



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118354879 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 16

(21) 申请号 202280078892.X

(22) 申请日 2022.11.29

(30) 优先权数据

2021-193652 2021.11.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/044047 2022.11.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/095927 JA 2023.06.01

(71) 申请人 京瓷株式会社

地址 日本

(72) 发明人 大野一树 山岸友树 阿南尚宏

石田敬之 宫村博昭

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 庄锦军

(51) Int.Cl.

B25J 13/08 (2006.01)

B25J 15/08 (2006.01)

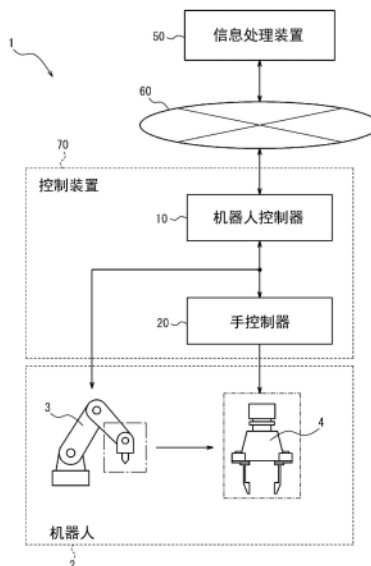
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

控制装置、机器人控制系统和用于控制机器
人的方法

(57) 摘要

一种控制装置,包括手控制器,该手控制器控制能够抓握要抓握的对象并包括多个传感器的手。手控制器被配置为能够获得与从手作用在要抓握的对象上的抓握力有关的信息、或者与在手中作用在要抓握的对象上的力矩有关的信息,与抓握力有关的信息和与力矩有关的信息基于多个传感器的输出。手控制器基于与抓握力有关的信息或与力矩有关的信息,估计手正在抓握要抓握的对象的抓握状态。



1. 一种控制装置, 包括:

手控制器, 所述手控制器控制能够抓握要抓握的对象并包括多个传感器的手,

其中, 所述手控制器被配置为: 能够获得与从所述手作用在所述要抓握的对象上的抓握力有关的信息、或者与在所述手中作用在所述要抓握的对象上的力矩有关的信息, 与所述抓握力有关的信息和与所述力矩有关的信息基于所述多个传感器的输出, 以及

其中, 所述手控制器基于与所述抓握力有关的信息或与所述力矩有关的信息, 估计所述手正在抓握所述要抓握的对象的抓握状态。

2. 根据权利要求1所述的控制装置,

其中, 所述手控制器基于来自所述多个传感器中的至少一个传感器的信息, 估计所述抓握状态是正常抓握状态、异常抓握状态还是需要校正抓握模式的抓握校正状态, 以及

其中, 当所述抓握状态是所述抓握校正状态时, 所述手控制器校正所述手的所述抓握模式。

3. 根据权利要求1或2所述的控制装置,

其中, 所述手控制器基于来自所述多个传感器中的至少一个传感器的信息, 获得与所述要抓握的对象有关的重量信息, 以及

其中, 所述手控制器基于所述重量信息, 估计所述抓握状态。

4. 根据权利要求3所述的控制装置,

其中, 当所述重量信息小于或等于特定重量时, 所述手控制器估计出所述抓握状态是异常抓握状态, 以及

其中, 所述手控制器增加要在下一抓握机会中使用的参考抓握力的值。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的控制装置,

其中, 所述手控制器基于来自所述多个传感器中的至少一个传感器的信息, 获得与所述手有关的位置信息, 以及

其中, 所述手控制器基于与所述手有关的所述位置信息, 估计所述抓握状态。

6. 根据权利要求5所述的控制装置,

其中, 当由与所述手有关的所述位置信息指示的所述手的位置在特定范围内并且与所述抓握力有关的信息小于或等于第一抓握力阈值时, 所述手控制器估计出所述手的所述抓握状态是抓握校正状态, 以及

其中, 所述手控制器校正所述手抓握所述要抓握的对象的抓握力。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的控制装置,

其中, 当与所述力矩有关的信息指示力矩的变化量并且所述变化量大于或等于第一力矩阈值时, 所述手控制器估计出所述手的所述抓握状态是抓握校正状态, 以及

其中, 所述手控制器校正所述手抓握所述要抓握的对象的抓握力。

8. 根据权利要求7所述的控制装置,

其中, 当与所述力矩有关的信息是力矩的变化量并且所述变化量大于或等于比所述第一力矩阈值大的第二力矩阈值时, 所述手控制器估计出所述抓握状态是异常抓握状态, 以及

其中, 所述手控制器增加要在下一抓握机会中使用的参考抓握力。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的控制装置,

其中,当与所述抓握力有关的信息小于或等于比第一抓握力阈值小的第二抓握力阈值时,所述手控制器估计出所述抓握状态是异常抓握状态,以及

其中,所述手控制器增加要在下一抓握机会中使用的参考抓握力。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的控制装置,

其中,所述手控制器基于来自所述多个传感器中的至少一个传感器的信息,校正抓握力,使得所述抓握力的增加量变得小于或等于特定增加量。

11. 根据权利要求10所述的控制装置,

其中,所述手控制器基于来自所述多个传感器中的至少一个传感器的信息,允许利用超过所述特定增加量的所述抓握力的增加量来校正所述抓握力。

12. 根据权利要求1至11中任一项所述的控制装置,

其中,当所述手控制器连续多次估计出所述手的所述抓握状态是异常抓握状态时,所述手控制器估计出所述手的所述抓握状态是不可抓握状态,以及

其中,所述手控制器停止由所述手执行的抓握操作。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的控制装置,

其中,所述手控制器获得相对于所述手中包括的手指的表面在水平方向上作用的力作为与所述抓握力有关的信息,并且基于所述力,估计所述抓握状态。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的控制装置,还包括:

机器人控制器,所述机器人控制器控制所述手到所述要抓握的对象的接近操作,

其中,当所述手控制器估计出所述手的所述抓握状态是不可抓握状态时,所述机器人控制器校正所述手的所述接近操作。

15. 根据权利要求14所述的控制装置,

其中,所述机器人控制器基于所述手的所述抓握状态的估计结果,确定所述手的维护定时。

16. 一种机器人控制系统,包括:

根据权利要求1至15中任一项所述的控制装置;以及

机器人,所述机器人包括手。

17. 一种用于控制机器人的方法,所述方法包括:

获得与从手作用在要抓握的对象上的抓握力有关的信息、或者与在所述手中作用在所述要抓握的对象上的力矩有关的信息;以及

基于与所述抓握力有关的信息或与所述力矩有关的信息,估计所述手正在抓握所述要抓握的对象的抓握状态。

控制装置、机器人控制系统和用于控制机器人的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2021年11月29日向日本专利局提交的日本专利申请No.2021-193652的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及控制装置、机器人控制系统和用于控制机器人的方法。

背景技术

[0004] 已知用于控制机器人在利用从工件施加的反作用力来执行组装或拆卸时能够执行准确的组装或拆卸、同时通过减小手与工件之间的滑移来防止堵塞工件的方法(例如,参考专利文献1)。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本未审查专利申请公开No.2003-305678

发明内容

[0008] 在本公开的实施例中,一种控制装置包括控制手的手控制器。该手能够抓握要抓握的对象,并且包括多个传感器。手控制器被配置为能够获得与从手作用在要抓握的对象上的抓握力有关的信息、或者与在手中作用在要抓握的对象上的力矩有关的信息,与抓握力有关的信息和与力矩有关的信息基于多个传感器的输出。手控制器基于与抓握力有关的信息或与力矩有关的信息,估计手正在抓握要抓握的对象的抓握状态。

[0009] 在本公开的实施例中,一种机器人控制系统包括控制装置和机器人,该机器人包括手。

[0010] 在本公开的实施例中,一种用于控制机器人的方法包括:获得与从手作用在要抓握的对象上的抓握力有关的信息、或者与在手中作用在要抓握的对象上的力矩有关的信息。该用于控制机器人的方法包括基于与抓握力有关的信息或与力矩有关的信息,估计手正在抓握要抓握的对象的抓握状态。

