



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106393098 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(21)申请号 201610483986.1

(22)申请日 2016.06.28

(30)优先权数据

2015-148095 2015.07.27 JP

(71)申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 五味晃宏 年光俊介

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 舒艳君 李洋

(51)Int.Cl.

B25J 9/16(2006.01)

B25J 13/08(2006.01)

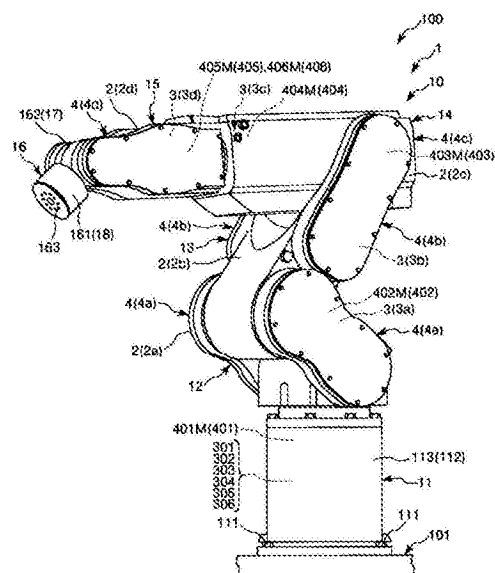
权利要求书1页 说明书16页 附图10页

(54)发明名称

机器人、控制装置以及机器人系统

(57)摘要

本发明提供能够容易地提高振动抑制效果的机器人、控制装置以及机器人系统。机器人具备机械臂、和设置于上述机械臂的惯性传感器，使用对来自上述惯性传感器的输出加权的加权值来控制上述机械臂，在上述机械臂的可动范围内的至少一部分中，在上述机械臂的加速度是第一加速度的情况下，上述加权值是第一值，在上述机械臂的加速度从上述第一加速度变化为比上述第一加速度低的第二加速度的情况下，上述加权值从上述第一值变化为比上述第一值高的第二值。



1. 一种机器人,其特征在于,具备:  
机械臂;和  
惯性传感器,其设置于上述机械臂,  
使用对来自上述惯性传感器的输出加权的加权值来控制上述机械臂,  
在上述机械臂的可动范围中的至少一部分中,在上述机械臂的加速度是第一加速度的情况下,上述加权值是第一值,在上述机械臂的加速度从上述第一加速度变化为比上述第一加速度低的第二加速度的情况下,上述加权值从上述第一值变化为比上述第一值高的第二值。
2. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述机械臂设置于基台并具有能够绕第一转动轴转动的第一臂和能够绕作为与上述第一转动轴的轴向不同的轴向的第二转动轴转动的第二臂,  
上述第一转动轴与上述机械臂的前端之间的最大长度是970mm以上。
3. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述机械臂的质量是30kg以上。
4. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
对上述机械臂设置的最大负荷超过5kg。
5. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
在上述机械臂的可动范围中的至少一部分中,对上述机械臂设置的负荷是规定的阈值以上的情况下的上述机械臂的加速度比上述负荷小于上述阈值的情况下的上述机械臂的加速度低。
6. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述加权值根据上述机械臂的加速度而变化。
7. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述机械臂具有能够转动的臂,  
上述机械臂的加速度是上述臂的角加速度。
8. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述机械臂具有能够转动的臂,  
上述机械臂的可动范围是上述臂的能够转动的范围。
9. 根据权利要求1所述的机器人,其特征在于,  
上述机械臂设置于基台并具有:能够绕第一转动轴转动的第一臂、能够绕作为与上述第一转动轴的轴向不同的轴向的第二转动轴转动的第二臂、使上述第一臂的驱动减速的第一减速器、以及使上述第二臂的驱动减速的第二减速器,  
上述第一减速器的刚性以及上述第二减速器的刚性是40000Nm/rad以上。
10. 一种控制装置,其特征在于,  
其控制权利要求1~9中任一项所述的机器人。
11. 一种机器人系统,其特征在于,具备:  
权利要求1~9中任一项所述的机器人;和  
控制装置,其控制上述机器人。

## 机器人、控制装置以及机器人系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人、控制装置以及机器人系统。

### 背景技术

[0002] 以往,公知有具备底座(基座)以及多个连杆(臂)的机器人(例如,参照专利文献1)。相邻的两个连杆中的一个连杆经由关节部以能够转动的方式与另一个连杆连结,最靠近基台侧的连杆经由关节部以能够转动的方式与底座连结。

[0003] 在这样的机器人中,连结底座和连杆的关节部、连结连杆和连杆的关节部因其弹簧元件的影响,其刚性比基台、连杆低。因此,存在由于连杆的转动、对连杆施加的干扰等而连杆容易产生振动的问题。

[0004] 在专利文献1所记载的机器人中,对连杆设置角速度传感器,使用该角速度传感器的检测值,对使连杆转动的电机进行反馈控制。由此,能够抑制机器人的振动。

[0005] 专利文献1:日本特开2005-242794号公报

[0006] 然而,在专利文献1所记载的机器人中,存在如下问题:

[0007] 首先,机器人在伸展臂的状态下,惯性力矩较大且振动较大,在折叠了臂的状态下,惯性力矩较小且振动较少。

[0008] 另外,机器人在伸展臂的状态下,即使增加反馈增益也难以振荡,但在折叠了臂的状态下,却容易发生振荡。

[0009] 因此,在固定的一个反馈增益中,不能充分地得到振动抑制效果、或者容易发生振荡。像这样,在以往的机器人中,不能够充分地抑制振动。

### 发明内容

[0010] 本发明是为了解决上述课题的至少一部分而完成的,能够作为以下的方式或者应用例来实现。

[0011] 本发明的机器人的特征在于,具备:机械臂;和惯性传感器,其设置于上述机械臂,使用对来自上述惯性传感器的输出加权的加权值来控制上述机械臂,在上述机械臂的可动范围中的至少一部分中,在上述机械臂的加速度是第一加速度的情况下,上述加权值是第一值,在上述机械臂的加速度从上述第一加速度变化为比上述第一加速度低的第二加速度的情况下,上述加权值从上述第一值变化为比上述第一值高的第二值。

[0012] 由此,能够容易并且准确地抑制机器人的振动。即,通过使机械臂的加速度具体而言是构成机械臂的臂的角加速度与加权值相对应来设定该加权值,从而能够容易地提高机器人的振动抑制效果。

[0013] 在本发明的机器人中,优选上述机械臂设置于基台并具有能够绕第一转动轴转动的第一臂和能够绕作为与上述第一转动轴的轴向不同的轴向的第二转动轴转动的第二臂,上述第一转动轴与上述机械臂的前端之间的最大长度是970mm以上。

[0014] 由此,能够实现相对较大的机器人,能够增大最大负荷,另外,能够扩大可动区域。

- [0015] 在本发明的机器人中,优选上述机械臂的质量是30kg以上。
- [0016] 由此,能够实现相对较大的机器人,能够增大最大负荷,另外,能够扩大可动的区域。
- [0017] 在本发明的机器人中,优选对上述机械臂设置的最大负荷超过5kg。
- [0018] 由此,能够安装的末端执行器的选择范围变宽,另外,能够通过末端执行器把持相对较重的对象物。
- [0019] 在本发明的机器人中,优选在上述机械臂的可动范围中的至少一部分中,对上述机械臂设置的负荷是规定的阈值以上的情况下的上述机械臂的加速度比上述负荷小于上述阈值的情况下的上述机械臂的加速度低。
- [0020] 由于在负荷相对较大的情况下,机械臂容易在其根部弯曲,所以通过减小机械臂的加速度,具体而言是构成机械臂的臂的角加速度,能够抑制上述弯曲,由此,能够抑制机器人的振动。
- [0021] 在本发明的机器人中,优选上述加权值根据上述机械臂的加速度而发生变化。
- [0022] 由此,能够提高机器人的振动抑制效果。
- [0023] 在本发明的机器人中,优选上述机械臂具有能够转动的臂,上述机械臂的加速度是上述臂的角加速度。
- [0024] 由此,通过使臂的角加速度与加权值相对应来设定该加权值,能够提高机器人的振动抑制效果。
- [0025] 在本发明的机器人中,优选上述机械臂具有能够转动的臂,上述机械臂的可动范围是上述臂的能够转动的范围。
- [0026] 由此,在臂的能够转动的范围中的至少一部分中,通过满足上述关系,能够提高机器人的振动抑制效果。
- [0027] 在本发明的机器人中,优选上述机械臂设置于基台并具有:能够绕第一转动轴转动的第一臂、能够绕作为与上述第一转动轴的轴向不同的轴向的第二转动轴转动的第二臂、使上述第一臂的驱动减速的第一减速器、以及使上述第二臂的驱动减速的第二减速器,上述第一减速器的刚性以及上述第二减速器的刚性是40000Nm/rad以上。
- [0028] 由此,能够高效地得到振动抑制效果。
- [0029] 本发明的控制装置的特征在于对本发明的机器人进行控制。
- [0030] 由此,能够容易并且准确地抑制机器人的振动。即,通过使机械臂的加速度具体而言是构成机械臂的臂的角加速度与加权值相对应来设定该加权值,从而能够容易地提高机器人的振动抑制效果。
- [0031] 本发明的机器人系统的特征在于,具备:本发明的机器人;以及和控制装置,其控制上述机器人。
- [0032] 由此,能够容易并且准确地抑制机器人的振动。即,通过使机械臂的加速度具体而言是构成机械臂的臂的角加速度与加权值相对应来设定该加权值,从而能够容易地提高机器人的振动抑制效果。

#### 附图说明

- [0033] 图1是从正面侧观察本发明的机器人系统的机器人的实施方式的立体图。

- [0034] 图2是从背面侧观察图1所示的机器人系统的机器人的立体图。
- [0035] 图3是图1所示的机器人系统的机器人的示意图。
- [0036] 图4是图1所示的机器人系统的机器人的示意图。
- [0037] 图5是图1所示的机器人系统的机器人的示意图。
- [0038] 图6是图1所示的机器人系统的机器人的示意图。
- [0039] 图7是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0040] 图8是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0041] 图9是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0042] 图10是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0043] 图11是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0044] 图12是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。
- [0045] 图13是表示图1所示的机器人系统的校正曲线的构成例的图表。
- [0046] 图14是表示图1所示的机器人系统的校正曲线的构成例的图表。
- [0047] 图15是表示图1所示的机器人系统的校正曲线的构成例的图表。

### 具体实施方式

[0048] 以下,基于附图所示的实施方式对本发明的机器人、控制装置以及机器人系统进行详细说明。

[0049] 图1是从正面侧观察本发明的机器人系统的机器人的实施方式的立体图。图2是从背面侧观察图1所示的机器人系统的机器人的立体图。图3~图6分别是图1所示的机器人系统的机器人的示意图。图7~图12分别是图1所示的机器人系统的主要部位的框图。图13~图15分别是表示图1所示的机器人系统的校正曲线的构成例的图表。

[0050] 此外,以下,为了便于说明,将图1~图6中的上侧称为“上”或者“上方”,将下侧称为“下”或者“下方”。另外,将图1~图6中的基台侧称为“基端”,将其相反侧称为“前端”。

[0051] 图1~图7所示的机器人系统(工业用机器人系统)100具备机器人(工业用机器人)1以及控制机器人1的动作(驱动)的控制装置(控制部)20。本机器人系统100例如能够用于制造手表那样的精密设备等的制造工序等。控制装置20可以内置于机器人1,另外也可以与机器人1分立。另外,控制装置20例如能够由内置了CPU(Central Processing Unit:中央处理器)的个人计算机(PC)等构成。

[0052] 机器人1具有基台(支承部)11以及机械臂10。机械臂10具备:第一臂(第一臂部件)(臂部)12、第二臂(第二臂部件)(臂部)13、第三臂(第三臂部件)(臂部)14、第四臂(第四臂部件)(臂部)15、第五臂(第五臂部件)(臂部)17及第六臂(第六臂部件)(臂部)18(6个臂)、以及第一驱动源(第一驱动部)401、第二驱动源(第二驱动部)402、第三驱动源(第三驱动部)403、第四驱动源(第四驱动部)404、第五驱动源(第五驱动部)405及第六驱动源(第六驱动部)406(6个驱动源)。此外,由第五臂17以及第六臂18构成肘杆(wrist)16,能够在第六臂18的前端,即肘杆16的前端例如以能够拆装的方式安装末端执行器(未图示)等。

[0053] 机器人1是从基端侧朝向前端侧依次连结有基台11、第一臂12、第二臂13、第三臂14、第四臂15、第五臂17、第六臂18的垂直多关节(6轴)机器人。此外,以下,将第一臂12、第二臂13、第三臂14、第四臂15、第五臂17、第六臂18、肘杆16分别也称为“臂”。另外,将第一驱

