(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118632766 A
(43)申请公布日 2024.09.10

(21)申请号 202380018918.6
(22)申请日 2023.01.25
(30)优先权数据
2022-016096 2022.02.04 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.07.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/002235 2023.01.25
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/149298 JA 2023.08.10
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 前川清石 松冈谅
(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
专利代理师 何立波 张天舒
(51)Int.Cl.
B25J 9/10(2006.01)

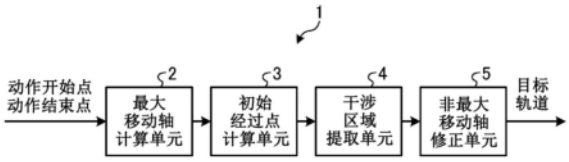
权利要求书2页 说明书19页 附图20页

(54)发明名称

轨道生成装置

(57)摘要

轨道生成装置(1)具有:最大移动轴计算单元(2),其对多个轴之中的在从动作开始点至动作结束点为止的动作中移动距离相对于最高速度的比成为最大的最大移动轴进行计算;初始经过点计算单元(3),其生成多个轴同步地动作的情况下的经过点;干涉区域提取单元(4),其对包含通过初始经过点计算单元(3)生成的多个经过点之中的与周围发生干涉的经过点在内的区间进行提取;以及非最大移动轴修正单元(5),其生成对多个轴之中的通过最大移动轴计算单元(2)计算出的最大移动轴以外的轴即非最大移动轴的位置进行修正,由此避开干涉的经过点。轨道生成装置(1)将非最大移动轴修正单元(5)的输出设为目标轨道。



CN 118632766 A

1.一种轨道生成装置,其特征在于,具有:

最大移动轴计算单元,其对多个轴之中的在从动作开始点至动作结束点为止的动作中移动距离相对于最高速度的比成为最大的最大移动轴进行计算;

初始经过点计算单元,其生成所述多个轴同步地动作的情况下的经过点;

干涉区域提取单元,其对包含通过所述初始经过点计算单元生成的多个所述经过点之中的与周围发生干涉的经过点在内的区间进行提取;以及

非最大移动轴修正单元,其生成对所述多个轴之中的通过所述最大移动轴计算单元计算出的所述最大移动轴以外的轴即非最大移动轴的位置进行修正,由此避开干涉的经过点,

将所述非最大移动轴修正单元的输出设为目标轨道。

2.根据权利要求1所述的轨道生成装置,其特征在于,

所述非最大移动轴修正单元具有:

经过点第1修正单元,其对干涉区域内的经过点的所述非最大移动轴的位置进行修正;以及

经过点第2修正单元,其对干涉区域前后的所述非最大移动轴的位置进行修正。

3.根据权利要求1或2所述的轨道生成装置,其特征在于,

所述非最大移动轴修正单元具有加减速考虑修正单元,该加减速考虑修正单元考虑加速度或转矩的限制而对经过点的所述非最大移动轴的位置进行修正。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的轨道生成装置,其特征在于,

所述非最大移动轴修正单元具有避开方向优化单元,该避开方向优化单元对修正所述非最大移动轴的位置的方向进行优化。

5.根据权利要求1所述的轨道生成装置,其特征在于,

所述非最大移动轴修正单元具有对避开点进行优化的避开点优化单元。

6.根据权利要求3所述的轨道生成装置,其特征在于,

所述非最大移动轴修正单元还具有加减速时间计算单元,该加减速时间计算单元在所述非最大移动轴的速度变化的情况下,对所述加减速考虑修正单元在经过点的修正时所使用的加减速时间进行计算。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的轨道生成装置,其特征在于,

还具有动作分割判定单元,该动作分割判定单元判定是否应该分割动作,

在通过所述动作分割判定单元判定为应该分割动作的情况下关于生成的多个动作分别生成轨道,对所述目标轨道进行更新。

8.根据权利要求1至7中任一项所述的轨道生成装置,其特征在于,

还具有直线插补插入判定单元,该直线插补插入判定单元判定是否应该通过使控制对象的控制点在直线上动作的直线插补避开干涉,

在所述直线插补插入判定单元判定为应该通过直线插补避开干涉的情况下通过直线插补进行干涉避开动作。

9.根据权利要求1至8中任一项所述的轨道生成装置,其特征在于,

还具有连接条件计算单元,该连接条件计算单元在基于所述动作开始点和所述动作结束点之中的至少一者的目标速度的方向及大小的指定而没有干涉的情况下对各轴同步地

动作的区间的起点、终点即连接地点的位置进行计算，

基于通过所述连接条件计算单元计算出的连接地点的位置而生成轨道。

10.根据权利要求1至9中任一项所述的轨道生成装置，其特征在于，

还具有控制系统影响考虑单元，该控制系统影响考虑单元通过控制系统对控制对象的轨迹从目标轨道偏离的影响进行推定，

基于所述控制系统影响考虑单元的输出对与所述干涉区域提取单元内部的障碍物有关的参数进行变更。

11.根据权利要求1至10中任一项所述的轨道生成装置，其特征在于，

所述非最大移动轴修正单元在基于多关节机器人的运动学的限制条件下，对所述非最大移动轴的位置进行修正。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的轨道生成装置，其特征在于，

还具有：

指令生成单元，其基于所述目标轨道而生成针对机器人的每个控制周期的插补动作；以及

指令修正单元，其对所述插补动作中的所述最大移动轴的加减速度、所述最大移动轴的加减速开始时刻、所述非最大移动轴的加减速度及所述非最大移动轴的加减速开始时刻之中的至少一个进行修正。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的轨道生成装置，其特征在于，

还具有机器人命令决定单元，该机器人命令决定单元将针对通过所述初始经过点计算单元计算的大于或等于一个经过点的插补动作，和针对与通过所述非最大移动轴修正单元修正的量相对应的大于或等于一个经过点的插补动作变换为机器人命令。

14.根据权利要求13所述的轨道生成装置，其特征在于，

还具有：

第1加减速决定单元，其决定通过所述初始经过点计算单元决定的轨道的加减速参数；以及

第2加减速决定单元，其决定通过所述非最大移动轴修正单元修正的轨道的加减速参数，

所述第1加减速决定单元将决定出的加减速参数发送至所述机器人命令决定单元，

所述第2加减速决定单元将决定出的加减速参数发送至所述机器人命令决定单元。

15.根据权利要求1至13中任一项所述的轨道生成装置，其特征在于，

具有：

第1加减速决定单元，其决定通过所述初始经过点计算单元决定的轨道的加减速参数；

第2加减速决定单元，其决定通过所述非最大移动轴修正单元修正的轨道的加减速参数；以及

加减速参数修正单元，其对通过所述第1加减速决定单元决定的加减速参数及通过所述第2加减速决定单元决定的加减速参数进行修正，

使用通过所述加减速参数修正单元修正后的加减速参数而生成所述目标轨道。

轨道生成装置

技术领域

[0001] 本发明涉及在机器人或工作机械等工业机械中,基于动作的开始点及结束点的信息和周围环境的信息,生成防止与周边发生干涉的工业机械的目标轨道的轨道生成装置。

背景技术

[0002] 在电机电子领域的组装作业、从工作机械的取出作业、或食品领域或者物流领域的输送作业中,在通过机器人进行作业时,需要一边防止与系统内部的障碍物的干涉、一边使机器人动作,但为了一边防止干涉、一边使机器人的作业高速化,在程序的生成及调整时需要熟练度。因此,希望一种即使是非专业人员,也能够简单地生成一边避开障碍物、一边用于使机器人动作的程序的技术。

[0003] 以往,提出了生成使机器人臂在开始示教点和目标示教点之间动作的轨道的轨道生成方法(例如,参照专利文献1)。现有的轨道生成方法包含:中间示教点生成工序,控制装置针对在使机器人臂动作的轨道的开始示教点和目标示教点之间配置的第1中间示教点群赋予位移,生成第2中间示教点群;以及轨道生成工序,控制装置基于第2中间示教点群,生成使模拟出机器人臂的机器人臂模型动作的轨道。现有的轨道生成方法还包含控制装置在中间示教点生成工序中,从针对第1中间示教点群赋予不同的位移而生成的多个第2中间示教点群,生成针对通过轨道生成工序分别生成的多个轨道的评价值的评价工序。现有的轨道生成方法还包含轨道决定工序,即,控制装置基于针对通过评价工序生成的多个轨道的评价值使第1中间示教点群移动,针对移动后的第1中间示教点群,重复执行中间示教点生成工序、轨道生成工序和评价工序,将满足规定的条件的第1中间示教点群决定为使机器人臂动作的轨道的生成所使用的中间示教点群。在生成第2中间示教点群的中间示教点生成工序中,作为用于赋予空间位移的参数,加上随机数值。

[0004] 专利文献1:日本特开2019—135076号公报

发明内容

[0005] 在现有技术中,在生成避开干涉轨道上的中间示教点群即经过点时,会产生随机数而对经过点进行修正,因此存在不一定会得到最佳的轨道这一问题,为了得到缩短动作时间的轨道而需要重复修正经过点,因此直至决定经过点为止需要比较长的时间这一问题,以及在每次试行时生成的轨道发生变动这一问题。

[0006] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,其目的在于,得到能够生成一边避开干涉、一边缩短动作时间的最佳的轨道,能够以比较短的时间进行目标轨道的探索,能够减小每次试行时的波动的轨道生成装置。

[0007] 为了解决上述课题,并达到目的,本发明所涉及的轨道生成装置具有:最大移动轴计算单元,其对多个轴之中的在从动作开始点至动作结束点为止的动作中移动距离相对于最高速度的比成为最大的最大移动轴进行计算;初始经过点计算单元,其生成多个轴同步地动作的情况下的经过点;干涉区域提取单元,其对包含通过初始经过点计算单元生成的

多个经过点之中的与周围发生干涉的经过点在内的区间进行提取;以及非最大移动轴修正单元,其生成对多个轴之中的通过最大移动轴计算单元计算出的最大移动轴以外的轴即非最大移动轴的位置进行修正,由此避开干涉的经过点。本发明所涉及的轨道生成装置将非最大移动轴修正单元的输出设为目标轨道。

[0008] 发明的效果

[0009] 本发明所涉及的轨道生成装置具有下述效果,即,能够生成一边避开干涉、一边缩短动作时间的最佳的轨道,能够以比较短的时间进行目标轨道的探索,能够减小每次试行时的波动。

附图说明

[0010] 图1是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0011] 图2是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第1修正例的图。

[0012] 图3是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0013] 图4是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第2修正例的图。

[0014] 图5是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第3修正例的图。

[0015] 图6是图2的修正的情况下的经过点的位置变化的说明图。

[0016] 图7是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第4修正例的图。

[0017] 图8是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第5修正例的图。

[0018] 图9是表示实施方式2所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0019] 图10是表示实施方式2中的经过点间的移动量的修正例的图。

[0020] 图11是表示实施方式3所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0021] 图12是表示实施方式4所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0022] 图13是表示实施方式5所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0023] 图14是表示实施方式6所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元的结构的图。

[0024] 图15是表示实施方式7所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0025] 图16是表示实施方式8所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0026] 图17是表示实施方式9所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0027] 图18是表示实施方式10所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0028] 图19是表示实施方式12中的经过点的移动量的图。

[0029] 图20是表示实施方式13所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0030] 图21是用于说明使用具有6个旋转轴的垂直多关节机器人的示意图,一边维持指尖的姿态、一边对非最大移动轴进行修正的例子的图。

[0031] 图22是表示实施方式14所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0032] 图23是表示由实施方式14所涉及的轨道生成装置所具有的指令修正单元进行的加减速度的修正的例子的图。

[0033] 图24是表示实施方式15所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0034] 图25是表示实施方式16所涉及的轨道生成装置的结构的图。

[0035] 图26是用于说明实施方式16所涉及的轨道生成装置的动作的例子的图。

[0036] 图27是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置所具有的最大移动轴计算单元、初始经过点计算单元、干涉区域提取单元及非最大移动轴修正单元的至少一部分功能通过处理器实现的情况下的处理器的图。

[0037] 图28是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置所具有的最大移动轴计算单元、初始经过点计算单元、干涉区域提取单元及非最大移动轴修正单元的至少一部分通过处理电路实现的情况下的处理电路的图。

具体实施方式

[0038] 下面,基于附图对实施方式所涉及的轨道生成装置详细地进行说明。

[0039] 实施方式1.

[0040] 图1是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置1的结构的图。轨道生成装置1是工业用机器人、人工协作机器人或工作机械等工业用机械的轨道生成所使用的装置。轨道生成装置1可以配置于工业用机器人等的控制装置之中,也可以构成在控制装置的外部的个人计算机的内部或云端。对轨道生成装置1输入动作开始点的信息及动作结束点的信息。

[0041] 轨道生成装置1具有:最大移动轴计算单元2,其对控制对象所具有的多个轴之中的在从动作开始点至动作结束点为止的动作中移动距离相对于最高速度的比成为最大的最大移动轴进行计算;以及初始经过点计算单元3,其生成多个轴同步动作的情况下的经过点。轨道生成装置1还具有:干涉区域提取单元4,其对包含通过初始经过点计算单元3生成的多个经过点之中的与周围发生干涉的经过点在内的区间进行提取;以及非最大移动轴修正单元5,其生成对多个轴之中的通过最大移动轴计算单元2计算出的最大移动轴以外的轴即非最大移动轴的位置进行修正,由此避开干涉的经过点。轨道生成装置1将非最大移动轴修正单元5的输出设为目标轨道。以下,进一步对最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5分别进行说明。

[0042] 最大移动轴计算单元2基于输入的动作开始点的信息及动作结束点的信息、和内部所存储的工业用机器人等的控制对象所具有的多个轴各自的最高速度,对在所指定出的动作中哪个轴成为最大移动轴进行计算。具体地说,最大移动轴计算单元2关于控制对象所具有的多个轴,分别从动作结束点的位置减去动作开始点的位置,将通过相减而得到的结果除以该轴的最高速度,将通过相除而得到的结果的绝对值成为最大的轴选定为最大移动轴。多个轴之中的最大移动轴以外的轴被记载为非最大移动轴。在最大移动轴计算单元2相除的结果的绝对值成为最大的轴存在多个的情况下,最大移动轴也可以存在多个。

[0043] 此外,在关于上述最大移动轴以外的轴由最大移动轴计算单元2相除的结果的绝对值、和关于上述最大移动轴由最大移动轴计算单元2相除的结果的绝对值的比大于或等于规定值的情况下,该轴也视作最大移动轴,可以将其以外的轴视作非最大移动轴。但是,下面,仅由最大移动轴计算单元2相除的结果的绝对值成为最大的轴为最大移动轴。

[0044] 在轨道生成装置1的后级设置有进行加减速、生成针对每个控制周期的指令的指令生成单元的情况下,轨道生成装置1不一定需要实施沿轨道的加减速。在实施方式1中,在轨道生成装置1的后级设置有进行加减速、生成针对每个控制周期的指令的指令生成单元。指令生成单元在图1中未示出。

[0045] 初始经过点计算单元3以一定的时间间隔而生成从动作开始点至动作结束点为止控制对象所具有的多个轴各自同步、无加减速地动作的情况下的初始经过点。图2是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第1修正例的图。图2示出了与最大移动轴及非最大移动轴各自分别存在一个的情况下的时间相当的移动量和经过点间的移动量之间的关系。在图2中还示出了干涉区域。

[0046] 在干涉区域提取单元4中,预先存储有机器人等控制对象的周围的障碍物的位置及大小等干涉判定所需的信息。干涉区域提取单元4基于所存储的干涉判定所需的信息、和通过初始经过点计算单元3计算的多个经过点各自的位置信息,对在多个经过点各自处是否发生干涉进行判定,在判定为在多个经过点的某处发生干涉的情况下,将包含判定为发生干涉的经过点在内的区间提取为干涉区域。

[0047] 图3是表示实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。非最大移动轴修正单元5具有:经过点第1修正单元6,其对干涉区域内的经过点的非最大移动轴的位置进行修正;经过点第2修正单元7,其对干涉区域前后的非最大移动轴的位置进行修正;以及加减速考虑修正单元8,其考虑加速度或转矩的限制而对经过点的非最大移动轴的位置进行修正。

[0048] 经过点第1修正单元6关于通过初始经过点计算单元3生成的多个经过点之中的、属于首先提取出的干涉区域的经过点,将最大移动轴的位置保持不变,对非最大移动轴的位置进行修正而生成避开干涉的经过点。关于由经过点第1修正单元6进行修正的方向,可以预先确定,也可以基于评价函数而选择最佳的方向。在实施方式1中,预先确定出由经过点第1修正单元6进行修正的方向。

