



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118871879 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 29

(21) 申请号 202280093738.X

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.03.24

G06F 3/0346 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.09.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/013860 2022.03.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/181237 JA 2023.09.28

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 津田圭一 菊田勇人 常道大智

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 马建军 邓毅

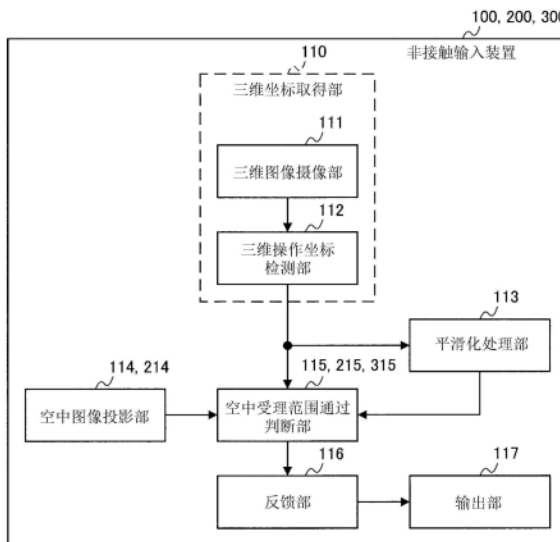
权利要求书3页 说明书20页 附图20页

(54) 发明名称

非接触输入装置和非接触输入方法

(57) 摘要

非接触输入装置(100)具有:三维操作坐标检测部(112),其依次检测输入指示的物体即指示输入物体在预先确定的空间中的三轴的坐标即三维操作坐标,由此检测多个三维操作坐标;平滑化处理部(113),其使用多个三维操作坐标中包含的第一数量的三维操作坐标进行平滑化,由此计算平滑化三维操作坐标,其中,所述第一数量是预先确定的两个以上的数量;以及空中受理范围通过判断部(115),其使用平滑化三维操作坐标,确定指示输入物体通过了该空间中预先确定的范围即空中受理范围的坐标即通过坐标。



1. 一种非接触输入装置,其特征在于,所述非接触输入装置具有:

三维操作坐标检测部,其依次检测输入指示的物体即指示输入物体在预先确定的空间中的三轴的坐标即三维操作坐标,由此检测多个三维操作坐标;

平滑化处理部,其使用所述多个三维操作坐标中包含的第一数量的三维操作坐标进行平滑化,由此计算平滑化三维操作坐标,其中,所述第一数量是预先确定的两个以上的数量;以及

通过判断部,其使用所述平滑化三维操作坐标,确定所述指示输入物体通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围的坐标即通过坐标。

2. 根据权利要求1所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部使用所述多个三维操作坐标,判断所述指示输入物体是否通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围。

3. 根据权利要求2所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部使用以将所述三维操作坐标作为输入的函数的输出成为所述空中受理范围中预先确定的值的方式预先确定的所述函数,判断所述指示输入物体是否通过了所述空中受理范围。

4. 根据权利要求3所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部将所述多个三维操作坐标依次输入到所述函数,在所述函数的输出比所述值大的情况下或所述函数的输出比所述值小的情况下,判断所述指示输入物体是否通过了所述空中受理范围。

5. 根据权利要求1所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述非接触输入装置还具有低延迟平滑化处理部,该低延迟平滑化处理部以比所述平滑化处理部计算所述平滑化三维操作坐标所用的时间短的延迟时间,使用所述多个三维操作坐标中包含的第二数量的三维操作坐标进行平滑化,由此计算低延迟平滑化三维操作坐标,其中,所述第二数量是预先确定的两个以上的数量,

所述通过判断部使用所述低延迟平滑化三维操作坐标,判断所述指示输入物体是否通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围。

6. 根据权利要求5所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部使用以将所述低延迟平滑化三维操作坐标作为输入的函数的输出成为所述空中受理范围中预先确定的值的方式预先确定的所述函数,判断所述指示输入物体是否通过了所述空中受理范围。

7. 根据权利要求6所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部将多个所述低延迟平滑化三维操作坐标依次输入到所述函数,在所述函数的输出比所述值大的情况下或所述函数的输出比所述值小的情况下,判断所述指示输入物体是否通过了所述空中受理范围。

8. 根据权利要求2~7中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,

所述通过判断部在所述指示输入物体通过了所述空中受理范围的情况下,确定所述指示输入物体通过了所述空中受理范围的时刻,将所述确定的时刻的所述平滑化三维操作坐标确定为所述通过坐标,在所述通过坐标位于所述空中受理范围内的情况下,判断为进行了针对所述空中受理范围的输入。

9. 根据权利要求2~7中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述通过判断部在所述指示输入物体通过了所述空中受理范围的情况下,确定所述指示输入物体通过了所述空中受理范围的时刻,将比所述确定的时刻晚的时刻即延迟时刻的所述平滑化三维操作坐标确定为所述通过坐标,在所述通过坐标位于所述空中受理范围内的情况下,判断为进行了针对所述空中受理范围的输入。
10. 根据权利要求9所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述延迟时刻是对所述确定的时刻加上所述平滑化处理部计算所述平滑化三维操作坐标所用的时间即延迟时间以下的时间而得到的时刻。
11. 根据权利要求10所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述平滑化处理部使用线性相位滤波器进行所述平滑化,
所述延迟时间是所述线性相位滤波器的群延迟的值。
12. 根据权利要求2~11中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述非接触输入装置还具有输出部,在所述指示输入物体通过了所述空中受理范围时,该输出部向所述非接触输入装置的外部进行输出。
13. 根据权利要求9~11中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述非接触输入装置还具有输出部,在所述指示输入物体通过了所述空中受理范围时,该输出部向所述非接触输入装置的外部进行输出,
所述输出部持续进行所述输出,至少到所述延迟时刻为止。
14. 根据权利要求12或13所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述输出是声音。
15. 根据权利要求12或13所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述输出是赋予触感的超声波。
16. 根据权利要求2~15中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
检测所述指示输入物体通过了所述空中受理范围的阈值、与检测在所述指示输入物体通过了所述空中受理范围之后返回所述指示输入物体通过所述空中受理范围之前的一侧的阈值不同。
17. 根据权利要求2~16中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述非接触输入装置还具有空中图像投影部,该空中图像投影部向所述空间投射具有与所述空中受理范围对应的部分的空中图像。
18. 根据权利要求2~17中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述非接触输入装置还具有三维图像摄像部,该三维图像摄像部以包含所述空中受理范围的方式输出所述空间的三维图像,
所述三维操作坐标检测部从所述三维图像中检测所述多个三维操作坐标。
19. 根据权利要求1~18中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述指示输入物体是手指。
20. 根据权利要求1~18中的任意一项所述的非接触输入装置,其特征在于,
所述指示输入物体是突起物。
21. 一种非接触输入方法,其特征在于,
依次检测输入指示的物体即指示输入物体在预先确定的空间中的三轴的坐标即三维

操作坐标,由此检测多个三维操作坐标,

使用所述多个三维操作坐标中包含的第一数量的三维操作坐标进行平滑化,由此计算平滑化三维操作坐标,其中,所述第一数量是预先确定的两个以上的数量,

使用所述平滑化三维操作坐标,确定所述指示输入物体通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围的坐标即通过坐标。

非接触输入装置和非接触输入方法

技术领域

[0001] 本发明涉及非接触输入装置和非接触输入方法。

背景技术

[0002] 存在如下装置：向空中的特定范围投射包含按钮等各种输入区域的实像的面，检测手指等操作单元针对该面的进入，按照该操作单元进入的坐标进行各种动作（例如参照专利文献1）。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1：日本特开2019-133284号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 但是，在现有的技术中，一般对作为空中的操作单元而检测到的坐标施加时变的噪声，根据检测原理而存在大小，但是，该坐标小幅地振动。如果不去除该振动，则检测坐标的精度降低。

[0008] 因此，本发明的一个或多个方式的目的在于，在以非接触的方式输入操作时，去除检测到操作单元时的噪声，能够高精度地检测其坐标。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一个方式的非接触输入装置的特征在于，所述非接触输入装置具有：三维操作坐标检测部，其依次检测输入指示的物体即指示输入物体在预先确定的空间中的三轴的坐标即三维操作坐标，由此检测多个三维操作坐标；平滑化处理部，其使用所述多个三维操作坐标中包含的第一数量的三维操作坐标进行平滑化，由此计算平滑化三维操作坐标，其中，所述第一数量是预先确定的两个以上的数量；以及通过判断部，其使用所述平滑化三维操作坐标，确定所述指示输入物体通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围的坐标即通过坐标。

[0011] 本发明的一个方式的非接触输入方法的特征在于，依次检测输入指示的物体即指示输入物体在预先确定的空间中的三轴的坐标即三维操作坐标，由此检测多个三维操作坐标，使用所述多个三维操作坐标中包含的第一数量的三维操作坐标进行平滑化，由此计算平滑化三维操作坐标，其中，所述第一数量是预先确定的两个以上的数量，使用所述平滑化三维操作坐标，确定所述指示输入物体通过了所述空间中预先确定的范围即空中受理范围的坐标即通过坐标。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本发明的一个或多个方式，在以非接触的方式输入操作时，去除检测到操作单元时的噪声，能够高精度地检测其坐标。

附图说明

- [0014] 图1是示出实施方式1~4的非接触输入装置的外观的立体图。
- [0015] 图2是概略地示出实施方式1~3中的非接触输入装置的结构框图。
- [0016] 图3的(A)~(D)是用于说明三维操作坐标的检测方法的概略图。
- [0017] 图4是用于说明摄像机坐标系的概略图。
- [0018] 图5是用于说明摄像机坐标系与空中受理范围坐标系之间的对应关系的概略图。
- [0019] 图6的(A)和(B)是示出硬件结构例的框图。
- [0020] 图7是示出实施方式1中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围的动作的流程图。
- [0021] 图8的(A)~(C)是用于详细说明通过判断和坐标判断的差的曲线图。
- [0022] 图9的(A)~(C)是用于说明用于进行通过判断和坐标判断的值的曲线图。
- [0023] 图10是用于说明空中受理范围的立体图。
- [0024] 图11是示出通过针对空中受理范围的输入来确定处理的动作的流程图。
- [0025] 图12是用于说明产生抖动的状况的曲线图。
- [0026] 图13是用于说明消除抖动的方法的曲线图。
- [0027] 图14是示出实施方式2中的投影图像的概略图。
- [0028] 图15是沿着与y轴垂直的面切断了实施方式2中的空中受理范围的附近的图。
- [0029] 图16是示出实施方式2中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围的动作的流程图。
- [0030] 图17是示出实施方式2中的空中受理范围的变形例的概略图。
- [0031] 图18的(A)~(C)是用于详细说明实施方式3中的空中受理范围通过判断部的动作的曲线图。
- [0032] 图19的(A)和(B)是示出2级级联型IIR滤波器的结构的概略图。
- [0033] 图20是示出2级级联型IIR滤波器的群延迟特性的曲线图。
- [0034] 图21是概略地示出实施方式4中的非接触输入装置的结构框图。
- [0035] 图22是示出实施方式4中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围的动作的流程图。
- [0036] 图23的(A)~(C)是用于说明空中受理范围通过判断部的动作的曲线图。

具体实施方式

[0037] 实施方式1

[0038] 图1是示出实施方式1的非接触输入装置100的外观的立体图。

[0039] 非接触输入装置100通过搭载于壳体101的内部机构向预先确定的空间投射空中图像102。投射空中图像102的机构使用公知的技术即可,因此省略其详细说明。作为公知的技术,例如,在壳体101内搭载显示器,使用回归性反射材料和半透半反镜使从显示器射出的光在空间中再次成像,由此能够投射空中图像102。另外,进行该投射的机构也可以使用其他单元。

[0040] 在空中图像102中显示作为空中输入受理面的按钮103a、103b、103c。对按钮103a、103b、103c分别分配针对非接触输入装置100的指示内容。这里,对按钮103a分配“决定”的

指示,对按钮103b分配“取消”的指示,对按钮103c分配“设定”的指示。

[0041] 另外,在不需要区分各个按钮103a、103b、103c的情况下,将按钮103a、103b、103c中的一个称作按钮103。

[0042] 此外,在按钮103a、103b、103c分别对应有受理来自用户的指示的输入的范围即空中受理范围。例如,在手指等指示输入物体进入了与按钮103a对应的空中受理范围内的情况下,非接触输入装置100判断为输入了分配给该按钮103a的内容的指示。指示输入物体是输入指示的物体,用于输入指示。例如,指示输入物体是手指或棒等突起物。

[0043] 另外,空中受理范围也可以是空中图像102的一部分。此外,空中受理范围也可以与空中图像102中示出的按钮103不一致,例如从对应的按钮103偏移,或者从对应的按钮103倾斜,或者相对于对应的按钮103弯曲等。进而,关于空中受理范围,除了平面或曲面以外,也可以是三维的具有厚度的形状(例如长方体或球体等)。

[0044] 非接触输入装置100的用户通过使手指等指示输入物体进入与希望指示的内容的按钮103对应的空中受理范围,对非接触输入装置100进行指示。使用图像摄像机104检测该指示输入物体是否进入了空中受理范围,该图像摄像机104安装于非接触输入装置100的壳体101,摄像范围包含与按钮103a、103b、103c对应的空中受理范围。

[0045] 图像摄像机104是能够拍摄三维图像的检测装置。图像摄像机104例如是TOF(Time Of Flight:飞行时间)方式的三维摄像机。但是,TOF方式的三维摄像机不过是一例,图像摄像机104例如是双镜头立体照相机、有源立体方式的照相机或LiDAR等能够取得三维信息的检测装置即可,可以是任意的装置。

[0046] 非接触输入装置100在被进行了指示时,作为针对用户的反馈,从扬声器105输出操作受理音。在实施方式1中,利用声音进行反馈,但是,这不过是一例,例如,也可以通过光、振动或对手指辐射超声波而赋予的虚拟触感等或者它们的组合来进行反馈。

[0047] 图2是概略地示出实施方式1中的非接触输入装置100的结构的框图。

[0048] 非接触输入装置100具有三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、空中受理范围通过判断部115、反馈部116和输出部117。

[0049] 三维坐标取得部110取得指示输入物体的三维坐标即三维操作坐标。

[0050] 三维坐标取得部110具有三维图像摄像部111和三维操作坐标检测部112。

[0051] 三维图像摄像部111是通过图1中的图像摄像机104实现的功能部。三维图像摄像部111对三维图像IM进行摄像,将该三维图像IM提供给三维操作坐标检测部112。

[0052] 具体而言,三维图像摄像部111以包含后述的空中图像投影部114投射的空中图像的方式,输出预先确定的空间的三维的图像即三维图像IM。

[0053] 三维操作坐标检测部112从三维图像IM中检测指示输入物体的三轴的坐标即三维操作坐标C。

[0054] 这里,三维操作坐标检测部112依次检测指示输入物体的三维操作坐标C,由此检测时刻不同的多个三维操作坐标C。

[0055] 图3的(A)~(D)是用于说明三维操作坐标C的检测方法的概略图。

[0056] 图3的(A)示出三维图像IM。这里的三维图像IM用横轴X和纵轴Y表示,是像素的深浅表示从图像摄像机104起的距离的距离图像。这里,在三维图像IM中,关于距离,亮度越大的像素,则表示离图像摄像机104越近。

[0057] 图3的(B)示出对图3的(A)所示的三维图像IM进行二值化而生成的二值化三维图像IM#1。

[0058] 三维操作坐标检测部112对三维图像IM实施二值化,由此生成二值化三维图像IM#1。二值化是为了区分手指等指示输入物体的点和除此以外的点而进行的。因此,以能够适当地进行这种区分的方式决定阈值。例如,如图1所示,在向下设置图像摄像机104的情况下,优选阈值被设定成比与按钮103a、103b、103c分别对应的空中受理范围中的最远端远且比地面近的值。

[0059] 接着,三维操作坐标检测部112对二值化三维图像IM#1进行噪声去除,由此生成噪声去除三维图像IM#2。

[0060] 图3的(C)是示出噪声去除三维图像IM#2的概略图。

[0061] 在距离图像中,一般具有比较大的噪声。因此,在图3的(B)所示的二值化三维图像IM#1中也具有大量的细小的噪声。与此相对,通过以某种程度增大检测为闭合区域的最低面积,三维操作坐标检测部112如图3的(C)所示的噪声去除三维图像IM#2那样去除噪声。另外,作为噪声去除的方法,除此之外,还能够应用使用中值滤波器的方法、或在闭合后进行开启的方法等各种方法。

[0062] 接着,如图3的(D)所示,三维操作坐标检测部112从噪声去除三维图像IM#2中进行作为指示输入物体的手指的末端检测。这里,设Y轴的负侧是空中面的用户侧,Y轴的正侧是壳体101侧。因此,手指从Y轴的负侧进入正侧,因此,手指的末端在检测到的闭合区域中仅成为Y轴的坐标最小的点。在图3的(D)中,该点用板条的记号来表示。

