\bar{B}_{Lt}} \cdot \bar{B}_{Rt}}{\bar{B}_N}}$$

[0350] 相对于左视差像素的全局增益校正

$$[0351] \quad R'_{Lt\_mosaic}(x, y) = R_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{R_{Lt}} = R_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Lt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Rt}}{\bar{R}_{Lt}}}$$

$$[0352] \quad G'_{Lt\_mosaic}(x, y) = G_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{G_{Lt}} = G_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Lt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Rt}}{\bar{G}_{Lt}}}$$

$$[0353] \quad B'_{Lt\_mosaic}(x, y) = B_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{B_{Lt}} = B_{Lt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Lt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Rt}}{\bar{B}_{Lt}}}$$

[0354] 相对于右视差像素的全局增益校正

$$[0355] \quad R'_{Rt\_mosaic}(x, y) = R_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{R_{Rt}} = R_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Lt}}{\bar{R}_{Rt}}}$$

$$[0356] \quad G'_{Rt\_mosaic}(x, y) = G_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{G_{Rt}} = G_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Lt}}{\bar{G}_{Rt}}}$$

$$[0357] \quad B'_{Rt\_mosaic}(x, y) = B_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{B_{Rt}} = B_{Rt\_mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Lt}}{\bar{B}_{Rt}}}$$

[0358] 当全部无视差像素具有全开口掩模时使用算术平均型方式。当全部无视差像素具有半开口掩模时采用几何平均型方式。因此,在本实施方式中采用算术平均型。这样一来,将无视差像素通过一个增益系数、左视差像素通过一个增益系数、右视差像素通过一个增益系数被校正的马赛克图像作为  $M'(x, y)$  输出。

[0359] 3) 生成临时视差图像

[0360] 生成空间频率分辨率低的分辨率的临时左视差图像和临时右视差图像。进行仅收集左视差像素的 G 色面内的单纯平均插值。使用接近存在的像素值,根据距离之比进行线性插值。同样地,进行仅收集右视差像素的 G 色面内的单纯平均插值。同样地,进行仅收集无视差像素的 G 色面内的单纯平均插值。针对 R,G,B 的每一个进行同样的处理。即,从  $R_{Lt\_mosaic}(x, y)$  生成  $R_{Lt}(x, y)$ ,从  $R_{Rt\_mosaic}(x, y)$  生成  $R_{Rt}(x, y)$ ,从  $R_{N\_mosaic}(x, y)$  生成  $R_N(x, y)$ ,从  $G_{Lt\_mosaic}(x, y)$  生成  $G_{Lt}(x, y)$ ,从  $G_{Rt\_mosaic}(x, y)$  生成  $G_{Rt}(x, y)$ ,从  $G_{N\_mosaic}(x, y)$  生成  $G_N(x, y)$ ,从  $B_{Lt\_mosaic}(x, y)$  生成  $B_{Lt}(x, y)$ ,从  $B_{Rt\_mosaic}(x, y)$  生成  $B_{Rt}(x, y)$ ,从  $B_{N\_mosaic}(x, y)$  生成  $B_N(x, y)$ 。

[0361] 临时 R 分量的无视差图像 : $R_N(x, y)$

[0362] 临时 G 分量的无视差图像 : $G_N(x, y)$

[0363] 临时 B 分量的无视差图像 : $B_N(x, y)$

[0364] 临时 R 分量的左视差图像 : $R_{Lt}(x, y)$

[0365] 临时 G 分量的左视差图像 : $G_{Lt}(x, y)$

[0366] 临时 B 分量的左视差图像 : $B_{Lt}(x, y)$

[0367] 临时 R 分量的右视差图像 : $R_{Rt}(x, y)$

[0368] 临时 G 分量的右视差图像 : $G_{Rt}(x, y)$

[0369] 临时 B 分量的右视差图像 : $B_{Rt}(x, y)$

[0370] 另外,在制作临时无视差图像  $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$  时,可以导入信号面内的方向判定而高清晰地进行。

[0371] 4) 由左右照度分布校正生成无视差色马赛克图像

[0372] (本地增益平衡校正)

[0373] 然后依照与在步骤 1 进行的全局增益校正相同的思路进行像素单位的本地增益校正,首先使画面内的左视差像素与画面内的右视差像素的照度相匹配。通过该操作消除左右间的视差。在此基础之上在取得左右平均的信号面与无视差像素的摄像信号面之间使照度进一步相匹配。这样一来形成全部像素取得增益统一的新的拜耳面。这与平均值相替换是等价的,生成消除了视差的拜耳面。将其记为  $M_N(x, y)$ 。

[0374] 此时,在作为各像素的基准点而统一的目标值的设定方法上,以及在消除左右间视差的方法上具有选择算术平均的方法和选择几何平均的方法这两种。当全部无视差像素具有全开口的掩模面积时,出于在左右间消除视差的被拍体像的模糊宽度与全开口的模糊宽度相一致的目的,就必须要选择算术平均型。另一方面,当全部无视差像素具有半开口的掩模面积时,出于在左右间消除视差的被拍体像的模糊宽度与半开口的模糊宽度相一致的目的,就必须要选择几何平均型。

[0375] 进一步地,在左右间使视差消除的信号面与无视差像素的摄像信号面之间取得平均的操作,由于二者已经与相同模糊宽度的被拍体像对齐,因此需要保存其模糊宽度。因此,此时必须共同取几何平均。此时,取得将摄像元件排列中的无视差像素与视差像素的密度比考虑在内的几何平均。即,实施方式 2 中所使用的无视差像素 (N) 与左视差像素 (Lt) 与右视差像素 (Rt) 之比为  $N:L:R = 14:1:1$ ,即,由于  $N:(L+R) = 7:1$ ,因此在无视差像素上附加  $7/8$  次方的权重,在视差像素上附加  $1/8$  次方的权重,成为重视密度高的无视差像素的分配。也就是说,基准图像数据生成部 232 对应于无视差像素、左视差像素及右视差像素的

数量来进行加权。以下举出它们的具体式。

[0376] a) 左右间为算术平均的情形

[0377] 各像素的平均值

$$[0378] \quad m_R(x,y) = [R_N(x,y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{R_{Ll}(x,y) + R_{Rl}(x,y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0379] \quad m_G(x,y) = [G_N(x,y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{G_{Ll}(x,y) + G_{Rl}(x,y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0380] \quad m_B(x,y) = [B_N(x,y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{B_{Ll}(x,y) + B_{Rl}(x,y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0381] 对无视差像素的各像素的增益值

$$[0382] \quad g_{R_N}(x,y) = \frac{m_R(x,y)}{R_N(x,y)} = \sqrt[8]{\frac{R_{Ll}(x,y) + R_{Rl}(x,y)}{2R_N(x,y)}}$$

$$[0383] \quad g_{G_N}(x,y) = \frac{m_G(x,y)}{G_N(x,y)} = \sqrt[8]{\frac{G_{Ll}(x,y) + G_{Rl}(x,y)}{2G_N(x,y)}}$$

$$[0384] \quad g_{B_N}(x,y) = \frac{m_B(x,y)}{B_N(x,y)} = \sqrt[8]{\frac{B_{Ll}(x,y) + B_{Rl}(x,y)}{2B_N(x,y)}}$$

[0385] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0386] \quad g_{R_{Ll}}(x,y) = \frac{m_R(x,y)}{R_{Ll}(x,y)} = \left[ \frac{R_N(x,y)}{R_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{R_{Ll}(x,y) + R_{Rl}(x,y)}{2R_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0387] \quad g_{G_{Ll}}(x,y) = \frac{m_G(x,y)}{G_{Ll}(x,y)} = \left[ \frac{G_N(x,y)}{G_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{G_{Ll}(x,y) + G_{Rl}(x,y)}{2G_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0388] \quad g_{B_{Ll}}(x,y) = \frac{m_B(x,y)}{B_{Ll}(x,y)} = \left[ \frac{B_N(x,y)}{B_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{B_{Ll}(x,y) + B_{Rl}(x,y)}{2B_{Ll}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0389] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0390] \quad g_{R_{Rl}}(x,y) = \frac{m_R(x,y)}{R_{Rl}(x,y)} = \left[ \frac{R_N(x,y)}{R_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{R_{Ll}(x,y) + R_{Rl}(x,y)}{2R_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0391] \quad g_{G_{Rl}}(x,y) = \frac{m_G(x,y)}{G_{Rl}(x,y)} = \left[ \frac{G_N(x,y)}{G_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{G_{Ll}(x,y) + G_{Rl}(x,y)}{2G_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0392] \quad g_{B_{Rl}}(x,y) = \frac{m_B(x,y)}{B_{Rl}(x,y)} = \left[ \frac{B_N(x,y)}{B_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{B_{Ll}(x,y) + B_{Rl}(x,y)}{2B_{Rl}(x,y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0393] 对无视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0394] \quad R_N(x, y) \cdot g_{R_N}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$[0395] \quad G_N(x, y) \cdot g_{G_N}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$[0396] \quad B_N(x, y) \cdot g_{B_N}(x, y) = m_B(x, y)$$

[0397] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0398] \quad R_{Ll}(x, y) \cdot g_{R_{Ll}}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$[0399] \quad G_{Ll}(x, y) \cdot g_{G_{Ll}}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$[0400] \quad B_{Ll}(x, y) \cdot g_{B_{Ll}}(x, y) = m_B(x, y)$$

[0401] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0402] \quad R_{Rl}(x, y) \cdot g_{R_{Rl}}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$[0403] \quad G_{Rl}(x, y) \cdot g_{G_{Rl}}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$[0404] \quad B_{Rl}(x, y) \cdot g_{B_{Rl}}(x, y) = m_B(x, y)$$

[0405] b) 左右间为几何平均的情形

[0406] 各像素的平均值

$$[0407] \quad m_R(x, y) = [R_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{R_{Ll}(x, y) \cdot R_{Rl}(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0408] \quad m_G(x, y) = [G_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{G_{Ll}(x, y) \cdot G_{Rl}(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0409] \quad m_B(x, y) = [B_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{B_{Ll}(x, y) \cdot B_{Rl}(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0410] 对无视差像素的各像素的增益值

$$[0411] \quad g_{R_N}(x, y) = \frac{m_R(x, y)}{R_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{\sqrt{R_{Ll}(x, y) \cdot R_{Rl}(x, y)}}{R_N(x, y)}}$$

$$[0412] \quad g_{G_N}(x, y) = \frac{m_G(x, y)}{G_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{\sqrt{G_{Ll}(x, y) \cdot G_{Rl}(x, y)}}{G_N(x, y)}}$$

$$[0413] \quad g_{B_N}(x, y) = \frac{m_B(x, y)}{B_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{\sqrt{B_{Ll}(x, y) \cdot B_{Rl}(x, y)}}{B_N(x, y)}}$$

[0414] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0415] \quad g_{R_{Ll}}(x, y) = \frac{m_R(x, y)}{R_{Ll}(x, y)} = \left[ \frac{R_N(x, y)}{R_{Ll}(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{\sqrt{R_{Rl}(x, y)}}{\sqrt{R_{Ll}(x, y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0416] \quad g_{G_{Ll}}(x, y) = \frac{m_G(x, y)}{G_{Ll}(x, y)} = \left[ \frac{G_N(x, y)}{G_{Ll}(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{\sqrt{G_{Rl}(x, y)}}{\sqrt{G_{Ll}(x, y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$



$$[0417] \quad g_{B_{Lr}}(x,y) = \frac{m_B(x,y)}{B_{Lr}(x,y)} = \left[ \frac{B_N(x,y)}{B_{Lr}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{B_{Rr}(x,y)}{B_{Lr}(x,y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0418] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0419] \quad g_{R_{Rr}}(x,y) = \frac{m_R(x,y)}{R_{Rr}(x,y)} = \left[ \frac{R_N(x,y)}{R_{Rr}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{R_{Lr}(x,y)}{R_{Rr}(x,y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0420] \quad g_{G_{Rr}}(x,y) = \frac{m_G(x,y)}{G_{Rr}(x,y)} = \left[ \frac{G_N(x,y)}{G_{Rr}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{G_{Lr}(x,y)}{G_{Rr}(x,y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$[0421] \quad g_{B_{Rr}}(x,y) = \frac{m_B(x,y)}{B_{Rr}(x,y)} = \left[ \frac{B_N(x,y)}{B_{Rr}(x,y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{B_{Lr}(x,y)}{B_{Rr}(x,y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0422] 对无视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0423] \quad R_N(x,y) \cdot g_{R_N}(x,y) = m_R(x,y)$$

$$[0424] \quad G_N(x,y) \cdot g_{G_N}(x,y) = m_G(x,y)$$

$$[0425] \quad B_N(x,y) \cdot g_{B_N}(x,y) = m_B(x,y)$$

[0426] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0427] \quad R_{Lr}(x,y) \cdot g_{R_{Lr}}(x,y) = m_R(x,y)$$

$$[0428] \quad G_{Lr}(x,y) \cdot g_{G_{Lr}}(x,y) = m_G(x,y)$$

$$[0429] \quad B_{Lr}(x,y) \cdot g_{B_{Lr}}(x,y) = m_B(x,y)$$

[0430] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0431] \quad R_{Rr}(x,y) \cdot g_{R_{Rr}}(x,y) = m_R(x,y)$$

$$[0432] \quad G_{Rr}(x,y) \cdot g_{G_{Rr}}(x,y) = m_G(x,y)$$

$$[0433] \quad B_{Rr}(x,y) \cdot g_{B_{Rr}}(x,y) = m_B(x,y)$$

[0434] 如此,将左视点图像和右视点图像的平均值与无视差基准视点的图像进一步取平均值的像素值作为无视差像素值而改写拜耳面的数据,输出无视差拜耳面的图像  $M_N(x,y)$ 。