[0049] 经过点第1修正单元6对在干涉区域所包含的经过点处仅使最大移动轴动作的情况下的移动方向进行计算,将相对于移动方向垂直向上及水平方向的各个方向且相对于移动方向正交的2个方向作为避开方向的候选,将使避开干涉时的非最大移动轴的移动量除以非最大移动轴的最高速度而得到的结果的绝对值的最大值成为最小的方向决定为避开方向。

[0050] 在控制对象为6轴垂直多关节机器人的情况下,经过点第1修正单元6可以从多个非最大移动轴之中的根部选择2个轴,将使该2个轴之中的移动量除以轴的最高速度而得到的结果的绝对值的最大值成为最小的方向决定为避开方向。图2(B)是表示通过经过点第1修正单元6得到的经过点的修正结果的图。

[0051] 在图2(B)中,非最大移动轴的速度超过非最大移动轴的容许最大速度,因此经过点第2修正单元7对干涉区域前后的经过点处的非最大移动轴的位置进行修正。经过点第2修正单元7可以如图2(C)、图4(C)或图5(C)所示进行修正。图4是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第2修正例的图。图4示出了与最大移动轴及非最大移动轴各自分别存在一个的情况下的时间相当的移动量和经过点间的移动量之间的关系。图5是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第3修正例的图。图5示出了与最大移动轴及非最大移动轴各自分别存

在一个的情况下的时间相当的移动量和经过点间的移动量之间的关系。

[0052] 在图2、图4及图5的任意图中，左上的(A)示出了通过初始经过点计算单元3生成的经过点，右上的(B)示出了通过经过点第1修正单元6修正后的经过点，左下的(C)示出了通过经过点第2修正单元7修正后的经过点，右下的(D)示出了通过加减速考虑修正单元8修正后的经过点。按照左上、右上、左下、右下的顺序生成或修正经过点。

[0053] 在图2、图4及图5的任意图中，左上及右上示出了相同的经过点，与经过点第2修正单元7所涉及的修正内容相对应地，左下及其以后不同。经过点第2修正单元7在满足兼顾非最大移动轴的速度限制和干涉避开的条件的范围，对干涉区域及干涉区域前后的经过点的非最大移动轴的位置进行修正。

[0054] 在最大移动轴以最高速度移动的区域，优选即使经过轨道生成装置1的后级的指令生成单元，最大移动轴也不减速。直至经过点第2修正单元7为止没有考虑加减速的影响，因此在这种情况下，轨道生成装置1的后级的指令生成单元需要使最大移动轴减速，动作时间变长。因此加减速考虑修正单元8对经过点的非最大移动轴的位置进行修正，以使得即使经过后级的指令生成单元，最大移动轴也不进行加减速，而是保持最高速度。

[0055] 具体地说，加减速考虑修正单元8基于预先确定或计算出的加速度限制值或者加减速时间的限制值，对非最大移动轴的经过点间的移动量或者移动速度的变动幅度进行限制。加减速考虑修正单元8可以基于预先确定或计算出的转矩限制值，对非最大移动轴的经过点间的移动量的变动幅度进行限制。

[0056] 在通过经过点第2修正单元7进行后的修正结果为图2(C)、图4(C)或图5(C)的情况下，如果通过加减速考虑修正单元8进行修正，则针对图2(C)的修正结果成为图2(D)，针对图4(C)的修正结果成为图4(D)，针对图5(C)的修正结果成为图5(D)。此外，图2的修正的情况下的经过点的位置变化的说明图为图6。

[0057] 加减速考虑修正单元8将修正后的经过点作为目标轨道而输出至指令生成单元。指令生成单元在输入的目标轨道上，生成满足与控制对象的速度和加速度或驱动转矩有关的限制的指令，对机器人等控制对象进行控制。

[0058] 在上述说明中，在从动作开始点至干涉区域的开始地点为止的第1区间和从干涉区域的结束地点至动作结束点为止的第2区间，非最大移动轴能够与最大移动轴相比提早完成动作。但是，在上述第1区间及第2区间的一者或两者，有时非最大移动轴与最大移动轴相比无法提早完成动作。

[0059] 图7是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第4修正例的图，图8是表示实施方式1中的经过点间的移动量的第5修正例的图，图7及图8示出了在从干涉区域的结束地点至动作结束点为止的第2区间，非最大移动轴与最大移动轴相比无法提早完成动作的情况下的经过点的修正结果。图7及图8所示的事例都示出了针对相同事例的经过点的生成结果，但通过经过点第2修正单元7进行后的修正结果不同。在图7的情况下，不对最大移动轴进行修正，而是仅对非最大移动轴进行修正，在最大移动轴的动作结束后非最大移动轴的动作结束。在图8的情况下，对非最大移动轴和最大移动轴这两者进行了修正。进一步而言，在图8的情况下，进行修正，以使得通过减少最大移动轴的移动速度，从而最大移动轴的动作和非最大移动轴的动作同时地结束。

[0060] 根据实施方式1所涉及的轨道生成装置1，最大移动轴生成尽可能保持最高速度的

轨道,因此得到下述效果,即,能够生成一边避开干涉、一边缩短动作时间的轨道。在此基础上,在经过点的生成时没有使用随机数,因此还得到下述效果,即,能够以短时间进行目标轨道的探索、及针对每次试行的波动变小。并且,还考虑非最大移动轴进行避开动作的情况下的加减速的影响,因此还得到下述效果,即,能够防止最大移动轴的不需要的加减速,缩短动作时间。即,轨道生成装置1能够生成一边避开干涉、一边缩短动作时间的最佳的轨道,能够以比较短的时间进行目标轨道的探索,能够减小针对每次试行的波动。

[0061] 实施方式2.

[0062] 表示实施方式2所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1,但实施方式2的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。图9是表示实施方式2所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。实施方式2的非最大移动轴修正单元5具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的全部结构要素之中的除了加减速考虑修正单元8以外的结构要素。即,实施方式2的非最大移动轴修正单元5具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的经过点第1修正单元6和经过点第2修正单元7,不具有加减速考虑修正单元8。

[0063] 例如在与图2相同的情形中,如图10所示,得到直至左下为止的经过点的修正结果。图10是表示实施方式2中的经过点间的移动量的修正例的图。在实施方式2中,经过点第2修正单元7的修正结果输出至后级的指令生成单元。因此,在实施方式2中,得不到防止最大移动轴的不需要的加减速这一效果,但得到能够生成一边避开干涉、一边缩短动作时间的轨道这一效果。在此基础上,在经过点的生成时没有使用随机数,因此还得到下述效果,即,能够以短时间进行目标轨道的探索、及针对每次试行的波动变小。

[0064] 实施方式3.

[0065] 表示实施方式3所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1,但实施方式3的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。图11是表示实施方式3所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。实施方式3的非最大移动轴修正单元5具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的全部结构要素和避开方向优化单元9。即,实施方式3的非最大移动轴修正单元5具有经过点第1修正单元6、经过点第2修正单元7、加减速考虑修正单元8及避开方向优化单元9。

[0066] 避开方向优化单元9对修正非最大移动轴的位置的方向进行优化。为了以生成一边避开干涉、一边成为最短的动作时间的轨道为目的进行优化,可以基于实施方式3所涉及的轨道生成装置的后级的指令生成单元的输出而选择最佳的修正方向,但在该方法中优化时需要比较长的时间。

[0067] 因此,将通过使向避开方向的移动时的非最大移动轴的移动量除以非最大移动轴的最大速度而得到的结果的最大值成为最小的条件进行优化的情况,在使向避开方向的移动时的非最大移动轴的移动量除以非最大移动轴的最大速度而得到的结果的最大值小于或等于容许值的范围将前端位置的移动量最小化的情况,以及在使向避开方向的移动时的非最大移动轴的移动量除以非最大移动轴的最大速度而得到的结果的最大值小于或等于容许值的范围将向避开方向的移动时的加速度最小化的情况之中的任意情况设为评价函数即可。

[0068] 避开方向优化单元9可以使用人工智能技术。例如避开方向优化单元9可以使用贝

叶斯优化、粒子群优化或遗传算法等方法。

[0069] 避开方向优化单元9可以使用基于动作开始点及动作结束点、以及干涉物的位置及大小的信息对最佳的避开方向进行学习后的神经网络。轨道的生成及指令值的生成在虚拟环境中也能够实施，因此在神经网络的学习中，可以通过重复虚拟环境的计算，而计算出虚拟环境中的后级的指令生成实施后的动作时间成为最短的避开方向，进行将动作开始点及动作结束点以及干涉物的位置及大小的信息作为输入，将避开方向作为输出的神经网络的学习。可以对训练好的神经网络输入生成轨道时的条件，将由神经网络输出的避开方向设为非最大移动轴修正单元5所涉及的避开方向。

[0070] 实施方式3所涉及的轨道生成装置具有避开方向优化单元9，因此与避开方向被固定的情况相比，能够缩短动作时间。

[0071] 实施方式4.

[0072] 表示实施方式4所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1，但实施方式4的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。图12是表示实施方式4所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。实施方式4的非最大移动轴修正单元5具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的经过点第1修正单元6及加减速考虑修正单元8和避开点优化单元10。实施方式4的非最大移动轴修正单元5不具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的经过点第2修正单元7。

[0073] 虽然避开方向相同，但如实施方式1所示，避开点的设定方法存在多个。根据避开点的选择，有时后级的指令生成单元考虑转矩限制而生成指令时的动作时间发生变动。另外，有时能够通过防止非最大移动轴的不需要的速度变动，从而防止为了使非最大移动轴进行加减速而动作时间延长。因此，在实施方式4中，针对决定出的避开方向，设置有对具体的避开点进行优化的避开点优化单元10。

[0074] 避开点优化单元10在满足能够避开干涉的限制的范围，对非最大移动轴的速度变动变小，包含最大移动轴而满足转矩限制的加速度变大的避开点进行探索。避开点优化单元10在避开点的探索时，可以与避开方向的探索同样地，使用贝叶斯优化、粒子群优化或遗传算法等方法。

[0075] 避开点优化单元10可以使用基于避开方向和动作开始点及动作结束点以及干涉物的位置及大小的信息对最佳的避开点进行学习后的神经网络。即使在虚拟环境中，也能够实施轨道的生成及指令值的生成，因此在神经网络的学习中，可以通过针对每个条件重复虚拟环境中的计算而计算出虚拟环境中的后级的指令生成实施后的动作时间成为最短的避开方向，进行将避开方向、动作开始点及动作结束点以及干涉物的位置及大小的信息作为输入，将避开点作为输出的神经网络的学习。可以对训练好的神经网络输入生成轨道时的条件，将由神经网络输出的避开点设为由避开点优化单元10生成的避开点。

[0076] 实施方式4所涉及的轨道生成装置具有避开点优化单元10，因此与避开点的计算方法固定的情况相比，能够缩短动作时间。

[0077] 实施方式5.

[0078] 表示实施方式5所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1，但实施方式5的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。图

13是表示实施方式5所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。实施方式5的非最大移动轴修正单元5具有避开方向避开点优化单元11和实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的加减速考虑修正单元8。实施方式5的非最大移动轴修正单元5不具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的经过点第1修正单元6及经过点第2修正单元7。

[0079] 实施方式3所涉及的轨道生成装置具有对避开方向进行优化的避开方向优化单元9,实施方式4所涉及的轨道生成装置具有对避开方向被决定后的避开点的生成进行优化的避开点优化单元10。实施方式5所涉及的轨道生成装置具有将避开方向和避开点合在一起进行优化的避开方向避开点优化单元11。避开方向避开点优化单元11与避开方向优化单元9及避开点优化单元10同样地,通过贝叶斯优化、粒子群优化或遗传算法等优化方法进行探索或使用神经网络而输出避开方向及避开点。

[0080] 实施方式5所涉及的轨道生成装置具有避开方向避开点优化单元11,因此与避开方向及避开点的计算方法固定的情况相比,能够缩短动作时间。

[0081] 实施方式6.

[0082] 表示实施方式6所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1,但实施方式6的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。图14是表示实施方式6所涉及的轨道生成装置所具有的非最大移动轴修正单元5的结构的图。实施方式6的非最大移动轴修正单元5具有实施方式1的非最大移动轴修正单元5所具有的全部结构要素和加减速时间计算单元12。即,实施方式6的非最大移动轴修正单元5具有经过点第1修正单元6、经过点第2修正单元7、加减速考虑修正单元8及加减速时间计算单元12。

[0083] 加减速时间计算单元12对在非最大移动轴的速度变化的情况下加减速考虑修正单元8实施经过点的修正所使用的加减速时间进行计算。在将由非最大驱动轴的速度变动的地点的各轴的速度的差构成的矢量设为Vc,将各轴的速度设为V,将各轴的位置设为θ,将作为控制对象的机器人的惯性矩阵设为M(θ),将由离心科里奥利力、重力及摩擦力之和构成的矢量设为H(θ,V),将由各轴的容许最大转矩构成的矢量设为τmax时,加减速时间计算单元12关于全部轴而计算满足下述的式(1)的最小的kt,将各轴的kt的最大值ktm作为加减速时间而输出。

[0084] 【式1】

[0085] $-\tau max \leqq M(\theta) \cdot Vc/kt + H(\theta,V) \leqq \tau max \cdots (1)$

[0086] 加减速考虑修正单元8以非最大移动轴的速度在从加减速时间计算单元12输出的加减速时间ktm发生变化的方式,对经过点进行修正。

[0087] 实施方式6所涉及的轨道生成装置考虑速度变化量、控制对象的位置姿态、移动速度及转矩限制而决定非最大移动轴的加减速,因此与将加减速参数设为固定的情况相比,能够缩短动作时间。

[0088] 实施方式7.

[0089] 图15是表示实施方式7所涉及的轨道生成装置1A的结构的图。轨道生成装置1A具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和动作分割判定单元13。即,轨道生成装置1A具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、

非最大移动轴修正单元5及动作分割判定单元13。实施方式1所涉及的轨道生成装置1生成将从动作开始点至动作结束点为止作为一个动作而考虑干涉后的轨道。实施方式7所涉及的轨道生成装置1A,将从动作开始点至动作结束点为止的动作作为一个动作,暂时实施从最大移动轴计算单元2至非最大移动轴修正单元5为止的运算。

[0090] 轨道生成装置1A在实施干涉避开而得到的结果为非最大移动轴的动作时间超过最大移动轴的动作时间的情况下,实施是否应该通过动作分割判定单元13将从动作开始点至动作结束点为止的动作分割为大于或等于两个动作的判定。在动作分割判定单元13判定为不应该分割动作的情况下,轨道生成装置1A将非最大移动轴修正单元5的输出作为生成的轨道而输出。在动作分割判定单元13判定为应该将动作分割为大于或等于两个动作的情况下,分别关于通过分割而得到的多个动作,由最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5各自实施处理,作为与将实施的结果通过分割而得到的多个动作各自有关的生成轨道而更新并输出。

[0091] 动作分割判定单元13对将动作分割为大于或等于两个动作的情况下的多个动作各自的最大移动轴的没有加减速的移动时间之和,与分割动作前的通过非最大移动轴修正单元5得到的移动时间进行比较。动作分割判定单元13在分割动作前的通过非最大移动轴修正单元5得到的移动时间比分割动作时的移动时间之和短的情况下,判定为不实施动作的分割。动作的分割例如是通过在分割前的干涉区域的中点处在预先确定的多个方向设定中间点而进行的。动作分割判定单元13通过对分割后的多个动作各自的最大移动轴的移动时间之和成为最小的组合进行探索,从而决定中间点的方向和中间点的从干涉区域起的移动量。

[0092] 进一步而言,动作分割判定单元13判定是否应该分割动作。实施方式7所涉及的轨道生成装置1A关于在通过动作分割判定单元13判定为应该分割动作的情况下生成的多个动作分别生成轨道。轨道生成装置1A将动作分割为大于或等于两个动作而生成轨道的方式,能够缩短得到最佳的轨道的情况下的动作时间。

[0093] 实施方式7中的非最大移动轴修正单元5可以是实施方式1至实施方式6为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0094] 实施方式8.

