



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119998750 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 13

(21) 申请号 202280099654.7

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.09.08

G05B 23/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.02.28

G01M 99/00 (2011.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/033628 2022.09.08

G06N 5/04 (2023.01)

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/053030 JA 2024.03.14

G06N 20/00 (2019.01)

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都

G06Q 50/04 (2012.01)

(72) 发明人 森山健

(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

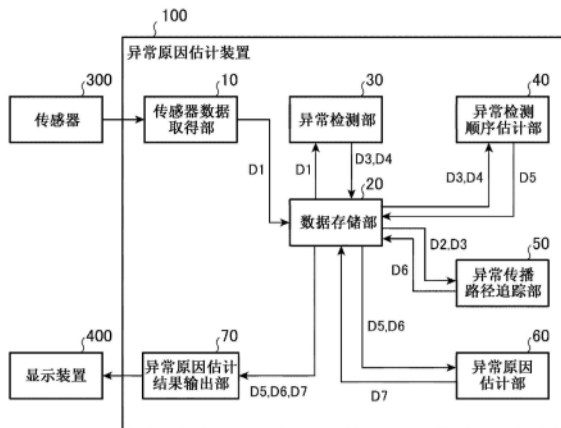
权利要求书3页 说明书47页 附图28页

(54) 发明名称

异常原因估计装置、学习装置、精密诊断系统以及异常原因估计方法

(57) 摘要

具备：传感器数据取得部(10)，其取得由设置于构成对象设备的多个设备结构要素的多个传感器(300)收集到的多个时间序列的传感器数据；异常检测部(30)，其基于多个传感器数据，来检测发生异常的多个异常检测传感器；异常检测顺序估计部(40)，其针对多个异常检测传感器，估计检测为发生异常的异常检测顺序；异常传播路径追踪部(50)，其基于与多个异常检测传感器相关的异常检测传感器信息和示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造，来估计异常传播的异常传播顺序；以及异常原因估计部(60)，其基于异常检测顺序和异常传播顺序，来估计异常原因。



1. 一种异常原因估计装置, 其中,
所述异常原因估计装置具备:

传感器数据取得部, 其取得由设置于构成对象设备的多个设备结构要素的多个传感器收集到的多个时间序列的传感器数据;

异常检测部, 其基于所述传感器数据取得部取得的多个所述传感器数据, 来检测多个所述传感器中的发生异常的多个异常检测传感器;

异常检测顺序估计部, 其基于所述异常检测部检测到多个所述异常检测传感器的检测时刻, 针对多个所述异常检测传感器, 估计检测为发生所述异常的异常检测顺序;

异常传播路径追踪部, 其基于与所述异常检测部检测到的多个所述异常检测传感器相关的异常检测传感器信息和示出所述设备结构要素间的依赖关系的估计构造, 来估计所述异常传播的异常传播顺序; 以及

异常原因估计部, 其基于所述异常检测顺序估计部估计出的所述异常检测顺序和所述异常传播路径追踪部估计出的所述异常传播顺序, 来估计所述异常的原因。

2. 根据权利要求1所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述估计构造由矩阵表示。

3. 根据权利要求1或2所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常原因估计装置具备异常原因估计结果输出部, 该异常原因估计结果输出部输出与由所述异常原因估计部估计的所述异常的原因的估计结果相关的信息。

4. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常检测部使用单变量型的异常检测方式来检测所述异常检测传感器。

5. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常检测部使用多变量型的异常检测方式来检测所述异常检测传感器。

6. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常检测部使用单变量型的异常检测方式和多变量型的异常检测方式来检测所述异常检测传感器。

7. 根据权利要求1至6中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常传播路径追踪部基于所述异常检测传感器信息、表示所述对象设备的运转状态的设备运转状态信息、以及根据所述对象设备的运转状态而示出所述设备结构要素间的依赖关系的所述估计构造, 来估计所述异常传播顺序。

8. 根据权利要求1至7中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常原因估计装置具备关联构造修正部, 该关联构造修正部基于与多个所述传感器中具有依赖关系的所述传感器的对相关的有依赖对信息、以及与多个所述传感器中没有依赖关系的所述传感器的对相关的无依赖对信息, 针对所述估计构造修正所述传感器数据间的依赖关系。

9. 根据权利要求1至8中的任意一项所述的异常原因估计装置, 其特征在于,
所述异常原因估计装置具备关系变化估计部, 该关系变化估计部基于所述估计构造、所述异常发生时的所述估计构造、以及所述异常检测传感器信息, 对所述估计构造与异常发生时的所述估计构造进行比较, 来估计传感器数据间的关系的变化,

所述异常原因估计部基于所述异常检测顺序估计部估计出的所述异常检测顺序和所

述异常传播路径追踪部估计出的所述异常传播顺序,考虑所述关系变化估计部估计出的传感器数据间的关系的变化来估计所述异常的原因。

10. 根据权利要求1至9中的任意一项所述的异常原因估计装置,其特征在于,

所述异常原因估计装置具备异常原因机器估计部,该异常原因机器估计部基于将设置于所述对象设备的机器与设置于该机器的所述传感器对应起来而得的机器附属传感器信息、所述异常检测顺序估计部估计出的所述异常检测顺序、以及所述异常传播路径追踪部估计出的所述异常传播顺序,以所述机器为单位来估计所述异常的原因。

11. 根据权利要求1至10中的任意一项所述的异常原因估计装置,其特征在于,

所述异常原因估计装置具备关联构造图输出部,该关联构造图输出部基于所述估计构造、所述异常检测传感器信息、以及与所述异常原因估计部估计出的所述异常的原因的估计结果相关的信息,输出关联构造图显示用信息,该关联构造图显示用信息用于显示将所述估计构造、所述异常检测传感器以及所述异常的原因的估计结果关联起来的图。

12. 一种学习装置,其中,

所述学习装置具备:

学习用传感器数据取得部,其取得在对象设备的正常运转时由设置于所述对象设备的多个传感器收集到的多个时间序列的传感器数据作为学习用数据候选;以及

关联构造学习部,其将所述学习用传感器数据取得部取得的多个所述学习用数据候选作为多个学习用数据,基于该多个所述学习用数据,计算多个所述学习用数据间的至少1个统计量,基于计算出的所述统计量,学习示出所述设备结构要素间的依赖关系的估计构造。

13. 根据权利要求12所述的学习装置,其特征在于,

所述学习装置具备学习用预处理部,该学习用预处理部基于所述学习用传感器数据取得部取得的多个所述学习用数据候选,取得用于学习的多个所述学习用数据,

所述关联构造学习部基于所述学习用预处理部取得的所述学习用数据,计算多个所述学习用数据间的至少1个所述统计量,基于计算出的所述统计量,对所述估计构造进行学习。

14. 根据权利要求13所述的学习装置,其特征在于,

所述学习用预处理部选定由所述学习用传感器数据取得部取得的多个所述学习用数据候选中的、方差值小于选定阈值的多个所述学习用数据候选,取得所选定的多个所述学习用数据候选作为多个所述学习用数据。

15. 根据权利要求12至14中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述关联构造学习部使用基于波形的统计指标来计算所述统计量。

16. 根据权利要求12至14中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述关联构造学习部使用基于分布的统计指标来计算所述统计量。

17. 根据权利要求12至14中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述关联构造学习部使用基于波形的统计指标和基于分布的统计指标来计算所述统计量。

18. 根据权利要求12至17中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述学习装置具备学习用传感器对生成部,该学习用传感器对生成部基于设备设计信息,从多个所述传感器中生成所述传感器的对,该设备设计信息定义了构成所述对象设备

的多个机器的连接关系、以及设置于多个所述机器的多个所述传感器，

所述关联构造学习部基于所述学习用传感器对生成部生成的所述传感器的对来取得所述学习用数据，对所述估计构造进行学习。

19. 一种精密诊断系统，其中，

所述精密诊断系统具备：

权利要求1至11中的任意一项所述的异常原因估计装置；以及

权利要求12至18中的任意一项所述的学习装置。

20. 一种异常原因估计方法，其中，

所述异常原因估计方法具备以下步骤：

传感器数据取得部取得由设置于构成对象设备的多个设备结构要素的多个传感器收集到的多个时间序列的传感器数据；

异常检测部基于所述传感器数据取得部取得的多个所述传感器数据，来检测多个所述传感器中的发生异常的多个异常检测传感器；

异常检测顺序估计部基于所述异常检测部检测到多个所述异常检测传感器的检测时刻，针对多个所述异常检测传感器，估计检测为发生所述异常的异常检测顺序；

异常传播路径追踪部基于与所述异常检测部检测到的多个所述异常检测传感器相关的异常检测传感器信息、以及示出所述设备结构要素间的依赖关系的估计构造，来估计所述异常传播的异常传播顺序；以及

异常原因估计部基于所述异常检测顺序估计部估计出的所述异常检测顺序和所述异常传播路径追踪部估计出的所述异常传播顺序，来估计所述异常的原因。

异常原因估计装置、学习装置、精密诊断系统以及异常原因估计方法

技术领域

[0001] 本公开涉及异常原因估计装置、学习装置、精密诊断系统以及异常原因估计方法。

背景技术

[0002] 在机组或工厂等设备中,多个机器等构成该设备的多个要素(以下称为“设备结构要素”。)联动地进行动作,附属于这些设备结构要素并设置于设备结构要素的传感器所收集到的传感器数据(变量)也具有某些关联性。因此,在构成设备的多个设备结构要素中的某个设备结构要素发生异常并检测到该异常的情况下,该异常的影响传播,在多个传感器数据中检测到异常。在这样的情况下,不容易确定(精密诊断)成为异常的发生源的设备结构要素。

[0003] 于是,以往,已知有如下技术:在设备中多个设备结构要素成为异常运转的状态的情况下,能够使用由设置于设备内的多个设备结构要素的传感器收集到的传感器数据,来估计成为异常运转的状态的原因的设备结构要素。

[0004] 例如,在专利文献1中公开了一种异常诊断系统,该异常诊断系统根据按照设备的每个部位(机器)而设定的多个检测单元所检测到的基于与成为对象的部位相关的多个运转数据的关系的变化的状态变化、以及存储有与检测单元对应的设备的部位间的影响的传播关系的检测单元间关系信息,来估计成为设备的状态变化的原因的部位。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:国际公开第2017/159016号

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 在专利文献1所公开的现有技术中,需要操作员等预先掌握多个设备结构要素间的影响的传播关系,能够基于掌握的传播关系来准备与定义了该传播关系的检测单元间关系信息相当的信息。

[0010] 与此相对,例如,在存在反馈控制的复杂设备或大规模设备中,操作员等难以掌握构成设备的机器间的影响的传播关系。

[0011] 因此,在现有技术中,无法掌握多个设备结构要素间的影响的传播关系,或者即便能够掌握,精度也低,由此,存在可能无法估计在设备中发生的异常的原因这样的问题。

[0012] 本公开是为了解决如上问题而完成的,其目的在于,提供一种能够与设备的复杂度或设备的规模无关地估计在设备中发生的异常的原因的异常原因估计装置。

[0013] 用于解决问题的手段

[0014] 本公开的异常原因估计装置具备:传感器数据取得部,其取得由设置于构成对象设备的多个设备结构要素的多个传感器收集到的多个时间序列的传感器数据;异常检测

部,其基于传感器数据取得部取得的多个传感器数据,来检测多个传感器中的发生异常的多个异常检测传感器;异常检测顺序估计部,其基于异常检测部检测到多个异常检测传感器的检测时刻,针对多个异常检测传感器,估计检测为发生异常的异常检测顺序;异常传播路径追踪部,其基于与异常检测部检测到的多个异常检测传感器相关的异常检测传感器信息和示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造,来估计异常传播的异常传播顺序;以及异常原因估计部,其基于异常检测顺序估计部估计出的异常检测顺序和异常传播路径追踪部估计出的异常传播顺序,来估计异常的原因。

[0015] 发明的效果

[0016] 根据本公开,由于如上述那样构成,因此,异常原因估计装置能够与设备的复杂度或设备的规模无关地估计在设备中发生的异常的原因。

附图说明

[0017] 图1是示出具备实施方式1的异常原因估计装置的精密诊断系统的结构例的图。

[0018] 图2是示出实施方式1的异常原因估计装置的结构例的图。

[0019] 图3是用于对实施方式1中的传感器数据的结构进行说明的图。

[0020] 图4是用于说明在实施方式1中由异常传播路径追踪部进行的异常传播顺序估计处理的具体例的图。

[0021] 图5是用于说明在实施方式1中由异常传播路径追踪部进行的异常传播顺序估计处理的具体例的其他图。

[0022] 图6是用于说明在实施方式1中由异常传播路径追踪部进行的异常传播顺序估计处理的具体例的其他图。

[0023] 图7是用于说明在实施方式1中由异常原因估计部进行的异常原因估计处理的具体例的图。

[0024] 图8是用于说明在实施方式1中异常原因估计结果输出部使显示装置显示的异常原因估计结果画面的画面例的图。

[0025] 图9是用于说明在实施方式1中异常原因估计结果输出部使显示装置显示的异常原因估计结果画面的其他画面例的图。

[0026] 图10A是示出异常检测顺序估计结果的内容的一例的图,图10B是示出异常传播顺序估计结果的内容的一例的图,图10C是示出异常原因顺序估计结果的内容的一例的图。

[0027] 图11是示出实施方式1的学习装置的结构例的图。

[0028] 图12是示出在实施方式1中关联构造学习部对关联构造进行学习的学习处理的一例的概念的图。

[0029] 图13是用于对实施方式1的异常原因估计装置的动作进行说明的流程图。

[0030] 图14是用于对实施方式1的学习装置的动作进行说明的流程图。

[0031] 图15是用于说明图14的步骤ST23的处理的详细情况的流程图。

[0032] 图16A和图16B是示出实施方式1的异常原因估计装置100的硬件结构的一例的图。

[0033] 图17是示出在实施方式1中异常原因估计装置和学习装置具备共用的传感器数据取得部和数据存储部的精密诊断系统的结构例的图。

[0034] 图18是示出在实施方式1中学习装置按照对象设备的每个运转状态对关联构造进

行学习、异常原因估计装置基于由学习装置学习完毕的与对象设备的运转状态对应的关联构造来估计异常原因的精密诊断系统的结构例的图。

[0035] 图19是示出在实施方式1中具备关联构造修正部的异常原因估计装置的结构例的图。

[0036] 图20是用于说明在实施方式1中在具备关联构造修正部的异常原因估计装置中,关联构造修正部对关联构造进行修正的处理的一例的概念的图。

[0037] 图21是示出在实施方式1中具备关系变化估计部的异常原因估计装置的结构例的图。

[0038] 图22是用于说明在构成为实施方式1的异常原因估计装置具备关系变化估计部的情况下,关系变化估计部基于学习完毕的关联构造和异常时的关联构造进行的关系变化顺序估计处理的一例的概念的图。

[0039] 图23是示出在实施方式1中具备异常原因机器估计部并具有以机器为单位来估计异常原因的结构的异常原因估计装置的结构例的图。

[0040] 图24是用于说明在构成为实施方式1的异常原因估计装置具备异常原因机器估计部的情况下,异常原因机器估计部基于机器附属传感器信息、异常检测顺序估计结果以及异常传播顺序估计结果进行的以机器为单位来估计异常原因的机器单位异常原因估计处理的一例的概念的图。

[0041] 图25是示出在实施方式1中异常原因估计结果输出部使显示装置显示的异常原因机器估计结果画面的画面例的图。

[0042] 图26是示出在实施方式1中具备关联构造图输出部并且构成为将关联构造图显示用信息输出到显示装置的异常原因估计装置的结构例的图。

[0043] 图27是用于说明在实施方式1中在异常原因估计装置为具备关联构造图输出部的结构的情况下,关联构造图输出部输出关联构造图显示用信息从而使显示装置显示的图画面的一例的图。

[0044] 图28是示出关联构造的内容的一例的图。

[0045] 图29是示出异常检测传感器信息的内容的一例的图。

[0046] 图30是示出异常原因顺序估计结果的内容的一例的图。

[0047] 图31是用于说明在实施方式1中构成为异常原因估计装置具备关联构造图输出部的情况下的异常原因估计装置的动作的一例的流程图。

[0048] 图32是示出在实施方式1中构成为具备学习用传感器对生成部的学习装置的结构例的图。

[0049] 图33是用于说明在实施方式1中在构成为学习装置具备学习用传感器对生成部的情况下,学习用传感器对生成部基于设备设计信息来生成传感器对信息的方法的一例的概念的图。

具体实施方式

[0050] 以下,为了更加详细地说明本公开,按照附图对用于实施本公开的方式进行说明。

[0051] 实施方式1.

[0052] 实施方式1的异常原因估计装置例如用于发电机组或FA(Factory Automation:工

厂自动化)系统等在该设备内收集到的传感器数据中会出现某些异常的全部设备。另外,传感器数据由设置于构成设备的多个要素(以下称为“设备结构要素”。)的传感器收集。在实施方式1中,设备结构要素例如假定机器。在1个机器设置有1个以上的传感器300。在以下的实施方式1中,为了方便,作为一例,假定在1个机器设置有1个传感器。

[0053] 例如,异常原因估计装置监视在作为监视对象即成为检测异常发生的对象的设备(以下称为“对象设备”。)内收集到的传感器数据,基于传感器数据,对检测到异常发生的多个传感器(以下称为“异常检测传感器”。)进行检测。另外,如上所述,在设备中,构成该设备的设备结构要素(这里为机器)联动地进行动作,由附属于这些机器并设置于机器的传感器收集到的传感器数据也具有某些关联性。在多个设备结构要素中的某个设备结构要素发生异常并检测到该异常的情况下,该异常的影响传播,在多个传感器数据中换言之在多个传感器中检测到异常。

[0054] 然后,异常原因估计装置在检测到多个异常检测传感器时,基于由多个异常检测传感器收集到的传感器数据来估计异常原因,将与估计结果相关的信息提示给对象设备的现场维护人员等操作员。例如,异常原因估计装置通过使显示装置显示与异常原因的估计结果相关的信息,将该信息提示给操作员。异常原因估计装置例如以能够掌握在成为异常原因的机器中设置的传感器或操作员应该点检的顺序的方式,将与异常原因的估计结果相关的信息提示给操作员。由此,异常原因估计装置能够降低操作员进行的不需要的点检作业,降低操作员的负荷。此外,异常原因估计装置能够以不依赖于人的主观的定量指标来估计异常原因,提示估计的依据。

[0055] 图1是示出具备实施方式1的异常原因估计装置100的精密诊断系统1000的结构例的图。

[0056] 精密诊断系统1000具备异常原因估计装置100、学习装置200、传感器300以及显示装置400。另外,在实施方式1中,传感器300和显示装置400设置在精密诊断系统1000中,但这只不过是一例。精密诊断系统1000不是必须具备传感器300和显示装置400,传感器300和显示装置400也可以设置于精密诊断系统1000的外部的与精密诊断系统1000连接的系统。

[0057] 另外,在图1中,为了简单说明,仅图示出1个传感器300,但可以存在多个传感器300。异常原因估计装置100与多个传感器300连接。此外,也可以存在多个显示装置400。

[0058] 异常原因估计装置100与学习装置200、传感器300以及显示装置400连接。

[0059] 异常原因估计装置100估计对象设备(省略图示)中发生的异常的原因。

[0060] 具体而言,异常原因估计装置100基于从传感器300取得的传感器数据和学习装置200生成的学习完毕的关联构造,检测发生了异常的传感器300(以下称为“异常检测传感器”。),追踪异常检测传感器之间的异常的传播路径,由此,估计对象设备中发生的异常的原因。

[0061] 在实施方式1中,异常原因估计装置100“估计异常的原因”是指,以传感器300为单位,来估计表示异常的发生源可能性的程度的异常原因得分以及基于该异常原因得分的异常原因顺序,生成与异常原因得分及异常原因顺序相关的信息。

[0062] 然后,异常原因估计装置100使估计出的与异常原因相关的信息显示于显示装置400。

[0063] 之后叙述异常原因估计装置100和关联构造的详细情况。

[0064] 学习装置200使用在对象设备的正常运转时由设置于该对象设备的传感器300收集到的传感器数据,来估计关联构造。在实施方式1中,也将学习装置200进行的关联构造的估计称为“学习”。即,异常原因估计装置100在估计对象设备中发生的异常的原因时使用的“学习完毕关联构造”换言之可以说是作为由学习装置200估计出的关联构造的“估计构造”。关联构造是示出构成对象设备的多个设备结构要素的依赖关系的信息。关联构造通过示出设置于设备结构要素的传感器的依赖关系而示出设备结构要素的依赖关系。关联构造例如是以矩阵示出构成对象设备的多个设备结构要素的依赖关系的信息。关联构造例如也可以是以作为词典型的记述方式的JSON(JavaScript(注册商标)Object Notification)形式示出构成对象设备的多个设备结构要素的依赖关系的信息。在实施方式1中,作为一例,构成对象设备的关联构造为以矩阵示出多个设备结构要素的依赖关系的信息。

[0065] 另外,对象设备的正常运转时详细而言是构成对象设备的多个设备结构要素(这里为机器)的正常运转时。因此,在对象设备的正常运转时由传感器300收集到的传感器数据详细而言是在构成对象设备的多个机器的正常运转时由设置于各机器的传感器300收集到的传感器数据。

[0066] 之后叙述学习装置200的详细情况。

[0067] 传感器300设置于构成对象设备的多个设备结构要素(这里为机器)。

[0068] 传感器300将传感器数据输出到异常原因估计装置100。

[0069] 传感器数据例如是由在作为构成对象设备的设备结构要素的各机器中设置的传感器300按照规定间隔得到的规定时间量的传感器计测值的时间序列数据。传感器数据例如表示开度、偏差、转速、传导率、流量、压力、温度、浓度或水位中的至少1个传感器计测值。另外,这只不过是一例,传感器数据例如也可以包含由多个传感器300按照规定间隔得到的规定时间量的指令值或基准值等控制值。

[0070] 在以下的实施方式1中,传感器数据假定是由多个传感器300按照规定间隔得到的规定时间量的开度、偏差、转速、传导率、流量、压力、温度、浓度或水位等传感器计测值中的至少1个时间序列数据。

[0071] 显示装置400例如是设置在操作员进行业务的管理室等中的PC(Personal Computer:个人计算机)具有的显示器。显示装置400例如也可以是操作员携带的平板终端具有的触摸面板式的显示器。

[0072] 首先,对实施方式1的异常原因估计装置100进行说明。

[0073] 图2是示出实施方式1的异常原因估计装置100的结构例的图。

[0074] 另外,在图2中,省略学习装置200的图示。

[0075] 与图1同样,在图2中,为了简单说明,仅图示出1个传感器300,但这只不过是一例。在异常原因估计装置100中可以连接多个传感器300。在实施方式1中,假定在异常原因估计装置100中连接有多个传感器300。在以下的实施方式1中,也将多个传感器300简称为传感器300。

[0076] 异常原因估计装置100具备传感器数据取得部10、数据存储部20、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60以及异常原因估计结果输出部70。

[0077] 传感器数据取得部10从传感器300取得传感器数据。

[0078] 如上所述,在实施方式1中,传感器数据是从在作为设备结构要素的多个机器中设置的传感器300按照规定间隔得到的规定时间量的传感器计测值(例如,开度、偏差、转速、传导率、流量、压力、温度、浓度或水位中的至少1个传感器计测值)的时间序列数据。

[0079] 例如,当传感器300的数量以 n 表示时,传感器300表示为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 $\dots$ 、 X_n 。此外,当在时刻1、时刻2、 $\dots$ 、时刻 t 的各个时刻收集到传感器数据时,传感器数据由行为时刻的数量 t 且列为传感器的数量 n 的二维的数据帧表示。第1个传感器 X_1 的时刻1的传感器数据表示为 X_{11} ,第2个传感器 X_2 的时刻1的传感器数据表示为 X_{21} ,第1个传感器 X_1 的时刻2的传感器数据表示为 X_{12} (参照图3)。另外,在以下的实施方式1中,将传感器数据取得部10取得的传感器数据设为“传感器数据D1”。

[0080] 传感器数据取得部10将取得的传感器数据D1存储于数据存储部20。

[0081] 异常检测部30对传感器数据取得部10存储于数据存储部20的传感器数据D1进行异常检测处理。

[0082] 具体而言,异常检测部30对传感器数据取得部10存储于数据存储部20的作为时间序列数据的传感器数据D1进行使用了公知的单变量型的异常检测方式的异常检测处理,检测传感器300中的多个异常检测传感器。在实施方式1中,在传感器300中发生异常是指,由传感器300收集到的传感器数据的值为异常。即,异常检测传感器是指由该传感器300收集到的传感器数据的值为异常的传感器300。另外,在实施方式1中,在传感器300中发生异常是指,在设置有该传感器300的机器中发生异常。

[0083] 作为公知的单变量型的异常检测方式,举出Discord(非专利文献:KEOGH, Eamonn; LIN, Jessica; FU, Ada. Hot sax: Efficiently finding the most unusual time series subsequence. In: Data mining, fifth IEEE international conference on. IEEE, 2005.)、或者霍特林的 T^2 理论等。

[0084] 另外,在以下的实施方式1中,也将异常检测部30检测到的多个异常检测传感器简称为“异常检测传感器”。

[0085] 异常检测部30将与异常检测传感器相关的信息(以下称为“异常检测传感器信息”)、以及与检测到该异常检测传感器的检测时刻相关的信息(以下称为“异常检测时刻信息”)存储于数据存储部20。

[0086] 在以下的实施方式1中,设异常检测传感器信息为“异常检测传感器信息D3”,设异常检测时刻信息为“异常检测时刻信息D4”。异常检测传感器信息D3是表示异常检测传感器的信息。表示异常检测传感器的信息例如是对每个传感器300分配的ID等能够确定异常检测传感器的信息。异常检测时刻信息D4是将能够确定异常检测传感器的信息与检测到该异常检测传感器的时刻对应起来的信息。

[0087] 另外,异常检测部30也可以将异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4汇总,作为将表示异常检测传感器的信息与检测到异常检测传感器的时刻对应起来而得的信息(以下称为“异常检测结果”)。在该情况下,异常检测部30将异常检测结果存储于数据存储部20。

[0088] 此外,这里,异常检测部30从传感器数据取得部10经由数据存储部20取得传感器数据D1,但这只不过是一例。异常检测部30也可以从传感器数据取得部10直接取得传感器数据D1。

[0089] 异常检测顺序估计部40取得异常检测部30存储于数据存储部20的异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4,并进行异常检测顺序估计处理,在该异常检测顺序估计处理中,针对异常检测传感器,估计检测到发生异常的顺序、更详细而言在由异常检测传感器收集到的传感器数据D1中检测到发生异常的顺序(以下称为“异常检测顺序”)。

[0090] 详细而言,异常检测顺序估计部40基于异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4,按照异常检测时刻从早到晚的顺序对异常检测传感器分配异常检测顺序。

[0091] 具体而言,异常检测顺序估计部40对被检测为异常检测传感器的传感器Xn分配异常检测顺序on。这里,异常检测顺序on是实数值。例如,异常检测顺序估计部40从对应的异常检测时刻最早的传感器Xn起依次以所分配的异常检测顺序on成为升序的方式分配异常检测顺序on。异常检测顺序估计部40例如在对应的异常检测时刻相同的传感器Xn存在多个的情况下,对异常检测时刻相同的多个传感器Xn分配相同的异常检测顺序on。异常检测顺序估计部40例如也可以对对应的异常检测时刻最早的传感器Xn分配异常检测顺序“0”,以后,对其他的传感器Xn分配从与异常检测顺序“0”对应的时刻起的经过时间作为异常检测顺序on。

[0092] 异常检测顺序估计部40将分配异常检测顺序而得的结果(以下称为“异常检测顺序估计结果”)存储于数据存储部20。在以下的实施方式1中,设异常检测顺序估计结果为“异常检测顺序估计结果D5”。异常检测顺序估计结果D5是将表示异常检测传感器的信息、异常检测时刻、以及表示异常检测顺序的信息对应起来而得的信息。

[0093] 另外,这里,异常检测顺序估计部40从异常检测部30经由数据存储部20取得异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4,但这只不过是一例。异常检测顺序估计部40也可以从异常检测部30直接取得异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4。

[0094] 异常传播路径追踪部50从数据存储部20取得由异常检测部30存储的异常检测传感器信息D3和关联构造,并进行基于取得的异常检测传感器信息D3和关联构造来估计异常传播的顺序(以下称为“异常传播顺序”)的异常传播顺序估计处理。在异常传播顺序估计处理中,异常传播路径追踪部50估计针对传感器300的异常传播顺序。另外,关于某个传感器300,异常检测顺序估计部40分配的异常检测顺序和异常传播路径追踪部50估计的异常传播顺序不一定成为相同的顺序。例如,由于时间的分辨率的问题,即便在对异常检测顺序分配了相同的顺序的情况下,异常传播顺序的顺序关系也可能存在先后的情况。此外,例如,由于异常检测时刻的精度的问题,有时可能对异常检测顺序分配了与异常传播顺序相反的顺序。此外,例如,由于异常检测时刻的精度的问题,即便在对异常检测顺序分配了相同的顺序的情况下,异常传播顺序的顺序关系也可能存在先后的情况。即便检测异常发生的有无比是比较容易的,也难以准确地检测其发生时刻,因此,可能产生异常检测时刻的精度的问题。

[0095] 关联构造是通过学习装置200中的学习,基于多个传感器数据间的至少1个统计量而生成的,被存储在数据存储部20中。在以下的实施方式1中,将关联构造设为“关联构造D2”。如上所述,在实施方式1中,关联构造D2是以矩阵示出作为构成对象设备的多个设备结构要素的多个机器间的依赖关系的信息。

[0096] 详细而言,异常传播路径追踪部50基于异常检测传感器信息D3和关联构造D2,判定异常检测传感器间的依赖关系,通过沿着依赖关系的方向来追踪异常的传播路径。然后,

异常传播路径追踪部50从认为是异常的发生源的位于异常传播的上游的异常检测传感器朝向位于下游的异常检测传感器依次例如如“1”(第1个)、“2”(第2个)、“3”(第3个)、•••那样分配异常传播顺序。异常传播路径追踪部50生成异常传播顺序的估计结果(以下称为“异常传播顺序估计结果”。)并存储于数据存储部20。在以下的实施方式1中,设异常传播顺序估计结果为“异常传播顺序估计结果D6”。