附图说明

[0011] 图1是示出了根据实施例的机器人控制系统的配置示例的框图。

[0012] 图2是示出了手控制器和手的配置示例的框图。

[0013] 图3是示出了手抓握要抓握的对象的模式的示例的示意图。

[0014] 图4是图3的侧视图。

[0015] 图5是示出了与抓握校正状态的情况相对应的过程的示例的流程图。

[0016] 图6是示出了与异常抓握状态的情况相对应的过程的示例的流程图。

[0017] 图7是示出了与不可抓握状态的情况相对应的过程的示例的流程图。

具体实施方式

[0018] 当基于摩擦系数来控制抓握时,抓握可能由于由手的时间相关劣化导致的手与工件之间的摩擦系数减小而变得不稳定。当基于作用在要抓握的对象上的力的幅度来控制抓握时,抓握可能由于作用在要抓握的对象上的旋转力矩而变得不稳定。需要改进机器人抓握的稳定性。

[0019] 在实施例中,机器人控制系统1包括机器人2和控制装置70。如图1所示,机器人2包括手臂3和手4。手臂3可以包括关节和连杆。手4被配置为能够抓握要抓握的对象8(参考图3)。在本实施例中,控制装置70包括机器人控制器10和手控制器20。控制装置70可以至少包括手控制器20。机器人控制器10基于用于控制机器人2的移动的信息,通过操作机器人2的手臂3来将手4移动到要抓握的对象8的位置。手4到要抓握的对象8的位置的移动也将被称为接近操作。机器人控制器10控制手4到要抓握的对象8的接近操作。手控制器20控制手4,以使手4抓握要抓握的对象8。

[0020] 机器人控制器10和手控制器20可以执行例如下文中描述的操作。机器人控制器10控制手臂3,使得手4移动到手4可以抓握要抓握的对象8的位置。在手4移动到要抓握的对象8之后,手控制器20确定手4抓握要抓握的对象8的目标位置,并且控制手4,使得手4抓握要抓握的对象8。当手4正在抓握要抓握的对象8时,机器人控制器10控制手臂3,使得举起手4以提起要抓握的对象8,并且将要抓握的对象8移动到要抓握的对象8要移动到的目标位置。在所提起的要抓握的对象8移动到目标位置之后,手控制器20减小对要抓握的对象8的抓握力以从手4释放要抓握的对象8,并且将要抓握的对象8放置在目标位置处。

[0021] 机器人控制器10可以生成并获得用于控制机器人2的移动的信息。替代地,机器人控制器10可以从外部装置(例如,通过网络60或不通过网络60与机器人控制器10链接的信息处理装置50)获得用于控制机器人2的移动的信息。手控制器20可以生成并获得用于控制手4的移动的信息。替代地,手控制器20可以从机器人控制器10获得用于控制手4的移动的信息。机器人控制器10和手控制器20可以集成在一起。

[0022] 机器人控制器10可以包括至少一个处理器,以便提供用于执行各种功能的控制和处理性能。处理器可以执行用于实现机器人控制器10的各种功能的程序。处理器可以被实现为单个集成电路。集成电路也被称为IC(集成电路)。替代地,处理器可以被实现为彼此可通信地连接的多个集成电路和分立电路。替代地,处理器可以基于各种其他已知的技术之一来实现。

[0023] 机器人控制器10可以包括存储单元。存储单元可以包括诸如磁盘之类的磁存储介质或诸如半导体存储器或磁存储器之类的存储器。存储单元存储各种信息、要由机器人控制器10执行的程序等。存储单元可以用作机器人控制器10的工作存储器。存储单元的至少一部分可以与机器人控制器10分开实现。

[0024] 如图2所示,手控制器20包括状态估计器21、转换器22、位置控制器24、以及加法器25、26和27。手控制器20可以包括至少一个处理器。手控制器20可以包括存储单元。

[0025] 机器人控制器10从连接到机器人控制器10的相机等获得图像信息,并且执行用于控制机器人2的手臂3或识别要抓握的对象8的图像处理等。例如,手控制器20控制手4,以抓握所识别的要抓握的对象8。机器人控制器10的操作负荷和手控制器20的操作负荷彼此不同。机器人控制器10和手控制器20可以分开设置。机器人控制器10可以被实现为安装在机

器人2的主体中或手臂3下方的计算机。手控制器20可以被实现为并入到手4中的处理器(例如,CPU)。手控制器20可以以与机器人控制器10相同的方式或类似于机器人控制器10来实现。

[0026] 手4包括电机41、编码器42、接触力传感器43和力传感器44。例如,电机41被实现为诸如步进电机之类的伺服电机,并且基于控制信号来控制旋转角度。编码器42检测电机41的旋转角度,并且将旋转角度输出到手控制器20。编码器42检测机器人2的手臂3或手4的位置或姿态、速度或加速度等。手4还可以包括运动传感器。运动传感器可以安装在机器人2的手臂3的关节之一处。

[0027] 编码器42、接触力传感器43和力传感器44也将被简称为传感器。手4包括多个传感器。稍后将描述接触力传感器43和力传感器44。

[0028] 如图3和图4所示,手4包括多个手指。在本实施例中,手4包括例如两个手指45A和45B。手4驱动电机41以调整两个手指45A与45B之间的距离,并且利用两个手指45A和45B来抓握要抓握的对象8。在抓握要抓握的对象8的同时,手4通过在Z轴的正方向上移动要抓握的对象8来在Z轴方向上提起要抓握的对象8。在图3和图4中,Z轴的负方向对应于重力作用在要抓握的对象8上的方向。重力作用在要抓握的对象8上的方向也被称为竖直方向。

[0029] 手指45A包括在手指45A与要抓握的对象8接触的部分处的接触力传感器43A。手指45B包括在手指45B与要抓握的对象8接触的部分处的接触力传感器43B。也就是说,接触力传感器43包括接触力传感器43A和43B。接触力传感器43A和43B在手指45A和45B抓握要抓握的对象8时检测从要抓握的对象8施加的力。从要抓握的对象8向手指45A和45B施加的力也将被称为接触力。接触力传感器43可以被实现为压电式传感器、应变仪等。接触力传感器43可以各自被配置为能够检测在沿多个轴的方向上的力。接触力传感器43可以各自包括与在多个方向上的力相对应的多个传感器。不仅可以基于接触力传感器43的检测结果,还可以基于电流传感器的检测结果,来获得与接触力有关的信息,该电流传感器检测流到用于驱动机器人2的电机的电流。

[0030] 手4包括在支撑两个手指45A和45B的基部与机器人2的手臂3之间的力传感器44。力传感器44能够检测通过两个手指45A和45B作用在基部上的力或扭矩。更具体地,力传感器44能够检测在图3所示的X轴方向、Y轴方向和Z轴方向上施加到手4的抓握力。力传感器44还能够检测围绕X轴、Y轴和Z轴作用在手4上的力矩。

[0031] 在本实施例中,例如,在图4中,假设两个手指45A和45B在相对于要抓握的对象8的重心8G在X轴的正方向上的一些位置处抓握要抓握的对象8。在这种情况下,围绕Y轴的扭矩8T从要抓握的对象8作用在手指45A和45B上。扭矩8T对应于由于在与重心8G不同的位置处抓握要抓握的对象8而在要抓握的对象8中引起的力矩。扭矩8T通过抓握要抓握的对象8的两个手指45A和45B而作用在基部上。力传感器44检测通过两个手指45A和45B作用在基部上的扭矩。力传感器44还检测在Z轴的负方向上的力(即,作用在要抓握的对象8和手4上的重力)。力传感器44可以被实现为压电式传感器、应变仪等。力传感器44可以包括与在多个方向上的力或扭矩相对应的多个传感器。力传感器44还可以安装在除手4之外的机器人2的手臂3等上。

[0032] 手控制器20可以基于来自多个传感器中的至少一个传感器的信息来获得指示手4的位置的信息,该多个传感器包括编码器42、接触力传感器43、力传感器44等。指示手4的位

置的信息也将被称为与手4有关的位置信息。与手4有关的位置信息可以包括与手4抓握要抓握的对象8的位置有关的信息。

[0033] 当机器人控制器10使机器人2的手4抓握要抓握的对象8时,手控制器20可以以将在下文描述的方式来控制手4。

[0034] 手控制器20将用于控制手4的电机41的旋转角度的控制信号从位置控制器24输出到电机41。手控制器20通过放大用于手4的信号的驱动器28来输出控制信号。电机41基于控制信号来控制旋转角度。编码器42检测电机41的旋转角度,并且将旋转角度输出到手控制器20的位置控制器24和状态估计器21。

