



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103429397 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201280011374. 2

(22) 申请日 2012. 03. 02

(30) 优先权数据

2011-050459 2011. 03. 08 JP

2011-254807 2011. 11. 22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 09. 02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/055313 2012. 03. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/121124 JA 2012. 09. 13

(73) 专利权人 株式会社神户制钢所

地址 日本兵库县

(72) 发明人 大根努 西村利彦 重吉正之

小池武

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 樊建中

(51) Int. Cl.

B25J 9/10(2006. 01)

B23K 9/12(2006. 01)

G05B 19/4103(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2009-113172 A, 2009. 05. 28,

JP 5-5270 U, 1993. 01. 26,

JP 9-76178 A, 1997. 03. 25,

JP 2-218569 A, 1990. 08. 31,

JP 2008-36742 A, 2008. 02. 21,

CN 101546196 A, 2009. 09. 30,

CN 101486123 A, 2009. 07. 22,

JP 2009-113172 A, 2009. 05. 28,

审查员 徐河杭

权利要求书2页 说明书19页 附图15页

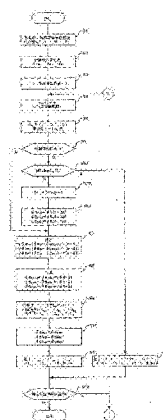
(54) 发明名称

多关节型机器人的控制装置、控制方法以及
控制程序

(57) 摘要

本发明提供多关节型机器人的控制装置及方法,旨在维持多关节型机器人的作业部的位置以及移动速度的同时使第1关节驱动系统的驱动轴各自的角度可靠地到达作业结束点的角度。在例外条件未满足的情况下,基于步骤(S5)中所计算的插补点来驱动第1以及第2关节驱动系统的驱动轴的每一个轴(S64)。在例外条件满足后(S61的“是”侧),至作业部到达作业结束点为止的期间(S12的“否”侧),计算用于以作业结束点的角度为目标使第1关节驱动系统的驱动轴各自线性地变化的该第1关节驱动系统的驱动轴各自的角度(S8),并基于该计算出的第1关节驱动系统的驱动轴各自的角度和步骤(S5)中计算出的插补点处的作业部的位置来计算第2关节驱动系统的驱动轴各自的角度(S9),且遵照该计算结果来使第1以及第2关节驱动系统的驱动轴进行驱动

(S11)。



1. 一种多关节型机器人的控制装置, 对多关节型机器人进行控制, 所述多关节型机器人具备: 第 1 关节驱动系统, 其具有使设置于前端的作业部的姿势进行变化的 3 个驱动轴; 以及第 2 关节驱动系统, 其具有使所述第 1 关节驱动系统的位置进行变化的至少 3 个驱动轴,

所述多关节型机器人的控制装置具备:

插补点计算单元, 其计算多个插补点, 所述插补点用于在对预先设定的作业开始点以及作业结束点各自的位置以及姿势进行连结的示教路径上使所述作业部的位置以预先规定的速度进行移动;

驱动控制单元, 其遵照由所述插补点计算单元计算出的所述插补点来对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行驱动;

例外条件判定单元, 其在由所述驱动控制单元对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行了驱动时, 判定与所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件不同的预先设定的例外条件是否满足; 以及

例外动作单元, 其在由所述例外条件判定单元判定为所述例外条件满足后, 至所述作业部到达所述作业结束点为止的期间, 计算用于以所述作业结束点的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自线性地变化的该第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度, 并基于该计算出的第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度和由所述插补点计算单元计算出的所述插补点处的所述作业部的位置来计算所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自的角度, 且遵照计算出的所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度和所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自的角度, 来对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自进行驱动。

2. 根据权利要求 1 所述的多关节型机器人的控制装置, 其中,

所述例外条件是: 在从下一所述插补点起的所述作业部的剩余的移动时间或剩余的移动距离之间使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度到达所述作业结束点处的角度的情况下, 所述第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的速度超过预先设定的容许范围。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的多关节型机器人的控制装置, 其中,

所述例外条件是: 所述作业部的剩余的移动时间或移动距离达到预先设定的给定值以下。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的多关节型机器人的控制装置, 其中,

所述例外条件是: 下一所述插补点处的所述第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的角度偏离基于所述作业开始点和 / 或所述作业结束点而确定的基准角度预先设定的给定角度以上。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的多关节型机器人的控制装置, 其中,

所述例外条件是: 下一所述插补点处的所述第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的角度超过预先设定的工作范围。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的多关节型机器人的控制装置, 其中,

所述多关节型机器人的控制装置还具备: 偏差量检测单元, 其检测所述作业部与加工对象物的加工线的偏差量; 仿形控制单元, 其基于由所述偏差量检测单元检测出的偏差量, 使所述作业部仿形所述加工线进行移动; 以及作业结束点更新单元, 其在所述作业结束点

加上由所述偏差量检测单元检测出的偏差量来更新该作业结束点，

所述例外条件判定单元和 / 或所述例外动作单元基于由所述作业结束点更新单元更新后的所述作业结束点来执行处理。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的多关节型机器人的控制装置，其中，

所述例外动作单元具备：

角度候补计算单元，其在较之于以所述作业结束点的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自进行线性动作的情况下离该目标更近的角度范围内，计算多个该驱动轴各自的角度候补；以及

角度选择单元，其从由所述角度候补计算单元计算出的角度的候补之中，选择将在采用了各该候补时的下一所述插补点的从所述作业部观察的作业坐标系下的 3 个姿势角度的分量当中预先设定的一个或两个特定分量的变动抑制得最大的角度的候补。

8. 一种多关节型机器人的控制方法，对多关节型机器人进行控制，所述多关节型机器人具备：第 1 关节驱动系统，其具有使设置于前端的作业部的姿势进行变化的 3 个驱动轴；以及第 2 关节驱动系统，其具有使所述第 1 关节驱动系统的位置进行变化的至少 3 个驱动轴，

所述多关节型机器人的控制方法执行如下工序：

插补点计算工序，计算多个插补点，所述插补点用于在对预先设定的作业开始点以及作业结束点各自的位置以及姿势进行连结的示教路径上使所述作业部的位置以预先规定的速度进行移动；

驱动控制工序，遵照由所述插补点计算工序计算出的所述插补点来对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行驱动；

例外条件判定工序，在由所述驱动控制工序对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行了驱动时，判定与所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件不同的预先设定的例外条件是否满足；以及

例外动作工序，在由所述例外条件判定工序判定为所述例外条件满足后，至所述作业部到达所述作业结束点为止的期间，计算用于以所述作业结束点的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自线性地变化的该第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度，并基于该计算出的第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度和由所述插补点计算工序计算出的所述插补点处的所述作业部的位置来计算所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自的角度，且遵照计算出的所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度和所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自的角度，来对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自进行驱动。

多关节型机器人的控制装置、控制方法以及控制程序

技术领域

[0001] 本发明涉及具备第 1 关节驱动系统和第 2 关节驱动系统而成的多关节型机器人的控制技术,第 1 关节驱动系统具有使设置于前端的作业部的姿势进行变化的 3 个驱动轴,第 2 关节驱动系统具有使所述第 1 关节驱动系统的位置进行变化的至少 3 个驱动轴。

背景技术

[0002] 作为图 23 所示的多关节型机器人的一种的 6 轴机械手具备:第 1 关节驱动系统,其具有使设置于前端的末端执行器(作业部)的姿势进行变化的 J4 轴、J5 轴、J6 轴;以及第 2 关节驱动系统,其具有使该第 1 关节驱动系统的位置进行变化的 J1 轴、J2 轴、J3 轴。而且,6 轴机械手的控制装置基于预先设定的作业开始点以及作业结束点各自的位置以及姿势来控制 J1 轴~J6 轴,从而使末端执行器的位置以及姿势进行变化。

[0003] 更具体而言,计算对连结作业开始点与作业结束点的示教路径进行插补的多个插补点,并遵照该插补点使 J1 轴~J6 轴驱动。此外,在给出了末端执行器的位置座标 X、Y、Z 以及姿势角 α 、 β 、 γ 时,通过求取逆运动学问题的解,能求取 J1 轴~J6 轴的各关节角 $\theta_1 \sim \theta_6$ 。但此时作为逆运动学问题的解而得到的关节角 $\theta_1 \sim \theta_6$ 存在两组解。具体地,两组解中的 J4 轴的角度 θ_4 , θ'_4 、J5 轴的角度 θ_5 , θ'_5 、J6 轴的角度 θ_6 , θ'_6 处于 $\theta_4 - \theta'_4 = \pm 180$ 度, $\theta_5 + \theta'_5 = 0$ 度, $\theta_6 - \theta'_6 = \pm 180$ 度的关系。

[0004] 而若在 6 轴机械手处 J5 轴的角度变为 0 度,则将取 J4 轴、J6 轴的速度急剧变化的所谓的奇异姿势(奇异点)。故而,一般通过以与作业开始点处的解相同的符号直接使 J5 轴的角度移转,从而避开了奇异姿势。但在此情况下,在作业开始点以及作业结束点处的 J5 轴的角度的符号为不同符号时,不能使该 J5 轴的角度到达作业结束点处的角度。

[0005] 与此相对,例如在专利文献 1 中公开了:在检测到处于奇异姿势附近的情况下,转移到逆运动学问题的另一解。根据这样的构成,即使在作业开始点以及作业结束点处的 J5 轴的角度的符号为不同符号的情况下,也能使该 J5 轴的角度到达作业结束点处的角度。此外,奇异姿势的检测一般是以 J5 轴的角度到达 0 度附近或 J4 轴以及 J6 轴的角度急剧变化为条件来进行的。

[0006] 先行技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1:日本特开平 02-218569 号公报

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 然而,在所述专利文献 1 所涉及的构成中,由于到达了奇异姿势附近是向逆运动学问题的另一解的转移条件,因此在未接近至奇异点姿势而进行动作的情况下,不能使驱动轴到达作业结束点的正确的角度。

[0011] 具体地,图 24 示出了尽管作业开始点以及作业结束点处的 J5 轴的角度的符号是不同符号、但 J5 轴的角度未到达 0 度附近的前提下 J4 轴和 J6 轴的角度均未急剧变化而进行动作的情况下的轨迹。在此情况下,不能检测接近至奇异姿势附近。故而, J5 轴的角度

以作业开始点处的符号直接移动,因此不能使 J4 轴~ J6 轴的角度到达作业结束点的正确的角度。故而,例如有在朝着作业结束点的下一示教点进行动作的情况下 J4 轴~ J6 轴的角度会到达工作范围外的风险。

发明内容

[0012] 为此,本发明鉴于上述事实而提出,其目的在于,提供能在维持作业部的位置以及移动速度的同时使第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度可靠地到达作业结束点的角度的多关节型机器人的控制装置、控制方法以及控制程序。

[0013] 用于解决课题的手段

[0014] 为了达成上述目的,本发明应用于对多关节型机器人进行控制的多关节型机器人的控制装置,并构成为以具备以下的(1)~(4)为特征,其中,该多关节型机器人具备:第 1 关节驱动系统,其具有使设置于前端的作业部的姿势进行变化的 3 个驱动轴;以及第 2 关节驱动系统,其具有使所述第 1 关节驱动系统的位置进行变化的至少 3 个驱动轴。

[0015] (1) 插补点计算单元,其计算多个插补点,所述插补点用于在对预先设定的作业开始点以及作业结束点各自的位置以及姿势进行连结的示教路径上使所述作业部的位置以预先规定的速度进行移动。

[0016] (2) 驱动控制单元,其遵照由所述插补点计算单元计算出的所述插补点来使所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行驱动。

[0017] (3) 例外条件判定单元,其在由所述驱动控制单元对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行了驱动时,判定与所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件不同的预先设定的例外条件是否满足。

[0018] (4) 例外动作单元,其在由所述例外条件判定单元判定为所述例外条件满足后,至所述作业部到达所述作业结束点为止的期间,计算用于以所述作业结束点的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自线性地变化的该第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度,并基于该计算出的第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度和由所述插补点计算单元计算出的所述插补点处的所述作业部的位置来计算所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自的角度,且遵照该计算结果来使所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自进行驱动。

[0019] 由此,能与所述作业开始点以及所述作业结束点处的所述第 1 关节驱动系统的中央的驱动轴的符号的异同无关地,在维持由所述插补点计算单元计算出的所述插补点处的所述作业部的位置以及移动速度的同时,使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度可靠地到达所述作业结束点的角度。

[0020] 例如,所述例外条件是:在从下一所述插补点起的所述作业部的剩余的移动时间或移动距离的期间使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度到达所述作业结束点处的角度的情况下,所述第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的速度超过预先设定的容许范围。由此,能在将所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的速度抑制到所述容许范围内的同时使该第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度可靠地到达所述作业结束点的角度。另外,所述例外条件是:所述作业部的剩余的移动时间或移动距离达到预先设定的给定值以下。

[0021] 进而,所述例外条件是:下一所述插补点处的所述第 1 关节驱动系统的至少一个

驱动轴的角度偏离基于所述作业开始点和 / 或所述作业结束点而确定的基准角度预先设定的给定角度以上。由此,例如能预防所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度过分偏离所述基准角度从而到达所述作业结束点的角度的速度变得迅急的情形,从而使该第 1 关节驱动系统的驱动轴各自可靠地到达所述作业结束点。

[0022] 另外,所述例外条件可以是:下一所述插补点处的所述第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的角度超过预先设定的工作范围。由此,能在不超过所述工作范围的范围内使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自进行驱动而到达所述作业结束点的角度。

[0023] 通过具备检测所述作业部与加工对象物的加工线的偏差量的偏差量检测单元、以及基于由所述偏差量检测单元检测出的偏差量使所述作业部仿形所述加工线进行移动的仿形控制单元在内的构成,所述作业结束点的位置会变化。

[0024] 于是,考虑还具备在所述作业结束点加上由所述偏差量检测单元检测出的偏差量来更新该作业结束点的作业结束点更新单元,且所述例外条件判定单元或所述例外动作单元基于由所述作业结束点更新单元更新后的所述作业结束点来执行处理。由此,即使在由所述仿形控制单元执行仿形控制的情况下,所述例外动作单元也能使所述驱动轴各自到达由所述作业结束点更新单元更新后的作业结束点。所述例外条件判定单元所执行的所述例外条件的判定也能以由所述作业结束点更新单元更新后的作业结束点为基准来适当地进行。

[0025] 进而,还考虑所述例外动作单元具备:角度候补计算单元,其在较之于以所述作业结束点的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自进行线性动作的情况下离该目标更近的角度范围内,将该驱动轴各自的角度候补计算多个;以及角度选择单元,其从由所述角度候补计算单元计算出的角度的候补之中,选择对在采用了各该候补时的下一所述插补点的从所述作业部观察的作业坐标系下的 3 个姿势角度的分量当中预先设定的一个或二个特定分量的变动而言抑制效果最好的角度的候补。

[0026] 由此,能在抑制所述特定分量的变动的同时使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自可靠地到达所述作业结束点处的角度。

[0027] 另外,本发明还能采用为多关节型机器人的控制方法或控制程序的发明。

[0028] 即,还能体现为具备如下工序的多关节型机器人的控制方法或使处理器执行如下工序的控制程序,所述工序包括:插补点计算工序,计算多个插补点,所述插补点用于在对预先设定的作业开始点以及作业结束点各自的位置以及姿势进行连结的示教路径上使所述作业部的位置以预先规定的速度进行移动;驱动控制工序,遵照由所述插补点计算工序计算出的所述插补点来使所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行驱动;例外条件判定工序,在由所述驱动控制工序对所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行了驱动时,根据与所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件不同的预先设定的例外条件,来判定至所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自到达所述作业结束点的角度为止的期间该第 1 关节驱动系统的至少一个驱动轴的速度或角度是否超过预先设定的给定范围;以及例外动作工序,在由所述例外条件判定工序判定为所述例外条件满足后,取代所述驱动控制工序,而使所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统进行驱动,使得所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自以所述作业结束点的角度为目标线性地变化,且所述作业部的位置以预先规定的速度进行移动。

[0029] 发明效果

[0030] 根据本发明,能与所述作业开始点以及所述作业结束点处的所述第 1 关节驱动系统的中央的驱动轴的符号的异同无关地,在维持由所述插补点计算单元计算出的所述插补点处的所述作业部的位置以及移动速度的同时,使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴各自的角度可靠地到达所述作业结束点的角度。

