



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103080976 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 05

(21) 申请号 201180040219. 9

G06T 1/00(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 07. 29

H04N 7/18(2006. 01)

(30) 优先权数据

2010-183645 2010. 08. 19 JP

(56) 对比文件

US 2004105579 A1, 2004. 06. 03,

JP 2008158958 A, 2008. 07. 10,

CN 101256073 A, 2008. 09. 03,

US 2009268027 A1, 2009. 10. 29,

CN 101014975 A, 2007. 08. 08,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 02. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/067456 2011. 07. 29

审查员 傅重添

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/023412 JA 2012. 02. 23

(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 古性裕之 田中慎也

早川泰久

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

B60R 1/00(2006. 01)

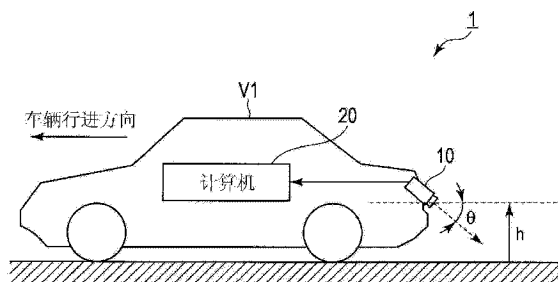
权利要求书2页 说明书16页 附图17页

(54) 发明名称

三维物体检测装置和三维物体检测方法

(57) 摘要

提供一种三维物体检测装置和三维物体检测方法。三维物体检测装置(1)具备摄像头(10)和计算机(20)。计算机(20)针对由摄像头(10)拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像,针对沿着在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置,计算该各位置附近的两个像素间的亮度差,根据计算出的每个位置的亮度差的连续性,来检测三维物体。



1. 一种三维物体检测装置,其特征在于,具备:

摄像单元,其拍摄规定区域;

视点变换单元,其针对由上述摄像单元拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像;

亮度差计算单元,其对上述鸟瞰图像将实际空间中在铅垂方向上延伸的线段设定为铅垂虚拟线,针对沿着该铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置在该铅垂虚拟线附近设定在实际空间上大致处于相同高度的两个像素,针对沿着该铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置计算所设定的上述两个像素间的亮度差;以及

三维物体检测单元,其根据由上述亮度差计算单元计算出的每个上述位置的亮度差的连续性,来检测三维物体。

2. 根据权利要求 1 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

上述铅垂虚拟线包括在上述实际空间的铅垂方向上延伸的第一铅垂虚拟线以及从上述第一铅垂虚拟线离开实际空间中的规定距离并在上述实际空间的铅垂方向上延伸的第二铅垂虚拟线,

上述亮度差计算单元计算上述第一铅垂虚拟线上的像素与上述第二铅垂虚拟线上的像素的亮度差。

3. 根据权利要求 1 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

上述亮度差计算单元计算从上述铅垂虚拟线离开实际空间中的相等距离的两个像素的亮度差。

4. 根据权利要求 1 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

上述亮度差计算单元计算从上述铅垂虚拟线离开上述鸟瞰图像中的相等距离的两个像素的亮度差,

沿着上述铅垂虚拟线的多个位置越是靠实际空间中的上方,则上述三维物体检测单元越是降低根据由上述亮度差计算单元计算出的亮度差来判断三维物体的阈值。

5. 根据权利要求 1 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

还具备边缘线检测单元,该边缘线检测单元根据由上述亮度差计算单元计算出的多个位置间的亮度差的连续性,来检测边缘线,

上述三维物体检测单元根据由上述边缘线检测单元检测出的边缘线的数量,来检测三维物体。

6. 根据权利要求 5 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

上述边缘线检测单元根据由上述亮度差计算单元计算出的铅垂虚拟线上的每个位置的亮度差针对该铅垂虚拟线上的每个位置赋予属性,根据该属性的连续性,来判断该铅垂虚拟线是否为边缘线。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

在沿着由上述边缘线检测单元检测出的边缘线的像素的亮度变化大于规定值的情况下,上述三维物体检测单元不将该边缘线使用于三维物体的检测。

8. 根据权利要求 1 所述的三维物体检测装置,其特征在于,

还具备边缘强度计算单元,该边缘强度计算单元根据由亮度差计算单元计算出的亮度差,计算上述铅垂虚拟线的边缘强度,

上述三维物体检测单元根据由上述边缘强度计算单元计算出的边缘强度的总和,来检测三维物体。

9. 一种三维物体检测方法,其特征在于,

拍摄规定区域,

针对所拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像,

对上述鸟瞰图像将实际空间中在铅垂方向上延伸的线段设定为铅垂虚拟线,针对沿着该铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置在该铅垂虚拟线附近设定在实际空间上大致处于相同高度的两个像素,针对沿着该铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置计算所设定的上述两个像素间的亮度差,

根据所计算出的每个上述位置的亮度差的连续性,来检测三维物体。

10. 一种三维物体检测装置,其特征在于,具备:

拍摄规定区域的单元;

针对所拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像的单元;

在上述鸟瞰图像上设定实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的单元;

在上述鸟瞰图像上沿着上述铅垂虚拟线检测实际空间上的大致相同高度的亮度差连续的边缘线来检测三维物体的单元。

11. 一种三维物体检测装置,其特征在于,具备:

拍摄规定区域的单元;

针对所拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像的单元;

在上述鸟瞰图像上设定实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的单元;

针对沿着上述铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置检测在实际空间上的大致相同高度的两个像素的亮度,并在上述鸟瞰图像上沿着上述铅垂虚拟线检测亮度差连续的边缘线,从而检测三维物体的单元。

12. 一种三维物体检测方法,其特征在于,

拍摄规定区域;

针对所拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像;

在上述鸟瞰图像上设定实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线;

在上述鸟瞰图像上沿着上述铅垂虚拟线检测实际空间上的大致相同高度的亮度差连续的边缘线来检测三维物体。

13. 一种三维物体检测方法,其特征在于,

拍摄规定区域;

针对所拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像;

在上述鸟瞰图像上设定实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线,

针对沿着上述铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置检测实际空间上的大致相同高度的两个像素的亮度,并在上述鸟瞰图像上沿着上述铅垂虚拟线检测亮度差连续的边缘线,从而检测三维物体。

## 三维物体检测装置和三维物体检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及三维物体检测装置和三维物体检测方法。

### 背景技术

[0002] 以往,提出了一种三维物体检测装置,其根据将拍摄到的图像进行视点变换为俯视而得到的鸟瞰图检测实际空间中的水平边缘或垂直边缘,并利用这些边缘的个数来检测车辆等三维物体。在该三维物体检测装置中,实际空间中的垂直边缘被投影为通过摄像头的视点的呈放射状的直线群而出现在鸟瞰图中。该三维物体检测装置根据该知识检测出垂直边缘,并利用垂直边缘的数量检测出三维物体(参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开平4-163249号公报

### 发明内容

#### [0004] 发明要解决的问题

[0005] 但是,通过将拍摄到的图像进行视点变换为俯视而得到的鸟瞰图内的三维物体与其高度相应地被拉长。因此,在鸟瞰图中,相对于三维物体的低位置处的边缘(在实际空间中较低位置的边缘),根据三维物体的较高位置而出现的边缘(在实际空间中较高位置的边缘)的分辨率下降了。另一方面,关于三维物体的较低位置的边缘,该边缘的宽度变小。

[0006] 因此,在如专利文献1所记载的技术那样利用3像素×3像素的微分过滤器检测边缘的情况中产生问题。关于三维物体的较高位置,由于边缘的分辨率下降了,因此尽管是边缘,但有可能无法检测出是边缘。关于三维物体的较低位置的边缘,由于该边缘的宽度变小,因此有可能判断为是噪声而无法检测出是边缘。基于这样的理由,专利文献1所记载的三维物体检测装置存在三维物体的检测精确度下降的问题。

[0007] 本发明是为了解决这样的以往的问题而完成的,其目的在于提供一种能够提高三维物体的检测精确度的三维物体检测装置和三维物体检测方法。

#### [0008] 用于解决问题的方案

[0009] 为了解决上述的问题,本发明针对由摄像单元拍摄到的图像进行视点变换处理来创建鸟瞰图像,针对沿着在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置计算该各位置附近的两个像素间的亮度差,根据计算出的每个上述位置的亮度差的连续性,来检测三维物体。

#### [0010] 发明的效果

[0011] 根据本发明,在俯视规定区域的图像的情况下,设定实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线,根据沿着该铅垂虚拟线的亮度差的连续性来检测三维物体。即,根据本发明,在亮度差较高的情况下,在其位置存在三维物体的边缘的可能性高,能够根据连续的亮度差检测出三维物体。特别来说,由于进行沿着实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的两个像素的比较,因此不会受到伴随将摄像图像视点变换为俯视图像而引起的三维物体与距路面的高度相应地被拉长的现象的影响。因而,根据本发明,能够提高三维物体的检

测精确度。

### 附图说明

[0012] 图 1 是本实施方式所涉及的三维物体检测装置的概略结构图,是表示三维物体检测装置装载于车辆的例子的概略框图。

[0013] 图 2 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置中的摄像头的摄像区域等的图,(a) 是表示检测区域等的位置关系的顶视图,(b) 示出了表示实际空间上的检测区域等的位置关系的立体图。

[0014] 图 3 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置的功能性结构的框图。

[0015] 图 4 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置中的亮度差计算部的动作的图,(a) 是表示鸟瞰图像中的关注线、参照线、关注点以及参照点的位置关系的图,(b) 是表示实际空间中的关注线、参照线、关注点以及参照点的位置关系的图。

[0016] 图 5 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置中的亮度计算部的详细动作的图,(a) 表示鸟瞰图像中的检测区域,(b) 是表示鸟瞰图像中的关注线、参照线、关注点以及参照点的位置关系的图。

[0017] 图 6 是表示边缘线和边缘线上的亮度分布的图,(a) 表示在检测区域存在三维物体(车辆)时的边缘线和边缘线上的亮度分布,(b) 表示在检测区域不存在三维物体时的边缘线和边缘线上的亮度分布。

[0018] 图 7 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置的动作过程的流程图。

[0019] 图 8 是表示作为第一实施方式示出的三维物体检测装置的动作过程的流程图。

[0020] 图 9 是表示用于说明作为第一实施方式示出的三维物体检测装置的边缘检测动作的图像例的图。

[0021] 图 10 是表示作为第二实施方式示出的三维物体检测装置中的亮度计算部的详细动作的图,(a) 表示鸟瞰图像中的检测区域,(b) 是表示鸟瞰图像中的铅垂虚拟线 L、第一参照点以及第二参照点的位置关系的图。

[0022] 图 11 是表示作为第二实施方式示出的三维物体检测装置的整体动作的流程图。

[0023] 图 12 是表示作为第二实施方式示出的三维物体检测装置的铅垂边缘的检测动作的流程图。

[0024] 图 13 是表示作为第二实施方式示出的三维物体检测装置中的亮度计算部的详细动作的另一个图,(a) 表示鸟瞰图像中的检测区域,(b) 是表示鸟瞰图像中的铅垂虚拟线 L、第一参照点以及第二参照点的位置关系的图。

[0025] 图 14 是在作为第二实施方式示出的三维物体检测装置中根据铅垂虚拟线与第一参照点和第二参照点的关系来变更阈值的说明图。

[0026] 图 15 是表示作为第二实施方式示出的三维物体检测装置的另一铅垂边缘的检测动作的流程图。

[0027] 图 16 是表示作为第三实施方式示出的三维物体检测装置的功能性结构的框图。

[0028] 图 17 是表示作为第三实施方式示出的三维物体检测装置中的边缘强度计算部的动作的图,(a) 是表示存在三维物体的俯视图像上的检测区域、关注线 La 以及边缘强度的关系的图,(b) 是表示不存在三维物体的俯视图像上的检测区域、关注线 La 以及边缘强度

的关系的图。

[0029] 图 18 是表示作为第三实施方式示出的三维物体检测装置的动作过程的流程图。

### 具体实施方式

[0030] 下面,根据附图说明本发明的实施方式。图 1 是本实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 的概略结构图。本实施方式示出了三维物体检测装置 1 装载于本车辆 V1 时的例子。如图 1 所示,三维物体检测装置 1 具备摄像头(摄像单元)10 以及计算机 20。

[0031] 摄像头 10 安装在本车辆 V1 的后端部中的高度  $h$  的位置处。以摄像头 10 的光轴从水平向下形成角度  $\theta$  的方式安装摄像头 10。摄像头 10 从该安装位置拍摄规定区域。摄像头 10 将拍摄到的图像提供给计算机 20。计算机 20 利用从摄像头 10 提供的图像来检测在本车辆 V1 的后侧方有无三维物体。

[0032] 图 2 是表示图 1 所示的摄像头 10 的摄像范围等的图。图 2 的 (a) 表示顶视图。图 2 的 (b) 表示本车辆 V1 的后侧方的实际空间上的立体图。如图 2 的 (a) 所示,摄像头 10 形成为规定的视角  $a$ 。摄像头 10 拍摄在规定的视角  $a$  中包含的本车辆 V1 的后侧方。摄像头 10 的视角  $a$  被设定成在摄像头 10 的摄像范围中除了包含本车辆 V1 行驶的车道以外,还包含相邻的车道。

[0033] 计算机 20 对于由摄像头 10 拍摄到的摄像图像中的作为检测对象的三维物体的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  内的部位执行各种处理。由此,计算机 20 判断在检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  内是否存在三维物体(特别来说是其它车辆 V2)。检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  从上面来看形成为梯形。检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的位置、大小以及形状根据距离  $d_1 \sim d_4$  来确定。

[0034] 距离  $d_1$  是本车辆 V1 到触地线  $L_1$ 、 $L_2$  的距离。触地线  $L_1$ 、 $L_2$  是指在与本车辆 V1 行驶的车道相邻的车道上存在的三维物体接触地面的线。在本实施方式中,目的是检测在本车辆 V1 的后侧方行驶于与本车辆 V1 的车道相邻的左右车道的其它车辆 V2 等(包括两轮车等)。因此,能够根据本车辆 V1 到白线 W 的距离  $d_{11}$  以及白线 W 到预测出其它车辆 V2 行驶的位置的距离  $d_{12}$ , 事先大致固定地确定形成其它车辆 V2 的触地线  $L_1$ 、 $L_2$  的位置、即距离  $d_1$ 。

[0035] 此外,关于距离  $d_1$ , 不限于被固定确定的情况,也可以设为可变。在这种情况下,计算机 20 利用白线识别等的技术来识别白线 W 相对于本车辆 V1 的位置,根据识别出的白线 W 的位置来确定距离  $d_{11}$ 。由此,利用所确定的距离  $d_{11}$  可变地设定距离  $d_1$ 。

[0036] 在本实施方式中,其它车辆 V2 行驶的位置(距白线 W 的距离  $d_{12}$ ) 以及本车辆 V1 行驶的位置(距白线 W 的距离  $d_{11}$ ) 大致已定,因此距离  $d_1$  设为被固定确定的距离。

[0037] 距离  $d_2$  是从本车辆 V1 的后端部向车辆行进方向延伸的距离。以检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  至少收纳进摄像头 10 的视角  $a$  内的方式决定该距离  $d_2$ 。特别地,在本实施方式中,距离  $d_2$  被设定成与由视角  $a$  划分出的范围相邻接。

