

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

G06K 9/34 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710196938.5

[43] 公开日 2008年6月11日

[11] 公开号 CN 101196993A

[22] 申请日 2007.12.6

[21] 申请号 200710196938.5

[30] 优先权

[32] 2006.12.6 [33] JP [31] 2006-329831

[71] 申请人 爱信精机株式会社

地址 日本国爱知县

[72] 发明人 足立淳 石黑博 小川谦一

吉永敬彦 大上健一 鱼住重康

小岛真一 中西悟 白木伸征

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 刘建

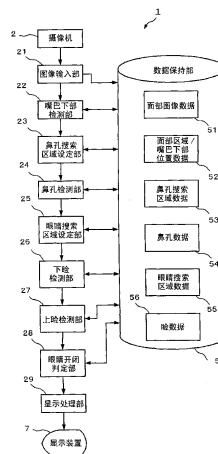
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 12 页

## [54] 发明名称

眼部检测装置、眼部检测方法及其程序

## [57] 摘要

本发明提供一种能够根据面部图像快速可靠地检测眼睛的眼部检测装置。具有获取面部图像的图像输入部(21)、从面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测部(24)、基于利用鼻孔检测部(24)检测的鼻孔的位置，在面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定部(25)、以及在利用眼睛搜索区域设定部(25)设定的眼睛搜索区域的范围内、按照规定的条件从面部图像的下部向上搜索眼睛的下睑检测部(26)和上睑检测部(27)。希望包含有从面部图像检测嘴巴下部的位置的嘴巴下部检测部(22)，鼻孔检测部(24)在检测到多个符合鼻孔的搜索条件的候选鼻孔时，从该复数个候选鼻孔中，将最靠近嘴巴下部的的位置的那个判定为鼻孔。



1. 一种眼部检测装置，其特征在于：  
具有获取面部图像的图像获取机构、  
从上述面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测机构、  
基于利用上述鼻孔检测机构检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定机构、  
和在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内，搜索眼睛的眼部搜索机构。
2. 根据权利要求1所述的眼部检测装置，其特征在于：  
上述眼部检测装置包含有从上述面部图像检测嘴巴下部的位置的嘴巴下部检测机构，  
上述鼻孔检测机构在检测到复数个符合鼻孔的搜索条件的候选鼻孔时，从该复数个候选鼻孔中，将最靠近利用上述嘴巴下部检测机构检测的嘴巴下部的部位的那个判定为鼻孔。
3. 根据权利要求1所述的眼部检测装置，其特征在于：  
上述眼部搜索机构按照规定的条件，从上述面部图像的下部向上搜索眼睛。
4. 根据权利要求1所述的眼部检测装置，其特征在于：  
上述眼部搜索机构按照规定的条件，从上述面部图像的上部向下搜索眼睛。
5. 根据权利要求1所述的眼部检测装置，其特征在于：  
上述眼部搜索机构具有：  
在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、从上述眼睛搜索区域的下方开始、搜索上述面部图像的从下向上、从明向暗变化的垂直方向边缘、将最初检测到的符合规定条件的上述垂直方向边缘判定为下睑的下睑检测机构、  
和在利用上述下睑检测机构检测的下睑的上部的区域、将从下向上、从暗向明变化的垂直方向边缘判定为上睑的上睑检测机构。
6. 根据权利要求1所述的眼部检测装置，其特征在于：

上述眼部搜索机构具有：

在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、从上述眼睛搜索区域的上方开始、搜索上述面部图像的从上向下、从明向暗变化的垂直方向边缘、将最初检测到的符合规定条件的上述垂直方向边缘判定为上睑的上睑检测机构、

和在利用上述上睑检测机构检测的上睑的下部的区域、将从上向下、从暗向明变化的垂直方向边缘判定为下睑的下睑检测机构。

7. 一种眼部检测方法，其特征在于：

具有从面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测步骤、

基于利用上述鼻孔检测步骤检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定步骤、

和在利用上述眼睛搜索区域设定步骤设定的上述眼睛搜索区域的范围内，搜索眼睛的眼部搜索步骤。

8 根据权利要求 7 所述的眼部检测方法，其特征在于：

上述眼部搜索步骤按照规定的条件，从上述面部图像的下部向上搜索眼睛。

9. 根据权利要求 7 所述的眼部检测方法，其特征在于：

上述眼部搜索步骤按照规定的条件，从上述面部图像的上部向下搜索眼睛。

10. 一种程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

从面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测机构、

基于利用上述鼻孔检测机构检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定机构、

和在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内，搜索眼睛的眼部搜索机构。

11. 根据权利要求 10 所述的程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

将上述面部图像中鼻孔存在的可能性高的区域设定为鼻孔搜索区域的鼻孔搜索区域设定机构、和

按照规定的条件搜索利用上述鼻孔搜索区域设定机构设定的上述鼻孔搜索区域，将相邻的2个暗处判定为鼻孔的机构。

12. 根据权利要求10所述的程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

上述眼部搜索机构，其在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内，按照规定的条件，从上述面部图像的下部向上搜索眼睛。

13. 根据权利要求10所述的程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

上述眼部搜索机构，其在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内，按照规定的条件，从上述面部图像的上部向下搜索眼睛。

14. 根据权利要求10所述的程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、从上述眼睛搜索区域的下方开始、搜索上述面部图像的从下向上、从明向暗变化的垂直方向边缘、将最初检测到的符合规定条件的上述垂直方向边缘判定为下睑的下睑检测机构、

和在利用上述下睑检测机构检测的下睑的上部的区域、将从下向上、从暗向明变化的垂直方向边缘判定为上睑的上睑检测机构。

15. 根据权利要求10所述的程序，其特征在于：

使计算机具有如下机构的功能，即

在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、从上述眼睛搜索区域的上方开始、搜索上述面部图像的从上向下、从明向暗变化的垂直方向边缘、将最初检测到的符合规定条件的上述垂直方向边缘判定为上睑的上睑检测机构、

和在利用上述上睑检测机构检测的上睑的下部的区域、将从上向下、从暗向明变化的垂直方向边缘判定为下睑的下睑检测机构。

## 眼部检测装置、眼部检测方法及其程序

### 技术领域

本发明涉及一种从面部图像检测眼部的眼部检测装置、眼部检测方法及其程序。

### 背景技术

已有基于面部图像判断眼睛的状态、并测定该人的视线方向、推测该人的觉醒程度的方法。为了判定眼睛的状态，需要正确检测面部图像的眼部。

例如，在专利文献 1 和专利文献 2 中，记载有检测眼睛开闭状态的技术。在专利文献 1 的技术中，检测眼睛的位置，设定包含眼睛的位置的处理对象区域。然后求出处理对象区域的浓度值的频度分布，将其峰值的点作为边界值，检测眼睛的区域，将眼睛的区域的纵方向长度的最大值作为眼睛的大小。

在专利文献 2 的技术中，抽出与眼睛的特征信息一致的特征量，检测眼睛的位置，从包含眼睛的追踪区域内的眼睛的详细浓度的变化，检测眼睛的开度值以及上睑的位置。测定基于眼睛的位置或者眼睛的详细浓度所检测的眼睛周围的固定的面部的基准特征量（例如，鼻孔）、和上睑的特定位置的上下位置间隔，从眼睛的开度值和上下位置间隔，判定眼睛的开闭状态。

还有，作为检测面部中心位置的技术，有例如专利文献 3。在专利文献 3 的技术中，在面部的两端范围内，将横向边缘投影在横方向上，制成直方图。基于直方图的峰值，推定面部的上部和下部位置。然后，将构成在纵方向呈白黑白变化的部位的横向边缘的各像素的 X 座标的平均值，作为面部中心位置进行检测。

[专利文献 1] 日本专利特开平 10-44824 号公报

[专利文献 2] 日本专利特开 2001-307076 号公报

[专利文献 3] 日本专利特开 2006-65673 号公报

但是，在过去的技术中，由于要在面部区域搜索眼睛，因此检测需要时间，而且有可能出现检测错误。在专利文献 1 的方法中，由于以眼睛的特定形状（例如，上部为弓形）为前提，因此难以区分细眼或浓眉等情况的个人差别。还有，对于从眼睛和眉毛、鼻子与嘴巴等整体的位置关系来推定眼睛的位置的方法，其后还需要判别眼睛和眉毛。

在首先从面部图像检测眼部的的方法中，例如如果戴着太阳镜等，费了时间，仍判定为不能检测眼睛。在专利文献 2 的方法中，在检测出眼睛后，根据眼睛的位置检测鼻孔，再根据眼睛与鼻孔的位置关系，判定眼睛的开闭度。因此，有可能将眉毛误认为眼睛，将眼镜的鼻架误认为鼻孔。在专利文献 2 中，为了区别鼻孔附近的皱纹与鼻孔，将最暗位置判定为鼻孔。在利用最暗位置的鼻孔检测方法中，不能够区别同样拍摄成 2 个黑点的眼镜鼻架与鼻孔。

## 发明内容

本发明考虑到上述状况，其目的在于提供能够从面部图像快速可靠地检测眼睛的眼部检测装置。

为实现上述目的，与本发明的第 1 观点有关的眼部检测装置的特征在于：具有获取面部图像的图像获取机构、从上述面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测机构、基于利用上述鼻孔检测机构检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定机构、和在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、按照规定的条件、从上述面部图像的下部向上搜索眼睛的眼部搜索机构。

