



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119278102 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 07

(21) 申请号 202280096520.X

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.05.30

B06B 1/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.11.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/022009 2022.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/233491 JA 2023.12.07

(71) 申请人 国立大学法人东北大学

地址 日本宫城县

(72) 发明人 昆阳雅司 星裕也 田所谕

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

专利代理师 乔婉 杨俊波

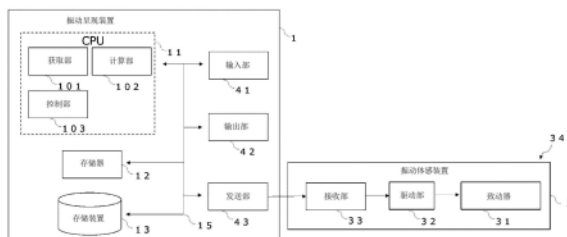
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

振动呈现装置、振动产生系统、振动呈现程序、存储有振动呈现程序的记录介质以及振动产生方法

(57) 摘要

本发明对于脱离致动器的共振频带的、难以呈现的低频率的振动,使用该致动器来呈现人容易感知(错觉)为该低频率的振动。用于通过共振频率处于大于第一频带的第二频带的致动器(31)来呈现第一频带的振动的振动呈现装置(1)具备:获取部(101),其用于获取至少包含作为低于第二频带的共振频率的第一频带的振动的信号;计算部(102),其用于求出由获取部(101)获取的第一频带的振动的极大值,并根据极大值求出成为极大值的时间即极大值时间;以及控制部(103),其用于基于由计算部(102)计算出的极大值时间,在包含极大值时间的前后的时间即迁移时间内控制致动器而生成单发波。



1. 一种振动呈现装置,用于通过共振频率处于大于第一频带的第二频带的致动器来呈现所述第一频带的振动,该振动呈现装置具备:

获取部,其用于获取至少包含作为低于所述第二频带的共振频率的所述第一频带的振动的信号;

计算部,其用于求出由所述获取部获取的所述第一频带的振动的极大值,并根据所述极大值求出成为极大值的时间即极大值时间;以及

控制部,其用于基于由所述计算部计算出的所述极大值时间,在包含所述极大值时间的前后的时间即迁移时间内控制所述致动器而生成单发波。

2. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

所述计算部求出所述极大值时间内的极大值的振幅即极大值振幅。

3. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

生成所述单发波的单发波周期时间为0.002秒以上且0.02秒以下的时间。

4. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

所述迁移时间为0.04秒以下的时间。

5. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

所述计算部计算多个所述极大值,并针对相邻的所述极大值的时间间隔即间隔时间为0.1秒以上者,计算所述极大值时间。

6. 根据权利要求5所述的振动呈现装置,其中,

所述计算部计算多个所述极大值,在所述多个极大值中紧接着第一极大值之后的第二极大值的强度比所述第一极大值的强度大规定比例以上的情况下,即使所述第一极大值与所述第二极大值的间隔时间为所述间隔时间以下,也计算所述极大值时间。

7. 根据权利要求2所述的振动呈现装置,其中,

所述控制部生成振幅相对于所述极大值振幅为80%以上且120%以下的所述单发波。

8. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

所述第一频带为10Hz以上且100Hz以下。

9. 根据权利要求1所述的振动呈现装置,其中,

所述计算部基于振动的波形或振动的振幅来计算振动的所述极大值。

10. 一种振动产生系统,具备:

权利要求1所述的振动呈现装置;

所述致动器,其共振频率处于所述第二频带中;以及

振动体感装置,其具备通过所述致动器的控制而产生混响振动的壳体。

11. 根据权利要求9所述的振动产生系统,其中,

所述迁移时间设定为在包含所述极大值时间的时间内壳体的混响振动为最大的时间。

12. 一种振动呈现程序,用于使计算机执行:

获取包含作为低于第二频带的共振频率的第一频带的振动的信号的步骤;

求出由所述获取的步骤获取的所述第一频带的振动的极大值,并根据所述极大值求出成为极大值的时间即极大值时间的计算步骤;以及

基于由所述计算步骤计算出的所述极大值时间,在包含所述极大值时间的前后的时间即迁移时间内控制所述共振频率处于第二频带的致动器而生成单发波的驱动步骤。

13.一种记录介质,其存储有权利要求12所述的振动呈现程序。

14.一种振动呈现方法,用于通过共振频率处于大于第一频带的第二频带的致动器来呈现所述第一频带的振动,该振动产生方法包括:

获取至少包含作为低于所述第二频带的共振频率的所述第一频带的振动的信号的步骤;

求出由所述获取的步骤获取的所述第一频带的振动的极大值,并根据所述极大值求出成为极大值的时间即极大值时间的计算步骤;以及

基于由所述计算步骤计算出的极大值时间,在包含所述极大值时间的前后的时间即迁移时间内控制所述共振频率处于第二频带的致动器而生成单发波的驱动步骤。

振动呈现装置、振动产生系统、振动呈现程序、存储有振动呈现程序的记录介质以及振动产生方法

技术领域

[0001] 本说明书所记载的技术涉及振动呈现装置、振动产生系统、振动呈现程序、存储有振动呈现程序的记录介质以及振动产生方法。

背景技术

[0002] 近年来,在智能手机、游戏机、虚拟现实(VR:Virtual Reality)设备、机器人操纵辅助等领域中,为了提高体感性、临场感,正在推进振动反馈的升级(例如,参照专利文献1)。在振动反馈中,由于人的振动感知灵敏度在200Hz附近为最大,因此搭载于智能手机等便携终端的振子大多在装置中搭载小型且能够表现100至300Hz左右的频带的共振频率200Hz左右的线性谐振致动器(LRA:Linear Resonant Actuator)型的振子(例如,参照专利文献2)。

[0003] 另外,近年来,LRA的宽频带化正在发展,也开发了能够呈现共振频率为50至400Hz左右的LRA,并且存在以60Hz至100Hz的共振频率设定振子的设备、游戏机的控制器等(例如,参照专利文献3)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2003-228453号公报

[0007] 专利文献2:国际公开第2021/085506号公报

[0008] 专利文献3:日本特表2021-527257号公报

[0009] 专利文献4:日本特开2004-181304号公报

发明内容

[0010] 发明所要解决的问题

[0011] 然而,在上述共振频率50Hz至400Hz左右的LRA中难以呈现脱离共振频率的几十Hz的低频区域的振动。为了使共振频率为50Hz以下从而进一步增强低频带的感觉,需要增大共振系统的质量,或者为此目的搭载其他振子,结果会造成振子所占的体积变大。

[0012] 在专利文献4中公开了如下发明:对于在弹簧等施力单元之间移动的可动体,通过对可动体周边的线圈控制施加蓄积信号、衰减信号,从而调整可动体的振幅,由连结振幅的顶点的包络线形成的模拟振动成为人能够体感到的频率,由此能够抑制可动体的大小,但是这不仅依赖于振子的构造,而且多个信号的输入复杂,另外不清楚是否即使是50Hz以下的频率也能够再现。

[0013] 况且,目前游戏机、VR设备等需要再现的运动复杂,要求简便地提供低频,但其在专利文献4所公开的技术中非常困难,特别是在要求在线的实时信号再现的情况下无法使用。

[0014] 因此,存在这样的课题:通过智能手机等仅搭载共振频率100Hz至300Hz左右的LRA

的小型信息终端,难以表现几十Hz的低频振动的体感。

[0015] 本说明书所记载的技术的目的在于:针对脱离所搭载的致动器的共振频带的、难以呈现的低频率的振动,不使用追加的致动器,通过对该致动器的控制等进行研究而呈现人容易感知(错觉)为该低频率的振动。

[0016] 用于解决问题的方案

[0017] 本发明的振动呈现装置是一种用于通过共振频率处于大于第一频带的第二频带的致动器来呈现所述第一频带的振动的振动呈现装置,具备:获取部,其用于获取至少包含作为低于所述第二频带的共振频率的所述第一频带的振动的信号;计算部,其用于求出由所述获取部获取的所述第一频带的振动的极大值,并根据所述极大值求出成为极大值的时间即极大值时间;以及控制部,其用于基于由所述计算部计算出的所述极大值时间,在包含所述极大值时间的前后的时间即迁移时间内控制所述致动器而生成单发波。