[0038] 距离  $d_3$  是表示检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  在车辆行进方向上的长度的距离。根据成为检测对象的三维物体的大小来决定该距离  $d_3$ 。在本实施方式中,由于检测对象是其它车辆 V2 等,因此距离  $d_3$  被设定为将其它车辆 V2 包括在内的长度。

[0039] 距离  $d_4$  如图 2 的 (b) 所示那样是表示如在实际空间中将其它车辆 V2 等的轮胎包括在内那样设定的高度的距离。距离  $d_4$  在鸟瞰图像中被设为图 2 的 (a) 所示的程度的长

度。此外,期望距离  $d_4$  在鸟瞰图像中被设为不包括与左右的相邻车道再相邻的车道(即,相邻的第二车道)的程度的长度。这是因为当相对于本车辆 V1 的车道包括相邻的第二车道时,不能区分是在本车辆 V1 正在行驶的车道即本车道的左右相邻车道存在其它车辆 V2、还是在相邻的第二车道存在其它车辆 V2。

[0040] 如上述那样确定距离  $d_1$ ~距离  $d_4$ 。由此,确定出检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的位置、大小以及形状。具体进行说明,根据距离  $d_1$  确定形成梯形的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的上边  $b_1$  的位置。根据距离  $d_2$  确定上边  $b_1$  的起点位置  $C_1$ 。根据距离  $d_3$  确定上边  $b_1$  的终点位置  $C_2$ 。根据从摄像头 10 向起点位置  $C_1$  延伸的直线  $L_3$ , 确定形成梯形的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的侧边  $b_2$ 。同样地,根据从摄像头 10 向终点位置  $C_2$  延伸的直线  $L_4$  确定形成梯形的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的侧边  $b_3$ 。根据距离  $d_4$  确定形成梯形的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的下边  $b_4$  的位置。这样,由各边  $b_1$ ~ $b_4$  包围的区域被设为检测区域  $A_1$ 、 $A_2$ 。该检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  如图 2 的 (b) 所示那样在本车辆 V1 后侧方的实际空间上形成矩形(长方形)。

[0041] 此外,在本实施方式中,检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  在被俯视的状态下是梯形,但是不限于此,在俯视的状态下也可以是矩形等其它形状。

[0042] 图 3 是表示图 1 所示的计算机 20 的详情的框图。此外,在图 3 中,为了明确连接关系,也图示了摄像头 10。

[0043] 如图 3 所示,计算机 20 包括视点变换部(视点变换单元)21、亮度差计算部(亮度差计算单元)22、边缘线检测部(边缘线检测单元)23 以及三维物体检测部(三维物体检测单元)24。此外,计算机 20 是由 CPU、RAM、ROM 等构成的计算机。计算机 20 通过按照预先设定的程序进行图像处理等,来实现视点变换部 21、亮度差计算部 22、边缘线检测部 23、三维物体检测部 24 等各部分的功能。

[0044] 视点变换部 21 输入通过摄像头 10 的摄像获得的规定区域的摄像图像数据。视点变换部 21 针对所输入的摄像图像数据进行视点变换处理来变换为俯视状态的鸟瞰图像数据。形成为鸟瞰图像的状态是指从虚拟摄像头的视点观看的状态,该虚拟摄像头是从上空例如铅垂向下(或者,稍稍斜向下)俯视。例如通过日本特开 2008-219063 号公报所记载的技术来实现该视点变换处理。

[0045] 亮度差计算部 22 为了检测鸟瞰图像中包含的三维物体的边缘,而针对由视点变换部 21 进行视点变换得到的鸟瞰图像数据进行亮度差的计算。亮度差计算部 22 针对沿着在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置计算该各位置附近的两个像素间的亮度差。

[0046] 亮度差计算部 22 通过仅设定一条在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的方法以及设定两条铅垂虚拟线的方法中的任一个方法来计算亮度差。

[0047] 针对设定两条铅垂虚拟线的具体方法进行说明。亮度差计算部 22 针对进行视点变换得到的鸟瞰图像设定相当于在实际空间中在铅垂方向上延伸的线段的第一铅垂虚拟线以及相当于与第一铅垂虚拟线不同并在实际空间中在铅垂方向上延伸的线段的第二铅垂虚拟线。亮度差计算部 22 沿着第一铅垂虚拟线和第二铅垂虚拟线连续地求出第一铅垂虚拟线上的点与第二铅垂虚拟线上的点的亮度差。下面,详细说明该亮度差计算部 22 的动作。

[0048] 亮度差计算部 22 如图 4 的 (a) 所示那样设定相当于在实际空间中在铅垂方向上

延伸的线段且通过检测区域  $A_1$  的第一铅垂虚拟线  $L_a$  (以下称为关注线  $L_a$ )。亮度差计算部 22 设定相当于与关注线  $L_a$  不同并在实际空间中在铅垂方向上延伸的线段且通过检测区域  $A_1$  的第二铅垂虚拟线  $L_r$  (以下称为参照线  $L_r$ )。参照线  $L_r$  被设置于从关注线  $L_a$  离开在实际空间中的规定距离的位置处。此外,与实际空间中在铅垂方向上延伸的线段相当的线是指在鸟瞰图像中从摄像头 10 的位置  $P_s$  起呈放射状扩展的线。

[0049] 亮度差计算部 22 在关注线  $L_a$  上设定关注点  $P_a$  (第一铅垂虚拟线上的点)。亮度差计算部 22 在参照线  $L_r$  上设定参照点  $P_r$  (第二铅垂虚拟线上的点)。

[0050] 关注线  $L_a$ 、关注点  $P_a$ 、参照线  $L_r$ 、参照点  $P_r$  在实际空间上形成如图 4 的 (b) 所示那样的关系。从图 4 的 (b) 显而易见,关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$  在实际空间上在铅垂方向上延伸。关注点  $P_a$  和参照点  $P_r$  在实际空间上被设定为大致相同的高度。此外,关注点  $P_a$  和参照点  $P_r$  并不一定需要是严格上的相同的高度,关注点  $P_a$  和参照点  $P_r$  被视为相同高度的程度的误差当然是允许的。

[0051] 亮度差计算部 22 求出关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  的亮度差。当关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  的亮度差较大时,认为在关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  之间存在边缘。因此,图 3 所示的边缘线检测部 23 根据关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  的亮度差来检测边缘线。

[0052] 更详细地进行说明。图 5 是表示图 3 所示的亮度差计算部 22 的详细动作的第二图。图 5 的 (a) 表示俯视状态的鸟瞰图像,图 5 的 (b) 是图 5 的 (a) 所示的鸟瞰图像的一部分放大图。此外,对于图 5,也仅图示检测区域  $A_1$  进行说明,但是对于检测区域  $A_2$ ,也能够同样地计算亮度差。

[0053] 在摄像头 10 所拍摄到的摄像图像内拍摄有其它车辆  $V2$  的情况下,如图 5 的 (a) 所示那样,在鸟瞰图像内的检测区域  $A_1$  出现其它车辆  $V2$ 。如图 5 的 (b) 示出图 5 的 (a) 中的区域  $B1$  的放大图那样,设为在鸟瞰图像上在其它车辆  $V2$  的轮胎的橡胶部分上设定了关注线  $L_a$ 。

[0054] 在该状态中,亮度差计算部 22 首先设定参照线  $L_r$ 。参照线  $L_r$  沿铅垂方向设定在实际空间上距关注线  $L_a$  规定的距离的位置处。具体来说,在本实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 中,参照线  $L_r$  被设定在与关注线  $L_a$  在实际空间上相距 10cm 的位置处。由此,参照线  $L_r$  在鸟瞰图像上例如被设定在与其它车辆  $V2$  的轮胎的橡胶相距相当于 10cm 的其它车辆  $V2$  的轮胎的轮辋上。

[0055] 接着,亮度差计算部 22 在关注线  $L_a$  上设定多个关注点  $P_{a1} \sim P_{aN}$ 。例如,在图 5 的 (b) 中,为了便于说明,设定了六个关注点  $P_{a1} \sim P_{a6}$  (以下在表示任意的点的情况下仅称为关注点  $P_{ai}$ )。此外,设定在关注线  $L_a$  上的关注点  $P_a$  的数量可以是任意的。在下面的说明中,设为  $N$  个关注点  $P_a$  被设定在关注线  $L_a$  上进行说明。

[0056] 接着,亮度差计算部 22 在实际空间上将各参照点  $P_{r1} \sim P_{rN}$  设定成与各关注点  $P_{a1} \sim P_{aN}$  相同的高度。

[0057] 接着,亮度差计算部 22 计算相同高度的关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  的亮度差。由此,亮度差计算部 22 针对沿着在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线的多个位置 ( $1 \sim N$ ) 中的每个位置计算两个像素间的亮度差。亮度差计算部 22 例如计算第一关注点  $P_{a1}$  与第一参照点  $P_{r1}$  之间的亮度差,计算第二关注点  $P_{a2}$  与第二参照点  $P_{r2}$  之间的亮度差。由此,亮度差计算部 22 沿着关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$  连续地求出亮度差。即,亮度差计算部 22 依次求出

第三～第 N 关注点  $P_{a3} \sim P_{aN}$  与第三～第 N 参照点  $P_{r3} \sim P_{rN}$  的亮度差。

[0058] 亮度差计算部 22 在检测区域  $A_1$  内移动关注线  $L_a$  的同时重复执行上述的参照线  $L_r$  的设定、关注点  $P_a$  和参照点  $P_r$  的设定、亮度差的计算这样的处理。即,亮度差计算部 22 在实际空间上沿触地线的延伸方向以相同的距离改变关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$  各自的位置的同时重复执行上述的处理。亮度差计算部 22 例如将在前次处理中成为参照线  $L_r$  的线设定为关注线  $L_a$ , 针对该关注线  $L_a$  设定参照线  $L_r$ , 依次求出亮度差。

[0059] 再次参照图 3。边缘线检测部 23 根据由亮度差计算部 22 计算出的连续的亮度差来检测边缘线。例如在图 5 的 (b) 所示的情况下,第一关注点  $P_{a1}$  和第一参照点  $P_{r1}$  位于相同的轮胎部分,因此亮度差小。另一方面,第二～第六关注点  $P_{a2} \sim P_{a6}$  位于轮胎的橡胶部分,第二～第六参照点  $P_{r2} \sim P_{r6}$  位于轮胎的轮辋部分。因而,第二～第六关注点  $P_{a2} \sim P_{a6}$  与第二～第六参照点  $P_{r2} \sim P_{r6}$  的亮度差变大。因此,边缘线检测部 23 能够检测出在亮度差较大的第二～第六关注点  $P_{a2} \sim P_{a6}$  与第二～第六参照点  $P_{r2} \sim P_{r6}$  之间存在边缘线。

[0060] 具体来说,边缘线检测部 23 在检测出边缘线时,首先按照下述的式 (1),根据第 i 个关注点  $P_{ai}$  (坐标  $(x_i, y_i)$ ) 与第 i 个参照点  $P_{ri}$  (坐标  $(x_i', y_i')$ ) 的亮度差,对第 i 个关注点  $P_{ai}$  赋予属性。

[0061] [数 1]

[0062]  $s(x_i, y_i) = 1$

[0063] (在  $I(x_i, y_i) > I(x_i', y_i') + t$  时)

[0064]  $s(x_i, y_i) = -1$

[0065] (在  $I(x_i, y_i) < I(x_i', y_i') - t$  时)

[0066]  $s(x_i, y_i) = 0$

[0067] (在上述以外的情况时)

[0068] 在上述式 (1) 中,  $t$  表示阈值。 $I(x_i, y_i)$  表示第 i 个关注点  $P_{ai}$  的亮度值。 $I(x_i', y_i')$  表示第 i 个参照点  $P_{ri}$  的亮度值。根据上述式 (1),在关注点  $P_{ai}$  的亮度值高于将阈值  $t$  与参照点  $P_{ri}$  相加后的亮度值的情况下,该关注点  $P_{ai}$  的属性  $s(x_i, y_i)$  为“1”。另一方面,在关注点  $P_{ai}$  的亮度值低于从参照点  $P_{ri}$  减去阈值  $t$  后的亮度值的情况下,该关注点  $P_{ai}$  的属性  $s(x_i, y_i)$  为“-1”。在关注点  $P_{ai}$  的亮度值和参照点  $P_{ri}$  的亮度值是除此以外的关系的情况下,关注点  $P_{ai}$  的属性  $s(x_i, y_i)$  为“0”。

[0069] 接着,边缘线检测部 23 根据下述的式 (2),基于沿着关注线  $L_a$  的属性  $s$  的连续性  $c(x_i, y_i)$ ,判断关注线  $L_a$  是否为边缘线。

[0070] [数 2]

[0071]  $c(x_i, y_i) = 1$

[0072] (在  $s(x_i, y_i) = s(x_{i+1}, y_{i+1})$  时、且除了  $0=0$ )

[0073]  $c(x_i, y_i) = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$

[0074] (在上述以外的情况时)

[0075] 在关注点  $P_{ai}$  的属性  $s(x_i, y_i)$  与相邻的关注点  $P_{ai+1}$  的属性  $s(x_{i+1}, y_{i+1})$  相同的情况下,连续性  $c(x_i, y_i)$  为“1”。在关注点  $P_{ai}$  的属性  $s(x_i, y_i)$  与相邻的关注点  $P_{ai+1}$  的属性  $s(x_{i+1}, y_{i+1})$  不相同的情况下,连续性  $c(x_i, y_i)$  为“0”。

[0076] 接着,边缘线检测部 23 对于关注线  $L_a$  上的所有关注点  $P_a$  的连续性  $c$  求出总和。

边缘线检测部 23 将求出的连续性  $c$  的总和除以关注点  $P_a$  的个数  $N$ , 由此将连续性  $c$  进行归一化。边缘线检测部 23 在进行归一化得到的值超过阈值  $\theta$  的情况下, 将关注线  $L_a$  判断为边缘线。此外, 阈值  $\theta$  是预先通过实验等设定的值。

[0077] 即, 边缘线检测部 23 根据下述的式 (3) 判断关注线  $L_a$  是否为边缘线。

[0078] [数 3]

[0079]  $\sum c(x_i, y_i)/N > \theta \dots \dots \dots (3)$

[0080] 然后, 边缘线检测部 23 对于被描绘在检测区域  $A_1$  上的所有关注线  $L_a$  判断是否为边缘线。

[0081] 再次参照图 3。三维物体检测部 24 根据由边缘线检测部 23 检测出的边缘线的数量来检测三维物体。如上所述, 本实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 检测在实际空间上在铅垂方向上延伸的边缘线。检测出很多在铅垂方向上延伸的边缘线则在检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  存在三维物体的可能性高。因此, 三维物体检测部 24 根据由边缘线检测部 23 检测出的边缘线的数量来检测三维物体。

[0082] 并且, 三维物体检测部 24 在检测三维物体之前判断由边缘线检测部 23 检测出的边缘线是否为正确的边缘线。三维物体检测部 24 判断沿着边缘线上的俯视图像的边缘线的亮度变化是否大于规定的阈值。在边缘线上的俯视图像的亮度变化大于阈值的情况下, 判断为该边缘线是通过错误判断检测出的。另一方面, 在边缘线上的俯视图像的亮度变化不大于阈值的情况下, 判断为该边缘线是正确的边缘线。此外, 该阈值是通过实验等预先设定的值。

