



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111745621 B

(45) 授权公告日 2024.04.23

(21) 申请号 202010213963.5

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.03.24

B25J 9/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B25J 9/12 (2006.01)

申请公布号 CN 111745621 A

B25J 9/16 (2006.01)

(43) 由 2020 10 09

1000-1000

### (30) 优先权数据

CN 108697761 A 2018.10.22

2019-057543 2019-03-26 18

JB 2018171666 A 2018 11 08

(73) 爱普生株式会社 糖工

宋杏昌 王杰

地址 日本东京

(72) 发明人 平出俊塞 年光俊介

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

专利代理人 纪委凤

权利要求书3页 说明书18页 附图11页

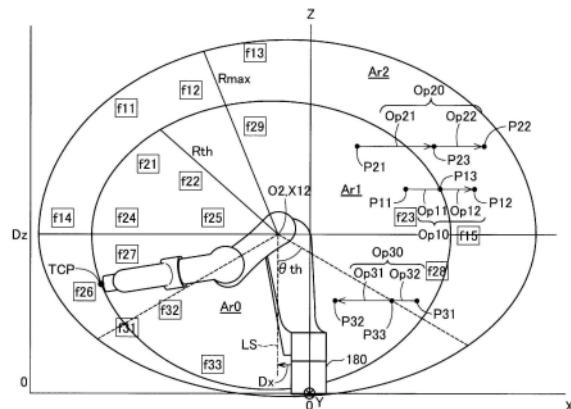
---

(54) 发明名称

# 机器人控制装置、机器人的控制方法及机器人系统

## (57) 摘要

提供机器人控制装置、机器人的控制方法及机器人系统。在进行新的动作的情况下,减少了对该动作测量机器人的振动来重新进行减振处理的设定的繁杂度。该控制装置具备:第二控制信号生成部,能够从用于进行使机器人的可动部移动的动作的第一控制信号中减少预先规定的频率的成分来生成第二控制信号;以及存储部,存储有包括所述机器人的控制点的位置范围与频率之间的组合信息的参照信息,其中所述第二控制信号生成部基于所述动作中的所述机器人的控制点的位置并参照所述参照信息,确定从所述第一控制信号中应减少的频率的成分。



1. 一种控制装置, 用于控制机器人, 所述控制装置具备:

存储器, 所述存储器被配置为存储程序和参照数据, 所述参照数据包括机器人的手臂的控制点, 所述控制点被构成为在第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域内移动, 所述参照数据还包括与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分与所述第二可移动区域、所述第三可移动区域之间的关系, 所述参照数据还包括与所述第一可移动区域相关的、表示不对所述第一可移动区域分配减少频率成分的信息; 以及

处理器, 所述处理器被配置为执行所述程序, 以便:

获得所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域中的起始振动频率和结束振动频率;

生成所述机器人的操作流程;

基于关于所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域的操作流程, 确定所述控制点的始点的起始对应区域, 控制点从该始点开始移动;

基于关于所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域的操作流程, 识别所述控制点的终点的结束对应区域, 在所述终点处, 所述控制点停止所述移动;

获得所确定的起始对应区域的起始振动频率中的第一振动频率;

获得所确定的结束对应区域的结束振动频率中的第二振动频率;

获得与所确定的起始对应区域和所述起始振动频率中的第一振动频率相对应的起始减少频率成分, 所述起始减少频率成分与与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分和与所述第一可移动区域相关的、频率不应被减少这一事项中的一个相对应;

获得与所确定的结束对应区域和所述结束振动频率中的所述第二振动频率相对应的结束减少频率成分, 所述结束减少频率成分与与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分和与所述第一可移动区域相关的、频率不应被减少这一事项中的另一个相对应;

从用于执行机器人的操作流程的原始控制信号中减少起始减少频率成分或结束减少频率成分中的一个, 以产生减少控制信号; 以及

通过用于执行机器人的操作流程的所述减少控制信号移动机器人,

其中, 所述第一可移动区域在所述机器人的手臂的旋转轴下方并且与所述机器人的基台相邻,

所述第二可移动区域在所述第一可移动区域上方并且在所述手臂的控制点的第一移动轨迹内, 处于弯曲状态的所述手臂的所述控制点沿所述第一移动轨迹移动,

所述第三可移动区域在所述第二可移动区域的周围并且在所述手臂的所述控制点的第二移动轨迹内, 处于伸展状态的所述手臂的所述控制点沿所述第二移动轨迹移动,

与第二可移动区域相对应的减少频率成分大于与第三可移动区域对应的减少频率成分。

2. 根据权利要求1所述的控制装置, 其中,

所述手臂具有彼此相对的第一端和第二端, 并且所述手臂的所述第一端连接到所述基台,

- 所述控制点设置在所述手臂的第二端。
3. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,  
所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域彼此不重复。
4. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,  
所述处理器被配置为从用于执行所述机器人的操作流程的所述原始控制信号中减少所述结束减少频率成分,以产生所述减少控制信号。
5. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,  
所述处理器进一步被配置为从用于执行所述机器人的操作流程的原始控制信号中减少所述起始减少频率成分和所述结束减少频率成分,以生成所述减少控制信号。
6. 一种机器人系统,具备:  
权利要求1至5中任一项所述的控制装置;以及  
由所述控制装置控制的机器人。
7. 一种控制方法,用于控制机器人并使处理器执行存储在存储器中的程序,所述控制方法包括在所述处理器上执行如下工序:  
存储程序和参照数据,所述参照数据包括机器人的手臂的控制点,所述控制点被构成为在第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域内移动,所述参照数据还包括与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分与所述第二可移动区域、所述第三可移动区域之间的关系,所述参照数据还包括与所述第一可移动区域相关的、表示不对所述第一可移动区域分配减少频率成分的信息;  
获得所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域中的起始振动频率和结束振动频率;  
生成所述机器人的操作流程;  
基于关于所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域的操作流程,确定所述控制点的始点的起始对应区域,控制点从该始点开始移动;  
基于关于所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域的操作流程,识别所述控制点的终点的结束对应区域,在所述终点处,所述控制点停止所述移动;  
获得所确定的起始对应区域的起始振动频率中的第一振动频率;  
获得所确定的结束对应区域的结束振动频率中的第二振动频率;  
获得与所确定的起始对应区域和所述起始振动频率中的第一振动频率相对应的起始减少频率成分,所述起始减少频率成分与与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分和与所述第一可移动区域相关的、频率不应被减少这一事项中的一个相对应;  
获得与所确定的结束对应区域和所述结束振动频率中的所述第二振动频率相对应的结束减少频率成分,所述结束减少频率成分与与所述第二可移动区域相关的减少频率成分、与所述第三可移动区域相关的减少频率成分和与所述第一可移动区域相关的、频率不应被减少这一事项中的另一个相对应;  
从用于执行机器人的操作流程的原始控制信号中减少起始减少频率成分或结束减少频率成分中的一个,以产生减少控制信号;以及  
通过用于执行机器人的操作流程的所述减少控制信号移动机器人,

其中,所述第一可移动区域在所述机器人的手臂的旋转轴下方并且与所述机器人的基台相邻,

所述第二可移动区域在所述第一可移动区域上方并且在所述手臂的控制点的第一移动轨迹内,处于弯曲状态的所述手臂的所述控制点沿所述第一移动轨迹移动,

所述第三可移动区域在所述第二可移动区域的周围并且在所述手臂的所述控制点的第二移动轨迹内,处于伸展状态的所述手臂的所述控制点沿所述第二移动轨迹移动,

与第二可移动区域相对应的减少频率成分大于与第三可移动区域对应的减少频率成分。

8.根据权利要求7所述的控制方法,其中,

所述手臂具有彼此相对的第一端和第二端,并且所述手臂的所述第一端连接到所述基台,

所述控制点设置在所述手臂的第二端。

9.根据权利要求7所述的控制方法,其中,

所述第一可移动区域、第二可移动区域和第三可移动区域彼此不重复。

10.根据权利要求7所述的控制方法,其中,

所述处理器被配置为从用于执行所述机器人的操作流程的所述原始控制信号中减少所述结束减少频率成分,以产生所述减少控制信号。

## 机器人控制装置、机器人的控制方法及机器人系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种在机器人中减少振动的技术。

### 背景技术

[0002] 以往,在机器人的技术领域中,存在用于减少保持于末端执行器的工件的振动的以下技术。在专利文献1的技术中,预先查明由末端执行器保持工件的状态下的机器人共振的振动频率。并且,将带阻滤波器应用于提供给对机器人的伺服电动机进行驱动控制的电流控制部的转矩控制信号(能够把握为时间的函数),从转矩控制信号中除去该振动频率的成分。其结果,不包含该振动频率的成分的转矩控制信号提供给电流控制部。基于该转矩控制信号由电流控制部进行驱动控制的伺服电动机不会使保持于末端执行器的工件以该振动频率共振。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2001-293638号公报

[0006] 机器人中的共振频率根据机器人的控制点的位置而不同。因此,即使对某个动作进行机器人的振动的测量来查明共振频率,能够对转矩控制信号应用带阻滤波器来减少振动,但是在使机器人执行其他动作的情况下,在保持原状的设定中,不能充分地减少振动。因此,在进行新的动作的情况下,需要对该动作进行机器人的振动测量,重新进行带阻滤波器的设定,并且对转矩控制信号重新应用带阻滤波器。每当对机器人示教新的动作时进行这种处理对用户来说是繁杂的。

### 发明内容

[0007] 根据本公开的一种方式,提供一种用于控制机器人的控制装置。具备:第二控制信号生成部,能够从用于进行使机器人的可动部移动的动作的第一控制信号中减少预先规定的频率的成分来生成第二控制信号;以及存储部,存储有包括所述机器人的控制点的位置范围与频率之间的组合信息的参照信息,其中所述第二控制信号生成部基于所述动作中的所述机器人的控制点的位置并参照所述参照信息,确定从所述第一控制信号中应减少的频率的成分。

### 附图说明

[0008] 图1是示出实施方式的机器人系统的说明图。

[0009] 图2是示出机器人控制装置300的构成要素与机器人100所具备的伺服电动机410、位置传感器420及力觉传感器190之间的关系的框图。

[0010] 图3是示出本实施方式的机器人系统1的运用流程的流程图。

[0011] 图4是示出与在减振处理中减少的频率对应的机器人100的控制点TCP的位置范围的说明图。

- [0012] 图5是示出参照信息306所存储的信息的表。
- [0013] 图6是示出在图3的步骤S100中指定从第一控制信号CS1中除去的频率时的示教装置600的显示的图。
- [0014] 图7是示出在动作中与手臂110在前端170支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线图。
- [0015] 图8是示出机器人100的姿势A01的图。
- [0016] 图9是示出机器人100的姿势A02的图。
- [0017] 图10是示出机器人100的姿势A03的图。
- [0018] 图11是示出机器人100的姿势A04的图。
- [0019] 图12是示出机器人100的姿势A05的图。
- [0020] 图13是示出由多个处理器构成机器人的控制装置的一个例子的概念图。
- [0021] 图14是示出由多个处理器构成机器人的控制装置的其他例子的概念图。
- [0022] 符号说明
- [0023] 1 · · · 机器人系统, 100 · · · 机器人, 110 · · · 手臂, 170 · · · 前端, 180 · · · 基台, 190 · · · 力觉传感器, 200 · · · 末端执行器, 300 · · · 机器人控制装置, 301 · · · CPU, 302 · · · RAM, 303 · · · ROM, 306 · · · 参照信息, 310 · · · 控制信号生成部, 320 · · · 位置控制部, 330 · · · 速度控制部, 340 · · · 滤波器处理部, 345 · · · 滤波器设定部, 350 · · · 转矩控制部, 360 · · · 伺服放大器, 390 · · · 力控制部, 400、400b · · · 个人计算机, 410 · · · 伺服电动机, 420 · · · 位置传感器, 500 · · · 云服务, 600 · · · 示教装置, 601 · · · CPU, 602 · · · RAM, 603 · · · ROM, 604 · · · 输入装置, 604a · · · 键盘, 604b · · · 操作杆, 604c · · · 触摸面板, 605 · · · 输出装置, A01 ~ A05 · · · 机器人的姿势, Ar0 · · · 非减少范围, Ar1 · · · 第一范围, Ar2 · · · 第二范围, CS1 · · · 第一控制信号, CS2 · · · 第二控制信号, DS · · · 驱动信号, Dx · · · 基准点相对于原点的X轴方向的偏移, Dz · · · 基准点相对于原点的Z轴方向的偏移, F11 · · · 频率, F21 · · · 频率, LS · · · 基准线, 0 · · · 原点, 02 · · · 基准点, 0p10 · · · 动作, 0p11 · · · 第一部分动作, 0p12 · · · 第二部分动作, 0p20 · · · 动作, 0p21 · · · 第一部分动作, 0p22 · · · 第二部分动作, 0p30 · · · 动作, 0p31 · · · 第一部分动作, 0p32 · · · 第二部分动作, P11 · · · 位置(始点), P12 · · · 位置(终点), P13 · · · 边界上的位置, P21 · · · 位置(始点), P22 · · · 位置(终点), P23 · · · 变更点, P31 · · · 位置(始点), P32 · · · 位置(终点), P33 · · · 边界上的位置, Param1、Param2 · · · 表示减少的对象频率的参数, Rtcp · · · 控制点TCP与基准点02的距离, Rth · · · 规定第一范围Ar1的外边缘的半径, Rmax · · · 规定控制点能够位于的范围的外边缘的半径, St · · · 目标位置, W01 · · · 工件, X11 ~ X16 · · · 关节, f11 ~ f15、f21 ~ f29、f31 ~ f33 · · · 共振频率, fS · · · 作用于末端执行器200的力和转矩, fSt · · · 目标力, θ · · · 连接控制点TCP和基准点02的线段与基准线LS所成的角, θth · · · 非减少范围Ar0的圆锥的母线与基准线LS所成的角, ΔS · · · 校正量。