附图说明

[0031] 图 1 是表征本发明的实施方式所涉及的多关节型机器人的控制装置 1 以及多关节型机器人 2 的概略构成的框图。

[0032] 图 2 是表示多关节型机器人 2 的关节驱动系统的模型图。

[0033] 图 3 是表示由本发明的实施方式所涉及的多关节型机器人的控制装置 1 执行的机器人控制处理的过程的一例的流程图。

[0034] 图 4 是表示现有的驱动轴 34 ~ 36 的动作例的图。

[0035] 图 5 是表示在执行了实施方式所涉及的机器人控制处理时的驱动轴 34 ~ 36 的动作例的图。

[0036] 图 6 是表示现有的驱动轴 34 ~ 36 的动作例的图。

[0037] 图 7 是表示在执行了实施例 1 所涉及的机器人控制处理时的驱动轴 34 ~ 36 的动作例的图。

[0038] 图 8 是用于说明机器人控制处理中的线性动作的变形例的图。

[0039] 图 9 是表示实施例 2 所涉及的机器人控制处理的过程的一例的流程图。

[0040] 图 10 是表示在执行了实施例 2 所涉及的机器人控制处理时的驱动轴 34 ~ 36 的动作例的图。

[0041] 图 11 是表示在一并执行仿形控制以及机器人控制处理时的末端执行器 2 的动作例的图。

[0042] 图 12 是表示特定分量抑制处理的过程的一例的流程图。

[0043] 图 13 是用于说明焊接线坐标系 Σ line 的图。

[0044] 图 14 是用于说明焊接线坐标系 Σ line 的图。

[0045] 图 15 是用于说明焊接线坐标系 Σ line 的图。

[0046] 图 16 是用于说明焊接线坐标系 Σ line 的图。

[0047] 图 17 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0048] 图 18 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0049] 图 19 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0050] 图 20 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0051] 图 21 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0052] 图 22 是用于说明特定分量抑制处理的执行结果的图。

[0053] 图 23 是表示一般的多关节型机器人的关节驱动系统的模型图。

[0054] 图 24 是表示在未接近奇异姿势的情况下的现有的驱动轴 J4 轴 ~ J6 轴的动作例的图。

[0055] 图 25 是用于说明对使奇异姿势处于避开中进行报知的装置的图。

具体实施方式

[0056] 以下,参照附图来说明本发明的实施方式,以帮助理解本发明。此外,以下的实施方式只是使本发明具体化的一例,并不是为了限定本发明的技术范围。

[0057] 如图1所示,本发明的实施方式所涉及的多关节型机器人的控制装置1(以下简称为“控制装置1”)对前端设置有末端执行器2的多关节型机器人3的动作进行控制,具备:运算部11、存储部12、以及操作部13等。所述末端执行器2是对加工对象物施加例如焊接或涂装等作用的焊接器(焊炬)、涂装器、工具、捕捉器等。

[0058] 所述存储部12具有:将给定的控制程序或各种处理中所参照的参数信息等预先进行存储的ROM或HDD等、以及作为由所述运算部11执行各种处理时的作业区域(临时存储区域)进行利用的EEPROM等的易失性存储器。

[0059] 所述操作部13是具有板键或操作按钮、操作杆等的用户界面。所述操作部13将与用户操作对应的操作信号输入至所述运算部11。具体地,通过由用户操作所述操作部13,来设定所述多关节型机器人3的作业开始点、作业结束点、作业时间、以及移动速度等各种加工参数。

[0060] 所述运算部11是遵照所述存储部12中所存储的所述控制程序来执行后述的机器人控制处理(参照图3)等各种处理的CPU等的处理器。此外,本发明可以体现为用于使所述运算部11执行后述的机器人控制处理的控制程序的发明。

[0061] 在此,图2是表示所述多关节型机器人3的关节驱动系统的模型图。

[0062] 如图2所示,所述多关节型机器人3具备:第1关节驱动系统,其具有使所述末端执行器2的姿势进行变化的3个驱动轴34~36;以及第2关节驱动系统,其具有与该第1关节驱动系统的后端的驱动轴34连结来使该第1关节驱动系统的位置进行变化的3个驱动轴31~33。所述驱动轴31~36各自由电动机等驱动单元例如在 ± 180 度的范围内单独地旋转驱动。此外,所述第2关节驱动系统可以是具有4轴以上的驱动轴的构成。

[0063] 所述多关节型机器人3中的所述末端执行器2的位置·姿势通过该多关节型机器人3的基本座标系 Σ_{base} 下的位置座标XYZ和姿势角 α β γ 来表征。所述姿势角 α β γ 以欧拉角或辊距偏航角等来表征。在此,所述第2关节驱动系统能与所述第1关节驱动系统的驱动轴34~36的动作无关地,自由地生成所述多关节型机器人3的基本座标系 Σ_{base} 下的所述末端执行器2的位置座标XYZ。

[0064] 此外,所述多关节型机器人3中的所述驱动轴31~36各自的角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ 能通过从所述多关节型机器人3的基本座标系 Σ_{base} 下的位置座标XYZ、姿势角 α β γ 求取逆运动学问题的解来进行计算。

[0065] 以下,遵照图3的流程图,来说明由所述控制装置1执行的机器人控制处理的过程的一例。在此,图3所示的S1,S2,⋯表示处理过程(步骤)编号。此外,本发明可以体现为执行以下的处理过程的各工序的多关节型机器人的控制方法的发明。

[0066] 所述控制装置1通过执行该机器人控制处理,来基于由所述操作部13预先设定的作业开始点以及作业结束点对所述多关节型机器人3进行控制。在此,设通过所述操作部13的操作来预先设定了作业开始点Q1的位置·姿势 $\{X_s, Y_s, Z_s, \alpha_s, \beta_s, \gamma_s\}$ 、以及作业结束点Q2的位置·姿势 $\{X_e, Y_e, Z_e, \alpha_e, \beta_e, \gamma_e\}$ 。

[0067] (步骤 S1)

[0068] 首先,在步骤 S1 中,所述控制装置 1 求取路径方程式 $P(t) = Q1 + \Delta P \cdot t$, 该路径方程式用于计算插补对所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 各自的位置以及姿势进行连结的示教路径的多个插补点。在此, ΔP 表示每单位时间 (1msec) 的所述末端执行器 2 的位置的移动量, t 表示从所述作业开始点 Q1 起计时的控制时间 [msec]。此外,以所述路径方程式 $P(t)$ 所计算的插补点通过所述多关节型机器人 3 的基本坐标系 Σ_{base} 下的位置·姿势 $XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 来表征。

[0069] 具体地,所述路径方程式 $P(t)$ 计算用于使所述末端执行器 2 的位置以预先规定的速度从所述作业开始点 Q1 起移动到所述作业结束点 Q2 的多个插补点。具体地,若将所述末端执行器 2 的位置从所述作业开始点 Q1 起移动到所述作业结束点 Q2 时的总控制时间设为 $T[msec]$, 将所述末端执行器 2 的位置·姿势 $XYZ \alpha \beta \gamma$ 的每单位时间 (1msec) 的变化量设为 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$, 则 ΔP 通过 $(Q2-Q1) / T = \{\Delta X = (X_e - X_s) / T, \Delta Y = (Y_e - Y_s) / T, \Delta Z = (Z_e - Z_s) / T, \Delta \alpha = (\alpha_e - \alpha_s) / T, \Delta \beta = (\beta_e - \beta_s) / T, \Delta \gamma = (\gamma_e - \gamma_s) / T\}$ 来表征。当然,不限于设定所述总控制时间 T 的情况,还可以将所述末端执行器 2 的移动速度设定为预先规定的速度。

[0070] (步骤 S2 ~ S3)

[0071] 接着,在步骤 S2 中,所述控制装置 1 通过求取所述作业结束点 Q2 处的所述末端执行器 2 的位置·姿势 $\{X_e, Y_e, Z_e, \alpha_e, \beta_e, \gamma_e\}$ 的逆运动学问题的解,来计算该作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 31 ~ 36 的角度 $\{\theta_{1e}, \theta_{2e}, \theta_{3e}, \theta_{4e}, \theta_{5e}, \theta_{6e}\}$ 。此外,在基于所述操作部 13 的示教时可以直接设定所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 31 ~ 36 的角度 $\theta_{1e} \sim \theta_{6e}$ 。

[0072] 另外,在步骤 S3 中,所述控制装置 1 将控制时间 t 以及控制开始标志 F 初始设定为 0。此外,所述控制开始标志 F 是表示后述的例外条件 (S61) 是否已满足的信息,在后述的步骤 S62 中被设定为 1。

[0073] (步骤 S4 ~ S6)

[0074] 接下来,在步骤 S4 中,所述控制装置 1 更新所述控制时间 $t(t = t + \Delta t)$ 。在此, Δt 是所述控制装置 1 的所述多关节型机器人 3 的控制周期 (采样周期),例如是 10[msec] 或 100[msec]。

[0075] 然后,在步骤 S5 中,所述控制装置 1 基于所述路径方程式 $P(t)$ 来计算下一插补点处的所述驱动轴 31 ~ 36 各自的角度 $\theta_1(t) \sim \theta_6(t)$ 。在此,执行相应的计算处理时的所述控制装置 1 相当于插补点计算单元。

[0076] 具体地,首先,所述控制装置 1 计算下一插补点的位置·姿势 $XYZ \alpha \beta \gamma(t) = \{X_s + \Delta X \cdot t, Y_s + \Delta Y \cdot t, Z_s + \Delta Z \cdot t, \alpha_s + \Delta \alpha \cdot t, \beta_s + \Delta \beta \cdot t, \gamma_s + \Delta \gamma \cdot t\}$ 。然后,所述控制装置 1 通过求取所述位置·姿势 $XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 的逆运动学问题的解,来计算下一插补点处的所述驱动轴 31 ~ 36 各自的角度 $\theta_1(t), \theta_2(t), \theta_3(t), \theta_4(t), \theta_5(t), \theta_6(t)$ 。此外,在将所述控制开始标志 F 设定为 1 后,不使用所述角度 $\theta_1(t) \sim \theta_6(t)$, 因此该步骤 S5 的处理可以省略。

[0077] 其后,在步骤 S6 中,所述控制装置 1 判断所述控制开始标志 F 是否为 1。在此,若判断为所述控制开始标志 F 是 1 (S6 的“是”侧), 则处理转移至步骤 S7, 若判断为所述控制

开始标志 F 是 0 (S6 的“否”侧), 则处理转移至步骤 S61。

[0078] (步骤 S61)

[0079] 在步骤 S61 中, 所述控制装置 1 判定与所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件不同的预先设定的例外条件是否满足。在此, 该步骤 S61 是在后述的步骤 S64 中所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统的驱动轴 31 ~ 36 各自基于所述步骤 S5 中计算出的角度 $\theta_1(t) \sim \theta_6(t)$ 被驱动时来执行的。在此, 执行相应的判定处理时的所述控制装置 1 相当于例外条件判定单元。所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势的检测条件是指, 例如所述驱动轴 35 的角度接近 0 或所述驱动轴 34、36 的角度发生了急剧变化。

[0080] 具体地, 在本实施方式中, 在从下一插补点起的所述末端执行器 2 的剩余的移动时间的期间使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自的角度到达所述作业结束点 Q2 处的角度 $\theta_{4e} \sim \theta_{6e}$ 的情况下, 将所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 的至少一个驱动轴的速度超过预先设定的容许范围预先设定为所述例外条件。即, 所述控制装置 1 在该步骤 S61 中, 在所述末端执行器 2 的剩余的移动时间的期间, 判定是否能在将所述驱动轴 34 ~ 36 各自的速度维持在所述容许范围内的同时到达所述作业结束点 Q2。

[0081] 例如, 所述控制装置 1 在以下的 (11) 式 ~ (13) 式均成立的情况下, 能判定为所述例外条件已满足。在此, $T(t)$ 是下一插补点处的剩余的移动时间, θ_{4d} 、 θ_{5d} 、 θ_{6d} 是所述驱动轴 34 ~ 36 的速度的容许范围的上限值。

$$[0082] \quad |(\theta_{4e} - \theta_4(t)) / T(t)| > \theta_{4d} \cdots (11)$$

$$[0083] \quad |(\theta_{5e} - \theta_5(t)) / T(t)| > \theta_{5d} \cdots (12)$$

$$[0084] \quad |(\theta_{6e} - \theta_6(t)) / T(t)| > \theta_{6d} \cdots (13)$$

[0085] 此外, 不限于所述末端执行器 2 的剩余的移动时间, 还可以在该末端执行器 2 的剩余的移动距离 (= 剩余的移动时间 $\times$ 移动速度) 之间, 判定是否能在将所述驱动轴 34 ~ 36 各自的速度维持在容许范围内的同时, 使所述末端执行器 2 到达所述作业结束点 Q2。另外, 作为其他的实施例, 还考虑仅将所述末端执行器 2 的剩余的移动时间或剩余的移动距离达到预先设定的给定值以下作为所述例外条件进行使用。

[0086] 然后, 在该步骤 S61 中若判断为所述例外条件未满足 (S61 的“否”侧), 则处理转移至步骤 S64, 若判断为所述例外条件已满足 (S61 的“是”侧), 则处理转移至步骤 S62。

[0087] (步骤 S64)

[0088] 在步骤 S64 中, 所述控制装置 1 基于所述步骤 S5 中计算出的角度 $\theta_1(t)$ 、 $\theta_2(t)$ 、 $\theta_3(t)$ 、 $\theta_4(t)$ 、 $\theta_5(t)$ 、 $\theta_6(t)$ 来使所述驱动轴 31 ~ 36 各自进行驱动, 使处理转移至步骤 S12。此外, 该步骤 S64 中的处理与现有技术相同, 故省略详细的说明。在此, 执行相应的驱动处理时的所述控制装置 1 相当于驱动控制单元。

[0089] (步骤 S62 ~ S63)

[0090] 另一方面, 若所述例外条件满足, 则在接下来的步骤 S62 中, 所述控制装置 1 将所述控制开始标志 F 设定为 1。由此, 今后, 在所述步骤 S6 中, 若判断为所述控制开始标志 F 为 1, 则处理不经由所述步骤 S61 ~ S63 而转移至后述的步骤 S7。

[0091] 接下来, 在步骤 S63 中, 所述控制装置 1 将所述驱动轴 34 ~ 36 各自的当前的角度设为 θ_{4OLD} 、 θ_{5OLD} 、 θ_{6OLD} 而存储至所述存储部 12。即, $\theta_{4OLD} = \theta_4(t - \Delta t)$, $\theta_{5OLD} = \theta_5(t - \Delta t)$, $\theta_{6OLD} = \theta_6(t - \Delta t)$ 。

[0092] (步骤 S7 ~ S8)

[0093] 然后,在步骤 S7 中,所述控制装置 1 在从当前的插补点起的剩余的移动时间 $T(t-\Delta t)$ 的期间,计算使所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度到达所述作业结束点 Q2 的角度所需的所述驱动轴 34 ~ 36 各自的每单位时间 (1msec) 的速度 $V\theta 4$ 、 $V\theta 5$ 、 $V\theta 6$ 。在此,速度 $V\theta 4$ 、 $V\theta 5$ 、 $V\theta 6$ 是用于使当前的所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度 $\theta 4_{OLD}$ 、 $\theta 5_{OLD}$ 、 $\theta 6_{OLD}$ 线性地变化至所述作业结束点 Q2 处的角度 $\theta 4e$ 、 $\theta 5e$ 、 $\theta 6e$ 的速度。具体地,速度 $V\theta 4$ 、 $V\theta 5$ 、 $V\theta 6$ 能通过以下的 (21) 式~ (23) 式来进行计算。

$$[0094] \quad V\theta 4 = (\theta 4e - \theta 4_{OLD}) / T(t - \Delta t) \cdots (21)$$

$$[0095] \quad V\theta 5 = (\theta 5e - \theta 5_{OLD}) / T(t - \Delta t) \cdots (22)$$

$$[0096] \quad V\theta 6 = (\theta 6e - \theta 6_{OLD}) / T(t - \Delta t) \cdots (23)$$