[0018] 发明效果

[0019] 在本发明中,对于低于能够由致动器呈现的共振频带的频率的振动,能够转换为人容易感知(错觉)为该频率的振动来呈现。

附图说明

[0020] 图1是示意性地示出作为实施方式的振动产生系统的结构例的结构图。

[0021] 图2是说明由图1所示的振动产生系统进行的针对低频振动的替代振动的呈现处理的原理的曲线图,(a)是表示呈现的低频信号和控制的单发波形(短时间脉冲波形)的例子的曲线图,(b)是表示在壳体中产生的混响振动的例子(基于激光位移计的测量)的曲线图。

[0022] 图3是示出关于由图1所示的振动产生系统进行的针对低频振动的替代振动的呈现处理的被试实验的结果的图,(a)是示出被试回答的选项的表,(b)至(e)是示出原始(目标信号)的低频波形分别为10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的情况下的回答结果的图表。

[0023] 在图4中,(a)是说明图1所示的振动产生系统的振幅和时机的计算处理的第一例的曲线图,(b)是说明图1所示的振动产生系统的振幅和时机的计算处理的第二例的曲线图。

[0024] 图5是说明低频振动的振幅和时机的在线计算处理的曲线图。

[0025] 图6是用于说明由图1所示的振动产生系统进行的第一振动波形以及第二振动波形的生成处理的框图。

[0026] 在图7中,(a)是说明使用基于致动器的振子的情况下的振动生成处理的框图,(b)是说明使用便携终端的情况下的振动生成处理的框图。

具体实施方式

[0027] 以下,参照附图对实施方式进行说明。但是,以下所示的实施方式只是例示,并不意图排除实施方式中未明示的各种变形例、技术的应用。即,本实施方式能够在不脱离其主旨的范围内加以各种变形来实施。

[0028] 另外,各图并非旨在仅具备图中所示的构成要素,也可以包含其他构成要素。以下,在图中,只要没有特别说明,则标注相同附图标记的部分表示相同或同样的部分。

[0029] [A]实施方式

[0030] A-1. 系统的结构

[0031] 图1是示意性地示出作为实施方式的振动产生系统100的结构例的图。

[0032] 振动产生系统100包括振动呈现装置1、振动体感装置3。

[0033] 振动呈现装置1具备CPU 11、存储器12、存储装置13、输入部41、输出部42以及发送部43,它们分别通过总线15连接。

[0034] 振动体感装置3具备致动器31、驱动部32、接收部33,并收纳于壳体34中。

[0035] 振动呈现装置1和振动体感装置3可以分体设置,也可以一体设置。另外,振动呈现装置1内的一部分也可以设置于振动体感装置3。另外,在振动呈现装置1与振动体感装置3为一体时,壳体34也可以收纳整个振动呈现装置1。

[0036] 本实施方式的一例中的振动产生系统100主要用于智能手机、游戏机、虚拟现实(VR:Virtual Reality)设备、机器人等,但也可以应用于包括振动装置的椅子、服装、头戴式耳机等。

[0037] 振动呈现装置1具备:中央处理器(CPU:Central Processing Unit)11,其进行控制、驱动;存储器12,其用于保管程序等;存储装置13;输入部41,其用于获取包含原始信号等以再现为目标的信号的信息;输出部42,其用于向用户输出振动等触感以外的信息;发送部43,其用于与振动体感装置3进行信息的通信;以及连接它们的总线15。

[0038] CPU 11是进行各种控制、运算的处理装置,通过执行存储于存储器12的操作系统(OS:Operating System)、振动呈现程序来实现各种功能。即,如图1所示,CPU 11可以作为获取部101、计算部102以及控制部103发挥功能。

[0039] CPU 11是计算机的一例,例如控制振动呈现装置1整体的动作。用于控制振动呈现装置1整体的动作的装置不限于CPU 11,例如也可以是MPU、DSP、ASIC、PLD、FPGA、专用处理器中的任意一个。另外,用于控制振动呈现装置1整体的动作的装置也可以是CPU、MPU、DSP、ASIC、PLD、FPGA及专用处理器中的两种以上的组合。另外,MPU是微处理器(Micro Processing Unit)的简称,DSP是数字信号处理器(Digital Signal Processor)的简称,ASIC是专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit)的简称。另外,PLD是可编程逻辑器件(Programmable Logic Device)的简称,FPGA是现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array)的简称。

[0040] 存储器12是存储操作系统(OS:Operating System)、振动呈现程序的记录介质,由只读存储器(ROM:Read Only Memory)以及随机存取存储器(RAM:Random Access Memory)等构成。

[0041] 存储装置13是可读写地存储数据的装置,例如可以使用硬盘(HDD:Hard Disk Drive)、固态驱动器(SSD:Solid State Drive)、存储级存储器(SCM:Storage Class Memory)。存储装置13存储由输入部41获取的信息、预先存储与想要再现的振动有关的信号、触觉信号、通过振动呈现程序由计算部102计算出的各种数据等。

[0042] 输入部41用于在振动呈现装置1中在线获取各种信息,包括诸如音乐、电影、游戏等的声音等音响信息、冲击、操作期间的感觉、机器人与物体接触时产生的振动等。此外,在存储装置13等中预先保存有想要再现触觉的信息的情况下,也可以不设置输入部41。

[0043] 输出部42在振动呈现装置1中产生向用户呈现振动体感装置3以外的信息的影像、

音源。此外,只要不向用户呈现影像、音源等,也可以不具备输出部42。另外,输出部42也可以设置在振动体感装置3。

[0044] 发送部43是通过有线或无线经由振动体感装置3的接收部33发送控制信号的部位。

[0045] 在使振动呈现装置1与振动体感装置3为一体的情况下,发送部43也可以利用例如SPI、I2C、I2S等通信方式或电压等模拟信号。发送部43也可以内置为CPU 11的功能。

[0046] 在有线的情况下,也可以利用USB、Thunderbolt (注册商标)、Ethernet (注册商标)、HDMI (注册商标)等通信方式。

[0047] 在无线的情况下,例如也可以是Bluetooth (注册商标)用、WiFi用或者ZigBee (注册商标)用等的通信部或者无线局域网(LAN:Local Area Network)用的通信部。

[0048] 具体说明CPU 11的获取部101、计算部102、控制部103。

[0049] 获取部101用于获取从输入部41得到的音乐、电影、游戏等的声音等音响信息、冲击、操作期间的感觉、机器人与物体接触时产生的振动等信号。

[0050] 此外,在与想要再现的振动有关的信号、触觉信号预先存储在存储装置13等中的情况下,从存储装置13读出并获取到获取部101。

[0051] 计算部102是解析由获取部101获取的触觉信号,并将其分离、提取为第一频带、第二频带,或者计算第一频带的振动的极大值、极大值的时间(时机)、振幅的大小的部位。稍后将描述具体的计算处理。

[0052] 控制部103是生成控制信号以控制致动器的部位,控制致动器31再现由计算部102计算出的第二频带,同时控制致动器31在包括第一频带中的极大值的规定时间内生成至少具有规定周期(下文中也称为“单发波周期时间”)的正弦波或矩形波等脉冲波,以再现模拟的第一频带。此外,只要在生成的规定时间内,则周期可以是半周期、1.5周期、或者2周期等的波形,也可以输出振幅不同的几个周期的波形。另外,通过使用振幅不同的几个周期的波形,有可能能够有效地在壳体34中生成混响。

[0053] 这些生成的正弦波以及脉冲波等也可以统称为单发波形。生成单发波形的单发波周期时间为由致动器31的共振系统或者致动器31和壳体34的共振系统产生的混响振动的一个周期以下的时间,并且例如是用户能够充分体感到的大小。若考虑当前的致动器能够产生的振动频率,则优选为0.002秒以上且0.02秒以下的时间。另外,也可以根据由获取部101获取的振动的波形的周期的比率来决定。

[0054] 接着说明振动体感装置3。

[0055] 本实施方式的振动体感装置3是再现并向用户提供音乐、电影、游戏等的声音等音响信息、冲击、操作期间的感觉、机器人与物体接触时产生的振动等触觉信号的部位。振动体感装置3具有生成振动的致动器31、驱动部32、接收部33。为了使致动器31再现的触觉信号更接近现实,所搭载的致动器31的共振系统处于作为高频带(第二频带)的50至350Hz左右的频带中,人的振动感知灵敏度较高。在本发明中,例如使用 $200\text{Hz} \pm 150\text{Hz}$ 的致动器31再现高频带,并且使用致动器31将低频带(第一频带)100Hz以下(10Hz至100Hz、特别是10Hz至50Hz)中的模拟振动转换为人能够体感到的频率进行呈现。

