



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110661931 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 23

(21) 申请号 201910575192.1

(22) 申请日 2019.06.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110661931 A

(43) 申请公布日 2020.01.07

(30) 优先权数据
2018-125278 2018.06.29 JP
2018-125046 2018.06.29 JP
2018-207405 2018.11.02 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 发明人 香川英嗣 小川修平 矢泽真耶
村泽孝大 諏访徹哉

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所
11398

专利代理师 魏启学

(51) Int.Cl.
H04N 1/60 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2018035088 A1, 2018.02.01
CN 104967761 A, 2015.10.07
JP 2018026794 A, 2018.02.15
CN 1578475 A, 2005.02.09
CN 101583040 A, 2009.11.18

审查员 邓雪彬

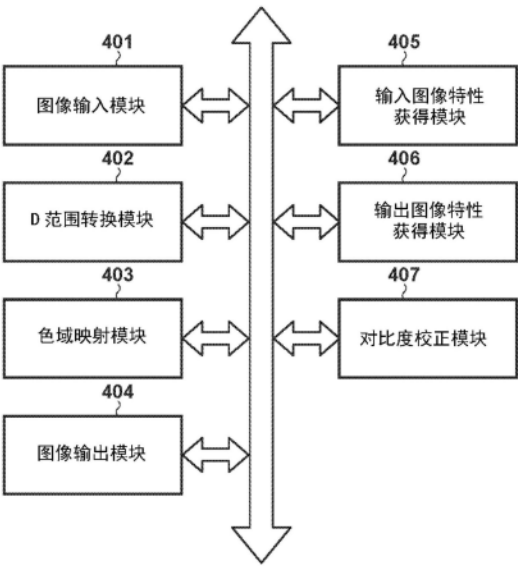
权利要求书2页 说明书23页 附图17页

(54) 发明名称

图像处理设备、图像处理方法和介质

(57) 摘要

本发明提供一种图像处理设备、图像处理方法和介质。该图像处理设备包括：获得单元，用于获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度；转换单元，用于对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理，并获得转换后的图像的亮度；以及校正单元，用于校正所述输入图像的亮度，其中，所述校正单元基于所述获得单元所获得的亮度与所述转换单元所获得的亮度之间的转换特性来进行对所述输入图像的亮度的校正，使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比，针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言，所述校正的强度变得更高。



1. 一种图像处理设备,包括:

执行单元,其被配置为执行用于将由图像数据表示的颜色映射至打印设备的颜色再现范围的颜色的色域映射;

提取单元,其被配置为从所述图像数据的亮度中提取高频分量;以及

修改单元,其被配置为通过对比度校正强度来修改所述高频分量,其中所述对比度校正强度是基于在由所述执行单元执行所述色域映射之前从所述图像数据的所述亮度中提取的第一高频分量、以及在由所述执行单元执行所述色域映射之后从所述图像数据的所述亮度中提取的第二高频分量而获得的。

2. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述提取单元被配置为:

通过从所述图像数据的所述亮度中减去第一低频分量来提取所述第一高频分量,所述第一低频分量是通过在由所述执行单元执行所述色域映射之前对所述图像数据的所述亮度进行滤波而生成的,以及

通过从所述图像数据的所述亮度中减去第二低频分量来提取所述第二高频分量,所述第二低频分量是通过在由所述执行单元执行所述色域映射之后对所述图像数据的所述亮度进行滤波而生成的。

3. 根据权利要求2所述的图像处理设备,其中,所述修改的所述对比度校正强度是通过从所述第一高频分量中减去所述第二高频分量来生成的。

4. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述提取单元被配置为:

通过将所述图像数据的所述亮度除以第一低频分量来提取所述第一高频分量,所述第一低频分量是通过在由所述执行单元执行所述色域映射之前对所述图像数据的所述亮度进行滤波而生成的,以及

通过将所述图像数据的所述亮度除以第二低频分量来提取所述第二高频分量,所述第二低频分量是通过在由所述执行单元执行所述色域映射之后对所述图像数据的所述亮度进行滤波而生成的。

5. 根据权利要求4所述的图像处理设备,其中,所述修改的所述对比度校正强度是通过将所述第一高频分量除以所述第二高频分量来生成的。

6. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述提取单元提取所述图像数据的所述亮度的反射光分量作为所述高频分量。

7. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述执行单元在所述修改单元的所述修改之后执行所述色域映射。

8. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述修改单元在所述执行单元执行所述色域映射之后修改所述高频分量。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的图像处理设备,还包括被配置为对所述图像数据的所述亮度进行动态范围压缩的动态范围压缩单元。

10. 根据权利要求1所述的图像处理设备,还包括:

输入单元,其被配置为输入与在观察所述打印设备基于所述图像数据而在薄片上打印的图像时的观察条件有关的信息;以及

决定单元,其被配置为基于所述输入单元所输入的与所述观察条件有关信息来决定与所打印的图像中的对比度的表现程度有关的对比度特性,

其中,所述修改单元基于所述特性以及所述决定单元所决定出的对比度特性来进行对所述图像数据的所述亮度的修改,使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比,针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言,所述对比度校正强度变得更高。

11.根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述修改单元基于所述图像数据的所述亮度的低频分量来修改所述图像数据的高频分量,使得所述修改之后的所述图像数据的亮度的高频分量包括在所述修改单元的修改之后的所述图像数据的亮度范围内。

12.根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述修改单元还包括判断单元,所述判断单元被配置为基于所述色域映射之后的图像的低频分量的亮度和所述色域映射之后的图像的高频分量的亮度来判断是否进行所述修改。

13.根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述修改单元修改所述高频分量,使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比,针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言,所述对比度校正强度变得更高。

14.一种图像处理方法,包括:

执行用于将由图像数据表示的颜色映射至打印设备的颜色再现范围的颜色的色域映射;

从所述图像数据的亮度中提取高频分量;以及

通过对比度校正强度来修改所述高频分量,其中所述对比度校正强度是基于在执行所述色域映射之前从所述图像数据的所述亮度中提取的第一高频分量、以及在执行所述色域映射之后从所述图像数据的所述亮度中提取的第二高频分量而获得的。

15.一种存储介质,其用于存储使计算机进行如下处理的程序:

执行用于将由图像数据表示的颜色映射至打印设备的颜色再现范围的颜色的色域映射;

从所述图像数据的亮度中提取高频分量;以及

通过对比度校正强度来修改所述高频分量,其中所述对比度校正强度是基于在执行所述色域映射之前从所述图像数据的所述亮度中提取的第一高频分量、以及在执行所述色域映射之后从所述图像数据的所述亮度中提取的第二高频分量而获得的。

图像处理设备、图像处理方法和介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像处理设备、图像处理方法和介质。

背景技术

[0002] 近年来,具有高亮度和宽色域再现范围的HDR(高动态范围)内容已变得普及。在BT.2020(Rec.2020)的色域范围内使用1,000尼特(nit)(1,000cd/m²)或更高的峰值亮度来表现HDR内容。当打印设备使用HDR图像数据来进行打印时,需要通过使用色调曲线等的D范围压缩来将亮度的动态范围(下文中称为“D范围”)压缩为打印设备可以再现的动态范围。例如,如图1所示,降低了具有高亮度的区域的对比度,从而进行D范围压缩。例如,日本特开2011-86976公开了对在进行D范围压缩时发生的对比度降低进行校正的图像处理。

[0003] 需要对经历了向打印设备的亮度范围的D范围压缩的图像数据进行向打印设备的色域的色域映射。图2A示出在1,000尼特的亮度范围内的BT.2020的色域。图2B示出打印设备的色域。在图2A和2B中,横轴表示xy色度的y,以及纵轴表示亮度。当比较BT.2020的色域与打印设备的色域时,由于使用的色材不同,因此色域形状不相似。因此,当通过打印设备打印HDR内容时,代替均一地压缩D范围,需要根据色度来改变亮度压缩程度。

[0004] 此时,在输入图像数据的色域的形状和打印设备的色域的形状大不相同的情况下,即使当使用日本特开2011-86976的方法来进行对比度校正时,对比度强度也由于通过色域映射的压缩而在打印设备打印时降低。

发明内容

[0005] 根据本发明的一个方面,提供一种图像处理设备,包括:获得单元,其被配置为获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;转换单元,其被配置为对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正单元,其被配置为校正所述输入图像的亮度,其中,所述校正单元基于所述获得单元所获得的亮度与所述转换单元所获得的亮度之间的转换特性来进行对所述输入图像的亮度的校正,使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比,针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言,所述校正的强度变得更高。

[0006] 根据本发明的另一方面,提供一种图像处理设备,包括:获得单元,其被配置为获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;转换单元,其被配置为对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正单元,其被配置为校正所述输入图像的亮度,以抑制所述输入图像的对比度的降低,其中,所述校正单元基于所述图像的低频分量的亮度来校正所述图像的高频分量,使得所述转换处理之后的图像的高频分量的亮度包括在所述校正单元的校正之后的图像的亮度范围内。

[0007] 根据本发明的另一方面,提供一种图像处理方法,包括:获得具有比打印设备的颜

色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正所述输入图像的亮度,其中,在所述校正中,基于所述获得中所获得的亮度与进行所述转换处理时所获得的亮度之间的转换特性来进行对所述输入图像的亮度的校正,使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比,针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言,所述校正的强度变得更高。

[0008] 根据本发明的另一个方面,提供一种存储有程序的介质,所述程序使计算机用作:获得单元,其被配置为获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;转换单元,其被配置为对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正单元,其被配置为校正所述输入图像的亮度,其中,所述校正单元基于所述获得单元所获得的亮度与所述转换单元所获得的亮度之间的转换特性来进行对所述输入图像的亮度的校正,使得与针对包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色相比,针对未包括在所述打印设备的颜色再现范围内的颜色而言,所述校正的强度变得更高。

[0009] 根据本发明的另一方面,提供一种图像处理方法,包括:获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正所述输入图像的亮度,以抑制所述输入图像的对比度的降低,其中,在所述校正中,基于所述图像的低频分量的亮度来校正所述图像的高频分量,使得所述转换处理之后的图像的高频分量的亮度包括在所述校正中的校正之后的图像的亮度范围内。

[0010] 根据本发明的另一方面,提供一种存储有程序的介质,所述程序使计算机用作:获得单元,其被配置为获得具有比打印设备的颜色再现范围宽的颜色再现范围的输入图像的亮度;转换单元,其被配置为对所述输入图像进行用于获得所述打印设备的颜色再现范围内所包括的值的转换处理,并获得转换后的图像的亮度;以及校正单元,其被配置为校正所述输入图像的亮度,以抑制所述输入图像的对比度的降低,其中,所述校正单元基于所述图像的低频分量的亮度来校正所述图像的高频分量,使得所述转换处理之后的图像的高频分量的亮度包括在所述校正单元的校正之后的图像的亮度范围内。

[0011] 根据本发明,能够提供考虑到由于输入和输出之间的颜色再现范围的差异而引起的对比度降低的对比度校正。

[0012] 通过以下(参考附图)对典型实施例的说明,本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

[0013] 图1是用于说明D范围转换的图;

[0014] 图2A、2B、2C和2D是用于说明BT.2020与打印设备之间的色域差异的图;

[0015] 图3是示出根据本发明的系统的硬件结构的示例的框图;

[0016] 图4是示出根据本发明的与对比度校正有关的软件结构的示例的框图;

[0017] 图5是用于说明根据本发明的色域映射的图;

[0018] 图6是用于说明高斯滤波器的图;

[0019] 图7是用于说明根据本发明的视觉传递函数的图;

- [0020] 图8是示出根据本发明的输出图像特性获得模块的处理的流程图；
- [0021] 图9是示出根据本发明的对比度校正模块的处理的流程图；
- [0022] 图10是示出根据第一实施例的对比度校正方法的流程图；
- [0023] 图11是示出根据第二实施例的对比度校正方法的流程图；
- [0024] 图12是示出根据第三实施例的对比度校正方法的流程图；
- [0025] 图13是示出根据第四实施例的对比度校正方法的流程图；
- [0026] 图14是用于说明根据第五实施例的校正强度生成方法的图；
- [0027] 图15是根据第六实施例的UI配置画面的示例的示意图；
- [0028] 图16是示出根据第六实施例的与对比度校正有关的软件结构的示例的框图；
- [0029] 图17是示出根据第六实施例的亮度-高灵敏度频率转换表的示例的图；
- [0030] 图18是示出根据第六实施例的针对各亮度的高灵敏度频率的表的图；
- [0031] 图19是示出根据第八实施例的处理过程的流程图；
- [0032] 图20是根据第八实施例的处理中的校正判断的说明图；
- [0033] 图21是示出根据第九实施例的处理过程的流程图；
- [0034] 图22是用于示出如第九实施例中所使用的对比度灵敏度的建模方法的图；以及
- [0035] 图23是示出根据第十实施例的处理过程的流程图。

具体实施方式

[0036] <第一实施例>

[0037] [系统结构]

[0038] 图3是示出可以应用本发明的系统的结构的示例的框图。该系统包括图像处理设备300和打印设备310。图像处理设备300由用作信息处理设备的主机PC等形成。图像处理设备300包括CPU 301、RAM 302、HDD 303、显示器I/F 304、操作单元I/F 305、以及数据传送I/F 306,并且这些组件通过内部总线可通信地连接。

[0039] CPU 301根据HDD 303所保持的程序,使用RAM 302作为工作区来执行各种处理。RAM 302是易失性存储区域,并且用作工作存储器等。HDD 303是非易失性存储区域,并且保持根据本实施例的程序和OS(操作系统)等。显示器I/F 304是被配置为在显示器307和图像处理设备300的主体之间进行数据发送/接收的接口。操作单元I/F 305是被配置为将使用诸如键盘或鼠标等的操作单元308所输入的指示输入到图像处理设备300的主体的接口。数据传送I/F 306是被配置为相对于外部设备发送/接收数据的接口。

[0040] 例如,CPU 301根据用户使用操作单元308输入的指示(命令等)或由HDD 303保持的程序来生成打印设备310可打印的图像数据,并且将图像数据传送到打印设备310。另外,CPU 301根据存储在HDD 303中的程序,经由数据传送I/F 306对从打印设备310接收到的图像数据进行预定处理,并在显示器307上显示结果或各种信息。

[0041] 打印设备310包括图像处理加速器311、数据传送I/F 312、CPU 313、RAM314、ROM 315和打印单元316,并且这些组件经由内部总线可通信地连接。注意,打印设备310的打印方法不受特别限制。例如,可以使用喷墨打印设备,或者可以使用电子照相打印设备。将使用喷墨打印设备作为示例来进行以下描述。

[0042] CPU 313根据ROM 315所保持的程序,使用RAM 314作为工作区来执行各种处理。

RAM 314是易失性存储区域,并且用作工作存储器等。ROM 315是非易失性存储区域,并且保持根据本实施例的程序和OS(操作系统)等。数据传送I/F 312是被配置为相对于外部设备发送/接收数据的接口。图像处理加速器311是能够以高于CPU 313的速度执行图像处理的硬件。当CPU 313将图像处理所需的参数和数据写入RAM 314的预定地址时,启动图像处理加速器311。在加载参数和数据之后,对数据执行预定的图像处理。然而,图像处理加速器311不是必不可少的元件,并且也可以由CPU 313执行同等处理。打印单元316基于来自图像处理设备300的指示来执行打印操作。

[0043] 图像处理设备300的数据传送I/F 306和打印设备310的数据传送I/F 312的连接方法不受特别限制。例如,可以使用USB(通用串行总线)或IEEE 1394等。此外,连接可以是有线的或无线的。

[0044] [对比度校正]

[0045] 下面将详细描述根据本实施例的对比度校正。根据本实施例的对比度校正是用于在打印设备310打印HDR图像数据时进行预定图像处理的处理。如上所述,在本实施例中,输入图像(例如,HDR图像数据)的颜色再现范围和用于进行打印的打印设备310的颜色再现范围不同,并且在输入图像中可再现颜色的范围更宽。

[0046] 图4是示出用于进行打印设备310打印HDR图像数据时的与对比度校正有关的图像处理的软件结构的示例的框图。在本实施例中,当CPU 301读出存储在HDD 303中的程序并执行该程序时,实现图4所示的各模块。图像处理设备300包括图像输入模块401、D范围转换模块402、色域映射模块403、图像输出模块404、输入图像特性获得模块405、输出图像特性获得模块406和对比度校正模块407。注意,这里示出的模块表示关于与对比度校正有关的处理的模块,并且图像处理设备300还可以包括被配置为进行其它图像处理的模块。

[0047] 图像输入模块401获得HDR图像数据。对于获得方法,可以获得由HDD 303保持的图像数据,或者可以经由数据传送I/F 306从外部设备获得图像数据。在本实施例中,作为HDR图像数据,将描述其D范围具有1,000尼特的峰值亮度并且其颜色空间是BT.2020的RGB数据作为示例。

[0048] D范围转换模块402使用诸如一维查找表(下文中被称为1DLUT)等的手段对输入到D范围转换模块402的图像数据的亮度进行向预定亮度范围的D范围压缩。在本实施例中,使用图1所示的曲线图来进行D范围压缩。在图1中,横轴表示要进行D范围压缩的输入的亮度,以及纵轴表示压缩后的亮度。基于图1所示的压缩特性,具有1,000尼特的亮度范围的HDR图像数据被压缩到打印设备310可以处理的100尼特的亮度范围。

