



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103180791 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201180049705.7

(72)发明人 惠木守

(22)申请日 2011.03.16

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(65)同一申请的已公布的文献号

11105

申请公布号 CN 103180791 A

代理人 胡金珑

(43)申请公布日 2013.06.26

(51)Int.Cl.

G05B 19/416(2006.01)

(30)优先权数据

2010-230342 2010.10.13 JP

(56)对比文件

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

CN 1155688 A,1997.07.30,

2013.04.15

CN 1155688 A,1997.07.30,

(86)PCT国际申请的申请数据

JP 2003015714 A,2003.01.17,

PCT/JP2011/056227 2011.03.16

CN 101627281 A,2010.01.13,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/049866 JA 2012.04.19

FR 2003744 A1,1970.01.02,

审查员 刘海燕

(73)专利权人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府

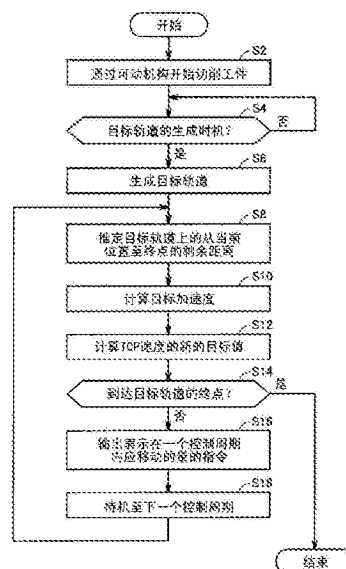
权利要求书2页 说明书18页 附图17页

(54)发明名称

控制装置、控制系统及控制方法

(57)摘要

提供一种控制装置,用于对具有可动部的装置进行控制,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动。控制装置具有:目标轨道生成单元,针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道;剩余距离推定单元,推定目标轨道上的从当前位置到终点为止的剩余距离;加速度计算单元,为了在将可动部的当前移动速度变更至目标速度的情况下,可动部移动的距离与剩余距离实质上相一致,而计算与该变更相关的加速度,其中,目标速度是可动部在目标轨道的终点应满足的移动速度;移动速度更新单元,通过用所计算的加速度修正当前移动速度,来计算移动速度的新的目标值。



1. 一种控制装置,用于对具有可动部的装置进行控制,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动,其特征在于,具有:

目标轨道生成单元,针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道;

剩余距离推定单元,推定所述目标轨道上的从当前位置到所述终点为止的剩余距离;

加速度计算单元,计算使得在所述可动部移动所述剩余距离的情况下所述可动部的速度从当前速度变化至目标速度的加速度,所述目标速度是所述可动部应在所述目标轨道的终点满足的移动速度;

移动速度更新单元,用所计算的所述加速度来修正所述当前速度,由此计算移动速度的新的目标值,

所述加速度计算单元在各控制周期中计算所述加速度,使得在到所述终点为止的剩余距离中通过恒定的加速度将所述当前速度变化至所述目标速度,

所述移动速度更新单元从所述当前速度到所述目标速度为止一直都以所述恒定的加速度来更新所述移动速度。

2. 如权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

所述剩余距离推定单元针对所述目标轨道上的从所述当前位置到所述终点为止的区间设定预先决定的数量的样本点,并通过插补所设定的样本点来推定所述剩余距离。

3. 如权利要求2所述的控制装置,其特征在于,

所述剩余距离推定单元针对所述目标轨道上的从所述当前位置到所述终点为止的区间,以如下方式设定所述样本点,即,与远离所述当前位置的区间相比较,越是靠近所述当前位置的区间,所述样本点的间隔就越密。

4. 如权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

所述目标轨道通过包含参数变量的函数的形式来定义。

5. 如权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

还具有移动指令单元,该移动指令单元以所述可动部应在1个控制周期内移动的量变为所述移动速度更新单元所计算的所述移动速度的新的目标值的方式输出用于表示所述可动部应在1个控制周期内移动的量的指令,

所述移动指令单元包括:

对应于所述移动速度的新的目标值,来计算所述可动部应移动的距离的单元,

对应于所述可动部应移动的距离,来计算所述目标轨道上的所述可动部应移动的位置的单元,

对应于所述可动部应移动的位置,来计算针对所述多个驱动轴各自的移动指令的单元。

6. 如权利要求4或5所述的控制装置,其特征在于,

所述目标轨道通过贝塞尔曲线来定义。

7. 如权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

所述目标轨道生成单元响应于外部输入的信号,来生成所述目标轨道。

8. 一种控制系统,其特征在于,具有:

可动机构,具有能够通过多个驱动轴进行移动的可动部,

驱动器,用于驱动所述可动机构,

控制装置,向所述驱动器发送控制指令;

所述控制装置包括:

目标轨道生成单元,针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道,

剩余距离推定单元,推定所述目标轨道上的从当前位置到所述终点为止的剩余距离,

加速度计算单元,计算使得在所述可动部移动所述剩余距离的情况下所述可动部的速度从当前速度变化至目标速度的加速度,所述目标速度是所述可动部应在所述目标轨道的终点满足的移动速度;

移动速度更新单元,用所计算的所述加速度来修正所述当前速度,由此计算移动速度的新的目标值,

所述加速度计算单元在各控制周期中计算所述加速度,使得在到所述终点为止的剩余距离中通过恒定的加速度将所述当前速度变化至所述目标速度,

所述移动速度更新单元从所述当前速度到所述目标速度为止一直都以所述恒定的加速度来更新所述移动速度。

9.一种控制方法,用于对具有可动部的装置进行控制,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动,其特征在于,包括:

针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道的步骤;

推定所述目标轨道上的从当前位置到所述终点为止的剩余距离的步骤;

计算使得在所述可动部移动所述剩余距离的情况下所述可动部的速度从当前速度变化至目标速度的加速度的步骤,所述目标速度是所述可动部应在所述目标轨道的终点满足的移动速度;

用所计算的所述加速度来修正所述当前速度,由此计算移动速度的新的目标值的步骤,

在计算加速度的步骤中,在各控制周期中计算所述加速度,使得在到所述终点为止的剩余距离中通过恒定的加速度将所述当前速度变化至所述目标速度,

从所述当前速度到所述目标速度为止一直都以所述恒定的加速度来更新所述移动速度。

控制装置、控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于对具有可动部的装置进行控制的控制装置、包括该控制装置的控制系统及控制方法,其中,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动。

背景技术

[0002] 以往,在各种各样的产业领域中,引入所谓的产业用机械手或NC(Numerical Control:数控)工作机械这样的自动化装置。通过引入这样的装置,能够提高生产效率。

[0003] 这样的装置具有用于抓工件的臂部或用于加工工件的立铣刀这样的可动部。这样的可动部能够通过多个驱动轴进行移动,这些各驱动轴被伺服马达或步进马达驱动。

[0004] 在使用这样的装置对工件进行加工等的情况下,需要决定装置的工况。在这样的工况决定中,存在有预先计算工况的离线计算方式和在工作中动态计算的在线计算方式。

[0005] 作为用于对这样的装置的工况进行控制的现有技术,已提出各种技术。例如,日本特开平07-064620号公报(专利文献1)所公开的数控装置进行了考虑了加减速控制的高速且高精度的速度控制,能够在样条曲线上平滑地进行驱动,并能够降低工作机械的异常振动,并且,能够在速度优先和精度优先之间进行选择。更具体地说,专利文献1所公开的数控装置,通过抑制在起点及终点的急剧加减速,来抑制机械振动,并能够不超过目标位置且以所指定的加(减)速度进行减速停止。

[0006] 另外,日本特开2000-148223号公报(专利文献2)所公开的曲线插补加减速控制方法,可得到以适合于曲线的形状的较快速度来移动的平滑的加减速速度。

[0007] 另外,日本特开2000-163114号公报(专利文献3)所公开的插补曲线内加减速处理方法,与曲线的曲率无关,能够使机械沿着指令轨道进行移动。

[0008] 另外,日本特开平06-075621号公报(专利文献4)所公开的NC加工法,通过仅对于曲率大的部分追加了新的样本点,从而用最小限度的样本点(数据)数来使曲线近似,再现了平滑且形状差小的本来的图形。

[0009] 另外,日本特开平01-147610号公报(专利文献5)公开的数控装置通过样条插补控制来进行插补控制。

[0010] 但是,在大量生产同一种类的产品的生产线上设置的装置中,预先设定目标轨道等设定值(加工程序),按照该设定值来动作即可。然而,在用于生产各种产品的多种少量生产的生产线等上,从成本方面等考虑难以针对每个产品都设定这样的设定值(加工程序)。因此,存在例如如下需求,即,想要利用共通的加工程序,并根据商品式样等来动态设定目标轨道等,从而降低生产成本。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本特开平07-064620号公报

[0014] 专利文献2:日本特开2000-148223号公报

[0015] 专利文献3:日本特开2000-163114号公报

[0016] 专利文献4:日本特开平06-075621号公报

[0017] 专利文献5:日本特开平01-147610号公报

发明内容

[0018] 发明要解决的问题

[0019] 在动态设定了上述那样的目标轨道的情况下,难以正确计算该轨道长。因此,难以进行目标轨道上的速度设定。

[0020] 另外,在如对工件进行切削加工那样的处理中,由于立铣刀等的工具的移动速度左右着切削量,所以不仅对工具的位置的控制是重要的,对移动速度的控制也很重要。即,工具的加速度的变动导致到加工面的外观异常或品质不良。因此,存在如下需求:想要使移动中的加速度尽可能保持为恒定。尤其在直线部分,若加速度发生变动,则容易产生缺陷。

[0021] 进而,在如对工件进行切削加工那样的处理中,存在如下情况,即,在对某个区间进行加工处理后,继续对其它区间进行加工处理。因此,优选将所设定的在目标轨道的终点的移动速度维持在规定的目标值。否则,在目标轨道的终点附近移动速度变得不连续,或在后续的直线区间加速度变得不连续。

[0022] 上述的专利文献1~5中公开的技术不是解决这样的问题的技术。

[0023] 例如,专利文献1所公开那样的将加速度限制在恒定值的方法中,因计算的到终点的距离的误差或速度上升中的速度变动,导致到达至目标轨道的终点的时机发生偏差,因此,不能将终点的移动速度维持在规定的目标值。

[0024] 另外,专利文献2及3所公开的技术由于预先设计了插补曲线和目标速度(离线计算方式),所以难以动态变更目标轨道和终点。即使假设能够动态变更目标轨道和终点,也由于固定设计了目标速度,所以在移动中因输出饱和等引起速度变动时,有可能为了从该速度变动恢复而产生多余的速度变动,从而产生加工面的外观异常或品质变动这样的缺陷。

[0025] 进而,为了以移动速度变为规定的目标值的方式到达目标轨道的终点,对于每个控制周期计算从当前位置到终点的轨道长(剩余距离)后,需要计算速度指令时,而使运算量增大。因此,要在各控制周期内完成这样的运算处理,受处理能力的制约等,并不容易。

[0026] 因此,本发明是为了解决这样的问题而提出的,其目的在于,提供一种控制装置、控制系统及控制方法,即使在动态生成目标轨道的情况下,也能够将在该目标轨道的终点的速度维持在目标值。

[0027] 用于解决问题的手段

[0028] 根据本发明的某个局面,提供一种用于对具有可动部的装置进行控制的控制装置,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动。控制装置具有:目标轨道生成单元,针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道;剩余距离推定单元,推定目标轨道上的从当前位置到终点为止的剩余距离;加速度计算单元,用于以在将可动部的当前移动速度变更至目标速度的情况下,可动部移动的距离与剩余距离实质上相一致的方式,计算与该变更相关的加速度,其中,目标速度是可动部应在目标轨道的终点满足的移动速度;

[0029] 移动速度更新单元,用所计算的加速度来修正当前移动速度,由此计算移动速度的新的目标值。

- [0030] 优选加速度计算单元基于当前移动速度、目标速度、及距离,来计算加速度。
- [0031] 优选加速度计算单元在各控制周期计算加速度,以使当前移动速度以一定变化率变化至目标速度。
- [0032] 优选剩余距离推定单元针对目标轨道上的从当前位置到终点为止的区间设定预先决定的数量的样本点,并通过插补所设定的样本点来推定剩余距离。
- [0033] 进而,优选剩余距离推定单元针对目标轨道上的从当前位置到终点为止的区间,以如下方式设定样本点,即,与远离当前位置的区间相比较,越是靠近当前位置的区间,样本点的间隔就越密。
- [0034] 优选目标轨道通过包含参数变量的函数的形式来定义。
- [0035] 优选控制装置还具有移动指令单元,该移动指令单元以变为移动速度更新单元所计算的移动速度的新的目标值的方式,输出用于表示可动部应在1个控制周期内移动的量的指令,
- [0036] 移动指令单元包括:
- [0037] 对应于移动速度的新的目标值,来计算可动部应移动的距离的单元,
- [0038] 对应于可动部应移动的距离,来计算目标轨道上的可动部的应移动的位置的单元,
- [0039] 对应于可动部的应移动的位置,来计算针对多个驱动轴各自的移动指令的单元。
- [0040] 进而,优选目标轨道通过贝塞尔曲线来定义。
- [0041] 优选目标轨道生成单元响应于外部输入的信号,来生成目标轨道。
- [0042] 优选移动速度更新单元以加速度及/或加加速度的变化量不超过预先决定的限制的方式,计算移动速度的新的目标值。
- [0043] 本发明的其他局面的控制系统具有:
- [0044] 可动机构,具有能够通过多个驱动轴进行移动的可动部,
- [0045] 驱动器,用于驱动可动机构,
- [0046] 控制装置,向驱动器发送控制指令。
- [0047] 控制装置包括:
- [0048] 目标轨道生成单元,针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道,
- [0049] 剩余距离推定单元,推定目标轨道上的从当前位置到终点为止的剩余距离,
- [0050] 加速度计算单元,用于以在将可动部的当前移动速度变更至目标速度的情况下,可动部移动的距离与剩余距离实质上相一致的方式,计算与该变更相关的加速度,其中,目标速度是可动部应在目标轨道的终点满足的移动速度;
- [0051] 移动速度更新单元,用所计算的加速度来修正当前移动速度,由此计算移动速度的新的目标值。
- [0052] 根据本发明又一个局面,提供一种控制方法,用于对具有可动部的装置进行控制,该可动部能够通过多个驱动轴进行移动。控制方法包括:
- [0053] 针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道的步骤,
- [0054] 推定目标轨道上的从当前位置到终点为止的剩余距离的步骤,
- [0055] 以在将可动部的当前移动速度变更至目标速度的情况下,可动部移动的距离与剩余距离实质上相一致的方式,计算与该变更相关的加速度的步骤,其中,目标速度是可动部