[0056] 在本实施方式中,致动器31是使用磁铁和线圈的音圈型致动器,如LRA(线性共振致动器)。致动器31也可以设置于壳体34内。此时,致动器31与壳体34构成共振系统。致动器

31的共振系统的共振频率例如可以为 $200\text{Hz} \pm 150\text{Hz}$ 。另外,致动器31的共振系统的上限值例如可以是 350Hz ,下限值可以是 50Hz 。

[0057] 此外,致动器31不限于音圈型致动器,也可以由通过弹性体支承、连接于壳体34内的重物构成致动器31,在该情况下,共振系统由致动器31、弹性体、重物及壳体34构成。重物也可以使用电池、壳体34内的各种部件。

[0058] 驱动部32是基于由接收部33接收、由控制部103生成、用于控制致动器31的数字信号或模拟信号来驱动致动器的部位。驱动部32也可以包括用于驱动致动器31的未图示的放大器(amplifier)、反馈电路等。

[0059] 接收部33是接收从振动呈现装置1的发送部43发送的控制信号的部位。在发送部43的信号直接发送到驱动部32的情况下,也可以省略接收部33。

[0060] A-2. 替代振动的呈现处理

[0061] 以下说明本发明的通过替代振动来再现模拟的第一频带的具体方法。

[0062] 图2是说明由图1所示的振动产生系统100进行的针对低频振动的替代振动的呈现处理的原理的曲线图,图2的(a)是表示呈现的低频信号和控制的短时间单发波形的例子的曲线图,图2的(b)是表示在壳体34中产生的混响振动的例子(基于激光位移计的测量)的曲线图。

[0063] 在图2的(a)所示的曲线图中,横轴表示时间(Time[s]),纵轴表示振幅(Amplitude),虚线曲线图表示 10Hz 的应再现的原始信号(作为替代振动应再现的目标的信号(以下有时也称为“目标信号”))(Original signal)的波形,实线曲线图表示控制致动器31产生的作为单发波形的脉冲信号(Control pulse signal)。配合连续的目标信号的低频信号的峰值的时机,短时间的脉冲信号通过控制致动器31而生成为输入波形。在图2的(a)所示的例子中,由致动器31输入的脉冲信号使用一个周期的正弦波。通过配合低频信号的峰值而生成脉冲信号,能够表现特征性的低频的周期。

[0064] 所控制的脉冲信号(换言之,替代波形)由下式生成。在此,A是原始的低频的振幅,f是替代刺激的频率, t' 是取原始的低频的极大值的时刻。

$$[0065] \quad y(t) = \begin{cases} A \sin(2\pi f t) & \text{若 } t' - \frac{1}{4f} \leq t \leq t' + \frac{3}{4f} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

[0066] 在图2的(b)所示的曲线图中,横轴表示时间(Time[s]),左侧的纵轴表示原始信号以及控制信号的电压(Original/Control signal[V]),右侧的纵轴表示基于测量出的振动的位移(Measured vibration[μm])。另外,虚线曲线图表示原始信号(目标信号)(Original signal),粗线曲线图表示控制致动器31而生成的脉冲信号(Control pulse signal),细线曲线图表示在振动产生系统100的壳体34中产生并测量出的位移(Measured vibration)。对于致动器31中的短时间的脉冲输入,由于包括致动器31的壳体34的固有振动而产生混响振动。混响振动需要时间才能衰减。可以认为该衰减波形生成本来通过致动器31难以再现的低频体感。

[0067] A-3. 替代振动的体感评价

[0068] 实际调查了上述的替代振动的呈现处理的方法能够以何种程度呈现低频体感。

[0069] 图3是示出关于由振动产生系统100进行的针对低频振动的替代振动的呈现处理的被试实验的结果的图, (a) 是示出被试回答的选项的表, (b) 是示出目标信号的低频波形为10Hz的情况下的被试的三次回答的平均值的结果的图表, (c) 是示出目标信号的低频波形为20Hz的情况下的被试的三次回答的平均值的结果的图表。(d) 是示出目标信号的低频波形为30Hz的情况下的被试的三次回答的平均值的结果的图表。(e) 是示出目标信号的低频波形为40Hz的情况下的被试的三次回答的平均值的结果的图表。(b) 至 (e) 除了回答的选项的最大值、最小值之外, 还示出了四分位距以及中位数。

[0070] 在图3中的被试实验中, 设定10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的正弦波为作为目标信号的低频振动, 使用60Hz、80Hz、100Hz的正弦波为作为刺激的各自的替代振动, 通过被试的主观体感来评价使用上述的替代振动的呈现处理方法能否呈现作为目标信号的低频振动。在体感实验中, 被试通过单手握持能够呈现约10Hz至100Hz的音圈型振子来体感, 从而不使被试选择基于感到的振动以外的信息的回答。被试为20多岁的男女7名。

[0071] 首先, 为了向被试示教低频和高频的不同, 反复呈现作为低频的10Hz的正弦波、作为高频的80Hz的正弦波, 直到被试能够区别不同。

[0072] 作为使被试进行体感评价的刺激, 在以作为目标信号的低频振动10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的情况下分别进行了四种: 作为目标信号的低频振动本身 (Raw Wave)、使用60Hz的正弦波生成的替代振动、使用80Hz的正弦波生成的替代振动、使用100Hz的正弦波生成的替代振动。

[0073] 在体感实验中, 用音圈型振子呈现刺激5秒钟, 让被试以图3的 (a) 所示的七级的李克特量表 (Likert scale) 回答该刺激判断为低频、高频中的哪一个。另外, 越接近尺度1越表示高频 (接近向被试示教的80Hz的体感), 越接近尺度7越表示低频 (接近向被试示教的10Hz的体感)。

[0074] 刺激反复呈现, 直到被试能够回答。各个种类的刺激随机呈现, 以避免顺序效应。被试在用白噪声和隔音耳罩阻断听觉的状态下进行了实验。实验中的刺激经由USB音频接口 (ASUS, XONAR U7 MK II)、音频放大器 (SMSL SA-36A PRO), 从被试握持的音圈型振子 (VP4, Acouve Laboratory, Inc.) 输出。

[0075] 如图3的 (b) 所示, 若以体感10Hz的低频振动为目标, 10Hz的低频振动本身 (Raw Wave) 自不必说, 而60Hz、80Hz、100Hz的单发波形也能够呈现相同程度的非常强的低频体感。另外, 在20Hz的情况下, 包括低频体感为20Hz的低频振动本身 (Raw Wave) 在内, 能够给予与低频体感为10Hz的情况相比稍微降低的低频体感。

[0076] 关于30Hz、40Hz, 包含30Hz、40Hz的低频振动本身 (Raw Wave) 在内, 感觉到接近高频的体感的情况较多。

[0077] 另一方面, 在10Hz、20Hz、30Hz、40Hz下都观察到各自回答的尺度值的中位数接近在10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的低频振动本身中被试回答的值、在60Hz、80Hz、100Hz下生成的替代振动中被试回答的值的倾向, 可以认为被试在10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的每一个中都以60Hz、80Hz、100Hz生成的替代振动得到了与产生10Hz、20Hz、30Hz、40Hz的低频振动本身 (Raw Wave) 的体感的低频振动本身相似的体感。

[0078] 如上所述, 可知如果使用本发明的替代振动的呈现处理的方法, 以60Hz、80Hz、100Hz的振动也能够向被试呈现接近作为目标的低频振动的感觉。

[0079] 另外,在图3中的被试实验中,为了严格不让被试选择基于振动以外的信息的回答而使用了能够呈现大约10Hz至100Hz的振动的音圈型振子,但通过使用本发明的方法,在无法呈现10Hz至50Hz的振动的音圈型振子中也能够向被试呈现与本来无法呈现的低频振动相似的感觉。

[0080] A-4. 基于目标信号决定替代振动的振幅、时机的方法

[0081] 以上叙述了根据理想的原始信号(目标信号)生成替代振动的方法,但实际上在音乐、游戏等中要再现的原始信号(目标信号)为复杂的振动。以下叙述在这样的复杂的振动中要如何生成本发明的替代振动。

[0082] 图4的(a)是使用在图1所示的振动产生系统100的获取部101中预先获取的、或者预先储存在存储装置13等中的、在音乐等中产生的振动等信号的一例,说明由计算部102利用振幅和控制部103控制致动器31生成单发波形的时机的计算处理的第一例的曲线图,图4的(b)是说明第二例的曲线图。

