



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102770830 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 07

(21) 申请号 201180010104. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 03. 14

G06F 3/01 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2010-057941 2010. 03. 15 JP

2010-279666 2010. 12. 15 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 08. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/055876 2011. 03. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02011/115027 JA 2011. 09. 22

(71) 申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 则枝真 三桥秀男

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

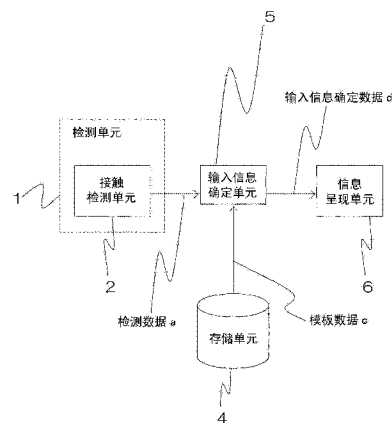
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 20 页

(54) 发明名称

输入设备、输入方法和程序

(57) 摘要

一种输入设备包括:检测单元,检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及输入信息确定单元,参考检测数据,基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置,并输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。当用户对便携式电子设备执行输入操作时,用户不需要取出输入设备,并且能够容易地执行输入操作。



1. 一种输入设备,包括:
检测单元,检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及
输入信息确定单元,参考所述检测数据,基于所述检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定所述轻敲位置,并输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。
2. 根据权利要求1所述的输入设备,其中,所述输入信息确定单元通过模式匹配对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。
3. 根据权利要求2所述的输入设备,其中,所述模式匹配是基于动态编程的匹配(DP匹配)。
4. 根据权利要求1至3中任一项权利要求所述的输入设备,还包括:
存储单元,存储与轻敲所引起的身体移动有关的典型数据以及与所述典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据,其中,
所述输入信息确定单元通过计算所述存储单元中存储的所述典型数据与所述检测数据之间的相关性,来确定轻敲位置。
5. 根据权利要求1所述的输入设备,其中,所述输入信息确定单元通过按照规则对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。
6. 根据权利要求5所述的输入设备,其中,所述规则基于关节式结构模型。
7. 根据权利要求1至6中任一项权利要求所述的输入设备,其中,所述身体移动是手臂移动。
8. 根据权利要求5至7中任一项权利要求所述的输入设备,其中,
所述检测单元包括加速度传感器,并且
所述输入信息确定单元基于所述加速度传感器检测到的重力加速度来确定被轻敲侧的手臂姿势,并输出与所确定的轻敲位置和手臂姿势的组合相关联的操作命令。
9. 根据权利要求8所述的输入设备,其中,所述输入信息确定单元基于所述重力加速度来确定所述被轻敲侧的手臂姿势指示的是手臂抬起、手臂伸平、还是手臂垂下。
10. 一种输入方法,包括:
由计算机检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;
参考所述检测数据,并基于所述检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定所述轻敲位置;以及
输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。
11. 根据权利要求10所述的输入方法,其中,所述计算机通过模式匹配对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。
12. 根据权利要求11所述的输入方法,其中,所述模式匹配是基于动态编程的匹配(DP匹配)。
13. 根据权利要求10至12中任一项权利要求所述的输入方法,其中,
所述计算机通过参考存储单元并计算所述存储单元中存储的典型数据与所述检测数据之间的相关性来确定轻敲位置,其中所述存储单元存储了与轻敲所引起的身体移动有关的典型数据以及与所述典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据。
14. 根据权利要求10所述的输入方法,其中,所述计算机按照规则对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

15. 根据权利要求 14 所述的输入方法,其中,所述规则基于关节式结构模型。

16. 一种程序,使计算机执行以下操作:

检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

参考所述检测数据,并基于所述检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定所述轻敲位置;以及

输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

17. 根据权利要求 16 所述的程序,使计算机执行以下操作:通过模式匹配对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

18. 根据权利要求 17 所述的程序,其中,所述模式匹配是基于动态编程的匹配(DP 匹配)。

19. 根据权利要求 16 至 18 中任一项权利要求所述的程序,使计算机执行以下操作:

通过参考存储单元并计算所述存储单元中存储的典型数据与所述检测数据之间的相关性来确定轻敲位置,所述存储单元存储了与轻敲所引起的身体移动有关的典型数据以及与所述典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据。

20. 根据权利要求 16 所述的程序,使计算机执行以下操作:按照规则对所述检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

输入设备、输入方法和程序

技术领域

[0001] (相关申请的引用)

[0002] 本发明基于并要求 2010 年 3 月 15 日提交的日本专利申请 No. 2010-057941 以及 2010 年 12 月 15 日提交的日本专利申请 No. 2010-279666 的优先权,其全部公开一并在此作为参考。

[0003] 本发明涉及输入设备、输入方法和程序。具体地,本发明涉及可应用于诸如便携式音乐播放器或移动电话等便携式电子设备的输入设备、输入方法以及记录介质中的程序。

背景技术

[0004] 当用户在诸如便携式音乐播放器等小型便携式电子设备上执行输入操作以调节音量、选择歌曲等时,用户需要将设备从容纳该设备的口袋或包等中取出。作为一种避免该动作的技术,专利文献 1 描述了一种移动电话设备。根据专利文献 1,使移动电话功能中的一些功能附着到用户手臂上的部位。

[0005] 此外,专利文献 2 公开了电话设备,该电话设备附着到用户耳朵上的一部分,并且基于用户叩齿时产生的触发信号来实现电话功能。

[0006] 此外,专利文献 3 描述了一种配置成手表形状 of 的输入设备。该输入设备接收诸如握住、松开、扭动和摇动等姿势作为命令。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献 1 :日本专利特开 No. JP-H10-051527A

[0010] 专利文献 2 :日本专利特开 No. JP-H10-200610A

[0011] 专利文献 3 :日本专利特开 No. JP2002-358149A

发明内容

[0012] 本发明要解决的技术问题

[0013] 以上专利文献的全部公开一并在此作为参考。本发明的发明人做出如下分析。

[0014] 基于专利文献 1 中描述的移动电话设备,将输入键布置在小型的手镯型输入设备中。然而由于这些输入键较小,所以很难进行输入操作。此外,由于很难识别输入键,所以可能会引起输入错误,如,按压错误的按钮。

[0015] 此外,基于专利文献 2 中描述的电话设备,仅使用一种类型的开/关操作(如,叩齿操作)作为输入操作。因此很难实现与要操作的目标设备的多个功能相对应的操作。

[0016] 此外,基于专利文献 3 中描述的输入设备,由于使用结合了复杂动作的多个姿势作为输入操作,所以很难将这些输入操作与日常动作相区分。因此,可能会输入用户并不期望的操作。

[0017] 因此,对于与便携式电子设备相关的输入操作的执行,需要一种使用户不需要取出输入设备并且能够容易地执行输入操作的技术。本发明的目的是提供一种满足该需求的

输入设备、输入方法和程序。

[0018] 解决问题的手段

[0019] 根据本发明的第一方面,提供了一种输入设备,包括:

[0020] 检测单元,检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及

[0021] 输入信息确定单元,参考所述检测数据,基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置。

[0022] 根据本发明的第二方面,提供了一种输入方法,包括:

[0023] 由计算机检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

[0024] 参考所述检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置。

[0025] 根据本发明的第三方面,提供了一种程序,使计算机执行以下操作:

[0026] 检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

[0027] 参考所述检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置。

[0028] 根据本发明的第四方面,提供了一种输入设备,包括:

[0029] 检测单元,检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及

[0030] 输入信息确定单元,参考所述检测数据,基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置,并输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0031] 根据本发明的第五方面,提供了一种输入方法,包括:

[0032] 由计算机检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

[0033] 参考所述检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置;以及

[0034] 输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0035] 根据本发明的第六方面,提供了一种程序,使计算机执行以下操作:

[0036] 检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

[0037] 参考所述检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置;以及

[0038] 输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0039] 本发明的效果

[0040] 基于根据本发明的输入设备、输入方法和程序,当用户对便携式电子设备执行输入操作时,用户不需要取出输入设备,并且能够容易地执行输入操作。

附图说明

[0041] 图 1 是示出了根据第一示例实施例的输入设备的配置的框图。

[0042] 图 2 示出了根据第一示例实施例的输入设备的输入区域的详细配置。

[0043] 图 3 示出了根据第一示例实施例的输入设备的检测单元的详细配置。

[0044] 图 4 是示出了根据第一示例实施例的输入设备的检测单元的详细配置的截面图。

[0045] 图 5 是示出了根据第一示例实施例的输入设备的操作的流程图。

[0046] 图 6A 和 6B 示出了由根据第一示例实施例的输入设备提取的振动波形。

- [0047] 图 7A 至 7C 示出了根据第一示例实施例的轻敲位置和对应手臂移动。
- [0048] 图 8 是示出了根据第一示例实施例的轻敲位置和对应的时间序列数据的表。
- [0049] 图 9 是示出了根据第一示例实施例由输入设备执行的用于确定输入信息的详细操作的流程图。
- [0050] 图 10 示出了根据第一示例实施例的 DP 匹配路径图。
- [0051] 图 11 示出了根据第一示例实施例在网格点上的最小累计成本。
- [0052] 图 12 是示出了根据第二示例实施例的输入设备的配置的框图。
- [0053] 图 13 是示出了根据第二示例实施例的输入设备的操作的流程图。
- [0054] 图 14 是示出了根据第二示例实施例的由输入设备执行的用于确定输入信息的详细操作的流程图。
- [0055] 图 15A 和 15B 示出了根据第二示例实施例的轻敲位置和对应手臂移动。
- [0056] 图 16A 至 16C 示出了根据第三示例实施例的输入时的手臂姿势和输入设备的输入区域。
- [0057] 图 17 是示出了根据第三示例实施例的输入设备的配置的框图。
- [0058] 图 18 是示出了根据第三示例实施例的输入设备的操作的流程图。
- [0059] 图 19 是示出了根据第三示例实施例的由输入设备执行的用于确定输入信息的详细操作的流程图。
- [0060] 图 20 是示出了根据第三示例实施例的手臂姿势和对应的时序数据的表。

具体实施方式

- [0061] 根据第一实施方式,提供了根据上述第一方面的输入设备。
- [0062] 根据第二实施方式,提供了一种输入设备,其中,输入信息确定单元通过模式匹配对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。
- [0063] 根据第三实施方式,提供了一种输入设备,其中,模式匹配是基于动态编程的匹配(DP 匹配)。
- [0064] 根据第四实施方式,提供了一种输入设备,该输入设备还包括:
- [0065] 存储单元,存储与由于轻敲而引起的身体移动有关的典型数据以及与典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据,其中,
- [0066] 输入信息确定单元通过计算存储单元中存储的典型数据与检测数据之间的相关性,来确定轻敲位置。
- [0067] 根据第五实施方式,提供了一种输入设备,其中,输入信息确定单元按照规则对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。
- [0068] 根据第六实施方式,提供了一种输入设备,其中,规则基于关节式结构模型。
- [0069] 根据第七实施方式,提供了一种输入设备,其中,身体移动是手臂移动。
- [0070] 根据第八实施方式,提供了一种输入设备,其中,输入信息确定单元输出与所确定的轻敲位置关联的操作命令。
- [0071] 根据第九实施方式,提供了一种根据以上第二方面的输入方法。
- [0072] 根据第十实施方式,提供了一种根据以上第三方面的程序。
- [0073] 根据第十一实施方式,提供了一种存储以上程序的计算机可读存储介质。

[0074] 根据第十二实施方式,提供了一种根据以上第四方面的输入设备。

[0075] 根据第十三实施方式,提供了一种根据以上第五方面的输入方法。

[0076] 根据第十四实施方式,提供了一种根据以上第六方面的程序。

[0077] 根据第十五实施方式,输入设备可以被配置为,检测单元包括加速度传感器并且被布置在被轻敲侧的手腕上,输入信息确定单元基于加速度传感器检测到的重力加速度来确定被轻敲侧的手臂姿势,并输出与所确定的轻敲位置和手臂姿势的组合相关联的操作命令。

[0078] 根据本发明,将对身体部位的轻敲作为输入操作。此外,根据本发明,检测输入的设备可以被配置为小型的手镯型设备。因此,可以消除将输入设备取出以实现设备操作的动作。因此,由于与输入操作相关联的麻烦的动作不是必要的,所以可以减少输入操作所需的时间。

[0079] 此外,根据本发明,由于可以向诸如手臂之类的用户身体部位分配输入区域,所以可以确保足够大的输入区域。因此,可以防止输入错误。

[0080] 此外,根据本发明,由于可以分配多个输入区域,所以可以实现多种输入操作。即,可以针对要操作的目标设备的多个功能来实现输入操作。

[0081] 此外,根据本发明,由于将特定的操作(即,对身体的触摸)用作输入操作,所以可以将输入操作与日常动作相区分,并且可以防止用户无意的输入操作。

[0082] (第一示例实施例)

[0083] 将参考附图描述根据第一示例实施例的输入设备。

[0084] 图 2 示出了输入区域的详细配置。在图 2 中,便携式音乐播放器用作要操作的目标设备,用户的手臂用作输入部位。参考图 2,在手臂上布置用于操作设备的三个输入区域 71 至 73。基于收听音乐的操作来描述本示例实施例作为示例。将布置在前臂手腕侧、前臂上臂侧和上臂的输入区域 71 至 73 分别分配给“下一曲目”、“播放/暂停”和“停止”功能。

[0085] 用户通过用一只手轻敲手臂上的输入区域 71 至 73 之一来执行输入操作。例如,当边听音乐边跑步或步行时,通过轻敲手臂,用户可以基于轻敲位置来执行输入操作。按照这种方式,用户可以避免将便携式音乐播放器取出并操作小输入键这些麻烦的操作。

[0086] 图 1 是示出了根据本示例实施例的输入设备的配置的框图。

[0087] 参考图 1,输入设备包括检测单元 1、存储单元 4、输入信息确定单元 5 和信息呈现单元 6。

[0088] 检测单元 1 包括接触检测单元 2。如果用户轻敲身体,则被轻敲侧的接触检测单元 2 检测手臂移动并根据手臂移动输出检测数据“a”。

[0089] 存储单元 4 预先存储模板数据“c”,模板数据“c”将检测数据“a”与轻敲位置相关,检测数据“a”是接触检测单元 2 检测到的,并且与具有关节式(或多关节)结构的手臂的移动有关。

