



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119789934 A

(43) 申请公布日 2025. 04. 08

(21) 申请号 202280099212.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.08.22

B25J 13/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.02.17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/031542 2022.08.22

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/042578 JA 2024.02.29

(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 冈原卓矢

(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

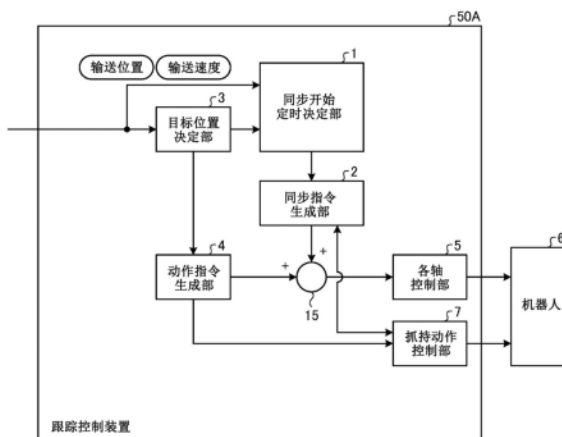
权利要求书2页 说明书17页 附图10页

(54) 发明名称

跟踪控制装置及跟踪控制方法

(57) 摘要

跟踪控制装置 (50A) 具有:同步指令生成部 (2),其基于根据输送对象物的输送速度而决定的同步开始定时,生成使机器人 (6) 的动作与对输送对象物进行输送的输送装置的动作同步的同步指令;动作指令生成部 (4),其生成直至机器人的目标位置为止的机器人动作指令;以及合成部 (15),其将同步指令和机器人动作指令合成而生成合成指令,将生成的合成指令进行输出,同步指令生成部生成在机器人到达目标位置之前使同步开始的同步指令。



1. 一种跟踪控制装置,其特征在于,具有:

同步指令生成部,其基于根据输送对象物的输送速度而决定的使同步开始的定时即同步开始定时,生成使针对所述输送对象物执行作业的机械系统的动作与对所述输送对象物进行输送的输送装置的动作同步的同步指令;

动作指令生成部,其生成直至所述机械系统的目标位置为止的指令即机械系统动作指令;以及

合成部,其将所述同步指令和所述机械系统动作指令合成而生成合成指令,将生成的所述合成指令进行输出,

所述同步指令生成部生成在所述机械系统到达所述目标位置之前使所述同步开始的所述同步指令。

2. 根据权利要求1所述的跟踪控制装置,其特征在于,

还具有同步开始定时决定部,该同步开始定时决定部基于所述目标位置、所述输送对象物的位置及所述输送速度而决定所述同步开始定时。

3. 根据权利要求2所述的跟踪控制装置,其特征在于,

所述同步开始定时决定部将所述输送对象物到达从所述目标位置以预先确定的特定距离靠前的位置即同步开始位置的时间点,决定为使所述同步开始的定时即所述同步开始定时,将表示所述同步开始定时的同步开始指令输出至所述同步指令生成部,

所述同步指令生成部如果接收到所述同步开始指令,则生成所述同步指令。

4. 根据权利要求3所述的跟踪控制装置,其特征在于,

所述同步开始定时决定部将基于在进行所述同步时所述机械系统加速的时间与速度之积而计算出的距离决定为所述特定距离,基于所述特定距离而决定所述同步开始位置。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的跟踪控制装置,其特征在于,

所述同步指令生成部使用矩形波的速度指令及移动平均滤波器,而生成所述同步指令所规定的向所述机械系统的速度指令。

6. 根据权利要求4所述的跟踪控制装置,其特征在于,

所述同步开始定时决定部基于所述机械系统的控制系统所使用的控制系统参数而决定所述同步开始位置。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的跟踪控制装置,其特征在于,

还具有加减速决定部,该加减速决定部决定所述机械系统按照所述同步指令进行所述同步时的加速及减速的参数即加减速参数,

所述加减速决定部基于与所述机械系统动作指令合成的所述同步指令,在满足针对所述机械系统的各轴的限制的范围内决定所述加减速参数,

所述动作指令生成部基于所述加减速参数而生成所述机械系统动作指令。

8. 根据权利要求3所述的跟踪控制装置,其特征在于,

所述同步开始定时决定部将所述机械系统到达所述机械系统不可能与物体发生干涉的区域即不需要考虑干涉区域,且所述机械系统到达所述同步开始位置的定时设定为所述同步开始定时。

9. 根据权利要求6所述的跟踪控制装置,其特征在于,

还具有第1学习部,该第1学习部对所述控制系统参数、所述目标位置及所述输送速度

的组合即第1组合信息和所述机械系统的动作的延迟量之间的对应关系即第1对应关系进行学习,

所述第1学习部如果接收到所述第1组合信息,则使用所述第1对应关系,对与所述第1组合信息相对应的所述延迟量进行推断,

所述同步开始定时决定部基于推断出的所述延迟量而决定所述同步开始位置。

10.根据权利要求1至9中任一项所述的跟踪控制装置,其特征在于,

还具有第2学习部,该第2学习部对所述机械系统的动作开始位置、所述输送速度及所述输送对象物的所述输送装置上的位置即对象物位置的组合即第2组合信息和所述目标位置之间的对应关系即第2对应关系进行学习,

所述第2学习部如果接收到所述第2组合信息,则使用所述第2对应关系,对与所述第2组合信息相对应的所述目标位置进行推断。

11.一种跟踪控制方法,其特征在于,包含:

同步指令生成步骤,跟踪控制装置基于根据输送对象物的输送速度而决定的使同步开始的定时即同步开始定时,生成使针对所述输送对象物执行作业的机械系统的动作与对所述输送对象物进行输送的输送装置的动作同步的同步指令;

动作指令生成步骤,所述跟踪控制装置生成直至所述机械系统的目标位置为止的指令即机械系统动作指令;以及

合成步骤,所述跟踪控制装置将所述同步指令和所述机械系统动作指令合成而生成合成指令,将生成的所述合成指令进行输出,

在所述同步指令生成步骤中,所述跟踪控制装置生成在所述机械系统到达所述目标位置之前使所述同步开始的所述同步指令。

跟踪控制装置及跟踪控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对针对在输送机等输送单元上移动的对象进行作业的机器人、自动组装机等的机械系统进行控制的跟踪控制装置及跟踪控制方法。

背景技术

[0002] 在输送系统中,在输送对象物不在输送机上停止地被输送的期间,机器人对输送对象物进行作业,由此不需要输送机的间歇驱动及机器人进行作业时的输送对象物的临时放置。由此,在输送系统中,削减了系统成本,并且通过作业工序的削减等而缩短了整体的作业时间。

[0003] 专利文献1所记载的跟踪控制装置,基于作为输送对象物的工件的感测信息及输送装置的输送速度,计算出预测到输送中的输送对象物会被机器人拣选的拣选预测位置。该跟踪控制装置基于机器人的动作开始位置处的姿态及拣选预测位置处的姿态,生成从动作开始位置至拣选预测位置为止的机器人的动作轨迹。而且,机器人按照动作轨迹被控制,在机器人到达拣选预测位置后,进行使输送装置的输送速度和机器人动作同步的控制,然后,进行由输送装置输送的输送对象物的拣选作业。

[0004] 专利文献1:日本特开2019—25618号公报

发明内容

[0005] 但是,在上述专利文献1的技术中,由于在机器人手到达输送对象物后,进行输送装置和机器人之间的速度同步,因此存在直至如拣选作业这样的通过机器人进行的作业的开始为止需要时间,直至机器人开始作业为止的时间变长这一问题。

[0006] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,其目的在于,得到能够缩短直至机器人开始作业为止的时间的跟踪控制装置。

[0007] 为了解决上述课题,并达到目的,本发明的跟踪控制装置具有同步指令生成部,该同步指令生成部基于根据输送对象物的输送速度而决定的使同步开始的定时即同步开始定时,生成使针对输送对象物执行作业的机械系统的动作与对输送对象物进行输送的输送装置的动作同步的同步指令。另外,本发明的跟踪控制装置具有:动作指令生成部,其生成直至机械系统的目标位置为止的指令即机械系统动作指令;以及合成部,其将同步指令和机械系统动作指令合成而生成合成指令,将生成的合成指令进行输出。同步指令生成部生成在机械系统到达目标位置之前使同步开始的同步指令。

[0008] 发明的效果

[0009] 本发明所涉及的跟踪控制装置具有下述效果,即,能够缩短直至机器人开始作业为止的时间。

附图说明

[0010] 图1是表示实施方式1所涉及的跟踪控制装置的结构图。

- [0011] 图2是用于说明由实施方式1所涉及的跟踪控制装置生成的同步指令的速度波形的例子的图。
- [0012] 图3是表示实施方式1所涉及的跟踪控制装置所具有的同步开始定时决定部的结构的图。
- [0013] 图4是表示由实施方式1所涉及的跟踪控制装置执行的处理的处理顺序的流程图。
- [0014] 图5是表示实施方式3所涉及的跟踪控制装置所具有的同步开始定时决定部的结构的图。
- [0015] 图6是表示实施方式4所涉及的跟踪控制装置的结构图。
- [0016] 图7是用于说明实施方式4所涉及的跟踪控制装置对转矩进行计算的地点的图。
- [0017] 图8是表示实施方式5所涉及的跟踪控制装置的结构图。
- [0018] 图9是用于说明在实施方式5所涉及的跟踪控制装置决定同步开始定时之时使用的不需要考虑干涉区域的图。
- [0019] 图10是表示实施方式6所涉及的跟踪控制装置所具有的学习部的结构的图。
- [0020] 图11是表示实施方式7所涉及的跟踪控制装置所具有的学习部的结构的图。
- [0021] 图12是表示将实施方式1~7所涉及的跟踪控制装置所具有的处理电路通过处理器及存储器实现的情况下的处理电路的结构例的图。
- [0022] 图13是表示将实施方式1~7所涉及的跟踪控制装置所具有的处理电路通过专用的硬件实现的情况下的处理电路的例子的图。

具体实施方式

[0023] 下面,基于附图对本发明的实施方式所涉及的跟踪控制装置及跟踪控制方法进行详细地进行说明。

[0024] 实施方式1.

