



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103124995 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201280003127. 8

B60R 1/00(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 02. 17

G06T 7/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

2011-034097 2011. 02. 21 JP

(56) 对比文件

JP 2010211701 A, 2010. 09. 24,

JP 2009266136 A, 2009. 11. 12,

JP 2007280132 A, 2007. 10. 25,

JP 2008003941 A, 2008. 01. 10,

CN 1918451 A, 2007. 02. 21,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 03. 28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/053834 2012. 02. 17

审查员 赵云峰

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/115009 JA 2012. 08. 30

(73) 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 土谷千加夫 早川泰久 田中慎也

古性裕之 深田修

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邸万奎

(51) Int. Cl.

G08G 1/16(2006. 01)

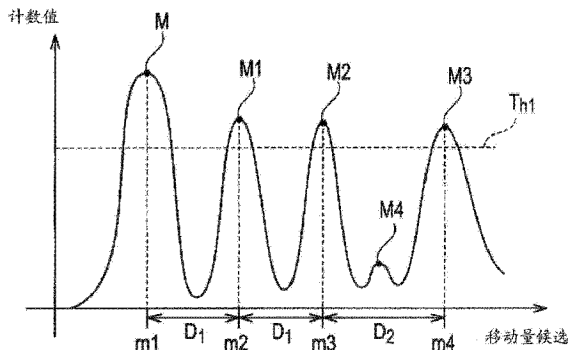
权利要求书4页 说明书22页 附图18页

(54) 发明名称

周期性静止物体检测装置和周期性静止物体检测方法

(57) 摘要

本发明提供周期性静止物体检测装置,从鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对在该规定区域中包含的多个小区域的每一个提取立体物体的特征点,计算与鸟瞰图像上的规定区域内的特征点的分布对应的波形数据,根据该波形数据的峰信息是否为规定的阈值以上,判断具有被提取出的特征点的立体物体是否为周期性静止物体候选。



1. 一种周期性静止物体检测装置, 检测移动物体的周围存在的周期性静止物体, 其特征在于, 包括:

摄像装置, 被安装在所述移动物体上, 能够拍摄所述移动物体的周围;

视点变换单元, 对由所述摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;

特征点提取单元, 从所述鸟瞰图像的规定区域的图像数据, 对实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个, 提取沿着该垂直假想线而存在的边缘要素, 作为立体物的特征点;

波形数据计算单元, 对每一个所述垂直假想线累计由所述特征点提取单元提取出的所述边缘要素的个数, 计算将累计的所述边缘要素的个数与所述实际空间中的所述垂直假想线的位置相对应的边缘分布波形;

计数单元, 检测所述波形数据计算单元算出的边缘分布波形的峰, 并对检测出的峰的个数进行计数; 以及

周期性静止物体判断单元, 在所述计数单元计数的峰的个数为规定的第 1 阈值以上时, 判定具有由所述特征点提取单元提取出的特征点的立体物体是周期性静止物体候选。

2. 如权利要求 1 所述的周期性静止物体检测装置, 其特征在于,

所述计数单元检测所述波形数据计算单元算出的边缘分布波形的峰, 并对检测出的峰中以等间隔排列的峰的个数进行计数。

3. 如权利要求 2 所述的周期性静止物体检测装置, 其特征在于,

所述周期性静止物体判断单元在规定时间持续检测到所述周期性静止物体候选时, 判定该周期性静止物体候选为周期性静止物体。

4. 如权利要求 1 所述的周期性静止物体检测装置, 其特征在于, 还包括:

速度检测器, 检测所述移动物体的移动速度;

位置匹配单元, 根据由所述速度检测器检测出的移动速度, 使边缘分布波形沿着表示实际空间中的所述垂直假想线的位置的轴平行移动, 并使由所述波形数据计算单元算出的第 1 时刻的边缘分布波形的的位置与不同于所述第 1 时刻的第 2 时刻的边缘分布波形的的位置匹配; 以及

差分计算单元, 计算所述位置匹配单元进行了位置匹配后的边缘分布波形和所述第 2 时刻的边缘分布波形之间的差分的分布波形,

所述周期性静止物体判断单元将所述差分计算单元算出的差分的分布波形进行积分而算出第 1 积分值, 并且将所述第 1 时刻的边缘分布波形、所述第 2 时刻的边缘分布波形、或所述位置匹配单元进行了位置匹配后的边缘分布波形的其中一个进行积分而算出第 2 积分值, 计算所述第 1 积分值相对于所述第 2 积分值的比, 根据该比的值是否小于规定的第 2 阈值, 判定所述周期性静止物体候选是否处于静止。

5. 如权利要求 1 所述的周期性静止物体检测装置, 其特征在于, 还包括:

速度检测器, 检测所述移动物体的移动速度;

位置匹配单元, 根据由所述速度检测器检测出的移动速度, 使边缘分布波形沿着表示实际空间中的所述垂直假想线的位置的轴平行移动, 并使由所述波形数据计算单元算出的第 1 时刻的边缘分布波形的的位置与不同于所述第 1 时刻的第 2 时刻的边缘分布波形的的位置匹配; 以及

差分计算单元,计算所述位置匹配单元进行了位置匹配后的边缘分布波形和所述第 2 时刻的边缘分布波形之间的第 1 差分的分布波形、和所述第 1 时刻的边缘分布波形和所述第 2 时刻的边缘分布波形之间的第 2 差分的分布波形,

所述周期性静止物体判断单元将所述第 1 差分的分布波形进行积分而算出第 1 积分值,并且将所述第 2 差分的分布波形进行积分而算出第 2 积分值,计算第 1 积分值相对于第 2 积分值的比,根据该比的值是否小于规定的第 3 阈值,判定所述周期性静止物体候选是否处于静止。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,

所述周期性静止物体判断单元在规定时间持续地检测出所述周期性静止物体候选处于静止时,判定该周期性静止物体候选为周期性静止物体。

7. 一种周期性静止物体检测方法,检测移动物体的周围存在的周期性静止物体,其特征在于,包括:

摄像步骤,通过被安装在所述移动物体上的摄像装置,拍摄所述移动物体的周围;

视点变换步骤,对由所述摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;

特征点提取步骤,从所述鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个,提取沿着该垂直假想线而存在的边缘要素,作为立体物的特征点;

波形数据计算步骤,对每一个所述垂直假想线累计由所述特征点提取步骤提取出的所述边缘要素的个数,计算将累计的所述边缘要素的个数与所述实际空间中的所述垂直假想线的位置相对应的边缘分布波形;

计数步骤,检测所述波形数据计算步骤算出的边缘分布波形的峰,并对检测出的峰的个数进行计数;以及

周期性静止物体判断步骤,在通过所述计数步骤计数的峰的个数为规定的第 1 阈值以上时,判定具有由所述特征点提取步骤提取出的特征点的立体物体是周期性静止物体候选。

8. 一种周期性静止物体检测装置,检测移动物体的周围存在的周期性静止物体,其特征在于,包括:

摄像装置,被安装在所述移动物体上,能够拍摄所述移动物体的周围;

视点变换单元,对由所述摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;

速度检测器,检测所述移动物体的移动速度;以及

移动范围计算单元,根据所述摄像装置的拍摄间隔和由所述速度检测器检测出的移动速度,计算在所述鸟瞰图像上的周期性静止物体的移动范围,

特征点提取单元,包括:

位置匹配单元,将由所述视点变换单元生成的不同时刻的图像数据的位置进行匹配;

立体物体检测单元,根据由所述位置匹配单元进行了位置匹配后的不同时刻的图像数据的差分图像数据检测多个立体物体;以及

移动量候选计算单元,通过将从第 1 时刻的差分图像数据检测出的多个立体物和从与第 1 时刻不同的第 2 时刻的差分图像数据检测出的多个立体物互相关联对应,从而计算由所述立体物体检测单元检测到的多个立体物体的移动量候选;

计数单元,作成对每一个规定的移动量计数了所述移动量候选的数的直方图;以及  
周期性静止物体判断单元,在所述计数单元作成的直方图的峰值为规定阈值以上时,判定与对应于该峰的移动量候选关联对应的立体物体是周期性静止物体候选,在由所述移动范围计算单元算出的移动范围内存在所述直方图的峰的情况下,判断所述周期性静止物体候选为周期性静止物体。

9. 如权利要求 8 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,  
所述移动量候选计算单元对各个立体物体计算多个移动量候选。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,  
所述周期性静止物体判断单元根据所述峰值的最大值求所述规定阈值。

11. 如权利要求 8 或 9 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,还包括:  
周期性判定单元,根据所述峰的发生位置判断周期性,并且在判断为有周期性的情况下,使所述规定阈值降低。

12. 如权利要求 11 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,  
所述周期性判定单元根据具有由所述峰值的最大值求出的所述规定阈值以上的值的峰的发生位置来判断周期性。

13. 如权利要求 11 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,还包括:  
横向移动检测单元,检测所述移动物体的横向移动,  
所述周期性判定单元在通过所述横向移动检测单元检测出规定以上的横向移动,并且已使所述规定阈值降低的情况下,使降低的所述规定阈值初始化。

14. 如权利要求 8 或 9 所述的周期性静止物体检测装置,其特征在于,  
所述周期性静止物体判断单元存储在前次处理中被判断为具有周期性时的峰的发生位置和峰值,在本次处理中被判断为有周期性的峰以外还检测到具有所述规定阈值以上的峰值的峰的情况下,在本次处理中被判断为有周期性的峰值的平均值与前次处理中被判断为有周期性的峰值的平均值相比不小规定值以上的情况下,判断为所述周期性静止物体候选为周期性静止物体,并且在本次处理中被判断为有周期性的峰值的平均值与前次处理中被判断为有周期性的峰值的平均值相比小规定值以上的情况下,判断为存在移动物体。

15. 一种周期性静止物体检测方法,检测移动物体的周围存在的周期性静止物体,其特征在于,包括:

摄像步骤,通过被安装在所述移动物体上的摄像装置,拍摄所述移动物体的周围;

视点变换步骤,对由所述摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;

速度检测步骤,检测所述移动物体的移动速度;以及

移动范围计算步骤,根据所述摄像装置的拍摄间隔和由所述速度检测步骤检测出的移动速度,计算在所述鸟瞰图像上的周期性静止物体的移动范围,

特征点提取步骤,包括:

位置匹配步骤,将由所述视点变换步骤生成的不同时刻的图像数据的位置进行匹配;

立体物体检测步骤,根据由所述位置匹配步骤进行了位置匹配后的不同时刻的图像数据的差分图像数据检测多个立体物体;以及

移动量候选计算步骤,通过将从第 1 时刻的差分图像数据检测出的多个立体物和从与第 1 时刻不同的第 2 时刻的差分图像数据检测出的多个立体物互相关联对应,从而计算由

所述立体物体检测步骤检测到的多个立体物体的移动量候选；

计数步骤，作成对每一个规定的移动量计数了所述移动量候选的数的直方图；以及

周期性静止物体判断步骤，在所述计数步骤作成的直方图的峰值为规定阈值以上时，判定与对应于该峰的移动量候选关联对应的立体物体是周期性静止物体候选，在由所述移动范围计算步骤算出的移动范围内存在所述直方图的峰的情况下，判断所述周期性静止物体候选为周期性静止物体。

## 周期性静止物体检测装置和周期性静止物体检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及周期性静止物体检测装置和周期性静止物体检测方法。

### 背景技术

[0002] 以往,提出从通过照相机摄像的多个摄像图像生成差分图像,在差分图像中的差分存在的区域的形状向照相机的摄像方向的主轴变化的情况下,判断为该差分为静止的立体物体的物体检测装置(参照专利文献1)。

[0003] 现有技术

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:特开2007-129560号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 专利文献1中记载的物体检测装置是判断单独存在的静止的立体物体的装置。因此,难以区别并识别路标塔、栏杆根部、电线杆等在路边周期性存在的静止的立体物体(以下称为周期性静止物体)与其它的立体物体。

[0008] 本发明是为了解决上述课题而完成的,目的是提供能够高精度地检测周期性静止物体的周期性静止物体检测装置和周期性静止物体检测方法。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一个方式是周期性静止物体检测装置,检测移动物体的周围存在的周期性静止物体。该周期性静止物体检测装置包括:摄像装置,被安装在移动物体上,能够拍摄移动物体的周围;视点变换单元,对由摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;特征点提取单元,从鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对在该规定区域中包含的多个小区域的每一个提取立体物体的特征点;波形数据计算单元,计算与由特征点提取单元提取出的特征点在鸟瞰图像上的规定区域内的分布对应的波形数据;峰信息检测单元,检测波形数据的峰信息;周期性静止物体候选检测单元,根据峰信息是否为规定的第1阈值以上,判断具有由特征点提取单元提取出的特征点的立体物体是否为周期性静止物体候选;以及周期性静止物体判断单元,在通过周期性静止物体候选检测单元检测周期性静止物体候选,并且在规定的条件下完成了该检测时,判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。

[0011] 本发明的另一个方式是周期性静止物体检测方法,检测移动物体的周围存在的周期性静止物体。该周期性静止物体检测方法包括:摄像步骤,通过被安装在移动物体上的摄像装置,拍摄移动物体的周围;视点变换步骤,对由摄像装置拍摄的图像进行视点变换处理而生成鸟瞰图像;特征点提取步骤,从鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对在该规定区域中包含的多个小区域的每一个提取立体物体的特征点;波形数据计算步骤,计算与由特征点提取步骤提取出的特征点在鸟瞰图像上的规定区域内的分布对应的波形数据;峰信息检测

步骤,检测波形数据的峰信息;周期性静止物体候选检测步骤,根据峰信息是否为规定的第1阈值以上,判断具有由特征点提取步骤提取出的特征点的立体物体是否为周期性静止物体候选;以及周期性静止物体判断步骤,在通过周期性静止物体候选检测步骤检测周期性静止物体候选,并且在规定的条件下完成了该检测时,判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。

## 附图说明

[0012] 图1是本发明的第1实施方式的周期性静止物体检测装置的概略结构图,表示在车辆上安装了周期性静止物体检测装置的情况的例子。

[0013] 图2是表示图1所示的本车辆的行驶状态的俯视图。

[0014] 图3是表示图1所示的计算机的细节的方框图。

[0015] 图4是表示图3所示的位置匹配单元的处理的概要的俯视图,(a)表示本车辆的移动状态,(b)表示位置匹配的概要。

[0016] 图5是表示图3所示的移动量候选计算单元的处理的细节的图,(a)表示时刻 $t$ 中的差分图像 $PD_t$ ,(b)表示时刻 $t-1$ 中的差分图像 $PD_{t-1}$ 。

[0017] 图6是表示图3所示的位置匹配单元和立体物体检测单元的处理的流程图。

[0018] 图7是表示图3所示的周期性判定单元的处理的流程图。

[0019] 图8是表示图3所示的通过计数单元生成的直方图的图。

[0020] 图9是表示图3所示的移动范围计算单元和周期性静止物体判定单元的处理的流程图。

[0021] 图10是表示图9所示的步骤S27的细节的图,(a)表示其它车辆进入周期性静止物体的跟前侧的情况,(b)表示(a)时的直方图,(c)表示其它车辆进入了周期性静止物体的里侧的情况,(d)表示(c)时的直方图。

[0022] 图11是本发明的第2实施方式的周期性静止物体检测装置的概略结构图,表示周期性静止物体检测装置被安装在车辆上的情况下的例子。

[0023] 图12是表示图11所示的本车辆的行驶状态和摄像装置的摄像范围的图。

[0024] 图13是表示图11所示的计算机的细节的方框图。

[0025] 图14是表示图13所示的边缘分布接收单元、计数单元、周期性静止物体候选检测单元和周期性静止物体判断单元的详细动作的图。

[0026] 图15是表示本发明的第2实施方式的周期性静止物体检测方法的细节的流程图。

[0027] 图16是本发明的第2实施方式的周期性静止物体检测方法的细节的流程图,表示接续图15的处理。

[0028] 图17是表示本发明的第3实施方式的周期性静止物体检测装置的计算机的细节的方框图。

[0029] 图18是表示图17的位置匹配单元的详细动作的图。

[0030] 图19是表示图17的差分计算单元的详细动作的图。(a)表示边缘分布波形来源于周期性静止物体的情况的差分,(b)表示边缘分布波形来源于移动物体的情况的差分。

[0031] 图20是表示本发明的第3实施方式的周期性静止物体检测方法的细节的流程图,是与图16对应的图。

[0032] 图 21 是表示本发明的第 3 实施方式的变形例的周期性静止物体检测方法的细节的流程图,是与图 16 对应的图。

[0033] 标号说明

[0034] 1,2,3 周期性静止物体检测装置

[0035] 10 照相机(摄像装置)

[0036] 20 车速传感器(速度检测器)

[0037] 30,40 计算机

[0038] 31,41 视点变换单元

[0039] 32,51 位置匹配单元

[0040] 33 立体物体检测单元

[0041] 34 移动量候选计算单元

[0042] 35,43 计数单元

[0043] 36 移动范围计算单元

[0044] 37,45,53 周期性静止物体判断单元

[0045] 37a 周期性静止物体候选检测单元

[0046] 37b 周期性判定单元

[0047] 38 车道变更检测单元(横向移动检测单元)

[0048] 42 边缘分布计算单元

[0049] 44 周期性静止物体候选检测单元

[0050] 52 差分计算单元

[0051] a 张角

[0052]  $PB_t$  鸟瞰图像

[0053]  $PD_t$  差分图像

[0054] V 本车辆

## 具体实施方式

[0055] < 第 1 实施方式 >

[0056] 以下,根据附图说明本发明的优选实施方式。图 1 是本发明的第 1 实施方式的周期性静止物体检测装置 1 的概略结构图,表示在本车辆 V 上安装了周期性静止物体检测装置 1 的例子。图 1 所示的周期性静止物体检测装置 1 是检测在本车辆 V 的周围存在的周期性静止物体的装置,具体来说,是检测路标塔、栏杆根部、电线杆等那样在路边周期性存在的静止物体的装置。而且,在以下的例子中,以本车辆 V 为移动物体的一例进行说明,但是移动物体不限于本车辆 V,也可以是两轮车或自行车等其它移动物体。

[0057] 周期性静止物体检测装置 1 具有照相机(摄像装置)10、车速传感器 20(速度检测器)、计算机 30。图 1 所示的照相机 10 在本车辆 V 的后方高度 h 的位置安装,使得光轴从水平向下为角度  $\theta$ 。照相机 10 从该位置拍摄规定的检测区域。车速传感器 20 检测本车辆 V 的行驶速度,例如根据通过对车轮检测转速的车轮速度传感器检测到的车轮速度计算速度。计算机 30 根据由照相机 10 拍摄的图像和来自车速传感器 20 的信号,检测本车辆 V 的周围存在的周期性静止物体。



[0058] 图 2 是表示图 1 所述的本车辆 V 的行驶状态的俯视图。如图 2 所示,照相机 10 以规定的张角  $\alpha$  拍摄车辆后方侧。这时,照相机 10 的张角  $\alpha$  变宽,除了本车辆 V 行驶的车道,对于周期性静止物体存在的路边也能够进行拍摄。

[0059] 图 3 是表示图 1 所述的计算机 30 的细节的方框图。而且,在图 3 中,为了明确连接关系,对于照相机 10 和车速传感器 20 也进行了图示。