应在目标轨道的终点满足的移动速度，

[0056] 用所计算的加速度来修正当前移动速度，由此计算移动速度的新的目标值的步骤。

[0057] 发明效果

[0058] 根据本发明，即使在动态生成目标轨道的情况下，也能够将该目标轨道的终点的速度维持在目标值。

附图说明

[0059] 图1是表示本实施方式的系统的外观的示意图。

[0060] 图2是表示本实施方式的系统中包含的控制装置的外观的示意图。

[0061] 图3是表示本实施方式的系统中包含的控制装置的硬件结构的示意图。

[0062] 图4是表示本实施方式的控制逻辑的处理步骤的概略的流程图。

[0063] 图5是表示对工件的切削加工处理的一个例子的图。

[0064] 图6是表示在将工件切削为L字状的情况下使用圆弧插补来生成目标轨道的处理例的图。

[0065] 图7是表示在切削工件的角部的情况下使用自由曲线来生成目标轨道的处理例的图。

[0066] 图8是用于针对本实施方式的目标轨道(贝塞尔(bezier)曲线)的生成方法进行说明的图。

[0067] 图9是用于针对本实施方式的剩余距离的推定方法进行说明的图。

[0068] 图10是用于针对本实施方式的目标加速度的计算方法进行说明的图。

[0069] 图11是表示本实施方式的贝塞尔曲线及其轨道长的特性的图。

[0070] 图12是表示贝塞尔曲线上的参数变量的位移量和轨道长的位移量之间的关系图。

[0071] 图13是用于说明本实施方式的控制逻辑中的相对轨道长的变化量的参数变量增量的计算方法的图。

[0072] 图14是表示用于实现本实施方式的控制逻辑的功能块的示意图。

[0073] 图15是表示通过本实施方式的控制逻辑得到的可动机构的工况例的时序图。

[0074] 图16是表示本实施方式的控制逻辑的整体处理步骤的流程图。

[0075] 图17是表示通过本实施方式的变形例的控制逻辑得到的可动机构的TCP速度的时序图。

具体实施方式

[0076] 参照附图对本发明的实施方式进行详细地说明。此外，针对图中的同一或相当部分，标注同一附图标记并不重复对其说明。

[0077] <A. 系统结构>

[0078] 首先，针对本实施方式的系统SYS的整体结构进行说明。在以下的说明中，作为本实施方式的系统SYS的适用例，针对对工件进行切削加工的生产线进行说明。作为这种切削加工的典型例，能够列举出木材加工、玻璃加工、金属加工等。当然，本发明并不限定于这些

实施方式所记载的领域,对各种产业领域都能够适用。

[0079] 图1是表示本实施方式的系统SYS的外观的示意图。图2是表示在本实施方式的系统SYS中包含的控制装置1的外观的示意图。图3是表示本实施方式的系统SYS中包含的控制装置1的硬件结构的示意图。

[0080] 参照图1,本实施方式的系统SYS包括:控制装置1;比例尺(measure)3,示出成为切削对象的木材或金属等的工件2的尺寸等;机械手(可动机构)4,根据来自控制装置1的指令而被驱动;开关5,响应操作者等的操作来输出轨道变更等的事件。关于控制装置1,参照图2及图3在后面详述。

[0081] 工件2载置在基座上,并通过操作者等的操作,被切断成各种所希望的形状。典型地,沿着该工件2设置有比例尺3,可动机构4沿着某轨道进行切削,若到达目的位置,则操作者操作开关5。由此,按照后述那样的控制逻辑来变更轨道。

[0082] 可动机构4是具有可动部(臂部部分)的装置,所述可动部能够通过多个驱动轴进行移动,在该臂部部分的前端安装有用于切削工件2的工具(典型地为立铣刀)。如后述那样,该臂部部分通过各自机械地连接有马达的多个驱动轴(典型地为3轴或6轴)进行移动。

[0083] 控制装置1通过按照后述那样的控制逻辑来控制该立铣刀的位置,从而将工件2加工成具有目的大小和形状的部件。此外,以下也将该立铣刀的位置称为“TCP(Tool Center Point:工具中心点)”。另外,也将可动机构4的臂部部分的移动速度(立铣刀的移动速度)称为“TCP速度”。

[0084] 本实施方式的控制装置1响应操作者对开关5的操作等,来动态地对目标轨道进行决定/变更。例如,对于同一工件2,若考虑制作因品种不同而具有不同长度的大致长方形的部件,则虽然开始加工的部分(即,直线部分的长度)不同,但是大多加工的内容(即,加工面的曲率等)相同。在这样的情况下,能够利用同一加工程序(定义了加工面上的目标轨道等的信息),根据品种来动态决定其绝对的目标轨道。这样动态决定目标轨道是通过如下来执行的,即,操作者确认比例尺3(及在其刻度上所设置的箭头)与可动机构4之间的位置关系来操作开关5。

[0085] 参照图2,控制装置1典型地以所谓的PLC(Programmable Logic Controller:可编程逻辑控制器)为基础构成。具体地说,控制装置1包括PLC20、马达驱动器31、32、33。

[0086] PLC20是执行后述的本实施方式的控制逻辑的处理主体。此外,控制逻辑一般被称为运动程序(motion program),是控制用于驱动可动机构4的马达的程序。这样的运动程序的顺序(sequence)有时也使用梯形图(ladder diagram)语言等,以顺序程序的形式来记述。进而,除了这样的顺序程序之外,还执行用于进行各种算术运算的程序(功能)。

[0087] 更具体地说,PLC20包括:电源单元21、主运算单元22、IO(Input Output:输入输出)单元23、MC(Motion Control:运动控制)单元24。电源单元21、主运算单元22、IO单元23及MC单元24经由背板25相互电连接。

[0088] 电源单元21产生用于驱动各单元的直流电力和IO用的直流电力。该电源单元21所产生的电力经由背板25分配至各单元。

[0089] 主运算单元22用于执行顺序程序。

[0090] IO单元23接收来自在控制对象的装置等上设置的传感器等的检测信号,并对在控制对象的装置上设置的促动器和显示装置等输出控制指令。

[0091] MC单元24按照来自主运算单元22的指令来执行运动程序,并其结果,将所计算的控制指令向马达驱动器31、32、33输出。MC单元24随着时间的经过向马达驱动器31、32、33输出一连串的控制指令。MC单元24将运动程序的执行状况及执行结果向主运算单元22报告。

[0092] 此外,在图2中例示了设置有与主运算单元22独立的MC单元24的结构,但是通过使主运算单元22兼具MC单元24的功能,也能够采用省略专用的MC单元24的结构。

[0093] 参照图3,针对PLC20的硬件结构进行说明。主运算单元22包括:微处理器(MPU: Micro-Processing Unit)221、系统程序存储器(SROM: System-program Read Only Memory,系统程序只读存储器)222、缓冲存储器(BROM: Buffer Read Only Memory,缓冲只读存储器)223、工件存储器(WRAM: Working Random Access Memory,工件随机存储器)224、通信接口(通信I/F)225、用户存储器(UM: User Memory)226、IO存储器(IOM: Input Output Memory,输入输出存储器)228。

[0094] 微处理器(MPU)221对单元整体进行统一控制。更具体地说,微处理器221从用户存储器226依次读取并执行构成用户程序的各指令字。系统程序存储器(SROM)222存储由微处理器221执行的程序。缓冲存储器(BROM)223存储用户程序。工件存储器(WRAM)224作为在微处理器221执行系统程序时的工件区来使用。通信接口225如后述那样与PC(个人计算机)10之间进行数据通信。在电源接通的同时,用户存储器(UM: User Memory)226存储从缓冲存储器223转送来的用户程序。IO存储器(IOM)228以反映IO单元23和MC单元24的输入输出状态的方式进行保持。

[0095] 此外,也可以代替微处理器(MPU)或在其基础上,采用特定用途集成电路(ASIC: Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)。

[0096] IO单元23包括处理电路(MPU)231、输入电路232和输出电路233。输入电路232接收来自在可动机构4上设置的各种传感器等的检测信号,并将其状态值向主运算单元22输出。典型地,输入电路232由光耦合器电路等构成。输出电路233对在控制对象的装置等上所设置的促动器或显示装置等输出控制指令。处理电路231在输入电路232及输出电路233之间交换内部的指令。

[0097] MC单元24具有:处理电路(MPU)241、控制器接口(控制器I/F)242、输入电路243、输出电路244。控制器接口242对与马达驱动器31、32、33(参照图2)之间的数据传输进行管理。输入电路243及输出电路244分别与输入电路232及输出电路233同样。但是,输入电路243及输出电路244主要交换与运动控制(马达驱动器31、32、33及马达41、42、43)相关的信息。

[0098] 再参照图2,马达驱动器31、32、33接收来自MC单元24的控制指令,来驱动相对应的马达41、42、43。即,马达驱动器31、32、33向马达41、42、43供给驱动电力。

[0099] 马达41、42、43是可动机构4(参照图1)的构成要素。可动机构4通过这些马达的旋转驱动,使可动机构4的臂部部分移动。此外,作为马达41、42、43,采用伺服马达或步进马达等。在该情况下,根据采用的马达的种类来使用马达驱动器。

[0100] 在图2中示出了马达驱动器31、32、33经由用于控制和自动化技术的以太网(EtherCAT)(注册商标)等通信线60与MC单元24相连接的结构例。但是,MC单元24也可以与马达驱动器31、32、33直接连接。

[0101] 从MC单元24发送给马达驱动器31、32、33的控制指令是马达的位置、速度、转矩等的值。在本实施方式中,向各马达驱动器31、32、33发送的位置指令(目标位置)从MC单元24

以一定周期发送。作为该目标位置,既可以是马达41、42、43的旋转位置(旋转角度),也可以是被马达41、42、43驱动的可动机构4的特定部位的位置。即,是以哪一种坐标为基准来确定目标位置的问题,可根据状况采用适当的基准。

[0102] 此外,在本实施方式中,确定目标位置时,采用所谓的“滞留脉冲”。即,目标位置表现为“控制周期内发送的脉冲数”。在这样的情况下,脉冲数表示从上一个控制周期的位置起的相对位置(位置的偏差量/变化量)。

[0103] 马达驱动器31、32、33具有为通过分析位置指令(目标位置)来驱动马达41、42、43所需的设定信息(例如,用于将位置指令转换为电流值的系数等)。例如,在马达驱动器31、32、33预先设定有与马达41、42、43旋转一周相对应的脉冲数的信息。

[0104] 马达驱动器31、32、33从编码器接收当前位置(实测值)的反馈信息,该编码器用于对在马达41、42、43上设置的伺服马达的旋转位置进行检测。马达驱动器31、32、33使用实测值及作为实测值的变化量而计算出的实测速度,对驱动电力的大小进行控制(反馈控制),以使实测值追随于指令值。

[0105] 另外,在MC单元24中,除了与马达驱动器31、32、33同样地预先设定有与马达41、42、43旋转一周相对应的脉冲数的信息之外,还预先设定有与马达41、42、43旋转一周相对应的关于可动机构4的特定部位的位置的移动量的信息。MC单元24使用这些设定值,分别对每个控制周期计算出为实现已被编程的控制对象的运动所需的数量的脉冲,并发送至马达驱动器31、32、33。

[0106] 另一方面,PC10以通用的计算机为基础,并经由USB(Universal Serial Bus:通用串行总线)等通信线与主运算单元22相连接。从PC10向主运算单元22转送用于实现本实施方式的控制逻辑的程序,并且,在PC10的显示器上能够确认PLC20的动作状况和日志等。此外,关于PC10的结构,由于是公知的,所以在此不进行详细说明。

[0107] 此外,在图2中图示了以PLC为基础的控制装置1,但是不限于该结构。例如,也可以组合以通用的计算机为基础的处理装置、马达驱动器31、32、33和与传感器等之间交换信号的输入输出装置,来构成控制装置1。

[0108] 在采用这样的结构的情况下,为了实现本实施方式的控制逻辑,也存在利用OS(Operating System:操作系统)提供的通用模块的情形。即,作为用于提供本实施方式的控制逻辑的程序,虽然也存在如不具有一部分共通的功能的方式,但是即使是这样的方式,也包含在本发明的范围内。

[0109] 进而,也可以使软件和专用硬件电路组合来具体实现控制装置1提供的功能。

[0110] <B. 概要>

[0111] 在本发明的实施方式的控制逻辑中,尽可能以变动小的加速度使当前速度加减速,使得预先设定的在目标轨道的终点的TCP速度与最终目标速度相一致。即,TCP速度朝向最终目标速度平滑地变化,并且,也能够维持与后续的轨道上的目标速度的连续性。由此,提高了加工面的均一性。

[0112] 就这样的用于使当前速度向最终目标速度变化的目标加速度而言,在各控制周期中,推定对象的目标轨道上的从当前位置到终点的剩余距离,并基于该推定的剩余距离计算最佳的值。这样,在各控制周期,一边考虑目标轨道上的终点,一边逐次计算目标加速度,因此,能够解除在目标轨道的终点速度或加速度急剧增加/减少这样的问题。

[0113] 在本实施方式的控制逻辑中,基于进行了线性插补或多项式插补的速度轨道来计算当前速度及目标速度。尤其是,与剩余距离无关,将用于分割区间的样本数设定为恒定数,因此,计算时间为确定的,成为更适合在线计算方式的结构。由此,即使将贝塞尔曲线这样的自由函数作为目标轨道来使用的情况下,也能够保证上述那样的剩余距离的推定的处理时间在1个控制周期内结束。

[0114] 在本实施方式的控制逻辑中,对与TCP速度的变更相关的加速度及加加速度的变化量进行制约,以使它们分别不超过预先设定的限制值。因此,能够抑制可动机构4中的“振动”和过转矩的发生。

[0115] <C.整体处理步骤>

[0116] 接下来,针对本实施方式的控制逻辑的概略进行说明。

[0117] 图4是表示本实施方式的控制逻辑的处理步骤的概略流程图。此外,虽然图4中所示的各步骤由控制装置1执行,但是其执行主体根据安装方式的不同而不同。即,既存在由主运算单元22(参照图2)进行全部的处理的情形,也存在由主运算单元22和MC单元24(参照图2)共同进行处理的情形。

[0118] 参照图4,首先,开始在系统SYS的控制。此时,通过可动机构4开始切削工件2(参照图1)(步骤S2)。接着,判断是否为目标轨道的生成时机(步骤S4)。即,虽然在可动机构4已到达工件2的规定的的位置的情况下,能生成对应于该位置的目标轨道,但是判断是否应生成该目标轨道。更具体地说,判断是否从如图1所示的开关5外部输入有信号(检测信号)。若不是目标轨道的生成时机(在步骤S4为“否”),则重复步骤S4的处理。