[0435] 5) 生成无视差基准图像

[0436] 与实施方式 1 相同。

[0437] 6) 对无视差基准图像的边缘增强处理

[0438] 与实施方式 1 相同。

[0439] 7) 生成实际的视差图像

[0440] 使用在步骤 3 生成的分辨能力低的临时左视差彩色图像  $R_{Lt}(x,y)$ 、 $G_{Lt}(x,y)$ 、 $B_{Lt}(x,y)$  和在步骤 5 作为中间处理生成的分辨能力高的无视差彩色图像  $R_N(x,y)$ 、 $G_N(x,y)$ 、 $B_N(x,y)$ ,生成实际输出的分辨能力高的左视差彩色图像  $R'_{Lt}(x,y)$ 、 $G'_{Lt}(x,y)$ 、 $B'_{Lt}(x,y)$ 。同样地,使用在步骤 3 生成的分辨能力低的临时右视差彩色图像  $R_{Rt}(x,y)$ 、 $G_{Rt}(x,y)$ 、 $B_{Rt}(x,y)$  和在步骤 5 作为中间处理生成的分辨能力高的无视差彩色图像  $R_N(x,y)$ 、 $G_N(x,y)$ 、 $B_N(x,y)$ ,生

成实际输出的分辨能力高的右视差彩色图像  $R'_{rt}(x, y)$ 、 $G'_{rt}(x, y)$ 、 $B'_{rt}(x, y)$ 。

[0441] 作为视差调制方式,考虑以算术平均为基准点的方法和以几何平均为基准点的方法这两种方法。每个均能得到视差调制效果,但当摄像元件的无视差像素的开口掩模为全开口时采用以算术平均为基准点的方式,当无视差像素的开口掩模与有视差像素相同为半开口时采用以几何平均为基准点的方式。因此,在本实施方式中采用以算术平均为基准点的方式。

[0442] 在进行视差调制时,取得将摄像元件排列中的各视差像素之间的 RGB 密度比考虑在内的几何平均。即,左视差像素之间为  $R:G:B = 1:2:1$ ,在右视差像素之间为  $R:G:B = 1:2:1$ ,因此,在 R 分量的视差调制上附加  $1/4$  次方的权重,在 G 分量的视差调制上附加  $1/2$  次方的权重,在 B 分量的视差调制上附加  $1/4$  次方的权重,取得重视基于高密度的 G 分量的视差调制的分配。

[0443] a) 以算术平均为基准点的视差调制

[0444] 左视差调制

$$[0445] \quad R'_{Ll}(x, y) = R_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Ll}(x, y)}{R_{Ll}(x, y) + R_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Ll}(x, y)}{G_{Ll}(x, y) + G_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Ll}(x, y)}{B_{Ll}(x, y) + B_{Rl}(x, y)}}$$

$$[0446] \quad G'_{Ll}(x, y) = G_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Ll}(x, y)}{R_{Ll}(x, y) + R_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Ll}(x, y)}{G_{Ll}(x, y) + G_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Ll}(x, y)}{B_{Ll}(x, y) + B_{Rl}(x, y)}}$$

$$[0447] \quad B'_{Ll}(x, y) = B_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Ll}(x, y)}{R_{Ll}(x, y) + R_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Ll}(x, y)}{G_{Ll}(x, y) + G_{Rl}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Ll}(x, y)}{B_{Ll}(x, y) + B_{Rl}(x, y)}}$$

[0448] 右视差调制

$$[0449] \quad R'_{Rr}(x, y) = R_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rr}(x, y)}{R_{Lr}(x, y) + R_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rr}(x, y)}{G_{Lr}(x, y) + G_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rr}(x, y)}{B_{Lr}(x, y) + B_{Rr}(x, y)}}$$

$$[0450] \quad G'_{Rr}(x, y) = G_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rr}(x, y)}{R_{Lr}(x, y) + R_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rr}(x, y)}{G_{Lr}(x, y) + G_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rr}(x, y)}{B_{Lr}(x, y) + B_{Rr}(x, y)}}$$

$$[0451] \quad B'_{Rr}(x, y) = B_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rr}(x, y)}{R_{Lr}(x, y) + R_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rr}(x, y)}{G_{Lr}(x, y) + G_{Rr}(x, y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rr}(x, y)}{B_{Lr}(x, y) + B_{Rr}(x, y)}}$$

[0452] b) 以几何平均为基准点的视差调制

[0453] 左视差调制

[0454]

$$[0455] \quad R'_{Ll}(x, y) = R_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x, y)}{\sqrt{R_{Ll}(x, y) \cdot R_{Rl}(x, y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x, y)}{\sqrt{G_{Ll}(x, y) \cdot G_{Rl}(x, y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x, y)}{\sqrt{B_{Ll}(x, y) \cdot B_{Rl}(x, y)}}}$$

[0455]

$$[0456] \quad G'_{Ll}(x, y) = G_N(x, y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x, y)}{\sqrt{R_{Ll}(x, y) \cdot R_{Rl}(x, y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x, y)}{\sqrt{G_{Ll}(x, y) \cdot G_{Rl}(x, y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x, y)}{\sqrt{B_{Ll}(x, y) \cdot B_{Rl}(x, y)}}}$$

[0456]

$$B'_{Ll}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x,y)}{\sqrt{R_{Ll}(x,y) \cdot R_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x,y)}{\sqrt{G_{Ll}(x,y) \cdot G_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x,y)}{\sqrt{B_{Ll}(x,y) \cdot B_{Rl}(x,y)}}}$$

[0457] 右视差调制

[0458]

$$R'_{Rl}(x,y) = R_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{\sqrt{R_{Ll}(x,y) \cdot R_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{\sqrt{G_{Ll}(x,y) \cdot G_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{\sqrt{B_{Ll}(x,y) \cdot B_{Rl}(x,y)}}}$$

[0459]

$$G'_{Rl}(x,y) = G_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{\sqrt{R_{Ll}(x,y) \cdot R_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{\sqrt{G_{Ll}(x,y) \cdot G_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{\sqrt{B_{Ll}(x,y) \cdot B_{Rl}(x,y)}}}$$

[0460]

$$B'_{Rl}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{\sqrt{R_{Ll}(x,y) \cdot R_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{\sqrt{G_{Ll}(x,y) \cdot G_{Rl}(x,y)}}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{\sqrt{B_{Ll}(x,y) \cdot B_{Rl}(x,y)}}}$$

[0461] 对上述式子进行改写

[0462] 左视差调制

$$[0463] \quad R'_{Ll}(x,y) = R_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x,y)}{R_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x,y)}{G_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x,y)}{B_{Rl}(x,y)}}$$

$$[0464] \quad G'_{Ll}(x,y) = G_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x,y)}{R_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x,y)}{G_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x,y)}{B_{Rl}(x,y)}}$$

$$[0465] \quad B'_{Ll}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Ll}(x,y)}{R_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Ll}(x,y)}{G_{Rl}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Ll}(x,y)}{B_{Rl}(x,y)}}$$

[0466] 右视差调制

$$[0467] \quad R'_{Rl}(x,y) = R_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{R_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{G_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{B_{Ll}(x,y)}}$$

$$[0468] \quad G'_{Rl}(x,y) = G_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{R_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{G_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{B_{Ll}(x,y)}}$$

$$[0469] \quad B'_{Rl}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{R_{Rl}(x,y)}{R_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{G_{Rl}(x,y)}{G_{Ll}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{B_{Rl}(x,y)}{B_{Ll}(x,y)}}$$

[0470] 8) 向输出色彩空间转换

[0471] 与实施方式 1 相同。

[0472] <实施方式 3>

[0473] —— 单色稀疏的视差像素排列、边缘增强 ——

[0474] 以图 10 上段的排列图作为基本网格,表示使用周期性配置的摄像元件的例子。该

逆网格空间的频率分辨率区域也显示了各视差的组合。该排列是利用仅在单眼光瞳分割方式的模糊的被拍体区域产生视差的性质,将视差像素的密度稀疏配置,将剩余的像素尽量分配给无视差像素结构的单色摄像元件。

[0475] 图像处理的步骤大致如下

[0476] 1) 视差复用马赛克图像数据输入

[0477] 2) 视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0478] 3) 生成临时视差图像

[0479] 4) 由左右局部照度分布校正生成无视差基准图像

[0480] (本地增益平衡校正)

[0481] 5) 生成无视差基准图像

[0482] 6) 对无视差基准图像的边缘增强处理

[0483] 7) 生成实际的视差图像

[0484] 8) 向输出空间转换

[0485] 1) 输入视差复用马赛克图像数据

[0486] 图 6(a) 的视差被复用的单板式单色马赛克图像 : $M(x, y)$

[0487] 灰度为通过 A/D 转换而输出的线性灰度。

[0488] 2) 视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0489] 原封不动地使用被拍摄的被拍体像,算出无视差像素的像素值的像素整体的平均值  $\bar{N}$ 、左视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{L}_t$ 、以及右视差像素的像素值的图像整体的平均值  $\bar{R}_t$ 。与实施例 2 相同,存在三个信号电平。首先,作为左右间的基准点,进行增益校正以使信号电平与平均值相匹配,此时,基准点的取得方法可以考虑算术平均和几何平均这两种。此后,进行了左右平均的信号电平与无视差像素的信号电平之间取几何平均,进行增益校正以使信号电平与该平均值相匹配。

[0490] 出于方便,在马赛克图像  $M(x, y)$  内,

[0491] 将无视差像素的信号面表示为  $N_{\text{mosaic}}(x, y)$  ;

[0492] 将左视差图像的信号面表示为  $L_{t_{\text{mosaic}}}(x, y)$  ;

[0493] 将右视差图像的信号面表示为  $R_{t_{\text{mosaic}}}(x, y)$ 。

[0494] a) 左右间为算术平均的情形

[0495] 平均值

$$[0496] \quad \bar{m} = \sqrt{\bar{N} \cdot \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2}}$$

[0497] 对无视差像素的增益值

$$[0498] \quad \bar{g}_N = \frac{\bar{m}}{\bar{N}} = \sqrt{\frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{N}}}$$

[0499] 对左视差像素的增益值

$$[0500] \quad \bar{g}_{L_t} = \frac{\bar{m}}{\bar{L}_t} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{L}_t} \cdot \frac{\bar{L}_t + \bar{R}_t}{2\bar{L}_t}}$$

[0501] 对右视差像素的增益值

$$[0502] \quad \bar{g}_{Rt} = \frac{\bar{m}}{\bar{Rt}} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Rt}} \cdot \frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{Rt}}}$$

[0503] 对无视差像素的全局增益校正

$$[0504] \quad N'_{mosaic}(x, y) = N_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_N = N_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{N}}}$$

[0505] 对左视差像素的全局增益校正

$$[0506] \quad Lt'_{mosaic}(x, y) = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Lt} = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Lt}} \cdot \frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{Lt}}}$$

[0507] 对右视差像素的全局增益校正

$$[0508] \quad Rt'_{mosaic}(x, y) = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Rt} = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Rt}} \cdot \frac{\bar{Lt} + \bar{Rt}}{2\bar{Rt}}}$$

[0509] b) 左右间为几何平均的情形

[0510] 平均值

$$[0511] \quad \bar{m} = \sqrt{\bar{N}} \cdot \sqrt{\bar{Lt} \cdot \bar{Rt}}$$

[0512] 对无视差像素的增益值

$$[0513] \quad \bar{g}_N = \frac{\bar{m}}{\bar{N}} = \sqrt{\frac{\sqrt{\bar{Lt} \cdot \bar{Rt}}}{\bar{N}}}$$

