

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610092764.3

[51] Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

H04N 1/60 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100444189C

[22] 申请日 2006.6.14

[21] 申请号 200610092764.3

[30] 优先权

[32] 2005.6.14 [33] JP [31] 2005-174252

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 梅田清

[56] 参考文献

CN1567377A 2005.1.19

JP2000-125320A 2000.4.28

CN1506910A 2004.6.23

US6278491B1 2001.8.21

审查员 李 宁

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 康建忠

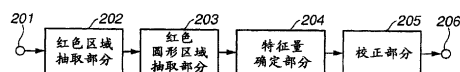
权利要求书 3 页 说明书 43 页 附图 28 页

[54] 发明名称

图像处理设备及图像处理方法

[57] 摘要

一种配置成从候选区域中检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理设备，所述图像处理设备包括：第一确定单元，所述第一确定单元被配置成进行与基于目标候选区域中的预定颜色分量的不良色调的评价量、以及候选区域的周围区域中的评价量有关的确定，第二确定单元，所述第二确定单元被配置成根据第一确定结果，更新候选区域，并对更新的第二候选区域中的像素，进行与评价量或预定颜色分量有关的确定，和第三确定单元，所述第三确定单元被配置成根据第二确定结果，更新第二候选区域，并对更新的第三候选区域的周围区域中的像素，进行与周围区域的特征量有关的确定。第三确定的计算量大于第一或第二确定的计算量。



1、一种图像处理设备，配置成检测示出眼睛的不良色调的图像区域，所述图像处理设备包括：

计算单元，所述计算单元被配置成根据预定的颜色分量，计算对输入图像的每个像素的不良色调的评价量；

像素抽取单元，所述像素抽取单元被配置成根据所述评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素；

区域抽取单元，所述区域抽取单元被配置成抽取包括候选像素的预定形状的候选区域；

第一确定单元，所述第一确定单元被配置成进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定；

更新单元，所述更新单元被配置成根据第一确定单元获得的确定结果，更新候选区域；

第二确定单元，所述第二确定单元被配置成进行与更新的候选区域的周围区域的边缘强度相关的确定；和

检测单元，所述检测单元被配置成根据第二确定单元获得的确定结果，检测示出不良色调的图像区域。

2、按照权利要求1所述的图像处理设备，其中评价量是从红色分量大于绿色分量的像素获得的比值 $(R-G)/R$ ，其中 R 表示像素的红色分量， G 表示像素的绿色分量。

3、按照权利要求1所述的图像处理设备，其中计算单元被配置成根据输入图像的像素的红色和绿色分量计算评价量。

4、按照权利要求1所述的图像处理设备，其中计算单元被配置成根据输入图像的像素的红色、绿色和蓝色分量计算评价量，且应用于输入图像的像素的蓝色分量的权重小于应用于红色和绿色分量的权重。

5、按照权利要求1所述的图像处理设备，其中周围区域的特征量是亮度、色调和饱和度之一。

6、按照权利要求1所述的图像处理设备，其中第二确定单元被配置

成：设定围绕更新的候选区域的周围区域，计算周围区域中的每个像素的边缘强度，计算边缘强度的平均值，如果所述平均值小于第一预定值则确定更新的候选区域不是校正区。

7、按照权利要求6所述的图像处理设备，其中第二确定单元还被配置成：计算边缘强度的最大值与最小值之间的差值，如果所述差值小于第二预定值则确定更新的候选区域不是校正区。

8、按照权利要求7所述的图像处理设备，其中第二确定单元还被配置成：计算边缘强度的重心位置，如果所述重心位置不存在于更新的候选区域的周围区域的中心附近则确定该更新的候选区域不是校正区。

9、按照权利要求8所述的图像处理设备，其中第二确定单元还被配置成：把更新的候选区域的周围区域分成中心区域和外部区域，分别计算中心区域和外部区域中的边缘强度的平均值，如果中心区域中边缘强度的平均值与外部区域中边缘强度的平均值的比值小于第三预定值则确定该更新的候选区域不是校正区。

10、按照权利要求9所述的图像处理设备，其中第二确定单元还被配置成：如果中心区域中边缘强度的平均值小于第四预定值则确定更新的候选区域不是校正区。

11、按照权利要求10所述的图像处理设备，其中第二确定单元还被配置成：如果外部区域中边缘强度的平均值大于第五预定值则确定更新的候选区域不是校正区。

12、一种图像处理方法，检测示出眼睛的不良色调的图像区域，所述图像处理方法包括：

根据预定的颜色分量，计算对输入图像的每个像素的不良色调的评价量；

根据所述评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素；

抽取包括候选像素的预定形状的候选区域；

进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定；

根据通过进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定而获得的确定结果，更新候选区域；

进行与更新的候选区域的周围区域的边缘强度有关的确定；和
根据通过进行与更新的候选区域的周围区域的边缘强度有关的确定
而获得的确定结果，检测示出不良色调的图像区域。

图像处理设备及图像处理方法

技术领域

本发明涉及图像处理设备和图像处理方法，更具体地说涉及检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理技术。

背景技术

已提出了校正可能由来自照相机的闪光引起的眼睛的不良色调的各种方法。一般来说，眼睛的不良色调被称为红眼现象(或者红眼效果)。照明不足的环境可能引起红眼现象，如果用闪光为人或者诸如狗或猫之类的动物拍照的话。

更具体地说，闪光通过张开的瞳孔进入眼睛，并从眼睛的后部反射。此时，红光可从眼底上的毛细管返回。由于瞳孔，即，晶状体的较高透射率，如果被拍照人具有亮色素，那么通常会发生红眼现象。

许多数字照相机具有结构紧凑的机体。在这样结构紧凑的机体中，透镜的光轴被布置成接近闪光光源。当闪光的光源位置与透镜的光轴相邻时，易于发生红眼现象。

减轻红眼现象的方法之一是在拍照之前的预发光，使得被拍照人的瞳孔能够被预先关闭。但是，按照该方法，需要大容量的电池，并且由于预发光，被拍照人可能改变面部表情。

为了校正或减轻红眼，个人计算机或相似设备能够根据数字照相机获得的数字数据处理和重构图像。一般来说，根据数字图像数据校正红眼的方法可被粗略分成三种校正：即，手动校正；半自动校正；和自动校正。

手动校正要求用户操作指示装置，例如鼠标、指示笔、或写字板，或者类似的触摸面板，以指出显示在显示单元上的红眼区域(即，要校正的区域)。

半自动校正要求用户大致指明存在红眼的区域，以及根据用户给出的信息指定红眼的校正范围和进行必要校正的计算机操作。例如，用户能够用指示装置指定围绕红眼的区域，或者眼睛附近的点。计算机规定校正范围，并根据关于指定区域或指定点的信息进行校正。

自动校正不要求用户的任何特殊操作，因为计算机执行完全自动化的操作，包括根据数字图像数据自动检测校正区域和执行校正处理。

按照手动或半自动校正，用户不得不手动指定要校正的部分。例如，如果要求显示包括待校正的区域的放大图像，并指定图像数据上的校正区域，那么对用户来说是麻烦的。如果在个人计算机系统中装备的大屏幕显示器可用，那么这样的指定操作可能较容易。但是，就普通的具有几英寸的小型显示单元的数字照相机或打印机来说，除非用户放大图像并滚动到放大图像的适当部分，否则用户不能找出和指定校正区域。

存在自动校正红眼现象、不需要任何复杂的操作并且有效地实用于装备小型显示单元的小型设备的常规方法。

例如，日本专利申请公开 No.11-136498 讨论了一种方法，该方法包括下述步骤：从图像检出肤色区域，在所检出区域内搜索并检测构成红眼的像素，和校正构成红眼的像素。

此外，日本专利申请公开 No.11-149559 讨论了一种方法，该方法包括下述步骤：检出肤色区域，检测具有对应于瞳孔的较低亮度的凹陷区域，和根据检出区域中的两个凹陷区域之间的距离确定眼睛。

此外，日本专利申请公开 2000-125320 讨论了一种方法，该方法包括下述步骤：检出肤色区域，确定检出的肤色区域是否具有人脸的特征，检测所检出区域中的一组红眼缺陷，评估红眼缺陷的距离和大小，和指定红眼区域。

此外，日本专利申请公开 No.11-284874 讨论了一种方法，该方法包括下述步骤：自动确定图像是否包括红色瞳孔，检测红色瞳孔的位置和大小，和自动把瞳孔内的红色像素转换成预定颜色的像素。

但是，常规的自动红眼校正方法存在下述问题。

依赖于神经网络的人体肤色检测或面部检测要求搜索大范围的图像

数据,以便从红眼区域的检测中获得可靠的结果。换句话说,需要大量的存储器,并且必需大量的计算。对于装备可以数 GHz 的时钟运算的高性能 CPU 和几百 MB 的存储器的个人计算机来说,这样的处理不太困难。但是,数字照相机和打印机不能处理如此大量的图像数据。

此外,除了上述自动校正之外,还存在依赖于饱和度方面的差异来区别红眼区域和周围区域的许多常规方法。但是,基于饱和度的确定不适合应用于色素较暗的人。众所周知,当用 RGB 系统定义像素值时,饱和度 S 可由下面的公式(1)表示。

$$S = \{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)\} / \max(R, G, B) \quad (1)$$

其中 $\max(R, G, B)$ 表示 R、G 和 B 分量中的最大值, $\min(R, G, B)$ 表示 R、G 和 B 分量中的最小值。

按照实验结果,普通日本人的肤色区域在色调(0-359 度)中具有集中于 0-30 度的独特分布。按照用 HIS(色调-强度-饱和度)系统的色调表示,接近 0 度的区域为红色,当色调增大时,颜色逐渐变成黄色。0-30 度范围中的 R、G 和 B 值具有下述关系。

$$R > G > B \quad (2)$$

如上所述,与具有亮色素的人相比,具有暗色素的人很少具有更亮的红眼。例如,普通日本人在红眼区和眼睛周围的肤色区中具有下述像素值。

红眼区: $(R, G, B) = (109, 58, 65)$

肤色区: $(R, G, B) = (226, 183, 128)$

这种情况下,红眼区像素的饱和度为 40,而肤色区像素的饱和度为 43。两个饱和度值之间没有明显差别。

换句话说,如果被拍照对象(人)色素较暗,那么依赖于饱和度的方法不能确定红眼像素。

发明内容

本发明的目的在于准确地检测示出眼睛的不良色调的图像区域。

根据本发明的一个方面,一种配置成检测示出眼睛的不良色调的图

像区域的图像处理设备包括：计算单元、像素抽取单元、区域抽取单元、第一确定单元、更新单元、第二确定单元和检测单元。计算单元被配置成根据预定的颜色分量，计算输入图像的每个像素的不良色调的评价量。像素抽取单元被配置成根据评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素。区域抽取单元被配置成抽取包括候选像素的预定形状的候选区域。第一确定单元被配置成进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定。更新单元被配置成根据第一确定单元获得的确定结果，更新候选区域。第二确定单元被配置成进行与更新的候选区域的周围区域的边缘强度相关的确定。检测单元被配置成根据第二确定单元获得的确定结果，检测示出不良色调的图像区域。

根据本发明的另一方面，配置成检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理设备包括：计算单元、像素抽取单元、区域抽取单元、区域确定单元和指定单元。计算单元被配置成根据预定的颜色分量，计算输入图像的每个像素的不良色调的评价量。像素抽取单元被配置成根据评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素。区域抽取单元被配置成抽取包括候选像素的预定形状的候选区域。区域确定单元被配置成进行与候选区域中的评价量及候选区域的周围区域中的评价量相关的第一确定，与候选区域中的像素的预定色调的评价量以及预定颜色分量之一有关的第二确定，与周围区域中的亮度有关的第三确定，与周围区域中的色调和饱和度之一有关的第四确定，和与周围区域中的边缘强度有关的第五确定。指定单元被配置成把满足区域确定单元进行的第一到第五确定至少之一的候选区域指定为校正区。

根据本发明的另一方面，一种检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理方法包括：根据预定的颜色分量，计算输入图像的每个像素的不良色调的评价量；根据评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素；抽取包括候选像素的预定形状的候选区域；进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定；根据通过进行与候选区域的周围区域的特征量有关的确定而获得的确定结果，更新候选区域；进行与更新的候选区域的周围区域的边缘强度有关的确定；和根据通过进行与更新的

候选区域的周围区域的边缘强度有关的确定而获得的确定结果，检测示出不良色调的图像区域。

根据本发明的另一方面，检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理方法包括：根据预定的颜色分量，计算输入图像的每个像素的不良色调的评价量；根据评价量，抽取构成示出不良色调的图像区的候选像素；抽取包括候选像素的预定形状的候选区域；进行与候选区域中的评价量及候选区域的周围区域中的评价量相关的第一确定，与候选区域中的像素的预定色调的评价量以及预定颜色分量之一有关的第二确定，与周围区域中的亮度有关的第三确定，与周围区域中的色调和饱和度之一有关的第四确定，和与周围区域中的边缘强度有关的第五确定；把满足进行的第一到第五确定至少之一的候选区域指定为校正区。

根据本发明的另一方面，一种配置成从候选区域中检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理设备包括：第一确定单元，第二确定单元和第三确定单元。第一确定单元进行与基于目标候选区域中的预定颜色分量的不良色调的评价量以及候选区域的周围区域中的评价量有关的确定。第二确定单元根据第一确定单元获得的确定结果，更新候选区域，并对更新的第二候选区域中的像素进行与评价量和预定颜色分量之一有关的确定。第三确定单元根据第二确定单元获得的确定结果，更新第二候选区域，并对更新的第三候选区域的周围区域中的像素进行与周围区域的特征量有关的确定。第三确定单元进行的确定的计算量大于由第一确定单元和第二确定单元之一进行的确定的计算量。

根据本发明的另一方面，一种从候选区域中检测示出眼睛的不良色调的图像区域的图像处理方法包括：进行与基于目标候选区域中的预定颜色分量的不良色调的评价量以及候选区域的周围区域中的评价量有关的第一确定；根据通过进行第一确定获得的确定结果，更新候选区域；对更新的第二候选区域中的像素，进行与评价量和预定颜色分量之一有关的第二确定；根据第二确定获得的确定结果，更新第二候选区域；和对更新的第三候选区域的周围区域中的像素，进行与周围区域的特征量有关的第三确定。第三确定的计算量大于第一确定和第二确定的计算量。

示出眼睛的不良色调的图像区域可被准确地检测。于是，与具有亮色素或暗色素的被拍照人无关，能够恰当地检测示出眼睛的不良色调的图像区域(即，待校正的图像区域)。

参考附图，根据例证实施例的下述详细说明，本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

包含在说明书中并构成说明书的一部分的附图图解说明了本发明的实施例，并且与说明一起用于解释本发明的原理。

图 1 是图解说明能够执行根据第一例证实施例的图像处理的计算机(即图像处理设备)的例证构造的方框图。

图 2 是表示根据第一例证实施例的自动红眼校正处理的功能方框图。

图 3 图解说明可从数字照相机或另一成像设备获得的红眼图像。

图 4 图解说明例证的自适应二值化处理。

图 5A 和 5B 图解说明自适应二值化处理的例证结果。

图 6A 和 6B 图解说明获得平均值 $Er(ave)$ 的例证加速方法。

图 7 图解说明例证的边界(borderline)追踪方法。

图 8 图解说明例证的边界追踪方法。

图 9 图解说明追踪方向的直方图的分类方向。

图 10 图解说明追踪方向的例证直方图。

图 11 图解说明外接红色区域的例证矩形区域。

图 12 是图解说明确定是否存在红色圆形区域的例证确定处理的流程图。

图 13A-13C 图解说明在红眼候选区域的特征量的计算中使用的周围区域的例证定义。

图 14A-14B 图解说明其中在图像的边缘附近存在红眼候选区域的例证周围区域。

图 15A-15C 图解说明获得某一区块中的平均值 $Er(ave)$ 的例证计算区域。

图 16 是表示确定特征量组的例证过程的流程图。

图 17 图解说明设定周围区域的例证方法。

图 18 是图解说明校正候选区域列表中的多个红眼区域之一的例证校正处理的流程图。

图 19 图解说明校正范围的例证确定。

图 20 图解说明例证的校正参数设定方法。

图 21A 和 21B 图解说明在第二例证实施例中要解决的问题。

图 22A 图解说明根据第二例证实施例的例证自适应二值化处理。

图 22B 图解说明根据第二例证实施例的例证自适应二值化处理。

图 23 图解说明在第三例证实施例中要解决的问题。

图 24 是图解说明根据第三例证实施例的自动红眼校正处理的功能方框图。

图 25 是表示由候选区域评价部分进行的例证处理的流程图。

图 26 图解说明中心距离“Size”。

图 27 图解说明中心距离“Size”和阈值 Th_Size 之间的例证关系。

图 28A 和 28B 图解说明在第四例证实施例中要解决的问题。

图 29 是图解说明根据第四例证实施例的红眼校正处理的功能方框图。

图 30 是图解说明由候选区域连接部分进行的例证处理的流程图。

图 31 图解说明候选区域列表的例子。

图 32A 和 32B 图解说明例证的候选区域连接处理。

图 33 图解说明根据第五例证实施例的例证的分隔带。

图 34 是图解说明根据第五例证实施例的抽取红眼区域的例证处理的流程图。

图 35 是图解说明抽取第 N 带中的红眼区域的例证处理的流程图。

图 36 图解说明位于第(N-1)、第 N 和第(N+1)带的 OverlapArea 区域中的四个红色圆形区域。

图 37 图解说明例证的候选区域选择处理。

图 38 图解说明候选区域列表的一个例子。

图 39 是根据本发明的第五实施例图解说明例证的校正处理的流程图。

图 40 图解说明校正行和校正对象区域间的例证关系。

图 41 图解说明保存在候选区域列表中的红眼区域的例证位置信息。

具体实施方式

例证实施例的下述说明本质上只是例证性的，决不意图限制本发明、其应用或用途。

本领域的普通技术人员已知的处理、技术、设备和材料不详细讨论，但是在适当的地方确定为说明书的一部分。例如，不详细讨论用于信号处理、计算、评价和其它用途的某些电路。但是，相关领域的普通技术人员已知的这些系统和构成这些系统的方法在适当的地方确定为可实施的公开内容的一部分。

注意在说明书内，类似的附图标记指的是附图中的相似项，从而一旦参考一个附图说明了某一项，后续附图中可能不再讨论它。

下面参考附图详细说明例证的实施例。

在例证实施例中描述的图像处理可被包含在可在计算机中操作的打印机驱动器中，以便产生将被输出给打印机引擎的图像信息，或者可被包含在可在计算机中操作的扫描仪驱动器中，以便驱动扫描仪或者另一光学阅读设备。

此外，例证实施例的图像处理可由硬件，比如复印机、传真机、打印机、扫描仪、数字照相机和数字摄像机实现，或者可由提供给这些设备的软件实现。

第一例证实施例

设备构造

图 1 是图解说明能够执行按照第一例证实施例的图像处理的计算机(即，图像处理设备)的例证构造的方框图。

计算机 100 包括中央处理器(CPU)101，只读存储器(ROM)102，随机存取存储器(RAM)103，可与监视器 113(它可装备有触摸面板)连接的视

频卡 104, 包括例如硬盘驱动器或存储卡的存储设备 105, 可与网络 114 连接的网络接口卡(NIC)107, 和串行总线接口 108, 串行总线接口 108 包括例如通用串行总线(USB)或 IEEE1394 接口, 并且可与指示装置 106(例如鼠标、指示笔、或写字板)、键盘 113、打印机 110、扫描仪 111(例如胶片扫描仪)和数字照相机 112 相连。

计算机 100 的构成元件(或者功能部件)与系统总线 109 连接。

CPU 101 能够从 ROM 102 或者存储设备 105 读取程序(包括在下面的说明中描述的图像处理的程序), 并且能够把读出的程序载入用作工作存储器的 RAM 103 中, 以便执行该程序。CPU 101 能够按照程序通过系统总线 109 控制上述构成元件, 以实现程序的功能。图 1 表示了能够实现按照第一例证实施例的图像处理的一般硬件构造。本发明的硬件构造并不局限于图 1 中公开的硬件构造, 并且可按照除去一部分公开的装置或者包括其它装置的方式来修改。

