



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108008699 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201711031419.3

(22)申请日 2017.10.27

(30)优先权数据

2016-210743 2016.10.27 JP

(71)申请人 兄弟工业株式会社

地址 日本爱知县

(72)发明人 原田大树 大石正博

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务
所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

(51)Int.Cl.

G05B 19/4068(2006.01)

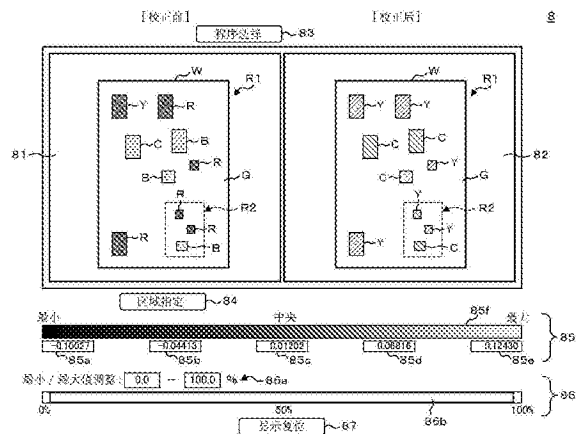
权利要求书2页 说明书11页 附图17页

(54)发明名称

加工路径运算装置、加工路径运算方法

(57)摘要

本发明涉及一种运算用于对工件进行加工的加工路径的加工路径运算装置、加工路径运算方法。加工路径运算装置基于指示主轴的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径。加工路径运算装置具备：设定部，其设定与加工路径交叉的评价截面；交点运算部，其运算由设定部设定的评价截面与加工路径的交点；特征量运算部，其关于由交点运算部运算出的交点，运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量；第一生成部，其基于由特征量运算部运算出的特征量来生成第一区域的第一图像数据；以及第二生成部，其在受理了对位于第一区域内的第二区域的指定时，基于表示第二区域的凹凸状态的特征量，来生成第一区域的第二图像数据。



1. 一种加工路径运算装置(50), 基于指示主轴(5a)的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径, 该加工路径运算装置具备:

设定部, 其设定与所述加工路径交叉的评价截面;

交点运算部, 其运算由所述设定部设定的评价截面与所述加工路径的交点;

特征量运算部, 其关于由所述交点运算部运算出的交点, 运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量;

第一生成部, 其基于由所述特征量运算部运算出的特征量, 来生成所述第一区域的第一图像数据;

第二生成部, 其在受理了对位于所述第一区域内的第二区域的指定时, 基于表示所述第二区域的凹凸状态的特征量, 来生成所述第一区域的第二图像数据; 以及

第一显示控制部, 其将由所述第二生成部生成的第二图像数据显示于显示部。

2. 根据权利要求1所述的加工路径运算装置, 其特征在于,

所述第一生成部基于所述第一区域的特征量的最大值和最小值, 来设定与所述第一区域各特征量对应的颜色, 基于所设定的颜色, 来生成所述第一图像数据,

所述第二生成部基于所述第二区域的特征量的最大值和最小值, 来设定与所述第二区域各特征量对应的颜色, 基于所设定的颜色, 来生成所述第二图像数据。

3. 根据权利要求1或2所述的加工路径运算装置, 其特征在于, 具备:

交点位置校正部, 其对由所述交点运算部运算出的交点的位置进行校正;

校正特征量运算部, 其关于由所述交点位置校正部校正后的交点, 运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量;

第三生成部, 其基于由所述校正特征量运算部运算出的特征量, 来生成所述第一区域的第一校正图像数据;

第四生成部, 其在受理了对位于所述第一区域内的第二区域的指定时, 基于所述校正特征量运算部运算出的表示所述第二区域的凹凸状态的特征量, 来生成所述第一区域的第二校正图像数据; 以及

第二显示控制部, 其将由所述第四生成部生成的所述第二校正图像数据显示于显示部。

4. 根据权利要求3所述的加工路径运算装置, 其特征在于,

所述第三生成部基于所述第一区域的特征量的最大值和最小值, 来设定与所述第一区域各特征量对应的颜色, 基于所设定的颜色, 来生成所述第一校正图像数据,

所述第四生成部基于所述第二区域的特征量的最大值和最小值, 来设定与所述第二区域各特征量对应的颜色, 基于所设定的颜色, 来生成所述第二校正图像数据。

5. 根据权利要求3所述的加工路径运算装置, 其特征在于,

所述第二显示控制部将基于所述第一图像数据的图像与基于所述第一校正图像数据的图像并排地显示于显示部, 将基于所述第二图像数据的图像与基于所述第二校正图像数据的图像并排地显示于显示部。

6. 一种加工路径运算方法, 基于指示主轴(5a)的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径, 该加工路径运算方法包括:

设定与所述加工路径交叉的评价截面,

运算所设定的评价截面与所述加工路径的交点，
关于运算出的交点，运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量，
基于运算出的特征量，来生成所述第一区域的第一图像数据，
在受理了对位于所述第一区域内的第二区域的指定时，基于表示所述第二区域的凹凸状态的特征量来生成所述第一区域的第二图像数据，将所述第二图像数据显示于显示部。

7. 一种加工路径运算装置(50)，具备：存储部(52)，其存储有基于指示主轴(5a)的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径的计算机程序；以及处理器(51)，其执行该存储部中存储的所述计算机程序，

其中，所述处理器在执行所述计算机程序时，
设定与所述加工路径交叉的评价截面，
运算所设定的评价截面与所述加工路径的交点，
关于运算出的交点，运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量，
基于运算出的特征量，来生成所述第一区域的第一图像数据，
在受理了对位于所述第一区域内的第二区域的指定时，基于表示所述第二区域的凹凸状态的特征量来生成所述第一区域的第二图像数据，将所述第二图像数据显示于显示部。

加工路径运算装置、加工路径运算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种运算用于对工件进行加工的加工路径的加工路径运算装置、加工路径运算方法。

背景技术

[0002] 在机床对工件进行加工时,运算装置在工件的加工前运算主轴的加工路径,基于运算出的加工路径来运算加工后的工件的形状(模型)。运算装置基于图像数据来生成(绘制)模型的表面形状。日本专利公报第5666013号的运算装置将构成模型的表面的一个像素与同该一个像素相邻的其它像素进行比较,求出法向量的变化率,来运算表面的方向的变化率。运算装置对各像素赋予与表面的方向的变化率即表面的凹凸状态对应的颜色。作业者能够视觉识别模型表面的缺陷。但是,在变化率的最小单位大时,即变化率的分辨率大时,作业者难以视觉识别模型表面的微小的凹凸状态。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种能够视觉识别模型表面的微小的凹凸状态的加工路径运算装置、加工路径运算方法。

[0004] 技术方案1的加工路径运算装置基于指示主轴的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径,该加工路径运算装置具备:设定部,其设定与所述加工路径交叉的评价截面;交点运算部,其运算由该设定部设定的评价截面与所述加工路径的交点;特征量运算部,其关于由该交点运算部运算出的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量;第一生成部,其基于由该特征量运算部运算出的特征量,来生成所述第一区域的第一图像数据;第二生成部,其在受理了对位于所述第一区域内的第二区域的指定时,基于表示所述第二区域的凹凸状态的特征量,来生成所述第一区域的第二图像数据;以及第一显示控制部,其将由所述第二生成部生成的第二图像数据显示于显示部。加工路径运算装置基于比第一区域狭小的第二区域的特征量来将第一区域的加工路径显示于显示部,因此作业者能够视觉识别在以第一区域的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域内的微小的凹凸状态。

[0005] 技术方案2的加工路径运算装置的第一生成部基于第一区域的特征量的最大值和最小值,来设定与第一区域各特征量对应的颜色,基于所设定的颜色,来生成所述第一图像数据,第二生成部基于第二区域的特征量的最大值和最小值,来设定与第二区域各特征量对应的颜色,基于所设定的颜色,来生成第二图像数据。基于比第一区域狭小的第二区域的特征量的最大值和最小值,来对各特征量设定颜色,因此作业者能够视觉识别在以第一区域的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域内的微小的凹凸状态。

[0006] 技术方案3的加工路径运算装置具备:交点位置校正部,其对由交点运算部运算出的交点的位置进行校正;校正特征量运算部,其关于由交点位置校正部校正后的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量;第三生成部,其基于由校正特征

量运算部运算出的特征量,来生成第一区域的第一校正图像数据;第四生成部,其在受理了对位于第一区域内的第二区域的指定时,基于校正特征量运算部运算出的表示第二区域的凹凸状态的特征量,来生成第一区域的第二校正图像数据;以及第二显示控制部,其将由所述第四生成部生成的所述第二校正图像数据显示于显示部。加工路径运算装置关于校正后的交点,生成第一区域的第一校正图像数据。在受理了对位于第一区域内的第二区域的指定时,加工路径运算装置基于表示第二区域中的凹凸状态的特征量来生成第一区域的第二校正图像数据。由于交点的校正反映在图像数据中,因此作业者能够视觉识别考虑了校正结果的凹凸状态。

[0007] 技术方案4的加工路径运算装置的第三生成部基于第一区域的特征量的最大值和最小值,来设定与第一区域各特征量对应的颜色,基于所设定的颜色,来生成第一校正图像数据。第四生成部基于第二区域的特征量的最大值和最小值来设定与第一区域各特征量对应的颜色,基于所设定的颜色,来生成第二校正图像数据。关于校正后的交点,第四生成部基于第二区域的特征量的最大值和最小值,来设定与第二区域各特征量对应的颜色。基于比第一区域狭小的第二区域的特征量的最大值和最小值来对各特征量设定颜色,因此关于校正后的交点,作业者能够视觉识别在以第一区域的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域内的微小的凹凸状态。

[0008] 技术方案5的加工路径运算装置的所述第二显示控制部将基于第一图像数据的图像与基于第一校正图像数据的图像并排地显示于显示部,将基于第二图像数据的图像与基于第二校正图像数据的图像并排地显示于显示部。由于将基于第一图像数据的图像与基于第一校正图像数据的图像并排地显示,因此作业者能够对以第一区域的特征量为基准的校正前后的工件表面的凹凸状态进行比较。由于将基于第二图像数据的图像与基于第二校正图像数据的图像并排地显示,因此作业者能够对以第二区域的特征量为基准的校正前后的工件表面的凹凸状态进行比较。

[0009] 技术方案6是一种基于指示主轴的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径的加工路径运算方法,该加工路径运算方法设定与加工路径交叉的评价截面,运算所设定的评价截面与所述加工路径的交点,关于运算出的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量,基于运算出的特征量,来生成第一区域的第一图像数据,在受理了对位于第一区域内的第二区域的指定时,基于表示第二区域的凹凸状态的特征量来生成第一区域的第二图像数据,将所述第二图像数据显示于显示部。加工路径运算方法关于评价截面与加工路径的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量,生成与运算出的特征量对应的第一图像数据。在作业者指定了第一区域内的第二区域时,加工路径运算方法基于表示第二区域的凹凸状态的特征量,来生成第一区域内的第二图像数据。加工路径运算方法得到与技术方案1同样的效果。

[0010] 技术方案7是一种加工路径运算装置,该加工路径运算具备:存储部,其存储有基于指示主轴的位置的多个指令点来运算用于对工件进行加工的加工路径的计算机程序;以及处理器,其执行存储部中存储的计算机程序,其中,处理器在执行计算机程序时,设定与加工路径交叉的评价截面,运算所设定的评价截面与所述加工路径的交点,关于运算出的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量,基于运算出的特征量,来生成第一区域的第一图像数据,在受理了对位于第一区域内的第二区域的指定时,基于

表示第二区域的凹凸状态的特征量来生成第一区域的第二图像数据,将第二图像数据显示于显示部。处理器关于评价截面与加工路径的交点,运算表示加工后的工件表面的第一区域的凹凸状态的特征量,生成与运算出的特征量对应的第一图像数据。在作业者指定了第一区域内的第二区域时,基于表示第二区域的凹凸状态的特征量,来生成第一区域内的第二图像数据。加工路径运算装置以比第一区域狭小的第二区域的特征量为基准,来生成第二图像数据并显示于显示部,因此得到与技术方案1同样的效果。