[0119] 相对于此,若是目标轨道的生成时机(在步骤S4为“是”),则针对由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道(步骤S6)。即,响应于外部输入的信号来生成目标轨道。此外,基于预先设定的信息来决定起点及终点。换言之,既可以与工件2的现实的位置建立关联来设定起点及终点,也可以与工件2的现实的位置独立地设定起点及终点。然后,开始如下所示那样的用于使可动机构4沿着目标轨道移动的处理。

[0120] 首先,推定目标轨道上的从当前位置到终点为止的剩余距离(步骤S8)。即,取得可动机构4的TCP的当前值(表示当前位置的信息),并且,使用所决定的目标轨道(表示目标轨道的函数),来推定到目标轨道的终点为止的距离。

[0121] 接着,计算该目标加速度,使得在将可动机构4的当前的TCP速度(可动部的移动速度)变更至可动机构4的可动部在目标轨道的终点应满足的移动速度即最终目标速度的情况下,可动机构4的可动部移动的距离与在步骤S8上所推定的剩余距离实质上的一致。进而,通过用在步骤S10所计算的目标加速度来修正当前的TCP速度,来计算TCP速度的新的目标值(步骤S12)。

[0122] 在此,判断TCP是否到达所设定的目标轨道的终点(步骤S14)。即,判断沿着目标轨道的运动控制是否结束。若TCP到达所设定的目标轨道的终点(在步骤S14为“是”),则结束基于本次目标轨道的运动控制。此外,在编程为对同一工件2设定多个目标轨道的情况下,再次执行步骤S2以下的处理。

[0123] 相对于此,若TCP未到达所设定的目标轨道的终点(在步骤S14为“否”),则以可动机构4的可动部在1个控制周期内应移动的量变为在步骤S12所计算的TCP速度的新的目标值的方式,输出用于表示可动机构4的可动部在1个控制周期内应移动的量指令。即,在下

一个控制周期的开始时机,将规定数的脉冲(滞留脉冲)提供给各马达驱动器31、32、33,以使TCP移动至与新的目标值相对应的位置。然后,待机至下一个控制周期(步骤S18),重复步骤S8以下的处理。

[0124] 下面,针对图4所示的主要步骤的内容进行详述。

[0125] <D. 目标轨道的生成(步骤S6)>

[0126] (d1:现有技术的问题等)

[0127] 首先,在对本实施方式的目标轨道的生成处理进行说明之前,针对现有技术的问题等进行说明。

[0128] 图5是表示对工件2进行切削加工处理的一个例子。如图5所示,例如,考虑制作将一边切削为同样的形状的多个种类的产品(品种A及品种B)的情形。在图5所示的品种A和品种B之间,虽然切削的形状相同,但是开始该切削的位置不同。在该情况下,由于在长度方向上搬运工件2,所以仅使该切削的开始时机不同,就能够制作品种A及品种B。在该情况下,如果观察被切削的部分,则以相同轨道切削即可。

[0129] 在这样的应用中,存在如下这样的需求:想不针对各品种作成加工图面和加工程序,而准备共通的加工程序,并且,对工件2和机械手之间的相对位置关系进行检测,来动态(即在线)设定目标轨道。通过共用这样的加工程序,能够降低生产成本。

[0130] 首先,在利用这样的在线计算方式的情况下,需要在控制周期(取样间隔)内完成新的目标轨道的生成处理,来变更此前使用的目标轨道。即,保证新的目标轨道的设定在一个控制周期内完成。因此,作为目标轨道,采用复杂的目标轨道或者依赖于对象的形状使处理量发生变化的目标轨道是不现实的。

[0131] 因此,作为以往就有的一个方法,存在有使用圆弧插补的方法。

[0132] 图6是表示将工件2切削为L字状的情况下使用圆弧插补来生成目标轨道的处理例的图。

[0133] 在图6的(a)中示出适当设定有圆弧插补的例子。另一方面,在图6的(b)及图6的(c)中,示出未适当设定圆弧插补的例子。

[0134] 图6的(b)示出了如下例子:为了维持工件2的切削形状而不适当地设定了曲率的结果,导致在轨道上的方向矢量不连续。图6的(c)示出了如下例子:为了维持在轨道上的方向矢量的连续性,而使用具有一定曲率的圆弧来勉强使方向矢量连续化,其结果,未能实现目的切削形状,而产生向工件2的加工面的凹割。

[0135] 另外,也存在如下这样的需求:希望分别使起点的速度矢量及终点的速度矢量连续。其原因在于,若速度矢量不连续,则面的接缝显著化,或削量发生变化,使加工后的成品(外观)的品质下降。然而,在使用了圆弧插补的情况下,在起点矢量和终点矢量不在同一面内时,也存在轨道上的速度矢量不连续这样的本质问题。

[0136] 另外,在圆弧插补中,需要倒角的曲线的曲率设计,但是针对在目标形状中包含的所有角部,在成本上及时间上难以实现该作业。因此,也存在如下这样的需求:仅设定圆弧的粗略的曲率半径,对于用该预先设定的曲率半径不能处理的角部,希望自动进行目标轨道的再设计。然而,在现有的圆弧插补中,无法满足这样的需求。

[0137] 作为以往就有的另一个方法,存在有使用自由曲线的方法。

[0138] 图7是表示在切削工件2的角部的情况下使用自由曲线来生成目标轨道的处理例

的图。图7的(a1)表示沿着按照现有技术生成的目标轨道移动的可动机构4的TCP速度的例子,图7的(a2)表示按照现有技术生成的目标轨道的例子。

[0139] 如图7的(a1)所示,若终点的速度矢量不连续,则端面的切削量急剧变化,成品(外观)产生不均。即,可动机构4在终点急加速使切削面变粗糙或产生凸起。由此,除了损坏外观,还产生具有间隙等的功能上的问题。另外,由于可动机构4的急加速,也使方向矢量不连续化,从而在该切削面上产生不连续的线。

[0140] 图7的(b1)示出由本实施方式的控制逻辑控制的可动机构4的TCP速度的例子,图7的(b2)示出由本实施方式的控制逻辑生成的目标轨道的例子。

[0141] 在本实施方式中,如图7的(b1)所示,为了保持与后续的轨道速度之间的连续性,以使在目标轨道的终点的TCP速度与规定的最终目标速度一致的方式进行控制。同时,如图7的(b1)所示,以保持目标轨道上的速度矢量的连续性的方式进行控制。由此,如图7的(b2)所示,能够生成所希望的目标轨道。

[0142] 在本实施方式的控制逻辑中,主要使用自由曲线来生成目标轨道。

[0143] 然而,在上述那样的圆弧插补中,虽然能够使目标轨道上的TCP速度与目标速度相一致,但是在除此之外的自由曲线的插补中,不能使目标轨道上的TCP速度(尤其终点速度)与目标速度一致。另外,作为使用自由曲线来生成目标轨道的情况的问题,存在不能保证在控制周期内完成运算处理的可能性。即,为了将在目标轨道的终点的速度矢量维持在目标值,需要通过在线来计算剩余距离(剩余轨道长)。然而,在自由曲线(除了圆弧插补)中,由于不能利用初等函数来表现目标轨道的轨道长,所以难以在短时间内计算目标轨道的轨道长度。另外,若利用数值积分则也能够计算剩余距离,但是如果为了计算准确的剩余距离,而根据曲率变更分割数并进行积分处理,则不能保证在一个控制周期内完成剩余距离的计算处理。

[0144] (d2:本实施方式的方法)

[0145] 考虑上述那样的问题,在本实施方式的控制逻辑中,为了维持在目标轨道的起点及终点各自的方向矢量的连续性,而使用自由曲线来设定目标轨道。这样的目标轨道以包含参数变量的函数的形式来定义。

[0146] 具体地说,能够使用贝塞尔曲线、B样条曲线、NURBUS(非均匀有理样条曲线)、埃尔米特(hermite)曲线、卡特莫尔-罗姆(Catmull-Rom)样条曲线、弗格森/孔斯(Ferguson/Coons)曲线这样的插补曲线。在以下说明的控制逻辑中,以采用这些插补曲线中的“贝塞尔曲线”的情况为例进行说明。

[0147] 通过采用这样的插补曲线(贝塞尔曲线),能够防止如图6的(c)所示那样的对目标轨道的工件的凹割。

[0148] 图8是用于说明本实施方式的目标轨道(贝塞尔曲线)的生成方法的图。参照图8,在使用贝塞尔曲线来生成目标轨道的情况下,至少需要定义含有起点及终点的移动区间。

[0149] 此时,定义成为用于设定目标轨道的基准的第一轨道和与该第一轨道相连的轨道即第二轨道。目标轨道的起点位于第一轨道上,目标轨道的终点位于第二轨道上。

[0150] 虽然第一及第二轨道能够任意设定,但是在如图1所示的系统SYS中,将工件的加工面定义为第一及第二轨道。也可以利用开关5(参照图1)等响应工件2到达规定位置这一情况,来决定起点 $P1(x1, x2, x3)$ 。为了设定贝塞尔曲线,需要两个控制矢量,因此伴随着起

点P1的决定,决定控制点P2及P3,并且也利用这些点决定控制矢量1及2。

[0151] 此外,在如图1所示那样面向切削的适用例中,一般预先设定控制点P2(x2,y2,z2)及P3(x3,y3,z3)。由此,在决定了起点P1时,则控制矢量1作为连结该起点P1和控制点P2的线段而被决定。另外,对应于起点P1和控制点P2之间的位置关系等,来决定终点P4(x4,y4,z4)。然后,控制矢量2作为连结控制点P3和终点P4的线段而被决定。

[0152] 这样通过决定控制矢量1及2,从而决定贝塞尔曲线即目标轨道。

[0153] 更具体地说,使用参数变量 $r(0 \leq r \leq 1)$,目标轨道上的目标位置P(r)能够如下表示。此外,一般地,目标位置P(r)作为3维坐标上的值被定义。

[0154]
$$P(r) = (1-r)^3 \times P1 + 3(1-r)^2 \times r \times P2 + 3(1-r) \times r^2 \times P3 + r^3 \times P4$$

[0155] 此外,在使用除贝塞尔曲线以外的插补曲线的情况下,也可以在与第一及第二轨道独立的位置上设定控制矢量。另外,第一轨道与第二轨道不需要一定垂直。

[0156] 进而,对于起点P1、控制点P2以及P3、终点P4也能够任意设定。即,既可以根据传感器的检测来设定这些点,也可以设定预先固定的值。

[0157] 通过使用这样的贝塞尔曲线来设定目标轨道,如图8所示,由于在两个控制矢量之间生成目标轨道,所以适合于在木工加工等不允许对加工面产生凹割的应用中生成目标轨道。另外,由于目标轨道的起点及终点分别与控制矢量的起点及终点一致,所以容易生成控制矢量。

[0158] <E. 剩余距离的推定(步骤S8)>

[0159] 接下来,说明成为用于计算目标加速度的基准的剩余距离的推定处理,该剩余距离是目标轨道上的从当前位置到终点为止的距离。

[0160] 如后述那样,贝塞尔曲线为由参数变量定义的高次函数,不能用初等函数来表现参数变量和轨道长之间的关系。因此,若要准确地计算从目标轨道上的某位置(当前位置)到终点为止的剩余距离,需要使用数值积分。另一方面,若设定多个用于进行数值积分的分割点,则使运算处理增大,存在计算处理在一个控制周期内未完成的可能性。

[0161] 因此,在本实施方式的控制逻辑中,针对目标轨道上的从当前位置到终点为止的区间,设定预先给定的一定数量的样本点,并通过对所设定的样本点进行线性插补或多项式插补,来推定剩余距离。

[0162] 图9是用于说明本实施方式的剩余距离的推定方法的图。图9的(a)表示当前位置接近于目标轨道的起点的情况(时刻t1),图9的(b)表示当前位置接近于目标轨道的终点的情况(时刻t2)。

[0163] 如图9的(a)及图9的(b)所示,剩余距离ILeft(t)作为相邻的样本点P1、P2、...、Pn-1之间的距离L1、L2、...、Ln的总计 $\sum Li$ 而被算出。此外,设定的样本点的数量依存于控制装置1的处理能力等来决定即可,但是例如,优选4~6个点。

[0164] 对图9的(a)和图9的(b)进行比较可知,无论是目标轨道上的当前位置接近起点的情况,还是接近终点的情况,都将在目标轨道上设定的样本点维持在一定数量。因此,在目标轨道上的当前位置接近起点的情况下,样本点之间的距离相对变大,推定精度下降,相反,在目标轨道上的当前位置接近终点的情况下,样本点之间的距离相对变小,推定精度提高。即,目标轨道的曲率越大,对剩余距离的推定误差就越大,而越靠近终点,该误差就越得以解除。

[0165] 如后述那样,虽然该推定的剩余距离 $ILeft(t)$ 决定目标加速度(即,目标轨道上的TCP速度的速度变化量),但是目标轨道上的当前位置越接近于终点,该计算的目标加速度的精度就越高。其结果,越靠近终点,TCP速度就越与在终点的最终目标速度一致。

[0166] 优选如图9的(a)及图9的(b)所示那样,以如下方式设定样本点,即,针对目标轨道上的从当前位置到终点为止的区间,与远离当前位置的区间相比较,越接近当前位置的区间,样本点的间隔越密集。

[0167] 如上述那样,目标轨道的起点相当于参数变量 $r=0$,目标轨道的终点相当于参数变量 $r=1$ 。即,通过使参数变量 r 从0增加至1,目标轨道上的当前位置从起点移动至终点。因此,计算表示各当前位置的参数变量 r 的值与相当于目标轨道的终点的参数变量 $r=1$ 之差,在关于该差的相对比率为规定值的位置分别设定点。

[0168] 例如,在当前位置和终点之间设定四个样本点的情况下,相对于参数变量 r 的差,在相当于 $2/12$ 、 $4/12$ 、 $6/12$ 、 $9/12$ 的参数变量 r 的位置分别设定样本点。具体地说,如果当前位置是与参数变量 $r=“0.4”$ 相当的位置,则相对于与在终点的参数变量 $r=“1.0”$ 之差即“0.6”,以如上述那样的比率设定样本点。此时,在与参数变量 $r=“0.5”$ “0.6”、“0.7”、“0.85”分别对应的位置,设定样本点。

[0169] 作为代替的方法,也可以考虑目标轨道上的曲率最大的点,来设定样本点。即,在目标轨道上曲率最大的参数变量 r 按照以下公式来计算。

$$[0170] \quad r = \left[\sqrt{\{ (P1-P2) \times P4 + P3^2 + (-P2-P1) \times P3 + P2^2 \} - P3 + 2 \times P2 - P1} \right] / (P4 - 3 \times P3 + 3 \times P2 - P1)$$