[0514] 对左视差像素的增益值

$$[0515] \quad \bar{g}_{Lt} = \frac{\bar{m}}{\bar{Lt}} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Lt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{Rt}}{\bar{Lt}}}$$

[0516] 对右视差像素的增益值

$$[0517] \quad \bar{g}_{Rt} = \frac{\bar{m}}{\bar{Rt}} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{Lt}}{\bar{Rt}}}$$

[0518] 对无视差像素的全局增益校正

$$[0519] \quad N'_{mosaic}(x, y) = N_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_N = N_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{\bar{Lt} \cdot \bar{Rt}}}{\bar{N}}}$$

[0520] 对左视差像素的全局增益校正

$$[0521] \quad Lt'_{mosaic}(x, y) = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Lt} = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Lt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{Rt}}{\bar{Lt}}}$$

[0522] 对右视差像素的全局增益校正

$$[0523] \quad Rt'_{mosaic}(x, y) = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Rt} = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{Rt}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{Lt}}{\bar{Rt}}}$$

[0524] 当全部无视差像素具有全开口掩模时采用算术平均型方式。当全部无视差像素具有半开口掩模时采用几何平均型方式。因此,在本实施方式采用算术平均型。这样一来,将无视差像素以一个增益系数、左视差像素以一个增益系数、右视差像素以一个增益系数被进行校正的马赛克图像作为  $M'(x, y)$  输出。

[0525] 3) 生成临时视差图像

[0526] 生成空间频率分辨率低的分辨率的临时左视差图像和临时右视差图像。进行仅收集左视差像素的信号面内的单纯平均插值。使用位于附近的像素值,根据距离之比进行线性插值。同样地,进行仅收集右视差像素的信号面内的单纯平均插值。同样地,进行仅收集无视差像素的信号面内的单纯平均插值。即,从  $Lt_{\text{mosaic}}(x, y)$  生成  $Lt(x, y)$ , 从  $Rt_{\text{mosaic}}(x, y)$  生成  $Rt(x, y)$ , 从  $N_{\text{mosaic}}(x, y)$  生成  $N(x, y)$ 。

[0527] 临时无视差图像 :  $N(x, y)$

[0528] 临时左视差图像 :  $Lt(x, y)$

[0529] 临时右视差图像 :  $Rt(x, y)$

[0530] 另外,当形成临时无视差图像  $N(x, y)$  时,也可以导入信号面内的方向判定以便高清晰地执行。

[0531] 4) 由左右照度分布校正生成无视差基准图像

[0532] (本地增益平衡校正)

[0533] 然后,采用与步骤 1 中进行的全局增益校正相同的思路进行像素单位的本地增益校正,从而首先使画面内的左视差像素与画面内的右视差像素的照度相匹配。通过该操作消除左右间视差。在此基础上使取得左右平均的信号面与无视差像素的摄像信号面之间的照度进一步相匹配。这样一来在全部像素生成取得了增益统一的新的无视差基准图像面。这与替换平均值的作法相等价,形成了消除视差的中间图像面。将其记为  $N(x, y)$ 。

[0534] 此时也采用将摄像元件排列中的无视差像素与视差像素的密度比考虑在内的几何平均。即,在实施方式 3 中采用的无视差像素 ( $N$ ) 与左视差像素 ( $Lt$ ) 与右视差像素 ( $Rt$ ) 之比为  $N:L:R = 14:1:1$ , 即,由于  $N:(L+R) = 7:1$ , 在视差像素上附加  $7/8$  次方的权重,在无视差像素上附加  $1/8$  次方的权重,成为重视高密度的无视差像素的分配。

[0535] a) 左右间为算术平均的情形

[0536] 各像素的平均值

$$[0537] \quad m(x, y) = [N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{Lt(x, y) + Rt(x, y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0538] 对无视差像素的各像素的增益值

$$[0539] \quad g_N(x, y) = \frac{m(x, y)}{N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{Lt(x, y) + Rt(x, y)}{2N(x, y)}}$$

[0540] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0541] \quad g_{Lt}(x, y) = \frac{m(x, y)}{Lt(x, y)} = \left[ \frac{N(x, y)}{Lt(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{Lt(x, y) + Rt(x, y)}{2Lt(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0542] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0543] \quad g_{Rt}(x, y) = \frac{m(x, y)}{Rt(x, y)} = \left[ \frac{N(x, y)}{Rt(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \frac{Lt(x, y) + Rt(x, y)}{2 Rt(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0544] 对无视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0545] \quad N(x, y) \cdot g_N(x, y) = m(x, y)$$

[0546] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0547] \quad Lt(x, y) \cdot g_{Lt}(x, y) = m(x, y)$$

[0548] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0549] \quad Rt(x, y) \cdot g_{Rt}(x, y) = m(x, y)$$

[0550] b) 左右间为几何平均的情形

[0551] 各像素的平均值

$$[0552] \quad m(x, y) = [N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0553] 对无视差像素的各像素的增益值

$$[0554] \quad g_N(x, y) = \frac{m(x, y)}{N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{\sqrt{Lt(x, y) \cdot Rt(x, y)}}{N(x, y)}}$$

[0555] 对左视差像素的各像素的增益值

$$[0556] \quad g_{Lt}(x, y) = \frac{m(x, y)}{Lt(x, y)} = \left[ \frac{N(x, y)}{Lt(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{Rt(x, y)}{Lt(x, y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0557] 对右视差像素的各像素的增益值

$$[0558] \quad g_{Rt}(x, y) = \frac{m(x, y)}{Rt(x, y)} = \left[ \frac{N(x, y)}{Rt(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[ \sqrt{\frac{Lt(x, y)}{Rt(x, y)}} \right]^{\frac{1}{8}}$$

[0559] 对无视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0560] \quad N(x, y) \cdot g_N(x, y) = m(x, y)$$

[0561] 对左视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0562] \quad Lt(x, y) \cdot g_{Lt}(x, y) = m(x, y)$$

[0563] 对右视差像素的各像素的本地增益校正

$$[0564] \quad Rt(x, y) \cdot g_{Rt}(x, y) = m(x, y)$$

[0565] 如此, 将左视点图像和右视点图像的平均值与无视差基准视点图像进一步取平均值后的像素值作为新的无视差像素值, 改写单色面数据, 输出无视差单色面图像  $N(x, y)$ 。

[0566] 5) 生成无视差基准图像

[0567] 与实施方式 1 相同。

[0568] 6) 对无视差基准图像的边缘增强处理

[0569] 仅需要执行将实施方式 1 的步骤 6-2) 的标记 Y 改写成标记 N 的运算即可。即,

$$[0570] \quad N'(x, y) = N(x, y) + k * \Delta N(x, y)$$

[0571] 另外, 以下将标记  $N'$  改写为标记 N 进行表示。

[0572] 7) 生成实际视差图像

[0573] 使用在步骤 3 中生成的分辨能力低的临时左视差图像  $L_t(x, y)$  与在步骤 5 作为中间处理而生成的分辨能力高的无视差单色图像  $N(x, y)$ , 生成实际输出的分辨能力高的左视差单色图像  $L_t'(x, y)$ 。同样地, 使用在步骤 3 生成的分辨能力低的临时右视差图像  $R_t(x, y)$  与在步骤 5 作为中间处理而生成的分辨能力高的无视差单色图像  $N(x, y)$ , 生成实际输出的分辨能力高的右视差彩色图像  $R_t'(x, y)$ 。

[0574] 作为视差调制方式, 可以考虑以算术平均为基准点的方法和以几何平均为基准点的方法这两种方法。无论哪种均能得到视差调制效果, 但如果摄像元件的无视差像素的开口掩模为全开口时使用以算术平均为基准点的方式, 当无视差像素的开口掩模与有视差像素相同均为半开口时采用以几何平均为基准点的方式。因此, 在本实施方式中采用以算术平均为基准点的方式。

[0575] a) 以算术平均为基准点的视差调制

[0576] 左视差调制

$$[0577] \quad L_t'(x, y) = N(x, y) \frac{2L_t(x, y)}{L_t(x, y) + R_t(x, y)}$$

[0578] 右视差调制

$$[0579] \quad R_t'(x, y) = N(x, y) \frac{2R_t(x, y)}{L_t(x, y) + R_t(x, y)}$$

[0580] b) 以几何平均为基准点的视差调制

[0581] 左视差调制

$$[0582] \quad L_t'(x, y) = N(x, y) \frac{L_t(x, y)}{\sqrt{L_t(x, y) \cdot R_t(x, y)}} = N(x, y) \sqrt{\frac{L_t(x, y)}{R_t(x, y)}}$$

[0583] 右视差调制

$$[0584] \quad R_t'(x, y) = N(x, y) \frac{R_t(x, y)}{\sqrt{L_t(x, y) \cdot R_t(x, y)}} = N(x, y) \sqrt{\frac{R_t(x, y)}{L_t(x, y)}}$$

[0585] 7) 向输出色彩空间转换

[0586] 对由此而得到的高分辨的无视差中间单色图像  $N(x, y)$  和高分辨的左视差单色图像  $L_t'(x, y)$ 、高分辨的右视差的单色图像  $R_t'(x, y)$  的每一个进行适当的伽马转换作为输出空间图像输出。这样生成任一 2D、3D 图像都被进行了高清晰的边缘增强的图像。

[0587] <实施方式 4>

[0588] --- 拜耳型 RGB 稀疏的视差像素排列、噪音去除 ---

[0589] 图像处理步骤大致如下。

[0590] 1) 输入色彩视差复用马赛克图像数据

[0591] 2) 色彩视差马赛克图像的全局增益平衡校正

[0592] 3) 生成临时视差图像

[0593] 4) 由左右局部照度分布校正生成无视差色马赛克图像

[0594] (本地增益平衡校正)

[0595] 5) 生成无视差基准图像

[0596] 6) 对无视差基准图像进行噪音去除处理



[0597] 7) 生成实际的视差图像

[0598] 8) 转换到输出色彩空间

[0599] 此处,步骤 1) ~ 6) 及步骤 7) ~ 8) 与实施形成 2 相同,因此省略其说明。此处,关于对无视差基准图像的噪音去除处理进行说明。

[0600] 6) 对无视差基准图像的噪音去除处理

[0601] 6-1) 色彩空间转换处理

[0602] 与实施方式 1 相同。

[0603] 6-2) 噪音去除处理

[0604] 对亮度 Y 面进行噪音去除处理。可以使用前述的与本申请同一发明人的特开 2006-309749 号公报等、公知的高性能噪音去除处理。此处显示了与本申请同一发明人的 W02006/068025 所公开的两参数积双向滤波。

[0605]

$$Y'(x, y) = \frac{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} Y(x, y) \exp\left(-\frac{|V(x', y') - V(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} \exp\left(-\frac{|V(x', y') - V(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}$$

[0606]

$$Cb'(x, y) = \frac{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} Cb(x, y) \exp\left(-\frac{|Cb(x', y') - Cb(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} \exp\left(-\frac{|Cb(x', y') - Cb(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}$$

[0607]

$$Cr'(x, y) = \frac{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} Cr(x, y) \exp\left(-\frac{|Cr(x', y') - Cr(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}{\iint_{(x'-x)^2 + (y'-y)^2 \leq 2r_{th}^2} \exp\left(-\frac{|Cr(x', y') - Cr(x, y)|^2}{\sigma_{th}^2} \cdot \frac{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}{r_{th}^2}\right) dx' dy'}$$

[0608] 其中,  $\sigma_{th}$  为噪音的波动幅度,  $r_{th}$  为滤波半径, 根据作为对象的噪音的展宽宽度可以设定为任意大小。另外, 滤波处理部 233 也可以不对左视差图像数据及右视差图像数据实施噪音去除的滤波处理。

[0609] 6-3) 逆色彩空间转换处理

[0610] 使用噪音去除后的亮度分量  $Y'(x, y)$  和色差分量  $Cb'(x, y)$ 、 $Cr'(x, y)$ , 从 YCbCr 空间恢复成 RGB 空间。

[0611] 6-4) 由逆灰度转换迁移到最初的线性灰度空间

[0612] 与实施方式 1 相同。

[0613] < 补充说明 >

[0614] 当同时采用实施方式 2 的边缘增强和实施方式 4 的噪音去除时, 可以先进行实施方式 4 的步骤 6 的噪音去除处理, 之后再实施实施方式 2 的步骤 6 的边缘增强处理。另外,