附图说明

- [0011] 图1是表示机床的立体图。
- [0012] 图2是表示控制装置的结构框图。
- [0013] 图3是表示针对工件的加工路径和评价截面的俯视图。
- [0014] 图4是表示针对工件的评价截面的立体图。
- [0015] 图5是表示指令点以及评价截面与加工路径的交点的示意图。
- [0016] 图6是表示交点表的概念图。
- [0017] 图7是说明运算评价截面D上的交点的特征量的运算方法的说明图。
- [0018] 图8是说明评价截面D上的交点位置的第一校正方法的说明图。
- [0019] 图9是说明评价截面上的交点位置的第二校正方法的说明图。
- [0020] 图10A是说明指令点的校正方法的说明图。
- [0021] 图10B是说明指令点的校正方法的说明图。
- [0022] 图11是表示用于显示加工后的工件形状和工件表面的凹凸状态的显示部的主视图。
- [0023] 图12是表示颜色表的图。
- [0024] 图13是表示调用了程序一览时的显示部的主视图。
- [0025] 图14是表示基于第一图像数据和第一校正图像数据来显示了工件形状和工件表面的凹凸状态的显示部的主视图。
- [0026] 图15是表示显示对区域指定按钮进行了操作的状态的显示部的主视图。
- [0027] 图16是表示显示第二区域的显示部的主视图。
- [0028] 图17是表示基于第二图像数据和第二校正图像数据来显示了工件形状和工件表面的凹凸状态的显示部的主视图。
- [0029] 图18是说明显示工件形状和工件表面的凹凸状态的显示处理的流程图。
- [0030] 图19是表示对调整标尺进行了操作时显示于显示部的图像的图。

具体实施方式

[0031] 基于附图来说明实施方式的机床。在下面的说明中,使用图的箭头所示的上下左右前后。

[0032] 如图1所示,机床具备沿前后延伸的矩形的基台1。工件保持部3设置于基台1上部的前侧。工件保持部3能够绕A轴和C轴旋转。A轴以左右方向为轴向,C轴以上下方向为轴向。支承立柱4的支承台2设置于基台1上部的后侧。Y轴方向移动机构10设置于支承台2上部,沿前后方向移动。Y轴方向移动机构10具备沿前后延伸的两个轨道11、Y轴螺杆12、Y轴马达13、

轴承14。轨道11设置于支承台2上部的左侧和右侧。Y轴螺杆12沿前后延伸,设置于两个轨道11之间。轴承14设置于Y轴螺杆12的前端部和中途部(省略图示)。Y轴马达13与Y轴螺杆12的后端部连结。螺母(省略图示)借助滚动体(省略图示)来与Y轴螺杆12螺纹结合。滚动体例如是球体。多个滑动件15以能够滑动的方式设置于各轨道11。移动板16与螺母及滑动件15的上部连结。移动板16沿水平方向延伸。Y轴螺杆12利用Y轴马达13的旋转来旋转,螺母沿前后方向移动,移动板16沿前后方向移动。X轴移动机构20设置于移动板16上表面,沿左右方向移动立柱4。X轴移动机构20具备沿左右延伸的两个轨道21、X轴螺杆22、X轴马达23(参照图2)、轴承24。轨道21设置于移动板16上表面的前侧和后侧。X轴螺杆22沿左右延伸,设置于两个轨道21之间。在X轴螺杆22的左端部及中途部(省略图示)设置轴承24。X轴马达23与X轴螺杆22的右端部连结。螺母(省略图示)借助滚动体(省略图示)来与X轴螺杆22螺纹结合。多个滑动件26以能够滑动的方式设置于各轨道21。立柱4与螺母及滑动件26的上部连结。X轴螺杆22利用X轴马达23的旋转来旋转,螺母沿左右方向移动,立柱4沿左右方向移动。Z轴移动机构30设置于立柱4的前表面,沿上下方向移动主轴头5。Z轴移动机构30具备沿上下延伸的两个轨道31、Z轴螺杆32、Z轴马达33、轴承34。轨道31设置于立柱4前表面的左侧和右侧。Z轴螺杆32沿上下延伸,设置于两个轨道31之间。轴承34设置于Z轴螺杆32的下端部和中途部(省略图示)。Z轴马达33与Z轴螺杆32的上端部连结。螺母(省略图示)借助滚动体(省略图示)来与Z轴螺杆32螺纹结合。多个滑动件35以能够滑动的方式设置于各轨道31。主轴头5与螺母及滑动件35的前部连结。Z轴螺杆32利用Z轴马达33的旋转来旋转,螺母沿上下方向移动,主轴头5沿上下方向移动。沿上下延伸的主轴5a设置于主轴头5内。主轴5a绕轴旋转。主轴马达6设置于主轴头5的上端部。主轴5a的下端部安装刀具。主轴5a利用主轴马达6的旋转来旋转,刀具旋转。进行旋转的刀具对由工件保持部3保持的工件W(参照图3)进行加工。机床具备更换刀具的刀具更换装置(省略图示)。刀具更换装置对收容于刀库(省略图示)的刀具和安装于主轴5a的刀具进行更换。如图2所示,控制装置50(加工路径运算装置)具备CPU 51、存储部52、RAM 53、输入输出接口54。存储部52是能够重写的存储器,例如是EPROM、EEPROM等。控制装置50基于存储于存储部52的控制程序来控制机床。存储部52存储后述的交点表、颜色表、路径编号 i 、指令点 P_k 、交点 S_i^d 、 k 的最终编号等(d 、 i 、 k 是自然数)。控制装置50也可以具备预先保存有控制程序的ROM。

[0033] 在作业者对操作部7进行了操作时,信号从操作部7输入到输入输出接口54。操作部7例如是键盘、按钮、触摸面板等。输入输出接口54向显示部8输出信号。显示部8例如是液晶显示面板,显示字符、图形、符号等。控制装置50具备与X轴马达23对应的X轴控制电路55、伺服放大器55a、微分器23b。X轴马达23具备编码器23a。X轴控制电路55基于来自CPU 51的指令,将表示电流量的命令输出到伺服放大器55a。伺服放大器55a接受所述命令,向X轴马达23输出驱动电流。编码器23a向X轴控制电路55输出位置反馈信号。X轴控制电路55基于位置反馈信号来执行位置的反馈控制。编码器23a向微分器23b输出位置反馈信号,微分器23b将位置反馈信号变换为速度反馈信号,并将速度反馈信号输出到X轴控制电路55。X轴控制电路55基于速度反馈信号来执行速度的反馈控制。

[0034] 电流检测器55b检测由伺服放大器55a输出的驱动电流的值,将驱动电流的值反馈给X轴控制电路55。X轴控制电路55基于驱动电流的值来执行电流控制。控制装置50具备与Y轴马达13对应的Y轴控制电路56、伺服放大器56a、微分器13b、电流检测器56b,Y轴马达13具

备编码器13a。Y轴控制电路56、伺服放大器56a、微分器13b、Y轴马达13、编码器13a、电流检测器56b与X轴的相同,省略其说明。控制装置50具备与Z轴马达33对应的Z轴控制电路57、伺服放大器57a、电流检测器57b、微分器33b。Z轴马达33具备编码器33a。Z轴控制电路57、伺服放大器57a、微分器33b、Z轴马达33、编码器33a、电流检测器57b与X轴的相同,省略其说明。控制装置50对主轴马达6执行与X轴马达23同样的反馈控制。

[0035] 机床具备刀库马达60、刀库控制电路58。利用刀库马达60的旋转来驱动刀库(省略图示)。刀库控制电路58对刀库马达60的旋转进行控制。存储部52存储对工件W进行加工的加工程序。加工程序具有指示主轴5a的位置的多个指令点 P_k 。 k 表示构成加工程序的命令的顺序。主轴5a基于多个指令点 P_k 来移动,安装于主轴5a的刀具对工件W(参照图3)进行加工。如图5所示,存储部52预先存储指令点 P_k 。如图3所示,控制装置50基于多个指令点 P_k 来设定主轴5a移动的路径(加工路径 α)。控制装置50基于加工路径 α 来执行主轴5a的移动。说明加工路径 α 的设定方法。图3、图4中的X方向表示左右方向,Y方向表示前后方向,Z方向表示上下方向,工件W的形状表示加工后的形状。控制装置50对工件W设定评价截面 D^d (d 表示截面编号,是自然数)。在主轴5a主要沿着X方向进行往复移动时,加工路径 α 为沿着X方向的路径。控制装置50设定多个沿着与加工路径 α 大致正交的方向的评价截面 D^d 。多个评价截面在X方向上排列。此外,作业者预先指示加工路径 α 是X方向。

[0036] 图5和图6的 i (i 是自然数)表示主轴5a的X方向移动上的路径编号。如图5所示,例如路径编号1($i=1$)的路径表示从左向右移动的路径,路径编号2($i=2$)的路径表示将路径编号1的路径在右端折回并从右向左移动的路径。路径编号3以后也同样。主轴5a按路径编号的顺序移动。●表示指令点,○表示评价截面 D^d 与加工路径 α 的交点。箭头表示加工路径 α 的行进方向。如图6所示,控制装置50运算各评价截面 D^d 与移动路径 P_k-P_{k+1} 的交点 S_i^d ,将路径编号 i 、交点 S_i^d 的坐标(X坐标、Y坐标以及Z坐标)、移动路径 P_k-P_{k+1} 相对应地存储在交点表中。X坐标是X方向的坐标,Y坐标是Y方向的坐标,Z坐标是Z方向的坐标。控制装置50例如利用第一运算方法来求出评价截面 D^d 上的交点的特征量。如图7所示,控制装置50使用作为运算的对象的交点 S_i^d 的Z坐标以及位于交点 S_i^d 的相邻两侧的交点 S_{i-1}^d 及交点 S_{i+1}^d 的Z坐标,来运算交点 S_i^d 的二阶差分。交点 S_{i-1}^d 的Z坐标大于交点 S_i^d 的Z坐标,交点 S_{i+1}^d 的Z坐标小于交点 S_i^d 的Z坐标。

[0037] 控制装置50运算交点 S_i^d 的Z坐标 z_i^d 与交点 S_{i+1}^d 的Z坐标 z_{i+1}^d 之差 d_a ($d_a = z_i^d - z_{i+1}^d$),并运算交点 S_{i-1}^d 的坐标 z_{i-1}^d 与交点 S_i^d 的坐标 z_i^d 之差 d_b ($d_b = z_{i-1}^d - z_i^d$)。控制装置50运算差 d_a 与差 d_b 之差即差 $d_a - d_b$ (二阶差分)。控制装置50对除了位于各评价截面的端的交点以外的全部交点运算二阶差分,来作为特征量。二阶差分的值的大小与加工后的工件表面的凹凸状态的大小对应。控制装置50例如利用第一校正方法来对评价截面 D^d 上的交点位置进行校正。如图8所示,控制装置50例如以逐渐变更Z方向的坐标的方式对交点位置进行校正,针对作为校正的对象的交点坐标 S_i^d ,使用前后各两点的交点坐标 S_{i-2}^d 、 S_{i-1}^d 、 S_{i+1}^d 、 S_{i+2}^d 来决定校正点 t_i^d 。将四个交点坐标 S_{i-2}^d 、 S_{i-1}^d 、 S_{i+1}^d 、 S_{i+2}^d 的各Z坐标值设为 z_{i-2} 、 z_{i-1} 、 z_{i+1} 、 z_{i+2} ,将校正点 t_i^d 的Z坐标值设为 z_i' ,将Z坐标值之差设为 $d_1 = z_{i-2} - z_{i-1}$ 、 $d_2 = z_{i-1} - z_i'$ 、 $d_3 = z_i' - z_{i+1}$ 、 $d_4 = z_{i+1} - z_{i+2}$ 。运算出使Z坐标值的二阶差分 d_{12}' 、 d_{23}' 、 d_{34}' (Z坐标值之差 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 的差)线性地变化的 z_i' 。

[0038] 利用下式求出Z坐标值的二阶差分 d_{12}' 、 d_{23}' 、 d_{34}' 。

[0039] $d_{12}' = d_2 - d_1 = (z_{i-1} - z_i') - (z_{i-2} - z_{i-1}) = 2z_{i-1} - z_i' - z_{i-2} \cdots (1)$

[0040] $d_{23}' = d_3 - d_2 = (z_i' - z_{i+1}) - (z_{i-1} - z_i') = 2z_i' - z_{i+1} - z_{i-1} \cdots (2)$

[0041] $d_{34}' = d_4 - d_3 = (z_{i+1} - z_{i+2}) - (z_i' - z_{i+1}) = 2z_{i+1} - z_{i+2} - z_i' \cdots (3)$

[0042] 由于它们线性地变化,因此满足下式。

[0043] $d_{23}' = (d_{12}' + d_{34}') / 2 \cdots (4)$

[0044] 当基于式(1)~(4)来对 z_i' 进行求解时,为下式。

[0045] $z_i' = (-z_{i-2} + 4z_{i-1} + 4z_{i+1} - z_{i+2}) / 6$

[0046] 对评价截面 D^d 上的全部交点 S_i^d 进行上述校正。也可以仅对Z坐标值与其它交点的Z坐标值相比大幅偏离的交点进行校正。

[0047] 控制装置50例如利用第二校正方法来对评价截面 D^d 上的交点位置进行校正。图9的u相当于XY坐标,v相当于Z坐标。如图9所示,控制装置50例如使用校正对象的交点 S_i^d 的周围的其它多个交点来制作平滑的曲线(样条曲线、贝塞尔曲线、NURBS曲线等),将校正对象的交点 S_i^d 投影到该曲线上。