[0171] 因此,可以以该曲率为最大的参数变量 r 的位置为基准,来设定规定数量的样本点。

[0172] <F. 目标加速度的计算(步骤S10)>

[0173] 接着,说明对在目标轨道上移动中的目标加速度进行计算的处理。

[0174] 在本实施方式的控制逻辑中,在目标轨道的终点赋予TCP速度的目标值,所以以从各当前位置向该TCP速度的目标值的速度变化(加速度)为线性的方式,计算目标加速度。

[0175] 图10是用于对本实施方式的目标加速度的计算方法进行说明的图。参照图10,若将在某时刻目标轨道上的TCP速度作为当前速度 Vel ,将在目标轨道的终点的TCP速度的目标值作为最终目标速度 $vEnd$,则在时间-TCP速度的坐标中,将线性连接当前速度 Vel 和最终目标速度 $vEnd$ 的加速度作为目标加速度 $AccRef$ 。换言之,在各控制周期,计算目标加速度 $AccRef$,以使当前速度 Vel 以一定变化率变化到最终目标速度 $vEnd$ 。即,目标加速度 $AccRef$ 按照以下公式来计算。

$$[0176] \quad AccRef = (vEnd - Vel) / Tnec$$

[0177] 在此,时间 $Tnec$ 是仅移动所推定的剩余距离 $ILeft$ 所需的时间,按照以下公式来进行计算。

$$[0178] \quad Tnec = 2 \times ILeft / (Vel + vEnd)$$

[0179] 从而,若组合这两个公式,则目标加速度 $AccRef$ 按照以下公式来计算。

$$[0180] \quad AccRef = (vEnd^2 - Vel^2) / (2 \times ILeft)$$

[0181] 即,基于当前速度 Vel 、最终目标速度 $vEnd$ 、及所推定的剩余距离 $ILeft$ 来计算目标加速度 $AccRef$ 。

[0182] <G.TCP速度的新的目标值的计算(步骤S12)>

[0183] 接下来,对在各控制周期中计算更新的TCP速度的目标值(目标速度)的处理进行说明。

[0184] 即,利用在各控制周期中所计算的目标加速度 $AccRef$,对当前的TCP速度(当前速度 Vel)进行修正,来计算下一个控制周期的TCP速度的目标值(目标速度 $VelRef$)。即,目标速度 $VelRef$ 按照以下公式来计算。

[0185] $VelRef = Vel + AccRef$

[0186] <H.移动指令的输出(步骤S16)>

[0187] 接下来,对输出指令的处理进行说明,该指令表示为实现目标速度 $VelRef$ 所需的应移动的量。在此,目标速度 $VelRef$ 相当于可动机构4的臂部部分在1个控制周期内的轨道长的变化量 ΔL (=移动距离/控制周期)。

[0188] 图11是表示本实施方式的贝塞尔曲线及其轨道长的特性的图。在将图11的(a)所示那样的贝塞尔曲线设定为目标轨道的情况下,该目标轨道上的位置由参数变量 r 来定义。另一方面,如图11的(b)所示,目标轨道的轨道长 L 与参数变量 r 呈非线性关系。

[0189] 图12是表示贝塞尔曲线的参数变量 r 的位移量和轨道长 L 的位移量之间的关系的图。如图12所示,在某控制周期内,使可动机构4的臂部部分沿着目标轨道仅移动变化量 ΔL 时的参数变量增量 Δr 依存于 r 的值而变化。即,由于参数变量 r 与轨道长 L 之间的关系是非线性的,所以即使参数变量增量 Δr 为一定值,TCP速度(当前速度 Vel)也不为一定值。

[0190] 因此,在各控制周期,即使计算出到下一个控制周期为止的变化量 ΔL ,就是否需要移动到目标轨道上的哪个位置而言,通过单纯的计算也无法计算出来。

[0191] 因此,在本实施方式的控制逻辑中,依存于参数变量 r 的值,逐次计算参数变量增量 Δr ,从而控制目标轨道上的移动速度。更具体地说,如以下详述那样,使用轨道长 L 对参数变量 r 偏微分所得到的值,使非线性的关系简易地线性化。

[0192] 图13是用于说明本实施方式的控制逻辑中的相对轨道长的变化量 ΔL 的参数变量增量 Δr 的计算方法的图。

[0193] 基本上,如图13的(a)所示,计算在某参数变量 r 的与参数变量 r 相关的轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$ 。此时,若参数变量 r 与轨道长 L 的关系为线性(用虚线表示的特性),则与目标速度 $VelRef$ 对应的轨道长的变化量 ΔL 与参数变量增量 Δr_linear 相当。

[0194] 另一方面,根据参数变量 r 与轨道长 L 的本来的关系(非线性的关系),与参数变量增量 Δr_linear 相对应的轨道长的变化量,相当于目标速度 $VelRef$ 和用参数变量增量 Δr_linear 来计算时的移动长度的超越量的总计。

[0195] 因此,使用与参数变量 r 相关的轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$,实现目标速度 $VelRef$ 所需的参数变量增量 Δr ,能够作为参数变量增量 Δr_linear 乘以轨道长 L 的斜率 a 的倒数得到的值而被计算出。

[0196] 即,参数变量增量为 $\Delta r = \text{参数变量增量 } \Delta r_linear \times 1/a$ 。

[0197] 此外,就轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$ 而言,预先保持关于相对轨道长 L 的参数变量增量 Δr 的导函数(一阶微分式),通过逐次计算该导函数来得到。

[0198] 进而,基于通过上述那样的计算处理得到的参数变量增量 Δr ,对下一个控制周期中的表示目标轨道上的目标位置的参数变量 r 进行更新($r(t+1)=r(t)+\Delta r(t)$)。发出位

置指令(目标位置),以使可动机构4的臂部部分移动至由该更新后的参数变量 r 表示的目标轨道上的位置(目标位置 $P(r(t+1))$)。即,从MC单元24向马达驱动器31、32、33发出用于使可动机构4的臂部部分移动至新计算出的位置的滞留脉冲。

[0199] 如以上那样,对应于移动速度的新的目标值(目标速度 $VelRef$),来计算可动机构4的臂部部分应移动的距离(轨道长的变化量 ΔL),并且,对应于可动机构4的臂部部分应移动的距离(轨道长的变化量 ΔL),来计算在目标轨道上的可动机构4的臂部部分应移动的目标轨道上的位置(目标位置 $P(r)$),并且,对应于可动机构4的臂部部分应移动的位置,计算针对可动机构4各自的移动指令(滞留脉冲),由此计算向多个驱动轴中分别发送的移动指令。

[0200] <I. 功能块图>

[0201] 接下来,对用于实现上述一连串处理的功能块进行说明。

[0202] 图14是表示用于实现本实施方式的控制逻辑的功能块的示意图。

[0203] 参照图14,本实施方式的控制逻辑包括:Jerk处理模块301、加速度处理模块302、目标速度计算模块303、延迟模块304、参数变量增量计算模块305、斜率计算模块306、参数变量计算模块307、贝塞尔曲线计算模块308、滞留脉冲计算模块309。

[0204] Jerk处理模块301限制使得由发送给马达41、42、43(图2)的控制指令产生的加加速度(也称为“Jerk”或“跃度”)不超过预先给定的限制值(Jerk限制值 $jMaxLim$)。即,Jerk处理模块301计算目标加速度 $AccRef$,并通过对该计算出的目标加速度 $AccRef$ 和当前加速度 Acc 进行比较,来评估加加速度的大小。

[0205] 更具体地说,向Jerk处理模块301输入有当前加速度 Acc 、当前速度 Vel 、最终目标速度 $vEnd$ 、(所推定的)剩余距离 $ILeft$ 。然后,Jerk处理模块301按照 $AccRef=(vEnd^2-Vel^2)/(2 \times ILeft)$ 来计算目标加速度 $AccRef$ 。接着,按照 $JerkRef=AccRef-Acc$ 来计算与所计算出的目标加速度 $AccRef$ 相对应的目标加加速度 $JerkRef$ 。

[0206] 接着,Jerk处理模块301判断所计算出的目标加加速度 $JerkRef$ 是否超过预先给定的Jerk限制值 $jMaxLim$ 。并且,就Jerk处理模块301而言,在所计算出的目标加加速度 $JerkRef$ 超过Jerk限制值 $jMaxLim$ 的情况下,将Jerk限制值 $jMaxLim$ 的值作为目标加加速度 $JerkRef$ 输出,否则,将所计算出的目标加加速度 $JerkRef$ 的值直接输出。

[0207] 加速度处理模块302限制由发送给马达41、42、43(图2)的控制指令产生的加速度不超过预先给定的限制值(加速度限制值 $aMaxLim$)。即,加速度处理模块302计算目标加速度 $AccRef$,并对所计算出的目标加速度 $AccRef$ 的大小进行评估。

[0208] 更具体地说,向加速度处理模块302输入有当前加速度 Acc 及目标加加速度 $JerkRef$ 。然后,加速度处理模块302按照 $AccRef=Acc+JerkRef$ 来计算目标加速度 $AccRef$ 。接着,加速度处理模块302判断所计算出的目标加速度 $AccRef$ 是否超过预先给定的加速度限制值 $aMaxLim$ 进行判断。在所计算出的目标加速度 $AccRef$ 超过加速度限制值 $aMaxLim$ 的情况下,将加速度限制值 $aMaxLim$ 的值作为目标加速度 $AccRef$ 输出,否则则将所计算出的加速度限制值 $aMaxLim$ 的值直接输出。

[0209] 目标速度计算模块303用于计算目标速度 $VelRef$ 。更具体地说,通过延迟模块304向目标速度计算模块303输入上一个控制周期中的目标速度 $VelRef$,并输入由加速度处理模块302计算出的目标加速度 $AccRef$ 。然后,目标速度计算模块303按照 $VelRef(t)=VelRef$

$(t-1) + \text{AccRef}$ 来计算本次控制周期中的目标速度 $\text{VelRef}(t)$ 。

[0210] 此外,在目标速度计算模块303中,不必对所计算出的目标速度 VelRef 进行限制处理。其原因在于,目标速度 VelRef 的限制值是最终目标速度 v_{End} ,使用该最终目标速度 v_{End} 来计算目标加速度 JerkRef 及目标加速度 AccRef 。

[0211] 参数变量增量计算模块305用于计算与由目标速度计算模块303计算出的目标速度 VelRef (轨道长的变化量 ΔL)相对应的参数变量增量 Δr 。此时,由于需要与参数变量 r 相关的轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$,所以与参数变量增量计算模块305的处理同步,斜率计算模块306计算与该时刻的参数变量 r 相应的轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$ 。关于参数变量增量计算模块305中的详细处理,由于已参照图13进行了说明,所以在此对该内容不重复说明。

[0212] 斜率计算模块306典型地预先保持根据预先设定的贝塞尔曲线即对应于目标位置 $P(r)$ 的轨道长 L 的函数来计算的关于参数变量增量 Δr 的导函数(一阶微分式)。

[0213] 向参数变量计算模块307输入在参数变量增量计算模块305中计算出的参数变量增量 Δr 。然后,参数变量计算模块307按照 $r(t)=r(t-1)+\text{AccRef}$ 来计算本次控制周期中的参数变量 $r(t)$ 。

[0214] 贝塞尔曲线计算模块308基于在参数变量计算模块307中计算出的参数变量 r 来计算目标位置 $P(r)$ 。即,所计算出的目标位置 $P(r)$ 表示可动机构4的臂部部分应移动的坐标。

[0215] 滞留脉冲计算模块309基于由贝塞尔曲线计算模块308计算出的目标位置 $P(r)$,来计算马达41、42、43分别在当前控制周期内应移动的量。然后,滞留脉冲计算模块309计算分别向马达驱动器31、32、33发送的滞留脉冲 P_1 、 P_2 、 P_3 的数量。

[0216] <J.动作例>

[0217] 接下来,对于通过本实施方式的控制逻辑得到的可动机构4的工况的一个例子进行说明。

[0218] 图15是表示通过本实施方式的控制逻辑得到的可动机构4的工况例的时序图。图15的(a)表示可动机构4的臂部部分的移动速度(TCP速度)随时间变化的例子,图15的(b)表示可动机构4的臂部部分的加速度随时间变化的例子。

[0219] 此外,在对工件进行切削加工这样的处理中,多数情况下,与接近工件2的速度相比较,切削时的速度设定得相对低。从而,在图15的(a)及图15的(b)中,示出了如下例子:作为切削开始的前处理,可动机构4的臂部部分的TCP速度从时刻 t_1 开始以规定变化率(加速度 $-\text{Dec1}$)减速。之后,在时刻 t_2 ,TCP速度下降至插补开始速度 v_{Start} 。该插补开始速度 v_{Start} 也可以根据加工对象的工件的材质等来确定。

[0220] 然后,在时刻 t_2 生成目标轨道。即,将在时刻 t_2 的可动机构4的臂部部分的位置决定为起点 P_1 ,并与该起点 P_1 相对应来决定终点 P_4 。然后,根据起点 P_1 和控制点 P_2 来决定控制矢量1,并根据控制点 P_3 和终点 P_4 来决定控制矢量2。最终,由这些控制矢量1及2决定贝塞尔曲线即目标轨道(参照图8)。

[0221] 在时刻 t_2 以后,缓慢地变更TCP速度,使得TCP速度在终点 P_4 变为最终目标速度 v_{End} 。此外,为了维持速度的连续性,将在时刻 t_2 的插补开始加速度 a_{Start} 维持在与刚刚之前的加速度($-\text{Dec1}$)几乎同样的大小。

[0222] 如上所述,目标加速度 AccRef 基于在各控制周期推定的剩余距离 I_{Left} 来计算。但是,在刚刚开始移动之后,由于插补开始速度 v_{Start} 和最终目标速度 v_{End} 之差大,所以通过

对加加速度的限制(Jerk限制值jMaxLim)来制约TCP速度的变化量。

[0223] 然而可知,在时刻t3以后,由于TCP速度(当前速度Ve1)和最终目标速度vEnd之差变小,所以按照在各控制周期计算的目标加速度AccRef,使TCP速度(当前速度Ve1)缓慢地接近最终目标速度vEnd。并且可知,在时刻t5可动机构4的臂部部分到达终点时,此时的TCP速度(当前速度Ve1)与最终目标速度vEnd相一致。

[0224] 此外,如图15的(b)所示,可知在时刻t3~t5期间,目标加速度AccRef没有显著变动就缓慢地接近预先给定的限制值(加速度限制值aMaxLim)。

[0225] <K. 整体处理流程>

[0226] 可将上述的本实施方式的控制逻辑的整体处理顺序整理如下。

[0227] 图16是表示本实施方式的控制逻辑的整体处理顺序的流程图。此外,针对图16的流程图包括的步骤中的与图4的流程图包括的步骤实质上相同的步骤,标注同一附图标记。