当对实施方式 3 的稀疏的单色彩视差像素排列进行噪音去除处理时,对单色面执行与对实施方式 4 所示噪音去除处理的亮度分量所执行的同样步骤即可。

[0615] 在以上说明中,作为构成被拍体像色彩的原色采用了红色、绿色及蓝色这三种。但将增加了鲜绿色等四种以上作为原色也是可以的。而且,代替红色、绿色及蓝色而采用黄色、品红、靛青的组合而成的补色三原色也是可以的。

[0616] 上述插值处理部 231、基准图像数据生成部 232、滤波处理部 233、及视差图像数据生成部 234 的功能能够通过使计算机执行包含插值处理步骤、基准图像数据取得步骤、滤波处理步骤、视差图像数据生成步骤的图像处理程序来实现。插值处理步骤基于摄像元件 100 的输出生成左视点的临时左视差图像数据及右视点的临时右视差图像数据。基准图像数据取得步骤使用临时左视差图像数据及临时右视差图像数据的像素值生成比临时左视差图像数据及临时右视差图像数据的分辨率更高的基准图像数据。滤波处理步骤对基准图像数据实施边缘调整及噪音去除的至少任一滤波处理。视差图像数据生成步骤使用实施了滤波处理的基准图像数据以及临时左视差图像数据和临时右视差图像数据生成比临时左视差图像数据及临时右视差图像数据更高分辨率的左视差图像数据及更高分辨的右视差图像数据。

[0617] 个人电脑等设备也可以作为图像处理装置而发挥功能。图像处理装置也可以从相机等其他装置取得图像数据。此时承担视差图像数据取得部的作用而非插值处理部。承担基准图像数据取得部的作用而非基准图像数据生成部。另外,当分别由插值处理部自行生成视差图像数据并由基准图像数据自行生成部生成基准图像数据时,可以认为通过自行生成而分别取得视差图像数据及基准图像数据。另外,基准图像数据生成部 232 可以在临时左视差图像数据及临时右视差图像数据的像素值的基础之上,使用缺失部分像素的临时基准图像数据的像素值生成作为 2D 中间图像的基准图像数据。

[0618] 在以上说明中,滤波处理部 233 对基准图像数据实施边缘增强处理作为边缘调整处理,但在例如缩小图像等情形时也可以实施边缘抑制处理。另外,在以上说明中,图像有时是指图像数据,有时也指依据格式展开的可视化被拍体像本身。

[0619] 在以上说明中,视差图像数据生成部 234 生成了与临时左视差图像数据同一视点所对应的左视差图像数据。同样地,视差图像数据生成部 234 生成了与临时右视差图像数据同一视点所对应的右视差图像数据。此时,由于左右视差像素的视点未发生变化,因此临时左视差图像数据及临时右视差图像数据的视差量与最终生成的高分辨左视差图像数据和高分辨右视差图像数据的视差量相同。然而,通过将视差调制时的调制量进行参数化从而能够控制视差量。视差量变化时,左视差图像数据的视点与左视差图像数据的视点也发生变化。因而,视差图像数据生成部 234 也能够生成与临时左视差图像数据的视点不同视点的左视差图像数据。同样地,也能够生成与临时右视差图像数据的视点不同视点的右视差图像数据。如下所示,通过参式 C 能够改变立体效果。

[0620] 左视差调制

$$[0621] \quad Lt'(x,y) = N'(x,y) \frac{(1-C)Lt(x,y) + C \cdot Rt(x,y)}{Lt(x,y) + Rt(x,y)}$$

2

[0622] 右视差调制

$$[0623] \quad Rt'(x,y) = N'(x,y) \frac{(1-C)Rt(x,y) + C \cdot Lt(x,y)}{Lt(x,y) + Rt(x,y)}$$

$$2$$

[0624] C 取  $0 \leq C \leq 0.5$  范围的值, 当  $C = 0$  时, 与如下相同

[0625] 左视差调制

$$[0626] \quad Lt'(x,y) = N(x,y) \frac{2Lt(x,y)}{Lt(x,y) + Rt(x,y)}$$

[0627] 右视差调制

$$[0628] \quad Rt'(x,y) = N(x,y) \frac{2Rt(x,y)}{Lt(x,y) + Rt(x,y)}$$

[0629] 另一方面, 当  $C = 0.5$  时, 与不进行视差调制的情形相同, 立体效果消失。当  $0 < C < 0.5$  时, 产生中间性的立体效果。

[0630] 图 19 为表示像素值的插值的一例的图。图 19 的上段为仅提取出图 7 所示像素排列中 R 的无视差像素的像素值的图。使用在 R0 图像数据中具有像素值的像素的像素值, 如图 19 的下段所示, 不具有像素值的像素的像素值被插值。即, 视差图像数据生成部 234 使用无视差像素的像素值对缺失的像素值进行插值, 从而生成 2D 中间图像数据。例如, 作为上下、左右或上下及左右的最相邻像素, 对具有像素值的进行平均作为插值像素值。

[0631] 以上, 使用本发明的实施方式进行了说明, 但本发明的技术范围不限于上述实施方式所记载的范围。另外, 本领域技术人员应当清楚, 在上述实施方式的基础上可加以增加各种变更或改进。此外, 由权利要求的记载可知, 这种加以变更或改进的实施方式也包含在本发明的技术范围内。例如, 使上述摄像元件旋转  $90^\circ$  度时成为上下视差的变形例, 旋转  $45^\circ$  时成为斜向视差的变形例。另外, 也可以对像素排列未排列成正方网格状的蜂窝状排列设定左右视差。

[0632] 应当注意的是, 权利要求书、说明书及附图中所示的装置、系统、程序以及方法中的动作、顺序、步骤及阶段等各个处理的执行顺序, 只要没有特别明示“更早”、“早于”等, 或者只要前面处理的输出并不用在后面的处理中, 则可以以任意顺序实现。关于权利要求书、说明书及附图中的动作流程, 为方便起见而使用“首先”、“然后”等进行了说明, 但并不意味着必须按照这样的顺序实施。

[0633] 【附图标记说明】

[0634] 10 数码相机、20 拍摄透镜、21 光轴、100 摄像元件、101 微型透镜、102 彩色滤光片、103 开口掩模、104 开口部、105 布线层、106 布线、107 开口、108 光电转换元件、109 基板、110 重复图案、201 控制部、202A/D 转换电路、203 存储器、204 驱动部、205 图像处理部、207 存储卡 IF、208 操作部、209 显示部、210LCD 驱动电路、211AF 传感器、220 存储卡、231 插值处理部、232 基准图像数据生成部、233 滤波处理部、234 视差图像数据生成部、322 中心线、1801 分布曲线、1802 分布曲线、1803 分布曲线、1804 分布曲线、1805 分布曲线、1806 合成分布曲线、1807 分布曲线、1808 分布曲线、1809 合成分布曲线