动源401、第二驱动源402、第三驱动源403、第四驱动源404、第五驱动源405以及第六驱动源406分别也称为“驱动源(驱动部)”。

[0054] 如图3以及图4所示,分别将臂12~15、肘杆16以能够相对于基台11独立地位移的方式支承于基台11。对于该臂12~15、肘杆16的长度均并未进行特别限定,但在图示的结构中,将臂12~14的长度设定为比其它臂15以及肘杆16长。此外,例如,也可以使第三臂14的长度比第一臂12以及第二臂13的长度短。

[0055] 基台11和第一臂12经由关节(接头)171连结。而且,第一臂12能够相对于基台11以与铅垂方向平行的第一转动轴01为转动中心绕该第一转动轴01转动。第一转动轴01与基台11的设置面即地面101的上表面的法线一致。另外,第一转动轴01是位于机器人1的最上游侧的转动轴。通过具有电机(第一电机)401M以及减速器(未图示)的第一驱动源401的驱动来完成绕该第一转动轴01的转动(第一臂12的驱动)。第一驱动源401由电机401M和电缆(未图示)驱动,而该电机401M经由与其电连接的电机驱动器301被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。

[0056] 第一臂12和第二臂13经由关节(接头)172连结。而且,第二臂13能够相对于第一臂12以与水平方向平行的第二转动轴02为转动中心转动。第二转动轴02与第一转动轴01正交。通过具有电机(第二电机)402M以及减速器(未图示)的第二驱动源402的驱动来完成绕该第二转动轴02的转动(第二臂13的驱动)。第二驱动源402由电机402M和电缆(未图示)驱动,而该电机402M经由与其电连接的电机驱动器302被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。另外,转动轴02也可以与相对于转动轴01正交的轴平行。

[0057] 第二臂13和第三臂14经由关节(接头)173连结。而且,第三臂14能够相对于第二臂13以与水平方向平行的转动轴03为转动中心,绕该第三转动轴03转动。第三转动轴03与第二转动轴02平行。通过具有电机(第三电机)403M以及减速器(未图示)的第三驱动源403的驱动来完成绕该第三转动轴03的转动(第三臂14的驱动)。第三驱动源403由电机403M和电缆(未图示)驱动,而该电机403M经由与其电连接的电机驱动器303被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。

[0058] 第三臂14和第四臂15经由关节(接头)174连结。而且,第四臂15能够相对于第三臂14(基台11)以与第三臂14的中心轴向平行的第四转动轴04为转动中心,绕该第四转动轴04转动。第四转动轴04与第三转动轴03正交。通过具有电机(第四电机)404M以及减速器(未图示)的第四驱动源404的驱动来完成绕该第四转动轴04的转动(第四臂15的驱动)。第四驱动源404由电机404M和电缆(未图示)驱动,而该电机404M经由与其电连接的电机驱动器304被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。另外,第四转动轴04也可以与相对于第三转动轴03正交的轴平行。

[0059] 第四臂15和肘杆16的第五臂17经由关节(接头)175连结。而且,第五臂17能够相对于第四臂15以第五转动轴05为转动中心绕该第五转动轴05转动。第五转动轴05与第四转动轴04正交。通过具有电机(第五电机)405M以及减速器(未图示)的第五驱动源405的驱动来完成绕该第五转动轴05的转动(第五臂17的驱动)。第五驱动源405由电机405M和电缆(未图示)驱动,而该电机405M经由与其电连接的电机驱动器305被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。另外,第五转动轴05也可以与相对于第四转动轴04正交的轴平行。

[0060] 肘杆16的第五臂17和第六臂18经由关节(接头)176连结。而且,第六臂18能够相对

于第五臂17以第六转动轴06为转动中心绕该第六转动轴06转动。转动轴06与转动轴05正交。通过具有电机(第六电机)406M以及减速器(未图示)的第六驱动源406的驱动来完成绕该第六转动轴06的转动(第六臂18的驱动)。第六驱动源406由电机406M和电缆(未图示)驱动,而该电机406M经由与其电连接的电机驱动器306被控制装置20控制。此外,也可以省略上述减速器。另外,第六转动轴06也可以与相对于第五转动轴05正交的轴平行。

[0061] 另外,在第一臂12上设置有第一惯性传感器31(参照图4)。通过该第一惯性传感器31能够检测第一臂12的角速度(例如,绕第一转动轴01的角速度等)。并没有对第一臂12上的第一惯性传感器31的设置位置进行特别限定,但在本实施方式中,将第一惯性传感器31设置于第一臂12的基端部。此外,也可以将第一惯性传感器31例如设置于第一臂12的前端部。由于第一臂12的振动在其前端部最大,所以由此能够更加可靠地抑制机器人1的振动。

[0062] 另外,在第三臂14上设置有第二惯性传感器32(参照图4)。通过该第二惯性传感器32能够检测第三臂14的角速度(例如,绕第二转动轴02的角速度等)。并没有对第三臂14上的第二惯性传感器32的设置位置进行特别限定,但在本实施方式中,讲第二惯性传感器32设置于第三臂14的基端部。此外,也可以将第二惯性传感器32例如设置于第三臂14的前端部。由于第三臂14的振动在其前端部最大,所以由此能够更加可靠地抑制机器人1的振动。另外,第二惯性传感器32并不局限于设定于第三臂14,例如,也可以设定于第二臂13。

[0063] 另外,作为第一惯性传感器31、第二惯性传感器32均未进行特别限定,在本实施方式中,例如能够使用角速度传感器(陀螺仪传感器)等。

[0064] 这里,在该机器人1中,通过抑制臂12、13以及14的振动,来抑制机器人1整体的振动。但是,并不是为了抑制臂12、13以及14的振动,而对臂12、13以及14全体都设置惯性传感器,而是如上述那样仅对臂12、14设置第一惯性传感器31、第二惯性传感器32,基于该第一惯性传感器31、第二惯性传感器32的检测结果来控制驱动源401、402的动作。由此,与对臂12、13以及14全体设置惯性传感器的情况相比,能够减少惯性传感器的个数,并能够减少成本,还能够简化电路结构。

[0065] 在驱动源401~406中,在各个电机或者减速器上设置有第一角度传感器411、第二角度传感器412、第三角度传感器413、第四角度传感器414、第五角度传感器415、第六角度传感器416。作为上述角度传感器例如能够使用编码器、旋转编码器等。利用这些角度传感器411~416来分别检测驱动源401~406的电机或者减速器的旋转轴(转动轴)的旋转(转动)角度。作为该驱动源401~406的电机,均未进行特别限定,例如,优选使用AC伺服电机、DC伺服电机等伺服电机。另外,上述各电缆也可以分别插入机器人1内。

[0066] 如图7所示,机器人1与控制装置20电连接。即,驱动源401~406、角度传感器411~416、惯性传感器31、32分别与控制装置20电连接。

[0067] 而且,控制装置20能够分别使臂12~15、肘杆16独立地动作,即,能够经由电机驱动器301~306分别独立地控制驱动源401~406。在该情况下,控制装置20通过角度传感器411~416、第一惯性传感器31、第二惯性传感器32来进行检测,并基于其检测结果,分别控制驱动源401~406的驱动,例如角速度、旋转角度等。该控制程序被预先存储在内置于控制装置20的记录介质(存储部)。

[0068] 如图1、图2所示,在本实施方式中,基台11是位于机器人1的铅垂方向的最下方且固定(设置)于设置空间的地面(地面部)101的部分。作为其固定方法并未进行特别限定,例

如,在图1、图2所示的本实施方式中,使用利用多根螺栓111的固定方法。

[0069] 基台11具有中空的基台主体(外壳)112。基台主体112能够分为呈圆筒状的圆筒状部113、以及一体地形成于该圆筒状部113的外周部的呈箱状的箱状部114。而且,在这样的基台主体112中例如收纳有电机401M、电机驱动器301~306。

[0070] 臂12~15分别具有中空的臂主体2、驱动机构3、以及密封机构4。此外,以下为了便于说明,将第一臂12所具有的臂主体2、驱动机构3、密封机构4分别称作“臂主体2a”、“驱动机构3a”、“密封机构4a”,将第二臂13所具有的臂主体2、驱动机构3、密封机构4分别称作“臂主体2b”、“驱动机构3b”、“密封机构4b”,将第三臂14所具有的臂主体2、驱动机构3、密封机构4分别称作“臂主体2c”、“驱动机构3c”、“密封机构4c”,将第四臂15所具有的臂主体2、驱动机构3、密封机构4分别称作“臂主体2d”、“驱动机构3d”、“密封机构4d”。

[0071] 另外,关节171~176分别具有转动支承机构(未图示)。该转动支承机构是将相互连结的2根臂中的一根支承为能够相对于另一根转动的机构,且是将相互连结的基台11和第一臂12中的一个支承为能够相对于另一个转动的机构。在以相互连结的第四臂15和肘杆16的第五臂17作为例子的情况下,转动支承机构能够使肘杆16相对于第四臂15转动。另外,各转动支承机构分别具有使对应的电机的旋转速度以规定的减速比减速,并将其驱动力传递至对应的臂、肘杆16的肘杆主体161、支承环162的减速器(未图示)。

[0072] 第一臂12以相对于水平方向倾斜的姿势与基台11的上端部(前端部)连结。在该第一臂12中,驱动机构3a具有电机402M,并收纳于臂主体2a内。另外,臂主体2a内被密封机构4a气密密封。

[0073] 第二臂13与第一臂12的前端部连结。在该第二臂13中,驱动机构3b具有电机403M,并收纳在臂主体2b内。另外,臂主体2b内被密封机构4b气密密封。

[0074] 第三臂14与第二臂13的前端部连结。在该第三臂14中,驱动机构3c具有电机404M,并收纳在臂主体2c内。另外,臂主体2c内被密封机构4c气密密封。

[0075] 第四臂15以与第三臂14中心轴向平行地连结在其前端部。在该臂15中,驱动机构3d具有电机405M、406M,并收纳在臂主体2d内。另外,臂主体2d内被密封机构4d气密密封。

[0076] 在第四臂15的前端部(与基台11相反侧的端部)连结有肘杆16。在该肘杆16的前端部(与第四臂15相反侧的端部),例如以能够拆装的方式安装末端执行器等。

[0077] 作为末端执行器,并未对其进行特别限定,例如举出把持像手表等那样的精密设备、部件等的机械手(未图示)等。该机械手(末端执行器)的驱动由控制装置20来控制。此外,作为机械手,并未对其进行特别限定,例如举出具有多根手指部(指状物)的结构。而且,该机器人1能够进行在保持用机械手把持精密设备、部件等的状态下,通过控制臂12~15、肘杆16等的动作,来输送该精密设备、部件等各作业。

[0078] 肘杆16作为第六臂18具有呈圆筒状的肘杆主体161,另外,作为第五臂17,具有与肘杆主体161独立地构成且设置于该肘杆主体161的基端部,呈环状的支承环162。

[0079] 肘杆主体161的前端面163为平坦的面,为安装机械手的安装面。另外,肘杆主体161经由关节176与第四臂15的驱动机构3d连结,通过该驱动机构3d的电机406M的驱动,绕转动轴06转动。

[0080] 支承环162经由关节175与第四臂15的驱动机构3d连结,通过该驱动机构3d的电机405M的驱动,与肘杆主体161一起绕转动轴05转动。

[0081] 另外,对于机器人1的各尺寸、各特性、各能力等并未进行特别限定,能够根据各条件适当地设定,但优选第一转动轴01与机械臂10(肘杆16)的前端之间的最大长度L1是970mm以上,更为优选是970mm以上3000mm以下,进一步优选是970mm以上2000mm以下。

[0082] 此外,最大长度L1是如图4所示,使第二臂13~肘杆16向水平方向(与第一转动轴01垂直的方向)且是图4中右侧伸展成直线状的状态下的第一转动轴01与机械臂10的前端之间的长度。

[0083] 另外,优选第二转动轴02与机械臂10的前端之间的最大长度L2是870mm以上,更为优选是870mm以上2800mm以下,进一步优选是870mm以上1800mm以下。

[0084] 此外,最大长度L2是如图4所示,使第二臂13~肘杆16伸展成直线状的状态下的第二转动轴02与机械臂10的前端之间的长度。

[0085] 另外,优选第一臂12~第四臂15以及肘杆16的合计质量,即,机械臂10的质量M1是30kg以上,更为优选是30kg以上200kg以下,进一步优选是30kg以上100kg以下。

[0086] 另外,优选第二臂13~第四臂15以及肘杆16的合计质量M2是20kg以上,更为优选是20kg以上150kg以下,进一步优选是20kg以上80kg以下。

