



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119731602 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 28

(21) 申请号 202280099177.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.08.22

G05B 13/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.02.14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/031475 2022.08.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/042560 JA 2024.02.29

(71) 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 中根滉稀 球山利贞 竹村龙一

田中航祐 伊藤凜

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

11127

专利代理师 孙明浩

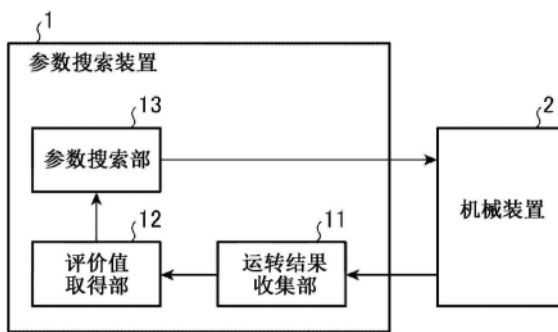
权利要求书2页 说明书24页 附图15页

(54) 发明名称

参数搜索装置和参数搜索方法

(57) 摘要

参数搜索装置(1)具备:运转结果收集部(11),其收集包含表示机械装置(2)的运转条件的参数的运转结果;评价取得部(12),其取得使用运转结果求出的参数的评价;以及参数搜索部(13),其从表示机械装置(2)的运转条件的参数中搜索目标参数。参数搜索部(13)使用机器学习模型来预测参数与评价的关系,将评价超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标,基于搜索结束指标与阈值的比较结果,来判定是否继续参数的搜索。



1. 一种参数搜索装置,其特征在于,
所述参数搜索装置具备:
运转结果收集部,其收集包含表示机械装置的运转条件的参数的运转结果;
评价值取得部,其取得使用所述运转结果求出的所述参数的评价值;以及
参数搜索部,其从表示所述机械装置的运转条件的所述参数中搜索作为目标的所述参数,

所述参数搜索部使用机器学习模型来预测所述搜索候选中的所述参数与所述评价值的关系,该机器学习模型在输入了关于所述参数和所述评价值的多个搜索候选时,输出所述搜索候选中的所述参数与所述评价值的关系,

对所述机器学习模型的预测结果与搜索到的所述参数中的所述评价值最大的最佳搜索进行比较,将所述评价值超过该最佳搜索的所述搜索候选的数量作为搜索结束指标,基于所述搜索结束指标与阈值的比较结果,判定是否继续所述参数的搜索。

2. 根据权利要求1所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述参数搜索部对所述机器学习模型进行训练。

3. 根据权利要求1或2所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述运转结果收集部收集还包含在所述机械装置的运转中应满足的制约条件的所述运转结果,

所述参数搜索部使用如下的所述机器学习模型来预测所述搜索候选中的所述参数、所述评价值以及所述制约条件之间的关系,该机器学习模型在输入了关于所述参数、所述制约条件以及所述评价值的多个所述搜索候选时,输出表示所述搜索候选中的所述参数、所述评价值以及所述制约条件之间的关系的预测值。

4. 根据权利要求2所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述参数搜索部取得事先学习了所述参数与所述评价值的关系的事先学习模型,使用所述事先学习模型对所述机器学习模型进行训练。

5. 根据权利要求3所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述参数搜索部取得事先对所述参数、所述制约条件以及所述评价值之间的关系进行了学习的事先学习模型,使用所述事先学习模型对所述机器学习模型进行训练。

6. 根据权利要求1至5中的任意一项所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述运转结果收集部还取得包含所述机械装置的周边信息和与运转任务相关的信息中的至少一方的外部信息,

所述评价值取得部使用所述外部信息来计算所述参数的所述评价值。

7. 根据权利要求5所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述运转结果收集部还取得包含所述机械装置的周边信息和与运转任务相关的信息中的至少一方的外部信息,

所述评价值取得部使用所述外部信息来计算所述制约条件的所述评价值。

8. 根据权利要求1至7中的任意一项所述的参数搜索装置,其特征在于,
所述机械装置是空调冷热设备,
所述参数包含所述空调冷热设备具备的电子膨胀阀的开度、电磁阀的开度、压缩机的工作频率、风扇的风量、所述风扇的转速、决定吹出方向的叶片的角度、以及冷暖控制对象

水的流量中的至少一方。

9. 根据权利要求8所述的参数搜索装置,其特征在于,

所述评价值包含所述空调冷热设备的制冷制热能力、表示与所述空调冷热设备的功耗对应的所述制冷制热能力的能源效率、所述空调冷热设备的舒适性指标、所述空调冷热设备具备的吹出口的温度、所述空调冷热设备的冷暖控制对象水的出口温度、以及通过所述空调冷热设备的冷暖控制而排出的二氧化碳浓度中的至少一方。

10. 根据权利要求3所述的参数搜索装置,其特征在于,

所述机械装置是空调冷热设备,

所述制约条件为,所述空调冷热设备的制冷制热能力、所述空调冷热设备的功耗、表示与所述空调冷热设备的所述功耗对应的所述制冷制热能力的能源效率、所述空调冷热设备具备的压缩机的吸入加热度、所述空调冷热设备具备的电子膨胀阀的入口的过冷却度、所述压缩机控制的制冷剂的温度和压力、所述空调冷热设备的冷暖控制对象水的流量、温度及压力、以及所述空调冷热设备具备的电子基板的电子电路中流过的电流中的至少一方的值在固定范围内。

11. 根据权利要求6或7所述的参数搜索装置,其特征在于,

所述机械装置是空调冷热设备,

所述外部信息包含所述空调冷热设备具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、液管的长度、制冷剂量以及热负荷中的至少一方。

12. 一种基于参数搜索装置的参数搜索方法,其特征在于,

所述参数搜索方法具备以下步骤:

运转结果收集部收集包含表示机械装置的运转条件的参数的运转结果;

评价值取得部取得使用所述运转结果求出的所述参数的评价值;以及

参数搜索部从表示所述机械装置的运转条件的所述参数中搜索作为目标的所述参数,

所述参数搜索部使用机器学习模型来预测所述搜索候选中的所述参数与所述评价值的关系,该机器学习模型在输入了关于所述参数和所述评价值的多个搜索候选时,输出所述搜索候选中的所述参数与所述评价值的关系,

对所述机器学习模型的预测结果与搜索到的所述参数中的所述评价值最大的最佳搜索进行比较,将所述评价值超过该最佳搜索的所述搜索候选的数量作为搜索结束指标,

基于所述搜索结束指标与阈值的比较结果,判定是否继续所述参数的搜索。

参数搜索装置和参数搜索方法

技术领域

[0001] 本公开涉及参数搜索装置和参数搜索方法。

背景技术

[0002] 提出了一种按照设置有机械装置的环境或机械装置的每个运转任务来搜索规定机械装置的运转条件的参数的技术。例如,在专利文献1中记载了如下空调机联动控制系统:具备空调机,在通过信息处理装置进行数据处理的数据中心,使空调机的设定条件与信息处理装置的CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)的负荷分配联动地进行控制。

[0003] 专利文献1所记载的空调机联动控制系统在由温湿度学习模型估计出的估计温湿度落入预先决定的规定范围内这样的条件下,将功耗学习模型所估计出的估计功耗成为最小的空调机的设定条件与信息处理装置的CPU的负荷分配的组合作为最优的组合状态进行搜索。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2012-149839号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 专利文献1所记载的系统在估计温湿度落入事先决定的规定范围内这样的条件下,搜索表示作为机械装置的空调机和信息处理装置的各运转条件的参数。因此,按照由上述规定范围决定的固定的搜索次数或搜索时间来进行参数的搜索,因此,存在无法高效地搜索参数这样的问题。例如,可能还存在如下情况:根据搜索次数或搜索时间,无法充分地搜索目标的参数,或者即便搜索到目标的参数,也继续进行不必要的搜索。

[0009] 本公开用于解决上述问题,其目的在于,得到一种能够高效地搜索表示机械装置的目标运转条件的参数的参数搜索装置和参数搜索方法。

[0010] 用于解决问题的手段

[0011] 本公开的参数搜索装置具备:运转结果收集部,其收集包含表示机械装置的运转条件的参数的运转结果;评价取得部,其取得使用运转结果求出的参数的评价;以及参数搜索部,其从表示机械装置的运转条件的参数中搜索作为目标的参数,参数搜索部使用机器学习模型来预测搜索候选中的参数与评价的关系,该机器学习模型在输入了关于参数和评价的多个搜索候选时,输出表示搜索候选中的参数与评价的关系的预测值,对机器学习模型的预测结果与搜索到的参数中的评价最大的最佳搜索进行比较,将评价超过该最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标,基于搜索结束指标与阈值的比较结果,判定是否继续参数的搜索。

[0012] 发明的效果

[0013] 根据本公开,对预测作为搜索候选的参数与评价值的关系的结果与搜索到的参数中的评价值最大的最佳搜索进行比较,基于评价值超过最佳搜索的搜索候选的数量即搜索结束指标与阈值的比较结果,来判定是否继续参数的搜索。由此,本公开的参数搜索装置不需要事先决定固定的搜索次数或搜索时间,就能够高效地搜索表示机械装置的目标运转条件的参数。

附图说明

- [0014] 图1是示出实施方式1的参数搜索装置的结构框图。
- [0015] 图2是示出参数搜索初始阶段的参数与评价值的关系的图。
- [0016] 图3是示出参数搜索后期阶段的参数与评价值的关系的图。
- [0017] 图4是示出实施方式1的参数搜索方法的流程图。
- [0018] 图5A和图5B是示出实现实施方式1的参数搜索装置的功能的硬件结构的框图。
- [0019] 图6是示出实施方式1的参数搜索装置的具体例的结构框图。
- [0020] 图7是示出实施方式1的参数搜索方法的具体例的流程图。
- [0021] 图8是示出实施方式2的参数搜索装置的结构框图。
- [0022] 图9是示出实施方式3的参数搜索装置的结构框图。
- [0023] 图10是示出实施方式3的参数搜索方法的流程图。
- [0024] 图11是示出实施方式4的参数搜索装置的结构框图。
- [0025] 图12是示出实施方式5的参数搜索装置的结构框图。
- [0026] 图13是示出实施方式5中的空调冷热设备的制冷循环的概念图。
- [0027] 图14是示出实施方式5的参数搜索方法的流程图。
- [0028] 图15是示出具备实施方式5的参数搜索装置的空调冷热设备的结构框图。
- [0029] 图16是示出实施方式6的参数搜索装置的结构框图。
- [0030] 图17是示出实施方式6中的空调冷热设备的制冷循环的概念图。

具体实施方式

[0031] 实施方式1.

[0032] 图1是示出实施方式1的参数搜索装置1的结构框图。在图1中,参数搜索装置1是搜索机械装置2的目标运转条件的装置,具体而言,搜索表示机械装置2的运转条件的参数。搜索结果的参数的值被设定于机械装置2。机械装置2例如是具备风扇、电子膨胀阀及压缩机等的空调冷热设备、机床等产业设备、或者家庭用电子产品等设备。

[0033] 运转条件是指,表示使机械装置2具备的控制对象的各结构要素进行的动作的内容的信息,例如,在机械装置2是空调冷热设备的情况下,运转条件是表示空调冷热设备具备的电子膨胀阀、电磁阀、压缩机的动作频率、风扇的风量、风扇的转速、决定吹出方向的叶片的角度、以及冷暖控制对象水的流量的运转参数的值。

[0034] 在控制机械装置的运转的现有技术中,在估计出的机械装置的周边状态落入事先决定的规定范围内这样的条件下,搜索表示机械装置的运转条件的参数。在该情况下,按照由规定范围决定的固定的搜索次数或搜索时间进行参数的搜索。因此,可能还存在如下情况:根据搜索次数或搜索时间的不同,无法充分地搜索目标的参数,或者即便搜索到目标的

参数,也继续进行不必要的搜索。

[0035] 在表示机械装置的运转条件的参数的评价值的最优值已知的情况下,能够使用参照文献1所示的被称为简单后悔值(Simple regret)的指标。能够基于简单后悔值来判定参数搜索的终止,由此缩短参数搜索时间。

[0036] 但是,如果参数的评价值的最优值不是已知的,则无法将该方法用于参数搜索。

[0037] (参考文献1) Automatic Termination for Hyperparameter Optimization, ICLR2022

[0038] 与此相对,参数搜索装置1使用机器学习模型,来预测多个搜索候选中的参数与评价值的关系。然后,参数搜索装置1对机器学习模型的预测结果与搜索到的参数中的评价值最大的最佳搜索进行比较,将评价值超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标。参数搜索装置1基于搜索结束指标与阈值的比较结果,来判定是否继续参数的搜索。

[0039] 例如,参数搜索装置1使用贝叶斯优化高效地搜索表示机械装置2的最优的运转条件的参数,使用基于高斯过程回归模型的参数与评价值的预测关系,决定搜索结束指标。通过使用所决定的搜索结束指标,在适当的时机结束参数搜索。由此,在参数搜索装置1中,即便不事先设定固定的搜索次数或搜索时间,也能够高效地搜索表示机械装置2的目标运转条件的参数。

[0040] 如图1所示,参数搜索装置1具备运转结果收集部11、评价值取得部12以及参数搜索部13。运转结果收集部11收集机械装置2的运转结果。机械装置2的运转结果是包含表示机械装置2的运转条件的参数的信息。运转结果例如是作为机械装置2的运转条件而设定的参数的值、表示机械装置2的结构的信息、运转模式等机械装置2固有的信息、以及包含过去运转的日志数据等的信息。

[0041] 运转结果收集部11也可以经由编码器从机械装置2取得机械装置2的运转结果。例如,运转结果收集部11可以直接收集由设置于机械装置2的温度传感器、压力传感器、加速度传感器、陀螺仪传感器或者湿度传感器这样的传感器检测到的检测值,也可以收集使用了这些检测值的计算值。

[0042] 评价值取得部12取得针对表示运转条件的参数使用运转结果而求出的评价值。评价值是表示与该评价值对应的参数是以何种程度与表示机械装置2的目标运转条件的参数接近的值的指标值。例如,也可以是,预先将评价值与参数对应地存储于参数搜索装置1能够读出存储内容的存储装置,评价值取得部12从上述存储装置读出并取得与运转结果所包含的参数对应的评价值。

[0043] 此外,参数的评价值也可以是以使实测的参数的值与其目标值之间的差分成为最小的方式被最大化或最小化的值。例如,在机械装置2具备的结构要素的动作速度存在目标值的情况下,评价值取得部12取得由下述式(1)表示的评价值,参数搜索装置1将该评价值成为最小的参数作为目标的参数进行搜索。

[0044] 评价值 = (实测的动作速度 - 目标动作速度)² · · · (1)

[0045] 在针对机械装置2中的一个运转条件存在多个参数的情况下,评价值取得部12可以取得这些参数各自的评价值,也可以取得实施加权和等运算而求出的共同的评价值。

[0046] 此外,评价值取得部12也可以使用机械装置2的运转结果,来计算该运转结果所包含的参数的评价值。例如,当对机械装置2具备的结构要素的动作速度设定了目标值并且取

得了实测的动作速度作为运转结果时,评价值取得部12使用两者来计算上述式(1)所示的评价值。

[0047] 这样,在参数搜索装置1中的参数的评价值的“取得”中,也包含使用机械装置2的运转结果通过“计算”来取得评价值的情况。

[0048] 参数搜索部13从运转结果收集部11收集到的表示机械装置2的运转条件的参数中搜索目标参数。具体而言,参数搜索部13使用如下的机器学习模型,来预测搜索候选中的参数与评价值的关系,该机器学习模型在输入了关于参数和评价值的多个搜索候选时,输出搜索候选中的参数与评价值的关系。

[0049] 对于机器学习模型,例如使用线性回归、广义线性模型、高斯过程回归、分层贝叶斯模型、神经网络、神经过程、随机森林或者梯度提升树这样的各种模型中的一个或多个模型。

[0050] 此外,在向机器学习模型输入的维度数即输入的参数数量较多的情况下,也可以将利用作为削减维度数的方法的主成分分析、奇异值分解、张量分解、或者Auto Encoder(自动编码器)等削减了维度数后的参数输入到机器学习模型。

[0051] 例如,参数搜索部13将基于机械装置2的运转结果生成的参数的搜索候选作为学习数据,使机器学习模型学习运转结果所包含的参数与评价值的关系。这样,参数搜索部13每次都使用机械装置2的运转结果的实测数据,生成机器学习模型,因此,能够得到与机械装置2的当前的状况相应的机器学习模型。

[0052] 此外,也可以是,将机器学习模型与参数对应地预先存储于参数搜索装置1能够读出存储内容的存储装置,参数搜索部13从上述存储装置读出与运转结果所包含的参数对应的机器学习模型来使用。

[0053] 参数搜索部13对机器学习模型的预测结果与搜索到的参数中的评价值最大的最佳搜索进行比较,将评价值超过该最佳搜索的搜索候选的数量设为“搜索结束指标”。参数搜索部13基于搜索结束指标与阈值的比较结果,判定是否继续参数的搜索。最终的搜索结果的参数被设定于机械装置2。由此,机械装置2按照搜索结果的参数所示的目标运转条件进行动作。