[0095] 图16是表示实施方式8所涉及的轨道生成装置1B的结构的图。轨道生成装置1B具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和直线插补插入判定单元14。即,轨道生成装置1B具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5及直线插补插入判定单元14。由于在障碍物窄的范围存在多个的情况下,需要针对每个轴而精细地设定经过点等理由,因此有时优选通过使机器人的指尖沿直线动作的直线插补而生成该区间的轨道。使上述机器人的指尖沿直线动作,是使控制对象的控制点在直线上动作。

[0096] 因此,在从通过干涉区域提取单元4判定为会发生干涉的障碍物起,在预先决定的距离以内存在其他障碍物的情况下,直线插补插入判定单元14判定为通过直线插补而实施该障碍物的避开。即,直线插补插入判定单元14判定为实施直线插补插入。在直线插补插入判定单元14判定为实施直线插补插入的情况下,非最大移动轴修正单元5的经过点第1修正单元6通过直线插补而生成经过点,并且对直至避开点为止的区间赋予直线插补的标志。

[0097] 在直至通过经过点第1修正单元6生成的经过点为止的速度超过最大移动轴或非最大移动轴的最大速度的情况下,经过点第2修正单元7通过在从原来的经过点至由经过点第1修正单元6生成的经过点为止的直线上新追加经过点,从而生成速度不超过最大速度的经过点。加减速考虑修正单元8在直至由经过点第1修正单元6生成的经过点为止的加速度超过预先设定的加速度的情况下,通过在直至由经过点第1修正单元6生成的经过点为止的直线上新追加经过点,从而生成加速度不超过加速度限制的经过点。

[0098] 进一步而言,直线插补插入判定单元14判定是否应该通过使控制对象的控制点在直线上动作的直线插补而避开干涉。实施方式8所涉及的轨道生成装置1B,在由直线插补插入判定单元14判定为应该通过直线插补而避开干涉的情况下,通过直线插补进行干涉避开动作。轨道生成装置1B能够缩短优选通过使控制对象的前端在直线上动作从而避开干涉的情况下的动作时间。

[0099] 实施方式8中的非最大移动轴修正单元5可以是实施方式1至实施方式7为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0100] 实施方式9.

[0101] 图17是表示实施方式9所涉及的轨道生成装置1C的结构的图。轨道生成装置1C具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和连接条件计算单元15。即,轨道生成装置1C具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5及连接条件计算单元15。

[0102] 在使机器人实施电机电子产品的组装等情况下,存在下述应用,即,在使控制对象直至目标点附近为止进行动作后希望在规定的方向沿直线动作等,希望将动作开始点和动作结束点之中的任一者的速度的大小指定为0以外。如上所述,为了与在动作开始点或动作结束点处不使控制对象停止,生成适于具有所指定出的方向及大小的速度的指令的轨道相对应,轨道生成装置1C具有连接条件计算单元15。

[0103] 表示动作开始点的位置、动作结束点的位置、动作开始点的速度及动作结束点的速度的信息输入至连接条件计算单元15。在作为动作开始点的速度及动作结束点的速度而设定有不为0的值的情况下,连接条件计算单元15首先基于动作开始点的位置、动作结束点的位置和各轴的最大速度,对各轴同步地动作的情况下的移动速度V0进行计算。接下来,连接条件计算单元15对从各轴的速度为在动作开始点或动作结束点处指定出的速度到达至计算出的各轴同步地动作的情况下的移动速度V0为止所需的时间、和在从各轴的速度为速度从在动作开始点或动作结束点处指定出的速度变化至各轴同步地动作的情况下的移动速度V0为止的期间所移动的移动距离L1进行计算,对以计算出的移动距离L1从动作开始点及动作结束点观察时处于动作区间的内侧的连接地点位置进行计算。连接地点位置是在没有干涉的情况下各轴同步地动作的区间的起点及终点。接下来,连接条件计算单元15基于动作开始点侧的连接点位置及动作结束点侧的连接点位置,在动作开始点侧的连接点位置和动作结束点侧的连接点位置之间,对使各轴同步地动作的情况下的各轴的速度进行计算。该各轴的速度是连接地点速度。

[0104] 在作为动作开始点的速度及动作结束点的速度而设定了0的情况下,连接条件计算单元15将连接位置保持动作开始点或动作结束点不变。接下来,连接条件计算单元15对从速度为动作开始点的速度或动作结束点的速度到达至计算出的连接地点速度为止所需

的时间和移动距离进行计算,重复对以计算出的移动距离处于动作区间的内侧的连接地点位置和连接地点速度进行计算。连接条件计算单元15在重复的次数到达规定次数的情况下、或与前次的速度及位置各自有关的差小于或等于规定值的情况下,将计算出的连接地点位置及连接地点速度输出至最大移动轴计算单元2。

[0105] 最大移动轴计算单元2基于输入的连接地点位置的信息对最大移动轴进行计算,将两个连接地点之中的一个视作动作开始点,并且将两个连接地点之中的另一个视作动作结束点。初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5各自实施与实施方式1的处理相同的处理。

[0106] 下面,对连接地点位置的导出方法进行说明。下述的各轴移动速度V0[i]是在不干涉的情况下各轴同步地动作的情况下的速度,直至连接点为止的移动时间T1max是各轴的速度从在动作开始点或动作结束点处指定出的速度到达至V0[i]为止所需的时间的最大值,各轴的移动量L1[i]是各轴以时间T1max移动的距离。移动距离是通过对速度进行积分而计算的。

[0107] 以指定出动作开始点处的速度的情况为例进行说明。控制对象的第i个轴的位置、速度及加速度等通过[i]表现。控制对象例如是机器人。将动作开始点的位置设为Ps[i],将动作开始点处的指定速度设为Vs[i],将动作结束点的位置设为Pe[i]。此时,首先,连接条件计算单元15对从动作开始点至动作结束点为止各轴同步地移动的情况下的各轴移动速度V0[i]进行计算。具体地说,连接条件计算单元15使用下述的式(2),对各轴移动速度V0[i]进行计算。

[0108] 【式2】

[0109] V0[i]＝(Pe[i]-Ps[i])/(max(abs((Pe[i]-Ps[i])/Vmax[i]))…(2)

[0110] 在式(2)中,Vmax[i]表示各轴的容许最高速度,abs表示绝对值,max表示各轴的计算结果的最大值。接下来,连接条件计算单元15使用下述的式(3),对动作开始点处的指定速度Vs[i]和计算出的V0[i]的差即Ve1[i]进行计算。

[0111] 【式3】

[0112] Ve1[i]＝V0[i]-Vs[i]…(3)

[0113] 在将预先指定出或导出的加减速时间设为Kt时,连接条件计算单元15使用下述的式(4)对T1[i]进行计算。

[0114] 【式4】

[0115] T1[i]＝abs(Ve1[i])·Kt/Vmax[i]…(4)

[0116] 如果将各轴的T1[i]的最大值设为T1max,则直至连接点为止的移动时间设为T1max。接下来,连接条件计算单元15对在时间T1max从Vs[i]至V0[i]为止以恒定的加速度使速度变化时的各轴的移动量L1[i]进行计算,将Ps[i]+L1[i]设为连接点Pa1的第i轴的位置Pa1[i]。以在动作开始点处指定出速度的情况为例进行了说明,但在动作结束点处指定出速度的情况也是同样的。

[0117] 进一步而言,连接条件计算单元15基于动作开始点和动作结束点之中的至少一者的目标速度的方向及大小的指定,对连接地点的位置进行计算。实施方式9所涉及的轨道生成装置1C基于通过连接条件计算单元15计算出的连接地点的位置而生成轨道。轨道生成装置1C能够缩短指定出动作开始地点和动作结束地点之中的至少一者的各轴的速度的情况

下的动作时间。

[0118] 实施方式9中的非最大移动轴修正单元5,可以是从实施方式1至实施方式8为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0119] 实施方式10.

[0120] 图18是表示实施方式10所涉及的轨道生成装置1D的结构的图。轨道生成装置1D具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和控制系统影响考虑单元16。即,轨道生成装置1D具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5及控制系统影响考虑单元16。通过轨道生成装置1D生成的轨道输入至后级的指令生成单元,指令生成单元保持通过轨道生成装置1D生成的轨道不变,生成满足与各轴的速度及转矩有关的限制的针对每个控制周期的指令,对控制对象进行控制。在控制对象的控制中通常产生延迟,因此实际的控制对象并不严格地经过由轨道生成装置生成的轨道,由于控制系统的影响而经过内旋的路径。

[0121] 因此,轨道生成装置1D考虑控制系统的影响,通过虚拟地增大干涉区域提取单元4所存储的障碍物的大小,从而生成由于控制系统的影响,即使控制对象的轨迹偏离也不发生干涉的轨道。控制系统的特性有时根据控制对象的位置而变动,因此控制系统影响考虑单元16取得动作开始地点及动作结束地点的信息,还考虑动作范围内的控制系统的特性而决定障碍物的大小的变更量或变更比率。

[0122] 进一步而言,控制系统影响考虑单元16通过控制系统对控制对象的轨迹从目标轨道偏离的影响进行推定。轨道生成装置1D基于控制系统影响考虑单元16的输出,对与干涉区域提取单元4内部的障碍物有关的参数进行变更。轨道生成装置1D还能够考虑根据控制系统的特性而发生的控制对象的轨迹的偏离的影响,因此能够生成能够进行更准确的避开的轨道。

[0123] 实施方式10中的非最大移动轴修正单元5可以是从实施方式1至实施方式9为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0124] 实施方式11.

[0125] 表示实施方式11所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1,但实施方式11的非最大移动轴修正单元5的结构与实施方式1的非最大移动轴修正单元5的结构不同。在实施方式11中,干涉区域提取单元4提取的干涉区域存在多个。在干涉区域存在多个的情况下,经过点第1修正单元6在非最大移动轴的避开方向在多个干涉区域中成为相同的条件下决定避开方向。经过点第2修正单元7在各干涉区域之间,不进行修正以使得非最大移动轴返回至初始经过点,而是对经过点进行修正以使得将相邻的干涉区域间连接。上述动作以外的动作与在实施方式1中说明的动作相同,因此省略上述动作以外的动作的说明。

[0126] 实施方式11所涉及的轨道生成装置,在控制对象的动作路径中存在多个障碍物的情况下,能够一边避开干涉、一边缩短动作时间。

[0127] 实施方式12.

[0128] 表示实施方式12所涉及的轨道生成装置的整体结构的说明图也是图1,但在实施方式12中,在轨道生成装置的后级没有设置指令生成单元,将通过轨道生成装置生成的轨道用作针对每个控制周期的指令。在后级的指令生成单元中没有实施加减速,因此在通过初始经过点计算单元3计算的经过点处,速度的波形不是速度矩形波,进行加减速而生成速

度梯形。速度梯形的倾斜度可以基于动作开始地点的位置、动作结束地点的位置和各轴的最高速度,考虑转矩限制而进行计算。速度梯形的倾斜度是加速度。

[0129] 图19是表示实施方式12中的经过点的移动量的图。在图19中,左上的图示出了初始经过点计算单元3的计算结果,右上的图示出了经过点第1修正单元6的修正结果,左下的图示出了经过点第2修正单元7的修正结果,右下的图示出了加减速考虑修正单元8的修正结果。实施方式12所涉及的轨道生成装置,将加减速考虑修正单元8的输出作为生成的指令而对控制对象进行控制。

[0130] 实施方式12所涉及的轨道生成装置,能够削减用于生成避开干涉而缩短动作时间的指令的运算时间。

[0131] 实施方式13.

[0132] 图20是表示实施方式13所涉及的轨道生成装置1E的结构的图。轨道生成装置1E具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素、限制条件存储单元17和限制条件充足判定单元18。即,轨道生成装置1E具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5、限制条件存储单元17及限制条件充足判定单元18。限制条件存储单元17通过例如半导体存储器而实现。在实施方式13中,非最大移动轴修正单元5在基于多关节机器人的运动学的限制条件下对非最大移动轴的位置进行修正。进一步而言,非最大移动轴修正单元5一边考虑基于多关节机器人的运动学的限制条件、一边对非最大移动轴的位置进行修正。

[0133] 作为基于运动学的限制条件的例子,存在直线插补动作中的临界点的避开这一条件。在多关节机器人中,取得腕伸长的姿态、大于或等于两个旋转轴在一条直线上排列的姿态的位置被称为临界点。在临界点处,指尖的运动的自由度减少,由此实现指尖的位置及姿态的各关节的位置的组合没有被唯一地决定。基本上,在关节插补动作中,多关节机器人能够经过轨道上的临界点,但如实施方式8所述,在通过直线插补生成一部分区间的轨道的情况下,在临界点的附近,下一个控制点处的各关节的位置未被决定,有可能由于错误而多关节机器人停止。

[0134] 限制条件存储单元17存储有所需的轨道上的临界点的条件。分别针对通过非最大移动轴修正单元5中的经过点第1修正单元6及经过点第2修正单元7求出的修正方向的多个候选,限制条件充足判定单元18判定直至下一个经过点为止多关节机器人是否经过临界点,不采用多关节机器人经过临界点的修正方向的候选。这例如是使用最佳的修正方向的评价函数,调查对将两个经过点连结的线段以一定间隔分割出的地点是否是临界点的附近,在该地点是临界点的附近的情况下对评价值赋予惩罚而能够实现的。由此,即使在关于多关节机器人的移动使用直线插补的情况下,实施方式13所涉及的轨道生成装置1E也能够得到在避开实现多关节机器人的指尖的位置的各轴的位置没有被唯一地决定的临界点的同时实现移动动作的轨道。

[0135] 作为其他的限制条件的例子,存在维持指尖的姿态这一条件。图21是用于说明使用具有从旋转轴J1至旋转轴J6为止的6个旋转轴的垂直多关节机器人的示意图,一边维持指尖的姿态、一边对非最大移动轴进行修正的例子的图。例如在机器人手一边将抓持的工件W的姿态保持为水平,一边在使成为最大移动轴的旋转轴J1移动而使工件W移动的中途,如图21的左侧的图所示工件W与障碍物S干涉时,通过对作为非最大移动轴的旋转轴J2、J3、

J5的位置进行修正,从而能够如图21的右侧的图所示,将工件W的姿态保持不变而避开工件W和障碍物S的干涉。在该情况下,修正前的指尖的姿态被设定于限制条件存储单元17,经过点第1修正单元6及经过点第2修正单元7使用逆运动学的计算而求出不改变指尖的姿态的非最大移动轴的位置。这例如是在干涉区域决定经过点的修正方向时,将正交空间中的垂直向上方向、垂直向下方向及在水平面内相对于移动方向正交的2个方向作为指尖的位置的避开方向的候选,限制条件充足判定单元18通过逆运动学而针对各候选的指尖的位置对满足姿态的限制的非最大移动轴的位置进行计算,对将非最大移动轴的移动量除以该非最大移动轴的最高速度而得到的结果的绝对值的最大值成为最小的方向进行选择而能够实现。在该情况下,限制条件充足判定单元18的处理可以包含于非最大移动轴修正单元5中的经过点第1修正单元6及经过点第2修正单元7的处理。由此,实施方式13所涉及的轨道生成装置1E能够得到一边将指尖的姿态保持为水平、一边实现移动动作的轨道。

[0136] 用户可以根据需要,使用外部接口等而追加或删除限制条件。

[0137] 实施方式13中的非最大移动轴修正单元5可以是从实施方式1至实施方式7为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0138] 实施方式14.

[0139] 图22是表示实施方式14所涉及的轨道生成装置1F的结构的图。轨道生成装置1F具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素、指令生成单元19和指令修正单元20。即,轨道生成装置1F具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5、指令生成单元19及指令修正单元20。

[0140] 指令生成单元19基于从非最大移动轴修正单元5输出的目标轨道,生成针对机器人的每个控制周期的插补动作。即,指令生成单元19基于从非最大移动轴修正单元5输出的目标轨道而生成插补动作指令。指令修正单元20位于指令生成单元19的后级,对针对机器人的每个控制周期的插补动作中的最大移动轴的加减速度、最大移动轴的加减速开始时刻、非最大移动轴的加减速度及非最大移动轴的加减速开始时刻之中的至少一个进行修正,输出动作指令。

[0141] 针对由非最大移动轴修正单元5输出的目标轨道,在指令生成单元19以全部轴的动作结束时刻同步的方式生成针对机器人的每个控制周期的插补动作指令时,为了与用于避开干涉的非最大移动轴的动作同步,有时最大移动轴的速度降低。图23是表示由实施方式14所涉及的轨道生成装置1F所具有的指令修正单元20进行的加减速度的修正的例子的图。如图23的左侧的图所示,在将角速度为零的停止状态分隔开的一系列的动作的后半部需要避开非最大移动轴的干涉的情况下,如果以最大移动轴能够产生的最大的减速度开始减速,则在速度波形中会产生凹陷的部分即跃度。与此相对,如果缓和最大移动轴的减速度,则如图23的右侧的图所示,最大移动轴能够维持梯形速度波形。由此,实施方式14所涉及的轨道生成装置1F能够不产生多余的跃度,使机器人的结构部件的寿命提高。

[0142] 图23示出仅对最大移动轴的减速度进行修正的例子,但指令修正单元20可以作为能够缩短动作时间的加减速参数的组合,使最大移动轴的加减速度、最大移动轴的加减速开始时刻、非最大移动轴的加减速度及非最大移动轴的加减速开始时刻的组合优化。作为组合优化的方法,例如能够使用粒子群优化、贝叶斯优化。另外,指令修正单元20针对最佳的加减速参数的组合候选可以具有下述功能,即,通过仿真对通过使用这些参数而生成的

动作指令启动的机器人不与障碍物干涉进行确认。

[0143] 实施方式14中的非最大移动轴修正单元5可以是从实施方式1至实施方式7为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0144] 实施方式15.