[0049] 对于输入到色域映射模块403的图像数据,色域映射模块403使用诸如三维LUT(下文中被称为3DLUT)等的方法来进行向打印设备310的色域的色域映射。图5是用于说明根据本实施例的色域映射的图。在图5中,横轴表示YCbCr颜色空间的Cr,以及纵轴表示亮度Y。输入到色域映射模块403的图像数据的输入色域501经历向作为打印设备310的色域的输出色域502的色域映射。当输入颜色为(Y,Cb,Cr)时,它们被转换为(Y',Cb',Cr')。如果输入颜色具有与YCbCr不同的颜色空间,则将该颜色空间转换为YCbCr颜色空间,然后进行色域映射。在图5所示的示例中,输入色域501和输出色域502不具有相似的形状。

[0050] 输入色域501的原色503和506分别被映射到输出色域502的原色504和505。尽管原色503和506具有相同的亮度值,但是色域映射之后的原色504和505具有不同的亮度值。以

这种方式,在色域映射中的输入和输出色域不具有相似形状的情况下,即使输入亮度值相同,这些颜色也根据色相而被映射为不同的输出亮度值。

[0051] 另外,由图5中的阴影线表示的色域外区域507是打印设备310不能表现的色域。色域外区域507是包括在输入色域501中但未包括在输出色域502中的区域。另一方面,色域内区域508是包括在输入色域501和输出色域502这两者中的区域。色域外区域507比色域内区域508更大地被压缩并且被映射在输出色域502中。例如,在输入颜色中,两种颜色的对比度509被映射到对比度511,并且对比度510即使在映射之后也被映射到与输入相同的对比度。也就是说,在对比度510中,映射前后的变化小于对比度511中的变化。换句话说,转换特性在色域内区域508中的转换与从色域外区域507到色域内区域508的转换之间不同。由于输出色域外的颜色比输出色域中的颜色更大地被压缩并且被映射,因此输出色域外的颜色的对比度变得更低。

[0052] 输入图像特性获得模块405生成(提取)输入到图像输入模块401的图像数据的高频值。首先,输入图像特性获得模块405计算输入图像数据的亮度。如果输入图像数据是RGB数据(R:红色,G:绿色,B:蓝色),则可以通过等式(1)至(3)表示的方法将其转换为YCbCr。注意,下面示出的RGB-YCbCr转换公式仅是示例,并且可以使用其它转换公式。在以下公式中,“ $\cdot$ ”代表相乘。

$$[0053] \quad Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad \dots (1)$$

$$[0054] \quad Cb = -0.1687 \cdot R - 0.3313 \cdot G + 0.5 \cdot B \quad \dots (2)$$

$$[0055] \quad Cr = 0.5 \cdot R - 0.4187 \cdot G - 0.0813 \cdot B \quad \dots (3)$$

[0056] 此外,输入图像特性获得模块405根据所计算出的亮度(Y值)来生成高频值。为了生成高频值,首先计算低频值。通过对亮度进行滤波处理来生成低频值。将参考图6使用用于进行平滑处理的高斯滤波器作为示例来描述滤波处理。在图6中,滤波器尺寸为 5×5 ,并且针对25个像素中的各像素设置系数601。设 x 是图像的水平方向以及 y 是垂直方向。坐标 (x, y) 处的像素值是 $p(x, y)$,并且滤波系数是 $f(x, y)$ 。对于各关注像素 $p'(x, y)$,通过由等式(4)表示的方法来进行滤波处理。每当滤波器以关注像素602作为中心扫描图像数据时,都进行等式(4)的计算。当完成对所有像素的扫描时,获得低频值。

$$[0057] \quad p'(x, y) = \{1 / \sum f(x, y)\} \cdot \sum \{f(x, y) \times p(x, y)\} \quad \dots (4)$$

[0058] 在本实施例中,高斯型已被例示为滤波特性。然而,本发明不限于此。例如,可以使用诸如双边滤波器等边缘保持型滤波器。当使用边缘保持型滤波器时,可以减少在对比度校正时在边缘部分中出现的伪像的晕圈。

[0059] 图7是示出用于空间频率的视觉传递函数VTF的图。图7所示的视觉传递函数VTF表示当由横轴表示的空间频率改变时由纵轴表示的视觉灵敏度改变。这意味着视觉灵敏度越高,传递特性越高。从视觉传递函数VTF可以看出,以 $0.5 \text{ cycle}(\text{周期})/\text{mm}$ 或更大的空间频率可以获得约0.8或更高的高传递特性。注意,在图7所示的示例中,当空间频率是 $2 \text{ cycle}/\text{mm}$ 或更大时,视觉灵敏度低于0.8。作为对比度校正的对象频率优选地是具有高视觉灵敏度的频率。即,高频表示作为包括峰值灵敏度的频率的 $0.5 \text{ cycle}/\text{mm}$ 或更大,以及低频表示 $0.5 \text{ cycle}/\text{mm}$ 或更小。在本实施例中,基于该前提来从亮度获得高频分量和低频分量。

[0060] 针对各像素,设 I 是亮度, H 是高频值,以及 L 是低频值。通过以下公式来计算高频值 H 。

[0061] $H = I/L$ (5)

[0062] 在本实施例中,亮度I的高频值H和低频值L将分别被描述为等于反射光的值Re和照明光的值Li的值。这里的照明光是指包括在亮度分量中的照明光分量,以及反射光是指包括在亮度分量中的反射光分量。也就是说,将使用高频值H作为表示高频分量的强度的值、并且还使用低频值L作为表示低频分量的强度的值来进行描述。

[0063] 与低频值相同,可以通过进行滤波处理来生成照明光的值。另外,当使用边缘保持型滤波器时,可以更精确地生成边缘部分处的照明光的值。反射光的值Re和照明光的值Li可以由下式给出

[0064] $Re = I/Li$ (6)

[0065] 由等式(5)所示,通过将输入图像除以低频值来生成高频值H。然而,本发明不限于此。例如,如等式(7)所示,可以通过从输入图像中减去低频值来生成高频值H。这也适用于使用反射光的值和照明光的值的情况。

[0066] $H = I - L$ (7)

[0067] 输出图像特性获得模块406生成打印设备310所要输出的颜色系的高频值。也就是说,输出图像特性获得模块406获得可由打印设备310再现的颜色系范围内的高频值。稍后将参考图8的流程图来描述生成方法。

[0068] 对比度校正模块407基于输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值来决定对比度校正强度,并且对输入到对比度校正模块407的图像数据的高频值进行对比度校正处理。在本实施例中,将在假设通过校正高频值的强度来校正图像的对比度的情况下进行描述。稍后将参考图9的流程图来描述校正方法。

[0069] 图像输出模块404进行用于利用打印设备310的输出的图像处理。将经历色域映射模块403的色域映射的图像数据分离为要由打印设备310打印的墨颜色。图像输出模块404还进行利用打印设备310的输出所需的期望图像处理,例如用于使用抖动或误差扩散处理将图像数据转换为表示墨排出/不排出的二值数据的量化处理。

[0070] (高频生成处理)

[0071] 将参考图8来描述输出图像特性获得模块406所进行的用于生成要由打印设备310输出的颜色系的高频的处理的细节。

[0072] 在步骤S101中,输出图像特性获得模块406使D范围转换模块402对输入到图像输入模块401的图像数据进行D范围转换。

[0073] 在步骤S102中,输出图像特性获得模块406使色域映射模块403对在步骤S101中进行了D范围压缩的图像数据进行色域映射。

[0074] 在步骤S103中,输出图像特性获得模块406根据在步骤S102中经历了色域映射的图像数据来生成高频值H'。为了生成高频值,输出图像特性获得模块406计算亮度,并且进一步如输入图像特性获得模块405那样计算所计算出的亮度的低频值。输出图像特性获得模块406基于低频值和输入亮度,根据等式(5)来计算高频值。然后结束处理过程。

[0075] 这里的D范围压缩处理和色域映射处理与后述的图10所示的处理中所进行的D范围转换和色域映射处理具有相同的内容,但是为了不同的目的而被执行。注意,在以下说明中,D范围压缩处理和色域映射处理有时将一起被称为转换处理。

[0076] (对比度校正处理)

[0077] 将参考图9来描述对比度校正模块407的对比度处理的细节。

[0078] 在步骤S201中,对比度校正模块407将输入图像数据转换为YCbCr颜色空间。如果输入颜色空间是RGB颜色空间,则根据等式(1)至(3)来将RGB颜色空间转换为YCbCr颜色空间。

[0079] 在步骤S202中,对比度校正模块407从步骤S201中生成的YCbCr颜色空间的数据中获得亮度值I,并基于该亮度值来计算高频值H和低频值L。这里,高频值H和低频值L的计算方法类似于上述输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406的计算方法。也就是说,对比度校正模块407计算亮度的低频值L,并且基于所计算出的低频值L和输入亮度值I,根据等式(5)来计算高频值H。

[0080] 在步骤S203中,对比度校正模块407基于输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值来生成对比度校正强度。这里,对比度强度的目标值被设置为输入图像的高频值。设H_m是作为进行对比度校正时使用的校正系数而计算出的校正强度,H_t是输入图像特性获得模块405所生成的高频值,以及H'是输出图像特性获得模块406所生成的高频值。此时,校正强度计算方法可以由下式表示。

$$[0081] \quad H_m = H_t / H' \quad \dots (8)$$

[0082] 等式(8)表示当高频值的强度从输入图像变化到输出图像时的反向偏差。

[0083] 这里所获得的值是转换前后的反向偏差。因此,在图5所示的示例中,色域外区域507中的校正强度被设置为高于色域内区域508中的校正强度。这是因为如使用对比度510以及对比度509和511所描述的,转换中的改变程度(压缩程度)不同。

[0084] 注意,当使用等式(7)来生成高频值H_t和H'时,校正强度H_m可以由下式给出。

$$[0085] \quad H_m = H_t - H' \quad \dots (9)$$

[0086] 等式(9)表示当高频值的强度从输入图像变化到输出图像时的差。

[0087] 在步骤S204中,对比度校正模块407通过将在步骤S202中生成的高频值H乘以校正强度H_m来进行对比度校正。即,对输入图像数据的高频值进行对比度校正。设H_c为对比度校正后的高频值,对比度校正可以由下式表示。

$$[0088] \quad H_c = H_m \times H \quad \dots (10)$$

[0089] 注意,当使用等式(7)来生成高频值H时,通过将校正强度H_m与步骤S202中生成的高频值H相加来进行对比度校正。对比度校正后的高频值H_c由下式给出。

$$[0090] \quad H_c = H_m + H \quad \dots (11)$$

[0091] 如等式(8)和(9)所示,对比度从输入图像向输出图像降低,即高频值的强度降低时的反向偏差量被设置为校正强度H_m。当通过等式(10)的反向偏差量的相乘或通过等式(11)的反向偏差量的相加来进行校正时,可以在输出图像中维持输入图像的高频值的强度,或者可以在输出图像中获得接近输入图像的高频值的强度的值。

[0092] 在步骤S205中,对比度校正模块407对步骤S204中的对比度校正之后的高频值H_c、步骤S202中所计算出的低频值L以及步骤S201中所生成的值Cb和Cr进行合成,以获得原始RGB数据。首先,对比度校正模块407通过等式(12)对对比度校正后的高频值H_c和低频率值L进行整合,从而通过合成频率值来获得对比度校正后的亮度I'。

$$[0093] \quad I' = H_c \times L \quad \dots (12)$$

[0094] 注意,当使用等式(7)来生成高频值Hc的和低频值L时,亮度I'可由下式给出。

[0095] $I' = Hc + L$... (13)

[0096] 对比度校正模块407然后对亮度I'和色差值(Cb,Cr)进行平面合成,以生成彩色图像值(I',Cb,Cr)。由此获得经历了根据本实施例的对比度校正的图像。然后结束处理过程。

[0097] [处理过程]

[0098] 将参考图10来描述根据本实施例的整体处理的流程图。例如,当CPU 301读出并执行存储在HDD 303中的程序并因此用作图4所示的各处理单元时,实现该处理过程。

[0099] 在步骤S301中,图像输入模块401获得HDR图像数据。对于获得方法,可以获得由HDD 303保持的图像数据,或者可以经由数据传送I/F 306从外部设备获得图像数据。另外,可以基于用户的选择或指示来决定获得对象的HDR图像数据。

[0100] 在步骤S302中,对比度校正模块407使用输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值,通过上面参考图9描述的方法来生成对比度校正强度Hm。

[0101] 在步骤S303中,对比度校正模块407针对步骤S301中所输入的图像数据的高频值,使用步骤S302中所生成的对比度校正强度Hm,通过上面参照图9描述的方法来进行对比度校正。也就是说,该处理过程的步骤S303和S304对应于图9所示的处理。

[0102] 在步骤S304中,D范围转换模块402通过上面参考图1等描述的方法对在步骤S303中经历了对比度校正的图像数据进行D范围转换(动态范围压缩处理)。在本实施例中,D范围转换模块402将D范围从输入图像的1,000尼特转换为作为用于色域映射的D范围的100尼特。

[0103] 在步骤S305中,色域映射模块403通过上面参考图5等描述的方法对在步骤S304中经历了D范围转换的图像数据进行色域映射处理。

[0104] 在步骤S306中,图像输出模块404通过上述方法对在步骤S305中经历了色域映射的图像数据执行用于打印设备310的输出的输出处理。然后结束处理过程。

[0105] 在本实施例中,使用输入图像的高频值和色域映射后的输出图像的高频值,通过将高频值的减小量相对应的反向偏差量设置为校正强度来进行对比度校正。因此,即使在高频值由于在设置了校正强度之后所进行的步骤S304中的D范围转换和步骤S305中的色域映射而降低的情况下,也可以预先通过对比度校正来校正减小量。结果,即使在色域映射之后,也可以维持输入图像的对比度,或者可以使对比度接近输入图像的对比度。

[0106] 另外,当在生成对比度校正强度时使用色域映射之后的输出图像的高频值时,可以在包括了由于色域映射的压缩而导致的对比度的减小量的状态下决定校正强度。因此,随着色域映射的压缩比的上升,可以将对比度校正强度设置得高。另外,经历了对比度校正的高频值接近输入图像的高频值,并且尚未经历对比度校正的低频值接近色域映射后的低频值。

[0107] 从以上描述显而易见的是,根据本实施例,可以抑制由输入和输出之间的颜色再现范围的差异所引起的对比度的降低。

[0108] 注意,在本实施例中,描述了使用YCbCr颜色空间作为亮度的示例。然而,可以使用表示亮度和色度的xyz颜色空间。

[0109] <第二实施例>

[0110] 将参考图11的流程图来描述本发明的第二实施例。将省略与第一实施例重复的部

分的描述,并且将仅描述不同之处。在本实施例中,在D范围转换之后进行对比度校正,这与第一实施例中描述的图10不同。也就是说,处理步骤的顺序与第一实施例不同。

[0111] 在步骤S401中,图像输入模块401获得HDR图像数据。对于获得方法,可以获得由HDD 303保持的图像数据,或者可以经由数据传送I/F 306从外部设备获得图像数据。另外,可以基于用户的选择或指示来决定获得对象的HDR图像数据。

[0112] 在步骤S402中,D范围转换模块402通过上面参考图1等描述的方法对在步骤S401中输入的图像数据进行D范围转换。在本实施例中,D范围转换模块402将D范围从输入图像的1,000尼特转换为作为用于色域映射的D范围的100尼特。

[0113] 在步骤S403中,对比度校正模块407使用输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值,通过上面参考图9描述的方法来生成对比度校正强度 H_m 。

[0114] 在步骤S404中,对比度校正模块407针对在步骤S402中经历了D范围转换的图像数据的高频值,使用步骤S403中所生成的对比度校正强度 H_m ,通过上面参照图9描述的方法来进行对比度校正。也就是说,该处理过程的步骤S403和S404对应于第一实施例中描述的图9所示的处理。

[0115] 在步骤S405中,色域映射模块403通过上面参考图5等描述的方法对在步骤S404中经历了对比度校正的图像数据进行色域映射。

[0116] 在步骤S406中,图像输出模块404通过上述方法对在步骤S405中经历了色域映射的图像数据执行用于打印设备310的输出的输出处理。然后结束处理过程。

[0117] 在本实施例中,使用输入图像的高频值和色域映射后的输出图像的高频值,通过将高频值的减小量相对应的反向偏差量设置为校正强度来进行对比度校正。因此,即使在高频值由于步骤S402中的D范围转换和步骤S405中的色域映射而降低的情况下,也通过对比度校正来校正减小量。结果,即使在色域映射之后,也可以维持输入图像的对比度,或者可以使对比度接近输入图像的对比度。

[0118] 另外,当在生成对比度校正强度时使用色域映射之后的输出图像的高频值时,可以在包括了由于色域映射的压缩而导致的对比度的减小量的状态下决定校正强度。因此,随着色域映射的压缩比的上升,可以将对比度校正强度设置得高。另外,经历了对比度校正的高频值接近输入图像的高频值,并且尚未经历对比度校正的低频值接近色域映射后的低频值。