希望上述眼部检测装置包含有从上述面部图像检测嘴巴下部的位置的嘴巴下部检测机构，上述鼻孔检测机构在检测到复数个符合鼻孔的搜索条件的候选鼻孔时，从该复数个候选鼻孔中，将最靠近利用上述嘴巴下部检测机构检测的嘴巴下部的部位的那个判定为鼻孔。

还有，上述鼻孔检测机构包含有将上述面部图像中鼻孔存在的可能性

高的区域设定为鼻孔搜索区域的鼻孔搜索区域设定机构，

按照规定的条件搜索利用上述鼻孔搜索区域设定机构设定的上述鼻孔搜索区域，将相邻的2个暗处判定为鼻孔。

希望上述眼部搜索机构具有在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、从上述眼睛搜索区域的下方开始、搜索上述面部图像的从下向上、从明向暗变化的垂直方向边缘、将最初检测到的符合规定条件的上述垂直方向边缘判定为下睑的下睑检测机构、和在利用上述下睑检测机构检测的下睑的上部的区域、将从下向上、从暗向明变化的垂直方向边缘判定为上睑的上睑检测机构。

与本发明的第2观点有关的眼部检测方法的特征在于：具有从面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测步骤、基于利用上述鼻孔检测步骤检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定步骤、和在利用上述眼睛搜索区域设定步骤设定的上述眼睛搜索区域的范围内、按照规定的条件、从上述面部图像的下部向上搜索眼睛的眼部搜索步骤。

与本发明的第3观点有关的眼部检测程序的特征在于：使计算机具有如下机构的功能，即从面部图像中检测鼻孔的鼻孔检测机构、基于利用上述鼻孔检测机构检测的鼻孔的位置、在上述面部图像中设定眼睛搜索区域的眼睛搜索区域设定机构、和在利用上述眼睛搜索区域设定机构设定的上述眼睛搜索区域的范围内、按照规定的条件、从上述面部图像的下部向上搜索眼睛的眼部搜索机构。

利用本发明的眼部检测装置，能够从面部图像快速可靠地检测眼睛。

## 附图说明

图1是表示与本发明的实施方式有关的眼部检测装置的方框图。

图2是表示本发明的一个实施方式的眼部检测装置的逻辑结构的方框图。

图3是表示图1所示的计算机的结构方框图。

图4A是表示纵方向边缘检测用算符的例子图。

图4B是表示横方向边缘检测用算符的例子图。

图4C是表示纵方向连续的浓淡差的例子图。

图 4D 是表示横方向连续的浓淡差的例子的图。

图 5 是表示确定面部图像的区域的数据的例子的图。

图 6 是表示鼻孔搜索区域的例子的图。

图 7 是表示眼睛搜索区域的例子的图。

图 8 是表示眼部检测装置的动作的一个例子的流程图。

图 9 是表示面部区域设定处理的动作的一个例子的流程图。

图 10 是表示鼻孔检测处理的动作的一个例子的流程图。

图 11 是表示鼻孔确定处理的动作的一个例子的流程图。

## 符号说明

1—眼部检测装置, 2—摄像机(图像获取机构), 5—数据保持部, 10—计算机, 12—图像存储器, 13—外部存储部, 14—控制部(图像获取机构、鼻孔检测机构、眼睛搜索区域设定机构、眼部搜索机构、嘴巴下部检测机构、鼻孔搜索区域设定机构、下睑检测机构、上睑检测机构)、15—主存储部, 16—发送接收部(图像获取机构), 21—图像输入部(图像获取机构), 22—嘴巴下部检测部(嘴巴下部检测机构), 23—鼻孔搜索区域设定部(鼻孔搜索区域设定机构), 24—鼻孔检测部(鼻孔检测机构), 25—眼睛搜索区域设定部(眼睛搜索区域设定机构), 26—下睑检测部(眼部搜索机构、下睑检测机构), 27—上睑检测部(眼部搜索机构、上睑检测机构), 28—眼睛开闭判定部, 51—面部图像数据, 52—面部区域·嘴巴下部位置数据, 53—鼻孔搜索区域数据, 54—鼻孔数据, 55—眼睛搜索区域数据, 56—睑数据

## 实施方式

以下, 参照附图详细说明本发明的实施方式。另外, 图中同一或相似部分采用同一符号来表示, 不重复进行说明。图 1 是表示与本发明的一个实施方式有关的眼部检测装置的结构方框图。本实施方式的眼部检测装置 1 具有拍摄驾驶员的面部并生成面部图像的摄像机 2 (面部图像生成机构)、对驾驶员的面部进行照明的照明光源 3、检测驾驶员的眼部的计算机 10、和与计算机 10 连接的显示装置 7。另外, 显示装置 7 并不是必需的结



构要素，如果不需要显示面部图像和检测结果或判定结果，则不一定需要设置显示装置 7。

摄像机 2 利用例如 CCD (Charge Coupled Device) 等，将透镜的成像转换为电信号，将每个像素进行数字化，输出图像数据。摄像机 2 获取例如驾驶员的面部的灰度图像。利用摄像机 2 生成的图像数据不仅包括驾驶员的面部，还包括其背景等。

显示装置 7 由 LCD(Liquid Crystal Display)或 CRT (Cathode Ray Tube) 等构成，显示根据摄像机 2 拍摄的面部图像所生成的 2 值化图像。

计算机 10 对利用摄像机 2 获取的图像数据进行处理，检测面部的左右两端位置、上下位置。驾驶者的面部的左右两端位置，例如根据直方图的峰值检测出来，该直方图通过计算出边缘后将这些边缘在纵方向进行投影而生。基于该检测的左右两端位置、上下位置，检测鼻孔。基于鼻孔的位置，设定搜索眼部的区域（眼睛搜索区域）。然后，检测眼睛搜索区域中的上下睑。

图 2 是表示本发明的一个实施方式的眼部检测装置 1 的逻辑结构的方框图。眼部检测装置 1 由摄像机 2、图像输入部 21、嘴巴下部检测部 22、鼻孔搜索区域设定部 23（鼻孔搜索区域设定机构）、鼻孔检测部 24（鼻孔检测机构）、眼睛搜索区域设定部 25（眼睛搜索区域设定机构）、下睑检测部 26（下睑检测机构）、上睑检测部 27（上睑检测）、眼睛开闭判定部 28、显示处理部 29、数据保持部 5、和显示装置 7 等构成。数据保持部 5 中存储有面部图像数据 51、面部区域·嘴巴下部位置数据 52、鼻孔搜索区域数据 53、鼻孔数据 54、眼睛搜索区域数据 55、和睑数据 56。眼部检测装置 1 从面部图像检测眼部的一对上睑和下睑。该下睑检测部和上睑检测部作为眼睛搜索部工作（眼睛搜索机构）

图 3 是表示眼部检测装置 1 的物理结构的一个例子的方框图。如图 3 所示，计算机 10 具有发送接收部 16、图像存储器 12、外部存储部 13、控制部 14、主存储部 15、显示控制装置 17、和光源控制装置 18。图像存储器 12、外部存储部 13、主存储部 15、发送接收部 16、显示控制装置 17、和光源控制装置 18 均通过内部总线 11，与控制部 14 连接。

控制部 14 由 CPU (Central Processing Unit) 等构成，根据存储在外部

存储部 13 中的程序，进行图像输入部 21、嘴巴下部检测部 22、鼻孔搜索区域设定部 23、鼻孔检测部 24、眼睛搜索区域设定部 25、下睑检测部 26、上睑检测部 27、眼睛开闭判定部 28 和显示处理部 29 的处理。通过控制部 14 和在其上面运行的程序，实现图像输入部 21、嘴巴下部检测部 22、鼻孔搜索区域设定部 23、鼻孔检测部 24、眼睛搜索区域设定部 25、下睑检测部 26、上睑检测部 27、眼睛开闭判定部 28 和显示处理部 29。

主存储部 15 由 RAM (Random-Access Memory) 等构成，用作控制部 14 的工作领域。主存储部 15 的一部分和图像存储器 12，被分配给数据保持部 5 作为存储领域。

外部存储部 13 由闪速存储器、硬盘、DVD (Digital Versatile Disc)、DVD-RAM (Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、DVD-RW (Digital Versatile Disc ReWritable) 等非易失性存储器构成，预先存储用来让控制部 14 进行上述处理的程序。还有，根据控制部 14 的指示，向控制部 14 供给该程序的数据，并存储从控制部 14 供给的数据。进而，控制部 14 根据外部存储部 13 中所存储的程序数据，执行程序。例如，有时在外部存储部 13 存放时间系列图像数据。

在有用于眼睛检测装置 1 的网络时，发送接收部 16 由调制解调器或网络终端装置、以及与这些装置连接的串行接口或 LAN (Local Area Network) 接口、或全国电视系统委员会接口 (NTSC 接口) 等构成。控制部 14 经由发送接收部 16，从摄像机 2 输入图像数据。图像存储器 12 存储摄像机 2 生成的、经由发送接收部 16 输入的图像数据。

显示控制装置 17 在控制部 14 的控制下，对显示装置 7 进行控制。

光源控制装置 18 控制照明光源 3 的开灯、关灯等。

控制部 14 通过运行存放在外部存储部 13 中的程序，对通过摄像机 2 获取的图像数据进行处理，检测面部的两端位置、上下位置，并基于该检测的两端位置、上下位置，搜索眼睛搜索区域中的候选上下睑，在该候选上下睑中，选择最符合上下睑条件的候选作为上下睑。