[0063] 如上所述决定末端点的X坐标和Y坐标。进而,该点的距离成为根据原来的三维图像IM中的(X,Y)像素的亮度得到的深度Z,因此,确定三维坐标(X,Y,Z)。

[0064] 接着,三维操作坐标检测部112利用将三维图像摄像部111设为原点的坐标系即摄像机坐标系来表现三维坐标(X,Y,Z)。如图4所示,摄像机坐标系是将用作三维图像摄像部111的图像摄像机104的镜头104a的光轴的末端设为原点、将长轴侧设为 x_c 轴、将短轴侧设为 y_c 轴、将光轴方向设为 z_c 轴的坐标系。在一般的非远心的光学系统中,摄像区域呈放射状扩展,因此,相对于相同的X坐标或Y坐标,在Z坐标不同的情况下, x_c 或 y_c 的值成为不同的值。

[0065] 如图4所示,在将水平视场角设为 α 、将垂直视场角设为 β 、将X的范围设为 $(-X_{\max}, X_{\max})$ 、将Y的范围设为 $(-Y_{\max}, Y_{\max})$ 时,能够通过以下的(1)式将摄像图像的指尖坐标即三维坐标(X,Y,Z)转换成摄像机坐标系的坐标即摄像三维坐标 (x_c, y_c, z_c) 。

[0066] 【数学式1】

$$[0067] \quad \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{XZ}{X_{\max}} \tan \frac{\alpha}{2} \\ \frac{YZ}{Y_{\max}} \tan \frac{\beta}{2} \\ Z \end{pmatrix}$$

(1)

[0068] 以上这种针对摄像三维坐标的转换方法是一例,能够应用图案匹配或基于学习器的方法等其他各种方法。

[0069] 在摄像机坐标系和空中受理范围的坐标系不同的情况下,这样得到的摄像三维坐标 (x_c, y_c, z_c) 需要进一步进行转换。将该转换定义为将由摄像机坐标系表示的摄像三维坐标 (x_c, y_c, z_c) 转换成由具有x轴、y轴和z轴的空中受理范围坐标系表示的三维操作坐标C。

[0070] 图5是用于说明摄像机坐标系与空中受理范围坐标系之间的对应关系的概略图。

[0071] 另外,以空中受理范围R的数量进行该转换,但是,在图5中,为了简化说明,仅示出一个空中受理范围R1。

[0072] 在图5中,作为具体例,将与某个按钮103相关联的空中受理范围R1设为 $(|x| < x_{\max}, |y| < y_{\max}, z = 0)$ 。在将空中受理范围坐标系的原点设为摄像机坐标中的 (x_{c0}, y_{c0}, z_{c0}) 、将绕 x_c 轴的旋转设为 θ 、将绕 y_c 轴的旋转设为 ψ 、将绕 z_c 轴的旋转设为 ϕ 的情况下,能够使用下述的(2)式将摄像三维坐标 (x_c, y_c, z_c) 转换成空中受理范围坐标系的三维操作坐标C即 (x, y, z) 。

[0073] 【数学式2】

$$[0074] \quad \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_c - x_{c0} \\ y_c - y_{c0} \\ z_c - z_{c0} \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0075] 另外,如上所述,需要按照每个空中受理范围R进行从摄像机坐标系向空中受理范围坐标系的转换,但是,通过使空中受理范围R的法线方向共同,使成本高的旋转计算共同化,还能够削减运算量。

[0076] 返回图2,平滑化处理部113使用多个三维操作坐标C中包含的第一数量的三维操作坐标C进行平滑化,由此计算平滑化三维操作坐标SC,其中,所述第一数量是预先确定的两个以上的数量。

[0077] 例如,平滑化处理部113在时间方向上对三维操作坐标C进行平滑化,将其结果作为平滑化三维操作坐标SC提供给空中受理范围通过判断部115。本实施方式中的平滑化方法设为基于7抽头的移动平均的平滑化。将时刻t的 (x, y, z) 设为 $x(t)$ 、 $y(t)$ 和 $z(t)$,平滑化处理部113通过下述的(3)式计算平滑化三维操作坐标SC。

[0078] 【数学式3】

$$[0079] \quad \begin{pmatrix} \tilde{x}(t) \\ \tilde{y}(t) \\ \tilde{z}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 x(t-k) \\ \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 y(t-k) \\ \frac{1}{7} \sum_{k=0}^6 z(t-k) \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0080] 另外,在本实施方式中,使用移动平均滤波器作为平滑化的单元,但是,本实施方式不限于这种例子。平滑化的单元能够应用使用窗函数法等不同系数的FIR(Finite Impulse Response:有限脉冲响应)数字滤波器或IIR(Infinite Impulse Response:无限脉冲响应)数字滤波器等作为平滑化滤波器的单元等各种单元。

[0081] 空中图像投影部114向预先确定的空间投射具有与空中受理范围对应的部分的空中图像。例如,空中图像投影部114投射图1所示的空中图像102。在空中图像102中,与空中受理范围对应的部分是按钮130a~130c。投射空中图像的技术使用公知的技术即可。

[0082] 这里,空中图像投影部114将利用空中受理范围坐标系表示空中受理范围R的空中受理范围信息提供给空中受理范围通过判断部115。

[0083] 空中受理范围通过判断部115是根据三维操作坐标C和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R判断作为指示输入物体的一例的手指是否通过了空中受理范围R的通过判断部。然后,空中受理范围通过判断部115将表示该判断结果的

通过判断结果P提供给反馈部116。

[0084] 这里,空中受理范围通过判断部115使用以将三维操作坐标C作为输入的函数的输出成为空中受理范围R中预先确定的值的方式预先确定的函数,判断指示输入物体是否通过了空中受理范围R。例如,空中受理范围通过判断部115将多个三维操作坐标依次输入到该函数,在该函数的输出比该值大的情况下或该函数的输出比该值小的情况下,能够判断指示输入物体是否通过了空中受理范围R。

[0085] 具体而言,空中受理范围通过判断部115设定空中受理范围R上的点满足 $f(x, y, z) = 0$ 的函数 $f(x, y, z)$ 。由此,在 $f(x, y, z)$ 从正向负移动或从负向正移动时,必定通过被设定为 $f(x, y, z) = 0$ 的空中受理范围R。因此,空中受理范围通过判断部115通过确认输入了三维操作坐标C的 $f(x, y, z)$ 的值,换言之,能够使用三维操作坐标C判断指示输入物体是否通过了空中受理范围。

[0086] 在实施方式1中,设空中受理范围R是 $f(x, y, z) = z$ 的平面来进行说明。

[0087] 此外,空中受理范围通过判断部115使用平滑化三维操作坐标SC,确定指示输入物体通过了空中受理范围R的坐标即通过坐标。

[0088] 具体而言,空中受理范围通过判断部115通过来自平滑化处理部113的平滑化三维操作坐标SC,确定表示作为指示输入物体的手指通过了空中受理范围R的哪个坐标的通过坐标CSC。

[0089] 这里,通过坐标CSC由在根据三维操作坐标C判断为作为指示输入物体的一例的手指通过了该空中受理范围R的时刻t根据上述的(3)式求出的x轴的值和y轴的值构成。

[0090] 进而,空中受理范围通过判断部115在确定的通过坐标CSC位于空中受理范围R内的情况下,判断为指示输入物体通过了该空中受理范围R,换言之判断为对该空中受理范围R进行了输入。

[0091] 例如,空中受理范围通过判断部115根据三维操作坐标C确定三轴中的、在与空中受理范围R交叉的方向上延伸的第一轴的值。空中受理范围通过判断部115使用该确定的值,确定指示输入物体通过了该空中受理范围R的时刻。空中受理范围通过判断部115根据平滑化三维操作坐标SC,确定该三轴中除了第一轴以外的第二轴和第三轴在确定的时刻的值作为通过坐标CSC。然后,空中受理范围通过判断部115在该通过坐标CSC位于空中受理范围R内的情况下,判断为对该空中受理范围R进行了输入。这里,第一轴是z轴,第二轴和第三轴是x轴和y轴。

[0092] 反馈部116参照通过判断结果P,在判断为真,换言之表示指示输入物体通过了空中受理范围R的情况下,进行反馈。具体而言,反馈部116例如从作为扬声器105的输出部117输出操作受理音。

[0093] 输出部117根据来自反馈部116的指示,进行针对非接触输入装置100的外部的输出。反馈部116在指示输入物体通过空中受理范围R时进行指示。

[0094] 这里,输出部117输出针对用户的反馈。例如,在输出部117是图1所示的扬声器105的情况下,输出部117输出操作受理音。

[0095] 另外,输出部117不限于输出声音的扬声器105,也可以是显示器等其他单元。此外,输出部117也可以输出对指示输入物体赋予触感的超声波。

[0096] 例如如图6的(A)所示,以上记载的三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空

中受理范围通过判断部115和反馈部116的一部分或全部能够由存储器10和执行存储器10中存储的程序的CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)等处理器11构成。这种程序可以通过网络来提供,此外,也可以记录于记录介质来提供。即,这种程序例如可以作为程序产品来提供。

[0097] 此外,例如如图6的(B)所示,三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空中受理范围通过判断部115和反馈部116的一部分或全部还能够由单一电路、复合电路、利用程序进行动作的处理器、利用程序进行动作的并行处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)或FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)等处理电路12构成。

[0098] 如上所述,三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空中受理范围通过判断部115和反馈部116能够通过处理电路网来实现。

[0099] 图7是示出实施方式1中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围R的动作的流程图。

[0100] 这里,如图5所示,设空中受理范围R为空中受理范围R1($|x| < x_{max}, |y| < y_{max}, z=0$)。

[0101] 首先,空中受理范围通过判断部115判断三维操作坐标C内的时刻t-1的z坐标的值即z(t-1)是否为正或0、且三维操作坐标C内的时刻t的z坐标的值即z(t)是否为负(S10)。

[0102] 另外,在帧率为每秒30帧的情况下,时刻t-1与时刻t的时间差为一帧量的时间差即1/30秒。

[0103] 这是因为,如图5所示,在空中受理范围坐标系中,在空中受理范围R1上设置原点,空中受理范围R1的垂直线的上方为正,指示输入物体从上向下通过空中受理范围R1,由此进行指示的输入。因此,空中受理范围R1成为z=0的平面。

[0104] 这相当于所谓的z(t)的下降。这里,需要注意的是,判断中使用的值是平滑化前的值即三维操作坐标C。这是因为,作为误差减少的代价,平滑化三维操作坐标SC具有延迟,因此,在使用平滑化三维操作坐标SC时,判断也延迟。另一方面,反应的即时性作为设备的性能是重要的,因此,这里使用三维操作坐标C。

[0105] 接着,空中受理范围通过判断部115判断对平滑化三维操作坐标SC内的时刻t的x坐标的值进行平滑化而得到的值和对y坐标的值进行平滑化而得到的值即通过坐标CSC是否满足下述的(4)式和(5)式(S11)。

[0106] 【数学式4】

$$[0107] \quad \left| \widetilde{x(t)} \right| < x_{max} \quad (4)$$

[0108] 【数学式5】

$$[0109] \quad \left| \widetilde{y(t)} \right| < y_{max} \quad (5)$$

[0110] 在满足(4)式和(5)式双方的情况下(S11:是),处理进入步骤S12,在不满足(4)式和(5)式中的至少任意一方的情况下(S11:否),处理进入步骤S13。

[0111] 在步骤S12中,空中受理范围通过判断部115判断为指示输入物体通过了成为对象

的一个空中受理范围R。

[0112] 另一方面,在步骤S13中,空中受理范围通过判断部115判断为指示输入物体未通过成为对象的一个空中受理范围R。

[0113] 另外,在设置有多个空中受理范围R的情况下,通过对全部空中受理范围R进行以上的流程图,空中受理范围通过判断部115能够确定指示输入物体通过了哪个空中受理范围R。

[0114] 这里,步骤S11中的判断是判断平滑化三维操作坐标SC是否位于空中受理范围R内。这例如是确定按下了画面上的哪个按钮103的判断,为了提高实质上的分辨率,需要使用高精度的坐标即平滑化三维操作坐标SC。作为其代价而产生延迟,但是,实际上,在本实施方式这样的非接触输入装置100的用户操作空中的按钮103时,可知存在在与按钮103垂直的方向上移动手指的倾向,当在该方向上移动手指时,x坐标和y坐标大致固定,因此,些许的延迟不成为问题。

[0115] 这样,在通过判断和坐标判断中不同的平滑化策略是有效的,这是因为,通过判断是有无通过这样的二值判断,另一方面,坐标判断是以画面上的坐标的数量具有判断结果的变化这样的所谓的多值判断。

[0116] 图8的(A)~(C)是用于详细说明以上这样的通过判断和坐标判断的差的曲线图。

[0117] 图8的(A)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的x轴的值、三维操作坐标C的x轴的值、平滑化三维操作坐标SC的x轴的值的时间序列的曲线图。图8的(A)的横轴示出时刻,其纵轴示出x轴的值。

[0118] 图8的(B)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的y轴的值、三维操作坐标C的y轴的值、平滑化三维操作坐标SC的y轴的值的时间序列的曲线图。图8的(B)的横轴示出时刻,其纵轴示出y轴的值。

[0119] 图8的(C)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的z轴的值、三维操作坐标C的z轴的值、平滑化三维操作坐标SC的z轴的值的时间序列的曲线图。图8(C)的横轴示出时刻,其纵轴示出z轴的值。

[0120] 在图8的(A)~(C)所示的曲线图中,实线是作为实际的手指的坐标的真值,虚线是计测出的三维操作坐标C的值,双线是对三维操作坐标C的值进行平滑化而得到的平滑化三维操作坐标SC的值。

[0121] 如图8的(A)~(C)所示,虚线所示的三维操作坐标C的值与实线所示的真值相比,误差增加而振动。双线所示的平滑化三维操作坐标SC的值与虚线所示的三维操作坐标C的值相比,误差被缓和,但是,与实线所示的真值相比,产生三帧左右的延迟。

[0122] 这里,如图8的(C)的虚线所示,在三维操作坐标C中的z轴的值下降的 $t=15$ 时,满足图7所示的步骤S10的条件(S10:是)。

[0123] 然后,在步骤S11中,使用 $t=15$ 的平滑化三维操作坐标SC的x轴的值和y轴的值进行判断。

[0124] 图9的(A)~(C)的曲线图示出以上的关系。

[0125] 进而,表示通过了该按钮103上的哪个坐标的通过坐标CSC也应用平滑化三维操作坐标SC的值。

[0126] 作为该通过坐标CSC的用途,例如能够用于与空中受理范围R对应的空中画面成为工作表且其中存在大量单元格的情况下的单元格选择。此外,在信用卡的签名栏这样的进行描绘的区域是空中受理范围R的情况下,也能够根据通过坐标CSC的轨迹来确定签名。进而,当在画面内存在若干个按钮103的情况下,如图10所示,也能够利用一个空中受理范围R覆盖画面整体,判别按下了其中的哪个按钮103。

[0127] 在曲线图上可知这些平滑化后的值如上所述具有三帧左右的延迟,但是,如上所述,在三维操作坐标C中的z轴的值下降时,三维操作坐标C中的x轴的值和y轴的值不怎么变动,在实用方面没有问题。

[0128] 另外,在图9中,在三维操作坐标C中的z轴的值下降时,三维操作坐标C中的x轴的值和y轴的值发生变动,但是,这不过是为了容易理解地表现延迟而有意施加操作的值,无论如何都不是问题。

[0129] 这样,空中受理范围通过判断部115将有无通过空中受理范围R确定为通过判断结果P。此外,空中受理范围通过判断部115还确定表示通过了空中受理范围R中的哪个坐标的通过坐标CSC。

[0130] 在实施方式1中,通过坐标CSC设为观测到下降的瞬间 $t=15$ 的x轴的值和y轴的值,但是,实施方式1不限于这种例子。

[0131] 例如如下述的(6)式那样,通过坐标CSC也可以是与前时刻 $t=14$ 的加权平均。

[0132] 【数学式6】

$$[0133] \left(\frac{\tilde{x}(14) + \tilde{x}(15)}{2}, \frac{\tilde{y}(14) + \tilde{y}(15)}{2} \right) \quad (6)$$

[0134] 进而,如下述的(7)式那样,通过坐标CSC还可以是考虑 $t=15$ 的基于z坐标的加权而得到的值。

[0135] 【数学式7】

$$[0136] \left(\frac{|z(15)|\tilde{x}(14) + |z(14)|\tilde{x}(15)}{2(z(14) + z(15))}, \frac{|z(15)|\tilde{y}(14) + |z(14)|\tilde{y}(15)}{2(z(14) + z(15))} \right) \quad (7)$$