[0083] 在图4的(a)所示的第一例中,将想要再现的振动表示为后述的分离为高频信号、低频信号后的低频信号(原始信号(目标信号))。低频信号为规定的频率以下的信号,例如为100Hz以下,优选为80Hz以下,更优选为60Hz以下。也可以根据搭载的致动器31的难以再现的区域适当决定。另外,低频信号可以作为分离后的低频信号整体的信号进行处理,也可以进一步分离为规定的不同低频区域(例如,在获取到80Hz以下的10Hz以上的低频信号的情况下,也可以进一步分离为10Hz至50Hz和50Hz至80Hz,作为各自的低频信号应用计算部102的处理)。在该情况下,也可以针对每个分离出的频带,控制单发波的波形、单发波周期时间、振幅等致动器31的各种驱动参数,从而对每个频带组合多个更接近人的体感的替代振动来进行呈现。

[0084] 计算部102计算低频带的信号波形中包含的多个极大值和极小值。由发明人的实验的结果可知,在以混响振动未充分衰减的非常短的时间间隔来生成替代振动的情况下,被试不会感到作为目标的低频振动,而是感知为致动器31本来的高频振动。因此,为了生成低频振动的替代振动,计算出的多个极大值中的相邻的极大值选择在时间上相距规定的间隔(以下,有时也称为“间隔时间”)(例如,0.1秒以上)以上者。在相邻的极大值在时间上没有相距规定的间隔时间以上的情况下,仅选择相邻的极大值中最具特征性的(较大的)极大值。在图示的例子中,“X”标记的点没有相距规定的间隔时间以上,因此不选择为极大值。这样选择出的极大值的位置(以下也称为“极大值时间”)计算为用于呈现替代振动的时机时间。

[0085] 另一方面,关于振幅,在第一例中,从极大值向连结多个极小值的直线画垂线的交点之间的距离计算为替代振动的振幅(参照双箭头)(以下有时也称为“极大值振幅”)。

[0086] 如上所述,决定用于呈现替代振动的时机以及振幅。

[0087] 在图4的(b)所示的第二例中,计算部102仅计算低频带的波形中包含的多个极大值。极大值的选择与第一例相同,计算出所选择的极大值的位置(极大值时间)作为用于呈现替代振动的时机时间。

[0088] 另一方面,在第二例中,对于极大值振幅,从规定的基准值到极大值的距离计算为替代振动的振幅(参照双箭头)。

[0089] 第一例对于背景噪声较大、作为目标的低频带的信号波形与噪声相比较小的情况

等有效。另一方面,第二例对于作为目标的低频带的信号波形与噪声相比足够大的情况有效。

[0090] 输出单发波形的时机不一定需要严格为极大值时间,也可以包含极大值时间的前后的时间、即从极大值时间迁移规定时间(以下也称为“迁移时间”)而生成。规定时间迁移(迁移时间)可以设定为由单发波形控制的壳体振动(混响振动)最大的时机与根据目标信号求出的极大值时间一致或者与极大值时间大致相同的时间,人不感到不适的程度即可。

[0091] 迁移时间根据人能够容许相比输出部42呈现的视觉、听觉有何种程度的偏差来决定。在现有研究中存在以下阈值:人能够注意到在有重复的体感中为0.04秒、在单发的体感中为0.03秒左右的偏差。因此,迁移时间例如可以设为位于 ± 0.04 秒左右的范围内,但为了不使敏感的人感到不适,优选设为位于 ± 0.02 秒左右的范围内。

[0092] 另外,优选单发波形的生成时机维持计算出的极大值的间隔时间。

[0093] 时机不需要严格为极大值时间是因为:即使输出单发波形的时机偏离一定量,体感到振动的人也几乎不会注意,可以认为对于向用户呈现低频区域的替代振动,在想要再现的目标信号中,重要的是再现主要的极大值之间的时间。

[0094] 另外,在图4的(a)、(b)中,根据波形、振幅高度等决定最大值、最大值时间,但不限于此。例如,也可以根据信号的平方平均值、有效值、变化量等求出。只要能够决定成为信号的特征点的最大值、最大值时间,任意方法均可。

[0095] 替代振动的振幅不需要是在图4的(a)、(b)中求出的极大值振幅的精确大小,可以对所求出的极大值振幅乘以规定的比率来决定。也可以按照接近原始信号(目标信号)的低频体感的方式,根据所使用的壳体和致动器的特性来调整规定的比率。计算的振幅也可以通过指数函数等进行调整,以符合人感知的非线性的主观强度。规定的比率相对于求出的极大值振幅例如可以为80%以上且120%以下。

[0096] 此外,在再现的信号的最大值振幅不那么变动的情况下等,替代振动的振幅也可以作为预先存在的一定的振幅来呈现。在该情况下,不要求出最大值振幅。

[0097] 接着,叙述在线、实时地针对由输入部41获取的目标信号的低频振动的振幅和时机的决定方法。

[0098] 图5是说明在由获取部101将由输入部41在线实时获取的信息获取为信号后,分离为高频振动和低频振动而提取作为目标的低频振动,替代振动的振幅和时机的决定处理的曲线图,横轴是时间的经过。

[0099] 提取出的原始低频振动的信号(目标信号)被按一定时间分割,计算各分割区间内的最大值。一定的分割区间可以与分离出的高频振动的处理所需的区间一致。分割区间只要是0.02秒以下即可,也可以是0.01秒、0.005秒等间隔。在分割区间中检测最大值从增加转变为减少的区间,将转变为减少之前的最大值计算为原始信号的极大值时间。在计算极大值时,可以使用时间微分等。在检测出极大值(峰值)之后根据上述的间隔时间决定的规定时间T(例如0.1秒以内)期间,可以按照规定的规则(例如,不比上次的极大值大20%以上的情况等)排除下一个峰值。图5中的○标记示出具有在规定时间内检测出且未排除的极大值的区间,×标记示出具有已排除的极大值的区间。

[0100] 情况#1示出在规定时间内T内未检测到下一个极大值的情况。该情况#1照常将检测出的极大值决定为单发波的输出时机(极大值时间)。情况#2示出在规定时间内检测到下一

个极大值,但由于下一个极大值比上一次的极大值大比规定值更大的值而不排除的情况。规定的值例如设为比上次的极大值大20%以上的情况。在该情况#2中,将检测出的最初的极大值和比上次的极大值大20%以上的下一个极大值这两者决定为单发波的输出时机(极大值时间)。但是,也可以优先规定时间T的经过时间,从单发波的输出时机中排除未经过规定时间T的下一个极大值。情况#3示出在规定时间T内检测到下一个极大值,但由于小于上次的极大值而排除的情况。在该情况#3中,仅将检测出的最初的极大值决定为输出时机,将下一个较小的极大值从单发波的输出时机中排除。但是,也可以优先规定时间T的经过时间,在情况#2中将未经过规定时间T的下一个极大值(在情况#3中作为输出时机的最初的极大值)从单发波的输出时机中排除的情况下,将情况#3的下一个小的极大值作为单发波的输出时机(极大值时间)。

[0101] 是优先比上次的极大值大比规定值更大的值这一点还是优先规定时间T的经过时间,根据再现的信号的状况、呈现的状况来决定。

[0102] 计算极大值的方法也可以求出区间内的最小值,并求出从减少转为增加的区间,从而转用于计算极小值。通过将计算出的极大值以及极小值应用于图4的(a)的方法,可以计算短时间的单发波形的振幅。在进行在线处理的情况下,单发波的输出时机在通过图4的(a)、(b)所示的方法计算出单发波形的振幅之后,尽可能迅速输出。关于振幅,也可以缓冲规定时间T以上的信号来预先计算单发波形的振幅。

[0103] 在在线之后重新再现时,可以根据图4的(a)、(b)的方法重新设定上述在线获取的原始信号的输出时机、振幅作为提前获取的信号。另一方面,为了再现在线时的感觉,也可以在存储装置13中预先存储在线时的输出时机、振幅,以该输出时机、振幅来再现。

[0104] 在图4的(a)、(b)、图5中,将由计算部102计算出的极大值时间和极大值振幅作为再现用的时间序列数据,与其他视觉、听觉的信息关联存储于存储装置13。通过读出在存储装置13中保管的再现用的时间序列数据,能够随时与视觉、听觉的信息一起由控制部103控制致动器31的驱动时机,向用户提供富于临场感的体感。