[0035] 接触力传感器43检测在手指45A和45B与要抓握的对象8接触时的接触力,并且将接触力输出到手控制器20的状态估计器21和加法器25。当手4正在抓握要抓握的对象8时由接触力传感器43检测到的接触力对应于从手4作用在要抓握的对象8上的抓握力。指示从手4作用在要抓握的对象8上的抓握力的信息也将被称为抓握力信息。手控制器20从接触力传感器43获得抓握力信息。

[0036] 力传感器44检测作用在手指45A和45B上的扭矩,并且将扭矩输出到手控制器20的状态估计器21。当手4正在抓握要抓握的对象8时由力传感器44检测到的扭矩对应于在手4中作用在要抓握的对象8上的抓握力或力矩。指示在手4中作用在要抓握的对象8上的抓握力的信息也将被称为抓握力信息。换言之,抓握力信息包括基于接触力传感器43的输出的抓握力信息、以及基于力传感器44的输出的抓握力信息。来自接触力传感器43的抓握力信息是从要抓握的对象8施加到手4的手指的应力。来自力传感器44的抓握力信息是从要抓握的对象8施加到手4的基部的应力。指示在手4中作用在要抓握的对象8上的力矩的信息也将被称为力矩信息。手控制器20从力传感器44获得抓握力信息或力矩信息。

[0037] 手控制器20利用状态估计器21来估计手4正在抓握要抓握的对象8的状态。手4正在抓握要抓握的对象8的状态也将被称为抓握状态。更具体地,状态估计器21基于电机41的旋转角度、接触力和扭矩的检测结果来估计抓握状态。

[0038] 更具体地,在本实施例中,正常抓握状态、抓握校正状态、异常抓握状态或不可抓握状态可以被估计为抓握状态。正常抓握状态对应于手4正在正常地抓握要抓握的对象8的状态。抓握校正状态对应于抓握模式需要被校正以使手4正常地抓握要抓握的对象8的状态。异常抓握状态对应于手4正在抓握要抓握的对象8的抓握模式异常的状态。不可抓握状态对应于手4正在尝试以手4不能抓握要抓握的对象8的方式来抓握要抓握的对象8的状态。

[0039] 状态估计器21可以基于与手4有关的位置信息来估计抓握状态。当即使手4的位置在特定范围内或抓握位置在目标抓握位置的容差内也不能获得抓握力信息或力矩信息、或者抓握力信息或力矩信息小于特定阈值时,例如,状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态或异常抓握状态。

[0040] 如果作用在接触力传感器43上的接触力小于第一抓握力阈值,则状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。更具体地,当接触力传感器43正在检测特定水平的接触力但抓握力小于第一抓握力阈值时,状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。抓握校正状态包括例如当手4正在抓握要抓握的对象8时要抓握的对象8滑动的状态。换言之,抓握校正状态对应于可以校正抓握力、抓握位置等以使得要抓握的对象8将不再滑动的状态。第一抓握力阈值可以被设置为例如超过用作参考的参考抓握力 $refT$ 的负容差的

值。当要抓握的对象8在手指45A或45B上滑动或者要抓握的对象8与手指45A或45B成一角度时,接触力可以降至第一抓握力阈值以下。可以针对每个要抓握的对象8定义参考抓握力 $refT$ 。参考抓握力 $refT$ 可以例如由用户针对每个要抓握的对象8来设置。参考抓握力 $refT$ 可以例如针对每个要抓握的对象8来设置,并且保存在存储单元中或者根据要抓握的对象8从存储单元读取。在这种情况下,机器人控制系统1可以包括接收用户输入的输入单元,例如,键盘、指示器或触摸面板。

[0041] 如果当手4正在抓握要抓握的对象8时由力传感器44检测到的旋转力矩大于或等于力矩阈值,则状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。当围绕Y轴的力矩或围绕X轴的力矩变得大于或等于力矩阈值时,例如,状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。可以例如基于要抓握的对象8的形状或质量或者假设当要抓握的对象8在手4中滑动时引起的扭矩的水平来设置力矩阈值。替代地,用户可以设置力矩阈值。替代地,力矩阈值可以是预先保存在存储单元中的设定值。在这种情况下,机器人控制系统1可以包括接收用户输入的输入单元,例如,键盘、指示器或触摸面板。存储单元不限于机器人控制器10或手控制器20中的存储单元,并且替代地,可以通过网络连接到机器人控制器10或手控制器20的存储单元。

[0042] 状态估计器21可以基于作为抓握力信息的由力传感器44检测到的在相对于手4的手指45A或45B的表面的水平方向上的力,估计抓握状态。更具体地,在本实施例中,当检测到在图3和图4所示的X轴方向上的力时,状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。在X轴方向上的力对应于在要抓握的对象8在手指45A或45B上滑动的方向上的力。状态估计器21计算通过将由力传感器44检测到的在X轴方向上的力(F_x)除以要抓握的对象8的质量(m)而获得的值(F_x/m)作为要抓握的对象8在X轴方向上的力。如果要抓握的对象8的在X轴方向上的力的绝对值($|F_x/m|$)大于特定阈值,则状态估计器21可以确定要抓握的对象8正在手指45A或45B上滑动,并且估计出抓握状态是抓握校正状态。特定阈值可以被设置为例如 $0.1m/s^2$ 至 $100m/s^2$ 。当基于在所估计的方向上的力来估计抓握状态时,不一定需要使用从要抓握的对象8的质量获得的乘积。另一方面,当使用从要抓握的对象8的质量获得的乘积时,可以在考虑要抓握的对象8的质量的影响的同时估计抓握状态。

[0043] 状态估计器21可以基于至少一个条件来估计抓握状态是否是抓握校正状态。如果满足两个或更多个条件中的至少一个,则状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。如果同时满足两个或更多个条件,则状态估计器21可以估计出抓握状态是抓握校正状态。

[0044] 更具体地,可以使用抓握力信息和力矩信息来灵活地处理要抓握的对象8的各种状态。使用抓握力信息和力矩信息,例如,可以基于力矩信息来检测要抓握的对象8的下落,同时调整抓握力,以基于抓握力信息来防止下落。

[0045] 在本实施例中,由于包括了接触力传感器43和力传感器44,因此可以灵活地处理要抓握的对象8的各种状态。例如,可以使用力传感器44来检测要抓握的对象8的下落,同时调整抓握力,以使用接触力传感器43来防止下落。

[0046] 如果接触力传感器43的输出小于或等于手4不能抓握要抓握的对象8的特定扭矩,或者如果当手4正在抓握要抓握的对象8时力传感器44检测到大于或等于特定力矩的旋转力矩,则状态估计器21可以估计出抓握状态是异常抓握状态。状态估计器21可以基于来自

多个传感器中的至少一个传感器的信息来获得指示要抓握的对象8的重量的信息,该多个传感器包括编码器42、接触力传感器43、力传感器44等。指示要抓握的对象8的重量的信息也将被称为与要抓握的对象8有关的重量信息。状态估计器21可以基于重量信息来估计抓握状态。如果要抓握的对象8的重量(在Z轴的负方向上的力)变得小于或等于特定重量,则状态估计器21可以估计出抓握状态是异常抓握状态。异常抓握状态对应于例如手4不能抓握要抓握的对象8并将要抓握的对象8掉落的状态。如果诸如接触力传感器43或力传感器44之类的传感器的检测值是0,则状态估计器21可以估计出手4已经将要抓握的对象8掉落,并且抓握状态是异常抓握状态。

[0047] 如果抓握力信息小于或等于第二抓握力阈值,则状态估计器21可以估计出抓握状态是异常抓握状态。第二抓握力阈值可以被设置为比第一抓握力阈值小的值。

[0048] 如果状态估计器21连续多次估计出抓握状态是异常抓握状态,则状态估计器21估计出抓握状态是不可抓握状态。

[0049] 如果状态估计器21估计出抓握状态不是抓握校正状态或异常抓握状态,则状态估计器21估计出抓握状态是正常抓握状态。当抓握状态是正常抓握状态时,手4可以继续抓握操作。