[0025] 图1是表示实施方式1所涉及的跟踪控制装置的结构图。实施方式1的输送系统具有跟踪控制装置50A、机器人6和如输送机这样的输送装置(未图示)。

[0026] 跟踪控制装置(机械系统的控制装置)50A是对对在输送机等输送单元上移动的对象进行作业的机器人、自动组装机等的机械系统进行控制的计算机。在实施方式1中,对由跟踪控制装置50A控制机器人6的情况进行说明。跟踪控制装置50A与机器人6连接。

[0027] 机器人6是针对由输送机输送的工件等输送对象物执行作业的机器人。机器人6的例子是拣选输送对象物的机器人。此外,机器人6也可以是针对由输送机输送的输送对象物配置所拣选出的工件的机器人,也可以是进行螺钉紧固等作业的机器人。

[0028] 实施方式1的跟踪控制装置50A,在机器人6到达输送对象物之前,使输送机等输送装置所产生的输送速度和机器人6的动作速度的同步开始。输送速度和机器人6的动作速度的同步处理,是将输送速度和机器人6的动作速度之间的相对速度控制为0的处理。跟踪控制装置50A通过对机器人6发送包含同步指令在内的指令,从而对机器人6的动作速度进行控制,由此,将机器人6的动作速度控制为与输送速度相同的速度。下面,将使机器人6的动作速度与输送速度同步的向机器人6的控制称为同步控制。

[0029] 跟踪控制装置50A具有同步开始定时决定部1、同步指令生成部2、目标位置决定部3、动作指令生成部4、各轴控制部5、抓持动作控制部7和合成部15。

[0030] 目标位置决定部3从外部装置接收输送机所产生的输送速度及输送对象物的输送位置。目标位置决定部3例如从对输送机等输送装置进行控制的输送控制装置,接收每时每刻的输送速度及输送位置。此外,目标位置决定部3也可以从传感器、照相机等接收每时每刻的输送速度及输送位置。

[0031] 目标位置决定部3基于输送速度及输送位置,决定机器人6的目标位置(机器人目标位置)。目标位置是由动作指令生成部4生成的动作指令的目标位置,是成为由机器人6执行向输送对象物的作业时的基准的位置。机器人6按照由同步指令生成部2生成的同步指令及没有考虑向机器人6的同步的动作指令即由动作指令生成部4生成的机器人动作指令进行动作。目标位置决定部3将目标位置发送至动作指令生成部4及同步开始定时决定部1。

[0032] 作为机器人动作指令生成部的动作指令生成部4基于目标位置,生成直至机械系统的目标位置为止的向机器人6的动作指令即机器人动作指令(机械系统动作指令)。在机器人动作指令中包含有向目标位置的位置指令等。动作指令生成部4将生成的机器人动作指令发送至合成部15。

[0033] 另外,动作指令生成部4基于用于执行抓持动作的抓持程序等,生成对目标位置处的通过机器人6实施的抓持动作进行指定的抓持动作指令。抓持动作指令是使机器人6的指尖即机器人指尖进行动作的指令。在通过抓持动作指令规定的动作中,例如包含有使机器人指尖下降至输送对象物的位置为止的动作、使机器人指尖开闭的动作、使机器人指尖返回至原来的位置的动作等。动作指令生成部4将抓持动作指令发送至抓持动作控制部7。此外,动作指令生成部4也可以生成对除了抓持动作以外的作业进行指定的作业指令而发送至抓持动作控制部7。

[0034] 同步开始定时决定部1从外部装置接收输送机的输送速度及输送对象物的输送位置,从目标位置决定部3接收目标位置。同步开始定时决定部1基于输送速度、输送位置及目标位置,决定开始使用同步指令进行的同步控制的定时(以下,有时称为同步开始定时)。同步开始定时是机器人6到达机器人动作指令所规定出的目标位置之前的定时。即,同步开始定时是在机器人6到达机器人动作指令所规定出的目标位置之前用于开始同步控制的定时。同步开始定时决定部1将表示决定出的同步开始定时的同步开始指令发送至同步指令生成部2。

[0035] 同步指令生成部2如果从同步开始定时决定部1接收到同步开始指令,则基于同步开始指令,生成用于与输送机的输送速度同步的同步指令。同步指令生成部2生成在机器人6到达机器人动作指令所规定出的目标位置之前用于开始同步控制的同步指令。即,同步指令生成部2在由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置之前,开始同步指令的生成。

[0036] 例如,在沿直线方向使输送对象物移动的输送机被作为输送装置使用的情况下,同步指令生成部2以由动作指令生成部4生成的机器人动作指令的目标位置为起点,以输送机的输送速度为目标速度,而生成机器人6的机器人指尖与输送机平行地动作的同步指令(动作指令)。在该同步指令中,包含有直至到达目标速度为止的加速的指令、通过目标速度进行动作的指令和从目标速度起减速而直至停止为止的指令。同步指令生成部2将生成的同步指令发送至合成部15。

[0037] 合成部15针对每个轴,将同步指令和机器人动作指令合成而生成合成指令,将生

成的合成指令输出至各轴控制部5。

[0038] 各轴控制部5是对机器人6的移动进行控制的控制部。各轴控制部5基于从合成部15发送来的合成指令(将同步指令和机器人动作指令合成后的动作指令),对机器人6的各轴进行控制。抓持动作控制部7按照从动作指令生成部4发送来的抓持动作指令,对机器人指尖进行控制。

[0039] 在这里,对由同步指令生成部2生成的同步指令的正交坐标系中的速度波形的例子进行说明。图2是用于说明由实施方式1所涉及的跟踪控制装置生成的同步指令的速度波形的例子的图。图2所示的图形的横轴是时间,纵轴是同步指令的速度指令。纵轴的正侧与输送机的动作方向(输送对象物的输送方向)相对应。此外,在图2中,省略了减速时的速度指令的图示。

[0040] 由同步指令生成部2生成的同步指令的速度指令(速度波形),是从0起以等加速度加速至输送机的输送速度V为止,在到达输送速度V后保持输送速度V不变而与输送机平行地动作的指令。在该速度指令下,在加速时间 Kt 的期间,从0起以等加速度加速至输送机的输送速度V为止。

[0041] 加速时间 Kt 期间的同步指令下的机器人指尖的移动距离是加速距离L。即,在通过同步指令使机器人指尖加速至输送速度V为止的期间所行进的距离是加速距离L。在图2中,将直至加速时间 Kt 为止的同步指令的移动距离即加速距离L通过斜线部表示。

[0042] 如图2所示,加速中的加速度恒定,在加速中的速度波形通过直线表示的情况下,成为 $L = (V \times Kt) / 2$ 。此外,减速时间期间的输送对象物的移动距离是减速距离。加速度及减速度恒定,在加速中及减速中的速度波形通过直线表示的情况下,同步指令的速度波形成为梯形图案的速度指令。

[0043] 图3是表示实施方式1所涉及的跟踪控制装置所具有的同步开始定时决定部的结构的图。同步开始定时决定部1具有同步开始位置计算部10和同步开始位置到达判定部11。

[0044] 同步开始位置计算部10从目标位置决定部3接收机器人6的目标位置即目标位置,从传感器等外部装置等接收输送机的输送速度。

[0045] 同步开始位置计算部10基于目标位置及输送速度,决定开始同步控制的输送机上的输送对象物的位置(以下,有时称为同步开始位置)。即,同步开始位置计算部10决定使同步指令生成部2开始同步指令生成的输送机上的输送对象物的位置。此外,在实施方式1中,将同步开始位置设为同步开始位置PS。

[0046] 例如,如果将由目标位置决定部3决定出的目标位置设为目标位置P,则同步开始位置计算部10将从目标位置P起在输送机的上游方向上以同步指令中的加速距离L返回后的地点的位置,决定为开始同步指令的生成的输送机上的输送对象物的位置(同步开始位置PS)。即,同步开始位置计算部10将输送对象物到达从目标位置P起以预先确定的特定距离(加速距离L)靠前的位置的时间点,决定为同步开始位置PS。

[0047] 如果将输送机的输送对象物的移动方向(输送方向)设为X轴的+方向,将在水平面内与X轴正交的轴设为Y轴,将机器人6的目标位置P的XY坐标设为 (P_x, P_y) ,则同步指令开始的同步开始位置PS成为 $PS = (P_x - L, P_y)$ 。即,在输送机上的输送对象物到达 $PS = (P_x - L, P_y)$ 的时间点开始同步控制。同步开始位置计算部10将同步开始位置PS发送至同步开始位置到达判定部11。

[0048] 同步开始位置到达判定部11从同步开始位置计算部10接收同步开始位置PS,从输送控制装置等外部装置接收输送对象物的每时每刻的输送位置。同步开始位置到达判定部11从外部装置接收的每时每刻的输送位置是输送对象物的位置的推定值(位置推定值Xh)。作为输送位置的位置推定值Xh,是基于根据输送对象物经过在输送机的上游设置的拍摄部(照相机等)的下部时所拍摄到的影像而计算的输送对象物的输送机上的位置、从拍摄起的经过时间和来自输送机所具有的作为测定装置的编码器的拍摄后的输出而推定的。

[0049] 同步开始位置到达判定部11将 $P_x - L$ 和Xh进行比较,在成为 $X_h \geq P_x - L$ 的时间点,将同步开始指令输出至同步指令生成部2。同步开始位置到达判定部11例如在成为 $X_h = P_x - L$ 的时间点,将同步开始指令输出至同步指令生成部2。即,同步开始位置到达判定部11将输送对象物到达从目标位置P起以预先确定的特定距离(加速距离L)靠前的位置的时间点,设定为使同步开始的定时即同步开始定时,将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0050] 此外,同步开始位置到达判定部11并不限于通过上述推定方法对位置推定值Xh进行推定的情况,也可以取代编码器的输出,而使用向输送机的速度指令或者输送机的速度的设计值对位置推定值Xh进行推定。

[0051] 另外,在输送系统中,也可以在输送机不设置编码器,通过在输送机的上游设置的拍摄部多次隔开间隔对输送对象物进行拍摄。在该情况下,同步开始位置到达判定部11例如基于根据多次拍摄结果而推定出的输送机的速度和从拍摄起的经过时间对输送对象物的位置推定值Xh进行推定。

[0052] 同步指令生成部2将动作指令生成部4通过机器人动作指令而规定出的起点作为目标位置P,生成成为图2所示的速度图案的同步指令。在该情况下,从同步指令的生成开始起加速时间 K_t 后的位置指令的增量成为L,因此在由同步指令生成部2生成的同步指令中,机器人6的输送机上的动作方向的从 P_x 起的移动量为L,输送机的动作方向的速度指令成为V。即,机器人6在从 P_x 起在输送方向上以L移动后的时间点处速度成为V。

[0053] 另外,输送机上的输送对象物的X方向的位置成为 $P_x - L + (V \times K_t)$ 。在这里, $V \times K_t$ 为 $2L$,因此输送机上的输送对象物的X方向的位置也与机器人6同样地为 $P_x + L$,输送对象物的X方向的速度为V。由此,从同步指令的生成开始起经过加速时间 K_t 以上,在机器人动作指令到达目标位置P后,机器人6的位置及速度和输送对象物的位置及速度一致。因此,跟踪控制装置50A能够在由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置P之前,使机器人6和输送对象物同步。

[0054] 目标位置决定部3优选以在与机器人动作指令相对应的机器人6的位置到达目标位置P之前从同步指令的生成开始起经过加速时间 K_t 的时间的方式,对动作指令生成部4所使用的目标位置P进行选定。即,目标位置决定部3以将与机器人动作指令相对应的机器人6的位置到达目标位置P之前的定时作为同步指令的开始定时,在从同步指令的开始起经过加速时间 K_t 的时间,且由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置P时机器人指尖位置处于输送对象物的上空的方式,对目标位置P进行选定。由此,目标位置决定部3在由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置P的时间点处,机器人6处于输送对象物的上空,且机器人6的输送速度也能够与输送对象物同步。

[0055] 在实施方式1中,同步指令生成部2首先在正交坐标系中生成同步指令(机器人指尖的位置指令),将生成的机器人指尖的位置指令变换(称为逆变换)为机器人6的各轴的位

置指令。该逆变换后的位置指令是同步指令。同步指令生成部2通过逆变换而生成的各轴的位置指令与由动作指令生成部4生成的机器人动作指令相加。

[0056] 此外,在实施方式1中,跟踪控制装置50A在对同步指令进行逆变换后将同步指令与机器人动作指令相加,但逆变换也可以在后续执行。即,跟踪控制装置50A可以在将由动作指令生成部4生成的正交坐标系的机器人动作指令和正交坐标系的同步指令在正交坐标系中相加后进行逆变换。

[0057] 在实施方式1中,目标位置决定部3为了决定机器人动作指令的目标位置P,预先对输送机上的直至多个地点P1~Pk(k为自然数)为止的机器人的动作时间 $t_{a1} \sim t_{ak}$ 进行计算。地点P1~Pk之中的地点P1是最上游的位置,地点Pk是最下游的位置。