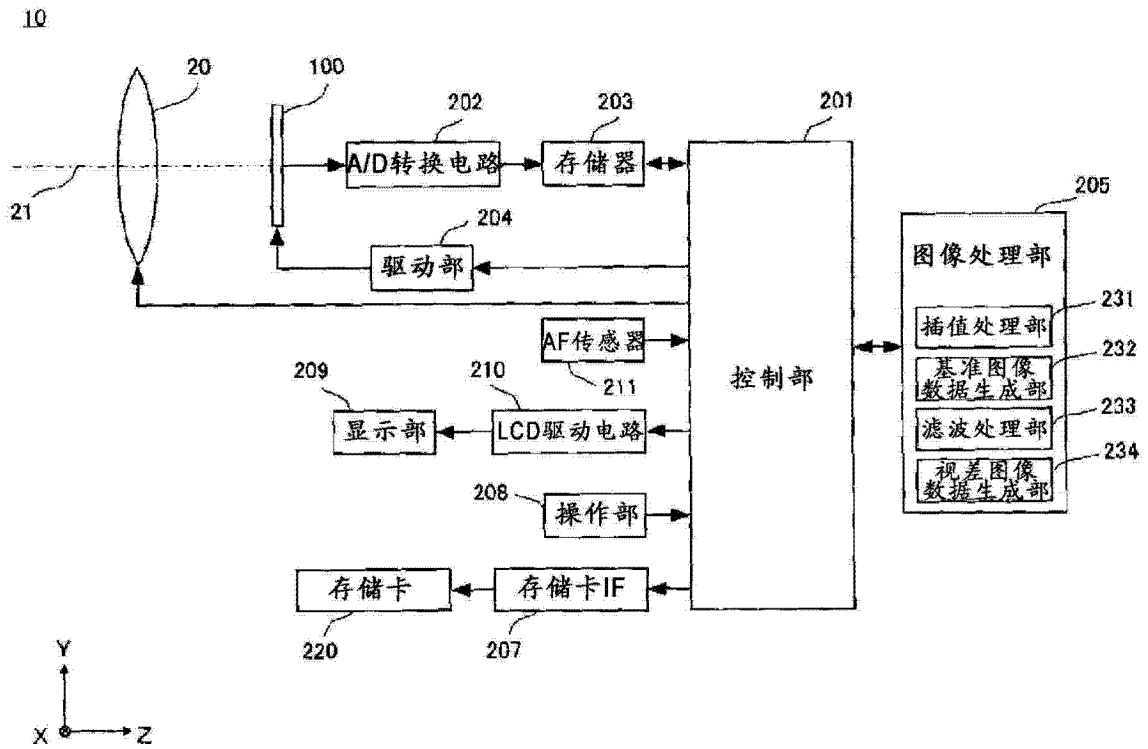


图 1

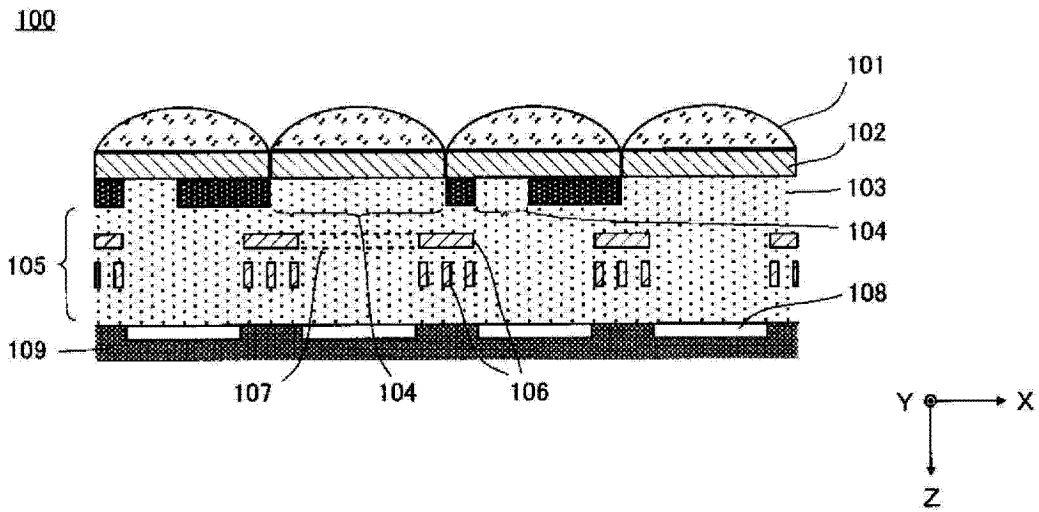


图 2

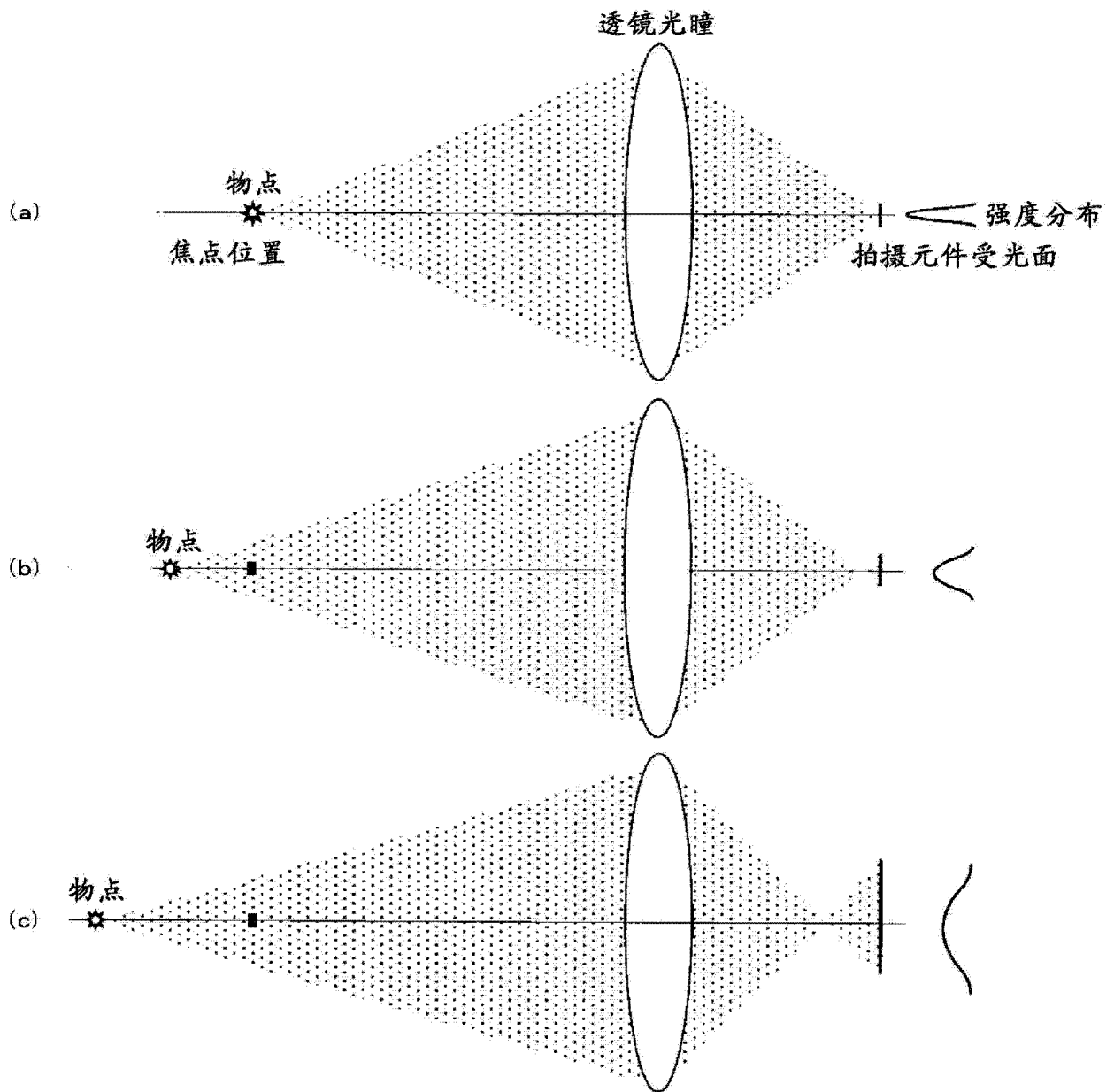


图 3