[0097] 这里,使用附图并举出具体例来说明异常传播路径追踪部50所进行的异常传播顺序估计处理。

[0098] 图4、图5以及图6是用于说明在实施方式1中异常传播路径追踪部50所进行的异常传播顺序估计处理的具体例的图。

[0099] 〈影响传播关系矩阵的生成〉

[0100] 在异常传播顺序估计处理中,异常传播路径追踪部50首先基于数据存储部20所存储的关联构造D2,将关联构造D2转换成通过矩阵示出传感器数据间的依赖关系的有无的影响传播关系矩阵。在实施方式1中,设影响传播关系矩阵为“影响传播关系矩阵D9”。

[0101] 图4是用于说明在实施方式1中异常传播路径追踪部50将关联构造D2转换成影响传播关系矩阵D9的处理的一例的概念的图。

[0102] 这里,关联构造D2是将第1维度设为统计指标的种类 m 、将第2维度设为传感器的数量 n 、将第3维度设为传感器的数量 n 的三维数组。另外,统计指标是记述传感器数据间的依赖关系的指标。之后叙述统计指标的详细情况。

[0103] 设与第 k 个统计指标对应的二维矩阵为 $A(k)$,将记述第 k 个统计指标中的从第 i 个传感器数据到第 j 个传感器数据的依赖关系的统计量表示为 $a(k)_{ij}$ 。另外,第 i 个传感器数据是由第 i 个传感器 X_i 收集到的传感器数据,第 j 个传感器数据是由第 j 个传感器 X_j 收集到的传感器数据。

[0104] 异常传播路径追踪部50进行针对上述那样的关联构造D2而选定异常传播路径的追踪所使用的统计量(以下称为“追踪用统计量”。)的预处理,生成预处理后的关联构造。在以下的实施方式1中,设预处理后的关联构造为“预处理后关联构造D8”。预处理后关联构造D8具有与关联构造D2相同的数据构造。

[0105] 异常传播路径追踪部50例如仅将依赖关系大的统计量选定为追踪用统计量即可。在该情况下,异常传播路径追踪部50按照统计指标的每个种类来设置阈值(以下称为“统计量选定用阈值”。),将统计量的绝对值 $|a(k)_{ij}|$ 比统计量选定用阈值大的统计量 $a(k)_{ij}$ 选定为追踪用统计量。例如,在统计量的绝对值比统计量选定用阈值大的情况下,异常传播路径追踪部50向预处理后关联构造D8的要素 $b(k)_{ij}$ 代入作为关联构造D2的要素的统计量 $a(k)_{ij}$,在统计量的绝对值小于统计量选定用阈值的情况下,异常传播路径追踪部50向预处理后关联构造D8的要素 $b(k)_{ij}$ 代入表示没有依赖关系的“0”。另外,关于统计量选定用阈值,可以预先由操作员等操作鼠标或键盘等输入装置(省略图示)手动地设定,也可以由异常传播路径追踪部50基于传感器数据自动地决定。例如,异常传播路径追踪部50能够根据统计量的平均值(中央值或分位数等)来决定相对的统计量选定用阈值。

[0106] 异常传播路径追踪部50针对预处理后关联构造D8,进行转换成影响传播关系矩阵D9的转换处理,生成影响传播关系矩阵D9。

[0107] 异常传播路径追踪部50例如基于包含至少1个有向型的统计指标的1种以上的统

计指标,决定传感器数据间的依赖关系,将预处理后关联构造D8转换成影响传播关系矩阵D9。在该情况下,作为传感器数据间的依赖关系的决定方法,异常传播路径追踪部50例如可以在统计量 $b(1)_{ij}$ 、 $b(2)_{ij}$ 、 $\dots$ 、 $b(m)_{ij}$ 中的至少1种统计量为非“0”的情况下,决定为传感器数据之间具有依赖关系,也可以在统计量 $b(1)_{ij}$ 、 $b(2)_{ij}$ 、 $\dots$ 、 $b(m)_{ij}$ 全部为非“0”的情况下,决定为传感器数据之间具有依赖关系。详细而言,例如,当设 $i=1$ 、 $j=2$ 时,也可以在统计量 $b(1)_{12}$ 、 $b(2)_{12}$ 、 $\dots$ 、 $b(m)_{12}$ 中的至少1种统计量为非“0”的情况下,决定为由传感器X1收集到的传感器数据与由传感器X2收集到的传感器数据之间具有依赖关系,也可以在统计指标 $b(1)_{12}$ 、 $b(2)_{12}$ 、 $\dots$ 、 $b(m)_{12}$ 全部为非“0”的情况下,决定为由传感器X1收集到的传感器数据与由传感器X2收集到的传感器数据之间具有依赖关系。

[0108] 用于供异常传播路径追踪部50决定传感器数据间的依赖关系的统计指标例如也可以由操作员等从 m 种统计指标中手动地选定。举出具体例的话,例如,异常传播路径追踪部50使显示了统计指标的每个种类的复选框等的统计指标的种类的设定画面显示于显示装置400。操作员等对鼠标或键盘等输入装置进行操作,从设定画面选择统计指标。异常传播路径追踪部50受理操作员等选择出的统计指标,作为用于决定传感器数据间的依赖关系的统计指标。

[0109] 在实施方式1中,作为一例,如图4所示,影响传播关系矩阵D9成为设第1维度为传感器300的数量 n 并设第2维度为传感器300的数量 n 的二维矩阵。

[0110] 这里,关联构造D2和预处理后关联构造D8的要素是实数值,影响传播关系矩阵D9的要素是布尔值。例如,在关联构造D2和预处理后关联构造D8中,要素的绝对值 $|a(k)_{ij}|$ 、 $|b(k)_{ij}|$ 越大则表示依赖关系越大,在影响传播关系矩阵D9中,在要素 c_{ij} 为“1”的情况下,表示具有依赖关系。

[0111] 例如,异常传播路径追踪部50在具有从第 i 个传感器数据到第 j 个传感器数据的依赖关系的情况下,向作为影响传播关系矩阵D9的要素的 c_{ij} 代入“1”,在不具有从第 i 个传感器数据到第 j 个传感器数据的依赖关系的情况下,向作为影响传播关系矩阵D9的要素的 c_{ij} 代入“0”。

[0112] 〈异常传播顺序的估计〉

[0113] 在异常传播顺序估计处理中,异常传播路径追踪部50在生成影响传播关系矩阵D9后,基于从数据存储部20取得的异常检测传感器信息D3和生成的影响传播关系矩阵D9来估计异常传播顺序。

[0114] 图5和图6是用于说明在实施方式1中异常传播路径追踪部50基于异常检测传感器信息D3和影响传播关系矩阵D9来估计异常传播顺序的处理的一例的概念的图。

[0115] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为6,由传感器 X_n ($n=1, \dots, 6$)表示传感器300。此外,作为一例,设传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6中的传感器X1、X2、X4、X6是异常检测传感器。此外,作为一例,影响传播关系矩阵D9为表示与传感器 X_n 相关的传感器数据间的依赖关系的6行 $\times$ 6行的二维矩阵。

[0116] 首先,异常传播路径追踪部50将影响传播关系矩阵D9转换成影响传播图D10。如图5所示,影响传播图D10是将传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6表现为节点、将与传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6相关的传感器数据间的依赖关系表现为边的有向图。传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6分别对应于节点N51、N52、N53、N54、N55、N56。例如,在从传感器X2朝向传感器X1一个方向具

有依赖关系的情况下,该依赖关系在影响传播图D10中由从节点N52向节点N51的单向箭头的边表现。

[0117] 异常传播路径追踪部50在将影响传播关系矩阵D9转换成影响传播图D10后,接着基于异常检测传感器信息D3,将影响传播图D10转换成异常传播图D11。

[0118] 例如,如图5所示,异常传播路径追踪部50仅选定由影响传播图D10表示的依赖关系中的与异常检测传感器X_n相关的依赖关系,并转换成异常传播图D11。在该情况下,异常传播路径追踪部50仅选定由影响传播图D10表示的与传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6对应的节点以及与传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6对应的节点间的边中的、与异常检测传感器X1、X2、X4、X6对应的节点以及与异常检测传感器X1、X2、X4、X6对应的节点间的边。例如,在图5所示的例子中,传感器X3不包含在异常检测传感器X1、X2、X4、X6中。因此,异常传播路径追踪部50不选定与传感器X3对应的节点N53。其结果是,在异常传播图D11中,与传感器X3对应的节点N53被删除,与节点N53关联的节点N53与节点N54之间的边也被删除。

[0119] 然后,异常传播路径追踪部50基于异常传播图D11来估计异常传播顺序。

[0120] 例如,异常传播路径追踪部50对异常检测传感器X_n分配异常传播顺序 o_n 。这里,异常传播顺序 o_n 是实数值。异常传播路径追踪部50例如从被认为是异常的发生源的位于异常传播的上游的异常检测传感器X_n依次以异常传播顺序 o_n 成为升序的方式分配异常传播顺序 o_n 。

[0121] 就图5所示的例子而言,异常传播路径追踪部50首先将未从其他节点引出单向箭头的节点设为位于异常传播的最上游的节点,向与该节点对应的异常检测传感器X_n分配最小的异常传播顺序 o_n 。在图5中,节点N52、N54、N56是未从其他节点引出单向箭头的节点。因此,异常传播路径追踪部50向与节点N52、N54、N56对应的异常检测传感器X2、X4、X6分别分配异常传播顺序 o_2 、 o_4 、 o_6 。此时, $o_2 = o_4 = o_6$ 。例如,异常传播路径追踪部50设 $o_2 = o_4 = o_6 = 1$ 。即,异常传播路径追踪部50将异常检测传感器X2、X4、X6的异常传播顺序设为“1”(第1个)。

[0122] 接着,异常传播路径追踪部50对位于从分配了最小的异常传播顺序(这里为“1”)的节点出发的单向箭头的终点处的节点所对应的异常检测传感器X_n,分配比分配完毕的异常传播顺序 o_n 大的异常传播顺序 o_n 。此外,异常传播路径追踪部50对位于从分配了最小的异常传播顺序 o_n (这里为“1”)的节点出发的双向箭头的终点处的节点所对应的异常检测传感器X_n,分配异常传播顺序 o_n 。在图5中,节点N51是位于从节点N52出发的单向箭头的终点处的节点。因此,异常传播路径追踪部50对与节点N51对应的异常检测传感器X1分配异常传播顺序 o_1 ,即比“1”(第1个)大的异常传播顺序 o_1 。例如,异常传播路径追踪部50设异常传播顺序 $o_1 = 2$,异常传播路径追踪部50将异常检测传感器X1的异常传播顺序设为“2”(第2个)。另外,在图5中,在从节点N52出发的双向箭头的终点处有节点N56,但已经对节点N56分配了异常传播顺序 $o_6 = 1$ 。

[0123] 以后,异常传播路径追踪部50同样地重复上述那样的异常传播顺序 o_n 的分配,直至对异常传播图D11上的全部节点所对应的异常检测传感器X_n分配了异常传播顺序 o_n 为止。

[0124] 但是,追踪异常传播的路径即通过所追踪的节点的选择方法而分配的异常传播顺序 o_n 可能存在多个。例如,在图5所示的例子中,设节点N52与节点N56之间的双向箭头是从

节点N56向节点N52的单向箭头。在该情况下,向与节点N51对应的异常检测传感器X1分配的异常传播顺序o1的候选存在2个。具体而言,作为向异常检测传感器X1分配的异常传播顺序o1的候选,举出基于从节点N54直接到达节点N51的路径而分配的异常传播顺序o1、以及基于从节点N56经由节点N52到达节点N51的路径而分配的异常传播顺序o1,作为向异常检测传感器X1分配的异常传播顺序o1的候选。在该情况下,异常传播路径追踪部50例如将异常传播顺序o1的候选中的顺序靠后的一方分配给异常传播顺序o1。另外,这只不过是一例,异常传播路径追踪部50例如也可以将顺序靠前的一方分配给节点N51的异常传播顺序o1。

[0125] 异常传播路径追踪部50生成异常传播顺序on的估计结果(以下称为“异常传播顺序估计结果”),并存储于数据存储部20。在以下的实施方式1中,设异常传播顺序估计结果为“异常传播顺序估计结果D6”。

[0126] 异常传播顺序估计结果D6例如是将表示异常检测传感器Xn的信息(如图5中的D6A所示)、表示异常检测传感器Xn是否包含在异常检测传感器中的异常检测传感器标志fn(如图5中的D6B所示)、以及由异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序on(如图5中的D6C所示)对应起来而得的信息。另外,在图5所示的例子中,异常传播顺序估计结果D6中包含的传感器Xn仅是异常检测传感器Xn。此外,异常检测传感器标志fn是布尔值。在图5所示的例子中,异常传播顺序估计结果D6中设定的异常检测传感器Xn、详细而言异常检测传感器X1、X2、X4、X6全部是异常检测传感器,因此,异常传播路径追踪部50例如向异常检测传感器X1、X2、X4、X6的异常检测传感器标志fn分配(True)。

[0127] 另外,在使用图5说明的、由异常传播路径追踪部50进行的基于异常检测传感器信息D3和影响传播关系矩阵D9的异常传播顺序的估计中,异常传播路径追踪部50在将影响传播图D10转换成异常传播图D11时,仅选定与异常检测传感器Xn相关的传感器数据间的依赖关系,但这只不过是一例。

[0128] 例如,如图6所示,异常传播路径追踪部50在将影响传播图D10转换成异常传播图D11时,在2个不同的传感器Xn之间至少任意一方的传感器Xn是异常检测传感器Xn的情况下,也可以选定与传感器Xn相关的传感器数据间的依赖关系。

[0129] 在该情况下,异常传播路径追踪部50选定由影响传播图D10表示的传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6所对应的节点N51、N52、N53、N54、N55、N56以及传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6所对应的节点N51、N52、N53、N54、N55、N56之间的边中的、所连接的节点的至少任意一方的节点是与异常检测传感器X1、X2、X4、X6对应的节点的边以及与该边连接的节点。例如,传感器X3所对应的节点N53与传感器X4所对应的节点N54通过双向箭头的边而连接。这里,传感器X3不包含在异常检测传感器Xn中,但传感器X4包含在异常检测传感器Xn中。因此,在异常传播图D11中,节点N53与节点N54之间的边没有被删除。

[0130] 此外,在该情况下,例如也可以是,异常传播路径追踪部50以由异常传播图D11表示的传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6所对应的节点N51、N52、N53、N54、N55中的不包含在异常检测传感器Xn中的传感器X3、X5所对应的节点N53、N55被知晓的方式生成异常传播图D11。在图6所示的异常传播图D11中,用实线的圆圈表示节点N51、N52、N54、N56,用虚线的圆圈表示节点N53、N55。

[0131] 此外,在该情况下,异常传播路径追踪部50基于包含节点N53、N55的异常传播图D11,来估计异常传播顺序on,该节点N53、N55对应于传感器Xn中的不包含在异常检测传感

器Xn中的传感器X3、X5。

[0132] 例如,在图6中,节点N53、N54没有从其他节点被引出单向箭头。因此,异常传播路径追踪部50向传感器X3、X4分别分配异常传播顺序 o_3 、 o_4 。此时, $o_3 = o_4$ 。例如,异常传播路径追踪部50设 $o_3 = o_4 = 1$ 。即,异常传播路径追踪部50将传感器X3、X4的异常传播顺序 o_3 、 o_4 分别设为“1”(第1个)。

[0133] 接着,异常传播路径追踪部50对位于从分配了最小的异常传播顺序(这里为“1”)的节点N54出发的单向箭头的终点处的节点N51、N55所对应的传感器X1、X5,分别分配比异常传播顺序 o_4 大的异常传播顺序 o_1 、 o_5 。例如,异常传播路径追踪部50设 $o_1 = o_5 = 2$ 。即,异常传播路径追踪部50将传感器X1、X5的异常传播顺序设为“2”(第2个)。此外,异常传播路径追踪部50对位于从节点N55出发的单向箭头的终点处的N52、N56所对应的传感器X2、X6,分别分配比异常传播顺序 o_5 大的异常传播顺序 o_2 、 o_6 。例如,异常传播路径追踪部50设 $o_2 = o_6 = 3$ 。即,异常传播路径追踪部50将传感器X2、X6的异常传播顺序设为“3”(第3个)。

[0134] 另外,虽然对与节点N51对应的X1已经分配了异常传播顺序 o_1 ,换言之,“2”(第2个),但由于节点N51是位于从节点N52出发的单向箭头的终点的节点,因此,异常传播路径追踪部50最后也可以对与节点N51对应的传感器X1重新分配比异常传播顺序 o_2 换言之“3”(第3个)大的顺序作为异常传播顺序 o_1 。例如,异常传播路径追踪部50也可以将异常传播顺序 o_1 重新分配为“4”(第4个)。

[0135] 此外,在图6所示的例子中,在异常传播图D11上的节点N51、N52、N53、N54、N55、N56中,包含与不包含在异常检测传感器Xn中的传感器X3、X5对应的节点N53、N55。于是,异常传播路径追踪部50也可以在对传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6分别分配异常传播顺序 o_1 、 o_2 、 o_3 、 o_4 、 o_5 、 o_6 之后,对分配给传感器X3、X5的异常传播顺序 o_3 、 o_5 进行加权。例如,在图6所示的例子中,对异常传播顺序估计结果D6中包含的传感器X3、X5所对应的异常传播顺序 o_3 、 o_5 分别加上权重b。另外,权重b是0以上的实数值。

[0136] 然后,异常传播路径追踪部50将异常传播顺序估计结果D6存储于数据存储部20。

[0137] 如上所述,在图6所示的例子中,在设定于异常传播顺序估计结果D6的传感器Xn详细而言传感器X1、X2、X3、X4、X5、X6中,包含不包含在异常检测传感器Xn(详细而言异常检测传感器X1、X2、X4、X6)中的传感器X3、X5。异常传播路径追踪部50对传感器X3、X5的异常检测传感器标志 f_n 分配(False)。

[0138] 另外,这里,异常传播路径追踪部50从异常检测部30经由数据存储部20取得异常检测传感器信息D3,但这只不过是一例。异常传播路径追踪部50也可以从异常检测部30直接取得异常检测传感器信息D3。

[0139] 返回到图2所示的异常原因估计装置100的结构例的说明。

[0140] 异常原因估计部60从数据存储部20取得由异常检测顺序估计部40输出的异常检测顺序估计结果D5和由异常传播路径追踪部50输出的异常传播顺序估计结果D6,并进行异常原因估计处理,在该异常原因估计处理中,基于由异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序和由异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,来估计异常的原因。

[0141] 详细而言,异常原因估计部60基于异常检测顺序估计结果D5和异常传播顺序估计结果D6,计算表示异常的发生源可能性的程度的异常原因得分,分配基于计算出的异常原因得分的顺序(以下称为“异常原因顺序”)。异常的发生源可能性的程度越高,则异常原因

得分成为越小的值。

[0142] 首先,异常原因估计部60从数据存储部20取得异常检测顺序估计结果D5和异常传播顺序估计结果D6。异常原因估计部60按照每个传感器300,根据异常检测顺序估计结果D5中包含的异常检测顺序和异常传播顺序估计结果D6中包含的异常传播顺序来计算对应的异常原因得分。这里,异常检测顺序、异常传播顺序以及异常原因得分均是实数值。另外,异常原因估计部60针对异常检测顺序估计结果D5或异常传播顺序估计结果D6中包含的全部的传感器300,计算对应的异常原因得分。

[0143] 异常原因估计部60例如使用异常检测顺序和异常传播顺序的加权平均,计算代表值作为异常原因得分。此外,异常原因估计部60例如也可以计算最小值或最大值等代表值作为异常原因得分。即,异常原因估计部60例如也可以计算异常检测顺序和异常传播顺序中的较小的一方或较大的一方作为异常原因得分。

[0144] 此外,异常原因估计部60在仅设定有异常检测顺序和异常传播顺序中的任意一方的情况下,也可以考虑仅设定有所设定的一方的顺序来对异常原因得分进行加权。例如,异常原因估计部60在仅设定有异常检测顺序和异常传播顺序中的任意一方的情况下,对异常原因得分加上权重b。另外,权重b是0以上的实数值。例如,在异常传播路径追踪部50将影响传播图D10转换成异常传播图D11时还包含与未包含在异常检测传感器Xn中的传感器Xn对应的节点在内而进行了异常传播顺序的分配的情况下,可能产生未设定异常检测顺序但设定了异常传播顺序这样的状况。

[0145] 异常原因估计部60在按照每个传感器300计算异常原因得分后,接着基于计算出的异常原因得分,对传感器300分配基于异常原因得分的异常原因顺序。另外,异常原因顺序是实数值。

[0146] 异常原因估计部60例如从对应的异常原因得分小的传感器300起依次以与该传感器300对应的异常原因顺序成为升序的方式分配异常原因顺序。在存在对应的异常原因得分相等的多个传感器300的情况下,异常原因估计部60例如对该多个传感器300分配相同的异常原因顺序。

[0147] 异常原因估计部60在对每个传感器300分配异常原因顺序后,生成与对每个传感器300分配的异常原因顺序相关的信息(以下称为“异常原因顺序估计结果”),并存储于数据存储部20。在以下的实施方式1中,将异常原因顺序估计结果设为“异常原因顺序估计结果D7”。

[0148] 异常原因顺序估计结果D7是将表示传感器300的信息、表示该传感器300是否为异常检测顺序估计结果D5中包含的异常检测传感器的异常检测传感器标志、异常原因得分、以及异常原因顺序对应起来而得的信息。

[0149] 另外,异常检测传感器标志是布尔值。例如,异常原因估计部60在传感器300是异常检测传感器的情况下,对与传感器300对应的异常检测传感器标志分配(True),在传感器300不是异常检测传感器的情况下,对与传感器300对应的异常检测传感器标志分配(False)。例如,异常原因估计部60在与传感器300相关的信息包含在异常检测顺序估计结果D5中的情况下,判定为该传感器300是异常检测传感器Xi即可。

[0150] 使用附图并举出具体例来说明上述那样的异常原因估计部60进行的异常原因估计处理。

[0151] 图7是用于说明在实施方式1中异常原因估计部60进行的异常原因估计处理的具体例的图。

[0152] 在图7中,作为一例,将传感器300的数量设为 n ($n=1\sim 6$),将数量 n 的传感器300表示为传感器 X_n 。此外,设传感器 X_n 中的传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 是异常检测传感器。

[0153] 此外,在图7所示的例子中,异常原因估计部60在异常原因估计处理中使用的异常传播顺序估计结果D6如图5所示那样,为仅收录有与异常检测传感器 X_i 对应的异常传播顺序的信息。

[0154] 就图7所示的例子而言,异常原因估计部60从数据存储部20取得与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 相关的异常检测顺序估计结果D5和异常传播顺序估计结果D6。

[0155] 这里,在异常检测顺序估计结果D5中,与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 对应的异常检测顺序 o_1 、 o_2 、 o_4 、 o_6 (图7中的D5C所示)分别是“2”(第2个)、“3”(第3个)、“1”(第1个)、“4”(第4个)。此外,在异常传播顺序估计结果D6中,与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 对应的异常传播顺序 o_1 、 o_2 、 o_4 、 o_6 (图7中的D6C所示)分别是“2”(第2个)、“1”(第1个)、“1”(第1个)、“1”(第1个)。

[0156] 这里,异常原因估计部60使用平均,来计算与异常检测传感器 X_n 对应的异常原因得分 s_n ($n=1,2,4,6$)。在该情况下,异常原因估计部60将与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 对应的异常原因得分 s_1 、 s_2 、 s_4 、 s_6 分别计算为“2”、“2”、“1”、“2.5”。异常原因估计部60基于计算出的异常原因得分 s_1 、 s_2 、 s_4 、 s_6 ,将与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 对应的异常原因顺序 o_1 、 o_2 、 o_4 、 o_6 分别分配为“2”(第2个)、“2”(第2个)、“1”(第1个)、“3”(第3个)。

[0157] 然后,异常原因估计部60生成异常原因顺序估计结果D7。

[0158] 具体而言,异常原因估计部60生成将表示异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 的信息(图7中的D7A所示)、表示异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 是否包含在异常检测顺序估计结果D5中的异常检测传感器标志 f_1 、 f_2 、 f_4 、 f_6 (图7中的D7B所示)、异常原因得分 s_1 、 s_2 、 s_4 、 s_6 (图7中的D7C所示)、以及异常原因顺序 o_1 、 o_2 、 o_4 、 o_6 (图7中的D7D所示)对应起来的异常原因顺序估计结果D7。

[0159] 这里,异常检测顺序估计结果D5中包含的传感器 X_n 与异常检测传感器 X_n 相等。因此,与异常检测传感器 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_6 对应的异常检测传感器标志 f_1 、 f_2 、 f_4 、 f_6 全部是(True)。

[0160] 然后,异常原因估计部60将生成的异常原因顺序估计结果D7存储于数据存储部20。

[0161] 另外,这里,异常原因估计部60从异常检测顺序估计部40经由数据存储部20取得异常检测顺序估计结果D5,从异常传播路径追踪部50经由数据存储部20取得异常传播顺序估计结果D6,但这只不过是一例。异常原因估计部60也可以从异常检测顺序估计部40和异常传播路径追踪部50分别直接取得异常检测顺序估计结果D5和异常传播顺序估计结果D6。

[0162] 返回到图2所示的异常原因估计装置100的结构例的说明。

[0163] 异常原因估计结果输出部70从数据存储部20取得异常原因估计部60输出的异常原因顺序估计结果D7、异常检测顺序估计部40输出的异常检测顺序估计结果D5、以及异常传播路径追踪部50输出的异常传播顺序估计结果D6,输出与由异常原因估计部60估计的异常的原因的估计结果相关的信息。

[0164] 详细而言,异常原因估计结果输出部70基于异常原因顺序估计结果D7、异常检测顺序估计结果D5以及异常传播顺序估计结果D6,向显示装置400输出用于使其显示如下画面(以下称为“异常原因估计结果画面”。)的信息(以下称为“异常原因估计结果显示用信息”。),该画面示出与由异常原因估计部60估计的异常的原因的估计结果相关的信息。

[0165] 另外,在实施方式1中,异常原因估计结果输出部70设置在异常原因估计装置100中,但这只不过是一例。异常原因估计结果输出部70也可以设置于经由有线或无线的信号线而与异常原因估计装置100连接的显示器等装置(省略图示)。

[0166] 这里,图8和图9是用于说明在实施方式1中异常原因估计结果输出部70使显示装置400显示的异常原因估计结果画面的画面例的图。

[0167] 作为一例,图8和图9示出将传感器300的数量设为6(传感器 X_n . $n=1\sim 6$)的情况下的异常原因估计结果画面的一例。

[0168] 在图8和图9中,异常原因估计结果画面分别由“D12-1”、“D12-2”表示。

[0169] 例如,如图8和图9所示,异常原因估计结果画面具有显示框D12A、显示框D12B、显示框D12C、显示框D12D、显示框D12E、显示框D12F、显示框D12G、显示框D12H、显示框D12I、显示框D12J以及显示框D12K这11个显示框。

[0170] 异常原因估计结果输出部70例如在异常原因估计结果画面中显示将与异常的原因的估计结果相关的信息一览化的异常原因估计结果一览。异常原因估计结果一览例如是按照每个传感器 X_n 将表示传感器 X_n 的信息、表示异常检测传感器标志的信息、异常检测时刻、异常检测顺序、异常传播顺序、异常原因得分以及异常原因顺序对应地显示的一览表。在图8和图9所示的异常原因估计结果画面中,异常原因估计结果一览分别由“D12-1a”、“D12-2a”表示。

[0171] 图8所示的异常原因估计结果画面的画面例例如为,异常检测顺序估计结果D5的内容是图10A所示的内容、异常传播顺序估计结果D6的内容是图10B所示的内容、异常原因顺序估计结果D7的内容是图10C所示的内容的情况下的画面例。

[0172] 异常原因估计结果输出部70将异常原因估计结果显示用信息输出到显示装置400,该异常原因估计结果显示用信息使表示异常原因顺序估计结果D7的传感器 X_n 的信息显示于显示框D12A,使表示异常原因顺序估计结果D7的异常检测传感器标志的信息显示于显示框D12B,使表示异常检测顺序估计结果D5的异常检测时刻的信息显示于显示框D12C,使异常检测顺序估计结果D5的异常检测顺序显示于显示框D12D,使异常传播顺序估计结果D6的异常传播顺序显示于显示框D12E,使异常原因顺序估计结果D7的异常原因得分显示于显示框D12F,使异常原因顺序估计结果D7的异常原因顺序显示于显示框D12G,使基于异常检测顺序估计结果D5的异常检测顺序、异常传播顺序估计结果D6的异常传播顺序、异常原因顺序估计结果D7的异常原因顺序的用于将异常原因估计结果一览的排列顺序按升序重新排序的排序按钮分别显示于显示框D12I、D12J、D12K,使用于受理仅显示异常检测传感器的指示的复选框显示于显示框D12H。其结果是,显示装置400显示图8所示的异常原因估计结果画面。

[0173] 例如,异常原因估计结果输出部70在异常原因顺序估计结果D7的异常检测传感器标志设定有(True)的情况下使显示框D12B显示“True”,在异常原因顺序估计结果D7的异常检测传感器标志设定有(False)的情况下使显示框D12B显示“False”。

[0174] 此外,异常原因估计结果输出部70例如在异常检测顺序估计结果D5的异常检测时刻或异常检测顺序未设定值的情况下,显示空栏。

[0175] 另外,异常原因估计结果输出部70例如在异常原因估计结果一览的初始状态下,按照分配给传感器Xn的ID等顺序,将与该传感器Xn关联的表示传感器Xn的信息、表示异常检测传感器标志的信息、异常检测时刻、异常检测顺序、异常传播顺序、异常原因得分、以及异常原因顺序对应地显示。这里,异常原因估计结果一览的初始状态是指,异常原因估计结果输出部70使显示装置400例如在接通电源后最初显示该异常原因估计结果一览时的异常原因估计结果一览的状态。

[0176] 图8所示的异常原因估计结果一览的一例假定是初始状态的异常原因估计结果一览的一例。

[0177] 异常原因估计结果输出部70在异常原因估计结果一览的初始状态下,将该异常原因估计结果一览如图8所示那样设为未进行数据的重新排序的指示以及仅显示异常检测传感器的指示的状态。