[0058] 目标位置决定部3将计算出的 $t_{a1} \sim t_{ak}$ 和直至P1~Pk为止的输送机上的输送对象物的移动时间 $t_{b1} \sim t_{bk}$ 进行比较。目标位置决定部3通过该比较,求出满足 $t_{an} \geq t_{bn} + Kt$ (n为1~k的自然数)的最大的n,将与该n相对应的地点Pn(未图示)作为目标位置P而输出至动作指令生成部4。最大的n对应于在由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置P之前同步指令下的速度到达输送装置的速度地点之中的同步指令的开始最迟的地点,即,在由动作指令生成部4生成的机器人动作指令到达目标位置P之前同步指令下的速度到达输送装置的速度地点之中的合成后的动作与由动作指令生成部4生成的机器人动作指令一致的区间最长的地点Pn。

[0059] 此外,实施方式1的目标位置决定部3将与满足最大的n的动作时间相对应的地点采用为目标位置P,但也可以将成为 $m < n$ (m为自然数)的地点Pm(未图示)作为目标位置P进行输出。

[0060] 另外,目标位置决定部3并不限于在预先对输送机上的直至多个地点为止的移动时间进行计算后决定目标位置P的情况,也可以通过其他方法决定目标位置P。目标位置决定部3例如可以对预先确定的输送机上的直至特定地点P0(未图示)为止的机器人6的动作时间 t_a 和直至该特定地点P0为止的输送机上的输送对象物的移动时间 t_b 分别进行计算,根据 t_a 、 t_b 的比较结果而决定目标位置P。目标位置决定部3例如在将P0的x坐标设为 $P0_x$ 时,通过 $P_x = P0_x + (t_a - t_b - Kt - \alpha) \times V$ 对 P_x 进行计算,将计算出的 P_x 决定为目标位置P。在这里的 α 是预先确定的常数。目标位置决定部3也能够不进行任何运算,存储有预先确定的地点PA(未图示),将PA作为目标位置P而输出至动作指令生成部4。该情况下的PA可以是基于输送机的输送速度、机器人6的移动速度等任意的信息而设定的地点。

[0061] 抓持动作控制部7在达到由动作指令生成部4生成的位置指令到达目标位置P的时刻 $tr1$ 和从同步指令的生成开始起经过加速时间 Kt 后的时刻 $tr2$ 之中的较晚的的时刻的时间点处开始抓持动作。即,抓持动作控制部7即使成为位置指令到达目标位置P的时刻,如果从同步指令的生成开始起没有经过加速时间 Kt ,则直至经过加速时间 Kt 为止进行等待,然后开始抓持动作。另外,抓持动作控制部7即使成为从同步指令的生成开始起经过加速时间 Kt 后的时刻,如果位置指令没有到达目标位置P,则直至位置指令到达目标位置P为止进行,然后开始抓持动作。

[0062] 抓持动作是使机器人指尖下降,进行手的开闭的动作。如果抓持动作结束时、抓持动作结束后的手的上升动作结束时、抓持动作结束后的规定时间经过后、或者从抓持动作的开始起规定时间经过后的任意的条件成立,则抓持动作控制部7对同步指令生成部2发送

同步指令的生成结束的指令。同步指令生成部2如果接收到同步指令的生成结束的指令,则将同步指令的速度指令减速为0而停止同步指令。

[0063] 此外,在实施方式1中,抓持动作控制部7在达到时刻 tr_1 、 tr_2 之中的较晚的时刻的时间点处开始抓持动作,但也可以在达到时刻 tr_1 、 tr_2 的较晚者后,在考虑了控制系统后的预先确定的时间 t_c 进一步经过的时间点处开始抓持动作。

[0064] 另外,实施方式1的跟踪控制装置50A以机器人6的指尖正好与输送对象物的速度同步的方式生成同步指令,但无需限定于能够实现严格的同步的情况,也能够与在进行抓持作业时的容许误差的范围稍微偏离的速度相匹配。此外,与在容许误差的范围稍微偏离的速度相匹配的情况也定义为“同步”。

[0065] 另外,在实施方式1中,以输送对象物直线状地在输送机上被输送的情况为例进行了说明,但跟踪控制装置50A也能够应用于输送对象物圆弧状地被输送的系统。在输送对象物直线状地在输送机上被输送的情况下,跟踪控制装置50A将加速距离 L 及减速距离考虑为直线状的距离,但在圆弧状地被输送的系统中,加速距离 L 及减速距离可作为圆周上的距离进行相同的运算即可。

[0066] 如上所述,实施方式1的跟踪控制装置50A,从机器人动作指令到达目标位置 P 之前起开始输送对象物和机器人6的位置及速度的同步。而且,跟踪控制装置50A在机器人动作指令到达目标位置 P 的时间点处机器人6位于输送对象物的上侧,且将输送对象物和机器人6的速度设为相同,由此实现了输送对象物和机器人6的速度的同步。由此,跟踪控制装置50A即使在实施跟踪控制的情况下,也能够实现兼顾抓持位置的误差的抑制和动作时间的缩短。

[0067] 接下来,对由跟踪控制装置50A执行的处理的处理顺序进行说明。图4是表示由实施方式1所涉及的跟踪控制装置执行的处理的处理顺序的流程图。

[0068] 跟踪控制装置50A的目标位置决定部3基于输送对象物的输送位置及输送速度,决定成为机器人6执行向输送对象物的作业时的起点的目标位置 P (步骤S10)。

[0069] 同步开始定时决定部1基于目标位置 P 、输送位置及输送速度,决定开始同步控制的同步开始定时(步骤S20)。同步指令生成部2基于表示同步开始定时的同步开始指令,生成用于与输送机的输送速度同步的同步指令(步骤S30)。该同步指令是用于在通过机器人动作指令移动的机器人6的位置到达目标位置 P 之前开始同步的指令。

[0070] 动作指令生成部4基于目标位置 P ,生成直至目标位置 P 为止的向机器人6的动作指令即机器人动作指令(步骤S40)。此外,步骤S40的处理和步骤S20、S30的处理的哪个处理先执行均可。

[0071] 合成部15针对每个轴,将同步指令和机器人动作指令进行合成。同步指令是用于在与机器人动作指令相对应的机器人6的位置到达目标位置 P 之前开始同步的指令。因此,由合成部15合成后的指令成为在机器人6到达目标位置 P 之前开始同步的指令。即,合成部15通过将同步指令和机器人动作指令进行合成,从而在机器人6到达目标位置 P 之前开始同步(步骤S50)。各轴控制部5基于将同步指令和机器人动作指令合成后的动作指令,对机器人6的各轴进行控制。如上所述,跟踪控制装置50A在机器人6到达目标位置 P 之前开始同步。抓持动作控制部7按照从动作指令生成部4发送来的抓持动作指令,对机器人指尖进行控制。

[0072] 如上所述,跟踪控制装置50A由于生成将机器人6的位置及速度与在输送机上被输送的输送对象物的位置及速度这两者相匹配的同步指令,因此能够减少通过机器人6进行的抓持作业的误差,并且能够缩短机器人6的动作时间。

[0073] 如上所述,根据实施方式1,跟踪控制装置50A生成在由动作指令生成部4生成的动作指令到达目标位置P之前开始同步的同步指令而开始同步,因此在由动作指令生成部4生成的动作指令到达目标位置P的时间点处,机器人6和输送对象物的位置及速度一致。由此,跟踪控制装置50A能够在由动作指令生成部4生成的动作指令到达目标位置P的时间点处使机器人6开始作业,因此能够缩短直至机器人6开始作业为止的时间。

[0074] 实施方式2.

[0075] 接下来,使用图1对实施方式2进行说明。在实施方式2中,跟踪控制装置50A作为同步指令的速度波形而生成矩形波的速度指令。

[0076] 实施方式2的跟踪控制装置50A与实施方式1的跟踪控制装置50A的不同点在于同步指令生成部2中的速度指令的生成方法。因此,在实施方式2中,对同步指令生成部2中的速度指令的生成方法进行说明,省略其他说明。

[0077] 实施方式1的跟踪控制装置50A所具有的同步指令生成部2,生成用于以等加速度进行加速及减速的同步指令,但实施方式2的跟踪控制装置50A所具有的同步指令生成部2在内部生成矩形波的速度指令。即,在实施方式1中,同步指令生成部2生成梯形图案的速度指令,但在实施方式2中,同步指令生成部2生成在加速时速度以阶梯状上升、在减速时速度以阶梯状下降的速度指令。

[0078] 实施方式2的同步指令生成部2生成矩形波的速度指令,将使生成的速度指令通过与加速时间 Kt 相同长度的窗口长度 Kt 的移动平均滤波器后的结果作为速度指令而输出至合成部15。即,同步指令生成部2使用矩形波的速度指令及移动平均滤波器而生成同步指令所规定的向机器人6的速度指令。

[0079] 如上所述,在实施方式2中,同步指令生成部2通过矩形波的速度指令和移动平均滤波器而生成速度指令,因此即使在输送机的速度变动的情况下,也能够容易地生成同步指令。

[0080] 实施方式3.

[0081] 接下来,使用图5对实施方式3进行说明。实施方式3的跟踪控制装置50A使用机器人6的各轴的控制系统中的反馈控制或者前馈控制的参数(控制系统参数),对同步开始位置进行计算。

[0082] 在实施方式3中,同步开始定时决定部中的处理与实施方式1不同。因此,在实施方式3中,对同步开始定时决定部的结构及同步开始位置的计算方法进行说明,省略其他说明。

[0083] 图5是表示实施方式3所涉及的跟踪控制装置所具有的同步开始定时决定部的结构的图。关于图5的各结构要素之中的与图3所示的实施方式1的同步开始定时决定部1具有同一功能的结构要素标注同一标号,省略重复的说明。

[0084] 实施方式3的同步开始定时决定部1A具有同步开始位置计算部10A和同步开始位置到达判定部11。

[0085] 同步开始位置计算部10A从目标位置决定部3接收机器人6的目标位置即目标位置

P,从传感器等外部装置等接收输送机所产生的输送速度。另外,同步开始位置计算部10A从外部装置等接收控制系统参数。

[0086] 如上所述,在实施方式3中,与实施方式1的不同点在于,同步开始定时决定部1A的同步开始位置计算部10A在目标位置P及输送速度的基础上,还接收控制系统参数。

[0087] 同步开始位置计算部10A基于目标位置P、输送速度及控制系统参数,决定开始同步控制的输送对象物的输送机上的位置(同步开始位置PS)。控制系统参数是机器人6的各轴的控制系统中的反馈控制或者前馈控制的参数。

[0088] 在机器人6的各轴的控制系统中,并不限于跟踪控制,在各轴的控制系统中会产生延迟,因此机器人6的指尖从向控制系统的指令值产生延迟而进行动作。例如在跟踪控制装置50A使机器人6的指尖沿直线状或者圆弧状进行动作的情况下,机器人6的指尖具有与反馈控制或者前馈控制的参数和指令值的速度相对应的延迟,而沿目标轨道进行动作。因此,在实施方式3中,预先将控制系统参数及输送速度和沿直线或者圆弧的方向上的机器人6的延迟量Ld之间的关系(例如,表形式所示的对应关系)由同步开始位置计算部10A进行存储。

[0089] 此外,同步开始位置计算部10A取代将控制系统参数及输送速度和延迟量Ld之间的对应关系通过表形式等进行存储,而是对表示控制系统参数及输送速度和延迟量Ld之间的关系的函数进行存储。表示控制系统参数及输送速度和延迟量Ld之间的关系的函数可以由同步开始位置计算部10A预先导出,也可以由其他装置预先导出而储存于同步开始位置计算部10A。

[0090] 同步开始位置计算部10A基于控制系统参数及输送速度和延迟量Ld之间的对应关系(表或者函数)和输入的控制系统参数及输送速度,将与输入的控制系统参数及输送速度相对应的延迟量Ld导出。

[0091] 并且,同步开始位置计算部10A使用导出的延迟量Ld,通过 $PS = (Px - L - Ld, Py)$ 对开始同步指令的生成的输送对象物的输送机上的同步开始位置PS进行计算,将同步开始位置PS作为同步开始位置而发送至同步开始位置到达判定部11。

[0092] 同步开始位置到达判定部11从同步开始位置计算部10A接收同步开始位置PS。另外,同步开始位置到达判定部11接收每时每刻的输送位置(位置推定值Xh)。输送位置是基于根据输送对象物经过在输送机的上游设置的拍摄部的下部时所拍摄到的影像而计算的输送对象物的输送机上的位置、从拍摄起的经过时间和来自拍摄后的输送机所具有的作为测定装置的编码器的输出而推定出的位置。

[0093] 同步开始位置到达判定部11将 $Px - L - Ld$ 和Xh进行比较,在成为 $Xh \geq Px - L - Ld$ 的时间点处,将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0094] 如上所述,在实施方式3中,跟踪控制装置50A使用控制系统参数对同步开始位置进行计算。即,同步开始定时决定部1A考虑控制系统的延迟而决定同步开始定时。因此,跟踪控制装置50A能够抑制控制系统的延迟的影响,实现减少由控制系统的延迟产生的机器人6的抓持误差后的高精度的跟踪控制。

[0095] 实施方式4.