[0054] 图2是示出参数搜索初始阶段的参数与评价值的关系的图。图3是示出参数搜索后期阶段的参数与评价值的关系的图。在图2和图3中,横轴是表示某个运转条件的参数,纵轴是该参数的评价值。参数搜索部13将运转结果收集部11收集到的机械装置2的运转结果所包含的参数和评价值作为学习数据,使机器学习模型学习运转结果所包含的参数与评价值的关系。接下来,参数搜索部13生成关于参数和评价值的多个搜索候选,通过向机器学习模型输入这些搜索候选数据来预测搜索候选中的参数与评价值的关系。

[0055] 搜索候选中的参数与评价值的关系的预测结果例如是将参数和评价值作为要素的搜索候选数据的平均 μ 和标准偏差 σ 的预测值。在图2和图3中,A1和A2是表示针对参数的评价值的平均 μ 的函数。B1和B2是表示关于平均 μ 的 $+2\sigma$ 的函数。C是运转结果收集部11收集到的参数和评价值,是在机械装置2中实测到的实测数据。函数A1和A2所示的平均 μ 是使用机器学习模型针对实测点C预测到的。D1和D2是表示关于平均A1和A2的 -2σ 的函数。

[0056] 参数搜索部13将实测到的运转结果所包含的参数中的评价值最大的参数的实测值作为最佳搜索E1。接下来,参数搜索部13对超过图2的虚线所示的最佳搜索E1的搜索候选

的数量进行计数,将计数的数量作为搜索结束指标。在参数搜索初始阶段,如图2所示,超过最佳搜索E1的搜索候选的数量较多,因此,搜索结束指标的值成为阈值以上。当搜索结束指标为阈值以上时,参数搜索部13判定为继续参数的搜索。

[0057] 在继续参数的搜索的情况下,参数搜索部13例如将预测出的参数与评价价值的关系满足选择条件的搜索候选决定为下一个搜索对象,设定于机械装置2。例如,将参数与评价价值的关系最接近目标的搜索候选决定为下一个搜索对象。决定出的搜索对象的参数被设定于机械装置2。由此,通过使机械装置2在搜索对象的参数所示的运转条件下运转并且由运转结果收集部11收集运转结果,从而参数搜索部13重复执行上述的一系列参数搜索。重复执行参数搜索,转移到图3所示的参数搜索后期阶段。

[0058] 参数搜索部13将实测到的运转结果所包含的参数中的评价价值最大的参数的实测值作为最佳搜索E2。接下来,参数搜索部13对超过图3中虚线所示的最佳搜索E2的搜索候选的数量进行计数,将计数的数量作为搜索结束指标。在参数搜索后期阶段,如图3所示,超过最佳搜索E2的搜索候选的数量变少。例如,当搜索结束指标小于阈值时,参数搜索部13判定参数搜索的结束。在阈值为“0”的情况下,在搜索结束指标成为0的时机,即在超过最佳搜索的搜索候选的数量成为0的时机,结束参数的搜索。

[0059] 这样,参数搜索装置1能够通过将参数搜索与搜索结束判定组合,来高效地进行参数搜索。

[0060] 此外,能够基于搜索结束指标在适当的时机终止参数搜索,因此,能够缩短参数搜索时间。

[0061] 图4是示出实施方式1的参数搜索方法的流程图,是由参数搜索装置1进行的参数搜索方法。

[0062] 运转结果收集部11收集包含表示机械装置2的运转条件的参数的运转结果(步骤ST1)。评价价值取得部12取得使用运转结果求出的参数的评价价值(步骤ST2)。

[0063] 接着,参数搜索部13从表示机械装置2的运转条件的参数中搜索目标的参数(步骤ST3)。

[0064] 在步骤ST3中,参数搜索部13使用机器学习模型来预测搜索候选中的参数与评价价值的关系,对机器学习模型的预测结果与搜索到的参数中的评价价值最大的最佳搜索进行比较,将评价价值超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标,基于搜索结束指标与阈值的比较结果来判定是否继续参数的搜索。

[0065] 通过执行上述参数搜索方法,即便不决定固定的搜索次数或搜索时间,也能够高效地搜索表示机械装置2的目标运转条件的参数。

[0066] 接着,对实现参数搜索装置1的功能的硬件结构进行说明。

[0067] 参数搜索装置1具备的运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13的功能由处理电路实现。即,参数搜索装置1具备用于执行图4所示的步骤ST1至步骤ST3的处理的处理电路。处理电路可以是专用的硬件,但也可以是执行存储器所存储的程序的CPU。

[0068] 图5A是示出实现参数搜索装置1的功能的硬件结构的框图。图5B是示出执行实现参数搜索装置1的功能的软件的硬件结构的框图。在图5A和图5B中,输入接口100是参数搜索装置1对表示来自机械装置2的运转结果的信息进行中继的接口。输出接口101是对从参数搜索装置1向机械装置2输出的搜索结果的参数等进行中继的接口。

[0069] 在处理电路是图5A所示的专用的硬件的处理电路102的情况下,处理电路102例如对应于单一电路、复合电路、程序化的处理器、并程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)或者它们的组合。可以由不同的处理电路实现参数搜索装置1具备的运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13的功能,也可以将这些功能统一由一个处理电路实现。

[0070] 在处理电路是图5B所示的处理器103的情况下,参数搜索装置1具备的运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13的功能由软件、固件或者软件与固件的组合实现。另外,软件或固件以程序的形式记述并存储在存储器104中。

[0071] 处理器103通过读出并执行存储器104所存储的程序,来实现参数搜索装置1具备的运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13的功能。例如,参数搜索装置1具备用于存储程序的存储器104,该程序在由处理器103执行时,结果上执行图4所示的步骤ST1至步骤ST3的处理。这些程序使计算机执行运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13进行的处理的过程或方法。存储器104也可以是存储有用于使计算机作为运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13发挥功能的程序的计算机可读存储介质。

[0072] 存储器104例如对应于RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、闪存、EPROM(Erasable Programmable ROM:可擦可编程只读存储器)、EEPROM(Electrically-EPROM:电可擦可编程只读存储器)(注册商标)等非易失性或易失性的半导体存储器、磁盘、软盘、光盘、高密度盘、迷你盘、DVD等。

[0073] 也可以是,参数搜索装置1具备的运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13的功能的一部分由专用的硬件实现,其他部分由软件或固件实现。例如,运转结果收集部11和评价价值取得部12通过作为专用硬件的处理电路102来实现功能,参数搜索部13通过处理器103读出并执行存储器104所存储的程序来实现功能。这样,处理电路能够通过硬件、软件、固件或者它们的组合来实现上述功能。

[0074] 以下,对参数搜索装置1的具体例进行说明。

[0075] 图6是示出参数搜索装置1的具体例的结构的框图。在图6中,参数搜索装置1具备运转结果收集部11、评价价值取得部12以及参数搜索部13。运转结果收集部11具备运转结果取得部111和运转结果存储部112。评价价值取得部12具备评价价值计算部121和评价价值存储部122。参数搜索部13具备机器学习部131、搜索结束判定部132以及参数决定部133。

[0076] 运转结果取得部111取得机械装置2的运转结果。例如,运转结果取得部111取得由设置于机械装置2的传感器组(温度传感器、压力传感器、加速度传感器、陀螺仪传感器或者湿度传感器)检测到的检测值。这些检测值是规定使机械装置2运转的运转条件的参数的值。此外,运转结果取得部111也可以取得使用这些检测值计算出的规定运转条件的物理量。

[0077] 运转结果存储部112存储由运转结果取得部111取得的运转结果。运转结果存储部112是作为参数搜索装置1发挥功能的计算机所具备的存储装置,包含HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)或SSD(Solid State Drive:固态硬盘)等存储器、或者图5B的存储器104等。

[0078] 评价价值计算部121使用表示机械装置2的运转结果的数据,计算表示运转条件的参数的评价价值。例如,在机械装置2具备的结构要素的动作速度存在目标值的情况下,评价价值计算部121使用从运转结果存储部112读出的运转结果所包含的动作速度数据,按照上述式(1)计算评价价值。评价价值计算部121计算出的评价价值与参数对应地被存储于评价价值存储部122。

[0079] 评价价值存储部122存储参数的评价价值。评价价值存储部122是作为参数搜索装置1发挥功能的计算机所具备的存储装置,包含HDD或SSD等储存器、或者图5B的存储器104等。

[0080] 机器学习部131基于机械装置2的运转结果,生成用于预测搜索候选中的参数与评价价值的关系的机器学习模型,使用生成的机器学习模型,来预测参数与评价价值的关系。如图6所示,机器学习部131具备学习预测部1311和预测结果存储部1312。

[0081] 学习预测部1311基于机械装置2的运转结果,生成参数和评价价值的搜索候选,将搜索候选作为学习数据,使机器学习模型学习运转结果所包含的参数与评价价值的关系。此外,学习预测部1311使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数与评价价值的关系。

[0082] 预测结果存储部1312存储机器学习模型的预测结果。预测结果存储部1312是作为参数搜索装置1发挥功能的计算机所具备的存储装置,包含HDD或SSD等储存器、或者图5B的存储器104等。

[0083] 搜索结束判定部132基于机器学习模型的预测结果,来判定参数搜索的结束。例如,搜索结束判定部132将运转结果中的评价价值最大的参数的实测值设为最佳搜索,将超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标。搜索结束判定部132例如在搜索结束指标为阈值以上时,判定为继续参数搜索,在搜索结束指标小于阈值时,判定为结束参数搜索。当判定为继续参数搜索时,搜索结束判定部132从预测结果存储部1312读出此次的预测结果并输出到参数决定部133。

[0084] 参数决定部133在基于机器学习模型的预测结果判定为继续参数搜索的情况下,决定下一个要搜索的参数(搜索对象)。如图6所示,参数决定部133具备搜索参数计算部1331和参数指令部1332。

[0085] 搜索参数计算部1331计算下一个要搜索的参数。例如,搜索参数计算部1331将关于参数与评价价值的关系的此次的预测结果中的、参数与评价价值的关系最接近目标的搜索候选计算为下一个搜索对象。在将贝叶斯优化用于参数搜索的情况下,搜索参数计算部1331将考虑了搜索候选的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选设为下一个搜索对象。

[0086] 参数指令部1332向机械装置2指示由搜索参数计算部1331计算出的参数。例如,参数指令部1332通过无线或有线的通信装置(图6中未图示)将搜索对象的参数发送到机械装置2。机械装置2按照从参数指令部1332接收到的参数所示的运转条件进行动作。

[0087] 另外,示出了运转结果存储部112、评价价值存储部122以及预测结果存储部1312是各自不同的存储部的情况,但这些存储部也可以设置于一个存储装置的存储区域。

[0088] 此外,示出了运转结果存储部112、评价价值存储部122以及预测结果存储部1312是参数搜索装置1具备的存储部的情况,但也可以是与参数搜索装置1分开设置的外部存储装置具备的存储部。另外,外部存储装置是能够通过无线或有线的通信从参数搜索装置1读出存储内容的存储装置。

[0089] 图7是示出实施方式1的参数搜索方法的具体例的流程图,示出图6所示的参数搜索装置1和机械装置2的动作。

[0090] 首先,搜索参数计算部1331决定搜索对象的参数的初始值(初始点)(步骤ST1A)。例如,搜索参数计算部1331从表示机械装置2的各种运转条件的参数中随机地决定搜索对象的参数的初始值。此外,在事先知晓评价值较高的参数的情况下,也可以将该参数设为初始值。

[0091] 接下来,参数指令部1332向机械装置2指示由搜索参数计算部1331计算出的搜索对象的参数的初始值(步骤ST2A)。例如,参数指令部1332通过无线或有线的通信装置将搜索对象的参数的初始值发送到机械装置2进行设定。

[0092] 机械装置2在从参数指令部1332接收到参数的初始值时,按照接收到的参数的值所示的运转条件进行动作(步骤ST3A)。当机械装置2开始动作时,运转结果取得部111从机械装置2依次取得运转结果(步骤ST4A)。运转结果取得部111所取得的运转结果被存储于运转结果存储部112。接下来,评价值计算部121计算存储在运转结果存储部112中的运转结果所包含的参数的评价值。评价值计算部121计算出的评价值与参数对应地存储于评价值存储部122。

[0093] 接着,学习预测部1311将评价值存储部122所存储的参数和评价值用作学习用数据,使机器学习模型学习参数与评价值的关系(步骤ST5A)。例如,在评价值存储部122中,存储有将在搜索次数 t 之前取得的参数 x_t 、表示机械装置2的状态的状态量 s_t 以及评价值 y_t 作为要素的数据 $D_t = \{(x_1, s_1, y_1), \dots, (x_t, s_t, y_t)\}$ 。

[0094] 学习预测部1311通过机器学习模型来学习从评价值存储部122读出的数据 D_t 所示的参数 x_t 、表示机械装置2的状态的状态量 s_t 以及评价值 y_t 之间的关系。另外,作为学习用数据,参数 x_t 和评价值 y_t 是必须的,但状态量 s_t 不受限制。

[0095] 学习预测部1311生成表示机械装置2的运转条件的参数的搜索候选(搜索候选点)(步骤ST6A)。例如,学习预测部1311使用表示评价值存储部122所存储的参数和评价值的信息,随机地生成多个搜索候选点。此外,在参数的评价值的最大值或最小值已知的情况下,学习预测部1311也可以将该已知的评价值和参数作为基准点,以在图示的情况下成为格子状的方式等间隔地决定搜索候选点。此外,学习预测部1311也可以使用实验计划法来生成多个搜索候选点。

[0096] 接下来,学习预测部1311使用机器学习模型,来预测搜索候选点处的参数与评价值的关系(步骤ST7A)。例如,在将贝叶斯优化用于决定搜索对象的参数的情况下,学习预测部1311通过计算被称为获取函数的函数值来计算下一个搜索对象。

[0097] 搜索结束判定部132基于预测结果存储部1312所存储的预测结果,来判定是否结束参数搜索(步骤ST8A)。

[0098] 例如,搜索结束判定部132对作为机器学习模型的高斯过程回归模型的预测结果即搜索候选点的平均 μ 、标准偏差 σ 以及最佳搜索 y_{best} 进行比较,将超过最佳搜索 y_{best} 的搜索候选点的数量作为搜索结束指标 S_t 。

[0099] 搜索结束指标 S_t 是使用每个获取函数的计算式而计算的。

[0100] 例如,使用UCB的搜索结束指标 S_t 由下述式(2)表示。此外,使用EI的搜索结束指标 S_t 由下述式(3)表示。在下述式(2)和下述式(3)中,COUNT[]是求出满足了[]内的条件的搜

索候选点的数量的函数。搜索结束判定部132在搜索结束指标 $S_t = 0$ 时,预想为没有超过最佳搜索 y_{best} 的搜索候选点,因此,能够判定参数搜索的终止。

[0101] 虽然示出了阈值为0的情况,但只要是0以上的值,则也可以将任何数值设定为阈值。

$$[0102] \quad S_t = \text{COUNT}[(\mu + \kappa\sigma - y_{best}) \geq 0] \quad (2)$$

$$[0103] \quad S_t = \text{COUNT}[(\mu - y_{best})/\sigma \geq 0] \quad (3)$$

[0104] 在判定为搜索结束指标 S_t 小于阈值的情况下(步骤ST8A;是),搜索结束判定部132判定为解释参数搜索。由此,结束图7所示的一系列处理。另一方面,在判定为搜索结束指标 S_t 为阈值以上的情况下(步骤ST8A;否),搜索结束判定部132判定为继续参数搜索,将此次的预测结果从预测结果存储部1312读出并输出到参数决定部133。

[0105] 搜索参数计算部1331将考虑了搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选点计算为下一个搜索对象(步骤ST9A)。参数指令部1332向机械装置2指示由搜索参数计算部1331计算出的搜索对象的参数。机械装置2按照从参数指令部1332接收到的参数所示的运转条件进行动作。之后,返回到步骤ST2A的处理,重复进行上述的处理。

[0106] 作为搜索对象的计算方法,存在Upper Confidence Bound(上限置信区间;以下记载为UCB。)、以及Expected Improvement(期望改进;以下记载为EI。)。搜索参数计算部1331使用搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ ,根据由下述式(4)表示的函数 acq_{UCB} 来计算UCB。在下述式(4)中, κ 是超参数。当超参数 κ 的值变大时,搜索无法搜索的参数的趋势变强。

$$[0107] \quad acq_{UCB}(x) = \mu + \kappa\sigma \quad (4)$$

[0108] 搜索参数计算部1331也可以使用搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ ,根据由下述式(5)表示的函数 acq_{EI} 来计算EI。在下述式(5)中, y_{best} 是在某个时间点得到的最佳搜索。 Z 是 $(\mu - y_{best})/\sigma$ 。 $\Phi(Z)$ 是标准正态分布的累积密度函数, $\phi(Z)$ 是标准正态分布的概率密度函数。搜索参数计算部1331将这些获取函数的值为最大的搜索候选点决定为下一个搜索对象。

$$[0109] \quad acq_{EI}(x) = E[\max(f(x) - y_{best}, 0)] = (\mu - y_{best})\Phi(Z) + \sigma\phi(Z) \quad (5)$$

[0110] 如以上那样,实施方式1的参数搜索装置1具备收集运转结果的运转结果收集部11、取得使用运转结果求出的参数的评价价值的评价价值取得部12、以及搜索目标的参数的参数搜索部13。参数搜索部13使用机器学习模型来预测参数与评价价值的关系,将评价价值超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标,在基于搜索结束指标与阈值的比较结果而继续参数的搜索的情况下,基于评价价值,从搜索候选中决定下一个搜索对象。由此,参数搜索装置1不需要决定固定的搜索次数或搜索时间,就能够高效地搜索表示机械装置2的目标运转条件的参数。

[0111] 在实施方式1的参数搜索装置1中,参数搜索部13对机器学习模型进行训练。参数搜索部13每次都使用机械装置2的运转结果的实测数据来生成机器学习模型,因此,能够得到与机械装置2的当前的状况相应的机器学习模型。

[0112] 实施方式1的参数搜索方法具备以下步骤:运转结果收集部11收集运转结果;评价价值取得部12取得使用运转结果求出的参数的评价价值;以及参数搜索部13搜索目标参数。参数搜索部13使用机器学习模型来预测参数与评价价值的关系,将评价价值超过最佳搜索的搜索候选的数量作为搜索结束指标,在基于搜索结束指标与阈值的比较结果而继续参数的搜索

的情况下,基于评价值,从搜索候选中决定下一个搜索对象。通过执行该方法,不决定固定的搜索次数或搜索时间,就能够高效地搜索表示机械装置2的目标运转条件的参数。

[0113] 实施方式2.