[0083] 图 6 是边缘线和亮度分布的图。图 6 的 (a) 表示在检测区域  $A_1$  存在作为三维物体的其它车辆 V2 时的边缘线和亮度分布。图 6 的 (b) 表示在检测区域  $A_1$  不存在三维物体时的边缘线和亮度分布。

[0084] 如图 6 的 (a) 所示, 设为在鸟瞰图像中被设定在其它车辆 V2 的轮胎橡胶部分的关注线  $L_a$  被判断为是边缘线。在这种情况下, 关注线  $L_a$  上的俯视图像的亮度变化是平缓的。这是由于由摄像头 10 拍摄到的图像通过视点变换被变换为鸟瞰图像 (俯视), 由此其它车辆 V2 的轮胎在俯视图像内被拉长。

[0085] 另一方面, 如图 6 的 (b) 所示, 设为在鸟瞰图像中被设定在描绘于路面上的“50”这样的白色文字部分的关注线  $L_a$  被错误判断为是边缘线。在这种情况下, 关注线  $L_a$  上的俯视图像的亮度变化的起伏较大。这是因为在边缘线上混杂有白色文字中的亮度高的部分和路面等的亮度低的部分。

[0086] 根据如以上那样的关注线  $L_a$  上的亮度分布的差异, 边缘线检测部 23 判断边缘线是否为通过错误判断检测出的边缘线。三维物体检测部 24 在沿着边缘线的亮度变化大于规定的阈值的情况下, 判断为该边缘线是通过错误判断检测出的边缘线。并且, 该边缘线不在三维物体的检测中使用。由此, 抑制路面上“50”这样的白色文字、路肩的杂草等被判定为边缘线从而三维物体的检测精确度降低。

[0087] 具体来说, 三维物体检测部 24 通过下述的式 (4)、(5) 的任一个来计算边缘线的亮度变化。该边缘线的亮度变化相当于实际空间上的铅垂方向的评价值。下述的式 (4) 通过关注线  $L_a$  上的第  $i$  个亮度值  $I(x_i, y_i)$  与相邻的第  $i+1$  个亮度值  $I(x_{i+1}, y_{i+1})$  之差的平方的合计值来评价亮度分布。下述的式 (5) 通过关注线  $L_a$  上的第  $i$  个亮度值  $I(x_i, y_i)$  与

相邻的第  $i+1$  个亮度值  $I(x_{i+1}, y_{i+1})$  之差的绝对值的合计值来评价亮度分布。

[0088] [数 4]

[0089] (相当于铅垂的方向的评价值)

$$[0090] = \sum \{ |I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})| \} \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

[0091] [数 5]

[0092] (相当于铅垂的方向的评价值)

$$[0093] = \sum |I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})| \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

[0094] 此外,不限于式(5),也可以如下述的式(6)那样利用阈值  $t_2$  将相邻的亮度值的属性  $b$  进行二值化后,将该二值化后的属性  $b$  对于所有的关注点  $P_a$  求和。

[0095] [数 6]

$$[0096] \text{ (相当于铅垂的方向的评价值)} = \sum b(x_i, y_i) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

[0097] 其中,  $b(x_i, y_i) = 1$

$$[0098] (|I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_{i+1})| > t_2)$$

$$[0099] b(x_i, y_i) = 0$$

[0100] (在上述以外的情况时)

[0101] 在关注点  $P_{ai}$  的亮度值与参照点  $P_{ri}$  的亮度值之间的亮度差的绝对值大于阈值  $t_2$  的情况下,该关注点  $P_a(x_i, y_i)$  的属性  $b$  为“1”。在是除此以外的关系的情况下,关注点  $P_{ai}$  的属性  $b(x_i, y_i)$  为“0”。该阈值  $t_2$  是为了判断关注线  $L_a$  不存在于相同的三维物体上而通过实验等预先设定的。然后,三维物体检测部 24 关于关注线  $L_a$  上的所有关注点  $P_a$  的属性  $b$  求和,来求出相当于铅垂的方向的评价值,来判断边缘线是否为正确的边缘线。

[0102] 接着,针对本实施方式所涉及的三维物体检测方法进行说明。图 7 和图 8 是表示本实施方式所涉及的三维物体检测方法的详情的流程图。此外,在图 7 和图 8 中,为了方便,针对将检测区域  $A_1$  作为对象的处理进行说明,但是对于检测区域  $A_2$  也能够同样地进行处理。

[0103] 如图 7 所示,首先在步骤 S1 中,摄像头 10 拍摄根据视角  $a$  和安装位置而确定的规定区域。

[0104] 接着,亮度差计算部 22 在步骤 S2 中输入在步骤 S1 中由摄像头 10 拍摄得到的摄像图像数据,进行视点变换后生成鸟瞰图像数据。

[0105] 接着,亮度差计算部 22 在步骤 S3 中在检测区域  $A_1$  上设定关注线  $L_a$ 。此时,亮度差计算部 22 将与在实际空间上在铅垂方向上延伸的线相当的线设定为关注线  $L_a$ 。

[0106] 接着,亮度差计算部 22 在步骤 S4 中在检测区域  $A_1$  上设定参照线  $L_r$ 。此时,亮度差计算部 22 将相当于在实际空间上在铅垂方向上延伸的线段且与关注线  $L_a$  在实际空间上相距规定距离的线设定为参照线  $L_r$ 。

[0107] 接着,亮度差计算部 22 在步骤 S5 中在关注线  $L_a$  上设定多个关注点  $P_a$ 。此时,亮度差计算部 22 设定在由边缘线检测部 23 检测边缘时不会产生问题的程度的数量的关注点  $P_a$ 。

[0108] 另外,亮度差计算部 22 在步骤 S6 中设定参照点  $P_r$  使得在实际空间上关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  为大致相同的高度。由此,关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  大致沿水平方向排列,从而容易检测出在实际空间上在铅垂方向上延伸的边缘线。

[0109] 接着,亮度差计算部 22 在步骤 S7 中计算在实际空间上成为相同高度的关注点  $P_a$  与参照点  $P_r$  的亮度差。

[0110] 接着,边缘线检测部 23 按照上述的式 (1) 计算各关注点  $P_a$  的属性  $s$ 。接着,边缘线检测部 23 在步骤 S8 中,按照上述的式 (2) 计算各关注点  $P_a$  的属性  $s$  的连续性  $c$ 。

[0111] 接着,边缘线检测部 23 在步骤 S9 中,按照上述式 (3) 判断将连续性  $c$  的总和进行归一化而得到的值是否大于阈值  $\theta$ 。在判断为进行归一化而得到的值大于阈值  $\theta$  的情况下 (S9 :“是”),边缘线检测部 23 在步骤 S10 中将该关注线  $L_a$  检测为边缘线。然后,处理转移到步骤 S11。在判断为进行归一化而得到的值不大于阈值  $\theta$  的情况下 (S9 :“否”),边缘线检测部 23 不将该关注线  $L_a$  检测为边缘线,处理转移到步骤 S11。

[0112] 在步骤 S11 中,计算机 20 判断是否对能够设定在检测区域  $A_1$  上的所有关注线  $L_a$  执行了上述的步骤 S3 ~ 步骤 S10 的处理。在判断为未对所有的关注线  $L_a$  进行上述处理的情况下 (S11 :“否”),将处理返回到步骤 S3,新设定关注线  $L_a$ ,并重复步骤 S11 之前的处理。另一方面,在判断为对所有的关注线  $L_a$  进行了上述处理的情况下 (S11 :“是”),处理转移到图 8 的步骤 S12。

[0113] 在图 8 的步骤 S12 中,三维物体检测部 24 对于在图 7 的步骤 S10 中检测出的各边缘线计算沿着该边缘线的亮度变化。三维物体检测部 24 按照上述式 (4)、式 (5)、式 (6) 中的任一个式子计算边缘线的亮度变化。

[0114] 接着,三维物体检测部 24 在步骤 S13 中去除边缘线中的亮度变化大于规定的阈值的边缘线。即,亮度变化大的边缘线判断为不是正确的边缘线,不在三维物体的检测中使用边缘线。这是为了如上述那样抑制在检测区域  $A_1$  中包含的路面上的文字、路肩的杂草等被检测为边缘线。因而,规定的阈值是指预先通过实验等求出的、根据由路面上的文字、路肩的杂草等产生的亮度变化而设定的值。

[0115] 接着,三维物体检测部 24 在步骤 S14 中判断边缘线的数量是否为规定值以上。此外,上述的规定值是预先通过实验等求出并设定的值。例如在将四轮车设定为检测对象的三维物体的情况下,该规定值是预先通过实验等根据在检测区域  $A_1$  内出现的四轮车的边缘线的数量设定的。

[0116] 在判断为边缘线的数量是规定值以上的情况下 (S14 :“是”),三维物体检测部 24 在步骤 S15 中检测出在检测区域  $A_1$  内存在三维物体。另一方面,在判断为边缘线的数量不是规定值以上的情况下 (S14 :“否”),三维物体检测部 24 判断为在检测区域  $A_1$  内不存在三维物体。之后,图 7 和图 8 所示的处理结束。

[0117] 如上所述,根据本实施方式所涉及的三维物体检测装置 1,为了检测存在于检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  的三维物体,而针对鸟瞰图像设定在实际空间中在铅垂方向上延伸的线段即铅垂虚拟线。然后,三维物体检测装置 1 针对沿着铅垂虚拟线的多个位置中的每个位置计算该各位置附近的两个像素的亮度差,根据该亮度差的连续性能判断有无三维物体。

[0118] 具体来说,三维物体检测装置 1 针对鸟瞰图像中的检测区域  $A_1$ 、 $A_2$  设定与在实际空间中在铅垂方向上延伸的线段相当的关注线  $L_a$  和不同于关注线  $L_a$  的参照线  $L_r$ 。三维物体检测装置 1 沿着关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$  连续地求出关注线  $L_a$  上的关注点  $P_a$  与参照线  $L_r$  上的参照点  $P_r$  的亮度差。这样,通过连续地求出点之间的亮度差,来求出关注线  $L_a$  与参照线  $L_r$  的亮度差。在关注线  $L_a$  与参照线  $L_r$  的亮度差高的情况下,在关注线  $L_a$  的设定位置存在三

维物体的边缘的可能性高。由此,三维物体检测装置 1 能够根据连续的亮度差检测出三维物体。特别来说,由于进行在实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线之间的亮度比较,因此即使通过变换为俯视图像而将三维物体与距路面的高度相应地拉长,也不会影响三维物体的检测处理。因而,根据该三维物体检测装置 1,能够提高三维物体的检测精确度。

[0119] 另外,根据该三维物体检测装置 1,求出铅垂虚拟线附近的大致相同高度的两个点的亮度差。具体来说,根据在实际空间上成为大致相同高度的关注线  $L_a$  上的关注点  $P_a$  与参照线  $L_r$  上的参照点  $P_r$  来求出亮度差。因此,根据该三维物体检测装置 1,能够明确地检测在铅垂方向上延伸的边缘存在的情况下的亮度差。

[0120] 并且,根据该三维物体检测装置 1,根据关注线  $L_a$  上的关注点  $P_a$  与参照线  $L_r$  上的参照点  $P_r$  的亮度差来对关注点  $P_a$  赋予属性,根据沿着关注线  $L_a$  的属性的连续性  $c$  来判断该关注线  $L_a$  是否为边缘线。因此,根据三维物体检测装置 1,将亮度高的区域与亮度低的区域的边界检测为边缘线,从而能够进行按照人的自然感觉的边缘检测。

[0121] 详细说明该效果。图 9 是表示对图 3 所示的边缘线检测部 23 的处理进行说明的图像例的图。该图像例为表示亮度高的区域和亮度低的区域交替的条纹图案的第一条纹图案 101 与表示亮度低的区域和亮度高的区域交替的条纹图案的第二条纹图案 102 相邻接。另外,该图像例为第一条纹图案 101 的亮度高的区域与第二条纹图案 102 的亮度低的区域相邻接且第一条纹图案 101 的亮度低的区域与第二条纹图案 102 的亮度高的区域相邻接。位于该第一条纹图案 101 与第二条纹图案 102 的边界的部位 103 根据人的感觉倾向于不被识别为边缘。

[0122] 与此相对地,由于亮度低的区域与亮度高的区域相邻接,因此当仅以亮度差来检测边缘时,该部位 103 被识别为边缘。但是,边缘线检测部 23 除了部位 103 处的亮度差以外,仅在该亮度差的属性存在连续性的情况下将部位 103 判断为边缘线。因而,边缘线检测部 23 能够抑制将以人的感觉不被识别为边缘线的部位 103 识别为边缘线的错误判断,并能够进行按照人的感觉的边缘检测。

[0123] 并且,该三维物体检测装置 1 在由边缘线检测部 23 检测出的边缘线的亮度变化大于规定的阈值的情况下,判断为该边缘线是通过错误判断检测出的边缘线。在将由摄像头 10 获取到的摄像图像变换为鸟瞰图像的情况下,包含在该摄像图像中的三维物体倾向于在被拉长的状态下出现在俯视图像中。在例如上述那样其它车辆 V2 的轮胎被拉长的情况下,由于轮胎这一个部位被拉长,因此趋向于在被拉长的方向上的俯视图像的亮度变化较小。与此相对地,在将描绘在路面上的文字等错误判断为边缘线的情况下,在俯视图像中混合包含文字部分这样的亮度高的区域和路面部分这样的亮度低的区域。在这种情况下,在俯视图像中,被拉长的方向的亮度变化倾向于变大。因而,三维物体检测装置 1 通过判断沿着边缘线的俯视图像的亮度变化,能够识别出通过错误判断检测出的边缘线,从而能够提高三维物体的检测精确度。

[0124] 接着,说明第二实施方式所涉及的三维物体检测装置 1。此外,通过对于与上述的第一实施方式相同的部分附加相同的附图标记,来省略其详细说明。

[0125] 作为第二实施方式示出的三维物体检测装置 1 与第一实施方式的不同点在于针对俯视图像设定一条铅垂虚拟线来检测三维物体的点。该三维物体检测装置 1 通过亮度差计算部 22 计算从铅垂虚拟线离开实际空间中的相等距离的两个像素的亮度差。

[0126] 具体来说,如图 10 的 (a) 所示那样,从摄像头 10 的位置  $P_s$  起设定在实际空间上在铅垂方向上延伸的一条铅垂虚拟线  $L$ 。此外,在图 10 中,仅示出了一条铅垂虚拟线  $L$ ,但是该铅垂虚拟线  $L$  在检测区域  $A_1$  呈放射线状设定多个。图 10 的 (b) 表示将检测区域  $A_1$  中的一部分放大后的区域  $B_1$ 。此外,在图 10 中,为了便于说明,仅针对检测区域  $A_1$  进行说明,但是对于检测区域  $A_2$  也同样地进行处理。