[0145] 图24是表示实施方式15所涉及的轨道生成装置1G的结构的图。轨道生成装置1G具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和机器人命令决定单元21。即,轨道生成装置1G具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5及机器人命令决定单元21。机器人命令决定单元21将针对通过初始经过点计算单元3计算的点列的插补动作和针对与通过非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列的插补动作变换为机器人命令,输出机器人命令。点列是将由轨道生成装置生成的大于或等于一个经过点,从动作开始点至动作结束点为止依次排列而得到的。

[0146] 在实施方式15中,初始经过点计算单元3具有第1加减速决定单元31,该第1加减速决定单元31作为非最大移动轴的修正前的插补动作的信息而决定由初始经过点计算单元3决定的轨道的加减速参数。第1加减速决定单元31将决定出的加减速参数输出至机器人命令决定单元21。第1加减速决定单元31可以设置于初始经过点计算单元3的后级。非最大移动轴修正单元5具有第2加减速决定单元51,该第2加减速决定单元51作为与非最大移动轴的修正量相对应的插补动作的信息而决定由非最大移动轴修正单元5修正的轨道的加减速参数。第2加减速决定单元51将决定出的加减速参数输出至机器人命令决定单元21。第2加减速决定单元51相当于实施方式6所涉及的轨道生成装置所具有的加减速时间计算单元12。第2加减速决定单元51可以设置于非最大移动轴修正单元5的后级。在第2加减速决定单元51设置于非最大移动轴修正单元5的后级的情况下,为了输出将由非最大移动轴修正单元5基于初始经过点计算单元3的动作的轨道和通过非最大移动轴修正单元5修正的轨道合成而得到的结果,第2加减速决定单元51将轨道恢复为合成前而求出修正轨道的加减速参数。

[0147] 通常来说,在工业用机器人控制器准备有通过专用的编程语言创建的动作命令。例如存在通过关节坐标对指定出的二点间进行插补的命令、对指定出的二点间进行直线插补的命令。下面,通过关节坐标对指定出的二点间进行插补的命令被记载为MOV命令,对指定出的二点间进行直线插补的命令被记载为MVS命令。

[0148] 决定加减速参数而将MOV命令、MVS命令传送至指令生成单元,或在机器人控制装置执行MOV命令、MVS命令前决定加减速参数,由此生成针对机器人的每个控制周期的插补动作指令。如果机器人控制装置决定出加减速参数,则实现的轨道有可能相对于从非最大移动轴修正单元5输出的目标轨道而偏离,因此以下对轨道生成装置1G决定至加减速参数为止的情况进行说明。

[0149] 为了在决定至加减速参数为止后将插补动作变换为机器人命令,第1加减速决定单元31需要针对由初始经过点计算单元3计算的点列而决定插补动作的加减速参数,第2加减速决定单元51需要针对与为了避开干涉而由非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列决定插补动作的加减速参数。针对与由非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列的插补动作的加减速参数,例如能够通过由实施方式6所述的加减速考虑修正

单元8进行的计算而决定。针对由初始经过点计算单元3计算的点列的插补动作的加减速参数,也能够通过由第1加减速决定单元31进行相同的计算而决定。机器人命令决定单元21根据与由初始经过点计算单元3计算的点列相关的信息、与由非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列相关的信息、以及由第1加减速决定单元31及第2加减速决定单元51计算出的加减速参数,生成与初始经过点计算单元3的输出相对应的机器人的动作命令、及与由非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的修正动作所对应的机器人的动作命令。

[0150] 至此为止,对实施方式15所涉及的轨道生成装置1G决定至加减速参数为止的情况进行了说明,但加减速参数也可以在轨道生成装置1G的外部决定。在加减速参数在轨道生成装置1G的外部决定的情况下,轨道生成装置1G可以不具有第1加减速决定单元31及第2加减速决定单元51。此时,机器人命令决定单元21基于与由初始经过点计算单元3计算的点列相关的信息、和与由非最大移动轴修正单元5计算的修正量所对应的点列相关的信息,基于与初始经过点计算单元3的输出相对应的机器人的动作命令及由非最大移动轴修正单元5计算的修正量而生成与修正动作相对应的机器人的动作命令。

[0151] 如上所述,实施方式15所涉及的轨道生成装置1G将经过至非最大移动轴修正单元5为止而生成的目标轨道变换为多个插补动作的命令并输出,由此机器人控制器无需对轨道点列进行存储,能够削减机器人控制器的存储量。

[0152] 实施方式15中的除了第1加减速决定单元31以外的初始经过点计算单元3是实施方式1的初始经过点计算单元3。实施方式15中的除了第2加减速决定单元51以外的非最大移动轴修正单元5,可以是从实施方式1至实施方式7为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0153] 实施方式16.

[0154] 图25是表示实施方式16所涉及的轨道生成装置1H的结构的图。轨道生成装置1H具有实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的全部结构要素和加减速参数修正单元22。即,轨道生成装置1H具有最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4、非最大移动轴修正单元5及加减速参数修正单元22。

[0155] 在实施方式16中,初始经过点计算单元3具有第1加减速决定单元32,该第1加减速决定单元32作为对非最大移动轴进行修正前的插补动作的信息而决定通过初始经过点计算单元3决定的轨道的加减速参数。非最大移动轴修正单元5具有第2加减速决定单元52,该第2加减速决定单元52作为与非最大移动轴的修正量相对应的插补动作的信息而决定通过非最大移动轴修正单元5修正的轨道的加减速参数。加减速参数修正单元22对通过第1加减速决定单元32决定的加减速参数及通过第2加减速决定单元52决定的加减速参数进行修正,输出目标轨道及加减速参数。实施方式16所涉及的轨道生成装置1H,使用通过加减速参数修正单元22修正后的加减速参数而生成目标轨道。

[0156] 在实施方式16中,第1加减速决定单元32包含于初始经过点计算单元3之中,但第1加减速决定单元32也可以设置于初始经过点计算单元3的后级。在实施方式16中,第2加减速决定单元52包含于非最大移动轴修正单元5之中,但第2加减速决定单元52也可以设置于非最大移动轴修正单元5的后级。实施方式16所涉及的轨道生成装置1H可以通过与实施方式15的组合,具有机器人命令决定单元,该机器人命令决定单元基于通过加减速参数修正单元22修正后的加减速参数将目标轨道变换为机器人命令。

[0157] 如实施方式15所述,在考虑将目标轨道变换为插补动作的机器人命令时,针对通过初始经过点计算单元3计算的点列的插补动作的加减速参数,有可能对于接下来为了避开干涉而执行针对与通过非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列的插补动作而言不是最佳。例如在将针对通过初始经过点计算单元3计算的点列的插补动作变换为第一个MOV命令,将针对与通过非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列的插补动作变换为第二个MOV命令时,在与通过非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列被决定前,由第1加减速决定单元32使用至各轴的容许转矩的上限为止而决定第一个MOV命令的加减速参数,由此在针对与由非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列进行的机器人的加减速中有时余力少。

[0158] 因此,在得到与通过非最大移动轴修正单元5计算的修正量相对应的点列后,加减速参数修正单元22对通过第1加减速决定单元32决定的加减速参数及通过第2加减速决定单元52决定的加减速参数进行修正,以使得第一个MOV命令及第二个MOV命令下的合计的动作时间变短。作为由加减速参数修正单元22进行的加减速参数的修正方法,例如在将第一个MOV命令的加减速度缓和后,再次实施通过实施方式6所述的加减速考虑修正单元8进行的计算,由此能够对第二个MOV命令的加减速参数进行修正。

[0159] 加减速参数修正单元22可以应用实施方式14所述的组合优化方法,对第一个MOV命令的加减速参数和第二个MOV命令的加减速参数同时地进行修正。此时,如图26所示,实施方式16所涉及的轨道生成装置1H,将由加减速参数修正单元22进行得到的修正结果反馈至初始经过点计算单元3及非最大移动轴修正单元5,对修正非最大移动轴前的插补动作及与非最大移动轴的修正量相对应的插补动作进行更新,由此也能够实施重复优化的计算。图26是用于对实施方式16所涉及的轨道生成装置1H的动作的例子进行说明的图。

[0160] 如上所述,实施方式16所涉及的轨道生成装置1H对加减速参数进行修正,以使得在为了避开干涉而针对与通过非最大移动轴修正单元5得到的修正量相对应的点列的插补动作中的机器人的加减速保留余力,由此能够缩短动作时间。

[0161] 实施方式16中的除了第1加减速决定单元32以外的初始经过点计算单元3是实施方式1的初始经过点计算单元3。实施方式16中的除了第2加减速决定单元52以外的非最大移动轴修正单元5,可以是从实施方式1至实施方式7为止的任意的非最大移动轴修正单元5。

[0162] 图27是表示将实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分功能通过处理器91实现的情况下的处理器91的图。即,最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分功能可以通过执行在存储器92中储存的程序的处理器91实现。处理器91是CPU(Central Processing Unit)、处理系统、运算系统、微处理器或DSP(Digital Signal Processor)。在图27中还示出了存储器92。

[0163] 在最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分功能通过处理器91实现的情况下,该一部分功能通过处理器91和软件、固件或软件和固件的组合而实现。软件或固件被记述为程序,储存于存储器92。处理器91将在存储器92中存储的程序读出而执行,由此实现最大移动轴计算单元2、初始经

过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分功能。

[0164] 在最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分功能通过处理器91实现的情况下,轨道生成装置1具有存储器92,该存储器92用于对通过最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5执行的步骤的至少一部分最终得以执行的程序进行储存。在存储器92中储存的程序可以说使计算机执行由最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5执行的顺序或方法的至少一部分。

[0165] 存储器92例如是RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、闪存、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM(注册商标)(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)等非易失性或者易失性的半导体存储器、磁盘、软盘、光盘、压缩盘、迷你盘或DVD(Digital Versatile Disk)等。

[0166] 图28是表示将实施方式1所涉及的轨道生成装置1所具有的最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分通过处理电路93实现的情况下的处理电路93的图。即,最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的至少一部分可以通过处理电路93实现。

[0167] 处理电路93是专用的硬件。处理电路93例如是单一电路、复合电路、被程序化的处理器、被并行程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field-Programmable Gate Array)或它们的组合。

[0168] 最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的一部分,也可以由与剩余部不同的专用的硬件而实现。

[0169] 关于最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的多个功能,可以将该多个功能的一部分通过软件或固件实现,将该多个功能的剩余部通过专用的硬件实现。如上所述,最大移动轴计算单元2、初始经过点计算单元3、干涉区域提取单元4及非最大移动轴修正单元5的多个功能能够通过硬件、软件、固件或它们的组合而实现。

[0170] 从实施方式2至实施方式6为止、实施方式11、实施方式15及实施方式16的各非最大移动轴修正单元5的功能,可以通过执行在存储器中储存的程序的处理器而实现。该存储器是与存储器92相同的存储器。该处理器是与处理器91相同的处理器。从实施方式2至实施方式6为止的各非最大移动轴修正单元5可以通过处理电路实现。该处理电路是与处理电路93相同的处理电路。

[0171] 实施方式7的动作分割判定单元13、实施方式8的直线插补插入判定单元14、实施方式9的连接条件计算单元15、实施方式10的控制系统影响考虑单元16、实施方式13的限制条件充足判定单元18、实施方式14的指令生成单元19、实施方式14的指令修正单元20、实施方式15的机器人命令决定单元21、实施方式15的第1加减速决定单元31、实施方式15的第2加减速决定单元51、实施方式16的加减速参数修正单元22、实施方式16的第1加减速决定单元32及实施方式16的第2加减速决定单元52各自的功能,可以通过执行在存储器中储存的程序的处理器而实现。该存储器是与存储器92相同的存储器。该处理器是与处理器91相同的处理器。动作分割判定单元13、直线插补插入判定单元14、连接条件计算单元15、控制系

统影响考虑单元16、限制条件充足判定单元18、指令生成单元19、指令修正单元20、机器人命令决定单元21、第1加减速决定单元31、第2加减速决定单元51、加减速参数修正单元22、第1加减速决定单元32及第2加减速决定单元52各自可以通过处理电路实现。该处理电路是与处理电路93相同的处理电路。

[0172] 以上的实施方式所示的结构表示一个例子,也能够与其他公知技术组合,也能够将实施方式彼此组合,在不脱离主旨的范围也能够将结构的一部分省略或变更。

[0173] 标号的说明

[0174] 1、1A、1B、1C、1D、1E、1F、1G、1H轨道生成装置,2最大移动轴计算单元,3初始经过点计算单元,4干涉区域提取单元,5非最大移动轴修正单元,6经过点第1修正单元,7经过点第2修正单元,8加减速考虑修正单元,9避开方向优化单元,10避开点优化单元,11避开方向避开点优化单元,12加减速时间计算单元,13动作分割判定单元,14直线插补插入判定单元,15连接条件计算单元,16控制系统影响考虑单元,17限制条件存储单元,18限制条件充足判定单元,19指令生成单元,20指令修正单元,21机器人命令决定单元,22加减速参数修正单元,31、32第1加减速决定单元,51、52第2加减速决定单元,91处理器,92存储器,93处理电路。