[0105] A-5. 计算部的处理

[0106] 接着详细说明振动产生系统100的计算部102的处理。

[0107] 图6是用于说明由计算部102进行的根据获取部101获取的音乐、电影、游戏等中产生的振动等原始信号、或者预先存储在存储装置13等中的原始信号进行作为低频区域的第一频带的振动波形和作为高频区域的第二频带的振动波形的生成处理的框图。

[0108] 步骤201是从由获取部101获取或预先存储在存储装置13等中的信号(换言之,转换前的作为再现目标的信号) $X(t)$ 中、将规定的频率以下的信号分离为高频带信号 $H(t)$ 和低频带信号 $L(t)$ 的信号步骤。

[0109] 高频带信号 $H(t)$ 使用高通滤波器等高频带通滤波器,去除规定频率的信号以下的信号。分离、去除手段使用公知的方法。第二振动波形生成步骤202中,使用分离出的高频带信号 $H(t)$ 在作为高频带的波形的生成第二振动波形 $S2(t)$ 。

[0110] 另一方面,低频带信号也使用低通滤波器等低频带通滤波器从信号 $X(t)$ 中过滤掉规定频率以下的低频带信号 $L(t)$ 。接着,在计算部102的计算步骤203中,根据提取出的低频带信号 $L(t)$,利用图4、图5中说明的方法,计算单发波的振幅(最大值振幅) A_i (i 表示生成的单发波的编号)以及输出时刻(最大值时间) t_i 。第一振动生成步骤204根据在步骤203中计

算出的单发波的振幅 A_i 以及输出时刻 t_i 生成作为低频带波形的第一振动波形(替代振动) $S1(t)$ 。此时,第一振动生成步骤204通过参照用于决定单发波形的单发波参数来决定单发波的形状。单发波参数可以包括单发波的单发波周期时间、迁移时间、间隔时间或振幅比率等数值。

[0111] A-6.控制部的处理

[0112] 图7的(a)是说明由一般的设备的控制部103控制致动器31的情况下的振动生成处理的框图,图7的(b)是说明使用智能手机等便携终端等具有设备特有的参数转换功能的设备的情况下的振动生成处理的框图。

[0113] 图7的(a)的高频增益调整步骤302使用高频带增益调整器对在图6的第二振动波形生成步骤202中生成的高频带信号的第二振动波形 $S2(t)$ 进行高频增益的调整。另一方面,在低频增益调整步骤303中,使用低频带增益调整器,对在图6的第一振动生成步骤204中生成的低频带信号的第一振动波形(替代振动) $S1(t)$ 进行低频的增益调整。

[0114] 在合成步骤304中,将调整了增益的第一振动波形 $S1(t)$ 以及第二振动波形 $S2(t)$ 合成为合成波。在驱动步骤305中,基于合成步骤304的合成波,由振动产生系统100的控制部103生成信号来驱动致动器31。

[0115] 在图7的(b)中,在振动产生系统100具有便携终端等设备特有的参数转换功能的情况下,在高频转换步骤402中,对于高频带信号,通过基于由便携终端的操作系统(OS: Operating System)定义的转换,将在图6的第二振动波形生成步骤202中生成的高频带信号的第二振动波形 $S2(t)$ 转换为高频的参数序列。在步骤403中,将在步骤402中转换为高频的参数序列的信号转换为时间序列以及振幅序列。然后,在步骤404中,由控制部103驱动致动器31创建和再现触觉模式。

[0116] 另一方面,对于低频带信号,在步骤502中,将在图6的计算步骤203中由计算部102计算出的单发波的振幅 A_i 以及输出时刻(时机) t_i 转换为便携终端特有的参数。在步骤503中,将转换为参数序列的信号转换为时间序列以及振幅序列。然后,在步骤504中,由控制部103驱动致动器31创建和再现触觉模式。

[0117] [B]变形例

[0118] 在上述的实施方式中的振动呈现装置1中,将低于能够由致动器呈现的共振频带的几十Hz左右的低频带的振动转换为人容易体感到的振动。

[0119] 本发明使用一般搭载于便携终端等的共振频率100Hz至300Hz左右的LRA来进行,能够与各种技术组合使用。

[0120] 例如,本申请的发明人在引用的专利文献2中公开了如下技术:通过使用能量控制部维持高频下的信号的能量,在维持高频的触感的状态下转换为200Hz左右。该技术能够与本申请的基于替代振动来呈现低频带的振动的方法并用,通过组合本发明和专利文献2所公开的技术,即使使用频带较窄的LRA也能够呈现数10Hz至400Hz左右的宽频带的体感,能够增加设备的设计自由度,实现小型化、低成本化。

[0121] [C]效果

[0122] 根据实施方式中的振动呈现装置、振动呈现程序、记录有振动呈现程序的计算机可读的记录介质以及振动呈现方法,例如能够起到以下的作用效果。

[0123] 本发明针对低于致动器31的共振频带的频率的振动,通过致动器31生成替代振

动,从而能够转换为人容易感知为低频率的振动来呈现。特别是在将LRA用作振子的智能手机等便携设备等中,以往在LRA中难以表现10Hz至50Hz左右的低频,但通过使用本发明,能够呈现低频体感。

[0124] 由此,在便携设备、游戏控制器等中能够表现低频振动,实现具有临场感的振动表现。另外,能够呈现便携设备等中的音乐、电影、视频等的体感振动。

[0125] 本发明从作为再现目标的原始信号获取包含作为低频带的振动的的第一频带的振动的信号,通过计算部102求出获取的所述第一频带的振动的极大值,求出成为极大值的时间即极大值时间,基于计算出的极大值时间,在极大值时间周边的不对人的体感造成影响的迁移时间内驱动致动器31而生成单发波,由此,通过呈现模拟的低频振动,即使致动器31无法生成低频带的振动,也能够呈现用户的低频体感,不需要追加的致动器,从而实现装置的小型化。

[0126] 另外,通过求出极大值时间的极大值振幅,能够呈现精度更高的低频振动。

[0127] 另外,通过人的体感等来确定生成单发波的单发波周期时间、迁移时间,能够降低高频的振动感。

[0128] 计算部102通过将具有多个极大值的信号计算极大值时间时相邻的极大值的时间间隔、即间隔时间设为0.1秒以上,所呈现的替代波形给人带来的体感不会带来高频的振动感。

[0129] 在在线提供振动的情况下,计算部102在多个极大值中紧接着第一极大值之后的第二极大值的强度比第一极大值的强度大规定的比例以上的情况下,即使第一极大值与第二极大值的间隔时间为规定的间隔时间以下,有时也会计算第二极大值。由此,在在线等实时的情况下,通过在原始波形中在特征性的点向用户提供替代波形,能够实时反映低频体感。

[0130] 控制部103生成相对于极大值振幅的强度为80%以上且120%以下的强度的正弦波或脉冲波。由此,能够适当控制替代波形的强度,进一步提高临场感。

[0131] 本发明的致动器使用产生混响振动的壳体,通过利用混响,能够向用户呈现更真实的低频的替代振动。

[0132] [D]其他

[0133] 公开的技术并不限于上述的各实施方式,能够在不脱离各实施方式的主旨的范围内进行各种变形来实施。各实施方式的各结构以及各处理能够根据需要进行取舍选择,或者也可以适当组合。

[0134] 在图1所示的振动产生系统100中具备一个致动器31,但不限于此。振动产生系统100所具备的致动器31的数量能够进行各种变更。

[0135] 附图标记说明

[0136] 1:振动呈现装置;3:振动体感装置;11:CPU;12:存储器;13:存储装置;15:总线;31:致动器;32:驱动部;33:接收部;34:壳体;41:输入部;42:输出部;43:发送部;100:振动产生系统;101:获取部;102:计算部;103:控制部。