[0048] 在使用四个交点 $S_{i-2}^d, S_{i-1}^d, S_{i+1}^d, S_{i+2}^d$ 作为平滑的曲线时,评价截面 D^d (uv平面)上的区间 $S_{i-2}^d \sim S_{i-1}^d$ 、区间 $S_{i-1}^d \sim S_{i+1}^d$ 、区间 $S_{i+1}^d \sim S_{i+2}^d$ 各自的曲线式 $v_1(u), v_2(u), v_3(u)$ 为以下的式子。

[0049] $v_j(u) = a_j(u-u_j)^3 + b_j(u-u_j)^2 + c_j(u-u_j) + d_j$

[0050] ($j=1, 2, 3$)

[0051] 基于穿过交点 $S_{i-2}^d, S_{i-1}^d, S_{i+1}^d, S_{i+2}^d$ 且边界点处的一阶导数与二阶导数要连续,控制装置50能够决定 $a_j \sim d_j$ 。

[0052] 四个交点的选择不限于如上所述那样使用位于交点 S_i^d 的相邻两侧的连续的两点的情况。例如也可以如交点 $S_{i-3}^d, S_{i-1}^d, S_{i+1}^d, S_{i+3}^d$ 那样,以不连续的方式每两点选择一个交点。

[0053] 如图9所示,校正点 t_i^d 位置是在平滑的曲线上与校正对象的交点 S_i^d 相距的距离最小的位置。下面也将校正点 t_i^d 称为交点 t_i^d 。控制装置50例如运算交点 t_i^d 的二阶差分来作为校正后的特征量。

[0054] 将存在于第d个评价截面 D^d 上的校正后的交点组设为 T^d 。

[0055] $T^d = \{t_i^d | d: \text{截面编号}, i: \text{路径编号}\}$

[0056] 控制装置50使用交点组 T^d 来对指令点的位置进行校正。图10A和图10B的 $p_a \sim p_f$ 表示指令点。

[0057] 例如在指令点 p_c 为校正对象时,如图10A所示,指令点 p_c 位于截面 D^{d-1} 与截面 D^d 之间,路径编号为i。控制装置50参照前述的交点表,获取与指令点 p_c 相关的截面位置和路径编号。

[0058] 如图10B所示,控制装置50搜索位于指令点 p_c 的周围的交点,例如在加工路径 α 上排列的四个交点 $t_i^{d+1}, t_i^d, t_i^{d-1}, t_i^{d-2}$ 。控制装置50基于四个交点 $t_i^{d+1}, t_i^d, t_i^{d-1}, t_i^{d-2}$ 来制作平滑的曲线(样条曲线、贝塞尔曲线、NURBS曲线等),将指令点 p_c 投影到该曲线上,来决定校正点 p_c' 。控制装置50利用与上述的第二校正方法同样的方法来求出平滑的曲线。校正点 p_c' 的位置是在平滑的曲线上与指令点 p_c 相距的距离最小的位置。控制装置50同样地对其它指令点的位置进行校正。

[0059] CPU 51基于加工程序来将加工后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于显示部8。

[0060] 如图11所示,在显示加工后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态时,显示部8显示:显示校正前的工件W形状和工件W表面的凹凸状态的第一显示画面81;显示校正后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态的第二显示画面82;用于选择加工程序的程序选择按钮83;指定区域的区域指定按钮84;表示工件W表面的凹凸状态的凹凸标尺85;调整凹凸标尺85的刻度的范围的调整标尺86;使显示复位的显示复位按钮87等。

[0061] 第一显示画面81与第二显示画面82左右并排。凹凸标尺85配置于第一显示画面81和第二显示画面82的下侧。凹凸标尺85具备沿左右延伸的矩形的颜色显示部85f、最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e。最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e配置于颜色显示部85f的下侧,在初始状态下为空栏。最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e显示规定区域内的特征量的最大值、最小值、最大值与最小值之间的中央值、最小值与中央值之间的第一中间值、最大值与中央值之间的第二中间值。

[0062] 存储部52保存颜色表。如图12所示,颜色表表示特征量与颜色比例(红色:绿色:蓝色)的对应关系。特征量的最小值的颜色比例为0:0:1,与蓝色对应。第一中间值的颜色比例为0:1:1,与青色对应。中央值的颜色比例为0:1:0,与绿色对应。第二中间值的颜色比例为1:1:0,与黄色对应。最大值的颜色比例为1:0:0,与红色对应。最小值与第一中间值之间的特征量为0:0~1:1,与蓝色~青色对应。随着特征量的增加,绿色的比例线性地增加。第一中间值与中央值之间的特征量为0:1:1~0,与青色~绿色对应。随着特征量的增加,蓝色的比例线性地减少。中央值与第二中间值之间的特征量为0~1:1:0,与绿色~黄色对应。随着特征量的增加,红色的比例线性地增加。第二中间值与最大值之间的特征量为1:1~0:0,与黄色~红色对应。随着特征量的增加,绿色的比例线性地减少。颜色显示部85f显示与颜色表对应的颜色。颜色显示部85f在与最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e对应的部位分别显示蓝色、青色、绿色、黄色、红色。在对应于最小值显示部85a与第一中间值显示部85b之间的部位,以连续地从蓝色变化至青色的方式显示颜色。在对应于第一中间值显示部85b与中央值显示部85c之间的部位,以连续地从青色变化至绿色的方式显示颜色。在对应于中央值显示部85c与第二中间值显示部85d之间的部位,以连续地从绿色变化至黄色的方式显示颜色。在对应于第二中间值显示部85d与最大值显示部85e之间的部位,以连续地从黄色变化至红色的方式显示颜色。调整标尺86具备用于调整在凹凸标尺85中使用的最小值和最大值的调整部86a、表示由调整部86a调整后的最小值与最大值之间的范围的范围显示部86b。

[0063] 如图13所示,在显示加工后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态时,作业者对操作部7的程序选择按钮83进行操作,调用程序一览90。程序一览90具备程序显示部91、校正前按钮92、校正后按钮93、校正前后按钮94、取消按钮95。程序显示部91显示一个或多个加工程序。作业者对操作部7进行操作来选择任意的加工程序。在选择加工程序后作业者对操作部7进行操作来选择了校正前按钮92时,CPU 51识别工件W的整体区域来作为第一区域R1,基于所选择的加工程序来运算第一区域R1内的校正前的交点的特征量,将校正前的工

件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于显示部8。即,基于表示加工后的工件W表面的第一区域R1的凹凸状态的特征量,来生成第一区域R1内的第一图像数据。在选择加工程序后作业者对操作部7进行操作来选择了校正后按钮93时,CPU 51识别工件W的整体区域来作为第一区域R1,基于所选择的加工程序来对第一区域R1内的校正前的交点进行校正,运算校正后的交点的特征量,来生成第一区域R1内的第一校正图像数据。CPU 51基于第一校正图像数据来将校正后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于显示部8。在选择加工程序后作业者对操作部7进行操作来选择了校正前后按钮94时,CPU 51识别工件W的整体区域来作为第一区域R1,基于所选择的加工程序来如上所述那样运算第一区域R1内的校正前和校正后的交点的特征量,生成第一图像数据和第一校正图像数据,将校正前的工件W形状和工件W表面的凹凸状态以及校正后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态并排地显示于第一显示画面81和第二显示画面82。在作业者选择了取消按钮95时,CPU 51从显示部8消除程序一览90。CPU 51识别工件W的整体区域来作为第一区域R1,但是也可以识别比整体区域狭小的区域来作为第一区域R1。

[0064] 说明以下情况:在选择加工程序后作业者对操作部7进行操作来选择了校正前后按钮94。CPU 51从所选择的加工程序获取特征量的最小值和最大值,运算第一中间值、第二中间值以及中央值。例如,如以下那样进行运算。

[0065] 第一中间值=最小值+(最大值-最小值)/4…(5)

[0066] 中央值=最小值+(最大值-最小值)/2…(6)

[0067] 第二中间值=最小值+3(最大值-最小值)/4…(7)

[0068] 最小值和最大值是校正前的最小值和最大值。例如在最小值为-0.30547、最大值为0.34748时,第一中间值、中央值、第二中间值分别为-0.14223、0.02101、0.18423。如图14所示,CPU 51在最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e上分别显示-0.30547、-0.14223、0.02101、0.18423、0.34748。CPU 51基于运算出的最小值、最大值、第一中间值、中央值、第二中间值来制作颜色表(参照图12),并存储到存储部52。如图14所示,CPU 51在第一显示画面81上显示校正前的工件W形状,在第二显示画面82上显示校正后的工件W形状。CPU 51运算校正前的工件W的各部分的特征量,参照存储于存储部52的颜色表,将与运算出的特征量对应的颜色在第一显示画面81中显示于该部分,来显示工件W表面的凹凸状态。校正前的工件W的各部分的特征量和存储于存储部52的颜色表构成第一图像数据。即,CPU 51生成第一图像数据,基于所生成的第一图像数据,将工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第一显示画面81。CPU 51运算构成校正后的工件W的各部分的特征量,参照存储于存储部52的颜色表,将与运算出的特征量对应的颜色在第二显示画面82中显示于该部分,来显示工件W表面的凹凸状态。校正后的工件W的各部分的特征量和存储于存储部52的颜色表构成第一校正图像数据。即,CPU 51生成第一校正图像数据,基于所生成的第一校正图像数据,将工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第二显示画面82。例如,显示于第一显示画面81的工件W具有红色区域R、黄色区域Y、青色区域C、蓝色区域B,其它区域为绿色区域G。例如,显示于第二显示画面82的工件W具有黄色区域Y、青色区域C,其它区域为绿色区域G。即,通过校正,将红色区域R的特征量(最大值附近的特征量)变更为黄色区域Y的特征量(第二中间值附近的特征量),将蓝色区域B的特征量(最小值附近的特征量)变更为青色区域C的特征量(第一中间值附近的特征量)。

作业者根据需要来指定工件W的区域。如图15所示,作业者对操作部7进行操作来操作区域指定按钮84。在作业者操作了区域指定按钮84时,CPU 51开始区域指定的受理。如图16所示,作业者对操作部7进行操作,指定开始点S和结束点E。CPU 51识别以连接开始点S与结束点E的线为对角线的四边形的区域来作为第二区域R2,将第二区域R2显示于显示部8。第二区域R2位于第一区域R1内。如图17所示,CPU 51关于第二区域R2中的全部采样点运算特征量,在运算出的特征量中将最小的特征量设定为在凹凸标尺85中使用的最小值,将最大的特征量设定为在凹凸标尺85中使用的最大值。CPU 51基于第二区域R2中的特征量的最小值和最大值以及上述的式(5)~(7),来分别运算第一中间值、中央值、第二中间值。例如在第二区域R2中的特征量的最小值和最大值分别为-0.10027、0.12430时,第一中间值为-0.04413,中央值为0.01202,第二中间值为0.06816。CPU 51使运算出的最小值、第一中间值、中央值、第二中间值、最大值与蓝色、青色、绿色、黄色、红色对应,来制作颜色表,并存储到存储部52(参照图12)。

[0069] 校正前的工件W的各部分的特征量和存储于存储部52的颜色表构成第二图像数据。即,CPU 51基于表示第二区域R2内的凹凸状态的特征量,生成校正前的第一区域R1内的第二图像数据,基于所生成的第二图像数据,将工件W的形状和凹凸状态显示于第一显示画面81。如图17所示,CPU 51将最小值、第一中间值、中央值、第二中间值、最大值分别显示于最小值显示部85a、第一中间值显示部85b、中央值显示部85c、第二中间值显示部85d、最大值显示部85e。CPU 51将与第一区域R1中的各部分的特征量对应的颜色(颜色显示部85f中的与特征量对应的颜色)在第一显示画面81中显示于该部分,来显示工件W的凹凸状态。CPU 51运算构成校正后的工件W的各部分的特征量,参照存储于存储部52的颜色表,将与运算出的特征量对应的颜色在第二显示画面82中显示于该部分,来显示工件W表面的凹凸状态。校正后的工件W的各部分的特征量和存储于存储部52的颜色表构成第二校正图像数据。即,CPU 51生成第二校正图像数据,基于所生成的第二校正图像数据,将工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第二显示画面82。