[0087] 另外,优选对机械臂10设置的最大负荷(承重能力)是5kg以上,更为优选是5kg以上50kg以下,进一步优选是5kg以上20kg以下。

[0088] 另外,优选对机械臂10设置的额定负荷是2kg以上,更为优选是2kg以上20kg以下,进一步优选是2kg以上10kg以下。

[0089] 此外,上述最大负荷以及定负荷分别是对肘杆16的前端部施加的负荷,也包含末端执行器的质量。

[0090] 另外,与图4所示的姿势下的机械臂10的第一转动轴01相关的(以第一转动轴01为旋转中心轴的)惯性力矩(惯性力矩的最大值)优选是 $7.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上,更为优选是 $7.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上 $70.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以下,进一步优选是 $8.5\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上 $50.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以下。

[0091] 另外,与图4所示的姿势下的机械臂10的第二转动轴02相关的(以第二转动轴02为旋转中心轴的)惯性力矩(惯性力矩的最大值)是优选 $5.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上,更为优选是 $5.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上 $50.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以下,进一步优选是 $6.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以上 $40.0\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 以下。

[0092] 另外,对于周期而言,例如在将对肘杆16的前端部施加的负荷设为2kg进行测定的情况下,优选是0.40秒以下,更为优选是0.05秒以上0.40秒以下,进一步优选是0.10秒以上0.38秒以下,另外,在将上述负荷设为5kg来测定的情况下,优选是0.70秒以下,更为优选是0.10秒以上0.70秒以下,进一步优选是0.15秒以上0.68秒以下。

[0093] 通过满足上述条件,如后所述那样地调整反馈增益以及角加速度,从而能够进一步提高抑制机器人1的振动的效果(振动抑制效果)。

[0094] 另外,使第一臂12的驱动减速的第一减速器的刚性(弹簧常量)、以及使第二臂13的驱动减速的第二减速器的刚性(弹簧常量)分别优选是 $40000\text{Nm/rad}$ 以上,更为优选是 $40000\text{Nm/rad}$ 以上 $400000\text{Nm/rad}$ 以下,进一步优选是 $60000\text{Nm/rad}$ 以上 $200000\text{Nm/rad}$ 以下。根据将减速器的输入侧(电机侧)固定,并对输出侧(臂侧)施加了扭矩T(Nm)时的减速器的输出侧的扭转角度 $\theta(\text{rad})$ ,将这里所谓的减速器的刚性(弹簧常量)定义为 $T/\theta$ 。

[0095] 由此,能够高效地得到振动抑制效果(减振效果)。

[0096] 相反地,如果机器人1的承重能力增大,而减速器的刚性没有达到某一程度的话则

得不到充分的振动抑制效果。即,若承重能力增大,则对刚性是40000Nm/rad以上的减速器进行使用了后述的反馈控制(陀螺仪伺服)的减振控制(扭转角速度修正),就能够得到特别大的振动抑制效果。

[0097] 接下来,参照图7、图8~图12,对控制装置20的结构进行说明。

[0098] 如图7、图8~图12所示,控制装置20具有:控制第一驱动源401的动作(驱动)的第一驱动源控制部201、控制第二驱动源402的动作的第二驱动源控制部202、控制第三驱动源403的动作的第三驱动源控制部203、控制第四驱动源404的动作的第四驱动源控制部204、控制第五驱动源405的动作的第五驱动源控制部205、以及控制第六驱动源406的动作的第六驱动源控制部206。

[0099] 如图8所示,第一驱动源控制部201具有:减法器511、位置控制部521、减法器531、角速度控制部541、旋转角度计算部551、角速度计算部561、减法器571、转换部581、修正值计算部591、以及加法器601。

[0100] 如图9所示,第二驱动源控制部202具有:减法器512、位置控制部522、减法器532、角速度控制部542、旋转角度计算部552、角速度计算部562、加减法器622、转换部582、修正值计算部592、以及加法器602。

[0101] 如图9所示,第三驱动源控制部203具有:减法器513、位置控制部523、减法器533、角速度控制部543、旋转角度计算部553、以及角速度计算部563。

[0102] 如图10所示,第四驱动源控制部204具有:减法器514、位置控制部524、减法器534、角速度控制部544、旋转角度计算部554、以及角速度计算部564。

[0103] 如图11所示,第五驱动源控制部205具有:减法器515、位置控制部525、减法器535、角速度控制部545、旋转角度计算部555、以及角速度计算部565。

[0104] 如图12所示,第六驱动源控制部206具有:减法器516、位置控制部526、减法器536、角速度控制部546、旋转角度计算部556、以及角速度计算部566。

[0105] 这里,控制装置20基于机器人1所进行的处理的内容来运算肘杆16的目标位置,并生成用于使肘杆16移动到该目标位置的轨迹。而且,控制装置20按照规定的控制周期测定各驱动源401~406的旋转角度,使得肘杆16沿着该生成的轨迹移动,并将基于该测定结果运算出的值分别作为各驱动源401~406的位置指令 $P_c$ 输出至驱动源控制部201~206(参照图8~图12)。应予说明,虽然在上述以及以下,记作“输入、输出值”等,但其是“输入、输出与该值对应的信号”的意思。

[0106] 如图8所示,向第一驱动源控制部201除了第一驱动源401的位置指令 $P_c$ 以外,还分别从第一角度传感器411、第一惯性传感器31输入检测信号。第一驱动源控制部201通过使用各检测信号的反馈控制来驱动第一驱动源401,以使根据第一角度传感器411的检测信号计算的第一驱动源401的旋转角度(位置反馈值 $P_{fb}$ )成为位置指令 $P_c$ ,并且使后述的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 成为后述的角速度指令 $\omega_c$ 。

[0107] 即,向第一驱动源控制部201的减法器511输入位置指令 $P_c$ ,另外,从旋转角度计算部551输入后述的位置反馈值 $P_{fb}$ 。在旋转角度计算部551中,对从第一角度传感器411输入的脉冲数进行计数,并且将与该计数值对应的第一驱动源401的旋转角度作为位置反馈值 $P_{fb}$ 输出至减法器511。减法器511将这些位置指令 $P_c$ 与位置反馈值 $P_{fb}$ 的偏差(从第一驱动源401的旋转角度的目标值减去位置反馈值 $P_{fb}$ 所得的值)输出至位置控制部521。

[0108] 位置控制部521通过进行使用了从减法器511输入的偏差和作为预先决定出的系数的比例增益等的规定的运算处理,来运算与该偏差对应的第一驱动源401的角速度的目标值。位置控制部521将表示该第一驱动源401的角速度的目标值(指令值)的信号作为角速度指令(第一角速度指令) $\omega_c$ 输出至减法器531。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行比例控制(P控制),但并不限于于此。

[0109] 向减法器531输入角速度指令 $\omega_c$ ,另外,输入后述的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 。减法器531将这些角速度指令 $\omega_c$ 与角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 的偏差(从第一驱动源401的角速度的目标值减去角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 后的值)输出至角速度控制部541。

[0110] 角速度控制部541通过使用从减法器531输入的偏差、以及作为预先决定出的系数的比例增益、积分增益等,进行包含积分的规定的运算处理,来生成与该偏差对应的第一驱动源401的驱动信号(驱动电流),并经由电机驱动器301供给至电机401M。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行PI控制,但并不限于于此。

[0111] 像这样,进行反馈控制,控制第一驱动源401的驱动电流,以便位置反馈值 $P_{fb}$ 尽可能等于位置指令 $P_c$ ,并且角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 尽可能等于角速度指令 $\omega_c$ 。

[0112] 接下来,对第一驱动源控制部201中的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 进行说明。

[0113] 在角速度计算部561中,基于从第一角度传感器411输入的脉冲信号的频率,来计算第一驱动源401的角速度 $\omega_{m1}$ ,并将该角速度 $\omega_{m1}$ 输出至加法器601。

[0114] 另外,在角速度计算部561中,基于从第一角度传感器411输入的脉冲信号的频率,来计算第一臂12的绕转动轴01的角速度 $\omega_{A1m}$ ,并将该角速度 $\omega_{A1m}$ 输出至减法器571。此外,角速度 $\omega_{A1m}$ 是角速度 $\omega_{m1}$ 除以第一驱动源401的电机401M与第一臂12之间即关节171的减速比所得的值。

[0115] 另外,通过第一惯性传感器31检测第一臂12的绕转动轴01的角速度。而且,将该第一惯性传感器31的检测信号,即,由第一惯性传感器31检测出的第一臂12的绕转动轴01的角速度 $\omega_{A1}$ 被输出至减法器571。

[0116] 向减法器571输入角速度 $\omega_{A1}$ 以及角速度 $\omega_{A1m}$ ,减法器571将从该角速度 $\omega_{A1}$ 减去角速度 $\omega_{A1m}$ 所得的值 $\omega_{A1s}(=\omega_{A1}-\omega_{A1m})$ 输出至转换部581。该值 $\omega_{A1s}$ 相当于第一臂12的绕转动轴01的角速度的振动成分(振动角速度)。以下,将 $\omega_{A1s}$ 称为振动角速度。在本实施方式中,将该振动角速度 $\omega_{A1s}$ (详细而言基于振动角速度 $\omega_{A1s}$ 生成的值即电机401M的角速度 $\omega_{m1s}$ )放大后述的增益 $K_a$ 倍并进行返回到驱动源401的输入侧的反馈控制。具体而言,以振动角速度 $\omega_{A1s}$ 尽可能为0的方式,对驱动源401进行反馈控制。由此,能够抑制机器人1的振动。此外,在该反馈控制中,控制驱动源401的角速度。

[0117] 转换部581将振动角速度 $\omega_{A1s}$ 转换为第一驱动源401中的角速度 $\omega_{m1s}$ ,并将该角速度 $\omega_{m1s}$ 输出至修正值计算部591。能够通过振动角速度 $\omega_{A1s}$ 乘以第一驱动源401的电机401M与第一臂12之间即关节171中的减速比来得到该转换。

[0118] 修正值计算部591对角速度 $\omega_{m1s}$ 乘以作为预先决定出的系数的增益(反馈增益) $K_a$ ,来求出修正值(第一修正成分) $K_a \cdot \omega_{m1s}$ ,并将该修正值 $K_a \cdot \omega_{m1s}$ 输出至加法器601。

[0119] 向加法器601输入角速度 $\omega_{m1}$ ,还输入修正值 $K_a \cdot \omega_{m1s}$ 。加法器601将角速度 $\omega_{m1}$ 与修正值 $K_a \cdot \omega_{m1s}$ 的加法值作为角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 输出至减法器531。此外,以后的动作如上所述。

[0120] 如图9所示,向第二驱动源控制部202除了第二驱动源402的位置指令 $P_c$ 以外,还从第二角度传感器412、第二惯性传感器32分别输入检测信号。另外,向第二驱动源控制部202从第三驱动源控制部203输入第三臂14的绕转动轴03的角速度 $\omega_{A3m}$ 。第二驱动源控制部202通过使用各检测信号的反馈控制来驱动第二驱动源402,以使根据第二角度传感器412的检测信号计算出的第二驱动源402的旋转角度(位置反馈值 $P_{fb}$ )成为位置指令 $P_c$ ,并且使后述的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 成为后述的角速度指令 $\omega_c$ 。

[0121] 即,向第二驱动源控制部202的减法器512输入位置指令 $P_c$ ,另外,从旋转角度计算部552输入后述的位置反馈值 $P_{fb}$ 。在旋转角度计算部552中,对从第二角度传感器412输入的脉冲数进行计数,并且将与该计数值对应的第二驱动源402的旋转角度作为位置反馈值 $P_{fb}$ 输出至减法器512。减法器512将这些位置指令 $P_c$ 与位置反馈值 $P_{fb}$ 的偏差(从第二驱动源402的旋转角度的目标值减去位置反馈值 $P_{fb}$ 所得的值)输出至位置控制部522。

[0122] 位置控制部522通过进行使用了从减法器512输入的偏差、以及作为预先决定出的系数的比例增益等的规定的运算处理,来运算与该偏差对应的第二驱动源402的角速度的目标值。位置控制部522将表示该第二驱动源402的角速度的目标值(指令值)的信号作为角速度指令(第二角速度指令) $\omega_c$ 输出至减法器532。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行比例控制(P控制),但并不限于此。

[0123] 向减法器532输入角速度指令 $\omega_c$ ,还输入后述的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 。减法器532将这些角速度指令 $\omega_c$ 与角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 的偏差(从第二驱动源402的角速度的目标值减去角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 所得的值)输出至角速度控制部542。