[0119] 此外,由于在D范围转换之后进行对比度校正,因此与在D范围转换之前进行校正的情况相比,由于D范围小,因此可以使得用于处理的存储器变小。

[0120] <第三实施例>

[0121] 将参考图12的流程图来描述本发明的第三实施例。将省略与第一实施例重复的部分的描述,并且将仅描述不同之处。在本实施例中,在D范围转换和色域映射之后进行对比度校正,这与第一实施例中描述的图10不同。也就是说,处理步骤的顺序与第一实施例不同。

[0122] 在步骤S501中,图像输入模块401获得HDR图像数据。对于获得方法,可以获得由HDD 303保持的图像数据,或者可以经由数据传送I/F 306从外部设备获得图像数据。另外,可以基于用户的选择或指示来决定获得对象的HDR图像数据。

[0123] 在步骤S502中,D范围转换模块402通过上面参考图1等描述的方法对在步骤S501

中输入的图像数据进行D范围转换。在本实施例中,D范围转换模块402将D范围从输入图像的1,000尼特转换为作为用于色域映射的D范围的100尼特。

[0124] 在步骤S503中,色域映射模块403通过上面参考图5等描述的方法对在步骤S502中经历了D范围转换的图像数据进行色域映射。

[0125] 在步骤S504中,对比度校正模块407使用输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值,通过上面参考图9描述的方法来生成对比度校正强度 H_m 。

[0126] 在步骤S505中,对比度校正模块407针对在步骤S503中经历了色域映射的图像数据的高频值,使用在步骤S504中生成的对比度校正强度 H_m ,通过上面参考图9描述的方法来进行对比度校正。也就是说,该处理过程的步骤S504和S505对应于第一实施例中描述的图9所示的处理。

[0127] 在步骤S506中,图像输出模块404通过上述方法对在步骤S505中经历了对比度校正的图像数据执行用于打印设备310的输出的输出处理。然后结束处理过程。

[0128] 在本实施例中,使用输入图像的高频值和色域映射后的输出图像的高频值,通过将高频值的减小量相对应的反向偏差量设置为校正强度来进行对比度校正。因此,即使在高频值由于步骤S502中的D范围转换和步骤S503中的色域映射而降低的情况下,也通过对比度校正来校正减小量。结果,即使在色域映射之后,也可以维持输入图像的对比度,或者可以使对比度接近输入图像的对比度。

[0129] 另外,当在生成对比度校正强度时使用色域映射之后的输出图像的高频值时,可以在包括了由于色域映射的压缩而导致的对比度的减小量的状态下决定校正强度。因此,随着色域映射的压缩比的上升,可以将对比度校正强度设置得高。另外,经历了对比度校正的高频值接近输入图像的高频值,并且尚未经历对比度校正的低频值接近色域映射后的低频值。

[0130] 此外,由于在色域映射之后进行对比度校正,因此与在D范围转换之前进行校正的情况相比,由于D范围小,因此可以使得用于处理的存储器变小。

[0131] <第四实施例>

[0132] 将参考图13的流程图来描述本发明的第四实施例。将省略与第一实施例重复的部分的描述,并且将仅描述不同之处。在本实施例中,与第一实施例中描述的图10不同,D范围转换被进行两次。

[0133] 在步骤S601中,图像输入模块401获得HDR图像数据。对于获得方法,可以获得由HDD 303保持的图像数据,或者可以经由数据传送I/F 306从外部设备获得图像数据。另外,可以基于用户的选择或指示来决定获得对象的HDR图像数据。

[0134] 在步骤S602中,D范围转换模块402通过上面参考图1等描述的方法对在步骤S601中输入的图像数据进行D范围转换。在本实施例中,D范围转换模块402将D范围从输入图像的1,000尼特转换为用作标准的颜色空间的D范围。例如,在AdobeRGB的情况下,输入图像的D范围被转换为120尼特。

[0135] 在步骤S603中,对比度校正模块407使用输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406所生成的高频值,通过上面参考图9描述的方法来生成对比度校正强度 H_m 。

[0136] 在步骤S604中,对比度校正模块407针对在步骤S602中转换为标准颜色空间的D范围的图像数据的高频值,使用步骤S603中所生成的对比度校正强度 H_m ,通过上面参考图9描

述的方法来进行对比度校正。也就是说,该处理过程的步骤S603和S604对应于第一实施例中描述的图9所示的处理。

[0137] 在步骤S605中,D范围转换模块402通过上面参考图1等描述的方法对在步骤S604中经历了对比度校正的图像数据进行D范围转换。在本实施例中,图像的D范围从在步骤S602中转换得到的标准颜色空间的120尼特转换为作为用于色域映射的D范围的100尼特。

[0138] 在步骤S606中,色域映射模块403通过上面参考图5等描述的方法对在步骤S605中经历了D范围转换的图像数据进行色域映射。

[0139] 在步骤S607中,图像输出模块404通过上述方法对在步骤S606中经历了色域映射的图像数据执行用于打印设备310的输出的输出处理。然后结束处理过程。

[0140] 在本实施例中,使用输入图像的高频值和色域映射后的输出图像的高频值,通过将高频值的减小量相对应的反向偏差量设置为校正强度来进行对比度校正。因此,即使在高频值由于步骤S602中的向标准颜色空间的D范围转换、步骤S605中的D范围转换以及步骤S606中的色域映射而降低的情况下,也通过对比度校正来校正减小量。结果,即使在色域映射之后,也可以维持输入图像的对比度,或者可以使对比度接近输入图像的对比度。

[0141] 另外,当在生成对比度校正强度时使用色域映射之后的输出图像的高频值时,可以在包括了由于色域映射的压缩而导致的对比度的减小量的状态下决定校正强度。因此,随着色域映射的压缩比的上升,可以将对比度校正强度设置得高。另外,经历了对比度校正的高频值接近输入图像的高频值,并且尚未经历对比度校正的低频值接近色域映射后的低频值。

[0142] 此外,由于D范围被暂时转换为标准颜色空间的D范围,因此可以在独立于打印设备的环境中(例如,在HDR监视器上)确认图像的同时进行诸如修饰等的编辑操作。

[0143] <第五实施例>

[0144] 在上述实施例中,已经使用根据输入图像的高频值和输出图像的高频值来生成对比度校正强度的示例进行了描述。在本实施例中,将描述通过3D LUT方法来生成校正强度信息的示例。图14是用于说明根据本实施例的校正强度信息的生成的图。

[0145] 在本实施例中,校正强度信息将输入图像和输出图像之间的对比度的减小量设置为反向偏差。假设输出图像处于输入图像已经历D范围压缩和色域映射的状态。在图14中,通过D范围压缩和色域映射分别将输入的基准颜色(224,0,0)和对比度对象颜色(232,8,8)改变为(220,8,8)和(216,12,12)。输入和输出中的表示基准颜色和对比度对象颜色之间的对比度的差值 ΔRGB 是13.9和6.9,并且通过等式(14)来计算对比度比的反向偏差。另外,对比度差的反向偏差可以通过等式(15)来计算。

$$[0146] \quad 13.9/6.9=2.0 \quad \dots\dots (14)$$

$$[0147] \quad 13.9-6.9=7.0 \quad \dots\dots (15)$$

[0148] 通过上述方法,生成针对输入颜色的校正强度。这是针对3D LUT的各网格值计算的,从而针对输入(R,G,B)生成表示输出的校正强度 H_m 的3D LUT。以这种方式,可以生成具有如下特性的校正强度信息:与压缩小的色域内颜色相比,针对通过色域映射而大幅压缩的色域外颜色,使得校正强度 H_m 更大。

[0149] 将描述使用校正强度信息来进行对比度校正的方法。对比度校正模块407使用输入图像数据的RGB值来查找校正强度信息的3D LUT,从而生成针对输入颜色的校正强度 H_m 。

此外,对比度校正模块407使用所生成的校正强度 H_m 来进行对比度校正。

[0150] 在本实施例中,使用输入图像和色域映射之后的输出图像,使用用于将与对比度的减小量相对应的反向偏差量设置为校正强度的3D LUT的校正强度信息来进行对比度校正。因此,即使对比度由于D范围转换和色域映射而降低,也校正了减少量。因此,即使在色域映射之后,也可以维持输入图像的对比度,或者可以使对比度接近输入图像的对比度。另外,由于通过3D LUT方法来生成校正强度 H_m ,因此不需要计算输入图像的高频值和输出图像的高频值,并且可以在小的存储器状态下进行对比度校正。

[0151] <第六实施例>

[0152] 作为本发明的第六实施例,将描述用于保持考虑到观察条件的对比度校正的效果的形式。注意,将适当地省略与上述实施例重复的组件的描述,并且将着重于不同之处进行描述。

[0153] 如上所述,由于通过色域映射的压缩,导致在打印设备打印时对比度强度降低。另外,由于对比度灵敏度特性根据观察条件而改变,因此难以保持对比度校正的效果。本实施例旨在解决该问题。

[0154] [画面结构]

[0155] 图15示出根据本实施例的对比度校正应用程序提供的UI配置画面1301,其显示在显示器307上。用户可以经由作为显示画面的UI配置画面1301来设置稍后将描述的对比度校正条件。用户在UI配置画面1301的路径框1302中指定要进行对比度校正的图像的存储位置(路径)。将由路径框1302指定的图像显示在输入图像显示部1303中。在输出设备设置框1304中,从下拉菜单中选择用于输出由路径框1302指定的图像的设备并进行设置。在输出纸张尺寸设置框1305中,从下拉菜单中选择要输出的纸张尺寸并进行设置。注意,除了预定尺寸之外,用户还可以从操作单元308输入任意尺寸并进行设置。在观察距离设置框1306中,从操作单元308输入用以观察输出打印物的距离并进行设置。可以基于在输出纸张尺寸设置框1305中设置的输出纸张尺寸来自动计算并设置适当的观察距离。与此相对,可以基于在观察距离设置框1306中设置的观察距离来自动计算并设置适当的输出纸张尺寸。在照明光设置框1307中,从下拉菜单中选择照射输出打印物的照明光的亮度值并进行设置。可以从操作单元308输入亮度值。

[0156] [软件结构]

[0157] 图16是示出根据本实施例的软件结构的示例的框图。与第一实施例中描述的图4所示的结构不同,该软件结构还包括对比度表现特性获得模块408。根据本实施例的图像输入模块401还获得在UI配置画面1301的输出设备设置框1304中所指定的输出设备(在本实施例中为打印机)和在输出纸张尺寸设置框1305中所指定的输出纸张尺寸。图像输入模块401获得在观察距离设置框1306中指定的观察距离和在照明光设置框1307中设置的照明光的亮度值。图像输入模块401还获得在UI配置画面1301的路径框1302中指定的HDR图像数据。

[0158] [滤波处理]

[0159] 在第一实施例中,已经参考图6描述了滤波处理。在本实施例中,考虑到观察条件,可以通过图16所示的对比度表现特性获得模块408以下面的方式来设置要在上述滤波处理中使用的滤波器。

[0160] 首先,根据所获得的观察条件(输出纸张尺寸、观察距离)来计算位于预定视角的像素数PDppd。这里,预定视角被设置为1°。

[0161] 首先,每英寸的像素数PDppi由下式计算。

$$[0162] \quad PD_{ppi} = \sqrt{H_p^2 + V_p^2} / S \quad \dots(16)$$

[0163] 其中Hp是图像在水平方向上的像素数,Vp是图像在垂直方向上的像素数,以及S是以英寸为单位的对角线输出纸张尺寸。

[0164] 接着,视角为1°的像素数PDppd可以使用下式计算。

$$[0165] \quad PD_{ppd} = 1 / \tan^{-1}((25.4 / PD_{ppi}) / D) \quad \dots (17)$$

[0166] 其中,D是观察距离[mm]。

[0167] 使用通过等式(17)所计算出的视角为1°的像素数PDppd来设置滤波条件。这里,滤波条件表示滤波器的尺寸。当使用视角为1°的像素数PDppd时,可以通过下式来计算角分辨率PDcpd。

$$[0168] \quad PD_{cpd} = PD_{ppd} / 2 \quad \dots (18)$$

[0169] 将所计算出的角分辨率PDcpd设置为高斯滤波器的滤波器尺寸,并且将该滤波器定义为滤波器M。注意,这里,将PDcpd直接设置为高斯滤波器的滤波器尺寸。然而,本发明不限于此。例如,可以预先保持表示PDcpd与滤波器尺寸之间的对应关系的表,并且可以通过参考该表来设置滤波器尺寸。可选地,在上述边缘保持型滤波器的情况下,通过判断边缘部分和除边缘之外的部分来进行滤波处理。因此,除了与滤波器尺寸有关的设置值之外,还需要与图像是否是滤波处理的对象有关的设置值(例如,亮度差)。因此,除了滤波器尺寸之外,还可以基于观察条件来设置与图像是否是滤波处理的对象有关的设置值。

[0170] [对比度校正处理]

[0171] 在第一实施例中,已经参考图9描述了对比度校正模块407的对比度处理。此时,同样可以基于观察条件来计算上述的校正强度Hm。使用由图像输入模块401获得的照明光的亮度值,对比度表现特性获得模块408以下面的方式来计算相对于用作基准的照明光的亮度值处的对比度灵敏度值的比率Sr。然后,使用所计算出的比率Sr来获得校正强度Hm。这里,用作基准的照明光的亮度值是指用作使对比度校正的效果的表现应当一致的基准的亮度值。用作基准的照明光的亮度值可以由用户在图像输入模块401上设置为UI配置画面1301中的设置值(未示出)。可选地,亮度值可以在内部保持为预定值。使用观察环境中的照明光的亮度值Ls处的对比度灵敏度值S(ur,Ls)和用作基准的照明光的亮度值处的对比度灵敏度值S(ur,Lr)来计算对比度灵敏度比率Sr。注意,ur是用作基准的照明光的亮度值处的高灵敏度频率。

[0172] 作为ur的计算方法,使用Barten模型。根据Barten模型,可以通过等式(19)来计算对比度灵敏度。

[0173] 这里,假设如下:k=3.3,T=0.1,η=0.025,h=357×3600,对应于外部噪声的对比度变化 $\Phi_{ext(u)}=0$,以及对应于神经噪声的对比度变化 $\Phi_0=3 \times 10^{-8}[\text{sec deg}^2]$ 。另外,XE=12[deg],以及NE=15[cycle](0和90[deg],针对频率为2[c/deg]以上为45[deg]且NE=7.5[cycle])。假设如下:σ₀=0.0133[deg],以及Csph=0.0001[deg/mm³]。

$$[0174] \quad S(u) = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{T}{2}} \frac{M_{opt}(u)}{\sqrt{\left(\frac{1}{\eta h L} + \frac{\Phi_0}{(1-F(u))^2} + \Phi_{ext}(u) \right) \cdot \left(\frac{1}{X_0^2} + \frac{1}{X_E^2} + \left(\frac{u}{N_E} \right)^2 \right)}} \quad \dots(19)$$

[0175] 注意 σ 、 $M_{opt}(u)$ 、 $(1-F(u))^2$ 、 d 和 IL 通过等式(20)至(24)来计算。

$$[0176] \quad d = 4.6 - 2.8 \cdot \tanh(0.4 \cdot \text{Log}_{10}(0.625 \cdot L)) \quad \dots (20)$$

$$[0177] \quad \sigma = \sqrt{\sigma_0^2 + (C_{sph} \cdot d^3)^2} \quad \dots(21)$$

$$[0178] \quad M_{opt}(u) = e^{-\pi^2 \sigma^2 u^2} \quad \dots (22)$$

$$[0179] \quad IL = \pi/4 d^2 L \quad \dots (23)$$

$$[0180] \quad (1 - F(u))^2 = 1 - \exp\left(-\frac{u^2}{u_0^2}\right) \quad \dots(24)$$

[0181] 在等式(19)至(24)中,当目标亮度值被设置为 L 并且空间频率被设置为 u 时,可以计算目标亮度 L 处的空间频率 u 的对比度灵敏度。图17是描绘通过Barten模型针对各亮度所计算出的对比度灵敏度的曲线图。随着亮度的变高,高对比度灵敏度的频率转变到高频侧。与此相对,如可以看到的,当亮度变低时,高对比度灵敏度的频率转变到低频侧。可以使用等式(19)至(24)预先与多个亮度值相对应地计算针对多个空间频率的对比度灵敏度,并且可以保持最大值的空间频率与亮度值相关联的亮度-高灵敏度频率转换表。图18示出亮度-高灵敏度频率转换表的示例。在设置表中未描述的亮度值的情况下,如图17所示,可以通过定义用于连接针对各亮度的高灵敏度频率的近似函数来计算高灵敏度频率。