[0090] 在接收到检测数据“a”之后,输入信息确定单元 5 参考存储单元 4 中存储的模板数据“c”,执行匹配以计算相关值,并确定最相关的轻敲位置。接下来,输入信息确定单元 5 输出分配给轻敲位置的命令,作为输入信息确定数据“d”。

[0091] 在接收到输入信息确定数据“d”之后,信息呈现单元 6 基于命令来执行操作,如播放或停止音乐。此外,信息呈现单元 16 显示与操作相对应的屏幕。

[0092] 参考图 2,用于检测振动的接触检测单元 2 布置在被轻敲侧的左手腕上。

[0093] 图 3 示出了检测单元 1 的详细配置。参考图 3,检测单元 1 中包含的接触检测单元 2 包括配线板 10 上的加速度传感器 9。加速度传感器 9 检测手臂移动作为三轴加速度。本文中,X 轴与配线板 10 平行并且沿手指方向延伸,Y 轴与配线板 10 平行并且垂直于 X 轴,Z 轴垂直于配线板 10。

[0094] 图 4 是示出了检测单元 1 的详细配置的截面图。参考图 4,除了加速度计 9 之外,还将存储器 16、计算处理单元 11、呈现内容处理单元 12 和呈现单元 13 布置在配线板 10 上。这些元件被容纳在外壳 14 中。

[0095] 存储器 16 保存存储单元 4 的模板数据“c”。计算处理单元 11 执行输入信息确定单元 5 的处理。呈现内容处理单元 12 基于分配给轻敲位置的命令来控制由信息呈现单元 6 输出的音乐的播放/停止或屏幕上的纹理。呈现单元 13 经由扬声器输出由呈现内容处理单元 12 控制的音频信号,使用蓝牙(注册商标)等向另一呈现设备发送数据,或输出受控像素信号作为显示。

[0096] 接下来将参考图示和流程图来描述根据本示例实施例的总体操作。

[0097] 图 5 是示出了根据本示例实施例的总体操作的流程图。参考图 5,如下执行根据本示例实施例的总体操作。

[0098] 首先,用户用一只手轻敲手臂上的输入区域 71 至 73 之一。接触检测单元 2 从表示振动波形的检测数据“a”中提取特定时间段内的数据(步骤 S101)。检测数据“a”是加速度传感器 9 在每个采样周期检测到的值的时间序列数据。例如,接触检测单元 2 从检测数据“a”中提取在输入操作检测定时之后特定时间段内的振动波形,作为用于确定接触位置的数据。

[0099] 在步骤 S101 中提取的振动波形表示被轻敲侧手臂的移动。由于骨骼和关节的关节式(或多关节)结构,手臂的移动根据轻敲位置而变化。因此,存储单元 4 预先存储与手臂移动有关的振动波形以及与振动波形相关的轻敲位置,作为模板数据“c”。

[0100] 在接收到振动波形之后,输入信息确定单元 5 参考存储单元 4 中的模板数据“c”,执行匹配以计算相关值,确定最相关的轻敲位置,并输出分配给轻敲位置的命令作为输入信息确定数据“d”(步骤 S102)。

[0101] 最后,信息呈现单元 6 呈现分配给所确定输入区域的预定符号、数据或功能(步骤 S103)。

[0102] 接下来将描述每个步骤的详细操作。

[0103] 图 6A 至 6B 示出了步骤 S101 中提取的振动波形。在接收到振动波形(振动波形是由接触检测单元 2 检测到的值的时间序列数据)作为检测数据“a”之后,输入信息确定单元 5 从检测数据“a”中提取从输入操作检测定时开始特定时间段内的数据,作为要比较的数据。图 6A 示出了由接触检测单元 2 检测到的振动波形。如果对检测数据中每个定时处的值执行顺序处理,则需要时间来进行通信。因此,优选的是输入信息确定单元 5 每次以特定的时间间隔来接收检测数据。

[0104] 接下来将描述与具有关节式结构的手臂的移动有关的振动波形和轻敲位置之间的相关性。

[0105] 图 7A 至 7C 示出了轻敲位置以及与轻敲位置相对应的手臂移动。

[0106] 图 7A 示出了关节式结构（关节式刚体）模型，其中，上臂和前臂用作梁，肩关节和肘关节用作具有一个自由度的旋转轴。

[0107] 图 7B 示出了当轻敲上臂时的手臂移动。总体上，手臂绕肩关节顺时针旋转。然而由于惯性，前臂部分绕肘关节逆时针旋转。因此，检测手腕处加速度的接触检测单元 2 首先检测到沿 Z 轴正方向上的加速度。

[0108] 图 7C 示出了当轻敲前臂时的手臂移动。在这种情况下，由于手臂伸直，手臂不绕肘关节旋转，而绕肩关节旋转。因此，接触检测单元 2 首先检测到沿 Z 轴方向负方向上的加速度。

[0109] 因此，轻敲手臂时引起的手臂移动根据轻敲位置而改变，布置在手腕处的接触检测单元 2 检测到的加速度值也改变。

[0110] 图 8 是示出了轻敲位置以及与轻敲位置相对应的时间序列数据的表。存储单元 4 存储模板数据“c”，将表示三轴加速度的时间序列数据与轻敲位置相关，三轴加速度取决于由接触检测单元 2 检测到的手臂移动。被轻敲侧的手臂的三个区域，即，前臂手腕侧、前臂上臂侧和上臂，分别设置为第一至第三输入区域 71 至 73。

[0111] 接下来将更详细地描述步骤 S102，在步骤 S102 中，输入信息确定单元 5 参考存储单元 4 中的模板数据“c”，执行匹配以计算相关值，并确定最相关的轻敲位置。

[0112] 输入信息确定单元 5 使用所提取的振动波形作为输入模式，所提取的振动波形是接触检测单元 2 检测到的时间序列数据。此外，输入信息确定单元 5 使用存储单元 4 中存储的多个模板数据“c”作为基准模式。输入信息确定单元 5 基于动态编程（DP）来执行匹配，以计算输入模式与每个基准模式之间的相关值。

[0113] 图 9 是示出了确定输入信息的步骤 102 的详细操作的流程图。参考图 9，确定输入信息的步骤 102 包括：步骤 201，针对每个元素计算输入模式与基准模式之间的元素间距离；步骤 202，使用计算出的元素间距离来计算最小路径开销；步骤 S203，使用计算出的最小路径开销来计算输入模式与基准模式之间的距离；以及步骤 204，在多个基准模式之中确定指示了最小模式间距离的基准模式，作为轻敲位置。

[0114] 首先，从本实施例中使用的检测数据“a”中提取的振动波形是表示由接触检测单元 2 在被轻敲侧检测到的手臂移动的时间序列数据。因此，输入模式由表达式 1 来表示。

$$P = (P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_I) \quad [\text{表达式 1}]$$

[0116] 在表达式 1 中，下标 i ($i = 1, \dots, I$) 表示由时间序列数据形成输入模式。

[0117] 由于每个时间序列包括沿三个轴（即，X 轴、Y 轴和 Z 轴）的加速度数据，所以输入模式的轴分量由表达式 2 来表示。

$$P_i = (P_{ix}, P_{iy}, P_{iz}) \quad [\text{表达式 2}]$$

[0119] 同样，由于模板数据“c”是时间序列数据，所以基准模式由表达式 3 来表示。

$$R_k = (r_1^k, r_2^k, \dots, r_j^k, \dots, r_J^k) \quad [\text{表达式 3}]$$

[0121] 在表达式 3 中，下标 j ($j = 1, \dots, J$) 表示由时间序列数据形成基准模式，下标 k 用于区分多个基准模式。

[0122] 由于每个时间序列数据包括沿三个轴（即，X 轴、Y 轴和 Z 轴）的加速度数据，所以基准模式的轴分量由表达式 4 来表示。

$$r_j = (r_{jx}, r_{jy}, r_{jz}) \quad [\text{表达式 4}]$$

[0124] 使用 DC 匹配来确定输入模式与每个基准模式之间的模式间距离。图 10 是 DP 匹配路径图。参考图 10, 由 DP 输入和基准模式形成网格。在网格的路径上设置开销, 计算具有最小总开销的路径和该路径的总开销。

[0125] 首先, 计算检测数据“a”与模板数据“c”之间的元素间距离 (步骤 S201)。元素指代输入模式和基准模式中每个定时处的分量。

[0126] 可以通过表达式 5 计算网格点 (i, j) 处的开销, 作为元素间距离。

$$[0127] \quad d(i, j) = |p_i - r_j^k| = \sqrt{(p_{ix} - r_{jx}^k)^2 + (p_{iy} - r_{jy}^k)^2 + (p_{iz} - r_{jz}^k)^2} \quad [\text{表达式 5}]$$

[0128] 表达式 5 用于针对每个网格点计算元素间距离。

[0129] 接下来计算最小路径开销 (步骤 S202)。将参考图 11 来描述网格点上的最小累计开销。参考图 11, 表达式 6 表示网格点 (i, j) 处的网格点开销以及最小路径开销, 作为确定网格点开销之中的最小值的表达式。

$$[0130] \quad g(i, j) = \min \left\{ \begin{array}{l} g(i-1, j) + d(i, j) \\ g(i-1, j-1) + 2d(i, j) \\ g(i, j-1) + d(i, j) \end{array} \right\} \quad [\text{表达式 6}]$$

[0131] 表达式 6 包括对称型路径约束。按照时间序列 i, j 的升序反复应用表达式 6, 以计算最小路径开销。

[0132] 接下来计算模式间距离 (步骤 203)。表达式 7 表示针对 (I, J) 的模式间距离。通过使用表达式 7, 确定输入模式与第 k 个基准模式之间的模式间距离。

$$[0133] \quad D(P, R) = \frac{g(I, J)}{I + J} \quad [\text{表达式 7}]$$

[0134] 接下来, 在多个基准模式之中, 提取具有最高相关性的基准模式 (步骤 S204)。针对所有先前设置的基准模式执行步骤 S201 至 S203, 并确定表现出最短模式间距离的基准模式作为最相关的轻敲位置。此外, 输出分配给该轻敲位置的命令, 作为输入信息确定数据“d”。

[0135] 接下来将描述步骤 S103 中信息呈现单元 6 的操作。

[0136] 在接收到由输入信息确定单元 5 确定的输入信息确定数据“d”之后, 信息呈现单元 6 将分配给输入位置的功能呈现给用户。在本示例实施例中, 采用收听音乐的操作。因此, 基于分配给每个输入区域的功能, 如, “播放 / 暂停”或“下一曲目”, 控制音乐数据并从扬声器输出声音。

[0137] 例如, 基于分配给每个输入区域的功能, 可以经由蓝牙等向耳机或头戴式耳机发送数据。此外, 可以在显示器上显示正在播放的音乐的标题或正在执行的功能。

[0138] 在本示例实施例中, 通过 DP 匹配来计算相关值。然而, 只要匹配在输入模式和基准模式之间执行, 就可以使用其他模式匹配方法。

[0139] 此外, 使用 DP 匹配的元素间距离计算方法以及用于计算路径开销的路径约束表达式是作为示例来使用的。本发明不限于这些示例。

[0140] 此外, 在本示例实施例中, 在手臂上布置三个输入区域 71 至 73, 为每个输入区域分配命令。然而, 输入区域的数目和分配给输入区域的命令是可以根据需要来任意设置的。即, 输入区域的数目和分配给输入区域的命令不限于本示例实施例的方式。

[0141] 此外,在本示例实施例中,所有的输入区域 71 至 73 都布置在具有关节式结构的手臂上。然而,只要与被轻敲侧接触的加速度传感器 9 的移动会根据轻敲位置的不同而不同,就可以将输入区域设置在并非手臂的位置。此外,可以将输入区域布置在并非是具有关节式结构的部位的位置。

[0142] 此外,在本示例实施例中,将检测单元安装在手腕上。然而可以将检测单元安装在除了手腕以外的其他位置。即,可以将检测单元安装在上臂、手套、戒指或踝部等等。此外,可以将检测单元安装在由用户握持的设备上。

[0143] (第二示例实施例)

[0144] 将参考附图来描述根据第二示例实施例的输入设备。

[0145] 在第一示例实施例中,使用与具有关节式(或多关节)结构的手臂的移动有关的振动波形,来进行匹配以计算相关值并确定轻敲位置。然而在本示例实施例中,按照规则对与手臂移动有关的振动波形特征进行分类,以确定轻敲位置。

[0146] 图 12 是示出了根据本示例实施例的输入设备的配置的框图。在第一示例实施例中,为了确定轻敲位置,存储单元 4 预先存储将振动波形与轻敲位置相关的模板数据“c”,所述振动波形是由接触检测单元 2 检测到的,并且与具有关节式结构的手臂的移动有关。然而,在图 12 所示的本示例实施例中,存储单元 4 预先存储基于规则的数据“e”,数据“e”将与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征与轻敲位置相关。

[0147] 此外,取代根据第一示例实施例的输入信息确定单元 5,根据第二示例实施例的输入设备包括输入信息确定单元 15。当接收检测数据“a”时,输入信息确定单元 15 参考基于规则的数据“e”,按照规则对与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征进行分类,并确定轻敲位置。

[0148] 接下来将描述根据本示例实施例的输入设备的操作。

[0149] 在第一示例实施例中,在接收到与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形之后,输入信息确定单元 15 参考模板数据“c”,执行匹配以计算相关值,并且确定轻敲位置。然而在本示例实施例中,输入信息确定单元 15 按照基于规则的数据“e”中的规则,对与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0150] 首先将详细描述输入信息确定单元 15 的操作。

[0151] 图 13 是示出了根据本示例实施例的输入设备的操作的流程图。在第一示例实施例中,在步骤 S102 中输入信息确定单元 5 参考存储单元 4 的模板数据“c”,执行匹配以计算相关值,并确定轻敲位置。然而在本示例实施例中,在步骤 S302,输入信息确定单元 15 参考基于规则的数据“e”,按照规则对与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征进行分类,并确定轻敲位置(步骤 S302)。

[0152] 图 14 是示出了根据本示例实施例的输入设备的输入信息确定单元 15 的操作的流程图。在第一示例实施例中,如参考图 7 描述的,如果接触检测单元 2 检测到沿 Z 轴的初始加速度是正方向的,则输入信息确定单元 15 将轻敲位置分类为第三输入区域 73(上臂)。如果沿 Z 轴的初始加速度表现为负方向(在步骤 S401 中为否),则输入信息确定单元 15 将轻敲位置分类为除了第三输入区域 73 以外的任一输入区域。