处理的概述

图 2 是表示按照第一例证实施例的自动红眼校正处理的功能方框图, CPU 101 能够执行所述自动红眼校正处理。CPU 101 能够从数字照相机 112 或扫描仪 111 输入每个像素 24 比特(即 RGB 中每一个分别为 8 位)的数字图像数据。

图 3 图解说明可从数字照相机 112 或另一成像设备获得的例证红眼图像。除了由拍照闪光造成的加亮区 304 之外, 图 3 中所示的眼睛图像包括虹膜区 301、瞳孔区 302 和眼白区 303。一般来说, 红眼现象可被称为瞳孔区 302 呈现红色的现象。

图 2 中所示的红色区域抽取部分 202 能够从自输入终端 201 输入的图像数据中抽取红色区域。本例证实施例采用自适应二值化来抽取红色区域, 不过存在抽取红色区域的各种方法。红色区域抽取部分 202 能够抽取不同于红眼的任何红色区域, 例如红色交通信号、红色的衣服图案、和红色照明。

根据输入图像数据和与抽取的红色区域相关的信息, 红色圆形区域抽取部分 203 能够从抽取的红色区域中指定具有较圆形状红色圆形区

域。本例证实施例采用“边界追踪”方法来抽取红色圆形区域，不过存在确定每个红色区域的形状的各种方法。红色圆形区域抽取部分 203 能够把关于抽取的红色圆形区域的位置信息保存到候选区域列表中。

特征量确定部分 204 能够根据输入的图像数据和候选区域列表，对保存在候选区域列表中的红色圆形区域进行识别表征眼睛的各个特征量的确定处理。表征眼睛的特征量可包括红色圆形区域的饱和度以及红色圆形物的光度 (luminosity)(强度)、饱和度、色调以及周围区域的边缘分布。特征量确定部分 204 比较特征量与预定阈值，并把每个红色圆形区域指定为红眼区域，如果它满足所有条件的话。特征量确定部分 204 能够把关于每个指定的红眼区域的位置信息保存到候选区域列表中。

根据输入的图像数据和保存关于红眼区域的位置信息的候选区域列表，校正部分 205 能够进行校正处理，以便校正图像数据上的红眼区域。校正部分 205 能够把校正后的图像数据输出给输出终端 206。校正后的图像数据可被显示在监视器 113 上，或者可被保存在 RAM 103 或存储设备 105 中。此外，校正后的图像数据可通过接口 108 被发送给打印机 110，使得打印机 110 能够打印图像，或者可通过网络 114(包括企业内部网或因特网)从 NIC 107 被传送给另一计算机或者服务器。

红色区域抽取部分 202

红色区域抽取部分 202 对输入的图像数据应用自适应二值化处理，以便从图像数据中抽取红色区域。更具体地说，红色区域抽取部分 202 计算表示输入图像数据的每个像素的红色度的红色评价量，并比较该评价量与阈值。当红色评价量大于阈值(即，评价量>阈值)时，红色区域抽取部分 202 确定目标像素是红色像素。可在目标像素的周围区域中自适应地确定阈值。通过本例证实施例中的“二值化”处理，“1”被分配给红色像素，“0”被分配给其它像素。

图 4 图解说明由红色区域抽取部分 202 进行的例证自适应二值化处理。在图 4 中，输入图像数据 401 的目标像素 402 是将在二值化处理中处理的目标像素。红色区域抽取部分 202 依据下述公式(3)，定义表示目标像素 402 的红色度的评价量 E_r 。

$$E_r = (R - G) / R \quad (3)$$

从公式(3)可知,通过排除 B(蓝色)分量,红色区域抽取部分 202 能够根据 R(红色)和 G(绿色)分量计算目标像素 402 的红色度,而不依赖于一般的 HIS 表达式中的饱和度。利用定义红色评价量 E_r 的公式(3)能够带来下述优点。

例如,由于瞳孔区 302 的晶状体的透射率不足,因此色素暗淡(或较深)的人不可能具有清晰或明亮的红眼。如前所述,普通日本人的红眼区的估计像素值为 $(R, G, B) = (109, 58, 65)$ 。从实验结果可知,就色调来说,日本人的肤色具有集中于从红色(0 度)到黄色(60 度)的分布。在上面的区域中, R、G 和 B 分量人有 $R > G > B$ 的关系。眼睛周围的皮肤区域具有 $(R, G, B) = (226, 183, 128)$ 的估计像素值。

根据实际值可知,红眼区的像素和眼睛周围的皮肤区域的像素具有较小的 B 分量。红眼区的像素具有为 40 的饱和度值,而眼睛周围的皮肤区域的像素具有为 43 的饱和度值。换句话说,在构成红眼区的像素和构成皮肤区域的像素之间,饱和度值不存在显著的差异。因此,如果自适应二值化处理的阈值是饱和度,那么将难以检测红眼区。

另一方面,当红色评价量 E_r 由公式(3)定义时,即,评价量不依赖于 B 分量时,红眼区的像素具有为 47 的红色评价量 E_r ,而眼睛周围的皮肤区域的像素具有为 19 的红色评价量 E_r 。换句话说,红眼区中的像素的红色评价量 E_r 约为皮肤区域中的像素的红色评价量 E_r 的两倍。

根据前面所述,在色素较暗(较深)的人的红眼的检测中,如果如公式(3)中定义的那样,评价量只由 R 和 G 分量定义(即,不包括 B 分量),即不依赖于饱和度,那么能够准确地抽取构成红眼的像素。但是,评价量 E_r 的定义并不局限于公式(3),即, $(R - G)$ 与 R 的比值。例如,评价量 E_r 可被定义为 $(R - G)$ 或者 R / G 。

当如公式(3)中定义的那样,评价量只由 R 和 G 分量定义(即,不包括 B 分量),即不依赖于饱和度时,在具有亮色素的人的红眼的检测中,能够准确地抽取构成红眼的像素。

参见图 4,为了使目标像素 402 二值化,红色区域抽取部分 202 设定

沿一行(line)从目标像素 402 延伸的窗口区域 403, 使得像素数“ThWindowSize”存在于目标像素 402 的左侧(即存在于主扫描方向上的前方区)。红色区域抽取部分 202 能够获得窗口区 403 内的像素的红色评价量 Er 的平均值 Er(ave)。像素数“ThWindowSize”可具有等于图像的短边的 1-2%的宽度。评价量 Er 不取负值, 因为当计算评价量 Er 时, 下述公式(4)中所示的条件必须被满足。

$$R > 0, \text{ 并且 } R > G \quad (4)$$

红色区域抽取部分 202 使用计算的平均值 Er(ave)使目标像素 402 二值化。为了进行该处理, 目标像素 402 必须满足下述条件。

$$R > Th_Rmin, R > G, \text{ 并且 } R > B \quad (5)$$

在公式(5)中, “Th_Rmin”是表示 R 的下限值的阈值。当上述条件被满足时, 红色区域抽取部分 202 利用下述公式(6)进行二值化处理。

如果 $Er > Er(ave) + Margin_RGB$, 那么取值‘1’

如果 $Er \leq Er(ave) + Margin_RGB$, 那么取值‘0’ (6)

在公式(6)中, “Margin_RGB”表示一个参数。

当目标像素 402 的红色评价量 Er 大于窗口区 403 的平均值 Er(ave)与“Margin_RGB”之和时, 作为二值化处理的结果, 红色区域抽取部分 202 向目标像素 402 分配值‘1’。换句话说, 目标像素 402 被抽取为红色区域。

如果持续存在红色区域, 那么平均值 Er(ave)将变成过大的值。于是, 可对平均值 Er(ave)设定上限。二值化结果可被保存在 RAM 103 中不同于分配给输入图像的缓冲区的预定区域中。

红色区域抽取部分 202 通过在图像的整个区域中把目标像素 402 从左向右移, 对每行输入图像数据进行上述处理。在第一例证实施例中, 根据沿着同一行从目标像素 402 延伸到左侧的窗口内的像素的评价量, 计算二值化阈值(即, 平均值 Er(ave))。

但是, 二值化阈值并不局限于特定的阈值。例如, 窗口可被设定为包括在目标像素 402 上的几行(即副扫描方向上的前方区)中位于目标像素 402 左侧的多个像素的区域(即, 主扫描方向上的前方区)。此外, 窗口

可被设为其中心位于目标像素 402 的矩形区域。

图 5A 和 5B 图解说明自适应二值化处理的例证结果。图 5A 表示包含在输入图像数据中的红眼及其周围区域的图像。图 5B 表示由自适应二值化处理产生的二值化图像，自适应二值化处理只抽取红眼的瞳孔区的像素。

此外，为了获得沿主扫描方向设定的窗口内的评价量的平均值 $Er(ave)$ ，可使用下面的加速方法。

图 6A 和 6B 图解说明用于获得平均值 $Er(ave)$ 的例证加速方法。

红色区域抽取部分 202 计算如图 6A 中所示设置在目标像素 402 的左侧的窗口 403 中的评价量 Er ，并把计算的评价量之和保存在存储器(例如 RAM 103 中)。随后，红色区域抽取部分 202 把计算的评价量之和除以构成窗口 403 的像素数 n ，获得平均值 $Er(ave)$ 。

随后，红色区域抽取部分 202 把目标像素 402 右移一个像素。窗口 403 也右移一个像素。这种情况下，通过从保存的总和中减去像素 501 的评价量 Er ，随后加上像素 502 (即，紧接目标像素 402 并位于它之前的像素)的评价量 Er ，能够加速获得图 6B 中所示的窗口 403 中的评价量之和。

换句话说，每次目标像素 402 和窗口 403 沿该行移动时，红色区域抽取部分 202 不需要计算窗口 403 内的每个像素的评价量 Er 。

红色圆形区域抽取部分 203

红色圆形区域抽取部分 203 根据边界追踪方法抽取红色圆形区域，边界追踪方法是二值化图像处理方法之一。

图 7 图解说明边界追踪方法。红色圆形区域抽取部分 203 通过沿主扫描方向和副扫描方向从上端开始扫描图像，对由自适应二值化处理产生的二值化图像应用边界追踪处理。

位于起始点的目标像素 (x_a, y_a) ，即图 7 中所示的像素 701 具有值‘1’。位于目标像素左侧的像素 (x_a-1, y_a) 具有值‘0’。位于目标像素左斜上方的像素 (x_a-1, y_a-1) 具有值‘0’。位于目标像素之上的像素 (x_a, y_a-1) 具有值‘0’。位于目标像素右斜上方的像素 (x_a+1, y_a-1) 具有值‘0’。

图 7 中所示的坐标系的原点位于二值化图像的左上角。红色圆形区域抽取部分 203 沿反时针方向依次跟踪具有值‘1’的像素，并返回起始点 701。当追踪轨迹偏移 to 图像区域之外，或者朝着与起始点 701 相比较小的 Y 坐标区偏离时，红色圆形区域抽取部分 203 停止追踪，并找出下一起始点。

如果在 Y 坐标值小于起始点 701 的 Y 坐标值的区域中继续追踪移动，那么红色圆形区域抽取部分 203 将错误地沿着图 8 中所示的环形区域的内侧跟踪。在图 8 中所示的例子中，当追踪点沿着环形区域的内侧到达像素 802 时，追踪点的 Y 坐标值变得小于起始点像素 801 的 Y 坐标值。红色圆形区域抽取部分 203 从而停止追踪。

在上述追踪处理中，红色圆形区域抽取部分 203 能够获得追踪目标区的周长、追踪方向的直方图和 X 及 Y 方向上的最大值和最小值。可用被跟踪的像素的总数来表示周长。例如，按照 7 中所示的例子，周长为 9 个像素，包括起始点像素 701。

追踪方向可被分成图 9 中所示的总共八个方向，作为在追踪操作期间，从一个像素移动到下一像素的可能方向。在图 7 所示的例子中，按照沿反时针方向从点像素 701 开始的追踪，移动方向按图 9 中定义的顺序 6→6→7→8→1→2→3→3→4 依次变化。图 10 表示了方向的直方图。

图 11 表示 X 和 Y 方向上的最大值和最小值，它代表存在具有值‘1’的像素的区域，即，围绕红色区域的矩形区。红色圆形区域抽取部分 203 跟踪每个红色区域的边界，获得上述值，并确定该区域是否是红色圆形区域。

图 12 是图解说明确定是否存在红色圆形区域的例证确定处理的流程图。首先，红色圆形区域抽取部分 203 确定红色区域的长宽比是否等于或大于预定的阈值 Th_BF_VHRatio(步骤 S1201)。红色圆形区域抽取部分 203 按照下述公式(7)计算长宽比 AR。

$$AR = (y_{\max} - y_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (7)$$

在公式(7)中，当 $AR > 1$ 时， $AR = 1/AR$

即，长宽比 AR 可被表示成在 0.0-1.0 范围中的值。当 $AR = 1.0$ 时，

纵向长度等于水平长度。当长宽比 AR 小于阈值 $Th_BF_VHRatio$ (即, $AR < Th_BF_VHRatio$, 步骤 S1201 中否)时, 红色圆形区域抽取部分 203 确定目标红色区域不是红色圆形区域, 并开始搜索下一红色区域(即, 处理结束)。

当 $AR \geq Th_BF_VHRatio$ (即, 步骤 S1201 中是)时, 红色圆形区域抽取部分 203 确定该红色区域是否具有适当的尺寸(步骤 S1202)。红色圆形区域抽取部分 203 考虑两项, 即(1)实际像素数的上限和下限, 和(2)红色区域与图像的短边或长边的比值, 进行与尺寸有关的确定。

首先, 就上述项(1)来说, 红色圆形区域抽取部分 203 识别红色区域的水平宽度 $X(=x_{max}-x_{min})$ 和垂直宽度 $Y(=y_{max}-y_{min})$ 之间的较小者, 并比较识别的较小宽度与预定阈值。更具体地说, 红色圆形区域抽取部分 203 确定识别的较小宽度(即, 垂直宽度或水平宽度)是否在上限 $Th_BF_SizeMax$ 和下限 $Th_BF_SizeMin$ 之间的范围内。

当识别的较小宽度大于上限或者小于下限时, 红色圆形区域抽取部分 203 确定目标红色区域不是红色圆形区域, 并开始搜索下一红色区域。

此外, 就上述项(2)来说, 红色圆形区域抽取部分 203 采用下述公式(8)。

$$Th_BF_RatioMin < \min(X, Y) / \min(W, H) < Th_BF_RatioMax \quad (8)$$

其中 $X=x_{max}-x_{min}$, $Y=y_{max}-y_{min}$, W 代表输入图像的宽度, H 表示输入图像的高度。

当目标红色区域不满足公式(8)时, 红色圆形区域抽取部分 203 确定目标红色区域不是红色圆形区域(即, 步骤 S1202 中否), 并开始搜索下一红色区域(即, 处理结束)。虽然公式(8)基于比较两个短边的例子, 不过也可以比较两个长边。

当红色区域具有适当的尺寸(即, 步骤 S1202 中是)时, 红色圆形区域抽取部分 203 比较周长与理想的圆周, 以确定抽取的红色区域是否与圆类似(步骤 S1203)。红色圆形区域抽取部分 203 按照由下面的公式(9)定义的近似关系, 根据红色区域的宽度 X 和高度 Y , 获得理想的圆周 C_i 。

$$C_i = (X+Y) \times 2 \times \pi / 8 \quad (9)$$

公式(9)基于抽取的红色区域是正方形的假设。理想的圆周 C_i 定义该正方形的内切圆的圆周。在公式(9)中,“(X+Y)×2”表示包含红色区域的正方形的四边的总长度,“ $2\pi/8$ ”表示正方形四边的总长度与该正方形的内切圆的圆周的比值。

红色圆形区域抽取部分 203 按照下述公式(10)比较上述理想的圆周 C_i 与周长。当公式(10)不被满足时(步骤 S1203 中否),红色圆形区域抽取部分 203 确定抽取的红色区域不是红色圆形区域,并开始搜索下一红色区域,即,结束处理。

$$\min(C_i, C_x) / \max(C_i, C_x) > Th_BF_CircleRatio \quad (10)$$

在公式(10)中, C_x 表示周长。当周长满足公式(10)时,红色圆形区域抽取部分 203 确定在追踪方向的直方图中是否存在任何偏差(步骤 S1204)。

如前所述,在边界追踪处理中,红色圆形区域抽取部分 203 能够获得图 10 中所示的追踪方向的直方图。当追踪目标区类似于圆时,在由边界追踪处理产生的直方图中,追踪方向的分布是均匀的。另一方面,当追踪目标区长且窄时,追踪方向的直方图存在偏差。例如,如果追踪目标区具有从右上方延伸到左下方的长且窄的形状,那么图 9 中所示的方向 2 和 6 的频度变大,方向 4 和 8 的频度变小。

因此,当公式(11)中表示的所有条件被满足时,红色圆形区域抽取部分 203 确定目标红色区域是红色圆形区域。当条件中的任意之一不被满足时,红色圆形区域抽取部分 203 确定目标红色区域不是红色圆形区域,并开始搜索下一红色区域。

$$\begin{aligned} \text{sum}(f1, f2, f5, f6) &< \sum f \times Th_BF_DirectRatio \\ \text{sum}(f2, f3, f6, f7) &< \sum f \times Th_BF_DirectRatio \\ \text{sum}(f3, f4, f7, f8) &< \sum f \times Th_BF_DirectRatio \\ \text{sum}(f4, f5, f8, f1) &< \sum f \times Th_BF_DirectRatio \end{aligned} \quad (11)$$

其中, f_n 表示方向 n 的频度, $\text{sum}(f_a, f_b, f_c, f_d)$ 表示方向 a 、 b 、 c 和 d 的频度之和, $\sum f$ 表示频度之和。

如果预定方向上的频度之和超过公式(11)中的预定比率;即,当追踪

方向的分布集中在某一方向上时,红色圆形区域抽取部分 203 能够确定目标红色区域不是红色圆形区域。此外,按照依据公式(11)的确定,当频度和 $\sum f$ 较小时,确定准确性可能降低。从而,当频度和 $\sum f$ 等于或小于预定值时,红色圆形区域抽取部分 203 能够跳过步骤 S1204 的处理,能够直接进行下一步骤 S1205。

红色圆形区域抽取部分 203 把满足步骤 S1201-S1204 的所有确定(或者如果步骤 S1204 被跳过,那么步骤 S1201-S1203 的确定)的每个红色区域确定为红色圆形区域(即,红眼候选区)。红色圆形区域抽取部分 203 把每个检测到的红色圆形区域的坐标位置保存于在 RAM 103 中分配的候选区域列表中(步骤 S1205)。红色圆形区域抽取部分 203 重复图 12 的流程图所示的边界追踪和确定,直到追踪位置到达图像数据的右下位置为止。

特征量确定部分 204

特征量确定部分 204 对每个抽取的红色圆形区域(即,每个红眼候选区),计算表示人的红眼的各个特征量,并比较计算的特征量与预定阈值,确定抽取的红色圆形区域是否是红眼。

对于记录在由红色圆形区域抽取部分 203 获得的候选区域列表中的红眼候选区域,特征量确定部分 204 按照图 16 的流程图所示的顺序执行应用于五个特征量组的下述确定。

特征量组 0: 红色圆形区域与周围区域中的评价量的平均值 $Er(ave)$ 之间的比较(步骤 S10)

特征量组 1: 与红色圆形区域中的色调、评价量 Er 、颜色分量的变化相关的确定(步骤 S11)

特征量组 2: 与周围区域中的亮度相关的确定(步骤 S12)

特征量组 3: 与周围区域中的饱和度和色调相关的确定(步骤 S13)

特征量组 4: 与周围区域中的边缘强度相关的确定(步骤 S14)

理想的红眼区的红色分量存在于瞳孔区中,并且可明显地与其周围区域区分开。与其它各种特征量相比,这是一个极好的特征量。因此,特征量确定部分 204 首先执行特征量组 0 的确定处理(步骤 S10),以有效

地检测红眼候选区域。

与其它特征量组的确定相比,特征量组 1 的确定(步骤 S11)需要的计算量较少,因为通过只参考红色圆形候选区中的像素,即可进行特征量确定。

特征量组 2 的确定和特征量组 3 的确定(步骤 S12 和 S13)需要关于存在于预定周围区域中的像素,把 R、G 和 B 分量转换成亮度和色差分量,或者需要把 R、G 和 B 分量转换成光度(强度)、饱和度和色调分量。

从而,与特征量组 1 的确定相比,特征量组 2 的确定和特征量组 3 的确定需要较大量的计算。

特征量组 4 的确定(步骤 S14)使用常规已知的边缘检测滤波器,例如 Sobel 滤波器,并获得边缘强度。与其它特征量组的确定相比,特征量组 4 的确定需要最大量的计算。