[0114] 在实施方式1中,对表示机械装置2的运转条件的参数与评价值的关系进行学习,基于这些关系来搜索参数。与此相对,在实施方式2中,除了收集参数和评价值之外,还收集与在机械装置2的运转中应满足的制约条件相关的数据,基于参数、评价值以及制约条件之间的关系来搜索参数。

[0115] 图8是示出实施方式2的参数搜索装置1A的结构框图。在图8中,参数搜索装置1A具备运转结果收集部11A、评价值取得部12A、以及参数搜索部13A。运转结果收集部11A具备运转结果取得部111A和运转结果存储部112A。评价值取得部12A具备评价值计算部121A、评价值存储部122A以及制约条件计算部123。参数搜索部13A具备机器学习部131A、搜索结束判定部132A以及参数决定部133A。

[0116] 运转结果取得部111A取得除了包含表示机械装置2的运转条件的参数之外还包含机械装置2的运转中的制约条件的运转结果。制约条件是在机械装置2的运转中应满足的条件,在机械装置2的运转中必须满足制约条件,这一点与参数的评价值不同。

[0117] 例如,在制约条件是参数应满足的值的条件下,运转结果取得部111A也可以取得由设置于机械装置2的传感器组(温度传感器、压力传感器、加速度传感器、陀螺仪传感器或者湿度传感器)检测到的检测值作为制约条件。此外,运转结果取得部111A也可以取得使用这些检测值计算出的规定运转条件的物理量来作为制约条件。

[0118] 例如,在设表示机械装置2的运转条件的参数的实测值为 c_{measure} 、设该参数应满足的阈值为 c_{thre} 的情况下,能够使用下述式(6)来计算制约条件 c 。由下述式(6)表现的制约条件 c 是实测值 c_{measure} 为阈值 c_{thre} 以上的条件。另外,在实测值 c_{measure} 小于阈值 c_{thre} 的情况下,使符号反转即可。

$$[0119] \quad c = c_{\text{measure}} - c_{\text{thre}} \quad (6)$$

[0120] 此外,在制约条件是参数的实测值需要落入规定值范围内这样的条件的情况下,当设规定范围的上限值为 c_{upper} 并设下限值为 c_{lower} 时,计算由下述式(7)表示的制约条件 c^1 和由下述式(8)表示的制约条件 c^2 即可。另外,在实施方式2中,制约条件的数量没有限制。例如,在 k 为自然数的情况下,参数搜索装置1A搜索第 k 个制约条件 c^k 为0以上的参数即可。

$$[0121] \quad c^1 = c_{\text{upper}} - c_{\text{measure}} \quad (7)$$

$$[0122] \quad c^2 = c_{\text{measure}} - c_{\text{lower}} \quad (8)$$

[0123] 运转结果存储部112A存储由运转结果取得部111A取得的运转结果。运转结果存储部112A是作为参数搜索装置1A发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等存储器或者图5B的存储器104等。

[0124] 评价值取得部12A除了取得使用运转结果求出的参数的评价值之外,还取得制约条件。制约条件计算部123使用运转结果取得部111A取得的运转结果,计算在机械装置2的运转中应满足的制约条件。例如,制约条件计算部123使用从运转结果存储部112A读出的运转结果,按照上述式(6)或上述式(7)以及上述式(8)来计算制约条件。制约条件计算部123计算出的制约条件与参数及评价值对应地存储于评价值存储部122A。

[0125] 评价值存储部122A存储参数、评价值以及制约条件。评价值存储部122A是作为参

数搜索装置1发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等储存器或者图5B的存储器104等。

[0126] 机器学习部131A基于机械装置2的运转结果,生成用于预测搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系的机器学习模型,使用机器学习模型来预测参数、评价值以及制约条件之间的关系。如图8所示,机器学习部131A具备学习预测部1311A和预测结果存储部1312A。

[0127] 学习预测部1311A基于机械装置2的运转结果,生成参数和制约条件的搜索候选,将搜索候选作为学习数据,使机器学习模型学习运转结果所包含的参数、制约条件以及评价值之间的关系。此外,学习预测部1311A使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数、制约条件以及评价值之间的关系。

[0128] 例如,学习预测部1311A通过机器学习模型来学习参数与制约条件的关系,使用该机器学习模型,来预测满足制约条件的参数与评价值的关系。通过利用该预测结果,参数搜索装置1A能够搜索满足制约条件并且评价值较高的参数。

[0129] 此外,也可以计算考虑了制约条件的评价值。例如,也可以计算处于制约条件所示的范围外且越远离固定的阈值则值越大的惩罚函数、处于制约条件所示的范围内且越接近固定的阈值则值越大的障碍函数、或者将组合这些函数的值而得的项添加到表示评价值的评价值函数。

[0130] 例如,学习预测部1311A也可以使用高斯过程回归模型,计算参数与评价值的关系的预测结果即搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ ,计算搜索候选点的制约条件与参数的关系的预测结果即平均 μ_k 和标准偏差 σ_k ,使用这些预测结果,与实施方式1同样地计算获取函数。

[0131] 作为考虑了制约条件的获取函数,例如存在Expected Improvement with Constraints(带约束的期望改进;以下记载为EIC)。

[0132] EIC能够由下述式(9)的函数 acq_{EIC} 表示。

[0133] 与实施方式1同样,搜索参数计算部1331A计算获取函数 acq_{EIC} 的值成为最大的搜索候选点,将计算出的搜索候选点作为下一个搜索对象向参数指令部1332A输出。

$$[0134] \quad acq_{EIC}(x) = acq_{EIC}(x) \prod_{k=1}^K \Phi(\mu_k / \sigma_k) \quad (9)$$

[0135] 预测结果存储部1312A存储机器学习模型的预测结果。预测结果存储部1312A是作为参数搜索装置1A发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等储存器或者图5B的存储器104等。

[0136] 搜索结束判定部132A基于机器学习模型的预测结果来判定参数搜索的结束。例如,学习预测部1311A针对评价值和制约条件,使用高斯过程回归模型来预测与参数之间的关系。

[0137] 通过使用利用了高斯过程回归模型的关于评价值的预测结果即平均 μ 和标准偏差 σ 、利用了高斯过程回归模型的关于制约条件的预测结果即平均 μ_k 和标准偏差 σ_k 、最佳搜索 y_{best} 、以及与制约条件相关的阈值 c_k ,满足制约条件的搜索候选点能够由下述式(10)表示。

[0138] 与实施方式1同样,搜索结束判定部132A将超过最佳搜索 y_{best} 的搜索候选的数量作为搜索结束指标。

$$[0139] \quad (\mu_k - c_k) / \sigma_k \geq 0 \quad (10)$$

[0140] 例如如果搜索结束指标为阈值以上,则搜索结束判定部132A判定为继续参数搜索,当搜索结束指标小于阈值时,搜索结束判定部132A判定为结束参数搜索。当判定为继续参数搜索时,搜索结束判定部132A将此次的预测结果从预测结果存储部1312A读出并输出到参数决定部133A。

[0141] 参数决定部133A在基于机器学习模型的预测结果而判定为继续参数搜索的情况下,决定下一个要搜索的参数(搜索对象)。如图8所示,参数决定部133A具备搜索参数计算部1331A和参数指令部1332A。

[0142] 搜索参数计算部1331A计算下一个要搜索的参数。例如,搜索参数计算部1331A将关于参数、评价值以及制约条件之间的关系的此次预测结果中的参数、评价值以及制约条件之间的关系最接近目标的搜索候选,计算为下一个搜索对象。在将贝叶斯优化用于参数搜索的情况下,考虑了搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值为最大的搜索候选点是下一个搜索对象。

[0143] 参数指令部1332A向机械装置2指示由搜索参数计算部1331A计算出的参数。例如,参数指令部1332A通过无线或有线的通信装置(图8中未图示)将搜索对象的参数发送到机械装置2。机械装置2以从参数指令部1332A接收到的参数所示的运转条件进行动作。

[0144] 另外,示出了运转结果存储部112A、评价值存储部122A以及预测结果存储部1312A是各自不同的存储部的情况,但这些存储部也可以设置于一个存储装置的存储区域。

[0145] 此外,示出了运转结果存储部112A、评价值存储部122A以及预测结果存储部1312A是参数搜索装置1A具备的存储部的情况,但也可以是参数搜索装置1A分开设置的外部存储装置具备的存储部。

[0146] 另外,外部存储装置是能够通过无线或有线的通信从参数搜索装置1A读出存储内容的存储装置。

[0147] 如以上那样,在实施方式2的参数搜索装置1A中,运转结果收集部11A收集还包含在机械装置2的运转中应满足的制约条件在内的运转结果。参数搜索部13A使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系,该机器学习模型在输入了关于参数、制约条件以及评价值的多个搜索候选时,输出表示搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系的预测值。由此,参数搜索装置1A不需要决定固定的搜索次数或搜索时间,就能够高效地搜索表示机械装置2的目标运转条件的参数。

[0148] 实施方式3.

[0149] 在实施方式3中,基于针对模拟机械装置2的运转的模拟器或机械装置2事先取得的数据,搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0150] 图9是示出实施方式3的参数搜索装置1B的结构框图。在图9中,参数搜索装置1B使用事先由数据收集装置3收集到的事先数据,使机器学习模型学习表示机械装置2的运转条件的参数、评价值以及制约条件之间的关系。参数搜索装置1B使用基于机器学习模型的参数、评价值以及制约条件之间的关系的预测结果,来搜索机械装置2的目标运转条件。

[0151] 事先数据收集装置3在参数搜索装置1B搜索参数之前,取得与机械装置2的特性相关的数据。事先数据收集装置3具备事先数据取得部31和事先数据存储部32。例如,如图9所示,事先数据收集装置3是与参数搜索装置1B分开设置的外部装置。此外,事先数据收集装置3也可以是参数搜索装置1B的内部装置。

[0152] 事先数据取得部31取得与机械装置2的特性相关的数据。例如,与机械装置2的特性相关的数据是为了预测参数与评价值的关系或者参数与制约条件的关系而使用的数据。参数搜索装置1B通过将机械装置2的特性相关的数据用作学习数据,能够预测参数与评价值的关系或者参数与制约条件的关系。

[0153] 例如,事先数据取得部31从机械装置2的实机或者模拟机械装置2的运转的模拟器取得与机械装置2的特性相关的数据。事先数据取得部31所取得的事先数据被存储于事先数据存储部32。

[0154] 事先数据存储部32是存储由事先数据取得部31取得的事先数据的存储装置。事先数据存储部32可以是事先数据收集装置3具备的存储装置,也可以是与事先数据收集装置3分开设置的外部存储装置。例如,事先数据存储部32也可以是能够经由网络从参数搜索装置1B和事先数据取得部31读写的云装置。

[0155] 参数搜索装置1B具备运转结果收集部11A、评价值取得部12A以及参数搜索部13B。运转结果收集部11A具备运转结果取得部111A和运转结果存储部112A。评价值取得部12A具备评价值计算部121、评价值存储部122A以及制约条件计算部123。参数搜索部13B具备机器学习部131B、搜索结束判定部132B以及参数决定部133B。

[0156] 运转结果取得部111A取得除了包含表示机械装置2的运转条件的参数之外还包含机械装置2的运转中的制约条件的运转结果。运转结果存储部112A存储由运转结果取得部111A取得的运转结果。

[0157] 评价值取得部12A除了取得使用运转结果求出的参数的评价值之外,还取得制约条件。制约条件计算部123使用运转结果取得部111A取得的运转结果,来计算在机械装置2的运转中应满足的制约条件。

[0158] 评价值存储部122A存储参数、评价值以及制约条件。评价值存储部122A是作为参数搜索装置1发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等存储器或者图5B的存储器104等。

[0159] 机器学习部131B基于机械装置2的运转结果,生成用于预测搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系的机器学习模型,使用机器学习模型来预测参数、评价值以及制约条件之间的关系。

[0160] 如图9所示,机器学习部131B具备学习预测部1311B、预测结果存储部1312B以及事先学习部1313。

[0161] 学习预测部1311B基于机械装置2的运转结果,生成参数和制约条件的搜索候选点,将搜索候选点作为学习数据,使机器学习模型学习参数、制约条件以及评价值之间的关系。进而,学习预测部1311B使用由事先学习部1313学习的事先学习模型,生成上述机器学习模型。

[0162] 例如,上述机器学习模型和事先学习模型是相同种类的模型。学习预测部1311B使用评价值存储部122A所存储的参数、评价值以及制约条件,通过事先学习模型进一步学习参数、评价值以及制约条件之间的关系,由此,将学习后的事先学习模型用作上述机器学习模型。

[0163] 参数搜索装置1B通过使用事先学习的模型,即便表示机械装置2的运转结果的数据较少,也能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0164] 学习预测部1311B使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数、制约条件以及评价值之间的关系。

[0165] 例如,学习预测部1311B通过机器学习模型来学习参数与制约条件的关系,使用该机器学习模型,预测满足制约条件的参数与评价值的关系。通过利用该预测结果,参数搜索装置1B能够搜索满足制约条件并且评价值较高的参数。

[0166] 预测结果存储部1312B存储机器学习模型的预测结果。预测结果存储部1312B是作为参数搜索装置1B发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等存储器或者图5B的存储器104等。

[0167] 事先学习部1313使用事先数据存储部32所存储的事先数据,通过事先学习模型来学习搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系。学习了参数、评价值以及制约条件之间的关系的事先学习模型被输出到学习预测部1311B。

[0168] 搜索结束判定部132B基于机器学习模型的预测结果来判定参数搜索的结束。例如,学习预测部1311B针对评价值和制约条件,使用高斯过程回归模型来预测与参数之间的关系。例如如果搜索结束指标为阈值以上,则搜索结束判定部132B判定为继续参数搜索,当搜索结束指标小于阈值时,搜索结束判定部132B判定为结束参数搜索。当判定为继续参数搜索时,搜索结束判定部132B将此次的预测结果从预测结果存储部1312B读出并输出到参数决定部133B。

[0169] 参数决定部133B在基于机器学习模型的预测结果而判定为继续参数搜索的情况下,决定下一个要搜索的参数。如图9所示,参数决定部133B具备搜索参数计算部1331B和参数指令部1332B。

[0170] 搜索参数计算部1331B计算下一个要搜索的参数。

[0171] 例如,搜索参数计算部1331B将关于参数、评价值以及制约条件之间的关系的此次预测结果中的参数、评价值以及制约条件之间的关系最接近目标的搜索候选计算为下一个搜索对象。

[0172] 在将贝叶斯优化用于参数搜索的情况下,搜索参数计算部1331B将考虑了搜索候选的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选设为下一个搜索对象。

[0173] 参数指令部1332B向机械装置2指示由搜索参数计算部1331B计算出的参数。例如,参数指令部1332B通过无线或有线的通信装置(图9中未图示)将搜索对象的参数发送到机械装置2。机械装置2按照从参数指令部1332B接收到的参数所示的运转条件进行动作。

[0174] 另外,示出了运转结果存储部112A、评价值存储部122A以及预测结果存储部1312B是各自不同的存储部的情况,但这些存储部也可以设置于一个存储装置的存储区域。

[0175] 此外,示出了运转结果存储部112A、评价值存储部122A以及预测结果存储部1312B是参数搜索装置1B具备的存储部的情况,但也可以是参数搜索装置1B分开设置的外部存储装置具备的存储部。

[0176] 另外,外部存储装置是能够通过无线或有线的通信从参数搜索装置1B读出存储内容的存储装置。

[0177] 图10是示出实施方式3的参数搜索方法的流程图,示出参数搜索装置1B、机械装置2以及事先数据收集装置3的动作。

[0178] 首先,事先数据收集装置3确认在预先决定的存储场所是否存在事先数据(步骤

ST1B)。例如,对于预先决定的存储场所,举出网络上的云等。

[0179] 在存在事先数据的情况下(步骤ST1B;是),事先数据收集装置3访问上述存储场所,从该存储场所收集事先数据(步骤ST2B)。例如,事先数据取得部31与网络上的云进行通信连接,下载事先数据。事先数据取得部31取得的事先数据被存储于事先数据存储部32。