[0228] 另外,虽然图16所示的各步骤由控制装置1来执行,但是该执行主体因安装方式的不同而不同。即,既可以存在主运算单元22(参照图2)进行所有的处理的情形,也可以存在主运算单元22和MC单元24(参照图2)共同处理的情形。

[0229] 参照图16,控制装置1接收参数初始值及处理设定值(步骤S1)。所述参数初始值包括:插补开始速度vStart、最终目标速度vEnd、插补开始加速度aStart、加速度限制值aMaxLim、Jerk限制值jMaxLim等。另外,处理设定值包括:用于生成目标轨道的加工程序、控制点的设定条件等。接着,通过可动机构4开始对工件2进行切削(步骤S2)。

[0230] 接着,判断是否是目标轨道的生成时机(步骤S4)。若不是目标轨道的生成时机(在步骤S4为“否”),则重复步骤S4的处理。相反,若是目标轨道的生成时机(在步骤S4为“是”),则在由起点及终点定义的移动区间生成目标轨道(步骤S6)。

[0231] 在该目标轨道的生成中,包括以下这样的处理:取得起点P1的位置信息(步骤S61);决定与起点P1对应的终点P4的位置(步骤S62);利用起点P1和控制点P2决定控制矢量1、及利用控制点P3和终点P4决定控制矢量2(步骤S63);基于控制矢量1及控制矢量2决定贝塞尔曲线(步骤S64)。

[0232] 接着,推定目标轨道上的从当前位置到终点的剩余距离(步骤S8)。在该剩余距离的推定中包括以下这样的处理:取得可动机构4的TCP的当前值(表示当前位置的信息)(步骤S81);对目标轨道上的从当前位置到终点为止的区间设定预先给定的一定数量的样本点(步骤S82);计算相邻的样本点之间的距离(步骤S83);通过总计各样本点之间的距离来计算剩余距离(步骤S84)。

[0233] 接着,计算目标加速度(步骤S10)。在该目标加速度的计算中,包括以下这样的处理:使用当前速度Ve1、最终目标速度vEnd、所推定的剩余距离ILeft来计算目标加速度AccRef(步骤S101);使用所计算出的目标加速度AccRef来计算目标加加速度JerkRef(步骤S102);计算出的目标加加速度JerkRef的限制处理(步骤S103);使用限制处理后的目标加加速度JerkRef来计算目标加速度AccRef(步骤S104);所计算出的目标加速度AccRef的限制处理(步骤S105)。

[0234] 接着,通过用在步骤S10计算出的目标加速度(目标加速度AccRef)修正当前的TCP速度(当前速度Ve1),来计算TCP速度的新的目标值(目标速度Ve1Ref)(步骤S12)。

[0235] 判断TCP是否到达所设定的目标轨道的终点(步骤S14)。若TCP到达所设定的目标

轨道的终点(在步骤S14为“是”),则结束基于本次的目标轨道的运动控制。相反,若TCP未到达所设定的目标轨道的终点(在步骤S14为“否”),则输出表示可动机构4的可动部在1个控制周期内应移动的量的指令(步骤S16)。

[0236] 在该指令的输出处理中,包括以下这样的处理:假定参数变量 r 和轨道长 L 为线性关系,计算与相当于目标速度 $VelRef$ 的轨道长的变化量 ΔL 相对应的参数变量增量 Δr_linear (参照图13)(步骤S161);计算与参数变量 r 相关的轨道长 L 的斜率 $a(=dL/dr)$ (步骤S162);通过参数变量增量 Δr_linear 乘以轨道长 L 的斜率 a 的倒数,来计算参数变量增量 Δr (步骤S163);使用所计算出的参数变量增量 Δr 来计算本次控制周期中的参数变量 r (步骤S164);使用所计算出的参数变量 r 来计算目标位置 $P(r)$ (步骤S165);使用所计算出的目标位置 $P(r)$ 计算在当前控制周期内应移动的量(步骤S166);计算应分别向马达驱动器31、32、33发送的滞留脉冲 P_1 、 P_2 、 P_3 的数量(步骤S167);从MC单元24向马达驱动器31、32、33输出所计算出的数量的滞留脉冲 P_1 、 P_2 、 P_3 (步骤S168)。

[0237] 然后,待机至下一个控制周期为止(步骤S18),重复进行步骤S8以下的处理。

[0238] 此外,在步骤S16的处理中,也可以根据用于检测在马达41、42、43上设置的伺服马达的旋转位置的编码器来计算实际上产生的加速度,并将与目标加速度(目标加速度 $AccRef$)的差评估为加速度误差,从而将该加速度误差反映在下一个控制周期的处理中。由此,即使在马达因过负荷等而不能追随于指令的情况下,也能够通过反馈来修正其工况。

[0239] <L.变形例>

[0240] (11:使能够将目标轨道上的移动速度维持在一定的范围最大化的处理例)

[0241] 因对象的应用,也存在尽可能使在目标轨道上移动中(典型地为切削中)的TCP速度一定化的情形。通过这样将TCP速度维持在一定值,能够提高加工面的完成品质。

[0242] 在该变形例的控制逻辑中,在被加速度限制值限制的状况下,将TCP速度维持在插补速度 $Vint$,直至在目标轨道的终点能够达到最终目标速度的范围为止。即,使TCP速度下降至插补速度 $Vint$ 之后,尽可能延迟开始增加TCP速度的时机,并在目标轨道的终点达到最终目标速度 $vEnd$ 。

[0243] 图17是表示通过本实施方式的变形例的控制逻辑得到的可动机构4的TCP速度的时序图。参照图17,首先,在处理开始时,使当前速度 Vel (开始时的当前速度 $Vel1$)在减速度限制 $Dec1$ 的限制下下降至插补速度 $Vint$ 。此时,目标加速度 $AccRef$ 按照以下这样的公式来计算。

[0244] $AccRef=(Vint-Vel)$

[0245] 其中,若 $AccRef < Dec1$,则 $AccRef=Dec1$

[0246] 因此,当前速度 Vel 下降至插补速度 $Vint$ 后,由于目标加速度 $AccRef$ 变为零,所以当前速度 Vel 维持插补速度 $Vint$ 。

[0247] 另外,速度变更开始距离 $Lapp$ 按照以下这样的公式来进行预先计算。其中, $Acc2$ 为加速度限制值。

[0248] $Lapp=abs((vEnd^2-Vel^2)/2 \times ILeft)/(2 \times Acc2)$

[0249] 并且,在各控制周期中,逐次推定剩余距离 $ILeft$,并且,在所推定的剩余距离 $ILeft$ 与速度变更开始距离 $Lapp$ 大致一致时,TCP速度在加速度限制值 $Acc2$ 的限制下增加至最终目标速度 $vEnd$ 。

[0250] 通过采用这样的处理,能够使可将TCP速度维持在插补速度Vint上的区间最大化,因此,能够提高工件的加工面的品质等。

[0251] <M.作用效果>

[0252] 根据本发明的实施方式,以尽可能变动小的加速度使当前速度加减速,使得预先所设定的在目标轨道的终点的TCP速度与最终目标速度相一致。即,TCP速度能够向最终目标速度平滑地变化,并能够维持与后续的轨道上的目标速度之间的连续性。由此,能够提高加工面的均一性。

[0253] 本次公开的实施方式在所有方面都是举例说明的内容,应认为并不限制本发明。本发明的范围并不通过上述说明来限定,而是通过权利要求的范围来限定,与权利要求等同的意思以及权利要求范围内的所有变更包含在本发明。

[0254] 附图标记的说明

[0255] 1控制装置、2工件、3比例尺、4可动机构、5开关、21电源单元、22主运算单元、23IO单元、24MC单元、25背板、31、32、33马达驱动器、41、42、43马达、60通信线、221微处理器、223缓冲存储器、225通信接口、226用户存储器、231处理电路、232、243输入电路、233、244输出电路、242控制器接口、301Jerk处理模块、302加速度处理模块、303目标速度计算模块、304延迟模块、305参数变量增量计算模块、306斜率计算模块、307参数变量计算模块、308贝塞尔曲线计算模块、309滞留脉冲计算模块、SYS系统。