[0060] 如图 3 所示,计算机 30 包括:视点变换单元 31、位置匹配单元 32、立体物体检测单元 33、移动量候选计算单元 34、计数单元 35、移动范围计算单元 36、周期性静止物体判断单元 37、和车道变更检测单元(横向移动检测单元) 38。

[0061] 视点变换单元 31 输入由照相机 10 拍摄得到的摄像图像数据,将输入的摄像图像数据视点变换为进行俯视的状态的俯视图像数据。所谓进行俯视的状态,是从上空从例如垂直向下看的假想照相机的视点看的状态。该视点变换例如如专利文献 1 中记载那样执行。

[0062] 位置匹配单元 32 依次输入通过视点变换单元 31 的视点变换得到的俯视图像数据,使输入的不同时刻的俯视图像数据的位置匹配。图 4 是表示图 3 所示的位置匹配单元 32 的处理的概要的俯视图,(a) 表示本车辆 V 的移动状态,(b) 表示位置匹配的概要。

[0063] 如图 4 (a)所示,假设当前时刻的本车辆 V 位于  $V_1$ ,前一时刻本车辆 V 位于  $V_2$ 。而且,假设其它车辆  $V_0$  位于本车辆 V 的后侧方区域而与本车辆 V 为并行状态,当前时刻的其它车辆  $V_0$  位于  $V_{01}$ ,前一时刻其它车辆  $V_0$  位于  $V_{02}$ 。而且,假设本车辆 V 一时刻移动了距离  $d$ 。再有,所谓前一时刻,既可以是距当前时刻的预定的时间(例如 1 控制周期)的过去的时刻,也可以是任意的时间的过去的时刻。

[0064] 在这样的状态中,当前时刻的鸟瞰图像  $PB_t$  如图 4(b)所示。在该鸟瞰图像  $PB_t$  中,关于路面上描绘的白线为矩形形状,比较正确地成为俯视的状态,但是关于位于  $V_{01}$  的其它车辆  $V_0$ ,发生跌落。而且,对于一时刻前的鸟瞰图像  $PB_{t-1}$  也一样,关于路面上描绘的白线为矩形形状,比较正确地成为俯视的状态,但是关于位于  $V_{02}$  的其它车辆  $V_0$ ,发生跌落。

[0065] 位置匹配单元 32 在数据上执行上述那样的鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的位置匹配。这时,位置匹配单元 32 使前一时刻的鸟瞰图像  $PB_{t-1}$  偏移,使其位置与当前时刻的鸟瞰图像  $PB_t$  一致。偏移量  $d'$  为仅与图 4 (a) 所示的移动距离  $d$  对应的量,它根据来自车速传感器 20 的信号和从前一时刻至当前时刻的时间来决定。

[0066] 立体物体检测单元 33 根据差分图像  $PD_t$  的数据检测多个立体物体。具体来说,立体物体检测单元 33 取鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的差分,生成差分图像  $PD_t$  的数据。这里,差分图像  $PD_t$  的像素值既可以是将鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的像素值的差绝对值化的值,也可以为了与亮度环境的变化对应而在该绝对值超过规定值时设为“1”,未超过时设为“0”。而且,立体物体检测单元 33 判断在差分图像  $PD_t$  的数据上检测到作为上述“1”的区域中存在立体物体。

[0067] 再次参照图 3。移动量候选计算单元 34 计算通过立体物体检测单元 33 检测到的多个立体物体的移动量候选。图 5 是表示图 3 所示的移动量候选计算单元 34 的处理细节的图,(a) 表示时刻  $t$  中的差分图像  $PD_t$ , (b) 表示时刻  $t-1$  中的差分图像  $PD_{t-1}$ 。

[0068] 首先,移动量候选计算单元 34 从图 5 (b)所示那样的时刻  $t-1$  中的差分图像  $PD_{t-1}$  的数据检测立体物体的接地点(特征点)。所谓接地点,是立体物体与地面的接触点。这时,

移动量候选计算单元 34 从检测到的立体物体中,检测与本车辆 V 的照相机 10 最接近的位置作为接地点。移动量候选计算单元 34 对于通过立体物体检测单元 33 判断为在差分图像  $PD_{t-1}$  的数据上存在立体物体的每个区域(小区域)检测接地点。

[0069] 具体来说,移动量候选计算单元 34 对于立体物体  $O_1$  检测接地点  $P_1$ ,对于立体物体  $O_2$  检测接地点  $P_2$ ,对于立体物体  $O_3$  检测接地点  $P_3$ 。接着,移动量候选计算单元 34 对于图 5 (a) 所示那样的时刻 t 中的差分图像  $PD_t$  设定宽度 W 的区域 T。这时,移动量候选计算单元 34 在与时刻 t-1 中的差分图像  $PD_{t-1}$  的数据的接地点  $P_1 \sim P_3$  对应的位置设定区域 T。

[0070] 接着,移动量候选计算单元 34 从时刻 t 中的差分图像  $PD_t$  的数据检测立体物体的接地点。这时,移动量候选计算单元 34 也对于通过立体物体检测单元 33 判断为在差分图像  $PD_t$  的数据上存在立体物体的每个区域(小区域)检测接地点。移动量候选计算单元 34 在检测到的立体物体中,检测最接近本车辆 V 的照相机 10 的位置作为接地点。即,移动量候选计算单元 34 对于立体物体  $O_4$  检测接地点  $P_4$ ,对于立体物体  $O_5$  检测接地点  $P_5$ ,对于立体物体  $O_6$  检测接地点  $P_6$ 。这样,位置匹配单元 32、立体物体检测单元 33 和移动量候选计算单元 34 起到从鸟瞰图像的规定区域的图像数据(差分图像的后侧方区域的图像数据),对该规定区域中包含的多个小区域的每一个(判断为在差分图像的图像数据上存在立体物体的每个区域)提取立体物体的特征点(接地点)的特征点提取单元的作用。

[0071] 然后,移动量候选计算单元 34 将接地点之间关联对应。即,移动量候选计算单元 34 对于接地点  $P_1$  将接地点  $P_4$  关联对应,同时对于接地点  $P_1$  将接地点  $P_5$  关联对应,并且对于接地点  $P_1$  将接地点  $P_6$  关联对应。同样,移动量候选计算单元 34 对于接地点  $P_2$ 、 $P_3$  也将接地点  $P_4 \sim P_6$  关联对应。

[0072] 之后,移动量候选计算单元 34 计算关联对应的接地点  $P_1 \sim P_6$  之间的距离(即移动量候选)。然后,移动量候选计算单元 34 将算出的距离作为移动量候选。这样,移动量候选计算单元 34 对于各个立体物体计算多个移动量候选。由此,可以抑制唯一地决定立体物体的移动量,对于同样的图像的特征周期性出现的周期性静止物体错误地计算移动量事态。

[0073] 而且,设置区域 T 的理由是因为,即使由于本车辆 V 的俯仰或者摇摆等鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的位置匹配产生误差,也稳定地进行接地点  $P_1 \sim P_6$  的关联对应。而且,接地点  $P_1 \sim P_6$  的关联对应通过鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的接地点周围亮度分布的匹配处理来决定。

[0074] 再次参照图 3。计数单元 35 是对由移动量候选计算单元 34 算出的移动量候选进行计数的单元,通过计数作成直方图(波形数据)。例如,计数单元 35 在接地点  $P_1$  和接地点  $P_4$  的距离、接地点  $P_2$  和接地点  $P_5$  的距离、接地点  $P_3$  和接地点  $P_6$  的距离相同时,将计数值设为“3”。这样,计数单元 35 起到通过对移动量候选进行计数而作成直方图,计算与差分图像的后侧方区域中的各个接地点的分布对应(基于各个接地点之间的相对的位置关系)的波形数据的波形数据接收单元的作用。

[0075] 移动范围计算单元 36 根据照相机 10 的摄像间隔和由车速传感器 20 检测到的本车辆 V 的移动速度,计算周期性静止物体在鸟瞰图像上的移动范围。更详细地说,移动范围计算单元 36 计算相对于本车辆 V 的速度具有规定范围的余量的移动范围。这里,余量例如为  $\pm 10\text{km/h}$ 。如具体说明,移动范围计算单元 36 在照相机 10 的摄像间隔为 33ms,1 像素覆盖的车辆行驶方向的实际距离为 5cm 的情况下,1 控制周期中 1 像素移动的立体物体的速度

约为 5.5km/h。如果考虑由于车辆运动鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的精度恶化的情况,则为了允许该约 5.5km/h,需要  $\pm 10$ km/h 的余量。

[0076] 周期性静止物体判断单元 37 判断由立体物体检测单元 33 检测到的多个立体物体是否为周期性静止物体。周期性静止物体判断单元 37 具有周期性静止物体候选检测单元 37a 和周期性判定单元 37b。该周期性静止物体判断单元 37 根据由计数单元 35 作成的直方图、由移动范围计算单元 36 算出的移动范围、由周期性静止物体候选检测单元 37a 检测出的周期性静止物体候选(有为周期性静止物体的可能性的静止物体)、由周期性判定单元 37b 判定的周期性,判断由立体物体检测单元 33 检测到的多个立体物体是否为周期性静止物体。

[0077] 接着,参照流程图说明周期性静止物体检测方法。图 6 是表示图 3 所示的位置匹配单元 32 和立体物体检测单元 33 的处理的流程图。首先,位置匹配单元 32 输入由视点变换单元 31 检测到的不同时刻的鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的数据,进行位置匹配(S1)。接着,立体物体检测单元 33 取得在步骤 S1 中进行了位置匹配的鸟瞰图像  $PB_t$ 、 $PB_{t-1}$  的数据的差分(S2)。之后,立体物体检测单元 33 根据规定值执行二值化处理而生成差分图像  $PD_t$  的数据(S3)。然后,位置匹配单元 32 和立体物体检测单元 33 的处理结束。

[0078] 图 7 是表示图 3 所示的周期性静止物体候选检测单元 37a 和周期性判定单元 37b 的处理的流程图,图 8 是表示图 3 所示的由计数单元 35 生成的直方图的图。如图 8 所示,计数单元 35 对算出的移动量候选中相同的候选进行计数。即,在图 8 所示的例子中,由于检测到多个移动量  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ 、 $m_4$ ,所以它们的计数值高。

[0079] 如图 7 和图 8 所示,周期性静止物体候选检测单元 37a 首先根据直方图检测最大值  $M$ (峰值;峰信息)(S11)。接着,周期性静止物体候选检测单元 37a 根据在步骤 S11 中检测到的最大值  $M$  设定规定的阈值  $Th_1$ (S12)。这里,规定的阈值  $Th_1$  设定为最大值  $M$  的 70%。例如,在最大值  $M$  的计数值为“7”的情况下,规定的阈值  $Th_1$  被设定为“4.9”。这样,由于根据计数值的最大值  $M$  求规定的阈值  $Th_1$ ,所以即使由于本车辆  $V$  和立体物体的位置关系或者日照条件等,计数值的大小变化,也可以设定适当的阈值。而且,在本实施方式中,规定的阈值  $Th_1$  被设定为最大值  $M$  的 70%,但是不限于此。

[0080] 接着,周期性静止物体候选检测单元 37a 检测规定的阈值  $Th_1$  以上的极大值  $M_1 \sim M_3$ (峰值;峰信息)(S13)。这里,最大值  $M$  例如为“7”的情况下,周期性静止物体候选检测单元 37a 检测具有“5”以上的计数值的极大值  $M_1 \sim M_3$ 。这样,周期性静止物体候选检测单元 37a 具有检测直方图(波形数据)的峰信息的峰信息检测单元的功能。进而,周期性静止物体候选检测单元 37a 根据该峰信息是否为规定的阈值以上,判断具有检测出的接地点的各个立体物体是否为周期性静止物体。具体来说,例如周期性静止物体判断单元 37a 判定与对应于各个极大值  $M$ 、 $M_1 \sim M_3$ (包含最大值  $M$ ) 的移动量候选关联对应的立体物体(例如具有某两个接地点间的距离与各个极大值  $M$ 、 $M_1 \sim M_3$  的其中一个一致的情况下的该接地点的两个立体物体)为周期性静止物体候选。

[0081] 之后,周期性判定单元 37b 检测极大值  $M$ 、 $M_1 \sim M_3$ (包含最大值  $M$ ) 的间隔(峰信息),对检测到的间隔进行投票(S14)。即,在图 8 所示的例子中对于间隔  $D_1$  投票数为“2”,对于间隔  $D_2$  投票数为“1”。

[0082] 接着,周期性判定单元 37b 判定周期性(S15)。这时,周期性判定单元 37b 根据步

骤 S14 中的投票数是否为规定投票数以上来判定周期性。这里,规定投票数为从鸟瞰图像  $PB_i$  检测出的立体物体的检测数的一半。因此,在从鸟瞰图像  $PB_i$  检测出的立体物体的检测数为“4”的情况下,规定投票数为“2”。而且,规定投票数不限于上述情况,也可以是固定的值。

[0083] 在判定为有周期性的情况下(S15:是),周期性判定单元 37b 使步骤 S12 中的规定的阈值  $Th_1$  降低(S16)。然后,处理转移到步骤 S17。因此,例如规定的阈值  $Th_1$  被设定为最大值 M 的 70% 或者最大值 M 的 60% 等。而且,使规定的阈值  $Th_1$  降低的期间大致为 1 秒左右,每次被判定为有周期性时再次设定规定的阈值  $Th_1$ 。这样,根据计数值的极大值 M、M1 ~ M3 的发生位置,即间隔来判断周期性,在判断为有周期性的情况下使规定的阈值  $Th_1$  降低,所以如果一次判断周期性,则可以容易地判断周期性静止物体。另一方面,在一次判断周期性之前不降低规定的阈值  $Th_1$ ,可以抑制因位置匹配的误差等引起的立体物体的误检测。

[0084] 另一方面,在判定为没有周期性的情况下(S15,否),则不使规定的阈值  $Th_1$  降低,处理转移到步骤 S17。

[0085] 这样,周期性判定单元 37b 根据基于移动量候选值的计数值的最大值 M 的规定的阈值  $Th_1$  以上的极大值 M、M1 ~ M3 的发生位置(间隔)的投票数(峰信息)来判断周期性。因此,可以忽略值相对较小的极大值(例如图 8 的标号 M4),难以受到干扰的影响,可以进一步高精度地判断周期性。

[0086] 在步骤 S17 中,周期性判定单元 37b 判断是否由车道变更检测单元 38 检测到规定以上的横向移动(S17)。具体来说,车道变更检测单元 38 在检测到旋转信号接通,并且由车速传感器检测到的车速所决定的规定以上的转向角时,判断为检测到规定以上的横向移动。

[0087] 在判断出检测到规定以上的横向移动的情况下(S17,是),周期性判定单元 37b 在步骤 S16 中降低了规定的阈值  $Th_1$  的情况下,使降低的阈值  $Th_1$  初始化(S18)。由此,可以根据车道变更后的环境的变化适当地检测周期性静止物体。然后,图 7 所示的处理结束。另一方面,在判断出未检测到规定以上的横向移动的情况下(S17,否),则不初始化规定的阈值  $Th_1$ ,处理如图 7 所示的处理结束。

[0088] 图 9 是表示图 3 所示的移动范围计算单元 36 和周期性静止物体判断单元 37 的处理的流程图。如图 9 所示,首先,移动范围计算单元 36 计算静止相当移动量(S21)。即,移动范围计算单元 36 根据照相机 10 的摄像间隔和由车速传感器 20 检测出的本车辆 V 的移动速度,计算周期性静止物体在鸟瞰图像上的移动范围。这时,移动范围计算单元 36 计算对本车辆 V 的速度具有规定范围的余量的移动范围。

[0089] 接着,周期性静止物体判断单元 37 在通过周期性静止物体候选检测单元 37a 检测到周期性静止物体候选、并且该检测是在规定的条件下进行时,判定该周期性静止物体候选为周期性静止物体。具体来说,周期性静止物体判断单元 37 判断在步骤 S21 中算出的移动量的范围内是否存在极大值 M、M1 ~ M3 (直方图的峰)(S22)。在判断为在移动量的范围内存在极大值 M、M1 ~ M3 的任意一个的情况下(S22,是),则周期性静止物体判断单元 37 判断为存在周期性静止物体(判断为由周期性静止物体候选检测单元 37a 检测到的周期性静止物体候选为周期性静止物体)(S23)。即,周期性静止物体以相同间隔排列的情况较多,特定的计数值处于变大的倾向。而且,由于周期性静止物体处于静止,所以移动量候选的计

数值应收敛在考虑了移动物体的速度等的移动范围内。因此,在步骤 S22 中判断为“是”的情况下,即表明多个立体物体是周期性静止物体。然后,图 9 所示的处理结束。

[0090] 另一方面,在判断为在上述的移动量的范围内不存在极大值  $M$ 、 $M_1 \sim M_3$  的任意一个的情况下(S22, 否),周期性静止物体判断单元 37 判断是否通过 周期性判定单元 37b 判定为存在周期性(S24)。在判断出未通过周期性判定单元 37b 判定为存在周期性的情况下(S24, 否),周期性静止物体判断单元 37 将立体物体判断为移动物体(S25)。然后,图 9 所示的处理结束。

[0091] 在判断出由周期性判定单元 37b 判定为有周期性的情况下(S24, 是),周期性静止物体判断单元 37 根据规定的阈值  $Th_1$  以上的极大值检测非周期性的极大值(S26)。所谓非周期性的极大值例如相当于图 8 所示的极大值  $M_3$ 。该极大值  $M_3$  与相邻的极大值的间隔与其它极大值  $M$ 、 $M_1$ 、 $M_2$  不同。因此,周期性静止物体判断单元 37 将该极大值  $M_3$  判定为没有周期性的非周期性的极大值。

[0092] 然后,在未检测到非周期性的极大值的情况下(S26, 否),由于有周期性,不存在非周期性的极大值,所以周期性静止物体判断单元 37 判定为存在周期性的静止物体(S23)。

[0093] 另一方面,在未能检测到非周期性的极大值的情况下(S26, 有),周期性静止物体判断单元 37 判断周期性的极大值  $M$ 、 $M_1$ 、 $M_2$  是否低于前次值(S27)。在该处理中,周期性静止物体判断单元 37 计算本次处理中的周期性的极大值  $M$ 、 $M_1$ 、 $M_2$  的平均值,并且还计算前次处理中的周期性的极大值的平均值。然后,周期性静止物体判断单元 37 判断本次处理的平均值是否比前次处理的平均值低规定值以上。

[0094] 在判断出周期性的极大值  $M$ 、 $M_1$ 、 $M_2$  比前次值低的情况下(S27, 是),周期性静止物体判断单元 37 判断为其它车辆等进入了本车辆  $V$  和周期性静止物体之间,并检测移动物体(S25)。然后,结束图 9 所示的处理。

[0095] 另一方面,在判断出周期性的极大值  $M$ 、 $M_1$ 、 $M_2$  不比前次值低的情况下(S27, 否),周期性静止物体判断单元 37 判断为从本车辆  $V$  看,其它车辆等进入了周期性静止物体的里侧,并检测周期性静止物体(S23)。然后,结束图 9 所示的处理。

[0096] 图 10 是表示图 9 所示的步骤 S27 的细节的图,(a)表示其它车辆  $V_0$  进入了周期性静止物体跟前侧的情况,(b)表示(a)时的直方图,(c)表示其它车辆  $V_0$  进入了周期性静止物体的里侧的情况,(d)表示(c)时的直方图。而且,图 10 (b)和(d)中的虚线表示其它车辆进入前的直方图,实线表示其它车辆进入后的直方图。