[0070] 在作业者指定了第二区域R2时,CPU 51将在凹凸标尺85中设定的最大值和最小值从第一区域R1的最大值和最小值变更为第二区域R2的最大值和最小值,生成第二图像数据和第二校正图像数据。CPU 51基于第二图像数据和第二校正图像数据,再次设定显示于工件W整体的各部分的颜色。在变更最大值和最小值前,第一显示画面81的第二区域R2整体为绿色区域G(参照图16),但是在变更最大值和最小值后,在第二区域R2内出现红色区域R和蓝色区域B(参照图17)。在设定了第二区域R2时,基于比第一区域R1狭小的第二区域R2中的特征量的最大值和最小值,CPU 51对各特征量设定颜色,来生成第二图像数据。因此,作业者能够利用第二图像数据来视觉识别在以第一区域R1的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域R2内的微小的凹凸状态。CPU 51基于第二区域R2的特征量来生成表示第一区域R1的校正后的工件W形状和凹凸状态的第二校正图像数据。如图17所示,CPU 51基于第二校正图像数据,将校正后的工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第二显示画面82。在初始状态下,显示部8显示图11所示的图像。如图18所示,CPU 51判定是否通过操作程序选择按钮83来调用了加工程序(步骤S1)。在未调用加工程序时(步骤S1:“否”),使处理返回到步骤S1。在调用了加工程序时(步骤S1:“是”),CPU 51将程序一览90显示于显示部8(步骤S2,参照图13)。CPU 51判定作业者是否选择了程序显示部91所显示的任意的加工程序

(步骤S3)。在未选择任意的加工程序时(步骤S3:“否”),CPU 51判定作业者是否操作了取消按钮95(步骤S5)。在未操作取消按钮95时(步骤S5:“否”),CPU 51使处理返回到步骤S3。在操作了取消按钮95时(步骤S5:“是”),CPU 51从显示部8消除程序一览90(步骤S6),使处理返回到步骤S1。在步骤S3中选择了任意的加工程序时(步骤S3:“是”),CPU 51判定作业者是否操作了校正前按钮92、校正后按钮93或校正前后按钮94(步骤S4)。在作业者未操作校正前按钮92、校正后按钮93或校正前后按钮94时(步骤S4:“否”),CPU 51使处理进入步骤S5。在作业者操作了校正前按钮92、校正后按钮93或校正前后按钮94时(步骤S4:“是”),CPU 51读入所选择的加工程序(步骤S7),运算工件W的特征量,制作颜色表并存储到存储部52(步骤S8,参照图12)。CPU 51将工件W形状显示于显示部8,参照存储于存储部52的颜色表,将与工件W的特征量对应的颜色显示在工件W上,来在显示部8上显示工件W表面的凹凸状态(步骤S9:参照图14)。CPU 51判定作业者是否操作了区域指定按钮84来设定开始点S和结束点E且执行了区域(第二区域R2)指定(步骤S10)。在执行了区域指定时(步骤S10:“是”,参照图15、16),CPU 51基于第二区域R2的特征量来再次制作颜色表并存储到存储部52(步骤S11),使处理返回到步骤S9。在步骤S9中,CPU 51参照存储于存储部52的基于第二区域R2的特征量的颜色表,显示第一区域R1的工件W形状和工件W表面的凹凸状态(参照图17)。在未执行区域指定时(步骤S10:“否”),CPU 51结束处理。

[0071] 如图19所示,作业者能够借助操作部7来对调整标尺86进行操作,变更颜色表中的最大值或最小值。例如对调整部86a的数值或范围显示部86b的横长的矩形的长度进行变更,在将调整标尺86的最小值变更为25.0%时,CPU 51将对当初的最小值加上当初的最大值与最小值之差的25%所得到的值(即当初的第一中间值)设定为最小值。如图14所示,在当初的最小值为-0.30547,当初的最大值为0.34748,且将调整标尺86的最小值变更为25.0%时,如图19所示,最小值为-0.14223(当初的第一中间值),CPU 51重新计算第一中间值、中央值、第二中间值,重新制作颜色表。作业者也能够变更调整标尺86的最大值。

[0072] 实施方式的机床的控制装置关于评价截面与加工路径 α 的交点,运算表示加工后的工件W表面的第一区域R1的凹凸状态的特征量,生成与运算出的特征量对应的第一图像数据。在作业者指定了第一区域R1内的第二区域R2时,基于表示第二区域R2的凹凸状态的特征量,来生成第一区域R1内的第二图像数据。加工路径运算装置以比第一区域R1狭小的第二区域R2的特征量为基准,来生成第二图像数据。第二图像数据能够显示在以第一区域R1的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域R2内的微小的凹凸状态。控制装置基于第二区域R2的特征量的最大值和最小值来制作颜色表,基于该颜色表来设定与第一区域R1的各特征量对应的颜色。由于基于比第一区域R1狭小的第二区域R2的特征量的最大值和最小值来对各特征量设定颜色,因此作业者能够视觉识别在以第一区域R1的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域R2内的微小的凹凸状态。CPU 51关于校正后的交点,生成第一区域R1中的第一校正图像数据。CPU 51基于第一校正图像数据,将工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第二显示画面82。在受理了对位于第一区域R1内的第二区域R2的指定时,CPU 51基于表示第二区域R2的凹凸状态的特征量来生成第一区域R1的第二校正图像数据。CPU 51基于第二校正图像数据,将工件W形状和工件W表面的凹凸状态显示于第二显示画面82。由于交点的校正反映在第一校正图像数据、第二校正图像数据中,因此作业者能够视觉识别考虑了校正结果的凹凸状态。关于校正后的交点,控制装置50基于

第二区域R2的特征量的最大值和最小值,来设定与第一区域R1的各特征量对应的颜色。由于基于比第一区域R1狭小的第二区域R2的特征量的最大值和最小值来对各特征量设定颜色,因此关于校正后的交点,作业者能够视觉识别在以第一区域R1的特征量为基准的第一图像数据中无法显示的第二区域R2内的微小的凹凸状态。将基于根据第一区域R1的特征量生成的校正前的图像数据(第一图像数据)的图像与基于根据第一区域R1的特征量生成的校正后的图像数据(第一校正图像数据)的图像并排地显示于第一显示画面81和第二显示画面82,因此作业者能够对以校正前后的第一区域R1的特征量为基准的工件W表面的凹凸状态进行比较。将基于根据第二区域R2的特征量生成的校正前的图像数据(第二图像数据)的图像与基于根据第二区域R2的特征量生成的校正后的图像数据(第二校正图像数据)的图像并排地显示于第一显示画面81和第二显示画面82,因此作业者能够对以校正前后的第二区域R2的特征量为基准的工件W表面的凹凸状态进行比较。

[0073] 实施方式的第二区域R2是以连接开始点S与结束点E的线为对角线的四边形的区域,但是在开始点S或结束点E位于第一区域R1外时,也可以将以连接开始点S与结束点E的线为对角线的四边形的区域中的包含于第一区域R1的区域设为第二区域R2。