[0127] 如图 10 的 (b) 所示,亮度差计算部 22 跨越铅垂虚拟线  $L$  在实际空间上的水平方向上设定两个像素。具体来说,基于铅垂虚拟线  $L$ ,在实际空间上的水平方向上设定第一参照点  $P_{a1} \sim P_{a6}$  (以下,在表示任意的点的情况下仅称为第一参照点  $P_{ai}$ ),基于该第一参照点,跨越铅垂虚拟线  $L$  设定第二参照点  $P_{b1} \sim P_{b6}$ 。即,第一参照点  $P_{a1} \sim P_{a6}$  以及第二参照点  $P_{b1} \sim P_{b6}$  (以下,在表示任意的点的情况下仅称为第二参照点  $P_{bi}$ ) 与铅垂虚拟线  $L$  同样地被设定在从摄像头 10 的位置  $P_s$  起呈放射线状延伸的线上。

[0128] 由此,亮度差计算部 22 将第一参照点  $P_{ai}$  与第二参照点  $P_{bi}$  之间的在实际空间上的距离设定成相同。因而,在俯视图像中,图像内距离以像素  $P_{a1}$  与像素  $P_{b1}$  的距离  $D_1$ 、像素  $P_{a2}$  与像素  $P_{b2}$  的距离  $D_2$ 、像素  $P_{a3}$  与像素  $P_{b3}$  的距离  $D_3$ 、像素  $P_{a4}$  与像素  $P_{b4}$  的距离  $D_4$ 、像素  $P_{a5}$  与像素  $P_{b5}$  的距离  $D_5$ 、像素  $P_{a6}$  与像素  $P_{b6}$  的距离  $D_6$  的顺序依次变长。

[0129] 像这样,亮度差计算部 22 设定位于铅垂虚拟线  $L$  附近的在实际空间上形成大致相同的高度且从铅垂虚拟线  $L$  离开实际空间中的相等距离的两个像素  $P_{ai}$ 、 $P_{bi}$ 。亮度差计算部 22 计算两个像素  $P_{ai}$  与  $P_{bi}$  之间的亮度差。由此,亮度差计算部 22 针对沿着在实际空间中的铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线  $L$  的多个位置中的每个位置计算该各位置附近的两个像素间的亮度差。

[0130] 由此,边缘线检测部 23 利用由亮度差计算部 22 计算出的亮度差来检测边缘线。三维物体检测部 24 利用由边缘线检测部 23 检测出的边缘线来检测三维物体。

[0131] 参照图 11 和图 12 说明这样的三维物体检测装置 1 的动作。

[0132] 根据图 11,首先,在步骤 S41 中,由计算机 20 取入由摄像头 10 拍摄得到的摄像图像数据。

[0133] 在接下来的步骤 S42 中,视点变换部 21 针对在步骤 S41 中取入的摄像图像数据进行视点变换处理。由此,视点变换部 21 创建俯视图像数据。

[0134] 在接下来的步骤 S43 中,亮度差计算部 22 和边缘线检测部 23 利用设定在铅垂虚拟线  $L$  的左侧的第一参照点  $P_{ai}$  (左侧参照点) 检测出边缘线 (左侧铅垂边缘)。在接下来的步骤 S44 中,利用设定在铅垂虚拟线  $L$  的右侧的第二参照点  $P_{bi}$  (右侧参照点) 检测出边缘线 (右侧铅垂边缘)。此外,稍后参照图 12 记述该步骤 S43 和步骤 S44 的处理。

[0135] 在接下来的步骤 S45 中,三维物体检测部 24 利用在步骤 S43 中检测出的左侧铅垂边缘和在步骤 S44 中检测出的右侧铅垂边缘,检测出检测区域  $A_1$  中的三维物体。

[0136] 接着,参照图 12 说明检测左侧铅垂边缘和右侧铅垂边缘的处理。此外,在图 12 的说明中,将左侧铅垂边缘和右侧铅垂边缘统一简称为“铅垂边缘”。

[0137] 首先,亮度差计算部 22 在步骤 S51 中设定用于设定第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$  的成为基准的铅垂虚拟线  $L$ 。该铅垂虚拟线  $L$  被设定成在通过摄像头 10 的位置  $P_s$  的放射方向并在实际空间上的铅垂方向上延伸。铅垂虚拟线  $L$  在每次进行步骤 S51 的处理时都被设定成以规定的间隔横断检测区域  $A_1$  的内侧线。

[0138] 在接下来的步骤 S52 中,将属性  $s$ 、属性  $s$  的前次值  $s_{pre}$ 、变化次数  $d$ 、评分计数  $n$  初期化。

[0139] 在接下来的步骤 S53 中,亮度差计算部 22 设定第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$ 。此时,亮度差计算部 22 如图 10 的 (b) 所示那样以跨越铅垂虚拟线  $L$  并在实际空间上成为相同的高度且相等距离的方式设定各参照点。由此,亮度差计算部 22 将第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$  设定成在检测区域  $A_1$  中越靠外侧、则间隔越长。

[0140] 在接下来的步骤 S54 中,针对铅垂虚拟线  $L$  的每个位置进行属性  $s$  (亮度图案) 的判断。此时,通过亮度差计算部 22 求出相对应的第一参照点  $P_{ai}$  与第二参照点  $P_{bi}$  的亮度差。边缘线检测部 23 按照由亮度差计算部 22 求出的亮度差的关系和上述的式 (1), 设定属性  $s$  (亮度图案)。该属性  $s$  例如是将第一参照点  $P_{ai}$  与第二参照点  $P_{bi}$  连结的线段和铅垂虚拟线  $L$  相交叉的位置的属性  $s$ 。

[0141] 在第一参照点  $P_{ai}$  的亮度比第二参照点  $P_{bi}$  大并超过阈值  $t$  的情况下,属性  $s$  为“1”。另一方面,在第一参照点  $P_{ai}$  的亮度值低于从第二参照点  $P_{bi}$  减去阈值  $t$  后的亮度值的情况下,该属性  $s$  为“-1”。在第一参照点  $P_{ai}$  的亮度值和第二参照点  $P_{bi}$  的亮度值是除此以外的关系的情况下,属性  $s$  为“0”。

[0142] 在接下来的步骤 S55 中,边缘线检测部 23 仅在步骤 S54 中属性  $s$  是规定值的情况下,将评分  $n$  相加。该属性  $s$  的规定值可以是“1”或“-1”。即,边缘线检测部 23 进行第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$  中的一方是亮或暗的合计。此外,在属性  $s$  是“0”的情况下,不将评分  $n$  相加。

[0143] 在接下来的步骤 S56 中,边缘线检测部 23 对属性  $s$  的变化次数  $d$  进行计数。此时,将在本次的步骤 S54 中判断出的属性  $s$  与前次在步骤 S54 中判断出的属性  $s_{pre}$  进行比较。该属性  $s_{pre}$  是根据求出属性  $s$  的第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$  以及沿着铅垂虚拟线  $L$  相邻的第一参照点  $P_{ai}$  和第二参照点  $P_{bi}$  求出的属性  $s$ 。在属性  $s$  与属性  $s_{pre}$  是相同的值的情况下,将变化次数  $d$  相加。

[0144] 在接下来的步骤 S57 中,边缘线检测部 23 存储属性  $s$ 。

[0145] 在接下来的步骤 S58 中,边缘线检测部 23 判断是否对于在步骤 S51 中设定的作为基准线的铅垂虚拟线  $L$  上设定的所有参照点执行了步骤 S53 ~ 步骤 S57 的处理。在没有对所有的参照点执行处理的情况下,处理返回到步骤 S53。在该返回的步骤 S53 中,设定下一个参照点。另一方面,在判断为对于所有的参照点执行了处理的情况下,使处理进入步骤 S59。在步骤 S59 中,判断是否对在检测区域  $A_1$  设定的所有铅垂虚拟线  $L$  执行了步骤 S52 ~ 步骤 S58 的处理。在判断为未对所有的铅垂虚拟线  $L$  执行了处理的情况下,使处理进入步骤 S51。在该再次的步骤 S51 中,设定下一条铅垂虚拟线  $L$ 。另一方面,在判断为对所有的铅垂虚拟线  $L$  执行了处理的情况下,使处理进入步骤 S60。

[0146] 在步骤 S60 中,边缘线检测部 23 对在检测区域  $A_1$  出现的铅垂边缘进行判断。此时,边缘线检测部 23 根据表示判断出相同属性  $s$  的评分  $n$ 、第一参照点  $P_{ai}$  与第二参照点  $P_{bi}$  的组的总数  $N$  以及变化次数  $d$  来判断铅垂边缘。具体来说,边缘线检测部 23 在评分  $n$ / 总数  $N > \theta$  且  $5 > d$  的情况下,将该铅垂虚拟线  $L$  判断为是铅垂边缘。

[0147] 评分  $n$ / 总数  $N$  通过将评分  $n$  除以参照点的总数来将评分  $n$  进行了归一化。由此,边缘线检测部 23 在判断为第一参照点  $P_{ai}$  与第二参照点  $P_{bi}$  的关系相同 (亮或暗) 的比例

相对于参照点的总数  $N$  来说较大的情况下,能够推断出存在铅垂边缘。

[0148] 另外,边缘线检测部 23 在变化次数  $d$  少于上限值(在本例中是 5)的情况下,能够推断出该铅垂虚拟线  $L$  就是铅垂边缘。该变化次数  $d$  的上限值是考虑到在检测区域  $A_1$  内属性  $s$  变化较大的物体是路肩的杂草、路面显示记号/文字等的可能性高的情形而设定的。因而,该上限值预先通过实验等进行设定,以避免将杂草、路面显示记号/文字等判断为是铅垂边缘。

[0149] 另一方面,边缘线检测部 23 在不满足该条件的情况下,判断为铅垂虚拟线  $L$  不是铅垂边缘。

[0150] 如上所述,根据该三维物体检测装置 1,与第一实施方式同样地,设定在实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线,根据亮度差的连续性检测三维物体,因此能够提高三维物体的检测精确度。

[0151] 另外,根据该三维物体检测装置 1,针对单独的铅垂虚拟线  $L$  设定两个第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$ ,将该第一参照点  $P_{a1}$  与第二参照点  $P_{b1}$  的图像内距离设为实际空间中的距离。由此,根据该三维物体检测装置 1,即使不像第一实施方式那样设置两条关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$ ,也能够通过检测铅垂边缘来检测三维物体。因而,根据该三维物体检测装置 1,与第一实施方式相比能够减少处理负担。

[0152] 接着,针对作为第二实施方式示出的其它三维物体检测装置 1 进行说明。作为该第二实施方式示出的三维物体检测装置 1 在仅设定一条铅垂虚拟线  $L$  的点上是一致的。该三维物体检测装置 1 如将图 13 的 (a) 所示的俯视图像的一部分放大得到的图 13 的 (b) 所示那样,将沿着铅垂虚拟线  $L$  设定在俯视图像上的第一参照点  $P_{a1}$  与第二参照点  $P_{b1}$  的所有的距离都设为相同的距离  $D$ 。

[0153] 即,如图 14 所示,亮度差计算部 22 从摄像头 10 的位置  $P_s$  起呈放射线状地设定铅垂虚拟线  $L$ 。另一方面,亮度差计算部 22 将配置有第一参照点  $P_{a1}$  的虚拟线  $l_1$  和配置有第二参照点  $P_{b1}$  的虚拟线  $l_2$  设定成与铅垂虚拟线  $L$  平行。该虚拟线  $l_1$  和虚拟线  $l_2$  被设定在距铅垂虚拟线  $L$  最近的检测区域  $A_1$  内的参照点  $P_{a1}$ 、 $P_{b1}$  与从摄像头 10 的位置  $P_s$  起在铅垂方向上延伸的放射线状的虚拟线  $l$  相交叉的位置。

[0154] 在像这样设定了第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$  的情况下,第一参照点  $P_{a1}$  与第二参照点  $P_{b1}$  的距离和第一参照点  $P_{a2}$  与第二参照点  $P_{b2}$  的距离都为  $d$ 。另一方面,从摄像头的位置  $P_s$  伸出的放射线状的虚拟线  $l$  上且将第一参照点  $P_{a2}$  与第二参照点  $P_{b2}$  连结的线上的点  $P_{a'}$  与  $P_{b'}$  的距离为比  $d$  长的  $d'$ 。由此,用于对属性  $s$  进行判断的阈值  $t$  在检测区域  $A_1$  中越是靠外侧(离本车辆  $V1$  越远)、被设定得越小。具体来说,对第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$  的属性  $s$  进行判断的阈值  $t$  被设为比对第一参照点  $P_{a2}$  和第二参照点  $P_{b2}$  的属性  $s$  进行判断的阈值  $t'$  大的值。另外, $t'$  为  $t \times (d/d')$ 。因而,边缘线检测部 23 通过进行与上述的式 (1) 同样的运算,来判断铅垂虚拟线  $L$  上的每个位置的属性  $s$ 。

[0155] 即,边缘线检测部 23 针对第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$  的每个组设定阈值  $t$ 。并且,在第一参照点  $P_{a1}$  的亮度值高于将阈值  $t$  与第二参照点  $P_{b1}$  相加得到的亮度值的情况下,属性  $s(x_i, y_i)$  为“1”。另一方面,在第一参照点  $P_{a1}$  的亮度值低于从第二参照点  $P_{b1}$  减去阈值  $t$  得到的亮度值的情况下,属性  $s(x_i, y_i)$  为“-1”。在第一参照点  $P_{a1}$  的亮度值和第二参照点  $P_{b1}$  的亮度值是除此以外的关系的情况下,属性  $s(x_i, y_i)$  是“0”。

[0156] 这样的三维物体检测装置 1 进行如图 15 所示的动作来检测铅垂边缘。相对于图 12 所示的动作来说,该三维物体检测装置 1 的动作中的步骤 S53' 不同。

[0157] 该步骤 S53' 由亮度差计算部 22 在与铅垂虚拟线 L 平行的虚拟线 11、12 上设定第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$ 。另外,亮度差计算部 22 按所设定的各个第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$  设定阈值  $t$ 。由此,边缘线检测部 23 在步骤 S54 中将第一参照点  $P_{a1}$  与第二参照点  $P_{b1}$  之间的亮度差和按该各个第一参照点  $P_{a1}$  和第二参照点  $P_{b1}$  设定的阈值  $t$  进行比较,来对属性  $s$  进行判断。

[0158] 如上所述,根据该三维物体检测装置 1,与第一实施方式同样地设定在实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线,根据亮度差的连续性检测三维物体,因此能够提高三维物体的检测精确度。

[0159] 另外,根据该三维物体检测装置 1,计算与铅垂虚拟线 L 相距俯视图中的相等距离的两个像素的亮度差,沿着铅垂虚拟线 L 的多个位置在实际空间中越靠上方,越是降低根据亮度差判断三维物体的阈值。由此,根据该三维物体检测装置 1,即使由于将摄像图像进行视点变换而实际空间中的上方的图像被拉长,通过变更阈值  $t$ ,也能够检测出边缘。另外,根据该三维物体检测装置 1,即使不像第一实施方式那样设置两条关注线  $L_a$  和参照线  $L_r$ ,也能够通过检测铅垂边缘来检测三维物体。因而,根据该三维物体检测装置 1,与第一实施方式相比能够减少处理负担。