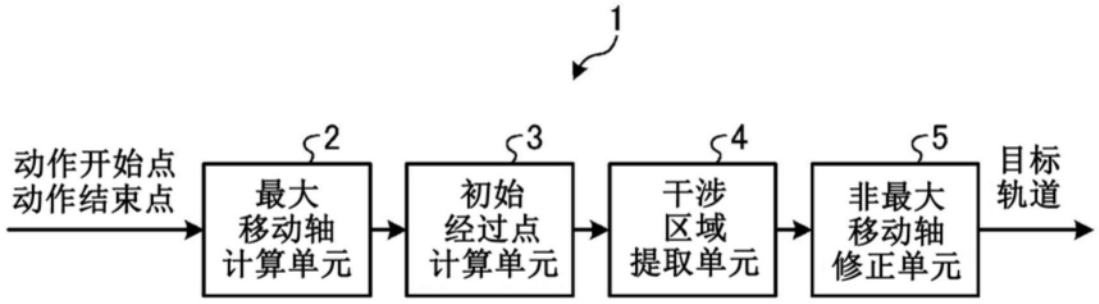

1
动作开始点
动作结束点
2
最大
移动轴
计算单元
3
初始
经过点
计算单元
4
干涉
区域
提取单元
5
非最大
移动轴
修正单元
目标
轨道

图1

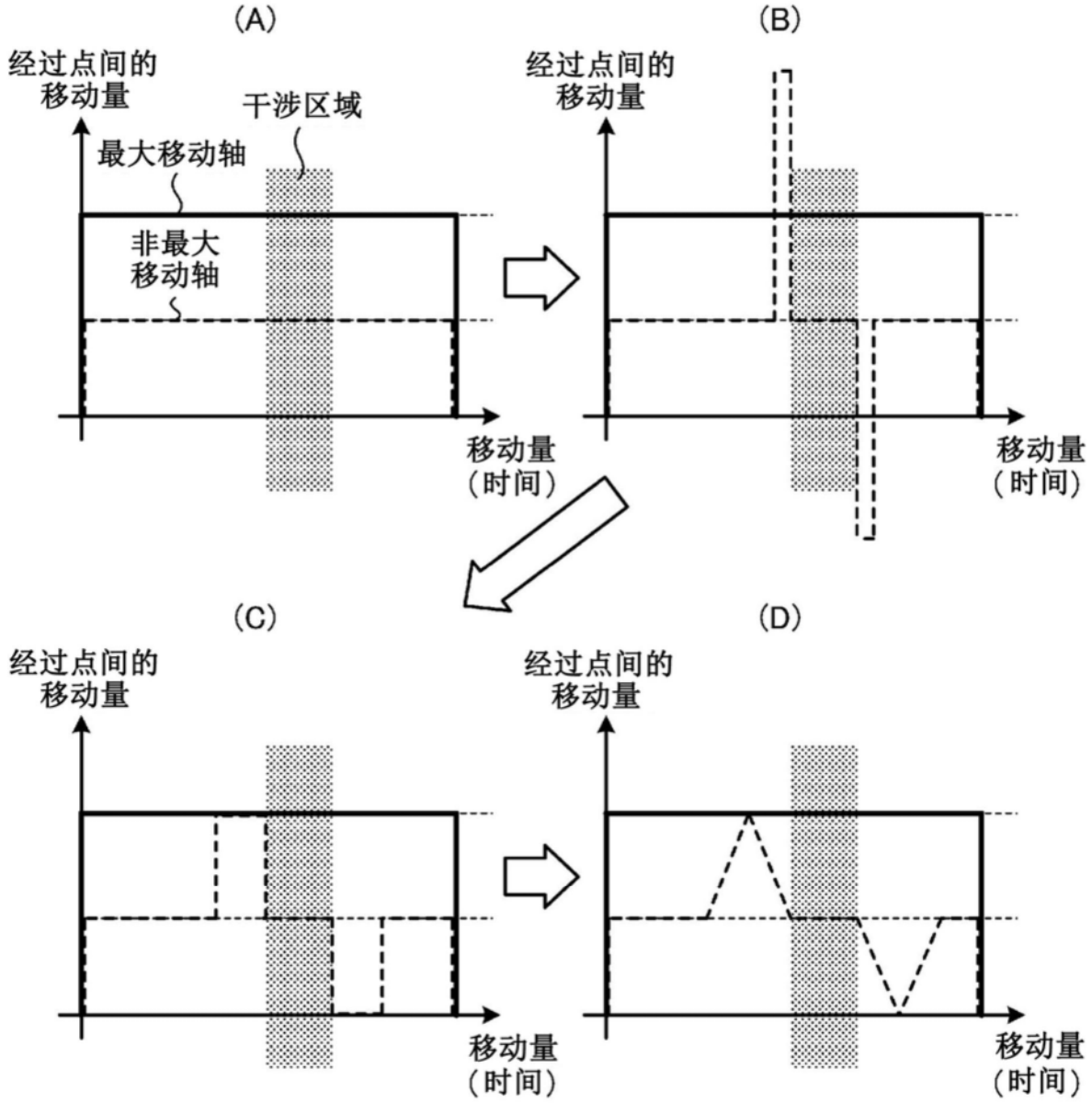

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(D)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图2

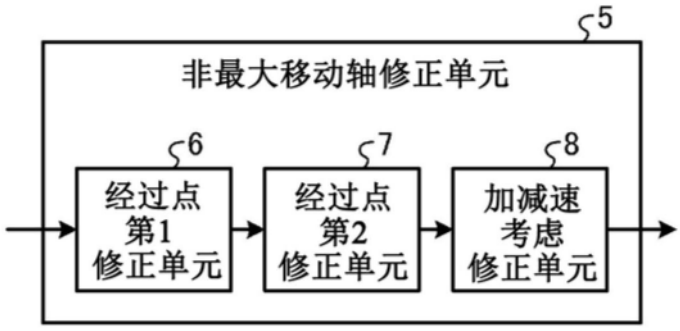

5
非最大移动轴修正单元
6
经过点
第1
修正单元
7
经过点
第2
修正单元
8
加减速
考虑
修正单元

图3

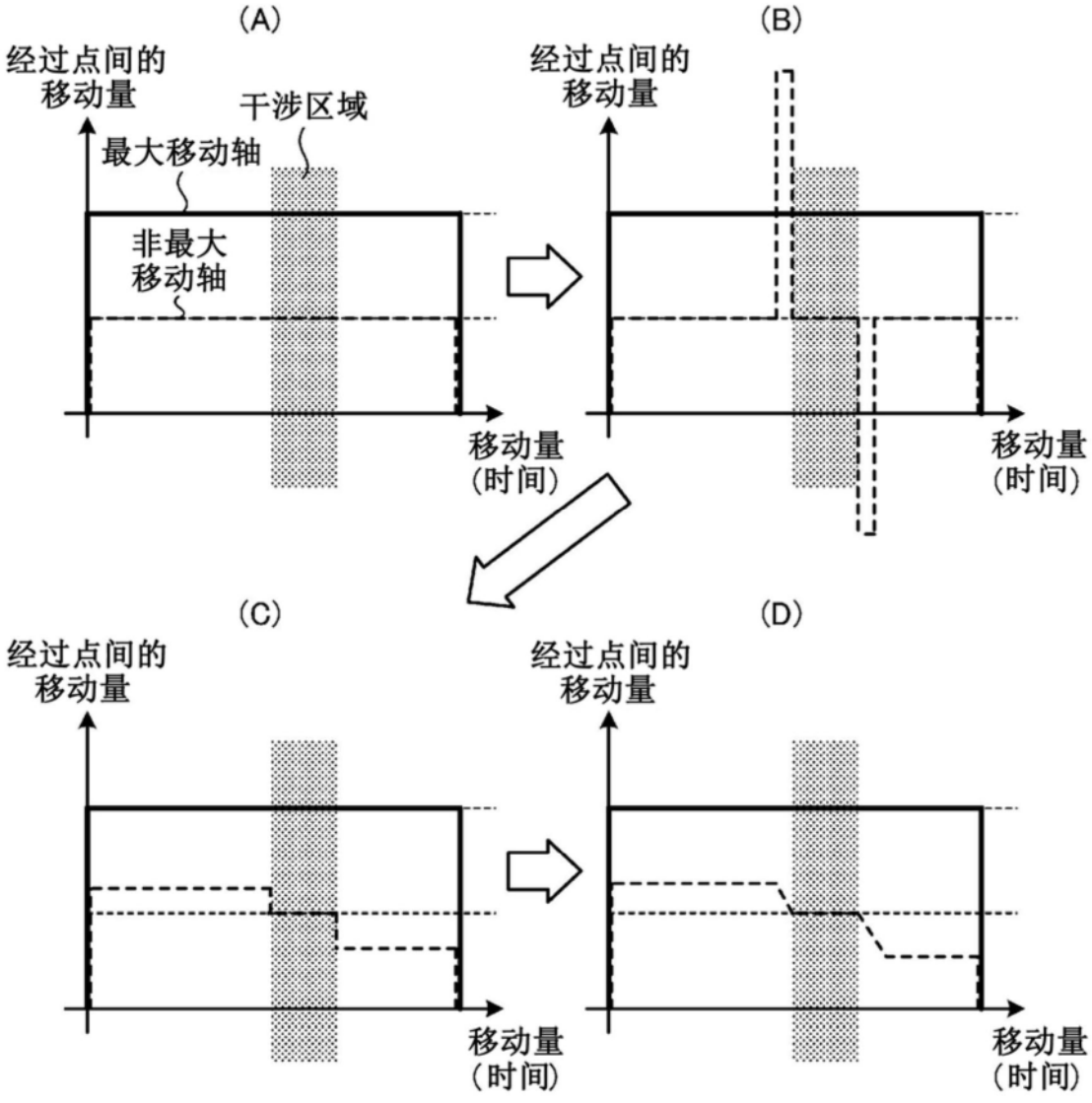

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(D)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图4

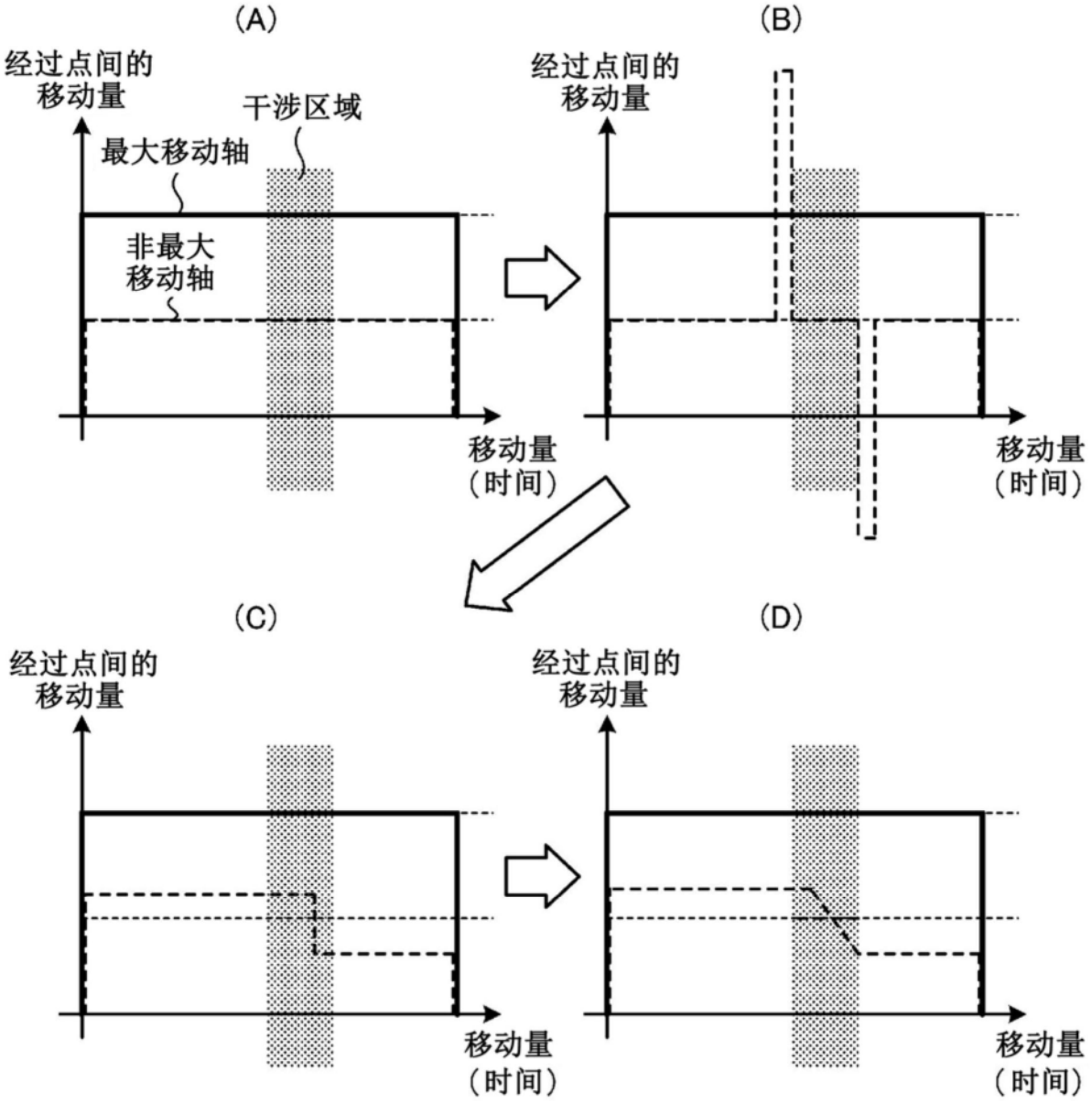

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(D)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图5

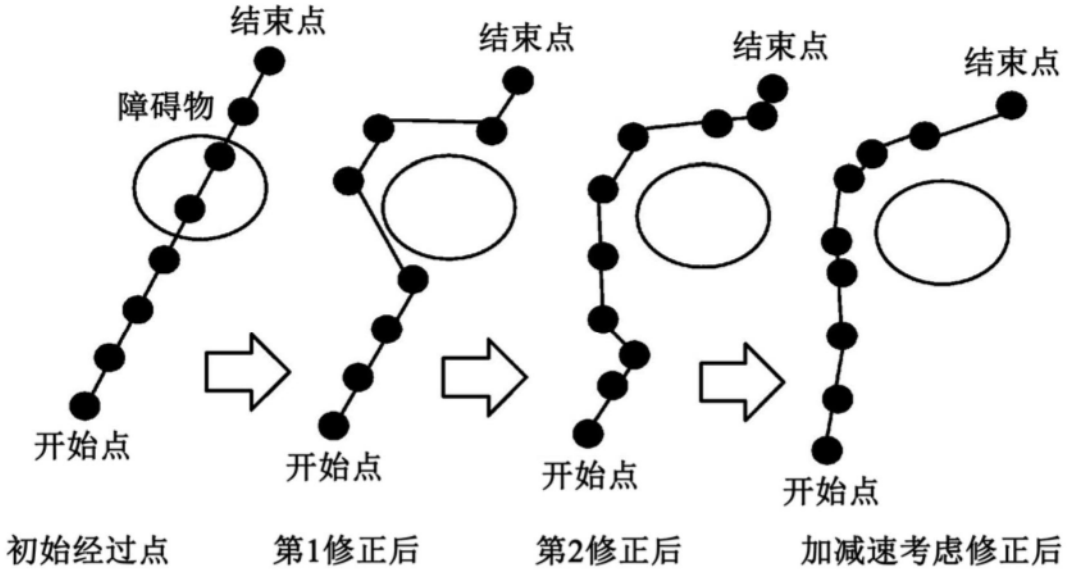

结束点
障碍物
开始点
初始经过点
结束点
开始点
第1修正后
结束点
开始点
第2修正后
结束点
开始点
加减速考虑修正后

图6

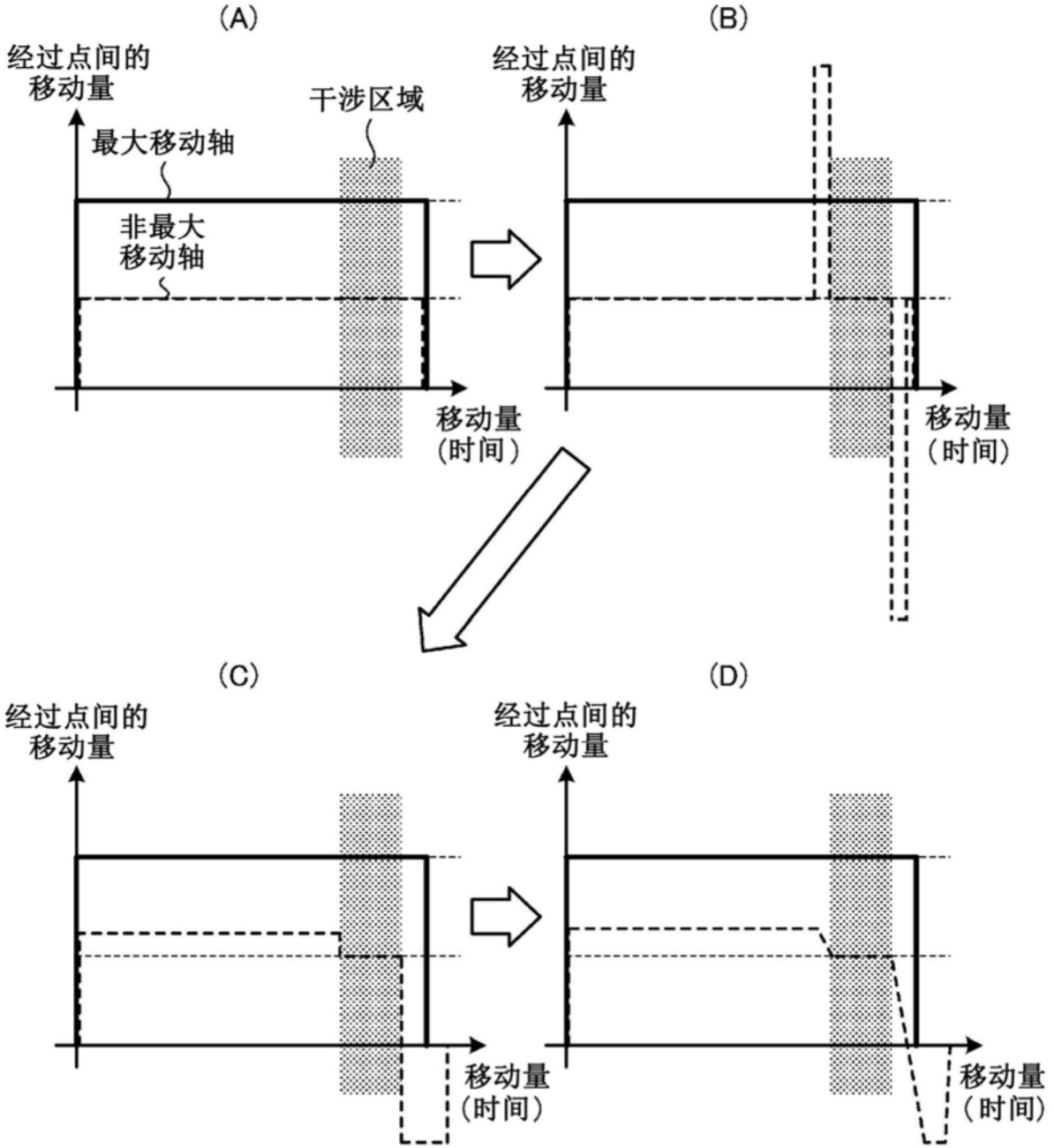

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(D)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图7