[0153] 接下来,关于接触检测单元 2 检测到的沿 Z 轴的加速度,检查作为最大振动幅度的主振动。

[0154] 图 15A 和 15B 示出了轻敲位置以及与轻敲位置相对应的手臂移动。图 15A 和 15B 示出了围绕肩关节的手臂运动。图 15A 示出了当轻敲前臂上臂侧（第二输入区域 72）时围绕肩关节的手臂运动。图 15B 示出了当轻敲前臂手腕侧（第一输入区域 71）时围绕肩关节的手臂运动。

[0155] 通过比较图 15A 和图 15B 可以看出，当轻敲远离肩部旋转轴的第一输入区域 71 时，由于在手臂上引起的瞬时力更大，所以沿 Z 轴产生更大的加速度。因此，设置阈值作为基准。按照这种方式，如果沿 Z 轴的最大幅度小于等于阈值，则输入信息确定单元 15 可以将轻敲位置分类为第二输入区域 72（前臂上臂侧）；如果沿 Z 轴的最大幅度超过阈值（步骤 S402），则输入信息确定单元 15 可以将轻敲位置分类为第一输入区域 71（前臂手腕侧）。

[0156] 在本示例实施例中，仅使用沿 Z 轴的加速度来按照规则对轻敲位置进行分类。然而可以使用沿 X 轴的加速度来按照规则对轻敲位置进行分类，所述沿 X 轴的加速度由围绕接触检测单元 2 的角加速度产生。

[0157] 此外，在本示例实施例中，将输入区域 71 至 73 布置在上臂、前臂上臂侧和前臂手腕侧，所有的输入区域 71 至 73 都被布置在手臂背面。然而输入区域 71 至 73 不一定布置在相同平面上。

[0158] 例如，如果将输入区域布置在拳头上，根据轻敲拳头的方向，可以布置 5 个输入区域。即，当形成拳头时，可以使用以下 5 个侧面作为输入区域：由四个手指的中节指骨形成的侧面，拇指附近的桡骨侧面（拳头的横向侧），小指附近的尺骨侧面（拳头的横向侧）、手掌侧面（拳头的底部侧）和手背侧面（拳头的顶部侧）。

[0159] 如果轻敲输入区域之一，接触检测单元 2 首先检测到沿 X 轴负方向上的加速度，沿 Y 轴正方向上的加速度，沿 Y 轴负方向上的加速度，沿 Z 轴正方向上的加速度，或沿 Z 轴负方向上的加速度。通过使用三个轴和方向作为规则，即使沿不同方向对这些侧面给出输入操作，也可以确定轻敲位置。输入设备可以被配置为使得即使用户用拳头击打对象也可以检测到输入。

[0160] （第三示例实施例）

[0161] 将参考附图来描述根据第三示例实施例的输入设备。

[0162] 在第二示例实施例中，将用于操作设备的三个输入区域 71 至 73 布置在手臂上，输入信息确定单元 15 按照规则对与轻敲产生的手臂移动有关的振动波形特征进行分类来确定轻敲位置。然而在本示例实施例中，输入信息确定单元按照规则对与手臂移动有关的振动波形特征进行分类，并且基于来自接触检测单元 2 的检测数据“p”对被轻敲侧的手臂姿势进行分类。按照这种方式，可以向给予相同输入区域的输入分配不同的操作命令。

[0163] 图 16A 至 16C 示出了输入时手臂姿势以及输入区域。图 16A 至 16C 分别示出了手臂抬起（或向上）、伸平和垂下（或向下）。根据手臂姿势，可以向每个输入区域分配不同的操作命令。

[0164] 在本示例实施例中，以音乐播放器的操作为例来进行说明。参考图 16A，当用户将手臂抬起时，分别向布置在前臂手腕侧、前臂上臂侧和上臂的输入区域 71 至 73 分配“快进”、“播放 / 暂停”和“后退”命令。参考图 16B，当用户将手臂伸平时，分别向输入区域 71 至 73 分配“下一曲目”、“播放 / 暂停”和“停止”命令。参考图 16C，当用户将手臂垂下时，分别向输入区域 71 至 73 分配“静音”、“降低音量”和“提高音量”命令。

[0165] 图 17 是示出了根据本示例实施例的输入设备的配置的框图。在第二示例实施例中,为了确定轻敲位置,存储单元 4 预先存储模板数据“c”,模板数据“c”将与接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征与轻敲位置相关(图 12)。然而在本示例实施例中将以下二者相结合:基于接触检测单元 2 的手臂姿势,以及跟接触检测单元 2 检测到的手臂移动有关的振动波形特征与轻敲位置之间的相关性。即,存储单元 4 预先存储基于规则的数据“g”,数据“g”将轻敲位置和手臂姿势的组合与操作命令相关。

[0166] 参考图 17,根据本示例实施例的输入设备包括输入信息确定单元 25,以取代根据第二示例实施例的输入信息确定单元 15(图 12)。在接收到检测数据“p”之后,输入信息确定单元 25 参考存储单元 4 中的基于规则的数据“g”,确定与接触检测单元 2 检测到的手臂移动和手臂姿势有关的振动波形特征,并确定向轻敲位置和手臂姿势的组合分配的操作命令。

[0167] 基于由轻敲位置和手臂姿势的组合来确定的操作命令而输出的命令称作输入信息确定数据“b”。

[0168] 接下来将描述根据本示例实施例的输入设备的操作。

[0169] 图 18 是示出了根据本示例实施例的输入设备的操作的流程图。在图 13 的步骤 S302 以及图 14 的步骤 S401 和 S402 中,根据第二示例实施例的输入设备按照规则对与手臂移动有关的振动波形特征进行分类,并确定轻敲位置。然而在步骤 S502,在基于规则从与手臂移动有关的振动波形特征中提取出轻敲位置之后,根据本示例实施例的输入设备基于检测数据“p”来提取手臂姿势,并确定向轻敲位置和手臂移动的组合分配的操作命令(步骤 S502)。

[0170] 接下来将详细描述输入信息确定单元 25 的操作。

[0171] 图 19 是示出了根据本示例实施例的输入设备的输入信息确定单元 25 的操作的流程图。如在参考图 14 描述的第二示例实施例中一样,在基于规则从与手臂移动有关的振动波形特征中提取了轻敲位置之后,输入信息确定单元 25 提取手臂姿势。例如,输入信息确定单元 25 可以通过使用接触检测单元 2 的加速度传感器 9 检测到的重力加速度的方向来提取手臂姿势。

[0172] 首先,基于检测到的重力加速度方向,输入信息确定单元 25 确定手臂姿势(步骤 S601)。如果 Y 或 Z 方向上重力加速度的绝对值大于 X 方向上重力加速度的绝对值(步骤 S601 中为是),则输入信息确定单元 25 确定手臂是伸平的(图 16B)。假定重力加速度是 (a_x, a_y, a_z) ,如果满足关系 $\sqrt{a_y^2 + a_z^2} > \text{abs}(a_x)$,则输入信息确定单元 25 可以确定手臂是伸平的(图 16B)。函数 $\sqrt{\quad}$ 和 abs 分别表示“平方根”和“绝对值”。

[0173] 如果 X 方向上重力加速度的绝对值大于 Y 和 Z 方向上重力加速度的绝对值(步骤 S601 中为否),则输入信息确定单元 25 对检测到重力加速度的方向进行分类,所述方向取决于手臂姿势(步骤 S602)。如果 X 方向上的加速度为正(步骤 S602 中为是),则输入信息确定单元 25 确定手臂是垂下的(图 16C)。如果 X 方向上的加速度为负(步骤 S602 中为否),则输入信息确定单元 25 确定手臂是抬起的(图 16A)。

[0174] 图 20 是示出了手臂姿势以及与手臂姿势相关联的时间序列数据的表。图 20 中的时间序列数据示出了多种检测到的波形,这些波形表示沿 X 轴、Y 轴和 Z 轴的加速度。每个时间序列数据表示当轻敲手臂时由接触检测单元 2 的加速度传感器 9 检测到的手臂移动。

[0175] 参考图 20 中的 (a), 当手臂抬起时, 轻敲输入区域 71。在接触检测单元 2 检测到轻敲之前, 检测到作为沿 X 轴加速度的特定值。这表明加速度传感器 9 持续地检测到特定的重力加速度。即, 在轻敲之前输入的加速度指示了重力加速度。输入信息确定单元 25 基于该重力加速度的值来确定手臂姿势。

[0176] 参考图 20 的 (a), 由于 X 方向上重力加速度的绝对值大于 Y 和 Z 方向上重力加速度的绝对值 (图 19 的步骤 S601 中为否), 并且 X 方向上的加速度为负 (图 19 的步骤 S602 中为否), 所以输入信息确定单元 25 确定手臂是抬起的。

[0177] 在本示例实施例中, 根据轻敲位置和手臂姿势的组合来改变所分配的操作命令。然而, 可以根据轻敲位置和手臂姿势变化的组合来改变所分配的操作命令。

[0178] 此外, 在本示例实施例中, 使用加速度传感器 9 来检测手臂姿势, 并使用重力加速度来确定手臂姿势, 来确定分配给输入区域的操作命令。然而可以通过结合其他传感器 (如, 角度传感器或陀螺仪) 来确定手臂姿势。

[0179] 如在本示例实施例中, 通过在接触检测单元 2 中布置加速度传感器 9, 可以基于振动周期来计算轻敲位置, 所述振动周期表示相对于稳态的变化量。此外, 通过使用重力加速度, 还可以计算手臂姿势。因此, 根据本示例实施例的输入设备可以获取多个状态量, 而无需附加的传感器。即, 该设备更易于配置。

[0180] 在本发明的全部公开 (包括权利要求) 的范围之内, 基于本发明的基本技术思想, 可以对示例实施例进行修改和调整。在本发明的权利要求的范围之内, 可以对公开的各种元素 (包括每个权利要求的每个元素、每个示例实施例的每个元素、每个附图的每个元素等) 进行各种组合和选择。即, 本发明当然包含本领域技术人员根据包括权利要求在内的全部公开和技术思想而做出的各种变型和修改。

[0181] 可以将以上示例实施例中的一些或全部描述为以下注释, 然而本发明并不局限于此。

[0182] (注释 1)

[0183] 一种输入设备, 包括:

[0184] 检测单元, 检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动, 作为检测数据; 以及

[0185] 输入信息确定单元, 参考检测数据, 并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置。

[0186] (注释 2)

[0187] 根据注释 1 所述的输入设备, 其中, 输入信息确定单元通过模式匹配对检测数据的波形的特征进行分类, 来确定轻敲位置。

[0188] (注释 3)

[0189] 根据注释 2 所述的输入设备, 其中, 模式匹配是基于动态编程的匹配 (DP 匹配)。

[0190] (注释 4)

[0191] 根据注释 1 至 3 中任一项注释所述的输入设备, 还包括: 存储单元, 存储与轻敲引起的身体移动有关的典型数据以及与典型数据相关的轻敲位置, 作为模板数据, 其中,

[0192] 输入信息确定单元通过计算存储单元中存储的典型数据与检测数据之间的相关性, 来确定轻敲位置。

[0193] (注释 5)

[0194] 根据注释 1 所述的输入设备,其中,输入信息确定单元按规则对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0195] (注释 6)

[0196] 根据注释 5 所述的输入设备,其中,所述规则基于关节式结构模型。

[0197] (注释 7)

[0198] 根据注释 1 至 6 中任一项注释所述的输入设备,其中,所述身体移动是手臂移动。

[0199] (注释 8)

[0200] 根据注释 1 至 7 中任一项所述的输入设备,其中,输入信息确定单元输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0201] (注释 9)

[0202] 根据注释 1 至 8 中任一项所述的输入设备,其中,检测单元包括检测振动的加速度传感器。

[0203] (注释 10)

[0204] 根据注释 7 至 9 中任一项所述的输入设备,其中,检测单元布置在手腕上。

[0205] (注释 11)

[0206] 一种输入方法,包括:

[0207] 由计算机检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及

[0208] 参考检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置。

[0209] (注释 12)

[0210] 根据注释 11 所述的输入方法,其中,所述计算机通过模式匹配对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0211] (注释 13)

[0212] 根据注释 12 所述的输入方法,其中,所述模式匹配是基于动态编程的匹配(DP 匹配)。

[0213] (注释 14)

[0214] 根据注释 11 至 13 中任一项注释所述的输入方法,其中,所述计算机通过参考存储单元并计算存储单元中存储的典型数据与检测数据之间的相关性来确定轻敲位置,所述存储单元存储了与轻敲引起的身体移动有关的典型数据以及与典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据。

[0215] (注释 15)

[0216] 根据注释 11 所述的输入方法,其中,所述计算机按规则对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0217] (注释 16)

[0218] 根据注释 15 所述的输入设备,其中,所述规则基于关节式结构模型。

[0219] (注释 17)

[0220] 根据注释 11 至 16 中任一项注释所述的输入方法,其中,所述身体移动是手臂移动。

[0221] (注释 18)

[0222] 根据注释 11 至 17 中任一项注释所述的输入方法,还包括:所述计算机输出与所确

定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0223] (注释 19)

[0224] 一种程序,使计算机执行以下操作:

[0225] 检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及

[0226] 参考检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置

[0227] (注释 20)

[0228] 根据注释 19 所述的程序,使计算机执行以下操作:通过模式匹配对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0229] (注释 21)

[0230] 根据注释 20 所述的程序,其中,所述模式匹配是基于动态编程的匹配(DP 匹配)。

[0231] (注释 22)

[0232] 根据注释 19 至 21 中任一项注释所述的程序,使计算机执行以下操作:通过参考存储单元并计算存储单元中存储的典型数据与检测数据之间的相关性来确定轻敲位置,所述存储单元存储了与轻敲引起的身体移动有关的典型数据以及与典型数据相关的轻敲位置,作为模板数据。

[0233] (注释 23)

[0234] 根据注释 19 所述的程序,使计算机执行以下操作:按规则对检测数据的波形的特征进行分类,来确定轻敲位置。

[0235] (注释 24)

[0236] 根据注释 23 所述的程序,其中,所述规则基于关节式结构模型。

[0237] (注释 25)

[0238] 根据注释 19 至 24 中任一项注释所述的程序,其中,所述身体移动是手臂移动。

[0239] (注释 26)

[0240] 根据注释 19 至 25 中任一项注释所述的程序,使计算机执行以下操作:输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0241] (注释 27)