## 具体实施方式

- [0024] A. 第一实施方式:

[0025] A1. 机器人系统的构成:

[0026] 图1是示出本实施方式的机器人的系统的说明图。本实施方式的机器人系统具备:机器人100、末端执行器200、机器人控制装置300和示教装置600。

[0027] 机器人100是具有具备了六个旋转关节X11～X16的手臂110的六轴机器人。手臂110支承于基台180。关节X11、X14、X16是扭转关节。关节X12、X13、X15是弯曲关节。机器人100通过分别利用伺服电动机使六个关节X11～X16旋转,能够将安装于手臂110的前端170的末端执行器200以指定的姿势配置在三维空间中的指定的位置。安装有末端执行器200的手臂110的前端170是手臂110的两端中与连接于基台180的一端相反的一端。

[0028] 将代表三维空间中的末端执行器200的位置的地点也称为TCP (Tool Center Point, 工具中心点)。在本实施方式中,作为控制点的TCP位于机器人100的手臂110的前端170。

[0029] 在图1中,以基台180的位置为基准表示规定设置有机器人100的空间的坐标系作为机器人坐标系。机器人坐标系是由在水平面上相互正交的X轴和Y轴以及将铅垂向上作为正方向的Z轴规定的三维正交坐标系。在本说明书中,在仅表述为“X轴”的情况下,表示机器人坐标系中的X轴。在仅表述为“Y轴”的情况下,表示机器人坐标系中的Y轴。在仅表述为“Z轴”的情况下,表示机器人坐标系中的Z轴。机器人坐标系中的任意的位置能够由X轴方向的位置、Y轴方向的位置和Z轴方向的位置指定。

[0030] 机器人100的手臂110的前端170由凸缘状、即圆板状的形状构成。机器人100在手臂110的前端170具备力觉传感器190。末端执行器200经由力觉传感器190安装于机器人100的手臂110的前端170。力觉传感器190能够测量作用于末端执行器200的X轴、Y轴、Z轴的三轴方向的力和绕X轴、Y轴、Z轴的转矩。力觉传感器190的输出发送到机器人控制装置300,用于机器人100的控制。

[0031] 末端执行器200安装于手臂110的前端。末端执行器200由机器人控制装置300控制,能够抓住工件W01,此外能够释放抓住的工件W01。其结果,例如机器人100和末端执行器200由机器人控制装置300控制,能够抓住工件W01并移动。具体地说,工件W01是机器人100进行作业的对象物。

[0032] 机器人控制装置300与机器人100连接,控制机器人100的动作。更具体地说,机器人控制装置300驱动使机器人100的关节X11～X16动作的伺服电动机410。机器人控制装置300具备作为处理器的CPU (Central Processing Unit, 中央处理器) 301、RAM (Random Access Memory, 随机存取存储器) 302和ROM (Read-Only Memory, 只读存储器) 303。在机器人控制装置300安装有用于控制机器人100的控制程序。在机器人控制装置300中,作为硬件资源的CPU301、RAM302、ROM303与控制程序协同动作。具体地说,CPU301将存储于ROM303的计算机程序加载到RAM302并执行,由此实现各种功能。

[0033] 示教装置600是用于在机器人控制装置300中对目标位置St和目标力fSt进行示教的装置。目标力fSt能够包括直线作用的力和转矩作为成分。示教装置600是所谓的“示教盒”。使机器人100执行作业时,预先进行示教装置600的机器人的动作示教。机器人控制装置300将示教的结果作为数据存储于RAM302。在使机器人100执行作业的阶段,机器人控制装置300基于表示存储于RAM302的示教结果的数据来控制机器人100。

[0034] 示教装置600具备作为处理器的CPU601、RAM602和ROM603。在示教装置600中安装

有用于在机器人控制装置300中对目标位置St和目标力fSt进行示教的控制程序。在示教装置600中,作为硬件资源的CPU601、RAM602、ROM603与控制程序协同动作。具体地说,CPU601将存储于ROM603的计算机程序加载到RAM602并执行,由此实现各种功能。

[0035] 示教装置600还具备输入装置604和输出装置605。输入装置604接收来自用户的指示。输入装置604例如是键盘604a、操作杆604b和触摸面板604c等。输出装置605向用户输出包括用于机器人100的动作设定的用户界面或警告的各种信息。输出装置605例如是液晶显示器或扬声器等。在本实施方式中,在作为输出装置605的液晶显示器上设置有作为输入装置604的触摸面板604c。

[0036] 图2是示出机器人控制装置300的构成要素与机器人100所具备的伺服电动机410、位置传感器420及力觉传感器190之间的关系的框图。机器人控制装置300作为其功能部具备:控制信号生成部310、位置控制部320、速度控制部330、滤波器处理部340、转矩控制部350、伺服放大器360、滤波器设定部345和力控制部390。由CPU301实现控制信号生成部310、位置控制部320、速度控制部330、滤波器处理部340、滤波器设定部345、转矩控制部350和力控制部390。

[0037] 控制信号生成部310生成表示末端执行器200应当位于的目标位置St的位置控制信号并向位置控制部320输出。当从用户接收到应当实施力控制的指示时,控制信号生成部310生成力控制信号并向力控制部390输出,该力控制信号表示目标力fSt即末端执行器200应产生的力及该力的方向以及转矩及该转矩的朝向。控制信号生成部310将表示机器人100执行中的动作的指令向滤波器设定部345输出。

[0038] 力控制部390从控制信号生成部310接收力控制信号,该力控制信号表示目标力fSt即末端执行器200应产生的力及该力的方向以及转矩及该转矩的朝向。力控制部390从力觉传感器190接收作用于末端执行器200的X轴、Y轴、Z轴的三轴方向的力和绕U轴、V轴、W轴的转矩。在图2中将作用于末端执行器200的X轴、Y轴、Z轴的三轴方向的力和绕U轴、V轴、W轴的转矩汇总表述为fS。U轴方向是以X轴方向为中心轴的旋转方向。V轴方向是以Y轴方向为中心轴的旋转方向。W轴方向是以Z轴方向为中心轴的旋转方向。力控制部390从机器人100的位置传感器420接收各伺服电动机410的旋转位置。并且,力控制部390基于这些参数来确定位置的校正量 $\Delta S$ ,并且将表示校正量 $\Delta S$ 的信号向位置控制部320输出。

[0039] 位置控制部320从控制信号生成部310接收表示目标位置St的位置控制信号。位置控制部320从力控制部390接收表示位置的校正量 $\Delta S$ 的信号。位置控制部320作为位置反馈从机器人100的位置传感器420接收各伺服电动机410的旋转位置。位置控制部320基于这些信息,生成机器人100的各伺服电动机410的速度控制信号并向速度控制部330和滤波器设定部345输出。

[0040] 另外,在未从控制信号生成部310接收到应当实施力控制的指示的情况下,位置控制部320在生成速度控制信号时不考虑从力控制部390接收到的信息。

[0041] 速度控制部330从位置控制部320接收速度控制信号。此外,速度控制部330作为速度反馈从机器人100的位置传感器420接收各伺服电动机410的旋转速度。速度控制部330基于该速度控制信号和各伺服电动机410的旋转速度,生成转矩控制信号并向滤波器处理部340输出。

[0042] 滤波器设定部345从控制信号生成部310接收表示执行中的动作的指令。滤波器设

定部345根据接收到的指令并参照参照信息,生成指示应当从转矩控制信号中除去的一个以上的频率成分的控制信号并向滤波器处理部340输出。滤波器设定部345也能够将不存在应当从转矩控制信号中除去的频率成分的主旨的控制信号向滤波器处理部340输出。

[0043] 滤波器处理部340从速度控制部330接收转矩控制信号。此外,滤波器处理部340从滤波器设定部345接收应当除去的一个以上的频率成分的控制信号。滤波器处理部340对速度控制部330输出的转矩控制信号使用频带去除滤波器进行除去与转矩控制信号对应的一个以上的频率成分的处理,并且生成新的转矩控制信号并输出。更具体地说,通过滤波器处理部340将特定的频率成分减少-30dB。

[0044] 滤波器处理部340从控制信号中减少包括该特定的频率的预先规定的宽度的频率范围的成分,并且生成新的控制信号。具体地说,减少该特定的频率 $\pm \Delta f$ 的范围的频率成分。在本实施方式中 $\Delta f$ 是1Hz。

[0045] 速度控制部330输出的转矩控制信号和滤波器处理部340生成的新的转矩控制信号都是用于进行使手臂110和末端执行器200移动的动作的控制信号。将速度控制部330输出的转矩控制信号称为“第一控制信号CS1”。将滤波器处理部340生成的新的转矩控制信号称为“第二控制信号CS2”。

[0046] 在滤波器处理部340中除去的频率成分是根据表示执行中的动作的指令而预先规定的频率的成分。根据表示执行中的动作的指令而预先规定的频率例如是: (i) 该动作的结束时间点的机器人100的姿势下的机器人100的振动的振动频率; (ii) 该动作的开始时间点的机器人100的姿势下的机器人100的振动的振动频率; (iii) 该动作中在速度变更的地点存在控制点时的机器人100的姿势下的机器人100的振动的振动频率。

[0047] 在本说明书中,将通过在转矩控制信号等控制信号中减少规定的频率成分来减少该频率的控制对象物的共振的处理称为“减振处理”。此外,将通过在控制信号中减少规定的频率成分来减少该频率的控制对象物的共振的功能称为“减振功能”。

[0048] 在从滤波器设定部345接收到不存在应当除去的频率的主旨的控制信号的情况下,滤波器处理部340直接输出从速度控制部330接收到的转矩控制信号。通过进行这种处理,能够基于从速度控制部330接收到的转矩控制信号,忠实地本来的控制信号来驱动机器人。

[0049] 转矩控制部350从滤波器处理部340接收转矩控制信号。此外,转矩控制部350从伺服放大器360接收表示向各伺服电动机410供给的电流的电流量的反馈信号。转矩控制部350基于该转矩控制信号和各伺服电动机410的电流反馈信号,生成驱动机器人100的驱动信号DS。更具体地说,转矩控制部350基于转矩控制信号和各伺服电动机410的电流反馈信号,确定向各伺服电动机410供给的电流量并经由伺服放大器360驱动各伺服电动机410。

[0050] A2.减振功能的设定:

[0051] 图3是示出本实施方式的机器人系统1的运用流程的流程图。在本实施方式的机器人系统1的运用中,首先在步骤S100中制造机器人。此时,生成参照信息306,该参照信息306包括机器人100的控制点TCP的位置范围和在减振处理中应减少的频率的一个以上的组合信息。参照信息306存储于RAM302(参照图1)。即,在步骤S200的机器人100的运用之前准备参照信息306。