[0178] 操作员例如确认图8所示的异常原因估计结果画面。由此,操作员掌握与异常的原因的估计结果相关的信息。例如,操作员能够根据成为异常的原因的传感器Xn的信息确定成为异常的原因的机器。此外,操作员能够掌握应该对发生异常的机器进行点检的顺序。因此,操作员能够降低不必要的点检作业,操作员的负荷降低。

[0179] 此外,在图8所示的异常原因估计结果一览被显示时,操作员能够指示该异常原因估计结果一览所示的信息的重新排序。

[0180] 例如,操作员能够通过操作鼠标或键盘等输入装置(省略图示)并按下显示框D12I、D12J、D12K的排序按钮来指示信息的重新排序。异常原因估计结果输出部70例如在受理了信息的重新排序的指示时,使输入了指示的换言之被按下的排序按钮涂黑显示。然后,异常原因估计结果输出部70例如将异常原因估计结果显示用信息输出到显示装置400,该异常原因估计结果显示用信息显示按照输入的指示进行了要显示的信息的重新排序的异常原因估计结果一览。由此,由显示装置400显示的异常原因估计结果一览被更新为对显示的信息进行了重新排序后的异常原因估计结果一览。

[0181] 此外,例如,操作员等对输入装置进行操作,按下显示框D12H所显示的复选框,由此,能够输入使异常原因估计结果一览仅显示与异常检测传感器相关的信息的指示。异常原因估计结果输出部70例如在输入了在异常原因估计结果一览中仅显示与异常检测传感器相关的信息的指示时,使上述复选框显示勾选。然后,异常原因估计结果输出部70例如将按照输入的指示在异常原因估计结果一览中仅显示与异常检测传感器相关的信息的异常原因估计结果显示用信息输出到显示装置400。由此,由显示装置400显示的异常原因估计结果一览被更新为仅显示了与异常检测传感器相关的信息的异常原因估计结果一览。

[0182] 图9是示出如下异常原因估计结果画面的一例的图:在图8所示的异常原因估计结果画面被显示的状态下,由操作员按下异常原因估计结果一览的显示框D12K的排序按钮,通过受理到该指示的异常原因估计结果输出部70对异常原因估计结果一览的信息按异常原因顺序的升序进行重新排序,之后,由操作员按下显示框D12H的复选框,通过受理到该指示的异常原因估计结果输出部70,该异常原因估计结果画面显示出仅显示了与异常检测传感器标志为(True)的异常检测传感器对应的行的异常原因估计结果一览。

[0183] 在图9所示的异常原因估计结果画面中显示有如下异常原因估计结果一览:仅显示出与异常检测传感器标志为(True)的传感器X1、X2、X4、X6(即异常检测传感器)对应的行,并且,基于异常原因顺序按照异常原因顺序的升序将与传感器X1、X2、X4、X6对应的行重新排序为与传感器X4对应的行、与传感器X2对应的行、与传感器X6对应的行、与传感器X1对应的行。

[0184] 在图9所示的异常原因估计结果画面中,在显示框D12H的复选框显示出勾选。由此,操作员能够识别在异常原因估计结果画面中仅显示出异常检测传感器。此外,在图9所示的异常原因估计结果画面中,显示框D12K的排序按钮被填充。由此,操作员能够识别在异常原因估计结果画面中,异常原因估计结果一览的行按异常原因顺序的升序被重新排序。

[0185] 另外,操作员例如在显示框D12H、D12J、D12K所显示的排序按钮中的任意1个排序按钮被按下的状态下、即在异常原因估计结果一览的显示被重新排序后的状态下再次按下相同的排序按钮时,能够使异常原因估计结果一览的显示返回到指示异常原因估计结果一览的显示的重新排序前的状态。异常原因估计结果输出部70在受理到再次按下相同的排序按钮这一意思时,使填充显示的排序按钮在消除填充的状态下显示。然后,异常原因估计结果输出部70将用于显示进行重新排序前的异常原因估计结果一览的异常原因估计结果显示用信息输出到显示装置400。由此,由显示装置400显示的异常原因估计结果一览被更新为进行重新排序前的异常原因估计结果一览(参照图8)。

[0186] 此外,操作员例如在显示框D12H的复选框被按下的状态下、即在显示出仅显示了与异常检测传感器相关的信息的异常原因估计结果一览的状态下再次按下复选框时,能够使异常原因估计结果一览的显示返回到指示仅显示与异常检测传感器相关的信息之前的状态。异常原因估计结果输出部70在受理到再次按下了复选框这一意思时,使去掉勾选后的复选框显示。然后,异常原因估计结果输出部70将用于显示向仅显示与异常检测传感器相关的信息切换之前的异常原因估计结果一览的异常原因估计结果显示用信息输出到显示装置400。由此,由显示装置400显示的异常原因估计结果一览被更新为向仅显示与异常检测传感器相关的信息切换之前的异常原因估计结果一览(参照图8)。

[0187] 另外,这里,初始状态的异常原因估计结果画面为图8所示的画面,但这只不过是一例。例如,异常原因估计结果输出部70也可以在初始状态的异常原因估计结果画面中,预先基于异常检测顺序、异常传播顺序、异常原因顺序中的任意一方使异常原因估计结果一览中显示的与传感器300相关的信息按升序进行重新排序,还可以显示仅显示了异常检测传感器的异常原因估计结果一览。

[0188] 返回到图2所示的异常原因估计装置100的结构例的说明。

[0189] 数据存储部20存储各种信息。

[0190] 详细而言,数据存储部20例如存储学习装置200生成的关联构造D2、传感器数据取得部10取得的传感器数据D1、异常检测部30输出的异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4、异常检测顺序估计部40输出的异常检测顺序估计结果D5、异常传播路径追踪部50输出的异常传播顺序估计结果D6、以及异常原因估计部60输出的异常原因顺序估计结果D7。

[0191] 另外,在实施方式2中,如图2所示,数据存储部20设置在异常原因估计装置100中,但这只不过是一例。数据存储部20也可以设置在异常原因估计装置100的外部的、异常原因

估计装置100能够参照的场所。

[0192] 对实施方式1的学习装置200的结构例进行说明。

[0193] 图11是示出实施方式1的学习装置200的结构例的图。

[0194] 学习装置200使用在对象设备的正常运转时由设置于该对象设备的传感器300收集到的传感器数据进行学习。详细而言,学习装置200使用在对象设备的正常运转时由设置于该对象设备的传感器300收集到的传感器数据来估计关联构造D2。另外,详细而言,对象设备的正常运转时是指构成对象设备的多个机器的正常运转时。因此,详细而言,在对象设备的正常运转时由传感器300收集到的传感器数据是指,在构成对象设备的多个机器的正常运转时由设置于各机器的传感器300收集到的传感器数据。

[0195] 学习装置200将学习完毕的关联构造D2存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。

[0196] 另外,在图11中,为了简单说明,异常原因估计装置100的结构部仅图示出数据存储部20。

[0197] 学习装置200具备学习用传感器数据取得部210、学习用数据存储部220、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240。

[0198] 学习用传感器数据取得部210取得用于关联构造D2的学习的学习用数据。学习用数据包含从多个传感器300取得的传感器数据。

[0199] 另外,这里,学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据并不是全部用于关联构造D2的学习。后述的学习用预处理部230基于学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据,取得实际上用于关联构造D2的学习的学习用数据。因此,更加准确地说,学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据是学习用数据候选。之后叙述学习用预处理部230的详细情况。

[0200] 学习用传感器数据取得部210将取得的学习用数据候选存储于学习用数据存储部220。

[0201] 这里,学习用数据候选是与异常原因估计装置100从传感器300取得的传感器数据D1相同种类的信息,详细而言,是与传感器数据D1相同的内容(开度、偏差、转速、传导率、流量、压力、温度、浓度或水位中的至少1个计测值或者控制值)的信息,是在作为对象设备的多个设备结构要素的多个机器的正常运转时由传感器300收集到的传感器数据。即,学习用数据候选包含对象设备的正常运转时的传感器计测值或控制值。另外,学习用数据候选是从与作为异常原因估计装置100取得传感器数据D1的取得源的传感器300相同的传感器300取得的、与传感器数据D1相同种类的信息。

[0202] 学习用数据候选例如预先由管理者等准备,并存储在学习装置200能够参照的场所。例如,学习用数据候选也可以存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。在该情况下,学习用传感器数据取得部210从异常原因估计装置100的数据存储部20取得学习用数据候选即可。

[0203] 在实施方式1中,将学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据候选设为“学习用数据候选D21”。

[0204] 另外,在图11中,将学习用传感器数据取得部210从异常原因估计装置100以外的场所取得的学习用数据候选设为“学习用数据候选D21”、将学习用传感器数据取得部210从

异常原因估计装置100取得的学习用数据候选设为“学习用数据候选D22”，区分进行图示。这是为了容易进行理解，学习用数据候选D21”和“学习用数据候选D22”的内容相同。

[0205] 因此，在以下的说明中，“学习用数据候选D21”和“学习用数据候选D22”都作为“学习用数据候选D21”来说明。

[0206] 学习用预处理部230从学习用数据存储部220取得由学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据候选D21，对学习用数据候选D21进行预处理。另外，学习用预处理部230每隔规定时间，从学习用数据存储部220取得在该规定时间存储的学习用数据候选D21。

[0207] 详细而言，学习用预处理部230对学习用数据候选D21进行数据的转换或选定等，取得实际上用于关联构造D2的学习的学习用数据。

[0208] 例如，学习用预处理部230将学习用数据候选D21转换成一阶差分序列，将转换后的学习用数据候选D21设为学习用数据。在该情况下，学习用数据候选D21中包含的传感器数据被转换成表示变化量的数据。

[0209] 此外，例如，学习用预处理部230也可以从学习用数据候选D21中包含的传感器数据中仅选定方差大的传感器数据，将选定后的传感器数据设为学习用数据。在该情况下，学习用预处理部230设置方差值的阈值，将学习用数据候选D21中包含的传感器数据中的方差值比该阈值大的传感器数据选定为学习用数据。另外，方差值的阈值例如由操作员等手动地设定。操作员等例如预先操作鼠标或键盘等输入装置来输入方差值的阈值，设定该方差值的阈值。此外，例如，在传感器300的测定误差已知的情况下，学习用预处理部230也可以将该测定误差的平方设为方差值的阈值。

[0210] 学习用预处理部230将取得的学习用数据存储于学习用数据存储部220。在实施方式1中，将学习用预处理部230取得的学习用数据设为“学习用数据D23”。

[0211] 在以下的实施方式1中，作为一例，设学习用预处理部230对学习用数据候选D21进行的预处理为选定，学习用预处理部230取得学习用数据候选D21中包含的传感器数据中的方差值比阈值大的传感器数据作为学习用数据D23。

[0212] 另外，这里，学习用预处理部230从学习用传感器数据取得部210经由学习用数据存储部220取得学习用数据候选D21，但这只不过是一例。学习用预处理部230也可以从学习用传感器数据取得部210直接取得学习用数据候选D21。

[0213] 关联构造学习部240从学习用数据存储部220取得由学习用预处理部230输出的学习用数据D23，基于学习用数据D23对关联构造D2进行学习。

[0214] 详细而言，关联构造学习部240针对学习用数据D23中包含的多个传感器数据，计算表示2个不同的传感器数据的关系的至少1个统计量，基于计算出的统计量对关联构造D2进行学习。

[0215] 关联构造学习部240例如使用相关或互相关、或者Granger Causality (格兰杰因果)、Transfer entropy (传递熵)、CCM (Convergent cross mapping: 收敛交叉映射)、DTW (Dynamic Time Warping: 动态时间规整) 等基于波形的统计指标，作为计算表示传感器数据间的关系的统计量时的指标 (以下称为“统计指标”)。此外，关联构造学习部240例如也可以使用KL (Kullback Leibler: 库尔贝克莱布勒) 散度或HI (Histogram Intersection: 直方图相交) 等基于分布的统计指标作为统计指标。统计指标被分类为无向型和有向型。无向型的统计指标是指相关等无法识别依赖关系的方向的统计指标，有向型的统计指标是指

Granger causality等能够识别依赖关系的方向的统计指标。

[0216] 在实施方式1中,作为一例,关联构造学习部240针对学习用数据D23中包含的多个传感器数据,计算表示2个不同的传感器数据的关系的包含至少1个有向型的统计指标的1种以上的统计量,基于计算出的统计量,对关联构造D2进行学习。

[0217] 使用附图并举出具体例来说明关联构造学习部240对关联构造D2进行学习的学习处理。

[0218] 图12是示出在实施方式1中关联构造学习部240对关联构造D2进行学习的学习处理的一例的概念的图。

[0219] 如图12所示,学习用数据D23是将行设为时刻的数量 t 且将列设为传感器300的数量 n (由传感器 X_n ($n=1,2,3,4,\dots,n$)表示)的二维的数据帧。关联构造D2被初始化为由该关联构造D2定义的全部的要素为“0”。这里,关联构造学习部240在对关联构造D2进行学习时,使用 m 种统计指标。

[0220] 〈学习用数据选择〉

[0221] 关联构造学习部240选择学习用数据D23所包含的由传感器 X_n 收集到的传感器数据中的、由2个不同的传感器 X_n 收集到的传感器数据。例如,关联构造学习部240选择由第 i 个传感器 X_i 收集到的第 i 个传感器数据和由第 j 个传感器 X_j 收集到的第 j 个传感器数据。以下,也将由第 i 个传感器 X_i 收集到的第 i 个传感器数据简称为“第 i 个传感器数据”,将由第 j 个传感器 X_j 收集到的第 j 个传感器数据简称为“第 j 个传感器数据”。

[0222] 〈统计量计算〉

[0223] 接着,关联构造学习部240针对第 i 个传感器数据和第 j 个传感器数据,使用 m 种统计指标,计算从第 i 个传感器数据到第 j 个传感器数据的统计量 $a(1)_{ij}$ 、 $a(2)_{ij}$ 、 $\dots$ 、 $a(m)_{ij}$ 作为从传感器 X_i 到传感器 X_j 的统计量,计算从第 j 个传感器数据到第 i 个传感器数据的统计量 $a(1)_{ji}$ 、 $a(2)_{ji}$ 、 $\dots$ 、 $a(m)_{ji}$ 作为从传感器 X_j 到传感器 X_i 的统计量。然后,关联构造学习部240取得由从传感器 X_i 到传感器 X_j 的统计量 $a(k)_{ij}$ 和从传感器 X_j 到传感器 X_i 的统计量 $a(k)_{ji}$ 构成的传感器 X_i 与传感器 X_j 之间的统计量所相关的信息(以下称为“传感器间统计量信息”)D24A。这里,关联构造学习部240根据需要来转换传感器间统计量信息D24A,使得统计量的绝对值 $|a(k)_{ij}|$ 越大则传感器数据间的依赖关系越大。例如,与Granger Causality的统计量 $a(k)_{ij}$ 对应的 p 值取0至1之间的值, p 值越小,则表示越不能说没有第 i 个传感器数据与第 j 个传感器数据之间的依赖关系。在该情况下,关联构造学习部240将以表示统计量越大则依赖关系越大的方式对 p 值进行转换后的 $(1-p)$ 值设为传感器间统计量信息中的统计量 $a(k)_{ij}$ 。另一方面,假设在关联构造学习部240使用作为无指向型的统计指标的相关来计算统计量的情况下,例如,与相关的统计量 $a(k)_{ij}$ 对应的相关系数 ρ 取-1至1之间的值, ρ 的绝对值越大,则表示第 i 个传感器数据与第 j 个传感器数据之间的依赖关系越大。在该情况下,关联构造学习部240不进行传感器间统计量信息D24A的转换。

[0224] 另外,关联构造学习部240制作学习用数据D23所包含的传感器数据中的所有组合的2个不同的传感器数据的对,对所有的2个不同的传感器数据进行统计量的计算,取得传感器间统计量信息D24A。

[0225] 〈关联构造学习〉

[0226] 关联构造学习部240将传感器间统计量信息D24A中设定的、对应于所有的传感器

数据的统计量作为要素,对关联构造D2进行学习。例如,使用m种统计指标中的第k个统计指标计算出的从第i个传感器 X_i 到第j个传感器 X_j 的统计量 $|a(k)_{ij}|$ 被代入到关联构造D2的第1维度的第k个要素、第2维度的第i个要素、第3维度的第j个要素。

[0227] 如以上那样对关联构造D2进行学习后,关联构造学习部240将学习完毕的关联构造D2存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。

[0228] 例如,关联构造学习部240也可以将关联构造D2存储于学习用数据存储部220。在该情况下,在异常原因估计装置100中,异常传播路径追踪部50例如在每次执行异常传播顺序估计处理时,将要使用的关联构造D2从学习用数据存储部220下载到数据存储部20。

[0229] 另外,这里,关联构造学习部240从学习用预处理部230经由学习用数据存储部220取得学习用数据D23,但这只不过是一例。关联构造学习部240也可以从学习用预处理部230直接取得学习用数据D23。

[0230] 返回到图11所示的学习装置200的结构例的说明。

[0231] 学习用数据存储部220存储与学习装置200进行的学习相关的各种信息。

[0232] 详细而言,学习用数据存储部220例如存储学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据候选D21、以及学习用预处理部230输出的学习用数据D23。学习用数据存储部220也可以存储关联构造学习部240进行学习后的关联构造D2。

[0233] 另外,这里,学习用数据存储部220设置在学习装置200中,但这只不过是一例,学习用数据存储部220也可以设置在学习装置200的外部的、学习装置200能够参照的场所。

[0234] 此外,在实施方式1中,学习装置200具备学习用预处理部230,但这只不过是一例,学习装置200不是必须具备学习用预处理部230。在学习装置200不具备学习用预处理部230的情况下,关联构造学习部240例如将学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据候选D21全部作为实际用于关联构造D2的学习的学习用数据D23,使用学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据D23对关联构造D2进行学习。即,在学习装置200中,关联构造学习部240将学习用传感器数据取得部210取得的多个学习用数据候选作为多个学习用数据,基于该多个学习用数据,计算多个学习用数据间的至少1个统计量,基于计算出的统计量,对示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D2)进行学习。

[0235] 对实施方式1的异常原因估计装置100和学习装置200的动作进行说明。

[0236] 首先,对实施方式1的异常原因估计装置100的动作进行说明。

[0237] 图13是用于说明实施方式1的异常原因估计装置100的动作用的流程图。

[0238] 传感器数据取得部10从传感器300取得传感器数据D1(步骤ST1)。

[0239] 传感器数据取得部10将取得的传感器数据D1存储于数据存储部20。

[0240] 异常检测部30针对在步骤ST1中由传感器数据取得部10存储于数据存储部20的传感器数据D1进行异常检测处理(步骤ST2)。

[0241] 异常检测部30将异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4存储于数据存储部20。

[0242] 在步骤ST2中异常检测部30检测到异常检测传感器的情况下,异常原因估计装置100的动作进入步骤ST3。在步骤ST2中异常检测部30未检测到异常检测传感器的情况下,异常原因估计装置100结束图13的流程图所示的处理。

[0243] 例如,异常检测部30在步骤ST2中检测到异常检测传感器的情况下,将这一意思通

知给异常检测顺序估计部40,异常原因估计装置100的动作进入步骤ST3即可。另一方面,异常检测部30在步骤ST2中未检测到异常检测传感器的情况下,将这一意思通知给异常原因估计装置100的控制部(省略图示),控制部结束异常原因估计装置100的处理即可。

[0244] 在步骤ST3中,异常检测顺序估计部40取得在步骤ST2中由异常检测部30存储于数据存储器20的异常检测传感器信息D3和异常检测时刻信息D4,并进行异常检测顺序估计处理,在该异常检测顺序估计处理中,针对异常检测传感器,估计检测到发生异常、更详细而言在由异常检测传感器收集到的传感器数据D1中检测到发生异常的异常检测顺序(步骤ST3)。

[0245] 异常检测顺序估计部40将异常检测顺序估计结果D5存储于数据存储器20。

[0246] 异常传播路径追踪部50从数据存储器20取得在步骤ST3中由异常检测部30存储的异常检测传感器信息D3和关联构造D2,并进行异常传播顺序估计处理,在该异常传播顺序估计处理中,基于取得的异常检测传感器信息D3和关联构造D2,估计异常传播顺序(步骤ST4)。

[0247] 异常传播路径追踪部50将异常传播顺序估计结果D6输出到数据存储器20。

[0248] 异常原因估计部60从数据存储器20取得在步骤ST3中由异常检测顺序估计部40输出的异常检测顺序估计结果D5和在步骤ST4中由异常传播路径追踪部50输出的异常传播顺序估计结果D6,并进行异常原因估计处理,在该异常原因估计处理中,基于异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序和异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,来估计异常的原因(步骤ST5)。

[0249] 异常原因估计部60生成异常原因顺序估计结果D7,将生成的异常原因顺序估计结果D7存储于数据存储器20。

[0250] 异常原因估计结果输出部70从数据存储器20取得在步骤ST5中由异常原因估计部60输出的异常原因顺序估计结果D7、在步骤ST3中由异常检测顺序估计部40输出的异常检测顺序估计结果D5、在步骤ST4中由异常传播路径追踪部50输出的异常传播顺序估计结果D6,输出与由异常原因估计部60估计的异常原因的估计结果相关的信息(步骤ST6)。

[0251] 详细而言,异常原因估计结果输出部70向显示装置400输出用于显示异常原因估计结果画面的异常原因估计结果显示用信息。由此,异常原因估计结果输出部70向操作员提示与异常的原因的估计结果相关的信息。

[0252] 另外,在异常原因估计装置100不具备异常原因估计结果输出部70的情况下,异常原因估计装置100在图13的流程图所示的异常原因估计装置100的动作中能够省略步骤ST6的处理。该步骤ST6的处理例如由异常原因估计装置100的外部的装置进行。

[0253] 这样,异常原因估计装置100基于由设置于对象设备的多个传感器300收集到的多个时间序列的传感器数据来检测多个异常检测传感器,基于检测到该多个异常检测传感器的检测时刻,针对多个异常检测传感器,估计检测到发生异常的异常检测顺序。异常原因估计装置100基于与多个异常检测传感器相关的异常检测传感器信息、以及示出构成对象设备的多个构成机器间的依赖关系的估计构造(关联构造),来估计异常传播的异常传播顺序,基于估计出的异常检测顺序和异常传播顺序,来估计异常的原因。

[0254] 由于异常原因估计装置100基于异常发生的顺序和异常传播的顺序来估计对象设备中发生的异常的原因,因此,能够根据多个基准更加适当地估计异常的原因。

[0255] 此外,由于异常原因估计装置100基于估计构造(关联构造)来估计异常的传播顺序,因此,不需要为了构筑对象设备的诊断时的关联构造D2而等待至收集到足够的传感器数据,能够提前执行异常的原因的估计。

[0256] 即,异常原因估计装置100能够与对象设备的复杂度或对象设备的规模无关地估计对象设备中发生的异常的原因。

[0257] 此外,异常原因估计装置100输出异常的原因的估计结果。

[0258] 因此,异常原因估计装置100对于操作员,提高了异常的原因的估计结果的解释性、说明性。异常原因估计装置100能够降低操作员的不必要的点检作业,降低操作员的负荷。此外,异常原因估计装置100能够以不依赖于人的主观的定量指标来估计异常的原因,提示估计的依据。操作员能够以较少的劳动力来判断设备的点检顺序。

[0259] 此外,异常原因估计装置100例如使用霍特林理论或Discord等单变量型的异常检测方式来检测异常检测传感器。

[0260] 因此,异常原因估计装置100能够更加适当地检测1个传感器数据D1单独地变化的异常。1个传感器数据D1单独地变化的异常例如是指,在由与其他传感器300没有关联的某1个传感器300单体收集到的传感器数据D1中检测到的异常。

[0261] 此外,异常原因估计装置100例如使用Graphical Lasso(图形套索)等多变量型的异常检测方式来检测异常检测传感器。

[0262] 因此,异常原因估计装置100能够更加适当地检测多个传感器数据D1之间的关系变化的异常。多个传感器数据D1之间的关系变化的异常例如是指,2个设备结构要素(这里为机器)处于控制的关系的情况下的、由设置于上游的机器的传感器300收集到的传感器数据D1中发生的异常,并且是也出现在由设置于下游的机器的传感器300收集到的传感器数据D1中的异常。例如,在由某些控制流量的阀检测到的阀开度发生了异常的情况下,由计测流量的流量计测出的流量中也出现异常。

[0263] 接着,对实施方式1的学习装置200的动作进行说明。

[0264] 图14是用于说明实施方式1的学习装置200的动作的流程图。

[0265] 学习用传感器数据取得部210取得用于关联构造D2的学习的学习用数据候选D21(步骤ST21)。具体而言,学习用传感器数据取得部210取得学习用数据候选,该学习用数据候选包含在对象设备的正常运转时由设置于对象设备的多个传感器收集到的多个时间序列的传感器数据。

[0266] 学习用传感器数据取得部210将取得的学习用数据候选存储于学习用数据存储部220。

[0267] 学习用预处理部230从学习用数据存储部220取得在步骤ST21中由学习用传感器数据取得部210取得的学习用数据候选D21,对学习用数据候选D21进行预处理,取得学习用数据D23(步骤ST22)。

[0268] 学习用预处理部230将取得的学习用数据D23存储于学习用数据存储部220。

[0269] 关联构造学习部240从学习用数据存储部220取得由学习用预处理部230输出的学习用数据D23,基于学习用数据D23,对关联构造D2进行学习(步骤ST23)。

[0270] 在对关联构造D2进行学习后,关联构造学习部240使学习完毕的关联构造D2存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。

[0271] 这里,图15是用于说明图14的步骤ST23的处理的详细情况的流程图。

[0272] 关联构造学习部240基于在图14的步骤ST22中由学习用预处理部230取得的学习用数据D23,选择学习用数据D23所包含的传感器数据中的由2个不同的传感器300收集到的传感器数据。

[0273] 即,关联构造学习部240基于学习用数据D23,取得2个不同的传感器数据的对(步骤ST231)。

[0274] 另外,关联构造学习部240将学习用数据D23所包含的多个传感器数据的所有组合设为传感器数据的对。

[0275] 关联构造学习部240提取在步骤ST231中生成的传感器数据的对,计算2个不同的传感器数据间的至少1个统计量(步骤ST232)。

[0276] 关联构造学习部240对所有的2个不同的传感器数据进行统计量的计算,取得传感器间统计量信息D24A。

[0277] 然后,关联构造学习部240将传感器间统计量信息D24A中设定的、与所有的传感器数据的对对应的统计量作为要素,对关联构造D2进行学习(步骤ST233)。

[0278] 另外,在学习装置200不具备学习用预处理部230的情况下,学习装置200在图14的流程图所示的学习装置200的动作中,能够省略步骤ST22的处理。

[0279] 这样,学习装置200取得在对象设备的正常运转时由设置于对象设备的多个传感器300收集到的多个时间序列的传感器数据作为学习用数据候选,基于多个学习用数据候选来取得用于学习的多个学习用数据。学习装置200基于取得的学习用数据,计算学习用数据中包含的多个传感器数据间的至少1个统计量,基于计算出的统计量,对估计构造(关联构造D2)进行学习。

[0280] 例如,通过人工示教的关联构造的包罗性依赖于人掌握的设备结构要素换言之传感器300的连接关系。与此相对,学习装置200能够包罗地提取传感器数据D1间的关联性,其结果是,能够提供抑制了传感器300的连接关系的遗漏的关联构造D2。学习装置200通过对异常原因估计装置100提供追踪成为异常发生源的传感器300时的估计构造(关联构造),能够使异常原因估计装置100更加适当地追踪成为异常发生源的传感器300,能够提高异常原因的估计精度。

[0281] 此外,假设即便通过人工示教了只包含连接信息等定性信息的关联构造,学习装置200也能够定量地求出传感器数据D1间的关联性的大小或影响的方向,能够更加适当地生成并提供可估计异常的原因的估计构造(关联构造)。

[0282] 此外,学习装置200使用相关、Granger Causality或DTW等基于波形的统计指标来计算统计量。

[0283] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在波形上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0284] 此外,学习装置200使用KL散度或HI等基于分布的统计指标来计算统计量。

[0285] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在分布上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0286] 此外,学习装置200使用基于波形的统计指标和基于分布的统计指标来计算统计量。

[0287] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在波形上或者在分布上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0288] 图16A和图16B是示出实施方式1的异常原因估计装置100的硬件结构的一例的图。

[0289] 在实施方式1中,传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及未图示的控制部的功能由处理电路1601实现。即,异常原因估计装置100具备处理电路1601,该处理电路1601用于使用示出构成对象设备的多个设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D2),来估计对象设备中发生的异常的原因。

[0290] 处理电路1601可以如图16A所示那样是专用的硬件,也可以如图16B所示那样是执行存储器所存储的程序的处理器1604。

[0291] 在处理电路1601是专用的硬件的情况下,处理电路1601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。

[0292] 在处理电路是处理器1604的情况下,传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及未图示的控制部的功能通过软件、固件、或者软件与固件的组合来实现。软件或固件以程序的形式记述,并存储在存储器1605中。处理器1604通过读出并执行存储器1605所存储的程序,来执行传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及未图示的控制部的功能。即,异常原因估计装置100具备用于存储程序的存储器1605,该程序在由处理器1604执行时结果上执行上述的图13的步骤ST1~步骤ST6。此外,存储器1605所存储的程序也可以说是使计算机执行传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及未图示的控制部的处理过程或方法的程序。这里,存储器1605例如对应于RAM、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(注册商标。以下省略记载)(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory:电可擦可编程只读存储器)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(Digital Versatile Disc:数字多功能光盘)等。

[0293] 另外,关于传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及未图示的控制部的功能,也可以由专用的硬件实现一部分,由软件或固件实现一部分。例如,关于传感器数据取得部10和异常原因估计结果输出部70,能够由作为专用的硬件的处理电路1601实现其功能,关于异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、以及未图示的控制部,其功能能够通过处理器1604读出并执行存储器1605所存储的程序来实现。