[0097] 接下来,在步骤 S8 中,所述控制装置 1 基于所述步骤 S7 中计算出的速度 $V\theta 4$ 、 $V\theta 5$ 、 $V\theta 6$,来计算下一插补点的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 。在此,角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 能通过以下的 (31) 式~ (33) 式来计算。

$$[0098] \quad \theta 4_{NOW} = \theta 4_{OLD} + V\theta 4 \cdot \Delta t \cdots (31)$$

$$[0099] \quad \theta 5_{NOW} = \theta 5_{OLD} + V\theta 5 \cdot \Delta t \cdots (32)$$

$$[0100] \quad \theta 6_{NOW} = \theta 6_{OLD} + V\theta 6 \cdot \Delta t \cdots (33)$$

[0101] (步骤 S9 ~ S10)

[0102] 然后,在步骤 S9 中,所述控制装置 1 基于所述步骤 S8 中计算出的下一插补点的角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 、以及所述步骤 S5 中计算出的下一插补点的位置座标 XYZ(t),来计算所述第 2 关节驱动系统的驱动轴 31 ~ 33 各自的下一插补点处的角度 $\theta 1_{NOW}$ 、 $\theta 2_{NOW}$ 、 $\theta 3_{NOW}$ 。

[0103] 在此所计算的所述驱动轴 31 ~ 33 的角度 $\theta 1_{NOW}$ 、 $\theta 2_{NOW}$ 、 $\theta 3_{NOW}$ 维持了所述步骤 S5 中计算出的下一插补点的位置座标 XYZ(t),因此所述末端执行器 2 的位置以及移动速度维持了所述步骤 S64 的驱动控制时的所述末端执行器 2 的位置以及移动速度。

[0104] 此外,所述控制装置 1 在步骤 S10 中为了将所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 在下一控制周期中进行使用而作为 $\theta 4_{OLD}$ 、 $\theta 5_{OLD}$ 、 $\theta 6_{OLD}$ 进行存储 ($\theta 4_{OLD} = \theta 4_{NOW}$, $\theta 5_{OLD} = \theta 5_{NOW}$, $\theta 6_{OLD} = \theta 6_{NOW}$)。

[0105] (步骤 S11 ~ S12)

[0106] 其后,在步骤 S11 中,所述控制装置 1 基于所述步骤 S8 中计算出的下一插补点处的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 、以及所述步骤 S9 中计算出的下一插补点处的所述驱动轴 31 ~ 33 的角度 $\theta 1_{NOW}$ 、 $\theta 2_{NOW}$ 、 $\theta 3_{NOW}$,来使所述驱动轴 31 ~ 36 驱动。如此,在该机器人控制处理中,在所述例外条件已满足后,取代所述步骤 S64 中的驱动控制,而执行所述步骤 S11 中的驱动控制。

[0107] 此外,所述控制装置 1 在接下来的步骤 S12 中,判断所述末端执行器 2 是否已到达所述作业结束点 Q2,并直到该末端执行器 2 到达所述作业结束点 Q2 为止 (S12 的“否”侧),反复执行所述步骤 S4 以后的处理。另一方面,若所述末端执行器 2 到达所述作业结束点 Q2 (S12 的“是”侧),则结束该机器人控制处理。

[0108] 如以上说明所述,本发明的实施方式所涉及的所述控制装置 1 在判定为所述例外条件已满足后,直到所述末端执行器 2 到达所述作业结束点 Q2 为止的期间,计算用于以所述作业结束点 Q2 的角度为目标使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自线性地变

化的该第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自的角度,并基于该计算出的第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自的角度和通过所述步骤 S5 计算出的插补点处的所述末端执行器 2 的位置来计算所述第 2 关节驱动系统的驱动轴 31 ~ 33 各自的角度,且遵照该计算结果来使所述第 1 关节驱动系统以及所述第 2 关节驱动系统的驱动轴各自进行驱动。在此,执行相应的处理时的所述控制装置 1 相当于例外动作单元。

[0109] 因此,能在维持所述步骤 S5 中计算出的插补点处的所述末端执行器 2 的位置以及移动速度的同时,使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自的角度可靠地到达所述作业结束点 Q2 的角度。由此,例如能防止在从所述作业结束点 Q2 起朝着下一示教点进行动作的情况下所述驱动轴 34 ~ 36 超过工作范围的情形。

[0110] 所述控制装置 1 在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 的所述驱动轴 35 的角度的符号为不同符号、且若不经历所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势(驱动轴 35 的角度为 0 度)则不能使所述驱动轴 35 的角度到达所述作业结束点 Q2 的角度的情况下特别适用。以下,参照图 4 以及图 5 来说明该点。在此,图 4 以及图 5 示出在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号为不同符号的情况下的动作例,图 4 示出现有例,图 5 示出所述机器人控制处理(图 3)的执行结果。具体地,所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5s} 为 +65 度,所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5e} 为 -65 度。

[0111] 如图 4 所示,通常,在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5s} 、 θ_{5e} 的符号为不同符号的情况下,所述末端执行器 2 以维持了所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 35 的符号的解直接进行移动,因此所述驱动轴 34 ~ 36 各自不到达所述作业结束点 Q2 处的角度。故而,例如在从所述作业结束点 Q2 起朝着下一示教点进行动作的情况下,存在所述驱动轴 34 ~ 36 脱离工作范围的风险。另外,即使是以所述驱动轴 35 接近 0 度或所述驱动轴 34、36 的速度成为给定值以上为条件来检测所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势并转移至不同的解的构成,如图 4 所示,在所述驱动轴 35 未接近 0 度、所述驱动轴 34、36 的速度未成为给定值以上的情况下,也不能检测所述第 1 关节驱动系统的奇异姿势。

[0112] 与此相对,如图 5 所示,在执行所述机器人控制处理(图 3)的情况下,若判定为所述例外条件已满足,则从该时间点 L1 起驱动所述驱动轴 31 ~ 36 以使所述驱动轴 34 ~ 36 朝着所述作业结束点 Q2 的角度线性地变化,因此能使该驱动轴 34 ~ 36 各自可靠地到达所述作业开始点 Q2 处的角度。

[0113] 当然,即使在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号为相同符号的情况下,也同样地,从所述例外条件已满足的时间点起,所述驱动轴 34 ~ 36 朝着所述作业结束点 Q2 处的角度线性地变化,因此能使该驱动轴 34 ~ 36 各自可靠地到达所述作业开始点 Q2 处的角度。

[0114] 【实施例 1】

[0115] 在本实施例 1 中,针对所述机器人控制处理(参照图 3)中的所述例外条件的其他的例子进行说明。

[0116] 具体地,在本实施例 1 中,在所述步骤 S61 中,在所述驱动轴 34 ~ 36 的至少一个驱动轴的下一插补点处的角度超过预先设定的工作范围的情况下,所述控制装置 1 判定为

所述例外条件已满足。例如,在预先设定的所述驱动轴 34 ~ 36 各自的正侧的工作范围为 θ_{4+L} 、 θ_{5+L} 、 θ_{6+L} 、且所述驱动轴 34 ~ 36 各自的负侧的工作范围为 θ_{4-L} 、 θ_{5-L} 、 θ_{6-L} 时,所述控制装置 1 在以下的 (41) ~ (46) 的至少一个成立了的情况下判定为所述例外条件已满足。此外,所述驱动轴 34 ~ 36 各自的工作范围例如指所述驱动轴 34 ~ 36 的驱动电动机的容许动作范围。

$$[0117] \quad \theta_4(t) > \theta_{4+L} \cdots (41)$$

$$[0118] \quad \theta_4(t) < \theta_{4-L} \cdots (42)$$

$$[0119] \quad \theta_5(t) > \theta_{5+L} \cdots (43)$$

$$[0120] \quad \theta_5(t) < \theta_{5-L} \cdots (44)$$

$$[0121] \quad \theta_6(t) > \theta_{6+L} \cdots (45)$$

$$[0122] \quad \theta_6(t) < \theta_{6-L} \cdots (46)$$

[0123] 在此,图 6 以及图 7 示出在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号为不同符号的情况下的动作例,图 6 示出现有例,图 7 示出本实施例 1 所涉及的机器人控制处理的执行结果。具体地,所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5s} 为 -10 度,所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5e} 为 +10 度。此外,所述驱动轴 34 ~ 36 的角度的工作范围设为 -180 度 ~ +180 度。

[0124] 如图 6 所示,若与所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号是否为不同符号无关地,所述末端执行器 2 以维持了所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 35 的符号的解直接进行移动,则存在所述驱动轴 34、36 的角度超过该驱动轴 34、36 的工作范围 (± 180 度) 从而异常停止的风险。

[0125] 与此相对,如图 7 所示,在执行本实施例 1 所涉及的机器人控制处理的情况下,若判定为所述驱动轴 34 ~ 36 的至少一个驱动轴的下一插补点处的角度超过预先设定的工作范围这样的所述例外条件已满足,则驱动所述驱动轴 31 ~ 36 以使从其时间点 L2 起所述驱动轴 34 ~ 36 朝着所述作业结束点 Q2 的角度线性地变化。然后,一般在所述控制装置 1 中能将所述作业结束点 Q2 设定为仅在所述驱动轴 34 ~ 36 的角度的工作范围内。故而,能在使所述驱动轴 34 ~ 36 各自在容许范围内进行驱动的同时使所述作业开始点 Q2 的角度可靠地到达。当然,即使在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号为相同符号的情况下也同样。

[0126] 而在图 7 所示的动作例中,所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度在比所述作业结束点 Q2 稍微提前的时间点到达该作业结束点 Q2 的附近,其后,朝着所述作业结束点 Q2 处的角度以缓慢的速度进行动作。如此,若一点点地降下所述驱动轴 34 ~ 36 各自的速度来使得缓慢地停止至所述作业结束点 Q2,则能抑制停止时的振动等。

[0127] 特别地,此时期望所述控制装置 1 对所述驱动轴 34 ~ 36 各自的速度进行调节来使该驱动轴 34 ~ 36 各自同时到达所述作业结束位置 Q2 处的角度而停止。由此,较之于单独停止所述驱动轴 34 ~ 36 各自的驱动电动机的情况,能抑制在该驱动电动机的停止时产生的振动等。进而,还考虑校正该驱动轴 34 ~ 36 的角度以使所述例外条件满足的时间点 L2 上的所述驱动轴 34 ~ 36 各自的线性动作开始时的速度变缓。例如图 8 示出了在所述例外条件满足的前后的所述驱动轴 36 的角度的变化例。如图 8 中实线所示,若在所述驱动轴 36 的角度增加到 180 度后突然朝着负方向变化,则在该驱动轴 36 产生急剧的负方向的

加速度,从而成为振动等的原因。于是,如图 8 中虚线所示,考虑事先估计到达所述驱动轴 36 的工作范围的上限值 180,并校正该驱动轴 36 的角度以使从该时间点起所述驱动轴 36 的角度缓慢地朝着负方向变化。由此,在所述例外条件满足后不会立刻产生所述驱动轴 36 的急剧的加速度,因此能防止振动等。当然,关于所述驱动轴 35、36 也同样。

[0128] 另外,如此用于防止所述驱动轴 34 ~ 36 的急剧的停止或急剧的加速度的控制手法还能同样适用于所述实施方式或后述的实施例 2 等的使用其他的例外条件的情况。

[0129] 【实施例 2】

[0130] 在本实施例 2 中,说明所述机器人控制处理(参照图 3)中的所述例外条件的又一例。

[0131] 在此,图 9 是表示本实施例 2 所涉及的机器人控制处理的过程的一例的流程图。此外,针对与所述机器人控制处理(参照图 3)同样的处理过程赋予相同的符号并省略其说明。

[0132] 具体地,如图 9 所示,在本实施例 2 所涉及的机器人控制处理中,取代所述步骤 S2 ~ S4、S61(参照图 3)而执行后述的步骤 S21、S31、S41、S611。

[0133] (步骤 S21、S31、S41)

[0134] 在步骤 S21 中,所述控制装置 1 一并计算所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度 θ_{4e} 、 θ_{5e} 、 θ_{6e} 、以及所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度 θ_{4s} 、 θ_{5s} 、 θ_{6s} 。

[0135] 另外,所述控制装置 1 在该步骤 S21 中还计算在使所述驱动轴 34 ~ 36 从所述作业开始点 Q1 起到所述作业结束点 Q2 为止以一定速度线性地动作时的每单位时间(1msec)的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度变动 $\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_5$ 、 $\Delta\theta_6$ 。此时,若将所述作业开始点 Q1 处的所述末端执行器 2 的剩余的移动时间设为 T(s),则角度变动 $\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_5$ 、 $\Delta\theta_6$ 通过以下的(51) ~ (53)来求取。

$$[0136] \quad \Delta\theta_4 = (\theta_{4e} - \theta_{4s}) / T(s) \cdots (51)$$

$$[0137] \quad \Delta\theta_5 = (\theta_{5e} - \theta_{5s}) / T(s) \cdots (52)$$

$$[0138] \quad \Delta\theta_6 = (\theta_{6e} - \theta_{6s}) / T(s) \cdots (53)$$

[0139] 接下来,在步骤 S31 中,所述控制装置 1 不仅将控制时间 t 以及控制开始标志 F 初始设定为 0,还进行与所述驱动轴 34 ~ 36 对应的基准角度 $\theta_k(t) = \{\theta_{4k}, \theta_{5k}, \theta_{6k}\}$ 的初始设定。所述基准角度 $\theta_k(t)$ 在后述的步骤 S611 中在例外条件的判断中被参照,其初始值 $\theta_k(0)$ 被设定为 $\{\theta_{4k}, \theta_{5k}, \theta_{6k}\} = \{\theta_{4s}, \theta_{5s}, \theta_{6s}\}$ 。

[0140] 另外,关于所述控制装置 1,在步骤 S41 中,所述控制装置 1 更新所述控制时间 $t(t = t + \Delta t)$,并更新所述基准角度 $\theta_k(t)$ 。具体地,基准角度 $\theta_k(t)$ 成为: $\theta_{4k} = \theta_{4k} + \Delta\theta_4 \cdot \Delta t$, $\theta_{5k} = \theta_{5k} + \Delta\theta_5 \cdot \Delta t$, $\theta_{6k} = \theta_{6k} + \Delta\theta_6 \cdot \Delta t$ 。

[0141] 即,所述基准角度 $\theta_k(t)$ 是基于所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 而确定的,被随时更新成对所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 进行连结的直线上的值。此外,作为其他的实施例,还考虑所述基准角度 $\theta_k(t)$ 为所述作业开始点 Q1 或所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度(步骤 S611)。

[0142] 然后,在本实施例 2 所涉及的机器人控制处理中,在步骤 S611 的例外条件的判定处理中,所述控制装置 1 判断下一插补点处的所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 的角

度 $\theta_4(t)$ 、 $\theta_5(t)$ 、 $\theta_6(t)$ 的至少一个与所述基准角度 θ_{4k} 、 θ_{5k} 、 θ_{6k} 之间的偏离角度是否超过预先设定的给定角度 θ_{4w} 、 θ_{5w} 、 θ_{6w} 。为了对所述驱动轴 34 ~ 36 的角度 $\theta_4(t)$ 、 $\theta_5(t)$ 、 $\theta_6(t)$ 过分偏离所述基准角度 θ_{4k} 、 θ_{5k} 、 θ_{6k} 从而为了使该驱动轴 34 ~ 36 到达所述作业结束点 Q2 会伴随该驱动轴 34 ~ 36 的角度的急剧的变化的可能性的情形进行事先估计,预先设定所述给定角度 θ_{4w} 、 θ_{5w} 、 θ_{6w} 。例如,考虑将所述给定角度 θ_{4w} 、 θ_{5w} 、 θ_{6w} 各自设定为 90 度、180 度、90 度。

[0143] 例如,所述控制装置 1 在下述的 (61) 式 ~ (63) 式的任一者成立的情况下判定为所述例外条件已满足。

$$[0144] \quad |\theta_4(t) - \theta_{4k}| > \theta_{4w} \cdots (61)$$

$$[0145] \quad |\theta_5(t) - \theta_{5k}| > \theta_{5w} \cdots (62)$$

$$[0146] \quad |\theta_6(t) - \theta_{6k}| > \theta_{6w} \cdots (63)$$

[0147] 在此,图 10 示出在所述作业开始点 Q1 以及所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的符号为不同符号的情况下的动作例,示出本实施例 2 所涉及的所述机器人控制处理的执行结果。具体地,所述作业开始点 Q1 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5s} 为 +10 度,所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 35 的角度 θ_{5e} 为 -10 度。另外,在此以将所述给定角度 θ_{6w} 设定为 90 度、且所述驱动轴 36 的角度 $\theta_6(t)$ 偏离所述基准角度 $\theta_{6k}(t)$ 90 度的情况为例进行说明。当然,关于所述驱动轴 34、35 也同样。