[0180] 接着,事先学习部1313从事先数据存储部32读出的事先数据用作学习数据,通过事先学习模型来学习表示机械装置2的运转条件的参数、评价值以及制约条件之间的关系(步骤ST3B)。学习了参数、评价值以及制约条件之间的关系的事先学习模型被输出到学习预测部1311B。

[0181] 在上述存储场所没有事先数据的情况下(步骤ST1B;否),或者在步骤ST3B中生成了事先学习模型的情况下,搜索参数计算部1331B决定搜索对象的参数的初始值(初始点)(步骤ST4B)。例如,搜索参数计算部1331B从表示机械装置2的各种运转条件的参数中随机地决定搜索对象的参数的初始值。此外,在事先知晓评价值较高的参数的情况下,也可以将该参数设为初始值。

[0182] 接下来,参数指令部1332B向机械装置2指令由搜索参数计算部1331B计算出的搜索对象的参数的初始值(步骤ST5B)。例如,参数指令部1332B通过无线或有线的通信装置将搜索对象的参数的初始值发送到机械装置2进行设定。

[0183] 机械装置2在从参数指令部1332B接收到参数的初始值时,按照接收到的参数的值所示的运转条件进行动作(步骤ST6B)。当机械装置2开始动作时,运转结果取得部111A从机械装置2依次取得运转结果(步骤ST7B)。运转结果取得部111A取得的运转结果被存储于运转结果存储部112A。

[0184] 评价值计算部121A计算存储在运转结果存储部112A中的运转结果所包含的参数的评价值。评价值计算部121A计算出的评价值与参数对应地存储于评价值存储部122A。制约条件计算部123使用运转结果存储部112A所存储的运转结果来计算制约条件。制约条件计算部123计算出的制约条件与参数对应地存储于评价值存储部122A。

[0185] 学习预测部1311B将评价值存储部122A所存储的参数、评价值以及制约条件用作学习用数据,使机器学习模型(或者事先学习模型)学习参数、评价值以及制约条件之间的关系(步骤ST8B)。学习预测部1311B生成表示机械装置2的运转条件的参数的搜索候选点(步骤ST9B)。

[0186] 接着,学习预测部1311B使用机器学习模型(或者事先学习模型),来预测搜索候选点的参数、评价值以及制约条件之间的关系(步骤ST10B)。例如,在将贝叶斯优化用于决定搜索对象的参数的情况下,学习预测部1311B计算被称为获取函数的函数值,使用获取函数值来计算下一个搜索对象。

[0187] 搜索结束判定部132B基于预测结果存储部1312B所存储的预测结果,来判定是否结束参数搜索(步骤ST11B)。在判定为搜索结束指标小于阈值的情况下(步骤ST11B;是),搜索结束判定部132B判定为结束参数搜索。由此,结束图10所示的一系列处理。另一方面,在判定为搜索结束指标为阈值以上的情况下(步骤ST11B;否),搜索结束判定部132B判定为继续参数搜索,将此次的预测结果从预测结果存储部1312B读出并输出到参数决定部133B。

[0188] 搜索参数计算部1331B将考虑了搜索候选点的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选点计算为下一个搜索对象(步骤ST12B)。参数指令部1332B向机械装置2指

示由搜索参数计算部1331B计算出的搜索对象的参数。机械装置2按照从参数指令部1332B接收到的参数所示的运转条件进行动作。

[0189] 之后,返回到步骤ST5B的处理,重复进行上述的处理。

[0190] 另外,实施方式3的参数搜索装置1B是向实施方式2的结构追加事先学习部1313而得到的,但也可以向实施方式1的结构追加事先学习部1313。

[0191] 例如,事先学习部1313使用事先数据存储部32所存储的事先数据,通过事先学习模型来学习搜索候选中的参数与评价值的关系。学习了参数与评价值的关系的事先学习模型被输出到学习预测部1311B。学习预测部1311B使用评价值存储部122A所存储的参数和评价值,通过事先学习模型进一步学习参数与评价值的关系,由此,将学习后的事先学习模型用作上述机器学习模型。

[0192] 参数搜索装置1B通过使用事先学习的模型,即便表示机械装置2的运转结果的数据较少,也能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0193] 如以上那样,在实施方式3的参数搜索装置1B中,参数搜索部13B取得事先学习了参数与评价值的关系的事先学习模型,使用事先学习模型对机器学习模型进行学习。

[0194] 机器学习模型在学习数据较少时,学习变得不充分,无法高精度地进行预测。因此,使用了学习不充分的机器学习模型的参数搜索的效率也变差。与此相对,通过使用事先学习的模型,即便表示机械装置2的运转结果的数据较少,参数搜索装置1B也能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0195] 在实施方式3的参数搜索装置1B中,参数搜索部13B取得事先学习了参数、制约条件以及评价值之间的关系的事先学习模型,使用事先学习模型对机器学习模型进行训练。

[0196] 通过使用事先学习的模型,即便表示机械装置2的运转结果的数据较少,参数搜索装置1B也能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0197] 实施方式4.

[0198] 实施方式4除了使用机械装置的运转结果之外,还使用设置于机械装置的外部传感器检测到的外部信息,来预测表示机械装置的运转条件的参数、评价值以及外部信息之间的关系,或者参数、制约条件以及外部信息之间的关系。

[0199] 图11是示出实施方式4的参数搜索装置1C的结构的框图。在图11中,参数搜索装置1C使用事先数据收集装置3收集到的事先数据和外部传感器4检测到的外部信息,来学习表示机械装置2的运转条件的参数、评价值以及制约条件之间的关系。参数搜索装置1C使用参数、评价值以及制约条件之间的关系的预测结果,来搜索机械装置2的目标运转条件。

[0200] 事先数据收集装置3在参数搜索装置1C搜索参数之前,取得与机械装置2的特性相关的数据。事先数据收集装置3具备事先数据取得部31和事先数据存储部32。例如,如图11所示,事先数据收集装置3是与参数搜索装置1C分开设置的外部装置。

[0201] 此外,事先数据收集装置3也可以是参数搜索装置1C的内部装置。

[0202] 事先数据取得部31取得与机械装置2的特性相关的数据。例如,与机械装置2的特性相关的数据是为了预测参数与评价值的关系或者参数与制约条件的关系而使用的数据。参数搜索装置1C通过将机械装置2的特性相关的数据用作学习数据,能够预测参数与评价值的关系或者参数与制约条件的关系。

[0203] 事先数据存储部32是存储由事先数据取得部31取得的事先数据的存储装置。事先

数据存储部32可以是事先数据收集装置3具备的存储装置,也可以是与事先数据收集装置3分开设置的外部存储装置。例如,事先数据存储部32也可以是能够经由网络从参数搜索装置1C和事先数据取得部31读写的云装置。

[0204] 外部传感器4是设置于机械装置2的周边或内部的传感器,对关于机械装置2的外部信息进行检测。外部信息是包含机械装置2的周边信息和与运转任务相关的信息中的至少一方的信息。例如,在机械装置2是加工机的情况下,外部信息是表示机械装置2的温度、振动或者加工工件的形状的信息。它们是对被加工物的加工形状的平滑度和加工速度造成影响的信息。

[0205] 参数搜索装置1C具备运转结果收集部11B、评价值取得部12B以及参数搜索部13C。运转结果收集部11B具备运转结果取得部111B、运转结果存储部112B、传感器数据取得部113以及传感器数据存储部114。评价值取得部12B具备评价值计算部121B、评价值存储部122B以及制约条件计算部123A。参数搜索部13C具备机器学习部131C、搜索结束判定部132C以及参数决定部133C。

[0206] 运转结果取得部111A取得除了包含表示机械装置2的运转条件的参数之外还包含机械装置2的运转中的制约条件在内的运转结果。运转结果存储部112A存储由运转结果取得部111A取得的运转结果。

[0207] 传感器数据取得部113从外部传感器4取得外部信息。例如,传感器数据取得部113通过有线或无线的通信从外部传感器4取得外部信息,使取得的外部信息存储于传感器数据存储部114。传感器数据存储部114存储由传感器数据取得部113取得的外部信息。

[0208] 评价值取得部12B除了取得使用机械装置2的运转结果和外部信息求出的参数的评价值之外,还取得制约条件。评价值计算部121B使用运转结果来计算参数的评价值,使用外部信息来计算参数的评价值。同样,制约条件计算部123A使用运转结果来计算在机械装置2的运转中应满足的制约条件,使用外部信息来计算制约条件。

[0209] 评价值存储部122B存储参数、评价值以及制约条件。评价值存储部122B是作为参数搜索装置1发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等存储器或者图5B的存储器104等。

[0210] 机器学习部131C基于机械装置2的运转结果而生成用于预测搜索候选中的参数、评价值以及制约条件之间的关系的机器学习模型,使用机器学习模型来预测参数、评价值以及制约条件之间的关系。

[0211] 如图11所示,机器学习部131C具备学习预测部1311C、预测结果存储部1312C以及事先学习部1313。

[0212] 学习预测部1311C基于机械装置2的运转结果来生成参数和制约条件的搜索候选,将搜索候选作为学习数据,使机器学习模型学习运转结果所包含的参数、制约条件以及评价值之间的关系。

[0213] 此外,学习预测部1311C使用由事先学习部1313学习后的事先学习模型,生成上述机器学习模型。

[0214] 例如,上述机器学习模型和事先学习模型是相同种类的模型。学习预测部1311C使用评价值存储部122C所存储的参数、评价值以及制约条件,通过事先学习模型进一步学习参数、评价值以及制约条件之间的关系,由此,将学习后的事先学习模型用作上述机器学习

模型。

[0215] 参数搜索装置1C通过使用事先学习的模型,即便表示机械装置2的运转结果的数据较少,也能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0216] 学习预测部1311C使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数、制约条件以及评价价值之间的关系。

[0217] 例如,学习预测部1311C通过机器学习模型来学习参数与制约条件的关系,使用该机器学习模型,预测满足制约条件的参数与评价价值的关系。通过利用该预测结果,参数搜索装置1C能够搜索满足制约条件并且评价价值较高的参数。

[0218] 预测结果存储部1312C存储机器学习模型的预测结果。预测结果存储部1312C是作为参数搜索装置1C发挥功能的计算机具备的存储装置,包含HDD或SSD等存储器或者图5B的存储器104等。

[0219] 事先学习部1313使用事先数据存储部32所存储的事先数据,通过事先学习模型来学习搜索候选中的参数、评价价值以及制约条件之间的关系。学习了参数、评价价值以及制约条件之间的关系的事先学习模型被输出到学习预测部1311C。

[0220] 搜索结束判定部132C基于机器学习模型的预测结果,判定参数搜索的结束。例如,学习预测部1311C针对评价价值和制约条件,使用高斯过程回归模型来预测与参数之间的关系。例如如果搜索结束指标为阈值以上,则搜索结束判定部132C判定为继续参数搜索,当搜索结束指标小于阈值时,搜索结束判定部132C判定为结束参数搜索。当判定为继续参数搜索时,搜索结束判定部132C将此次的预测结果从预测结果存储部1312C读出并输出到参数决定部133C。

[0221] 参数决定部133C在基于机器学习模型的预测结果而判定为继续参数搜索的情况下,决定下一个要搜索的参数。如图11所示,参数决定部133C具备搜索参数计算部1331C和参数指令部1332C。

[0222] 搜索参数计算部1331C计算下一个要搜索的参数。

[0223] 例如,搜索参数计算部1331C将关于参数、评价价值以及制约条件之间的关系的此次预测结果中的参数、评价价值以及制约条件之间的关系最接近目标的搜索候选点计算为下一个搜索对象。

[0224] 在将贝叶斯优化用于参数搜索的情况下,搜索参数计算部1331C将考虑了搜索候选的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选点设为下一个搜索对象。

[0225] 参数指令部1332C向机械装置2指示由搜索参数计算部1331C计算出的参数。例如,参数指令部1332C通过无线或有线的通信装置(图11中未图示)将搜索对象的参数发送到机械装置2。机械装置2按照从参数指令部1332C接收到的参数所示的运转条件进行动作。

[0226] 另外,示出了运转结果存储部112A、评价价值存储部122B以及预测结果存储部1312C是各自不同的存储部的情况,但这些存储部也可以设置于一个存储装置的存储区域。

[0227] 此外,示出了运转结果存储部112A、评价价值存储部122B以及预测结果存储部1312C是参数搜索装置1C具备的存储部的情况,但也可以是参数搜索装置1C分开设置的外部存储装置具备的存储部。

[0228] 另外,外部存储装置是能够通过无线或有线的通信从参数搜索装置1C读出存储内容的存储装置。

[0229] 另外,实施方式4的参数搜索装置1C是将实施方式3的结构中的运转结果收集部11A替换为运转结果收集部11B并将评价价值取得部12A替换为评价价值取得部12B而得到的。

[0230] 此外,参数搜索装置1C也可以仅将实施方式1的参数搜索装置1中的运转结果收集部11替换为运转结果收集部11B,从传感器数据存储部114仅向评价价值计算部121输出外部信息。

[0231] 在该情况下,评价价值计算部121使用运转结果来计算参数的评价价值,使用外部信息来计算参数的评价价值。由于能够使用机械装置2的周边信息或者与运转任务相关的信息对机器学习模型进行学习,因此,机器学习模型的预测精度提高。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0232] 如以上那样,在实施方式4的参数搜索装置1C中,运转结果收集部11B还取得包含机械装置2的周边信息和与运转任务相关的信息中的至少一方的外部信息。评价价值取得部12B使用外部信息来计算参数的评价价值。由于能够使用外部信息对机器学习模型进行学习,因此,基于机器学习模型的参数与评价价值的关系的预测精度提高。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0233] 在实施方式4的参数搜索装置1C中,运转结果收集部11B还取得包含机械装置2的周边信息和与运转任务相关的信息中的至少一方的外部信息。评价价值取得部12B使用外部信息,计算制约条件的评价价值。由于能够使用外部信息对机器学习模型进行学习,因此,基于机器学习模型的参数、评价价值以及制约条件之间的关系预测精度提高。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示机械装置2的运转条件的参数。

[0234] 实施方式5.

[0235] 图12是示出实施方式5的参数搜索装置1的结构框图。在实施方式5中,机械装置是空调冷热设备2A,实施方式1的参数搜索装置1搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0236] 图13是示出空调冷热设备2A的制冷循环的概念图。空调冷热设备2A例如是空调机、换气设备、卫生设备、制冷机或者热水器等。如图13所示,空调冷热设备2A具备室内机21和室外机22。

[0237] 室内机21具备室内热交换器211和电子膨胀阀212。室外机22具备旁通用的电子膨胀阀221、制冷剂-制冷剂热交换器222、四通阀223、压缩机224、储液器225、室外热交换器226、电磁阀227A以及电磁阀227B。空调冷热设备2A由输送制冷剂的压缩机224、向周边的流体释放制冷剂的热的冷凝器、从周边的流体向制冷剂吸收热的蒸发器、以及用于向制冷剂赋予压力差的电子膨胀阀212和电子膨胀阀221构成。冷凝器是室外机22具备的室外热交换器226,蒸发器是室内机21具备的室内热交换器211。

[0238] 运转结果收集部11收集包含表示空调冷热设备2A的运转条件的参数在内的运转结果。例如,参数包含空调冷热设备2A具备的电子膨胀阀212的开度、电子膨胀阀221的开度、四通阀223的开度、电磁阀227A和227B的开度、压缩机224的工作频率、风扇的风量、风扇的转速、决定吹出方向的叶片的角度以及冷暖控制对象水的流量中的至少一方。由此,参数搜索装置1能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0239] 评价价值计算部121使用空调冷热设备2A的运转结果,计算表示空调冷热设备2A的运转条件的参数的评价价值。例如,评价价值包含空调冷热设备2A的制冷制热能力、表示与空调

冷热设备2A的功耗对应的制冷制热能力的能源效率(COP)、空调冷热设备2A的舒适性指标(PMV)、空调冷热设备2A具备的吹出口的温度、空调冷热设备2A的冷暖控制对象水的出口温度、以及通过空调冷热设备2A的冷暖控制而排出的二氧化碳浓度中的至少一方。由此,参数搜索装置1能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0240] 例如,在额定制冷中想要使COP最大化的情况下,无法对COP进行直接测定。因此,通过评价价值计算部121按照下述式(11)来计算COP。参数搜索部13搜索COP的值成为最大的参数。

[0241] 此外,评价价值计算部121通常能够基于室内机21中的热收支(吸入或吹出空气的温度或湿度的差和风量)来计算制冷制热能力。

[0242] 此外,学习预测部1311也可以使用储液器225或者室内外的空气温度来计算制冷剂的物性,基于该计算结果来预测制冷剂的热收支。

[0243]
$$\text{COP} = \text{额定能力 (kW)} / \text{额定功耗 (kW)} \quad (11)$$

[0244] 图14是示出实施方式5的参数搜索方法的流程图,示出参数搜索装置1和空调冷热设备2A的动作。

[0245] 首先,搜索参数计算部1331决定搜索对象的参数的初始值(步骤ST1C)。例如,搜索参数计算部1331从表示空调冷热设备2A的各种运转条件的参数中随机地决定搜索对象的参数的初始值。此外,在事先知晓评价价值较高的参数的情况下,也可以将该参数设为初始值。