[0294] 数据存储部20由辅助存储装置(省略图示)构成。

[0295] 此外,异常原因估计装置100具备传感器300或显示装置400等装置、以及进行有线通信或无线通信的输入接口装置1602和输出接口装置1603。

[0296] 实施方式1的学习装置200的硬件结构例也如图16A和图16B所示。

[0297] 在实施方式1中,学习用传感器数据取得部210、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240的功能由处理电路1601实现。即,学习装置200具备用于进行如下控制的处理电路1601:基于在对象设备正常运转时由设置于对象设备的多个传感器300收集到的多个时间序列的传感器数据,对示出构成对象设备的多个设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D2)进行学习。

[0298] 处理电路1601可以如图16A所示那样是专用的硬件,也可以如图16B所示那样是执行存储器所存储的程序的处理器1604。

[0299] 在处理电路1601是专用的硬件的情况下,处理电路1601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。

[0300] 在处理电路是处理器1604的情况下,学习用传感器数据取得部210、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240的功能通过软件、固件、或者软件与固件的组合来实现。软件或固件以程序的形式记述,并存储在存储器1605中。处理器1604通过读出并执行存储器1605所存储的程序,来执行学习用传感器数据取得部210、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240的功能。即,学习装置200具备用于存储程序的存储器1605,该程序在由处理器1604执行时结果上执行上述的图14的步骤ST21~步骤ST23。此外,存储器1605所存储的程序也可以说是使计算机执行学习用传感器数据取得部210、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240的处理过程或方法的程序。这里,存储器1605例如对应于RAM、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 Erasable Programmable Read-Only Memory:电可擦可编程只读存储器)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(Digital Versatile Disc:数字多功能光盘)等。

[0301] 另外,关于学习用传感器数据取得部210、学习用预处理部230、以及关联构造学习部240的功能,也可以由专用的硬件实现一部分,由软件或固件实现一部分。例如,关于学习用传感器数据取得部210,能够由作为专用的硬件的处理电路1601实现其功能,关于学习用预处理部230和关联构造学习部240,能够通过处理器1604读出并执行存储器1605所存储的程序来实现其功能。

[0302] 学习用数据存储部220由辅助存储装置(省略图示)构成。

[0303] 此外,学习装置200具备异常原因估计装置100等装置、以及进行有线通信或无线通信的输入接口装置1602和输出接口装置1603。

[0304] 另外,在以上的实施方式1中,为了方便,假定了在1个机器设置有1个传感器300,但这只不过是一例,也可以在1个机器设置多个传感器300。例如,在以上的实施方式1中,也可以是,设备结构要素是机器具有的多个部件,在各部件设置有传感器300。在该情况下,异常原因估计装置100将与异常原因的估计结果相关的信息例如以能够掌握在成为异常原因的部件中设置的传感器或操作员应该点检的顺序的方式提示给操作员。

[0305] 〈变形例〉

[0306] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100和学习装置200分别具备传感器数据取得部10和学习用传感器数据取得部210,但这只不过是一例。此外,在以上的实施方式1

中,异常原因估计装置100和学习装置200分别具备数据存储部20和学习用数据存储部220,但这只不过是一例。

[0307] 例如,也可以构成异常原因估计装置100和学习装置200具备共用的传感器数据取得部和数据存储部且相互进行访问。

[0308] 图17是示出在实施方式1中异常原因估计装置100和学习装置200具备共用的传感器数据取得部310和数据存储部320的精密诊断系统1000的结构例的图。

[0309] 另外,在图17中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备数据存储部320之外,还具备异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图17中,为了简单说明而省略了图示,但学习装置200除了具备传感器数据取得部310之外还具备学习用预处理部230和关联构造学习部240。

[0310] 在图17所示的精密诊断系统1000的结构例中,异常原因估计装置100具备数据存储部320,学习装置200具备传感器数据取得部310,但这只不过是一例,在精密诊断系统1000中,也可以是,学习装置200具备数据存储部320,异常原因估计装置100具备传感器数据取得部310。

[0311] 此外,在精密诊断系统1000中,也可以从异常原因估计装置100或学习装置200中的任意一方具备传感器数据取得部310和数据存储部320。

[0312] 〈变形例〉

[0313] 此外,在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100为基于1个关联构造D2来估计异常的原因的结构,这只不过是一例。

[0314] 例如,异常原因估计装置100也可以为基于与对象设备的运转状态对应的关联构造来估计异常原因的结构。在该情况下,学习装置200按照对象设备的每个运转状态对关联构造进行学习。

[0315] 图18是示出在实施方式1中学习装置200按照对象设备的每个运转状态对关联构造进行学习、并且异常原因估计装置100基于由学习装置200学习完毕的与对象设备的运转状态对应的关联构造来估计异常原因的精密诊断系统1000的结构例的图。

[0316] 另外,在图18中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备数据存储部20和异常传播路径追踪部50之外,还具备传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图18中,为了简单说明而省略了图示,但学习装置200除了具备学习用数据存储部220和关联构造学习部240之外,还具备学习用传感器数据取得部210和学习用预处理部230。

[0317] 如图18所示,在学习装置200中,关联构造学习部240取得表示与学习用数据候选D21对应的对象设备的运转状态的设备运转状态信息D31。例如,操作员等对鼠标或键盘等输入装置进行操作来输入设备运转状态信息D31,关联构造学习部240受理所输入的设备运转状态信息D31,由此,取得该设备运转状态信息D31。例如,关联构造学习部240也可以取得对象设备中的控制信号等,根据取得的控制信号等来估计运行状态,由此取得设备运转状态信息D31。

[0318] 然后,关联构造学习部240在基于从学习用预处理部230输出的学习用数据D23对关联构造D2进行学习后,对学习完毕的关联构造D2赋予所取得的设备运转状态信息D31,作为关联构造D32。关联构造学习部240将赋予了设备运转状态信息D31后的关联构造D32存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。关联构造学习部240也可以将关联构造D32存储于学习用数据存储部220。

[0319] 学习装置200根据对象设备的各种运转状态进行以上那样的学习,学习与各种运转状态对应的关联构造D32。

[0320] 另外,在该情况下,在使用图14的流程图说明的学习装置200的动作中,关联构造学习部240在进行步骤ST23的处理之前预先取得设备运转状态信息D31,在步骤ST23中,进行生成并存储关联构造D32的处理。学习装置200根据对象设备的运转状态,重复进行图14的流程图所示的动作。

[0321] 在异常原因估计装置100中,异常传播路径追踪部50取得设备运转状态信息D31。然后,异常传播路径追踪部50在进行异常传播顺序估计处理时,基于取得的异常检测传感器信息D3、设备运转状态信息D31、以及学习装置200存储于数据存储部20的关联构造D32,来估计异常传播顺序。具体而言,异常传播路径追踪部50选定与对象设备的运转状态对应的关联构造D32,使用选定的关联构造D32来估计异常传播顺序。

[0322] 例如,也可以是,在学习装置200中,关联构造学习部240将关联构造D32预先存储于学习用数据存储部220,在异常原因估计装置100中,异常传播路径追踪部50在每次执行异常传播顺序估计处理时,将要使用的关联构造D32从学习用数据存储部220下载到数据存储部20。

[0323] 另外,在该情况下,在使用图13的流程图说明的异常原因估计装置100的动作中,异常传播路径追踪部50在步骤ST4中基于异常检测传感器信息D3、设备运转状态信息D31、以及学习装置200存储于数据存储部20的关联构造D32,来估计异常传播顺序。

[0324] 这样,异常原因估计装置100能够为如下结构:异常传播路径追踪部50基于异常检测传感器信息D3、表示对象设备的运转状态的设备运转状态信息D31、以及根据对象设备的运转状态而示出构成对象设备的多个对象结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D32),来估计异常传播顺序。

[0325] 通过采用这样的结构,异常原因估计装置100能够基于可应对与对象设备中的运转状态变化相伴的传感器300间的依赖关系的变化且提高了可靠性的关联构造D32,细致地进行异常原因的估计。

[0326] 在学习装置200中,在关联构造学习部240基于学习用数据计算多个传感器数据间的至少1个统计量、并基于计算出的统计量对估计构造(关联构造D2)进行学习后,生成对该关联构造D2赋予了设备运转状态信息D31而得到的关联构造D32,由此,向异常原因估计装置100提供的关联构造的可靠性提高,可向异常原因估计装置100提供能够细致地进行异常的原因的估计的关联构造D32。

[0327] 〈变形例〉

[0328] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100具备数据存储部20,但这只不过是一例。

[0329] 例如,也可以是,配置在通信网络上的单数或多个网络存储装置(省略图示)存储

各种数据,在异常原因估计装置100中,异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、以及异常原因估计结果输出部70访问该网络存储装置。

[0330] 〈变形例〉

[0331] 在以上的实施方式1中,在异常原因估计装置100中,异常检测部30对传感器数据D1进行了使用公知的单变量型的异常检测方式的异常检测处理,检测了传感器300中的异常检测传感器,但这只不过是一例。

[0332] 例如,异常检测部30也可以使用公知的多变量型的异常检测方式,来检测异常检测传感器。例如,作为公知的多变量型的异常检测方式,举出Graphical Lasso等方法。此外,异常检测部30例如也可以同时使用单变量型的异常检测方式和多变量型的异常检测方式来进行异常检测处理。

[0333] 这样,异常原因估计装置100通过使用单变量型的异常检测方式、多变量型的异常检测方式、或者这两种方式来检测异常检测传感器,即便在对象设备中发生的异常在传感器数据中出现的方式根据该异常的种类而不同的情况下,也能够适当地对检测各种种类的异常的发生的异常检测传感器进行检测,能够细致地进行异常原因的估计。

[0334] 〈变形例〉

[0335] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100也可以构成为,具备对数据存储部20所存储的关联构造D2进行修正的关联构造修正部330。

[0336] 图19是示出在实施方式1中具备关联构造修正部330的异常原因估计装置100的结构例的图。

[0337] 另外,在图19中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备关联构造修正部330、数据存储部20以及异常传播路径追踪部50之外,还具备传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70、以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图19中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100与学习装置200、传感器300以及显示装置400连接。

[0338] 关联构造修正部330取得与具有依赖关系的传感器对相关的信息(以下称为“有依赖对信息”。)D33以及与没有依赖关系的传感器对相关的信息(以下称为“无依赖对信息”。)D34。有依赖对信息D33和无依赖对信息D34例如也可以由操作员基于操作员的技术知识手动地生成,还可以由关联构造修正部330根据设备的设计信息等表示物理上的连接关系的信息而生成。例如,也可以将基于操作员的技术知识的手动生成与由关联构造修正部330进行的基于设备的设计信息等表示物理上的连接关系的信息的生成组合,从而生成有依赖对信息D33和无依赖对信息D34。

[0339] 关联构造修正部330从数据存储部20取得关联构造D2,基于有依赖对信息D33和无依赖对信息D34,对关联构造D2修正传感器数据间的依赖关系,将修正后的关联构造D35存储于数据存储部20。另外,修正后的关联构造D35具有与关联构造D2相同的数据构造。

[0340] 异常传播路径追踪部50在数据存储部20存储有修正后的关联构造D35的情况下,使用该关联构造D35,进行异常传播顺序估计处理。

[0341] 举出具体例来说明关联构造修正部330修正关联构造D2的处理的详细情况。

[0342] 图20是用于说明在实施方式1中在具备关联构造修正部330的异常原因估计装置

100中、关联构造修正部330修正关联构造D2的处理的一例的概念的图。

[0343] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为3,由传感器 X_n ($n=1,2,3$)表示传感器300。此外,在有依赖对信息D33中,定义了从传感器 X_n 中的第 i 个传感器 X_i 针对第 j 个传感器 X_j 具有依赖关系,在无依赖对信息D34中,定义了从传感器 X_n 中的第 i 个传感器 X_i 针对第 j 个传感器 X_j 没有依赖关系。 i 和 j 均是1、2或3。

[0344] 此时,例如,在传感器 X_1 、 X_2 、 X_3 中,从传感器 X_1 针对传感器 X_2 以及从传感器 X_3 针对传感器 X_2 ,在传感器数据间具有依赖关系,从传感器 X_2 针对传感器 X_1 ,在传感器数据间没有依赖关系。

[0345] 假设关联构造D2是将第1维度设为统计指标、将第2维度设为传感器 X_n 的数量、将第3维度设为传感器 X_n 的数量的3维数组。统计指标的种类的数量为2。

[0346] 关联构造修正部330基于有依赖对信息D33和无依赖对信息D34,将关联构造D2的统计量 $a(k)_{ij}$ 修正为统计量 $a'(k)_{ij}$ 。这里,统计量 $a(k)_{ij}$ 和统计量 $a'(k)_{ij}$ 是实数值。例如,关联构造修正部330将有依赖对信息D33所包含的传感器 X_i 、 X_j 的对所对应的关联构造D2的统计量 $a(k)_{ij}$ 按照每个统计指标修正为而示出具有依赖关系的情况的比统计量的上限值大的统计量 $a'(k)_{ij}$ 。另外,这只不过是一例,例如,关联构造修正部330也可以将有依赖对信息D33所包含的传感器 X_i 、 X_j 的对所对应的关联构造D2的统计量 $a(k)_{ij}$ 修正为比为了选定依赖关系而设置的阈值大的统计量 $a'(k)_{ij}$ 。

[0347] 在图20中,关联构造修正部330基于有依赖对信息D33,将具有依赖关系的从传感器 X_1 到传感器 X_2 的传感器数据所对应的统计量 $a(1)_{12}$ 和 $a(2)_{12}$ 分别修正为作为统计指标的上限值的统计量 $a'(1)_{12}$ 和 $a'(2)_{12}$ 。此外,关联构造修正部330基于有依赖对信息D33,将具有依赖关系的从传感器 X_3 到传感器 X_2 的传感器数据所对应的统计量 $a(1)_{32}$ 和 $a(2)_{32}$ 分别修正为作为统计指标的上限值的统计量 $a'(1)_{32}$ 和 $a'(2)_{32}$ 。

[0348] 此外,关联构造修正部330将无依赖对信息D34所包含的传感器 X_i 、 X_j 的对所对应的关联构造D2的统计量 $a(k)_{ij}$ 按照每个统计指标而修正为表示没有依赖关系的统计量 $a'(k)_{ij}$ 。

[0349] 在图20中,关联构造修正部330基于无依赖对信息D34,将没有依赖关系的从传感器 X_2 到传感器 X_1 的传感器数据所对应的统计量 $a(1)_{21}$ 和 $a(2)_{21}$ 分别修正为表示没有依赖关系的统计量 $a'(1)_{21}$ 和 $a'(2)_{21}$ 。

[0350] 如图19所示,在异常原因估计装置100构成为具备关联构造修正部330的情况下,在使用图13的流程图说明的异常原因估计装置100的动作中,关联构造修正部330在进行步骤ST4的处理之前,基于有依赖对信息D33和无依赖对信息D34,对关联构造D2修正传感器数据间的依赖关系,将修正后的关联构造D35存储于数据存储部20。异常传播路径追踪部50在步骤ST4中基于异常检测传感器信息D3、设备运转状态信息D31、以及由关联构造修正部330修正后的关联构造D35,来估计异常传播顺序。

[0351] 这样,异常原因估计装置100通过具备关联构造修正部330,能够提高关联构造D2的可靠性,能够细致地进行异常原因的估计,其中,该关联构造修正部330基于与传感器300中的具有依赖关系的传感器300的对相关的有依赖对信息D33、以及与传感器300中的没有依赖关系的传感器300的对相关的无依赖对信息D34,针对关联构造D2(估计构造)修正传感器数据间的依赖关系。

[0352] 〈变形例〉

[0353] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100也可以构成为具备关系变化估计部340,该关系变化估计部340通过比较学习完毕的关联构造D2与异常发生时的关联构造D36,来估计传感器数据间的关系的变化。传感器数据间的关系的变化例如假定是传感器数据间的关系的破坏。关系变化估计部340将关联构造D2的要素中传感器数据间的关系的破坏大的部位估计为传感器数据间的关系存在变化的部位。

[0354] 图21是示出在实施方式1中具备关系变化估计部340的异常原因估计装置100的结构例的图。

[0355] 另外,在图21中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备关系变化估计部340、数据存储部20、异常原因估计部60以及异常原因估计结果输出部70之外,还具备传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图21中,为了简单说明而省略了图示,但学习装置200除了具备学习用数据存储部220、学习用预处理部230以及关联构造学习部240之外,具备学习用传感器数据取得部210。

[0356] 关系变化估计部340从数据存储部20取得关联构造D2、异常时的关联构造D36以及异常检测传感器信息D3。然后,关系变化估计部340进行关系变化顺序估计处理,在该关系变化顺序估计处理中,基于关联构造D2、关联构造D36以及异常检测传感器信息D3,进行关联构造D2与关联构造D36的比较,估计传感器数据间的关系的变化的顺序(以下称为“关系变化顺序”)。

[0357] 异常时的关联构造D36经由以下的处理来取得。在学习装置200中,学习用传感器数据取得部210从异常原因估计装置100的数据存储部20取得异常发生时(包含检测到异常的期间)的传感器数据D1,并存储于学习用数据存储部220。学习用预处理部230从学习用数据存储部220取得异常发生时的传感器数据D1,对取得的异常发生时的传感器数据D1进行预处理,将预处理后的异常发生时的传感器数据D38输出到关联构造学习部240。另外,学习用预处理部230也可以经由学习用数据存储部220向关联构造学习部240输出预处理后的异常发生时的传感器数据D38。关联构造学习部240基于从学习用预处理部230输出的预处理后的异常发生时的传感器数据D38,对异常时的关联构造D36进行学习。关联构造学习部240按照与学习关联构造D2的要领同样的要领对关联构造D36进行学习即可。关联构造学习部240以异常发生时的传感器数据D1为对象,对异常时的关联构造D36进行学习。

[0358] 关联构造学习部240将学习后的异常时的关联构造D36存储于异常原因估计装置100的数据存储部20。

[0359] 对由关系变化估计部340进行的关系变化顺序估计处理的详细情况进行说明。

[0360] 首先,关系变化估计部340从数据存储部20取得关联构造D2和异常时的关联构造D36,从关联构造D2和异常时的关联构造D36取得关联构造(以下称为“关系变化估计用关联构造”)和异常时的关联构造(以下称为“关系变化估计用异常时关联构造”),该关联构造(以下称为“关系变化估计用关联构造”)是与为了估计关系变化而选定的1种无向型的统计指标对应的关联构造。这里,关系变化估计用关联构造和关系变化估计用异常时关联构造是从关联构造D2和异常时的关联构造D36分别仅提取与第k个统计指标对应的部分而得

到的二维矩阵 $A(k)$ 、 $A'(k)$ 。关系变化估计部340选择在比较统计量时具有意义的统计指标作为要提取的统计指标。例如,关系变化估计部340将基于假设检定的 p 值而计算出的统计指标设为不是在比较统计量时具有意义的统计指标,选择除此以外的统计指标作为在比较统计量时具有意义的统计指标。关系变化估计部340能够通过比较与相关性对应的统计量即相关系数的大小关系,来估计关系的破坏,换言之关系变化。

[0361] 接下来,关系变化估计部340基于取得的关系变化估计用关联构造的要素 $a(k)_{ij}$ 和关系变化估计用异常时关联构造的要素 $a'(k)_{ij}$,来计算变化量 $d(k)_{ij}$ 。然后,关系变化估计部340生成将计算出的变化量 $d(k)_{ij}$ 作为要素的、以矩阵示出该变化量 $d(k)_{ij}$ 的信息即关联构造变化量。

[0362] 这里,要素 $a(k)_{ij}$ 、 $a'(k)_{ij}$ 和变化量 $d(k)_{ij}$ 均是实数值。关系变化估计部340例如可以使用关系变化估计用关联构造的要素 $a(k)_{ij}$ 的绝对值与关系变化估计用异常时关联构造的要素 $a'(k)_{ij}$ 的绝对值之差的绝对值,来计算作为关联构造变化量的要素的变化量 $d(k)_{ij}$,也可以使用关系变化估计用关联构造的要素 $a(k)_{ij}$ 与关系变化估计用异常时关联构造的要素 $a'(k)_{ij}$ 之差的绝对值来计算作为关联构造变化量的要素的变化量 $d(k)_{ij}$ 。

[0363] 接着,关系变化估计部340从数据存储部20取得异常检测传感器信息D3,基于计算出的关联构造变化量的要素即变化量 $d(k)_{ij}$ 和异常检测传感器信息D3,按照每个传感器300更详细而言每个异常检测传感器,来计算关系变化度。

[0364] 这里,变化量 $d(k)_{ij}$ 和关系变化度均是实数值。关系变化估计部340例如使用关联构造变化量的第 i 行中除了第 i 列以外且与异常检测传感器信息D3中包含的传感器300(即异常检测传感器)对应的要素的平均,来计算与 n 个传感器300中的第 i 个传感器300即异常检测传感器 X_i 对应的关系变化度。另外,这只不过是一例,关系变化估计部340例如也可以使用关联构造变化量的第 i 行中除了第 i 列以外的要素的平均,来计算与 n 个传感器300中的第 i 个传感器300即异常检测传感器 X_i 对应的关系变化度。

[0365] 接下来,关系变化估计部340基于计算出的与异常检测传感器对应的关系变化度,对异常检测传感器分配对应的关系变化顺序。这里,关系变化度和关系变化顺序均是实数值。关系变化估计部340例如从关系变化度的值较大的异常检测传感器依次以对应的关系变化顺序成为升序的方式分配关系变化顺序。但是,关系变化估计部340在多个异常检测传感器所对应的关系变化度相等的情况下,对该多个异常检测传感器分配相同的关系变化顺序。

[0366] 关系变化估计部340在分配关系变化顺序后,生成关系变化顺序估计结果D37。关系变化顺序估计结果是将表示异常检测传感器的信息、关系变化度以及关系变化顺序对应起来而得的信息。

[0367] 关系变化估计部340将关系变化顺序估计结果D37存储于数据存储部20。

[0368] 使用附图并举出具体例来说明上述那样的由关系变化估计部340进行的关系变化顺序估计处理。

[0369] 图22是用于说明在实施方式1的异常原因估计装置100构成为具备关系变化估计部340的情况下,关系变化估计部340基于学习完毕的关联构造D2和异常时的关联构造D36而进行的关系变化顺序估计处理的一例的概念的图。

[0370] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为4,由传感器 X_n ($n=1,2,3,4$)表示传感器

300。此外,作为一例,设传感器X1、X2、X3、X4中的传感器X1、X2、X3是异常检测传感器。

[0371] 首先,关系变化估计部340从数据存储部20取得关联构造D2和异常时的关联构造D36,从关联构造D2和异常时的关联构造D36取得关系变化估计用关联构造D2A和关系变化估计用异常时关联构造D36A。另外,在图22中,关联构造D2和异常时的关联构造D36的图示省略。

[0372] 在图22中,关系变化估计用关联构造D2A由从关联构造D2仅提取与第k个统计指标对应的部分而得到的二维矩阵表示。关系变化估计用关联构造D2A由将第1维度设为传感器Xn的数量4、将第2维度设为传感器Xn的数量4的二维矩阵表示。统计指标是无向型的统计指标,该统计指标的种类为相关。另外,如图22所示,关系变化估计用异常时关联构造D36A和关联构造变化量D39具有与关系变化估计用关联构造D2A相同的数据构造。

[0373] 在图22中,作为一例,关联构造变化量D39的要素即变化量 $d(k)_{ij}$ 为针对关系变化估计用关联构造D2A的要素 $a(k)_{ij}$ 的绝对值与关系变化估计用异常时关联构造D36A的要素 $a'(k)_{ij}$ 的绝对值之差的绝对值。关系变化估计部340例如基于关系变化估计用关联构造D2A的第1行第2列的要素 $a(k)_{12}$ 和关系变化估计用异常时关联构造D36A的第1行第2列的要素 $a'(k)_{12}$,将传感器X1与传感器X2之间的变化量计算为 $||a(k)_{12}| - |a'(k)_{12}|| = d(k)_{12}$ 。这里, $|\cdot|$ 表示绝对值。

[0374] 此外,在图22中,作为一例,关系变化估计部340例如使用关联构造变化量D39的第n行中除了第n列以外且与异常检测传感器信息D3所包含的传感器300(即异常检测传感器)对应的要素的平均,来计算与异常检测传感器Xn对应的关系变化度 d_n 。因此,关系变化估计部340例如将与异常检测传感器X1对应的关系变化度 d_1 设为关联构造变化量D39的第1行中除了第1列以外且与异常检测传感器X1、X2、X3对应的要素 $d(k)_{nn}$ (这里 $n=1,2,3$)的平均。具体而言,关系变化估计部340将异常检测传感器X1的关系变化度 d_1 计算为与异常检测传感器X2、X3对应的关联构造变化量D39的第1行第2列的要素即变化量 $d(k)_{12}$ 与第1行第3列的要素即变化量 $d(k)_{13}$ 的平均。关系变化估计部340同样地分别计算与传感器X2、X3对应的关系变化度 d_2 、 d_3 。关系变化估计部340基于计算出的关系变化度 d_1 、 d_2 、 d_3 ,对传感器X1、X2、X3分别分配对应的关系变化顺序 o_1 、 o_2 、 o_3 。

[0375] 然后,关系变化估计部340将关系变化顺序估计结果D37存储于数据存储部20。

[0376] 异常原因估计部60从数据存储部20取得异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6、以及关系变化顺序估计结果D37,基于异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,进行考虑了关系变化顺序的异常原因估计处理。详细而言,基于异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,进行考虑了关系变化顺序的异常原因估计处理是指,异常原因估计部60根据异常检测顺序估计结果D5所包含的异常检测顺序、异常传播顺序估计结果D6所包含的异常传播顺序、以及关系变化顺序估计结果D37所包含的关系变化顺序,计算对应的异常原因得分,基于计算出的异常原因得分,估计异常原因顺序。

[0377] 另外,异常原因估计部60通过与根据异常检测顺序和异常传播顺序计算异常原因得分同样的方法,根据异常检测顺序、异常传播顺序以及关系变化顺序来计算异常原因得分即可。

[0378] 异常原因估计部60将考虑了关系变化顺序的异常原因顺序估计结果D40存储于数

据存储部20。

[0379] 异常原因估计结果输出部70从数据存储部20取得异常原因顺序估计结果D40、异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,输出与异常原因估计部60估计的异常原因的估计结果相关的信息。详细而言,异常原因估计结果输出部70基于异常原因顺序估计结果D40、异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,向显示装置400输出用于使其显示异常原因估计结果画面的异常原因估计结果显示用信息,该异常原因估计结果画面示出与异常原因估计部60估计出的异常原因的估计结果相关的信息。

[0380] 另外,在异常原因估计装置100如图21所示那样构成具备关系变化估计部340的情况下,在使用图13的流程图说明的异常原因估计装置100的动作中,关系变化估计部340在进行步骤ST5的处理之前估计传感器数据间的关系的变化,将关系变化顺序估计结果D37存储于数据存储部20。

[0381] 异常原因估计部60在步骤ST5中从数据存储部20取得异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,基于异常检测顺序估计结果D5、异常传播顺序估计结果D6以及关系变化顺序估计结果D37,进行考虑了关系变化顺序的异常原因估计处理。

[0382] 这样,异常原因估计装置100具备关系变化估计部340,该关系变化估计部340基于关联构造D2(估计构造)、异常发生时的关联构造D36以及异常检测传感器信息D3,对关联构造D2(估计构造)与异常发生时的关联构造D36进行比较,估计传感器数据间的关系的变化,异常原因估计部60构成基于异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序和异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,考虑关系变化估计部340估计出的传感器数据间的关系的变化来估计异常的原因,由此,异常原因顺序估计结果D7的可靠性提高,能够细致地进行异常原因的估计。通过异常原因估计装置100具备关系变化估计部340,从而追加了异常原因估计装置100中的估计异常原因的基准。

[0383] 〈变形例〉

[0384] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100“估计异常的原因”是指,以传感器300为单位,估计表示异常发生源可能性的程度的异常原因得分和基于该异常原因得分的异常原因顺序,生成与异常原因得分及异常原因顺序相关的信息。此外,异常原因估计装置100“估计异常的原因”也可以包含如下情况:以机器为单位,估计异常原因得分和基于该异常原因得分的异常原因顺序。

[0385] 图23是示出在实施方式1中具备异常原因机器估计部350并具有以机器为单位来估计异常原因的结构异常原因估计装置100的结构例的图。

[0386] 另外,在图23中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备异常原因机器估计部350、数据存储部20以及异常原因估计结果输出部70之外,还具备传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图23中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100与学习装置200连接。

[0387] 异常原因机器估计部350取得机器附属传感器信息D41。此外,异常原因机器估计

部350从数据存储部20取得异常检测顺序估计结果D5和异常传播顺序估计结果D6。异常原因机器估计部350进行机器单位异常原因估计处理,在该机器单位异常原因估计处理中,基于机器附属传感器信息D41、异常检测顺序估计结果D5以及异常传播顺序估计结果D6,以机器为单位来估计异常的原因。

[0388] 机器附属传感器信息D41是表示传感器300设置于哪个机器的表数据。例如,操作员等对鼠标或键盘等输入装置进行操作来输入机器附属传感器信息D41,异常原因机器估计部350通过受理所输入的机器附属传感器信息D41来取得该机器附属传感器信息D41。

[0389] 例如,在机器附属传感器信息D41中,表示机器的信息与表示设置于该机器的传感器300的信息被对应起来。

[0390] 详细地说明由异常原因机器估计部350进行的机器单位异常原因估计处理。

[0391] 首先,异常原因机器估计部350取得机器附属传感器信息D41、异常检测顺序估计结果D5以及异常传播顺序估计结果D6。

[0392] 异常原因机器估计部350基于机器附属传感器信息D41和异常检测顺序估计结果D5,将异常检测顺序估计结果D5转换成机器单位的异常检测顺序估计结果(以下称为“机器异常检测顺序估计结果”)D42。

[0393] 具体而言,异常原因机器估计部350针对U个(U为整数)机器中的某个机器U,将表示在机器附属传感器信息D41中对应起来的传感器300的信息与表示异常检测顺序估计结果D5所包含的传感器300的信息匹配。然后,异常原因机器估计部350在异常检测顺序估计结果D5中,取得与表示匹配的传感器300的信息对应的异常检测顺序,计算异常检测顺序合计值。这里,异常检测顺序合计值是实数值。异常原因机器估计部350例如使用与表示匹配的传感器300的信息对应的异常检测顺序的加权平均,将代表值设为异常检测顺序合计值。此外,异常原因机器估计部350例如也可以将与表示匹配的传感器300的信息对应的异常检测顺序的最小值或最大值等代表值作为异常检测顺序合计值。