[0097] 首先,如图 10 (a)所示,假设其它车辆  $V_0$  进入了周期性静止物体的跟前侧。这时,由于周期性静止物体被其它车辆  $V_0$  遮挡,所以如图 10 (b)所示,周期性的极大值的计数值存在变小的倾向。特别是,在其它车辆  $V_0$  进入周期性静止物体的跟前侧的情况下,其它车辆  $V_0$  可能存在于本车辆  $V$  可能变更车道的位置。因此,在这样的情况下,周期性静止物体判断单元 37 检测其它车辆  $V_0$  (移动物体)。

[0098] 相对于此,如图 10 (c)所示,假设其它车辆  $V_0$  进入周期性静止物体的里侧。这时,周期性静止物体不被其它车辆  $V_0$  遮挡。因此,基本上不对周期性极大值的计数值产生影响,周期性的极大值的计数值不怎么变小。在其它车辆  $V_0$  进入周期性静止物体的里侧的情况下,由于在本车辆  $V$  可能变更车道的位置不存在其它车辆  $V_0$ ,所以在这样的情况下,周期性静止物体判断单元 37 检测周期性静止物体。

[0099] 按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,从鸟瞰图像中的后侧方区域(规定区域)的差分图像的图像数据,对于在差分图像的图像数据上被判断为存在立体物体的每个区域(规定区域中包含的多个小区域的每一个)提取立体物体的接地点(特征点),计算与鸟瞰图像上的后侧方区域中的接地点的分布对应的直方图(波形数据),根据该直方图的峰信息(峰的值、峰的间隔的投票数等)是否为规定的阈值以上,判断具有提取出的接地点的立体物体是否为周期性静止物体候选。因此,按照周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,可以更明确地提取周期性静止物体具有的周期性(反复性)作为波形数据的峰信息,可以更容易地从摄像图像中包含的立体物体中提取周期性静止物体候选。由此,能够更高精度地提取周期性静止物体。

[0100] 在周期性静止物体中,具有类似外观的静止物体大致等间隔排列的情况很多。在通过移动的摄像装置拍摄了这样的周期性静止物体的情况下,难以判别前次图像中的周期性静止物体的各个要素与本次图像中的哪个部位对应。于是,在该情况下,也难以判断拍摄到的周期性静止物体是静止物体还是移动物体。而且,由于移动物体的移动速度、摄像装置的摄像间隔、周期性静止物体的间距等的条件,有将周期性静止物体误认为移动物体的危险。

[0101] 按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,如上所述,能够从摄像图像中包含的立体物体中更高精度地提取周期性静止物体,能够防止将周期性静止物体误认为移动物体。

[0102] 周期性静止物体在差分图像上生成周期性存在的差分区域。这些周期性差分区域,也难以将各个区域与前述图像中哪个部位相当关联对应地计算移动量,难以判断是否为静止物体。

[0103] 按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于计算被检测到的多个立体物体的移动量候选,并对计算出的移动量候选进行计数,因此在周期性差分区域各自与前图像中哪个部位对应的情况不清楚的状态下进行计数。然后,在计数的移动量候选的计数值中,在判断出移动物体的移动范围内的计数值为阈值  $Th_1$  以上的情况下,判断为多个立体物体为周期性静止物体。这里,周期性静止物体以相同间隔排列的情况较多,处于特定的计数值变大的倾向。而且,由于周期性静止物体处于静止,所以移动量候选的计数值应收敛在考虑了移动物体的速度等的移动范围内。因此,在考虑了移动物体的速度等的移动范围内收敛的特定的计数值为规定的阈值  $Th_1$  以上的情况下,可以说多个立体物体为周期性静止物体。因此,可以精度更好地检测周期性静止物体。

[0104] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于对各个立体物体计算多个移动量候选,所以可以抑制唯一地决定立体物体的移动量,对于相同的图像的特征周期性地出现的周期性静止物体错误计算移动量事态。

[0105] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于从计数的计数值的最大值  $M$  求规定的阈值  $Th_1$ ,所以即使计数值的大小由于移动物体和立体物体的位置关系或日照条件等而变化,也可以设定适当的阈值  $Th_1$ 。

[0106] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于根据计数的计数值的极大值  $M$ 、 $M_1 \sim M_3$  的发生位置判断周期性,在判断出存在周期性的情况下降低规定的阈值  $Th_1$ ,所以可以容易在一次判断周期性时判断周期性静止物体。

另一方面,在一次判断周期性之前不使规定的阈值  $Th_1$  降低,可以抑制因位置匹配的误差等引起的立体物体的误检测。

[0107] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于根据基于计数值的最大值  $M$  的规定阈值  $Th_1$  以上的极大值  $M$ 、 $M1 \sim M3$  的发生位置判断周期性,所以可以忽视值比较小的极大值,可以难以受到干扰的影响,进一步高精度地判断周期性。

[0108] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,由于在检测规定以上的横向移动,并且已使规定的阈值  $Th_1$  降低的情况下,由于使降低了的阈值  $Th_1$  初始化,所以在本车辆  $V$  已变更了车道的情况下进行初始化,可以与车道变更后的环境的变化相应,适当地检测周期性静止物体。

[0109] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,在检测到除了本次处理中判断为有周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  以外的、规定的阈值  $Th_1$  以上的极大值  $M3$  的情况下,在此次处理中被判断为有周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  的平均值与前次处理中被判断为有周期性时的极大值的平均值相比不小规定以上的情况下,判断为多个立体物体为周期性的静止物体。另一方面,在小规定值以上的情况下,判断为存在移动物体。

[0110] 而且,这里,所谓除了在此次处理中被判断为有周期性的  $M$ 、 $M1$  以外还检测到规定的阈值  $Th_1$  以上的极大值  $M3$  的情况,例如设想其它车辆等进入了画面张角内的情况。在这样的情况下,设想从本车辆  $V$  看,其它车辆等进入了周期性静止物体的里侧时、和进入了跟前侧时的情况。

[0111] 在其它车辆等进入了里侧的情况下,基本上对周期性静止物体的周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  没有影响,而倾向于检测非周期性的极大值  $M3$ 。另一方面,在其它车辆等进入到跟前侧的情况下,由于周期性静止物体被其它车辆等遮挡,所以倾向于周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  的计数值变小。

[0112] 因此,在本次处理中被判断为有周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  的平均值与前次处理中被判断为有周期性时的极大值的平均值相比,不小规定值以上的情况下,由于其它车辆等位于不是可能变更车道的位置的周期性静止物体的里侧,所以不需要检测该其它车辆等的移动物体。另一方面,在本次处理中被判断为有周期性的极大值  $M$ 、 $M1$ 、 $M2$  的平均值与前次处理中被判断为有周期性时的极大值的平均值相比,小规定值以上的情况下,由于其它车辆等存在于可能变更车道的位置的周期性静止物体的跟前侧,所以检测移动物体。

[0113] 因此,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 1 和周期性静止物体检测方法,可以进行与实际的现象相应的适当的判断。

[0114] 而且,在上述实施方式中将拍摄的当前时刻的图像和前一时刻的图像变换为鸟瞰图,在进行了变换后的鸟瞰图的位置匹配后生成差分图像  $PD_t$ ,但是不限于此。例如,也可以仅将前一时刻的图像变换为鸟瞰图,在将变换后的鸟瞰图进行了位置匹配后再次相当地变换为拍摄的图像,以该图像与当前时刻的图像生成差分图像。即,只要是进行当前时刻的图像和前一时刻的图像的位置匹配,根据进行了位置匹配的两个图像的差分生成差分图像  $PD_t$ ,则也可以不必公开地生成鸟瞰图。

[0115] < 第 2 实施方式 >

[0116] 以下,根据附图说明本发明的第2实施方式。而且,对于在第1实施方式中说明的特征等同的特征,赋予与它们相同的标号而省略说明。

[0117] 图11是本实施方式的周期性静止物体检测装置2的概略结构图。本实施方式示出了周期性静止物体检测装置2被安装在本车辆V的情况下的例子。如图11所示,周期性静止物体检测装置2具有照相机10和计算机40。

[0118] 图12是表示图11所示的照相机10的摄像范围等的图。如图12所示,照相机10与第1实施方式一样,以规定的张角 $\alpha$ 拍摄本车辆V的后侧方区域。照相机10的张角 $\alpha$ 被设定为,在照相机10的摄像范围内,除了本车辆V行驶从车道,还包含相邻的车道或路侧。

[0119] 计算机40在由照相机10拍摄的摄像图像中,对于周期性静止物体的检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 内的部位执行各种处理。由此,计算机40判定检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 内存在的立体物体是否为周期性静止物体。检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 如从上方看则为矩形。检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的位置既可以从对于本车辆V的相对位置设定,也可以利用已存在的白线识别技术等,以白线的位置为基准进行设定。鸟瞰图像上的检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的形状不限于矩形。在将实际空间中的矩形形状区域设为检测区域的情况下,也可以将鸟瞰图像上的检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的形状作为梯形形状。

[0120] 检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的本车辆V侧的边(沿着行驶方向的边)设定作为接地线 $L_1$ 、 $L_2$ 。接地线 $L_1$ 、 $L_2$ 意味着与本车辆V行驶的车道邻接的车道内存在的其它车辆 $V_0$ 或路侧存在的周期性静止物体与地面接触的线。

[0121] 从本车辆V的后端部至检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的前端部为止的车辆行驶方向的距离决定为检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 至少收敛在照相机10的张角 $\alpha$ 内。

[0122] 而且,检测区域 $A_1$ 、 $A_2$ 的车辆行驶方向中的长度以及与车辆行驶方向正交的方向的宽度,根据作为检测对象的周期性静止物体的大小来决定。在本实施方式中,为了区别周期性静止物体和其它车辆 $V_0$ ,车辆行驶方向中的长度被设定为至少能够包含其它车辆 $V_0$ 的长度。而且,与车辆行驶方向正交的方向上的宽度设为不包含与鸟瞰图像中比左右的邻接车道再邻接的车道(即隔一个车道的车道)。

[0123] 图13是表示图11所示的计算机40的细节的方框图。如图13所示,计算机40包含:视点变换单元41、边缘分布计算单元42、计数单元43、周期性静止物体候选检测单元44、周期性静止物体判断单元45。而且,计算机40是由CPU和RAM、ROM等构成的计算机。计算机40通过按照预先设定的程序进行图像处理等,实现所谓视点变换单元41、边缘分布计算单元42、计数单元43、周期性静止物体候选检测单元44、周期性静止物体判断单元45的各个部分的功能。

[0124] 视点变换单元41输入由照相机10拍摄得到的规定区域的摄像图像数据。视点变换单元41对输入的摄像图像数据进行至被鸟瞰观察的状态的鸟瞰图像数据的视点变换处理。所谓被鸟瞰观察的状态,是由从上空例如垂直向下(或者稍微倾斜向下)看的假想照相机的视点看的状态。

[0125] 图14是表示边缘分布计算单元42、计数单元43、周期性静止物体候选检测单元44、和周期性静止物体判断单元45的详细动作的图。而且,图14仅图示包含了检测区域 $A_1$ 的车辆行驶方向右侧而进行说明,但是边缘分布计算单元42、计数单元43、周期性静止物体候选检测单元44、和周期性静止物体判断单元45对于包含检测区域 $A_2$ 的车辆行驶方向左侧的区域也进行同样的处理。



[0126] 如图 13 所示,边缘分布计算单元 42 具有边缘要素提取单元 42a 和边缘分布波形计算单元 42b。为了检测鸟瞰图像中包含的周期性静止物体的边缘的要素(以下称为边缘要素(特征点)),边缘要素提取单元 42a 对于通过视点变换单元 41 进行了视点变换的鸟瞰图像数据进行亮度差的计算。边缘要素提取单元 42a 对于沿着在实际空间中的垂直方向延伸的垂直假想线的多个位置的每一个,计算该各个位置的近旁的两个像素间的亮度差。

[0127] 具体来说,边缘要素提取单元 42a 设定相对于被视点变换后的鸟瞰图像在实际空间中向垂直方向延伸的线段对应的第 1 垂直假想线、和在实际空间中向垂直方向延伸的线段对应的第 2 垂直假想线。边缘要素提取单元 42a 沿着第 1 垂直假想线连续地求第 1 垂直假想线上的点和第 2 垂直假想线上的点的亮度差。

[0128] 边缘分布波形计算单元 42b 对于多个垂直假想线的每一个累积由边缘要素提取单元 42a 提取的边缘要素的个数,根据累积的边缘要素的个数计算边缘分布波形。

[0129] 更详细地说明边缘要素提取单元 42a 和边缘分布波形计算单元 42b 的动作。

[0130] 如图 14 所示,边缘要素提取单元 42a 设定多个对应于在实际空间中从接地线  $L_1$  上的点向垂直方向延伸的线段、并且通过检测区域  $A_1$  的第 1 垂直假想线  $L_{a1}$  (以下称为关注线  $L_{a1}$ )。关注线  $L_{a1}$  的根数没有特别限定。在以下的说明中,说明设定了  $n$  根关注线  $L_{ai}$  ( $i=1 \sim n$ ) 的情况。

[0131] 而且,边缘要素提取单元 42a 分别与多根关注线  $L_{ai}$  的各个线对应,设定多根对应于实际空间中从接地线  $L_1$  上的点向垂直方向延伸的线段、并且通过检测区域  $A_1$  的第 2 垂直假想线  $L_{r1}$  (以下,称为参照线  $L_{r1}$ )。各个参照线  $L_{r1}$  被设定在实际空间中从对应的关注线  $L_{ai}$  离开规定距离(例如 10cm)的位置。而且,对应于实际空间中向垂直方向延伸的线段的线在鸟瞰图像中成为从照相机 10 的位置  $P_s$  放射状扩散的线。

[0132] 接着,边缘要素提取单元 42a 在各个关注线  $L_{ai}$  上设定多个关注点  $P_{aj}$ 。在图 14 所示的例子中,设定关注点  $P_{a1} \sim P_{a8}$ ,但是关注点  $P_{aj}$  的个数不特别限定。在以下的说明中,说明设定了  $k$  个关注点  $P_{aj}$  ( $j=1 \sim k$ ) 的情况。

[0133] 而且,边缘要素提取单元 42a 在各个参照线  $L_{ri}$  上,设定多个与上述关注点  $P_{aj}$  分别对应的参照点  $P_{rj}$ 。相互对应的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  在实际空间中被设定为大致相同高度。而且,关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  不一定是严格的相同高度,当然允许关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  被视为相同高度程度的误差。

[0134] 边缘要素提取单元 42a 沿着各个关注线  $L_{ai}$  连续地求相互对应的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  之间的亮度差。在图 14 所示的例子中,边缘要素提取单元 42a 计算第 1 关注点  $P_{a1}$  和第 1 参照点  $P_{r1}$  之间的亮度差,计算第 2 关注点  $P_{a2}$  和第 2 参照点  $P_{r2}$  之间的亮度差。然后同样,依次求第 3 ~ 第 8 关注点  $P_{a3} \sim P_{a8}$  和第 3 ~ 第 8 参照点  $P_{r3} \sim P_{r8}$  之间的亮度差。

[0135] 边缘要素提取单元 42a 在关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  的亮度差为规定值以上的情况下,判定为关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  之间存在边缘要素。这样,边缘要素提取单元 42a 起到对实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个,提取沿该垂直假想线存在的边缘要素(特征点)的特征点提取单元的作用。换言之,边缘要素提取单元 42a 从鸟瞰图像的规定区域(检测区域)的图像数据,提取在该规定区域中包含的多个小区域的每一个(多个垂直假想线近旁区域的每一个)的立体物体的特征点(边缘要素)。

[0136] 边缘分布波形计算单元 42b 对沿着相同的关注线  $L_{ai}$  存在多少个由边缘要素提取

单元 42a 提取出的边缘要素进行计数。边缘分布波形计算单元 42b 存储计数得到的边缘要素个数作为各个关注线  $L_{ai}$  的属性。

[0137] 边缘分布波形计算单元 42b 对全部关注线  $L_{ai}$  执行边缘要素的计数的处理。而且, 与关注线  $L_{ai}$  中检测区域  $A_1$  重复的部分的长度与各个关注线  $L_{ai}$  的位置对应而成为不同的长度。计数的边缘要素的个数也可以通过除以对应的关注线  $L_{ai}$  的重复部分的长度而归一化。

[0138] 在图 14 的例子中, 其它车辆  $V_0$  映入检测区域  $A_1$ 。假设在其它车辆  $V_0$  的轮胎的橡胶部分设定关注线  $L_{ai}$ , 在离此相当于 10cm 的轮胎的轮子上设定参照线  $L_{ri}$ 。这时, 第 1 关注点  $P_{a1}$  和第 1 参照点  $P_{r1}$  位于相同轮胎部分, 所以它们之间的亮度差小。另一方面, 第 2 ~ 第 8 关注点  $P_{a2} \sim P_{a8}$  位于轮胎的橡胶部分, 第 2 ~ 第 8 参照点  $P_{r2} \sim P_{r8}$  位于轮胎的轮子部分, 所以它们之间的亮度差变大。如果第 2 ~ 第 8 关注点  $P_{a2} \sim P_{a8}$  和第 2 ~ 第 8 参照点  $P_{r2} \sim P_{r8}$  的亮度差为规定值以上, 则边缘要素提取单元 42a 检测在第 2 ~ 第 8 关注点  $P_{a2} \sim P_{a8}$  和第 2 ~ 第 8 参照点  $P_{r2} \sim P_{r8}$  之间存在边缘要素。然后, 由于沿着关注线  $L_{ai}$  存在 7 个第 2 ~ 第 8 关注点  $P_{a2} \sim P_{a8}$ , 所以边缘要素提取单元 42a 检测 7 次边缘要素。这时, 边缘分布波形计算单元 42b 将边缘要素的计数值设为 ‘7’。

[0139] 进而, 边缘分布波形计算单元 42b 将对于各个关注线  $L_{ai}$  得到的边缘要素的计数值分组化, 得到边缘分布的波形(波形数据)。具体来说, 边缘分布波形计算单元 42b 在以边缘要素的计数值为纵轴, 以实际空间中的关注线  $L_{ai}$  的接地线  $L_1$  上的位置为横轴的平面上, 将边缘要素的计数值画曲线。关注线  $L_{a1} \sim L_{an}$  在实际空间中在接地线  $L_1$  上以等间隔设定的情况下, 仅通过对各个关注线  $L_{ai}$  得到的边缘要素的计数值按照关注线  $L_{a1} \sim L_{an}$  的顺序排列, 就可以得到边缘分布的波形。在图 14 所示的例子中, 设定在其它车辆  $V_0$  的轮胎的橡胶部分的关注线  $L_{ai}$ , 在鸟瞰图像上与接地线  $L_1$  交叉的位置, 边缘要素的计数值为 ‘7’。

[0140] 这样, 边缘分布波形计算单元 42b 起到将由边缘要素提取单元 42a 提取出的边缘要素的个数对实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个进行累计, 并根据累计的边缘要素的个数计算边缘分布波形(波形数据)的波形数据计算单元的作用。换言之, 边缘分布波形计算单元 42b 计算与鸟瞰图像上的规定区域内的特征点(边缘要素)的分布对应的(基于各个边缘要素的相对的位置关系)波形数据。