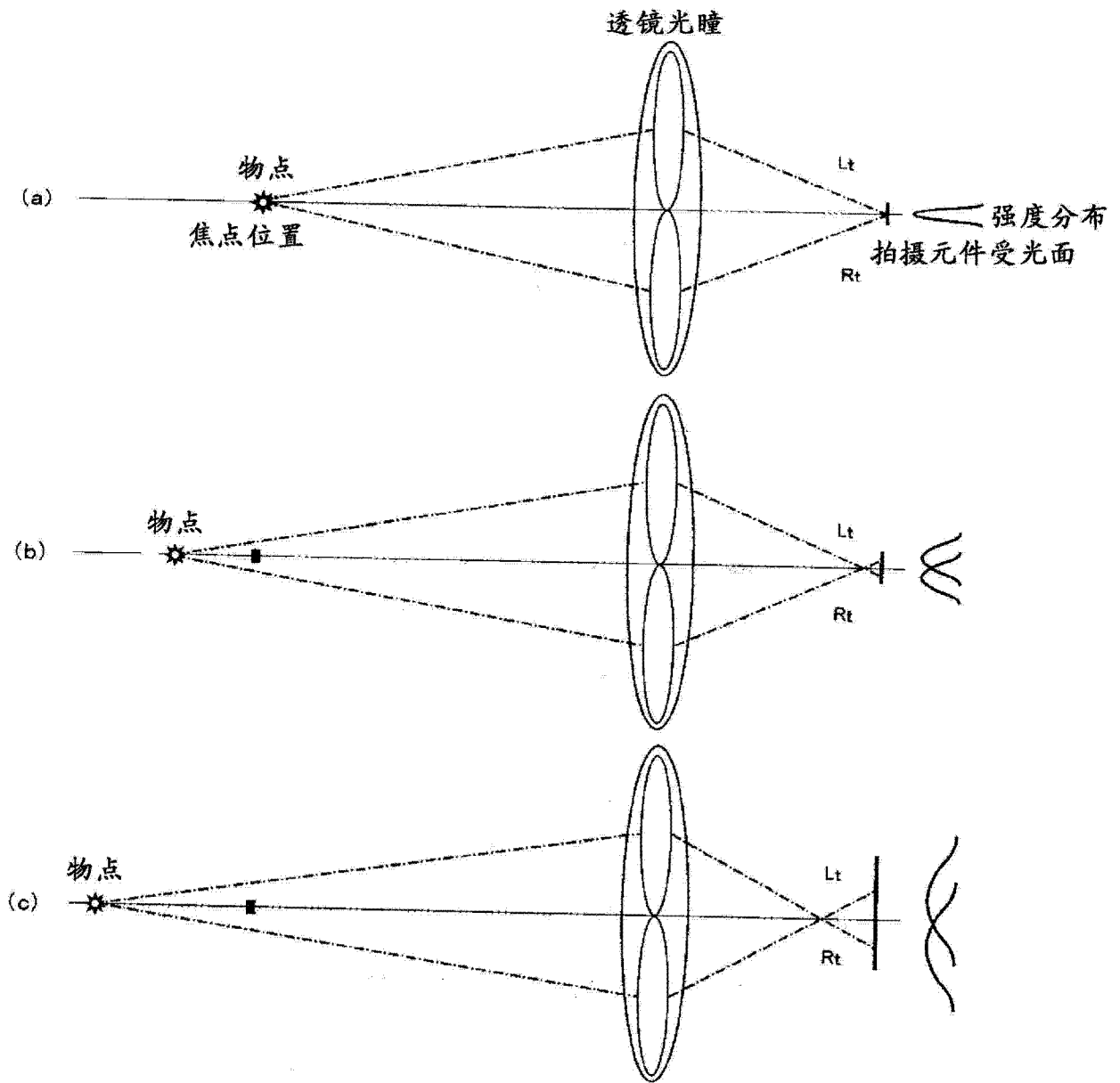


图 4

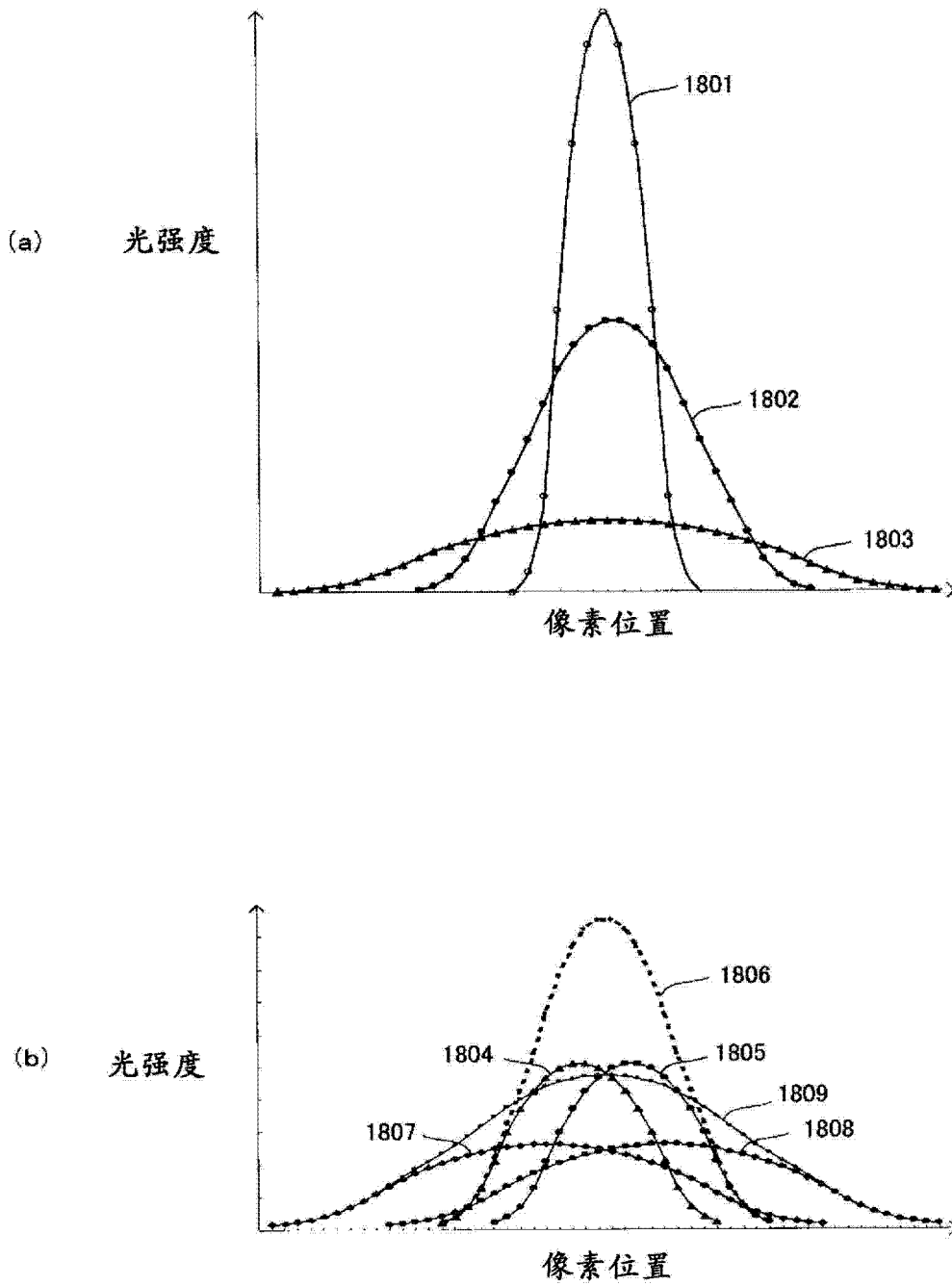


图 5

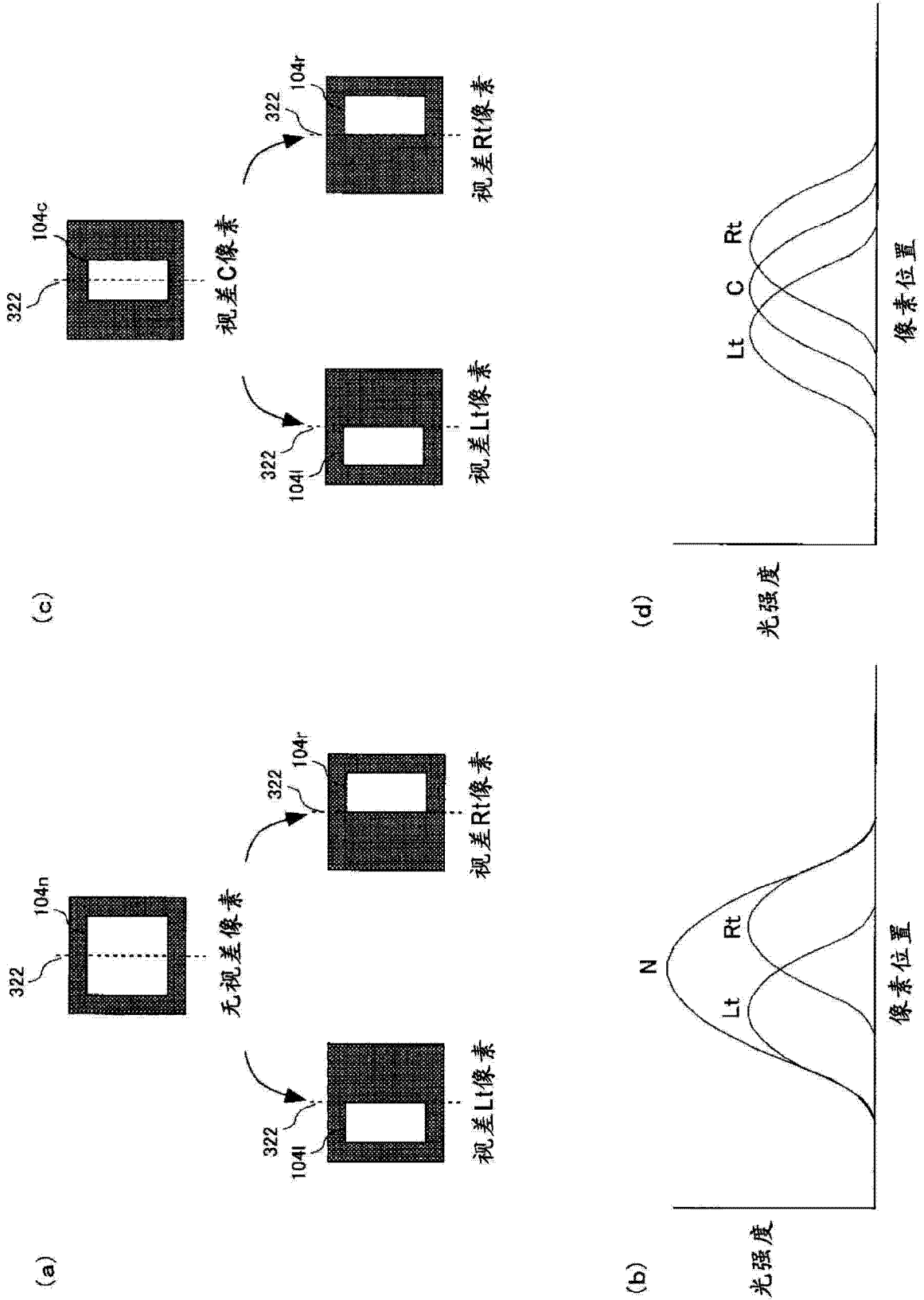
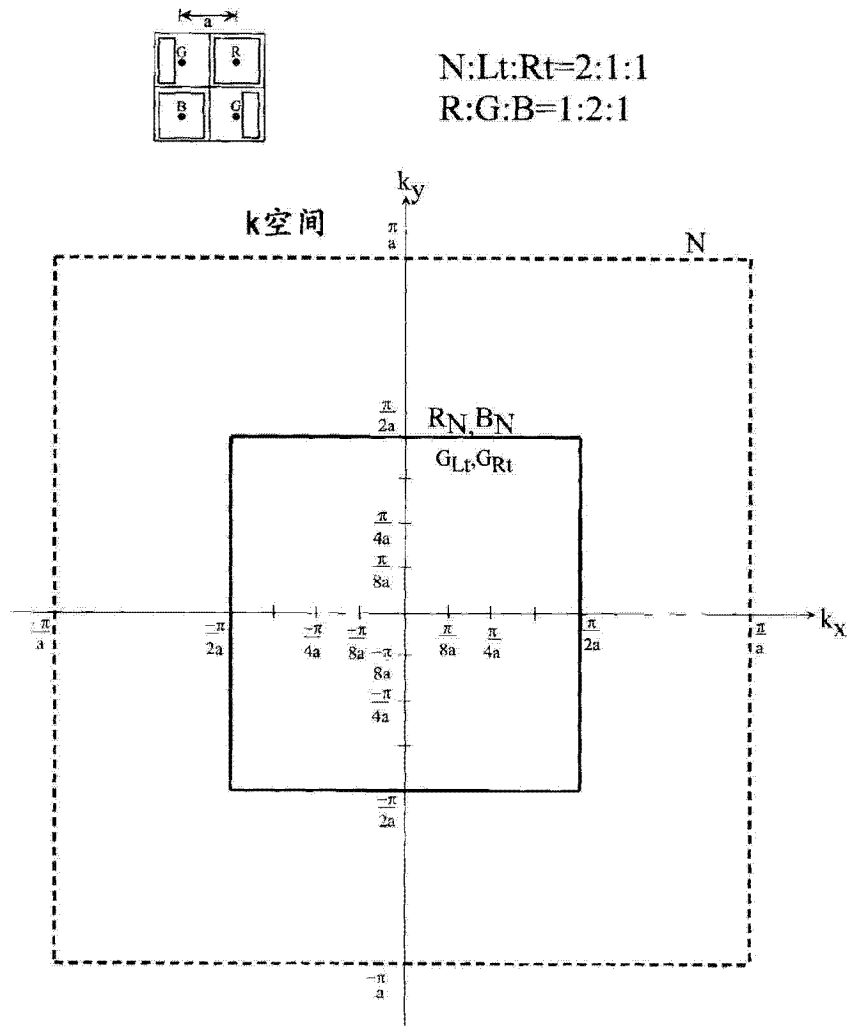