[0124] 角速度控制部542通过使用从减法器532输入的偏差以及作为预先决定出的系数的比例增益、积分增益等,进行包含积分的规定的运算处理,来生成与该偏差对应的第二驱动源402的驱动信号(驱动电流),并经由电机驱动器302供给至电机402M。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行PI控制,但并不限于此。

[0125] 像这样,进行反馈控制,来控制第二驱动源402的驱动电流,以便位置反馈值 $P_{fb}$ 尽可能等于位置指令 $P_c$ ,并且角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 尽可能等于角速度指令 $\omega_c$ 。此外,由于转动轴02与转动轴01正交,所以能够不受第一臂12的动作或振动的影响地与第一驱动源401独立地控制第二驱动源402的动作。

[0126] 接下来,对第二驱动源控制部202中的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 进行说明。

[0127] 在角速度计算部562中,基于从第二角度传感器412输入的脉冲信号的频率,来计算第二驱动源402的角速度 $\omega_{m2}$ ,并将该角速度 $\omega_{m2}$ 输出至加法器602。

[0128] 另外,在角速度计算部562中,基于从第二角度传感器412输入的脉冲信号的频率,来计算第二臂13的绕转动轴02的角速度 $\omega_{A2m}$ ,并将该角速度 $\omega_{A2m}$ 输出至加减法器622。此外,角速度 $\omega_{A2m}$ 是角速度 $\omega_{m2}$ 除以第二驱动源402的电机402M与第二臂13之间即关节172的减速比的值。

[0129] 另外,通过第二惯性传感器32检测第三臂14的绕转动轴02的角速度。而且,将该第二惯性传感器32的检测信号,即,由第二惯性传感器32检测出的第三臂14的绕转动轴02的角速度 $\omega_{A3}$ 输出至加减法器622。此外,由于转动轴02、03与转动轴01正交,所以能够不受第一臂12的动作或振动的影响地容易且可靠地求出第三臂14的绕转动轴02的角速度。

[0130] 另外,从后述的第三驱动源控制部203的角速度计算部563将第三臂14的绕转动轴

03的角速度 $\omega_{A3m}$ 输出至加减法器622。

[0131] 向加减法器622输入角速度 $\omega_{A3}$ 、角速度 $\omega_{A2m}$ 以及角速度 $\omega_{A3m}$ ,加减法器622将从角速度 $\omega_{A3}$ 减去角速度 $\omega_{A2m}$ 以及角速度 $\omega_{A3m}$ 所得的值 $\omega_{A2s}(=\omega_{A3}-\omega_{A2m}-\omega_{A3m})$ 输出至转换部582。该值 $\omega_{A2s}$ 相当于第二臂13和第三臂14的绕转动轴02的合计的角速度的振动成分(振动角速度)。以下,将 $\omega_{A2s}$ 称为振动角速度。在本实施方式中,将该振动角速度 $\omega_{A2s}$ (详细而言,基于振动角速度 $\omega_{A2s}$ 生成的值即电机402M中的角速度 $\omega_{m2s}$ )放大后述的增益 $K_a$ 倍并进行返回到第二驱动源402的输入侧的反馈控制。具体而言,对第二驱动源402进行反馈控制,以便振动角速度 $\omega_{A2s}$ 尽可能为0。由此,能够抑制机器人1的振动。此外,在该反馈控制中,控制第二驱动源402的角速度。

[0132] 转换部582将振动角速度 $\omega_{A2s}$ 转换为第二驱动源402的角速度 $\omega_{m2s}$ ,并将该角速度 $\omega_{m2s}$ 输出至修正值计算部592。能够通过对振动角速度 $\omega_{A2s}$ 乘以第二驱动源402的电机402M与第二臂13之间即关节172中的减速比来得到该转换。

[0133] 修正值计算部592对角速度 $\omega_{m2s}$ 乘以作为预先决定出的系数的增益(反馈增益) $K_a$ ,来求出修正值(第二修正成分) $K_a \cdot \omega_{m2s}$ ,并将该修正值 $K_a \cdot \omega_{m2s}$ 输出至加法器602。此外,该第二驱动源控制部202的增益 $K_a$ 与第一驱动源控制部201的增益 $K_a$ 可以相同,另外,也可以不同。

[0134] 向加法器602输入角速度 $\omega_{m2}$ ,还输入修正值 $K_a \cdot \omega_{m2s}$ 。加法器602将角速度 $\omega_{m2}$ 与修正值 $K_a \cdot \omega_{m2s}$ 的加法值作为角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 输出至减法器532。此外,以后的动作如上所述。

[0135] 如图9所示,向第三驱动源控制部203除了输入第三驱动源403的位置指令 $P_c$ 以外,还从第三角度传感器413输入检测信号。第三驱动源控制部203通过使用各检测信号的反馈控制来驱动第三驱动源403,以使根据第三角度传感器413的检测信号计算出的第三驱动源403的旋转角度(位置反馈值 $P_{fb}$ )成为位置指令 $P_c$ ,并且使后述的角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 成为后述的角速度指令 $\omega_c$ 。

[0136] 即,向第三驱动源控制部203的减法器513输入位置指令 $P_c$ ,另外,从旋转角度计算部553输入后述的位置反馈值 $P_{fb}$ 。在旋转角度计算部553中,对从第三角度传感器413输入的脉冲数进行计数,并且将与该计数值对应的第三驱动源403的旋转角度作为位置反馈值 $P_{fb}$ 输出至减法器513。减法器513将这些位置指令 $P_c$ 与位置反馈值 $P_{fb}$ 的偏差(从第三驱动源403的旋转角度的目标值减去位置反馈值 $P_{fb}$ 所得的值)输出至位置控制部523。

[0137] 位置控制部523通过进行使用了从减法器513输入的偏差、以及作为预先决定的系数的比例增益等的规定的运算处理,来运算与该偏差对应的第三驱动源403的角速度的目标值。位置控制部523将表示该第三驱动源403的角速度的目标值(指令值)的信号作为角速度指令 $\omega_c$ 输出至减法器533。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行比例控制(P控制),但并不限于于此。

[0138] 另外,在角速度计算部563中,基于从第三角度传感器413输入的脉冲信号的频率,来计算第三驱动源403的角速度,并将该角速度作为角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 输出至减法器533。

[0139] 向减法器533输入角速度指令 $\omega_c$ ,还输入角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 。减法器533将这些角速度指令 $\omega_c$ 与角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 的偏差(从第三驱动源403的角速度的目标值减去角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 所得的值)输出至角速度控制部543。

[0140] 角速度控制部543通过使用从减法器533输入的偏差、以及作为预先决定出的系数比例增益、积分增益等,进行包含积分的规定的运算处理,来生成与该偏差对应的第三驱动源403的驱动信号(驱动电流),并经由电机驱动器303供给至电机403M。此外,这里,在本实施方式中,虽然作为反馈控制进行PI控制,但并不限于此。

[0141] 像这样,进行反馈控制,控制第三驱动源403的驱动电流,以便位置反馈值 $P_{fb}$ 尽可能等于位置指令 $P_c$ ,并且角速度反馈值 $\omega_{fb}$ 尽可能等于角速度指令 $\omega_c$ 。

[0142] 此外,对于驱动源控制部204~206,由于分别与上述第三驱动源控制部203相同,所以省略其说明。

[0143] 这里,在该机器人系统100中,对第一臂12(第一驱动源401)以及第二臂13(第二驱动源402),进行上述的反馈增益(加权值)等的调整。

[0144] 首先,对于第一臂12,根据机器人1(机械臂10)的姿势即与第一转动轴01相关的惯性力矩,来调整第一臂12的绕第一转动轴01的角加速度(加速度)。若上述惯性力矩较大,则上述角加速度较小,若上述惯性力矩较小,则上述角加速度较大。

[0145] 另外,根据上述惯性力矩,对有关第一臂12的反馈增益进行调整。若上述惯性力矩较大(参照图4),则上述反馈增益较大,若上述惯性力矩较小(参照图5),则上述反馈增益较小。

[0146] 其理由是因为具有如以下那样的趋势。首先,若上述惯性力矩较大,则机器人1的振动较大,另外,即使增大上述反馈增益,机器人1也难以振荡。因此,增大上述反馈增益,来提高振动抑制效果。另外,若上述惯性力矩较大,则需要较大的驱动力,所以减小上述角加速度。

[0147] 另外,若上述惯性力矩较小,则机器人1的振动较小,另外,若增大上述反馈增益则机器人1容易振荡。因此,减小上述反馈增益,来抑制机器人1的振荡。另外,若上述惯性力矩较小,则驱动力也可以较小,所以增大上述角加速度。

[0148] 另外,上述惯性力矩与第二臂13的绕第二转动轴02的旋转角度 $\theta_1$ (参照图4)相对应。因此,在实际的机器人1的控制中,例如,检测旋转角度 $\theta_1$ ,并基于其检测结果,来求出第一臂12的绕第一转动轴01的角加速度以及有关第一臂12的反馈增益。此外,也能够将其称为基于上述角加速度来求上述反馈增益。即,根据上述角加速度而发生变化。此外,旋转角度 $\theta_1$ 能够基于第二角度传感器412的检测结果来求出上述反馈增益。

[0149] 预先通过实验求出表示这样的旋转角度 $\theta_1$ 、第一臂12的绕第一转动轴01的角加速度以及有关第一臂12的反馈增益的关系的运算式或者表等的校正曲线,并存储于控制装置20的未图示的存储部。而且,在使机器人1动作时使用上述校正曲线,来决定上述反馈增益。即,在机器人1的动作中,使用上述校正曲线,依次对上述反馈增益进行调整(变更)。

[0150] 此外,对于上述旋转角度 $\theta_1$ (参照图4)而言,在第二臂13相对于第一臂12的姿势是图5所示的姿势的情况下,即,第二臂13向铅垂方向上侧伸展,而第二臂13的中心轴与铅垂方向平行的情况下设为 $0^\circ$ ,在第二臂13相对于第一臂12的姿势是图4所示的姿势的情况下,即,第二臂13向图4中左侧伸展,而第二臂13的中心轴与水平方向平行的情况下设为 $-90^\circ$ 。

[0151] 另外,对于第二臂13(第二驱动源402),也与上述第一臂12相同进行上述的反馈增益的调整。

[0152] 首先,对于第二臂13,根据机器人1(机械臂10)的姿势,即,与第二转动轴02相关的

惯性力矩,来调整第二臂13的绕第二转动轴02的角加速度(加速度)。若上述惯性力矩较大,则上述角加速度较小,若上述惯性力矩较小,则上述角加速度较大。

[0153] 另外,根据上述惯性力矩,来调整有关第二臂13的反馈增益。若上述惯性力矩较大(参照图4、图5),则上述反馈增益较大,若上述惯性力矩较小(参照图6),则上述反馈增益较小。

[0154] 另外,上述惯性力矩与第三臂14的绕第三转动轴03的旋转角度 $\theta_2$ (参照图4)相对应。因此,在实际的机器人1的控制中,例如,检测旋转角度 $\theta_2$ ,并基于其检测结果,来求出第二臂13的绕第二转动轴02的角加速度以及有关第二臂13的反馈增益。此外,也能够将其称为基于上述角加速度来求上述反馈增益。即,上述反馈增益根据上述角加速度而发生变化。此外,能够基于第三角度传感器413的检测结果来求出旋转角度 $\theta_2$ 。

[0155] 预先通过实验来求出表示这样的旋转角度 $\theta_2$ 、第二臂13的绕第二转动轴02的角加速度以及有关第二臂13的反馈增益的关系的运算式或者表等的校正曲线,并存储至控制装置20的未图示的存储部。而且,在使机器人1动作时,使用上述校正曲线,来决定上述反馈增益。即,在机器人1的动作中,使用上述校正曲线,依次对上述反馈增益进行调整(变更)。

[0156] 此外,对于上述旋转角度 $\theta_2$ (参照图4)而言,在第三臂14相对于第二臂13的姿势是图6所示的姿势的情况下,即,第二臂13向图6所示水平方向左侧伸展的情况下,第三臂14向铅垂方向下侧伸展,而第三臂14的中心轴与铅垂方向平行的情况下设为 $0^\circ$ ,在第三臂14相对于第二臂13的姿势是图4所示的姿势的情况下,即,第二臂13向图4所示水平方向左侧伸展的情况下,第二臂13向图4中左侧伸展,而第二臂13的中心轴与水平方向平行的情况下设为 $90^\circ$ 。此外,在图5所示的第三臂14的姿势下,旋转角度 $\theta_2$ 是 $90^\circ$ 。

[0157] 另外,对于第一臂12,分为对机器人1的肘杆16的前端部施加的(设置的)负荷是规定的阈值以上的情况和小于上述阈值的情况,在上述负荷是阈值以上的情况下和小于阈值的情况下分别设定在设定反馈增益时所使用的校正曲线。即,负荷是阈值以上的情况下的校正曲线与小于阈值的情况下的校正曲线不同。