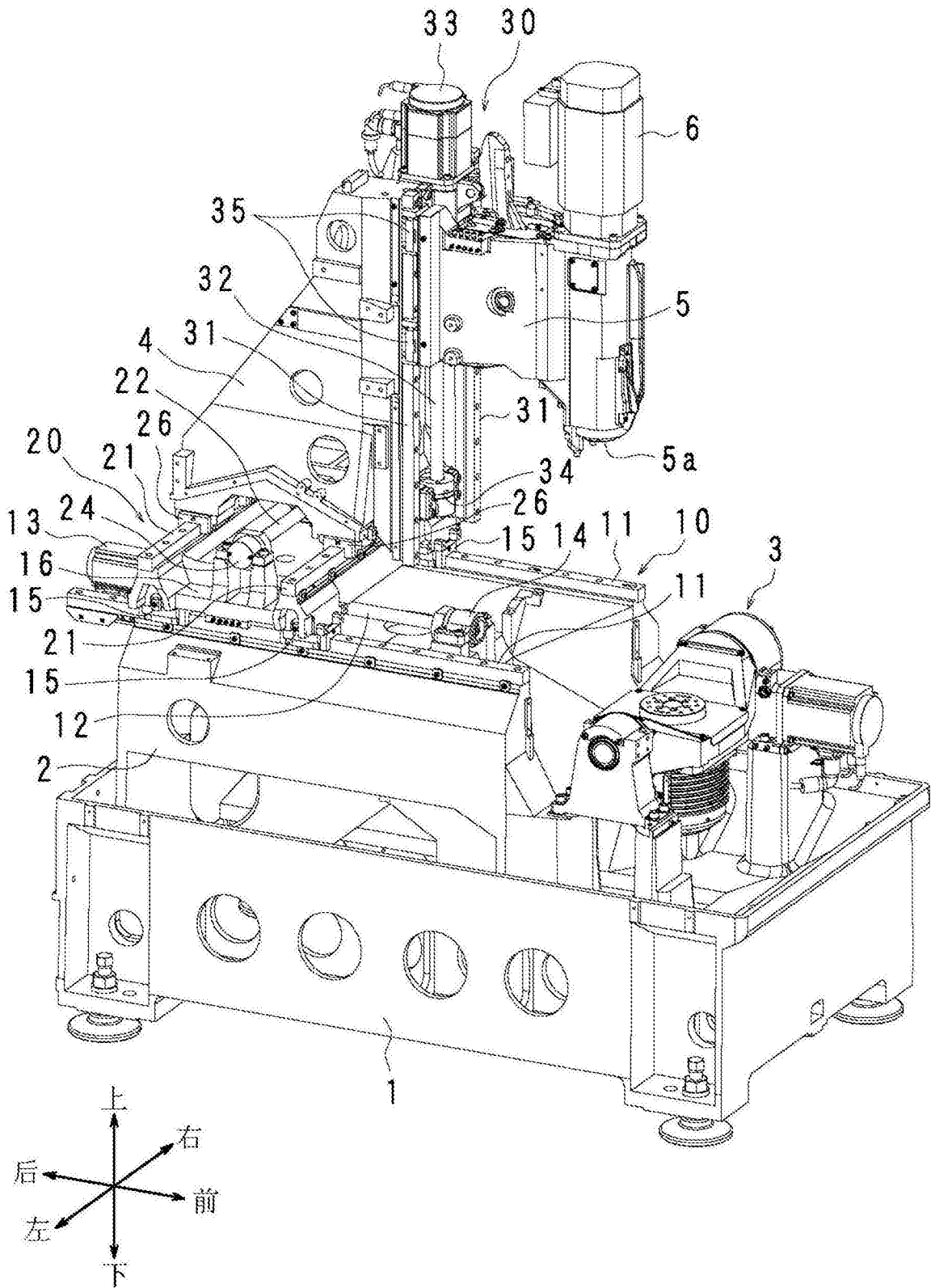


图1

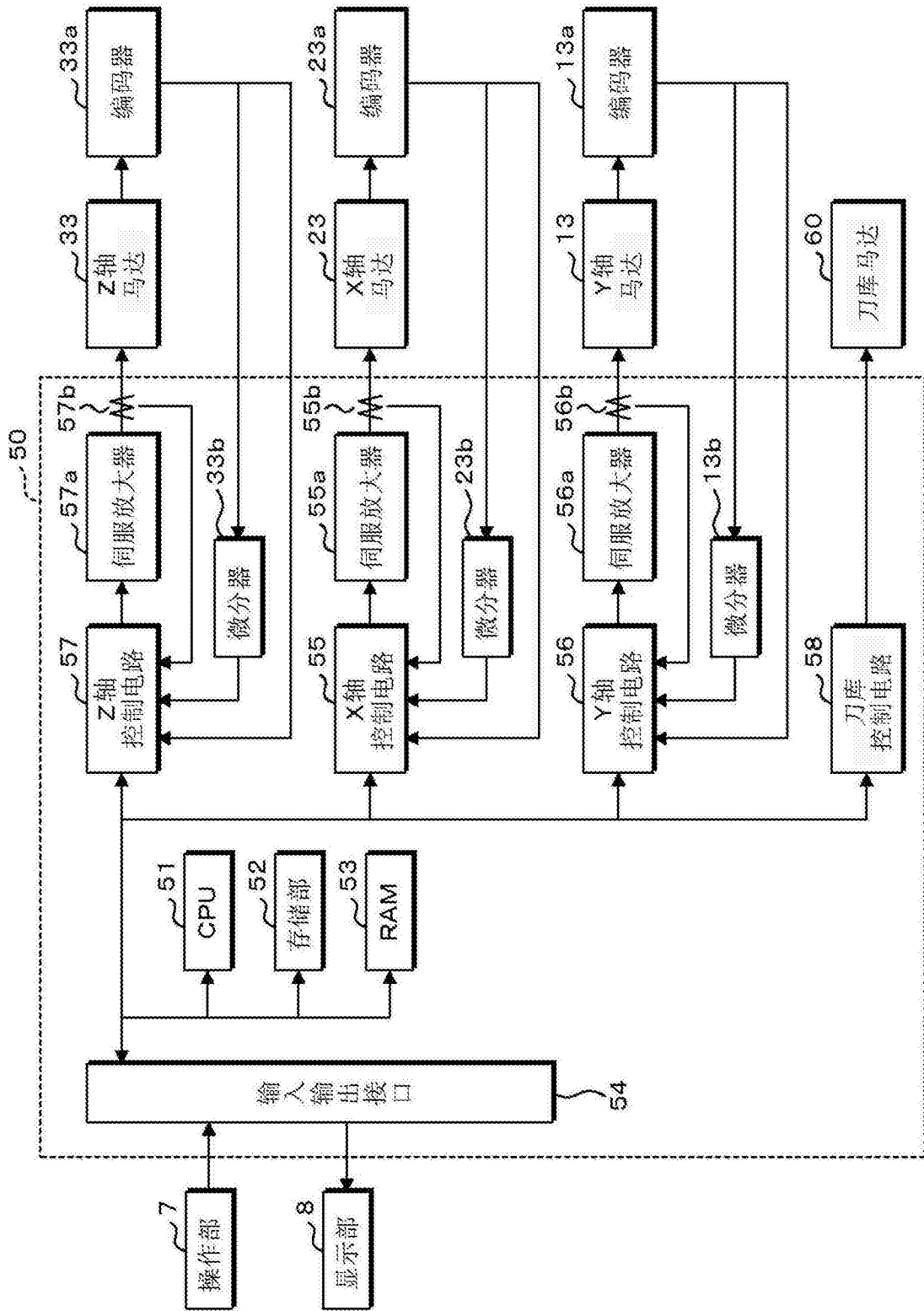


图2

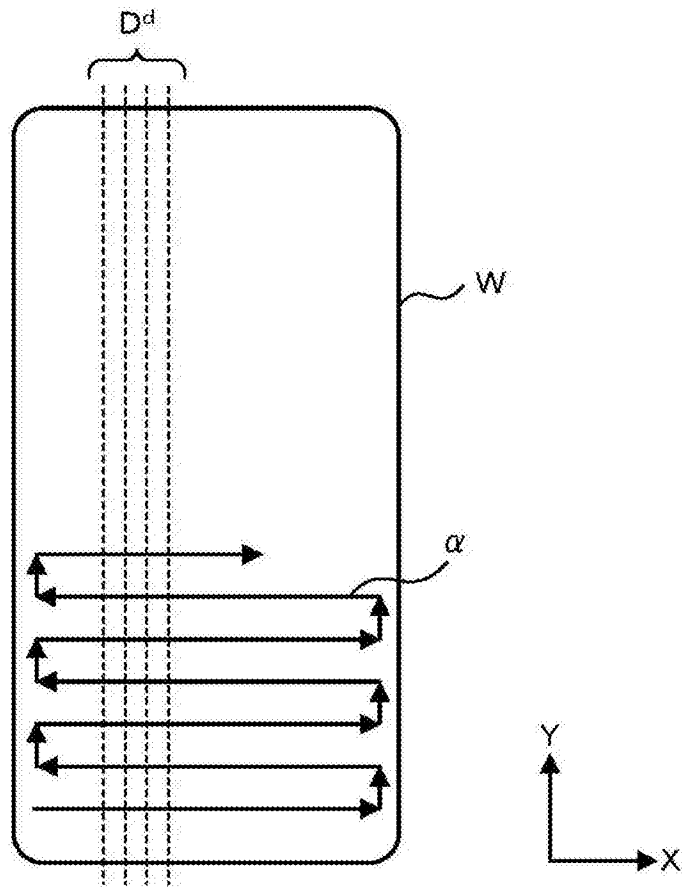


图3

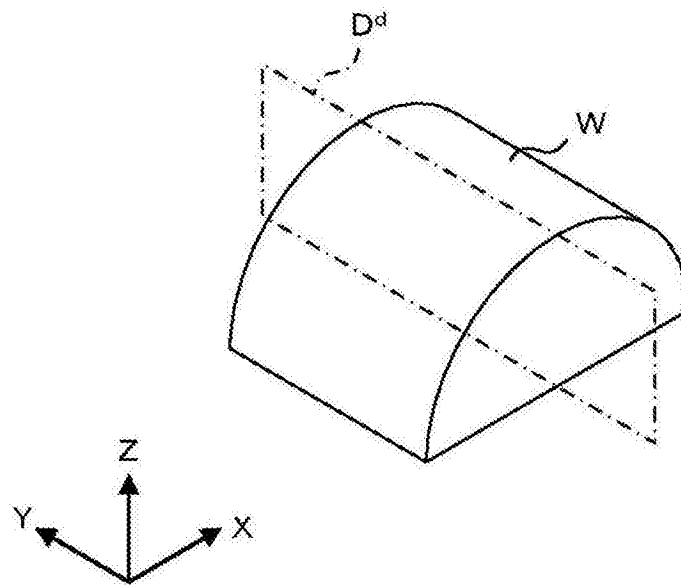


图4

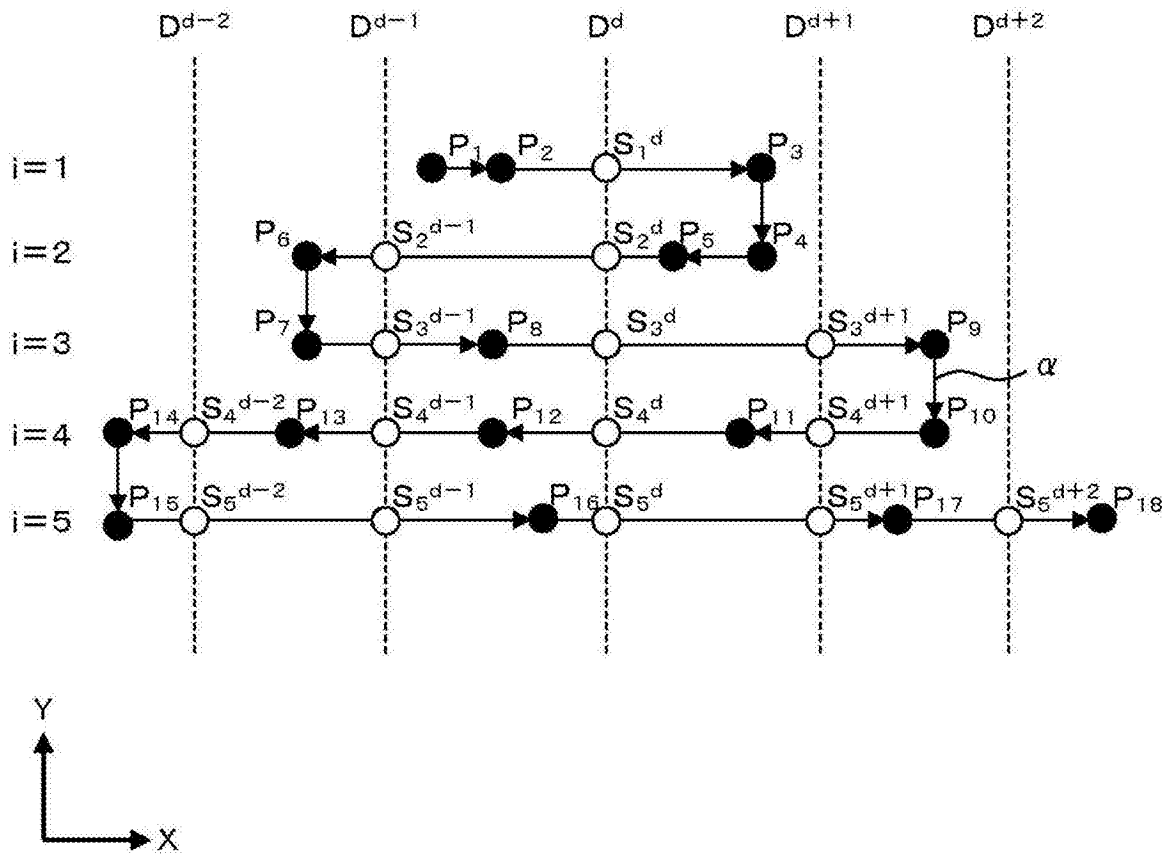


图5

	截面1	截面2	...	截面d-2	截面d-1	截面d	截面d+1	截面d+2	...	截面N
i=1	-	-	-	-	-	$[S_1^d]$ P_2-P_3	-	-	-	-
i=2	-	-	-	-	$[S_2^{d-1}]$ P_5-P_6	$[S_2^d]$ P_5-P_6	...	-	-	-
i=3	-	-	-	-	$[S_3^{d-1}]$ P_7-P_8	$[S_3^d]$ P_8-P_9	$[S_3^{d+1}]$ P_8-P_9	-	-	-
...