[0137] 另外,这里,作为指示输入物体,列举了手指,但是,也可以使用棒等其他单元。进而,在不容易区分作为指示输入物体的手指和除此以外的物体、或不需要区分它们的情况下,三维坐标取得部110和空中受理范围通过判断部115也可以构成为,如果某个物体进入,则判断为受理了操作。这意味着容许任意的突起物作为指示输入物体。

[0138] 另外,在利用一个空中受理范围R覆盖画面整体的情况下,能够通过图11所示的流程,决定进行哪个处理。

[0139] 图11是示出通过针对空中受理范围R的输入来确定处理的动作的流程图。

[0140] 首先,空中受理范围通过判断部115通过与图7的步骤S10和S11相同的判断,判断指示输入物体是否通过了空中受理范围R(S20)。然后,在指示输入物体通过了空中受理范围R的情况下,处理进入步骤S21。

[0141] 在步骤S21中,空中受理范围通过判断部115判断通过坐标CSC是否位于例如分配

给“决定”按钮103a的范围内。在通过坐标CSC位于分配给“决定”按钮103a的范围内情况下(S21:是),处理进入步骤S22,在通过坐标CSC不位于分配给“决定”按钮103a的范围内情况下(S21:否),处理进入步骤S23。

[0142] 在步骤S22中,空中受理范围通过判断部115执行分配给“决定”的处理。

[0143] 在步骤S23中,空中受理范围通过判断部115判断通过坐标CSC是否位于例如分配给“取消”按钮103b的范围内。在通过坐标CSC位于分配给“取消”按钮103b的范围内情况下(S23:是),处理进入步骤S24,在通过坐标CSC不位于分配给“取消”按钮103b的范围内情况下(S23:否),处理进入步骤S25。

[0144] 在步骤S24中,空中受理范围通过判断部115取消处理。

[0145] 在步骤S25中,空中受理范围通过判断部115判断通过坐标CSC是否位于例如分配给“设定”按钮103c的范围内。在通过坐标CSC位于分配给“设定”按钮103c的范围内情况下(S25:是),处理进入步骤S26,在通过坐标CSC不位于分配给“设定”按钮103c的范围内情况下(S25:否),处理结束。

[0146] 在步骤S26中,空中受理范围通过判断部115执行分配给“设定”的处理。

[0147] 在以上记载的实施方式1中,将按下按钮103时(换言之,三维操作坐标C中的z轴的值下降的瞬间)设为操作的瞬间,但是,实施方式1不限于这种例子。例如,也可以将三维操作坐标C中的z轴的值上升的瞬间判断为操作的瞬间。

[0148] 此外,在实施方式1中,先进行指尖检测,接着,进行从摄像机坐标系向空中受理范围坐标系的坐标转换,但是,实施方式1不限于这种例子。例如,也可以事先将空中受理范围R的坐标从空中受理范围坐标系逆转换成摄像机坐标系。该情况下,利用摄像机坐标系判断空中受理范围R的通过和通过时的坐标即可。

[0149] 此外,在容许多次操作的情况下,由于基于三维操作坐标C中的z轴的值误差的产生的振动,产生即使用户仅意图进行一次操作也判断为进行了多次操作的所谓抖动。例如,在三维操作坐标C中的z轴的值如图12所示的曲线图那样推移的情况下,除了本来的手指通过的定时即时刻 $t=15$ 以外,在 $t=17$ 也误判断为手指通过。为了防止这种情况,改变三维操作坐标C中的z轴的值下降(换言之,从正侧朝向负侧)的阈值、以及三维操作坐标C中的z轴的值上升(换言之,从负侧朝向正侧)的阈值是有效的。具体而言,使检测指示输入物体通过了空中受理范围R的阈值和检测在指示输入物体通过了空中受理范围R后返回指示输入物体通过平面之前的一侧的阈值不同即可。

[0150] 图13所示的曲线图具体地示出该情况。这里,三维操作坐标C中的z轴的值即 $z(t)$ 的推移与图12所示的曲线图相同,但是,下降的阈值设定成“0”,上升的阈值设定成“1”。

[0151] 由此,在时刻 $t=15$ 之前,阈值为“0”,在观测到下降的时刻 $t=15$ 之后,阈值变成“1”。由此,图12中存在的时刻 $t=17$ 的抖动被消除。该阈值“1”在观测到上升的时刻 $t=25$ 再次返回“0”。

[0152] 实施方式2

[0153] 如图1所示,与实施方式1的非接触输入装置100同样,实施方式2的非接触输入装置200也通过搭载于壳体101的内部机构向空中投射空中图像102。

[0154] 而且,非接触输入装置200使用图像摄像机104检测针对空中图像102中包含的按钮103a、103b、103c的操作,利用扬声器105通知进行了操作。

[0155] 如图2所示,实施方式2中的非接触输入装置200具有三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部214、空中受理范围通过判断部215、反馈部116和输出部117。

[0156] 实施方式2中的非接触输入装置200的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、反馈部116和输出部117与实施方式1中的非接触输入装置100的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、反馈部116和输出部117相同。

[0157] 但是,在实施方式2中,空中图像投影部214将空中受理范围R提供给空中受理范围通过判断部215,空中受理范围通过判断部215从三维操作坐标检测部112接受三维操作坐标C,从平滑化处理部113接受平滑化三维操作坐标SC,将通过判定结果P提供给反馈部116,将通过坐标CSC输出到输出部117。

[0158] 空中图像投影部214向空中投射图14所示的球面的一部分即曲面。设实施方式2中的空中受理范围R与该曲面一致。另外,为了在视觉上容易捕捉形状,施加网格来显示图14所示的空中受理范围R。

[0159] 作为用户界面,该球面的一部分即曲面的形状的空中受理范围R具有比平面优异的方面。例如,一般认为用户在空中受理范围R的中心附近操作非接触输入装置200,但是,在空中受理范围R如实施方式1那样为平面时,在空中受理范围R的中央和空中受理范围R的端部,从用户到空中受理范围为止的距离大幅不同。另一方面,在使空中受理范围R成为曲面时,能够消除或减少该距离之差。但是,为了强调与实施方式1的差异,图14所示的空中受理范围R被夸张,在实用方面,曲率稍高(换言之,平坦)的空中受理范围R是有用的。

[0160] 空中受理范围通过判断部215利用表示包含空中受理范围R的面的函数 $f(x, y, z) = 0$ 来表示空中受理范围R,进而,通过利用表示空中受理范围中的坐标的函数 $g_x(x, y, z)$ 和 $g_y(x, y, z)$ 表示时的 $g_x(x, y, z)$ 和 $g_y(x, y, z)$ 的限制来限定空中受理范围R。

[0161] 首先,实施方式2中的空中受理范围R是球面的一部分,因此, $f(x, y, z)$ 利用表示球面的函数来表示。具体而言,在将球面的中心设为 (x_r, y_r, z_r) 、将其半径设为 d 时, $f(x, y, z) = (x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2 - d^2$ 。

[0162] 此外,将 $g_x(x, y, z)$ 设为图15所示的弧AB的长度。另外,图15是沿着与y轴垂直的面切断了空中受理范围R的附近的图。

[0163] 这里,根据弧的长度的式子,弧AB的长度为 $d\theta$ 。其中,关于 θ ,斜边为 d ,对边为 $x - x_r$,因此,下述的(8)式成立。

[0164] 【数学式8】

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{x - x_r}{d} \right) \quad (8)$$

[0166] 换言之,下述的(9)式成立。

[0167] 【数学式9】

$$g_x(x, y, z) = d \sin^{-1} \left(\frac{x - x_r}{d} \right) \quad (9)$$

[0169] 同样,关于 g_y ,下述的(10)式也成立。

[0170] 【数学式10】

$$g_y(x, y, z) = d \sin^{-1} \left(\frac{y - y_r}{d} \right)$$

[0171]

(10)

[0172] 这里,假设坐标 (x, y, z) 位于空中受理范围R上。因此,更严格地讲,关于 g_x 和 g_y ,在连接 (x, y, z) 和球的中心的线与 $f(x)$ 的交点处置换 (x, y, z) ,下述的(11)式和(12)式成立。

[0173] 【数学式11】

$$g_y(x, y, z) = d \sin^{-1} \left[\left\{ \frac{xd + x_r \left(\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 (z - z_r)^2} - d \right)}{\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2}} - x_r \right\} / d \right]$$

[0174]

(11)

[0175] 【数学式12】

$$g_y(x, y, z) = d \sin^{-1} \left[\left\{ \frac{yd + y_r \left(\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 (z - z_r)^2} - d \right)}{\sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2}} - y_r \right\} / d \right]$$

[0176]

(12)

[0177] 但是,如后所述,在指示输入物体横穿 $f(x, y, z)$ 的瞬间,实际上使用 g_x 和 g_y ,坐标 (x, y, z) 充分接近球面,因此,即使使用(9)式和(10)式来代替(11)式和(12)式,也不会有较大差异。

[0178] 如上所述,确定空中受理范围R中的坐标,将该坐标区域的限制设为 $|g_x(x, y, z)| < x_{\max}$, $|g_y(x, y, z)| < y_{\max}$, $z > 0$,由此,能够表现图14所示的球面的一部分即空中受理范围R。

[0179] 如果进一步简化,则反正弦函数在角度小的范围内能够近似为 $\sin^{-1}x = x$,因此,也可以进一步简化(9)式和(10)式,设为 $g_x(x, y, z) = x - x_r$, $g_y(x, y, z) = y - y_r$ 。

[0180] 基于这些式子,实施方式2中的空中受理范围通过判断部215根据三维操作坐标C和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R,判断作为指示输入物体的一例的手指是否通过了空中受理范围R。然后,空中受理范围通过判断部215将表示该判断结果的通过判断结果P提供给反馈部116。

[0181] 这里,空中受理范围通过判断部215设定空中受理范围R上的点满足 $f(x, y, z) = 0$ 的函数 $f(x, y, z)$ 。由此,在 $f(x, y, z)$ 从正向负移动或从负向正移动时,必定通过被设定为 $f(x, y, z) = 0$ 的空中受理范围R。因此,空中受理范围通过判断部215通过确认 $f(x, y, z)$ 的值,能够判断指示输入物体是否通过了空中受理范围。

[0182] 在实施方式2中,空中受理范围R是图14所示的球面的一部分。

[0183] 此外,空中受理范围通过判断部215使用平滑化三维操作坐标SC,确定指示输入物体通过了空中受理范围R的坐标即通过坐标。

[0184] 具体而言,空中受理范围通过判断部215通过来自平滑化处理部113的平滑化三维

操作坐标SC,确定表示作为指示输入物体的手指通过了空中受理范围R的哪个坐标的通过坐标CSC。

[0185] 这里,通过坐标CSC由根据三维操作坐标C判断为作为指示输入物体的一例的手指通过了该空中受理范围R的时刻t的平滑化三维操作坐标SC中的x轴的值、y轴的值和z轴的值构成。

[0186] 进而,空中受理范围通过判断部215在确定的通过坐标CSC位于空中受理范围R内的情况下,判断为指示输入物体通过了该空中受理范围R,换言之判断为对该空中受理范围R进行了输入。

[0187] 图16是示出实施方式2中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围R的动作的流程图。

[0188] 首先,空中受理范围通过判断部215判断时刻t-1的函数f的值即 $f(x(t-1), y(t-1), z(t-1))$ 是否为负且时刻t的函数f的值即 $f(x(t), y(t), z(t))$ 是否为正或0(S30)。

[0189] 这相当于所谓的 $f(x(t), y(t), z(t))$ 上升。能够利用该方法进行判定是因为, $f(x_1, y_1, z_1) < 0$ 这样的点 (x_1, y_1, z_1) 和 $f(x_2, y_2, z_2) > 0$ 这样的点 (x_2, y_2, z_2) 关于面 $f(x, y, z) = 0$ 存在于相反侧的位置。另外,这里,在判定中使用的是平滑化前的值即三维操作坐标C,这是重要的,与实施方式1相同。

[0190] 接着,空中受理范围通过判断部215判断对平滑化三维操作坐标SC内的时刻t的x坐标的值进行平滑化而得到的值、对y坐标的值进行平滑化而得到的值和对z坐标的值进行平滑化而得到的值即通过坐标CSC是否满足下述的(13)式和(14)式(S31)。

[0191] 【数学式13】

$$[0192] \quad \left| g_x \left(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right) \right| < x_{max} \quad (13)$$

[0193] 【数学式14】

$$[0194] \quad \left| g_y \left(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right) \right| < y_{max} \quad (14)$$

[0195] 在满足(13)式和(14)式双方的情况下(S31:是),处理进入步骤S32,在不满足(13)式和(14)式中的至少任意一方的情况下(S31:否),处理进入步骤S33。

[0196] 在步骤S32中,空中受理范围通过判断部315判断为指示输入物体通过了成为对象的一个空中受理范围R。这里,通过坐标的x坐标和y坐标如下述的(15)式那样。

[0197] 【数学式15】

$$[0198] \quad \left(g_x \left(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right), g_y \left(\widetilde{x(t)}, \widetilde{y(t)}, \widetilde{z(t)} \right) \right) \quad (15)$$

[0199] 另一方面,在步骤S33中,空中受理范围通过判断部315判断为指示输入物体未通过成为对象的一个空中受理范围R。

[0200] 另外,在设置有多个空中受理范围R的情况下,通过对全部空中受理范围R进行以上的流程图,空中受理范围通过判断部315能够确定指示输入物体通过了哪个空中受理范

围R。

[0201] 在以上记载的实施方式2中,空中受理范围R为球面的一部分,但是,将表示空中受理范围R的函数 $f(x, y, z)$ 设为任意的以空中受理范围坐标系 x, y, z 为参变量的形状,也能够同样地实施。

[0202] 例如,如图17所示,在空中受理范围R成为将中心设为 (x_c, y_c, z_c) 且 x, y, z 轴方向的长度分别为 x_l, y_l, z_l 这样的长方体的形状时,函数 f 如下述的(16)式那样即可。

[0203] 【数学式16】

$$[0204] \quad f(x, y, z) = \max \left(|x - x_c| - \frac{x_l}{2}, |y - y_c| - \frac{y_l}{2}, |z - z_c| - \frac{z_l}{2} \right) \quad (16)$$

[0205] 此外,虽然省略图示,但是,在空中受理范围R为抛物面的情况下,函数 f 如下述的(17)式那样即可。

[0206] 【数学式17】

$$[0207] \quad f(x, y, z) = \frac{(x - x_r)^2}{a^2} + \frac{(y - y_r)^2}{b^2} - (z - z_r) \quad (17)$$

[0208] 这里, x_r 和 y_r 为定点, z_r 为包含对应的抛物线的定直线的底面。

[0209] 这样, $f(x, y, z)$ 可以是双曲面等多项式,也可以是利用三角多项式等表示的形状,可微分性也是任意的,因此,可以是将 x, y, z 或组合它们而成的多项式的值设为参变量的表这样的形式,也可以是两个或两个以上的平面的组合即所谓的多边形。另外,所述的长方体是多边形的一例。

[0210] 此外,实施方式1是实施方式2中包含的特殊情况。即,实施方式1是在实施方式2中如 $f(x, y, z) = -z$ 那样没有 x, y 的项而仅利用 z 的一次项表示的形状,如 $g_x(x, y, z) = x + C_2$ 、 $g_y(x, y, z) = y + C_3$ (C_2, C_3 为常数)那样, g_x 是没有 y, z 的项而仅利用 x 的一次项表示的形状, g_y 是没有 z, x 的项而仅利用 y 的一次项表示的形状。

[0211] 实施方式3

[0212] 如图1所示,与实施方式1的非接触输入装置100同样,实施方式3的非接触输入装置300也通过搭载于壳体101的内部的机构向空中投射空中图像102。

[0213] 而且,非接触输入装置300使用图像摄像机104检测针对空中图像102中包含的按钮103a、103b、103c的操作,利用扬声器105通知进行了操作。

[0214] 如图2所示,实施方式3中的非接触输入装置300具有三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、空中受理范围通过判断部315、反馈部116和输出部117。

[0215] 实施方式3中的非接触输入装置300的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、反馈部116和输出部117与实施方式1中的非接触输入装置100的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、反馈部116和输出部117相同。

[0216] 实施方式3中的空中受理范围通过判断部315从三维操作坐标检测部112接受三维操作坐标 C ,从空中图像投影部114接受空中受理范围 R ,从平滑化处理部113接受平滑化三维操作坐标 SC ,向反馈部116提供通过判断结果 P ,确定通过坐标 CSC 。

[0217] 与实施方式1同样,空中受理范围通过判断部315根据三维操作坐标C和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R,判断作为指示输入物体的一例的手指是否通过了空中受理范围R。然后,空中受理范围通过判断部315将表示该判断结果的通过判断结果P提供给反馈部116。