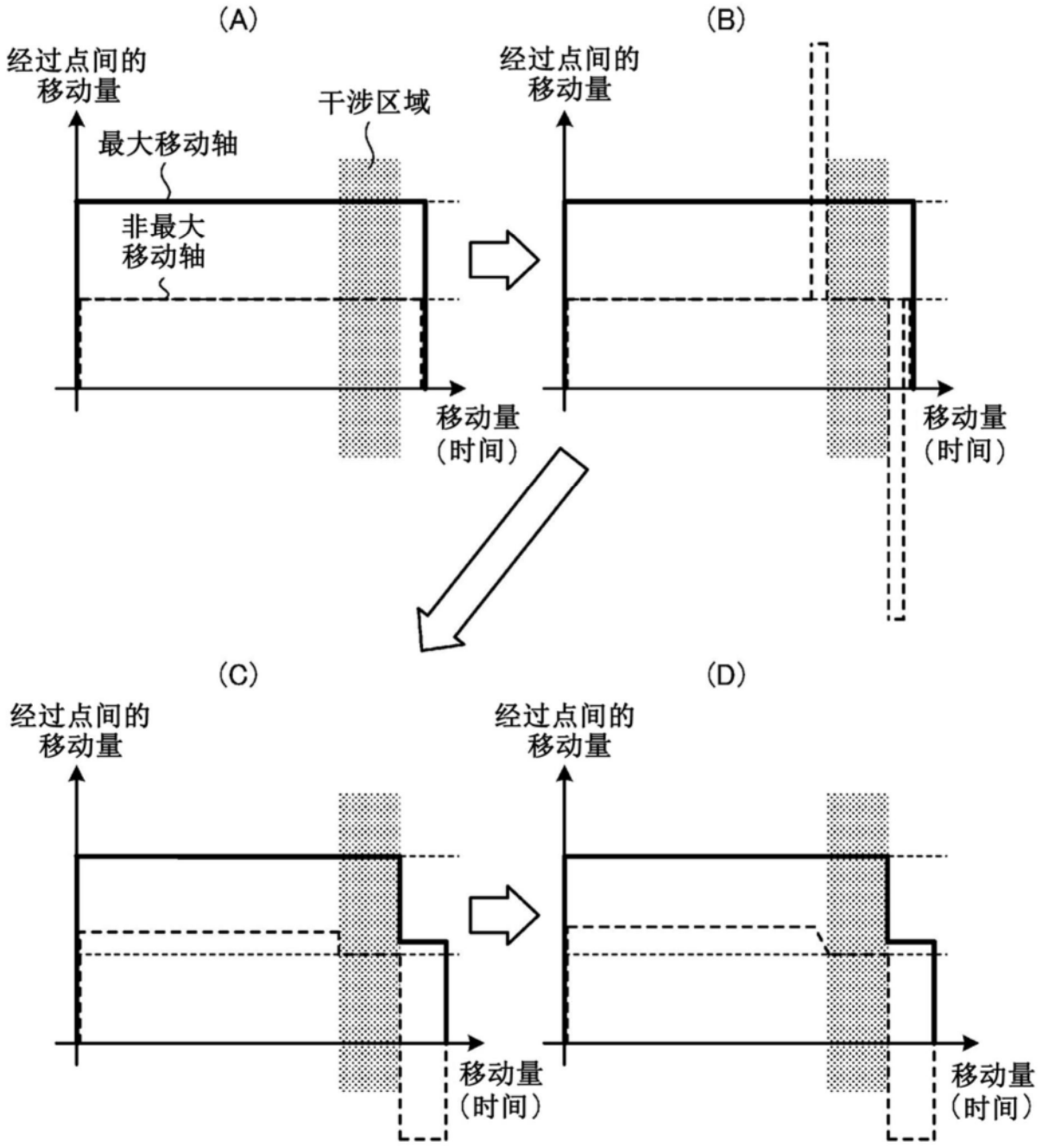

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(D)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图8

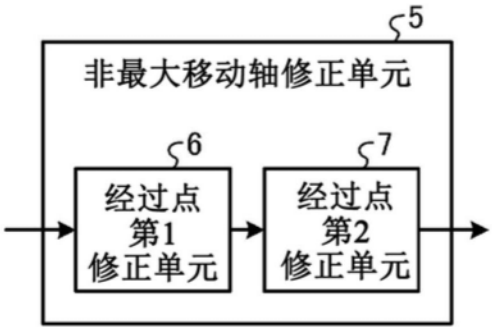

5
非最大移动轴修正单元
6
经过点
第1
修正单元
7
经过点
第2
修正单元

图9

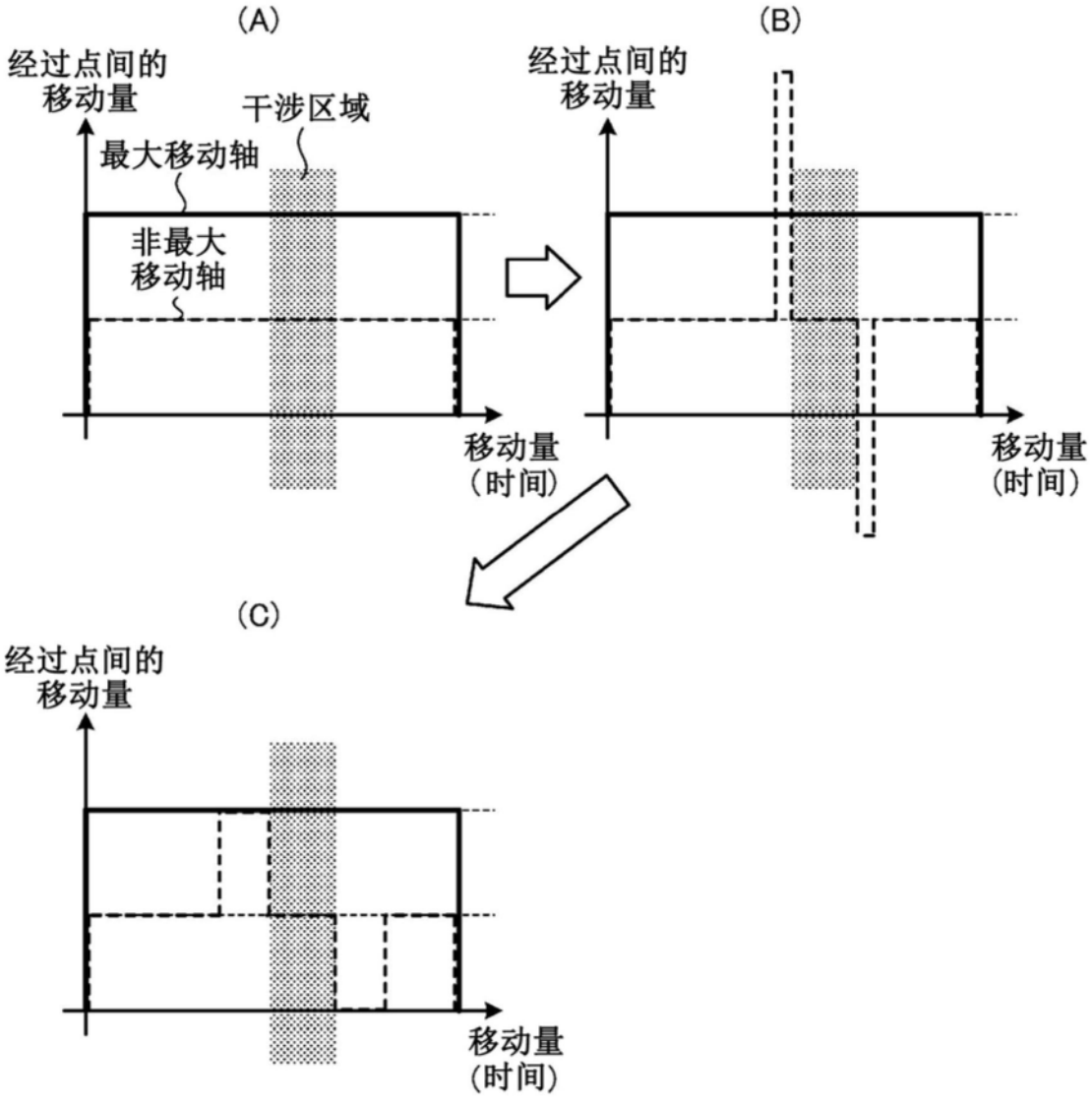

(A)
经过点间的
移动量
干涉区域
最大移动轴
非最大
移动轴
移动量
(时间)
(B)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)
(C)
经过点间的
移动量
移动量
(时间)

图10

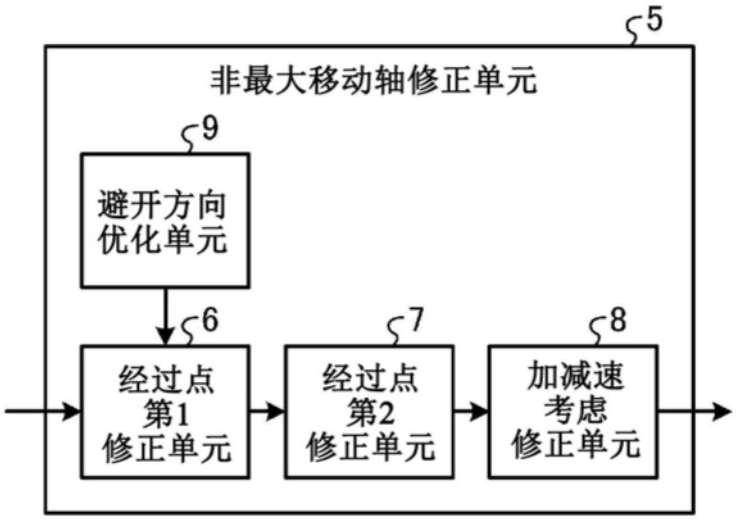

5
非最大移动轴修正单元
9
避开方向
优化单元
6
经过点
第1
修正单元
7
经过点
第2
修正单元
8
加减速
考虑
修正单元

图11

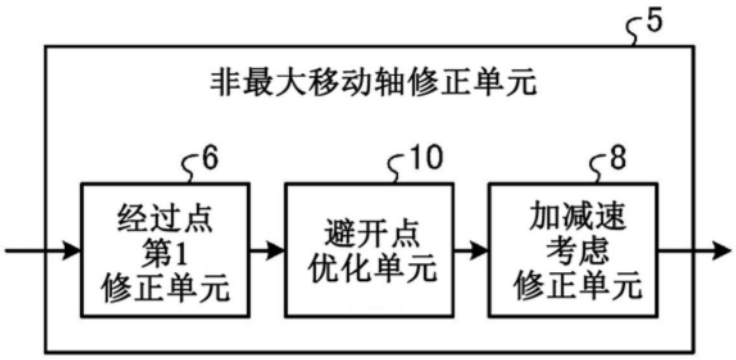

5
非最大移动轴修正单元
6
经过点
第1
修正单元
10
避开点
优化单元
8
加减速
考虑
修正单元

图12

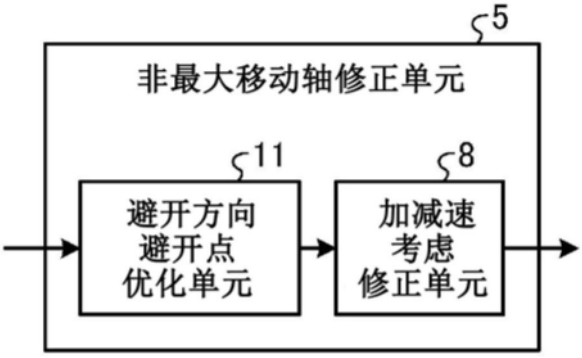

5
非最大移动轴修正单元
11
避开方向
避开点
优化单元
8
加减速
考虑
修正单元

图13

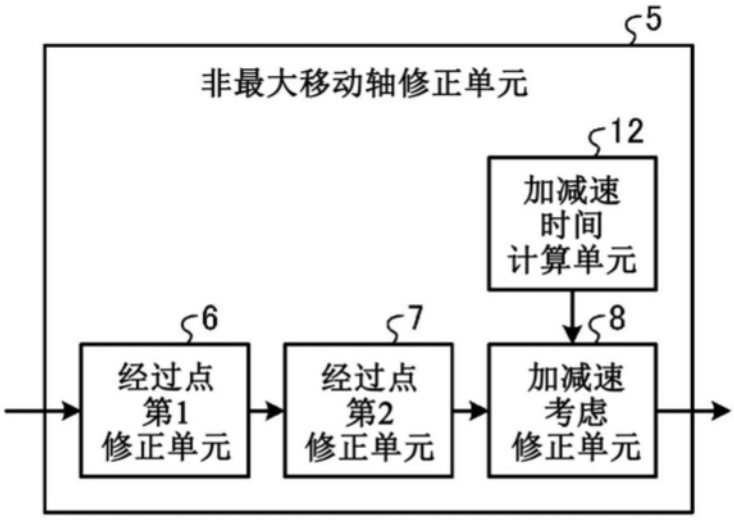

5
非最大移动轴修正单元
12
加减速
时间
计算单元
6
经过点
第1
修正单元
7
经过点
第2
修正单元
8
加减速
考虑
修正单元

图14

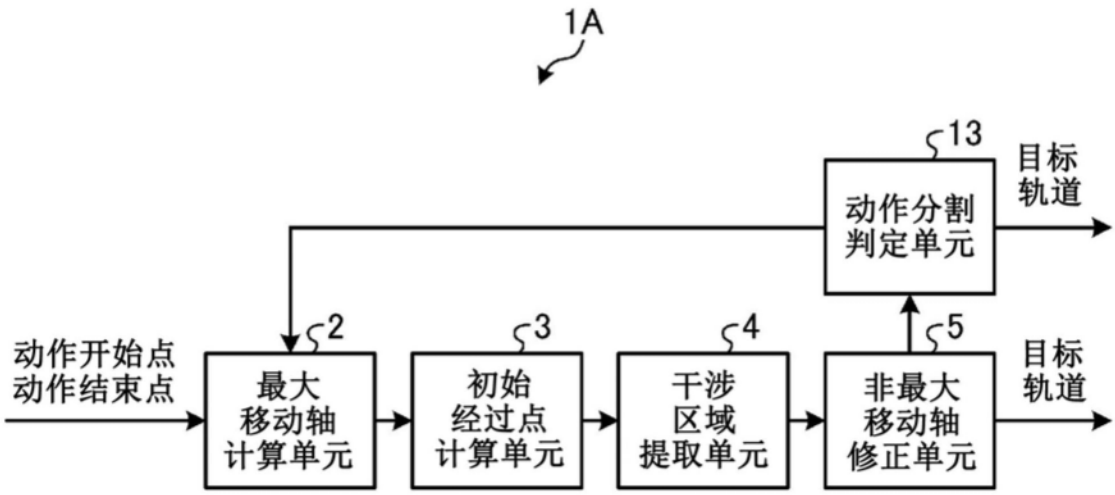

1A
13
目标
轨道
动作分割
判定单元
动作开始点
动作结束点
2
最大
移动轴
计算单元
3
初始
经过点
计算单元
4
干涉
区域
提取单元
5
非最大
移动轴
修正单元
目标
轨道