回到图 2，说明眼部检测装置 1 的各部分的作用。摄像机 2 拍摄面部图像。图像输入部 21 每隔一定时间间隔，从摄像机 2 输入时间系列的图像数据，并将其作为面部图像数据 51 存储在数据保持部 5 中。

嘴巴下部检测部 22 从面部图像数据 51 中抽出面部区域，在面部区域中检测嘴巴下部。为了抽出面部区域，例如，从面部图像中计算面部轮廓的边缘。或者，也可以通过面部轮廓的图形匹配，抽出面部轮廓。通过在面部轮廓范围内从上起检测眉毛的边缘、从下起检测嘴巴下部的边缘，来设定面部区域。将所检测的嘴巴下部的位置与面部区域作为面部区域/嘴巴下部位置数据 52，存储在数据保持部 5 中。

图 4A 至图 4D 为说明边缘计算用的固定数据的例子。外部存储部 13 如图 4A 和图 4B 所示，存放有水平方向边缘检测用和垂直方向边缘检测用佐贝尔 (sobel) 过滤器的算符。本发明中，将图像中沿水平方向其亮度从明到暗、或者从暗到明发生变化的连续点称作水平方向边缘。水平方向边缘的点大致在纵方向连续，故也可称为纵边缘。还有，将沿垂直方向其亮度从明到暗、或者从暗到明发生变化的连续点称作垂直方向边缘。垂直方向边缘的点大致在横方向连续，故也可称为横边缘。

图 4A 所示的水平方向边缘 (纵边缘) 检测用佐贝尔过滤器是用于抽出图 4C 所示的纵方向连续的浓淡差的边界 (边缘) 的算符。图 4B 所示的垂直方向边缘 (横边缘) 检测用佐贝尔过滤器是用于抽出图 4D 所示的横方向连续的浓淡差的边界 (边缘) 的算符。

如图 5 所示，将例如面部轮廓的最大宽度、和从眉毛上部的边缘至嘴巴下部的边缘的范围作为面部区域 F。

鼻孔搜索区域设定部 23 设定从面部区域·嘴巴下部位置 52 搜索鼻孔的鼻孔搜索区域。利用嘴巴下部位置与基于统计数据的比值，设定面部区域 F 中的鼻孔搜索区域。特别是在面部的中央部设定鼻孔搜索区域。还有，可以在从所检测的嘴巴下部位置向上方向偏离规定距离的位置处，设定鼻孔搜索区域。例如，当可以在面部图像中设定面部区域 F 时，调查统计一定能够检测出鼻孔的最小范围，将其作为鼻孔搜索区域 N。鼻孔搜索区域设定部 23 将所设定的鼻孔搜索区域 N 作为鼻孔搜索区域数据 53，存储在数据保持部 5 中。

图 6 是表示鼻孔搜索区域 N 的例子的图。图 6 中单点划线所包围的范围表示鼻孔搜索区域 N。例如，面部区域 F 的高为 H、宽为 W 时，在从嘴巴下部位置 M 向上  $2/16H$  的位置、横方向为面部区域 F 的中央处，将

高为  $9/16H$  和宽为  $6/16W$  的长方形区域设定为鼻孔搜索区域 N。

鼻孔检测部 24 在鼻孔搜索区域 N 的范围内，搜索 2 个相邻的大致圆形的暗处，检测鼻孔（确定机构）。例如，在鼻孔搜索区域 N 的范围内，检测水平方向边缘和垂直方向边缘。这里，将从左向右从明到暗变化的点作为纵负边缘，将从左向右从暗到明变化的点作为纵正边缘。还有，将从上向下从明到暗变化的点作为横负边缘，将从上向下从暗到明变化的点作为横正边缘。当朝着面部图像时，鼻孔之一的纵负边缘在左，纵正边缘在右，横负边缘在上，横正边缘在下。

鼻孔中的任一个都被 4 个不同的边缘所包围，且向中央呈暗状。当这 4 种边缘分别为朝着外侧的明亮区域中央呈鼓起的凸形状，且边缘两端按照上述顺序重叠时，将作为鼻孔之一的候选。当检测到这种边缘的集合为 2 个相邻地横向排列时，则将其作为候选鼻孔。

有时，会在鼻孔搜索区域 N 中检测出 2 个以上的候选鼻孔。例如，眼镜梁部支在鼻子上面的鼻架有时会被检测为候选鼻孔。如果检测到复数个候选鼻孔，则将其中最靠近嘴巴下部位置 M 的候选鼻孔判定为鼻孔。鼻孔检测部 24 将所检测的鼻孔作为鼻孔数据 54，存储在数据保持部 5 中。

通过设定鼻孔搜索区域 N，并在该区域中搜索鼻孔，能够高效地检测鼻孔。还有，即使在检测到复数个候选鼻孔时，也能够可靠地将鼻孔搜索区域 N 中的最靠近嘴巴下部位置 M 的候选鼻孔判定为鼻孔。

眼睛搜索区域设定部 25 基于鼻孔的位置，设定面部区域 F 中的眼睛搜索区域。当能够在面部图像中设定面部区域 F 时，调查统计一定能够检测出眼睛的最小范围，将其作为眼睛搜索区域，例如，可以将面部区域 F 的高或宽的长度乘以规定的比值后的长度作为长方形的边长，在鼻孔上面离开一定的间隔进行设置该长方形，将其作为眼睛搜索区域。眼睛搜索区域设定部 25 将所设定的眼睛搜索区域作为眼睛搜索区域数据 55，存储在数据保持部 5 中。

如上所述，本实施方式中，该眼睛搜索区域 E 被分割成两个眼睛搜索区域，且都被标注为眼睛搜索区域 E。图 7 是表示眼部搜索区域 E 的例子。图 7 中单点划线所包围的 2 个长方形表示眼睛搜索区域 E。例如，面部区域宽为  $W$  时，眼睛搜索区域 E 之一为高为  $0.35W$  和宽为  $0.26W$  的

长方形。从鼻孔的重心  $C_n$  上面  $0.08W$  开始，且左右以鼻孔的重心  $C_n$  为中心间隔  $0.13W$ ，设置 2 个长方形，将其作为眼睛搜索区域 E。

通过在垂直方向上对眼睛搜索区域 E 进行扫描，检测出上下睑。例如，当从眼睛搜索区域 E 的下部开始扫描时，下睑首先被检测出来，此后根据所检测出的下睑的位置，检测出上睑。相反，当从眼睛搜索区域 E 的上部开始扫描时，上睑首先被检测出来，此后根据所检测出的上睑的位置，检测出下睑。本实施方式中，采用从眼睛搜索区域 E 的下部开始扫描情况作为检测上下睑的例子进行说明。

下睑检测部 26 在眼睛搜索区域 E 中搜索下睑。下面以眼睛搜索区域 E 中的一个眼睑为例，对下睑检测处理进行说明。例如，利用图 4B 所示的过滤器，从眼睛搜索区域 E 的下部开始扫描，计算垂直方向边缘。多数情况下，从下部开始扫描眼睛搜索区域 E，可以将最初检测的规定长度以上的横正边缘（从上向下从暗到明变化的边缘）作为下睑。

如果被拍摄体戴有眼镜时，有时会检测到镜框。但是，戴有眼镜时，由于鼻孔检测部 24 会检测到鼻梁，因此容易推定镜框。还有，由于镜框比眼睛和眉毛还细，上下边缘基本平行，因此容易进行判断。下睑检测部 26 将所检测的下睑作为睑数据 56 的一部分，存储在数据保持部 5 中。

上睑检测部 27 在下睑的上面的区域中检测上睑。下面以眼睛搜索区域 E 中的一个眼睑为例，对上睑检测处理进行说明。例如，利用图 4B 所示的过滤器，从下向上扫描下睑的上面，将最初检测的规定长度以上的横负边缘（从上向下从明到暗变化的边缘）作为上睑。

本实施方式中，采用从眼睛搜索区域 E 的下部开始扫描情况作为检测上下睑的例子进行说明。但也可以从眼睛搜索区域 E 的上部开始扫描来检测上下睑。例如，在从眼睛搜索区域 E 的上部开始扫描时，上睑检测部 27 搜索出从上向下从明到暗变化的垂直变化边缘（横负边缘），从而检测出第一个满足规定条件的垂直变换边缘。此后，上睑检测部 27 将最初检测出的垂直变化边缘确定为上睑。在从眼睛搜索区域 E 的上部开始扫描时，下睑检测部 26 对所检测出的上睑下部的区域进行搜索，以检测出下睑。

由于从下部开始扫描基于鼻孔所设定的眼睛搜索区域 E 来检测，因此

可以确定下睑。以一个眼睛搜索区域E为例，在下睑的上面最初检测到的横负边缘，除了虹膜的上边缘外，只能是上睑。如果放弃不满规定长度的边缘，则可以将从下搜索而得的最初横负边缘作为上睑。因此，对上睑检测部 27 进行设置，使其不检测长度小于规定的长度的边缘。上睑检测部 27 将检测到的左右上睑作为睑数据 56 的一部分，存储在数据保持部 5 中。

眼睛开闭判定部 28 根据一对上睑与下睑，计算眼睛的开闭程度。开闭程度（开度）可以为例如上睑的中心与下睑的中心的距离。

下面以一对上下睑（某个驾驶员的眼睛）为例，对计算和确定眼睛开度水平的处理进行说明。将上下睑对和其开度与时间系列对应，如果判定开度的变化为眨眼，则判定不是闭眼。例如，开度为规定值以上的候选睑在规定帧数以下的图像中，开度变小，然后又变大，则判定为眨眼。