[0160] 此外,在该三维物体检测装置 1 中,在使阈值保持固定的状态下,在变更铅垂虚拟线的位置的同时检测跨越铅垂虚拟线的两个像素的亮度差,也能够通过检测在铅垂方向上延伸的边缘线,来检测三维物体。

[0161] 接着,针对第三实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 进行说明。此外,通过对于与上述的实施方式相同的部分附加相同的附图标记,来省略其详细说明。

[0162] 图 16 是表示第三实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 中的计算机 20 的功能性结构的框图。此外,在图 16 中,为了明确连接关系,也图示了摄像头 10。

[0163] 如图 16 所示,计算机 20 具备边缘强度计算部(边缘强度计算单元)25 来代替第一实施方式的边缘线检测部 23。

[0164] 边缘强度计算部 25 根据由亮度差计算部 22 计算出的连续的亮度差来计算关注线  $L_a$  的边缘强度。该边缘强度是表示是否更像边缘线的数值。具体来说,边缘强度通过下述的式 (7) 计算出。

[0165] [数 7]

$$[0166] \quad \Sigma c(x_i, y_i) / N \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (7)$$

[0167] 在上述式 (7) 中, $c(x_i, y_i)$  是关注点  $P_{a1}$  的属性的连续性  $c$ 。 $N$  是被设定在关注线  $L_a$  上的关注点  $P_a$  的个数。通过式 (7),边缘强度为将各关注线  $L_a$  的连续性  $c$  的总和除以关注点  $P_a$  的设定个数得到的值。

[0168] 图 17 是表示图 16 所示的边缘强度计算部 25 的处理的概念图。图 17 的 (a) 表示在检测区域  $A_1$  存在作为三维物体的其它车辆 V2 时的边缘强度。图 17 的 (b) 表示在检测区域  $A_1$  不存在三维物体时的边缘强度。此外,在图 17 中,仅图示检测区域  $A_1$  进行边缘强度计算部 25 的说明,但是对于检测区域  $A_2$ ,也能够同样地进行处理。

[0169] 如图 17 的 (a) 所示,在检测区域  $A_1$  存在其它车辆 V2 的情况下,如上述的式 (7) 那

样,关注点  $P_a$  的属性的连续性  $c$  的总和变高,因此各关注线  $L_a$  的边缘强度趋于变高。因而,包含在检测区域  $A_1$  中的多个边缘强度的总和变高。

[0170] 另一方面,如图 17 的 (b) 所示,在检测区域  $A_1$  不存在三维物体的情况下,如上述的式 (7) 那样,关注点  $P_a$  的属性的连续性  $c$  的总和变低,因此各关注线  $L_a$  的边缘强度趋于变低。因而,包含在检测区域  $A_1$  中的多个边缘强度的总和变低。

[0171] 如上所述,三维物体检测部 24 在关注线  $L_a$  的边缘强度的总和为规定的阈值以上的情况下,能够判断出在检测区域  $A_1$  存在三维物体。另外,根据三维物体的摄像环境等的不同,有可能实际空间中的铅垂方向的边缘在俯视图像内表现为较弱的边缘。在这种情况下,三维物体检测装置 1 有可能无法检测出三维物体。但是,根据第三实施方式所涉及的三维物体检测装置 1,由于根据边缘强度检测三维物体,因此即使仅较弱的边缘出现在俯视图像内,通过较弱的边缘大量聚集,也能够检测出三维物体。

[0172] 图 18 是表示第三实施方式所涉及的三维物体检测方法的详情的流程图。此外,在图 18 中,为了方便,针对以检测区域  $A_1$  为对象的处理进行说明,但是对于检测区域  $A_2$ ,也能够同样地进行处理。

[0173] 三维物体检测装置 1 首先在步骤 S21 ~ 步骤 S28 的处理中执行与图 7 所示的步骤 S1 ~ 步骤 S8 同样的处理。

[0174] 在该步骤 S28 的下一个步骤 S29 中,边缘强度计算部 25 按照上述的式 (7) 计算边缘强度。

[0175] 接着,计算机 20 在步骤 S30 中,判断是否对于在检测区域  $A_1$  上能够设定的所有关注线  $L_a$  计算了边缘强度。针对所有的关注线  $L_a$  判断是否对于在检测区域  $A_1$  上能够设定的所有关注线  $L_a$  计算了边缘强度。在判断为未对所有的关注线  $L_a$  计算边缘强度的情况下 (S30 :“否”),处理转移到步骤 S23。另一方面,在判断为针对所有的关注线  $L_a$  计算了边缘强度的情况下 (S30 :“是”),处理转移到步骤 S31。

[0176] 在步骤 S31 中,三维物体检测部 24 计算由边缘强度计算部 25 计算出的边缘强度的总和。

[0177] 接着,三维物体检测部 24 在步骤 S32 中判断在步骤 S31 中计算出的边缘强度的总和是否为阈值以上。在判断为边缘强度的总和为阈值以上的情况下 (S32 :“是”),三维物体检测部 24 在步骤 S33 中检测出在检测区域  $A_1$  内存在三维物体。另一方面,在判断为边缘强度的总和不是阈值以上的情况下 (S32 :“否”),三维物体检测部 24 判断为在检测区域  $A_1$  内不存在三维物体。之后,图 18 所示的处理结束。

[0178] 如上所述,根据该第三实施方式所涉及的三维物体检测装置 1 和三维物体检测方法,与第一实施方式同样地设定在实际空间中在铅垂方向上延伸的铅垂虚拟线,根据亮度差的连续性检测三维物体,因此能够提高三维物体的检测精确度。

[0179] 另外,根据该第三实施方式所涉及的三维物体检测装置 1,根据通过设定铅垂虚拟线获取到的连续的亮度差来计算关注线  $L_a$  的边缘强度,根据该边缘强度检测三维物体。因而,根据该三维物体检测装置 1,根据三维物体的摄像环境等的不同,即使铅垂方向的边缘在图像内表现为较弱,也能够抑制无法检测出三维物体的情形。即,根据该三维物体检测装置 1,即使出现在俯视图像内的在实际空间中在铅垂方向上的边缘较弱,通过该较弱的边缘大量聚集,也能够根据边缘强度检测出三维物体。因而,根据该三维物体检测装置 1,能够抑

制根据摄像环境等的不同而三维物体的检测精确度下降的情形。

[0180] 此外,上述的实施方式是本发明的一例。因此,本发明不限定于上述的实施方式,即使是本实施方式以外的实施方式,只要在不脱离本发明所涉及的技术思想的范围内,就能够根据设计等进行各种变更,这是不言而喻的。

[0181] 例如在上述的实施方式中,计算机 20 通过具备视点变换部 21 来生成鸟瞰图像数据。但是,并不限于此。例如只要针对摄像图像数据执行与上述实施方式同样的处理,就不需要明确地创建鸟瞰图像数据。

[0182] 产业上的可利用性

[0183] 根据本发明,能够利用于检测周围的三维物体的产业上的领域。

[0184] 附图标记说明

[0185] 1:三维物体检测装置;10:摄像头;20:计算机;21:视点变换部;22:亮度差计算部;23:边缘线检测部;24:三维物体检测部;25:边缘强度计算部。