[0050] 如上所述,手控制器20利用状态估计器21基于从多个传感器中的至少一个传感器输出的信息来估计抓握状态是正常抓握状态、异常抓握状态还是抓握校正状态。状态估计器21将抓握状态的估计结果输出到机器人控制器10。如果状态估计器21估计出抓握状态是不可抓握状态,则机器人控制器10或手控制器20停止手4的抓握操作。机器人控制器10可以通过校正手4到要抓握的对象8的接近操作来恢复抓握操作。手控制器20可以通过校正抓握模式来恢复抓握操作。

[0051] 如果估计出抓握状态是抓握校正状态,则状态估计器21将手4的抓握力的校正值 T_x 输出到加法器26,以根据抓握状态的估计结果来校正接触力。如果估计出抓握状态是抓握校正状态,则状态估计器21可以设置抓握力的校正值 T_x 并将校正值 T_x 输出到加法器26,以增加从手4的手指45A或45B作用在要抓握的对象8上的接触力。也就是说,当抓握状态是抓握校正状态时,手控制器20可以利用状态估计器21来校正手4的抓握模式。

[0052] 加法器26将抓握力的校正值 T_x 与 $refT$ 相加,并且将总和输出到加法器25。加法器25从抓握力的校正值 T_x 与 $refT$ 之和中减去接触力传感器43的检测结果(T_m),并且将差值 ΔT 输出到转换器22。 ΔT 是 $T_x + refT - T_m$ 的计算结果,并且指示参考抓握力 $refT$ 的上限设置范围。

[0053] 如果估计出抓握状态是抓握校正状态,则状态估计器21确定抓握力的校正值 T_x ,以将参考抓握力 $refT$ 的上限设置范围 ΔT 或小于 ΔT 的 ΔT_x 输出到转换器22。转换器22可以将抓握力信息转换为位置信息。

[0054] 如果假设抓握状态是异常抓握状态,则要抓握的对象8以异常方式被抓握或者未被抓握并已被掉落。在这种情况下,状态估计器21可以将参考抓握力 $refT$ 增加 ΔTa ,使得可以在下一抓握机会中抓握要抓握的对象8。也就是说,手控制器20可以增加要由状态估计器21在下一抓握机会中使用的参考抓握力 $refT$ 的值。 ΔTa 可以被设置为满足 $\Delta T_x \leq \Delta Ta \leq \Delta T$ 的值。如果假设抓握状态是不可抓握状态,则机器人控制器10可以改变机器人2的移动路径,并且校正抓握方法。

[0055] 转换器22将 ΔT 转换为 ΔX ,并且将 ΔX 输出到加法器27。 ΔX 指示抓握位置与控制目标之间的差。转换器22可以通过滤波器将 ΔX 输出到加法器27。滤波器可以包括例如为了控制系统的稳定性起见而截止高频分量的低通滤波器。加法器27将 ΔX 和 $\text{ref}\theta$ 相加,并且将总和输出到位置控制器24。 ΔX 和 $\text{ref}\theta$ 之和指示电机41的旋转角度的控制目标值。位置控制器24基于从编码器42获得的电机41的旋转角度的检测结果以及控制目标值来控制电机41,使得电机41的旋转角度变得接近控制目标值。 $\text{ref}\theta$ 可以是例如通过将 $\text{ref}T$ 转换为旋转角度而获得的值。

[0056] 如上所述,在本实施例中,手控制器20被配置为能够基于多个传感器的输出来获得从手4作用在要抓握的对象8上的抓握力信息以及在手4中作用在要抓握的对象8上的力矩信息,该多个传感器包括编码器42、接触力传感器43、力传感器44等。手控制器20基于抓握力信息或力矩信息来估计手4正在抓握要抓握的对象8的抓握状态。通过如上所述地进行操作,手控制器20可以反馈包括接触力传感器43和力传感器44在内的传感器的输出,以用于电机41的控制。在本实施例中,机器人控制器10可以通过根据抓握状态校正抓握力或抓握方法来增加抓握的稳定性。在上述示例中,手控制器20从抓握力的校正值 T_x 与 $\text{ref}T$ 之和中减去接触力传感器43的检测结果(T_m),然后将差值转换为 ΔX 。手控制器20可以将抓握力的校正值 T_x 与 $\text{ref}T$ 之和转换为 ΔX ,然后从 ΔX 与 $\text{ref}\theta$ 之和中减去指示手4的当前位置的值(即,编码器42的检测结果(θ_m)),以控制位置。

[0057] 为了使手抓握对象,手可以被控制为抓握对象,使得例如在重力方向(Z轴的负方向)上施加到对象的力 F_z 、在抓握方向(要抓握的对象的表面的法线方向)上的力 F_h 、以及预先获得的手的手指与要抓握的对象之间的摩擦系数 μ 之间建立关系 $\mu F_h > F_z$ 。在这种情况下,即使 F_z 的值大于预期,也控制手以将 F_h 的值校正为更大的值,并且继续抓握对象。由于这种手控制器在不改变预先获得的 μ 的值的值的情况下控制手,因此在不考虑由于时间相关劣化等而导致摩擦系数 μ 减小的控制期间,抓握变得不稳定。由于尽管手控制器检测 F_z 的值,但这种手控制器在不考虑旋转力矩的情况下控制手,因此如果抓握位置不在对象的重心处,则在不考虑旋转力矩的控制期间,抓握由于以抓握位置为轴作用在对象上的旋转力矩而变得不稳定。另一方面,在本实施例中,机器人控制器10可以考虑扭矩来控制电机41,这增加了抓握的稳定性。

[0058] <流程图的示例>

[0059] 机器人控制器10或手控制器20可以执行包括图5、图6或图7的流程图的过程在内的用于控制机器人的方法。用于控制机器人的方法可以被实现为要由机器人控制器10或手控制器20中包括的处理器执行的用于控制机器人的程序。用于控制机器人的程序可以被存储在非暂时性计算机可读介质中。

[0060] 机器人控制器10或手控制器20可以通过执行图5的流程图的过程来处理机器人2的抓握状态是抓握校正状态的情况。

[0061] 机器人控制器10开始要抓握的对象8的提起(步骤S1)。机器人控制器10和手控制器20控制机器人2,使得机器人2抓握并提起要抓握的对象8(步骤S2)。更具体地,机器人控制器10通过控制手臂3而将手4移动到要抓握的对象8,使得手4可以抓握要抓握的对象8。在手4移动到要抓握的对象8之后,手控制器20控制手4,使得手4抓握要抓握的对象8。当手4正在抓握要抓握的对象8时,机器人控制器10通过控制手臂3以举起手4来提起要抓握的对象

8。在所提起的要抓握的对象8移动到移动目标之后,手控制器20减小对要抓握的对象8的抓握力,以从手4释放要抓握的对象8,并且将要抓握的对象8放置在移动目标处。

[0062] 在手4提起要抓握的对象8之后,手控制器20获得传感器(例如,接触力传感器43、力传感器44等)的检测结果(步骤S3)。手控制器20基于传感器的检测结果来确定是否满足抓握校正状态的条件(步骤S4)。例如,如果由力传感器44检测到的围绕X轴的力矩或围绕Y轴的力矩大于或等于力矩阈值,则手控制器20可以确定满足抓握校正状态的条件,并且估计出抓握状态是抓握校正状态。如果由力传感器44检测到的围绕X轴的力矩和围绕Y轴的力矩两者小于力矩阈值,则手控制器20可以确定是否满足与接触力等相关的抓握校正状态的条件。

[0063] 如果不满足抓握校正状态的条件(步骤S4:“否”),则手控制器20进行到步骤S6。如果满足抓握校正状态的条件(步骤S4:“是”),则手控制器20确定抓握力的校正值 T_x (步骤S5)。

[0064] 机器人控制器10确定是否已经完成要抓握的对象8的提起(步骤S6)。更具体地,如果要抓握的对象8已经被提起并放置在目标位置处,则机器人控制器10确定已经完成要抓握的对象8的提起。如果已经完成要抓握的对象8的提起(步骤S6:“是”),则机器人控制器10结束执行图5的流程图的过程。如果尚未完成要抓握的对象8的提起(步骤S6:“否”),则机器人控制器10返回到步骤S2中的对机器人2的控制。