[0246] 接下来,参数指令部1332向空调冷热设备2A指示由搜索参数计算部1331计算出的搜索对象的参数的初始值(步骤ST2C)。例如,参数指令部1332经由空调控制器(图12中未图示),将搜索对象的参数的初始值发送到空调冷热设备2A进行设定。

[0247] 空调冷热设备2A在从参数指令部1332接收到参数的初始值时,按照接收到的参数的值所示的运转条件进行动作(步骤ST3C)。

[0248] 当空调冷热设备2A开始动作时,运转结果取得部111经由空调控制器从空调冷热设备2A依次取得运转结果(步骤ST4C)。运转结果取得部111取得的运转结果被存储于运转结果存储部112。

[0249] 接着,运转结果取得部111确认是否预测空调冷热设备2A的制冷能力(步骤ST5C)。例如,运转结果取得部111在空调控制器显示确认画面并向用户进行询问。

[0250] 在预测空调冷热设备2A的制冷能力的情况下(步骤ST5C;是),运转结果取得部111预测空调冷热设备2A的制冷能力(步骤ST6C)。

[0251] 例如,运转结果取得部111使用空调冷热设备2A具备的储液器或者室内外的空气温度,来预测空调冷热设备2A的制冷剂的热收支,使用制冷剂的热收支的预测结果来计算空调冷热设备2A的制冷能力。接下来,评价价值计算部121计算表示空调冷热设备2A的制冷能力的参数的评价价值。评价价值计算部121计算出的评价价值与参数对应地存储于评价价值存储部122。

[0252] 在不预测空调冷热设备2A的制冷能力的情况下(步骤ST5C;否),运转结果取得部111使用运转结果存储部112所存储的运转结果,来计算表示空调冷热设备2A的制冷能力的参数(步骤ST7C)。

[0253] 例如,运转结果取得部111使用空调冷热设备2A的吸入口或者吹出口的空气的温

度或湿度的差以及风量的计测数据,来计算空调冷热设备2A的制冷能力。评价值计算部121计算表示空调冷热设备2A的制冷能力的参数的评价值。评价值计算部121计算出的评价值与参数对应地存储于评价值存储部122。

[0254] 学习预测部1311将评价值存储部122所存储的参数和评价值用作学习用数据,使机器学习模型学习参数与评价值的关系(步骤ST8C)。接下来,学习预测部1311生成表示空调冷热设备2A的制冷能力的参数的搜索候选(步骤ST9C)。例如,学习预测部1311使用评价值存储部122所存储的表示参数和评价值的信息,随机地生成多个搜索候选。

[0255] 学习预测部1311使用机器学习模型,来预测搜索候选中的参数与评价值的关系(步骤ST10C)。例如,在将贝叶斯优化用于决定搜索对象的参数的情况下,学习预测部1311通过计算被称为获取函数的函数值,来计算下一个搜索对象。

[0256] 搜索结束判定部132基于预测结果存储部1312所存储的预测结果,判定是否结束参数搜索(步骤ST11C)。

[0257] 例如,搜索结束判定部132对作为机器学习模型的高斯过程回归模型的预测结果即搜索候选的平均 μ 、标准偏差 σ 以及最佳搜索 y_{best} 进行比较,将超过最佳搜索 y_{best} 的搜索候选的数量作为搜索结束指标 S_t 。

[0258] 在判定为搜索结束指标 S_t 小于阈值的情况下(步骤ST11C;是),搜索结束判定部132判定为结束参数搜索。由此,结束图14所示的一系列处理。另一方面,在判定为搜索结束指标 S_t 为阈值以上的情况下(步骤ST11C;否),搜索结束判定部132判定为继续参数搜索,将此次预测结果从预测结果存储部1312读出并输出到参数决定部133。

[0259] 搜索参数计算部1331将考虑了搜索候选的平均 μ 和标准偏差 σ 的获取函数的值最大的搜索候选计算为下一个搜索对象(步骤ST12C)。参数指令部1332向空调冷热设备2A指示由搜索参数计算部1331计算出的搜索对象的参数。空调冷热设备2A按照从参数指令部1332接收到的参数所示的运转条件进行动作。之后,返回到步骤ST2C的处理,重复进行上述的处理。

[0260] 图15是示出具备参数搜索装置1的空调冷热设备2B的结构框图。如图15所示,作为机械装置的空调冷热设备2B也可以具备参数搜索装置1。空调冷热设备2B除了具备参数搜索装置1之外,还具备流量计23和空调控制器24。

[0261] 流量计23计测空调冷热设备2B的吸入口或吹出口处的风量。空调控制器24在输入了搜索结果的参数时,将其设定于空调冷热设备2B。由此,空调冷热设备2B以参数搜索装置1搜索到的参数所示的运转条件进行运转。

[0262] 另外,在实施方式5中,参数搜索装置1是搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数的装置。同样,参数搜索装置1A、1B或者1C也可以是搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数的装置。

[0263] 在参数搜索装置1C搜索空调冷热设备2A的参数的情况下,外部信息例如包含空调冷热设备2A具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、液管的长度、制冷剂量、以及热负荷中的至少一方。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0264] 如以上那样,在实施方式5的参数搜索装置1中,机械装置是空调冷热设备2A。参数包含空调冷热设备2A具备的电子膨胀阀212的开度、电子膨胀阀221的开度、四通阀223的开

度、电磁阀227A的开度、电磁阀227B的开度、压缩机224的工作频率、风扇的风量、风扇的转速、决定吹出方向的叶片的角度、以及冷暖控制对象水的流量中的至少一方。由此,参数搜索装置1能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0265] 在实施方式5的参数搜索装置1中,评价值包含空调冷热设备2A的制冷制热能力、表示与空调冷热设备2A的功耗对应的制冷制热能力的COP、空调冷热设备2A的PMV、空调冷热设备2A具备的吹出口的温度、空调冷热设备2A的冷暖控制对象水的出口温度、以及通过空调冷热设备2A的冷暖控制而排出的二氧化碳浓度中的至少一方。由此,参数搜索装置1能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0266] 在实施方式5的参数搜索装置1C中,外部信息包含空调冷热设备2A具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、液管的长度、制冷剂量、以及热负荷中的至少一方。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0267] 实施方式6.

[0268] 图16是示出实施方式6的参数搜索装置1A的结构的框图。

[0269] 在实施方式6中,机械装置是空调冷热设备2C,实施方式2的参数搜索装置1A搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数。

[0270] 制约条件计算部123使用运转结果取得部111A取得的运转结果,计算在空调冷热设备2C的运转中应满足的制约条件。

[0271] 例如,在搜索表示符合JRA(日本制冷空调工业会标准规格)等规格的空调冷热设备2C的运转条件的参数的情况下,需要考虑空调冷热设备2C的制冷循环的稳定性。

[0272] 作为制约条件,例如,包含空调冷热设备2C的制冷制热能力、空调冷热设备2C的功耗、表示与空调冷热设备2C的功耗对应的制冷制热能力的COP、空调冷热设备2C具备的压缩机的吸入加热度、空调冷热设备2C具备的电子膨胀阀的入口的过冷却度、由压缩机控制的制冷剂的温度和压力、空调冷热设备2C的冷暖控制对象水的流量、温度及压力、以及空调冷热设备2C具备的电子基板的电子电路中流动的电流中的至少一方。通过考虑这些制约条件,参数搜索装置1A能够高效地搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数。

[0273] 例如,如果制冷能力为40kW以上是制约条件,则制约条件计算部123使用下述式(12)来计算制约条件c的值。

[0274] 制约条件 $c = \text{制冷能力实测值} - 40(\text{kW}) \geq 0$ (12)

[0275] 另外,在实施方式6中,参数搜索装置1A搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数。同样,参数搜索装置1B或1C也可以搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0276] 在参数搜索装置1B或1C搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数的情况下,事先数据收集装置3取得的事先数据是作为搜索候选的多个参数中的至少一个以及参数的评价价值。

[0277] 这里,在事先数据中,例如存在通过模拟器对空调冷热设备2C的运转进行模拟而得到的运转结果或者过去使空调冷热设备2C实验性地运转时的日志数据。

[0278] 在能够取得空调冷热设备2C的状态量和制约条件的情况下,事先学习部1313使用表示空调冷热设备2C的运转条件的参数、空调冷热设备2C的状态量、和表示制约条件的数据,生成学习了参数与制约条件的关系的事先学习模型。事先学习部1313使用该事先学习模型,预测参数与制约条件的关系,生成表示参数与制约条件的分布的事先分布。学习预测

部1311B或者1311C使用事先分布,使机器学习模型学习参数与制约条件的关系。由此,能够使用事先数据,进一步对以较少的学习数据事先学习的机器学习模型进行学习,因此,能够提高机器学习模型的预测的精度。由于机器学习模型的预测精度提高,因此,能够高效地搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数。

[0279] 实施方式6的参数搜索装置也可以是搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数的参数搜索装置1C。在该情况下,参数搜索装置1C使用设置于空调冷热设备2C的外部传感器检测到的外部信息,来预测表示空调冷热设备2C的运转条件的参数、评价值以及外部信息之间的关系,或者参数、制约条件以及外部信息之间的关系。

[0280] 作为外部传感器,例如举出在与空调冷热设备2C的室内机21相同的房间设置的温度传感器或者红外线相机。外部信息例如是包含空调冷热设备2C具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、配管(液管)的长度、制冷剂量、以及热负荷中的至少一方的信息。

[0281] 表示室外气温的信息也可以是运转结果收集部11A从网络取得的空调冷热设备2C周边的气温信息。此外,外部信息也可以是室内机21的台数或容量这样的表示空调冷热设备2C的结构的信息。

[0282] 热负荷是由室外的气温、存在于室内的人、或者可能成为热源的其他电子设备等规定的与室内的热源相关的信息。例如,在电子设备是智能手机的情况下,运转结果收集部11A使用室内的温度计检测到的温度信息、上述的智能手机的温度信息、红外线相机图像、以及设置有空调冷热设备2C的房间的周边的天气信息,来计算设置有空调冷热设备2C的房间内的热负荷。

[0283] 此外,运转结果收集部11A也可以考虑存在于室内的人数来计算热负荷。能够使用各个人携带的智能手机的位置信息、红外线相机图像、设置有空调冷热设备2C的房间的进出记录、或者各个人的日程信息来计算人数。此外,运转结果收集部11A也可以使用与设置有空调冷热设备2C的房间内的热负荷相关的物理模型、或者以预测热负荷的方式学习后的机器学习模型,来计算热负荷。

[0284] 与空调冷热设备2C具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、配管的长度或者配管的高低差相关的信息也可以由运转结果收集部11A从在网络上提供的空调冷热设备2C的目录信息中收集。

[0285] 另外,运转结果收集部11A可以收集各个数据的值作为上述的外部信息,也可以收集基于这些数据计算出的指标值。

[0286] 通过使用表示空调冷热设备2C的设置环境的外部信息,参数搜索装置1C能够按照空调冷热设备2C的每个提供目的地来搜索并设定适当的参数。由此,能够使空调冷热设备2C按照其每个设置环境以COP、制冷制热能力或功耗成为最大或最小的方式运转。

[0287] 图17是示出空调冷热设备2C的制冷循环的概念图。空调冷热设备2C例如是指空调机、换气设备、卫生设备、制冷机或者热水器等。如图17所示,空调冷热设备2A具备室内机21和室外机22。配管25A和配管25B是将室内机21与室外机22之间连接的配管。根据空调冷热设备2C的设置目的地的不同,将室内机21与室外机22连接的配管25A和配管25B的长度有时不同。配管25A和配管25B的长度是对空调冷热设备2C的运转造成较大影响的因素。因此,根据配管25A和配管25B的长度,表示空调冷热设备2C的运转中的最优的运转条件的参数、评价值或者制约条件也不同。

[0288] 于是,参数搜索装置1C也可以将配管25A和配管25B的长度用作外部信息,来预测表示空调冷热设备2C的运转条件的参数、评价值以及外部信息之间的关系,或者参数、制约条件以及外部信息之间的关系。

[0289] 这样,参数搜索装置1C考虑JRA等规格或者制冷循环的稳定性来搜索表示空调冷热设备2C的运转条件的参数,由此,能够提供品质高的空调冷热设备2C。

[0290] 如以上那样,在实施方式6的参数搜索装置1A中,机械装置是空调冷热设备2C。制约条件是空调冷热设备2C的制冷制热能力、空调冷热设备2C的功耗、表示与空调冷热设备2C的功耗对应的制冷制热能力的能源效率、空调冷热设备2C具备的压缩机224的吸入加热度、空调冷热设备2C具备的电子膨胀阀212、221的入口的过冷却度、压缩机224所控制的制冷剂的温度和压力、空调冷热设备2C的冷暖控制对象水的流量、温度及压力、以及空调冷热设备2C具备电子基板的电子电路中流动的电流中的至少一个值为固定范围内。

[0291] 由此,参数搜索装置1A能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0292] 在实施方式6的参数搜索装置1C中,外部信息包含空调冷热设备2C具备的干球的温度、湿球的温度、气管的长度、液管的长度、制冷剂量、以及热负荷中的至少一方。由此,参数搜索装置1C能够高效地搜索表示空调冷热设备2A的运转条件的参数。

[0293] 另外,能够进行各实施方式的组合或者各个实施方式的任意的结构要素的变形,或者在各个实施方式中能够省略任意的结构要素。

[0294] 产业上的可利用性

[0295] 本公开的参数搜索装置例如能够用于空调冷热设备的运转条件的搜索。

[0296] 附图标记说明

[0297] 1、1A、1B、1C参数搜索装置,2机械装置,2A、2B、2C空调冷热设备,3事先数据收集装置,4外部传感器,11、11A、11B运转结果收集部,12、12A、12B评价值取得部,13、13A、13B、13C参数搜索部,21室内机,22室外机,23流量计,24空调控制器,25A、25B配管,31事先数据取得部,32事先数据存储部,100输入接口,101输出接口,102处理电路,103处理器,104存储器,111、111A运转结果取得部,112、112A运转结果存储部,113传感器数据取得部,114传感器数据存储部,121、121A、121B评价值计算部,122、122A、122B评价值存储部,123、123A制约条件计算部,131、131A、131B、131C机器学习部,132、132A、132B、132C搜索结束判定部,133、133A、133B、133C参数决定部,211室内热交换器,212、221电子膨胀阀,222制冷剂热交换器,223四通阀,224压缩机,225储液器,226室外热交换器,227A、227B电磁阀,1311、1311A、1311B、1311C学习预测部,1312、1312A、1312B、1312C预测结果存储部,1313事先学习部,1331、1331A、1331B、1331C搜索参数计算部,1332、1332A、1332B、1332C参数指令部。