还有，例如，对于规定帧数以上的连续图像，如果睑的开度小于规定值，则判定为闭眼。睑的开度也可以用于其他处理中。例如，如果判定为闭眼，则可以判定为打瞌睡。还有，利用眼睛的开度再加上面部的朝向，可以推定视线的方向。

显示处理部 29 将检测结果的上下睑与面部轮廓一起显示在显示装置 7 上。还有，在判定上下睑的开闭度、打瞌睡时，也可以通过音响等进行警告提示。还有，也可以显示所推定的视线的方向。

接着，说明眼部检测装置 1 的动作。另外，眼部检测装置 1 的动作由控制部 14 与摄像机 2、发送接收部 16、图像存储器 12、外部存储部 13 和主存储部 15 协同进行。

图 8 是表示眼部检测装置 1 的动作的一个例子的流程图。控制部 14 经由发送接收部 16，输入来自摄像机 2 的时间序列的面部图像（步骤 S1）。然后，如前所述，设定面部区域 F（步骤 S2）。

图 9 是表示在步骤 S2 的面部区域设定处理的动作的一个例子的流程图。控制部 14 从数据保持部 5 读出面部图像数据 51，在横方向（水平方向）对该面部图像的像素值进行微分（步骤 A1）。具体来说，计算各像素的亮度和与该像素相邻的像素的亮度的差值，生成边缘部抽出图像。在边缘部抽出图像中，只抽出背景的纵边缘和面部图像的纵边缘。即使在驾驶员的面部没有动作的情况下，也抽出这些纵边缘。

另外，将边缘部抽出图像的像素值（亮度的微分值）在纵方向（垂直方向）进行投影所得到的直方图中，由于所有的边缘部的强度基本相等，因此不能确定面部的两端位置。

控制部 14 对面部图像的像素值进行时间微分（步骤 A2）。具体来说，计算某一时刻的各像素的亮度与其紧邻前面的图像的各像素的亮度的差值，生成只强调了运动对象的像素值时间微分图像。

由于驾驶员在驾驶中不会完全静止，因此在像素值时间微分图像中，只着重检测运动的东西的轮廓、即驾驶员的面部轮廓。与此对应，对于窗户、支柱、头枕等背景由于完全不动，则基本上不留下来。但是，在像素值时间微分图像中，在驾驶员老动时，面部的轮廓被检测出来，而在驾驶员基本不动时，基本上检测不出什么。此时，需要如下的处理。

控制部 14 将边缘部抽出图像与像素值时间微分图像进行合成，生成第 1 合成图像（步骤 A3），将第 1 合成图像的像素值（亮度）在纵方向进行投影，生成直方图。第 1 合成图像为边缘部抽出图像与像素值时间微分图像的合成图像。这样，不论是驾驶员动的情况还是不动的情况，第 1 合成图像中都会显出驾驶员的面部的纵边缘或者轮廓。

另外，也可以将边缘部抽出图像的像素值与像素值时间微分图像的像素值分别在纵方向投影，生成 2 个直方图，将该 2 个直方图进行合计。然后，从第 1 合成图像的直方图中检测峰值（步骤 A4）。

控制部 14 从在第 1 合成图像的直方图中检测到的复数个峰值中，检测出具有与人的面部宽度最吻合的峰值间隔的 2 个峰值，将该 2 个峰值作为面部的左右位置检测出来（步骤 A5）。

另外，面部左右位置检测子程序并不局限于上述例子，也可以为例如如下的内容。

例如，控制部 14 在步骤 A2 中，采用面部图像作为像素值的时间微分运算的对象，但也可以采用边缘部抽出图像来取代。即，也可以在步骤 A2，对边缘部抽出图像的像素值（亮度）进行时间微分，生成边缘部时间微分图像。这样，从边缘部抽出图像内的复数个纵边缘中，消去窗、头枕等完全不会运动的背景的纵边缘，只抽出运动的面部图像中的纵边缘。

步骤 A3 之后，与上述相同。另外，也可以在步骤 A3 和 A4 中，控制

部 14 与上述一样，将边缘部抽出图像与边缘部时间微分图像进行合成，生成第 2 合成图像，将第 2 合成图像的像素值（亮度）在纵方向进行投影，生成直方图，从该直方图中检测峰值。

接着，控制部 14 在面部的两端范围内，将横边缘在横方向进行投影，生成直方图。利用该直方图，在相当于眉、目、嘴的部分生成峰值。然后，基于直方图的峰值，检测面部的上、下位置（步骤 A6）。此时，也可以在面部的两端范围内，从上部开始搜索垂直方向边缘，检测眉毛的上部的边缘。从下部开始搜索垂直方向边缘，检测嘴巴下部的边缘。

设定被面部的左右端、眉毛上部和嘴巴下部位置 M 所包围的面部区域 F 的座标（步骤 A7），再回到眼部检测处理（图 8）。另外，面部左右位置和上下位置的检测方法并不局限于上述例子，也可以是采用其他的样板匹配或距离图像的方法。

回到图 8 的流程图，设定面部区域 F 中的鼻孔搜索区域 N（步骤 S3）。如前所述，例如，利用嘴巴下部位置 M 与基于统计数据的比值，设定面部区域 F 中的鼻孔搜索区域 N。

控制部 14 在所设定的鼻孔搜索区域 N 的范围内，检测鼻孔（步骤 S4）。图 10 是表示步骤 S4 的鼻孔检测处理的动作的一个例子的流程图。

控制部 14 计算面部区域 F 的范围内的像素的平均亮度，计算用于根据该平均亮度识别明暗的明暗阈值（步骤 B1）。接着，从鼻孔搜索区域 N 的范围的像素中，搜索其亮度值低于（暗于）明暗阈值的像素。然后，计算连续的低亮度像素群的似然度，生成鼻孔搜索区域 N 的似然度图（步骤 B2）。

连续的低亮度像素群的圆似然度可以采用例如上述低亮度像素群的周围的 4 种边缘中、相对于边缘的长度的边缘中点与重心之间的距离。或者，也可以利用越圆、其面积与周长的比值越大的现象，采用低亮度像素群内的像素数与构成低亮度像素群的边界的像素的个数之比。

控制部 14 根据似然度图中的最大似然度，计算似然度的阈值（步骤 B3）。将超过似然度阈值的低亮度像素群作为候选鼻孔（步骤 B4）。此时，将距离近的候选鼻孔组成一对。

控制部 14 从候选鼻孔（对）中，将具有最高似然度的候选之对决定



为鼻孔（步骤 B5）。也可以将候选鼻孔中最靠近嘴巴下部位置 M 的候选判定为鼻孔。图 11 是表示鼻孔确定处理的动作的一个例子的流程图。

控制部 14 从候选鼻孔（对）中，选择 1 个作为候选鼻孔 n。然后，计算候选鼻孔 n 的重心与嘴巴下部位置 M 之间的距离  $L_n$ （步骤 C1）。对于剩下的候选鼻孔，令  $i=1$ ，选择候选鼻孔 i（C2）。

计算候选鼻孔 i 的重心与嘴巴下部位置间的距离  $L_i$ （步骤 C3）。比较距离  $L_n$  与  $L_i$ ，如果  $L_n$  大于  $L_i$ （步骤 C4：否），则将  $L_i$  代入  $L_n$ ，将选择了此时序号 i 的候选鼻孔 i 作为候选鼻孔 n（步骤 C5）。如果  $L_n$  为  $L_i$  以下（步骤 C4：是），则不替换所选择的候选鼻孔。

累加序号 i（步骤 C6），如果存在候选鼻孔 i（步骤 C7：是），则回到步骤 C3，循环进行距离比较（步骤 C3-C6）。如果没有了候选鼻孔（步骤 C7：否），则将此时的候选鼻孔 n 确定为鼻孔（步骤 C8），回到鼻孔检测处理。

从鼻孔检测处理再回到图 8 的眼部检测处理，基于鼻孔的位置，设定眼睛搜索区域 E（步骤 S5）（眼睛搜索区域设定步骤）。如前所述，例如将面部区域 F 的高或宽的长度乘以规定的比值后的长度作为长方形的边长，在鼻孔上面离开一定的间隔设置该长方形，将其作为眼睛搜索区域 E。

控制部 14 计算面部区域 F 的范围内的像素的平均亮度，计算用于根据该平均亮度识别明暗的明暗阈值（步骤 S6）。也可以采用在鼻孔检测处理（图 10 的步骤 B1）计算得到的明暗阈值。然后，进行上下睑检测处理（步骤 S7）。该下睑检测部和上睑检测部作为眼睛搜索部工作（眼睛搜索机构）

控制部 14 在眼睛搜索区域 E 的范围中，从下开始搜索其亮度值低于（暗于）明暗阈值的像素。将从下向上从明到暗变化的、规定长度以上的垂直方向边缘作为下睑。然后，从所检测的下睑向上检测上睑。将从下向上从暗到明变化的、规定长度以上的垂直方向边缘作为上睑。