[0052] 在步骤S200中,进行机器人100的运用用于产品的制造。更具体地说,确定用于

使机器人100执行作业的动作。该处理经由示教装置600接收来自用户的指示并由机器人控制装置300执行。

[0053] 并且,机器人控制装置300的控制信号生成部310(参照图2)生成表示各动作中的目标位置的位置控制信号。机器人控制装置300的滤波器设定部345基于各动作中的机器人100的控制点TCP的位置的信息并参照参照信息306,确定从第一控制信号CS1中应减少的频率成分。下面进一步说明频率的成分的确定。

[0054] 此后,机器人控制装置300的滤波器处理部340对从速度控制部330接收到的第一控制信号CS1进行除去频率成分的处理,生成第二控制信号CS2(参照图2)。机器人控制装置300的转矩控制部350从滤波器处理部340接收第二控制信号CS2,并且基于第二控制信号CS2来驱动各伺服电动机410使手臂110移动。通过图3的处理,最终控制机器人100。因此,图3的处理在广义上也能够把握为机器人100的控制方法。

[0055] 图4是示出与在减振处理中减少的频率对应的机器人100的控制点TCP的位置范围的说明图。在图4中,以机器人100的关节X12的旋转轴成为与机器人坐标系的Y轴平行的姿势描绘了机器人。关节X12是在机器人100中最接近基台180的弯曲关节。在图4中,机器人100的关节X12相对于机器人坐标系的原点0向X轴的负方向偏移了Dx,并且向Z轴的正方向偏移了Dz。在以下的说明中,将关节X12的旋转轴的位置且与机器人坐标系的XZ平面相交的点称为基准点02。另外,在图4中,X轴方向的尺寸与Z轴方向的尺寸并不是以1:1的比来描绘。

[0056] 以基准点02为基准,对机器人100确定了三个位置范围Ar0、Ar1、Ar2。在减振处理中确定减少的频率时参照的参照信息306(参照图1)包括图4所示的机器人的控制点TCP的位置范围Ar0、Ar1、Ar2与频率之间的组合信息。

[0057] 参照信息306通过以下的处理来生成(参照图3的S100)。首先,相对于基准点02在各种位置配置控制点TCP,测量此时的机器人100的共振频率。另外,测量使用安装于手臂110的前端170的六轴加速度传感器来进行。更具体地说,加速度传感器安装在力觉传感器190的前端。将这些测量结果在控制点TCP相对于基准点02的各位置表示为共振频率f11~f15、f21~f29、f31~f33。另外,共振频率f11~f15、f21~f29、f31~f33具有以上述顺序升高的值(f11<f33)。另外,以从大到小的顺序排列时相邻的共振频率有时具有彼此相等的测量值。

[0058] 根据图4可以看出:大致在比基准点02靠向下方且包括基台180的范围内共振频率高(参照f31~f33),在远离基准点02的位置范围内共振频率低(参照f11~f15),在接近基准点02的位置范围内共振频率为中等程度(参照f21~f29)。因此,在本实施方式的参照信息306中,共振频率分为三组,分别对应包括测量了共振频率的各点的位置范围Ar0、Ar1、Ar2。

[0059] 非减少范围Ar0具有如下圆锥形:将基准点02作为顶点,将从基准点02向Z轴的负方向延伸的基准线LS作为中心线,将机器人坐标系的XY平面作为底面。将圆锥的母线与基准线LS所成的角作为θth。在非减少范围Ar0内包括基台180。

[0060] 第一范围Ar1是从以基准点02为中心的预先规定的大小的半径Rth的球状空间中去除了非减少范围Ar0的空间。另外,在图4中,X轴方向的尺寸与Z轴方向的尺寸未以1:1的比来描绘,因此第一范围Ar1的外边缘的形状在图4中不是圆而是椭圆。

[0061] 第二范围Ar2是包围第一范围Ar1的空间。规定第二范围Ar2的外边缘的曲面是手臂110的前端170的控制点TCP能够取得的位置的外边缘。第二范围Ar2是从由以上述方式确定的外边缘包围的空间中排除了非减少范围Ar0和第一范围Ar1的空间。

[0062] 对第一范围Ar1将与第一范围Ar1对应的共振频率f11～f15的最大值和最小值的中间值 $[(f15-f11)/2]$ 分配为应减少的频率F11。与第二范围Ar2对应的共振频率f21～f29的最大值和最小值的中间值 $[(f29-f21)/2]$ 分配为应减少的频率F21。对非减少范围Ar0不分配应减少的频率。

[0063] 共振频率f11～f15、f21～f29的频率的范围以如以各组中的最大值和最小值的中间值彼此的间隔相比于 $(\Delta f \times 2)$ 大的方式分组。 $(\Delta f \times 2)$ 是滤波器处理部340(参照图2)减少频率成分时的处理对象的频率成分的宽度。与以上述方式确定的共振频率f11～f15的组对应的位置范围Ar1和与共振频率f21～f29的组对应的位置范围Ar2在减振处理中减少的频率的范围相互不重复。换句话说,与应减少的频率对应的位置范围的区分设定成在减振处理中减少的频率的范围相互不重复。

[0064] 参照信息306(参照图1)包括以上述方式确定的第一范围Ar1与频率F11之间的组合信息和第二范围Ar2与频率F21之间的组合信息。参照信息306也包括非减少范围Ar0的信息。非减少范围Ar0不与频率对应。

[0065] 图5是示出存储有参照信息306的控制点的位置范围与频率之间的组合信息的表。非减少范围Ar0实质上能够规定为连接控制点TCP和基准点O2的线段与基准线LS所成的角 $\theta$ 比 $\theta_{th}$ 小的范围。对这种位置范围未对应应减少的频率(参照图5的下行)。

[0066] 第一范围Ar1实质上是控制点TCP与基准点O2的距离Rtcp比Rth小的范围,能够规定为连接控制点TCP和基准点O2的线段与基准线LS所成的角 $\theta$ 为 $\theta_{th}$ 以上的范围。对这种位置范围作为应减少的频率对应F11(参照图5的左上部)。

[0067] 第二范围Ar2实质上是控制点TCP与基准点O2的距离Rtcp为Rth以上的范围,能够规定为连接控制点TCP和基准点O2的线段与基准线LS所成的角 $\theta$ 为 $\theta_{th}$ 以上的范围。对这种位置范围作为应减少的频率对应F21(参照图5的右上部)。

[0068] 在本实施方式中,控制点TCP位于机器人100的手臂110的前端170的位置。因此,不需要末端执行器200的信息而能够基于机器人100的设计信息来生成参照信息306(参照图3的S100),能够基于该参照信息306有效地减少机器人100的振动(参照图3的S200)。

[0069] 在制造机器人100的阶段(参照图3的S100)不生成参照信息306的方式中,在机器人100运用的阶段(参照图3的S200)中,不能查明以何种程度执行有效的减振处理。因此,为了预防在运用的阶段中产生振动而实现所产生的振动的早期收敛,需要将机器人100的手臂110的移动速度的上限和加速度的上限、以及根据手臂110所支承的对象物的质量的大小设定的加速度的限制设定为较低。此外,对在手臂110的反馈控制中进行的PID(比例积分微分)控制的比例要素、积分要素、微分要素的各系数也必须以振动容易收敛的方式进行稳定性高的设定。这些限制需要在最容易产生振动的手臂110的姿势中以能够充分地抑制振动的方式进行。其结果,在机器人100的运用阶段中,机器人100的手臂110的动作变慢,动作的周期时间变长。

[0070] 但是,在本实施方式中,在制造机器人的阶段(参照图3的S100),机器人100的制造者能够生成参照信息306。因此,在机器人的运用阶段(参照图3的S200)中,能够期待执行使

用了参照信息306的有效的减振处理。由此,与上述比较例相比,机器人100的制造者能够在制造机器人的阶段(参照图3的S100)中,将机器人100的手臂110的移动速度的上限和加速度的上限、以及与手臂110所支承的对象物的质量对应的加速度的限制设定为较高。此外,对PID控制的比例要素、积分要素、微分要素的各系数也能够进行重视了响应性的设定。其结果,在机器人100的运用阶段中,能够使手臂110进行高速的移动,其结果,能够缩短动作的周期时间。

[0071] 图6是示出在图3的步骤S200中对各动作指定减振处理的内容时的示教装置600的显示的图。图6的显示在使用作为减振功能的设定装置发挥功能的示教装置600进行减振功能的设定时显示于作为输出装置605的显示器。

[0072] 图6的表中的左端的列是用于区别动作的编号。图6的表中的中央的两列示出表示在减振处理中减少的对象频率的参数Param1、Param2。在本实施方式中,对与各编号对应的动作设定最多两个对象振动频率。即,从第一控制信号CS1中除去最多两个频率成分(参照图2的340)。

[0073] 图6的表中的右端的栏是“种类”栏。“种类”栏是指定减少振动的方式的输入接口。在“种类”栏中,从“通常”、“两方”、“边界切换”和“变速点切换”四个选项中选择一个。在后面对通过“种类”栏的指定的内容进行说明。根据“种类”栏的指定来确定减少振动的方式,作为表示一个或两个对象振动频率的参数Param1、Param2指定F11、F21。F11、F21在参照信息306(参照图1和图5)中与控制点的位置对应地存储。

[0074] 例如,在其他设定画面中,对图6的表中的编号1分配了动作0p10。动作0p10是控制点从第一范围Ar1内的位置P11向第二范围Ar2内的位置P12移动的动作(参照图4的中间右部)。在动作0p10中,将位于第一范围Ar1与第二范围Ar2的边界的控制点TCP的位置表示为位置P13。在动作0p10中,控制点TCP在位置P13的前后以固定的速度移动。

[0075] 在“种类”栏设定为“通常”的情况下,滤波器设定部345(参照图2)将与动作的终点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率。其结果,对于与图6的表中的编号1对应的动作0p10,滤波器处理部340(参照图2)从指示动作0p10的第一控制信号CS1中减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分,从而生成第二控制信号CS2(参照图6的编号1栏的Param2)。图6的“种类”栏默认设定为“通常”。

[0076] 通过进行这种处理,能够生成第二控制信号CS2,该第二控制信号CS2能够有效地减少由第一控制信号CS1指示的动作0p10结束后的残留振动。

[0077] 在其他设定画面中,对图6的表中的编号2分配了动作0p10。另外,实际上图6的各编号对应不同的动作。但是,在此,为了在技术上容易理解,对图6的表中的编号2也分配了动作0p10。以后说明的编号3也同样。

[0078] 在“种类”栏设定为“两方”的情况下,滤波器设定部345(参照图2)将与动作的终点所属的位置范围对应的频率和与动作的始点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率。其结果,对于与图6的表中的编号2对应的动作0p10,滤波器处理部340(参照图2)从指示动作0p10的第一控制信号CS1中减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分和与第一范围Ar1对应的频率F11的成分,从而生成第二控制信号CS2(参照图6的编号2栏的Param1、Param2)。

[0079] 通过进行这种处理,能够生成第二控制信号CS2,该第二控制信号CS2除了能够抑

制控制点TCP在第二范围Ar2移动时和动作结束后的控制点TCP的振动以外,还能够有效地降低控制点TCP在第一范围Ar1移动时的控制点TCP的振动,(参照图4的0p11)。

[0080] 在其他设定画面中,对图6的表中的编号3分配了动作0p10。

[0081] 在“种类”栏设定为“边界切换”的情况下,滤波器设定部345(参照图2)将与动作的终点所属的位置范围对应的频率和与动作的始点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率。并且,对于指示作为控制点TCP在第一范围Ar1内移动的第一部分动作0p11的部分,应减少的频率是与动作的始点P11所属的第一范围Ar1对应的频率F11。对于指示作为控制点TCP在第二范围Ar2内移动的第二部分动作0p12的部分,应减少的频率是与动作的终点P12所属的第二范围Ar2对应的频率F21。

[0082] 其结果,对于与图6的表中的编号3对应的动作0p10,滤波器处理部340(参照图2)在根据指示动作0p10的第一控制信号CS1来生成第二控制信号CS2时进行下面的处理。即,滤波器处理部340对第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP在第一范围Ar1内移动的第一部分动作0p11的部分,减少在参照信息306中与第一范围Ar1对应的频率F11的成分。并且,滤波器处理部340对第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP在第二范围Ar2内移动的第二部分动作0p12的部分,减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分。