图15

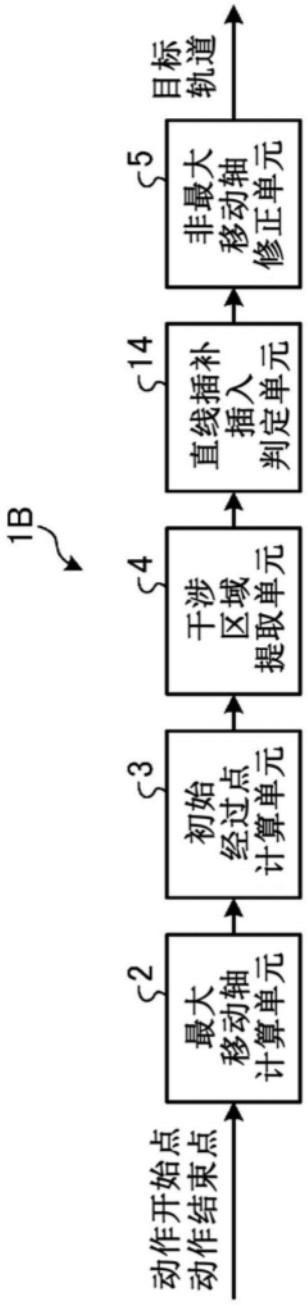

动作开始点
动作结束点
最大移动轴计算单元
2
初始经过点计算单元
3
干涉区域提取单元
4
直线插补插入判定单元
14
非最大移动轴修正单元
5
目标轨道
1B

图16

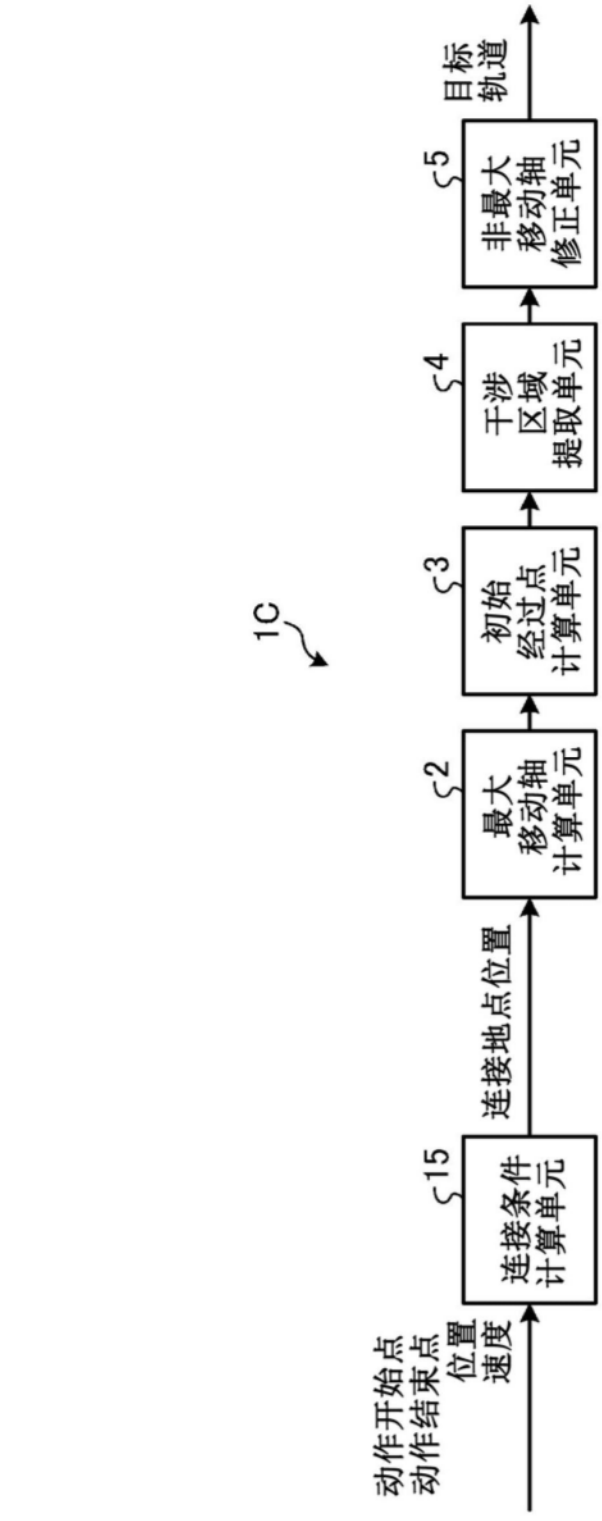

动作开始点
动作结束点
位置
速度
连接条件计算单元
15
连接地点位置
最大移动轴计算单元
2
初始经过点计算单元
3
干涉区域提取单元
4
非最大移动轴修正单元
5
目标轨道
1C

图17

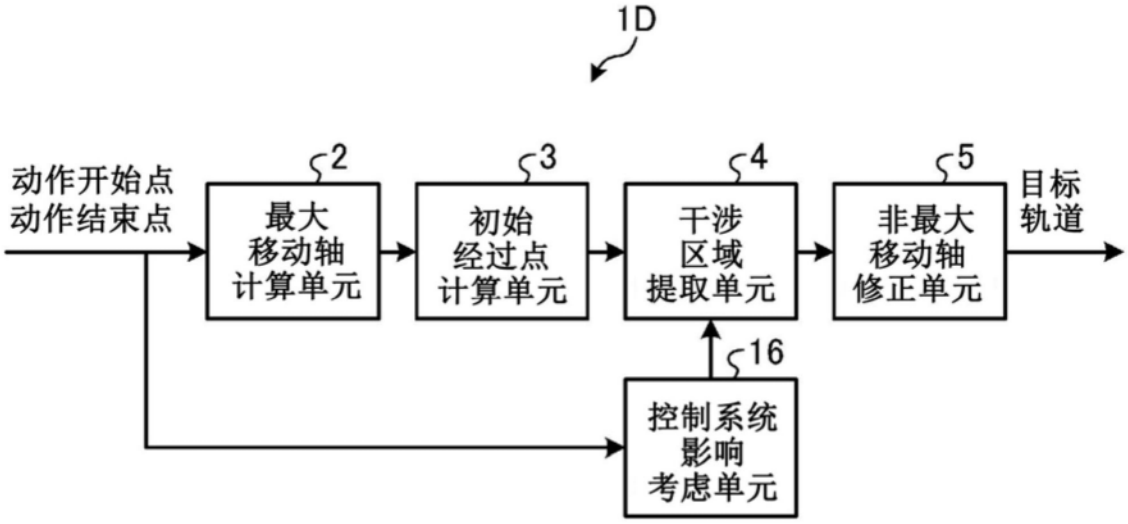

1D
动作开始点
动作结束点
2
最大
移动轴
计算单元
3
初始
经过点
计算单元
4
干涉
区域
提取单元
5
非最大
移动轴
修正单元
目标
轨道
16
控制系统
影响
考虑单元

图18

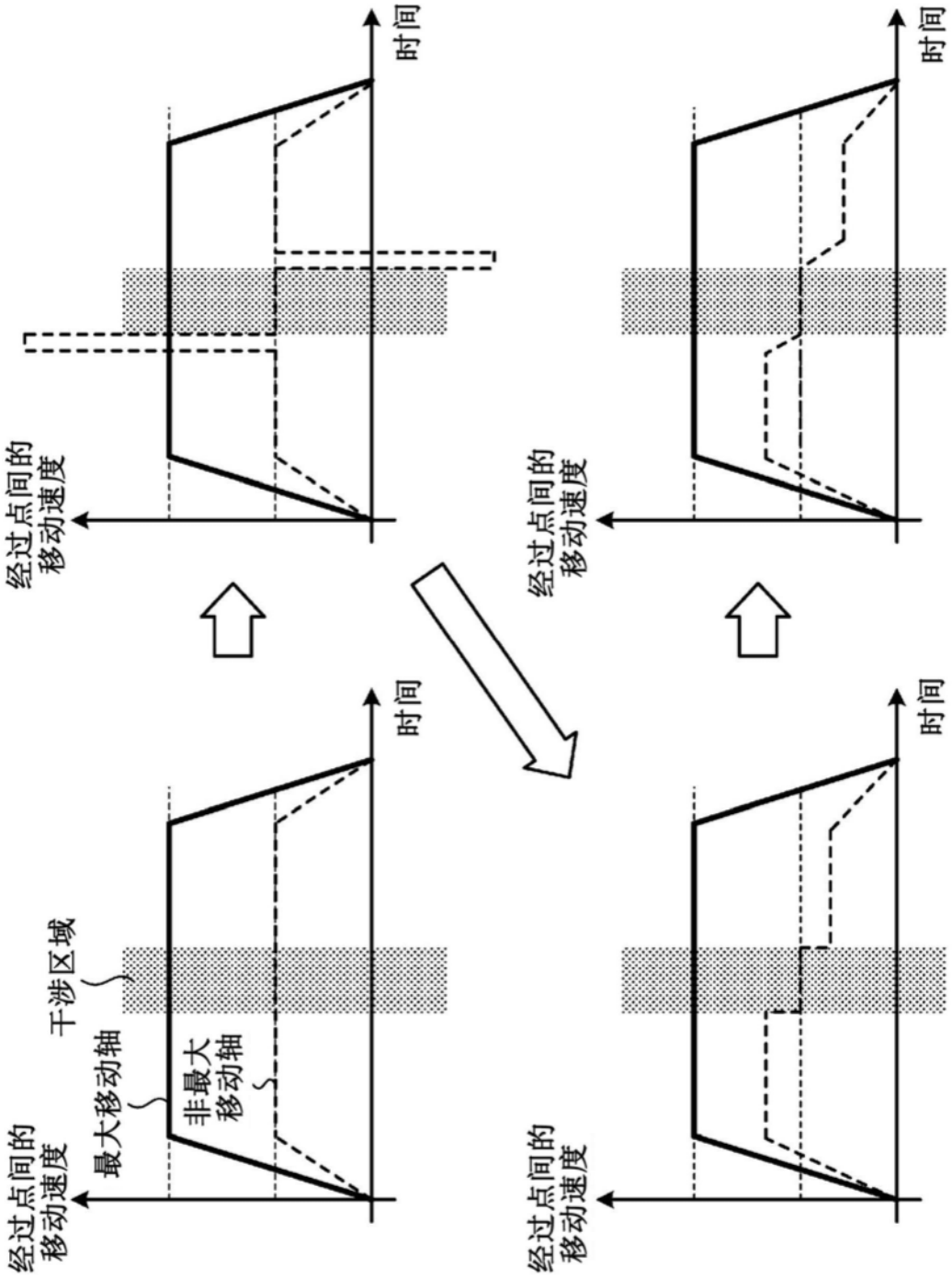


图19

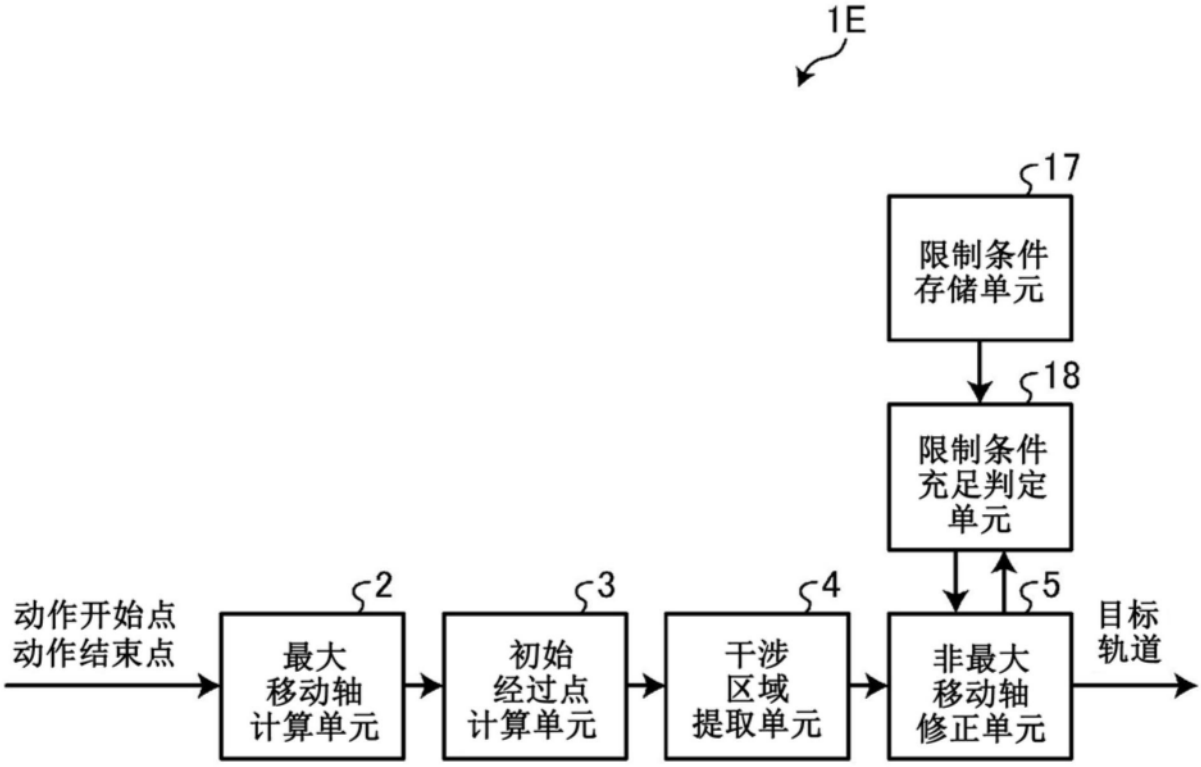

1E
17
限制条件
存储单元
18
限制条件
充足判定
单元
动作开始点
动作结束点
2
最大
移动轴
计算单元
3
初始
经过点
计算单元
4
干涉
区域
提取单元
5
非最大
移动轴
修正单元
目标
轨道

图20

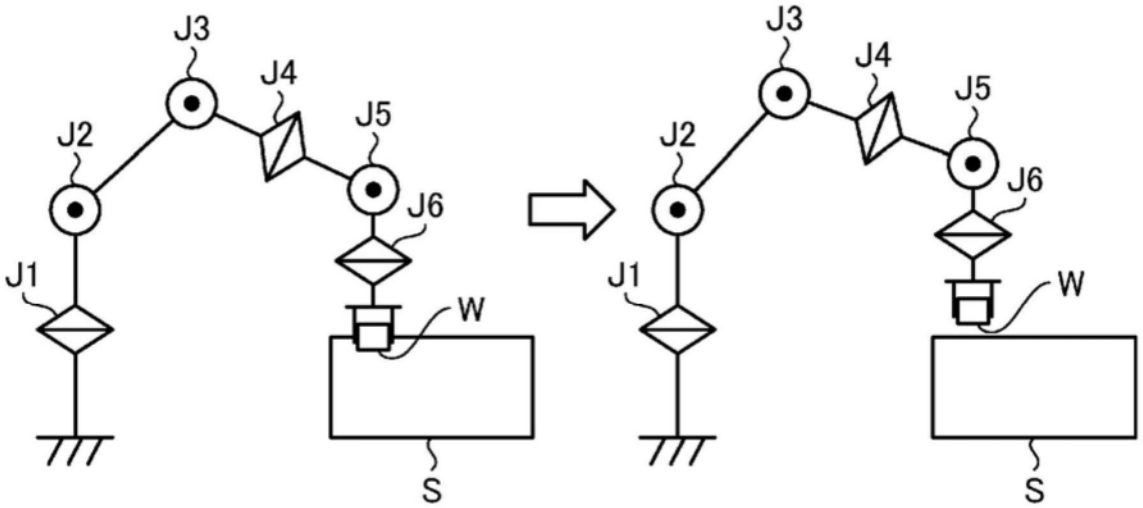

J1
J2
J3
J4
J5
J6
W
S
J1
J2
J3
J4
J5
J6
W
S

图21

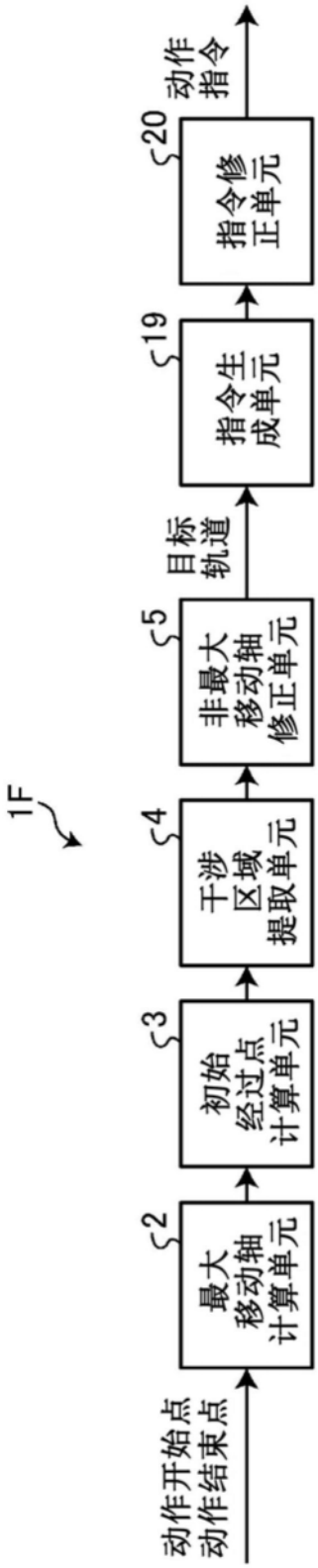

动作开始点
动作结束点
2
最大移动轴计算单元
3
初始经过点计算单元
4
干涉区域提取单元
5
非最大移动轴修正单元
目标轨道
19
指令生成单元
20
指令修正单元
动作指令
1F