[0148] 如图 10 所示,在执行本实施例 2 所涉及的机器人控制处理的情况下,从判断为所述驱动轴 36 的下一插补点的角度 $\theta_6(t)$ 偏离所述基准角度 $\theta_{6k}(t)$ 90 度以上的时间点 L3 起,驱动所述驱动轴 31 ~ 36 以使所述驱动轴 34 ~ 36 朝着所述作业结束点 Q2 的角度线性地变化,因此能使该驱动轴 34 ~ 36 各自可靠地到达所述作业结束点 Q2 处的角度。特别地,根据本实施例 2 所涉及的机器人控制处理,在所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度过分偏离所述基准角度 $\theta_k(t)$ 前的早期的阶段,能使该驱动轴 34 ~ 36 朝着所述作业结束点 Q2 线性动作,从而能将所述驱动轴 34 ~ 36 的急剧的角度变动防范于未然。

[0149] 尽管所述控制装置 1 只要判断所述实施方式、所述实施例 1、本实施例 2 中说明的多个所述例外条件的至少一个满足的有无即可,但在同时监视多个所述例外条件的满足的有无、且任一个例外条件已满足的情况下,还考虑执行所述步骤 S7 起以后的线性动作处理。由此,能具体实现同时起到所述实施方式、所述实施例 1、本实施例 2 所得到的效果的构成。

[0150] 【实施例 3】

[0151] 在本实施例 3 中,考虑所述控制装置 1 执行对所述多关节型机器人 3 进行控制的仿形控制以使所述末端执行器 2 仿形加工对象物的加工线进行移动的构成。在此情况下,在所述多关节型机器人 3,设置对所述末端执行器 2 与所述加工线的偏差量 $\Delta_{XYZ\alpha\beta\gamma}(t)$ 进行检测的传感器(相当于偏差量检测单元)。

[0152] 在此,在各时间点由所述传感器检测的所述偏差量 $\Delta_{XYZ\alpha\beta\gamma}(t)$ 是以通过所述路径方程式 $P(t)$ 计算出的该时间点上的插补点为基准而表征的值。然后,所述控制装置 1 基于所述传感器的检测结果来执行使所述末端执行器 2 仿形所述加工线进行移动的所述仿形控制。在此,执行相应的仿形控制时的所述控制装置 1 相当于仿形控制单元。

[0153] 具体地,所述控制装置 1 在所述机器人控制处理(参照图 3)的步骤 S5 中计

算下一插补点时,将由当前所述传感器检测出的偏差量 $\Delta XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 相加到所述路径方程式 $P(t)$ 。另外,所述控制装置 1 通过根据该相加后的插补点的位置·姿势 $X' Y' Z' \alpha' \beta' \gamma'(t)$ 求取逆运动学问题的解,来计算下一插补点处的所述驱动轴 31 ~ 36 各自的角度 $\theta 1'(t) \sim \theta 6'(t)$ 。然后,在所述例外条件未满足的情况下,所述控制装置 1 在所述步骤 S64 中基于以所述偏差量 $\Delta XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 修正后的所述角度 $\theta 1'(t) \sim \theta 6'(t)$ 来驱动所述驱动轴 31 ~ 36。

[0154] 另外,所述控制装置 1 在所述步骤 S5 中将所述作业结束点 Q2 更新成对该作业结束点 Q2 相加了所述偏差量 $\Delta XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 后的值。此时,将更新后的所述作业结束点 Q2 处的所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度设为 $\theta 4e(t)$ 、 $\theta 5e(t)$ 、 $\theta 6e(t)$ 。在此,执行相应的处理时的所述控制装置 1 相当于作业结束点更新单元。

[0155] 由此,在所述例外条件的判断处理中,基于所述更新后的所述作业结束点 Q2 来判断所述例外条件的满足的有无。例如,作为所述实施方式中的所述步骤 S61 的例外条件的判定指标的上述 (11) 式 ~ (13) 式成为以下的 (11') 式 ~ (13') 式。

$$[0156] \quad |(\theta 4e(t) - \theta 4(t))/T(t)| > \theta 4d \cdots (11')$$

$$[0157] \quad |(\theta 5e(t) - \theta 5(t))/T(t)| > \theta 5d \cdots (12')$$

$$[0158] \quad |(\theta 6e(t) - \theta 6(t))/T(t)| > \theta 6d \cdots (13')$$

[0159] 另外,在所述步骤 S7 中用于计算所述速度 $V \theta 4$ 、 $V \theta 5$ 、 $V \theta 6$ 的上述 (21) 式 ~ (23) 式成为以下的 (21') 式 ~ (23') 式。即,在所述步骤 S11 中的所述驱动处理中,以所述更新后的所述作业结束点 Q2 为目标来进行所述驱动轴 34 ~ 36 的线性动作处理。

$$[0160] \quad V \theta 4 = (\theta 4e(t) - \theta 4_{old})/T(t - \Delta t) \cdots (21')$$

$$[0161] \quad V \theta 5 = (\theta 5e(t) - \theta 5_{old})/T(t - \Delta t) \cdots (22')$$

$$[0162] \quad V \theta 6 = (\theta 6e(t) - \theta 6_{old})/T(t - \Delta t) \cdots (23')$$

[0163] 由此,即使在基于由所述传感器检测的偏差量来执行所述仿形控制的情况下,也能使所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度可靠地到达以所述仿形控制进行了修正后的作业结束点 Q2。

[0164] 具体地,如图 11(a) ~ (c) 所示,所述末端执行器 2 从所述作业开始点 Q1 起朝着所述作业结束点 Q2 移动,在通过所述仿形控制对所述偏差量 $\Delta XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 进行修正时,所述作业结束点 Q2 相加所述偏差量 $\Delta XYZ \alpha \beta \gamma(t)$ 而被更新成作业结束点 Q2(t)。由此,能使所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度到达所述作业结束点 Q2(t)。

[0165] 【实施例 4】

[0166] 而在所述机器人控制处理(参照图 3)中,不希望完全无视所述末端执行器 2 的姿势。于是,在本实施例 4 中,针对能抑制所述末端执行器 2 的姿势当中预先规定的特定分量的变动的构成进行说明。

[0167] 具体地,本实施例 4 中,所述控制装置 1 在所述机器人控制处理(参照图 3)的所述步骤 S8 与所述步骤 S9 之间执行后述的特定分量抑制处理(参照图 12)。此外,关于所述机器人控制处理,不限于在所述实施方式中说明的处理,采用所述实施例 1 ~ 3 的任一者所记载的内容即可。

[0168] 以下,遵照图 12 的流程图,来说明由所述控制装置 1 执行的特定分量抑制处理的过程的一例。

[0169] (步骤 S81)

[0170] 首先,在步骤 S81 中,所述控制装置 1 针对下一插补点,如图 13 所示,求取将所述末端执行器 2 移动的方向(行进方向)的轴作为 X 轴、将通过该 X 轴与重力方向的外积(X 轴 × 重力方向)所表征的轴作为 Y 轴、且将通过该 X 轴与该 Y 轴的外积(X 轴 × Y 轴)所表征的方向的轴作为 Z 轴的作业坐标系(以下,称为“焊接线坐标系 Σ_{line} ”)下的姿势角度。在此,所述焊接线坐标系 Σ_{line} 下的所述末端执行器 2 的姿势角度如图 14 ~ 图 16 所示,通过所述 X 轴的绕轴的旋转角即焊炬倾斜角 R_x 、所述 Y 轴的绕轴的旋转角即焊炬前进角 R_y 、以及所述 Z 轴的绕轴的旋转角即焊炬旋转角 R_z 来表征。

[0171] 具体地,所述控制装置 1 将所述步骤 S5 中计算出的下一插补点的所述基本坐标系 Σ_{base} 下的位置·姿势 XYZ $\alpha \beta \gamma(t)$ 变换成所述焊接线坐标系 Σ_{line} 下的姿势角度(焊炬倾斜角 R_x ,焊炬前进角 R_y ,焊炬旋转角 R_z)。

[0172] 例如,从所述基本坐标系 Σ_{base} 到所述焊接线坐标系 Σ_{line} 的变换遵照以下的(101)式~(107)式来进行。此外,将所述焊接线坐标系 Σ_{line} 下的 X 轴、Y 轴、Z 轴的单位矢量设为 X_m 、 Y_m 、 Z_m 。

[0173] 【数式 1】

$$[0174] \quad {}_{line}R_{tool} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos R_x & -\sin R_x \\ 0 & \sin R_x & \cos R_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos R_y & 0 & \sin R_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin R_y & 0 & \cos R_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos R_z & -\sin R_z & 0 \\ \sin R_z & \cos R_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$[0175] \quad = \begin{bmatrix} \cos R_y \cos R_z & -\cos R_y \sin R_z & \sin R_y \\ \sin R_x \sin R_y \cos R_z + \cos R_x \sin R_z & -\sin R_x \sin R_y \sin R_z + \cos R_x \cos R_z & -\sin R_x \cos R_y \\ -\cos R_x \sin R_y \cos R_z + \sin R_x \sin R_z & \cos R_x \sin R_y \sin R_z + \sin R_x \cos R_z & \cos R_x \cos R_y \end{bmatrix} \quad \cdots (101)$$

[0176] 【数式 2】

$$[0177] \quad {}_{base}R_{tool} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & -\sin \gamma \\ 0 & \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \quad \cdots (102)$$

$$[0178] \quad {}_{base}R_{line} = \begin{bmatrix} X_m[x] & Y_m[x] & Z_m[x] \\ X_m[y] & Y_m[y] & Z_m[y] \\ X_m[z] & Y_m[z] & Z_m[z] \end{bmatrix} \quad \cdots (103)$$

$$[0179] \quad {}_{line}R_{tool} = {}_{line}R_{base} \cdot {}_{base}R_{tool} = {}_{base}R_{line}^T \cdot {}_{base}R_{tool} = \begin{bmatrix} Rm11 & Rm12 & Rm13 \\ Rm21 & Rm22 & Rm23 \\ Rm31 & Rm32 & Rm33 \end{bmatrix} \quad \cdots (104)$$

$$[0180] \quad R_x = \text{atan}(Rm23/Rm33) \quad \cdots (105)$$

$$[0181] \quad R_y = \text{asin}(Rm13) \quad \cdots (106)$$

$$[0182] \quad R_z = \text{atan}(Rm12/Rm11) \quad \cdots (107)$$

[0183] (步骤 S82)

[0184] 接下来,在步骤 S82 中,所述控制装置 1 以前次的控制周期中的所述驱动轴 34 ~ 36 的速度为基准,将该驱动轴 34 ~ 36 各自的下一插补点处的速度的候补生成多个。在此,执行相应的处理时的所述控制装置 1 相当于角度候补计算单元。

[0185] 例如,所述控制装置 1 在将前次的控制周期中的所述驱动轴 34 ~ 36 的速度设为了 $V_{\theta 4_{OLD}}$ 、 $V_{\theta 5_{OLD}}$ 、 $V_{\theta 6_{OLD}}$ 时,生成 $V_{\theta 4m} = V_{\theta 4_{OLD}} - F$, $V_{\theta 4n} = V_{\theta 4_{OLD}}$ 、 $V_{\theta 4p} = V_{\theta 4_{OLD}} + F$ 来

作为所述驱动轴 34 的速度的候补。另外,所述控制装置 1 同样地,生成 $V \theta 5m = V \theta 5_{old} - G$ 、 $V \theta 5n = V \theta 5_{old}$ 、 $V \theta 5p = V \theta 5_{old} + G$ 来作为所述驱动轴 35 的速度的候补,且生成 $V \theta 6m = V \theta 6_{old} - H$ 、 $V \theta 6n = V \theta 6_{old}$ 、 $V \theta 6p = V \theta 6_{old} + H$ 来作为所述驱动轴 36 的速度的候补。在此,所述常数 F、G、H 各自以每 1 采样周期的加速度的限度值或振动等不发生的范围的值预先设定。

[0186] 若如此针对所述驱动轴 34 ~ 36 各自生成 3 组速度的候补,则产生以下 (201) ~ (227) 的总共 27 组不同的组合。

[0187] (201) : $V \theta 4m, V \theta 5m, V \theta 6m$

[0188] (202) : $V \theta 4m, V \theta 5m, V \theta 6n$

[0189] (203) : $V \theta 4m, V \theta 5m, V \theta 6p$

[0190] (204) : $V \theta 4m, V \theta 5n, V \theta 6m$

[0191] (205) : $V \theta 4m, V \theta 5n, V \theta 6n$

[0192] (206) : $V \theta 4m, V \theta 5n, V \theta 6p$

[0193] (207) : $V \theta 4m, V \theta 5p, V \theta 6m$

[0194] (208) : $V \theta 4m, V \theta 5p, V \theta 6n$

[0195] (209) : $V \theta 4m, V \theta 5p, V \theta 6p$

[0196] (210) : $V \theta 4n, V \theta 5m, V \theta 6m$

[0197] (211) : $V \theta 4n, V \theta 5m, V \theta 6n$

[0198] (212) : $V \theta 4n, V \theta 5m, V \theta 6p$

[0199] (213) : $V \theta 4n, V \theta 5n, V \theta 6m$

[0200] (214) : $V \theta 4n, V \theta 5n, V \theta 6n$

[0201] (215) : $V \theta 4n, V \theta 5n, V \theta 6p$

[0202] (216) : $V \theta 4n, V \theta 5p, V \theta 6m$

[0203] (217) : $V \theta 4n, V \theta 5p, V \theta 6n$

[0204] (218) : $V \theta 4n, V \theta 5p, V \theta 6p$

[0205] (219) : $V \theta 4p, V \theta 5m, V \theta 6m$

[0206] (220) : $V \theta 4p, V \theta 5m, V \theta 6n$

[0207] (221) : $V \theta 4p, V \theta 5m, V \theta 6p$

[0208] (222) : $V \theta 4p, V \theta 5n, V \theta 6m$

[0209] (223) : $V \theta 4p, V \theta 5n, V \theta 6n$

[0210] (224) : $V \theta 4p, V \theta 5n, V \theta 6p$

[0211] (225) : $V \theta 4p, V \theta 5p, V \theta 6m$

[0212] (226) : $V \theta 4p, V \theta 5p, V \theta 6n$

[0213] (227) : $V \theta 4p, V \theta 5p, V \theta 6p$

[0214] (步骤 S83 ~ S84)

[0215] 接下来,在步骤 S83 中,所述控制装置 1 从所述组合 (201) ~ (227) 当中,随机地或基于预先设定的规则来选择 3 个组合。将此时所选择的 3 个速度的候补设为 $V \theta a(t)$ 、 $V \theta b(t)$ 、 $V \theta c(t)$ 。

[0216] 接着,在步骤 S84 中,所述控制装置 1 生成在采用了 3 个速度的候补 $V \theta a(t)$ 、

$V\theta b(t)$ 、 $V\theta c(t)$ 各自的情况下的下一插补点处的所述驱动轴 34 ~ 36 的角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 。此外,尽管在此为了方便说明而生成了 3 个速度的候补以及角度的候补,但该候补的数目根据所述控制装置 1 的运算性能而在满足所述多关节型机器人 3 所要求的动作速度的范围任意地设定即可。

[0217] 例如,在最初的采样周期中,如以下的 (301) ~ (303) 所示,若选择所述组合 (201)、(202)、(203) 来作为所述速度的候补 $V\theta a(t)$ 、 $V\theta b(t)$ 、 $V\theta c(t)$,则如以下的 (304) ~ (306) 所示生成所述角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 。

$$[0218] \quad V\theta a(t) = V\theta 4a(t), V\theta 5a(t), V\theta 6a(t) = V\theta 4m, V\theta 5m, V\theta 6m \cdots (301)$$

$$[0219] \quad V\theta b(t) = V\theta 4b(t), V\theta 5b(t), V\theta 6b(t) = V\theta 4m, V\theta 5m, V\theta 6n \cdots (302)$$

$$[0220] \quad V\theta c(t) = V\theta 4c(t), V\theta 5c(t), V\theta 6c(t) = V\theta 4m, V\theta 5m, V\theta 6p \cdots (303)$$

$$[0221] \quad \theta a(t) = \theta 4a(t), \theta 5a(t), \theta 6a(t) = \theta 4_{OLD} + V\theta 4a(t) \cdot \Delta t, \theta 5_{OLD} + V\theta 5a(t) \cdot \Delta t, \theta 6_{OLD} + V\theta 6a(t) \cdot \Delta t \cdots (304)$$

$$[0222] \quad \theta b(t) = \theta 4b(t), \theta 5b(t), \theta 6b(t) = \theta 4_{OLD} + V\theta 4b(t) \cdot \Delta t, \theta 5_{OLD} + V\theta 5b(t) \cdot \Delta t, \theta 6_{OLD} + V\theta 6b(t) \cdot \Delta t \cdots (305)$$

$$[0223] \quad \theta c(t) = \theta 4c(t), \theta 5c(t), \theta 6c(t) = \theta 4_{OLD} + V\theta 4c(t) \cdot \Delta t, \theta 5_{OLD} + V\theta 5c(t) \cdot \Delta t, \theta 6_{OLD} + V\theta 6c(t) \cdot \Delta t \cdots (306)$$