[0083] 通过进行这种处理,与始终如一地减少与第一范围Ar1对应的频率F11的成分和与第二范围Ar2对应的频率F21的成分中的两方的方式(参照图6的表中的编号2栏)相比,能够得到以下效果。即,能够减小位置偏移且对第一控制信号CS1所指示的动作中的第一部分动作0p11有效地减少振动,并且对第二部分动作0p12也能够有效地减少振动。

[0084] 在其他设定画面中,对图6的表中的编号4分配了动作0p20。动作0p20是控制点TCP从第一范围Ar1内的位置P21向第二范围Ar2内的位置P22移动的动作(参照图4的上层右部)。但是,在动作0p20中,在第二范围Ar2内的预先规定的变更点P23,控制点TCP改变速度而移动。另外,在本说明书的滤波器设定部345和滤波器处理部340的说明中,“速度”是包括大小和朝向的概念。即,大小相同而朝向改变的变更也包含于速度变更。

[0085] 在“种类”栏设定为“变更点切换”的情况下,滤波器设定部345(参照图2)将与动作的终点所属的位置范围对应的频率和与动作的始点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率。并且,对于控制点TCP到达变更点前的部分,应减少的频率是与动作的始点所属的位置范围对应的频率。对于控制点TCP到达了变更点后的部分,应减少的频率是与动作的终点所属的位置范围对应的频率。

[0086] 其结果,对于与图6的表中的编号4对应的动作0p20,滤波器处理部340(参照图2)在根据指示动作0p20的第一控制信号CS1来生成第二控制信号CS2时,进行下面的处理。即,对于第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP到达变更点P23前的动作的第一部分动作0p21的部分,滤波器处理部340减少在参照信息306中与第一范围Ar1对应的频率F11的成分。对于第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP到达了变更点P23后的动作的第二部分动作0p22的部分,滤波器处理部340减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分。

[0087] 通过进行这种处理,与始终如一地减少与第一范围Ar1对应的频率F11的成分和与第二范围Ar2对应的频率F21的成分中的两方的方式(参照图6的表中的编号2)相比,能够得到以下效果。即,能够减小位置偏移且对第一控制信号CS1所指示的动作中的第一部分动作0p21有效地减少振动,并且对第二部分动作0p22也能够有效地减少振动。

[0088] 在其他设定画面中,对图6的表中的编号5分配了动作0p30。动作0p30是控制点TCP在非减少范围Ar0移动的动作。更具体地说,动作0p30是控制点TCP从第一范围Ar1内的位置P31向非减少范围Ar0内的位置P32移动的动作(参照图4的下层右部)。在动作0p30中,将位于第一范围Ar1与非减少范围Ar0的边界的控制点TCP的位置表示为位置P33。

[0089] 在某个编号的动作是控制点TCP在非减少范围Ar0移动的动作0p30的情况下,“种类”的栏不能对该编号的行进行设定。并且,对于控制点TCP在非减少范围Ar0移动的动作0p30,滤波器设定部345(参照图2)不确定在减振处理中应减少的频率。其结果,对于与图6的表中的编号5对应的动作0p30,滤波器处理部340(参照图2)从指示动作0p30的第一控制信号CS1中不减少频率的成分而生成第二控制信号CS2。

[0090] 通过进行这种处理,与对控制点TCP位于任何位置范围的动作都从第一控制信号CS1中减少频率的成分的方式相比,能够提高控制点TCP在非减少范围Ar0内移动的动作中的位置精度。

[0091] 在本实施方式中,非减少范围Ar0是包括支承手臂110的基台180的范围(参照图4)。因此,手臂110折叠而手臂110的作为结构物的刚性高,其结果,对被认为相对不容易的振动的动作0p30得到以下效果。即,能够以不受到振动的不利或以较少的不利来提高位置精度。

[0092] 根据本实施方式,不需要对新示教的动作测量机器人100的共振频率,能够基于参照信息306对该动作生成能够减少振动的驱动信号DS并向机器人100输出。因此,与未生成使用了存储有机器人100的控制点TCP的位置范围Ar1、Ar2与频率F11、F21之间的组合信息的参照信息306的第二控制信号CS2的控制装置相比,能够减轻对多个动作减少振动时的用户的负担。

[0093] 将本实施方式中的手臂110也称为“可动部”。将滤波器处理部340和滤波器设定部345也称为“第二控制信号生成部”。

[0094] 将在本实施方式的步骤S100中生成参照信息306的工序也称为“工序(a)”(参照图3)。将在步骤S200中确定从第一控制信号CS1应减少的频率的成分的工序也称为“工序(b)”。将在步骤S200中对第一控制信号CS1进行除去频率成分的处理而生成第二控制信号CS2的工序也称为“工序(c)”。将在步骤S200中基于第二控制信号CS2来移动手臂110的工序也称为“工序(d)”。

[0095] B. 第二实施方式:

[0096] 在第二实施方式中,在图3的步骤S200的减振处理中应减少的频率的确定方法与第一实施方式不同。具体地说,考虑在动作中手臂110在前端170所支承的物体的质量对在减振处理中应减少的频率进行校正。第二实施方式的其他方面与第一实施方式相同。

[0097] 图7是示出与动作中手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线图。图8~图12是分别示出机器人100的姿势A01~A05的图。在图7中,粗实线是示出机器人100采取姿势A01时的与手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线。单点划线是示出机器人100采取姿势A02时的与手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线。细实线是示出机器人100采取姿势A03时的与手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线。虚线是示出机器人100采取姿势A04时的与手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的

曲线。双点划线是示出机器人100采取姿势A05时的与手臂110在前端170所支承的物体的质量对应的共振频率的变化的曲线。

[0098] 从图7可以看出,在任何姿势下,手臂110在前端170所支承的物体的质量越大,共振频率越小。此外可以看出,相对于负载的增加部分的共振频率的减少部分比例也大致固定。另外,在图7所示的测量中,手臂110在前端170所支承的物体的质量包括末端执行器200的质量和末端执行器200所保持的工件W01的质量。

[0099] 在第二实施方式中,滤波器设定部345(参照图2)基于手臂110在前端170所支承的物体的质量的信息,以该质量越大从第一控制信号CS1中应减少的频率越小的方式确定从第一控制信号CS1应当减少的频率。更具体地说,滤波器设定部345以相对于所支承的物体的质量的增加而线性减少的方式,对参照参照信息306(参照图1和图5)而得到的频率进行校正。另外,手臂110在前端170所支承的物体的质量的信息在图3的步骤S200中在确定了动作时预先输入机器人控制装置300。

[0100] 滤波器处理部340从滤波器设定部345接收应除去的一个以上的频率成分的控制信号,进行除去该频率成分的处理而生成新的转矩控制信号(参照图2)。其结果,以手臂110在前端170所支承的物体的质量越大从第一控制信号CS1中应减少的频率的成分越小的方式对第一控制信号CS1进行校正,从而生成第二控制信号CS2。

[0101] 通过进行这种处理,与不考虑手臂110在前端所支承的物体的质量而确定从第一控制信号CS1应减少的频率的成分的方式相比,能够更高度地减少机器人100的动作的振动。

[0102] C.第三实施方式:

[0103] 图13是示出由多个处理器构成机器人的控制装置的一个例子的概念图。在该例子中,除了机器人100和该机器人控制装置300以外,还描绘了个人计算机400、400b和经由LAN等网络环境提供的云服务500。个人计算机400、400b分别包括处理器和存储器。此外,即使在云服务500中也能够利用处理器和存储器。处理器执行计算机能够执行的命令。利用这些多个处理器的一部分或全部,能够实现包括机器人控制装置300和示教装置600的控制装置。此外,存储各种信息的存储部也能够利用这些多个存储器的一部分或全部来实现。

[0104] D.第四实施方式:

[0105] 图14是示出由多个处理器构成机器人的控制装置的其他例子的概念图。在该例子中,机器人100的机器人控制装置300存储在机器人100中的方面与图13不同。在该例子中,也能够利用多个处理器的一部分或全部来实现机器人100的控制装置。此外,存储各种信息的存储部也能够利用多个存储器的一部分或全部来实现。

[0106] E.其他实施方式:

[0107] 本公开不限制于上述实施方式,能够在不脱离其宗旨的范围内以各种方式实现。例如,本公开也能够由以下方式实现。为了解决本公开的课题的一部分或全部,或者为了达成本公开的效果的一部分或全部,与下面记载的各方式中的技术特征对应的上面的实施方式中的技术特征能够适当地进行替换、组合。此外,如果该技术特征在本说明书中没有作为必要的技术特征进行说明,则能够适当地删除。

[0108] E1.其他方式1:

[0109] (1) 在上述实施方式中,以关节X12的位置为基准点02确定了位置范围Ar0、Ar1、

Ar2(参照图4)。但是,在参照信息中与应减少的频率对应的位置范围也能够将其他点确定为基准。但是,在参照信息中与应减少的频率对应的位置范围优选为在机器人中以最接近支承作为可动部的手臂的基台的弯曲关节的位置为中心的范围。通过这种方式,与将以更接近手臂的前端的关节的位置为基准点的方式相比,能够有效地降低在手臂产生的各种固有振动频率的振动。

[0110] 在上述实施方式中,在参照信息中与应减少的频率对应的位置范围未考虑最接近基台180的关节X11的角度位置而确定(参照图4)。但是,由于最接近基台180的关节X11是扭转关节,所以关节X11的角度位置对手臂110的共振产生的影响不大。因此,通过在机器人中以最接近支承作为可动部的手臂的基台的弯曲关节的位置为基准来确定与应减少的频率对应的位置范围,能够实质上降低机器人100的手臂110的振动。

[0111] 但是,在机器人100从架台悬挂并运用的情况下,优选还考虑与最接近基台的弯曲关节相比更接近基台的扭转关节的角度位置来确定共振频率的各测量位置(参照图4),从而确定与应减少的频率对应的位置范围。另外,在机器人的制造阶段(参照图3的S100)预先如上述实施方式那样生成参照信息,进一步,能够在机器人设置后的阶段(参照图3的S200)测量共振频率来生成追加的参照信息。

[0112] 在上述实施方式中,根据控制点TCP的位置来确定应减少的频率(参照图4和图5)。并且,在参照参照信息进行的应减少的频率的确定中,不考虑关于关节X13~X16的手臂110的姿势。但是,与关于关节X13~X16的手臂110的姿势对手臂110的振动产生的影响相比,控制点TCP相对于基准点的相对位置对手臂110的振动产生的影响非常大。因此,通过基于控制点与基准点的相对位置来确定与应减少的频率对应的位置范围,能够实质上降低机器人100的手臂110的振动。

[0113] (2) 在上述实施方式中,使用设置于手臂110的前端170的六轴加速度传感器来进行共振频率的测量(参照图4)。但是,也可以使用安装于手臂的力觉传感器来进行共振频率的测量。

[0114] (3) 在上述实施方式中,非减少范围Ar0是具有圆锥形状的空间(参照图4和图5)。第一范围Ar1是从以基准点02为中心的球状空间中排除了非减少范围Ar0的空间。第二范围Ar2是非减少范围Ar0和第一范围Ar1以外的空间。

[0115] 但是,在参照信息中与应减少的频率对应的空间可以具有其他形状。与应减少的频率对应的空间的数量可以是三个以上。此外,与应减少的频率对应的空间可以由以机器人坐标系的Z轴为基准的极坐标系确定。但是,与应减少的频率对应的空间优选以机器人所具备的多个关节中最接近基台的弯曲关节为基准点并根据距基准点的距离来确定。此外,与应减少的频率对应的空间优选相互不重复。

[0116] (4) 在上述实施方式中,在机器人100的各弯曲关节X12、X13、X15中,旋转轴仅由一方支承(参照图1)。在这种方式中,由于与由两端支承旋转轴的方式相比关节的刚性低,所以容易产生振动。因此,本公开的技术在关节的旋转轴仅由一方支承的机器人中特别有效。但是,本公开的技术应用于关节的旋转轴由两方支承的机器人也得到有效的效果。

[0117] (5) 在上述实施方式中,机器人100是垂直多关节机器人(参照图1)。但是,本公开的技术也能够应用于所谓的水平多关节型机器人。

[0118] (6) 在上述实施方式中,在减振处理中,说明了仅减少参照参照信息306而确定的

频率F11、F21及它们前后的频率成分的方式(参照图6)。但是,在减振处理中,除了参照参照信息而确定的频率及它们前后的频率成分以外,还能够采用减少其他频率成分的方式。应减少的其他频率成分例如能够在机器人的手臂安装末端执行器后测量共振频率并基于得到的共振频率来确定。