[0394] 然后,异常原因机器估计部350基于计算出的异常检测顺序合计值,对机器U分配机器单位的异常检测顺序(以下称为“机器异常检测顺序”)。这里,机器异常检测顺序 ou_U 是实数值。异常原因机器估计部350例如从值较小的异常检测顺序合计值起依次以对应的机器异常检测顺序成为升序的方式对机器u分配该机器异常检测顺序。但是,在多个机器中计算出的异常检测顺序合计值相等的情况下,异常原因机器估计部350对该多个机器分配相同的机器异常检测顺序。

[0395] 异常原因机器估计部350以机器为单位,生成将表示机器的信息、异常检测顺序合计值以及机器异常检测顺序对应起来而得的信息即机器异常检测顺序估计结果D42,将该机器异常检测顺序估计结果D42存储于数据存储部20。

[0396] 此外,异常原因机器估计部350基于机器附属传感器信息D41和异常传播顺序估计结果D6,将异常传播顺序估计结果D6转换成机器单位的异常传播顺序估计结果(以下称为“机器异常传播顺序估计结果”)D43。

[0397] 具体而言,当U个机器由机器U($U=1、2、\dots、U$)表示时,异常原因机器估计部350针对某个机器U,使在机器附属传感器信息D41中对应起来的表示传感器300的信息与异常传播顺序估计结果D6所包含的表示传感器300的信息匹配。然后,异常原因机器估计部350在异常传播顺序估计结果D6中,取得与表示匹配的传感器300的信息对应起来的异常传

播顺序,计算异常传播顺序合计值。这里,异常传播顺序合计值是实数值。异常原因机器估计部350例如使用与表示匹配的传感器300的信息对应的异常传播顺序的加权平均,将代表值设为异常传播顺序合计值。此外,异常原因机器估计部350例如也可以将与表示匹配的传感器300的信息对应的异常传播顺序的最小值或最大值等代表值设为异常传播顺序合计值。

[0398] 然后,异常原因机器估计部350基于计算出的异常传播顺序合计值,对机器U分配机器单位的异常传播顺序(以下称为“机器异常传播顺序”)。这里,异常检测顺序是实数值。异常原因机器估计部350例如从值较小的异常传播顺序合计值起依次以对应的机器异常传播顺序成为升序的方式对机器U分配该机器异常传播顺序。但是,在多个机器中计算出的异常传播顺序合计值相等的情况下,异常原因机器估计部350对该多个机器分配相同的机器异常传播顺序。

[0399] 异常原因机器估计部350以机器为单位,生成将表示机器的信息、异常检测机器标志、异常传播顺序合计值以及机器异常传播顺序对应起来而得的信息即机器异常传播顺序估计结果D43,将该机器异常传播顺序估计结果D43存储于数据存储部20。异常检测机器标志以机器为单位,表示在设置于该机器的传感器300中是否存在异常检测传感器。异常检测机器标志是布尔值。

[0400] 另外,如上所述,在以上的实施方式1中,也可以在机器设置多个传感器300。例如,如果在设置于某个机器U的多个传感器300中哪怕只有1个异常检测传感器,则异常原因机器估计部350也在机器异常传播顺序估计结果D43中,对该某个机器U对应的异常检测机器标志设定(True)。即,例如,在某个机器U设置有多个传感器300且在该多个传感器300中具有1个以上的异常检测传感器的情况下,异常原因机器估计部350对与某个机器U对应的异常检测机器标志设定(True)。另一方面,例如,在某个机器U设置有多个传感器300且在该多个传感器300中1个异常检测传感器也没有的情况下,异常原因机器估计部350对异常检测机器标志设定(False)。

[0401] 进而,异常原因机器估计部350基于生成的机器异常检测顺序估计结果D42和机器异常传播顺序估计结果D43,以机器为单位来估计异常的原因。

[0402] 具体而言,异常原因机器估计部350按照每个机器,根据机器异常检测顺序估计结果D42中设定的机器异常检测顺序和机器异常传播顺序估计结果D43中设定的机器异常传播顺序来计算机器异常原因得分。这里,机器异常原因得分是实数值。

[0403] 异常原因机器估计部350例如按照每个机器,使用机器异常检测顺序与机器异常传播顺序的加权平均,将代表值作为机器异常原因得分。此外,异常原因机器估计部350例如也可以按照每个机器,将机器异常检测顺序和机器异常传播顺序的最大值或最小值等代表值作为机器异常原因得分。另外,在仅设定有机器异常检测顺序和机器异常传播顺序中的任意一方的情况下,异常原因机器估计部350将设定的一方的值直接作为机器异常原因得分即可。在该情况下,异常原因机器估计部350也可以考虑仅设定有一方的顺序的情况,来对机器异常原因得分进行加权。

[0404] 然后,异常原因机器估计部350按照每个机器,基于计算出的机器异常原因得分来分配每个机器的异常原因顺序(以下称为“机器异常原因顺序”)。这里,机器异常原因顺序是实数值。异常原因机器估计部350例如针对机器U,从对应的机器异常原因得分的值较小

的机器起依次以对应的机器异常原因顺序成为升序的方式分配该机器异常原因顺序。但是,在多个机器U中计算出的机器异常原因得分相等的情况下,异常原因机器估计部350对该多个机器U分配相同的机器异常原因顺序。

[0405] 异常原因机器估计部350以机器为单位,生成将表示机器的信息、异常检测机器标志、机器异常原因得分以及机器异常原因顺序对应起来而得的信息即机器异常原因顺序估计结果D44,将该机器异常原因顺序估计结果D44存储于数据存储部20。另外,异常原因机器估计部350针对机器U,在机器异常原因顺序估计结果D44中对应的异常检测机器标志中,设定机器异常传播顺序估计结果D43中与表示机器U的信息对应而设定的异常检测机器标志的值即可。

[0406] 使用附图并举出具体例来说明上述那样的由异常原因机器估计部350进行的机器单位异常原因估计处理。

[0407] 图24是用于说明在实施方式1的异常原因估计装置100构成为具备异常原因机器估计部350的情况下、异常原因机器估计部350基于机器附属传感器信息D41、异常检测顺序估计结果D5以及异常传播顺序估计结果D6而进行的以机器为单位来估计异常原因的机器单位异常原因估计处理的一例的概念的图。

[0408] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为6,由传感器 X_n ($n=1\sim 6$)表示传感器300。此外,作为一例,机器的数量为3,由机器U ($U=1、2、3$)表示机器。此外,在机器1设置有传感器 X_1 和传感器 X_2 ,在机器2设置有传感器 X_3 、传感器 X_4 以及传感器 X_5 ,在机器3设置有传感器 X_6 。

[0409] 异常原因机器估计部350基于在异常检测顺序估计结果D5中设定的异常检测顺序 on (图24中的D5C所示)和机器附属传感器信息D41,例如使用平均,来计算每个机器U的异常检测顺序合计值 suU (图24中的D42B所示)。例如,在机器1中,对机器1附加的传感器 X_n 是传感器 X_1 和传感器 X_2 ,因此,异常原因机器估计部350将与机器1对应的异常检测顺序合计值 $su1$ 设为异常检测顺序 $o1$ 和异常检测顺序 $o2$ 的平均值。此外,例如,在机器2中,对机器2附加的传感器 X_n 是传感器 X_3 、传感器 X_4 以及传感器 X_5 。但是,在传感器 X_3 、传感器 X_4 以及传感器 X_5 中,异常检测传感器换言之异常检测顺序估计结果D5所包含的传感器 X_n 仅为传感器 X_4 。因此,异常原因机器估计部350将与传感器 X_4 对应的异常检测顺序 $o4$ 直接设为与机器2对应的异常检测顺序合计值 $su2$ 。同样,异常原因机器估计部350将与传感器 X_6 对应的异常检测顺序 $o6$ 直接设为与机器3对应的异常检测顺序合计值 $su6$ 。

[0410] 接下来,异常原因机器估计部350基于按照每个机器而计算出的异常检测顺序合计值 suU ,按照每个机器来分配机器异常检测顺序 ouU 。具体而言,异常原因机器估计部350基于计算出的异常检测顺序合计值 $su1$ 、 $su2$ 、 $su3$,对机器1、2、3分别分配对应的机器异常检测顺序 $ou1$ 、 $ou2$ 、 $ou3$ 。

[0411] 然后,异常原因机器估计部350生成将表示机器1、2、3的信息(图24中的D42A所示)、异常检测顺序合计值 $su1$ 、 $su2$ 、 $su3$ (图24中的D42B所示)、以及机器异常检测顺序 $ou1$ 、 $ou2$ 、 $ou3$ (图24中的D42C所示)对应起来而得的机器异常检测顺序估计结果D42,将该机器异常检测顺序估计结果D42存储于数据存储部20。

[0412] 此外,异常原因机器估计部350基于在异常传播顺序估计结果D6中设定的异常传播顺序 on (图24中由D6C所示)和机器附属传感器信息D41,例如使用平均,按照每个机器来

计算异常传播顺序合计值suU(图24中的D43C所示)。例如,在机器1中,对机器1附加的传感器Xn是传感器X1和传感器X2,因此,异常原因机器估计部350将与机器1对应的异常传播顺序合计值su1设为异常传播顺序o1与异常传播顺序o2的平均值。此外,例如,在机器2中,对机器2附加的传感器Xi是传感器X3、传感器X4以及传感器X5,因此,异常原因机器估计部350将与机器2对应的异常传播顺序合计值su2设为异常传播顺序o3、异常传播顺序o4以及异常传播顺序o5的平均值。同样,异常原因机器估计部350将与传感器X6对应的异常传播顺序o6直接设为与机器3对应的异常传播顺序合计值su6。

[0413] 接下来,异常原因机器估计部350基于按照每个机器计算出的异常传播顺序合计值suU来分配机器异常传播顺序ouU。具体而言,异常原因机器估计部350基于计算出的异常传播顺序合计值su1、su2、su3,对机器1、2、3分别分配对应的机器异常传播顺序ou1、ou2、ou3。

[0414] 然后,异常原因机器估计部350生成将表示机器1、2、3的信息(图24中由D43A所示)、异常检测机器标志(图24中由D43B所示)、异常传播顺序合计值su1、su2、su3(图24中由D43C所示)、以及机器异常传播顺序ou1、ou2、ou3(图24中由D43D所示)对应起来而得的机器异常传播顺序估计结果D43,将该机器异常传播顺序估计结果D43存储于数据存储部20。

[0415] 进而,异常原因机器估计部350按照每个机器,基于在机器异常检测顺序估计结果D42中设定的机器异常检测顺序ouU和在机器异常传播顺序估计结果D43中设定的机器异常传播顺序ouU,使用平均来计算机器异常原因得分suU。例如,异常原因机器估计部350针对机器1,计算机器1的机器异常检测顺序ou1与机器异常传播顺序ou1的平均值作为机器异常原因得分su1。

[0416] 然后,异常原因机器估计部350按照每个机器,基于机器异常原因得分suU来分配机器异常原因顺序ouU。例如,异常原因机器估计部350基于计算出的机器异常原因得分su1、su2、su3,对机器1、2、3分别分配对应的机器异常原因顺序ou1、ou2、ou3。

[0417] 异常原因机器估计部350生成将表示机器1、2、3的信息(图24中的D44A所示)、异常检测机器标志(图24中的D44B所示)、机器异常原因得分su1、su2、su3(图24中的D44C所示)、以及机器异常原因顺序ou1、ou2、ou3(图24中的D44D所示)对应起来而得的信息即机器异常原因顺序估计结果D44,将该机器异常原因顺序估计结果D44存储于数据存储部20。

[0418] 如以上那样,当异常原因机器估计部350将机器异常检测顺序估计结果D42、机器异常传播顺序估计结果D43、以及机器异常原因顺序估计结果D44存储于数据存储部20时,异常原因估计结果输出部70经由数据存储部20取得由异常原因机器估计部350输出的机器异常检测顺序估计结果D42、机器异常传播顺序估计结果D43以及机器异常原因顺序估计结果D44,基于机器异常检测顺序估计结果D42、机器异常传播顺序估计结果D43以及机器异常原因顺序估计结果D44,输出与机器单位的异常的原因的估计结果相关的信息。

[0419] 详细而言,异常原因估计结果输出部70基于机器异常检测顺序估计结果D42、机器异常传播顺序估计结果D43以及机器异常原因顺序估计结果D44,向显示装置400输出用于使其显示如下画面(以下称为“异常原因机器估计结果画面”)的信息(以下称为“异常原因机器估计结果显示用信息”),该画面示出与由异常原因机器估计部350估计的每个机器的异常的原因的估计结果相关的信息。

[0420] 图25是示出在实施方式1中异常原因估计结果输出部70使显示装置400显示的异

常原因机器估计结果画面的画面例的图。

[0421] 作为一例,图25示出将机器的数量设为3(机器U。U=1~3)的情况下的异常原因机器估计结果画面的一例。

[0422] 在图25中,异常原因机器估计结果画面由“D48-1”表示。

[0423] 例如,如图25所示,异常原因机器估计结果画面具有显示框D48A、显示框D48B、显示框D48C、显示框D48D、显示框D48E、显示框D48F、显示框D48G、显示框D48H、显示框D48I以及显示框D48J这10个显示框。

[0424] 异常原因估计结果输出部70例如在异常原因机器估计结果画面中,以机器为单位来显示将与异常原因的估计结果相关的信息一览化而得的异常原因机器估计结果一览。异常原因机器估计结果一览例如是按照每个机器U将表示机器U的信息、表示异常检测机器标志的信息、机器异常检测顺序、机器异常传播顺序、机器异常原因得分、以及机器异常原因顺序对应地显示的一览表。在图25所示的异常原因机器估计结果画面中,异常原因机器估计结果一览由“D48-1a”表示。

[0425] 异常原因估计结果输出部70将异常原因机器估计结果显示用信息输出到显示装置400,该异常原因机器估计结果显示用信息使表示机器异常原因顺序估计结果D44的机器U的信息显示于显示框D48A,使表示机器异常传播顺序估计结果D43的异常检测机器标志的信息显示于显示框D48B,使机器异常检测顺序估计结果D42的机器异常检测顺序显示于显示框D48C,使机器异常传播顺序估计结果D43的机器异常传播顺序显示于显示框D48D,使机器异常原因顺序估计结果D44的机器异常原因得分显示于显示框D48E,使机器异常原因顺序估计结果D44的机器异常原因顺序显示于显示框D48F,使基于机器异常检测顺序估计结果D42的机器异常检测顺序、机器异常传播顺序估计结果D43的机器异常传播顺序、机器异常原因顺序估计结果D44的机器异常原因顺序的、用于将异常原因机器估计结果一览的排列顺序按升序重新排序的排序按钮分别显示于显示框D48H、D48I、D48J,使用于受理仅显示异常检测机器的指示的复选框显示于显示框D48G。其结果是,显示装置400显示图25所示的异常原因机器估计结果画面。

[0426] 图25所示的异常原因机器估计结果画面是将已使用图8说明的异常原因估计结果画面设为以机器为单位的显示而得到的画面,排序按钮和复选框的功能与已使用图8说明的排序按钮和复选框的功能是同样的,因此,省略重复的说明。

[0427] 另外,在该情况下,在使用图13的流程图说明的异常原因估计装置100的动作中,异常原因机器估计部350在步骤ST5的处理之前或者步骤ST5的处理之后进行机器单位异常原因估计处理,在该机器单位异常原因估计处理中,基于机器附属传感器信息D41、异常检测顺序估计结果D5以及异常传播顺序估计结果D6,以机器为单位来估计异常的原因。

[0428] 此外,例如也可以是,异常原因估计结果输出部70能够选择是如以上的实施方式1所说明的那样输出与传感器单位的异常原因的估计结果相关的信息,还是输出与机器单位的异常原因的估计结果相关的信息。

[0429] 这样,异常原因估计装置100能够构成为具备异常原因机器估计部350,该异常原因机器估计部350基于机器附属传感器信息、由异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序、以及由异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,以机器为单位来估计异常原因。由此,异常原因估计装置100能够使操作员高效地确定成为异常原因的机器。此外,异常

原因估计装置100能够使操作员高效地掌握对应该发生异常的机器点检的顺序。

[0430] 〈变形例〉

[0431] 在以上的实施方式1中,异常原因估计装置100也可以为具备关联构造图输出部360的结构,该关联构造图输出部360向显示装置400输出用于显示与数据存储部20所存储的关联构造D2相关的图的信息(以下称为“关联构造图显示用信息”)。

[0432] 图26是示出在实施方式1中具备关联构造图输出部360并且构成为将关联构造图显示用信息输出到显示装置400的异常原因估计装置100的结构例的图。

[0433] 另外,在图26中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100除了具备关联构造图输出部360和数据存储部20之外,还具备传感器数据取得部10、异常检测部30、异常检测顺序估计部40、异常传播路径追踪部50、异常原因估计部60、异常原因估计结果输出部70以及控制部。但是,异常原因估计装置100不是必须具备异常原因估计结果输出部70。此外,在图26中,为了简单说明而省略了图示,但异常原因估计装置100与学习装置200连接。

[0434] 关联构造图输出部360基于数据存储部20所存储的关联构造D2、异常检测传感器信息D3以及异常原因顺序估计结果D7,将用于显示与关联构造D2关联的图的关联构造图显示用信息输出到显示装置400。与关联构造D2关联的图例如是指将关联构造D2、异常检测传感器以及异常的原因的估计结果关联起来的图。

[0435] 显示装置400基于从关联构造图输出部360输出的关联构造图显示用信息,显示如下画面(以下称为“图画面”),该画面中显示与关联构造D2关联的图。

[0436] 另外,关联构造图输出部360也可以设置于显示装置400等在异常原因估计装置100的外部经由有线或无线的信号线而与异常原因估计装置100连接的装置。

[0437] 使用附图来说明在异常原因估计装置100为具备关联构造图输出部360的结构的情况下、通过关联构造图输出部360输出关联构造图显示用信息而使显示装置400显示的图画面的一例。

[0438] 图27是用于说明在实施方式1中在构成为异常原因估计装置100具备关联构造图输出部360的情况下、通过关联构造图输出部360输出关联构造图显示用信息而使显示装置400显示的图画面的一例的图。

[0439] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为6,由传感器 X_n ($n=1\sim 6$)表示传感器300。

[0440] 此外,图27所示的图画面的一例为,在数据存储部20所存储的关联构造D2的内容是图28所示的内容、异常检测传感器信息D3的内容是图29所示的内容、异常原因顺序估计结果D7是图30所示的内容的情况下,基于由关联构造图输出部360输出的关联构造图显示用信息而显示的图画面的一例。

[0441] 另外,关联构造图输出部360在输出关联构造图显示用信息的情况下,将按照每个统计指标针对关联构造D2的各要素来判定是具有依赖关系的要素还是没有依赖关系的要素,将关联构造D2转换成将表示依赖关系的有无的信息作为要素的关联构造(以下称为“依赖关系判定后关联构造”)。

[0442] 关联构造图输出部360例如按照每个统计指标,针对关联构造D2的各要素,在为预先设定的依赖选定用的阈值以上的情况下判定为是具有依赖关系的要素,在小于依赖选定

用的阈值的情况下判定为是没有依赖关系的要素。然后,关联构造图输出部360例如生成由将具有依赖关系的要素设为“1”并将没有依赖关系的要素设为“0”的矩阵表示的依赖关系判定后关联构造。

[0443] 在图28中,与关联构造D2配合地图示出每个统计指标的依赖关系判定度关联构造(图28中的D2R所示)。

[0444] 在图27中,图画面由D45表示。在图画面中,例如,显示有将传感器Xn作为节点并将传感器Xn间的依赖关系作为边来表现出关联构造D2的作为有向图的关联构造图(图27中的D45-1所示)。

[0445] 在图画面中,除了关联构造图之外,还显示有显示复选框(以下称为“指标指定用复选框”)的画面(以下称为“指标指定画面”)(图27中的D45I所示),该复选框用于受理作为在该关联构造图中显示对应要素的对象的统计指标的种类的指定。这里,统计指标为3种,因此,在图27所示的指标指定画面中,显示出与用于受理第1种统计指标的指定的“统计指标1”对应的指标指定用复选框、与用于受理第2种统计指标的指定的“统计指标2”对应的指标指定用复选框、以及与用于受理第3种统计指标的指定的“统计指标3”对应的指标指定用复选框。例如,操作员通过在指标指定用复选框进行勾选,来指定作为显示对应的传感器Xn间的相关关系(边)的对象的统计指标。图27示出在指标指定画面中,与“统计指标1”对应的指标指定用复选框和与“统计指标2”对应的指标指定用复选框被勾选的状态,换言之,第1种统计指标和第2种统计指标被指定的状态。因此,在关联构造图上仅显示出在指标指定用复选框中进行了勾选的统计指标即第1种统计指标和第2种统计指标所对应的边。

[0446] 例如,如图27所示,与各统计指标对应的边分别用不同的线种显示,以知晓是与哪个统计指标对应的边。在图27所示的关联构造图中,与第1种统计指标对应的边用实线的箭头显示(例如参照D45G),与第2种统计指标对应的边用虚线的箭头显示(例如参照D45H)。另外,这只不过是一例,例如,与各统计指标对应的边也可以用不同的箭头颜色显示。

[0447] 此外,在图画面中,显示有显示用于指定与节点相关的显示条件(以下称为“节点显示条件”)的复选框(以下称为“节点条件指定用复选框”)的画面(以下称为“节点条件指定画面”)(图27中的D45J所示)。节点显示条件被预先设定。在图27所示的节点条件指定画面中,作为节点显示条件,设定有“仅显示异常检测传感器”、“强调异常检测传感器”、以及“异常原因顺序显示”这3个条件。例如,操作员通过在节点条件指定用复选框中进行勾选来指定节点显示条件。图27示出在节点条件指定画面中,与“强调异常检测传感器”对应的节点条件指定用复选框和与“异常原因顺序显示”对应的节点条件指定用复选框被勾选的状态。

[0448] 因此,在关联构造图中,与作为异常检测传感器的传感器X1、X4、X5、X6对应的节点(图27中的D45A、D45D、D45E、D45F所示)分别被填充显示。另外,这里,通过将异常检测传感器对应的节点填充显示来强调显示异常检测传感器,但异常检测传感器的强调显示方法不限于此,也可以通过其他的方法来强调显示与异常检测传感器对应的节点。

[0449] 此外,在关联构造图中,异常原因顺序显示在与传感器Xn对应的节点上。在图27所示的关联构造图中,异常原因顺序被显示为“rank1”、“rank2”、“rank3”、“rank4”或“rank5”。另外,这里,异常原因顺序被显示为“rank Δ ”,但异常原因顺序的显示方法不限于此,只要以知晓异常原因顺序的方式显示即可。

[0450] 另外,这里,在节点显示条件中,设定有“仅显示异常检测传感器”、“强调异常检测传感器”、以及“异常原因顺序显示”这3个条件,但这只不过是一例,也可以在节点显示条件中设定其他的条件。

[0451] 在关联构造图中,例如,在各节点显示用于供确认了图画面的操作员识别传感器Xn的传感器名。在图27中,显示有传感器名“X1”、“X2”、“X3”、“X4”、“X5”以及“X6”。

[0452] 例如,边在作为关联构造D2的要素的统计量比按照每个统计指标设置的用于依赖选定的阈值大的情况下被显示。统计量比阈值大是指在传感器Xn间具有依赖关系。另外,关联构造图输出部360能够根据依赖关系判定后关联构造来判定该传感器Xn间的依赖关系。

[0453] 在传感器Xn间的依赖关系为一个方向的情况下,在有向图中,显示单向箭头的边,在传感器Xn间的依赖关系为双向的情况下,在有向图中,显示双向箭头的边。例如,这里,从传感器X2到传感器X1在一个方向上具有依赖关系,因此,如图27所示,在有向图中,显示从表示传感器X2的节点(图27中的D45B所示)到表示传感器X1的节点(图27中的D45A所示)的单向箭头的边(图27中的D45G所示)。此外,例如,这里,传感器X2和传感器X6在双向上具有依赖关系,因此,如图27所示,在有向图中,在表示传感器X2的节点与表示传感器X6的节点(图27中的D45F所示)之间显示双向箭头的边(图27中的D45H所示)。

[0454] 图31是用于说明在实施方式1中构成为异常原因估计装置100具备关联构造图输出部360的情况下的异常原因估计装置100的动作的一例的流程图。

[0455] 异常原因估计装置100除了进行使用图13的流程图说明的动作之外,还进行图31的流程图所示的动作。另外,假定图31的流程图所示的动作在进行图13的步骤ST1~步骤ST5的处理之后进行至少1次。图31的流程图所示的动作例如也可以在图13的步骤ST5的处理之后、在进行步骤ST6的处理之前、在进行步骤ST6的处理之后进行,或者与步骤ST6的处理并行地进行。

[0456] 关联构造图输出部360受理关联构造图的显示指示(步骤ST31)。

[0457] 例如,操作员对鼠标或键盘等输入装置进行操作,在显示装置400中调用关联构造图的显示指示的输入画面。操作员从关联构造图的显示指示的输入画面输入关联构造图的显示指示。关联构造图输出部360受理由操作员输入的关联构造图的显示指示。

[0458] 关联构造图输出部360基于数据存储部20所存储的关联构造D2、异常检测传感器信息D3以及异常原因顺序估计结果D7,将用于显示与关联构造D2关联的图的关联构造图显示用信息输出到显示装置400(步骤ST32)。由此,在显示装置400中例如显示图27所示的图画面。

[0459] 这样,通过异常原因估计装置100构成为具备关联构造图输出部360,异常原因估计装置100能够提高与异常的原因的估计结果相关的信息的说明性。

[0460] 〈变形例〉

[0461] 在以上的实施方式1中,学习装置200也可以构成为具备学习用传感器对生成部370,该学习用传感器对生成部370基于定义了构成对象设备的多个机器的连接关系以及设置于多个机器的多个传感器300的信息(以下称为“设备设计信息”),从多个传感器300中生成传感器300的对。在该情况下,关联构造学习部240按照学习用传感器对生成部370生成的每个传感器300的对来取得学习用传感器数据,对关联构造D2进行学习。另外,例如,操作员等在基于设计图而生成设备设计信息之后,对鼠标或键盘等输入装置进行操作来输入生

成的设备设计信息,学习装置200通过受理输入的设备设计信息来取得该设备设计信息。

[0462] 图32是示出在实施方式1中构成为具备学习用传感器对生成部370的学习装置200的结构例的图。

[0463] 另外,在图32中,为了简单说明而省略了图示,但学习装置200除了具备学习用传感器对生成部370、关联构造学习部240以及学习用数据存储部220之外,还具备学习用传感器数据取得部210和学习用预处理部230。此外,在图32中,为了简单说明而省略了图示,但学习装置200与异常原因估计装置100连接。

[0464] 学习用传感器对生成部370取得设备设计信息,基于取得的设备设计信息,从多个传感器300中生成在关联构造学习部240学习关联构造D2时使用的传感器300的对。

[0465] 详细而言,学习用传感器对生成部370基于设备设计信息,决定2个传感器300的组合,生成将该组合列表化而得的信息(以下称为“传感器对信息”。)D47。

[0466] 学习用传感器对生成部370将生成的传感器对信息D47输出到关联构造学习部240。

[0467] 关联构造学习部240在从学习用传感器对生成部370输出了传感器对信息D47的情况下,基于传感器对信息D47中设定的传感器300的对,针对学习用数据D23所包含的多个传感器数据,计算表示2个不同的传感器数据的关系的统计量,基于计算出的统计量对关联构造D2进行学习。

[0468] 使用附图并举出具体例来说明学习用传感器对生成部370生成传感器对信息D47的处理。

[0469] 图33是用于说明在实施方式1中在构成为学习装置200具备学习用传感器对生成部370的情况下、学习用传感器对生成部370基于设备设计信息D46来生成传感器对信息D47的方法的一例的概念的图。

[0470] 这里,作为一例,将传感器300的数量设为8,由传感器 X_n ($n=1\sim 8$)表示传感器300。

[0471] 此外,这里,作为一例,对象设备由5个机器(为机器D46A、机器D46B、机器D46C、机器D46D以及机器D46E)构成。

[0472] 此外,在机器D46A设置有传感器X1和传感器X2,在机器D46B设置有传感器X3,在机器D46C设置有传感器X4和传感器X5,在机器D46D设置有传感器X6和传感器X7,在机器D46E设置有传感器X8。

[0473] 此外,机器D46A与机器D46B处于连接关系,机器D46B与机器D46A、机器D46C、以及机器D46D处于连接关系,机器D46C与机器D46B及机器D46E处于连接关系,机器D46D与机器D46B处于连接关系,机器D46E与机器D46C处于连接关系。另外,在设计上,处于连接关系的机器通过无向线而连接。在该情况下,设备设计信息D46成为图33所示的内容。另外,在图33中,作为一例,设备设计信息D46由框图示出,但这只不过是一例。设备设计信息D46只要是知晓构成对象设备的多个机器的连接关系以及设置于多个机器的多个传感器 X_n 的信息即可。

[0474] 学习用传感器对生成部370基于设备设计信息D46,生成由2个不同的传感器 X_n 构成的对。详细而言,学习用传感器对生成部370生成由附加于某个机器的传感器 X_n 和附加于与该机器处于连接关系的机器的传感器 X_n 构成的对。

[0475] 例如,在图33所示的例子中,根据设备设计信息D46,机器D46A与机器D46B处于连接关系。在该情况下,设置于机器D46A的传感器X1及传感器X2与设置于机器D46B的传感器X3也处于连接关系。于是,学习用传感器对生成部370生成传感器X1与传感器X3的对、以及传感器X2与传感器X3的对。

[0476] 此外,学习用传感器对生成部370在1个机器设置有2个以上的传感器Xn的情况下,生成设置于相同机器的2个以上的传感器Xn中的不同的传感器Xn的对。

[0477] 例如,在图33所示的例子中,根据设备设计信息D46,在机器D46A设置有传感器X1和传感器X2。于是,学习用传感器对生成部370生成传感器X1与传感器X2的对。

[0478] 这样,学习用传感器对生成部370例如生成由设置于互不相同的机器且所设置的机器彼此处于连接关系的2个传感器构成的对、以及由设置于1个机器的2个不同的传感器构成的对,作为传感器的对。