鉴于此,特征量确定部分 204 按照计算量少的顺序,即,按照识别红眼区的特征的容易性的顺序,进行上述五种确定。

如图 16 的流程图中所示,当红眼候选区域被确定为非红眼区时,特征量确定部分 204 跳过随后的确定步骤,以减少总的处理量。

<周围区域的定义>

图 13A-13C 图解说明用于计算红眼候选区的特征量的周围区域的例证定义。

在图 13A-13C 中,中心块 1301 是由红色圆形区域抽取部分 203 抽取的红眼候选区(红色圆形区域)的外接矩形。

图 13A 表示包括位于其中心的中心块 1301,并且垂直边和水平边为中心块 1301 的对应边的两倍的例证周围区域。

图 13B 表示包括位于其中心的中心块 1301,并且垂直边和水平边为中心块 1301 的对应边的三倍的例证周围区域。

图 13C 表示包括位于其中心的中心块 1301,并且垂直边和水平边为中心块 1301 的对应边的五倍的例证周围区域。

在下面的说明中,“整个周围区域”是通过从矩形周围区域中除去中心块 1301 而获得的部分。此外,“周围区域中的块”是由包含并且从中心

块 1301 的四边延伸出的四条虚线分割的周围区域的 8 个块, 如图 13A-13C 中所示。

特征量确定部分 204 对除特征量组 1 外的各个特征量组的周围区域应用确定。这种周围区域的设定需要参考尺寸最大为红眼候选区的外接矩形的五倍的区域。从而, 能够快速完成确定处理。

图 14A 和 14B 图解说明其中在图像的边缘附近存在红眼候选区的例证周围区域。图 14A 表示红眼候选区的外接矩形(即, 块 1301)图像的右边缘附近具有小于外接矩形的边长的余缘(margin)。

这种情况下, 如果任何像素存在于每块周围区域中, 那么特征量确定部分 204 根据包括在该块周围区域中的像素, 进行特征量确定。

图 14B 表示与图像的右边缘无余缘地相接的红眼候选区的外接矩形(即, 块 1301)。这种情况下, 右上侧(TR)、右侧(R)和右下侧(BR)的三个周围块不包含任何像素。特征量确定部分 204 不能计算这三个周围块的特征量。这种情况下, 第一例证实施例中的特征量确定部分 204 确定块 1301 不是红眼区, 并从候选区域列表中排除与块 1301 对应的红眼候选区。

<特征量组 0 的确定 (参见步骤 S10) >

在特征量组 0 的确定中, 特征量确定部分 204 设定包括块 1301 的三倍长的周围区域, 例如如图 13B 中所示, 并对于包括块 1301 在内的每个块, 利用公式(3)计算每个像素的评价量 E_r 。随后, 特征量确定部分 204 计算评价量的平均值 $E_r(\text{ave})$ 。

特征量确定部分 204 把计算的平均值 $E_r(\text{ave})$ 保存于在 RAM 103 中分配的数组 $AEvR[8]$ 中, 数组 $AEvR$ 能够保持 9 个(0-8)元素。更具体地说, 从图 13A 中所示的左上方块到右下方块, 元素 0 被分配给左上方(TL)块, 元素 1 被分配给上方(T)块, 元素 2 被分配给右上方(TR)块, -----。

随后, 对于每个元素 $i(i=0 \sim 8, \text{除了与块 1301 对应的 } i=4 \text{ 之外})$, 特征量确定部分 204 确定下述公式是否被满足。

$$AEvR[i] < AEvR[4] \times Th_FJ0_EvR \quad (12)$$

公式(12)的右侧表示通过把块 1301 中的评价量的平均值 $AEvR[4]$ 乘

以阈值 Th_FJ0_EvR 而获得的值。公式(12)的左侧表示剩余的八个周围块中的评价量的平均值 $A_{EvR}[i]$ 。

当公式(12)被满足时,特征量确定部分 204 确定目标红眼候选区是红眼区。当公式(12)不被满足时,特征量确定部分 204 确定目标红眼候选区不是红眼区,并取消随后的特征量组的确定,重新开始关于下一红眼候选区的确定。

在下面描述的特征量中,就识别红眼区来说,在公式(12)中定义的评价量 Er 的比较最可靠。这就是为什么特征量确定部分 204 首先执行利用公式(12)的处理的原因。不同的实验结果已揭示利用公式(12)的确定对从候选区域列表中排除非红眼区域最有效。因此,通过考虑到识别红眼区的特征的容易性决定确定顺序,特征量确定部分 204 能够使计算量降至最小。

此外,在块 1301 的平均值 $Er(ave)$ 的计算中,适合于计算图 15A 中所示的菱形的计算区域 1501 内的像素的评价值 Er 。

红眼区的形状一般是圆形或椭圆形。从而,红色度较小的像素存在于块 1301 的四角。从而,当在评价量 Er 的计算中,存在于块 1301 四角的像素被排除在外时,块 1301 中的评价量的平均值 $Er(ave)$ 不会不希望地降低。

评价值 Er 的计算区域并不局限于图 15A 中所示的菱形。例如,块 1301 的内切圆(参见图 15B)或者内切椭圆(参见图 15C)可被用于获得相似或更好的计算结果。

<特征量组 1 的确定(参见步骤 S11)>

在特征量组 1 的确定中,特征量确定部分 204 通过只参考红眼候选区(即图 13A-13C 中所示的块 1301)中的图像数据,确定是否存在任何红眼区。特征量组 1 的确定包括下述确定处理。

首先,在红眼候选区中,特征量确定部分 204 确定具有在 ± 30 度内的色调的像素的评价量的平均值 $Er(ave)$ 是否不小于阈值 Th_FJ1_EMin , 并且不大于阈值 Th_FJ1_EMax 。当红眼候选区不满足该确定时,特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除该红眼候选区。色调可由任何公知

的方法获得。

随后，在红眼候选区中，特征量确定部分 204 获得具有在 ± 30 度内的色调的像素的评价量 E_r 的最大值和最小值，并计算比值 $R = \text{最小值} / \text{最大值}$ 。

在红眼候选区中，评价量 E_r 极大地变化，因此比值 R 是一个较小的值。因此，特征量确定部分 204 进行由下述公式(13)定义确定，并从候选区域列表中排除不满足公式(13)的任何目标红眼候选区。

$$R < \text{Th_FJ1_EMaxMinRatio} \quad (13)$$

随后，在红眼候选区中，特征量确定部分 204 测量 R 分量的标准偏差。一般来说，红眼区包含亮红色区域和沿瞳孔的边界延伸的暗色区域。因此， R 分量具有很大的动态范围。如果红眼区的 R 分量的偏差被测量，那么其值将是极大的值。因此，在红眼候选区域中，特征量确定部分 204 按照已知方法测量 R 分量的标准偏差 δr ，确定标准偏差 δr 是否大于阈值 Th_FJ1_RDiV 。

$$\delta r > \text{Th_FJ1_RDiV} \quad (14)$$

当公式(14)不被满足时，特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除该红眼候选区。虽然上面的确定使用 R 分量的标准偏差，不过 R 分量的方差也可被用于进行类似的确定。

作为确定 R 分量的变化程度的另一种方法，特征量确定部分 204 能够计算红眼候选区中的邻近像素间的 R 分量的差分值的平均值 SDr(ave) ，并确定平均值 SDr(ave) 是否大于阈值 Th_FJ1_RDiff (参见公式(15))。

$$\text{SDr(ave)} > \text{Th_FJ1_RDiff} \quad (15)$$

特征量确定部分 204 能够使用各种方法来计算邻近像素间的差分值的平均值。

例如，特征量确定部分 204 能够计算目标像素与 8 个邻近像素之间，或者目标像素仅与左侧邻近像素之间的差分值的平均值。

此外，特征量确定部分 204 能够根据 G 或 B 分量、亮度值或者评价量 E_r ，进行上述确定。

<特征量组 2 的确定(参见步骤 S12)>

在特征量组 2 的确定中, 特征量确定部分 204 设定围绕在特征量组 1 的确定中未被排除、仍留在候选区域列表中的红眼候选区四周的周围区域, 并进行与该周围区域中的亮度分量相关的确定处理。例如, 特征量组 2 的确定包括下述确定处理。

首先, 特征量确定部分 204 设定在红眼候选区四周的周围区域(例如, 图 13C 中所示的五倍长区域)。随后, 特征量确定部分 204 计算围绕块 1301 的周围区域的 8 个块的平均亮度值 $Y(ave)$, 并确定平均亮度值 $Y(ave)$ 是否在阈值 Th_FJ2_YMin 和阈值 Th_FJ2_YMax 的范围内。

当平均亮度值 $Y(ave)$ 不在上述范围中时, 即, 当块 1301 的周围极亮或极暗时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。在涉及亮度的上述确定中, 特征量确定部分 204 能够获得周围区域中的 8 个块的平均亮度值 $Y(ave)$, 或者能够获得周围区域中的每个块的平均亮度值 $Y(ave)$, 并比较每个平均亮度值 $Y(ave)$ 与为每个块设定的阈值。

随后, 特征量确定部分 204 设定在红眼候选区周围的两倍长周围区域(参见图 13A), 并计算围绕块 1301 的周围区域的 8 个块的平均亮度值 $Y(ave)$ 。此外, 特征量确定部分 204 获得 8 个平均亮度值的最大值 $Ymax$ 和最小值 $Ymin$ 。

一般来说, 当相对于红眼候选区, 把周围区域设定为两倍长大小时, 周围区域的亮度极大地变化。从而, 特征量确定部分 204 进行下述确定。

$$(Ymax-Ymin)>Th_FJ2_MaxMinDiff2 \quad (16)$$

当公式(16)不被满足时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

另一方面, 特征量确定部分 204 设定在红眼候选区周围的五倍长周围区域(参见图 13C), 并如上所述计算周围区域的 8 个块的平均亮度值 $Y(ave)$ 。此外, 特征量确定部分 204 获得 8 个平均亮度值的最大值 $Ymax$ 和最小值 $Ymin$ 。

一般来说, 当相对于红眼候选区, 把周围区域设定为具有五倍长的尺寸时, 多数周围区域是肤色区域, 因此该区域中的亮度值变化不大。

因此, 特征量确定部分 204 进行下述确定。

$$(Y_{\max} - Y_{\min}) < Th_FJ2_MaxMinDiff5 \quad (17)$$

当公式(17)不被满足时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

<特征量组 3 的确定(参见步骤 S13)>

在特征量组 3 的确定中, 特征量确定部分 204 设定围绕在特征量组 1 的确定和特征量组 2 的确定中未从候选区域列表中排除的红眼候选区的周围区域, 并进行与周围区域中的饱和度和色调相关的确定处理。例如, 特征量组 3 的确定包括下述确定处理。

首先, 特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的周围区域(例如图 13C 中所示的五倍长区域), 并计算围绕块 1301 的周围区域的 8 个块的具有色调 $\pm Th_FJ3_HRange$ 的像素的比值 R_h 。由于围绕红眼区的周围区域是肤色区域, 因此多数像素的色调包含在上述范围中。

因此, 当计算的比值 R_h 不小于阈值 Th_FJ3_HRatio 时, 特征量确定部分 204 能够把该区域识别为红眼候选区。当计算的比值 R_h 小于阈值 Th_FJ3_HRatio 时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。特征量确定部分 204 能够利用下述公式(18)计算比值 R_h 。

$$R_h = N_h / \sum N \quad (18)$$

其中, N_h 表示具有色调 $\pm Th_FJ3_HRange$ 的像素的总数, $\sum N$ 表示包含在 8 个块中的像素的总数。

随后, 特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的周围区域(例如图 13C 中所示的五倍长区域), 并计算周围区域中的 8 个块的平均饱和度 $S(ave)$ 。随后, 特征量确定部分 204 确定平均饱和度 $S(ave)$ 是否在阈值 Th_FJ3_SMin 和阈值 Th_FJ3_SMax 的范围中。

当平均饱和度 $S(ave)$ 不在上述范围中时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

可对每个块进行饱和度的上述确定。即, 特征量确定部分 204 能够对周围区域中的每个块计算平均饱和度 $S(ave)$, 并且能够比较获得的平均饱和度 $S(ave)$ 与预定阈值。

此外,红眼区的外围是所谓的眼白区。因此,在围绕红眼候选区设定的周围区域(例如图 13B 中所示的三倍长区域)中,饱和度 S 与光度(强度)L 的比值 S/L 不大于阈值 $Th_FJ3_WhitePix$ 。更具体地说,如果存在饱和度 S 较小、光度(强度)L 较大的像素,那么特征量确定部分 204 可把该区域识别为红眼候选区。如果上述确定结果是否定的,那么特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

<特征量组 4 的确定(参见步骤 S14)>

在特征量组 4 的确定中,特征量确定部分 204 设定围绕在特征量组 1-特征量组 3 的确定中未被排除、仍留在候选区域列表中的红眼候选区的周围区域,并进行与周围区域中的边缘相关的确定处理。

一般来说,在人眼的附近存在非常明显的边缘,可被用作特征量。在下面的说明中,Sobel 滤波器被用于边缘检测。但是,其它边缘检测滤波器可被用于进行类似的确定处理。Sobel 滤波器众所周知,下面将不再赘述。例如,特征量组 4 的确定包括下述确定处理。

首先,特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的周围区域(例如图 13A 中所示的两倍长区域),并对周围区域中的每个像素应用 Sobel 滤波处理。随后,特征量确定部分 204 计算从 Sobel 滤波处理获得的 Sobel 输出值的平均值 $So(ave)$ 。

考虑在人眼的附近存在陡沿的可能性,特征量确定部分 204 比较平均值 $So(ave)$ 与阈值 $Th_FJ4_SobelPow$ 。当平均值 $So(ave)$ 等于或小于阈值 $Th_FJ4_SobelPow$ (即 $So(ave) \leq Th_FJ4_SobelPow$) 时,特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

此外,特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的周围区域(例如图 13B 中所示的三倍长区域),并对周围区域中的每个像素应用 Sobel 滤波处理。特征量确定部分 204 计算从 Sobel 滤波处理得到的 Sobel 输出值的最大值和最小值之间的差值 Ds 。

通常,在人眼附近同时存在陡沿和平坦的肤色区。差值 Ds 是较大的值。因此,特征量确定部分 204 比较差值 Ds 与阈值 $Th_FJ4_MaxMinDiff$ 。当差值 Ds 等于或小于阈值 $Th_FJ4_MaxMinDiff$ (即,

$Ds \leq Th_FJ4_MaxMinDiff$)时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

此外, 特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的周围区域(例如如图 13B 中所示的三倍长区域), 并对周围区域中的每个像素应用 Sobel 滤波处理。随后, 特征量确定部分 204 把各个像素的 Sobel 输出值作为边缘图像保存于在 RAM 103 中分配的数组 $sobel[y][x]$ 中。

随后, 特征量确定部分 204 计算边缘图像的重心位置(Xw, Yx)。特征量确定部分 204 可利用下述公式(19)获得重心位置(Xw, Yx)。

$$(Xw, Yx) = (\sum x \cdot Sobel[y][x] / Sobel[y][x], \sum y \cdot Sobel[y][x] / Sobel[y][x]) \quad (19)$$

如果目标红眼候选区是人眼, 那么重心位置(Xw, Yx)存在于边缘图像的中心附近。因此, 特征量确定部分 204 确定重心位置(Xw, Yx)是否包含在例如块 1301 中。当重心位置(Xw, Yx)包含在块 1301 中时, 特征量确定部分 204 把该区域识别为红眼候选区。当重心位置(Xw, Yx)未包含在块 1301 中时, 特征量确定部分 204 从候选区域列表中排除目标红眼候选区。

此外, 特征量确定部分 204 设定围绕红眼候选区的五倍长周围区域(参见图 13C), 并对该周围区域中的每个像素应用 Sobel 滤波处理。特征量确定部分 204 把各个像素的 Sobel 输出值作为边缘图像保存在数组 $Sobel[y][x]$ 中。数组 $Sobel[y][x]$ 的大小与五倍长周围区域的像素数相同。

随后, 在包括块 1301 的整个周围区域内, 特征量确定部分 204 定义图 17 中所示的两个区域, 即, 中心区 1601 和外部区 1602。随后在每个区域中, 特征量确定部分 204 计算保存在数组 $Sobel[y][x]$ 中的 Sobel 输出值的平均值。图 17 表示了比块 1301 大 2.5 倍的中心区 1601。但是, 中心区 1601 的尺寸并不局限于块 1301 的尺寸的 2.5 倍。

在下面的说明中, $SPow^{in}$ 表示中心区 1601 中的 Sobel 输出值的平均值, $SPow^{out}$ 表示外部区 1602 中的 Sobel 输出值的平均值。在人眼附近, 有陡沿存在于中心区 1601 中, 而不是存在于外部区 1602 中的趋势。从而, 特征量确定部分 204 进行下述确定。

$$SPow^{in} / SPow^{out} > Th_FJ4_InOutRatio \quad (20)$$

当公式(20)被满足时,特征量确定部分 204 确定目标红眼候选区是红眼区。如果。如果公式(20)不被满足,那么特征量确定部分 204 确定目标红眼候选区不是红眼区,并从候选区域列表中排除该目标红眼候选区。

作为上述确定的改进,特征量确定部分 204 可把每个 $SPow^{in}$ 和 $SPow^{out}$ 与独立的阈值进行比较。

最后,特征量确定部分 204 把在特征量组 0-4 的全部(或部分)的上述确定中接受的红眼候选区确定为红眼区。特征量确定部分 204 把最终的红眼区的候选区域列表发送给校正部分 205。

校正部分 205

校正部分 205 接收包括 R、G 和 B 分量的输入图像数据,和在特征量确定部分 204 的处理中获得的红眼区的候选区域列表。

图 18 是图解说明由校正部分 205 进行的校正候选区域列表中的一个以上的红眼区之一的例证校正处理的流程图。换句话说,校正部分 205 按照图 18 中所示的处理,逐一地校正候选区域列表中的红眼区。

首先,校正部分 205 确定目标红眼区的校正范围(步骤 S1701)。图 19 图解说明了校正范围的例证确定,其中中心的矩形区域是包含在候选区域列表中的红眼区 1901。

校正部分 205 设定具有从红眼区 1901 的中心延伸出的长半径 $Lw1$ 和短半径 $Lh1$ 的椭圆形校正区 1902。

校正部分 205 能够按照下述公式(21)计算 $Lw1$ 和 $Lh1$ 。

$$\begin{aligned} Lw1 &= Lw0 \times CPARAM_AREARATIO \\ Lh1 &= Lh0 \times CPARAM_AREARATIO \end{aligned} \quad (21)$$

其中 $Lw0$ 和 $Lh0$ 表示红眼区 1901 的半宽度和半高度, $CPARAM_AREARATIO$ 表示用于确定校正范围的参数。

随后,校正部分 205 计算校正区 1902 中的所需校正参数(步骤 S1702)。待计算的参数是椭圆形区域中的最大亮度值 Y_{max} 和由公式(3)定义的评价量 Er 的最大值 Er_{max} 。

随后,校正部分 205 确定目标像素是否存在于椭圆形校正区 1902 中(步骤 S1703)。校正部分 205 可利用能够计算椭圆形的下述公式(22)完成

所述确定。

$$(x/Lw1)^2+(y/Lh1)^2 \leq 1 \quad (22)$$

其中(x,y)表示目标像素的坐标,坐标系的原点位于目标红眼区的中心。

当目标像素的坐标(x,y)满足公式(22)时,校正部分 205 确定目标像素存在于校正区 1902 中,处理流程进行到步骤 S1704。当目标像素不存在于校正区 1902 中时,校正部分 205 把目标像素移向下一像素(步骤 S1710),处理流程随后返回步骤 S1703。当目标像素存在于校正区 1902 中时,校正部分 205 把目标像素的 R、G 和 B 分量值转换成亮度和色差分量的 YCC 值(步骤 S1704)。校正部分 205 能够使用各种常规已知的转换方法。

随后,校正部分 205 计算目标像素的评价量(步骤 S1705)。评价量是当校正部分 205 在下一步骤 S1706 中确定校正量时需要的参数。更具体地说,评价量包括下述三个值:

(1)比值 r/r_0 , 其中 r 表示从红眼区 1901 的中心到目标像素的距离, r_0 表示从该中心到椭圆形边界的距离;