[0182] 根据上述的等式(19)来计算 $S(u_r, L_s)$ 和 $S(u_r, L_r)$ 。当使用所计算出的 $S(u_r, L_s)$ 和 $S(u_r, L_r)$ 时,可以通过下式来计算对比度灵敏度比率。

$$[0183] \quad S_r = S(u_r, L_r) / S(u_r, L_s) \quad \dots (25)$$

[0184] 对比度校正模块407生成对比度校正强度。在使用对比度表现特性获得模块408所计算出的对比度灵敏度比率 S_r 、作为校正目标的目标高频值 H_{ta} 和色域映射之后的输出高频值 H' 的情况下,对比度校正强度 H_m 可以由下式表示。

$$[0185] \quad H_m = S_r \times (H_{ta} / H') \quad \dots (26)$$

[0186] 另外,在通过等式(7)的方法由输入图像特性获得模块405和输出图像特性获得模块406生成高频值的情况下,对比度校正强度 H_m 可以由下式表示。

$$[0187] \quad H_m = S_r \times (H_{ta} - H') \quad \dots (27)$$

[0188] 接着,对于对比度比率计算处理,计算用作基准的照明光的亮度值处的对比度灵敏度 $S(u_r, L_r)$,并且计算观察环境中的照明光的该亮度值处的对比度灵敏度 $S(u_r, L_s)$ 。然后,使用用作基准的照明光的对比度灵敏度 $S(u_r, L_r)$ 和观察环境中的照明光的对比度灵敏度 $S(u_r, L_s)$ 来计算对比度灵敏度比率 S_r 。

[0189] 当使用上述方法来进行对比度校正处理时,可以保持考虑到观察条件的对比度校正的效果。在上述实施例,对比度表现特性获得模块408考虑到观察条件来设置滤波器 M ,使用滤波器 M 来获得低频分量 L ,并使用基于观察条件所计算出的对比度灵敏度值来设置对比度校正强度。然而,仅其中之一就足够了。

[0190] [变形例]

[0191] 在上述第六实施例中,如在步骤S101至S103中,根据经历了D范围压缩和色域映射的图像数据来生成高频值 H' ,并且对比度校正模块407使用 H' 和输入图像数据 H_t 来获得对比度校正强度 H_m ,并使用对比度校正强度 H_m 来校正高频值。然而,代替使用校正强度 H_m 校正高频分量 H ,而是可以进行以下处理。即,在第六实施例的步骤S202中,使用对比度表现特性获得模块408基于观察条件所生成的滤波器 M 来获得低频值 L 和高频值 H ,并且对所获得的低频值 L 进行D范围压缩以生成低频值 L' 。然后,可以通过对高频值 H 和低频值 L' 进行整合来获得亮度 I' 。

[0192] 另外,在第六实施例中,当进行对比度校正时,代替从输入图像数据 H_t 和经历了D范围压缩和色域映射的图像数据获得校正强度 H_m ,可以通过将值 H_m 设置为相对于对比度灵敏度值的上述比率 S_r 、即通过设置 $H_m = S_r$ 来进行对比度校正。在这种情况下,可以使用基于观察条件所生成的滤波器 M 来获得低频值 L 和高频值 H 。然而,可以不使用滤波器 M ,而是可以使用未基于观察条件而准备的滤波器。

[0193] <第七实施例>

[0194] 作为本发明的第七实施例,将描述考虑到在动态范围压缩时的高亮细节损失或阴影细节损失的形式。注意,将适当地省略与上述实施例重复的组件的描述,并且将着重于不同之处来进行描述。

[0195] 作为用于对进行如上所述的D范围压缩时引起的对比度降低进行校正的图像处理,使用Retinex处理。在Retinex处理中,首先,将图像分离为照明光分量和反射光分量。当照明光分量被D范围压缩并且保持反射光分量时,可以在保持原始图像的对比度的同时进行D范围压缩。

[0196] 可以说,照明光分量实质上是低频分量,并且反射光分量实质上是高频分量。在本实施例中,在下文中,低频分量或照明光分量将被称为第一分量,以及高频分量或反射光分量将被称为第二分量。

[0197] 此时,在输入图像数据的色域的形状和打印设备的色域的形状差别很大的情况下,即使使用传统方法来进行对比度校正,打印时获得的对比度也可能由于通过色域映射的压缩而与期望的对比度不同。此外,如果第二分量的像素值在高亮度侧或低亮度侧大,则输出图像可能超过输出的D范围,并且发生高亮细节损失或阴影细节损失。图2C和2D示出高亮细节损失/阴影细节损失的发生原理。在图2C和2D中,纵轴表示像素值,以及横轴表示图像的坐标值。图2C和2D分别示出在D范围压缩之前和D范围压缩之后的图像的第一分量和通过将第二分量添加至第一分量而获得的像素值。在对图像的第一分量进行D范围压缩以获得第一分量之后,第二分量维持D范围压缩之前的值。在这种情况下,如通过添加第二分量获得的像素值所示,在高亮度侧和低亮度侧,通过D范围的上限和下限(图2D中的虚线)来限制这些值,并发生高亮细节损失或阴影细节损失。也就是说,如果低频分量的值被D范围压缩到高亮度侧或低亮度侧,则容易发生高亮细节损失/阴影细节损失。

[0198] 考虑到上述问题,本实施例的目的旨在抑制在动态范围压缩时的对比度的高亮细节损失或阴影细节损失。

[0199] [对比度校正处理]

[0200] 在第一实施例中,已经参考图9描述了对比度校正模块407的对比度处理。在本实施例中,在图9的步骤S204和S205中以下面的方式进行处理。步骤S201至S203的处理与第一

实施例相同。在步骤S204中,除了第一实施例中描述的步骤S204的处理之外,对比度校正模块407中的第二分量校正模块(未示出)还校正第二分量以防止对比度校正模块407校正后的高频分量(即第二分量)超过作为输入的亮度范围的输入的D范围并引起高亮细节损失/阴影细节损失。注意,由于来自对比度校正模块407的输出具有与输入相同的D范围,因此第二分量也被校正为不超过输出的亮度范围。这里,基于D范围转换之前的第一分量L的值,以下面的方式校正第二分量。当L在高亮度侧或低亮度侧时,容易发生高亮细节损失/阴影细节损失。因此,值L变得越大或越小,第二分量的校正程度越高。

[0201] 当 $H_c > 1$ 时

[0202] 当 $H_c > 1$ 时,在高亮度侧可能发生高亮细节损失。因此,进行校正,使得随着第一分量 L' 的值变大,第二分量变得接近1。这里,使用下面的校正系数P来校正第二分量。

$$[0203] \quad H_{cb} = (1 - P(L', L'_{\max}, L'_{\min}))H + P(L', L'_{\max}, L'_{\min}) \cdot 1 \quad \dots (28)$$

[0204] 当 $H_c < 1$ 时

[0205] 当 $H_c < 1$ 时,在低亮度侧可能发生阴影细节损失。因此,进行校正,使得随着值L变小,第二分量变得接近1。使用下面的校正系数Q来校正第二分量。

$$[0206] \quad H_{cb} = Q(L', L'_{\max}, L'_{\min})H + (1 - Q(L', L'_{\max}, L'_{\min})) \cdot 1 \quad \dots (29)$$

[0207] 当 $H_c = 1$ 时

[0208] 当 $H_c = 1$ 时,由于第二分量的添加不会引起高亮细节损失/阴影细节损失,因此不校正第二分量。

[0209] 校正系数P和Q以下面的方式计算。

$$[0210] \quad P(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\alpha\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\min} - L'_{\max}} - t_1\right)\right)} \quad \dots (30)$$

$$[0211] \quad Q(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\beta\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\max} - L'_{\min}} - t_2\right)\right)} \quad \dots (31)$$

[0212] 其中, α 、 β 、 t_1 和 t_2 是预定常数。如果D范围压缩后的第一分量具有半色调,则第二分量不会被抑制。仅当D范围压缩之后的第一分量处于高亮度侧或低亮度侧时,才抑制第二分量。

[0213] 在步骤S205中,对比度校正模块407对步骤S204中的对比度校正和第二分量的校正后的高频值 H_{cb} 、步骤S202中所计算出的低频值L、以及步骤S201中所生成的值Cb和Cr进行合成,以获得原始RGB数据。首先,对比度校正模块407通过等式(32)来对对比度校正后的高频值 H_c 和低频值L进行整合,从而通过合成频率值来获得对比度校正后的亮度 I' 。

$$[0214] \quad I' = H_{cb} \times L \quad \dots (32)$$

[0215] 注意,当使用第一实施例中描述的等式(7)来生成高频值 H_c 和低频值L时,以如下方式来校正第二分量,以防止对比度校正模块407校正后的第二分量超过输入的D范围并引起高亮细节损失/阴影细节损失。

[0216] 当 $H_c > 0$ 时

[0217] 当 $H_c > 0$ 时,在高亮度侧可能发生高亮细节损失。因此,进行校正,使得随着第一分量L的值变大,第二分量的绝对值变小。这里,使用校正系数W来校正第二分量。

$$[0218] \quad H_{cb} = W(L, L_{\max}, L_{\min}) H_c \quad \dots (33)$$

[0219] 当 $H_c < 0$ 时

[0220] 当 $H_c < 0$ 时, 在低亮度侧可能发生阴影细节损失。因此, 进行校正, 使得随着值 L 变小, 第二分量的绝对值变小。这里, 使用校正系数 S 来校正第二分量。

$$[0221] \quad H_{cb} = S(L, L_{\max}, L_{\min}) H_c \quad \dots (34)$$

[0222] 这里, 通过下式来计算校正系数 W 和 S 。

$$[0223] \quad W(L, L_{\max}, L_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\alpha\left(\frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} - t_1\right)\right)} \quad \dots (35)$$

$$[0224] \quad S(L, L_{\max}, L_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\beta\left(\frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} - t_2\right)\right)} \quad \dots (36)$$

[0225] 当 $H_c = 0$ 时

[0226] 当 $H_c = 0$ 时, 由于第二分量 H_c 的值的添加不会引起高亮细节损失/阴影细节损失, 因此不进行任何操作。

[0227] 这里, α 、 β 、 t_1 和 t_2 是预定常数。如果第一分量具有半色调, 则第二分量不会被抑制。仅当第一分量的值在高亮度侧或低亮度侧时, 才抑制第二分量。

[0228] 另外, $L_{\max}$ 和 $L_{\min}$ 分别是输入的 D 范围的最大值和最小值。注意, 校正系数 W 和 S 不必始终是如上所述的 Sigmoid 型函数。该函数不受特别限制, 只要其使得校正之后的第二分量 H_{cb} 的绝对值小于校正之前的第二分量 H_c 的绝对值即可。

[0229] 另外, 可以通过使用预先针对各值 L' 计算的 LUT 获得 $W(L')$ 和 $S(L')$ 来执行等式 (35) 和 (36)。当使用预先准备的 LUT 时, 可以降低操作所需的处理负荷, 并且可以提高处理速度。

[0230] 在这种情况下, 亮度 I' 可以由下式表示。

$$[0231] \quad I' = H_{cb} + L \quad \dots (37)$$

[0232] 然后, 对比度校正模块 407 对亮度 I' 和色差值 (C_b, C_r) 进行平面合成, 以生成彩色图像值 (I', C_b, C_r)。由此获得根据本实施例的经历了对比度校正的图像。

[0233] 该处理过程与第一实施例中参考图 9 描述的过程相同, 并且将省略其描述。

[0234] 如上所述, 在本实施例中, 考虑到由 D 范围转换和色域映射引起的对比度降低, 预先校正 HDR 图像的第二分量。另外, 在第二分量校正之后, 进行处理以防止发生高亮细节损失/阴影细节损失。当针对 HDR 图像预先进行考虑由色域映射引起的对比度降低的对比度校正时, 即使在色域映射之后也可以容易地维持对比度。

[0235] (第八实施例)

[0236] 将参考图 19 的流程图来描述第八实施例。

[0237] 图 19 的流程图示出高亮细节损失/阴影细节损失判断的处理过程。在该判断中, 基于 D 范围压缩之后的第一分量 L' 的值和 D 范围压缩之前的第二分量 H 的值, 来判断是否进行高亮细节损失/阴影细节损失校正。当基于 D 范围压缩之后的第一分量 L' 和第二分量 H 这两者的值来进行高亮细节损失/阴影细节损失判断时, 可以更正确地指定引起高亮细节损失/阴影细节损失的像素。此外, 通过仅校正引起高亮细节损失/阴影细节损失的像素, 可以防止不会引起高亮细节损失/阴影细节损失的像素的对比度的降低。其余部分与第七实施例

相同。

[0238] 在步骤S1001中,对比度校正模块407基于D范围压缩之前的第二分量H和D范围压缩之后的第一分量L'来判断是否校正高亮细节损失/阴影细节损失。

[0239] 更具体地,根据D范围压缩之后的第一分量L'与第二分量H的相加结果,来判断是否进行高亮细节损失/阴影细节损失校正。图20示出该判断的概要。图20中的高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围是为了高亮细节损失/阴影细节损失判断而预先确定的D范围,并且缓冲区域 Δ_w 和 Δ_s 表示压缩后的D范围与高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围之间的亮度间隔。

[0240] (1) 当L'+H落入高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围的范围内时(像素20)

[0241] 在这种情况下,由于不发生高亮细节损失/阴影细节损失,因此不进行校正。

[0242] (2) 当L'+H落在高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围的范围之外并且还落入压缩之后的D范围的范围内时(像素21)

[0243] 在这种情况下,不会发生高亮细节损失/阴影细节损失。然而,为了防止作为高亮细节损失/阴影细节损失校正的结果而引起的色调反转,将该像素设置为高亮细节损失/阴影细节损失校正的对象像素。

[0244] (3) 当L'+H落在压缩后的D范围的范围之外时(像素23)

[0245] 在这种情况下,发生高亮细节损失/阴影细节损失。将该像素设置为高亮细节损失/阴影细节损失校正的对象像素。

[0246] 对比度校正模块407中的第二分量校正模块(未示出)基于上述高亮细节损失/阴影细节损失校正判断的结果,根据下式来校正第二分量。在该式中, α 是预定常数, Th_{max} 是用于高亮细节损失/阴影细节损失判断的预定D范围的最大值,并且 Th_{min} 是最小值,它们是预先确定的,以防止在校正第二分量之后的图像中的不利影响。

[0247] 在高亮细节损失的情况下($L'+H > Th_{max}$)

[0248] 在步骤S1003中,第二分量校正模块校正第二分量以抑制高亮细节损失。

$$[0249] \quad H_{cb} = L_{max} - \Delta_w \exp(-\alpha H) - L' \quad \dots (38)$$

[0250] 在阴影细节损失的情况下($L'+H < Th_{min}$)

[0251] 在步骤S1003中,第二分量校正模块校正第二分量以抑制阴影细节损失。

$$[0252] \quad H_{cb} = L_{min} - \Delta_s \exp(\alpha H) - L' \quad \dots (39)$$

[0253] 在除上述情况之外的情况下,未发生高亮细节损失/阴影细节损失,并且在步骤S1002中,第二分量校正模块不校正第二分量(等式(40))。

$$[0254] \quad H_{cb} = H \quad \dots (40)$$

[0255] 注意,等式(38)和(39)中的缓冲区域 Δ_w 和 Δ_s 由下式计算。

$$[0256] \quad \Delta_w = L_{max} - Th_{max} \quad \dots (41)$$

$$[0257] \quad \Delta_s = Th_{min} - L_{min} \quad \dots (42)$$

[0258] 注意,可以设置远大于H的常数 H_{max} 以按照如下进行计算。

[0259] 在高亮细节损失的情况下($L'+H > Th_{max}$)

$$[0260] \quad H_{cb} = L_{max} - \Delta \frac{H}{H_{max}} - L' \quad \dots (43)$$

[0261] 在阴影细节损失的情况下($L'+H < Th_{min}$)

$$[0262] \quad H_{cb} = L_{min} - \Delta \frac{H}{H_{max}} - L' \quad \dots(44)$$

[0263] 在除上述情况之外的情况下,如等式(40)那样,不校正第二分量。

[0264] 如上所述,在本实施例中,进行高亮细节损失/阴影细节损失校正判断,并且可以仅对需要高亮细节损失/阴影细节损失校正的第二分量进行校正。因此,在第一分量处于高亮度侧或低亮度侧的情况下,可以抑制对比度的降低,而根据第二分量的值,几乎不会发生高亮细节损失/阴影细节损失。

[0265] (第九实施例)

[0266] 将参考图21的流程图来描述第九实施例。图21示出了对比度校正模块407所进行的高亮细节损失/阴影细节损失校正的详情。

[0267] 在本实施例中,在第八实施例中描述的高亮细节损失/阴影细节损失判断中,基于在步骤S900中决定的D范围压缩之后的第一分量 L' 、D范围压缩之前的第二分量 H 、以及最小可觉差(JND)来判断是否进行高亮细节损失/阴影细节损失校正(S901)。

[0268] 当在高亮细节损失/阴影细节损失校正判断时考虑JND时,可以容易地感知第二分量校正之后的对比度。例如,在图20中,如果缓冲区域 Δ_w 和 Δ_s 的宽度小于JND,则难以感知到第二分量校正之后的像素21和22之间的亮度差。这是因为,即使第二分量被校正使得其落入缓冲区域内以防止高亮细节损失/阴影细节损失,由于缓冲区域的宽度小于JND,因此对比度在视觉上也会损失。因此,缓冲区域 Δ_w 和 Δ_s 的宽度优选大于JND。