[0242] 一种计算机可读存储介质,存储根据注释 19 至 26 中任一项注释所述的程序。

[0243] (注释 28)

[0244] 一种输入设备,包括:

[0245] 检测单元,检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;以及

[0246] 输入信息确定单元,参考检测数据,基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置,并输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0247] (注释 29)

[0248] 一种输入方法,包括:

[0249] 由计算机检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;

[0250] 参考检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置;以及

[0251] 输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。

[0252] (注释 30)

- [0253] 一种程序,使计算机执行以下操作:
- [0254] 检测通过轻敲用户身体而产生的身体移动,作为检测数据;
- [0255] 参考检测数据,并基于检测数据根据轻敲位置而变化这一事实来确定轻敲位置;
以及
- [0256] 输出与所确定的轻敲位置相关联的操作命令。
- [0257] (注释 31)
- [0258] 根据注释 5 或 6 中任一项注释所述的输入设备,其中,
- [0259] 检测单元包括加速度传感器,并且
- [0260] 输入信息确定单元基于加速度传感器检测到的重力加速度来确定被轻敲侧的手臂姿势,并输出与所确定的轻敲位置和手臂姿势的组合相关联的操作命令。
- [0261] (注释 32)
- [0262] 根据注释 31 所述的输入设备,其中,检测单元布置在被轻敲侧的手腕上。
- [0263] (注释 33)
- [0264] 根据注释 31 或 32 所述的输入设备,其中,输入信息确定单元基于重力加速度来确定被轻敲侧的手臂姿势指示的是手臂抬起、手臂伸平、还是手臂垂下。
- [0265] 符号的说明
- [0266] 1 检测单元
- [0267] 2 接触检测单元
- [0268] 4 存储单元
- [0269] 5, 15, 25 输入信息确定单元
- [0270] 6 信息呈现单元
- [0271] 8 信息呈现单元
- [0272] 9 加速度传感器
- [0273] 10 配线板
- [0274] 11 计算处理单元
- [0275] 12 呈现内容处理单元
- [0276] 13 呈现单元
- [0277] 14 外壳
- [0278] 16 存储器
- [0279] 71 至 73 输入区域
- [0280] a, p 检测数据
- [0281] c 模板数据
- [0282] b, d 输入信息确定数据
- [0283] e, g 基于规则的数据