[0065] 机器人控制器10或手控制器20可以通过执行图6的流程图的过程来处理机器人2的抓握状态是异常抓握状态的情况。

[0066] 机器人控制器10开始要抓握的对象8的提起(步骤S1 1)。机器人控制器10和手控制器20控制机器人2,使得机器人2抓握并提起要抓握的对象8(步骤S12)。机器人控制器10和手控制器20可以以与图5中的步骤S2相同的方式或类似于图5中的步骤S2来控制机器人2。

[0067] 在手4提起要抓握的对象8之后,手控制器20获得传感器(例如,接触力传感器43、力传感器44等)的检测结果(步骤S13)。手控制器20确定由传感器检测到的值是否为在要抓握的对象8未被提起的状态下的值(步骤S14)。在本实施例中,例如,假设在要抓握的对象8未被提起的状态下的值为零。

[0068] 如果由传感器检测到的值为零(步骤S14:“是”),则机器人控制器10估计出要抓握的对象8已经从手4掉落,并且停止要抓握的对象8的提起(步骤S15)。机器人控制器10选择另一对象作为要抓握的对象8(步骤S16)。机器人控制器10改变用于提起所选择的要抓握的对象8的抓握力(步骤S17)。机器人控制器10返回到步骤S1 1中的要抓握的对象8的提起,使得将利用新的抓握力来提起在步骤S16和S17中选择要抓握的对象8。

[0069] 如果由传感器检测到的值不为零(步骤S14:“否”),则机器人控制器10估计出正在抓握要抓握的对象8,继续提起要抓握的对象8,并且确定是否已经完成提起(步骤S18)。如果已经完成要抓握的对象8的提起(步骤S18:“是”),则机器人控制器10结束执行图6的流程图的过程。如果尚未完成要抓握的对象8的提起(步骤S18:“否”),则机器人控制器10返回到步骤S12中的对机器人2的控制。

[0070] 机器人控制器10或手控制器20可以通过执行图7的流程图的过程来处理机器人2的抓握状态是不可抓握状态的情况。

[0071] 机器人控制器10开始要抓握的对象8的提起(步骤S21)。机器人控制器10和手控制器20控制机器人2,使得机器人2抓握并提起要抓握的对象8(步骤S22)。机器人控制器10和手控制器20可以以与图5中的步骤S2相同的方式或类似于图5中的步骤S2来控制机器人2。

[0072] 机器人控制器10确定在图6的步骤S13至S15中是否已经停止要抓握的对象8的提起(步骤S23)。如果尚未停止要抓握的对象8的提起(步骤S23:“否”),则机器人控制器10继续提起要抓握的对象8,并且确定是否已经完成提起(步骤S24)。如果已经完成要抓握的对象8的提起(步骤S24:“是”),则机器人控制器10结束执行图7的流程图的流程。如果尚未完成要抓握的对象8的提起(步骤S24:“否”),则机器人控制器10返回到步骤S22中的对机器人2的控制。

[0073] 如果已经停止要抓握的对象8的提起(步骤S23:“是”),则机器人控制器10确定停止次数是否大于或等于特定次数(步骤S25)。如果停止次数不大于或等于特定次数(步骤S25:“否”)(即,如果停止次数小于特定次数),则机器人控制器10选择另一对象作为要抓握的对象8(步骤S26)。机器人控制器10改变用于提起所选择的要抓握的对象8的抓握力(步骤S27)。机器人控制器10返回到步骤S21中的要抓握的对象8的提起,使得将利用新的抓握力来提起在步骤S26和S27中选择的要抓握的对象8。

[0074] 如果停止次数大于或等于特定次数(步骤S25:“是”),则机器人控制器10校正抓握要抓握的对象8的位置(步骤S28)。机器人控制器10返回到步骤S21中的要抓握的对象8的提起,使得将在新的抓握位置处提起要抓握的对象8。

[0075] (另一实施例)

[0076] 将在下文中描述根据另一实施例的机器人控制系统1。

[0077] <基于力矩或抓握力的变化量的抓握状态估计>

[0078] 手控制器20可以获得力矩的变化量作为力矩信息。如果力矩的变化量大于或等于第一力矩阈值,则手控制器20可以利用状态估计器21估计出手4的抓握状态是抓握校正状态。手控制器20可以利用状态估计器21来校正手4抓握要抓握的对象8的抓握力。

[0079] 如果力矩的变化量大于或等于第二力矩阈值,则手控制器20可以利用状态估计器21估计出抓握状态是异常抓握状态。第二力矩阈值可以被设置为比第一力矩阈值大的值。手控制器20可以利用状态估计器21来增加要在下一抓握机会中使用的参考抓握力 $refT$ 。

[0080] 手控制器20可以基于来自多个传感器中的至少一个传感器的信息来获得抓握力的增加量。如果抓握力的增加量大于特定增加量,则手控制器20可以利用状态估计器21估计出抓握状态是抓握校正状态。手控制器20可以利用状态估计器21来校正抓握力,使得抓握力的增加量变得小于或等于特定增加量。在这样做时,即使要抓握的对象8较软,手4也难以破坏要抓握的对象8。

[0081] 手控制器20可以在设置抓握力的上限的同时控制手4。在这样做时,难以破坏要抓握的对象8。抓握力的上限可以是最小抓握力与根据要抓握的对象8设置的偏移之和。偏移可以通过用户输入来输入,或者可以被设置在从诸如云计算环境之类的外部环境获得的值。偏移可以被设置在通过将最小抓握力乘以特定系数而获得的值。特定系数可以被设置在例如10%等。

[0082] 当要抓握的对象8是刚性的时,即使利用较大的抓握力,也难以破坏要抓握的对象8。如果估计出要抓握的对象8是固体,则手控制器20可以允许状态估计器21以超过特定增

加量的抓握力的增加量来校正抓握力。也就是说,当要抓握的对象8是刚性的时,抓握力可以被校正为超过上限的值。当要抓握的对象8是刚性的时,手控制器20可以通过允许超过上限的校正来改进手4的可操作性或抓握稳定性。

[0083] 手控制器20可以基于用户输入识别出要抓握的对象8是刚性的。手控制器20可以基于当抓握要抓握的对象8时的抓握力与手4的手指45A或45B的位置之间的关系,利用状态估计器21来估计要抓握的对象8是否是刚性的。手控制器20可以获得机器人控制器10对要抓握的对象8的识别结果,该识别结果指示要抓握的对象8是刚性的。由机器人控制器10用于识别要抓握的对象8的模型(例如,机器学习模型)或算法(例如,基于规则的识别算法)可以被配置为输出识别结果,该识别结果指示要抓握的对象8是刚性的。

[0084] <手4的维护定时的确定>

[0085] 如上所述,抓握状态是抓握校正状态的情况对应于当手4抓握要抓握的对象8时要抓握的对象8滑动的情况。要抓握的对象8由于手4的手指45A或45B的摩擦力的减小而变得更可能在手4中滑动。在手4中,可能发生诸如手指45A或45B的摩擦力的减小之类的劣化。当手4中发生劣化时,需要维护手4。

[0086] 机器人控制器10可以基于手4的抓握状态的估计结果来确定手4的维护定时。例如,如果手4的抓握状态变为正常抓握状态的次数与手4尝试抓握要抓握的对象8的次数的比率变得低于特定比率,则机器人控制器10可以确定需要维护手4。

[0087] 尽管已经描述了根据一些实施例的机器人控制系统1,但本公开的实施例可以包括采用以下的模式:用于实现系统或装置的方法或程序、或者存储程序的存储介质(例如,光盘、磁光盘、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁带、硬盘、存储卡等)。程序可以存储在非暂时性计算机可读介质中。

[0088] 提供程序的模式不限于诸如由编译器编译的目标代码或由解释器执行的程序代码之类的应用程序,并且可以是诸如并入操作系统中的程序模块之类的模式。程序可以被配置为或可以不被配置为使得控制基板上的CPU执行所有处理。程序可以被配置为使得针对扩展板或添加到板的扩展单元提供的另一处理单元执行该程序的一部分或全部。

[0089] 尽管已经基于附图和示例描述了本公开的一些实施例,但注意,本领域技术人员可以基于本公开做出各种变化或改变。因此,注意,本公开的范围包括这种变化和改变。例如,可以在不引起逻辑矛盾的情况下重新布置各种组件中包括的功能。多个组件可以被组合在一起,或者被进一步划分。