根据所检测的上下睑，判定眼睛的开闭度（步骤 S8）。例如，根据一对上睑和下睑的边缘所夹持的部分的像素数，判定是开眼还是闭眼。

如上所述，从面部图像检测鼻孔，基于鼻孔设定眼睛搜索区域 E。然后，在眼睛搜索区域 E 的范围内，从下开始检测下睑，然后在下睑的上面

部分检测上睑。因此，利用本发明的眼部检测装置 1，能够从面部图像快速可靠地检测眼睛。

还有，基于面部区域 F 的特征，设定鼻孔搜索区域 N，在鼻孔搜索区域 N 的范围内，利用鼻孔的特征进行检测。另外，当检测到复数个候选鼻孔时，将最靠近嘴巴下部位置的候选鼻孔判定为鼻孔。因此，能够快速可靠地检测鼻孔。其结果，由于能够在适当的范围内设定眼睛搜索区域 E，因此能够高效地检测上下睑。

另外，上述硬件结构和流程图只是一个例子，可以任意变更、修正。

进行由控制部 14、发送接收部 16、图像存储器 12、外部存储部 13 和主存储部 15 等构成的眼部检测装置 1 的处理的、成为中心的部分可以不采用专用系统，而利用通常的计算机系统来实现。例如，也可以将进行上述动作的计算机程序保存在计算机可以读取的存储媒体（软盘、CD-ROM、DVD-ROM 等）中进行分发，将该计算机程序安装到计算机中，从而构成执行上述处理的眼部检测装置 1。还有，也可以事先将该计算机程序存放在因特网等通信网络上的服务器所具有的存储装置中，通常的计算机通过下载等方法构成眼部检测装置 1。

还有，在 OS（操作系统）与应用程序分担、或者 OS 与应用程序协同实现眼部检测装置 1 的功能时，也可以只将应用程序部分保存在存储媒体或存储装置中。

还有，也可以在载波中重叠计算机程序，经由通信网络进行分发。例如也可以在通信网络上的电子布告栏系统（BBS, Bulletin Board System）上发布上述计算机程序，经由网络，分发上述计算机程序。然后，启动该计算机程序，在 OS 控制下，与其他应用程序一样运行，进行上述处理。