[0224] 另外,在下一采样周期也同样地,如以下的 (311) ~ (313) 所示,在选择了所述组合 (203)、(206)、(209) 作为所述速度的候补 $V\theta a(t)$ 、 $V\theta b(t)$ 、 $V\theta c(t)$ 的情况下,也生成所述角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 。

$$[0225] \quad V\theta a(t) = V\theta 4a(t), V\theta 5a(t), V\theta 6a(t) = V\theta 4m, V\theta 5m, V\theta 6p \cdots (311)$$

$$[0226] \quad V\theta b(t) = V\theta 4b(t), V\theta 5b(t), V\theta 6b(t) = V\theta 4m, V\theta 5n, V\theta 6p \cdots (312)$$

$$[0227] \quad V\theta c(t) = V\theta 4c(t), V\theta 5c(t), V\theta 6c(t) = V\theta 4m, V\theta 5p, V\theta 6p \cdots (313)$$

[0228] 其后,在再下一采样周期中也同样地,如以下的 (321) ~ (323) 所示,在选择了所述组合 (209)、(218)、(227) 作为所述速度的候补 $V\theta a(t)$ 、 $V\theta b(t)$ 、 $V\theta c(t)$ 的情况下,也生成所述角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 。

$$[0229] \quad V\theta a(t) = V\theta 4a(t), V\theta 5a(t), V\theta 6a(t) = V\theta 4m, V\theta 5p, V\theta 6p \cdots (321)$$

$$[0230] \quad V\theta b(t) = V\theta 4b(t), V\theta 5b(t), V\theta 6b(t) = V\theta 4n, V\theta 5p, V\theta 6p \cdots (322)$$

$$[0231] \quad V\theta c(t) = V\theta 4c(t), V\theta 5c(t), V\theta 6c(t) = V\theta 4p, V\theta 5p, V\theta 6p \cdots (323)$$

[0232] (步骤 S85)

[0233] 然后,在步骤 S85 中,所述控制装置 1 判断是否在较之于使所述第 1 关节驱动系统的驱动轴 34 ~ 36 各自以所述作业结束点 Q2 的角度为目标进行线性动作的情况下离该目标更近的角度范围内。即,判断所述步骤 S84 中计算出的角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 各自是否为所述步骤 S8 中计算出的角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 与所述步骤 S2 中计算出的角度 $\theta 4e$ 、 $\theta 5e$ 、 $\theta 6e$ 之间的角度。

[0234] 在此,在判断为所述角度的候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 各自是所述角度 $\theta 4_{NOW}$ 、 $\theta 5_{NOW}$ 、 $\theta 6_{NOW}$ 与所述角度 $\theta 4e$ 、 $\theta 5e$ 、 $\theta 6e$ 之间的角度的情况下 (S85 的“是”侧),处理转移至步骤 S86。但是,在判断为否的情况下 (S85 的“否”侧),处理返回至所述步骤 S83,选择不同的组合,接着在所述步骤 S84 中再次生成所述候补 $\theta a(t)$ 、 $\theta b(t)$ 、 $\theta c(t)$ 。

[0235] 如此,所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度的候补始终被限定在所述角度 $\theta 4_{NOW}$ 、

$\theta_{5\text{NOW}}$ 、 $\theta_{6\text{NOW}}$ 与所述角度 θ_{4e} 、 θ_{5e} 、 θ_{6e} 之间的角度的范围,从而能使该驱动轴 34 ~ 36 各自的角度可靠地到达所述作业结束位置 Q2 处的角度。此外,尽管还考虑在所述作业结束位置 Q2 之前的位置上所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度到处该作业结束位置 Q2 处的角度,但在此情况下,其后设为所述驱动轴 34 ~ 36 各自的角度 $\theta_{4\text{NOW}} = \theta_{4e}$ 、 $\theta_{5\text{NOW}} = \theta_{5e}$ 、 $\theta_{6\text{NOW}} = \theta_{6e}$ 即可。在此,通过所述步骤 S82 ~ S85 来计算多个角度的候补时的所述控制装置 1 相当于角度候补计算单元。

[0236] (步骤 S86)

[0237] 接下来,在步骤 S86 中,所述控制装置 1 针对所述步骤 S84 中所生成的角度的候补 $\theta_a(t)$ 、 $\theta_b(t)$ 、 $\theta_c(t)$ 的每一个,求取从所述焊接线坐标系 Σ_{line} 观察的所述末端执行器 2 的姿势角度。

[0238] 具体而言,考虑在通过针对所述角度的候补 $\theta_a(t)$ 、 $\theta_b(t)$ 、 $\theta_c(t)$ 来求取正运动学问题的解从而计算出与每个该候补对应的所述基本坐标系 Σ_{base} 下的位置·姿势后,从该基本坐标系 Σ_{base} 变换成焊接线坐标系 Σ_{line} 。此外,从基本坐标系 Σ_{base} 到焊接线坐标系 Σ_{line} 的变换与所述步骤 S81 同样地进行即可,因此在此省略说明。

[0239] (步骤 S87 ~ S88)

[0240] 然后,在步骤 S87 中,所述控制装置 1 从所述角度的候补 $\theta_a(t) \sim \theta_c(t)$ 当中选择所述步骤 S86 中求出的姿势角度离所述步骤 S81 中求出的姿势角度最近的角度候补。此时,所述控制装置 1 抑制了从所述焊接线坐标系 Σ_{line} 观察的所述末端执行器 2 的姿势角度的 3 个分量(焊炬倾斜角 Rx,焊炬前进角 Ry,焊炬旋转角 Rz)当中预先规定的一个或二个特定分量的变动时,选择离所述步骤 S81 中求出的姿势角度最近的角度候补。在此,执行相应的处理时的所述控制装置 1 相当于角度选择单元。此外,所述特定分量对应于所述操作部 13 所执行的操作或对应于所述多关节型机器人 3 的加工内容而由所述控制装置 1 预先设定。

[0241] 具体地,所述控制装置 1 遵照下述的 (331) ~ (333) 来求取在分别采用了所述角度的候补 $\theta_a(t)$ 、 $\theta_b(t)$ 、 $\theta_c(t)$ 的情况下的姿势角度与所述步骤 S81 中求出的姿势角度的变动量 U_a 、 U_b 、 U_c 。在此,常数 D、E、F 是抑制所述末端执行器 2 的姿势角度的 3 个分量(焊炬倾斜角 Rx,焊炬前进角 Ry,焊炬旋转角 Rz)的哪一个分量的变动而确定的数值。例如,在抑制焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 的变动的情况下,考虑 $D = 1$, $E = 1$, $F = 0$ 。

$$[0242] \quad U_a = D \cdot (R_x - R_{xa})^2 + E \cdot (R_y - R_{ya})^2 + F \cdot (R_z - R_{za})^2 \quad (331)$$

$$[0243] \quad U_b = D \cdot (R_x - R_{xb})^2 + E \cdot (R_y - R_{yb})^2 + F \cdot (R_z - R_{zb})^2 \quad (332)$$

$$[0244] \quad U_c = D \cdot (R_x - R_{xc})^2 + E \cdot (R_y - R_{yc})^2 + F \cdot (R_z - R_{zc})^2 \quad (333)$$

[0245] 然后,所述控制装置 1 选择所述变动量 U_a 、 U_b 、 U_c 当中值最小的变动量,即所述步骤 S81 中求出的姿势角度之间所述特定分量的变动量最小的变动量所对应的所述角度的候补 $\theta_a(t)$ 、 $\theta_b(t)$ 、 $\theta_c(t)$ 。

[0246] 其后,在步骤 S88 中,所述控制装置 1 将所述步骤 S8 中计算出的 $\theta_{4\text{NOW}}$ 、 $\theta_{5\text{NOW}}$ 、 $\theta_{6\text{NOW}}$ 变更为所述步骤 S87 中选择出的所述角度的候补 $\theta_a(t)$ 、 $\theta_b(t)$ 、 $\theta_c(t)$ 的任一者。例如,若 $U_a < U_b < U_c$,则选择与变动量 U_a 对应的所述角度的候补 $\theta_a(t)$,成为 $\theta_{4\text{NOW}} = \theta_{4a}(t)$, $\theta_{5\text{NOW}} = \theta_{5a}(t)$, $\theta_{6\text{NOW}} = \theta_{6a}(t)$ 。

[0247] 由此,能抑制通过其后的所述步骤 S9 ~ S11 来驱动了所述驱动轴 31 ~ 36 时的所

述末端执行器 2 的所述特定分量的变动量。

[0248] 在此,图 17 示出了在所述实施方式中的所述机器人控制处理(图 3)中执行了所述特定分量抑制处理的情况下的所述驱动轴 34 ~ 36 的驱动轨迹。

[0249] 此外,图 17 中的虚线示出了在不执行所述特定分量抑制处理而使所述驱动轴 34 ~ 36 线性动作的情况下的驱动轨迹。

[0250] 在此,设所述多关节型机器人 3 的加工内容是焊接,且抑制所述末端执行器 2 的所述焊接线坐标系 Σ line 下的姿势角度(焊炬倾斜角 Rx,焊炬前进角 Ry,焊炬旋转角 Rz)当中的焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 的变动特别重要,并将该焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 预先设定为所述特定分量。

[0251] 在此情况下,在通过执行所述特定分量抑制处理(参照图 12)从而如图 17 所示所述例外条件满足后,所述驱动轴 34 ~ 36 以所述作业结束点 Q2 为目标进行大致线性动作,但为了抑制所述末端执行器 2 的所述焊接线坐标系 Σ line 下的焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 而对其路径进行微调整。

[0252] 由此,如图 18 所示,能以对焊接作业而言不重要(加权小)焊炬旋转角 Rz 的变动作为牺牲,来抑制对焊接作业重要的(加权大)焊炬倾斜角 Rx 和焊炬前进角 Ry 的变动。此外,图 18 中的虚线示出了在不执行所述特定分量抑制处理而使所述驱动轴 34 ~ 36 线性动作的情况下的变动量。

[0253] 另外,图 19 示出了在所述实施例 2 中的所述机器人控制处理(图 9)中执行了所述特定分量抑制处理的情况下的所述驱动轴 34 ~ 36 的驱动轨迹。此外,图 19 中的虚线示出了在不执行所述特定分量抑制处理而使所述驱动轴 34 ~ 36 线性动作的情况下的驱动轨迹。

[0254] 在此,也设所述多关节型机器人 3 的加工内容是焊接,并将所述焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 预先设定为所述特定分量。

[0255] 在此情况下,在通过执行所述特定分量抑制处理(参照图 12)从而如图 19 所示所述例外条件满足后,所述驱动轴 34 ~ 36 以所述作业结束点 Q2 为目标进行大致线性动作,但为了抑制所述末端执行器 2 的所述焊接线坐标系 Σ line 下的焊炬倾斜角 Rx、焊炬前进角 Ry 而对其路径进行微调整。

[0256] 由此,如图 20 ~ 图 22 所示,能以对焊接作业而言不重要(加权小)焊炬旋转角 Rz 的变动作为牺牲,来抑制对焊接作业重要的(加权大)焊炬倾斜角 Rx 和焊炬前进角 Ry 的变动。此外,图 20 ~ 22 中的虚线示出了在不执行所述特定分量抑制处理而使所述驱动轴 34 ~ 36 线性动作的情况下的变动量。

[0257] 【实施例 5】

[0258] 而在该步骤 S64 中,所述控制装置 1 检测所述第 1 关节驱动系统是否已接近奇异姿势(奇异点),在已接近奇异姿势的情况下,可以执行用于使平滑地转移至所述步骤 S5 中所计算的逆运动学问题的解当中另一解的处理。

[0259] 进而,在从所述逆运动学问题的一解转移到另一解时,像所述实施例 4 那样,在从多个候补之中选择一个候补使得抑制所述末端执行器 2 的所述焊接线坐标系 Σ line 下的姿势角度(焊炬倾斜角 Rx,焊炬前进角 Ry,焊炬旋转角 Rz)当中预先设定的一个或二个特定分量的变动的同时,期望所述驱动轴 34 ~ 36 的角度从所述逆运动学问题的一个解平滑

地转移到另一个解。

[0260] 优选设置如下单元：在进行了上述的实施方式那样的避开奇异姿势的处理（避开处理）时，将表示进行了该避开处理，即，多关节型机器人 3 处于奇异姿势避开中的情况向外部进行报知。

[0261] 具体而言，如图 25 所示，将表示处于奇异姿势避开中的“奇异点避开中”显示于操作部 13（示教台）的显示画面 M。此外，表示处于奇异姿势避开中的显示不限于“奇异点避开中”这样的表现，只要是能明白避开了奇异姿势的表现，则无论怎样的表现均可。

[0262] 如此，通过显示处于奇异点避开中，操作者在焊接中能掌握多关节型机器人 3 是处于奇异点避开中的状态还是处于并非奇异点避开中的状态。故而，例如，在作业对象物（材料）的焊接后进行质量检查的情况下，能注视以奇异点避开中的状态进行了焊接的部位来进行检查。

[0263] 另外，例如，操作者还能以目视等监视在奇异点避开中的状态下的多关节型机器人 3 的整体的运动，还能基于该监视，在因下一焊接作业等而再次使多关节型机器人 3 运动时，重估多关节型机器人 3 的整体的动作。

[0264] 此外，除了“奇异点避开中”的显示之外，还可以将处理程序的内容（例如，再生中程序的编号）显示于显示画面 M，或将执行了处理程序的时间（再生时间）、末端执行器的运动（例如，直线移动）显示于显示画面 M，以使处理程序明白。进而，还可以将预先示教的焊炬的信息（例如，焊炬倾斜角，焊炬前进角，焊炬旋转角等）、以及当前的焊炬的信息显示于显示画面 M。

[0265] 由此，能掌握“奇异点避开中”时的多关节型机器人 3 的详细状态。

[0266] 尽管在上述的例子中是在显示画面 M 上显示进行了奇异点避开的处理，但也可以取而代之，通过扬声器等以声音来通知进行了奇异点避开，还可以通过灯等的点亮或闪烁等以光来进行通知。还可以将进行了奇异点避开这一情况显示于与多关节型机器人的示教台 13 分体的外部的显示装置。

[0267] 另外，可以将“奇异点避开中”的时间作为日志等存储至控制部 10 的存储部 12 等。然后，例如，在焊接结束后，可以将奇异点避开中的时间履历显示于操作部 13（示教台）的显示画面 M，从而操作者等能确认奇异点避开中的时间履历。