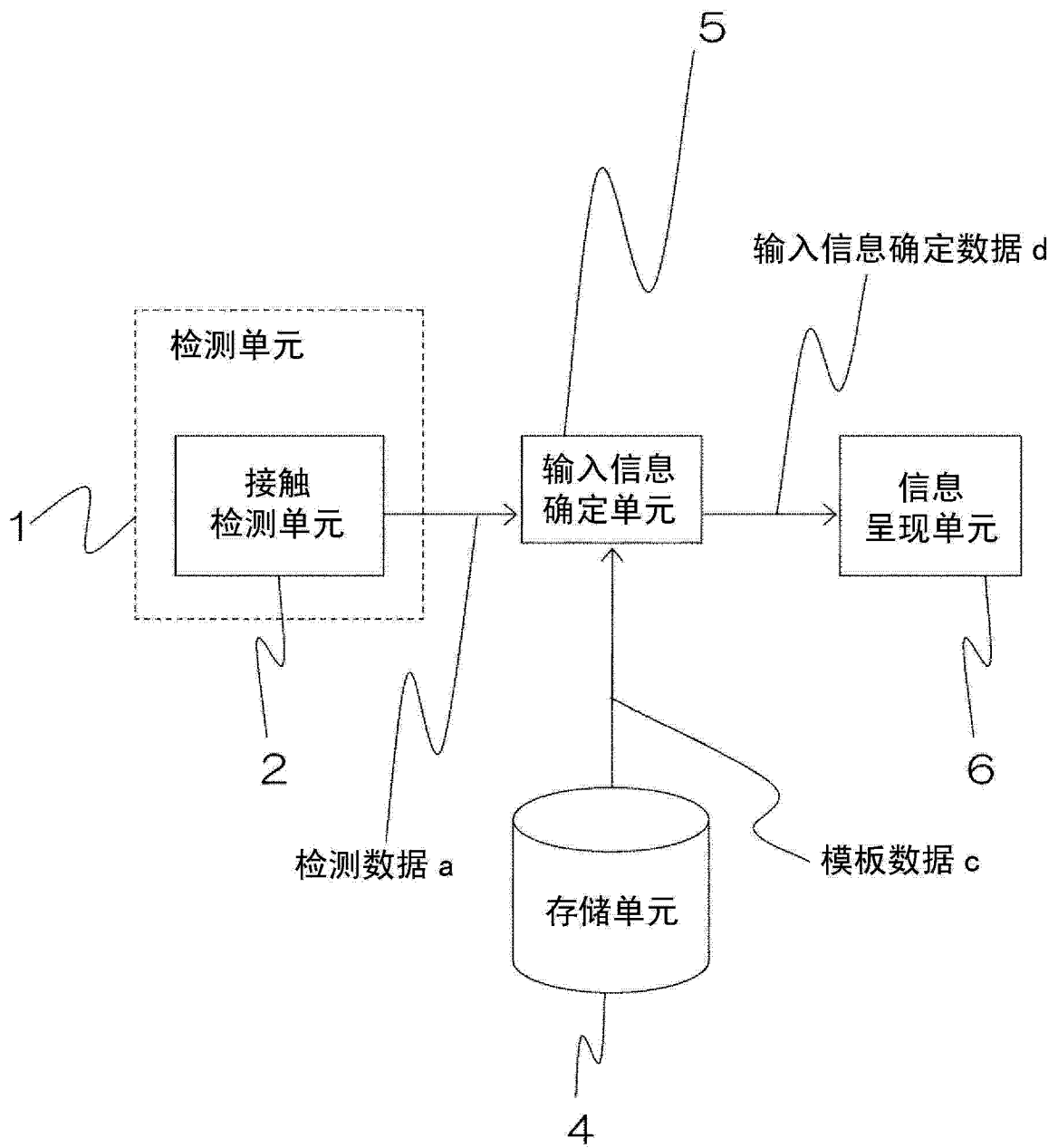


图 1

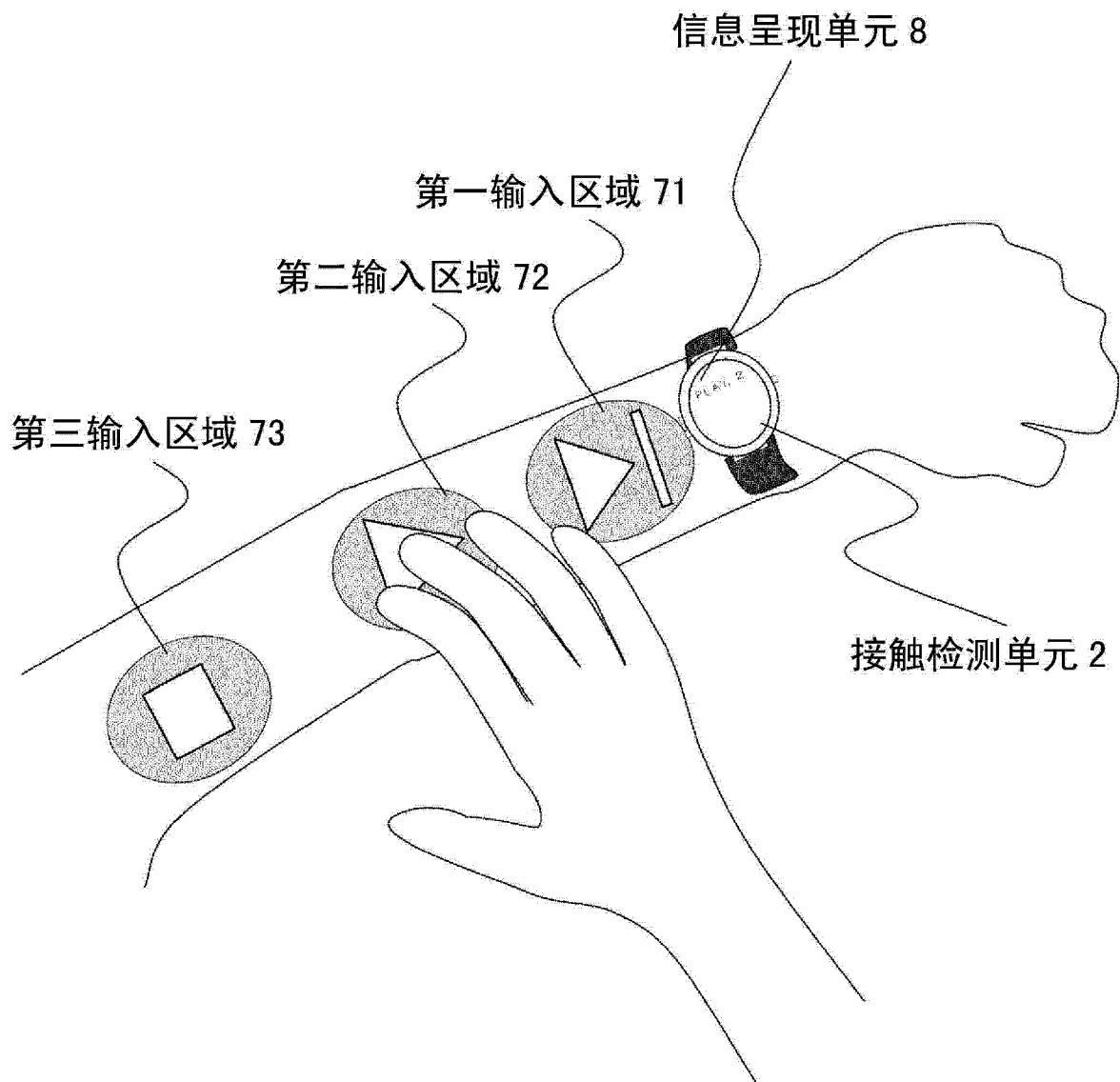


图 2

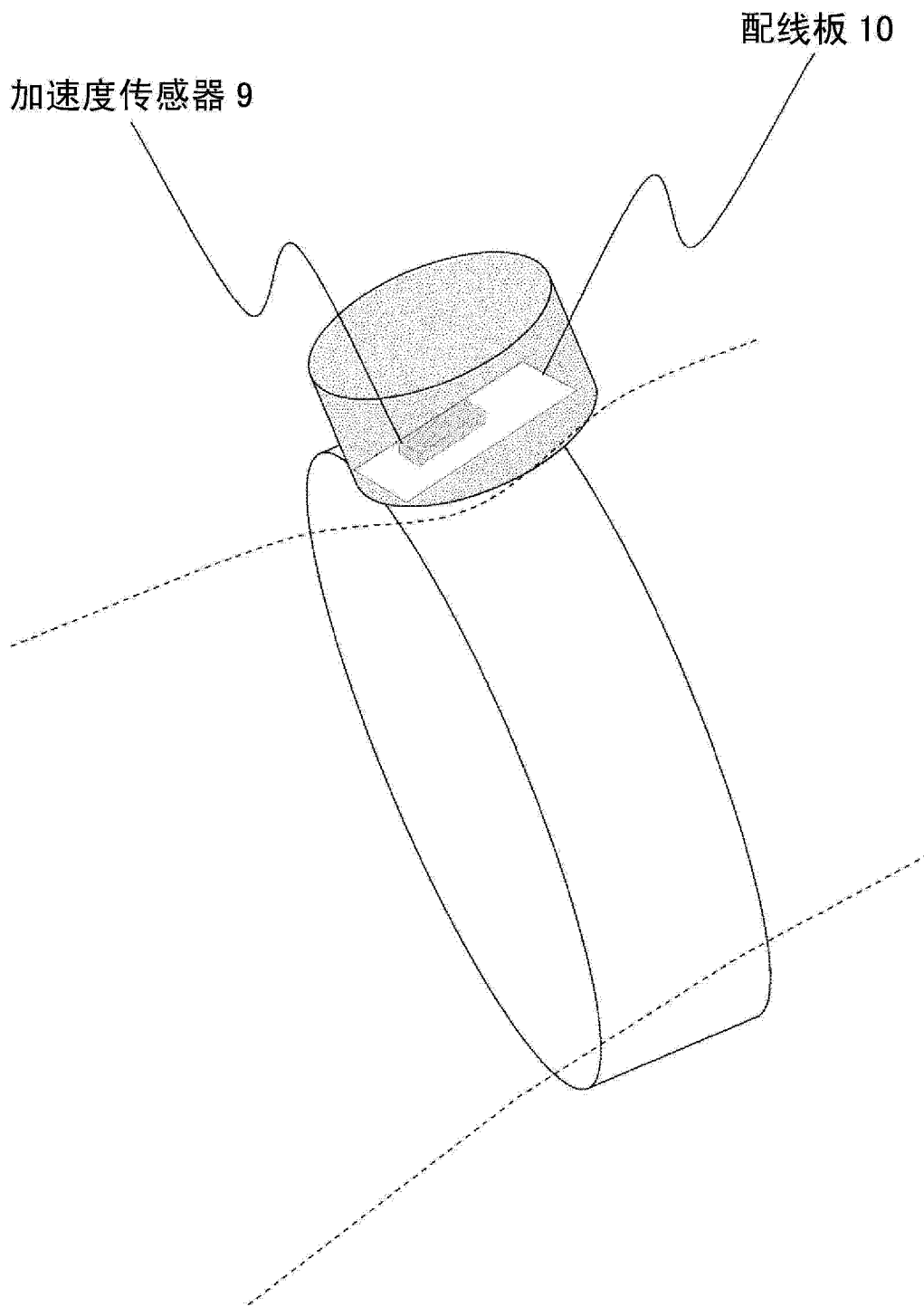


图 3

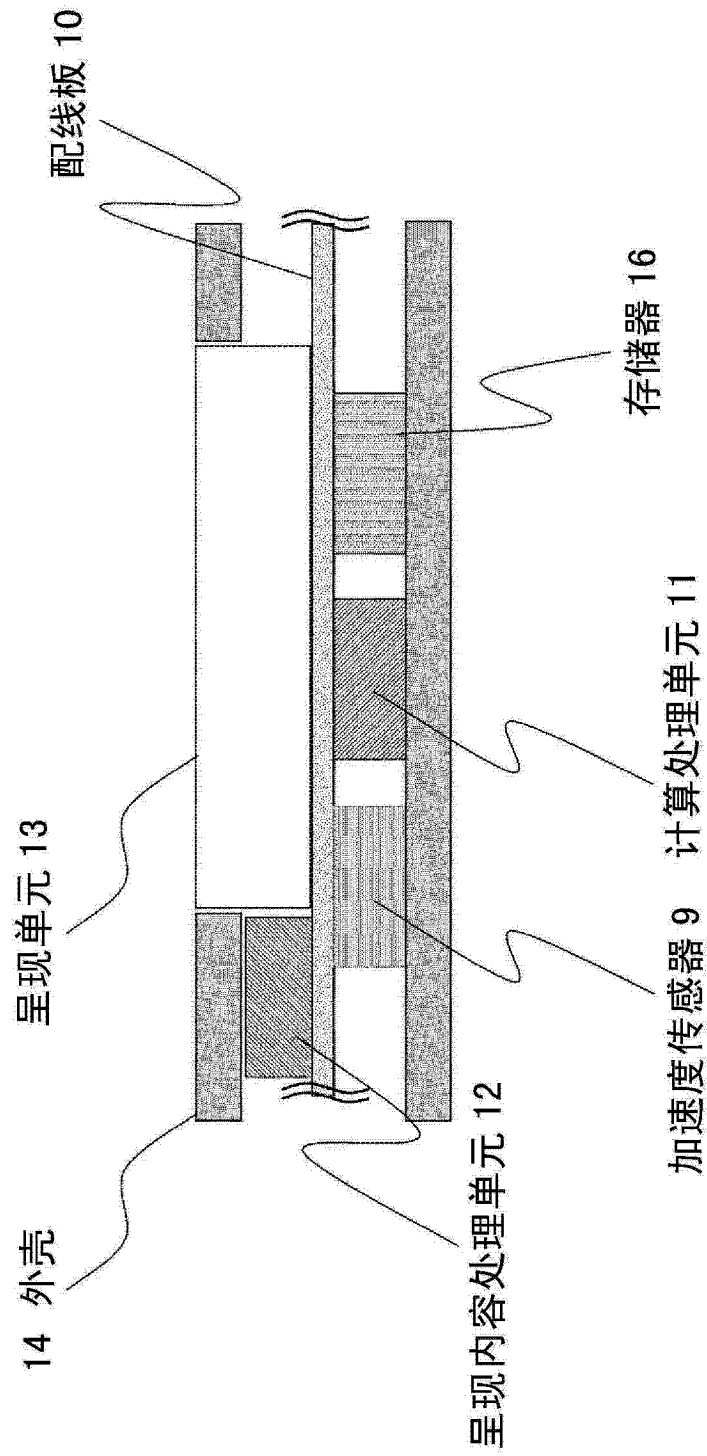


图 4

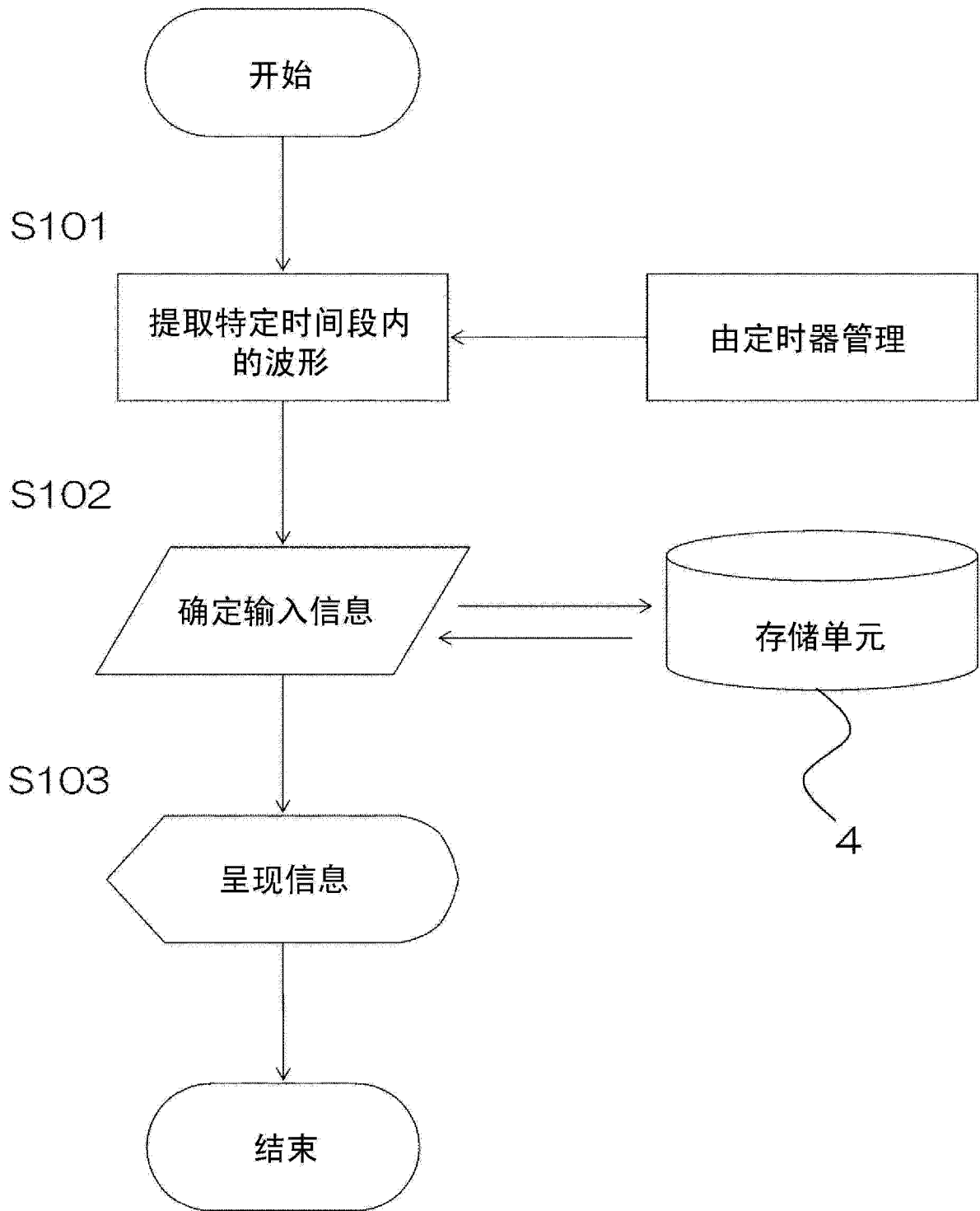


图 5

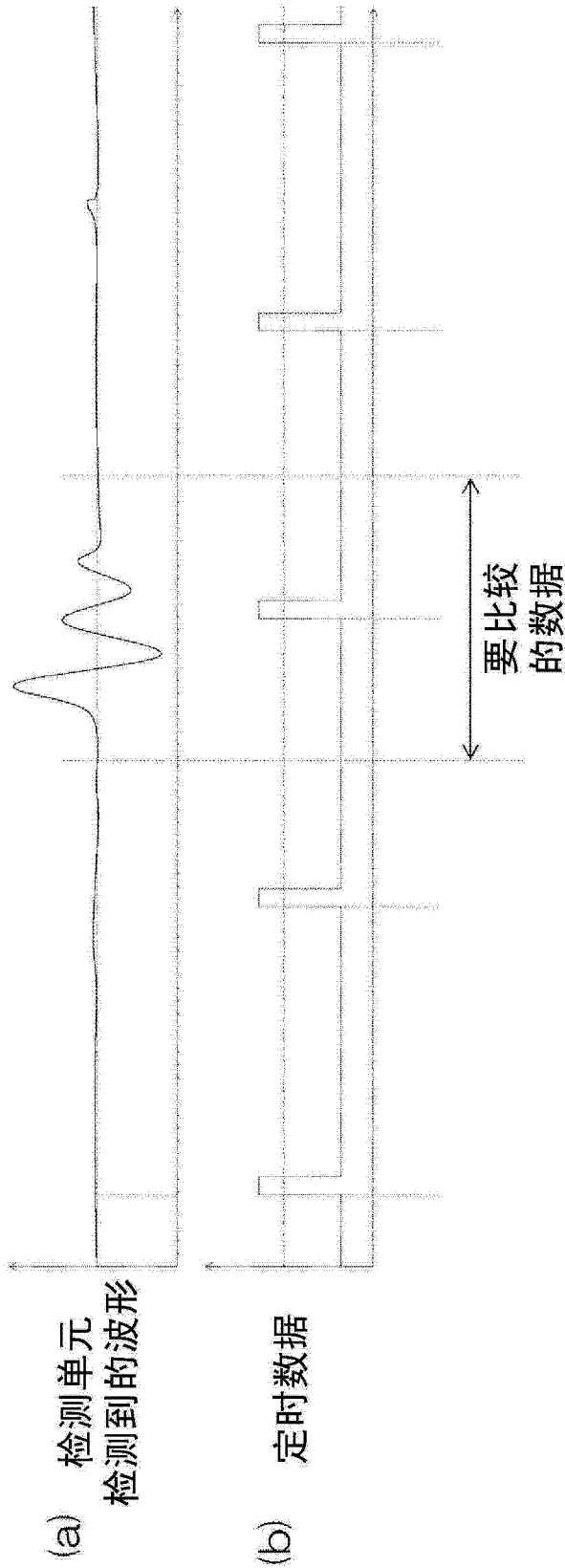
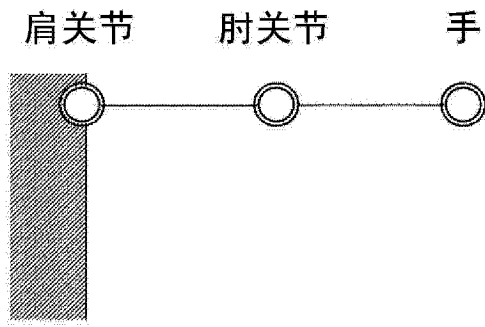
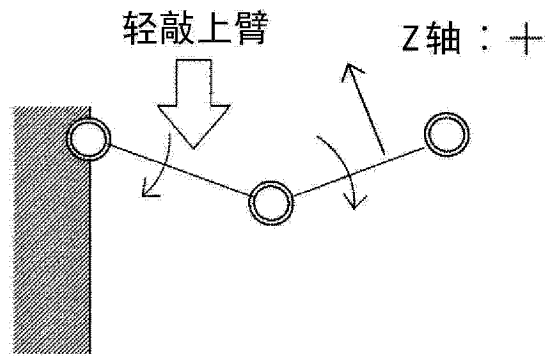


图 6

(a)



(b)



(c)