[0479] 另外,上述那样的学习用传感器对生成部370生成的传感器的对只不过是一例,学习用传感器对生成部370例如也可以仅生成由设置于互不相同的机器且所设置的机器彼此处于连接关系的2个传感器构成的对,还可以仅生成由设置于1个机器的2个不同的传感器构成的对。

[0480] 如以上那样,在构成为学习装置200具备学习用传感器对生成部370的情况下,在使用图14的流程图说明的学习装置200的动作中,在进行步骤ST231的处理之前,学习用传感器对生成部370生成传感器对信息D47并将其输出到关联构造学习部240,在步骤ST231中,关联构造学习部240基于学习用数据D23和传感器对信息D47,取得2个不同的传感器数据的对。另外,关联构造学习部240基于传感器对信息D47,将学习用数据D23所包含的多个传感器数据的所有组合设为传感器数据的对。

[0481] 这样,学习装置200具备学习用传感器对生成部370,该学习用传感器对生成部370基于设备设计信息,从多个传感器300中生成传感器300的对,关联构造学习部240构成为按照学习用传感器对生成部370生成的每个传感器300的对来取得学习用传感器数据,对关联构造D2进行学习,由此,学习装置200在设计上能够抑制检测关联性低的传感器300间的依赖关系的可能性,能够进行可靠性提高的关联构造D2的学习。其结果是,学习装置200能够对异常原因估计装置100提供可细致地进行异常原因的估计的关联构造D2。

[0482] 如以上那样,实施方式1的异常原因估计装置100构成为具备:传感器数据取得部10,其取得由设置于构成对象设备的多个设备结构要素的多个传感器300收集到的多个时间序列的传感器数据;异常检测部30,其基于传感器数据取得部10取得的多个传感器数据,来检测多个传感器300中的发生异常的多个异常检测传感器;异常检测顺序估计部40,其基于异常检测部30检测到多个异常检测传感器的检测时刻,针对多个异常检测传感器,估计检测为发生异常的异常检测顺序;异常传播路径追踪部50,其基于与异常检测部30检测到的多个异常检测传感器相关的异常检测传感器信息D3和示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D2),来估计异常传播的异常传播顺序;以及异常原因估计部60,其基于异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序和异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,来估计异常的原因。

[0483] 因此,异常原因估计装置100能够与设备的复杂度或设备的规模无关地估计设备中发生的异常的原因。

[0484] 此外,异常原因估计装置100构成为具备异常原因估计结果输出部70,该异常原因估计结果输出部70输出与由异常原因估计部60估计的异常原因的估计结果相关的信息。

[0485] 因此,异常原因估计装置100对于操作员,提高了异常原因的估计结果的解释性、说明性。异常原因估计装置100能够降低操作员不必要的点检作业,降低操作员的负荷。此外,异常原因估计装置100能够以不依赖于人的主观的定量指标来估计异常的原因,提示估计的依据。操作员能够以较少的劳动力来判断设备的点检顺序。

[0486] 此外,异常原因估计装置100能够构成为使用单变量型的异常检测方式来检测异常检测传感器。

[0487] 因此,异常原因估计装置100能够更加适当地检测1个传感器数据D1单独地变化的异常。

[0488] 此外,异常原因估计装置100能够构成为使用多变量型的异常检测方式来检测异常检测传感器。

[0489] 因此,异常原因估计装置100能够更加适当地检测多个传感器数据D1之间的关系变化的异常。

[0490] 此外,异常原因估计装置100能够构成为使用单变量型的异常检测方式和多变量型的异常检测方式来检测异常检测传感器。

[0491] 因此,异常原因估计装置100能够更加适当地检测1个传感器数据D1单独地变化的异常、或者多个传感器数据D1之间的关系变化的异常。

[0492] 此外,在异常原因估计装置100中,异常传播路径追踪部50能够构成为,基于异常检测传感器信息D3、表示对象设备的运转状态的设备运转状态信息D31、以及根据对象设备的运转状态而示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D32),来估计异常传播顺序。

[0493] 因此,异常原因估计装置100能够应对与对象设备中的运转状态变化相伴的传感器300间的依赖关系的变化,能够基于可靠性提高的关联构造D32,细致地进行异常原因的估计。

[0494] 此外,异常原因估计装置100能够具备关联构造修正部330,该关联构造修正部330基于与多个传感器300中的具有依赖关系的传感器的对相关的有依赖对信息D33、以及与多个传感器300中的没有依赖关系的传感器300的对相关的无依赖对信息D34,对估计构造(关联构造D2)修正传感器数据间的依赖关系。

[0495] 因此,异常原因估计装置100能够提高估计构造的可靠性,能够细致地进行异常原因的估计。

[0496] 此外,异常原因估计装置100能够具备关系变化估计部340,该关系变化估计部340基于估计构造(关联构造D2)、异常发生时的估计构造(关联构造D36)以及异常检测传感器信息D3,对估计构造与异常发生时的估计构造进行比较,估计传感器数据间的关系的变化,异常原因估计部60构成为,基于异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序和异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,考虑关系变化估计部340估计出的传感器数据间的关系的变化来估计异常的原因。

[0497] 因此,在异常原因估计装置100中,异常原因顺序估计结果D7的可靠性提高,能够细致地进行异常原因的估计。

[0498] 此外,异常原因估计装置100能够构成为具备异常原因机器估计部350,该异常原因机器估计部350基于将设置于对象设备的机器与设置于该机器的传感器300对应起来而得的机器附属传感器信息D41、异常检测顺序估计部40估计出的异常检测顺序、以及异常传播路径追踪部50估计出的异常传播顺序,以机器为单位来估计异常的原因。

[0499] 因此,异常原因估计装置100能够使操作员高效地确定成为异常原因的机器。此外,异常原因估计装置100能够使操作员高效地掌握应该对发生异常的机器点检的顺序。

[0500] 此外,异常原因估计装置100能够构成为具备关联构造图输出部360,该关联构造图输出部360基于估计构造(关联构造D2)、异常检测传感器信息D3、以及与异常原因估计部60估计出的异常原因的估计结果相关的信息,输出关联构造图显示用信息,该关联构造图显示用信息用于显示将估计构造、异常检测传感器以及异常原因的估计结果关联起来而得的图。

[0501] 因此,异常原因估计装置100能够提高与异常原因的估计结果相关的信息的说明性。

[0502] 此外,如以上那样,实施方式1的学习装置200构成为具备:学习用传感器数据取得部210,其取得在对象设备正常运转时由设置于对象设备的多个传感器300收集到的多个时间序列的传感器数据作为学习用数据候选;以及关联构造学习部240,其将学习用传感器数据取得部210取得的多个学习用数据候选作为多个学习用数据,基于学习用数据,计算多个学习用数据间的至少1个统计量,基于计算出的统计量,学习示出设备结构要素间的依赖关系的估计构造(关联构造D2)。

[0503] 因此,学习装置200能够包罗性地提取传感器数据D1间的关联性,其结果是,能够提供抑制了传感器300的连接关系的遗漏的关联构造D2。学习装置200通过对异常原因估计装置100提供追踪成为异常发生源的传感器300时的估计构造(关联构造D2),能够使异常原因估计装置100更加适当地追踪成为异常发生源的传感器300,能够提高异常原因的估计精度。

[0504] 此外,学习装置200具备学习用预处理部230,该学习用预处理部230基于学习用传感器数据取得部210取得的多个学习用数据候选,取得用于学习的多个学习用数据,关联构造学习部240能够构成为,基于学习用预处理部230取得的学习用数据,计算多个学习用数据间的至少1个统计量,基于计算出的统计量,对估计构造(关联构造D2)进行学习。

[0505] 因此,学习装置200能够包罗性地提取传感器数据D1间的关联性,其结果是,能够提供抑制了传感器300的连接关系的遗漏的关联构造D2。学习装置200通过对异常原因估计装置100提供追踪成为异常发生源的传感器300时的估计构造(关联构造D2),能够使异常原因估计装置100更加适当地追踪成为异常发生源的传感器300,能够提高异常原因的估计精度。

[0506] 此外,在学习装置200中能够构成为,学习用预处理部230选定由学习用传感器数据取得部210取得的多个学习用数据候选中的、方差值小于选定阈值的多个学习用数据候选,取得选定的多个学习用数据候选作为多个学习用数据。

[0507] 因此,学习装置200包罗性地提取传感器数据D1间的关联性,其结果是,能够提供抑制了传感器300的连接关系的遗漏的关联构造D2。学习装置200通过对异常原因估计装置100提供追踪成为异常发生源的传感器300时的估计构造(关联构造),能够使异常原因估计

装置100更加适当地追踪成为异常发生源的传感器300,能够提高异常原因的估计精度。

[0508] 此外,在学习装置200中能够构成为,关联构造学习部240使用基于波形的统计指标来计算统计量。

[0509] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在波形上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0510] 此外,学习装置200能够构成为,使用基于分布的统计指标来计算统计量。

[0511] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在分布上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0512] 此外,学习装置200能够构成为,使用基于波形的统计指标和基于分布的统计指标来计算统计量。

[0513] 因此,学习装置200可提供能够追踪基于在波形上或在分布上类似这样的依赖关系的异常传播且能够更加适当地估计异常原因的估计构造(关联构造D2)。

[0514] 此外,学习装置200能够构成为,具备学习用传感器对生成部370,该学习用传感器对生成部370基于定义了构成对象设备的多个机器的连接关系、以及设置于多个机器的多个传感器300的设备设计信息D46,从多个传感器300中生成传感器300的对,关联构造学习部240基于学习用传感器对生成部370生成的传感器300的对来取得学习用数据,对估计构造(关联构造D2)进行学习。

[0515] 因此,学习装置200在设计上能够抑制检测关联性低的传感器300间的依赖关系的可能性,进行提高了可靠性的关联构造D2的学习。其结果是,学习装置200可对异常原因估计装置100提供能够细致地进行异常原因的估计的关联构造D2。

[0516] 另外,本公开能够进行实施方式的任意的结构要素的变形、或者省略实施方式的任意的结构要素。

[0517] 产业上的可利用性

[0518] 本公开的异常原因估计装置、异常原因估计装置能够与设备的复杂度或设备的规模无关地估计设备中发生的异常的原因。

[0519] 附图标记说明

[0520] 1000精密诊断系统,100异常原因估计装置,10、310传感器数据取得部,20、320数据存储器,30异常检测部,40异常检测顺序估计部,50异常传播路径追踪部,60异常原因估计部,70异常原因估计结果输出部,330关联构造修正部,340关系变化估计部,350异常原因机器估计部,360关联构造图输出部,200学习装置,210学习用传感器数据取得部,220学习用数据存储器,230学习用预处理部,240关联构造学习部,370学习用传感器对生成部,300传感器,400显示装置,1601处理电路,1602输入接口装置,1603输出接口装置,1604处理器,1605存储器。

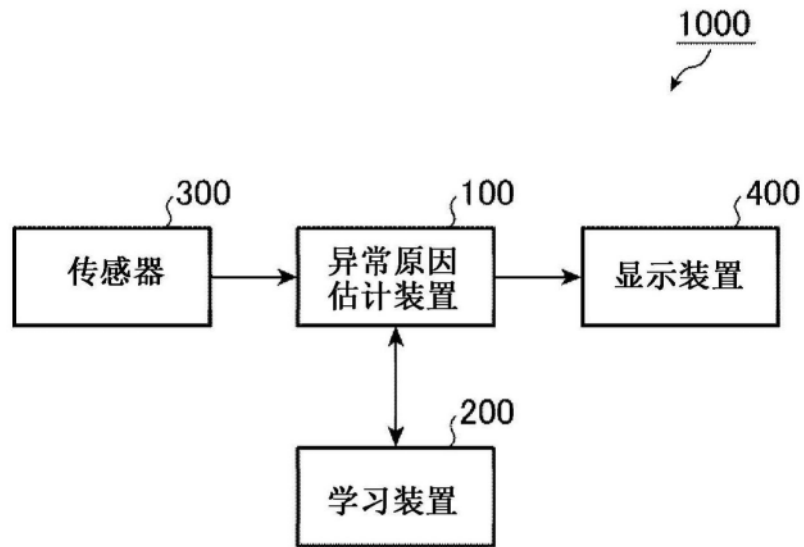


图1

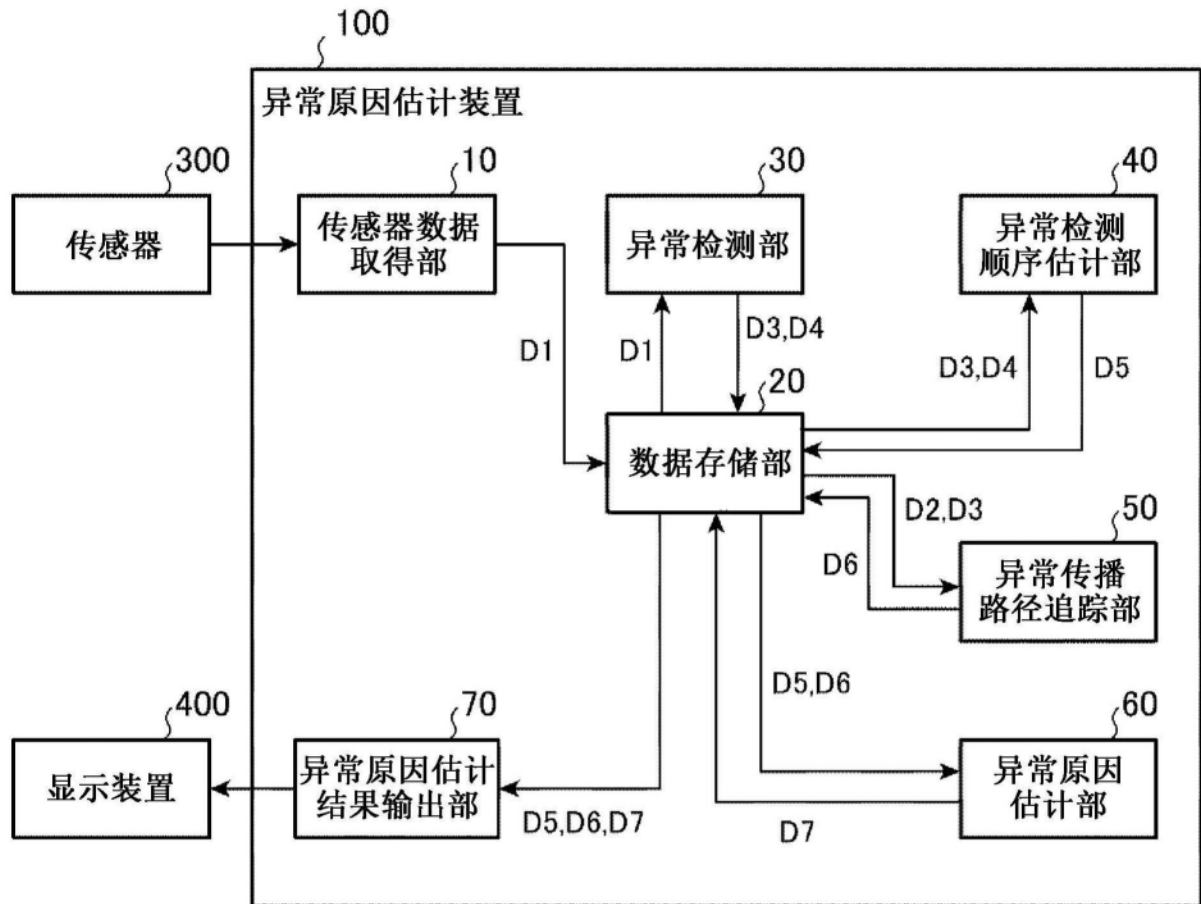


图2

	传感器X1	传感器X2	传感器X3	...	传感器Xn
时刻1	X11	X21	X31	...	Xn1
时刻2	X12	X22	X32	...	Xn2
时刻3	X13	X23	X33	...	Xn3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
时刻t	X1t	X2t	X3t	...	Xnt

图3

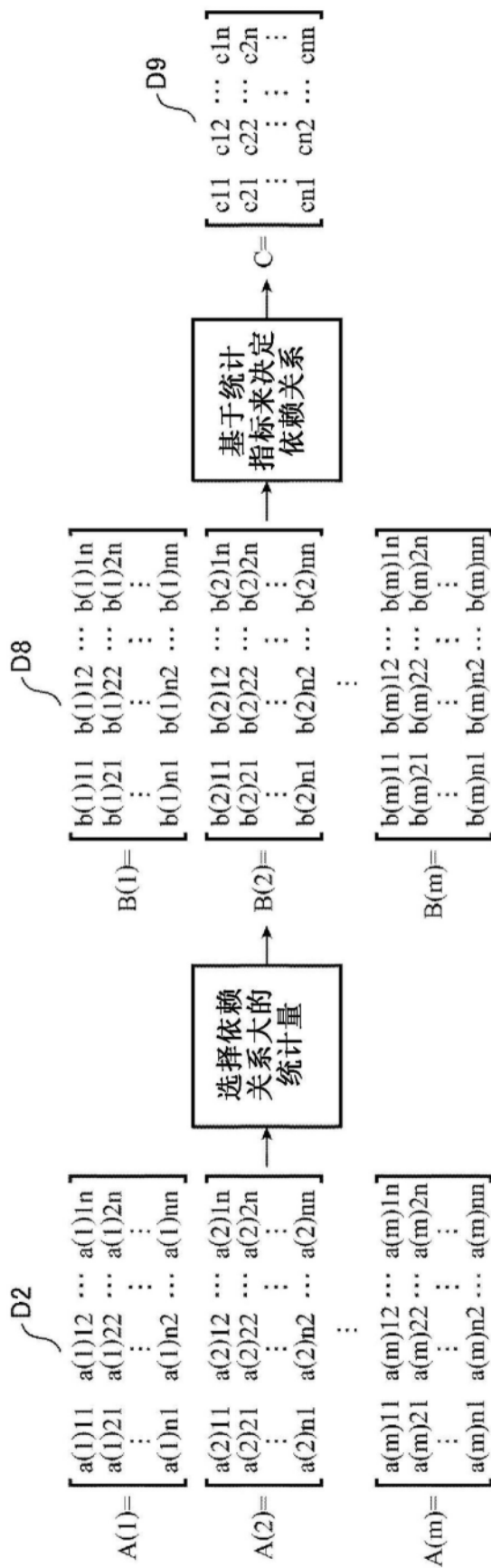


图4

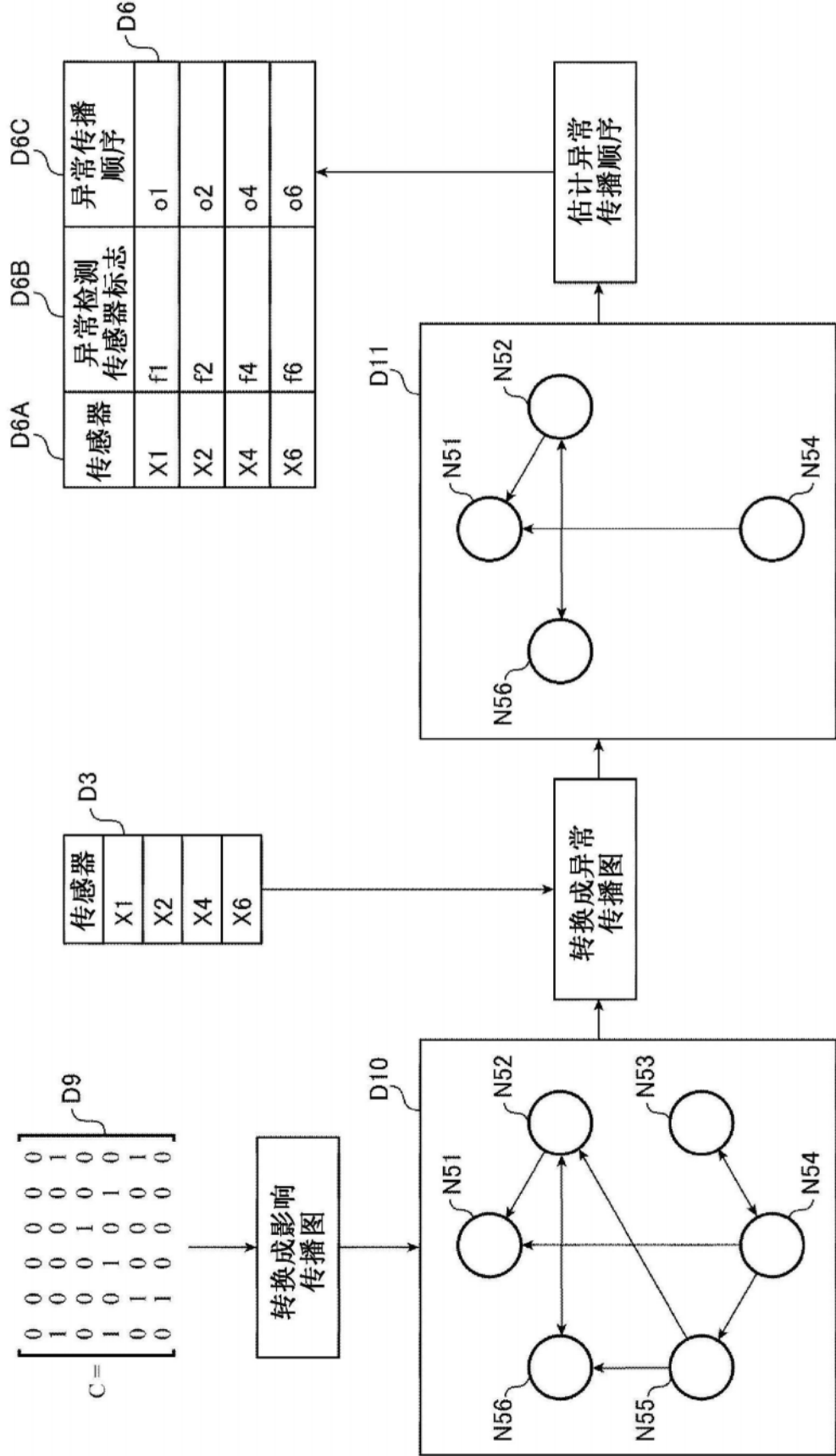


图5

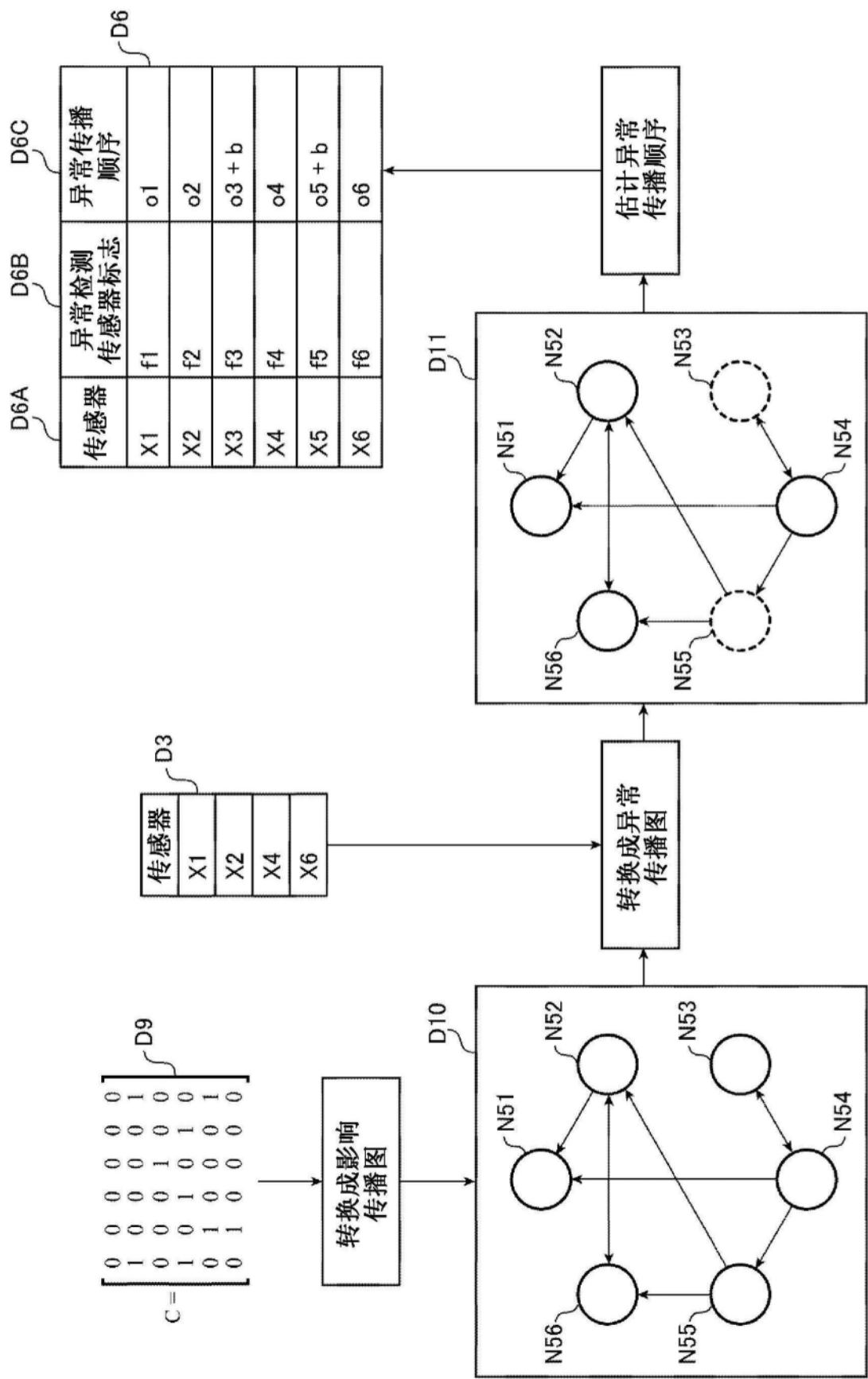


图6

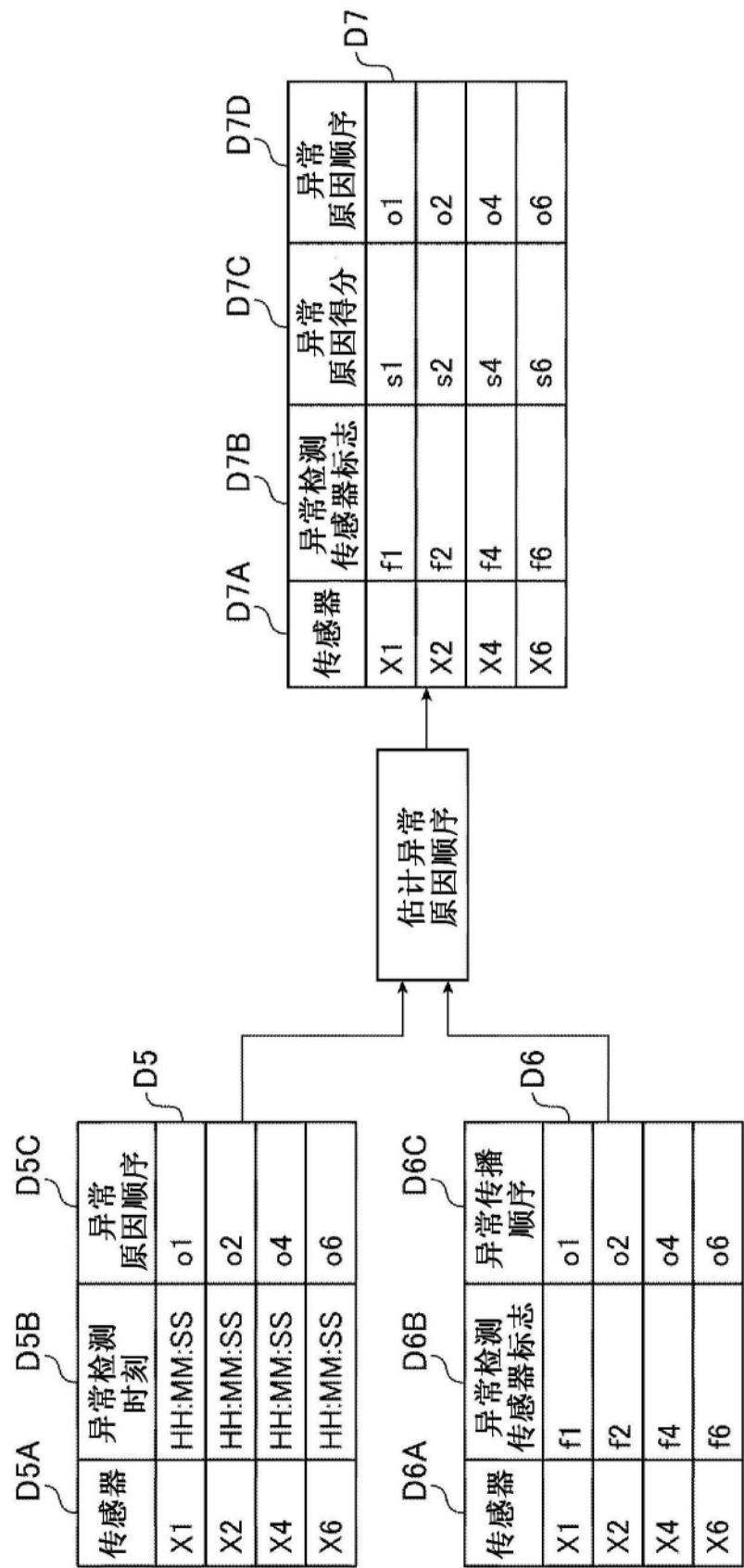


图7

D12-1

异常原因估计结果

D12A		D12B		D12C		D12D		D12I		D12E D12J		D12F		D12G D12K	
传感器	异常检测 传感器标志	异常检测 时刻	异常检测 顺序	▽	异常传播 顺序	▽	异常原因 得分	异常原因 顺序	▽						
X1	True	HH:MM:SS	2		3		2.5	4							
X2	True	HH:MM:SS	2		1		1.5	2							
X3	False				3		3	5							
X4	True	HH:MM:SS	1		1		1	1							
X5	False				3		3	5							
X6	True	HH:MM:SS	2		2		2	3							