[0096] 接下来,使用图6对实施方式4进行说明。实施方式4的跟踪控制装置对在不超过作用于机器人6的各轴的容许转矩的最大值及最小值的范围中成为最短的加速时间及减速时间进行计算,使用计算出的加减速参数而生成机器人动作指令。

[0097] 图6是表示实施方式4所涉及的跟踪控制装置的结构图。关于图6的各结构要素之中的与图1所示的实施方式1的跟踪控制装置50A具有同一功能的结构要素标注同一标号,省略重复的说明。实施方式4的输送系统具有跟踪控制装置50B、机器人6和如输送机这样的输送装置(未图示)。

[0098] 跟踪控制装置50B在跟踪控制装置50A所具有的结构要素的基础上,还具有同步考虑加减速决定部8。跟踪控制装置50B的目标位置决定部3将目标位置P发送至动作指令生成部4、同步开始定时决定部1及同步考虑加减速决定部8。

[0099] 同步考虑加减速决定部8从目标位置决定部3接收目标位置P。另外,同步考虑加减速决定部8预先对与机器人动作指令合成的同步指令(速度图案)的参数,即同步指令的等速区间的速度及加减速所相关的参数进行存储。

[0100] 同步考虑加减速决定部8基于目标位置P及与机器人动作指令合成的同步指令,在满足针对机器人6的各轴的限制的范围内决定加减速参数。加减速参数是由动作指令生成部4生成的机器人动作指令的加速及减速所使用的参数。加减速参数例如是机器人6按照同步指令执行同步处理时的加速时间及减速时间。由同步考虑加减速决定部8决定的加速时间及减速时间,是在满足考虑同步动作的影响而决定的作用于机器人6的各轴的转矩的容许值(容许转矩)的范围内成为最短的加速时间及减速时间。

[0101] 同步考虑加减速决定部8将决定出的加减速参数发送至动作指令生成部4。动作指令生成部4使用由同步考虑加减速决定部8决定出的加减速参数而生成机器人动作指令。

[0102] 图7是用于说明实施方式4所涉及的跟踪控制装置对转矩进行计算的地点的图。同步考虑加减速决定部8预先确定出在输送机32上能够实施同步动作的区间的长度(距离SL)。

[0103] 接下来,同步考虑加减速决定部8根据由目标位置决定部3决定出的目标位置P,对通过由同步指令生成部2生成的同步指令(例如,图2所示的同步指令)的速度图案沿输送机32的行进方向使输送对象物动作的情况下的作用于机器人6的各轴的转矩进行计算。具体地说,同步考虑加减速决定部8对动作开始时(在目标位置P处,速度0)的各轴的转矩 τ_a 、加速结束时(在从目标位置P起沿X轴方向以L移动后的地点TP0处速度在输送机32的动作方向为V)的各轴的转矩 τ_b 和从进入等速区间起直至到达在X轴方向从目标位置P以距离SL分离的地点TP1为止的预先确定的各地点处的转矩 $\tau_{c1} \sim \tau_{cK}$ (K为自然数)进行计算。

[0104] 同步考虑加减速决定部8例如在从地点TP0至之前的地点TP1为止之间预先确定的个数如图7所示为4点的情况下,对该4点处的转矩 $\tau_{c1} \sim \tau_{c4}$ 进行计算。在机器人6是6轴机器人的情况下,转矩 τ_a 、 τ_b 、 $\tau_{c1} \sim \tau_{c4}$ 均成为6要素的矢量。

[0105] 接下来,同步考虑加减速决定部8求出转矩 τ_a 、 τ_b 、 $\tau_{c1} \sim \tau_{c4}$ 的各轴成分的最大值 $\tau_{si_{max}}$ 、最小值 $\tau_{si_{min}}$ 。在这里的i是轴数,在机器人6为6轴机器人的情况下,i为1~6的自然数。例如如果是第1轴的最大值,则为 $\tau_{s1_{max}}$,如果是第3轴的最小值,则为 $\tau_{s3_{min}}$ 。另外,同步考虑加减速决定部8在计算出的 $\tau_{si_{max}} < 0$ 的情况下,设为 $\tau_{si_{max}} = 0$ 。另外,同步考虑加减速决定部8在 $\tau_{si_{min}} > 0$ 的情况下,设为 $\tau_{si_{min}} = 0$ 。

[0106] 在不考虑同步的影响的情况下,动作指令生成部4在不超过各轴的+方向的容许最大转矩 $\tau_{i_{max}}$ 及-方向的容许最大转矩 $-\tau_{i_{max}}$ 的范围,对成为最短的加速时间 Kt_0 及减速时间 gt_0 进行计算,使用加速时间 Kt_0 及减速时间 gt_0 生成机器人动作指令即可。

[0107] 在考虑同步的影响的实施方式4中,同步考虑加减速决定部8在将各轴的容许最大值修正为考虑了同步的影响的值后,对加减速时间进行计算。具体地说,同步考虑加减速决定部8通过 $\tau z i_{\max} = \tau i_{\max} - \tau s i_{\max}$ 对考虑了各轴的同步的影响而得到的+方向的容许最大扭矩 $\tau z i_{\max}$ 进行计算,通过 $\tau z i_{\min} = -\tau i_{\max} - \tau s i_{\min}$ 对-方向的容许最大扭矩 $\tau z i_{\min}$ 进行计算。

[0108] 同步考虑加减速决定部8对在各轴的转矩不超过 $\tau z i_{\max}$ 及 $\tau z i_{\min}$ 的范围成为最短的加速时间Kt1、减速时间gt1进行计算。即,同步考虑加减速决定部8基于 $\tau z i_{\max}$ 而决定不超过 $\tau z i_{\max}$ 的加速时间Kt1,基于 $\tau z i_{\min}$ 而决定不超过 $\tau z i_{\min}$ 的减速时间gt1。同步考虑加减速决定部8将加速时间Kt1及减速时间gt1向动作指令生成部4作为加减速参数进行发送。

[0109] 动作指令生成部4接收加速时间Kt1及减速时间gt1。动作指令生成部4使用接收到的加速时间Kt1及减速时间gt1而生成机器人动作指令。

[0110] 此外,在实施方式4中,以同步考虑加减速决定部8基于 $\tau z i_{\max}$ 而决定加速时间Kt1、基于 $\tau z i_{\min}$ 而决定减速时间gt1的情况为例进行了说明,但同步考虑加减速决定部8也可以通过其他方法决定加速时间Kt1及减速时间gt1。同步考虑加减速决定部8例如可以在不超过 τi_{\max} 及 $-\tau i_{\max}$ 的范围对加速时间Kt1进行计算,在不超过 $\tau z i_{\max}$ 及 $\tau z i_{\min}$ 的范围对减速时间gt1进行计算。

[0111] 如上所述,同步考虑加减速决定部8在不超过容许转矩的最大值及最小值的范围,对成为最短的加速时间Kt1及减速时间gt1进行计算。关于容许转矩的最大值及最小值,如上所述设为考虑了同步的影响后的值。

[0112] 同步考虑加减速决定部8作为将同步指令相加前的指令而进行加减速时间的计算。加减速时间的计算方法可以应用任意的的方法。同步考虑加减速决定部8如果是考虑机器人6的动态特性在不超过容许转矩的范围对成为最短的加速时间Kt1及减速时间gt1进行计算的方式,则可以通过任意的的方式对加速时间Kt1及减速时间gt1进行计算。

[0113] 如上所述,实施方式4的跟踪控制装置50B,在不超过容许转矩的最大值及最小值的范围对成为最短的加速时间及减速时间进行计算,使用计算出的加减速参数而生成机器人动作指令。由此,跟踪控制装置50B即使在将同步指令与机器人动作指令相加而使机器人6动作的情况下,也能够一边满足容许转矩的限制、一边通过高速的动作而缩短动作时间。

[0114] 实施方式5.

[0115] 接下来,使用图8及图9对实施方式5进行说明。实施方式5的跟踪控制装置,如果机器人指尖到达不与物体发生干涉的区域,且输送对象物到达同步开始位置,则开始同步指令。

[0116] 图8是表示实施方式5所涉及的跟踪控制装置的结构图。关于图8的各结构要素之中的与图1所示的实施方式1的跟踪控制装置50A具有同一功能的结构要素标注同一标号,省略重复的说明。实施方式5的输送系统具有跟踪控制装置50C、机器人6和如输送机32(在图8中未图示)这样的输送装置。

[0117] 跟踪控制装置50C在跟踪控制装置50A所具有的结构要素的基础上,还具有干涉影响判定部9。干涉影响判定部9从动作指令生成部4接收每时每刻的机器人动作指令。

[0118] 干涉影响判定部9基于即使将同步指令与机器人动作指令相加机器人6和输送对象物也不可能发生干涉的区域(后面记述的不需要考虑干涉区域A1)和机器人动作指令,对机器人指尖是否到达不需要考虑干涉区域A1进行判定。干涉影响判定部9将表示机器人指

尖是否到达不需要考虑干涉区域A1的信息发送至同步开始定时决定部1。

[0119] 实施方式5的跟踪控制装置50C所具有的同步开始定时决定部1,如果机器人指尖到达不需要考虑干涉区域A1,且输送对象物到达同步开始位置,则将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0120] 跟踪控制装置50C与跟踪控制装置50A相比较,具有干涉影响判定部9,以及由同步开始定时决定部1、同步指令生成部2及抓持动作控制部7执行的处理不同。下面,主要对由跟踪控制装置50C执行的处理和由跟踪控制装置50A执行的处理的差异点进行说明。

[0121] 图9是用于说明在实施方式5所涉及的跟踪控制装置决定同步开始定时之时使用的不需要考虑干涉区域的图。在图9中,将机器人6执行作业的输送对象物作为输送对象物31进行图示。

[0122] 不需要考虑干涉区域A1是即使将同步指令与机器人动作指令相加,在机器人6和物体(存在于机器人6和输送机32之间的设备、传感器等未图示的障碍物等)之间也不担心发生干涉的区域。在不需要考虑干涉区域A1中包含有输送对象物31所经过的区域。

[0123] 干涉影响判定部9预先存储有图9所示的不需要考虑干涉区域A1。干涉影响判定部9接收由动作指令生成部4生成的每时每刻的机器人动作指令。干涉影响判定部9判定与机器人动作指令相对应的机器人指尖的位置是否到达不需要考虑干涉区域A1。