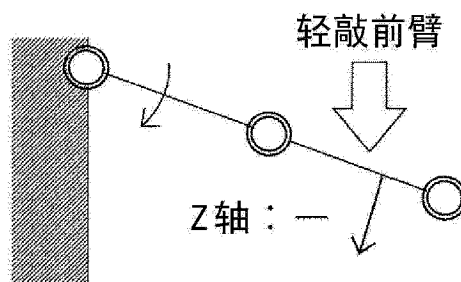


图 7

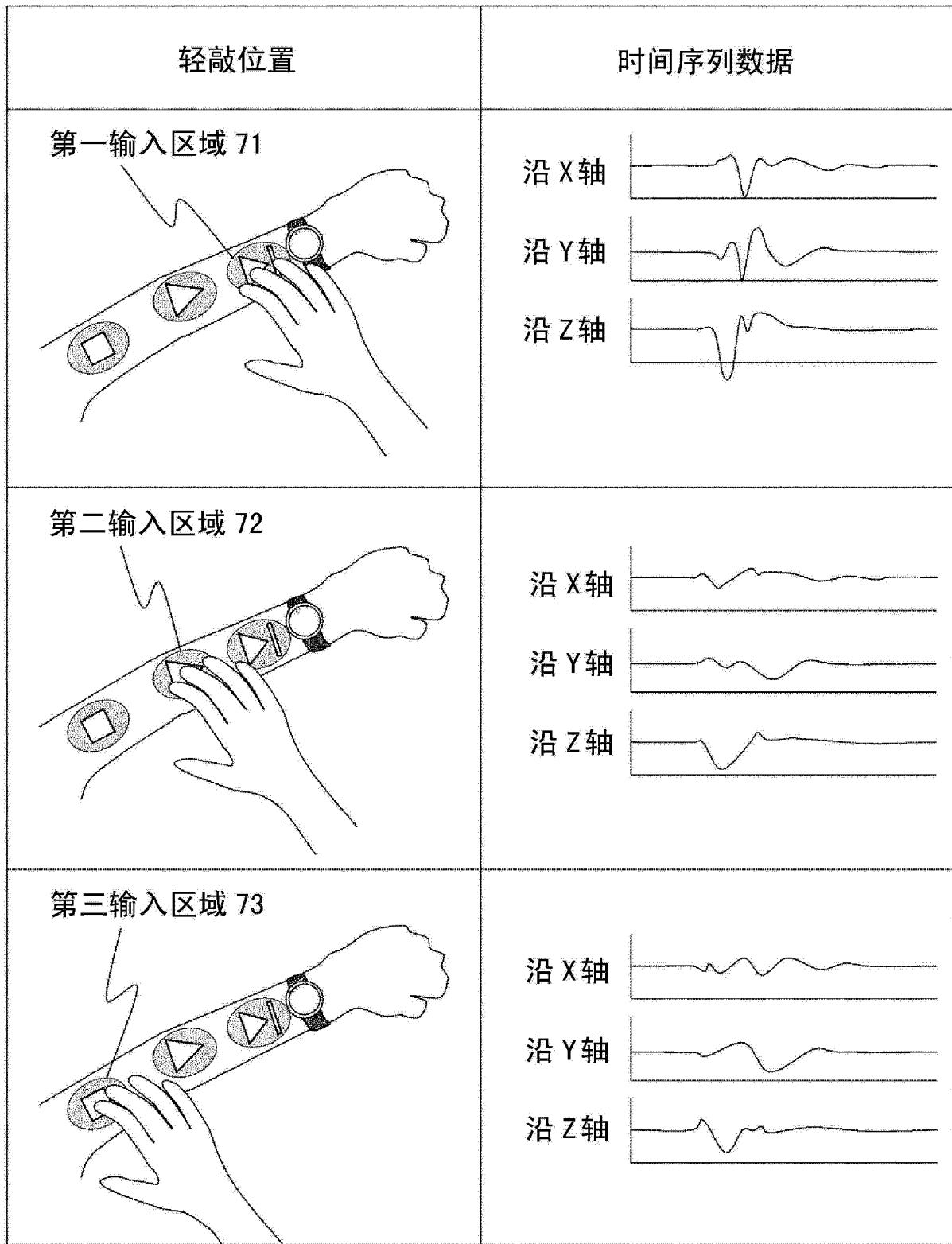


图 8

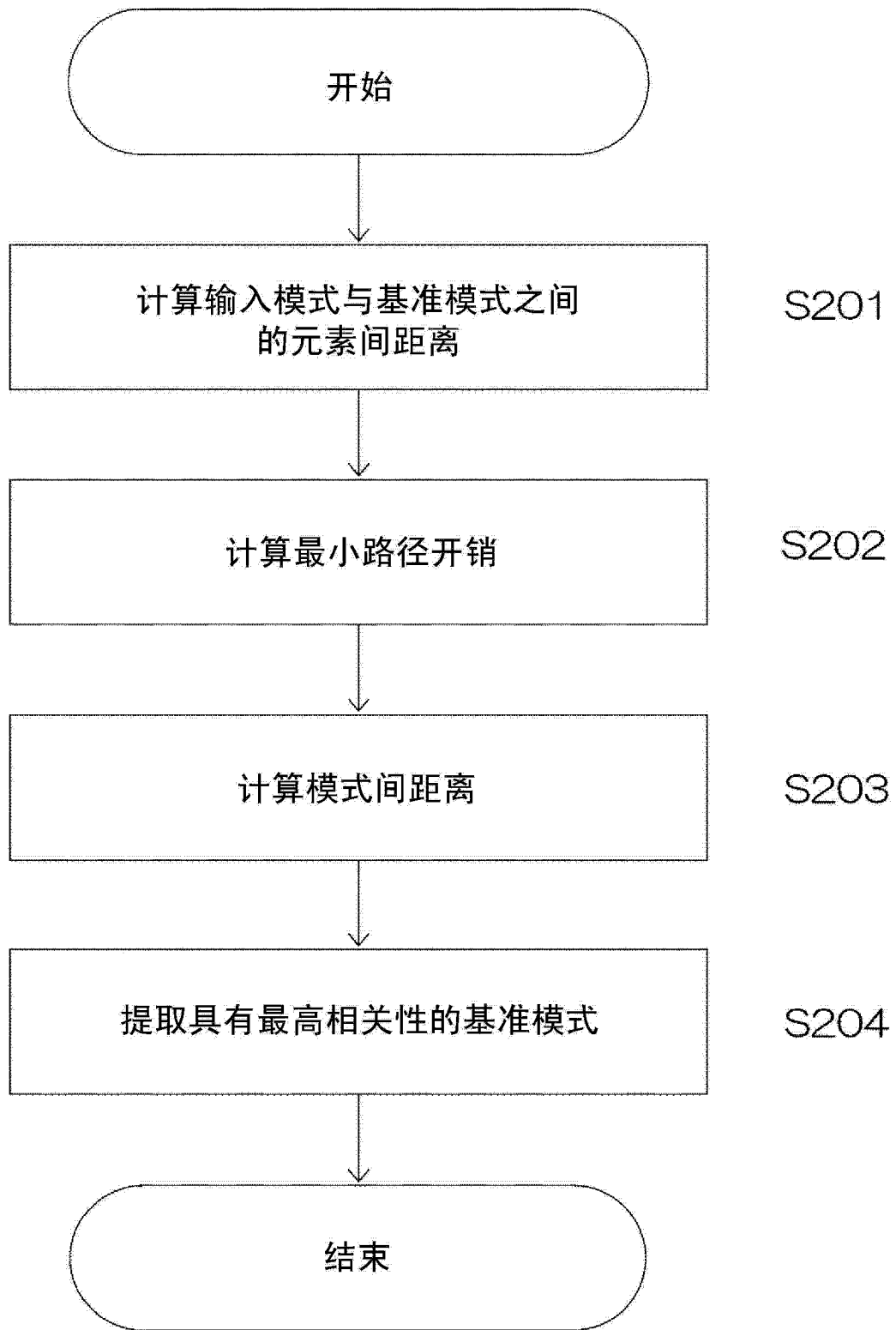


图 9

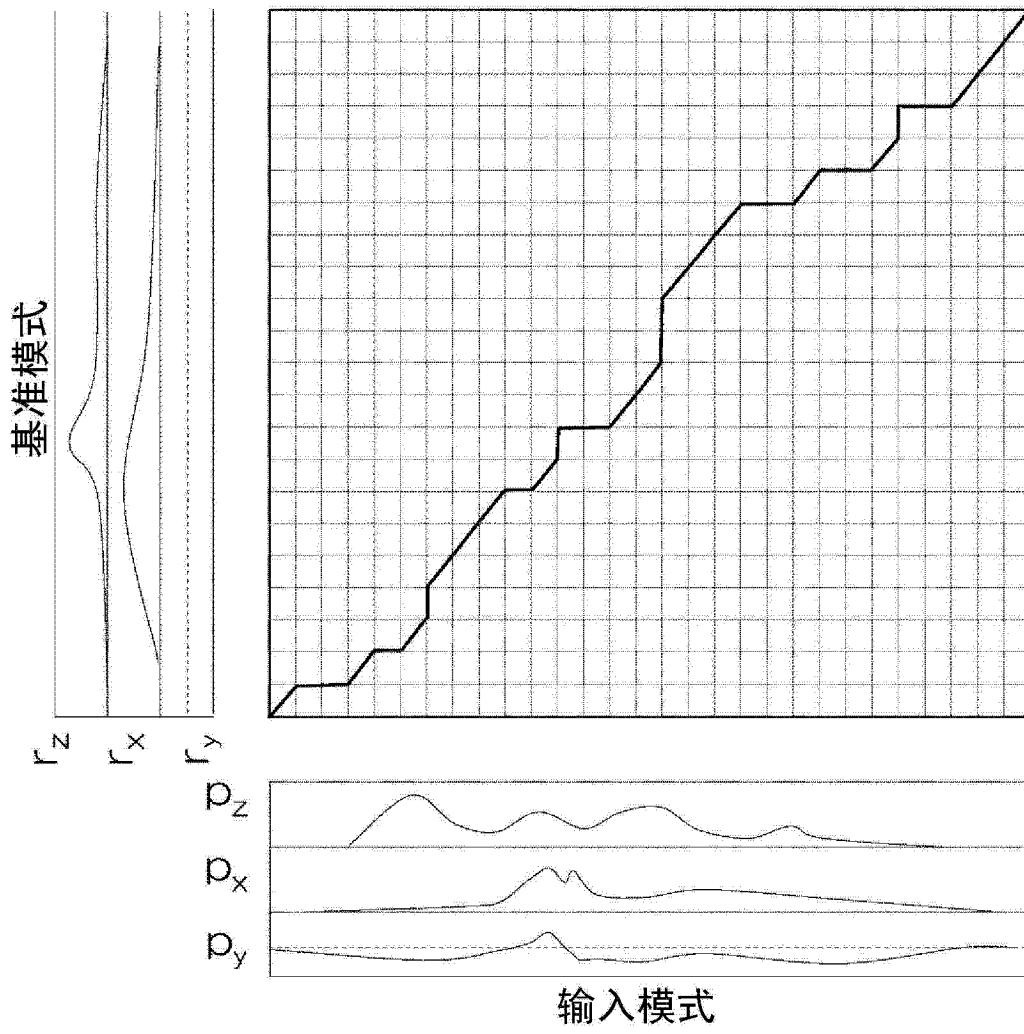


图 10

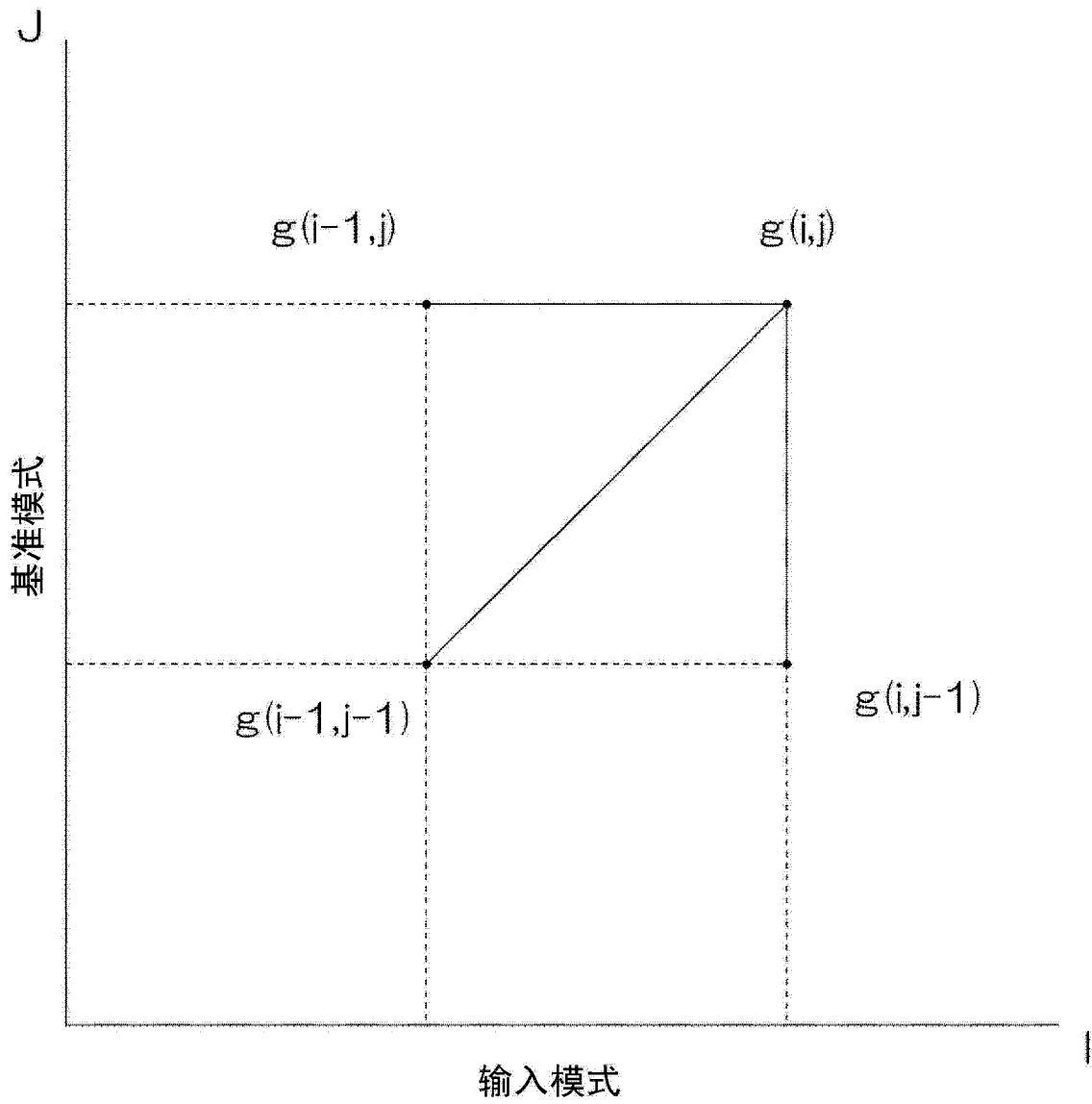