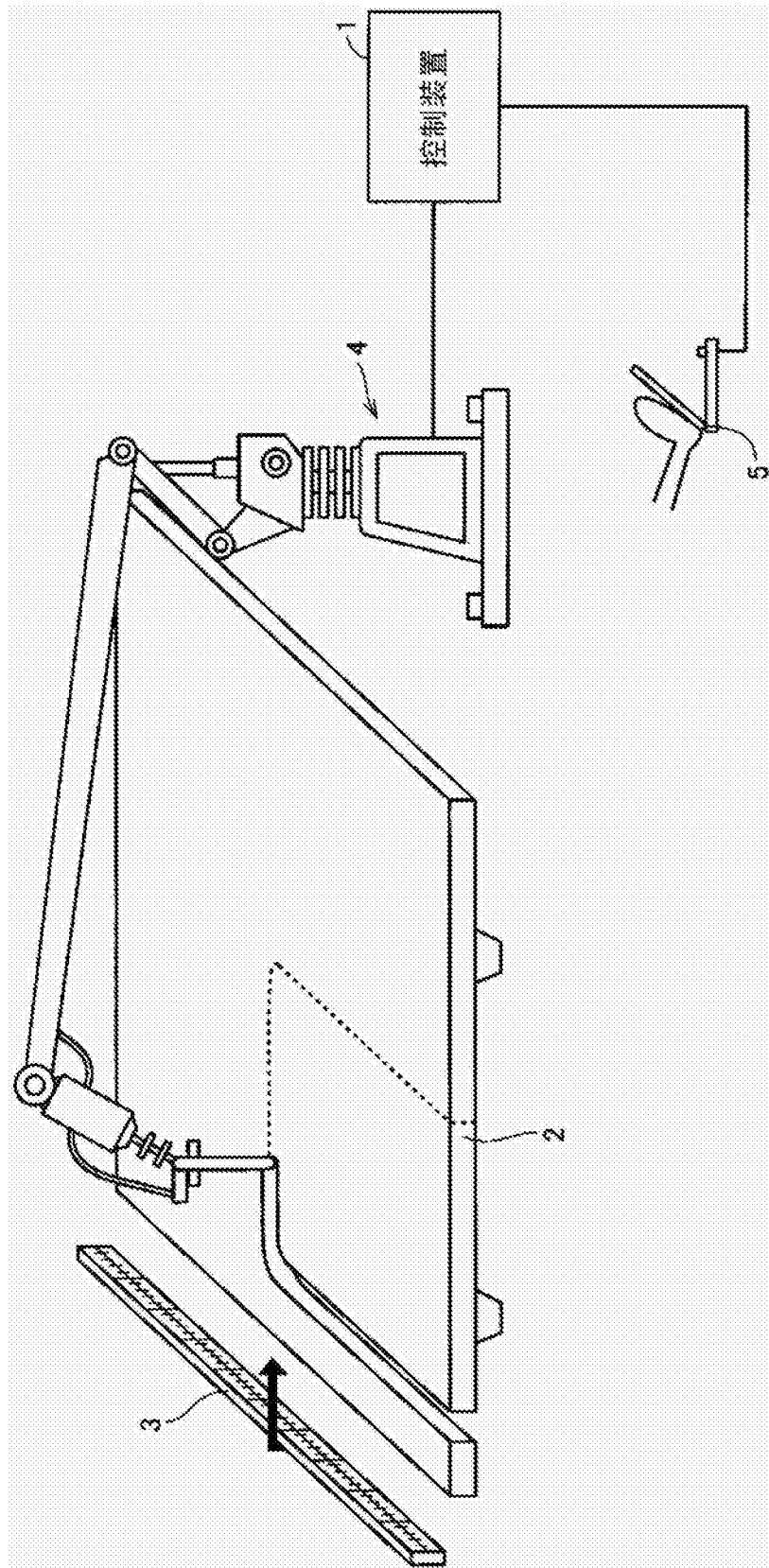


图1

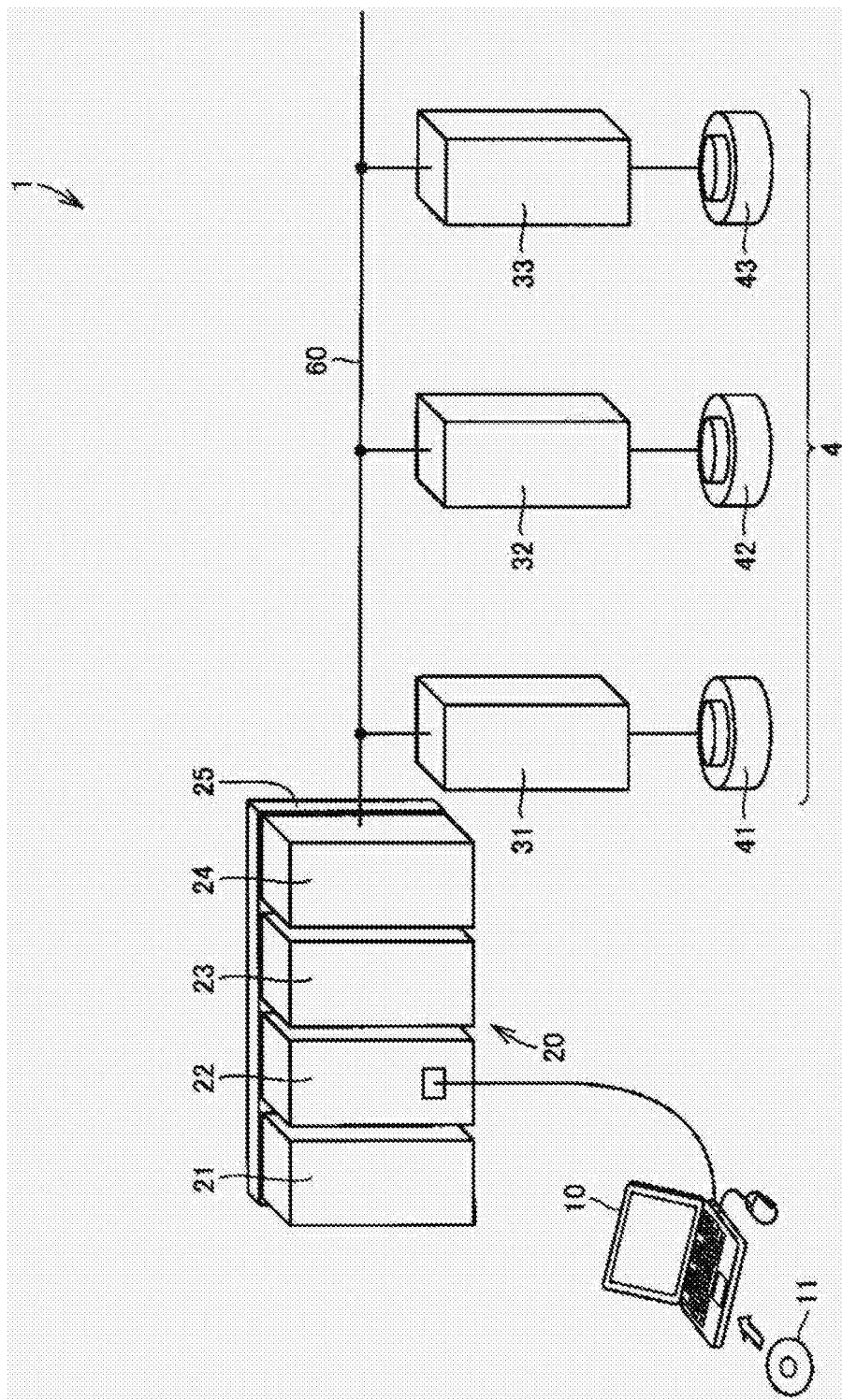


图2

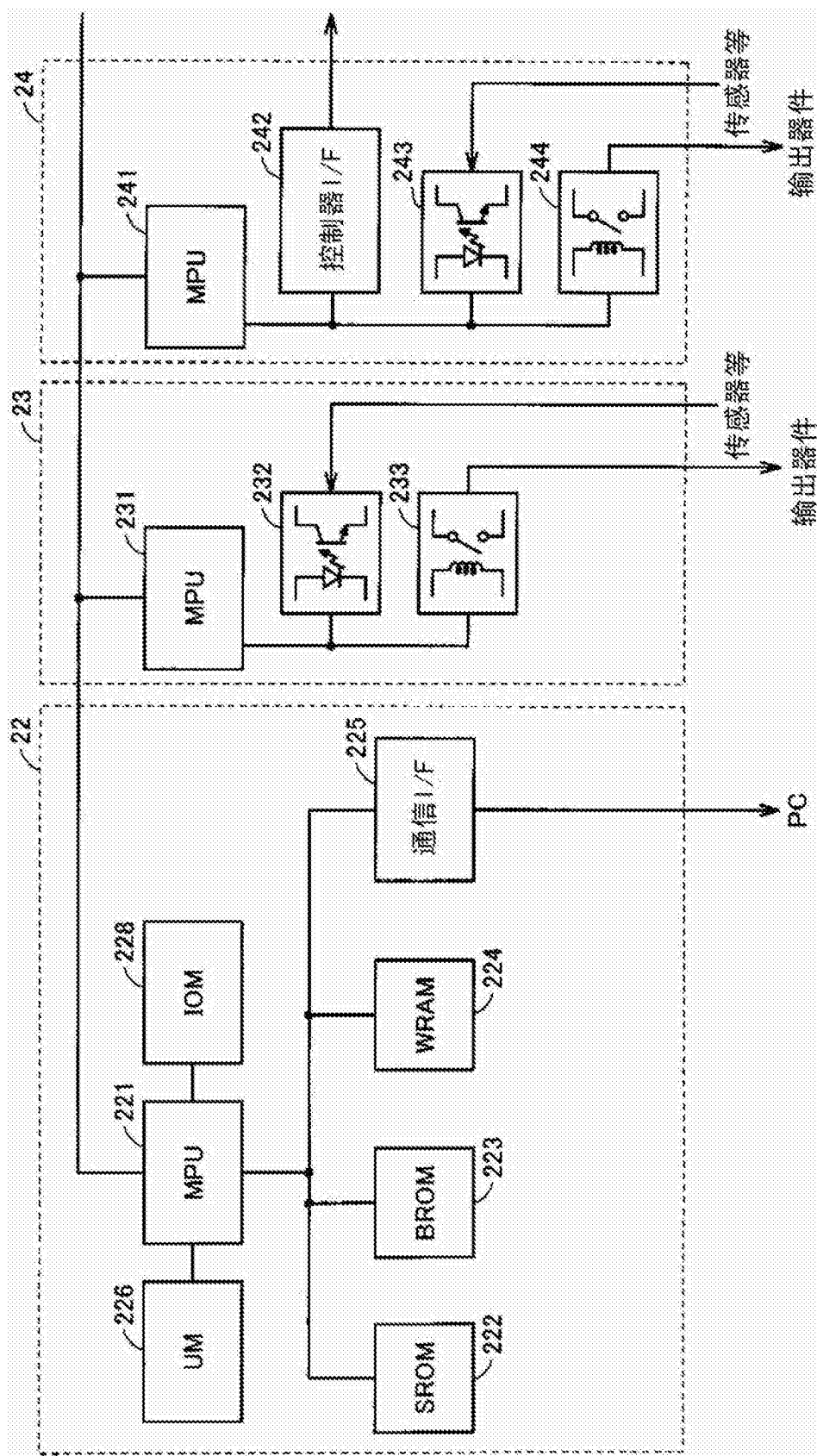


图3

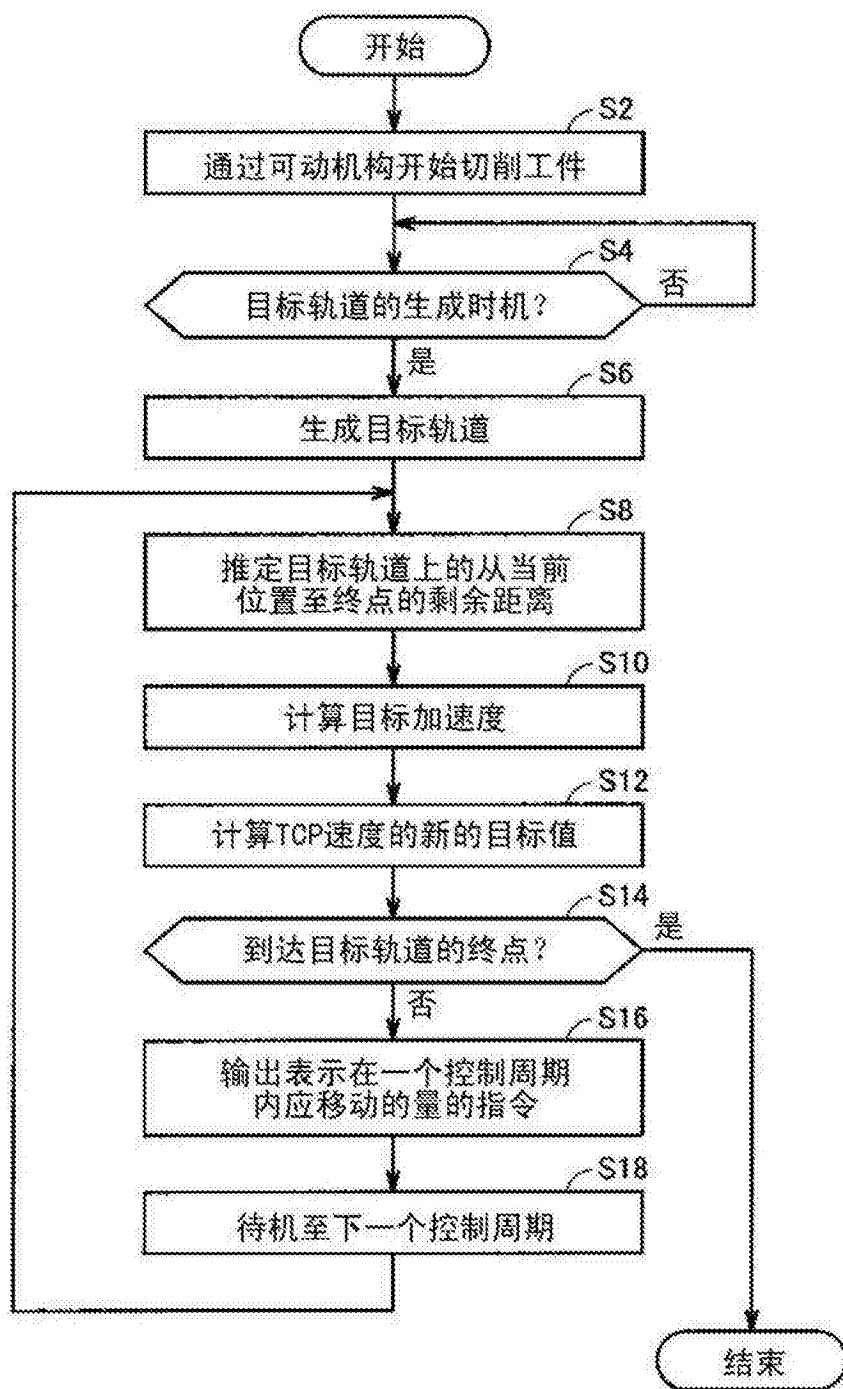


图4

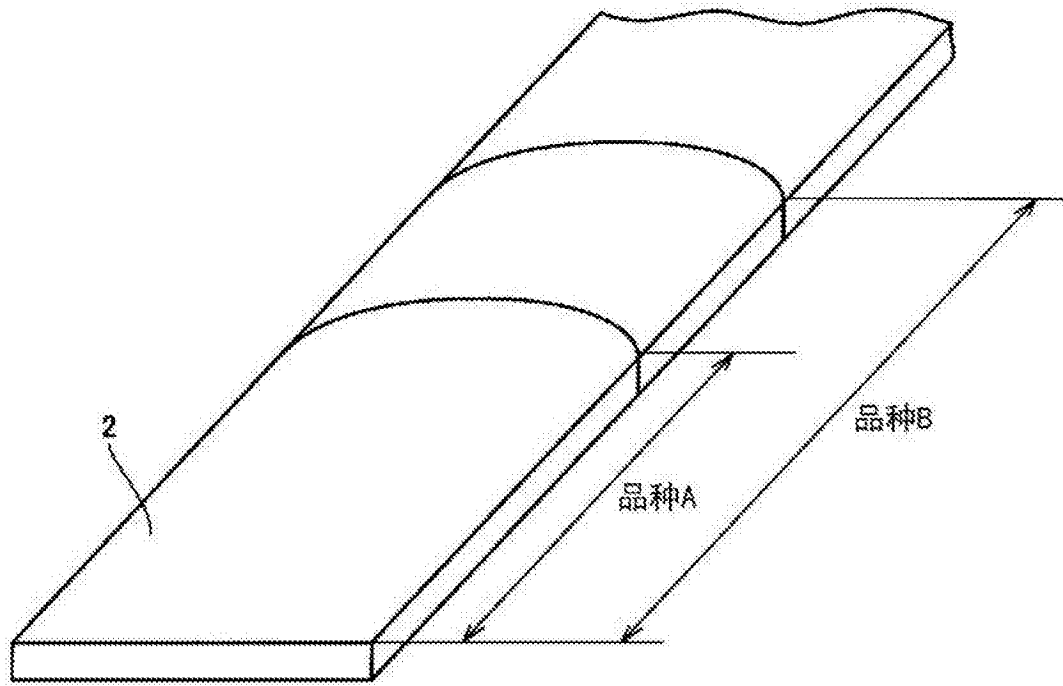


图5