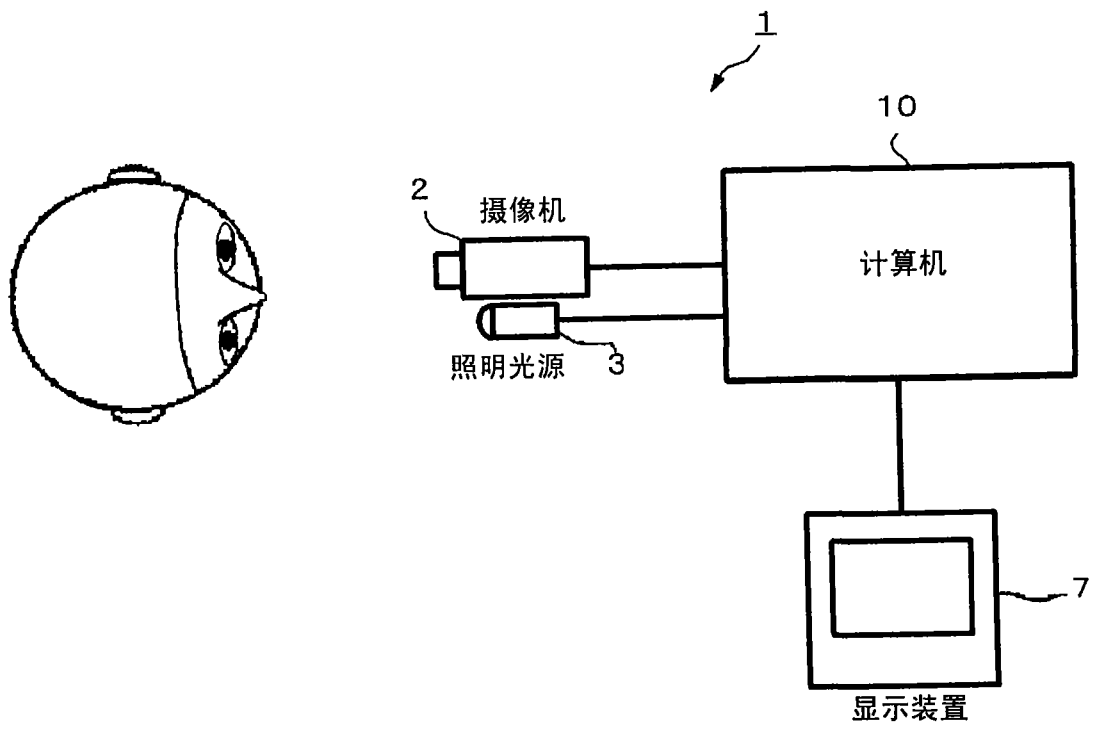


图 1

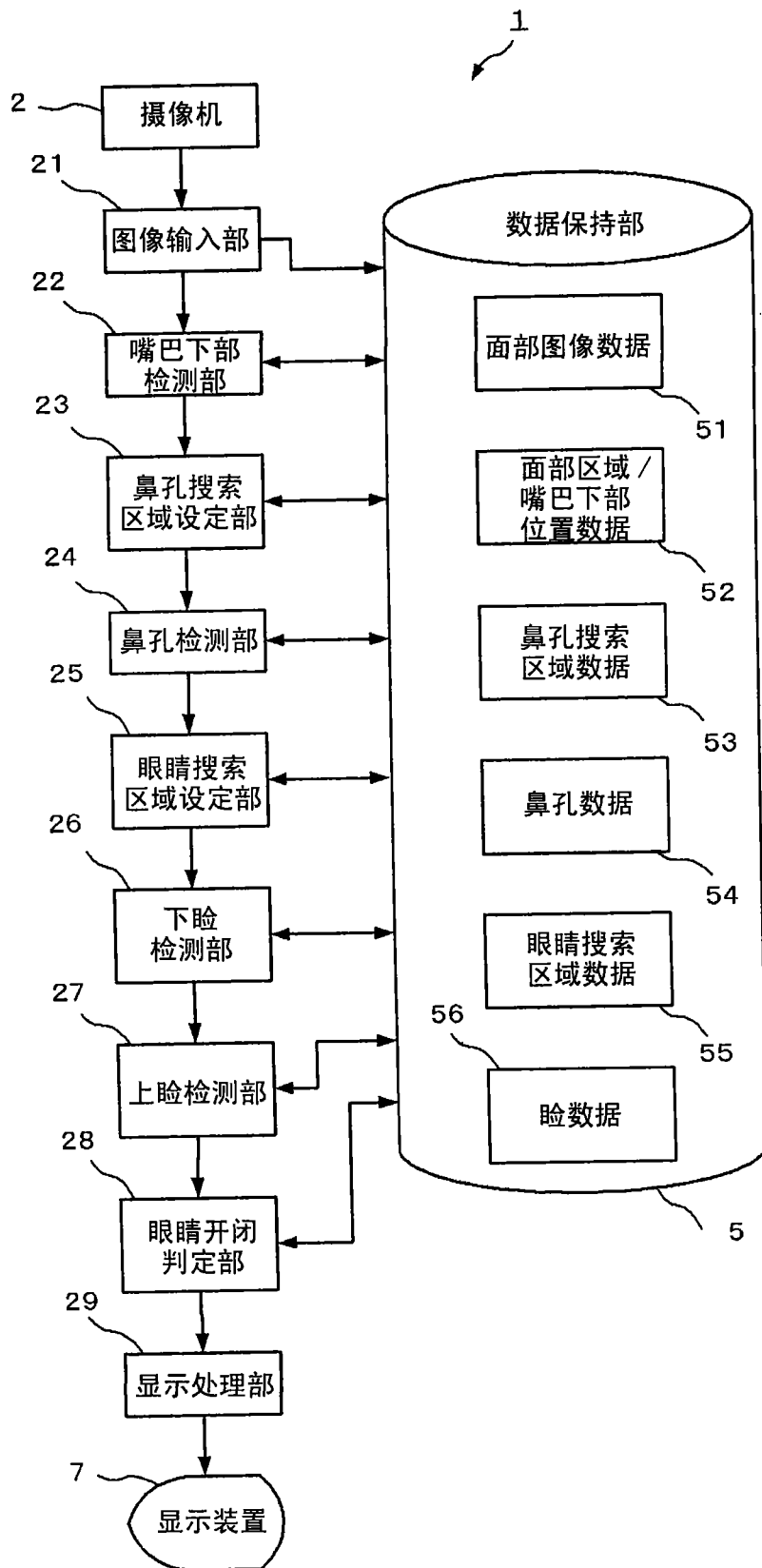


图 2

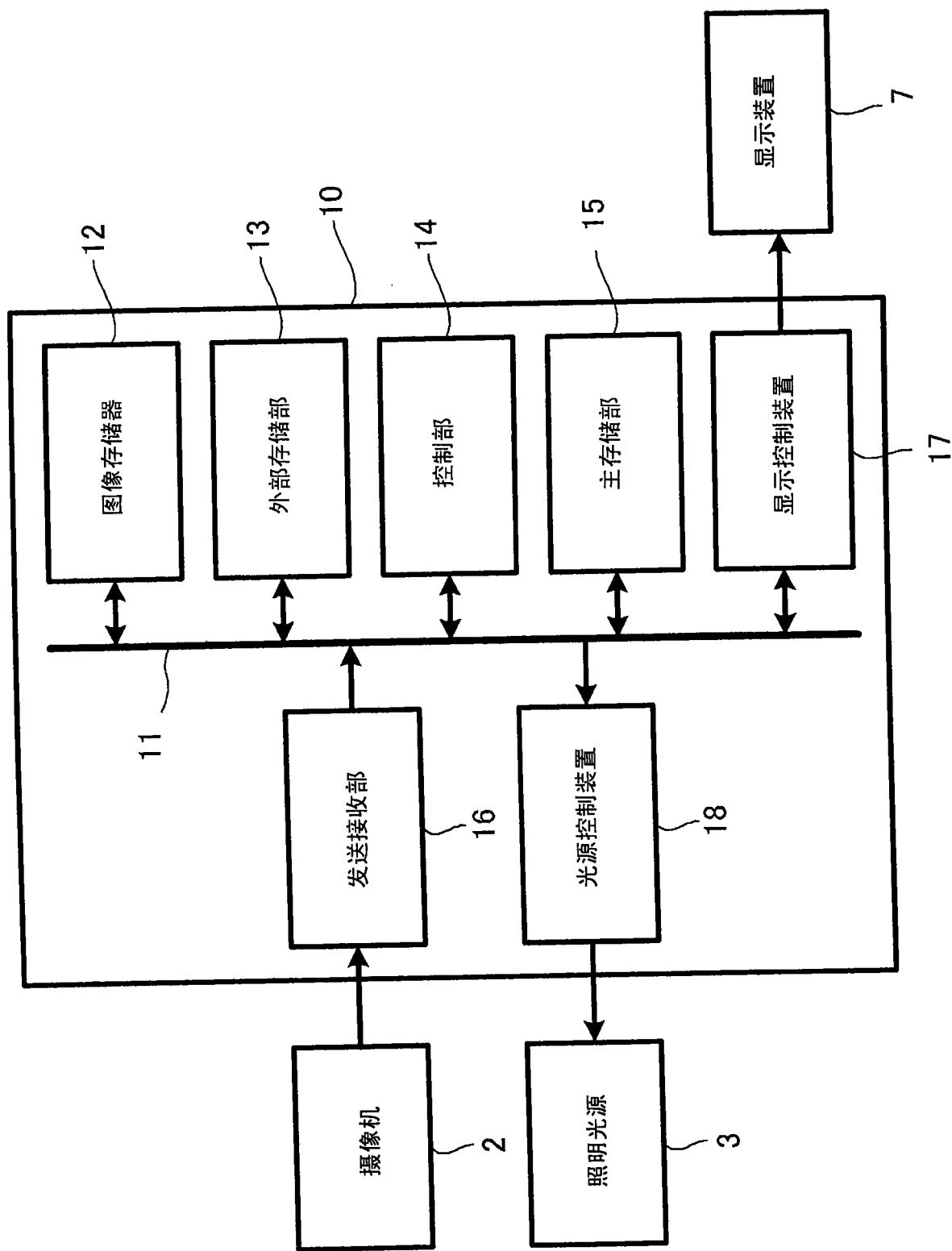


图3

纵边缘检测用算符

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

图 4 A

横边缘检测用算符