图6

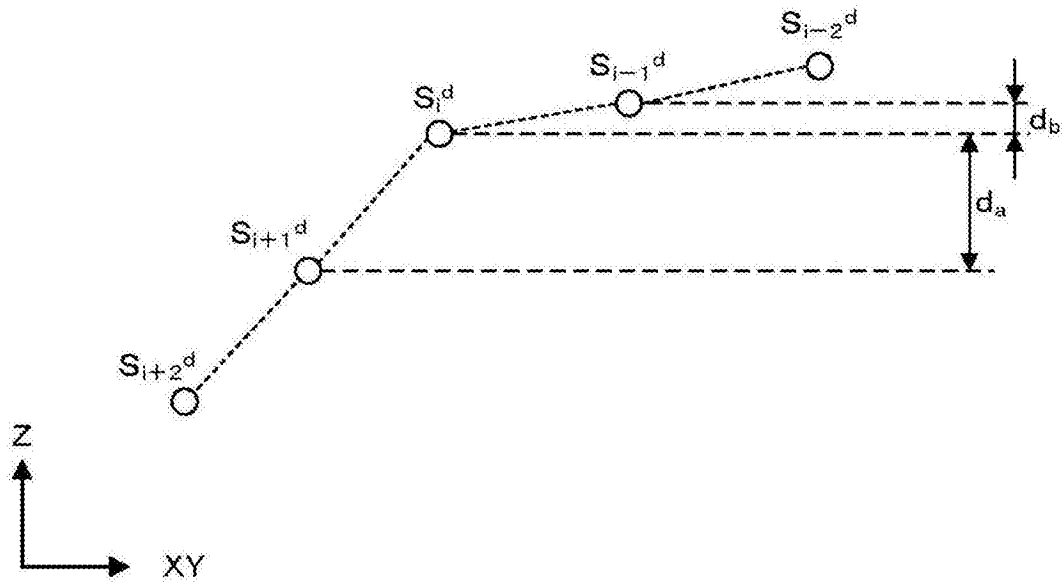


图7

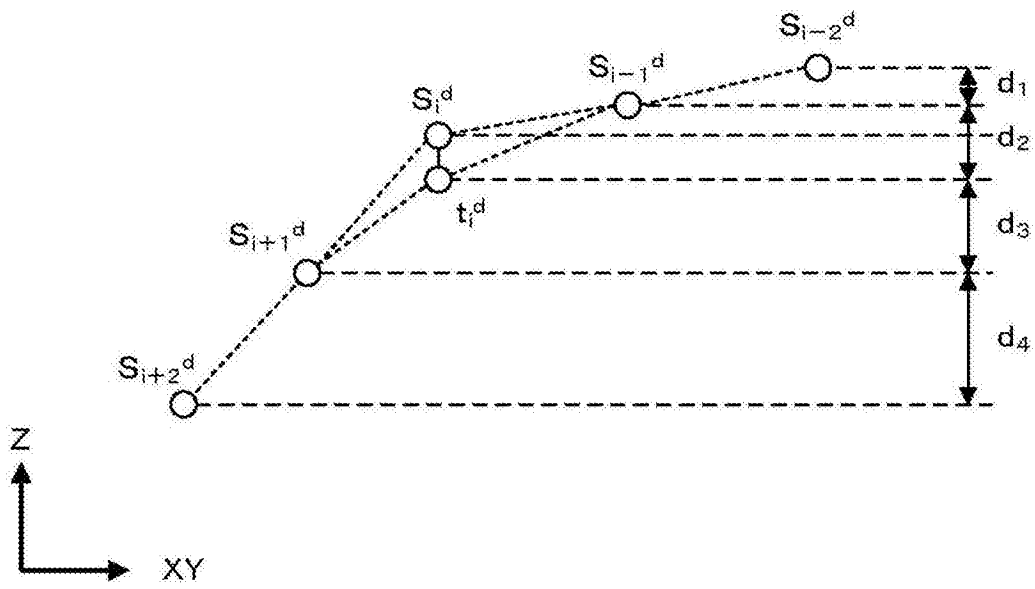


图8

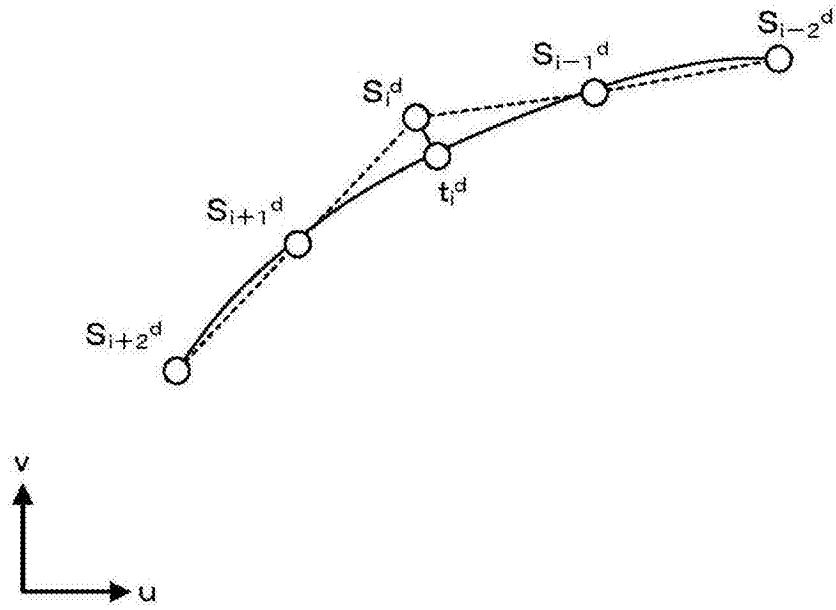


图9

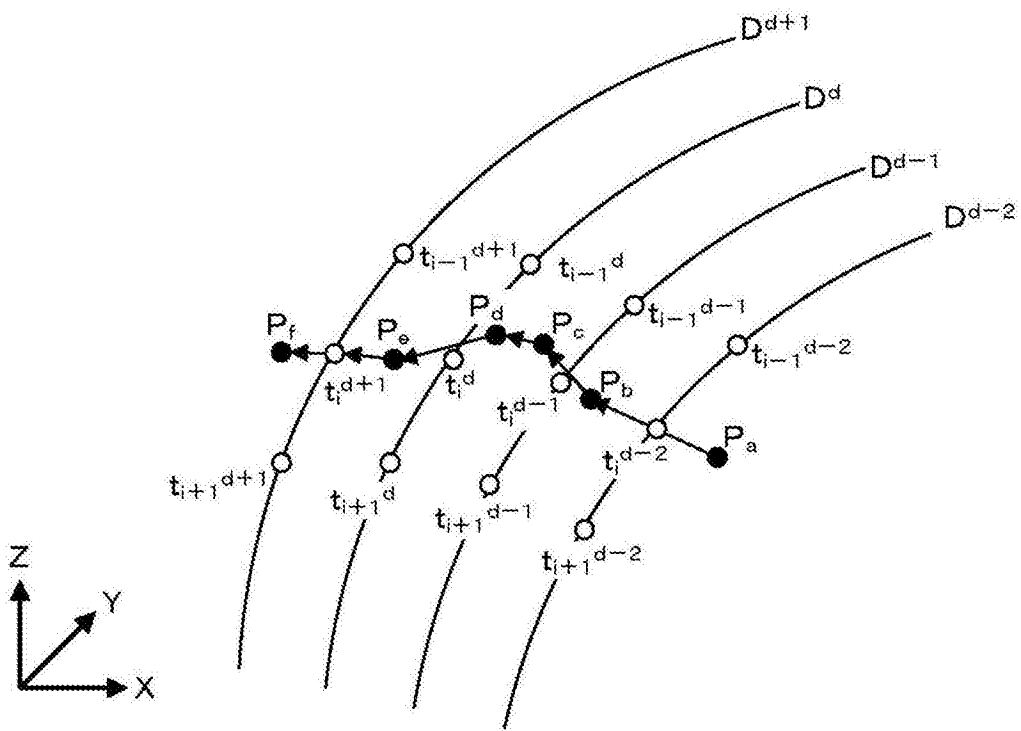


图10A

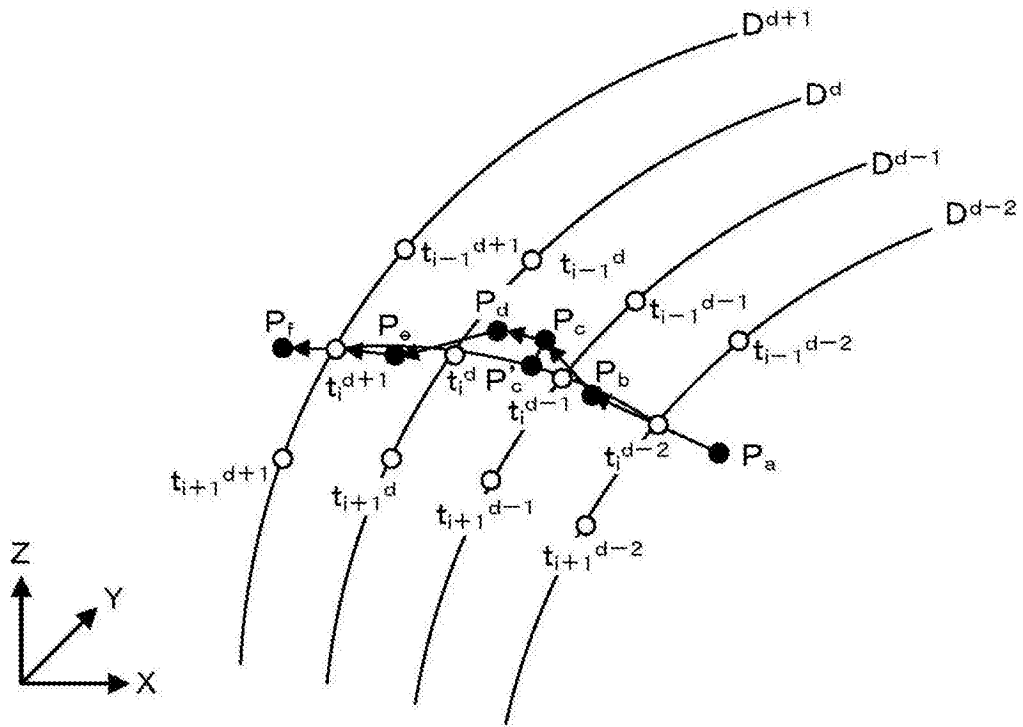


图10B

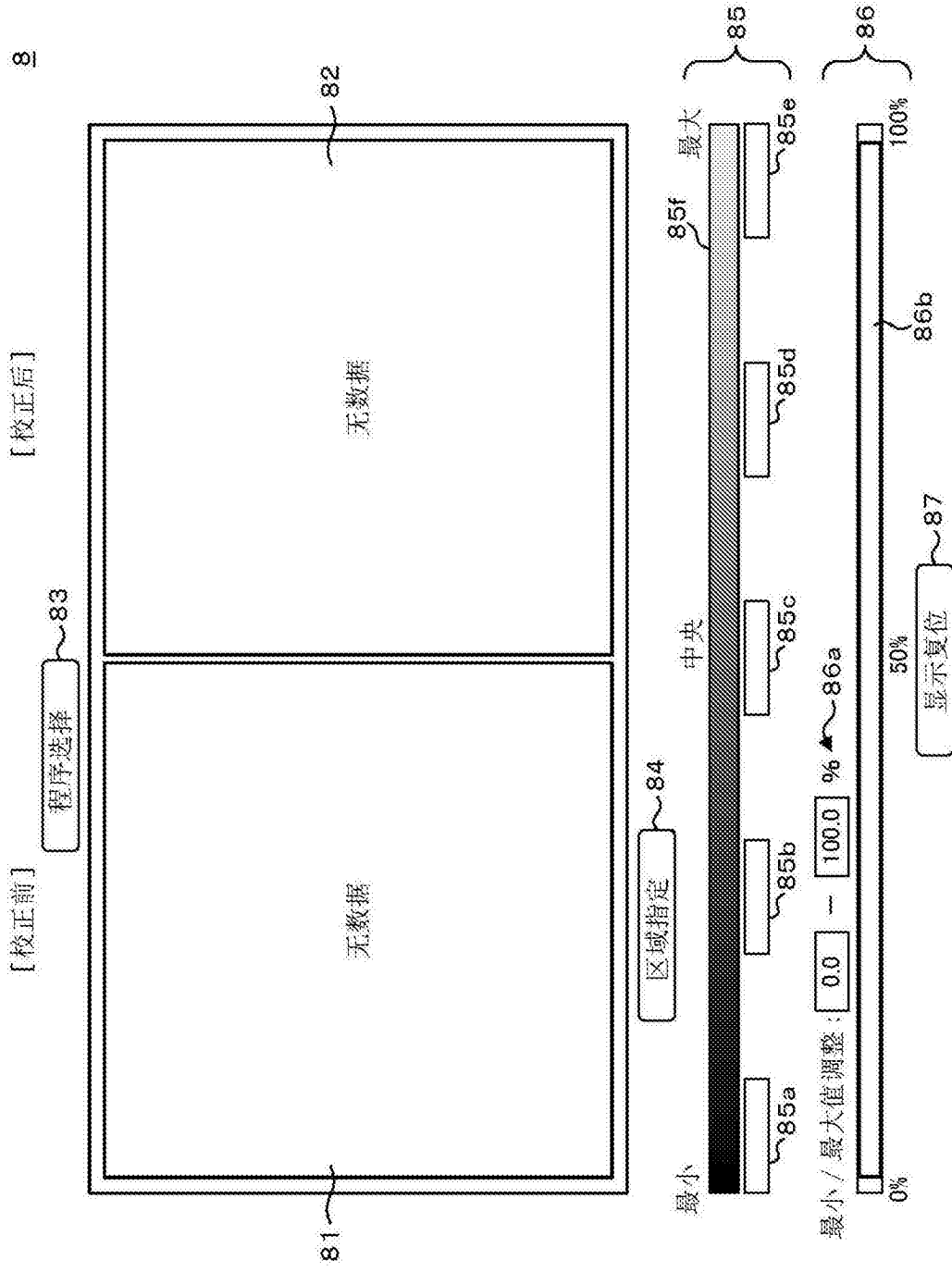


图11

	颜色比例 红色 : 绿色 : 蓝色	颜色
最小值	0 : 0 : 1	蓝色
最小值~第一中间值	0 : [0~1] : 1	蓝色~青色
第一中间值	0 : 1 : 1	青色
第一中间值~中央值	0 : 1 : [1~0]	青色~绿色
中央值	0 : 1 : 0	绿色
中央值~第二中间值	[0~1] : 1 : 0	绿色~黄色
第二中间值	1 : 1 : 0	黄色
第二中间值~最大值	1 : [1~0] : 0	黄色~红色
最大值	1 : 0 : 0	红色