[0218] 实施方式3中的空中受理范围通过判断部315通过来自平滑化处理部113的平滑化三维操作坐标SC,确定表示作为指示输入物体的手指通过了空中受理范围R的哪个坐标的通过坐标CSC。这里,关于通过坐标CSC,将在时刻 $t+D$ 根据上述的(3)式求出的x轴的值和y轴的值确定为该时刻 t 的通过坐标CSC,该时刻 $t+D$ 从根据三维操作坐标C和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R判断为作为指示输入物体的一例的手指通过了空中受理范围R的时刻 t ,延迟了预先确定的延迟时间D。

[0219] 进而,在设定了多个空中受理范围R的情况下,空中受理范围通过判断部315根据确定的通过坐标CSC和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R,判断作为指示输入物体的手指通过了多个空中受理范围R内的哪个空中受理范围R。

[0220] 换言之,在实施方式3中,空中受理范围通过判断部315根据三维操作坐标C确定三轴中的、在与空中受理范围R交叉的方向上延伸的第一轴的值,使用该确定的值确定指示输入物体通过了空中受理范围R的时刻。空中受理范围通过判断部215根据平滑化三维操作坐标SC,确定该三轴中除了第一轴以外的第二轴和第三轴在比该确定的时刻晚的时刻即延迟时刻的值作为通过坐标CSC。然后,空中受理范围通过判断部215在通过坐标CSC位于空中受理范围R内的情况下,判断为对该空中受理范围R进行了输入。

[0221] 这里,延迟时刻是对该确定的时刻加上平滑化处理部113计算平滑化三维操作坐标所用的时间即延迟时间以下的时间而得到的时刻即可。

[0222] 例如,在平滑化处理部113使用线性相位滤波器进行平滑化的情况下,作为延迟时间,使用该线性相位滤波器的群延迟的值即可。

[0223] 另外,在实施方式3中,与实施方式1同样,反馈部116也在通过判断结果P为真的时刻进行输出。由此,用户能够尽早接受针对操作的对应。

[0224] 接着,使用图18对实施方式3中的空中受理范围通过判断部315的动作进行说明。

[0225] 图18的(A)~(C)是用于详细说明空中受理范围通过判断部315的动作的曲线图。

[0226] 图18的(A)~(C)的曲线图与图8的(A)~(C)的曲线图相同。

[0227] 这里,延迟时间D设为与3帧量的时间对应的“3”。

[0228] 如图18的(C)所示,在时刻 $t=15$,三维操作坐标C中的z轴的值即 $z(t)$ 下降,因此,在该瞬间,通过判断结果P为真。但是,延迟时间D为“3”,因此,空中受理范围通过判断部315在该瞬间不确定通过坐标CSC。

[0229] 然后,在对时刻 $t=15$ 加上延迟时间 $D=3$ 而得到的时刻 $t=18$,空中受理范围通过判断部315将时刻 $t=18$ 的平滑化三维操作坐标SC的x轴的值 V_x 和y轴的值 V_y 确定为时刻 $t=15$ 的通过坐标CSC。

[0230] 从取消7抽头的移动平均滤波器的群延迟的观点出发,延迟时间D设为“3”。因此,如图18的(A)和(C)所示,时刻 $t=15$ 的通过坐标CSC的值(V_x, V_y)接近时刻 $t=15$ 的真值(R_x, R_y)。

[0231] 因此,在希望利用更接近真值的值作为通过坐标CSC的值的值的情况下,实施方式3是

有效的。另一方面,在受理的瞬间即时刻 $t=15$ 进行针对用户的反馈,因此,对于用户来说,感觉反应性良好。但是,确定通过坐标CSC的时刻是考虑了延迟时间D的时刻,因此,在需要使用通过坐标CSC的处理的情况下,实际的处理时间未被缩短。

[0232] 另外,此时,在将针对用户的反馈的持续时间设定成延迟时间D以上时,对于用户来说,很难感觉到反馈错误,因此,是更加优选的。这是因为,在针对用户的反馈完成之前,能够确定通过坐标CSC,开始实质上的处理。

[0233] 此外,这里,使用移动平均滤波器作为平滑化滤波器,但是,例如,在使用IIR滤波器这样的具有非线性相位特性的平滑化方法的情况下,延迟时间按照每个频率分量而不同,因此,很难决定延迟时间D。

[0234] 例如,图19的(A)和(B)是示出2级级联型IIR滤波器的结构的概略图。

[0235] 此外,图20是示出图19的(A)和(B)所示的2级级联型IIR滤波器的群延迟特性的曲线图。

[0236] 这里,图20是图像摄像机104的帧率为每秒30帧的情况。

[0237] 这样,群延迟根据频率而变动,但是,最大为10个样本以下。该情况下,延迟时间D设为群延迟特性的最小值以上且最大值以下(这里为0个样本以上且10个样本以下的值)是妥当的。例如,一个思路是,根据直流分量的群延迟,延迟时间D设定成与7个样本对应的的时间。

[0238] 另外,源于三维操作坐标C的采样率,因此成为30Hz。

[0239] 但是,通过减少延迟时间D,会减少需要使用通过坐标CSC的处理的情况下的本质上的处理时间,因此,延迟时间D设为比“7”小的值也具有优点。

[0240] 进而,基于该知识和见解,在使用移动平均滤波器或通过窗函数法设计的FIR滤波器这样的线性相位特性的滤波器的情况下,将延迟时间D设为比平坦的群延迟小的值也具有优点。例如,在7抽头的移动平均滤波器的情况下,设为比群延迟即3个样本小的“2”或“1”也具有优点。这在需要取得本质上的处理时间和通过坐标CSC的准确性双方的平衡的情况下是有效的。

[0241] 另外,在延迟时间D为“0”时,实施方式3的动作与实施方式1一致。

[0242] 实施方式4

[0243] 如图1所示,与实施方式1的非接触输入装置100同样,实施方式4的非接触输入装置400也通过搭载于壳体101的内部的机构向空中投射空中图像102。

[0244] 而且,非接触输入装置400使用图像摄像机104检测针对空中图像102中包含的按钮103a、103b、103c的操作,利用扬声器105通知进行了操作。

[0245] 图21是概略地示出实施方式4中的非接触输入装置400的结构的框图。

[0246] 实施方式4中的非接触输入装置400具有三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、空中受理范围通过判断部415、反馈部116、输出部117和低延迟平滑化处理部418。

[0247] 实施方式4中的非接触输入装置400的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、反馈部116和输出部117与实施方式1中的非接触输入装置100的三维坐标取得部110、平滑化处理部113、空中图像投影部114、反馈部116和输出部117相同。

[0248] 低延迟平滑化处理部418从三维操作坐标检测部112接受三维操作坐标C,通过与

平滑化处理部113相比为低延迟的平滑化处理,在时间方向上对三维操作坐标C进行平滑化,将其结果作为低延迟平滑化三维操作坐标LSC提供给空中受理范围通过判断部415。

[0249] 换言之,低延迟平滑化处理部418以比平滑化处理部113计算平滑化三维操作坐标SC所用的时间短的延迟时间,使用多个三维操作坐标C中包含的第二数量的三维操作坐标进行平滑化,由此计算低延迟平滑化三维操作坐标LSC,其中,所述第二数量是预先确定的两个以上的数量。

[0250] 在平滑化处理部113如上所述利用7抽头的移动平均滤波器实施平滑化的情况下,例如,低延迟平滑化处理部418如下述的(18)式那样利用3抽头的移动平均滤波器实施平滑化,由此计算低延迟平滑化三维操作坐标LSC。

[0251] 【数学式18】

$$[0252] \quad \begin{pmatrix} \check{x}(t) \\ \check{y}(t) \\ \check{z}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 x(t-k) \\ \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 y(t-k) \\ \frac{1}{3} \sum_{k=0}^2 z(t-k) \end{pmatrix} \quad (18)$$

[0253] 实施方式4中的空中受理范围通过判断部415从低延迟平滑化处理部418接受低延迟平滑化三维操作坐标LSC,从空中图像投影部114接受空中受理范围R,从平滑化处理部113接受平滑化三维操作坐标SC,向反馈部116提供通过判断结果P,确定通过坐标CSC。

[0254] 空中受理范围通过判断部415根据低延迟平滑化三维操作坐标LSC和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R,判断作为指示输入物体的一例的手指是否通过了空中受理范围R。然后,空中受理范围通过判断部415将表示该判断结果的通过判断结果P提供给反馈部116。

[0255] 例如,与实施方式1同样,空中受理范围通过判断部415通过来自平滑化处理部113的平滑化三维操作坐标SC,确定表示作为指示输入物体的手指通过了空中受理范围R内的哪个坐标的通过坐标CSC。这里,通过坐标CSC由在根据三维操作坐标C和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R判断为作为指示输入物体的一例的手指通过了空中受理范围R的时刻t根据上述的(3)式求出的x轴的值和y轴的值构成。

[0256] 进而,与实施方式1同样,在设定了多个空中受理范围R的情况下,空中受理范围通过判断部415根据确定的通过坐标CSC和由来自空中图像投影部114的空中受理范围信息表示的空中受理范围R,判断作为指示输入物体的手指通过了多个空中受理范围R内的哪个空中受理范围R。

[0257] 换言之,在实施方式4中,空中受理范围通过判断部415根据低延迟平滑化三维操作坐标LSC确定三轴中的、在与空中受理范围R交叉的方向上延伸的第一轴的值,使用该确定的值确定指示输入物体通过了空中受理范围R的时刻。空中受理范围通过判断部415根据平滑化三维操作坐标SC,确定该三轴中除了第一轴以外的第二轴和第三轴在该确定的时刻的值作为通过坐标CSC。然后,空中受理范围通过判断部415在通过坐标CSC位于空中受理范围R内的情况下,判断为对该空中受理范围R进行了输入。

[0258] 这里,低延迟平滑化处理部418还能够利用3抽头的移动平均滤波器以外的方法进行平滑化。例如,可考虑使用基于窗函数法等的FIR滤波器或IIR滤波器等。

[0259] 例如如图6的(A)所示,以上记载的三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空中受理范围通过判断部415、反馈部116和低延迟平滑化处理部418的一部分或全部能够由存储器10和执行存储器10中存储的程序的处理器11构成。这种程序可以通过网络来提供,此外,也可以记录于记录介质来提供。即,这种程序例如可以作为程序产品来提供。

[0260] 此外,例如如图6的(B)所示,三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空中受理范围通过判断部415、反馈部116和低延迟平滑化处理部418的一部分或全部还能够由处理电路12构成。

[0261] 如上所述,三维操作坐标检测部112、平滑化处理部113、空中受理范围通过判断部415、反馈部116和低延迟平滑化处理部418能够通过处理电路网来实现。

[0262] 接着,对实施方式4的空中受理范围通过判断部415的动作进行说明。

[0263] 图22是示出实施方式4中判断指示输入物体是否通过了一个空中受理范围R的动作的流程图。

[0264] 这里,如图5所示,设空中受理范围R为 $(|x| < x_{\max}, |y| < y_{\max}, z=0)$ 。

[0265] 此外,关于图22所示的流程图的步骤中的进行与图7所示的流程图的步骤相同的处理的步骤,标注与图7相同的标号。

[0266] 首先,空中受理范围通过判断部415判断低延迟平滑化三维操作坐标LSC中的时刻 $t-1$ 的 z 坐标的值是否为正或0且低延迟平滑化三维操作坐标LSC中的时刻 t 的 z 坐标的值是否为负(S40)。在满足步骤S40的条件(是)的情况下(S40:是),处理进入步骤S11,在不满足步骤S40的条件(否)的情况下(S40:否),处理进入步骤S13。

[0267] 另外,图22的步骤S11~S13的处理与图7的步骤S11~S13的处理相同。

[0268] 在实施方式1中,使用未进行平滑化的三维操作坐标C的 z 轴的值判断其下降,但是,在实施方式4中,使用延迟时间不太长的低延迟平滑化三维操作坐标LSC的 z 轴的值判断其下降。

[0269] 图23的(A)~(C)详细地示出以上的动作。

[0270] 图23的(A)~(C)是用于说明空中受理范围通过判断部415的动作的曲线图。

[0271] 图23的(A)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的 x 轴的值、三维操作坐标C的 x 轴的值、平滑化三维操作坐标SC的 x 轴的值的时间序列的曲线图。图23的(A)的横轴示出时刻,其纵轴示出 x 轴的值。

[0272] 图23的(B)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的 y 轴的值、三维操作坐标C的 y 轴的值、平滑化三维操作坐标SC的 y 轴的值的时间序列的曲线图。图23的(B)的横轴示出时刻,其纵轴示出 y 轴的值。

[0273] 图23的(C)是示出空中受理范围坐标系中的实际的手指的移动的 z 轴的值、三维操作坐标C的 z 轴的值、低延迟平滑化三维操作坐标LSC的 z 轴的值的时间序列的曲线图。图23(C)的横轴示出时刻,其纵轴示出 z 轴的值。

[0274] 在图23的(A)~(C)所示的曲线图中,实线是作为实际的手指的坐标的真值,虚线是计测出的三维操作坐标C的值。

[0275] 在图23的(A)和(B)中,双线是对三维操作坐标C的值进行平滑化而得到的平滑化三维操作坐标SC的值。另一方面,在图23的(C)中,双线是低延迟地对三维操作坐标C的值进行平滑化而得到的低延迟平滑化三维操作坐标LSC的值。

[0276] 如图23的(C)所示,低延迟平滑化三维操作坐标LSC中的z轴的值从正向负下降的时刻为 $t=16$,与三维操作坐标C的z轴的值相比延迟1帧量,但是,平滑化三维操作坐标SC的z轴的值与三维操作坐标C的z轴的值相比延迟3帧量,与此相比,该延迟小。因此,在实施方式3中,也能够比较迅速地输出通过判断结果P,还能够比较迅速地输出针对用户的反馈。

[0277] 进而,空中受理范围中的通过坐标能够使用平滑化三维操作坐标SC的x轴的值和y轴的值,因此,能够使用实施了更强的平滑化的值。平滑化三维操作坐标SC存在比较大的延迟,因此,存在输出过去的时刻的指示输入物体的坐标的问题。但是,与实施方式1同样,实际上,在非接触输入装置400的用户操作空中的按钮103时,存在在与按钮103垂直的方向上移动手指的倾向。因此,当在该方向上移动手指时,平滑化三维操作坐标SC的x轴的值和y轴的值大致固定,因此,认为该延迟的大小成为问题的可能性低。

[0278] 如上所述,根据实施方式1~4,在指示输入物体通过的坐标的检测中使用进行了平滑化的平滑化三维操作坐标SC,因此,能够去除操作输入单元的检测时的时变的噪声引起的振动。

[0279] 但是,在空中的指示输入物体的检测中,一般而言,采样率低,平滑化算法的延迟相对变大。举出具体例时,当在指示输入物体的位置的检测中使用帧率为30帧/秒的三维照相机且在平滑化中使用7抽头的移动平均滤波器时,其延迟成为100毫秒。其结果是,系统的响应速度变慢,此外,对于用户来说的操作感恶化。

[0280] 因此,在实施方式1~4中,在判断指示输入物体是否通过了包含受理操作的范围的平面时,使用未进行平滑化的值或进行了低延迟的平滑化的值,由此,能够兼顾系统的响应性和检测位置的精度双方。

[0281] 另外,在以上记载的实施方式1~4中,空中受理范围通过判断部115~415根据三维操作坐标C或低延迟平滑化三维操作坐标LSC的z轴的值将通过判断结果P提供给反馈部116,但是,实施方式1~4不限于这种例子。例如,在通过坐标CSC位于对应范围内的情况下,空中受理范围通过判断部115~415也可以将通过判断结果P提供给反馈部116。此外,在三维操作坐标C或低延迟平滑化三维操作坐标LSC的z轴的值下降的时刻,三维操作坐标C或低延迟平滑化三维操作坐标LSC的x轴的值和y轴的值位于对应范围内的情况下,空中受理范围通过判断部115~415也可以将通过判断结果P提供给反馈部116。

[0282] 在以上记载的实施方式3和4中,为了简化说明,将空中受理范围R设为平面,但是,与实施方式2同样,空中受理范围R也可以是球面、抛物面、双曲面等利用多项式或三角多项式等表示的形状的一部分,可微分性也是任意的,因此,可以是将x、y、z或组合它们而成的多项式的值设为参变量的表这样的形式,也可以是两个或两个以上的平面的组合(例如长方体或多面体)即所谓的多边形,这点与实施方式2相同。