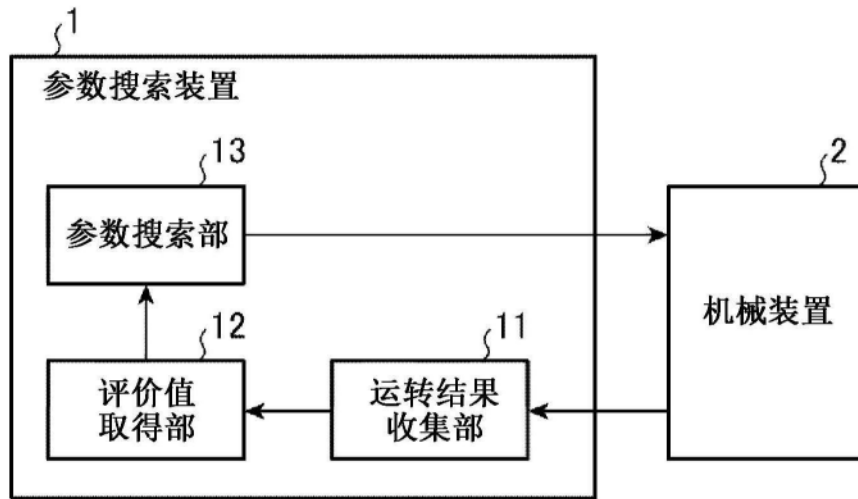


图1

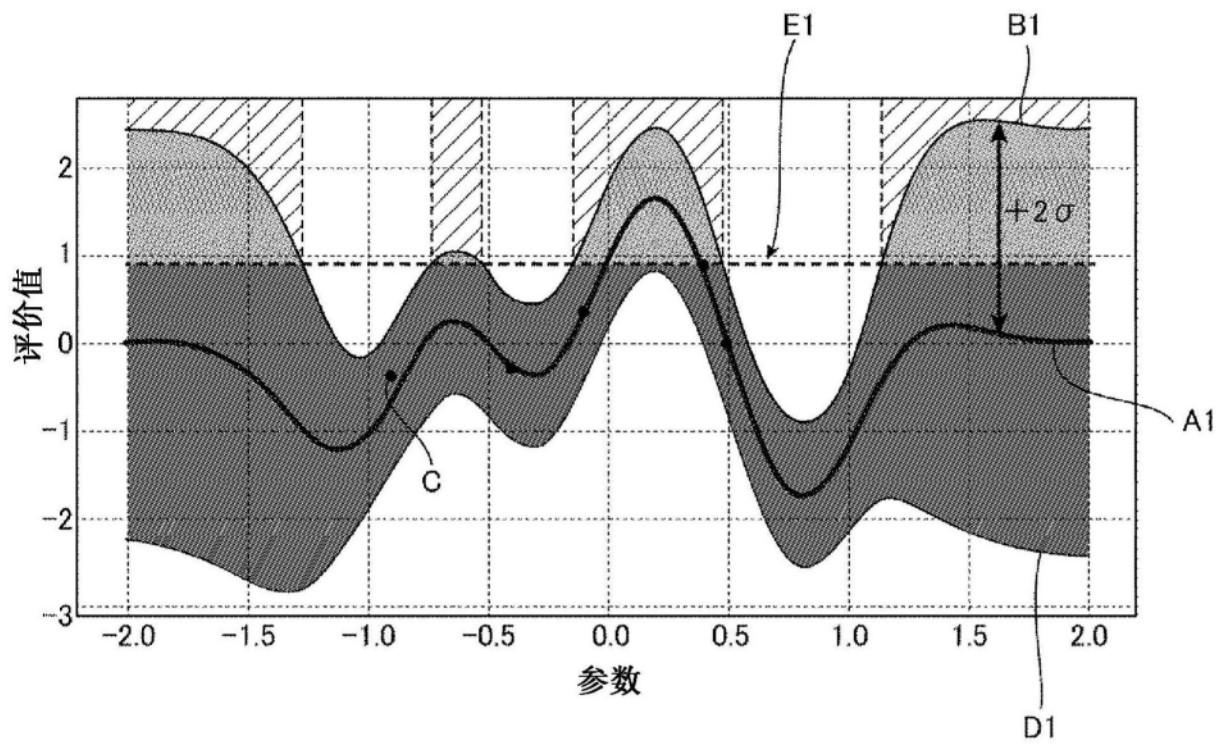


图2

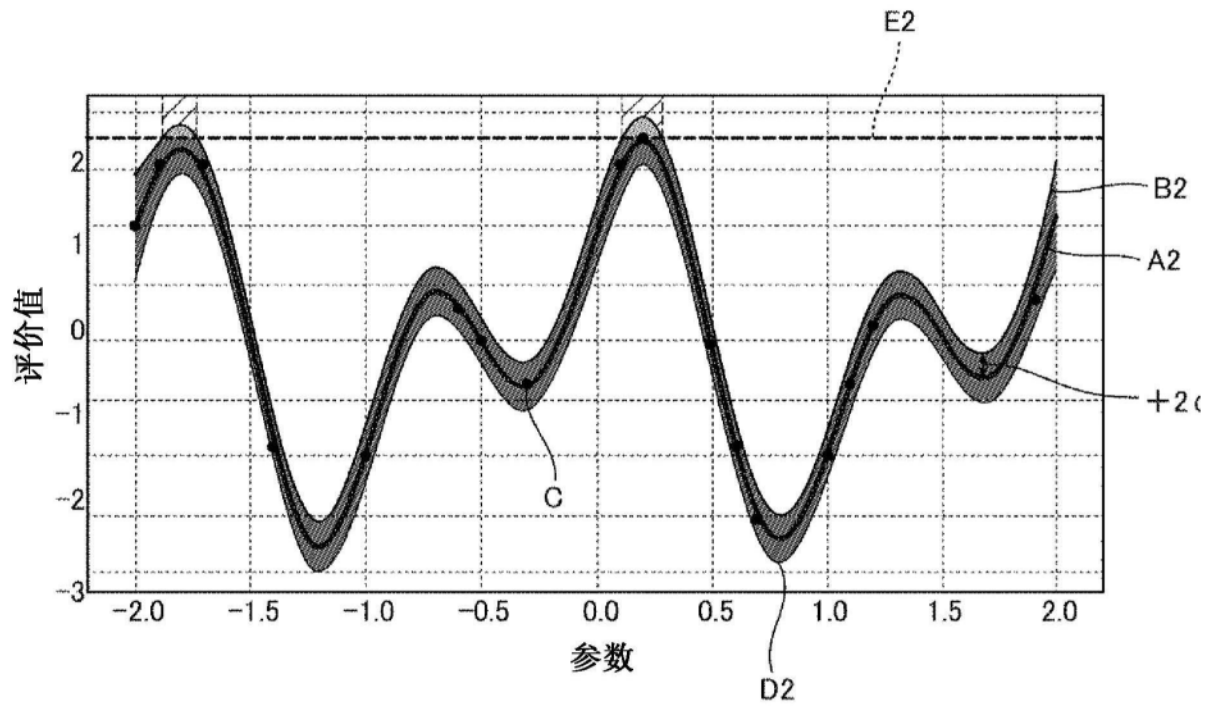


图3

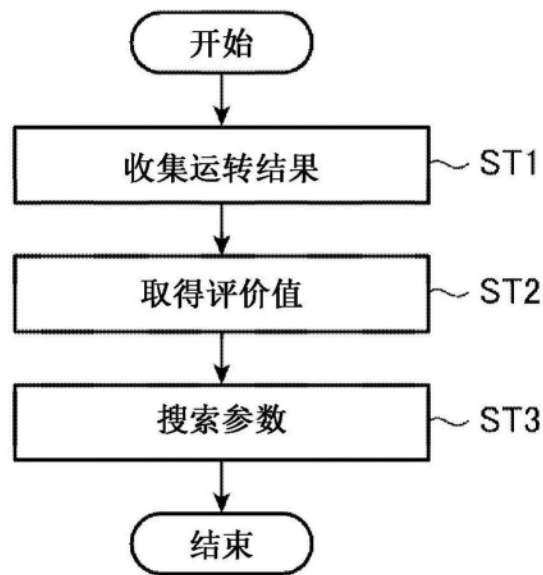


图4

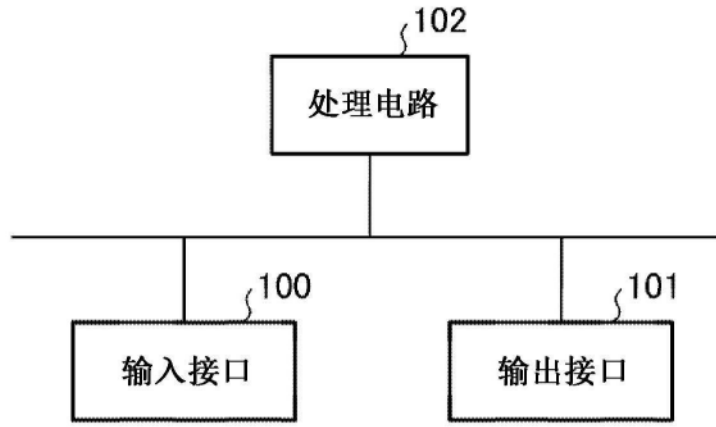


图5A

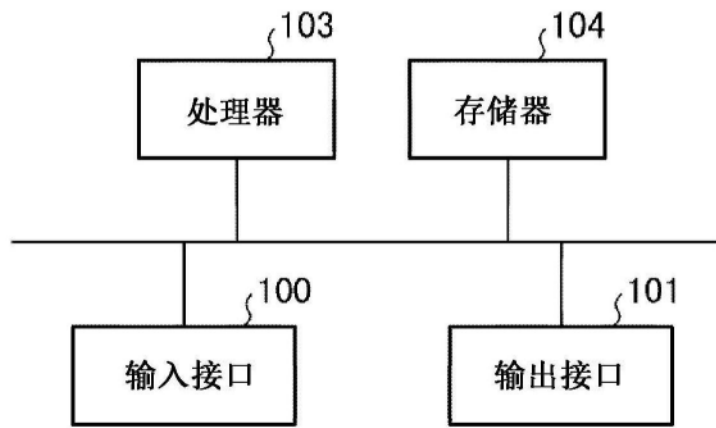


图5B