图 11

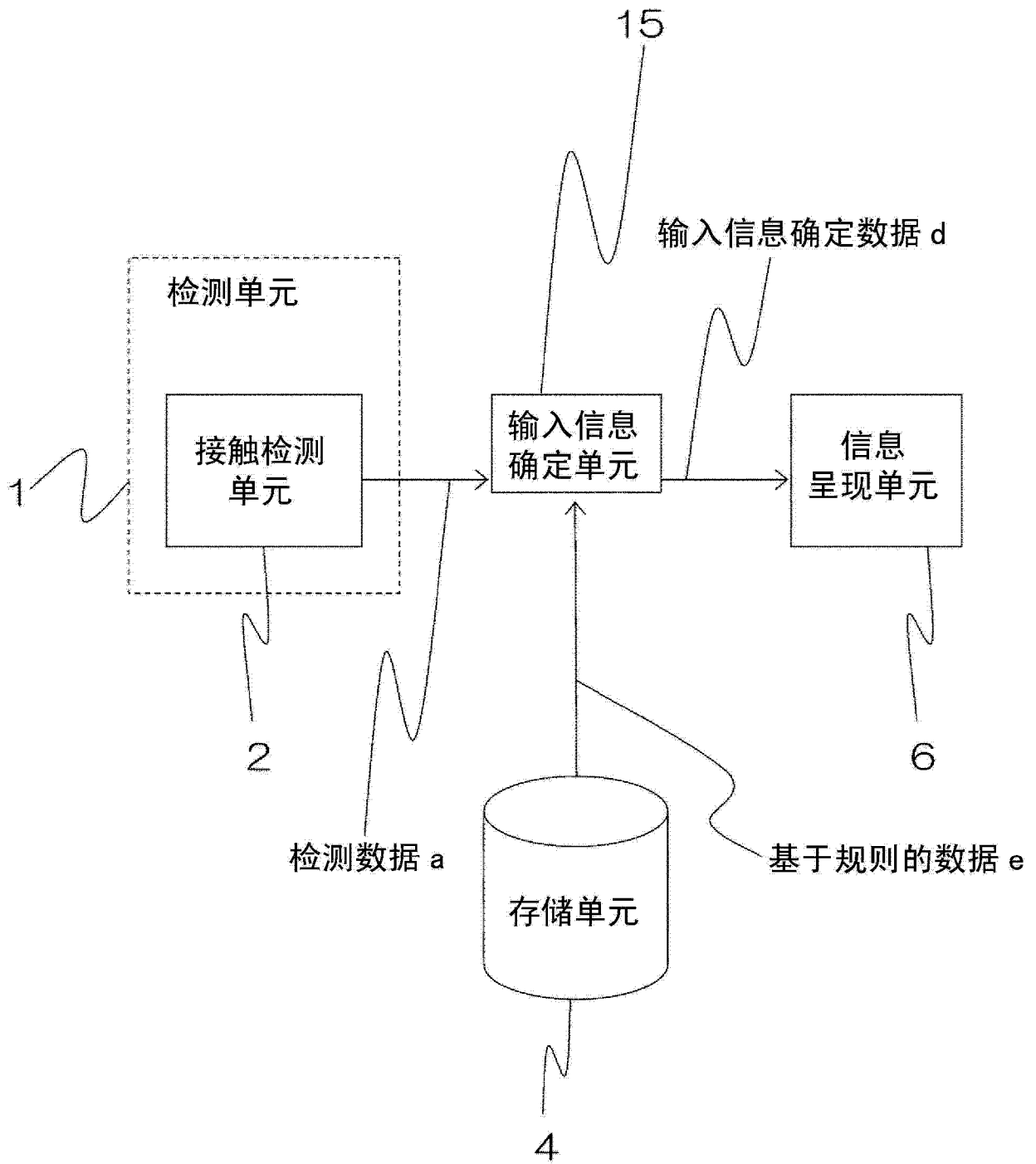


图 12

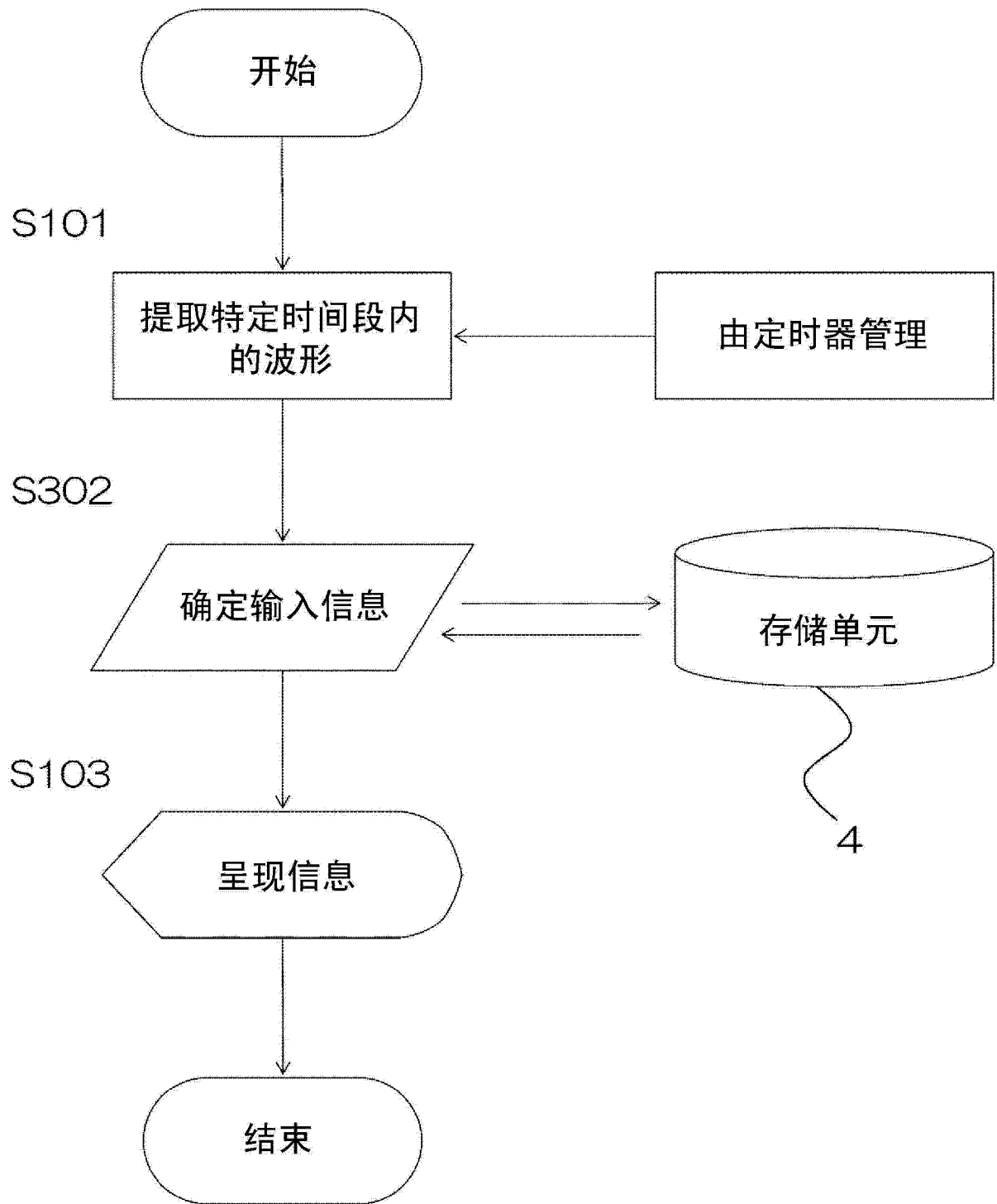


图 13

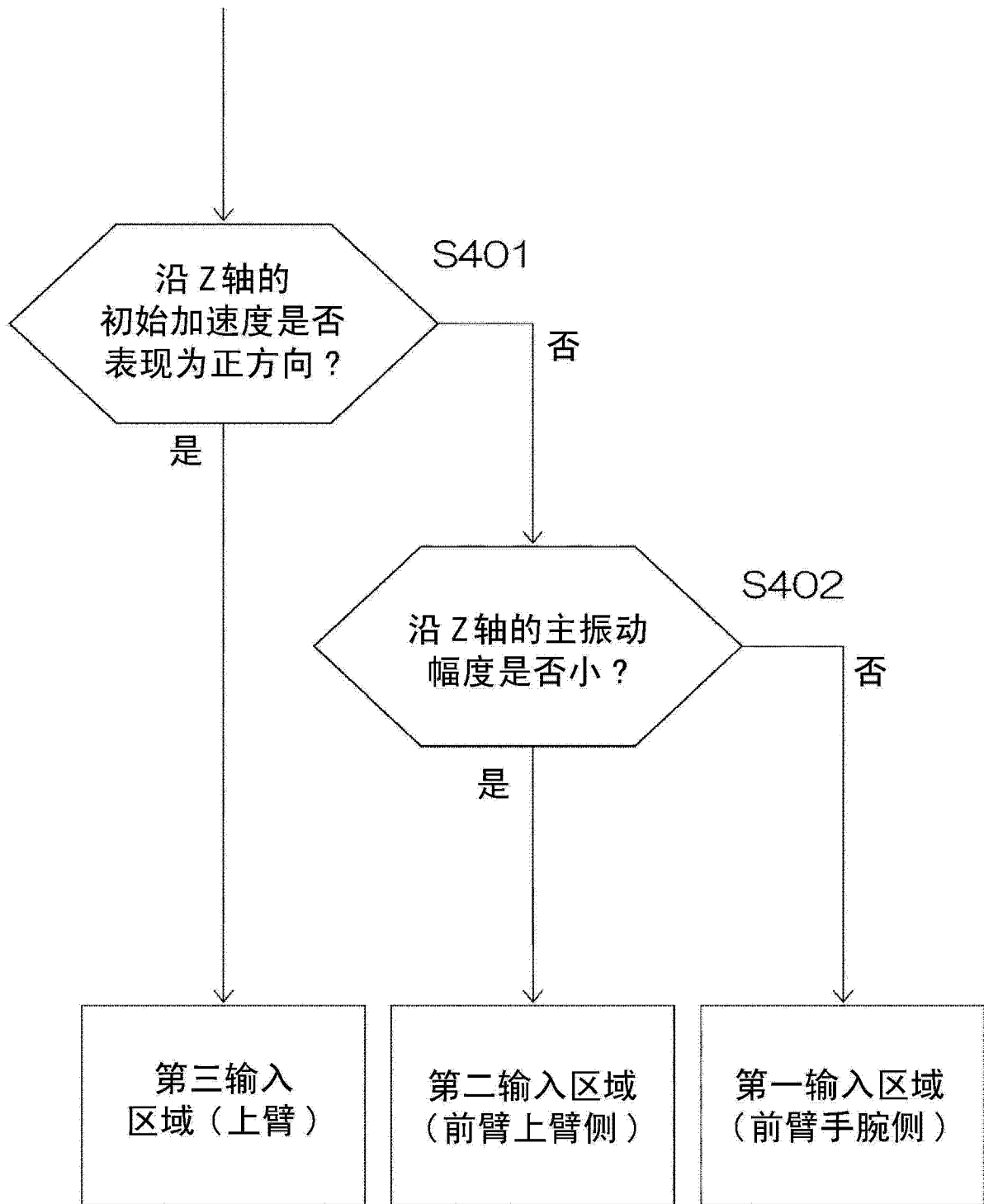
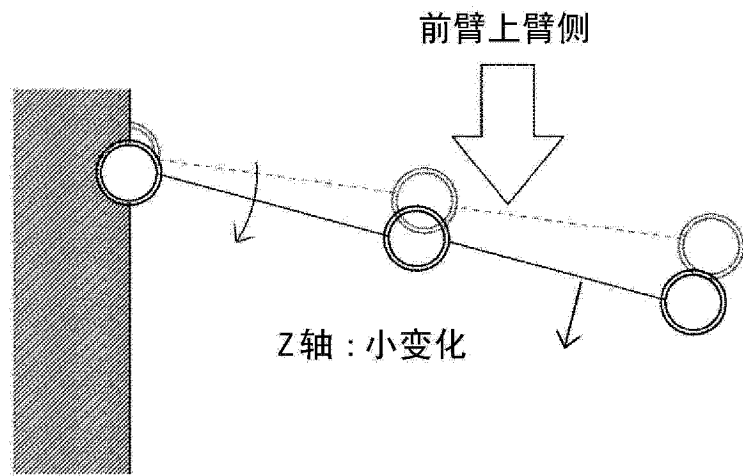


图 14

(a)



(b)