[0158] 其理由是因为:负荷较大的情况下与负荷较小的情况相比,由于规定的臂的弯曲会产生较大的振动,所以需要抑制该臂的弯曲,并抑制振动。例如,机器人1在图4所示的机械臂10的姿势下,存在第一臂12的根部弯曲并振动的情况。因此,机械臂10的姿势越接近图4所示的姿势,越减小第一臂12的绕第一转动轴01的角加速度。

[0159] 另外,上述阈值并没有被特别限定,能够根据机器人1的尺寸、特性、能力等各种条件适当地设定,但优选设定为1kg以上6kg以下的范围内的值,更为优选设定为2kg以上4kg以下的范围内的值,例如,设定为3kg。

[0160] 此外,上述的有关第一臂12的反馈增益的调整在上述负荷小于上述阈值的情况下进行。对于上述负荷是上述阈值以上的情况下的有关第一臂12的反馈增益的调整,在以下的具体例中进行说明。

[0161] 以下,作为一个例子,将机器人1的各尺寸等是下述标准的情况下的校正曲线的构成例示于图13~图15,并基于该图13~图15,对反馈增益的调整进行说明。

[0162] 此外,在以下的说明中,用将反馈增益的最大值设为1时的相对值来表示该反馈增益,但也可以用绝对值来表示。

[0163] 最大负荷:8kg

[0164] 额定负荷:3kg

[0165] 最大长度L1:980mm

[0166] 最大长度L2:880mm

[0167] 机械臂10的质量M1:37kg

[0168] 第二臂13~肘杆16的合计的质量M2:23kg

[0169] 与第一转动轴01相关的惯性力矩的最大值: $9.5\text{kg} \cdot \text{m}^2$

[0170] 与第二转动轴02相关的惯性力矩的最大值: $6.8\text{kg} \cdot \text{m}^2$

[0171] 周期(负荷:2kg):0.35秒

[0172] 在图13以及图14中分别示出了对第一臂12的上述修正值“ $K_a \cdot \omega_{m1s}$ ”中的反馈增益“ $K_a$ ”以及第一臂12的角加速度进行调整的情况下所使用的校正曲线。图13所示的校正曲线为负荷小于阈值的情况下的校正曲线,图14所示的校正曲线为负荷是阈值以上的情况下的校正曲线。

[0173] 另外,图13以及图14所示的图表的横轴是第二臂13的旋转角度 $\theta_1$ ,纵轴是第一臂12的绕第一转动轴01的角加速度以及第一臂12的反馈增益。

[0174] 如图13所示,在对机械臂10设置的负荷小于阈值的情况下,在机械臂10的可动范围中的至少一部分,即,第二臂13的能够转动的范围中的至少一部分中,反馈增益在第一臂12的角加速度(机械臂10的加速度)是第一角加速度(第一加速度)的情况下是第一值,在第一臂12的角加速度从第一角加速度变化为比该第一角加速度低的第二角加速度(第二加速度)的情况下,从第一值变化为比该第一值高的第二值。由此,能够提高抑制机器人1的振动的效果。

[0175] 作为具体例,在旋转角度 $\theta_1$ 是 $0^\circ$ 的情况下,第一臂12的角加速度是 $87.5\text{rad}/\text{秒}^2$ ,反馈增益是0.73(第一值),但在旋转角度 $\theta_1$ 是 $-90^\circ$ 的情况下,第一臂12的角加速度是 $36.8\text{rad}/\text{秒}^2$ ,反馈增益是1(第二值)。

[0176] 另外,如图14所示,在对机械臂10设置的负荷是阈值以上的情况下,在机械臂10的可动范围中的至少一部分即第二臂13的能够转动的范围中的至少一部分中,第一臂12的角加速度(机械臂10的加速度)比上述负荷小于阈值的情况下的第一臂12的角加速度低。由此,能够抑制机械臂10在其根部弯曲,由此,能够抑制机器人1的振动。

[0177] 作为具体例,在旋转角度 $\theta_1$ 比 $-90^\circ$ 大的情况下,在上述负荷是阈值以上时的第一臂12的角加速度比上述负荷小于阈值时的第一臂12的角加速度低。

[0178] 另外,在图15中示出了对第二臂13的上述修正值“ $K_a \cdot \omega_{m2s}$ ”中的反馈增益“ $K_a$ ”以及第二臂13的角加速度进行调整的情况下所使用的校正曲线。

[0179] 另外,图15所示的图表的横轴是第三臂14的旋转角度 $\theta_2$ ,纵轴是第二臂13的绕第二转动轴02的角加速度以及有关第二臂13的反馈增益。

[0180] 如图15所示,在机械臂10的可动范围中的至少一部分即第三臂14的能够转动的范围中的至少一部分中,反馈增益在第二臂13的角加速度(机械臂10的加速度)是第一角加速度(第一加速度)的情况下是第一值,在第二臂13的角加速度从第一角加速度变化为比该第一角加速度低的第二角加速度(第二加速度)的情况下,从第一值变化为比该第一值高的第二值。

[0181] 作为具体例,在旋转角度 $\theta_2$ 是 $-55^\circ$ 的情况下,第二臂13的角加速度是 $70.0\text{rad}/$

秒<sup>2</sup>,反馈增益是0.67(第一值),但在旋转角度 $\theta_1$ 是0°的情况下,第二臂13的角加速度是32.8rad/秒<sup>2</sup>,反馈增益是1(第二值)。

[0182] 如以上说明的那样,根据该机器人系统100(机器人1),能够抑制机器人1的振动,另外,由于如上述那样进行有关第一臂12以及第二臂13的反馈增益的调整,所以能够容易地提高抑制机器人1的振动的效果(振动抑制效果)。

[0183] 另外,由于对驱动第二臂13的第二驱动源402,使用设置于产生比第二臂13大的振动的前端侧的第三臂14的第二惯性传感器32的检测结果,来进行抑制振动的控制,所以能够提高抑制机器人1的振动的效果。另外,通过控制使比第三臂14靠近基端侧的第二臂13转动的第二驱动源402的动作,能够提高抑制机器人1的振动的效果。

[0184] 另外,由于对第一臂12和第三臂14分别设置惯性传感器31、32,并且使第一臂12转动的第一转动轴01、第二臂13转动的第二转动轴02以及第三臂14转动的第三转动轴03相互正交,所以能够将第一臂12和第三臂14的角速度作为彼此不混合的单纯的旋转成分来检测。而且,由于进行使用了这些的运算的控制,所以能够更加容易地、高精度地、准确地抑制机器人1的振动。

[0185] 另外,由于使第一臂12转动的第一转动轴01、第二臂13转动的第二转动轴02以及第三臂14转动的第三转动轴03相互正交,所以能够将第一臂12和第三臂14的角速度作为相互不混合的单纯的旋转成分来检测,由于对上述没有混合的旋转成分分别乘以反馈增益,所以能够以较高的精度对上述各个旋转成分进行修正。

[0186] 以上,基于图示的实施方式对本发明的机器人、控制装置以及机器人系统进行了说明,但本发明并不限于此,各部的结构能够置换为具有相同的功能的任意的结构。另外,也可以附加有其它任意的结构物。

[0187] 此外,在上述实施方式中,构成为对于第二臂(第二驱动源)以及第三臂(第三驱动源),进行反馈增益(加权值)的调整,但在本发明中,并不局限于此,进行反馈增益的调整的臂(驱动源)也可以是第二臂和第三臂的任意一个,另外,也可以是其它臂。即,只要构成为对机器人的各臂中的至少一个进行反馈增益的调整即可。

[0188] 另外,在本发明中,作为各电机分别并不限于上述伺服电机,例如,举出步进电机等。

[0189] 另外,在上述实施方式中,作为各角度传感器,分别使用了编码器,但在本发明中,并不局限于此,例如,也可以使用解析器、电位计等检测电机的转子、减速器的旋转轴(转动轴)的旋转角度的其它各种传感器,另外,也可以使用转速传感器等,检测电机的转子、减速器的旋转轴的旋转速度的各种传感器。此外,在作为电机使用步进电机的情况下,例如,通过测量向步进电机输入的驱动脉冲的个数,也可以检测电机的转子的旋转角度、旋转速度。

[0190] 另外,在上述实施方式中,作为各惯性传感器,分别使用了角速度传感器(陀螺仪传感器),但在本发明中,并不局限于此,例如,也可以使用检测臂的加速度的各种加速度传感器等。此外,在使用加速度传感器的情况下,使用加速度传感器的检测值来计算角速度。

[0191] 另外,对于各角度传感器、各惯性传感器的方式均未进行特别限定,例如,举出光学式、磁式、电磁式、电气式等。

[0192] 另外,在上述实施方式中,机器人的转动轴的个数是6个,但在本发明中,并不局限于此,机器人的转动轴的个数也可以是2个、3个、4个、5个或者7个以上。

[0193] 即,在上述实施方式中,由于肘杆具有两个臂,所以机器人的臂的个数是6个,但在本发明中,并不局限于此,机器人的臂的个数也可以是2个、3个、4个、5个或者7个以上。

[0194] 另外,在上述实施方式中,机器人是具备一个机械臂的单臂机器人,该机械臂具有能够转动的多个臂,但在本发明中,并不局限于此,例如,也可以是具备2个机械臂的双臂机器人等,也可以是具备多个上述机械臂的机器人。

[0195] 另外,在上述实施方式中,作为末端执行器,以机械手作为例子,但在本发明中,并不局限于此,作为末端执行器举出其它,例如,钻孔机、焊接机、激光照射机等。

[0196] 另外,在上述实施方式中,机器人的基台的固定位置是地面,但在本发明中,并不局限于此,其他例如,举出设置空间中的天棚、墙壁、作业台、地上等。另外,机器人也可以设置于密室内。在该情况下,基台的固定位置并没有被特别限定,例如,举出密室的天棚部、墙壁部、作业台等。

[0197] 另外,在上述实施方式中,固定机器人(基台)的面是与水平面平行的平面(面),但在本发明中,并不局限于此,例如,也可以是相对于水平面、铅垂面倾斜的平面(面),另外,也可以是与铅垂面平行的平面(面)。即,第一转动轴也可以相对于铅垂方向、水平方向倾斜,另外,也可以与水平方向平行。

[0198] 另外,在本发明中,机器人也可以是其它形式的机器人。作为具体例,例如举出具有脚部的足式步行(行走)机器人等。

[0199] 附图标记说明:1…机器人(工业用机器人);10…机械臂;100…机器人系统;101…地面;11…基台;111…螺栓;112…基台主体;113…圆筒状部;114…箱状部;12、13、14、15、17、18…臂;16…肘杆;161…肘杆主体;162…支承环;163…前端面;171、172、173、174、175、176…关节(接头);2、2a、2b、2c、2d…臂主体;3、3a、3b、3c、3d…驱动机构;31、32…惯性传感器;4、4a、4b、4c、4d…密封机构;20…控制装置;201、202、203、204、205、206…驱动源控制部;301、302、303、304、305、306…电机驱动器;401、402、403、404、405、406…驱动源;401M、402M、403M、404M、405M、406M…电机;411、412、413、414、415、416…角度传感器;511、512、513、514、515、516…减法器;521、522、523、524、525、526…位置控制部;531、532、533、534、535、536…减法器;541、542、543、544、545、546…角速度控制部;551、552、553、554、555、556…旋转角度计算部;561、562、563、564、565、566…角速度计算部;571…减法器;581、582…转换部;591、592…修正值计算部;601、602…加法器;622…加减法器;01、02、03、04、05、06…转动轴。