(2)比值 E_r/E_{rmax} , 其中 E_r 表示目标像素的评价量, E_{rmax} 表示最大评价量; 和

(3)比值 Y/Y_{max} , 其中 Y 表示目标像素的亮度, Y_{max} 表示最大亮度值。

随后,根据在步骤 S1705 中获得的参数,校正部分 205 按照下述公式(23),计算目标像素的亮度 Y 的校正量 V_y 、和色差分量 C_r 及 C_b 的校正量 V_c (步骤 S1706)。

$$V_y = \{1 - R_r^{T_{y1}}\} \cdot \{1 - (1 - R_e)^{T_{y2}}\} \cdot \{1 - R_y^{T_{y3}}\} \quad V_c = \{1 - R_r^{T_{c1}}\} \cdot \{1 - (1 - R_e)^{T_{c2}}\} \quad (23)$$

其中 $R_r = r/r_0$, $R_e = E_r/E_{rmax}$, $R_y = Y/Y_{max}$ 。

校正量 V_y 和 V_c 都在 0.0-1.0 的范围中。当它们逼近 1.0 时,校正量 V_y 和 V_c 变大。校正部分 205 使用上述三个参数来确定亮度 Y 的校正量 V_y 。当目标像素位于远离校正区 1902 的中心的位置时,校正量 V_y 较小。此外,当目标像素的评价量 E_r 小于最大值 E_{rmax} 时,校正量 V_y 较小。当目标像素的亮度 Y 接近最大值 Y_{max} 时,校正量 V_y 较小。

降低较明亮像素的校正量 V_y 对保留眼睛中的加亮区部分(捕获光)有效。另一方面, 色差分量 Cr 和 Cb 的校正量 V_c 不包括与亮度 Y 相关的参数。

在公式(23)中, 参数 $Ty1$ 、 $Ty2$ 、 $Ty3$ 、 $Tc1$ 和 $Tc2$ 可被恰当设定, 使得每个评价量(即, 包括在公式(23)中的括弧{}中的值)可被用作直线或一阶曲线(实线)、二阶曲线(虚线)或者三阶曲线(点划线), 如图 20 中所示。

随后, 根据校正量 V_y 和 V_c , 校正部分 205 按照下述公式(24)计算校正后的 YCC 值(步骤 S1707)。

$$\begin{aligned} Y' &= (1.0 - W_y \cdot V_y) \cdot Y \\ C' &= (1.0 - W_c \cdot V_c) \cdot C \end{aligned} \quad (24)$$

其中, Y 和 C 是未校正的值, Y' 和 C' 是校正后的值, W_y 和 W_c 是在 0.0-1.0 范围中的加权值。

当指定正确的强度时, 可调整加权值 W_y 和 W_c 。例如, 通过分别把 W_y 和 W_c 都设为 0.3、0.7 和 1.0, 能够获得三种(弱、中等和强)级别的校正强度。

当确定了亮度和色差分量的新值时, 校正部分 205 把 YCC 值转换成 RGB 值, 并把 RGB 值作为校正后的像素值重写到用于输入图像的存储缓冲器中, 或者把获得的 RGB 值保存到用于保存输出图像的存储缓冲器的预定地址(步骤 S1708)。

随后, 在步骤 S1709 中, 校正部分 205 确定目标像素是否是对应于目标红眼区的最后像素。当目标像素不是最后像素(即, 步骤 S1709 中否)时, 处理流程进行到步骤 S1710, 把目标像素移动到下一像素(步骤 S1710), 并重复上述处理(步骤 S1703-S1708)。当目标像素是对应于红眼区的最后像素(即步骤 S1709 中是)时, 校正部分 205 开始下一红眼区的校正处理, 以便完成记录在候选区域列表中的剩余红眼区的校正处理。

按照上述方法, 校正部分 205 输入包括 R、G 和 B 分量的图像, 把输入图像转换成亮度和色差分量值, 校正转换后的值, 随后把校正后的值恢复为 R、G 和 B 分量。但是, 可以使用另一方法。

例如, 校正部分 205 能够把 R、G 和 B 分量转换成光度(强度)和饱和

值, 校正转换后的值, 随后把校正后的光度(强度)和饱和度值恢复为 R、G 和 B 分量。将获得类似的输出结果。

校正部分 205 使用目标像素的评价量 E_r 与校正区 1902 中的最大评价量 E_{rmax} 的比值 E_r/E_{rmax} 作为确定校正量的参数。但是, 校正部分 205 可以使用其它参数。例如, 校正部分 205 可以使用目标像素的饱和度与校正区 1902 中的最大饱和度的比值来确定校正量。

如上所述, 通过利用定义 R 和 G 分量间的关系的评价量 E_r , 而不依赖于与饱和度相关的值, 能够检测构成红眼的像素。从而, 能够准确地抽取色素较暗(较深)的人的红眼。

此外, 通过对与红眼候选像素对应的二值化图像应用边界追踪方法, 能够快速抽取红色圆形区域。计算量可被大大降低。

此外, 可从红色圆形区域获得红眼的各种特征量, 通过评价计算的特征量, 能够准确地识别红眼区。

此外, 考虑各个特征量确定的效果和计算特征量方面的计算量, 可按照优化的顺序进行多个特征量确定, 使得能够有效地排除不必要的候选红眼区。因此, 能够以最少的处理量快速实现红眼区的检测。

第二实施例

下面说明按照本发明的第二例证实施例的图像处理。在第二例证实施例中, 与第一例证实施例类似的构造将用相同的附图标记表示, 并且下面不再赘述。

按照在第一例证实施例中描述的自适应二值化处理, 在目标像素的左侧(即, 主扫描方向上的前方区域)设定预定尺寸的窗口 403(参见图 4), 计算窗口 403 内的像素的评价量的平均值 $E_r(ave)$, 并依据平均值 $E_r(ave)$ 的阈值, 确定目标像素是否构成红色区域。

为了计算阈值, 这种方法需要参考少量的像素。处理可被加速。但是, 由于窗口 403 未被设定在目标像素的右侧, 因此二值化结果的可靠性取决于处理方向。例如, 如果对图 5A 中所示的图像应用自适应二值化处理, 那么如图 21 中所示, 除了瞳孔区(即, 红眼区)之外, 附图标记 2001 指示的眼睛的边界可能被错误地抽取为构成红色区域的像素。其原因如

下。

按照第一例证实施例，用于目标像素 2002 二值化的阈值是在目标像素 2002 的左侧设定的窗口内的像素的评价量的平均值 $Er(ave)$ 。根据目标像素 2002 的评价量 Er 与平均值 $Er(ave)$ 之间的比较结果进行二值化处理(参见公式(6))。

按照图 21A 中所示的例子，窗口位于定位于待抽取的瞳孔的左侧的肤色区中。例如，色素明亮的人的肤色区具有 $(R,G,B)=(151,135,110)$ 的像素值。这种情况下，按照公式(3)计算的评价量 Er 为 11%，它是一个较小的值。另一方面，构成眼睛的边界的目标像素 2002 具有例如 $(R,G,B)=(77,50,29)$ 的值。

眼睛边界区的亮度低于肤色区的亮度。按照公式(3)计算的评价量 Er 为 35%。从上述计算结果可看出，眼睛边界区的评价量 Er 大于窗口中的肤色区的评价量 Er 。

按照在第一例证实施例中描述的自适应二值化处理，尽管它依赖于参数 $Margin_RGB$ 的设置，不过目标像素 2002 将被错误地抽取为构成红色区域的像素。从而，由图 21A 中所示的坐标 $(xmin,ymin)$ 和 $(xmax,ymax)$ 定义的红色区域被抽取。

如果抽取结果被输入红色圆形区域抽取部分 203，那么红色圆形区域抽取部分 203 将对比固有的红色圆形区域更大的区域应用抽取处理。抽取结果将不可靠，并且抽取时间将增大。

如果在目标像素 2002 的右侧设定相同尺寸的窗口，那么除了肤色区的像素之外，窗口将包括构成眼睛的边界和红眼的瞳孔区的许多像素。于是，位于目标像素 2002 的右侧的窗口中的评价量的平均值 $Er(ave)$ 将增大。换句话说，目标像素 2002 不可能具有与位于其右侧的窗口中的像素的评价量 Er 相比极大的评价量 Er 。从而，目标像素 2002 将不会被错误地检测为构成红色区域的像素。

鉴于此，第二例证实施例说明由红色区域抽取部分 202 执行的自适应二值化处理，红色区域抽取部分 202 设定位于目标像素的左侧和右侧的两个窗口。在按照第二例证实施例的自适应二值化处理中，红色区域

抽取部分 202 设定在目标像素 402 左侧的窗口 403, 如图 22A 中所示, 随后按照与在第一实施例中描述的方法类似的方法使目标像素 402 二值化。

随后, 红色区域抽取部分 202 把目标像素 402 从左边缘移动到右边缘, 如图 22A 中的箭头所示, 并把二值化结果保存于在 RAM 103 中分配的二值化图像缓冲区中。

当目标像素 402 到达右边缘时, 红色区域抽取部分 202 结束使用从左向右移的目标像素 402 的二值化处理。

随后, 如图 22B 中所示, 在目标像素 402 沿着同一行从右向左移的情况下, 红色区域抽取部分 202 按照反向方向进行二值化处理。

为此, 红色区域抽取部分 202 在目标像素 402 的右侧设定窗口 404, 以便设置二值化阈值。

在上述双向二值化中, 红色区域抽取部分 202 把二值化结果为‘1’的像素识别为构成红色区域的像素, 并把该像素保存在二值化图像缓冲区中。

图 21B 表示可通过双向自适应二值化处理获得的构成红色区域的像素的例子。与可从单向自适应二值化处理获得的结果(参见图 21A)相比, 构成眼睛边界区的像素可被移除, 能够准确地抽取红色区域。

如上所述, 当通过双向自适应二值化处理抽取了红色区域时, 用于计算二值化阈值的窗口被设定在目标像素的右侧和左侧。构成红色区域的像素可被准确抽取。

第三例证实施例

下面说明按照本发明的第三例证实施例的图像处理。在第三例证实施例中, 与第一或第二例证实施例类似的构造将用相同的附图标记表示, 并且下面不再赘述。按照第一和第二例证实施例, 根据在公式(3)中定义的评价量 E_r 执行自适应二值化处理, 以抽取构成红色区域的像素。

按照该方法, 构成眼角部分 2202(图 23 中所示)的像素可能被错误地检测为构成瞳孔区 2201 的像素。眼角部分 2202 包括许多像素值例如为 $(R,G,B)=(81,41,31)$ 的许多“暗红色”像素。这些像素的评价量 E_r 为 49%,

这是一个较大的值。

于是，按照第一或第二例证实施例的自适应二值化处理，眼角部分 2202 将被检测为通过相当大的像素的组合物。此外，就光度(强度)、色调和饱和度来说，该组合体的边缘和周围区域具有与眼睛类似的特征。

于是，红色圆形区域确定部分 203 和特征量确定部分 204 可能错误地把眼角部分 2202 识别为能够满足所有确定的红眼区。鉴于此，第三例证实施例提供一种能够解决上述问题的方案。

图 24 是图解说明 CPU 101 能够执行的、按照第三例证实施例的自动红眼校正处理的功能方框图。与第一例证实施例相比，新增加了候选区域评价部分 207。候选区域评价部分 207 能够参考从特征量确定部分 204 产生的候选区域列表，评价每个红眼候选区的相对位置和面积，从而重新排列红眼候选区。

更具体地说，作为评价的结果，候选区域评价部分 207 能够从候选区域列表中排除不适当的红眼候选区。图 25 是图解说明由候选区域评价部分 207 执行的例证处理的流程图。现在假定通过特征量确定部分 204 的处理，总共 k (即，第 0 个到第 $(k-1)$ 个)区域可被抽取为红眼候选区(总的检测数 $Ne=k$)。

首先，候选区域评价部分 207 把总的检测数 Ne 设定到计数器 k (步骤 S2499)。随后，候选区域评价部分 207 计算第 k 个红眼候选区(下面称为“区域 k ”)的中心位置和大小(步骤 S2500)。候选区域评价部分 207 可获得作为矩形区域抽取的红眼候选区的短边的长度，作为代表尺寸。随后，候选区域评价部分 207 把计数器 i 初始化为 0(步骤 S2501)。之后，候选区域评价部分 207 计算保存在候选区域列表中的另一红眼候选区(下面称为“区域 i ”)的中心位置和大小(步骤 S2502)。之后，候选区域评价部分 207 比较区域 k 的面积(下面称为“面积 k ”)与区域 i 的面积(下面称为“面积 i ”)(步骤 S2503)。

当面积 i 小于面积 k (即，步骤 S2503 中否)时，候选区域评价部分 207 把计数器 i 加 1(步骤 S2512)。处理流程随后返回步骤 S2502。当面积 i 不小于面积 k 时，即，当存在面积大于区域 k 的面积的红眼候选区(即步骤

S2503 中是)时, 候选区域评价部分 207 计算图 26 中所示的区域 k 和 i 之间的中心距离“Size (大小)”(步骤 S2504)。随后, 根据中心距离“Size”, 候选区域评价部分 207 计算评价大小和进行确定所需的阈值 Th_Size (步骤 S2505)。

图 27 图解说明中心距离“Size”和阈值 Th_Size 之间的例证关系, 其中横坐标表示中心距离, 纵坐标表示阈值 Th_Size 。此外, 参数 Sa 、 Sb 、 La 和 Lb 可被设为适当的值, 例如 $La=3.0$, $Lb=5.0$, $Sa=1.0$ 和 $Sb=2.0$ 。根据上面的参数设置, 当中心距离“Size”不大于区域 k 的尺寸(即短边长度)的三倍时, 阈值 Th_Size 为 1.0。

此外, 当中心距离“Size”在区域 k 的尺寸的 3 倍-5 倍的范围内时, 阈值 Th_Size 可被确定为图 27 中所示的直线上的一个值。此外, 当中心距离“Size”超过区域 k 的尺寸的 5 倍时, 候选区域评价部分 207 跳过该确定处理。

随后, 候选区域评价部分 207 比较面积 i 与面积 $k \times Th_Size$ 。当面积 i 不小于面积 $k \times Th_Size$ 时, 即, 当在区域 k 的附近存在大于区域 k 的红眼候选区(步骤 S2506 中是)时, 候选区域评价部分 207 确定区域 k 不是红眼区, 并从候选区域列表中排除区域 k (步骤 S2507)。之后, 候选区域评价部分 207 把总的检测数 Ne 减 1(步骤 S2508)。处理流程随后进行到步骤 S2510。

当面积 i 小于面积 $k \times Th_Size$ (即, 步骤 S2506 中否)时, 处理流程进行到步骤 S2509, 确定 i 是否等于 $k-1$ 。当 i 小于 $k-1$ (即, 步骤 S2509 中否)时, 候选区域评价部分 207 把计数器 i 加 1(步骤 S2512), 处理流程返回步骤 S2502。当 i 等于 $k-1$ (即, 步骤 S2509 中是)时, 处理流程进行到步骤 S2510。

在步骤 S2510 中, 候选区域评价部分 207 把计数器 k 减 1。随后, 候选区域评价部分 207 确定 k 是否等于 0(步骤 S2511)。当 k 大于 0 时(即, 步骤 S2511 中否)时, 处理流程返回步骤 S2500。当 k 等于 0(即步骤 S2511 中是)时, 候选区域评价部分 207 终止该处理。

通过上述确定处理, 候选区域评价部分 207 能够从候选区域列表中

除去不必要的红眼候选区。如上所述, 当在红眼候选区附近存在较小的红眼候选区时, 可从候选区域列表中排除所述较小的红眼候选区。从而, 能够解决上述问题。

第四例证实施例

下面说明按照本发明的第四例证实施例的图像处理。在第四例证实施例中, 与第一、第二或第三例证实施例类似的构造将用相同的附图标记表示, 并且下面不再赘述。按照在第一例证实施例中描述的自适应二值化处理, 依据红眼的加亮区, 红眼区可被分成两个区域。

图 28A 图解说明例证的放大的红眼, 它包括虹膜区 2701、红色瞳孔区 2702 和由闪光产生的加亮(白色)区 2703。众所周知, 红眼现象由闪光造成。许多情况下, 加亮区(即, 闪光的反射)存在于拍摄的图像数据的瞳孔区 2702 中。这也被称为捕获光。

一般来说, 加亮区是瞳孔中对红眼检测处理没有任何不利影响的微点。但是, 取决于拍照条件, 加亮区可能具有与瞳孔区可比的较大尺寸, 或者可能是窄长的加亮区 2703, 如图 28A 中所示。

如果对这样的图像数据应用按照第一例证实施例的自适应二值化处理, 那么加亮区 2703 的评价量 E_r 将是极小的值, 因此加亮区 2703 不能被识别为红眼的一部分。从而, 如图 28B 中所示, 瞳孔区被分成二值化图像中的两个区域 2704 和 2705。如果对分割区域应用后续处理, 那么瞳孔区 2702 将不被识别为红眼区。为了解决该问题, 第四例证实施例提供连接邻近的红色圆形区域的处理。

图 29 是图解说明 CPU 101 能够执行的、按照第四例证实施例的自动红眼校正处理的功能方框图。与第三例证实施例相比, 新增加了候选区域连接部分 208。

候选区域连接部分 208 能够根据由红色圆形区域抽取部分 203 抽取并保存在候选区域列表中的红色圆形区域的左上角坐标和右下角坐标, 确定两个邻近的红色圆形区域是否应被连接为单一的红色圆形区域。

图 31 表示候选区域列表的一个例子, 其中记录了四个红色圆形区域, 不过红色圆形区域的实际数目将升高到数十~数千。

图 30 是图解说明由候选区域连接部分 208 执行的例证处理的流程图。首先, 候选区域连接部分 208 把计数器 i 初始化为 0(步骤 S2901), 另外把计数器 j 初始化为 i(步骤 2902)。随后, 候选区域连接部分 208 确定记录在候选区域列表中的第 i 个和第 j 个红色圆形区域(下面称为“区域 i”和“区域 j”)是否应被连接(步骤 S2903)。

更具体地说, 如图 32A 中所示, 候选区域连接部分 208 设定一个包含具有宽度 W_i 和高度 H_i (单位: 像素数)的区域 i 及具有宽度 W_j 和高度 H_j 的区域 j 的矩形区域。候选区域连接部分 208 计算该矩形区域的宽度 W_{ij} 和高度 H_{ij} 。随后, 利用下面的公式(25), 候选区域连接部分 208 确定区域 i 和区域 j 是否彼此相邻, 并且大小相似。

$$(W_i \cdot H_i + W_j \cdot H_j) / (W_{ij} \cdot H_{ij}) > Th_J \quad (25)$$

其中, $0 < \text{阈值 } Th_J \leq 1.0$

即, 候选区域连接部分 208 计算区域 i 的面积与区域 j 的面积之和, 计算获得的总和与包含区域 i 和 j 的矩形区域的面积的比值。当该比值大于阈值 Th_J 时, 区域 i 和区域 j 彼此相邻, 并且大小相似。如果区域 i 和区域 j 处于图 32B 中所示的位置关系, 那么用公式(25)计算的比值较小, 因此候选区域连接部分 208 确定这两个区域 i 和 j 不应被连接。

当步骤 S2903 的确定结果否(即, 当两个区域 i 和 j 不应被连接)时, 候选区域连接部分 208 把计数器 j 加 1(步骤 S2908), 处理流程返回步骤 S2903。当步骤 S2903 的确定结果为是(即, 当两个区域 i 和 j 应被连接)时, 候选区域连接部分 208 确定与未连接的区域相比, 连接后的区域是否类似于正方形(步骤 S2904)。更具体地说, 候选区域连接部分 208 可把下面的公式(26)用于步骤 S2904 的确定。

$$\min(W_{ij}, H_{ij}) / \max(W_{ij}, H_{ij}) > \max\{\min(W_i, H_i) / \max(W_i, H_i), \min(W_j, H_j) / \max(W_j, H_j)\} \quad (26)$$

按照公式(26), 包含区域 i 和 j 的矩形区域的长宽比(不大于 1.0)与区域 i 的长宽比和区域 j 的长宽比中的较大值相比较。当在公式(26)中, 左侧大于右侧时, 可确定包含区域 i 和 j 的矩形区域类似于正方形。当公式(26)被满足时, 连接的矩形区域类似于正方形, 从而红色圆形区域具有圆