[0283] 例如,在实施方式4中,空中受理范围通过判断部415使用以将低延迟平滑化三维操作坐标LSC作为输入的函数的输出成为空中受理范围R中预先确定的值的方式预先确定的函数,判断指示输入物体是否通过了空中受理范围R。这里,空中受理范围通过判断部415将多个低延迟平滑化三维操作坐标LSC依次输入到该函数,在该函数的输出比该值大的情况下或该函数的输出比该值小的情况下,判断指示输入物体是否通过了空中受理范围R。

[0284] 标号说明

[0285] 100、200、300、400:非接触输入装置;101:壳体;102:空中图像;103:按钮;104:图

像摄像机;105:扬声器;110:三维坐标取得部;111:三维图像摄像部;112:三维操作坐标检测部;113:平滑化处理部;114:空中图像投影部;115、215、315、415:空中受理范围通过判断部;116:反馈部;117:输出部;418:低延迟平滑化处理部。

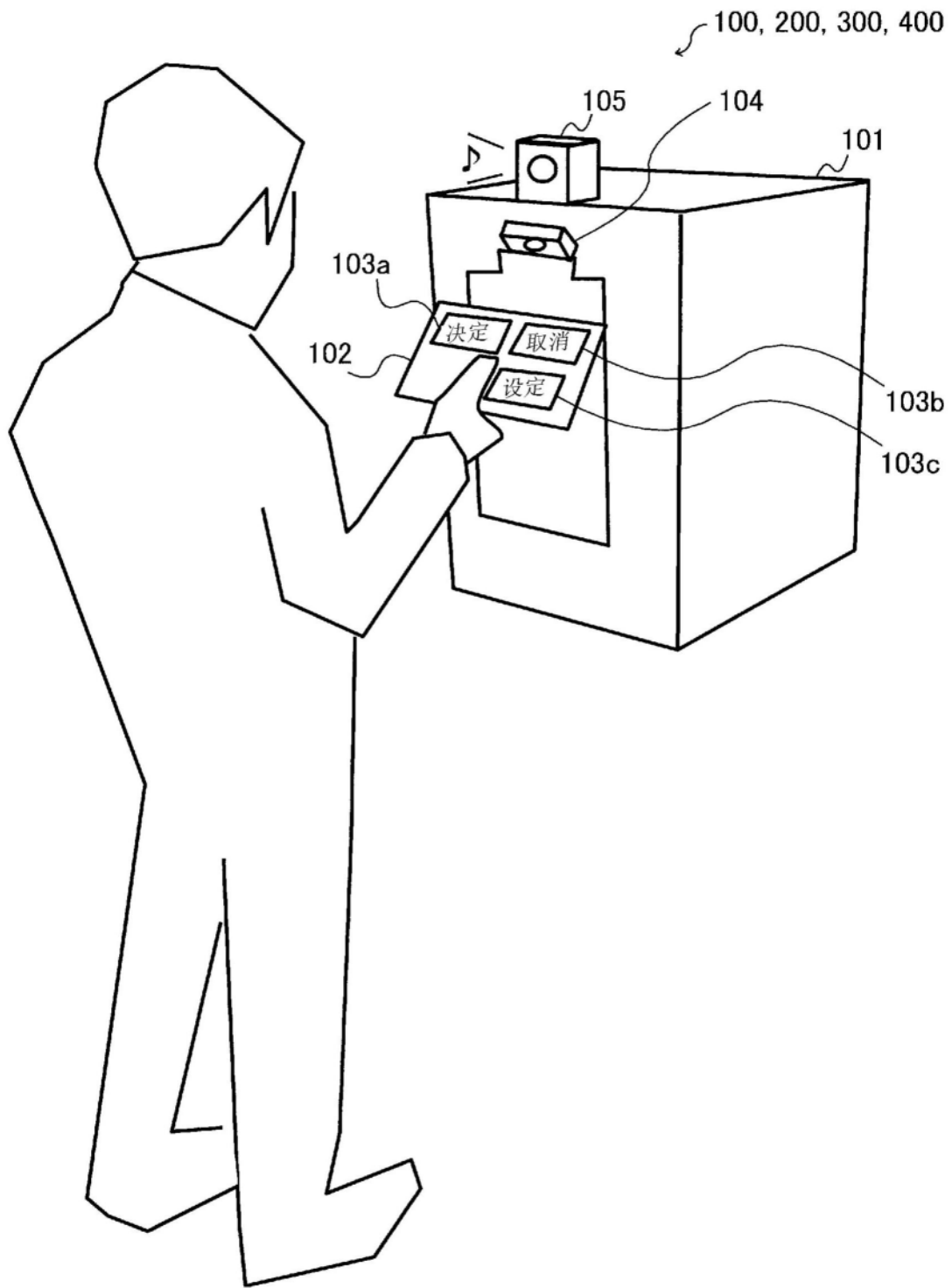


图1

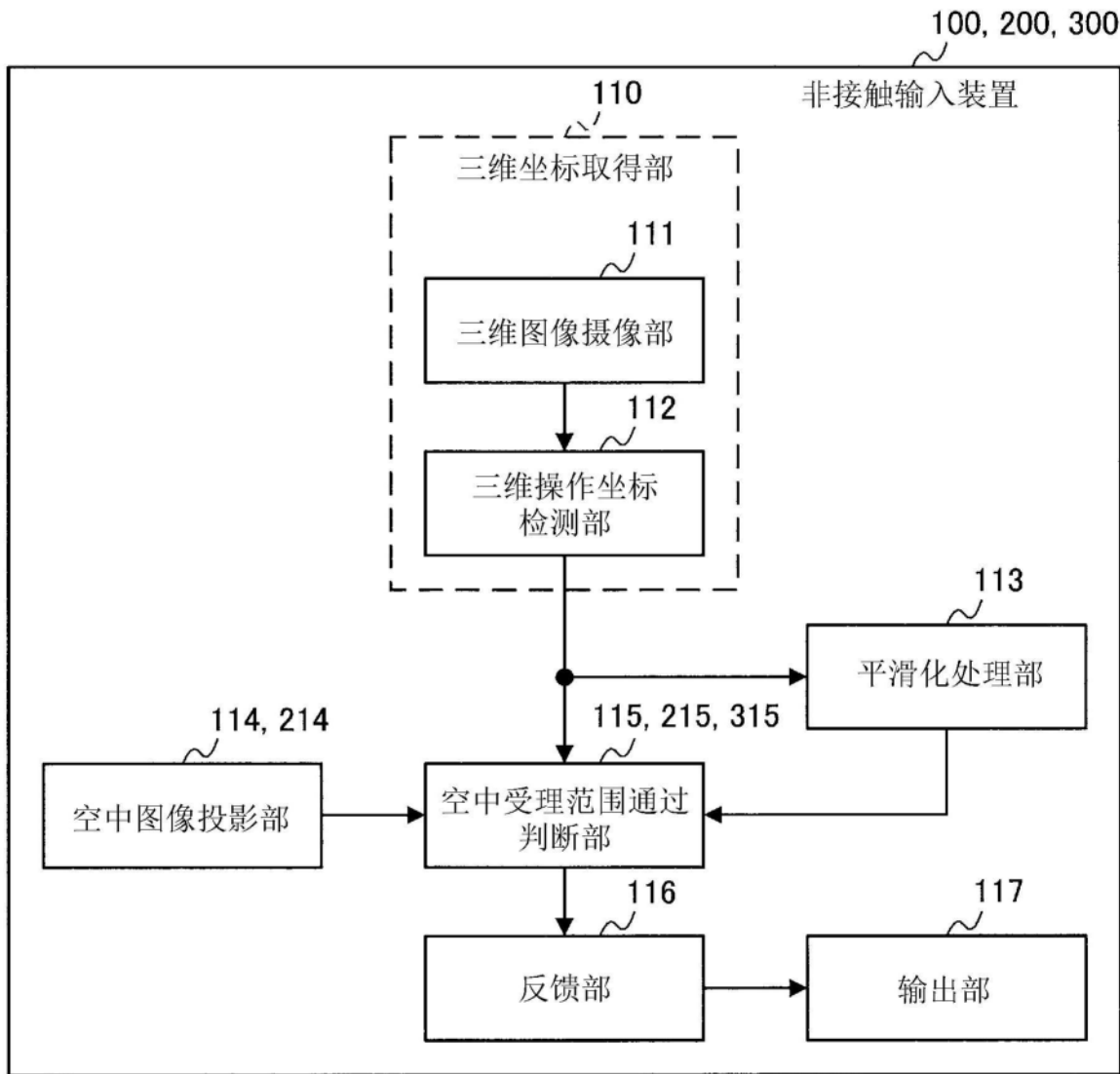


图2

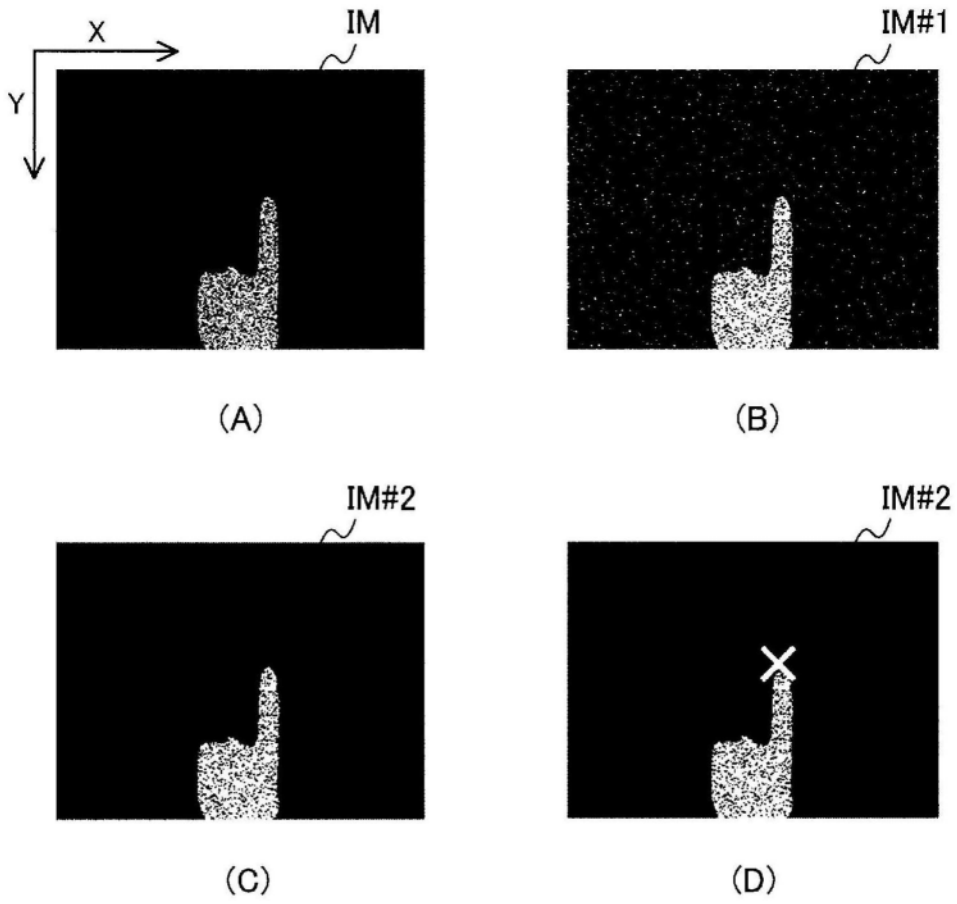


图3

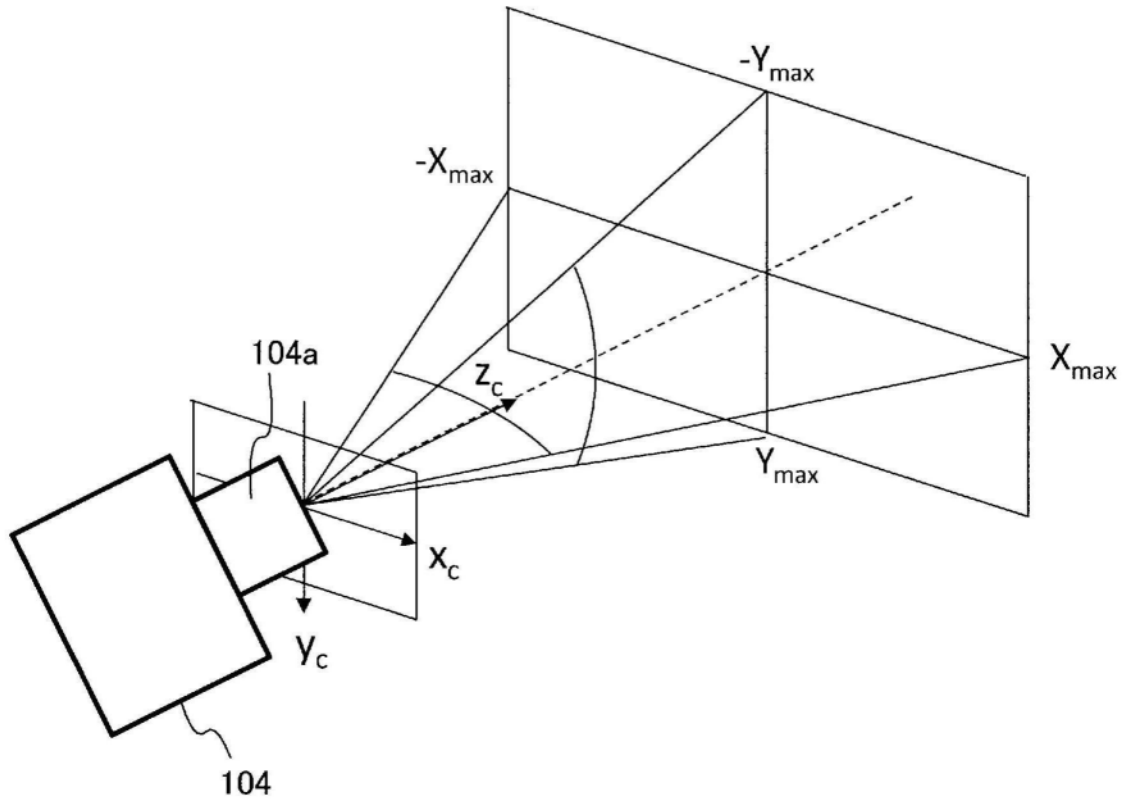


图4

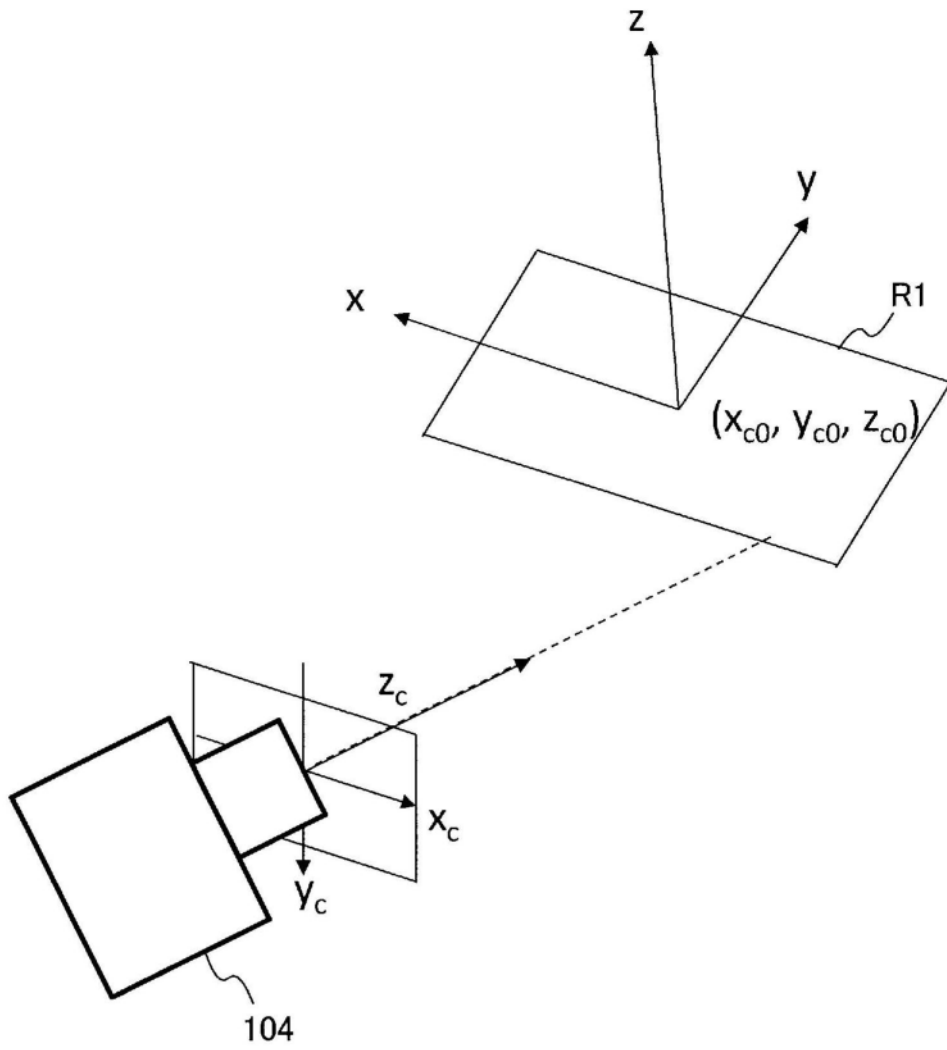


图5

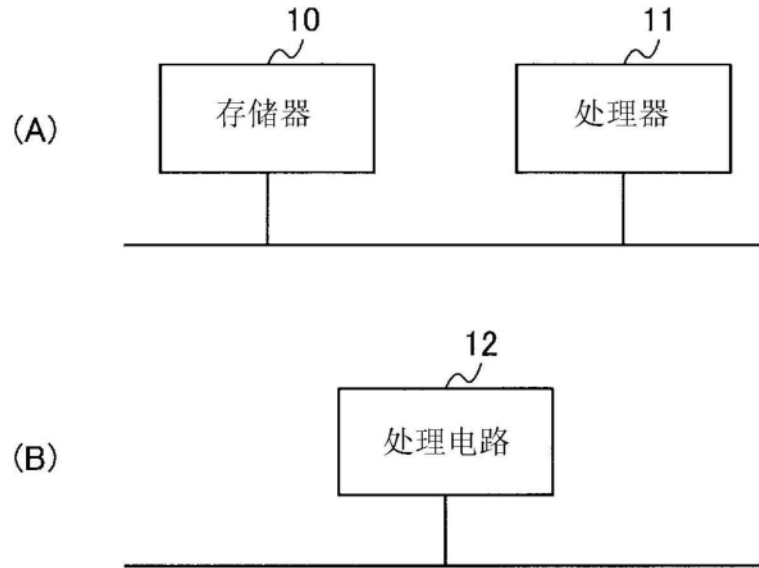


图6

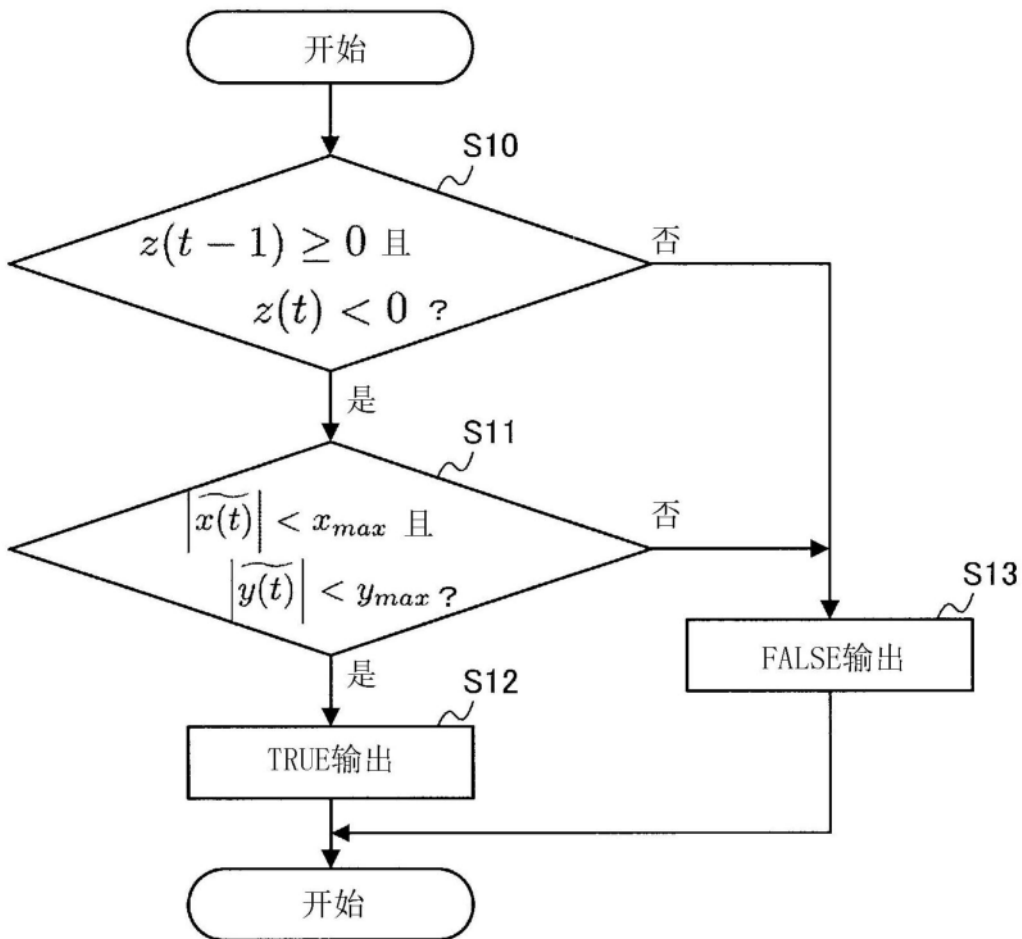


图7

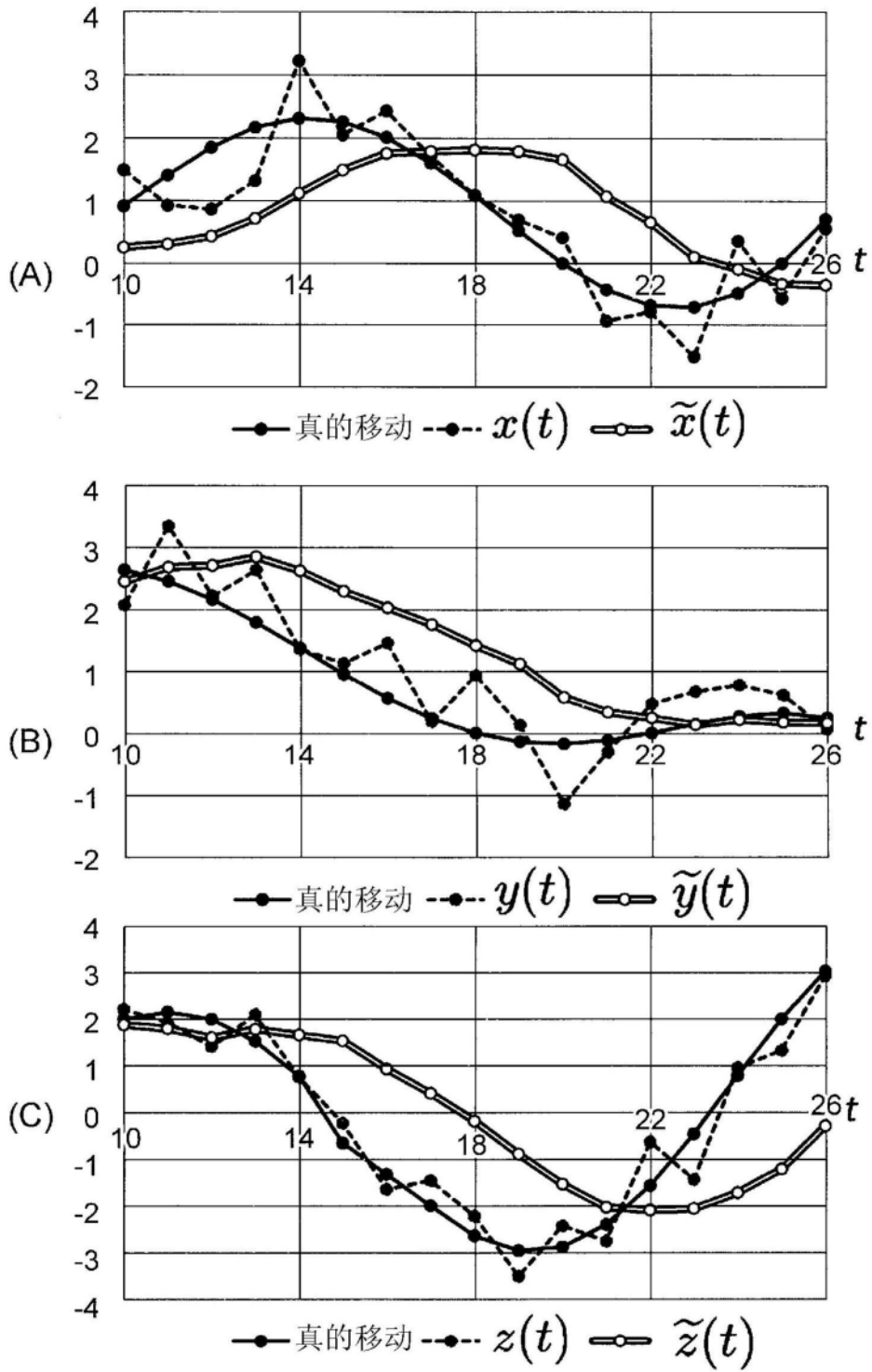


图8

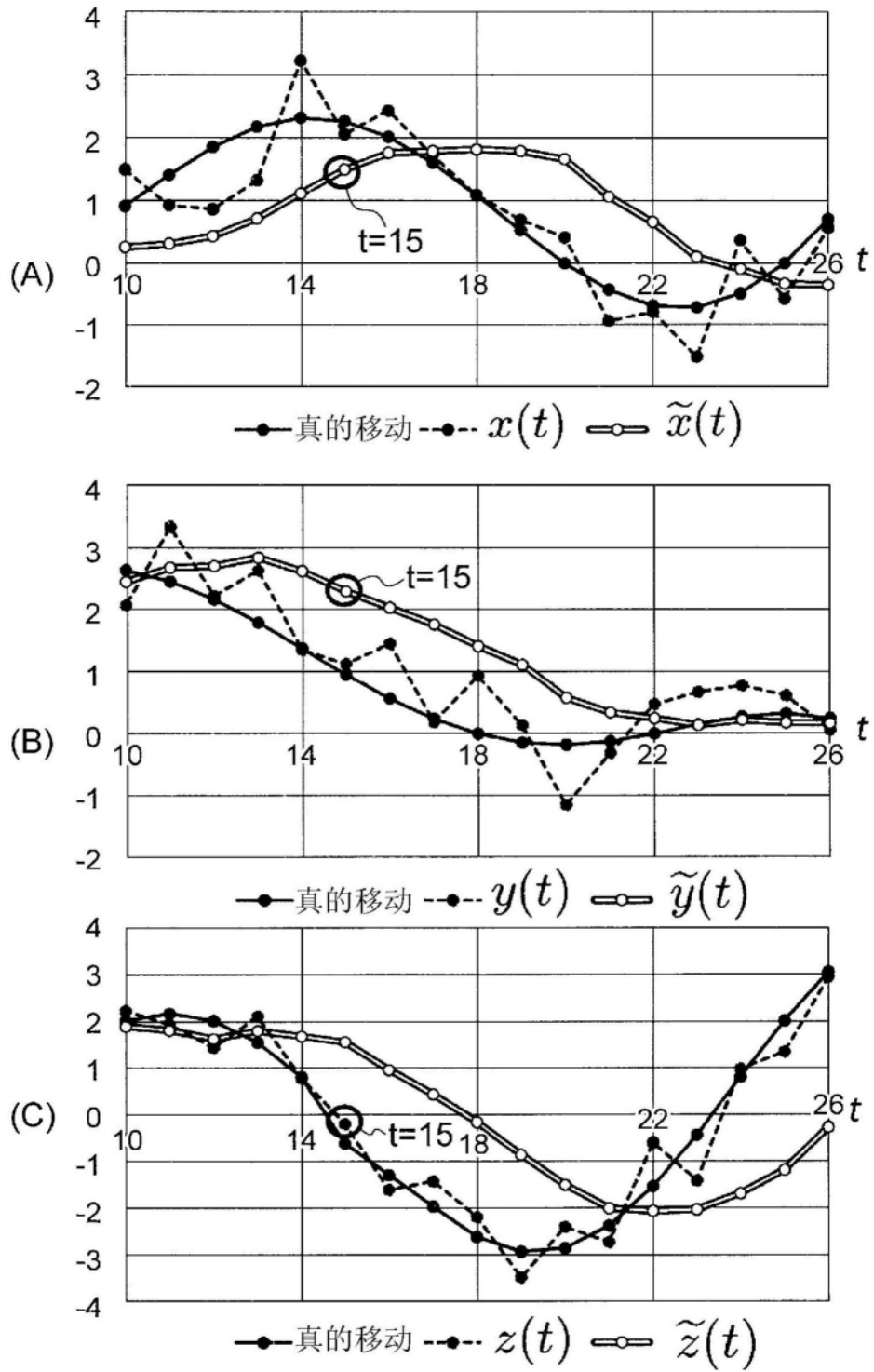


图9

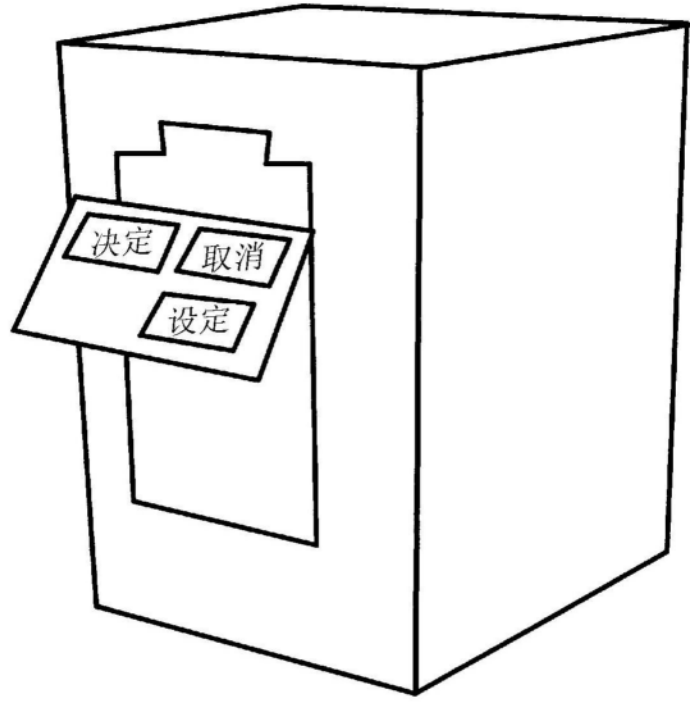