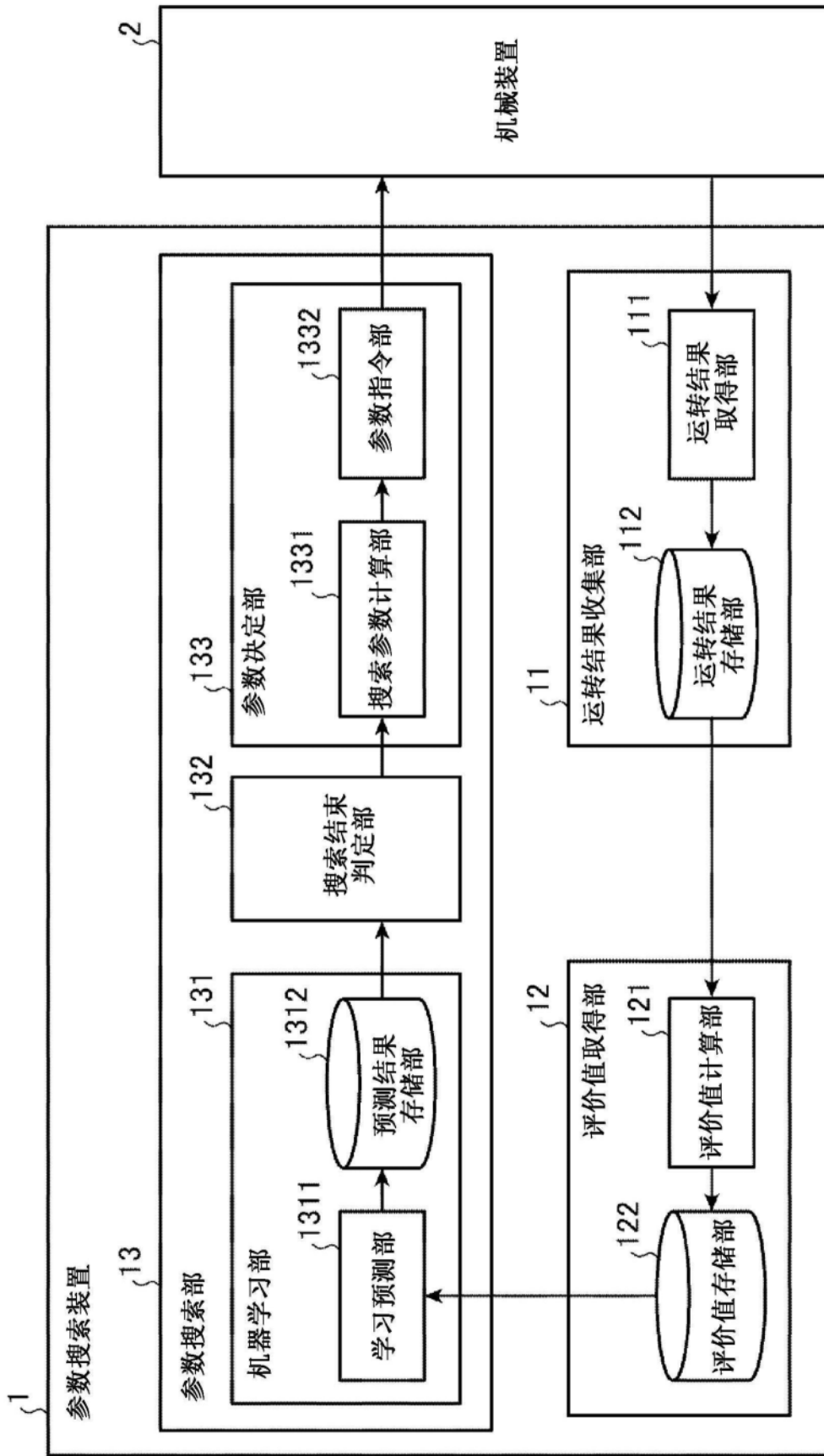


图6

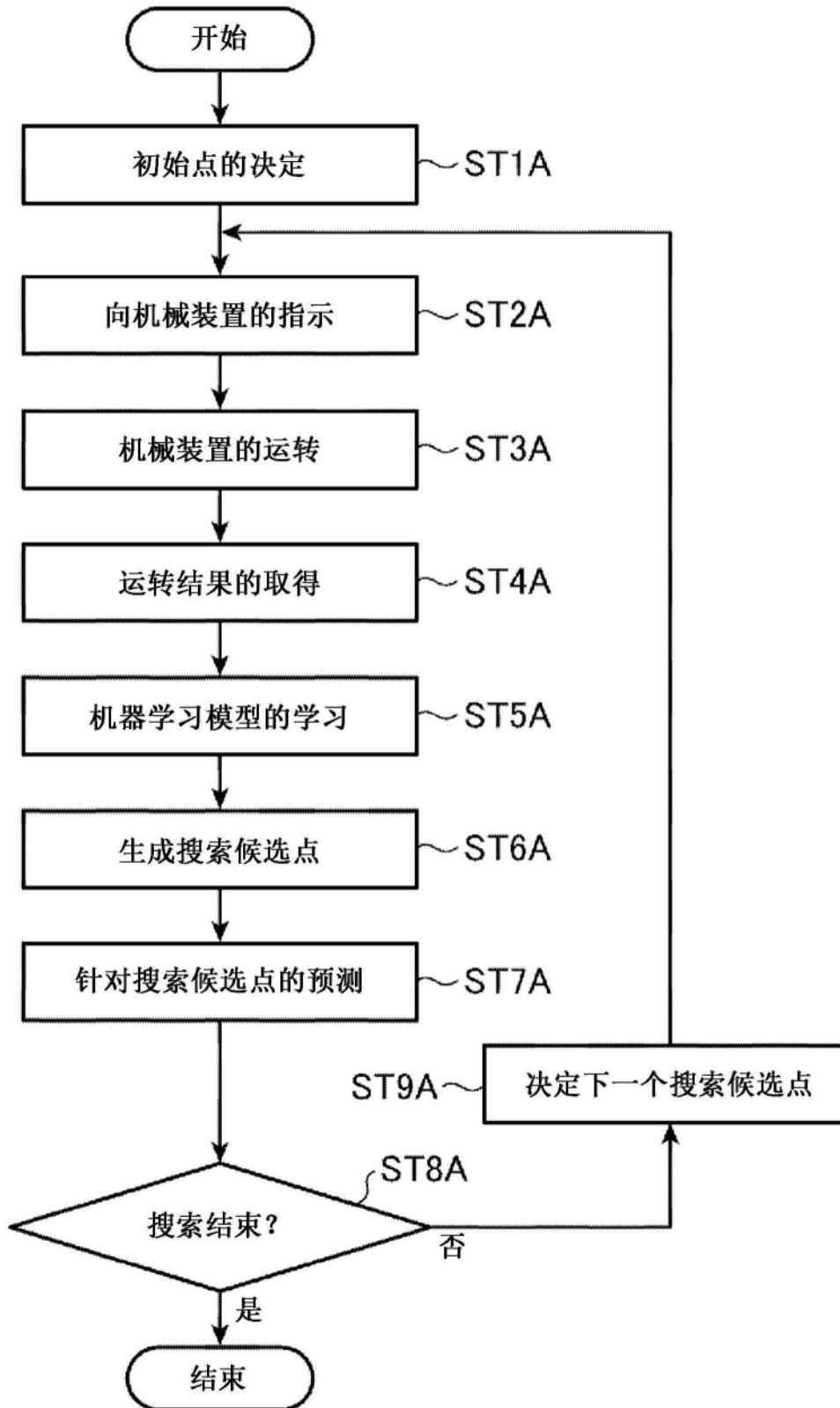


图7

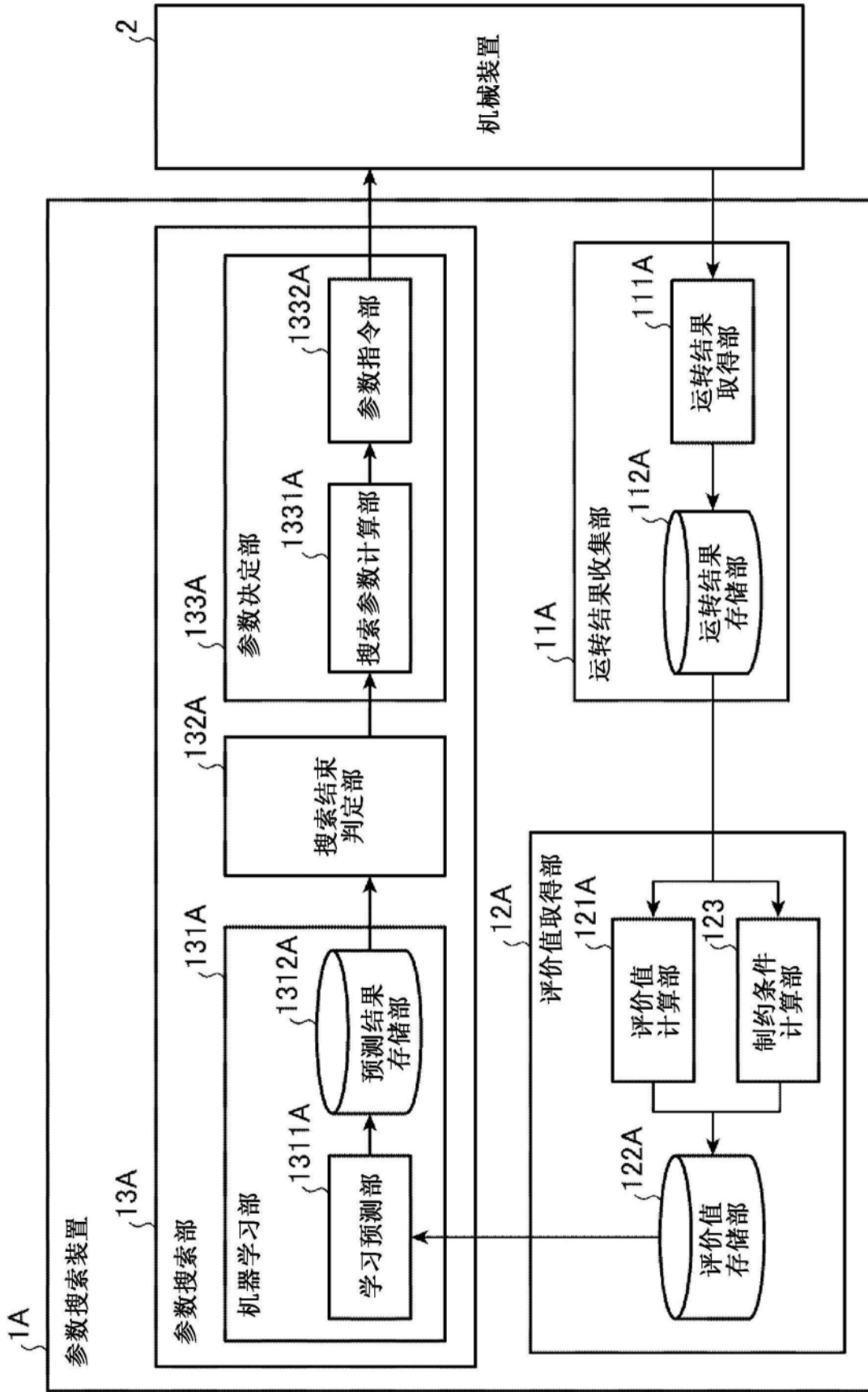


图8

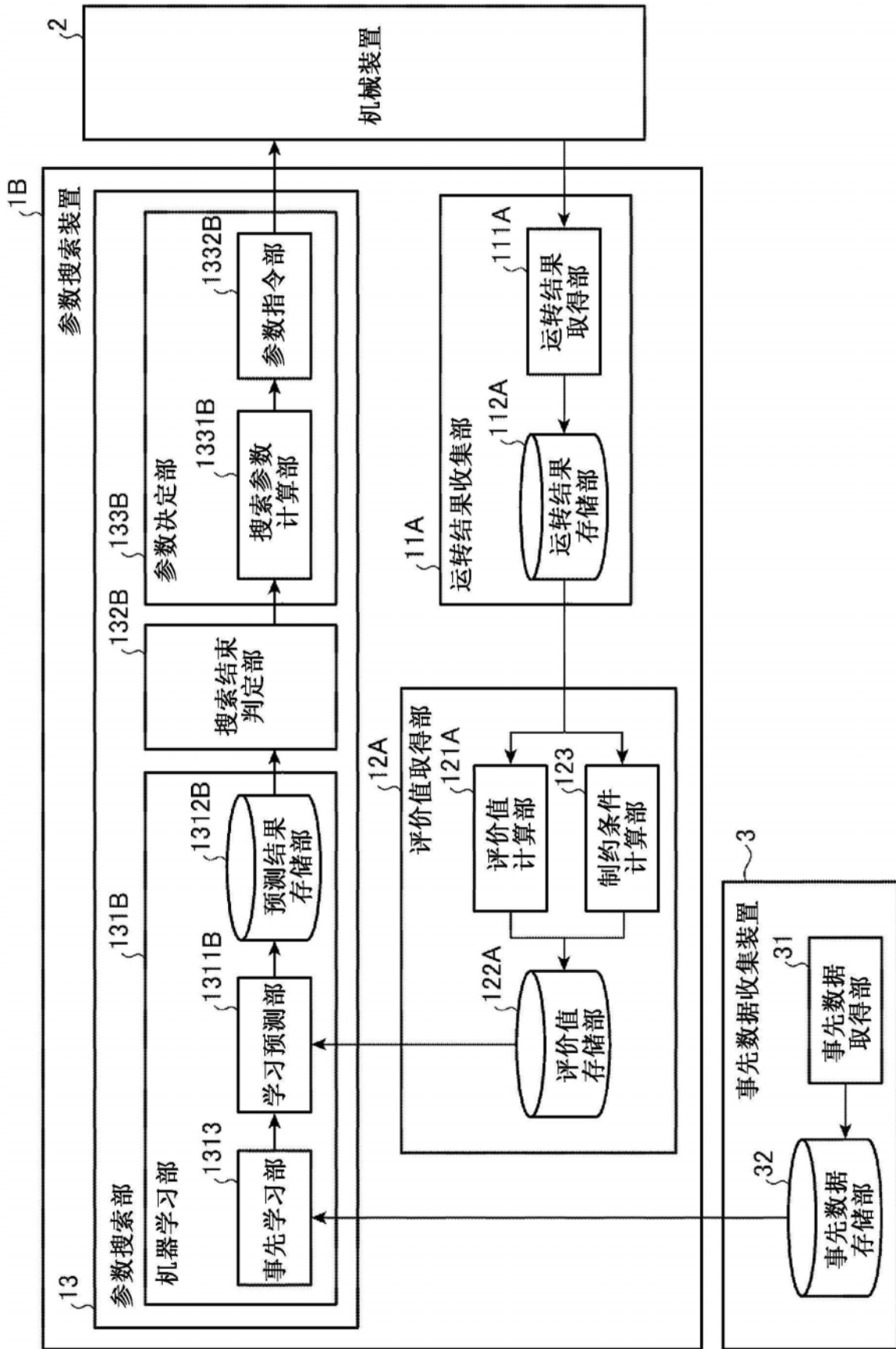


图9

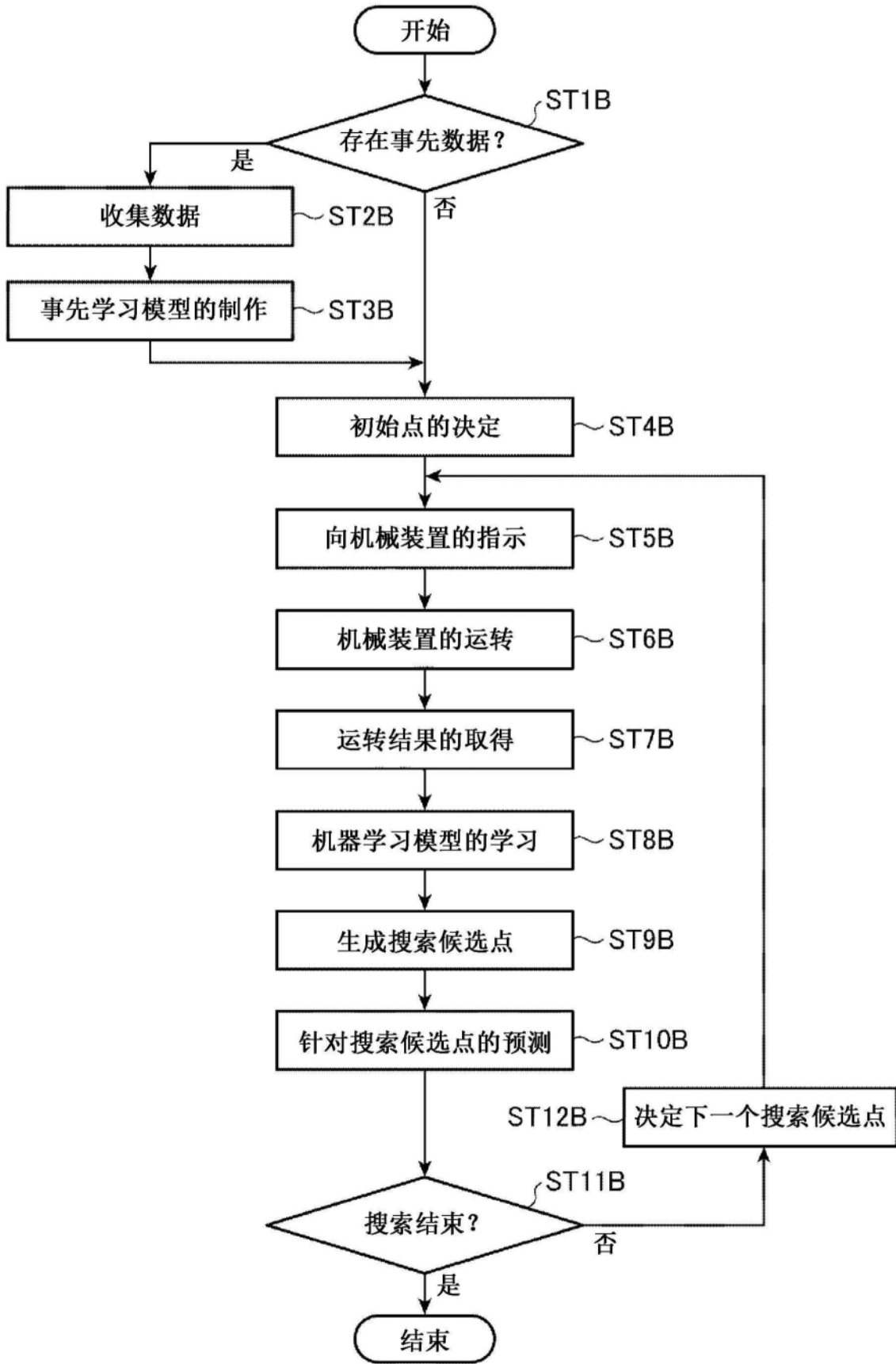


图10

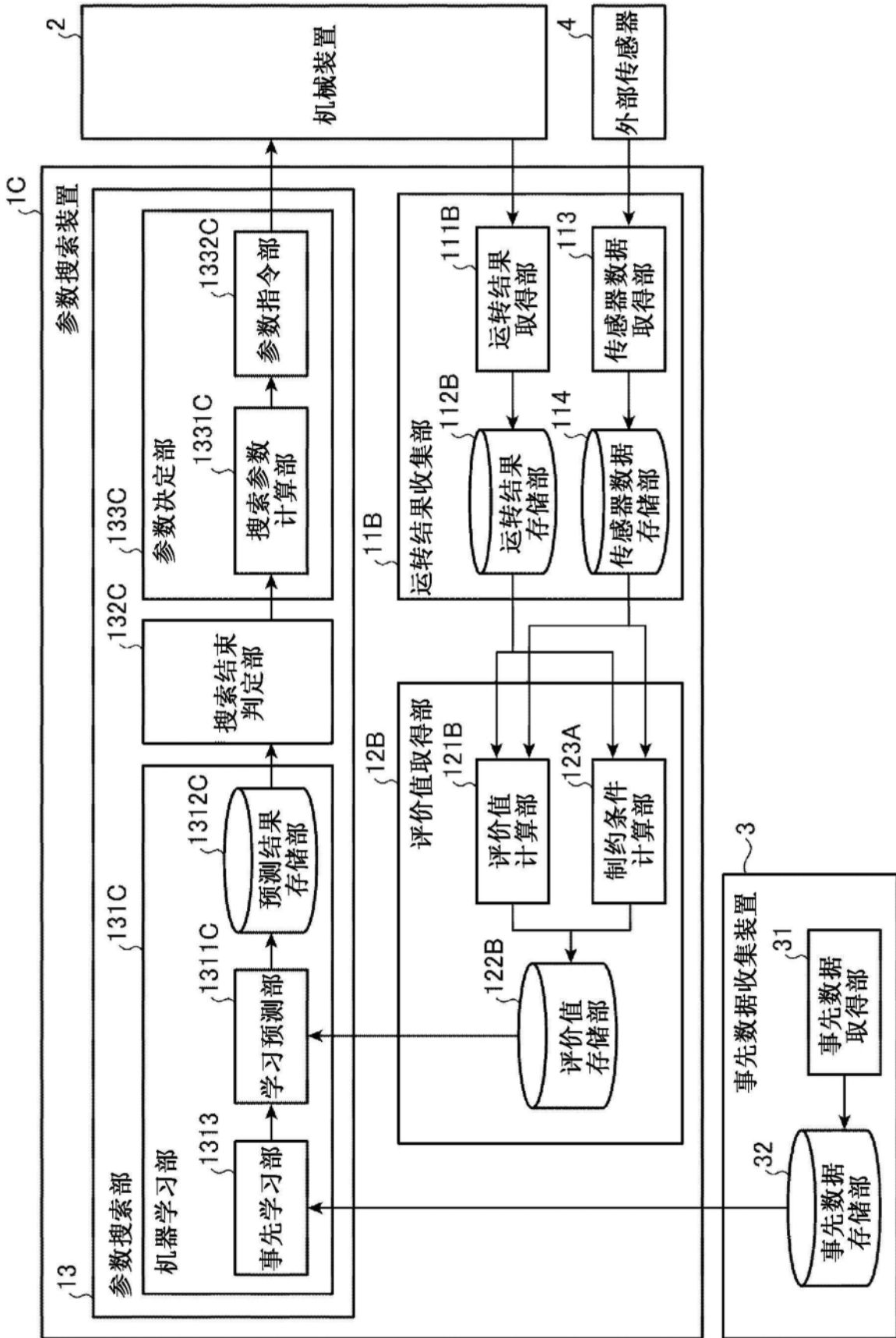


图11