[0269] 对比度校正模块407通过JND保持模块(未示出)来保持针对亮度的最小可觉差(JND)的值。

[0270] 注意,JND的值可以在程序开始时计算并被保持在存储器(图3所示的RAM 302或RAM 314)中直到程序结束为止,或者可以在外部文件中保持LUT并根据需要加载LUT。可选地,可以每次都计算JND的值。

[0271] JND是使得人能够识别差异的阈值。几乎感知不到小于JND的亮度差。

[0272] JND例如从如图22所示的Barten模型获得。Barten模型是由数学描述形成的视觉系统的生理模型。图22中的横轴表示亮度值,以及图22中的纵轴表示人可感知的相对于亮度值的最小对比度步长(step)。这里,设 L_j 是特定亮度值,并且 L_{j+1} 是通过将JND与 L_j 相加而获得的亮度值,最小对比度步长 m_t 由例如下式定义。

$$[0273] \quad m_t = \frac{L_{j+1} - L_j}{L_{j+1} + L_j} \quad \dots(45)$$

[0274] 基于等式(45),亮度值 L_j 处的JND由下式表示。

$$[0275] \quad JND = \frac{1+m_t}{1-m_t} L_j - L_j \quad \dots(46)$$

[0276] 这表明当亮度差等于或大于JND时,人可以感知到该亮度差。作为表示视觉特性的模型,除了Barten模型之外,还提出了诸如Weber模型和DeVries-Rose模型等的各种数学模型。另外,JND可以通过感官评价等以实验或经验求出的数值。

[0277] 在高亮细节损失/阴影细节损失判断中,将图20中的缓冲区域 Δ_w 和 Δ_s 的宽度被决定为等于或大于JND,从而减少高亮细节损失/阴影细节损失校正之后的视觉对比度的降低。也就是说,如果缓冲区域的宽度小于JND,则难以感知到缓冲区域中的亮度差。当缓冲区

域的宽度等于或大于JND时,即使在校正第二分量之后,也容易感知到缓冲区域中的对比度。

[0278] 图21示出根据第九实施例的高亮细节损失/阴影细节损失校正处理的过程。根据第八实施例,将用于决定高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围的步骤S900添加到图19所示的过程,并且使用所决定出的D范围进行判断。

[0279] 在步骤S900中,对比度校正模块407决定高亮细节损失/阴影细节损失校正判断D范围的最大值 Th_{max} 和最小值 Th_{min} 以满足下式。

$$[0280] \quad \Delta_w = L_{max} - Th_{max} \geq JDN(L_{max}) \quad \dots (47)$$

$$[0281] \quad \Delta_s = Th_{min} - L_{min} \geq JDN(L_{min}) \quad \dots (48)$$

[0282] 除了使用所决定出的亮度范围D1来进行判断之外,高亮细节损失/阴影细节损失校正判断之后的处理与第八实施例中的处理相同。

[0283] 如上所述,在第九实施例中,在高亮细节损失/阴影细节损失校正判断时,考虑到视觉特性JND来决定用于校正第二分量的缓冲区域的宽度。当缓冲区域的宽度等于或大于JND时,可以减少第二分量校正之后的对比度的损失。

[0284] (第十实施例)

[0285] 在第七实施例至第九实施例中,在对比度校正模块407进行对比度校正之后进行高亮细节损失/阴影细节损失校正。在第十实施例中,对比度校正模块在无需进行对比度校正的情况下校正第二分量并校正高亮细节损失或阴影细节损失。注意,在本实施例中,图像处理设备300可以不包括对比度校正模块407,并且可以具有被配置为以下面的方式校正第二分量的校正模块的功能。其余部分与第七实施例相同。

[0286] 图23是示出根据本实施例的图像处理的过程的流程图。与第一实施例所示的图9的过程不同,图9中的步骤S203和S204被替换为图10中的步骤S1201的第二分量校正。

[0287] 步骤S201和S202与第一实施例中描述的图9中的相同。

[0288] 接着,在步骤S1201中,以下面的方式校正第二分量。

[0289] 当 $H > 0$ 时

[0290] 当 $H > 0$ 时,在高亮度侧可能发生高亮细节损失。因此,进行校正,使得随着D范围压缩后的第一分量 L' 的值变大,第二分量 H 的绝对值变小。这里,使用下面的校正系数 W 来校正第二分量 H ,从而获得 H_{cb} 。

$$[0291] \quad H_{cb} = W(L', L'_{max}, L'_{min})H \quad \dots (49)$$

[0292] 当 $H < 0$ 时

[0293] 当 $H < 0$ 时,在低亮度侧可能发生阴影细节损失。因此,进行校正,使得随着值 L' 变小,第二分量的绝对值变小。使用下面的校正系数 S 来校正第二分量 H 。

$$[0294] \quad H_{cb} = S(L', L'_{max}, L'_{min})H \quad \dots (50)$$

[0295] 当 $H = 0$ 时

[0296] 当 $H = 0$ 时,由于第二分量的添加不会引起高亮细节损失/阴影细节损失,因此不校正第二分量。

[0297] 这里,通过下式来计算校正系数 W 和 S 。

$$[0298] \quad W(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = 1 - \frac{1}{1 + \exp\left(-\alpha\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\max} - L'_{\min}} - t_1\right)\right)} \quad \dots(51)$$

$$[0299] \quad S(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\beta\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\max} - L'_{\min}} - t_2\right)\right)} \quad \dots(52)$$

[0300] 这里, α 、 β 、 t_1 和 t_2 是预定常数。随着第一分量的位置移动到高亮度侧或低亮度侧, 第二分量被抑制。

[0301] 另外, $L'_{\max}$ 和 $L'_{\min}$ 分别是压缩后的D范围的亮度的最大值和最小值。

[0302] 当以这种方式将非线性函数应用于校正系数时, 随着第一分量的位置移动到高亮度侧或低亮度侧, 可以强烈地抑制第二分量。

[0303] 注意, 校正系数W和S不必始终是如上所述的Sigmoid型函数。任何函数都可以用于该决定, 只要其是用于随着第一分量的位置移动到高亮度侧或低亮度侧而强烈地抑制第二分量的函数即可。

[0304] 注意, 等式(49)和(50)可以通过使用预先针对各值 L' 所计算出的LUT获得 $W(L')$ 和 $S(L')$ 来执行。当使用预先准备的LUT时, 可以减少操作所需的处理负荷, 并且可以提高处理速度。

[0305] 注意, 可以使用D范围压缩之前的第一分量 L 的值来计算校正系数W和S。当使用D范围压缩之前的第一分量 L 时, 可以并行进行D范围压缩和第二分量校正处理, 并且计算效率提高。设 $L_{\max}$ 和 $L_{\min}$ 是压缩前的D范围的亮度的最大值和最小值, 在这种情况下第二分量的校正以下面的方式进行。

[0306] 当 $H > 0$ 时

$$[0307] \quad H_{cb} = W(L, L_{\max}, L_{\min}) H \quad \dots (53)$$

[0308] 当 $H < 0$ 时

$$[0309] \quad H_{cb} = S(L, L_{\max}, L_{\min}) H \quad \dots (54)$$

[0310] 当 $H = 0$ 时

[0311] 不进行任何操作。

[0312] 如在第一实施例中那样进行步骤S205。

[0313] (第十一实施例)

[0314] 将描述本发明的第十一实施例。处理过程与第二实施例中描述的图11中的相同, 并且将使用其进行描述。另外, 将省略与上述实施例重复的部分的描述, 并且将仅描述不同之处。步骤S401至S403的处理与第二实施例的相同。

[0315] 在步骤S404中, 对比度校正模块407针对在步骤S402中经历了D范围转换的图像数据的高频值, 通过上面参考图9描述的方法使用在步骤S403中生成的对比度校正强度 H_m 来进行对比度校正。也就是说, 该处理过程的步骤S403和S404对应于第一实施例中描述的图9中所示的处理。此外, 与第七实施例中相同, 以如下方式进行高亮细节损失/阴影细节损失校正。

[0316] 注意, 在使用等式(7)来生成高频值 H_c 和低频值 K 的情况下,

[0317] 当 $H_c > 1$ 时

[0318] 当 $H_c > 1$ 时,在高亮度侧可能发生高亮细节损失。因此,进行校正,使得随着第一分量 L' 的值变大,第二分量变得接近1。这里,使用下面的校正系数 P 来校正第二分量。

$$[0319] \quad H_{cb} = (1 - P(L', L'_{\max}, L'_{\min})) H + P(L', L'_{\max}, L'_{\min}) \cdot 1 \quad \dots (55)$$

[0320] 当 $H_c < 1$ 时

[0321] 当 $H_c < 1$ 时,在低亮度侧可能发生阴影细节损失。因此,进行校正,使得随着值 L 变小,第二分量变得接近1。使用下面的校正系数 Q 来校正第二分量。

$$[0322] \quad H_{cb} = Q(L', L'_{\max}, L'_{\min}) H + (1 - Q(L', L'_{\max}, L'_{\min})) \cdot 1 \quad \dots (56)$$

[0323] 当 $H_c = 1$ 时

[0324] 当 $H_c = 1$ 时,由于第二分量的添加不会引起高亮细节损失/阴影细节损失,因此不校正第二分量。

[0325] 校正系数 P 和 Q 以下面的方式计算。

$$[0326] \quad P(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\alpha\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\min} - L'_{\max}} - t_1\right)\right)} \quad \dots (57)$$

$$[0327] \quad Q(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\beta\left(\frac{L' - L'_{\min}}{L'_{\max} - L'_{\min}} - t_2\right)\right)} \quad \dots (58)$$

[0328] 其中, α 、 β 、 t_1 和 t_2 是预定常数。如果 D 范围压缩后的第一分量具有半色调,则第二分量不会被抑制。仅当 D 范围压缩之后的第一分量处于高亮度侧或低亮度侧时,才抑制第二分量。

[0329] 在步骤S405中,对比度校正模块407对在步骤S404中的对比度校正和第二分量校正之后的高频值 H_{cb} 、在图9的步骤S202中所计算出的低频值 L 、以及在图9的步骤S201中所生成的值 C_b 和 C_r 进行合成,以获得原始RGB数据。首先,对比度校正模块407通过等式(59)对对比度校正后的高频值 H_c 与低频率值 L 进行整合,从而通过合成频率值来获得对比度校正后的亮度 I' 。

$$[0330] \quad I' = H_{cb} \times L \quad \dots (59)$$

[0331] 注意,当使用等式(7)来生成高频值 H_c 和低频值 L 时,以下面的方式校正第二分量以防止对比度校正模块407校正后的第二分量超过输入的 D 范围并引起高亮细节损失/阴影细节损失。

[0332] 当 $H_c > 0$ 时

[0333] 当 $H_c > 0$ 时,在高亮度侧可能发生高亮细节损失。因此,进行校正,使得随着第一分量 L 的值变大,第二分量的绝对值变小。这里,使用校正系数 W 来校正第二分量。

$$[0334] \quad H_{cb} = W(L, L_{\max}, L_{\min}) H_c \quad \dots (60)$$

[0335] 当 $H_c < 0$ 时

[0336] 当 $H_c < 0$ 时,在低亮度侧可能发生阴影细节损失。因此,进行校正,使得随着值 L 变小,第二分量的绝对值变小。这里,使用校正系数 S 来校正第二分量。

$$[0337] \quad H_{cb} = S(L, L_{\max}, L_{\min}) H_c \quad \dots (61)$$

[0338] 这里,通过下式来计算校正系数 W 和 S 。

$$[0339] \quad W(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = 1 - \frac{1}{1 + \exp\left(-\alpha\left(\frac{L-L_{\min}}{L_{\max}-L_{\min}} - t_1\right)\right)} \quad \dots(62)$$

$$[0340] \quad S(L', L'_{\max}, L'_{\min}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\beta\left(\frac{L-L_{\min}}{L_{\max}-L_{\min}} - t_2\right)\right)} \quad \dots(63)$$

[0341] 当 $H_c=0$ 时

[0342] 在这种情况下,由于第二分量 H_c 的值的添加不会引起高亮细节损失/阴影细节损失,因此不进行任何操作。

[0343] 这里, α 、 β 、 t_1 和 t_2 是预定常数。如果第一分量具有半色调,则第二分量不会被抑制。仅当第一分量的值处于高亮度侧或低亮度侧时,才抑制第二分量。

[0344] 另外, $L_{\max}$ 和 $L_{\min}$ 分别是输入的D范围的最大值和最小值。注意,校正系数 W 和 S 不必始终是如上所述的Sigmoid型函数。该函数不受特别限制,只要其使得校正之后的第二分量 H_{cb} 的绝对值小于校正之前的第二分量 H_c 的绝对值即可。

[0345] 另外,可以通过使用预先针对各值 L' 所计算出的LUT获得 $W(L')$ 和 $S(L')$ 来执行等式(62)和(63)。当使用预先准备的LUT时,可以减少操作所需的处理负荷,并且可以提高处理速度。

[0346] 在这种情况下,亮度 I' 可以由下式表示。

$$[0347] \quad I' = H_{cb} + L \quad \dots (64)$$

[0348] 然后,对比度校正模块407对亮度 I' 和色差值(C_b, C_r)进行平面合成,以生成彩色图像值(I', C_b, C_r)。由此获得了根据本实施例的经历了对比度校正的图像。

[0349] 其它实施例

[0350] 本发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件(程序)提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)读出并执行程序的方法。

[0351] 尽管已经参考典型实施例说明了本发明,但是应该理解,本发明不局限于所公开的典型实施例。所附权利要求书的范围符合最宽的解释,以包含所有这类修改、等同结构和功能。