图22

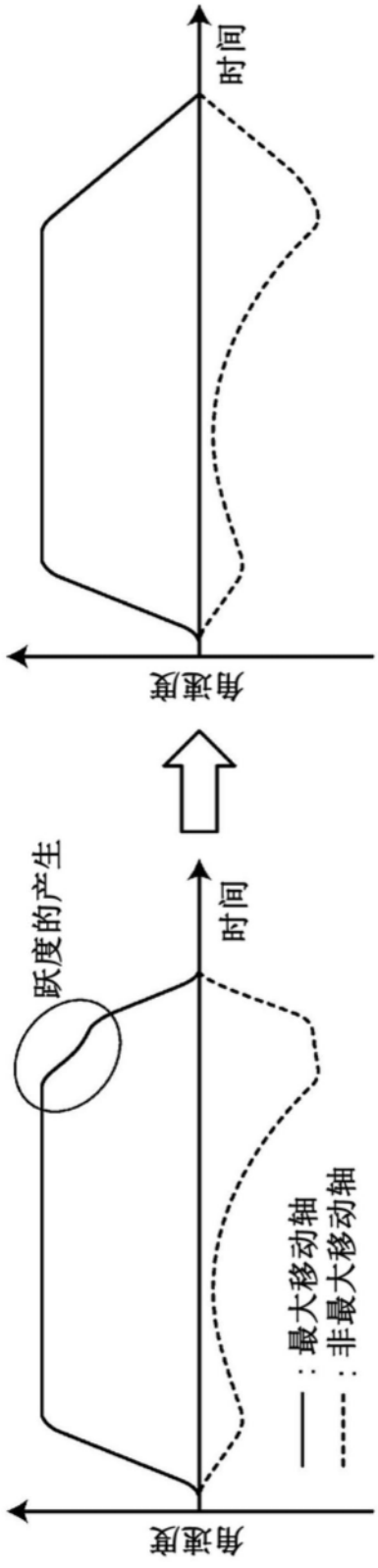


图23

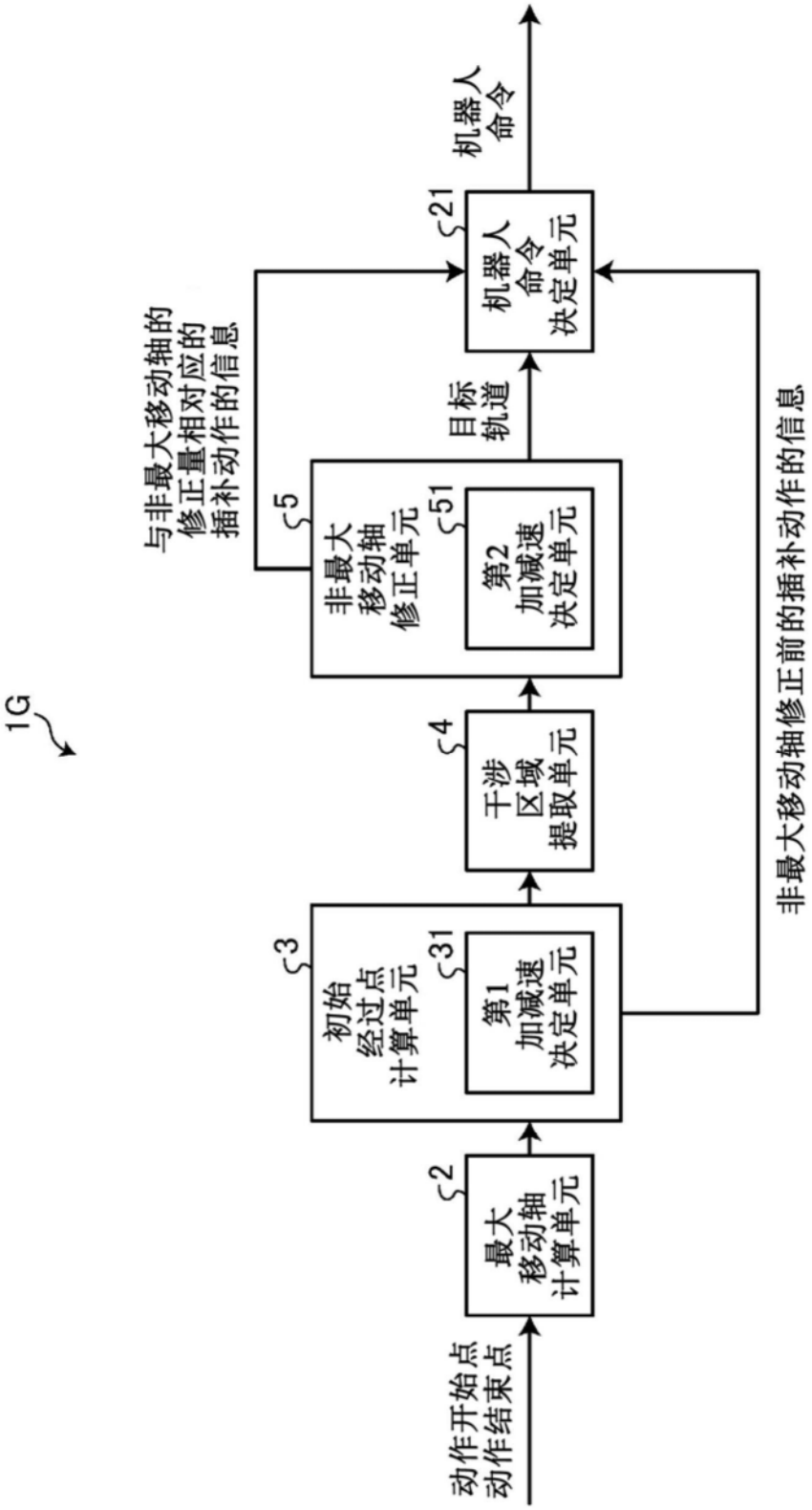

1G
动作开始点
动作结束点
最大
移动轴
计算单元
S2
初始
经过点
计算单元
S3
第1
加减速
决定单元
S31
干涉
区域
提取单元
S4
非最大
移动轴
修正单元
S5
第2
加减速
决定单元
S51
目标
轨道
机器人
命令
决定单元
S21
机器人
命令
与非最大移动轴的
修正量相对应的
插补动作的信息
非最大移动轴修正前的插补动作的信息

图24

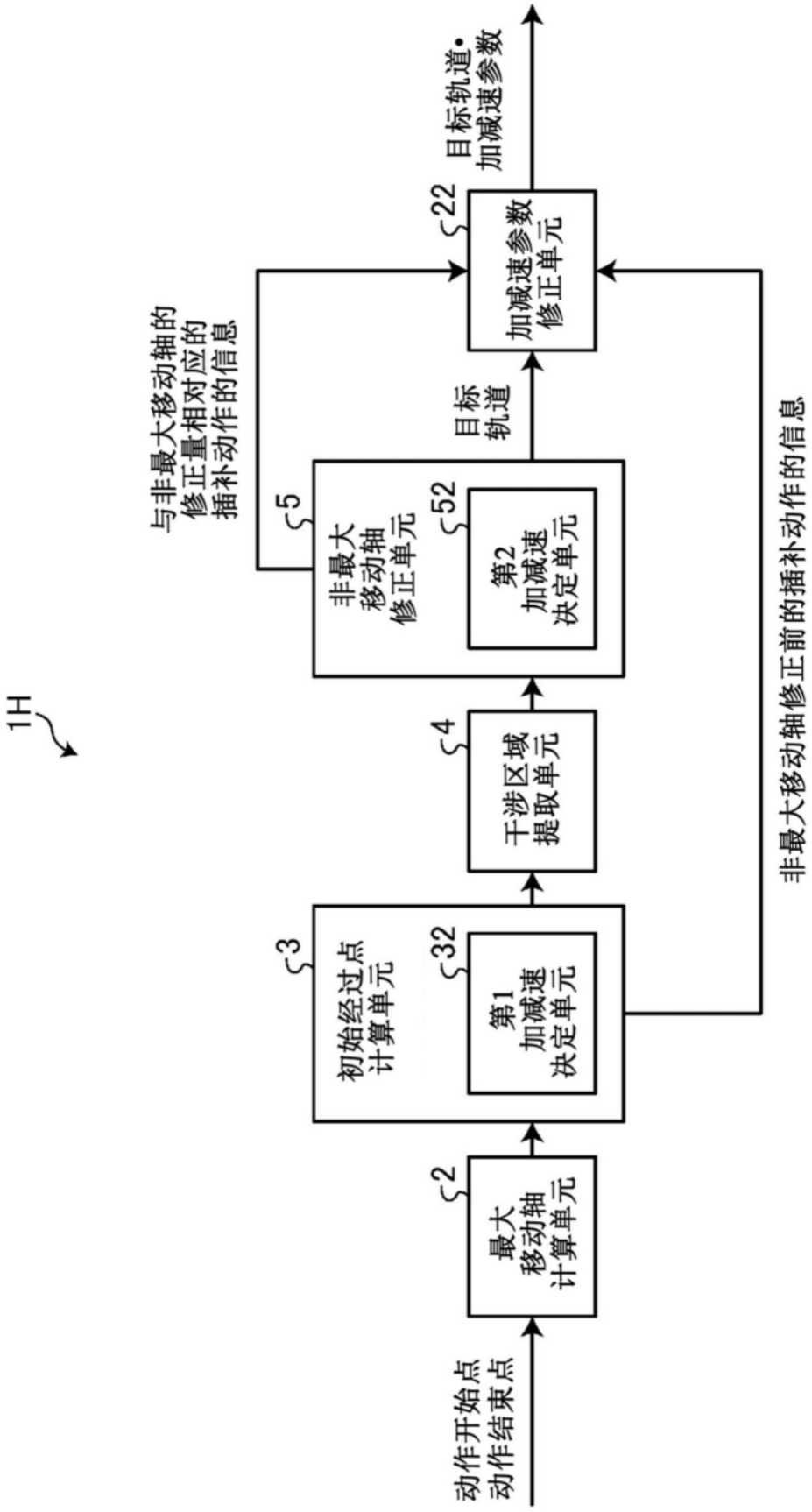

1H
动作开始点
动作结束点
2
最大
移动轴
计算单元
3
初始经过点
计算单元
32
第1
加减速
决定单元
4
干涉区域
提取单元
5
非最大
移动轴
修正单元
52
第2
加减速
决定单元
与非最大移动轴的
修正量相对应的
插补动作的信息
目标
轨道
22
加减速参数
修正单元
目标轨道•
加减速参数
非最大移动轴修正前的插补动作的信息

图25

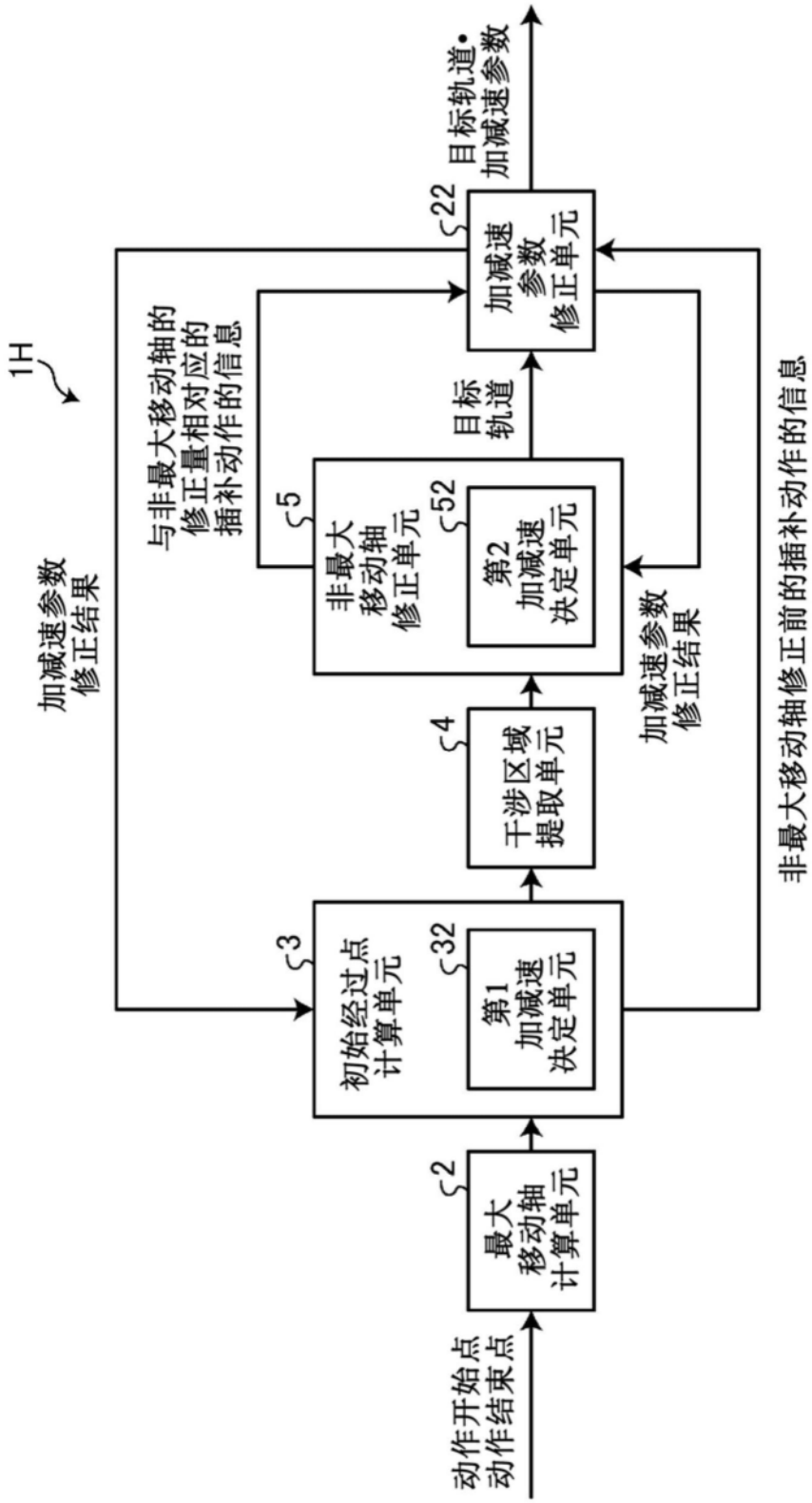

1H
动作开始点
动作结束点
最大
移动轴
计算单元
S2
初始经过点
计算单元
S3
第1
加减速
决定单元
S32
干涉区域
提取单元
S4
非最大
移动轴
修正单元
S5
第2
加减速
决定单元
S52
加减速
参数
修正单元
S22
加减速参数
修正结果
与非最大移动轴的
修正量相对应的
插补动作的信息
目标
轨道
加减速参数
修正结果
目标轨道•
加减速参数
非最大移动轴修正前的插补动作的信息

图26

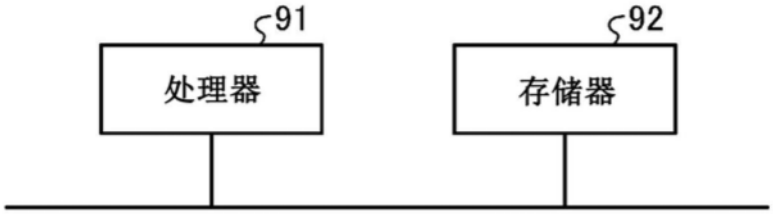


图27



图28