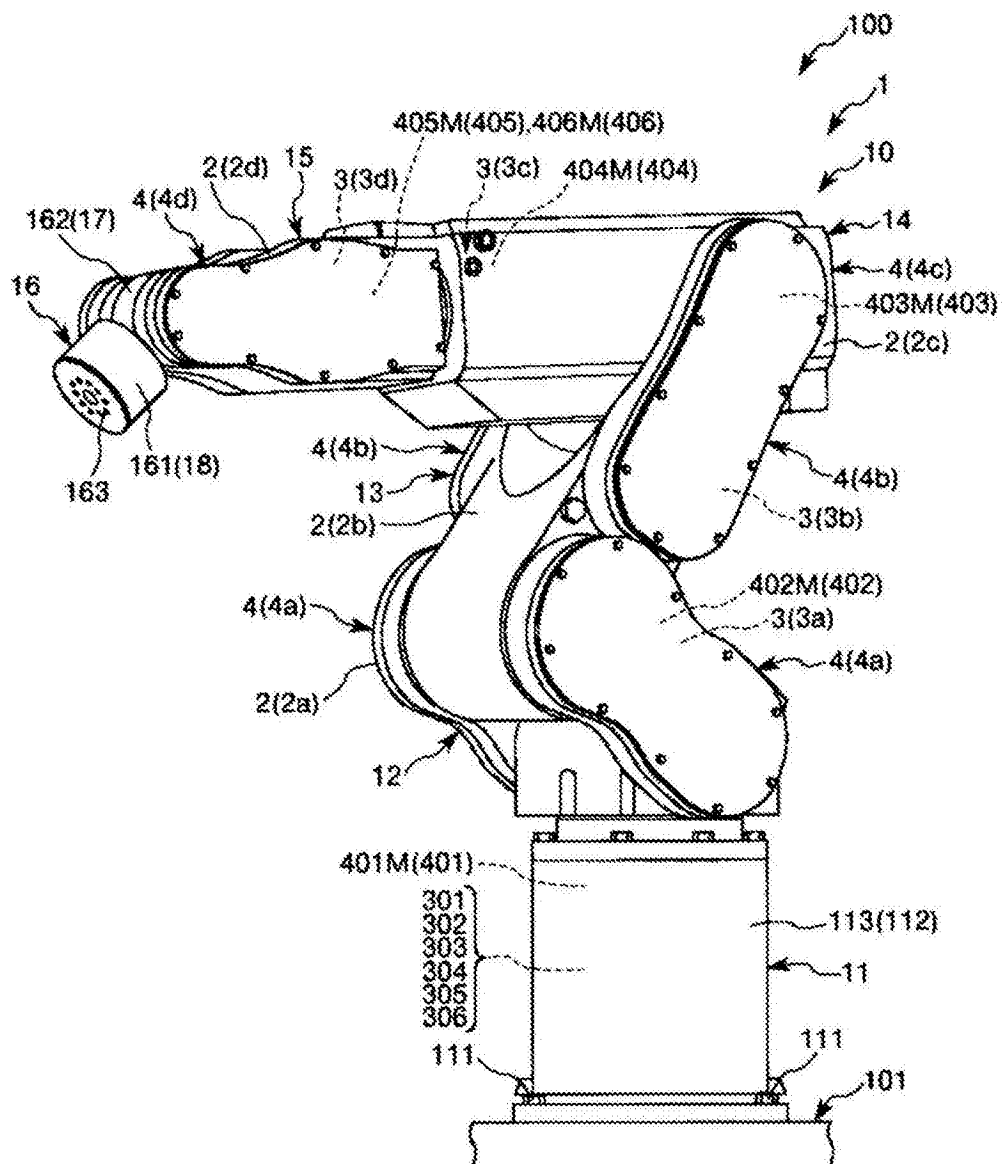


图1

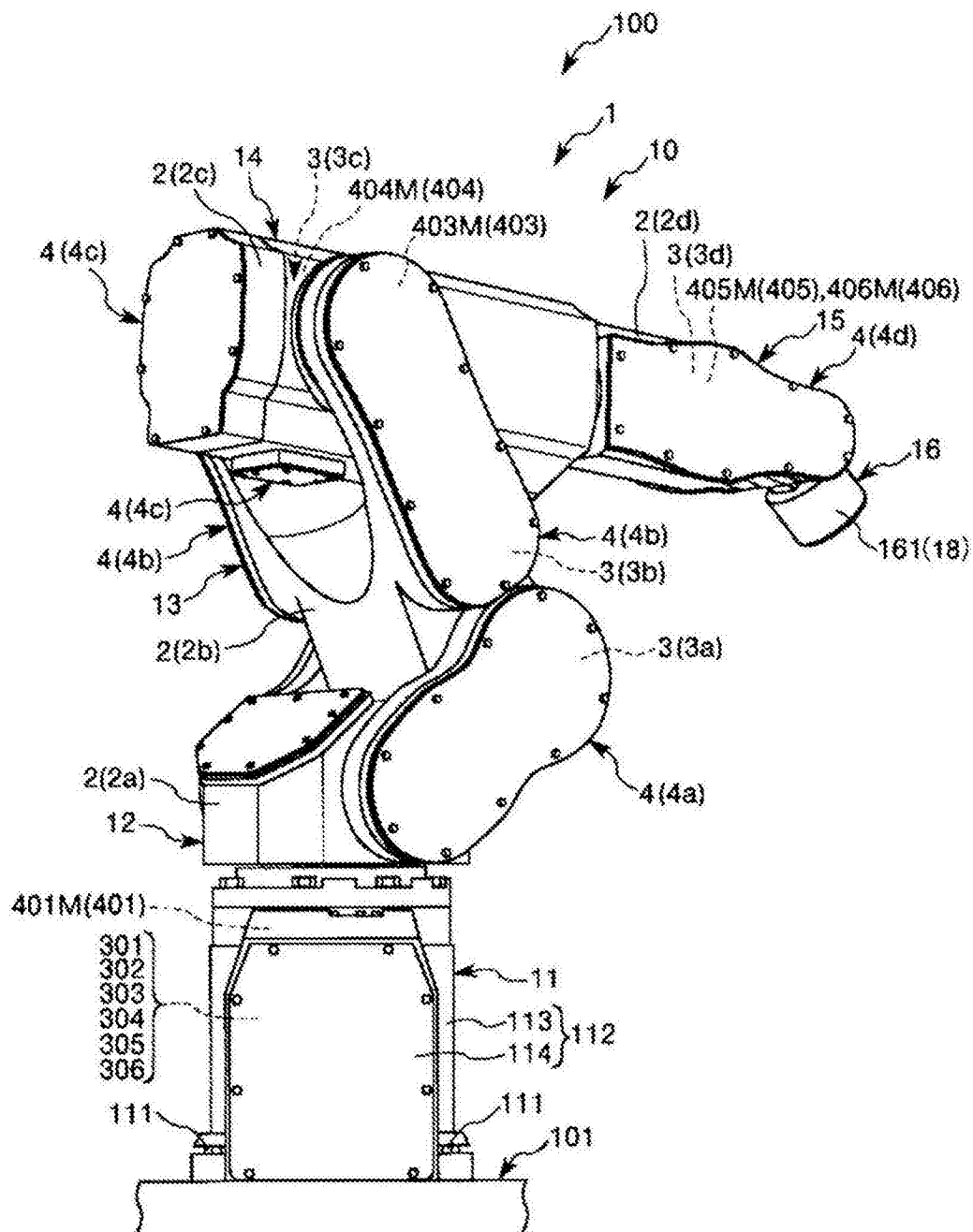


图2

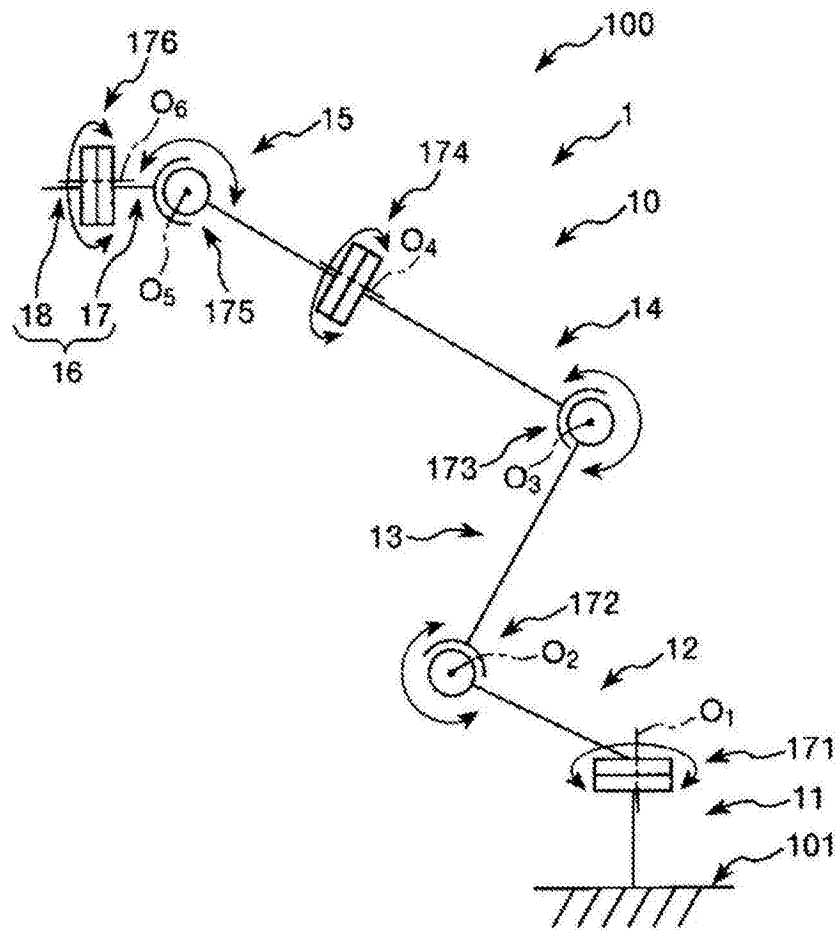


图3

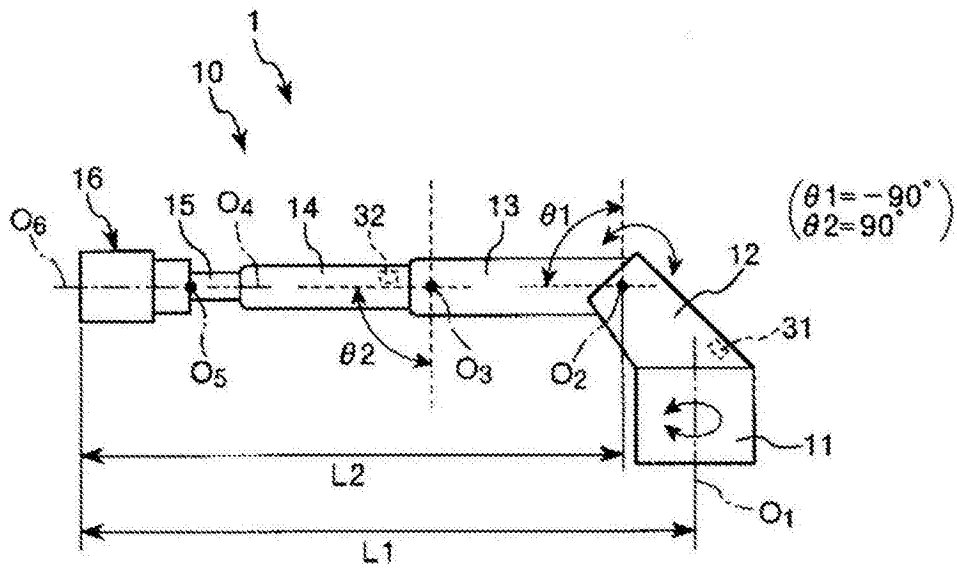


图4

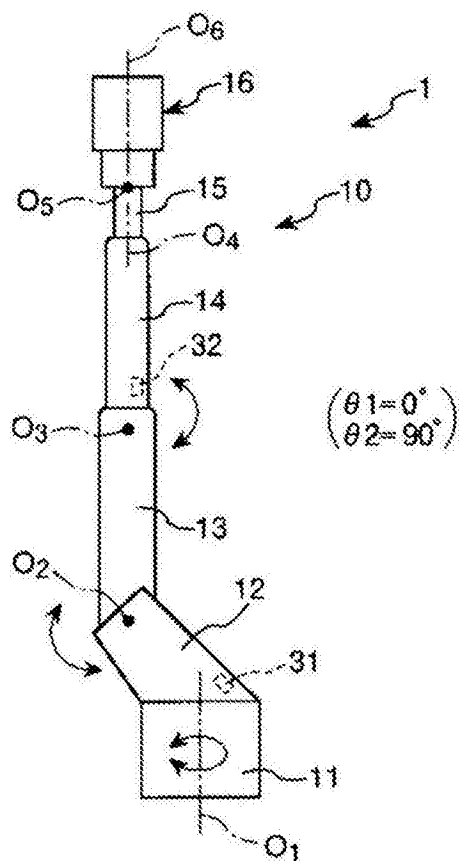


图5