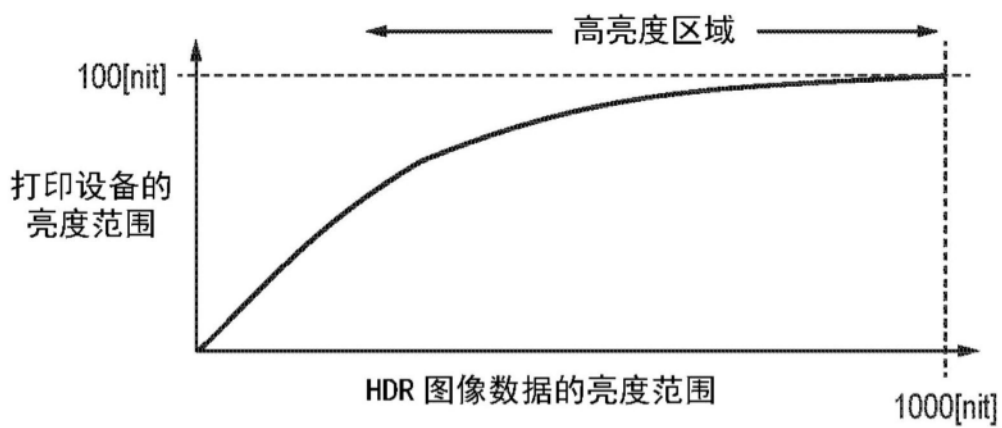


图1

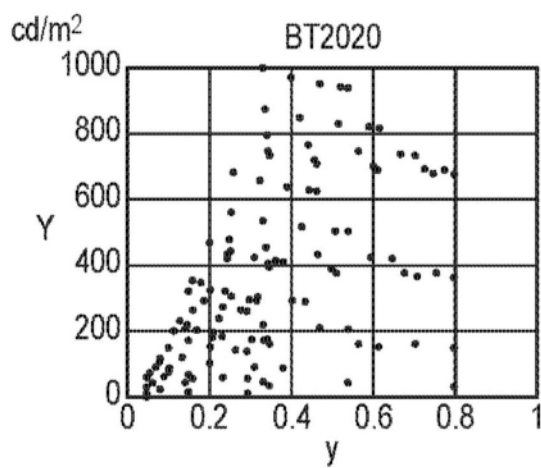


图2A

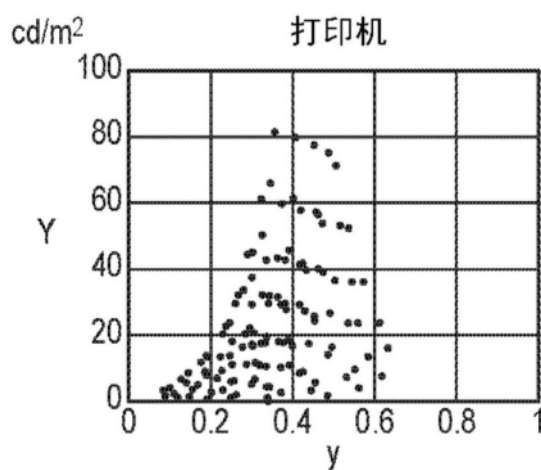


图2B

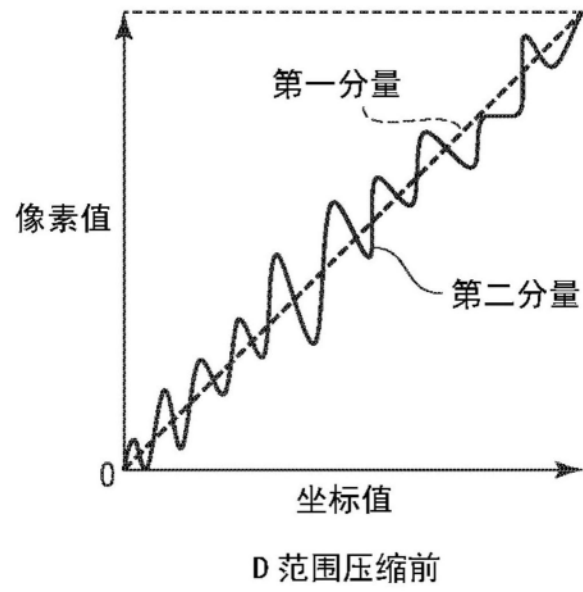


图2C

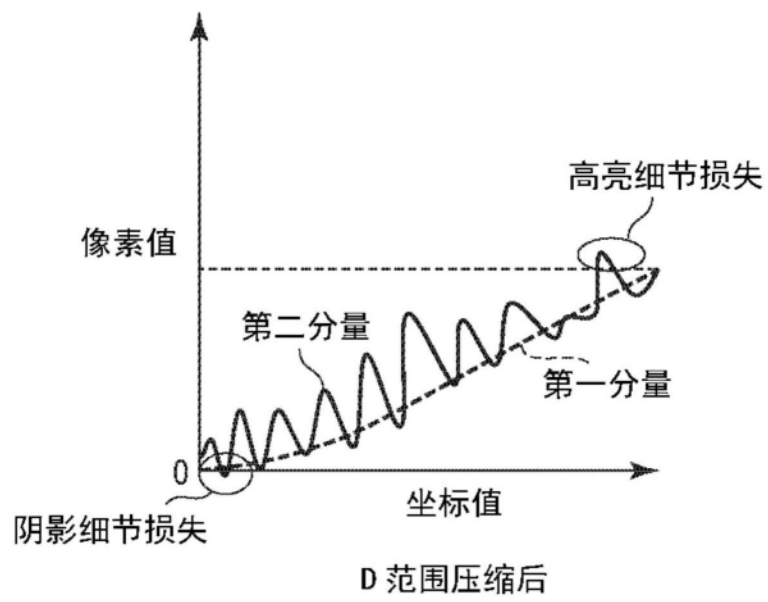


图2D

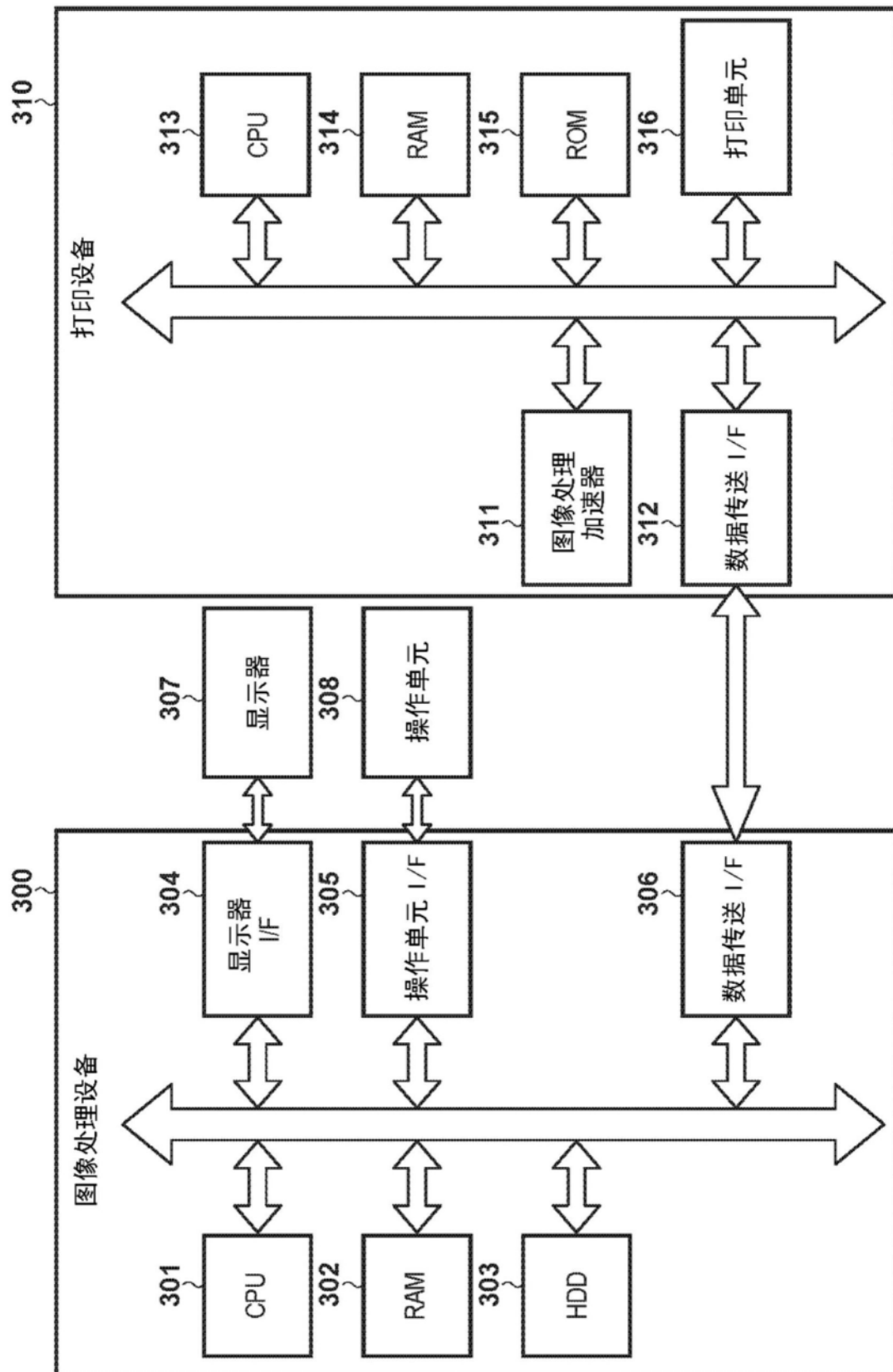


图3

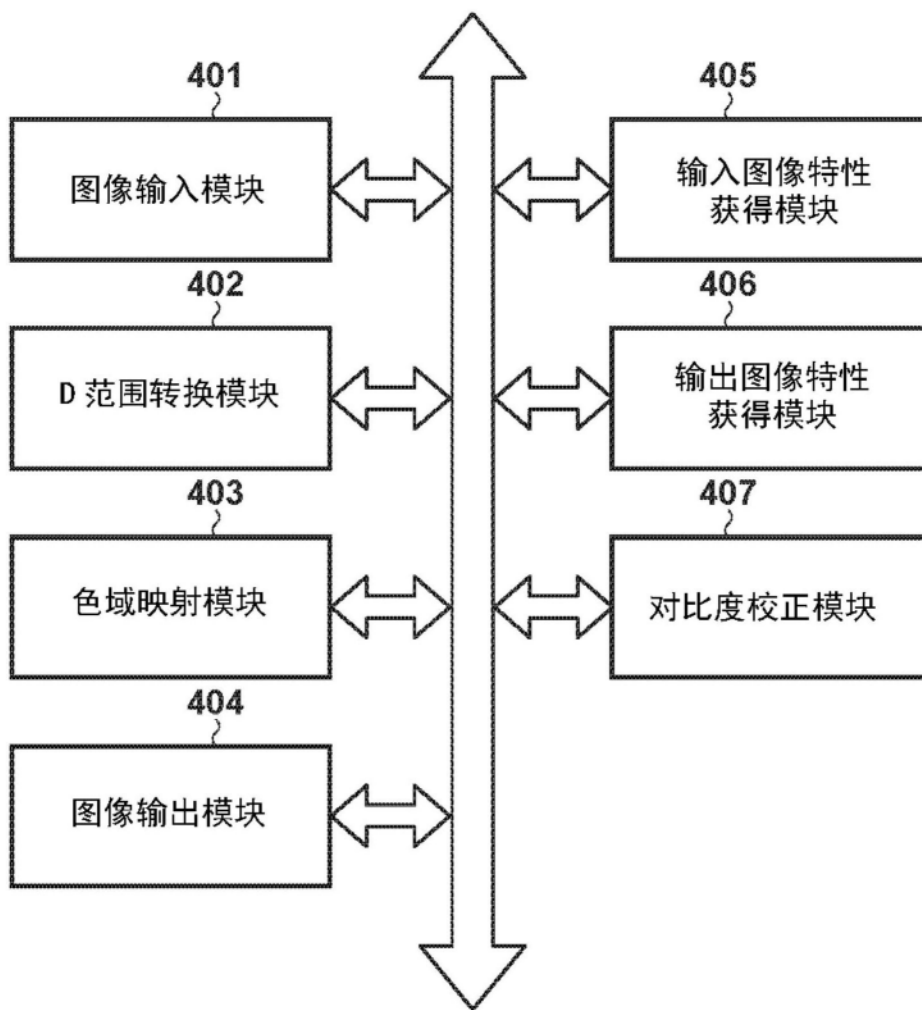


图4

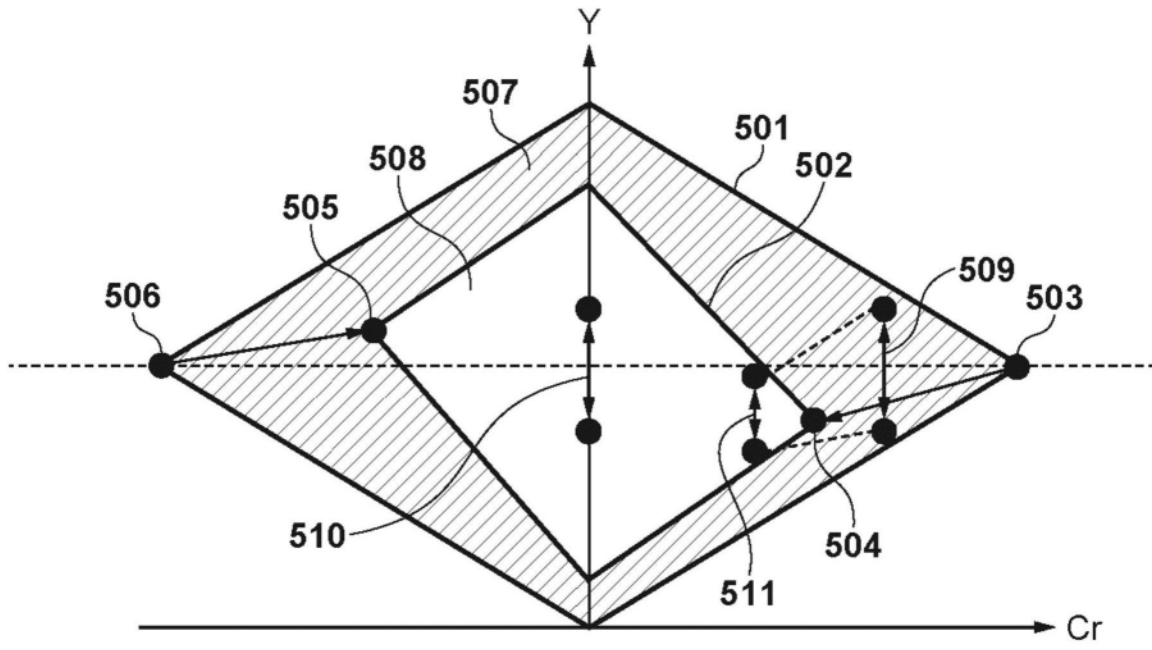


图5

Figure 6 is a 5x5 grid of numbers. The grid is labeled 601 and 602. The numbers are arranged in a symmetric pattern. The center cell (3,3) is shaded with diagonal lines and contains the number 36. The other cells contain numbers 1, 4, 6, 16, 24, and 36. A coordinate system (x, y) is shown to the left of the grid.