图12

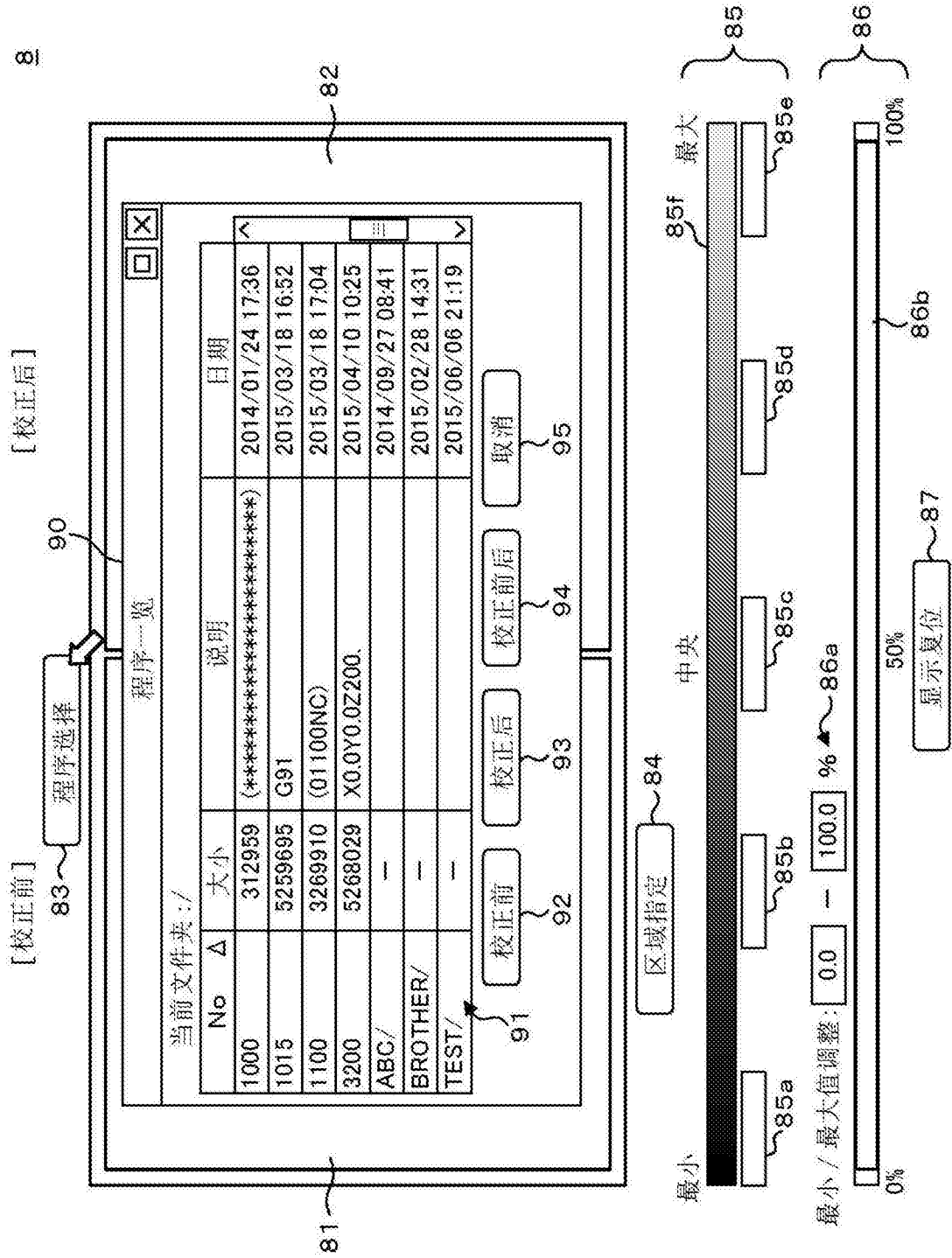


图13

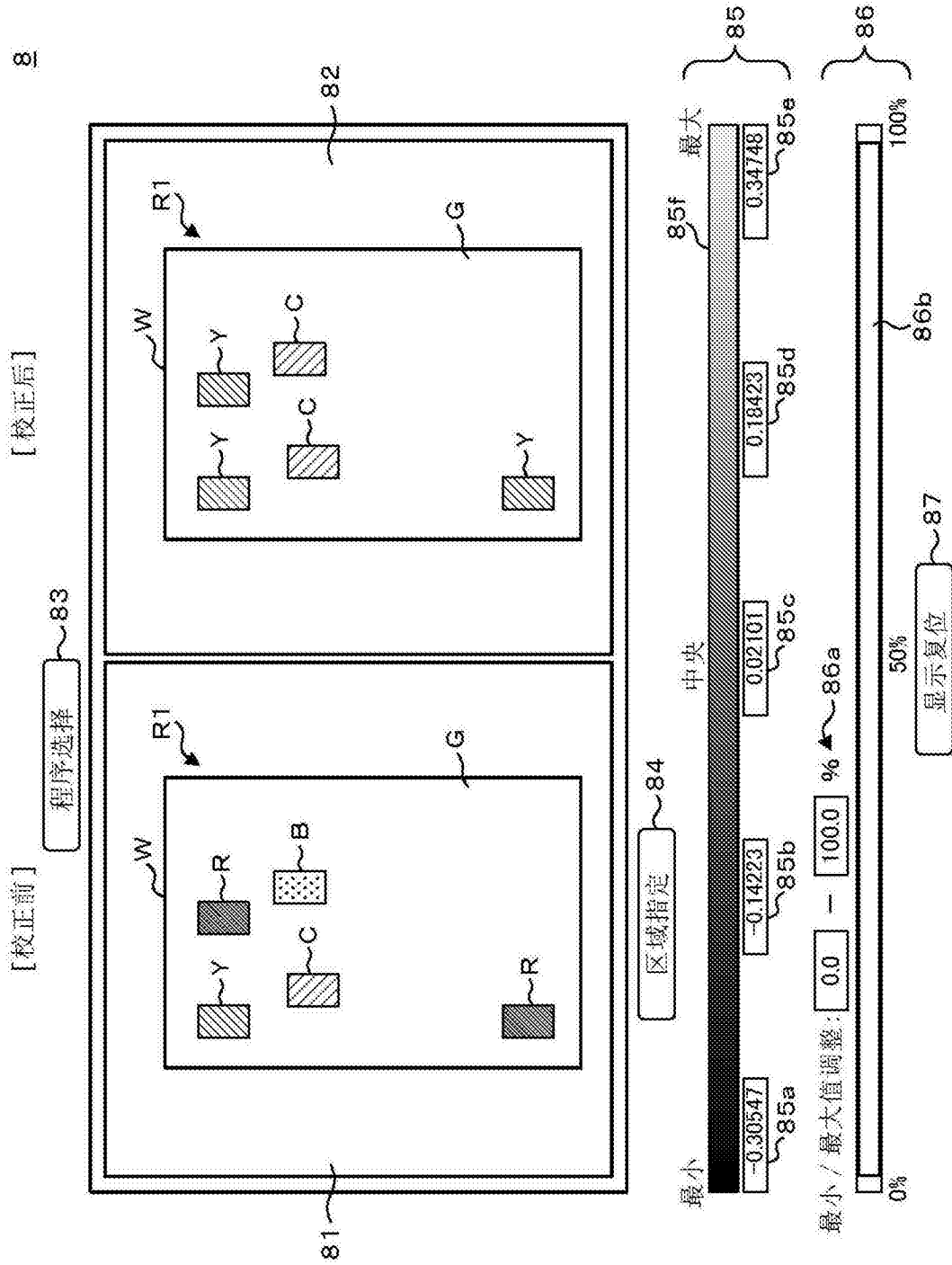


图14

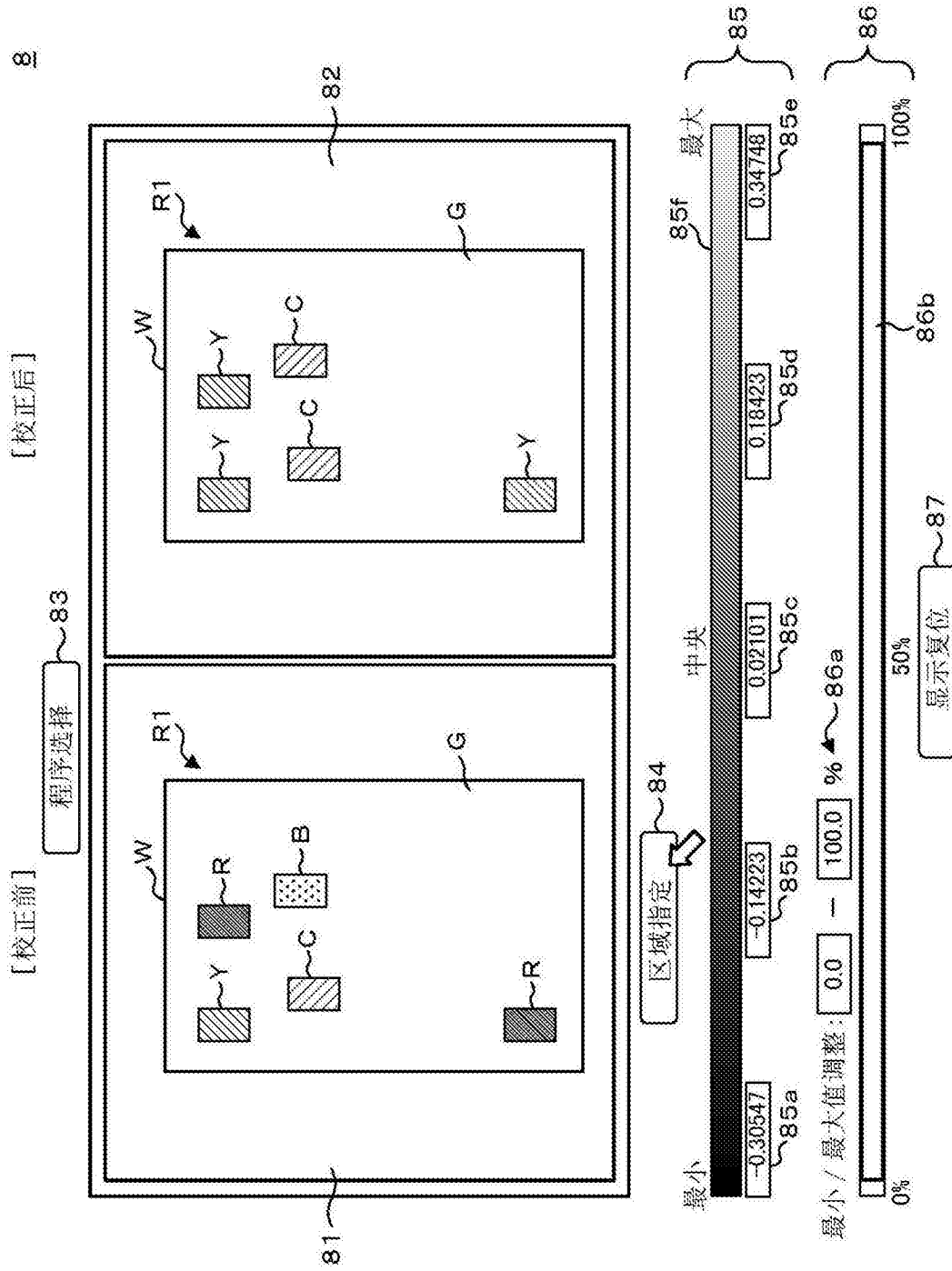


图15