[0268] 符号说明

[0269] 1：多关节型机器人的控制装置

[0270] 11：运算部

[0271] 12：存储部

[0272] 13：操作部

[0273] 2：末端执行器

[0274] 3：多关节型机器人

[0275] 31～36：驱动轴

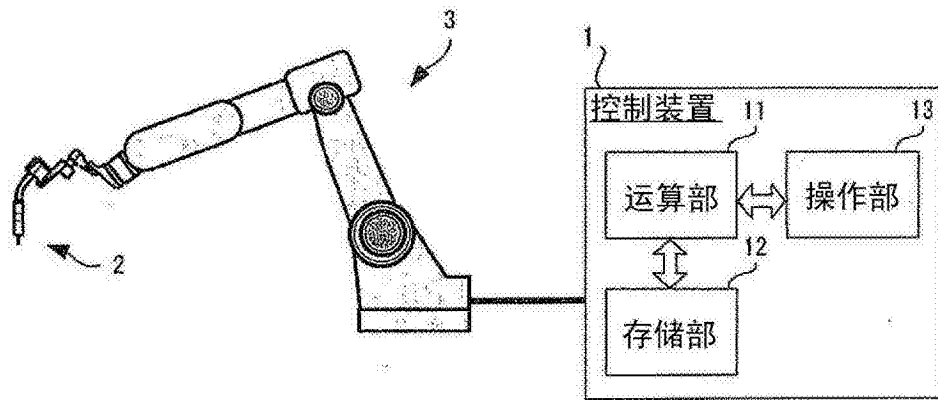


图 1

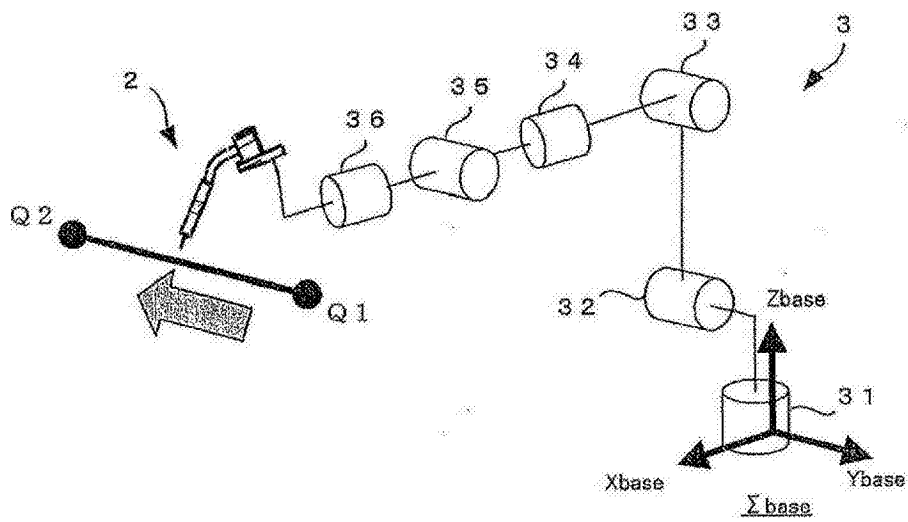


图 2

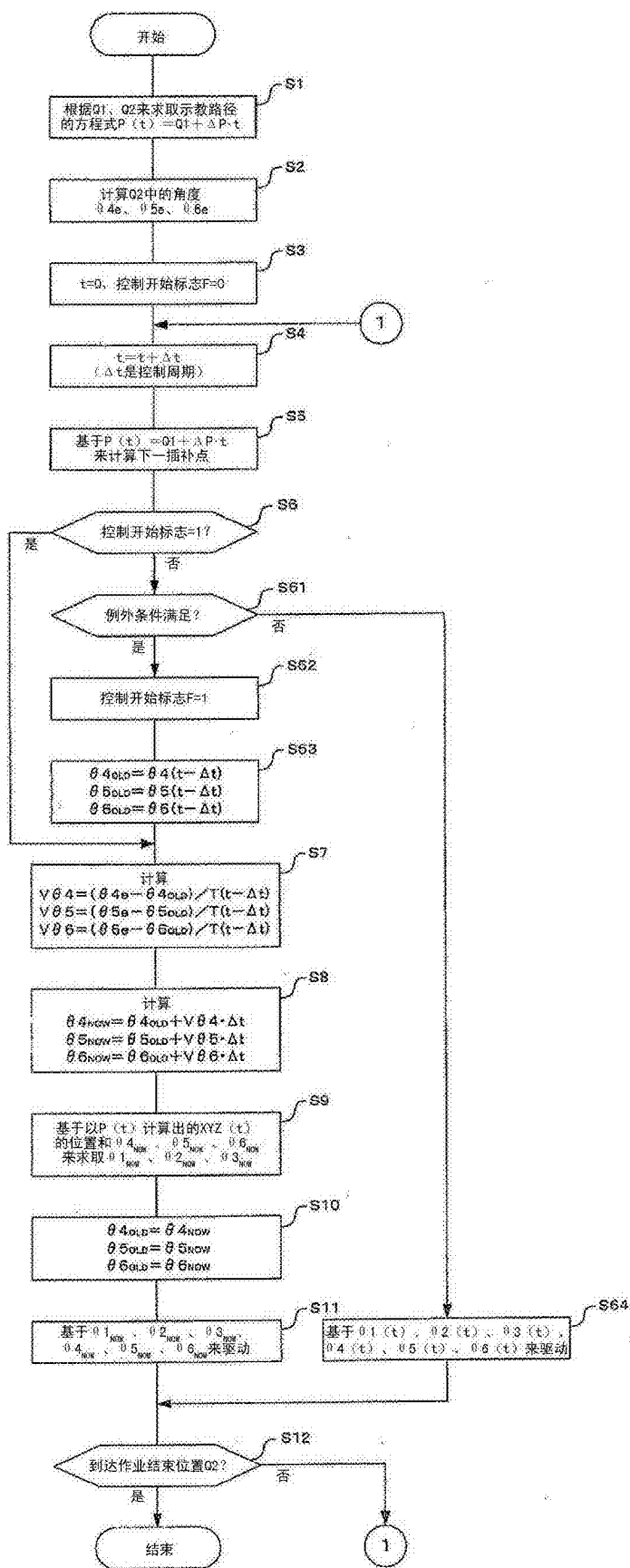


图 3

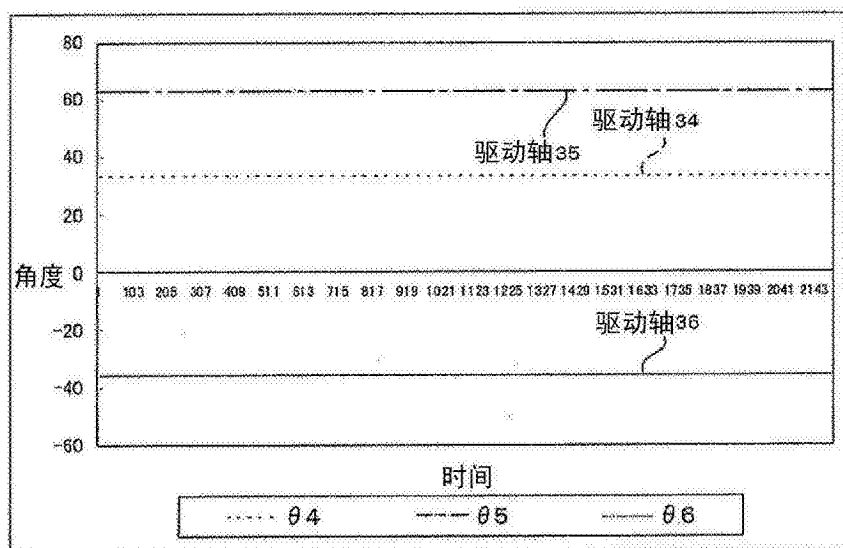


图 4

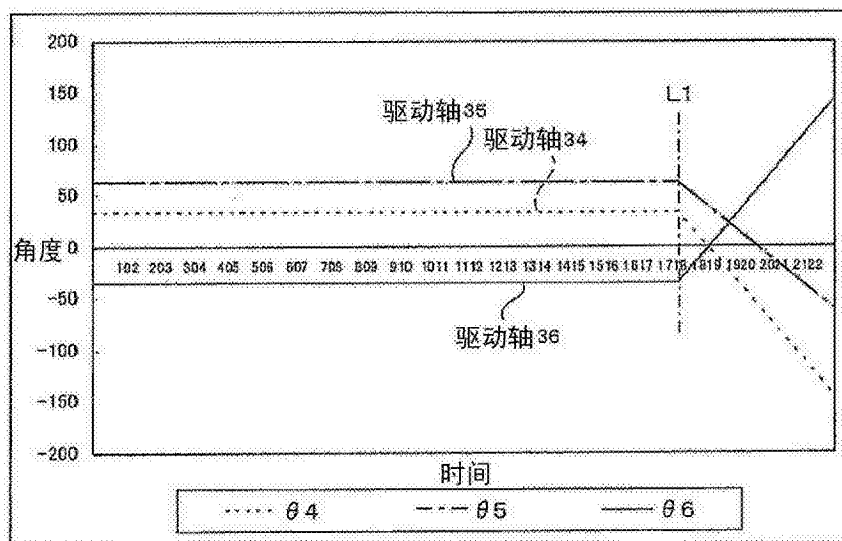


图 5

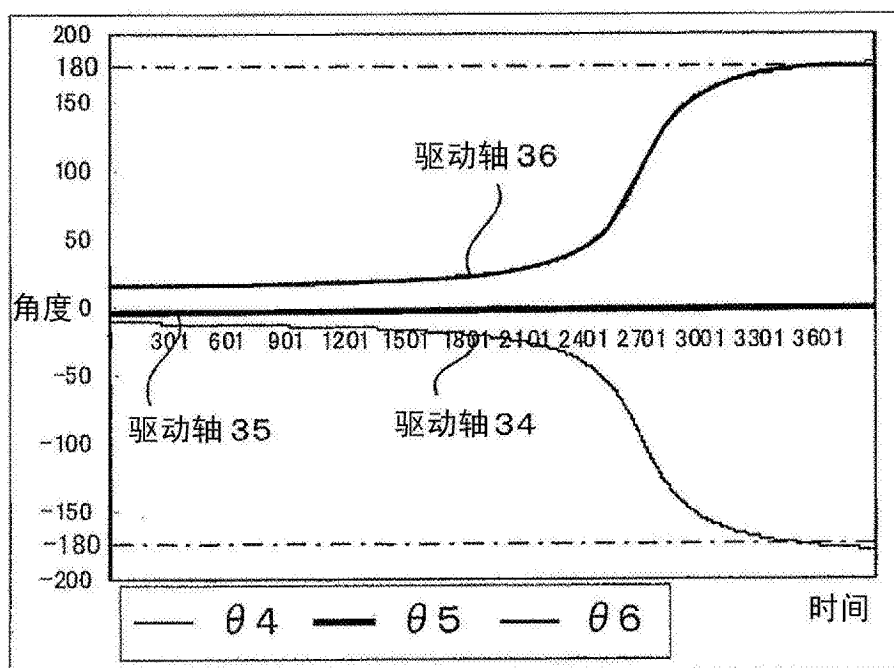


图 6

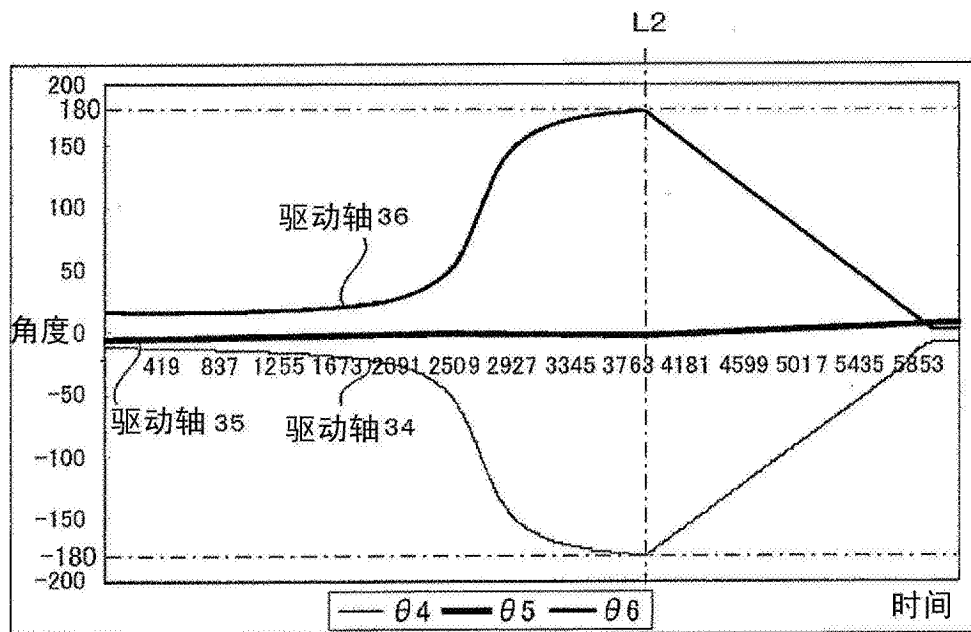