1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	4	1

图6

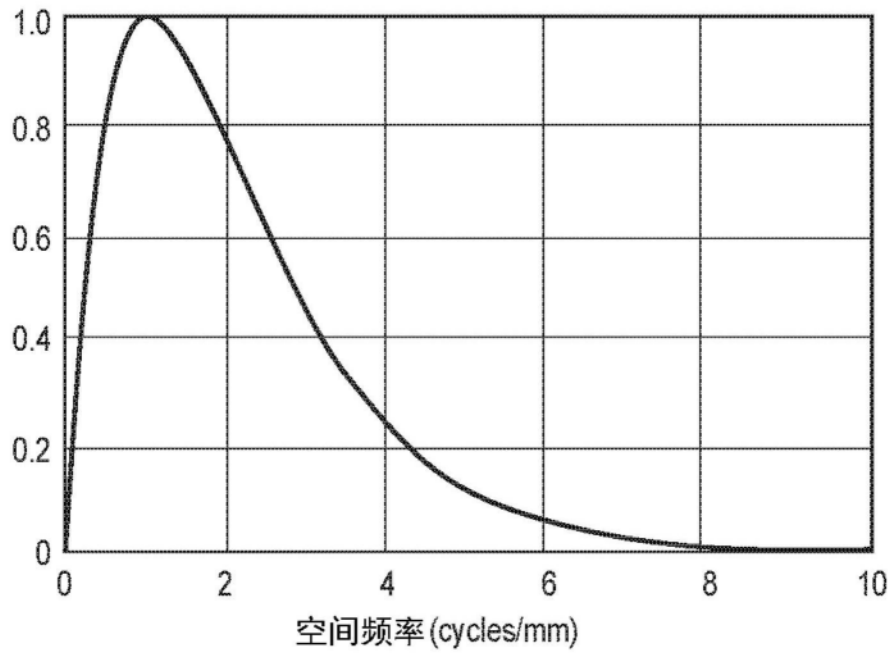


图7

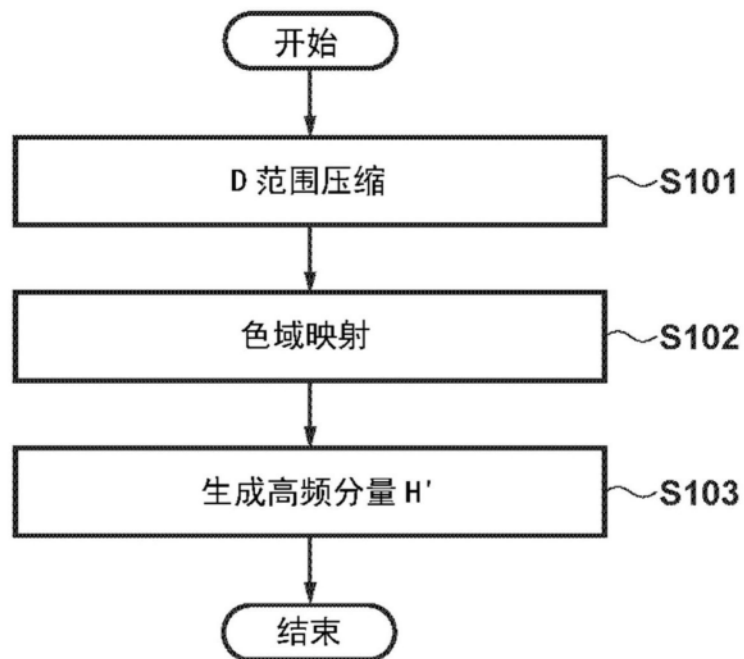


图8

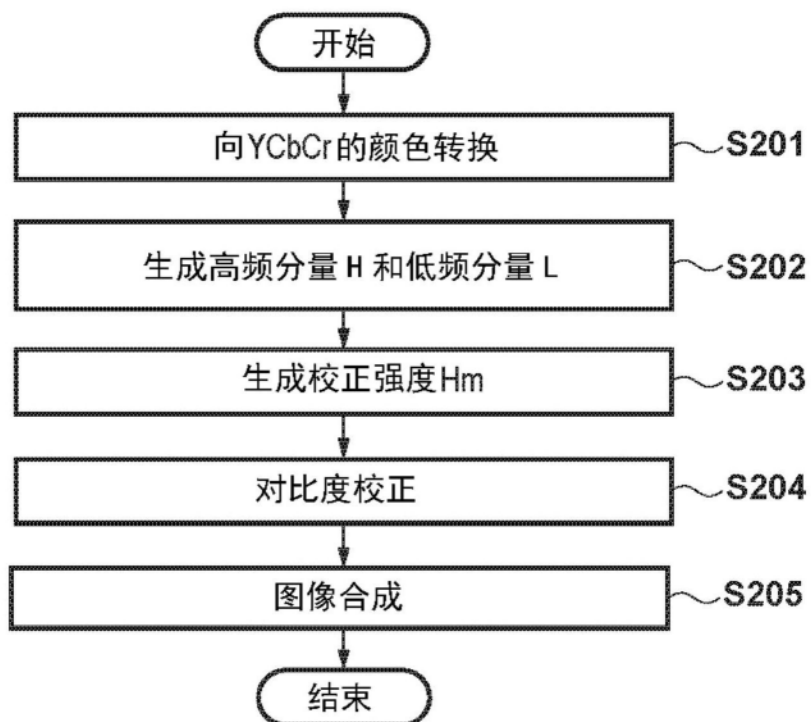


图9

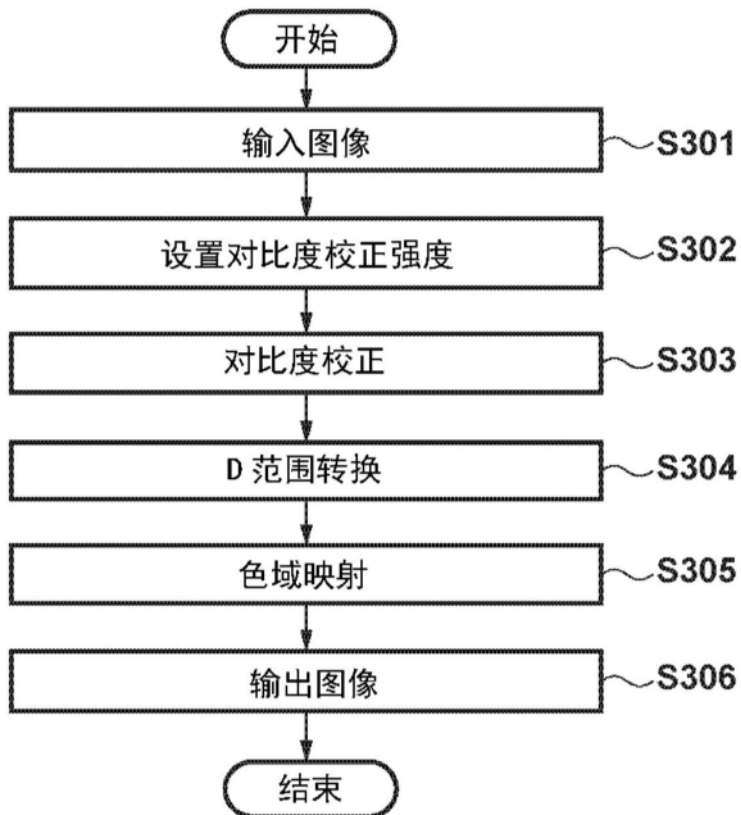


图10

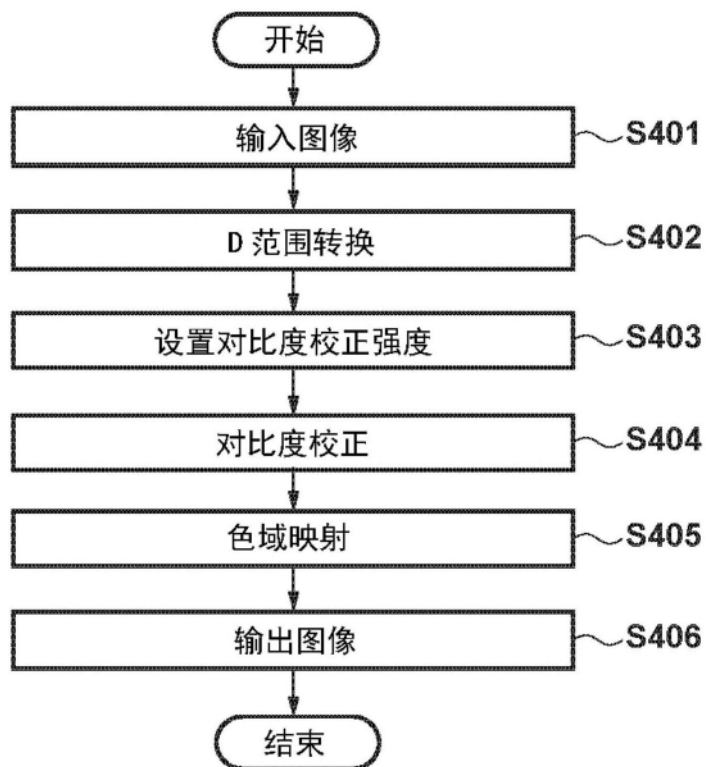


图11

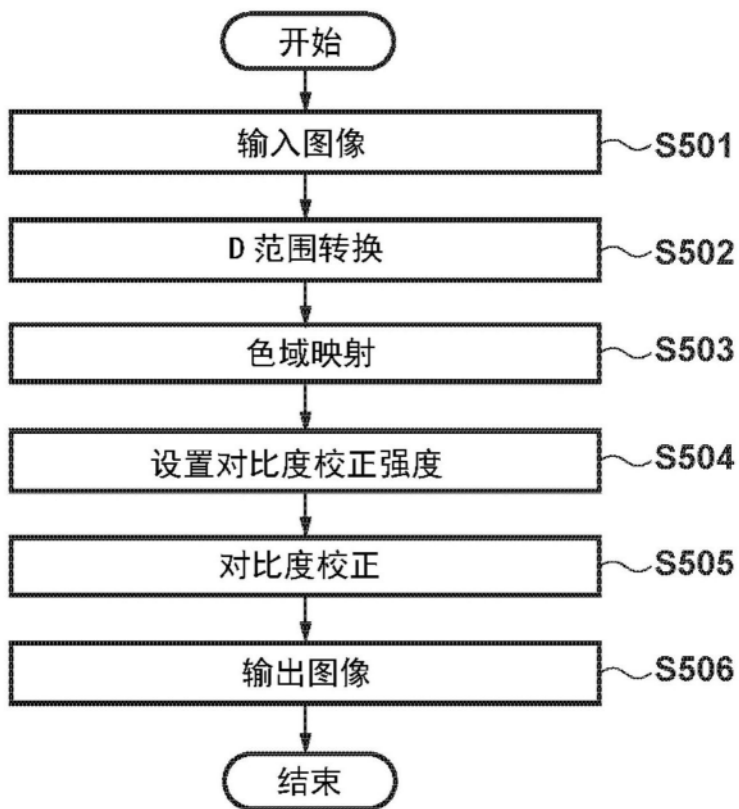


图12

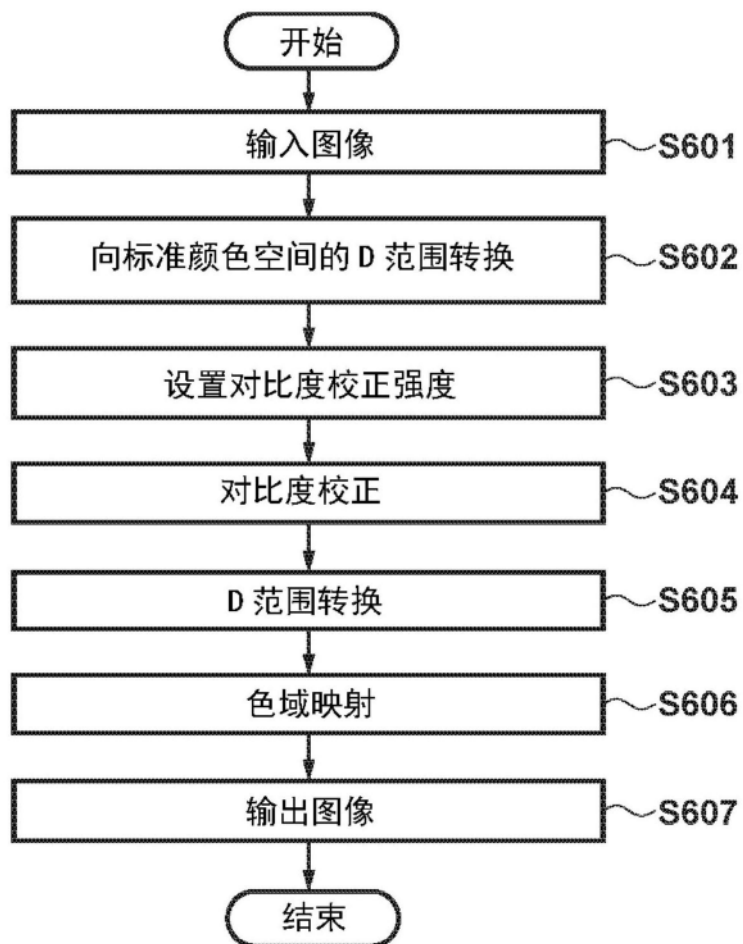


图13

	基准颜色	对比度对象颜色	ΔRGB
输入	(224,0,0)	(232,8,8)	13.9
输出	(220,8,8)	(216,12,12)	6.9

图14

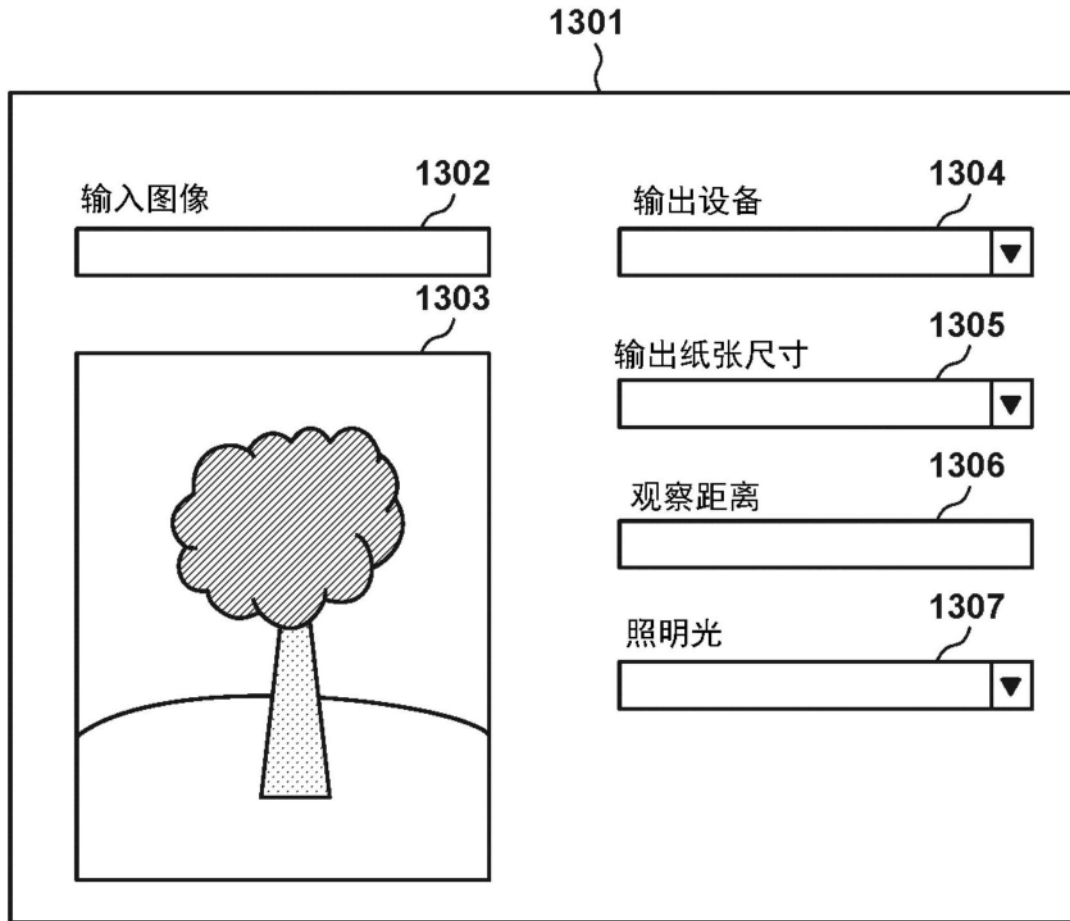


图15

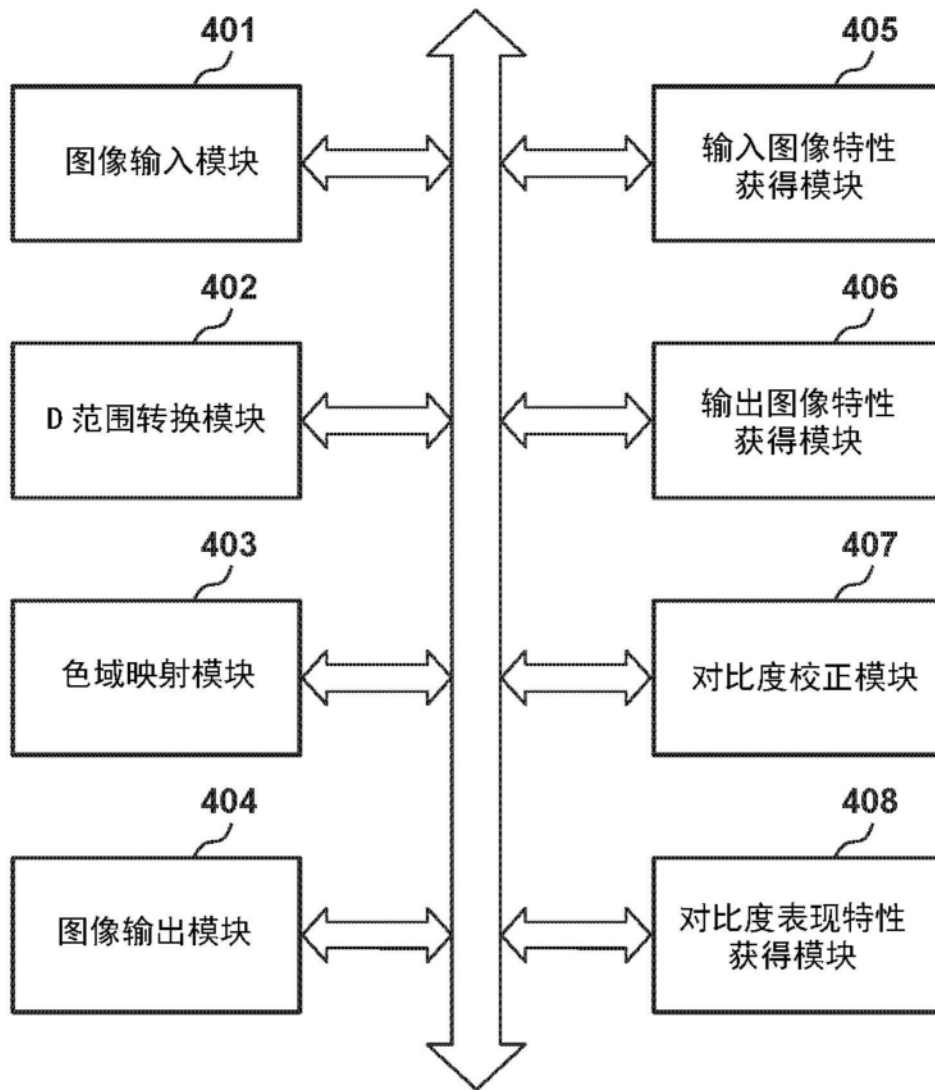


图16

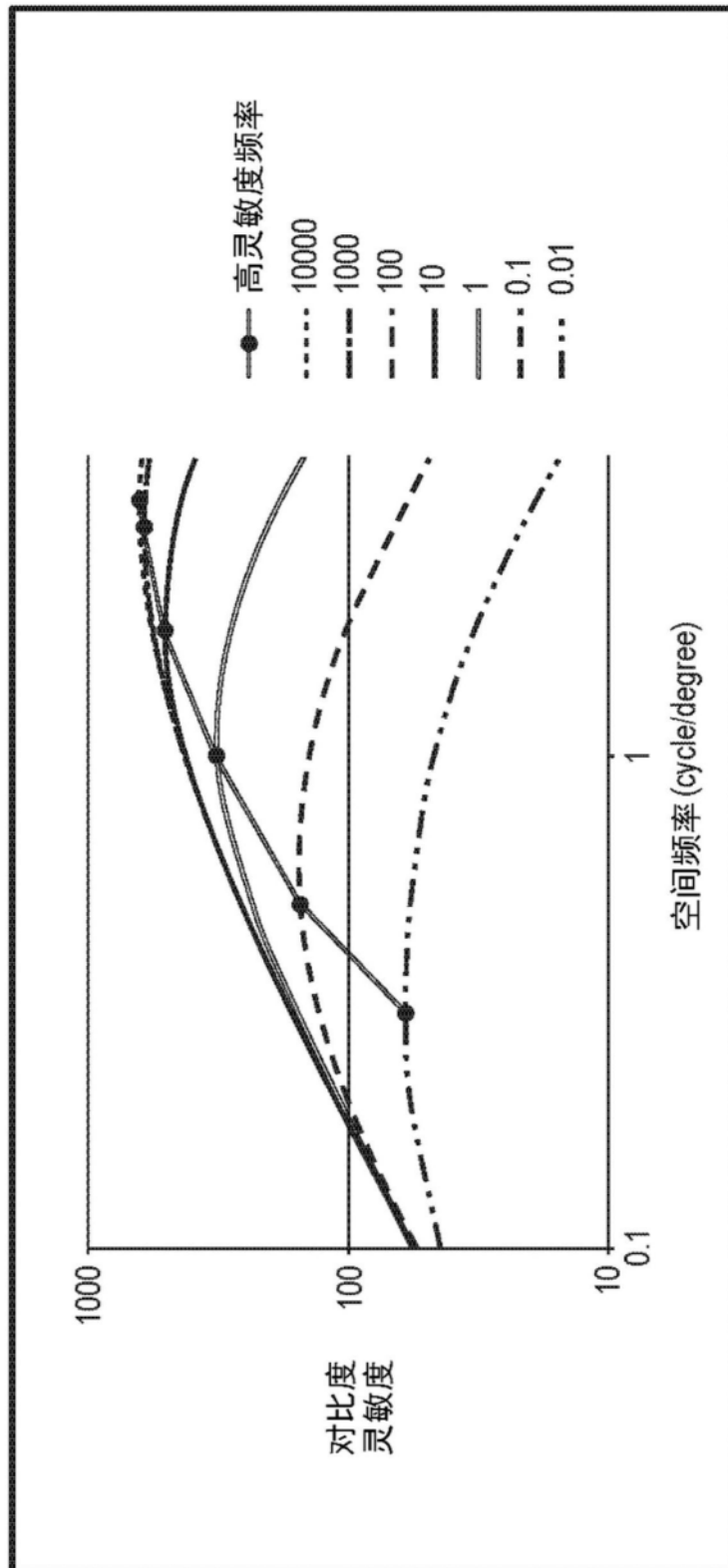


图17

亮度值 (nit)	高灵敏度频率 U_h (cycle/degree)
0.001	0.1
0.01	0.3
0.1	0.5
1	1
10	1.8
100	2.9
1000	3.3