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

图 4 B

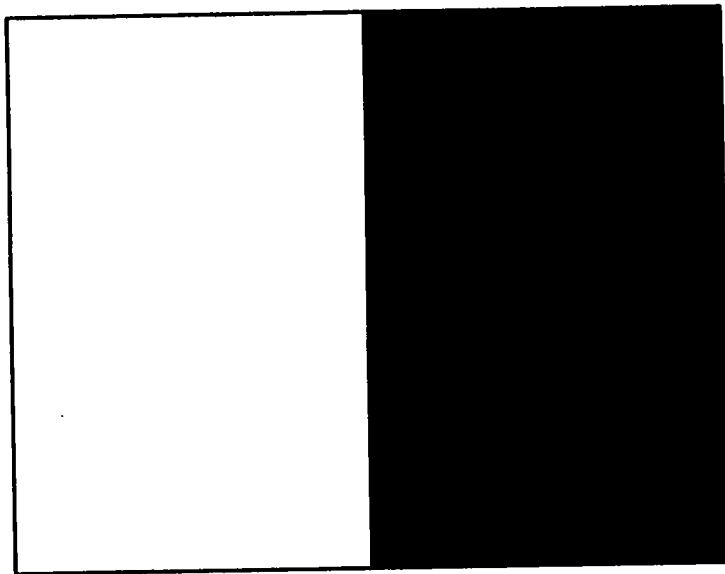


图 4 C

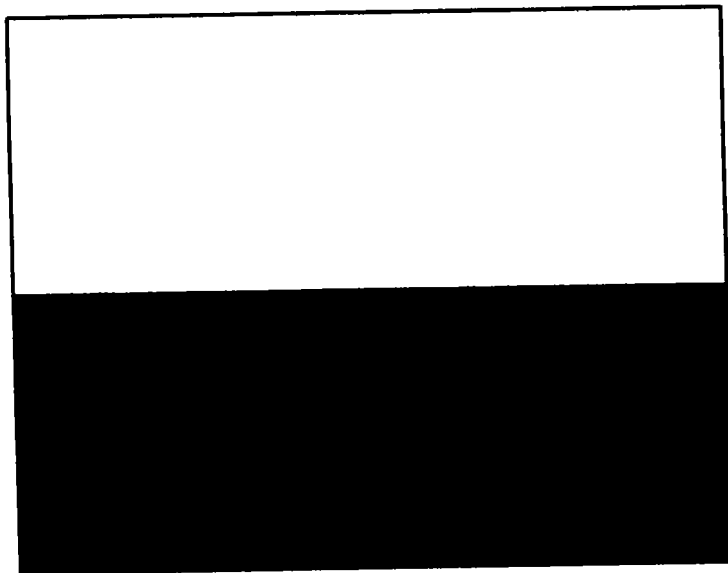


图 4 D

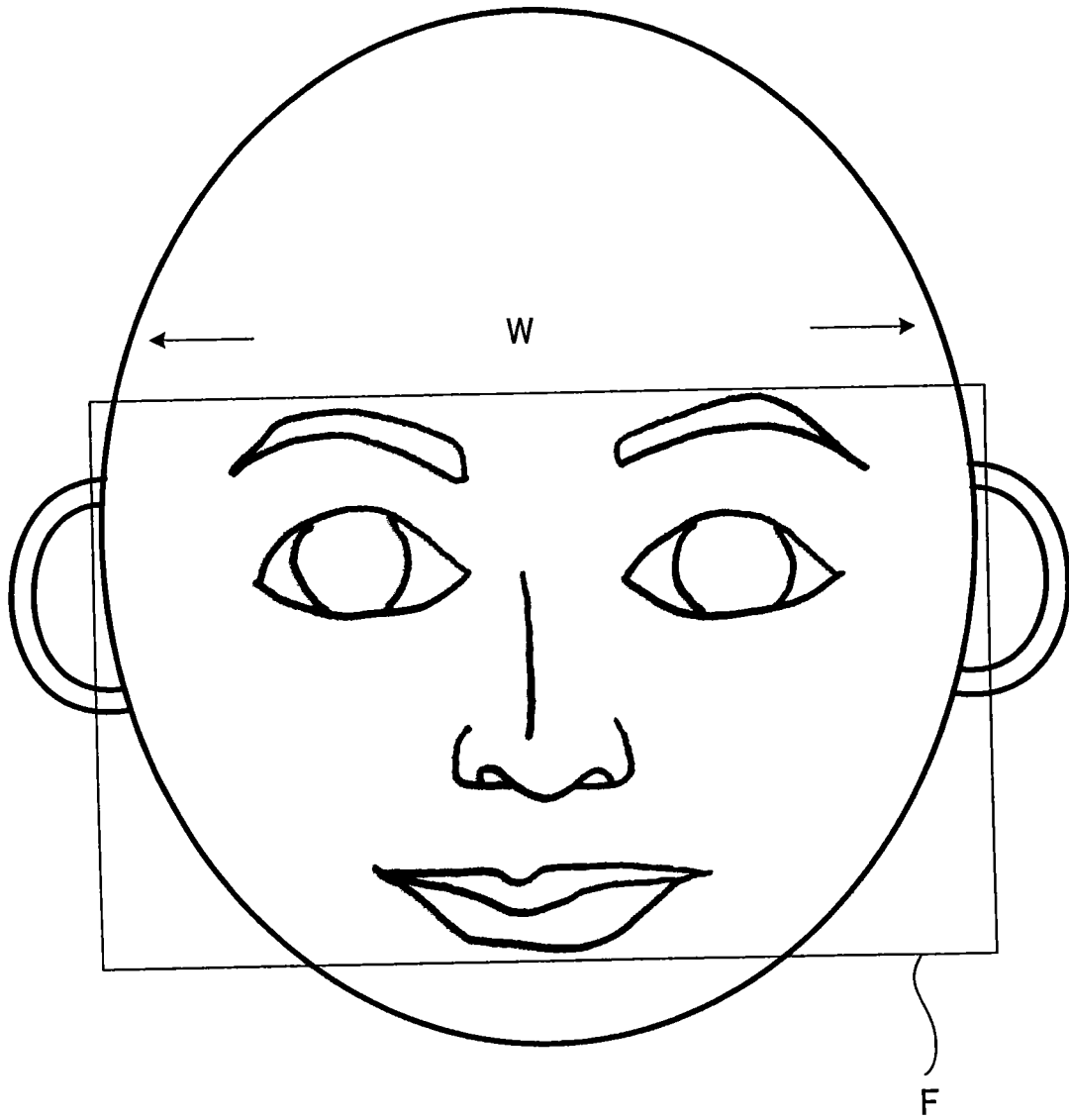


图 5



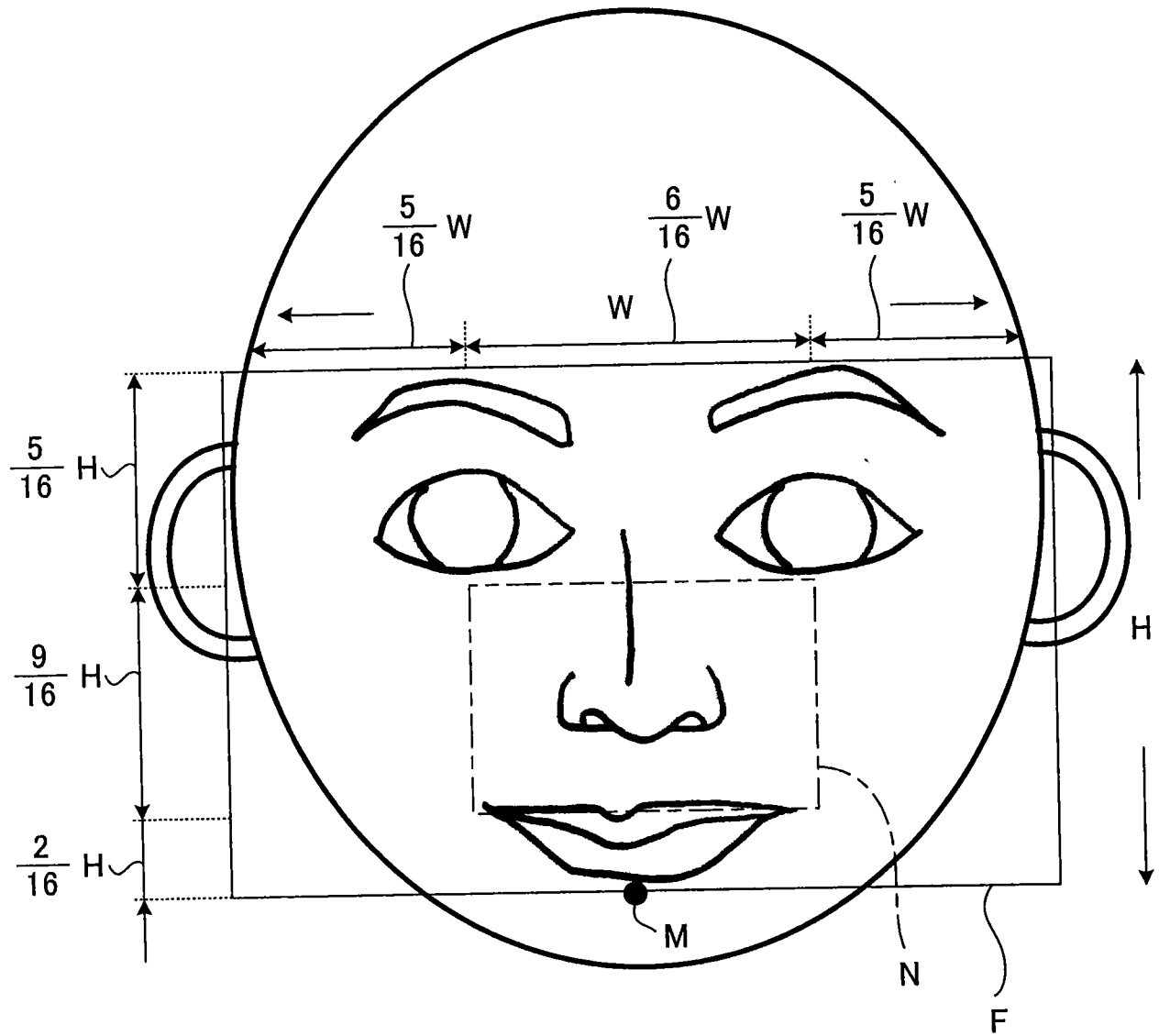


图 6