[0141] 计数单元 43 检测边缘分布计算单元 42 的边缘分布波形计算单元 42b 计算的边缘分布波形的峰。所谓峰是在边缘分布波形上边缘要素的计数值从增加向减少转变的点。计数单元 43 对于边缘分布波形, 例如在实施了基于低通滤波器、移动平均滤波器等噪声去除处理后, 进行峰检测。这里, 也可以仅检测具有规定的阈值以上的值的峰作为峰。规定的阈值例如可以设定为边缘分布波形的最大值的 60% 的值。

[0142] 而且, 计数单元 43 对检测的峰中等间隔排列的峰的个数(峰信息)进行计数。具体来说, 计数单元 43 计算检测到的各个峰之间的距离, 提取计算出的峰间距离在规定范围内的峰, 对其个数进行计数。峰间距离的“规定范围”既可以根据检测对象的周期性静止物体的种类预先设定的固定值, 也可以是根据规定时间以上连续地检测出的峰间距离而设定的变动值。而且, 计数单元 43 有时在从边缘分布波形检测峰时跳过前次检测到的峰而进行检测。在该情况下, 峰的间隔以实际的间隔的 2 倍、3 倍等大小来检测。因此, 为了不遗漏计数等间隔地排列的峰, “规定范围”被设定为包含与原本应提取的峰的间隔的倍数对应

的值。例如,在原本应提取的峰的间隔为  $X$  时,峰间距离的“规定范围”被设定为  $X \pm 10\%$ 、 $2X \pm 20\%$ 、 $3X \pm 30\%$ 。这样,计数单元 43 起到检测波形数据的峰信息的峰信息检测单元的作用。

[0143] 周期性静止物体候选检测单元 44 根据计数单元 43 计数的峰的个数(峰信息)是否为规定的阈值  $Th_2$  以上,判定具有提取出的边缘要素的立体物体是否相当于周期性静止物体候选。具体来说,周期性静止物体候选检测单元 44 在计数单元 43 计数的峰的个数为为规定的阈值  $Th_2$  以上时,判定与被计数的各个峰对应的物体为周期性静止物体候选。阈值  $Th_2$  例如是根据路标塔、栏杆根部、电线杆等作为检测对象的周期性静止物体的种类而决定的值,可以通过实验等求出。具体来说,阈值  $Th_2$  例如被设定为 3 以上 100 以下的值。

[0144] 周期性静止物体判断单元 45 在连续规定时间检测出周期性静止物体候选时,判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。具体来说,在通过周期性静止物体候选检测单元 44,连续规定时间检测出峰的个数为规定的阈值  $Th_2$  以上的状态时,周期性静止物体判断单元 45 判断检测到的周期性静止物体候选为周期性静止物体的可能性非常高。然后,周期性静止物体判断单元 45 判定与被计数的各个峰对应的物体为周期性静止物体。“规定时间”是根据作为检测对象的周期性静止物体的种类而决定的值,可以通过实验等求出。既可以作为固定值,也可以根据照相机 10 的摄像间隔或本车辆  $V$  的移动速度而变动。具体来说,“规定时间”例如被设定为 0.1 ~ 5 秒。

[0145] 接着,说明本实施方式的周期性静止物体检测方法。图 15 和图 16 是表示本实施方式的周期性静止物体检测方法的细节的流程图。而且,在图 15 和图 16 中,为了方便,说明了以检测区域  $A_1$  为对象的处理,但是对于检测区域  $A_2$  也可以同样进行处理。

[0146] 如图 15 所示,首先,在步骤 S31 中,视点变换单元 41 输入照相机 10 拍摄得到的规定区域的摄像图像数据,对其进行视点变换处理,作成鸟瞰图像数据。

[0147] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S32 中,在检测区域  $A_1$  上设定  $n$  条关注线  $L_{ai}$ ,并且设定与  $n$  条关注线  $L_{ai}$  分别对应的  $n$  条参照线  $L_{ri}$  ( $i=1 \sim n$ )。边缘分布计算单元 42 将实际空间中从接地线  $L_1$  上的点向垂直方向延伸的线段设定为关注线  $L_{ai}$ 。而且,边缘分布计算单元 42 将相当于实际空间中从接地线  $L_1$  上的点向垂直方向延伸的线段、并且实际空间中从对应的关注线  $L_{ai}$  离开规定距离的线段设定为参照线  $L_{ri}$ 。

[0148] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S33 中在各关注线  $L_{ai}$  上设定  $k$  个关注点  $P_{aj}$  点,并且在各个参照线  $L_{ri}$  上设定与关注点  $P_{aj}$  分别对应的  $k$  个参照点  $P_{rj}$  ( $j=1 \sim k$ )。边缘分布计算单元 42 将相互对应的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  设定为在实际空间上大致相同的高度。

[0149] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S34 中,判定相互对应的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  的亮度差是否为规定值以上。在判定为亮度差在规定的值以上的情况下,边缘分布计算单元 42 判断作为判断对象的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  之间存在边缘要素,在步骤 S35 中将第  $i$  个关注线  $L_{ai}$  的计数值(bincount( $i$ ))中代入‘1’。在步骤 S34 中,判定为亮度差不满足规定值的情况下,边缘分布计算单元 42 判断作为判断对象的关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  之间不存在边缘要素,处理进至步骤 S36。

[0150] 边缘分布计算单元 42 在步骤 S36 中,对于成为当前处理对象的关注线  $L_{ai}$  上的全部关注点  $P_{aj}$ ,判定是否已执行了步骤 S34 的处理。在判定为未对全部的关注点  $P_{aj}$  执行步骤 S34 的处理的情况下,边缘分布计算单元 42 将处理返回步骤 S34,求下一个关注点  $P_{aj+1}$  和

参照点  $P_{r_{j+1}}$  的亮度差,判定该亮度差是否为规定值以上。这样,边缘分布计算单元 42 沿着关注线  $L_{ai}$  依次连续地求关注点  $P_{aj}$  和参照点  $P_{rj}$  之间的亮度差,在求出的亮度差为规定值以上的情况下,判断为存在边缘要素。

[0151] 边缘分布计算单元 42 在步骤 S35 中,将‘1’代入第 1 个关注线  $L_{ai}$  的计数值(bincount(i))中后,将处理进至步骤 S37,因此,求下一个关注点  $P_{aj+1}$  和参照点  $P_{r_{j+1}}$  的亮度差,判定该亮度差是否在规定值以上。在判定为亮度差为规定值以上的情况下,边缘分布计算单元 42 判断为在成为判断对象的关注点  $P_{aj+1}$  和参照点  $P_{r_{j+1}}$  之间存在边缘要素,在步骤 S38 中增加计数第 i 个关注线  $L_{ai}$  的计数值(bincount(i))。

[0152] 在步骤 S37 中,在判定为亮度差不满足规定值的情况下,边缘分布计算单元 42 判断为在成为判断对象的关注点  $P_{aj+1}$  和参照点  $P_{r_{j+1}}$  之间不存在边缘要素,跳过步骤 S38,使处理进至步骤 S39。

[0153] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S39 中,对于成为当前处理对象的关注线  $L_{ai}$  上的全部关注点  $P_{aj}$ ,判定是否已执行了步骤 S34 或者步骤 S37 的处理。在判定为对于全部关注点  $P_{aj}$  未执行上述处理的情况下,边缘分布计算单元 42 将处理返回步骤 S37,求下一个关注点  $P_{aj+1}$  和参照点  $P_{r_{j+1}}$  的亮度差,判定该亮度差是否在规定值以上。在步骤 S39 中,判定为对于全部的关注点  $P_{aj}$  已执行了上述的处理的情况下,边缘分布计算单元 42 将处理进至步骤 S41。这样,边缘分布计算单元 42 对沿着相同的关注线  $L_{ai}$  存在多少个边缘要素进行计数,将计数得到的边缘要素的个数存储为关注线  $L_{ai}$  的属性(bincount(i))。

[0154] 而且,在步骤 S36 中,判定为对全部的关注点  $P_{aj}$  已执行了步骤 S34 的处理的情况下,边缘分布计算单元 42 判断在成为当前处理对象的关注线  $L_{ai}$  上不存在边缘要素。然后,边缘分布计算单元 42 在步骤 S40,将‘0’代入 bincount(i),将处理进至步骤 S41。

[0155] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S41 中对于全部 n 条关注线  $L_{ai}$ ,判定是否已执行了上述的处理。在判定为未对于全部关注线  $L_{ai}$  执行上述的处理的情况下,边缘分布计算单元 42 将处理返回步骤 S34,对于下一条关注线  $L_{ai+1}$  执行上述的处理。在步骤 S41 中判定为已对于全部关注线  $L_{ai}$  执行了上述的处理的情况下,边缘分布计算单元 42 将处理进至步骤 S42。

[0156] 接着,边缘分布计算单元 42 在步骤 S42 中将对 n 条关注线  $L_{ai}$  的每一个得到的边缘要素的计数值 bincount(i) ( $i=1 \sim n$ ) 进行图表化,得到边缘分布波形。具体来说,边缘分布计算单元 42 在将边缘要素的计数值作为纵轴,将实际空间中的关注线  $L_{ai}$  的接地线 L1 上的位置作为横轴的平面上,对边缘要素的计数值 bincount(i) ( $i=1 \sim n$ ) 画曲线。

[0157] 在接着的步骤 S43 中,计数单元 43 检测边缘分布计算单元 42 算出的边缘分布波形的峰。

[0158] 在接着的步骤 S44 中,计数单元 43 计算检测到的各个峰之间的距离。

[0159] 在接着的步骤 S45 中,计数单元 43 提取计算出的峰间距离在规定范围内的峰,对其个数进行计数。

[0160] 在接着的步骤 S46 中,周期性静止物体候选检测单元 44 判定计数单元 43 计数的峰的个数是否在规定的阈值  $Th_2$  以上。在判定为峰的个数在规定的阈值  $Th_2$  以上的情况下,周期性静止物体候选检测单元 44 判定与被计数的各个峰对应的物体为周期性静止物体候选,将处理进至步骤 S47。

[0161] 在步骤 S47 中,周期性静止物体判断单元 45 判断是否规定次数以上连续地检测到峰的个数为规定的阈值  $Th_2$  以上的状态。在判断为规定次数以上连续地检测到峰的个数为规定的阈值  $Th_2$  以上的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 45 判断与被计数的各个峰对应的物体是周期性静止物体,在步骤 S48 中,将‘1’代入标记  $f\_shuki$  中。另一方面,在步骤 S47 中,在判断为未规定次数以上连续地检测到峰的个数为规定的阈值  $Th_2$  以上的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 45 跳过步骤 S48,维持标记  $f\_shuki$  的值。之后,结束图 15 和图 16 的处理。

[0162] 在步骤 S46 中,在判断为峰的个数未达到规定的阈值  $Th_2$  的情况下,周期性静止物体候选检测单元 44 将处理进至步骤 S49。

[0163] 在步骤 S49 中,周期性静止物体判断单元 45 判断是否规定次数以上连续地检测到峰的个数未达到规定的阈值  $Th_2$  的状态。在判断为规定次数以上连续地检测到峰的个数未达到规定的阈值  $Th_2$  的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 45 判断与被计数的各个峰对应的物体不是周期性静止物体,在步骤 S50 中,将‘0’代入标记  $f\_shuki$  中。另一方面,在步骤 S49 中,在判断为未规定次数以上连续地检测到峰的个数未达到规定的阈值  $Th_2$  的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 45 跳过步骤 S50,维持标记  $f\_shuki$  的值。之后,结束图 15 和图 16 的处理。

[0164] 按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 2 和周期性静止物体检测方法,从鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对该规定区域中包含的多个垂直假想线近旁区域(小区域)的每一个区域提取立体物体的边缘要素(特征点),计算与规定区域内的边缘要素的分布对应的边缘分布波形(波形数据),根据该边缘分布波形的峰的个数(峰信息)是否为规定的阈值以上,判断具有被提取出的边缘要素的立体物体是否为周期性静止物体候选。因此,与第 1 实施方式一样,可以更明确地提取周期性静止物体具有的周期性(反复性)作为波形数据的峰信息,可以更容易地从摄像图像中包含的立体物体中提取周期性静止物体候选。由此,能够更高精度地提取周期性静止物体。

[0165] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 2 和周期性静止物体检测方法,对于实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个,累计沿着垂直假想线存在的边缘要素的个数,根据累计的边缘要素的个数得到边缘分布波形。然后,在边缘分布波形的峰的个数为规定的阈值  $Th_2$  以上时,判定具有被提取的边缘要素的立体物体是周期性静止物体候选。因此,即使不判定检测到的立体物体是静止物体还是移动物体,也可以确实地检测在垂直方向延伸的边缘高密度排列的情况,可以更容易地检测作为周期性静止物体的可能性更高的周期性静止物体候选。

[0166] 特别是,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 2 和周期性静止物体检测方法,对边缘分布波形的峰中等间隔排列的峰的个数进行计数。因此,可以更确实地检测沿垂直方向延伸的边缘为高密度且等间隔排列、为周期性静止物体的可能性高的周期性静止物体候选。

[0167] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 2 和周期性静止物体检测方法,在连续规定时间检测到周期性静止物体候选时,判定该周期性静止物体候选为周期性静止物体。因此,可以防止干扰导致的误检测,进一步确实地检测周期性静止物体。

[0168] < 第 3 实施方式 >

[0169] 以下,根据附图说明本发明的第3实施方式。而且,对于与第1和第2实施方式中说明的特征相同的特征,赋予与它们相同的标号而省略说明。

[0170] 本实施方式的周期性静止物体检测装置3的概略结构与图1所示的周期性静止物体检测装置1相同,但是取代计算机30而具有计算机40'。即,本实施方式的周期性静止物体检测装置3具有照相机10、车速传感器20和计算机40'。

[0171] 图17是表示本实施方式的计算机40'的细节的方框图。如图17所示,计算机40'包含:视点变换单元41、边缘分布计算单元42、计数单元43'、周期性静止物体候选检测单元44、位置匹配单元51、差分计算单元52、周期性静止物体判断单元53。而且,计算机40'是由CPU和RAM、ROM等构成的计算机。计算机40'通过按照预先设定的程序进行图像处理等,实现所谓视点变换单元41、边缘分布计算单元42、计数单元43'、周期性静止物体候选检测单元44、位置匹配单元51、差分计算单元52、周期性静止物体判断单元53的各个部分的功能。

[0172] 本实施方式中的计数单元43'检测边缘分布计算单元42算出的边缘分布波形的峰,对其个数进行计数。计数单元43'在不排除峰间距离在规定范围以外的峰地对峰的个数进行计数这一点与第2实施方式的计数单元43不同。

[0173] 周期性静止物体候选检测单元44根据计数单元43'计数的峰的个数(峰信息)是否在规定的阈值 $Th_3$ 以上,判定与各个峰对应的物体是否相当于周期性静止物体候选。具体来说,周期性静止物体候选检测单元44在计数单元43'计数的峰的个数为规定的阈值 $Th_3$ 以上时,判定与各个峰对应的物体为周期性静止物体候选。阈值 $Th_3$ 例如是根据路标塔、栏杆根部、电线杆等作为检测对象的周期性静止物体的种类决定的值,可以通过实验等求出。具体来说,阈值 $Th_3$ 例如被设定为3以上100以下的值。

[0174] 图18是表示位置匹配单元51的详细动作的图。位置匹配单元51依次输入边缘分布计算单元42算出的边缘分布波形,根据由车速传感器20检测出的本车辆V的移动速度,使输入的不同时刻的边缘分布波形的的位置匹配。例如,假设将边缘分布计算单元42在时刻 $t-\Delta t$ (第2时刻)算出的边缘分布波形 $E_{t-\Delta t}$ 、和在时刻 $t$ (第1时刻)算出的边缘分布波形 $E_t$ 输入到位置匹配单元51。然后,假设由于在一时刻( $\Delta t$ )期间本车辆V已移动,边缘分布波形相对于坐标系移动了 $\delta$ 。这时,位置匹配单元51如图18所示,通过使边缘分布波形 $E_t$ 沿着横轴移位 $\delta$ ,使边缘分布波形 $E_t$ 的位置与边缘分布波形 $E_{t-\Delta t}$ 的位置一致。这样,位置匹配单元51得到边缘分布波形 $E_t'$ 。这里,使边缘分布波形的的位置匹配意味着,当与一个边缘分布波形上的点(例如,G1)对应的关注线 $L_{a1}$ 和与另一个边缘分布波形上的点(例如,G2)对应的关注线 $L_{a2}$ 在实际空间中存在于相同或者大致相同的位置时,平行移动边缘分布波形,使得点G1和点G2的横轴坐标值一致。而且,一时刻( $\Delta t$ )的长度例如可以是1控制周期等预定的时间,也可以是任意的时间。

[0175] 图19是表示差分计算单元52的详细动作的图。差分计算单元52输入由位置匹配单元51算出的边缘分布波形 $E_t'$ 和边缘分布波形 $E_{t-\Delta t}$ ,计算其差分的绝对值 $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 的分布。在边缘分布波形为来源于周期性静止物体的情况下,边缘分布波形 $E_{t-\Delta t}$ 和边缘分布波形 $E_t'$ 非常一致,所以差分的绝对值 $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 如图19(a)所示那样整体上为小的值。另一方面,在边缘分布波形为来源于移动物体的情况下,边缘分布波形 $E_{t-\Delta t}$ 和边缘分布波形 $E_t'$ 不一致,所以差分的绝对值 $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 如图19(b)所示那样,与图19(a)相

比大幅度地变化。

[0176] 周期性静止物体判断单元 53 对差分计算单元 52 算出的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  进行积分, 算出其积分值  $I_{D1}$  (第 1 积分值), 并且计算边缘分布波形  $E_t'$  的积分值  $I_1$  (第 2 积分值)。进而, 周期性静止物体判断单元 53 计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_1$  的比 ( $I_{D1}/I_1$ ), 根据该值是否比规定的阈值  $Th_4$  小, 判定周期性静止物体候选检测单元 44 检测出的静止物体候选是否处于静止 (静止性)。阈值  $Th_4$  例如是根据路标塔、栏杆根部、电线杆等作为检测对象的周期性静止物体的种类决定的值, 可以通过实验等求出。周期性静止物体判断单元 53 在积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_1$  的比 ( $I_{D1}/I_1$ ) 比规定的阈值  $Th_4$  小时, 判定为周期性静止物体候选静止。

[0177] 周期性静止物体判断单元 53 在规定时间连续检测到处于静止的周期性静止物体候选时, 判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。具体来说, 在规定时间连续检测到比 ( $I_{D1}/I_1$ ) 比规定的阈值  $Th_4$  小的状态时, 周期性静止物体判断单元 53 判断检测到的周期性静止物体候选为周期性静止物体的可能性非常高。然后, 周期性静止物体判断单元 53 判断与被计数的各个峰对应的物体为周期性静止物体。‘规定时间’是根据作为检测对象的周期性静止物体的种类决定的值, 可以通过实验等求出。既可以作为固定值, 也可以使其根据照相机 10 的摄像间隔和本车辆 V 的移动速度变动。具体来说, ‘规定时间’例如是可以确保判定周期性静止物体候选为周期性静止物体的可靠性、并且比本车辆 V 的移动速度等的测量误差的平均发生间隔短的时间, 被设定为 0.1 ~ 5 秒。