图10

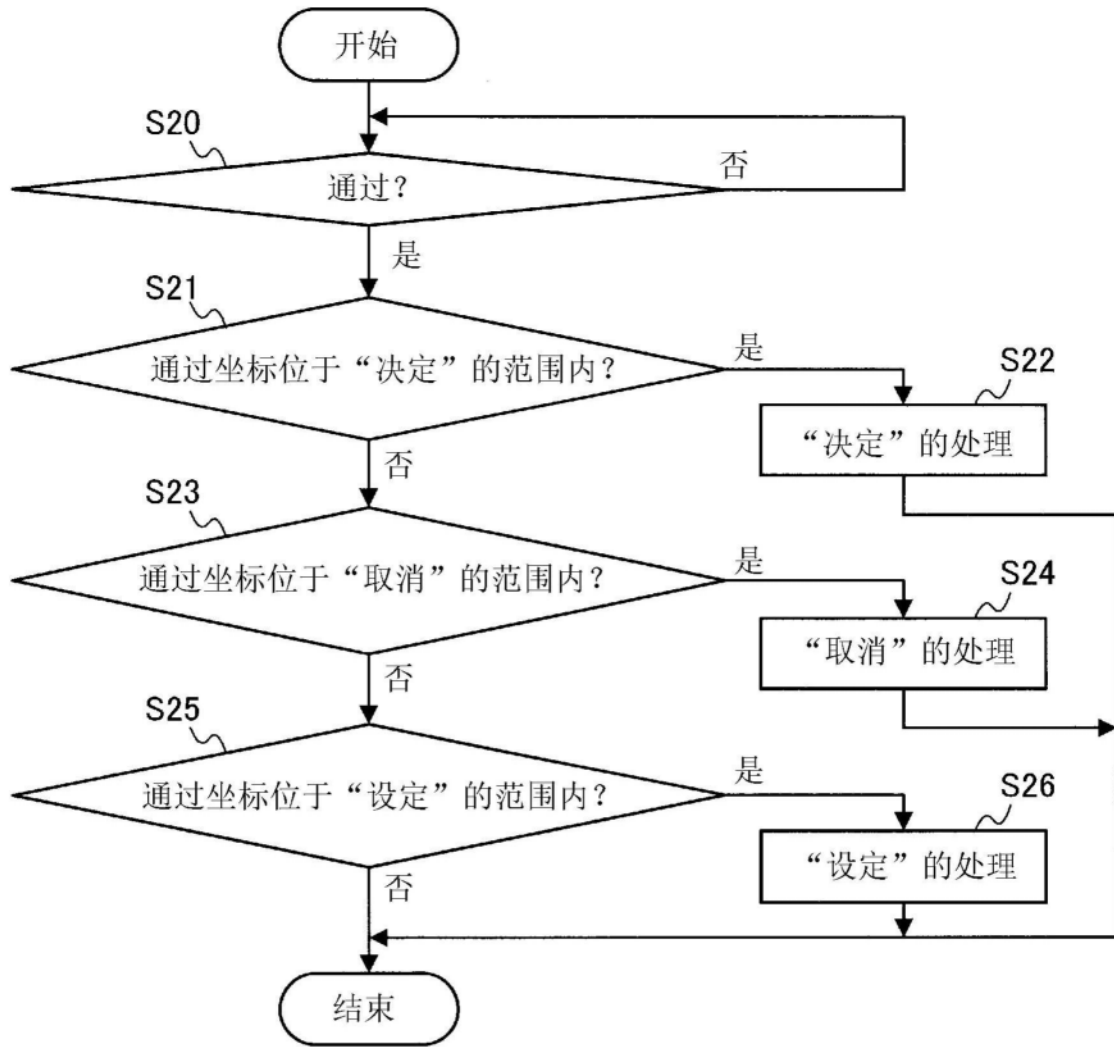


图11

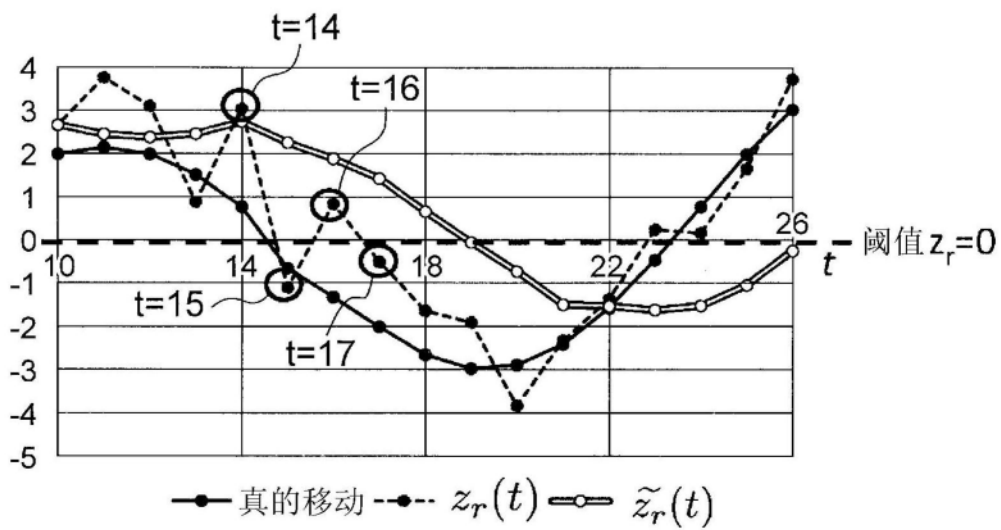


图12

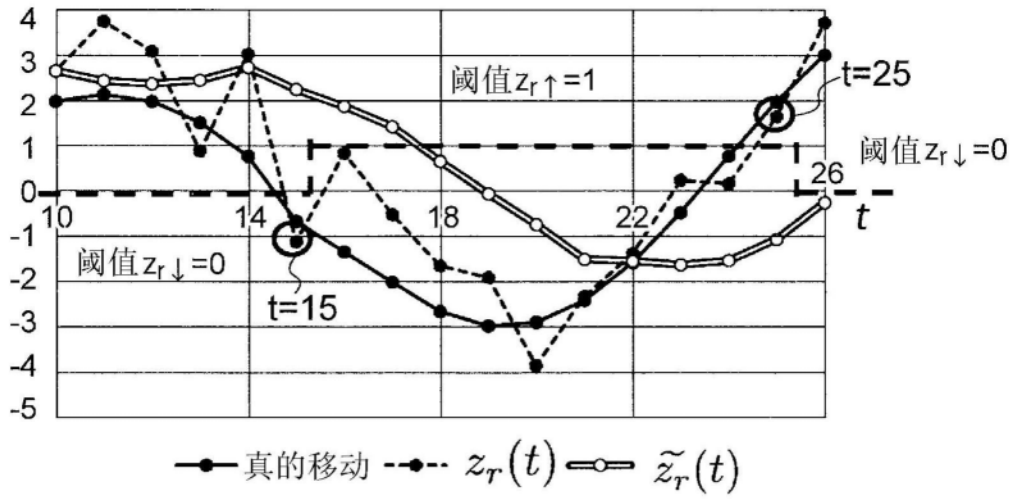


图13

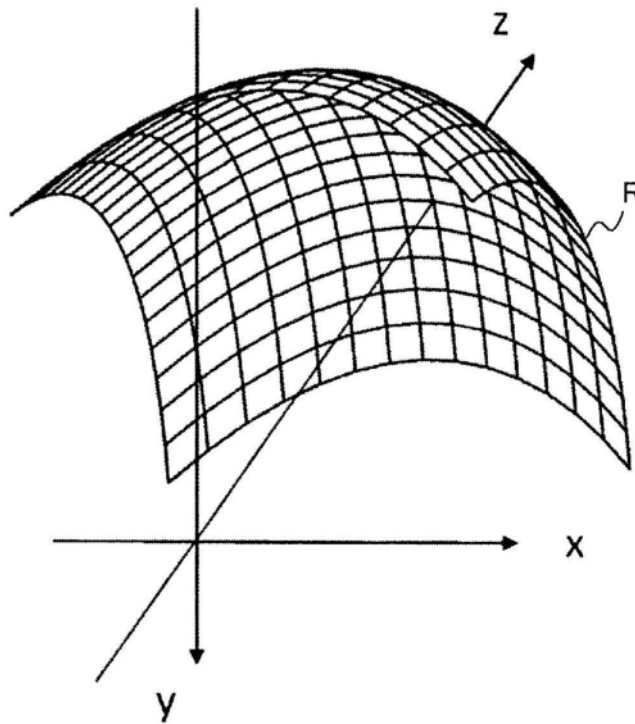


图14

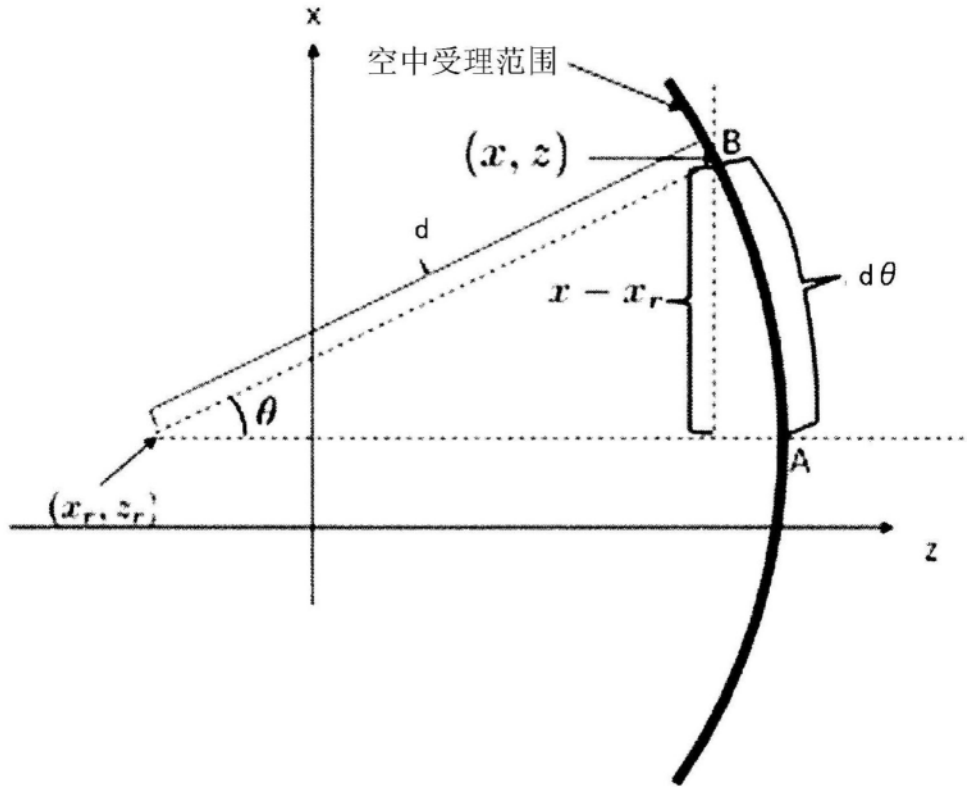


图15

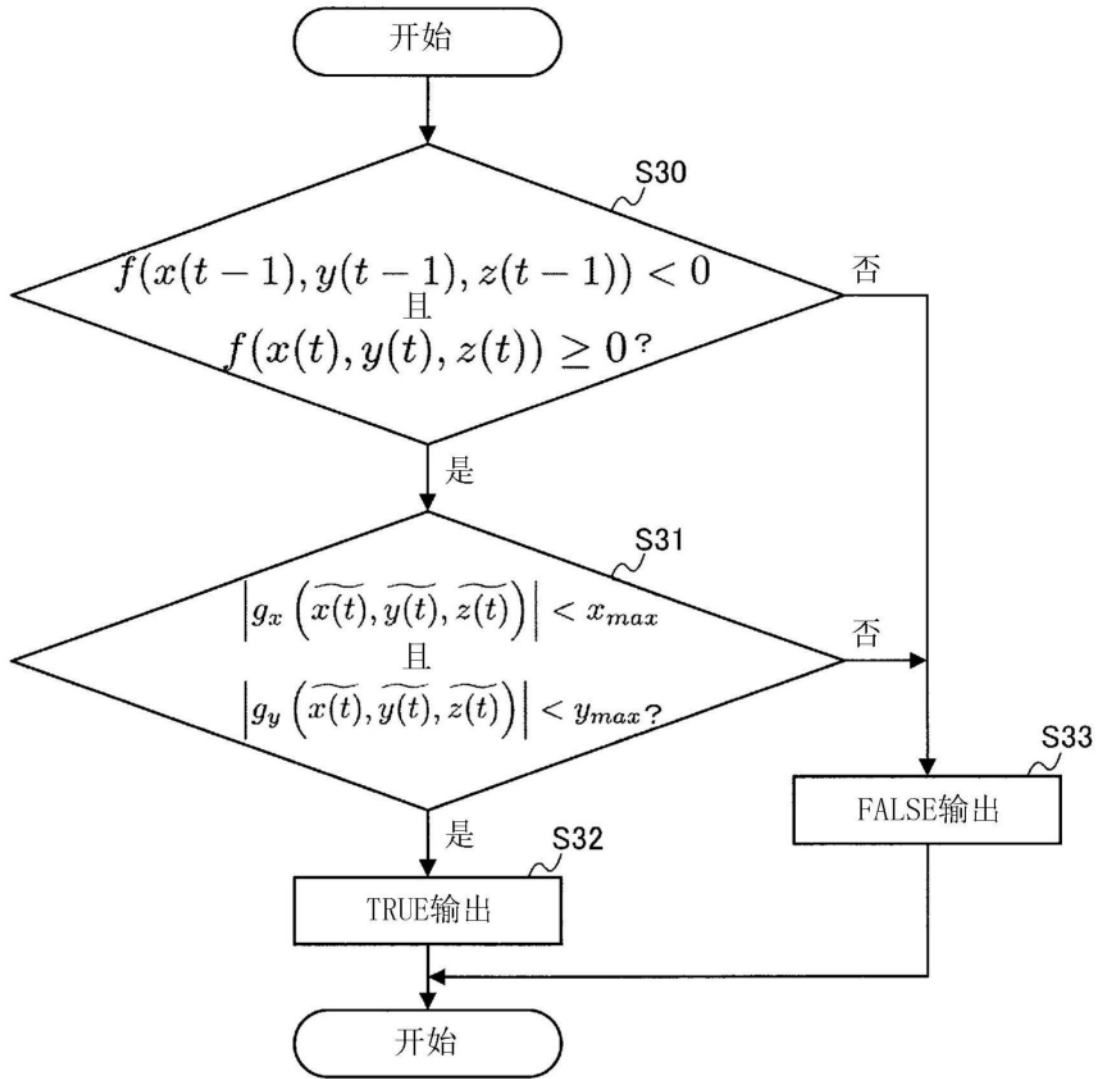


图16

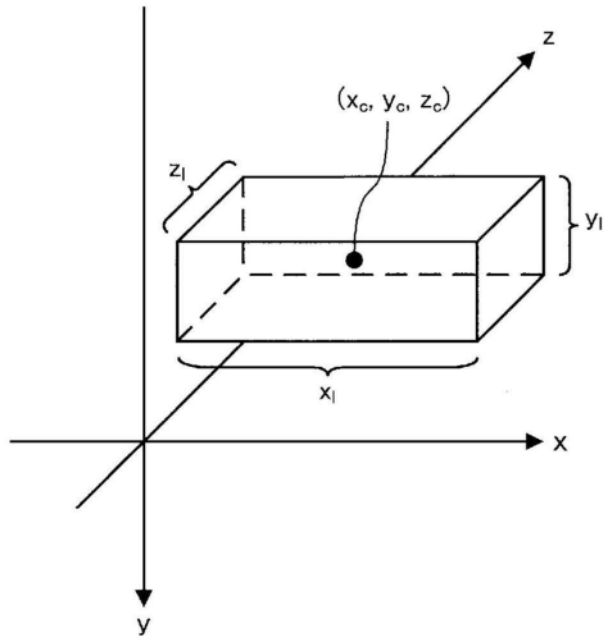


图17

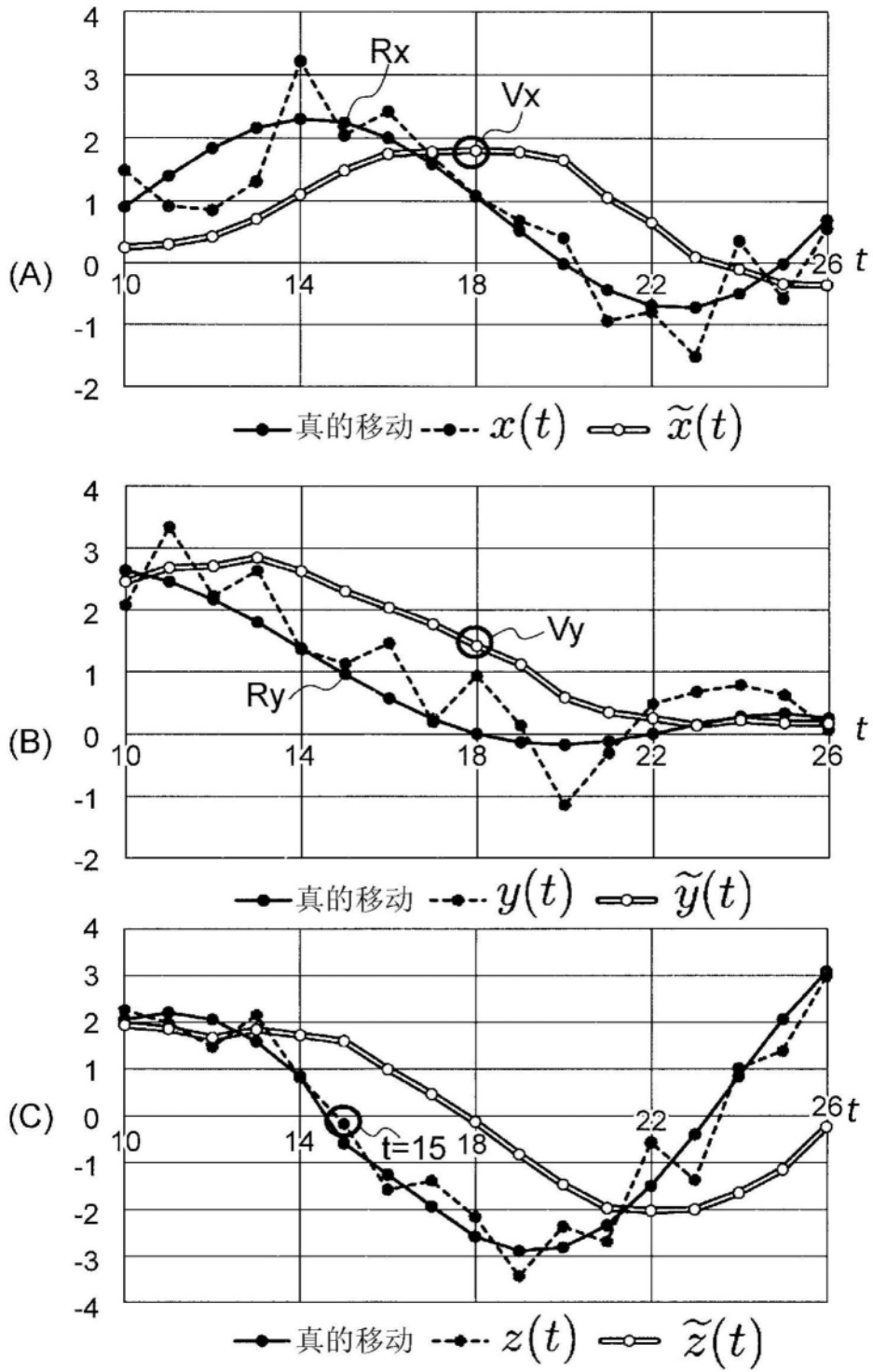
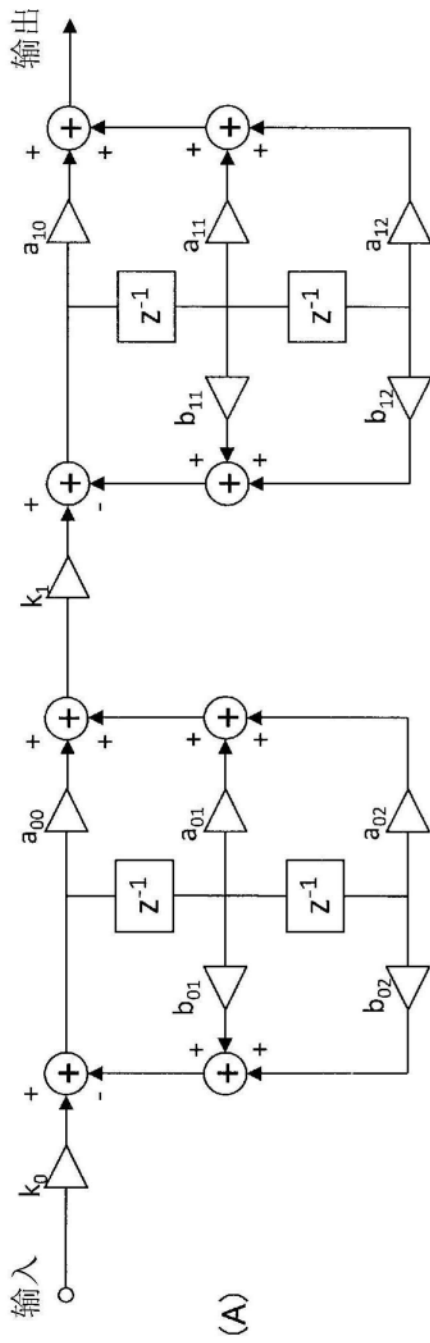