100

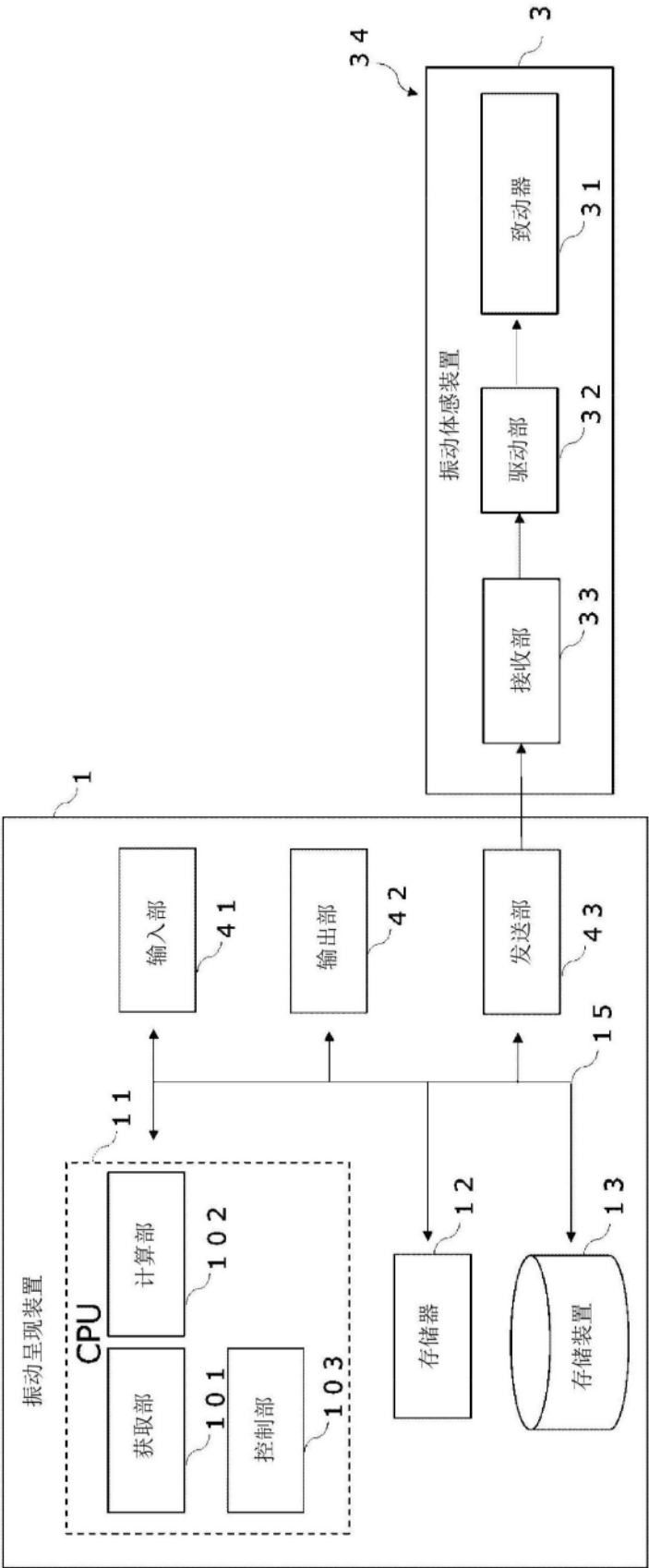
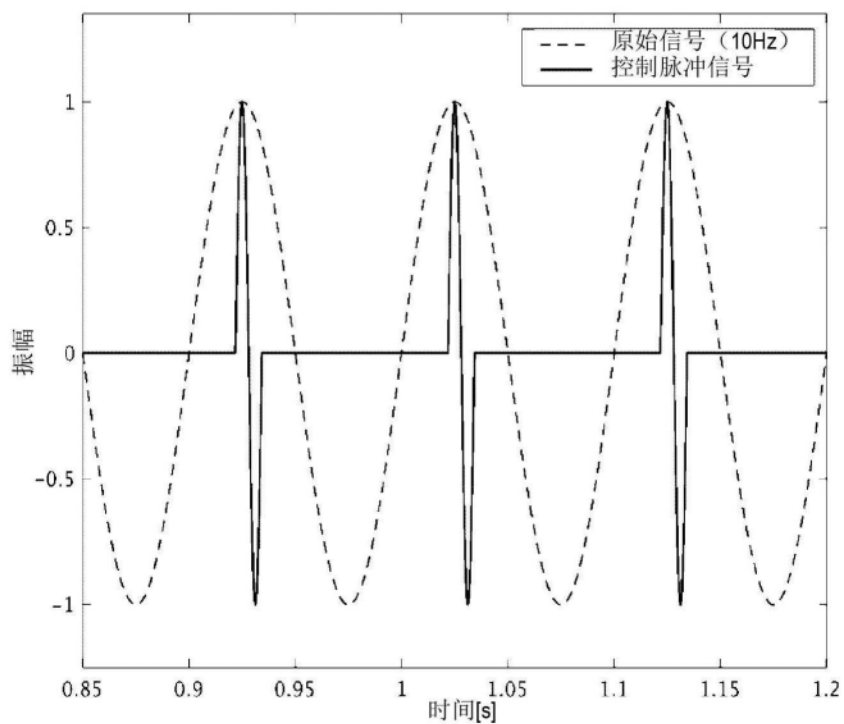
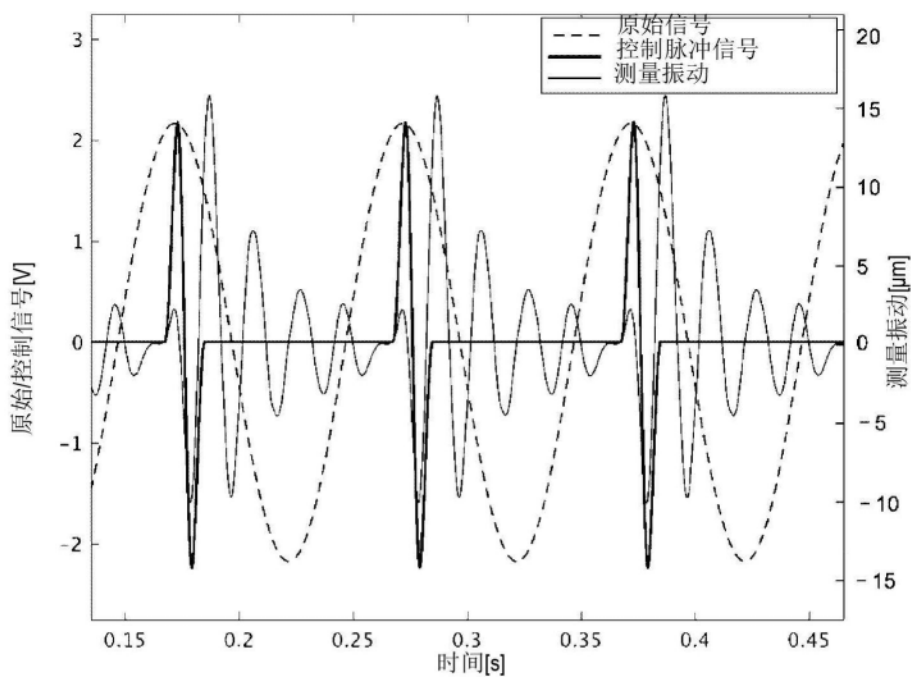