[0124] 干涉影响判定部9直至机器人指尖的位置到达不需要考虑干涉区域A1为止,将表示未到达的信息(例如“0”)输出至同步开始定时决定部1。干涉影响判定部9在机器人指尖的位置到达不需要考虑干涉区域A1后将表示到达的信息(例如“1”)输出至同步开始定时决定部1。

[0125] 同步开始定时决定部1的同步开始位置到达判定部11与施方式1同样地,判定输送对象物31是否到达同步开始位置。实施方式5的同步开始定时决定部1在即使输送对象物31到达同步开始位置,来自干涉影响判定部9的输出仍为“0”的情况下,即接收到表示未到达的信息的情况下,不将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0126] 同步开始定时决定部1在输送对象物31到达同步开始位置,且来自干涉影响判定部9的输出为“1”的情况下,将同步开始指令输出至同步指令生成部2。同步开始定时决定部1在输送对象物31到达同步开始位置时,来自干涉影响判定部9的输出已经成为“1”的情况下,立即将同步开始指令输出至同步指令生成部2。即,同步开始定时决定部1在来自干涉影响判定部9的输出成为“1”的情况下,在输送对象物31到达同步开始位置的时间点处将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0127] 如上所述,同步开始定时决定部1如果机器人指尖的位置到达不需要考虑干涉区域A1,且输送对象物31到达同步开始位置,则将同步开始指令输出至同步指令生成部2。

[0128] 同步指令生成部2有时考虑到干涉,由此同步开始指令的输出从期望的定时会产生延迟。在该情况下,如果跟踪控制装置50C直接使用由同步指令生成部2生成的同步指令,则机器人指尖的位置会以同步的开始延迟的量偏移。因此,同步指令生成部2输出对偏移的位置进行校正后的同步指令。例如,如果将由同步开始定时决定部1输出的同步开始指令的从期望的定时起的延迟设为 K_d ,则定时发生延迟,由此输送对象物31移动至以 $L_c = K_d \times V$ 前进的位置。因此,同步指令生成部2生成以 (P_x, P_y) 为起点,向 $(P_x + L_c, P_y)$ 以加速时间 K_t 移动的指令(以下,称为校正指令)。同步指令生成部2将在定时没有延迟的原本的同步指令中叠

加有向 (P_x+L_c, P_y) 以加速时间 K_t 移动的校正指令而得到的结果,作为校正后的同步指令发送至合成部15。

[0129] 同步指令生成部2在如果将叠加上述校正指令而得到的结果作为同步指令输出,则预想到会超过容许转矩的最大值或者最小值的情况下,对不超过容许转矩的最大值或者最小值,能够到达位置 (P_x+L_c, P_y) 为止的到达时间 K_{t2} 进行计算。在该情况下,同步指令生成部2将在定时没有延迟的原本的同步指令中叠加上有向 (P_x+L_c, P_y) 以到达时间 K_{t2} 移动的校正指令而得到的结果,作为同步指令发送至合成部15。

[0130] 抓持动作控制部7在达到由动作指令生成部4生成的位置指令到达目标位置P的时刻 tr_1 和从同步指令的生成开始起经过加速时间 K_t 后的时刻 tr_2 之中的较晚的的时刻的时间点处开始抓持动作。

[0131] 另外,抓持动作控制部7在向 (P_x+L_c, P_y) 的到达时间是比较加速时间 K_t 长的到达时间 K_{t2} 的情况下,在达到由动作指令生成部4生成的位置指令到达目标位置P的时刻 tr_1 和从同步指令的生成开始起经过到达时间 K_{t2} 后的时刻 tr_3 和之中的较晚的的时刻的时间点处开始抓持动作。

[0132] 如上所述,在实施方式5的跟踪控制装置50C中,同步开始定时决定部1考虑来自干涉影响判定部9的输出而决定同步指令开始的定时。即,如果机器人指尖的位置到达不需要考虑干涉区域A1,且输送对象物31到达同步开始位置,则跟踪控制装置50C的同步开始定时决定部1将同步开始指令输出至同步指令生成部2。由此,跟踪控制装置50C能够实现防止干涉的发生、机器人6和输送对象物31的位置及速度的同步和机器人6的动作时间的缩短。

[0133] 实施方式6.

[0134] 接下来,使用图10对实施方式6进行说明。实施方式6的跟踪控制装置50A对目标位置P、输送速度及控制系统参数和延迟量 L_d 之间的对应关系进行学习,在对机器人6进行控制时,基于目标位置P、输送速度及控制系统参数对延迟量 L_d 进行推断。

[0135] 在实施方式6的跟踪控制装置50A中,同步开始定时决定部1A具有学习部。实施方式6的跟踪控制装置50A和实施方式3的跟踪控制装置50A由同步开始定时决定部1A执行的处理不同。实施方式6的同步开始定时决定部1A与实施方式3的同步开始定时决定部1A相比较,输入的目标位置P、输送速度及根据控制系统参数而导出的延迟量 L_d 的导出方法不同。下面,主要对延迟量 L_d 的导出方法进行说明。

[0136] 图10是表示实施方式6所涉及的跟踪控制装置所具有的学习部的结构的图。跟踪控制装置50A所具有的学习部(学习装置)21例如配置于同步开始定时决定部1A内。此外,学习部(学习装置)21实施学习及推断这两者。

[0137] 作为第1学习部的学习部21具有神经电路网(神经网络),对目标位置P、输送速度及控制系统参数的组合和延迟量 L_d 之间的对应关系(第1对应关系)预先进行学习。学习部21在学习时,将目标位置P、输送速度及控制系统参数作为神经电路网的输入,将输入时的目标位置P、输送速度及与控制系统参数相对应的延迟量 L_d 作为神经电路网的输出(教师信号),执行神经电路网的学习。

[0138] 学习后的神经电路网储存于同步开始位置计算部10A内。在跟踪控制装置50A实际使机器人6动作时,学习部21将输入至神经电路网的目标位置P、输送速度及与控制系统参数相对应的延迟量 L_d 从神经电路网输出。同步开始位置计算部10A使用从神经电路网输出

的延迟量Ld,通过 $PS = (P_x - L - L_d, P_y)$ 对开始同步指令的生成的输送对象物的输送机32上的同步开始位置PS进行计算,将同步开始位置PS作为同步开始位置而发送至同步开始位置到达判定部11。如上所述,在实施方式6中,学习部21使用神经电路网而导出进行跟踪控制时的参数的1个即延迟量Ld。

[0139] 此外,学习部21可以配置于任意的位置。学习部21可以配置于跟踪控制装置50A的内部,也可以配置于外部。学习部21例如可以配置于服务器。

[0140] 在这里,对学习部21的详细内容进行说明。学习部21取得目标位置P、输送速度及控制系统参数的组合(以下,有时称为组合信息)和与该组合信息(第1组合信息)相对应的延迟量Ld。学习部21所取得的延迟量Ld可以是由实施方式3的同步开始位置计算部10A计算出的延迟量Ld,也可以是由其他装置计算出的延迟量Ld。

[0141] 学习部21使用基于组合信息及延迟量Ld的组合而创建的学习用数据,对与组合信息相对应的延迟量Ld进行学习。换言之,学习部21基于学习用数据,对组合信息的情况下的延迟量Ld进行学习。即,学习部21生成根据组合信息对延迟量Ld进行推断的训练好的模型(神经电路网等)。在这里,学习用数据是组合信息及延迟量Ld彼此相关联的数据。学习部21对生成的训练好的模型进行存储。

[0142] 学习部21例如按照神经电路网模型,通过所谓有教师学习,对与组合信息相对应的延迟量Ld进行学习。在这里,有教师学习是指下述方法,即,通过将输入和结果(标签)的数据组(学习用数据)赋予给学习部21,从而对这些学习用数据所包含的特征进行学习,根据输入对结果进行推断。

[0143] 神经电路网由通过多个神经元构成的输入层、通过多个神经元构成的中间层(隐藏层)及通过多个神经元构成的输出层构成。中间层可以为1层,也可以为大于或等于2层。

[0144] 例如,如果是3层神经电路网,则在多个输入数据输入至输入层后,对其值乘以权重而输入至中间层。而且,对其结果进一步乘以权重而从输出层输出。该输出结果根据权重的值而改变。

[0145] 图10的学习部21所使用的神经电路网,按照基于组合信息和延迟量Ld的组合而创建的学习用数据,通过所谓有教师学习,对与组合信息相对应的延迟量Ld进行学习。换言之,学习部21所使用的神经电路网按照基于取得的第1输入和第2输入(正解)的组合而创建的组合信息及延迟量Ld,通过所谓有教师学习,对与组合信息相对应的延迟量Ld进行学习。

[0146] 即,神经电路网通过调整权重以使得在输入作为第1输入的组合信息后从输出层输出的结果接近第2输入(正解),从而进行学习。具体地说,神经电路网通过调整权重以使得在对输入层输入组合信息后从输出层输出的结果接近延迟量Ld,从而进行学习。

[0147] 神经电路网通过对组合信息和延迟量Ld之间的对应关系进行学习,从而生成在输入了组合信息的情况下能够输出适当的延迟量Ld的训练好的模型。如上所述,学习部21对在输入了组合信息的情况下能够输出作为正解的延迟量Ld的训练好的模型进行学习。学习部21通过执行以上的学习,从而生成神经电路网所示的训练好的模型,对神经电路网进行存储。

[0148] 学习部21在对延迟量Ld进行推断时,取得组合信息。学习部21在进行实际的机器人6的控制时,使用训练好的神经电路网即训练好的模型,对与组合信息相对应的延迟量Ld进行推断。即,学习部21通过对训练好的模型输入组合信息,从而能够输出根据组合信息而

推断的适当的延迟量Ld。

[0149] 如上所述,组合信息和延迟量Ld的组合是在学习时使用的数据,组合信息是在推断时使用的数据。实施方式6的跟踪控制装置50A基于组合信息和延迟量Ld的组合,对训练好的模型进行学习,然后,通过将组合信息应用于训练好的模型,从而对延迟量Ld进行推断。由此,实施方式6的跟踪控制装置50A能够在对训练好的模型进行学习后,使用训练好的模型对延迟量Ld进行推断。

[0150] 此外,在实施方式6中,说明了学习部21生成训练好的模型,使用训练好的模型而输出适当的延迟量Ld的情况,但学习部21也可以从其他学习部取得训练好的模型。在该情况下,学习部21基于从其他学习部等取得的训练好的模型而输出适当的延迟量Ld。

[0151] 另外,跟踪控制装置50A可以将组合信息作为目标位置P及输送速度,在组合信息中不包含控制系统参数。即,跟踪控制装置50A可以对目标位置P及输送速度的组合和延迟量Ld之间的对应关系进行学习,在对机器人6进行控制时,基于目标位置P及输送速度对延迟量Ld进行推断。

[0152] 如上所述,根据实施方式6,学习部21对组合信息和延迟量Ld之间的对应关系进行学习,在对机器人6进行控制时,基于组合信息对延迟量Ld进行推断,因此同步开始位置计算部10A能够准确地计算适当的同步开始位置。由此,跟踪控制装置50A能够高精度地校正控制系统的延迟的影响。

[0153] 实施方式7.