图18



k_0	0.1757	k_1	0.2083
b_{01}	-1.3457	b_{11}	-1.5958
b_{02}	0.4650	b_{12}	0.7323
a_{00}	0.1698	a_{10}	0.1698
a_{01}	0.3396	a_{11}	0.3396
a_{02}	0.1698	a_{12}	0.1698

(B)

图19

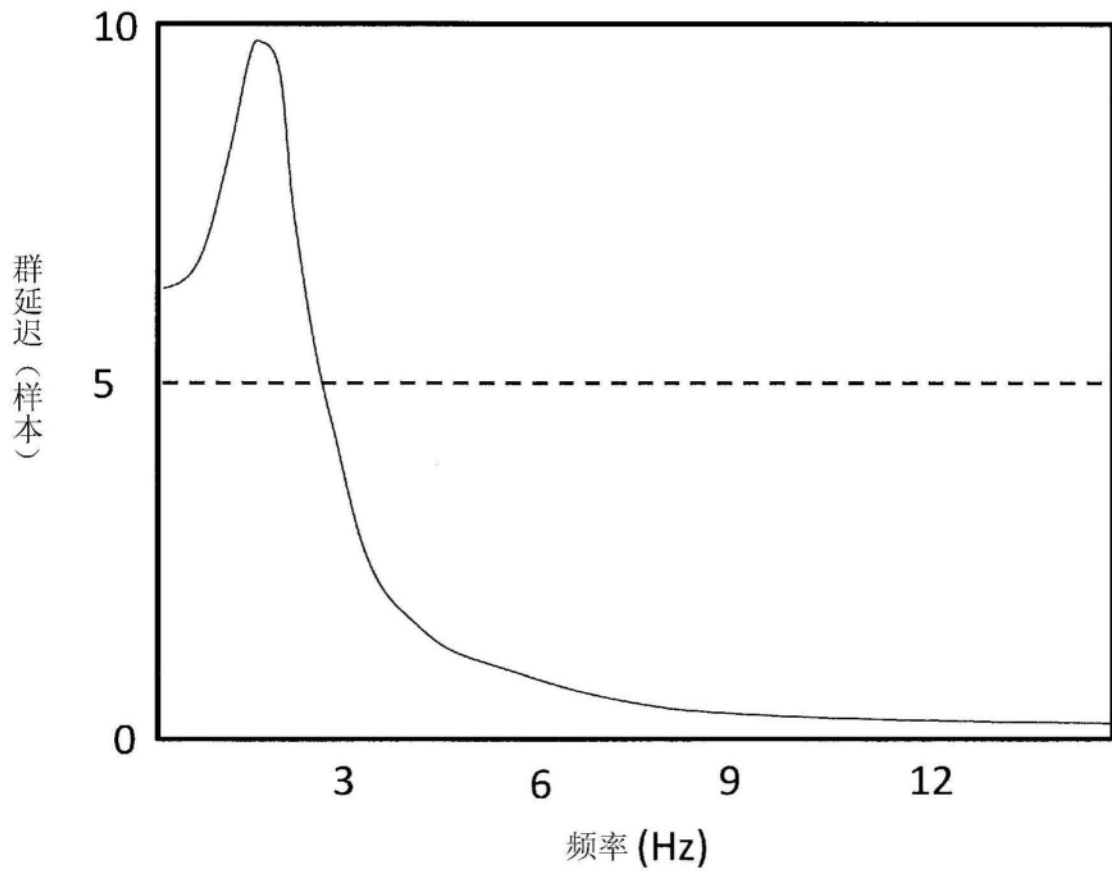


图20

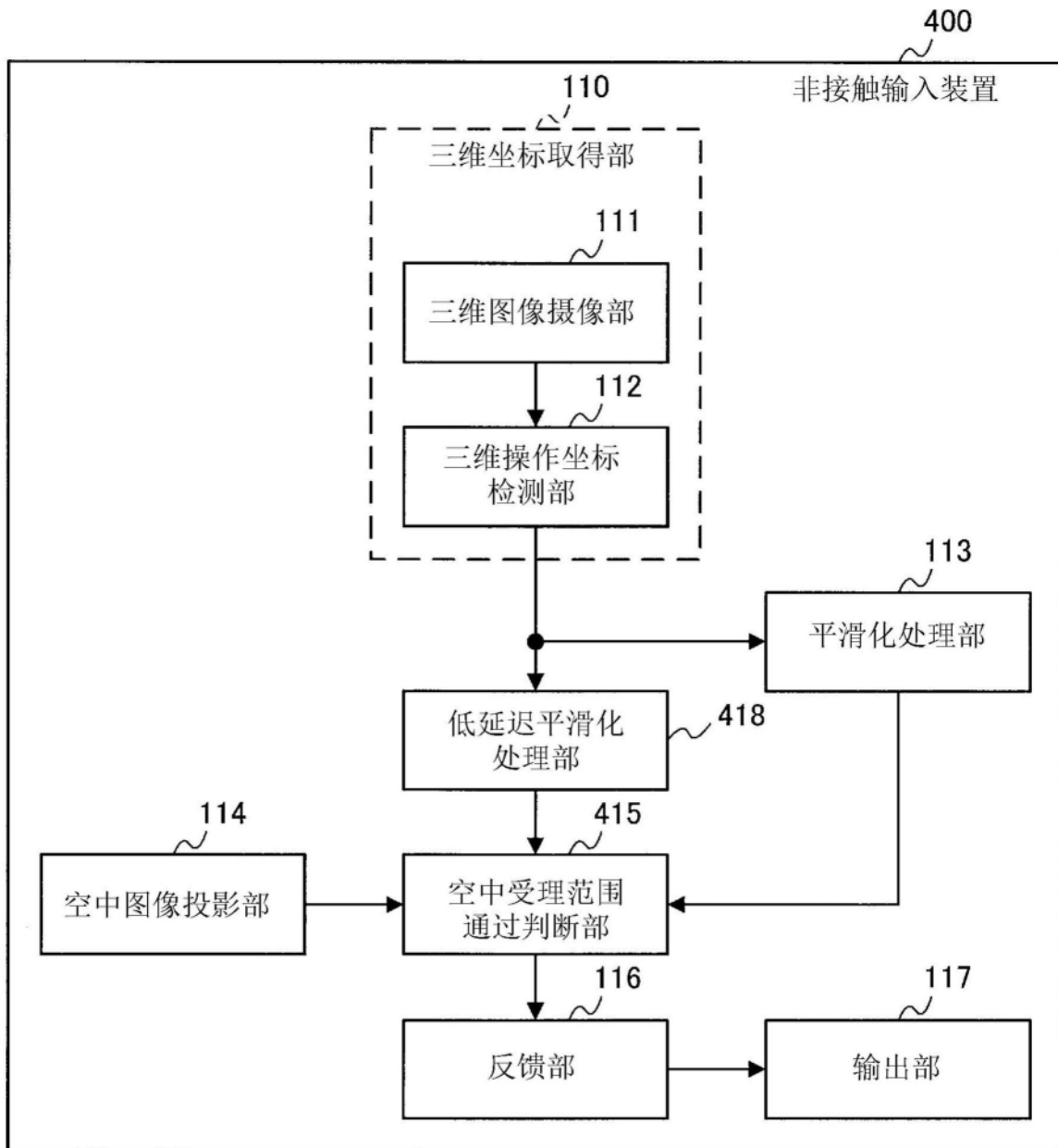


图21

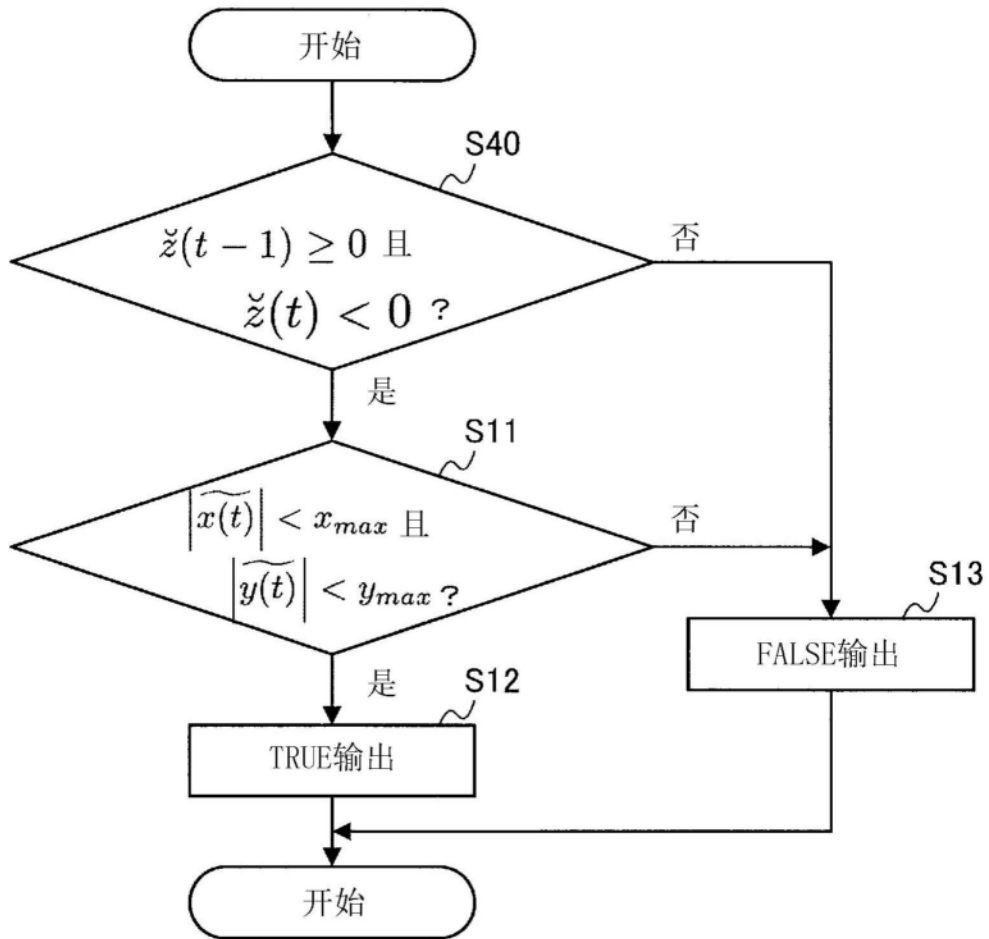


图22

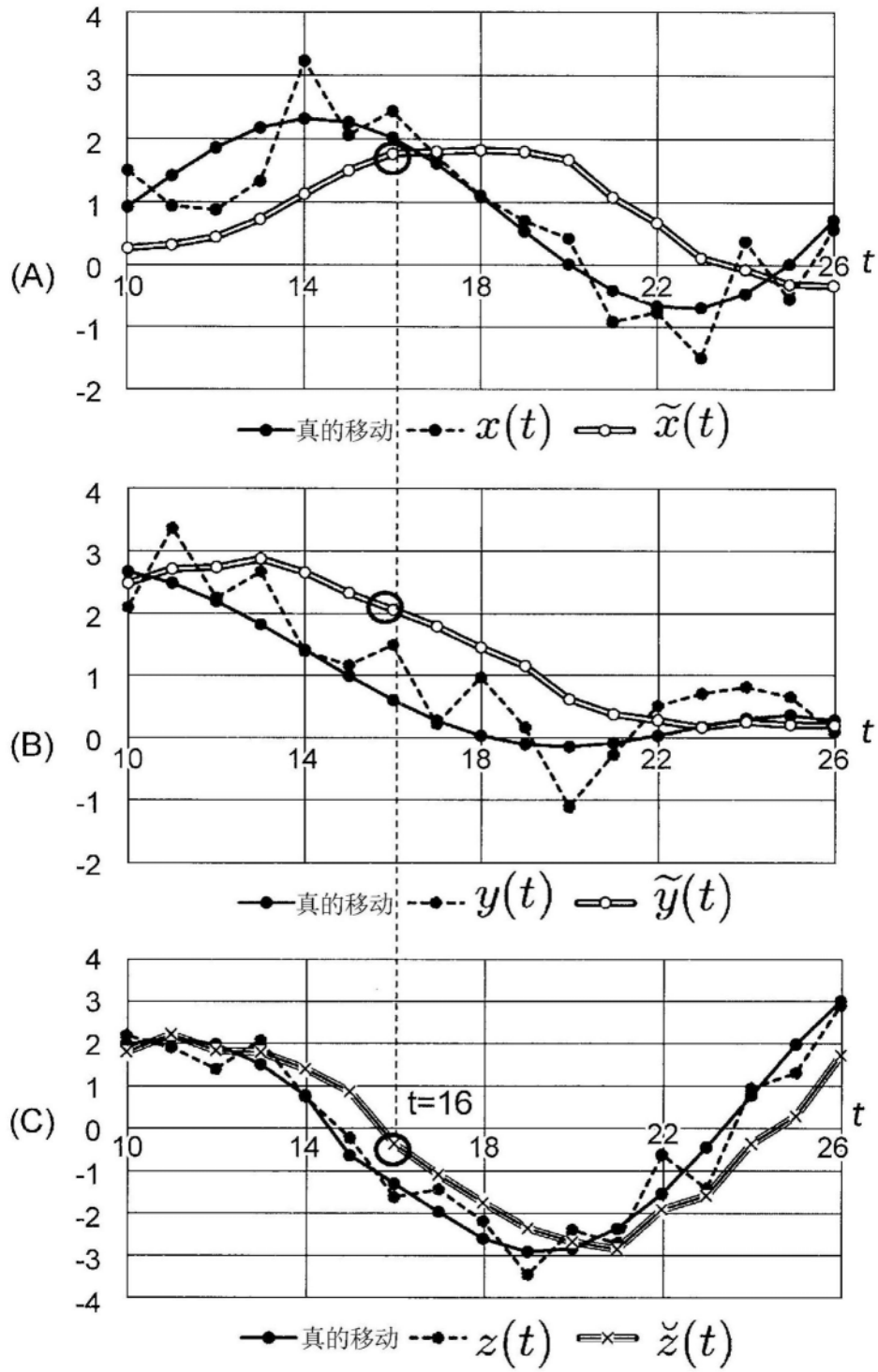


图23