图 7

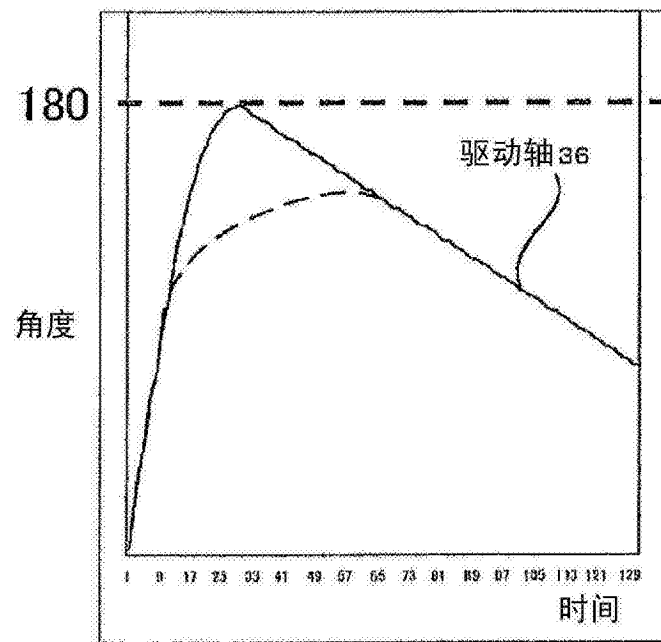


图 8

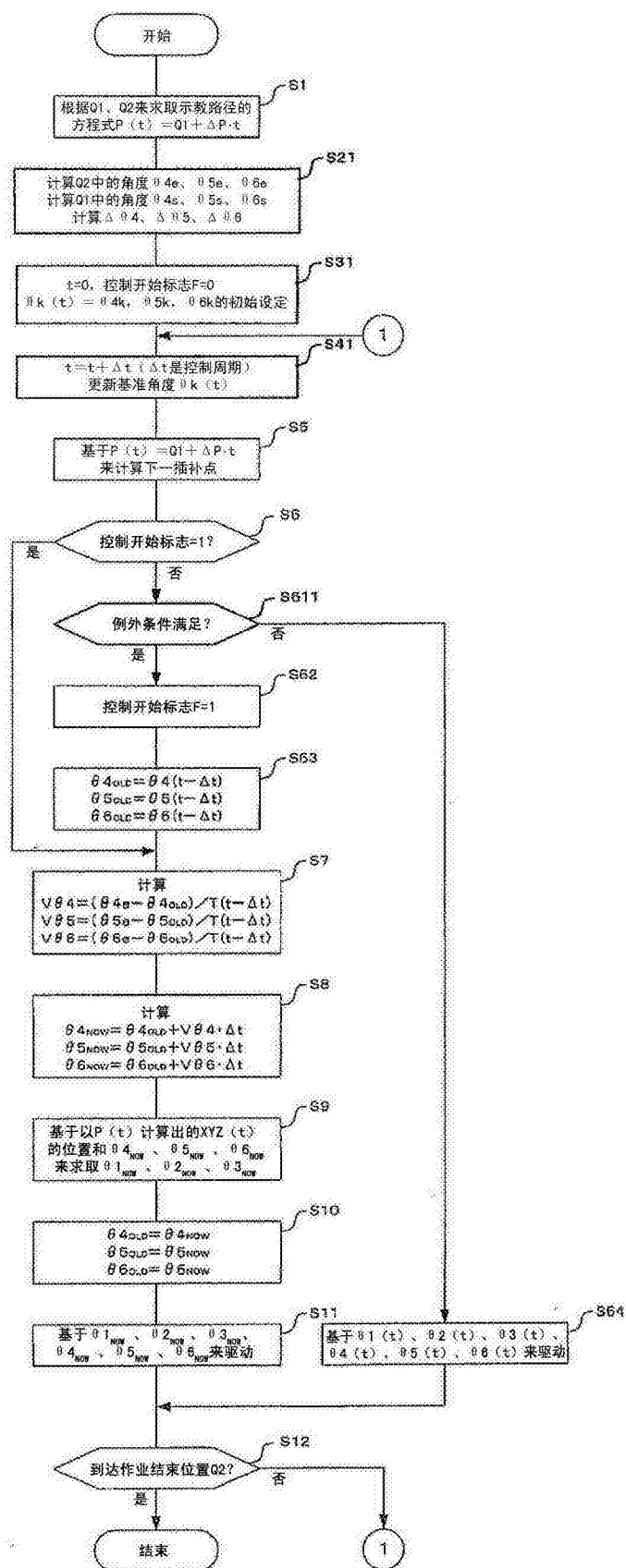


图 9

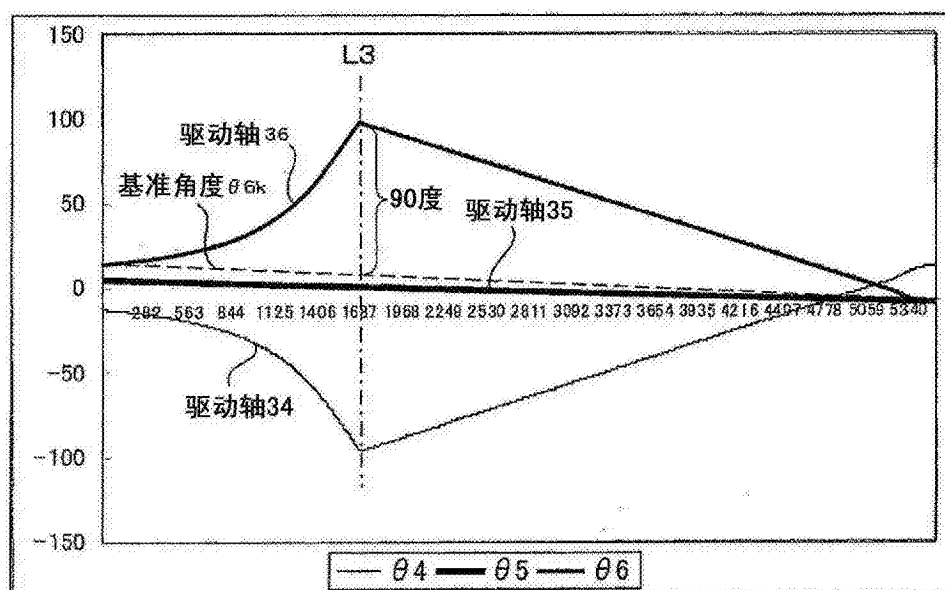


图 10

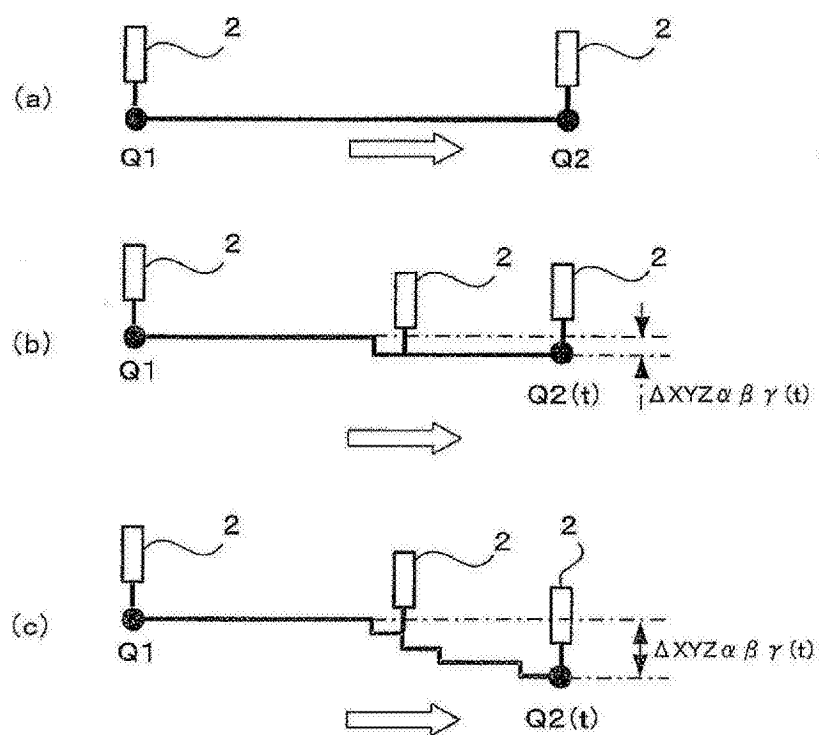


图 11

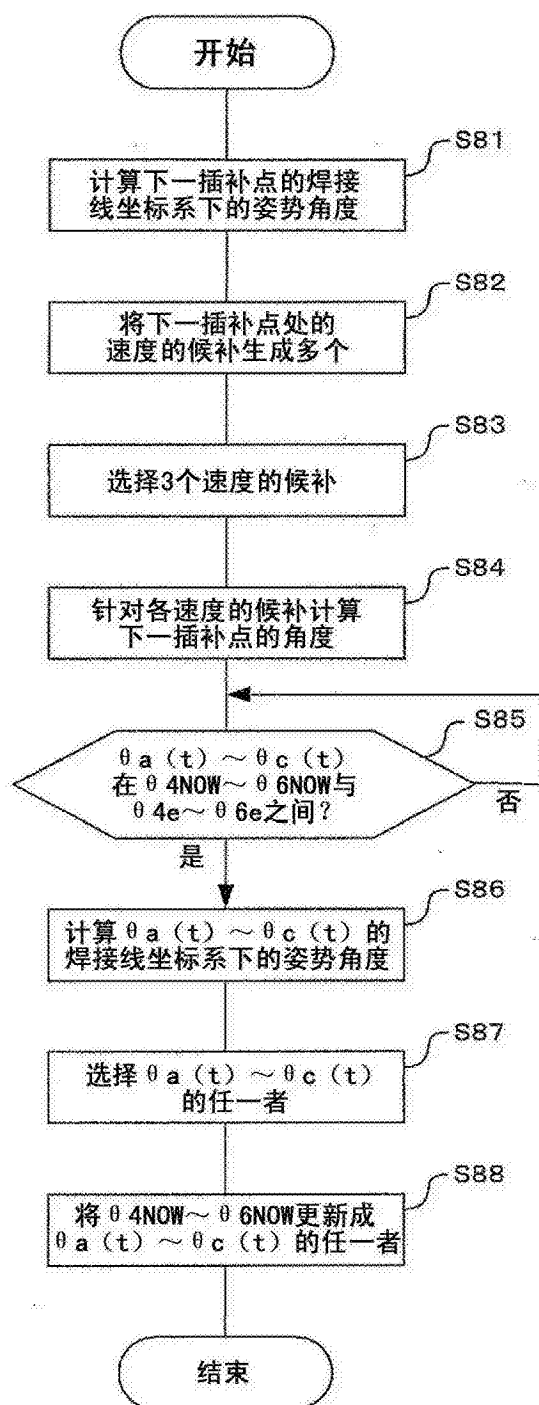


图 12

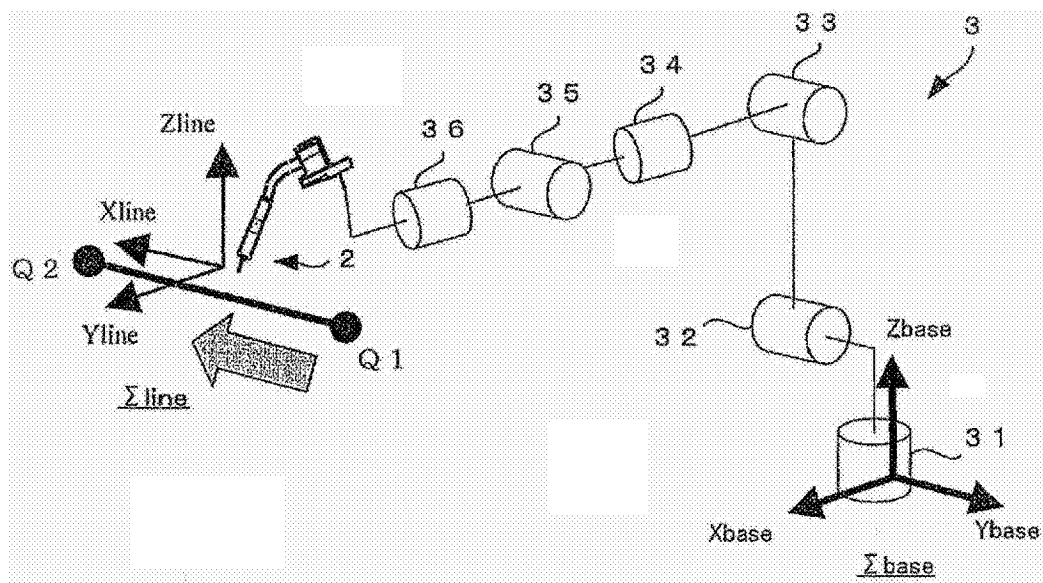


图 13

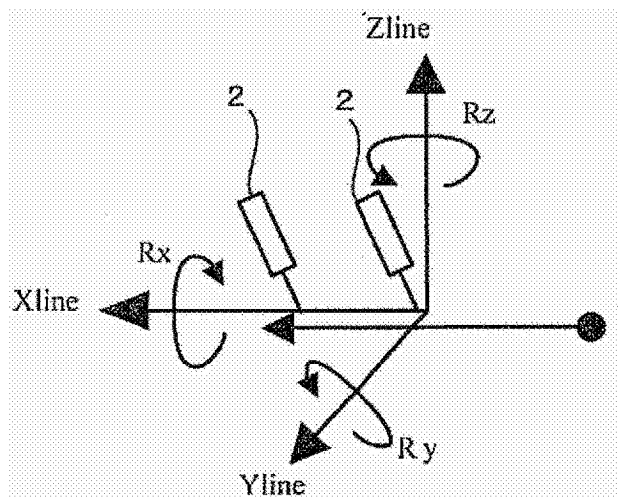


图 14

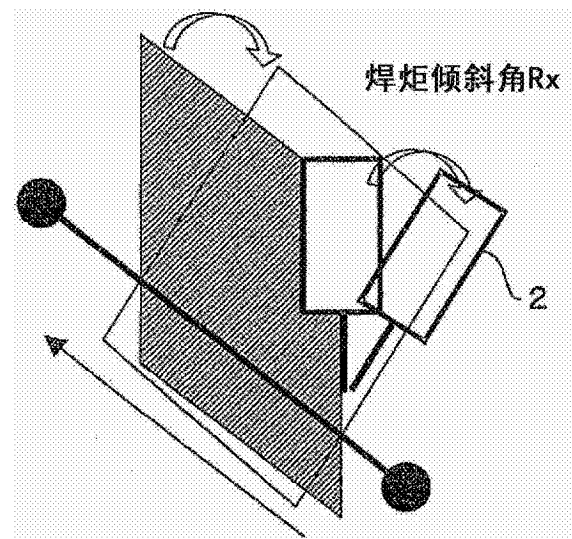


图 15

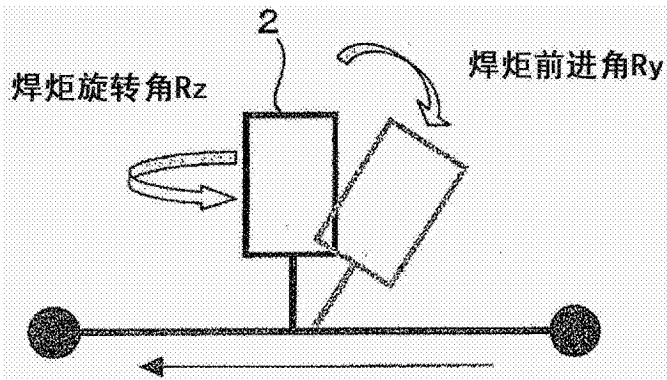