[0178] 接着, 说明本实施方式的周期性静止物体检测方法。图 20 是与第 2 实施方式的图 16 对应的图, 是表示本实施方式的周期性静止物体检测方法的细节的流程图。而且, 本实施方式的周期性静止物体检测方法的从步骤 S31 至步骤 S41 的处理与第 2 实施方式的步骤 S31 至步骤 S41 的处理相同, 所以省略图示和说明。而且, 以下, 为了方便, 对以检测区域  $A_1$  为对象的处理进行说明, 但是对于检测区域  $A_2$  也可以同样进行处理。

[0179] 如图 20 所示, 接续步骤 S41 (参照图 15) 的步骤 S51 中, 边缘分布计算单元 42 将对于  $n$  条关注线  $L_{ai}$  的每一个得到的边缘要素的计数值  $\text{bincount}(i)$  ( $i=1 \sim n$ ) 进行图表化, 得到边缘分布波形。具体来说, 边缘分布计算单元 42 在以边缘要素的计数值为纵轴, 以实际空间中的关注线  $L_{ai}$  的接地线  $L_1$  上的位置作为横轴的平面上, 将边缘要素的计数值  $\text{bincount}(i)$  ( $i=1 \sim n$ ) 画曲线。

[0180] 在接续的步骤 S52 中, 计数单元 43' 检测边缘分布计算单元 42 算出的边缘分布波形的峰, 对其个数进行计数。

[0181] 在接续的步骤 S53 中, 周期性静止物体候选检测单元 44 判定计数单元 43' 计数的峰的个数是否为规定的阈值  $Th_3$  以上。在判定为峰的个数为规定的阈值  $Th_3$  以上的情况下, 周期性静止物体候选检测单元 44 判定为与各个峰对应的物体为周期性静止物体候选, 将处理进至步骤 S54。在步骤 S53 中, 判定计数单元 43' 计数的峰的个数未达到规定的阈值  $Th_3$  时, 结束图 20 的处理。

[0182] 在接续的步骤 S54 中, 位置匹配单元 51 根据由车速传感器 20 检测出的本车辆 V 的移动速度, 将从边缘分布计算单元 42 输入的不同时刻的边缘分布波形的的位置匹配。具体来说, 在由于一时刻 ( $\Delta t$ ) 的期间本车辆 V 已移动, 边缘分布波形相对于曲线的坐标系移动了  $\delta$  的情况下, 位置匹配单元 51 通过使边缘分布波形  $E_t'$  沿着横轴移位  $\delta$ , 得到边缘分布

波形  $E_t'$ 。

[0183] 接着,差分计算单元 52 在步骤 S55 中,根据位置匹配单元 51 算出的边缘分布波形  $E_t'$  和边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$ ,计算它们的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 。

[0184] 接着,周期性静止物体判断单元 53 在步骤 S56 中计算边缘分布波形  $E_t'$  的积分值  $I_1$ ,并在接续的步骤 S57 中,计算绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  的积分值  $I_{D1}$ 。

[0185] 接着,周期性静止物体判断单元 53 在步骤 S58 中,计算积分值  $I_{D1}$  对于 积分值  $I_1$  的比  $(I_{D1}/I_1)$ ,根据该值是否小于规定的阈值  $Th_4$ ,判定周期性静止物体候选检测单元 44 检测出的周期性静止物体候选是否处于静止。在判定为比  $I_{D1}/I_1$  比规定的阈值  $Th_4$  小的情况下,周期性静止物体判断单元 53 判定周期性静止物体候选处于静止,将处理进至步骤 S59。

[0186] 在步骤 S59 中,周期性静止物体判断单元 53 判断是否规定次数以上连续检测到,即是否持续规定时间检测到比  $I_{D1}/I_1$  比规定的阈值  $Th_4$  小的状态。在判断出规定次数以上连续检测到比  $I_{D1}/I_1$  比规定的阈值  $Th_4$  小的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 53 判断与被计数的各个峰对应的物体是周期性的静止物体,在步骤 S60 中,将 '1' 代入标记  $f\_shuki$  中。另一方面,在步骤 S59 中判断出未规定次数以上连续检测到比  $I_{D1}/I_1$  比规定的阈值  $Th_4$  小的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 53 跳过步骤 S60,维持标记  $f\_shuki$  的值。之后,结束图 20 的处理。

[0187] 在步骤 S58 中,在判定为比  $I_{D1}/I_1$  为规定的阈值  $Th_4$  以上的情况下,周期性静止物体判断单元 53 将步骤进至步骤 S61。

[0188] 在步骤 S61 中,周期性静止物体判断单元 53 判断是否规定次数以上连续检测到比  $I_{D1}/I_1$  为规定的阈值  $Th_4$  以上的状态。在判断为规定次数以上连续检测到比  $I_{D1}/I_1$  为规定的阈值  $Th_4$  以上的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 53 判断与被计数的各个峰对应的物体不是周期性的静止物体,在步骤 S62 中,将 '0' 代入标记  $f\_shuki$  中。另一方面,在步骤 S61 中判断出未规定次数以上连续检测到比  $I_{D1}/I_1$  为规定的阈值  $Th_4$  以上的状态的情况下,周期性静止物体判断单元 53 跳过步骤 S62,维持标记  $f\_shuki$  的值。之后,结束图 20 的处理。

[0189] 按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 3 和周期性静止物体检测方法,从鸟瞰图像的规定区域的图像数据,对该规定区域中包含的多个垂直假想线近旁区域(小区域)的每一个区域提取立体物体的边缘要素(特征点),计算与规定区域内的边缘要素的分布对应的边缘分布波形(波形数据),根据该边缘分布波形的峰的个数(峰信息)是否为规定的阈值以上,判断具有被提取出的边缘要素的立体物体是否为周期性静止物体候选。因此,与第 1 实施方式和第 2 实施方式一样,可以更明确地提取周期性静止物体具有的周期性(反复性)作为波形数据的峰信息,可以更容易地从摄像图像中包含的立体物体中提取周期性静止物体候选。由此,能够更高精度地提取周期性静止物体。

[0190] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 3 和周期性静止物体检测方法,与第 2 实施方式一样,对于实际空间中向垂直方向延伸的多个垂直假想线的每一个,累计沿着垂直假想线存在的边缘要素的个数,根据累计的边缘要素的个数得到边缘分布的波形。于是,在边缘分布波形的峰的个数为规定的阈值  $Th_3$  以上时,判定为具有提取出的边缘要素的立体物体是周期性静止物体候选。因此,与第 2 实施方式一样,即使不判定检测到的立体物体是静止物体还是移动物体,也可以确实地检测沿垂直方向延伸的边缘高密度排列



的情况,可以更容易地检测为周期性静止物体的可能性更高的周期性静止物体候选。

[0191] 进而,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 3 和周期性静止物体检测方法,根据移动物体的移动速度,使时刻  $t$  中的边缘分布波形  $E_t$  的位置与时刻  $t-\Delta t$  中的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  匹配,计算位置匹配后的边缘分布波形  $E_t'$  和时刻  $t-\Delta t$  中的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  之间的差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 。然后,对该差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  进行积分,算出积分值  $I_{D1}$ ,并对位置匹配后的边缘分布波形  $E_t'$  进行积分而计算积分值  $I_1$ ,计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_1$  的比 ( $I_{D1}/I_1$ ),根据该比值是否小于规定的阈值  $Th_4$ ,判定周期性静止物体候选是否处于静止。因此,可以检测作为周期性静止物体的可能性更高的处于静止的周期性静止物体候选,可以进一步容易且确实地检测周期性静止物体。

[0192] 而且,按照本实施方式的周期性静止物体检测装置 3 和周期性静止物体检测方法,在规定时间连续检测到周期性静止物体候选处于静止时,判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。因此,可以防止干扰造成的误检测,进一步确实地检测周期性静止物体。

[0193] < 变形例 >

[0194] 在上述第 3 实施方式中,计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_1$  的比 ( $I_{D1}/I_1$ ),根据该值是否小于规定的阈值  $Th_4$ ,判定周期性静止物体候选是否处于静止,但是判定方法不限于此。

[0195] 在本变形例中,在差分计算单元 52 中,计算边缘分布波形  $E_t'$  和边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  的差分(第 1 差分)的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  的分布,同时计算边缘分布波形  $E_t$  和边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  的差分(第 2 差分)的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$  的分布。

[0196] 然后,在周期性静止物体判断单元 53 中,对差分计算单元 52 算出的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  进行积分,算出其积分值  $I_{D1}$  (第 1 积分值),同时,对绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$  进行积分,算出其积分值  $I_{D2}$  (第 2 积分值)。

[0197] 进而,周期性静止物体判断单元 53 计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_{D2}$  的比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ),根据该值是否小于规定的阈值  $Th_5$ ,判定周期性静止物体候选检测单元 44 检测到的周期性静止物体候选是否处于静止。阈值  $Th_5$  是例如根据路标塔、栏杆根部、电线杆等作为检测对象的周期性静止物体的种类而决定的值,可以通过实验等求出。周期性静止物体判断单元 53 在积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_{D2}$  的比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ) 小于规定的阈值  $Th_5$  时,判定为周期性静止物体候选处于静止。

[0198] 周期性静止物体判断单元 53 在规定时间连续检测到处于静止的周期性静止物体候选时,判定为该周期性静止物体候选为周期性静止物体。具体来说,在规定时间连续检测到比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ) 比规定的阈值  $Th_5$  小的状态时,周期性静止物体判断单元 53 判断检测到的周期性静止物体候选为周期性静止物体的可能性非常高。然后,周期性静止物体判断单元 53 判断与被计数的各个峰对应的物体为周期性静止物体。

[0199] 接着,说明本变形例的周期性静止物体检测方法。图 21 是与图 16 和图 20 对应的图,是表示本变形例的周期性静止物体检测方法的细节的流程图。而且,本变形例的周期性静止物体检测方法的步骤 S31 至步骤 S41 为止的处理与上述实施方式中的步骤 S31 至步骤 S41 为止的处理相同,所以省略图示和说明。而且,在本变形例的周期性静止物体检测方法中,对于与第 2 和第 3 实施方式中说明的处理等同的处理,对它们赋予相同的标号并省略说明。

[0200] 在本变形例中,如图 21 所示,在接续步骤 S55 的步骤 S55' 中,周期性静止物体判断单元 53 根据由位置匹配单元 51 算出的边缘分布波形  $E_t$  和边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$ ,算出它们的差分的绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$  的分布。

[0201] 接着,周期性静止物体判断单元 53 在步骤 S57 中,计算绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  的积分值  $I_{D1}$ ,在接续的步骤 S57' 中,计算绝对值  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$  的积分值  $I_{D2}$ 。

[0202] 接着,周期性静止物体判断单元 53 在步骤 S58' 中,计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_{D2}$  的比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ),根据该值是否小于规定的阈值  $Th_5$ ,判定周期性静止物体候选检测单元 44 检测到的周期性静止物体候选是否处于静止。在判定为比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ) 小于阈值  $Th_5$  时,周期性静止物体判断单元 53 判定为周期性静止物体候选处于静止,处理进至步骤 S59。另一方面,在步骤 S58 中,在判定为  $I_{D1}/I_{D2}$  为规定的阈值  $Th_5$  以上时,周期性静止物体判断单元 53 使处理进至步骤 S61。

[0203] 步骤 S59 以后的处理和步骤 S61 以后的处理与上述第 3 实施方式的处理相同,所以省略说明。

[0204] 按照本变形例,计算位置匹配后的边缘分布波形  $E_t'$  和时刻  $t-\Delta t$  的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  之间的第 1 差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$ 、以及时刻  $t$  的边缘分布波形  $E_t$  和时刻  $t-\Delta t$  的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  之间的第 2 差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$ 。然后,将第 1 差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t'|$  积分而算出积分值  $I_{D1}$ ,并且第 2 差分的分布波形  $|E_{t-\Delta t}-E_t|$  积分而算出积分值  $I_{D2}$ ,计算积分值  $I_{D1}$  对于积分值  $I_{D2}$  的比 ( $I_{D1}/I_{D2}$ ),根据该比的值是否小于规定的阈值  $Th_5$ ,判定的周期性静止物体候选是否静止。由于上述比,以时刻  $t$  的边缘分布波形  $E_t$  和时刻  $t-\Delta t$  的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  之间的差分的积分值  $I_{D2}$  为分母,所以边缘分布波形  $E_t, E_{t-\Delta t}$  来源于移动物体的情况的比的值、和来源于周期性静止物体的情况的比的值的差变得更显著,可以更确实地检测静止的周期性静止物体候选。

[0205] 而且,在第 3 实施方式及其变形例中,在判定周期性静止物体候选是否处于静止时与规定的阈值比较的对象不限于比  $I_{D1}/I_1$  和比  $I_{D1}/I_{D2}$ 。该比也可以是,例如积分值  $I_{D1}$  对于边缘分布波形  $E_t$  的积分值  $I_2$  的比 ( $I_{D1}/I_2$ ),或者积分值  $I_{D1}$  对于在时刻  $t-\Delta t$  算出的边缘分布波形  $E_{t-\Delta t}$  的积分值  $I_3$  的比 ( $I_{D1}/I_3$ )。

[0206] 而且,构成上述比的分母分子的积分值  $I_1, I_2, I_3, I_{D1}, I_{D2}$  任意一个都是将边缘分布波形或者其差分的绝对值积分后的值,但是也可以是将边缘分布波形或者其差分分别平方得到的波形进行积分后的值。

[0207] 以上,说明了本发明的实施方式,但是这些实施方式不过是为了使本发明容易理解而记载的简单的例示,本发明不限于该实施方式。本发明的技术范围不限于上述实施方式中公开的具体的技术事项,也包含从其中可容易导出的各种变形、变更、替代技术等。

[0208] 例如,在上述实施方式中,根据来自车速传感器 20 的信号判断本车辆 V 的车速,但是不限于此,也可以从不同时刻的多个图像估计速度。这时,不需要车速传感器,可以实现结构的简单化。

[0209] 本申请主张 2011 年 2 月 21 日提出的日本专利申请第 2011-034097 号的优先权,该申请的全部内容通过参照而加入本说明书。

[0210] 产业上的可利用性

[0211] 按照本发明的周期性静止物体检测装置和周期性静止物体检测方法,从鸟瞰图像

的规定区域的图像数据,对于该规定区域中包含的多个小区域的每一个区域提取立体物体的特征点,计算与该鸟瞰图像上的规定区域内的特征点的分布对应的波形数据,根据该波形数据的峰信息是否为规定的阈值以上,判断具有被提取出的特征点的立体物体是否为周期性静止物体候选。因此,可以更明确地提取周期性静止物体具有的周期性(反复性)作为波形数据的峰信息,可以更容易地从摄像图像中包含的立体物体中提取周期性静止物体候选。由此,能够更高精度地提取周期性静止物体。