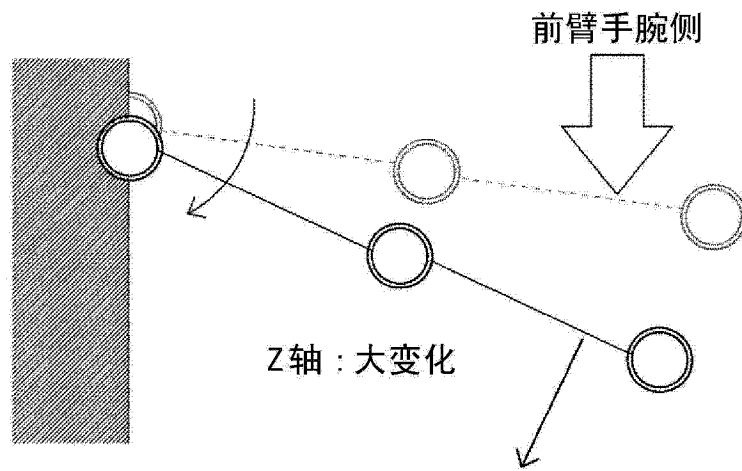


图 15

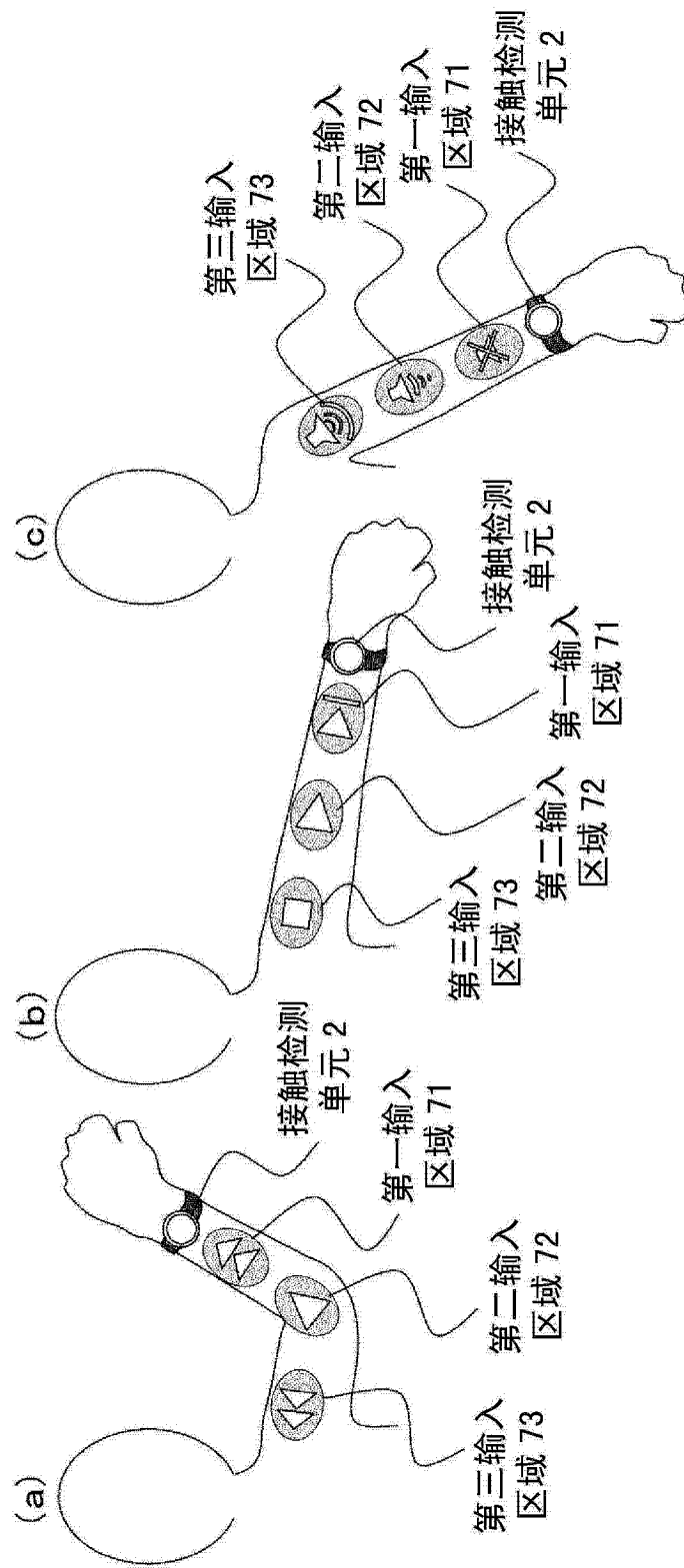


图 16

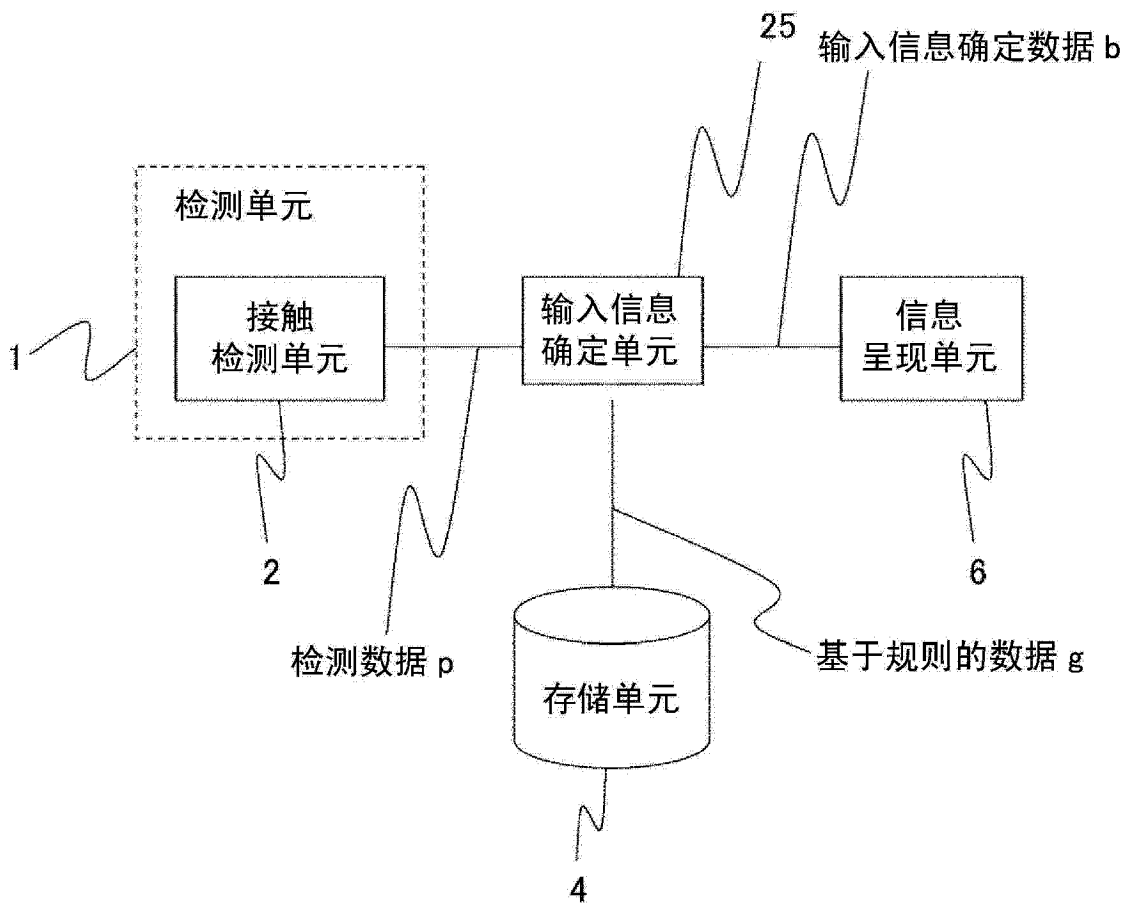


图 17

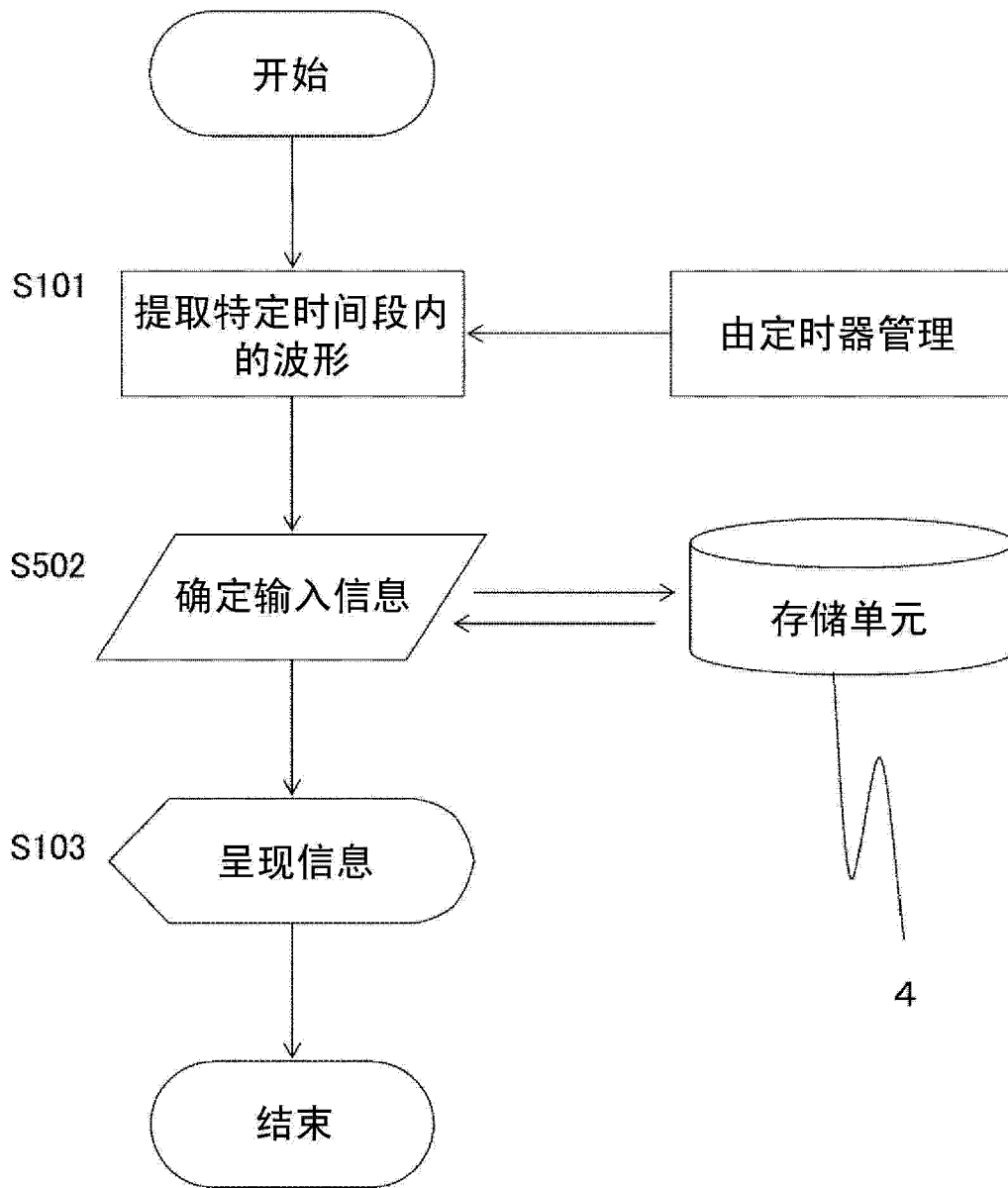


图 18

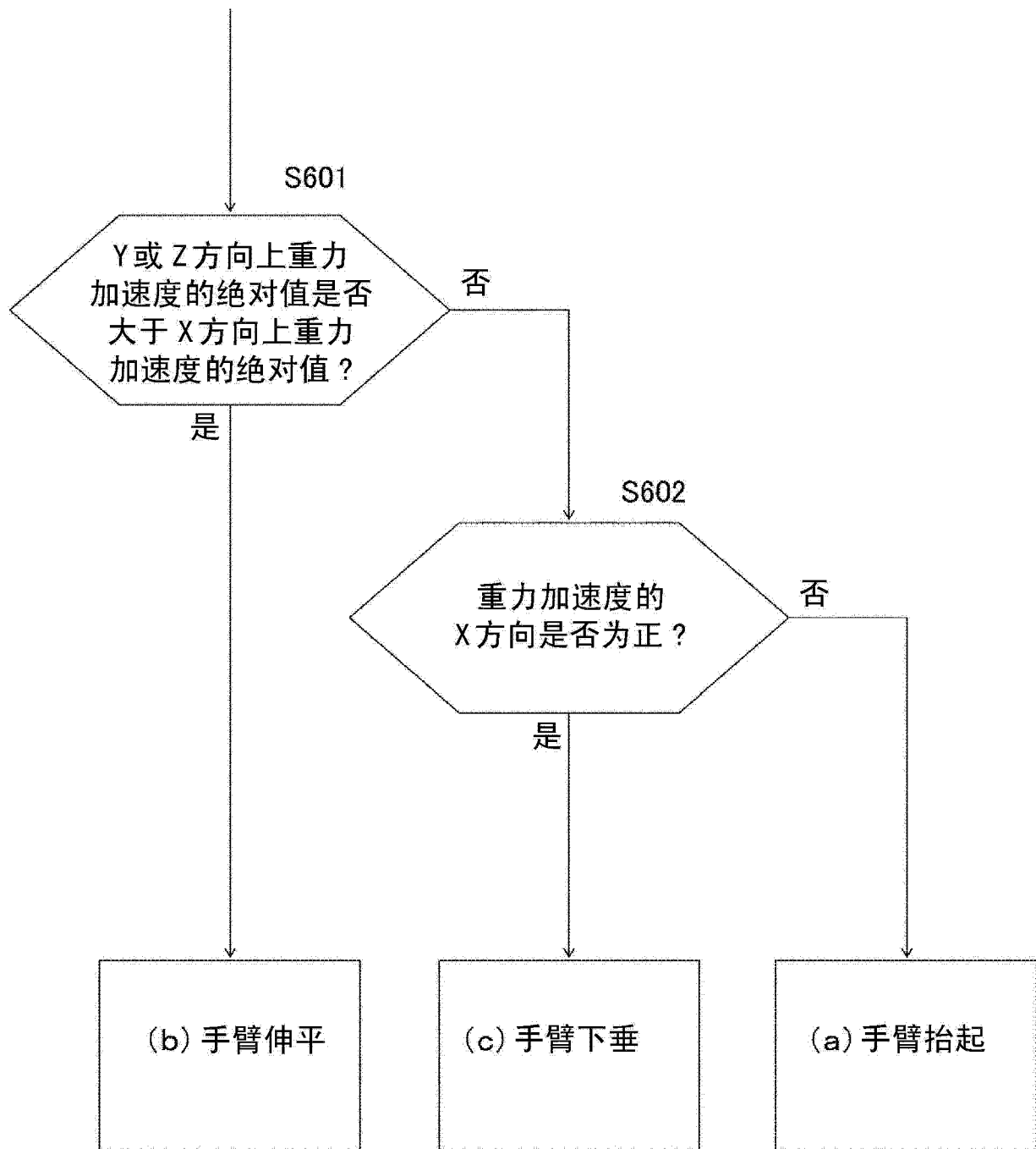


图 19

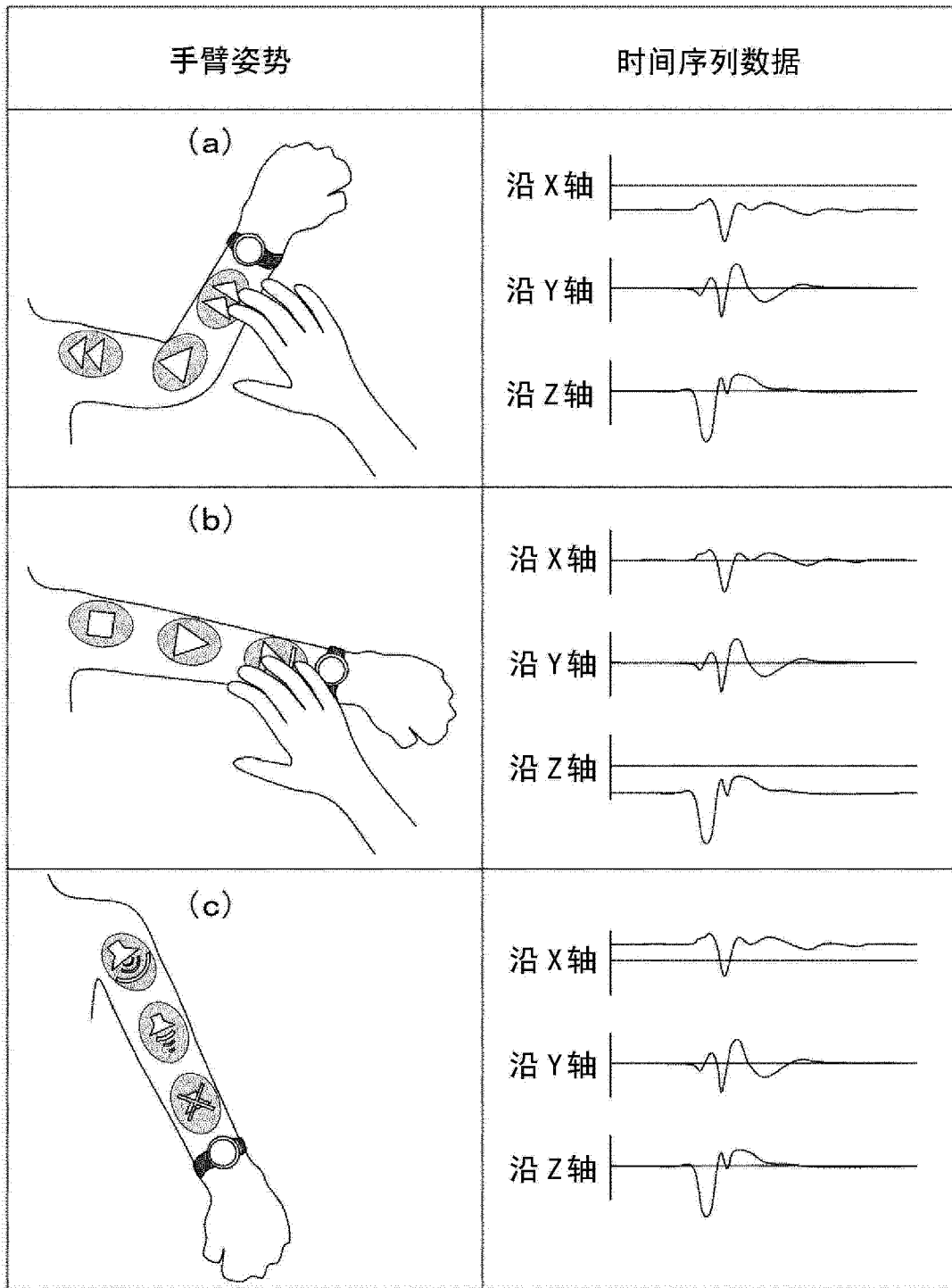


图 20