图1



(a) 所呈现的低频信号（虚线）和所控制的短时间脉冲波形（实线）的例子



(b) 在壳体中产生的混响振动的例子（由激光位移计测量）

图2

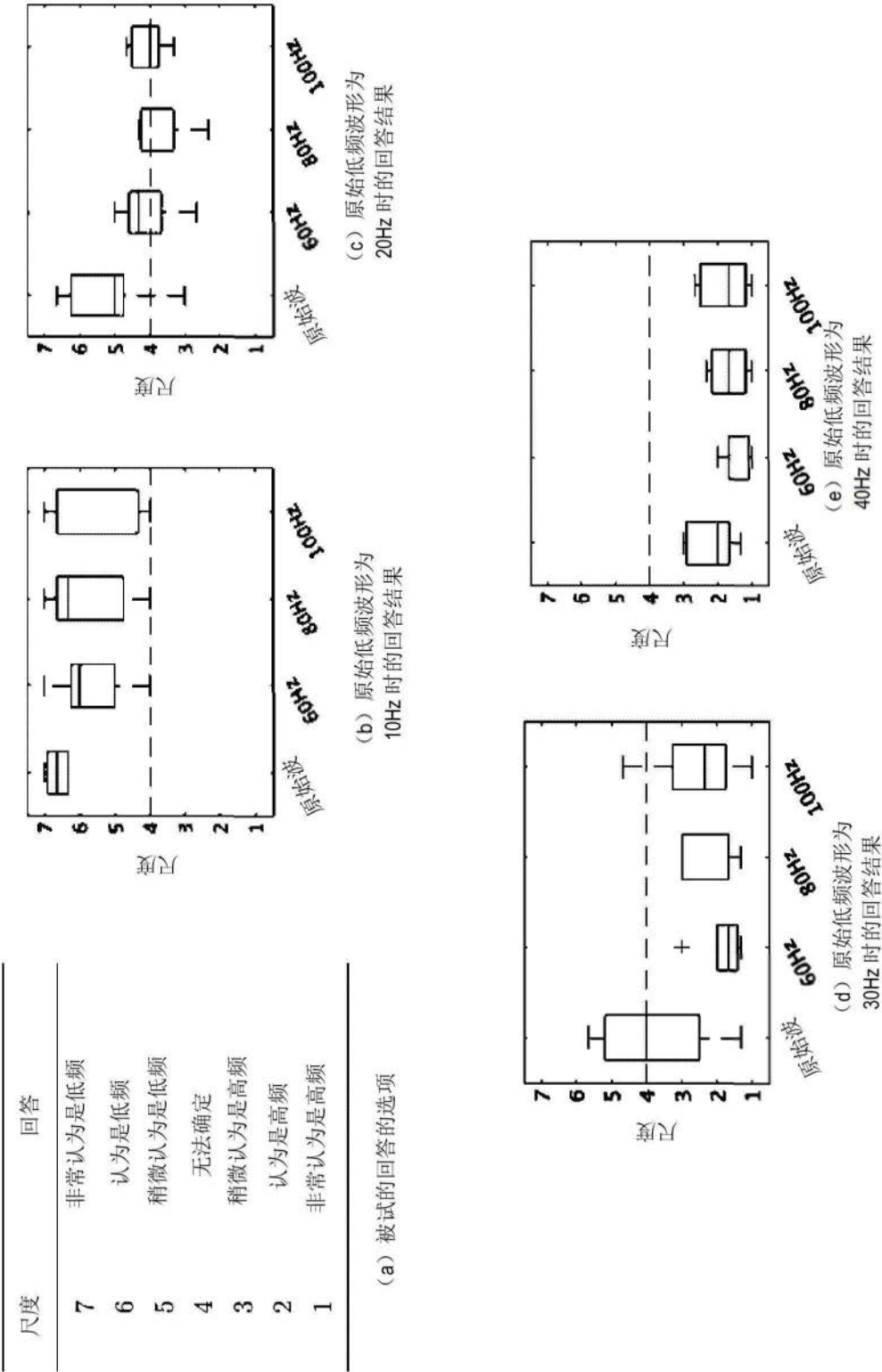
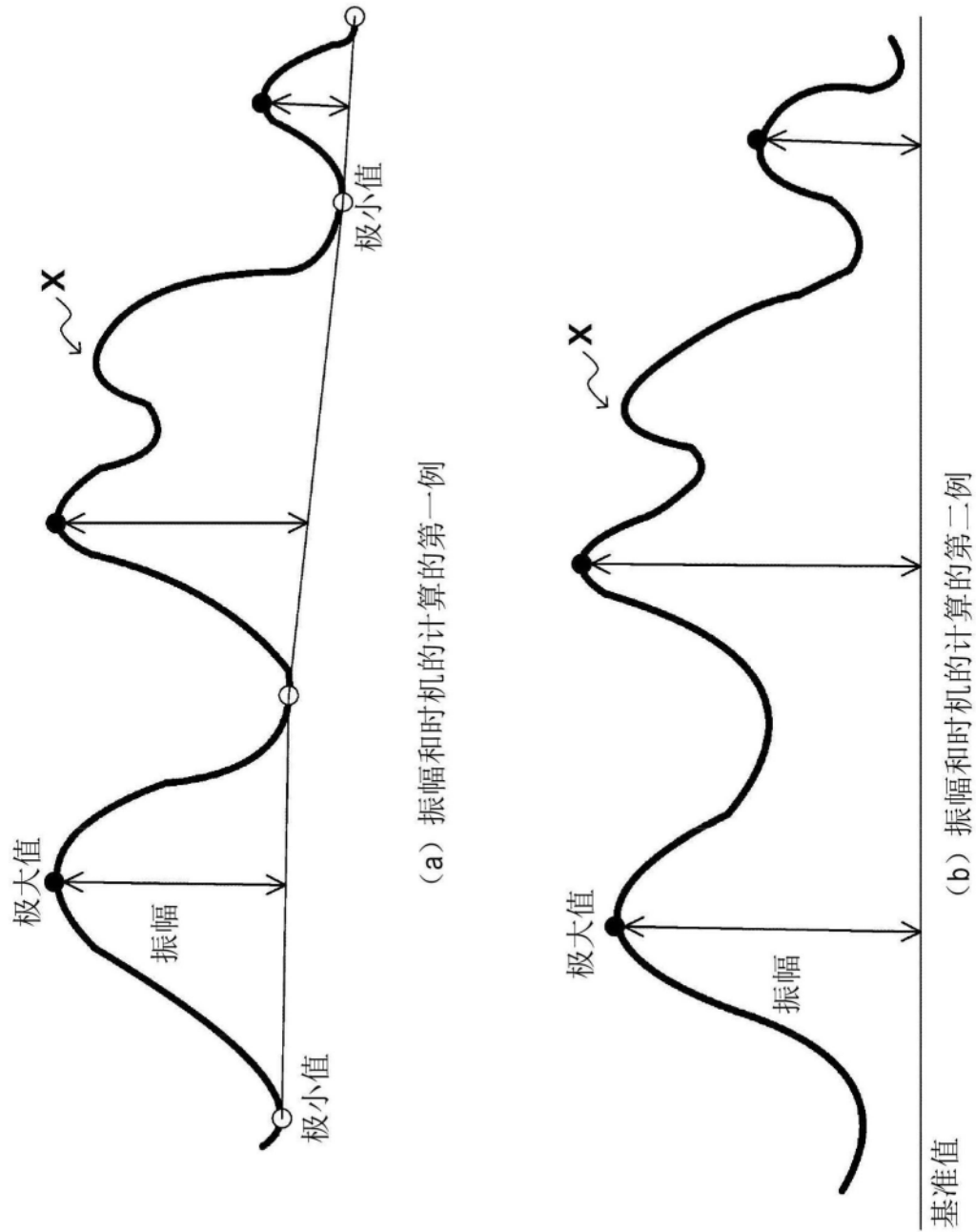