形形状。

当公式(26)不被满足时,候选区域连接部分 208 把计数器 j 加 1(步骤 S2908), 处理流程返回步骤 S2903。当公式(26)被满足时, 候选区域连接部分 208 用包含区域 i 和 j 的矩形区域的坐标替换候选区域列表中的第 i 个坐标信息, 并从候选区域列表中删除第 j 个位置信息(步骤 S2905)。

随后, 候选区域连接部分 208 确定计数器 j 是否已达到与列表的末端对应的最大值(步骤 S2906)。

当计数器 j 还没有达到最大值(即, 步骤 S2906 中否)时, 候选区域连接部分 208 把计数器 j 加 1(步骤 S2908), 处理返回步骤 S2903。当计数器 j 达到了最大值(即, 步骤 S2906 中是)时, 处理流程进行到步骤 S2907, 确定计数器 i 是否达到了与列表的末端对应的最大值。

当计数器 i 还没有达到最大值(即, 步骤 S2907 中否)时, 候选区域连接部分 208 把计数器 i 加 1(步骤 S2909), 处理返回步骤 S2902。当计数器 i 达到了最大值(即, 步骤 S2907 中是)时, 候选区域连接部分 208 结束处理。

通过上面的确定处理, 候选区域连接部分 208 能够连接由加亮区分开并记录在候选区域列表中的两个红色圆形区域。这样, 在一个红色圆形区域存在于一个类似的候选红色圆形区域附近时, 候选区域连接部分 208 确定两个区域的连接是否可被识别为一个红眼区(即, 确定外接矩形是否类似于正方形)。

通过上述处理, 候选区域连接部分 208 通过连接由在瞳孔区中产生的加亮区分开的两个邻近的红色圆形区域, 能够恰当地重构红眼区。

第五例证实施例

下面说明按照本发明的第五例证实施例的图像处理。在第五例证实施例中, 与第一、第二、第三或第四例证实施例类似的构造将用相同的附图标记表示, 并且下面不再赘述。

第五例证实施例提供一种利用吞吐量有限的 CPU 和存储容量较小的存储器(例如 RAM)实现分别在第一到第四例证实施例中描述的图像处理的方法。例如, 复印机、打印机、数字照相机、扫描仪和多功能外设具

有包括图像处理部分的图像输入/输出装置。这些电子装置具有几百 kB 到几 MB 的可用工作存储器。同时, 由于高分辨率的缘故, 高级数字照相同的拍摄能力超过 10 兆像素。

为了利用工作存储器的有限容量进行从如此高精度的图像中检测红眼区的处理, 有效的是降低输入图像的分辨率。例如, 通过沿水平和垂直方向每隔一个像素对 8 兆像素的输入图像进行二次抽样, 8 兆像素的输入图像可被缩减为 2 兆像素的图像(即, 分辨率降低到 1/4 水平)。这种情况下, 保存图像所需的工作存储器容量可被降低到 1/4 水平。

但是, 即使输入图像可被缩减为 2 兆像素的图像, 就 RGB 24 比特来说, 为了保存 2 兆像素的缩减图像, 需要大约 6MB 的工作存储器。装备大容量 RAM 的个人计算机或工作站能够提供充足的存储容量。但是, 为了提供所需的存储容量(即, 约 6MB 的工作存储器), 上述电子装置必须管理有限的工作存储器容量的使用。

鉴于此, 第五例证实施例提供一种方法, 它包括减小输入图像, 把减小的图像分成多个条带, 并以一个条带为增量连续抽取红眼区。

此外, 在第五例证实施例中, 当图像被分成多个条带时, 形成重叠区, 使得能够确实检测存在于两个条带的边界上或边界附近的红眼区, 如图 33 中所示。在图 33 中, 附图标记 3201 表示输入图像的缩小图像, BandHeight 表示构成一个条带的行数。对 $\text{Width} \times \text{BandHeight}$ (单位: 像素数) 的图像面积应用红眼区的抽取处理。

此外, 按照第五例证实施例的条带划分在待处理图像的两个连续的条带间形成一个具有行数 OverlapArea 的重叠区。上述条带划分使得能够确实抽取存在于条带边界上的红眼区 3202。

图 34 是图解说明图像输入/输出装置中的 CPU 能够执行的、按照第五例证实施例的抽取红眼区的例证处理的流程图。首先, CPU 把计数器 N 初始化为 0(步骤 S3301), 随后产生第 N 个条带的缩小图像(步骤 S3302)。CPU 能够利用简单的稀疏方法产生缩小的图像。例如, 图像输入/输出装置的存储器(例如安装在装置中的闪速存储器或硬盘, 或者外部连接的存储卡)可保存 8 兆像素的图像。

在步骤 S3302 中, CPU 访问存储器中的图像数据。当存储器保存 JPEG 格式的图像数据时, CPU 对初始的 MCU(即, 最小编码单元)块解码, 并把解码后的图像数据保存在工作存储器的预定区域中。MCU 块的大小为例如 16×8 像素。随后, 通过每隔一个像素对解码的图像数据二次抽样, CPU 产生 8×4 像素的图像数据, 并把产生的图像数据保存在工作存储器中的(为抽取的红眼区分配的)图像存储区中。CPU 重复上述处理, 直到(为抽取的红眼区分配的)图像存储区充满与 BandHeight 行数对应的图像为止。通过上面的处理, CPU 能够获得由把 8 兆像素的图像缩小到 2 兆像素的图像产生的条带图像。

除了上述稀疏方法之外, CPU 可使用各种方法, 例如最近邻内插法或线性缩小法来缩小图像。借助上述处理, 当从缩小的图像获得第 N 条带图像时, CPU 抽取第 N 条带的红眼区(步骤 S3303)。

图 35 是图解说明能够抽取第 N 条带的红眼区的 CPU 的例证处理(步骤 S3303)的流程图。首先, CPU 对缩小的图像数据应用在上述例证实施例中描述的自适应二值化处理(步骤 S3401)。CPU 把处理结果(即, 红色区域的二值化图像)保存在独立于缩小图像的存储区分配的存储区中。

这种情况下, 由于 OverlapArea 表示在缩小的图像上形成的重叠区, 因此 OverlapArea 区的处理已在对第(N-1)条带的图像数据的在先处理中完成。于是, 当 $N > 0$ 时, CPU 能够跳过 OverlapArea 区的处理, 能够重新使用在第(N-1)条带图像的处理中获得的结果, 从而能够提高处理速度。

随后, CPU 对二值化结果(即, 红色区域)应用在上述例证实施例中描述的边界追踪处理, 以便从条带图像中抽取红色圆形区域(参见步骤 S3402)。

随后, CPU 进行候选区域选择处理以便从多个抽取的红色圆形区域中, 选择 CPU 对其应用特征量确定处理的红色圆形区域(步骤 S3403)。图 36 是位于第(N-1)、第 N 和第(N+1)条带的 OverlapArea 区中的四个红色圆形区域的例证图解。例如, 红色圆形区域 3603 不仅存在于第 N 条带中, 而且存在于第(N+1)条带中。当 CPU 对第 N 条带和第(N+1)条带进行特征量确定时, 如果红色圆形区域位于 OverlapArea 区中, 那么将要求

CPU 处理同一红色圆形区域两次。这效率不高。

从而, 最好 CPU 确定是应在第 N 条带的处理中还是应在第 $(N+1)$ 条带的处理中, 进行对红色圆形区域 3603 的特征量确定。如果在第 $(N+1)$ 条带的处理中进行特征量确定, 那么红色圆形区域 3601 的周围区域将在上端被剪切。

另一方面, 如果在第 N 条带的处理中进行特征量确定, 那么 CPU 能够完全处理红色圆形区域 3601 的周围部分。因此, CPU 能够对红色圆形区域 3603 从第 N 条带获得可靠的确定结果。根据上面所述, 位于 OverlapArea 区域中的红色圆形区域的特征量确定应在能够完全包含该红色圆形区域的周围区域的条带中进行。

因此, 当红外圆形区域存在于 OverlapArea 区中时, 在第五例证实施例中进行的候选区域选择处理(步骤 S3403)包括预测从红色圆形区域的上端到第 $(N+1)$ 条带的上端的距离 $UPLen$, 并计算从红色圆形区域的下端到第 N 条带的下端的距离 $BTLen$, 如图 37 中所示。

关于距离 $UPLen$ 的预测, 由于第 $(N+1)$ 条带的处理未完成, 因此 CPU 预测在第 $(N+1)$ 条带中红色圆形区域的位置。当 $UPLen < BTLen$ 时, CPU 在第 N 条带的处理中进行目标红色圆形区域的特征量确定。当 $UPLen \geq BTLen$ 时, CPU 在第 $(N+1)$ 条带的处理中进行目标红色圆形区域的特征量确定。

当未在第 N 条带的处理中进行目标红色圆形区域的特征量确定时, CPU 从第 N 条带的候选区域列表中排除该红色圆形区域。类似地, CPU 对图 36 中所示的红色圆形区域 3604 计算距离 $UPLen$ 和 $BTLen$, 并获得关系 $UPLen > BTLen$ 。从而, CPU 在第 $(N+1)$ 条带的处理中进行红色圆形区域 3604 的特征量确定。

此外, 根据类似的确定, CPU 在第 $(N-1)$ 条带的处理中进行红色圆形区域 3601 的特征量确定, 在第 N 条带的处理中进行红色圆形区域 3602 的特征量确定。

这样, 按照候选区域选择处理(图 35 中的步骤 S3403), CPU 计算从 OverlapArea 区中的目标红色圆形区域的上端和下端到条带的上端和下

端的距离(余缘),并确定其中应进行目标的特征量确定的较好条带。于是,CPU 能够避免不必要地重复 OverlapArea 区域中的红色圆形区域的特征量确定。

返回图 35,在步骤 S3404 中,CPU 对在候选区域选择处理(步骤 S3403)中选择的红色圆形区域应用在上述例证实施例中描述的特征量确定处理。从而,CPU 计算校正识别为红眼区的区域所必需的校正参数(步骤 S3405),并把与红眼区的信息结合的计算参数添加到候选区域列表中,如图 38 中所示(步骤 S3406)。

要添加的参数是在校正量 V_y 和 V_c 的计算中需要的校正区的最大亮度值 Y_{max} 和最大评价量 E_{rmax} (参见公式(23))。

参见图 34,在完成图 35 中所示的第 N 条带中的红眼区的抽取处理(步骤 S3303)之后,CPU 确定是否完成了最后的条带的处理(步骤 S3304)。当完成了所有条带的处理(即,步骤 S3304 中是)时,CPU 结束处理。否则,CPU 把计数器 N 加 1(步骤 S3305),处理流程返回步骤 S3302。

图 39 是图解说明按照第五例证实施例的例证校正处理的流程图。首先,CPU 转换红眼区的位置信息(步骤 S3801)。在第五例证实施例中,CPU 对缩小的图像进行红眼区的抽取处理,如上所述,因为 CPU 以图像输入/输出装置的内置处理的形式,执行红眼区抽取和校正处理。

但是,校正目标图像是还未被缩小的高分辨率图像。图像输出装置,例如打印机可形成具有在图像的缩小前的打印(输出)分辨率的展开图像,或者可旋转该图像。因此,CPU 必须参考缩小率或展开率(即,可变的放大率),或者旋转角度,转换从缩小的图像抽取的红眼区的位置信息。

如图 41 中所示,保存在候选区域列表中的位置信息包括红眼区的左上角坐标(x_{t0},y_{t0})和右下角坐标(x_{b0},y_{b0})。当 W_0 和 H_0 表示缩小图像的水平方向和垂直方向上的像素数, W_1 和 H_1 表示校正目标图像的水平方向和垂直方向上的像素数时,CPU 按照下面的公式(27)计算校正目标图像上的红眼区的坐标。

$$(x_{t1},y_{t1})=\{\text{int}(x_{t0}\cdot k),\text{int}(y_{t0}\cdot k)\}(x_{b1},y_{b1})=\{\text{int}(x_{b0}\cdot k),\text{int}(y_{b0}\cdot k)\} \quad (27)$$

其中 $k=W1/W0$, $\text{int}()$ 是不超过括号中的值的最大整数, (x_{t1}, y_{t1}) 表示校正目标图像上的红眼区的左上角的坐标, (x_{b1}, y_{b1}) 表示校正目标图像上的红眼区的右下角的坐标。

在完成步骤 S3801 的处理(即, 当校正目标图像上的红眼区的坐标被确定之后), CPU 如第一例证实施例中所描述的那样, 设定围绕红眼区的椭圆形区域。随后, CPU 对包含在该椭圆形区域中的像素(即校正目标像素)应用下述处理。

首先, CPU 把计数器 R 初始化为 0(步骤 S3802), 并获得校正目标图像的第 R 行的图像数据(步骤 S3803)。在第五例证实施例中, CPU 以校正目标图像上的一行为增量进行校正处理。但是, CPU 能够以包括预定行数的一个条带为增量进行校正处理。

通过展开按照 JPEG 格式压缩的、并保存在图 1 中所示的存储设备 105 或存储卡中的预定行数的图像数据, 获得一行或多行的展开图像数据, CPU 能够获得校正目标图像的图像数据。

随后, CPU 确定校正目标像素是否包含在第 R 行的图像数据中(步骤 S3804)。在按照第五例证实施例的校正处理中, CPU 设定围绕红眼区(即, 矩形区域)的椭圆形区域作为校正目标区。对于保存在候选区域列表中的所有红眼区, CPU 确定第 R 行是否位于校正目标区的上端和下端之间。

当第 R 行不包括任何校正目标像素时, CPU 把计数器 R 加 1(步骤 S3807), 处理流程随后返回步骤 S3803。例如, 按照图 40 中所示的例子, 第 R 行包括在围绕红眼区 4003 设置的校正目标区 4002 中。

因此, CPU 对包括在第 R 行的校正目标区 4002 中的像素应用在第一例证实施例中描述的校正处理(步骤 S3805)。如步骤 S3405 中所示(图 35), CPU 已获得最大亮度值 $Y_{\max}$ 和最大评价量 $E_{\max}$, 并把它们保存在候选区域列表中。从而, CPU 可把保存的值用于校正处理。

通过重复上述处理, 直到第 R 行变成步骤 S3806 的确定中的最后一行, CPU 可对整个输入图像应用校正处理。校正后的图像数据可被保存在例如存储设备 105 中, 或者在完成颜色变换和伪灰度处理之后, 可由

打印机 110 打印在记录纸上。

这样，缩小的输入图像可被分成多个条带。可以一个条带为增量进行红眼区抽取处理。从而，即使可用的存储容量极小，也能够实现在第一到第四例证实施例中描述的红眼区抽取和校正处理。

此外，当分割图像时，在邻近的条带之间形成重叠区，使得能够确实抽取存在于条带边界上或者边界附近的红眼区。红眼区抽取部分可被包含在成像设备或另一图像输入装置中，红眼区校正部分可被包含在打印设备或者另一图像输出装置中。

变更/变形的例证实施例

按照上述例证实施例，每个像素的评价量 E_r 被定义为从 R 和 G 分量值获得的评价量，而不依赖于 B 分量值。但是，每个像素的评价量 E_r 可由例如下述公式(28)定义。在下面的公式(28)中，当系数 k 被设为 0 或者小于系数 i 和 j 时，能够获得类似的效果。系数 i, j 和 k 是加权值，可以是负值。

$$E_r = (i \cdot R + j \cdot G + k \cdot B) / R \quad (28)$$

此外，像素值可被转换到 Lab 或 YCbCr 的另一色彩空间中，可在不利用蓝色分量的情况下，或者用蓝色分量的较小加权，定义评价量 E_r 。

其它例证实施例

本发明可适用于包括多个设备(例如主机计算机，接口设备，读取器，打印机，或者相关领域的普通技术人员已知的其它有关或等同设备和/或方法)的系统，或者适用于单一设备(例如复印机，传真设备，或者相关领域的普通技术人员已知的其它有关或等同设备和/或方法)。此外，为了实现本发明，通过存储介质(或者记录介质)，用于实现上述例证实施例的功能的程序代码(软件)可被提供给系统或设备。系统或设备中的计算机(或 CPU 或微处理器(MPU))能够从存储介质读取程序代码，并执行读出的程序。

这种情况下，从存储介质读出的程序代码能够实现例证实施例的功能。可以使用程序的等同物，只要它们具有可比的功能。因此，当用计算机实现本发明的功能或处理时，安装在计算机中的程序代码和保存程

序的记录介质也被用于实现本发明。

换句话说,本发明包含能够实现本发明的功能或处理的计算机程序,或者能够保存所述程序的任何记录介质。这种情况下,程序的类型可选自目标代码、解释程序和操作系统(OS)脚本数据任意之一。提供程序的记录介质可以是例如软盘、硬盘、光盘、磁光盘(MO)、紧致盘-ROM(CD-ROM)、可记录光盘(CD-R)、可重写光盘(CD-RW)、磁带、非易失性存储卡、ROM 或者数字通用光盘(DVD)(例如 DVD-ROM, DVD-R)。

提供程序的方法包括利用客户计算机的浏览功能,访问因特网上的主页,当主页允许每个用户把计算机程序或者具有自动安装功能的程序的压缩文件下载到用户的硬盘或另一记录介质上时。

此外,程序代码可被分成多个文件,使得可从不同的主页下载各个文件。可以使用允许众多用户下载程序文件使得能够在他们的计算机上实现本发明的功能或处理的 WWW 服务器。

此外,对程序加密并把加密的程序保存在 CD-ROM 或者可比的记录介质上是一种把程序分发给用户的例证方法。授权用户(即,满足预定条件的用户)被允许从因特网上的主页下载密钥信息。用户可利用获得的密钥信息对程序解密,并且能够把程序安装在他们的计算机上。当计算机读取和执行安装的程序时,可以实现上述例证实施例的功能。

此外,不仅上述例证实施例的功能可由执行程序的计算机实现,而且在计算机上运行的 OS 也能够根据程序的指令,执行部分或全部的实际处理。

此外,从存储介质读出的程序代码可被写入到在计算机中装备的功能扩展板的存储器中,或者被写入与计算机连接的功能扩展单元的存储器中。这种情况下,根据程序的指令,设置在功能扩展板或功能扩展单元上的 CPU 能够执行部分或全部处理,使得能够实现上述例证实施例的功能。