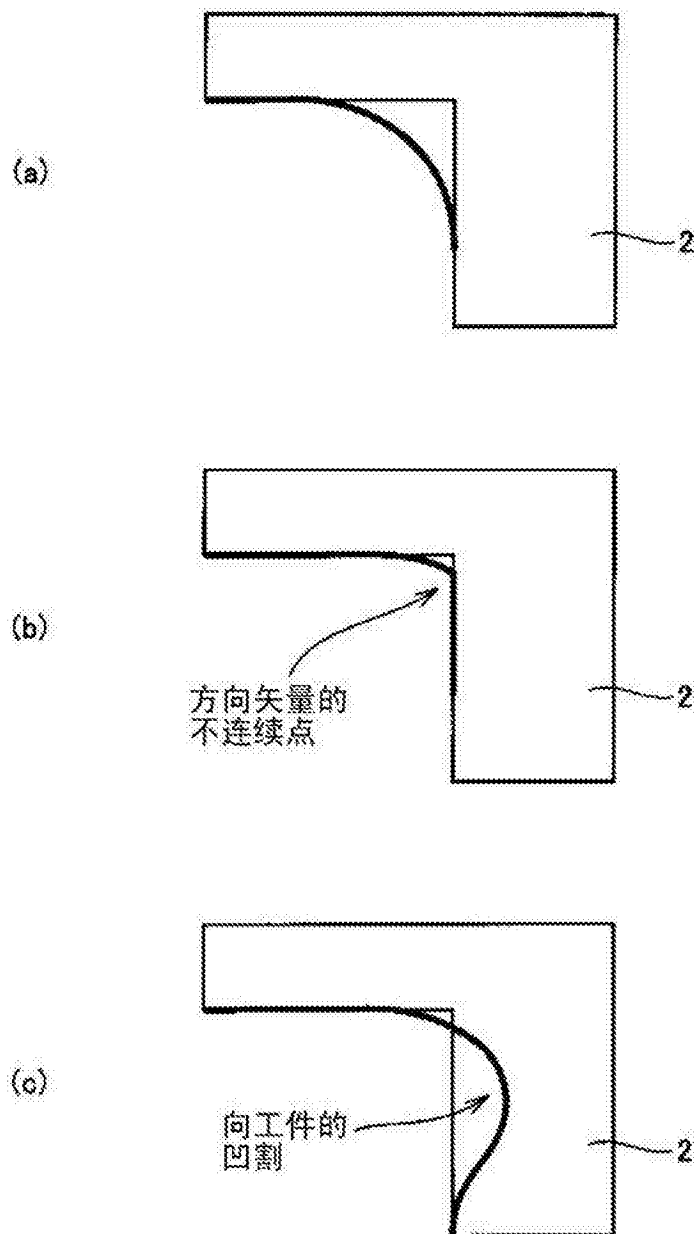


图6

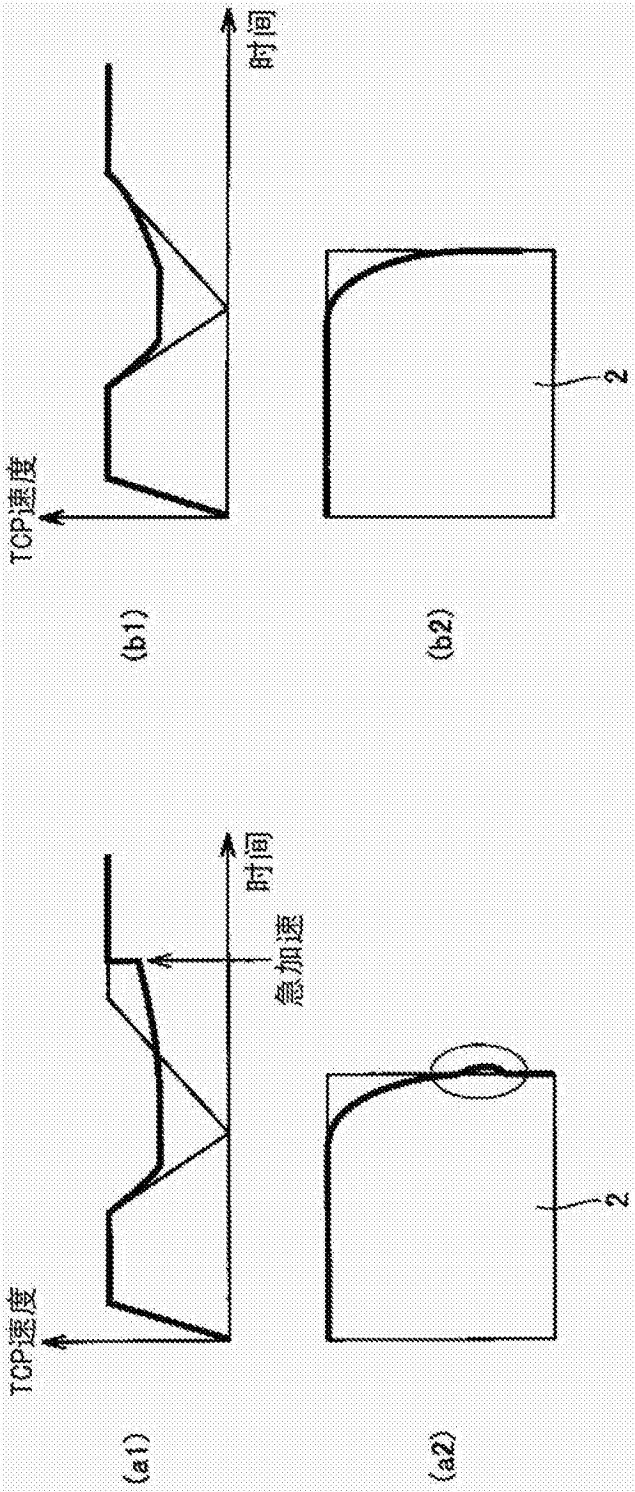


图7

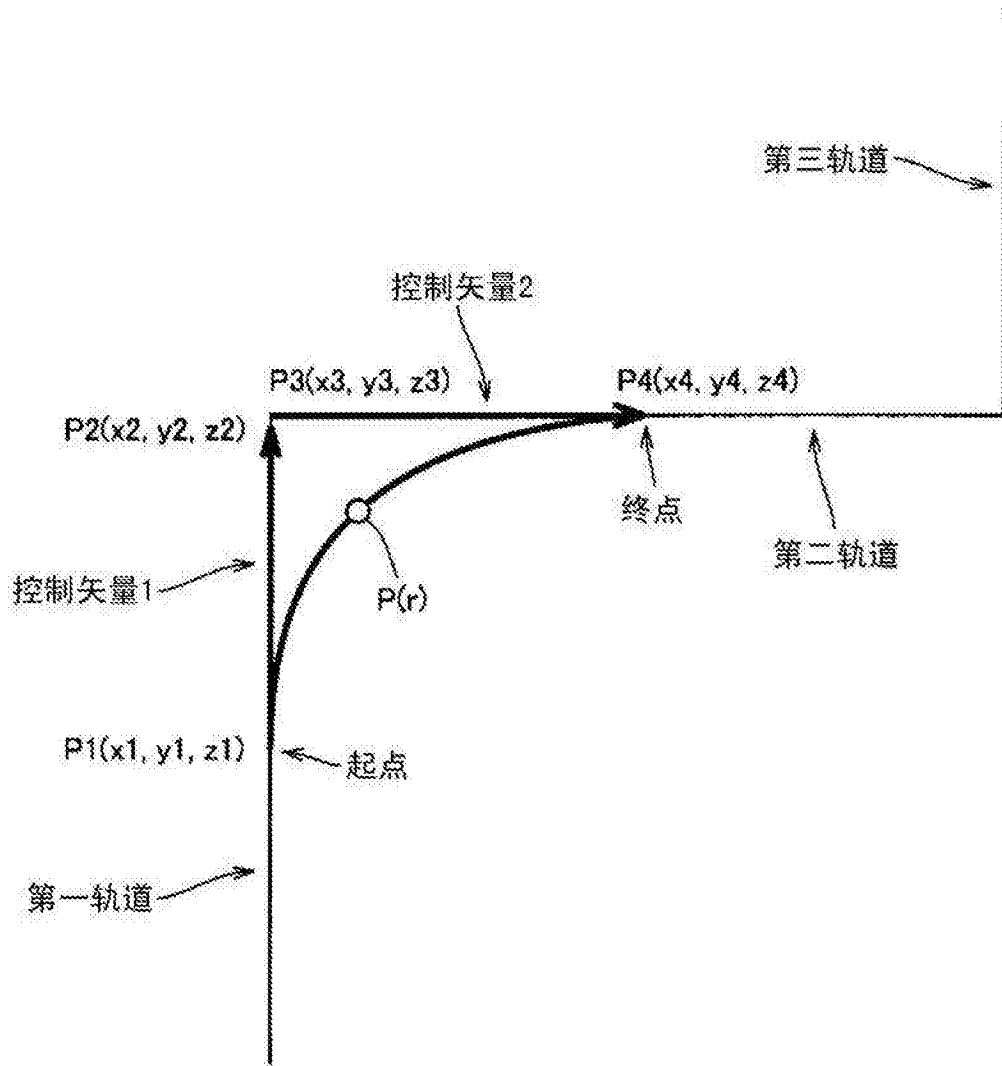


图8

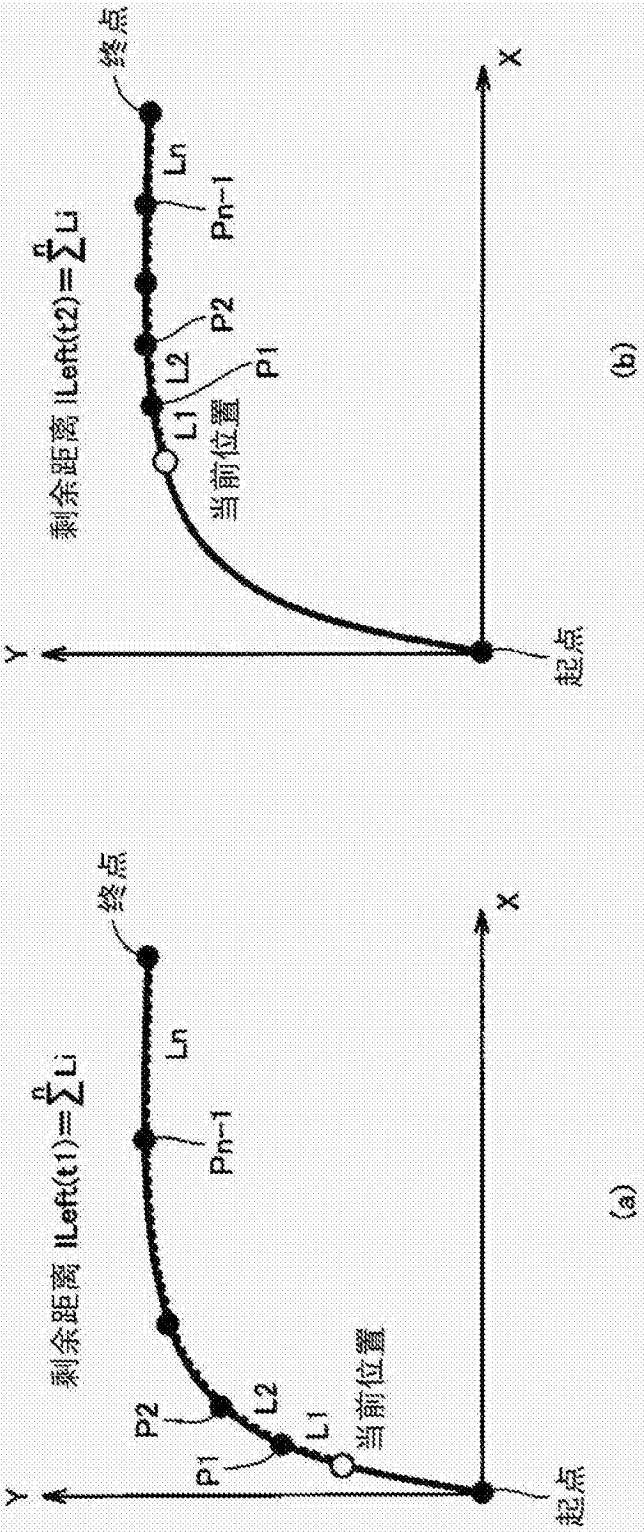


图9

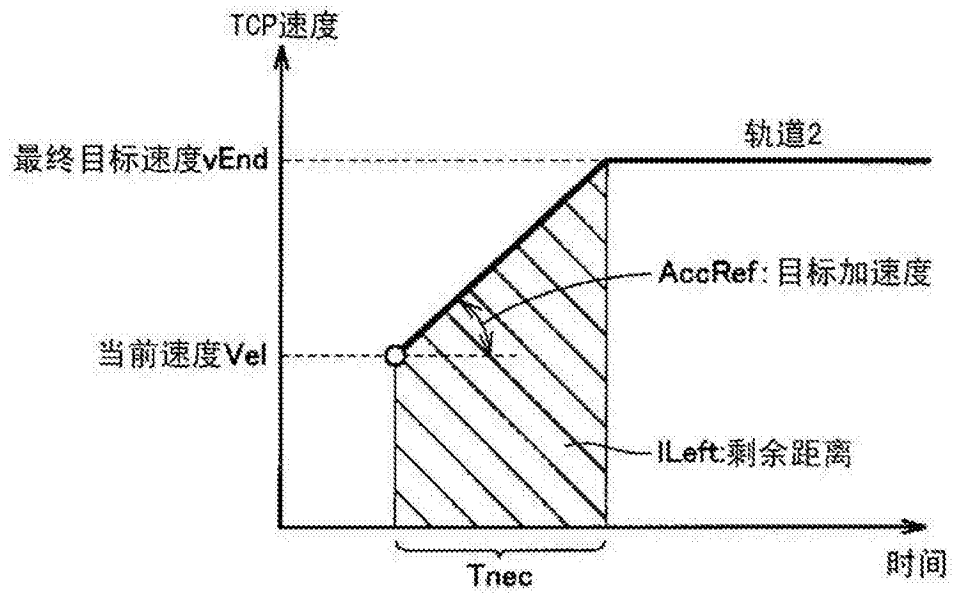


图10

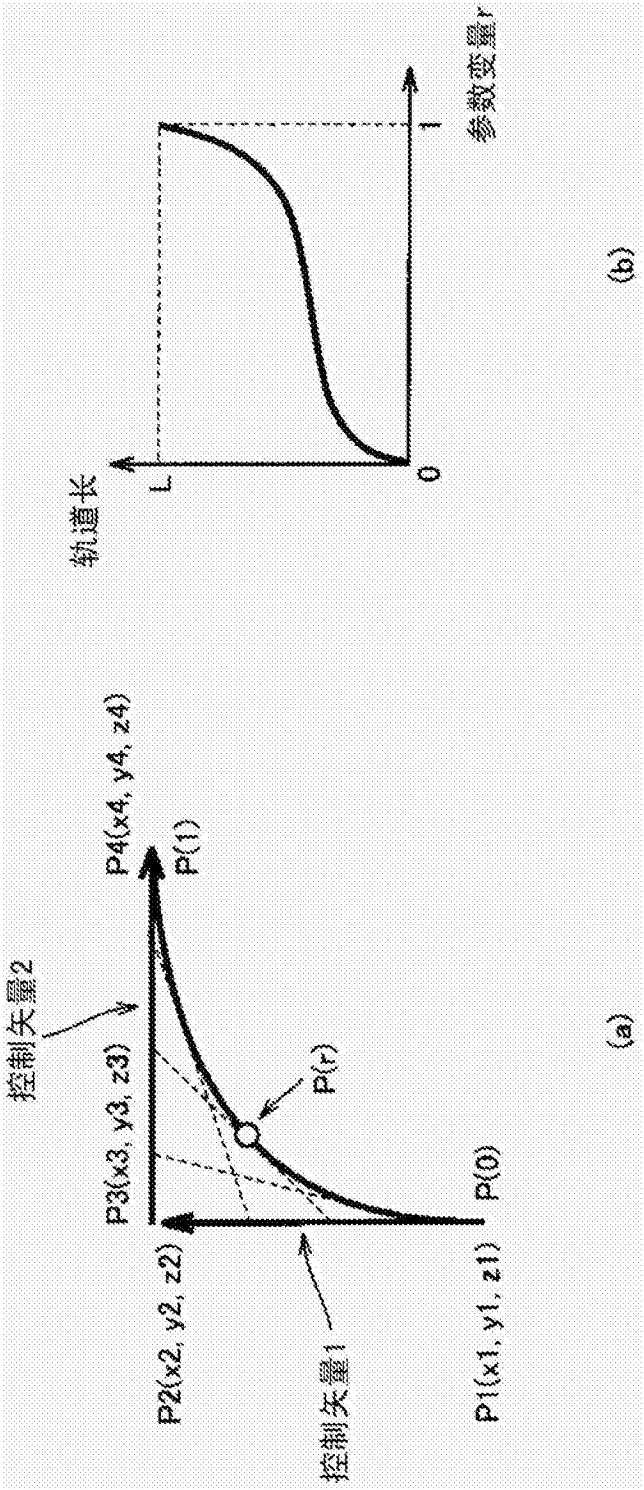