图 6





N:Lt:Rt=2:1:1  
R:G:B=1:2:1

图 7

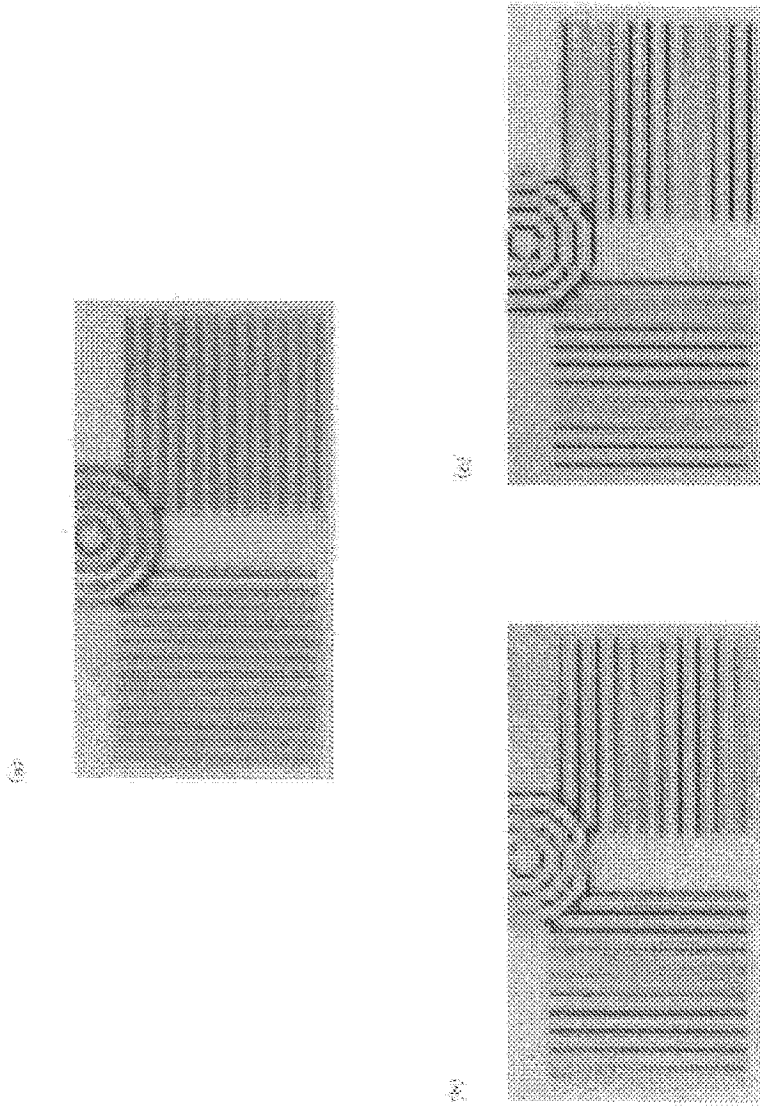


图 8

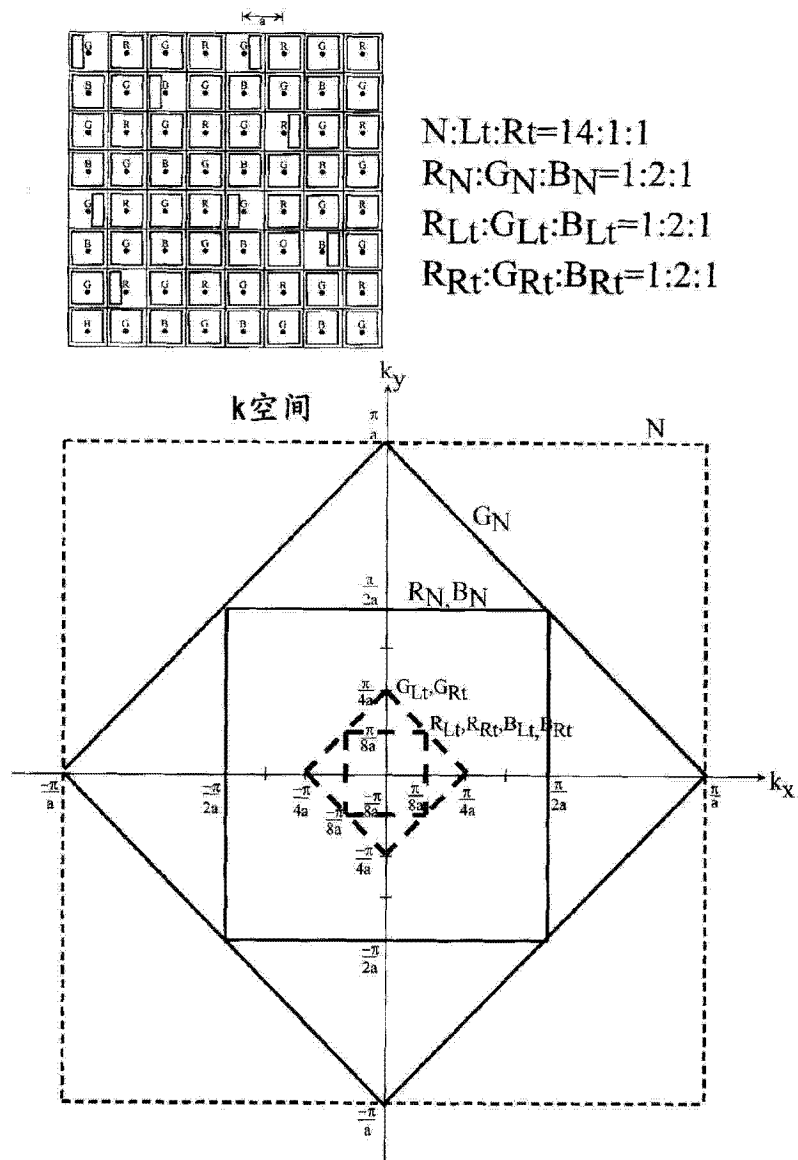


图 9

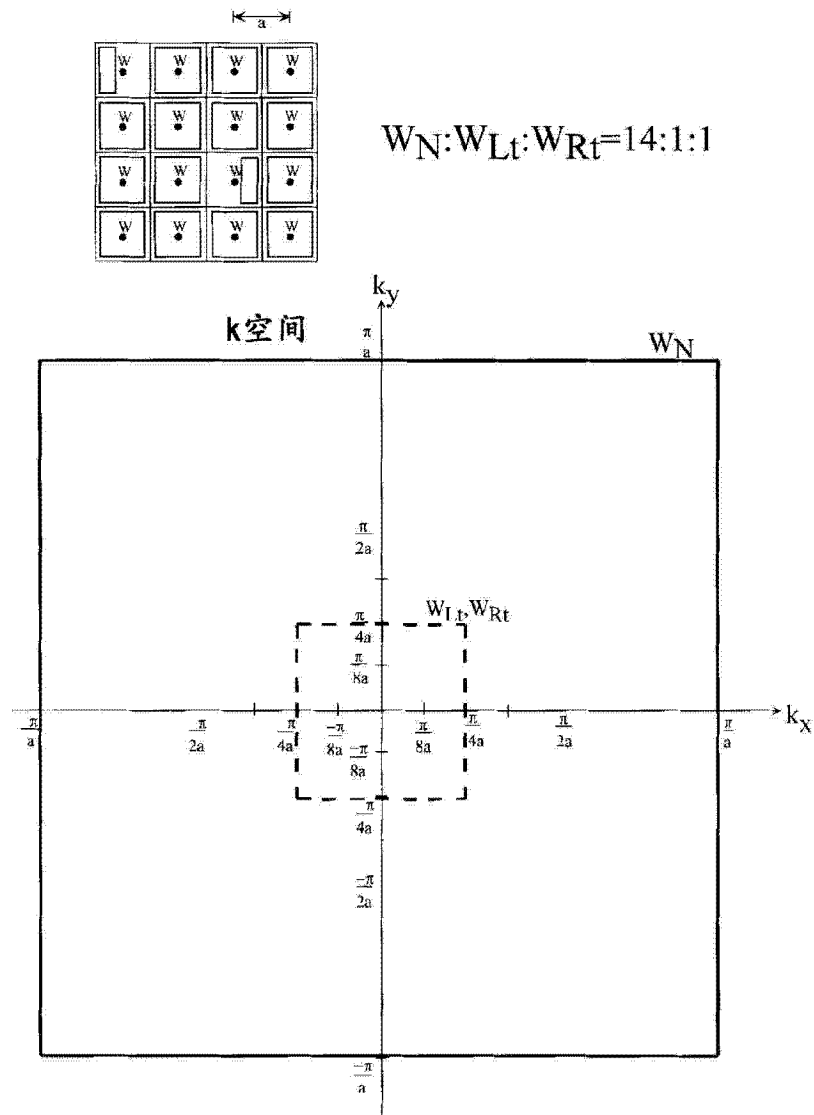


图 10

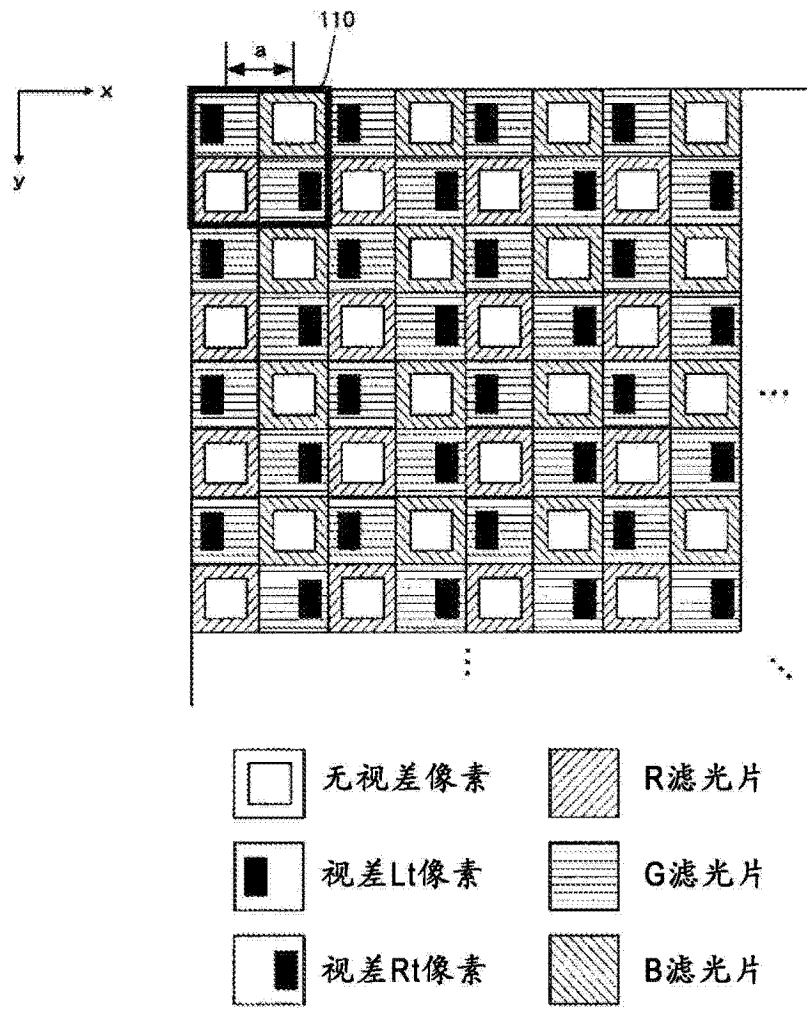


图 11

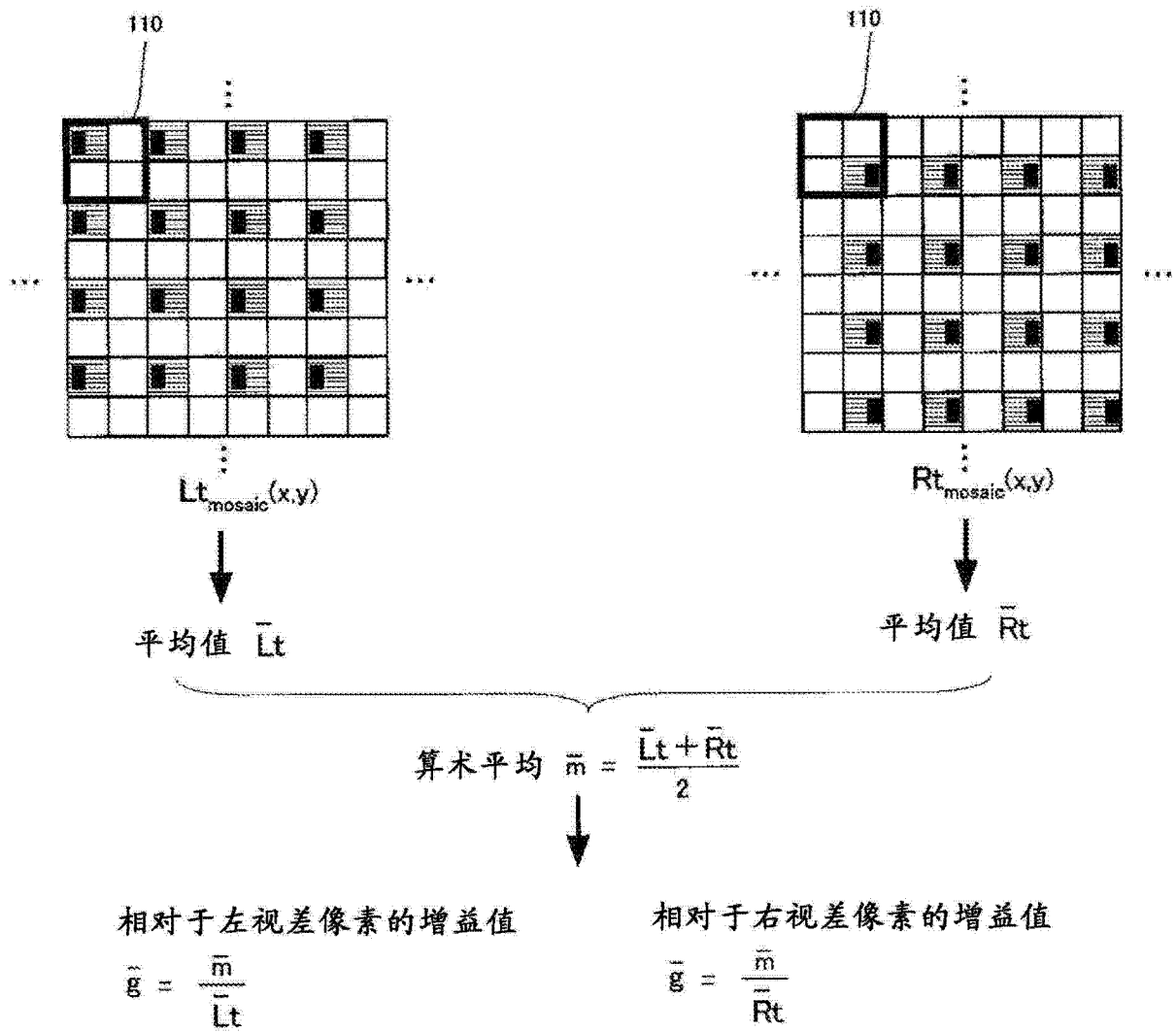


图 12

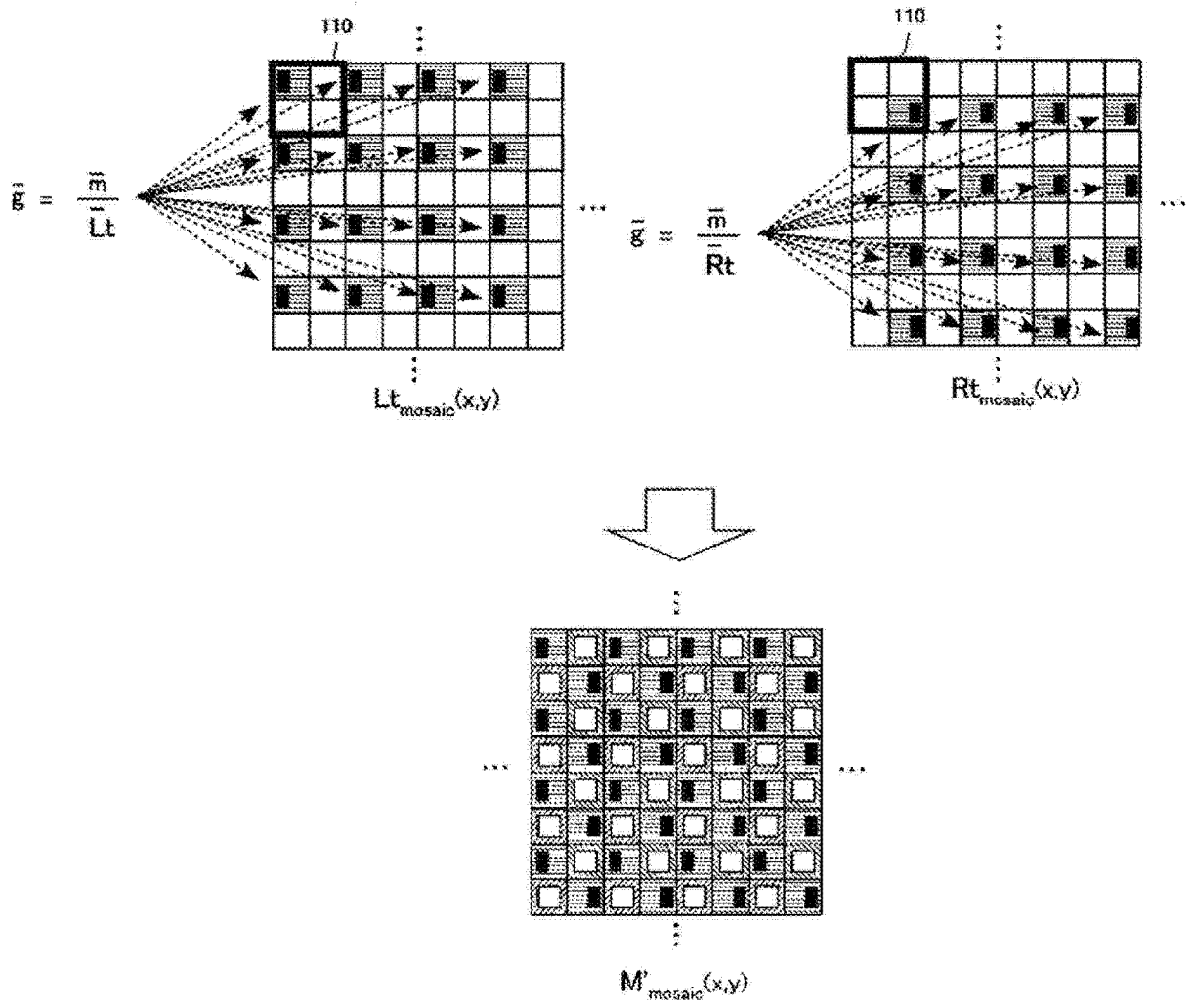


图 13

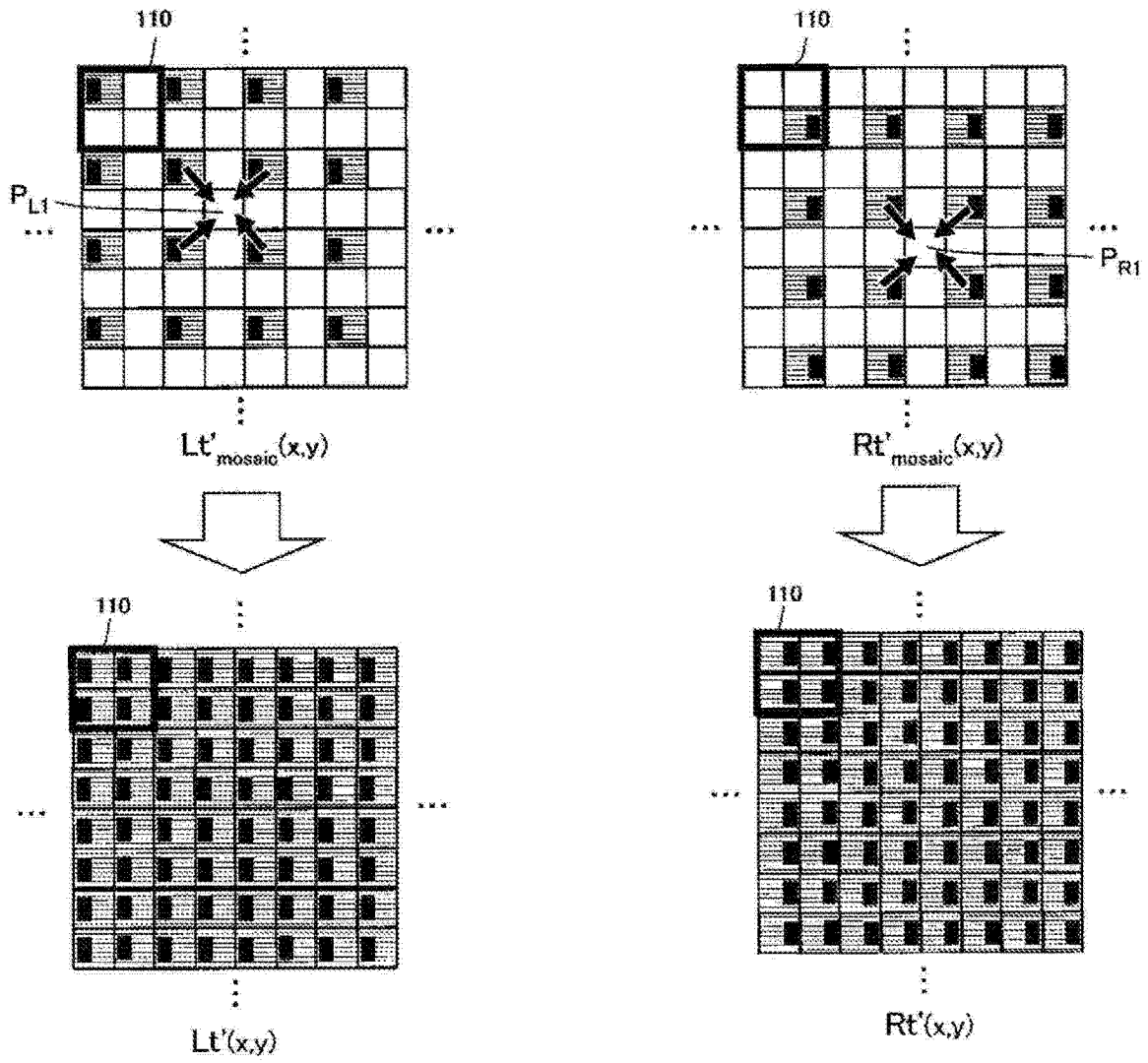


图 14