[0090] 在本公开中,X轴、Y轴和Z轴是为了便于描述而提供的,并且可以被切换。已经使用由X轴、Y轴和Z轴定义的正交坐标系描述了本公开中的组件。本公开中的组件之间的位置关系不限于正交关系。

[0091] 附图标记

[0092] 1机器人控制系统

[0093] 2机器人(3:手臂)

[0094] 4手(41:电机,42:编码器,43(43A、43B):接触力传感器,44:力传感器,45A、45B:手指)

[0095] 8要抓握的对象(8G:重心)

[0096] 10机器人控制器

- [0097] 20手控制器(21:状态估计器,22:转换器,24:位置控制器,25至27:加法器)
- [0098] 28驱动器。

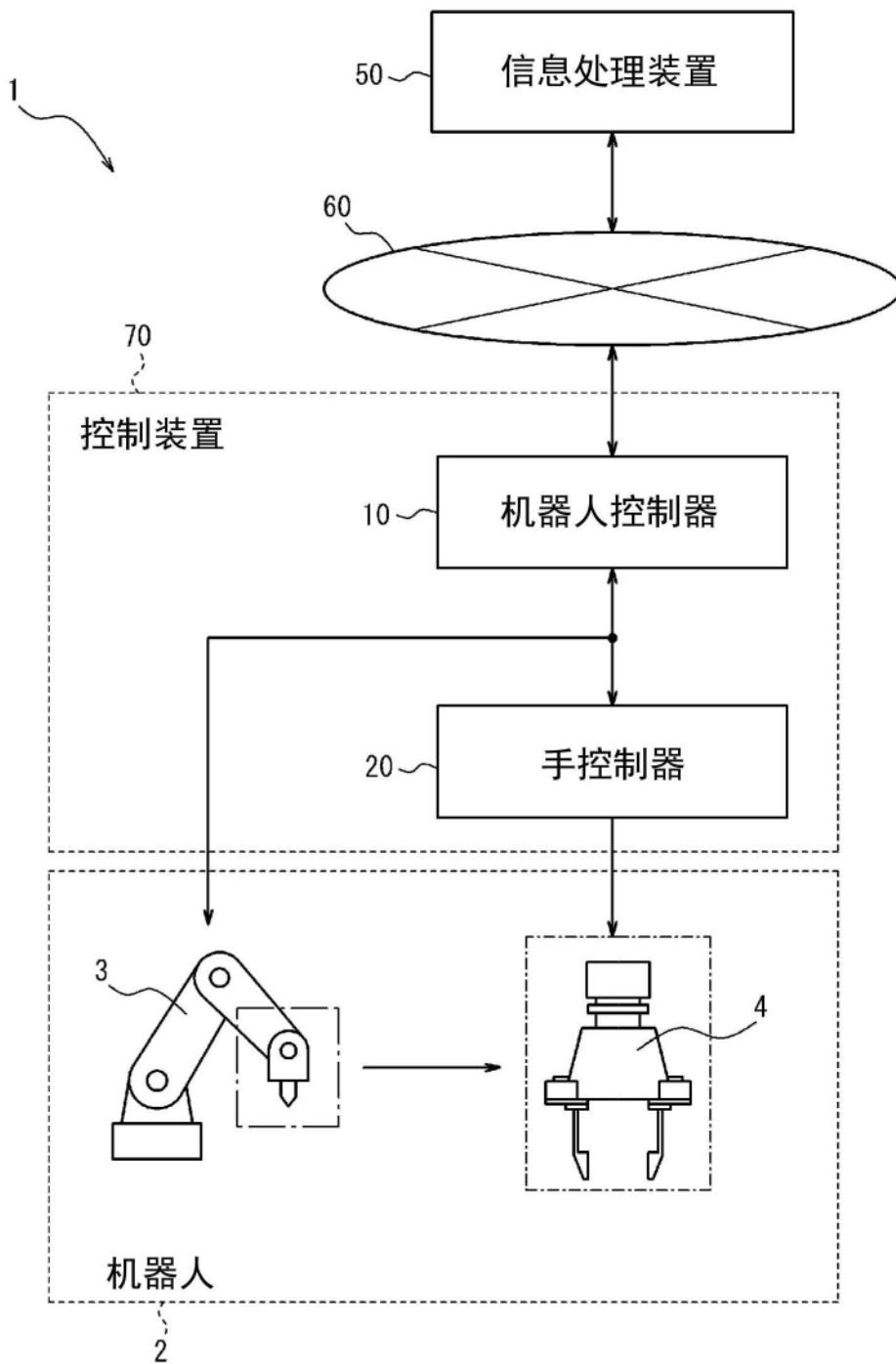


图1

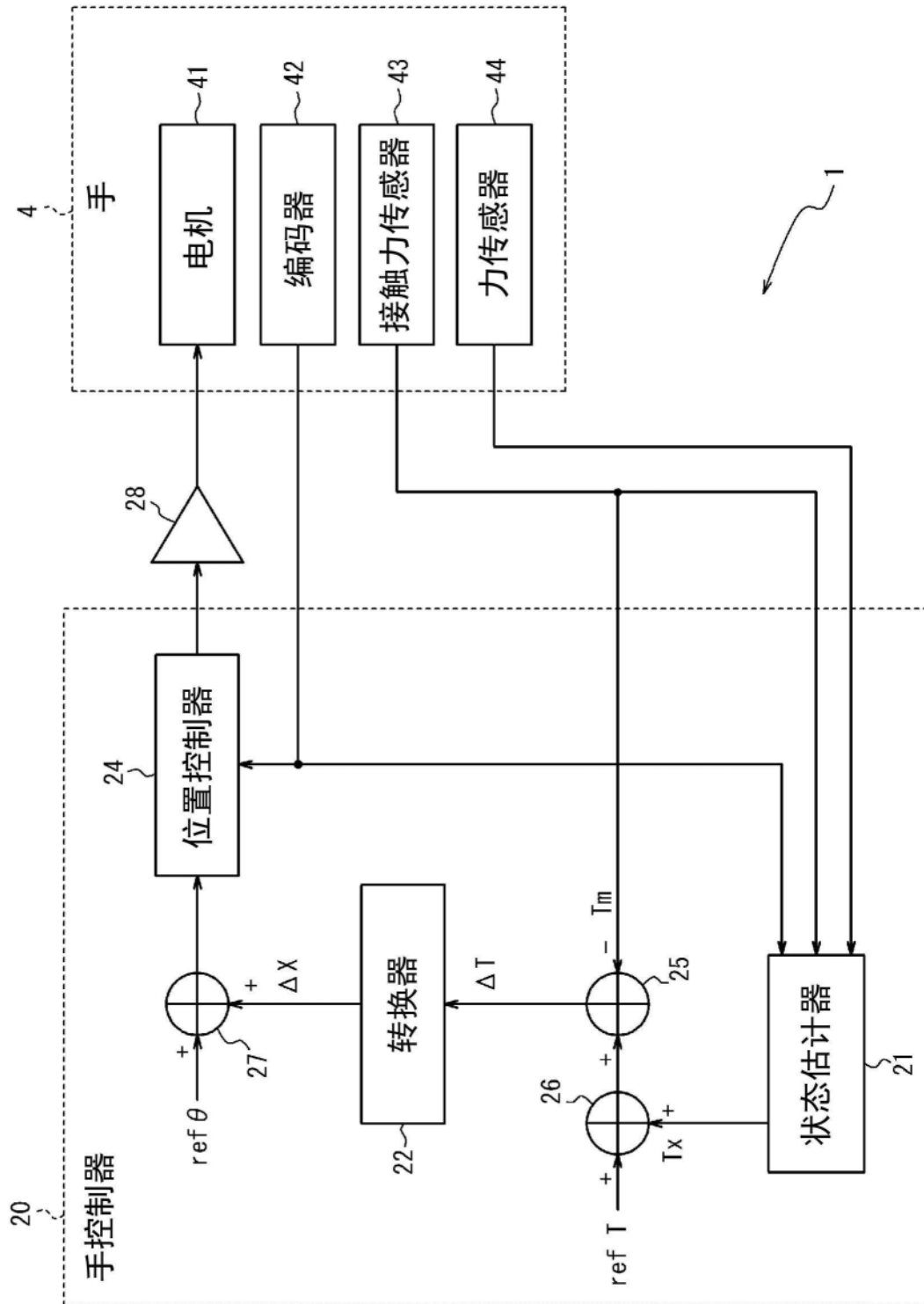


图2