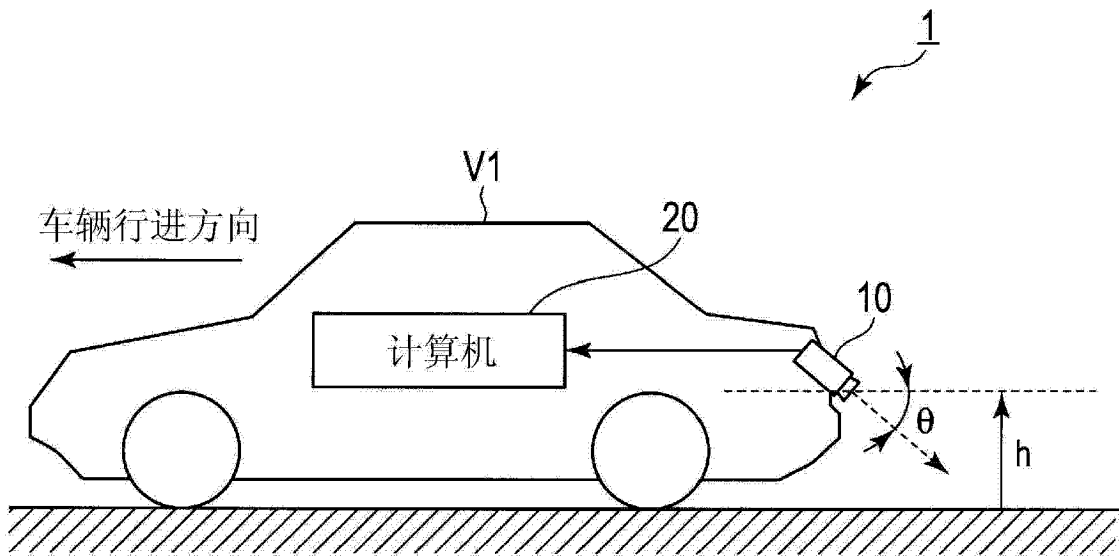


图 1

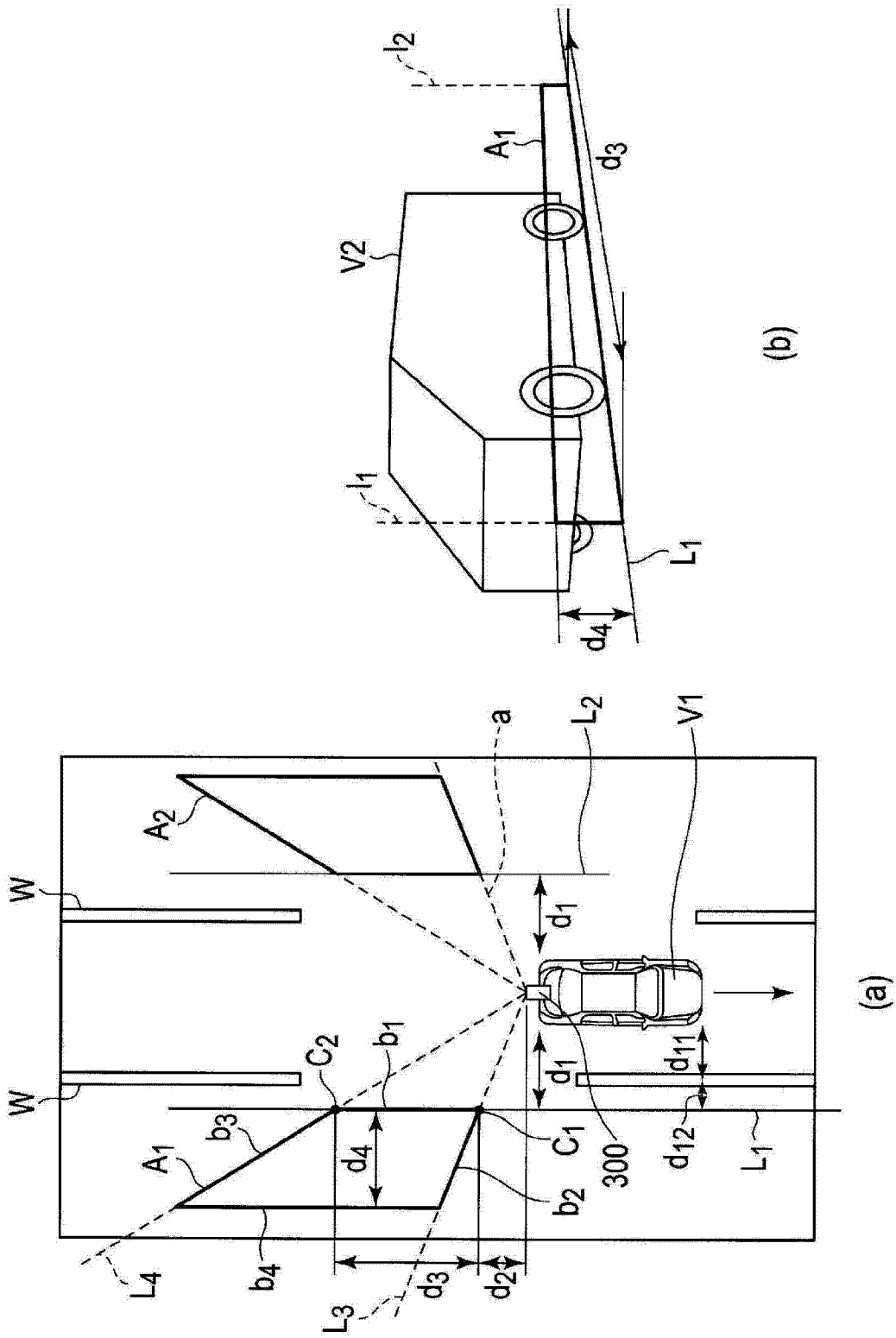


图 2

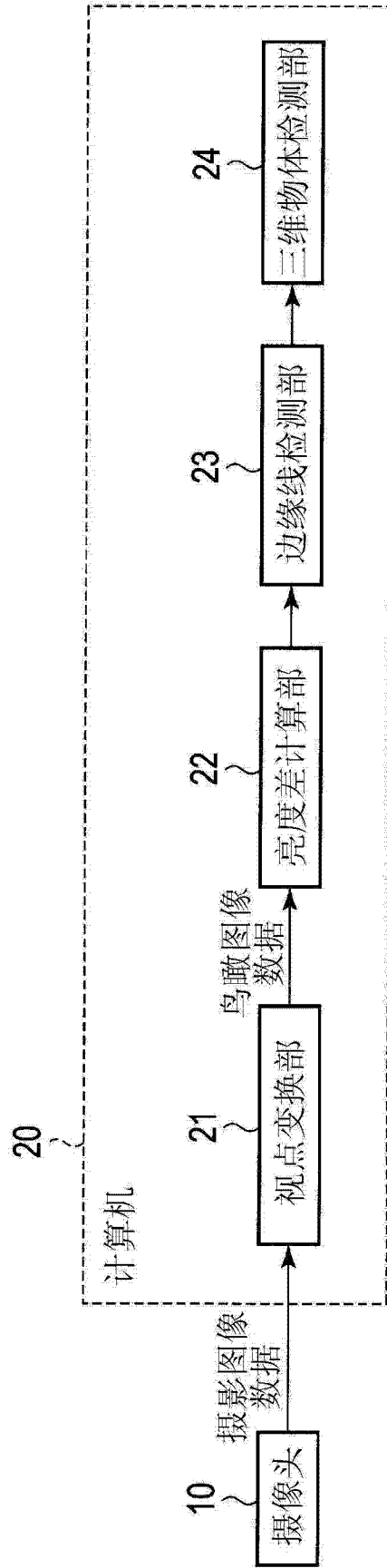


图 3

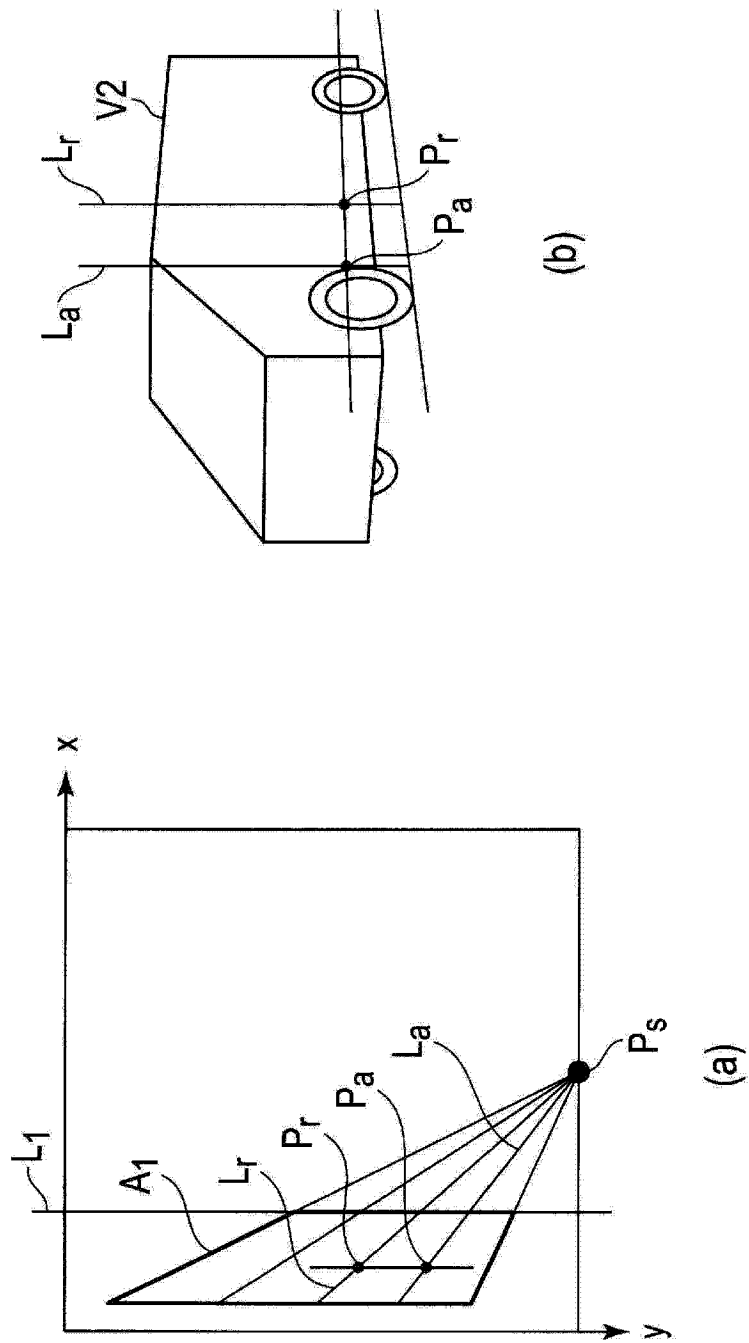


图 4

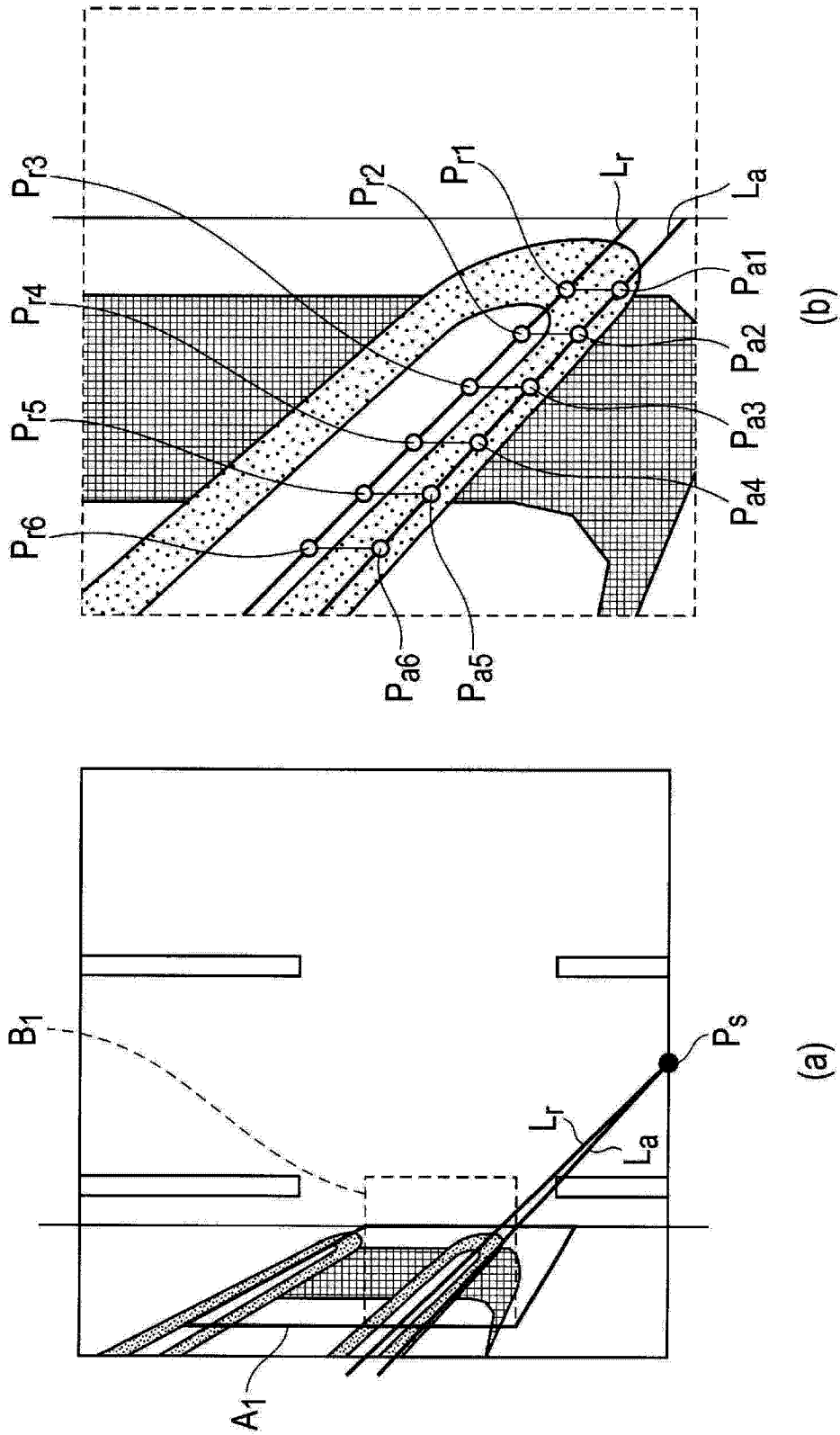


图 5

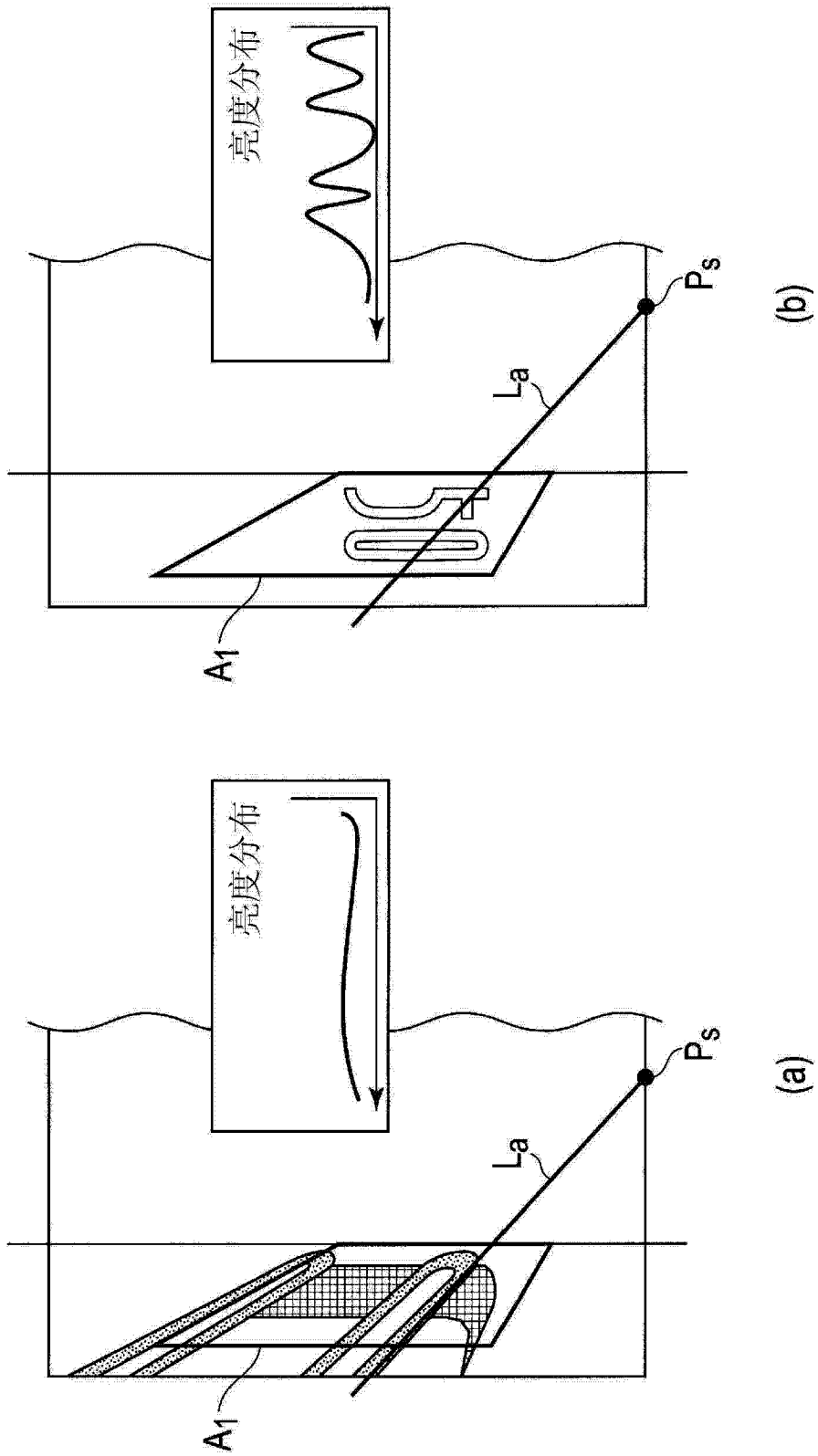


图 6