[0154] 接下来,使用图11对实施方式7进行说明。实施方式7的跟踪控制装置50A对机器人6的动作开始位置、输送速度及输送对象物的输送机32上的位置即对象物位置和目标位置P之间的对应关系进行学习,在对机器人6进行控制时,基于动作开始位置、输送速度及对象物位置对目标位置P进行推断。

[0155] 在实施方式7的跟踪控制装置50A中,目标位置决定部3具有学习部。实施方式7的跟踪控制装置50A和实施方式3的跟踪控制装置50A由目标位置决定部3执行的执行不同。

[0156] 图11是表示实施方式7所涉及的跟踪控制装置所具有的学习部的结构的图。跟踪控制装置50A所具有的学习部(学习装置)22例如配置于目标位置决定部3内。

[0157] 作为第2学习部的学习部22具有神经电路网(神经网络),对动作开始位置、输送速度及对象物位置的组合和目标位置P之间的对应关系(第2对应关系)预先进行学习。即,在实施方式7中,动作开始位置、输送速度及对象物位置的组合是组合信息(第2组合信息)。

[0158] 在对组合信息和目标位置P之间的对应关系进行学习时,使用模拟器而反复计算针对动作开始位置、输送速度及对象物位置的各个组合而作业时间最短的目标位置P。

[0159] 学习部22将动作开始位置、输送速度及对象物位置作为神经电路网的输入,将输入的动作开始位置、输送速度及与对象物位置相对应的作业时间最短的目标位置P作为神经电路网的输出(教师信号),执行神经电路网的学习。

[0160] 学习后的神经电路网储存于目标位置决定部3内。跟踪控制装置50A在实际上使机器人6动作时,学习部22将输入至神经电路网的动作开始位置、输送速度及与对象物位置相对应的目标位置P从神经电路网输出。目标位置决定部3将从神经电路网输出的目标位置P发送至同步开始定时决定部1及动作指令生成部4。如上所述,在实施方式7中,学习部22使用神经电路网而导出视作进行跟踪控制时的参数的目标位置P。

[0161] 如上所述,学习部22与学习部21在学习时输入的信息及输出的信息不同,但通过学习部22进行的学习处理与学习部21相同。另外,学习部22与学习部21在推断时输入的信息及输出的信息不同,但通过学习部22进行的推断处理与学习部21相同。

[0162] 此外,学习部22也可以配置于任意的位置。学习部22也可以配置于跟踪控制装置50A的内部,也可以配置于外部。学习部22例如可以配置于服务器。

[0163] 如上所述,在实施方式7中,学习部22对动作开始位置、输送速度及对象物位置和目标位置P之间的对应关系进行学习,在对机器人6进行控制时,基于动作开始位置、输送速度及对象物位置而对目标位置P进行推断。由此,目标位置决定部3能够准确地计算适当的目标位置P,因此跟踪控制装置50A能够进一步减少机器人6所产生的抓持误差,进一步缩短机器人6的动作时间。

[0164] 在这里,对跟踪控制装置50A~50C的硬件结构进行说明。跟踪控制装置50A~50C通过处理电路实现。该处理电路可以是执行在存储器中储存的程序的处理器及存储器,也可以是专用的硬件。处理电路也被称为控制电路。

[0165] 图12是表示将实施方式1~7所涉及的跟踪控制装置所具有的处理电路通过处理器及存储器实现的情况下的处理电路的结构例的图。此外,跟踪控制装置50A~50C具有相同的硬件结构,因此在这里,对跟踪控制装置50A的硬件结构进行说明。

[0166] 图12所示的处理电路90是控制电路,具有处理器91及存储器92。在处理电路90由处理器91及存储器92构成的情况下,处理电路90的各功能通过软件、固件或者软件和固件的组合实现。软件或者固件作为程序被记述,储存于存储器92。在处理电路90中,将在存储器92中存储的程序由处理器91读出而执行,由此实现各功能。即,处理电路90具有存储器92,该存储器92用于对跟踪控制装置50A的处理最终得以执行的控制程序进行储存。该控制程序可以说是用于使跟踪控制装置50A执行通过处理电路90实现的各功能的程序。该控制程序可以通过存储有程序的存储介质提供,也可以通过通信介质等其他单元提供。

[0167] 在这里,处理器91例如是CPU(Central Processing Unit)、处理装置、运算装置、微处理器、微型计算机或者DSP(Digital Signal Processor)等。另外,存储器92例如是RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、闪存、EPROM(Erasable Programmable ROM)、EEPROM(注册商标)(Electrically EPROM)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、或者DVD(Digital Versatile Disc)等。

[0168] 图13是表示将实施方式1~7所涉及的跟踪控制装置所具有的处理电路通过专用的硬件实现的情况下的处理电路的例子。图13所示的处理电路93例如是单一电路、复合电路、被程序化的处理器、被并程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)或者它们的组合。

[0169] 关于处理电路90、93,可以将一部分通过专用的硬件实现,将一部分通过软件或者固件实现。如上所述,处理电路90、93能够通过专用的硬件、软件、固件或者它们的组合而实现上述各功能。

[0170] 此外,同步开始定时决定部1、同步指令生成部2、目标位置决定部3、动作指令生成部4、各轴控制部5、抓持动作控制部7及合成部15也可以通过各个不同的处理电路实现。

[0171] 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、变更。

[0172] 标号的说明

[0173] 1、1A同步开始定时决定部,2同步指令生成部,3目标位置决定部,4动作指令生成部,5各轴控制部,6机器人,7抓持动作控制部,8同步考虑加减速决定部,9干涉影响判定部,10、10A同步开始位置计算部,11同步开始位置到达判定部,15合成部,21、22学习部,31输送对象物,32输送机,50A~50C跟踪控制装置,90、93处理电路,91处理器,92存储器,A1不需要考虑干涉区域,P目标位置,P0特定地点,P1~Pk、Pm、Pn、PA、TP0、TP1地点,PS同步开始位置。