图3



(a) 振幅和时机的计算的第一例

(b) 振幅和时机的计算的第二例

图4

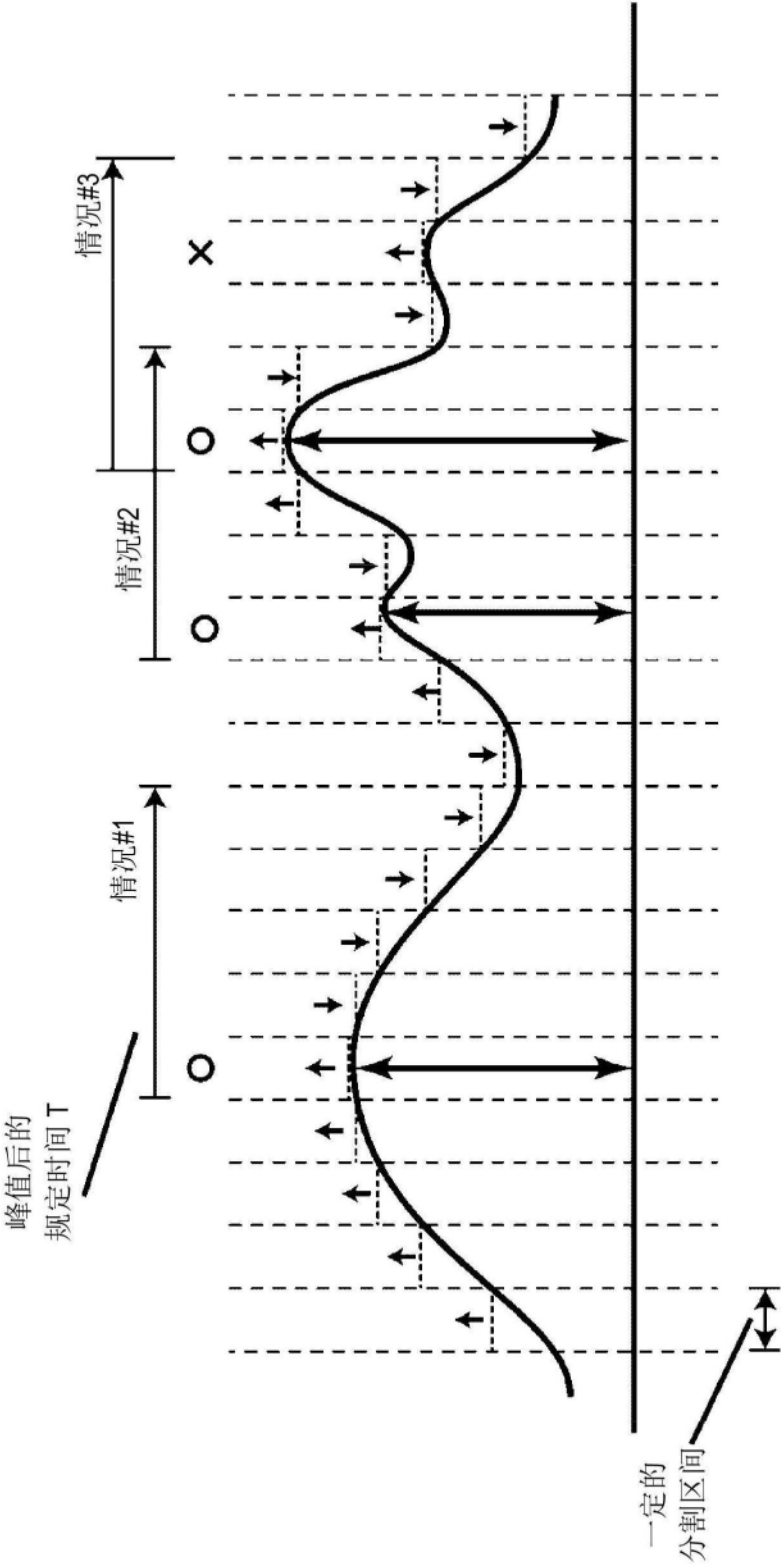


图5

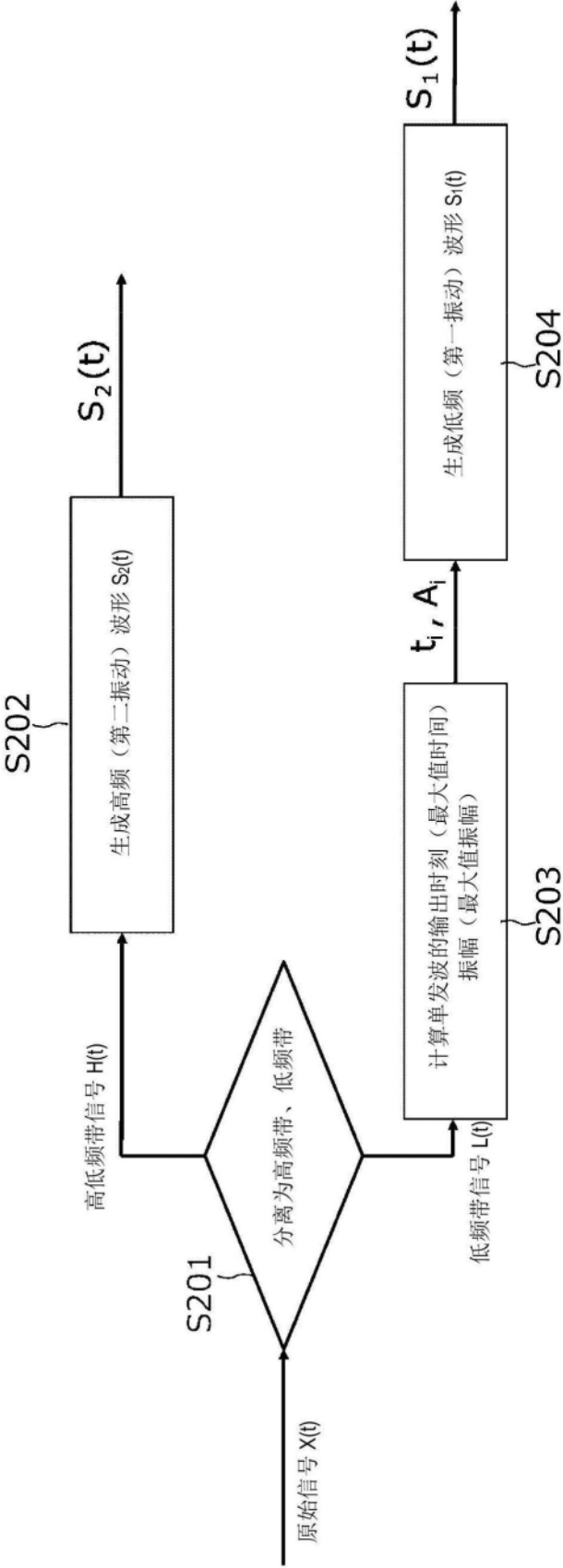


图6

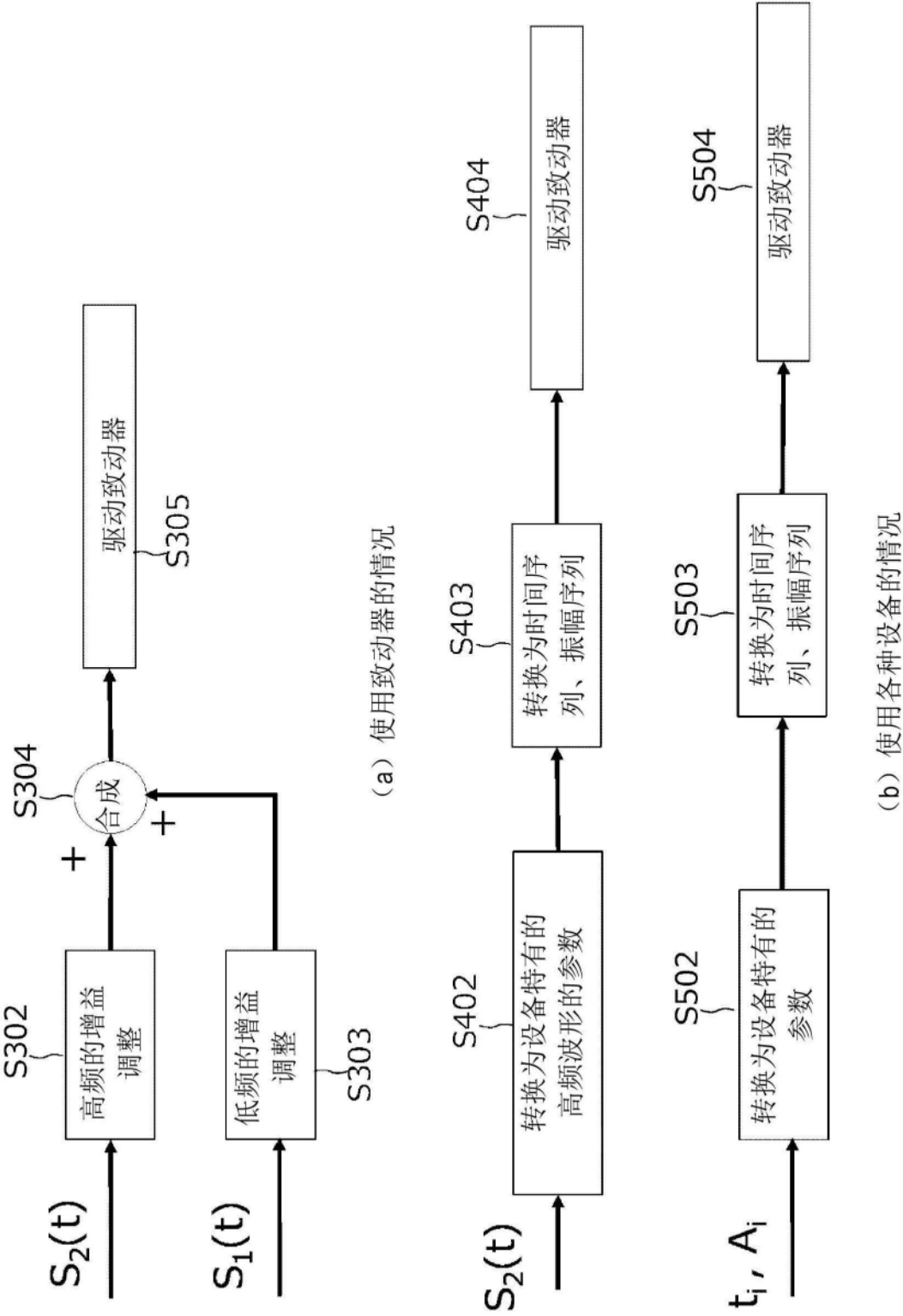


图7