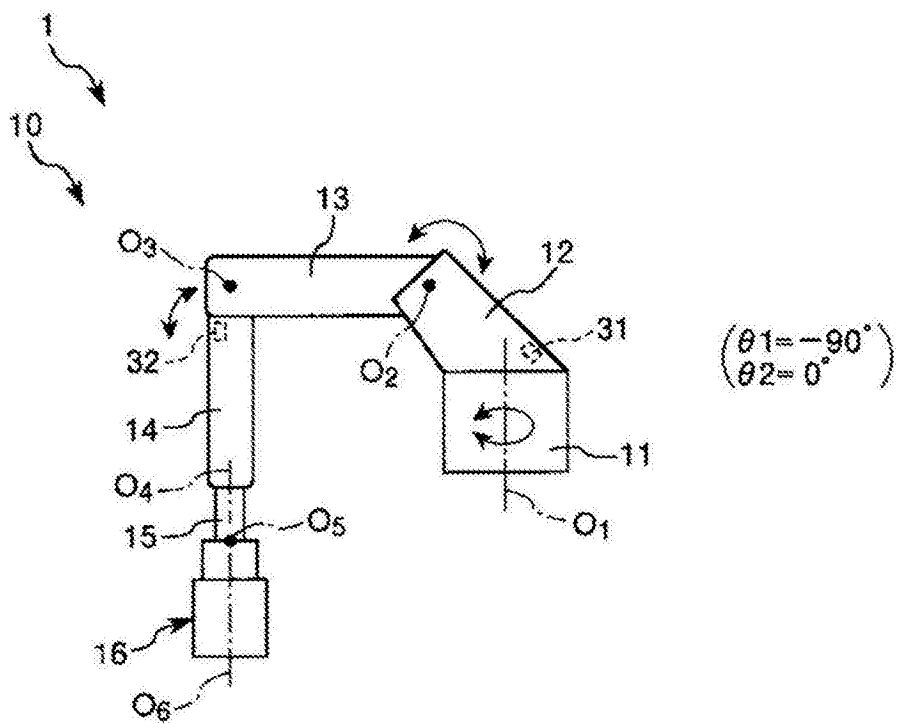


图6

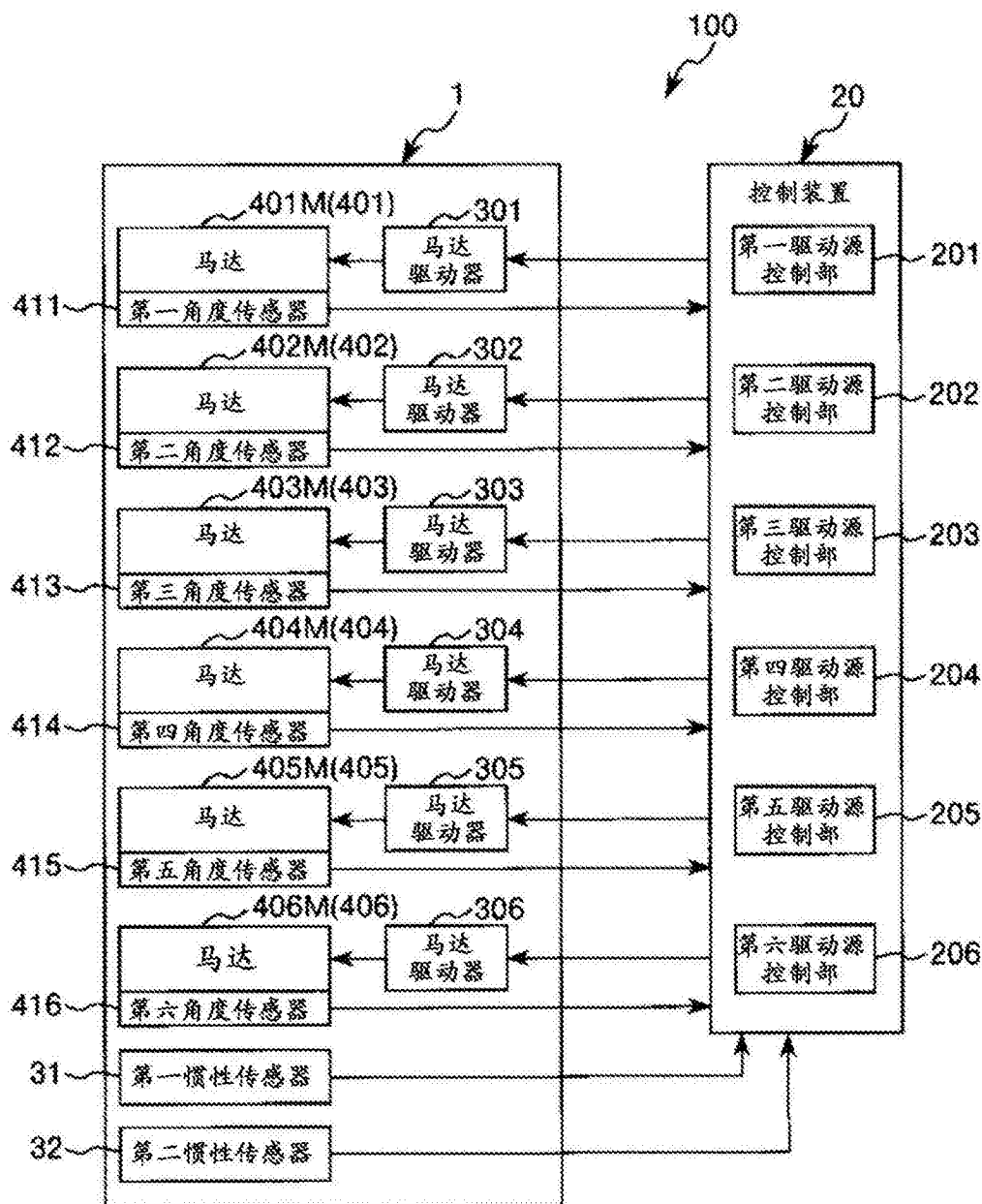


图7

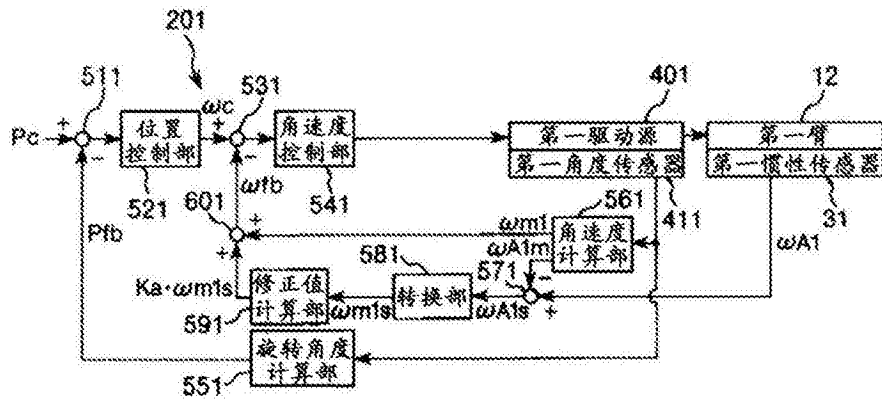


图8

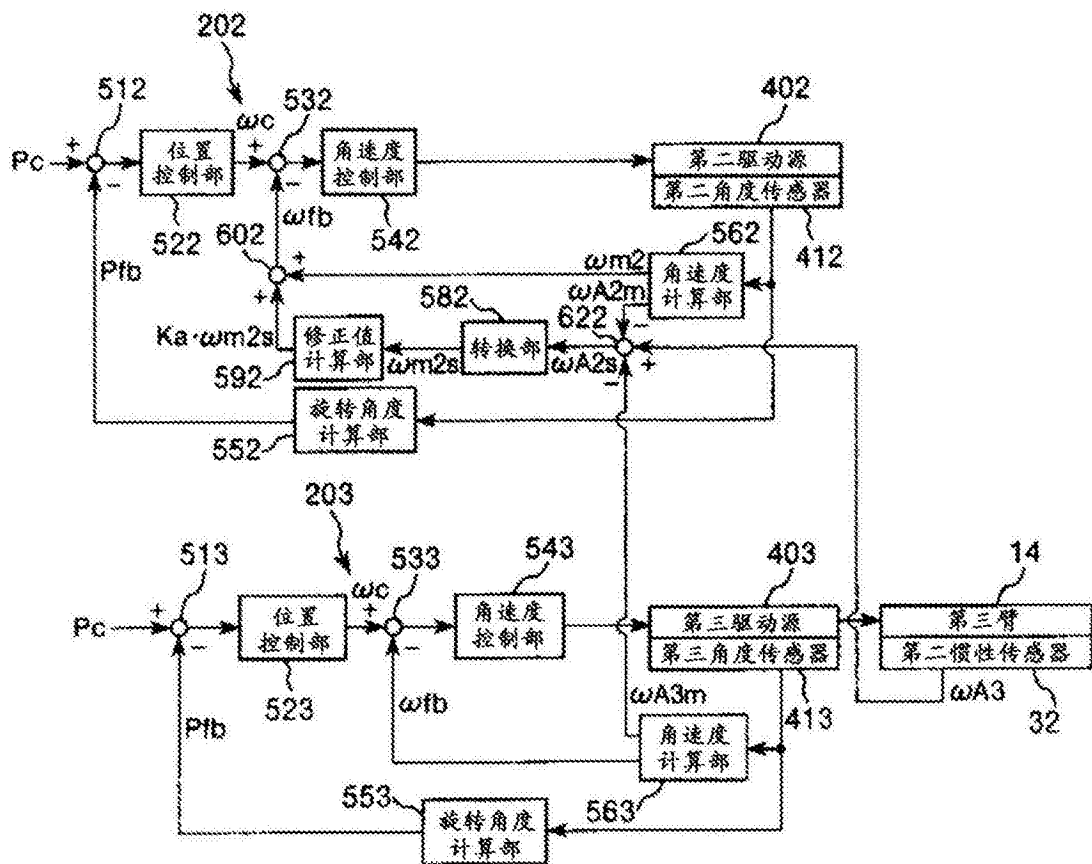


图9

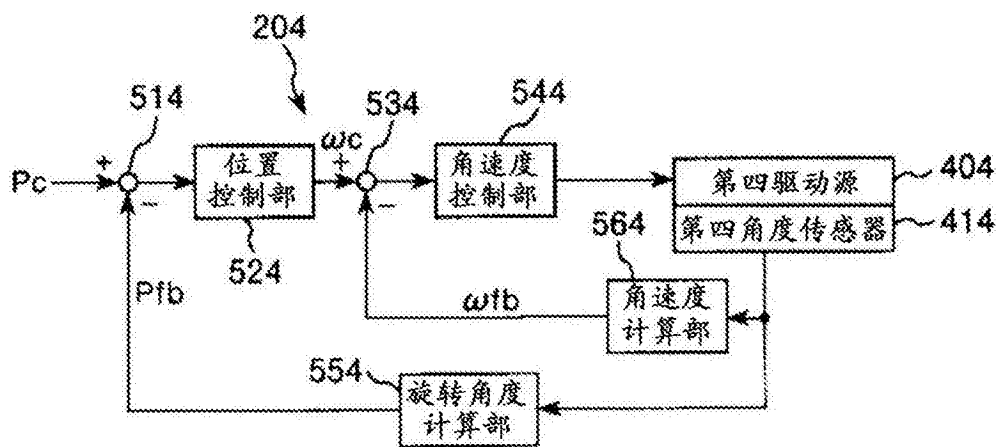


图10