[0119] 参照参照信息而确定的频率的减少处理和由其他方法确定的频率的减少处理可以在不同的动作中执行,也可以在同一动作中执行。此外,可以并行执行,也可以前后执行。

[0120] E2. 其他方式2:

[0121] 在上述实施方式中,控制点TCP位于机器人100的手臂110的前端170(参照图1)。但是,机器人的控制点例如也能够配置在从手臂的前端朝向基台侧的位置等从作为可动部的手臂的前端偏移的位置。

[0122] E3. 其他方式3:

[0123] 在上述实施方式中,减少F11、F21的频率 $\pm \Delta f$ 的范围的频率成分。 $\Delta f$ 是1Hz。但是,与特定的频率的成分一起减少的其前后的频率的宽度可以是0.5Hz或2Hz等其他值。此外,与特定的频率的成分一起减少的其前后的频率的宽度可以在每个特定的频率的成分中不同。

[0124] E4. 其他方式4:

[0125] 在上述实施方式中,在“种类”栏设定为“通常”的情况下,滤波器设定部345(参照图2)将与动作的终点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率(参照图6的编号1)。并且,“种类”栏默认设定为“通常”。但是,作为在减振处理中应减少的频率,也能够采用不将与动作的终点所属的位置范围对应的频率作为默认的方式。并且,能够采用不将与动作的终点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率而是将其他频率确定为在减振处理中应减少的频率的方式。例如,可以仅将与动作的始点所属的位置范围对应的频率的确定为在减振处理中应减少的频率。此外,也可以仅将与速度变更的变更点所属的位置范围对应的频率确定为在减振处理中应减少的频率。

[0126] E5. 其他方式5:

[0127] 在上述实施方式中,滤波器处理部340(参照图2)从指示动作0p10的第一控制信号CS1中减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分和与第一范围Ar1对应的频率F11的成分,从而生成第二控制信号CS2(参照图6的编号2栏的Param1、Param2)。

[0128] 例如,在某个动作通过三个以上的位置范围内的的情况下,能够采用选择在减振处理中应减少与它们中的哪个位置范围对应的频率的方式。但是,在减振处理中,如果减少四个以上的频率成分,则由于位置偏差变大,所以不是优选的。

[0129] E6. 其他方式6:

[0130] (1) 在上述实施方式中,在“种类”栏设定为“边界切换”的情况下,滤波器处理部340对在第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP在第一范围Ar1内移动的第一部分动作0p11的部分,减少在参照信息306中与第一范围Ar1对应的频率F11的成分(参照图4和图6)。并且,滤波器处理部340对在第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP在第二范围Ar2内移动的第二部分动作0p12的部分,减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分。这种位置范围的边界中的切换即使在某个动作通过三个以上的位置范围内的情况下也能够执行。

[0131] 此外,对控制点TCP从第一范围Ar1内的位置P31向非减少范围Ar0内的位置P32移动的动作0p30,能够根据控制点所位于的位置范围Ar1、Ar0,切换减少与第一范围Ar1对应的频率F11的成分的处理和不减少频率的成分的处理。

[0132] 此外,优选的是,切换要减少的频率时,在减少要减少的原来频率的比例的同时增加要减少的新频率的比例来逐渐进行切换。

[0133] (2)在上述实施方式中,在“种类”栏中,从“通常”、“两方”、“边界切换”和“变速点切换”的四个选项中选择一个(参照图6)。但是,作为不能进行这种选择而仅进行与“通常”、“两方”、“边界切换”和“变速点切换”中的任一个对应的处理的控制装置,也能够应用本公开的技术。

[0134] E7.其他方式7:

[0135] (1)在上述实施方式中,在“种类”栏设定为“变更点切换”的情况下,滤波器处理部340对在第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP到达变更点P23前的动作的第一部分动作0p21的部分,减少在参照信息306中与第一范围Ar1对应的频率F11的成分。滤波器处理部340对在第一控制信号CS1中指示作为控制点TCP到达了变更点P23后的动作的第二部分动作0p22的部分,减少在参照信息306中与第二范围Ar2对应的频率F21的成分。变更点P23位于第二范围Ar2内。

[0136] 但是,即使在变更点P23不在第二范围Ar2内而位于第一范围Ar1内的情况下,也能够进行上述的处理。

[0137] (2)在上述实施方式中,控制点的速度变更的变更点在动作0p20中是一点P23(参照图4)。但是,在一个动作中也可以包括多个变更点。在包括变更点的动作中,在对变更点以后的动作的减振处理中,可以减少变更点所属的位置范围所对应的频率,也可以减少动作的终点所属的位置范围所对应的频率。

[0138] E8.其他方式8:

[0139] 在上述实施方式中,动作0p30是控制点TCP从第一范围Ar1内的位置P31向非减少范围Ar0内的位置P32移动的动作(参照图4的下层右部)。由此,不进行使用参照信息的减振处理的动作可以是如动作0p30那样在动作的一部分中通过非减少范围的动作。此外,不进行使用参照信息的减振处理的动作也可以是控制点仅在非减少范围内移动的动作。

[0140] E9.其他方式9:

[0141] 在上述实施方式中,非减少范围Ar0包括基台180(参照图4)。但是,作为未与频率对应的机器人的控制点的位置范围的非减少范围能够采用不包括基台的一部分的范围,也能够采用不包括基台的全部的范围。此外,能够制作没有非减少范围的参照信息。

[0142] E10.其他方式10:

[0143] 在第二实施方式中,滤波器设定部345对参照参照信息306(图1和图5参照)而得到的频率以相对于所支承的物体的质量的增加而线性减少的方式进行校正(参照图7)。但是,参照参照信息而得到频率例如也能够以向上凸或向下凸的二次曲线的方式进行校正等、以其他方法进行校正。

[0144] 此外,所考虑的质量除了末端执行器200所保持的工件W01的质量以外,还能够包括安装于手臂110的传感器、工具、监视器的质量。在包括这些质量对参照参照信息而得到的频率进行校正的情况下,例如,优选根据安装有这些物体的位置,改变与这些质量相乘的

系数并基于加权的和而对频率进行校正。

[0145] F. 另外的其他方式：

[0146] 本公开并不限制于上述实施方式,能够在不脱离其宗旨的范围内以各种方式实现。例如,本公开也能够由以下方式(aspect)实现。为了解决本公开的课题的一部分或全部,或者为了达成本公开的效果的一部分或全部,与在下面记载的各方式中的技术特征对应的上面的实施方式中的技术特征能够适当地进行替换、组合。此外,如果该技术特征在本说明书中没有作为必要的技术特征进行说明,则能够适当地删除。

[0147] (1) 根据本公开的一种方式,提供一种用于控制机器人的控制装置。该控制装置具备:第二控制信号生成部,能够从用于进行使机器人的可动部移动的动作的第一控制信号中减少预先规定的频率的成分来生成第二控制信号;以及存储部,存储有包括所述机器人的控制点的位置范围与频率之间的组合信息的参照信息,其中所述第二控制信号生成部基于所述动作中的所述机器人的控制点的位置并参照所述参照信息,确定从所述第一控制信号中应减少的频率的成分。

[0148] 根据这种方式,能够在不对新示教的动作测量机器人的共振频率的情况下,对该动作生成能够减少振动的驱动信号并向机器人输出。因此,与不进行使用了包括机器人的控制点的位置范围与频率成分之间的组合信息的参照信息的第二控制信号的生成的控制装置相比,能够减轻对多个动作减少振动时的用户的负担。

[0149] (2) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述控制点位于所述可动部的两端中的与连接于支承所述可动部的基台的一端相反的一端。

[0150] 根据这种方式,基于机器人的设计信息来生成参照信息,能够基于该参照信息有效地减少机器人的振动。

[0151] (3) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述第二控制信号生成部从所述第一控制信号中减少包括所述确定的频率的预先规定的宽度的频率范围的成分来生成所述第二控制信号,所述参照信息包括所述机器人的控制点的位置范围与频率的两个以上的组合信息,在所述参照信息中,任意的两个所述位置范围设定成包括分别对应的所述频率的所述频率范围相互不重复。

[0152] 根据这种方式,与第二控制信号生成部所减少的频率范围重复的方式相比,能够对能够成为共振频率的频率范围以更少数量的位置范围的区分来生成参照信息,从而能够有效地减少振动。

[0153] (4) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述第二控制信号生成部从指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作的所述第一控制信号中,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0154] 根据这种方式,能够生成能够有效地减少由第一控制信号指示的动作结束后的残留振动的第二控制信号。

[0155] (5) 在上述方式的控制装置中能够作为如下方式:所述第二控制信号生成部从所述第一控制信号中进一步减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0156] 根据这种方式,进一步,能够生成能够有效地减少控制点在第一范围移动时的控制点的振动的第二控制信号。

[0157] (6) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述第二控制信号生成部在根据指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作的所述第一控制信号生成所述第二控制信号时,对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点在所述第一范围内移动的第一部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分,并且对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点在所述第二范围内移动的第二部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分。

[0158] 根据这种方式,与始终如一地减少与第一范围对应的频率的成分和与第二范围对应的频率的成分中的两方的方式相比,能够减少位置偏移并对第一控制信号所指示的动作中的第一部分动作有效地减少振动,并且也能够对第二部分动作有效地减少振动。

[0159] (7) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述第二控制信号生成部在根据指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作、且在所述第二范围内的预先规定的变更点改变所述控制点的速度而移动的动作的所述第一控制信号生成所述第二控制信号时,对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点到达所述变更点前的动作的第一部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分,并且对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点到达了所述变更点后的动作的第二部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分。

[0160] 根据这种方式,与始终如一地减少与第一范围对应的频率的成分和与第二范围对应的频率的成分中的两方的方式相比,能够减少位置偏移并对第一控制信号所指示的动作中的第一部分动作有效地减少振动,并且也能够对第二部分动作有效地减少振动。

[0161] (8) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述参照信息还包括非减少范围的信息,所述非减少范围的信息是未与频率对应的所述机器人的控制点的位置范围,所述第二控制信号生成部能够从指示所述控制点在所述非减少范围移动的动作的所述第一控制信号中不减少频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0162] 根据这种方式,与从第一控制信号中减少频率的成分的方式相比,对控制点位于任何位置范围的动作都能够提高控制点在非减少范围内移动的动作中的位置精度。

[0163] (9) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述非减少范围是包括支承所述可动部的基台的至少一部分的范围。

[0164] 在这种方式中,控制点位于支承可动部的基台的附近,对可动部采取折叠着的姿势的动作的第一控制信号不减少频率的成分来生成第二控制信号。因此,对认为可动部折叠着,因此不容易产生振动的动作,能够以不受到振动的不利或以较少的不利来提高位置精度。

[0165] (10) 在上述方式的控制装置中也能够采用如下方式:所述第二控制信号生成部基于所述可动部所支承的物体的质量的信息,以所述质量越大从所述第一控制信号中应减少

的频率的成分越小的方式确定从所述第一控制信号中应减少的频率的成分。

[0166] 根据这种方式,与不考虑可动部所支承的物体的质量来确定从第一控制信号中应减少的频率成分的方式相比,能够较高度地降低机器人的动作的振动。

[0167] (11)根据本公开的其他方式,提供一种控制机器人的控制方法。该控制方法包括如下工序: (a)准备包括机器人的控制点的位置范围与频率之间的组合信息的参照信息; (b)基于动作中的所述机器人的控制点的位置并参照所述参照信息,确定从用于进行使所述机器人的可动部移动的动作的第一控制信号中应减少的频率的成分; (c)从所述第一控制信号中减少所述确定的频率的成分来生成第二控制信号; (d)基于所述第二控制信号来生成驱动所述机器人的驱动信号。

[0168] (12)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述控制点位于所述可动部的两端中的与连接于支承所述可动部的基台的一端相反的一端。

[0169] (13)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述工序(c)是如下工序:从所述第一控制信号中减少包括所述确定的频率的预先规定的宽度的频率范围的成分来生成所述第二控制信号,所述工序(a)是准备所述参照信息的工序,所述参照信息包括所述机器人的控制点的位置范围与频率的两个以上的组合信息,并且任意的两个所述位置范围设定成包括分别对应的所述频率的所述频率范围相互不重复。