虽然参考例证实施例说明了本发明,不过应当理解本发明并不局限于公开的例证实施例。下述权利要求的范围将被给予最广泛的解释,以便包含所有修改、等同的结构和功能。

图1

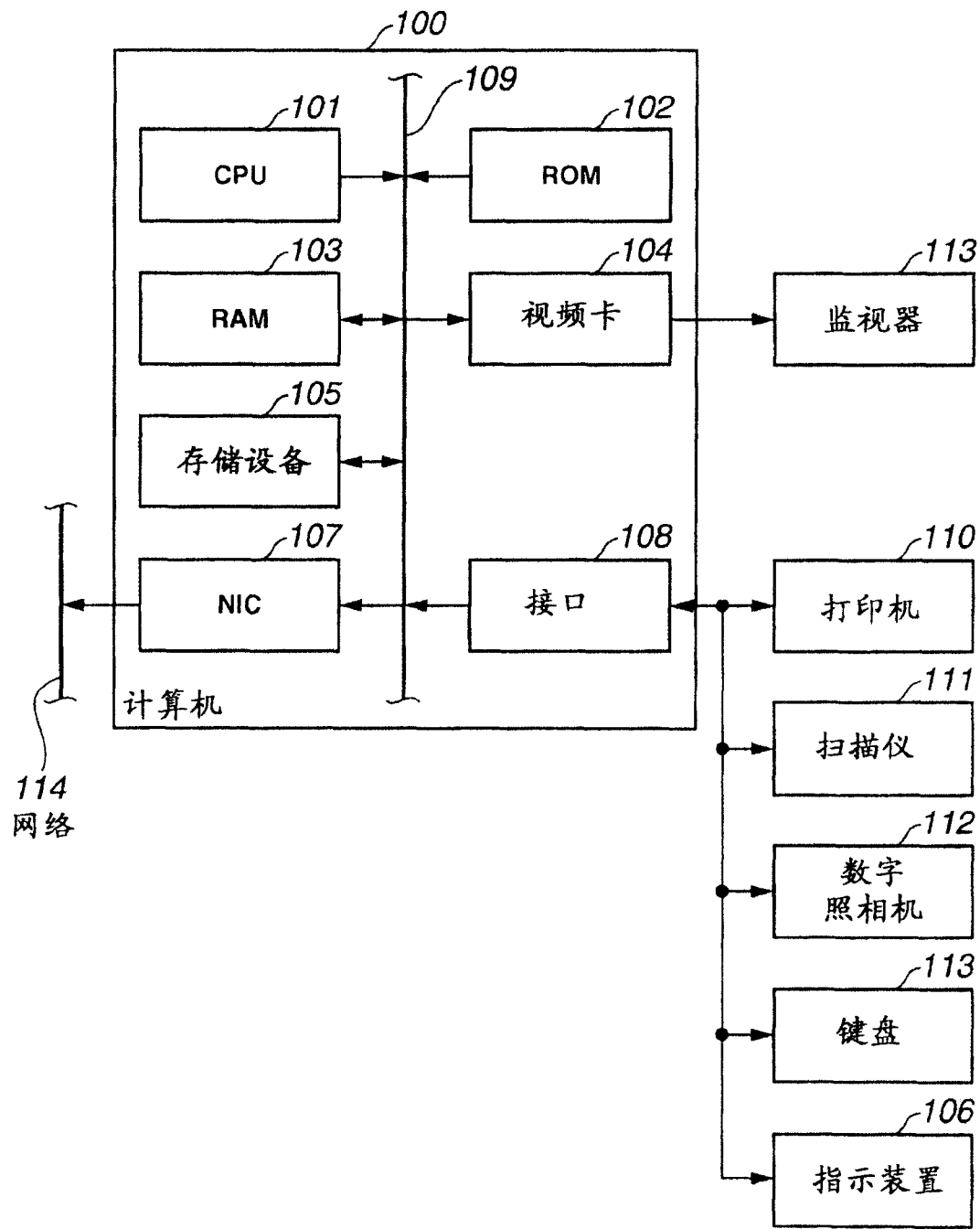


图 2

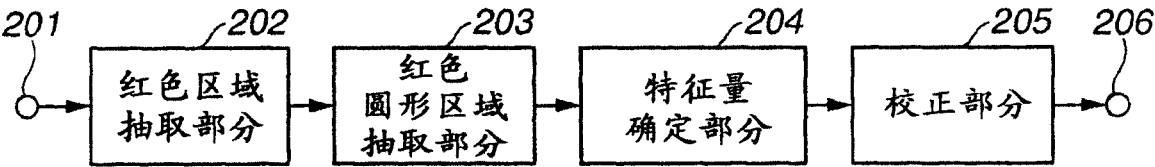


图 3

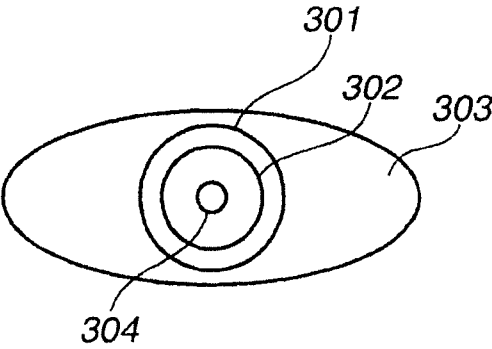


图 4

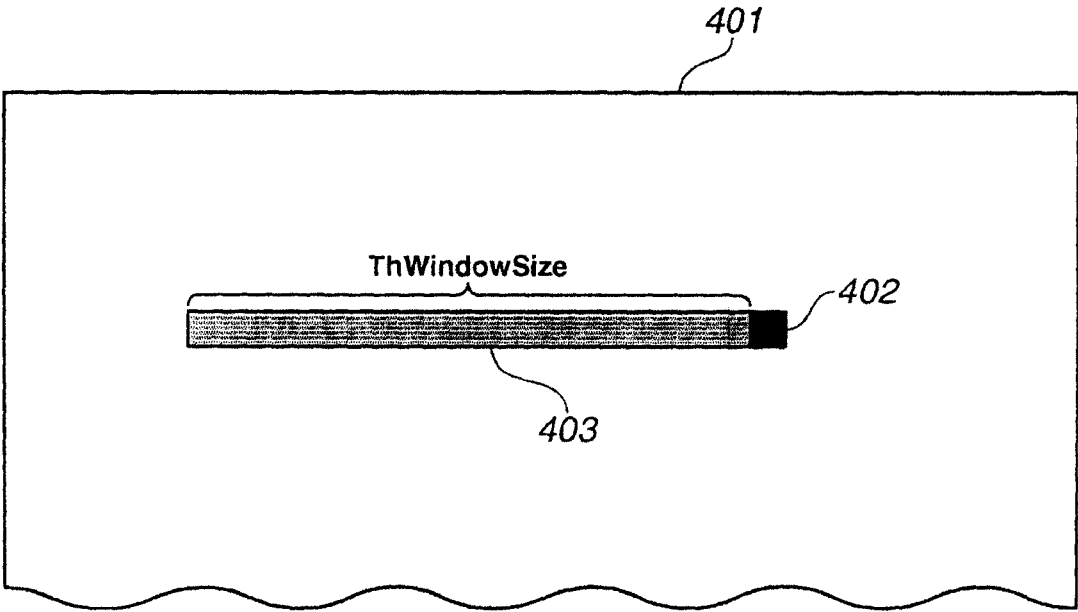


图 5A

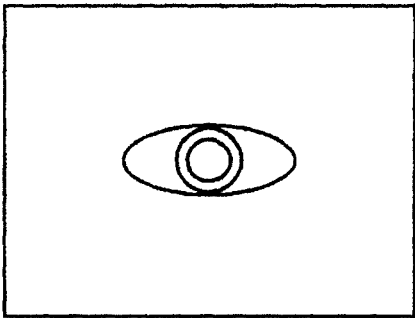


图 5B

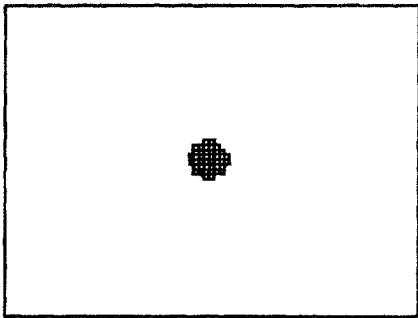


图 6A

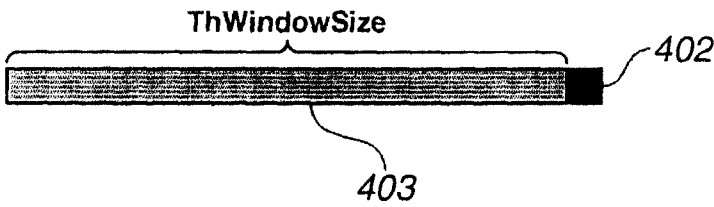


图 6B

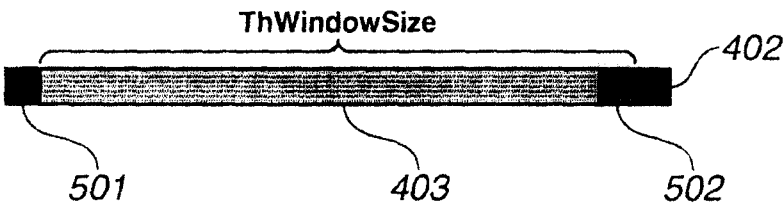


图 7

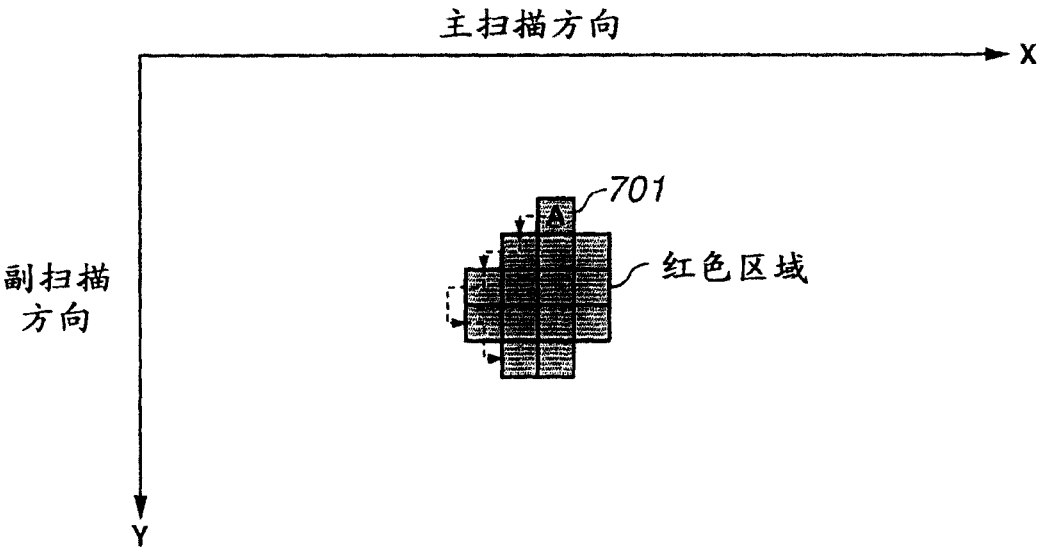


图 8

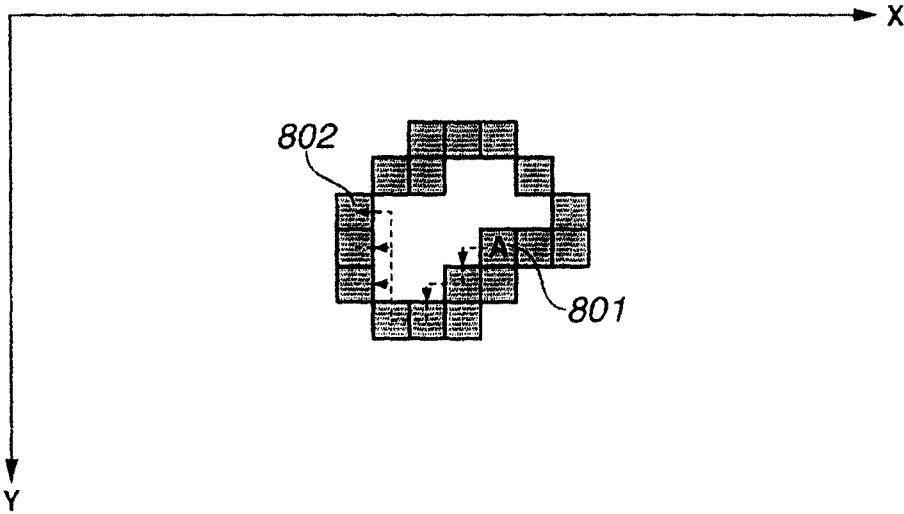


图 9

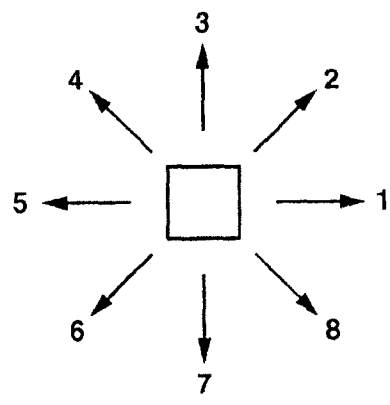


图 10

方向	1	2	3	4	5	6	7	8
频度	1	1	2	1	0	2	1	1

图 11

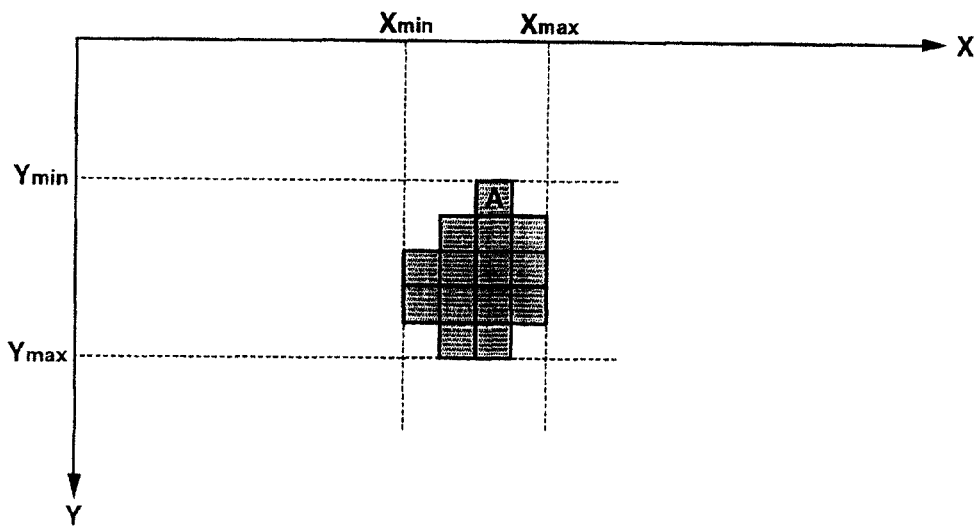


图 12

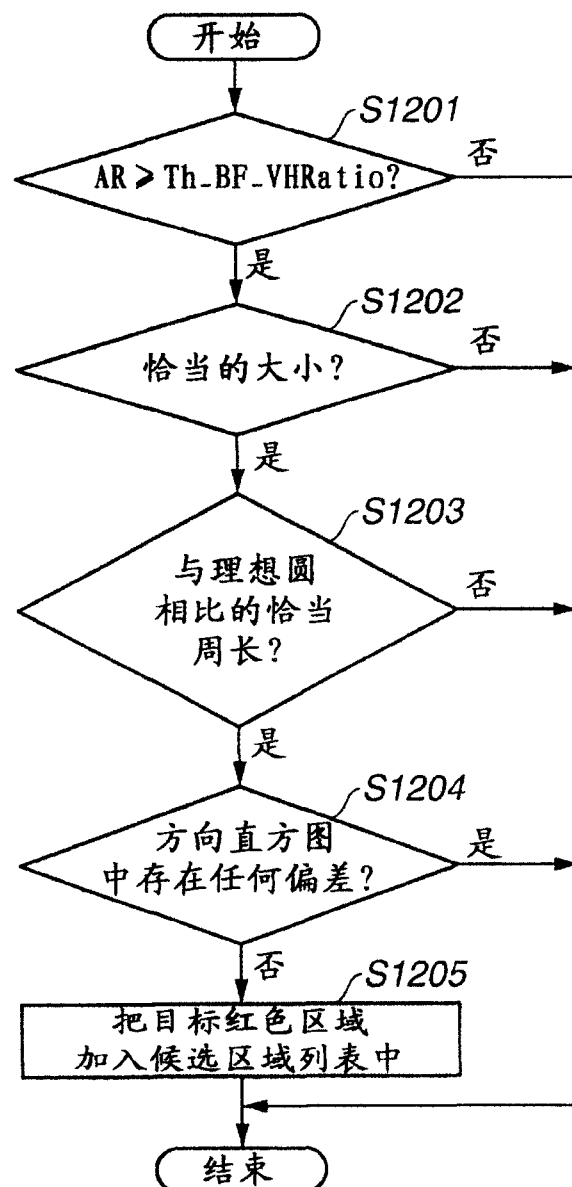


图 13A

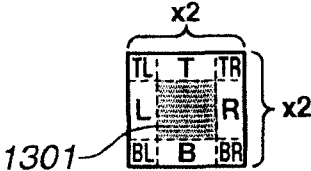


图 13B

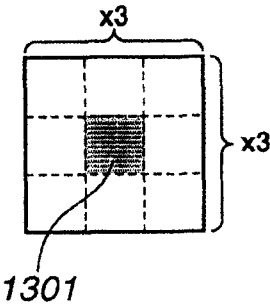


图 13C

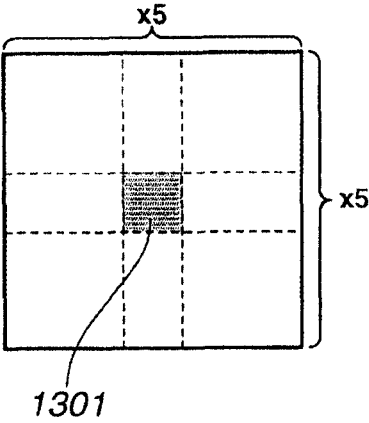