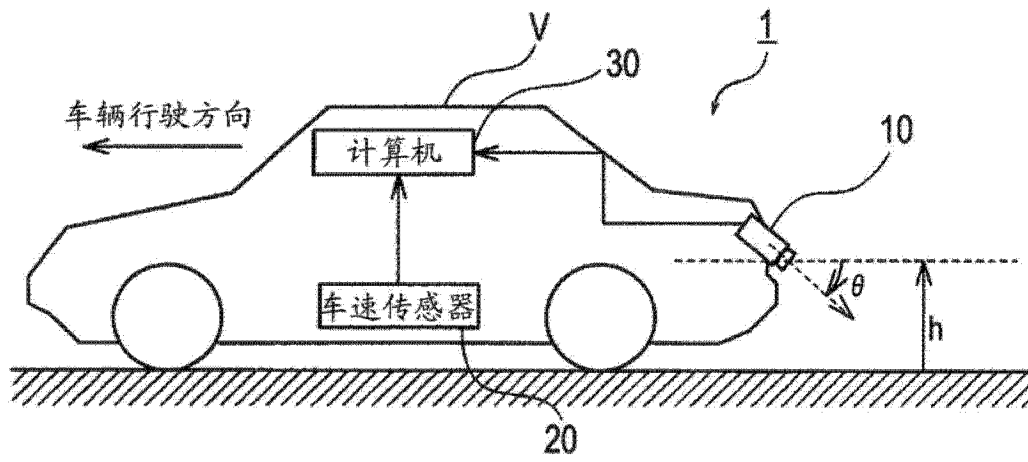


图 1

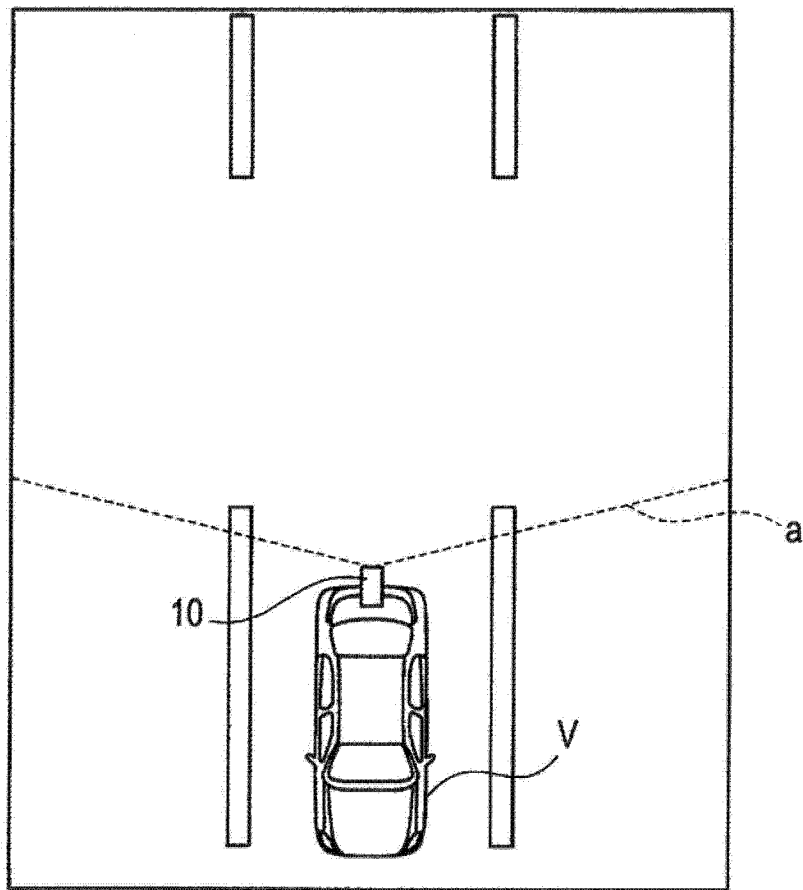


图 2

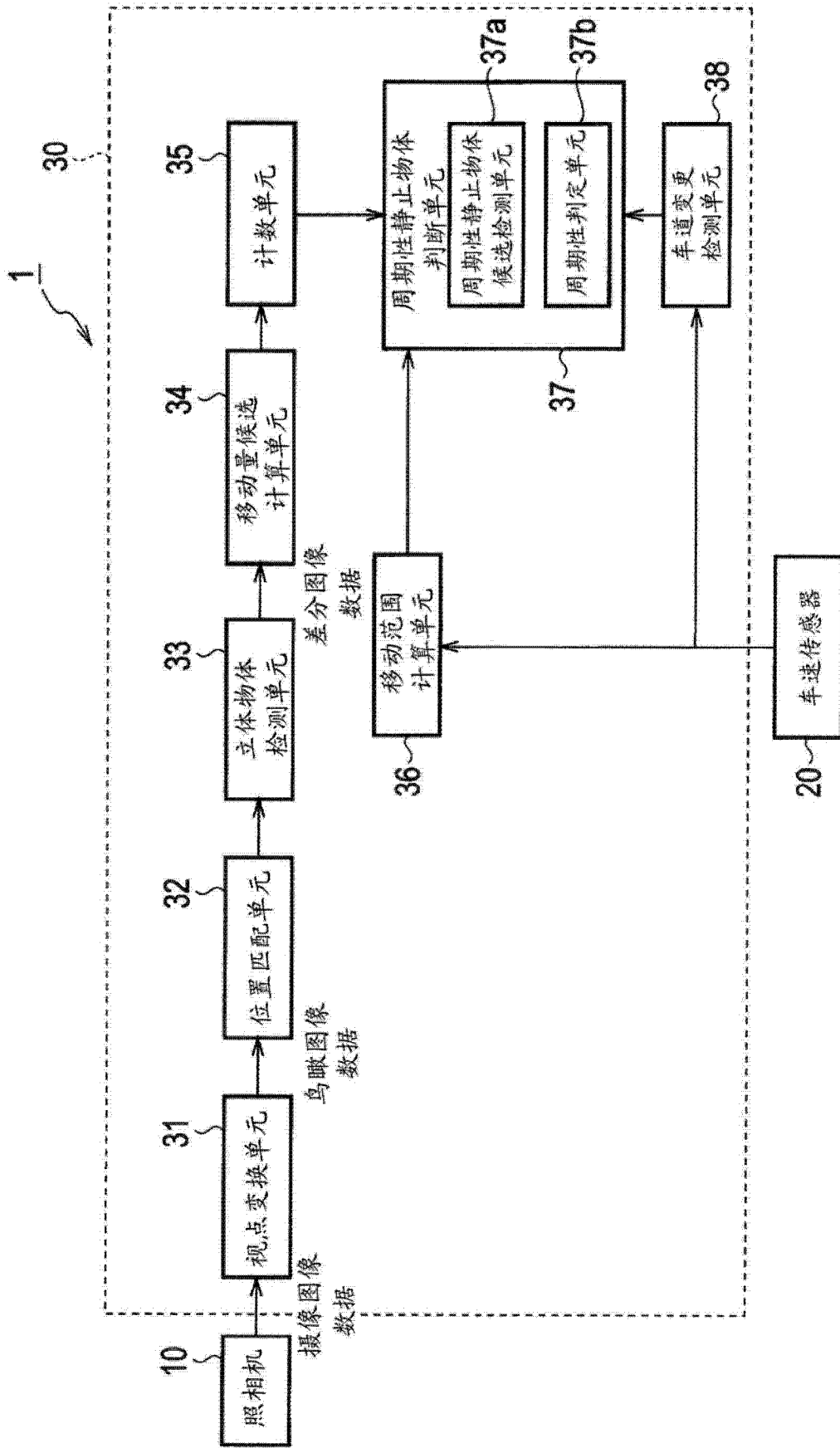


图 3

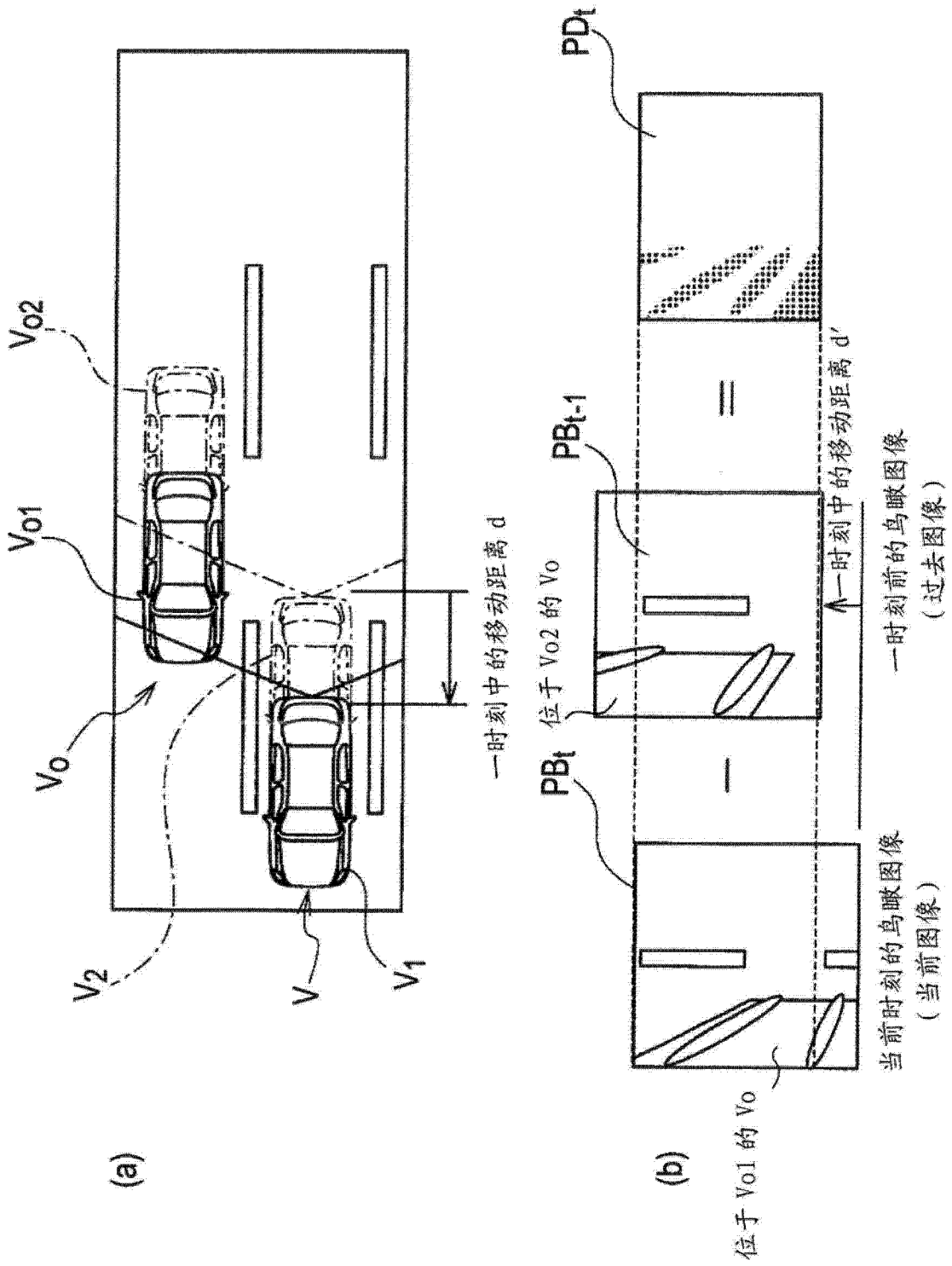


图 4

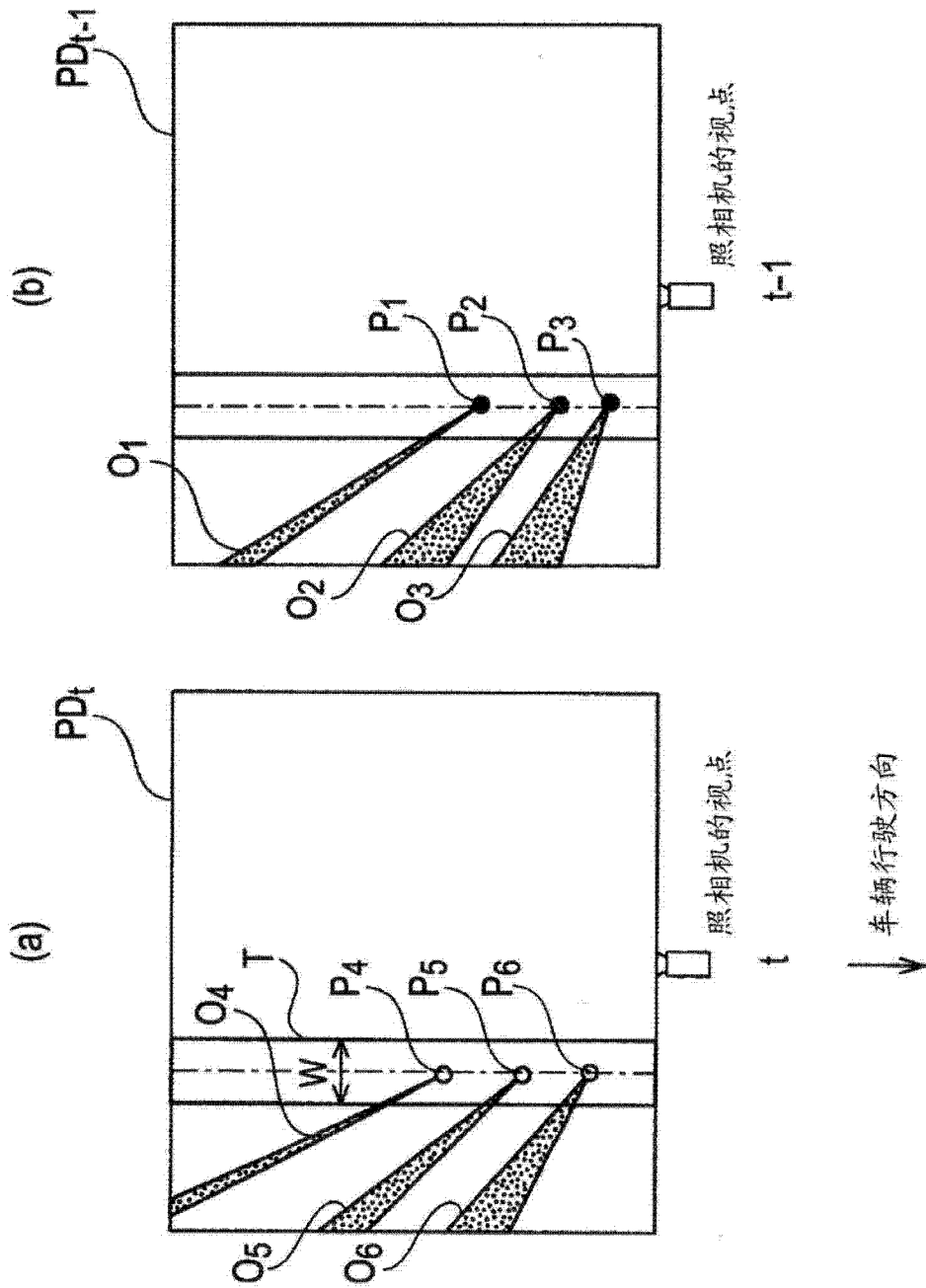


图 5

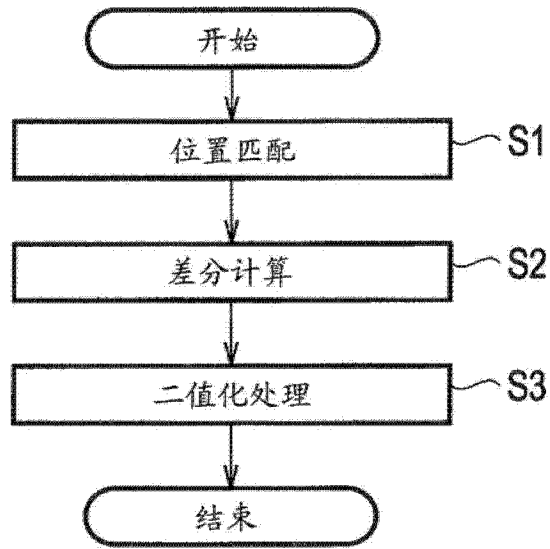


图 6



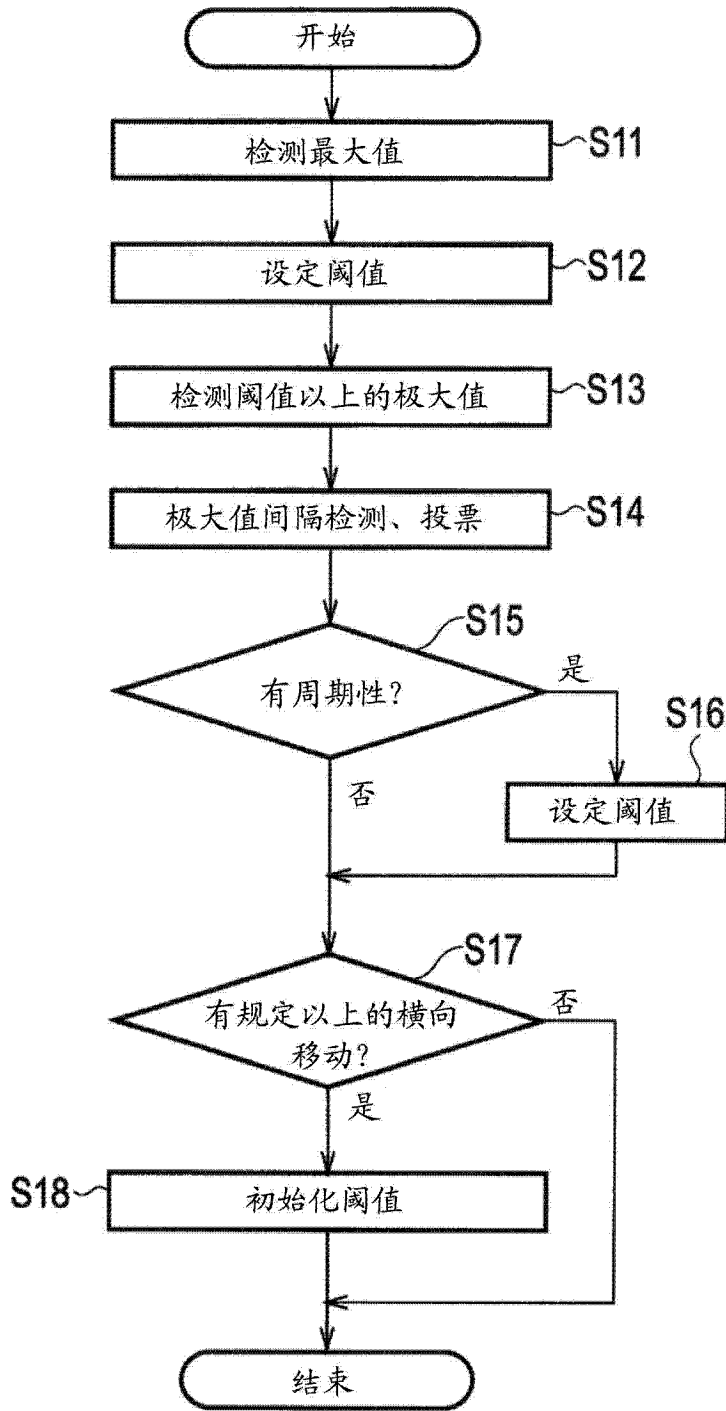


图 7