[0170] (14)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述工序(c)是如下工序:从指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作的所述第一控制信号中,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0171] (15)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述工序(c)是如下工序:从所述第一控制信号中进一步减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0172] (16)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述工序(c)是如下工序:在根据指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作的所述第一控制信号生成所述第二控制信号时,对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点在所述第一范围内移动的第一部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分,并且对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点在所述第二范围内移动的第二部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分。

[0173] (17)在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述参照信息包括第一范围和第二范围的信息,所述第一范围是与频率对应的位置范围,所述第二范围是与频率对应的位置范围且与所述第一范围不同,所述工序(c)是如下工序:在根据指示所述控制点从所述第一范围内的位置向所述第二范围内的位置移动的动作、且在所述第二范围内的预先规定的变更点改变所述控制点的速度而移动的动作的所述第一控制信号生成所述第二控制信号时,对所述第一控制信号中的指示作为所述控制点到达所述变更点前的动作的第一部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第一范围对应的频率的成分,并且对所述第

一控制信号中的指示作为所述控制点到达了所述变更点后的动作的第二部分动作的部分,减少在所述参照信息中与所述第二范围对应的频率的成分。

[0174] (18) 在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述参照信息还包括非减少范围的信息,所述非减少范围的信息是未与频率对应的所述机器人的控制点的位置范围,所述工序(c)包括如下工序:从指示所述控制点在所述非减少范围移动的动作的所述第一控制信号中不减少频率的成分来生成所述第二控制信号。

[0175] (19) 在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述非减少范围是包括支承所述可动部的基台的至少一部分的范围。

[0176] (20) 在上述方式的控制方法中也能够采用如下方式:所述工序(b)是如下工序:基于所述可动部所支承的物体的质量的信息,以所述质量越大从所述第一控制信号中应减少的频率的成分越小的方式确定从所述第一控制信号中应减少的频率的成分。

[0177] (21) 根据本公开的其他方式,提供一种机器人系统。该机器人系统具备:上述的控制装置;以及由所述控制装置控制的机器人。

[0178] 本公开也能够以机器人控制装置、机器人的控制方法及机器人系统以外的各种方式实现。例如,能够以实现机器人的控制方法的计算机程序、记录有该计算机程序的非临时的记录介质等方式实现。

[0179] 上述的本公开的各方式所具有的多个构成要素并非全部是必须的,为了解决上述课题的一部分或全部,或者为了达成本说明书所记载的效果的一部分或全部,能够适当地对所述多个构成要素的一部分的构成要素进行其变更、删除、替换为新的其他构成要素、限定内容的一部分删除。此外,为了解决上述课题的一部分或全部,或者为了达成本说明书所记载的效果的一部分或全部,也能够将包含于上述的本公开的一种方式的技术特征的一部分或全部与包含于上述的本公开的其他方式的技术特征的一部分或全部进行组合,成为本公开的独立的一种方式。