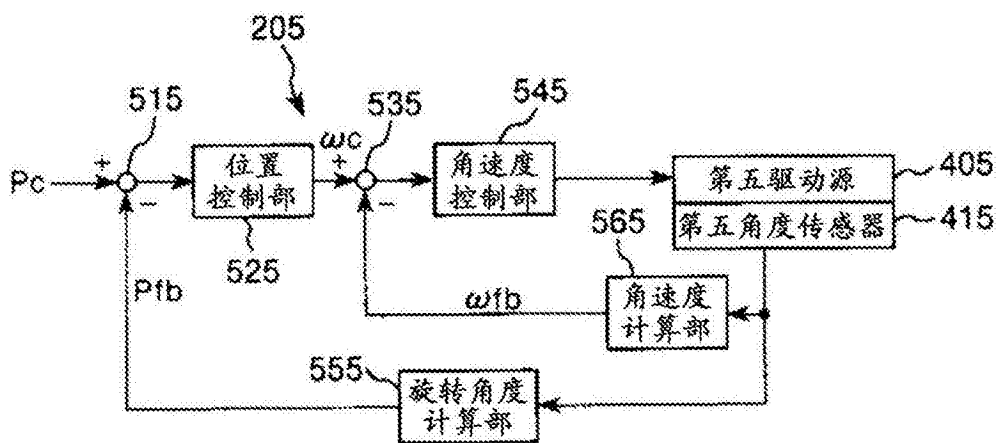


图11

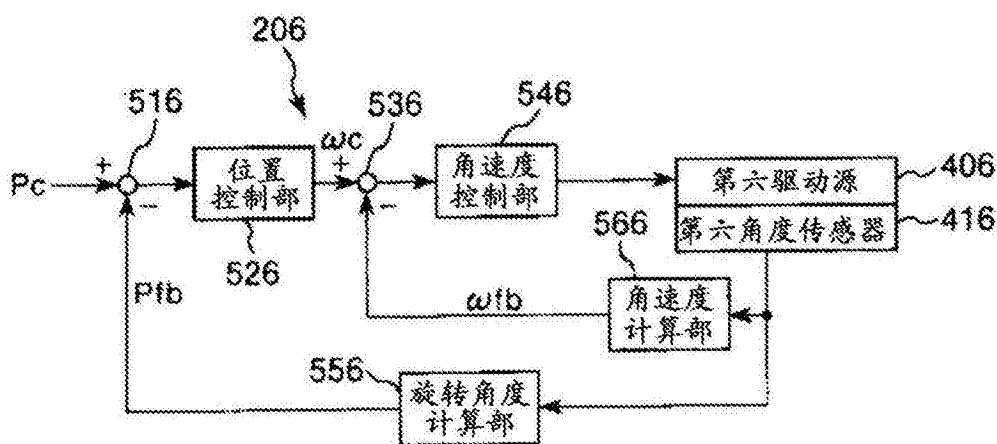


图12

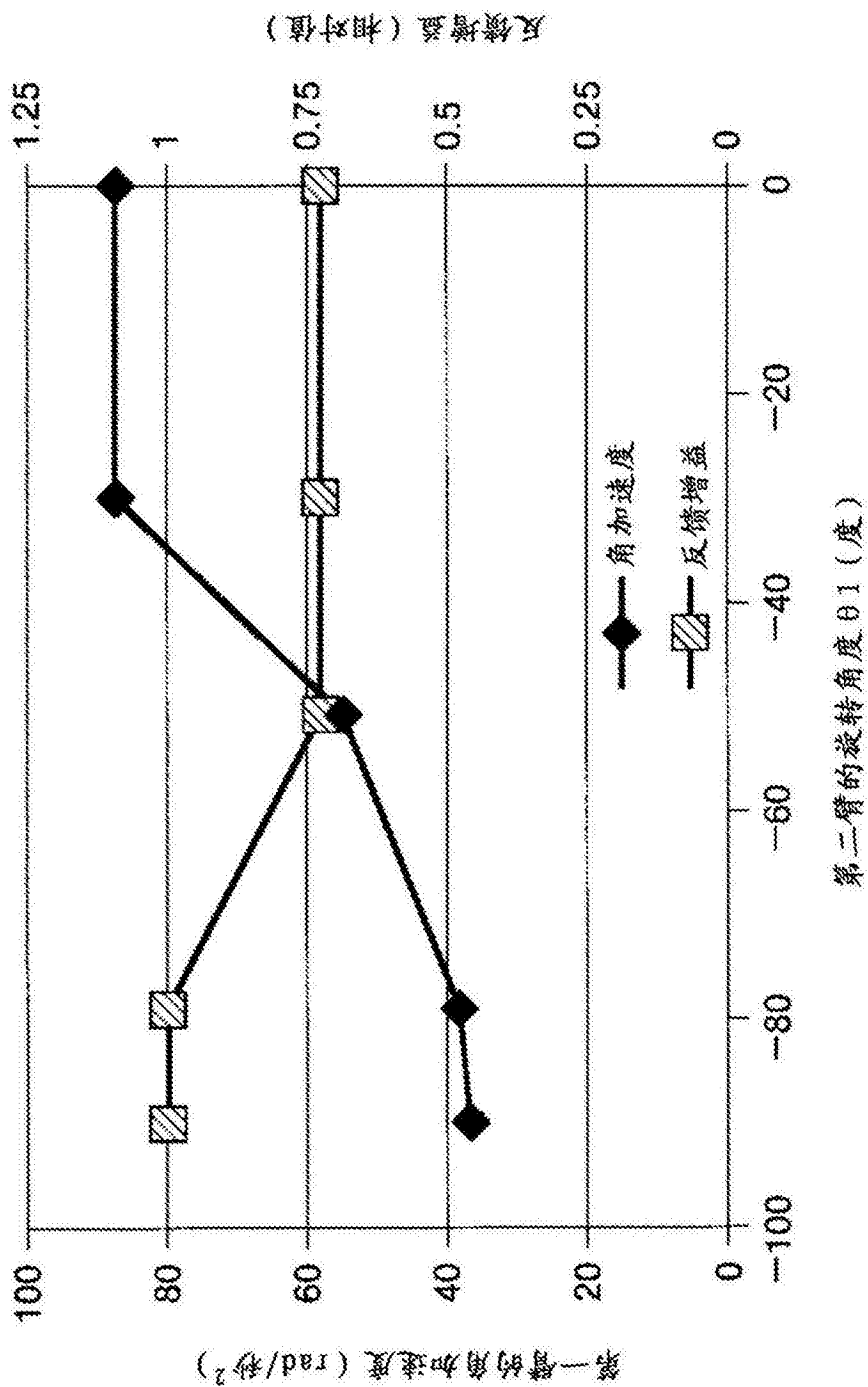


图13

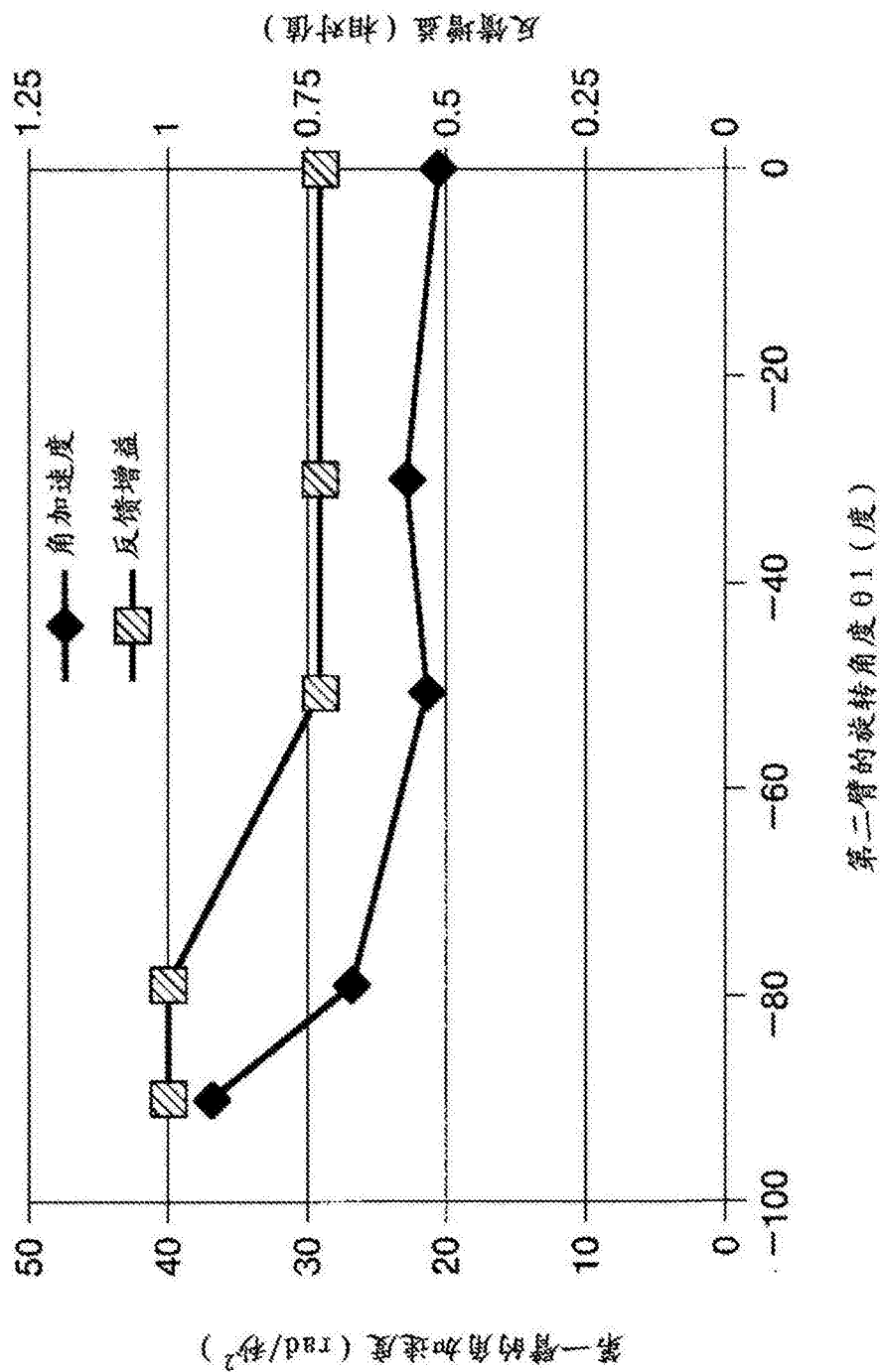


图14

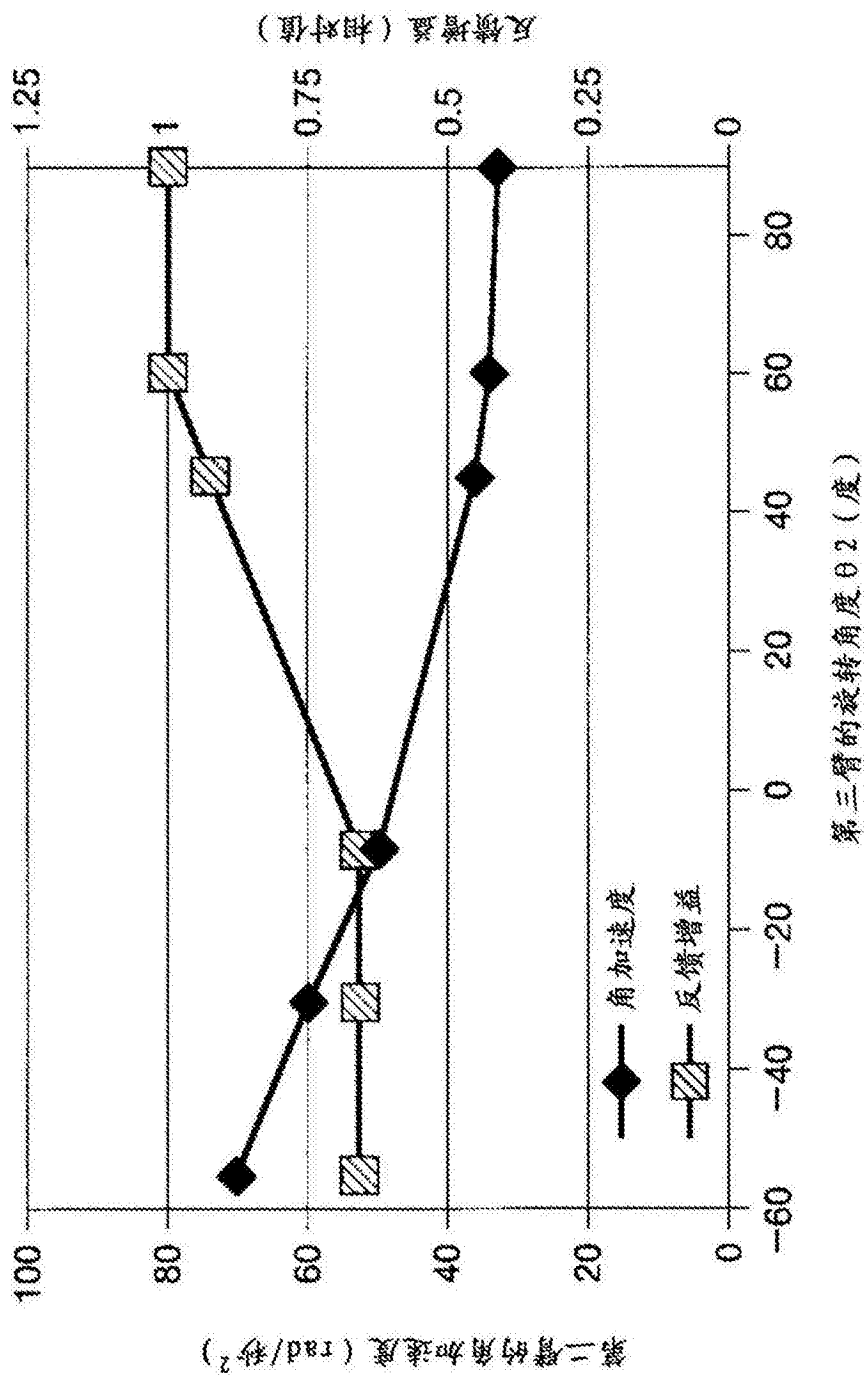


图15