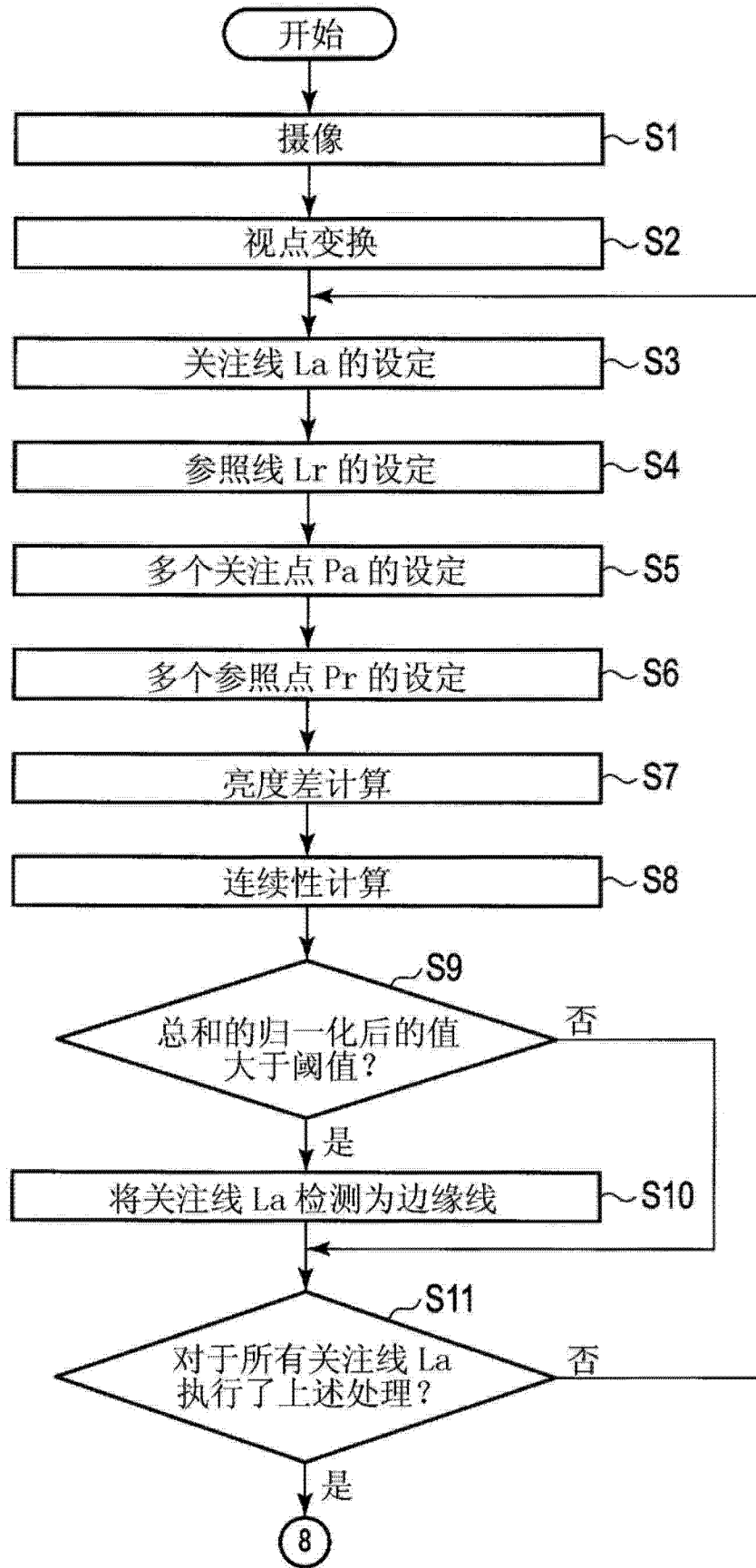


图 7

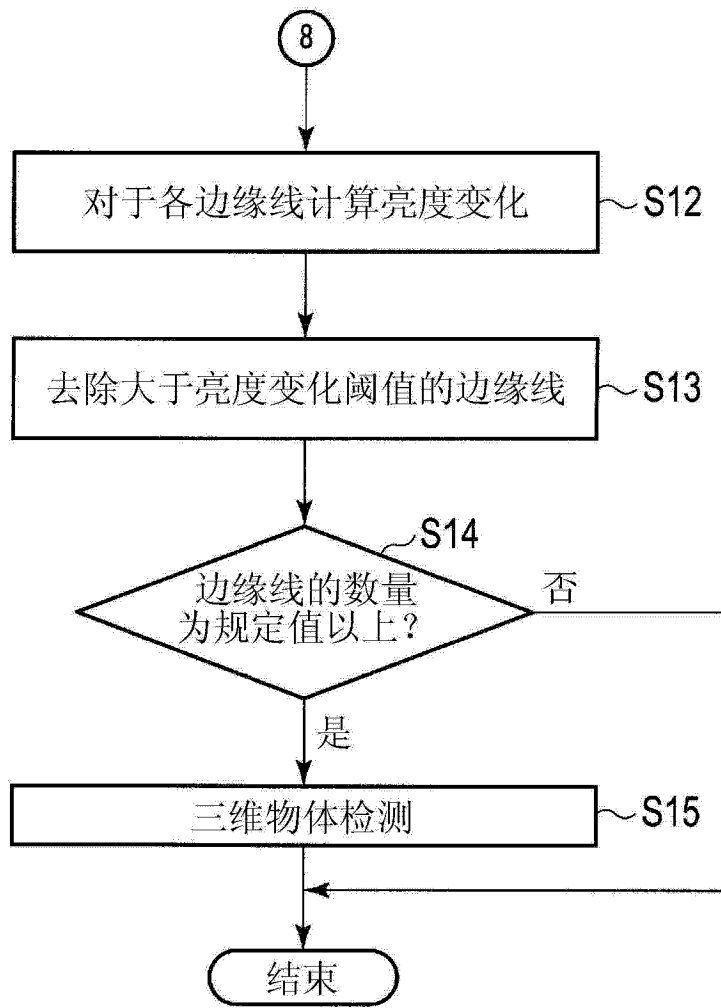


图 8

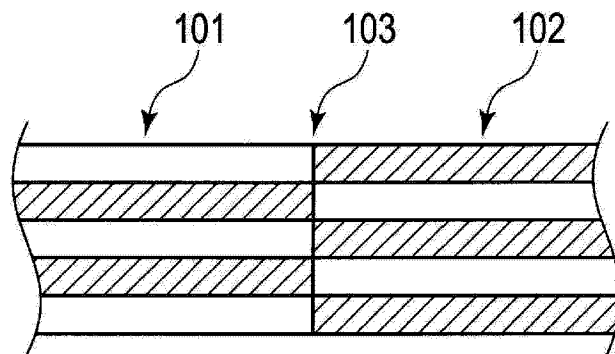


图 9

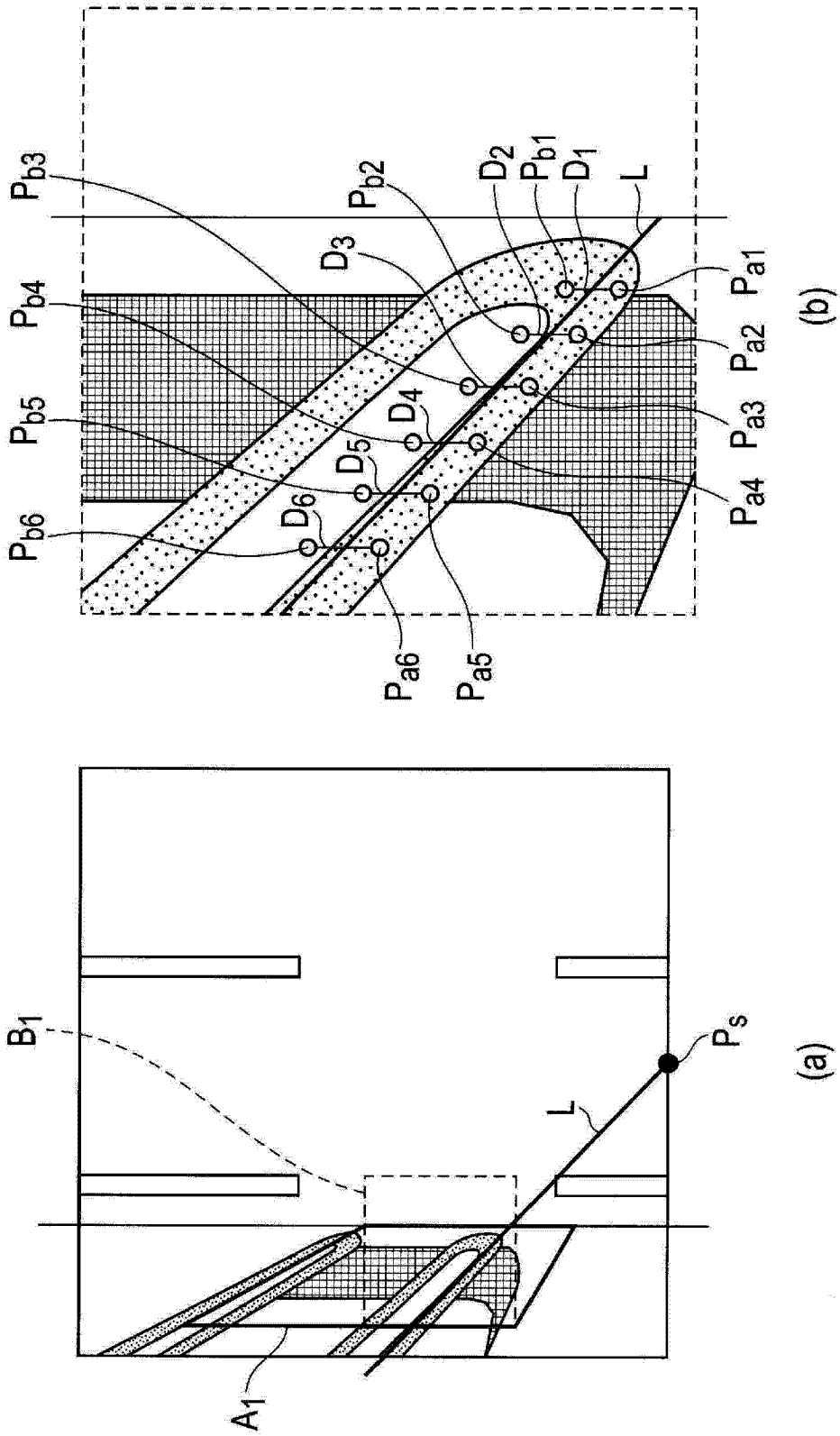


图 10

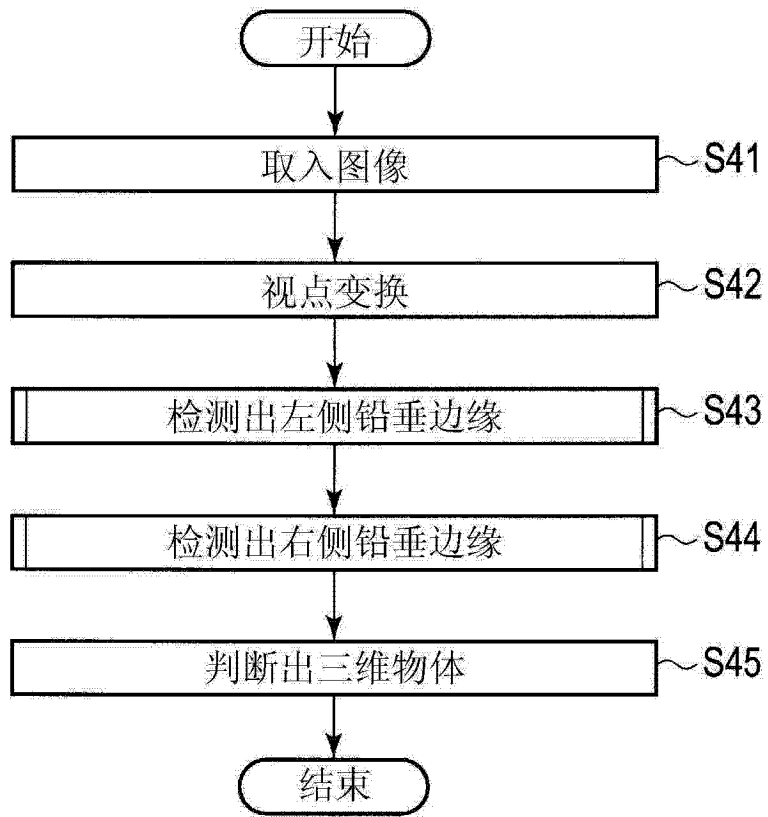


图 11

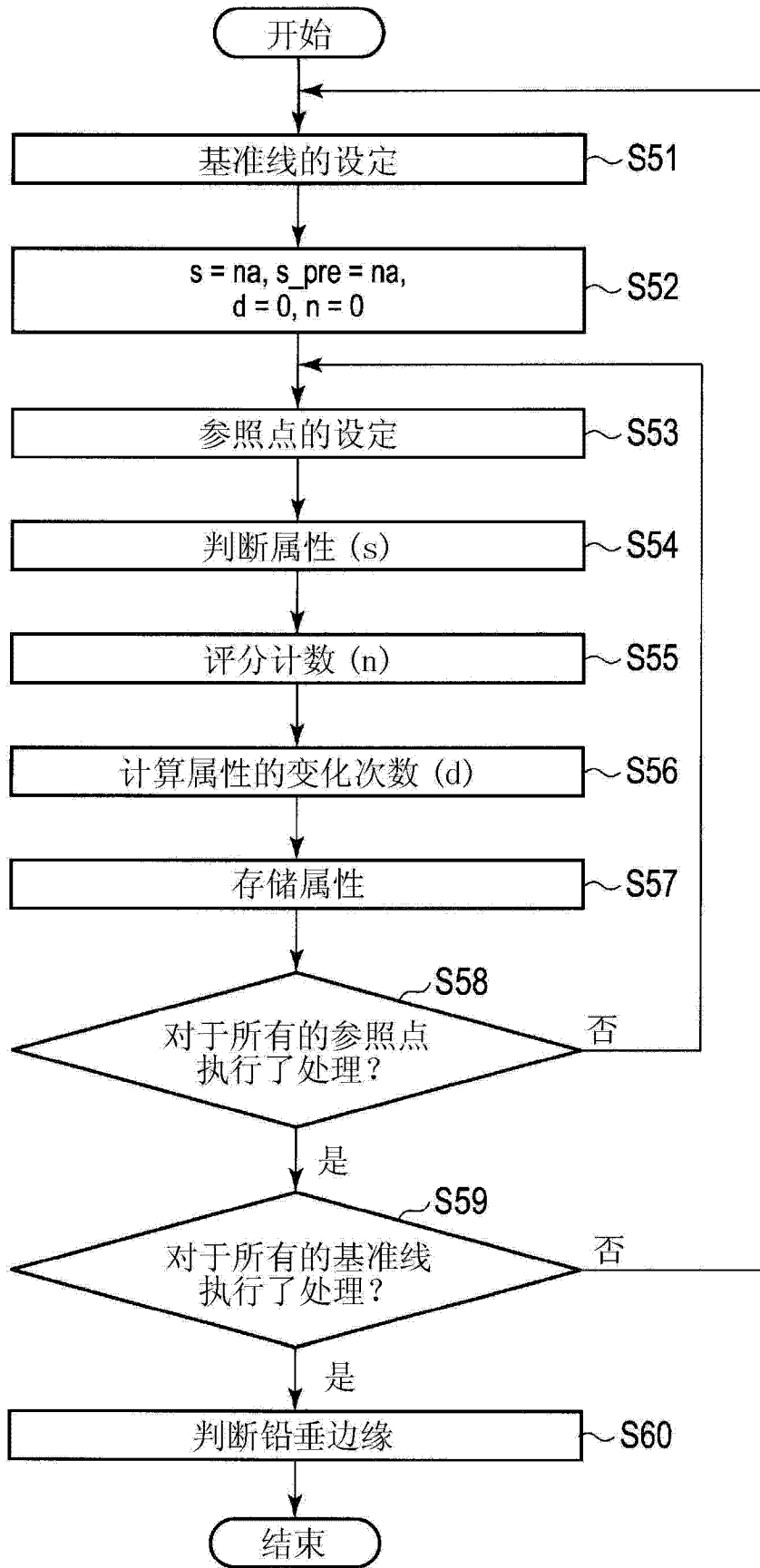


图 12