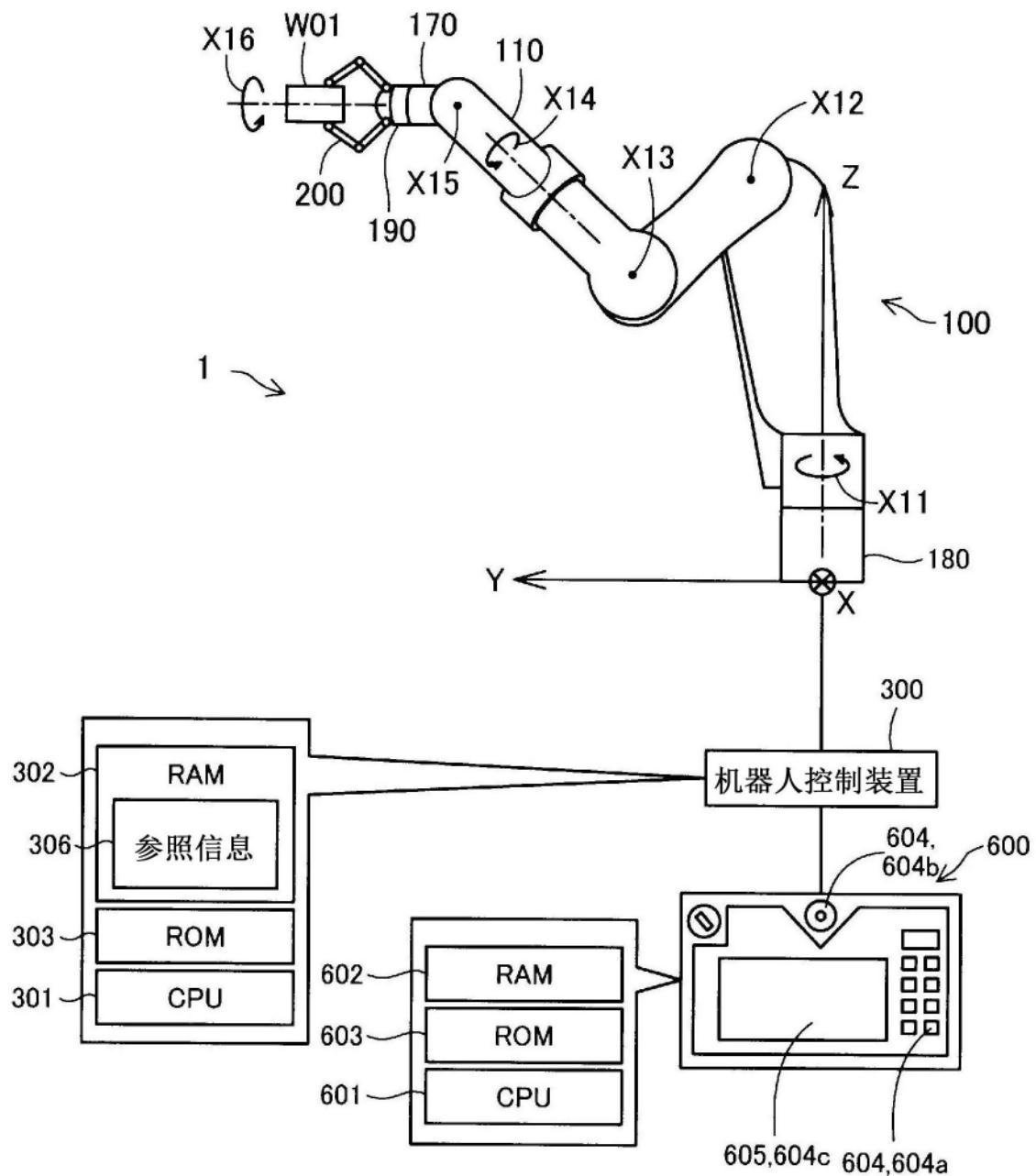


图1

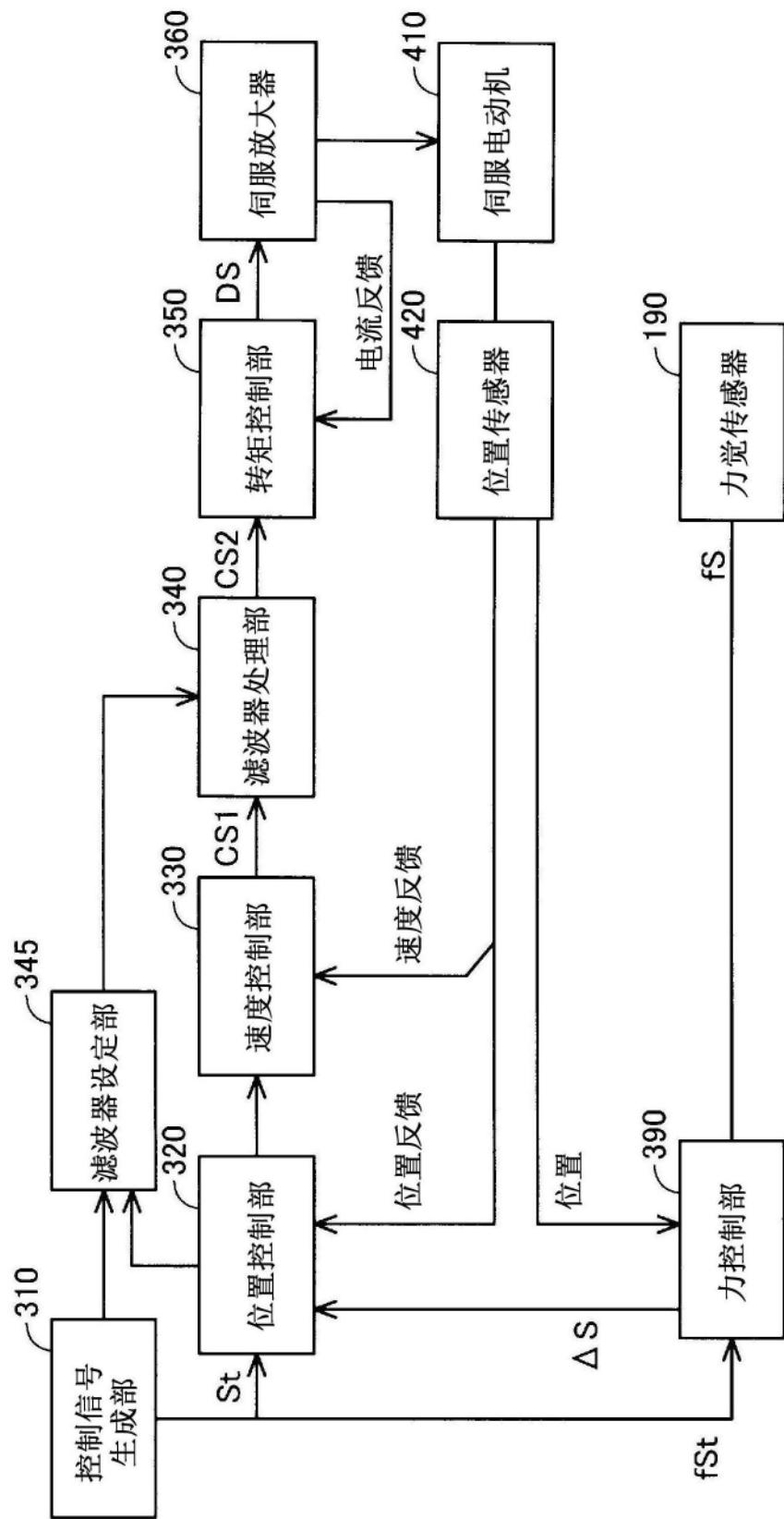


图2

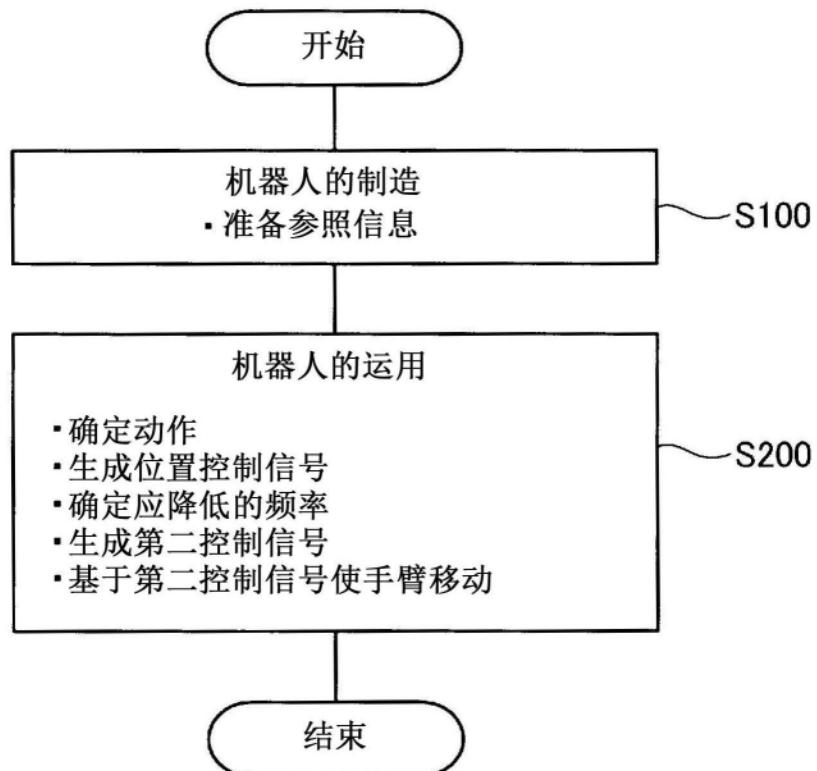


图3

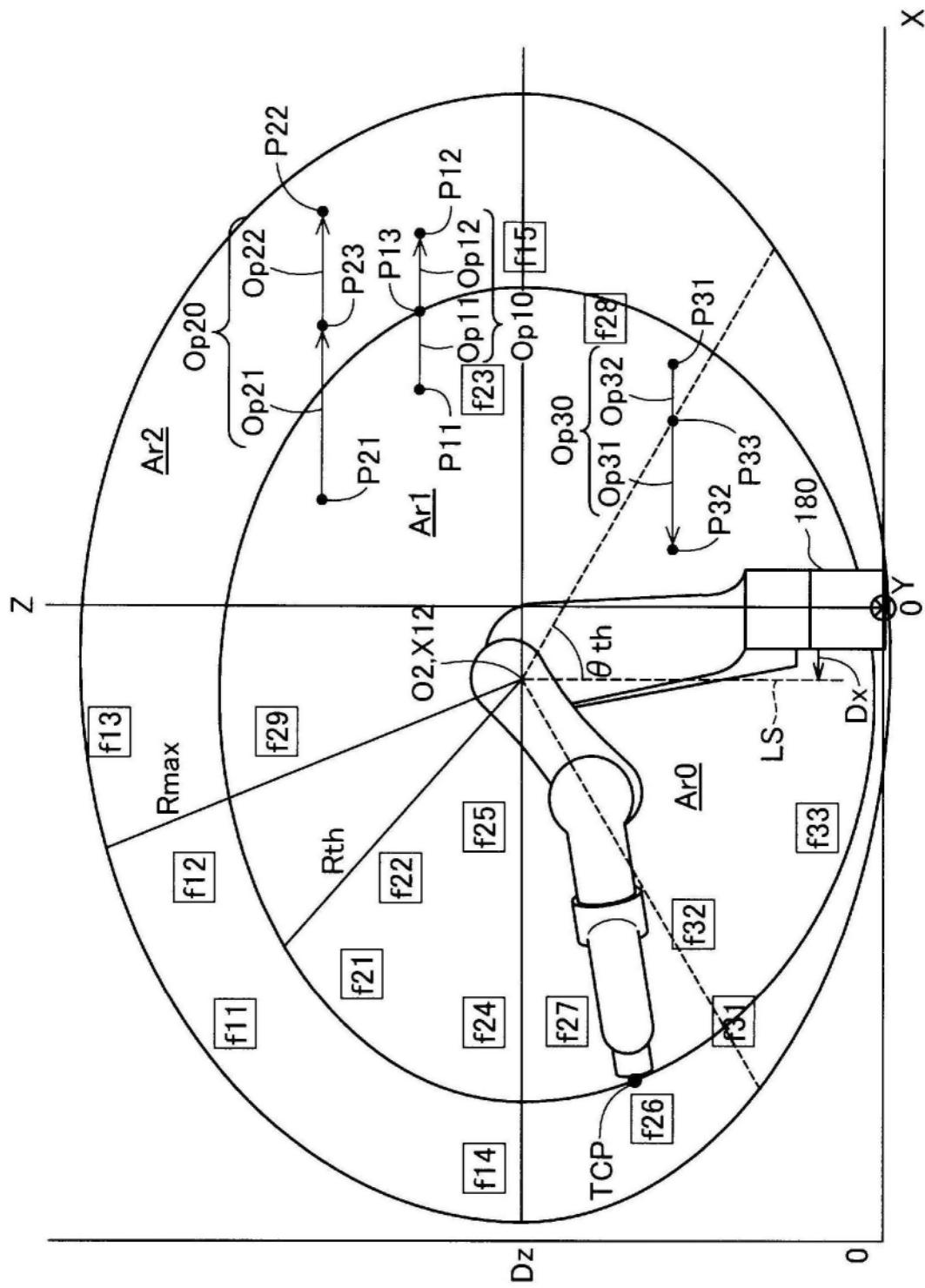


图4

距基准点O2的距离Rtcp	
Rtcp < Rth	
从基准轴开始的角度 $\theta$	$\theta \geq \theta_{th}$
	$F_{11}$
$\theta < \theta_{th}$	—
	$F_{21}$
	—