图 14A

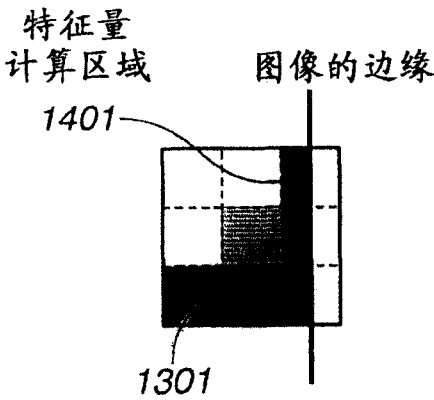


图 14B

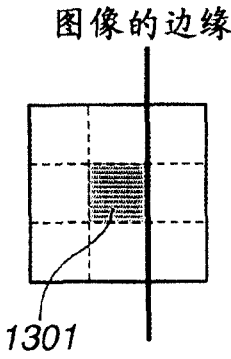


图15A

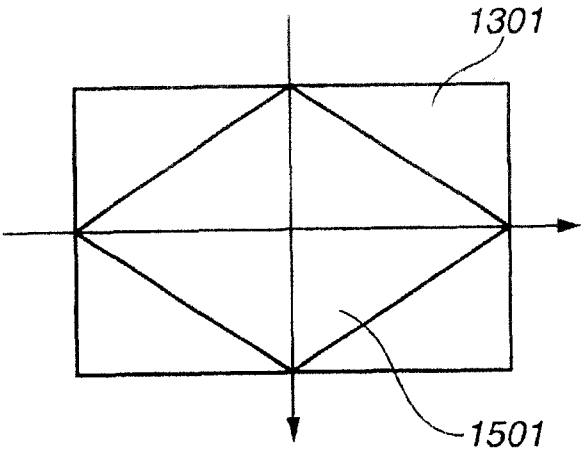


图15B

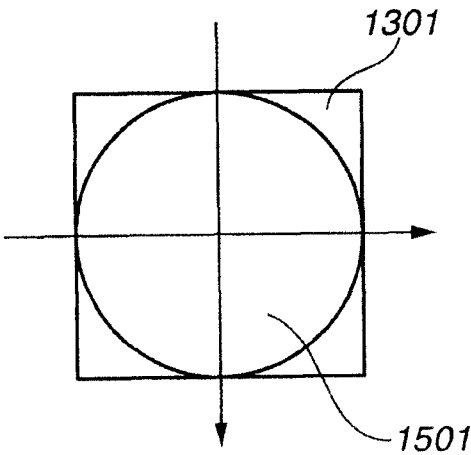


图15C

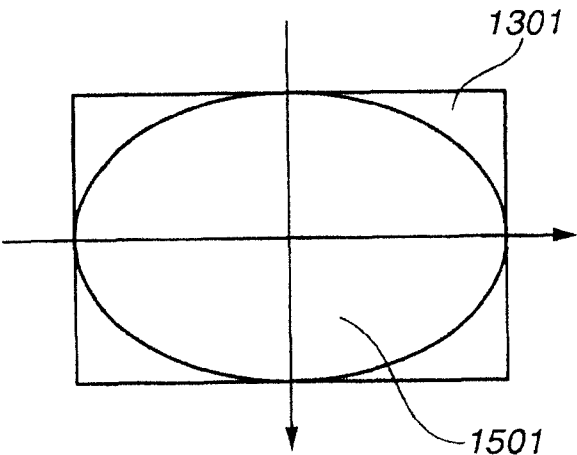


图16

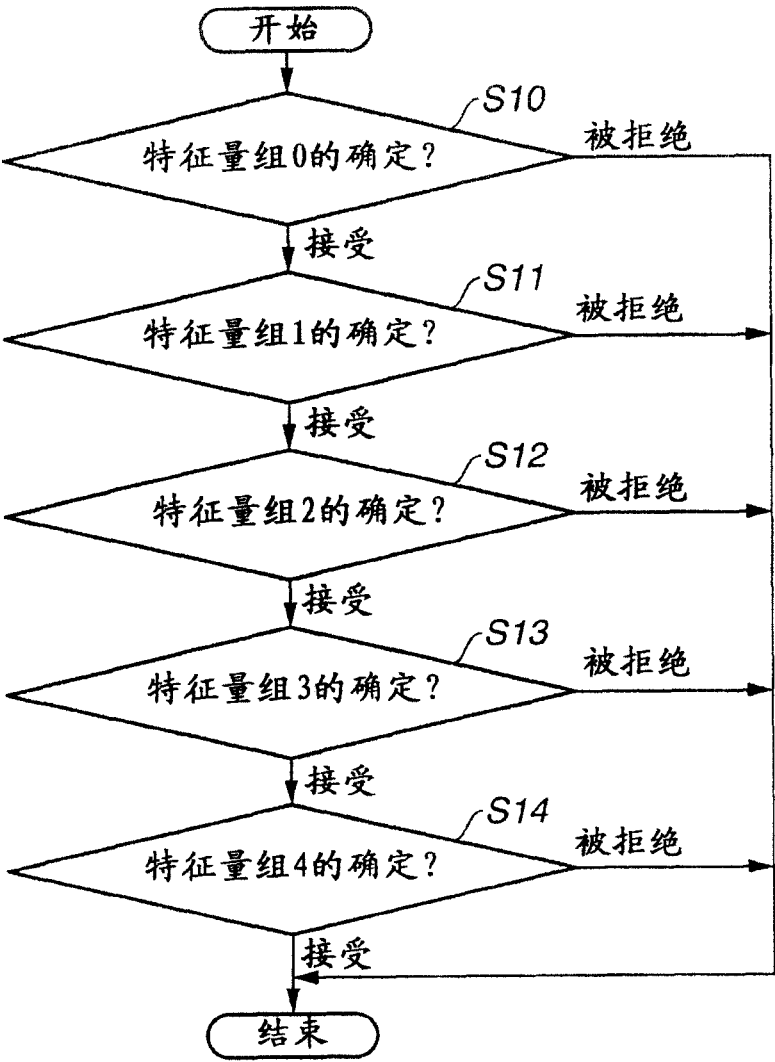


图17

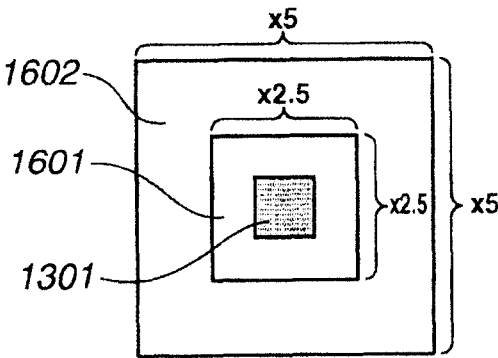


图18

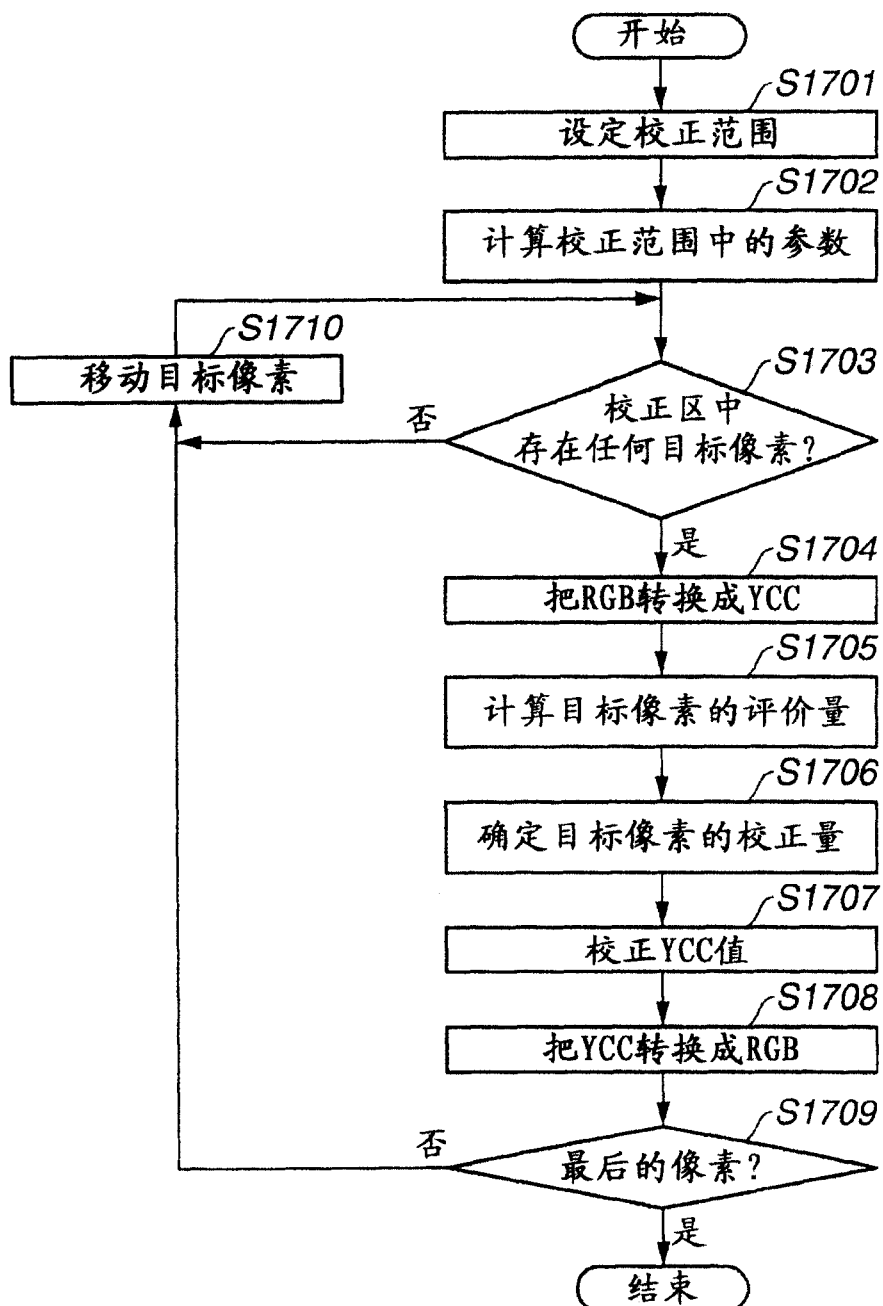


图 19

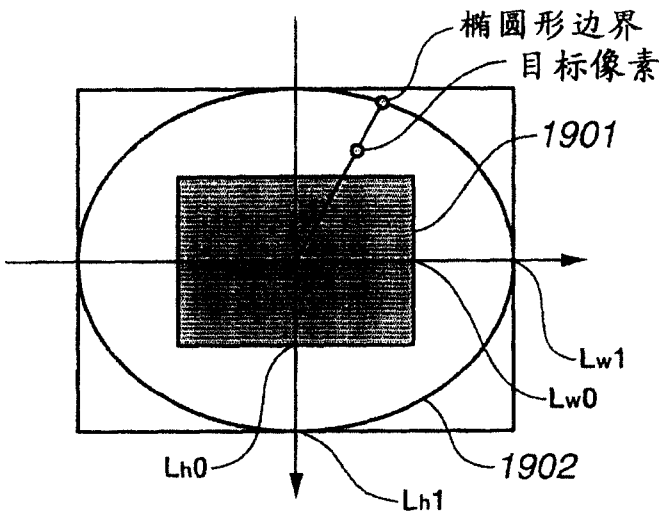


图 20

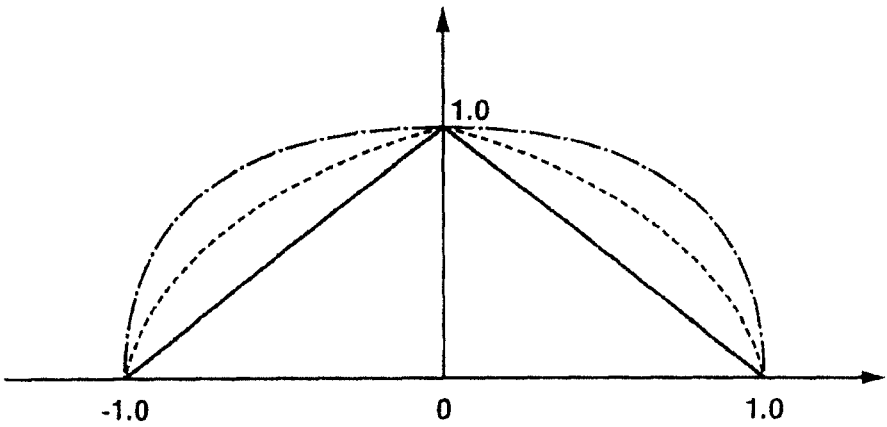


图 21A

图 21B

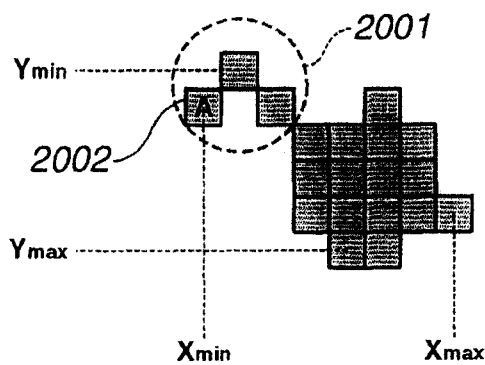


图 22A

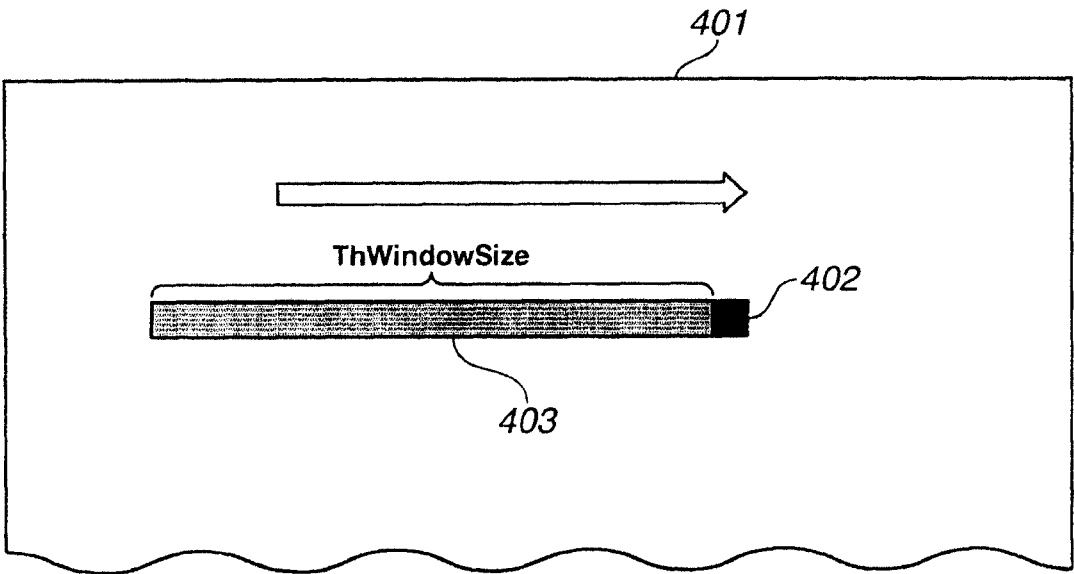


图 22B

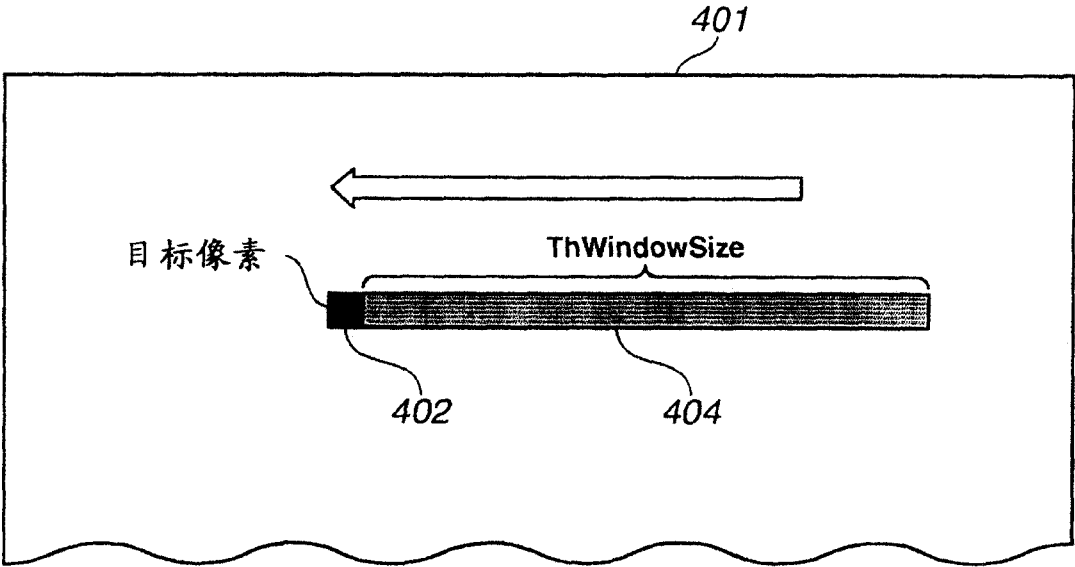


图 23

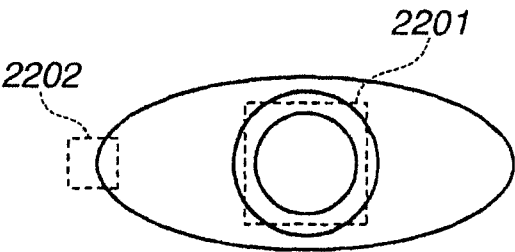


图24

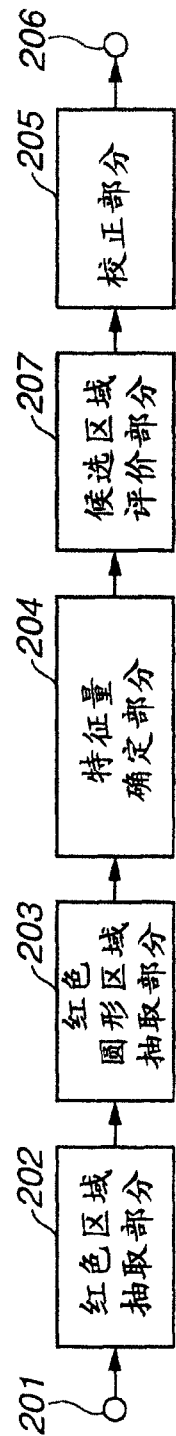


图 25

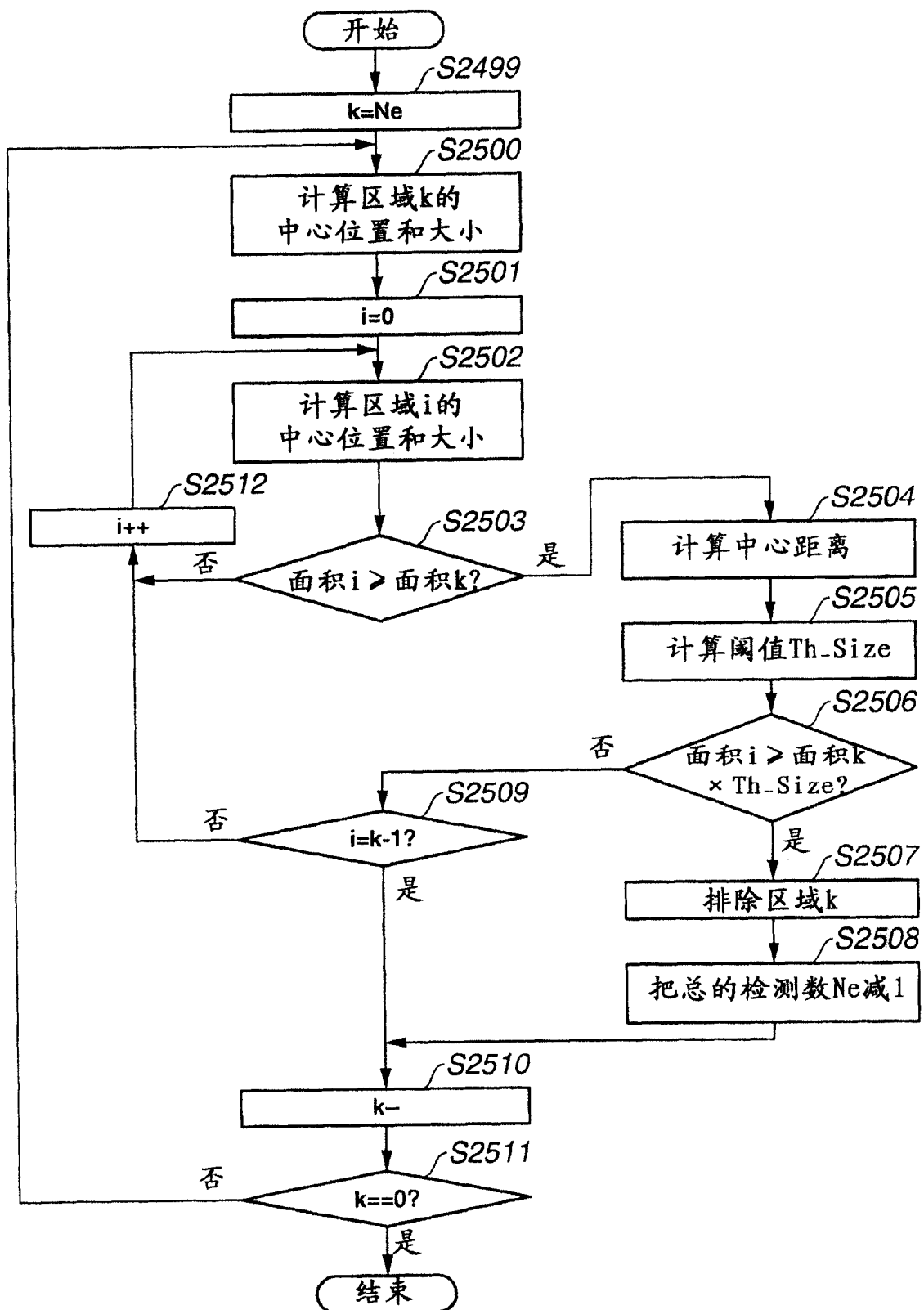


图 26

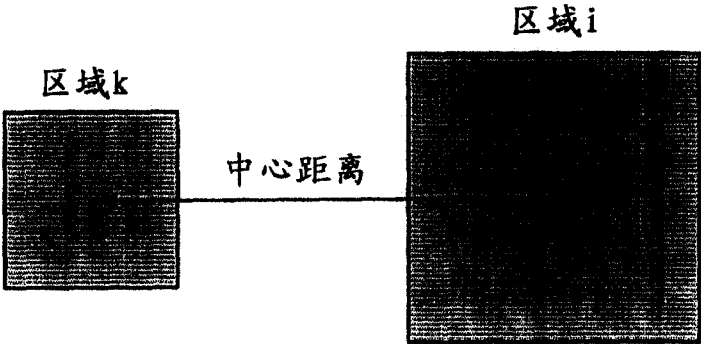


图 27

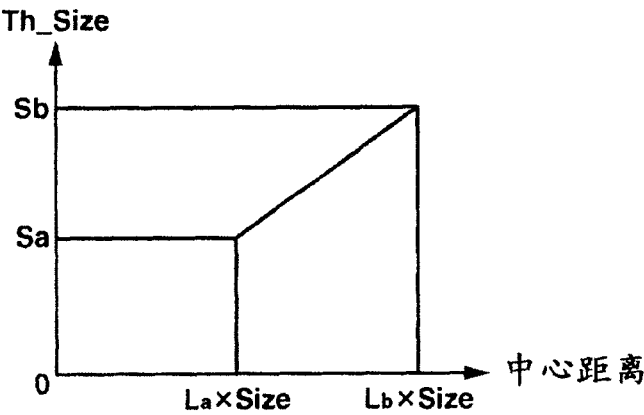


图 28A