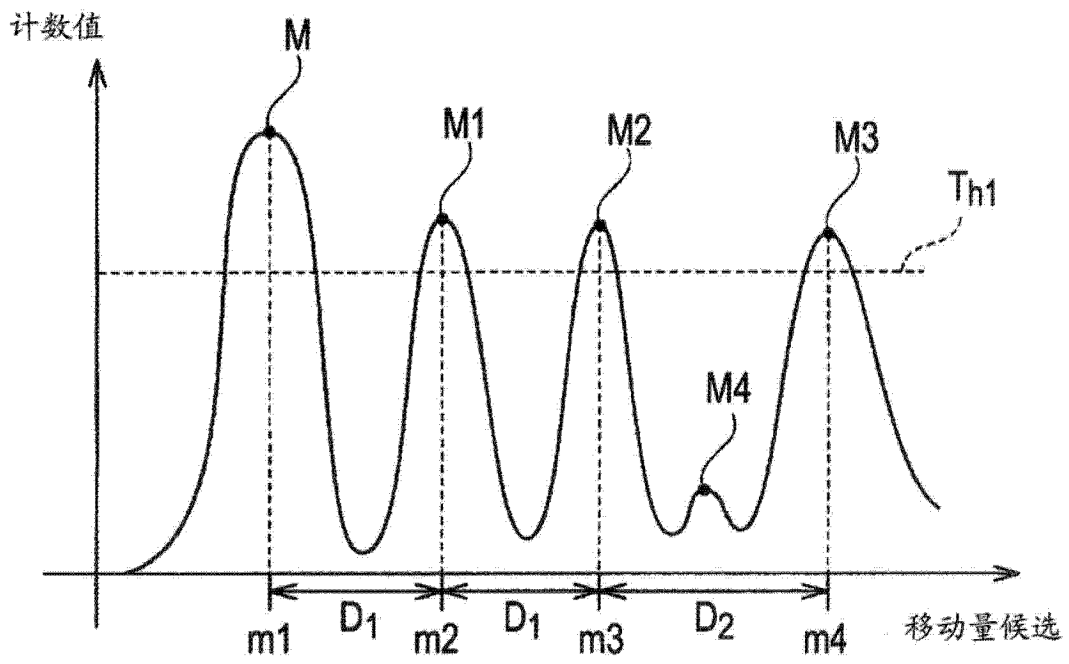


图 8

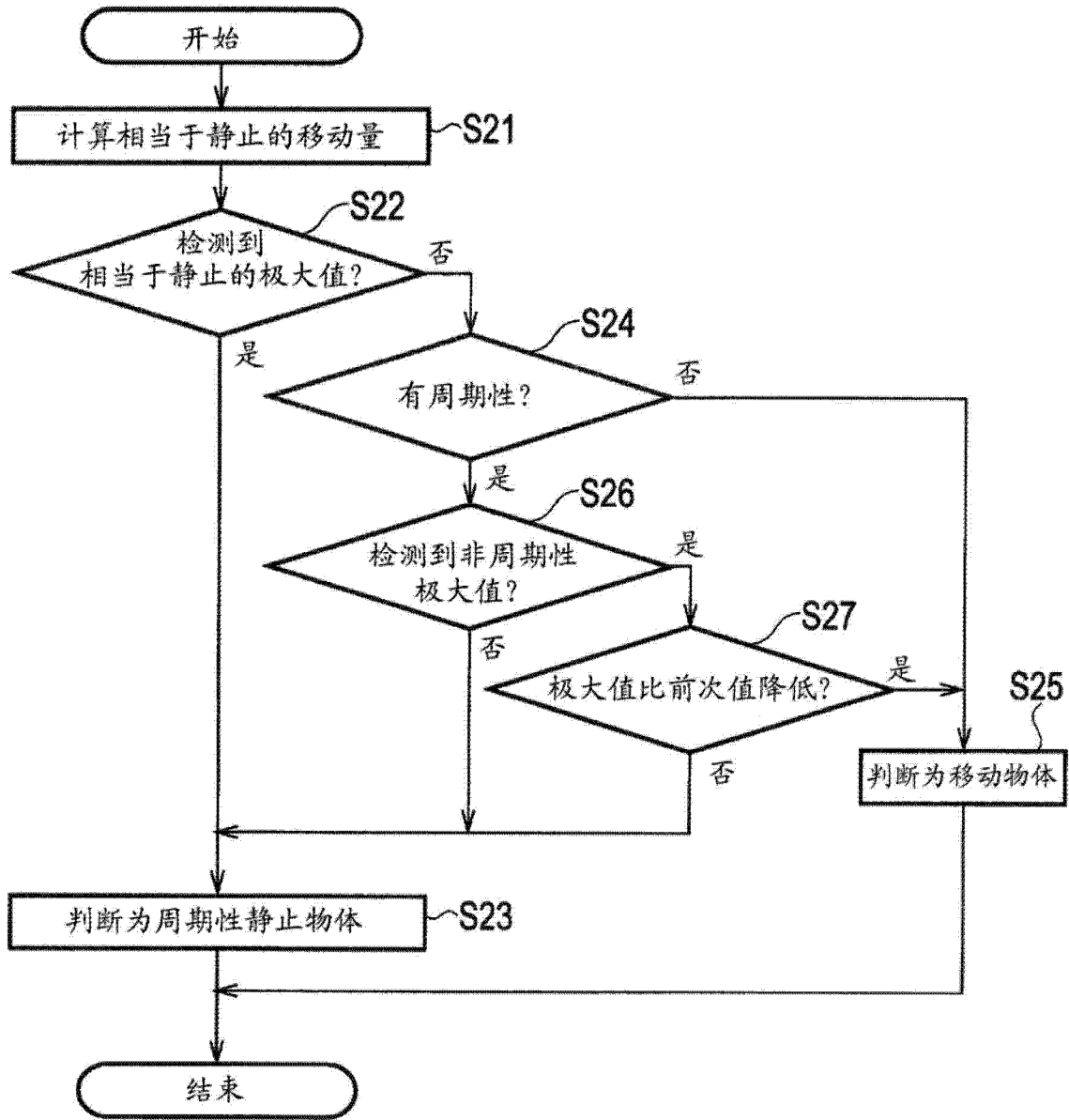


图 9

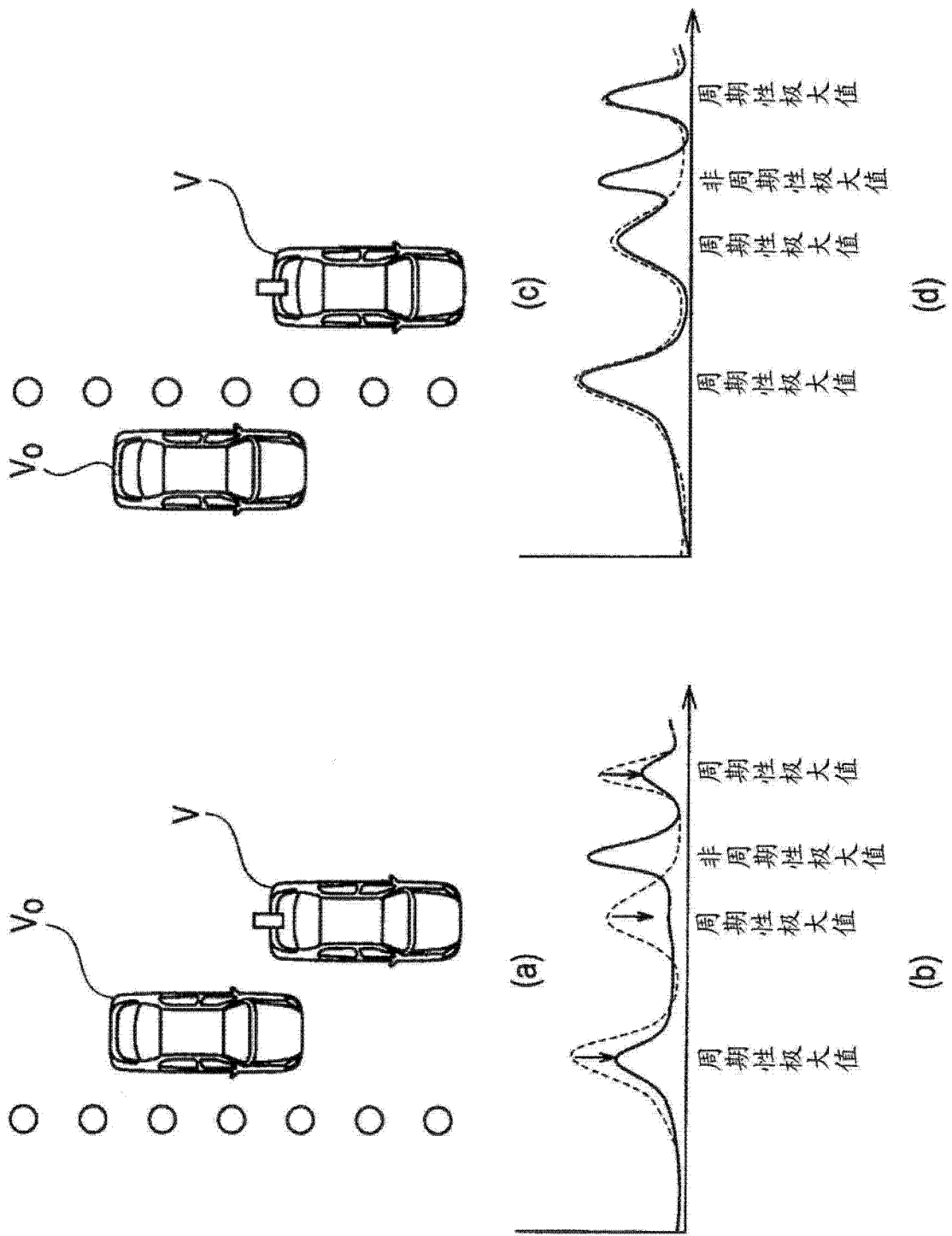


图 10

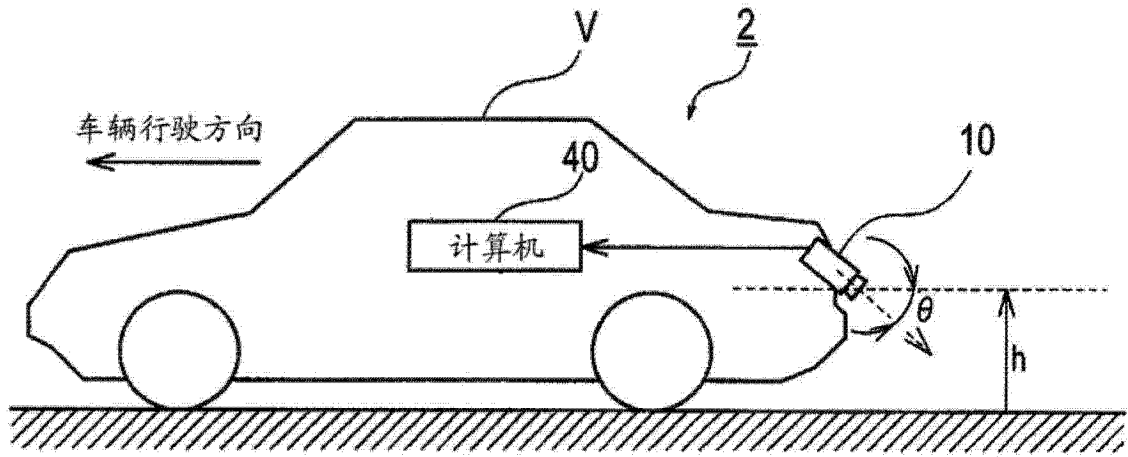


图 11

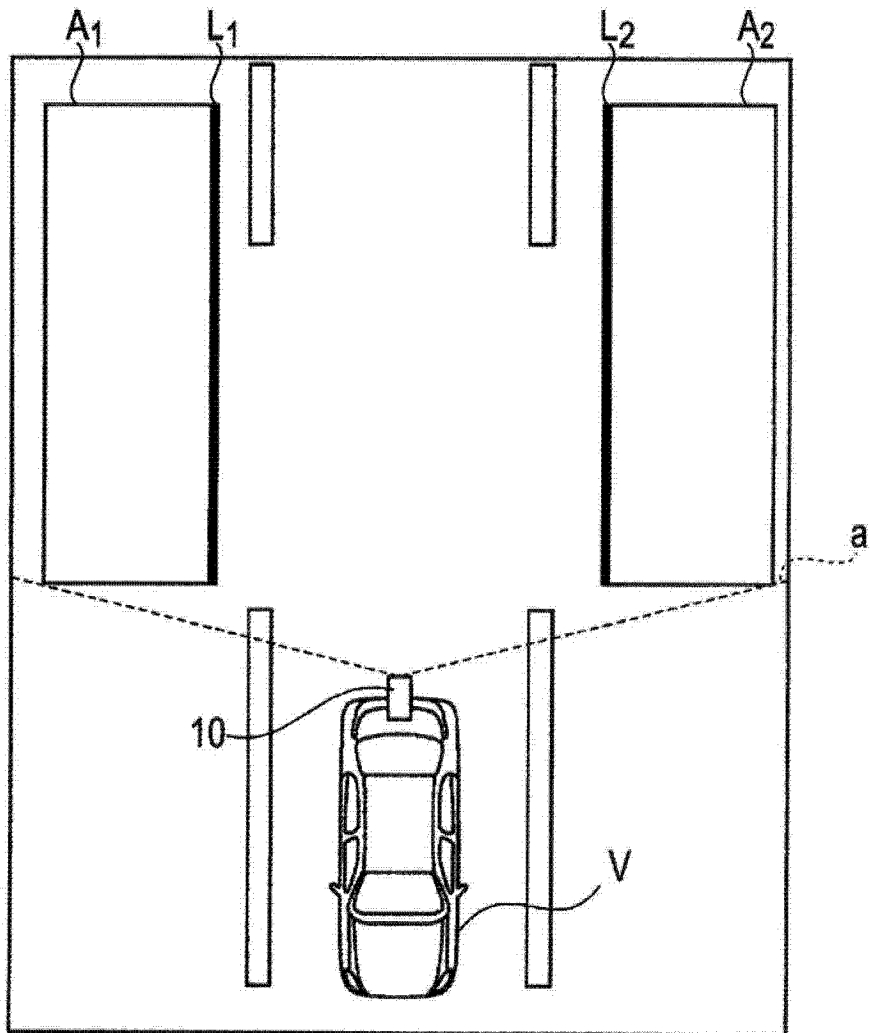


图 12

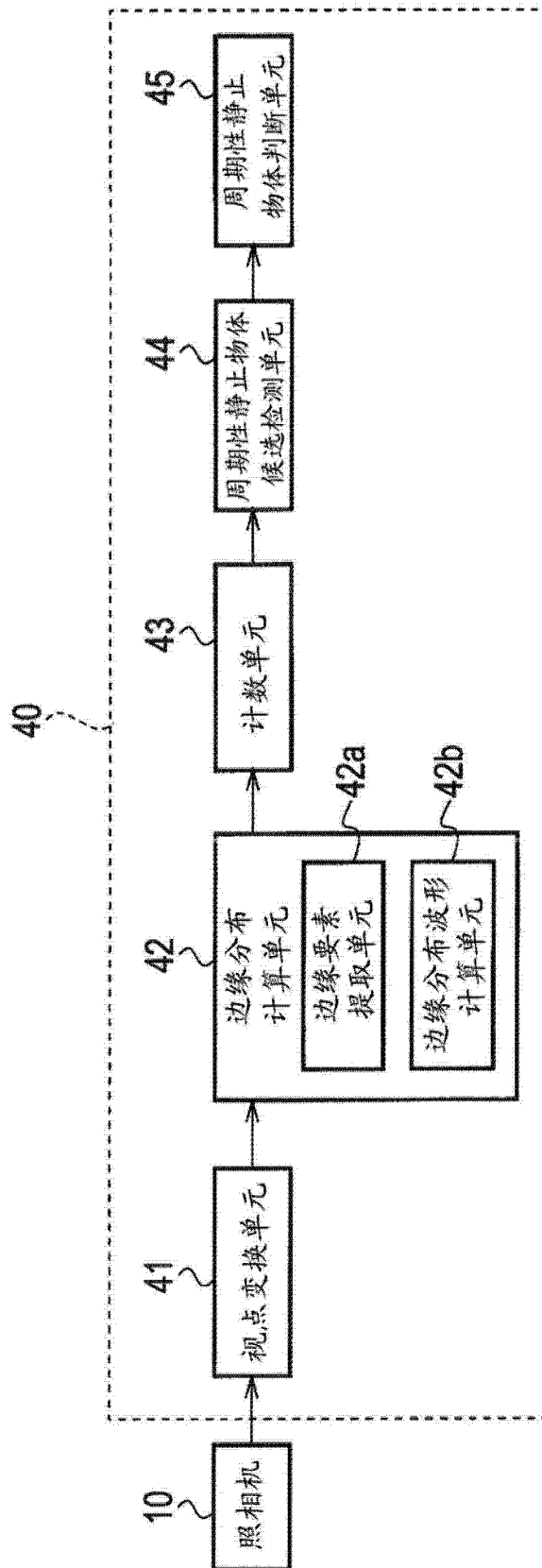


图 13

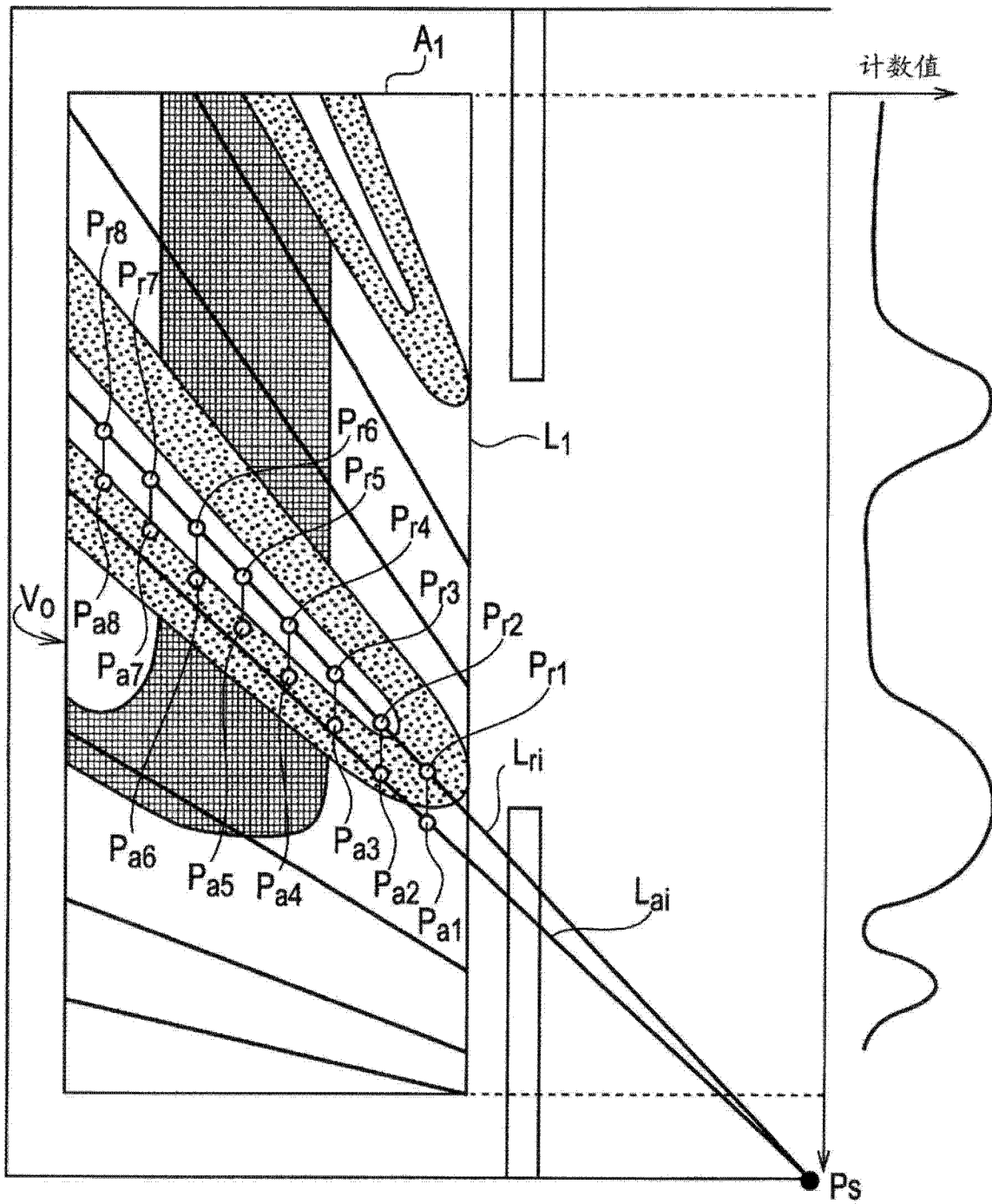


图 14