图5

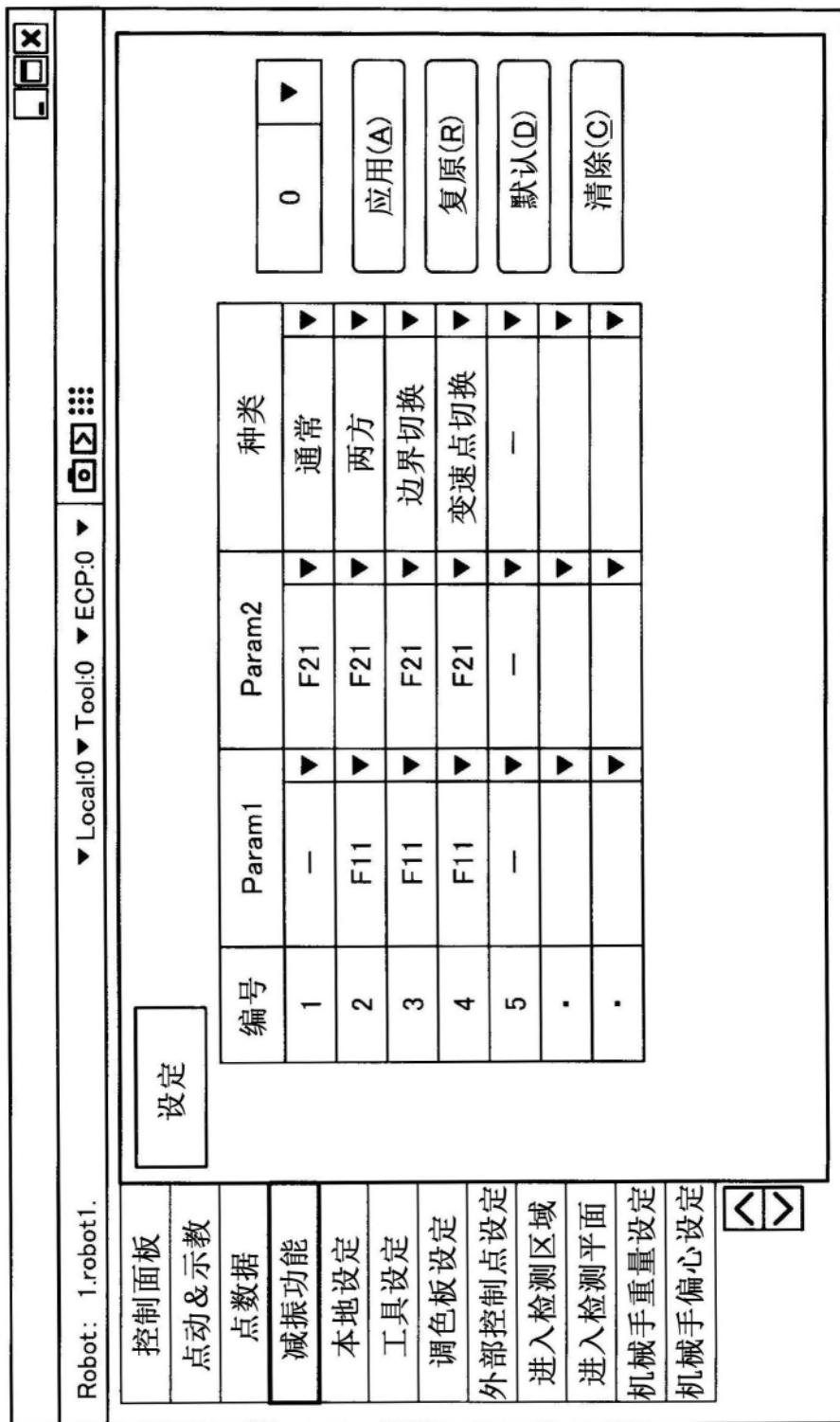


图6

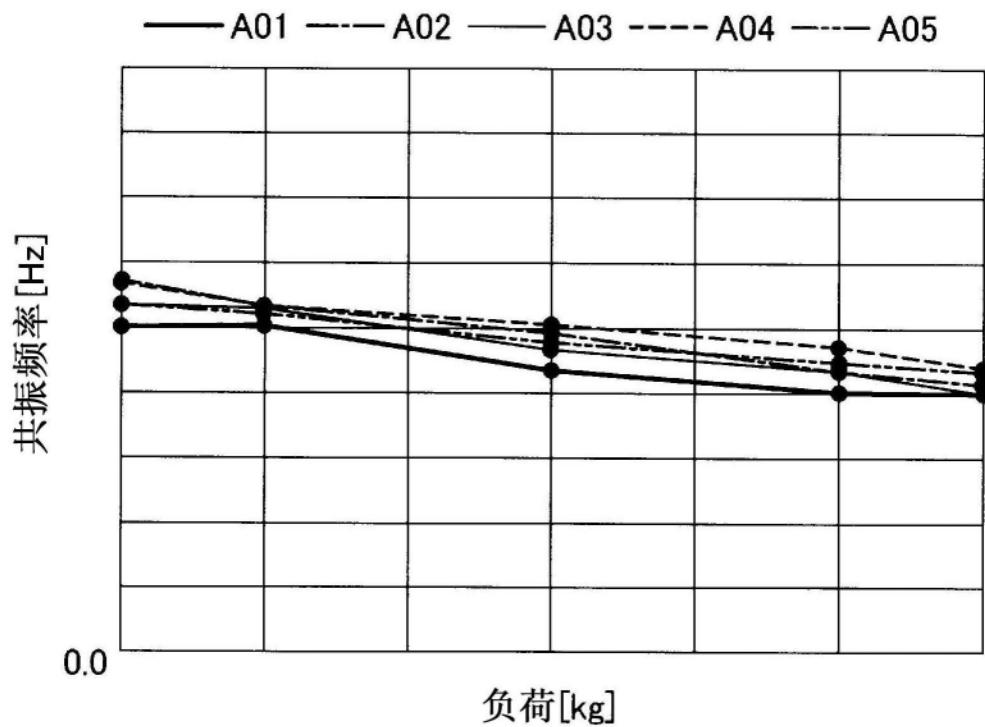


图7

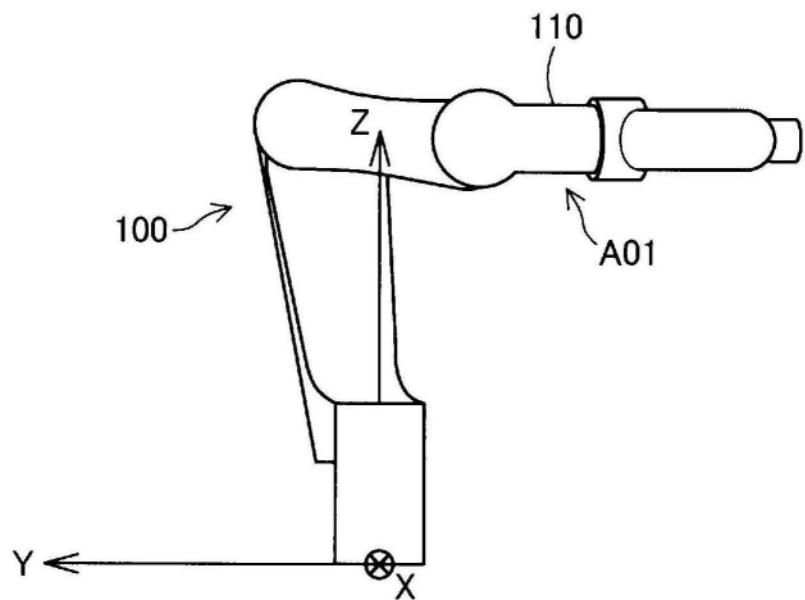


图8

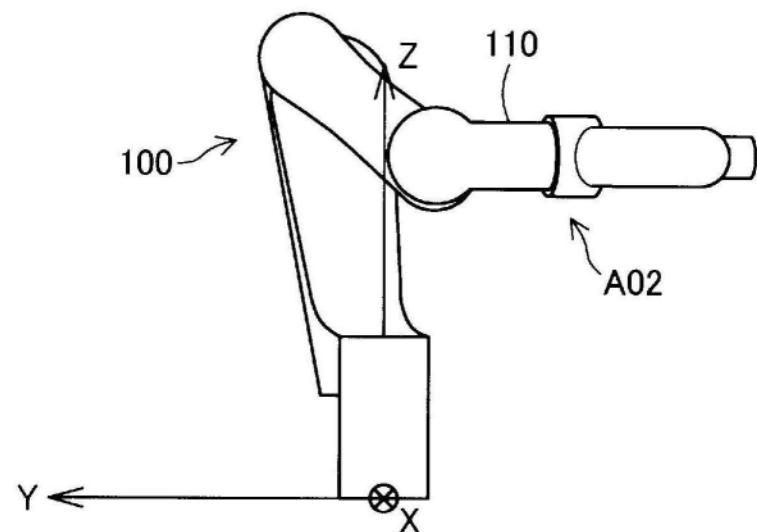


图9

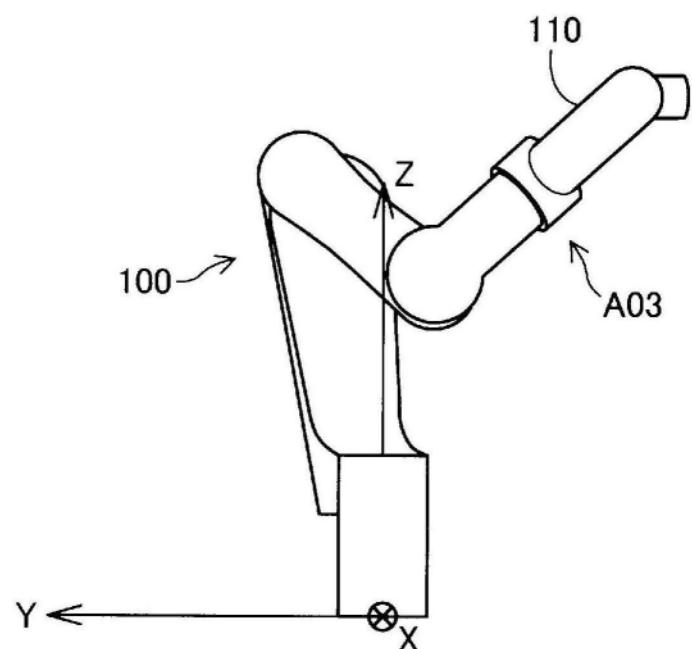


图10

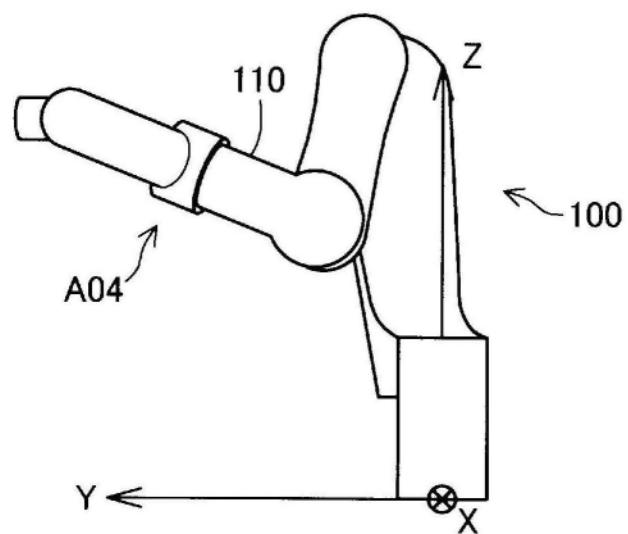


图11

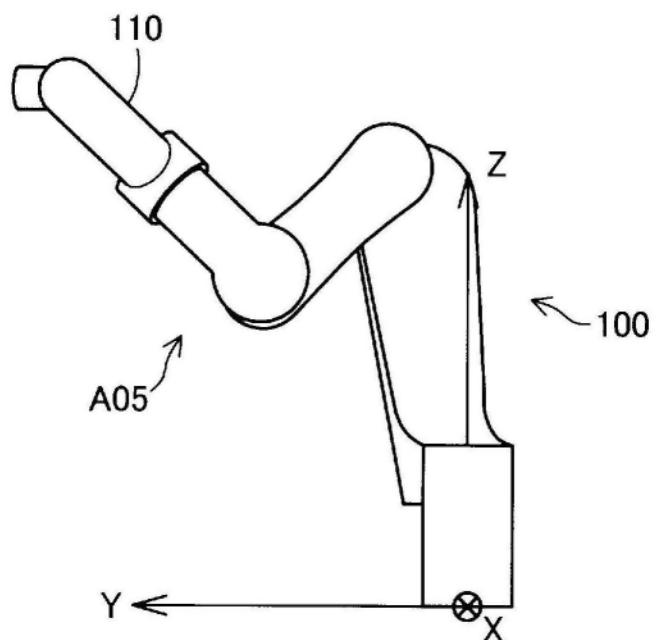


图12

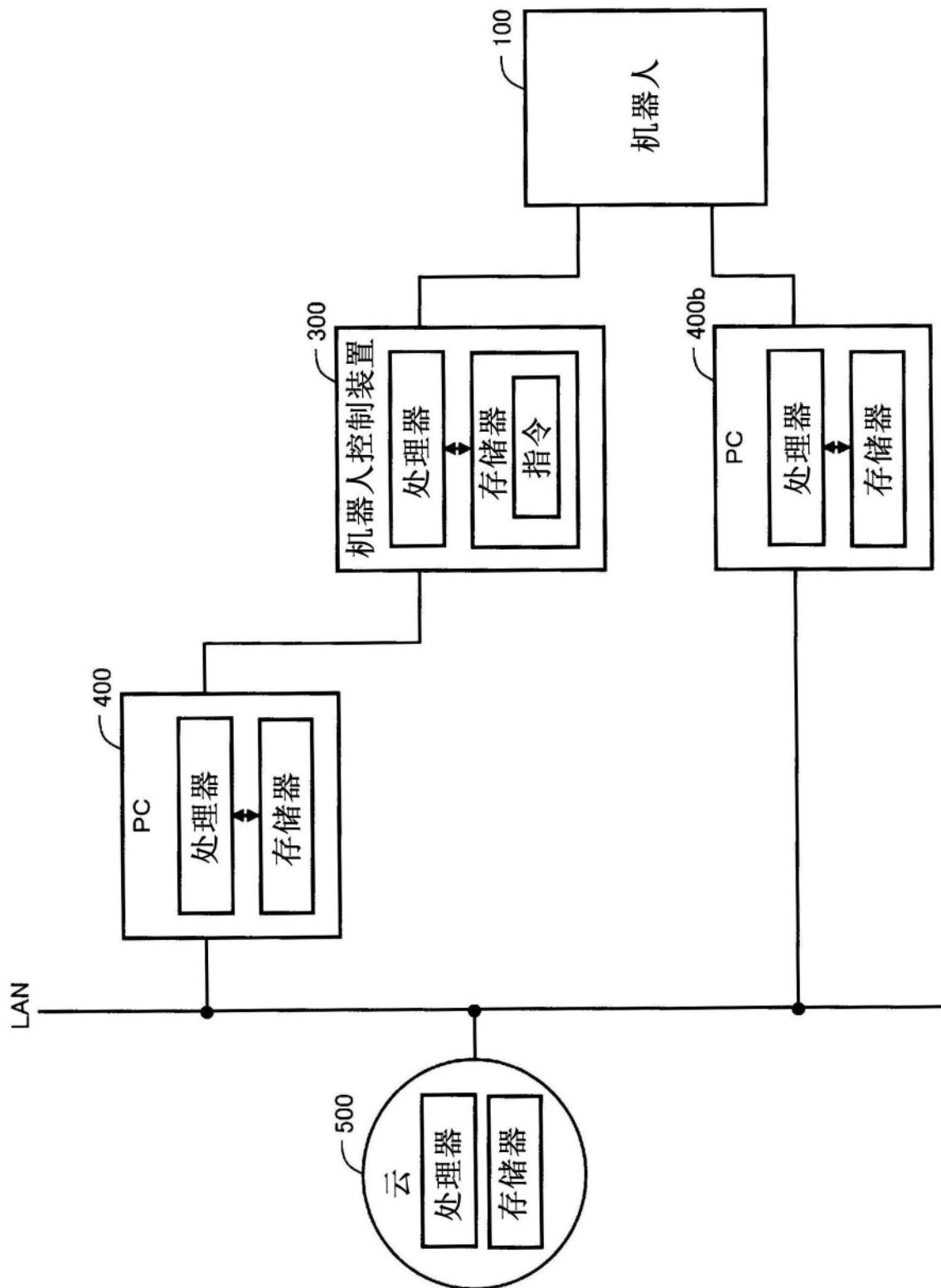


图13

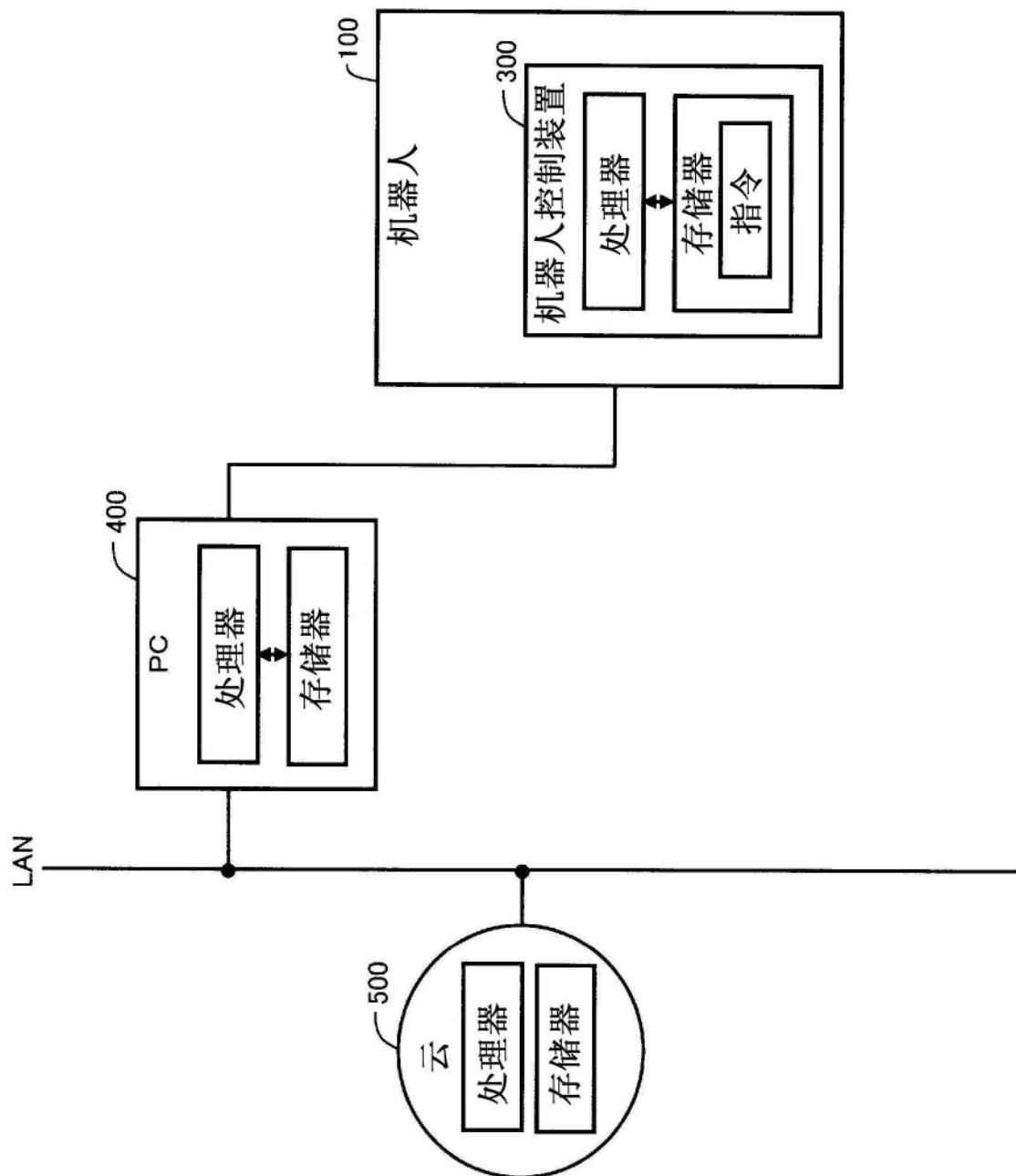


图14