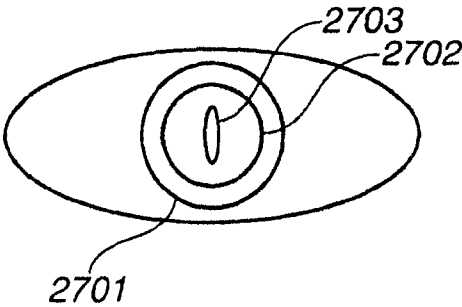


图 28B

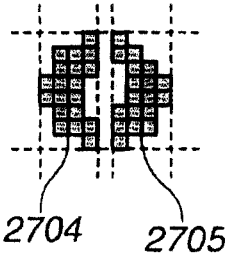


图 29

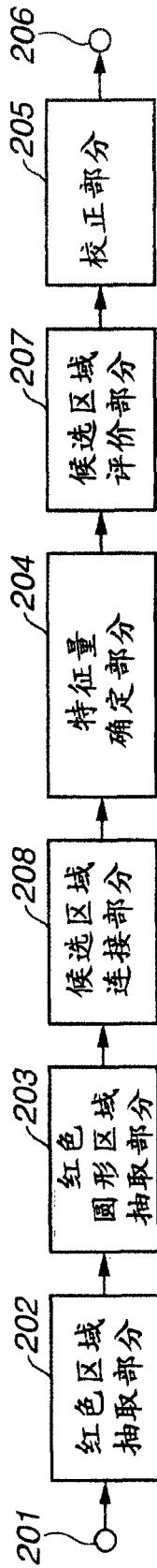


图 30

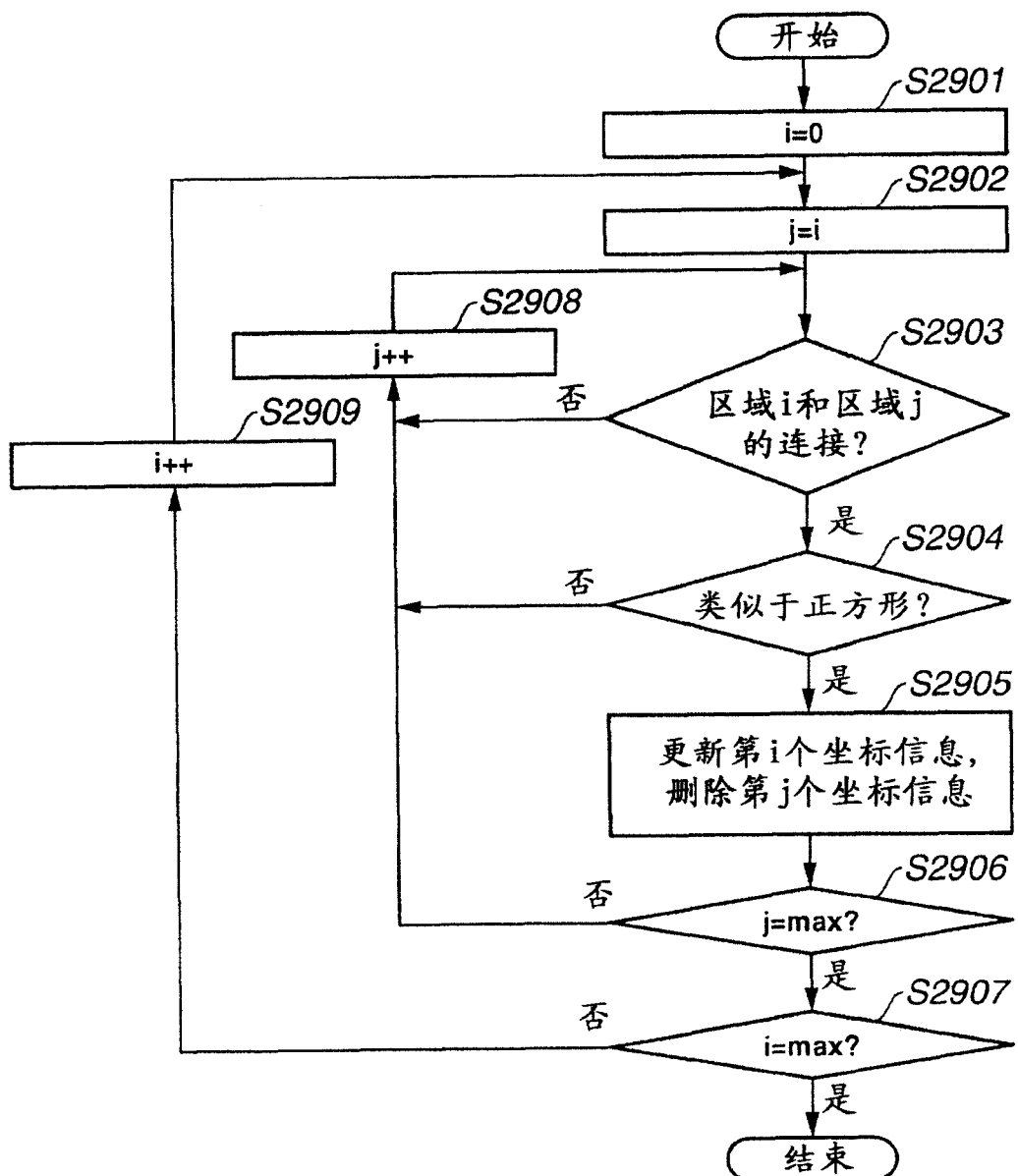


图 31

索引	左上角坐标		右下角坐标	
	x	y	x	y
0	50	30	55	35
1	100	30	105	35
2	80	205	90	210
3	130	205	140	210

图 32A

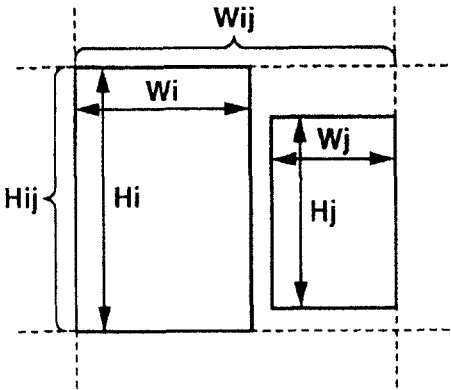


图 32B

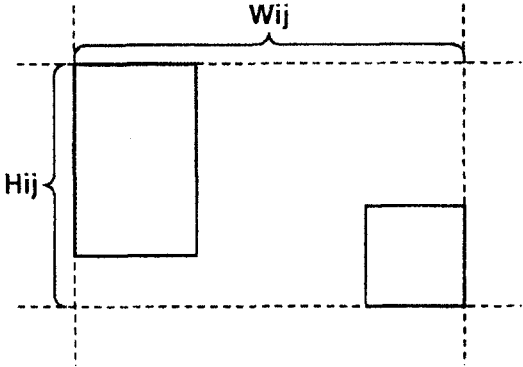


图 33

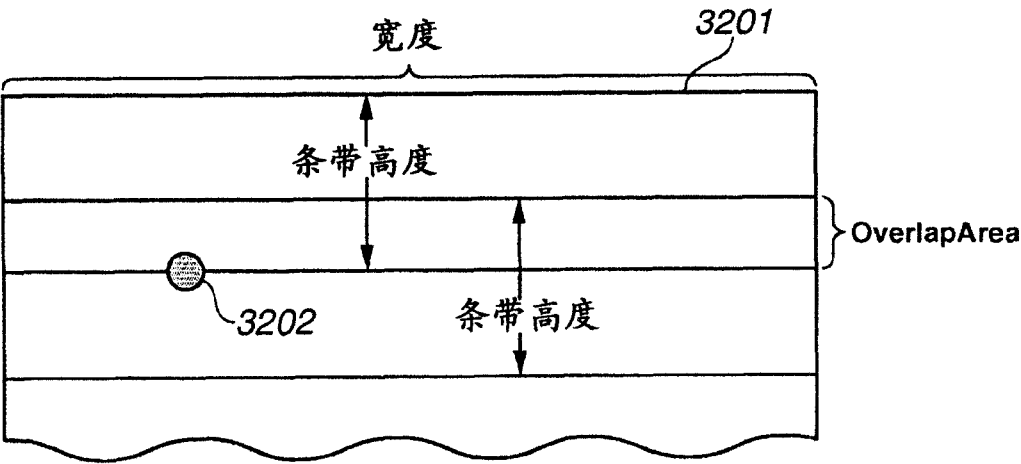


图 34

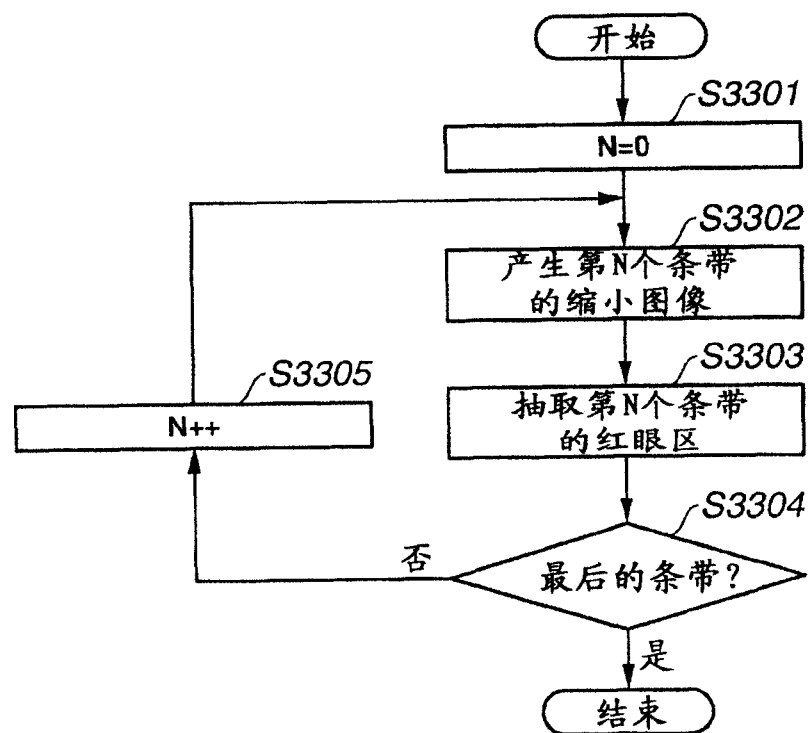


图 35

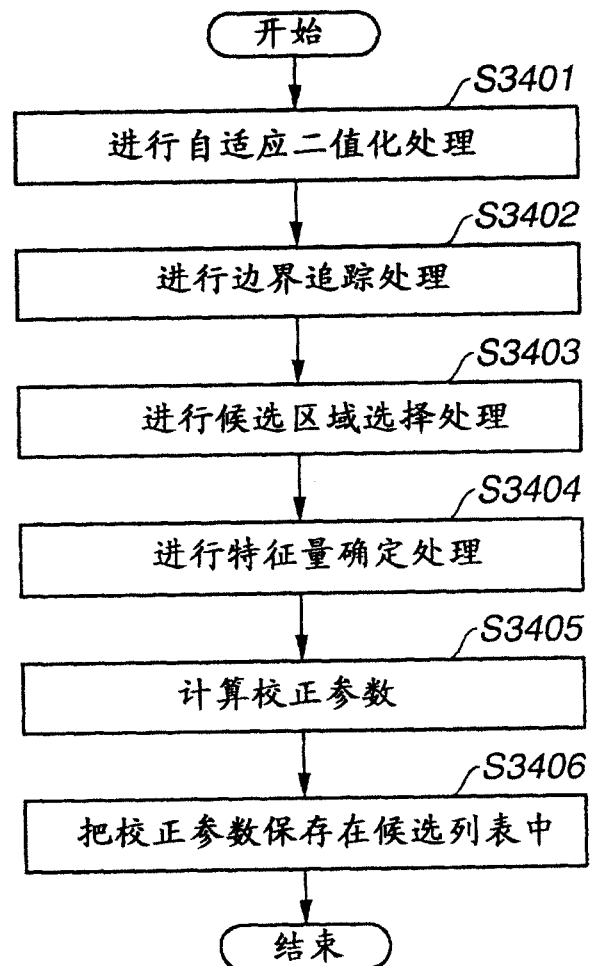


图 36

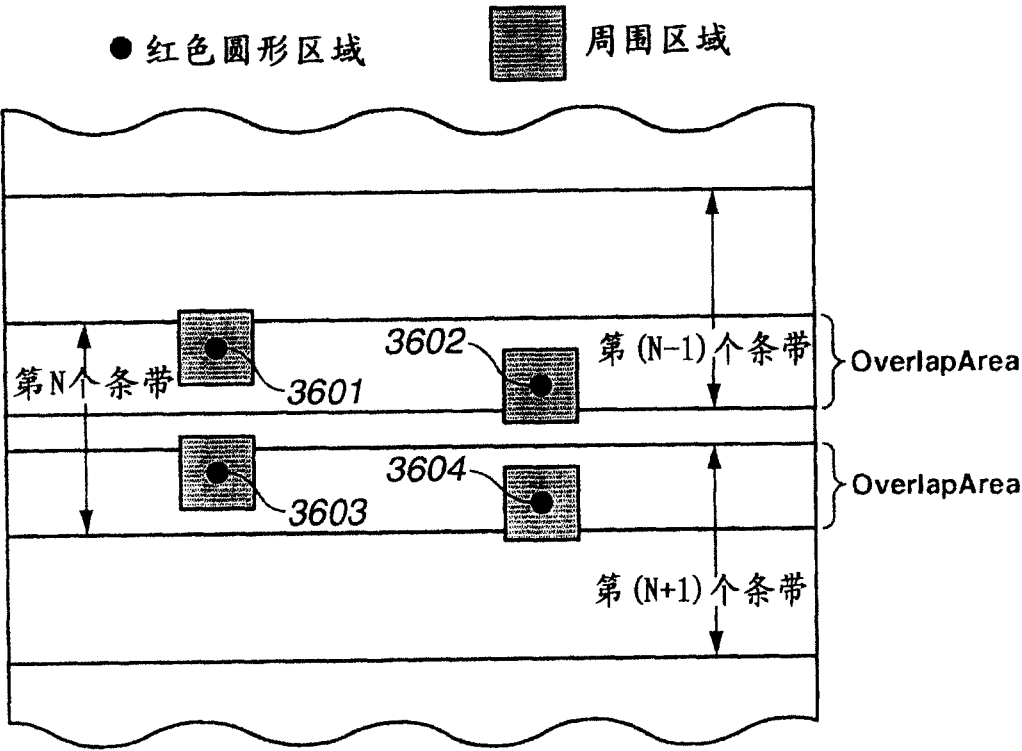


图 37

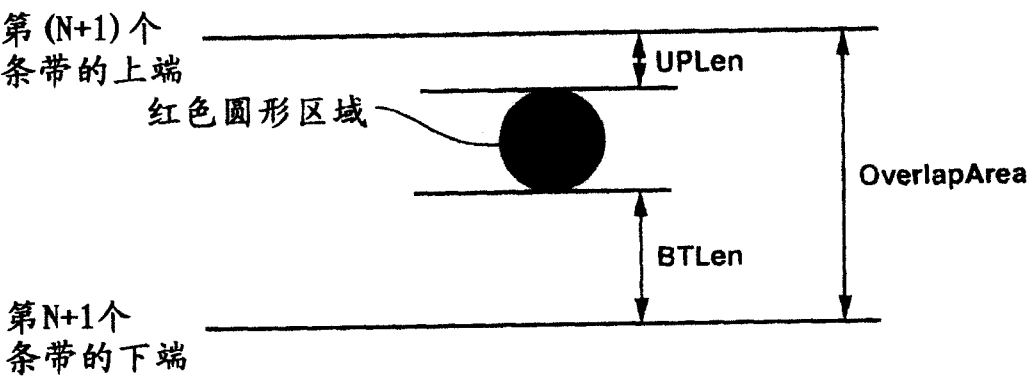


图 38

索引	左上角坐标		右下角坐标		最大亮度值 Y _{max}	最大评价价值 E _{rmax}
	x	y	x	y		
0	50	30	55	35	228	96
1	100	30	105	35	208	89
2	80	205	90	210	198	92
3	130	205	140	210	212	87

图 39

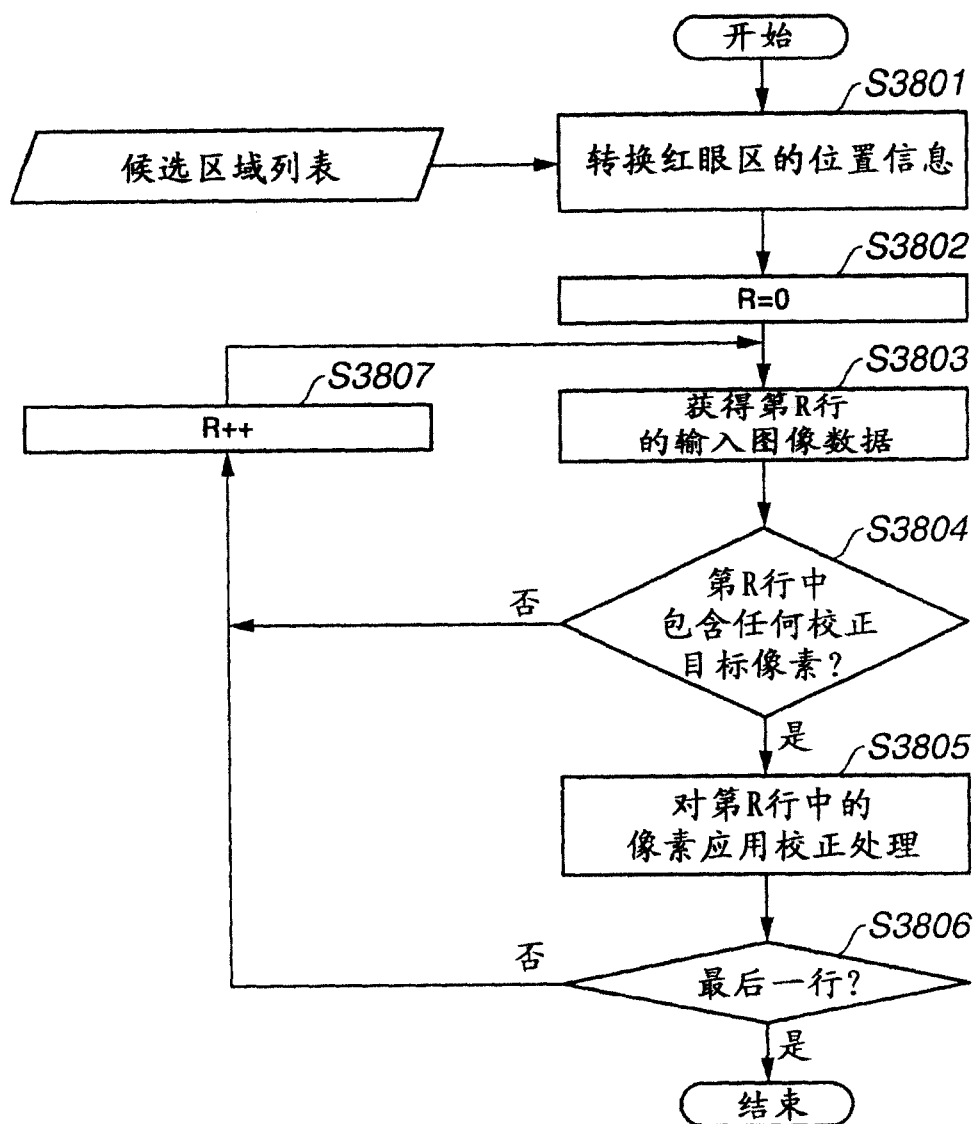


图 40

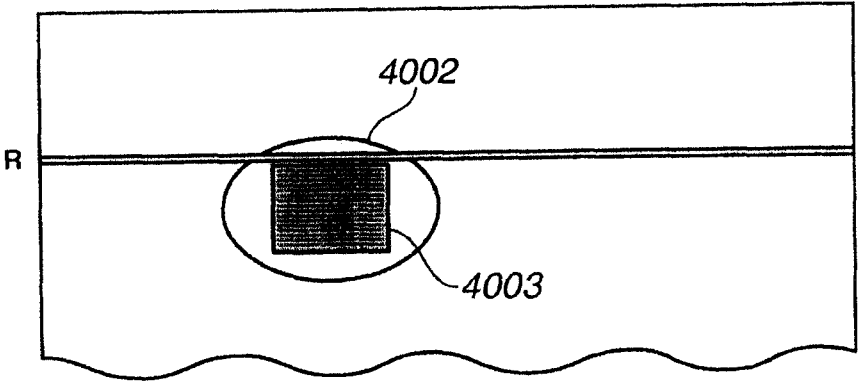


图 41