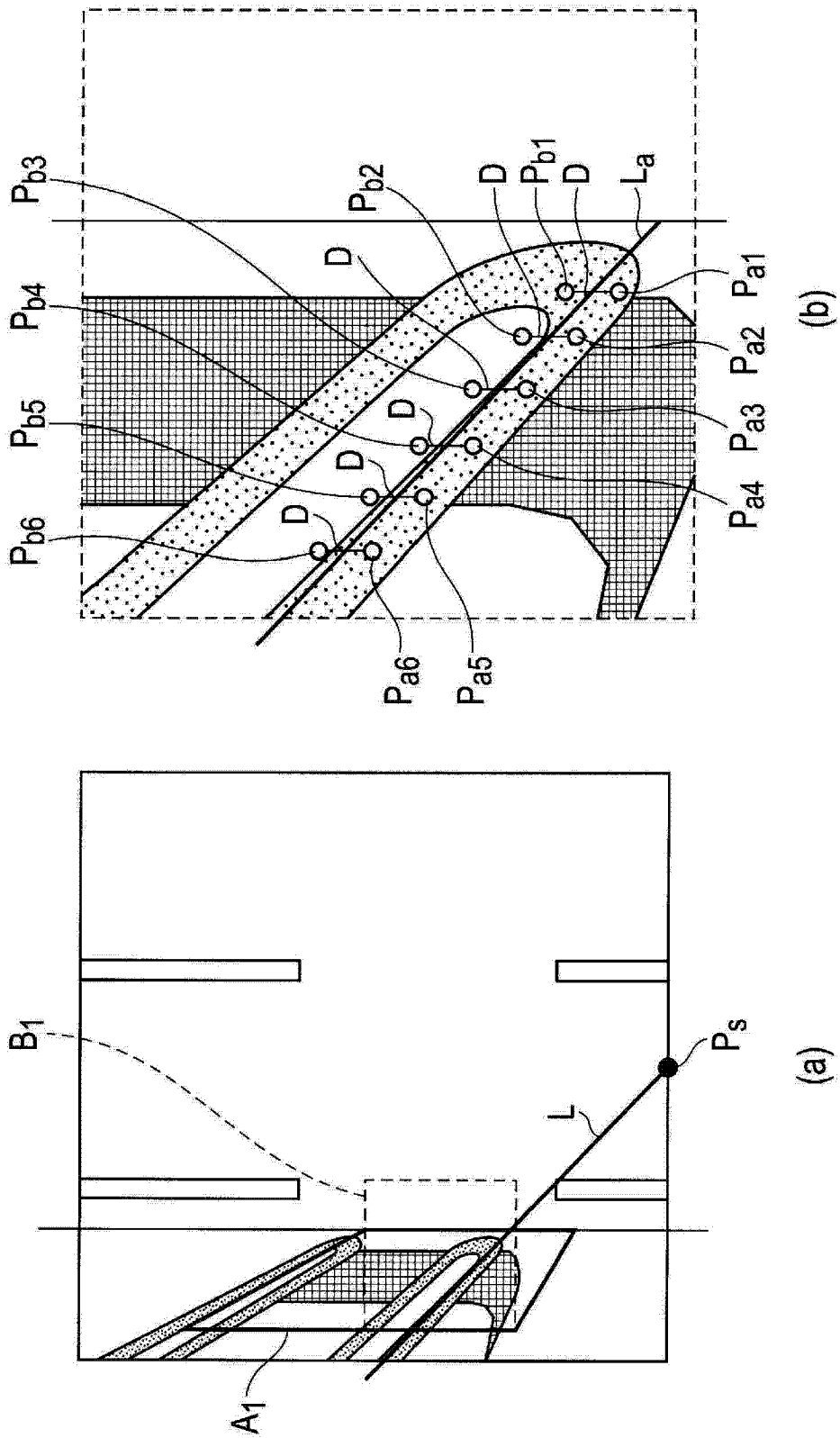


图 13

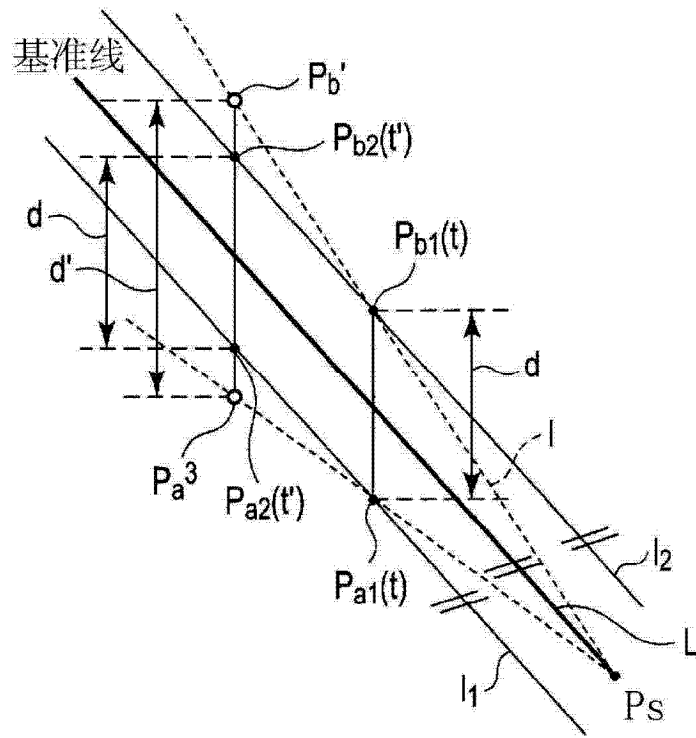


图 14

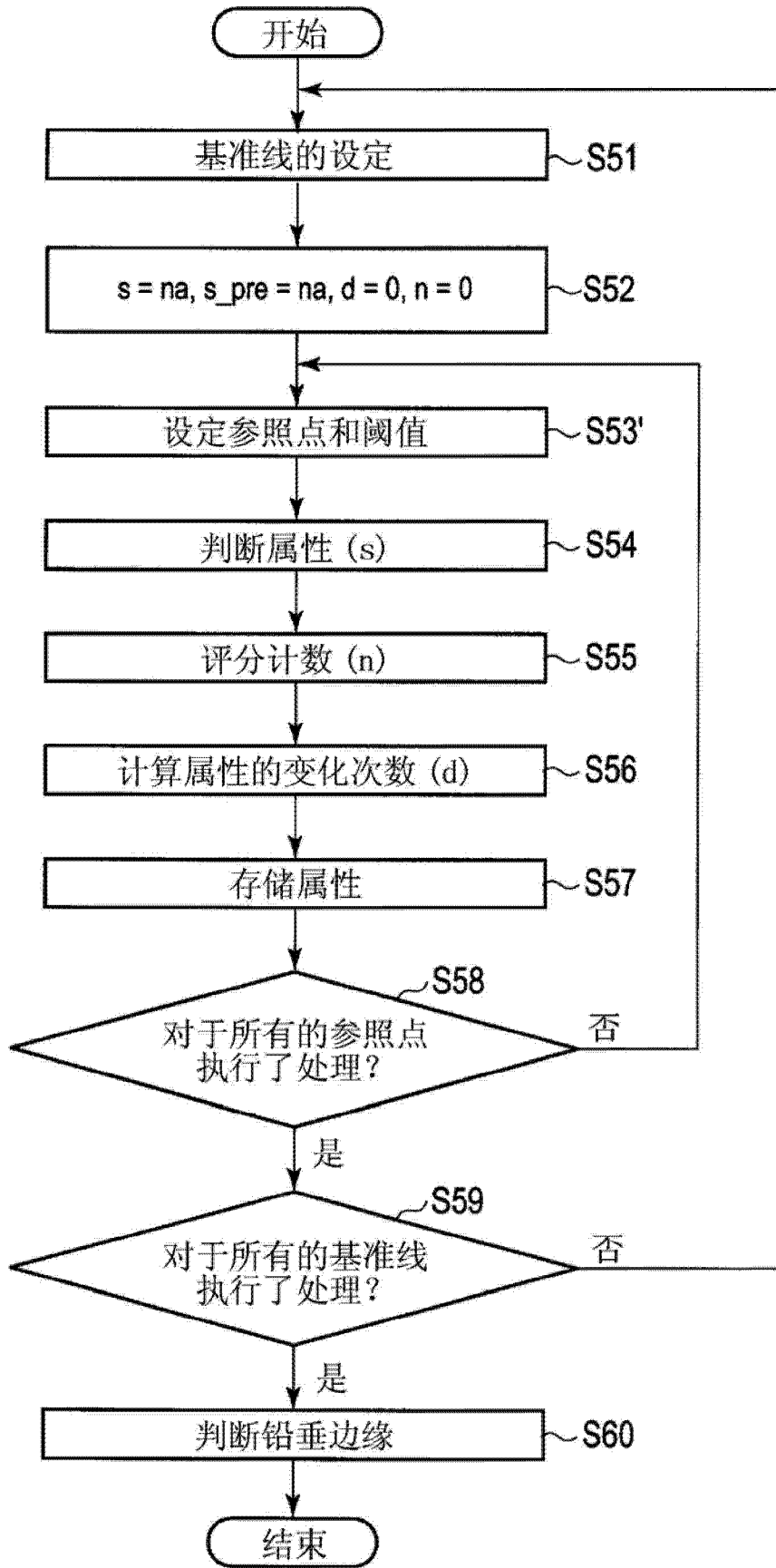


图 15

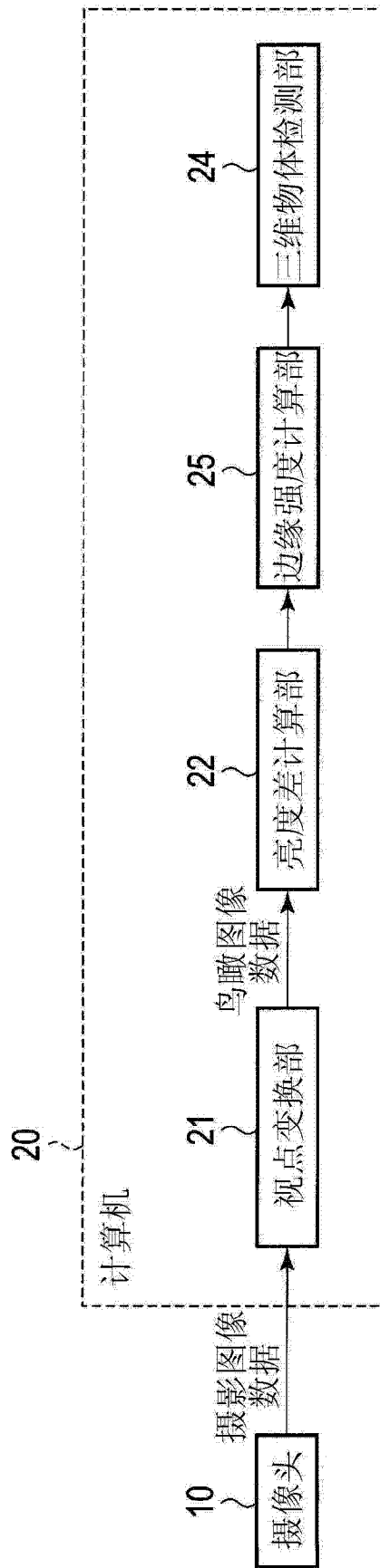


图 16

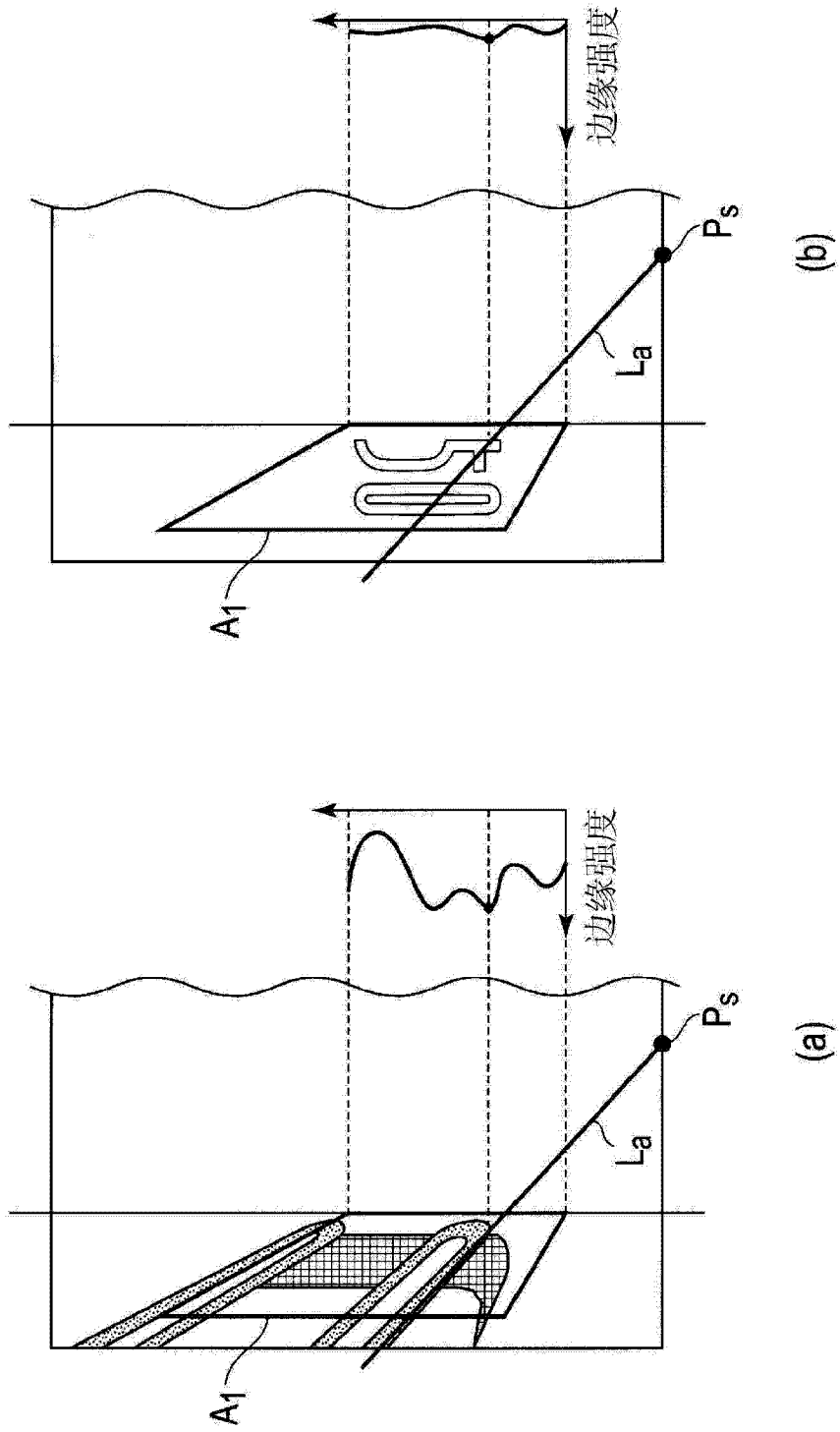


图 17

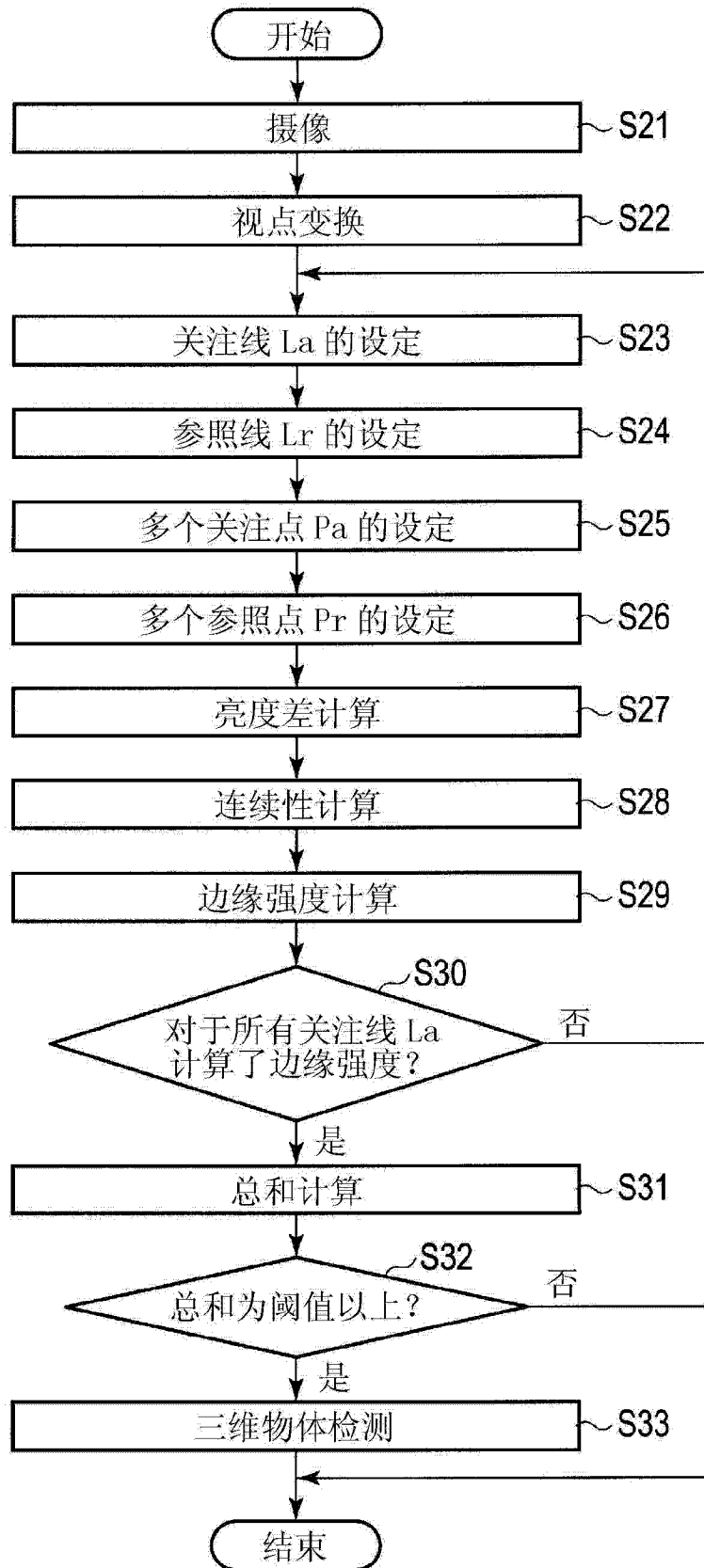


图 18