图18

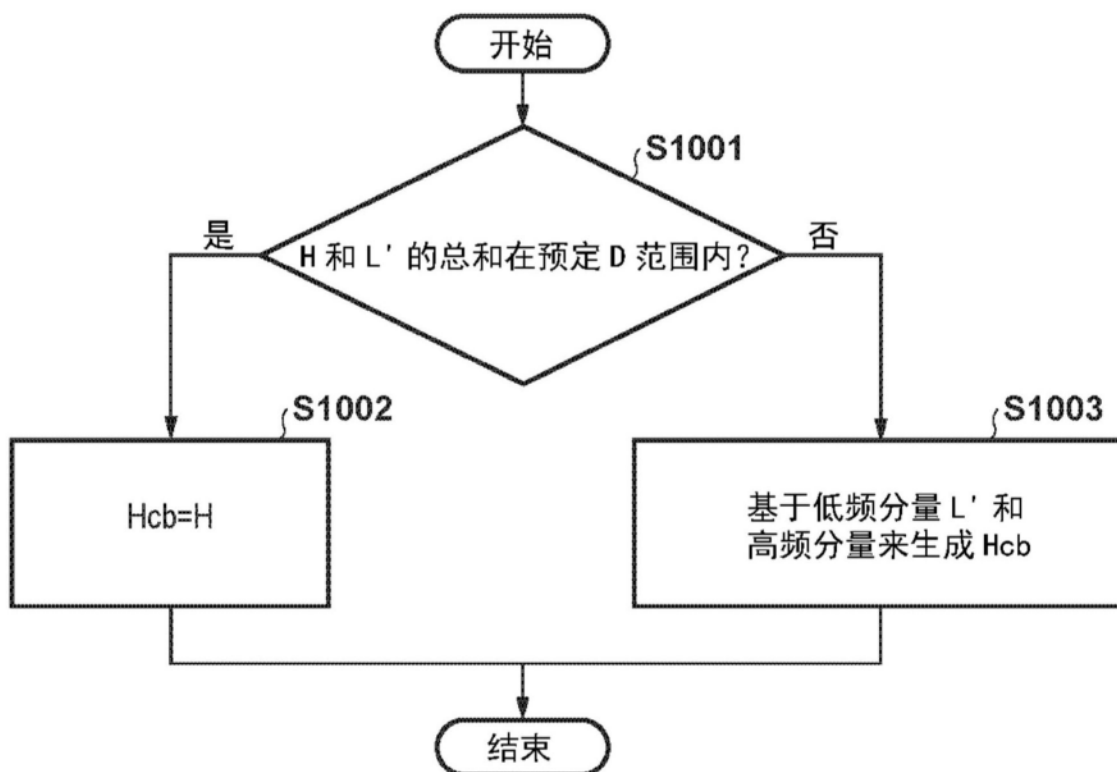


图19

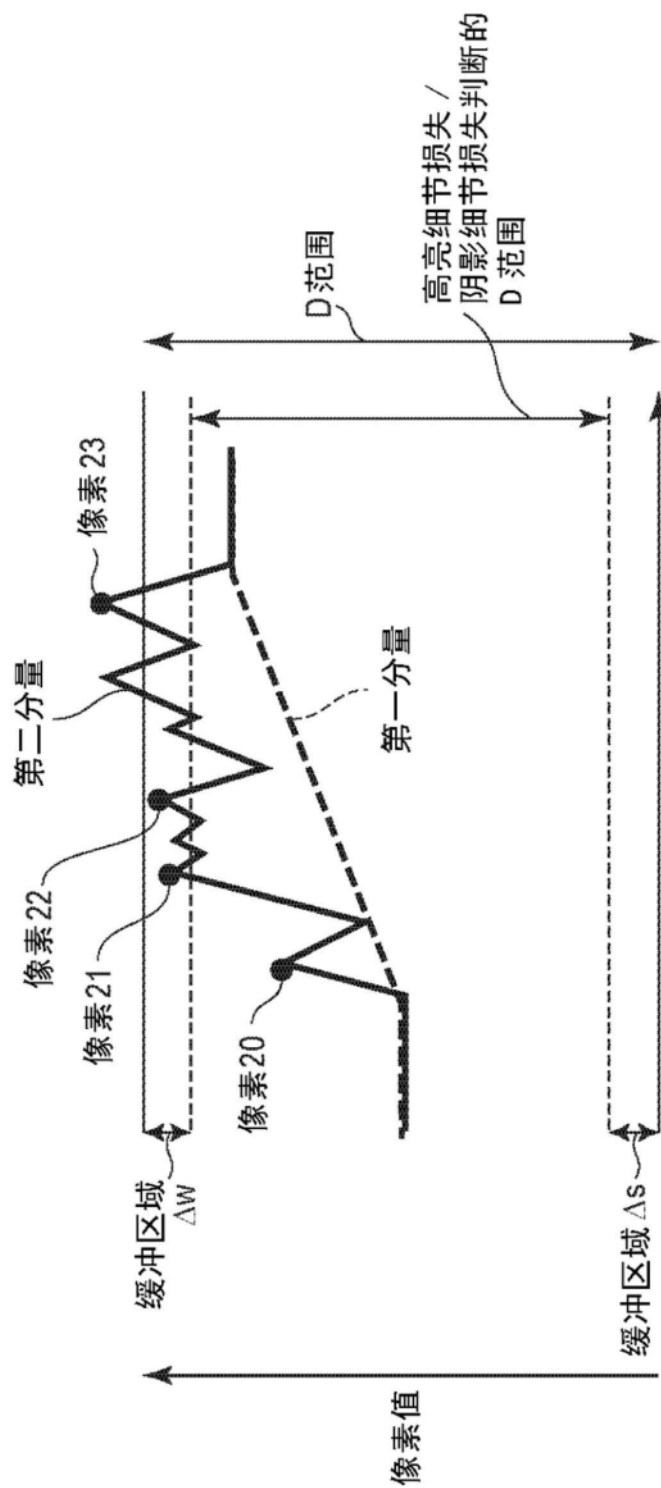


图20

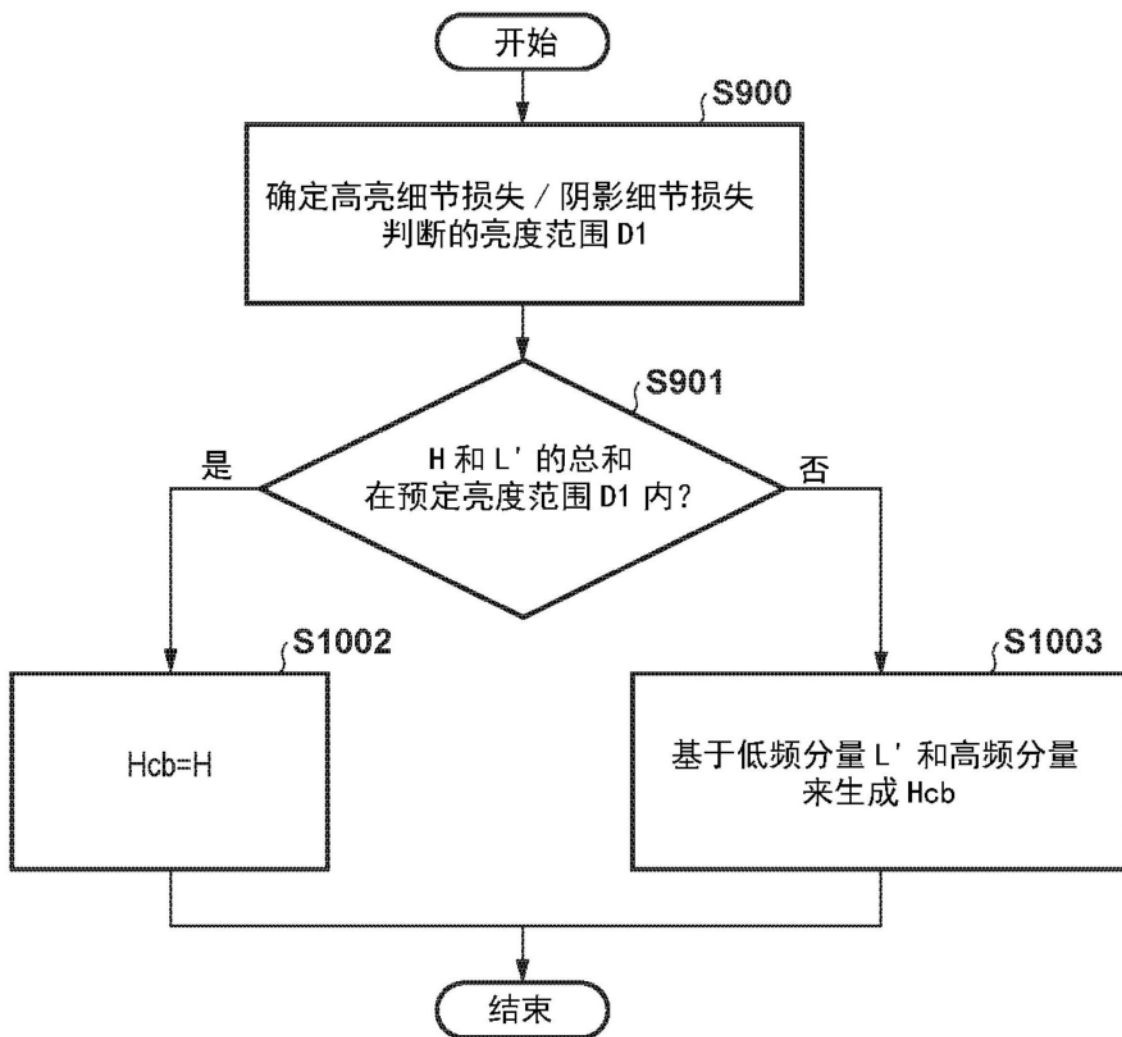


图21

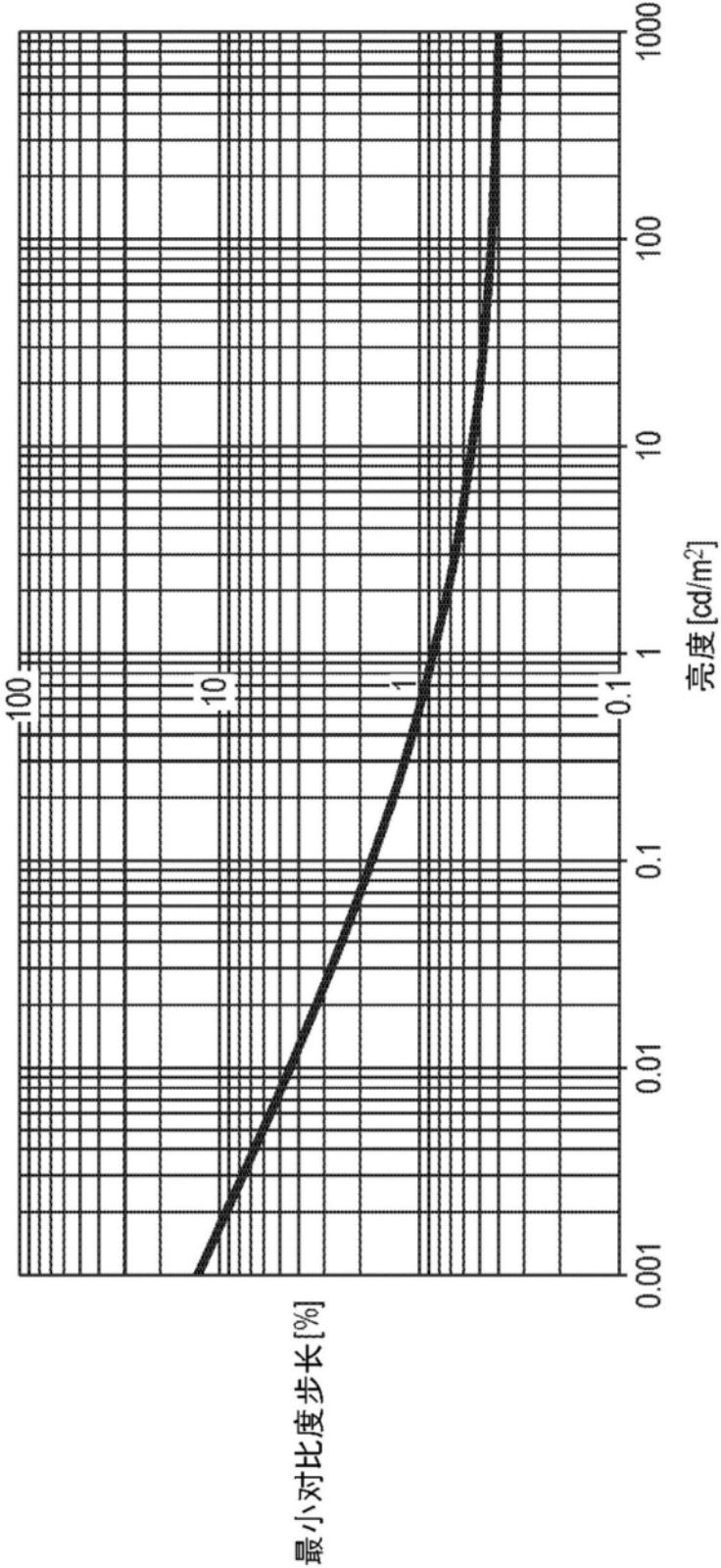


图22

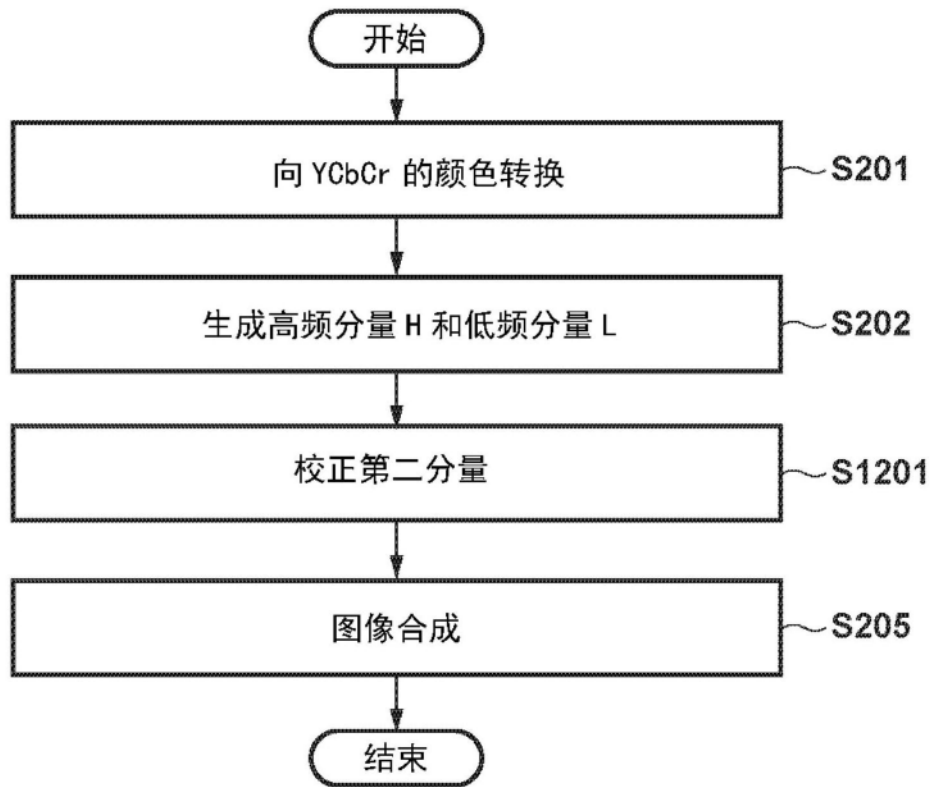


图23