仅显示异常检测传感器 ☐ D12H

图8

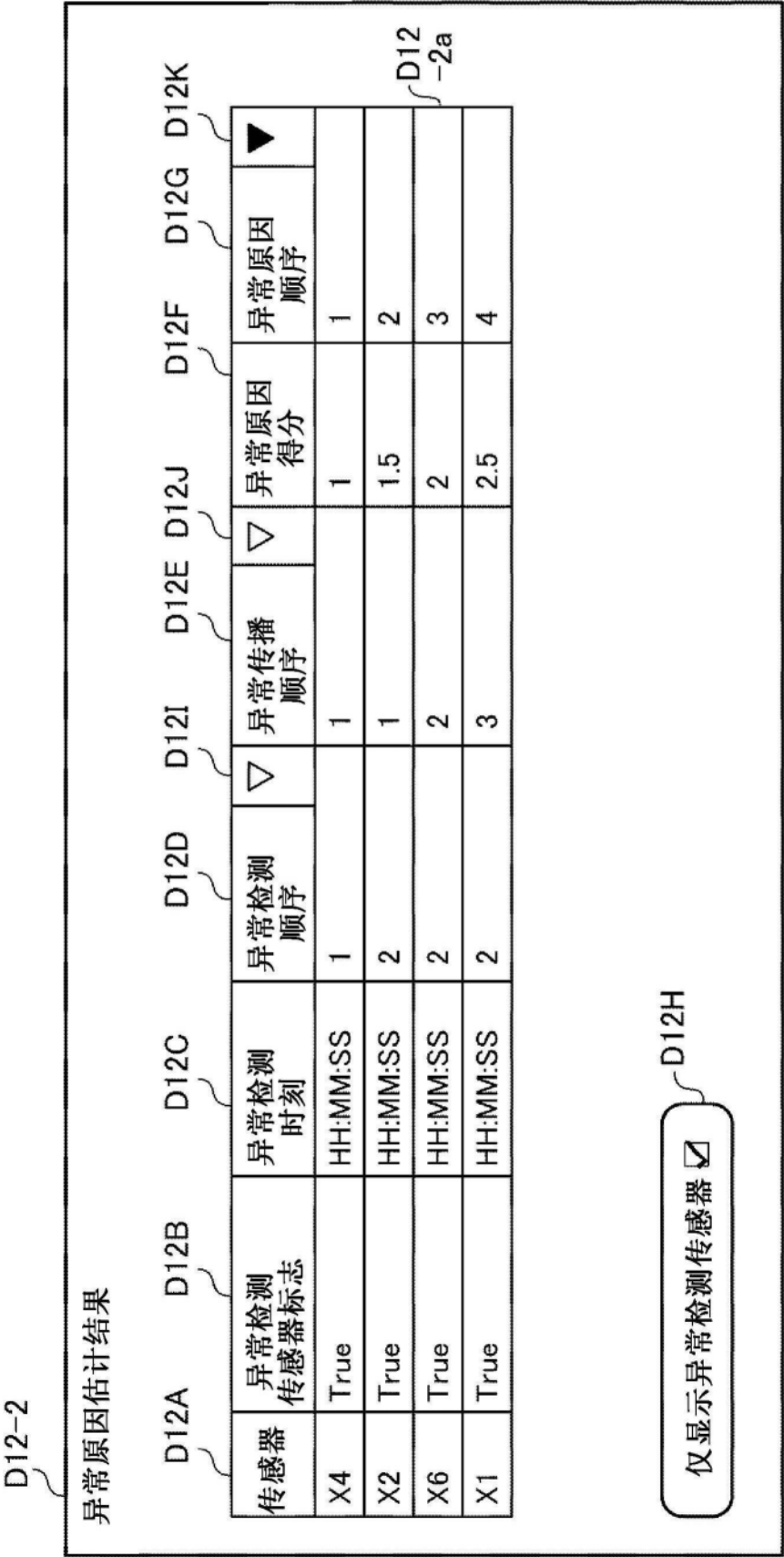


图9

传感器	异常检测传感器标志	异常检测时刻	异常检测顺序
X1	True	HH:MM:SS	2
X2	True	HH:MM:SS	2
X4	True	HH:MM:SS	1
X6	True	HH:MM:SS	2

D5

图10A

传感器	异常检测传感器标志	异常传播顺序
X1	True	3
X2	True	1
X3	False	3
X4	True	1
X5	False	3
X6	True	2

D6

图10B

传感器	异常检测传感器标志	异常原因得分	异常原因顺序
X1	True	2.5	4
X2	True	1.5	2
X3	False	3	5
X4	True	1	1
X5	False	3	5
X6	True	2	3