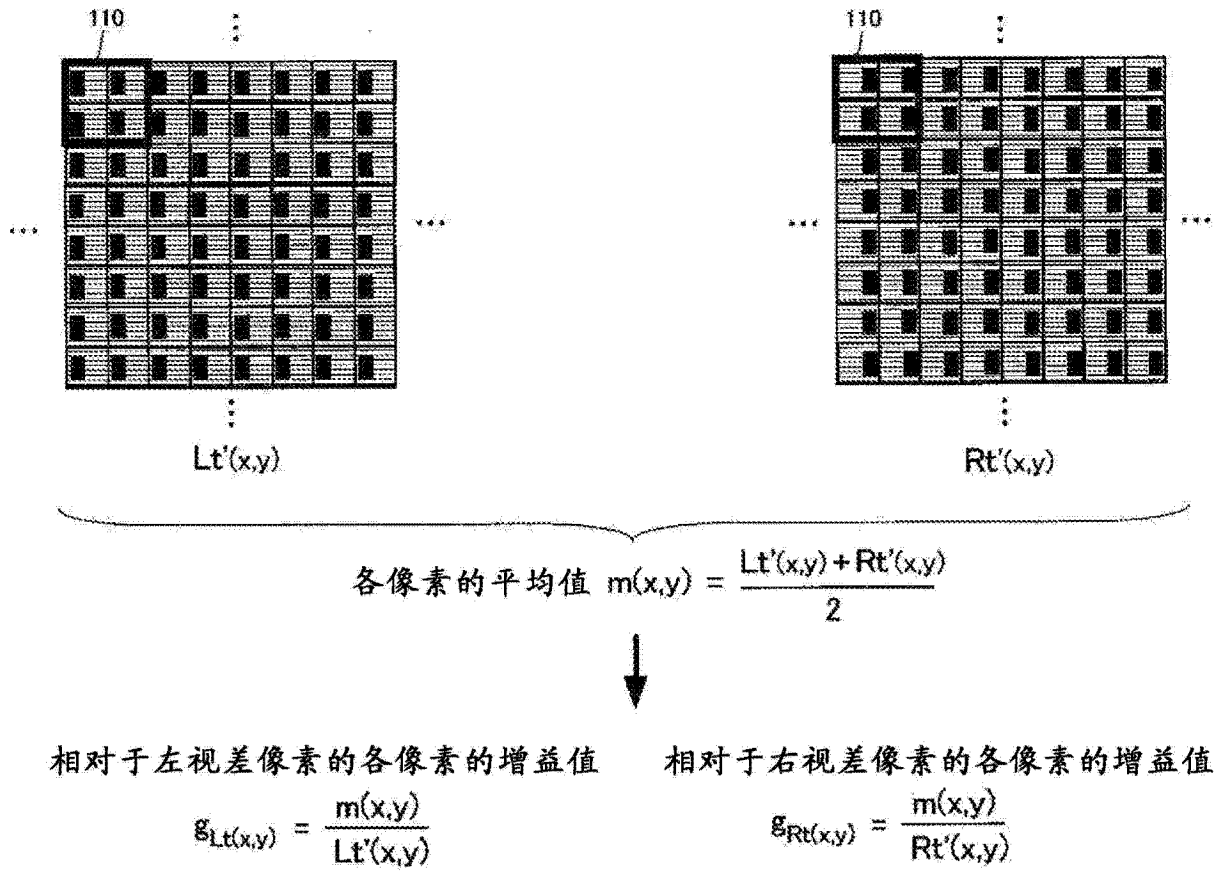


图 15

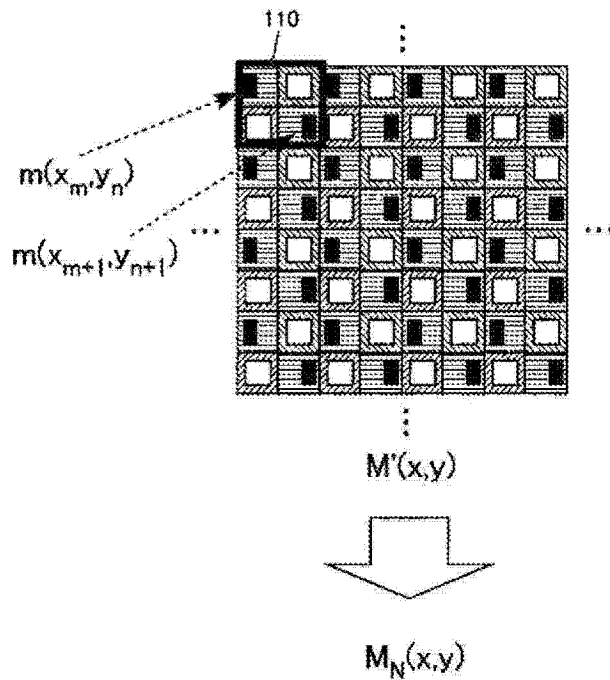


图 16

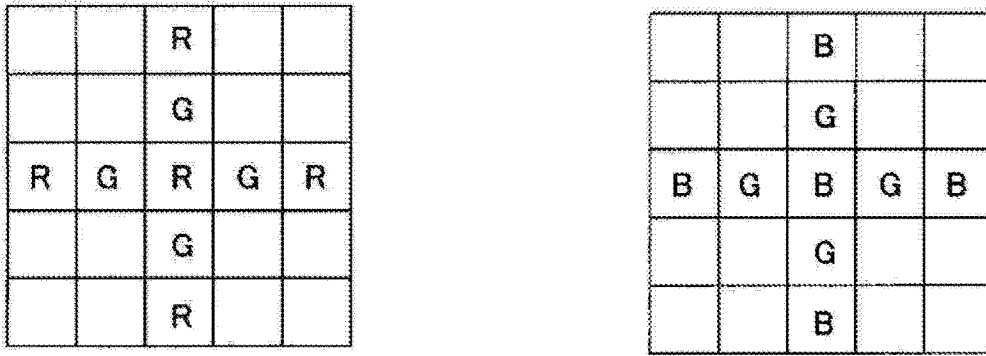


图 17

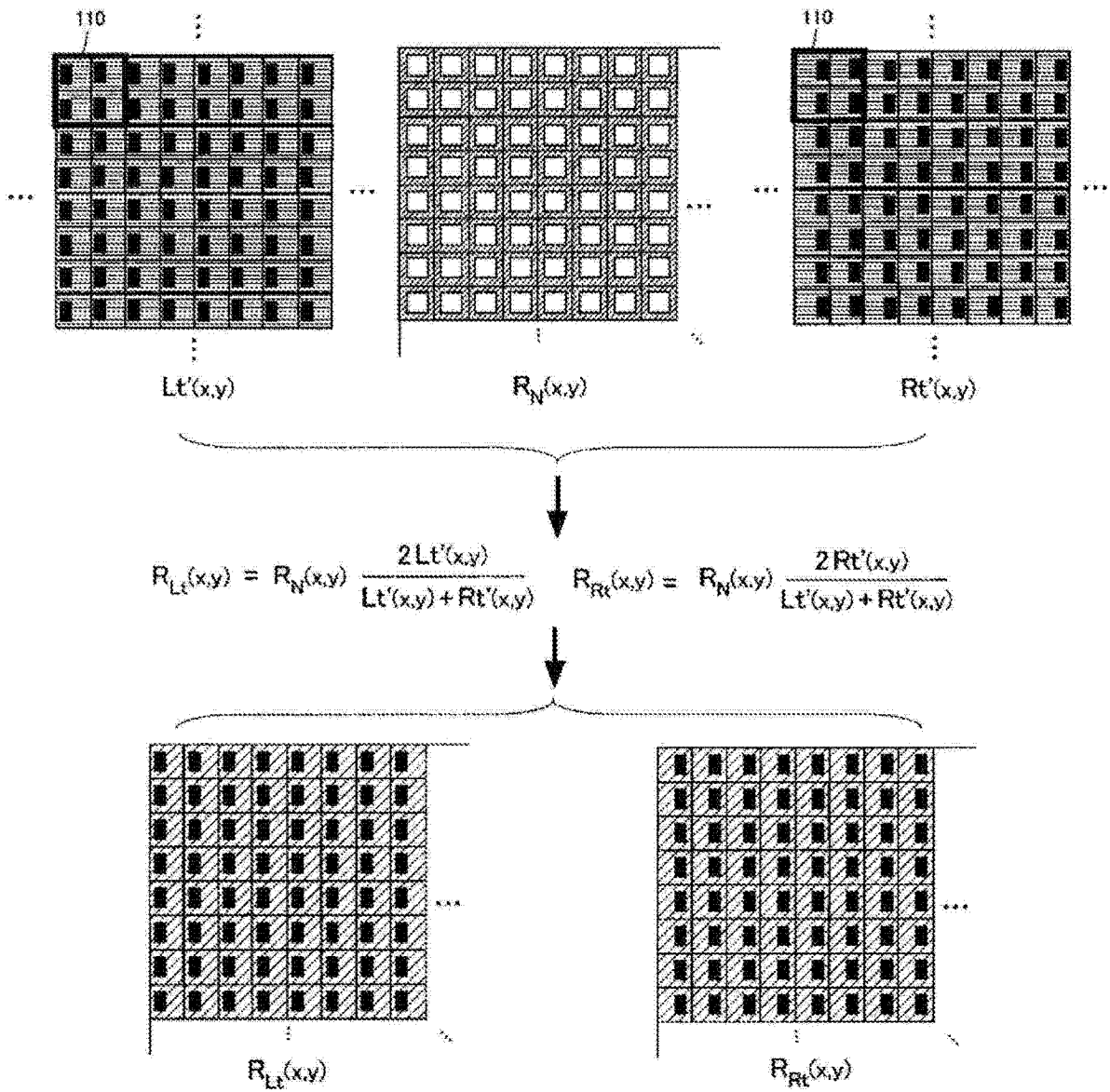
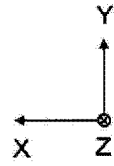


图 18

30		36		42	
34		40		46	
38		44		50	



RO图像数据



30	33	36	39	42	42
30	33	36	39	42	42
32	35	38	41	44	44
34	37	40	43	46	46
36	39	42	45	48	48
38	41	44	47	50	50

RN图像数据

图 19