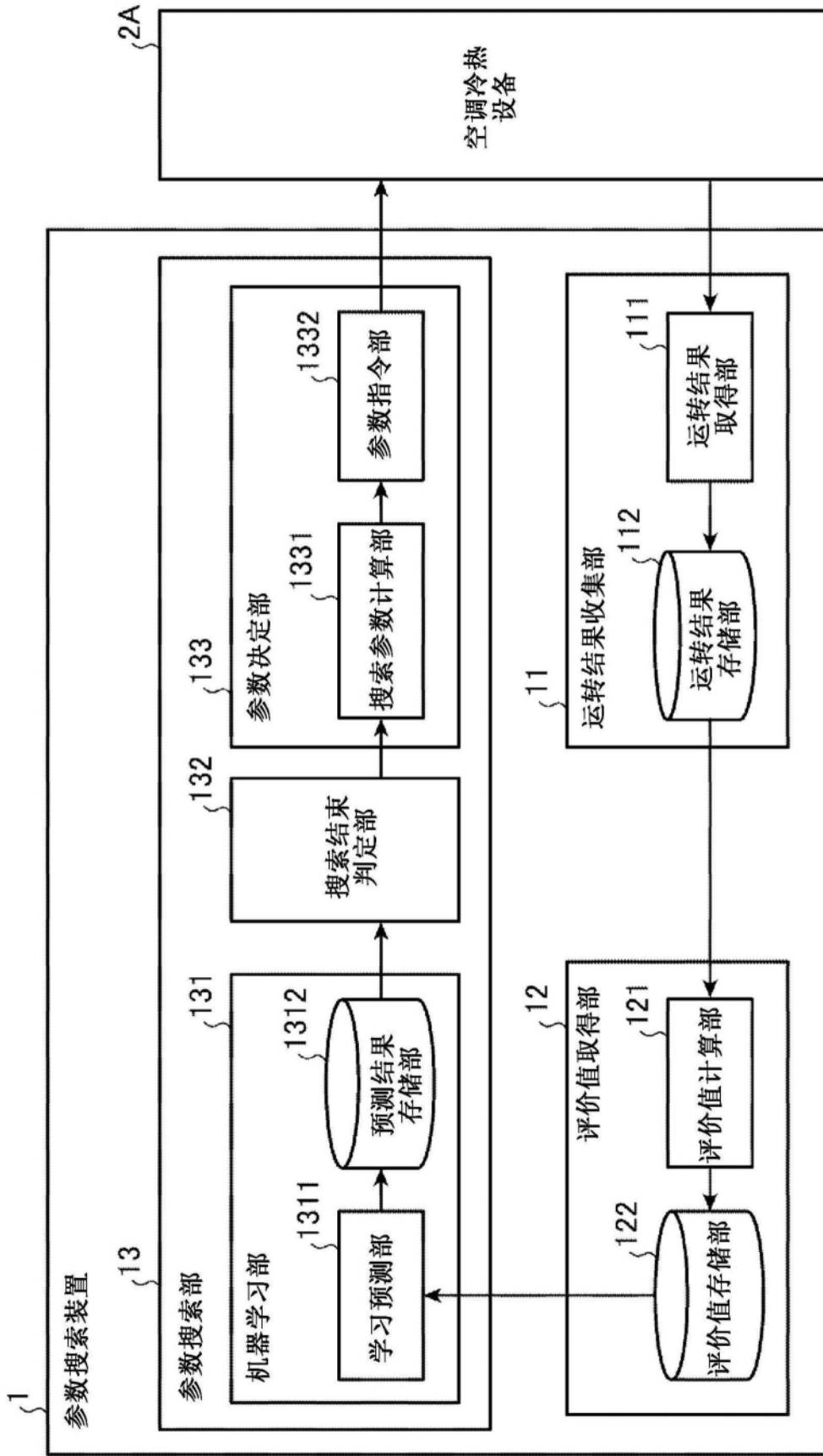


图12

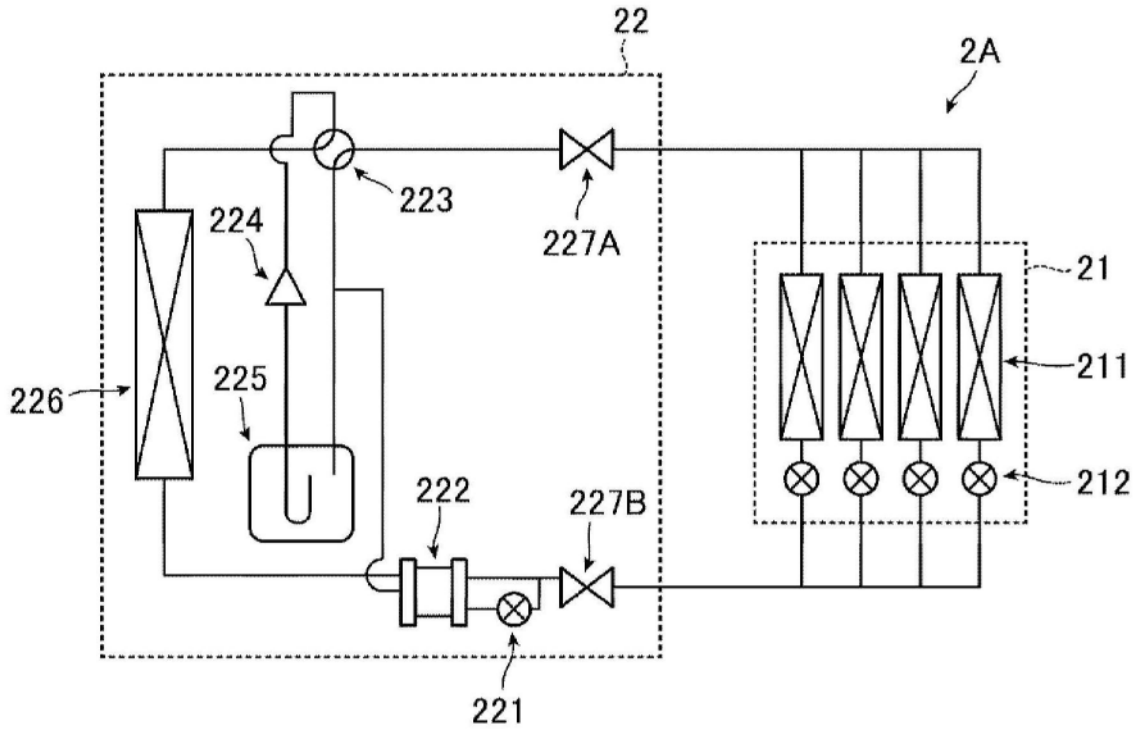


图13

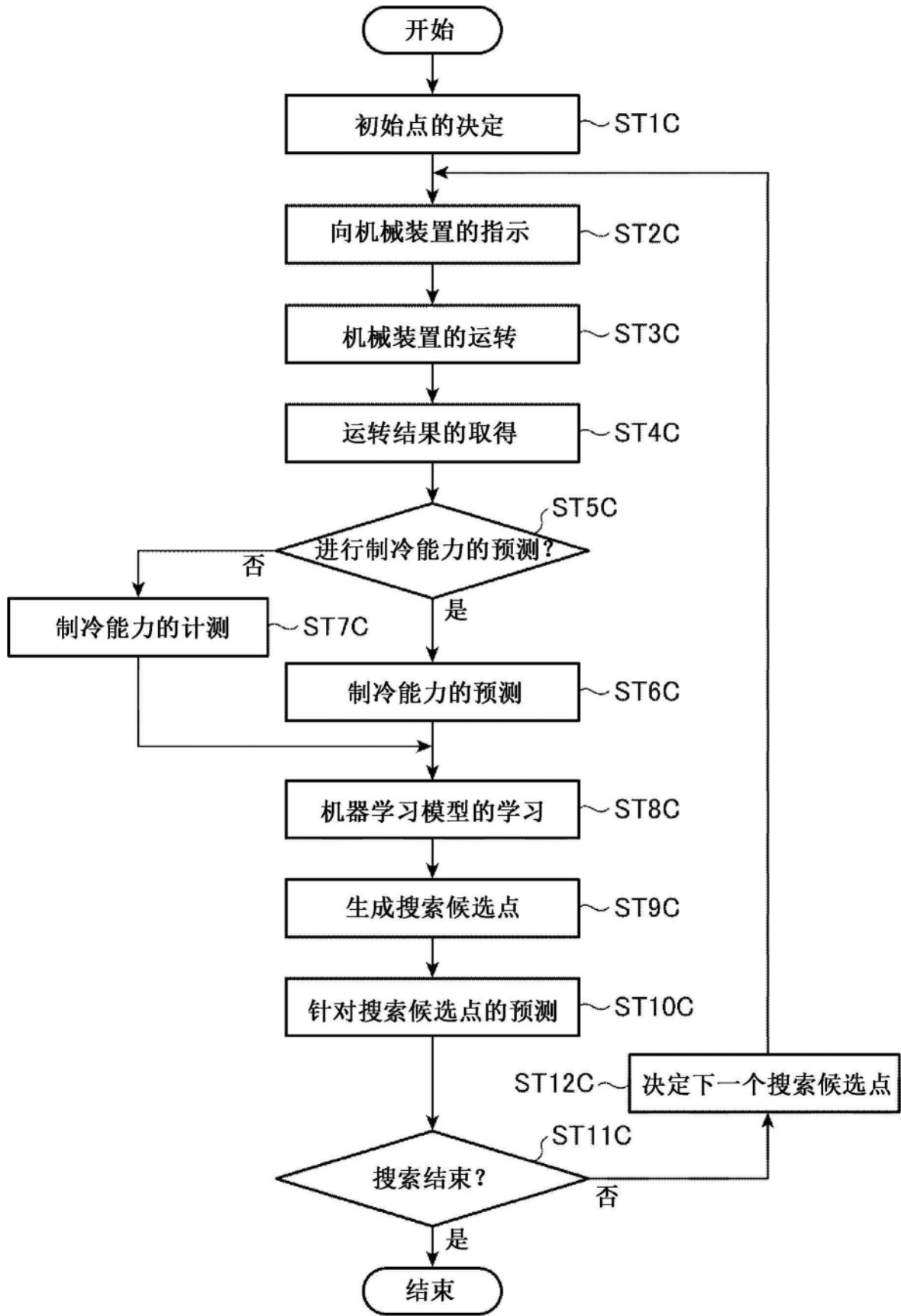


图14

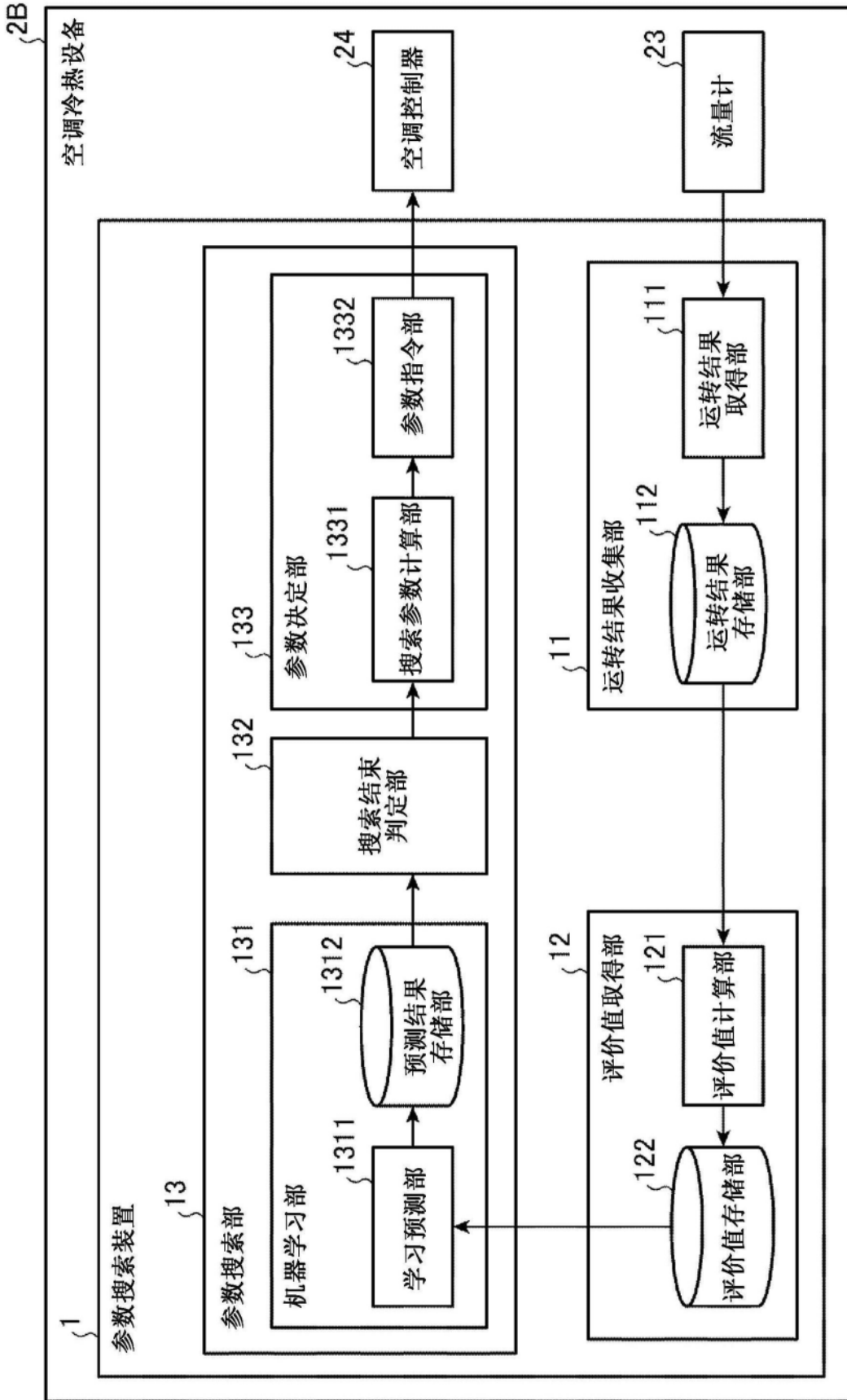


图15

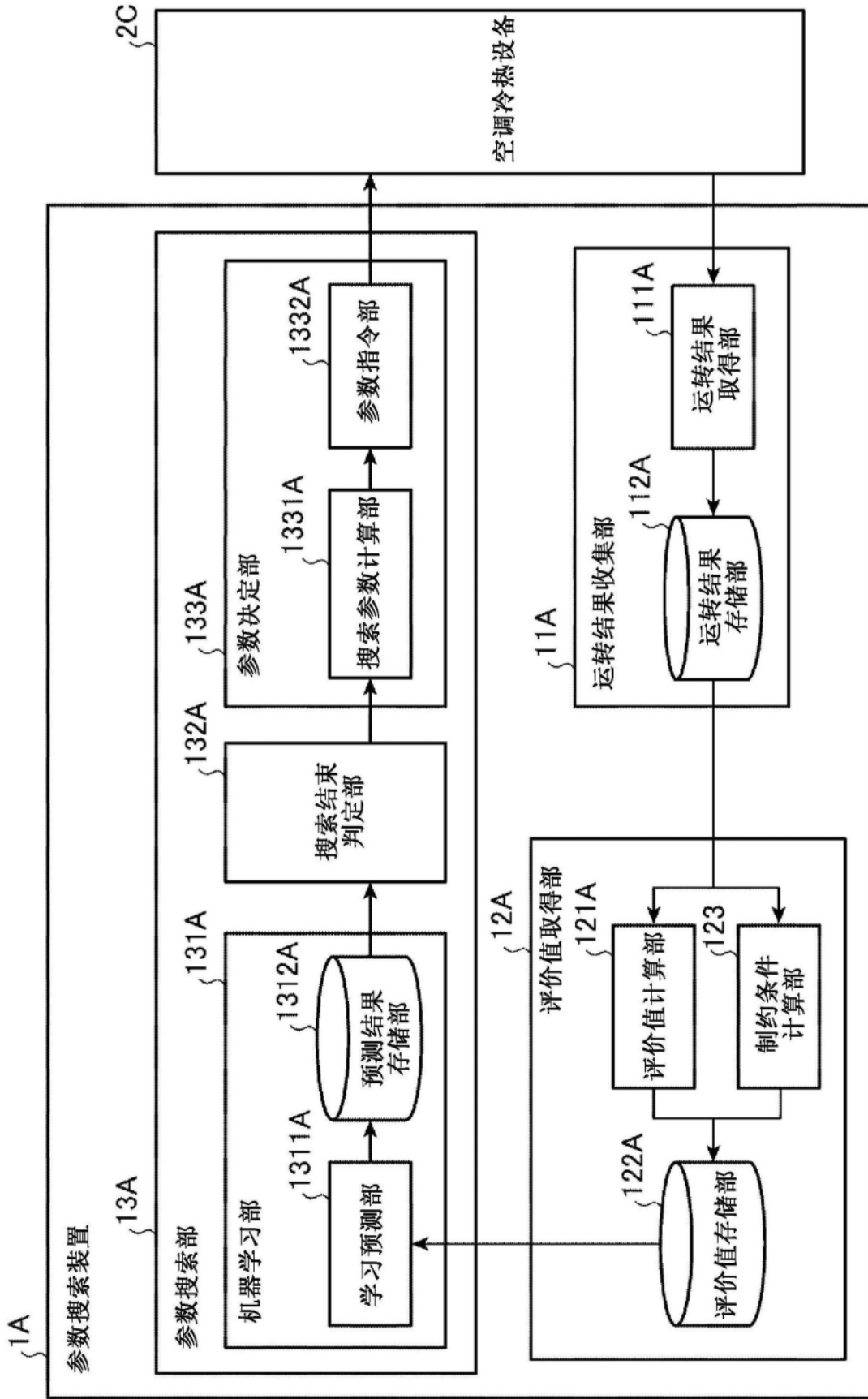


图16

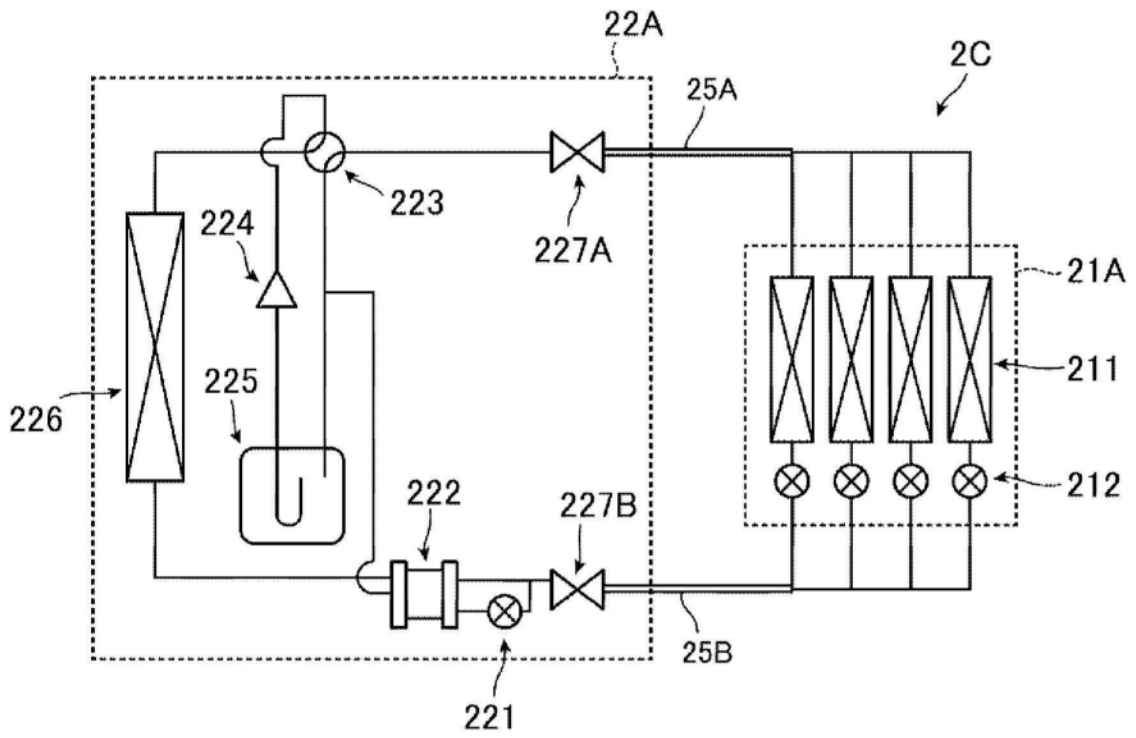


图17