图 16

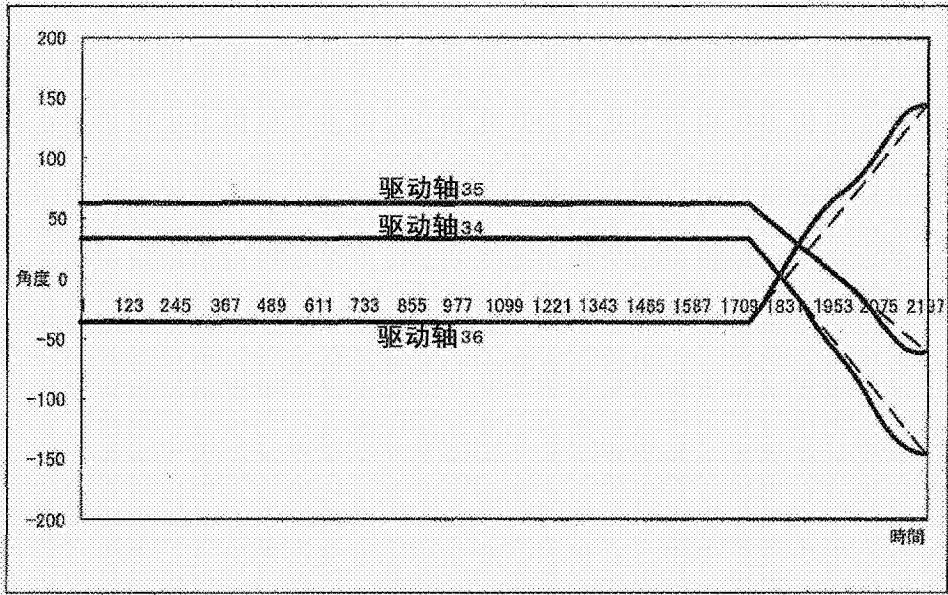


图 17

姿势变动

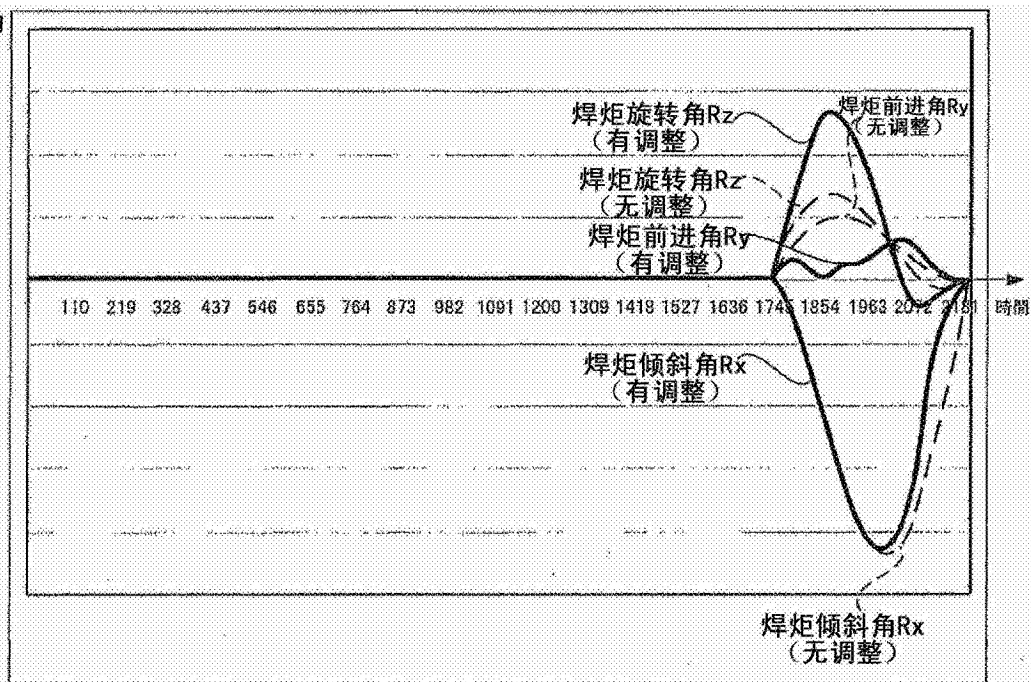


图 18

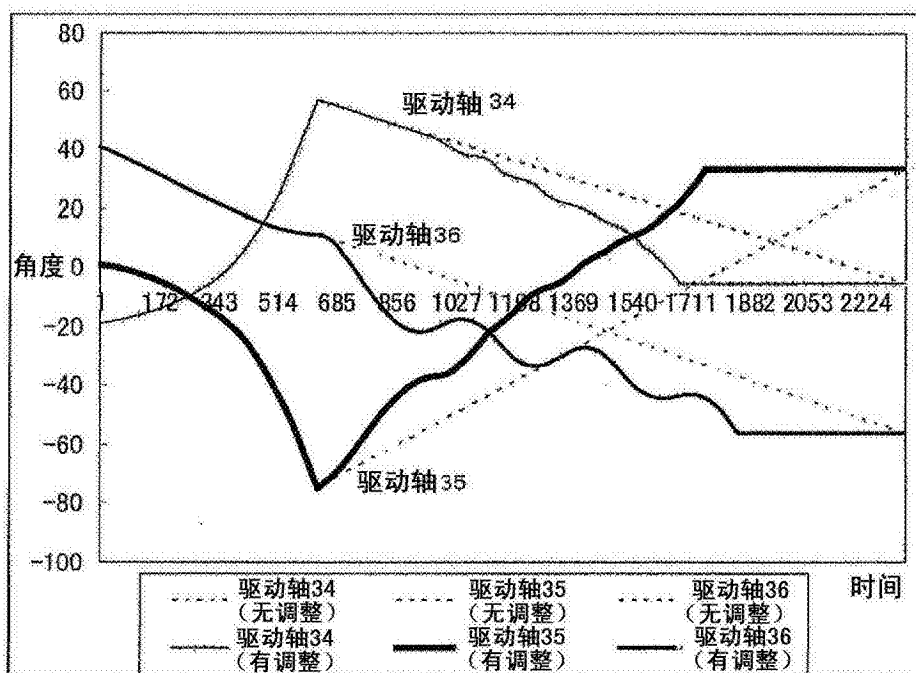


图 19

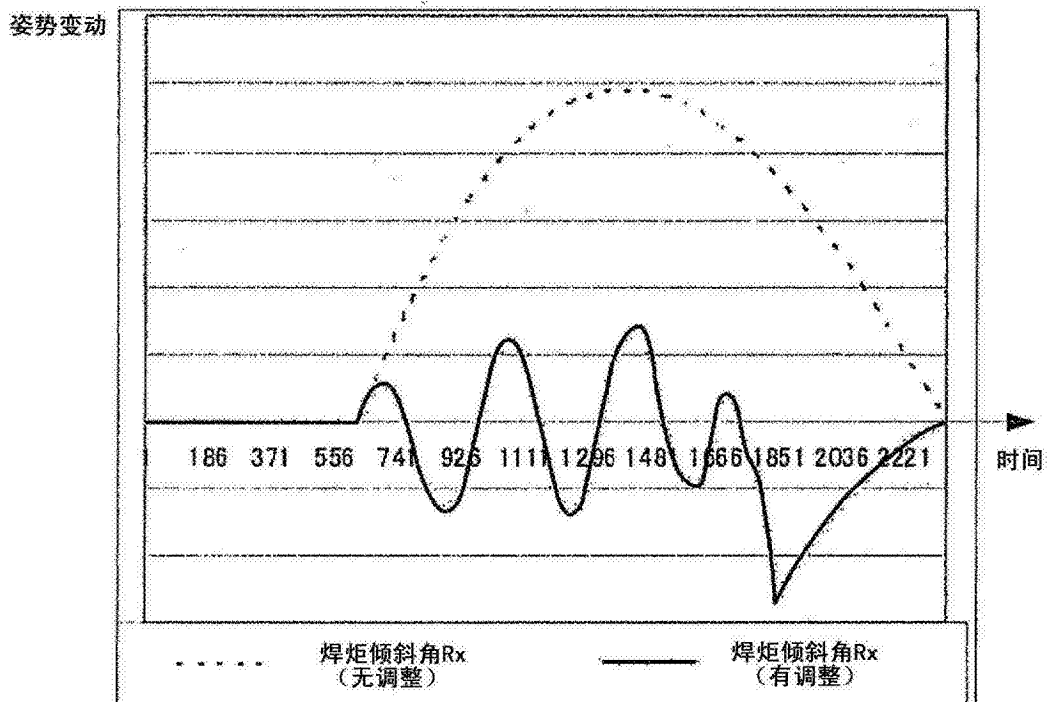


图 20

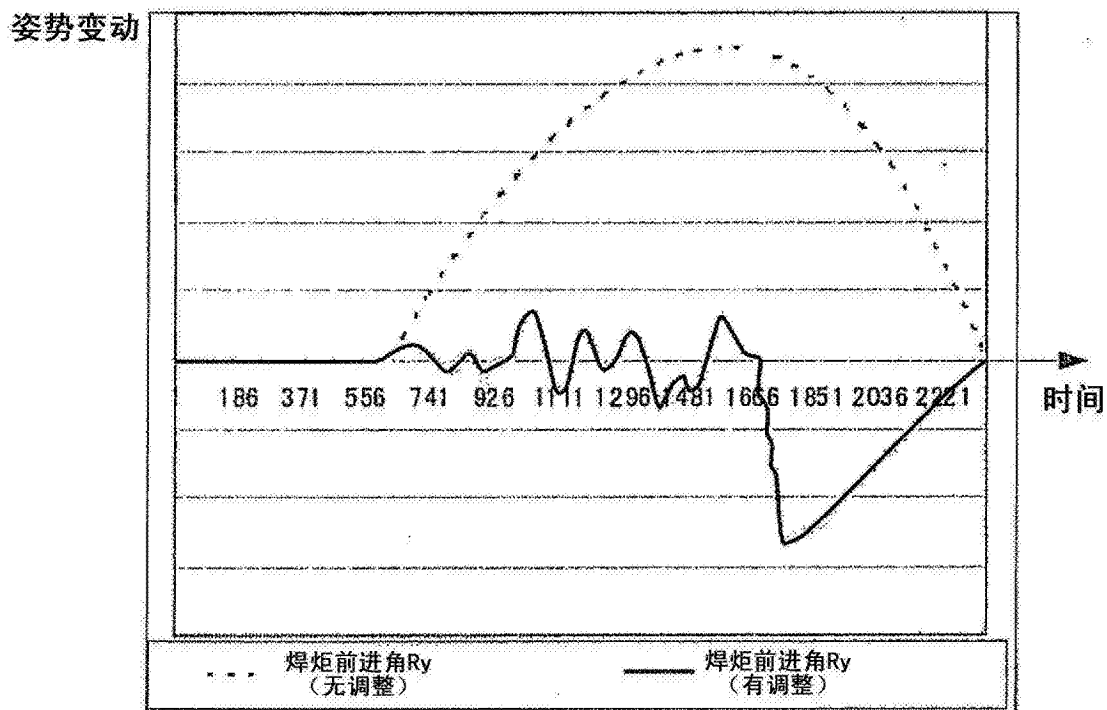


图 21

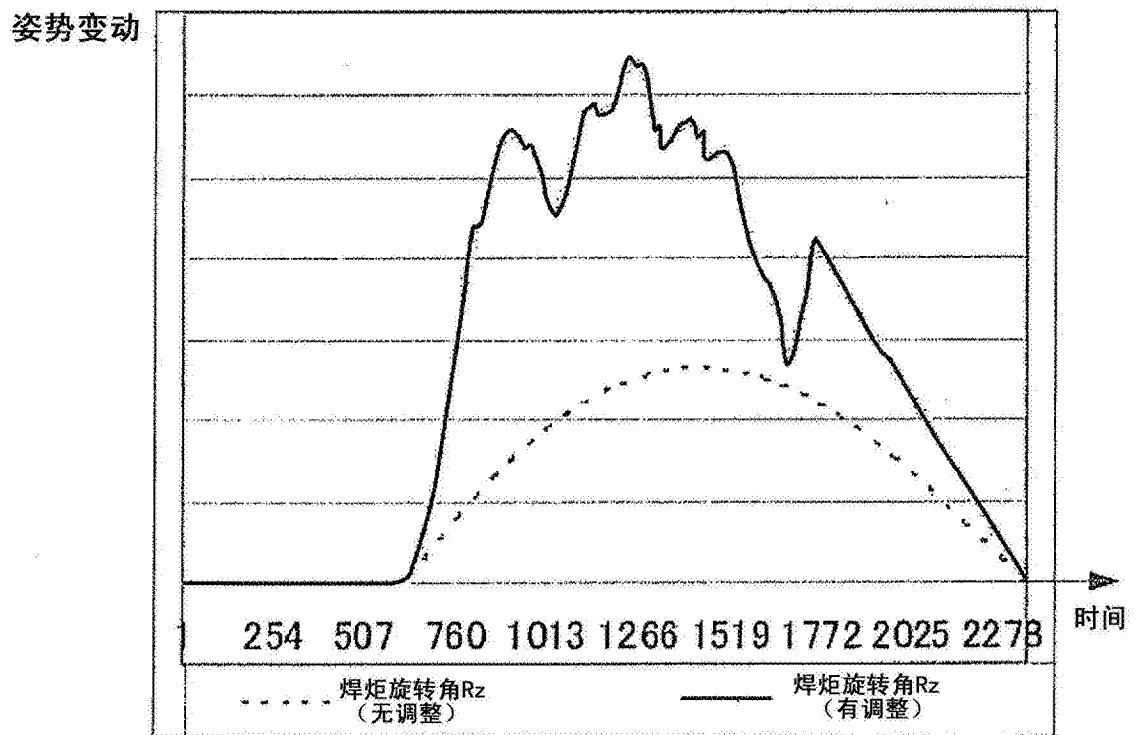


图 22

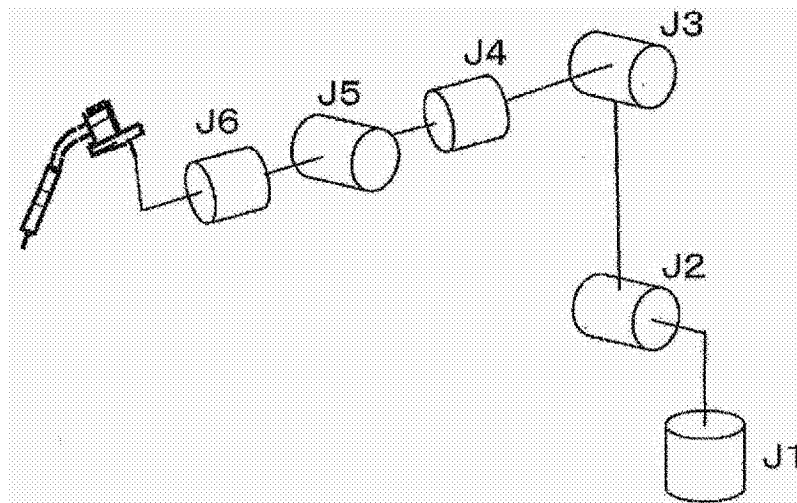


图 23

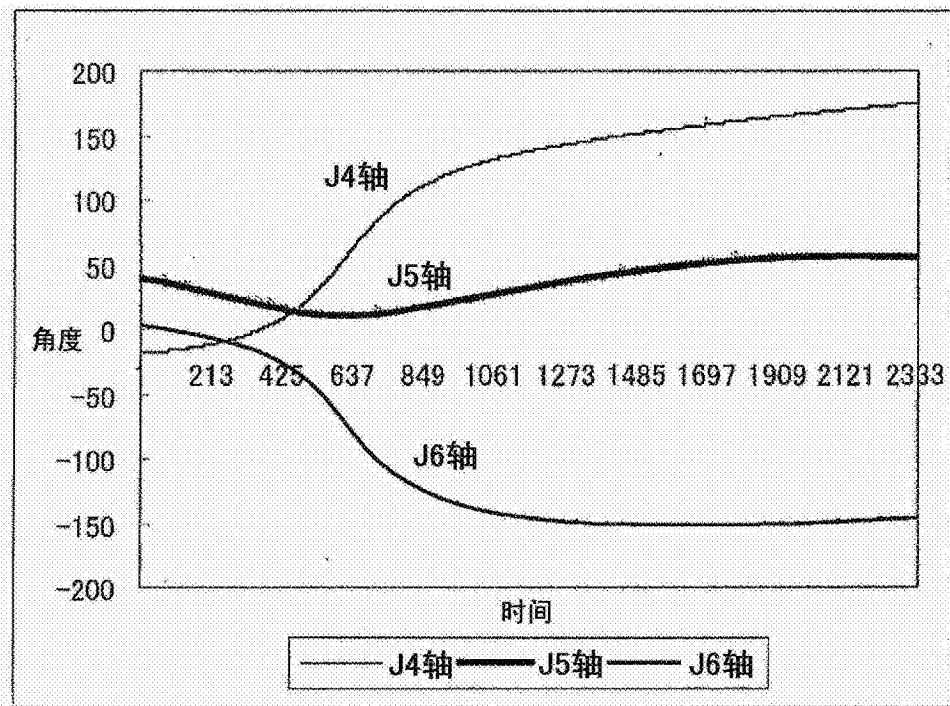


图 24

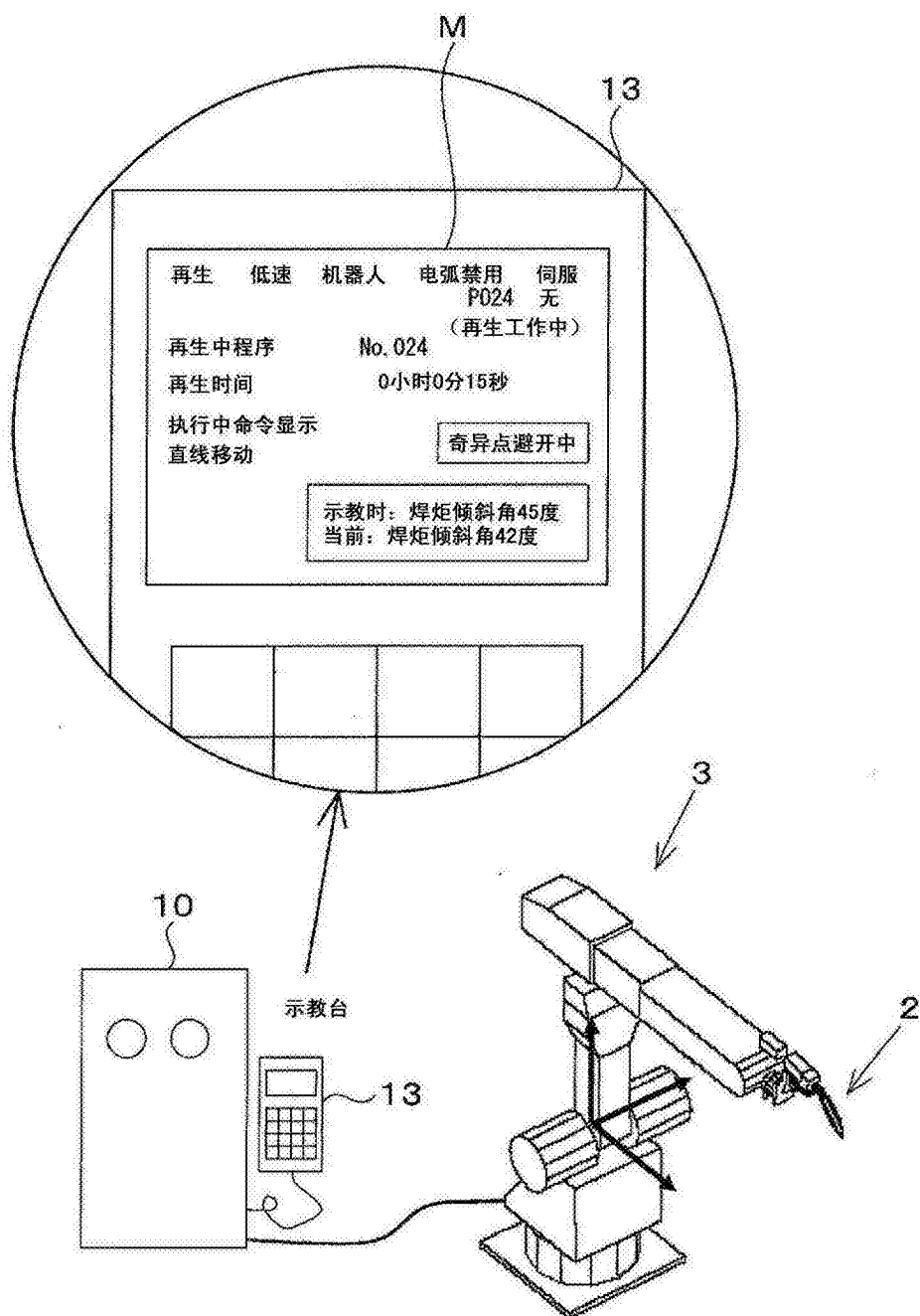


图 25