D7

图10C

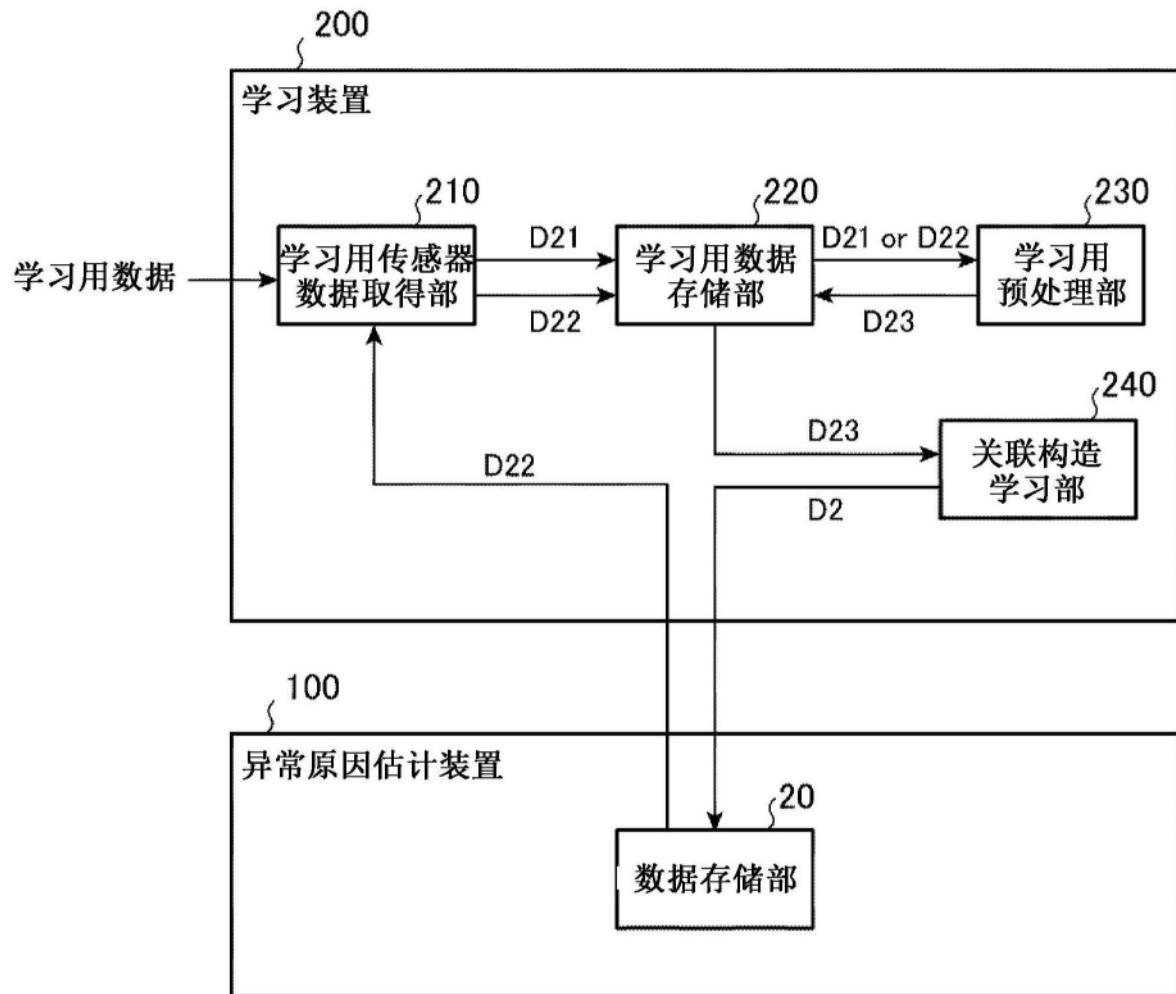


图11

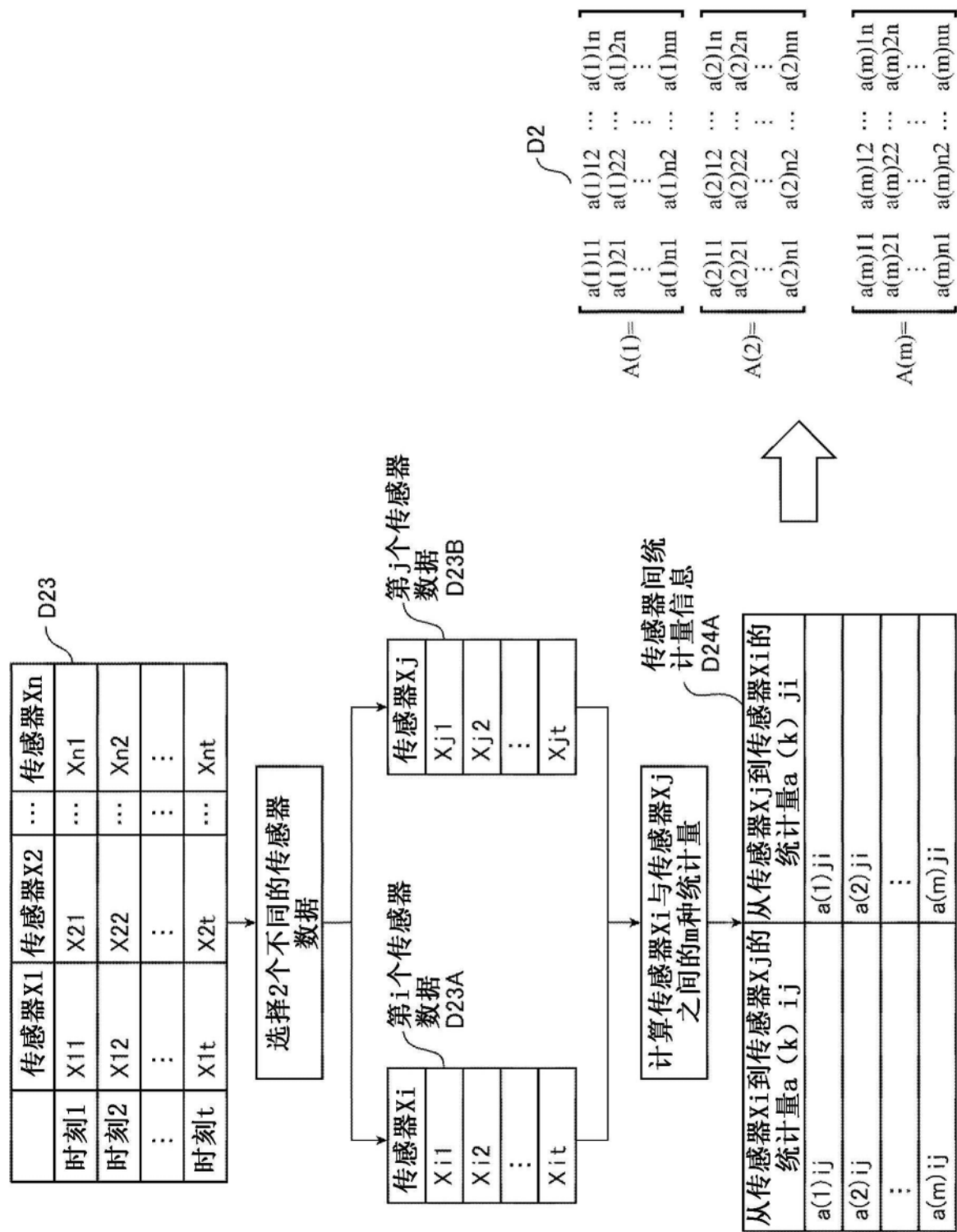


图12

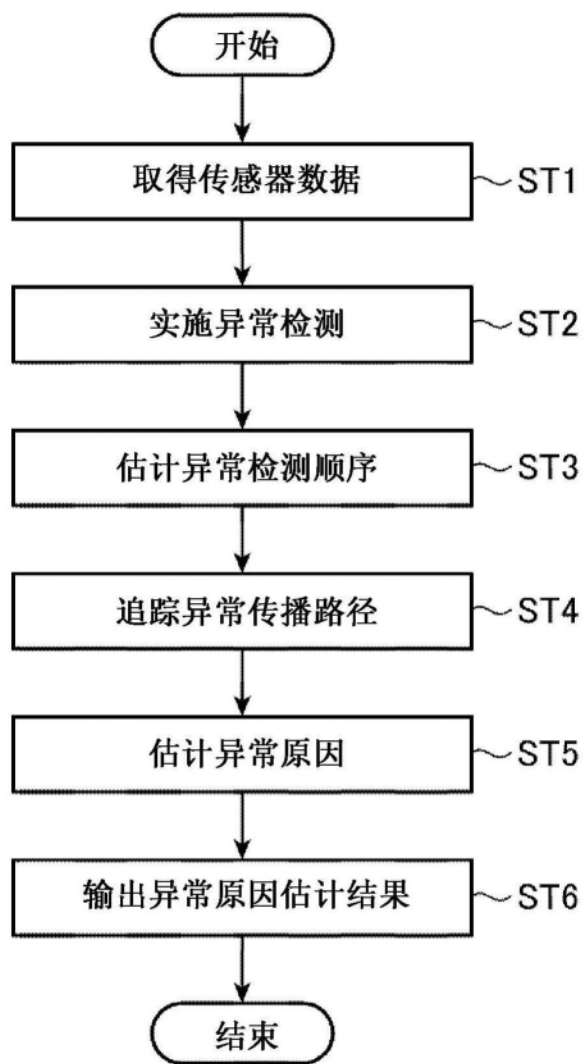


图13

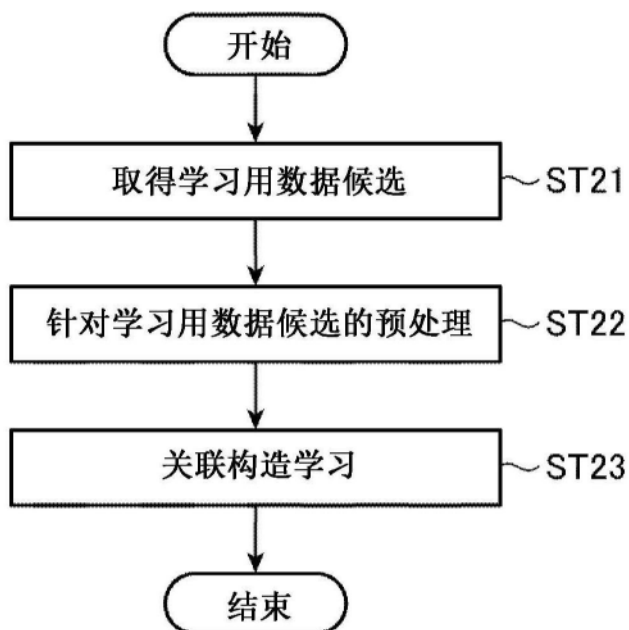


图14

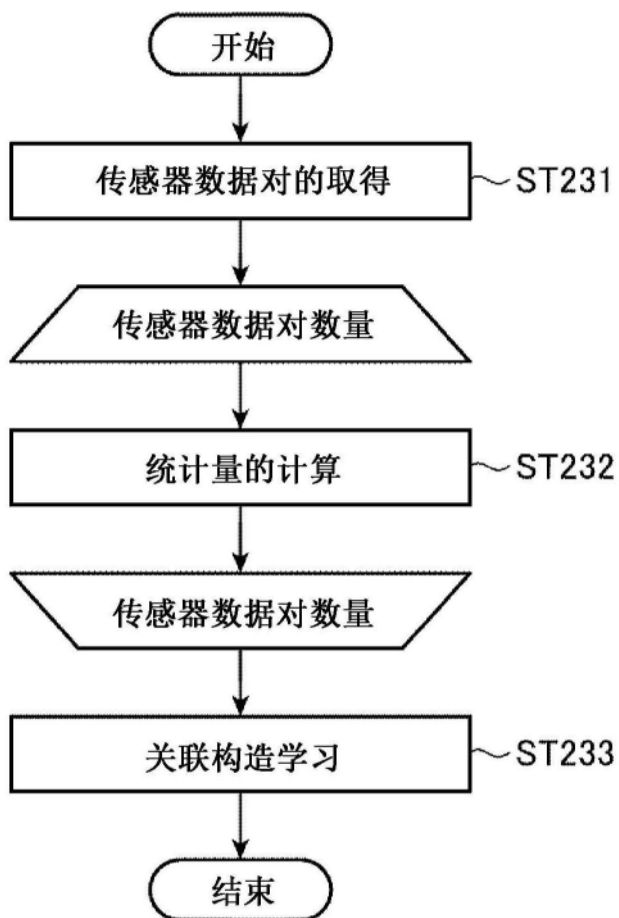


图15

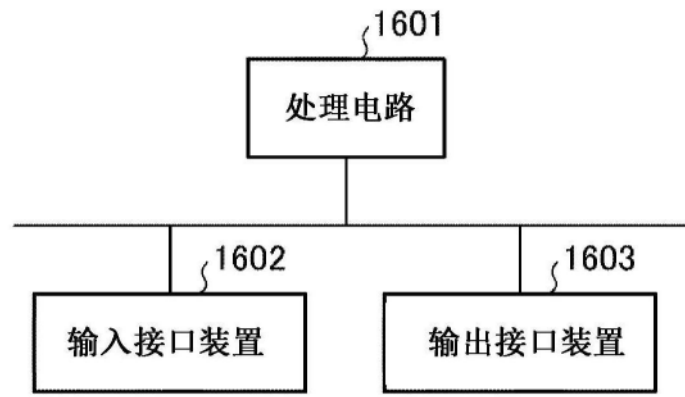


图16A

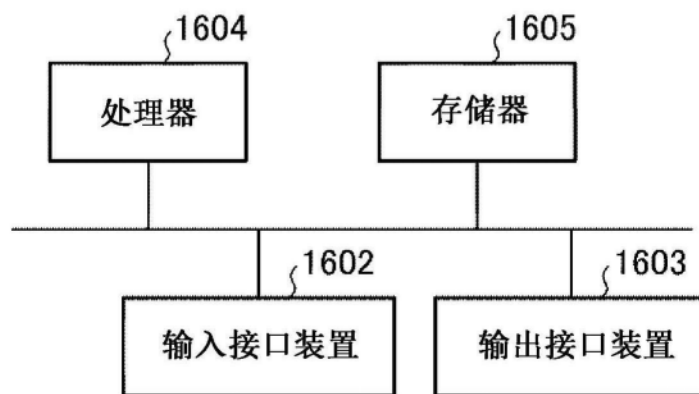


图16B

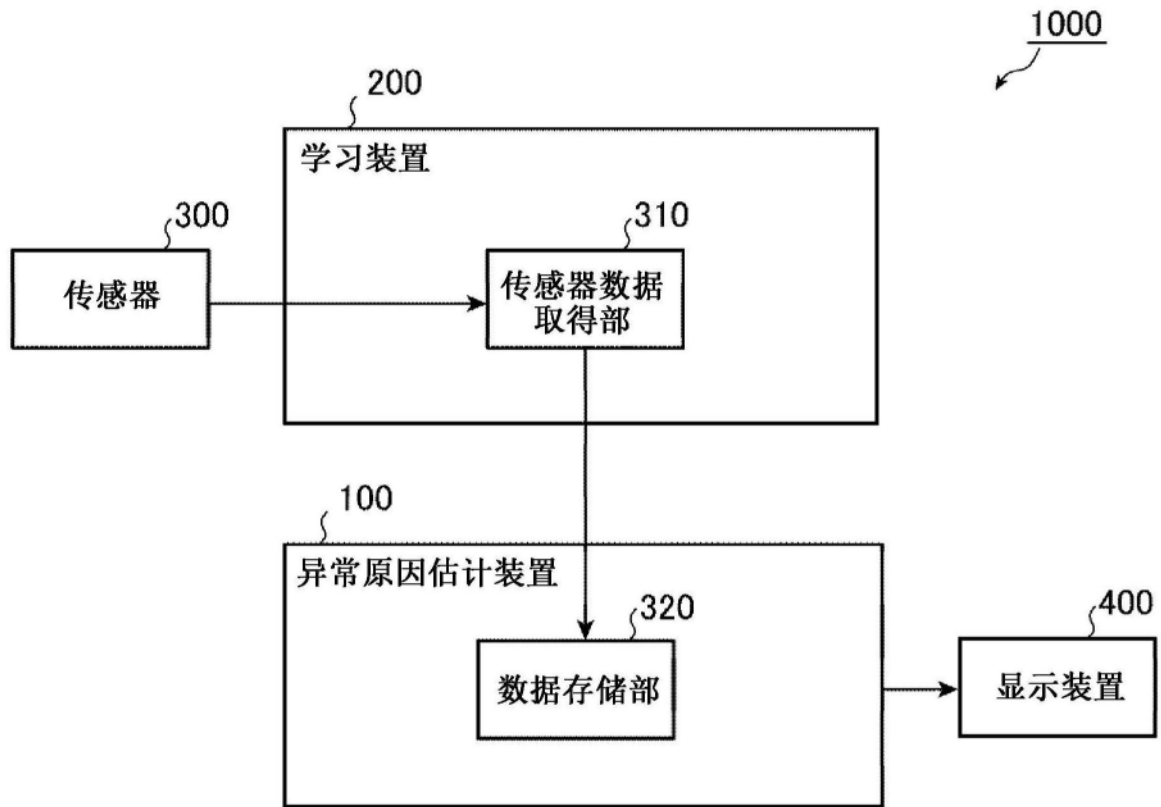


图17

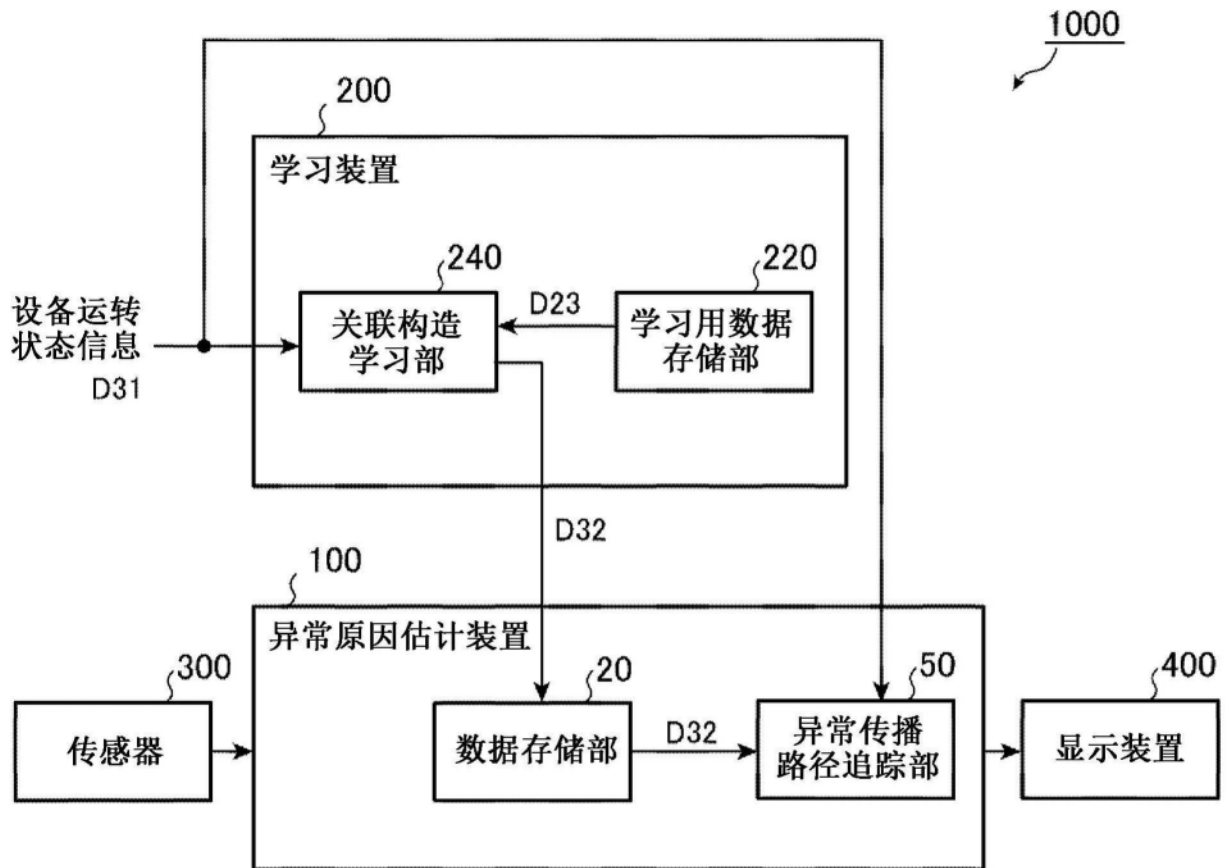


图18

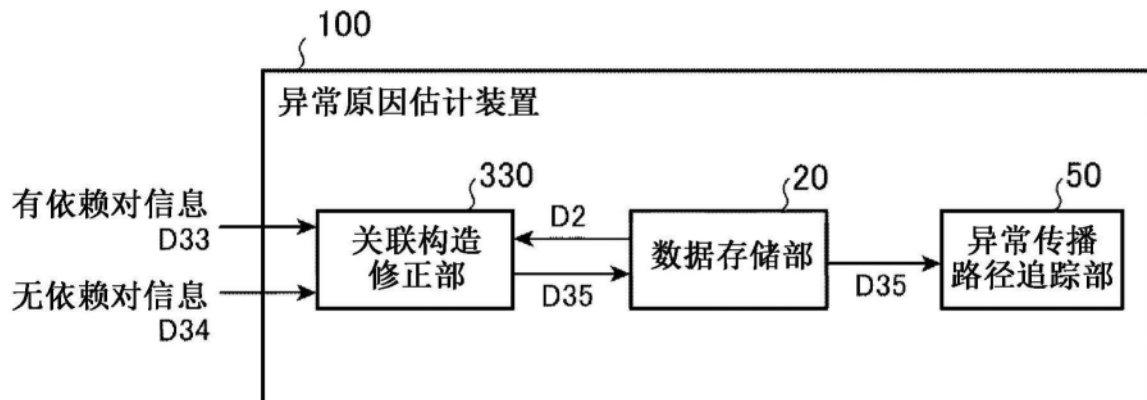


图19

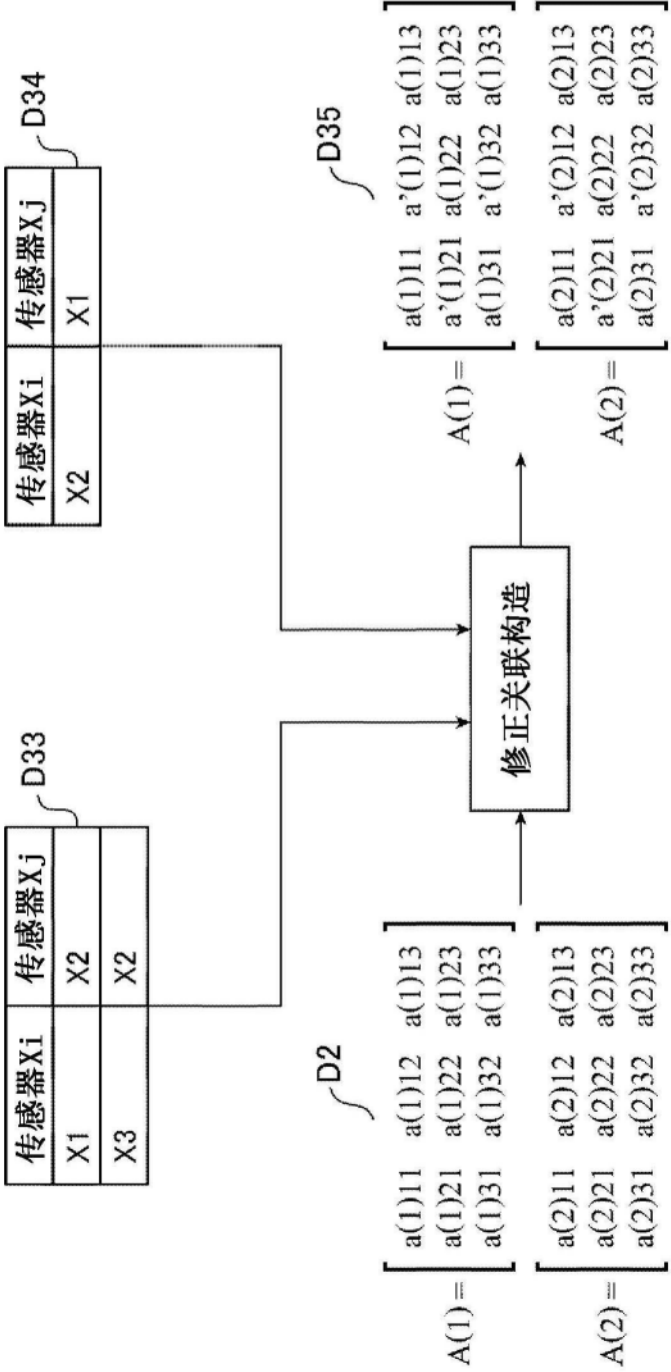


图20

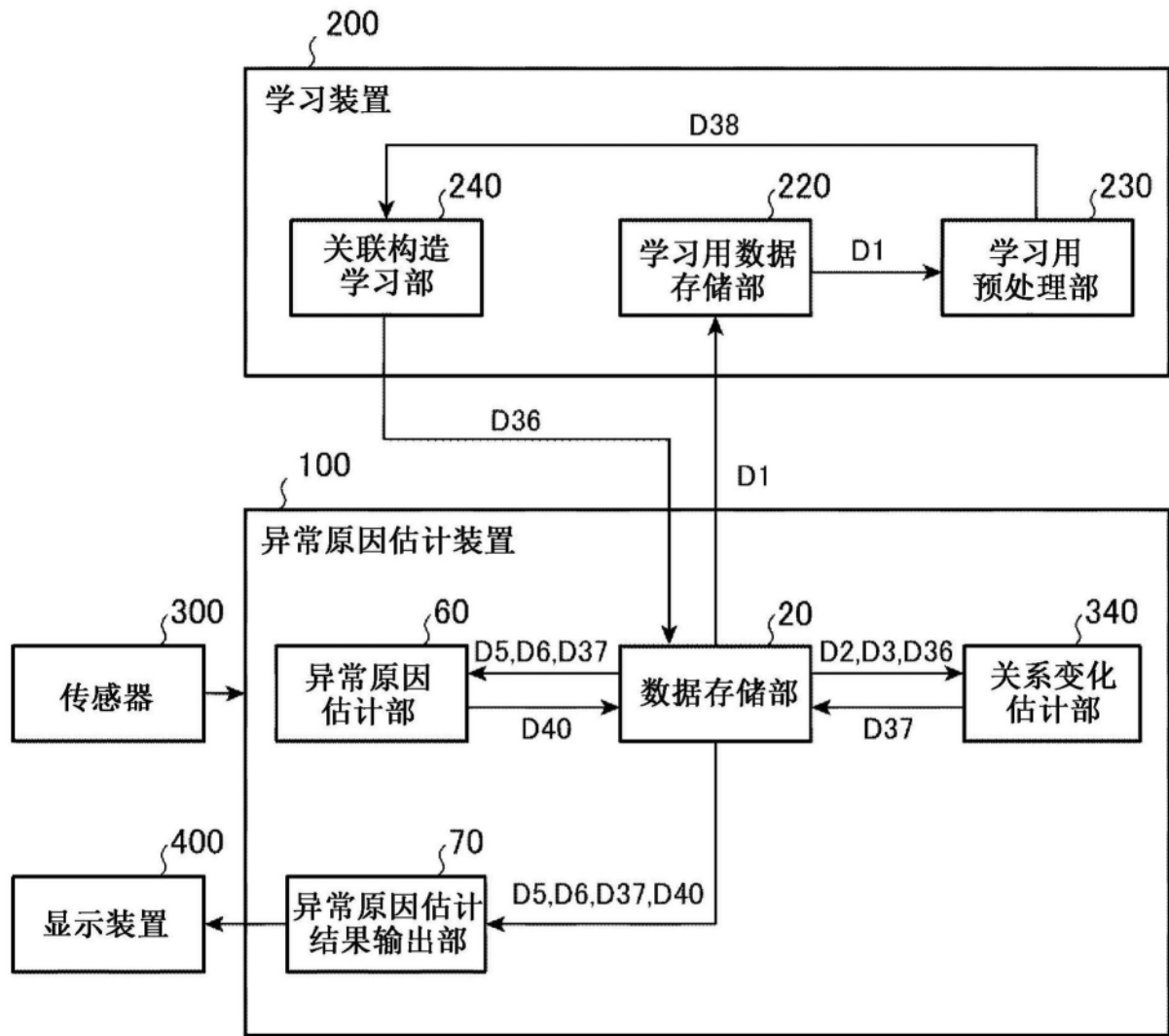


图21

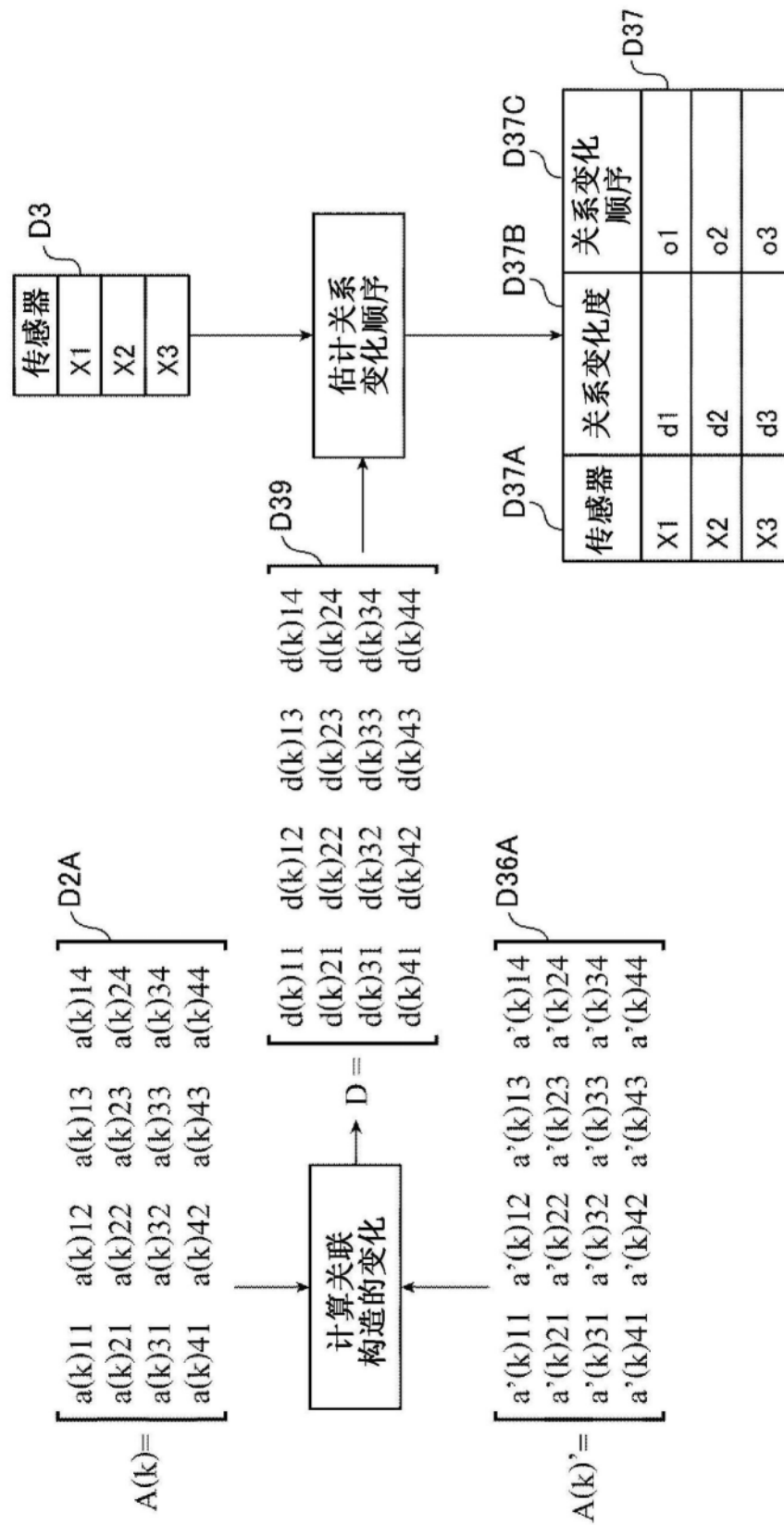


图22

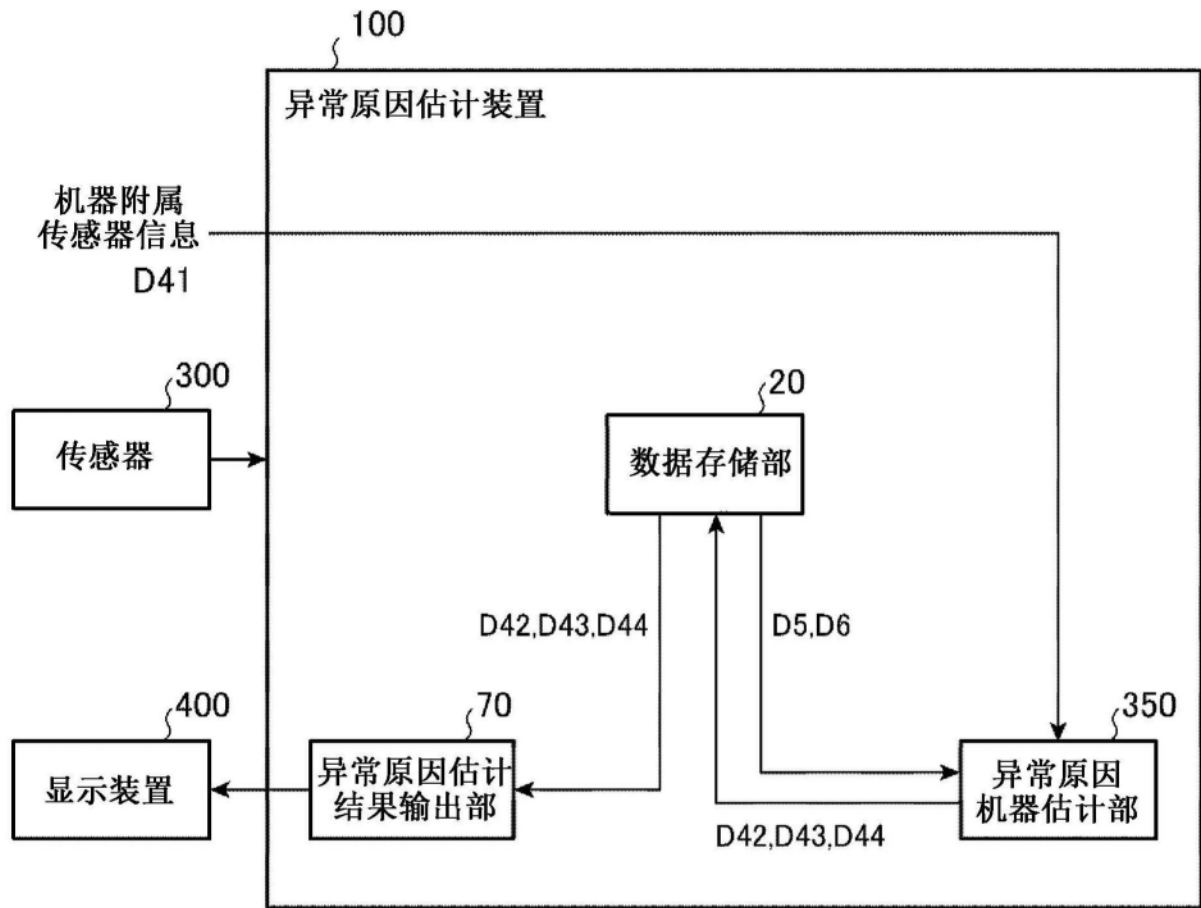


图23

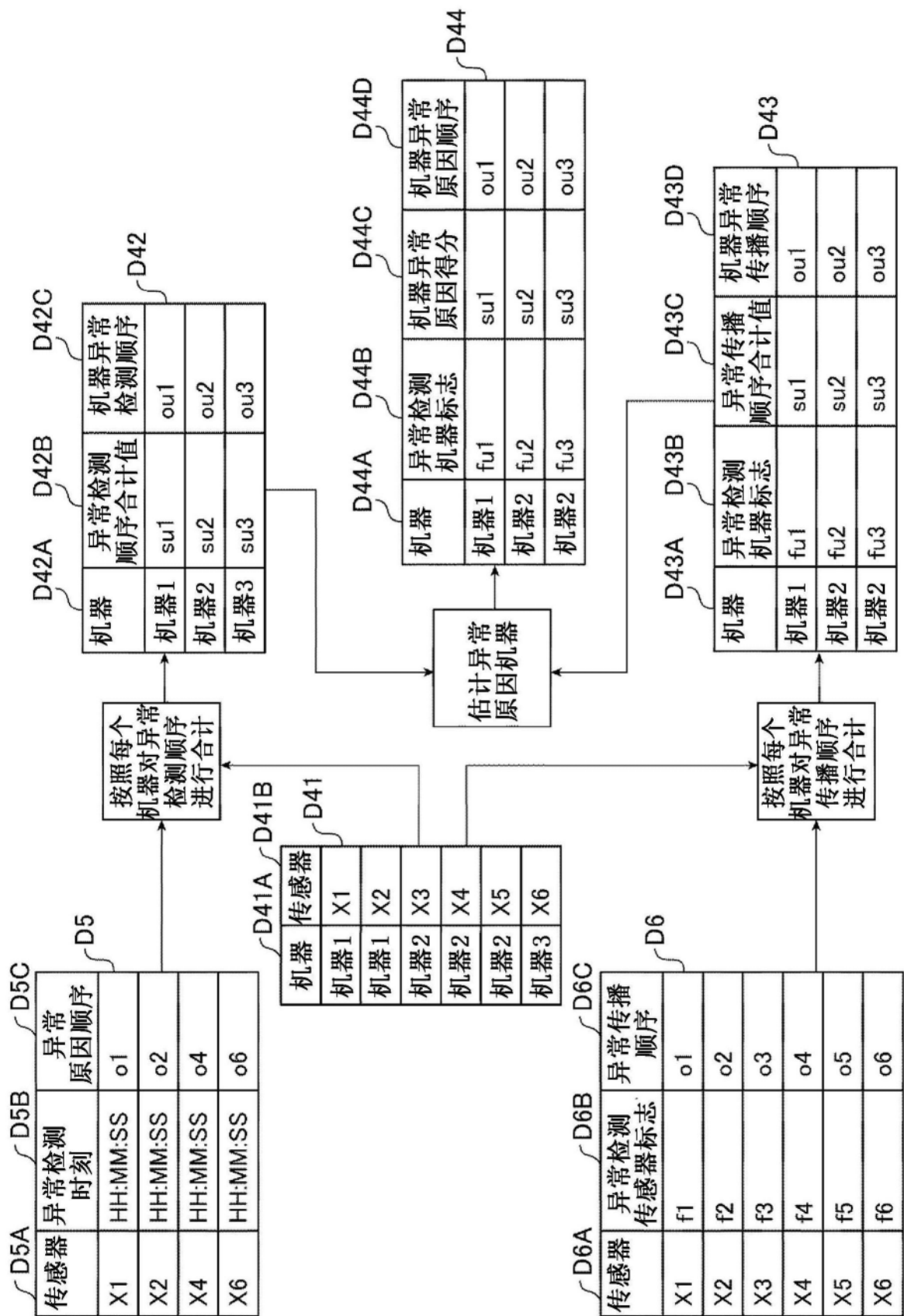


图24

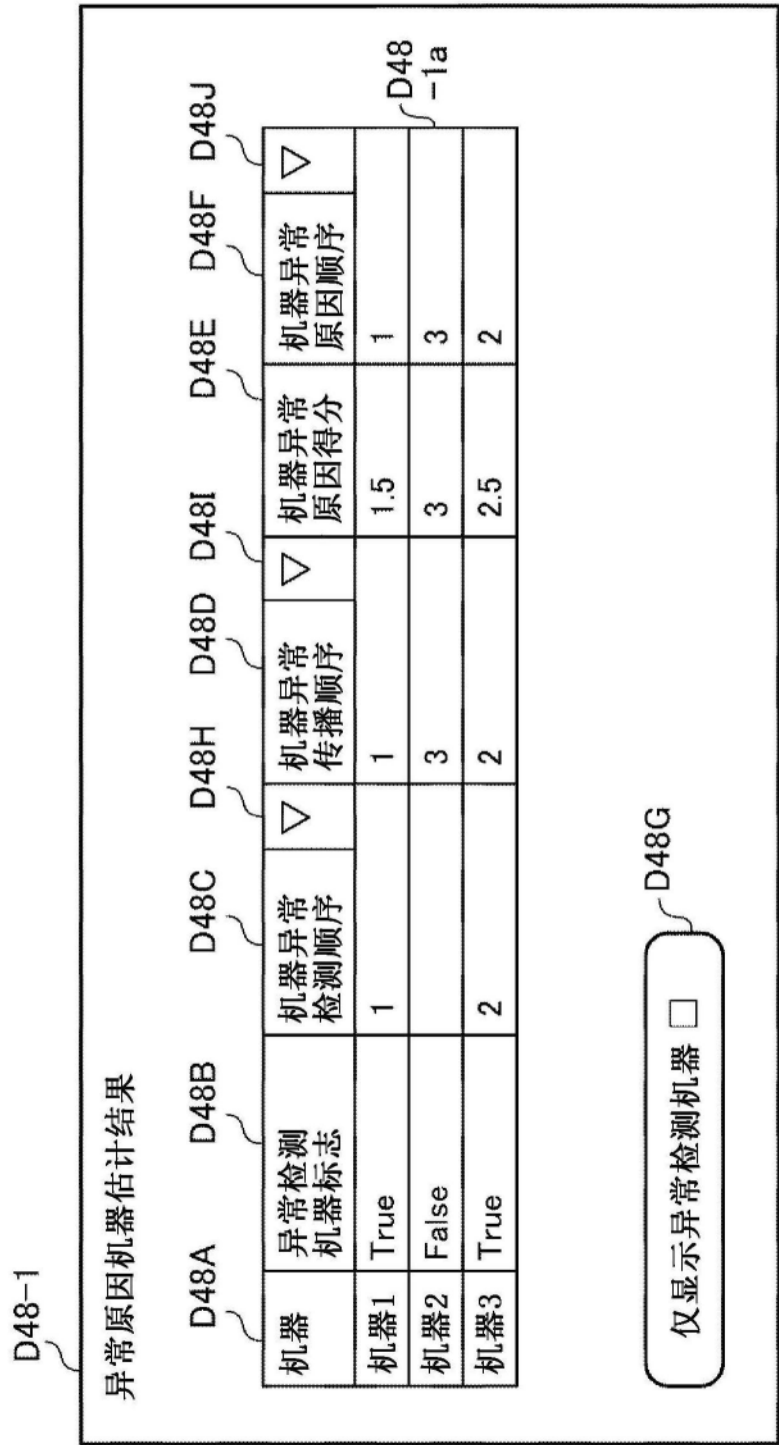


图25

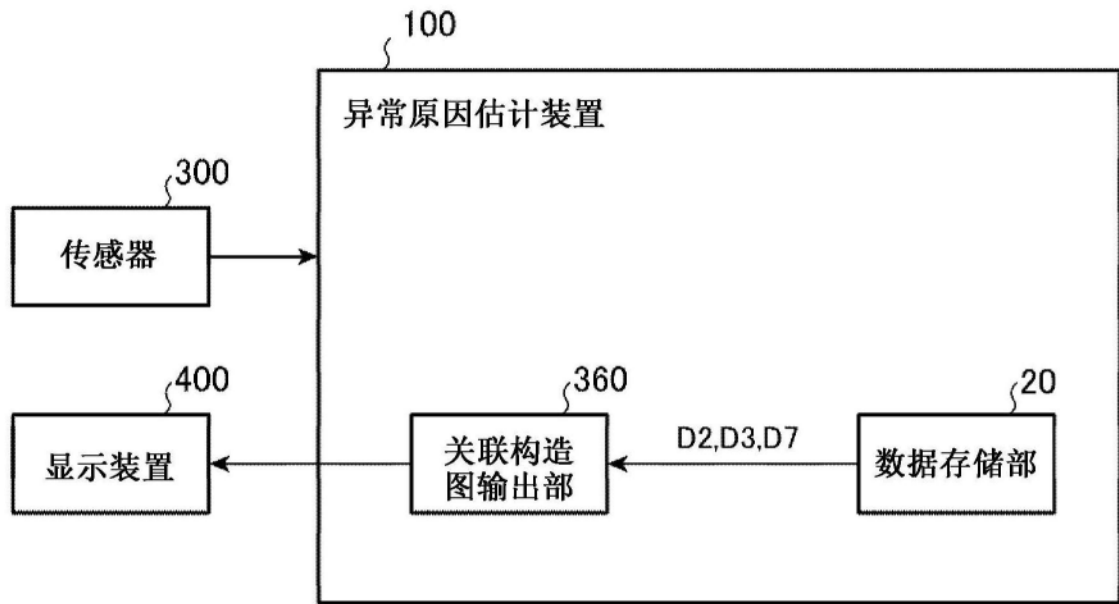
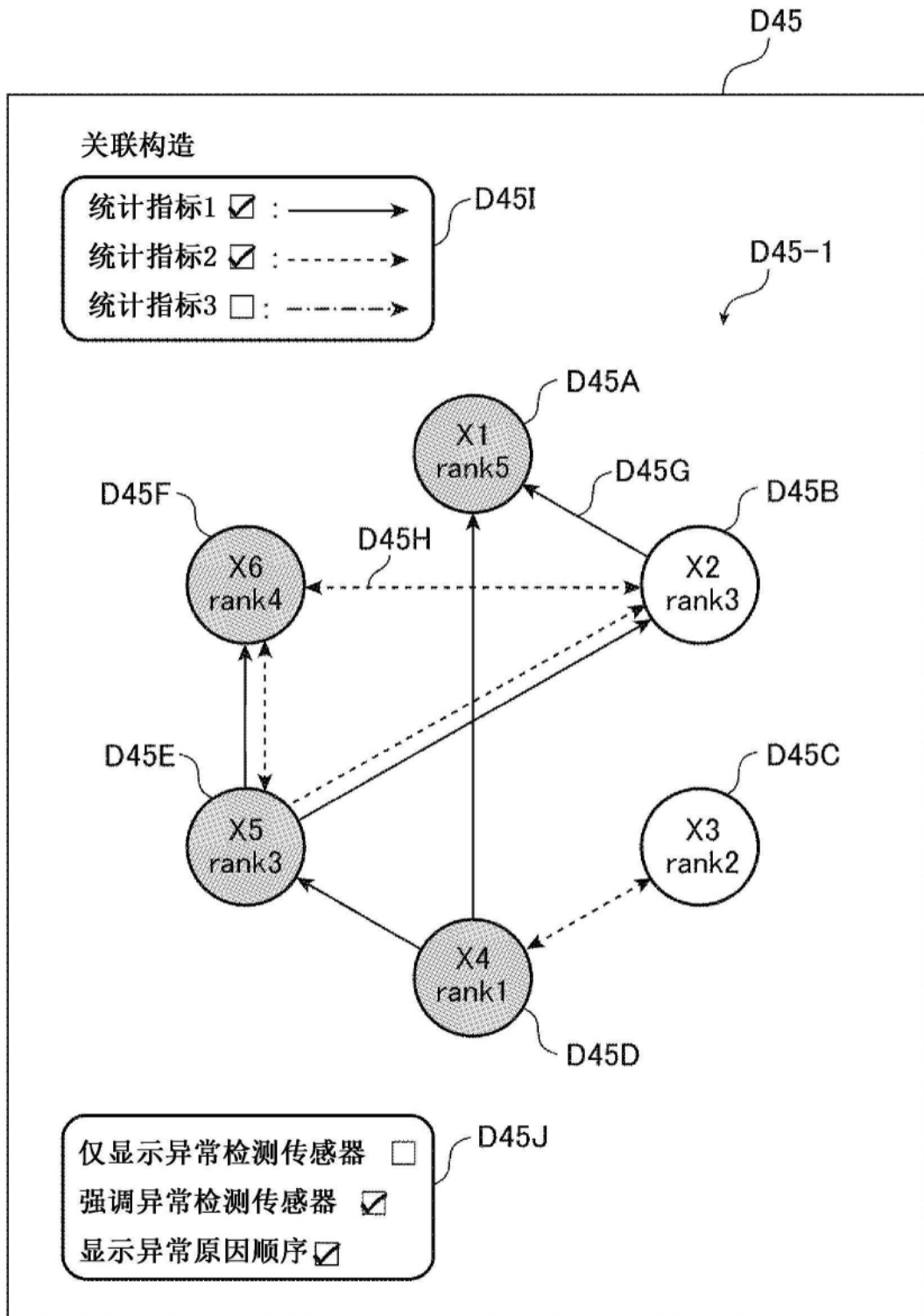


图26



$$\begin{aligned}
 A(1) &= \begin{bmatrix} a(1)11 & a(1)12 & a(1)13 & a(1)14 & a(1)15 & a(1)16 \\ a(1)21 & a(1)22 & a(1)23 & a(1)24 & a(1)25 & a(1)26 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(1)61 & a(1)62 & a(1)63 & a(1)64 & a(1)65 & a(1)66 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 A(2) &= \begin{bmatrix} a(2)11 & a(2)12 & a(2)13 & a(2)14 & a(2)15 & a(2)16 \\ a(2)21 & a(2)22 & a(2)23 & a(2)24 & a(2)25 & a(2)26 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(2)61 & a(2)62 & a(2)63 & a(2)64 & a(2)65 & a(2)66 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 A(3) &= \begin{bmatrix} a(3)11 & a(3)12 & a(3)13 & a(3)14 & a(3)15 & a(3)16 \\ a(3)21 & a(3)22 & a(3)23 & a(3)24 & a(3)25 & a(3)26 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(3)61 & a(3)62 & a(3)63 & a(3)64 & a(3)65 & a(3)66 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

图28

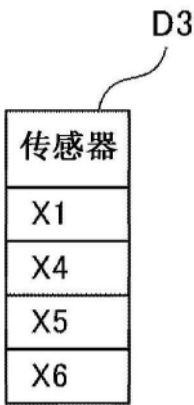


图29

D7

传感器	异常检测传感器标志	异常原因得分	异常原因顺序
X1	True	5	5
X2	False	3	3
X3	False	2	2
X4	True	1	1
X5	True	3	3
X6	True	4	4

图30

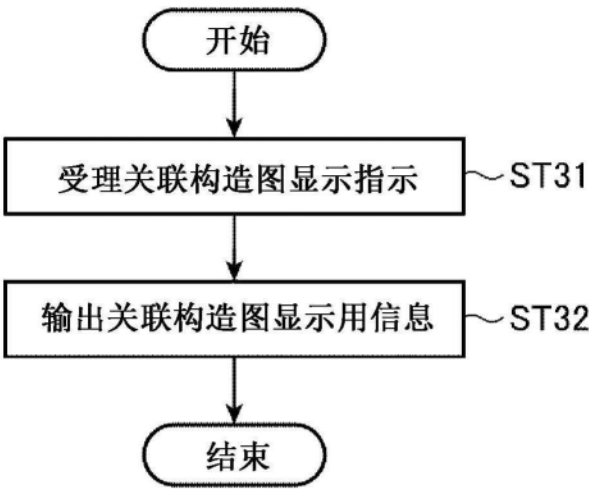


图31

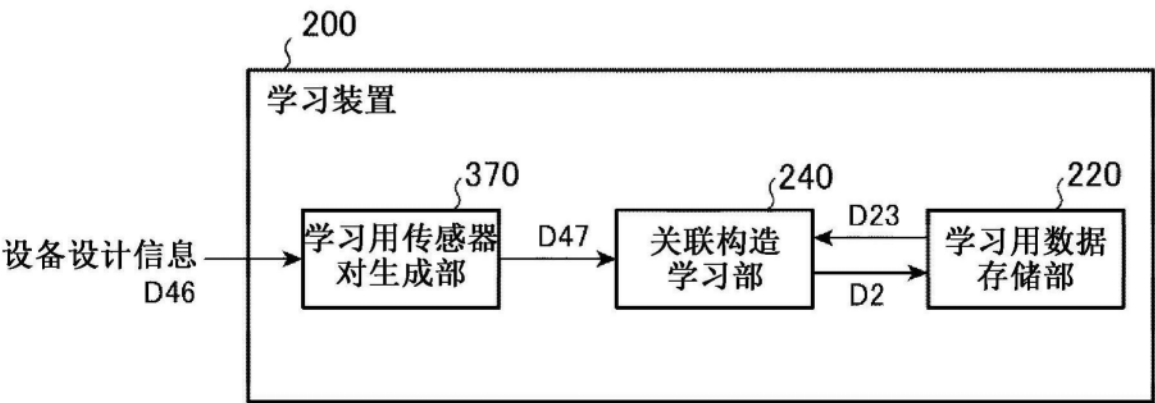


图32

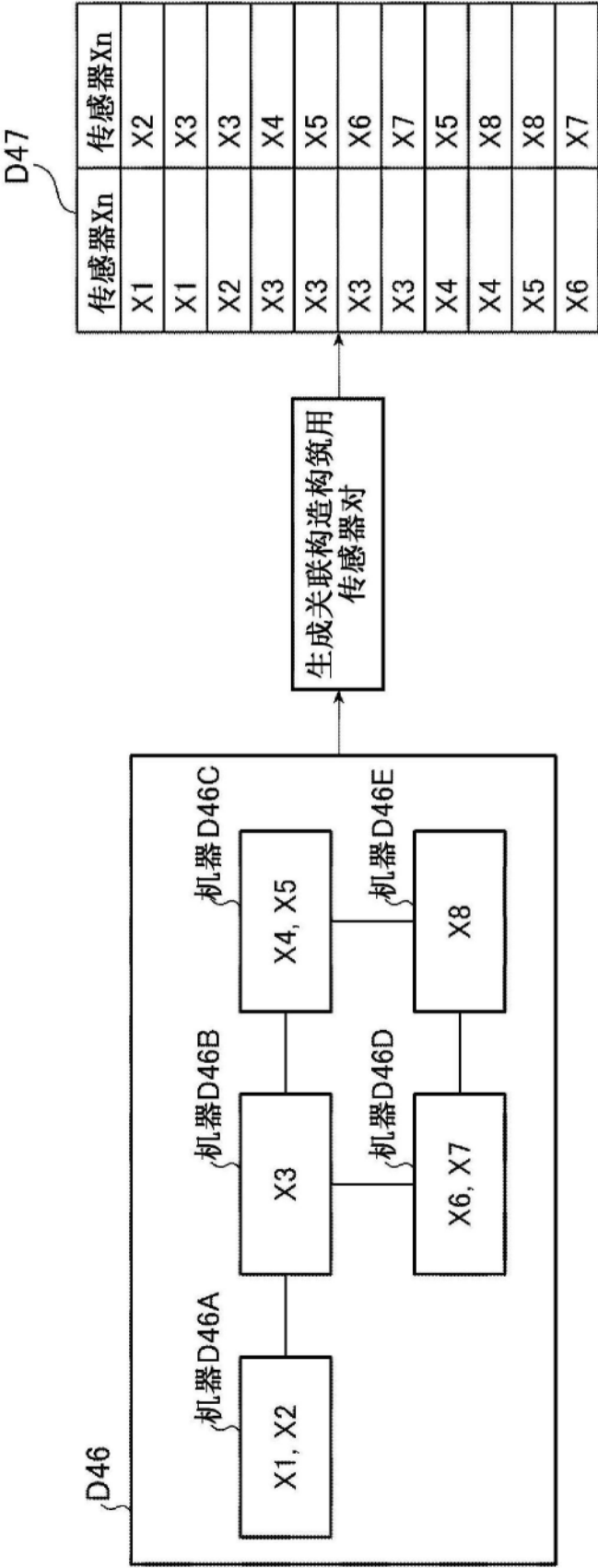


图33