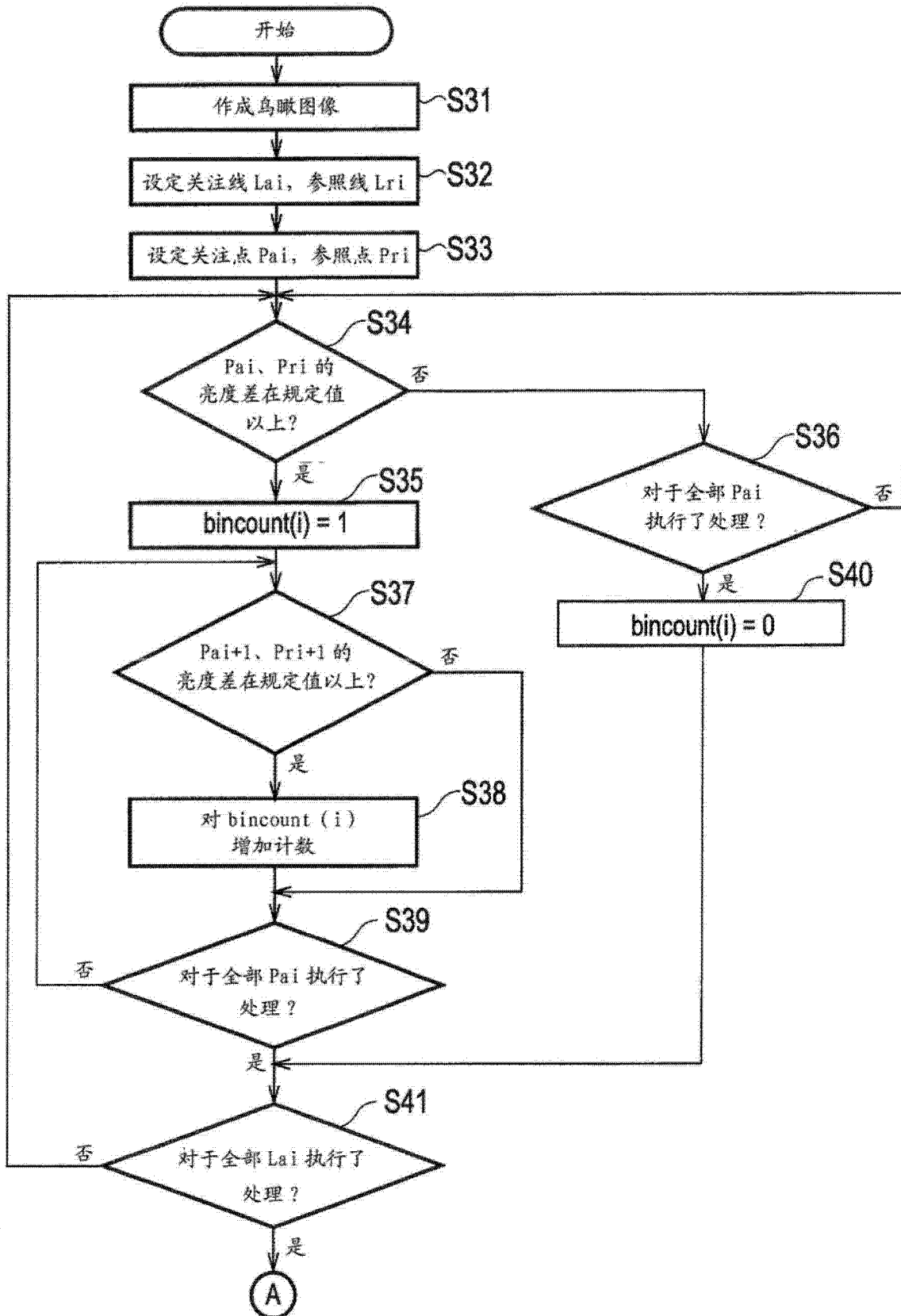


图 15



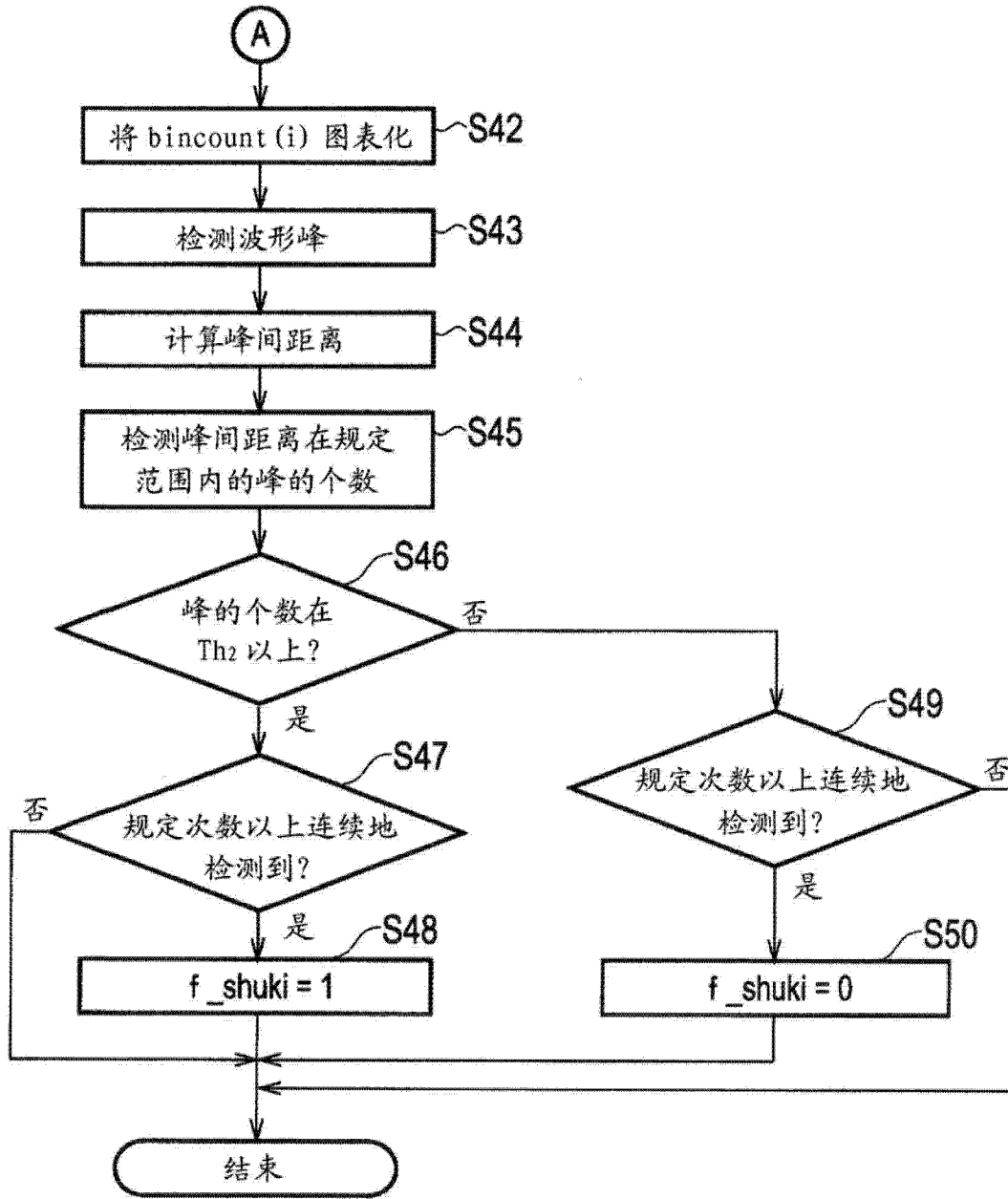


图 16

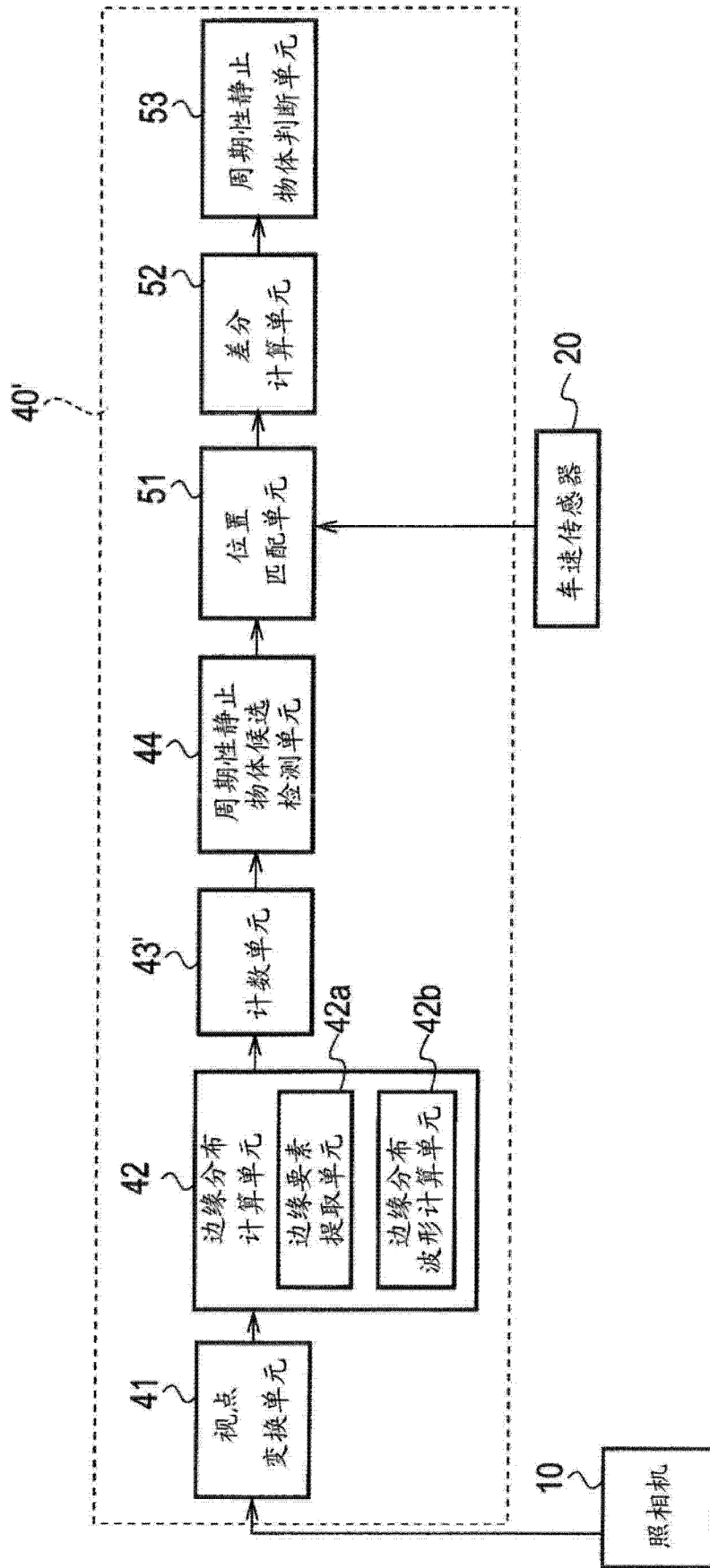


图 17

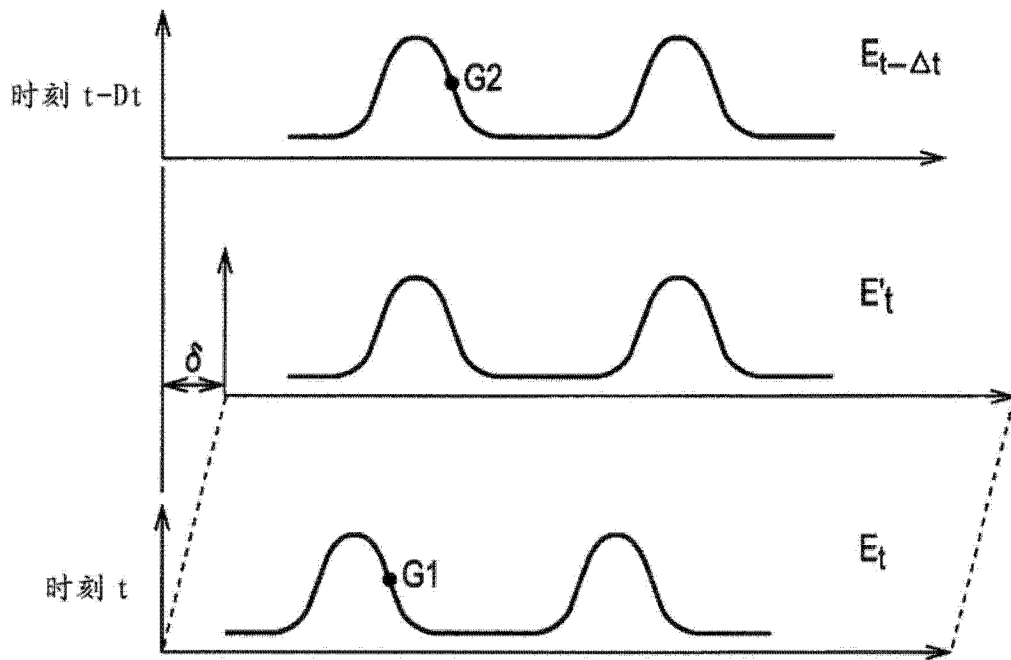


图 18

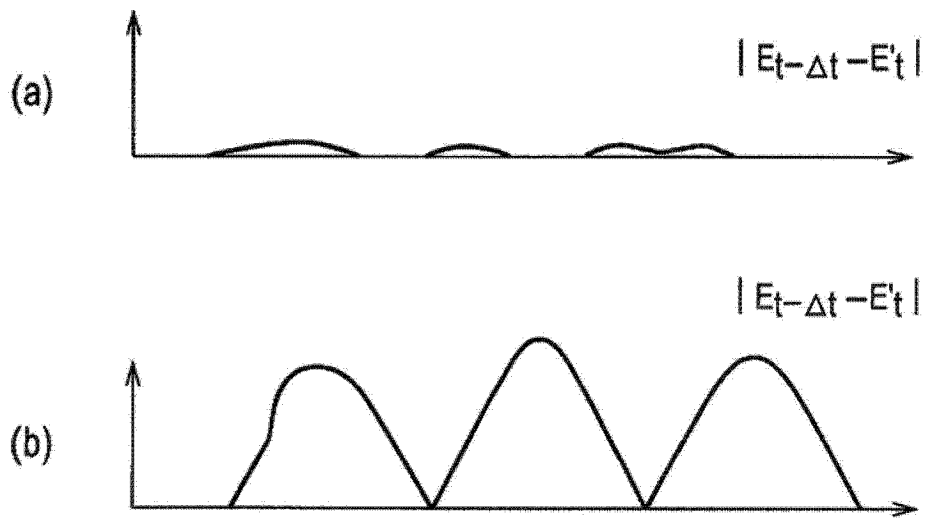


图 19

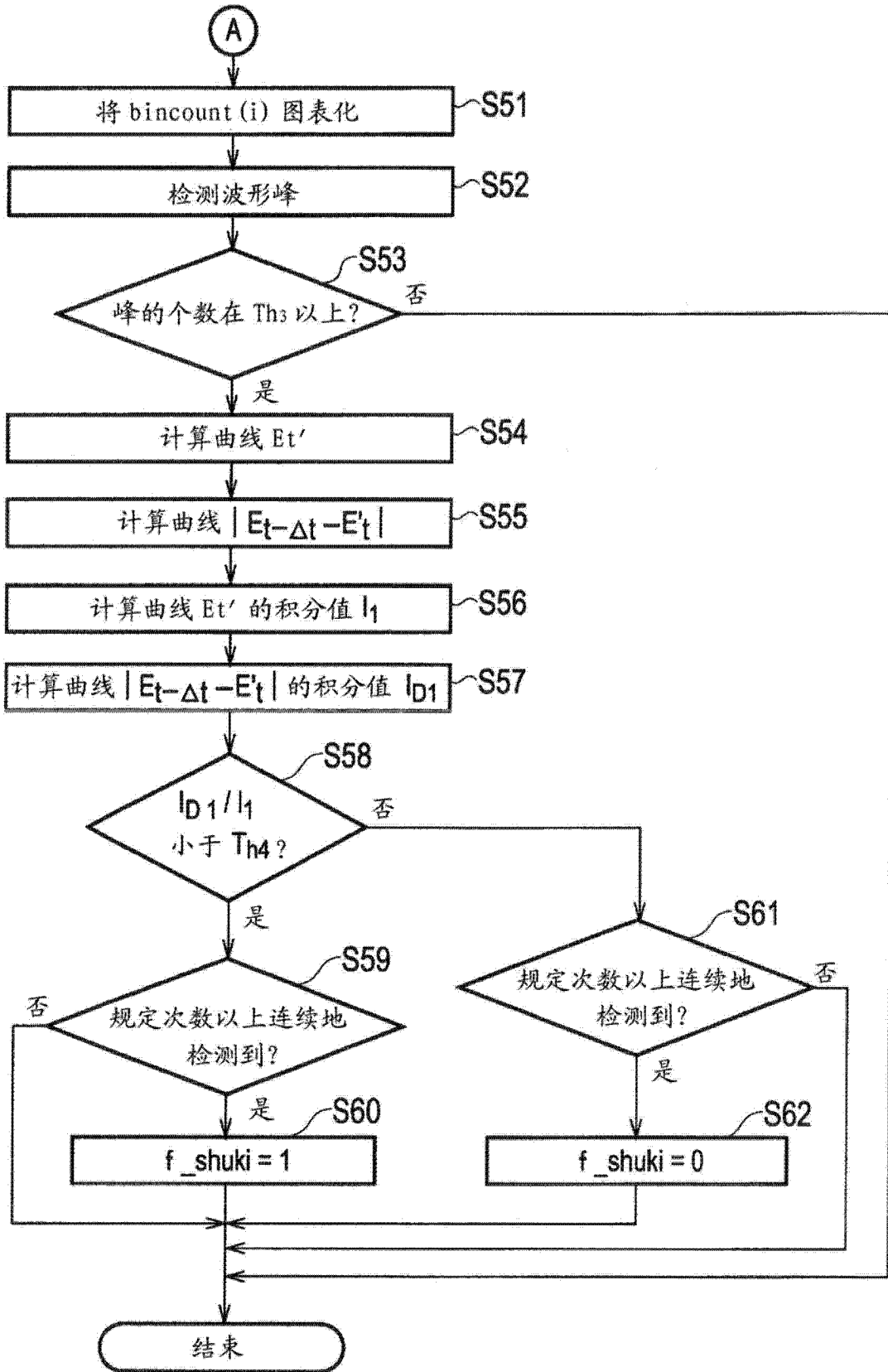


图 20

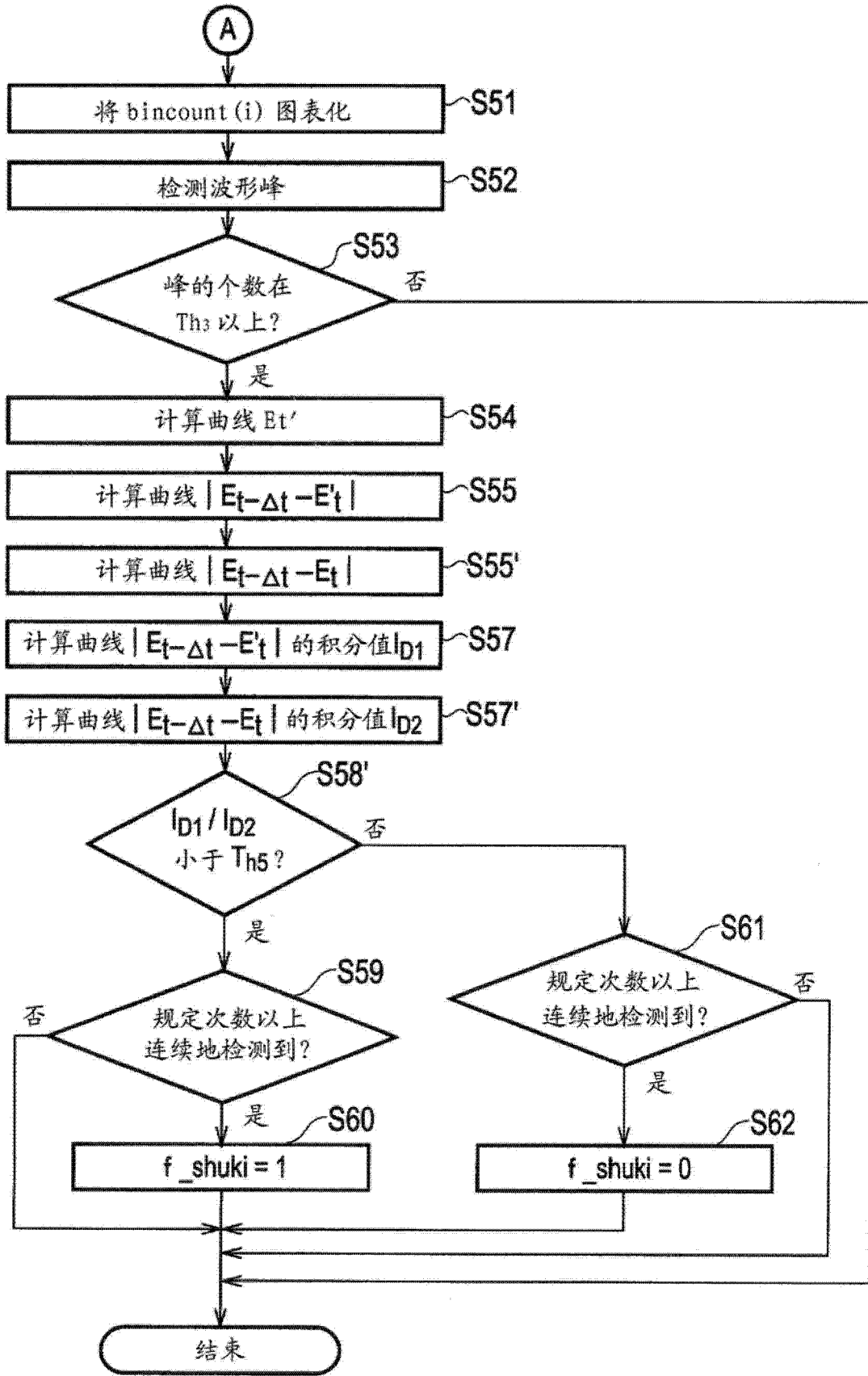


图 21