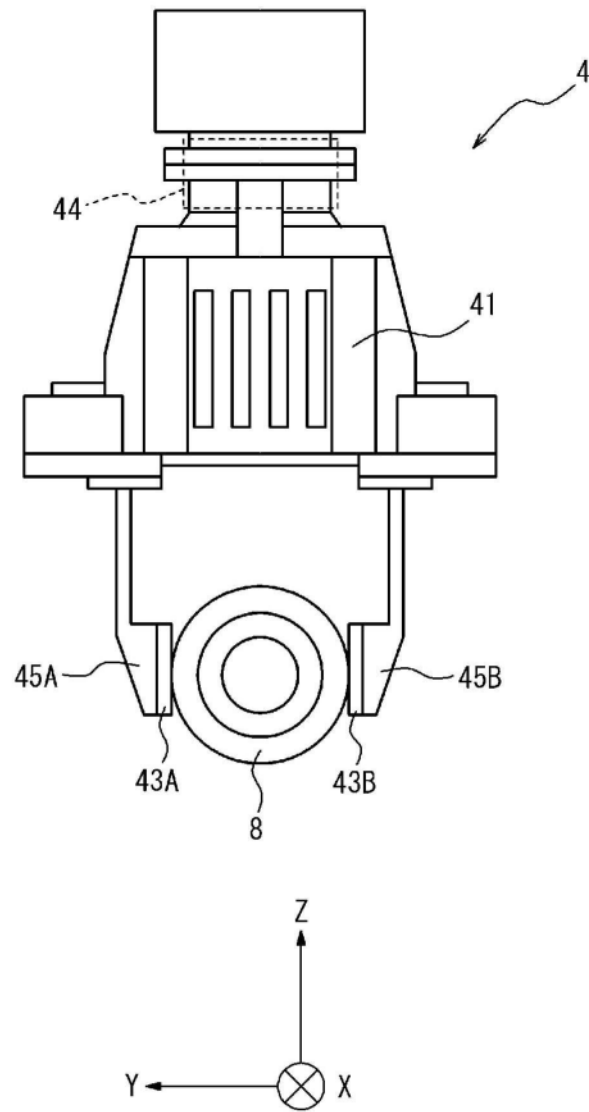


图3

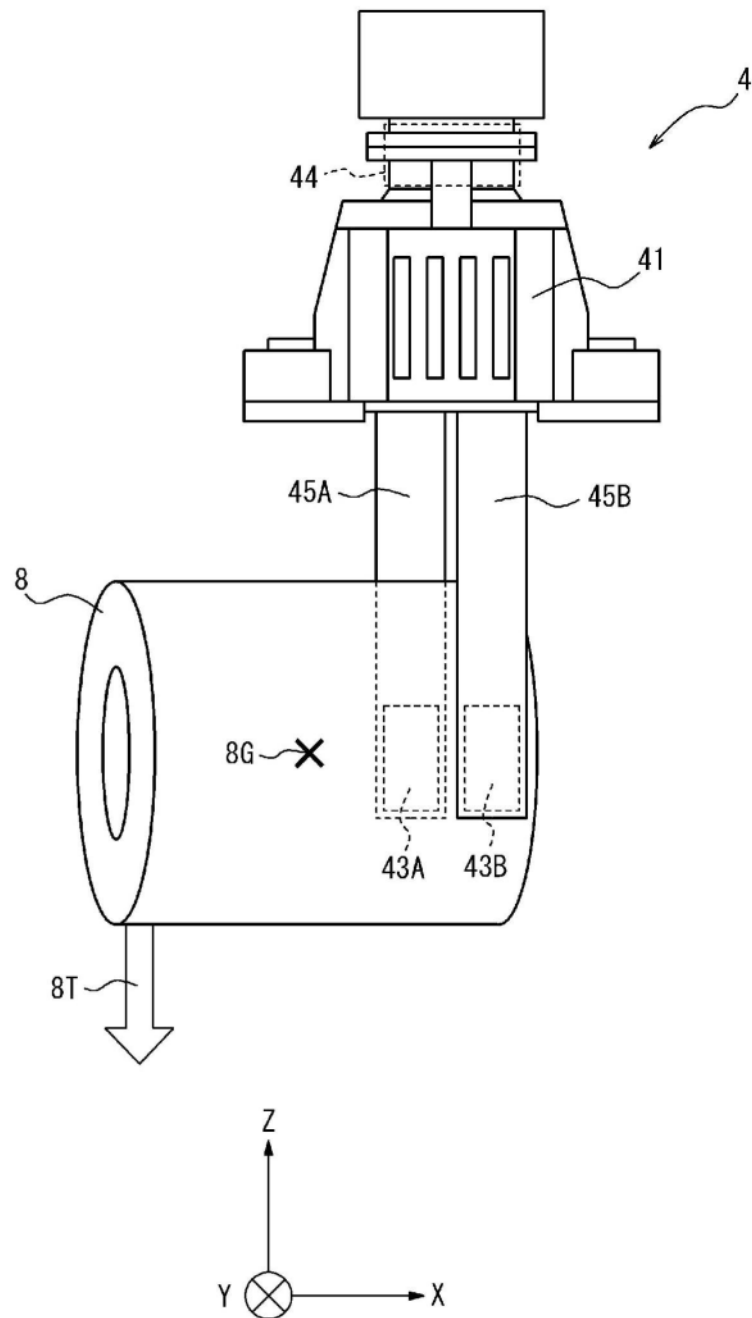


图4

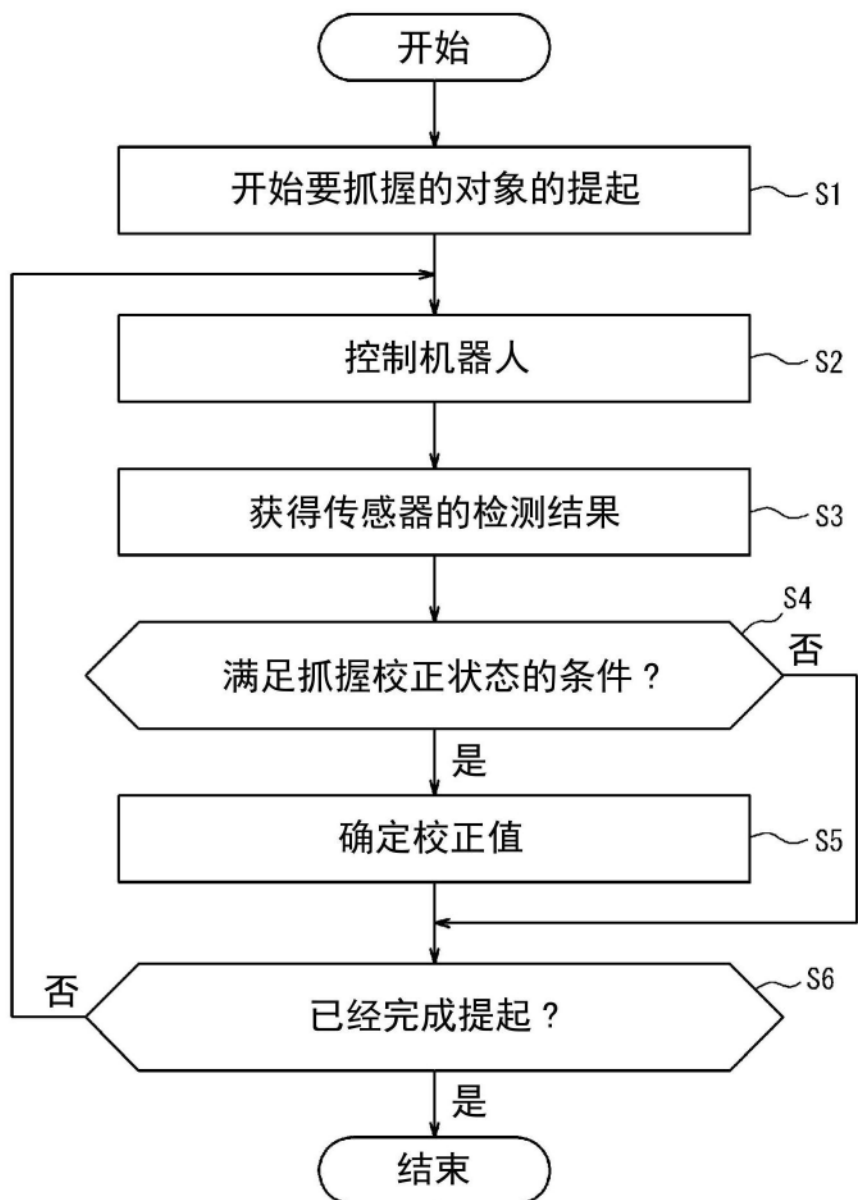


图5

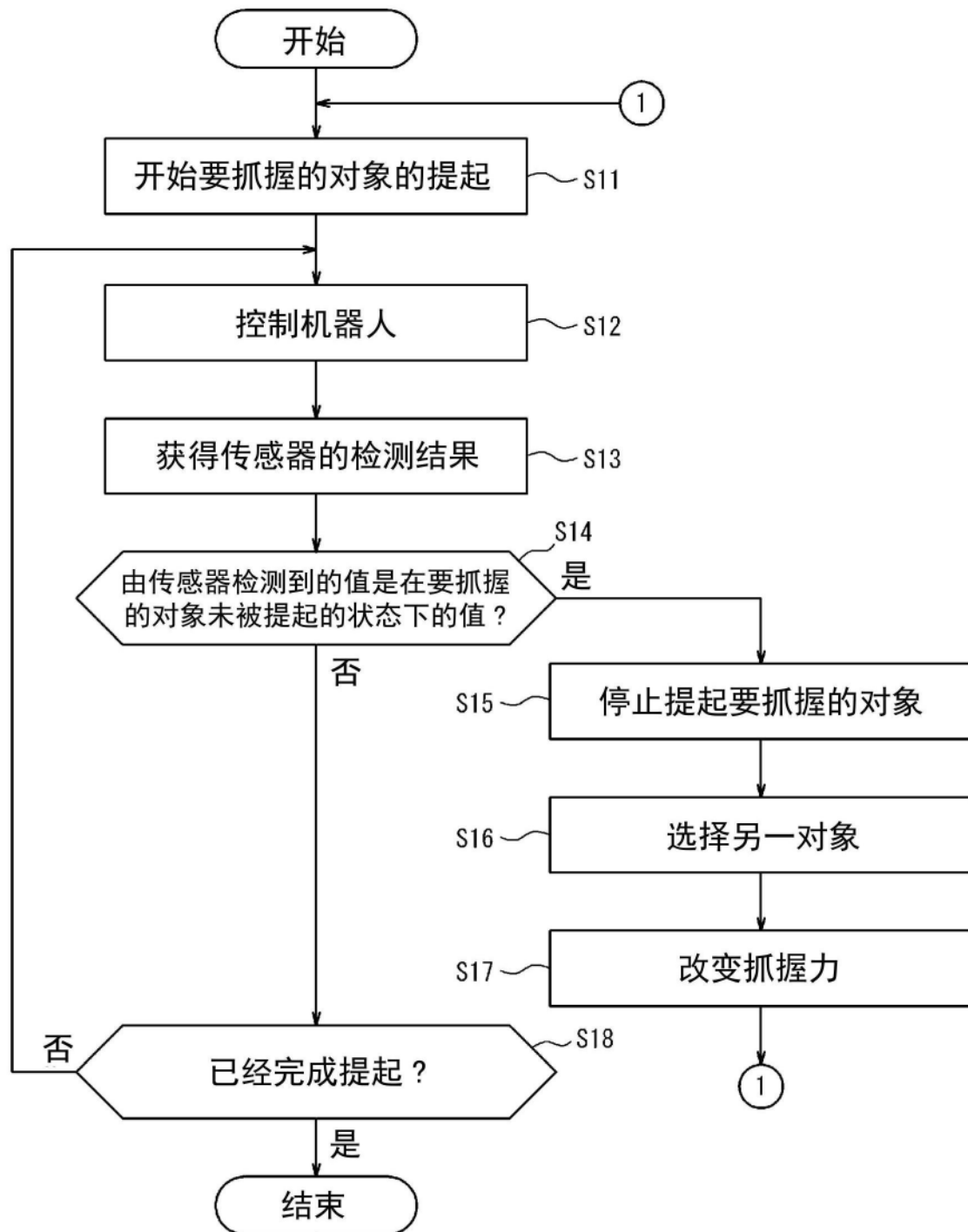


图6

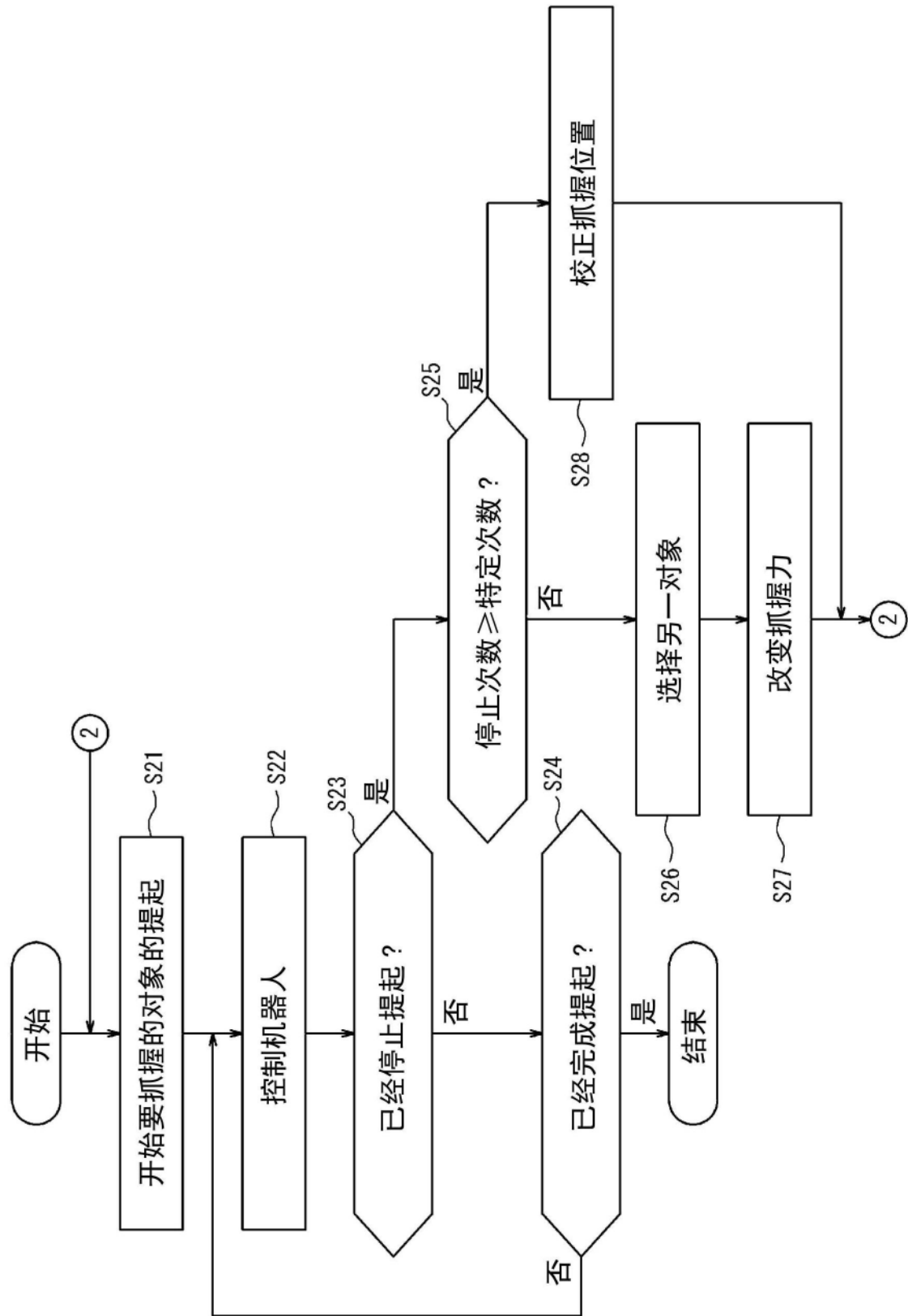


图7