图11

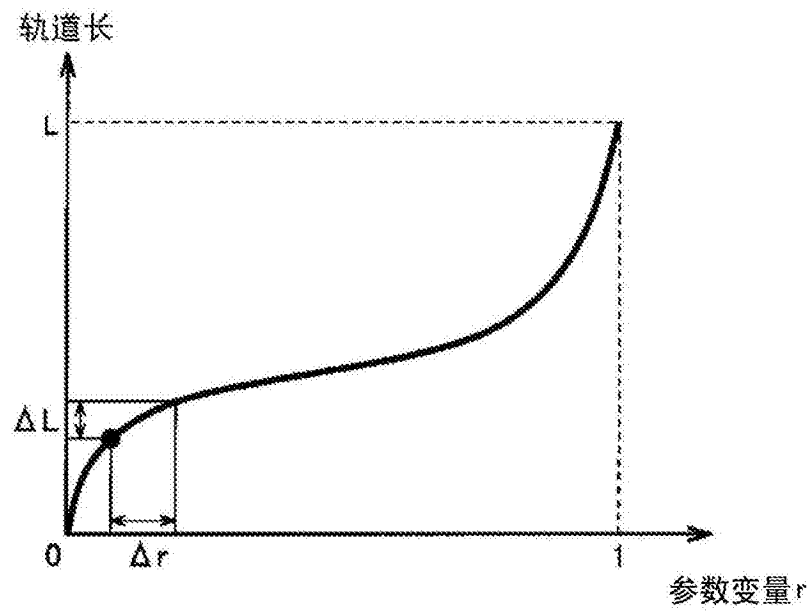


图12

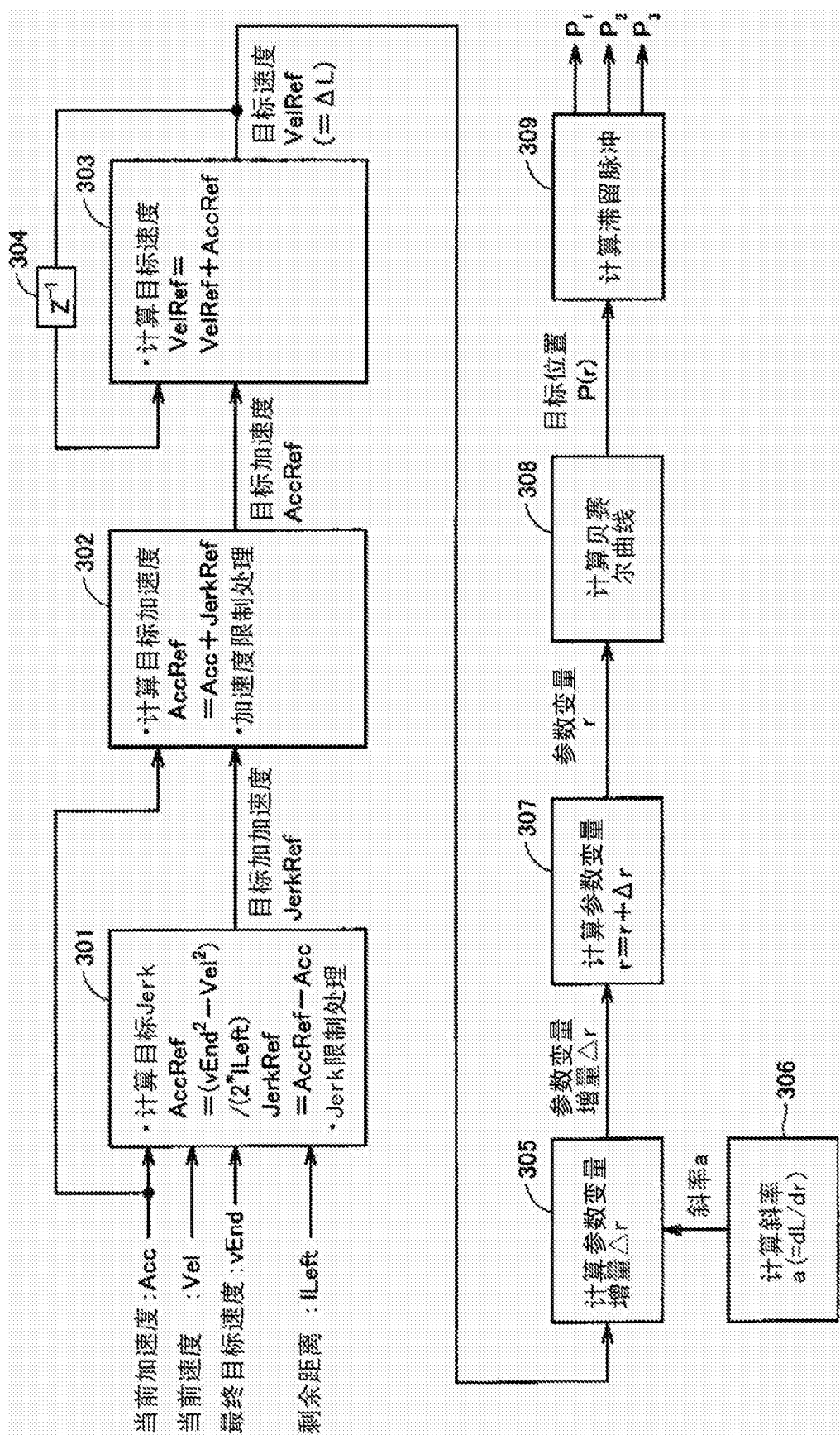


图14

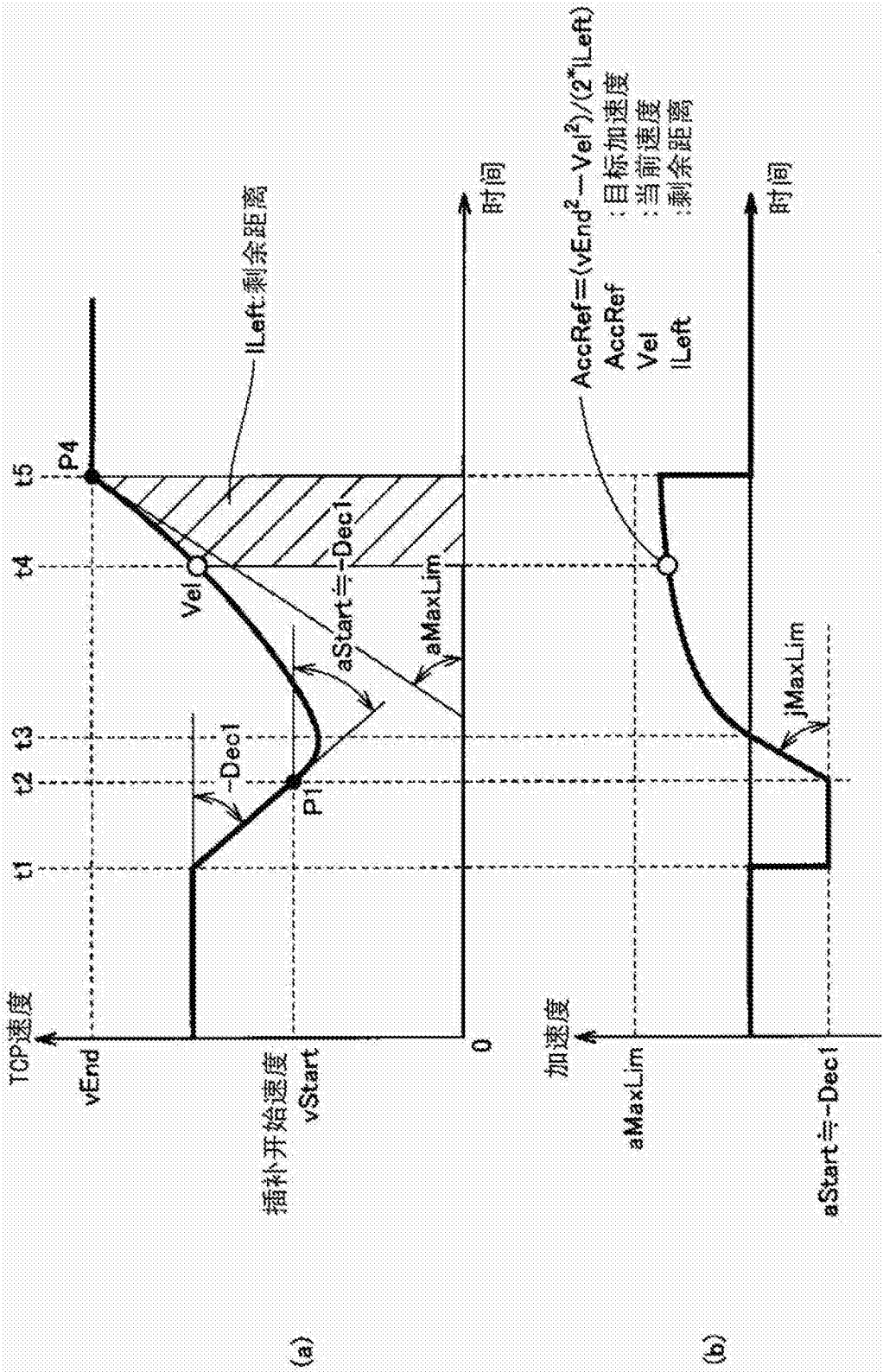


图15

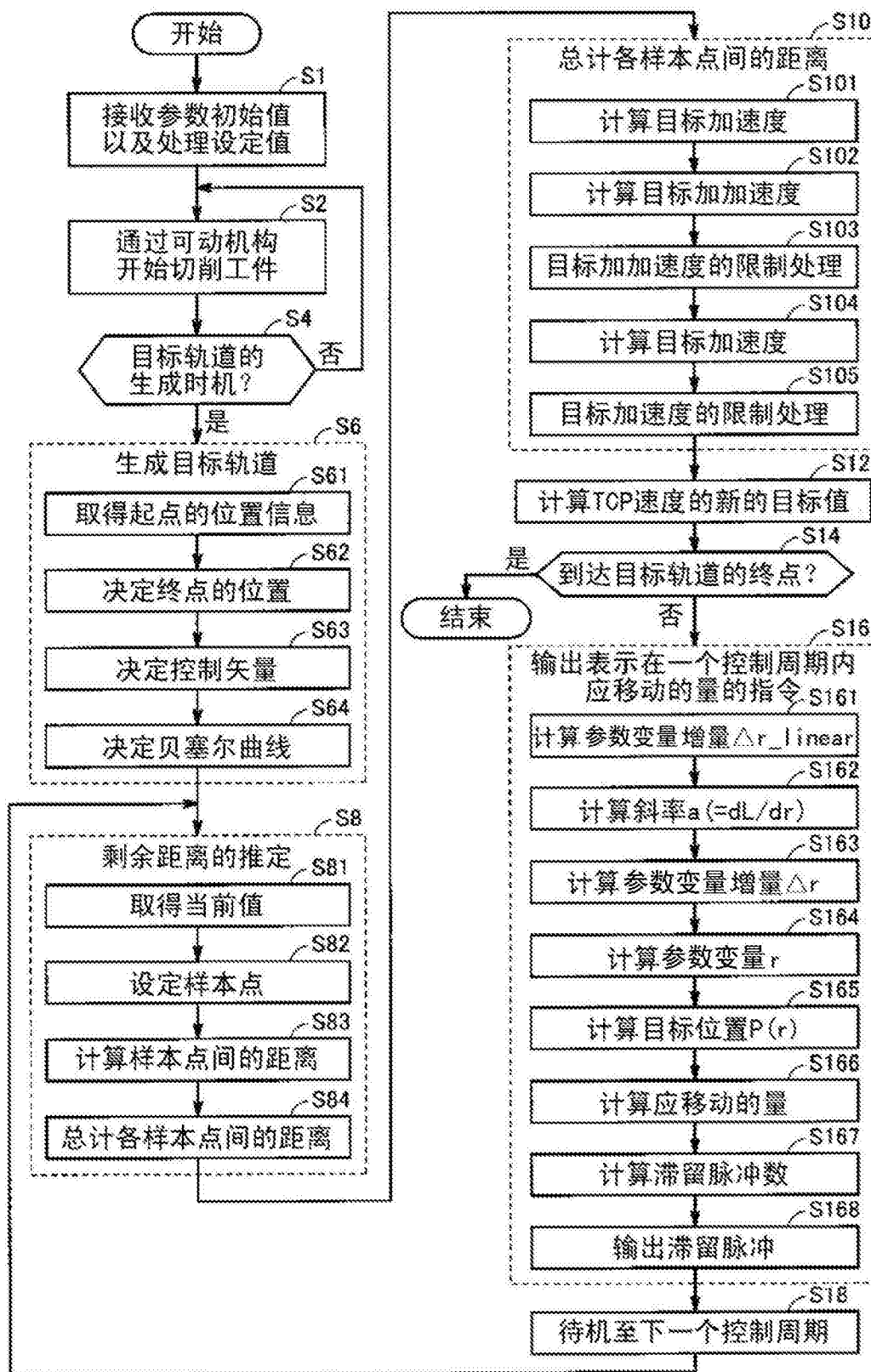


图16

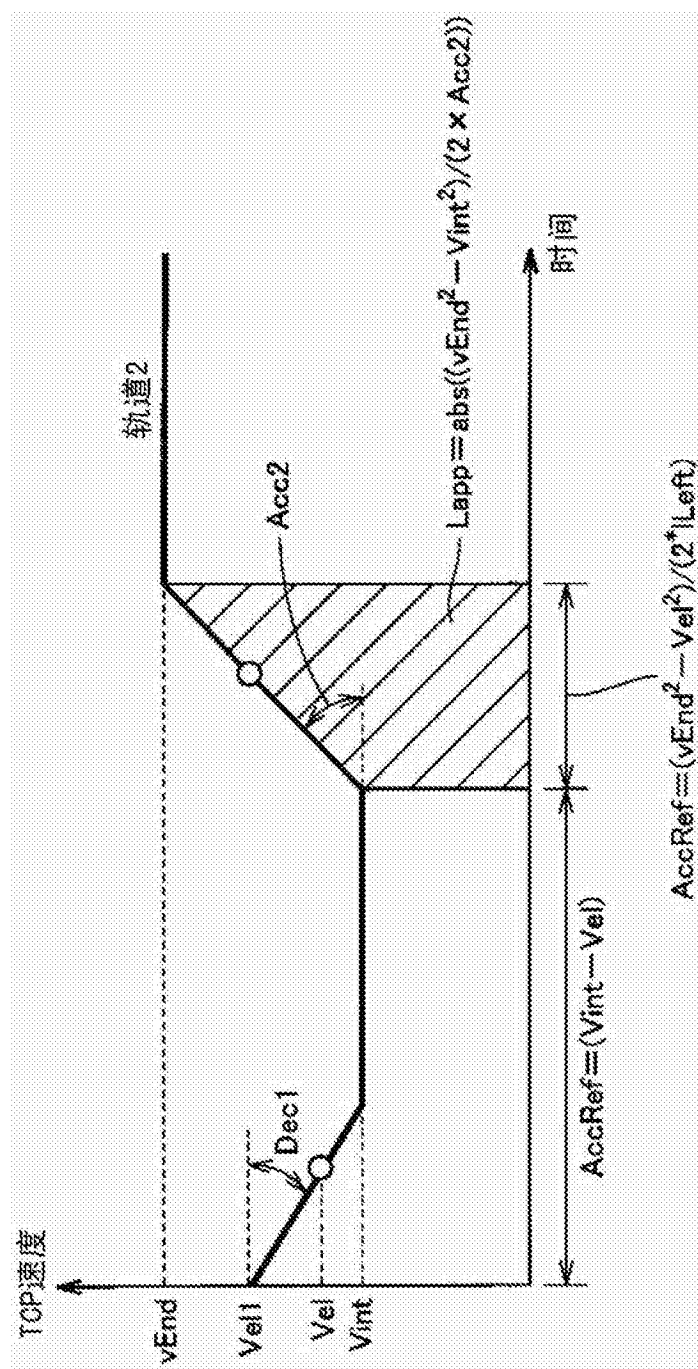


图17