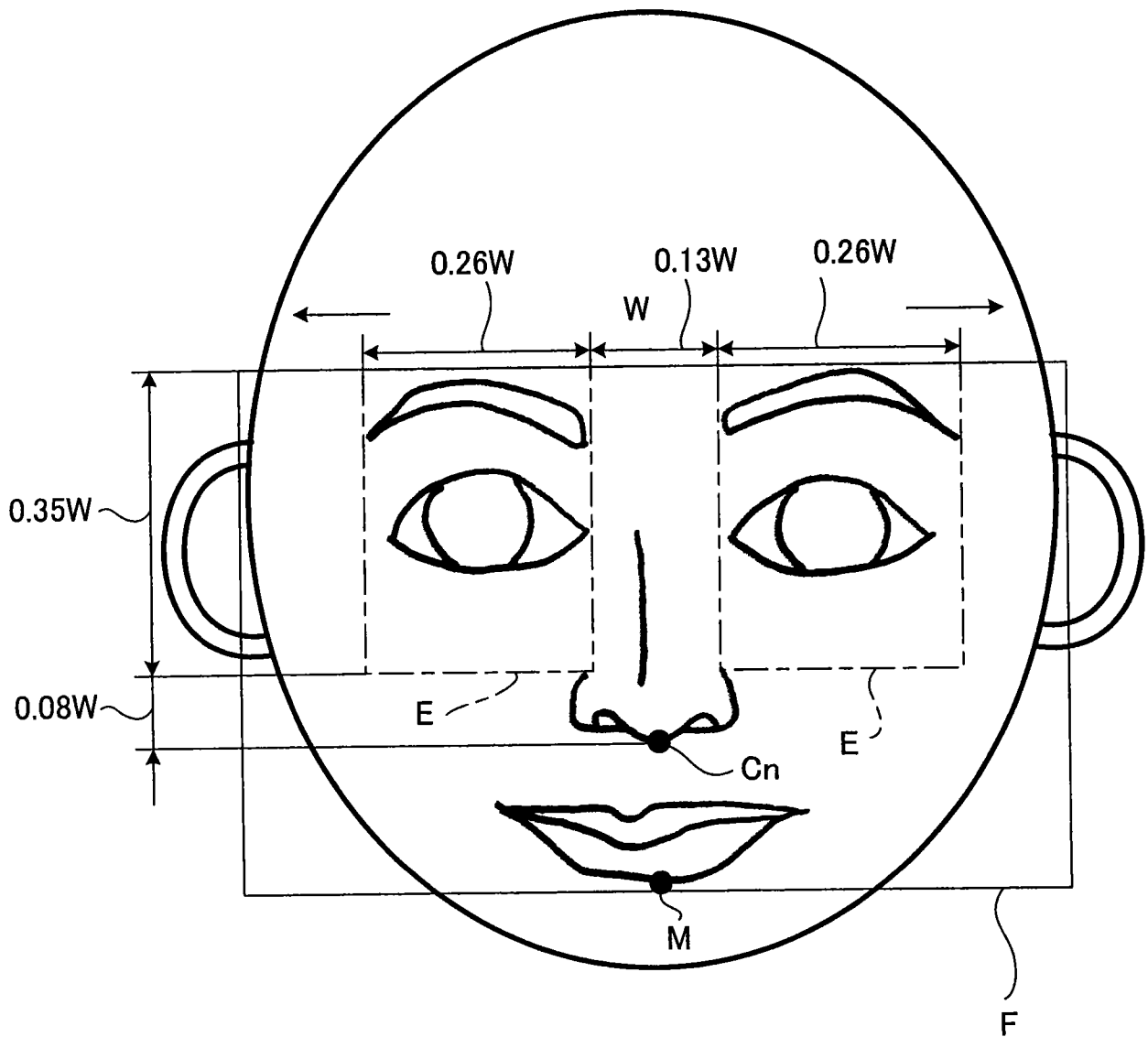


图 7

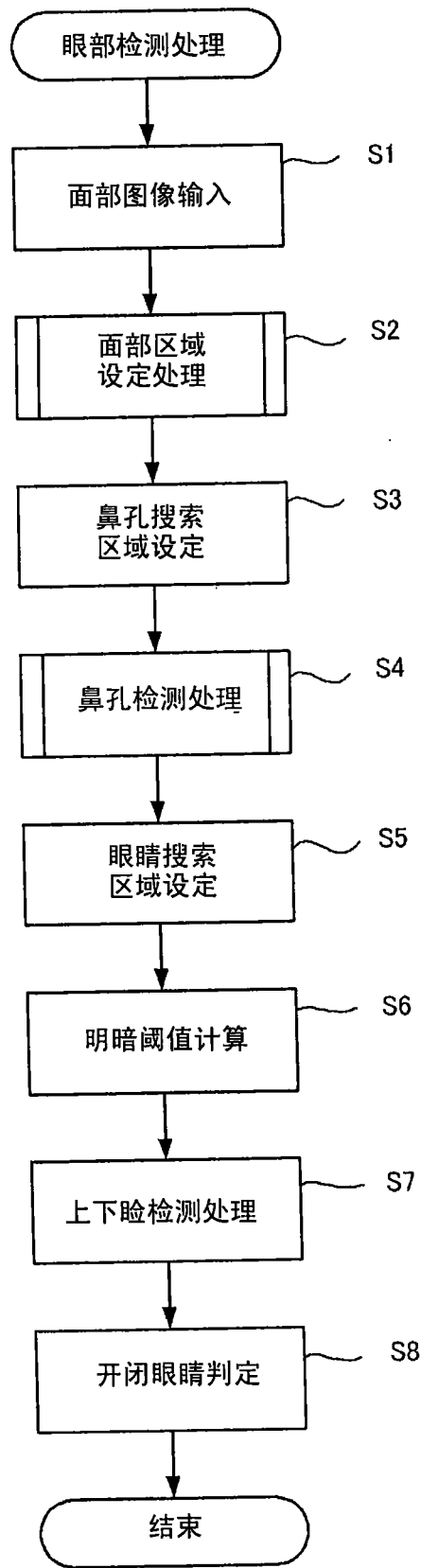


图 8

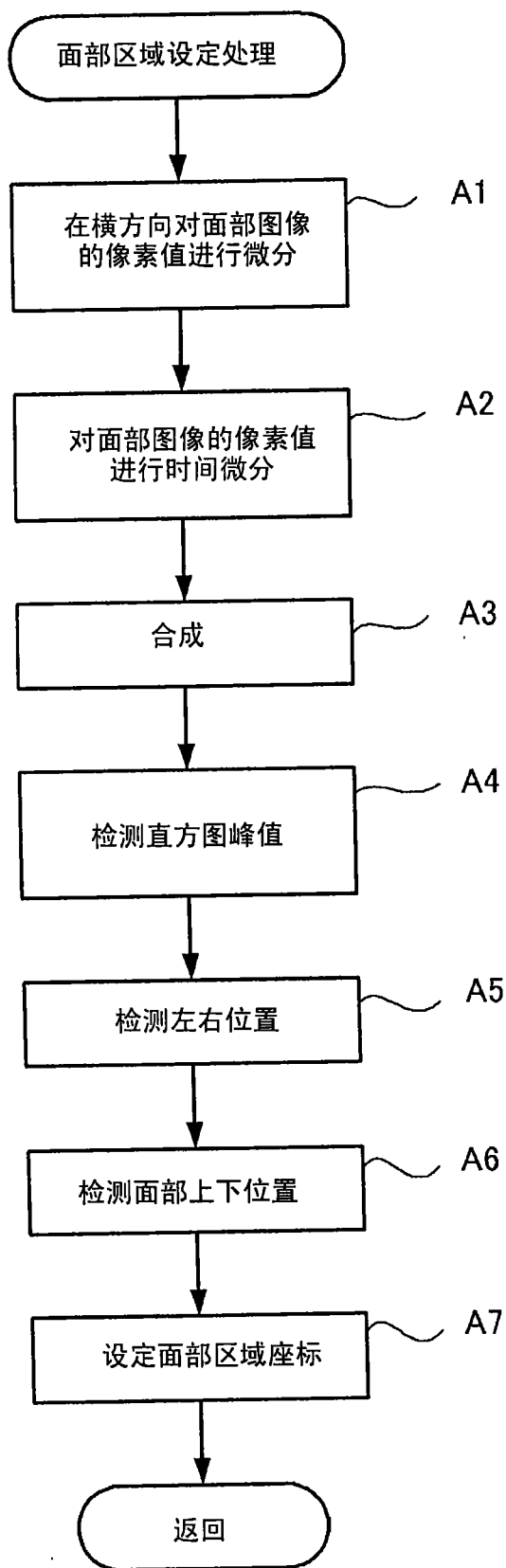


图 9

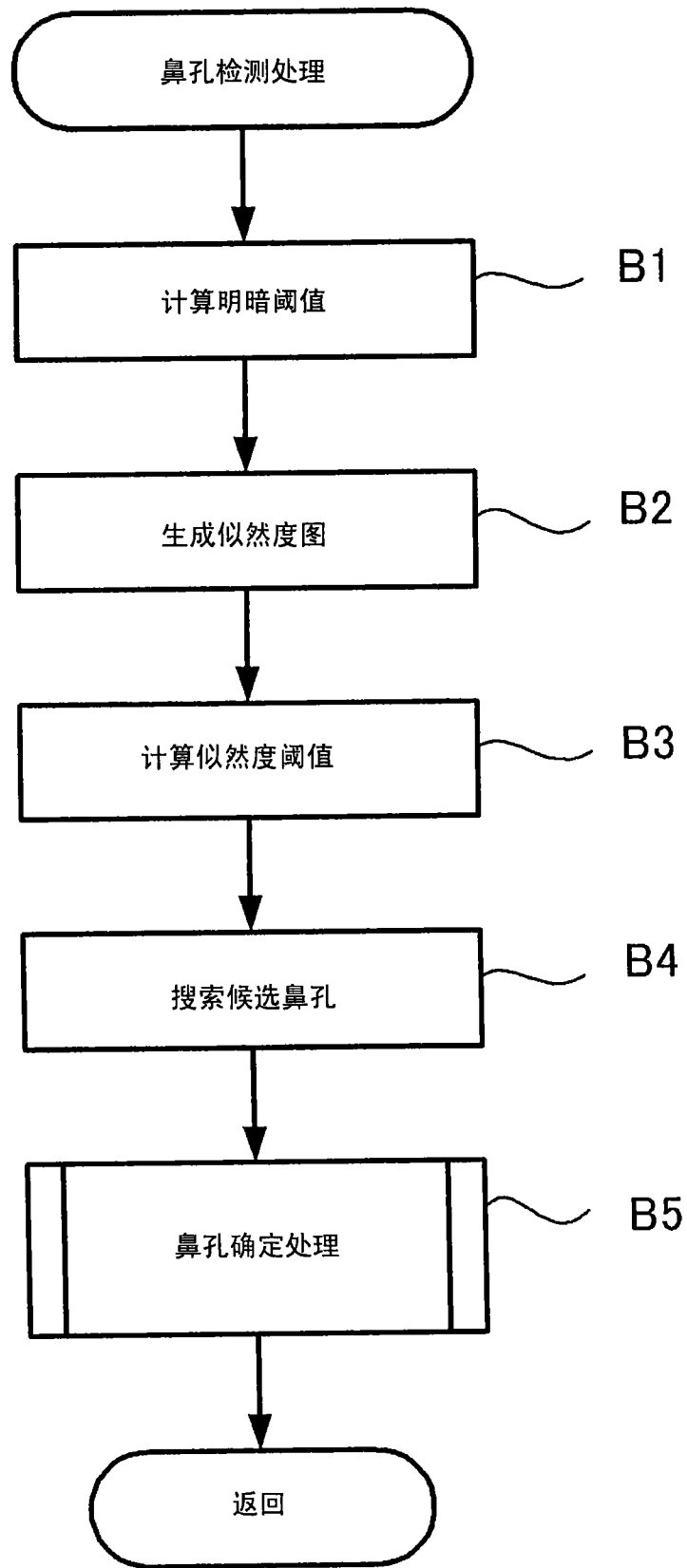


图 10

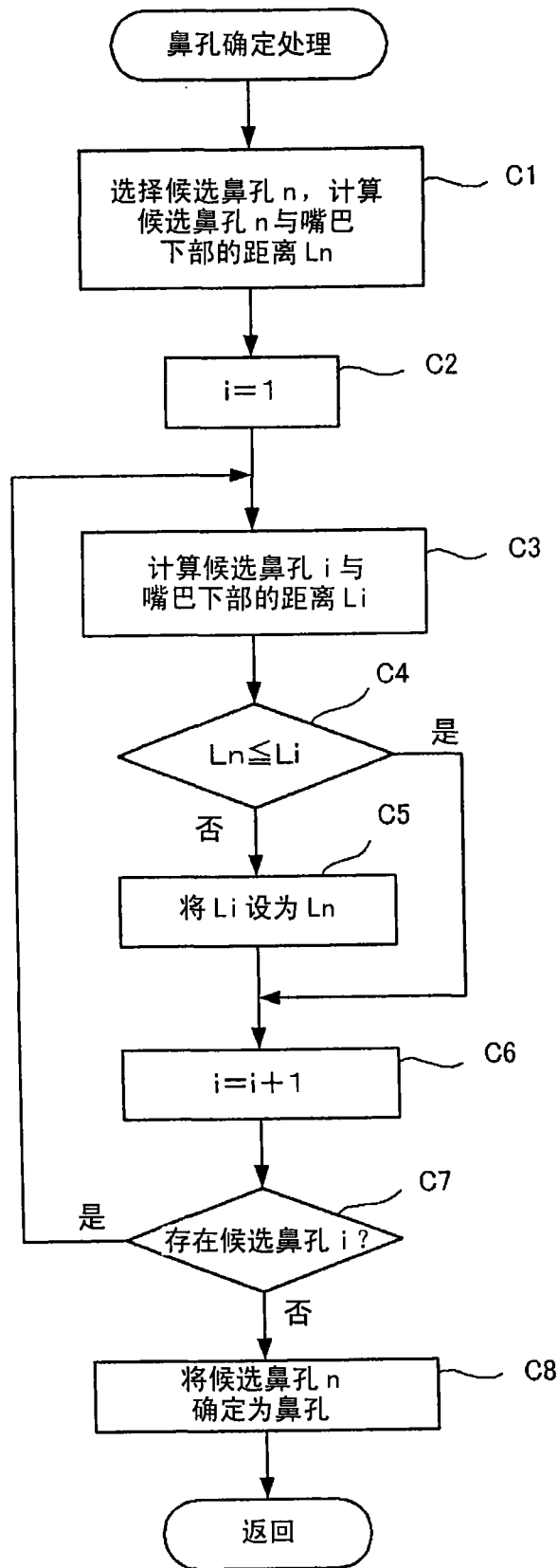


图 11