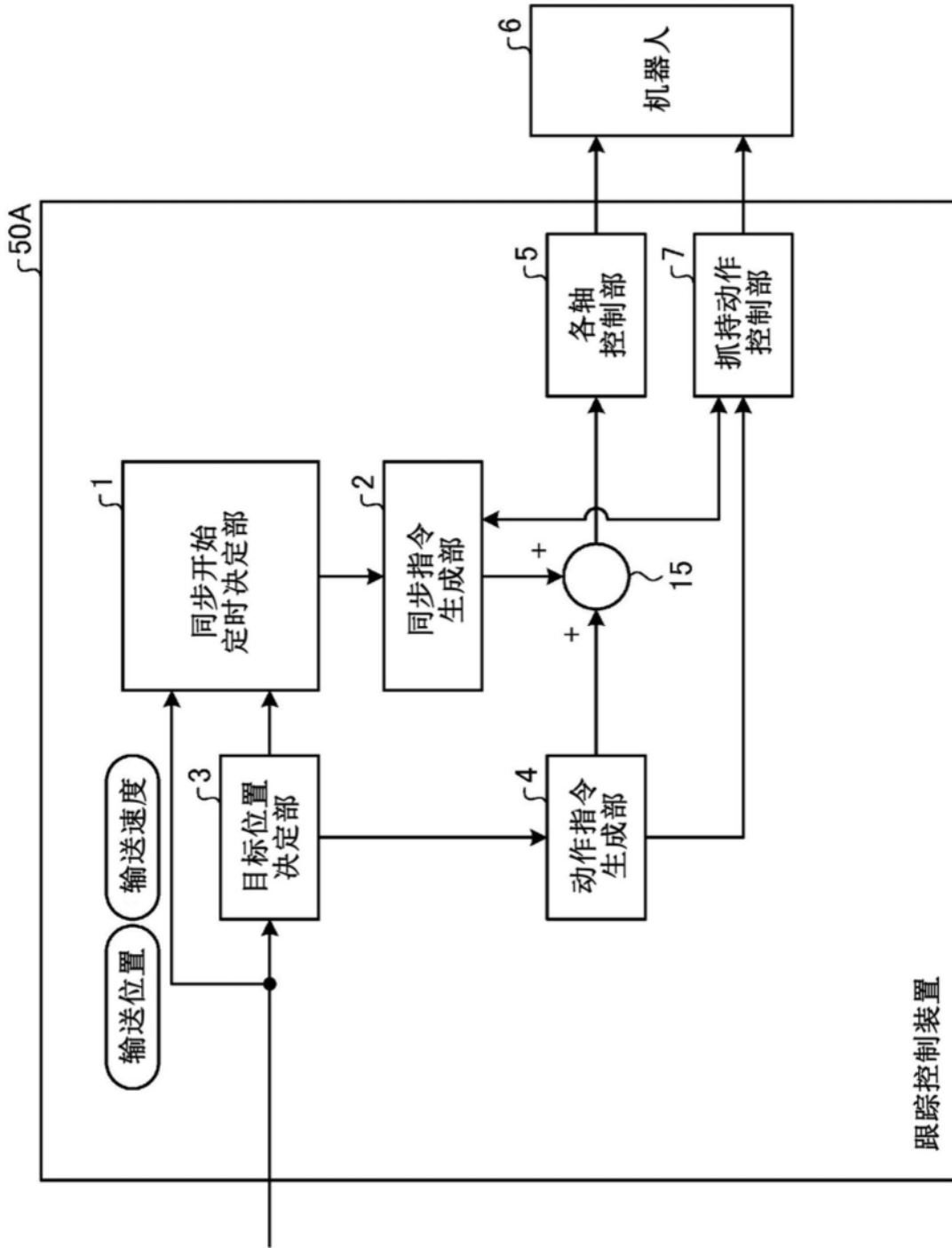


图1

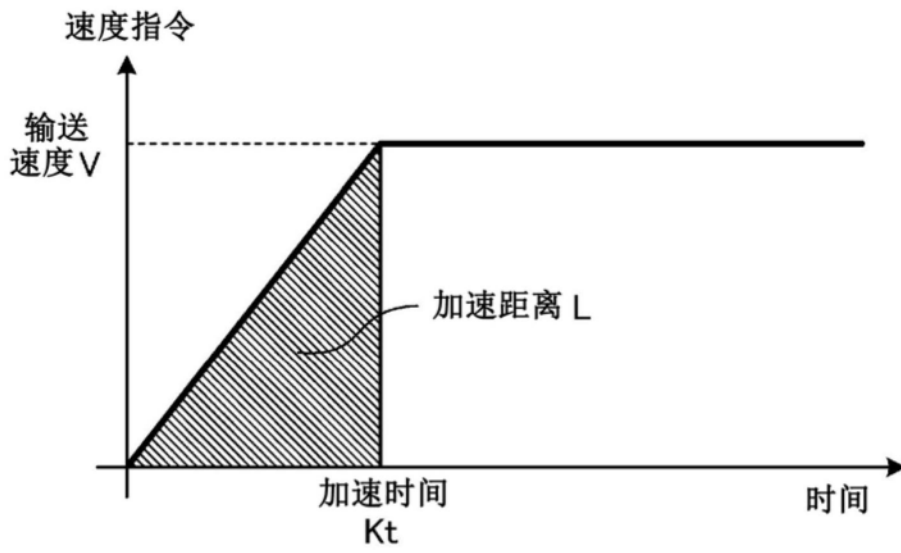


图2

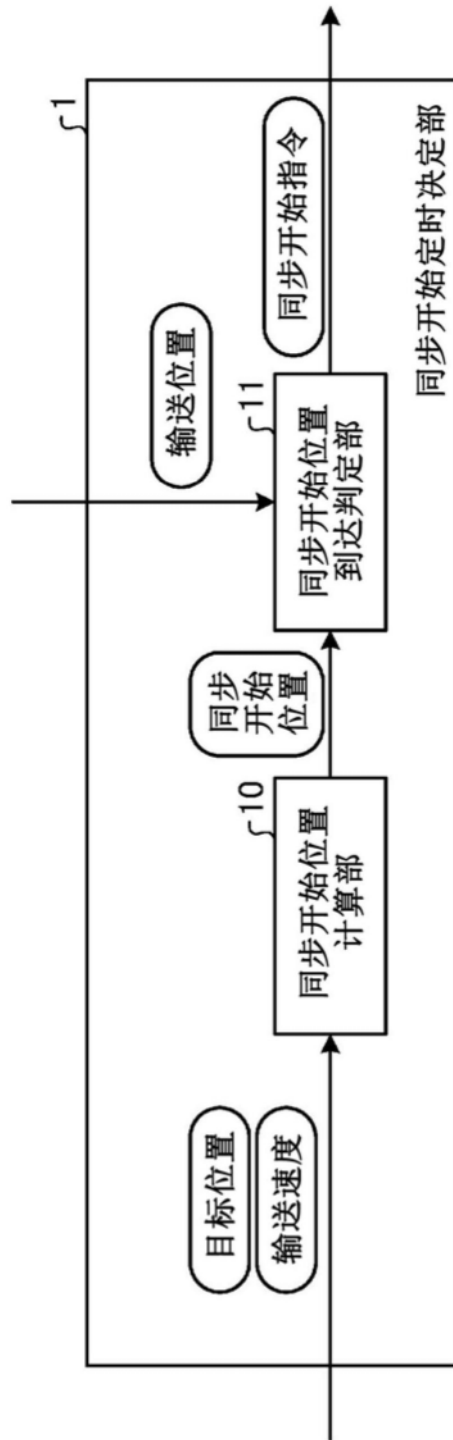


图3

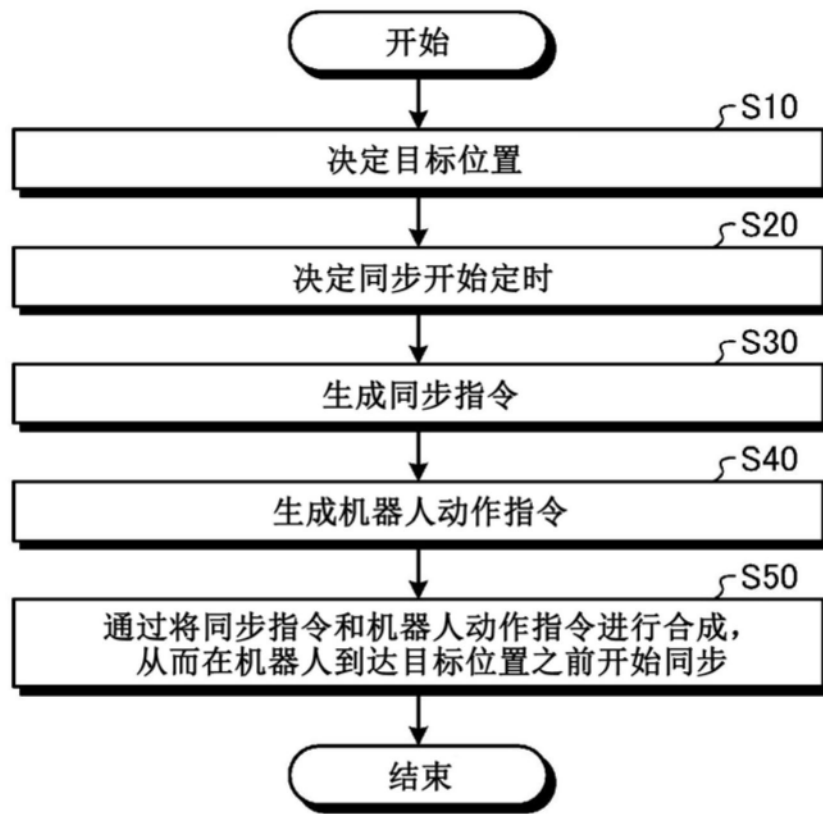


图4

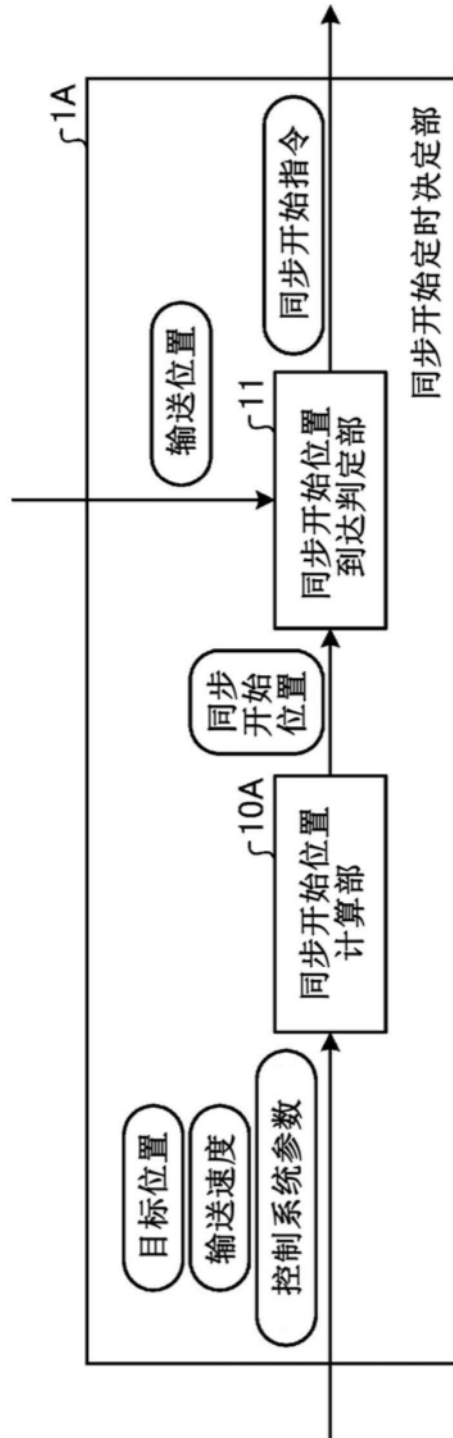


图5

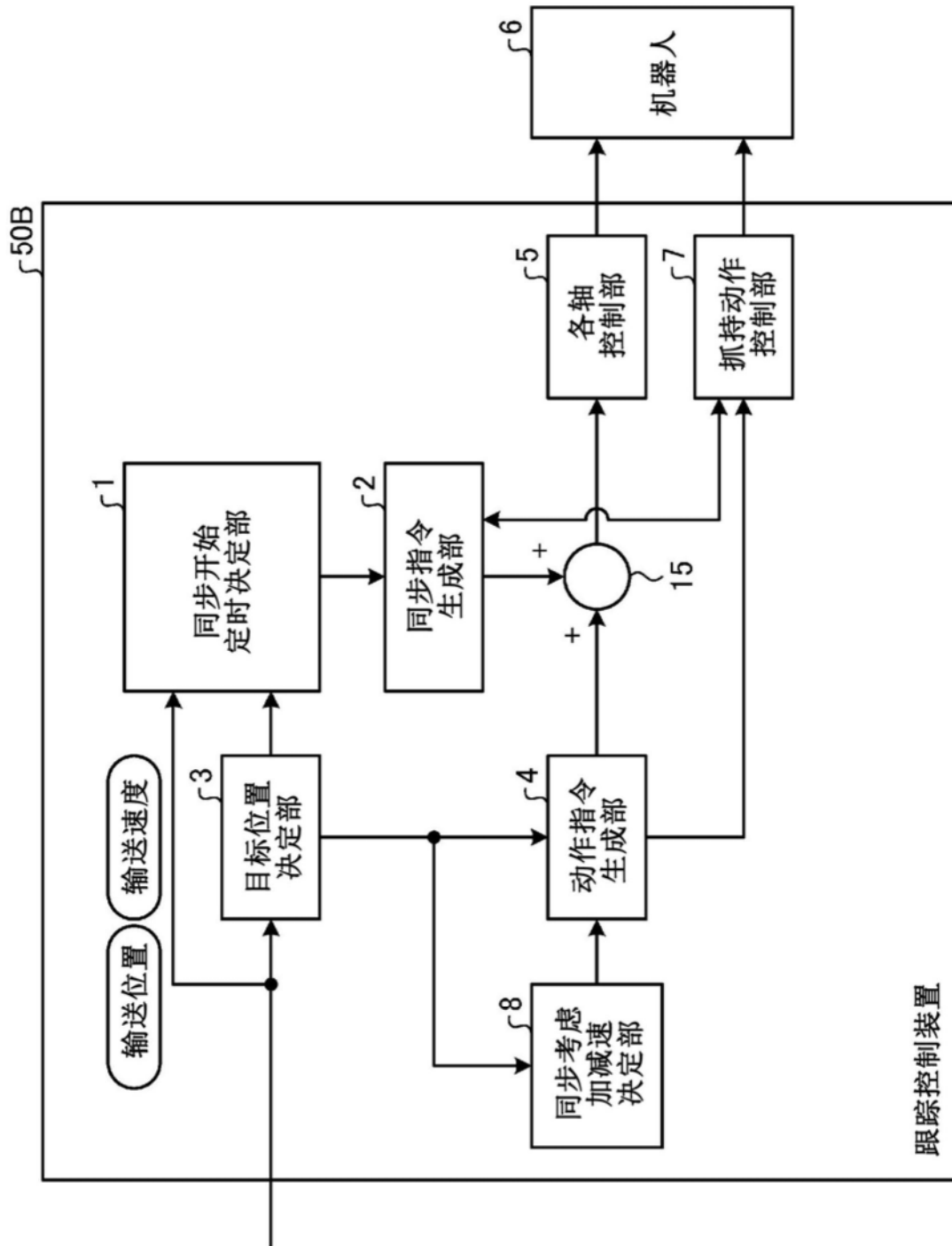


图6

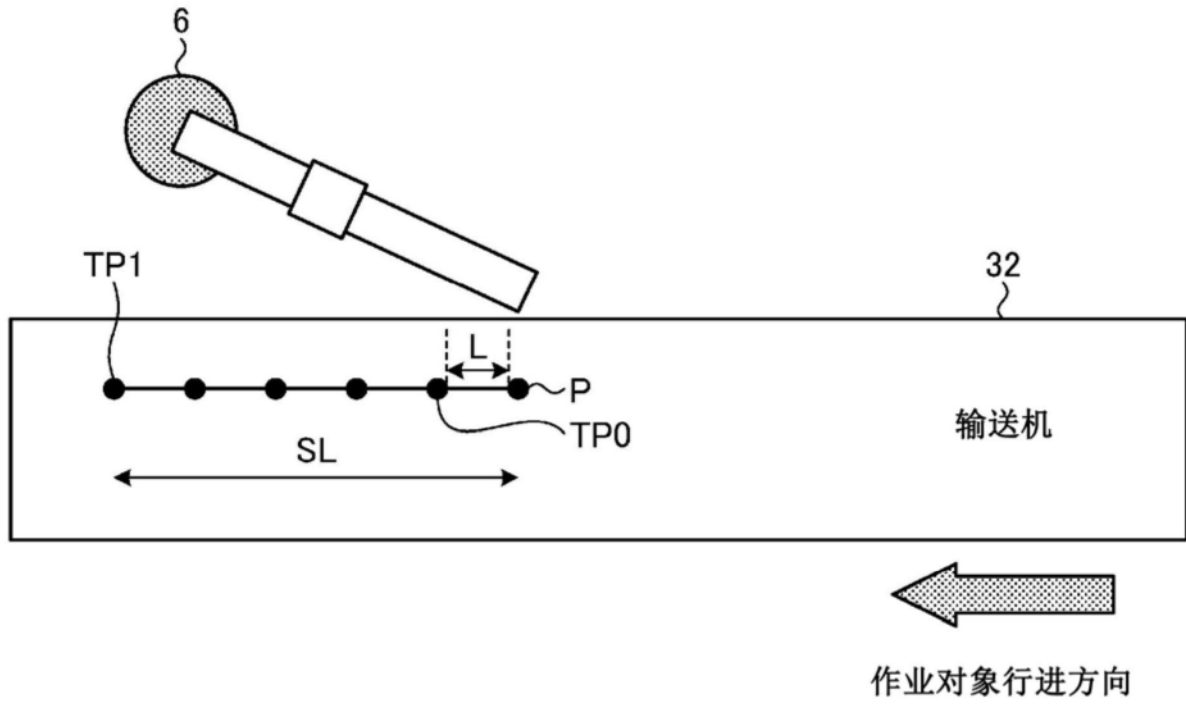