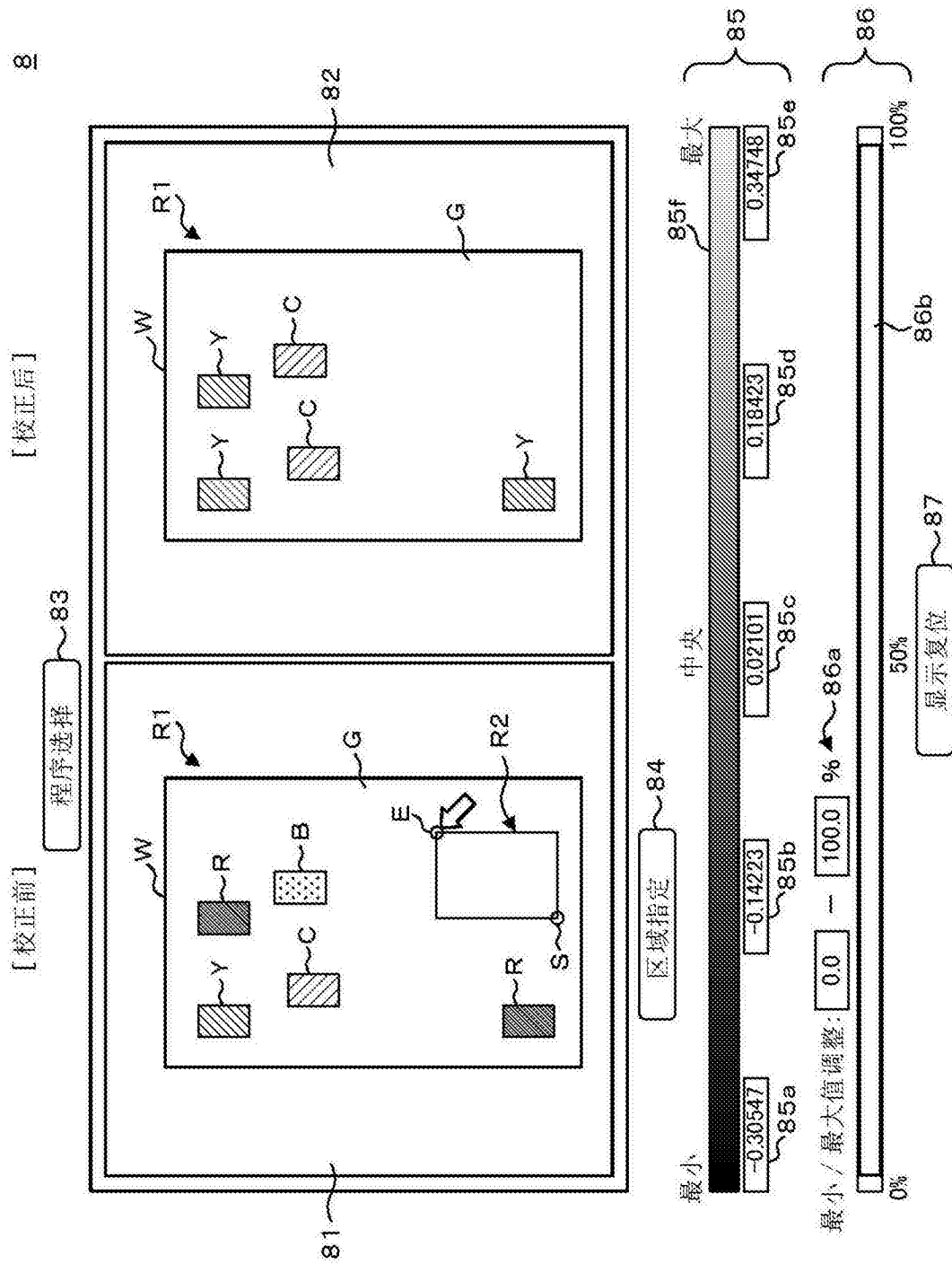


图16

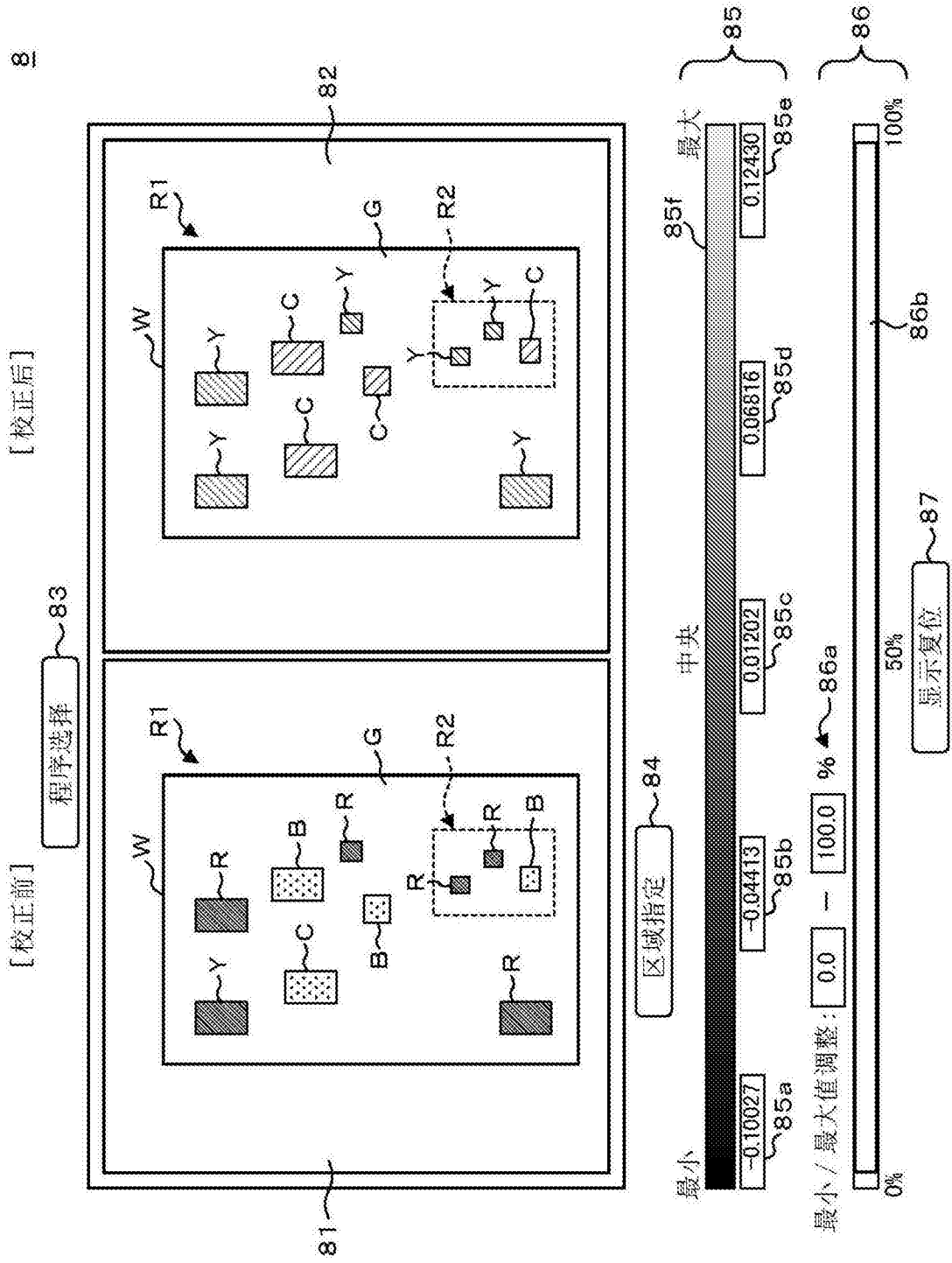


图17

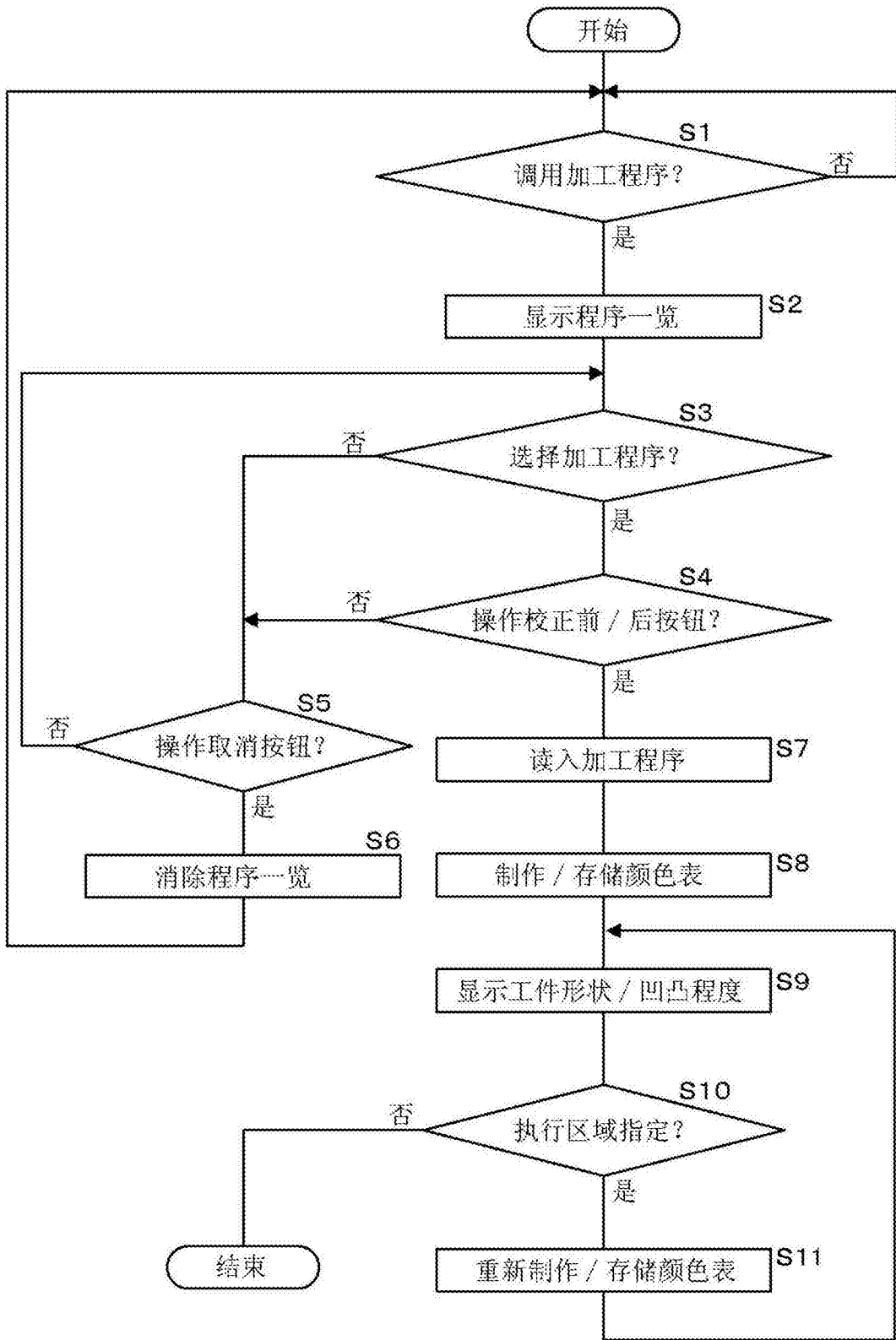


图18

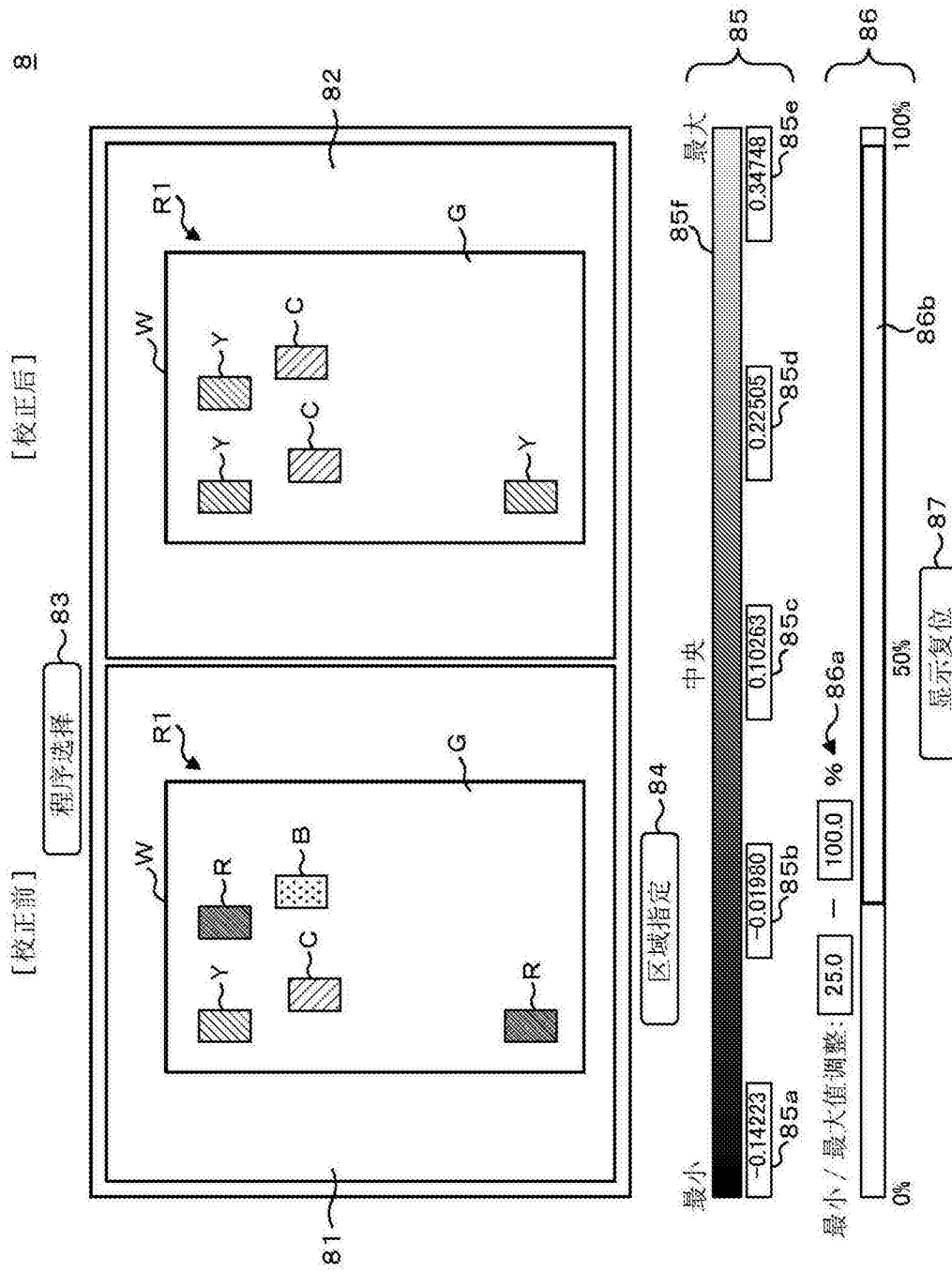


图19