图7

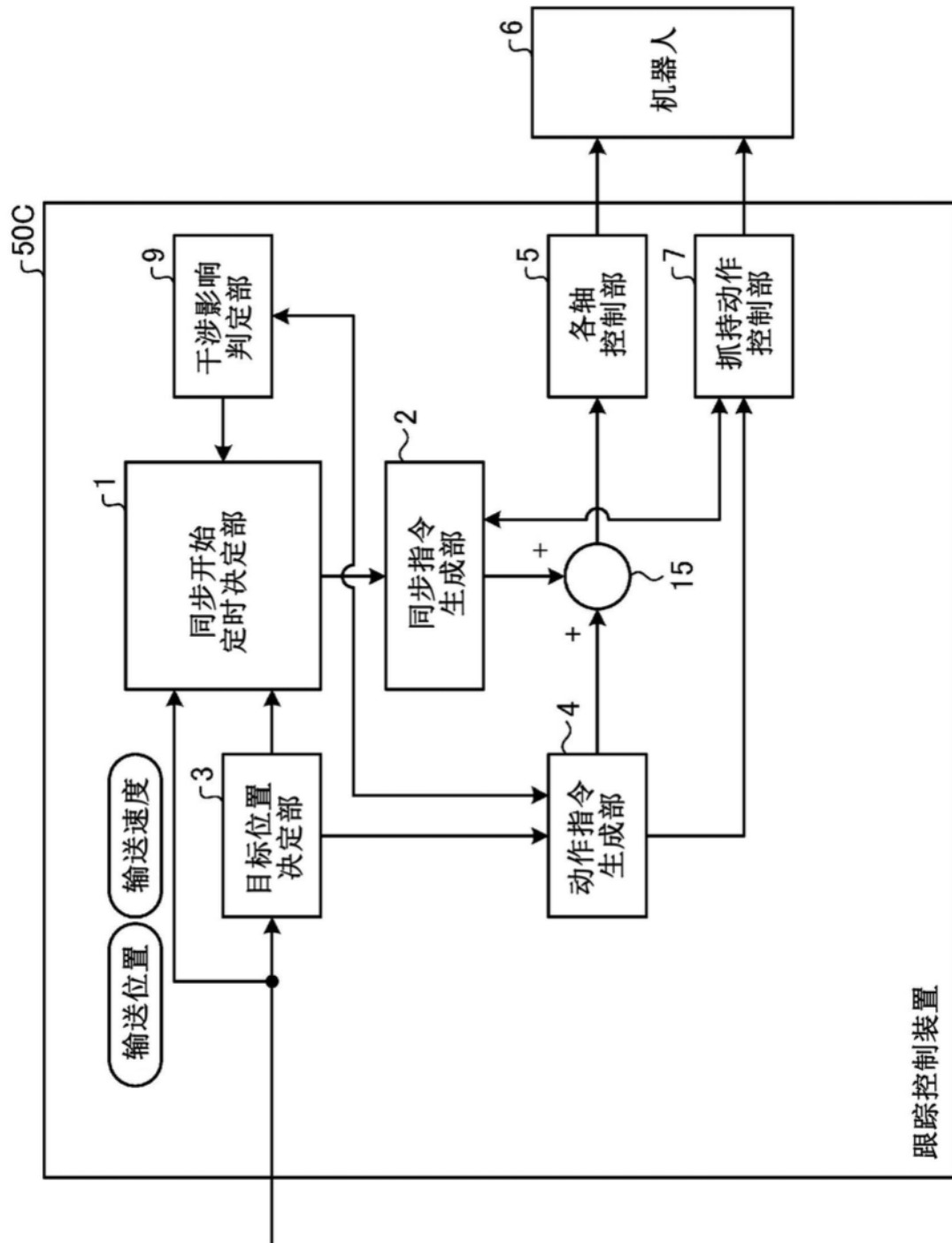


图8

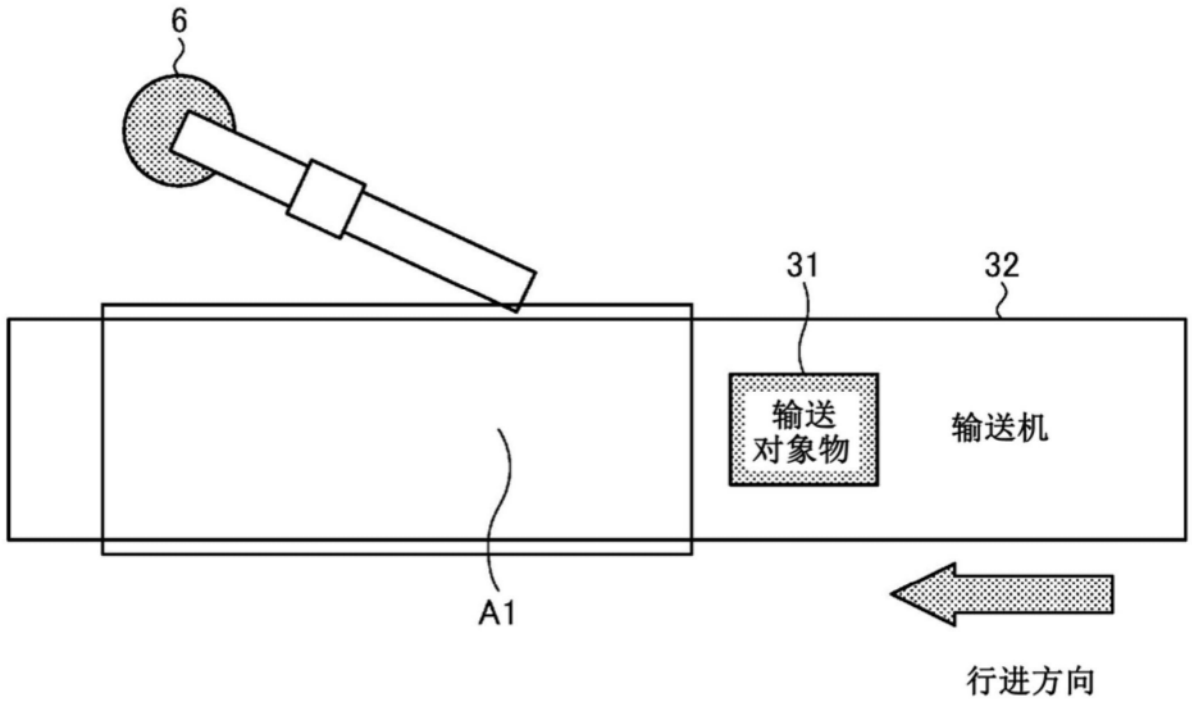


图9

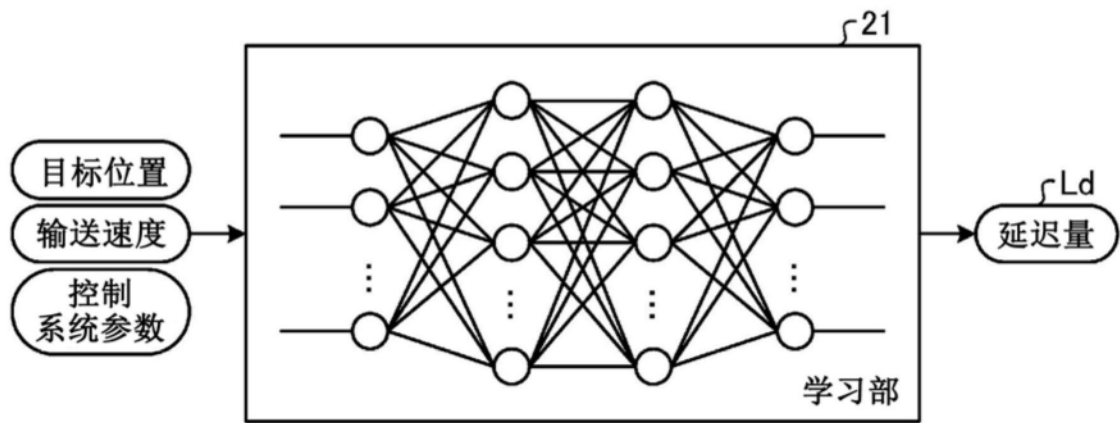


图10

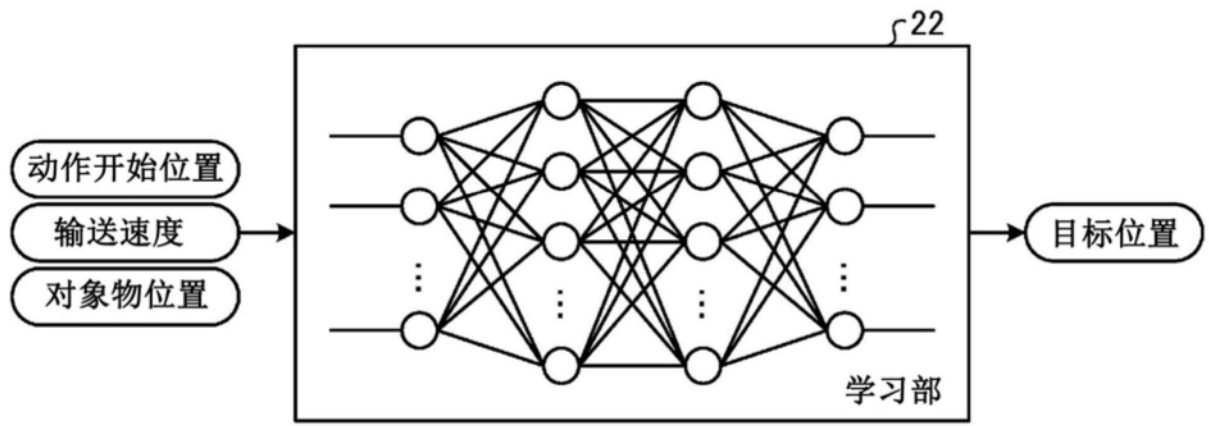


图11

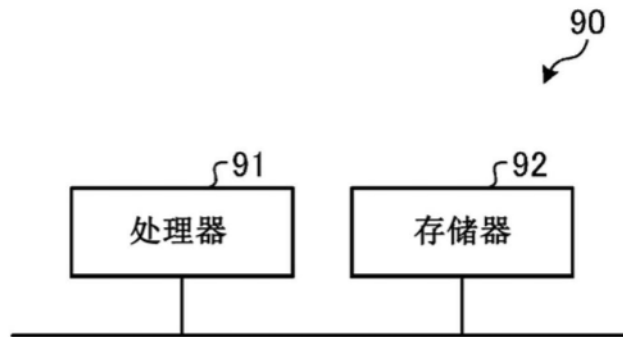


图12

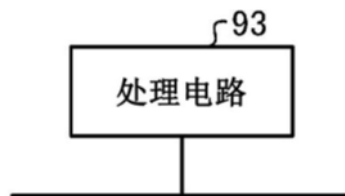


图13